

2

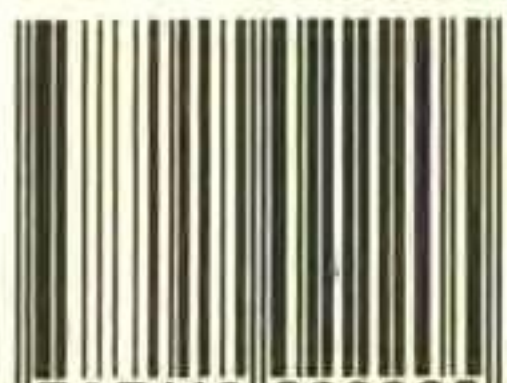
建筑设计资料集

(第二版)

中国建筑工业出版社

封面设计：赵子宽

ISBN 7-112-02220-7



9 787112 022205 >

TU·1709 (7240) 定价：35.00元

TU2
5509E2
2

2

建筑设计资料集

(第二版)

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

建筑设计资料集

(第二版)

2

《建筑设计资料集》编委会

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

民族印刷厂印刷

*

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 15 插页: 1 字数: 624 千字

1994 年 6 月第二版 1994 年 6 月第一次印刷

印数: 1—60,000 册 定价: 35.00 元

ISBN7-112-02220-7/TU·1709

(7240)

《建筑设计资料集》(第二版)

总编辑委员会

顾 问	戴念慈	金瓯卜	龚德顺	徐尚志	毛梓尧	傅义通	石学海
	方鉴泉						
主 任	张钦楠						
副 主 任	卢延玲	陈登鳌	蔡镇钰	费 麟	林 晨	彭华亮	
委 员	(按姓氏笔画顺序)						
	丁子梁	王天锡	王伯扬	卢延玲	卢文聪	田聘耕	朱昌廉
	何广麟	邱秀文	许福特	苏 常	李继炎	张钦楠	陈登鳌
	陈励先	胡 璘	林 晨	张家臣	周庆琳	范守中	郑时龄
	赵景昭	赵冠谦	赵友声	费 麟	费天成	柳尚华	钱增标
	黄元浦	黄克武	梅季魁	曹善琪	曾广彬	彭华亮	奚以德
	蔡吉安	蔡德道	蔡镇钰	薛恩伦			

《建筑设计资料集》(第二版) 第2集

分编辑委员会

顾 问	陈登鳌	建设部建筑设计院		
主 编	蔡吉安	建设部建筑设计院		
委 员	王元敢	北京市房屋设计研究院	肖辉乾	中国建筑科学研究院建筑物理研究所
	王庭蕙	北京市园林设计研究院		
	刘管平	华南理工大学	赵冠谦	中国建筑技术研究院标准设计研究所
	朱恒谱	北京建筑工程学院		
	李继炎	中国航天建筑设计研究院	钱增标	核工业第二研究设计院
	孟兆禎	北京林业大学		
责任编辑	彭华亮	许顺法		
技术设计	孟宪萱	于佳瑞	郭耀秀	肖广慧
封面设计	赵子宽			

60077.02

《建筑设计资料集》(第二版) 第2集

编写单位和编写人员

项 目	编写单位	编写人员	
结构	机械工业部设计研究院	陈远椿	胡连文
		徐文江	葛曼云
		李式程	殷芝霖
		顾德民	崔鼎九
		蒋兆基	陈福祥
		霍玉霞	
抗震	建设部建筑设计院	李培林	
给排水	中国航天建筑设计研究院	胡金鉴	王励成
采暖	中国航天建筑设计研究院	丁晓东	
机械通风·空气调节	中国航天建筑设计研究院	雷秉春	
电	中国建筑东北设计院	李天恩	马兆贵
		李慧英	张贵权
		岳连生	肖 芳
动力输配	机械工业部设计研究院	朱洪兴	余月琴
声	中国建筑科学研究院建筑物理研究所	胡俊民	王明枢
		林 杰	蔡应曦
		刘津苔	吴大胜
		丁国强	徐 春
		许桃丽	陈道常
		朱 钢	叶恒健
采光·照明	中国建筑科学研究院建筑物理研究所	林若慈	彭明元
		徐 和	张耀根
		庞蕴凡	朱学梅
		李亚璋	李恭慰
热工·节能	中国建筑科学研究院建筑物理研究所	杨善勤	张家猷
	重庆建筑大学		
自然通风	原建工部北京工业建筑设计院	丁小中	

前 言

广大读者翘首以待的新编《建筑设计资料集》(第二版)从1987年开始修订,历时八载,现在终于与读者见面了。这是我国建筑界的一大盛事。新编的《建筑设计资料集》(第二版)集中反映了我国80年代以来建筑理论和设计实践中的最新成果,充分体现了参加编写的建筑专家和学者们的卓越智慧,标志着我国第一部大型建筑设计工具书在原版的基础上更上上一层楼。

原版《建筑设计资料集》(1~3集)问世于60年代,70年代陆续出齐,曾先后重印过六次,发行量达二十多万套,深受读者欢迎,被誉为广大建筑设计人员的“良师益友”,在我国社会主义建设事业中发挥过巨大的作用。然而,随着我国改革开放的不断深化,建设事业发展迅速,建筑科技日新月异,人们的社会生活多姿多彩,对建筑设计工作的要求越来越高,原版有许多内容已显陈旧,亟需修订。在建设部领导的支持下,1987年由部设计局和中国建筑工业出版社共主其事,成立总编委会,开展《建筑设计资料集》的修订工作。经过全国50余家承编单位和100余位专家、学者的共同努力,克服重重困难,终于在1994年完成了此项系统工程,实现了总编委会提出的为广大设计人员提供一套“内容丰富,技术先进,装帧精美,使用方便”的大型工具书的要求。

新编《建筑设计资料集》(第二版)编写内容体例由本书顾问石学海撰写,经总编委会讨论修改定稿通过。它是在原版的基础上,按照总类、民用建筑、工业建筑和建筑构造四大部分进行修订的,第1、2集为总类;第3、4、5、6、7集为民用及工业建筑;后续为建筑构造。编写体例仍以图、表为主,辅以简要的文字。此次修订着重资料的充实和更新,全面汇集国内建筑设计专业及其相关专业的最新技术成果和经验,同时有选择地介绍一些国外先进技术资料。

新编《建筑设计资料集》(第二版)有以下几个特点:

首先,它更为系统、全面,涵盖建筑设计工作的各项专业知识。它概揽古今中外建筑设计的各个领域;不仅与水、暖、电、卫、建筑结构、建筑经济等专业有着水乳交融的密切关系,而且还涉及哲学、美学、社会学、人体工程学、行为与环境心理学等诸多知识领域。

其次，此次修订，除个别项目保留原版内容外，绝大部分内容作了较大的更新或充实。新增项目有：形态构成；园林绿化；环境小品；城市广场；中国古建筑；民居；建筑装饰；室内设计；无障碍设计；商业街；地铁；村镇住宅；法院；银行；电子计算机房；太阳能应用等。此外新版所列各类建筑的技术参数、定额指标，以至设计原则，均选自新的设计规范，各种设计实例亦作全面更新，使这部大型工具书更具有实用性。

第三，在编写体系上分类明确，查阅方便。通用性总类集中汇编于1、2集，其他各集分别为各类型民用建筑、工业建筑和建筑构造。

第四，新版的装帧设计、版面编排注意保持原版的独特风格，保持这套大型工具书的延续性，但在纸张材料、印刷技术上较原版更为精美。

当前，处在世纪之交的我国建筑师，正面临深化改革、面向世界、构思21世纪建筑新篇章的关键时刻，相信新编《建筑设计资料集》（第二版）的问世，必将有力地推进我国建筑设计工作的发展，在我国“四化”建设中发挥重大作用。

值此新版问世之际，谨向所有支持本书编写工作的设计、科研和教学单位，以及为此发扬无私奉献精神、付出辛勤劳动的各位专家、学者表示最诚挚的谢意！

愿这份献给建筑界的具有跨世纪价值的礼物，将帮助我国建筑师，为人民创造更多更美好的空间环境作出新的贡献！

《建筑设计资料集》（第二版）总编辑委员会

中国建筑工业出版社

1994年3月

结 自 然 通 风	1 11
抗 震	2
给 排 水	3
采 暖	4
机械通风·空气调节	5
电	6
动 力 输 配	7
声	8
采 光 · 照 明	9
热 工 · 节 能	10

目 录

1	[1~34]	3	[1~24]		
结构		给排水		6	[1~20]
荷载 [1]	1	室外给水 [1]	60	电	
地基基础 [3]	3	用水量标准 [3]	62	基本概念 [1]	103
砌体结构 [7]	7	室内给水 [5]	64	变电所配电所 [2]	104
多层与高层钢筋混凝土结构房屋		室内消防 [8]	67	室外架空线路·电缆线路 [5] ...	107
[11]	11	室外消防 [12]	71	室内线路敷设 [6]	108
钢筋混凝土构件 [15]	15	冷却水系统 [13]	72	建筑物防雷 [7]	109
木屋盖结构 [20]	20	热水供应 [15]	74	接地 [9]	111
钢结构 [23]	23	热水设备·开水设备 [16]	75	电气照明 [10]	112
平面网架·拱 [27]	27	排水系统及排放标准 [17]	76	建筑电气消防 [12]	114
空间屋盖结构 [28]	28	室外排水 [18]	77	施工图举例 [14]	116
预应力混凝土 [34]	34	室内排水 [19]	78	电话通信 [15]	117
2	[1~25]	污水泵房及局部污水处理 [20] ...	79	广播与电视 [16]	118
抗震		雨水排除 [21]	80	综合通讯网 [17]	119
地震类型、分布、震级、烈度 [1]		雨量计算 [22]	81	电子计算机 [19]	121
.....	35	水景工程 [23]	82		
地震烈度 [2]	36	游泳池的供水技术 [24]	83	7	[1~10]
基本烈度·地震破坏·设计烈度				动力输配	
[3]	37	4	[1~11]	基本概念 [1]	123
设防范围及要求·设计方法及原则		采暖		热交换站 [2]	124
[4]	38	基本概念 [1]	84	气体汇流排间 [3]	125
场地选择·场地土影响·地基液化·		采暖设计耗热量计算 [2]	85	液化石油气供应站 [4]	126
工程地质勘察 [5]	39	采暖热媒及蒸汽采暖系统 [4]	87	煤气压缩站 [5]	127
结构选型 [6]	40	建筑热指标及节能 [5]	88	用户燃料油库 [6]	128
结构体系 [7]	41	铸铁散热器 [6]	89	管网系统 [7]	129
结构布置 [8]	42	钢制散热器 [7]	90	管道入口 [9]	131
建筑平面 [9]	43	热水采暖系统 [8]	91	管径估算表 [10]	132
建筑竖向 [12]	46	多层居住及公共建筑热水采暖系统			
抗震处理 [16]	50	[9]	92	8	[1~32]
多层砖房 [18]	52	高层建筑热水采暖系统 [10]	93	声	
多层内框架砖房 [20]	54	采暖工程设计实例 [11]	94	基本概念 [1]	133
单层空旷砖房 [21]	55				
单层钢筋混凝土柱厂房 [22]	56	5	[1~8]		
多层及高层钢筋混凝土建筑 [24]		机械通风·空气			
.....	58	调节			
		通风设备 [1]	95		

吸声材料及构造 [3]	135
吸声系数 [5]	137
隔声设计 [8]	140
隔声计算 [10]	142
隔声楼板构造 [12]	144
隔声门窗构造 [14]	146
噪声控制 [15]	147
噪声控制举例 [19]	151
振动与隔振 [20]	152
音质设计程序 [22]	154
厅堂体型设计 [23]	155
反射面与舞台反射罩 [26]	158
混响设计 [27]	159
音质鉴定 [29]	161
扩声设计 [30]	162
扩声总布置举例 [32]	164

9

采光·照明

1-231

基本概念 [1]	165
昼光光源 [2]	166
光气候数据 [3]	167

光气候图 [4]	168
采光标准·采光型式 [5]	169
采光计算 [6]	170
计算参数 [8]	172
眩光评价 [9]	173
天然光的利用 [10]	174
光源灯具参数的应用 [11]	175
灯具光度 [12]	176
灯具光度参数的应用 [13]	177
照度标准 [16]	180
点接眩光限制 [17]	181
照度计算 [18]	182
混光照明 [20]	184
光环境设计 [21]	185

10

热工·节能

1-25

基本概念 [1]	188
室外计算参数 [3]	190
室内计算参数 [5]	192
围护结构保温设计 [6]	193
围护结构防潮设计 [9]	196

围护结构防空气渗透设计 [11]	198
围护结构隔热设计 [12]	199
采暖建筑节能设计 [16]	203
建筑材料热工性能计算参数 [18]	205
墙体冬夏季热工性能指标 [20]	207
屋顶冬夏季热工性能指标 [24]	211

11

自然通风

1-20

基本概念 [1]	213
设计内容与程序 [2]	214
组织与措施 [3]	215
有害物发散量的计算 [11]	223
换气量 [13]	225
开口面积的计算 [15]	227
管道式自然通风 [18]	230
风帽 [20]	232

荷载的分类 作用在建筑结构上的荷载有以下几种:

一、永久荷载(恒荷载) 在结构使用期间,其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略不计的荷载,例如结构自重、土压力、预压应力等。

二、可变荷载(活荷载) 在结构使用期间,其值随时间变化,且其变化与平均值相比不可忽略的荷载,例如楼面活荷载、屋面活荷载、屋面积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载、车辆荷载等;民用建筑与工业建筑楼面均布活荷载值见表3、4,其它活荷载值可参见国家荷载规范和标准。

三、偶然荷载 在结构使用期间不一定出现,但一旦出现,其值很大且持续时间较短的荷载,如爆炸力等。

荷载的代表值与设计值 荷载值分为荷载代表值与荷载设计值,荷载代表值包括荷载标准值、荷载组合值与荷载准永久值,其涵义见表1。

荷载值术语

表1

序号	荷载取值	涵义
1	荷载代表值	结构或构件设计时采用的荷载取值,它包括标准值、组合值和准永久值
a	荷载标准值	结构或构件设计时采用的各种荷载的基本代表值,其值根据结构使用期最大荷载的概率分布的某一分位数确定,或根据实践经验,通过分析判断规定的公称值
b	荷载组合值	当结构或构件承受两种或两种以上可变荷载,按承载能力极限状态或正常使用极限状态短期效应组合设计时,采用的一种可变荷载代表值,其值等于标准值乘以荷载组合系数
c	荷载准永久值	结构或构件按正常使用极限状态长期荷载效应组合设计时的一种可变荷载代表值,一般取任意时点荷载概率分布的不小于0.5的分位数确定,其值等于标准值乘以准永久系数
2	荷载设计值	

注:结构或构件设计时,对不同荷载采用不同的代表值:

对永久荷载,应采用标准值作为代表值;

对可变荷载,应根据设计要求采用标准值、组合值或准永久值作为代表值;

对偶然荷载,应根据试验资料,结合工程经验确定其代表值。

各种荷载代表值按表2的规定确定。

各种荷载代表值

表2

序号	荷载种类	说明
1	永久荷载	结构自重按结构或构件的设计尺寸与材料单位体积自重计算,对于某些自重变异较大的材料和构件(如现场制作的保温材料和混凝土薄壁构件等),自重的标准值应根据对结构不利状态,取上限值或下限值。常用材料和构件自重,参见本资料集《建筑结构》章第2页
2	可变荷载	基本组合与短期效应组合中的第一个主要可变荷载取标准值,第一个以外的取组合值;长期效应组合中的可变荷载取准永久值,即标准值乘以准永久荷载系数
3	偶然荷载	应根据试验并结合工程经验确定

荷载效应组合 建筑设计应根据使用过程中,在结构上可能同时出现的荷载,按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载效应组合,并取各自最不利的组合进行设计。承载力极限状态是指结构达到最大承载能力或达到不适于继续承载的变形的极限状态,即不能满足有关结构安全性的功能。正常使用极限状态是指结构达到使用功能上允许的某一限值的极限状态,即不能满足有关结构适用性或耐久性的功能。其组合方法见现行荷载规范。

民用建筑楼面均布活荷载(kN/m²)

表3

序号	类 别	标准值	准永久值
1	住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、幼儿园、托儿所	1.5	0.4
2	教室、试验室、阅览室、会议室	2.0	0.5
3	食堂、办公楼中的一般资料档案室	2.5	0.5
4	礼堂、剧场、电影院、体育场及体育馆的看台: (1)有固定座位 (2)无固定座位	2.5 3.5	0.3
5	展览馆、博物馆	3.0	0.5
6	商店、展销厅	3.5	0.5
7	车站大厅、候车室、舞台、餐厅、体操室	3.5	0.5
8	藏书库、档案室		
9	停车库 (1)单向板楼盖(板跨≤2m) (2)双向板楼盖和无梁楼盖(柱网≤6m×6m)	4.0	0.6
10	厨房	2.0	0.5
11	浴室、厕所、盥洗室 (1)住宅、托儿所、幼儿园 (2)宿舍、旅馆、医院、办公室 (3)教室、食堂 (4)礼堂、剧场、电影院、看台、展览馆	1.5 2.0 2.5 3.5	0.4 0.4 0.5 0.3
12	挑出阳台	2.5	0.5

注:①本表适用于一般情况,当使用荷载较大时,应按实际情况采用。

②第9项活荷载只适用于停放轿车的车库。当单向板跨度小于2m时,可将车轮局部荷载按《建筑结构荷载规范》换算为均布荷载,局部荷载取4.5kN,间隔1.5m,分布在0.2m×0.2m的面积上。

③第12项楼梯活荷载,对预制踏步平板,尚应按1.5kN集中荷载验算。

④第13项挑出阳台活荷载,当人群有可能密集时,宜按3.5kN/m²采用。

⑤本表各项荷载均未包括隔墙自重。

工业建筑楼面均布活荷载

表4

序号	位 置	荷载标准值(kN/m ²)
1	有设备区域	按实际情况,但不宜小于3.0
2	无设备区域	2.0
3	车间楼梯	可按实际情况,但不宜小于3.5

屋面均布活荷载(kN/m²)

表5

序号	类 别	标准值	准永久值
1	不上人的屋面: 石棉瓦、瓦楞铁等轻屋面和瓦屋面 钢丝网水泥及其它水泥制品轻屋面、薄钢结构承重的钢筋混凝土屋面 钢结构或钢筋混凝土结构承重的钢筋混凝土屋面(含挑檐和雨篷)	0.3 0.3 0.7	0 0 0
2	上人的屋面		

注:①不上人屋面,当施工荷载较大时,应按实际情况采用。

②上人屋面,当兼作其它用途时,应按相应用途的楼面均布活荷载采用。

施工或检修荷载及栏杆水平荷载

表6

序号	类 别	标准值
1	施工或检修集中荷载(kN): 屋面板、檩条、钢筋混凝土挑檐和预制钢筋混凝土雨篷	0.8 1.0
2	栏杆顶部水平荷载(kN/m): 住宅、宿舍、办公室、旅馆、医院、托儿所、幼儿园 学校、食堂、剧场、电影院、车站、礼堂、展览馆或体育场	0.5 1.0

注:①当计算挑檐、雨篷强度时,沿板宽每隔1.0m考虑一个集中荷载;在验算挑檐、雨篷倾覆时,沿板宽每隔2.5~3.0m考虑一个集中荷载。

②当采用荷载长期效应组合时,可不考虑施工和检修荷载和栏杆水平荷载。

③对于轻型构件或较宽构件,当施工荷载有可能超过上述荷载时,应按实际情况验算,或采用加垫板、支撑等临时设施承受。

结构[2]荷载

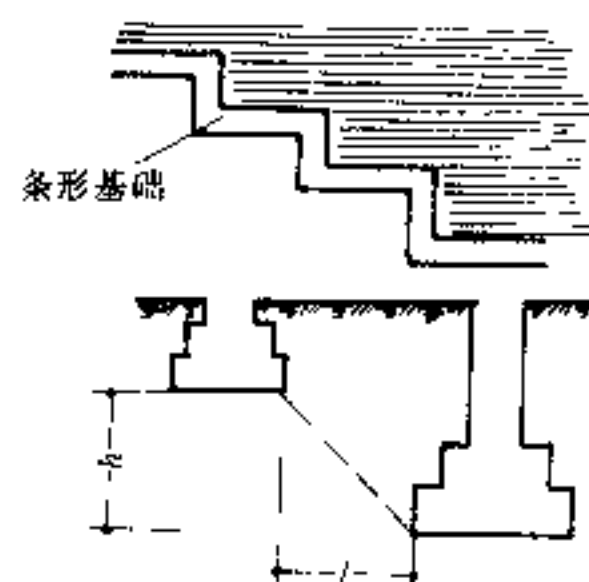
常用材料和构件自重表 (单位: kN/m^2 , 有 * 号者为 kN/m^3)

部位	名称	自重	备注
木材	普通木板、橡胶木料	5	随含水率而异
	锯末	2~2.5	加防腐剂时为 $3\text{kN}/\text{m}^3$
	木丝板	4~5	
	软木板	2.5	
	刨花板	6	
胶合板	胶合板	0.019, 0.022	分别为杨木、椴木
	胶合板	0.028	水曲柳
	胶合板	0.030, 0.034	分别为杨木、椴木
	胶合板	0.040	水曲柳
	甘蔗板, 按 10mm 厚计	0.030	常用厚度为 13、15、19、25mm
	隔育板, 按 10mm 厚计	0.030	常用厚度为 13、20mm
土、砂、石	粘土	18*	湿, $\varphi=35^\circ$ 压实
	砂土	18*	湿, $\varphi=35^\circ$ 压实
	砂	14~17*	干, 分别为细砂、粗砂
	卵石	16~18*	干
砖	普通砖	18*	240×115×53—684 块
	缸砖	21~21.5*	230×110×65—609 块
	耐火砖	19~22*	230×110×65—609 块
	耐酸瓷砖	23~25*	230×113×65—590 块
	灰砂砖	18*	砂: 白灰=92:8
	煤渣砖	17~18.5*	
	矿渣砖	18.5*	硬矿渣: 烟灰: 石灰=75:15:10
	烟灰砖	14~15	炉渣: 电石渣: 烟灰=30:40:30
	无渣空心砖	10*	290×290×140—85 块
	水泥空心砖	10.3*	300×250×110—121 块
	瓷面砖	17.8*	150×150×8—5556 块
	马赛克、玻璃马赛克	0.12	厚 5mm
砂浆、混凝土	石灰砂浆	17*	
	灰土	17.5*	石灰: 土=3:7 夯实
	水泥砂浆	20*	
	水泥蛭石砂浆	5~8*	
	膨胀珍珠岩砂浆	7~15*	
	素混凝土	22~24*	振捣或不振捣
	沥青混凝土	20*	
	泡沫混凝土	4~6*	
	加气混凝土	5.5~7.5*	单块
	钢筋混凝土	24~25*	
保温材料	玻璃棉	0.5~1.0*	作绝热层填充料用
	岩棉	0.5~2.5*	
	沥青玻璃棉	0.8~1.0*	导热系数 0.03~0.04
	泡沫玻璃	3~5*	
	玻璃钢	14~22*	
	矿渣棉	1.2~1.5*	松散, 导热系数 0.027~0.038
	沥青矿渣棉	1.2~1.6*	导热系数 0.035~0.045
	膨胀珍珠岩粉料	0.8~2.5*	干, 松散, 导热系数 0.045~0.065
	膨胀蛭石	0.8~2*	
	聚苯乙烯泡沫塑料	0.5*	导热系数不大于 0.03
	石棉板	13*	含水率不大于 3%
	乳化沥青	9.8~10.5*	
砌体	浆砌细方石	26.4*	花岗岩, 方整石块
	浆砌细方石	25.6、22.4*	分别为石灰石、砂岩
	浆砌毛方石	24.8*	花岗岩, 上下面大致平整
	浆砌毛方石	24、20.8*	分别为石灰石、砂岩
	干砌毛石	20.8*	花岗岩, 上下面大致平整
	干砌毛石	20、17.6*	分别为石灰石、砂岩
	浆砌砖砌体	18、19	分别为普通砖、机制砖
	浆砌耐火砖	22*	
	土坯砖砌体	16*	
	粘土砖空斗砌体	13、17	分别为全斗、中填碎瓦砾, 一眠一斗
	粘土砖空心砖	12.5、15*	分别为非承重与承重砌体
	粉煤灰泡沫砌块砌体	8~8.5*	粉煤灰: 电石渣: 废石膏=74:22:4

部位	名称	自重	备注
隔墙	双面抹灰板条隔墙	0.9	每面灰厚 16~24mm, 龙骨在内
	单面抹灰板条隔墙	0.5	灰厚 16~24mm, 龙骨在内
	C 型轻钢龙骨隔墙	0.27、0.32	两层 12mm 纸面石膏板, 分别为无保温层、中填岩棉保温板 50mm 厚
		0.38、0.43	三层 12mm 纸面石膏板, 分别为无保温层、中填岩棉保温板 50mm 厚
		0.49、0.54	四层 12mm 纸面石膏板, 分别为无保温层、中填岩棉保温板 50mm 厚
墙面	贴瓷砖墙面	0.5	包括水泥砂浆打底, 共厚 25mm
	水泥粉刷墙面	0.36	20mm 厚, 水泥粗砂
	水磨石墙面	0.55	25mm 厚, 包括打底
	水刷石墙面	0.5	25mm 厚, 包括打底
	石灰粗砂墙面	0.34	20mm 厚
	剁假石墙面	0.5	25mm 厚, 包括打底
	外墙拉毛墙面	0.7	包括 25mm 水泥砂浆打底
	玻璃幕墙	0.6~0.7	框架自重在内
屋面	粘土平瓦屋面	0.55	按实际面积计算
	水泥平瓦屋面	0.5~0.55	按实际面积计算
	小青瓦屋面	0.9~1.1	可根据当地习惯做法取用
	冷摊瓦屋面	0.5	
	石板瓦屋面	0.46	厚 6.3mm
	麦秸泥灰顶	0.16	以 10mm 厚计
	石棉板瓦	0.18	仅瓦自重
	波形石棉	0.2	1820×725×8mm
	白铁皮	0.05	24 号
	瓦楞铁	0.05	26 号
	玻璃屋顶	0.3	9.5mm 铅丝玻璃, 框架重量在内
	玻璃砖顶	0.65	框架重量在内
	油毡防水层	0.05	一层油毡刷两道
		0.25~0.30	四毡作法, 一毡二油上铺小石子
		0.30~0.35	六毡作法, 二毡三油上铺小石子
顶棚		0.35~0.40	八毡作法, 三毡四油上铺小石子
	再生橡胶防水卷材	0.025	包括橡胶粘结层
	塑料瓦楞板	0.05~0.1	3~5mm 厚
	捷罗克防水层	0.1	厚 8mm
	屋顶天窗	0.35~0.40	9.5mm 铅丝玻璃, 框架自重在内
	钢丝网抹灰吊顶	0.45	
	麻刀灰板条顶棚	0.45	吊木在内, 平均灰厚 20mm
	砂子灰板条顶棚	0.55	吊木在内, 平均灰厚 25mm
	苇箔抹灰顶棚	0.48	吊木龙骨在内
	松木板顶棚	0.25	吊木在内
棚	三夹板顶棚	0.15	吊木在内
	木丝板吊顶	0.26~0.29	吊木及盖缝条在内, 分别为 25、30 厚
	隔音纸板顶棚	0.17~0.20	吊木及盖缝条在内, 分别为 10、20 厚
	V 型轻钢龙骨吊顶	0.12、0.17	一层 9mm 纸面石膏板, 分别为无保温层、有岩棉保温板 50mm 厚
		0.20、0.25	二层 9mm 纸面石膏板, 分别为无保温层、有岩棉保温板 50mm 厚
	V 型轻钢龙骨及铝合金龙骨吊顶	0.10~0.12	一层矿棉吸音板厚 15mm, 无保温层
	顶棚上铺焦渣钢丝网绝缘层	0.2	厚 50mm, 焦渣与锯末按 1:5 混合
	地板格栅	0.2	仅格栅自重
	硬木地板 (不包括格栅)	0.2	厚 25mm, 剪力撑、钉子等重量在内
	小空砖地面	0.55	包括水泥粗砂打底
地面	水泥花砖地面	0.60	砖厚 25mm, 包括水泥粗砂打底
	水磨石地面	0.65	10mm 面层, 20mm 水泥砂浆打底
	预制水磨石地面	1.2	预制水磨石 25mm 厚, 30mm 水泥砂浆结合层
	木块地面	0.7	加防腐油青铺砌厚 76mm
	单波型 V-300(S-60)	0.13	波高 173mm, 板厚 0.8mm
压型钢板	双波型 W-550	0.11	波高 130mm, 板厚 0.8mm
	三波型 V-200	0.135	波高 70mm, 板厚 1mm
	多波型 V125、V-115	0.065、0.079	波高 35mm, 板厚 0.6mm

地基基础设计要点

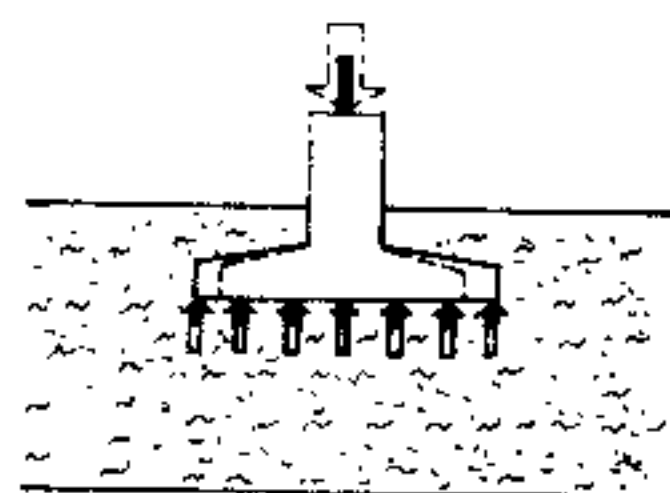
- 一、地基基础的设计应根据设计的不同阶段和地基情况,分别提出不同的岩土工程勘察要求。勘察报告书的内容,应包括钻孔平面布置图、岩性剖面图、土的物理和力学性能分析、动、静触探记录以及地下水位和水质分析结果。有抗震设防要求时,尚应对场地的地震危险性作出综合评价,判明有否液化的可能及其等级,必要时还须测定场地土的卓越周期。采用桩基时,应提出供桩尖持力层的建议、桩端土的承载能力和桩周土的摩擦力等。若桩支承在基岩上,尚应对岩层进行详勘。
- 二、正确地确定地基承载力。一级建筑物应通过现场载荷试验确定其承载力,其它建筑物可通过试验确定,也可以按照现行规范的附录所列地基承载力表查得基本值。该值须乘以规范规定的回归系数,并经过深宽修正后应用。
- 三、建筑物因地基受载发生变形产生的沉降值和差异沉降值,均应控制在规范的允许值之内。
- 四、建、构筑物建造在斜坡或边坡上,或者承受水平荷载时,应进行稳定性验算。
- 五、基础的埋置深度应根据地质情况、土的冻结深度以及地下水位等情况,综合考虑后确定。
- 六、当基础的埋置深度不同时,条形基础应做成台阶式,由浅向深过渡;相邻基础的高差 h ,应限制在 $h:l \leq \tan \varphi$ 之内, l 为相邻基础的净距, φ 为地基土的内摩擦角。一般 $h:l \leq 1:2$ 。
- 七、基础材料应能防止冻融破坏,埋在有侵蚀性地下水中的基础,尚应有抗侵蚀的能力。
- 八、地基处理和基础选型均应符合技术经济合理和施工方便等原则。



I 基础埋深不同的处理

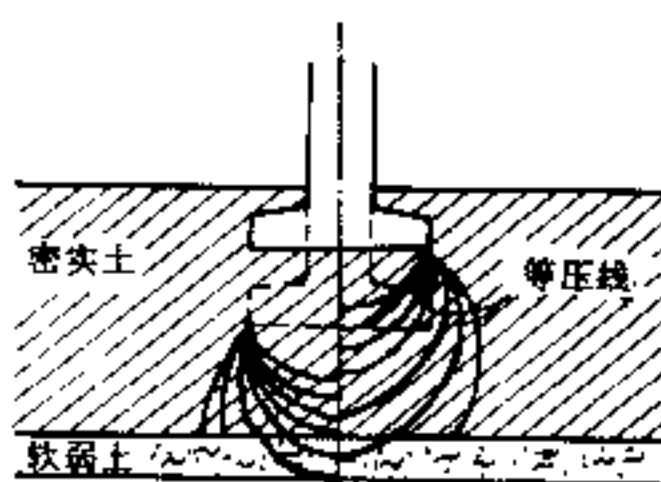
地基处理

对于淤泥、淤泥质土、吹填土、杂填土或其它高压缩性土层构成的地基,当地基的承载力或变形不能满足要求时,可根据软弱地基土的埋深,结合施工条件、材料供应情况,经过技术经济比较,选择适当的人工地基处理方法。常见的有图[2]~[13]所示的几种。



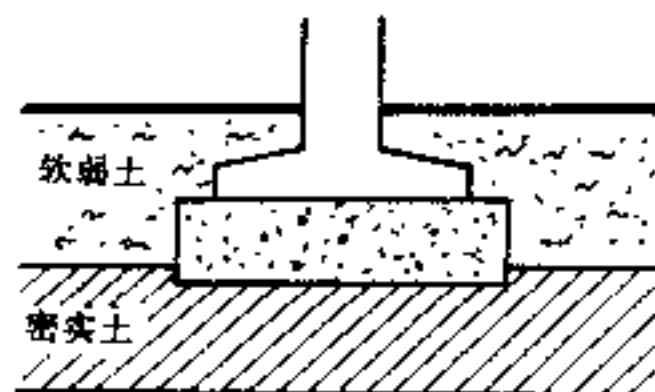
减轻建筑物自重或加大基础底面积,以减轻建筑物对地基压力,以满足地基承载力和允许变形的要求。

[2] 减轻自重、加大面积



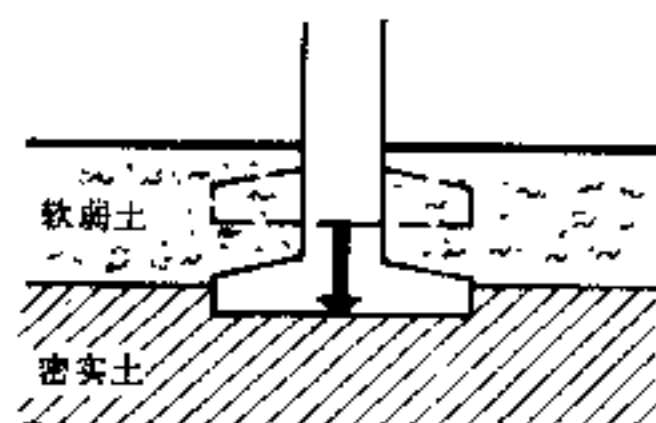
做浅基础,使基础底面远离软弱的下层,使作用于软弱土层的压力,小于其允许承载力值。

[3] 做浅基础



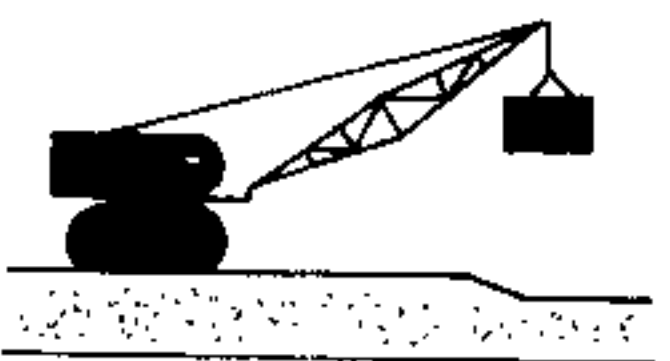
用砂垫层、灰土垫层换去软弱土,将垫层作为持力层,达到加固的目的。此办法适用于浅层软弱土的处理。

[4] 换土垫层



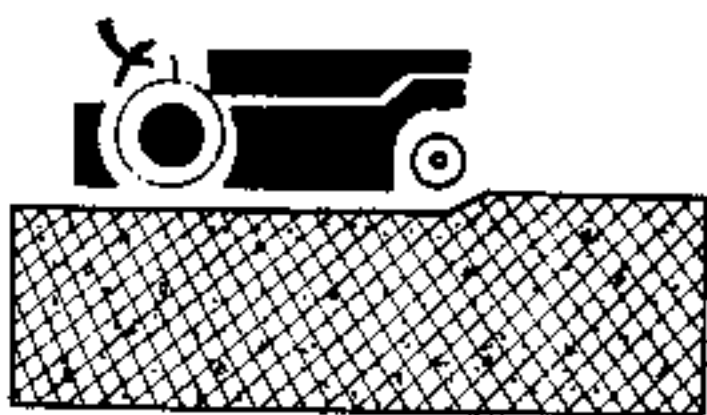
加深基础埋深,将基础埋置在较深的密实土层上,避开软弱土层,此办法适用于基础底面下软弱土层不很厚的情况。

[5] 深埋基础



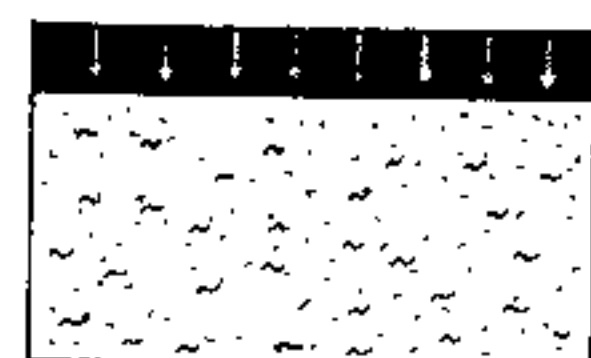
利用重锤从高处落下,夯实地基土,提高地基承载力,减少沉降,并可消除液化,适用于地下水位低的地基加固。

[6] 重锤夯实



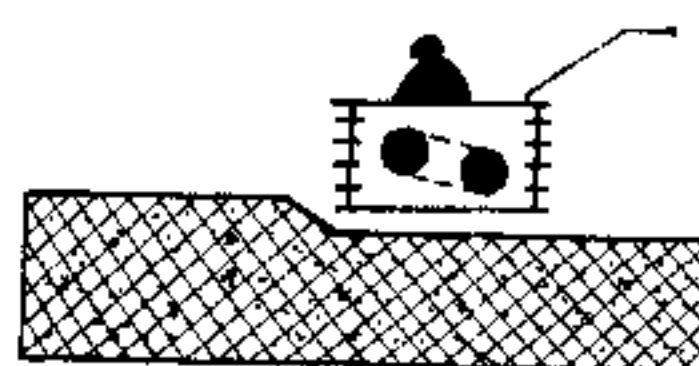
利用机械对地基土进行碾压,适用于工业废料建筑垃圾组成的薄层表土杂填土地基。压实后能减少地基的不均匀性。

[7] 机械碾压



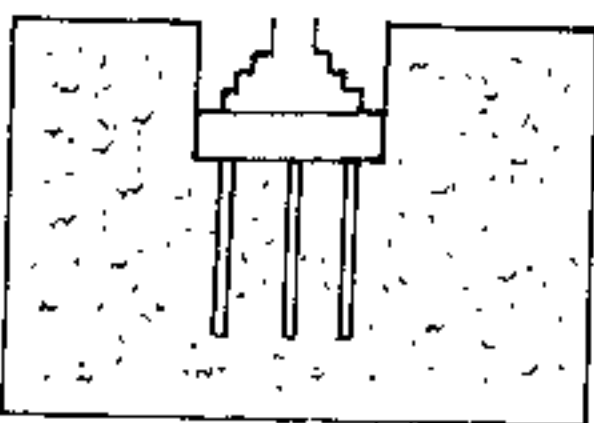
地基上预先加载,以达到加固的目的,适用于深厚的淤泥、饱和的软粘土地基,可减少地基沉降。

[8] 堆载预压



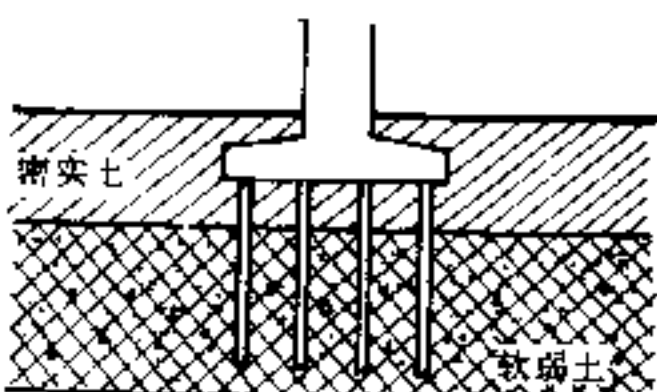
用打夯机对地基进行振动压实,适用于含少量粘土的工业废料、建筑垃圾和炉灰填土地基,可减少沉降。

[9] 振动压实



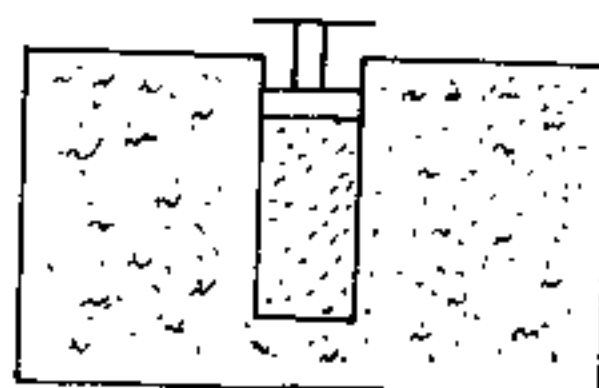
利用灰土桩,挤密加固,适用于软弱地基,效果较好,加固后可提高地基承载力。

[10] 灰土密桩



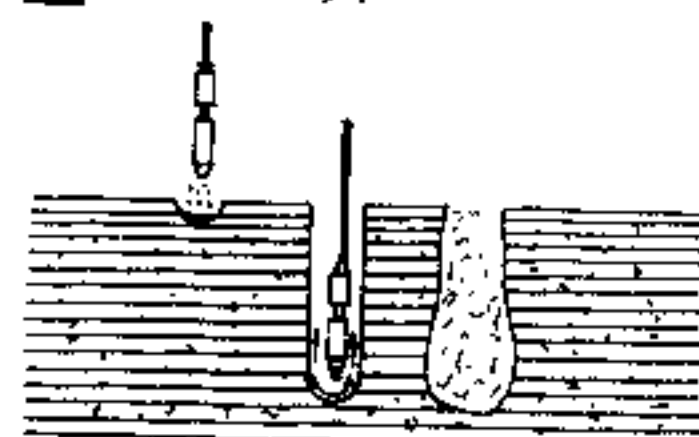
地基土中打入砂桩,起挤密和排水作用,适用于厚度不厚的软粘土和杂填土地基。

[11] 砂桩



地基中做灰土井,也起挤密排水作用,用于厚度 $\leq 5m$ 的淤泥质软土。

[12] 灰土井桩

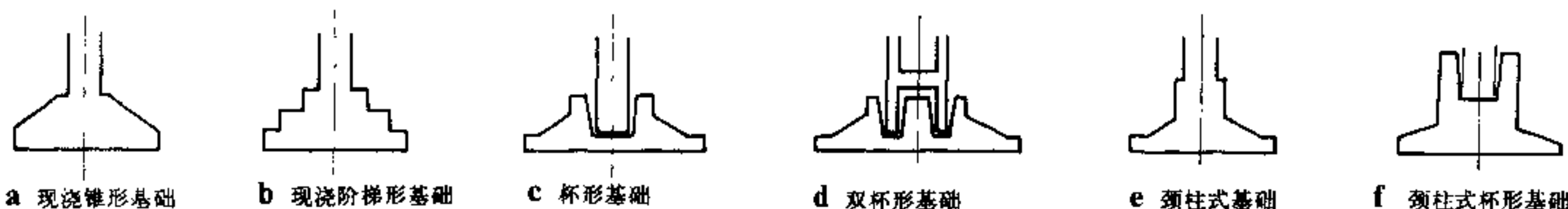


适用于松砂地基加密、液化砂土加固,使复合地基承载力提高,压缩性减小。

[13] 振动冲水

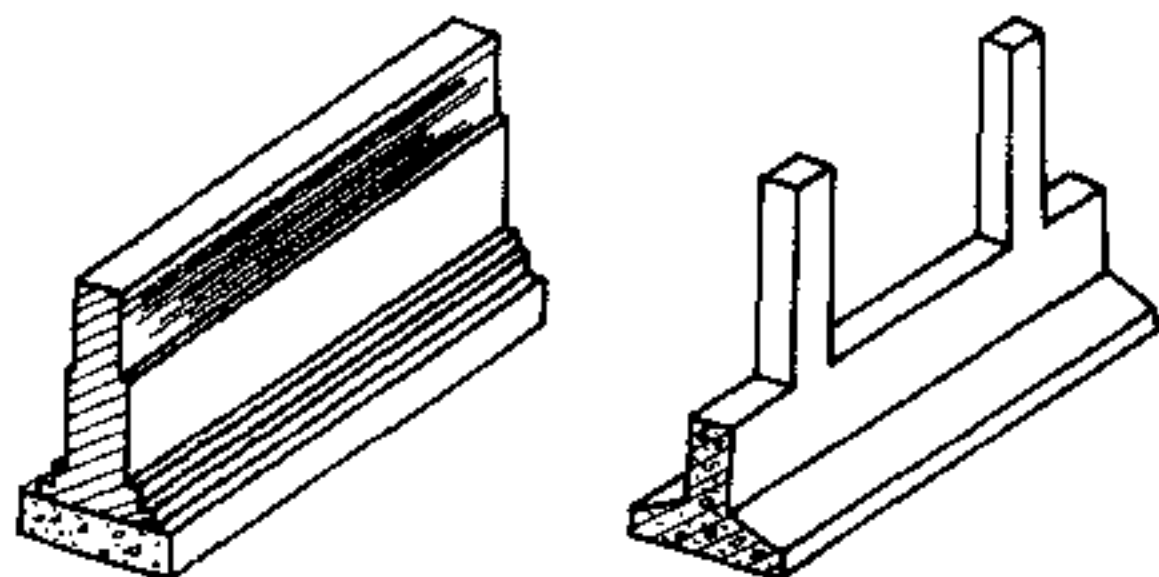
基础型式及适用范围

一、独立基础 这是扩展基础的一种，主要用于柱下，按施工方法分有现浇与预制两种；按结构型式分有锥形、阶梯形、杯形（含带短柱的杯形和双杯形）和长颈柱式基础等。杯形基础适用于采用预制钢筋混凝土柱的工业厂房，颈柱式和长颈杯形基础则适用于基础埋深较大的情况，现浇的锥形和阶梯形基础适用于现浇钢筋混凝土柱的情况。



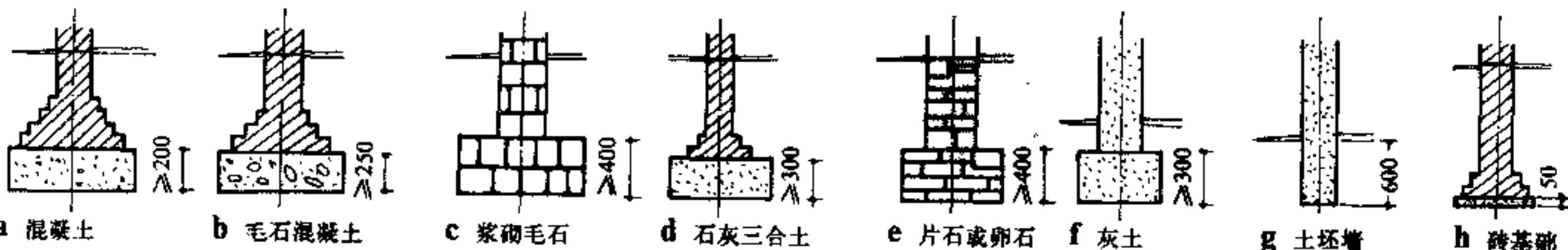
1 独立基础分类图

二、条形基础 沿墙或沿柱列连续设置的基础，称为条形基础。按基础的受力情况分有刚性与柔性两种，按上部结构的型式分有墙下条形基础与柱下条形基础两种。当基础的挑出部分尺寸大于表1规定的基础挑出部分高宽比的允许值时，称为柔性基础。刚性基础采用混凝土、毛石混凝土、毛石浆砌、石灰三和土、片石、粘土砖和灰土等抗弯强度不高的材料，仅用于五层和五层以下的一般民用建筑或砖石承重的轻型厂房。柔性基础则主要采用钢筋混凝土。



a 墙下条形基础（扩展基础之一） b 柱下条形基础

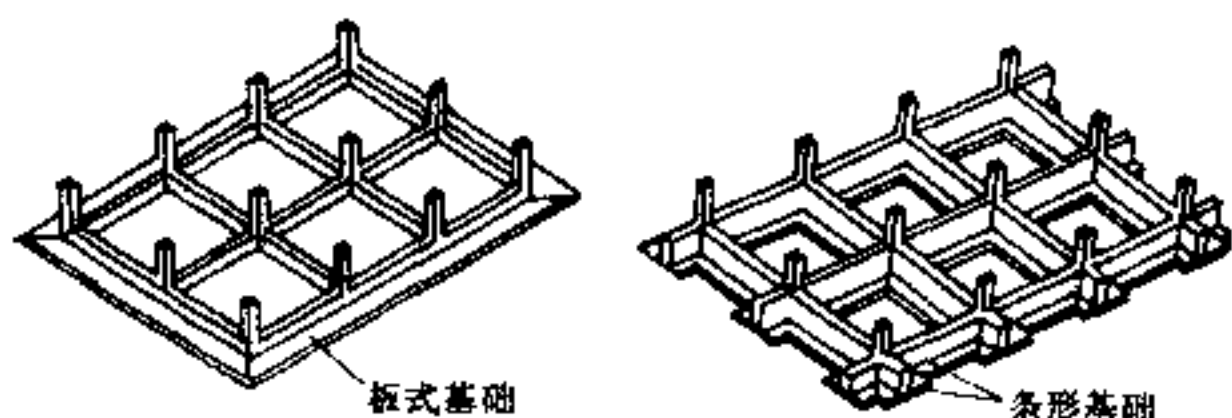
2 条形基础



a 混凝土 适用于五层及五层以下民用建筑或单层、多层轻型厂房的承重墙基础
b 毛石混凝土 适用于四层以下的一般民用建筑及单层轻型厂房的承重墙基础
c 浆砌毛石 适用于四层以下的一般民用建筑及单层轻型厂房的承重墙基础
d 石灰三合土 适用于地下水位高、湿度大的低层建筑
e 片石或卵石 适用于干燥地区的简易建筑
f 灰土 适用于荷载较小的建筑或非承重墙基础。
g 土坯墙
h 砖基础

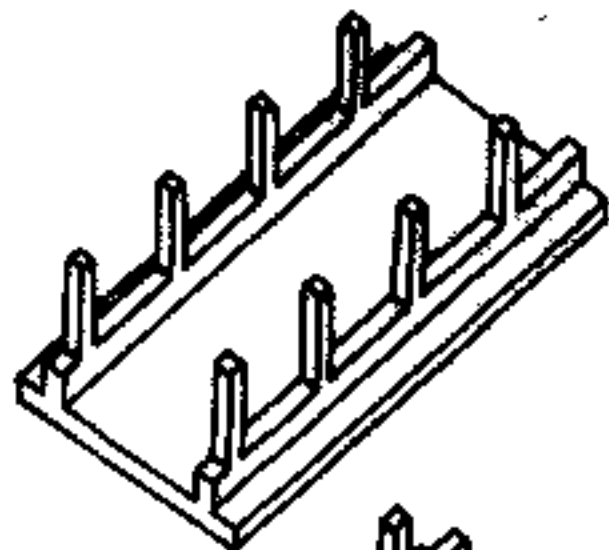
3 刚性基础分类图和适用范围

三、筏形基础 多层与高层房屋的基础，除条形基础外，一般做成梁板式基础、格筏式基础和片筏基础，统称筏形基础。梁板式基础又分单向肋式和双向肋式两种。片筏基础与格筏基础的区别在于前者的基础底板扩大到同底面积一样或更大，后者则只是将纵横两向的条形基础联结成十字形整体。



4 片筏基础

5 格筏基础



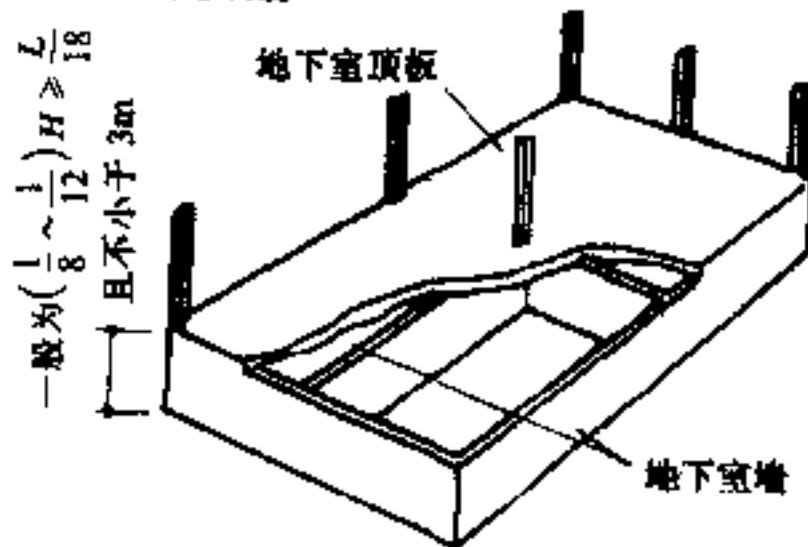
a 单向肋式

b 双向肋式

6 梁板式筏形基础

四、箱形基础 这是高层和多层建筑中广泛采用的一种基础型式。它刚度大而且整体性好特别适合于荷载大而地基土又比较软弱的情况下采用。

H —建筑物地面以上高度；
 L —箱基长度



7 箱形基础

各种材料的刚性基础台阶宽高比允许值

表1

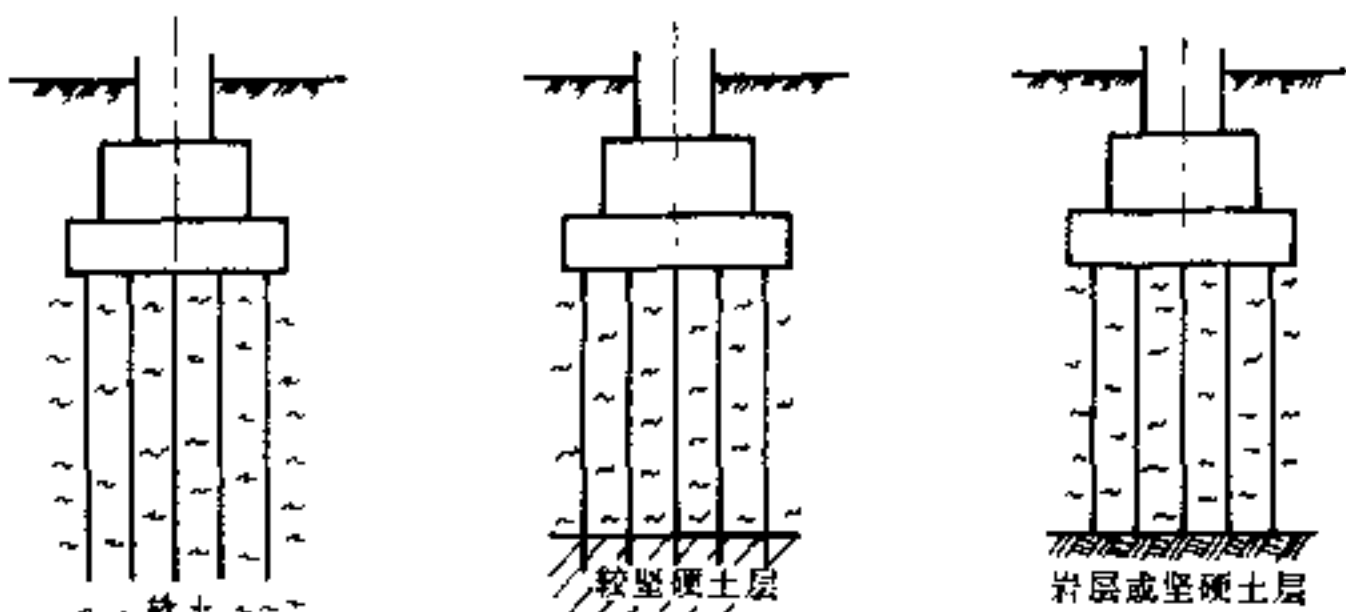
基础型式和用料	台阶宽高比 $b:h$		
	$R \leq 100$	$100 < R \leq 200$	$200 < R \leq 300$
C10 混凝土基础	1:1.00	1:1.00	1:1.25
C7.5 混凝土基础	1:1.00	1:1.25	1:1.50
C7.5~C100 毛石混凝土基础	1:1.00	1:1.25	1:1.50
砖 MU ≥ 7.5 、砂浆 M ≥ 5 砖基础	1:1.50	1:1.50	1:1.50
M2.5~5 砂浆毛石基础	1:1.25	1:1.50	
M1 砂浆毛石基础	1:1.50		
3:7 或 2:8 灰土基础	1:1.75	1:1.50	
1:2:4 或 1:3:6 三合土基础	1:1.50	1:2.00	

注：表中 R 为基础底面的平均压力 (kPa)

桩基础

桩基础是深基础的一种形式,也是一种地基加固方法,根据桩将荷载传给地基土的不同方式,桩可分为摩擦桩、摩擦端承桩和端承桩三种;按桩的制作方法又可分为预制桩、灌注桩和爆扩桩三大类。

注:爆扩桩已较少应用,本资料集不拟介绍。



a 摩擦桩 全部由桩周与土之间的摩擦力来支承上部传来的荷载
b 摩擦端承桩 桩周与土间的摩擦力和桩尖支承力共同来支承上部传来的荷载
c 端承桩 全部由桩尖支承力来支承上部传来的荷载

1 桩的分类

一、灌注桩 将混凝土灌入预先挖好的孔洞中形成的桩称为灌注桩。灌注桩按现有成孔工艺可划分为钻、挖和冲孔灌注桩三种,按不同施工方法定名有以下几种,其适用范围见表1。

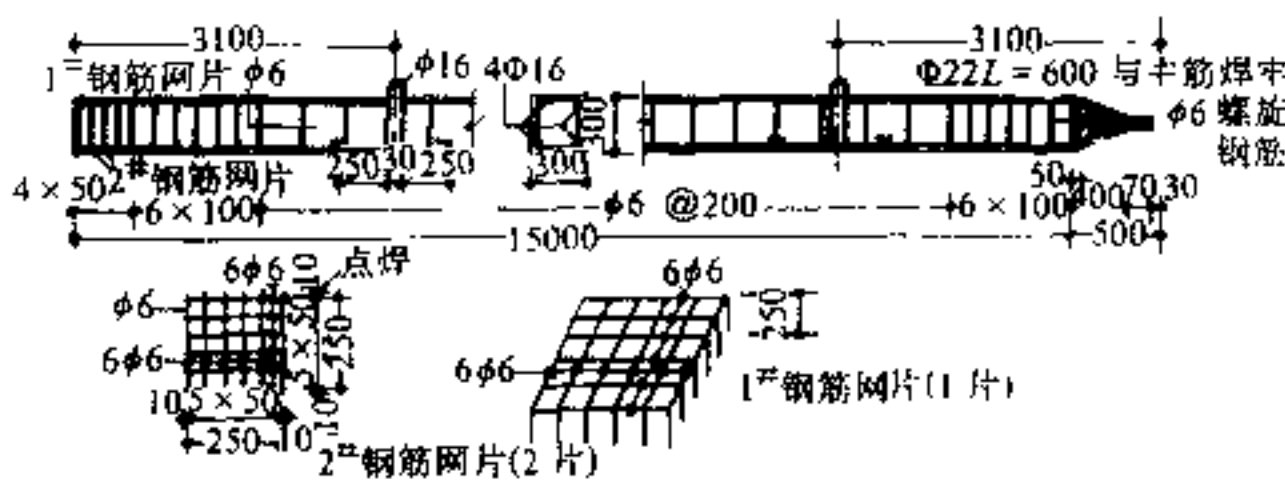
- 1.螺旋钻成孔、潜水钻成孔、机动洛阳铲挖孔、人工挖孔和冲击成孔的灌注桩。
 - 2.钻孔扩底灌注桩。
 - 3.沉管灌注桩、包括锤击沉管、振动沉管和振动冲击沉管成孔的灌注桩。
- 近年来大直径人工挖孔灌注桩应用广泛,桩底直径可达2~3m,这种桩不要专用设备,施工方便、承载力高而且经济。

灌注桩成孔工艺选择参考表

表1

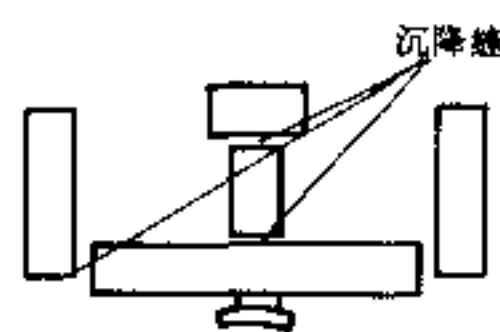
成孔工艺	适用土层	不宜用土层
螺旋钻成孔	一般粘性土、砂土及人工填土地基	地下水位以下左述各类土及碎石土、淤泥和淤泥质土
潜水钻成孔	一般粘性土、淤泥和淤泥质土尤其适用于地下水位较高的土层	自重湿陷性黄土、碎石土
机动洛阳铲成孔	地下水位以上的一般粘性土、黄土和人工填土	地下水位以下的左述各类土及碎石土、砂土
冲击成孔	各类粘性土、砂土、碎石土	黄土
回旋钻成孔	除右述的各类土	湿陷性黄土、碎石土
钻孔扩底	坚硬、硬塑、可塑状态的粘性土,密实、中密、稍密的砂土	流塑状态的粘性土、松散砂土、碎石土
锤击沉管成孔	一般粘性土、淤泥质土、砂土和人工填土地基	碎石土
振动沉管成孔	一般粘性土、淤泥质土、砂土和人工填土地基	碎石土
振动冲击沉管成孔	一般粘性土、淤泥质土、人工填土,特别适用于稍密及中密的碎石土	

二、预制桩 根据桩所采用的材料有木桩、钢桩、钢筋混凝土桩。常用的是预制钢筋混凝土桩。按长度可分为短桩(小于10m)、中长桩(10~20m)和长桩(20m以上)。目前打(沉)桩均以机械为动力,用锤击、振动或静力压等方法,将桩打(沉)入土中。



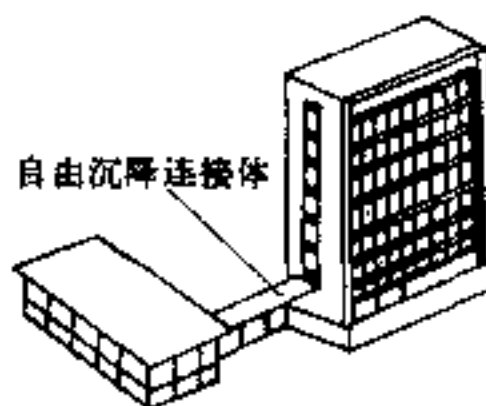
2 预制钢筋混凝土桩示例

减少地基不均匀沉降的办法



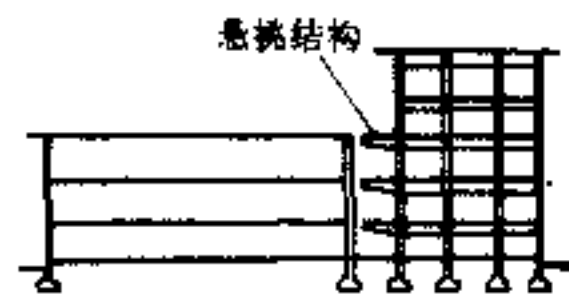
高低相差悬殊或重量相差悬殊,或地基土壤不均匀时(包括新老地基间)须设沉降缝,使各区能各自沉降

3 设沉降缝



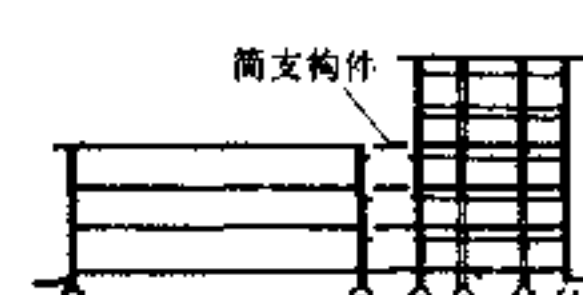
高低相差悬殊的建筑物间,留适当距离,用自由沉降的连接体连接,使高层建筑的大量沉降不影响邻近建筑

4 自由沉降连接体相连



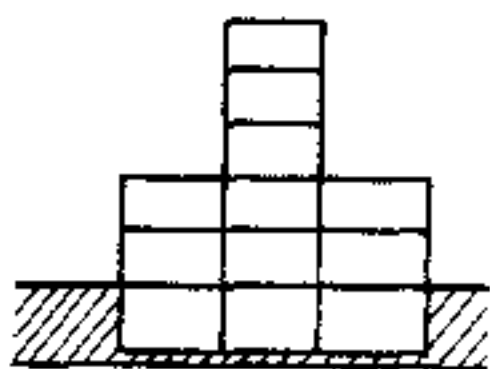
用悬挑结构连接相邻建筑物,避免因两者差异沉降引起结构损坏

5 用悬挑结构连接



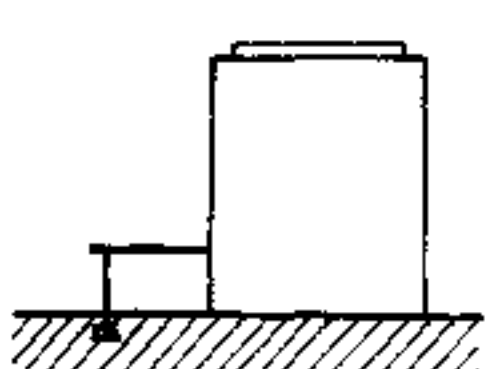
用简支结构连接相邻建筑物,不致由基础的差异沉降,引起结构内力变化

6 用简支结构连接



多层或高层框架有不同高度时,可采用箱形基础,加大其刚度,使建筑物整体下沉,减少差异沉降

7 采用箱基



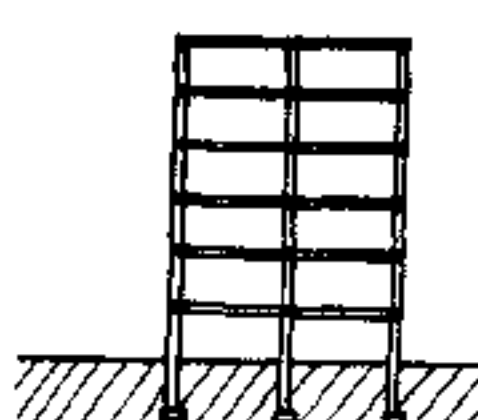
先建高层或重量较大的建筑物,后建相连的低层或重量较小的建筑,使两者的最终沉降量接近

8 先建高层



高层建筑物,可用深挖地下室的方法,利用挖去的土重平衡部分上部结构重量

9 深挖地下部分

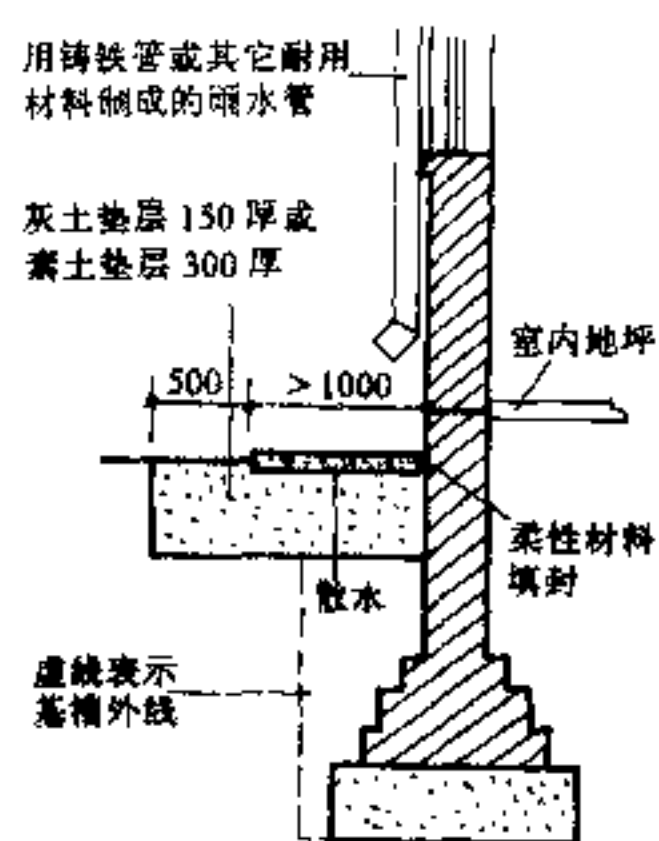


增设圈梁,增加建筑物的整体刚度,使建筑物整体下沉,避免建筑物产生裂缝

10 增设圈梁

几种特殊地基的处理

一、湿陷性黄土地基 此类地基土体呈大孔性结构,故又名大孔土。遇水浸湿后,大孔结构瞬间崩碎,建筑物骤然下陷,导致建筑物湿陷破坏。此类地基如果处理不当就会遭受很大损失。在设计中应采取必要的结构措施和进行地基处理。垫层法、挤密桩法、振冲碎石桩、预浸水法和采用桩基,均很有效。此外,建筑、总图、给排水等专业也应采取相应措施,才能取得减少灾害的好效果。其中防止地面水的侵入最为重要。为此,在总平面布置时,要确保地面雨水排水畅通,建筑物与地下水管之间应保持一定距离,一般是5~12m;屋面排水宜用有组织排水,当采用有组织排水时,

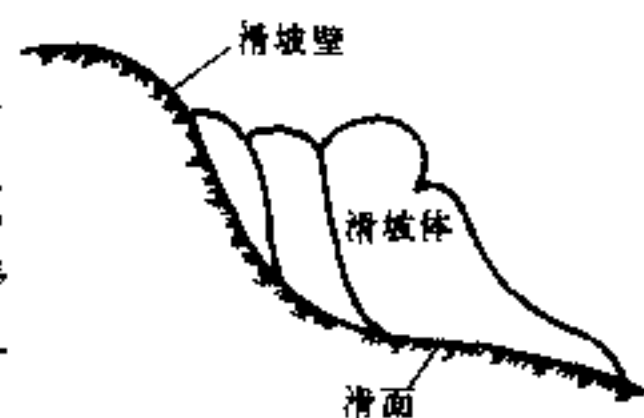


宜采用铸铁管或其它耐用材料做,雨水管末端应有弯头;建筑物四周应做有足够宽度的散水坡。无组织排水时,檐高在8m以下,宽度应 $\geq 1.5\text{m}$,檐高8m以上时,每增高4m,宽度增加250mm,最宽不超过2.5m,有组织排水时,非自重湿陷性黄土,散水坡宽不得小于1.0m,自重湿陷性黄土,宽度宜为1.5m。

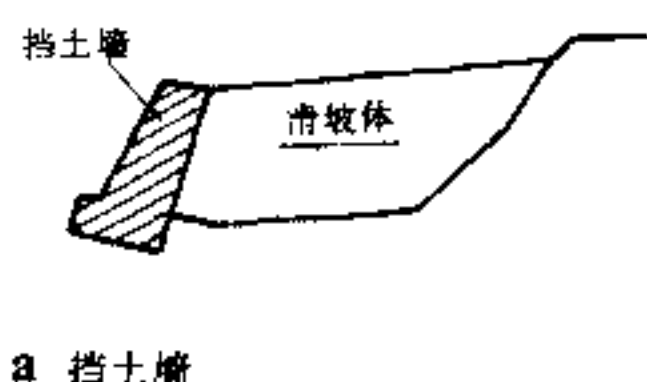
1 湿陷性黄土排水处理

二、滑坡 滑坡常使整个建筑物,甚至整个厂区或一个村庄毁灭。山区建设或在坡地上建设,常因挖方而使山体失去平衡引起滑坡,其形态如下图所示。设计中应尽量避免有滑坡可能的地段。若因特殊原因,非在此类地基上建筑房屋,则应对滑坡进行全面整治。滑坡的整治应遵循以下两点原则:

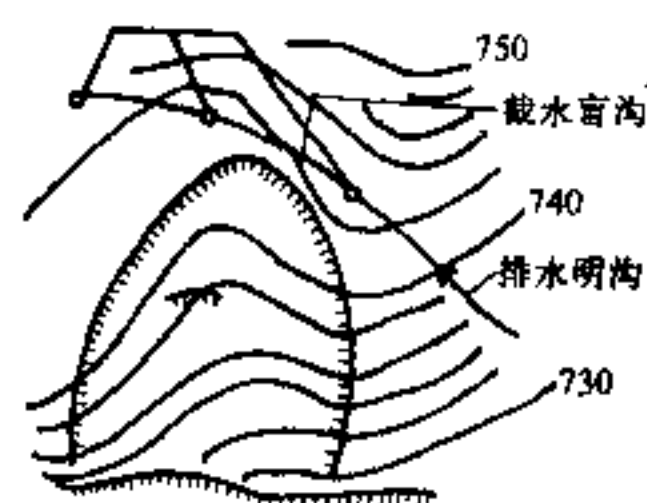
1. 进行详细的勘察,查明滑坡的范围以及滑面的确切位置。
2. 滑坡的处理应从两个方面入手,一是采用盲沟疏导水流,防止其侵入滑面,二是修筑挡土墙或打抗滑桩对滑坡进行阻挡。



2 滑坡示意图



a 挡土墙



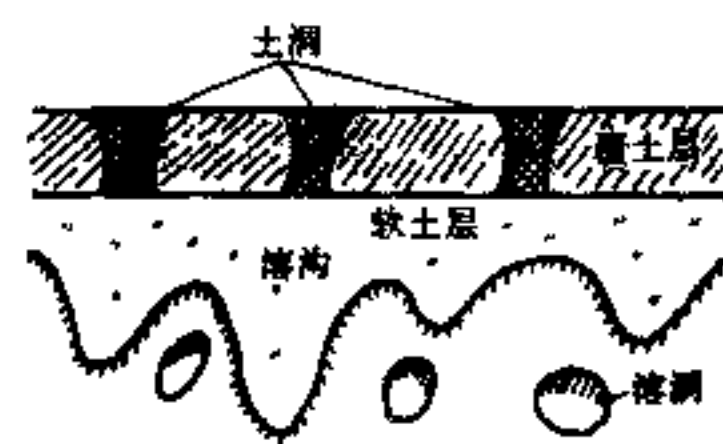
b 盲沟排水

3 滑坡的防治

三、膨胀土地基 一种粘性土,在一定荷载作用下,受水浸湿时,土体膨胀,干燥失水时,土体收缩,具有这种性质的土称为膨胀土。膨胀土地基对建筑物有较严重的危害性,设计时应预处理。处理的要点如下:

1. 建筑物宜建在平坦地段,避免挖方与填方。
2. 基础设计应用足地基承载力,以抵消土壤的膨胀力。
3. 基础埋深宜大于1.5m。
4. 组织好地面排水,严防雨水等地面水渗入基础底面。
5. 适当加宽散水坡,一般宜 $\geq 1.5\text{m}$ 。
6. 在建筑物周围植树时,应使树与建筑物隔开一定距离,一般不小于5m。

四、岩溶(喀斯特)地基 有地下水活动的石灰岩地区,经常容易形成岩溶(喀斯特)地基,其形态如下图所示,此类地基,在地表上有一覆土层,并可能伴有土洞。覆土层下的石灰岩基岩中,存在着溶沟、溶洞。沟内、洞内的充填物都是软土,其物理力学性能比一般软土还差,结构强度很低。覆土层有土洞的岩溶地基,为发育岩溶,建设时宜避开此类地基。不发育的岩溶地基,可作为轻型建筑的地基,重要的或中、大型工业与民用建筑,也宜避开此类地基。若实在无法避开时,则应进行详细的岩土工程勘察,并采取切实可行的治理措施和进行详细的变形验算,将建筑物的差异沉降减少到最低限度,以确保建筑物的安全使用。



4 溶沟、溶洞、土洞示意图

五、山区不均匀地基 当建筑物地基的主要受力层的范围内,有土、岩混合地基、漂石地基或残、坡积土地基时,称为山区不均匀地基。遇到此类地基时,应进行详细勘察。对土、岩混合地基,要查明土、岩分布范围,土层厚度,土、岩接触面的变化情况和坡度;对漂石地基,要探明该漂石层的颗粒组成和均匀性,颗粒之间的充填情况和充填物的性质;对残、坡积土地基,要查明土层的厚度变化情况,残积土大块石的分布情况和坡积土的颗粒级配、夹层以及其下部软土的分布情况。设计中要加强建筑物的整体刚度和结构强度。在地基压缩性相差较大部位,结合建筑物的平面形状和荷载条件设置沉降缝。

六、采空区地基 在矿区采空区上建造房屋,应充分掌握采空区上覆盖层的性质、厚度和稳定性。在满足使用和其它要求的情况下,建筑物的体型力求简单、对称、等高。对复杂体型、长度较大或各部位荷载相差较大的建筑,应设置沉降缝将建筑物划分为若干独立的单元。基础宜浅埋并采用钢筋混凝土条形基础或筏形基础。

无抗震设防要求的砌体结构的适用范围和材料要求

内外墙、柱等由砖、石、砌块砌成，并用以承重，统称砌体结构，常用于单层空旷的房屋或八层及八层以下的多层房屋。其优点是耐火性、化学稳定性和大气稳定性好；易于就地取材，节约钢材、水泥和木材；隔热、隔声性能好。缺点是抗拉、弯、剪及抗震性能差；材料用量多，结构自重大，但砌筑工作繁重，施工进度慢。

砌体有实心砖砌体、空斗墙砌体、毛石砌体、各类混凝土砌块砌体以及硅酸盐砌块砌体。砌体材料的主要指标是它的强度，以强度等级表示。块体的强度等级以 MU 表示，砂浆的强度等级以 M 表示，详见表 1。砌体结构的材料最低强度等级详见表 2、表 3。一般砌体结构的砂浆强度等级不宜低于 M2.5，砖的强度等级不宜低于 MU7.5，并不宜采用降低强度等级的欠火砖，毛石的强度等级不应低于 MU 20，内框架房屋砂浆等级不宜低于 M5。

块体和砂浆的强度等级

粘土砖、非烧结硅酸盐砖	砌块	石 材	砂 浆
MU30、25、20、15、10、7.5	MU15、10、7.5、5、3.5	MU100、80、60、50、40、30、20、15、10	M15、M10、M7.5、M2.5、M1、M0.4

地面以上砌体材料最低强度等级

使用条件	粘土砖	砌块	石 材	砂 浆
六层及六层以上房屋的外墙 承受振动作用的墙和柱 层高大于 6.0m 的墙和柱 潮湿房间的墙和柱	MU10	MU5	MU20	M2.5

地面以下或防潮层以下砌体最低强度等级

地基土的潮湿程度	粘 土 砖 严寒地区	一般地区	混凝土砌块	石 材	混合砂浆	水泥砂浆
稍潮湿的	MU10	MU10	MU5	MU20	M5	M5
很潮湿的	MU15	MU10	MU7.5	重力密度应 ≥18kN/m³	—	M5
含水饱和的	MU20	MU15	MU7.5	—	—	M5

砌块 优点是适用性强、节约能源、制作方便、能利用工业废料，便于工业化、机械化与装配化。常见种类见表 4

常用的砌块种类

类别	蒸养加气混凝土砌块	粉煤灰硅酸盐中型实心砌块	混凝土小型空心砌块	混凝土中型空心砌块	煤矸石空心砌块
成份	以钙质、硅质材料和发气剂为原材料，经磨细、搅拌、浇注和蒸汽养护而制成	以粉煤灰、石灰、石膏为胶结料，以煤渣为骨料，经加水搅拌、振动成型，蒸养而制成	以水泥为胶结料，砂、石为骨料，经加水搅拌、振动加压成型，蒸汽养护而成	以水泥为胶结料，砂、石为骨料，经加水搅拌、振动加压成型，蒸汽养护而成	以煤矸石无熟料水泥作胶结料，天然煤矸石为骨料，经平模振动成型，蒸汽养护而成
强度	2.7~4.7MPa	10.0~15.0MPa	3.5MPa~10MPa	2.5~12.0MPa	15.0~20.0MPa
规格 (mm)	长：600 宽：100、150、200、250 高：200、250、300	长：880、980、1080、1180 宽：180、200、190、240 高：300	长：190、290、390、90 宽：190 高：190	长：285~1185 宽：200 高：785	长：285~1170 宽：200 高：880
质量	500~700kg/m³	150~175kg/m³	1400~2000kg/m³	900~1350kg/m³	1350~1500kg/m³
	在无安全可靠的措施防护时，不得用于建筑物的基础及地面以下的砌体和有侵蚀介质的环境中	不宜用于有侵蚀介质和经常处于高温影响下的房屋，并不得用于建筑物的基础及地面以下的砌体中	有抗震设防要求时，不宜用于 9 度区	有抗震设防要求时，不宜用于 9 度区	抗震设防要求 ≤6 度时，房屋总高不宜超过 18m（6 层）；7 度宜小于 15m（五层）；8 度宜小于 9m；9 度不宜采用

结构的平面和竖向布置 砌体房屋应优先布置为横墙或纵横墙共同承重的方案。在满足建筑功能要求的同时，应力求体型简单，受力明确，便于施工。多层房屋各层结构布置力求一致，横墙的布置和间距以及房屋总高度宜满足本资料集《抗震》章抗震设防 6 度的要求。砌体房屋温度缝的最大间距见表 5。房屋的平面不规则且不设缝时，其平面突出部分的长度应满足表 6 的要求。

砌体房屋平面突出长度限值

简 图	平面突出长度的限值
	平面变化处有横墙： $C \leq 0.5B$ 且 $C \leq 6m$
	平面变化处无横墙： $C \leq 0.8B$ 且 $C \leq 3m$

砌体房屋温度缝的最大间距 (m)

砌体类别	屋 盖 或 楼 盖 的 类 别	间距
各类砌体	装配式或装配整体式钢筋混凝土结构	有保温层或隔热层的屋盖、楼盖 50 无保温层或隔热层的屋盖、楼盖 40
	装配式无檩条体系的钢筋混凝土结构	有保温层或隔热层的屋盖、楼盖 60 无保温层或隔热层的屋盖、楼盖 50
	装配式有檩条体系的钢筋混凝土结构	有保温层或隔热层的屋盖 75 无保温层或隔热层的屋盖 60
	粘土瓦或石棉水泥瓦屋盖	100
	木屋盖或楼盖	80
	砖石屋盖或楼盖	75



横墙支承楼板，横向刚度好，结构布置简单，纵向须采取加强措施。



外墙为砖砌体承重，内柱为钢筋混凝土柱，适用于大空间多层房屋。



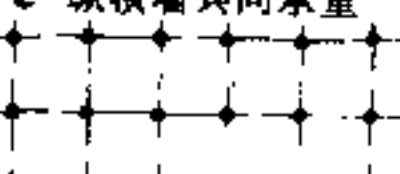
纵墙支承楼板，平面布置较灵活，纵向刚度差，其布置须满足构造要求。



砖柱承重，空间大，适用于单层厂房或仓库，但纵、横向刚度较差。



纵横墙共同支承楼板，双向均有一定刚度，布置较灵活，抗震性能好。



底层全为钢筋混凝土柱承重，适用于底层为大空间多层房屋。

d 内框架承重

e 砖柱承重

f 底层全框架承重

砌体房屋平面布置类型

注：① 当有实践经验时，可不遵守本表规定。

② 层高大于 5m 的单层房屋，表中数值可以乘以 1.3。

③ 严寒地区不采暖房屋，表中数值应予以适当减少。

一般构造要求

一、砌体结构最小截面尺寸应满足表1的要求。

砌体结构最小截面尺寸 表1

序号	构件名称	截面尺寸
1	承重的独立砖柱	370×370mm
2	毛石墙厚度	不宜小于350mm
3	毛料石柱	较小边长不宜小于400mm
4	承重砖窗间墙	不得小于370mm
5	承重毛料石砌体窗间墙	不得小于400mm

注：当有振动荷载时，不宜采用毛石砌体。

二、混凝土小型空心砌块墙体，在表2所列部位，未设圈梁或垫块时，应将孔洞用不低于砌块强度等级的混凝土灌实。

混凝土小型空心砌块灌实部位 表2

墙体部位	灌实范围
钢筋混凝土楼板、檩条、格檩等支承面下	高度≥200mm
屋架、大梁等构件支承面下	高度≥400mm，长度≥600mm
挑梁支承面以下，纵横墙交接处	高度≥400mm，距墙中心线每边≥300mm的砌体，砂浆强度等级≥M2.5

三、梁和屋架的跨度大于表3所列数值时，其支承面下应设置混凝土或钢筋混凝土垫块，有圈梁时，垫块应与圈梁浇成整体。

梁和屋架设置垫块的条件 表3

序号	构件名称	砖砌体	砌块的料石砌体	毛石砌体
1	钢筋混凝土梁	跨度4.8m	跨度4.2m	跨度3.9m
2	屋架	跨度6m	跨度6m	跨度6m

四、当墙厚≤240mm时，对砖砌体梁跨≥6m及对砌块和料石墙梁跨≥4.8m，梁下宜设壁柱或其它加强墙体措施。

五、支承在墙、柱上的吊车梁、屋架及跨度大于9m支承在砖砌体上和跨度大于7.2m，支承在砌块和料石砌体上的预制梁，其端部应用锚件与墙、柱上的垫块锚固。

六、下列部位应采取拉结措施：

1. 填充墙与骨架的柱或梁应采取适当措施；
2. 山墙的壁柱宜砌至山墙顶部，檩条应与山墙锚固，屋盖不宜挑出山墙；
3. 独立砖柱的柱顶，在纵横两个方向都必须有可靠的拉结措施；
4. 预制板跨度在4m以上，板与板跨平行的墙宜设锚拉措施。

采用砌块墙的补充构造措施

砌块砌体应分皮错缝搭砌，中型砌块上下皮搭砌不得少于砌块高的1/3，且不小于150mm，小型砌块上下皮搭砌长度不得小于90mm，不足时，应在水平灰缝内设不少于2φ4的钢筋网片，网片每端均应超过垂直缝300mm。

混凝土中型空心砌块，宜在外墙的转角处和楼梯间四角的砌体孔洞内设置不少于1φ12的竖向钢筋，并用C20细石混凝土灌实，竖筋应贯通墙全高并锚入基础和各层圈梁内，锚固长度不小于30d。小型空心砌块房屋，宜在纵横墙交叉处，距墙中心线每边不小于300mm范围内的孔洞，应沿全高采用不低于砌块强度的混凝土灌实。

山墙承重 采用山墙承重的房屋应符合下列条件：

- 一、房屋跨度不大于18m，屋架下弦高度不超过8m。
- 二、地基较好，无产生不均匀沉陷的可能。
- 三、吊车起重量不超过0.5t。
- 四、无较大的振动设备。
- 五、房屋长度不应超过砌体房屋温度缝的最大间距。
- 六、今后无扩建的可能性。

防止墙体开裂的主要措施

- 一、为防止和减轻由于温度变化和墙体干缩变形引起的墙体竖向裂缝，应在墙体温度和收缩变形引起应力集中部位，设置温度缝。
- 二、为防止由于地基不均匀沉降或较大振动荷载的不利影响引起墙体开裂，应按表4要求设置钢筋混凝土圈梁或钢筋砖圈梁。圈梁构造应符合表5的规定。

无抗震设防要求时砌体房屋设置圈梁的规定 表4

单层空房		多层房屋		工业建筑
砖砌体	砌块和料石砌体	民用建筑	工业建筑	
檐口处设置，当檐口高度超过8m时适当增设	檐口处设置，当檐口高度超过5m时，宜适当增设	檐口处设置，总层数超过四层时，可适当增设	外墙与内纵墙、屋盖处和檐口处隔层设置内横墙，同上，间距不宜大于15m	可隔层设置，有较大振动设备时，宜每层设置

注：①有电动桥式吊车的单层工业厂房，尚宜在吊车梁高处增设圈梁。
②建筑在软弱地基上或不均匀地基上的砌体房屋，尚应在基础顶部设置钢筋混凝土圈梁，必要时也可在窗台底部加设一道钢筋混凝土圈梁。

圈梁的构造要求 表5

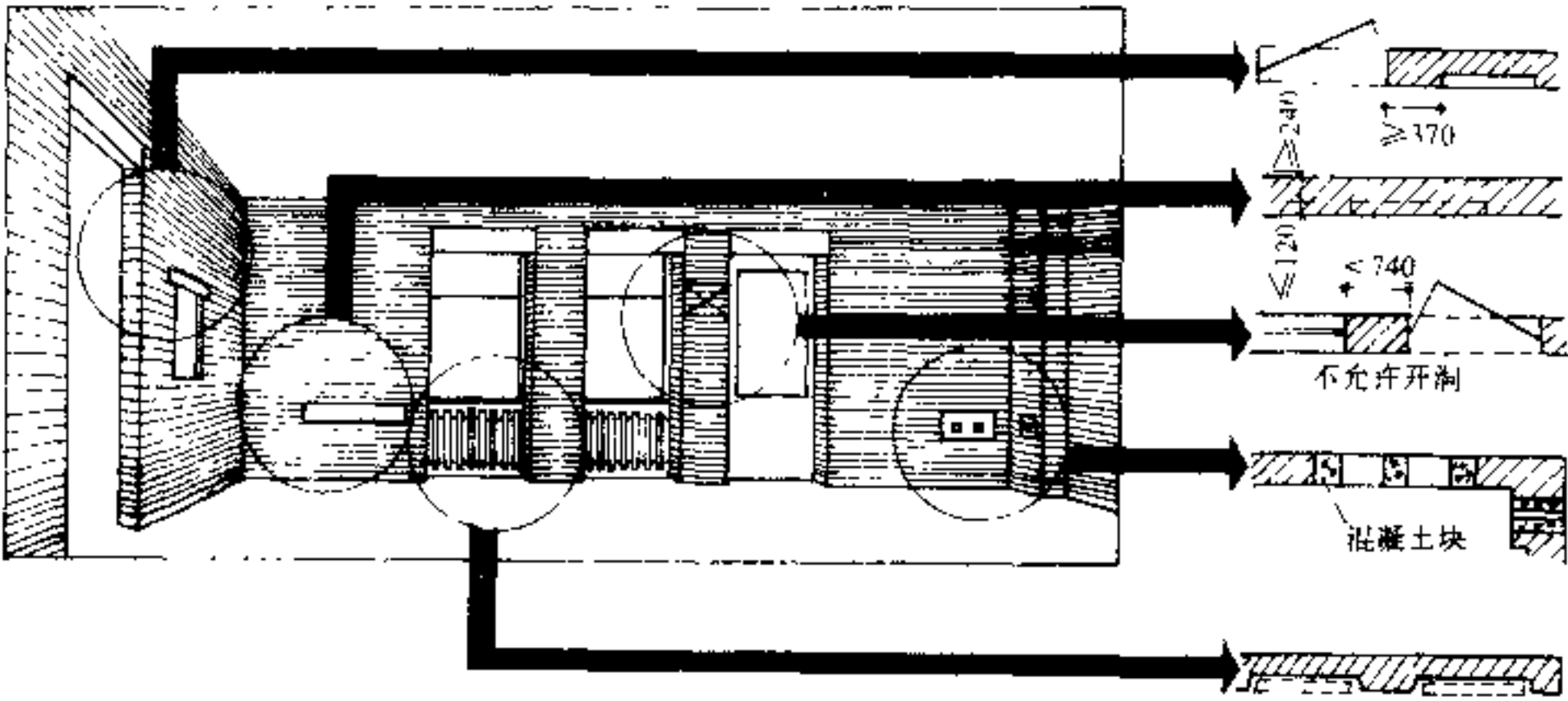
项 目	要 求
截面尺寸	宽度一般与墙同厚，当墙厚≥240mm时，钢筋混凝土圈梁不宜<2/3墙厚 圈梁的高度不应<120mm，一般采用180mm。
配 筋	纵向钢筋不宜少于4φ8，箍筋间距不宜>300mm。 当圈梁兼作过梁时，纵筋数量尚应满足过梁的计算要求。 圈梁钢筋的绑扎接头搭接长度按受拉钢筋考虑。
圈梁的平面闭合	圈梁宜连续地设在同一水平面上，并形成封闭状；圈梁被洞口截断时应按右图所示在洞口增设相同截面的附加搭接圈梁，搭接圈梁应按兼作过梁计算。 
	高度一般为4~6皮砖，宜同墙厚，砂浆强度等级不低于M5。纵向钢筋分上下两层设在圈梁顶部与底部的水平灰缝内，钢筋面积不少于6φ6，水平间距不宜>120mm，搭接长度为50d

注：多层房屋横墙无圈梁时，宜将纵向圈梁伸入横墙内1.5~2m。

三、为防止和减轻由于钢筋混凝土屋盖的温度变化和砌体干缩变形引起的墙体裂缝（如顶层墙体的八字缝、水平缝等），可根据具体情况采取以下措施：

1. 屋盖上设置保温层或架空隔热板，并应覆盖到外墙外边缘。
2. 采用装配式钢筋混凝土有檩体系屋盖或瓦材屋盖；
3. 顶层墙体宜用塑性较好的砂浆砌筑。
4. 非烧结硅酸砖和砌块房屋，应控制砌块从出厂到砌筑的时间，并应避其在堆放时遭受雨淋。

在砌体上开孔、留槽、留脚手眼及埋置设备管线的注意事项



配电箱或消防栓出口与门窗洞口间的净宽应 ≥ 370 。
在较低洞口上部应设置无推力水平过梁。
承重墙中水平穿行暗管或预留水平沟槽时，削弱后的墙身厚度应 ≥ 240 ，预留沟槽的深度应 ≤ 120 。
承重砖柱及宽度 < 740 的窗间墙，不得开孔洞或留脚手眼。
承重墙有并排连续横穿孔洞或必须在砖墙上横穿孔洞时，应用预制带孔混凝土或钢筋混凝土块砌入，不得临时打洞。
在窗台下设置暖气炉片时，炉片削弱墙体厚度处的宽度，不得大于窗的宽度。

山墙砌体防风柱的尺寸

Technical drawings of a 9m span gable wall cross-section and foundation plan. The cross-section shows a wall with a central opening, height H , and three 3m segments. The foundation plan shows a T-shaped base with width b , and dimensions d_1 , d_2 , d_3 , and d_4 . A note indicates $b_1 \geq 2.0\text{m}$.

Technical drawings of a 15m span gable wall cross-section and foundation plan. The cross-section shows a wall with a central opening, height H , and three 5m segments. The foundation plan shows a T-shaped base with width b , and dimensions d_1 , d_2 , d_3 , and d_4 . A note indicates $b_1 \geq 2.0\text{m}$.

9m 跨山墙									
柱高 (m)	自承重墙	4.3	5.8	6.5	7	8	9	10	12
承重墙	开门	不开门	8.5	9	9	10	11	12	
d_1 (mm)		0	0	0	250	0	370	130	250
d_2 (mm)		0	0	250	0	370	0	250	250
b (mm)			—	370	370	370	370	370	370

12m 跨山墙												
柱高 (m)	自承重墙	5	6	6.5	7.5	8	9	9	10.5	12	13	
承重墙	开门	不开门	7	7.5	8	8.5	9	10	10.5	11	12	13
d_1 (mm)		0	250	0	370							
d_2 (mm)		250	0	370	0							
b (mm)		370	370	370	370	370	370	490	490	490	490	

15m 跨山墙												
柱高 (m)	自承重墙	5	6	6.5	7	8	9	9	11	12.5	14	
承重墙	开门	不开门	6	7	7.5	8	9	10.5	10	11.5	13	14
d_1 (mm)		0	380	0	500	0	630	250	380	370	380	
d_2 (mm)		380	0	500	0	630	0	250	250	380	500	
b (mm)		370	370	370	370	370	490	490	490	490	490	

18m 跨山墙												
柱高 (m)	自承重墙	7.5	8	8.5	9	9	10	11	12	14	14	
承重墙	开门	不开门	8.5	9	9.5	10	10.5	10.5	11.5	12	14	14
d_1 (mm)		0	630	0	630	250	380	370	380	500	380	
d_2 (mm)		630	0	630	0	380	250	380	370	380	500	
b (mm)		370	370	490	490	490	490	490	490	490	490	

过梁 有砖砌平拱过梁、砖砌楔拱过梁、砖砌半圆拱过梁、砖砌弧拱过梁、钢筋砖过梁和钢筋混凝土过梁。其选型应遵守表2的规定。

过梁选型

过梁类型	适用条件
砖砌平拱	过梁净跨宜 $\leq 1.2\text{m}$ ，不应超过 1.8m
钢筋砖过梁	过梁净跨宜 $\leq 1.5\text{m}$ ，不应超过 2.0m
钢筋混凝土过梁	有振动荷载或可能产生不均匀沉降的房屋，以及受力较大和其它条件受限制时均应采用

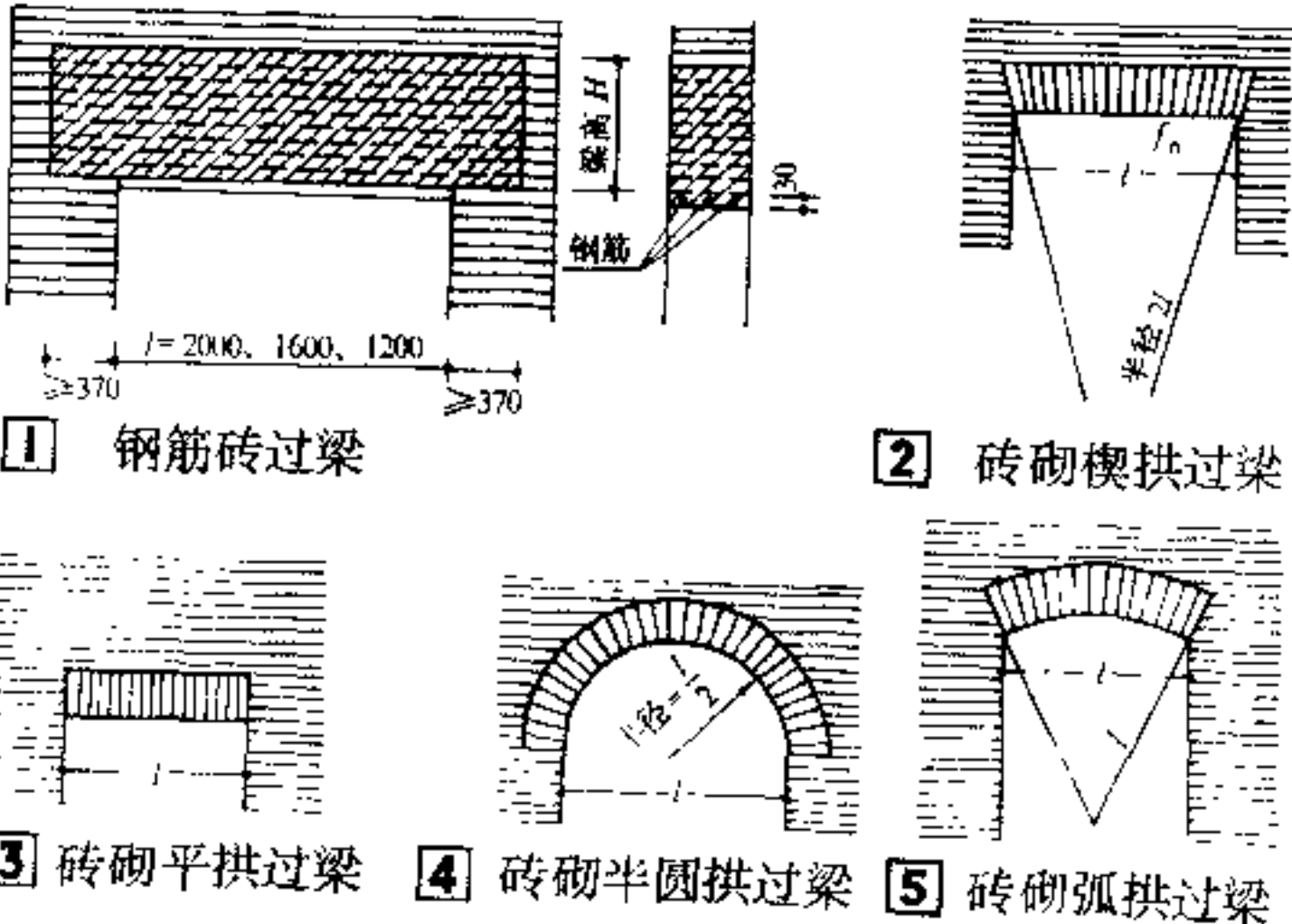
钢筋砖过梁允许均布荷载设计值 $[q]$ (kN/m)

墙厚 (mm)	配筋	砂浆强度等级	过梁净跨 l_0 (m)						
			0.9	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	
180	2 ϕ 5	M2.5	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	
		M5	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.07	
	2 ϕ 6	M2.5	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	
		M5	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	
240	3 ϕ 5	M2.5	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	
		M5	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	
	3 ϕ 6	M2.5	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	
		M5	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	
370	4 ϕ 5	M2.5	14.80	14.80	14.80	14.80	14.80	14.80	
		M5	19.73	19.73	19.73	19.73	19.73	18.15	
	4 ϕ 6	M2.5	14.80	14.80	14.80	14.80	14.80	14.80	
		M5	19.73	19.73	19.73	19.73	19.73	19.73	

砖砌平拱允许均布荷载设计值 $[q]$ (kN/m)

墙厚 (mm)	240				370				490			
砂浆强度等级	M7.5	M5	M2.5	M1	M7.5	M5	M2.5	M1	M7.5	M5	M2.5	M1
$[q]$	11.02	8.89	6.40	3.91	16.99	13.70	9.87	6.03	22.50	18.15	13.07	7.99

注：1. 表中允许均布荷载设计值 $[q]$ 包括平拱自重。
2. 本表适用于混合砂浆，如用水泥砂浆，表中数值应乘以0.75。



结构[10]砌体结构

墙、柱的高厚比

一、一般墙、柱的高厚比 β

$$\beta = \frac{H_0}{h} \leq \mu_1 \mu_2 [\beta]$$

式中: H_0 ——墙、柱的计算高度, 按表1采用;

h ——墙厚或矩形柱与 H_0 相对应的边长;

μ_1 ——非承重墙允许高厚比的修正系数, $\mu_1 = 1.68 - 0.002h$ 如是承重墙, 则 $\mu_1 = 1$;

μ_2 ——有门窗洞口墙允许高厚比的修正系数, 按表3采用;

$[\beta]$ ——墙、柱的允许高厚比, 按表3采用。

墙、柱计算高度

表1

房屋类别	排架方向	垂直排架方向	S		
			$S > 2H$	$S \leq 2H$ $S > H$	$S \leq H$
单层 有吊柱	A	$2.5H_0$	$1.25H_0$	$2.50H_0$	
	B	$2.0H_0$	$1.25H_0$	$2.00H_0$	
多层 层车	下柱	$1.0H_L$	$0.80H_L$	$1.00H_0$	
多无 层	A	$1.5H$	$1.00H$	$1.50H_0$	
	C	$1.25H$	$1.00H$	$1.20H_0$	
及吊 单	A	$1.1H$	$1.00H$	$1.25H_0$	
	C	$1.0H$	$1.00H$	$1.10H_0$	
层车	刚性方案	$1.0H$	$1.00H$	$1.0H_0$	$0.4S + 0.2H$

注: ① A为弹性方案; B为刚性、刚弹性方案; C为刚性方案。

② H_0 、 H_L 分别为变截面柱的上段、下段高度。

③ 上端为自由端时, $H_0 = 2H$ 。

④ 独立砖柱, 当柱列无柱间支撑或柱间墙时, 柱在排架方向的 H_0 , 应按表中值乘 1.25 后采用。

二、带壁柱墙的高厚比

按一般墙、柱的高度比公式一样验算, 此时用带壁柱墙折算截面的厚度 h_T 代替 h

$$h_T = 3.5i$$

$$i = \sqrt{I/A}$$

式中: i ——折算截面的回转半径;

I ——折算截面的惯性矩;

A ——折算截面的面积。

验算墙的高厚比时应注意:

1. 当墙高 H 不小于相邻横墙或壁柱之间的距离 S 时, 取 $H_0 = 0.6S$;

2. 当与墙连接的相邻两横墙间的距离 $S \leq \mu_1 \mu_2 [\beta] h$ (h 为墙厚) 时, 可不验算高厚比;

3. 变截面柱的高厚比, 可按上下截面分别验算, 其计算高度按表1取用。

常用的矩形墙按允许高厚比 $[\beta]$ 计算的高度限值 $[H_0]$ 可按表4采用。

有门窗洞口的修正系数 μ_2 值

表2

b_0/S	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.70	0.75	≥ 0.75
μ_2	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70

注: S ——相邻窗间墙或壁柱之间的距离; b_0 ——在宽度 S 范围内的门窗洞口宽度。

当洞口高度不大于墙高的 $1/5$ 时, 取 $\mu_2 = 1.0$ 。

墙、柱的允许高厚比 $[\beta]$ 值

表3

砂浆的强度等级	墙				柱			
	实心砌体	空斗墙 中型砌块墙	毛石墙	组合砖砌体	实心砌体	中型砌块柱	毛料石柱	组合砖砌体
$\geq M7.5$	26	23.4	20.8	28	17	15.3	13.6	20.4
M5	24	21.6	19.2	28	16	14.4	1	19.2
M2.5	22	19.8	17.6	26.4	15	13.5	1	18.0
M1	20	18.0	16.0	24	14	12.6	1	16.8
M0.4	16	14.4	12.8	19.2	12	10.8		14.4
尚未硬化的新砌体	14.4	13.0	11.5	17.3	10.8	9.7		13.0

矩形墙计算高度限值 H_0 (m)

表4

砂浆等级	b_0/S	承重墙厚度 (mm)							非承重墙厚度 (mm)		
		120	180	240	370	480	620	740	120	180	240
$\geq M7.5$	0	3.1	4.7	6.2	9.6	12.7	16.1	19.2	4	6.2	7.5
	0.1	3.0	4.5	6.0	9.2	12.2	15.5	18.5	4	5.9	7.2
	0.2	2.9	4.3	5.7	8.9	11.7	14.8	17.7	4.1	5.7	6.9
	0.3	2.7	4.1	5.5	8.5	11.2	14.2	16.9	4.0	5.4	6.6
	0.4	2.6	3.9	5.2	8.1	10.7	13.5	16.2	3.8	5.2	6.3
	0.5	2.5	3.7	5.0	7.7	10.2	12.9	15.4	3.6	4.9	6.0
	0.6	2.4	3.6	4.7	7.3	9.7	12.3	14.6	3.4	4.7	5.7
	0.7	2.2	3.4	4.5	6.9	9.2	11.6	13.9	3.2	4.4	5.4
M5	≥ 0.75	2.2	3.3	4.4	6.7	8.9	11.3	13.5	3.1	4.3	5.2
	0	2.9	4.3	5.8	8.9	11.8	14.9	17.8	4.1	5.7	6.9
	0.1	2.8	4.1	5.5	8.5	11.3	14.3	17.0	4.0	5.5	6.6
	0.2	2.6	4.0	5.3	8.2	10.8	13.7	16.3	3.8	5.2	6.4
	0.3	2.5	3.8	5.1	7.8	10.3	13.1	15.6	3.6	5.0	6.1
	0.4	2.4	3.6	4.8	7.5	9.9	12.5	14.9	3.5	4.8	5.8
	0.5	2.3	3.5	4.6	7.1	9.4	11.9	14.2	3.3	4.6	5.5
	0.6	2.2	3.3	4.4	6.7	8.9	11.3	13.5	3.2	4.3	5.3
M2.5	0.7	2.1	3.1	4.1	6.4	8.5	10.7	12.8	3.0	4.1	5.0
	≥ 0.75	2.0	3.0	4.0	6.2	8.2	10.4	12.4	2.9	4.0	4.8
	0	2.6	4.0	5.3	8.1	10.8	13.6	16.3	3.8	5.2	6.3
	0.1	2.5	3.8	5.1	7.8	10.3	13.1	15.6	3.6	5.0	6.1
	0.2	2.4	3.6	4.9	7.5	9.9	12.5	15.0	3.5	4.8	5.8
	0.3	2.3	3.5	4.6	7.2	9.5	12.0	14.3	3.3	4.6	5.6
	0.4	2.2	3.3	4.4	6.8	9.1	11.5	13.7	3.2	4.4	5.3
	0.5	2.1	3.2	4.2	6.5	8.6	10.9	13.0	3.0	4.2	5.1
M1	0.6	2.0	3.0	4.0	6.2	8.2	10.4	12.4	2.9	4.0	4.8
	0.7	1.9	2.9	3.8	5.9	7.8	9.8	11.7	2.7	3.8	4.6
	≥ 0.75	1.8	2.8	3.7	5.7	7.5	9.5	11.4	2.7	3.7	4.4
	0	2.4	3.6	4.8	7.4	9.8	12.4	14.8	3.5	4.8	5.8
	0.1	2.3	3.5	4.6	7.1	9.4	11.9	14.2	3.3	4.6	5.5
	0.2	2.2	3.3	4.4	6.8	9.0	11.4	13.6	3.2	4.4	5.3
	0.3	2.1	3.2	4.2	6.5	8.6	10.9	13.0	3.0	4.2	5.1
	0.4	2.0	3.0	4.0	6.2	8.2	10.4	12.4	2.9	4.0	4.8
M0.4 (未硬化新砌体 表中值 乘 0.9)	0.5	1.9	2.9	3.8	5.9	7.8	9.9	11.8	2.8	3.8	4.6
	0.6	1.8	2.7	3.6	5.6	7.4	9.4	11.2	2.6	3.6	4.4
	0.7	1.7	2.6	3.5	5.3	7.1	8.9	10.7	2.5	3.4	4.1
	≥ 0.75	1.7	2.5	3.4	5.2	6.9	8.7	10.4	2.4	3.3	4.0
	0	1.9	2.9	3.8	5.9	7.8	9.9	11.8	2.8	3.8	4.6
	0.1	1.8	2.8	3.7	5.7	7.5	9.5	11.4	2.7	3.6	4.4
	0.2	1.8	2.6	3.5	5.4	7.2	9.1	10.9	2.5	3.5	4.2
	0.3	1.7	2.5	3.4	5.2	6.9	8.7	10.4	2.4	3.3	4.1
	0.4	1.6	2.4	3.2	5.0	6.6	8.3	9.9	2.3	3.2	3.9
	0.5	1.5	2.3	3.1	4.7	6.3	7.9	9.5	2.2	3.0	3.7
	0.6	1.5	2.2	2.9	4.5	6.0	7.5	9.0	2.1	2.9	3.5
	0.7	1.4	2.1	2.8	4.3	5.6	7.1	8.5	2.0	2.7	3.3
	≥ 0.75	1.3	2.0	2.7	4.1	5.5	6.9	8.3	1.9	2.7	3.2

多层与高层钢筋混凝土结构房屋布置原则

一、进行建筑平面设计时，应尽可能减少开间、进深的类型，尽可能统一柱网和层高，尽量减少构件的种类、规格，以利于结构设计、构件制作和现场施工。这些要求对于装配式结构尤为重要。

二、选择结构体系，应考虑房屋内部的空间要求和所受荷载的性质及其大小。竖向荷载要求结构有足够的抗压强度，水平荷载则要求结构有足够的抗弯、抗剪强度及刚度。

三、高层建筑的设计应控制水平荷载下的侧向变形，防止变形过大，影响建筑物的正常使用（如损坏装修、影响观瞻和人的不舒适感等）以及造成人身与设备的安全事故，甚至引起主体结构开裂或损坏。

无抗震设防要求的多、高层建筑宜采用的结构体系 表1

建筑物性质	建筑物的高度	
	≤50m	>50m
住宅	剪力墙（框架—剪力墙）	剪力墙（框架—剪力墙）
旅馆	剪力墙（框架）、框架—剪力墙	剪力墙、框架—剪力墙、筒体
公共建筑	框架—剪力墙、框架	框架—剪力墙、筒体

注：（ ）表示不常用。

四、建筑设计时，应特别重视高层建筑的体型，不良的体型，在水平荷载作用下，会对建筑结构产生偏心扭矩，导致结构损坏。建筑物的平面与竖向宜简单、规则，尽量不设缝、少设缝。凡设缝，就要分得彻底，将结构划分为独立的单元。凡不设缝，就得采取构造和施工措施，将结构牢固地连成整体。

常见的钢筋混凝土多层与高层结构体系有：框架结构、框架—剪力墙结构、剪力墙结构和筒体结构。此外，尚有盒子结构、板柱体系、悬挂结构体系。不同性质的、无抗震设防要求的建筑物宜按表1要求选择恰当的结构体系。有抗震设防要求的，多层与高层建筑物的结构设计要求详见本资料集《抗震》章。

无抗震设防要求的各种结构体系的最大高度(m) 表2

结构体系	框 架		框架—剪力墙		现浇剪力墙		筒体—框架	筒中筒
	现 浇	装 配 整 体	现 浇	装 配 整 体	有 框 部 分 支 墙 框 支 墙	有 框 部 分 支 墙 框 支 墙		
高度限值(m)	60	50	130	100	140	120	130	180

注：房屋高度指室外地面至檐口的距离，不包括突出屋面的水箱间、电梯间等局部建筑的高度。

沉降缝与后浇带 房屋高层与低层部分之间，采用下列措施之一后，可将两部分连成整体而不设沉降缝。

一、采用桩基，且桩支承在基岩上，或采取减少沉降的有效措施并经计算，沉降差控制在允许范围内。

二、主楼与裙房采用不同的基础形式，调整基底压力使后期沉降基本接近。

三、地基承载力较高，沉降计算较为可靠时，预留沉降差，先施工主楼，后施工裙房，使最终沉降量接近。

在上述二、三项情况下，均应在主楼与裙房之间，预留施工后浇带，待沉降基本稳定后，再连成整体，设计应考虑后期沉降差的不利影响。

伸缩缝的最大间距(m) 表3

结 构 类 型	施 工 方 法	最 大 间 距
框 架	装 配	75
框架—剪力墙	现 浇	65
	外 墙 装 配	55
剪 力 墙	外 装 装 配	60
	外 装 现 浇	45

注：采用以下构造措施和施工措施，减少温度收缩应力，可适当增大伸缩缝间距：

1 在顶层、底层、山墙和内纵墙开间等温度变化影响较大的部位提高配筋率（不小于0.2~0.3%）；

2 顶层加强保温隔热措施或采用架空通风屋面；

3 顶层楼层改用刚度较小的结构形式或顶层设置部分伸缩缝，将结构分隔成长度较短的区段；

4 每30~40m间距留出施工后浇带，带宽800~1000mm。

下列情况下，宜适当减少伸缩缝的间距：

1 当屋面无保温或隔热措施时，或位于气候干燥地区、夏季炎热且暴雨频繁地区的结构；

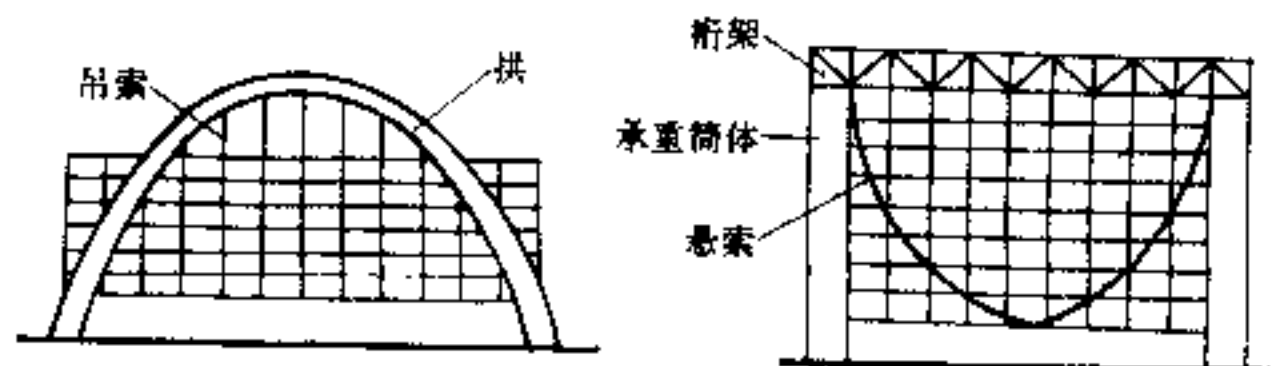
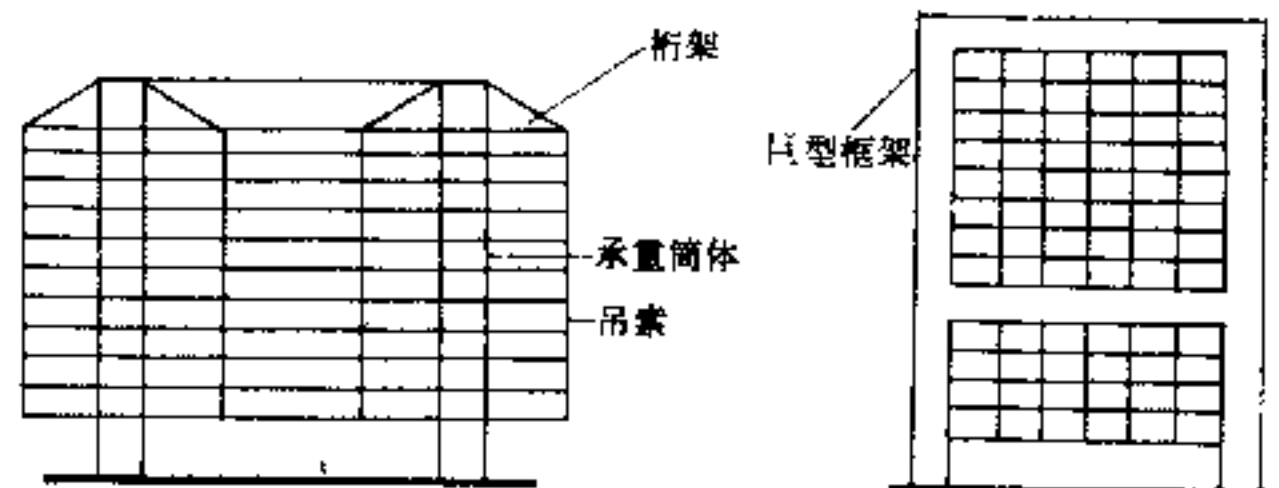
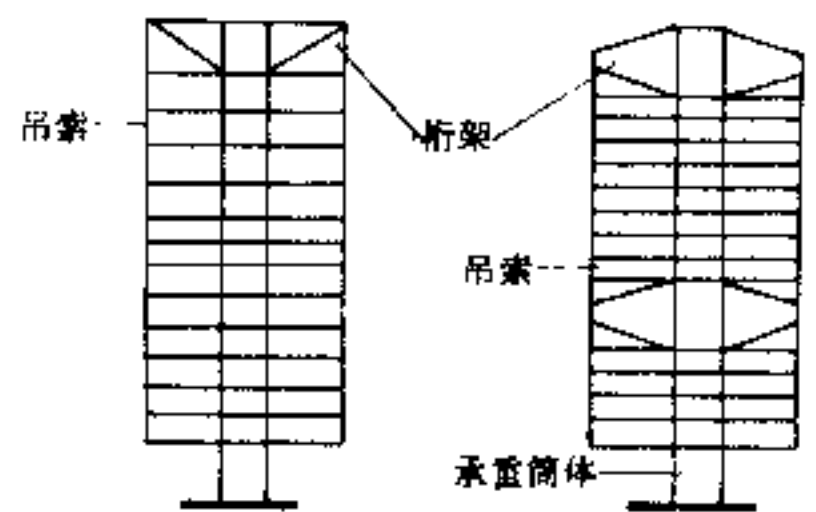
2 施工条件不利时，如材料的收缩较大或室内结构因施工外露的时间较长的结构。

当有充分依据或经验时，表中数值可以适当加大或减小。

悬挂结构体系

一些高层办公楼和居住建筑中采用了悬挂结构体系，该结构体系以筒体、刚架、拱或桁架等为主要承重结构，全部楼板均通过钢丝束吊索悬挂在上述承重结构上。其特点是：自重轻，基础集中在一个或多个承重筒体或者拱趾处，基础面积小；

结构布置对称，抗震性能好；此类结构常采用钢筋混凝土结构与钢结构相结合的方案，以及运用预应力工艺。



1 悬挂结构体系示例

框架结构

框架结构是由梁、柱等线形杆件组成的一种结构体系。各平面框架通过连系梁和板连成空间体系，以承受竖向及水平荷载。框架结构布置灵活，使用方便，可获得较大的室内空间，广泛用于多层厂房、旅馆、科研楼、办公楼、医院、商场、学校等多、高层建筑。框架结构承受水平荷载的能力较低，刚度较小，使用时受房屋高度限制；采用砌体填充墙时，墙体在地震中容易损坏。框架结构按施工方法的不同分为：全现浇、装配式、装配整体式、半现浇等四种，其比较详见表1。

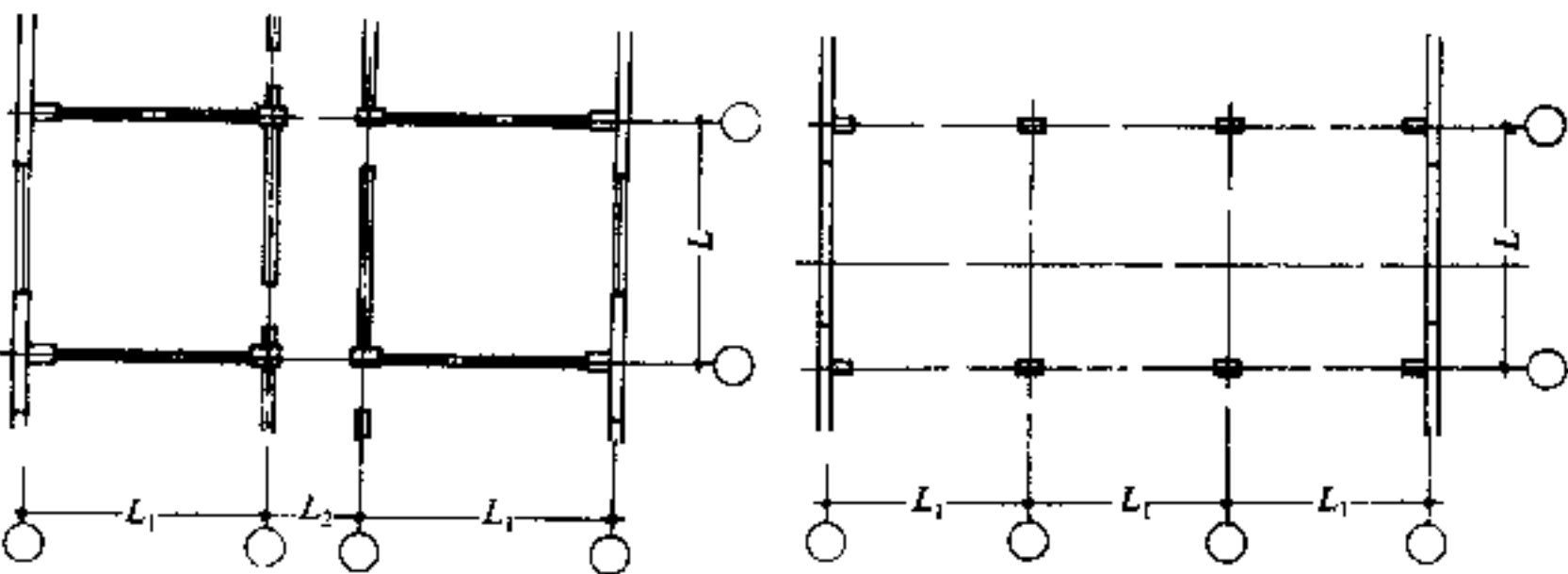
几种框架结构的比较

现 浇 式	装 配 式	装 配 整 体 式	半 现 浇 式
整体性好，省钢材，造价低，模板工程及施工现场工作量较大；但由于施工工艺的改进与发展，这种框架结构是目前应用最广的一种结构型式	工业化及机械化程度高，工期短，施工不受季节限制；节点构造复杂，整体性差，钢材用量多，造价高；有抗震设防要求的建筑及有振动设备、有侵蚀介质的厂房不宜采用	用现浇混凝土将预制构件及其节点连成整体，提高了框架的整体性，但施工工序增多，相应延长了工期，较适合于有抗震设防要求和有振动设备上楼的建筑	采用现浇柱、预制梁、板或现浇梁、柱、预制板组成的结构，简化了梁柱节点，增强了框架整体性，由于钢模板普遍使用，这种结构用得较为普遍，适用于地震区与非地震区

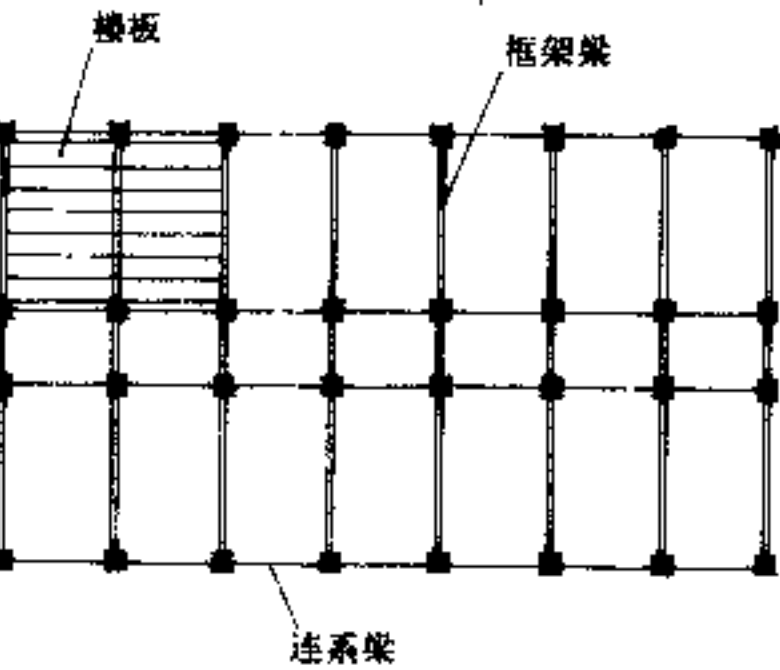
常用框架柱网及层高

建 筑 物 类 别		L_1 (m)	L_2 (m)	层高(m)
工业建筑	内 廊 式	6	6、6.6、6.9	3.9~6
	等 跨 式	6	6、7.5、9、12	
民用建筑	办公、科研、教学	6.6~7.2	4.8~6.9	3.3~3.9
	住 宅	6、6.6、6.9	4.8~6.9	2.7~3
	旅 馆	4、7.2、7.8、8	2.7	3~3.6
	一 般 医 院			
商 场		6~8	6~8	4.2~6

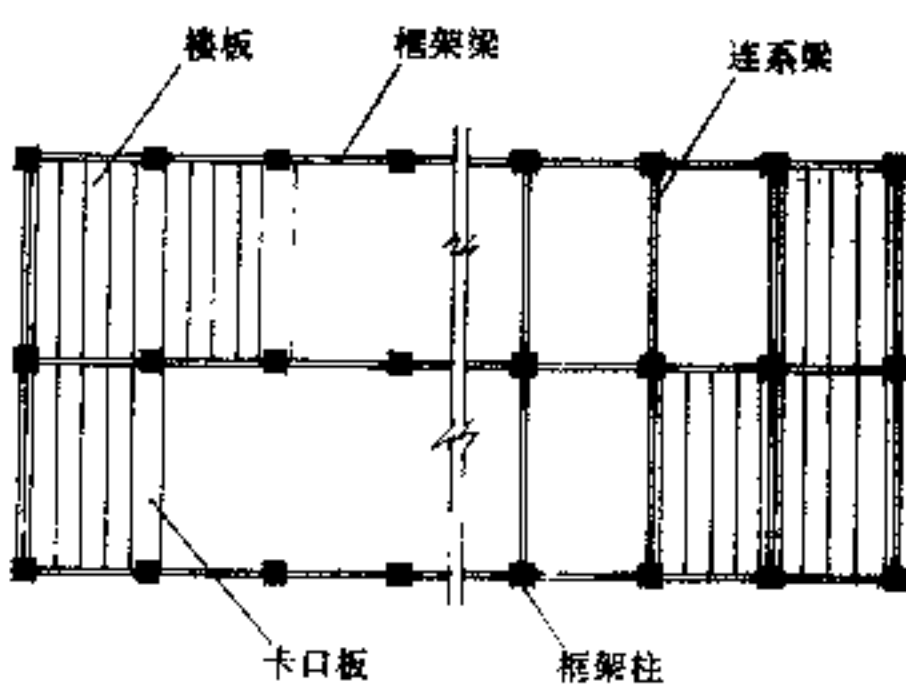
注：内廊式可取消一根中柱，成为三柱不等跨式，可增大内廊及房间使用面积。



1 内廊式框架



2 等跨式框架



常用框架柱截面

开间尺寸(mm)		3900		6000			7200	
混凝土强度等级		C25	C30	C25	C30	C40	C30	C40
层	8 层	300	300	300	300	300	300	300
	7 层	300	300	350	300	300	300	300
	6 层	300	300	350	300	300	350	350
	5 层	350	300	400	350	300	400	350
	4 层	400	350	450	400	350	450	400
次	3 层	400	350	500	400	350	500	450
	2 层	450	400	550	450	400	550	500
	首层	450	400	550	500	450	550	500

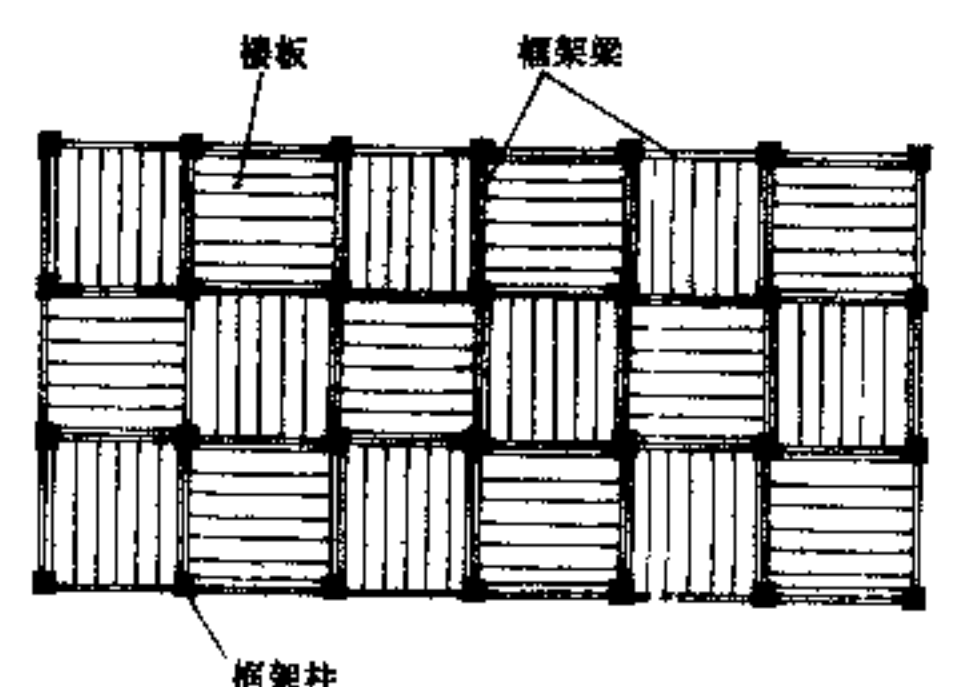
注：①本表供初步设计时参考，准确尺寸应根据计算确定。
②柱子截面为正方形，具体工程中上下柱子截面变化不宜多于二种，可用混凝土强度等级及配筋量调整。
③设计依据：楼面活荷载 $\leq 2.5\text{kN/m}^2$ ；
基本风压（10m高处） $\leq 0.7\text{kN/m}^2$ ；
房屋层高 $\leq 3.3\text{m}$ ，进深 $\leq 6.6\text{m}$ ，无抗震设防要求。
④预制柱截面边长不宜小于400mm。

常用框架梁高跨比

框 架 梁	适 合 梁	说 明
全 高 h	全 高 h	梁宽为梁高的1/3； h 为适合梁预制部分高度
1/8~1/15	$\geq 1/15$	1/10~1/18 $\geq 1/18$

横向框架承重方案一般用于平面长宽比较大的建筑物。承重框架沿房屋的横向布置，可有效地提高整个建筑物的横向抵抗侧力的强度和刚度。房屋仍需布置连系梁，通过它可保证房屋具有必要的纵向刚度。
承重框架沿横向布置时，对在房屋纵向开窗的限制较小，有利于室内的采光，但不利于通风管道的布置，适用于一般的工业及民用建筑。

对于有集中通风要求的房屋，通风管往往需要较大的净空高度，为了降低层高以降低房屋造价，常常采用纵向框架承重方案，楼板沿房屋的横向布置，在柱子处用卡口板或截面高度较小的连系梁将纵向框架连系起来。纵向框架承重方案，除便于通风管沿纵向通过外，房屋开间的布置也较灵活，但横向刚度差，一般用于层数不多的无抗震设防要求的房屋，民用建筑一般不采用此种结构布置方案。



纵横向框架承重方案，是一种沿房屋纵横两个方向都布置抗侧力的承重框架的结构方案，楼板亦是沿纵横两个方向交叉布置。
此种结构因两个方向均有足够的抗侧力强度和刚度，因而特别适用于有抗震设防要求，而平面长宽比又比较小的建筑。
楼面有较沉重设备或楼面有较大开洞的多层工业房屋，亦常常采用此种结构布置方案。

3 横向框架承重方案

4 纵向框架承重方案

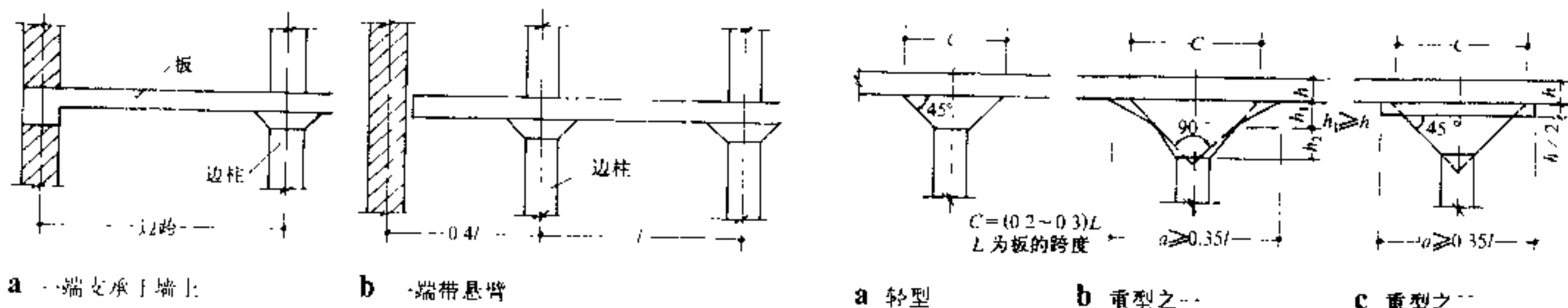
5 纵横向框架承重方案

板柱结构

由板(屋面)板、柱等构件组成的、承受垂直及水平荷载的空间结构体系。板柱结构除具有框架结构的优点外,还有结构高度小,顶棚平整,采光、通风及卫生条件好,模板及施工简单等优点。采用升板法施工可节约大量模板。采用预应力方法将预制板、柱连成整体,叫预应力板柱结构。此种结构若采用预制密肋轻型板,还可克服一般板柱结构板厚过大的缺点。板柱结构常用于医药、食品、冷库、商场及医院等建筑,预应力板柱体系常用于住宅建筑中。

板柱结构承受水平荷载能力较差,使用时,宜在建筑物中布置适量剪力墙,也可利用楼、电梯间作为抗侧力构件。

板柱结构的柱网通常为正方形或接近正方形,其长边跨之比不宜大于1.5;柱距一般不超过6m。板厚不宜小于板跨的 $1/35$ 。柱截面一般为正方形,也可以是圆形或多边形。当楼面荷载较大时,必须设柱帽,以提高楼面的抗冲切能力。



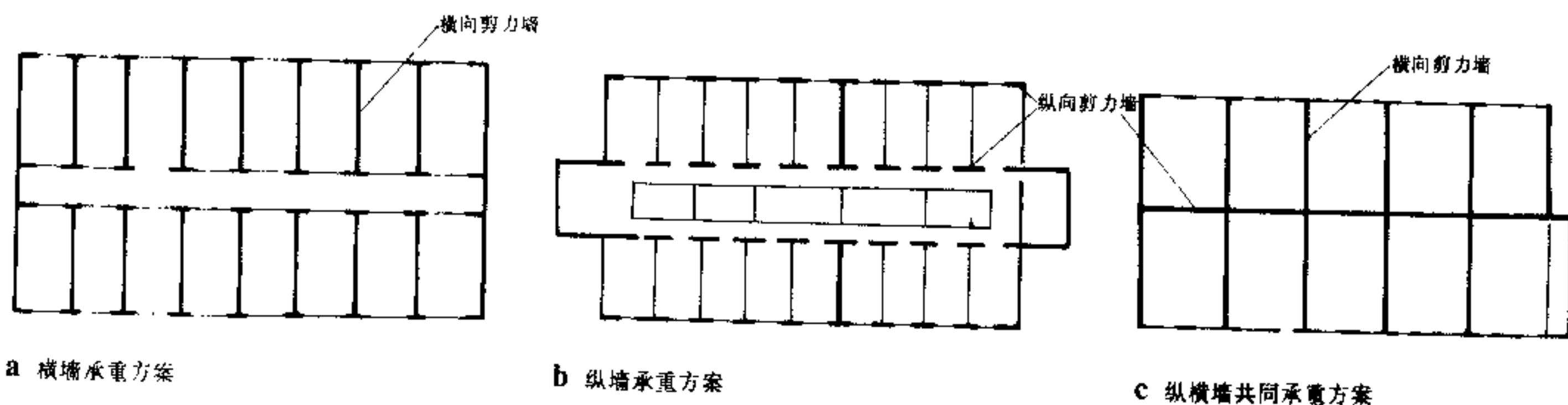
1 板的支承方式

2 柱帽型式

剪力墙结构

由纵横承重墙体组成的结构体系叫剪力墙结构。按施工方法分为现浇剪力墙结构和装配式剪力墙结构,一般采用现浇剪力墙结构。它的空间整体性好,刚度大,抗侧力强度高,水平力作用下侧向变形小。装配式剪力墙结构一般由装配式大型墙板拼装而成。墙板之间及墙板与楼板之间的连接十分重要,一般内外墙板除用焊接连接外,还要将留有锚筋、齿槽和插筋的相邻墙板用混凝土浇成整体;采用卡口楼板,与端头留有齿槽和锚筋的墙板通过后浇混凝土形成整体连接。这种结构体系,一般以横墙承重为多。考虑到结构整体性的需要,内纵墙一般按承重墙处理,外纵墙不承重,而采用围护墙板。

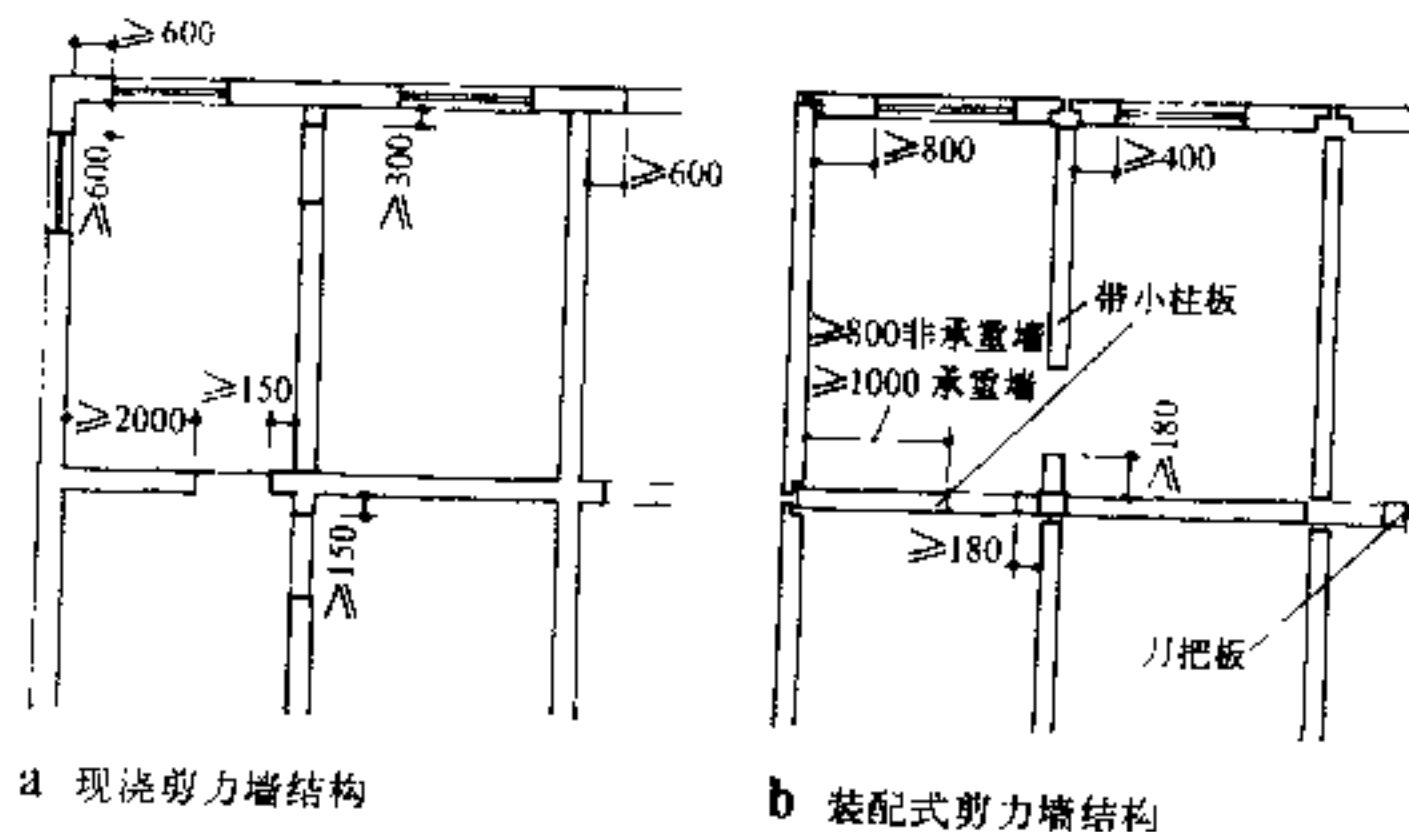
剪力墙结构按剪力墙的受力特点分横向承重、纵墙承重和纵横墙共同承重等三种剪力墙结构体系。剪力墙结构体系的缺点是不易布置成大空间,使用不十分灵活,适用于高层住宅、公寓和旅馆等。



3 剪力墙结构体系的类型

剪力墙结构中剪力墙的构造应满足以下要求:

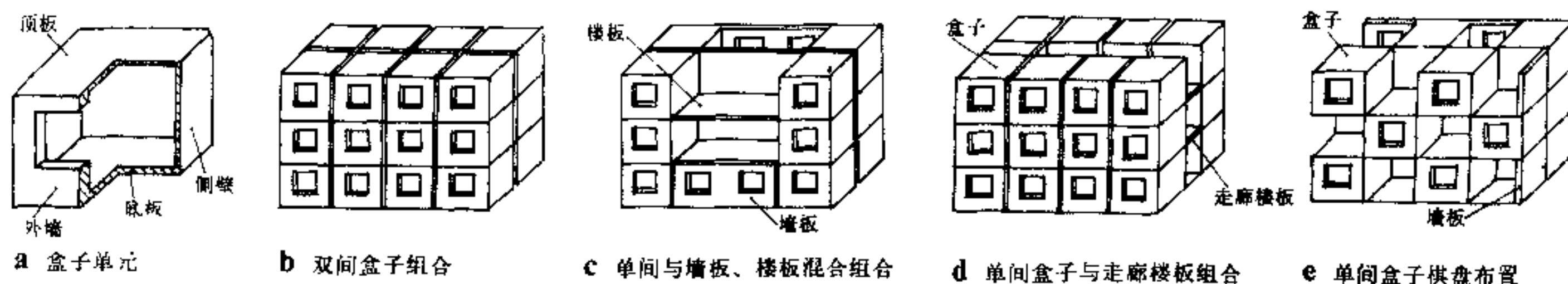
- 一、剪力墙应在建筑物的平面内沿几个主轴方向布置并拉通对直。
- 二、剪力墙应沿竖向贯通建筑物的全高,当房屋的底层或顶层需要较大空间时,可将在底层或顶层的部分剪力墙改成框架形成框支剪力墙,该层结构应予加强。
- 三、剪力墙的厚度不应小于160mm,并不小于楼层高度的 $1/20$,混凝土强度等级不应小于C20。
- 四、剪力墙不开洞或少开洞(构造洞除外),尤其是底层:如开洞,应符合[4]的要求。



4 剪力墙开洞的构造要求

盒子结构(箱形结构)

这种结构也是剪力墙结构。但其工厂化程度比装配式大型墙板结构更高,一个盒子单元就是一个房间或两个房间,在加工厂一次成型,在现场整体安装。此类结构的刚度与整体性是其它结构无法比拟的,因而壁厚可以做得很薄。内壁可做到40~50mm,顶板做到30mm,所以自重可大大减轻。一个32×48×25m的盒子单元,采用普通钢筋混凝土,仅7~8t,若用陶粒混凝土,则只有5t左右。盒子结构房屋的总刚度受连接强度的限制,单元的大小又受起重设备的限制,一般多用于4~8层房屋,国外则已用至20层左右。这种结构体系无疑是建筑工业化的一个方向。

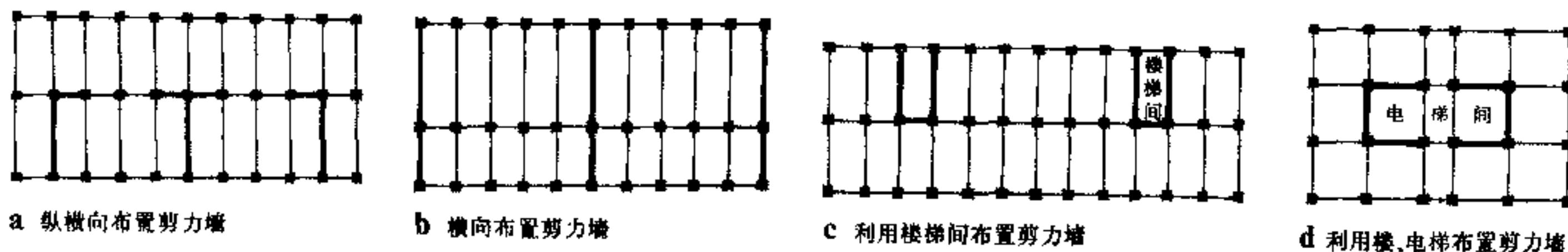


1 盒子结构房屋及其结构布置类型举例

框架—剪力墙结构

在框架结构体系中适当布置剪力墙,组成框架与剪力墙协同工作的结构体系。其中剪力墙是主要的抗侧力构件。这种体系既有框架结构使用上的灵活性,又有较强的抗震能力和较好的刚度,是常用的高层结构体系,适用于各类公共建筑。框剪结构中的剪力墙的布置与构造应满足下列要求:

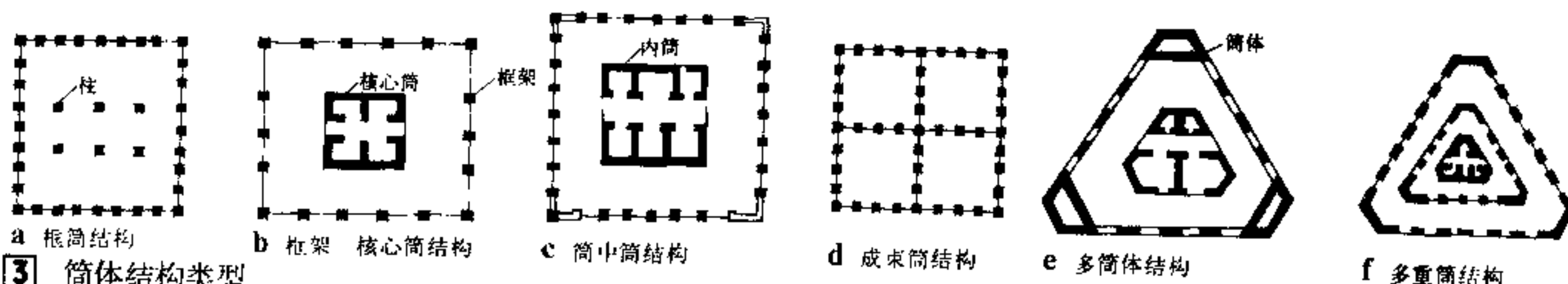
- 一、每个独立的结构单元,剪力墙应对称均匀地布置,纵横向剪力墙宜成组布置成L形或T形;
- 二、剪力墙应贯通建筑物的全高,厚度逐渐减薄,墙厚不应小于16mm,且不小于楼层净高的1/20。
- 三、剪力墙宜布置在结构单元的中间区段,尽可能利用楼、电梯间和服务设施空间形成封闭式的剪力墙;
- 四、当楼盖水平刚度有突破时,宜在突变处加设剪力墙,并加厚楼板。



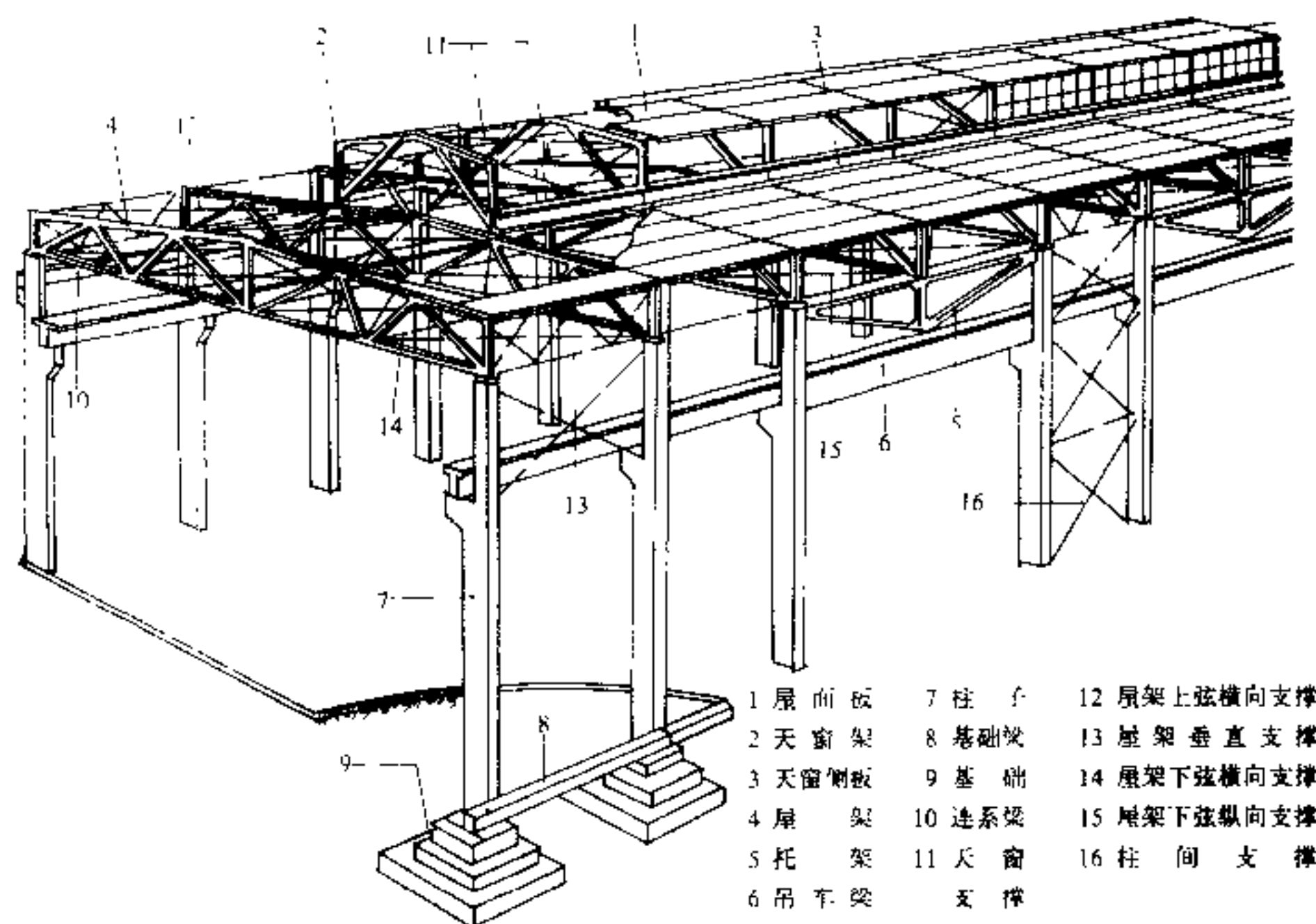
2 框架—剪力墙结构方案举例

筒体结构体系

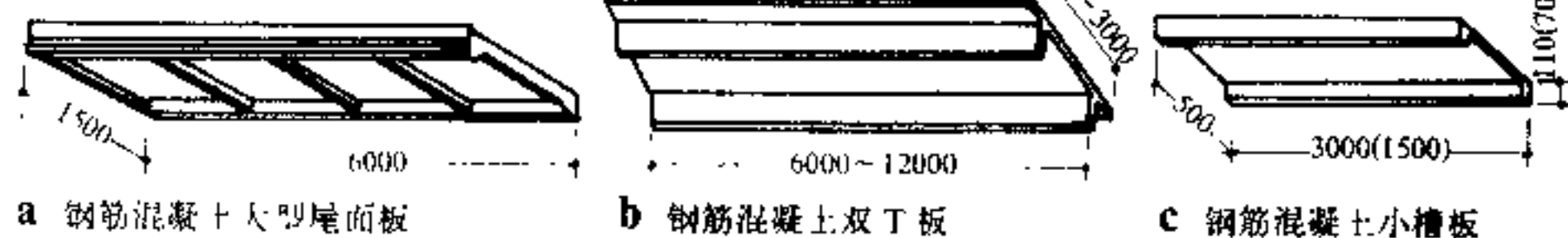
将建筑物内的墙体围成筒体形成空间薄壁筒体,或将框架柱的间距加密,加强度的刚度形成封闭的框筒,采用一个或多个这类的筒体做为结构的主要抗侧力构件的结构体系称为筒体结构体系。这种结构的建筑布置十分灵活,具有很好的抗弯抗扭刚度,用料省,一般适用于层数超过30层的超高层建筑,特别适用于平面接近正方形或两方向均为对称的建筑。常见的筒体结构有:框筒结构,它是由刚度很大的窗裙梁和密排柱形成的密集空间网格所组成的结构;框架—核心筒结构,它是由墙体围成的、位于核心的筒体和外围的框架柱组成的结构;筒中筒结构,它是外框筒和内实腹筒形成的结构;束筒结构,它是由横贯房屋全宽的内剪力墙或密集的柱形成若干互相联系的网格结构;多筒体结构,它是由若干个布置在建筑平面上的封闭筒体构成的结构;多重筒结构,它是由若干个围绕建筑物的中心布置的封闭筒体组成的结构。



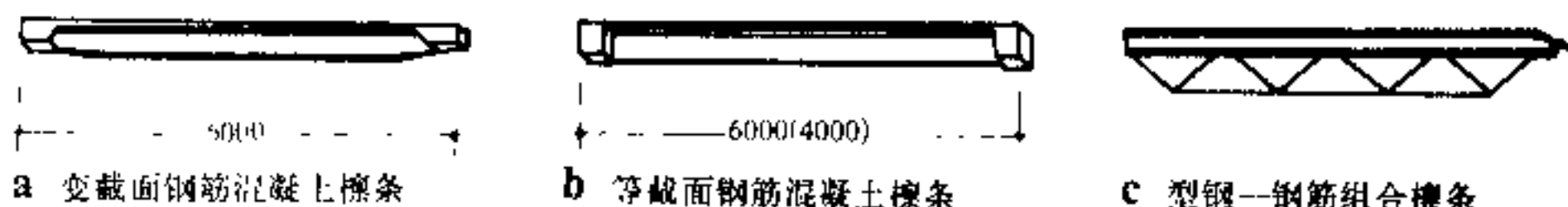
3 筒体结构类型



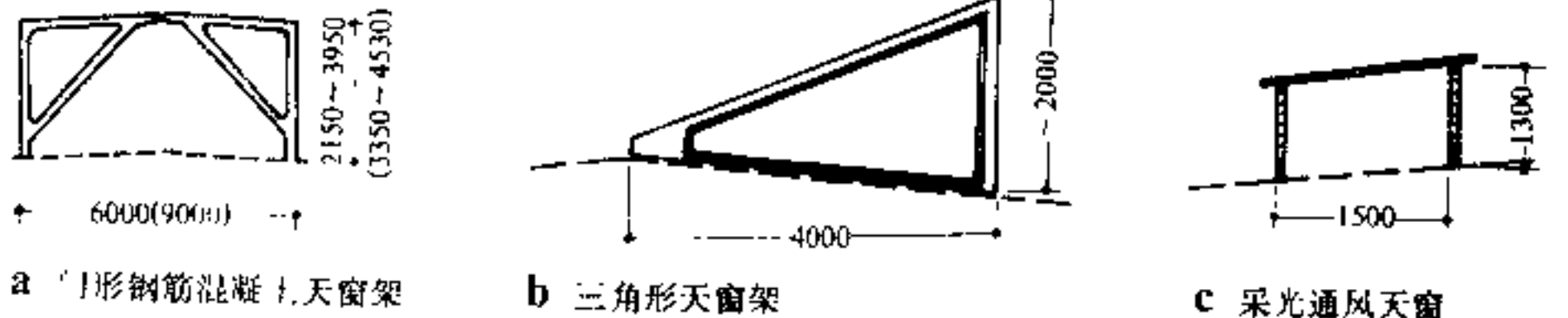
1 单层厂房构件部位示意



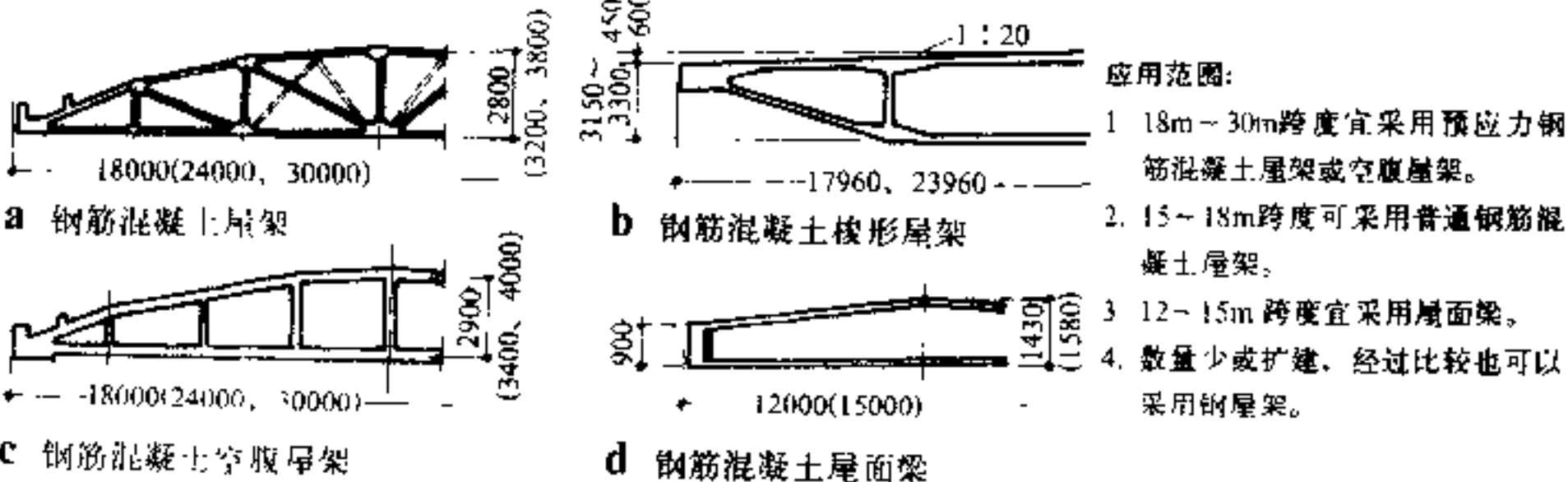
2 屋面板



3 檩条



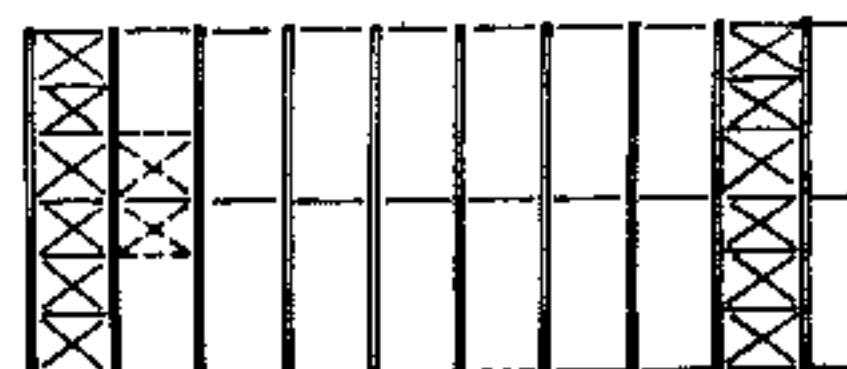
4 天窗架



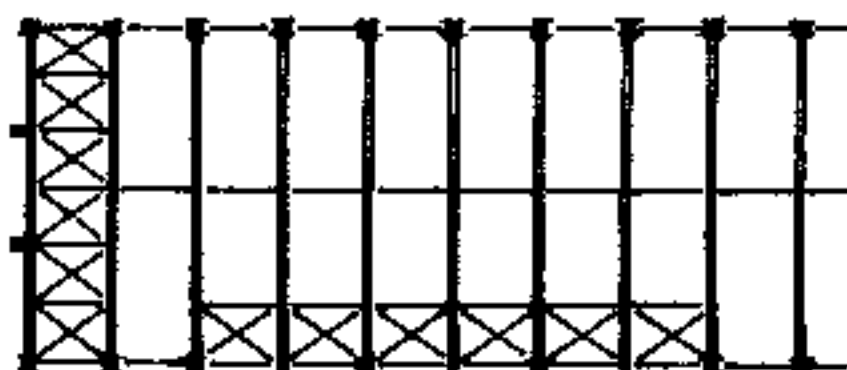
5 屋架



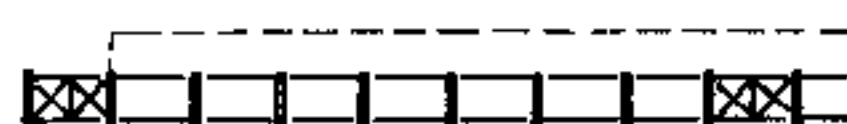
6 托架



a 屋架上弦水平支撑

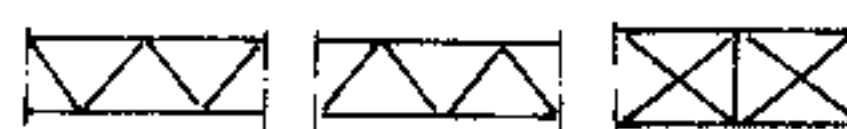


b 屋架下弦水平支撑



c 屋架垂直支撑及系杆

2 屋架支撑的布置



3 屋架垂直支撑的类型

注: 屋面支撑布置原则:

1 钢筋混凝土单层工业厂房屋面支撑系统的支撑布置, 其目的是保证厂房的整体刚度及稳定性。主要根据厂房的跨度、高度、屋盖形式、屋面刚度、吊车起重量及工作制、有无悬挂吊车和天窗设置等具体情况并结合地区抗震等要求进行布置。

2 天窗架支撑: 天窗上弦水平支撑一般设置于天窗两端开间和中部有屋架上弦横向水平支撑的开间处, 天窗两侧的垂直支撑一般与天窗上弦水平支撑位置一致, 上弦水平系杆通常设在天窗中部节点处。

3 屋架上弦横向水平支撑: 对于有檩体系必须设置; 对于无檩体系, 当车间有桥式吊车时, 通常宜在伸缩缝区段两端及有柱间支撑开间设置, 支撑间距一般不大于 60m。

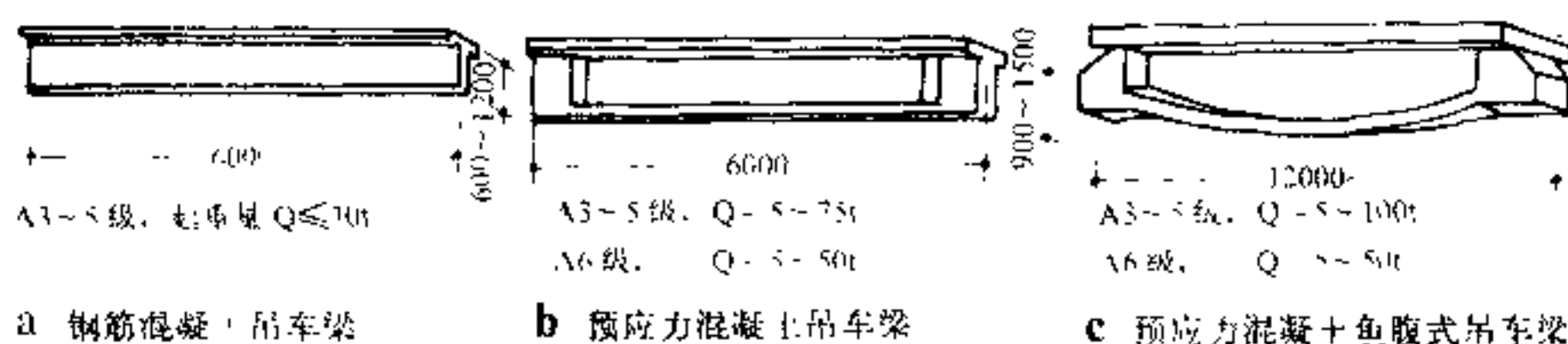
4 屋架垂直支撑: 一般应设置于屋架跨中和支座的垂直平面内, 除有悬挂吊车外, 应与上弦横向水平支撑同一开间内设置。

5 屋架下弦横向水平支撑: 一般用于下弦设有悬挂吊车或该水平面内有水平外力作用时 (如以下弦横向水平支撑作山墙抗风柱的支点等)。

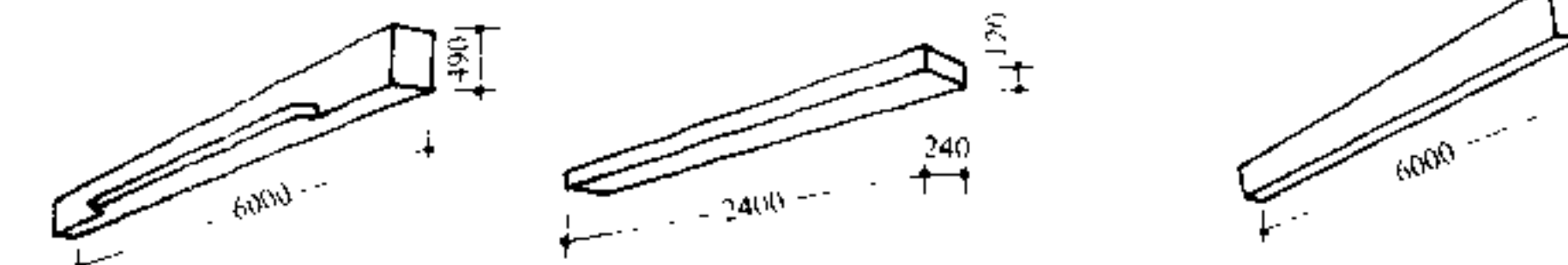
6 屋架下弦纵向水平支撑: 通常在有托架的开间内设置。只有当柱子很高、吊车起重量很大或车间内有壁行吊车或有较大锻锤时, 才在伸缩缝区段内与下弦横向水平支撑组合成下弦封闭支撑体系。

7 纵向系杆: 通常在设有天窗架的屋架上下弦中部节点设置; 此外, 在所有设垂直支撑的屋架端部均设置上弦和下弦水平系杆。

8 地震区: 应按现行抗震设计规范要求在设有天窗范围内天窗两端开间加设屋架上弦局部横向支撑 (见屋架上弦水平支撑布置图虚线所示)。此外, 对于天窗架及屋架两端的垂直支撑, 尚应结合设防烈度要求加密设置。

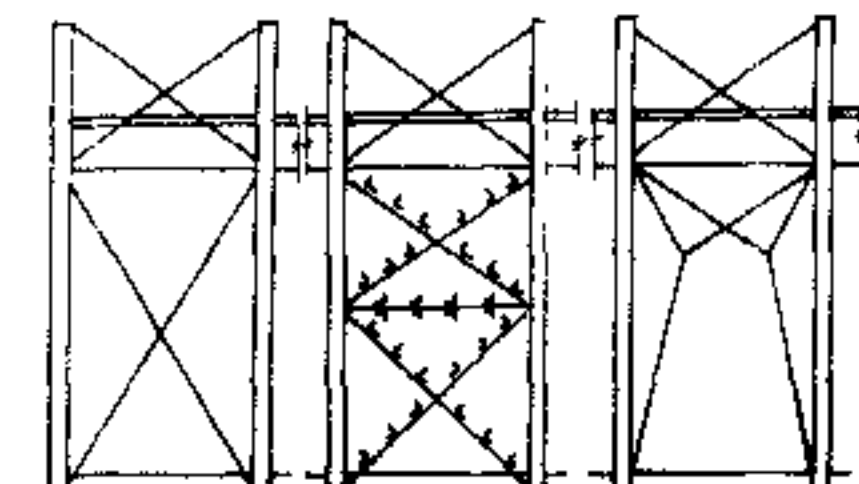


1 吊车梁



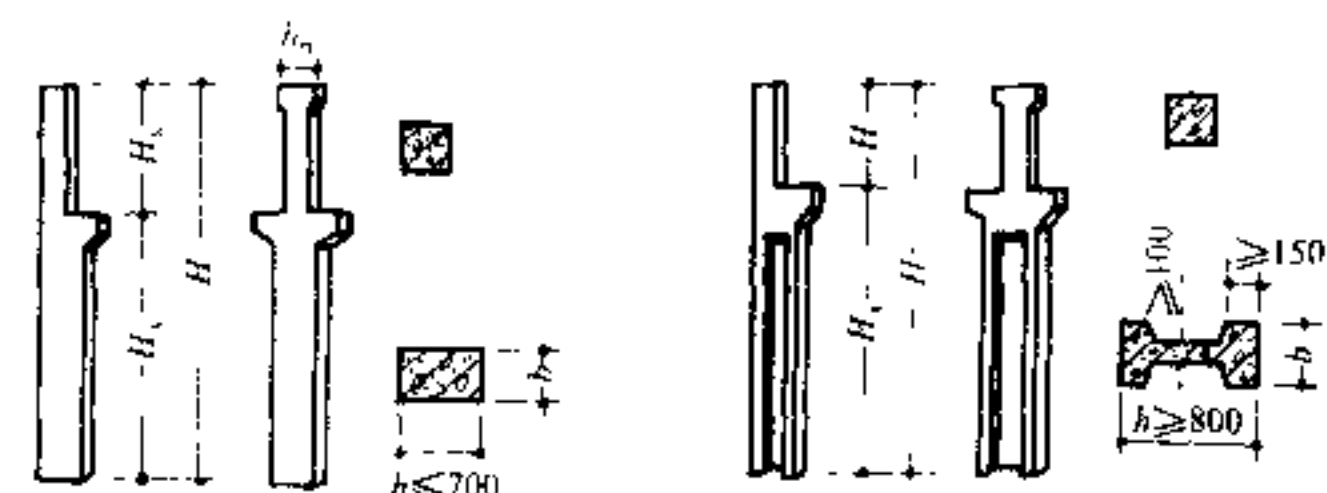
2 钢筋混凝土连系梁

3 钢筋混凝土基础梁 4 柱间支撑



注：1. 有吊车或跨度 $<18\text{m}$ 或柱高 $>8\text{m}$ 的厂房，在伸缩缝区段中设柱间支撑，有桥式吊车时，尚应在伸缩缝区段两端中间加设材料支撑。
2. 当吊车轨顶标高 $\geq 10\text{m}$ 时，柱间支撑宜做成双向，当柱截面高度 $\geq 1.0\text{m}$ 时，下柱支撑宜做成双向，各肢与柱翼缘连接，肢间用角钢连接。
3. 由于厂房使用要求，可采用门式支撑。

钢筋混凝土柱 按截面型式分，有矩形柱、工形柱、平腹杆双肢柱、斜腹杆双肢柱和圆形柱；按配筋方式分，有柔性钢筋混凝土柱和劲性钢筋混凝土柱。



$h:b \leq 3:1$
中柱上柱柱帽宽度 $h_c \geq 600\text{mm}$
截面 $b \times h \leq 400 \times 700\text{mm}$ 时采用

$h:b \leq 3:1$ 、 $h \geq 400\text{mm}$
截面 $b \times h \geq 400 \times 800\text{mm}$ 时采用
 $h \geq 1200\text{mm}$ ，经济时也可采用

6m 柱距实腹柱截面尺寸参考值

表 1

		截面高度 h		截面宽度 b
		单跨	多跨	
无吊车厂房柱		$\geq 1.5H/25$	$\geq 1.25H/25$	$\geq H/30$ 且 $\geq 300\text{mm}$
有吊车厂房柱	$G \leq 10\text{t}$	$\geq H_1/14$		$\geq H_1/25$ 且 $\geq 350\text{mm}$
	$G \leq 15 \sim 20\text{t}$	$\geq H_1/12$		
	$G \leq 30 \sim 50\text{t}$	$\geq H_1/10$		
露天栈桥柱	$G \leq 10\text{t}$	$\geq H_1/10$		$\geq H_1/25$ 且 $\geq 400\text{mm}$
	$G \leq 15 \sim 20\text{t}$	$\geq H_1/8$		
	$G \leq 30 \sim 50\text{t}$	$\geq H_1/7$		

注：1. H —从基础顶面算起的柱全高； H_1 —基础顶面至吊车梁底面的高度。

2. 双肢柱和管柱，表中值可乘以系数 1.05~1.1 后取用。

3. 柱距大于 6m 或承受 A6 级工作制吊车的柱，一般可乘以 1.50~1.10 后取值。

单层厂房排架柱截面尺寸

表 2

吊车起重量 $G(\text{t})$	轨顶标高 (m)	边 柱				中 柱	
		上 柱	下 柱	上 柱	下 柱	上 柱	下 柱
≤ 5	6~7.8	400×400	400×600	400×600	400×600	400×600	400×600
10	8.4	400×400	400×700	400×600	400×600	1400×800	1400×800
10	10.2	400×400	1400×800	400×600	400×600	1400×900	1400×900
10	12	400×400	1400×900	400×600	400×600	1400×1000	1400×1000
5~20	8.4	400×400	1400×800	1400×900	1400×900	1400×900	1400×900
	10.2	400×400	1400×900	400×600	400×600	1400×1000	1400×1000
	12	500×400	1500×1000	500×600	500×600	1500×1000	1500×1000
30~50	≤ 9.6	500×500	1500×1000	500×600	500×600	1500×1100	1500×1100
	12	500×500	1500×1100	500×600	500×600	1500×1200	1500×1200
	14.4	500×600	1500×1200	500×600	500×600	1500×1400	1500×1400
50~100	9.6	500×600	1500×1100	500×600	500×600	1500×1400	1500×1400
	12	500×600	1500×1200	500×600	500×600	1500×1400	1500×1400
	14.4	500×600	1600×1400	600×700	600×700	1600×1400	1600×1400

注：1. 本表适用于采用大型屋面板的有吊车单层厂房排架柱。

2. 中柱上边吊车起重量不同时，宜按较大吊车选用。

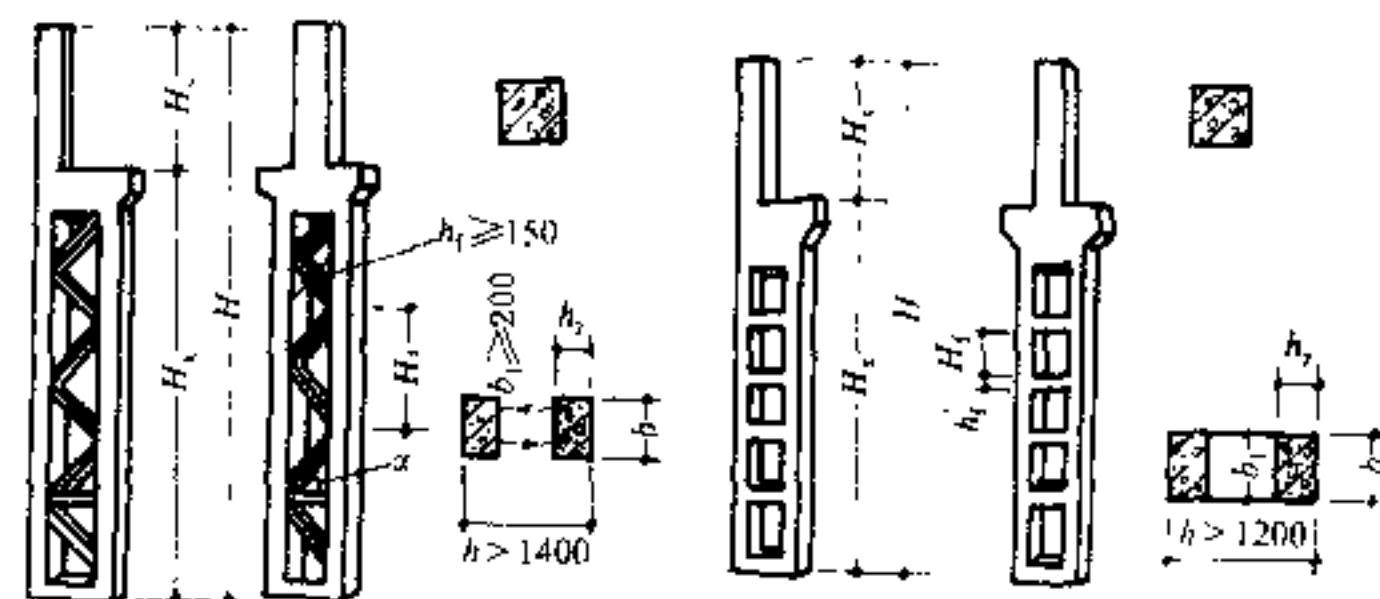
3. 带1符号者为工字形柱；2个数字为双肢柱，最后一个数为形截面高度。

4. 基本风压 $\geq 0.7\text{kN/m}^2$ 时，边跨下柱宜加大一级截面。

5. 单跨厂房，按边柱选用，但下柱宜加大一级截面。

6. 有壁行吊车的柱截面高度宜 $\geq 1400\text{mm}$ 。

7. 单层厂房排架柱截面尺寸 $b \times h$ (mm)，按不同柱高 H (m)，8~10和10~12m，分别取为 350×500、400×600 和 400×800。

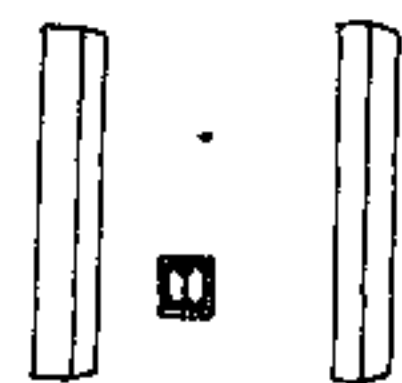


腹杆宽 $b_1 \geq 200\text{mm}$ 或 $b_1 \leq b-100\text{mm}$ ， $h_1 \geq 250\text{mm}$ ， $h_2 \geq 150\text{mm}$ ， $\alpha \approx 45^\circ$ 肢的中线宜与轨道中线相重合，防腐高度由计算确定，但不 $<600\text{mm}$ 或 >35 倍主筋直径， $b \times h \geq 500 \times 1400\text{mm}$ 时采用

腹杆宽 $b_1 = b$ ， $h_1 \geq 250\text{mm}$ ， $h_2 = 1.0 \sim 1.5h_1$ ， $H_1 \leq 10h_2$ ，一般在1800~2500mm为宜，用于抗震设防烈度 ≥ 8 度地区，宜精确计算 $b \times h \geq 500 \times 1400\text{mm}$ 时采用

7 斜腹杆双肢柱

8 平腹杆双肢柱



适用范围：
结构自重不超过柱子支承的全部荷载的 20%~25% 时。
楼层高度 $>7\text{m}$ 的现浇结构的多层、单层房屋且要求在施工过程中，拆模以前即需承重的柱子。
采用柔性配筋不经济。

9 劲性钢筋混凝土柱

楼板

楼板应满足下列要求：必要的耐火性，足够的强度、刚度，隔音性能好，自重轻，省料及制作安装简便、经济和美观。

当设置垫层时，一般采用水泥炉渣、混凝土等。常用面层有水泥砂浆、水磨石、大理石、木板、瓷砖、陶板、橡胶和地板革等。常用顶棚有直接抹灰、板条吊顶、钙塑板、石膏板、压型钢板和压型铝合金板等。

有抗震设防要求时，楼板的构造应符合抗震要求。



- 优点：1. 结构高度较一般主次梁结构楼板的高度小。
2. 具有平滑的顶棚，采光通风及卫生条件均较好。
3. 当楼面活荷载在 5.0 kN/m^2 以上，跨度 $\leq 6 \text{ m}$ 时，比肋形楼盖经济。
4. 模板简单，施工方便，较单向板节约木材，可设计成升板结构。

缺点：用于小荷载且跨度 $\leq 6 \text{ m}$ 时不经济。

适用范围：各类多层的工业及民用建筑，如轻型工业厂房、冷库、仓库、商场等。

构造要求：柱子横截面多为正方形、圆形、正多边形，边柱一般为矩形。

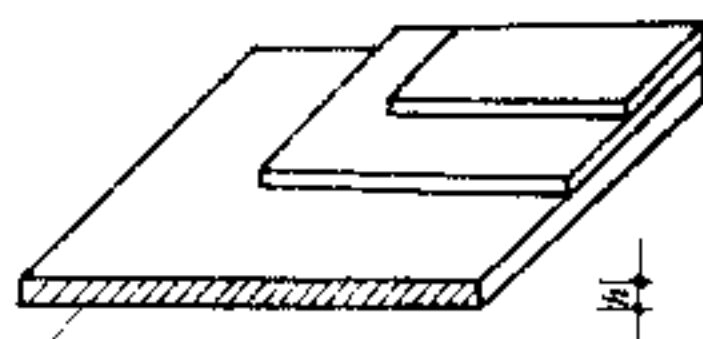
无梁楼板的允许高厚比如下：

轻质混凝土：有柱帽 $1/30$ ；无柱帽 $1/27$

普通混凝土：有柱帽 $1/35$ ；无柱帽 $1/32$

预应力混凝土：有柱帽 $1/50$ ；无柱帽 $1/35$

1 无梁楼盖



单向板：净跨 $l \leq 3600 \text{ mm}$
板厚 $h \geq l/35 \sim l/40$
双向板：净跨 $l \leq 6000 \text{ mm}$
板厚 $h \geq l/40 \sim l/50$

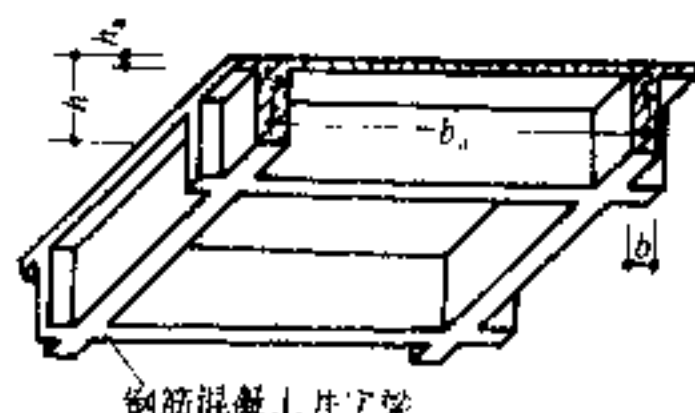
- 优点：1. 房屋的整体性好。
2. 底面平整，可不设吊顶。
3. 占用建筑空间小。
4. 设备布置灵活。

缺点：1. 费模板。
2. 不利于工业化施工。

适用范围：跨度较小的工业民用建筑楼板、屋面板、阳台板、雨罩等。

构造要求：支座入墙一般为 110 mm 。

2 现浇实心平板



$h > l/30 \sim l/35$;
 $h = 80 \sim 100 \text{ mm}$;
 $h_s \geq h_s/40$ ，但不得小于 40 mm ；
其中 b_s ——密肋梁间距，按建筑结构和构造要求确定，一般 $\leq 1200 \text{ mm}$ ；
 l ——梁支座间的距离。

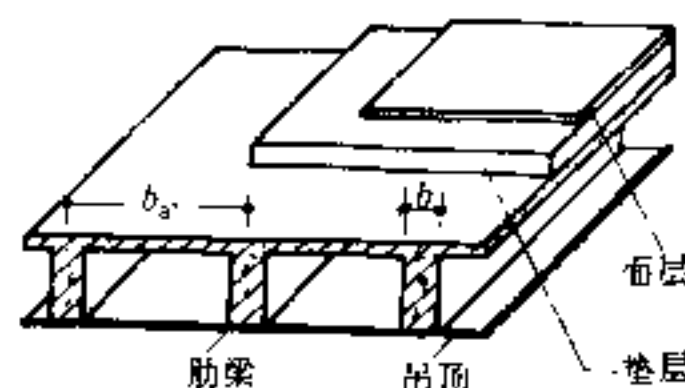
优点：梁的高度较一般梁板结构的小，可节约建筑空间。

缺点：施工较为复杂，模板费用较高，但可采用工具式定型塑料模壳或钢筋混凝土模壳，以降低模板费用。

应用范围：1. 跨度较大的房间。
2. 建筑平面接近方形的楼板（长、短跨之比 ≤ 1.5 ）。

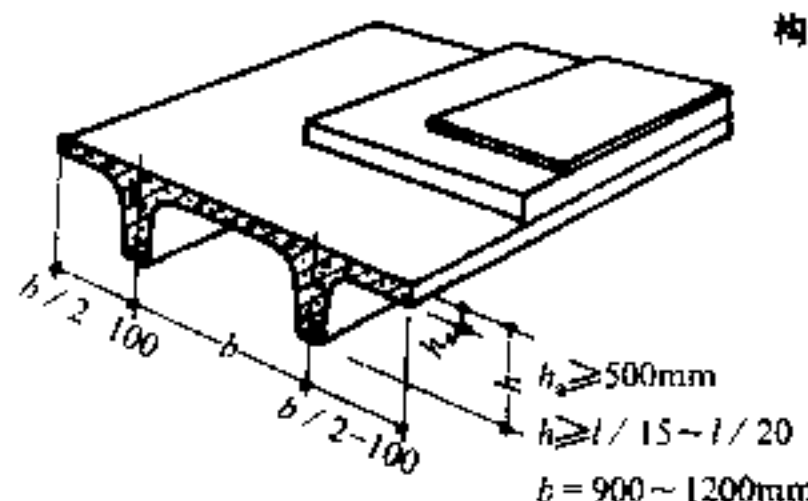
构造要求：1. 板伸入墙内 $\geq 110 \text{ mm}$ 。
2. 砖墙支承处需加钢筋混凝土墙梁。

3 井字密肋楼板

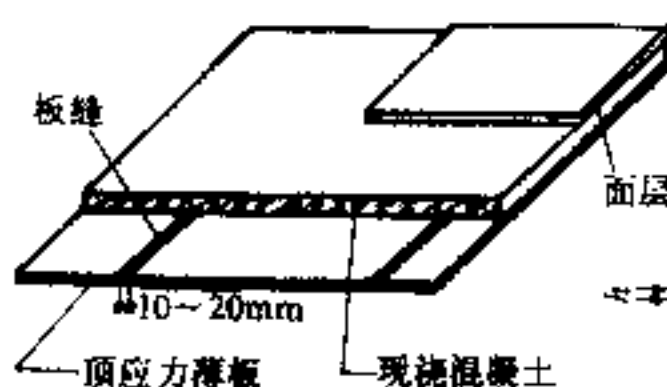


$l > 7000 \text{ mm}$ ， $h \geq l/20 \sim l/25$
 $h_s = 40 \sim 50 \text{ mm}$ ， $b = 80 \sim 100 \text{ mm}$
 $b_s = 500 \sim 700 \text{ mm}$

4 密肋楼板



5 预应力双T板



薄板的跨度 $l \leq 400 \text{ cm}$ ，
 $h \geq 2.4 \sim 3 \text{ cm}$ ，由结构计算确定。

- 优点：自重轻，用料省。
缺点：隔音差，一般需作吊顶，比现浇实心板用模板多，施工期长。

应用范围：跨度大而且不宜设大梁的房间。

构造要求：1. 板伸入墙内 $\geq 110 \text{ mm}$ 。
2. 当跨度 $\geq 6000 \text{ mm}$ ，须加横肋。
3. 设备穿管仅限在肋高的中间 $1/3$ 以内。

优点：刚度较好，用钢量少，可工业化生产，模板用量省。

缺点：制作要求高，需专门的张拉设备和大型起重设备。

适用范围：较大跨度的民用建筑和较大荷载的工业建筑。

构造要求：一般应支承在混凝土梁或钢梁上，支承长度 $\geq 110 \text{ mm}$ ，并将板内伸出的钢筋锚入现浇部分；大跨度板，需采取专门的固定措施，宜设现浇层，以利管道的敷设，并注意层间粘结；板缝为 20 mm 。

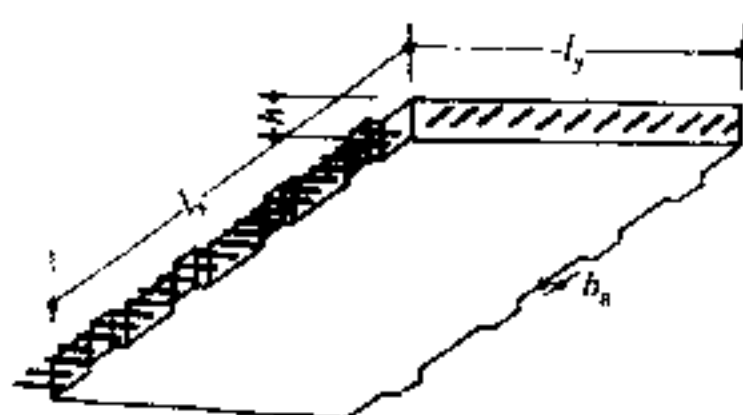
优点：节约模板，加快现场施工进度，利于工业化施工。

缺点：增加预制板的运输、吊装设备，选合面处理较难。

应用范围：同现浇实心平板。

构造要求：伸入墙内 $\geq 110 \text{ mm}$ ，在梁上的支承长度 $\geq 70 \text{ mm}$ 。应注意保证薄板和后浇混凝土粘结成整体，预应力薄板间应有 $10 \sim 20$ 的空隙。

6 迭合式楼板



$l_x \leq 5000 \text{ mm}$
 $l_y \leq 3900 \text{ mm}$
 $h \geq l_x/45 \sim l_y/50$
 $h_s = 60 \text{ mm}$

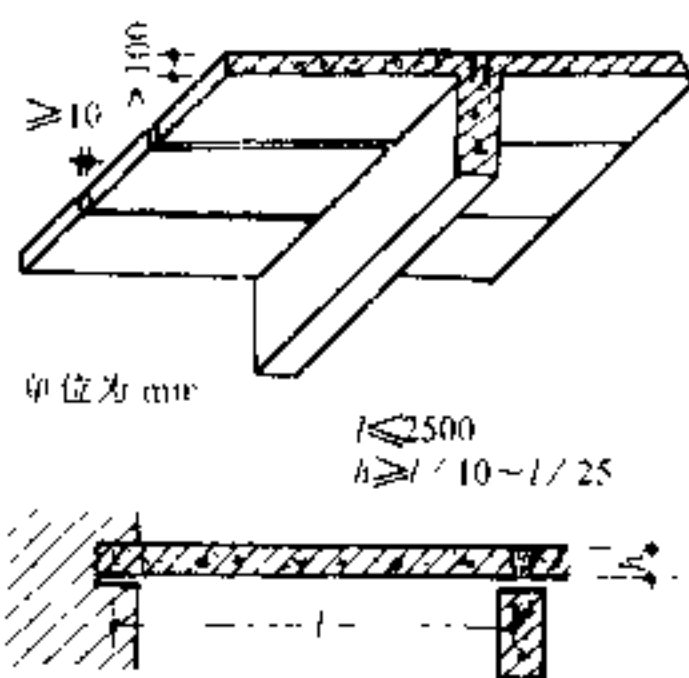
优点：可工业化生产，加快施工进度，节约模板。

缺点：需要较大的运输、吊装设备，施工要求较高。预埋电管道较困难。

应用范围：一般多层、高层住宅、公寓及办公楼等大模工程。

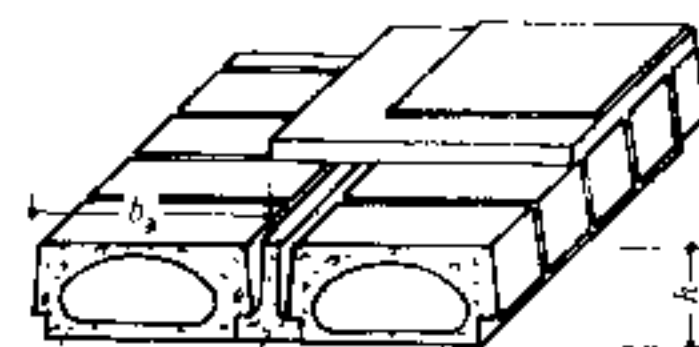
构造要求：混凝土强度等级 $\geq \text{C30}$ 。板中伸出钢筋长度 $\geq 100 \text{ mm}$ 并与支承墙（梁）拉结。板上预留洞应配置足够的构造钢筋。

7 双向预应力大板



1 预制钢筋混凝土实心板

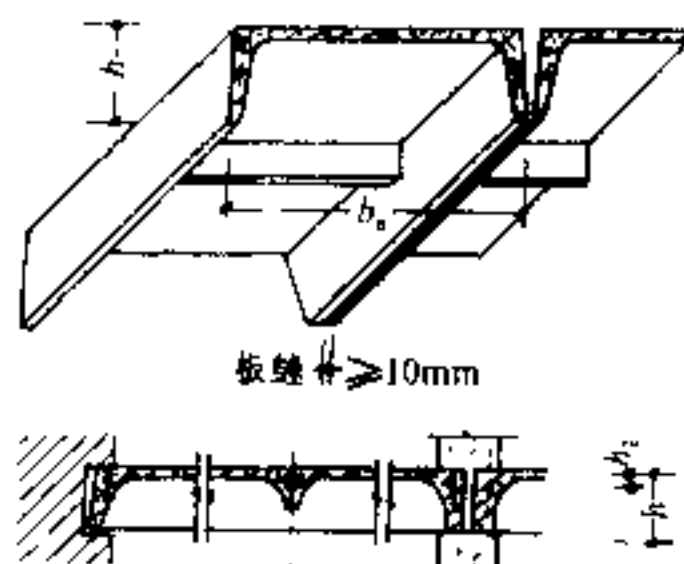
- 优点: 1 省模板;
2 施工工期较短。
- 缺点: 1 整体性较现浇的差;
2 顶棚及楼面沿板缝处容易产生裂缝;
3 跨度大时, 与现浇实心板相比, 用料较费。
- 应用范围: 主要用于过道板、架空板和管沟盖板等小跨度构件。
- 构造要求: 1 板缝宽度 $\geq 10\text{mm}$;
2 墙上支承长度 $\geq 110\text{mm}$ (长向板为 170mm)
梁上支承长度 $\geq 70\text{mm}$ 。



空心砖 预制钢筋混凝土小梁
跨度 l 一般 $\leq 6000\text{mm}$
 $h \geq 120$
 $b \leq 500\text{mm}$

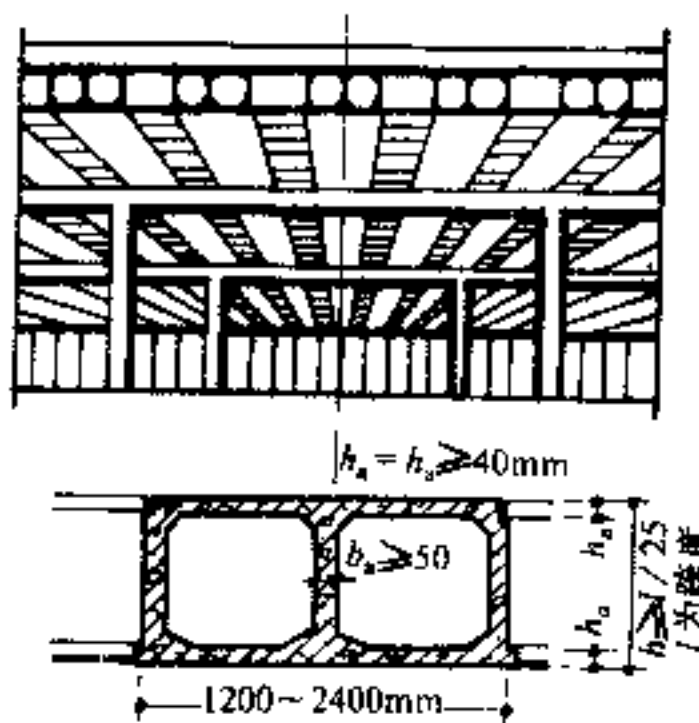
- 优点: 隔热、隔音性能较好, 省模板; 构件重量轻, 便于安装。
- 缺点: 楼板的整体性、刚度及抗震性能较差, 不宜用于有振动较大的房屋。
- 应用范围: 中小型民用建筑的楼、屋面板。
- 构造要求: 墙上支承长度 $\geq 110\text{mm}$ (长向板为 170mm);
楼面面层下应加垫层;
设备孔洞应布置在空心砖的位置处。

5 预制小梁焦渣混凝土空心砖楼板



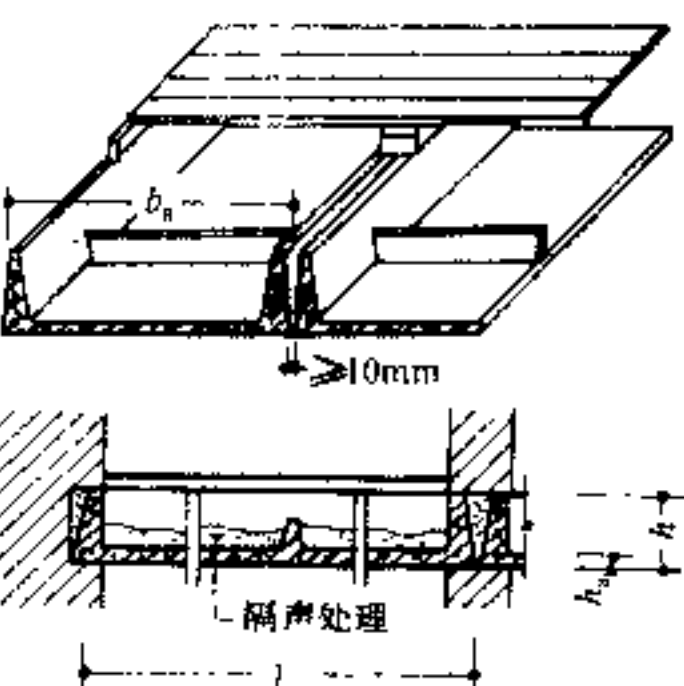
2 正向槽形板楼板

- 优点: 自重较轻, 制作不复杂。
- 缺点: 隔热、隔音效果较差, 用于民用建筑中宜加吊顶。
- 应用范围: 工业及民用建筑的楼板、屋面板及阳台、楼梯休息平台板等。
- 构造要求: 支承端伸入墙内一般为 110mm (长向板为 170mm),
伸入梁内 $\geq 70\text{mm}$ 板上开洞应避开主肋, 板的缝隙应 $\geq 10\text{mm}$ 。



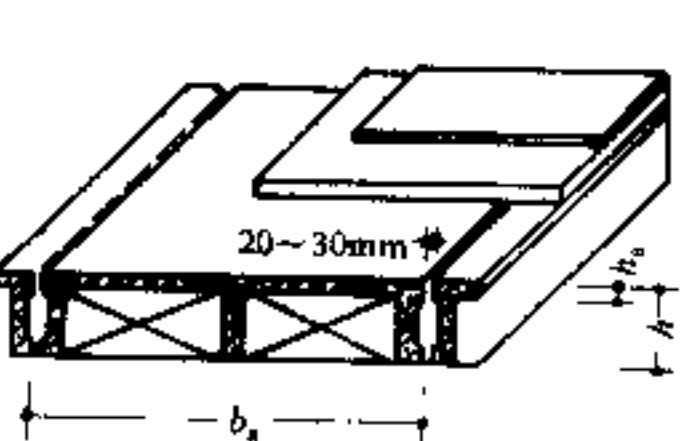
6 大型预应力空心板

- 优点: 刚度较好, 用钢量省; 可利用板内孔洞设置通风、照明措施; 隔音、隔热效果好。
- 缺点: 施工要求专门的张拉设备、运输及吊装需大型设备。
- 应用范围: 大跨度的工业及民用建筑。
- 构造要求: 板应支承在混凝土梁或钢梁上, 支承长度 $\geq 100\text{mm}$, 并将伸出的钢筋与现浇部分拉牢, 大跨度的板, 尚宜采取专门的锚固措施; 一般需加设面层。



3 反向槽形板楼板

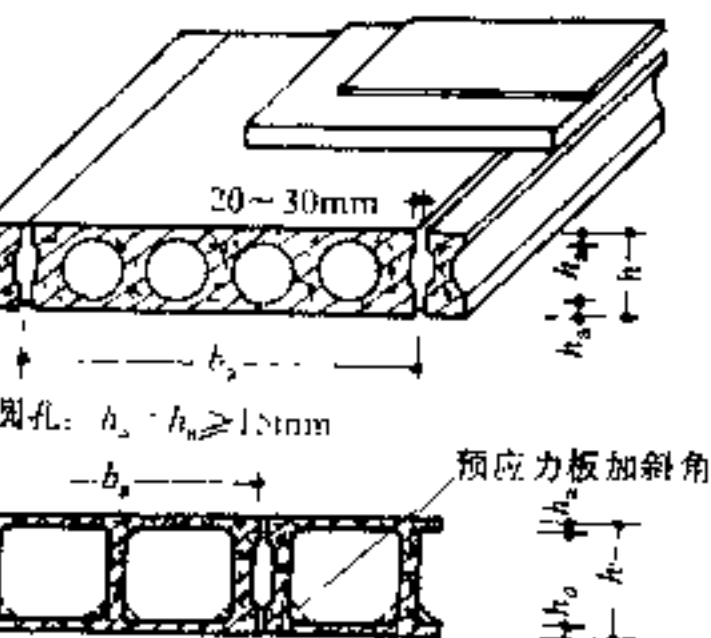
- 优点: 自重较轻, 可不设吊顶, 隔热、隔音处理较为容易。
- 缺点: 楼板的结构高度较大, 对肋的质量要求较高, 与正向槽板相比, 用钢较多; 需另铺面层。
- 应用范围: 屋面板、木地板基层、楼板 (凹槽内可填保温材料及敷设管道)。
- 构造要求: 基本与正向槽板一样, 由于受压区面积小, 使用时应注意刚度问题。



焦渣空心砖或陶土空心砖
 $h_0 = 30 \sim 50\text{mm}$
 $h = l/20 \sim l/25$, l 为板跨
 $b = 400 \sim 1200\text{mm}$

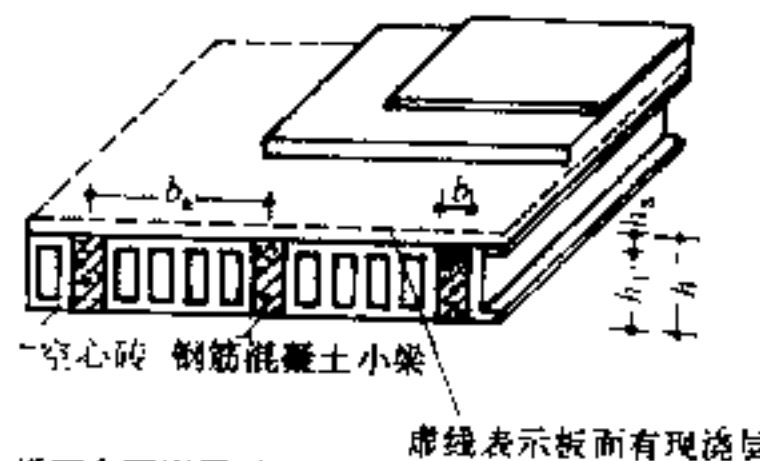
- 优点: 隔热、隔音效果好, 可不用吊顶, 构件少, 安装方便。
- 缺点: 自重较大, 不宜用于振动较大的房屋。
- 应用范围: 一般中小型民用建筑的楼板和屋面板; 板跨一般 $\leq 600\text{mm}$ 。
- 构造要求: 板在墙上的支承长度应 $\geq 110\text{mm}$, 长向板 $\geq 170\text{mm}$;
支承在梁上时, 支承长度 $\geq 70\text{mm}$;
管道不得穿肋。

7 预应力空心砖楼板



方孔: $h_0 = 20 \sim 30\text{mm}$, $h = 20 \sim 30\text{mm}$
 $h = l/20 \sim l/35$, l 为板跨
 $b = 900 \sim 1200\text{mm}$
板跨 l 一般为 6000 或 6900 (预应力)

- 优点: 隔热、隔音效果比槽形板好, 不用吊顶, 其刚度较好, 用钢量少。
- 缺点: 制造及施工技术要求较高并应在工厂制造; 当有水平管线埋设时, 应加垫层。
- 应用范围: 广泛用于一般工业及民用建筑中, 非预应力板仅用于荷载较小的建筑中。
- 构造要求: 板在墙上的支承长度应 $\geq 110\text{mm}$ (长向板为 170)
并搁置在圈梁上。伸入墙内部分的板孔用砖或混凝土填实, 多层建筑的山墙与板架锚固, 管道不穿肋。



板面有现浇层时:
 $h > l/20 \sim l/30$ (含现浇层厚度),
 l 为跨度, 一般 $< 7200\text{mm}$;
 $h_0 = 30 \sim 50\text{mm}$, $b = 60 \sim 100\text{mm}$;
 $h_2 \leq 700\text{mm}$ 。
板面无现浇层时:
 $h_1 \geq l/20 \sim l/30$, $l \leq 5000\text{mm}$
 $b_1 \leq 400\text{mm}$, $b = 60 \sim 100\text{mm}$

- 优点: 隔热、隔音较好, 不用吊顶。
- 缺点: 施工要求较严 (空心砖必须准确就位), 施工工序较多不宜用于振动较大的房屋。
- 应用范围: 用于一般医院、学校、住宅等建筑的楼板。

- 构造要求: 板在墙上的支承长度 $\geq 110\text{mm}$, 支承处须加钢筋混凝土墙梁, 留洞不得损伤小梁;
跨度超过 5000mm 时, 要加横梁; 空心砖的材料宜用陶土或矿渣混凝土。

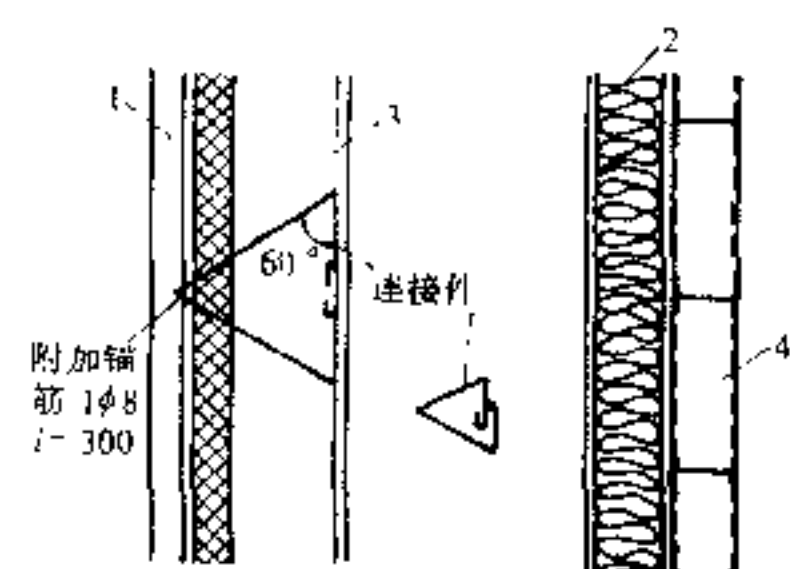
8 密肋空心砖楼板

墙板

墙板分承重墙板和围护墙板。在布置应使墙板受力明确，以充分发挥材料的性能，减轻自重和节省费用。在选型上要考虑当地材料供应情况和施工条件，力求适用、经济、美观。

墙板的节点应满足抗风、防水和保温隔热的要求。地震区尚应满足抗震设防的要求。墙板的分块应与建筑布置相协调。墙板外表面尚须按建筑要求喷涂或着色。

工业厂房的山墙转角,一般应另立小柱与山墙墙板连接,边长为12m的厂房,一般应在两柱中间增设小柱以支承墙板。



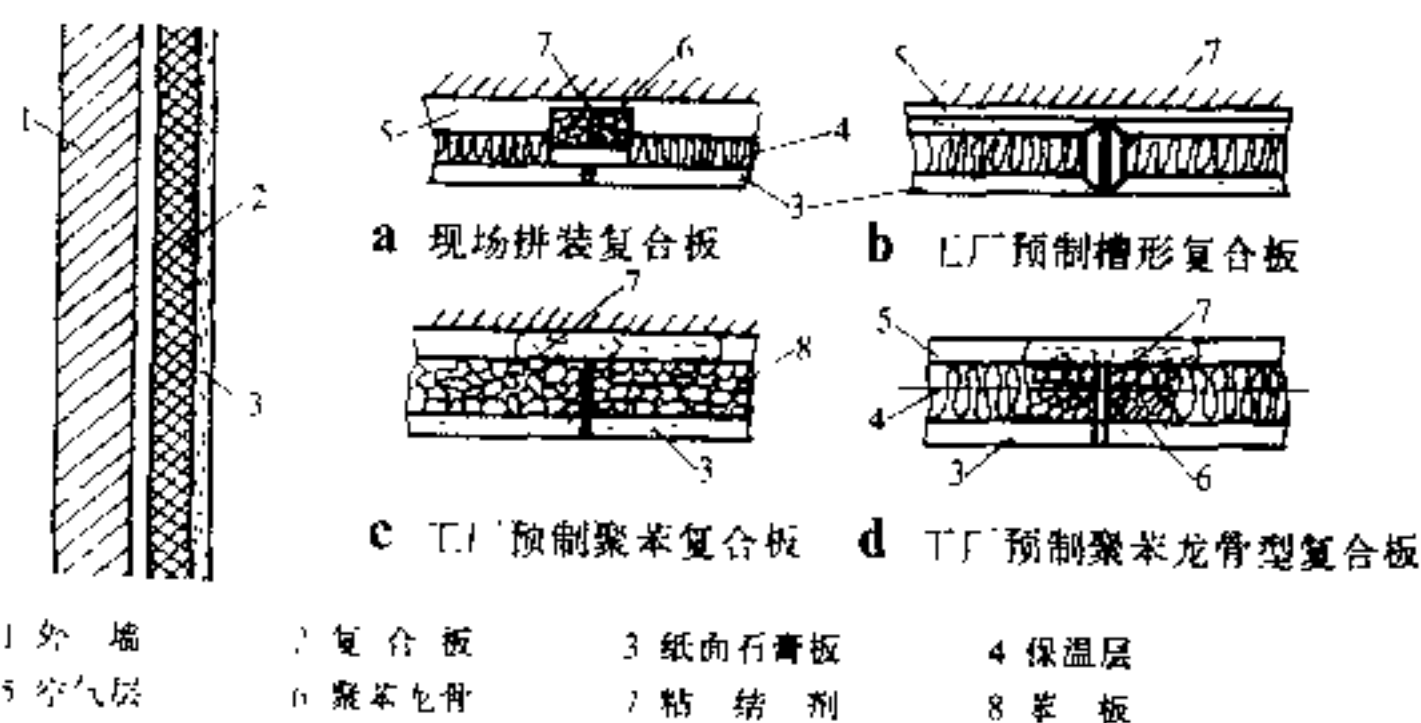
使用范围: 高层建筑的预制外墙板
构造要求: 构件在工厂制作, 现场安装; 必须按图纸要求堆放运输, 避免损坏。
附加锚筋和连接件要与墙筋绑牢, 通过保温层的铁件要涂刷防锈剂以防锈蚀。

钢筋混凝土岩棉复合墙

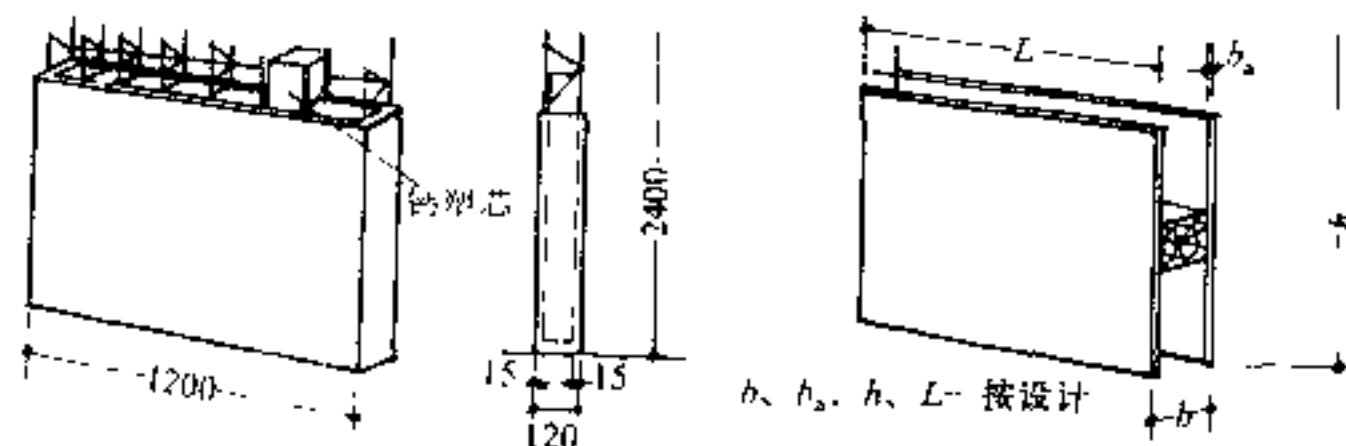
压型钢板复合保温墙板

1 饰面板 2 保温层 3 承重墙 4 墙板骨架 5 压型钢板

11 复合外墙板



2 内保温复合外墙板



特点:自重轻,隔热、隔音效果较好
但需工厂生产,造价较高。

使用范围: 用于单层或两层民用建筑的内外承重墙板, 也可用于建筑物加层时的顶板或墙板。

构造要求: 钙塑芯设在钢筋骨架空隙内, 水泥砂浆在现浇抹, 板的支承点设固定措施, 板间连接需加设附加骨架。

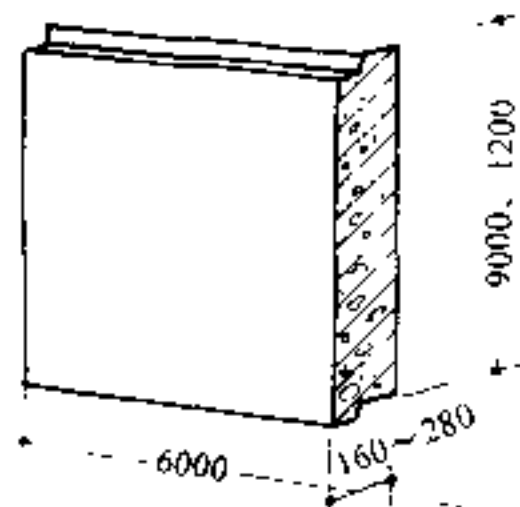
特点:自重轻,施工方便,可按使用要求装卸,刚度、抗冲击能力差。

使用范围:室内非承重隔墙,面板常
用石膏板或其它板材,饰
面常用压型板。

构造要求: 一般应设龙骨(木肋或钢骨架)以保证墙体的稳定。

3 钢筋骨架水泥砂浆墙板

4 加肋隔板

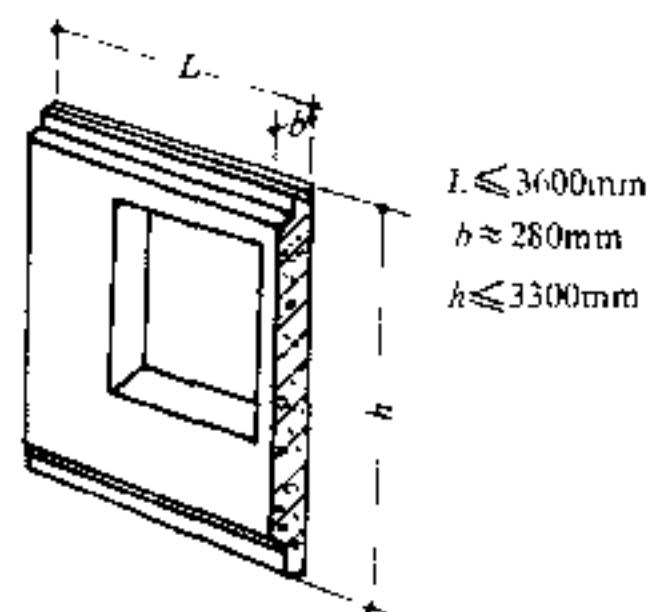


5 轻骨料钢筋混凝土墙板

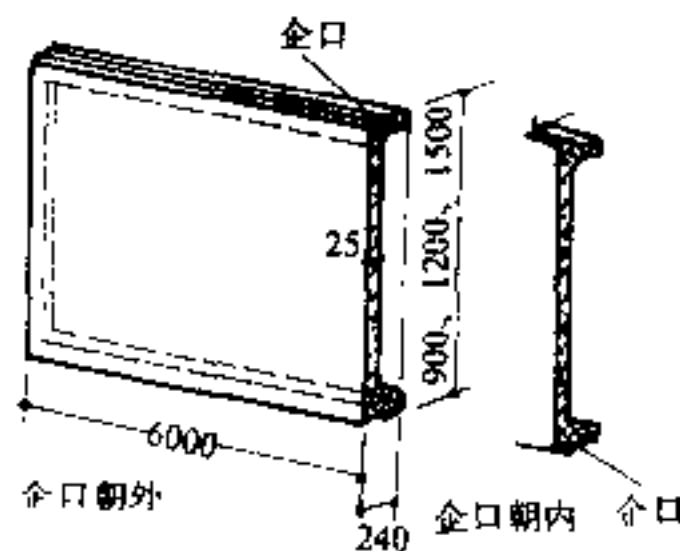
特点:有隔热、保温和隔音的性能,可根据不同地区的采暖和隔音要求确定墙厚。一般采用陶粒或焦渣做骨料。

使用范围：工业及民用建筑的承重或非承重墙板。

构造要求:板与柱子的连接为铰接,窗洞上的墙板应直接支承在柱子的牛腿上。



6 钢筋混凝土承重墙板

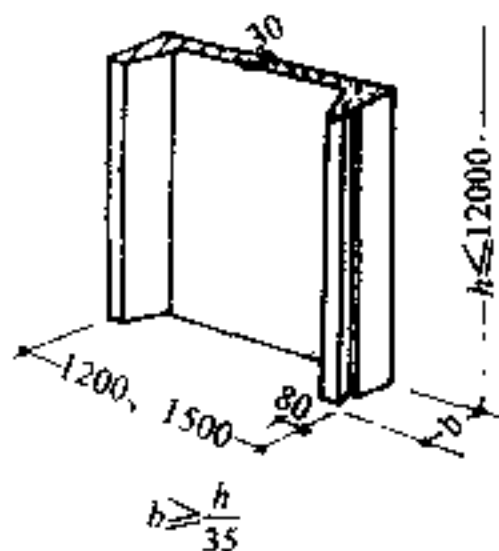


特 点:自重较轻、隔热、隔音效果欠佳,宜在工厂生产。

使用范围: 用于非采暖地区的工业厂房的非承重墙板。

构造要求:板与柱的连接为铰接,避免因厂房晃动而开裂;窗上面墙板应直接支承在柱子的牛腿上。

7 钢筋混凝土槽形墙板

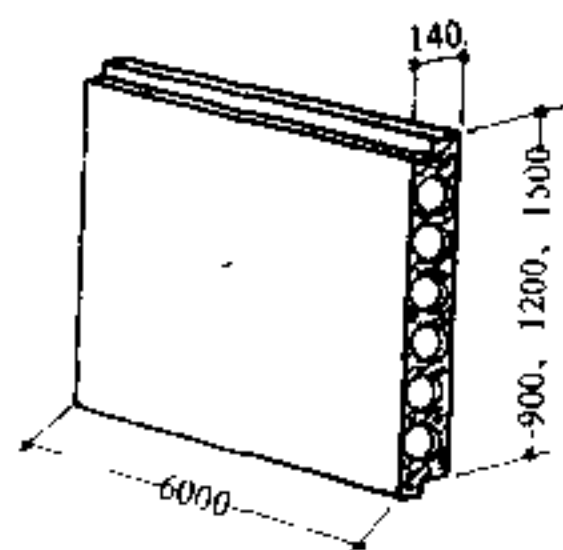


特点: 纵肋竖向布置, 自重较轻, 隔热、隔音效果较差, 需较大的运输设备和起重设备, 可在工厂或现场制作。

使用范围: 工业厂房的非承重墙板, 一般用于非采暖地区。

构造要求:板的上下端均需设置支承梁并与板连接。板的肋高及其配筋应根据使用、吊装、运输等受力情况,由计算确定。

8 钢筋混凝土槽形墙板 (竖向)



特点:有一定的隔热、隔音效果;宜在工厂生产;厂外墙开洞处应用实心板代替;竖缝的防水处理较困难。

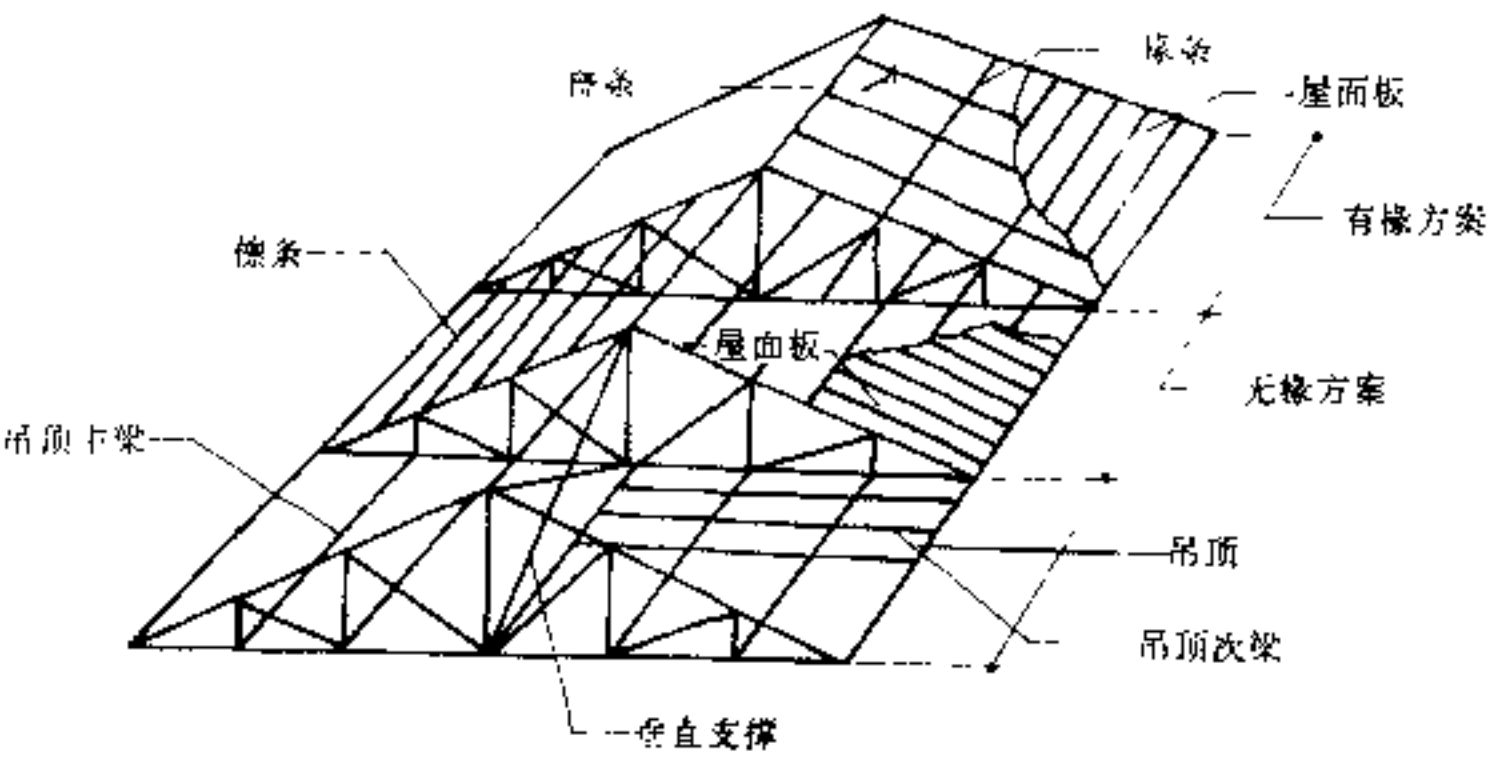
使用范围: 工业厂房的非承重墙板, 可用于采暖地区。

构造要求: 板与柱子的连接为铰接;
窗洞上部的墙板应直接支承在柱子的牛腿上。

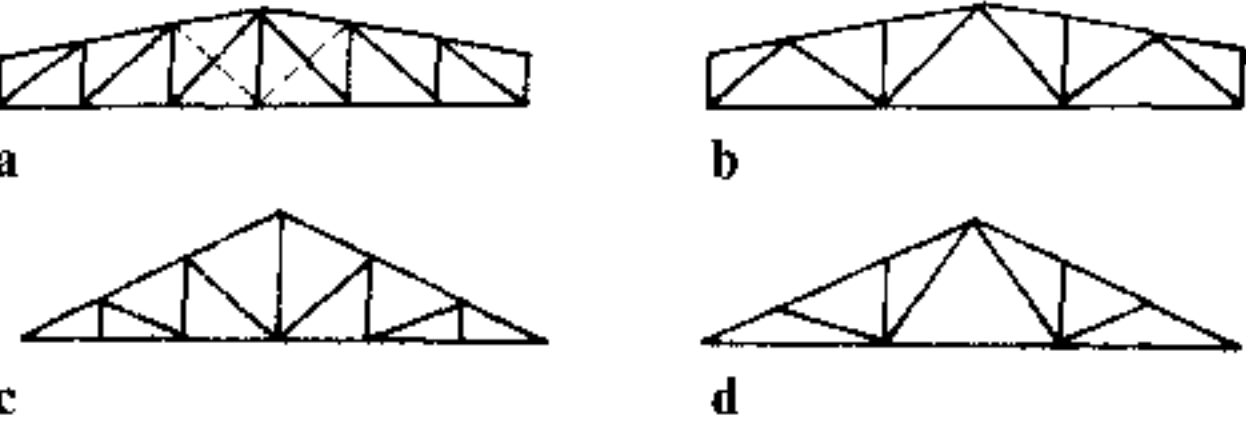
9 钢筋混凝土空心墙板

木屋架

木屋架易于取材，加工方便，质轻且强。缺点是各向异性，有木节、裂纹等天然缺陷，易腐、易蛀、易燃、易裂和翘曲。木屋架适用于跨度不超过 15m、钢木屋架适用于跨度不超过 18m、室内空气相对湿度不超过 70%、室内温度不超过 50℃、吊车起重量不超过 5t、悬挂吊车不超过 1t 的工业与民用建筑。钢木屋架采用钢下弦和钢拉杆，受力合理，安全可靠。木屋盖还可采用胶合梁作为承重构件。它是用胶将木板胶合而成，外形美观，受力合理，是一种颇有前途的结构。



1 木屋盖结构组成

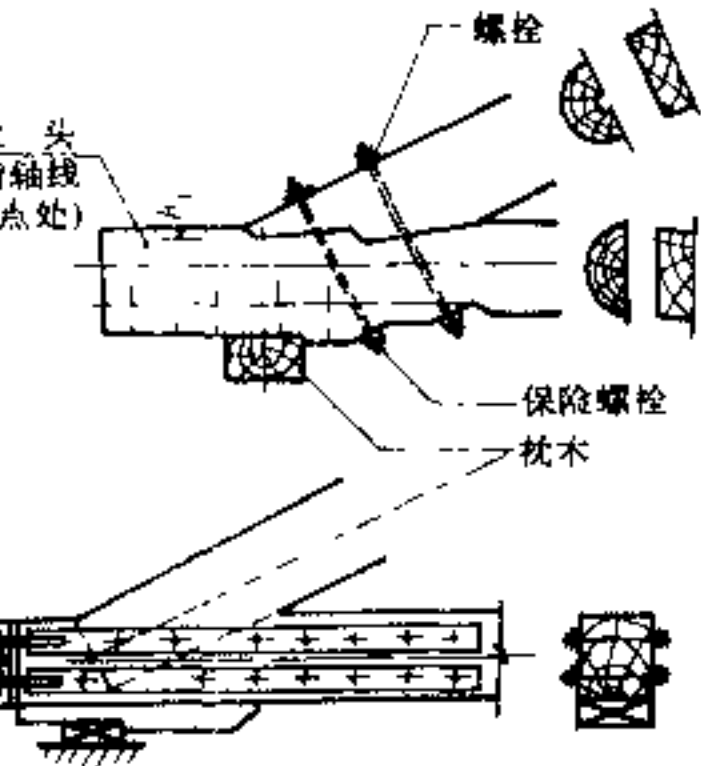


2 木屋架或钢木屋架型式

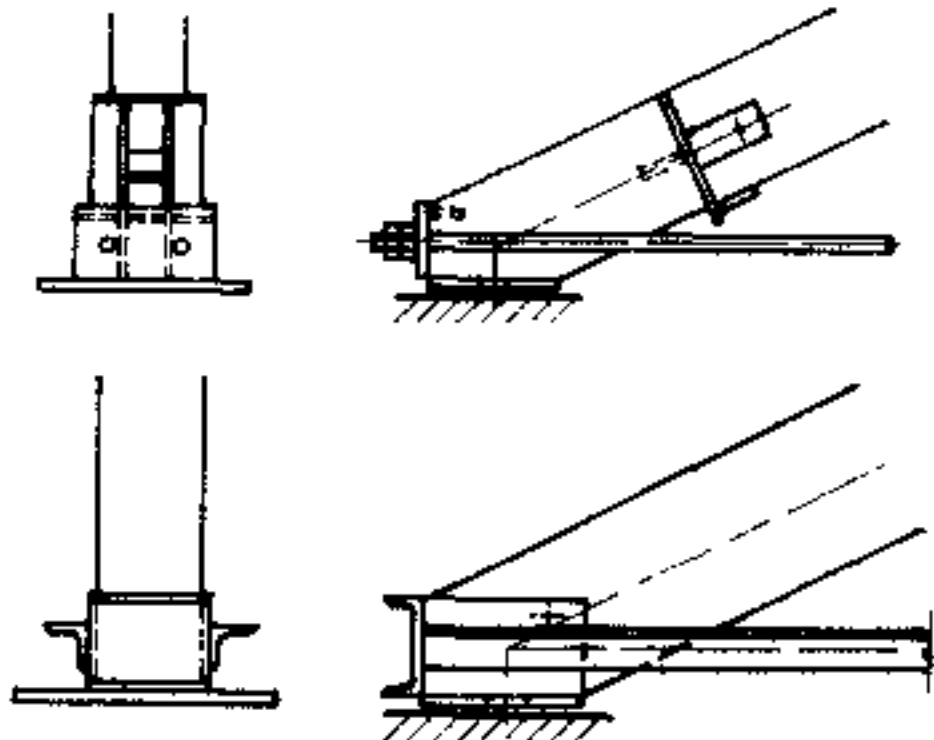


3 以纵墙、柱为支点的屋架

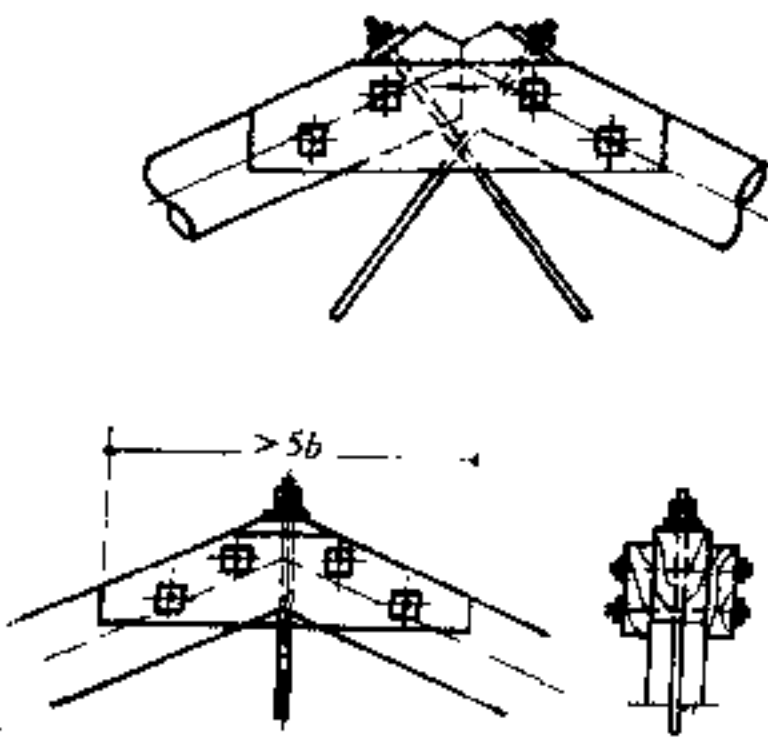
4 胶合构件



5 木屋架端节点构造示意



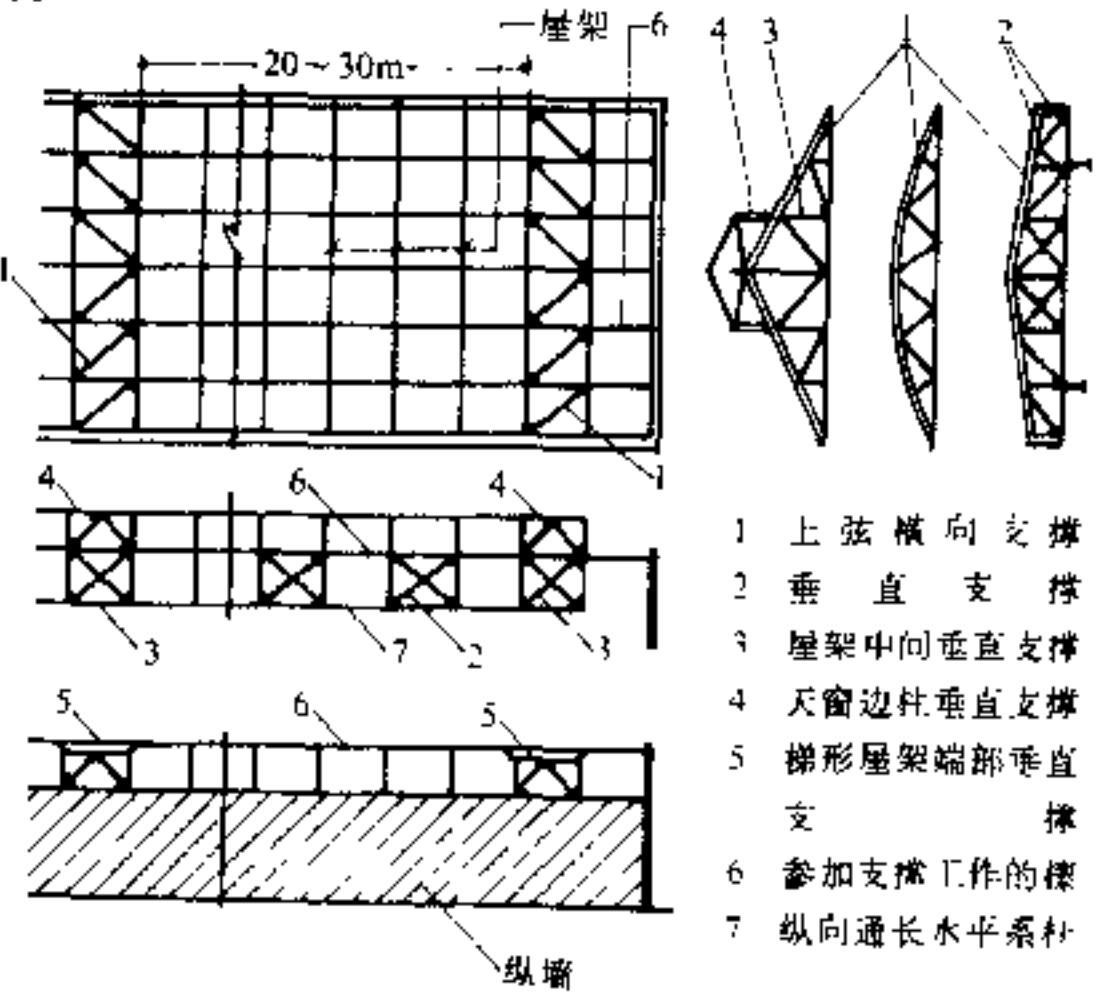
6 钢木屋架端节点构造示意



7 脊节点构造示意

木屋盖的支撑系统

为了传递山墙传来的风力、吊车纵向制动力、地震力以及其它水平力，木屋盖的上弦需设支撑。跨度小于 9m 的密铺屋面板屋盖、跨度小于 6m 的冷摊瓦屋盖和四坡顶屋盖可不设支撑。



8 木屋盖的支撑系统示意图

木屋盖构件常用尺寸

木屋盖构件常用尺寸		表 1
构 件	截 面 (mm × mm)	间距(mm)
挂瓦条	25 × 25(只宜作构造用)	280~330
	40 × 40、45 × 45、50 × 50	
屋面板	厚 12、15、18、20mm	
瓦 檐	80 × 25、100 × 25、70 × 30	220~230
	80 × 30(或 2-40 × 40)	(130~200)
檩 条	30 × 60、40 × 60、30 × 70、40 × 80	400~1000
	50 × 80、40 × 100、50 × 120	
檩 条	方木，宽≤60mm，高宽比：立放时≥2.5；斜放时≥2。 原木：梢径≤70mm	

木屋盖的防腐和防虫

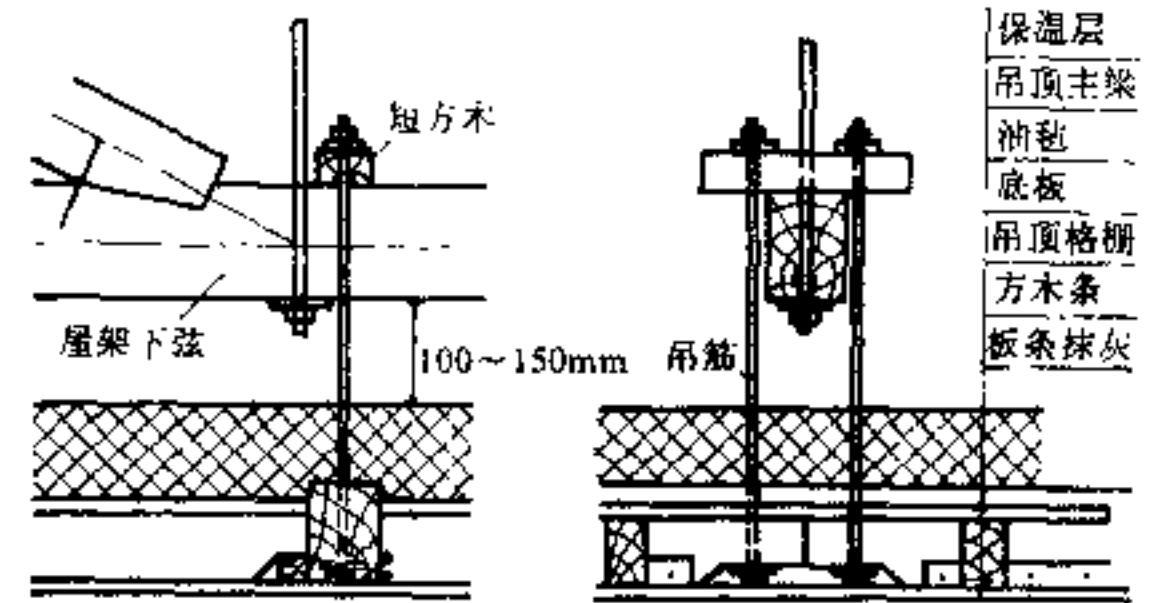
支座处、隐蔽部位应从构造上采取防腐和通风措施。露天结构、内排水桁架的支座节点处、檩条、格栅等与砌体直接接触部位、白蚁容易繁殖和容易感染虫害及不耐腐蚀的木材，应采用药剂处理措施。

常用树种木材的强度设计值及弹性模量

表 1

强度等级	组别	树种	抗弯 f_m	顺纹抗压 及承压 f_c	顺纹抗拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	顺纹承压 f_{c90}			弹性模量 E
							全表面	局部表面及内面	拉力螺栓垫板下面	
TC17	A	柏木	17	16	10	1.7	2.3	3.5	4.6	10000
	B	东北落叶松	17	15	9.5	1.6				
TC15	A	铁杉、油杉	15	13	9	1.6	2.1	3.1	4.2	10000
	B	鱼鳞云杉、西南云杉	15	12		1.5				
TC13	A	油松、新疆落叶松、云南松、马尾松	13	12	8.5	1.5	1.9	2.9	3.8	10000
	B	红皮云杉、丽江云杉、红松、樟子松	13	10	8	1.4				
TC11	A	西北云杉、新疆云杉	11	10	7.5	1.4	1.8	2.7	3.6	9000
	B	杉木、冷杉	11	10	7	1.2				
TB20	—	栎木、青冈、槲木	20	18	12	2.8	4.2	6.3	8.4	12000
TB17	—	水曲柳	17	16	11	2.4	3.8	5.7	7.6	11000
TB15	—	锥栗(栲木)、桦木	15	14	10	2.0	3.1	4.7	6.2	10000

木屋盖的吊顶 吊顶一般设在屋架的下弦。其受力构件的布置通常有三种情况：主梁垂直于下弦，格栅平行于下弦；主梁和格栅都垂直于下弦布置；不设主梁、格栅垂直于下弦。



Ⅰ 吊顶构造示意图

方木吊顶格栅容许线荷载 (N/m)

表 2

截面		跨度 L (mm)								
b (mm)	h (mm)	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	2000	2250
强度等级 TC17										
30	70	940	680	490	350	230	140			
40	60	880	640	460	320	200				
	70	630	1280	1020	830	690	550	430	250	
	80	1430	1910	1530	1240	1020	850	720	520	370
50	70	2030	1600	1280	1040	860	710	600	440	310
	80	4030	2390	1910	1550	1280	1070	900	660	460
	90	4230	3400	2720	2210	1820	1520	1280	930	660
强度等级 TC15										
30	70	640	430	280	160					
40	60	600	400	240	130					
	70	1180	1060	820	630	480	360	260	110	
	80	2280	1830	1480	1200	980	800	660	430	250
50	70	2030	1600	1280	1040	860	710	580	380	200
	80	3030	2390	1910	1550	1280	1070	900	660	460
	90	4230	3170	2720	2210	1820	1520	1280	430	660
强度等级 TC13										
30	40	350	180							
40	60	310	150							
	70	980	730	530	380	260	160			
	80	1770	1390	1100	880	690	550	430	250	110
50	70	1620	1270	990	780	610	480	360	190	
	80	2590	2090	1710	1400	1160 (1150)	960	790	540	330
	90	3230	2690	2360	2050 (1990)	1800 (1640)	1510 (1370)	1280 (1150)	930 (840)	640 (590)
强度等级 TC11										
40	70	590	390	240	130					
50	80	1250	950	730	540	400	290	200		
	70	1130	850	630	470	330	230	140		
	80	1950	1550	1230	990	790	630	610	320	160
50	90	2730	2320	1930	1590	1320	1100	920	650	420

注：1 表中吊顶格栅的容许线荷载(已扣除自重)，已考虑第一种荷载组合(恒载加活荷载)和第二种荷载组合(恒载和 800N 施工集中荷载)，以及考虑恒荷载时，木材强度设计值和弹性模量的调整系数 0.8。

2 本表按标准荷载编制，使用本表时，取强度计算中设计荷载值除以 1.2 及挠度计算中标准荷载值中的最大者查表。

3 表内强度等级 TC13 栏中，凡有两排数值者，无括号的数值仅用于 TC13A，有括号的数值仅用于 TC13B。

4 表中 b 为截面宽度， h 为截面高度，以下各表均相同。

5 吊顶的构造如 I 所示，当格栅直接支承(或吊)于屋下弦节间时，必须对下弦作偏心受拉的强度验算。

方木吊顶主梁容许荷载 (N/m)

表 3

截面		跨度 L (mm)							
b (mm)	h (mm)	2400	2200	3000	3300	3400	3600	3900	4000
50	120	1240	860	620	460	410	340	260	240
	140	1990 2670	1390	1000	740	610	560	430	400
	150	2460 3070	1710	1240	920	830	700	540	500
60	120	1490	1040	740	550	500	410	310	290
	140	2390 3210	1660	1200	890	810	670	520	480
	150	2950 3690	2050	1480	1100	1000	830	650	590
70	160	4200	2500 3300	1810	1340	1220	1020	790	730
	180		4200	2600 3390	1940	1770	1480	1150	1070
	120	1750	1220	880	650	590	490	380	350
80	140	2790	1940	1400	1040	940	780	600	560
	150	3440 4300	2400	1730	1280	1170	970	750	690
	160	4900	2920 3850	2110	1570	1430	1190	920	850
80	180		4890	3020 3940	2250	2050	1720	1330	1230
	140	3180 4270	2220	1600	1180	1080	900	690	640
	150	3930 4910	2740	1980	1470	1330	1110	860	790
80	160		3330 4440	2410	1790	1630	1360	1050	970
	180			3450 4500	2570	2340	1960	1520	1410
	200				3550 4590	3240 4310	2710	2110	1950

注：1 表中容许线荷载值(已扣除构件自重)，粗折线以左：短横线以上系按挠度计算得的荷载标准值，短横线以下及仅有一排数值者系按第二种荷载组合算得的荷载设计值；粗折线以右：短横线以上及仅有一排数值者系按挠度算得的荷载标准值，短横线以下系按第二种荷载组合算得的荷载设计值。

2 本表系按强度等级 TC15 编制的，当用于其它强度等级的树种时，应将计算所得的线荷载，乘以换算系数再查表。

强度换算系数 = $\frac{\text{表中木材强度}}{\text{拟采用的木材强度}}$

挠度换算系数仍可用上式，但须用弹性模量代替式中的强度。

挂瓦条、屋面板、椽条截面选用表

在以下表1~3中,挂瓦条、屋面板、椽条的容许恒荷载 g 系按第二种荷载组合(恒载和800N集中荷载)算得由强度控制的扣除构件自重后恒载 g 的最大限值。 g 值是沿构件长度的水平投影线荷载值(N/m)。

挂瓦条容许恒荷载 g (N/m) 表1

截面 mm × mm	木材	挂瓦条的计算跨度 l (mm)									截面 mm × mm
		400	450	500	550	600	650	700	750	800	
40 × 40 (35 × 35)	TC 17		(940)				830	380			45 × 45
	TC 15	1980			1280	620	130		1180	770	
	TC 13			1040	310			830	430	120	
	TC 11		650			890	370				

注:粗折线以左为截面40×40的容许恒荷载值,有括号者为截面35×35的容许恒荷载值;粗折线以右为截面45×45的容许恒荷载值。

密铺屋面板容许恒荷载 g (N/m) 表2

板厚 (mm)	木材 等级	板的水平投影计算跨度 l (mm)									
		550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
12 × 15	TC17	2120									
	TC15	2280									
	TC13	1260									
	TC11	1620									

注:①表中容许恒荷载值系按板宽1m计算。
②粗折线以左为板厚12mm的容许恒荷载值,粗折线以右为板厚15mm的容许恒荷载值。

简支方木正放椽条容许荷载 (N/m) 表4

截面 mm × mm	木材 等级	计算跨度 l (mm)											
		2400	2700	3000	3300	3400	3600	3900	4000	4200	4500		
60	90	980	680	490	360	250							
	100	1350	940	680	500	350	290						
	120	2360 2950	1640	1190	880	630	530	400	370	320	250		
	140		2630 3170	1900 2150	1420	1020	850	660	610	520	410		
	150			2350 2940	1750	1260	1060	820	760	650	310		
70	100	1580	1100	790	580	410	340	260	240				
	120	2750 3440	1920	1380	1030	740	610	470	430	370	290		
	140			2220 2980	1650	1190	1000	770	710	600	480		
	150			2740 3420	2040	1480	1230	960	880	750	600		
	160				2490 3210	1800	1510	1170	1080	1920	740		
80	120		2190	1580	1170	840	700	540	500	420	330		
	140			2530 3400	1890	1360	1140	880	810	690	550		
	150				2330	1690	1410	1090	1010	860	690		
	160				2840 3670	2060	1720	1340	1230	1060	840		
	180						2470	1930	1780	1530	1220		
90	140			2850 3830	2120	1530	1280	990	910	780	620		
	150				2620	1900	1590	1230	1130	970	770		
	160					2310	1940	1500	1390	1190	950		
	180						2780	2170	2000	1720	1380		
	200							3000	2770	2380	1910		
100	150					2110	1760	1370	1260	1080	860		
	160						2570	2150	1670	1540	1320	1050	
	180							2410	2220	1910	1540		
	200									2640	2130		

注:同表5。

椽条容许线荷载 (N/m) 表3

截面 mm		木材 强度 等级	椽条的水平投影计算长度 l (mm)									截面 mm	
b	h		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	b	h
30	60	TC17		1300	590			1980	1480	1130	860	50	80
		TC15	2090	890	300		2210	1600	1180	880	650		
		TC13	1440	470		2490	1720	1220	870	620	440		
		TC11	790			1860	1240	840	560	370	230		
40	60	TC17			1410	800			2140	1670	1320	40	100
		TC15		1930	1020	520		2320	1760	1360	1060		
		TC13		1370	640	230	2510	1840	1370	1040	790		
		TC11	1980	820	250		1910	1360	990	720	520		
30	70	TC17		2590	1480							50	120
		TC15		2020	1090						2660		
		TC13		1450	690					2690	2170		
		TC11	2090	880	300				2120	1700			
40	80	TC17					1870	1360	960	700	500		
		TC15				2180	1490	1030	720	500	340		
		TC13			2590	1670	1100	720	470	290			
		TC11			1910	1170	710	420	230				

注:粗折线以左为左边所列截面的允许线荷载值;粗折线以右为右边所列截面的容许线荷载。

原木椽条容许线荷载 (N/m) 表5

原木中径 (mm)	计算跨度 l (mm)											
	2400	2700	3000	3300	3400	3600	3900	4000	4200	4500		
80	550 180											
85	710 410	490 220										
90	890 660	620 420	440 260									
95	1110 1200	770 650	550 440	410 300	290 260							
100	1370 1510	950 890	680 640	500 460	360 410	300 330	220 230					
105	1670 1860	1160 1420	830 880	620 640	440	360	280	250	210			
110	2240	1400 1720	1010 1110	750	530	440	340	310	260	200		
115	2560	2010	1210 1620	800	640	530	410	370	320	250		
120	2810	2290	1440 1840	1070	770	640	490	450	380	300		
125	3300	2590	2080	1260 1710	910	760	580	530	450	360		
130	3710	2910	2350	1480 1920	1070	890	690	630	540	420		
135		3220	2630	2160	1250	1040	800	740	630	500		
140			2940	2410	1450	1210	930	860	730	580		
145			3270	2680	1670	1400	1080	1000	850	670		
150				2970	1920	1610	1240	1150	980	780		

注:①表中容许线荷载值已扣除构件自重。粗折线以左:短横线以上系按挠度算得的荷载标准值,短横线以下及仅有一排数值者,系按强度第一荷载组合算得的荷载设计值;粗折线以右:短横线以上及仅有一排数值者,系按挠度算得的荷载标准值,短横线以下系按强度第二荷载组合算得的荷载设计值。
②表4是按木材强度等级TC15编制的,表5是按TC11编制的,当用其它强度等级的树种,应将计算所得的线荷载,乘以以下换算系数后再查表:

强度(挠度)换算系数 = $\frac{\text{表中采用的木材强度等级(弹性模量)}}{\text{拟采用的木材强度等级(弹性模量)}}$

普通钢结构

普通钢结构是主要的建筑结构类型之一。它的工业化和程度高，工作性能可靠，结构自重轻，在工程中得到广泛的应用。钢结构有如下一些特点：

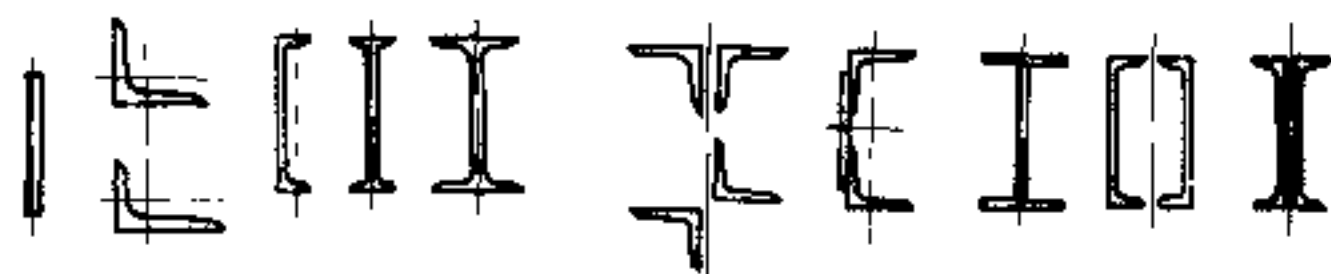
一、强度高、截面小、运输和装拆均较方便。但是，杆件常较细长，因此稳定性问题较其它类型的结构更为突出，使用中应予以充分注意。

二、材料的材质性和同向性好，在一定的应力幅度内几乎完全弹性，同时它又是很好的弹塑性体，所以它最符合一般工程力学的基本假定，应力计算比较可靠。

三、材料的可焊性好，因而可简化制造工艺，提高钢结构的工业化生产程度。

四、耐火性和耐腐蚀性较差，在有侵蚀性介质环境中或在有特殊防火要求的建筑中使用钢结构，应采用有效的防护措施。与其它结构比较，钢结构的维护费用较高。

钢结构主要用于重型车间的承重骨架、板结构、塔桅结构、桥梁结构以及飞机库、大会堂、剧场、体育馆和展览馆等大跨度建筑的屋盖结构中。在超高层建筑中，钢结构也占有一定的地位。国内外一些著名的超高层建筑多采用钢结构。目前我国的钢产量尚不能充分满足需要，因而钢结构的应用仍受到一定限制。



1 热轧钢板和型钢断面 2 组合断面举例

建筑钢结构所采用的连接方法有焊接连接、铆钉连接、普通螺栓连接和高强螺栓连接四种。

一、焊接连接 是建筑钢结构最主要的连接形式。它可分为电弧焊、接触焊、气焊和电渣焊等，以电弧焊为最常用。电弧焊又分为手工焊、自动焊和半自动焊。

焊接连接及焊缝的形式

表 1

连接形式	对接连接		搭接连接	顶接连接	
	不用盖板	用盖板		角焊缝	对接焊缝
焊缝形式	对接焊缝 	角焊缝 	角焊缝 	角焊缝 	对接焊缝

二、铆钉连接 韧性和塑性较好，但施工复杂，近年来已逐步为焊接和高强度螺栓所代替，故一般仅在大跨度及荷载很大的经常承受动力荷载作用的结构中采用。

三、螺栓连接 分普通螺栓与精制螺栓连接两种。精制螺栓因制造和安装复杂已少采用。精制螺栓因抗剪性能差，主要用于受拉的安装连接或临时定位连接。

四、高强螺栓连接 施工简单，受力性能好，应用日趋广泛，有摩擦型和承压型两种。摩擦型适用于承受动力荷载的结构，承压型则适用于承受静力荷载的结构。

薄壁型钢结构

薄壁型钢结构是采用 1.5~5mm 的薄钢板或带钢冷弯加工成各种截面的型钢所构成的结构，其特点为：

一、用钢量一般较普通热轧钢结构节省 25% 左右，有时还可以做到比同等条件下的钢筋混凝土结构（指采用钢筋混凝土大型屋面板）的用钢量还少。

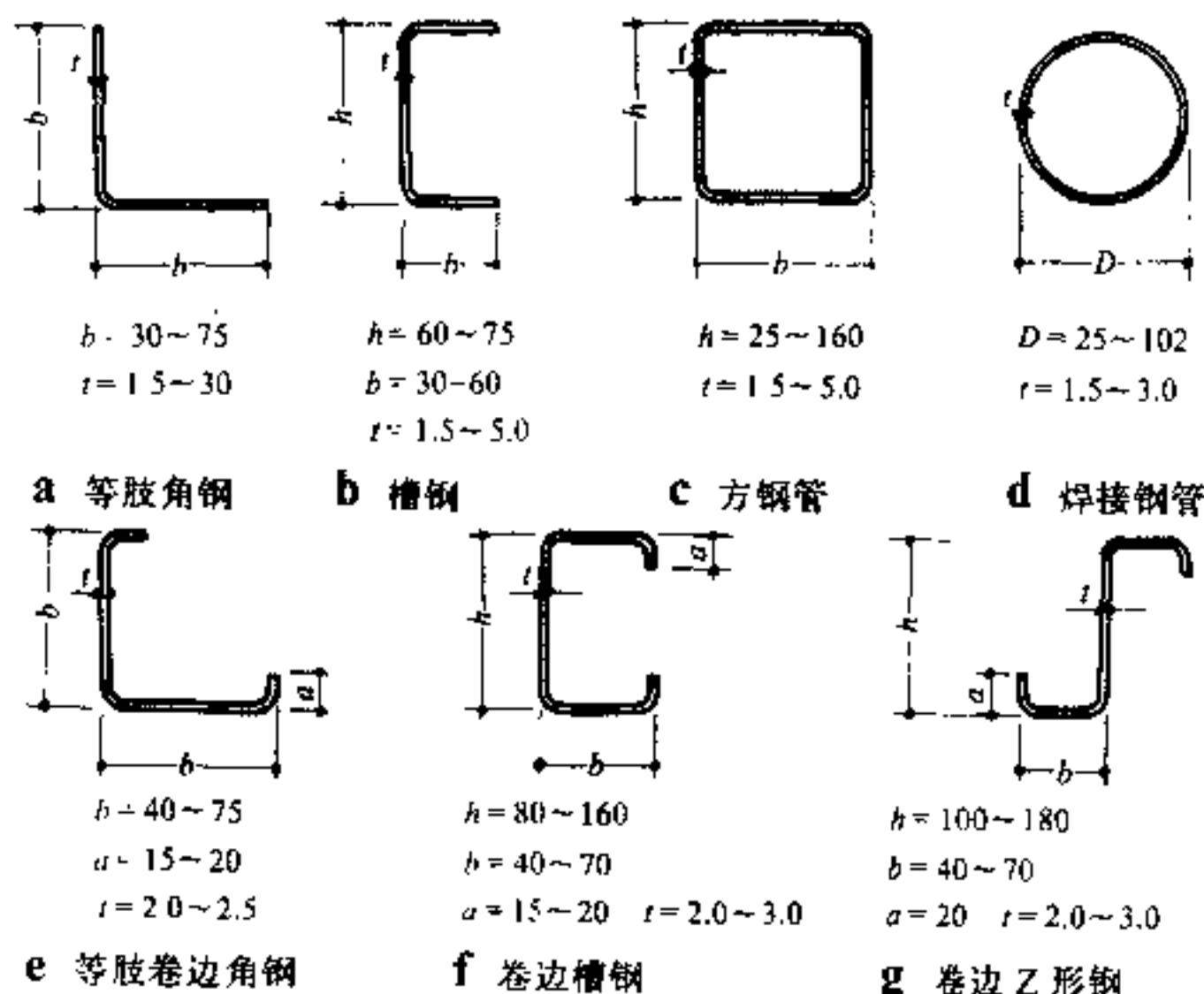
二、因为结构重量轻，因而相应地减少了运输和安装的费用，同时对地基承载力的要求也相应降低，减少了建筑物基础的造价。

三、薄壁型钢结构设计中，刚度和稳定性起控制作用，因为截面面积相同的薄壁型钢和热轧型钢相比，回转半径大 50~60%，惯性矩和截面抵抗矩大 0.5~3 倍，因此更能充分地利用材料的力学物理性能。

四、冷弯薄壁型钢成型有很大的灵活性，可根据不同需要及冷轧机的性能设计出最佳的截面形状。

五、稳定性和刚度较差，防腐要求较严，维护费用较高。

薄壁型钢结构一般用于民用建筑和跨度不大、屋面荷载较小、设备较轻的工业厂房。除用做承重结构构件外，也可用于楼、屋面板、幕墙结构（特别是大房间隔热、隔声用的隔墙）及门、窗、遮阳板等。使用时构件均需彻底除锈和涂刷防腐性能良好的涂料。



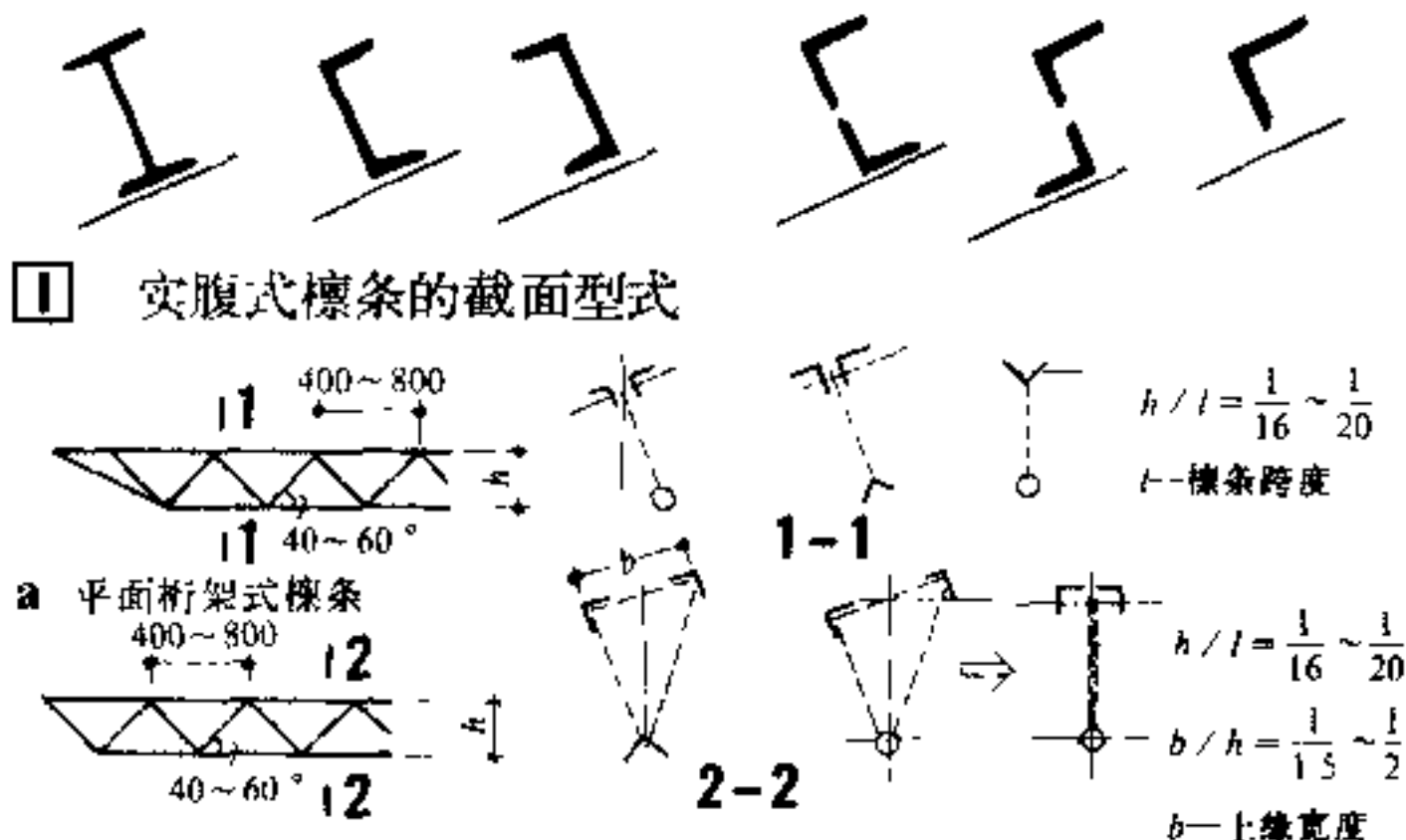
3 常用的薄壁型钢截面型式(单位为 mm)

轻型钢结构

轻型钢结构系指由圆钢或小角钢 (L45×4 或 L56×36×4) 组成的钢结构 (不采用圆钢，有个别次要杆件采用小角钢的仍属普通钢结构)。轻型钢结构主要用于跨度 $l \leq 18\text{m}$ 、吊车起重量 $Q \leq 5\text{t}$ 的 A3~A6 级且无高温、高湿和侵蚀环境的厂房以及一些采用轻型屋面材料 (石棉瓦、瓦楞铁、压型板或其它轻质材料) 的不重要的或临时建筑的屋盖结构中。柱子和吊车梁不宜采用轻型钢结构。

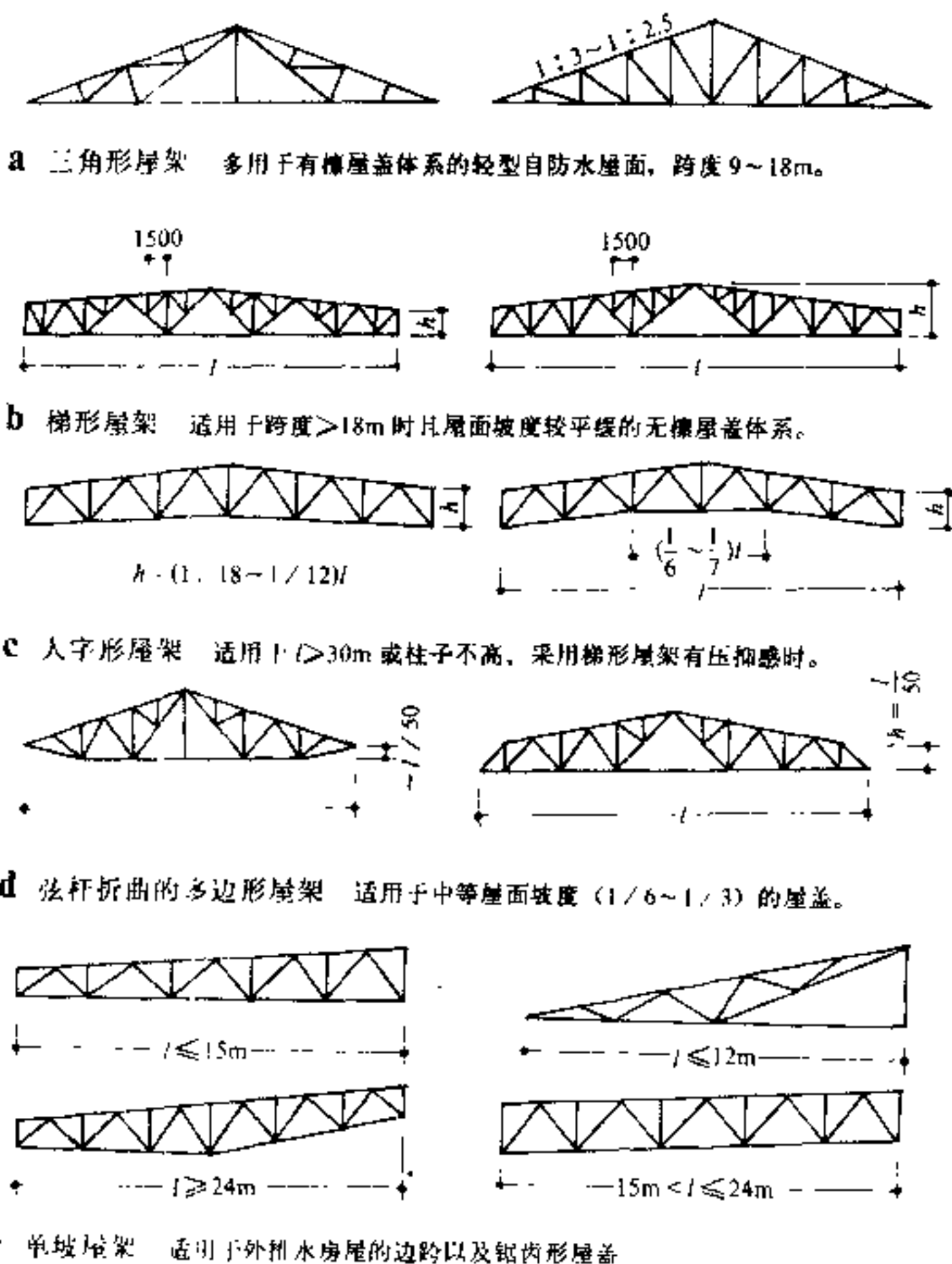
钢结构屋盖系统

一、檩条 一般用于轻屋面及瓦屋面，其形式有实腹式和桁架式（包括平面的和空间的）两种。跨度为6m时，通常采用槽钢，也可用普通工字钢、双角钢组成的槽形或乙形钢。跨度 $\leq 4\text{m}$ 时，可采用单角钢。跨度超过6m可用宽翼缘H钢或三块板焊成的工形钢；采用实腹式不经济时，可采用桁架式檩条。



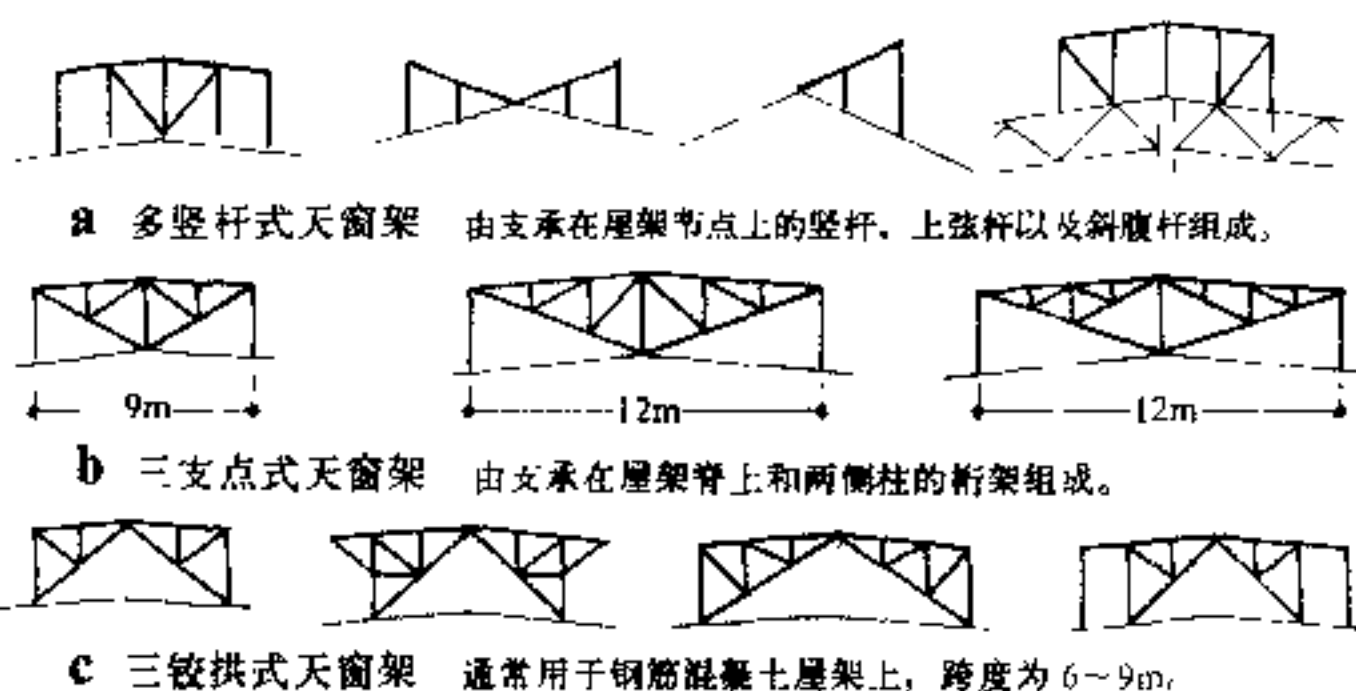
2 桁架式檩条

二、屋架 屋架的外形有三角形、梯形、人字形或多边形等。外形主要由房间的用途、屋架与柱刚接或铰接、以及屋面的坡度等因素决定的。



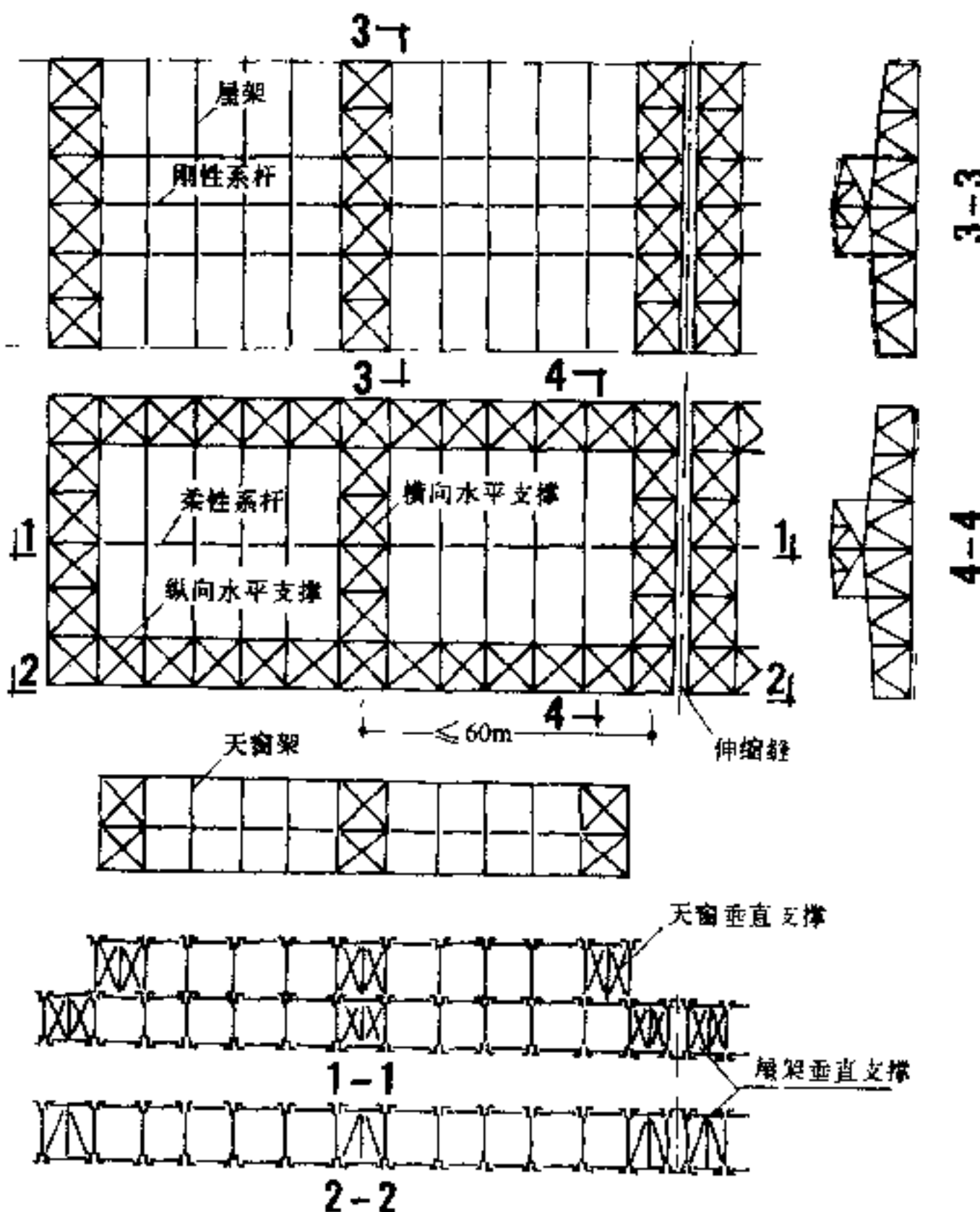
3 各种类型钢屋架

三、天窗架 天窗的类型由工艺和建筑要求决定，一般有以下四种：纵向上承式矩形天窗、纵向三角形天窗、横向下沉式天窗和井式天窗。三角形天窗一般利用陡坡屋架的一侧上弦延长作为天窗架，有时也有单独的天窗架。下沉式和井式天窗则是利用屋架的空间，将屋面构件分别间隔地放置在屋架的上弦和下弦，形成天窗，无单独天窗架构件。纵向上承式矩形天窗有天窗架。



4 各类上承式纵向天窗架

四、屋盖支撑系统 为保证屋盖结构的正常工作，提高其整体刚度，承担和传递水平力，避免压杆侧向失稳，防止拉杆产生过大振动，保证结构在安装时的稳定等，应根据屋盖结构形式（有无檩条、有无托架）、厂房内吊车的设置情况、有无振动设备以及房屋的跨度和高度等因素，设置可靠的屋盖支撑系统。它包括：横向支撑、纵向支撑、垂直支撑和系杆。



5 屋盖支承系统布置图示意

框架柱及柱间支撑

一、柱网布置 应满足生产工艺、建筑功能以及结构的要求,尽可能减少用钢量。在一般厂房内,当吊车起重量 $Q \leq 100t$ 、轨顶标高不超过 14m,边柱宜采用 4m 柱距,中列柱可采用 6m 或 12m 柱距;当吊车起重量 $Q \geq 125t$ 、轨顶标高超过 16m 时,或因地基条件较差,处理较困难时,其边列柱或中列柱的柱距宜采用 12m。生产工艺有特殊要求时,可按需要采用更大柱距。

二、温度伸缩缝 温度变化将使结构产生应力。当厂房平面尺寸很大时,为避免温度应力,应在厂房的横向或纵向设置伸缩缝。如温度区段长度不超过表 1 数值时,可不计算温度应力。

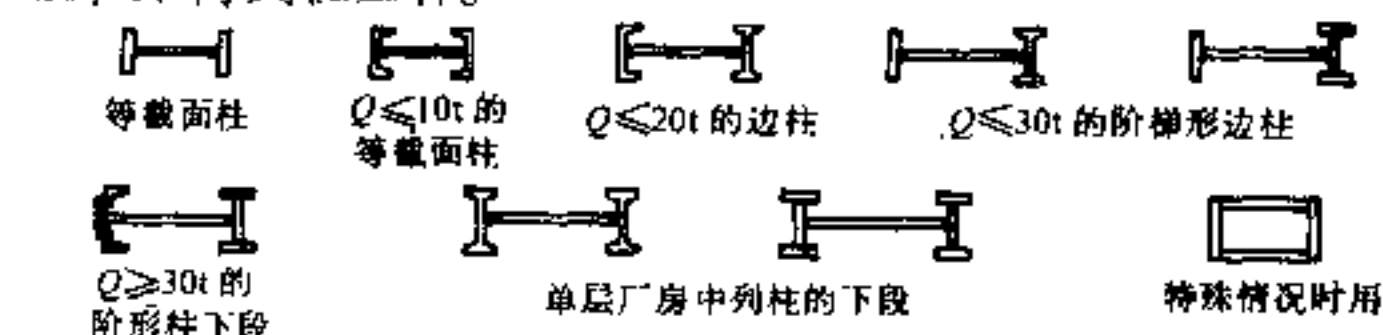
温度区段长度值

表 1

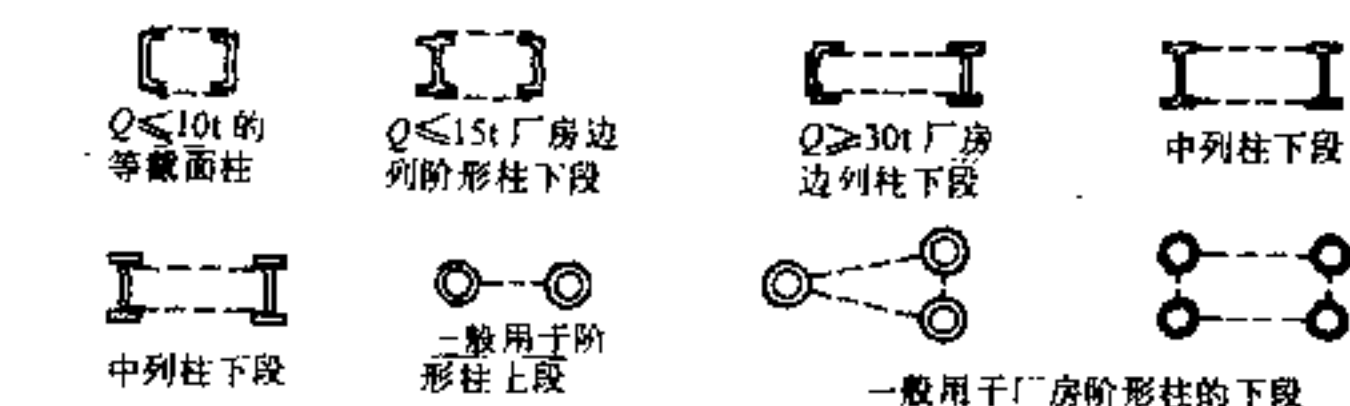
结构情况	温度区段长度 (m)		
	纵向温度区段 (垂直屋架或构 架跨度方向)	横向温度区段 (沿屋架或构架跨度方向)	
		柱顶为刚接	柱顶为铰接
采暖房屋和非采暖地区的房屋	220	120	150
热车间和采暖地区的非采暖房屋	180	100	125
露天结构	120	—	—

温度伸缩缝一般采用设置双柱的办法处理。两相邻柱中心线的距离 e 取决于柱脚外形尺寸和两相邻柱脚间的净空尺寸 (不小于 40mm) 的要求,设计时可按下列数值参考采用:中、轻型厂房: $e=1000mm$; 重型厂房: $e=1500$ 或 $2000mm$ 。

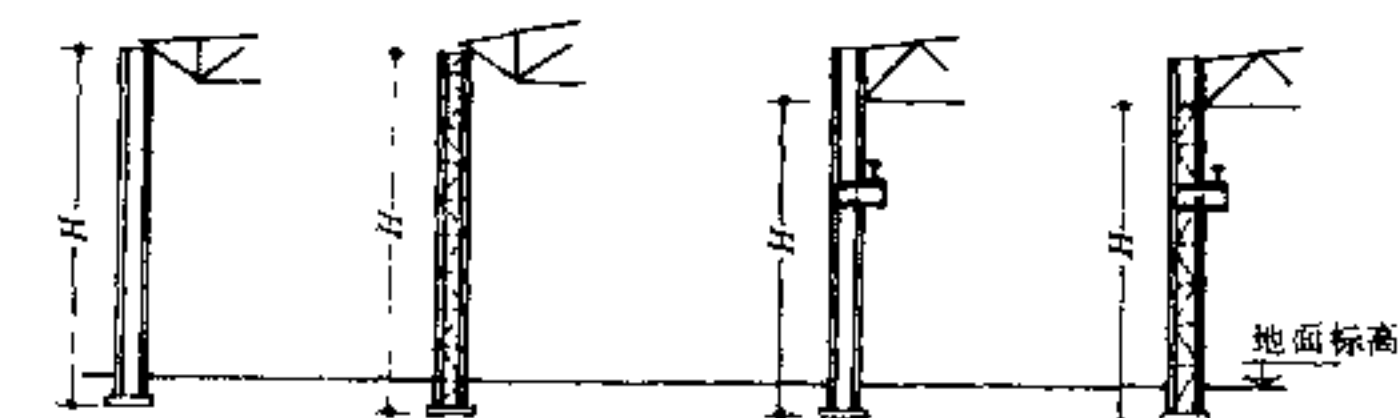
三、柱子的截面形式 框架柱按截面形式可分为实腹式柱和格构式柱两种。按结构形式可分为等截面柱、阶形柱和分离式柱三种。



1 实腹式柱的截面形式

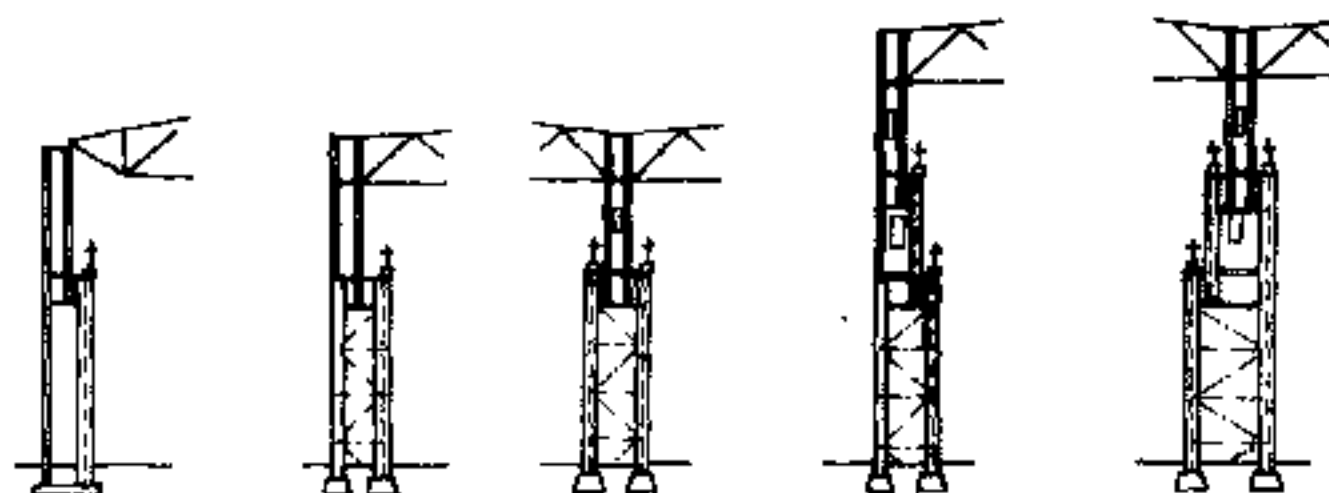


2 格构式柱的截面形式

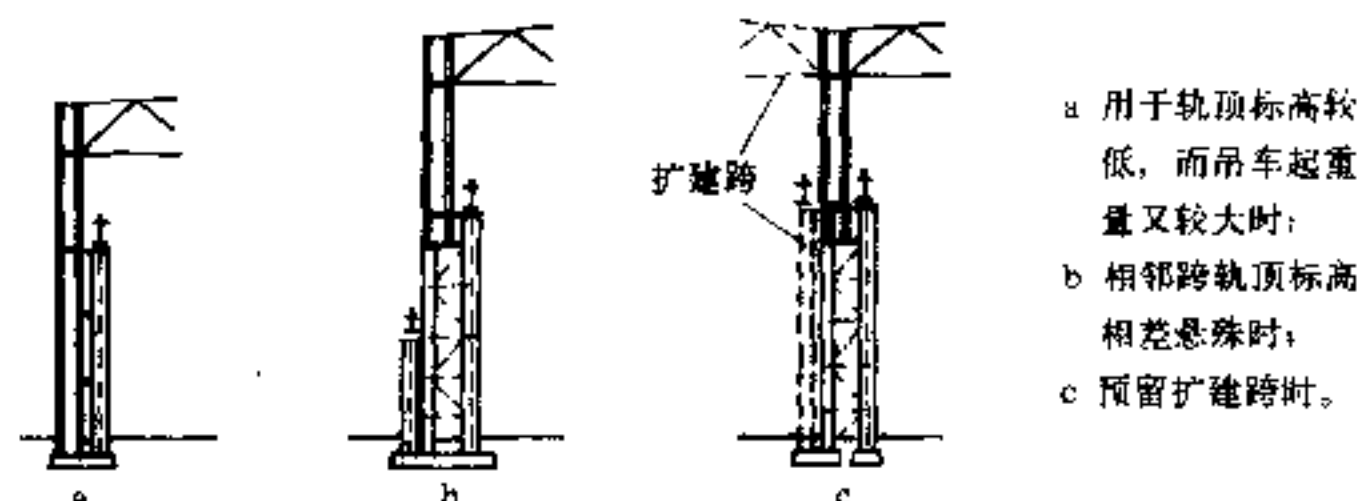


仅用于无吊车或吊车起重量 $Q \leq 20t$ 的轻型厂房

3 等截面柱

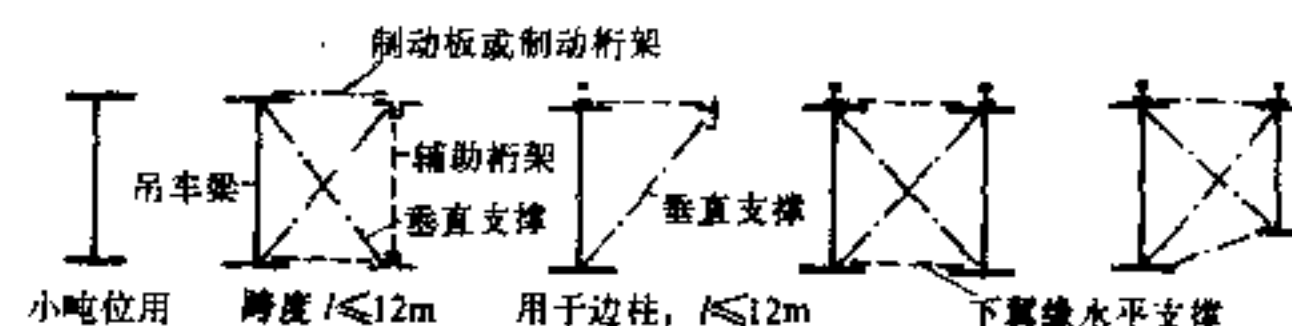


4 阶形柱



5 分离式柱

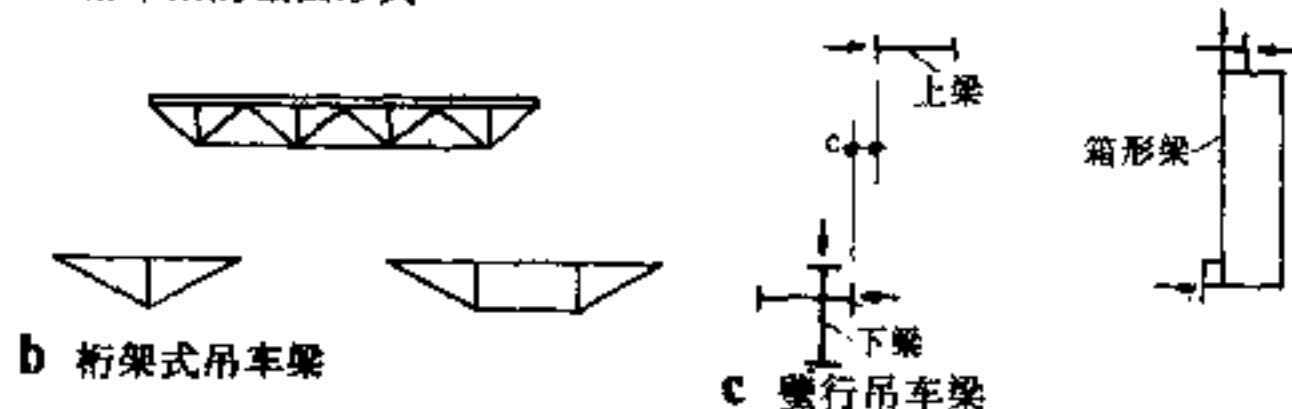
四、吊车梁系统结构 吊车梁系统的结构通常是由吊车梁 (桁架)、制动结构、辅助桁架及支撑等构件组成。



6 吊车梁系统的结构组成简图



a 吊车梁的截面形式

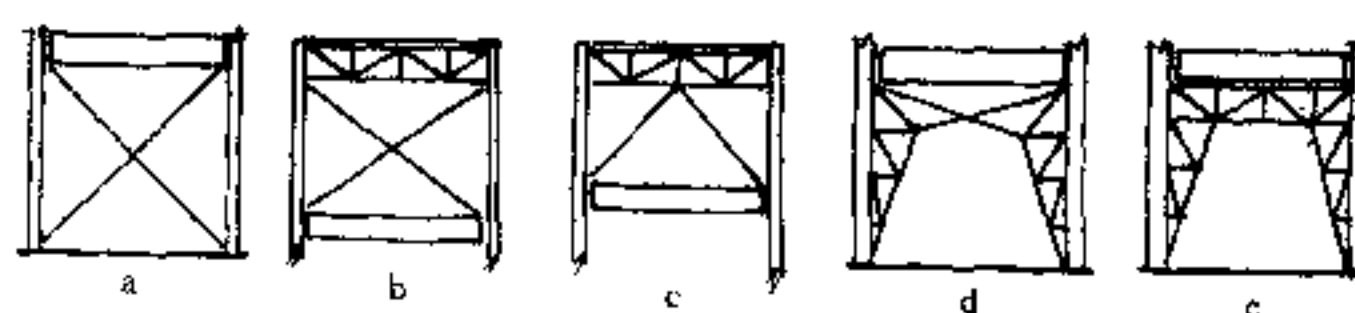


7 吊车梁和吊车桁架的类型简图

五、柱间支撑 柱间支撑的作用是保证房屋的纵向刚度,传递与承受纵向的作用并提供框架平面外的支承。其布置应满足生产净空的要求,尽可能与屋盖横向水平支撑的布置相协调。



8 柱间支撑组成部分



9 柱间支撑的形式

b、c 上柱支撑 a、d、e 下段柱支撑

压型钢板—混凝土组合板

此类组合板的优点如下:

1. 钢板可代模板, 减少支模时间, 加快施工进度。
2. 压型钢板在结构上与硬化后的混凝土结合在一起, 若结合紧密, 可承代全部或部分受拉钢筋。

用此类组合板, 在设计与施工中应注意:

1. 钢板需严格清除油污和垃圾。
2. 压型钢板底面应采取防护措施, 以免锈蚀, 并注意防火。
3. 压型钢板与混凝土接触应有足够的抗剪能力, 可采用有凸痕、凹痕、凹角形或锚固的压型钢板。

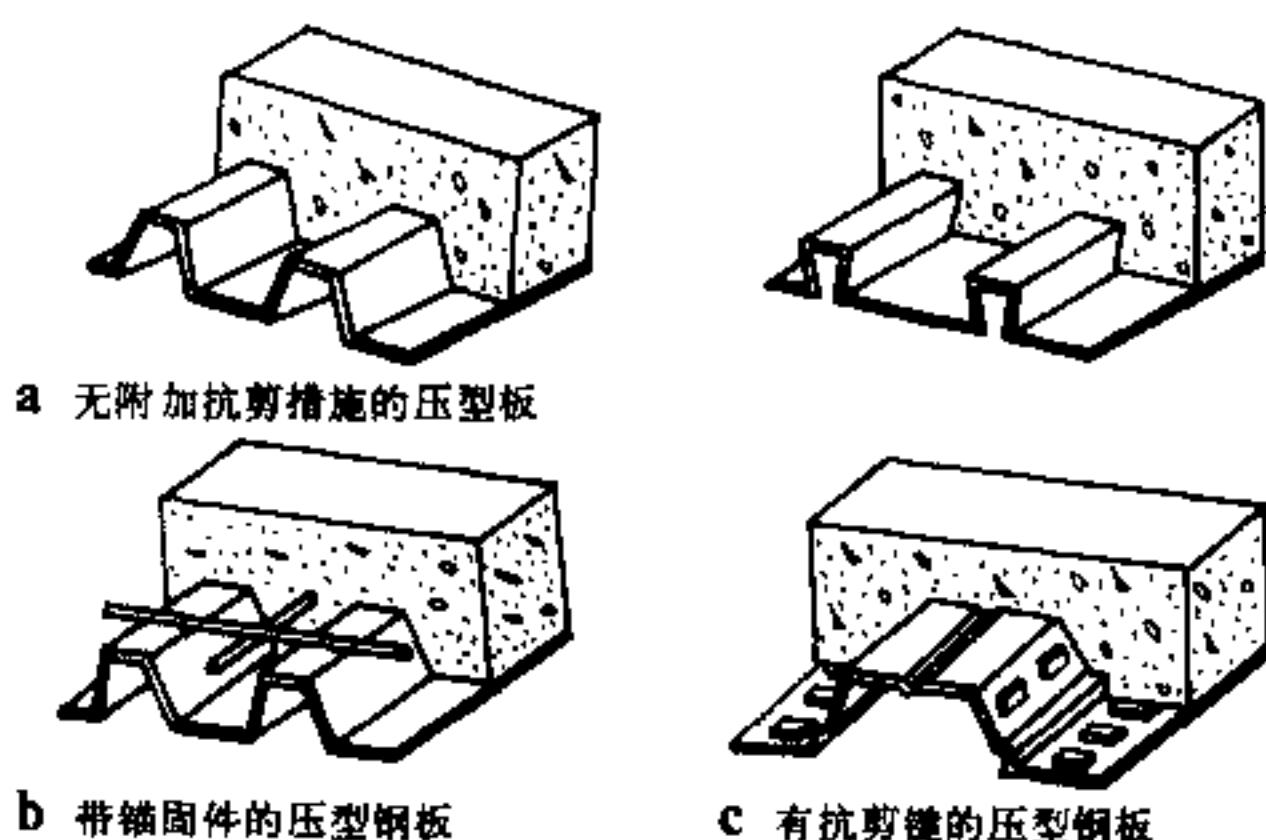


图1 压型钢板—混凝土组合板截面形式

外包钢混凝土结构

这种结构的特点是用配置在构件外面的型钢与横向钢筋(即钢箍)焊成的骨架全部或部分代替钢筋混凝土杆件内部的钢筋, 与纯钢结构、钢筋混凝土结构相比, 有如下优点:

1. 用钢量比钢结构省, 混凝土用量比钢筋混凝土少, 因而造价低。
2. 受力性能比钢筋混凝土好, 强度高, 塑性与延性均增大, 对抗震十分有利。
3. 耐火度比钢结构高, 刚度也好, 防腐面积少。
4. 构造简单, 连接方便, 没有密布、弯折的钢筋, 不需要预埋件, 便于捣实, 减少了施工时的模板和支撑, 简化了设计与施工。



图2 外包钢混凝土结构截面形式示例

钢—混凝土组合梁

混凝土楼板可以和钢梁的上翼缘用适当的抗剪连接件连接起来, 使混凝土板和钢梁形成具有较大强度和刚度的组合梁。混凝土板成为受压翼缘的一部分, 截面中性轴上移, 使梁的下翼缘更有效地受拉。

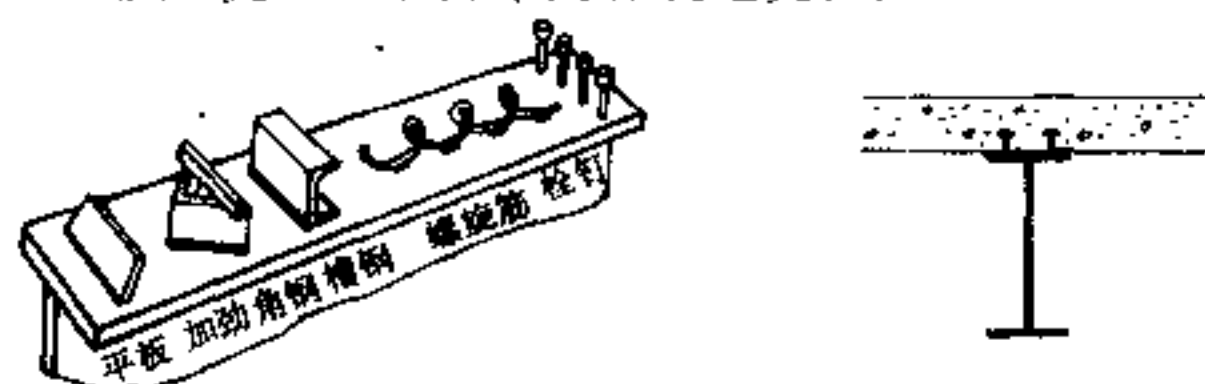


图3 常用抗剪连接件形式

图4 组合梁截面形式

钢管结构

用钢管组成的结构, 其优点为:

1. 截面简单, 加工、运输方便。
2. 壁厚受局部压屈的影响较小, 比一般冷弯薄壁型钢更薄, 用料省。
3. 杆件具有较好的抗压及抗扭性能, 适用于空间结构。
4. 构件内部密封, 不易受腐蚀; 外表面平滑, 宜于防腐处理, 且防腐面积最小。

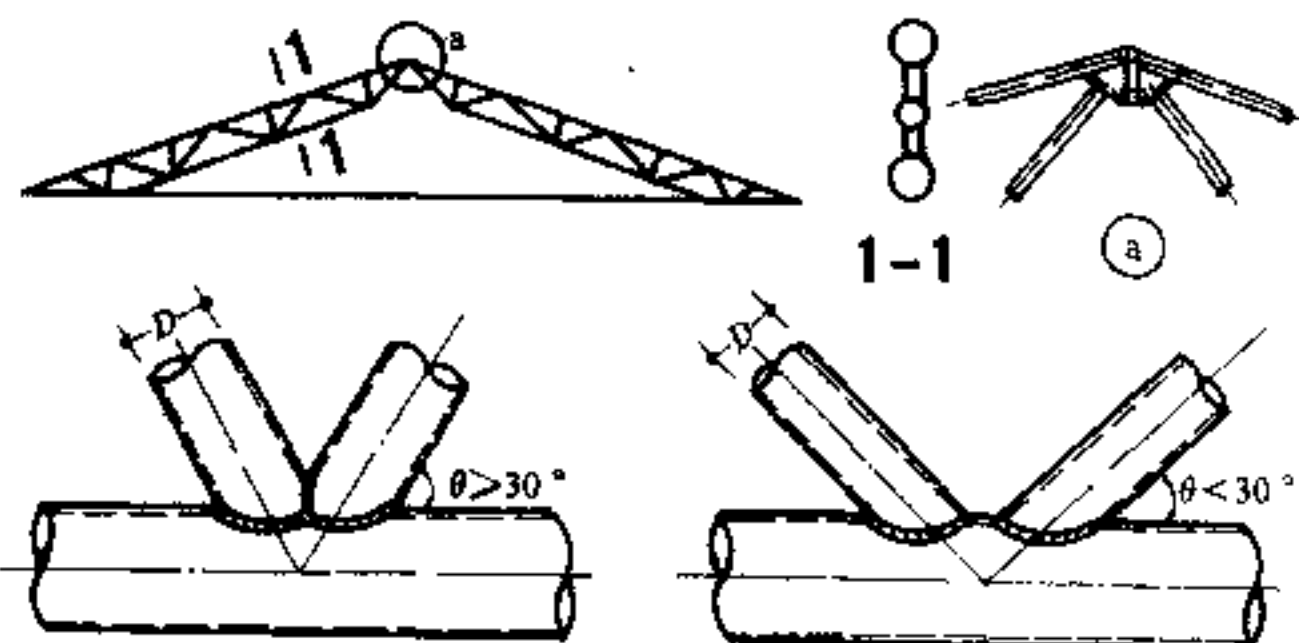


图5 钢管结构屋架与节点示例

钢管混凝土结构

钢管混凝土是一种新颖的组合结构, 由钢管内填混凝土而形成。钢管本身兼有纵向钢筋和横向箍筋的作用, 节约材料, 其性能介于钢结构与钢筋混凝土结构之间, 管内混凝土增强了钢管的稳定性, 钢管对混凝土的紧箍作用, 使混凝土处于三向应力状态, 强度、刚度都得到充分提高。钢管混凝土结构制作简单, 吊装方便, 施工周期短。

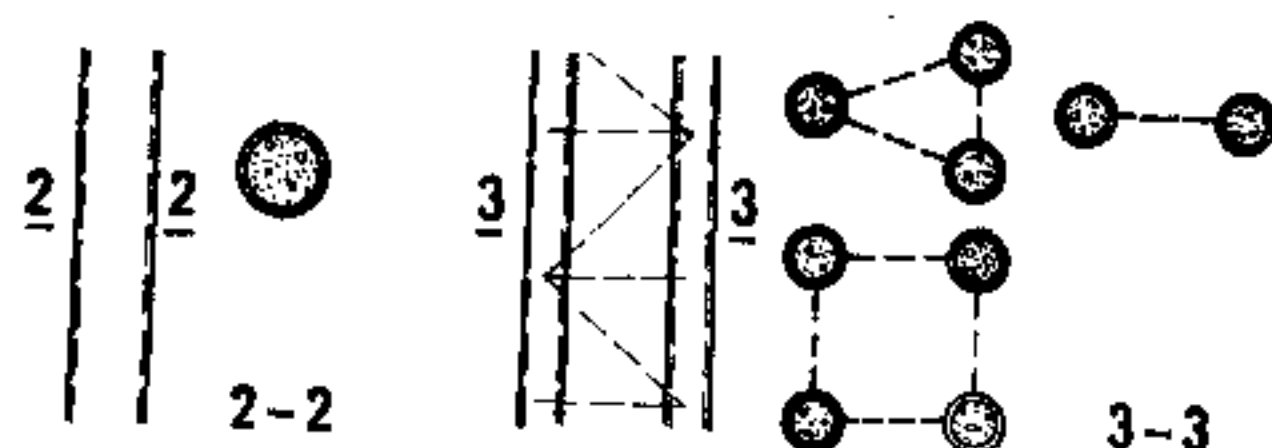


图6 钢管混凝土结构柱的形式

刚架

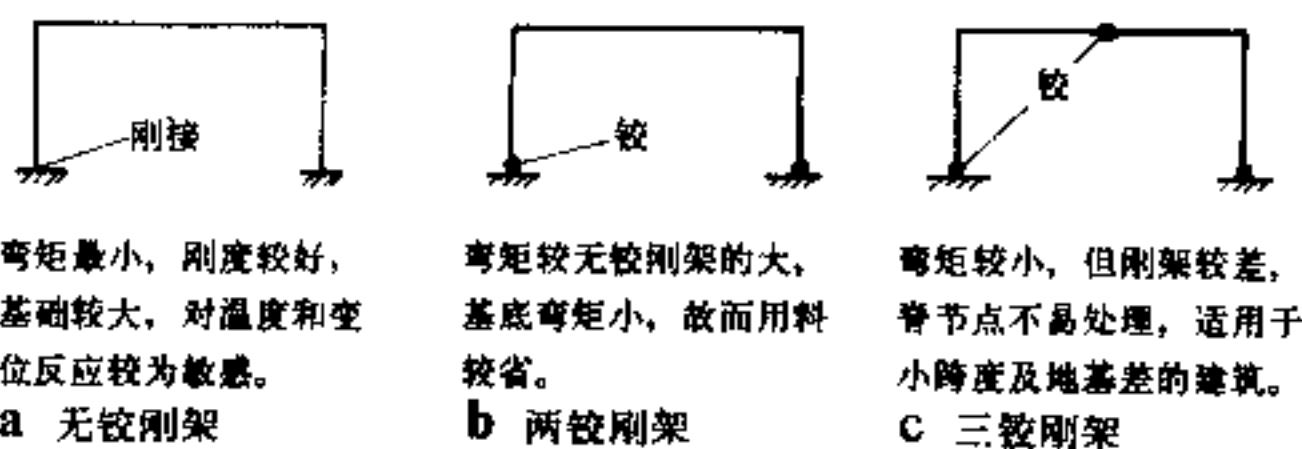
刚架是由直线杆件（梁和柱）组成的具有刚性节点的结构。与排架相比，可节约钢材约 10%，混凝土约 20%。

刚架的截面尺寸可参考连续梁的规定确定。杆件的截面高度最好随弯矩而变化，同时加大梁柱相交处的截面，减少铰结点附近的截面，以节约材料。

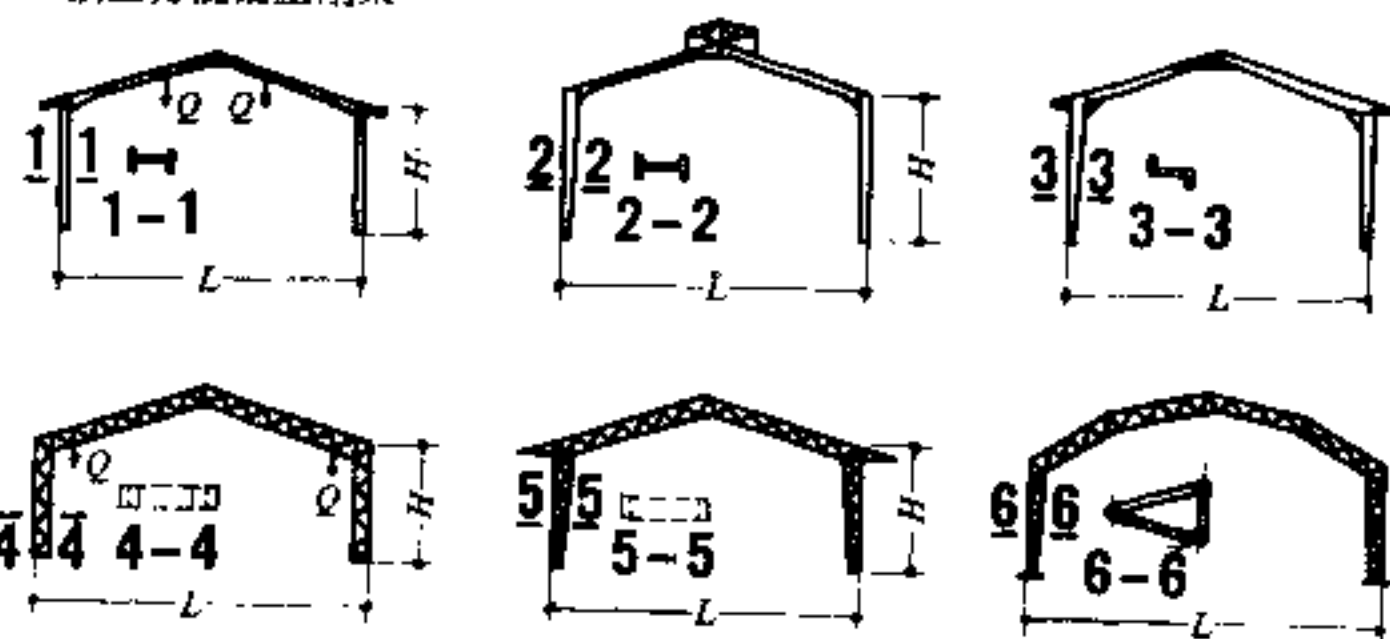
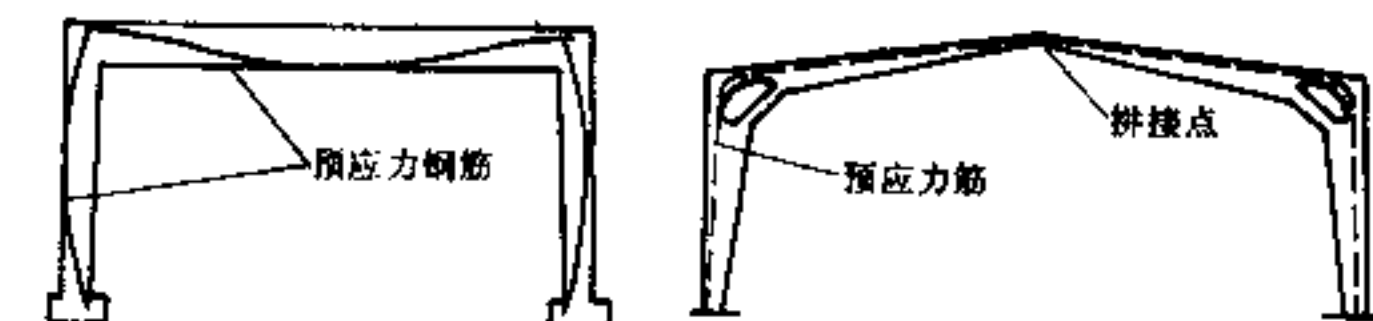
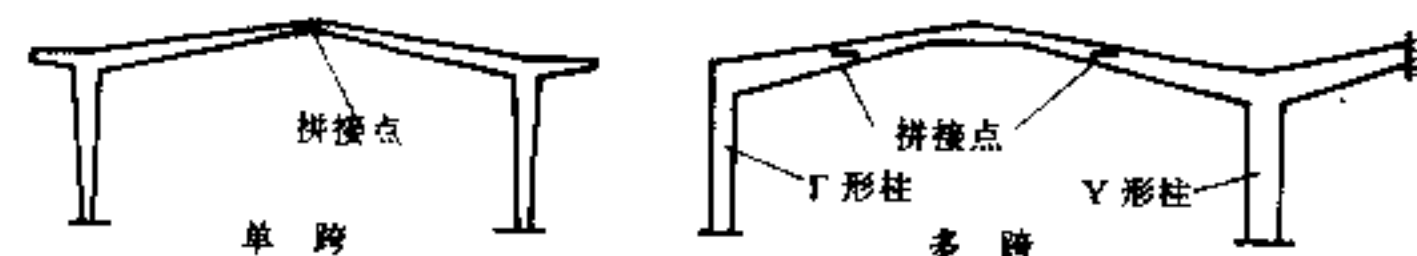
钢筋混凝土刚架的跨度一般不超过 40m，常用于跨度不超过 18m，檐高不超过 10m、无吊车或吊车在 10t 以下的仓库或工业建筑。用于食堂、礼堂、体育馆及其练习馆等公共建筑时，跨度可以大一些。

实际工程中，多采用预制装配式钢筋混凝土或预应力混凝土刚架。其拼装单元一般根据内力分布决定。单跨三铰刚架可分成两个“Γ”形拼装单元，铰结点设在基础和顶部脊点处；两铰刚架的拼装点一般设在横梁零弯点截面附近，柱与基础的连接为刚接，也可以把拼装点放在柱与基础连接处，铰接；多跨刚架常用 Y 和 Γ 形拼装单元。

钢刚架由实腹式型钢组成，也可由型钢或钢管组成的格构式构件组成。一般的重型单层厂房就是由钢屋架（梁）与钢柱（实腹式或格构式）组成的无铰钢刚架。



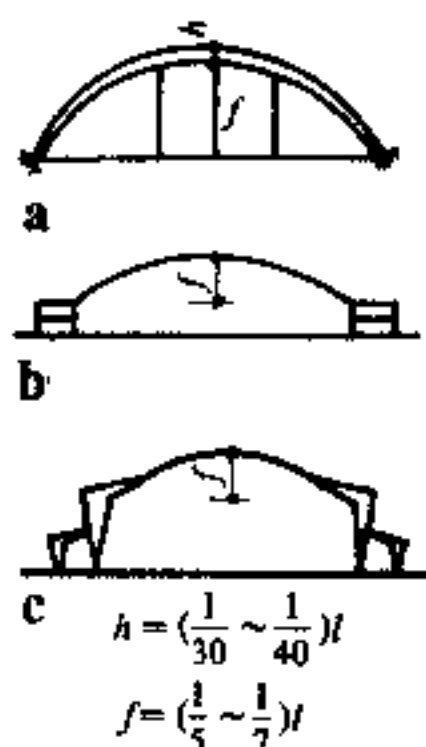
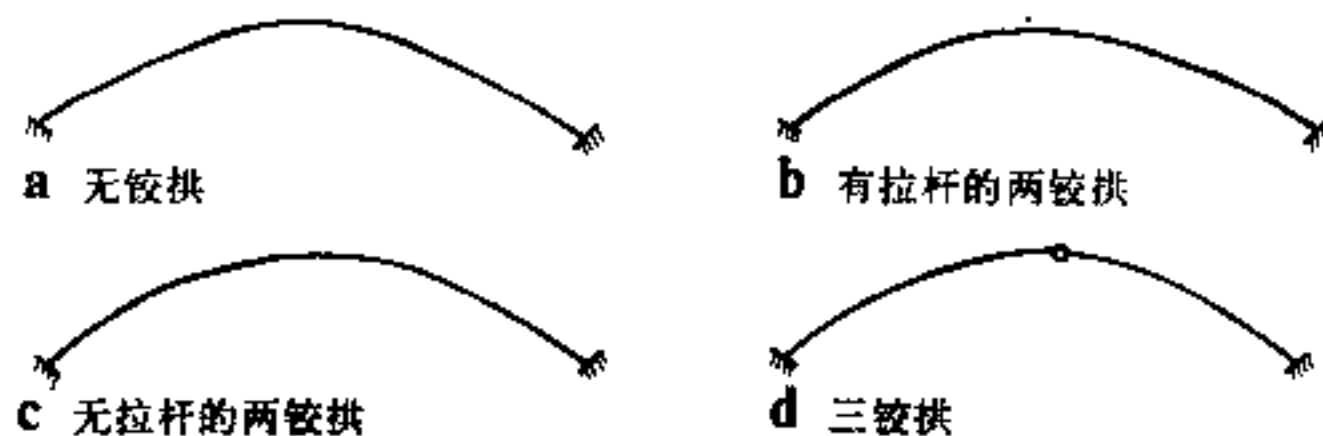
1 刚架类型



2 常见的刚架型式

拱

拱是一种以受轴向为主的结构，分为无铰拱、两铰拱和三铰拱三种。两铰拱又可分为有拉杆和无拉杆两种。拱的材料可以是钢的、钢筋混凝土的或木的。砖拱只是在无腐蚀、无振动设备、地基均匀且土质为中等压缩程度的中小型厂房或库房中使用。拱的轴线一般采用三次抛物线方程：即 $y = 4fx(l+x)/l^2$ ；拱身截面可以是矩形、工字形或其它便于施工的形式。当截面高度超过 15m，常做成格构式的，以节约材料。



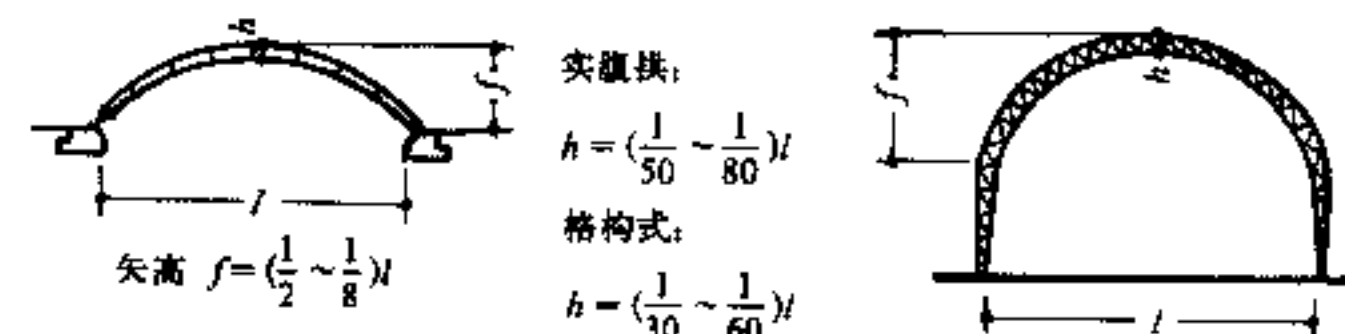
拱 a 截面的参考尺寸 表 1

拱跨度 (m)	高度 h (cm)	宽度 b (cm)
12	45~50	25
15	50~55	25~30
18	55~65	30
21	65~75	30~35
24	75~85	30~35
27	85~90	35~40
30	90~100	35~40

拱 a 内吊杆数目 表 2

拱的跨度 (m)	吊杆数目
12~15	2
16~20	3
21~25	4
26~30	5

4 钢筋混凝土拱



a 实腹拱

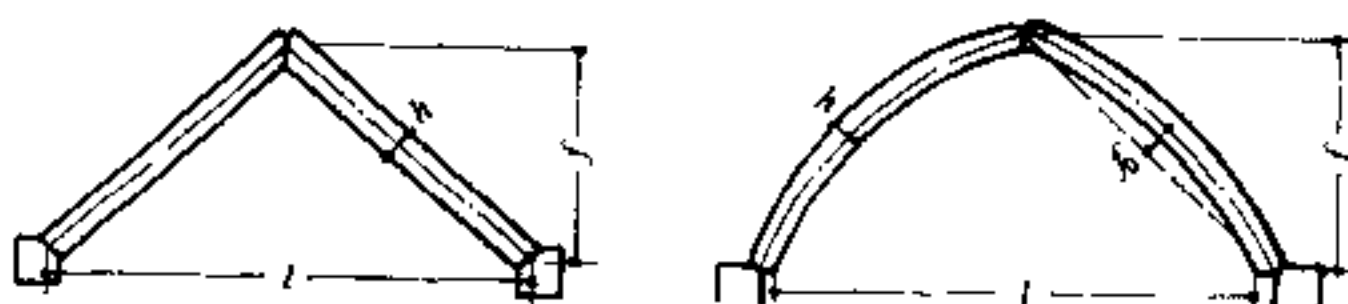
b 格构式拱

5 钢拱



a 弧形缓平拱

矢高 $f = 1/4 \sim 1/7 l$



a 弧形缓平拱

b 尖拱

尖拱只设计成三铰拱，一般不设下弦拉杆，其水平推力直接传递给建筑物的基础或支承结构。

6 木拱

屋盖结构除常用的梁、板、桁架体系外，还常常采用一些空间屋盖结构体系。常见的有网格结构、薄壳结构、折板结构、悬索结构、充气结构等。

网格结构 杆件按一定的规律布置，通过节点连接而成的一种网状空间杆系结构。外形呈平板状的叫平板网架，简称网架，一般布置成双层；外形呈曲面状的叫曲面网架，简称网壳，常有单层、双层和单曲、双曲之分。网格结构空间刚度大，整体性和稳定性好，有良好的抗震性能和较好的建筑造型效果，适用于各种支承条件和各种平面形状、大小跨度的工业和民用建筑。由于网格结构具有多向受力性能和内力重分布的特点，可用于地基条件差而容易出现不均匀沉陷的地区。网格结构的杆件和节点比较单一，便于制作，安装也较方便。主要采用钢材，结构自重轻。缺点是节点用钢量大；采用钢管时取材有一定困难；需要大面积采取防火及防腐措施；屋面造价较高。

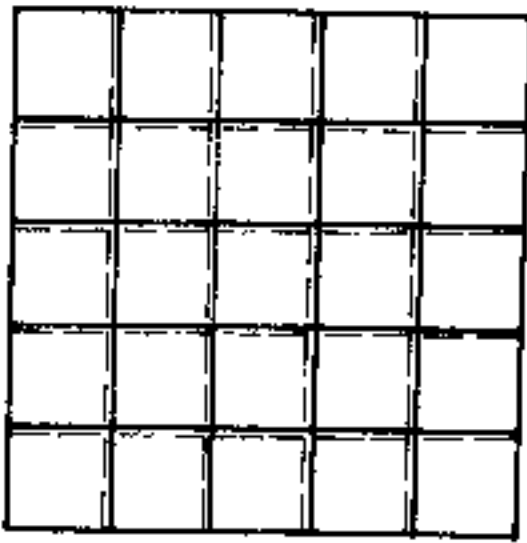
网架 平板网架的平面形状很灵活，可以设计成各种形状。按腹杆的设置不同可分为：交叉桁架体系、四角锥体系、三角锥体系和其它一些体系。网架的弦杆与边界相垂直时称为正放网架，与边界斜交时称为斜放网架。

网架选型参考表

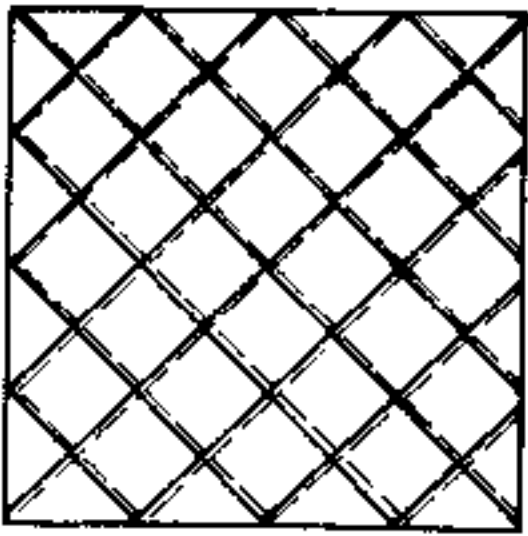
支承方式	平面		跨度条件	网架类型				
	形状	长宽比						
周边支承	矩形	1	中小跨度	两向正交正放网架 星形四角锥网架	两向正交斜放网架 蜂窝形三角锥网架	棋盘形四角锥网架	斜放四角锥网架	正放抽空四角锥网架
			大跨度	两向正交正放网架	两向正交斜放网架	正放四角锥网架	斜放四角锥网架	
		1~1.5		两向正交斜放网架	正放抽空四角锥网架			
		>1.5		两向正交正放网架	正放抽空四角锥网架	正放四角锥网架		
	圆形			三向网架	三角锥网架			
	多边形			抽空三角锥网架	蜂窝形三角锥网架			
四点支承(多点支承)	矩形			两向正交正放网架	(正放四角锥网架)	(正放抽空四角锥网架)		
周边支承与点支承相结合				斜放四角锥网架	正交正放类网架	两向正交斜放网架		

注：对于三边支承、一边开口的矩形平面网架，其选型可参照周边支承网架进行。

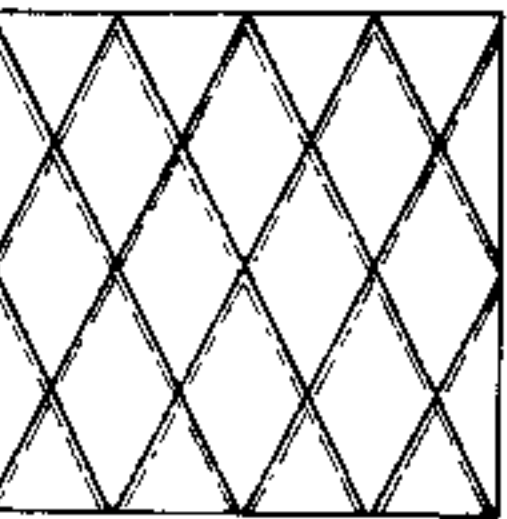
交叉桁架体系网架 桁架两向相交，垂直相交叫两向正交，不垂直相交为斜交；桁架放置方向有正放与斜放。



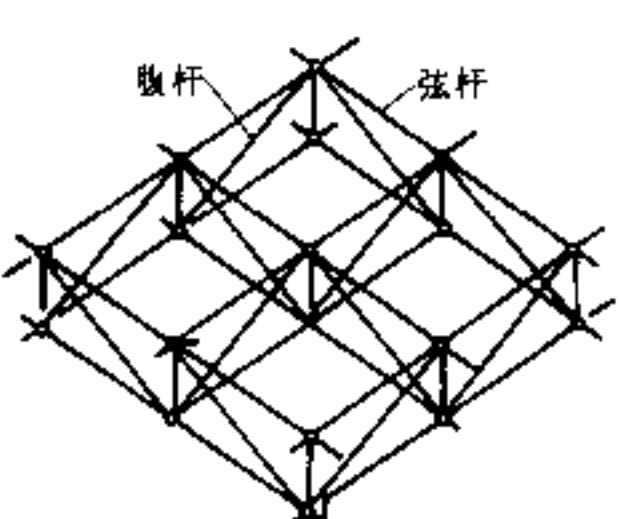
a 两向正交正放网架
构造简单，一般适用于中等跨度的正方形或接近正方形的矩形平面。使用时应适当设置水平支撑，保证网架的几何不变性。



b 两向正交斜放网架
此类网架一般是平面桁架与边界方向成45°角斜放，使用范围较正交正放广泛，大跨度矩形平面的情况下，应优先考虑采用。

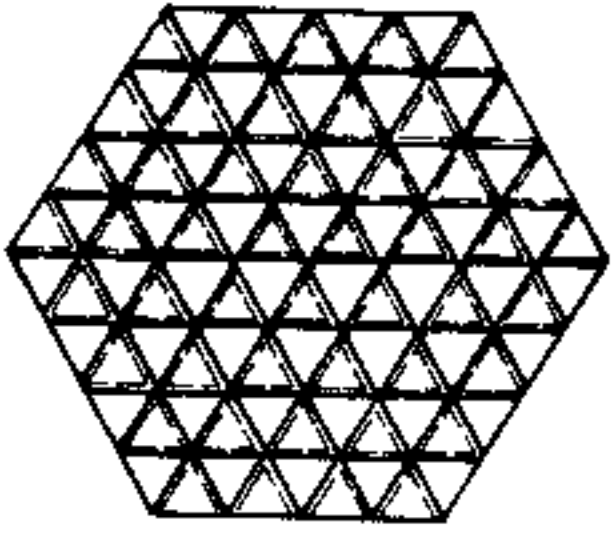


c 两向斜交斜放网架
使用范围同两向正交斜放网架

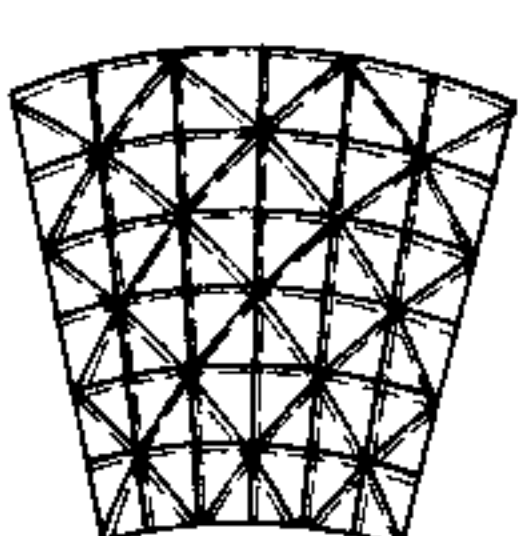


d 交叉杆网架体系的构成示意图

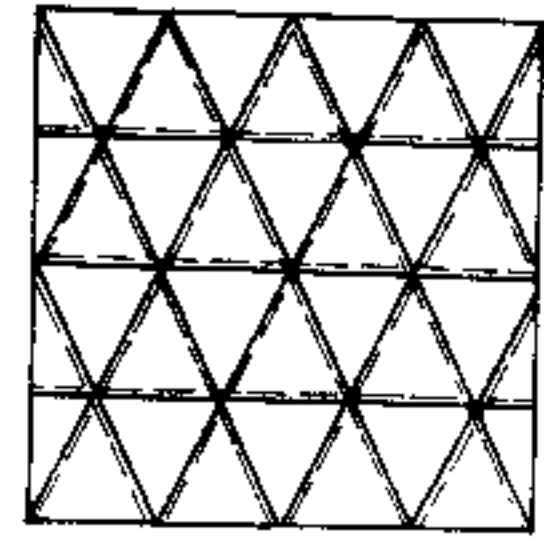
三向网架 三向网架也属交叉桁架体系，所不同的是，它的上下弦网格都是三角形。其特点是空间刚度比两向网架大，力的分布较分散；但杆件较多，同一节点上汇集的杆件也较多，一般为10根，最长达30根。而节点构造比较复杂。三向网架一般适用于大跨度和建筑平面较为复杂的情况（多边形、扇形或圆形等）。



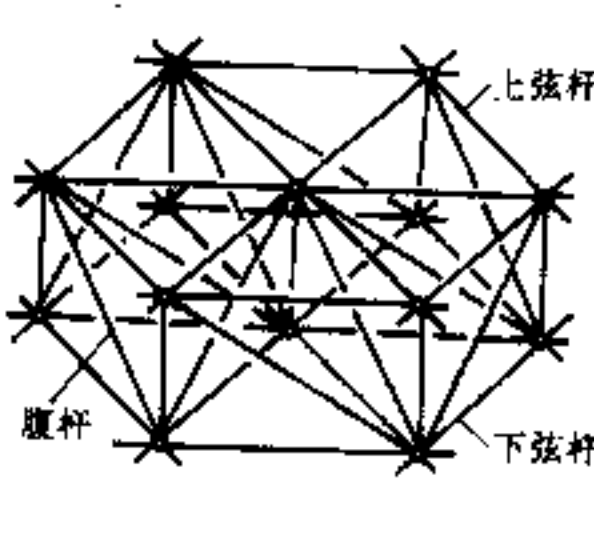
a 六边形三向网架



b 扇形三向网架



c 矩形三向网架



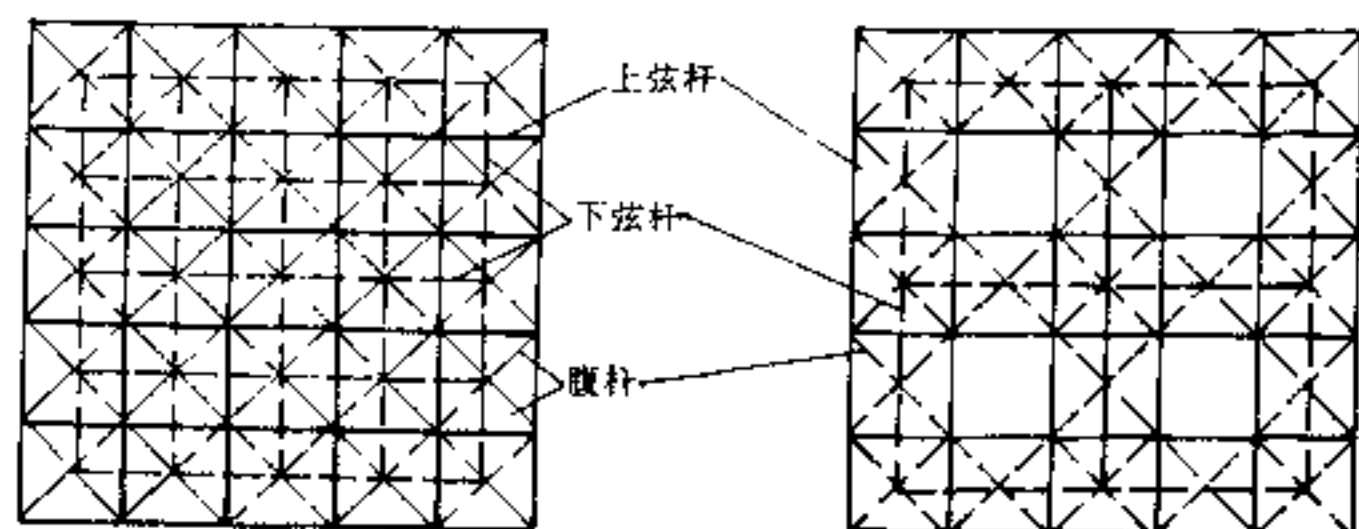
d 三向网架构成示意图

1 交叉桁架体系网架

2 三向网架

四角锥网架体系 这种型式的网架没有竖向腹杆，上下弦错开半格，用腹杆直接连接上、下弦杆，形成一个四角锥体。此类网架的上弦不易设置再分杆，一般只适用

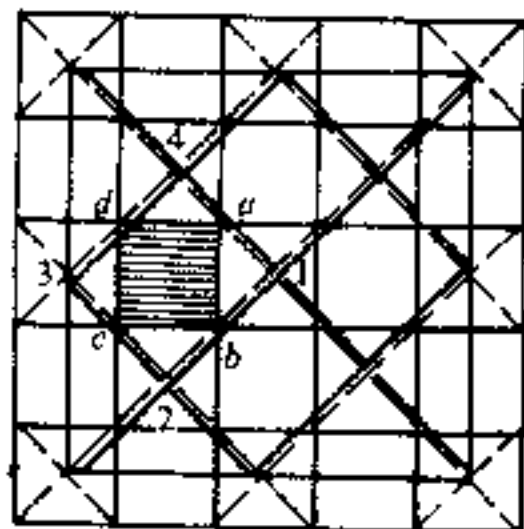
于中等跨度。常见的有正放四角锥网架、斜放四角锥网架、星形四角锥网架和棋盘形四角锥网架等四种。



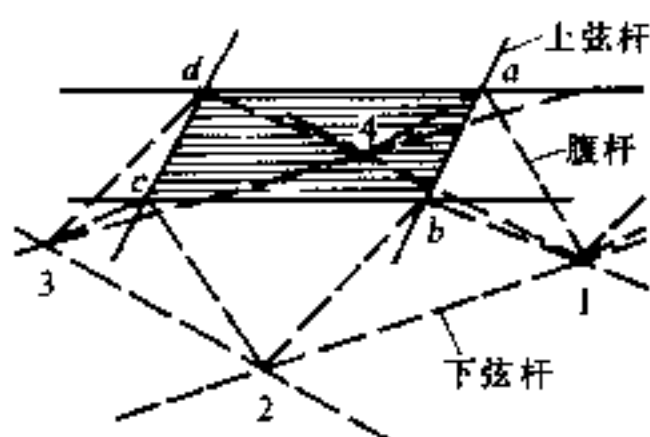
这种网架的上下弦杆均为正交正放，构造简单，上、下弦杆也等长，无竖杆，屋面板规格统一，受力均匀，适用于接近正方形的平面。周边支承或四角点支承均可。为适应建筑功能或工艺要求，可以有规则地抽空形成抽空四角锥网架。

a 正放四角锥网架

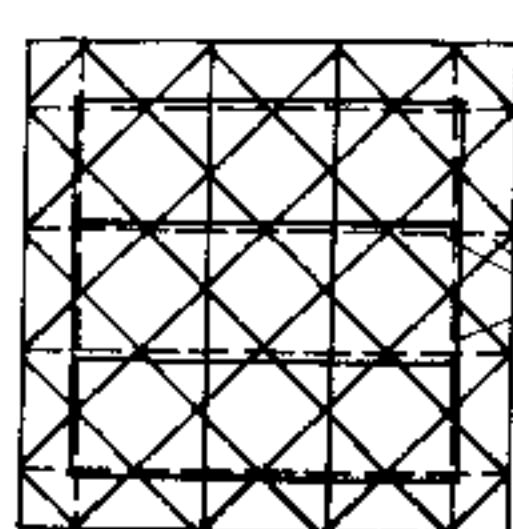
b 正放抽空四角锥网架



e 棋盘形四角锥网架

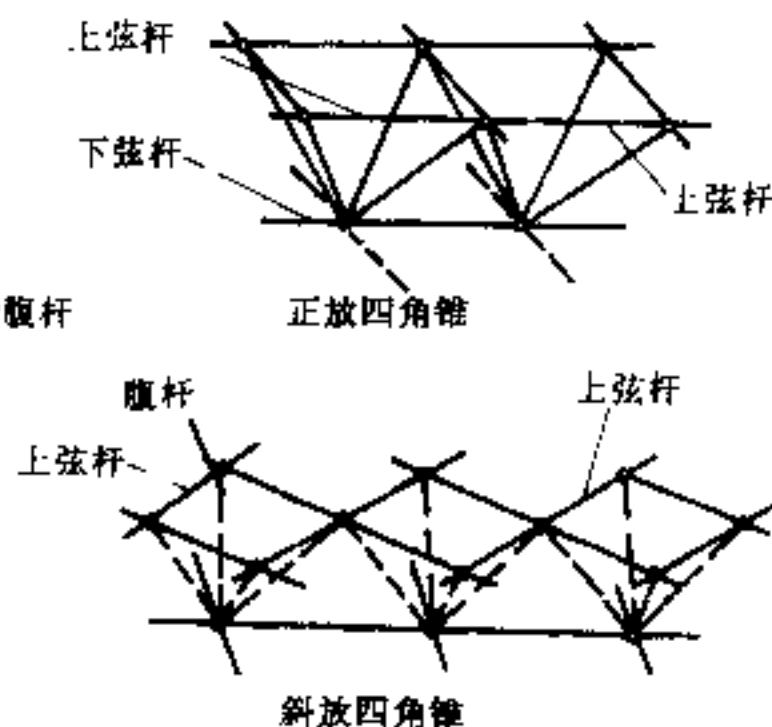


f 棋盘形四角锥网架构成方法

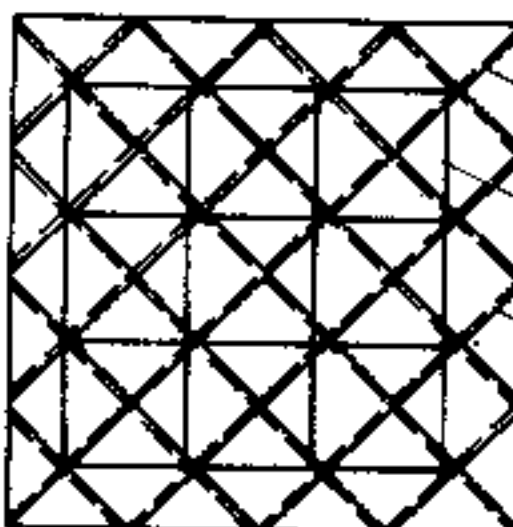


上弦为正交斜放，在平面图中腹杆与下弦重合，特别适用于矩形平面且周边支承的情况。

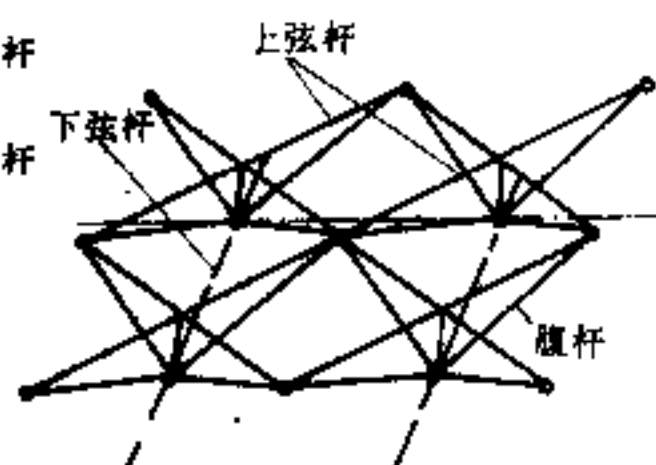
c 斜放四角锥网架



d 正放和斜放四角锥网架构成示意图



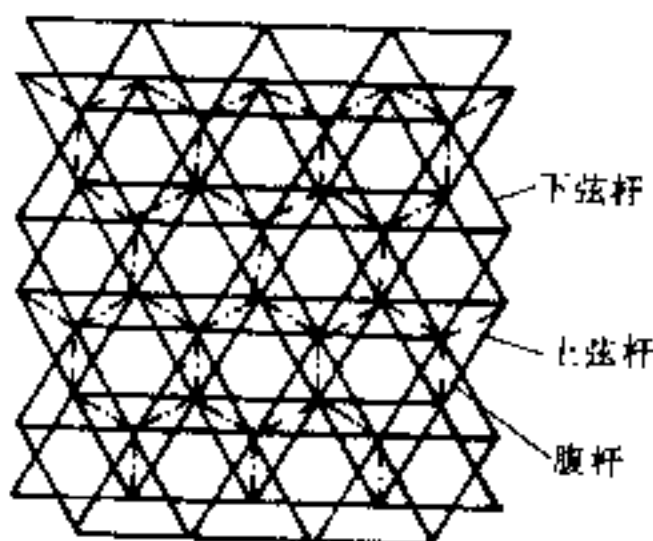
g 星形四角锥网架



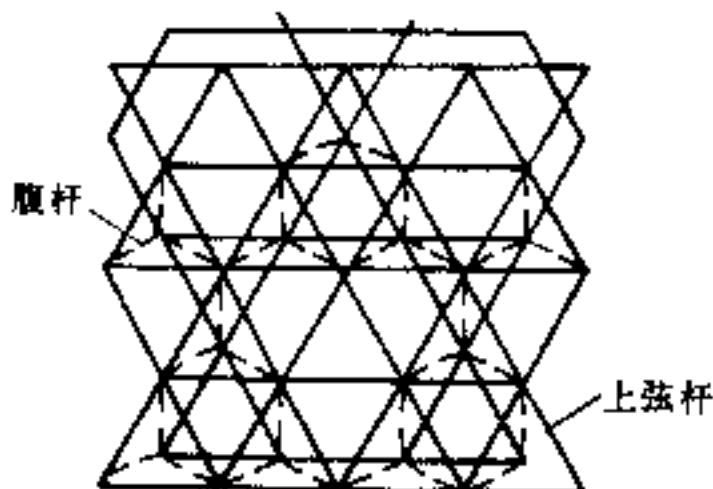
h 星形四角锥网架构成方法

I 四角锥网架体系

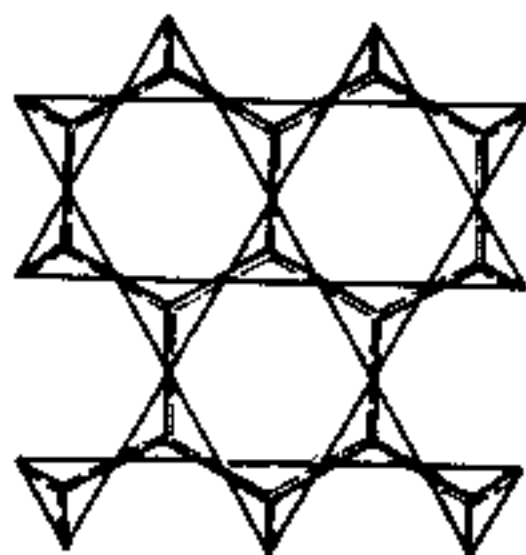
三角锥网架体系 这类网架与四角锥网架体系类似，只是上、下弦网格都是三角形，适用于较大跨度和建筑平



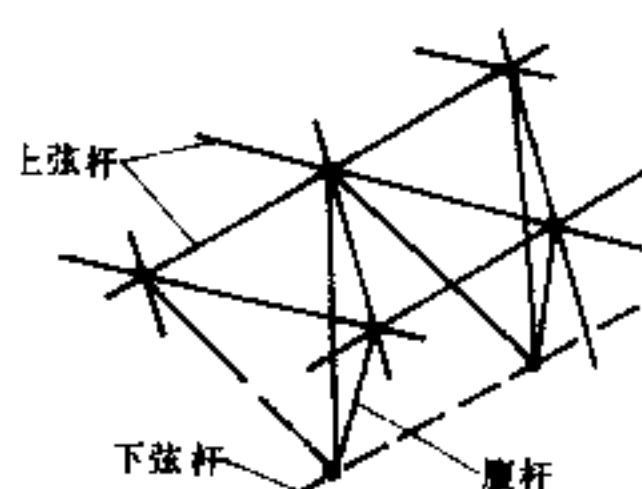
a 三角锥网架



b 抽空三角锥网架



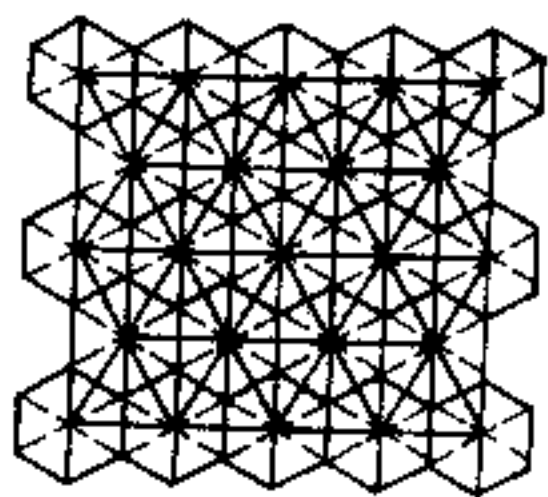
c 蜂窝形三角锥网架



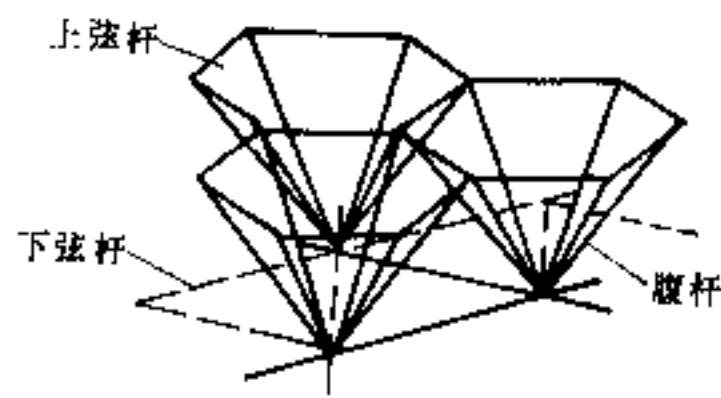
d 三角锥网架构成方法示意图

2 三角锥网架体系

六角锥网架 这类网架上弦是六角形网格，下弦是三角形网格，三角形的三个顶点分别落在三个六角形的中心，形成三个六角锥，适用于较大跨度和平面较为复杂的情况。



3 六角锥网架



六角锥网架构成方法

平板网架的构造要点

网格尺寸: 采用钢筋混凝土屋面板时，不宜超过 $3\text{m} \times 3\text{m}$ ；采用轻型屋面板时，需设檩条，网格尺寸取决于合理的檩距。

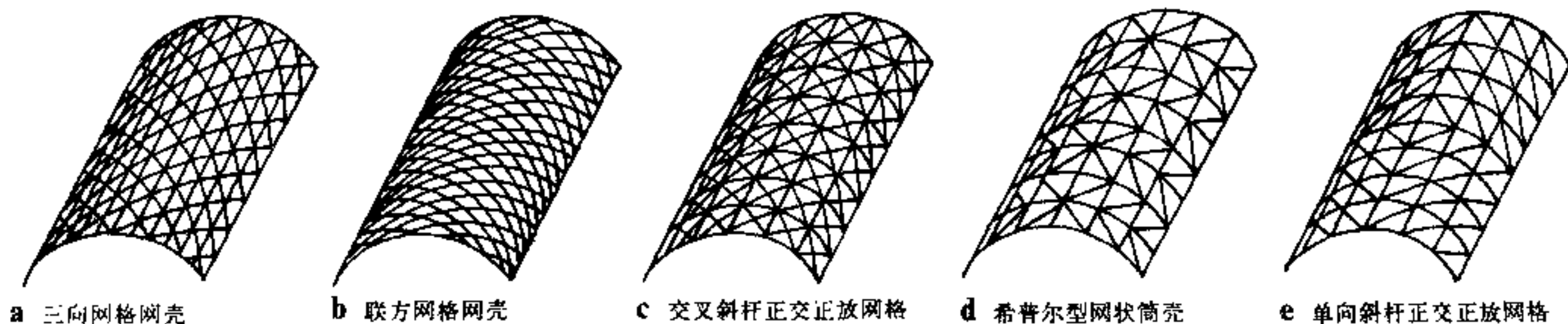
网架高度: 网架高度的确定应与网格尺寸配合，根据实践经验，下列尺寸可供参考：

网架跨度(m)	< 30	30~60	> 60
网架高跨比	1/10~1/13	1/12~1/15	1/14~1/18

腹杆体系: 尽量使腹杆的倾角保持在 $40^\circ \sim 55^\circ$ 之间。
支承方式: 周边支承，即支承在一系列边柱上或通过周边门梁支承在若干边柱上；四点或多点支承。

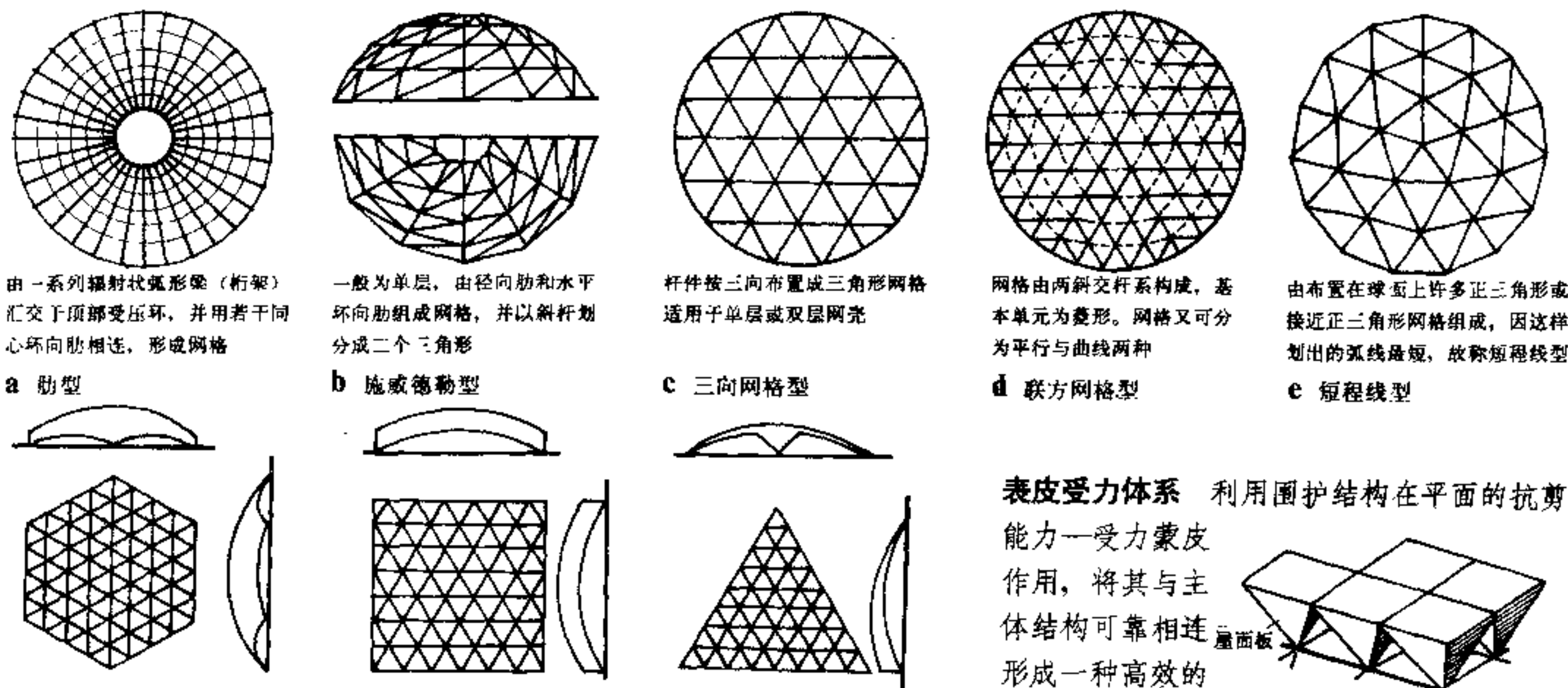
网壳 与平板网架相比,网壳的受力性能好,刚度大,自重小,用钢量省,是适用于中、大跨度建筑屋盖的一种较好的结构型式。缺点是曲面外形增加了屋盖表面积和建筑空间,构造处理、支承结构和施工制作均较复杂。从构造上来说,网壳分为单层与双层两大类。单层网壳的跨度不宜超过40m。网壳结构的常见型式有圆柱面网壳、圆球网壳和双曲抛物面网壳。

圆柱面网壳 外形呈圆柱形曲面的网状结构,它兼有杆系和壳体结构的受力特点,只在单方面有曲率,常用于覆盖矩形平面的建筑。单层网壳按其杆件排列有四种:单向斜杆正交正放网格;交叉斜杆正交正放网格;联方网格;三向网格。双层网格可参照平板网架的型式布置不同的网格。壳体高度与波长之比一般在 $1/6 \sim 1/8$ 之间。双层网壳的厚度宜取波长的 $1/20 \sim 1/30$ 。圆柱网壳也可做成落地式,此时壳体高度可适当加大,与波长之比可在 $1/3$ 以上,使墙体与屋盖合而为一。



1 圆柱面网壳(网状筒壳)

圆球网壳 用于覆盖跨度较大的屋盖,常见的网格布置有以下几种形式:肋型;施威德勒型;联方网格;短程线型;三向网格。通过对壳面的切割,圆球网壳可以用于多边形、矩形和三角形平面建筑的屋盖(详见[2]的f)。



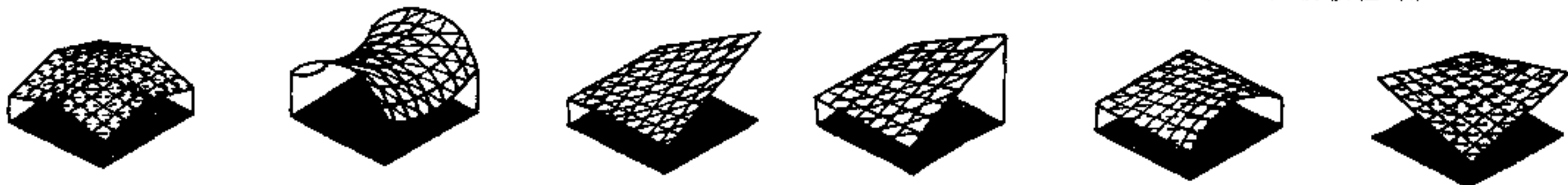
f 切割成各种平面(非圆形)的圆球形网壳

2 圆球网壳(网状穹顶)

表皮受力体系 利用围护结构在平面的抗剪能力—受力蒙皮作用,将其与主体结构可靠相连形成一种高效的表皮受力体系。

4 表皮受力体系构成图

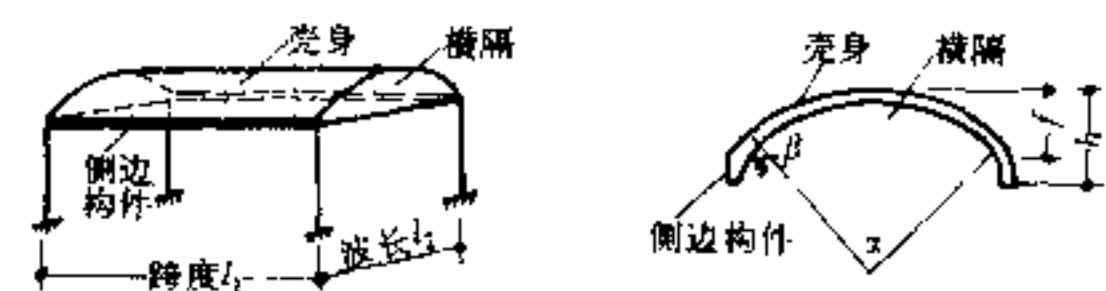
双曲抛物面网壳 将一直线的两端沿两根在空间倾斜的固定导线(直线或曲线)上平行移动而构成。单层网壳常用直梁作杆件,双层网壳采用直线桁架,两向正交而成双曲抛物面网壳。这种网壳大都用于不对称建筑方面,建筑新颖轻巧。



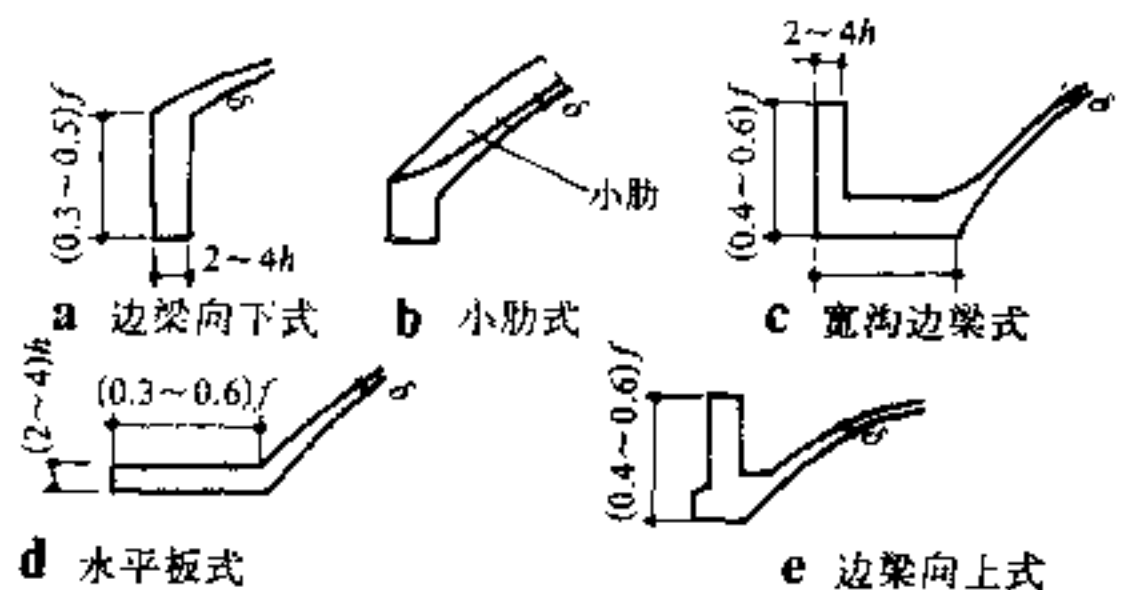
3 双曲抛物面网壳

薄壳结构 这是一种曲面的薄壁结构,按曲面生成的形式分筒壳、圆顶薄壳、双曲扁壳和双曲抛物面壳等。材料大多采用钢筋混凝土。壳体能充分利用材料强度,同时又能将承重与围护两种功能融合为一。实际工程中还可利用对空间曲面的切削与组合,形成造型奇特新颖且能适应各种平面的建筑,但较为费工费模板。

筒壳(柱面薄壳) 是单向有曲率的薄壳,它由壳身、侧边构件和横隔组成。横隔间的距离为壳体的跨度 l_1 ,侧边构件间的距离为壳体的波长 l_2 。当 $l_1/l_2 \geq 1$ 时为长壳, $l_1/l_2 < 1$ 为短壳。天窗洞及其它孔洞宜沿壳体跨度方向布置,洞的横向尺寸不宜大于 $(1/4 \sim 1/3)l_2$;洞的纵向尺寸不限,但在孔洞四周应镶框并每隔2~3m设横撑加强。



1 筒壳组成

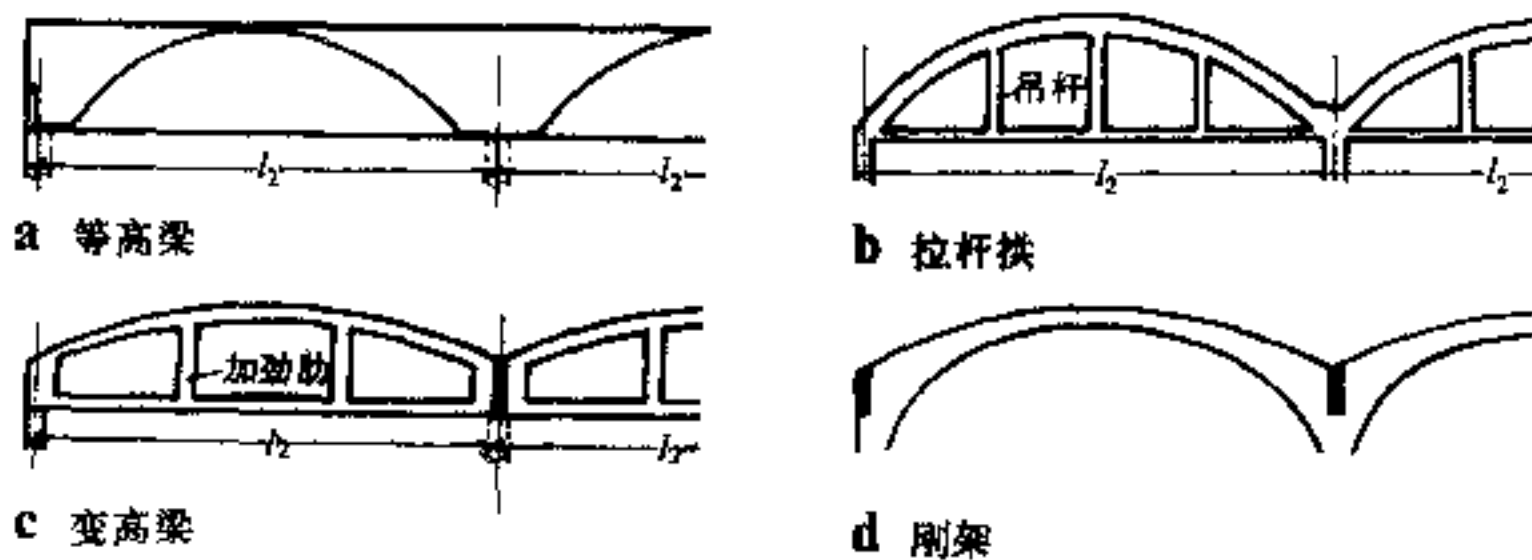


2 筒壳侧边构件

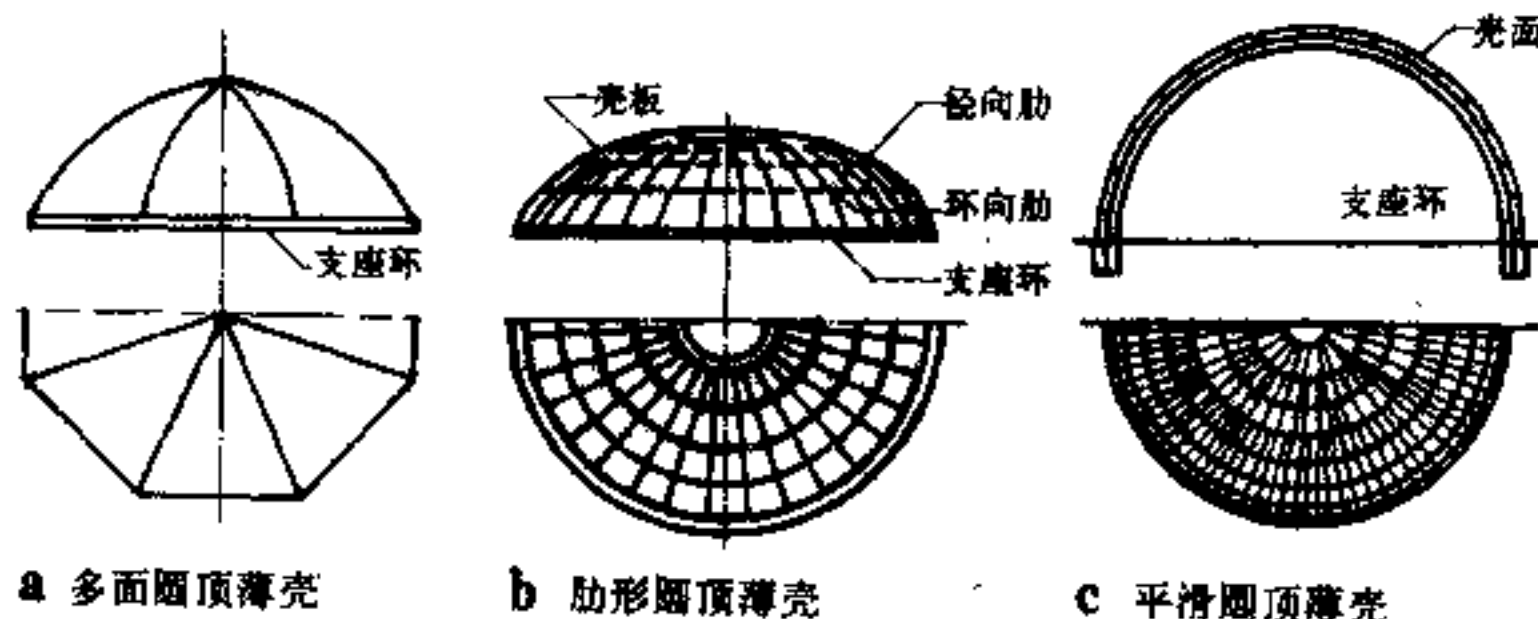
圆顶薄壳 这是正高斯曲率的旋转曲面壳,其覆盖的跨度可以很大,而其厚度却可以做到很薄,一般为曲率半径的 $1/600$,但不得小于5cm。圆顶薄壳由壳面与支座环组成。支座环对圆顶壳起箍的作用,并通过它将整个薄壳搁置在支承构件上。壳面在支座环附近宜适当加厚以利力的传递。按壳面的构造,圆顶薄壳分为平顶圆顶薄壳、肋形圆顶薄壳及多面圆顶薄壳。

筒壳构造要求

壳的类型	跨度与波长的比值 l_1/l_2	截面总高度 h	矢高 f	圆心角 α	边缘坡度 β	板厚 cm
长壳	一般为1.5~2.5,也可以达3~4	$\geq (\frac{l_1}{10} \sim \frac{l_1}{15})$	不小于 $\frac{l_2}{6} - \frac{l_2}{8}$	$60^\circ \sim 90^\circ$	$\leq 40^\circ$	5~12
短壳	一般 ≤ 0.5					

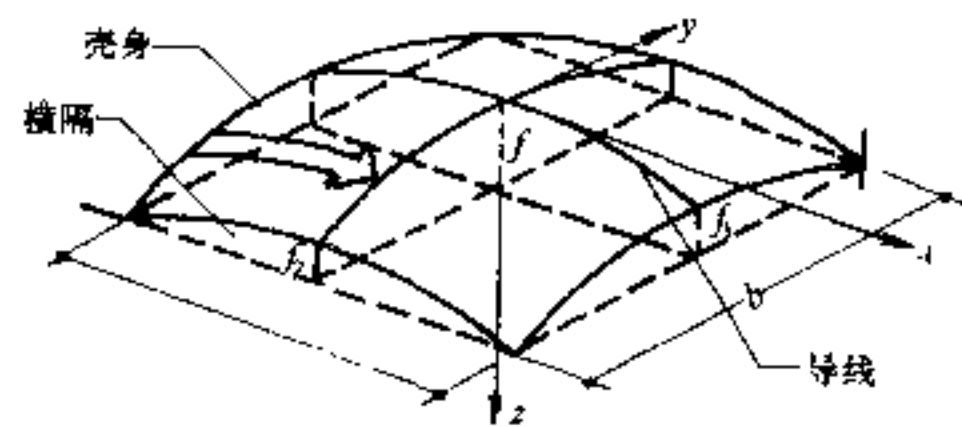


3 筒壳横隔型式



4 圆顶薄壳

双曲扁壳(微弯平板) 一抛物线沿另一正交的抛物线平移形成的曲面,其顶点处矢高 f 与底面短边边长之比不应超过 $1/5$ 。双曲扁壳是由壳身及周边四个横隔所组成,横隔一般是带拉杆的拱,小跨度扁壳也可以用变高度梁作横隔。双曲扁壳适用于覆盖跨度为20~50m的方形或矩形平面的建筑物。当平面为矩形时,长短边之比不宜超过2。双曲扁壳也可以做成多跨多波相连,用于每跨为12~30m的大面积工业厂房或仓库中,其矢高与短边之比可取为 $1/8 \sim 1/12$ 。壳体厚度不宜小于5cm,四角边界处应加厚。



壳顶总矢高:

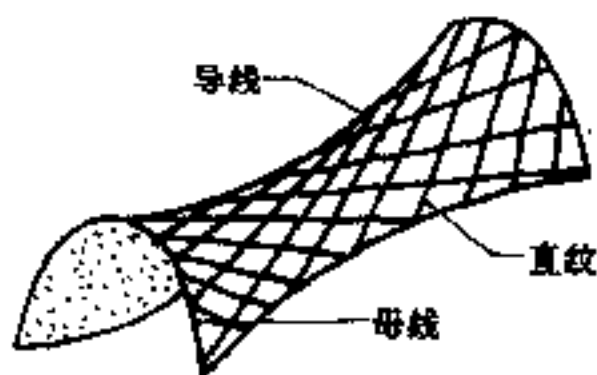
$$f = f_1 + f_2$$

曲面方程为:

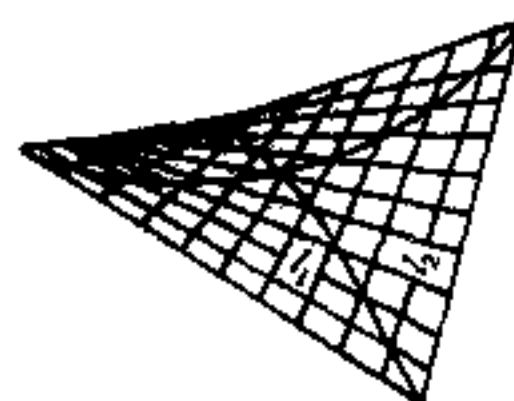
$$z = f_1 \left(\frac{x}{a_1} \right)^2 + f_2 \left(\frac{y}{b} \right)^2$$

5 双曲扁壳构成图

双曲抛物面壳 一竖向抛物线(母线)沿另一凸向与之相反的抛物线(导线)平行移动所形成的曲面。此种曲面和水平面截交的曲线为双曲线,故称为双曲抛物面壳。双曲抛物面壳也是直纹曲面壳(即在其曲面上可以析出直线),工程中常见的各种扭壳就是从其中沿直纹方向取出来的一部分。这种壳容易制作,稳定性好,又容易适应建筑功能和造型上的需要,组合成各种型式的扭壳,故应用较为广泛。



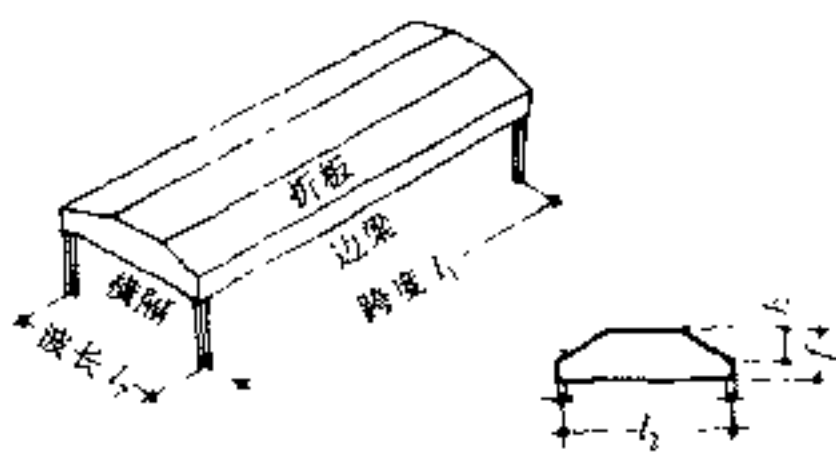
6a 双曲抛物面壳构成示意图



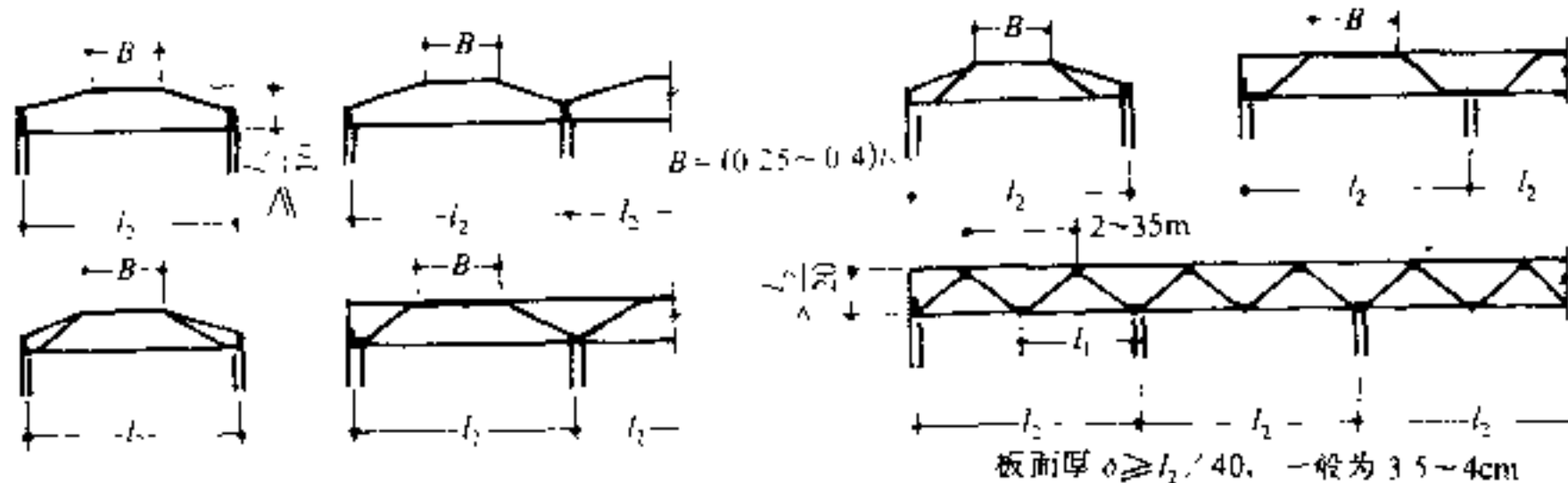
6b 扭壳

6 双曲抛物面壳

折板结构 若干狭长的薄板以一定角度相交连成折线形的空间薄壁体系。折板结构的跨度不宜超过 30m，适用于长条形平面的屋盖，两端应有通长的墙或圈梁作为折板的支点。折板结构常用的型式有 V 形、梯形等。中国应用最广泛的是预应力混凝土 V 形折板。它具有制作简单、安装方便与节省材料等优点，最大跨度可达 24m。跨度 $\leq 15\text{m}$ ，可悬挂 1t 悬挂吊车。

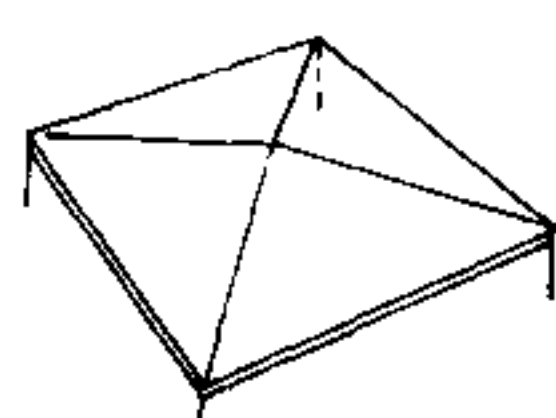


1 折板的构成

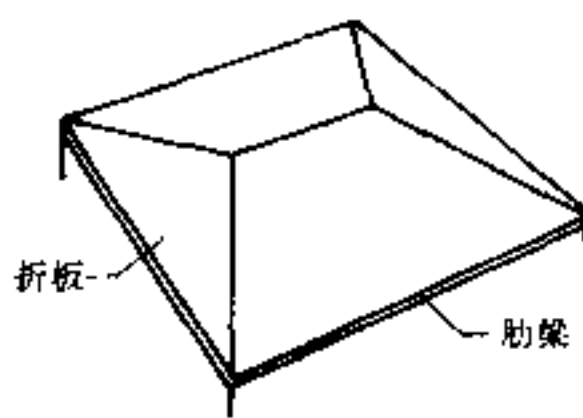


2 折板的截面型式

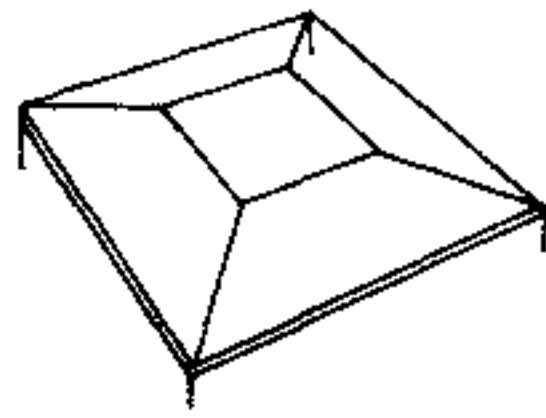
幕结构 一种由双曲扁壳和折板结合而形成的空间薄壁体系。它由整体联系的三角形或梯形薄板组成的。幕结构适用于柱距为 8~10m 的建筑，矢高一般取跨度的 $(1/8 \sim 1/12)$ ，其板厚、板宽、倾角可参照折板结构的有关规定。



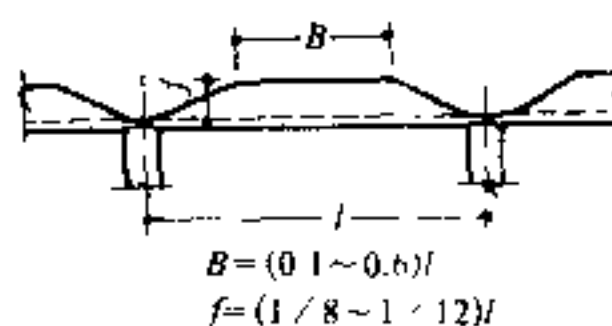
a 三角薄板组成的幕结构



b 三角形与梯形薄板



c 梯形薄板组成的幕结构



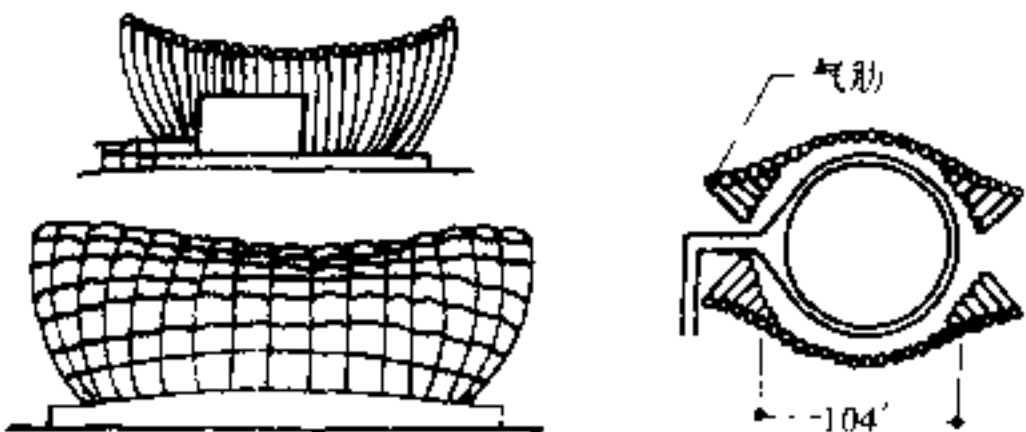
d 幕结构的剖面图

3 幕结构示意图

充气结构 用塑料、涂层织物做成的气囊，充气以后，利用气囊内外的压差，承受外力，并形成一种结构，称为充气结构。它重量轻、施工快、造价低、便于装拆，当前已逐步发展为应用于大跨度建筑的一种颇有特色的结构形式。充气结构分气承式和气肋式两种。气承式是在薄膜覆盖的空间内充气，利用内、外部的压差来承受荷载，因而要有专用的设备不断充气以保持室内有正常气压；气肋式是在一定的薄膜管内充气，并将这些充气管连成构架来承受外荷载。其优点是只要薄膜管密闭好，就不需要再次充气，但造价较气承式充气结构高，使用跨度也受限制。

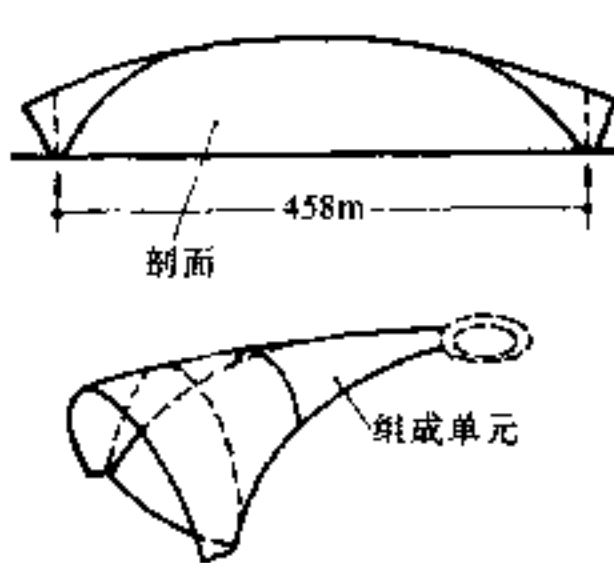


a 气承式充气结构

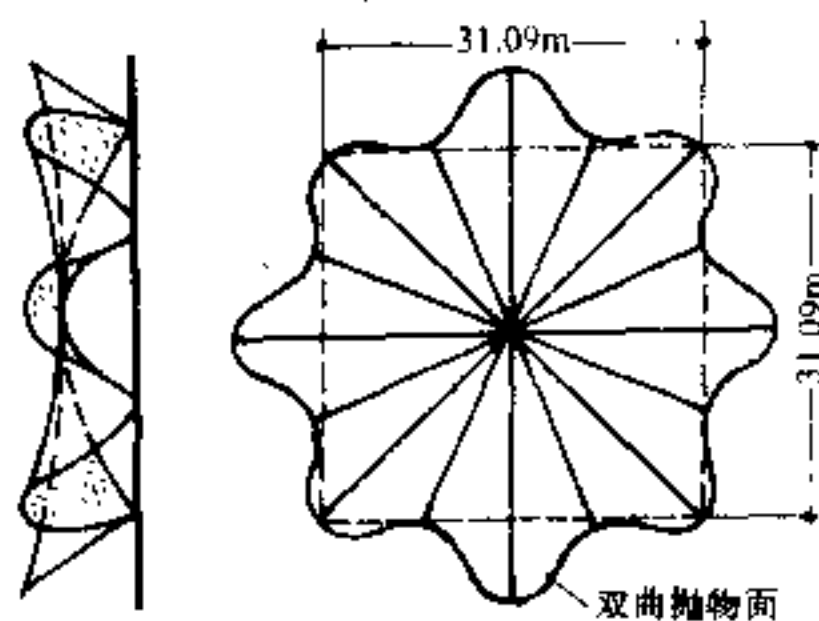


b 气肋式充气结构

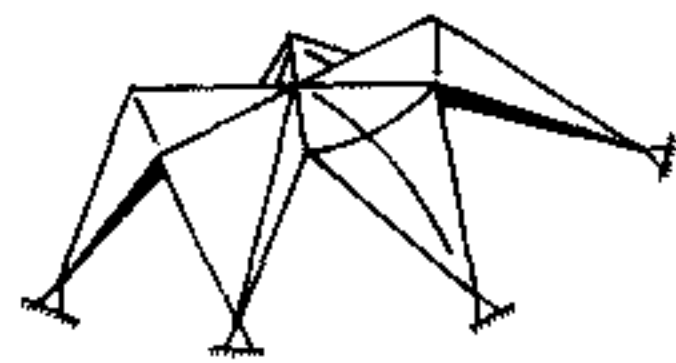
曲面的切割或组合 建筑师可以通过曲面的切割或组合，构成各种美观的造型，以满足建筑艺术的需要，图[5]是其中的一些例子。



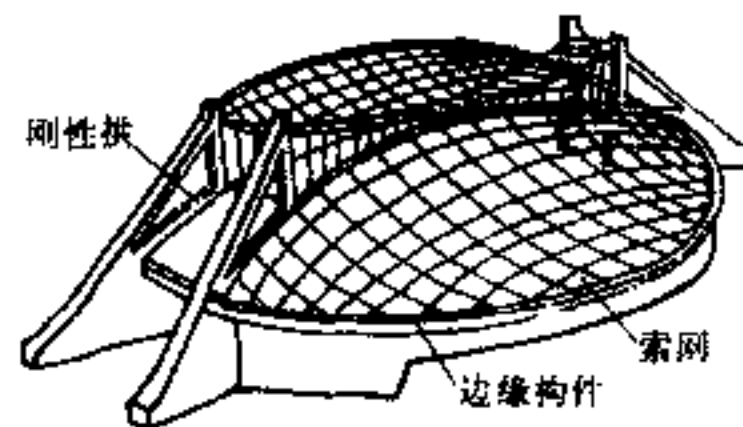
a 十三个椭圆抛物面拼成一个大跨商亭



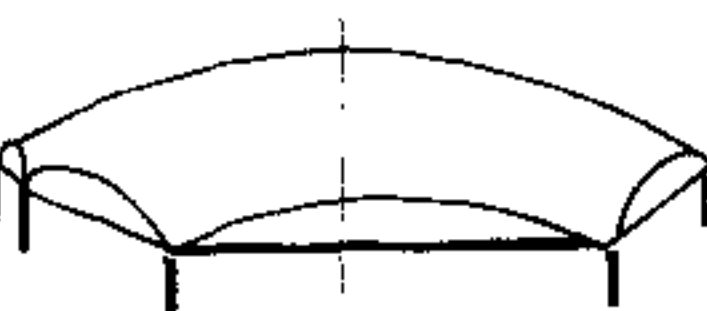
b 八个双曲抛物面拼成一个机场餐厅



c 五个扭壳组成一个交叉扭壳拱的屋盖



d 两片鞍形索网悬挂在中央刚性拱和周边的边缘构件构成跨度为 78m 的体育馆屋盖



e 球面切成八边形平面形成一个大跨的市场屋盖，直径 46.7m



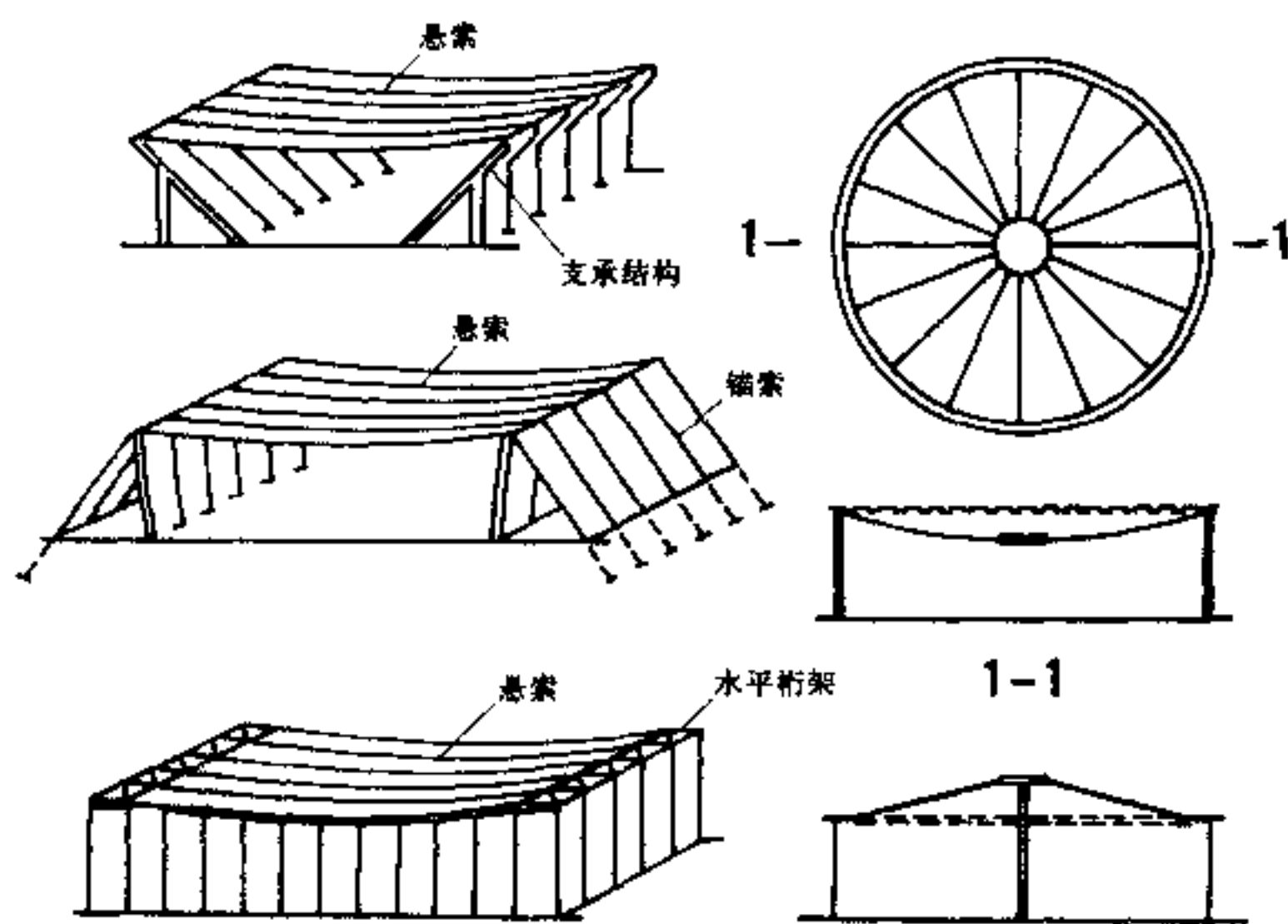
f 三个相同的扭壳构成一个新颖的建筑——某疗养所餐厅

4 充气结构示例

5 曲面的切割或组合实例

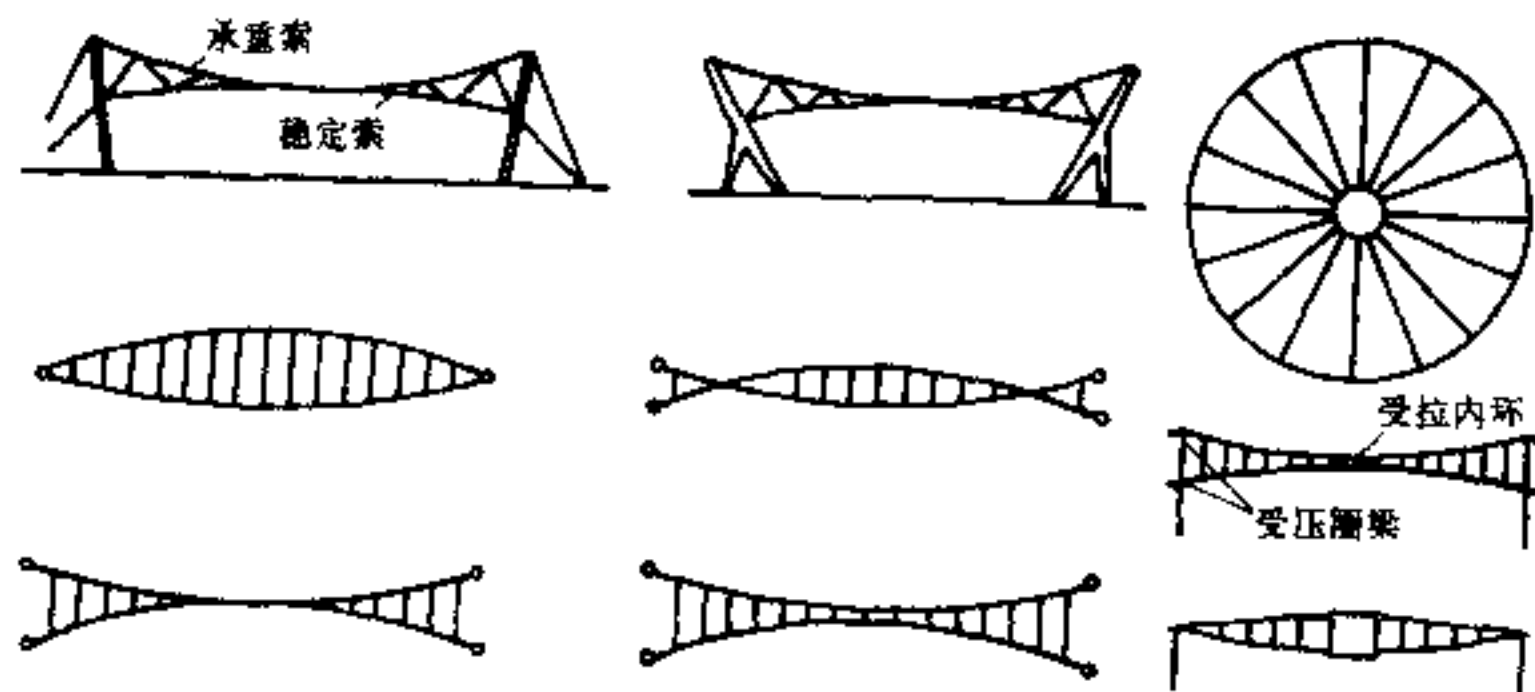
悬索结构 这是以一系列高强钢索作为主要承重构件并按一定规律悬挂在相应支承结构上的一种张力结构。它能根据各种平面形状和外形轮廓的要求,组成不同的结构体系,并可较经济地跨越很大的跨度,适应各种建筑造型。悬索结构中的钢索按跨度、荷载、施工方法和设计要求等因素,可采用高强钢丝组成的钢绞线、钢丝绳或钢丝束,也可采用圆钢筋或带状薄钢板。悬索结构的主要特点是受力合理,自重轻,耗钢量少,安装时不需要大型起重设备,但要采取有效措施,以保证结构具有足够的刚度和稳定性。

单层悬索结构 此类结构体系是由许多平行的单根拉索组成,拉索的两端悬挂在稳定的支承结构上(框架、专门的锚索、水平桁架),其支点可以是等高的,也可以是不等高的。本体系也可用于圆形屋面,此时拉索呈辐射方向布置并支承在周边受压圈梁上,其中也可设置受拉内环,也可设置支柱而形成伞形悬索结构。拉索的垂度一般取跨度的 $1/50 \sim 1/60$ 。此类结构宜采用重屋面,以保证结构的稳定性。

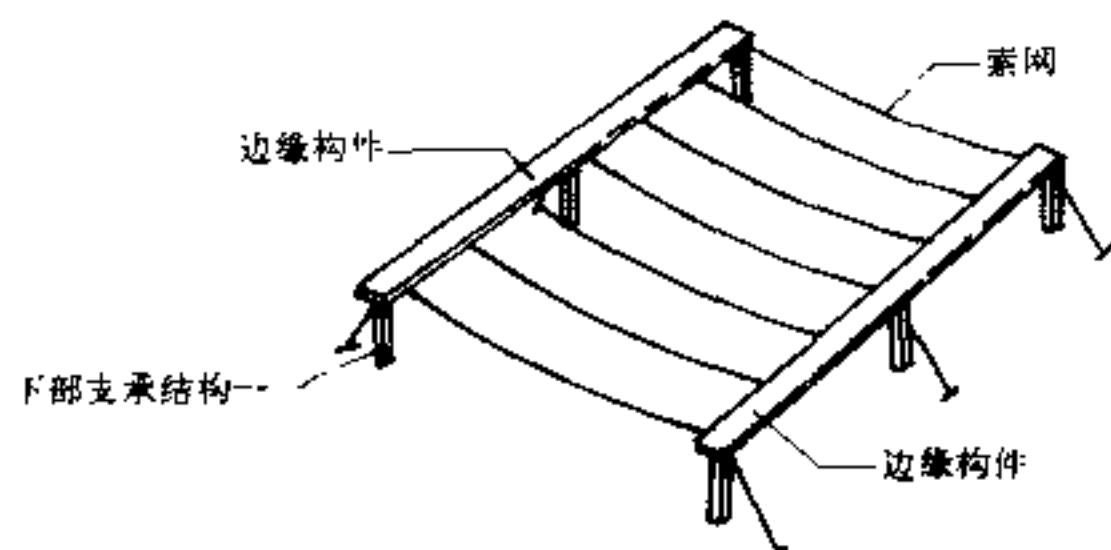


② 单层悬索结构图例

双层悬索结构 此类结构由一系列的承重索和相反曲率的稳定索组成。二者之间用受拉钢索或受压撑杆连系。这些连系杆可竖向布置成为腹杆的形式,称为索桁架。每对承重索和稳定索一般位于同一竖平面内,也可相互错开构成波形屋面。承重索的垂度一般取跨度的 $1/17 \sim 1/20$,而稳定索的拱度则取为跨度的 $1/20 \sim 1/25$ 。此类结构稳定好,一般采用轻屋面。

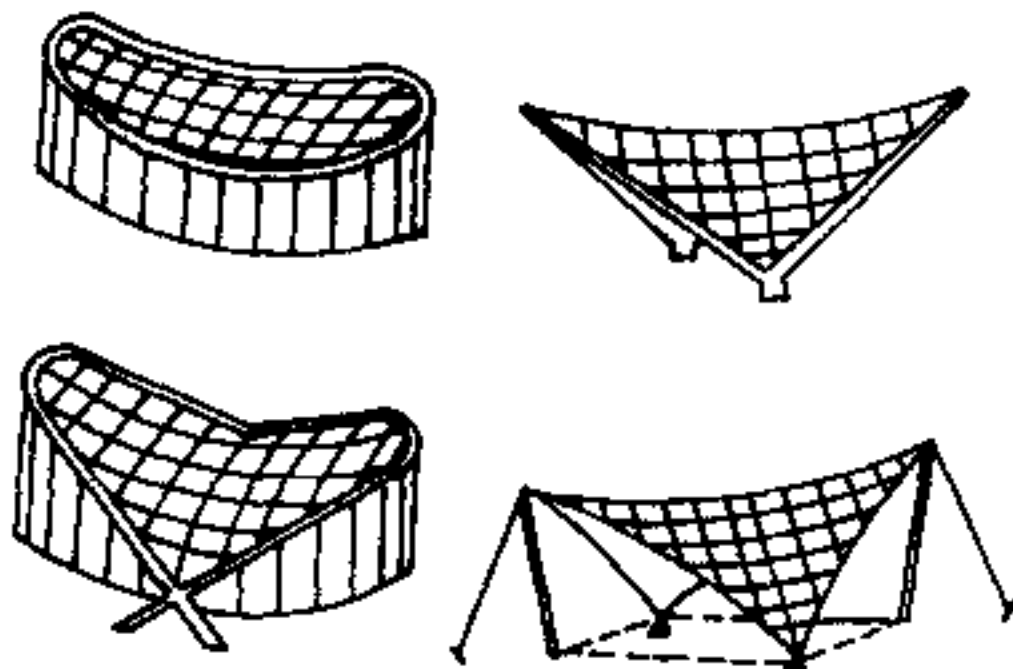


④ 双层索网结构图例



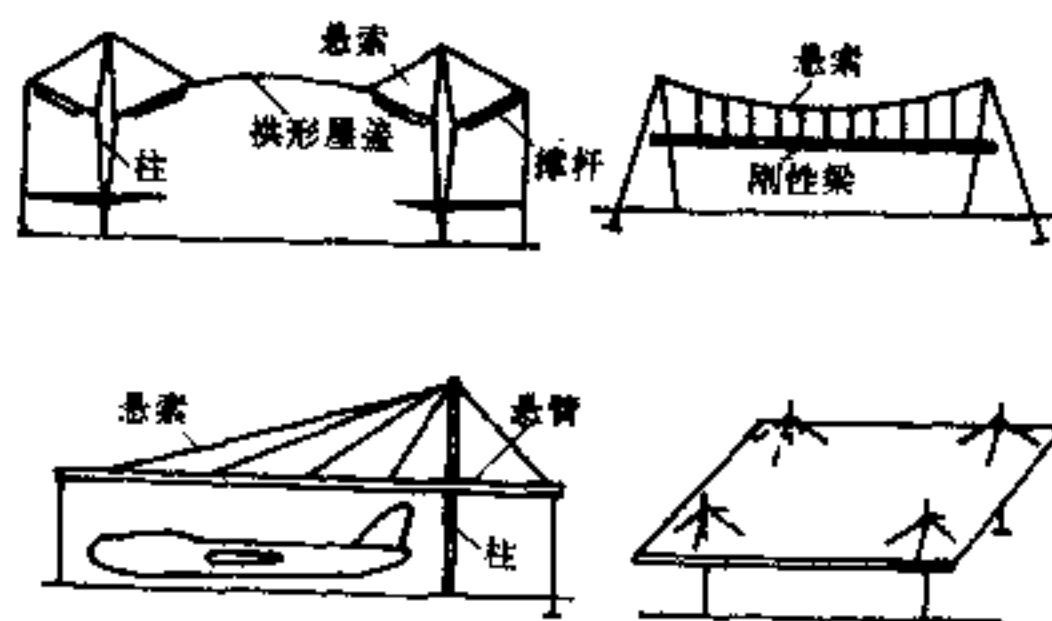
① 索网结构构成示意图

索网结构 通常由两组正交的、曲率相反的钢索直接交叠组成,形成负高斯曲率的曲面。这种体系常称为鞍形索网结构。索网边缘需设置强劲的周边构件,以锚固索网。边缘构件耗料较多,它可以是闭合的圈梁,也可以是强大的边拱,将推力直接传给基础,又可以锚定在若干固定的支点上,此时该结构的边索实为一种受拉型的边缘构件。侧边构件视建筑物的体型而异,可以是鞍形的、空间曲环形的、菱形或交叉拱形的,等等。



③ 索网结构图例

混合悬挂体系 这是柔性的悬索结构和刚性的受弯构件相结合的混合体系。此体系中可以用钢索悬挂刚性构件或为刚性构件提供附加支点以减轻这些刚性构件的负担;也可用刚性构件来加强悬索的稳定性,以减少不均匀荷载作用下的位移等等。



⑤ 混合悬挂体系图例

普通钢筋混凝土构件的主要缺点在于混凝土的极限拉伸变形和抗拉强度均很低,因而在使用阶段一般是带裂缝工作的。这对处于潮湿环境或侵蚀介质中的构件会使钢筋锈蚀,影响构件的强度和耐久性;对承受重复荷载的构件,会影响构件的疲劳性能。解决的办法是采用预应力混凝土结构。混凝土结构构件承受作用(荷载)以前,利用张拉钢筋回弹性挤压混凝土使混凝土截面受到预压应力,而被张拉的钢筋中存在预压应力。这种结构称为预应力混凝土结构,受载前其正截面的应力状态如表1所示。预应力混凝土结构按施工方法可分为先张法与后张法两大类(见表2)。其所用材料及预应力损失值的概念分别示于表3及表4。预应力结构的优点主要有以下几点:

- 一、提高了构件的抗裂度,避免或减小了裂缝,从而提高了构件的抗侵蚀能力和耐久性;
- 二、预应力构件受荷时不带裂缝工作,故截面刚度较大;此外,预应力构件产生反拱,在外荷作用下变形小。

- 三、由于预应力构件有较大的刚度,同时能有效地采用高强度材料,所以构件截面尺寸小,可节约材料和降低造价。
- 四、预应力使钢筋混凝土结构扩大使用到较大跨度上;此外还可以利用预应力作为结构的拼装手段和加固方法。
- 五、在重复荷载下,由于有了预压应力,构件中钢筋和混凝土的应力变化幅度小,因而抗疲劳性能较好。

预应力混凝土主要用于受拉和受弯构件,在单层厂房的屋面板、檩条、屋面梁、屋架、托架、吊车梁、柱子、刚架、楼板、墙板、基础以及大跨度板架合一构件中已得到广泛采用。近年来并已向多层工业和民用建筑发展,主要有大跨度的部分预应力框架体系、预应力板柱体系等。近20年来,无粘结预应力结构的发展,使预应力混凝土结构得到更广泛的应用。这种结构,不需预留孔道、穿筋及灌浆等复杂工序,简便了操作,加快了施工进度。无粘结预应力筋的摩擦力小且易弯成各种曲线形状,因而特别适用于建造需要连续曲线配筋的大跨度楼、屋盖,其结构性能也很好。

预应力混凝土结构的基本概念(以受弯构件为例)

计算简图	应力图形	说 明
		预应力混凝土构件受荷前利用张拉钢筋回弹挤压混凝土,使构件受拉区产生预压应力 σ_c ;受压区则可能产生预拉应力,其大小视预应力大小及预加应力位置而定。图中 N_p 为扣除全部预应力损失值后的张拉力
		构件在外荷作用下产生应力 σ ,本例为受弯构件,上缘受压,下缘受拉
		预应力构件受荷后的应力状态,应力为上述两项应力的叠加。当 $\sigma - \sigma_c \geq 0$ 时为全预应力结构,可严格控制不出现裂缝;当 $\sigma - \sigma_c \leq \gamma f_t$ (γf_t 为混凝土塑性抗拉强度)时,为有限预应力结构,能延迟裂缝的出现;当 $\sigma - \sigma_c > \gamma f_t$ 时,为部分预应力结构,能减小裂缝宽度

施加预应力的方法

预加应力方法	先 张 法	后 张 法		电 热 法	连续配筋法	同张法
		有 粘 结	无 粘 结			
制作		1.浇灌混凝土块体 在构件中预留孔道 抽管后穿入预应力钢筋		在预应力筋中通过低电压的强电流,预应力筋因电热升温而伸长到规定长度,立即锚固并切断电流。预应力筋冷却而对构件产生预压应力。用于先张法和后张法中。张拉设备简单,操作方便,效率高,但预应力精确度较差	通过旋转工作台将钢丝缠绕在特制的模板套管上(属先张法),或预制混凝土芯棒上(属后张法)	采用膨胀水泥配制的混凝土制作构件,混凝土在硬化过程中膨胀使钢筋产生预应力
顺序	2.浇灌混凝土 	2.混凝土达到规定强度后张拉预应力筋并用锚具固定 	3.依靠两端锚传递预应力 			
特点与适用范围	不需锚固,生产工艺简单,效率高,质量易于保证,但台座设备较贵,大型构件运输不便 一般用于成批生产的中小型构件	不需台座,比较灵活,便于在现场施工,但锚具耗钢量大,成本较高。一般用于大型构件,设计时要考虑到构件端头锚具凸出构件外100左右。		适用于曲线配筋的水池、油罐等。	用于水管等一类圆形结构中	用于自应力混凝土管

预应力混凝土的材料

预 应 力 钢 筋	混凝土强度等级
碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线 和热处理钢筋	不宜低于 C40
冷拉、Ⅲ、Ⅳ级钢筋	不宜低于 C30
甲级冷拔低碳钢丝(适用于中小型构件)	不宜低于 C40
采用碳素钢丝、钢绞线、热处理钢筋制作的无粘结束	

预应力损失值

损失值分类	引起损失的原因
1 锚具变形	在后张法中,构件与预应力筋张拉端锚具之间的变形和预应力筋的回缩
2 钢筋摩擦	在后张法中,预应力筋与孔道壁之间的摩擦;在先张法中,预应力筋在转向装置处的摩擦
3 温差	在先张法中,混凝土加热养护时,张拉的预应力筋与承受拉力设备之间的温差
4 钢筋的应力松弛	预应力筋在高应力作用下的塑性变形随时间增长而逐渐增大,由此预应力筋的应力逐渐降低
5 混凝土收缩	混凝土硬化时体积收缩,预应力筋也随之收缩而其应力降低
6 混凝土徐变	混凝土在压力下发生徐变,使构件的自由长度缩短而预应力筋的应力随之降低
7 混凝土局部挤压	配置螺旋式预应力筋的环形构件,由于混凝土的局部挤压变形而使预应力筋的应力降低

地震类型

地震类型、成因和影响

表 1

类 型	成 因	影 响
构造地震	地球运动过程中的能量使地壳和地幔上部的岩层产生很大应力，日积月累，当地应力超过某处岩层极限强度时，岩层破坏，断层错动，引起地面振动	影响面大 破坏性大
火山地震	火山爆发引起的地面振动	影响面和破坏性均较小
陷落地震	地表或地下岩层突然陷落和崩塌时，如石灰岩地区地下大溶洞的塌陷、或旧矿坑的塌陷引起地面振动	影响面和破坏性均较小

在各类地震中，占地震绝大多数，并且影响最大的是因地质构造作用所产生的构造地震。

地震分布

我国地处世界上环太平洋地震带和地中海南亚地震带两大地震带的中间，是一个多地震的国家。

我国的主要地震带

表 2

地震带	经过地区
南北地震带	北起贺兰山，向南经六盘山，穿越秦岭，沿川西直至云南省东部，纵贯南北，长达 2,000 多公里，宽度为数十至百余公里
东西地震带	1.北面的一个沿陕西、山西、河北北部的狼山、阴山、燕山向东延伸直至辽宁北部的千山一带 2.南面的一个自帕米尔起经昆仑山、秦岭直至大别山地区

震级

震级表示一次地震能量的大小，国际上通用的是里氏震级，其震级和地震波能量的关系如下：

$$\lg_{10} E = 11.8 + 1.5M$$

式中， M ——震级； E ——地震波释放出的能量（尔格）。

震级每差一级，地震波的能量将差 32 倍。

震级的分类

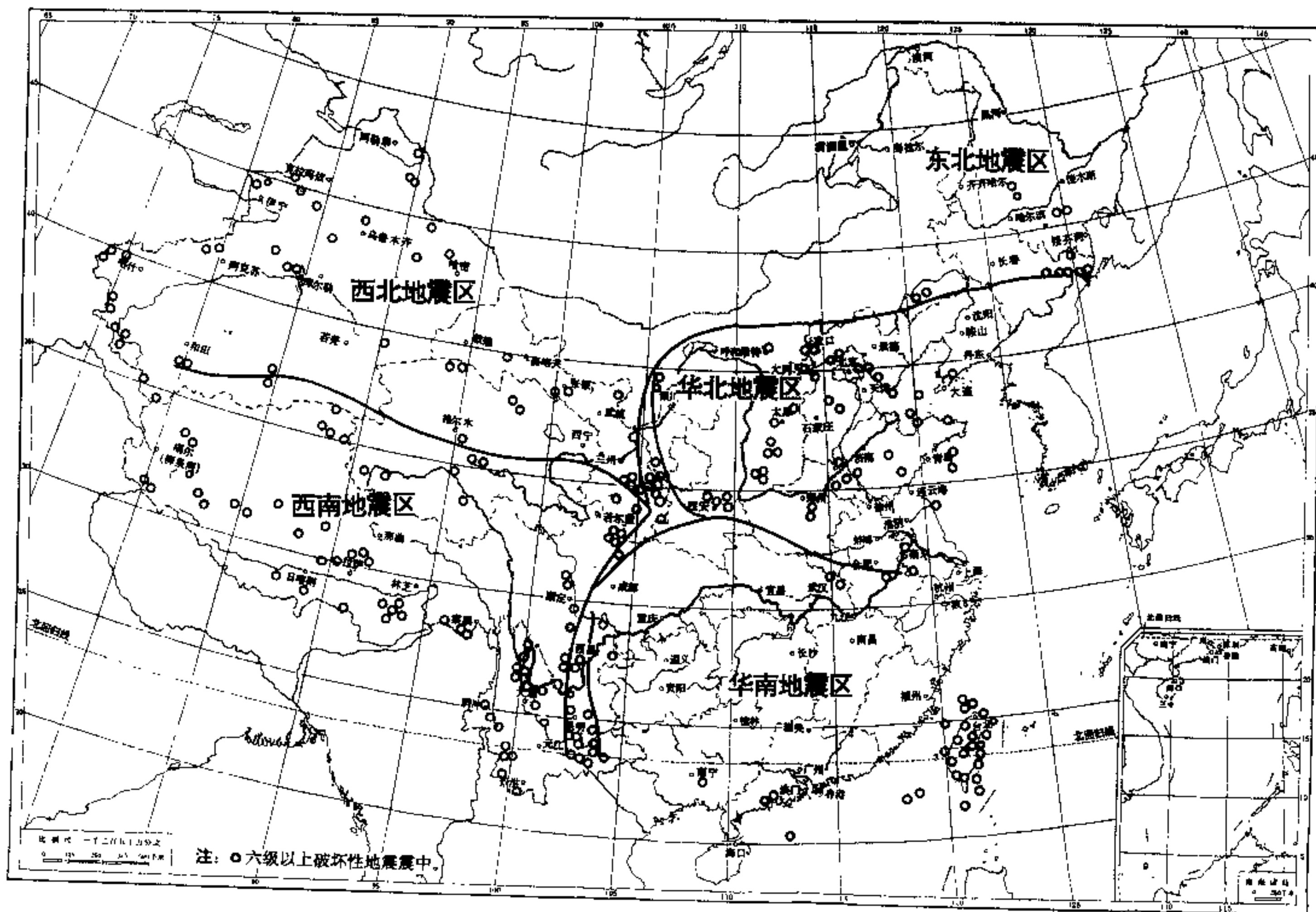
表 3

震 级	< 2	2~4	5~7	7~8	> 8
分 类	微 震	有感地震	破坏性地震	强烈地震或大地震	特大地震

烈度

地震烈度是指某一地区，地面房屋建筑遭受到一次地震影响的强弱程度。同一个震级情况，由于各地区距震中远近不同，震源的深浅不同，地质情况和建筑情况不同等，地震的影响也不一样，因而地震烈度各不相同，一般是震中区烈度最大，离震中愈远，烈度愈小。

地震烈度分为 12 度，1~5 度，建筑基本无损坏；6 度，建筑有损坏，少量破坏；7~9 度时，则建筑大都被损坏和破坏，严重时倒塌；10 度和 10 度以上属毁灭性地震烈度，房屋建筑普遍毁坏，通常不在建筑抗震设计范围以内。



1 我国的主要地震带和地震分区示意图

本图上中国国界线系按中国地图出版社 1989 年出版的《中华人民共和国地图》绘制

地震烈度

烈 度	房 屋	结 构	地 表 现 象	其 他 现 象
一	无损坏	无损坏	无	无感觉, 仅仪器才能记录到
二	无损坏	无损坏	无	个别非常灵敏的、且完全在静止中的人能感觉到
三	无损坏	无损坏	无	室内少数在完全静止中的人感到振动, 如同载重车辆很快地从旁驶过, 细心的观察者, 注意到悬挂物轻微摇动
四	门窗和纸糊的顶棚有时轻微作响	无损坏	无	室内大多数人感觉, 室外少数人感觉, 少数人从梦中惊醒, 悬挂物摇动, 器皿中的液体轻微振荡, 紧靠在一起的、不稳定的器皿作响
五	门、窗、地板、天花板和屋架木料轻微作响, 开着的门摇动, 个上落下, 粉饰的灰粉散落, 抹灰层上可能有细小裂缝	无损坏	不流通的水池里, 起不大的波浪	室内差不多所有人和室外大多数人感觉, 大多数人从梦中惊醒, 家畜不宁, 悬挂物明显地摇动, 少量液体从装满的器皿中溢出, 架上放置不稳的器物翻倒或落下
六	“Ⅰ”类房屋许多损坏, 少数破坏, 非常坏的房、棚可能倾倒; “Ⅱ”类房屋许多轻微损坏, “Ⅲ”类房屋少数损坏	牌坊、砖石砌的塔和院墙轻微损坏。个别情况下, 道路上湿土中或新的填土中有细小裂缝	特殊情况下, 潮湿、疏松的土里有细小裂缝 个别情况下, 山区中偶有不大的滑坡, 土石散落或陷穴	很多人从室内跑出, 行动不稳, 家畜从厩中跑出 器皿中的液体剧烈地动荡, 有时溢出, 架上的书籍和器皿等有时翻倒或坠落, 轻的家具可能移动
七	“Ⅰ”类房屋大多数损坏, 许多破坏, 少数倾倒; “Ⅱ”类房屋大多数损坏, 少数破坏; “Ⅲ”类房屋大多数轻微损坏 (可能有破坏的)	不很坚固的院墙少数破坏, 可能有些倒塌; 较坚固的院墙损坏; 不很坚固的城墙很多地方损坏, 有些地方破坏。城墙少数倒塌, 较坚固的城墙有些地方损坏。牌坊、砖石砌的塔和工厂烟囱可能损坏。碑石和纪念物很多轻微损坏。由于黄土崩滑, 土窑洞的洞口遭受破坏。个别情况下, 道路上有细小裂缝, 路基陡坡和新筑道路、土堤的斜坡上偶有塌方	干土中有时产生细小裂缝, 潮湿或疏松的土中裂缝较多、较大, 少数情况下冒出夹泥沙的水。个别情况下, 陡坡滑坡, 山区中有不大的滑坡和土石散落, 土质疏松的地区可能发生崩滑。山泉的流量和地下水位可能发生变化	人从室内仓惶逃出, 驾驶汽车的人也能感觉 悬挂物强烈摇动, 有时损坏或坠落, 轻的家具移动, 书籍、器皿和用具坠落
八	“Ⅰ”类房屋大多数破坏, 少数倾倒; “Ⅱ”类房屋许多破坏, 少数倾倒; “Ⅲ”类房屋大多数损坏, 少数破坏 (可能有倾倒的)	不很坚固的院墙破坏, 并有局部倒塌。较坚固的院墙局部破坏。不很坚固的城墙很多地方破坏, 有些地方崩塌, 城墙许多倒塌, 较坚固的城墙有些地方破坏, 砖石塔墙少数倒塌。牌坊许多损坏, 砖石砌的塔和工厂烟囱遭受破坏, 不很坚固的破坏。不很稳定的碑石和纪念物很多损坏有些翻倒, 路堤和路堑的陡坡有不大的塌方, 个别情况下地下管道的接头处遭受破坏	地上裂缝宽达几厘米, 土质松散的山坡和潮湿的河滩上, 裂缝宽达 10 厘米以上, 地下水位较高的地区, 常有夹泥沙的水从裂缝里冒出。在岩石破碎土质松散的地区里, 常发生相当大的土石散落, 滑坡和山崩, 有时河流受阻, 形成新的水塘, 有时井泉干涸, 或产生新泉	人很难站得住, 由于房屋破坏, 人、畜有伤亡, 家具移动, 并有一部分翻倒
九	“Ⅰ”类房屋大多数倾倒; “Ⅱ”类房屋许多倾倒; “Ⅲ”类房屋许多破坏, 少数倾倒	不很坚固的院墙大部倒塌, 较坚固的院墙大部破坏, 局部倒塌。较坚固的城墙很多地方破坏, 城墙许多倒塌。牌坊可能破坏。砖石砌的塔和工厂烟囱很多破坏, 甚至倾倒。较稳定的碑石和纪念物很多翻倒。道路上有裂缝, 有时路基毁坏, 个别情况下, 铁轨局部弯曲	地上裂缝很多, 宽达 10 厘米, 斜坡上或河岸边疏松的堆积层中, 有时裂缝纵横, 宽达几十厘米, 绵延很长。很多滑坡和山石散落, 山崩。常有井泉干涸或新泉产生	家具翻倒并损坏
十	“Ⅲ”类房屋许多倾倒	牌坊许多破坏。砖石砌的塔和工厂烟囱大都倒塌, 较稳定的碑石和纪念物大都翻倒, 路基和土堤毁坏, 道路变形, 并有很多裂缝, 铁轨局部弯曲, 地下管道破裂。	地上裂缝几十厘米, 个别情况下达 1 米以上, 堆积层中的裂缝有时组成宽大的裂缝带, 断续绵延可达几公里以上, 个别情况下, 岩石中有裂缝, 山区和岸边的悬崖崩塌, 疏松的土大量崩滑, 形成相当规模的新湖泊, 河、池中发生冲击的大浪	家具和室内用品大量损坏
十一	房屋普遍毁坏	路基和土堤等大块毁坏, 大块铁轨弯曲。地下管道完全不能使用	地面形成许多宽大裂缝, 有时从缝里冒出大量疏松的浸透水的沉积物。大规模的滑坡、崩滑和山崩, 地表产生相当大的垂直和水平断裂。地表水情况和地下水位剧烈变化	由于房屋倒塌, 压死大量人畜, 淹没许多财物
十二	广大地区内房屋普遍毁坏	建筑物普遍毁坏	广大地区内, 地形有剧烈的变化。地表水和地下水情况剧烈变化	由于浪潮及山区崩塌和土石散落的影响, 动、植物遭到毁灭

注: Ⅰ房屋类型

“Ⅰ类”: ①简陋的棚舍。

②土坯或毛石等砌筑的拱窑。

③夯土墙或土坯、碎砖墙; 树枝、草泥做顶等施工粗糙的房屋。

“Ⅱ类”: ①夯土墙或用低级灰浆砌筑的上坯、碎砖、毛石、卵石等墙, 不用木柱的, 或虽有细小木柱, 但无正规木架的房屋。

②老旧的有木柱的房屋。

“Ⅲ类”: ①有木架的房屋 (宫殿、庙宇、城楼、钟楼、鼓楼和较好的民房)。

②竹笆或灰板条外墙, 有木架的房屋。

③新式砖石房屋。

2 建筑物的破坏程度

轻微损坏——粉刷的灰粉散落, 抹灰层上有细小裂缝或小块剥落, 偶有砖、瓦、土坯或灰浆碎块等坠落, 不稳固的饰物滑动或损伤。

损坏——抹灰层上有裂缝, 泥块脱落, 砌体上有小裂缝, 不同的砌体之间 (如砖墙间) 产生裂缝, 个别砌体局部崩塌, 木架偶有轻微拔榫, 砌体的突出部分和民房烟囱的顶部扭转或损伤。

破坏——抹灰层大片脱落, 砌体裂开大缝或破裂, 并有个别部分倒塌, 木架拔榫, 柱脚移动, 部分房屋破坏, 民房烟囱倒下。

倾倒——建筑物的全部或相当大部分的墙壁、楼板和屋顶倒塌, 有时屋顶移动, 砌体严重变形或倒塌, 木架显著地倾斜, 构件折断。

基本烈度

地震基本烈度是某地区今后一定时期内在一般场地条件下可能遭受的最大烈度。

我国属于基本烈度 7 度~9 度的主要城市

表 1

地区	7 度区	8 度区	9 度区
华北区	河北 石家庄、邯郸、张家口、保定、 秦皇岛、邢台、沧州	北京 天津 河北 唐山	山西 临汾
	山西 长治、榆次、侯马 内蒙古自治区 集宁、二连浩特	山西 太原、大同 内蒙古自治区 呼和浩特、包头、乌海	
东北区	辽宁 沈阳、辽阳、旅大、鞍山、抚顺、 锦州、丹东、铁岭、朝阳	辽宁 营口	
	吉林 长春、吉林、四平	吉林 白城	
华东区	江苏 南京、徐州、连云港、镇江、 扬州、清江、泰州	安徽 阜阳	
	安徽 合肥、淮南、蚌埠、六安、宿州 江西 九江 福建 厦门、泉州、漳州 山东 枣庄、烟台、德州、威海		
中南区	广东 广州、湛江、佛山、肇庆、珠海	广东 汕头、海口、潮州	
	广西壮族自治区 北海 湖南 长沙、常德 河南 焦作、鹤壁、许昌 湖北 鄂城	湖南 岳阳 河南 安阳、新乡、三门峡	
西南区	四川 成都、乐山、自贡、渡口、宜宾		四川 西昌
	云南 昆明、个旧 西藏自治区 拉萨 贵州 六盘水		云南 东川 下关
西北区	陕西 咸阳、宝鸡	陕西 西安	
	甘肃 玉门 青海 西宁 新疆维吾尔自治区 乌鲁木齐、喀什、伊宁、奎屯	甘肃 兰州、天水、嘉峪关 宁夏回族自治区 银川、石嘴山	

注：台湾资料暂缺。

建筑工程的地震破坏和灾害

表 3

破坏类型	破坏原因	破坏或灾害情况
1. 主要承重结构破坏	主要承重结构强度不足，如承重墙体强度不足，使墙体产生交叉裂缝而破坏；钢筋混凝土柱被剪断压碎等	结构破坏，严重时可导致建筑倒塌
2. 结构丧失整体性	建筑结构部分构件或局部结点强度不足，延性不好，或锚固连接太差，使结构丧失稳定性而破坏	结构破坏，并可导致整个建筑倒塌
3. 地基失陷	地震使地基承载力下降以致丧失，如地基中饱和沙土等的液化等	建筑物倾斜或倒塌
4. 次生灾害	由于建筑物的破坏，引起火灾、水灾、污染等次生灾害	次生灾害严重，如 1923 年日本关东大地震，震塌房屋 13 万栋，而地震引起的火灾烧毁房屋 45 万栋

设计烈度

一、建筑物按其重要性分为四类

甲类建筑，破坏时会产生不可挽回的严重损失。如产生放射性物质的污染，剧毒气体的扩散，大爆炸和其它政治、经济、社会的重大影响等。在未作为统一的规定之前，应根据具体情况，按国家规定的批准权限审批后确定。抗震设计需采取专门的处理，如提出专门的设防安全水准，根据专门研究提出地震动设计参数，以及采用规范规定以外的设计方法和构造措施。

乙类建筑，指城市生命线系统的建筑，包括医疗、广播、通讯、交通、供水、供电、供气、消防、粮食等等，但不是所有的每一个这种建筑都要列为乙类建筑，已有专门的规定；国家重点抗震城市已分批公布。鉴于其重要性，这类建筑可适当增加抗震措施，但一般情况地震力不再成倍提高，也不采用重要性系数调整。

丙类建筑，为大量的一般工业与民用建筑，抗震设计和抗震措施均按当地的设防烈度考虑。

丁类建筑，为抗震上次要的建筑，抗震计算一般按当地的设防烈度，与人员伤亡无关的建筑酌降，而抗震措施则降低一度考虑。

二、各类建筑的地震作用计算应按下列要求考虑

甲类建筑，按专门研究的地震动考虑；其余各类建筑按本地区的基本烈度考虑，但基本烈度为 6 度时，除按建筑抗震规范的具体规定外，可不进行地震作用的计算。

三、各类建筑的设计烈度

甲类建筑，需特殊考虑；乙类建筑可按本地区的基本烈度提高一度考虑；丙类建筑按本地区基本烈度考虑；丁类建筑可按本地区的基本烈度降低一度考虑。

乙类建筑，在基本烈度为 6 度的地区建造时，应考虑抗震设防，设计烈度提高为 7 度。

地震破坏

地震破坏的等级

表 2

等级	I	II	III	IV	V	VI
破坏情况	全部倒塌	大部倒塌	局部倒塌	局部破坏	裂缝	基本完好

设防范围

一、基本烈度为7度~10度地区的建筑工程,均应考虑地震作用和抗震设防。

二、基本烈度为6度地区的省会和市区人口在百万以上的城市,位于市区的下列工程按7度设防。

- 1.位于城市或城市上游,地震时将影响城市安全的一级挡水建筑。
- 2.担负对国内、外广播的广播发射台、节目传送台、播控中心和电视台、电视发射台等。
- 3.城市的长途通讯枢纽(包括电报局)、重要市话局、长途干线(包括明线、电缆和微波)郊外站、国际无线电台、卫星地面站等。
- 4.铁路干线和枢纽的通信、信号、行车、调度、给水、电力等房屋,乘务员公寓及大型车站楼和重要桥梁。
- 5.对外主要公路干线的重要桥梁。
- 6.装机容量为50万kW的发电厂、枢纽变电站和调度楼。
- 7.有关国计民生的重要大型工矿企业的主要生产厂房,全厂性的动力设施,通讯、调度、电算、试验中心,贵重仪器、仪表间以及地震时易产生严重次生灾害的尾矿坝、危险品库和储有放射性物质的装置等。
- 8.7层及7层以上的砖混建筑和10层以上的钢筋混凝土建筑。
- 9.30m以上的砖烟囱。

三、济南、郑州、洛阳、马鞍山、淮北、铜陵、芜湖、常州、宜兴、溧阳等10个城市市区的下列重要工程可按7度设防。

- 1.属本页设防范围第二条所列各项工程。
- 2.城市主要水厂的输水建筑物,包括泵机房、控制室、净化池、贮水池。
- 3.有200病床以上的医院。
- 4.500床位以上的招待所、旅馆。
- 5.1000座位以上的礼堂、影剧院。
- 6.4层及4层以上或面积3000m²以上的百货商场。
- 7.6层和6层以上的砖混建筑;3层和3层以上的空斗墙建筑。

设防要求

- 一、在遭受较常遇到的小于本地区基本烈度的地震作用时,建筑物不致损坏,以满足正常使用要求。
- 二、在遭受本地区基本烈度的地震作用时,建筑物可能有损坏,这种损坏不致危及人和生产设备的安全,不需修理或稍加修理即可恢复使用,以满足有限损坏的要求。
- 三、在遭受极少可能发生的,高于本地区基本烈度的地

震作用时,避免建筑物的倒塌或发生影响生命安全的严重破坏,以满足保障人身安全的要求。

四、以上要求可概括为

- 小震(小于基本烈度)不损坏。
- 中震(基本烈度)有损坏。
- 大震(大于基本烈度)不倒塌。

五、按建筑物的结构抗震阶段。

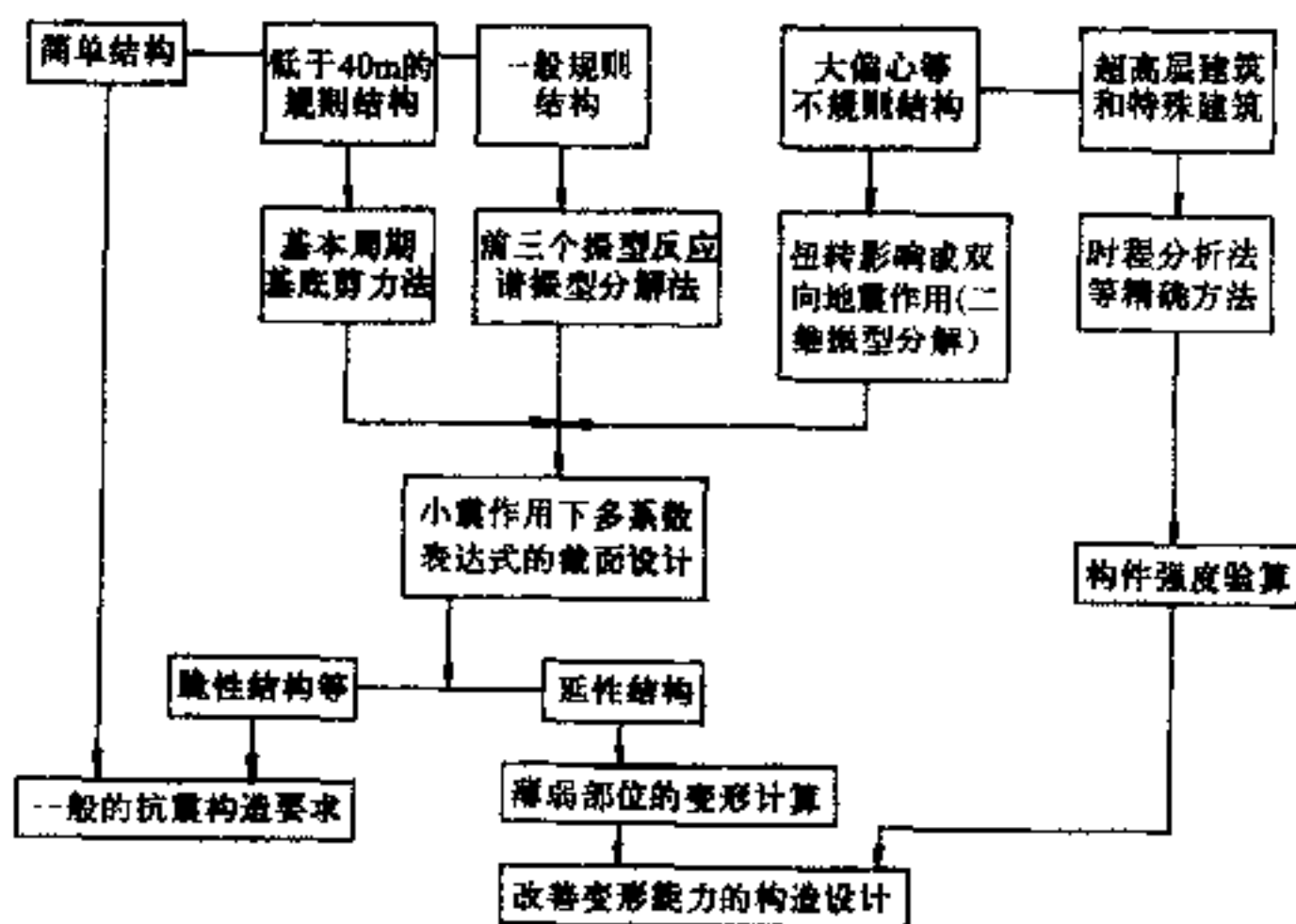
- 小震—建筑物处于弹性阶段。
- 中震—建筑物部分到达塑性阶段,控制变形在许可范围以内。
- 大震—建筑物处于塑性阶段,控制变形避免倒塌。

设计方法

一、先按小震的地震参数,求出结构在弹性状态下的地震作用效应,根据地震作用效应同其他荷载效应的组合及经抗震调整系数调整后的结构构件抗力,进行截面的抗震设计,以保证必要的强度水平;再采取规定的抗震措施等以保证结构的变形能力。

二、验算结构的薄弱环节,并采取措施达到大震不倒塌或不受严重破坏的要求,大多数结构不需进行这一设计阶段。

三、各种结构的计算和验算方法如下:



设计原则

- 一、选择对抗震有利的场地和地基。
- 二、全面规划,避免地震时发生次生灾害如火灾和爆炸等。
- 三、选择技术先进、经济合理的抗震结构方案。
- 四、力求建筑体型简单,重量、刚度对称和均匀分布,避免立面、平面上的突然变化和不规则的形状。
- 五、保证结构的整体性,并使结构和连接部分具有较好的延性。
- 六、不做或少做地震时易倒、易脱落的装饰物、女儿墙、挑檐等。
- 七、减轻建筑物自重,降低其重心位置。
- 八、在设计中提出保证施工质量的要求。

场地选择

一、选择建筑物的场地时,应根据工程需要,掌握地震活动情况和工程地质的有关资料,对场地作出综合评价。应尽量选择对建筑物抗震的有利地段,避开不利的地段,并严禁在危险的地段进行建设。

二、场地分类:

- 1.对建筑物抗震有利的地段,一般是属于Ⅰ类场地上或开阔平坦、坚实均匀的Ⅱ类场地土等地段。
- 2.对建筑物抗震不利的地段,一般是属于Ⅲ类场地土、条状突出的山脊、高耸孤立的山丘、非岩质(其中包括胶结不良的第三系沉积)的陡坡、河岸和边坡边缘、地基持力层在平面分布上软硬不均(如古河道、断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷及半填半挖地基等)、非发震断裂与发震断裂带交汇的附近等地段。
- 3.对建筑物抗震危险的地段,一般是发震断裂带及地震时可能发生滑坡、山崩、地陷等地段。

场地土的分类

表1

分 类	场 地 土 质
Ⅰ 类	稳定岩石
Ⅱ 类	除Ⅰ、Ⅲ类场地土外的一般稳定土
Ⅲ 类	饱和松砂、软塑至流塑的轻亚粘土、淤泥和淤泥质土、冲填土以及其他松软的人工填土等

场地土影响

一、震害

由于场地土质的不同、土层的厚薄、工程水文地质条件以及建筑结构形式等的影响,在某烈度区内会出现烈度或震害增大和烈度或震害减小的区域或场地。

1.唐山大地震中场地覆盖土层厚薄的影响

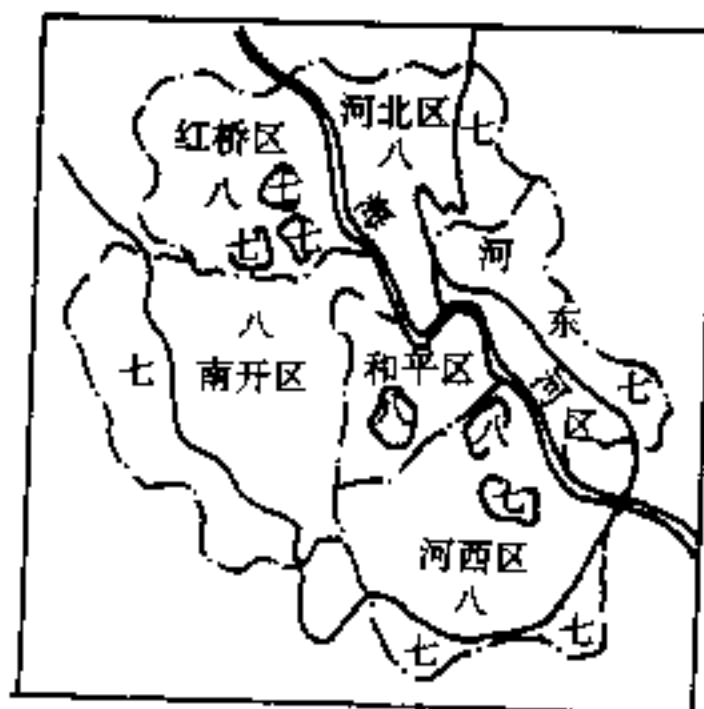
唐山地区覆盖土层厚度对震害的影响

表2

区 域	基岩上覆盖土层厚度	场地土类别	震 害	
唐 山 市	路南區	厚达数百米	Ⅲ	严重
	路北區	较薄,在大城山、凤凰山一带有石灰岩露头	I ~ II	较路南區轻,大城山凤凰山一带更轻
唐家庄矿	工人住宅区	较厚	Ⅲ	老工房及新工人村的矿工住房几乎全倒塌
	山下的工房	2m 左右	I	轻微至中等破坏

2.唐山大地震天津市区的

基本烈度为8度,其中,海河两岸场地土质较差,大多属8度区,离河较远则场地土质有所改善,烈度减小为7度;在红桥区、和平区和河西区中,又有局部场地土质条件不同,烈度减小或提高的小区。



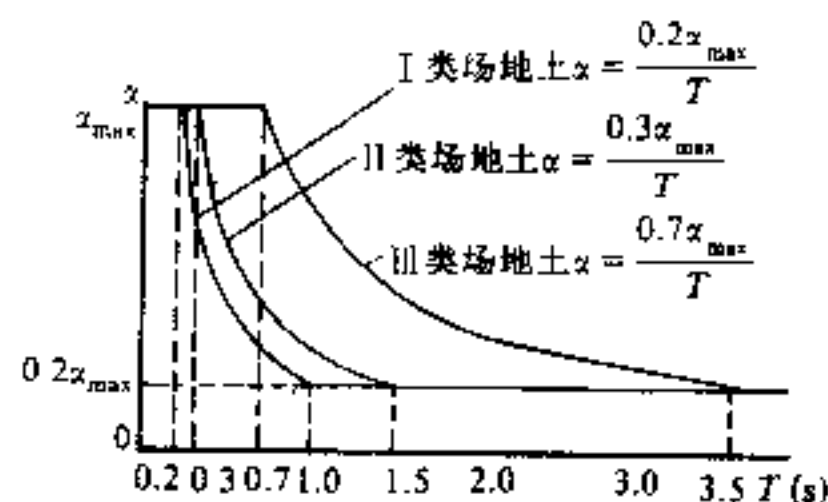
Ⅰ 唐山大地震天津市区的烈度分布

二、地震荷载

我国建筑抗震规范 TJ11—78 规定,场地土的性质直接影响地震荷载。

$$Q_0 = C\alpha_1 W$$

式中 Q_0 ——总地震荷载; α_1 ——地震影响系数,随场地土而变化
 W ——建筑物总重量;



2 场地土地震影响系数 α

地基液化

一、当建筑场地内有饱和砂土层或粒径 $>0.05\text{mm}$ 的颗粒占总重 40% 以上的饱和轻亚粘土层时,应经试验确定在地震时是否可能液化。地基土液化时,地基土将丧失承载能力,建筑物会产生过大的沉陷,导致建筑物倾斜破坏以至倒塌。

二、当可液化土层不在建筑地基的主要受力层内时(地基主要受力层是:条形基础底面三倍于基础宽度或单独基础一倍于基础宽度的深度,厚度 $<5\text{m}$ 的范围),可按一般地基设计,但高层建筑尚需加强上部结构的刚度。

三、主要受力土层为可液化土层时,应采取处理措施。

地基液化的处理措施

表3

建筑类别	地 基 的 液 化 等 级		
	Ⅰ级(轻微) 液化指数 0~5	Ⅱ级(中等) 液化指数 5~15	Ⅲ级(严重) 液化指数 >15
甲 类	A	A	A
乙 类	B 或 C	A 或 B+C	A
丙 类	C 或 D	一般优先考虑 C, 其次考虑其他	一般采用 A, 当有困难时可采用 B+C
丁 类	D	D	采用简单经济的措施

表中: A——全部消除液化沉降的措施,如采用桩基础或深层加固、挖除液化土层等。

B——部分消除地基液化沉降的措施,如加固或挖除部分液化土层等。

C——地基基础和上部结构构造措施,一般包括减小或适应建筑不均匀沉降的各项构造措施。

D——可不采取措施。

工程地质勘察

抗震设防的建筑物除一般的工程地质勘察外,尚应

- 一、确定场地抗震烈度。
- 二、查明场地内的抗震危险和不利地段。
- 三、岩层上覆盖土层的厚度和性质。
- 四、场地土类别的调查,考虑地质构成、剪切波速、场地土地震时的卓越周期等,综合进行研究判别。
- 五、当场地内有饱和的砂土层或轻亚粘土层时,应确定地震时是否可能液化以及液化的等级。

抗震[6]结构选型

结构选型

一、我国建筑抗震设计规范规定

1.钢筋混凝土结构

钢筋混凝土建筑的许可高度 (m) 表 1

结构类型		设计烈度		
		7 度	8 度	9 度
框架	现浇	50	40	
	装配	30	25	
剪力墙、筒体		150	120	70

2 砖石结构

多层砖房的高度限值 (m) 表 2

墙体类别	设计烈度		
	7 度	8 度	9 度
24cm 及以上的实心墙	19	13	10
18cm 墙	12	9	—

注: ①房屋的高度指室外地面到檐口的高度。
②医院、学校等横墙少的房屋, 高度限值应降低3m。
③房屋的层数不宜超过4m。
④砖的标号不宜低于75号, 砂浆标号不宜低于25号。
⑤当房屋高度超过本表规定时, 可采用钢筋混凝土构造柱加强, 当高度超过3m左右时, 每隔8m左右在内外墙交接处及外墙转角处宜设构造柱; 当高度超过6m左右时, 每隔4m左右在内外墙交接处(或外墙垛处)及外墙转角处宜设构造柱。

3.钢结构, 高度不限。

4.综合结构选型

各类结构的建筑高度限值 (m) 表 3

结构类别		设计烈度		
		7 度	8 度	9 度
砖石结构	一般	19	13	10
	加构造柱	25	19	—
钢筋混凝土结构		150	120	70
钢结构		不限		

二、国外抗震建筑的结构选型

国外对抗震建筑的结构选型要求严格。对抗震性能低的砖石结构控制很严, 对高层建筑则要求更高。

1.日本

各类结构的许可层数为:

- 砖石结构 1~3 层
- 钢筋混凝土结构 1~6 层
- 劲性钢筋混凝土结构 7~15 层
- 钢结构 不限

对建筑物的高度则严格控制(见表4)。

不同结构的建筑许可高度 表 4

建筑物	钢筋混凝土	劲性钢筋混凝土	钢
中低层	≤20m 可用	可用	可用
	20~30m 一般不能用 一定条件下可用	可用	可用
	30~45m 不能用 或审查批准	可用 但地震力加大	审查批准
高层	>45m 不能用	审查批准	审查批准

注: 由日本建筑中心审批。

2.美国

地震区各类结构的建筑物的许可层数为:

- 木结构 1~2 层
- 配筋砖石结构 3~4 层
- 钢筋混凝土结构 ~10 层
- 钢筋混凝土剪力墙结构 ~20 层
- 钢结构 不限

对于砖石结构, 由于在美国的无筋砖石结构遭到严重破坏, 1933 年长滩地震后, 要求在地震区的砖石结构应配筋以提高抗震性能。

对于地震区的钢筋混凝土结构一般要求现浇, 建筑层数可达 10 层, 当采用抗震的剪力墙时, 可建高到 20 层以下。

3.英国

地震区建筑的结构选型 表 5

	高层建筑	中层建筑	低层建筑
各类结构的 优劣排列	1.钢 2.钢筋混凝土	1.钢 2.现浇钢筋混凝土 3.优质的预制钢筋混凝土 4.预应力混凝土 5.优质的加筋砖石结构	1.木 2.现浇钢筋混凝土 3.钢 4.预应力混凝土 5.优质的加筋砖石结构 6.预制钢筋混凝土 7.一般的加筋砖石结构

注: 对于预制钢筋混凝土结构和加筋砖石结构一般仅用于低层建筑中。

4.原苏联

原苏联地震区建筑设计规范 СНиП II-A12-69 规定:
房屋的极限高度 (层数)

承重结构	设计地震烈度		
	7 度	8 度	9 度
钢	一般不作限制		
钢筋混凝土框架、现浇剪力墙	一般不作限制		
大板式无骨架墙式结构	39m (12)	30m (9)	24m (7)
混合结构墙, 当砌体为:	1 级	30m (9)	24m (7)
	2 级	24m (7)	18m (5)
砖石墙, 当砌体为:	1 级	18m (5)	15m (4)
	2 级	15m (4)	12m (3)
	3 级	12m (3)	7m (2)

注: ①房屋高度是指从设计地面标高到外墙顶面的高度。
②设计烈度为8度和9度的医院和学校, 其高度限制为三层。
③砌体等级为2级或以上时, 才可作为混合式结构。

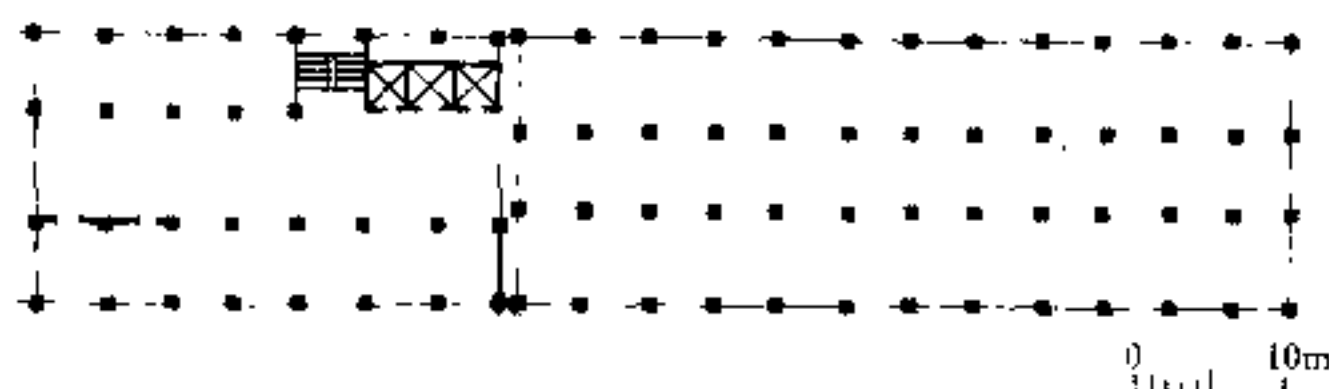
三、综合国内外的建筑抗震规定, 可归纳为

- 1.地震区建筑需采用砖石结构时, 应严格控制建筑的高度或层数。
- 2.不配筋的砖石结构, 抗震性能低, 震害重, 一般不宜采用。
- 3.预制的钢筋混凝土结构抗震性能不如现浇钢筋混凝土结构, 应适当从严控制。
- 4.高层建筑的结构选型应严格要求。
- 5.横墙较少的医院、学校等公共建筑应严格控制其高度或层数。

结构体系

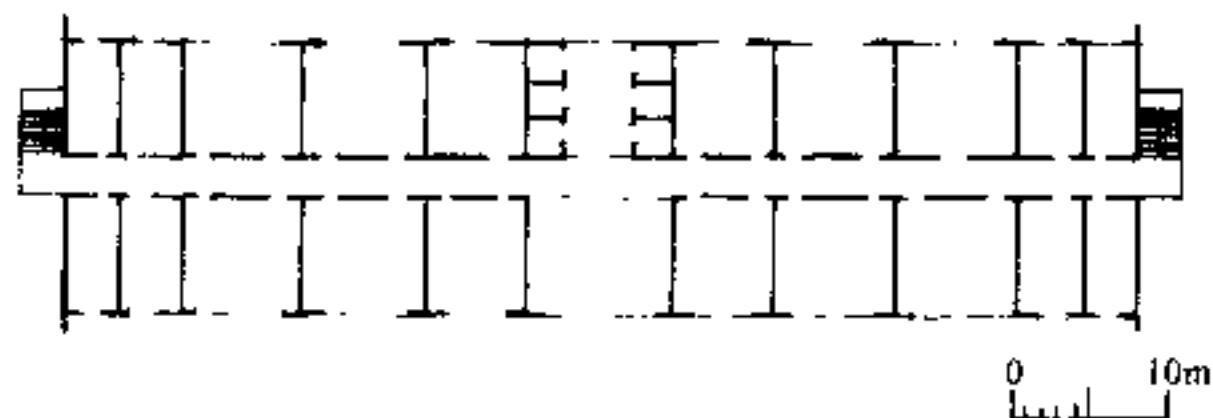
一、钢筋混凝土结构一般有以下抗震结构体系

- 1 框架 只有梁柱组成的纯框架结构。
- 2 剪力墙 包括剪力墙和壁式框架结构。
- 3 框架-剪力墙 框架结构与剪力墙结构共同抗震的结构体系。
- 4 筒体 包括内筒体（或称核心筒）、外筒体、筒中筒和多筒体，由框架组成的外筒体称为框筒。



西段 框架-剪力墙结构（高 47.3m） 东段 框架结构（高 37.4m）

1 天津友谊宾馆



2 广州白云宾馆 剪力墙结构（高 106.6m）

二、剪力墙结构和筒体结构的结构强度和刚度较大，抗震性能较好；框架结构的结构强度和刚度较小，抗震性能较低，对于抗震要求较高的高层建筑等应尽量选用剪力墙结构、筒体结构或框架-剪力墙结构。

钢筋混凝土结构体系的许可高度（m）

表 2

结构体系		设计烈度		
		7 度	8 度	9 度
框 架	现 浇	50	40	
	装 配	35	25	
剪 力 墙	无框支剪力墙	140	110	70
	有框支剪力墙	100	80	50
框架-剪力墙		120	90	50
筒 体	单 筒 体	120	90	50
	筒中筒、多筒体	150	120	70

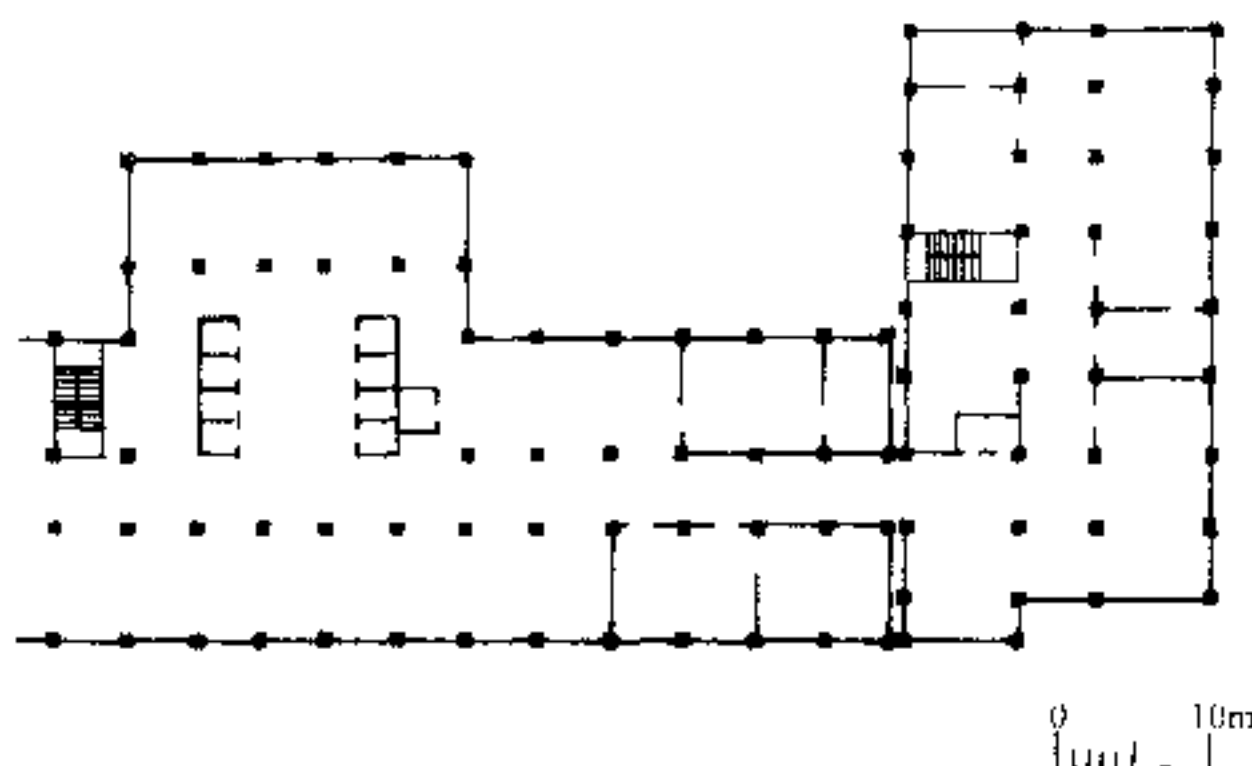
注：1 当有可靠的科学试验依据或有效措施时，表中许可高度可以适当放宽。

2 设计烈度为 9 度的建筑物当需采用框架结构时，应专门研究并应尽量降低建筑高度。

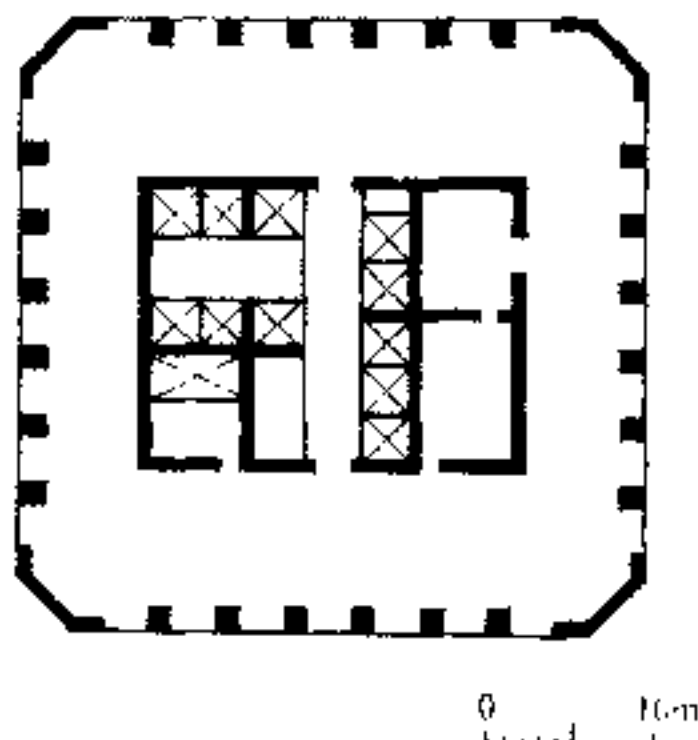
三、钢筋混凝土结构体系的施工要求

1 剪力墙和筒体应现浇。

2 框架应尽量现浇。当需采用装配式时，应采取有效抗震措施，并且采用现浇柱、预制梁和楼板在接头处现浇形成装配整体式框架。



3 新北京饭店 框架-剪力墙结构（高 77.2m）



4 广东国际大厦 筒中筒结构（高 195.8m）

四、其他结构体系中，无梁楼板结构体系和板柱结构体系均有柱无梁，其抗震强度和刚度均明显小于框架结构，一般不能满足抗震要求。需在多层建筑中采用这二类结构体系时，应专门另行设置抗震的剪力墙或筒体等结构。

五、建筑物的抗震结构体系应尽量满足建筑使用要求。框架结构体系能满足建筑上灵活使用和大空间的要求，但抗震性能不如剪力墙和筒体等结构体系；剪力墙结构体系的抗震性能好，但建筑平面布置上受剪力墙的限制，使用不灵活，建筑空间小，不能适应需要大空间的公共建筑；框架-剪力墙和筒体结构体系则抗震性能好，且能满足建筑使用上大空间的要求，应用较普遍。

结构体系的建筑使用情况和抗震性能

表 3

结构体系	建 筑		结 构	
	建筑使用	建筑空间	抗震性能	建筑许可高度
框 架	灵活方便	大	较低	小
剪 力 墙	限制，不灵活	小	高	大
框架-剪力墙	较灵活	较大	较高	较大
筒 体	较灵活	较大	高	大

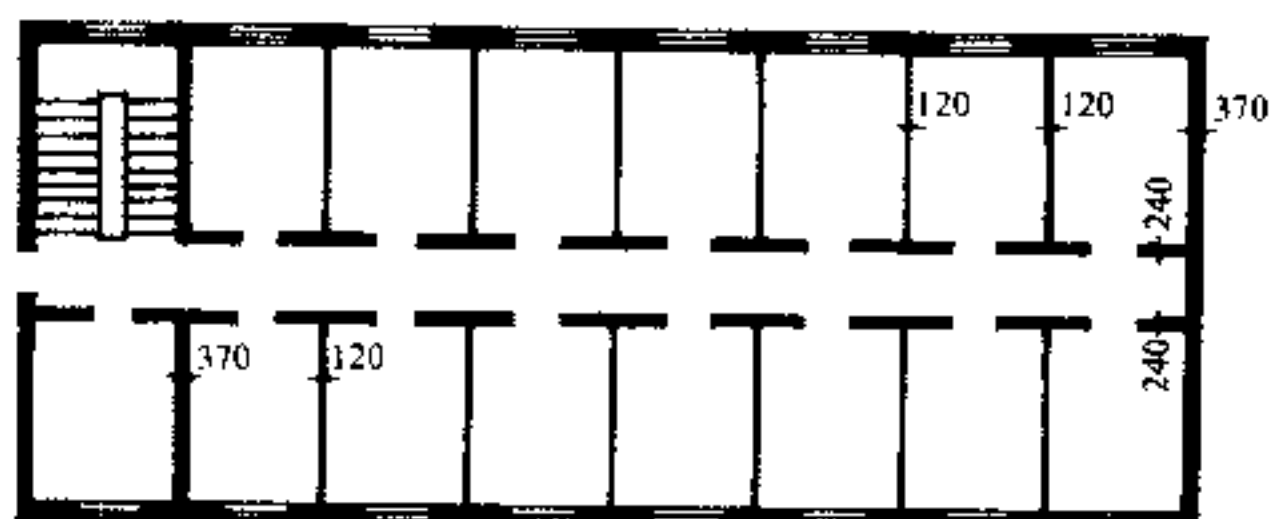
各类高层建筑宜采用的结构体系

表 4

建筑类型	建筑高度 $H \leq 50m$	建筑高度 $H > 50m$
住 宅	剪力墙、框架-剪力墙	剪力墙、框架-剪力墙
旅 馆	剪力墙、框架-剪力墙	剪力墙、框架-剪力墙、筒体
公共建筑	框架-剪力墙	筒体、框架-剪力墙

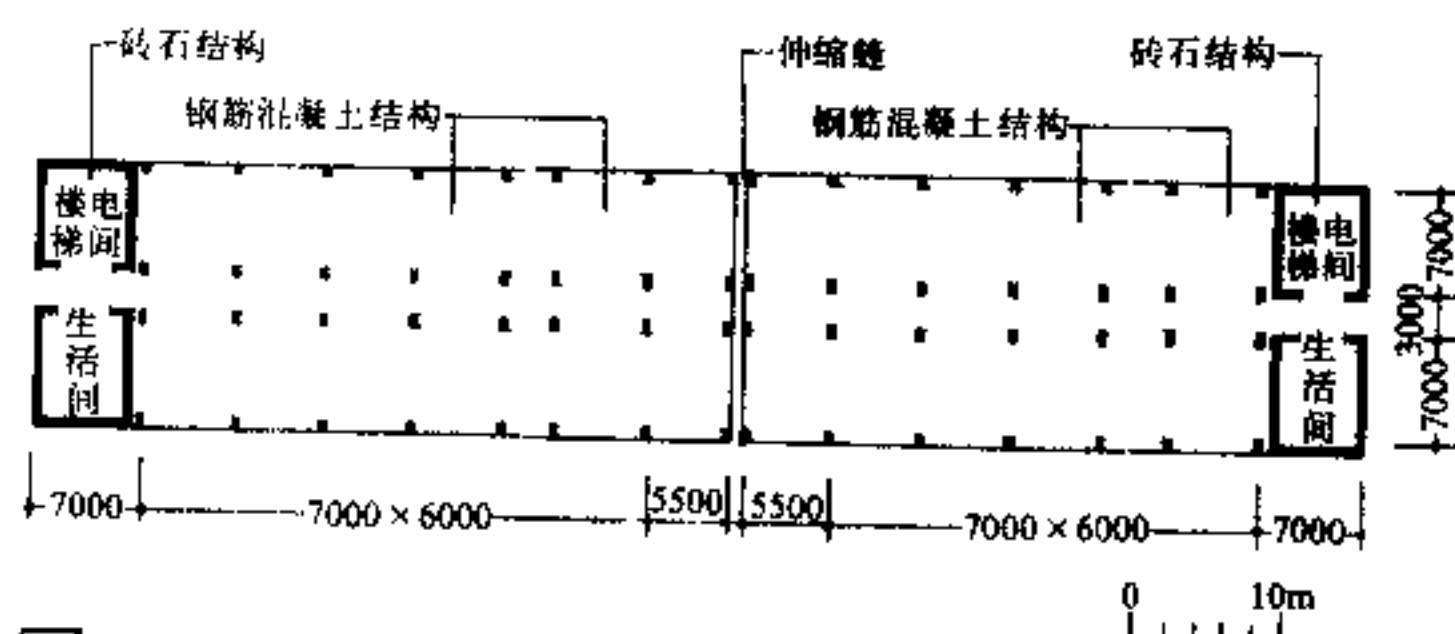
抗震[8]结构布置

一、建筑物应在两个主轴方向或几个主轴方向布置抗震结构体系。对空间较大的建筑物应防止任一主轴方向没有布置满足抗震要求的结构体系。例如纵墙承重的砖房因横向主轴没有布置抗震结构,易产生严重震害,在1975年辽宁海城地震中,多数学校建筑以及海城招待所侧楼等砖石房屋,由于采用了纵墙承重结构而遭到严重破坏。

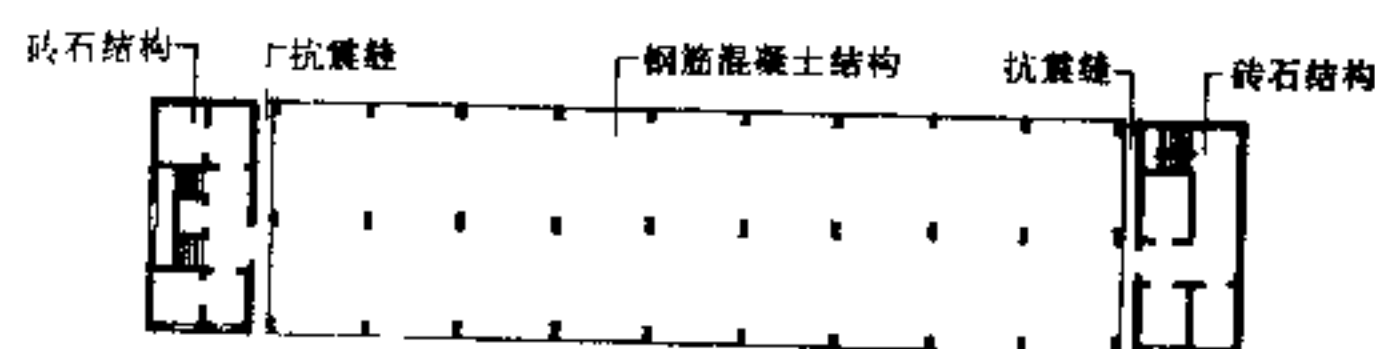


1 海城招待所侧楼 砖石结构纵墙承重

二、在一栋建筑物内有两种不同结构时,应设置抗震缝将两种不同结构分开。唐山大地震中,天津市有二栋多层厂房都是钢筋混凝土结构,两端的生活间和楼梯间则是砖混结构,钢筋混凝土结构与砖混结构连在一起没有设置抗震缝的754厂11号车间,遭到了严重破坏。另一栋设置了抗震缝,基本完好。

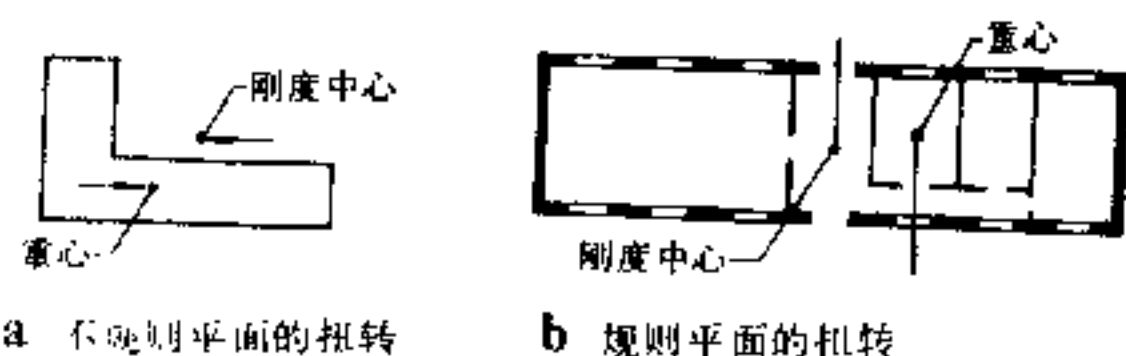


2 天津754厂11号车间



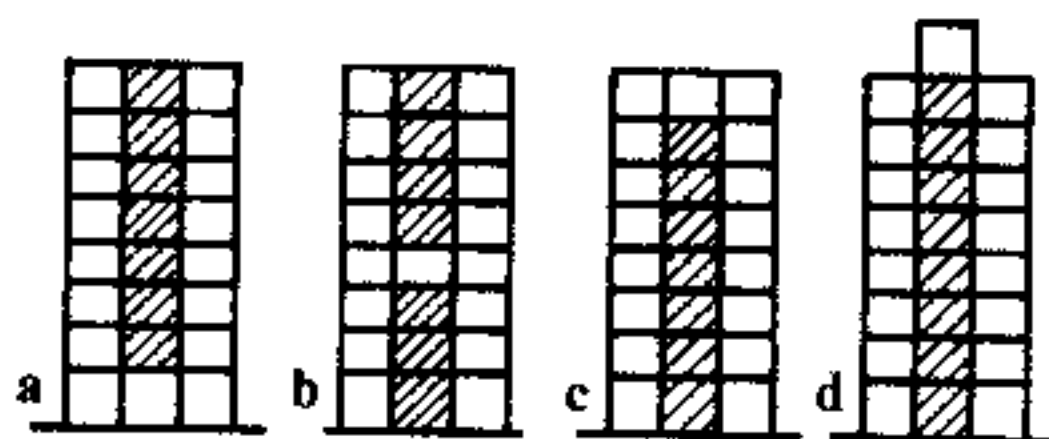
3 天津渤海无线电厂装配楼

三、结构布置宜对称均匀,结构的刚度中心与建筑物的重心宜尽量靠近以减少地震时的偏心扭转。



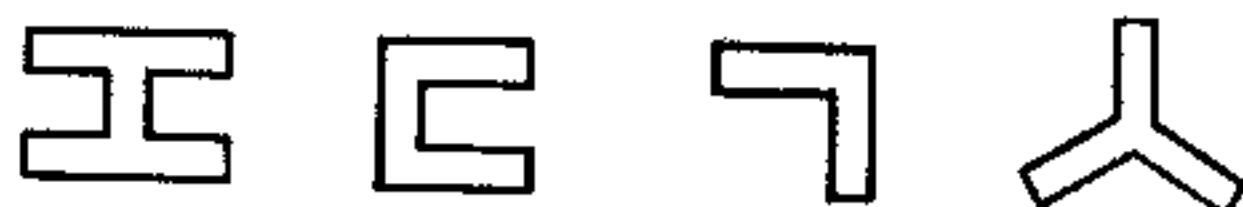
4 结构布置不均匀产生的扭转

四、在建筑物的竖向结构布置应使结构的刚度和强度均匀连续,不突变。底层或底下几层刚度突变、中间层刚度突变、顶层空旷和顶上突出等均对抗震不利。

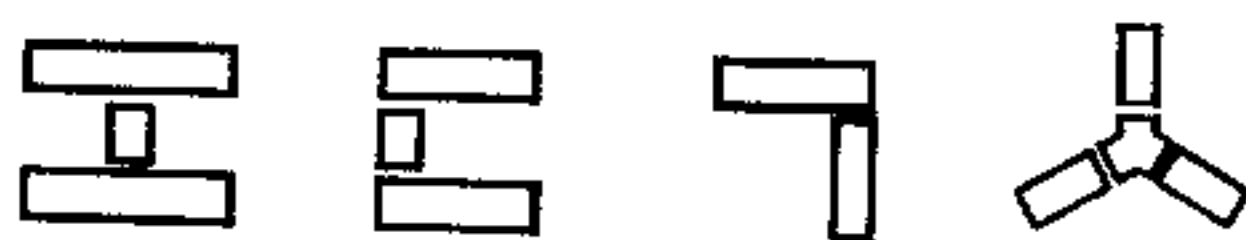


5 对抗震不利的结构竖向布置

五、对抗震不利的建筑平面,宜设置抗震缝分割成简单规则的建筑单元。



a 对抗震不利的建筑平面



b 用抗震缝分割成独立建筑单元

6 建筑平面

六、遇下列情况时,宜设置抗震缝

- 1.建筑平面中,凹角长度较长或突出部分较多。
- 2.房屋有较大错层。
- 3.建筑各部分的结构刚度或荷载相差悬殊。
- 4.地基不均匀,各部分沉降差过大。

七、抗震缝的间距一般采用伸缩缝的间距。

钢筋混凝土结构抗震缝的最大间距

表1

结构类型	施工方法	抗震缝最大间距(m)
框架	装配式	90
	现浇	70
框架-剪力墙	外挂板	70
	外墙现浇	50
剪力墙	装配式大板	70
	现浇	60
	外挂板	60
	外墙现浇	50

八、抗震缝应沿房屋全高设置,基础可不设抗震缝,但在抗震缝处应加强上部结构和基础的连接。

九、抗震缝的最小宽度应根据不同结构类型和体系以及设计烈度确定。

抗震缝的最小宽度

表2

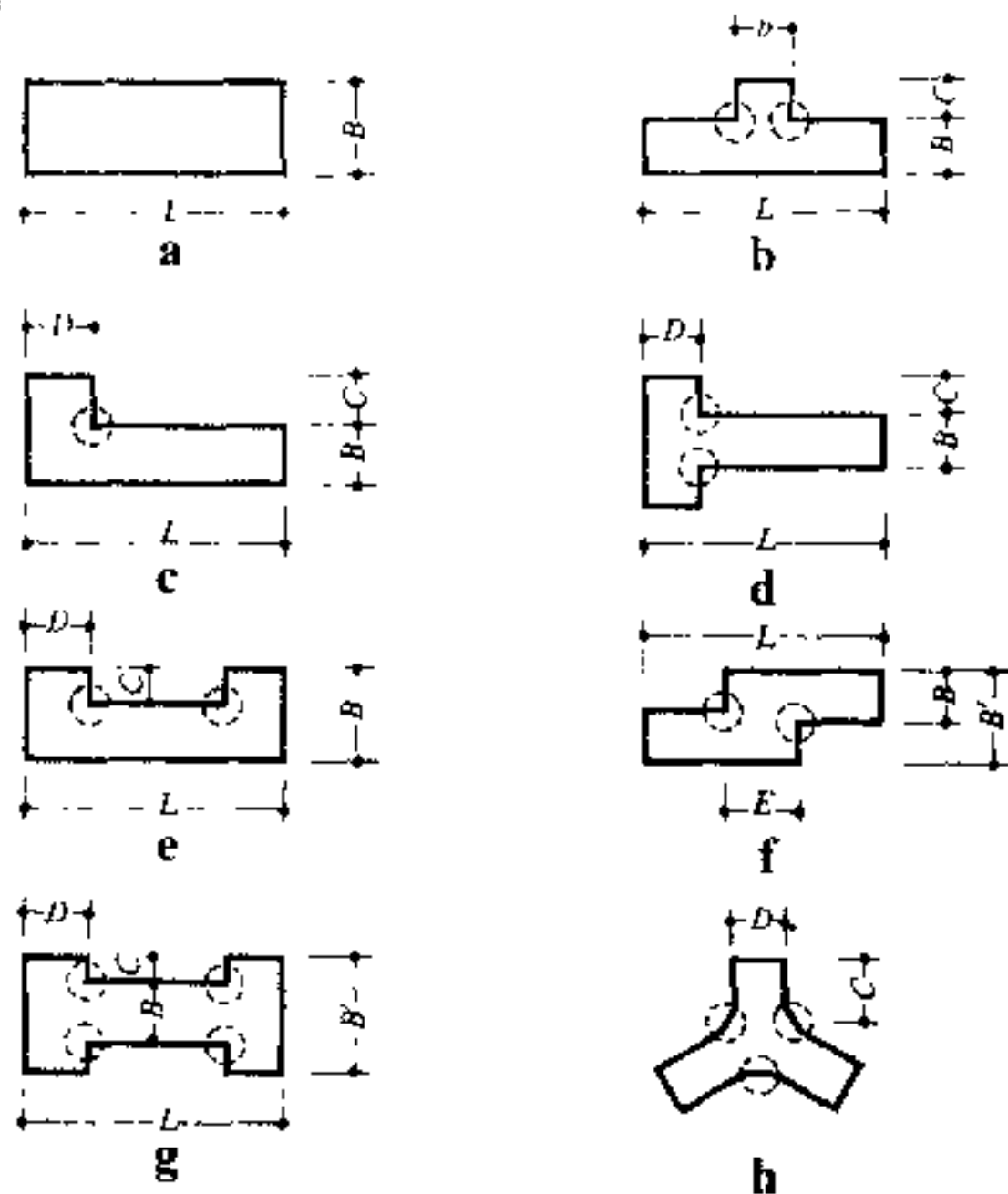
结构类型		设计烈度			
		6度	7度	8度	9度
钢筋混凝土	框架	$H/250$	$H/200$	$H/150$	—
	框架-剪力墙	$H/300$	$H/250$	$H/200$	$H/120$
	剪力墙	$H/400$	$H/350$	$H/250$	$H/150$
砖石结构		5~10cm			

注:1表中 H 为相邻结构单元中较低单元的楼层高度。

2 H 不包括屋面突出的电梯间、水箱间等的高度。

一、规则性

建筑平面宜规则和简单,在[1]的几种常用建筑平面中, c、d、e、f属不规则的凹角平面,需采取抗震加强措施。



1 常用的建筑平面

建筑平面长度 L 不宜过长,突出部分 C 应尽量缩小,在[1]中,凹角连接处 $\odot$ 部位宜采取加强措施, L 、 C 、 E 等值应加限制。

建筑平面中 L 、 C 、 E 的限制值

表1

设计烈度	L/B	L/B'	C/D	E/B
7度	≤ 6	≤ 5	≤ 2	≥ 1
8度	≤ 5	≤ 4	≤ 1.5	≥ 1

注: 1 L/B 值7度时一般宜 ≤ 4 , 8度时宜 ≤ 3 。当超过时,宜采用刚度较大的剪力墙或筒体等结构。

2 突出部分 C/D 值一般宜 ≤ 1 。

二、对称性

1.建筑平面宜尽量对称以提高抗震性能,国内外地震区的古代砖石建筑保存至今仍完好的,建筑平面都是对称的。

地震区现存古代砖石建筑的平面和结构

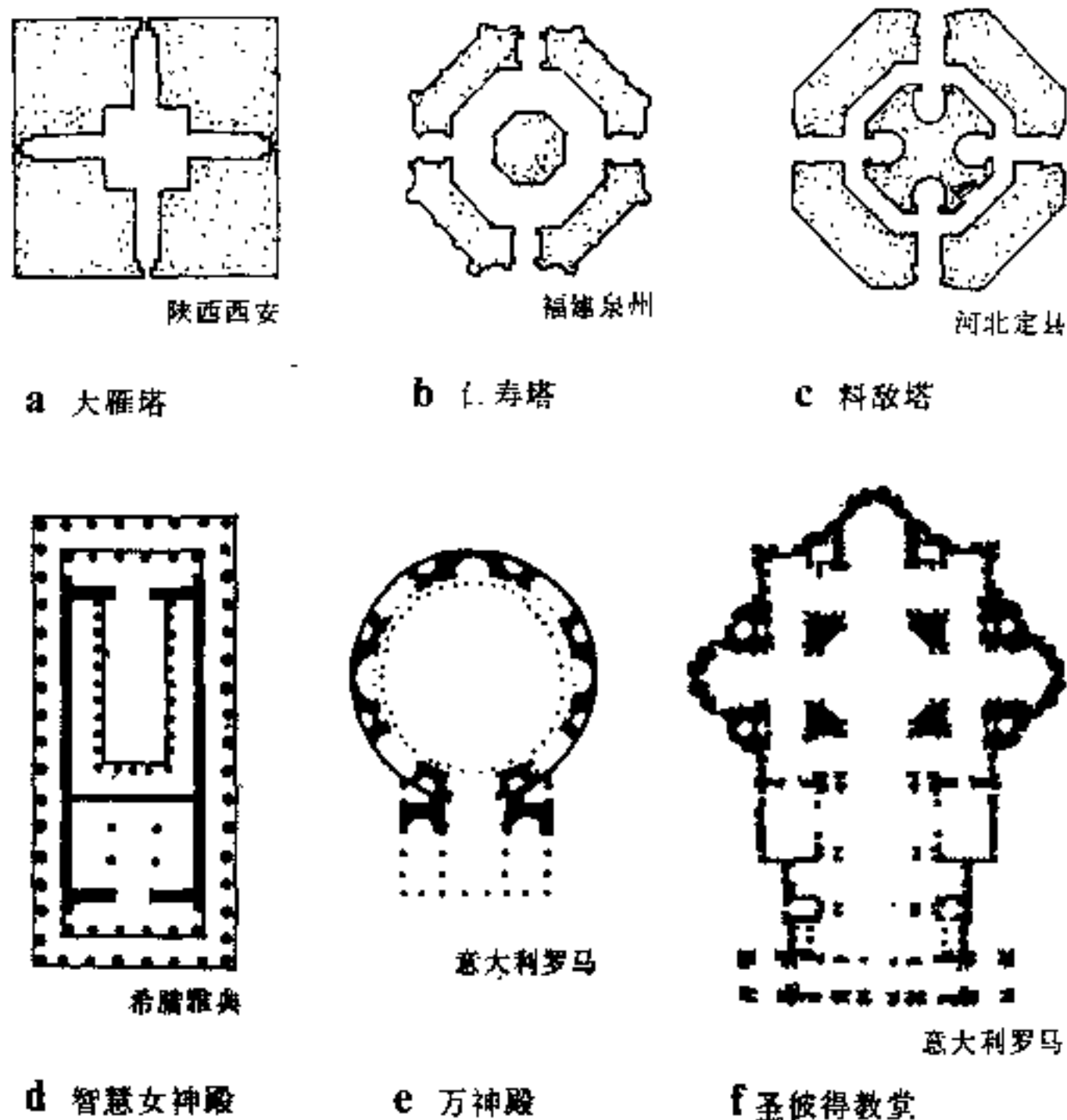
表2

建筑名称	地点	建造年代	高度(m)	平面	结构
大雁塔	陕西西安	704年	64.0	正方形	砖砌单筒体
料敌塔	河北定县	1056年	84.2	正八边形	砖砌双层筒体
仁寿塔	福建泉州	1237年	44.0	正八边形	石砌双层筒体
智慧女神殿	希腊雅典	公元前432年	单层	矩形	石砌剪力墙
万神殿	意大利罗马	120年	单层	圆形	混凝土和砖石圆筒
圣彼得教堂	意大利罗马	1506年	单层	见图[2]	砖石墙和柱

2.不对称的建筑平面对抗震是不利的,因为

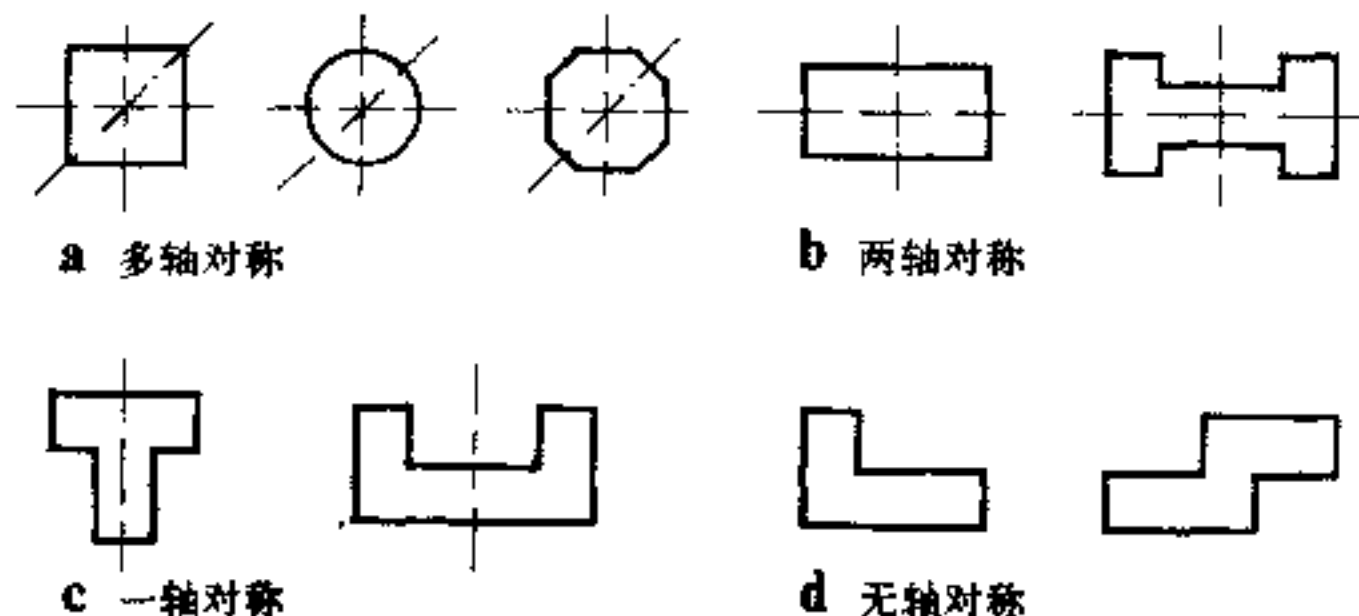
(1) 不对称会造成结构刚度中心与建筑物质量重心之间的较大偏心,地震时导致较大的扭转而产生震害。

(2) 不对称会产生应力集中,如在凹角连接处等有较大的集中地震应力而导致严重震害。



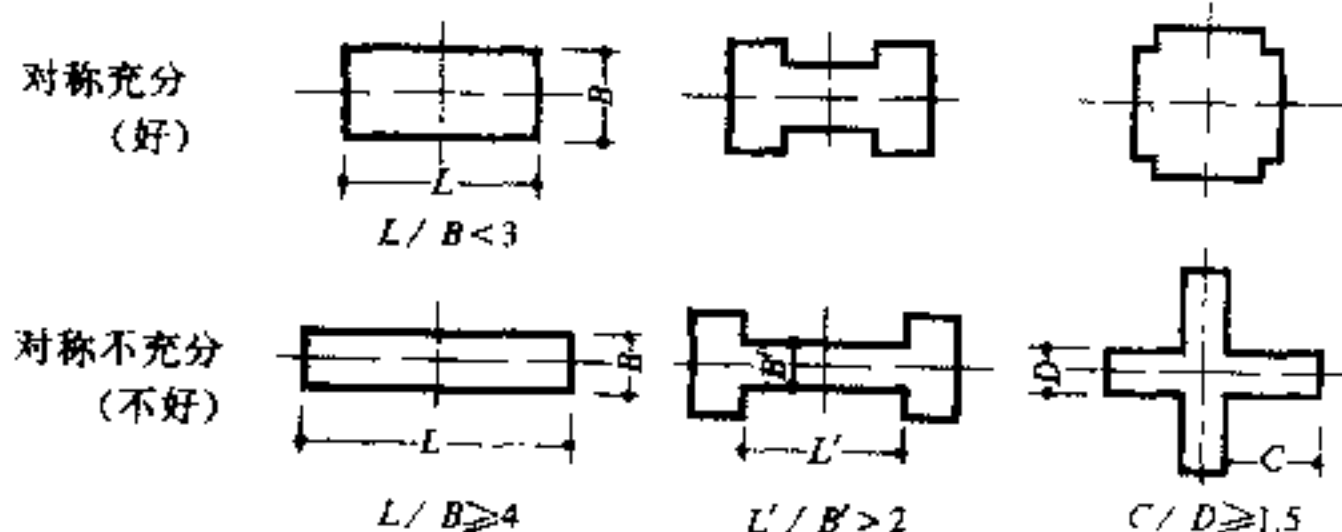
2 地震区现存古代砖石建筑的平面图

3.由于地震可能来自任一方向,建筑平面宜尽量多轴对称,无轴对称则明显抗震不利。正方形、正八边形、圆形等则是多轴对称,抗震性能良好。



3 建筑平面的对称性

4.同一对称平面,由于平面中长度等具体尺寸的不同,可分为对称充分抗震好和对称不充分抗震不好两类。



4 建筑对称平面的分类

矩形的对称平面 L/B 宜 < 3 。如 > 3 时,地震中建筑的两端会产生反相位的振动,会导致建筑物产生较大的扭转,对抗震是不利的。

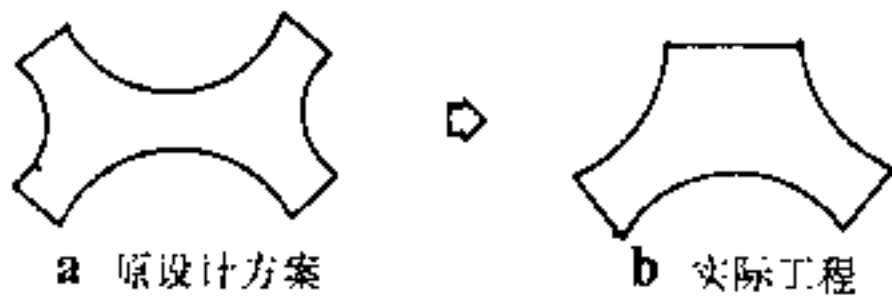
在对称的H形平面中,当 $L'/B' > 2$ 时,则对抗震不利。

三、均匀性

均匀性是抗震结构的刚度在平面布置上的均匀性，主要抗震结构如剪力墙和筒体等均应均匀布置以减小偏心扭转，要尽量避免端部刚度大、中间刚度小的偏心扭转。

1 不均匀的对称

对于H形、X形等对称平面中，两端刚度大，中间“颈”部刚度小，地震时，两端将产生反相位振动会导致较大的偏心扭转及中部楼板的弯曲和扭转，易产生严重震害。北京国际饭店是29层的高层建筑，剪力墙结构，原设计方案考虑如a形，因抗震不利修改为b形。



1 北京国际饭店建筑平面图

2 虚假的对称

建筑平面对称而结构刚度不均匀有较大偏心时，为虚假的对称，不利于抗震。尼加拉瓜的马拉瓜市之15层中央银行是对称的矩形平面，框架结构，但刚度较大的楼、电梯间和设备管道间等核心筒则布置在一端，使结构刚度很不均匀，在1972年马拉瓜大地震中建筑遭到严重破坏。而与中央银行隔街相邻的17层美洲银行，因平面正方，筒体结构，刚度均匀，基本无偏心，地震后建筑基本完好。

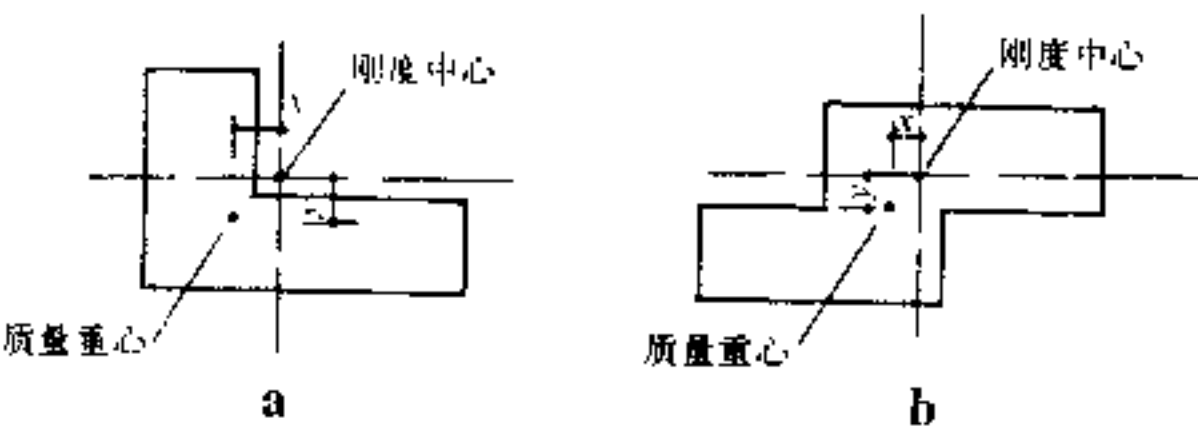


2 尼加拉瓜马拉瓜市中央银行

3 尼加拉瓜美洲银行

3.不对称平面的均匀性

当建筑平面不对称时，抗震结构刚度的均匀性更为重要。建筑平面不对称而结构刚度又不均匀，地震时会产生严重震害；建筑平面不对称而结构刚度布置均匀，在几个主轴方向的偏心均较小时，则可减小偏心扭转等抗震不利的影响，是提高建筑物抗震性能的有效措施。



4 不对称平面两个主轴方向的偏心

对于空旷的多层砖房如学校、商店、医院等建筑，当建筑平面不对称时，抗震墙体刚度的均匀性尤为重要。空旷砖房墙体少，抗震强度较低，如刚度不均匀，又增大了扭转等不利影响，地震时会导致墙体严重开裂破坏或倒塌。

四、密实度

密实度是指抗震结构的平面密度或称面积率。结构的平面密度大则抗震性能高，反之结构的平面密度小则抗震性能低。结构的平面密度与地震荷载、结构抗震强度和建筑层数等密切相关。

结构的平面密度 表1

抗震类别	设计烈度		结构抗震强度		建筑层数		
	高	低	高	低	低层	多层	高层
结构平面密度	大	小	大	小	小	一般	大

1.砖石建筑

砖石结构抗震强度低，结构平面密度应大。建筑高度愈高则结构平面密度愈大。

地震区现存古代砖石建筑的结构平面密度 表2

建筑名称	大雁塔	料敌塔	仁寿塔	智慧女神殿	万佛殿
高度(m)	64.0	84.2	44.0	单层	单层
结构平面密度	80%	75%	64%	20%	20%

砖石结构墙体的抗剪强度较低，抗震能力小，对于空旷的多层砖房，当设计烈度为8度或大于8度时，由于结构平面密度小，常不能满足抗震要求，需加密和加强墙体或改用钢筋混凝土结构。

2.钢筋混凝土建筑

钢筋混凝土结构抗震强度较高，结构平面密度可降低，但仍应限制最小百分率以保证抗震安全。

日本对关东、福井、十胜冲三次大地震的调查统计，钢筋混凝土结构抗震墙柱的结构平面密度和震害的关系很明显：

- (1) 壁率（抗震墙占的面积率）大的震害小。
- (2) 剪力墙结构：多数建筑的“墙量”在日本抗震规范规定的12cm²/m²以上，这类结构没有震害。
- (3) 框架—剪力墙结构
 - a.墙量在5cm²/m²左右时，框架无破坏，墙上有裂缝。
 - b.墙率在100cm²/m²以上的结构无破坏；当墙率在50cm²/m²左右，“墙柱率”在200cm²/m²以上时，无震害。
 - c.墙量少的结构，墙遭受较重破坏，柱子出现剪切裂缝，柱上主筋压屈。

以上是一般多层钢筋混凝土建筑的调查，对于高层建筑则要求结构平面密度更大。

五、抗震

1. 抗震横墙的问题

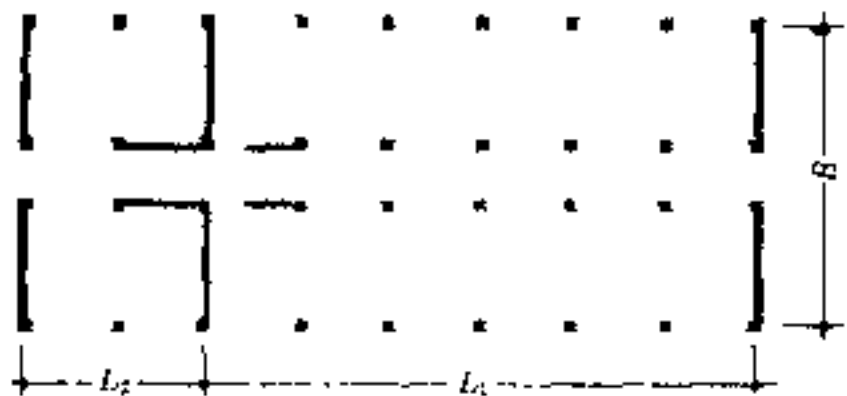
抗震墙是主要抗震结构，在建筑平面内，抗震墙的许可间距应根据不同结构、楼盖类别和设计烈度等确定。

2. 钢筋混凝土结构

横向剪力墙的问题

表 1

楼 盖 类 别	设 计 烈 度	
	7 度	8 度
现浇钢筋混凝土	$\leq 4.0B$	$\leq 3.0B$
装配式钢筋混凝土	$\leq 2.5B$	$\leq 2.0B$



注: B 为建筑平面的宽度

1. 框架—剪力墙结构 $L_1 > L_2$ 剪力墙间距取 L_1

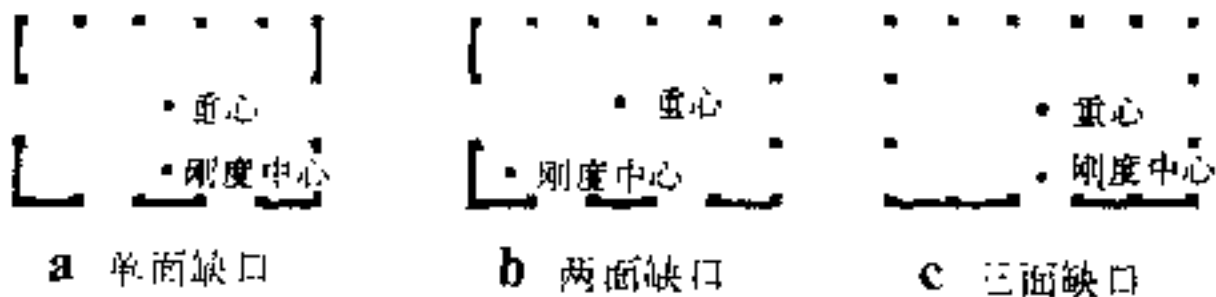
2. 砖石结构

抗震横墙的最大间距 (m)

表 2

楼 盖 类 别	设 计 烈 度		
	7 度	8 度	9 度
现浇钢筋混凝土	18	15	11
装配式钢筋混凝土	15	11	7
木	11	7	4

2. 抗震墙应对称均匀布置，减小偏心、不对称或不均匀布置的抗震墙，偏心扭转较大，易产生严重震害。



2. 抗震墙不合理的缺口布置

当抗震墙周边布置时，应尽量避免缺口布置。缺口布置的偏心扭转较大，其中两面缺口的更为严重。砖石房屋的抗震墙体缺口布置对抗震不利；钢筋混凝土剪力墙缺口布置时，也会产生严重震害。

3. 抗震刚度

钢筋混凝土剪力墙的抗震刚度与剪力墙的平面布置密切相关：剪力墙周边布置则刚度大，中心布置则刚度小，如图 31 中，当柱距相等时，周边布置的力臂 d 比中心布置的力臂 d 大 3 倍，即抗震刚度约大 9 倍。



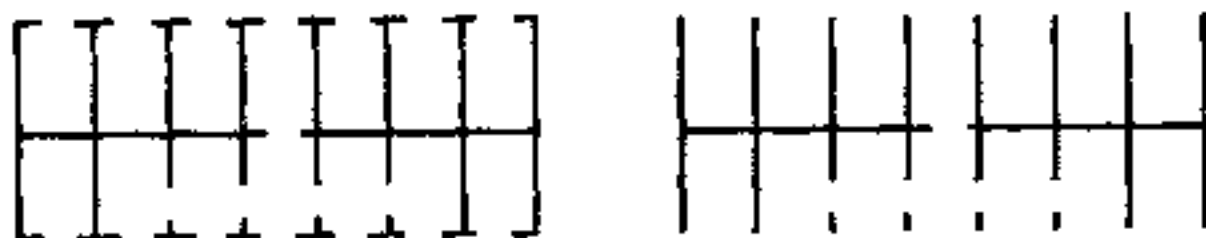
3. 剪力墙的平面布置

在剪力墙结构的高层住宅中，纵向结构布置有

(1) 内纵墙采用剪力墙；外纵墙为剪力墙、钢筋混凝土大板或实心砖墙，均可抗震。

(2) 内纵墙采用剪力墙，外纵墙采用轻质材料则不能抗震，纵向仅一条内纵墙，刚度和强度小，对抗震不利。

唐山地震中，北京两幢剪力墙高层住宅，横墙和内纵墙都采用剪力墙，布置相同。一幢是外纵墙采用混凝土大板，震后基本完好；另一幢外墙采用轻混凝土不能抗震，形成“鱼骨式”，震后内纵墙遭到明显损坏。



a 外纵墙剪力墙、大板、砖墙 b 外纵墙轻质墙（鱼骨式）

4. 剪力墙结构高层住宅的纵墙布置

4. 剪力墙布置的受力情况和抗震性能综合如下。

剪力墙布置的受力情况和抗震性能

表 3

布 置 号	建 筑 刚 度	偏 心 扭 矩	抗 扭 刚 度	综 合 抗 震 性 能
1、6	大	很小	大	好
2	小	很小	很小	较差
3	小	大	小	很差
4	小	小	很小	差
5	中等	中等	较大	中等

序 号	轮廓示意	承受—地震力的构件	承受—地震力的构件	承受扭矩的构件 (○)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

5. 剪力墙的布置和受力简图

高宽比

建筑高度 H 和建筑宽度 B 的比例是建筑体型抗震的重大问题。国内外的震害调查和建筑工程实践都说明：高宽比小则建筑物的侧向刚度大，抗震能力高；高宽比大则建筑物的侧向刚度小，抗震能力低。

一、工程实例

我国地震区现存古代高塔的高宽比

高塔名称	地 点	高度(m)	层 数	建筑平面	结 构	高宽比
大雁塔	陕西西安	64.0	7 层	正方形	砖砌单筒体	2.6
料敌塔	河北定县	84.2	11 层	正八边形	砖砌双筒体	3.5
仁寿塔	福建泉州	44.0	5 层	正八边形	石砌双筒体	3.0
天宁寺塔	北 京	57.8	13 层	正八边形	砖砌实心筒	2.3
应县木塔	山西应县	67.3	外观 5 层 内部 9 层	正八边形	木 筒 体	2.3

我国 60m 以上高层建筑的高宽比

建 筑 名 称	地 点	层 数	高度(m)	结 构	高宽比
1 新北京饭店	北京	20	77.2	框架—剪力墙	3.86
2 北京图书馆书库	北京	19	64.0	剪力墙	1.53
3 彩电大楼	北京	26	107.0	筒中筒	4.76
4 国际贸易信托公司	北京	29	112.0	框 筒	4.36
5 民航局大楼	北京	15	60.8	框 架	4.28
6 民族文化宫	北京	13	62.1	框架—剪力墙	2.77
7 广州宾馆	广州	27	87.6	剪力墙	5.51
8 白云宾馆	广州	32	106.6	剪力墙	5.92
9 国际贸易中心	深圳	45	150.0	筒中筒	4.44
10 大名饭店	上海	20	68.0	框架—剪力墙	3.47
11 电讯大楼	上海	20	125.0	筒中筒	3.30

注：1 表中高层建筑均为钢筋混凝土结构。
2 北京的高层建筑均考虑了抗震设防。
3 上海、广州、深圳的高层建筑大多考虑了抗震设防，但设计烈度较低为 7 度，设计中多数是风荷载控制。

国外高层建筑的高宽比

国家	城 市	工 程 名 称	层 数	高度(m)	结 构	高宽比
美国	纽 约	世界贸易中心	110	412	钢结构筒中筒	6.49
	芝加哥	西尔斯大厦	109	443	钢结构成束筒	6.44
	休斯敦	贝壳广场大厦	52	215	钢筋混凝土筒中筒	5.34
日本	东 京	震央大厦	36	142	钢结构筒体	3.47
	东 京	早稻田大学 工程系教学楼	18	63	钢筋混凝土 框架加支撑桁架	3.25
	东 京	京桥第一相互馆	17	72	钢筋混凝土框架加筒体	2.49
尼加 拉瓜	马拉瓜	美洲银行	17	68	钢筋混凝土筒体	2.96
	马拉瓜	中央银行	15	55	钢筋混凝土框架	3.87

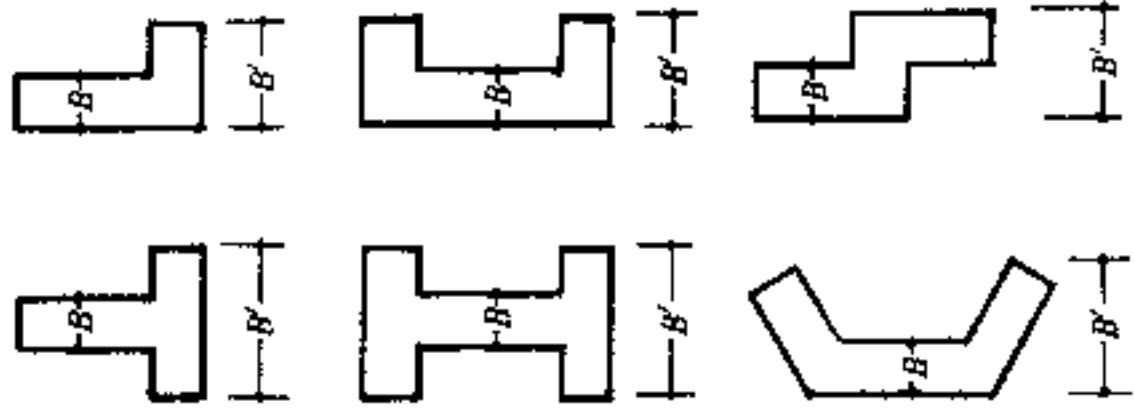
注：1 美国的三幢高层建筑均不考虑抗震设防。
2 尼加拉瓜马拉瓜中央银行不仅高宽比大，且结构体系是刚度小的框架体，结构刚度又不均匀，在马拉瓜地震中遭到严重破坏。

二、抗震要求

抗震设防的建筑物在承受水平地震荷载时，如同一个悬臂梁，需要较大的侧向刚度，即建筑物的高宽比应较小。

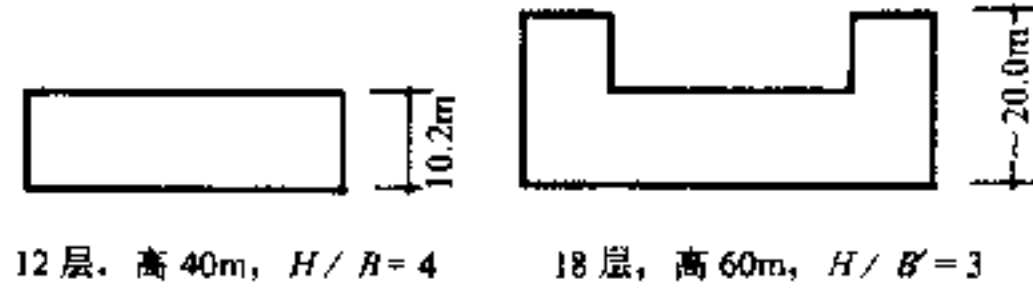
1. 对侧向刚度较小的框架结构，高宽比更宜小一些。对侧向刚度较大的剪力墙和筒体结构，高宽比可适当放宽。
2. 对强度和抗震性能较低的砖混结构，高宽比应小一些，一般宜小于 3。
- 3 设防烈度高时，高宽比应减小。

4. 对于 L 形、T 形、U 形、H 形等凹角体型建筑，高宽比 H/B 可以适当放大，因为凹角的突出部分较明显的增大了整个建筑的侧向刚度。



1 凹角体型建筑的宽度 B 和 B'

北京的高层住宅，设计烈度为 8 度，一般采用剪力墙结构，当采用矩形平面时，通常只能高 40m，约 12 层，高宽比 $H/B=4$ ；当采用凹形平面时，则高度可增加到 60m，约 18 层， $H/B'=3$ 。



2 设计烈度为 8 度的高层住宅

对于高层建筑，矩形平面的宽度 B 较小，许可高度和层数也较小；当采用凹角形平面时，则高度可增大至 60m 左右；60m 以上的高层建筑则宜采用宽度更大的塔形平面如方形、圆形、正八角形平面等。

三、高宽比限值

1. 对于钢筋混凝土结构，根据不同结构体系和设计烈度确定。

钢筋混凝土结构的高宽比 H/B 限值

结 构 体 系	设 计 烈 度			备 注
	7 度	8 度	9 度	
框 架	4	3	—	
框架—剪力墙、单筒体	5	4	3	
剪 力 墙	6	5	4	
筒中筒、成束筒	6	5	4	

2. 凹角体型钢筋混凝土建筑。

凹角体型建筑的高宽比 H/B' 限值

结 构 体 系	设 计 烈 度			备 注
	7 度	8 度	9 度	
框 架	4	3	—	
框架—剪力墙、单筒体	4	3	—	
剪 力 墙	5	4	3	
筒中筒、成束筒	5	4	3	

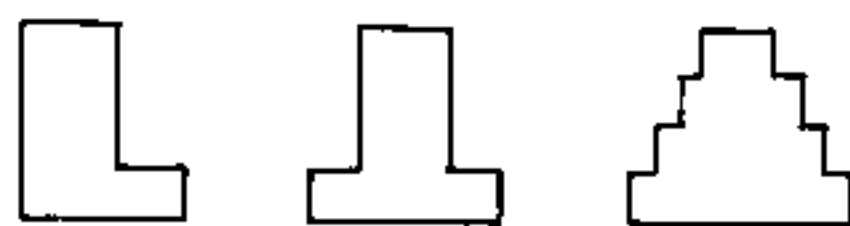
3. 对于钢结构，建筑的高宽比限值可取钢筋混凝土结构相同结构体系的高宽比限值。
4. 当建筑竖向有收进时，建筑物的侧向刚度相应减小，高宽比限值也宜减小。当建筑竖向收进尺寸较小在许可范围以内时，高宽比限值可不减小。

竖向收进

一、收进类型有

- 1.一般收进如[1]a。
- 2.有倾斜面的复杂收进如[1]b。
- 3.倒转收进如[1]c。

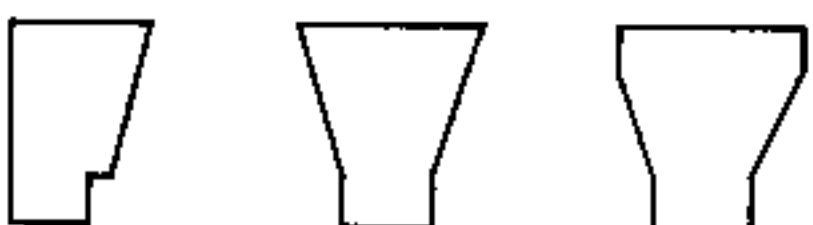
以上类型中又有对称的收进和不规则的收进两类。



a 一般收进



b 复杂收进

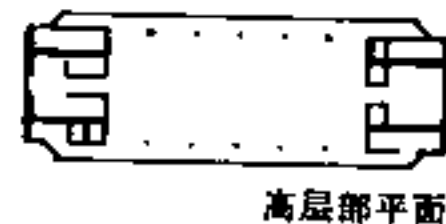


c 倒转收进

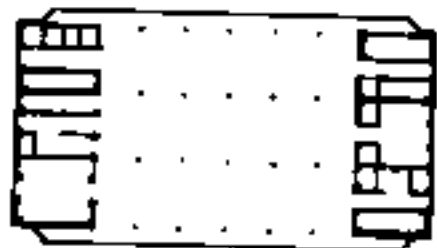
[1] 收进的类型



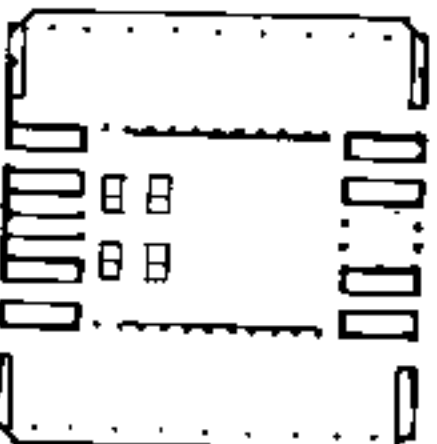
a 外形



高层部平面



中层部平面

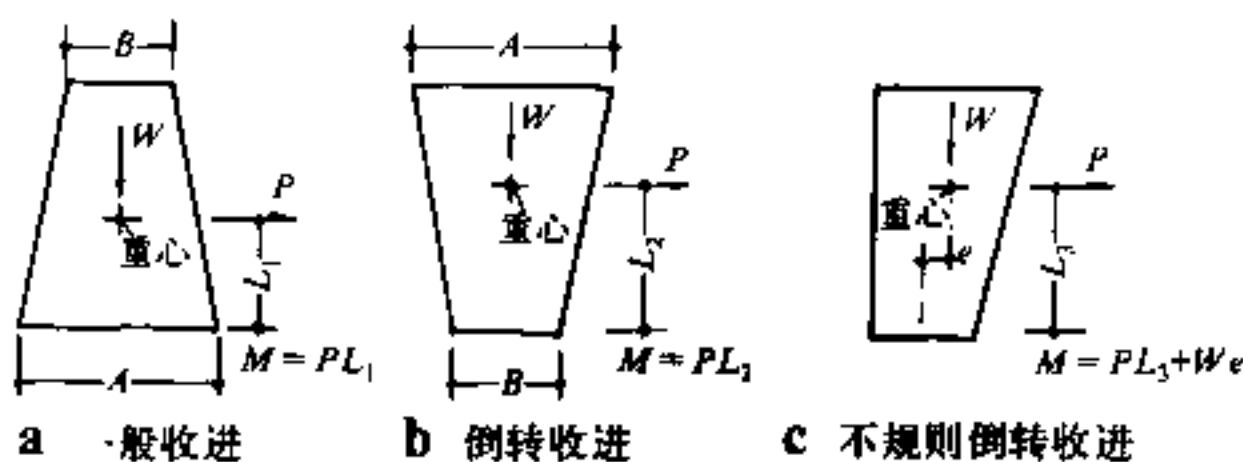


b 平面 低层部平面

[2] 日本 NEC 大楼 (复杂收进)

二、收进体型的抗震性能

- 1.一般收进在竖向凹角处，上下层刚度突变，应力集中，抗震不利。
- 2.有倾斜面的复杂收进，在收进处用斜面过渡，上下层的刚度和强度是连续的，没有凹角突变，抗震较好。
- 3.倒转收进不仅有竖向凹角上下层刚度突变等问题，且建筑重心上移，地震时会产生严重的倾覆，且底层宽度小，抗倾覆能力低，抗震更不利。
- 4.不规则收进除上述问题外，又增加了上下层重心的偏心，增大了地震倾覆，抗震更为不利。



[3] 收进体型的倾覆

5.单面倒转收进的不规则体型是倒转收进的常用类型，这种体型既有刚度和强度上大小小的抗震不利因素，又有重心上移增大抗震倾覆，更有重心偏心等严重问题，抗震是危险的。

一般收进与倒转收进的抗震比较

表 1

$n = \frac{A}{B}$	底层抗倾覆能力		底层底部地震应力		备注
	一般收进	倒转收进	一般收进	倒转收进	
1.4	1.6	1.0	1.0	2.2	
1.6	1.9	1.0	1.0	3.0	
1.8	2.2	1.0	1.0	3.9	
2.0	2.5	1.0	1.0	5.0	

注: A 和 B 是建筑物的底部和顶部宽度, 见图。

收进体型的综合抗震性能

表 2

类型	简图	刚度连续性	质量偏心	抗倾覆	底层地震应力
一般收进	对称	不连续(突变)	小	好	小
	不规则	不连续(突变)	大	一般	一般
复杂收进	对称	连续	小	好	小
	不规则	连续	大	一般	一般
倒转收进	对称	连续	小	差	大
	不规则	连续	大	更差	更大

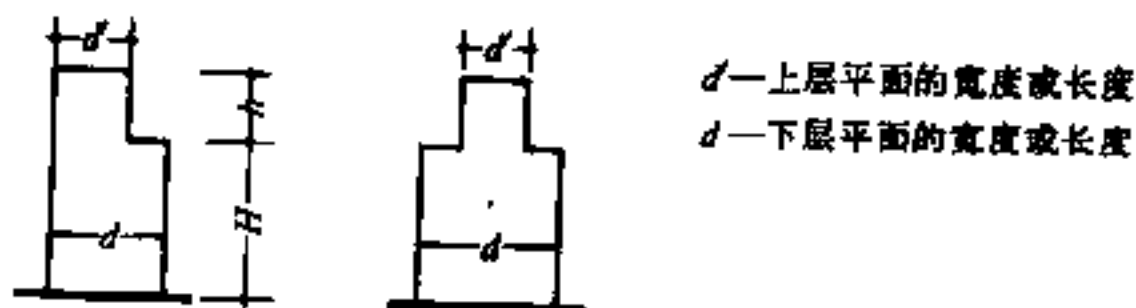
三、建筑抗震规定对竖向收进的要求

对有抗震设防要求的建筑物，建筑的竖向体型应力求规则、均匀，避免有过大的外挑和内收。

符合以下要求的建筑物可认为是竖向较规则的建筑物。

- 1.立面收进部分的尺寸比值 $\frac{d'}{d} \geq 0.75$

对于矩形平面，上层平面的宽度和长度均可收进为下层的宽度和长度的 0.75 倍，即上层的面积可收进为下层面积的 $\frac{9}{16}$ 倍。



[4] 竖向收进

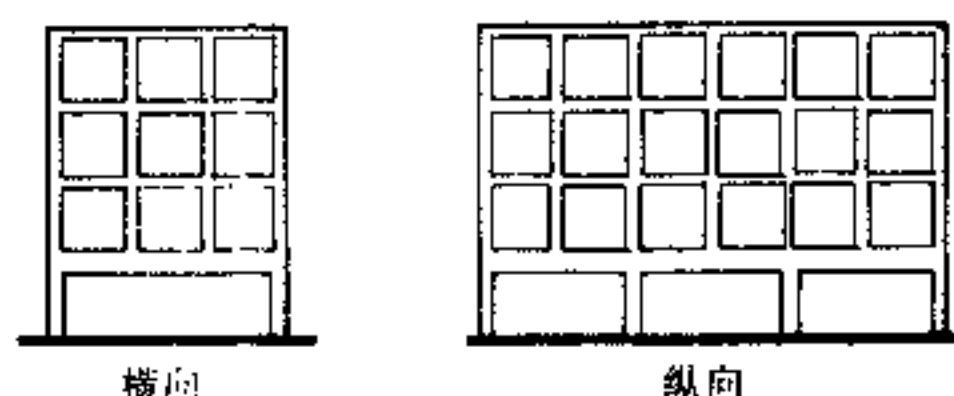
- 2.沿竖向，结构的侧向刚度变化较均匀，构件截面由下至上逐渐减小，不突变。当某些楼层的刚度小于下层或上层时，应不小于下层或上层刚度的 70%。

柔层

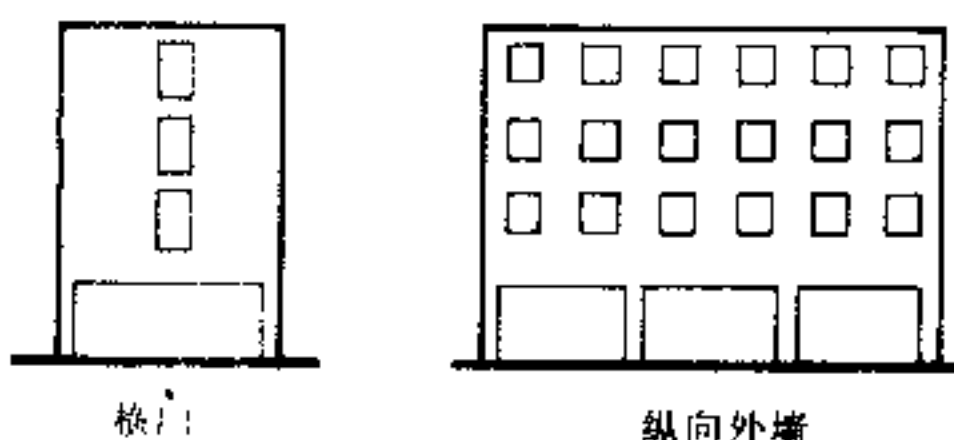
在多层和高层建筑中,使用上常需要底层或底下几层或顶层是空旷的可灵活使用的大空间,使竖向抗震结构的刚度或剪力墙中断不连续,形成了刚度和强度突变的柔层,这对抗震是很不利的。

一、分类

- 1 一般框架柱的不连续。
- 2 剪力墙的不连续。



1 框架柱不连续的柔层



2 剪力墙不连续的柔层

二、震害

国内外大地震都表明“柔层”是危险的,震害严重。

1 框架不连续的柔层

唐山地震框架结构柔层的震害

类别	刚度	震害情况
底层柔层	上刚下柔	底层框架柱的柱顶或柱底破坏,属严重震害
上部柔层	下刚上柔	上层框架柱严重破坏
中间柔层	刚度变化不均	框架柱在刚度变化处严重破坏

注:上表是唐山、中南地区 28 个框架结构(大都是工业厂房)的震害调查。

罗马尼亚框架结构柔层的震害

地点	建筑类型	刚度	震害
布加勒斯特市	30 栋 8~12 层框架建筑,1 层住宅、办公、底层空旷商店	上层住宅办公,墙多,上刚下柔,底层柔层	由于底层框架破坏使整个建筑毁坏或倒塌
普鲁耶伊蒂市	1 栋 4 层框架住宅底层空旷	上刚下柔的底层柔层	底层柱子折断,整个房屋坍塌为三层建筑

注:上表是 1977 年罗马尼亚大地震的震害调查。

2 剪力墙不连续的柔层

美国剪力墙结构柔层的震害

地点	工程	建筑	刚度	震害
洛杉矶	奥立佛医院	6 层剪力墙建筑,底层二、三层空旷	底层二、三层框架上刚下柔的柔层	底层二、三层严重破坏,上层最大侧移达 0.75m
加利福尼亚州	大谷佛机关大楼	6 层剪力墙建筑,底层空旷	底层刚架,上刚下柔的柔层	底层柱断裂破坏,震后整个建筑拆除

注:洛杉矶奥立佛医院是在 1971 年加利福尼亚圣费南多地震中遭到严重破坏的建筑物。

大谷佛机关大楼是在 1979 年大谷地震中遭到严重破坏的,这次地震烈度不大,其他建筑中仅少数未加筋的砖石建筑遭到破坏。

三、抗震处理

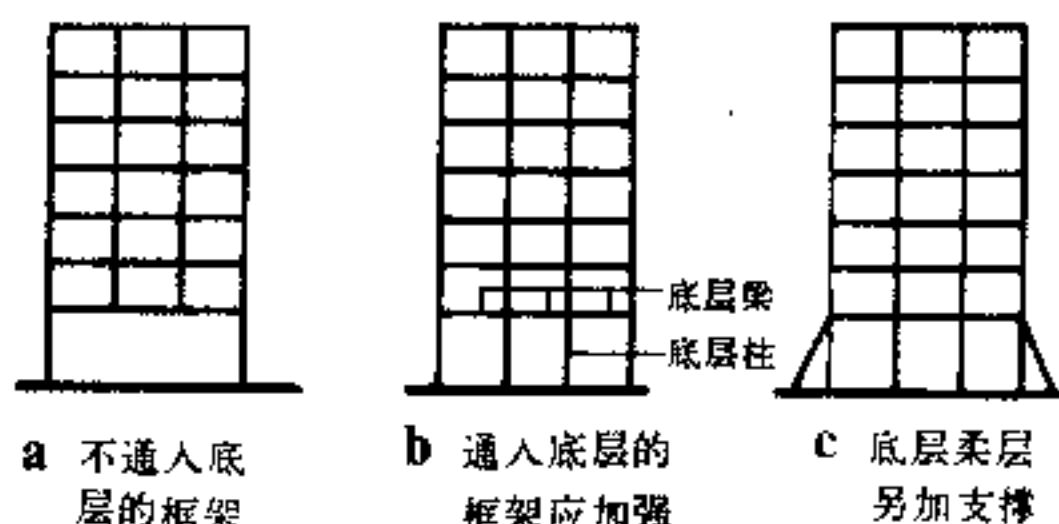
建筑使用上应用较多的是底层或底下几层为大空间的柔层,而在结构抗震上底层是地震荷载最大,刚度强度变小则会产生严重震害,必须妥善处理。

1. 框架结构的底层柔层。

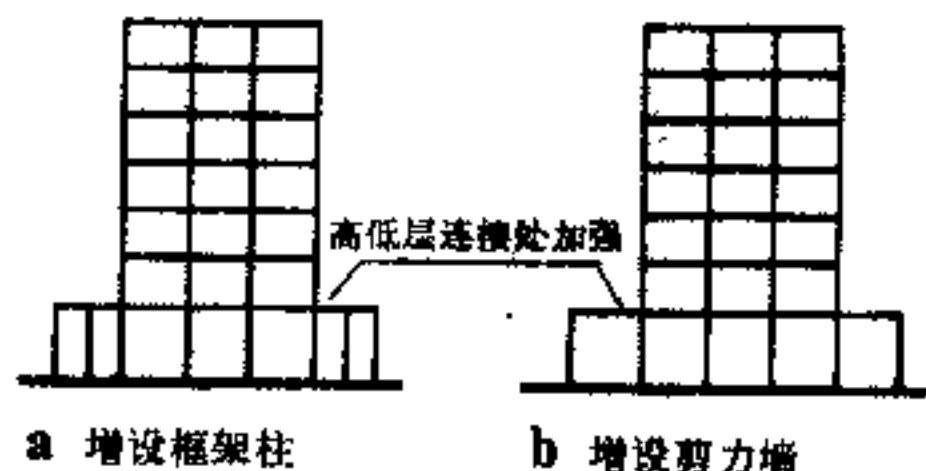
(1) 上层框架应限制为部分不连续通入底层,通入底层的框架则应加强,使上层和底层的结构侧向刚度比接近于 1.0 而不大于 1.5。

(2) 当底层有条件时,加设支撑可较大的增加底层结构的侧向刚度和强度。

(3) 扩大底层,增设框架柱或剪力墙,这样处理效果较好,可使底层的侧向刚度和强度大为增加,并可能大于上层,但在高低层连接处应加强。



3 框架结构底层柔层的一般处理



4 框架结构扩大柔性底层

2. 剪力墙结构的底层柔层

(1) 剪力墙结构底层为柔层时,上下层刚度相差悬殊,易生严重震害,应尽量避免。

(2) 底层为柔层时,应使底层结构的侧向刚度和强度不突变,上层和底层的刚度比 γ 接近 1.0 而小于 1.5。

(3) 剪力墙应限制为部分不落地的框支剪力墙,而落地剪力墙的数量应不小于上层剪力墙总数的 50%。落地剪力墙应采取加厚、提高混凝土标号或扩大底层等加强措施,使上下层的结构刚度比 γ 接近于 1.0。

(4) 底层中的落地剪力墙应尽量少开门洞,需开洞时宜设置在墙体的中部。

(5) 不落地的框支剪力墙在上一层的剪力墙内不宜设置边门洞,并不得在中柱上方设门洞等。

(6) 落地剪力墙的间距 l 应符合:

$$l \leq 2d, l \leq 24m, d \text{—楼板宽度}$$

(7) 过渡层的楼板应现浇,厚度不小于 180mm。

剪力墙

一、连续性

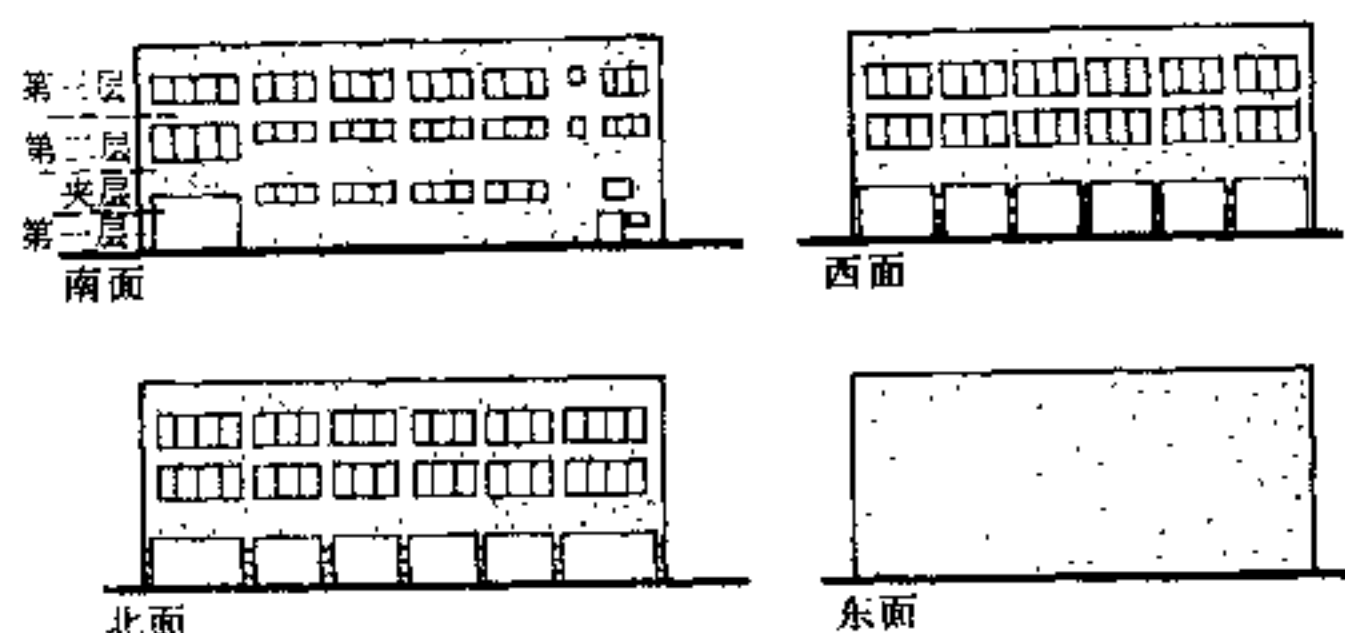
剪力墙应尽量在建筑的竖向和周边保持连续,竖向不连续产生柔层,周边不连续则周边刚度和强度突变且产生较大扭转,都是抗震不利的。在剪力墙结构的多层建筑中,当在底层或底下几层设置开敞的大空间,又在主要立面上采用开敞的大玻璃门窗,形成剪力墙竖向和周边均不连续,这对抗震是很不利的。

美国剪力墙不连续建筑的震害

表 1

建筑物	结 构	剪 力 墙	震 害
安克雷奇 卡奈百货店	5层,周边剪力 墙的框-剪结构	底层、二层较开敞 北面剪力墙不连续	1964年阿拉斯加地震,结构 严重破坏,后拆除
贝克斯菲尔德 勃洛克百货店	3层,周边剪力 墙的框-剪结构	底层开敞,西北 面剪力墙不连续	1952年克恩县地震,二层墙 开裂破坏,内柱折断,后拆除

注:框-剪结构是框架和剪力墙共同作用的结构体系。

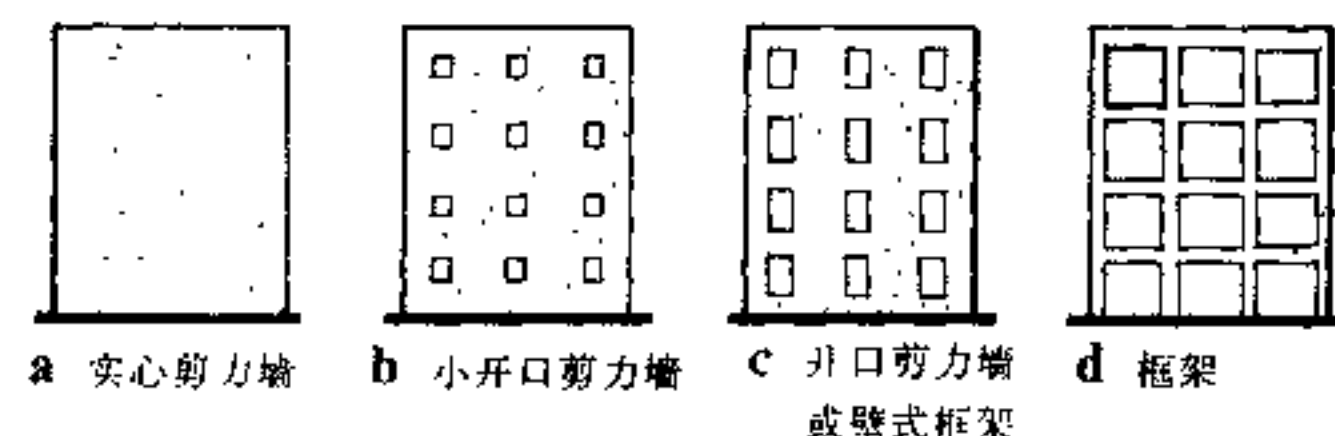


1 勃洛克百货店周边墙体开孔图

二、墙身开洞

1. 洞口大小

洞口小的剪力墙侧向刚度和强度大,洞口大则刚度和强度小。剪力墙随着洞口的增大,由刚度大的实心剪力墙、小开口剪力墙向刚度变小的开口剪力墙、壁式框架直至刚度小的框架转化,即抗震的刚度和强度逐步减小。



2 剪力墙的特性随洞口变化而转化

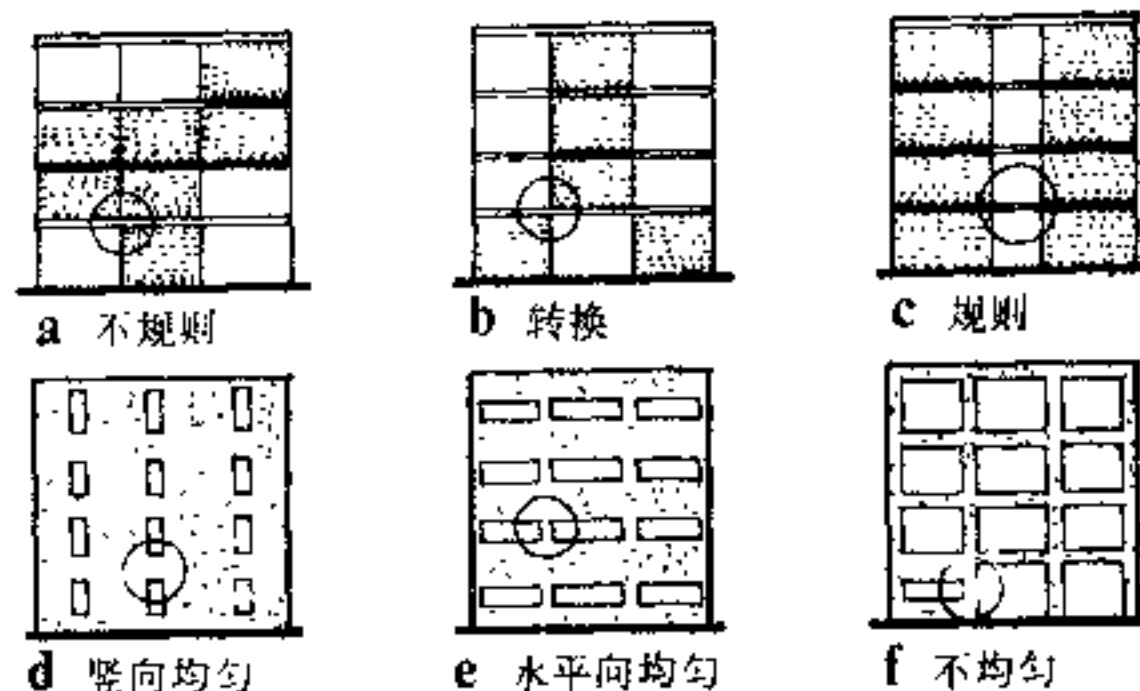
2. 洞口的地震破坏

地震时,剪力墙在洞口和削弱部位可能产生破坏。

剪力墙开洞产生的地震破坏

表 2

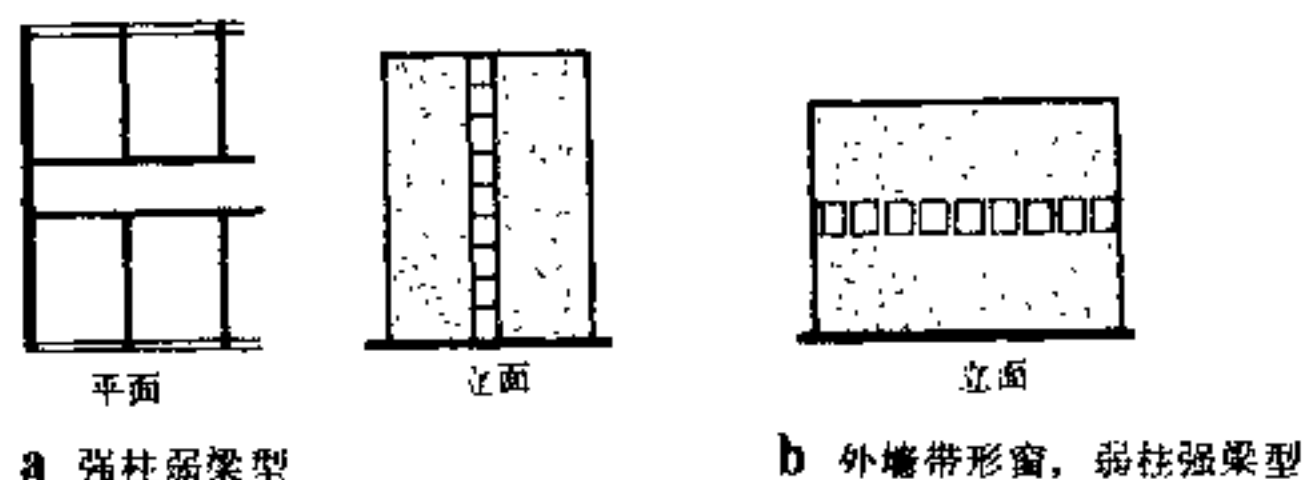
类 别	影 响	地震破坏部位
大 洞	竖向不规则	剪力墙侧向刚度突变
洞 口	竖向转换	剪力墙侧向刚度突变
	竖向规则	形成联肢墙,连梁薄弱
长	竖向均匀	连梁及连梁与墙连接处,图3c
洞	水平向均匀	洞口连接处,图3d
	水平向不均匀	水平洞口连接处薄弱
口	不均匀	不均匀连接处薄弱
		不均匀连接处,图3f



3 剪力墙开洞可能产生破坏部位

3. 开洞的抗震要求

剪力墙上开洞后,应做到“强柱弱梁”,使屈服和破坏先产生在墙的连接上,整个结构延性好。如“弱柱强梁”则屈服和破坏先产生在墙上,延性差,抗震不利。

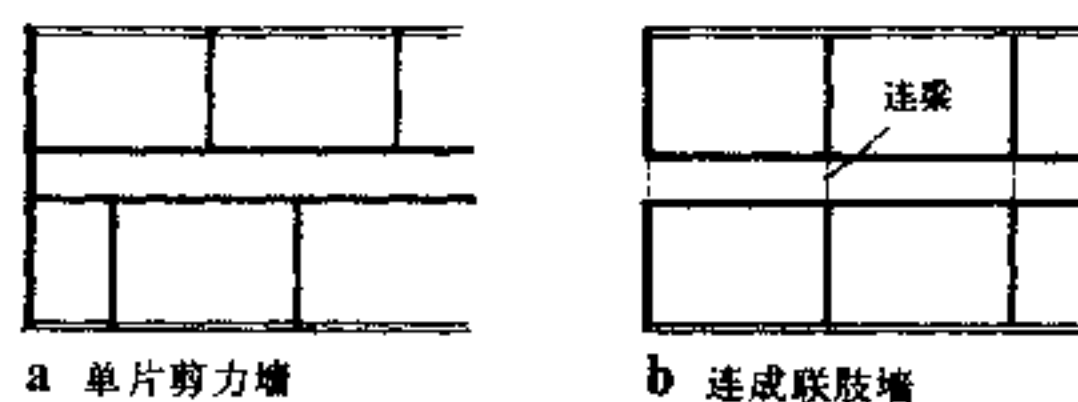


4 剪力墙的类型

三、刚度

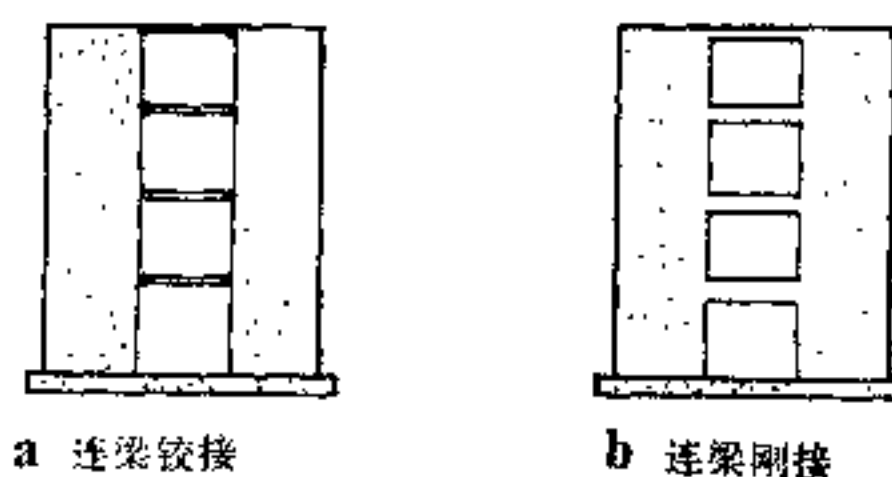
剪力墙的侧向刚度大则抗震好,侧向刚度小则抗震差,提高剪力墙侧向刚度的常用措施有:

1. 在建筑布置中,使单片剪力墙连成联肢墙,可提高剪力墙结构的侧向刚度4倍左右。



5 剪力墙的布置

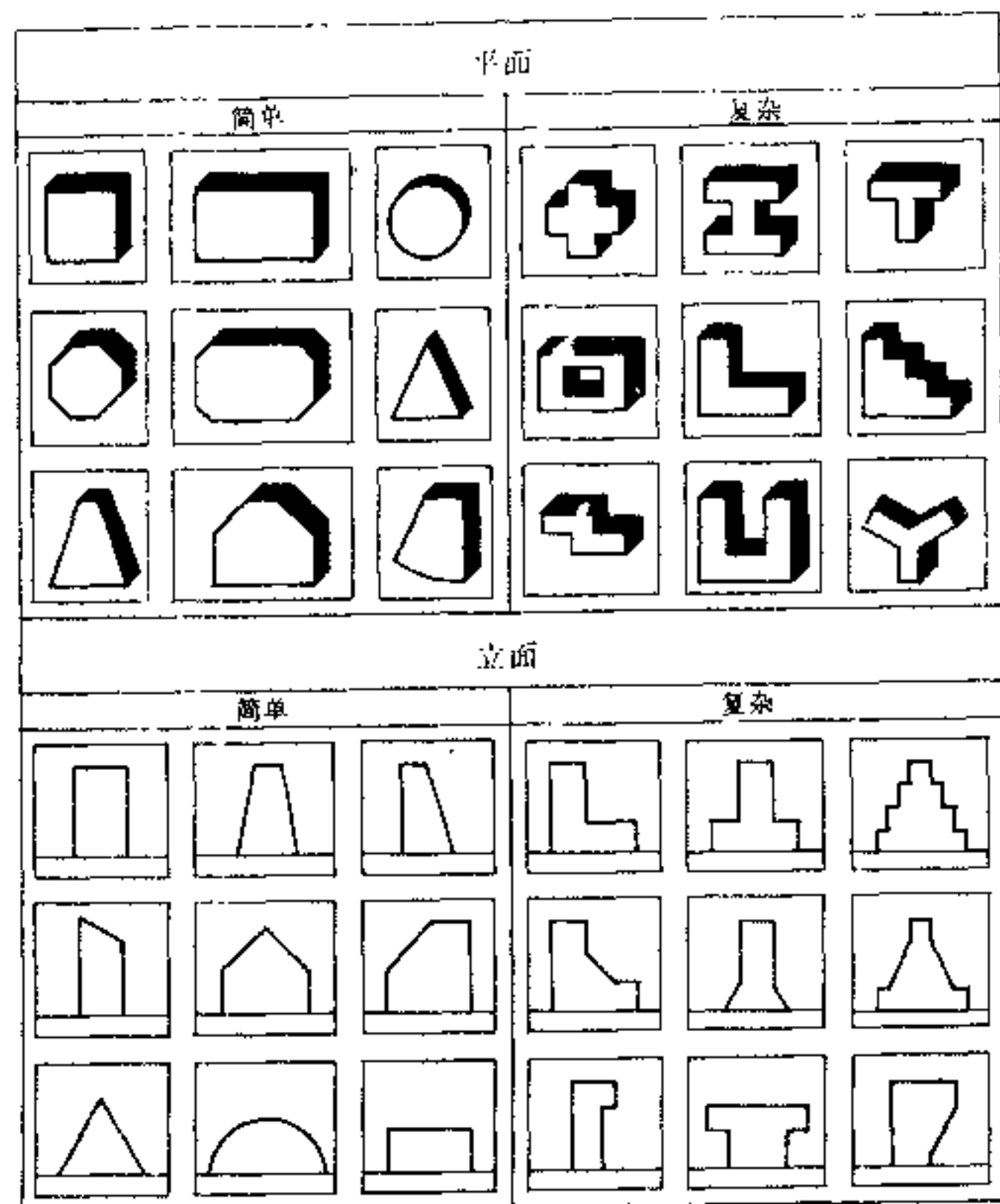
2 当联肢墙的连接梁截面较小形成与墙铰接时,则联肢墙近似于单片剪力墙,侧向刚度较小。宜加大连接梁截面,使连接梁与剪力墙刚性连接,可成倍的提高侧向刚度。



6 剪力墙与连梁的连接

复杂体型

一、平立面复杂，抗震不利。



① 平面和立面的简单和复杂体型

二、抗震处理

复杂体型中，平面的凹角和立面的收进等都是体型中的不规则和不均匀，使平面或竖向刚度突变，应力集中而产生震害破坏，对于不对称的复杂体型则又增加偏心扭转等，其震害更为严重。

复杂体型的抗震处理

表 1

类 别	设计 方案	抗 震 处 理	备 注
平面复杂	对 称	可 用	A 或 B
	不 对 称	不 宜 用	A 或 B+C
立面复杂	对 称	可 用	A 或 B
	不 对 称	不 宜 用	A 或 B+C
	倒 转 收 进	不 应 用	B+C

注：1 抗震处理 A 是用防震缝将不规则、不均匀的复杂建筑体型分割成简单、规则和均匀的独立建筑单元。

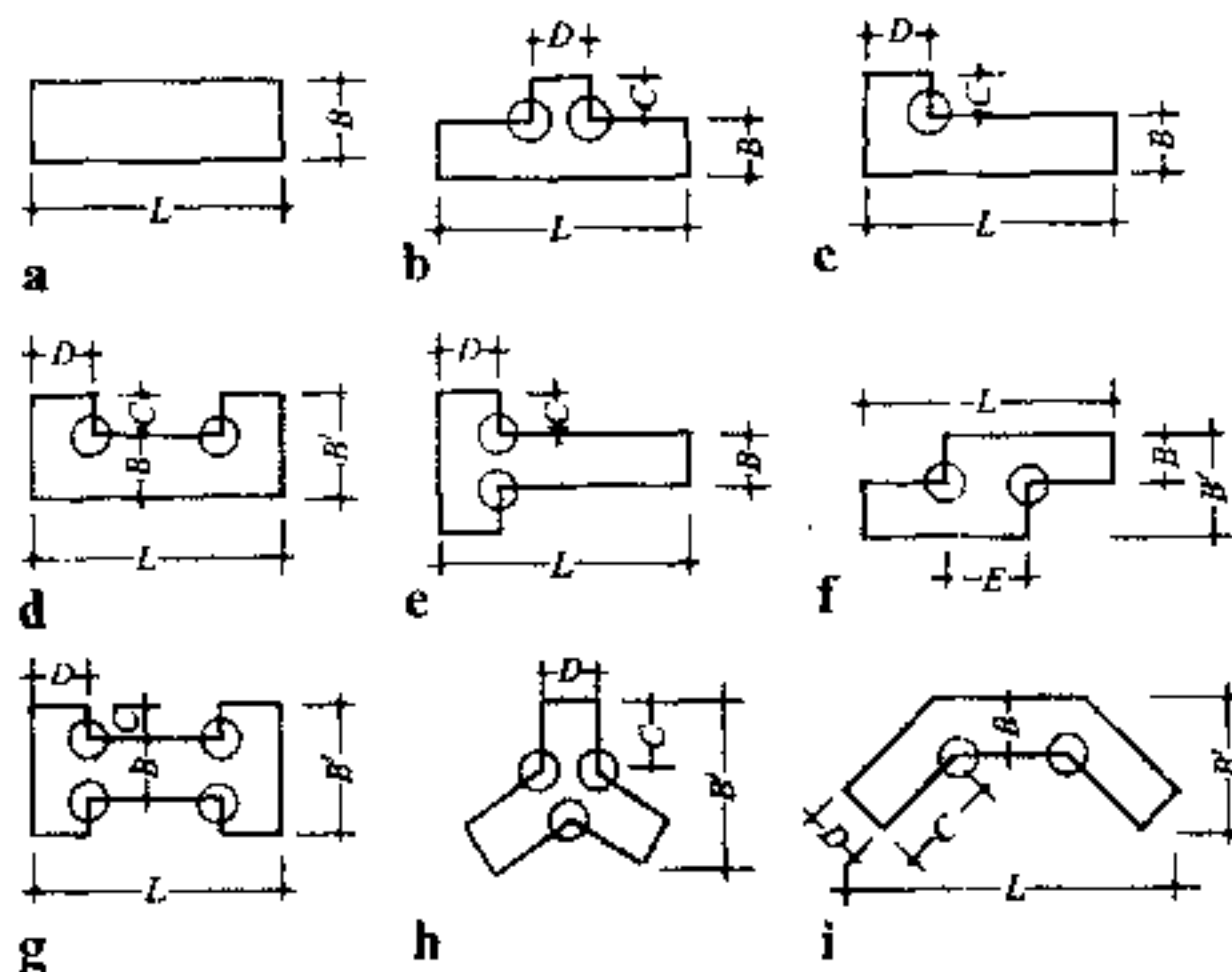
2 抗震处理 B 是在平面的凹角或竖向的收进处，结构上予以加强并进行抗震验算。

3 抗震处理 C 是应进行偏心扭转的抗震验算和结构的加强。对于重大建筑还应进行弹性动力分析验算。

在复杂体型的抗震处理中，应首先考虑 A，即采用防震缝区分为简单、规则、均匀的单元，这是常用的有效方法；当需采用复杂体型时，则应尽量使体型对称均匀，并对平面的凹角、竖向的收进等薄弱环节处进行加强和抗震验算；不对称的复杂体型，设计方案一般不宜采用；倒转收进体型因一般是不对称的，抗震不利，在建筑抗震设计中不宜采用。

平面尺寸

一、在一般的建筑平面内，当平面长度 L 、突出部分 C 、连接部宽度 E 等过大超过表 2 规定时，应采取措施。



② 一般的建筑平面

平面尺寸 L 、 C 、 E 的限值

表 2

设计烈度	结构体系	L/B	L/B'	C/D	E/B	备 注
7 度	剪力墙等	≤ 6	≤ 5	≤ 2	≥ 1	
	框 架	≤ 5	≤ 4	≤ 1.5	≥ 1	
8 度	剪力墙等	≤ 5	≤ 4	≤ 1.5	≥ 1	
	框 架	≤ 4	≤ 3	≤ 1.0	≥ 1	

注：表中剪力墙等结构体系包括筒体及以剪力墙为主的框架—剪力墙结构。

二、抗震处理

1. 平面尺寸超过表 2 规定时，设置防震缝区分为符合规定的独立建筑单元。

2. 平面尺寸较大时，宜选用刚度大的剪力墙等结构。

高宽比

一、高宽比大则整个建筑的抗震刚度小，抗震不利，高宽比超过表 3 或表 4 规定时，则不符合抗震刚度要求。

高宽比 H/B 的限值

表 3

结 构 体 系	框 架	框—剪、单筒体	剪力墙、筒中筒
设计烈度	7 度	≤ 4	≤ 5
	8 度	≤ 3	≤ 4

H —建筑高度
 B —建筑宽度

高宽比 H/B' 的限值

表 4

结 构 体 系	框 架	框—剪、单筒体	剪力墙、筒中筒
设计烈度	7 度	≤ 3	≤ 4
	8 度	≤ 2.5	≤ 3

B' —建筑宽度
见 [2]。

二、抗震处理

1 抗震建筑宜尽量降低高宽比，以提高整个建筑的竖向刚度和抗震性能。

2. 对于一般高层建筑，当高宽比较大时，宜将矩形平面改为刚度较大的 U 形、H 形等平面。

3. 对于高度大于 60m 的高层建筑宜采用各方向刚度均大的方形、正多边形、圆形、近乎方形的矩形等平面。

4. 对于底大上小的竖向收进建筑，高宽比限值宜适当减小（宽度按照底层宽度）。

大空间

一、大空间建筑体型对抗震不利的因素有

- 1 “密实度”低，抗震结构的面积与建筑面积的比率小，结构的抗震强度和刚度较低，易产生震害。
- 2 结构强度和刚度不均匀，刚度中心和质心常有较大距离，偏心扭转大且应力集中，会导致严重震害。
- 3 结构不连续，大空间的公共建筑常在主立面等方向设置大玻璃门窗或橱窗，形成周边结构不连续，造成平面上结构刚度和强度突变，且有大的偏心扭转和应力集中，潜伏震害隐患。
- 4 当底层或其他层需要大空间，则竖向上下层之间结构不连续，形成抗震性能差的“柔层”。

二、结构选型和结构体系

大空间建筑的结构“密实度”低，宜采用强度和刚度较大的钢筋混凝土结构及剪力墙、框—剪、筒体等体系。

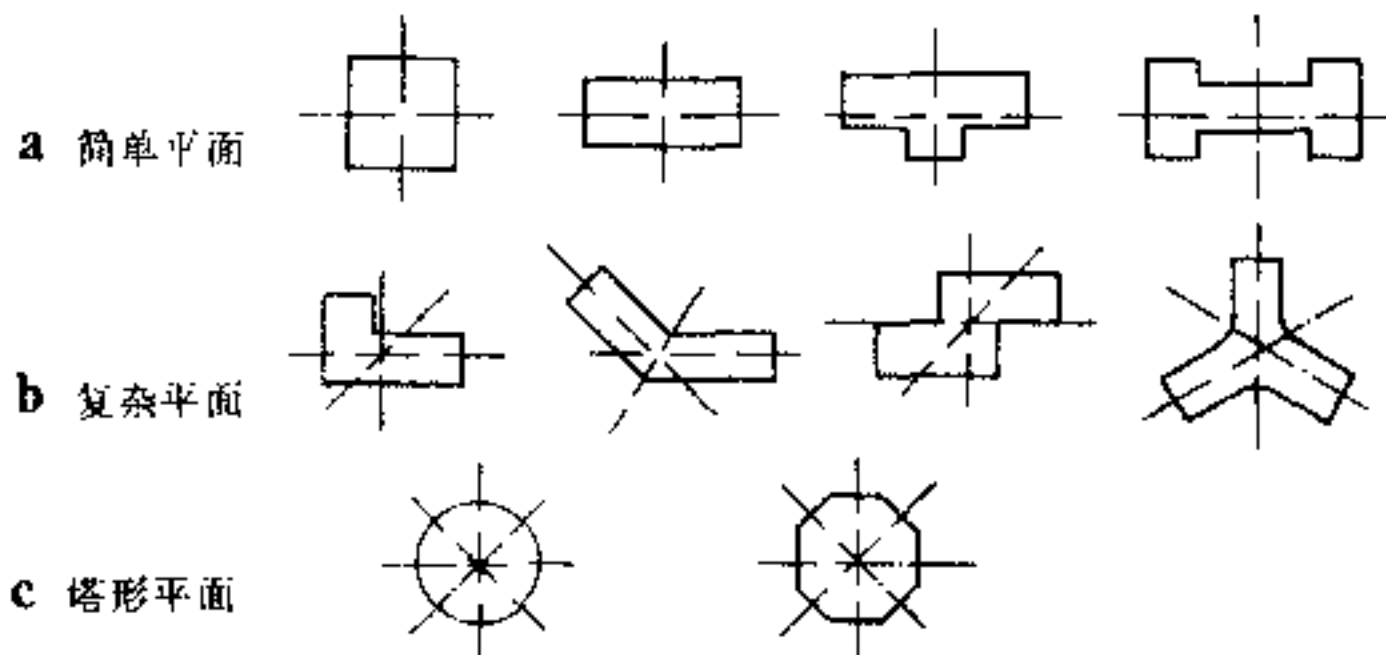
大空间建筑的结构选型和结构体系

表 1

结 构	选 型		体 系	
	砖石结构	钢筋混凝土结构	框 架	剪力墙、筒体等
抗震性能	强度低、抗扭差 抗震差	强度高、抗扭好 抗震好	强度和刚度小 抗震较差	强度和刚度大 抗震好
适用范围	烈度≤8度 层数≤2层	不 限	烈度≤8度 层数≤4层	不 限

三、结构布置

建筑抗震设计应在几个主轴方向使结构布置均匀，尽量使结构刚度中心靠近质心，减小偏心扭转。



1 建筑抗震的几个主轴方向

对于复杂平面 (T)b) 的大空间建筑，在抗震的三个主轴方向难于使结构布置均匀，偏心扭转大，抗震危险。

复杂平面大空间建筑的抗震处理

表 2

结 构	抗 震 处 理	备 注
砖 石 结 构	1.A 2.B	
钢 筋 混 凝 土	框 架	1.A 2.B+C
	剪 力 墙、筒 体 等	A 或 B

注：1 抗震处理A是采用防震缝区分为规则、均匀的结构独立单元。

2 抗震处理B是结构布置应使强度和刚度在各个主轴方向均匀，刚度中心靠近质心。

3 抗震处理C是在四角等平面变化处，增设强度和刚度较大的剪力墙等结构以加强整个建筑的抗震性能。

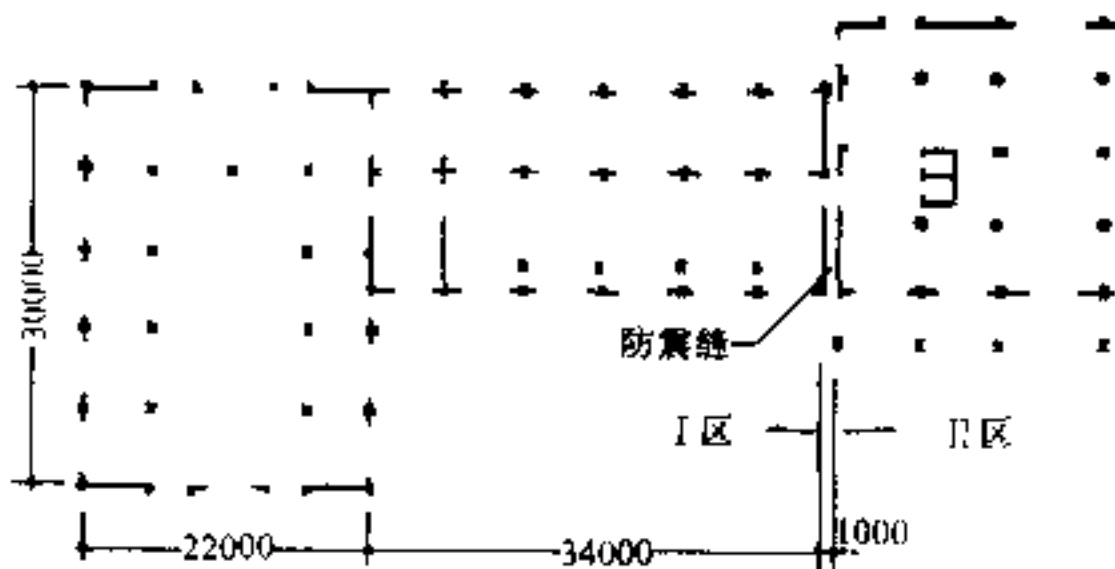
对于简单平面的大空间建筑，当结构布置不均匀时，也可按表 2 进行抗震处理。

四、利用外墙面和楼电梯间等布置抗震结构

大空间建筑在内部难于布置抗震结构，但可利用外墙面和楼梯间、电梯间等布置剪力墙等结构。

1 利用周边墙面

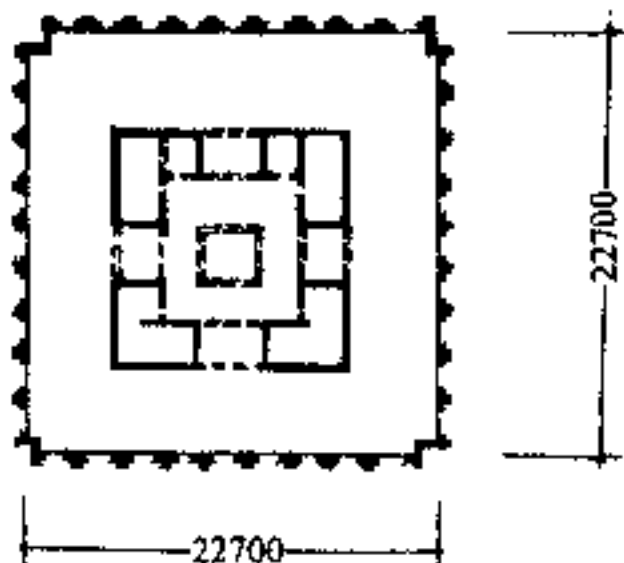
在周边外墙面设置剪力墙、壁式框架、框筒等抗震结构，既保证了建筑内部大空间，又可满足抗震要求。如北京图书馆社科阅览楼 I 区是复杂平面的大空间多层建筑，周边外墙面布置了剪力墙或壁式框架，抗震性好。



2 北京图书馆社科阅览楼 I 区 (5 层)

2 利用楼梯间、电梯间等

在高层大空间建筑中，楼梯间、电梯间、卫生间等可集中利用布置剪力墙等抗震结构。如马拉瓜美洲银行利用楼梯间、电梯间、卫生服务间等作为抗震的内筒体，1972 年尼加拉瓜马拉瓜地震中，主体结构和建筑门窗装修等均完好无损。



注：

1. 1972 年马拉瓜地震中，本工程场地烈度为 9 度
- 2 在抗震结构的内筒体和外框筒中，抗震以内筒体为主

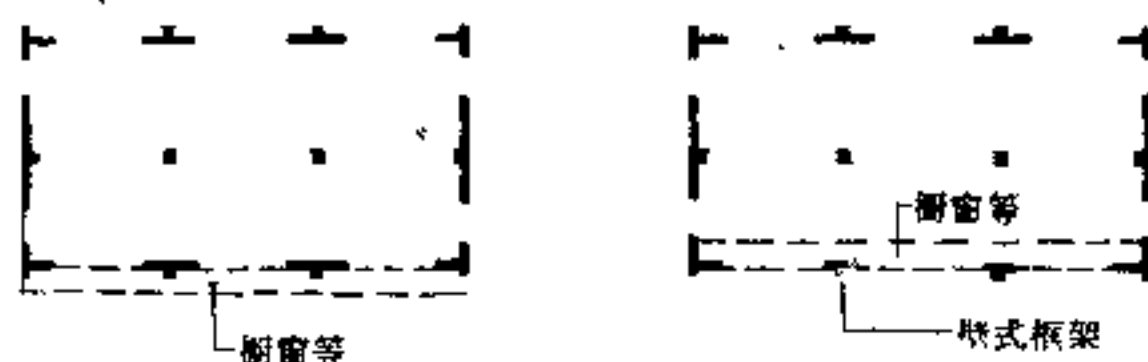
3 马拉瓜美洲银行 17 层，高 68m

五、周边结构

周边结构应连续，不连续则刚度突变，偏心扭转大，抗震危险。当大空间建筑在主立面上是开敞的橱窗或大玻璃门窗时，应进行抗震处理，保持周边结构的连续性。

1 将主立面上开敞的橱窗或大玻璃窗在周边结构上挑出。

2 橱窗或大玻璃门窗不通长开敞，在相当距离内设置刚度较大的壁式框架以保持周边结构的连续性。



a 在周边结构上挑出

b 设置壁式框架

4 开敞立面使周边结构连续的措施

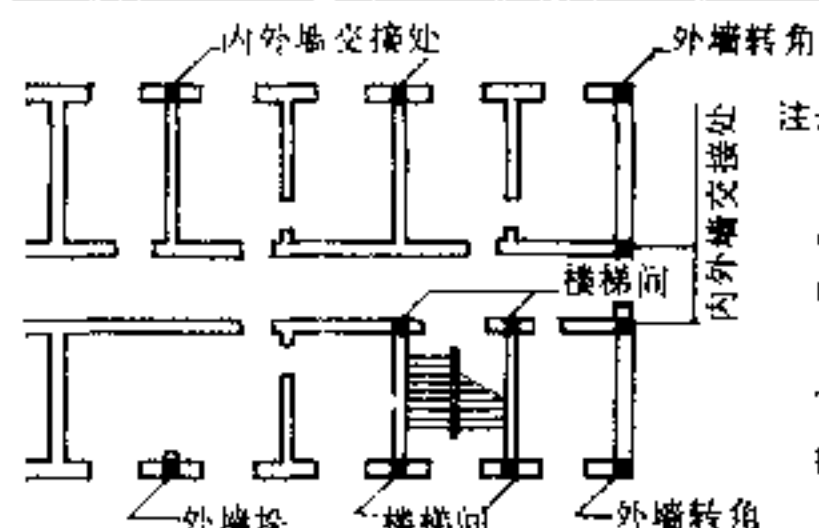
钢筋混凝土构造柱

一、设置要求

砖房构造柱设置要求

表 1

房屋层数				各种层数和烈度均设置的部位	随层数或烈度变化而增设的部位
5度	7度	8度	9度		
四、五、六、七、八、九					7~9度时,楼、电梯间的横墙与外墙交接处
					隔开门楼墙(轴线)与外墙交接处,山墙与内纵墙交接处
					7~9度时,楼、电梯间横墙与外墙交接处,较大洞口两侧,大房
					内墙(轴线)与外墙交接处,内墙局部较小墙垛处
					7~9度时,楼、电梯间横墙与外墙交接处
					9度时内纵墙与横墙(轴线)交接处



注:
1 楼梯间是平面上的大空洞,刚度突变,应力集中,宜在四角均设置钢筋混凝土构造柱。
2 教学楼、医院等多层空旷砖房宜在外墙转角,内外墙交接处及楼(电)间四角等设置构造柱。

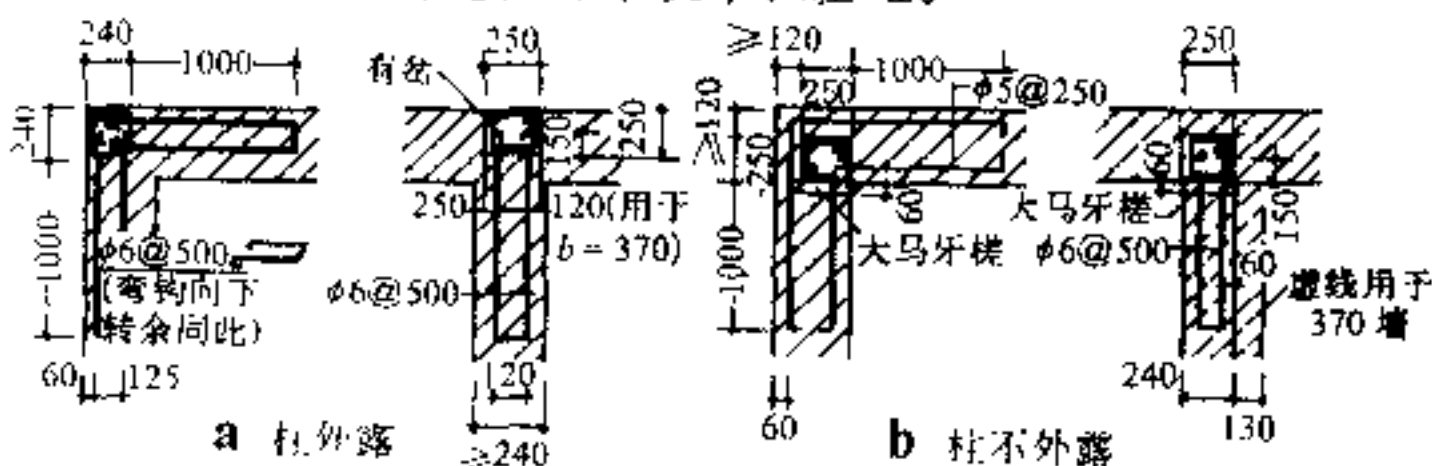
1 构造柱的设置

二、构造

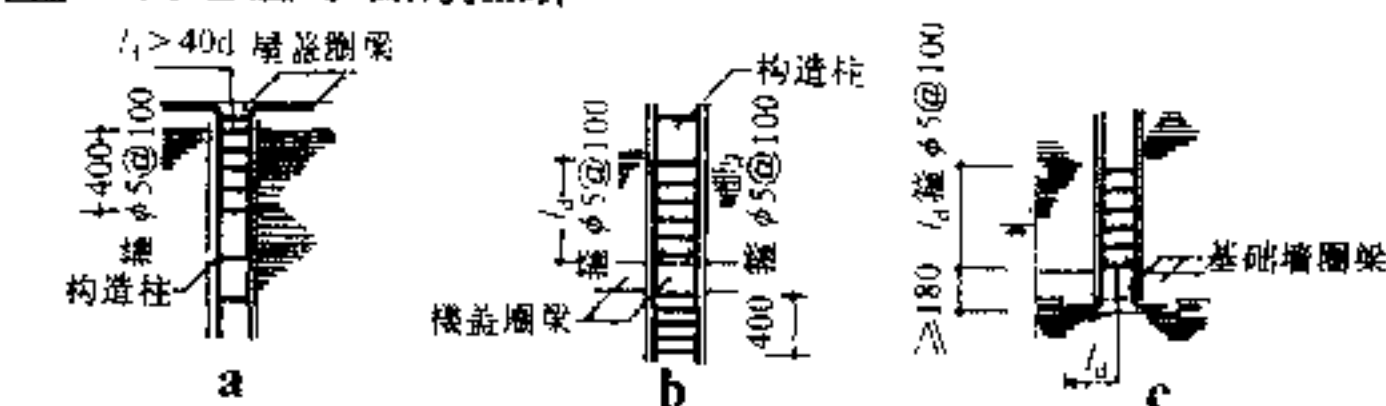
钢筋混凝土构造柱应先砌墙后浇筑,墙与柱的连接处宜砌成马牙槎。柱的最小截面可采用 $240 \times 180\text{mm}$ 。

构造柱的混凝土标号为 150 号,配筋应不小于 $4\phi 12$,箍 $\phi 4$ 每 250mm 。

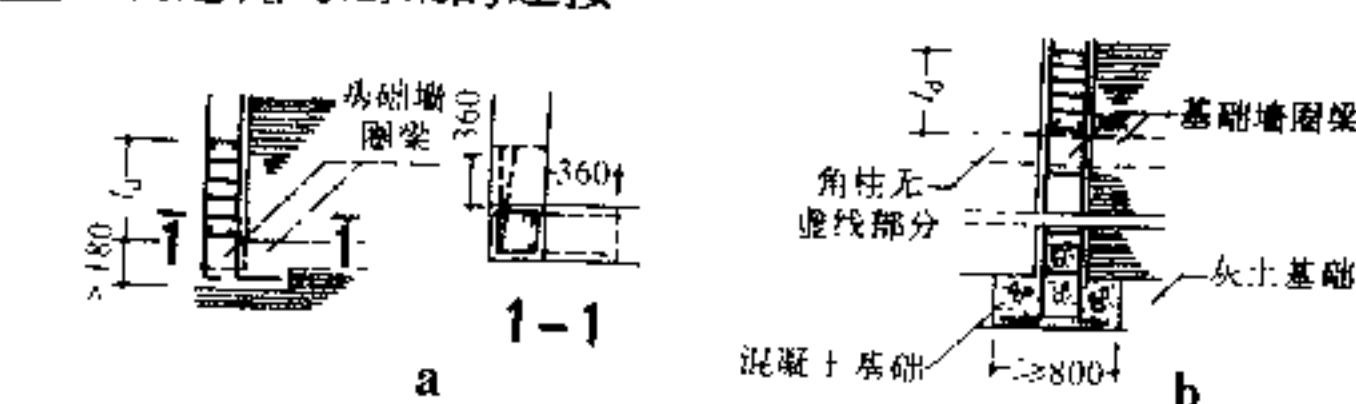
墙与柱应沿墙高每 500mm 设 $2\phi 6$ 钢筋连接;构造柱应与圈梁连接;构造柱可不设单独基础。



2 构造柱与墙的拉结



3 构造柱与圈梁的连接

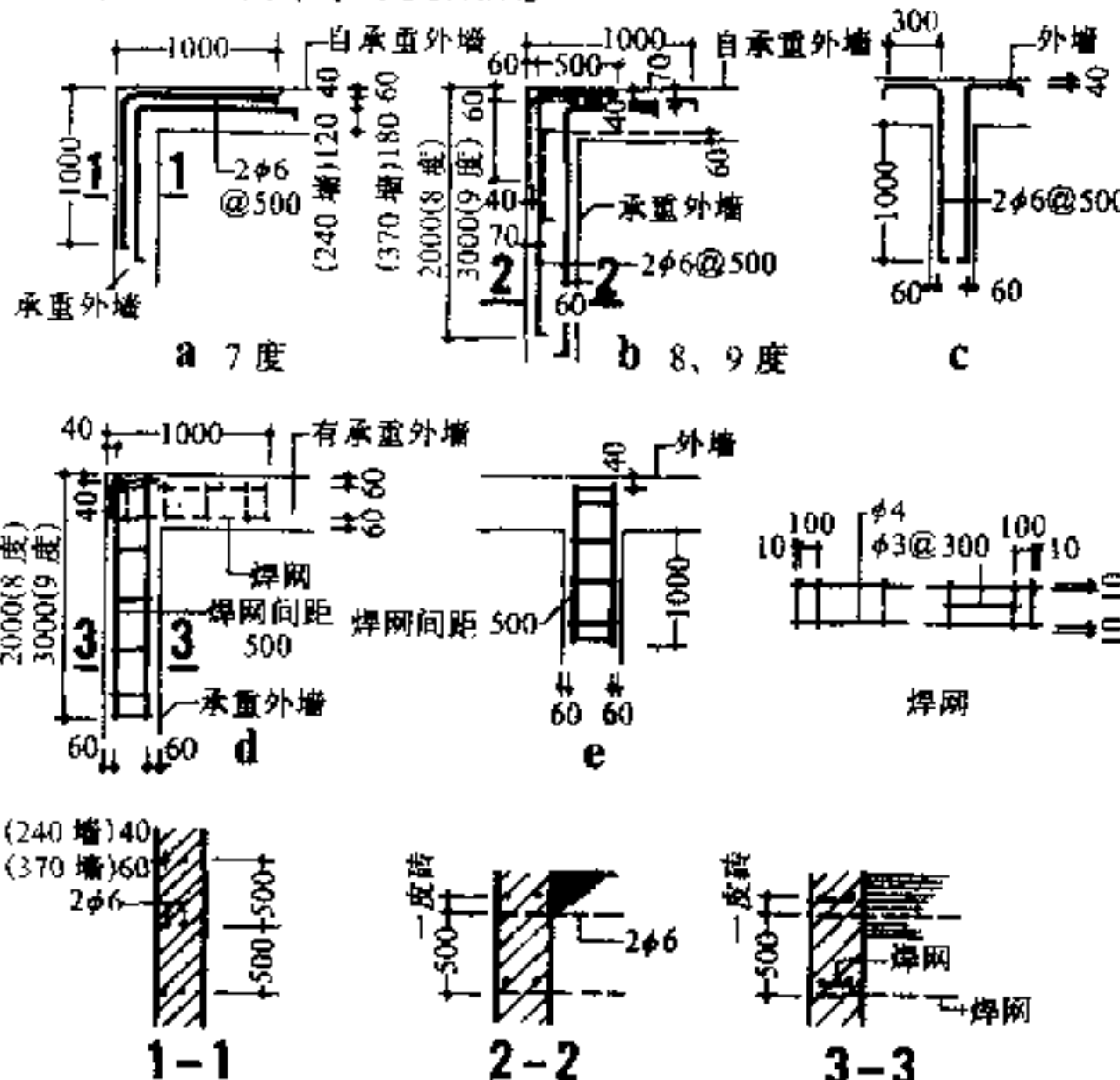


4 构造柱与基础圈梁及基础的连接

墙体配筋

一、外墙

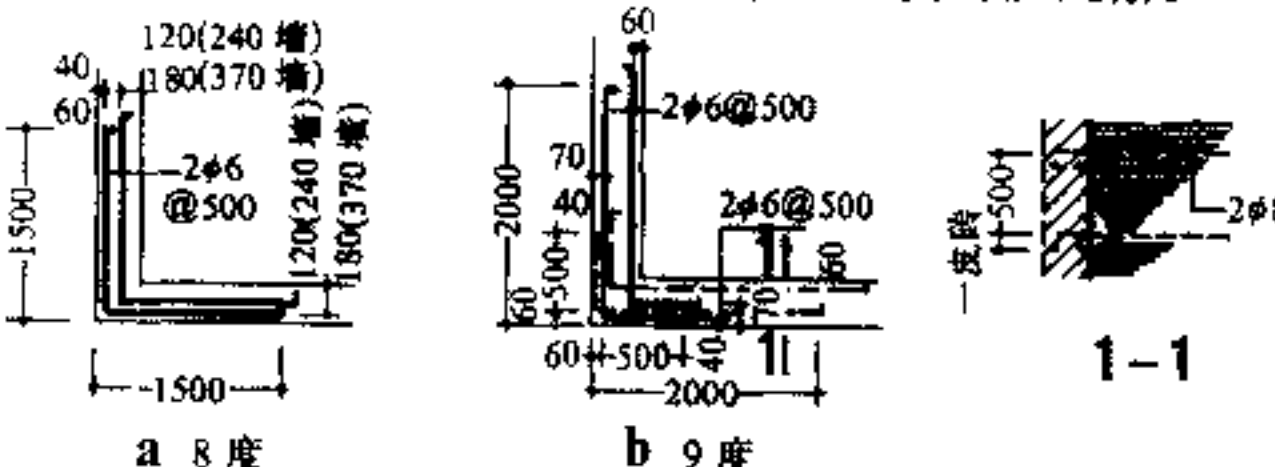
外墙转角和内外墙交接处应配置 $2\phi 6$ 每 500mm 的钢筋或 $2\phi 4$ 焊网每 500mm 。



5 外墙配筋

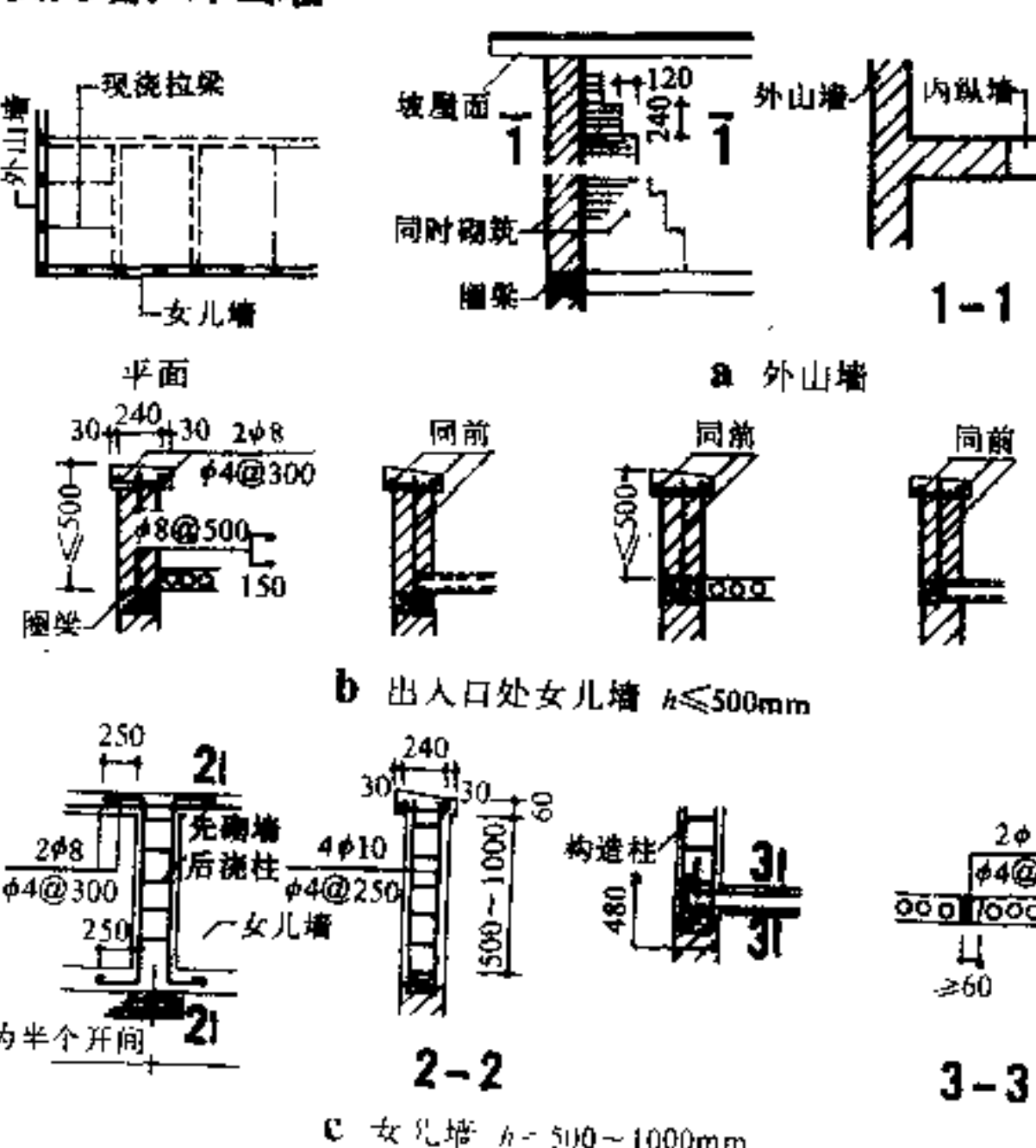
注:墙体砂浆标号不低于 25 号。

二、门厅、楼梯间的内墙角, 8 度、9 度时应配筋。



6 门厅、楼梯间的内墙角配筋

女儿墙、外山墙



7 女儿墙、外山墙

震害调查

多层内框架或底层全框架砖房抗震性能较低,大地震中易遭到严重破坏,场地土质软弱时破坏更严重。

一、唐山地震对天津46栋内框架厂房的震害调查

天津内框架厂房的震害统计

表1

破坏程度	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
栋数	12	11	10	13
百分率	26.2%	23.8%	21.7%	28.3%

天津内框架房屋地震破坏和原因

表2

破坏现象	主要原因
1. 楼、电梯间墙体严重破坏	楼、电梯间墙体刚度大,是主要抗震结构,承受地震荷载80%以上,墙体强度达到极限而破坏
2. 横墙破坏严重,“重下轻”	横墙也是主要抗震结构,承受地震荷载较大,且内框架房屋的顶层地震变形过大,使上层首先强度破坏
3. 纵墙窗间墙在窗洞口上下及标高处水平断裂	横墙在横向水平地震荷载下首先破坏,产生过大的层间位移而使纵墙平面外弯曲破坏 纵墙在纵向水平地震荷载下剪切破坏
4. 四角墙体破坏	在23栋严重破坏房屋中,有19栋四角墙体严重破坏,其中7栋四角墙体局部倒塌。其原因是四角墙体刚度大,承受大部分地震荷载,达到强度极限而破坏
5. 横墙间距大破坏严重	横墙是主要抗震结构,间距大则横墙数量少,抗震强度不足而破坏

二、海城地震内框架房屋的震害调查

这类房屋在9度区大多数遭到严重破坏,少数中等或轻微破坏;在8度区和7度区则破坏较轻。

海城地震内框架房屋震害统计

表3

地区烈度	房屋栋数	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
9度	15	8	3	2	2
8度	4		1		3
7度	6		1	4	1

注:1表中房屋包括民用建筑的商店、饭店和工业建筑的多层厂房等。

2地震破坏现象和主要原因基本与表2相同。

抗震要求

一、多层内框架砖房中砖墙的刚度远大于框架,地震力主要由砖墙承受,其抗震性能与多层空旷砖房基本相同。

二、建筑高度和结构布置

建筑许可高度(m)和横墙最大间距(m)

表4

类型	结构简图	设计烈度			抗震墙最大间距(m)
		7度	8度	9度	
底层全框架		16	13	8	上部联结构部分按〔18〕表3规定采用 底层全框架部分不大于房屋宽度的2.5倍
多层砖房顶层内框架		16	13	8	不大于30m,并不大于房屋宽度的2.0倍
单排柱砖房顶层内框架		16	13	4	按〔18〕表3规定

三、多层内框架房屋每层均应设置圈梁。外墙四角应设置钢筋混凝土构造柱,并应与圈梁联结。

四、底层全框架及多层内框架房屋的高度超过表4的规定时,可采用钢筋混凝土构造柱加强。当高度超过规定3米左右时,每隔8米左右在内外墙交接处及外墙转角处宜设构造柱;当高度超过规定6米左右时,每隔4米左右在内外墙交接处或外墙垛处及外墙转角处宜设构造柱。

五、楼梯墙的四角宜设置构造柱。

六、底层全框架的底层顶板宜做成现浇或装配整体式楼板。

七、多层内框架房屋的纵向窗间墙宽度不得小于1.5m,梁在外墙上的搁置长度不应小于0.37m,并应与圈梁联结。

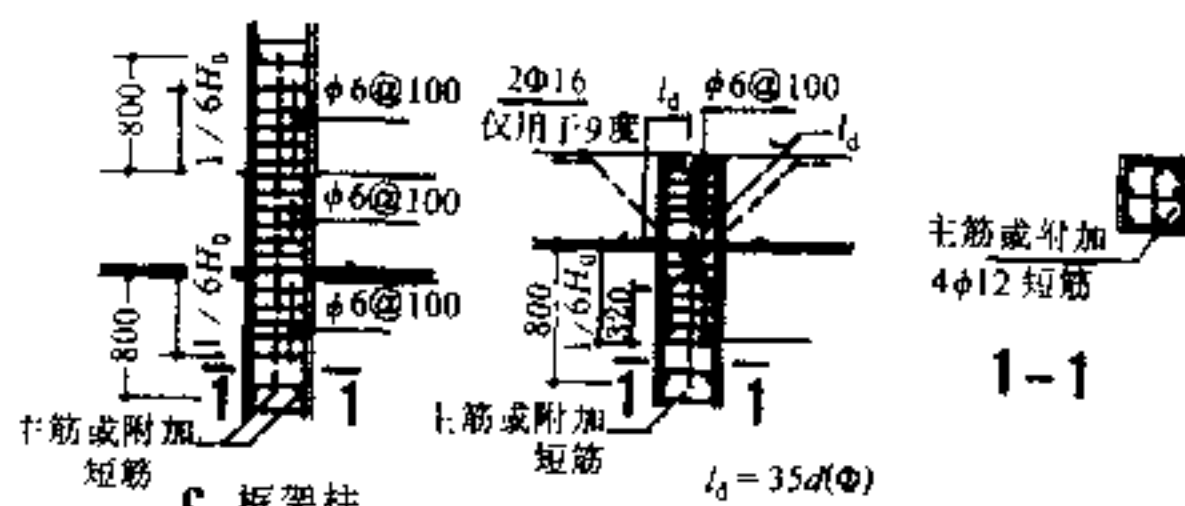
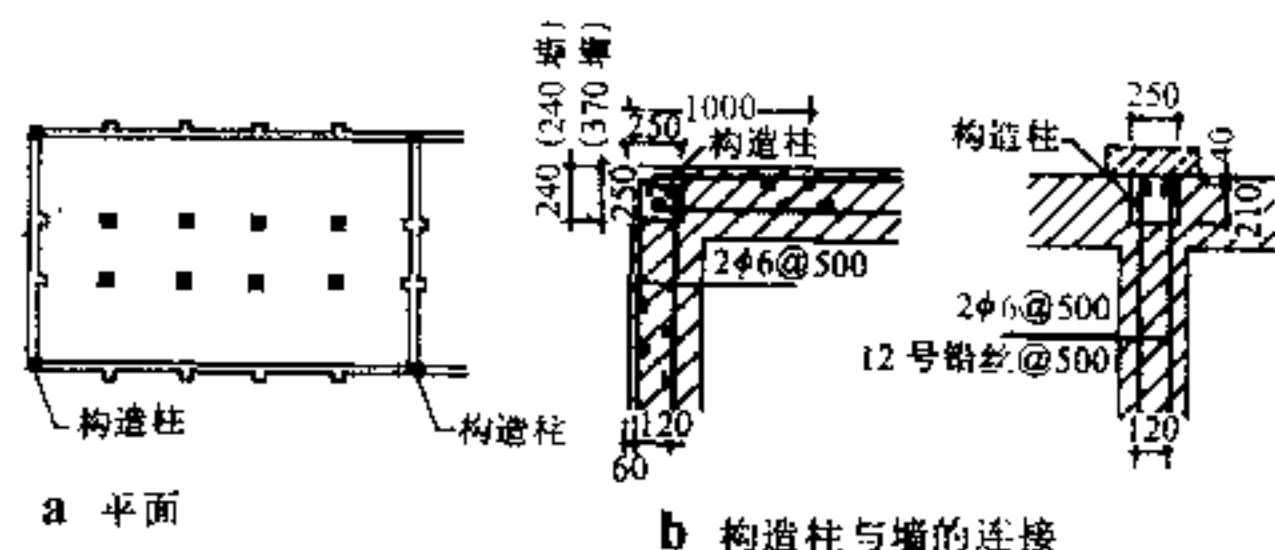
注:装配整体式楼板是指在抗震墙间距内配有连续钢筋网的整个楼面后浇混凝土层,上部墙体必须后砌。

抗震构造

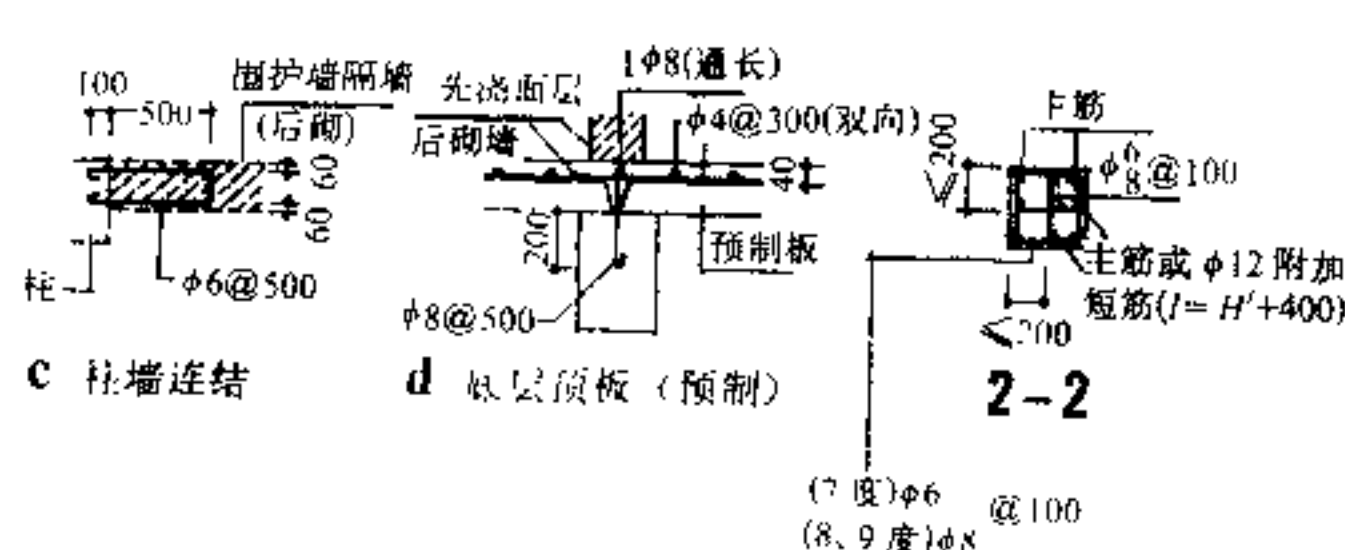
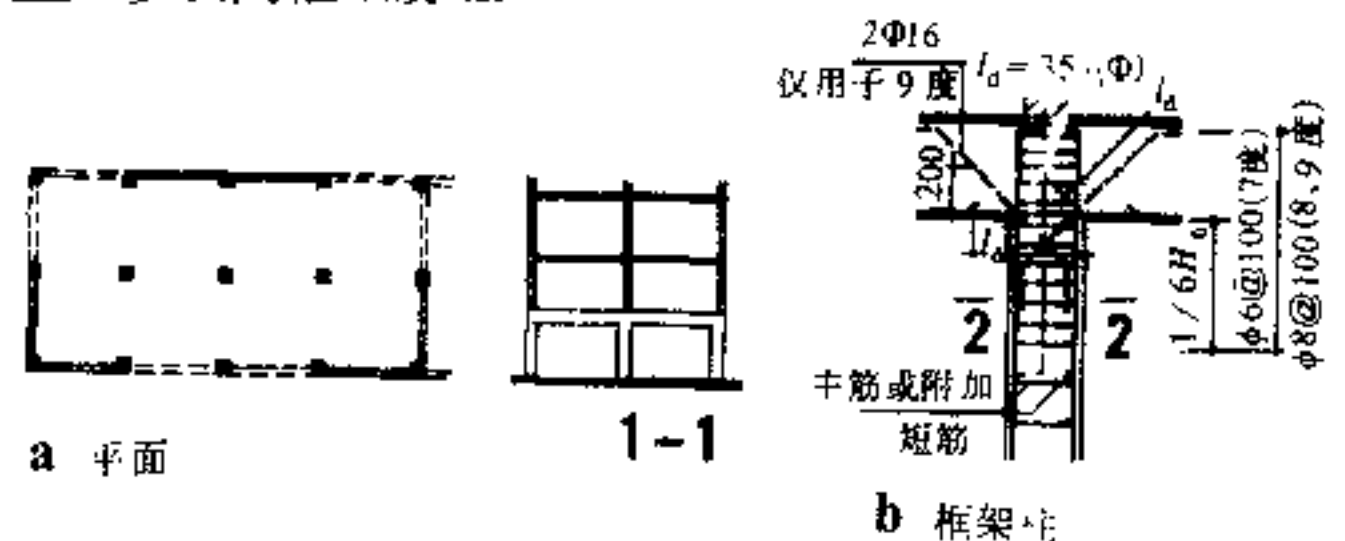
一、多层砖房的有关构造也适用于本类房屋。

二、多层内框架砖房的构造见[1]。

三、底层全框架砖房的构造见[2]。



[1] 多层内框架房屋



[2] 底层全框架砖房

震害及分析

这类房屋一般是食堂、礼堂、影剧院、俱乐部、单层砖柱厂房和一般仓库等单层砖房。由于内部空旷，结构密实度很低，横向仅靠少数砖柱或砖垛抗震，强度和刚度明显不足，震害严重。对于体型较复杂的影剧院和礼堂等单层空旷砖房，抗震性能更低，震害更为严重。

一、单层砖柱厂房

唐山地震中，在唐山地区 10~11 度区内的单层砖柱厂房几乎全部倒塌；在天津地区的单层砖柱厂房 9 度区多数严重破坏或倒塌；7、8 度区有不同程度的震害。

天津单层砖柱厂房震害及原因

表 1

烈度区	7 度、8 度	9 度
震害	轻屋盖厂房震害较轻 重屋盖厂房震害较重	轻屋盖和重屋盖厂房震害基本相同，大部分严重破坏或倒塌
原因	1 主要是横向地震力作用下砖柱或砖垛抗震强度不足 2 少数厂房山墙山尖外闪或倒塌，是纵向地震力的作用	

注：1 轻屋盖是槽瓦、石棉瓦、瓦楞铁等有檩体系的轻型屋盖；

2 重屋盖是采用钢筋混凝土大型屋面板或空心板的无檩体系屋盖。

二、单层空旷砖房

唐山地震中，这类房屋的破坏是严重的，见表 2。

天津市影剧院震害统计

表 2

震害程度	倒塌	严重破坏	中等破坏	轻微损坏	基本完好	合计
栋数	2	16	9	8	5	40
建筑面积 (km ²)	5.9	25.01	18.07	20.49	15.02	84.49
	7%	29.6%	21.4%	24.2%	17.8%	100%

注：在 9 度区的统计，影剧院等单层空旷砖房大都倒塌或严重破坏。

天津市影剧院地震破坏和原因

表 3

地震破坏	原因和现象
1. 观众厅破坏严重	空旷高大，跨度大于 20 米，高度大于 10 米，使承重外墙纵向水平通裂或整片墙体外闪，并有女儿墙和外墙外闪等
2. 舞台震害严重	空旷高大，结构不均匀，一侧实心墙，一侧台口大梁上砌悬墙，整体性差，有较大偏心扭转，震害与观众厅相似
3. 门脸与内檐装饰倒塌破坏	采用高大悬臂假墙的门脸，震后大多倒塌或严重破坏，这类门脸在抗震鉴定时应一律拆除
4. 大面积的抹灰吊顶局部塌落	如灰板条抹灰吊顶重量大，联结不好，易震塌掉落

抗震要求

一、钢筋混凝土刚性屋盖的砖柱厂房，其侧向刚度或高度相差很大的相邻部分（如厂房与生活间、变电所等）应用防震缝分开。防震缝两侧应布置墙或柱。缝宽按房屋高度和设计烈度不同，一般取 5~7cm，沉降缝和伸缩缝还应符合防震缝的要求。

空旷砖房的大厅与前后厅之间以及木屋盖厂房可不设防震缝。

注：空旷砖房指礼堂、礼堂等，单层砖柱厂房包括仓库等。

二、在 9 度或 9 度以上的高烈度区和Ⅲ类场地上的 8 度区，单层空旷砖房横向砖柱或墙垛的抗震强度大多不能满足抗震要求，宜改用钢筋混凝土结构。

三、设计烈度为 7 度，且房屋层高大于 5m 时，或设计烈度为 8 度和 9 度时，外墙转角处及承重内墙与外墙交接

处，应沿墙高每 50cm 配置 2 ϕ 6 钢筋，每边伸入墙内不少于 1m。

四、山墙顶部应设置钢筋混凝土卧梁，并应与屋盖构件锚固。山墙的壁柱应通到墙顶。

设计烈度为 9 度时，无檩屋盖的厂房不宜采用不设端屋架的山墙承重方案。

五、非承重隔墙的顶部宜与屋盖构件拉结，否则应按抗震要求用壁柱加强。

六、设计烈度为 8 度和 9 度时，不宜采用大梁（如舞台口大梁等）承托悬墙的做法，如必须采用时，应使墙体与梁柱有可靠拉结。

七、设计烈度为 8 度的不等高砖柱厂房和空旷砖房以及设计烈度 9 度的砖柱厂房，应尽量采用轻型屋盖。

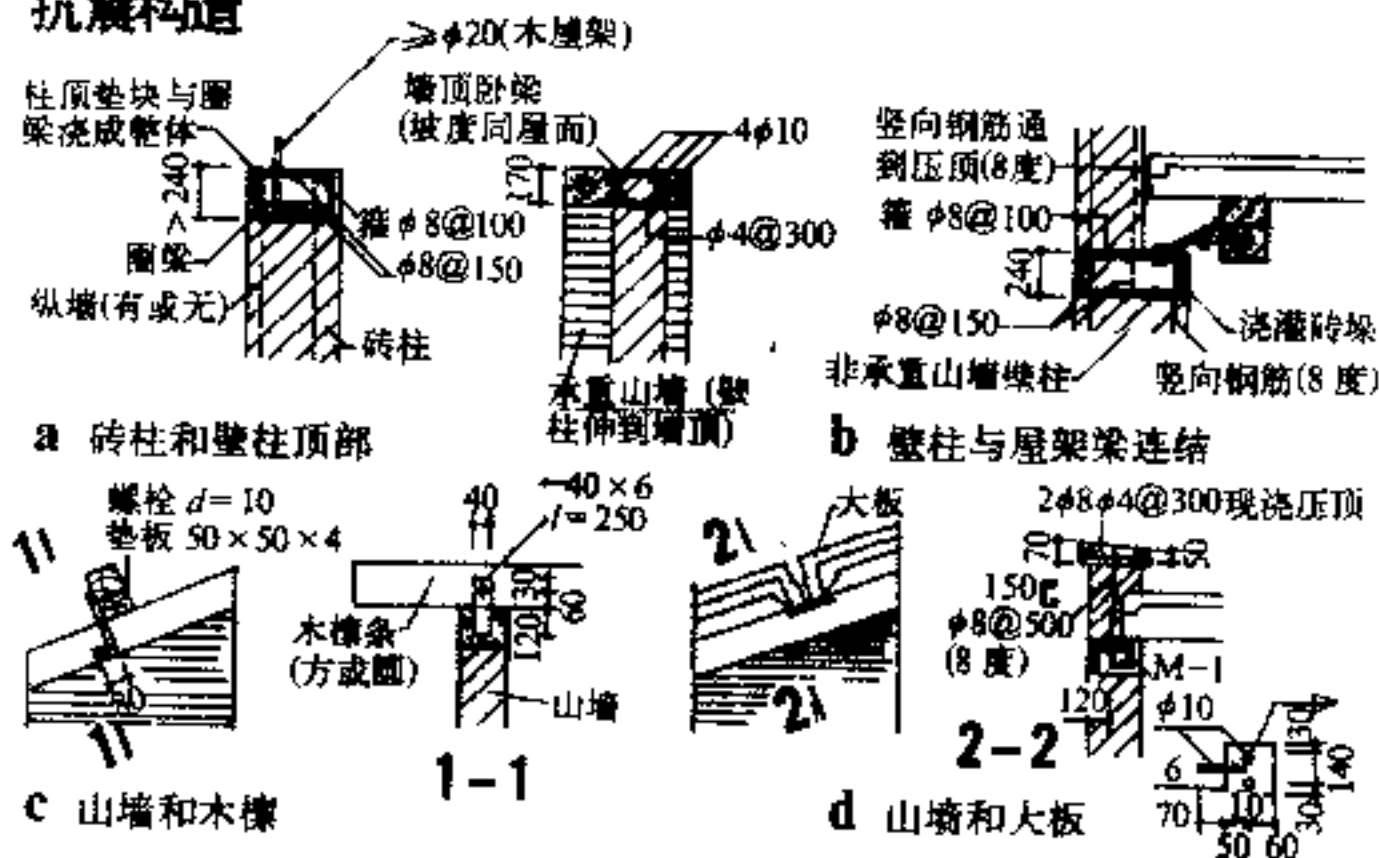
八、设计烈度为 8 度和 9 度时，砖柱应按计算配置竖向钢筋，但分别不应少于 4 ϕ 10 和 4 ϕ 12。配筋砖柱宜采用组合砖柱，砖柱的砂浆标号不应低于 50 号。

九、在屋架底部标高处，应沿外墙设置现浇闭合圈梁，圈梁高度 $\leq$ 18cm，配筋不小于 4 ϕ 12。

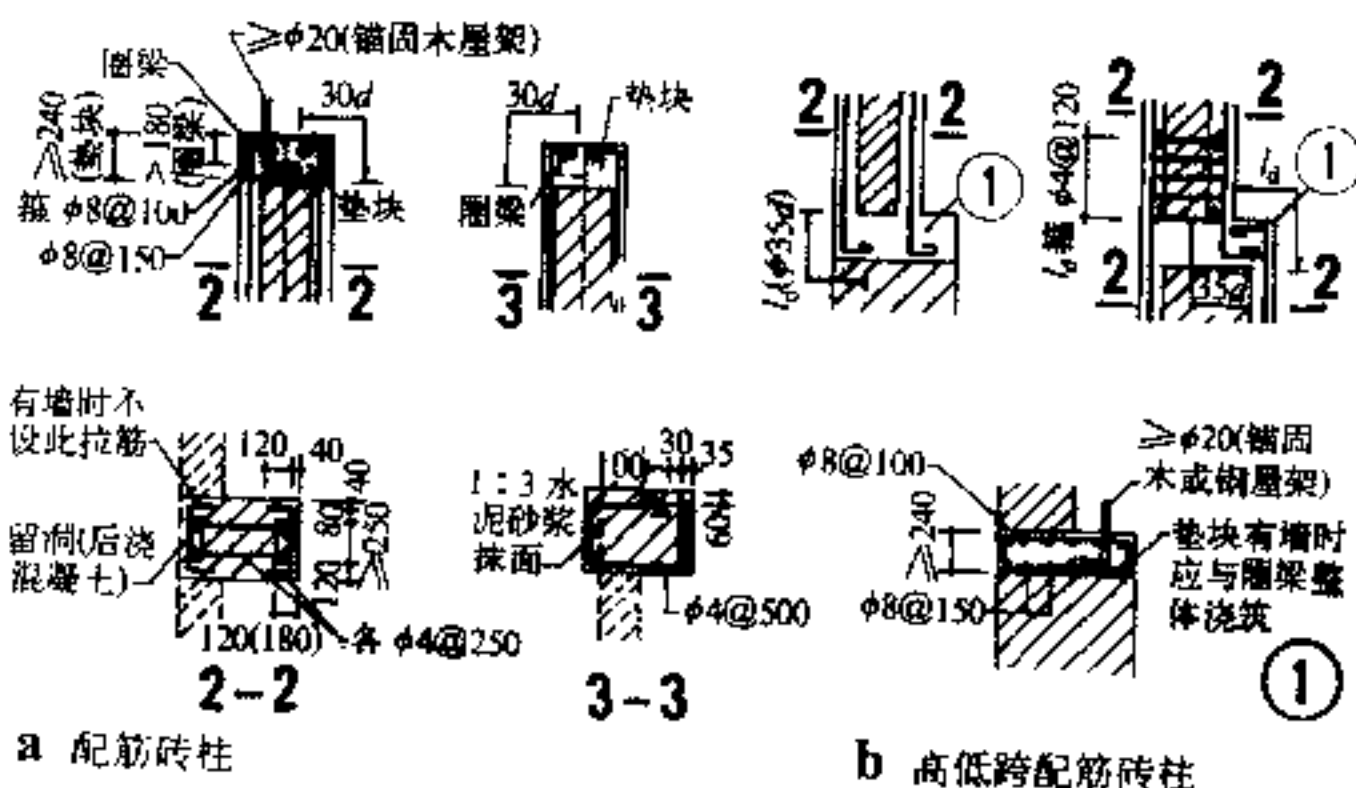
十、屋架、大梁应用螺栓与墙顶圈梁或同圈梁整体浇筑的柱顶垫块牢固连结。

十一、设计烈度为 8 度和 9 度时，影剧院、礼堂的大厅不宜采用抹灰吊顶。

抗震构造



1 砖柱、山墙与屋盖的连接



2 配筋砖柱

震害及分析

一、概况

单层钢筋混凝土柱厂房与单层砖柱厂房相比，震害程度要轻得多。但这类建筑内部空旷，结构刚度小属柔性建筑，在场地土质软弱地区震害较严重。对于多跨的高大而体型复杂的单层厂房，震害也较严重。

单层钢筋混凝土柱厂房震害调查 表1

烈度 IX	7 度	8 度	9 度
唐山大地震 天津地区调查	大部基本完好 少数轻微损坏	多数遭到损坏 部分中等破坏	普遍中等破坏，部分严重破坏或倒塌
辽宁海城地震 调查	大部分基本完好或轻微损坏，少数中等破坏	大部分轻微或中等破坏，个别严重破坏	

注：1. 天津地区为陆相海相交替沉积地带，土层很深而松软，属Ⅲ类场地土。
2. 辽宁海城地震调查的7度和8度区单层厂房，大都场地上质软弱

二、震害和原因

天津单层钢筋混凝土柱厂房的震害和原因 表2

现象	主要原因
一、屋盖系统中，有檩体系比无檩体系损坏受害轻	有檩体系厂房均为中小型车间或辅助车间，跨度和高度较小，没有天窗，屋盖重量较轻
二、无檩体系中屋面板塌落	1. 大部分由于天窗架、高低跨封墙和山墙倒塌而破坏 2. 屋盖支撑系统薄弱，屋面板支承长度不足 3. 屋面板与屋架焊接质量差或严重漏焊
三、门式天窗架破坏、倾斜或倒塌	天窗架纵向垂直支撑普遍压曲破坏，地震荷载均由天窗架承受，天窗架强度储备低，不合抗震要求而破坏
四、屋架倒塌或局部构件破坏	1. 整个厂房纵向抗震能力，如塘沽新港船厂船体车间三跨单层厂房，边跨屋盖倒塌 2. 天窗架、高低跨封墙倒塌，破坏屋盖，使屋架倒塌 3. 地基土液化，柱子严重倾斜，导致屋架倒塌
五、柱头破坏	屋架倒塌使柱头折断或预埋件拉出、混凝土碎裂等
六、上柱水平断裂	横向地震力作用下，上柱柱根抗弯强度不足
七、高低跨柱的低跨支承牛腿破坏	高低跨厂房第一振型地震荷载有较大地震力作用于牛腿，使牛腿拉脱碎裂或劈裂破坏
八、下柱水平断裂或严重破坏	1. 填充墙不到柱顶，柱在墙顶标高承受较大地震力 2. 无柱间支撑，柱根严重破坏 3. 有柱间支撑时，下节点强度不足而破坏
九、双肢柱腹杆破坏	在腹杆及腹杆与肢连接处，因腹杆强度不足而破坏
十、天窗架没有垂直支撑而倒塌	天窗架地震荷载较大，应设置垂直支撑，如天津工程机械厂铸铁车间天窗架无垂直支撑，13根天窗架全倒塌
十一、没有屋架上弦支撑，使屋面板塌落	地震时屋架上弦产生相对位移，需设置上弦支撑，当跨度为18m或更大时，没有上弦支撑，屋面板易塌落
十二、柱间支撑杆件压曲或节点处破坏	柱间支撑是厂房纵向抗震的主要构件，支撑杆件或节点的强度不足或延性不够
十三、砖砌体围护墙、高低跨封墙大量倒塌	柱上预留钢筋未按设计要求与墙拉结，有的工程则预留钢筋拉断。高低跨或纵横跨连接处刚度相差大，导致封墙大量倒塌

防震缝

一、当厂房的平立面布置复杂或结构的相邻部分的侧向刚度或高度相差很大（如厂房贴边建生活间、变电所、炉子间等）时，应用防震缝将相邻部分分开。防震缝的两侧应布置墙或柱，防震缝的宽度按房屋的高度和设计烈度不同而定。

防震缝的宽度 (cm) 表3

防震缝位置	平行排架方向	厂房与附属房屋间	纵横跨交接处
防震缝宽度	5~9	5~9	10~15

二、沉降缝和伸缩缝还应符合防震缝的要求。

屋盖布置

一、有檩屋盖

有檩屋盖屋面整体性较差，屋盖支撑布置应加强，见表4：檩条必与屋架（梁）焊牢，并应有足够的搁置长度。设计烈度8度和9度时，双脊檩相互间应拉结。槽瓦或其他屋面板应与檩条拉牢。

有檩屋盖的支撑布置 表4

支撑布置	设计烈度		
	7 度	8 度	9 度
屋架	上弦横向支撑	厂房单元两端第一开间及厂房单元长度大于60m时在柱间支撑开间各设一道	厂房单元两端第一开间及厂房单元长度大于42m时在柱间支撑开间各设一道
	下弦横向支撑	同非地震区	
	跨中垂直支撑	同非地震区	
天窗架	上弦横向支撑	厂房单元天窗两端第一开间及每隔30m各设一道	厂房单元天窗两端及每隔18m各设一道
	两侧垂直支撑	厂房单元天窗两端第一开间及每隔30m各设一道	厂房单元天窗两端及每隔18m各设一道

二、无檩屋盖

无檩屋盖的屋盖构件相互间应联成整体。当采用大型屋面板（肋形板等）时，板及屋架（梁）的预埋件应有可靠锚固，每块板至少应有三个角与屋架（梁）可靠的焊接。无檩屋盖的支撑布置应根据不同烈度予以加强。

跨度大于15m的薄腹梁屋盖，支撑布置宜按表5。

当天窗架跨度大于6m时，在屋盖的天窗开洞范围两端应局部增设屋架上弦横向支撑一道。

无檩屋盖的支撑布置 表5

支撑名称	设计烈度		
	7 度	8 度	9 度
屋架	上弦横向支撑	屋架跨度≥18m时，在厂房单元两端第一开间及柱间支撑开间各设一道	厂房单元两端第一开间及柱间支撑开间各设一道
	上弦通长水平系杆	同非地震区	沿屋架跨度≤15m设一道
	下弦横向支撑	同非地震区	
	跨中垂直支撑	同非地震区	
支 撑	两端垂直支撑	同非地震区	厂房单元两端第一开间及每隔48m各设一道
	屋架端部高度≤90cm	厂房单元两端第一开间及每隔48m各设一道	厂房单元两端第一开间及每隔24m各设一道
大 窗	天窗两侧垂直支撑	厂房单元天窗两端第一开间及每隔30m各设一道	厂房单元天窗两端第一开间及每隔18m各设一道

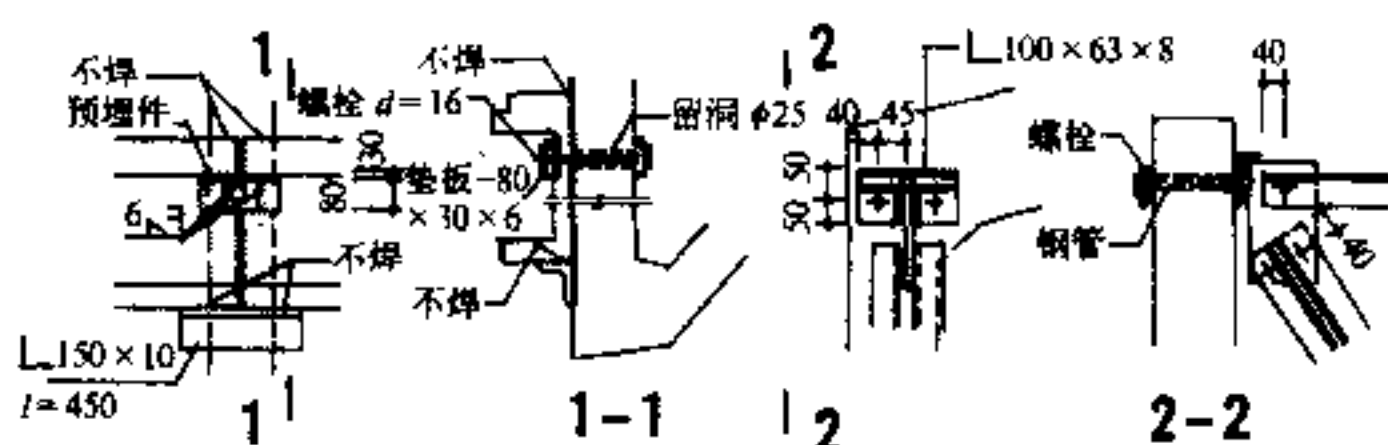
注：1. 跨度≤15m的薄腹梁屋盖，除受端的垂直支撑外，可不设其它屋盖支撑。
2. 装配整体式的屋面，可不设上弦通长水平系杆。
3. 有围护墙的边柱列，当屋架上弦高度处设有圈梁时，屋架端头的上弦通长水平系杆可不设

天窗架

一、天窗架是突出屋面结构，地震荷载大，震害较普遍和严重，应加强支撑和连接构造。

二、天窗架采用轻型屋面，屋面板或檩条必须与天窗架焊牢。设计烈度为9度时，宜采用钢天窗架或重心低的下沉式天窗。

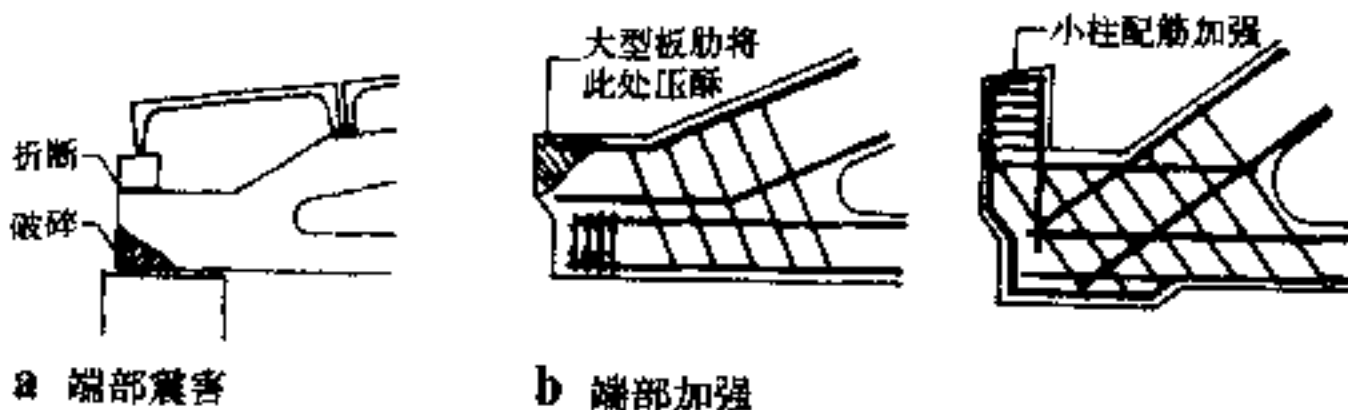
三、天窗两侧垂直支撑的杆件宜按受压杆件加强，天窗两侧的下挡或侧板宜采用螺栓与天窗架立柱联结。



1 天窗下挡与立柱螺栓连接 2 天窗架支撑螺栓连接

屋架(梁)

屋架(梁)的震害大都在端部，如端节点上部压酥，端部上弦小立柱破坏等，个别屋架因端部上弦杆强度不足而破坏或倒塌。端部节点和上弦杆均应加强。



3 屋架端部震害和抗震加强

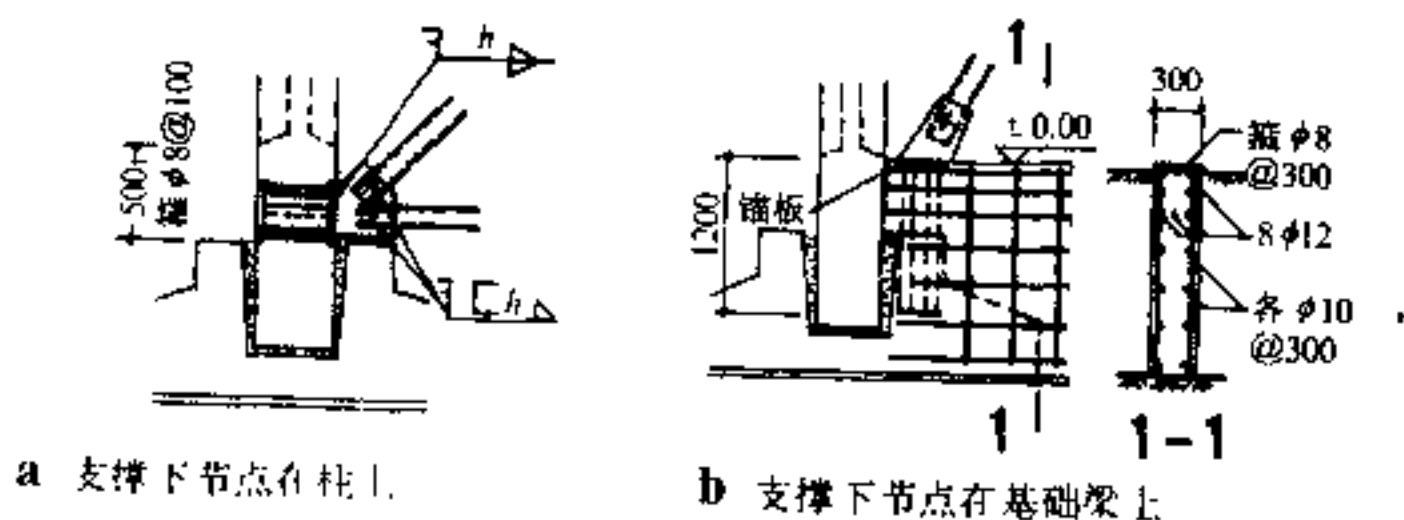
柱

一、应在厂房单元中段设置柱间支撑，设计烈度8度和9度时还应在两端增设上弦支撑。



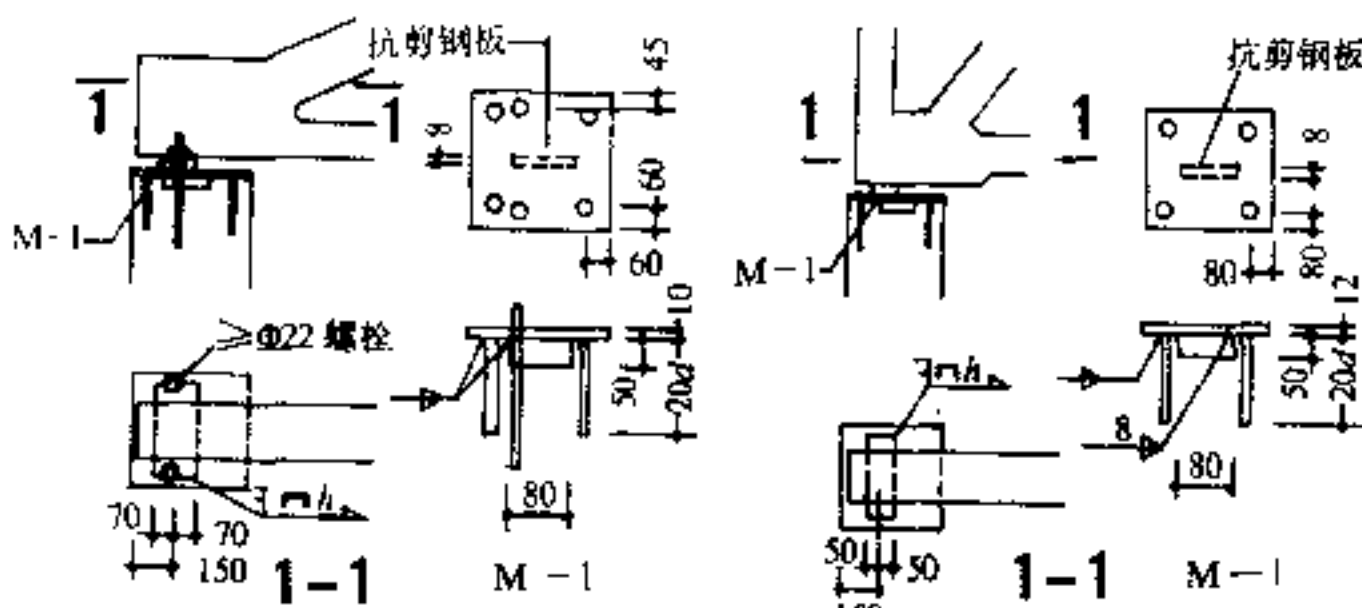
4 柱间支撑

二、下柱支撑的下节点的位置和构造应能可靠地将地震荷载直接传给基础。



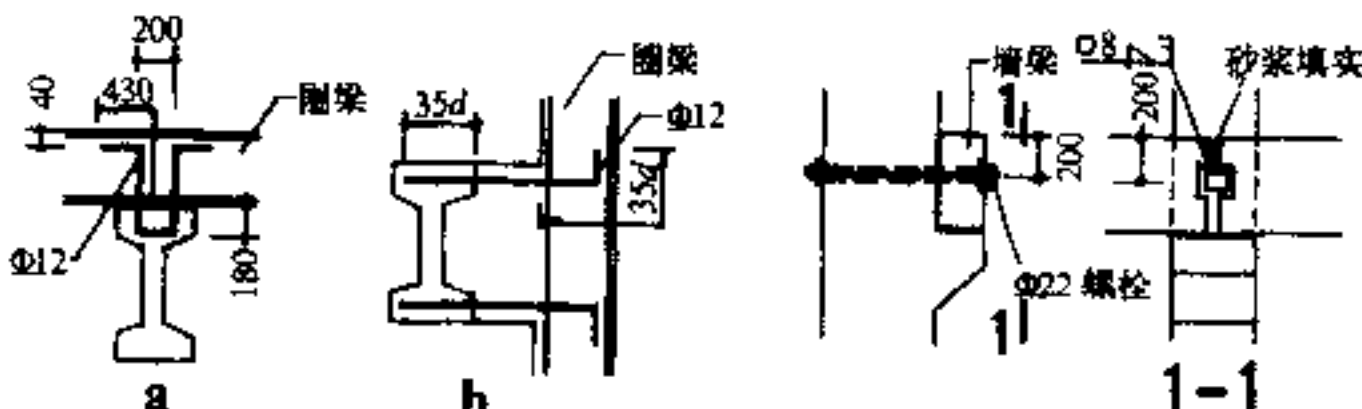
5 柱间支撑下柱下节点

三、柱顶与屋架宜用螺栓连接，也可采用焊接连接。



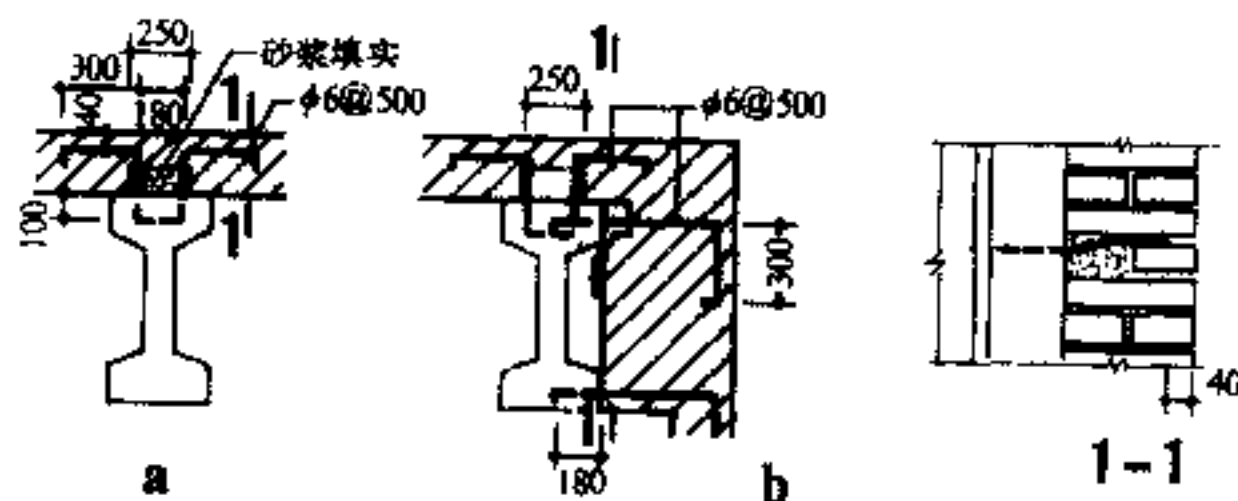
6 柱顶与屋架螺栓连接 7 柱顶与屋架焊接

四、柱与圈梁或墙梁应可靠连接。



8 圈梁与柱的拉结 9 墙梁与柱的连接

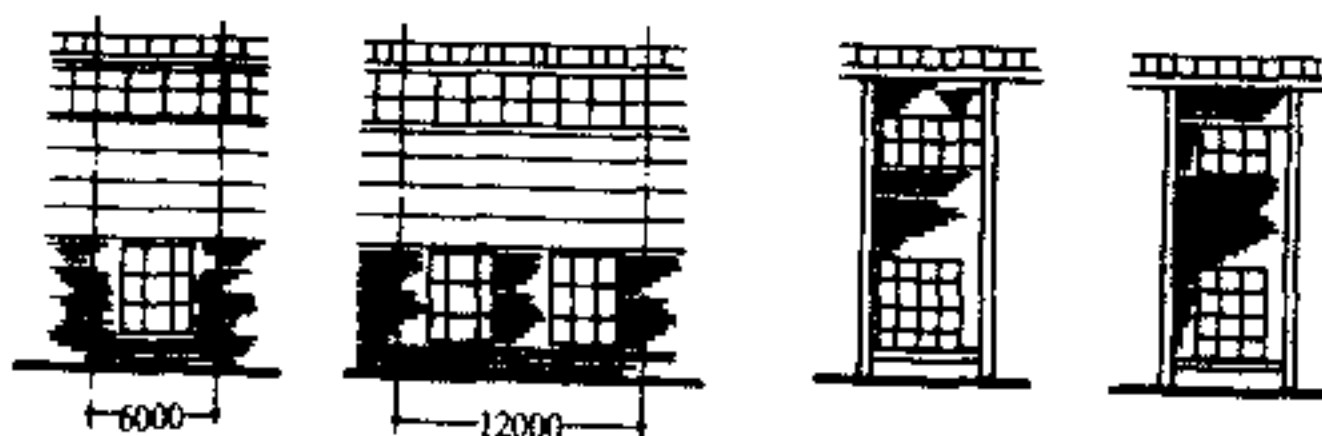
五、墙与柱应用锚筋拉结。



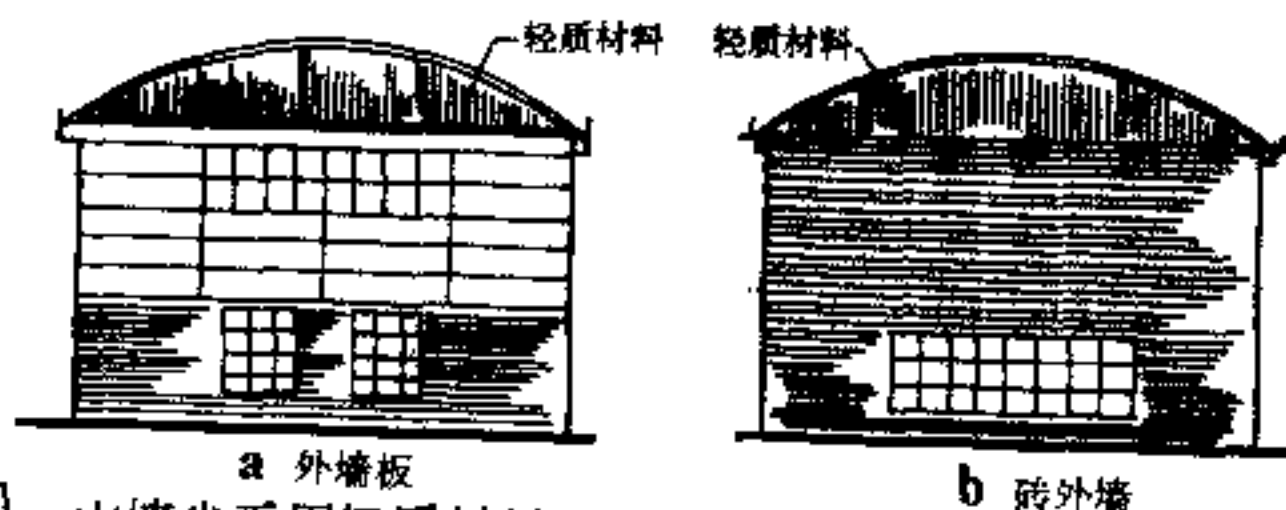
10 贴砌砖墙与柱的拉结

围护墙

围护墙的震害较重，一般厂房的围护墙贴柱砌筑，抗震不利。有条件时宜采用墙板或柱间墙方案和不设女儿墙，山墙的山尖宜采用轻质材料。



11 外墙板不设女儿墙 12 柱间墙不设女儿墙



13 山墙尖采用轻质材料

建筑高度

一、许可高度

钢筋混凝土建筑的许可建筑高度 (m) 表 1

结构体系		设计烈度			
		6 度	7 度	8 度	9 度
框 架	现 浇	60	55	45	—
	装配整体	50	35	25	—
框架—剪力墙		130	120	100	50
剪力墙	无框支墙	140	120	100	60
	有框支墙	120	100	80	—
筒 体		180	150	120	70

注: ①建筑高度指室外地面至檐口高度, 不包括局部突出屋面的水箱、电梯间等的高度。

②装配整体式结构和有框支墙的剪力墙结构, 设计烈度9度时不宜采用。

二、高宽比

钢筋混凝土建筑的高宽比 H/B 限值 表 2

结构体系	设计烈度		
	7 度	8 度	9 度
框 架	4 (3.0)	3 (2.5)	—
框架—剪力墙、单筒体	5 (4.0)	4 (3.0)	3 (2.5)
剪 力 墙	6 (5.0)	5 (4.0)	4 (3.0)
筒中筒、成束筒	6 (5.0)	5 (4.0)	4 (3.0)

注: 括弧中限值用于凹角形体型的 H/B , B 为凹角形平面的宽度。

建筑体型

一、建筑平、立面形状复杂不规则时, 宜设置防震缝。防震缝的两侧宜布置框架或剪力墙。

防震缝的最小宽度 (mm) 表 3

结构体系	建筑高度 $H \leq 15\text{m}$	建筑高度 $H > 15\text{m}$, 每增高 5m 加宽		
		7 度	8 度	9 度
框架、框架—剪力墙	70	20	33	50
剪 力 墙	50	14	23	35

二、建筑的平面布置和竖向刚度变化符合以下条件时, 可按规则建筑考虑, 不需采取设置防震缝等措施。

1. 平面局部突出部分的长度不大于其宽度, 且不大于该方向总长度的 30%。
2. 竖向局部缩进的尺寸不大于该方向总尺寸的 25%;
3. 楼层刚度不小于其相邻上层刚度的 70%。

三、高层钢筋混凝土建筑应尽量采用规则的建筑体型, 并采取有效措施尽量不设置防震缝。

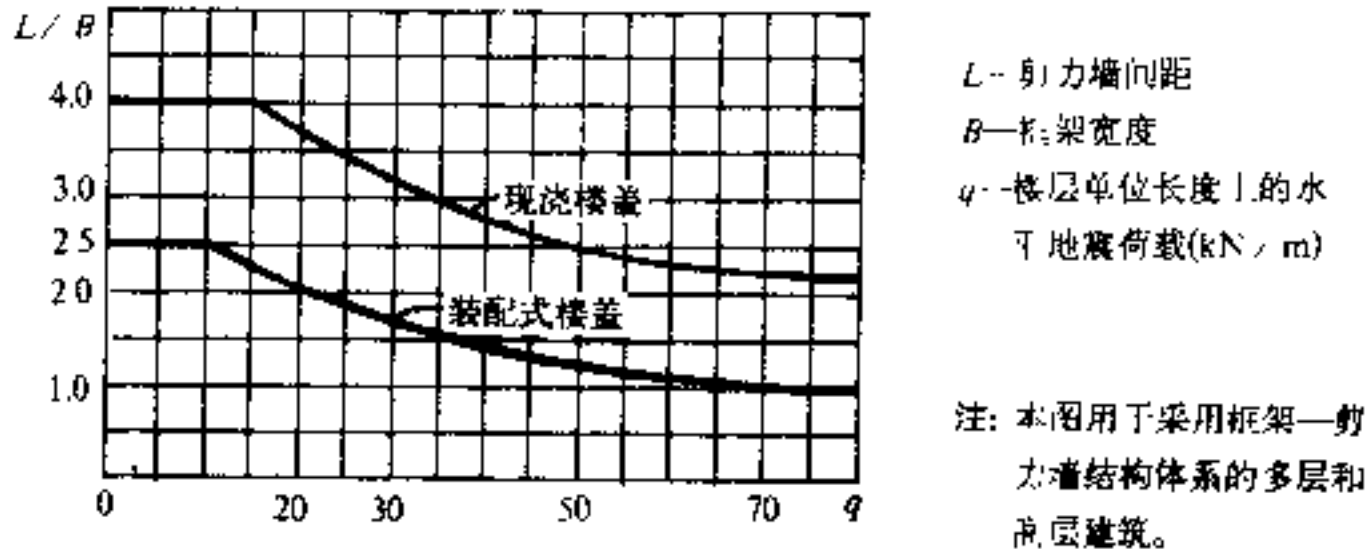
结构体系

- 一、建筑要求较高的多层钢筋混凝土框架房屋, 以及层数较多的装配式钢筋混凝土框架房屋, 应尽量采用框架加剪力墙的框架—剪力墙结构体系。
- 二、抗震设防的高层建筑, 应优先采用剪力墙或框架—剪力墙结构体系。其剪力墙沿竖向宜贯通建筑全高。当顶层需大空间而使剪力墙不能通上时, 应加强顶层结构。
- 三、底部为框架上部为剪力墙的框支剪力墙结构, 除在剪力墙结构体系中夹有少数框支剪力墙并采取加强措施外, 一般不应采用。

结构布置

一、剪力墙应在建筑平面内沿几个主轴方向布置, 对一般的矩形、T形、L形等平面应沿两个主轴方向布置。内外剪力墙宜拉通对直。

二、剪力墙的间距根据楼盖结构和楼层地震荷载确定



1 剪力墙的间距

三、当采用框架—剪力墙结构时, 横向剪力墙宜均匀对称地布置在建筑物端部附近、平面形状变化处、以及恒载较大处。

四、当采用剪力墙结构而底层需空旷时, 应有不少于 50% 的剪力墙落地并在底层予以加强。

顶部突出

- 一、顶部塔楼, 由于刚度突变和高振型影响, 易产生严重震害, 应尽量不设置。需设置塔楼时, 宜选用抗震性能较好的剪力墙或壁式框架结构, 并与下层主体结构牢固连接。
- 二、屋顶突出的楼梯间、电梯间、水箱间的小屋, 不应采用砖混结构, 应采用框架或剪力墙结构并与主体结构牢固相连。

施工

- 一、现浇混凝土结构整体性好, 节点构造可靠, 抗震性能好, 抗震设防的多层和高层建筑宜尽量采用现浇结构。
- 二、剪力墙、筒体等主要抗震结构均采用现浇, 框架结构宜尽量现浇。当框架结构需采用装配式结构时, 建筑许可高度应适当降低, 框架柱则宜现浇以加强梁柱节点和结构的整体性。
- 三、设计烈度 9 度时, 主体结构应现浇。
- 四、在框架—剪力墙结构中, 宜采用现浇楼盖或装配整体式楼盖。

在装配整体式楼盖中, 梁柱宜现浇, 装配式楼板应与梁或剪力墙可靠的连接。板上宜加 50mm 厚的现浇混凝土层, 内配置 $\phi 6$ 每 200mm 的双向钢筋网。

五、在高层建筑中, 以下情况应采用现浇楼盖

1. 顶层。
2. 刚性过渡层。
3. 平面复杂或开洞过多的楼层。
4. 建筑高度大于 50m 时。

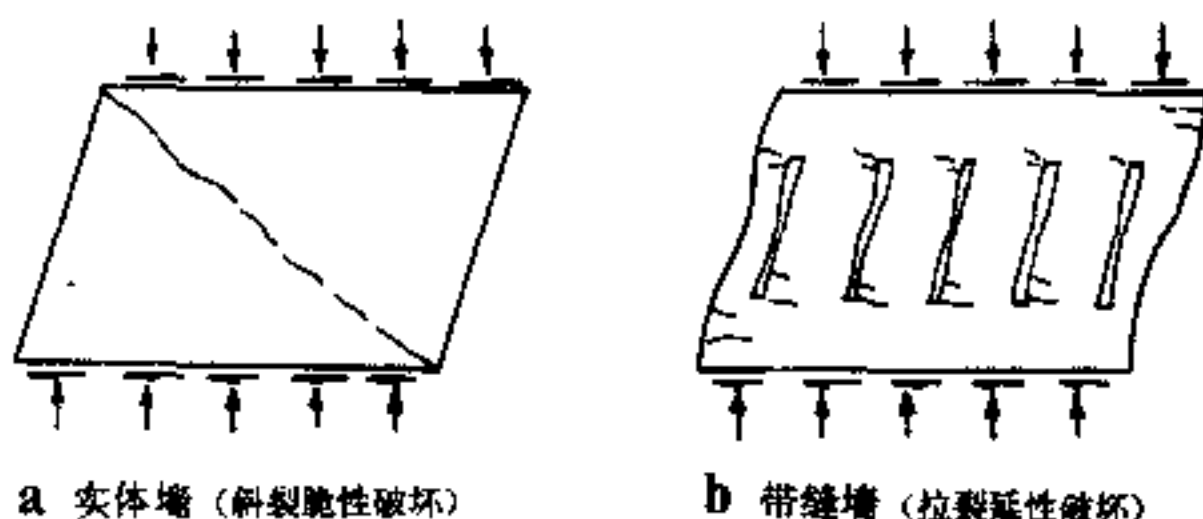
剪力墙

一、剪力墙的高宽比 H/B 应大于 2, 宽度 B 不宜小于 1.5m, 墙厚应不小于 160mm, 并不小于楼层高度的 $1/25$ 。

二、当高宽比 $H/B < 2$ 时, 地震破坏是剪切型的斜裂缝, 属于不可恢复的脆性破坏, 抗震不利, 宜采取下列措施。

1 将剪力墙分为二片或几片联肢剪力墙, 各肢剪力墙的高宽比 H/B 大于 2。

2 在一片剪力墙的中央部分增开几条竖缝, 使剪力墙由剪切斜裂的脆性破坏转变为弯曲拉裂的延性破坏, 从而较大的提高抗震能力。



1 $H/B < 2$ 的剪力墙破坏形态

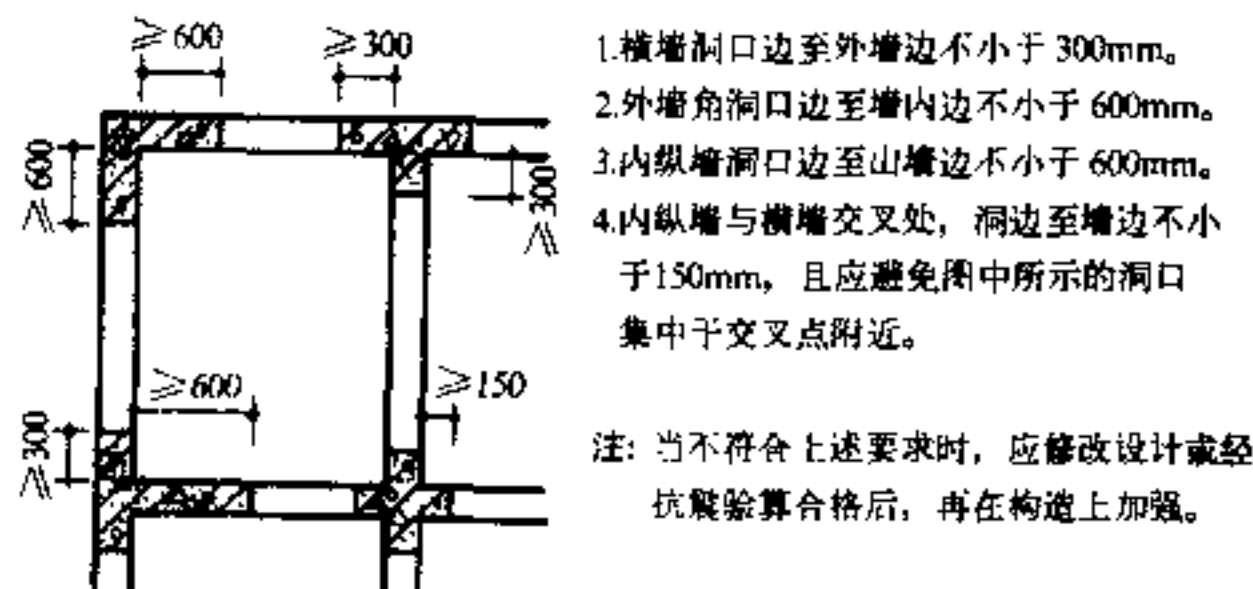
三、剪力墙宜均匀对称布置, 各剪力墙的刚度不宜相差悬殊, 要避免地震力集中于少数刚度大的剪力墙上。

四、在竖向, 剪力墙的宽度和厚度 (即刚度) 不宜突变, 上下层的刚度相差不宜大于 50%。

五、剪力墙的门窗等洞口应力求布置均匀, 上下各层对齐以形成明确的墙肢和连系梁。

六、无连系梁连接的剪力墙, 延性差, 地震破坏后不易修复, 设计烈度为 9 度时不应采用; 设计烈度为 7 度和 8 度时宜不用, 需采用时, 墙的两端应有边柱、翼缘或暗柱。

七、剪力墙上开设门窗等孔洞时, 洞口边沿至墙角内边的距离宜符合 [2] 的要求。

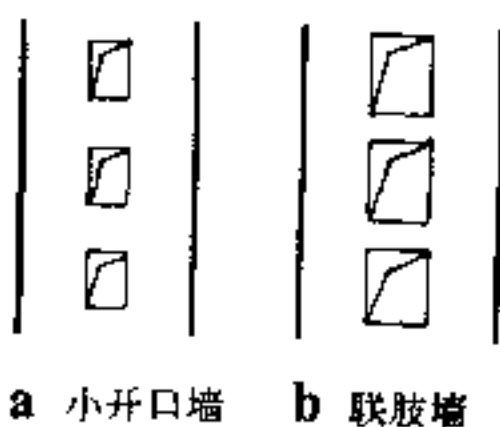


2 洞边与墙边的距离

八、剪力墙竖向对齐开洞时

1. 孔洞较小, 连系梁较刚强, 抗震好, 属小开口墙。

2. 孔洞较大, 连系梁较柔弱, 应在保证延性条件下尽量增大梁的刚度, 这是联肢墙。



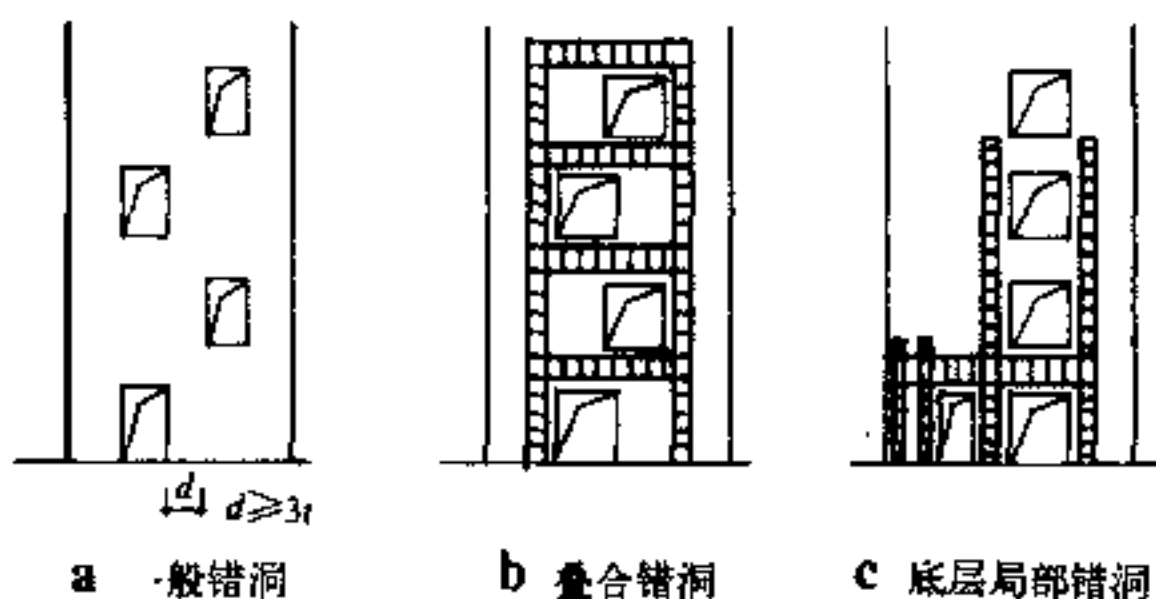
3 竖向对齐开洞墙

九、错洞墙

1 一般错洞墙, 上下洞接合区应力集中, 不宜采用, 需采用时应使 $d \geq 3t$ (t 为墙厚), 洞口边应加强配筋。

2 叠合错洞墙, 应力集中且复杂, 抗震不利, 不宜采用。采用时宜按大开洞联肢墙设计, 并按暗框架配筋。

3 底层局部错洞墙, 标准层洞边的竖向钢筋应延长到底层, 并在 1~3 层形成暗柱。2 层洞底设暗梁并加强配筋, 底层墙截面的洞边和端部暗柱应伸入 2 层。

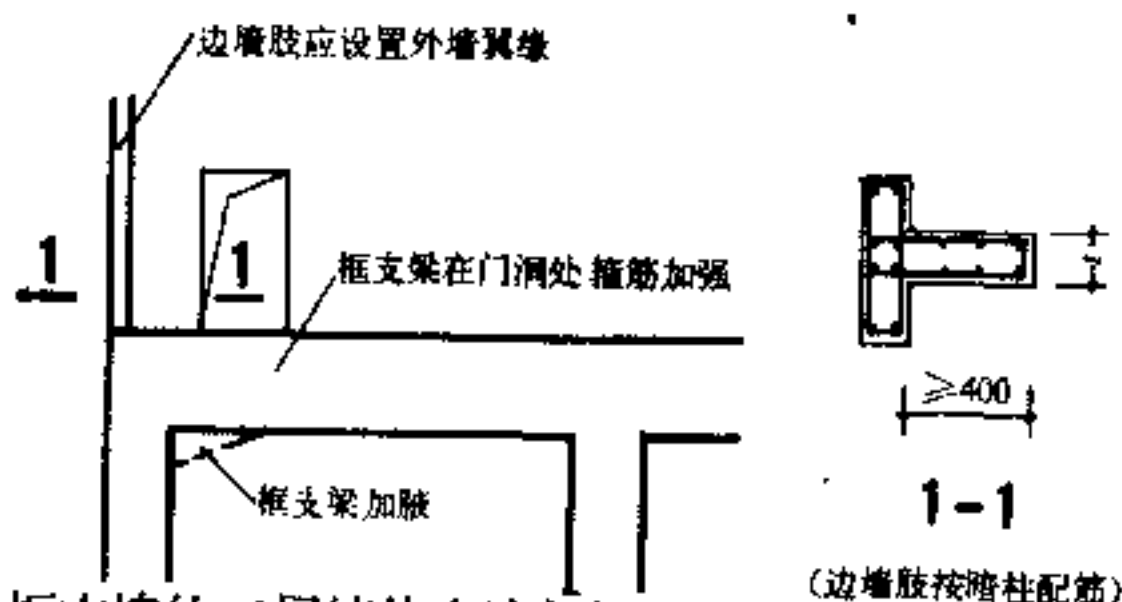


4 错洞剪力墙

十、剪力墙结构底层为大空间时, 宜有不少于 50% 的落地剪力墙, 并应适当增加落地剪力墙的厚度或提高混凝土的标号等, 以减少底层的刚度突变, 使上下层剪切刚度应接近 1.0 而不大于 2.0。

落地剪力墙的间距 S 应小于 $2.0B$ (B 为建筑宽度), 底层顶板应现浇, 板厚不宜小于 180mm, 混凝土标号不低于 300 号, 并应采用上下层双向配筋。楼板开洞位置宜远离外侧边, 在框支墙处的楼板不宜开洞。

框支梁上的剪力墙 (即二层墙体) 应尽量避免在边柱上方开门洞。需开边门洞时, 则应加强小墙肢和这部位框支梁的抗剪强度, 有条件时框支梁宜加腋, 边墙肢应设置外墙翼缘或加厚。



5 框支墙的二层墙体有边门洞

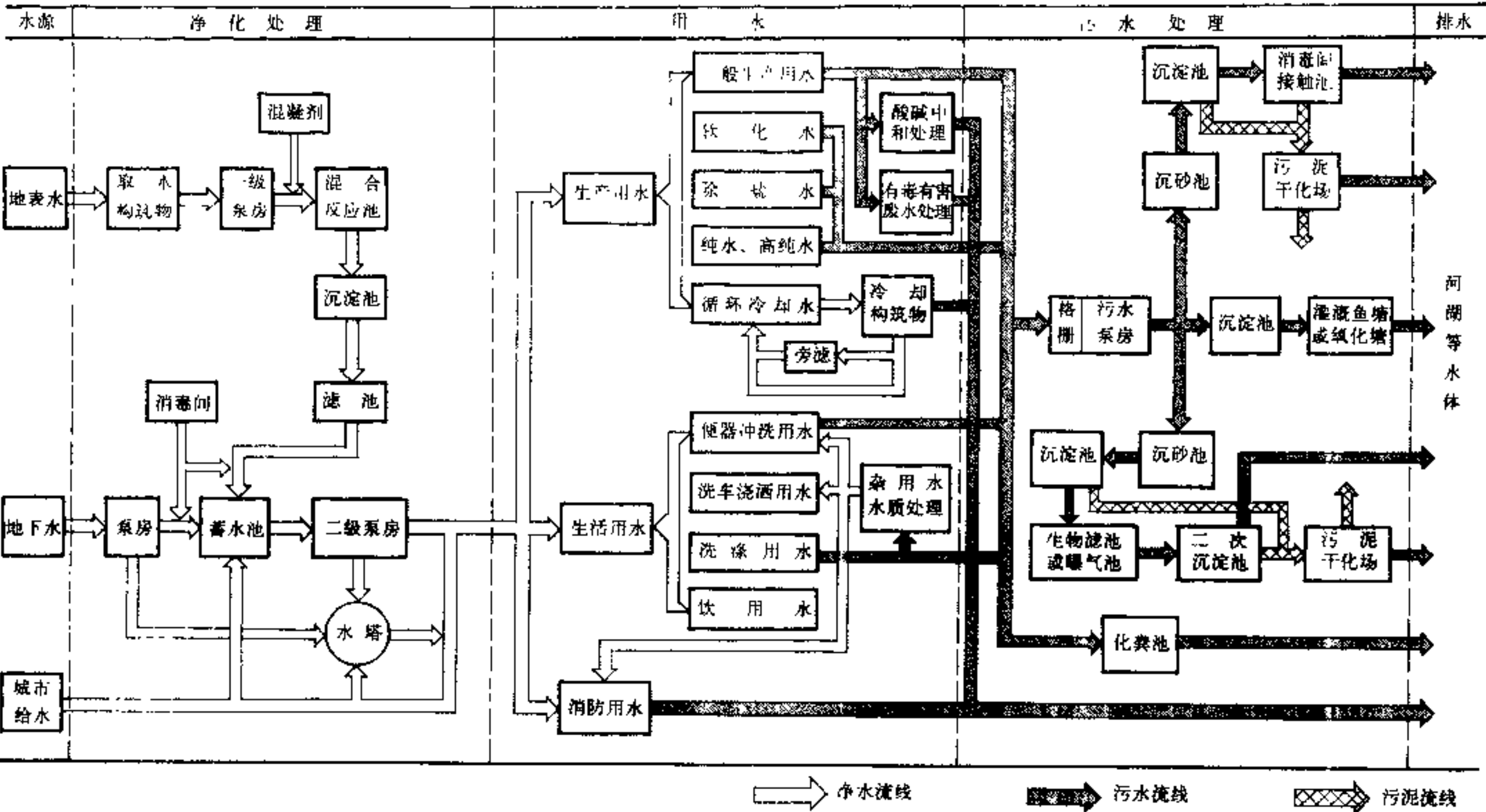
框架

一、框架结构的多层或高层建筑, 应设计成双向梁柱框架体系以抗御纵横两个方向的地震荷载。

二、框架梁的截面高度 h 宜取 $l/8 \sim l/12$ (l 为框架梁的计算跨度)。框架梁的宽度 b 不宜小于 $1/3h$, 且不宜 $< 300\text{mm}$ 。

给排水[1]室外给水

给水排水流程示意



给水系统分类

系统分类	合质给水管道系统	分质给水管道系统	分压给水管道系统
系统示意			
适用条件	该系统生活用水、生产用水、消防用水统一按生活饮用水水质供水，为一般中、小城镇所采用	对水质要求较低、用水量较大的生产用水，可采用生产用水与生活用水分质供水的给水系统 水源为市政自来水，而生活用水与生产用水水价相差较大者 地下水、地表水水源供应不足时，建筑小区内可将洗涤用水的废水进行深度处理，回用于便器冲洗用水、洗车洒水用水、消防用水等	对于地形高差较大的供水区域，可按高、低区采用由一水厂分压供水（并联分区系统及串联分区系统）的系统 对于城市中的某些高层建筑区，要求较高的供水压力，可采用不同压力的给水系统或局部加压系统

室外管道布置

- 一、凡不得间断供水的给水工程，输水管渠一般不宜少于两条，并用装有阀门的连通管连接。配水管网应布置成环状，允许间断供水的配水管网可以敷设为树枝状。
- 二、配水管网的干管应尽可能布置在两侧均有用水量较大的用户的道路上，并以最短距离到达主要用水地区及管网中的调节构筑物。
- 三、城镇生活饮用水的管网严禁与非生活饮用水的管网或各单位自备的生活饮用水供水系统直接连接。

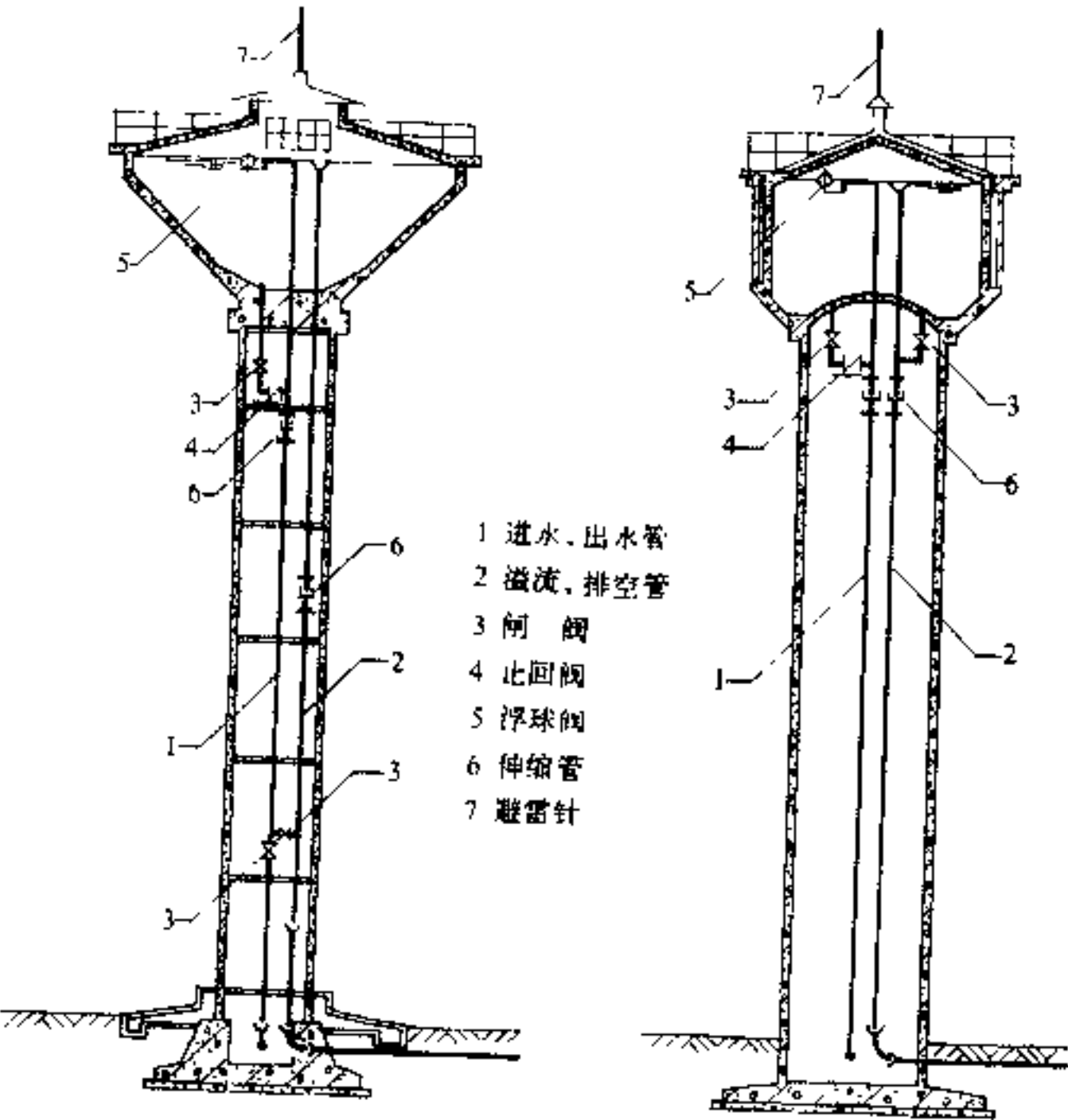
主要调节设施及其适用条件

表 1

序号	调节构筑物	适用条件
1	在水厂内设置清水池	供水范围不很大的中小型水厂，或需昼夜连续供水，并可用水泵调节负荷的小型水厂
2	设置水塔或气压给水装置	供水规模和范围小，调节容量小，无合适地形建造高位水池的供水工程
3	设置高位水池	供水区的要求水压和范围变化不大，调节容量较大，且有合适的地形条件的供水工程
4	配水管网中设置调节水池和加压泵站	供水范围大，为解决局部地形较高的地区、或管网末端的供水压力不足，或数幢、数十幢高层建筑允许共用一个高压供水系统的

水塔

- 一、水塔应设在供水区内地势较高处。
- 二、水塔应接近用水量大的建筑物，且须位于烟囱及散发污染性物质车间的上风向。
- 三、水塔高度的选择应满足供水区内建筑物的最不利点的水压要求。



a 不保温水塔

b 保温水塔

1 水塔

调节水池

- 一、水池的有效容量应包括：按消防规范要求的消防用水量、调节容量及安全储量。而水厂的清水池的容量尚需复核必要的消毒接触容量。
- 二、在严寒地区采用蓄水池应有防冻措施。

钢筋混凝土蓄水池标准图索引

表 2

有效容量 (m ³)	圆形钢筋混凝土蓄水池			矩形钢筋混凝土蓄水池		
	图集号	高度(m)	池内径(m)	图集号	高度(m)	内长×内宽(m)
≥0	94S811	3.50	4.50	94S823	3.50	3.90×3.90
100	94S812	3.50	6.40	94S824	3.50	5.60×5.60
150	94S813	3.50	7.80	94S825	3.50	6.80×6.80
200	94S814	3.50	9.00	94S826	3.50	7.80×7.80
300	94S815	3.50	11.10	94S828	3.50	12.00×8.00
400	94S816	3.50	12.60	94S829	3.50	11.40×11.40
500	94S817	3.50	14.20	94S830	3.50	14.40×10.80
600	94S818	4.00	14.40	94S831	4.00	14.80×11.10
800	94S819	4.00	16.60	94S832	4.00	16.80×12.60
1000	94S820	4.00	18.75	94S833	4.00	16.00×16.00
2000	94S834	4.00	26.40	94S836	4.00	23.40×23.40
3000	94S835	4.00	32.00	94S837	4.00	28.70×28.70
4000				94S838	4.00	32.80×32.80
5000				94S839	5.00	31.60×31.60

水塔标准图索引

表 3

图 集 号	水柜有效容量(m ³)	水塔有效高度(m)	水 柜			支 座	
			保温情况	材料	形式	材料	形式
89S842 (一)	100	24、28、32	保 温	钢 筋 混 凝 土	倒 锥 壳	钢 筋 混 凝 土	支 筒
89S842 (二)	150	24、28、32					
89S842 (三)	200	24、28、32					
89S842 (四)	300	24、28、32					
89S842 (五)	400	24、28、32					
89S842 (六)	500	24、28、32					
94S843(4~6)	50	15、20、25	不 保 温	钢 筋 混 凝 土	平 底 英 兹 式	钢 筋 混 凝 土	支 架
94S843(10~12)	100	15、20、25、30					
94S843(13~15)	150	20、25、30					
94S843(16~18)	200	20、25、30					
94S844 (一)	100	20、25、30、35	不 保 温	钢 筋 混 凝 土	倒 锥 壳	钢 筋 混 凝 土	支 筒
94S844 (二)	150	20、25、30、35					
94S844 (三)	200	20、25、30、35					
94S844 (四)	300	20、25、30					
94S844 (五)	400	20、25、30					
94S844 (六)	500	20、25、30					
94S845 (一)	50	16、20、24	不 保 温	钢 筋 混 凝 土	平 底 英 兹 式	砖	支 筒
94S845 (二)	100	20、24、28					
94S845 (三)	150	20、24、28					
94S845 (四)	200	20、24、28					
94S846 (一)	30	16、20、24	保 温	钢 筋 混 凝 土	平 底 斜 锥 平 底 英 兹 式	砖	支 筒
94S846 (二)	50	20、24、28					
94S846 (三)	80	20、24、28					
94S846 (四)	100	20、24、28					
94S846 (五)	150	20、24、28					
94S846 (六)	200	20、24、28					
94S847 (一)	50	20、24、28	保 温	钢 筋 混 凝 土	平 底 英 兹 式	钢 筋 混 凝 土	支 筒
94S847 (二)	100	24、28、32					
94S847 (三)	200	24、28、32					
94S847 (四)	300	24、28、32					
94S847 (五)	400	24、28、32					

注：不保温水塔只适用于室外采暖计算温度大于零下8℃的地区，保温水塔适用于室外采暖计算温度为（-8℃~ -40℃）的地区。

住宅生活用水量标准及小时变化系数

表1

用水设备类型	(一)室内无给水排水卫生设备,从集中给水龙头取水		(二)室内有给水龙头但无卫生设备		(三)室内有给水排水卫生设备,但无沐浴设备		(四)室内有给水排水卫生设备和沐浴设备,但无集中热水供应		(五)室内有给水排水卫生设备、沐浴设备和集中热水供应	
	最高日(升/人·日)	时变化系数	最高日(升/人·日)	时变化系数	最高日(升/人·日)	时变化系数	最高日(升/人·日)	时变化系数	最高日(升/人·日)	时变化系数
第一分区:黑龙江、吉林、内蒙古自治区的全部,辽宁的大部分,河北、山西、陕西偏北的一小部分,宁夏偏东的一部分	20~35 30~45	2.5~2.0 3.0~2.5	40~60 50~75	2.0~1.8 2.5~2.0	85~120 100~140	1.8~1.5 2.5~2.0	130~170 145~185	1.7~1.4 2.0~1.7	170~200 190~230	1.5~1.3 1.7~1.5
第二分区:北京、天津、河北、山东、山西、陕西的大部分,甘肃、宁夏、辽宁的南部,河南北部,青海偏东和江苏偏北的一小部分	20~40 30~50	2.5~2.0 3.0~2.5	45~65 55~80	2.0~1.8 2.5~2.0	90~125 105~145	1.8~1.5 2.5~2.0	140~180 150~190	1.7~1.4 2.0~1.7	180~210 200~240	1.5~1.3 1.7~1.5
第三分区:上海、浙江的全部,江西、安徽、江苏的大部分,福建北部,湖南、湖北的东部,河南南部	35~55 45~65	2.5~2.0 3.0~2.5	60~85 70~100	2.0~1.8 2.5~2.0	95~130 110~150	1.8~1.5 2.5~2.0	140~180 155~195	1.7~1.4 2.0~1.7	185~215 205~245	1.5~1.3 1.7~1.5
第四分区:广东、台湾的全部,广西的大部分,福建、云南的南部	40~60 50~70	2.5~2.0 3.0~2.5	60~90 70~105	2.0~1.8 2.5~2.0	95~130 110~150	1.8~1.5 2.5~2.0	150~190 160~200	1.7~1.4 2.0~1.7	190~220 210~250	1.5~1.3 1.7~1.5
第五分区:贵州的全部,四川、云南的大部分,湖南、湖北的西部,陕西和甘肃秦岭以南地区,广西偏北的一小部分	20~40 30~50	2.5~2.0 3.0~2.5	45~60 55~75	2.0~1.8 2.5~2.0	85~120 110~140	1.8~1.5 2.5~2.0	140~180 150~190	1.7~1.4 2.0~1.7	180~210 200~240	1.5~1.3 1.7~1.5
第六分区:经济特区和沿海城市的经济开发区	——	——	——	——	150~200	2.5~2.0	200~300	2.0~1.7	300~400	1.7~1.5

注:①表1内所列用水量已包括居住区内小型公共建筑用水量,但未包括浇洒道路、绿化、消防、全市性公共建筑的用水量和未预见用水。
②第六分区(西藏和青海的大部分,四川西部,新疆的高原地区)和第七分区(新疆的大部分,青海柴达木盆地,内蒙古巴彦浩特以西的沙漠地区,甘肃的西北关外地区)的生活用水量标准可根据当地气候条件和生活习惯等情况,参照相似地区的生活用水量标准确定。
③表1上行数字为现行规范(GBJ13-86)规定的居住区生活用水量标准,实践中因种种原因,很多城市发生供水不足,故提出下行数字,仅供参考。

公共建筑生活用水量标准及小时变化系数

表2

序号	建筑物名称	单位	最高日用水量(1)	小时变化系数	序号	建筑物名称	单位	最高日用水量(1)	小时变化系数
1	集体宿舍 有盥洗室 有盥洗室和浴室	每人每日 每人每日	50~100 100~200	2.5 2.5	9	公共食堂 营业食堂 工厂、机关、学校、居民食堂	每顾客每次 每顾客每次	15~20 10~15	2.0~1.5 2.5~2.0
2	普通旅馆、招待所 有盥洗室 有盥洗室和浴室 设有浴盆的客房	每床每日 每床每日 每床每日	50~100 100~200 200~300	2.5~2.0 2.0 2.0	10	洗衣房	每公斤干衣	40~60	1.5~1.0
3	宾馆 客房	每床每日	400~500	2.0	11	幼儿园、托儿所 有住宿 无住宿	每儿童每日 每儿童每日	50~100 25~50	2.5~2.0 2.5~2.0
4	医院、疗养院、休养所 有盥洗室 有盥洗室和浴室 设有浴盆的病房	每病床每日 每病床每日 每病床每日	50~100 100~200 250~400	2.5~2.0 2.5~2.0 2.0	12	菜市场	每平方米每次	2~3	2.5~2.0
5	门诊部、诊疗所	每病人每次	15~25	2.5	13	办公楼	每人每班	30~50	2.5~2.0
6	公共浴室 有淋浴器 设有浴池、淋浴器、浴盆及理发室	每顾客每次 每顾客每次	100~150 80~170	2.0~1.5 2.0~1.5	14	中小学校(无住宿)	每学生每日	30~50	2.5~2.0
7	电影院	每观众每场	3~8	2.5~2.0	15	高等学校(有住宿)	每学生每日	100~200	2.0~1.5
8	理发室	每顾客每次	10~15	2.0~1.5	16	剧院	每观众每场	10~20	2.5~2.0
					17	体育场 运动员淋浴 观众	每人每次 每人每场	50 3	2.0 2.0
					18	游泳池 游泳池补充水 运动员淋浴 观众	每日占水池容积 每人每场 每人每场	10~15% 60 20	2.0 2.0

注:①高等学校、幼儿园、托儿所为生活用水综合指标。
②集体宿舍、旅馆、招待所、医院、疗养院、休养所、办公楼、中小学校均不包括食堂、洗衣房的用水量。
③菜市场用水指地面冲洗用水。

卫生器具给水的额定流量、当量、支管管径和流出水头

表 1

序号	卫生器具名称	额定流量 (l/s)	当量	支管管径 (mm)	流出水头 (kPa)	序号	卫生器具名称	额定流量 (l/s)	当量	支管管径 (mm)	流出水头 (kPa)
1	污水盆(池)水龙头	0.20	1.0	15	20	9	大便器 冲洗水箱浮球阀 自闭式冲洗阀	0.10 1.20	0.5 6.0	15 25	20 按产品要求
2	家用厨房洗涤盆(池)水龙头 一个阀开 二个阀开 普通水龙头	0.14 0.20 0.20	0.7 1.0 1.0	15 15 15	15 15 15	10	大便槽冲洗水箱进水阀	0.10	0.5	15	20
3	食堂厨房洗涤盆(池)水龙头 一个阀开 二个阀开 普通水龙头	0.24 0.32 0.44	1.2 1.6 2.2	15 15 20	20 20 40	11	小便器 手动冲洗阀 自闭式冲洗阀 自动冲洗水箱进水阀	0.05 0.10 0.10	0.25 0.5 0.5	15 15 15	15 按产品要求 20
4	住宅集中给水龙头	0.30	1.5	20	20	12	小便槽多孔冲洗管(每米长)	0.05	0.25	15~20	15
5	洗脸盆(无塞)、洗手盆水龙头	0.10	0.5	15	20	13	实验室化验龙头(鹤颈) 单联 双联 三联	0.07 0.15 0.20	0.35 0.75 1.0	15 15 15	20 20 20
6	洗脸盆(有塞)、盥洗槽水龙头 一个阀开 二个阀开 普通水龙头	0.16 0.20 0.20	0.8 1.0 1.0	15 15 15	15 15 15	14	净身器冲洗龙头 一个阀开 二个阀开	0.07 0.10	0.35 0.5	15 15	30 30
7	浴盆水龙头 一个阀开 二个阀开 普通水龙头	0.20 0.20 0.30 0.30 0.30 0.30	1.0 1.0 1.5 1.5 1.5 1.5	15 20 15 20 15 20	20 15 20 15 20 15	15	饮水器喷嘴	0.05	0.25	15	20
8	淋浴器 一个阀开 二个阀开 单管供水	0.10 0.15 0.15	0.5 0.75 0.75	15 15 15	25~40 25~40 25~40	16	洒水栓	0.40 0.70	2.0 3.5	20 25	按使用要求 按使用要求
						17	室内洒水龙头	0.20	1.0	15	按使用要求
						18	家用洗衣机给水龙头	0.24	1.2	15	20
						19	半身淋浴器 一个阀开 二个阀开	0.10 0.15	0.5 0.75	15 15	20~30 20~30

注: 1 “一个阀开”指单独龙头或混合龙头只开冷水或热水,“二个阀开”指单独龙头或混合龙头冷、热水同时开放。
2 单独计算冷水或热水的流量时,应采用表内一个阀开的给水额定流量及当量值,计算冷热水总流量时,应采用表内二个阀开的额定流量及当量值。

住宅生活用水量标准及小时变化系数

表 2

住宅类型	给水卫生器具完善程度	用水量标准 (升/人·日)	小时变化系数
1	设有给水排水卫生器具,但无沐浴设备	85~130	2.5~2.0
2	设有给水排水卫生器具,并有沐浴设备	130~190	2.2~1.8
3	设有给水排水卫生器具,并有沐浴设备和集中热水供应	170~250	2.0~1.6
4	仅设有给水龙头	40~90	2.5~2.0

洒地用水量

表 4

路面性质	用水量(升/次·米 ²)	每日洒水次数
柏油马路	0.2~0.5	≤3
石子马路	0.4~0.7	≤4
庭院及草地	1.0~1.5	≤2

工业企业建筑的生活用水量标准及小时变化系数

表 5

车间特征	每人每班 用水量 (l)	小时变化 系数	注:在无生活污水 排水管道的工业企 业建筑内,每人每 班的生活用水量标 准可降低至 15 l
热车间(散热量大于 83.74 kJ/m ² ·h)	35	2.5	
冷车间	25	3.0	

冲洗汽车用水量标准

表 6

汽车种类	小型车	大型车
用水量(升/辆·日)	250~400	400~600

工业企业建筑的淋浴用水量标准

表 3

车间卫生特征	每人每班用 水量(l)	附注
极易经皮肤吸收引起中毒的剧毒、高毒物质的或有恶臭的,或散发严重污染全身的生产车间,或高温、井下作业	60	1 淋浴延续时间每班采用 一小时
不散发或只散发一般有毒、只轻度污染身体、以及为了保证必要的产品质量而有特殊卫生要求的生产车间	40	2 半身淋浴每人每班用水 量标准采用 25 l

设计流量

表1

设计项目	建筑小区给水	建筑物室内给水																																		
设计流量	按最高日最大时用水量设计建筑小区给水管网	按设计秒流量设计建筑物室内给水管网																																		
计 算 公 式	$Q = \frac{Q_d}{f} K$ $Q_d = (1.1 \sim 1.2) \sum Q_n$ $Q_n = \frac{m \cdot q_n}{1000}$ 式中 Q ——最大时用水量(m^3/h)； f ——每天或最大班使用时间(h)； K ——小时变化系数； Q_d ——最高日(班)用水量(m^3/d 或 $m^3/班$)； $1.1 \sim 1.2$ ——考虑未预见用水量的设计系数； Q_n ——各类同时用水建筑的最高日用水量(m^3/d)，其中包括住宅、集体宿舍、公共建筑、工业建筑的生活用水量 and 洗衣房、浇洒道路和绿地用水、消防用水以及工业企业生产用水等； m ——设计单位数(人、床、辆、 m^2 等)； q_n ——单位用水量标准(升/人·日、升/床·日、升/辆·日、升/ m^2 ·日等)。见给水排水用水量标准各表数据 生产用水量应根据工艺要求来确定。	住宅、集体宿舍、旅馆、医院、幼儿园、办公楼、学校等建筑生活给水设计秒流量： $q_g = a \cdot 0.2 \sqrt{N_g} + K \cdot N_g$ 式中 q_g ——计算管段生活给水设计秒流量(l/s)； N_g ——计算管段卫生器具给水当量总数，根据卫生器具种类和数量按用水量标准(一)； a 、 K ——由建筑物类别确定的系数。 <table><tr><th>建筑物名称</th><th>a</th><th>K</th></tr><tr><td rowspan="4">住宅</td><td>1类</td><td>1.05</td></tr><tr><td>2类</td><td>1.02</td></tr><tr><td>3类</td><td>1.00</td></tr><tr><td>4类</td><td>1.10</td></tr><tr><td>幼儿园、托儿所</td><td>1.20</td><td>0</td></tr><tr><td>门诊部、诊疗所</td><td>1.40</td><td>0</td></tr><tr><td>办公楼、商场</td><td>1.50</td><td>0</td></tr><tr><td>学校</td><td>1.80</td><td>0</td></tr><tr><td>医院、疗养院、休养所</td><td>2.00</td><td>0</td></tr><tr><td>集体宿舍、旅馆</td><td>2.50</td><td>0</td></tr><tr><td>部队营房</td><td>3.00</td><td>0</td></tr></table>	建筑物名称	a	K	住宅	1类	1.05	2类	1.02	3类	1.00	4类	1.10	幼儿园、托儿所	1.20	0	门诊部、诊疗所	1.40	0	办公楼、商场	1.50	0	学校	1.80	0	医院、疗养院、休养所	2.00	0	集体宿舍、旅馆	2.50	0	部队营房	3.00	0	工业企业生活间、公共浴室、洗衣房、公共食堂、实验室、影剧院、体育场等建筑的生活给水设计秒流量： $q_g = \sum \frac{q_0 n_0 b}{100}$ 式中 q_g ——计算管段生活给水设计秒流量(l/s)； q_0 ——同类型一个卫生器具的给水额定流量(l/s)，见用水量标准(一)表1； n_0 ——同类型卫生器具的数量； b ——卫生器具同时给水百分数(%)，一般取值： 污水池、洗涤盆：33~50 洗脸盆、盥洗槽：50~100 公共浴室的浴盆：50 淋浴器：100 小便器、小便槽：100 大便器冲洗水箱：30~70 实验室化验龙头：20~50 计算管段上若有生产用水量(由工艺要求确定)、消防用水量时，应与生活给水设计秒流量叠加。
	建筑物名称	a	K																																	
住宅	1类	1.05																																		
	2类	1.02																																		
	3类	1.00																																		
	4类	1.10																																		
幼儿园、托儿所	1.20	0																																		
门诊部、诊疗所	1.40	0																																		
办公楼、商场	1.50	0																																		
学校	1.80	0																																		
医院、疗养院、休养所	2.00	0																																		
集体宿舍、旅馆	2.50	0																																		
部队营房	3.00	0																																		

根据设计秒流量、管段长度和管道内的流速取值要求(见表2)，可选择管径，求得从引入管至最不利配水点(对引入管要求水压最大的配水点，一般是离引入管最高最远的或对水压有特殊要求的配水点)各管段通过其相应设计秒流量时造成的水头损失(见表3)，求出室内给水管网所需要的水压。复核室外给水管网水压是否满足要求，为选择室内给水系统的供水方式，确定加压装置所需扬程和高位水箱高度提供设计依据。

室内给水管网所需水压根据下式确定：

$$h = h_1 \times 9.8 \times 10^3 + h_2 + h_3 + h_4$$

$$h_2 = h_1 + h_j; h_3 = q^2 \times k^{-1} \times 9.8 \times 10^3$$

- 式中 h ——建筑物给水引入管前所需的水压(Pa)；
 h_1 ——最不利配水点与引入管的几何高差(m)；
 h_2 ——计算管网内沿程水头损失 h_f 和局部水头损失 h_j 之和(Pa)；计算见表3；
 h_3 ——水表的水头损失(Pa)；
 h_4 ——最不利配水点所需流出水头(Pa)；
 q ——设计流量(m^3/h)；
 k ——水表的特性系数(m^5/h^2)

管道水头损失计算

表3

项目	沿程水头损失	局部水头损失
计 算 公 式	$h_f = \sum h$ 式中 h_f ——计算管道沿程水头损失(Pa)； h ——管道单位长度的水头损失(Pa/m)； l ——管段长度(m)	$h_j = \sum b h_i$ 式中 h_j ——计算管道各局部水头损失的总和(Pa)； h_i ——同 h_i ； b ——局部水头损失占沿程水头损失的百分数见表2

局部水头损失及管道流速

表2

管道系统类别	局部水头损失占沿程水头损失的百分数(b)	管道流速(m/s)
生活给水管网	20~25%	干管 1.2~2.0
生产给水管网	20%	支管 0.8~1.2
消火栓消防给水管网	10%	<2.5
自动喷淋消防给水管网	20%	<5.0
生活、消防合流管网	20%	<2.5
生产、消防合流管网	15%	<2.5

比较计算结果。当 $h < h_g$ (室外供水水压)时，可适当缩小某些配水干管的管径；当 $h > h_g$ 时，且相差不大，可放大某些支管的管径。

室内给水管网布置

- 一、引入管应从建筑物用水量最大处接入。给水干管宜靠近用水量最大处或不允许间断供水的用水处。
- 二、管线布置应力求短而直，便于检修。当建筑或工艺有特殊要求时，暗装的给水干管应尽量设在地下室、顶棚、管道竖井、设备层或地沟内。竖井应每层设检修门，在顶棚或管槽内的管道阀门处应留有检修孔。
- 三、根据室外给水水量、水压和用水对象，以及消防对给水的要求，可以布置成树枝状或环状给水。
- 四、按照配水干管在竖向的敷设位置，室内管网可以布置成下行上给式、上行下给式和环状式。
- 五、高层建筑应分别设生活给水管网、消火栓消防给水管网、自动喷水灭火系统消防给水管网，且应考虑分区供水。生活给水的竖向分区的划分，一般最低卫生器具配水处的静水压力为 $(3 \sim 4.5) \times 10^5 Pa$ 。

常用给水系统和图式

名称	图式	供水方式说明	适用范围	名称	图式	供水方式说明	适用范围
直接供水方式		与外部给水管网直连, 利用外网水压供水	外网水压、水量能经常满足要求, 室内给水允许短时间断水的单层或多层建筑 当外网压力超过允许值时, 应设减压装置	分区串联供水方式		分区设置水箱和水泵, 水泵分散布置, 自下区水箱抽水供上区用水 在可能条件下, 下层应利用外网水压直接供水	允许分区设置水箱和水泵的高层建筑 (如高层工业建筑等), 水泵设计应有消声减振措施
下层直接供水, 上层设水箱供水方式		与外网直连, 利用外网水压供水, 上层设水箱调节水量和水压	外网水压周期性不足, 允许设置高位水箱的多层建筑	分区并联供水方式		分区设置水箱和水泵, 水泵集中布置 (一般设在地下室)	允许分区设置水箱的各类高层建筑广泛采用
设水池、水泵和水箱		下层与外网直连, 利用外网水压直接供水, 上层利用水泵提升, 水箱调节水量	外网水压经常不足且不允许水泵从外网直接抽水, 允许设置高位水箱的多层或高层建筑	分区水箱减压供水方式		分区设置水箱水泵系统, 加压, 利用水箱减压, 上区供下区用水。中间水箱进水管上最好安装减压阀 在可能条件下, 下层应利用外网水压直接供水	允许分区设置水箱, 电力供应充足, 电价较低的各类高层建筑
气压供水方式		利用水泵自外网直接抽水 (或设水池) 加压, 利用气压水箱调节流量及控制水泵运行	外网水压经常不足, 用水压力允许有一定的波动, 不宜设置高位水箱的多层建筑	分区减压阀减压供水方式		水系统一加压, 仅在顶层设置水箱, 下区供水利用减压阀减压 在可能条件下, 下层应利用外网水压直接供水	电力供应充足, 电价较低的各类高层建筑
分区并联供水方式		分区设置高位水箱, 集中统一加压, 单管输水至各区水箱, 低区水箱进水管上装设减压阀 在可能条件下, 下层应利用外网水压直接供水	允许分区设置高位水箱且分区不多的高层建筑, 外网不允许直接抽水, 电价较低的地区				

贮水池和高位水箱

贮水池	高位水箱或水塔																	
当外部管网供水量不能满足用水量要求时, 应设置贮水池, 并满足下式要求: $V_y \geq (Q_b - Q_p) T_b + V_f + V_r; Q_p T_i \geq (Q_b - Q_p) T_b$ 式中 V_y——贮水池的有效容积 (m^3); Q_b——水泵出水量 (m^3/h); Q_p——水源的供水能力 (m^3/h); T_b——水泵运行时间 (h); T_i——水泵运行间隔时间 (h); V_f——消防贮备水量 (m^3); V_r——生产事故贮备水量 (m^3); 当资料不足时, 贮水池的调节容积 $(Q_b - Q_p) T_b$, 不得小于全日用水量的 10%。 在水源的供水能力可以保证消防或事故时的平均小时用水量时, 可不设贮水池, 而仅设吸水池。吸水池的有效容积不得小于最大一台水泵的 3min 出水量。 贮水池为消防、生活、生产用水合用时, 应有消防贮水量不被动用的措施, 而池内水流经常流动, 以防腐化变质。水池容量超过 $1000m^3$ 时, 应分设成两个。 贮水池可设于室外, 但在 10m 以内不应布置化粪池、干厕所、贮油池及污水管渠等有碍卫生的构筑物。贮水池也可设在地下室, 但不得利用建筑本体 (基础、墙体、地板等) 作池壁、池底板和池顶盖。设置在地下室的贮有消防用水量的贮水池, 应保证消防车的吸水高度不超过 6m。贮水池的设置高度还应考虑水泵 (尤其是消防水泵) 吸水, 宜尽量设计为自灌引水。 水池的溢流管和泄水管应采用间接排水 (即通过受水器或水封井与下水道连接)。	$V = V_f + V_r$ 式中 V——高位水箱或水塔的有效容积 (m^3); V_f——室内消防贮水量 (m^3), 由各类建筑设计防火规范中的规定来确定; V_r——生活和生产用水的调节容积 (m^3)。当设置水泵与水箱供水方式时, 若水泵为自动控制, 可按不小于最高日用水量的 5% 计算, 若水泵为人工操作时, 可按不小于最高日用水量的 12% 计算。当单设水箱供水方式时, 可按全天用水量的 50% 确定, 或按夜间进水白天全部由水箱供水确定。 高位水箱的设置高度应满足最低水位时最不利配水点的流出水头要求及各类建筑设计防火规范中的有关规定。重要的高层建筑物及建筑高度超过 50m 的高层建筑物, 宜设置两个水箱, 分储消防用水量。 水箱一般应设有进水管、出水管、溢流管、泄水管、透气管、水位计 (或浮球阀)、人孔、爬梯等。消防出水管上应设止回阀。同时应有补充消毒设施。 高位水箱的制作材料可以是钢板的 (焊接或模压的)、钢筋混凝土的、木质或玻璃钢的。水箱的形状有圆形、方形、矩形, 特殊条件下可设计成任意形状。 水箱布置间距 (m) <table><tr><th rowspan="2">水箱形式</th><th colspan="2">水箱外壁至墙面的距离</th><th rowspan="2">水箱之间的距离</th><th rowspan="2">水箱至建筑结构最低点的距离</th></tr><tr><th>设浮球阀一侧</th><th>无浮球阀一侧</th></tr><tr><td>圆形</td><td>0.80</td><td>0.50</td><td>0.70</td><td>0.60</td></tr><tr><td>方形或矩形</td><td>1.00</td><td>0.70</td><td>0.70</td><td>0.60</td></tr></table>	水箱形式	水箱外壁至墙面的距离		水箱之间的距离	水箱至建筑结构最低点的距离	设浮球阀一侧	无浮球阀一侧	圆形	0.80	0.50	0.70	0.60	方形或矩形	1.00	0.70	0.70	0.60
水箱形式	水箱外壁至墙面的距离		水箱之间的距离	水箱至建筑结构最低点的距离														
	设浮球阀一侧	无浮球阀一侧																
圆形	0.80	0.50	0.70	0.60														
方形或矩形	1.00	0.70	0.70	0.60														

水泵房设计

水泵及其配用发动机的选择参数

表 1

水泵的扬程和出水量	配用发动机的功率
$H_b > H_s + H_f + H_c$ 式中 H_b 水泵扬程 (m 水柱); H_s 吸水高度 (m 水柱), 即贮水池或吸水池最低水位至最不利配水点 (或消火栓、或高位水箱入口) 的几何高差; H_f 水泵吸水管和出水管 (至最不利配水点) 的总水头损失 (m 水柱); H_c 最不利配水点或消火栓要求的流出水头 (m 水柱)。	$N_b = \frac{H_b Q_b \gamma}{102 \eta_b}$ $N_m \geq \frac{K N_b}{\eta_c}$ 式中 N_b ——水泵的轴功率 (kW); H_b ——水泵的扬程 (m 水柱); Q_b ——水泵的流量 (L/s); η_b ——水泵效率, 根据生产厂家采用; γ ——水的比重, 常温清水为 1; N_m ——水泵配用发动机 (电动机、柴油机等) 功率 (kW); η_c ——传动效率, 直接或联轴器传动时为 1, 皮带或内轮传动时为 0.9~0.95; K ——发动机超负荷 (安全) 系数, 1.05~1.70

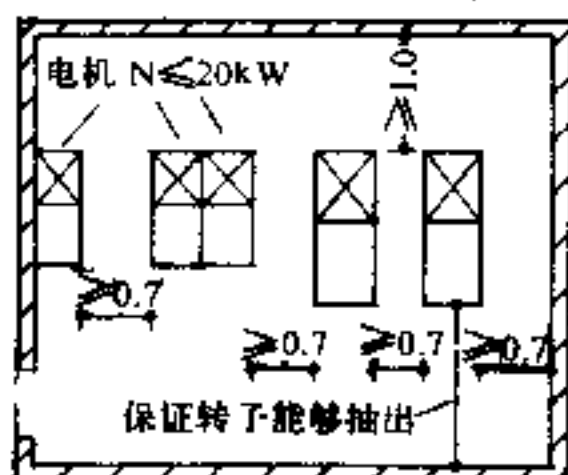
水泵的出水量: 当水泵后无流量调节装置时, 应按设计秒流量确定。当水泵后有水箱等流量调节装置时, 一般按最大小时流量确定。但对重要的建筑, 按设计秒流量确定。如果水箱允许加大, 且经济合理, 而水泵采用人工操作定时运行时, 则水泵的出水量应按最高日用水量除以水泵每天运行时间。

生活、生产、消防给水系统均应设一台其容量与最大一台水泵相同的备用泵 (循环冷却水系统可不设备用泵)。

有防振或有安静要求的房间的上下和相邻的房间不得布置水泵房。建筑物内布置水泵房时, 水泵的基础、吸水管和出水管应有隔振、减噪声措施。水泵房应有良好的通风和采光、并不致结冻。设有地面积水排除措施。

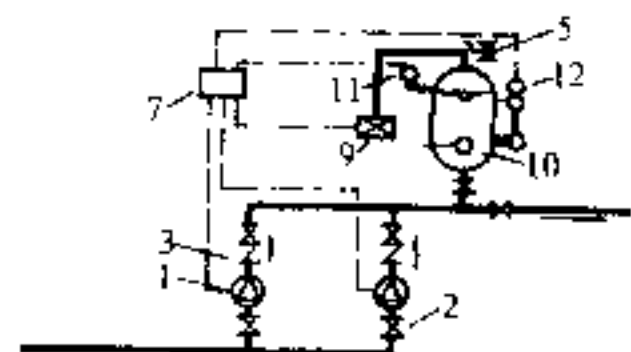
设在建筑物内的消防泵房应有直通室外的安全出口。并应有耐火极限不低于 3 小时的墙体、2 小时的楼板与其它房间隔开。

泵房内应考虑起吊设备。

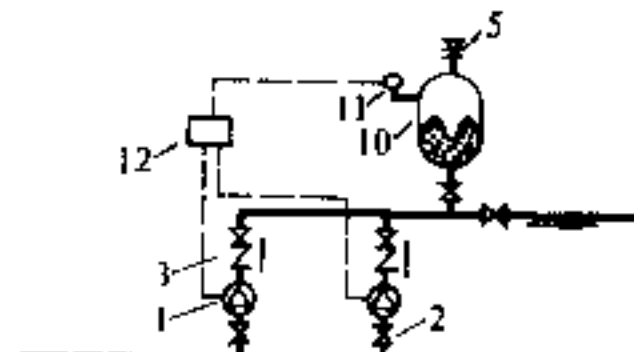


① 水泵布置间距

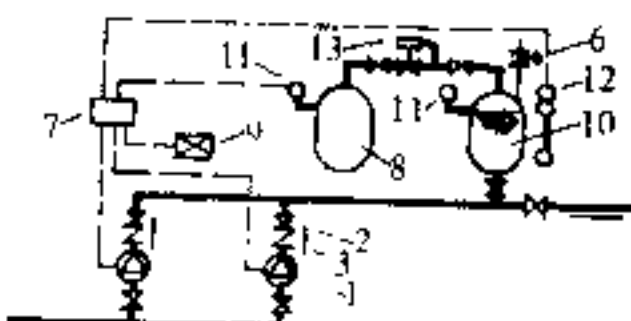
气压给水及恒压变量供水设备



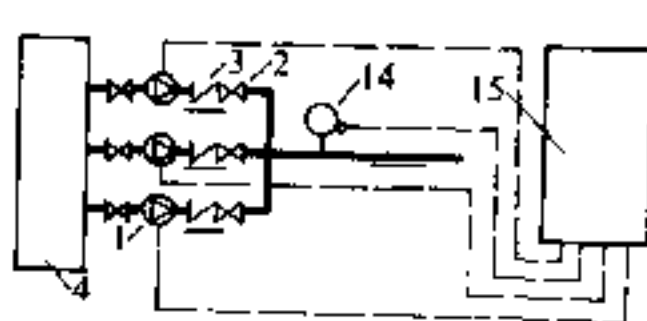
a 单罐变压式气压给水装置



b 隔膜式气压给水装置



c 双罐恒压式气压给水装置



d 变频调速恒压自动供水设备

- 1 水泵 4 贮水池 7 控制器 10 气压水罐 13 压力调节器
 2 阀门 5 安全阀 8 贮气罐 11 压力信号器 14 压力传感器
 3 止回阀 6 排气阀 9 补气装置 12 液位信号器 15 恒压变量电控箱

② 气压给水及恒压变量供水设备

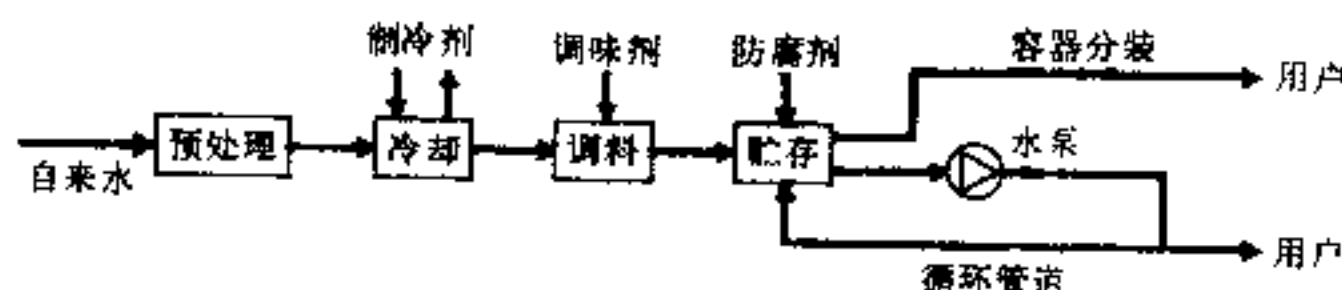
气压给水装置适用于地震区、临时性和建筑艺术等要求不宜设置高位水箱或水塔的建筑。但费用高, 调节容量小, 供水安全性差。变频调速恒压自动供水设备是通过微机自动变频调速控制恒压, 根据用水量的变化自动选择单台或多台水泵供水。特点是高效节能。

冷饮水供应

饮水定额及小时变化系数

表 2

建筑物名称	单位	饮水量标准 (L)	小时变化系数	备注
一般车间	每人每班	2~4	1.5	
热车间	每人每班	3~5	1.5	
工厂生活间、办公楼	每人每班	1~2	1.5	
旅馆、招待所	每客人每日	2~3	1.5	
集体宿舍	每人每日	1~2	1.5	无热水供应时水量 2~3
教学楼	每学生每日	1~2	2.0	
医院	每病床每日	2~3	1.5	
影剧院、体育馆 (场)	每观众每场	0.2	1.0	露天体育场水量 0.3~0.5



③ 冷饮水的制备过程

建筑中水设计

表 3

定义	民用建筑或建筑小区使用后的各种排水, 如生活污水、冷却水等, 经适当处理后回用于建筑或建筑小区作为杂用 (非饮用、不与人体直接接触的低质用水, 如厕所冲洗用水、洗车、浇洒绿化、冲洒道路用水、水量用水及空调冷却补充水等用水) 的供水系统
水源	应首先选用优质杂排水。一般按下列顺序取舍: 冷却水、沐浴排水、盥洗排水、洗衣排水、厨房排水。严禁传染病医院污水和放射性污水作为中水水源
设计要求	1. 应根据建筑物原排水的水质、水量和中水用途, 选用中水水源, 确定中水工程的处理工艺和规模。用作中水水源的水量宜为中水回用水量的 110~115%, 处理后的水质应符合“生活杂用水水质标准” (CJ25.1-89) 2. 中水原水系统一般宜采用污、废水分流制 3. 中水管道严禁与生活饮用水给水管连接, 其外壁应涂浅绿色标志 4. 要防止处理装置对环境造成污染, 如采取有效的除臭、减振及降噪措施, 对采用药剂所产生的污染危害应采取有效的防护措施
国内常用的几种处理工艺流程	1. 原水 (杂排水) → 格栅 → 调节池 → 絮凝沉淀或气浮 → 过滤 → 消毒 → 中水 2. 原水 (杂排水、生活污水) → 格栅 → 调节池 → 生物处理 → 沉淀 → 过滤 → 消毒 → 中水 3. 原水 (生活污水) → 格栅 → 调节池 → 一段生物处理 → 沉淀池 → 二段生物处理 → 沉淀池 → 过滤 → 消毒 → 中水 4. 原水 (建筑小区污水处理站二级处理出水) → 二级出水 → 调节池 → 化学处理 → 过滤 → 消毒 → 中水
备注	1. 在确保中水水质情况下, 可采用新的工艺流程。中水用于水量、冷却用水等水质要求较高时, 应增加相应的深度处理设施 2. 目前国内采用的一体化中水处理设备, 处理能力为 5~10m³/h, 处理间占地面积为 80~160m², 处理间层高大于 4.5m

低层建筑物室内消火栓用水量

表 1

建筑物名称	高度、层数、体积或座位数	消火栓用水量 (l/s)	同时使用水枪数量 (支)	每支水枪最小流量 (l/s)	每根竖管最小流量 (l/s)
厂房	高度 $\leq 24\text{m}$ 、体积 $\leq 10000\text{m}^3$	5	2	2.5	5
	高度 $\leq 24\text{m}$ 、体积 $> 10000\text{m}^3$	10	2	5	10
	高度 $> 25\text{m}$ 至 50m	25	5	5	15
	高度 $> 50\text{m}$	30	6	5	15
科研楼 试验楼	高度 $\leq 24\text{m}$ 、体积 $\leq 10000\text{m}^3$	10	2	5	10
	高度 $\leq 24\text{m}$ 、体积 $> 10000\text{m}^3$	15	3	5	10
库房	高度 $\leq 24\text{m}$ 、体积 $\leq 5000\text{m}^3$	5	1	5	5
	高度 $\leq 24\text{m}$ 、体积 $> 5000\text{m}^3$	10	2	5	10
	高度 $> 24\text{m}$ 至 50m	30	6	5	15
	高度 $> 50\text{m}$	40	8	5	15
车站、码头	$5001\sim 25000\text{m}^3$	10	2	5	10
机场建筑物 和展览馆等	$25001\sim 50000\text{m}^3$	15	3	5	10
	$> 50000\text{m}^3$	20	4	5	15
商场、病房 楼、教学楼 等	$5001\sim 10000\text{m}^3$	5	2	2.5	5
	$10001\sim 25000\text{m}^3$	10	2	5	10
	$> 25000\text{m}^3$	15	3	5	10
剧院、电影 院、俱乐 部、礼堂、 体育馆等	801~1200个	10	2	5	10
	1201~5000个	15	3	5	10
	5001~10000个	20	4	5	15
	> 10000 个	30	6	5	15
住宅	7~9层	5	2	2.5	5
其它建筑	≥ 6 层或体积 $\geq 10000\text{m}^3$	15	3	5	10
国家级文物 保护单位的 重点砖木及 木结构的古 建筑	体积 $\leq 10000\text{m}^3$	20	4	5	10
	体积 $> 10000\text{m}^3$	25	5	5	15

汽车库室内消防用水量

表 2

停车场、修车库的防火分类			消火栓用水量 (l/s)	同时使用水枪数量 (支)	每支水枪最小流量 (l/s)
名称	类别	数量			
停车场	I	> 200 辆	10	2	5
	II	101~200	10	2	5
	III	26~100	10	2	5
	IV	≤ 25	5	1	5
修车库	I	> 15	10	2	5
	II	6~15	10	2	5
	III	3~5	5	1	5
	IV	≤ 2	5	1	5

注：耐火等级为一、二级的二类停车场，可不设置室内消防给水。

地下工程室内消火栓用水量

表 3

工程名称	体积或座位数	消火栓用水量 (l/s)	同时使用水枪数量 (支)	每支水枪最小流量 (l/s)
使用面积超过 300m^2 的百货商场、展览厅、旱冰场、体育场、舞厅、电子游艺场、旅馆、医院等	$< 1500\text{m}^3$	2.5	1	2.5
	$\geq 1500\text{m}^3$	5	2	2.5
使用面积超过 450m^2 的丙、丁类生产车间	$\leq 2500\text{m}^3$	2.5	1	2.5
	$> 2500\text{m}^3$	5	2	2.5
使用面积超过 450m^2 的丙、丁、戊类物品库房	$\leq 3000\text{m}^3$	5	2	2.5
	$> 3000\text{m}^3$	10	2	5
餐厅	不限	2.5	1	2.5
电影院 礼堂	800座	5	2	2.5
	> 800 座	10	2	5

注：①本表摘自《人民防空工程设计防火规范》(GBJ98-87)。

②本表不适用地下铁道、公路隧道及剧场等工程。

高层建筑物消火栓给水系统用水量

表 4

建筑物类别	建筑高度 (m)	消防用水量 (l/s)		每根竖管最小流量 (l/s)	每支水枪最小流量 (l/s)
		室外	室内		
普通住宅	< 50	15	10	10	5
	> 50	15	20	10	5
1.高级住宅 2.医院、教学楼、科研楼、普通旅馆 3.办公楼、档案楼、图书楼 4.省级以下的邮政楼 5.标准层建筑面积不超过 1000m^2 的商业楼、展览楼、综合楼、商住楼 6.标准层建筑面积不超过 800m^2 的电信楼、财贸金融楼 7.市级和县级的广播电视楼 8.地、市级电力调度楼、防灾指挥调度楼	< 50	20	20	10	5
	> 50	20	30	15	5
1.高级旅馆 2.重要的办公楼、科研楼、档案楼、图书楼 3.标准层建筑面积超过 1000m^2 的商业楼、展览楼、综合楼、商住楼。每层建筑面积超过 800m^2 的电信楼、财贸金融楼 4.省级及省级以上的广播电视楼、电力调度楼、防灾指挥调度楼	< 50	30	30	15	5
	> 50	30	40	15	5

注：①表中数据摘自1992年10月签发的“高层民用建筑设计防火规范”(报批稿)。

②建筑高度不超过 50m 、室内消火栓用水量超过 20l/s ，且设有自动喷水灭火系统的建筑物，其室内消防用水量可按本表减少 10l/s 。

③高级旅馆、重要的办公楼、一类建筑的商业楼、展览楼、综合楼和建筑高度超过 100m 的高层建筑应增设消防卷盘，其水量可不计入消防用水量。

消火栓的布置及水压

- 一、有消防给水的建筑物，各层均应设消火栓。栓口离地面高度宜为 1.10m 。消火栓宜设在明显易于取用的地点。
- 二、应根据室内消火栓用水量、水枪充实水柱长度及水龙带的长度，消火栓单排或多排布置，通过计算来确定消火栓的间距。高层工业和民用建筑、高架库房、甲、乙类厂房，室内消火栓的间距不应超过 30m 。其它建筑物室内消火栓的间距不应超过 50m 。
- 三、应采用单阀单口消火栓，高层建筑中只有18层及18层以下、每层不超过8户且建筑面积不超过 650m^2 的普通塔式住宅，设两条消防竖管有困难时，但必须采用双阀双口消火栓。
- 四、充实水柱。

直流水枪充实水柱技术数据

表 5

充实水柱 (m)	不同喷嘴口径的压力和流量					
	13mm		16mm		19mm	
	压力 (Pa)	流量 (l/s)	压力 (Pa)	流量 (l/s)	压力 (Pa)	流量 (l/s)
7	9.4×10^4	1.8	9.0×10^4	2.7	8.8×10^4	3.8
10	14.7×10^4	2.3	13.7×10^4	3.3	13.2×10^4	4.6
11.5	17.6×10^4	2.5	16.4×10^4	3.6	15.7×10^4	5.0
13	23.5×10^4	2.9	21.6×10^4	4.2	20.1×10^4	5.7

注：低层建筑物室内消火栓水枪充实水柱一般不小于 7m 。但甲、乙类厂房、超过六层的民用建筑、超过四层的厂房和库房及高层建筑中消火栓水枪的充实水柱不应小于 10m 。建筑高度超过 50m 的百货楼、展览楼、财贸金融楼、省级邮政楼、高级旅馆、重要的科研楼，其充实水柱不应小于 13m 。

低层建筑物室内消火栓消防给水系统

1 无加压泵和水箱的室内消火栓给水系统：在室外给水管网的压力和流量完全满足室内最不利点消火栓的设计水压和流量时采用

2 设有水箱的室内消火栓给水系统：当城市或居住区的生产、生活用水量达到最大时，室外管网不能满足室内最不利点消火栓的压力和流量，而当生产、生活用水量较小时，室外管网压力又较大时采用，该系统除应设储存 10 分钟室内消防用水量的水箱外，还设水泵接合器

3 设置消防水泵和水箱的室内消防给水系统（如图 1 所示）：在室外管网压力经常不能满足室内消火栓给水系统的水量和水压要求时采用

1 干管 5 进户管 9 室内消火栓
2 水表 6 止回阀 10 水泵接合器
3 水泵 7 安全阀 11 旁通管及阀门
4 水箱 8 消防竖管

1 设有消防泵和水箱的室内消火栓给水系统

高层建筑物室内消火栓消防给水系统

1 区域集中的室内消防给水系统：数幢或数十幢高层建筑物共用一个消防泵房的消防给水系统

2 独立的室内消防给水系统：每幢高层建筑物设置一个室内消防给水系统。当栓口压力不超过 80m 时，室内消防给水系统可以不分区分，如图 2 所示。当栓口压力超过 80m，宜采用分区的室内消防给水系统，如图 3 所示

1 阀门 8 消防水泵
2 止回阀 9 水泵接合器
3 安全阀 10 屋顶消火栓
4 浮球阀 11 生活、生产水泵
5 贮水池 12 至生活、生产管网
6 消火栓 13 来自城市管网
7 高位水箱

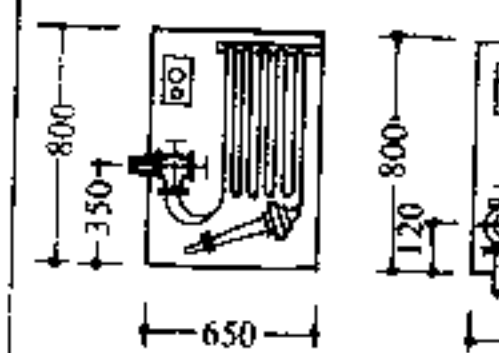
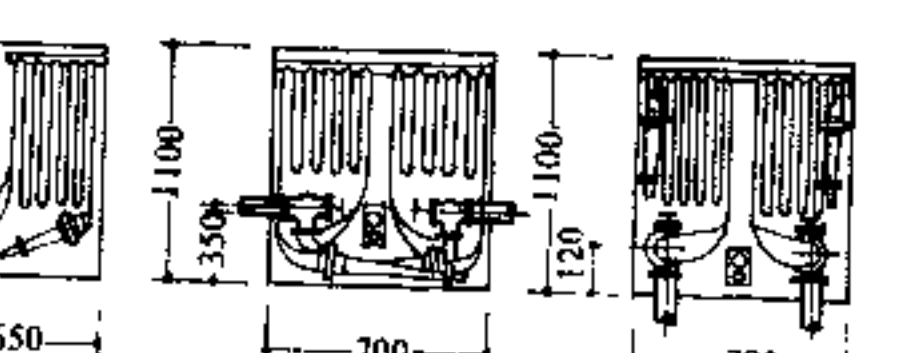
2 不分区分室内消火栓消防给水系统

1 水池 6 高区水箱 11 屋顶消火栓
2 阀门 7 低区水箱 12 生活生产水泵
3 止回阀 8 高区消防泵 13 来自城市管网
4 安全阀 9 低区消防泵 14 至生活、生产管网
5 消火栓 10 水泵接合器

3 分区分室内消火栓消防给水系统

室内消火栓给水系统设计

表 2

一、消防给水管网 1 低层建筑物：室内消火栓超过 10 个且室外消防用水量大于 15L/s 时，室内消防给水管网应连成环状，并至少应有两条进水管与室外管网连成环状。超过 6 层的塔式和通廊式住宅、超过 5 层或体积超过 1000m³ 的其它民用建筑、超过 4 层的厂房和库房，应至少每两根竖管相连组成环状管网。7 至 9 层的单元住宅，室内消防给水管网可为枝状，进水管可采用一条 2 高层建筑物：室内消防给水管网应布置成环状。引入管不应少于两条。消防竖管的布置，应保证同层任何部位有两个消火栓的水枪的充实水柱同时到达。室内消火栓给水系统应与自动喷水灭火系统、生活、生产给水系统分开独立设置 3 室内消防给水管网应采用阀门分成若干独立段。阀门的布置，应保证检修时，低层建筑物在同一层中停止使用的消火栓不应超过 5 个；高层建筑物应保证检修管道时关闭停用的竖管不超过一条，当竖管为 4 条及 4 条以上，可关闭不相邻的两条竖管 二、消火栓栓口的静水压力不应大于 0.8MPa，否则应采用分区给水系统。消火栓栓口的出水压力大于 0.3MPa 时，消火栓处应设减压装置 三、水泵接合器 1 超过 4 层的厂房和库房、高层工业建筑、设有消防管网的住宅及超过 5 层的其它民用建筑，其室内消防管网应设水泵接合器 2 高层建筑室内消防给水系统应设置水泵接合器。分区供水时，允许高区不设 3 水泵接合器的规格和数量应按室内消防用水量确定。水泵接合器可采用地上式、地下式、墙壁式（设在建筑的外墙上，与建筑物的门、窗、洞的距离不小于 1m） 4 水泵接合器应设在便于消防车使用的地点，其周围 15~40m 内应设室外消火栓或消防水池的取水口或取水井 四、消防水箱 1 采用常高压给水系统时，可不设高位消防水箱。采用临时高压系统的建筑物，应设消防水箱或气压水罐 2 消防水箱应储有不被他用的 10 分钟室内消防用水量。对于低层建筑物，当室内消防用水量不超过 25L/s，储水量最大为 12m³；当室内消防用水量超过 25L/s，储水量最大为 18m³。对于高层建筑物，水箱的储水量，一类建筑（住宅除外）不应小于 18m³，二类建筑（住宅除外）和一类建筑的住宅不应小于 12m³，二类建筑的住宅不应小于 6m³	3 高层建筑物并联给水的分区消防水箱，其消防储水量同高位消防水箱。 4 高位消防水箱的设置高度应保证顶层消火栓（检查用消火栓除外）处静水压不低于 0.07MPa。如不能保证时，应设增压设施，增压设施的增压泵，其出水量不应小于 5L/s；增压设施的气压水罐，其调节水容量不应小于 450L 五、消防泵房 1 独立设置的消防水泵房，其耐火等级不应低于二级。在建筑物内设置消防水泵房时，应采用耐火极限不低于 2h 的隔墙和 1.5h 的楼板与其他部位隔开，并应设甲级防火门。消防水泵房应设直通室外的安全出口 2 消防给水系统应设备用泵，其工作能力不应小于其中最大一台消防工作泵 低层建筑物凡符合下列条件之一者，可不设备用泵： （1）室外消防用水量不超过 25L/s 的工厂、仓库 （2）7 层至 9 层的单元式住宅 3 高层建筑消防给水系统应采取防超压措施 六、其它 1 消防电梯前室应设专用消火栓，配备的水带长度宜为（10~15）m。在电梯井坑设置排水坑和排水泵，排水泵排水量按 10L/s 设计 2 高层建筑的各层及设有消防给水的低层建筑物的各层均应设置消火栓。高层建筑的屋顶应设试验和检查用消火栓 3 消防给水管网的水流速度不宜大于 2.5m/s，消防时，旋翼式水表的容许水头损失宜小于 5m，螺翼式水表的容许水头损失宜小于 3m 4 单、双栓消火栓的外形尺寸如图 4
	
4 室内消火栓安装	

闭式自动喷水灭火系统

应设置闭式自动喷水灭火系统的部位

表 1

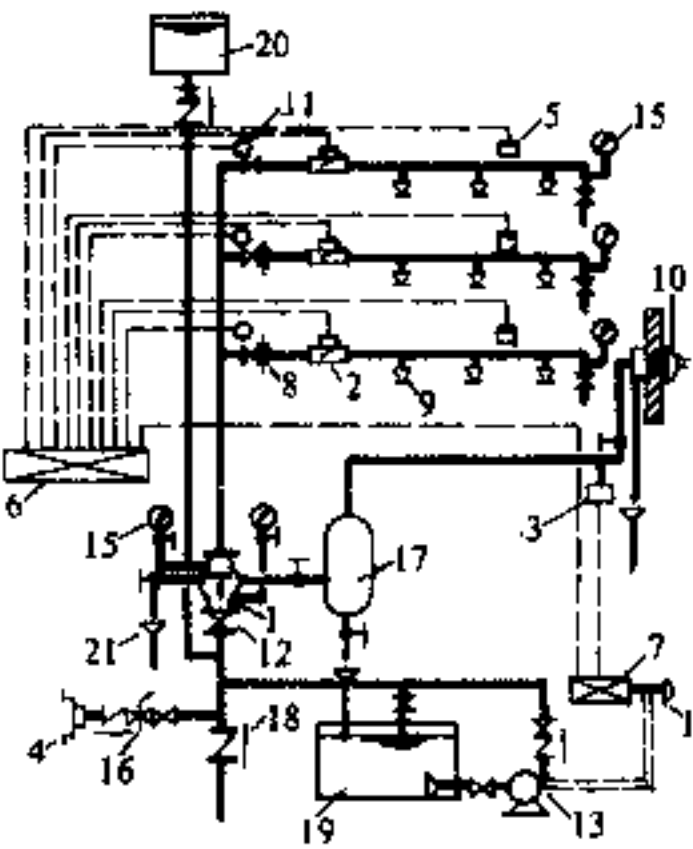
- 1 等于或大于 50000 纱锭的棉纺厂的开包、清花车间；等于或大于 5000 锭的麻纺厂的分级、梳麻车间；服装、针织高层厂房；面积超过 1500m² 木器厂房；火柴厂的烤梗、筛选部位；泡沫塑料厂的预发、成型、切片、压花部位
- 2 每座占地面积超过 1000m² 的棉、毛、丝、麻、化纤、毛皮及其制品库房；每座占地面积超过 600m² 的火柴库房；建筑面积超过 500m² 的可燃物品的地下库房；可燃难燃物品的高架库房和高层库房（冷库除外）
- 3 省级以上或藏书量超过 100 万册图书馆的书库
- 4 超过 1500 个座位的剧院观众厅、舞台上部、化妆室、道具室、储藏室、贵宾室；超过 2000 个座位的会堂或礼堂的观众厅、舞台上部、储藏室、贵宾室；超过 3000 个座位的体育馆、观众厅的吊顶上部、贵宾室、器材间、运动员休息室
- 5 省级邮政楼的信函和包裹分拣间、邮袋库；飞机发动机试验台的准备部位
- 6 每层面积超过 3000m² 或建筑面积超过 9000m² 的百货商场、展览大厅
- 7 设有空气调节系统的旅馆、综合办公楼及一类高层建筑（教学楼、普通的住宅和办公楼除外）的走道、办公室、舞厅、餐厅、多功能厅、展览厅、商场营业厅、库房及无楼层服务台的客房；一类高层建筑的汽车停车库、自动扶梯底部和垃圾道顶部
- 8 建筑高度超过 100m 的建筑（面积小于 5m² 的卫生间、厕所和不宜用水扑救的部位除外）的所有部位
- 9 国家级文物保护单位的重点砖木或木结构建筑
- 10 I、II、III 类地下停车库、多层停车库和底层停车库

系统分类

表 2

系统类别	适用条件
湿式喷水灭火系统	用于常年温度不低于 4℃ 的房间
干式喷水灭火系统	用于采暖期超过 240 天的不采暖房间和温度在 70℃ 以上的场所
预作用喷水灭火系统	适用于平时不允许有水渍损失的高级重要的建筑物及干式喷水灭火系统适用的场所

湿式闭式自动喷水灭火系统设计



湿式自动喷水灭火系统示意

一、系统主要组件设计

- 报警阀：每个报警阀控制的喷头数不宜超过 800 个。
- 水力警铃：喷头喷水时发出铃声。
- 延迟器：防止误报警的装置。
- 水流指示器：可直接报知建筑物的哪一层哪一部位闭式喷头已开始喷水灭火和用于启动消防水泵。
- 喷头：喷头的选型及布置应按现行的“自动喷水灭火系统”（GBJ-84-85）中的有关规定进行。喷头公称动作温度应比环境最高温度高 30℃ 左右。

二、设计的基本数据见表 3

自动喷水灭火系统设计基本数据

表 3

项 目 建、构筑物 的危险等级	设计喷水强度 (l / min · m ²)	作用 面积 (m ²)	当最不利点处喷头压力为下值时 (Pa)			
			每只喷头最大保护面积 (m ²)		喷头最大水平间距 (m)	
			9.8 × 10 ⁴	4.9 × 10 ⁴	9.8 × 10 ⁴	4.9 × 10 ⁴
严重危险级	10.0	300	8.0	5.66	2.80	2.38
中危险级	6.0	200	12.5	9.43	3.60	3.07
轻危险级	3.0	180	21.0	18.86	4.60	4.34

注：喷头与墙面、柱面的最大间距取表中“喷头最大水平间距”的一半。

三、自动喷水灭火系统报警阀后的管道一般呈枝状管网，且应与消火栓给水管网分开设置。管径应按水力计算确定。但可按表 4 估算。

管径估算表

表 4

建、构筑物 的危险等级	允许安装喷头数 (个)							
	φ25	φ32	φ40	φ50	φ70	φ80	φ100	φ150
轻危险级	2	3	5	10	18	48	按水力计算	按水力计算
中危险级	1	3	4	10	16	32	60	按水力计算
严重危险级	1	3	4	8	12	20	40	> 40

注：每根配水支管设置的喷头数：轻、中危险级的建、构筑物均不应超过 8 个；严重危险级的建、构筑物不应多于 6 个。

开式自动喷水灭火系统

应设开式自动喷水灭火系统的部位

表 5

下列部位应设雨淋喷水灭火设备	下列部位应设水幕设备
火柴厂的氯酸钾压磺厂房；建筑面积超过 100m ² 生产、使用硝化棉、喷漆棉、火胶棉、赛璐珞胶片、硝化纤维的厂房；建筑面积超过 60m ² 或储存量超过 2t 的硝化棉、喷漆棉、火胶棉、赛璐珞胶片、硝化纤维库房；建筑面积超过 400m ² 的演播室；建筑面积超过 500m ² 的电影摄影棚；超过 1500 个座位的剧院和超过 2000 个座位的会堂舞台的葡萄架下部；日装瓶数量超过 3000 瓶的液化石油气储配站的罐瓶间、实瓶间	超过 1500 个座位的剧院和超过 2000 个座位的会堂、礼堂的舞台口、以及与舞台相连的侧台、后台的门窗洞口；应设防火墙等防火分隔物而无法设置的开口部位；防火卷帘或防火幕的上部

开式自动喷水灭火系统的控制方式和设计要点

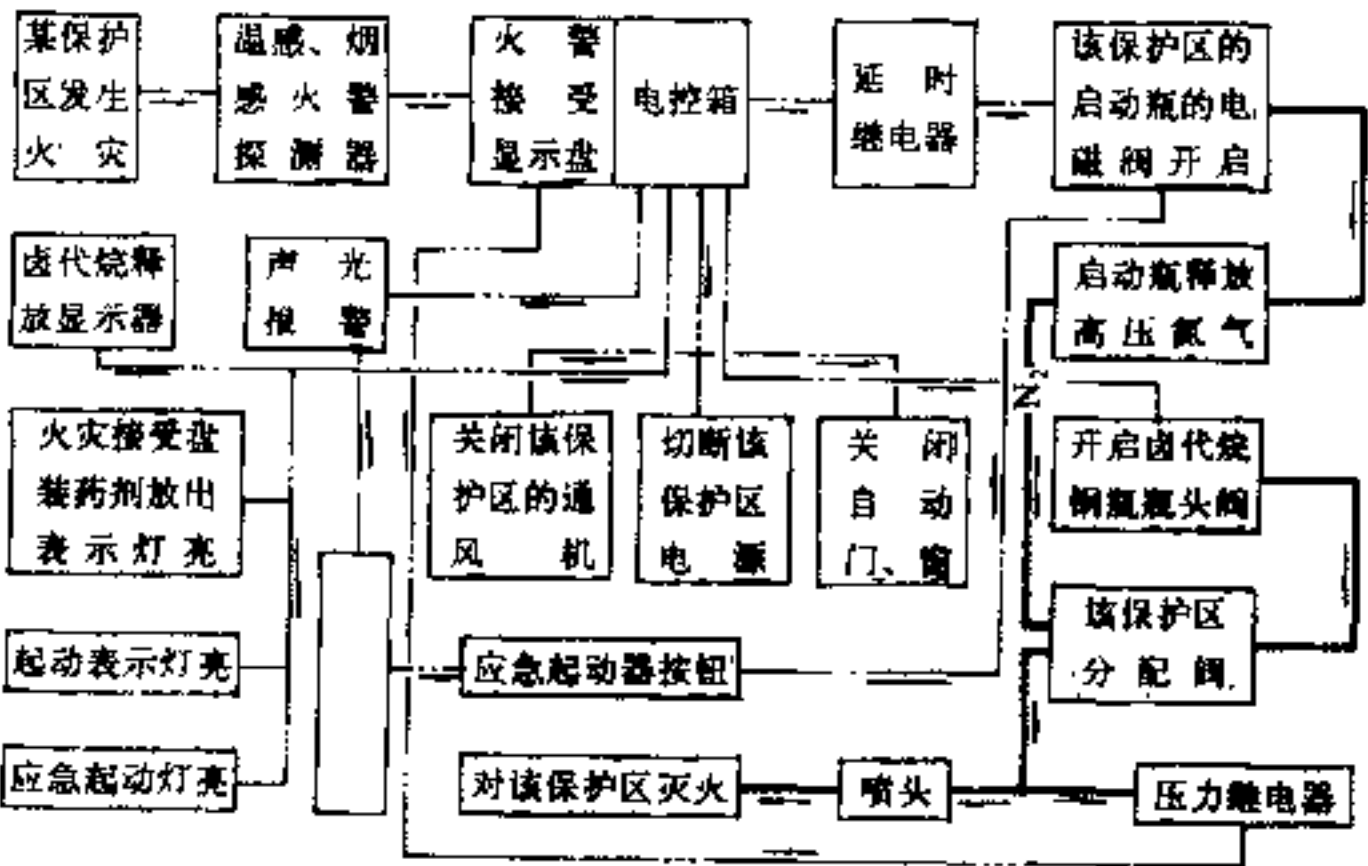
表 6

控制方式及适用条件	设计要点
手动控制方式：只设开式喷头和手动控制阀门。适用于工艺危险性小，给水干管直径小于 50mm，失火时有人在现场操作的情况	雨淋喷水灭火系统的设计喷水强度、设计作用面积和喷头工作压力，应按表 3 中规定的严重危险级确定 当水幕仅起保护作用或配合防火幕和防火卷帘进行防火隔断时，其用水量不应小于 0.5 升 / 秒 · 米
手动水力控制方式：系统设有开式喷头，带手动开关的传动管网和成组作用阀门。适用于保护面积较大，工艺危险性较小，给水干管的直径 ≥ 70mm，失火时尚能来得及用人工开启雨淋阀装置时采用	舞台口和孔洞面积超过 3m ² 的开口部位以及防火水幕带的水幕用水量不宜小于 2.0 升 / 秒 · 米 雨淋喷水灭火系统的喷头布置：每根配水支管上装设的喷头数不宜超过 6 个，每根配水支管的一端所负担分布支管的数量亦不应多于 6 根 水幕喷头应均匀布置。水幕作为保护使用时，喷头成单排布置，并喷向被保护对象；舞台口和孔洞面积超过 3m ² 的开口部位的水幕喷头，应在洞口内外侧成双排布置；每组水幕系统的安装喷头数不宜超过 72 个；在同一配水支管上应布置相同口径的水幕喷头 管径通过水力计算确定。雨淋喷水灭火系统和水幕系统应按每个设计喷水区域内的全部喷头同时开启喷水计算
自动控制方式：系统设有开式喷头、易熔锁封（或闭式喷头，或通过感光、感温、感烟等火灾探测器开启电磁阀）自控的传动管网、手动开关以及成组作用阀门。手动开关必须设置在通道门口附近，或其它便于安全开启的地点	消防给水与湿式自动喷水灭火系统相同

卤代烷灭火系统分类及设置部位

表 1

系统分类	设置部位
全充满管网灭火系统	1.省级或超过 100 万人口城市电视发射塔微波室 2.超过 50 万人口城市通讯机房 3.大型电子计算机房或贵重设备室 4.省级或藏书量超过 100 万册的图书馆,以及中央、省、市级的文物资料的珍藏室 5.中央和省、市级的档案库的重要部位 6.发电机房
悬挂式自动灭火器	适用于经常没有人在场而又容易发生火灾的房间的全充满保护。如汽油、柴油库房、变压器室、化工仓库、电气开关室、电话总机房、无线电机房、档案室、胶卷储存室、船舶舱室等
半固定无管路灭火装置	适用于保护空间较小或某些独立的火灾危险区、要害部门的火灾自动保护



1 全充满卤代烷灭火系统电控原理

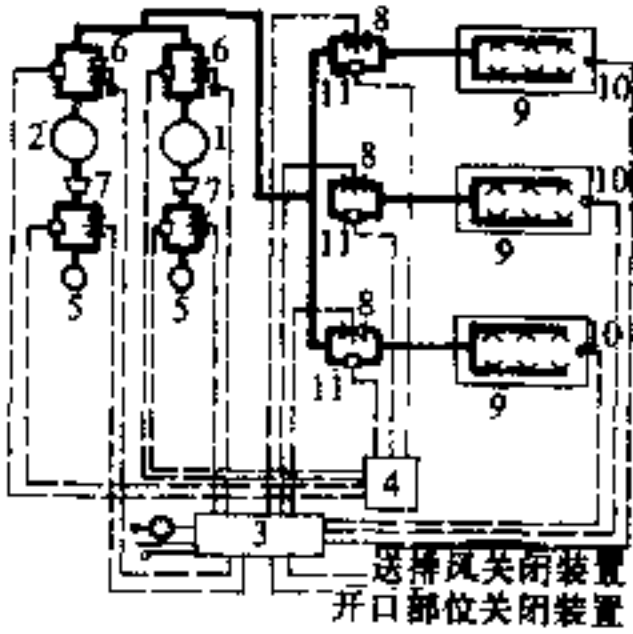
卤代烷灭火系统设计要点

一、灭火剂:经常有人停留和工作的场所,宜采用低毒的“1301”灭火剂。人员较少或发生火灾后可能 20 至 40 秒内撤离火场的房间可采用“1211”。

二、全充满系统一个保护区的面积不宜大于 500m²,容积小于 2000m³。

三、全充满系统利用分配阀可以同时保护一组封闭空间,但应确保每个空间的灭火剂浓度与保持灭火剂浓度的浸渍时间都能达到设计规范要求。灭火剂的设计用量不应小于需要灭火剂量最多的一个保护区的设计用量。重点保护对象的防护区或超过 8 个防护区的组合分配系统应有不小于设计用量的备用量。备用量的贮存容器应能与主贮存容器交换使用。在贮存容器上应设泄压装置和压力表。

四、管网宜布置成均衡系统。



2 全充满卤代烷灭火系统

建筑灭火器配置设计

一、新建、扩建、改建的生产、使用和贮存可燃物的工业与民用建筑工程设计图纸上应标明配置的灭火器类型、规格、数量以及设置位置。

二、灭火器的选择

表 2

扑灭火灾种类	物质及其燃烧特性	选用灭火器类型
A 类火灾	木材、棉、毛、麻、纸张等含碳固体可燃物燃烧的火灾	水型、泡沫、磷酸铵盐干粉灭火器,卤代烷型灭火器
B 类火灾	汽油、煤油、柴油、甲醇、乙醇、丙酮等甲、乙、丙类液体燃烧的火灾	磷酸铵盐干粉、卤代烷、二氧化碳型灭火器、泡沫灭火器
C 类火灾	煤气、天然气、甲烷、丙烷、乙炔、氢气等可燃气体燃烧的火灾	磷酸铵盐干粉、卤代烷、二氧化碳型灭火器
带电火灾	带电物体燃烧的火灾	
D 类火灾	钾、钠、镁、钛、锆、铝镁合金等可燃金属燃烧的火灾	由设计单位与当地公安消防监督部门协商选型

注:①灭火器的使用温度范围:清水、酸碱灭火器、化学泡沫灭火器:4~55℃;贮气瓶式干粉灭火器、二氧化碳灭火器:-10~55℃;贮压式干粉灭火器、卤代烷灭火器:-20~55℃。
②在同一灭火器配置场所,应采用灭火剂相容的灭火器。

三、灭火器配置的设计

配置场所灭火器的配置基准

表 3

危险等级 火灾种类	严重危险级		中危险级		轻危险级	
	A 类火灾	B 类火灾	A 类火灾	B 类火灾	A 类火灾	B 类火灾
每具灭火器最小配置灭火级别	5A	8B	5A	4B	3A	1B
最大保护面积 m ² /A 或 B	10	5	15	7.5	20	10

注:①工业建筑和民用建筑灭火器配置场所的危险等级的划分及举例见“建筑灭火器配置设计规范”(GBJ140-90)中第 2.0.2 条、第 2.0.3 条及附录二、三。
②C 类火灾配置场所灭火器的配置基准,应按 B 类火灾配置场所的规定执行。
③一个灭火器配置场所内的灭火器不应少于 2 具。每个设置点的灭火器不宜多于 5 具。

灭火器的最大保护距离 (m)

表 4

灭火器种类	危险等级	严重危险级	中危险级	轻危险级
手提式灭火器	A 类火灾配置场所	15	20	25
	B 类火灾配置场所	9	12	15
推车式灭火器	A 类火灾配置场所	30	40	50
	B 类火灾配置场所	18	24	30

注:设置在 C 类火灾配置场所的灭火器最大保护距离应与 B 类火灾配置场所规定相同

设计步骤与灭火器的设置

表 5

- 确定各灭火器配置场所的危险等级、火灾种类
- 划分灭火器配置场所的计算单元,测算各单元的保护面积
- 计算各单元所需灭火级别: $Q = KS/U$
式中 Q ——灭火器配置场所的灭火级别, A 或 B
 S ——灭火器配置场所的保护面积, m²
 U ——A 或 B 类火灾灭火器配置场所相应危险等级的配置基准, m²/A 或 m²/B
 K ——修正系数。无消火栓和灭火系统的, $K=1.0$; 设有消火栓的, $K=0.7$; 设有灭火系统的, $K=0.5$; 设有消火栓和灭火系统的或可燃物露天堆放, 甲、乙、丙类液体储罐, 可燃气体储罐的, $K=0.3$
- 计算每个设置点的灭火级别 $Q_p = Q/N$
式中 Q_p ——灭火器配置场所每个设置点的灭火级别, A 或 B
 N ——灭火器配置场所中设置点的数量
- 地下建筑灭火器的配置数量应按其相应的地面建筑的规定增加 30%
- 确定每个设置点灭火器的类型、规格和数量。验算各设置点和各设置单元实际配置的所有灭火器的灭火级别
- 灭火器应设置在明显且便于取用的地点, 但不得影响安全疏散。其铭牌必须朝外

城镇、居住区室外消防用水量

表 1

人数(万人)	≤1.0	1.0~2.5	2.5~5.0	5.0~10.0	10.0~20.0	20.0~30.0	30.0~40.0	40.0~50.0	50.0~60.0	60.0~70.0	70.0~80.0	80.0~100.0
同一时间内的火灾次数(次)	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
一次灭火用水量(L/s)	10	15	25	35	45	55	65	75	85	90	95	100

注:城镇室外消防用水量包括居住区、工厂、仓库(包括堆场、储罐)和民用建筑的室外消防用水量。当工厂、仓库、民用建筑的室外消防用水量超过本表规定时,仍应确保其室外消防用水量。

工厂、仓库和民用建筑在同一时间内的火灾次数

表 2

名称	基地面积(ha)	附有居住区人数(万人)	同一时间内的火灾次数	备 注
工 厂	≤100	≤15	1	按用水量最大的一座建筑物(或堆场、储罐)计算
		>15	2	工厂、居住区各一次
	>100	不限	2	按用水量最大的两座建筑物(或堆场、储罐)计算
仓 库 民用建筑	不限	不限	1	按用水量最大的一座建筑物(或堆场、储罐)计算

建筑物的室外消火栓用水量

表 3

耐火等级	建筑物名称及类别	一次灭火用水量(L/s)	建筑物体积(m³)	≤1500	1501~3000	3001~5000	5001~20000	20001~50000	>50000
				10	15	20	25	30	35
一、二级	厂房	甲、乙	10	15	20	25	30	35	40
		丙	10	15	20	25	30	35	40
		丁、戊	10	10	10	15	15	20	20
	库房	甲、乙	15	15	25	25	—	—	—
		丙	15	15	25	25	35	45	—
		丁、戊	10	10	10	15	15	20	20
三级	民用建筑		15	15	15	20	25	30	30
	厂房或库房	乙、丙	15	20	30	40	45	—	—
		丁、戊	10	10	15	20	25	35	—
	民用建筑		10	15	20	25	30	—	—
四级	丁、戊类厂房或库房		10	15	20	25	—	—	—
	民用建筑		10	15	20	25	—	—	—

注:①火车站、码头和机场的中转库房的室外消火栓用水量应按相应耐火等级的丙类物品库房确定。

②国家级文物保护单位的重点砖木、木结构的建筑物室外消火栓用水量,按三级耐火等级民用建筑确定。

堆场、储罐的室外消火栓用水量

表 4

名称	总储量或总容量	消防用水量(L/s)	名称	总储量或总容量	消防用水量(L/s)
粮 食	圆筒仓, 30~500	15	木材等可燃材料(m³)	50~1000	20
	土圆仓, 501~5000	25		1001~5000	30
	圆仓, 5001~20000	40		5001~10000	45
	席 20001~40000	45		10001~25000	55
(i)	席, 30~500	20	棉、麻、毛、化纤、百货(t)	10~500	20
	席, 501~5000	35		501~1000	35
	席, 5001~20000	50		1001~5000	50
稻草、麦秸、芦苇等易燃材料(i)	50~500	20	可燃气体储罐或储罐区(m³)	501~10000	20
	501~5000	35		10001~50000	25
	5001~10000	50		>50000	30
	10001~20000	60		≤10000	20
煤和焦炭(i)	100~5000	15	干式	10001~50000	30
	>5000	20		>50000	40

室外油浸电力变压器喷雾灭火用水量

表 5

单台变压器油量(t)	5~10	>10~30	>30
消防用水量(L/s)	40	60	80

液化石油气罐区的消防用水量

表 6

固定冷却设备用水量应按一次灭火最大需水量计算。总容积超过 100m³ 或单罐容积超过 20m³ 的液化石油气储罐或储罐区, 应安装固定冷却水设备, 其用水供给强度不应小于 0.151/s·m²。着火罐的保护面积按罐的全部表面积计算; 距着火罐直径(卧式罐按罐的直径和长度之和的一半)1.5 倍范围内相邻储罐, 按其表面积的一半计算	单罐容积为下列数值时的水枪用水量(L/s)	
	<400m³	≥400m³
	30	45

注:①单罐容积在 400m³ 及 400m³ 以上的储罐区宜设置固定带架水枪。带架水枪的布置, 应确保储罐罐壁的任何部位, 至少有一支水枪的充实水柱进行保护
②液化石油气储罐区的消防给水系统, 应设水系统合器, 其数量不小于两个
③单罐容积小于 20m³ 时, 可采用移动式水枪
④总容积小于 50m³ 的储罐区, 水枪用水量, 可采用 20L/s

注:液化石油气罐区的消防用水量应按固定冷却设备用水量和水枪用水量之和计算。

室外消防给水设计

一、室外消防用水量大于 15L/s 的消防给水管网应布置成环状。环状管网的输水干管和向环状管网输水的输水干管均不应少于两条。环状管道应用阀门分成若干独立段, 每段内消火栓的数量不宜超过 5 个。室外消防给水管道的最小直径不应小于 100mm。

二、室外消火栓应沿道路设置, 并宜靠近十字路口。当道路宽度超过 60m 时, 宜在道路两边设置消火栓。室外消火栓间距不应大于 120m, 其保护半径不应超过 150m。消火栓距路边不应超过 2m, 距房屋外墙不宜小于 5m。甲、乙、丙类液体储罐区和液化石油气罐罐区的消火栓, 应设在防火堤外, 且距罐壁不小于 15m 处。

三、当市政给水管网或天然水源不能满足生产、生活最大时用水量与室内外消防用水量之和时, 应设消防水池。消防水池的容量应满足在火灾延续时间内室内外消防用水总量的要求。居住区、工厂和丁、戊类仓库的火灾延续时间应按 2h 计算; 高层建筑中的百货楼、展览楼、重要的科研楼、财贸金融楼、重要的图书楼、档案楼按 3h 计算; 其它高层建筑按 2h 计算; 甲、乙、丙类物品仓库、可燃气体储罐和煤、焦炭露天堆场的火灾延续时间按 3h 计算; 甲、乙、丙类液体储罐火灾延续时间按 4h 计算; 易燃、可燃材料露天、半露天堆场及液化石油气储罐的火灾延续时间应按 6h 计算; 自动喷水灭火的火灾延续时间按 1h 计算。

四、供消防车取水用的消防水池取水口与建筑物的距离不宜小于 15m; 与甲、乙、丙类液体储罐的距离不宜小于 40m; 与液化石油气储罐的距离不宜小于 60m (若有防止辐射热的保护设施时, 可减为 40m)。

五、在火灾情况下能保证连续补水时, 消防水池的容积可减去火灾延续时间内补充的水量。

六、室外地下式消火栓、水泵接合器应有明显的标志。

各种冷却构筑物的优缺点及适用条件

表 1

名称	优点和缺点	适用条件
冷却池	1 取水方便, 运行简单 2 受太阳辐射热影响, 夏季水温高 3 会对环境带来热污染影响	1 冷却水量大 2 所在地区有可利用的河、湖、水库或洼地 3 夏季对冷却水的水温要求不严格
喷水池	1 结构简单, 可就地取材, 造价低 2 占地面积较大 3 风吹损失大, 有水雾, 冬季在附近建筑物上结冰霜	1 要有足够大的开阔场地 2 冷却水量较小 3 有可利用的洼地或水池
开放式冷却塔	1 设备简单, 维护方便, 造价较低 2 冷却效果受风速、风向影响 3 风吹损失较大, 冬季形成水雾 4 占地面积较大	1 气候干燥, 具有较大稳定风速的地区, 建筑场地开阔 2 对冷却后的水温要求不太严格 3 冷却水量较小
风筒式冷却塔	1 冷却效果稳定, 风吹损失小, 运行费用低 2 造价高, 冬季维护复杂	1 冷却水量大, 建筑场地较开阔 2 在高温、高湿、低气压地区以及要求逼近度较小时不宜采用
机械通风冷却塔	1 冷却效果高且较稳定, 风吹损失小, 布置紧凑 2 造价较风筒式冷却塔低 3 耗电多, 噪声较大, 维护较复杂	1 气温、湿度较高地区 2 对冷却后的水温及其稳定性要求严格 3 建筑场地狭窄
干式冷却塔	1 补充水量极小, 几乎是湿式冷却塔的 1.1~1.6% 2 热效率比较差 3 基建投资大, 运行费用高	1 对冷却水水质要求高的循环系统 2 严重缺水地区 3 冷却水量大

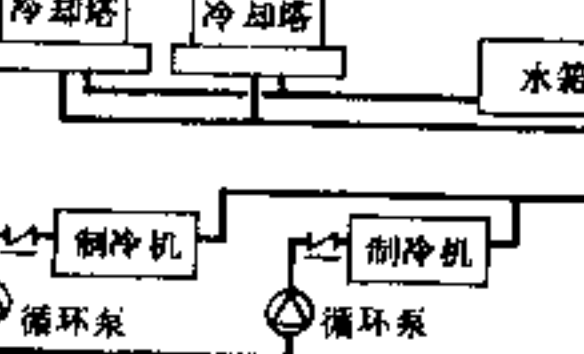
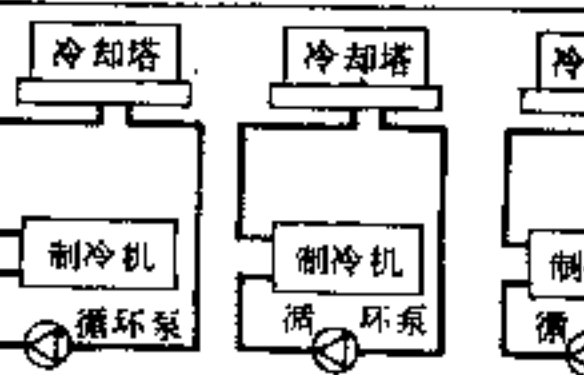
冷却构筑物的平面布置原则

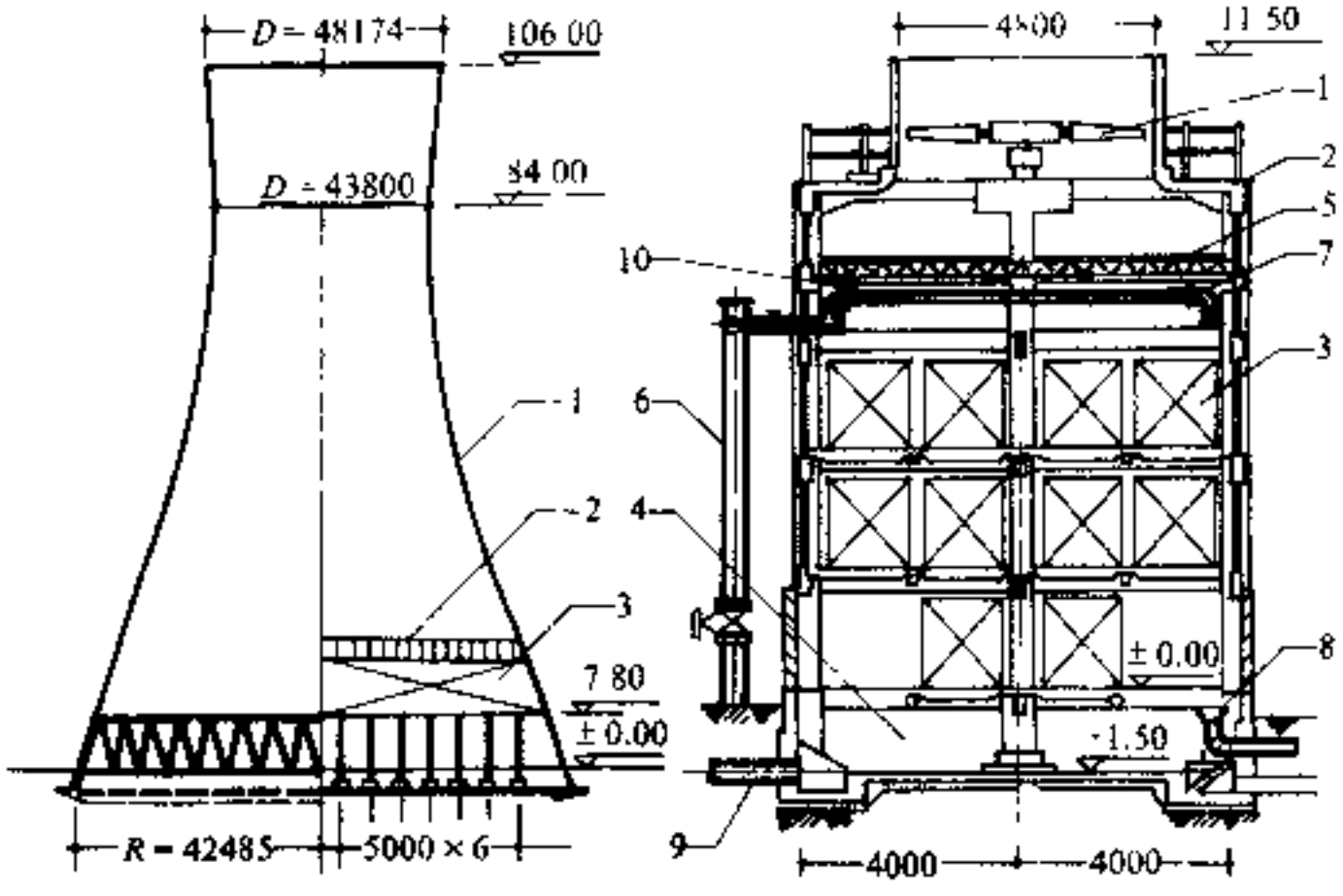
表 2

- 1 冷却构筑物应布置在厂房和建筑物的下风向
- 2 应尽量避免布置在热源、废气和烟气发生点, 化学品堆放处和煤堆附近
- 3 应尽量避免使冷却塔夹在高大建筑物中间的狭长地带
- 4 两排以上机械通风冷却塔的布置, 如果各塔排的长轴在同一直线上, 相邻塔排端墙之间的净距不得小于 6m; 若各塔排的长轴不在同一轴线上, 且相互平行布置时, 塔排之间的净距不得小于塔进风口高度的 4 倍
- 5 周围进风的机械通风冷却塔、风筒式冷却塔与其他建筑物的净距应大于进风口高度的两倍
- 6 冷却塔之间或塔与其他建筑物之间的距离, 除了应考虑塔的通风要求, 塔与建筑物的相互影响外, 还应考虑建筑物防火、防爆的安全距离、冷却塔的施工和检修要求及环境噪声影响等因素

常用的冷却水系统

表 3

循环冷却水系统型式	特点和适用条件
	1. 制冷机房为单层的建筑, 冷却塔在屋顶或室外地面 2. 冬季运行使用的系统不宜采用
	1. 制冷机房为单层的建筑, 冷却塔在屋顶, 水箱在机房内 2. 冬季运行的系统宜采用
	1. 制冷机房在地下室, 冷却塔在高层建筑的屋顶, 水箱在屋顶水箱间 2. 屋顶水箱的出水管直接接入循环水泵的吸水管, 节约电能 3. 控制系统较复杂, 但冷却塔对制冷机可方便地调配备用
	1. 多台冷却塔与多台制冷机——对应, 各自成独立的循环系统 2. 控制系统简单, 但管道较多 3. 有故障时不能采用相互调配的补救方案坚持运行 4. 冬季运行的系统较难适应



- 1 筒体、钢筋
混凝土结构

2 配水装置

3 淋水装置
- 1 风机

2 塔体

3 填料

4 水池

5 收水器

6 进水管

7 淋水管

8 溢水管

9 吸水管

10 淋水装置

1 风筒式冷却塔

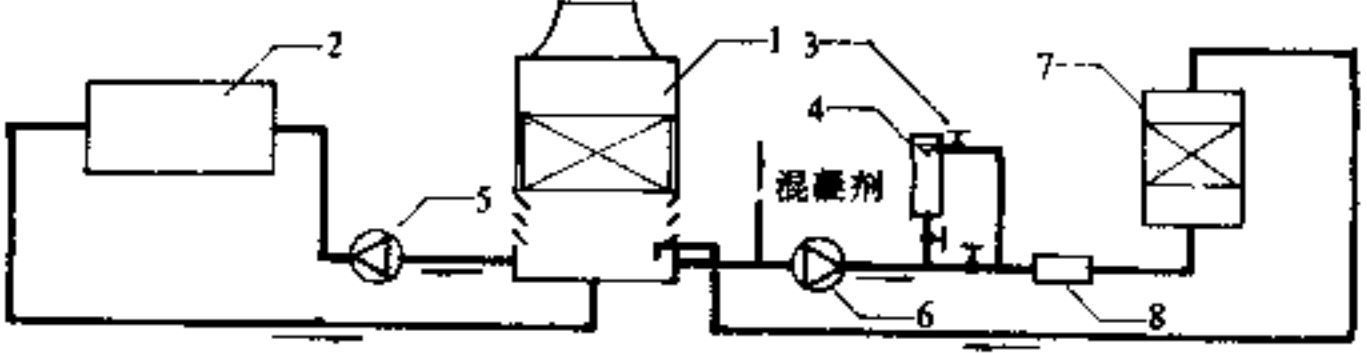
2 机械通风冷却塔

循环冷却水处理

一、冷却水在循环过程中, 有蒸发、风吹、排污等水量损失, 补充水的水质可以是饮用水或是软化水。

二、循环冷却水系统水质稳定处理

1. 旁流水处理: 可去除水中的悬浮物和溶解固体。一般采用高效过滤器, 其过滤水量宜为循环冷却水量的 1~5%。



- 1 冷却塔

2 换热器

3 截止阀

4 流量计

5 循环水泵

6 旁流水加压泵

7 高效过滤器

8 管道混合器

3 旁流水处理流程

2. 防止微生物繁殖的防污垢处理: 选用的杀生剂必须具有广谱性, 适当的稳定性, 对人畜应为低毒或无毒, 与系统中所用的缓蚀、阻垢剂不互相干扰, 药剂最好为水溶性的。常用的杀生剂有氯、臭氧、硫酸铜、次氯酸钠、洗必泰、大蒜素、季铵盐类、氯酚类等。
3. 循环冷却水系统防腐蚀、防结垢处理: 防腐蚀、防结垢的各种药剂一般都采用复合配方, 但要注意其协同效应, 以达到缓蚀阻垢效果好, 成膜快且牢固, 对不同水质适应性强, 且应减少对环境污染, 价格便宜。常用的复合配方有: 三聚磷酸钠+EDTMP+聚丙烯酸钠; 聚马来酸+HEDP; 聚磷酸盐+锌。
4. 预膜处理: 在系统正常运行之前, 先投加预膜剂 (聚磷酸盐+锌盐), 使金属表面形成一层完好的缓蚀的保护膜, 然后投入正常运行。

循环冷却水系统设计要点

1.根据生产工艺设备或空调系统对循环冷却水的水量、水压、水质、进出水水温的要求及供水系统的运行方式;当地的气象条件(大气压力、干球与湿球温度);环境对噪声的要求(见表1);补给水的供应情况;场地布置、水文、地形及地质等自然条件;施工条件来确定冷却构筑物的类型、冷却构筑物的平面布置、冷却塔的选型、冷却水循环系统的型式及循环冷却水水质处理方案;

2.空气干、湿球温度一般取用最热时期(一般以三个月计算)的频率为5~10%的昼夜平均气象条件作为计算的气象参数

3.除了少数工业企业内较重要的工艺设备配置的机械通风冷却塔及其循环水泵有备用外,大多数工业企业和空调系统所配置的冷却塔及其循环水泵均不设备用

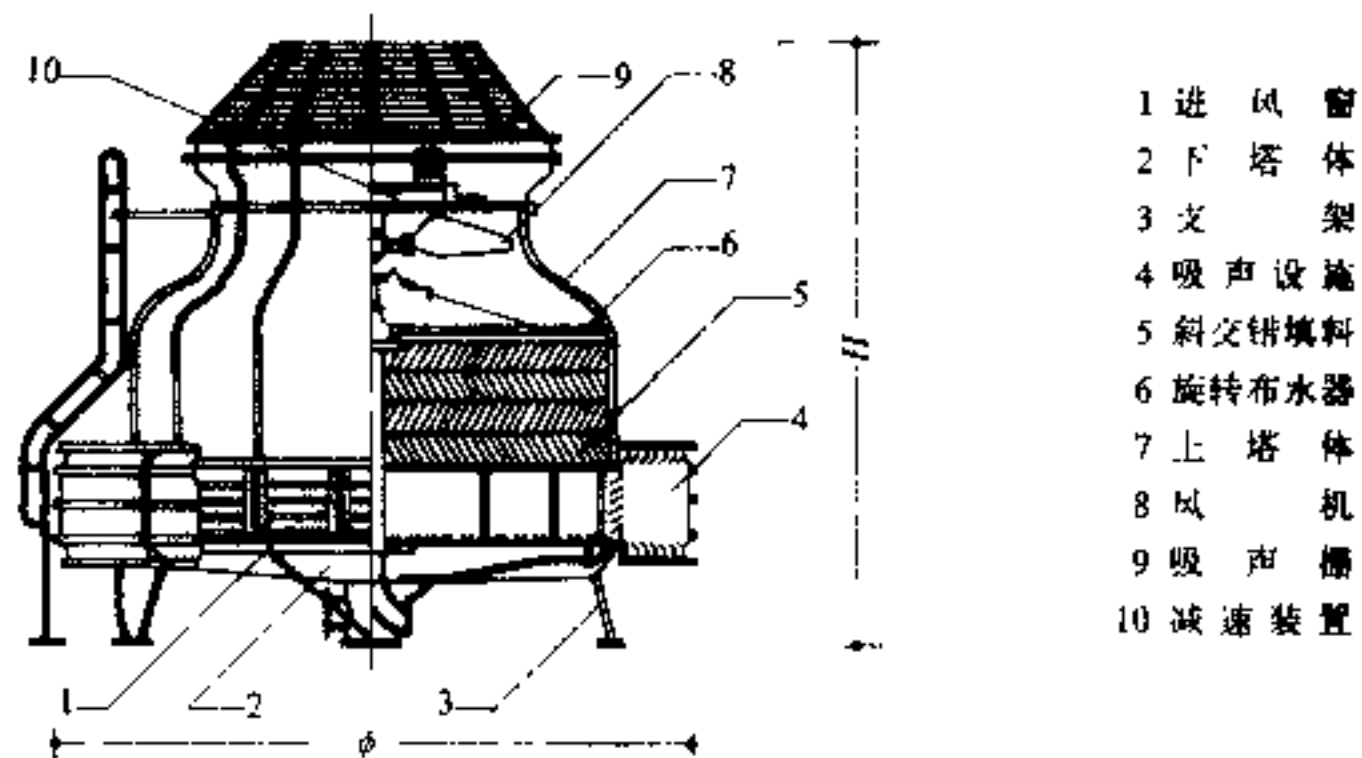
4.风筒式冷却塔是钢筋混凝土结构。目前国内广泛采用的横流、逆流式玻璃钢冷却塔有高温、中温、工业型、低噪声、超低噪声型。1、2及表2、3、4为高温横流塔、超低噪声横、逆流塔的主要设计参数。表中噪声值为标准点(即逆流塔为距屏蔽冷却塔直径远、横流塔为距噪声板外塔的当量直径远,均距基础1.5m高处)的测定值。当量直径 $D_m=1.13\sqrt{L\cdot B}$ 。

5.降低冷却塔对环境噪声影响的措施:

- (1)选用超低噪声型冷却塔。
- (2)在塔的周围建消声隔墙或种植林带。
- (3)尽量将冷却塔布置在远离对噪声敏感的区域。

6.冬季运行的冷却塔应采取防冻措施。

7.集水池的容积应满足循环水处理药剂在循环水系统内停留时间(即1/3~1/5循环水小时流量值除以排污、渗漏及风吹损失水量之和;确保水泵不出现空蚀现象。



1 CDBNL₃型超低噪声逆流玻璃钢冷却塔

超低噪声型逆流玻璃钢冷却塔主要参数

表3

型号	参数	冷却水量 (m ³ /h)	外形尺寸(mm)		风机电机 功率(kW)	运转重 (kg)	噪声 dB(A)		
			总高度	最大直径			D _m	10m	16m
CDBNL ₁ -30	30	3281	2400	0.8	1100	51.0	39.5	35.9	
CDBNL ₁ -40	40	3781	2400	1.1	1258	51.0	39.5	35.9	
CDBNL ₁ -50	50	3816	2800	1.5	1640	51.0	40.7	37.1	
CDBNL ₁ -60	60	4066	2800	1.5	1752	52.0	41.7	38.1	
CDBNL ₃ -70	70	4153	3300	2.2	2272	52.0	43.0	39.0	
CDBNL ₁ -80	80	4403	3300	2.2	2451	52.5	43.5	39.5	
CDBNL ₁ -100	100	4440	3900	3.0	3322	53.0	46.0	42.0	
CDBNL ₃ -125	125	4690	3900	4.0	3422	54.0	46.7	43.4	
CDBNL ₃ -150	150	4765	4600	4.0	4475	54.0	47.5	44.1	
CDBNL ₃ -175	175	5015	4600	5.5	4808	55.0	48.5	45.1	
CDBNL ₃ -200	200	5194	5700	5.5	6123	55.0	49.6	46.3	
CDBNL ₃ -250	250	5444	5700	7.5	6892	56.0	50.6	47.3	
CDBNL ₁ -300	300	5713	6400	7.5	9805	56.0	51.6	48.5	
CDBNL ₁ -350	350	5968	6400	11.0	10479	56.5	52.3	49.0	
CDBNL ₁ -400	400	6269	7400	11.0	12762	57.0	53.8	50.7	
CDBNL ₃ -450	450	6519	7400	11.0	14160	57.0	53.8	50.7	
CDBNL ₃ -500	500	6890	8200	15.0	17102	57.0	55.0	51.9	
CDBNL ₁ -600	600	7390	8200	18.5	19204	58.0	56.0	52.4	

注:1.噪声为标准点测定值,即距屏蔽冷却塔直径远,距基础1.5m高。

2.表中列数据为标准设计工况:湿球温度 $t=28^{\circ}\text{C}$ 、进塔水温 $t_1=37^{\circ}\text{C}$ 、出塔水温 $t_2=32^{\circ}\text{C}$ 。其它工况根据生产厂提供热力性能曲线查算相应参数。

3.接管点处要求进水压力为 $(2\sim 5)\times 10^4\text{Pa}$ 。

城市区域环境噪声标准

表1

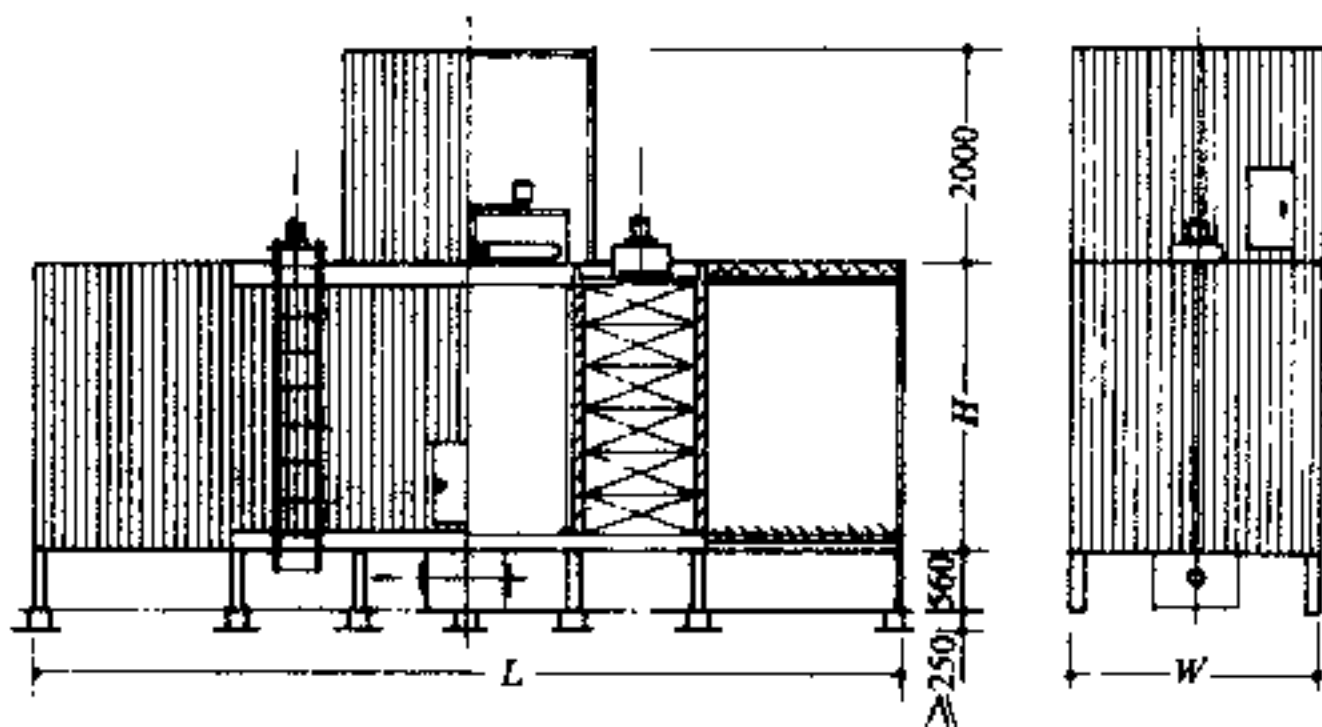
区 域 类 别	等效声级 L_{eq} (dB)	
	昼 间	夜 间
疗养区、高级别墅区、高级宾馆区等特别需要安静的区域	50	40
以居住、文教机关为主的区域	55	45
居住、商业、工业混杂区	60	50
工业集中区	65	55
城市中的道路交通干线道路两侧区域;穿越城区的内河航道两侧区域;穿越城区的铁路干、次干线两侧的噪声	70	55

高温横流玻璃钢冷却塔主要参数

表2

型号	参数	冷却水量 (m ³ /h)	外形尺寸(mm)			风机电机功率 (kW×台数)	运转重 (kg)	标准点噪声 dB(A)
			长L	宽B	高H			
BLH ₁ -200	200	200	6110	5210	5970	5.5×2	24700	63
BLH ₁ -300	300	300	7350	5910	6550	7.5×2	30100	64
BLH ₁ -400	400	400	8570	6860	6720	11×2	34800	65
BLH ₁ -500	500	500	9170	7310	7270	11×2	39100	65

注:设计参数:大气压力 $P=1.004\times 10^5\text{Pa}$ 、湿球温度 $t=28^{\circ}\text{C}$ 、干球温度 $\theta=31.5^{\circ}\text{C}$ 、进水温度 $t=60^{\circ}\text{C}$ 、出水温度 $t_2=33^{\circ}\text{C}$



2 CDBHZ型超低噪声横流玻璃钢冷却塔

组装式节能、超低噪声横流玻璃钢冷却塔主要参数

表4

型号	参数	冷却水量 (m ³ /h)	外形尺寸(mm)			风机电动机功率 (kW×台数)	运转重 (kg)	噪声 dB(A)
			L	W	H			
CDBHZ—80	80	7320	2200	2264	1.5×1	4027	48.6	
CDBHZ—100	100	7320	2200	2668	2.2×1	4276	49.0	
CDBHZ—125	125	7620	2880	2668	2.2×1	5630	49.1	
CDBHZ—150	150	7620	3360	2668	3.0×1	6520	49.1	
CDBHZ—175	175	7920	3460	3113	3.0×1	7245	49.6	
CDBHZ—200	200	7920	3800	3113	4.0×1	8230	49.7	
CDBHZ—250	250	7620	5760	2668	2.2×2	11200	50.2	
CDBHZ—300	300	7620	6720	2668	3.0×2	13040	50.3	
CDBHZ—350	350	7920	6920	3113	3.0×2	14490	50.7	
CDBHZ—400	400	7920	7600	3113	4.0×2	16460	51.3	
CDBHZ—450	450	7620	10080	2668	3.0×3	19560	51.1	
CDBHZ—525	525	7920	10380	3113	3.0×3	21725	51.1	
CDBHZ—600	600	7920	11400	3113	4.0×3	24690	50.6	
CDBHZ—700	700	7920	13840	3113	3.0×4	26080	50.4	
CDBHZ—800	800	7920	15200	3113	4.0×4	32920	50.3	
CDBHZ—900	900	7920	20160	2668	3.0×6	39120	50.2	
CDBHZ—1050	1050	7920	20760	3113	3.0×6	43470	50.1	
CDBHZ—1200	1200	7920	22800	3113	4.0×6	49380	50.0	

注:1.噪声以噪声板外,塔的当量直径远,距地面1.5m高的dB(A)值。

2.表中列数据为标准设计工况:湿球温度 $t=28^{\circ}\text{C}$ 、进塔水温 $t_1=37^{\circ}\text{C}$ 、出塔水温 $t_2=32^{\circ}\text{C}$ 。其它工况应另进行计算。

3.配水箱接口处的自由水头为 $1.53\times 10^4\text{Pa}$ 。

热水供应系统分类

- 一、局部热水供应系统 即采用小型煤气加热器、蒸汽加热器、炉灶、太阳能加热器等局部范围内的一个或几个用水点使用。
- 二、集中热水供应系统 在锅炉房、热交换站或加热间将水集中加热送至整幢或几幢建筑物的热水供应系统。
- 三、区域热水供应系统 即从热力网直接取水，或由热电厂、区域性锅炉房或热交换站输送热水至整个建筑群、居民区或工厂区。
- 四、按热水管网的循环方式又可分全循环管网（即所有配水干管、立管和分支管都设有相应的回水管，可保证配水管网任意点的设计水温）半循环管网和非循环管网。

热水供应系统的比较与选择

- 一、用水点附近有城市热力管网并能常年供应时，应优先采用作为集中热水供应系统的热源，不另设专用锅炉房。当条件允许时，应首先采用工业余热、废热、地热和太阳能。
- 二、低层分散的有炉灶的住宅或有煤气供应的住宅，可利用炉灶余热或煤气作为局部热水供应系统的热源。
- 三、对于高层建筑，为均衡冷热水压力，热水供应系统的分区应与给水系统分区一致。各区的水加热器、贮水器的进水，均应由同区的给水系统供应。

热水用水定额

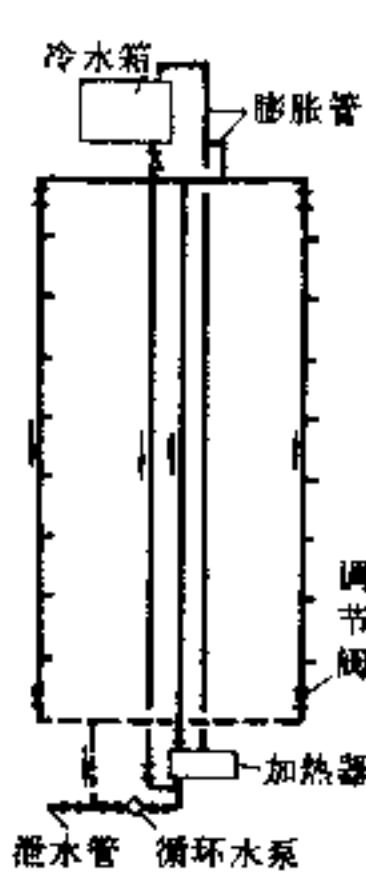
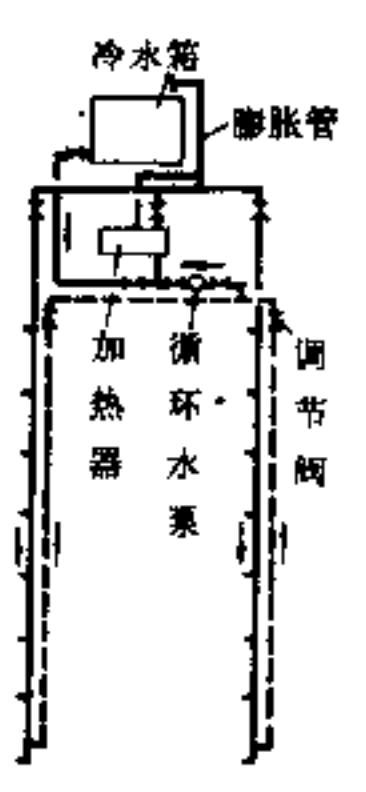
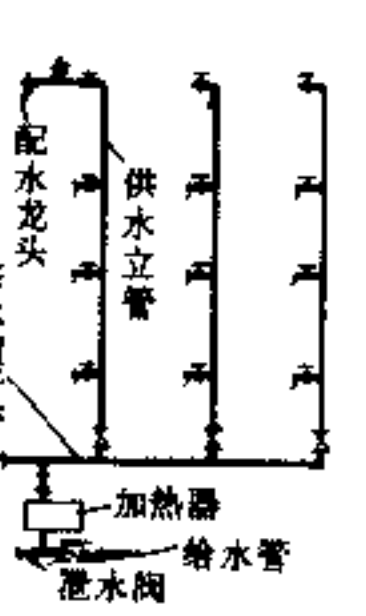
表 1

序号	建筑物名称	单位	65℃的用水定额 (最高日)(L)
1	住宅，每户设有淋浴设备	每人每日	80~120
2	集体宿舍	每人每日	
	有盥洗室	每人每日	25~35
3	有盥洗室和浴室	每人每日	35~50
	普通旅馆、招待所	每床每日	25~50
	有盥洗室	每床每日	50~100
	有盥洗室和浴室	每床每日	100~150
4	设有浴盆的客房	每床每日	150~200
4	宾馆、客房	每床每日	150~200
5	医院、疗养院、休养所	每病床每日	30~60
	有盥洗室	每病床每日	60~120
	有盥洗室和浴室	每病床每日	150~200
6	设有浴盆的病房	每病床每日	150~200
6	门诊部、诊疗所	每病人每次	5~8
7	公共浴室	每顾客每次	50~100
8	设有淋浴器、浴盆、浴池及理发室	每顾客每次	
	理发室	每顾客每次	5~12
9	洗衣房	每公斤干衣	15~25
10	公共食堂	每顾客每次	
	营业食堂	每顾客每次	4~6
	工业企业、机关、学校、居民食堂	每顾客每次	3~5
11	幼儿园、托儿所	每儿童每次	
	有住宿	每儿童每次	15~30
	无住宿	每儿童每次	8~15
12	体育场、运动员淋浴	每人每次	25

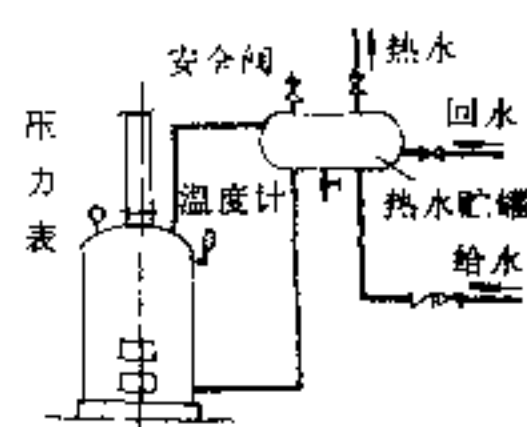
注：①本表定额根据国家标准GBJ15-88。②医院、疗养院、休养所每病床每日热水用水量标准，均已包括了食堂、洗衣房的用水量。

热水供应系统综合图式举例

表 2

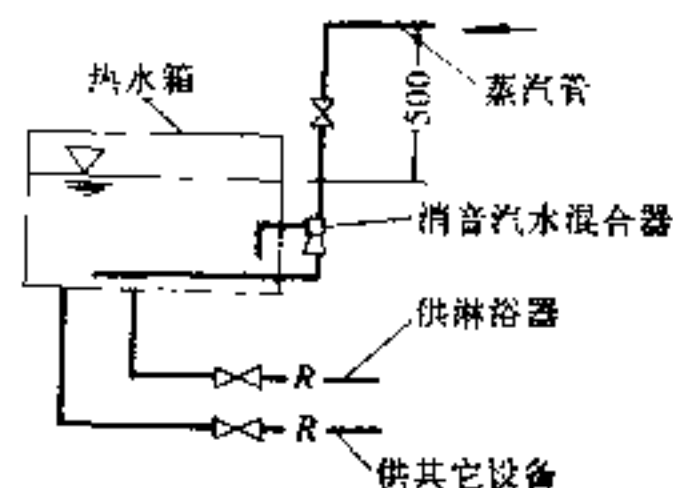
名称	图 式	适用条件及优缺点
开式上行下给全循环		1.配水干管可以敷设在顶层吊顶内或顶层技术层内，一般用于5层以上的多层建筑或高层建筑的分区分区 2.管材用量较少，水头损失较小，有利于热水的自然循环，可保证各配水点的水温要求 3.供水横干管设在顶层或吊顶内使安装、检修不便，并可能因漏水影响吊顶的使用和美观 4.在不能利用最低配水点泄水时，应在系统最低点设有泄水装置 5.为使各回路循环水头损失相平衡，距加热器较远的立管可以适当放大管径，或在每根立管末端设调节阀或节流孔板 6.加热器出口水温宜采用自动调节
开式上行下给全循环（顶层加热）		1.有条件在顶层设置加热、贮存设备、循环水泵和供、回水干管时，一般用在顶层设有技术层的高层建筑或超高层建筑的最高区 2.设备布置集中，便于集中维护管理 3.可保证配水点水温，可降低加热器和贮水设备的内压，可利用最低配水龙头泄水 4.管材耗用较多。在上层设置加热、循环设备，对消声、减振等处理不利 5.必须设循环水泵，不能自然循环 6.每根回水立管的末端应设有调节阀或节流孔板
闭式下行上给非循环		1.适用于有条件在底层管沟或地下室敷设横干管的建筑，适用于对热水温度要求不严格或连续使用热水的建筑 2.管材耗用少，投资省，安装维修方便 3.可利用顶层配水龙头排气，不必另设排气装置 4.间断和不均匀用水时，供水温度不稳定 5.在不能利用最低配水龙头泄水时，系统最低点应设泄水装置
开式并联上行下给全循环		1.适用于有条件在顶层和中间层敷设横干管的建筑，适用于对热水温度要求较严格的各类高层和超高层建筑 2.冷热水压力稳定，可保证各配水点的水温要求 3.设备布置较集中，加热、贮存等设备可以设在底层或地下室，便于维护管理，管材用量少 4.配水干管应有不小于0.003的坡度，坡向最好与水流方向相反，否则流速应小于0.8m/s 5.高区加热设备承受压力较高，加热器出口水温宜采用自动调节，每根回水立管上设调节阀或节流孔板 6.应在系统最低点设有泄水装置

热水设备



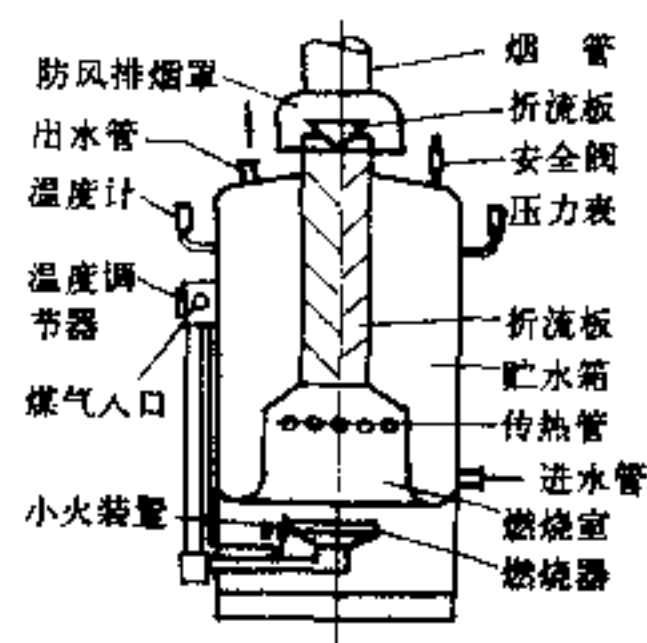
1 燃煤热水锅炉

1. 常用于小型浴室、洗衣房、饮食店、理发馆等。
2. 有立式水管、立式火管、卧式内燃链条炉排、卧式快装水管混合式等多种小型锅炉。
3. 在燃料含硫量大于 1% 时，不宜选用钢质锅炉。
4. 在用水较均匀时可不设热水贮罐，热水贮罐底部应高于锅炉最高点的标高。



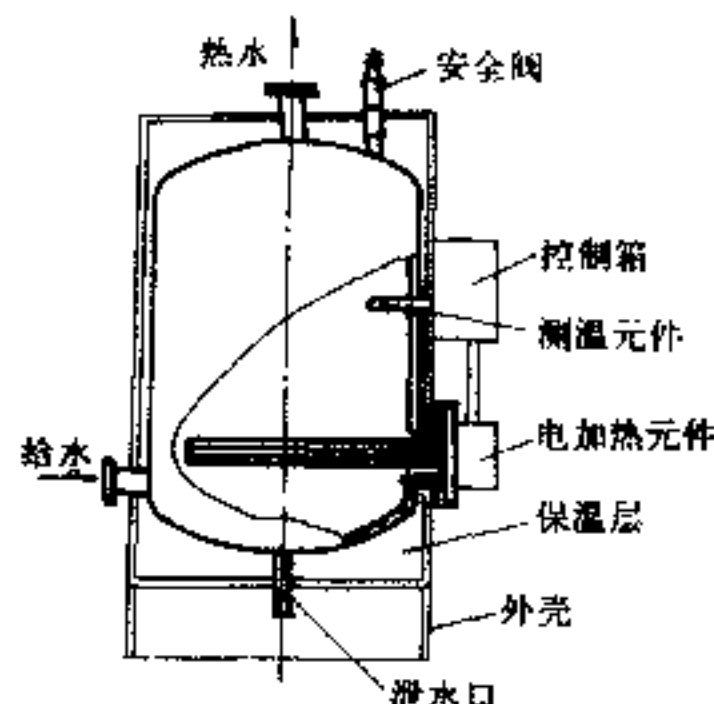
2 汽—水混合加热

1. 此为蒸汽直接加热，设备管道简单，投资省，热效率较高。
2. 凝结水不能回收，若蒸汽品质不好水质会受蒸汽的污染。
3. 噪音较大，但若采用低噪音混合器，可将噪音降低到 70dB 以下。
4. 蒸汽管道应从被加热水位 0.5m 以上接入，以防蒸汽凝结时吸入热水，蒸汽管道的最低点应设有疏水装置。



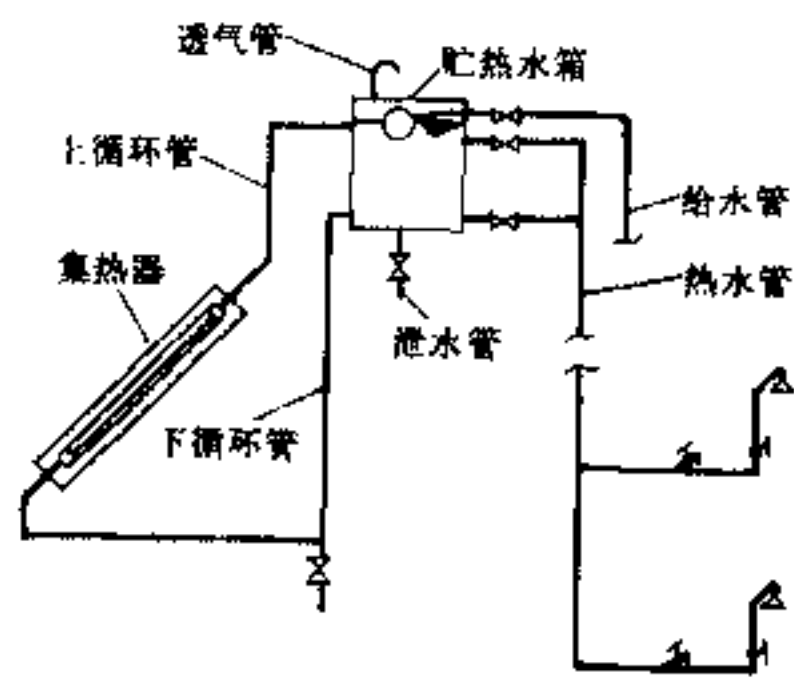
3 煤气加热器

1. 设备、管道简单，使用方便，热效率一般可达 75~85%。因气体燃料的灰份、硫、氮等杂质比煤、石油少，且容易燃烧，所以对环境的污染较小。
2. 因煤气在一定比例下混合后，会形成爆炸性气体，且煤气中的大多数成分对人和动物有毒或有窒息性，所以必须有一定的安全措施，防止煤气泄漏、过热、超压等事故。
3. 左图为容积式煤气加热器，具有一定的贮水容积，可供几个配水点或整个管网用水，在使用前需要预先加热。



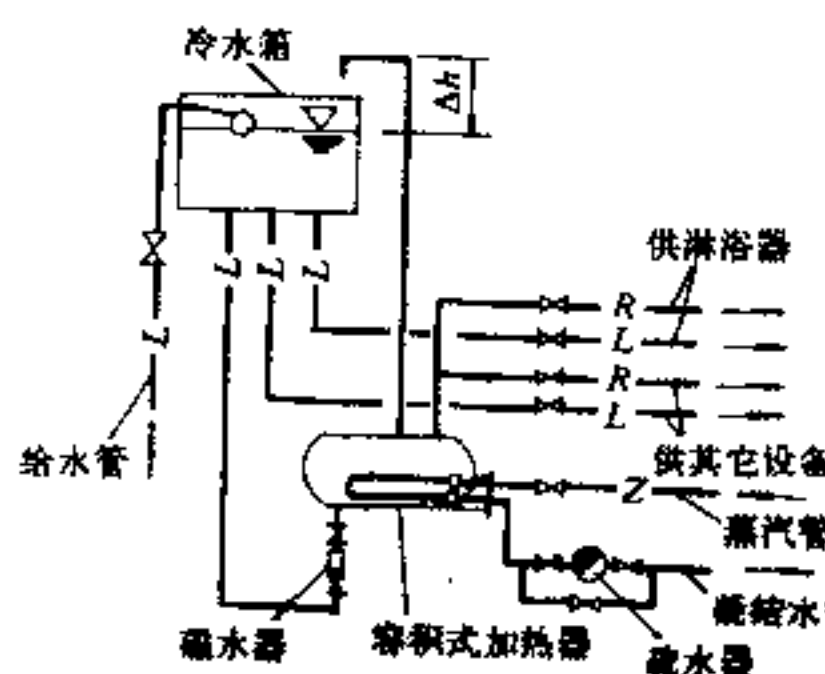
4 电加热器

1. 常用的有快速式和容积式两种，左图为容积式电加热器。
2. 电加热器使用方便、卫生、安全，不产生二次污染，但电力的单位热价较高，一般在燃料和其他热源供应困难而电力有富余的地区采用。
3. 要有安全可靠的接地措施，总接地电阻应不大于 0.1Ω，泄漏电流应小于 0.25mA。
4. 应有过热安全保护措施，以防热水温度过高和发生无水干烧现象。



5 太阳能加热器

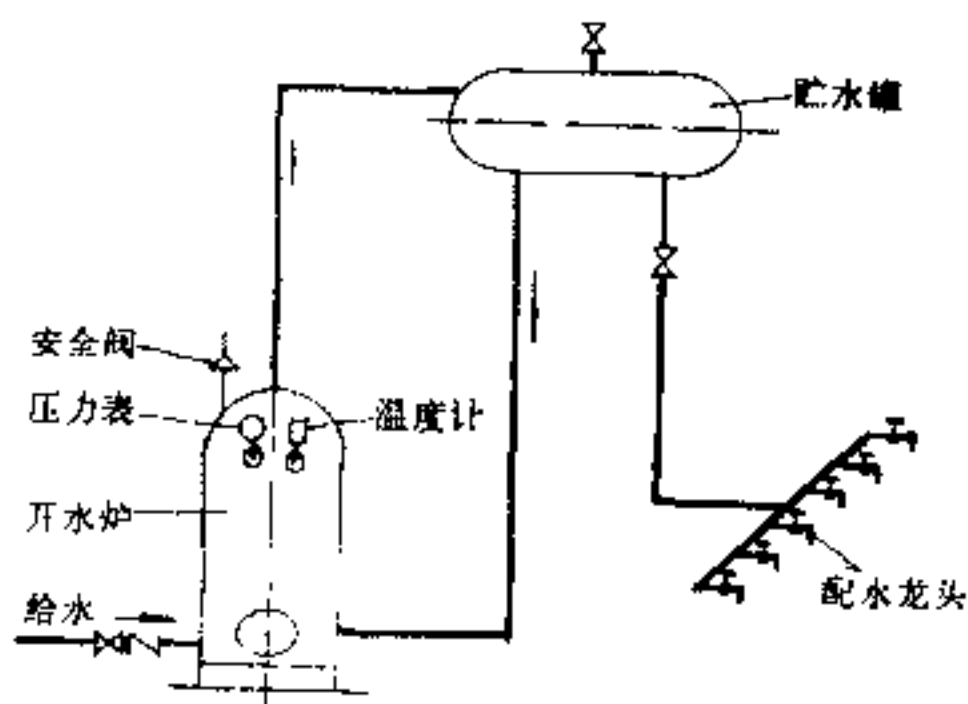
1. 具有运行经济、节省能源消耗、没有环境污染等优点，但我国绝大多数地区不能全年应用，需与其他加热方式结合使用。
2. 对于池式和罐式集热器，只要配有进、出水管、溢流管和透气管即可使用。对于管板式和真空管式集热器需设置贮热水箱和上、下循环管。
3. 太阳能热水器的设置位置应避免其他建筑物的阴影，应避开风口，应避免设在烟囱和其它产生烟尘的设施下风向。



6 容积式加热器

1. 适用于耗热量 ≥ 35 万 Kcal/h 或热媒要求回收，或对环境安静和供水水质要求较高的工业企业、宾馆、浴室等。
2. 具有一定贮存容积，出水温度稳定，噪音低。允许设在任意高度，布置灵活。
3. 热效率较低，传热系数小，体积大，占地面积大。
4. 宜装设自动温度调节器，以防出水温度过高和浪费热媒，闭式系统应装安全阀。

开水设备

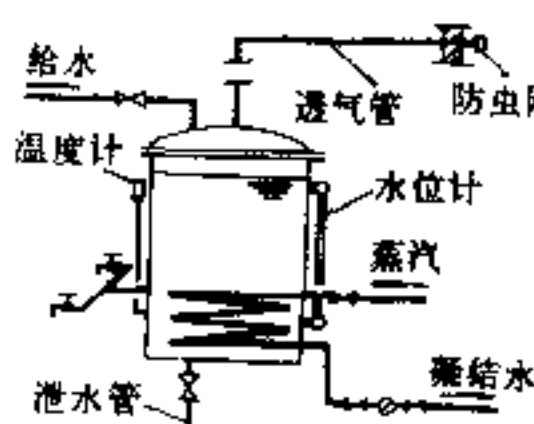


7 燃煤开水炉

1. 左图为燃煤开水炉与贮水罐合用的闭式系统，适用于工矿企业、学校、机关、旅馆等类建筑的集中煮沸供应方式，有循环闭式系统时，可分层供应开水并保持一定水温。
2. 设备简单，投资较省，热效率较高，但操作条件差，水质不好时容易结水垢，锅炉的结构形式应适合当地煤种的燃烧。

开水炉规格性能表 (按国家标准图 87S157)

型 号		1			2			3		
有效容积	V	L	71	70	69	119	117	114	181	177
水开时间	t	min	48	32	24	53	38	25	33	25
蒸汽耗量	q	kg/h	15	23	30	25	34	50	60	78
筒体内径	D	mm	400			500				



8 蒸汽间断式开水炉

1. 蒸汽间接加热煮沸方式的特点是：开水不受蒸汽品质的影响，凝结水可以回收，煮沸时噪声较低，开式和闭式系统均可采用。
2. 左图为小型间断式开水器，适合在各饮水点分散设置，就地煮沸供应，开水温度可以保证，使用方便。但热效率较低，不便集中管理，投资较大，不能连续供应开水。

给排水[17]排水系统及排放标准

排水系统分类

表 1

分 类	分 流 系 统	合 流 系 统	中 水 回 用 系 统
简 图			
适用条件	1.粪便污水和雨水须分流 2.有毒有害生产污水与生活污水应分流 3.供循环再利用的生产废水应分流 4.密闭的室内雨水道(压力流)宜单独分流	1.用于市政排水管道为合流,远期规划也不分流者 2.用于经管道排除的雨水水量较小者 3.如生产废水不含有机物,仅含泥沙或矿物质时,经机械处理(如沉淀、过滤)后可与雨水道合流	1.用于供水紧张地区 2.需满足中水水质标准 3.一般常将粪便污水与洗涤废水的管道分开设置以减少处理装置的负荷
优点	1.分流制有利于处理和再利用 2.管道内水力条件好 3.处理的污水量小,处理厂的造价较合流制低	1.总造价比分流制小 2.占地面积和维护费用也可小些	1.节约用水,实现污水处理资源化 2.减轻城市集中污水处理厂的负担 3.可实现污水处理的小型化、设备化和自动化
缺点	1.总造价比分流制大,占地和维护费用也要多些 2.地下管道增多,施工较复杂 3.初降雨水,将污物带入水体,影响水体卫生	1.污水处理厂流量及水质全年变化很大,不利管理,如遇暴雨时,将部分雨水溢出而污染水体 2.管道水力条件差,无雨时管中不能保证自净流速	1.增加室内管路系统,给管道布置、安装增加难度 2.增加辅助工程项目如:污水处理装置、调节水池、污水泵房等,增加了相应投资和管理费用
图 例	a—粪便污水管道;排除大、小便器的污水 b—生活废水管道;盥洗、淋浴、洗涤废水 c—生活污水管道;粪便污水与生活废水合流管道	d—雨水管道;排除屋面的雨水 e—生产污水管道;被化学杂质或机械杂质污染的水 f—经过处理后的生产污水管道	g—生产废水管道;可循环或重复使用的较洁净的工业废水 h—中水回用管道;冲洗车辆、绿化等用水

室内排水的出路和排放条件

表 2

室内排水的出路	排 放 条 件
排入市政排水管道(输往污水处理厂)	1.不引起火灾或爆炸;对易燃、易爆物质的污水预处理 2.不损害管路的水力性能;不堵塞、磨损、腐蚀管道;对病原体(伤寒、肝炎等)须严格消毒灭除 3.不损害污水处理厂设备的净化性能;如水温不宜>40℃,pH值为6~10
排入附近的河、浜、湖、塘等水体(靠其稀释自净)	1.须符合中华人民共和国水污染防治法、《工业“三废”排放试行标准》、《工业企业设计卫生标准》以及地区规定的水污染物排放标准 2.排入水体后必须保证不传染疾病、不使人畜中毒;不妨碍水体中原有生物对水的自净作用、不破坏生态平衡;不使水体产生不良的感官性状

工业企业建筑每个淋浴器使用人数

表 3

车间卫生特征级别	1 级	2 级	3 级	4 级
每个淋浴器使用人数	3~4	5~8	9~12	13~24

公共建筑中每一卫生器具的使用人数

表 4

序号	建筑类别	大 便 器		小便器	洗脸盆	盥洗龙头	淋浴器
		男	女				
1	集体宿舍	18	12	18		5	20~40
2	旅馆	12~15	10~12	12~15			15~25
3	医院	15	12	15	6~8		10~20
4	门诊部	75	50	50			
5	办公建筑	40	20	30	40		
6	汽车客运站	100	80	100			
7	百货公司	100	80	80			
8	电影院	150	50	50	200		
9	剧院、俱乐部	75	50	25~40	100		

注:上表按 JGJ67-89、JGJ62-90、JGJ58-88、JGJ60-89 等建筑设计规范的数据

中小学校、幼儿园每一卫生器具使用人数

表 5

幼 儿 园		中 小 学 校			
儿童人数	大便器	总人数	大 便 器		小便器
			男	女	
20人以下	8	100人以下	25	20	20
21~30	12	101~200	30	25	20
31~75	15	201~300	35	30	30
76~100	17	301~400	50	35	35
101~125	21				

注:教学楼内厕所均设污水池一个,应按每90人设一个洗手盆(或600mm长盥洗槽)

工业废水最高容许排放浓度

表 6

序号	有害物质名称	最高容许排放浓度(mg/l)	序号	有害物质名称	最高容许排放浓度(mg/l)
1	汞及其无机化合物	0.05(按 Hg 计)	10	硫化物	1
2	镉及其无机化合物	0.1(按 Cd 计)	11	挥发性酚	0.5
3	六价铬化合物	0.5(按 Cr ⁶⁺ 计)	12	氰化物(以游离氰根计)	0.5
4	砷及其无机化合物	0.5(按 As 计)	13	有机磷	0.5
5	铅及其无机化合物	1.0(按 Pb 计)	14	石油类	10
6	pH 值	6~9	15	铜及其化合物	1(按 Cu 计)
7	悬浮物(水力排灰、洗煤水、水力冲渣、尾矿水)	500	16	锌及其化合物	5(按 Zn 计)
8	生化需氧量(5天20℃)	60	17	氟的无机化合物	10(按 F 计)
9	化学耗氧量(重铬酸钾法)	100	18	硝基苯类	5
			19	苯胺类	3

注:工业“废水”中有害物质最高容许排放浓度,分为两类:第一类,能在环境或动植物体内蓄积,对人体健康产生长远影响的有害物质。含此类有害物质的“废水”,在车间或车间处理设施排出口,应符合本表1~5的规定,但不得用稀释“方法代替必要的处理。第二类,其长远影响小于第一类的有害物质,在工厂排出口的水质应符合本表6~19的规定。

工业企业生活间卫生器具设置数

表 7

男			女		
使用人数	大便器数	使用人数	大便器数	使用人数	妇女卫生盆
20人以下	1	10人以下	1	200~250	1
21~50	2	11~30	2	251~400	2
51~75	3	31~50	3	400人以上	每增加100~200人增设一个
76~100	4	51~75	4		
101~1000	100名以上每增加50名增设一个	76~100	5		
1001人以上	1000名以上每增加60名增设一个	101~1000	100名以上每增加35名增设一个		

注:男厕所内每有一个大便器,应同时设小便器一具(或0.4m长的小便槽)

餐馆、饮食店、食堂每一卫生器具使用人数

表 8

类别	等 级	器具	洗手间中洗手盆	洗手水龙头	洗碗水龙头	厕所中大、小便器
餐 馆	一、二级	≤50座设1个 >50座时每100座增设1个				≤100座时设男大便器1个,小便器1个,女大便器1个, >100座时每100座增设男大便器1个,小便器1个,女大便器1个
	三级		≤50座设1个 >50座时每100座增设1个			
饮 食 店	一 级	≤50座设1个 >50座时每100座增设1个				
	二 级		≤50座设1个 >50座时每100座增设1个			
食 堂	一 级		≤50座设1个 >50座时每100座增设1个	≤50座设1个 >50座时每100座增设1个		
	二 级		≤50座设1个 >50座时每100座增设1个	≤50座设1个 >50座时每100座增设1个		

室外排水管道

- 一、管道系统布置要符合地形趋势，一般宜顺坡排水，取短捷路线，雨水管道尤其应考虑利用天然水体就近排放或加以蓄滞。
- 二、各种污、废水排入市政设施或水体时，均需经处理达到排放标准、并经当地环保等部门同意后方可排放。
- 三、居住区生活污水量应与同一地区给水设计所采用的用水定额相协调。工业企业的生产废水量及总变化系数应根据工艺特点确定。

雨水设计流量应按下列公式计算：

$$Q = q\psi F$$
$$q = \frac{167A_1(1 + C\lg P)}{(t + b)^n}$$

式中 Q ——雨水设计流量 (L/s)；
 q ——设计暴雨强度 (L/s)·ha)；
 ψ ——径流系数；
 F ——汇水面积 (ha)；
 t ——降雨历时 (min)， $t = t_1 + mt_2$ ， t_1 为地面集水时间，一般取 5~15min， t_2 为管内雨水流行时间 (min)， m 为折减系数，暗管， $m = 2$ ，明渠 $m = 1.2$ ；
 P ——设计重现期 (a)，一般取 0.5~2a，重要干道、短期积水即能引起严重后果的地区取 2~5a；
 A_1 、 C 、 n 、 b ——参数，根据统计方法进行计算确定。

最小管径和最小设计坡度

管 别	位 置	最小管径(mm)	最小设计坡度
污 水 管	在街坊和厂区内	200	0.004
	在 街 道 下	300	0.003
雨水管和合流管		300	0.003
雨水口连接管		200	0.01

四、管道交汇处、转弯处（水流转角不应小于 90°）、管径或坡度改变处、跌水处以及直线段上每隔一定距离处（见表 2）均应设检查井。管径不同的排水管在检查井内的连接宜采用管顶平或水面平接

检查井最大间距

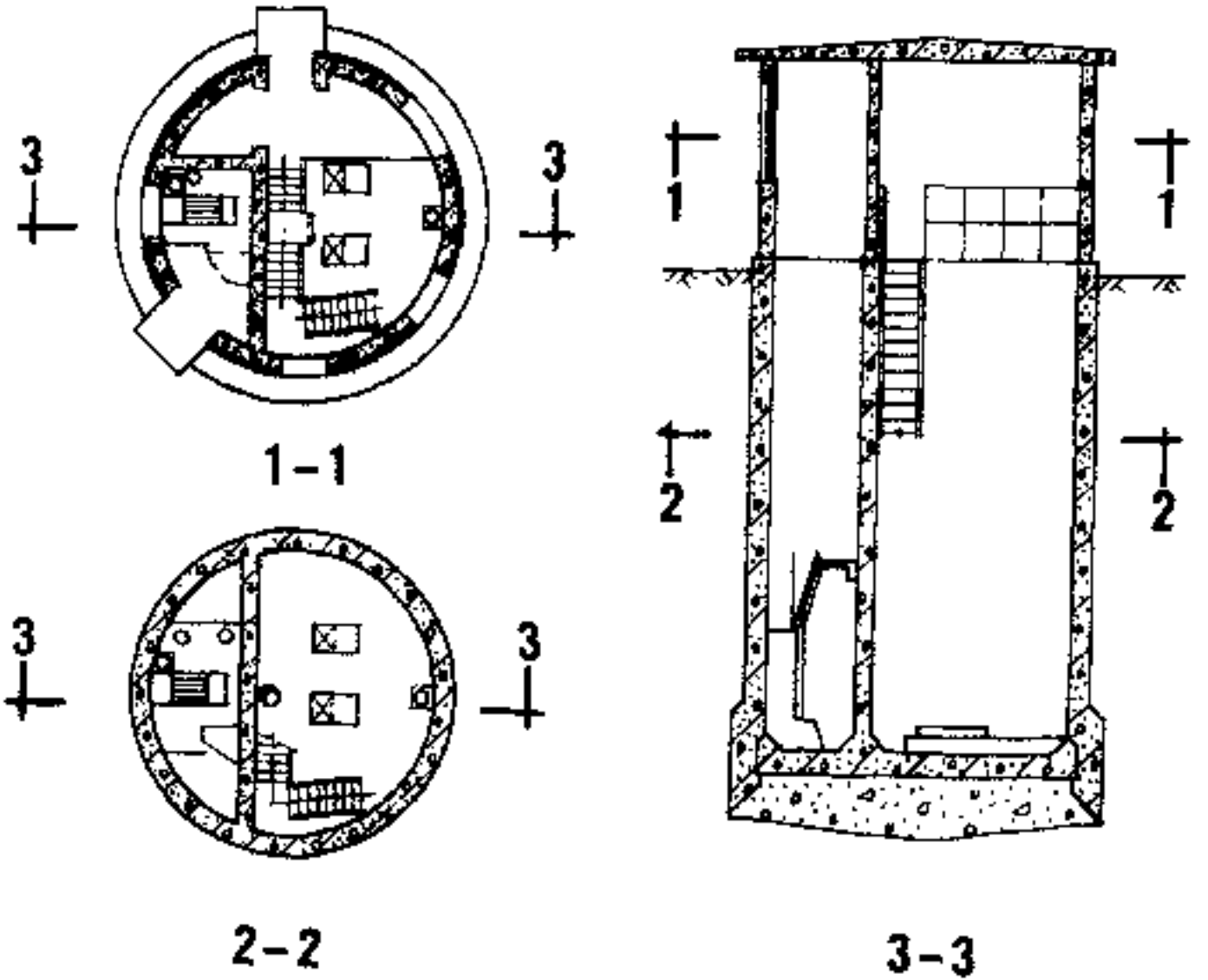
管径或管渠净高(mm)		200~400	500~700	800~1000	1100~1500	>1500
最大间距(m)	污 水 管 道	30	50	70	90	100
	雨水(合流)管道	40	60	80	100	120

五、管道跌水水头为 1~2m 时，宜设跌水井，跌水水头大于 2m 时，必须设跌水井。

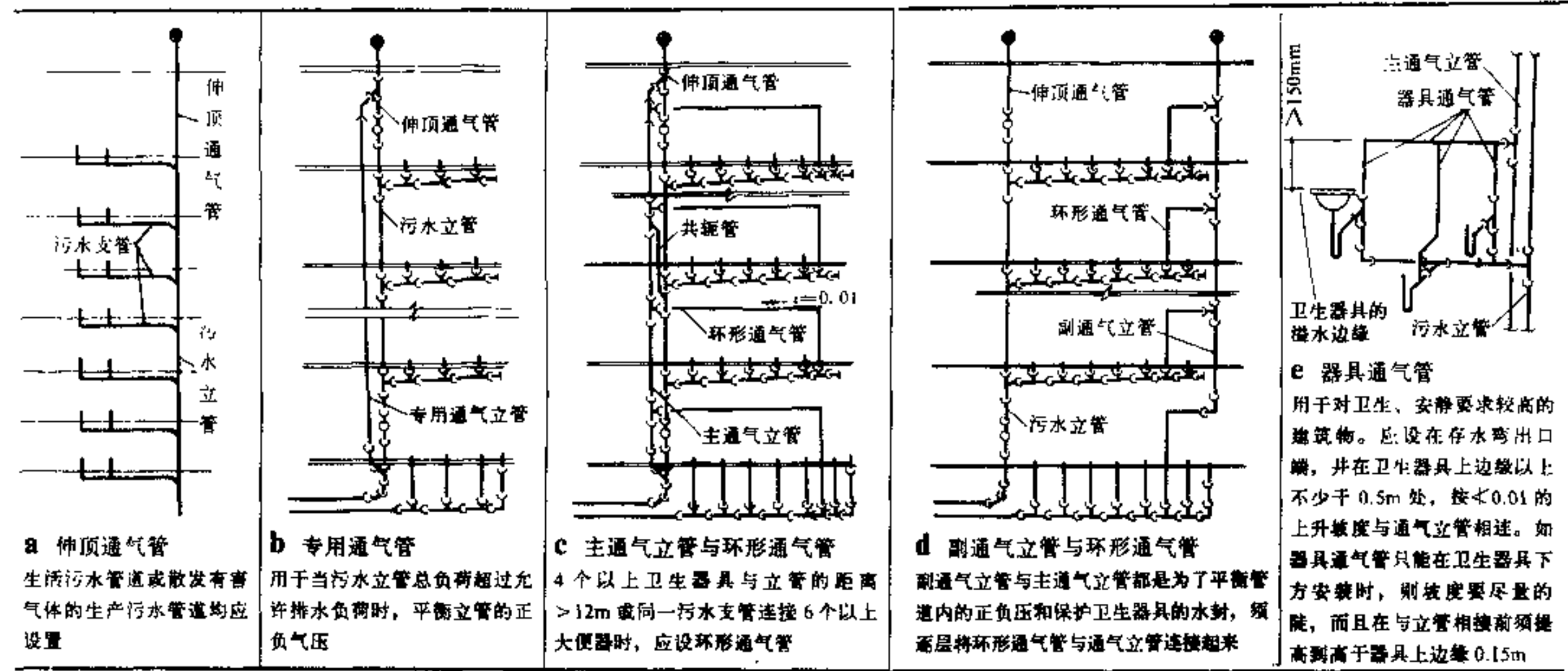
六、管顶最小覆土厚度在车行道下一般不宜小于 0.7m。无保温措施的生活污水管道，管底可埋设在冰冻线以上 0.15m，否则应采取加固或防冻措施。排水管道最大埋设深度，在干燥土壤中不超过 7~8m，在多水、流砂或石灰岩中不超过 5m。当超过上述埋深时及在污水处理构筑物前应设置污水提升泵站。

污水泵站

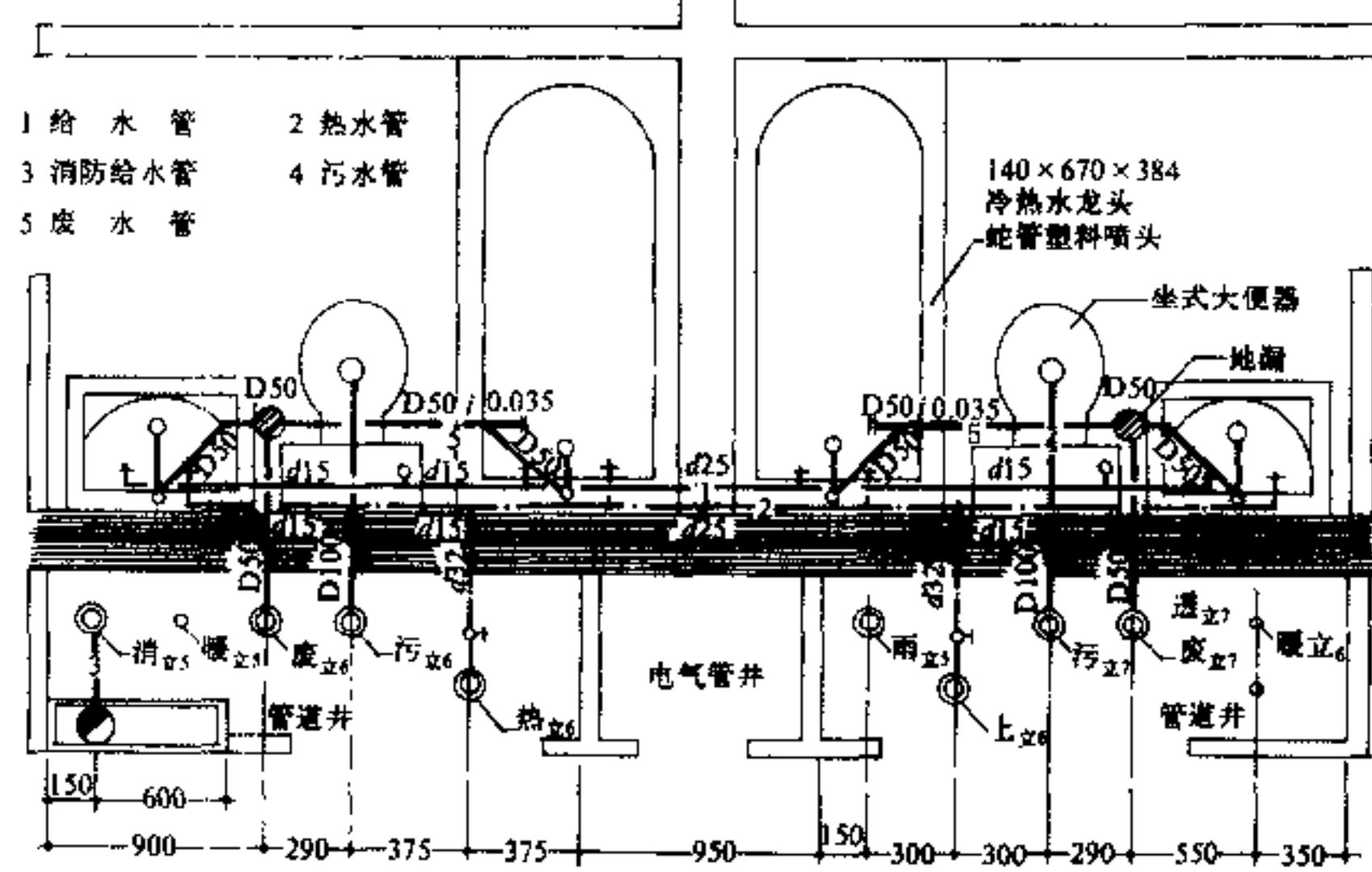
- 一、污水泵房在基地的下风向单独设置，距居住建筑一般不小于 25m，并应绿化。
- 二、泵房应有良好的通风、采光。寒冷地区要采暖。机器间内经常有人办公时，夏季室内气温最高不超过 35℃，冬季不低于 16℃，当水泵机组为自动化管理时，不得低于 5℃。
- 三、泵房的室内地面一般应比室外地面高 0.2m 以上，并应高出设计洪水位 0.5m。
- 四、泵房的净高：无吊车起重设备的不小于 3.0m；有吊车起重设备的，应保证吊起物体底部与所越过的固体物体的顶部有不小于 0.5m 的净空。
- 五、合建在同一构筑物内的泵房机器间与集水池之间须用防水隔墙分开，不允许渗漏，并应设有高出地下水位 0.5m 的防水措施。
- 六、排水泵房宜设计成自灌式的，地下式泵房深度大于 3m 时，楼梯应设休息平台。
- 七、泵房内工作泵不宜少于 2 台。污水泵房及设置不少于 1 台的备用泵。雨水泵房一般不设备用泵。
- 八、污水泵房的集水池容积，不应小于最大一台污水泵 5min 的出水量。雨水泵房的集水池容积，不应小于最大一台雨水泵 30s 的出水量。
- 九、泵站前应设置事故排出口。



污水泵房示例 (两台 4PW 型污水泵)



1 室内排水管道的通气系统



不通气的排水立管的最大排水能力 表1

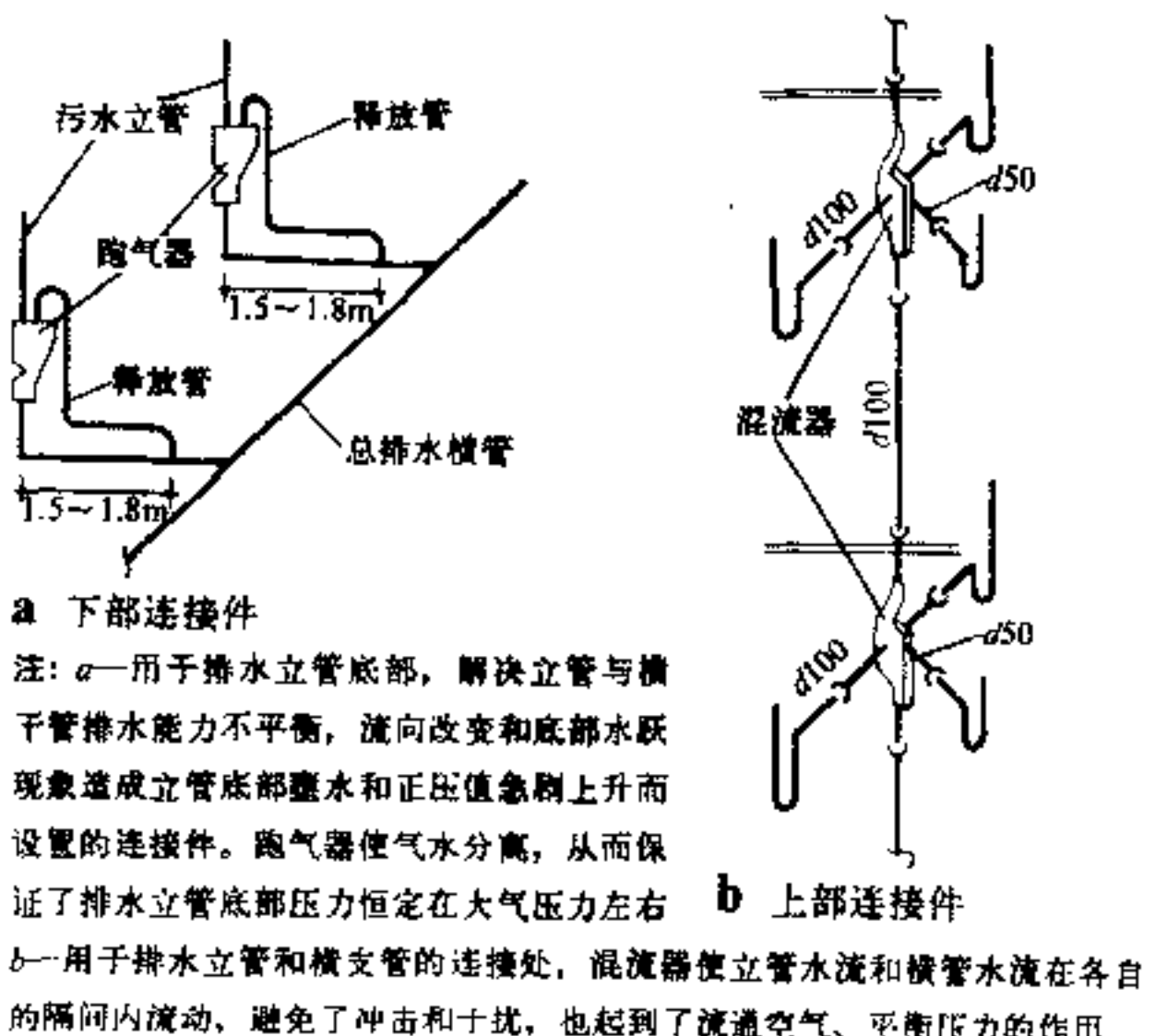
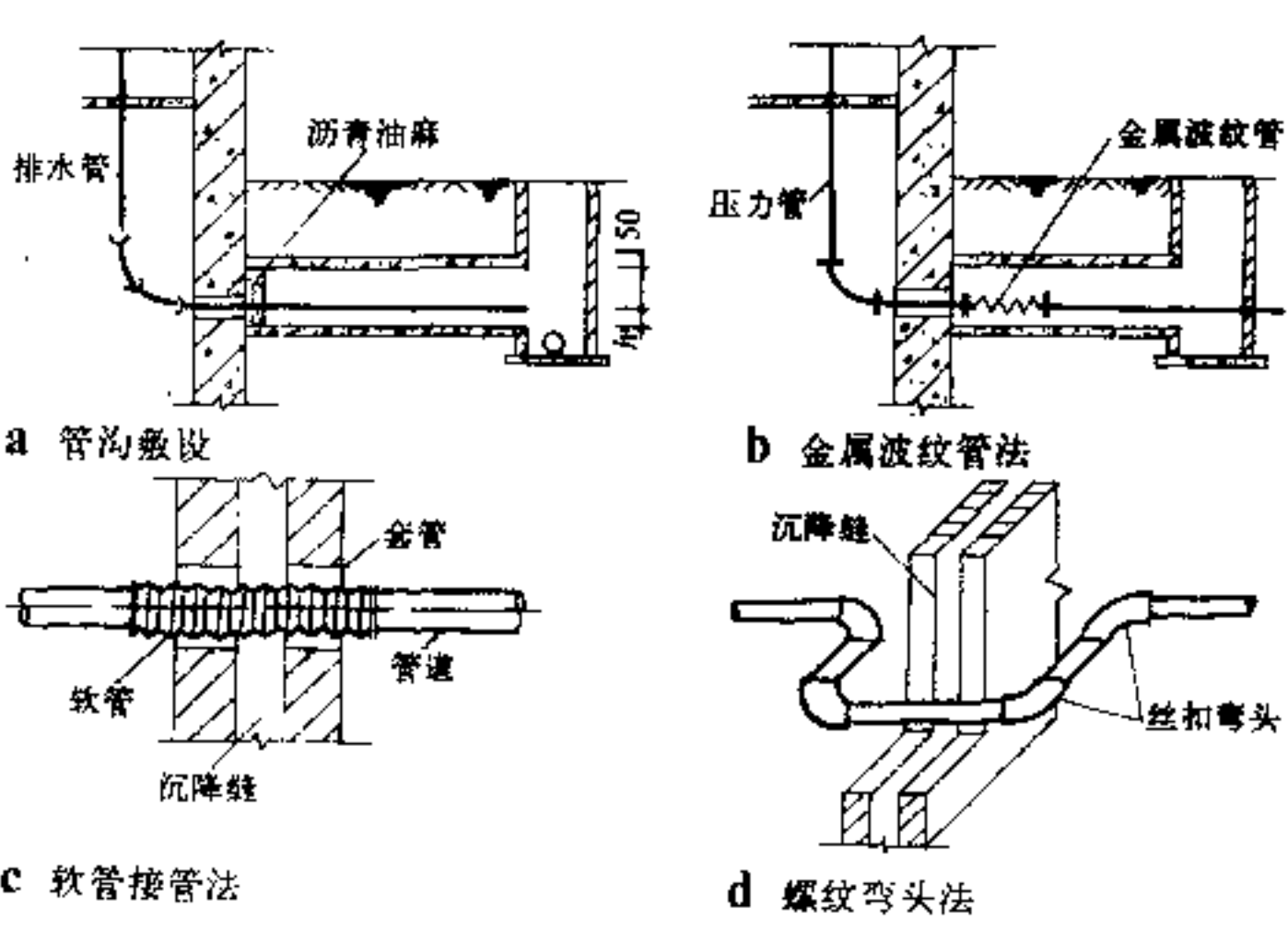
立管工作高度(m)	排水能力 (l/s)		
	立管管径 (mm)		
	50	75	100
2	1.0	1.70	3.80
≤ 3	0.64	1.35	2.40
4	0.50	0.92	1.76
5	0.40	0.70	1.36
6	0.40	0.50	1.00
7	0.40	0.50	0.76
≥ 8	0.40	0.50	0.64

注：表1、表2皆引自“建筑给水排水设计规范”(GBJ15-88)。

直线管段上检查口或清扫口之间的最大距离 表2

管道管径 (mm)	清扫口种类	距离 (m)		
		生产废水	生活污水及与生活污水成份接近的生产污水	含有大量悬浮物和沉淀物的生产污水
50~75	检查口	15	12	10
	清扫口	10	8	6
100~150	检查口	20	15	12
	清扫口	15	10	8
200	检查口	25	20	15

2 卫生间与管道井平面布置举例



3 管道通过沉降缝、高层建筑的外墙采取的措施

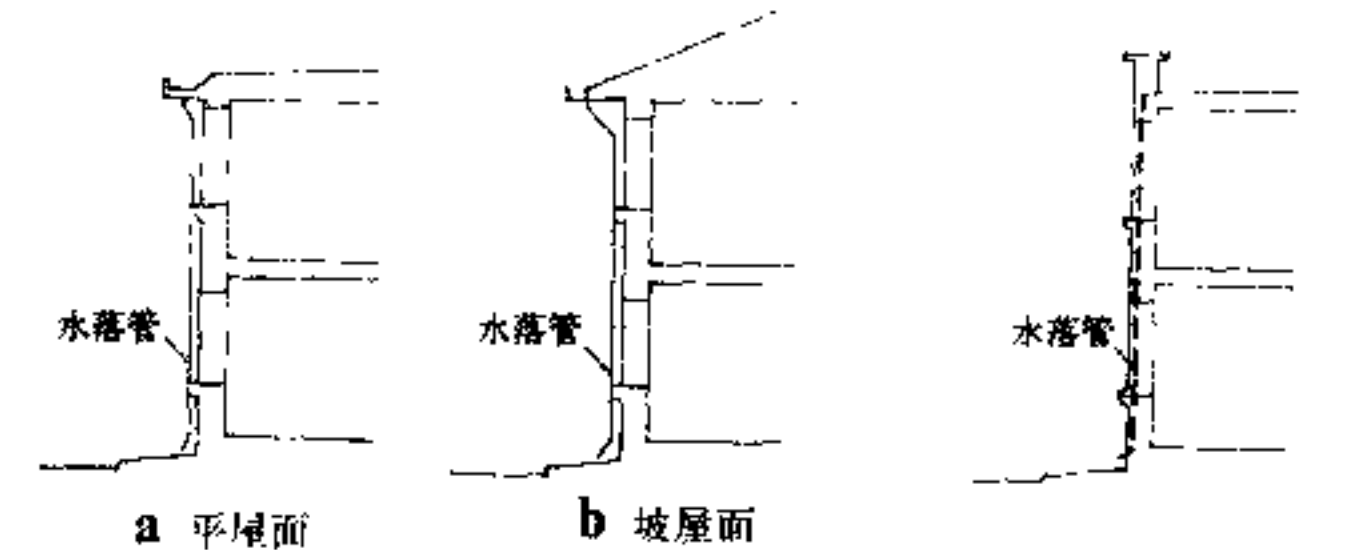
4 装有特制配件的单立管排水系统

有组织排水的屋面条件

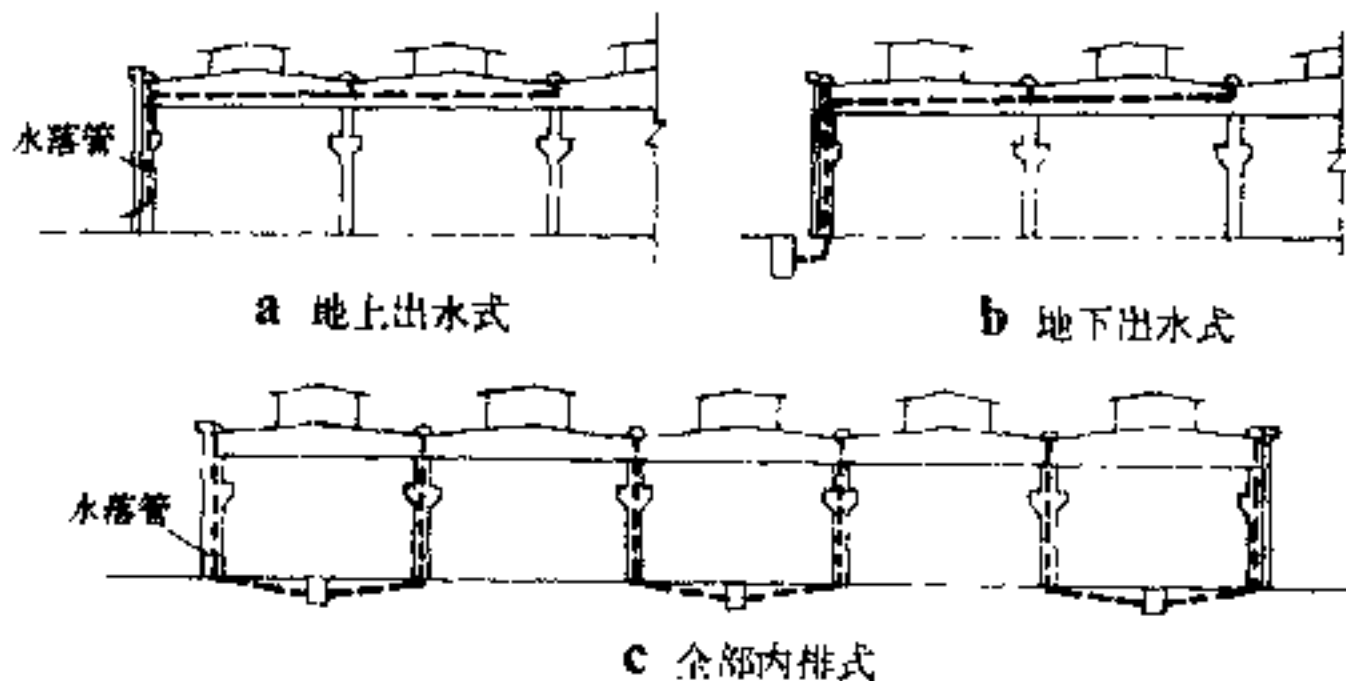
表 1

年降雨量(mm/年)	檐口离地高度(m)	天窗跨度(m)	相邻屋面高差(m)
≤900	8~10	9~12	≥4m 之高处檐口
>900	5~8	6~9	≥3m 之高处檐口

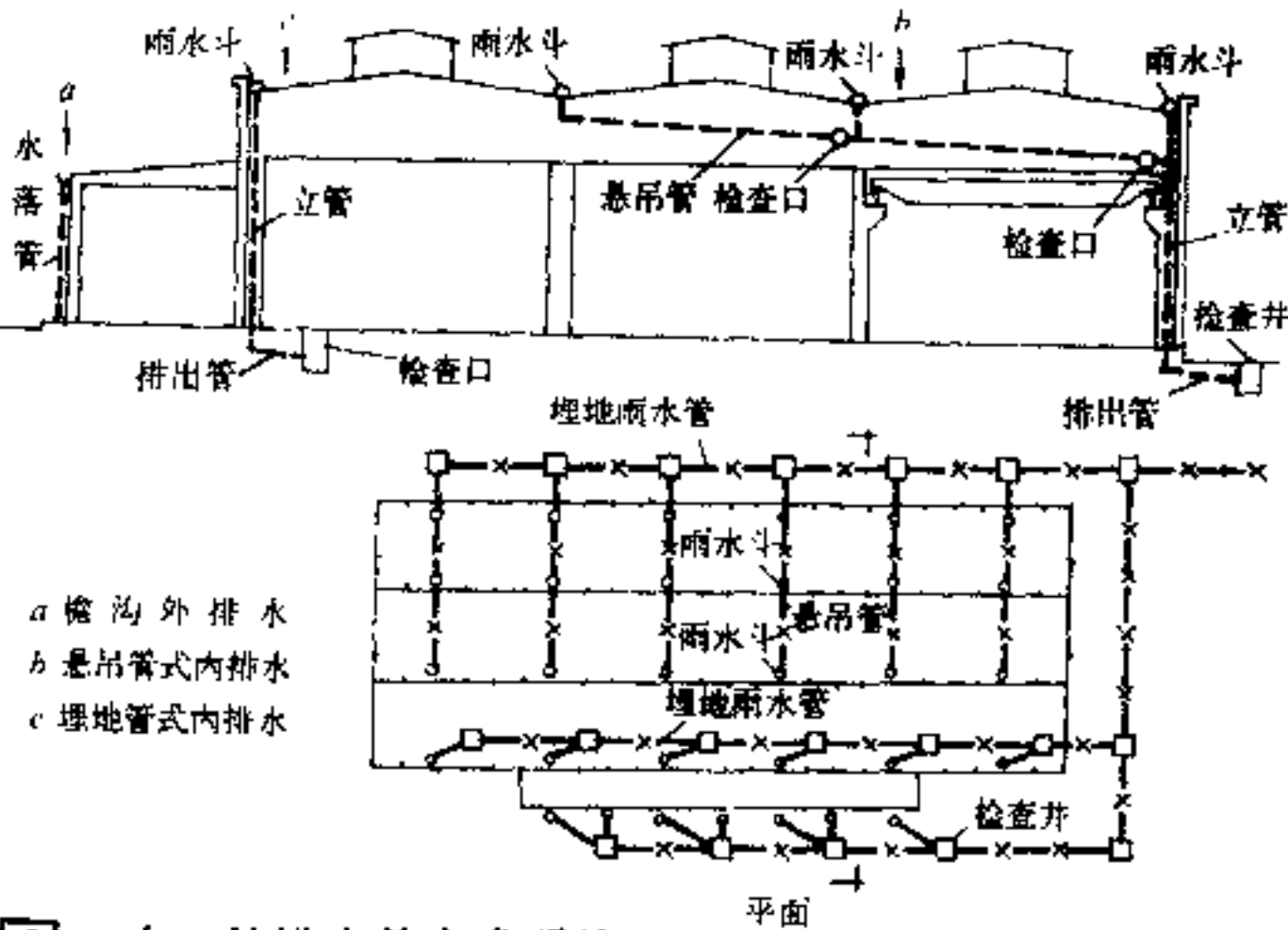
注:对于降落在屋面上的雨、雪水,除矮小房屋任其沿屋檐自由落水(常称为无组织排水)外,凡属上表条件的屋面均需有专用设施排泄(常称为有组织排水)。有组织雨水排水系统分为两种:即外排水系统和内排水系统。



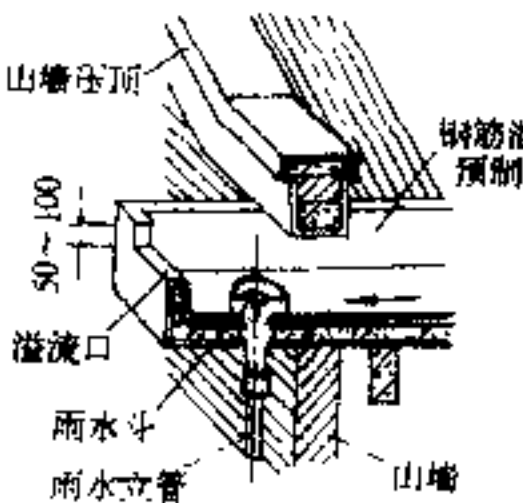
1 明管外落水 2 暗管外落水



3 明管内落水



4 内、外排水兼有式系统



5 天沟与立管的连接

注:延长天沟穿过山墙,然后连接立管沿外墙排出。在寒冷地区雨水立管也可设在外墙内。为了防止天沟末端处积水可在山墙部分的天沟端壁设置溢流口。对雨水斗的要求是排水量大,斗前水位低和泄水时掺气量小,它不能用铅丝球罩或地漏等代替,以免造成天沟水位不稳定,使进水带入大量空气,阻碍水流排泄。

单斗系统一个雨水斗最大允许汇水面积 (m²)

表 2

雨水斗型式	雨水斗直径 (mm)	降雨厚度 (mm/h)											
		50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200
79 型	75	684	570	489	428	380	342	311	285	244	214	190	171
	100	1116	930	797	698	620	558	507	465	399	349	310	279
	150	2268	1890	1620	1418	1260	1134	1031	945	810	709	630	567
	200	3708	3090	2647	2318	2060	1854	1685	1545	1324	1159	1030	927
65 型	100	1116	930	797	698	620	558	507	465	399	349	310	279

多斗系统一个雨水斗最大允许汇水面积 (m²)

表 3

雨水斗型式	雨水斗直径 (mm)	降雨厚度 (mm/h)											
		50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200
79 型	75	569	474	406	356	316	284	259	237	203	178	158	142
	100	929	774	663	581	516	464	422	387	332	290	258	232
	150	1865	1554	1331	1166	1036	932	847	777	666	583	518	466
	200	2822	2352	2016	1764	1568	1411	1283	1176	1008	882	784	706
65 型	100	929	774	663	581	516	464	422	387	322	290	258	232

多斗悬吊管最大允许汇水面积 (m²)

表 4

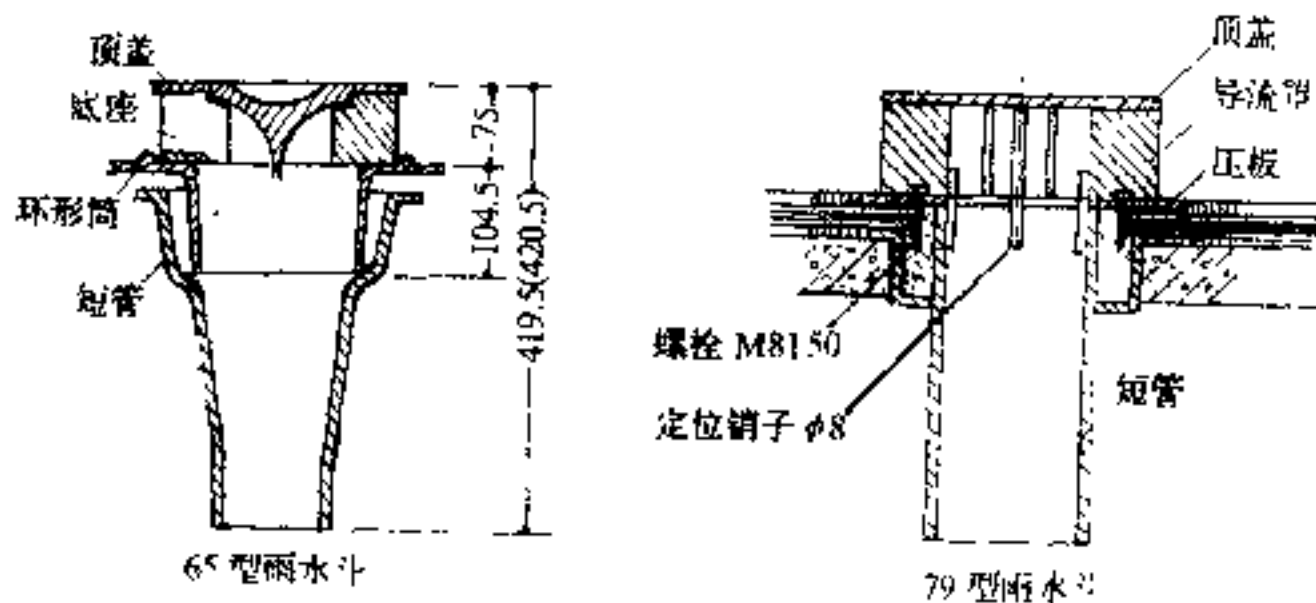
管径 d (mm)	75	100	150	200	250	300
坡度						
0.005	60	129	379	817	1480	2408
0.006	65	141	415	896	1621	2638
0.007	71	152	449	967	1751	2849
0.008	75	163	480	1034	1872	3046
0.009	80	172	509	1097	1986	3231
0.010	84	182	536	1156	2093	3406
0.012	92	199	587	1266	2293	3731
0.014	100	215	634	1368	2477	4030
0.016	107	230	678	1462	2648	4308
0.018	113	244	719	1551	2800	4569
0.020	119	257	758	1635	2960	4816
0.022	125	270	795	1715	3105	5052
0.024	131	281	831	1791	3243	5276
0.026	136	293	865	1864	3375	5492
0.028	141	304	897	1935	3503	5699
0.030	146	315	929	2002	3626	5899

立管最大允许汇水面积 (m²)

表 5

管径 (mm)	75	100	150	200	250	300
汇水面积 (m²)	360	720	1620	2880	4320	6120

注:掺气水流通过悬吊管流入立管形成极为复杂的流态,使立管上部为负压,下部为正压,因而立管处于压力流状态。表 5 是按照降雨厚度 100mm/h 列出的最大允许汇水面积。如设计降雨厚度不同,则可用换算系数 K 换算成相当于 100mm/h 的汇水面积,再按上表确定其立管管径。



6 雨水斗组合装配图

我国部分城市降雨强度

表 1

城镇名称	5分钟降雨强度 $q_5 (l/s \cdot 100m^2)$ 小时降雨厚度 $h (mm/h)$				
	$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
北 京	3.23 116	4.01 145	4.48 161	4.81 173	5.06 182
上 海	3.36 121	4.19 151	4.67 168	5.02 181	5.29 190
天 津	3.31 119	4.04 145	4.46 160	4.74 171	4.94 178
石 家 庄	2.76 99	3.51 126	3.94 142	4.25 153	4.49 162
唐 山	3.60 128	4.49 162	5.04 181	5.42 195	5.72 206
太 原	2.31 83	2.92 105	3.27 118	3.52 127	3.72 134
大 同	1.78 64	2.35 85	2.69 97	2.93 106	3.12 112
包 头	2.27 82	2.94 106	3.33 120	3.61 130	3.83 138
哈 尔 滨	2.67 96	3.39 122	3.81 137	4.11 148	4.34 156
齐 齐 哈 尔	2.37 85	3.00 108	3.37 121	3.64 131	3.84 138
长 春	3.41 123	4.11 148	4.52 163	4.81 173	5.03 181
吉 林	3.28 118	3.97 143	4.37 157	4.66 168	4.88 176
沈 阳	2.86 103	2.57 128	3.97 142	4.26 153	4.48 161
大 连	2.44 88	2.93 105	3.21 116	3.41 123	3.57 128
济 南	2.86 103	3.52 127	3.90 140	4.17 150	4.38 158
烟 台	2.18 78	2.92 105	3.36 121	3.66 132	3.90 141
南 京	2.92 105	3.51 126	3.86 139	4.10 148	4.29 155
无 锡	2.14 77	2.68 96	2.99 108	3.21 116	3.38 122
苏 州	2.21 80	2.75 99	3.06 110	3.28 118	3.45 124
合 肥	3.04 109	3.73 134	4.14 149	4.42 159	4.65 167
蚌 埠	2.85 102	3.51 126	3.89 140	4.17 150	4.37 158
杭 州	2.98 107	3.74 135	4.18 151	4.49 162	4.74 171
宁 波	3.15 114	3.88 140	4.31 155	4.61 166	4.85 175

雨量计算

雨量应根据当地的暴雨公式,按下列条件换算成小时降雨厚度 (mm/h)

- (1) 降雨历时采用 5 分钟。
- (2) 重现期 P 值应根据建筑物特征及生产工艺性质确定,见表 3。一般情况采用 1 年,但不得小于室外雨水道所采用的重现期。
- (3) 计算式: $h = 36 \cdot q_5$, h ——小时降雨厚度 (mm/h)

q_5 ——降雨历时 5 分钟的暴雨强度 ($l/s \cdot 100m^2$)

汇水面积应按屋面的水平投影面积计算,高出屋面的侧墙应按侧墙面积的 1/2 折算为屋面汇水面积。排入雨水管道的生产废水须换算为“当量汇水面积”换算公式为 $F_e = KQ$,式中 F_e ——当量汇水面积 (m^2), Q ——生产废水流量 (l/s), K ——换算系数

降雨强度与系数 K 的关系

表 2

小时降雨厚度 (mm/h)	50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200
系 数 K	72	60	51.4	45	40	36	32.7	30	25.7	22.5	20	18

续表 1

城镇名称	5分钟降雨强度 $q_5 (l/s \cdot 100m^2)$ 小时降雨厚度 $h (mm/h)$				
	$P=1$	$P=2$	$P=3$	$P=4$	$P=5$
南 昌	4.23 152	5.10 184	5.62 202	5.98 215	6.26 226
福 州	3.48 125	4.13 149	4.52 163	4.79 172	5.00 180
厦 门	3.72 134	4.55 164	5.04 181	5.38 194	5.65 204
郑 州	3.31 119	4.35 157	4.95 178	5.38 194	5.72 206
开 封	2.82 102	3.41 123	3.75 135	3.99 144	4.18 151
汉 口	3.13 113	3.83 138	4.24 153	4.53 163	4.76 172
广 州	3.80 137	4.41 159	4.77 172	5.04 181	5.23 188
深 圳	4.79 172	5.86 211	6.49 234	6.93 250	7.28 262
海 口	4.21 151	4.71 170	5.01 180	5.22 188	5.38 194
南 宁	3.62 130	4.24 153	4.60 165	4.85 175	5.05 182
桂 林	3.64 131	4.08 147	4.33 156	4.52 163	4.66 168
西 安	1.24 45	1.79 64	2.11 76	2.34 84	2.51 90
银 川	1.12 40	1.40 51	1.57 56	1.68 61	1.78 64
兰 州	1.47 53	1.89 68	2.14 77	2.31 83	2.45 88
长 沙	2.75 99	3.31 119	3.64 131	3.87 139	4.05 146
衡 阳	3.56 128	4.28 154	4.70 169	5.00 180	5.23 188
乌鲁木齐	0.39 14	0.49 18	0.54 20	0.58 21	0.62 22
成 都	2.81 101	3.37 121	3.70 133	3.93 141	4.11 148
重 庆	3.07 111	3.69 133	4.02 145	4.25 153	4.40 159
贵 阳	2.96 107	3.53 127	3.91 141	4.14 149	4.32 156
昆 明	3.15 113	3.88 140	4.32 155	4.64 167	4.83 174
西 宁	1.21 44	1.72 62	2.01 73	2.23 80	2.39 86
备 注	表中上列数据为 5 分钟降雨强度,下列数据为小时降雨厚度, P 为重现期 (年)				

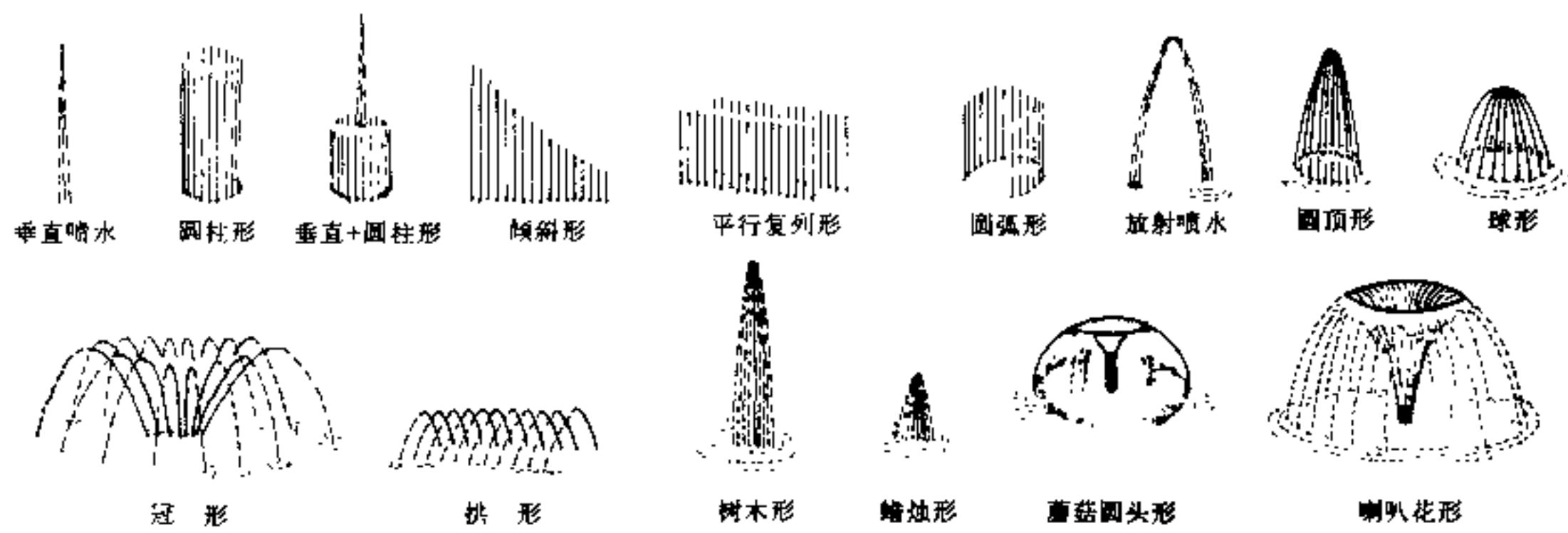
工业建筑雨水设计重现期 P 值

表 3

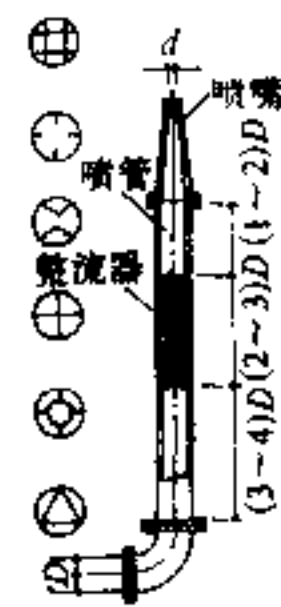
工 业 企 业 特 征	P (年)
1.生产工艺因素	
生产和机械设备不会因水受损害	0.5
生产可能因水受影响,但机械设备不会因水受损害	1.0
生产不会因水受影响,但机械设备可能因水受损害	1.5
生产和机械设备均可能因水而受损害	2.0
2.土建因素	
房屋最低层地板标高低于室外地面标高	0.5
门窗玻璃位于天沟之上低于 10cm	0.5
屋顶各个方面被房屋高出部分紧紧地包围着,妨碍雨水流动	0.5

注: 1 将表中 1、2 两项中有关相应的数值相加,即可求得计算 P 值

2 机械设备可能因水而受损害的生产,系指下列类型工厂: 丝绸厂、卷烟厂、棉纺织厂、冶金厂以及各种金属加工厂、化学联合企业等。

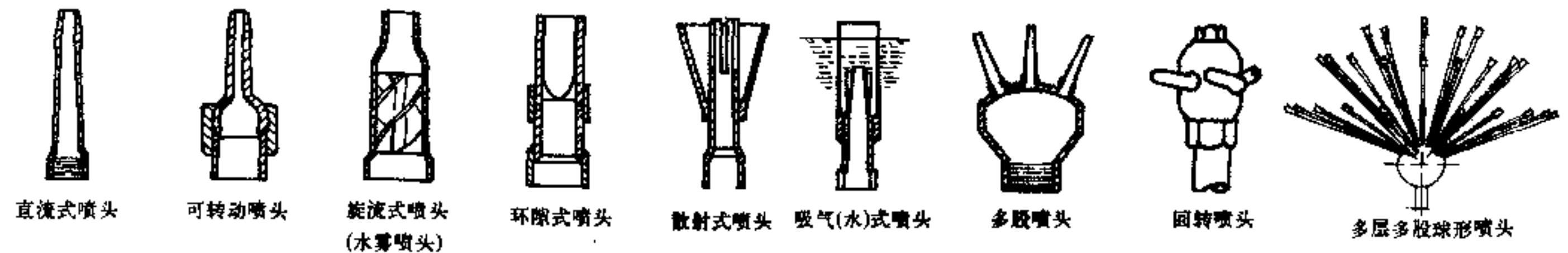


整流器断面



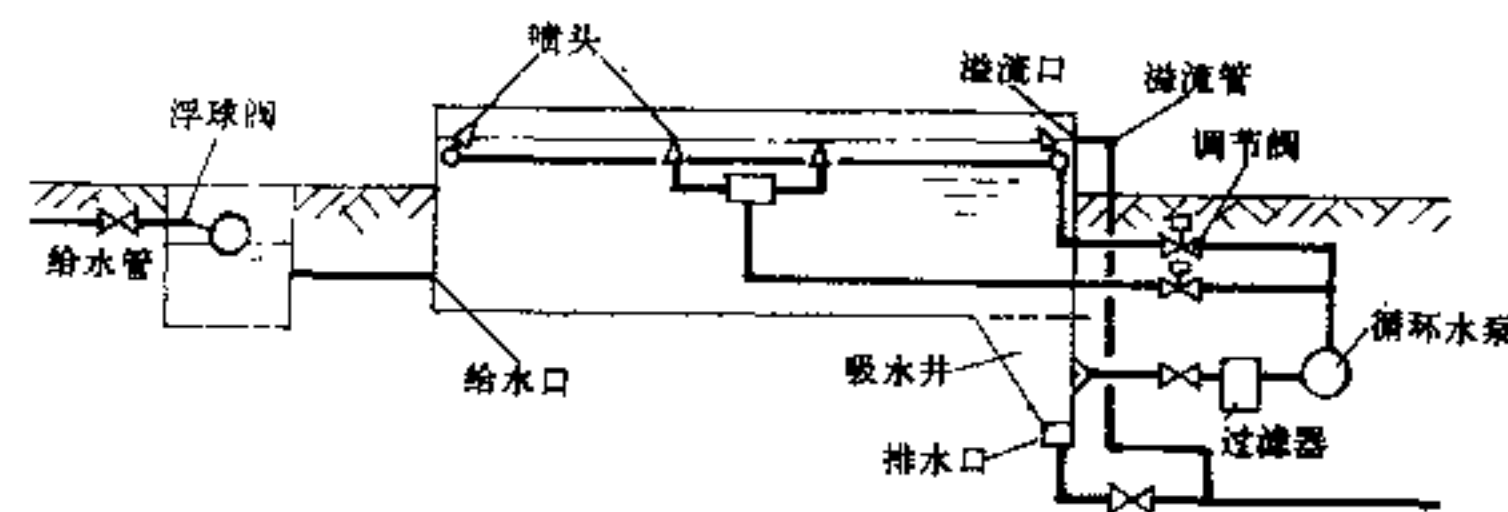
注：一个典型的喷头常由喷嘴、喷嘴管、整流器和承托架组成。整流器可消除横向涡流，减少水流阻力。整流器以后应为直线或收缩管段，其长度应不小于喷嘴直径。

1 常见水姿形态示例

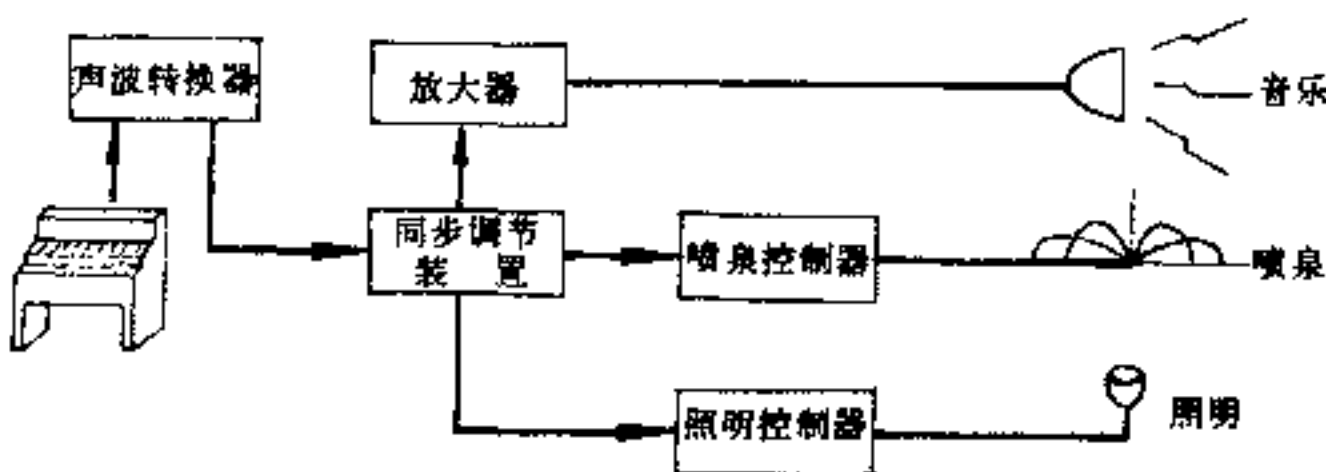


2 喷头的组成

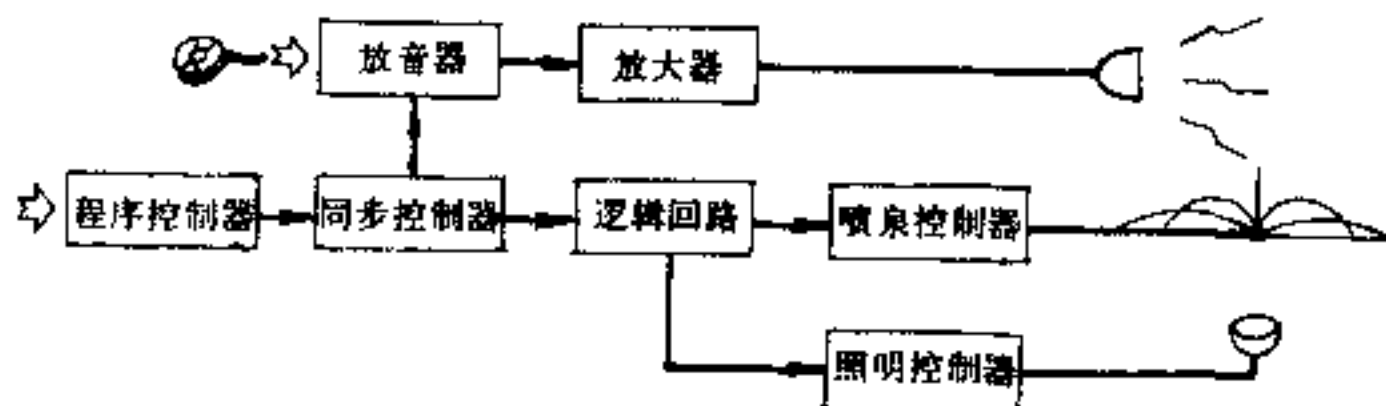
3 常用喷头的几种形式



4 水景工程的给水排水系统



5 音乐喷泉的直接声响控制



6 音乐喷泉的间接声响控制

注：水池表面蒸发量公式： $H = 0.39(P_m - P)(1 + 0.135 V_m)$
式中 H - 表面蒸发损失(mm/d); P - 空气中水蒸汽分压(Pa)
 P_m - 按水面温度计算的饱和水蒸汽压(Pa); V_m - 一日平均风速(m/s)

一处典型的水景工程，其水系统由水池、给水口、排水口、溢水口、吸水井、循环水泵、调节阀、循环配水管道、喷头和水处理装置等组成。水池的平面尺寸除在正常情况下应能承接射流水柱外，在设计风速下，还应使水滴不致被大量吹出池外。一般水池的水深采用 0.4~0.5m，超高为 0.25~0.3m。

由于风吹、蒸发、溢流、排污和渗漏等原因，水景系统的贮水量会不断损失，损失的水量应随时予以补充，才不致影响观赏效果。各项水量损失一般均根据经验按循环流量或按水池容积的百分数估算，其数值可参阅表 1。补充水流量除应满足最大损失水量外，还应满足运行前的充水要求。充水时间一般按 24~48 小时考虑。对于非循环式供水的镜池、珠泉等静水景观，从卫生和美观出发，每月应排空换水 1~2 次，或按表中溢流、排污百分率连续溢流排污，同时不断补入等量新鲜水。

水池配水管宜环状布置在水池内，小型水池也可埋入池底，大型水池可设专用管廊。循环加压泵房应靠近水池，以减少管道的长度。循环水流量根据设计安装各种喷头的数量和每个喷头的出水流量计算确定。

水景的水量损失估算表

水流形式	项目	风吹损失	蒸发损失	溢流、排污损失
		占循环流量的 %		(每天排污量占池容积的 %)
射流、水膜、冰塔、孔流		0.5~1.5	0.4~0.6	3~5
水雾		1.5~3.5	0.6~0.8	3~5
瀑布、水幕、叠流、涌泉		0.3~1.2	0.2	3~5
镜池、珠泉		—	按水池表面蒸发量公式计算	2~4

游泳池池水水质标准

表1

项目 单位	pH 值	透 明 度	总剩余氯 (mg/L)	游离氯 (mg/L)	杂菌数 (个/mL)	大肠菌群数	高锰酸钾耗量 (mg/L)	水 温 (°C)
中 国	7.2~8.0	φ30 的白瓷铁盘中 φ15 黑色圆心放在最深处明显可见	0.2~0.5		<1000	10mL 水样中不得检出	<10	比赛池 24~26, 跳水池 26~27 练习池 27~28, 儿童池 >24, 室外游泳池 22~24
美 国	7.8~8.4	相距 9.14m 能清楚看见最深处 的 φ15cm 黑色或白色圆盘	0.7~1.0	0.4~0.6	不得有 15% >200	5 个 10mL 水样中 不得有 1 个阳性反应		22~24
俄 罗 斯		从池面能看清楚最深处池底上 的 φ15cm 白色圆盘	0.4~0.8		<1000	100mL 水样中 不得超过 1 个	<3	冬季 22~24 夏季 ≥18
国际泳联	7.1~7.4			0.2~0.4	必须符合各国饮用水水质标准			24~26

各种游泳池的水面面积指标

表2

游泳池类别	比赛池	跳水池	游泳、跳 水合建池	公共池	练习池	儿童池	幼儿池	水球池
面积指标(m ² /人)	10	3~5	10	2~5	2~5	2	2	25~42

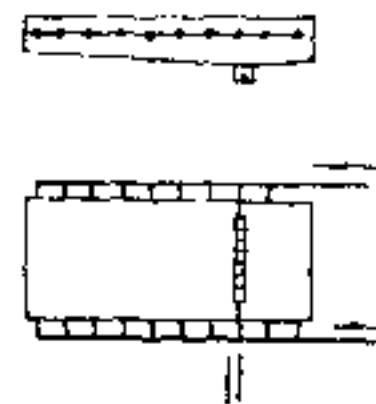
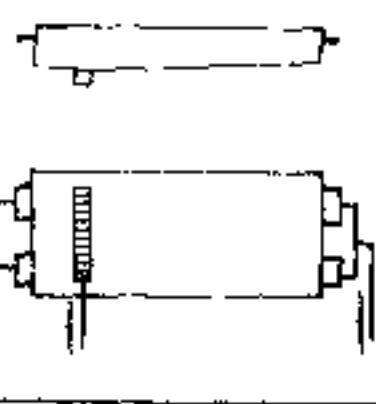
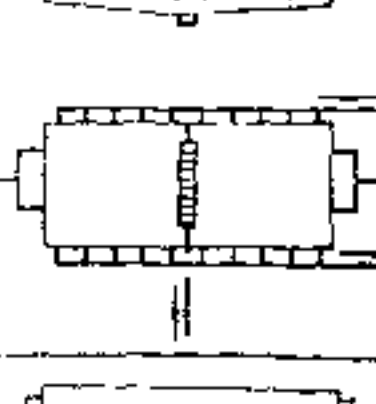
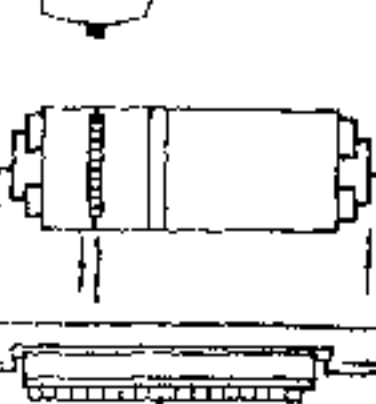
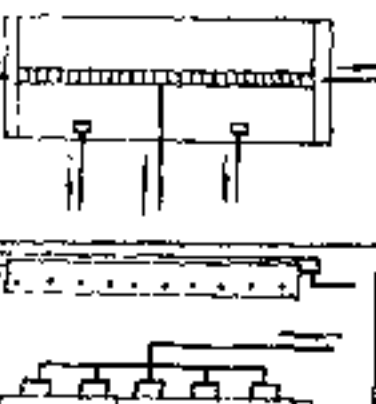
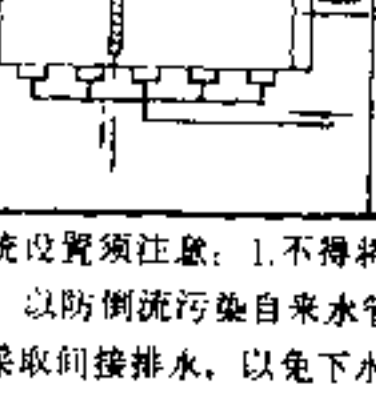
各种游泳池每天补充水百分数 (水池容积的百分数)

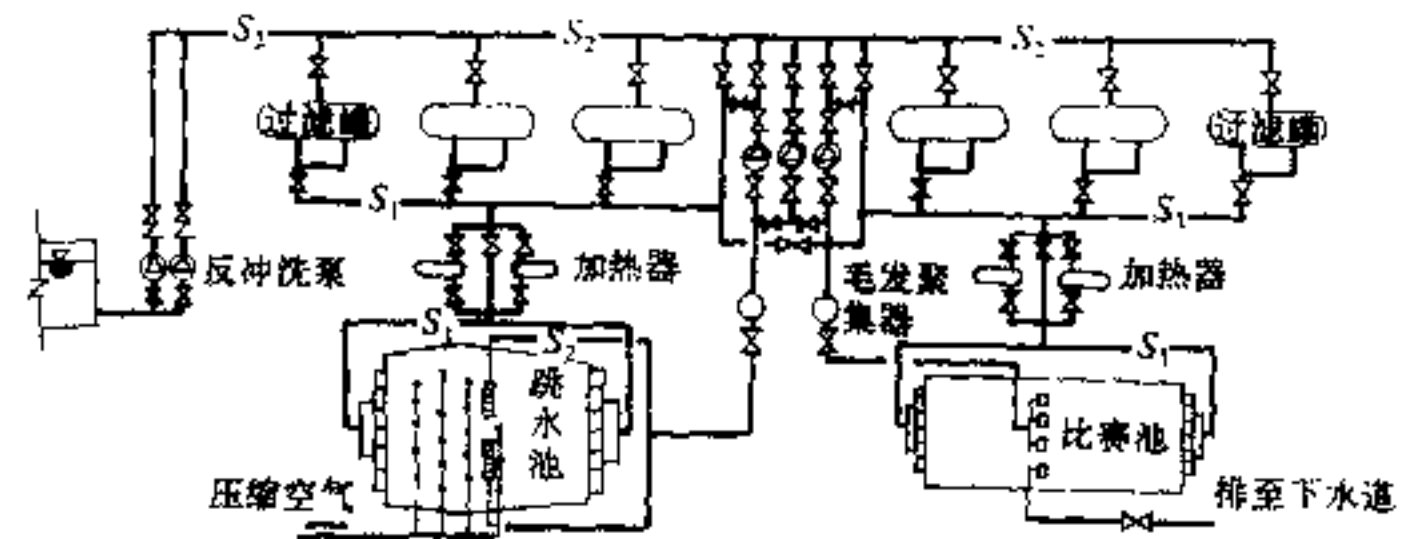
表3

游泳池类别	比赛池	跳水池	游泳、跳 水合建池	公共池	练习池	儿童池	幼儿池	水球池
补充水量(%)	5	5	5	10~15	5~10	15	15	15

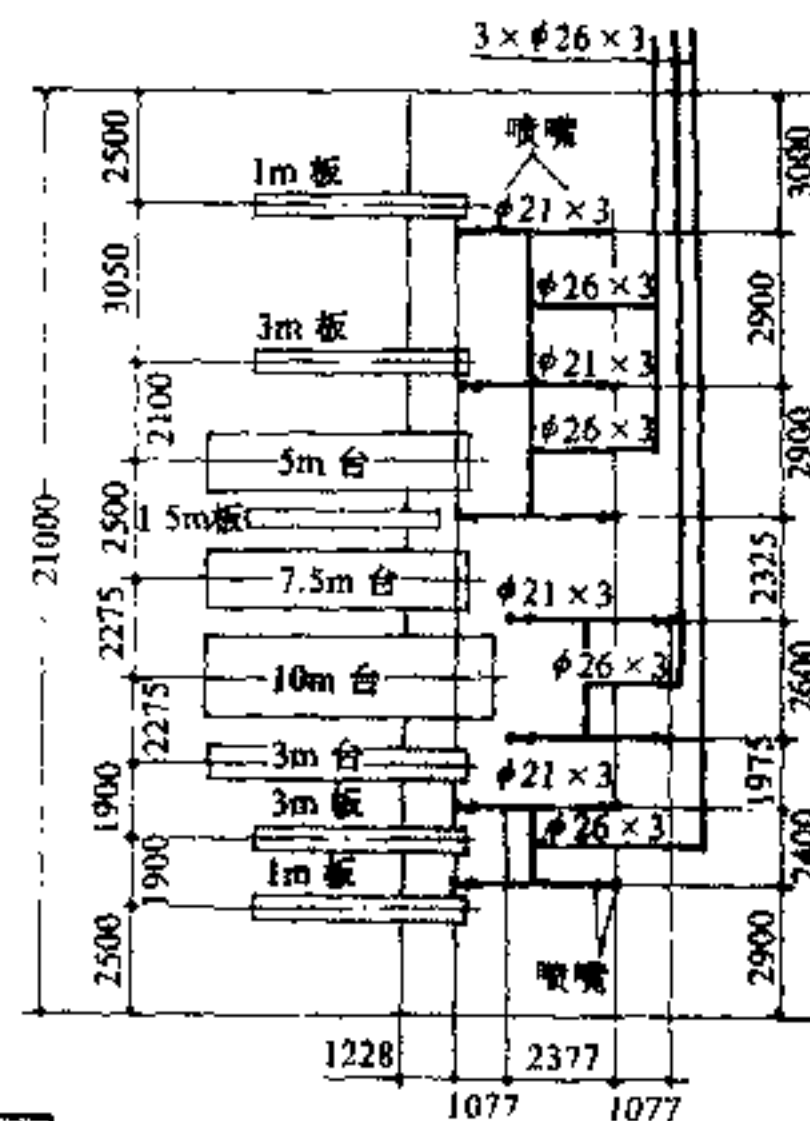
常用循环供水方式及其图式

表4

循环方式	图 式	优 缺 点	注 意 事 项
两侧上部进水 底部回水		底部回水口可与排 污口、泄水口合 用, 结构形式简 单。配水较均匀 不利于表面排污, 池底局部会有沉淀 产生	两侧进水口宜对 称布置, 以免形 成涡流
深水端进水浅 水端 (可通过 溢流槽) 回水		一般浅水端沾污较 严重, 这样有利于 污水回流 浅水区会有沉淀产 生	管道布置应使每 个进水口和回水 口流速一致, 以 免形成涡流
两侧下部进 水, 两端上部 (可通过溢流 槽) 回水		配水较均匀, 可减 少池底沉淀和水面 飘浮污物, 有利于 水面排污	两侧进水口宜对 称布置, 以免形 成涡流。为减少 短流, 应使靠近 中间的进水口流 速稍大
两端进水 (深 水区分层进 水) 底部回水		池底沉淀少, 配水 较均匀, 不利于水 面排污	管道布置应使各 进水口和回水口 流速一致
底部进水, 周 边溢流回水		配水较均匀, 底部 沉淀较少, 有利于 表面排污	要保证进水管沿 程配水均匀
两侧进水 (上 部或下部), 两 端溢流和底部 回水		配水较均匀, 有利 于池底和水面排污	



1 游泳池循环水处理系统示意图



2 跳水池压缩空气制浪装置平面图

池水循环一次的时间是游泳池设计的一个重要参数, 它不仅影响水质, 还直接影响过滤器的尺寸和水处理机房的面积。决定水循环时间的因素有人数、人的素质、及消毒方式等, 若在人数少、专业人员使用为主、池子建在室内、采用较好的消毒方式情况下, 就可以采用较长的水循环周期, 反之周期就要短一些。北京国家奥林匹克体育中心游泳馆设计采用下表确定水循环周期, 可供参考。

池水循环周期计算表

表5

场合	使用情况	平均时间(h)	综合循环时间(h)									
性质	群众	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5
	饭店	2.0									2.5	2.5
	专业	2.5									2.5	2.5
环境	室内	2.0	2.0	2.0			2.0	2.0			2.0	2.0
	室外	1.5			1.5	1.5			1.5	1.5		1.5
消毒	臭氧	1.5	1.5	1.5			1.5	1.5			1.5	1.5
	液氯	2.5			2.5	2.5	2.5	2.5			2.5	2.5
合 计			5.0	6.0	4.5	5.5	5.5	6.5	5.0	6.0	6.0	6.5

游泳池给排水系统设置须注意: 1. 不得将市政自来水管直接与游泳池连接, 要保持一定的空气间隔, 以防倒流污染自来水管; 2. 游泳池的泄水管、排空管不得与下水道直接连通, 应采取间接排水, 以免下水道污染游泳池。

采暖[1]基本概念

采暖 是采用人工方法向建筑物内供给相应的热量,使室温保持在一定范围内,以达到适宜人们生活或工作条件的一门工程技术(亦称供暖)。一般采暖工程由:热源、热媒输送设备和散热设备组成。

集中采暖 热源和散热设备分别设置,用热媒输送管道相连通,由一处热源向多个建筑物供热的采暖方式。如:城市中的热电站、区域锅炉房供热水或蒸汽的采暖方式。

分散采暖 热源、散热设备和热媒管道三者合为一体的就地产生热量、就地散发热量的采暖方式。如:火炉、电暖气。

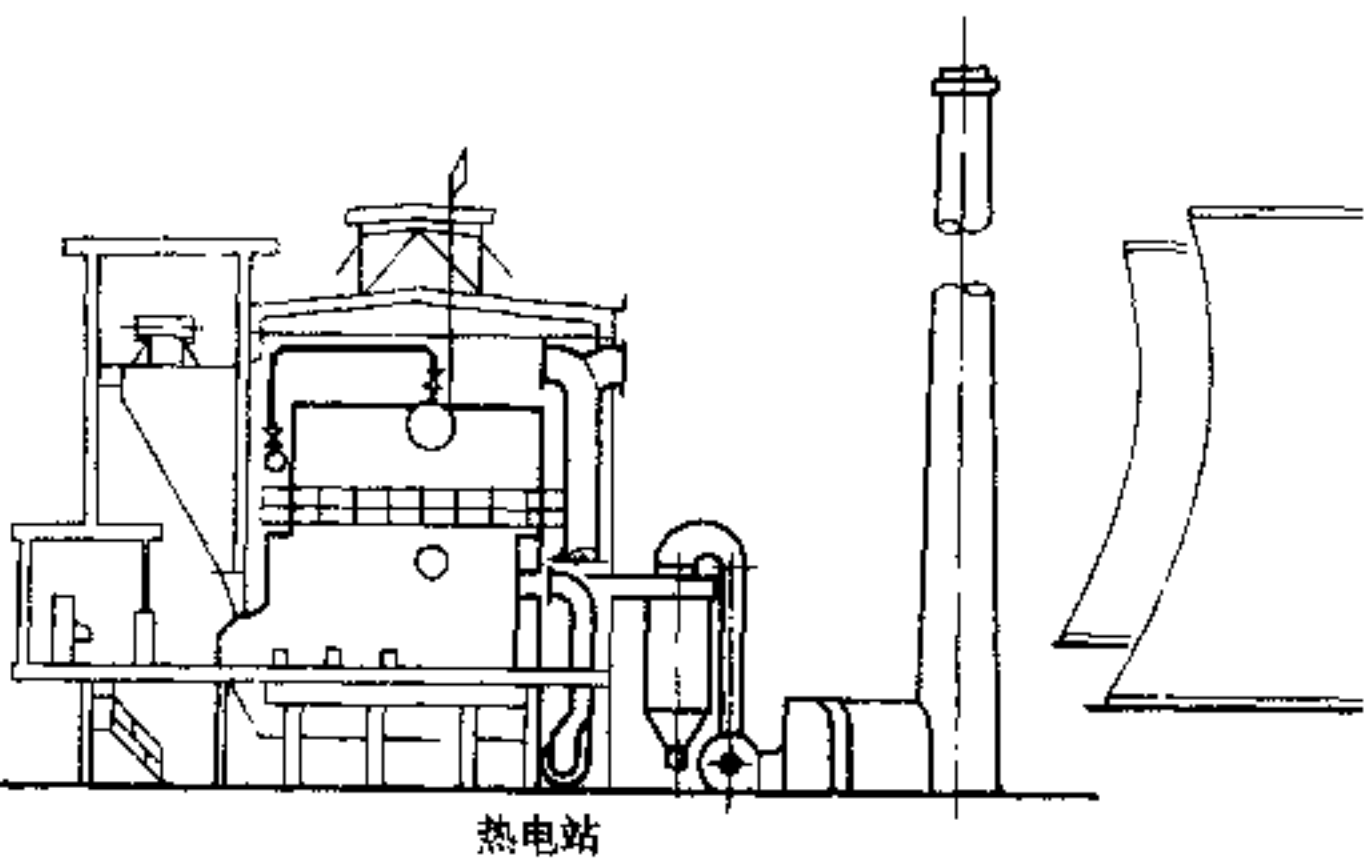
全面采暖 为使整个采暖房间保持一定的温度要求而设置的采暖方式。

局部采暖 为使室内局部区域或局部工作地点保持一定温度要求而设置的采暖方式。

连续采暖 对于全天使用的建筑物,使其室内平均温度全天均能达到设计温度的采暖方式。

间歇采暖 对于非全天使用的建筑物,仅在其使用时间内使室内平均温度达到设计温度,而在非使用时间内可自然降温的采暖方式。

值班采暖 对于在非工作时间或中断供暖时间内,为使建筑保持最低室温要求而设置的采暖方式。

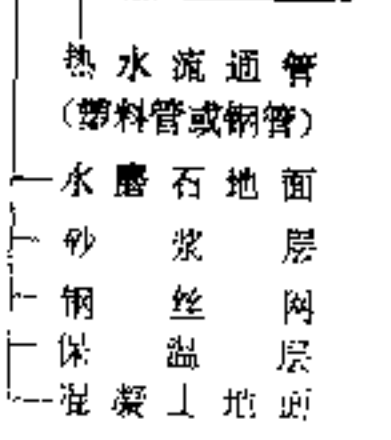
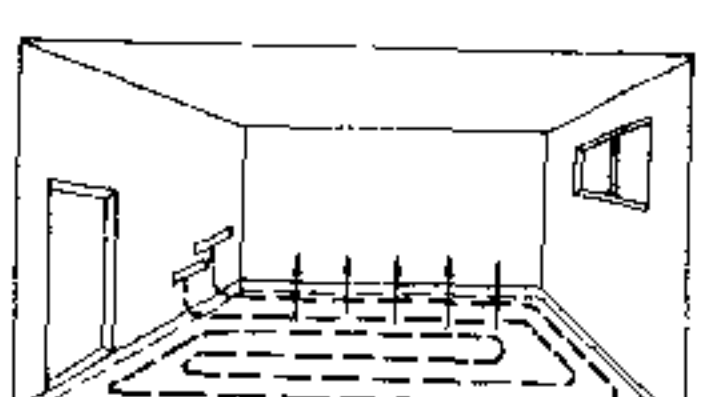
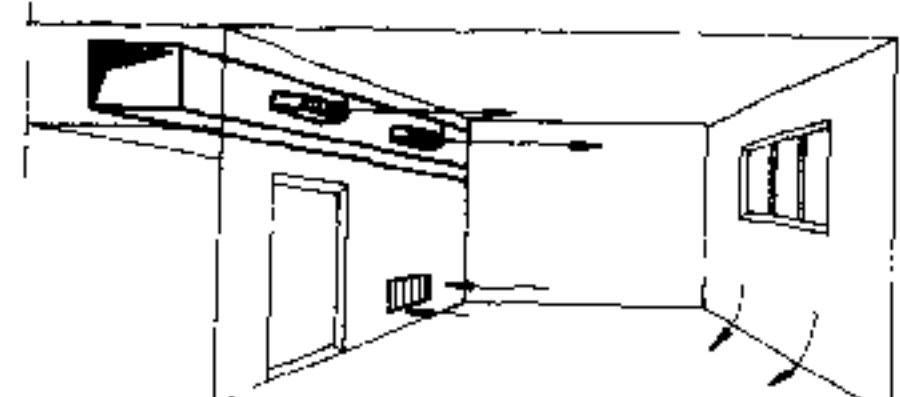
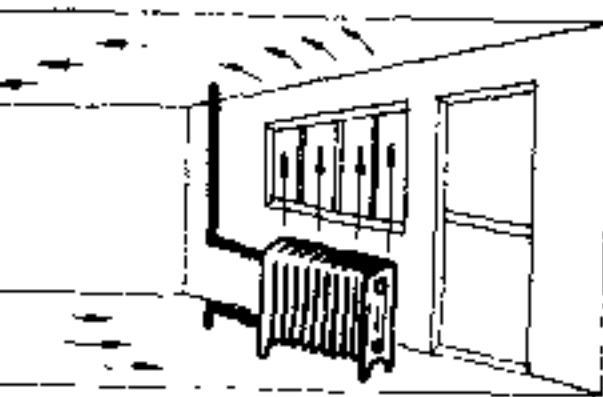


采暖系统按热源划分 表1

系统划分	特 点
蒸汽采暖系统	高压蒸汽 1. 蒸汽压力 $P > 0.07\text{MPa}$, 采暖系统作用半径大 2. 采暖系统散热器表面温度高, 可节省散热器耗量 3. 系统回水管中的凝结水温度高, 回水在回水箱中产生二次蒸汽, 浪费热能
	低压蒸汽 1. 蒸汽压力 $P < 0.07\text{MPa}$, 采暖系统作用半径小 2. 采暖系统散热器表面温度较高, 造成室内卫生条件差 3. 系统中的阀门、疏水器易跑汽、漏气, 无益热损失大 4. 系统管道腐蚀严重, 降低管道使用寿命
热水采暖系统	高温水 1. 采暖系统供水温度 $> 100^\circ\text{C}$ (常用 $110\sim 130^\circ\text{C}$) 2. 要求采暖系统的阀门、散热器及其配件, 必须具有较高的承压能力, 保证系统正常运行 3. 采暖系统散热器表面温度较高, 卫生条件差, 为使采暖系统安全运行, 所付出的维护管理费用大
	低温水 1. 采暖系统供水温度 $\leq 95^\circ\text{C}$ 2. 对采暖系统的阀门、散热器及其配件所要求的承压能力不高, 应用受到静压条件的限制 3. 采暖系统散热器表面温度适中, 安全性、卫生条件好, 整个系统维护管理简单

采暖系统按传热方式划分 表2

传热方式及特点	应用场所
对流采暖 靠对流或辐射柱型散热器的热表面, 加热周围冷空气, 使热气流在室内不断循环, 达到采暖设计温度要求。它是以对流换热为主的采暖方式	居住建筑、中小型公共建筑、医院、学校、托儿所
热风采暖 利用加热器把空气加热到一定温度, 通过集中送风管道, 或用暖风机把热空气送到室内, 与室内空气混合, 使室内空气温度升高, 达到采暖设计温度要求。此种热风采暖设备简单、经济、热惰性小、升温快	耗热量大的工业厂房与公共建筑, 有防火防爆要求的车间
辐射采暖 利用建筑物内部的顶棚、墙面、地面或其它热表面, 以辐射换热为主的采暖方式。由于辐射热和温度的双重作用下能造成真正符合人体散热要求的空气热状态, 具有最佳热舒适感。辐射采暖不需要在室内布置散热器, 不占用建筑使用面积, 便于布置家具, 室内空气温度梯度小, 同样热舒适条件下, 辐射采暖的室内空气设计温度可比对流采暖室内空气设计温度降低 $2\sim 3^\circ\text{C}$, 节省能耗	高大厂房的局部采暖。要求较高的宾馆、饭店、公共建筑 初投资一般比对流采暖投资增加 $15\sim 25\%$



1 对流采暖示意图 2 热风采暖示意图 3 地板辐射采暖示意图 4 辐射板构造

单层及多层建筑采暖设计耗热量计算

采暖设计耗热量计算,是指在设计条件下,当室外空气温度为采暖设计温度时,为保持室内空气温度达到采暖设计所要求的温度,而经过建筑物墙体、门窗、屋顶及地面等部位,由室内传至室外的热量。

$$Q_0 = K A (t_n - t_w) \alpha$$

式中: Q_0 —围护结构的温差传热量 W; 又称建筑物基本耗热量。

K —围护结构的传热系数 $W/m^2 \cdot ^\circ C$; 见建筑热工部分。

A —围护结构的传热计算面积 m^2 。

t_n, t_w —室内、室外采暖设计的空气计算温度 $^\circ C$ 。

α —温差修正系数; 取决于围护结构外表面所处的位置与室外空气之间的关系。

采暖设计室外空气计算温度 t_w $^\circ C$ 按我国 GBJ19—87《采暖通风及空气调节设计规范》规定取值。

采暖设计室内空气计算温度 t_n $^\circ C$ 按表 1 选取。

室内空气计算温度

表 1

序号	房间名称	室内温度	序号	房间名称	室内温度
	居住建筑			影剧院	
1	饭店、宾馆的卧室	18~22	1	观众厅	14~18
2	住宅、宿舍的卧室	16~22	2	舞台、化妆室	16~18
3	厨房	5~15	3	布景、道具	16~18
4	浴池	21~25	4	吸烟室	14~16
	医疗建筑			文体公共建筑	
1	病房	18~22	1	比赛大厅	14~20
2	手术室、产房	22~26	2	游泳馆(室内)	25~28
3	治疗室、产房	18~22	3	休息厅	16~20
4	诊室	18~20	4	阅览室	16~20
5	儿童病房	20~22	5	候车大厅	14~18

建筑物围护结构的计算面积 A , 一般以其外表面尺寸进行计算。非保温地面平均传热系数按表 3、4 计算。温差修正系数 α 值

表 2

序号	围护结构及其所处位置情况	α
1	外墙、平屋顶及直接接触室外空气的楼板等	1
2	带通风间层的平屋顶, 坡屋顶闷顶及与室外空气相通的, 不采暖地下室上面的楼板	0.9
3	与有外墙的不采暖楼梯间的隔墙: 多层建筑的顶层部分 多层建筑的底层部分 高层建筑的顶层部分 高层建筑的底层部分	0.4 0.8 0.3 0.7
4	不采暖地下室 上面的楼板: 当外墙上无窗户且位于室外地坪以上时 当外墙上无窗户且位于室外地坪以上时	0.75 0.60 0.40
5	与有窗户的不采暖房间相邻的隔墙 与无窗户的不采暖房间相邻的隔墙	0.70 0.40
6	与有采暖管道的设备层相邻的顶板 与有采暖管道的设备层相邻的楼板	0.30 0.40
7	伸缩缝、沉降缝内墙 抗震缝内墙	0.30 0.40
8	与不采暖的楼梯间相邻的内墙 五层楼时: 第一层 第二层 第三层 第四层 第五层	0.8 0.7 0.6 0.55 0.50

当房间仅有一面外墙时地面 $K_{pj \cdot d}$ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

表 3

房间宽度(进深) m	3.0~3.6	3.9~4.5	4.8~5.0	5.6~8.4	9
$K_{pj \cdot d}$	0.4	0.35	0.30	0.25	0.20

注: 具有两面不相邻外墙的房间, 将房间分割成两个彼此相等各具一面外墙的部分

当房间具有两面相邻外墙时地面 $K_{pj \cdot d}$ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

表 4

房间开间(m) 房间进深(m)	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0
3.0	0.65	0.6	0.57	0.55	0.53	0.52
3.6	0.60	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48
4.2	0.57	0.54	0.52	0.49	0.47	0.46
4.8	0.55	0.52	0.49	0.47	0.45	0.44
5.4	0.53	0.50	0.47	0.45	0.43	0.41
6.0	0.52	0.48	0.46	0.44	0.41	0.40

注: 房间有三面外墙时, 先划分为两个相等部, 每部分包含一个冷角, 用上表计算

一、附加耗热量: 按围护结构基本耗热量百分率计算。

附加率表

表 5

序号	附加(修正)项目	附加率	备 注
	朝向修正 β_a 北、东北、西北 东、西 东南、西南 南	0~10 -5 -10~-15 -15~-30	1. 当围护结构倾斜放置时, 取垂直投影面的朝向和面积 2. 选用 β_a 值应考虑当地日照率、辐射照度、建筑物使用和被遮挡情况 3. 冬季日照率 $< 35\%$ 时, 东南、西南和南向的 β_a 宜为 -10~0%、东、西向不修正
	风力修正	5~10	仅用于高地、海边、海岸、旷野
	两面外墙修正	5	仅用于外墙、外门、外窗
	墙窗面积比过大修正 β_{wz}	10	当墙窗面积比大于 1:1 时仅对外窗
	房高附加 $\beta_{f \cdot h}$	$0.2(h-4) < 15$	h : 房间净高, m; 对外墙、外窗、外门、地面和顶棚均适用, 不适用于楼梯间
	间歇附加 β_j 仅白天供暖 不经常使用	20 30	对外墙、外窗、外门、地面、顶棚均适用

二、通过门、窗缝隙的冷风渗透耗热量计算

$$Q_L = 0.28 C_p V \rho_w (t_n - t_w) \quad (W)$$

式中: C_p —干空气定压质量比热容 $1.0056 KJ/(kg \cdot ^\circ C)$

V —渗透空气的体积流量 m^3/h

ρ_w —室外采暖计算温度下的渗透空气质量 kg/m^3

t_n, t_w —室内外采暖设计计算温度 $^\circ C$

每 m 门窗缝隙渗入的空气量 L (m^3/mh)

表 6

门窗类型	冬季室外平均风速 (m/s)					
	1	2	3	4	5	6
单层木窗	1.0	2.0	3.1	4.3	5.5	6.7
双层木窗	0.7	1.4	2.2	3.0	3.9	4.7
单层钢窗	0.6	1.5	2.6	3.9	5.2	6.7
双层钢窗	0.4	1.1	1.8	2.7	3.6	4.7
推拉铝窗	0.2	0.5	1.0	1.6	2.3	2.9
平开铝窗	0.0	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8

三、外门开启冲入冷风耗热量的计算

采暖期内, 当建筑物外门开启时, 室外冷空气将大量冲入室内; 要维持室温不变, 须补充大门开启时冲入冷风的耗热量, 用附加率法计算, 附加在外门基本耗热量上。

外门开启冲入冷风耗热量 Q_y 计算方法

表 7

外门类型	附加率	备 注
单层门	65N%	N 为所在层以上的楼层数
双层门(有门斗)	80N%	阳台门不考虑外门附加
三层门(有三门斗)	60N%	

当外门开启时间较长时, 按表 7 附加率乘以 1.5~2.0。

高层建筑采暖设计耗热量计算

一、基本耗热量及其附加耗热量的计算

- 1. 基本耗热量的计算仍按 $Q_b = K A (t_n - t_w) \alpha$
- 2. 多层建筑的各项附加修正率照用。
- 3. 建筑物高度大于24m或十五层以上，因高度增加，引起外窗传热系数的增大时，使用附加率 β_a 计算外窗的传热系数， $K_a = K (1 + \beta_a)$

因高度增加，引起外窗传热系数 K 的附加率 β_a (%) 表1

外窗中心距地面高(m)	单层钢窗 室外风速 (m/s)				双层钢窗 室外风速 (m/s)			
	3	4	5	6	3	4	5	6
22.5	1	6	9	12	1	3	5	6
25.5	1	6	9	12	1	3	5	6
28.5	2	6	10	13	1	3	5	6
31.5	2	7	10	13	1	3	5	6
34.5	2	7	10	13	1	4	5	7
37.5	3	7	11	13	1	4	5	7
40.5	3	7	11	14	2	4	5	7
43.5	3	8	11	14	2	4	5	7
46.5	3	8	11	1	2	4	6	7
49.5	3	8	12	14	2	4	6	7
52.5	4	8	12	14	2	4	6	7
55.5	4	8	12	15	2	4	6	7
58.5	4	9	12	15	2	4	6	7

二、冷风渗透耗热量计算

高层建筑冷风渗透耗热量计算，由于建筑物高度的增加，冷风渗透量受热压和风压的影响更大；所以高层建筑在冷风渗透耗热量的计算上与低层、多层建筑有所不同。为此《采暖通风与空气调节设计规范》中提出关于高层建筑冷风渗透耗热量计算的一组公式，可结合当地具体条件选用。

例如：北京地区在采暖设计室外计算温度 $t_w = -9^\circ\text{C}$ 、室外平均风速 $v = 3\text{m/s}$ 条件下，冷风渗透量结合工作观测结果如下表。

普通钢窗冷风渗透量 $(\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}))$ (楼梯间不采暖的单元式住宅) 表2

建筑物总层数	朝向	计 算 层 数															
		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三	十四	十五	十六
14	北、西北	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
	西、东北	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	东、西南	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0								
	南、东南	2.0	1.5	1.5	1.0												
16	北、西北	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
	西、东北	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	东、西南	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0							
	南、东南	2.5	2.0	2.0	1.5	1.0											

三、外门开启冲入冷风耗热量计算

高层住宅建筑的外门开启后渗入冷风耗热量，可按单层及多层民用建筑外门开启冲入冷风耗热量计算。

商业性的高层建筑，因顾客进出较为频繁，外门开启时冲入冷风量很大，其冷风冲入量可按表3计算。并计算冷风冲入的耗热量。表3适用于室内的人工送排风量相等，大门不装热风幕的情况。

按门厅换气次数 n 可概略确定大门开启冲入及由门缝隙渗入的冷风量。 n 值可按下述条件确定：当大门直接对着室外，而且迎着主导风向时 $n = 3 \sim 4$ ；不迎主导风向时 $n = 1 \sim 2$ ；考虑热压影响时，当建筑物总高在30m左右时，将 n 增大50%。

热压作用下单开门在冬季的冷风渗透量 (m^3/h) 表3

门的类型	建筑物高度(m)	室内外温差 $^\circ\text{C}$	出 入 人 数 n/h			
			250	500	750	1000
一层门 (手动)	50	15	4100	7000	9700	12000
		20	4300	7300	10000	12200
		25	4600	7600	10300	12700
	100	15	4800	8100	11000	14000
		20	6500	9900	13000	16000
		25	7600	11000	14000	17000
二层门 (手动)	50	15	7600	11400	16000	20400
		20	8500	14000	19000	22000
		25	9900	16000	21000	25400
	100	15	2600	4600	6500	7600
		20	3400	5600	7600	9200
		25	3900	6500	8700	10400
	200	15	4200	7000	9300	11000
		20	4700	7600	10000	12000
		25	5100	8300	11000	13000

工业厂房及辅助用房的采暖设计耗热量计算

一、基本耗热量计算

$Q = KA(t_n - t_w)\alpha$ t_n 为车间工作地带温度 $^\circ\text{C}$

工业厂房及辅助用房的室内采暖设计空气温度 $^\circ\text{C}$ 表4

车间工 作 强 度	车间空气温度		辅助用房屋 名 称	室内空 气温度
	一般条件	非一般条件		
仪 表 轻作业 机械加工 印刷纺织	15	10	办公室、休息室	16~18
			食 堂	14
			技术资料室	16
木 工 中作业 板 金 焊 接	12	7	存 衣 室	16
			浴 池	25
			厕所、盥洗室	12
大型包装 重作业 人力运输	10	5	女工卫生室	23
			哺 乳 室	20
			淋浴更衣室	23

- 注：①一般条件指每名工人占用50~100m²面积，每名工人占用100m²以上时，按局部采暖设计。
②车间高度 $H > 4\text{m}$ ，对地面采用工作地带温度；对墙、窗、门采用室内空气平均温度 t_{ap} ；对屋顶和天窗，采用屋顶下的空气温度 t_u 。
 $t_{ap} = (t_n + t_w) \frac{1}{2}$
 $t_u = t_n + \Delta t (H - 2)$ Δt 一般为0.3~1.5 $^\circ\text{C}$
按 t_u 、 t_{ap} 计算后不计房修正。
③车间 $H < 4\text{m}$ ，均按 t_n 计算。

二、冷风渗透耗热量计算

工业厂房建筑冷风渗透耗热量占厂房围护结构耗热量的百分数见表5。

表5

窗 子 类 型	厂 房 高 度 (m)		
	<4.5	4.5~10.0	>10.0
单层玻璃	25	35	40
单、双层玻璃均有	20	30	35
双层玻璃	10	25	30

三、大门开启冲入冷风耗热量计算

每班大门开启时间等于或小于15分钟时，从大门冲入室内的冷风耗热量，用200~500%附加率，附加于大门的基本耗热量上。

采暖热媒

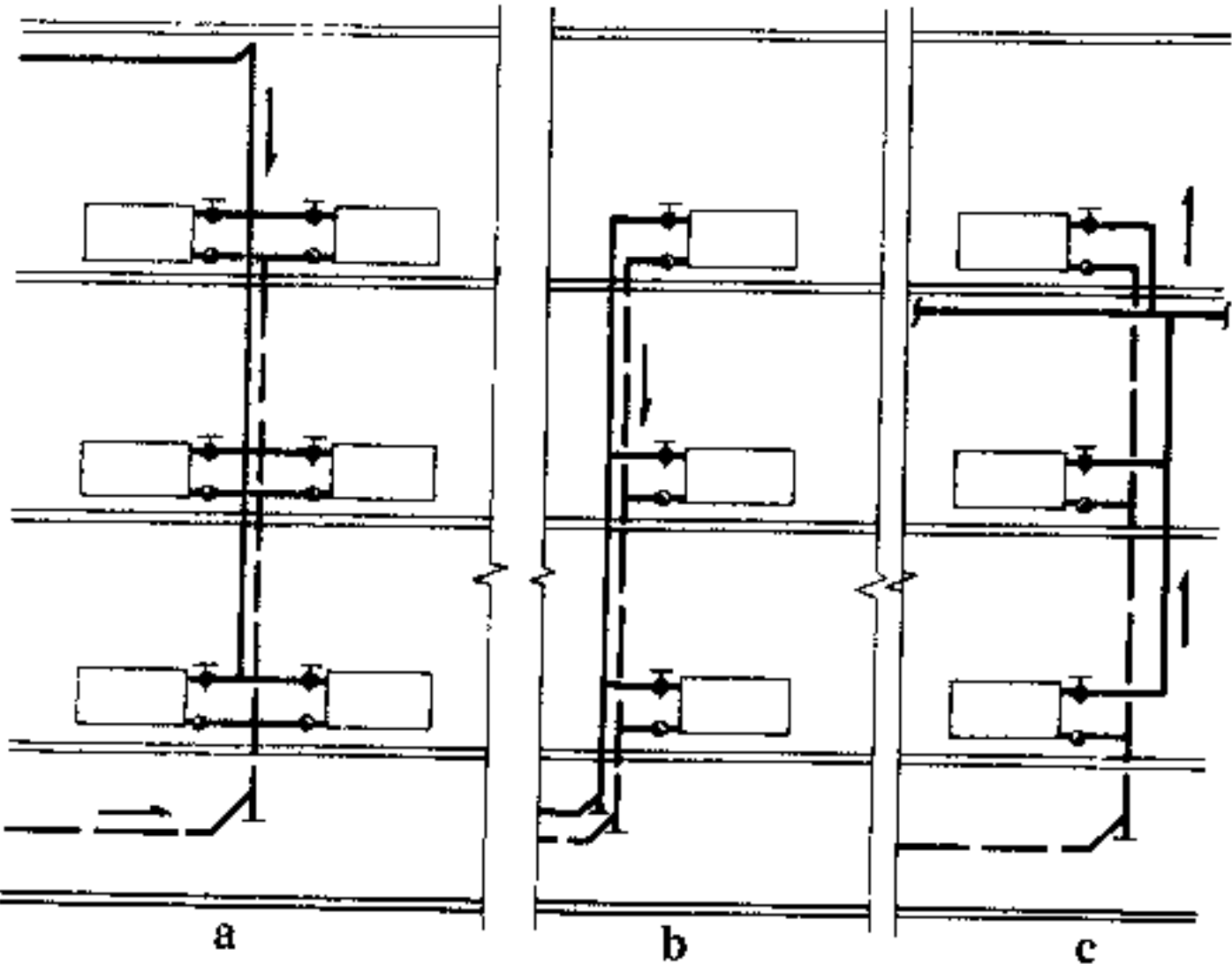
采暖系统常用的热媒是热水、蒸汽和空气。采暖工程中应根据安全、卫生、经济、建筑物性质和地区供热条件等因素综合考虑决定。一般情况下，可参见表1。各类建筑物的采暖热媒

表1

建 筑 类 型	适宜采用热媒	可采用的热媒
民用及公共建筑	居住建筑、医院、幼儿园、托儿所等	不超过95℃的热水 低压蒸汽 小于110℃热水
	办公楼、学校、展览馆、中小型旅馆	不超过95℃的热水 低压蒸汽
	车站、食堂、商业建筑	不超过110℃热水 低压蒸汽
	一般工矿企业俱乐部、影剧院等	不超过110℃热水
工业企业建筑	不散发粉尘、散发非燃烧性和非爆炸性粉尘的生产车间	低压蒸汽或高压蒸汽 不超过110℃的热水、热风
	散发非燃烧性和非爆炸性有机无毒蒸汽或粉尘的车间	低压蒸汽 不超过110℃的热水、热风
	散发非燃烧性和非爆炸性的有毒蒸汽及粉尘的车间	和卫生、环保部门协商确定
	厂区内任何辅助建筑	不超过110℃热水 高压蒸汽

采暖热媒设计原则

- 一、对居住建筑、办公建筑和医务卫生及托幼建筑，采暖热媒采用95℃热水。
- 二、对工业生产厂房及辅助建筑物：当厂区以采暖用热为主时，采暖热媒宜采用高温水；当厂区生产工艺以用蒸汽为主，可在不违反卫生、技术和节能要求的条件下，采用蒸汽为采暖热媒。
- 三、有条件时采暖热媒也可以用生产设备排出的余热（热电厂）或利用天然热源（地热水）。



1 低压蒸汽采暖示意图

采暖系统

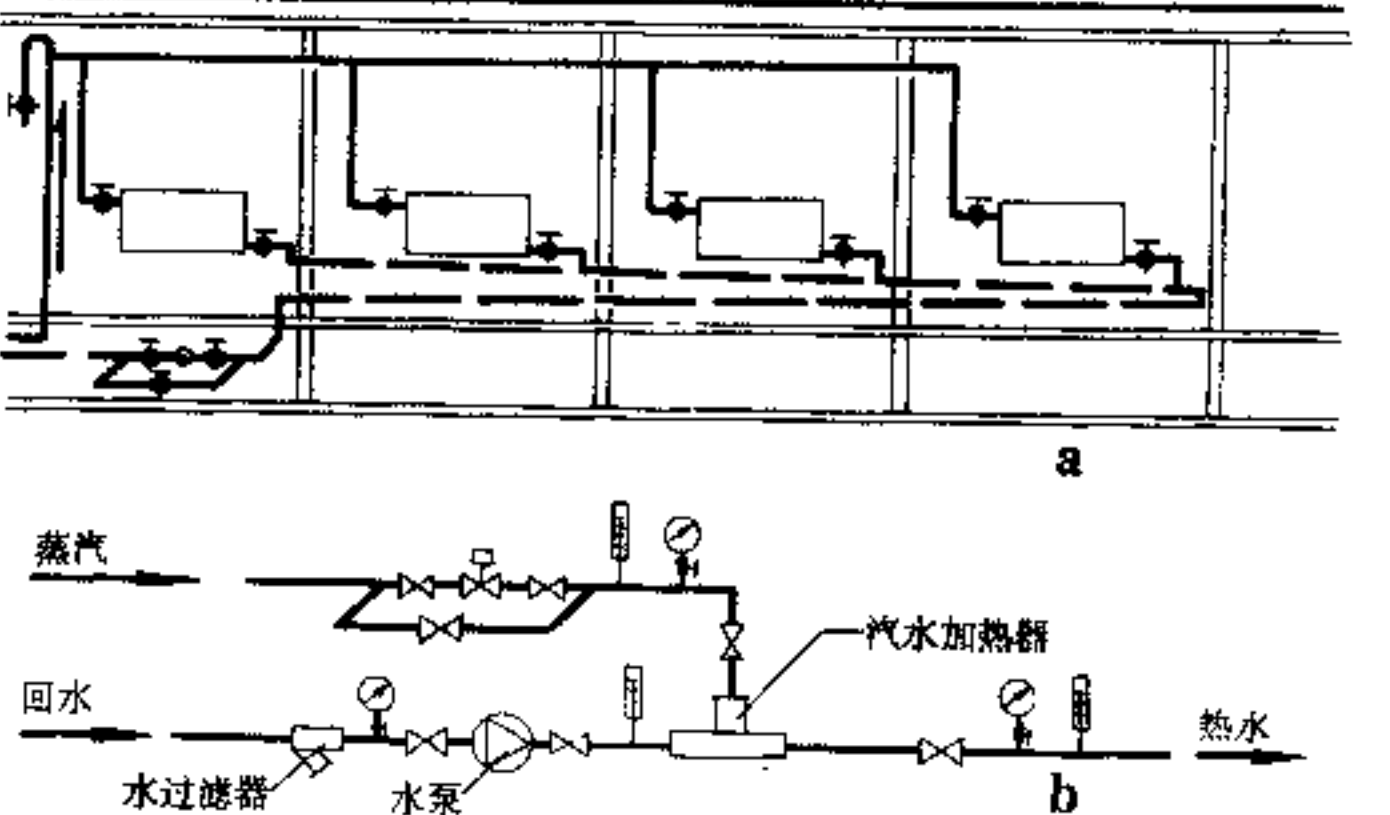
为使建筑物房间内空气温度达到采暖设计温度目的，由热源、散热设备、管道及附属设备构成的闭合管网，并使热媒能不断循环的系统。

- 一、机械循环热水采暖系统 采暖系统中的热水，依靠水泵为动力进行循环的采暖系统。
- 二、自然循环热水采暖系统 采暖系统中的热水，依靠供回水温度不同产生的重力差进行循环的采暖系统。
- 三、蒸汽采暖系统 采暖系统中的蒸汽，依靠蒸汽本身的压力，经管道把蒸汽输送到散热器内，冷凝散热后；冷凝水经管道送回热源的回水箱，不断循环的采暖系统。

工程中常用的蒸汽采暖系统

表2

采暖系统型式	采暖系统特点
双管上分式低压蒸汽采暖系统(1a)	1. 蒸汽和凝结水同向流动，采暖系统运行时不致产生汽水撞击声。供汽总立管、各分支立管长 2. 凝结水总回水管可在室内明装，或装设在较小管沟内 3. 总供汽干管要作保温措施，因装在室内占用使用面积，故总立管位置在建筑平面设计中要很好考虑 4. 宜用于有可能在顶层，架设水平干管的建筑物
双管下分式低压蒸汽采暖系统(1b)	1. 蒸汽和凝结水逆向流动，采暖系统运行时容易产生水击现象及噪音，使人心易生烦躁和不安全感。供汽各立管要加大管径 2. 需要较大的管沟，架设供汽管和凝结水回水管 3. 室内没有供汽总干管，不占建筑使用面积 4. 适用于具有地下室或分层施工的建筑物，及没有条件在顶层架设供汽干管的建筑物
双管中分式低压蒸汽采暖系统(1c)	1. 双管中分式采暖系统，具有上分式和下分式的特点 2. 采暖系统中立管长度减少了，不需要管沟或只要较小的管沟 3. 中分式系统适用于中间层有可能架设供汽干管的建筑物中，在原有建筑物上方增加采暖系统时，可采用此办法
高压蒸汽采暖系统的应用(2a)	1. 高压蒸汽采暖系统，由于供汽压力高、蒸汽流速大，所以采暖系统作用半径大 2. 由于高压蒸汽采暖系统中，凝结水温度高，管道热损失大，当凝结水排泄不畅时，会产生严重的水击，对管道附件使用十分不利，不宜大面积使用 3. 由于高压蒸汽采暖系统，散热器表面温度高，易烧焦空气中的有机尘，卫生、安全条件差。民用建筑中不宜采用 4. 用高压蒸汽作为热水采暖汽水加热器的热源，加热水作为热水采暖的热源。见2b



2 高压蒸汽采暖示意图

建筑物采暖耗热量的估算

采暖工程的规划或初步设计阶段,常需要对建筑物采暖设计耗热量进行估算,估算方法可按式(1)进行

$$Q = q \cdot A (W)$$

式中 Q —建筑物采暖设计耗热量 (W)
 q —单位面积采暖耗热量指标 (W/m^2)
 A —建筑物采暖估算面积 (m^2)

依据建筑物采暖耗热量确定锅炉房容量时,需要考虑10~20%的室外管道热损失及适当的储备余量。

民用及公共建筑物采暖面积热指标 q (W/m^2) 表1

建筑物类型	q	建筑物类型	q
住宅	15~20	商店	65~85
办公楼、学校	60~80	单层住宅	80~105
医院、幼儿园	65~80	食堂餐厅	115~140
旅馆	60~70	影剧院	95~115
图书馆	45~75	大礼堂、体育馆	115~165

注:①建筑面积较大,围护结构热工性能好,窗户面积小时,采用较低的热指标,反之,则采用较大的热指标。
 ②一般工程可取平均值,高层建筑则可取较低的热指标。

由于建筑物采暖面积热指标 q ,没有考虑建筑物的层高,为此提出了建筑物采暖体积热指标 q_v (W/m^3)。

民用及工业建筑物采暖体积热指标 q_v (W/m^3) 表2

建筑物名称	体积 V ($10^3 m^3$)	q_v	室温 ($^{\circ}C$)	建筑物名称	体积 V ($10^3 m^3$)	q_v	室温 ($^{\circ}C$)
行政建筑	≤ 5	0.50	18	医院	≤ 5	0.47	20
办公楼	5~10	0.44		医院	5~10	0.42	
办公楼	10~15	0.41		医院	10~15	0.37	
办公楼	> 15	0.37		医院	> 15	0.35	
学校	≤ 5	0.45	16	浴池	≤ 5	0.33	25
学校	5~10	0.41		浴池	5~10	0.29	
学校	> 10	0.38		浴池	> 10	0.27	
商店	≤ 5	0.44	15	洗衣房	≤ 5	0.44	15
商店	5~10	0.38		洗衣房	5~10	0.38	
商店	> 10	0.36		洗衣房	> 10	0.36	
电影院	≤ 5	0.42	14	饮食餐厅	≤ 5	0.41	16
电影院	5~10	0.37		食品厂	5~10	0.38	
电影院	> 10	0.35		食品厂	> 10	0.35	
托儿所	≤ 5	0.44	20	单身宿舍	5~10	0.44~0.38	18
幼儿园	> 5	0.40		单身宿舍	10~15	0.38~0.36	
机加车间	5~10	0.64~0.52	15	铸铁车间	10~15	0.35~0.29	12
机加车间	10~15	0.52~0.47		铸铁车间	50~100	0.29~0.26	
机加车间	50~100	0.47~0.44		铸铁车间	100~150	0.26~0.21	
试验室	≤ 5	0.43	16	热处理车间	< 10	0.47~0.35	14
试验室	5~10	0.41		热处理车间	10~30	0.35~0.29	
试验室	> 10	0.38		热处理车间	30~75	0.29~0.23	
修理车间	5~10	0.7~0.58	15	金属结构车间	50~100	0.44~0.41	13
修理车间	10~15	0.58~0.52		金属结构车间	100~150	0.41~0.35	
木工车间	≤ 5	0.7~0.61	16	生活及辅助间	0.5~1	0.7~0.52	18
木工车间	5~10	0.64~0.52		生活及辅助间	1~2	0.52~0.47	
木工车间	10~50	0.52~0.47		生活及辅助间	2~5	0.47~0.38	

建筑节能措施

节约能源是我国的一项国策,而建筑节能又是我国节能工作的一个重要领域。采暖工程能耗的节约又是建筑节能的重要方面。据实测通过建筑物外门、外窗散失的热能占建筑物总能耗的2/3左右,所以改进外门、外窗的保温性能与气密性能,是建筑节能的关键环节。

外门、外窗可采用的节能措施

一、合理确定窗墙面积比例。窗户是围护结构的一部分住宅中的钢窗传热系数为370砖墙的4倍,所以住宅中窗户面积不宜过大,按方向分别控制在:北向20%、西、东向30%、南向35%。

二、减少冷风渗透量。采取改进钢窗型材断面尺寸,增加窗框搭接量,设置密封条等措施。

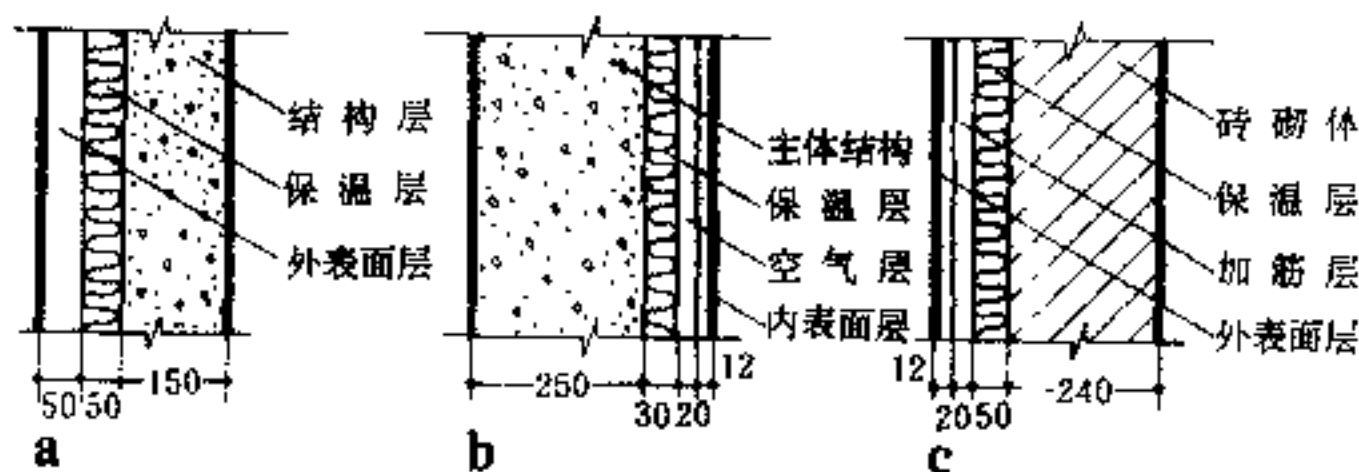
三、加强外门、外窗的保温隔热性能。阳台门下部心板用20mm聚苯板保温后 $K=1.54W/m^2K$ 。以双层窗代替单层窗,选用热工性能好的密封中空双层玻璃窗。

外墙的节能措施

一、保温层夹芯复合外墙板a应用经酚醛树脂处理的岩棉纤维制品,与混凝土制成岩棉复合墙板 $K=1.02W/m^2K$ 。

二、内保温复合外墙b有高效保温材料岩棉板、玻璃棉板与主体结构(混凝土、砖墙)复合在一起制成的外墙板 $K=0.79W/m^2K$ 。

三、外保温复合外墙c用高效保温材料聚苯乙烯板与各种墙体复合在一起构成 $K=0.77W/m^2K$ 。

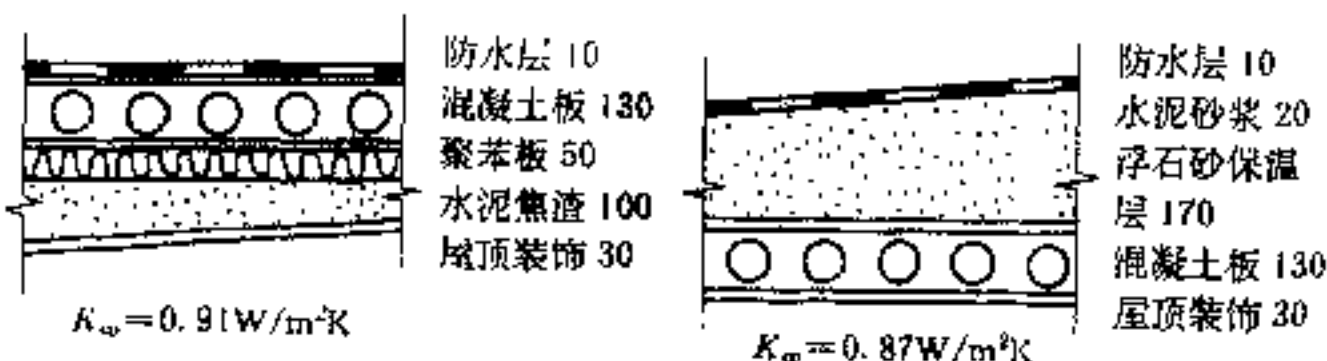


屋顶的节能措施 (热工性能要高于外墙)

一、采用高效保温材料代替一般常用的保温材料。

二、采用低容重保温材料。

三、采用有一定强度的松散保温材料作保温层;但要考虑夏季屋顶辐射热对室内空气温度的影响。



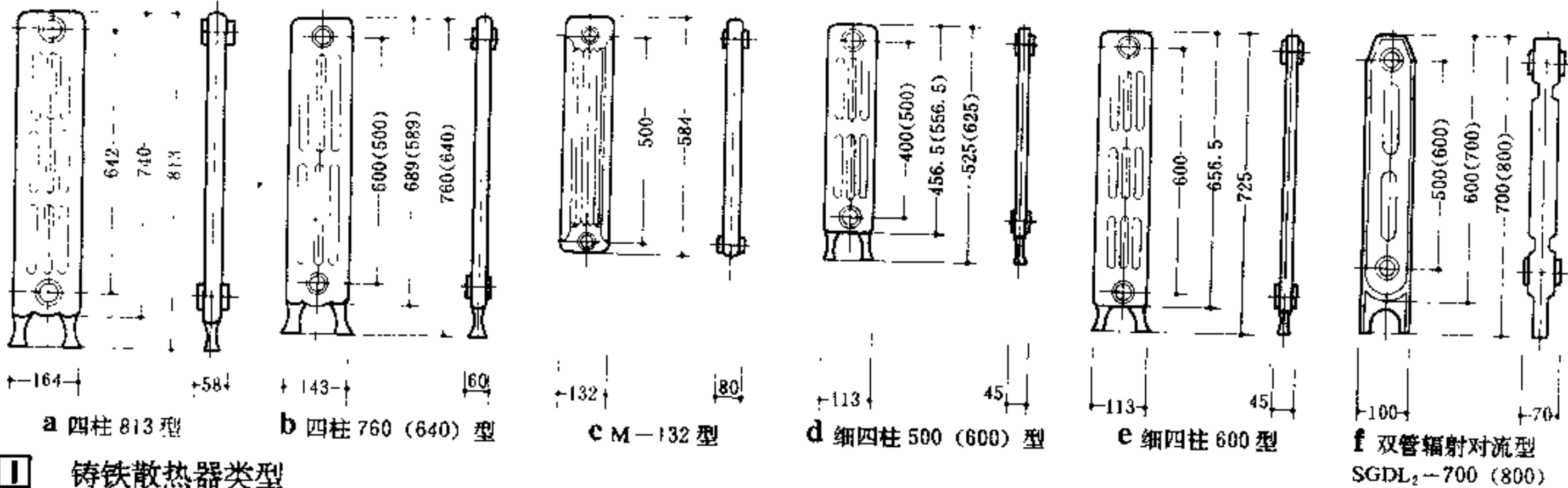
按照建筑节能法规,加强建筑物外围护结构保温措施后,比传统作法要增加节能投资;但可以在采暖工程使用2~3年内,从节约的能源费、运行管理费中得到补偿。另一方面锅炉容量减少,降低了对大气的污染,又改善了室内热环境,使建筑节能的社会效益更加显著。

散热器 热源的热能由热媒输送到被采暖房间内，由专用设备以对流和辐射的方式向房间内放散一定的热量，这种专用的放散热量的设备称之为散热器。是达到采暖要求的建筑设备之一。

散热器分类 依照散热器本身材料及加工制造方法不同，可分成两大类：金属材料散热器和非金属材料散热器。工程中常用的以金属材料散热器为主，主要有铸铁散热器、钢制散热器和铝制散热器。

铸铁散热器种类 我国采暖工程中常用的铸铁散热器有：四柱 813 型、四柱 760 (640) 型、四柱 460 型、细四柱 500 (600) 型、细四柱 700 型、SGDL₂-700 (800) 双管辐射对流型，见[1] a~f。

铸铁散热器特点 加工制造成本低，由于铸铁具有一定的耐腐蚀性，热稳定性好，所以在热水采暖、低压蒸汽采暖工程中广泛应用。由于金属耗量大，运输繁重、组装劳动量大，承压能力低，工程应用受到限制。



I 铸铁散热器类型

铸铁散热器每片散热量 (W) (热媒为 95~70℃ 热水，工作压力为 0.5MPa，高压工作压力为 0.8MPa)

型 号	四柱 813 型	四柱 760 (640) 型	M-132 型	细四柱 500 (600) 型	细四柱 700 型	双管辐射对流型 SGDL ₂ -700 (800)	备 注
室内温度 10℃	166	150 (105)	144	91 (107)	127	151 (168)	设计时查有关手册
室内温度 16℃	148	134 (95)	129	82 (96)	114	139 (154)	
室内温度 18℃	142	129 (92)	124	79 (92)	109	135 (150)	
室内温度 20℃	136	123 (89)	119	75 (89)	105	131 (145)	
室内温度 25℃	128	116 (84)	107	68 (80)	94	120 (133)	

散热器安装形式

表 5

散热器安装形式修正系数 β_3	剖 面	安 装 位 置
散热器安装在墙面一侧，上加隔板 $H=150\text{mm}$ $\beta_3=1.02$ $H=100\text{mm}$ $\beta_3=1.03$		
散热器安装在墙面一侧，外面加罩，罩上有空气流动口，宽度不小于散热器宽 $H=100\text{mm}$ $\beta_3=1.15$		
散热器安装在墙面一侧，外面加罩，罩子上面及前面下端有空气流动口 $A=180\text{mm}$ $\beta_3=1.19$ $A=260\text{mm}$ $\beta_3=1.12$		
散热器安装在墙面一侧，外面加罩，罩子前面上下两端有空气流动口 $A=180\text{mm}$ $\beta_3=1.20$ (孔口按 F) $A=180\text{mm}$ $\beta_3=1.40$ (孔口有格栅 [9])		

散热器散热面积的计算

$$F = \frac{Q}{K(t_{nj} - t_n)} \beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4$$

式中：F—所需散热器总的散热面积 m² Q—建筑物房间采暖耗热量 W
K—散热器的传热系数 W/m²℃ t_n—散热器内热媒平均温度℃
t_n—采暖室内计算温度℃ β₁—散热器组装机数修正系数
β₂—散热器连接形式修正系数 β₃—散热器安装形式修正系数
β₄—暗装管道内水的冷却系数

散热器组装机数修正系数 β_1 (仅适用于柱式散热器)

表 2

每组片数	<6	6~10	11~20	>20
β_1	0.95	1.0	1.08	1.10

散热器连接形式修正系数 β_2

表 3

安装形式	同 侧 上进下出	异 侧 上进下出	异 侧 下进下出	同 侧 下进上出	异 侧 下进上出
四柱 813 型	1.0	1.04	1.239	1.122	1.126

暗装管道内水的冷却系数 β_4

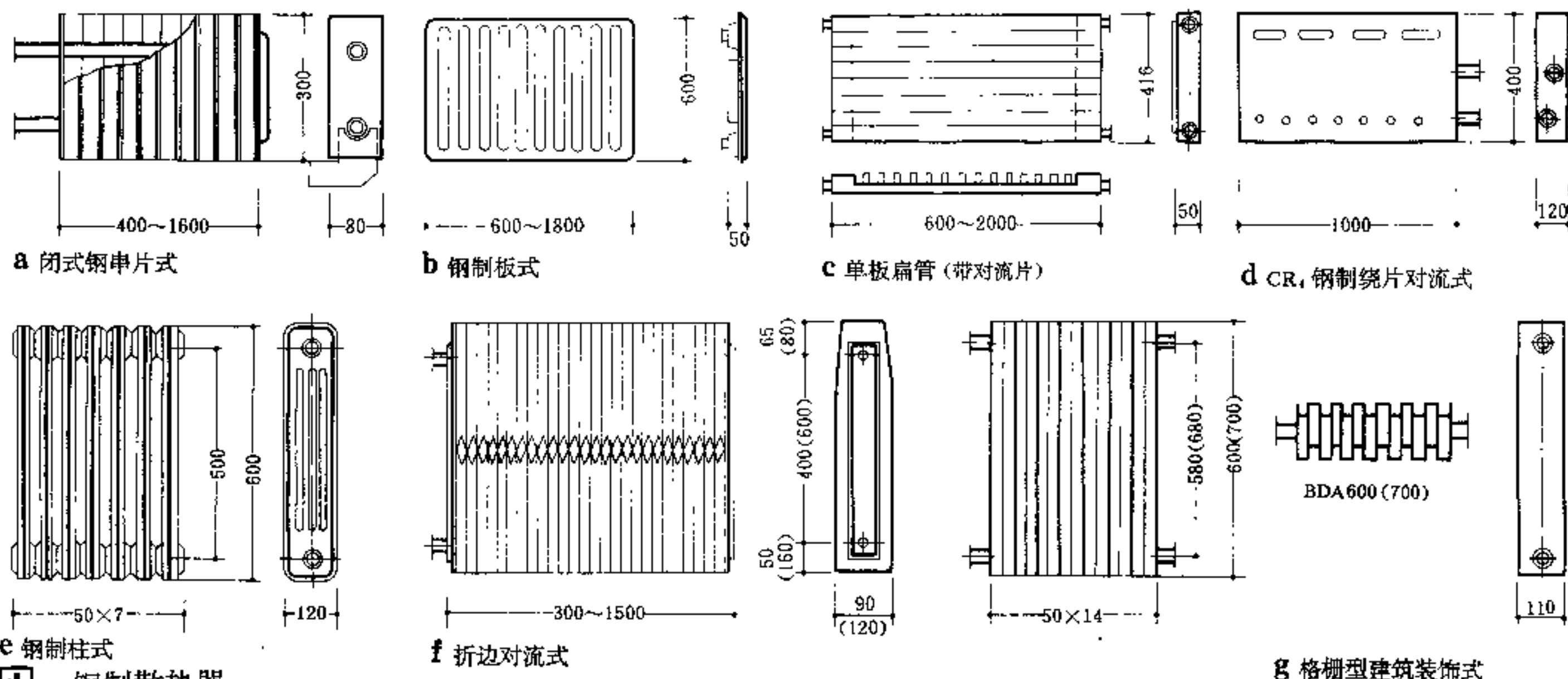
表 4

散热器层数	1	2	3	4	5	6
建筑物层数						
2	1.01	1.00				
3	1.01	1.00	1.00			
4	1.01	1.00	1.00	1.00		
5	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	
6	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

钢制散热器种类 我国采暖工程中常用的钢制散热器有：闭式钢串片、钢制板式、单板扁管（带对流片）、高频焊螺旋翅片管、折边对流型、钢制柱型、格栅型建筑装饰散热器，外型尺寸见[1] a~g。

钢制散热器选择应用 钢制各类散热器应用广，在住宅、医院、公共建筑中均可采用。由于材质及工艺条件的限制，使钢制散热器的耐腐蚀性差，所以采暖系统中的水要进行处理。要求水质的含氧量小于 0.05mg/l 。氢离子浓度小于 120ppm 、水质 pH 质控制在 $9\sim 11$ 。非采暖期采暖系统也应充满水。钢制散热器不适用蒸汽采暖。

钢制散热器特点 钢制散热器是用 $1.2\sim 1.5\text{mm}$ 厚的钢板，按一定几何尺寸和热工要求，经冲压、切割、焊接制成的采暖散热设备。我国70年代研制生产，经不断改进，目前常用的钢制散热器有：闭式钢串片、钢制板式、折边对流和高频焊螺旋翅片管。钢制散热器和铸铁散热器相比，单位散热面积的金属耗量小、制造工艺简单、外型美观、重量轻，运输、安装、组片及维修劳动强度小。钢制散热器由于体积小、重量轻、可以按设计要求由厂方制造、组装，安装方便 承压能力高($0.8\sim 1.0$) MPa，可应用于高层民用建筑的采暖工程。



g 格栅型建筑装饰式

f 折边对流式

e 钢制柱式

d CR, 钢制绕片对流式

c 单板扁管(带对流片)

b 钢制板式

a 闭式钢串片式

1 钢制散热器

各种钢制散热器每米长散热量 (W/m) (热媒为 $95\sim 75^\circ\text{C}$ 热水，工作压力为 0.8MPa)

规格()	闭式钢串片式	钢制板式	单板扁管(带对流片)	CR, 钢制绕片对流式	钢制柱式	折边对流式	格栅型建筑装饰式
室内温度 10°C	1754(300×80)	1387(600×1000)	1054(DL416×1000)	1956	1144(600×120, 10片)	1309(1962) 400×90(600×120)	1287(1384) BDA600-10片 (BDA700-10片)
室内温度 16°C	1581	1247	946	1742	1026	1167(1763)	1153(1240)
室内温度 18°C	1524	1203	911	1689	998	1120(1698)	1120(1204)
室内温度 20°C	1468	1154	876	1602	949	1074(1633)	1066(1164)
室内温度 25°C	1328	1041	790	1412	854	961(1472)	958(1071)

散热器选择及安装的一般要求

- 一、散热器根据经济、卫生及美观上的要求，依据热媒技术参数，建筑物采暖要求，综合考虑选择散热器。
- 二、采暖热媒为蒸汽时，不宜采用钢制散热器。采用铸铁散热器也应与散热器所能承受的压力相适应，蒸汽采暖系统的工作压力不宜超过 0.2MPa 。
- 三、散热器一般安装在外墙的窗台下，也可以安装在内墙的一侧。楼梯间的散热器，应尽量安装在底层；当散热器过多底层无法布置时，可按比例分层布置。
- 四、双层门的外室及门斗中不应设置散热器，以防冻裂影响整个采暖系统的运行。
- 五、散热器一般多采用银粉漆作表面涂料，这种涂料对

- 散热器的辐射散热有一定的阻隔作用；采用非金属涂料时，可使散热量提高 $10\sim 15\%$ ，节约能耗，并且可以采用不同颜色与建筑物装修相协调，增加室内的美观。
- 六、民用建筑也应注意散热器外表防腐，像卫生间、洗衣房、厨房等湿度大的地方，最好采用铸铁散热器。
- 七、由于钢制散热器的外型尺寸可以改变，使散热器不仅是一个散热的建筑设备，可以把钢制散热器作为室内装饰的一部分：如楼梯扶手和护栏可用钢制散热器加工制作；用格栅型建筑装饰式散热器作为大房间的隔断和门厅的花饰，会有一个好的装修效果。
- 八、散热器明装以辐射型好、暗装以对流型好。

热水采暖系统 在我国大部分采暖地区,民用建筑及工厂附属建筑中主要采用机械循环热水采暖方式。水泵为采暖系统中热水循环的动力。按供水温度为 95℃、回水温度为 70℃ 进行采暖工程设计。按散热器、供水、回水、立管、支管连接方式的不同,可分为双管采暖系统和单管采暖系统。

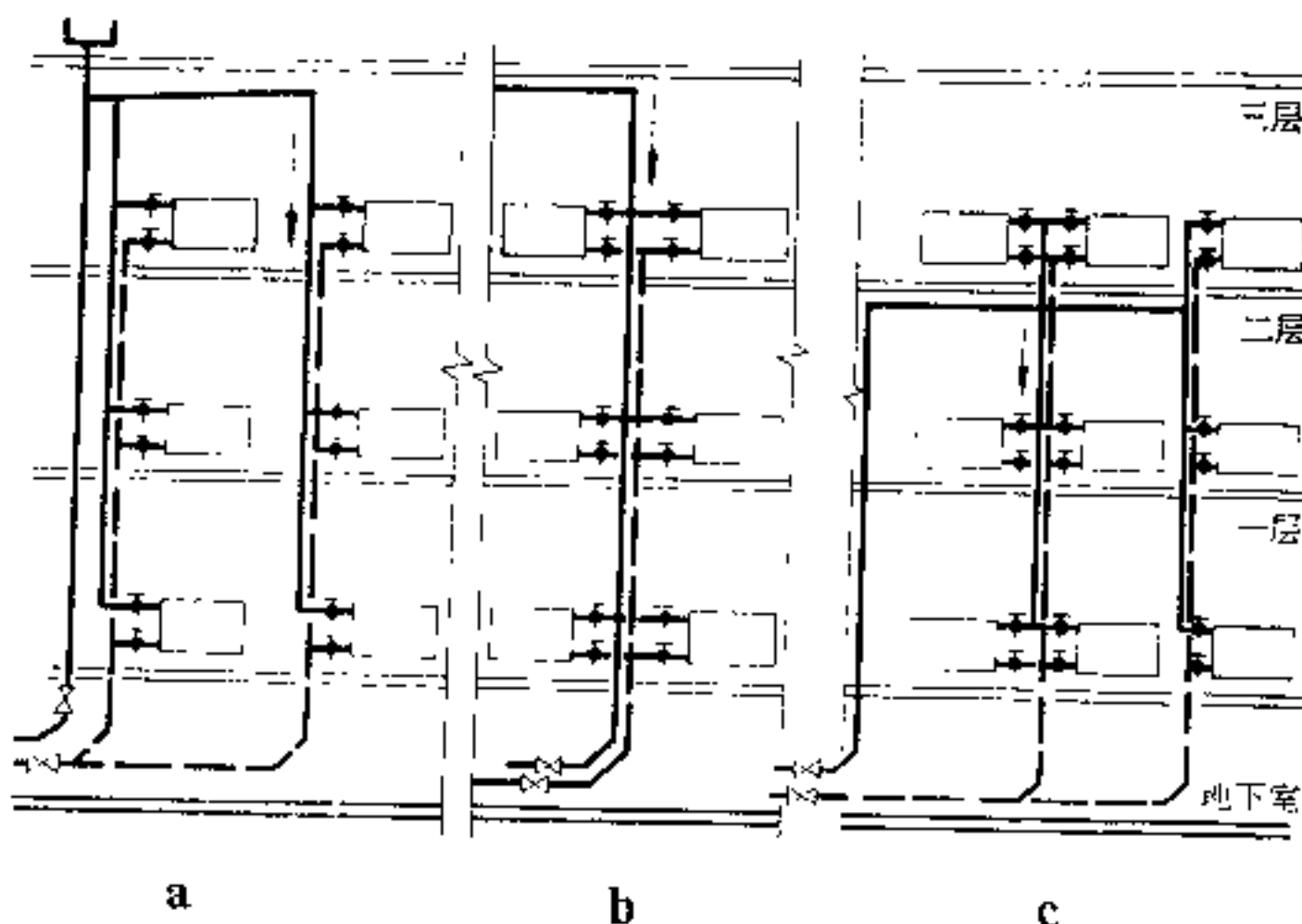
双管采暖系统 指采暖系统中所有的散热器都并联于供水与回水管道之间,供水直接分配给每组散热器,每组散热器的回水都经回水管回到锅炉房。系统中各组散热器的供水和回水温度都是相同的。

单管采暖系统 是将数组散热器串联起来,使供水顺序流过各组散热器,前一组散热器的回水即为后一组散热器的供水,水温也依次降低。

双管热水采暖系统特点

表 1

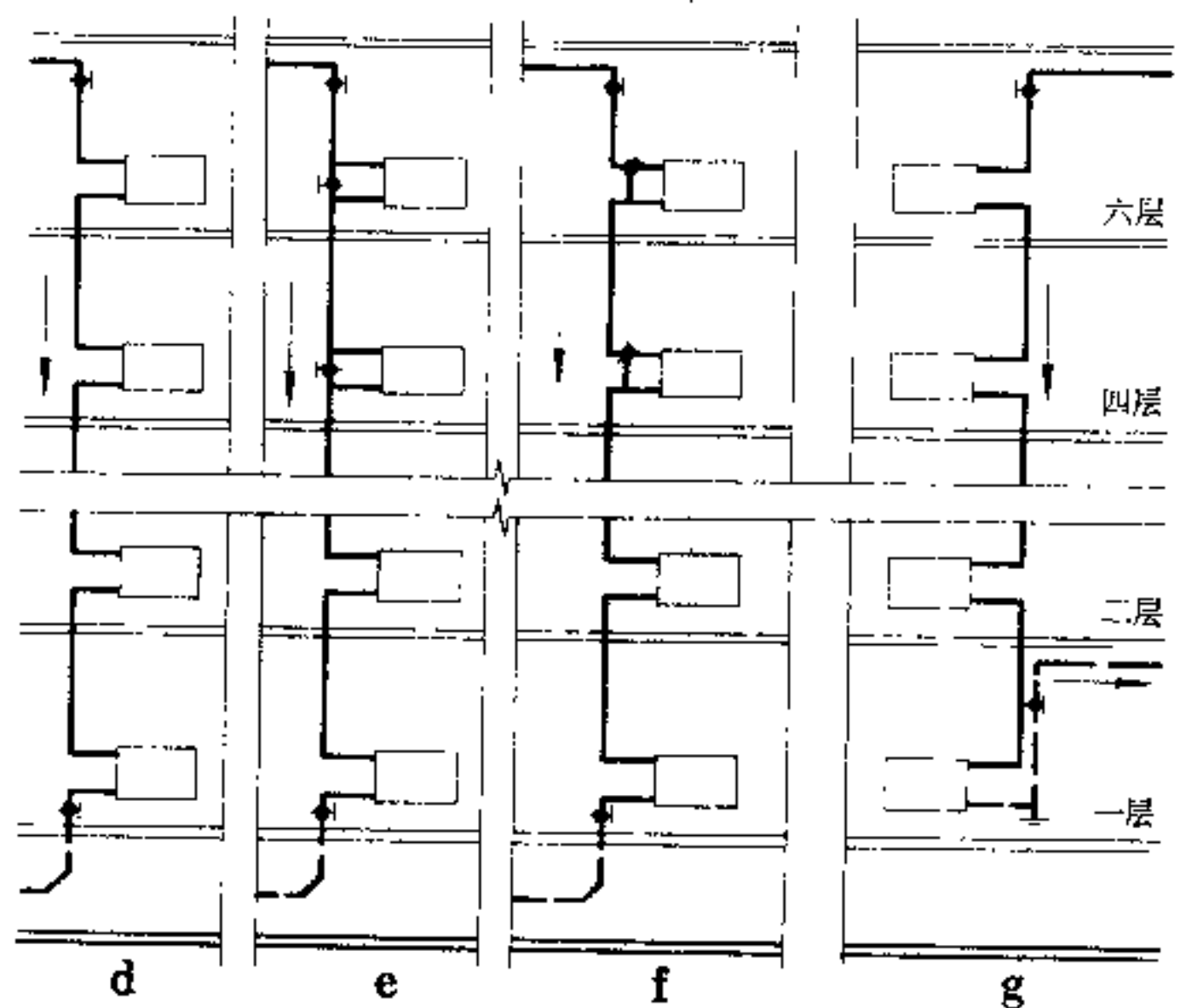
双管系统	特 点
双管上分式热水采暖系统 (图 a)	1. 双管上分式热水采暖系统,可利用膨胀水箱集中排气,对于每组散热器的供水、回水管上,可以分别装阀门调节热水流量,对室内空气温度有一定调节作用 2. 采暖系统立管、水平干管要设在顶层,由于要有一定坡度,会出现遮挡窗户而影响建筑美观问题 3. 由于受自然循环压力的影响,使同一根立管上各组散热器进水量不完全符合设计要求,引起上层、下层室内空气温度的不均匀 4. 双管采暖系统,由于管材用量大、楼板打洞多,存在不易克服的水力失调,这种系统只用于四层以下建筑物
双管下分式热水采暖系统 (图 b)	1. 双管下分式热水采暖系统,需要在顶层装设一根排除空气管,或在每组散热器上安装一个自动跑风门,排除系统中的空气 2. 同一根立管上的散热器受自然循环压力影响小,所以上层、下层室内空气温度不均匀性比上分式系统小 3. 下分式系统供水、回水干管须安装在室内地沟内或地下室,室内显得整洁。若立管暗装,散热器加装修外罩,可提高建筑内装修水平。适用于独立的小型使馆或公寓
双管中分式热水采暖系统 (图 c)	1. 双管中分式热水采暖系统,适用于分期建设、及顶层不易设置水平管的建筑物采用 2. 中分式系同一根立管上层、下层室内空气温度不均匀性比双管上分式系统小 3. 中分式系统的水平供回水干管,均应考虑空气的排除问题。散热器支管下端都要装泄水丝堵,便于检修时将水放净



垂直单管热水采暖系统特点

表 2

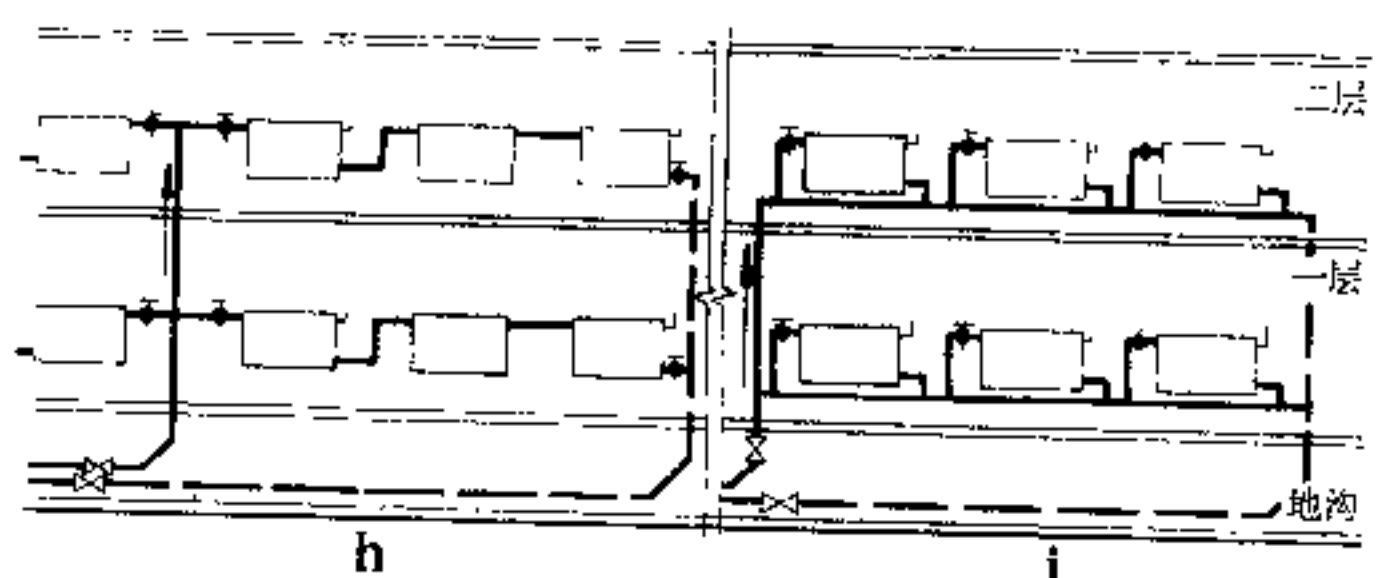
单管系统类型	特 点
单管上供下回式热水采暖系统 (图 d)	1. 单管热水采暖系统,由于减少了立管数量,节约了管道投资,利于大面积推广和应用 2. 单管热水采暖系统比双管热水采暖系统的水力稳定性好,可用于 5~6 层建筑物的采暖工程 3. 单管热水采暖系统设在顶层的供水干管,为排除干管中的空气,要求水平干管应有一定的坡度,当系统长度过长,会出现水平干管挡窗户,所以窗洞上方要有一定的高度 4. 为解决单管热水采暖中,同一根立管上层、下层室内空气温度不均匀性,可以在散热器一侧的两根水平支管间加装带阀门的闭合管段,用阀门调节进入散热器的水量 (图 e)。另外可以在散热器支管上安装专用立式 8110 型采暖三通阀,或 WKQ1028 型暖通温控器及配套阀门,调节进入散热器的水量,控制室内空气温度 (图 f)
单管上供中回式热水采暖系统 (图 g)	单管上供中回式热水采暖系统将回水干管设在一层顶板下,可以省去地沟。所有管道均为明装,便于维修与管理。在立管下端设泄水丝堵,回水干管末端应装自动排气阀



水平单管热水采暖系统特点

表 3

水平单管系统类型	特 点
水平单管串联热水采暖系统 (图 h)	水平单管串联热水采暖系统,除主立管外,没有其它穿楼板的立管,既不影响建筑美观,施工安装亦比较方便,是一种节省材料,运行可靠的采暖系统。由于每组散热器不能单独调节,适用于对房间温度要求不太严格的建筑 (如单身宿舍、办公楼) 或宽敞的大房间 (阅览室、食堂、候车室)。每一环路的散热器以 8~12 组为宜
水平单管跨越式热水采暖系统 (图 i)	水平单管跨越式热水采暖系统,每组散热器可单独调节,每一环路的散热器数量不受限制,每组散热器装设自动跑风门,排除系统内空气,应注意处理好管道胀缩问题和防止散热器的接口漏水问题



多层居住及公共建筑热水采暖系统特点

多层居住及公共建筑的热水采暖系统,一般是对室内采暖空气温度没有调节要求的热水采暖系统而言。其建筑物高度小于30m,这些建筑物的热水采暖系统与单层建筑物的热水采暖系统,在设计上有如下的特点:

一、采暖系统的耗热量计算,由于受风力及热压综合作用,造成的冷风渗透量有所不同;采暖期内室外风力、风向、室外空气温度变化复杂,无规律,很难准确计算。为使采暖效果比较好,应加强对建筑物外窗气密性的维护和管理,使冷风渗透耗热量降到最低限度。

二、由于建筑物高度比单层建筑物高,这样多层建筑物内的采暖系统中散热器要承受较大的静压力。目前国内生产的铸铁和钢制散热器的工作压力在0.5MPa,这要求建筑物高度必须在30m以下。

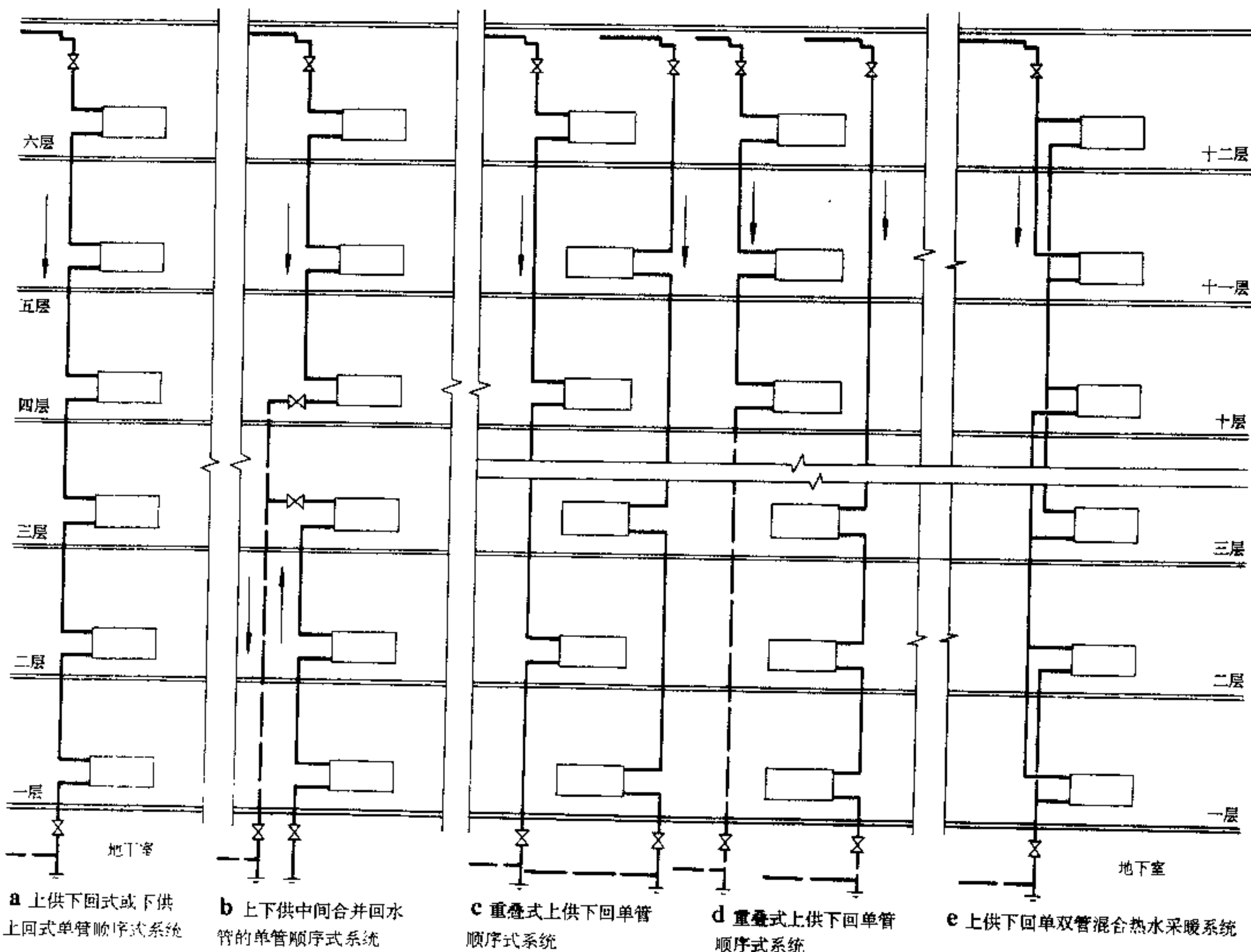
三、多层居住及公共建筑热水采暖系统的热源,都是局部锅炉房直接供热水,单管采暖系统占据主要地位,其形式如[1] a~e。

注:①[1] a 为上供下回式或下供上回式单管顺序式系统。这种系统过去一般多为5~6层建筑物采用。近年来,这种单管顺序式热水采暖系统,在一些地区已应用于12层建筑(建筑物层高较低)。系统中立管的管径不能过大,应 $\leq D_{g25}$ 为宜。将上供下回式系统的供水与回水干管位置对调,就形成了下供上回系统,这种系统可使立管的温度降低与热压作用造成的不利影响相抵消,上层下层房间温度相接近,对缓解垂直方向的温度失调确实有一定的作用;但另一方面散热器要改为下进上出,使整个系统散热器的散热效率降低,散热面积加大,经济性差,不易大面积采用,且不如上送下回式经济。

②[1] b 为上下供中间合并回水管的单管顺序式。这种系统,从供水温度上照顾了顶层及下层各层,似乎比较合理;但因重力压头上环为正、下环为负,造成上环与下环之间的相互影响,再加上水泵的启停,天气温度的变化,使采暖系统在水力工况很不稳定的条件下工作。在大流量高扬程的条件下运行,矛盾还不突出,随着《建筑节能设计标准》的贯彻执行,将改善大流量高扬程的运转形式,下进上出系统的水力失调现象也将逐渐显示,失调现象严重,上下环室内温度不均匀性大,所以这种系统已经很少应用了。

③[1] c、d 为重叠式上供下回单管顺序式系统(图c、d)又分交叉重叠式及上下重叠式。这种系统应用在建筑背阴迎风面的个别位置,是因立管热负荷过大,管径大于 D_{g25} 时,可按层将热量分配在两根并行的立管上,以减小立管管径,方便散热器连接。这种系统在采暖工程中局部采用,还勉强可以,如整个工程都采用这种系统,其管材的浪费则显而易见。故在实际工程中尽量以不用或少用为好。

④[1] e 为上供下回单、双管混合热水采暖系统。这种系统对散热器而言是属于双管连接方式,层与层为单管连接,对立管而言可避免双管系统那种严重的垂直温度失调现象,又能缓解单管系统散热不能单个调节的矛盾。而且在设计中立管阻力小,便于水力平衡。从实际工程运转情况看,基本保持了室内温度均匀,采暖效果较好。单、双管混合热水采暖系统,不但可以布置成上送下回方式,也可布置成下送上回方式,这两种方式中散热器又都可以采用上进下出方式,保持了较高的散热器效率。对于8层以上的居住建筑采暖效果好。缺点是这种系统施工安装比较麻烦安装工程量加大后,管材耗量比单纯单管系统亦增多。



[1] 多层建筑热水采暖系统示意图

高层建筑热水采暖系统特点

一、高层建筑目前以高层居住建筑为主,层数最多达20层以上,大多以16层左右为主,并且集中布置几幢高层居住建筑,形成多种生活功能的生活小区。对这些建筑进行采暖设计时,要考虑到风压和热压作用的综合影响,比对多层居住建筑影响大,特别是冷风渗透量大,系统中产生的静压大。依散热器所能承受的压力及室外热力管网的压力工况,确定适宜的采暖系统。

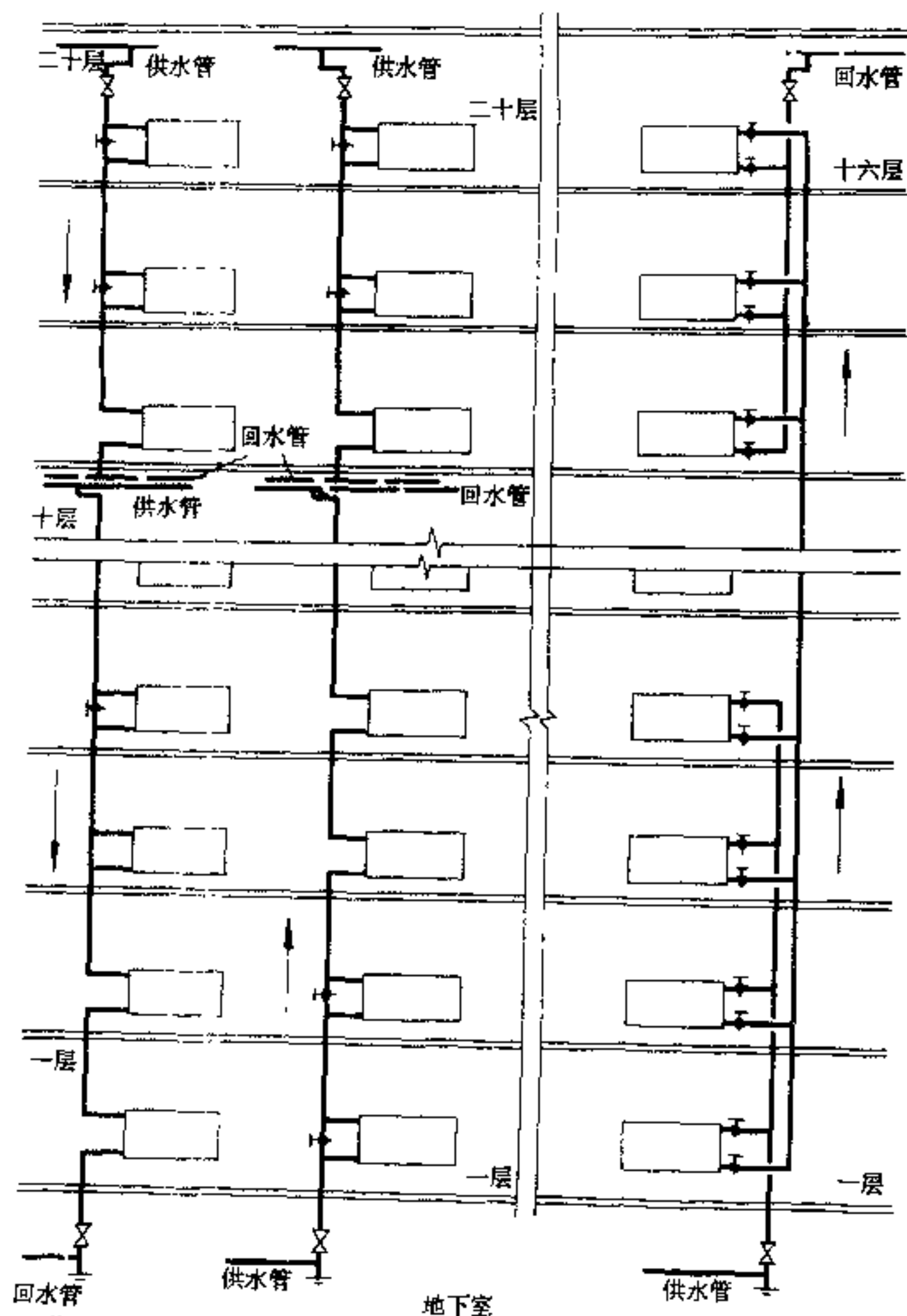
二、高层居住建筑热水采暖系统的热源,一般以大型区域锅炉房或热电站集中供热为主。采暖系统以单管为主要型式,工程中常用的几种形式如1 a、b、c。

三、高层建筑采暖系统的热力入口,一般设在地下室或中间层的设备层内。因热力入口设有热交换器、加压泵房、除污器、大阀门等设备,设备层净高不低于1.8m。每道隔墙上管道安装完毕后,应留 $0.7 \times 1.5\text{m}$ 检查通道。立管直线长度大于15m时,应加伸缩器。采暖系统总供、回水管应作保温措施,减少无益热损失。管道层不能直接排水应考虑排水措施,如设集水坑和排水泵等。

注:①1 a为分区式热水单管顺序式采暖系统。这种系统是将高层居住建筑按层数分为上、下两个区,每个区自成环路的一种形式。下区可直接与热网连接,上区可通过热交换器间接与热网连接。对每座高层居住建筑而言,采暖系统分为上、下两个系统,可减少每根立管所担负的热负荷,控制了立管管径 $\leq \text{DN}25$,方便安装,减少了底层散热器所承受的水静压力,利于维护管理。分区式单管系统具有节省管材、安装方便、运行可靠的优点,所以被广泛应用;但美中不足的是,这种系统要在中间层布置两根水平干管,设计中较难处理,一般上环回水管上翻一层布置。

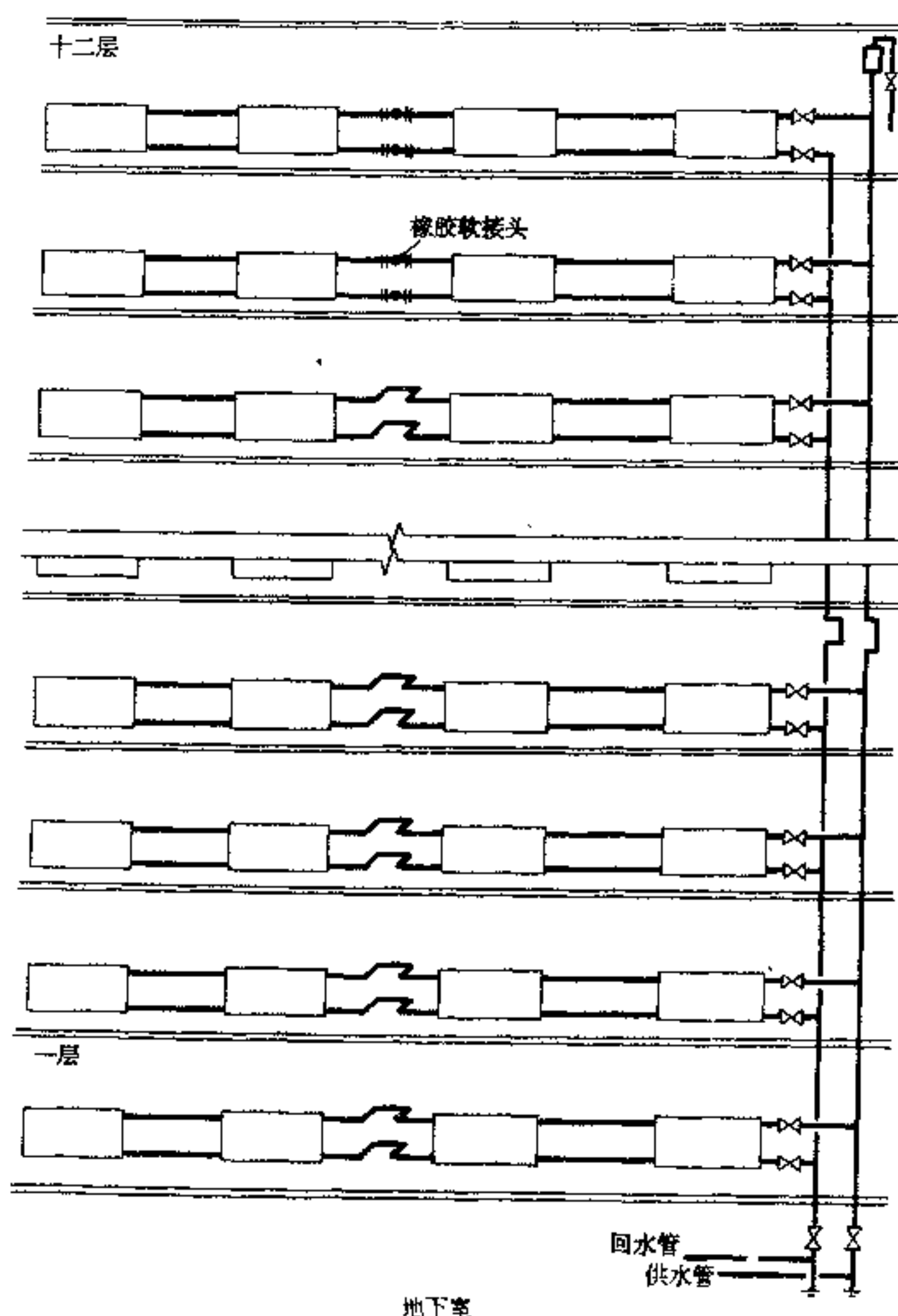
②1 b为实用分段式单、双管热水采暖系统。当室外热力管压力较高,散热器、水泵承压能力较高时适宜采用这种系统。它是将立管所供的楼层分成几段,每段之内对散热器而言是双管系统,各段之间又由单管串联构成。采暖系统采用下分式,没有供水总立管,不存在立管温降,无益热损失少,中间层没有供、回水干管,室内美观,各组散热器可单独调节热水流量,可满足不同室温要求,维修、调节也方便。采用下分式气水同向流动,系统中空气易于排除,散热器可作成上进下出,散热效果好,系统运行可靠。不足之处是比纯单管系统增加一次约10%的投资。

③1 c为水平双线式单管热水采暖系统,也称水平回转式单管系统。这种采暖系统适宜于高层、大开间的工业建筑采用。采暖系统具有室内的温度均匀性最好,偏差为 $2 \sim 3^\circ\text{C}$,无有严重温度失调现象。水平双线式单管采暖系统立管数量很少便于调节和检修。系统设计时,由于每组散热器的平均温度相同,各环压力损失近似,省去了繁琐的计算工作,对高层建筑采暖设计是一种比较理想的形式,有条件的工程应尽量采用。水平双线式单管采暖系统适合采用的散热器主要是以闭式钢片为主,每层每环所串的散热器总热负荷,应不超过散热器串管($\text{DN}20$ 或 $\text{DN}25$)所准许的限度,因而限制了水平双线式热水采暖系统应用的范围。另一方面也受建筑条件限制,不易广泛采用。水平双线式单管采暖系统设计中应注意散热器间水平支管的伸缩问题,在2~3组散热器之间加设伸缩器,也可安装合成橡胶软接头。

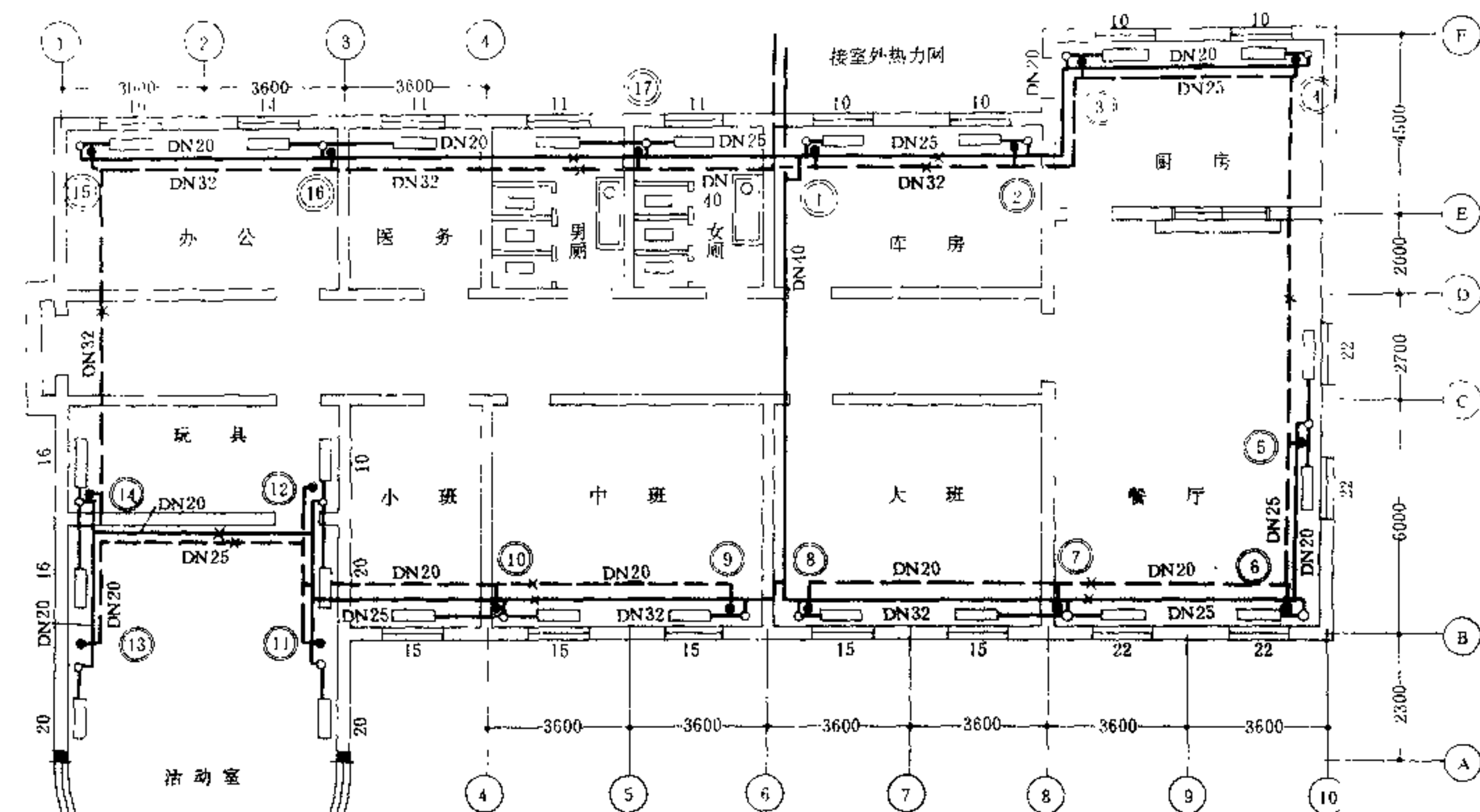


a 分区式热水单管顺序式采暖系统 b 实用分段式单、双管热水采暖系统

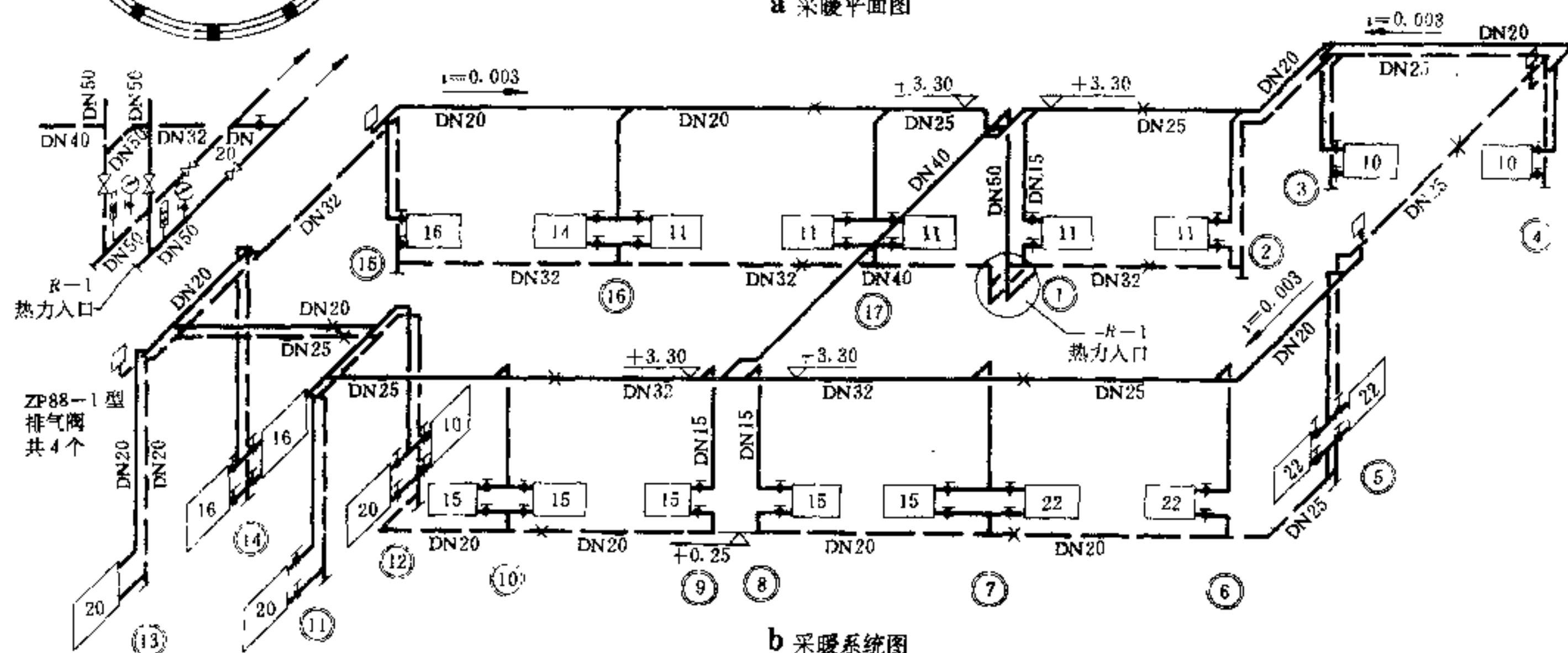
1 高层建筑热水采暖系统示意图



c 水平双线式单管热水采暖



a 采暖平面图



b 采暖系统图

I 工程实例

采暖工程设计施工图应包括下列内容

- 一、首页 施工说明、采暖工程概况、设备材料表。
- 二、平面图 应绘出建筑外框、门窗尺寸、轴线、房间名称。散热器位置片数、立管位置及编号、管道直径、阀门、跑风及泄水、固定卡、伸缩器、安装尺寸及标高。
- 三、系统图 自热力入口起，将采暖系统的干管、立管、支管及散热器、阀门等系统的配件全部表示出来。
- 四、详图大样 凡施工安装图册及国家标准图没有，而又需要详细交待的内容。
- 五、采暖工程设计计算书 热工计算及设备材料选择。

设计实例

本实例是一小型幼儿园采暖设计的平面图及系统图。热源为局部锅炉房供给的95℃热水，回水温度按70℃计算。采暖系统为双管上分式，采用四柱813铸铁散热器，每组散热器外加装木罩。由于本建筑物层高较高为3.8m，把回水立管②③④⑤⑪⑫⑬⑭⑮抬高到屋顶的梁下，这样可以不作过门地沟，这几根回水立管末端要加装三通丝堵，便于采暖系统清洗、试压时排水。立管除注明者外，其它立管均为DN20，散热器共368片。

一般概念

一、在工业与民用建筑中,下列部位当采用自然通风达不到安全卫生及生产要求时,应采用机械通风或自然与机械的联合通风

- 1 没有设空调系统的地下室房间。
- 2 厕所、卫生间、盥洗室及浴室等。
- 3 散发余热、余湿、粉尘、抽烟、有毒气体、腐蚀性气体及易燃易爆气体等有害物的房间。

二、当采用排风时,凡属下列情况之一者,应单独设置排风系统

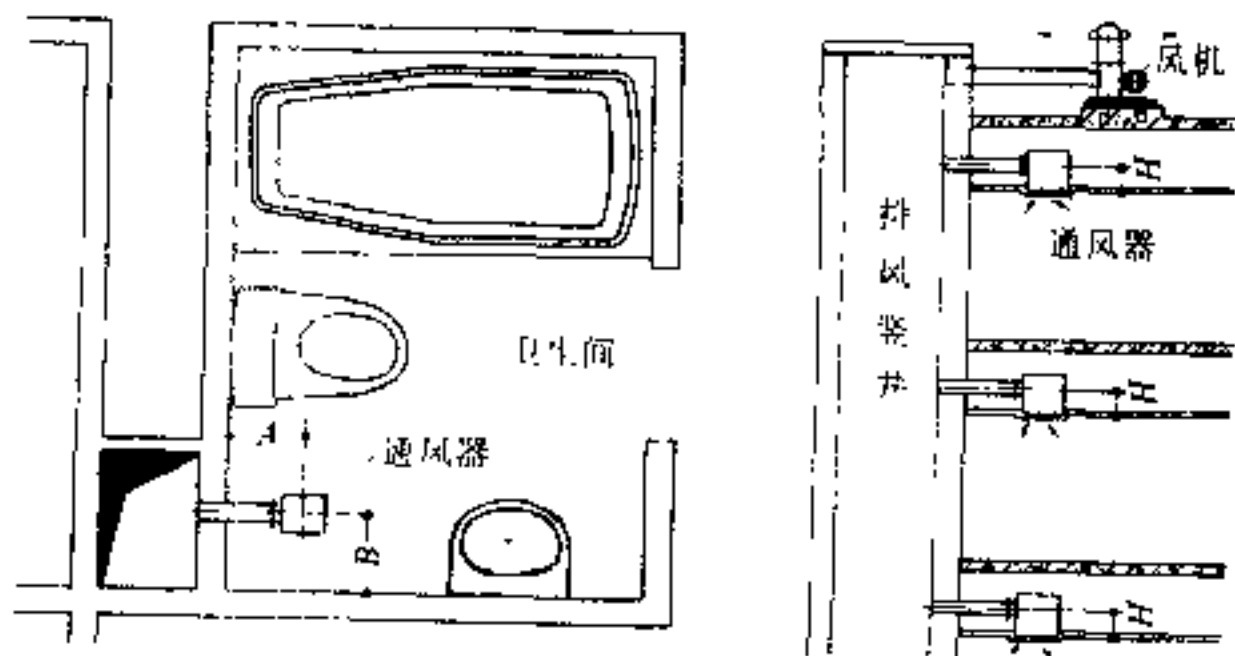
- 1 两种或两种以上有害物质混合后能引起燃烧或爆炸时。
- 2 混合后能形成毒害更大或腐蚀性的混合物、化合物时。
- 3 混合后易使蒸汽凝结并积聚粉尘时。
- 4 放散剧毒物质的房间或设备。

各类房间的换气次数见下表。

房间名称	换气次数(次/时)	房间名称	换气次数(次/时)
厨房	3.0	休息室	3.0
卫生间	5.0	公共厕所	每个小便器 20m ³ /h 每个大便器 40m ³ /h
盥洗室	0.5~1.0	X光室	5.0
蓄电池室	12.0	浴室	1.5
地下停车场	5.0	配电室	3.0
油罐室	5.0	散发有害物的房间	按设计计算值
吸烟室	10.0		

卫生间通风器

卫生间应尽量采用自然通风方式。但对于内厕所又无法设集中排风者,则一般用轴流式通风机或交流式排气扇,安装在外墙上或管道上进行排风。也可以用斜流式管道风机进行排风。对于多层和高层建筑,卫生间竖向布置集中、整齐,一般设专门的排风竖井,在每个卫生间的吊顶上安装一台自带止回装置的卫生间通风器,用短管与竖井相连接。再在竖井顶部的屋面上设集中排风机。卫生间的门上开一个小百叶窗,靠负压补充新风。

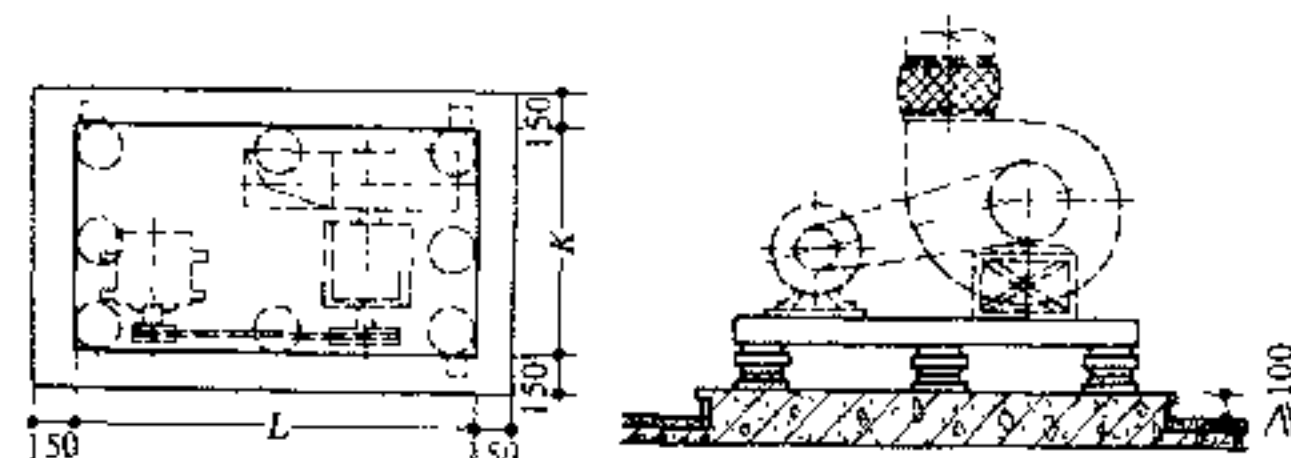


注:定位尺寸 A、B、H 由设计者定;
吊顶上和侧墙上洞口位置及尺寸由设计者定。

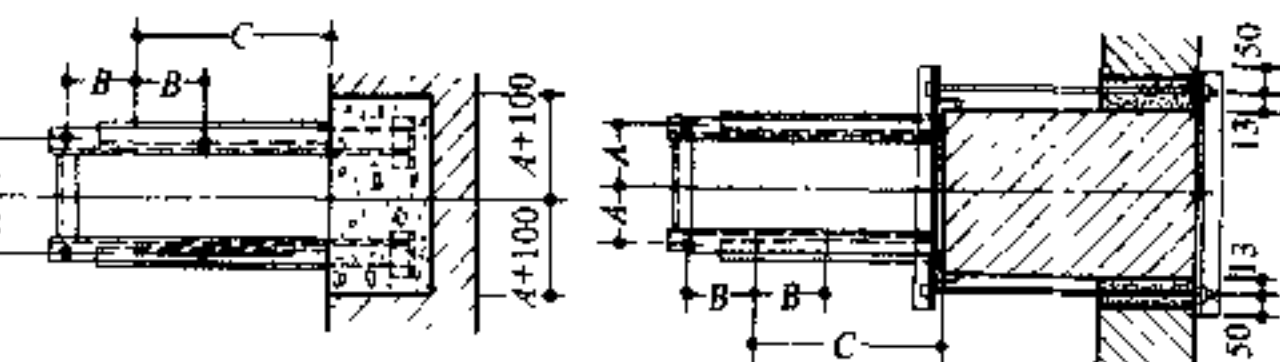
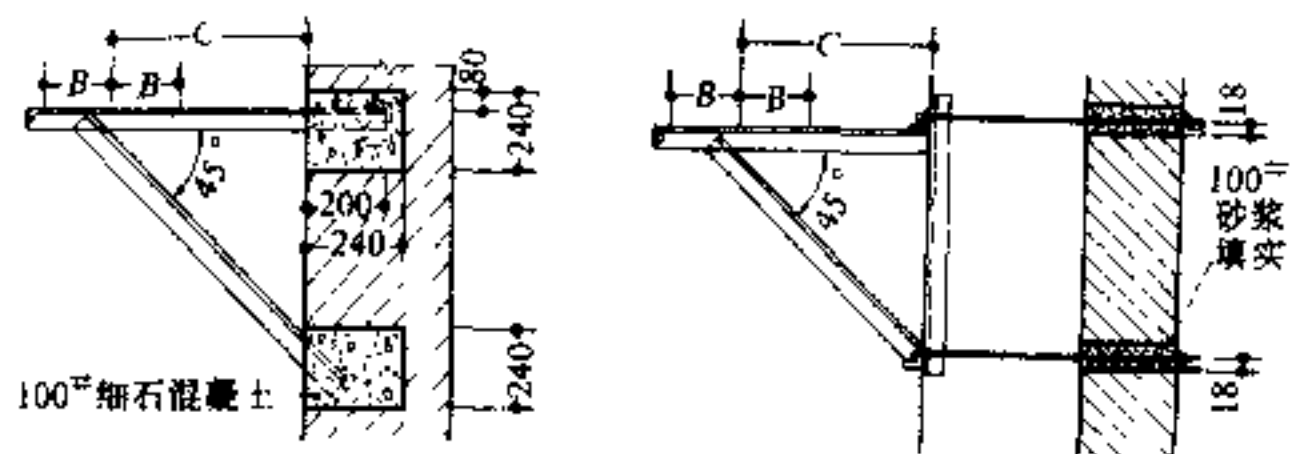
1 通风器的安装

离心式通风机

离心式通风机常用来作为送风和排风的主要设备,常安装在室内地面上、平台上,也可以安装在屋面上。但一般下面都有减振基座和减振器组成的减振体系,减振体系放在土建做好的凸台上,不用特殊固定。如果放在屋面上,要注意做好凸台与屋面接缝处的防雨措施。风机机号在 5 号以下者还常用钢支架安装在砖墙上或砖柱上。图中尺寸 A、B、C、K、L 根据不同的风机规格由设计人确定。



a 在地面上、平台上、屋面上安装



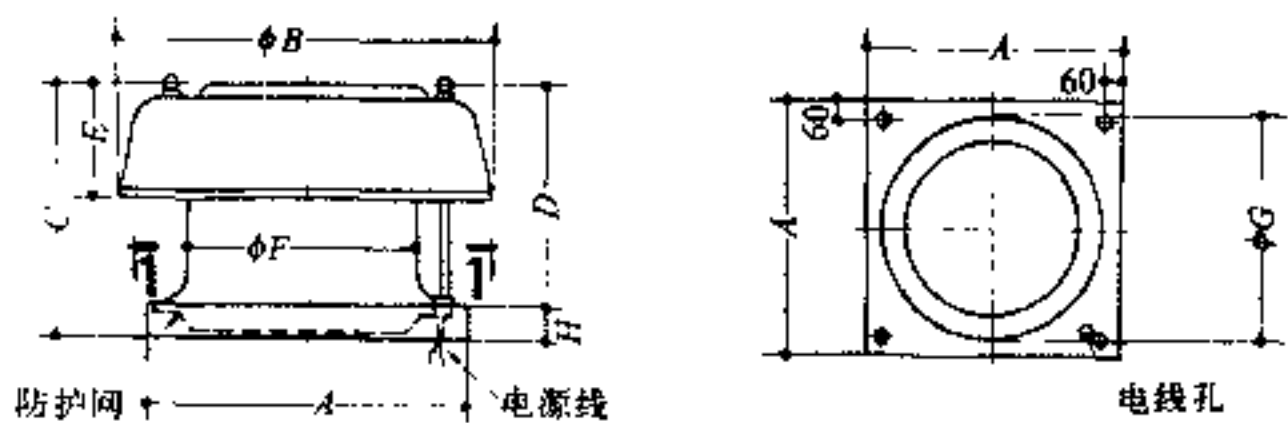
b 在砖墙上支架安装

c 在砖柱上支架安装

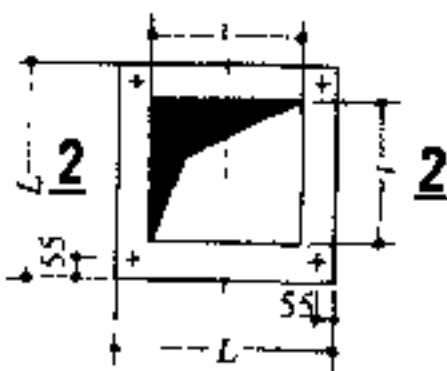
2 离心式通风机安装

屋顶通风机

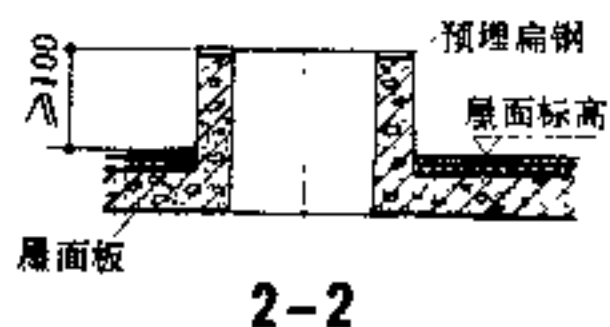
屋顶通风机最适合于位于顶层房间的室内排风。



a 外形



b 基础



2-2

注:风机基础尺寸 L、L 由设计人根据不同型号、规格的风机确定。

3 屋顶通风机安装

热风幕

热风幕是空气幕的一种，是利用特制的空气分布器喷出一定速度的幕状热气流，借以封闭大门、门厅、门洞、柜台等，减少或隔绝外界冷气流的侵入，维持室内或某一工作区域一定的环境条件。同时还可阻挡灰尘，有害气体、昆虫等的进入。

一、热风幕的设置条件

- 1.供暖室外计算温度等于或低于-20℃的地区，大门开启频繁而又不能设置门斗或前室，且每班开启时间超过40分钟时。
- 2.当生产要求不允许降低室内温度而又不能设置门斗或前室时。
- 3.供暖室外计算温度高于-20℃的地区，经技术经济比较合理时。
- 4.在大量散湿的房间里或临近大门有固定工作岗位的民用和工业建筑的门厅或门斗里。

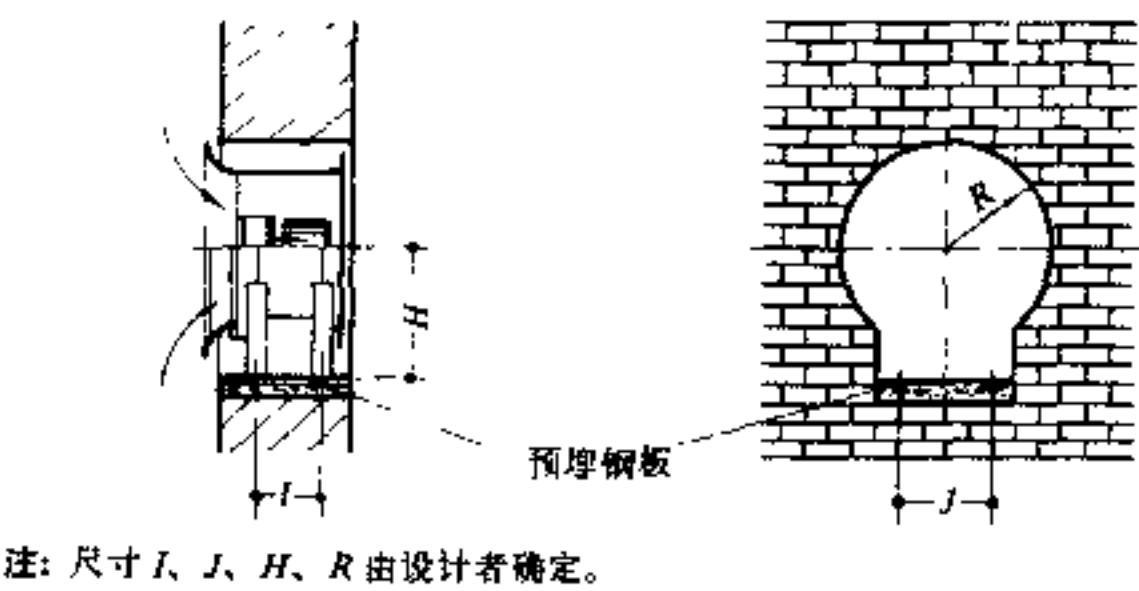
二、热风幕的设置形式及特点

表1		
设置形式	特 点	图 示
上送式	安装在门洞上部，气流的卫生条件较好，安装简便，占空间面积小，不影响建筑美观。广泛应用于一般的公共建筑，如影剧院、会堂、旅馆、商店等。也适用于工业厂房	
侧送式	单侧式 安装在门洞的一侧。适用于宽度小于4m的门洞和车辆或人通过门洞时间较短的场合。为了不阻挡气流，装有单侧热风幕的大门严禁向内开启	
	双侧式 安装在门洞的两侧。适于门洞宽度大于4m，车辆或人通过门洞时间较长的场合。同样为了不阻挡气流，装有双侧热风幕的大门严禁向内开启	
下送式	空气分布器安装在门洞下部的地沟内，可阻止冬季冷风从门洞下部侵入，冬季挡风效率最好，而且不受大门开启方向的影响。但又因此方式在车辆通过门洞时影响气流效果，且易被堵塞和污染，故一般很少使用	

三、上送式热风幕的安装位置及气流

表2		
室内温度情况	热风幕装在大门外	热风幕装在大门内
室内温度等于室外温度		
室内温度高于室外温度		
室内温度低于室外温度		

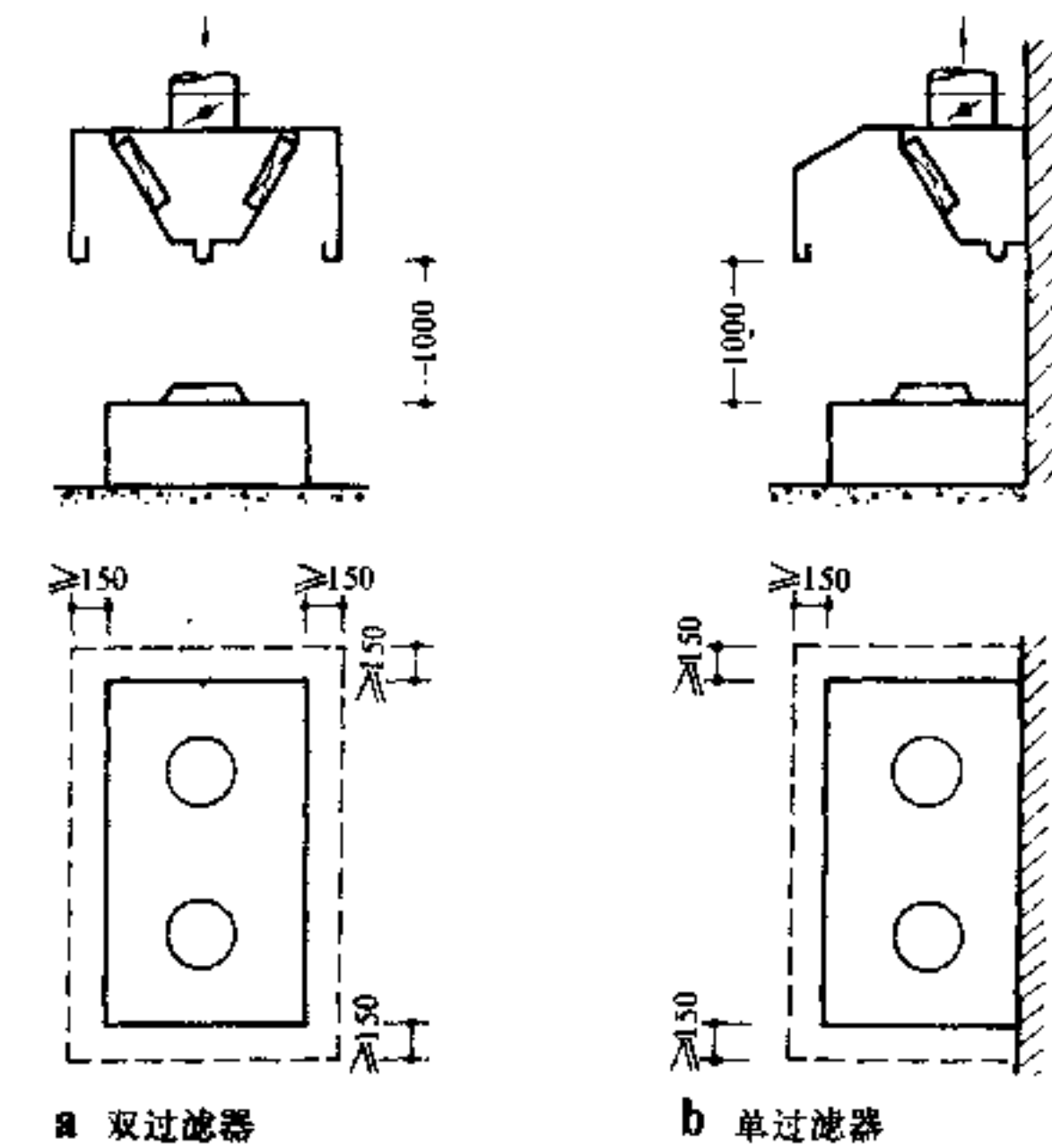
轴流式通风机



轴流式通风机在砖墙内安装

YG 油烟过滤器

YG 型油烟过滤器广泛应用于厨房等排风系统中。



油烟过滤器安装

袋式除尘机组

适用于各种机床、砂轮机、建材加工、医药加工等发尘作业点。

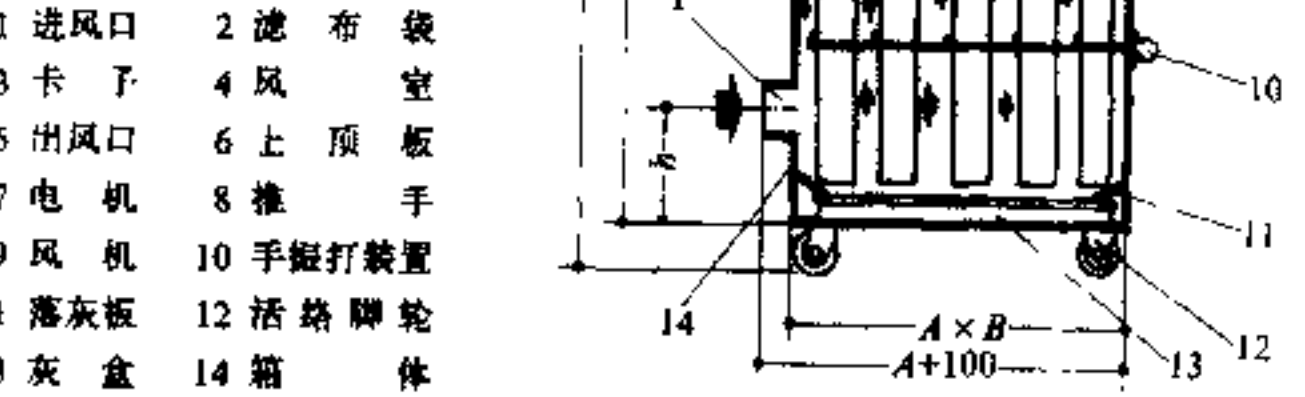


表 3								
型 号	外形尺寸 mm				风 量 (m ³ /h)	风机全压 kPa	噪声 db(A)	效率 %
	A	B	H	h				
DC-1	650	500	1080	270	750~900	1.05	<79	99.5
DC-2	525	400	880	200	700	0.09	<79	99.5
JLB-18	760	580	2040		2000	2.00	<80	99.5
JLB-18(Ⅱ)	760	580	1330	300	1500~2000	2.00	<80	99.5

袋式除尘机组的外形尺寸

通风及空调系统的防火

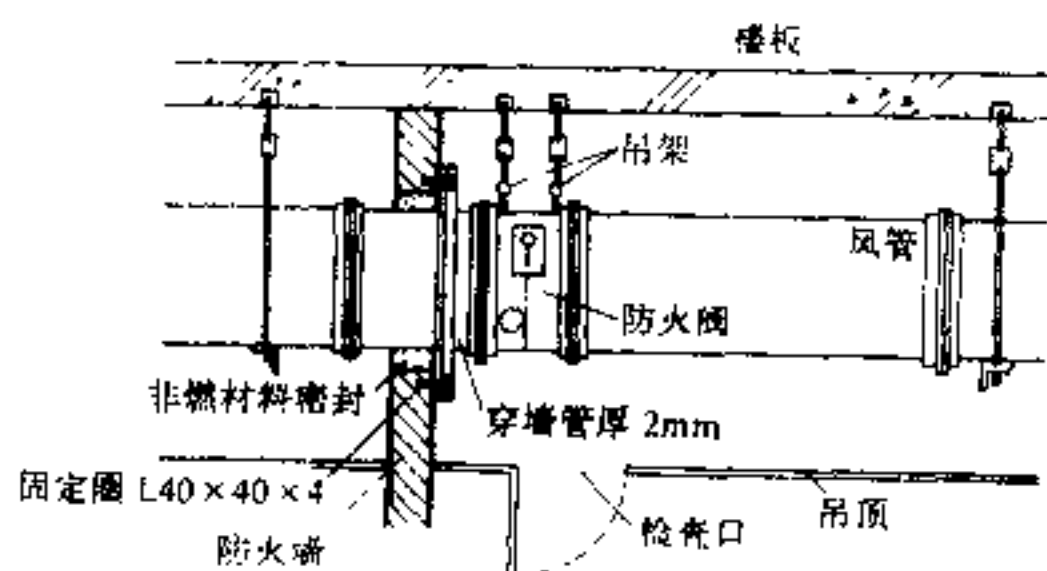
一、通风及空调系统，横向应按每个防火分区设置，竖向不宜超过五层。但排风管道设有防止回流措施以及各层设有自动喷水灭火装置时，其新风和排风管道不受此限。垂直风管应设在管道井内，该井壁应为耐火极限不低于一小时的非燃烧体，井壁上的检查门应采用丙级防火门。管道井应在每隔2~3层楼板处用相当于楼板耐火等级的非燃烧体作防火隔断。

二、通风及空调系统的风管不宜穿过防火墙和变形缝，如必须穿过时，应在风管上设防火阀，且防火阀处应有独立的支、吊架和防止风管变形影响防火阀关闭的措施。

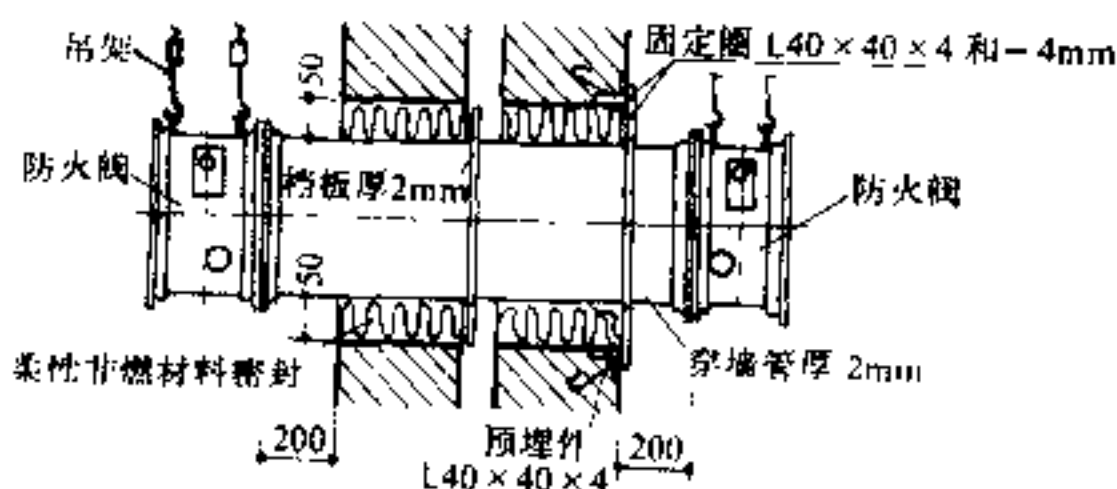
三、通风与空调机房应与其他部分隔开。并分别采用耐火极限不低于3小时和2小时的隔墙和楼板，门应采用耐火极限不低于1.25小时的甲级防火门。

四、厨房、浴室和厕所的排风管道上不装止回阀时，可采用以下防止回流措施

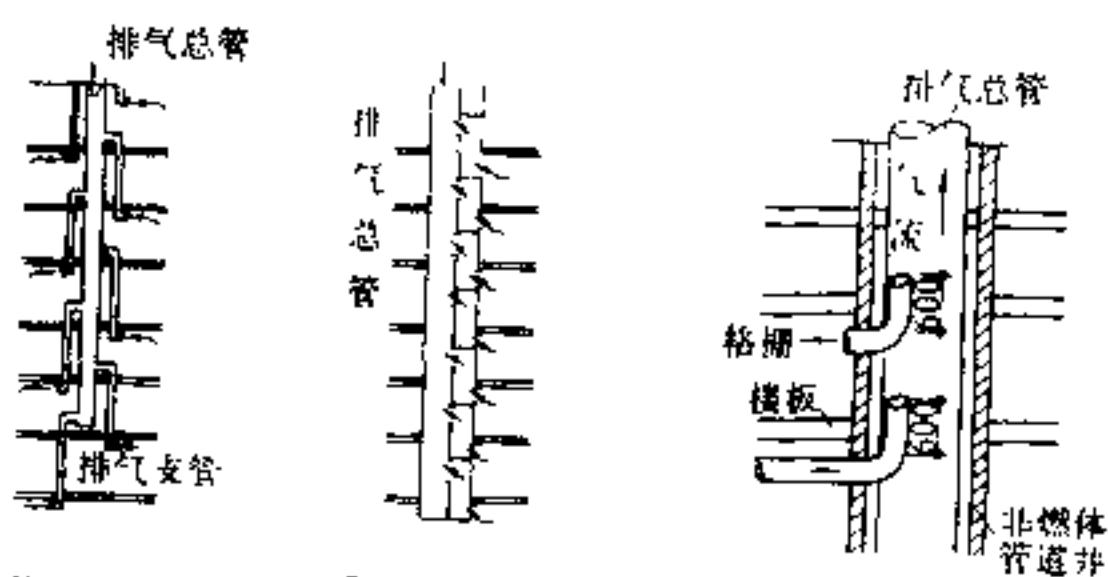
1. 增加各层垂直排风支管的高度，使各层排风支管穿越两层楼板。
2. 把排风竖管分成大小两个风道，总竖管直通屋面，小风管分层与总管相连。
3. 将排风支管顺气流方向插入总竖管，且从支管插入处至支管出口的高度不小于600mm。



a 防火墙处的防火阀



b 变形缝处的防火阀



c 增加支管高度

d 分成两个风道

e 支管插入总竖管

1 防火墙变形缝处的防火阀及防止回流措施

加压送风及机械排烟部位设计条件和防排烟方式

表1

序号	部位	设计条件	防排烟方式
1	防烟楼梯间	1. 无直接采光窗或仅设固定窗时 2. 每5层可开启外窗有效面积小于2m²时	加压送风
2	防烟楼梯间前室或消防电梯前室	1. 无直接采光窗或仅设固定窗时 2. 开启外窗有效面积小于2m²时	加压送风(或排烟)
3	防烟楼梯间与消防电梯合用前室	1. 无直接采光窗或仅设固定窗时 2. 开启外窗有效面积小于3m²时	加压送风(或排烟)
4	走道和地上房间	1. 内走道长度超过20m，且无直接采光窗或仅设固定窗时 2. 内走道有直接采光窗，但长度超过60m时 3. 面积超过100m²的无窗或仅设固定窗的房间且经常有人停留或可燃物较多时	排烟
5	地下室房间	总面积超过200m²，或一个房间面积超过50m²且经常有人停留或可燃物较多时	排烟
6	室内中厅	净高超过12m时	排烟
7	避难层	为全封闭避难层时	加压送风

注：高度超过50m的一类公共建筑的防烟楼梯间及其前室、消防电梯前室和合用前室，不论有无可开启的外窗，均应设计机械防排烟系统。

2 加压送风及机械排烟部位和设计条件

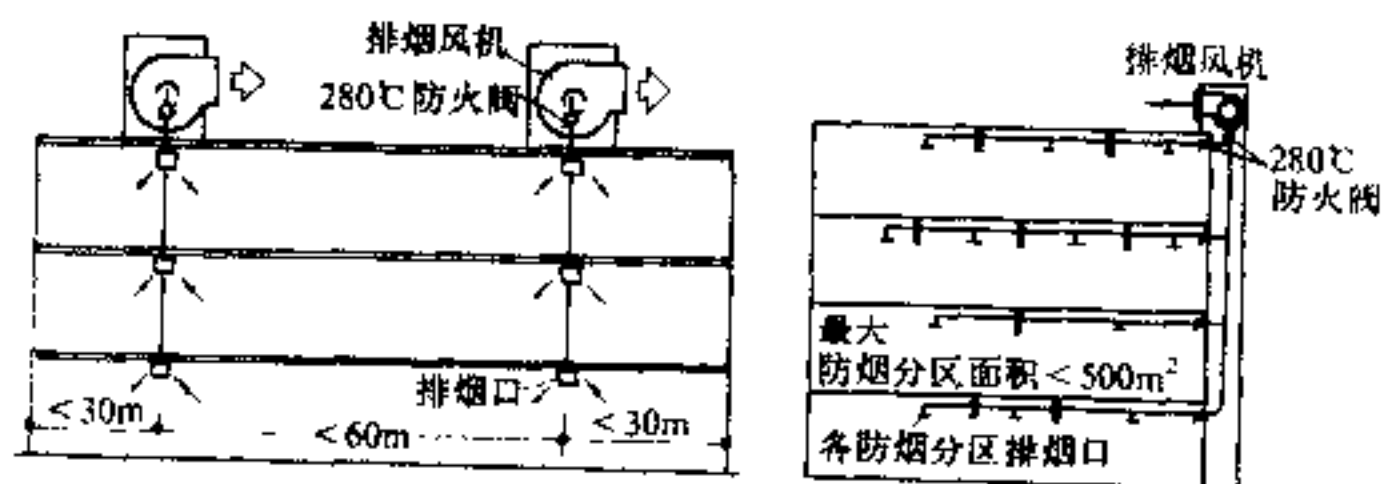
加压送风系统的方式

表2

1	对防烟楼梯间及其前室分别送风	
2	对防烟楼梯间及有消防电梯的合用前室分别送风	
3	仅对消防电梯的前室送风	
4	当防烟楼梯间具有自然排烟条件，仅对前室及合用前室送风	

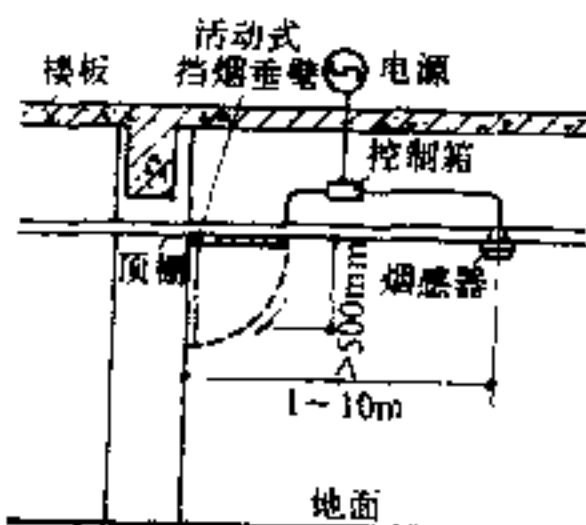
注：图中“++”、“+”、“-”表示各部位静压的大小。

3 加压送风系统的方式

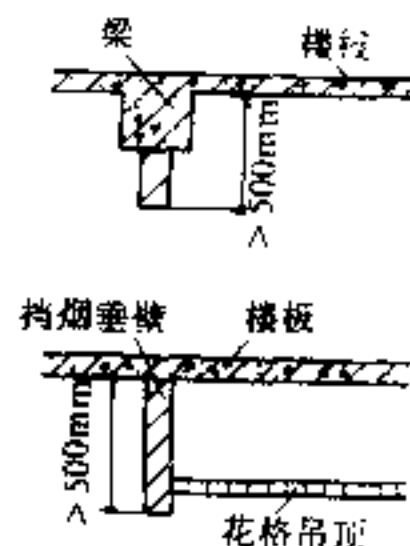


a 竖式布置的走道排烟系统

b 水平式布置的房间排烟系统



c 挡烟垂壁

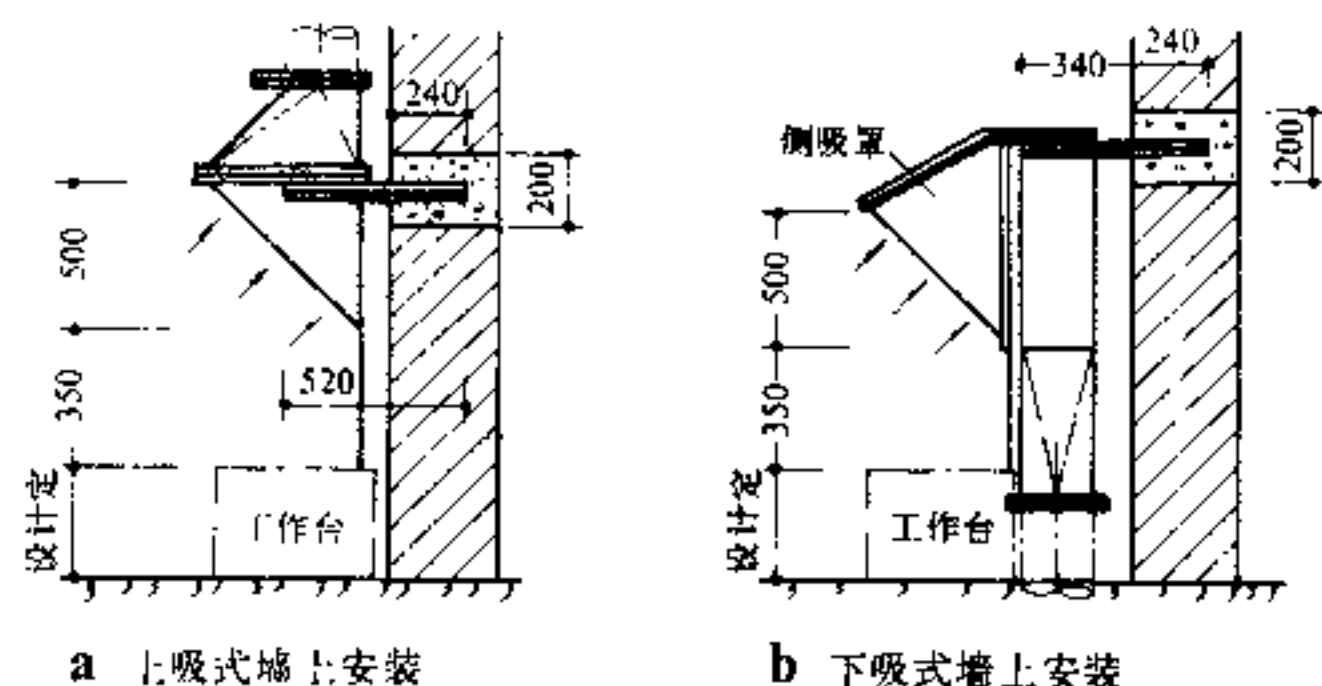


4 排烟系统布置方式及挡烟垂壁

局部排风是将蒸汽、粉尘或其它有害气体在发生源处就地及时排除。常用的排风方式有：利用排风罩排风；用通风柜排风；槽边排风等。

侧吸罩

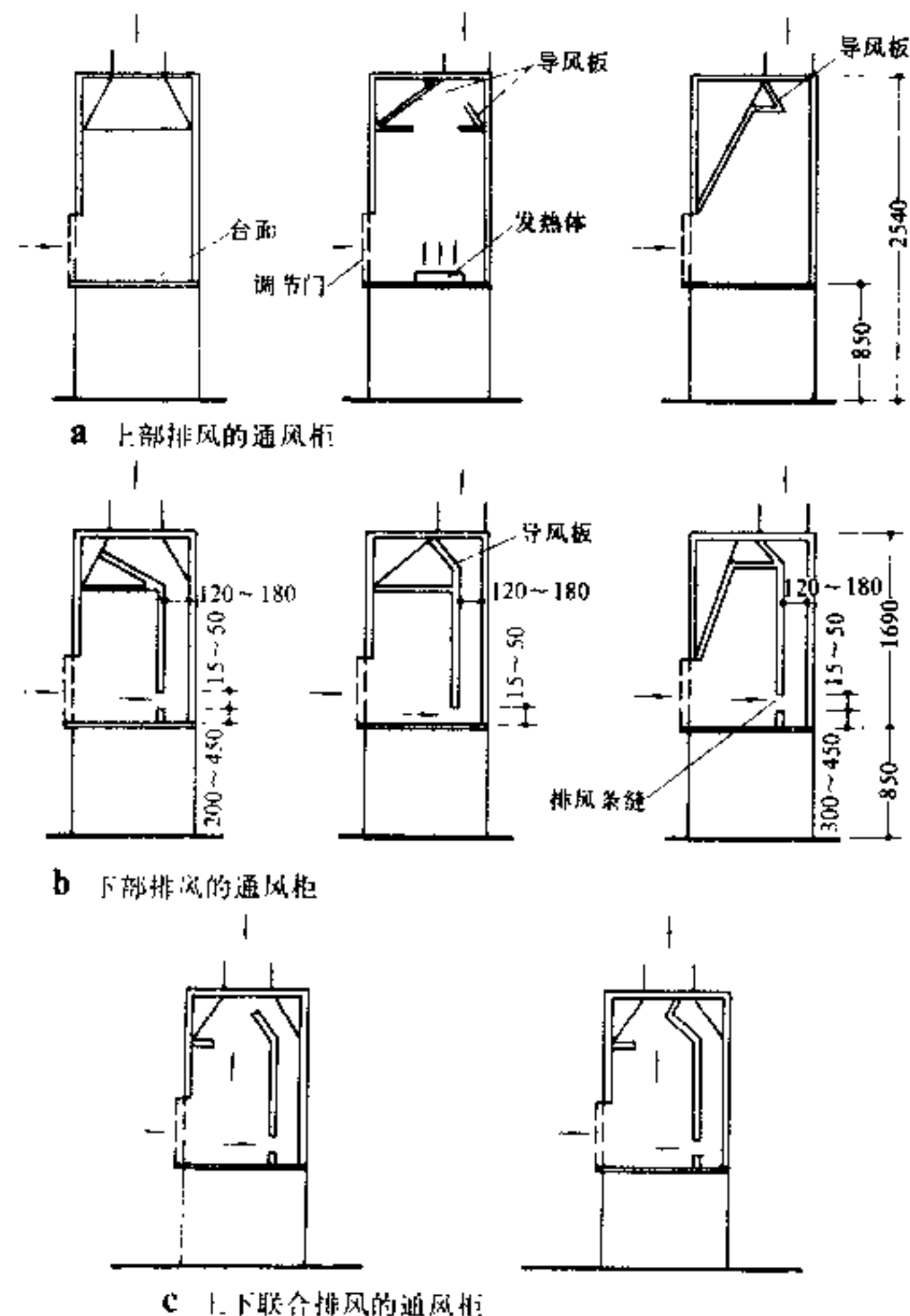
侧吸罩是靠墙安装或靠工作台安装的排风罩的一种形式，按排风管的位置又分为上吸式和下吸式。



1 侧吸罩墙上安装

通风柜

通风柜是属于密闭罩的一种特殊形式，产生有害物的操作过程完全在罩内进行。常分为上部排风、下部排风和上下联合排风三种形式。



2 通风柜的排风形式

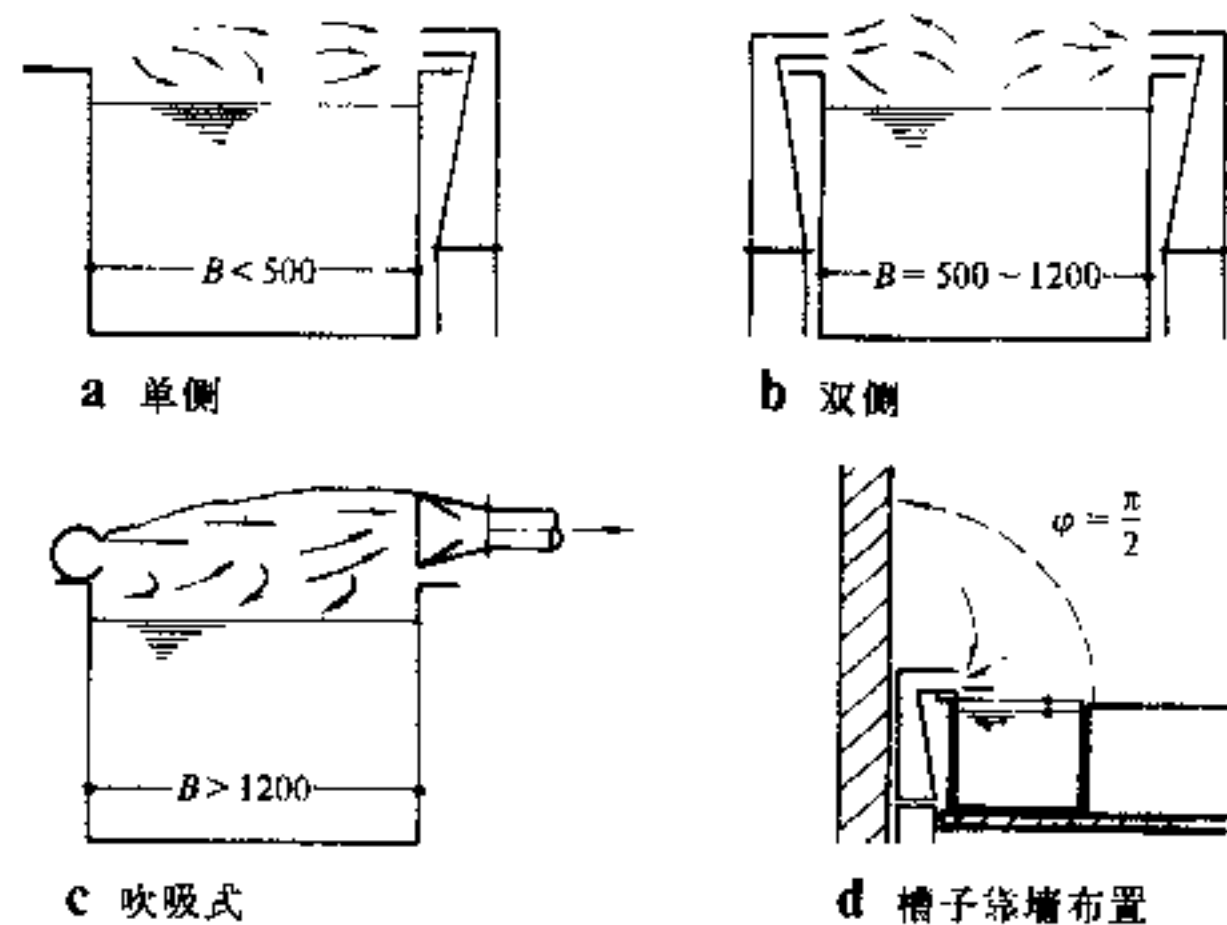
槽边排风

在酸洗电镀车间经常遇到槽边排风的问题。其特点是不影响工艺操作，有害气体不经过人的呼吸区而直接被槽边排风罩抽走。排风罩的布置形式与槽子的宽度有关。当槽宽 $B < 500\text{mm}$ 时，采用单侧排风；当槽宽 $B = 500 \sim 800\text{mm}$ 时，宜采用双侧排风；当槽子的宽度 $B = 900 \sim 1200\text{mm}$ 时，必须采用双侧排风；当槽子宽度 $B > 1200\text{mm}$ 时视情况可采用双侧排风或吹吸式排风。

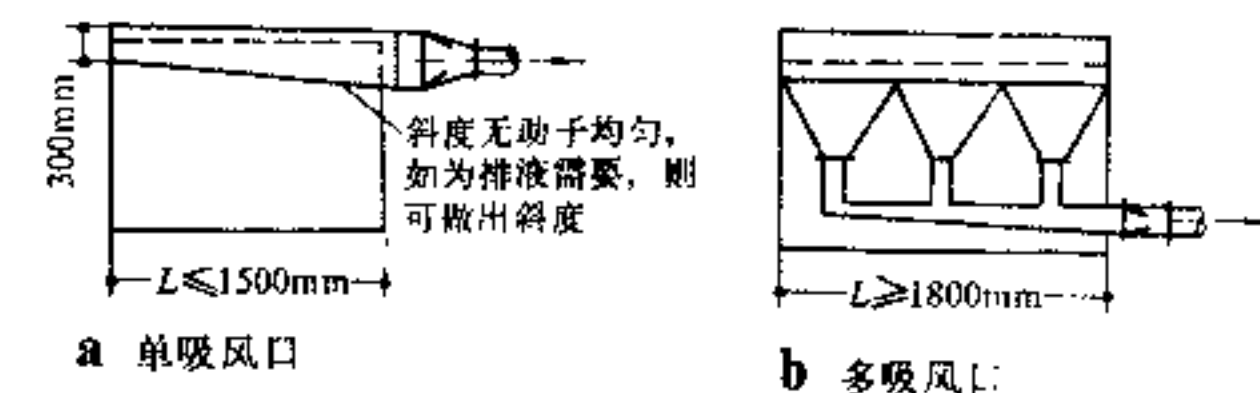
为了提高排风效果，减少排风量，槽子宜靠墙设置，尽量降低排风罩距液面的高度，但一般 $< 150\text{mm}$ 。

排风罩与排风干管连接，宜采用下排风方式，干管设在技术夹层内或采用排风地沟。当采用排风地沟时，一定要作好防水防腐处理。

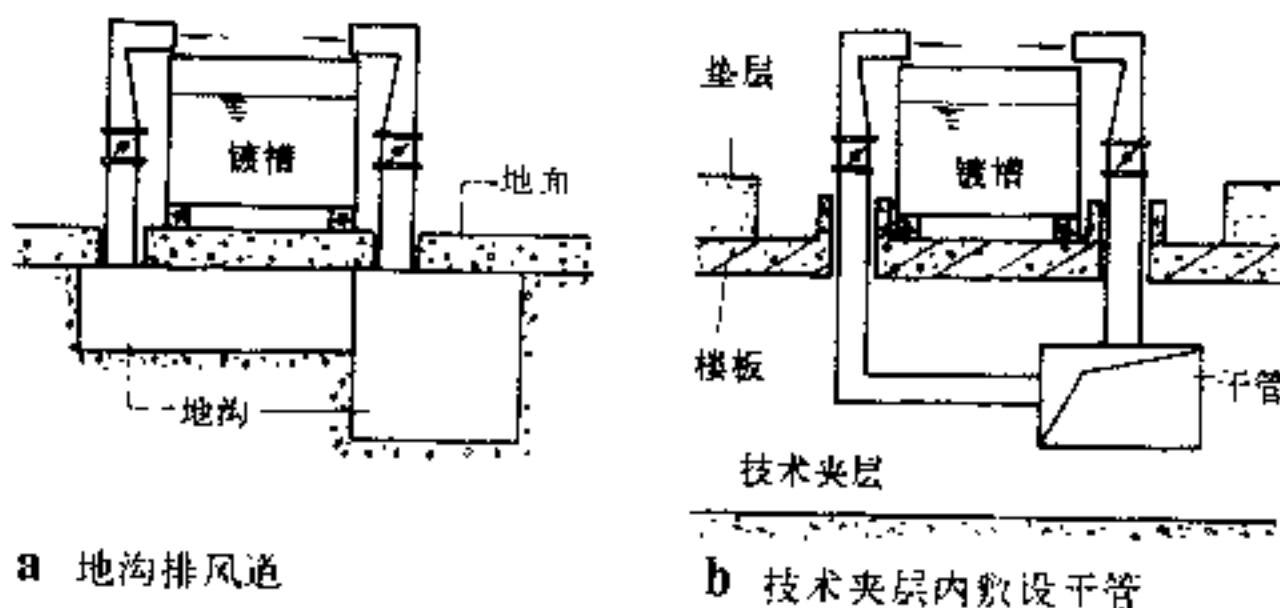
另外，根据槽子的长度，决定采用单吸风口或多吸风口。当槽长 $L \leq 1.50\text{m}$ 时，可采用单吸风口；当槽长 $L \geq 1.80\text{m}$ 时，建议采用多吸风口；当槽长 $L \geq 3\text{m}$ 时，必须采用多吸风口。



3 排风罩的布置形式



4 吸风口的形式



5 排风干管的设置

空气调节的概念

空气调节是用人工的方法使室内的空气温度、湿度、清洁度和气流速度等参数达到预定要求的技术。一般方法是对空气进行过滤、冷却或加热、加湿或干燥等处理。

空调系统主要包括空气处理、空气输送和空气分配三部分，有时也配以自动控制装置。

空调设备主要包括进风、过滤、空气处理、风机、消声、防火及自动控制等装置。

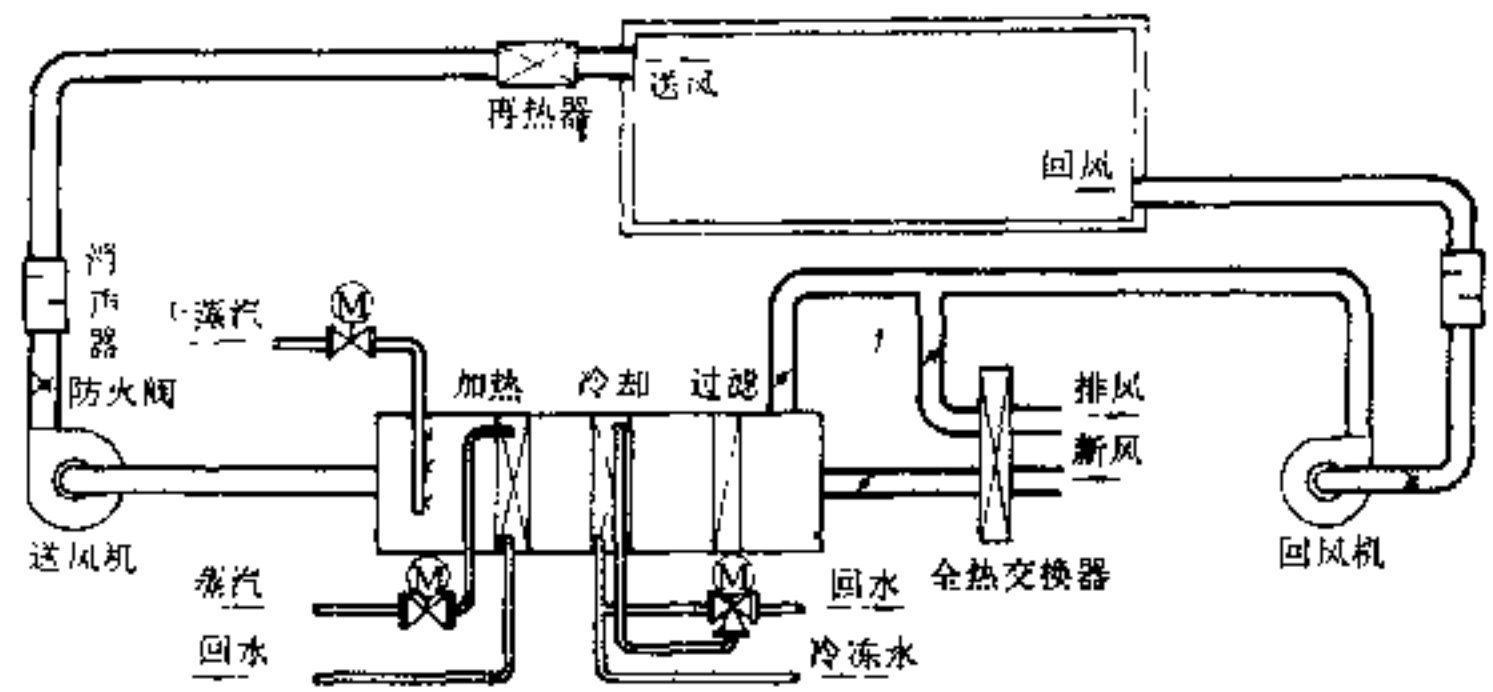


图1 空调系统示意图

空调系统的分类

表1

系统形式	处理负荷的方式及系统特点	适用范围	安装特点	示意图
全空气系统	定风量系统 把送风量作为一个常数，用改变送风温度来补偿室内负荷的变化，从而维持室温在要求的范围内。此类系统存在运行中的冷、热能量抵消问题，增加了运行费用。采用双风机时，过渡季可大量的采用室外新风。	适用于工业、民用及公共建筑中各种空调系统。	送风管一般设在走廊或房间的吊顶内，利用吊顶空间作为回风道。要求梁下至吊顶有 $\geq 600\text{mm}$ 的高度。送、回风口常设在内墙上或吊顶上。	
	变风量系统 把送风温度作为一个常数，用改变送风量来补偿室内负荷的变化，从而维持室温在要求的范围内。此类系统不存在运行中的冷、热能量抵消问题，从而节省了运行费。采用双风机时，过渡季可大量的采用室外新风。	适用于舒适性空调系统及恒温精度 $\geq 1^\circ\text{C}$ ，且对湿度和洁净要求不严格的空调系统。	同定风量系统。	
空气-水系统	风机盘管-新风系统 空调房间的负荷由集中处理过的新风负担一小部分，而其它大部分负荷则由水作为介质在送入房间时对空气进行二次处理（加热或冷却）。无冷、热能量抵消问题。过渡季也无法大量采用室外新风。	适用于一般的舒适性空调系统，特别适用于高层建筑中标准层的空调系统。	需要设置独立的新风输送管道系统，高层建筑中还需设单独的新风管井。卧式风机盘管一般设在门厅或走道的吊顶内，立式风机盘管常靠外墙落地安装。	
余水系统	风机盘管系统 室内负荷全部由集中供应的冷、热水负担。	适用于全循环系统。	设备放在室内，无风管。水系统可采用两管制或四管制。	
直接蒸发系统	风冷式 室内负荷由制冷和空调机组合在一起的小型设备负担，热交换在机组内的蒸发器进行。机组有整体式和分体式之分。	适用于一般空调系统。	设备放在室内，一般不接风管。窗式空调器放在外窗上或墙洞内，柜式空调器可直接放在室内地坪上，分体式空调器内外机分别安装。	
	水冷式			

室内设计参数

室内设计参数应根据使用需要及必要的卫生条件确定。当无特殊要求时，对于生产厂房、民用及辅助建筑，其设计参数应符合表2的规定。

室内设计参数

表2

房间用途	作业种类	夏季			冬季		
		温度($^\circ\text{C}$)	相对湿度(%)	风速(m/s)	温度($^\circ\text{C}$)	相对湿度(%)	风速(m/s)
民用及辅助建筑		24~26	55~70	<0.25	18~22	30~50	<0.25
生产厂房	轻			0.2~0.5	18~22	30~60	0.2~0.3
	中			0.2~0.5	17~19	30~60	<0.3
	重			0.2~0.5	16~18	30~60	<0.3

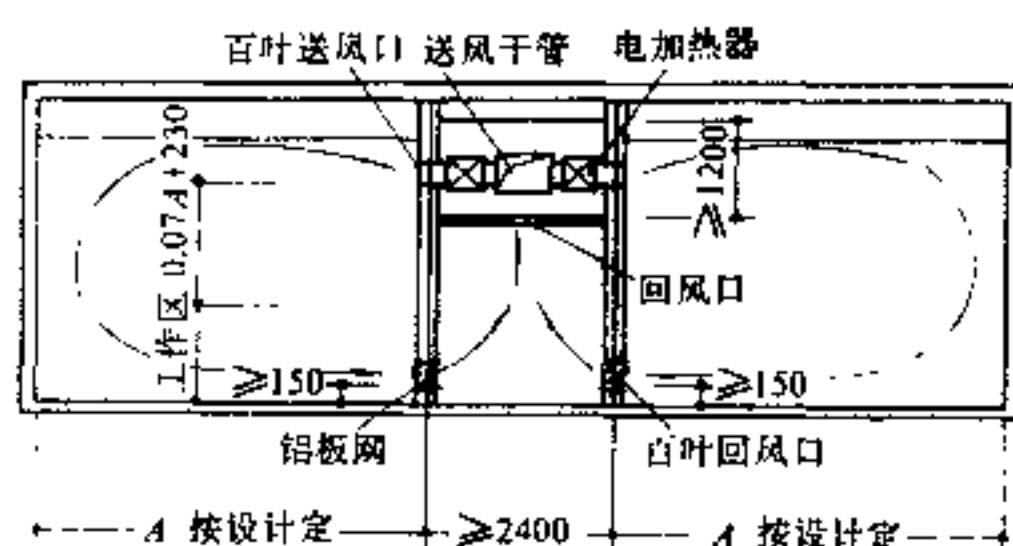
空气调节房间的送风方式及送风口选型应符合下列要求

一、一般可采用百叶风口或条缝型风口等侧送,有条件时,侧送气流宜贴附。工艺性空调房间,当室温允许波动范围小于或等于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 时,侧送气流应贴附。这种送风方式适用中间有走廊,房间无吊顶的建筑物,利用走廊回风。当单侧送风时,走廊两侧墙轴线宽度不能小于2200mm;当两侧送风时,走廊两侧墙轴线宽度不小于2400mm。并要求回风走廊与非空调区域之间用保温密闭门或墙隔开。

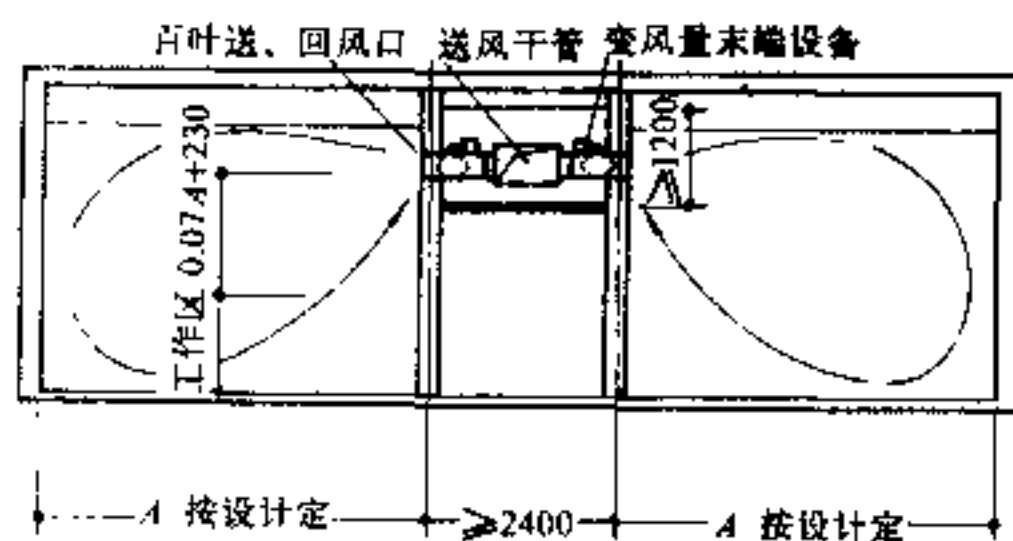
二、当房间有吊顶可利用时,根据房间的高度及使用场所对气流的要求,可分别采用不同型式的散流器送风或孔板送风。

三、对于空间较大的公共建筑和室温允许波动范围大于或等于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的高大厂房,可采用喷口或旋流风口送风。

四、电子计算机房以及程控机房,可采用地板送风。

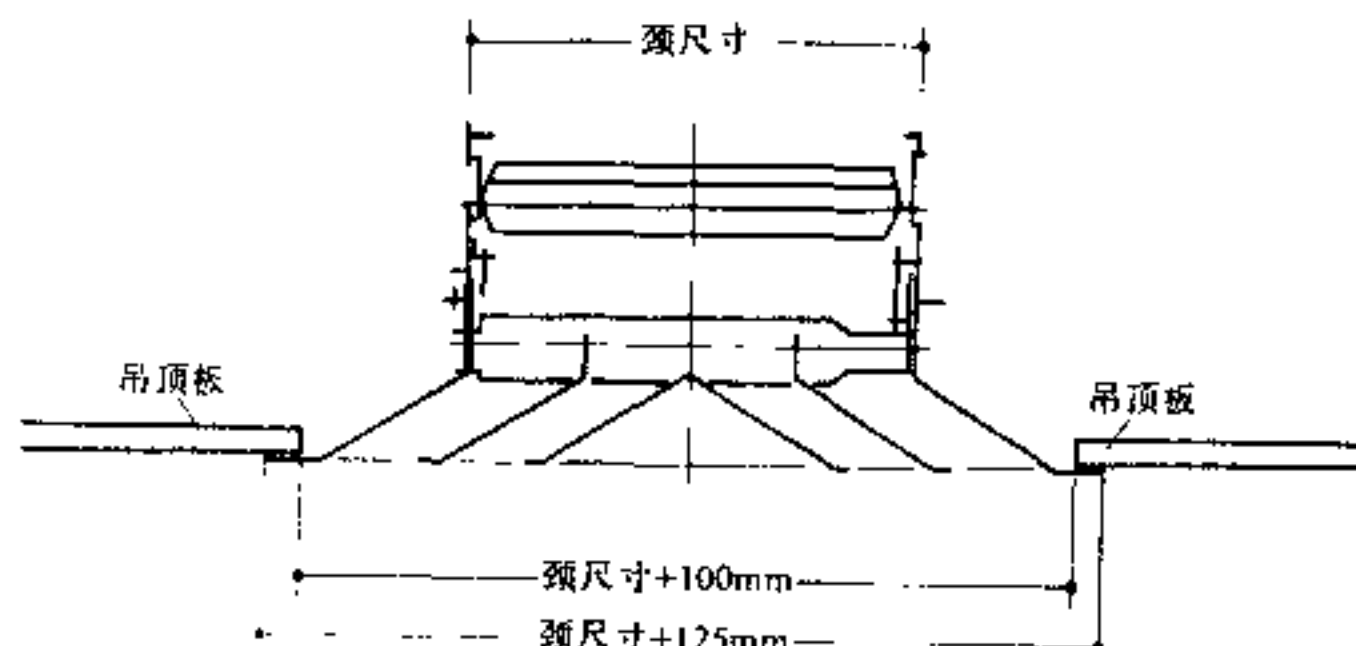


1 上侧送风、下侧回风



注:送风口和回风口可布置在同一个标高上,但送风口和回风口之间最近边缘距离不小于500mm,以防止气流短路。

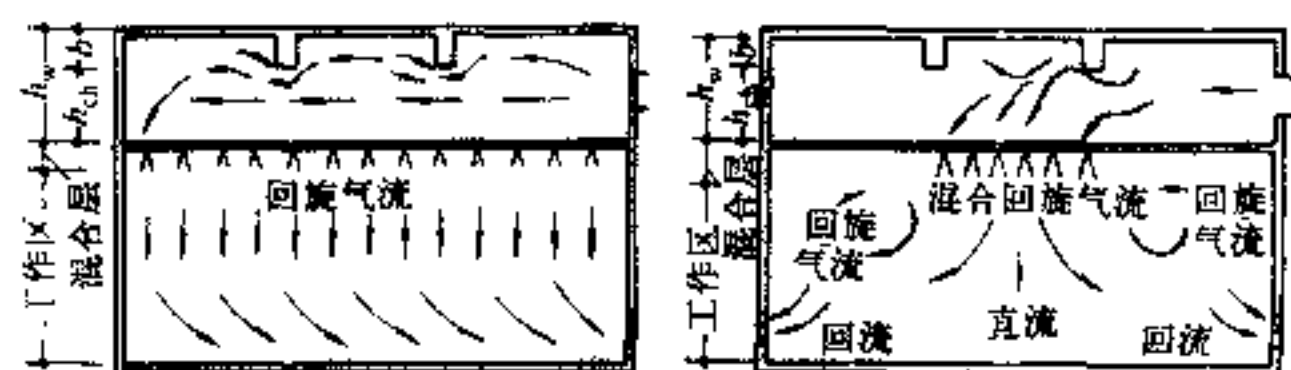
2 上侧送风、上侧回风



3 散流器安装

孔板送风

在顶棚上均匀地全面布置孔板称为全面孔板送风。孔板不是均匀地布置在顶棚,而是集中一起成带形、矩形或方形时,称为局部孔板送风。全面孔板送风适用于有较高净化要求,较小区域温差,较低气流速度的高精度空调系统。有高净化要求的不宜采用局部孔板送风。



a 全面孔板——下送直流

b 局部孔板

注:1孔板常用铝板、硬纤维板、石膏板、硬塑料板等材料制成。

2稳压层的高度应通过计算确定,但净高不应低于0.2m。计算公式如下:

$$h_{cs} = h_w - b = \frac{0.0014 L_s S_L}{V_s} \quad (\text{m})$$

式中: L_s ——单位面积送风量 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$);

S_L ——稳压层中气流流程 (m);

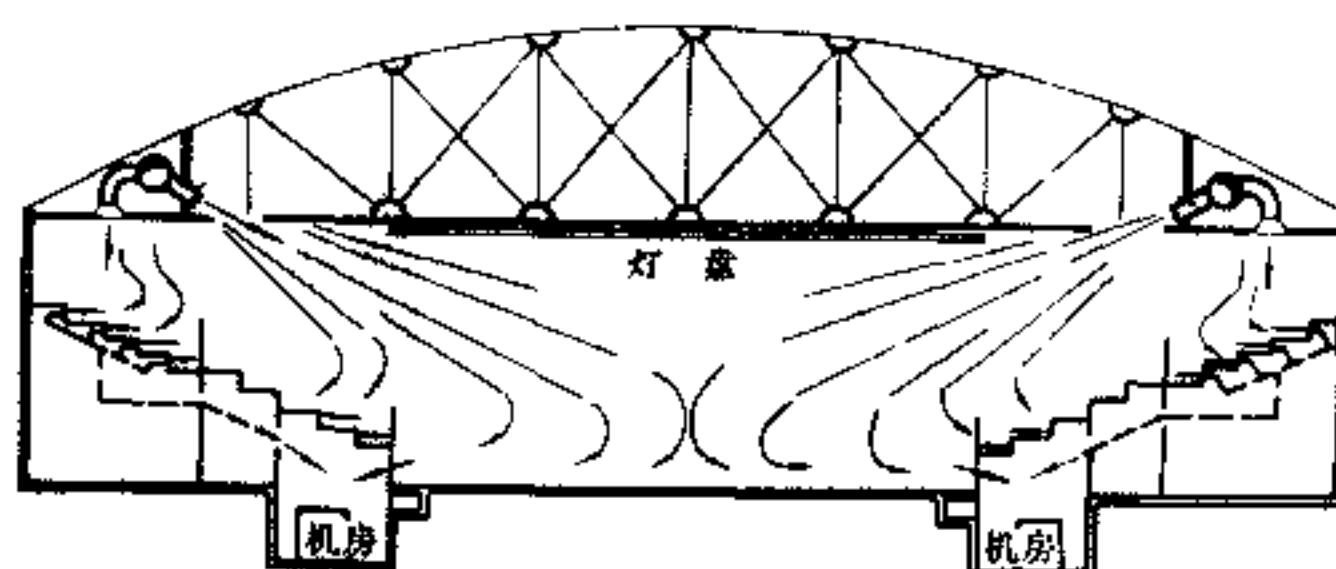
V_s ——送风速度。一般取 $V_s = 3 \sim 5 \text{ m/s}$;

b ——梁高 (m);

h_w ——稳压层高度 (m)。

3稳压层的顶部应有保温措施,稳压层内要有良好的气密性。

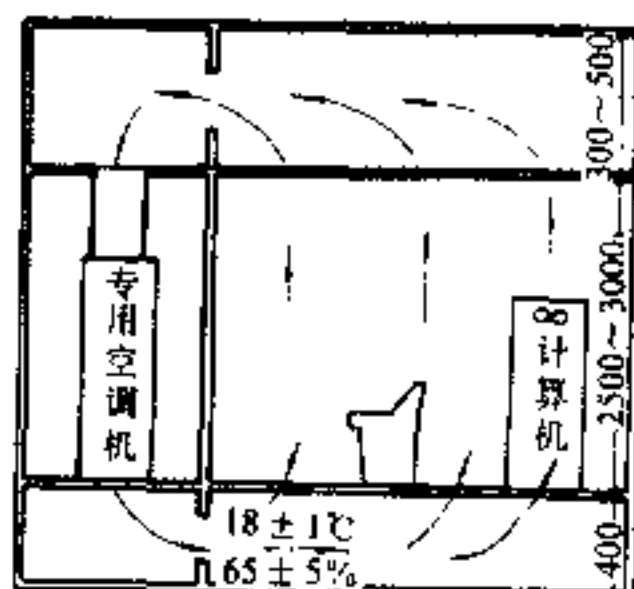
4 孔板送风



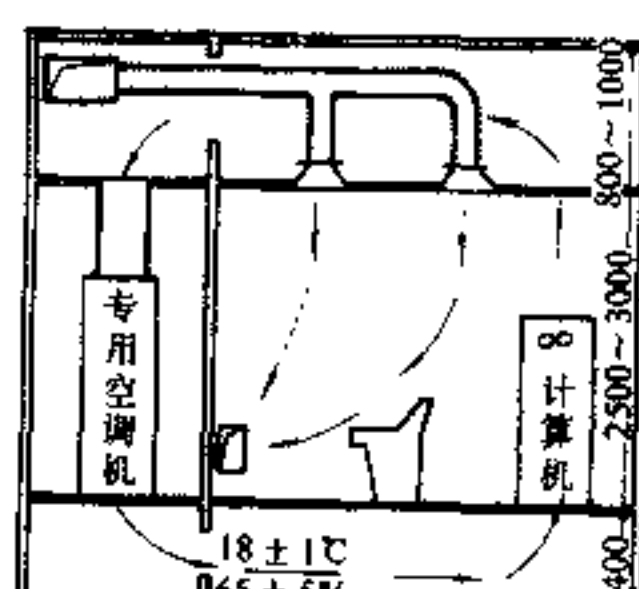
注:此图是某体育馆喷口送风特例。喷口送风是集中送风的一种型式,适用于大型体育馆、礼堂、剧院、通用大厅等高大空间的建筑。

5 喷口送风

电子计算机房和程控电话机房发热量较大,有的机柜内存在大量余热,除了向房间内输送冷风外,还需要直接向机柜内送风。一般采用地板送风或混合送风。



a 下送风、上回风



b 混合送风

6 计算机房送风方式

空调房间布置要求

一、空气调节房间应集中布置。室内温湿度基数和使用要求相近的房间宜相邻布置。层高相同的空调房间，应集中布置在同一层，避免高低错落。

二、利用非空调房间包围空调房间或温湿度基数及允许波动范围要求低的房间包围要求高的房间。

三、建筑体型力求简单方正，减少与室外空气邻接的暴露面。

四、优先选择南北朝向。避免布置在有两面外墙的转角处和有伸缩缝、沉降缝的地方。

五、屋面应避免内排水

六、对振动和噪声有严格要求的空调房间，要远离振源和声源。

空调房间的外墙、朝向及所在层次 表1

室温允许波动范围(℃)	外 墙	外 墙 朝 向	层 次
$\geq \pm 1.0$	宜减少外墙	宜北向	宜避免顶层
± 0.5	不宜有外墙	如有外墙，宜北向	不宜在顶层
$\pm 0.1 \sim 0.20$	不应有外墙	——	不应在顶层

注：表中的“北向”，适用于北纬23.5°以北地区，对于北纬23.5°以南地区，可相应的采用南向。

空调房间的外窗及朝向 表2

室温允许波动范围(℃)	外 窗	外 窗 朝 向
> 1.0	应尽量减少外窗	应尽量北向
± 1.0	应尽量减少外窗	不应有东西向
± 0.5	不宜有外窗	如有外窗应北向
$\pm 0.1 \sim 0.2$	不应有外窗	——

注：对东西向窗，应考虑外遮阳措施，也可以采用有效的内遮阳措施。

空调房间的外窗及内窗层数 表3

室温允许波动范围(℃)	外窗层数	内 窗 层 数	
		窗两侧温差	
		$\geq 5^\circ\text{C}$	$\leq 5^\circ\text{C}$
≥ 1.0	双层	双层	单层
± 0.5	双层	双层	单层
$\pm 0.1 \sim 0.2$		双层	双层

注：有清洁度要求的房间，应采用相应的密闭窗。

空调房间的门和门斗 表4

室温允许波动范围(℃)	外门和门斗	内门和门斗
$\geq \pm 1.0$	不宜有外门，如有经常开启的外门时，应设门斗	门两侧温差 $\geq 7^\circ\text{C}$ 时，宜设门斗
± 0.5	不应有外门	门两侧温差 $\geq 3^\circ\text{C}$ 时宜设门斗
$\pm 0.1 \sim 0.2$	严禁有外门	内门不宜通向室温基数不同或室温允许波动范围大于 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的邻室

注：1 空调房间的外门应严密。门两侧温差 $\geq 7^\circ\text{C}$ ，应保温。当有两道门或有门斗时，保温门宜设在保温墙围护结构上。

2 外门应向内开启。安全门应向外开启。内门应朝向要求高的房间开启。

3 物料出入用外门的门斗，应考虑物料停放与自热升温到要求温度的可能，也可设升温门斗。

4 物料运输频繁的房间，宜在内门或内墙上开设双层传递窗。

5 舒适性空调房间开启频繁的外门，宜设门斗，必要时，可设置空气幕。

6 对 $\leq \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的恒温房间或洁净室，内门或内墙上宜设观察窗。

空调房间围护结构的经济传热系数

空调房间围护结构的经济传热系数，应根据技术经济比较确定。应考虑到室内、外温差、恒温精度、保温材料价格与导热系数、空调制冷系统投资与运行维护费用等因素。通常采用表5中数值。

K 值 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$) 表5

围护结构	工 艺 性 空 气 调 节			舒 适 性
	室温允许波动范围(℃)			
	名 称	$\pm 0.1 \sim 0.2$	± 0.5	$\geq \pm 1.0$
屋 盖	——	——	0.8(0.7)	1.0(0.9)
顶 棚	0.5(0.4)	0.8(0.7)	0.9(0.8)	1.2(1.0)
外 墙	——	0.8(0.7)	1.0(0.9)	1.5(1.3)
内墙和楼板	0.7(0.6)	0.9(0.8)	1.2(1.0)	2.0(1.7)

注：1 表中内墙和楼板的有关数值，仅适用于相邻房间温差大于 3°C 时；

2 确定围护结构的传热系数时，尚应符合围护结构最小热阻的规定。

空调房间围护结构热惰性指标 表6

围护结构名称	室温允许波动范围(℃)	
	$\pm 0.1 \sim 0.2$	± 0.5
外 墙	——	4
屋盖和顶棚	4	3

围护结构隔汽层与防潮层

南方地区，冬夏两季室内外温差都小于 10°C 时，外墙一般不设隔汽层，对多雨潮湿地区，可在围护结构靠室外侧或保温层外侧设防潮层。北方和中原地区，冬季室内外温差在 $20 \sim 40^\circ\text{C}$ 之间时，可按冬季条件考虑，在围护结构靠室内侧或保温层内侧设隔汽层。

空调机房

一、集中式大型空调机房宜设在底层或地下室。

二、集中式中型空调机房或半集中式空调机房应按各个防火分区分别独立设置。

三、高层建筑的裙房的空调机房宜分层设置，最好能在同一个位置即垂直成一串布置，这样有利于冷、热管道的设置。

四、各空调机房的位置应尽量靠近被空调的房间，且空调系统的作用半径不宜太大，一般为 $30 \sim 40\text{m}$ 。而且系统的服务面积以 500m^2 左右为宜。

五、空调机房须有独立的通向室外的设备出入口。空调机房如有门与被空调的房间相通时，须采用防火保温密闭门。机房内转动设备应采用减振措施，机房内还要考虑消声措施。

六、根据机房面积的大小，系统复杂程度及管理人員的多少，可在机房内设值班室、厕所及上下水设施。

七、空调机房的面积和层高见表7。

表7

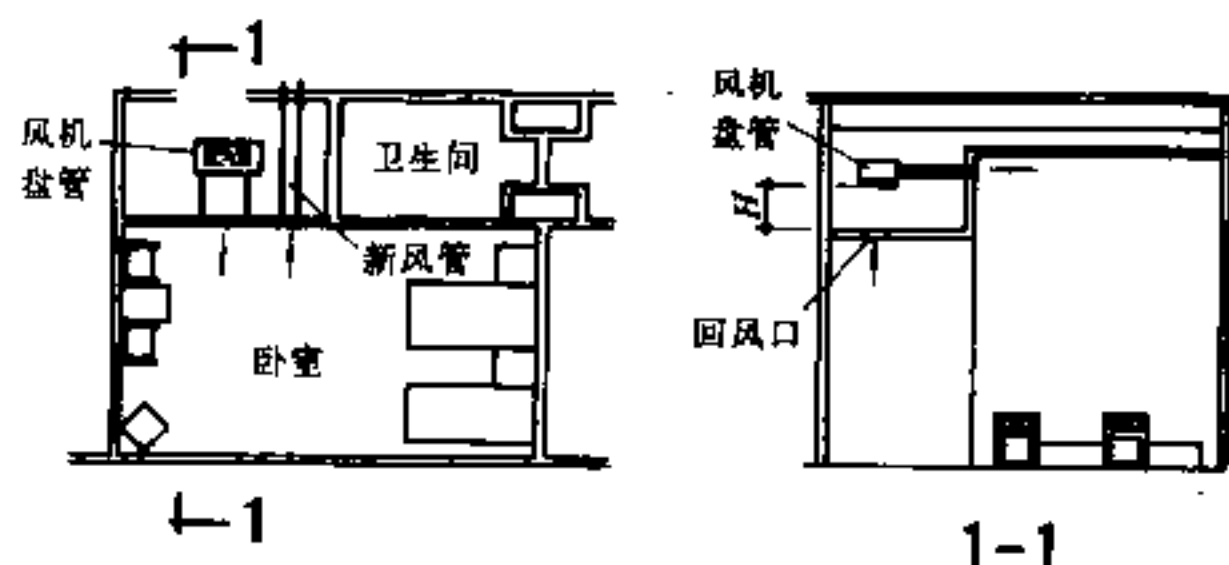
建筑面积(m^2)	机房面积占建筑面积的(%)	层 高 (m)
< 10000	$\sim 0 \sim 4.5$	4.0~4.5
10000~25000	4.5~3.7	5.0~6.0
30000~50000	3.6~3.0	6.5

空调设备

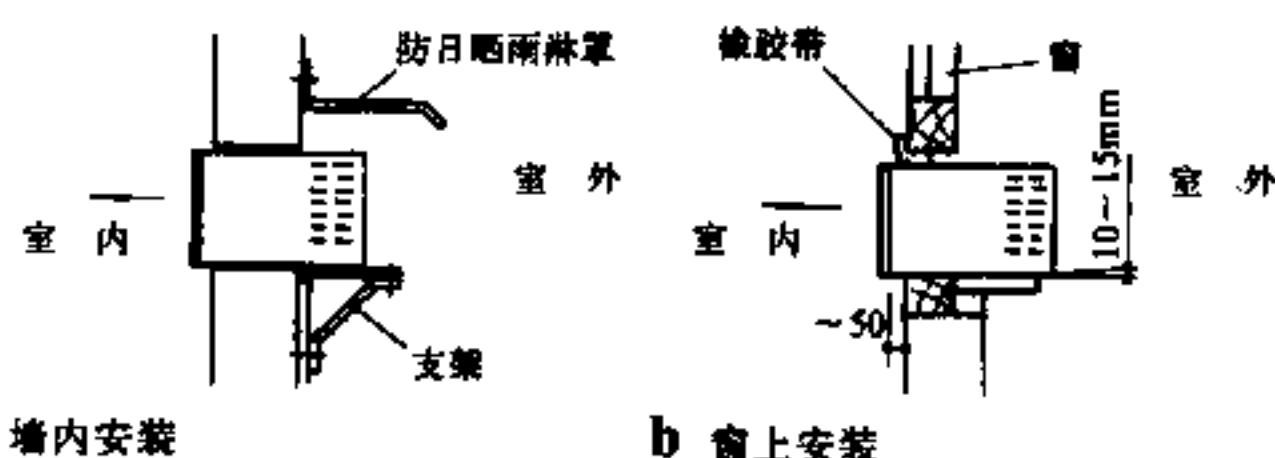
空调设备主要指的是各类空调器。适合于集中式和半集中式空调系统的卧式组装式空调器和整体式空调器等。的机房布置已在前页中有所交待。本页仅就风机盘管、窗式空调器及分体式空调器的安装作一简介。

风机盘管的安装有立式明装、立式暗装、卧式明装、卧式暗装等形式。目前，在高层民用建筑中，办公楼及旅馆客房层常把卧式风机盘管暗装在吊顶内。要求风机盘管安装水管的一侧距墙 $\leq 600\text{mm}$ ，另一侧距墙不应 $\leq 300\text{mm}$ 。如有困难时，周边的隔断墙应不到顶。风机盘管底部排水管中心与吊顶上皮之间也必须留有足够的空间高度 H 。当就近向卫生间排水时， $H \geq 200\text{mm}$ ，当集中排水时，排水干管的坡度 ≤ 0.01 ，以便顺利排水。新风干管一般设在内走廊吊顶内，要求梁底与吊顶上皮之间净空 $\leq 500\text{mm}$ 。

分体式空调器有室内机和室外机两部分。室内机常配合室内装饰置于地面上、挂在墙上或吊于顶板下；室外机可置地面上、平台上、屋面上或挂在外墙上。室内机与室外机间的冷媒管穿越墙或楼板时，需土建预留 $\phi 100$ 的孔洞。

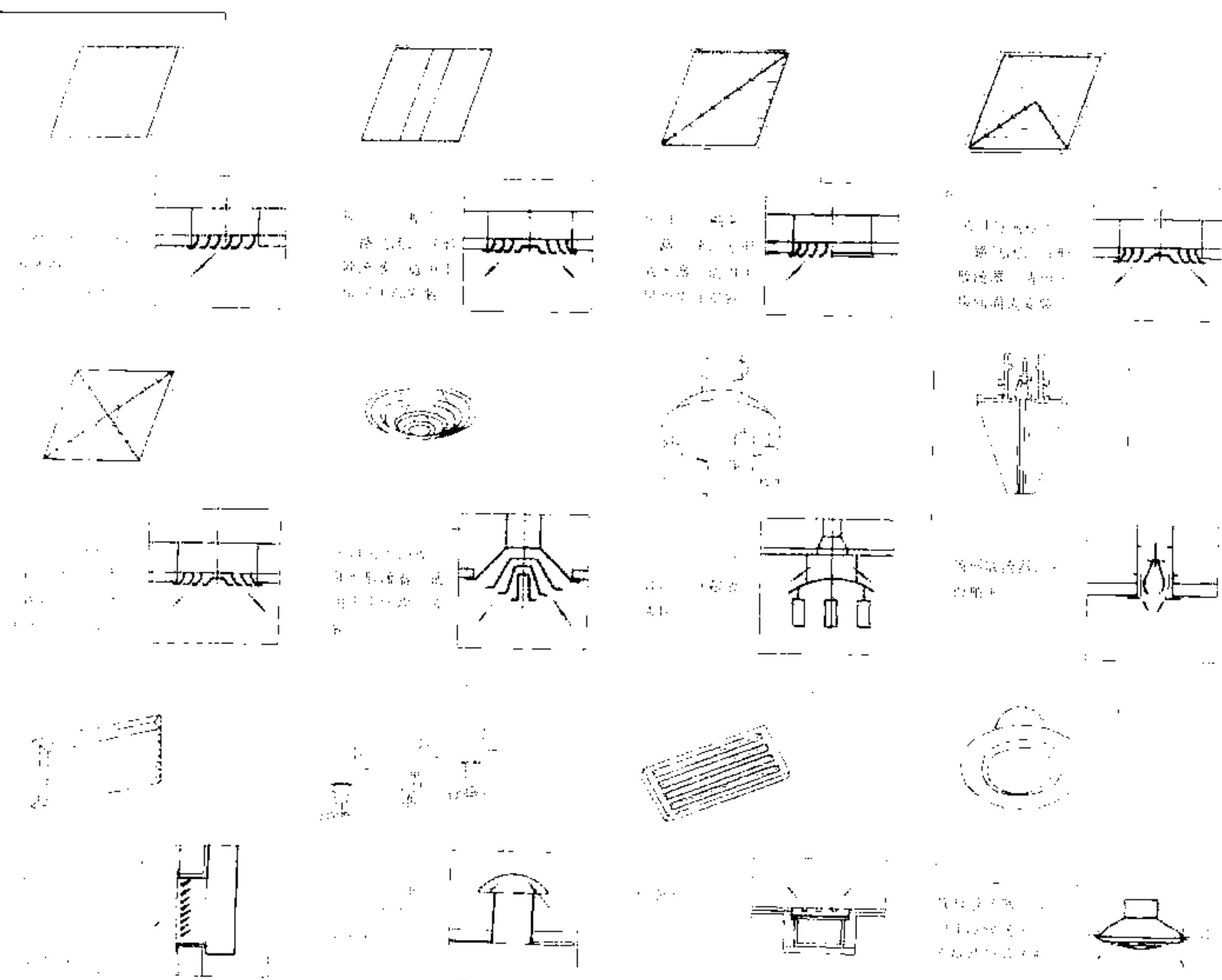


1 风机盘管安装

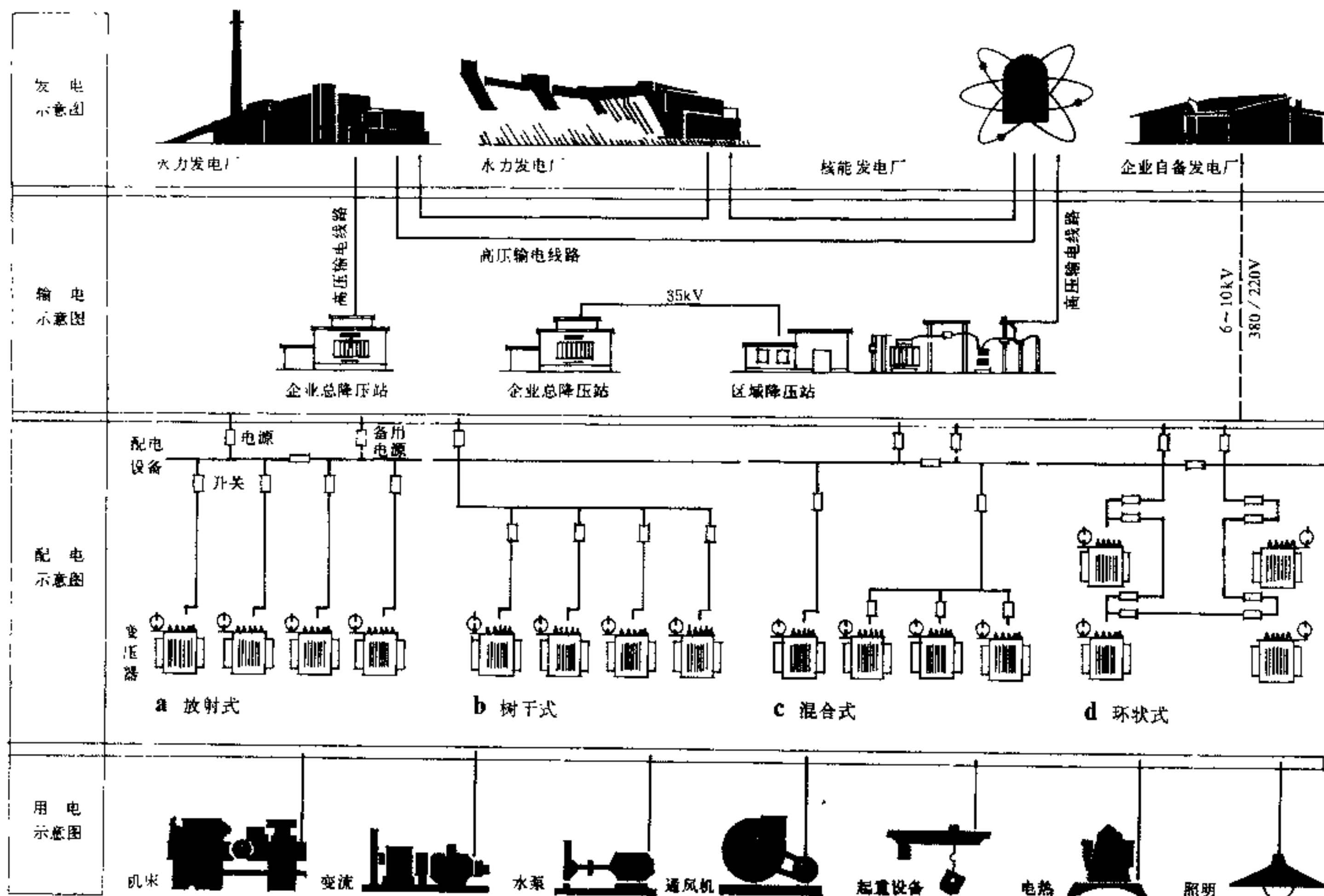


2 窗式空调器安装

室内风口



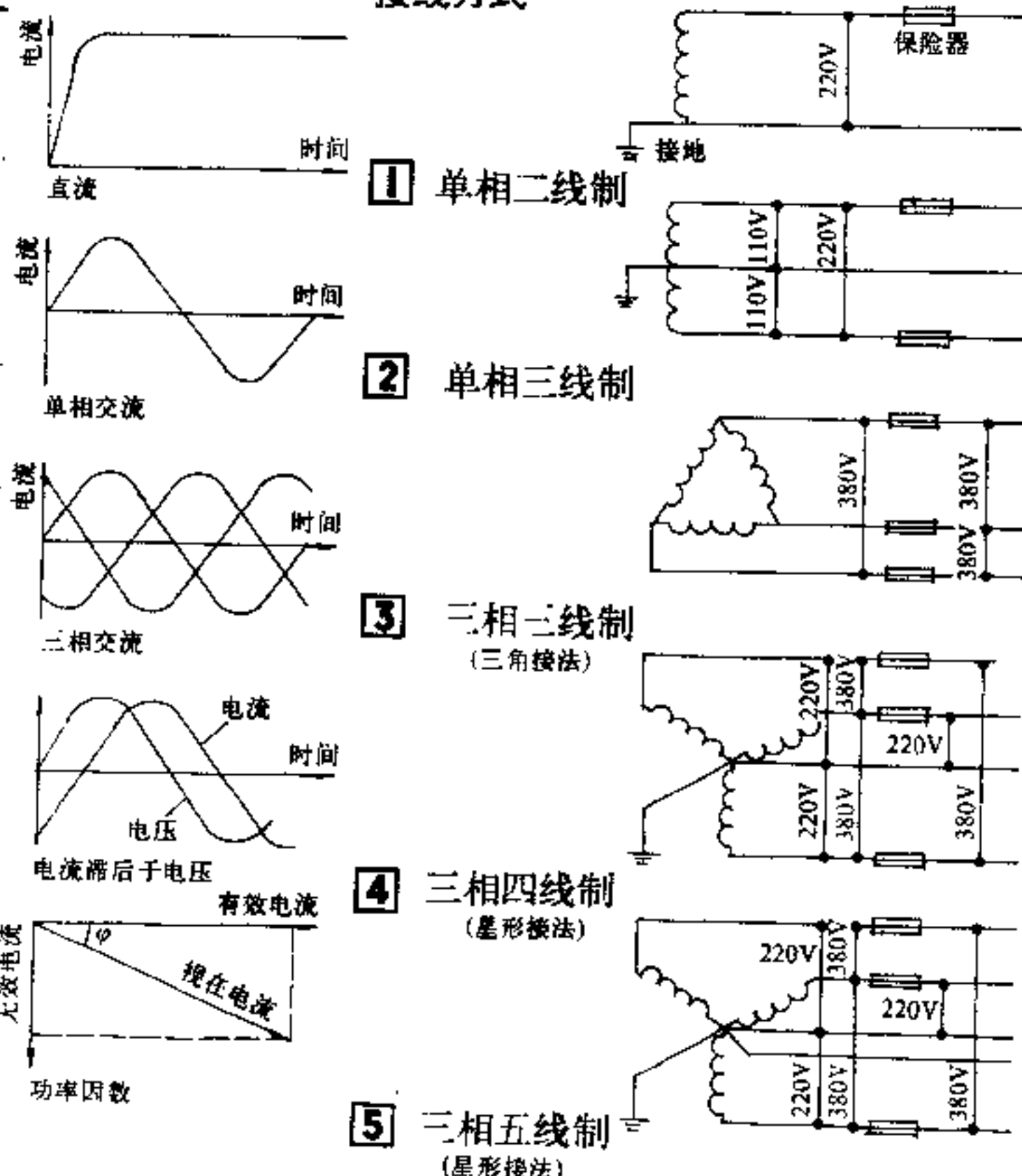
3



基本知识

电 源	能将其他形式能量（机械能、化学能、光能等）转换成电能的设备称为电源。发电机、蓄电池和光电池都是电源。为了某种特定的目的，能提供信号的电子设备，称为信号源，有时也称电源
电 流 (I)	在固体、液体、气体等物质中，电荷的定向流动产生电流。习惯规定电流流动的方向与电子流动的方向相反。在导体横截面上，单位时间内所流动的电量称为电流强度，即 $I = \Delta Q / \Delta t$ ，电流强度通常称为电流，电流的单位为安培，符号以“A”表示
电 压 (V)	电场内两点电位的差数称为电位差，也称为电压。单位为伏特，符号以“V”表示
电 阻 (R)	电路中对电流通过有阻碍作用并造成能量消耗的部分称电阻。通过导体电流的大小与导体的性质、长度和截面积有关（交流则与频率也有关）。如物质的电导系数为 σ ，长度为 L (m)，截面为 s (mm ²)，则电阻 $R = L / \sigma s$ 。电阻的大小也可从导体两端的电压与通过导体的电流的比值来度量，即电阻 $R = V / I$ ，单位为欧姆
直 流 与 交 流	方向和大小不随时间而变化的电流称为直流。 方向和大小随时间而变化的电流称为交流。通常交流电流就是指周期电流。交流亦称交变电流。交流分单相交流与三相交流：只有一个绕组的发电机所产生的电流称为单相交流；有三个绕组且每个绕组的相位差互为 120° 的发电机所产生的电流称为三相交流
欧姆定律 (R)	欧姆定律是确定电路中电压与电流关系的定律。在一定电阻 R 上加电压 V (伏特)，则通过的电流 I (安培) 与所加电压成正比，即 R (欧姆) = V (伏特) / I (安培)。 在交流电路中，欧姆定律也同样成立，但电阻 R 应改为阻抗 Z

接线方式



配（变）电所位置的选择

- 一、接近负荷中心。
- 二、进出线方便。
- 三、接近电源侧。
- 四、设备吊装运输方便。
- 五、不应设在多尘、水雾（如大型冷却塔）或有腐蚀性气体的场所。如无法远离时，不应设在污染源的下风侧。
- 六、不应设在有剧烈振动的场所。
- 七、不应设在厕所、浴室或其他经常积水场所的正下方或贴邻。
- 八、不宜设在公共场所人员较多的房间上面或下方。
- 九、不应设在爆炸或有爆炸危险场所的正上方或正下方，如布置在爆炸危险场所范围内和布置在与火灾或爆炸危险场所的建筑物毗连时，应按有关规定执行。
- 十、独立建筑时，不宜设在地势低洼和可能积水的场所。

高层民用建筑配（变）电所位置的选择

- 除应满足上述要求外，还应注意如下几点：
- 一、宜设置在地下室或首层，当建筑物在 100m 以上时也可在高层区的避难层或技术层内设置。
 - 二、高层民用防火一类主体建筑内，严禁设置装有可燃性油的电气设备的配（变）电所。高层民用防火二类主体建筑内，不宜设置装有可燃性油的电气设备的配（变）电所，如受条件限制必须设置时，应设在首层靠外墙部位或地下室，但必须处理好排油问题，且不应设在人员密集场所贴邻或疏散出口的两旁，并应采取相应的防火措施。
 - 三、宜设置在通风、散热条件较好的场所。
 - 四、应避免洪水或积水从其他渠道淹渍配（电）所的可能性。
 - 五、设置在二层以上的三相变压器，应考虑垂直与水平运输对通道及楼板荷载的影响，如采用干式变压器时，其容量不宜大于 630kVA。

配（变）电所以对土建的要求

房间名称	高压配电室（有充油设备）	高压电容器室	油浸变压器室	干式变压器室	高压配电室 （无充油设备）	低压配电室	控制室	值班室
建 筑 物 耐火等级	二 级	二 级（油浸 式）	二 级	二 级				
屋 面	应有保温、隔热层及良好的防水和排水措施							
屋 檐	防止屋面雨水沿外墙面流下							
顶 棚	不允许安装与变配电所无关的管路及设备							
内 墙 面	靠近带电部分的内墙面刷白，其他部分抹灰刷白		勾缝并刷白，与有爆炸危险场所相邻的墙面抹灰刷白		抹灰刷白			
采 光 和 采 光 窗	宜自然采光，靠近带电部位的窗应为固定窗，能开启的窗应设纱窗，并加保护网，窗台高度 $\geq 1.8\text{m}$ 。在空气污浊或风沙大的地区不宜设可开启的窗	可设采光窗，其要求同高压配电室（有充油设备）	不 设 采 光 窗		同 高 压 配 电 室 （有充油设备）	允许用木窗	允许用木窗，能开启的窗应设纱窗，在寒冷或风沙大的地区采用双层玻璃窗	
通 风 窗	允许用木制百叶窗，加保护网（网孔 $\leq 10 \times 10\text{mm}$ ），以防止小动物进入		车间内变压器室的通风窗应为非燃烧材料，其它变压器室允许用木窗。采光通风窗应有防雨、雪的措施。门上通风窗可采用百叶窗加保护网（网孔 $\leq 10 \times 10\text{mm}$ ）。当进风有效面积不能满足要求时，可只设置保护网	设置在地面上同油浸变压器室。设置在地下室时，应有良好的送排风系统				
地 坪	水泥压光	水泥压光 采用抬高地坪 通风效果较好	低式布置采用卵石铺设，厚度为250mm；高式布置采用水泥地坪，应向排油孔作2%的坡度	水泥压光		水泥压光或水磨石		
门	门向外开，当相邻房间都有电气设备时，门应能向两个方向开或开向电压较低的房间							
	房间长度超过7m时，应设置二个门					房间长度超过8m时，应设置二个门		
	通往室外的门一般为非防火门，当室内总油量 $\geq 60\text{kg}$ ，且门开向建筑物时，门应为非燃烧体或难燃体材料		采用铁门或木门内衬包铁皮 单扇门宽 $\geq 1.5\text{m}$ 时，应在大门上加开小门。大门及大门上的小门应向外开启，其开启角度为 180° ，同时要尽量降低小门的门槛高度		允许用木门		允许用木门，炎热地区经常开启的通向屋外的门，宜设纱门	
电 缆 沟	水泥抹光并采取防水、排水及防鼠措施 若采用钢筋混凝土盖板，要求平整光洁，每块盖板重量 $\leq 50\text{kg}$				同高压配电室（有充油设备）			
室 温 及 其 他	5℃		5℃		5℃		18℃	
	且采用钢管焊接时不应有法兰、螺栓接头或胀口				高压配电室			

油浸变压器外形尺寸及重量

型号	SL ² 200 / 10	S7 200 / 10	SL7- 315 / 10	S7- 315 / 10	SL7- 400 / 10	S7- 400 / 10	SL7- 500 / 10	S7- 500 / 10	SL7 630 / 10	S7- 630 / 10	SL7- 800 / 10	S7- 800 / 10	SL7- 1000 / 10	S7- 1000 / 10	SL7- 1250 / 10	S7- 1250 / 10
长	1380	1400	1470	1450	1530	1500	1610	1600	1670	1680	2000	1740	2160	1810	2180	1900
宽	870	850	900	1060	1230	1150	1240	1300	1520	1570	1730	1700	1610	1850	1830	1800
高	1700	1580	1870	1650	2000	1700	2040	1800	2300	1850	2640	1790	2900	1950	2950	2000
轮距	550	550	660	550	660	660	660	660	820	660	820	820	820	820	820	820
总重	1080	1180	1470	1550	1790	1850	2050	2150	2760	2510	3200	3000	3880	3550	5030	4200

铜芯型干式变压器外形尺寸及重量

型 号	315 / 10	400 / 10	500 / 10	630 / 10	800 / 10	1000 / 10	1250 / 10
防护罩型	长	1730	1790	1820	2000	2180	2230
	宽	1130	1130	1140	1240	1300	1330
	高	1760	1840	1850	2100	2160	2260
	轮距	550	550	550	660	660	660
	总重	1550	1880	2050	2600	3250	4400
无防护罩型	长	1360	1490	1490	1710	1790	1910
	宽	710	730	740	800	860	960
	高	1380	1650	1720	1850	2000	2160
	轮距	550	550	550	660	660	660
	总重	1350	1600	1850	2310	2750	3450

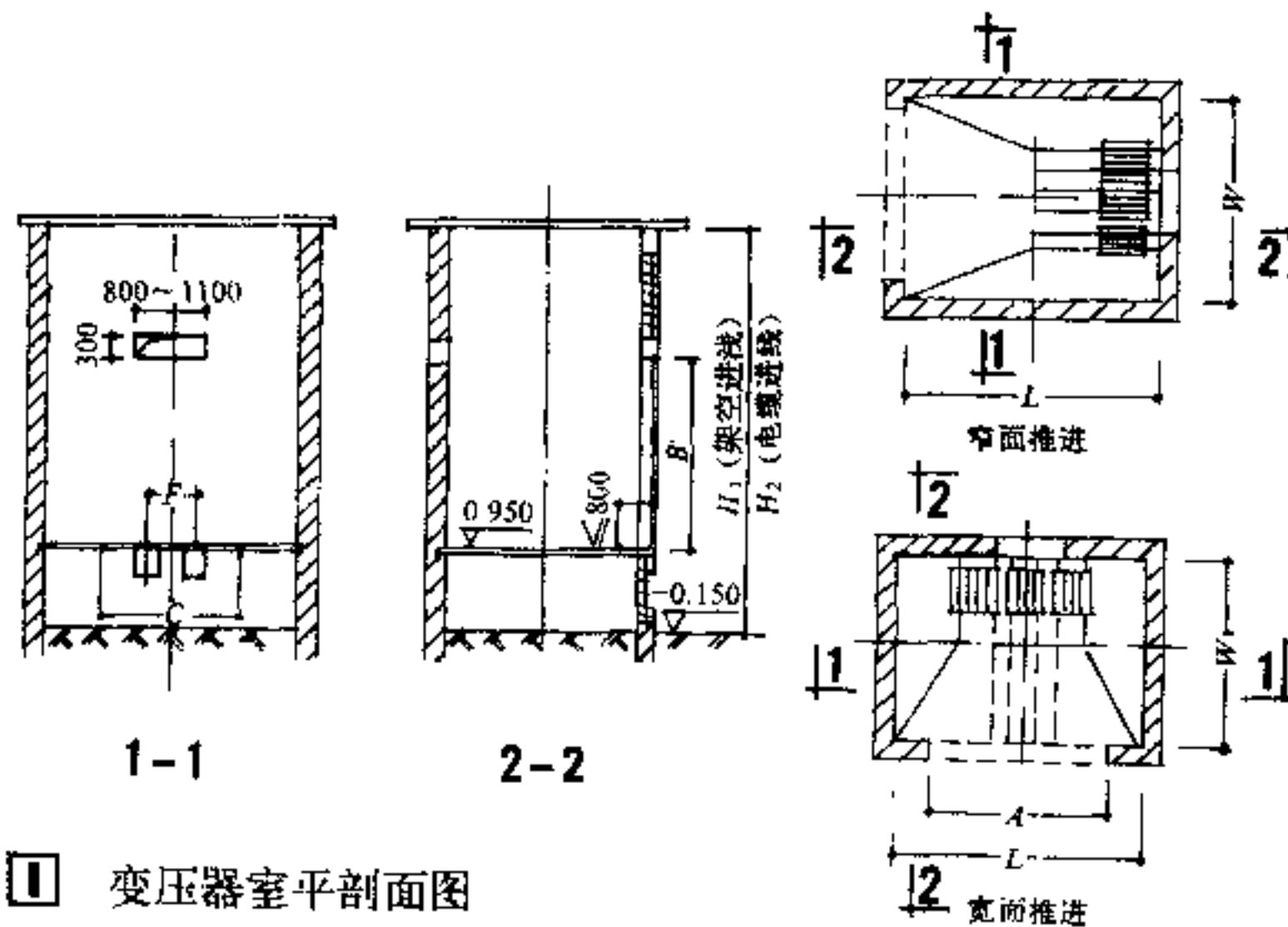
环氧浇注铝芯干式变压器外形尺寸及重量

型 号	315 / 10	400 / 10	500 / 10	630 / 10	800 / 10	1000 / 10	1250 / 10
长	1400	1460	1500	1560	1640	1720	1820
宽	760	760	780	780	780	940	940
高	1410	1500	1600	1680	1690	1880	2000
轮距	660	660	660	660	660	820	820
总重	1330	1530	1850	2100	2300	2800	3360

注：①SL7：代表三相油浸自冷式铝线低耗电力变压器。
②S7：代表三相油浸自冷式铜线低耗电力变压器。
③分子：额定容量（kVA）。
④分母：高压侧电压（kV），尺寸单位为mm。
⑤铜芯型干式变压器和环氧浇注铝芯干式变压器室不需抬高，可直接置于地面上。各表中所表变压器外型尺寸为综合国内各生产厂家的最大尺寸，仅供参考。

油浸变压器室参考尺寸

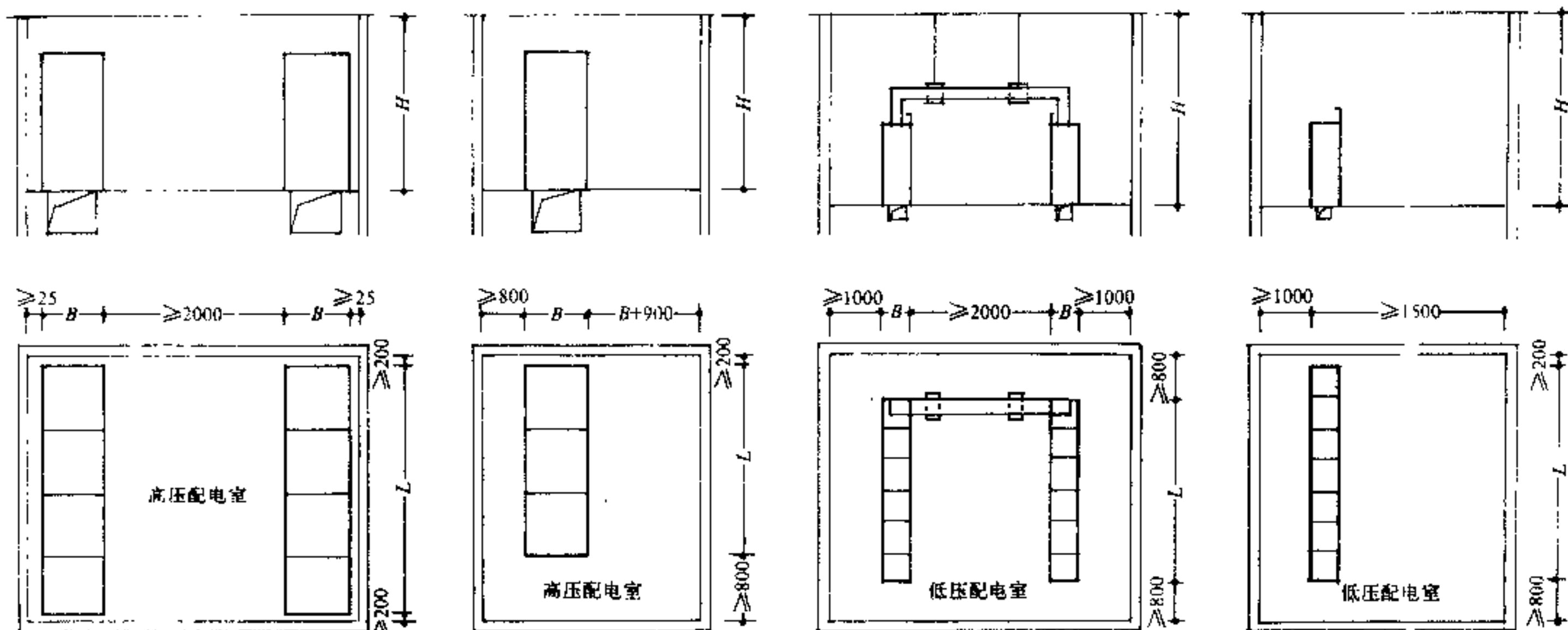
类 型	SL7 型									S7 型								
	变压器容量 (kVA)	室内净空		细 部 尺 寸						变压器容量 (kVA)	室内净空		细 部 尺 寸					
		L	W	F	A	B	C	H ₁	H ₂		L	W	F	A	B	C	H ₁	H ₂
窄面推入	200	3600	2470	550	1800	2100	970	5500	4900	200~315	3600	2660	550	1800	2100	1160	5500	4900
	315~500	3900	2840	660	1800	2400	1440	5500	4900	400~630	3900	3170	660	1800	2400	1670	5500	4900
	630~1000	4500	3210	820	2100	3300	1810	6000	5400	800~1000	4500	3450	820	2400	2400	1950	6000	5400
宽面推入	200	3400	3000	550	1800	2100	1160	5500	4900	200~315	3430	3300	550	1800	2100	1190	5500	4900
	315~500	3680	3600	660	2100	2100	1340	5500	4900	400~630	3660	3900	660	2100	2400	1350	5500	4900
	630~1000	4590	3900	820	3000	3300	1530	6000	5400	800~1000	4240	4200	820	2400	2400	1500	6000	5400



变压器室进出风窗设置（除电[2]表列外另要求）
一、变压器室一般采用自然通风，夏季的排风温度不宜大于45℃，进风和出风的温度差不宜大于15℃。
二、当墙上出风口面积不够时，可加设顶部风帽。
三、对金属百叶窗和10×10mm之铁丝网的进出风窗设计面积应是1.25倍的有效通风面积。

变压器进出风窗有效面积参考表

变压器容量 (kVA)	夏季通 风计算 温 度 (℃)	进出风 窗中间 高 距 (mm)	进出风 窗面积 之 比	最小有效面积(m ²)			门上的进 风窗高度 (mm)
				进风窗		出 风 百 叶 窗	
				门下 铁栅窗	门上		
315~ 630	30	3500	1 : 1.5	0.9		1.35	
	35	3800	1 : 1.5	1.5		2.25	
800~ 1250	30	4400	1 : 1.5	1.5		2.25	
	35	4400	1 : 1	1.55	1.5	3.05	≤800

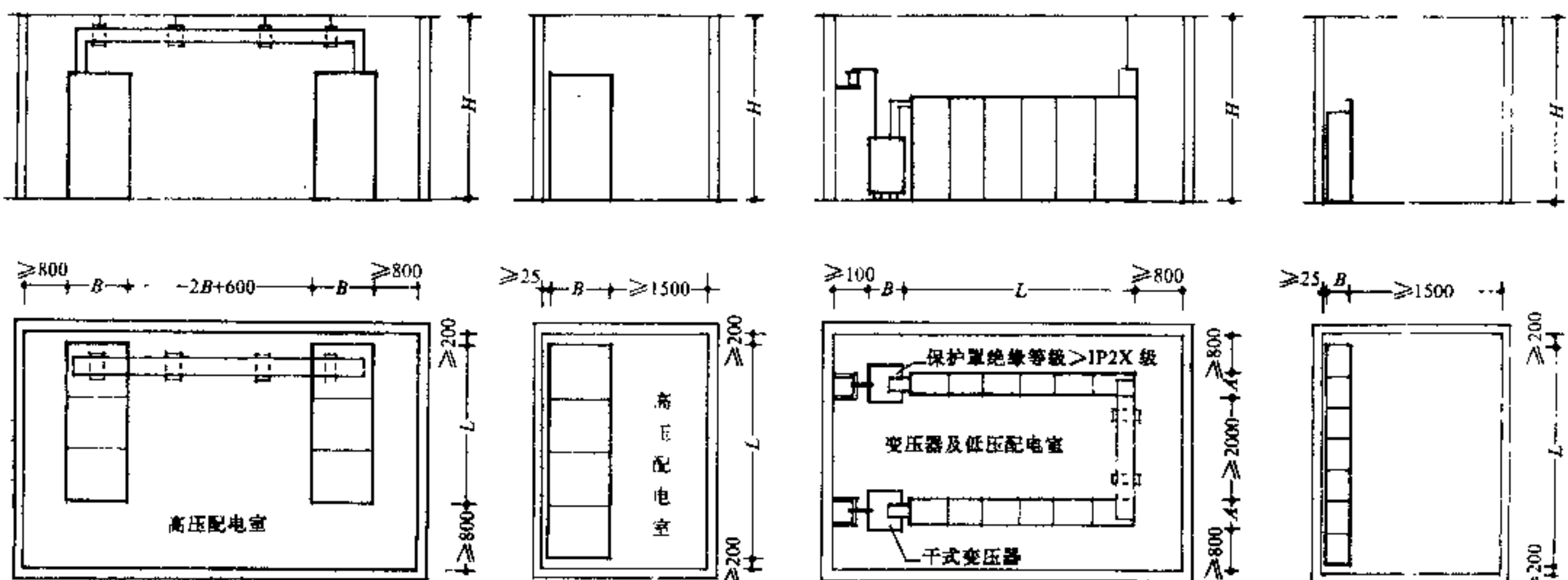


1 双列靠墙布置图

2 单列靠墙布置图

5 双列靠墙布置图

6 单列靠墙布置图



3 双列靠墙布置图

4 单列靠墙布置图

7 变压器——双列靠墙布置图

8 单列靠墙布置图

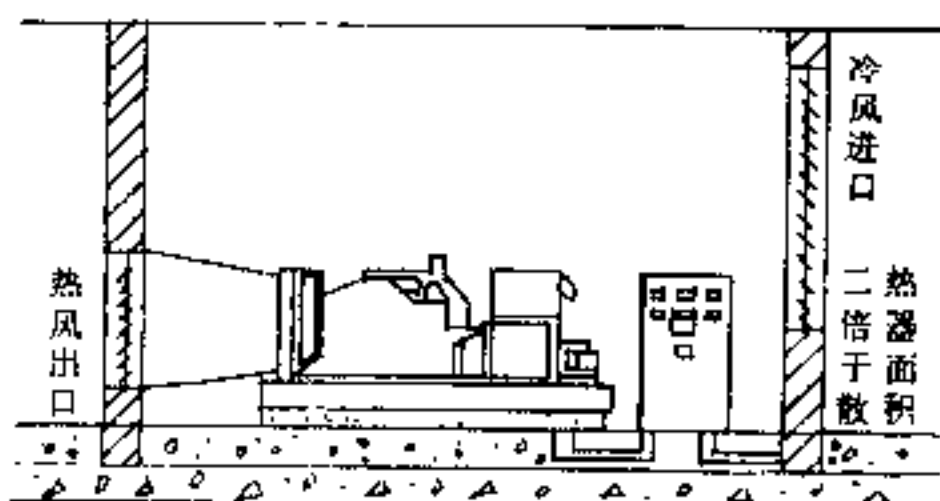
柴油发电机房对土建的要求

除同[2]中对配(变)电所的土建要求外还要求:

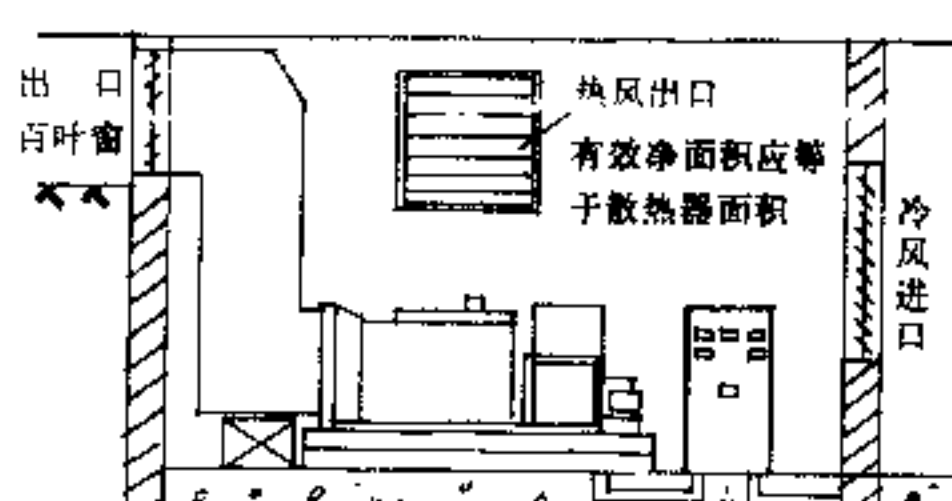
- 一、发电机房应有良好的采光及通风。
- 二、发电机房用水泥压光地面，并应采取措施防止油渗到混凝土中，柴油机基础的顶面，应考虑防止油浸蚀的措施。
- 三、发电机房宜作吸音、隔声处理，基础有隔振措施。

四、发电机房应有二个直接通向外部的出口，其中一个出口的大小应满足搬运机组的需要，门应向外开启。严寒地区应设门斗；有台风和风沙地区的大门不宜采用平开门。与控制室之间的门应为防火、隔音门，并开向发电机房。

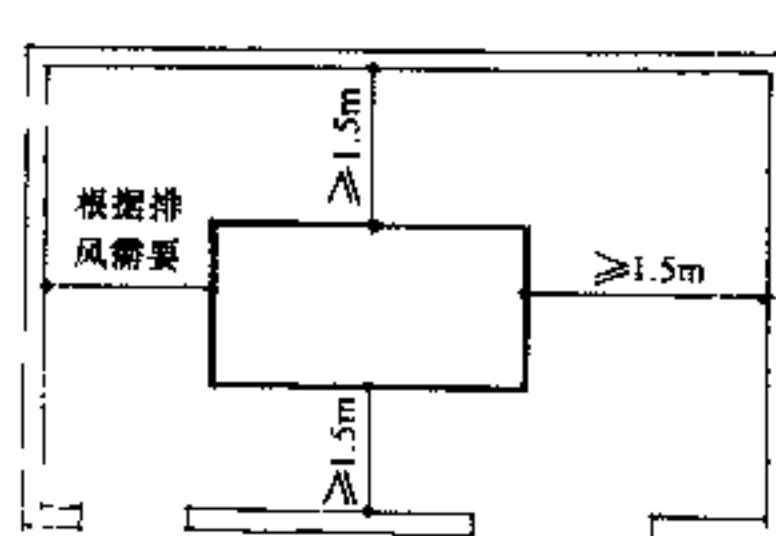
五、机房内电缆沟和管沟的盖板宜采用花纹钢板。



9 机组放在首层或楼层



10 机组放在地下室



11 柴油发电机房布置

架空线路敷设的一般要求

- 1 应综合考虑运行、施工、交通条件和路径长度等因素。
- 2 宜沿道路平行敷设,并避免通过铁路起重机或汽车起重机频繁活动的地区和各种露天堆放场。
- 3 宜减少与其他设施的交叉和跨越建筑物。
- 4 与有爆炸物和可燃液(气)体的生产厂房、仓库、贮罐等接近时,应符合有关规程的规定。
- 5 应与城市规划及配电网网络相协调。
- 6 架空线路的导线与地面的距离在最大弧度情况下不应小于表1所列数值。

架空线路的导线与地面的最小距离(m) 表1

线路经过地区	线路电压	
	6~10kV	<1kV
居民区	6.5	6.0
非居民区	5.5	5.0
交通困难地区	4.5	4.0

- 7 架空线路的导线与山坡、峭壁、岩石之间的净空距离,在最大计算风偏情况下不应小于表2所列数值。

架空线路的导线与山坡、峭壁、岩石之间的最小净空距离(m) 表2

线路经过地区	线路电压	
	6~10kV	<1kV
步行可以到达的山坡、峭壁、岩石	4.5	3.0
步行不能到达的山坡、峭壁、岩石	1.5	1.0

电缆敷设的一般要求

- 1 宜选择最短距离的路径,并考虑已有和拟建的建筑物位置。
- 2 宜减少穿越各种管路、铁路、公路、城市道路、堆场和弱电电缆线路的次数。
- 3 避免电缆遭受损坏及腐蚀,并便于维修。
- 4 对电缆敷设方式的选择,要从安全运行、节省投资和施工方便三方面,并结合环境条件、电缆数量统一考虑。

室外电缆敷设方式

- 1 电缆直接埋地敷设。
- 2 穿镀锌钢管(并作防腐处理)敷设。
- 3 穿水泥排管敷设。
- 4 在电缆沟内敷设。
- 5 在隧道内敷设。
- 6 架空明敷设。

直接埋地敷设的电缆之间及各种设施的最小净距(m) 表5

项 目	敷 设 条 件	
	平 行 时	交 叉 时
建筑物、构筑物基础	0.5	
电杆	0.6	
乔木	1.5	
灌木丛	0.5	
10千伏以上电力电缆之间,10千伏及以下电力电缆或控制电缆之间	0.25(0.1)	0.5(0.25)
10千伏及以下电力电缆之间,以及与控制电缆之间	0.1	0.5(0.25)
通讯电缆	0.5(0.1)	0.5(0.25)
热力管沟	20	(0.5)
水管、压缩空气管	1.0(0.25)	0.5(0.25)
可燃气体及易燃液体管道	1.0	0.5(0.25)
铁路(平行时与轨道,交叉时与轨底,电气化铁路除外)	3.0	1.0
道路(平行时与路边,交叉时与路面)	1.5	1.0
排水明沟(平行时与沟边,交叉时与沟底)	1.0	0.5

- 注:①表中所列净距,应自各种设施(包括防护外层)的外缘算起;
 ②路灯电缆与道路灌木丛平行距离不限;
 ③括号内数字是指局部地段电缆穿管,加隔板保护或加隔热层保护后允许的最小净距;
 ④电缆与水管、压缩空气管平行,电缆与管道标高差不大于0.5m时,平行净距可减少至0.5m。

- 8 架空线路的导线与建筑物之间的距离,在最大风偏时不宜小于表3所列数值。

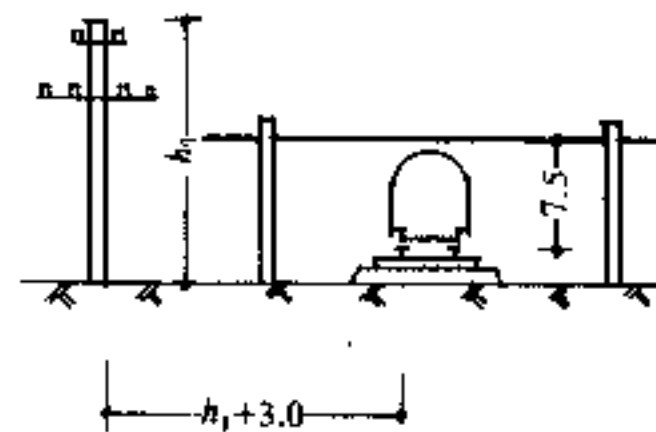
架空线路的导线与建筑物间的最小距离(m) 表3

线路经过地区	线 路 电 压	
	6~10kV	<1kV
线路跨越建筑物垂直距离(当允许时)	3.0	1.5
线路边线与建筑物水平距离	2.5	1.0

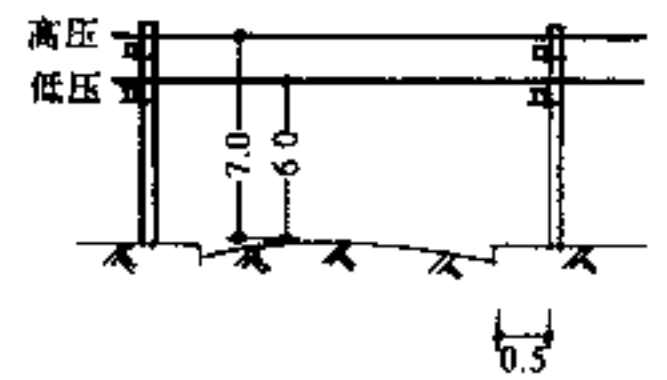
- 9 架空线路的导线与道路绿化树间的距离,不应小于表4所列数值。

架空线路的导线与道路绿化树间的最小距离(m) 表4

线路经过地区	线 路 电 压	
	6~10kV	<1kV
最大弧垂时的垂直距离	1.5	1.0



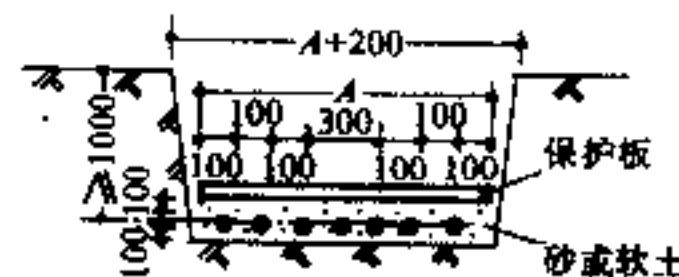
① 架空线与铁路的关系



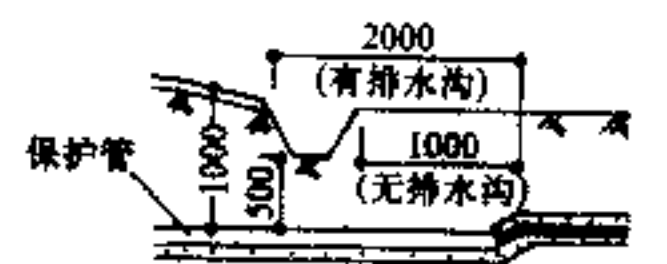
② 架空线与道路的关系

电缆直接埋地敷设

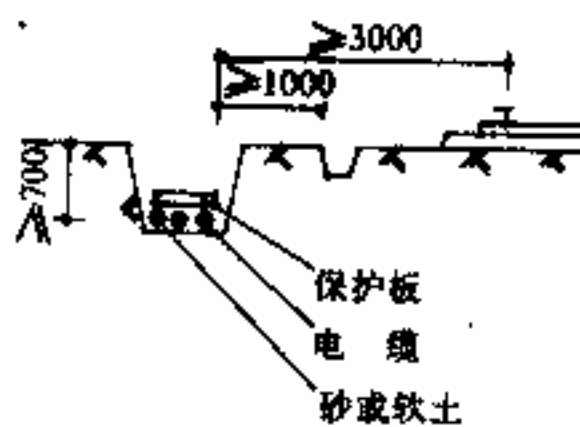
- 1 当沿同一路径敷设的室外电缆根数少于8根时宜采用直接埋地敷设。
- 2 电缆在室外直接埋地敷设的深度不应小于0.7m,穿越农田时不应小于1m,并应在电缆上下各均匀铺设100mm软土或砂层,再盖保护板(混凝土板、砖等)。
- 3 在寒冷地区,电缆应埋设于冻土层以下或采用防护措施。
- 4 禁止将电缆放在其他管道上面或下面平行敷设。
- 5 在土壤中含有对电缆有腐蚀性物质(如酸、碱、矿渣、石灰等)或有地中电流的区域,不宜采用电缆直接埋地敷设,如必须直埋敷设时,应视腐蚀程度,采用相应的防护措施。
- 6 直埋深度超过1.1m时可不考虑上部压力的机械损伤。
- 7 直埋敷设的电缆与各种设施的净距,不应小于表5所列数值。



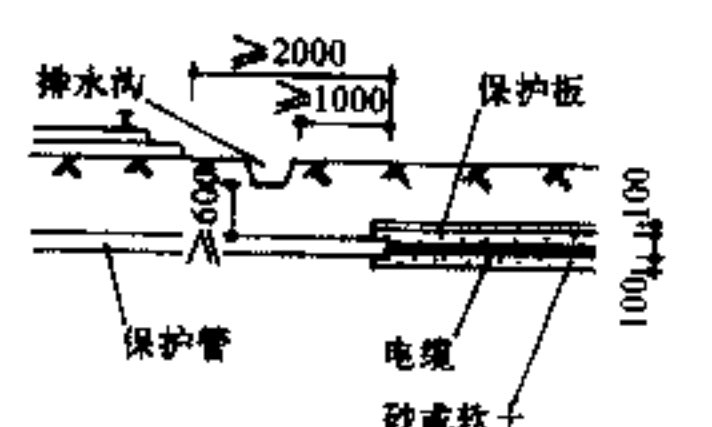
③ 直接埋地敷设



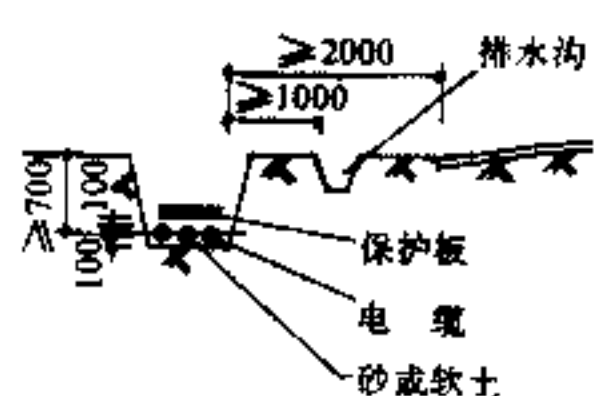
④ 穿镀锌钢管埋地敷设



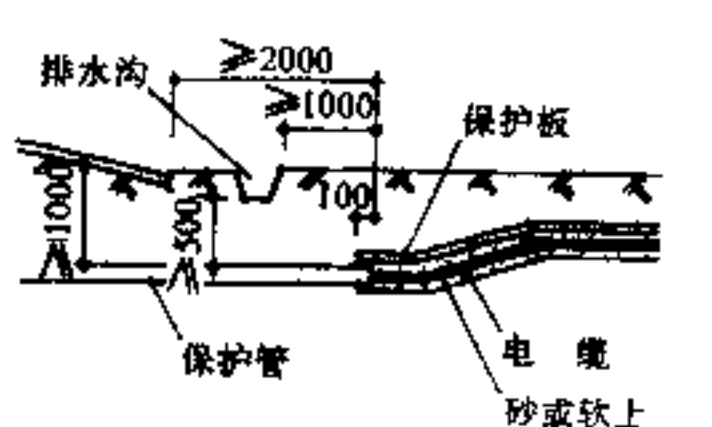
⑤ 电缆与铁路平行



⑥ 电缆与铁路交叉



⑦ 电缆与公路平行



⑧ 电缆与公路交叉

线路敷设的一般规定

一、布线方式可分为：明敷——导线直接、桥架、金属线槽或穿管（或其他保护体）敷设于墙壁、顶棚的表面及桁架、支架等处；暗敷——导线穿管敷设于墙壁、顶棚、地坪及楼板等处内部或者在混凝土板孔内敷线等。

二、敷设方式的选择应根据建筑物的性质、要求、用电设备的分布及环境特征等因素确定。

三、电压 500 V 及以下屋内（包括与建筑物、构筑物相关的屋外部位）绝缘导线、电缆和裸导体的线路敷设可采用如下方式：

1. 钢索布线

可适用于建筑物内外布线。在对钢索有腐蚀的场所，应采用防腐措施。

2. 直敷布线

一般适用于正常环境室内场所和挑檐下室外场所的明敷设工程。

在建筑物顶棚内严禁采用直敷布线。

3. 穿管布线

穿金属管布线一般适用于室内、室外场所，但对金属管有严重腐蚀的场所不宜采用。建筑物吊顶内宜采用金属管布线。

穿硬质塑料管布线一般适用于室内场所和有酸碱腐蚀性介质的场所，但不应在高温和易受机械损伤的场所明敷设。

4. 板孔布线和阻燃性半硬塑料管布线

适用于正常环境下一般建筑物内的暗敷设工程。潮湿场所不应采用。

阻燃性半硬塑料管是组合板孔穿线用在墙壁内或板缝之间以及在局部现浇板内进线暗敷。管表面应有 20mm100 号水泥保护层。

5. 地面内暗装金属线槽布线

适用于正常环境的现浇混凝土地面、楼板或楼板垫层内作为大空间（如自动化办公室、阅览室、商场及计算机房等）的插座电源强电线路及电话、电传、计算机等弱电线路的暗敷布线。

6. 插接式母线配线

一般适用于干燥、无腐蚀性气体且设备集中、设备位置可变动的室内场所。建筑设计时应留够安装尺寸。

7. 裸导线布线

一般适用于工业企业厂房内。

8. 电缆布线

室内电缆布线，包括电缆在室内沿墙及建筑构件明敷，电缆穿金属管埋地明敷、电缆在桥架上敷设以及电缆在电缆沟或电缆隧道内敷设等。

9. 电缆桥架布线

适用于电缆数量较多或较集中的场所，广泛应用于

冶金、电力、石化、轻纺、电子等工矿企业和宾馆大楼内。敷设方式有架空敷设、在电缆沟内或隧道内敷设。

10. 竖井内布线

适用于高层建筑内垂直配电线路的敷设。布线方式包括金属线槽布线、电缆布线、金属管布线、电缆桥架布线及封闭式母线布线等。

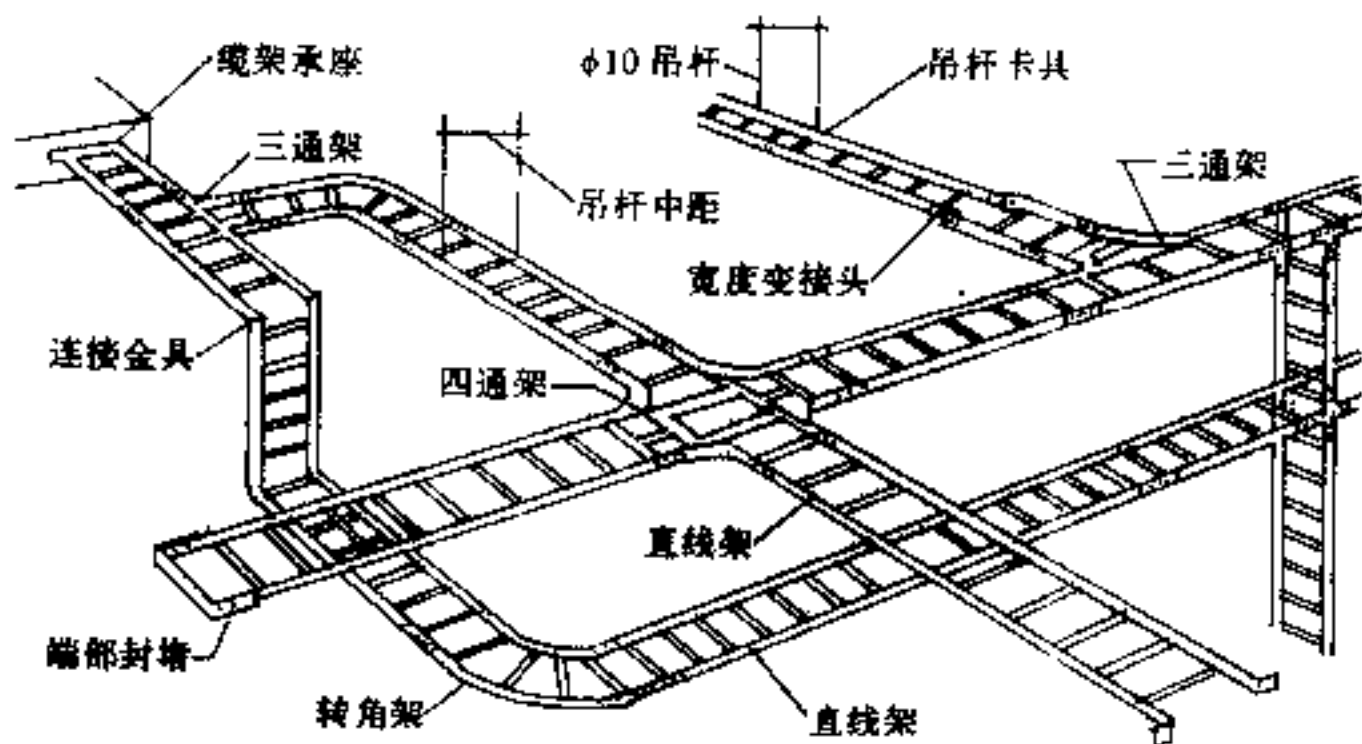
竖井的位置和数量应根据建筑物规模、用电负荷性质、供电半径、建筑物的沉降缝设置和防火分区等因素综合确定。

竖井的井壁应是耐火极限不低于 1 小时的非燃烧体。竖井在每层楼应设维护检修门，其耐火等级按丙级处理，同时楼层间应做防火密封隔离。

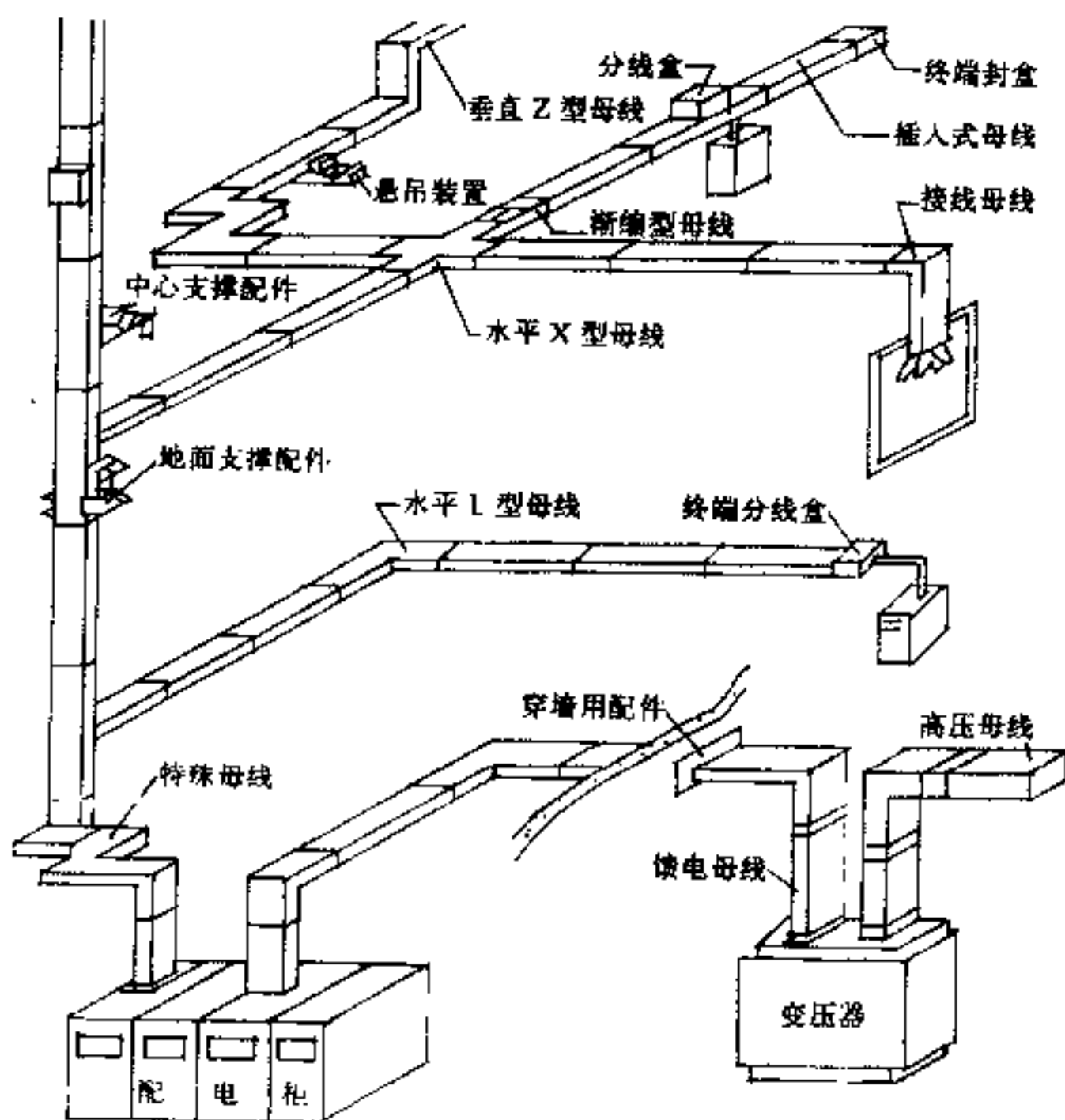
11. 进户线

高压进户线室外对地距离不小于 4.5m。

低压进户线室外对地距离不小于 2.7m。

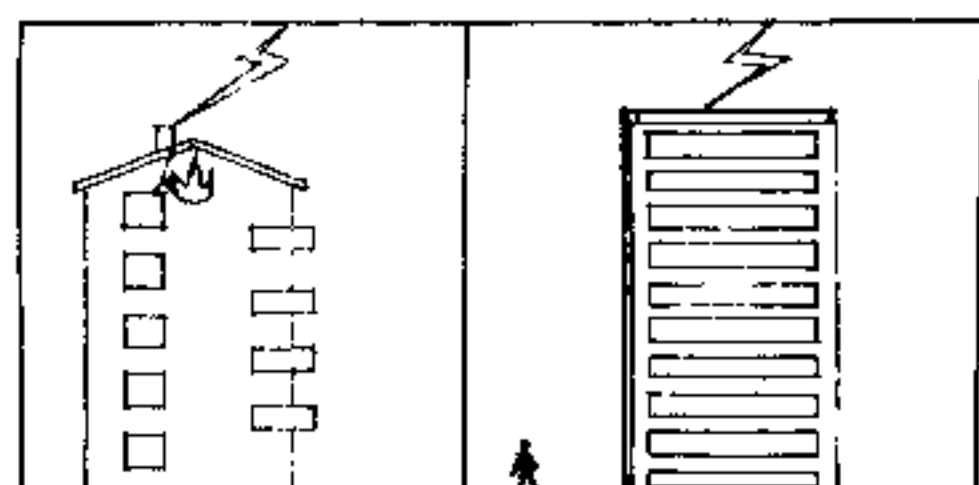


1 电缆桥架组合部位安装示意图

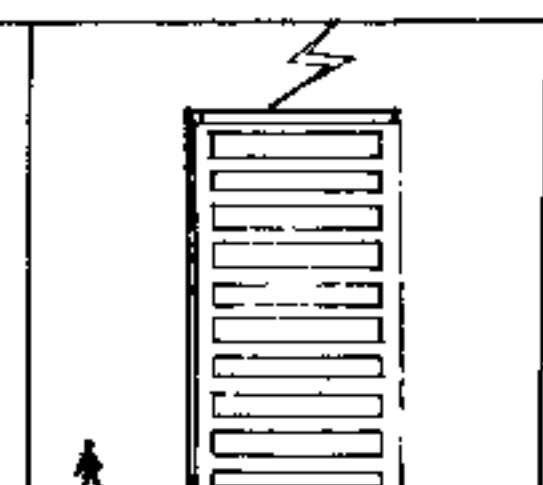


2 封闭式绝缘母线系统部件安装示意图

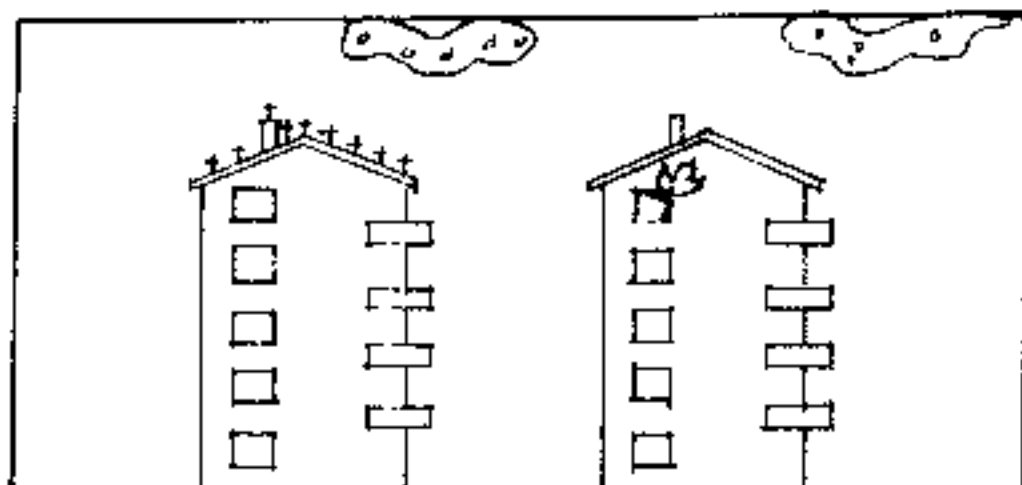
雷害的各种形式



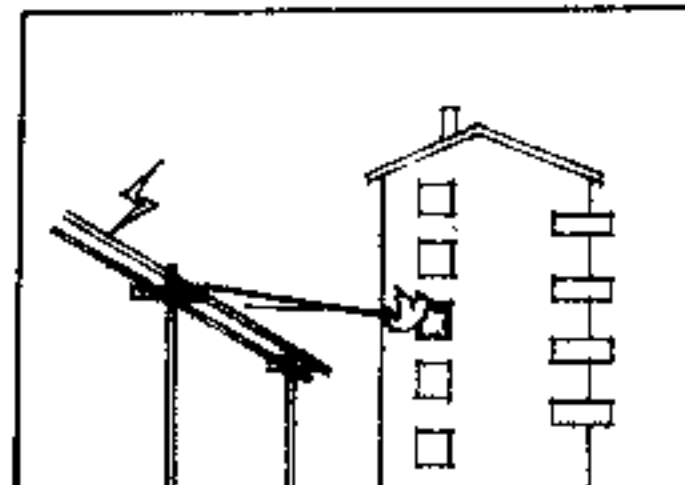
无防雷装置的建筑物遭受直接雷击,可能引起破坏或火灾



$L=0.8\text{m}$ 时,跨步电压 u 可能造成人身伤害事故



金属屋顶或其它导体感应出与雷云符号相反的电荷(左图)雷云放电后,导体上的电荷形成很高的对地电位,可能引起屋内的火花(右图)



架空线路遭受直接雷击或产生感应电压,致使高电位引入建筑物发生火灾

1 直击雷

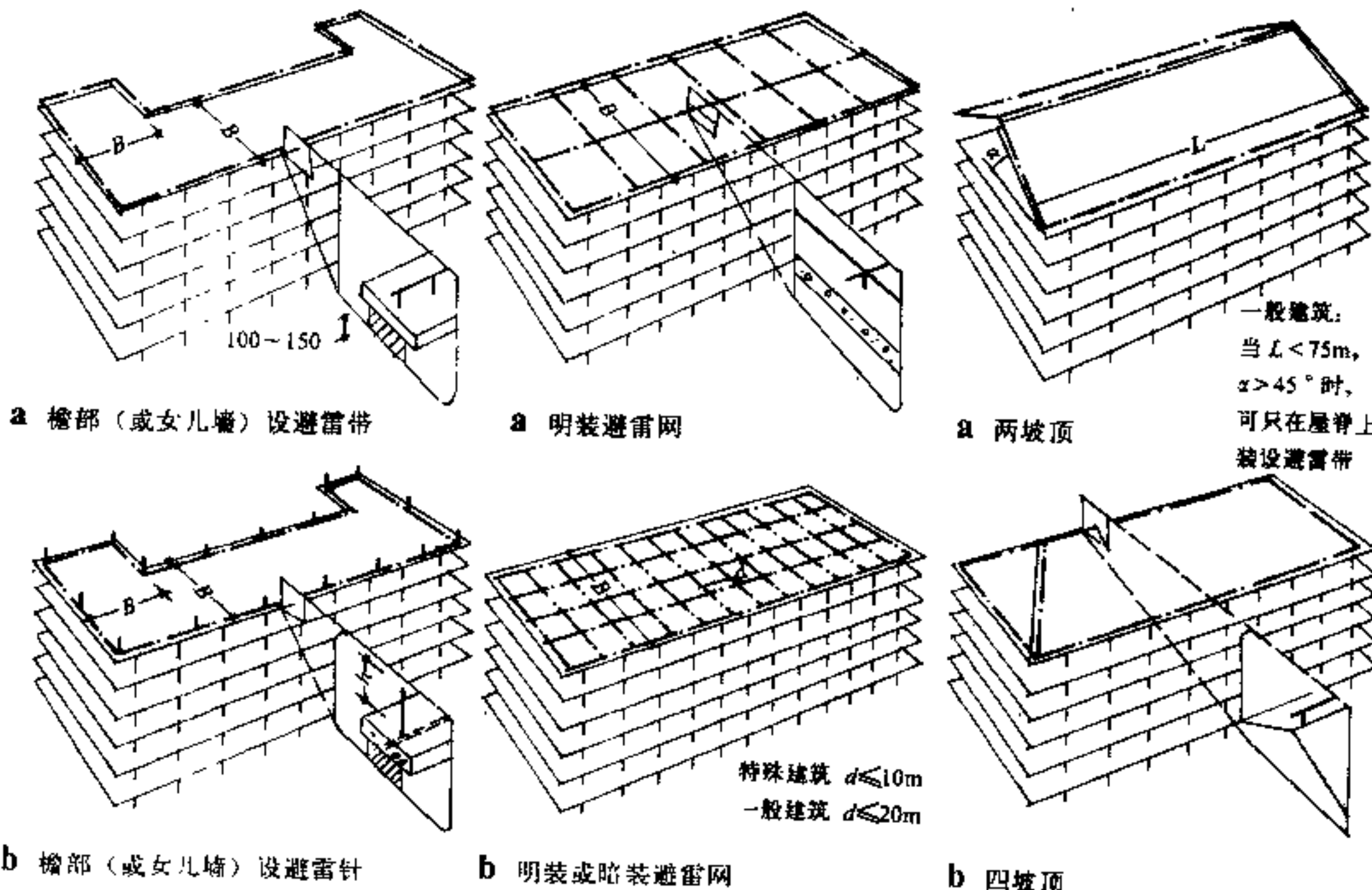
建筑物的防雷及防雷措施

一般建筑	1. 建筑物的突出部分采用局部保护,其余部分用避雷带作边缘保护,或由这两种混合组成的接闪器作防雷保护。古建筑的兽头及横脊上必须作避雷带
1. 建筑群中最高或位于建筑群边缘高度超过 20m 的建筑物	2. 接闪器和引下线可装置在建筑物上,并允许利用建筑物的钢筋混凝土柱和基础的钢筋作为引下线和接地装置
2. 高度在 15m 及以上的烟囱、水塔、尖塔等孤立的建筑物或构筑物	3. 每幢建筑物上至少应有两根引下线,间距不应大于 25m。利用金属屋顶及钢筋混凝土结构作防雷保护时,其引下线的数量不应少于两组,平均间距不应大于 25m
3. 年计算雷击次数大于或等于 0.05 时	4. 一般烟囱、水塔等构筑物的引下线可为一根,但高度超过 40m 时,应设两根引下线
工业建筑、高层及特殊建筑	1. 通常采用单独的避雷针或避雷网;民用建筑应采用全面保护,厂房或高层建筑允许将避雷针装在建筑物上。民用建筑也可装设避雷网,沿墙敷设引下线
1. 存放或生产易爆、易燃物质,并能因火花而发生爆炸,以致引起房屋损坏和人身伤亡事故者	2. 金属屋面周边每隔 18~24m 应采用引下线接地一次。钢筋混凝土屋面,其钢筋宜绑扎或焊接成电气通路,并应每隔 18~24m 采用引下线接地一次;非金属材料屋面可在上面装设网格不大于 $5\text{m} \times 5\text{m} \sim 10\text{m} \times 10\text{m}$ 的金属网,与防止感应雷的接地装置相连
2. 高层、超高层及有特殊重要意义的建筑物	3. 建筑物为高层或超高层时,应采取防侧击和等电位保护措施。建筑物内钢构架和钢筋混凝土的钢筋应互相连接;30m 及以上部分外墙上的栏杆、门窗等较大的金属物与防雷装置应连接;并应利用钢柱或柱子钢筋作为防雷引下线;垂直的金属管道及类似物应在顶端与防雷装置连接

常用名词

防雷装置	接闪器、引下线和接地装置的总称	全面保护	防雷装置的保护范围,能对建筑物整个屋面及阳台上站的人全面保护者
接闪器	避雷针、避雷带、避雷网、架空避雷线的直接接受雷击部分,以及用作接闪的金属屋面和金属构件等	自然保护	利用建筑物或构筑物的金属屋面直接接地,或利用其顶层板内的结构钢筋焊接或绑扎,进行接地以达到防雷目的者
引下线	连接接闪器与接地装置的金导体		
重点保护	只考虑保护屋面上部易遭受雷击的突出部分者		

避雷带、避雷网 ($\phi 8$ 圆钢或 48mm^2 扁钢) 及避雷针的装设

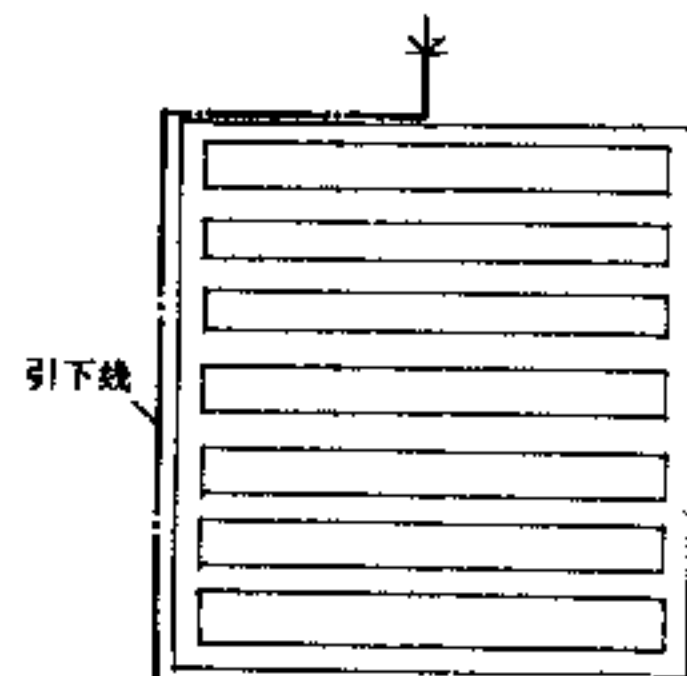


4 平屋顶 ($B \leq 30\text{m}$)

5 平屋顶 ($B > 30\text{m}$)

6 坡屋顶

7 半导体少长针安装示意



3 高电位引入

建筑物易受雷击部位 表 2

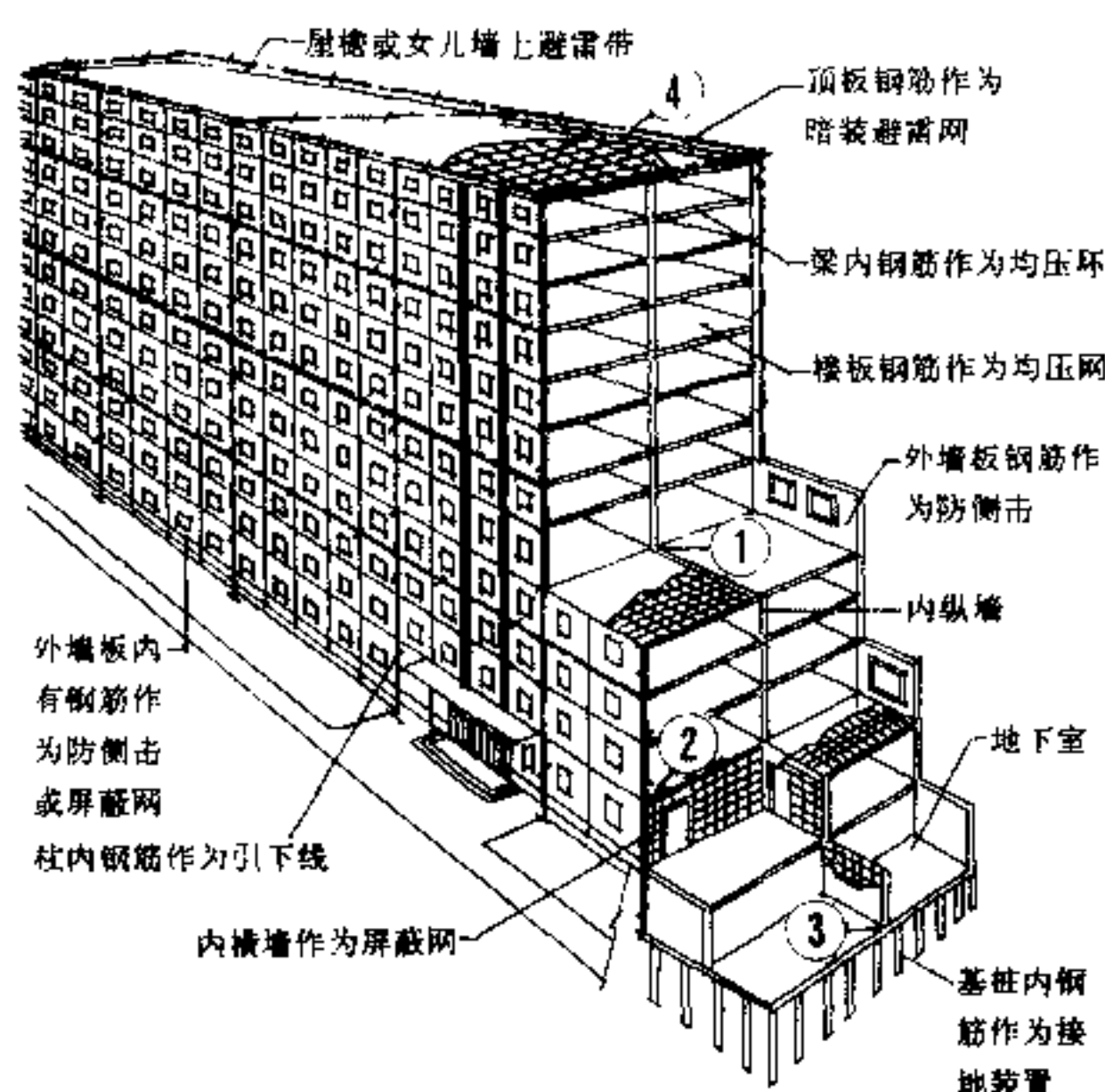
建筑物屋面的坡度	易受雷击部位	示意图
平屋面	檐角、女儿墙、屋檐	平屋顶示意图
坡度不大于 $1/10$ 的屋面	檐角、女儿墙、屋檐	坡度 $\frac{a}{b} \leq \frac{1}{10}$ 示意图
坡度大于 $1/10$, 小于 $1/2$ 的屋面	屋角、屋脊、檐角、屋檐	坡度 $\frac{1}{10} < \frac{a}{b} < \frac{1}{2}$ 示意图
坡度等于或大于 $1/2$ 的屋面	屋角、屋脊、檐角	坡度 $\frac{a}{b} \geq \frac{1}{2}$ 示意图

屋面坡度用 a/b 表示; a ——屋脊高出屋檐的距离 (m); b ——房屋的宽度 (m)。

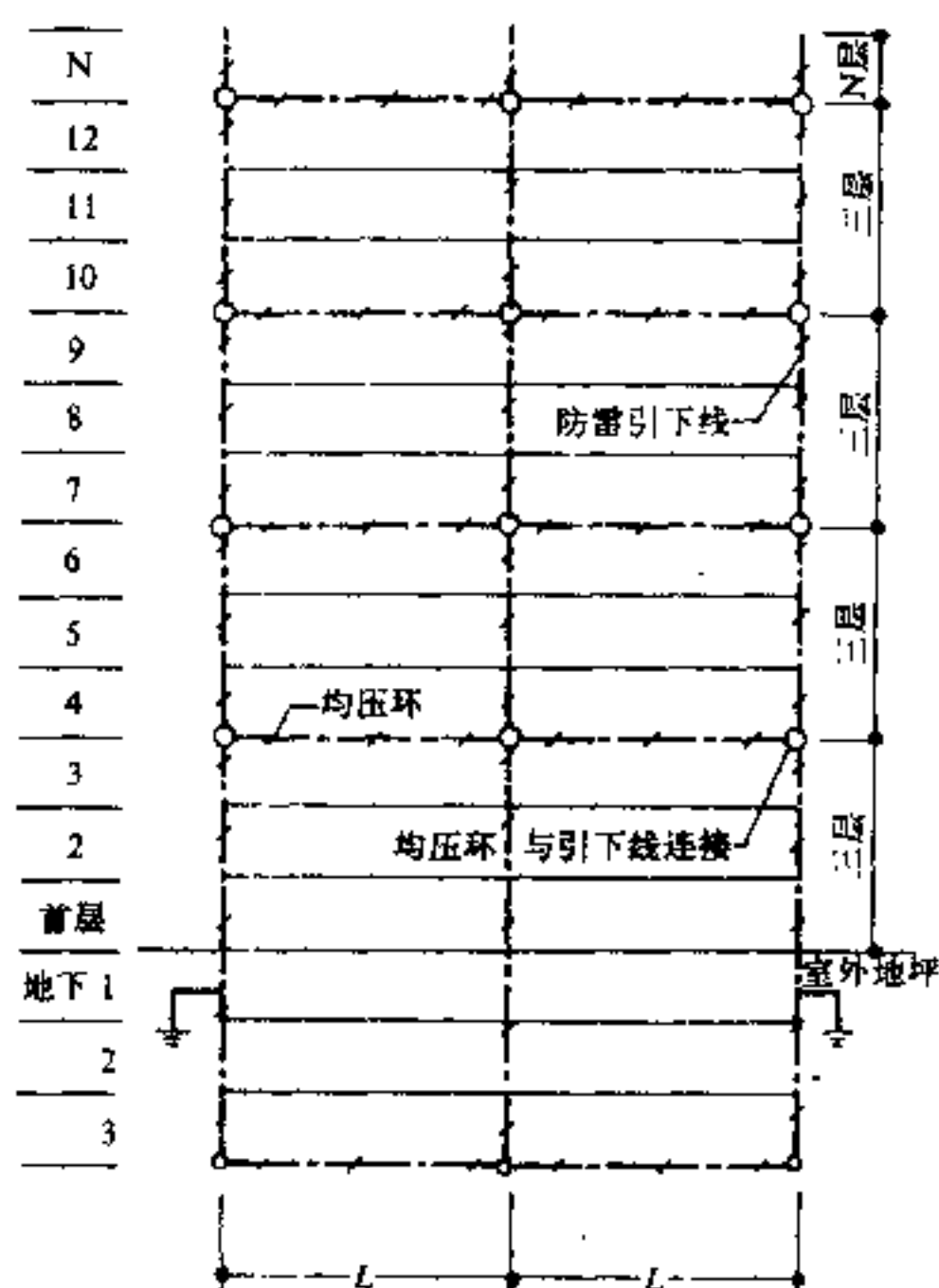
半导体少长针消雷装置

适用于高度超过 40m 的建筑物或有高层建筑的建筑物。建筑体高度超过越显示出其优越性。

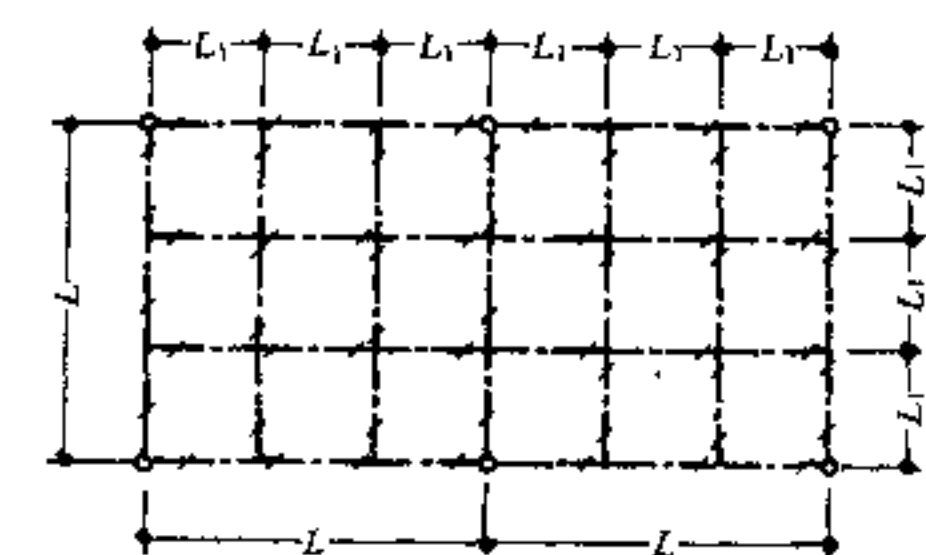
半导体少长针消雷装置保护角为 80° 。半导体少长针在雷云下向周围空间输送异性电荷的结果使消雷塔顶部形成了一空间电荷层,它有效地降低了消雷塔附近的场强,使消雷塔附近地面难以形成向上发展的“迎面先导”,大大减少了对地雷击的可能。



2 利用大模板及装配式墙板结构的笼式避雷网示意

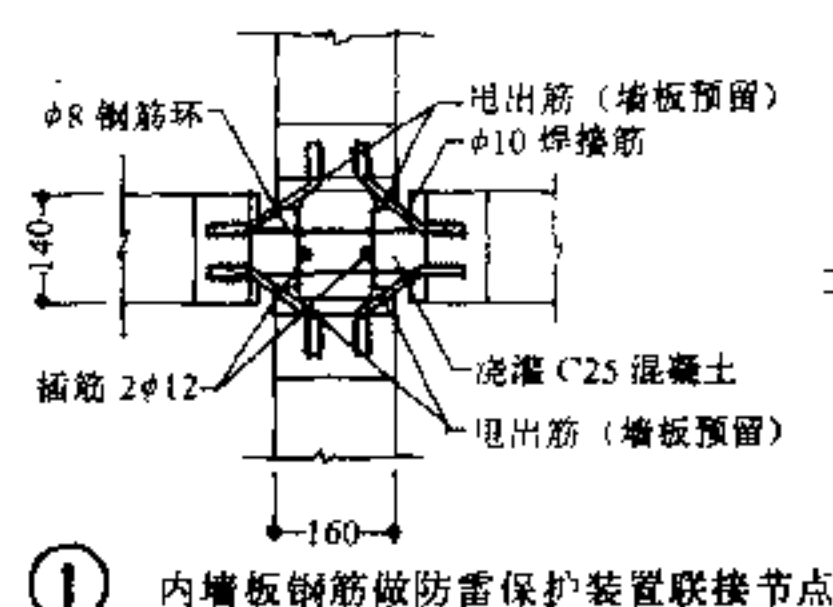


b 高层建筑均压环与引下线连接示意

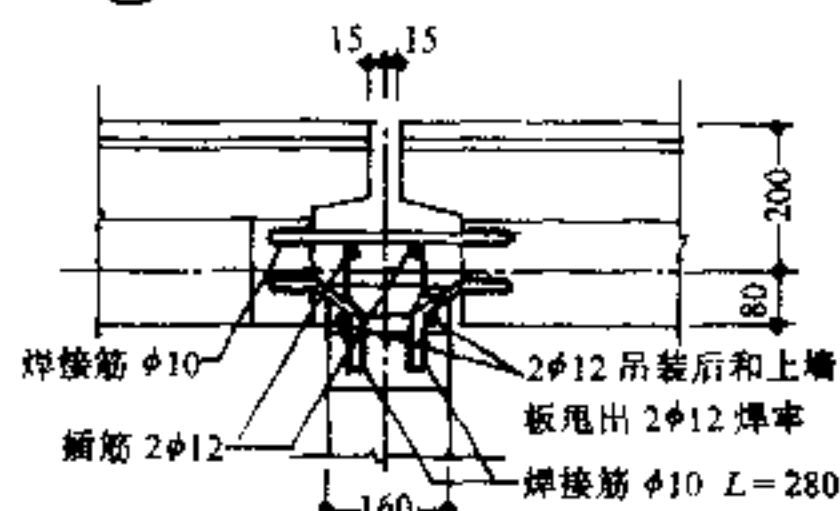


c 屋顶避雷网格尺寸及引下线连接示意

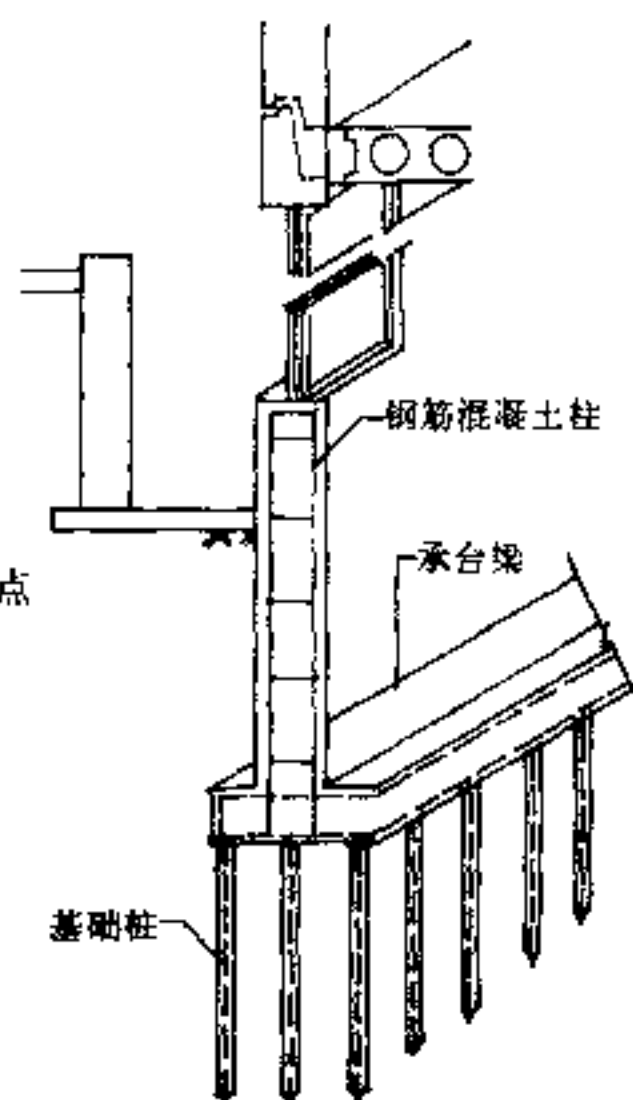
注: 高层建筑从首层起, 每三层利用结构圈梁的水平钢筋与引下线焊接成均压环。所有引下线、建筑物内的金属结构和金属物体等应与均压环连接。



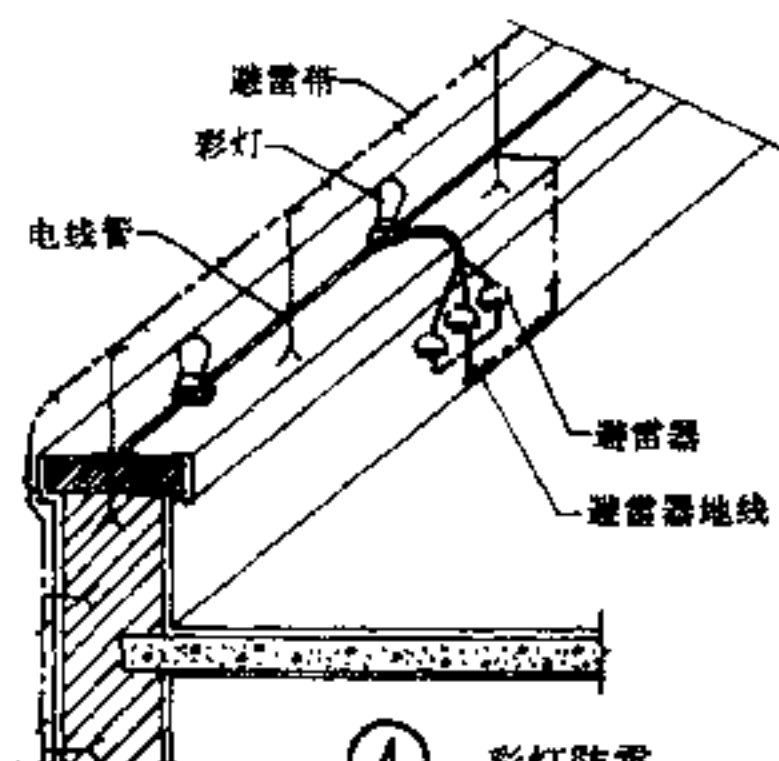
① 内墙板钢筋做防雷保护装置联接节点



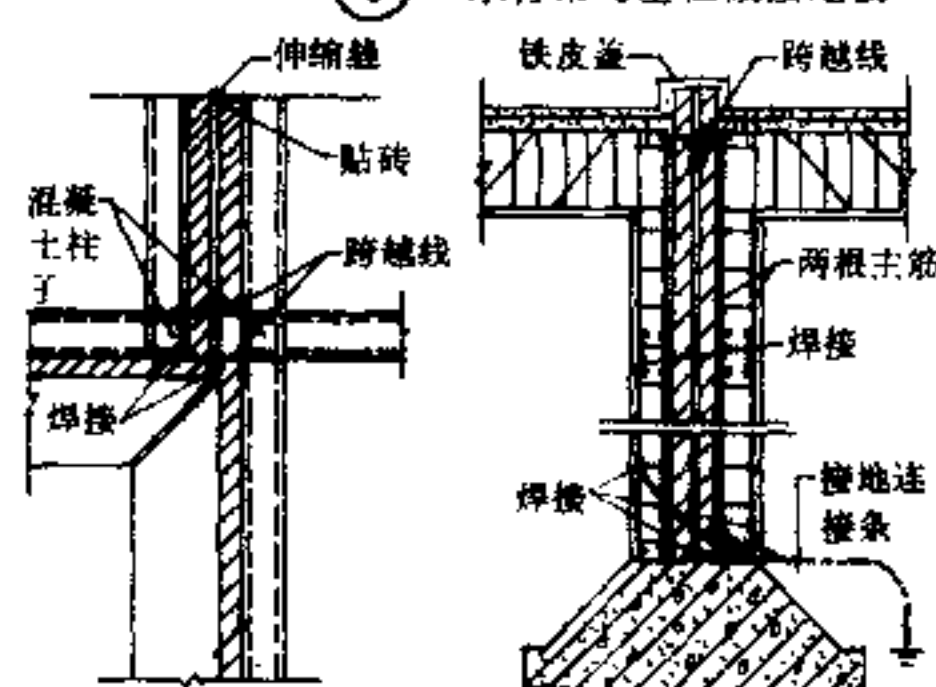
② 内外墙联接节点



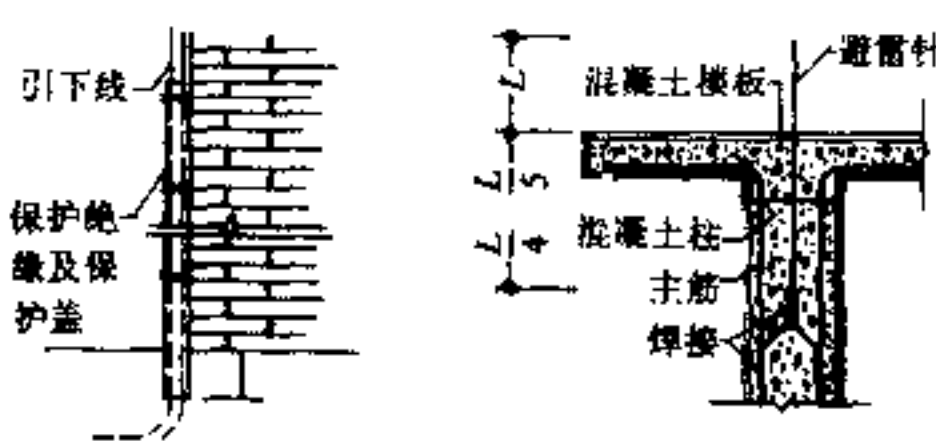
③ 承台梁与基础柱做接地极



④ 彩灯防雷

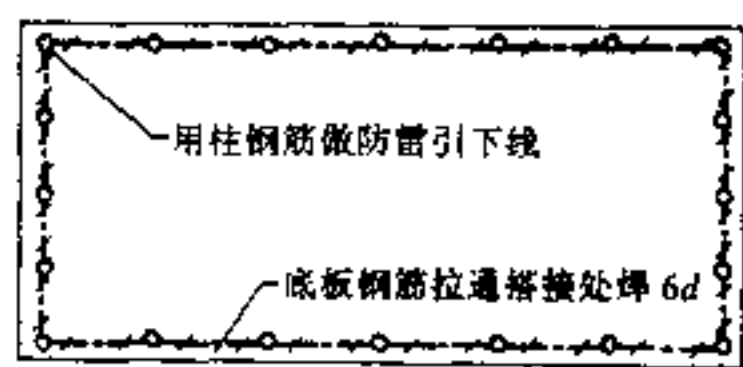


a 伸缩缝中跨越线及柱子内钢筋焊接

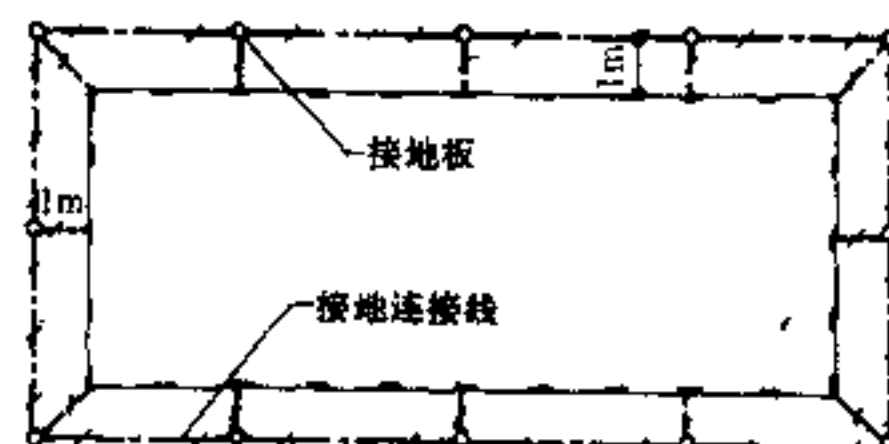


b 明装引下线保护 c 柱子、主筋做引下线

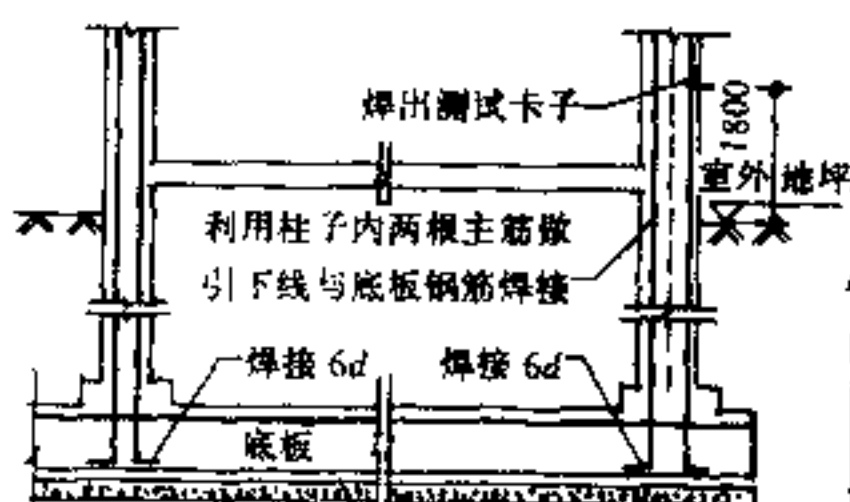
表 1 引下线间距			表 2 屋顶避雷网间距		
防雷分类	L (m)	备注	防雷分类	L ₁ (m)	备注
1	<12	一柱内不少于一根	1	<5×5	上人屋顶敷在顶板内
2	<18	少于两根	2	<10×10	5cm 处不上人屋顶敷在顶板上
3	<25	钢筋	3	<20×20	上人屋顶敷在顶板上



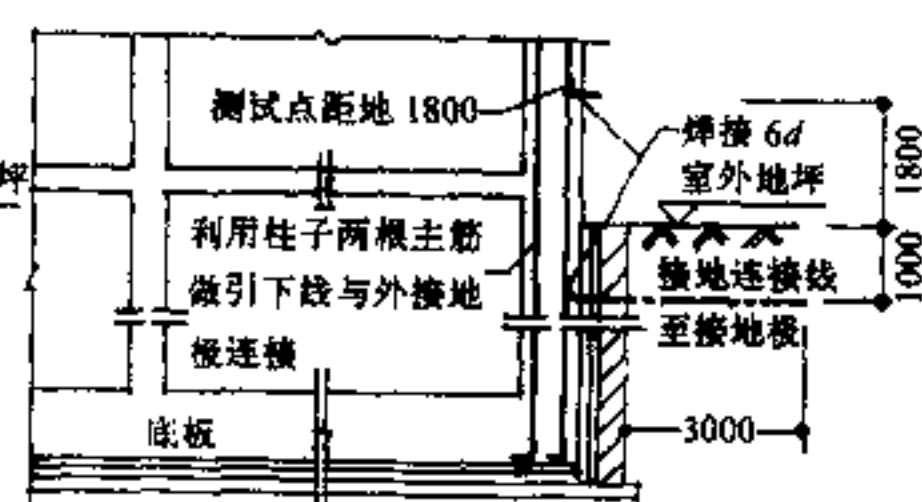
d 无防水层底板防雷接地平面



e 有防水层防雷接地极平面



f 利用无防水层结构基础钢筋做接地极



g 有防水层防雷引下线外引

1 避雷网

2 引下线及接地体

接地的种类

一、工作接地 在正常或事故情况下,为保证电气设备可靠地运行,而必须在电力系统中某一点进行接地。

二、保护接地 电力设备的外露可导电部分由于绝缘损坏可能带电,为防止危及人身安全而设置的接地。

三、重复接地 将中性线上的一点或多点与地再次做电气连接。

四、过电压保护接地 为了消除雷击和过电压的危险而设置的接地,称为过电压保护接地,或称为防雷接地。

五、防静电接地 为了消除生产过程中产生的静电而设置的接地。

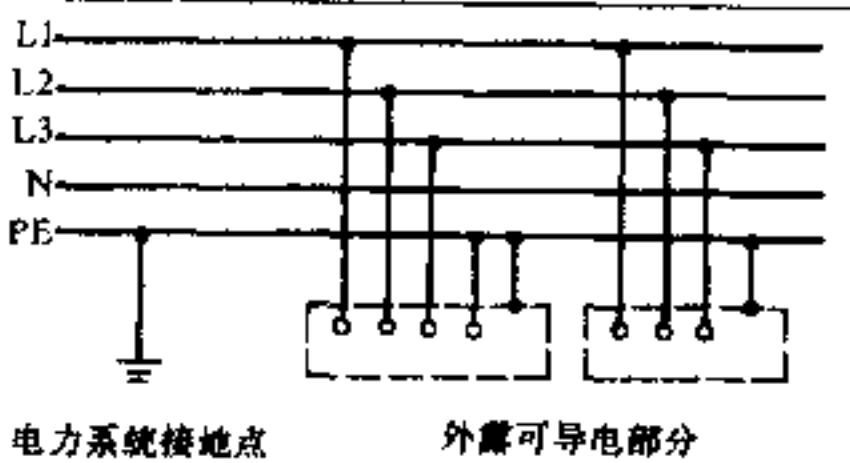
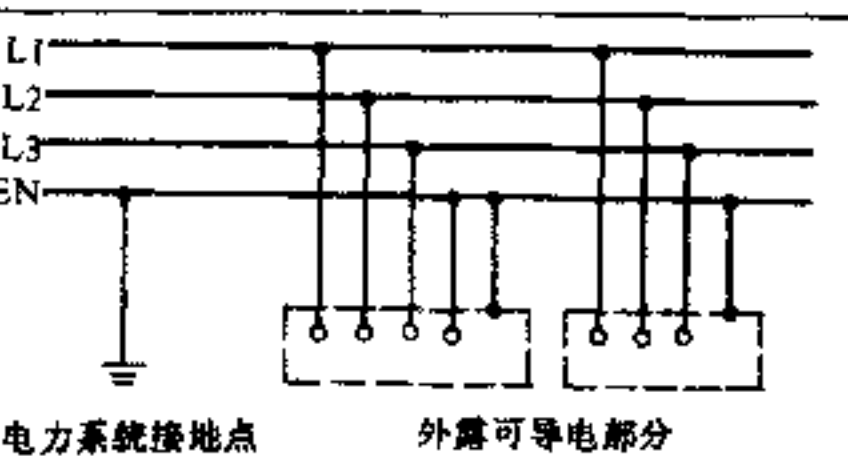
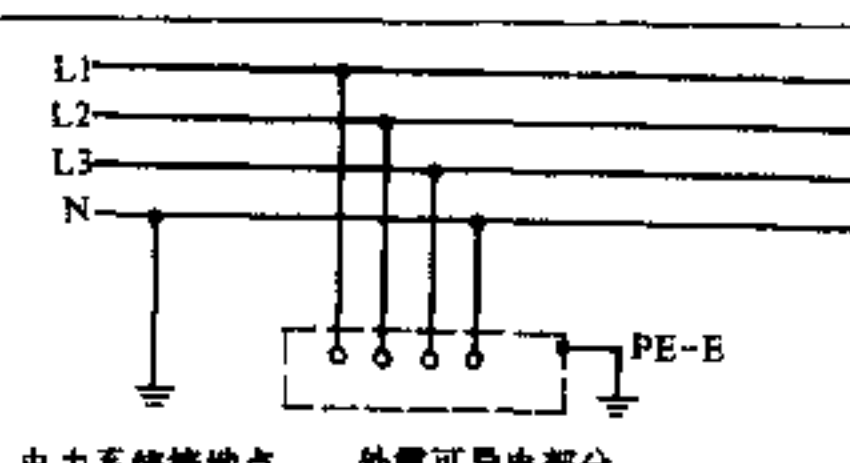
六、屏蔽接地 为了防止电磁感应而对电气设备的外露可导电部分、屏蔽罩、屏蔽线的外皮或建筑物金属屏蔽体等进行的接地,称为屏蔽接地。

低压配电系统接地型式

TN 系统

表 1

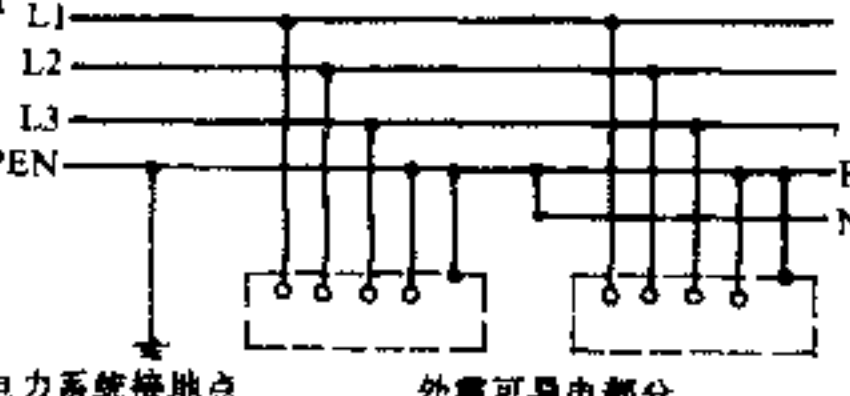
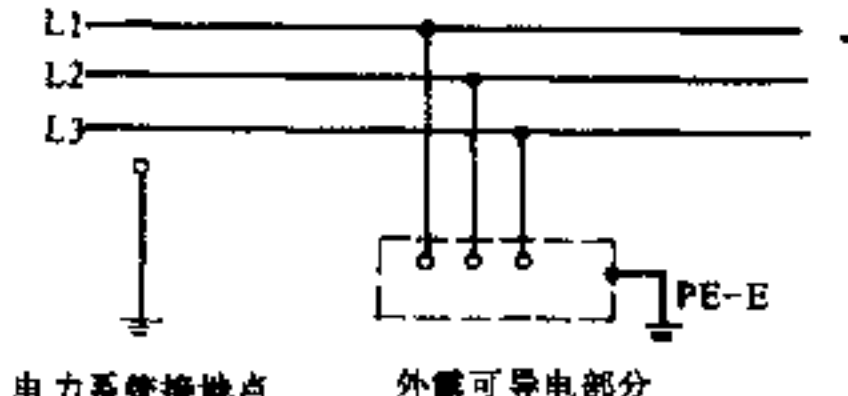
电力系统有一点直接接地,受电设备的外露可导电部分通过保护线与接地点连接。按照中性线与保护线组成情况,又可分为三种型式:

a TN-S 系统 整个系统的中性线(N)与保护线(PE)分开  电力系统接地点 外露可导电部分	b TN-C 系统 整个系统的中性线(N)与保护线(PE)合一  电力系统接地点 外露可导电部分	c TN-C-S 系统 系统中前一部分线路的中性线与保护线合一,后部可以从某一点开始分开  电力系统接地点 外露可导电部分
--	---	---

TT 系统

表 2

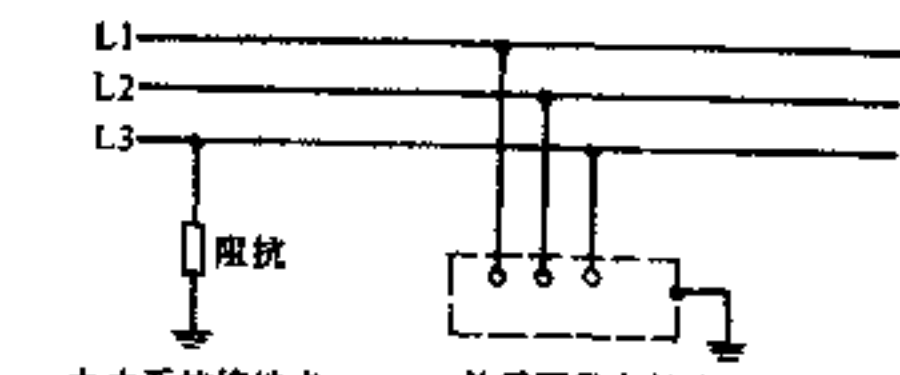
电力系统有一点直接接地,受电设备的外露可导电部分通过保护线接至与电力系统接地点无直接关联的接地极

a  电力系统接地点 外露可导电部分	b  电力系统接地点 外露可导电部分
---	--

IT 系统

表 3

电力系统带电部分与大地间无直接连接(或有一点经足够大的阻抗接地),受电设备的外露可导电部分通过保护线接至接地极

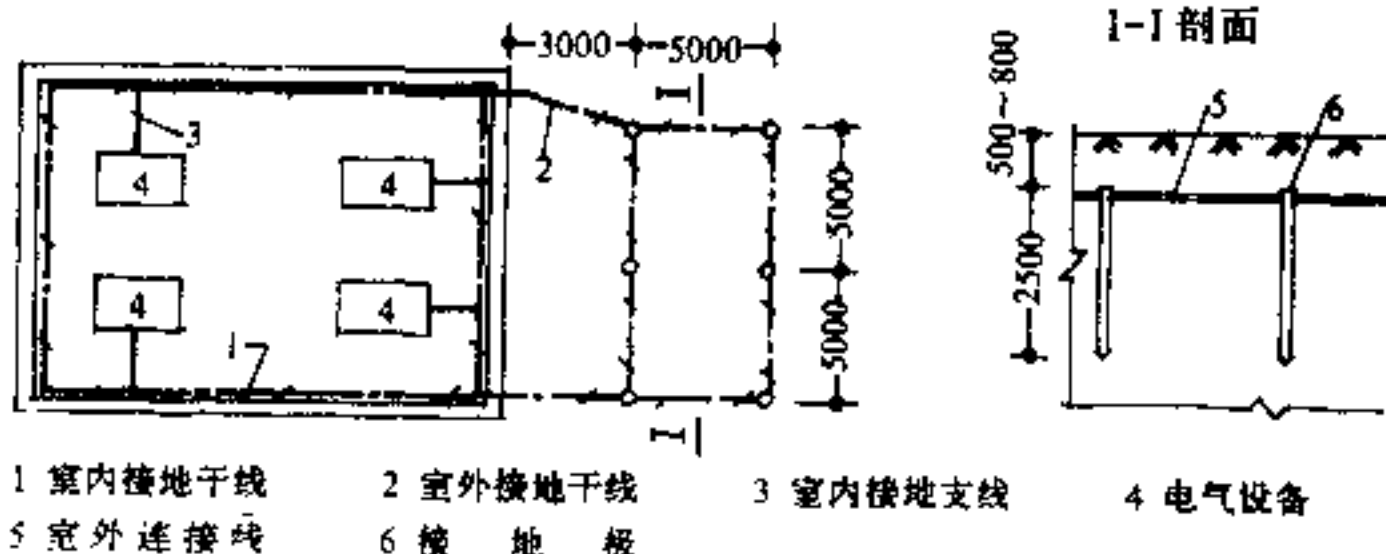
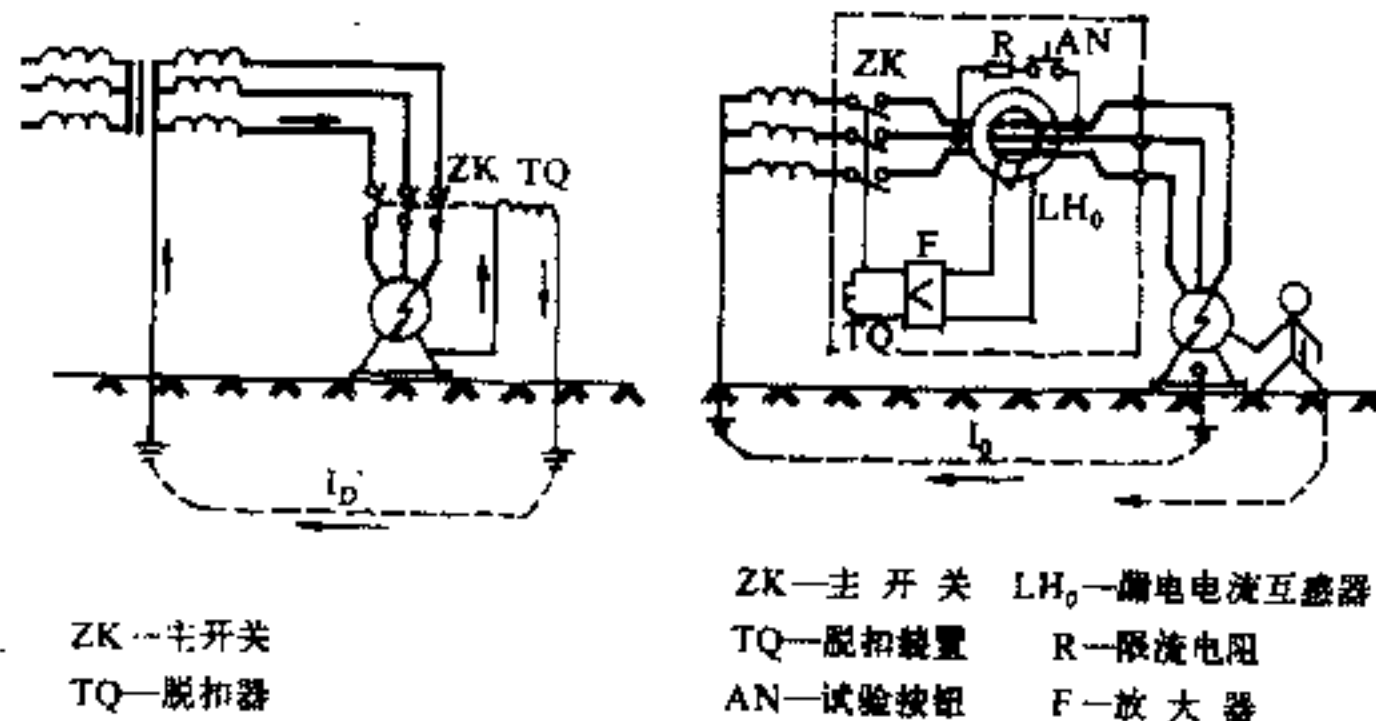
 电力系统接地点 外露可导电部分

接地装置

- 交流电力装置的接地体,在满足热稳定条件下,应充分利用自然接地体,并注意接地装置的可靠性,但可燃液体或气体、供暖系统等管道禁止用作保护接地线。
- 人工接地体,一般宜优先采用水平敷设方式的接地体。
- 除特殊要求外,各种类型的接地可共用一组接地装置,其接地装置的接地电阻应满足最高一种类型接地电阻的要求。
- 接地装置宜采用热镀锌等防腐措施。在腐蚀性较强的场所,应适当加大截面。
- 室内接地干线过门时,在门上绕行敷设或埋地敷设。室内接地干线距地面0.3m。
- 在地下禁止用裸铝线作接地体或接地线。

漏电开关(漏电保护器)

漏电保护器主要种类为电压动作型和电流动作型。目前电压动作型漏电保护器将逐步被取代。电流动作型漏电保护器原理为:人体触电或线路漏电时,通过检测元件控制来切断电源。



1 接地装置示意图

2 电压动作型原理图

3 电流动作型原理图

照明种类

- 一、正常照明 在正常情况下使用的室内外照明。
- 二、应急照明 在正常照明系统因故障熄灭的情况下，供人员疏散，保障安全或继续工作的照明。
- 三、值班照明 非工作时间内为值班巡视所使用的照明。
- 四、警卫照明 专用于警戒区的照明。
- 五、景观照明 为在夜间观赏建筑物的外观和庭园小景而设置的照明。
- 六、航空障碍照明 为了保障飞机夜航的安全，在机场附近或起落航线上可能产生危害的高层建（构）筑物上所设置的照明。
- 七、室外道路照明

1. 杆柱照明 照明器一般安装在高度为15m以下的灯杆顶端，沿道路布置灯杆。

2. 高杆照明 在15~40m的高杆上安装大功率光源的多个照明器，可以少数高杆进行大面积照明。

3. 悬索照明 一般在高15~20m灯杆之间拉起钢丝索，把照明器悬挂在钢丝索上进行照明。

4. 栏杆照明 沿着道路轴线，在车道两侧距地面约1m高的位置设置照明器。

注：①应急照明包括②疏散照明 在正常照明失效时，为使人们能容易而准确无误地找到建筑物出口而设置的照明。

③备用照明 在正常照明失效时，为继续工作或暂时继续进行正常活动而设置的照明。

④安全照明 在正常照明失效时，为确保处于潜在危险的人的安全而设置的照明。

②应急照明的设置范围

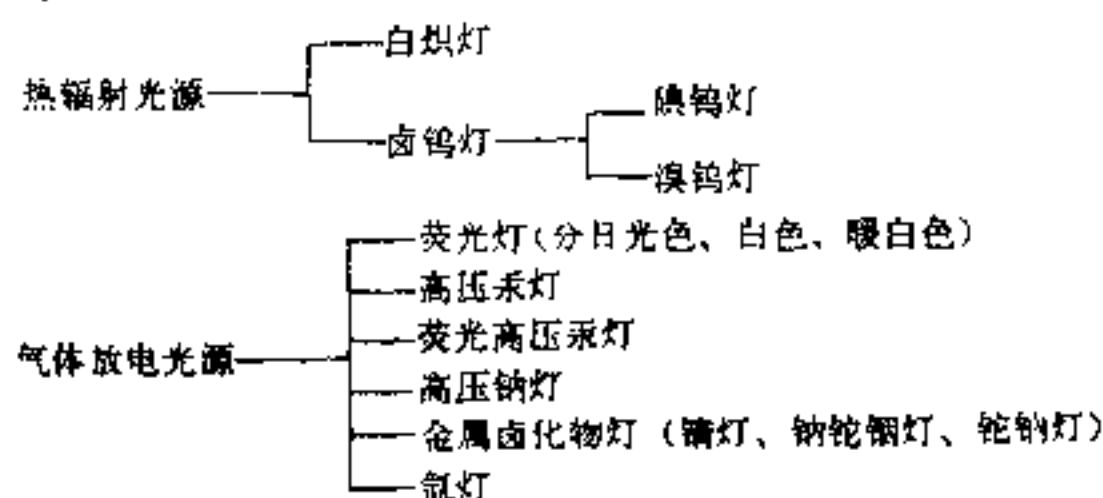
- ④备用照明 常设置于配电室、消防控制室、应急发电机房、消防水泵房、医院手术室、警卫室、通讯枢纽、供热站或锅炉房、现金出纳台、大型商店柜台区、超级市场的营业厅、旅馆的门厅、饭店的营业厅及用电设备属一级负荷的场所。
- ②疏散照明 应设置在疏散楼梯、防烟楼梯前室、消防电梯及其前室、建筑高度超过24m的公共建筑内的疏散走道、观众厅、展览厅、餐厅、商业营业厅等人员密集的场所。公共建筑疏散人员用的主要出入口、走廊、浴室、蒸汽浴室、存衣间、洗衣机房、修理间，以及虽工作照明中断而生产设备仍继续工作，并可能导致工伤的房间。

若干光源的显色指数

表1

光源	显色指数	光源	显色指数
白色荧光灯	65	水银灯	23
日光色荧光灯	78	氙灯	94
暖白色荧光灯	59	金属卤化物灯	88~92
高显色荧光灯	92	钠灯	21

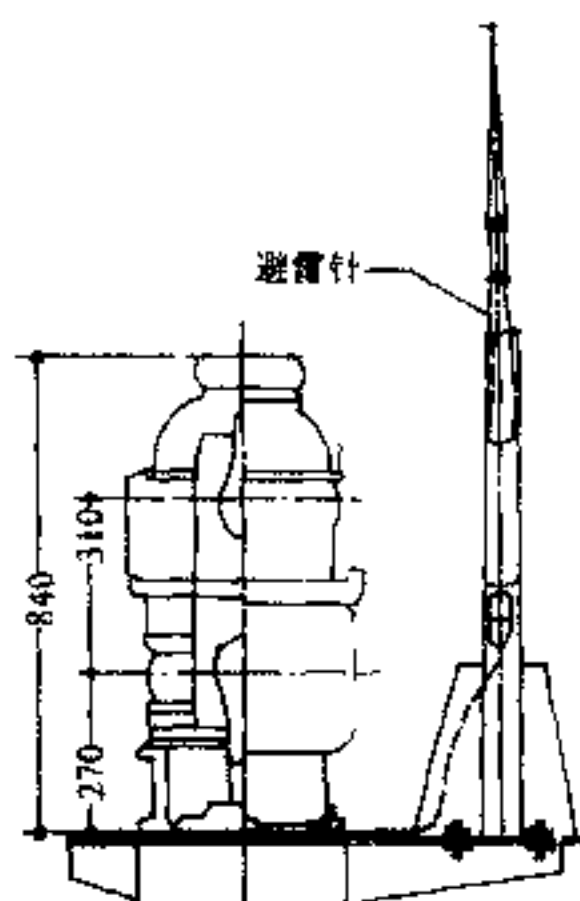
常用照明光源



特种照明

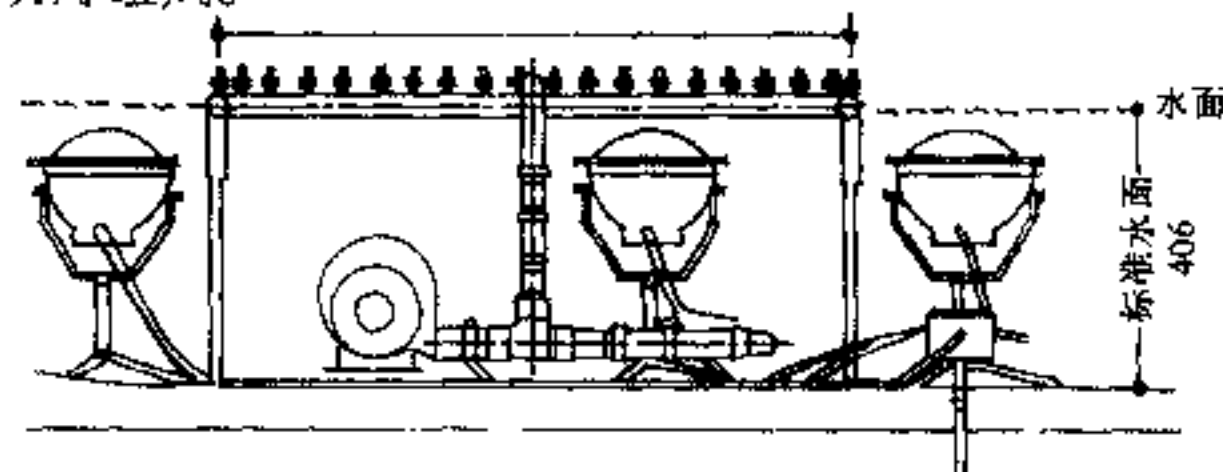
- 一、障碍照明 达到一定限高的建筑物、构筑物，应设障碍指示照明，并装设在建筑物的顶端。当制高点平面面积较大或用于建筑组群时，除在最高端装设外，还应在外侧转角的顶端分别装设。

二、建筑的立面照明 目前我国采用投光灯对建筑物进行立面照明，投光灯省电，光色好，立体感强。

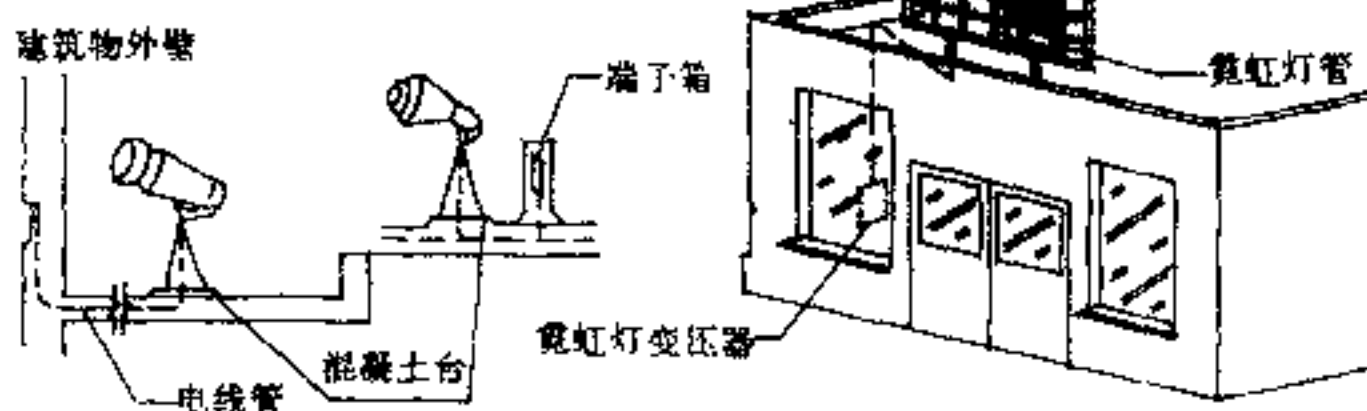


⑤ 障碍灯安装大样

三、水下照明 灯光喷水系统由喷嘴、压力泵及水下照明灯组成。



⑥ 水下照明

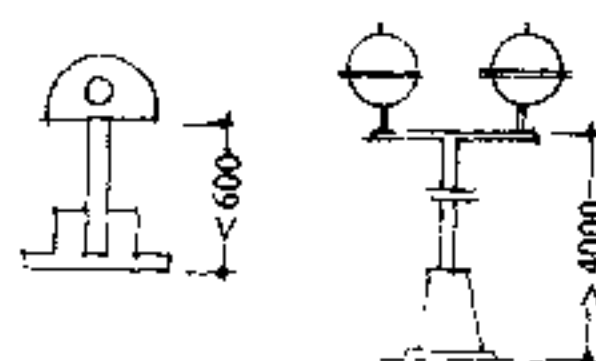


⑦ 高层建筑立面照明

⑧ 霓虹灯广告照明

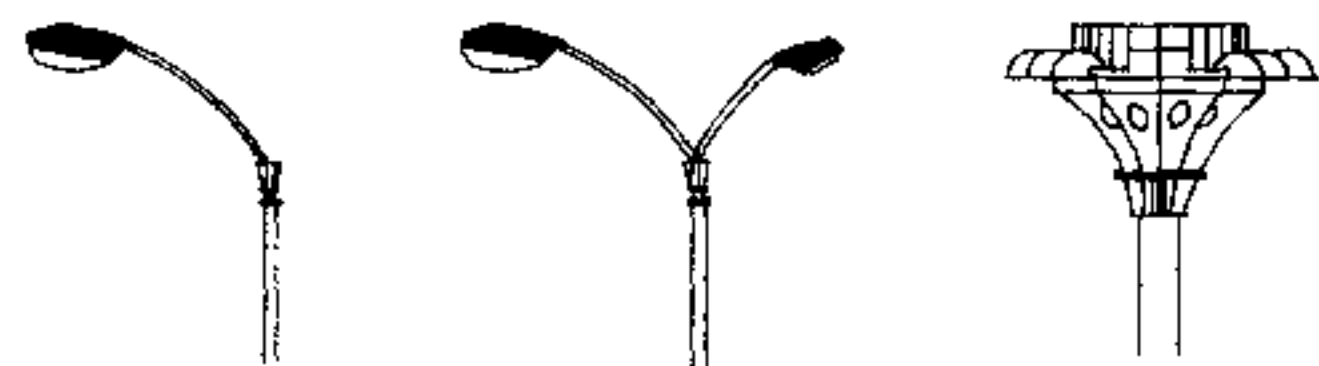
四、霓虹灯广告照明 高压电源由霓虹灯变压器提供，在室内外不同气温下使用。

五、庭院照明 庭院灯分草坪灯和庭院灯两种。草坪灯一般较矮。



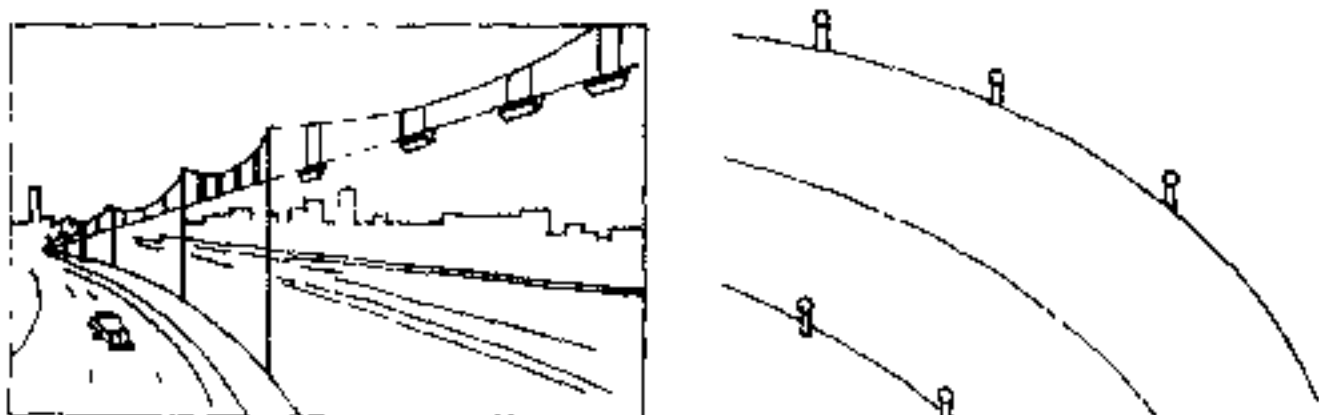
⑨ 草坪灯

⑩ 庭院灯



① 杆柱照明

② 高杆照明



③ 悬索照明

④ 栏杆照明

照明用电量的概略计算

$$S = A \cdot P \cdot K$$

式中 S —照明用电量(W);

包括一般家用电器

A —建筑物的使用面积(m^2);

P —每 m^2 使用面积的容量(W/m^2);

K —照明负荷需用系数。

单位面积一般照明用电量及需用系数参考数值

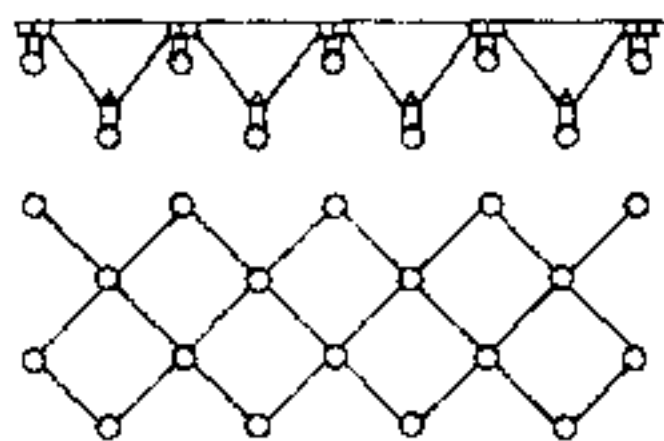
表 1

建 筑 物	单位容量 $P(W/m^2)$	照明负荷 需用系数 K	建 筑 物	单位容量 $P(W/m^2)$	照明负荷 需用系数 K
住 宅	10~20	0.5~0.8	图 书 馆	20~40	0.7~0.9
宿 舍	10~20	0.7~0.9	商 店	20~40	0.8~0.9
办 公 楼	20~30	0.4~0.8	食 堂	10~20	0.8~0.9
医 院	20~30	0.2~0.4	小 型 工 场	20~30	0.8~1.0
学 校	20~40	0.8~1.0	仓 库	5~10	0.5~0.8
托儿所、幼儿园	10~20	0.8			

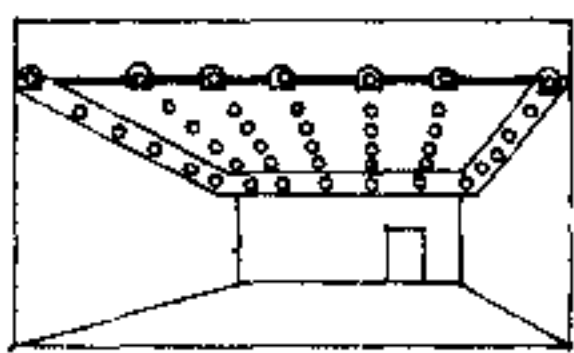
注: 计算建筑物的总负荷时, 应计入 0.5~0.8 的同时使用系数。

装饰照明 把灯具的功能和装饰密切配合起来, 把建筑物的艺术性与灯具的艺术性协调起来, 以构成一定的

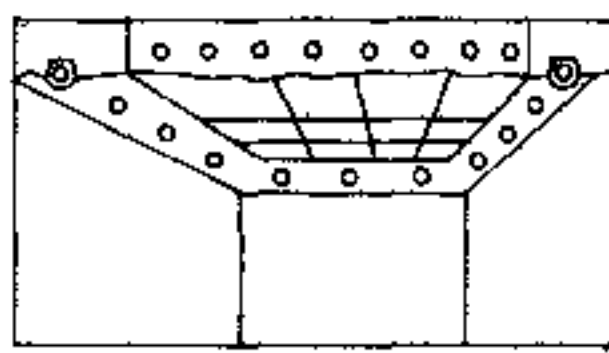
风格和增加照明效果, 把灯具和建筑物天棚等统一考虑, 使之一体化的照明, 称为装饰照明。



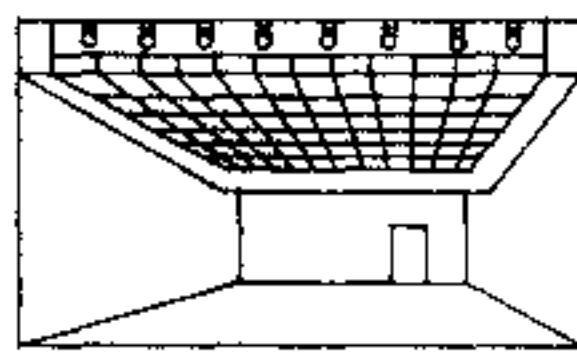
① 空间枝形照明网



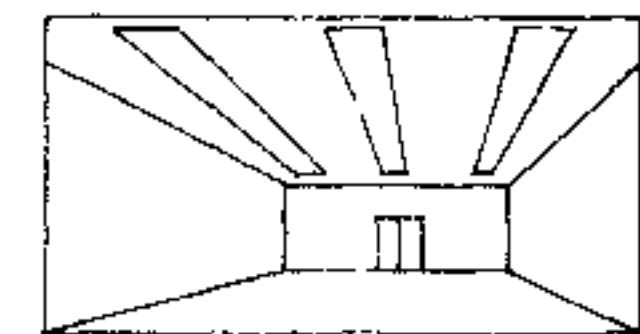
② 嵌入顶棚直射式照明



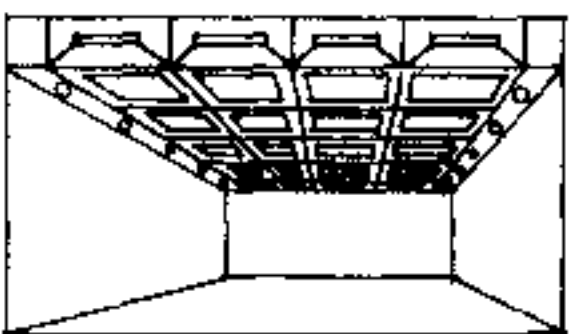
⑤ 发光天棚



⑥ 格栅天棚



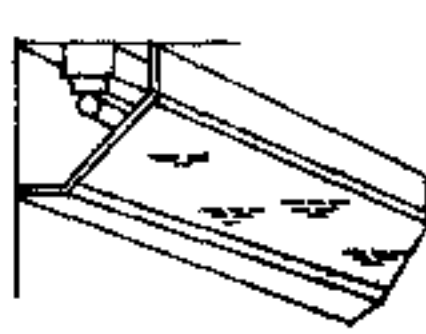
③ 线状光源光带照明



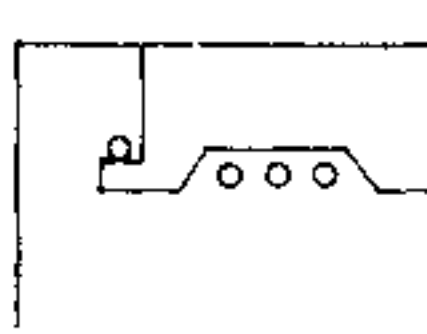
④ 组合天棚照明



⑦ 光梁



⑧ 明设天棚角照明



⑨ 暗设天棚角照明

各主要建筑物照明设计要点

表 2

学校

1. 教室照明宜采用蝙蝠翼式和非对称配光灯具, 并且布灯原则应采用与学生主视线相平行, 安装在课桌间的通道上方, 与课桌面垂直, 距离不宜小于 1.7m。
2. 当装设黑板照明时, 黑板上的垂直照度宜高于水平照度值。
3. 光学实验桌上、生物实验室的显微镜实验桌上以及设有简易气象仪的地理教室的课桌上宜设置局部照明。

商场

1. 应选用显色性高、光束温度低、寿命长的光源, 如荧光灯、高显色钠灯、金属卤化物灯、低压卤钨灯等, 同时宜采用可吸收光源辐射热的灯具。
2. 营业厅照明宜由一般照明、专用(功能性)照明(与柜台布置相协调)和重点照明组合而成。不宜把装饰性照明兼作一般照明。
3. 营业厅的专用照明设计宜采用非对称配光灯具, 并应适当陈列柜台布局的变化。可选用配线槽与照明灯具相结合, 并配以导轨灯或小功率聚光灯的设计方案。
4. 在自选商场中, 可采用固定安装的一般照明, 其光源应以荧光灯为主。

旅馆

1. 大门厅照明应提高垂直照度, 并宜随室内照明(受天然光影响)的变化而调节灯光或采用分路控制方式。门厅照明应满足客人阅读报刊所需要的照度要求。
2. 大宴会厅照明宜可调光, 同时宜设置小型演出用的可自由升降的灯光吊杆。灯光控制应在灯内和灯光控制室两地操作。
3. 设有舞厅的多功能厅, 宜在舞池配置宇宙灯、旋转效果灯、频闪灯等现代舞厅灯光及镜面反射灯。舞池灯光宜采用计算机控制的声光控制系统, 并可与任何调光器配套连机使用。
4. 酒吧、咖啡厅、茶室、牛排餐厅等照明, 宜采用低照度水平并可调光。
5. 等级标准高的客房可不设一般照明, 客房床头照明宜采用调光方式, 客房的通道上宜设有备用照明。

办公楼

1. 办公室、打字室、设计绘图室、计算机等宜采用荧光灯。
2. 一般照明宜设计在工作区两侧, 采用荧光灯时应使灯具纵轴与水平视线平行。不宜将灯具布置在工作位置的正前方, 大开间办公室宜采用与外窗平行的布灯形式。
3. 在难以确定工作位置时, 可选用发光面积大、亮度低的定向蝙蝠翼式配光灯具。
4. 出租办公室, 宜按建筑开间布灯或按智能办公楼基本单元采用“口”字形布灯。

医院

1. 应合理选择光源和光色, 对于诊室、检查室和病房等场所宜采用高显色光源。
2. 诊室、护理单元通道和病房, 宜避免卧床病人视野内产生直射眩光。
3. 护理单元的通道, 宜在深夜可关掉其中一部分或采用可调光方式。
4. 手术室内设有专用手术无影灯处, 宜另设有一般照明, 其光色温度应与无影灯光源相适应。每个手术室应有独立的电源控制箱。

体育馆(场)

1. 比赛场地照明宜满足使用的多样性。室内场地宜采用高光效、宽光束与狭光束配光灯具相结合的布灯方式或选用非对称配光灯具, 室外足球场地应采用狭光束配光灯具, 同时应严格控制眩光、阴影和频闪效应。
2. 室内排球、羽毛球、网球、体操等场地照明, 宜采用侧向投光照明; 而篮球、手球、冰球等宜在场地上空均匀布灯, 再配以侧向投光照明。
3. 综合性大型体育馆宜采用光带式布灯或与塔式布灯组成的混合式布灯形成。

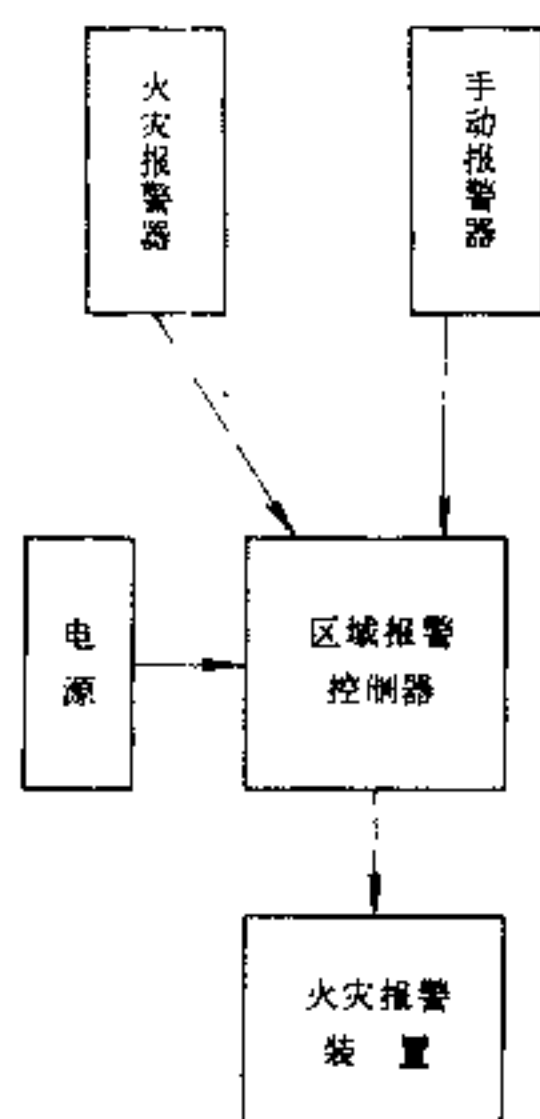
影剧院

1. 观众厅照明应采用平滑调节方式, 并应防止不舒适眩光, 以及不致碍正常演出和放映影片, 并易于从顶棚内进行维修灯具。
2. 观众厅照明应根据使用需要可多处控制(如灯光控制室、放映室、舞台口以及前厅值班室等处控制), 并宜设有值班清扫用照明。
3. 观众厅及其出口、疏散楼梯间、疏散通道以及演员和工作人员的出口, 应设有应急照明。

续表 2

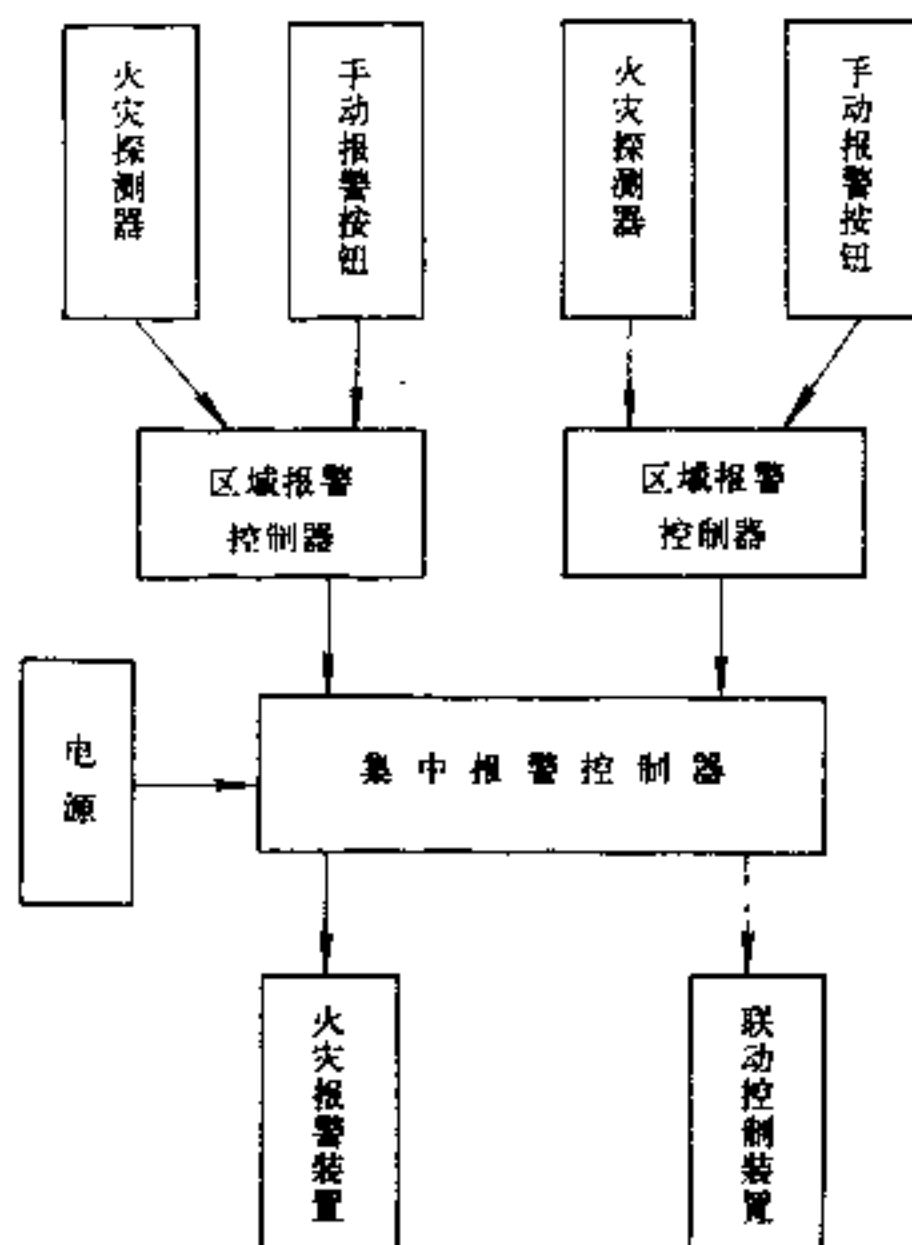
火灾报警系统的组成

一、区域报警系统



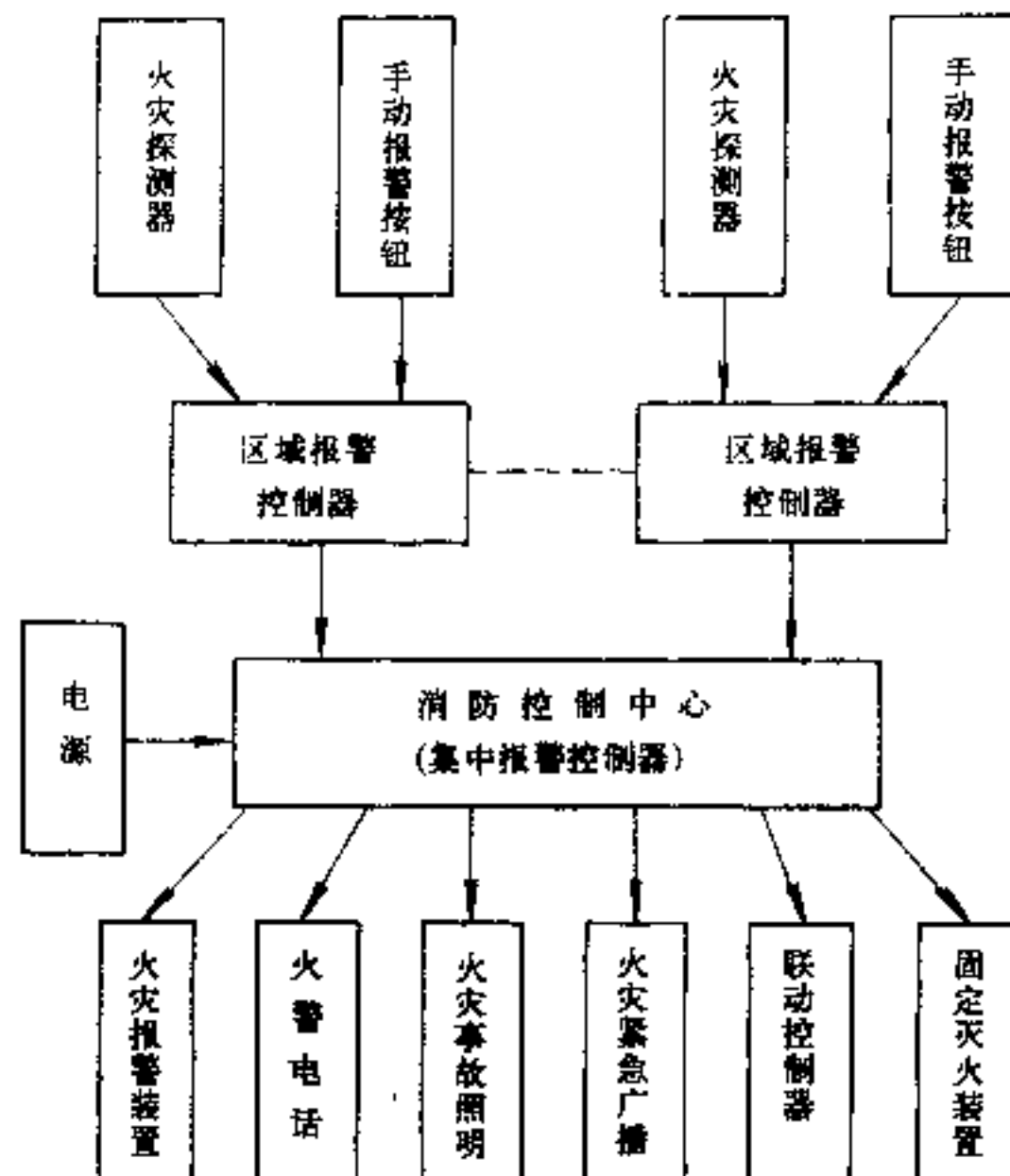
适用于保护对象不大, 范围不大, 保护部位较少, 且分布比较集中, 对系统功能要求较简单的场所

二、集中报警系统



适用于保护对象范围较大、保护部位较多, 且组成分布对系统功能要求不很复杂的场所

三、控制中心报警系统



适用于保护范围大、保护部位多, 且组成分布对系统功能要求较复杂、联动功能多的场所

火灾自动报警装置的设置

一般工业及民用建筑

- 1 大中型电子计算机房, 贵重的机器、仪表、仪器设备室, 贵重物品库, 每座占地面积超过 1000m^2 的棉、毛、丝、麻、化纤及其织物库, 设有卤代烷、二氧化碳等灭火装置的其他房间, 广播、电信楼的重要机房, 火灾危险性大的重要实验室。
- 2 图书、文物珍藏库, 每座藏书超过 100 万册的书库, 重要的档案、资料库, 占地面积超过 500m^2 或总建筑面积超过 1000m^2 的卷烟库房。
- 3 超过 3000 个座位的体育馆观众厅, 有可燃物的吊顶内及其电信设备室, 每层建筑面积超过 3000m^2 的百货楼、展览楼和高级旅馆等。
- 4 散发可燃气体、可燃蒸汽的甲类厂房和场所, 应设置浓度检测报警装置。

高层民用建筑

- 1 属防火一类建筑的可燃物品库、空调机房、配电室。
- 2 高级旅馆的客房和公共活动房, 百货、财贸金融楼的营业厅, 展览楼的展览厅。
- 3 电信楼、广播楼、省级邮政楼的重要机房或房间。
- 4 重要的图书、资料、档案库, 贵重设备间, 大中型电子计算机房和火灾危险性较大的实验室等。
- 5 建筑高度超过 100m 的超高层建筑物中, 除不适合装设火灾探测器的部位外 (如厕所、浴池), 均应全面设置火灾探测器。

与防空工程兼用的建筑

- 1 使用面积超过 1000m^2 的商场、医院、旅馆、展览厅等。
- 2 使用面积超过 1000m^2 丙、丁类生产车间, 丙、丁类物品库房。
- 3 电影院和礼堂的舞台厅、放映室、观众厅、休息室等火灾危险性较大的部位。
- 4 大、中型计算机房、通讯机房、变压器室、柴油发电机室及重要的实验室、图书、资料、档案库等。

汽车库

- 1、II、III 类地下车库、多层车库、多层建筑的底层汽车库。

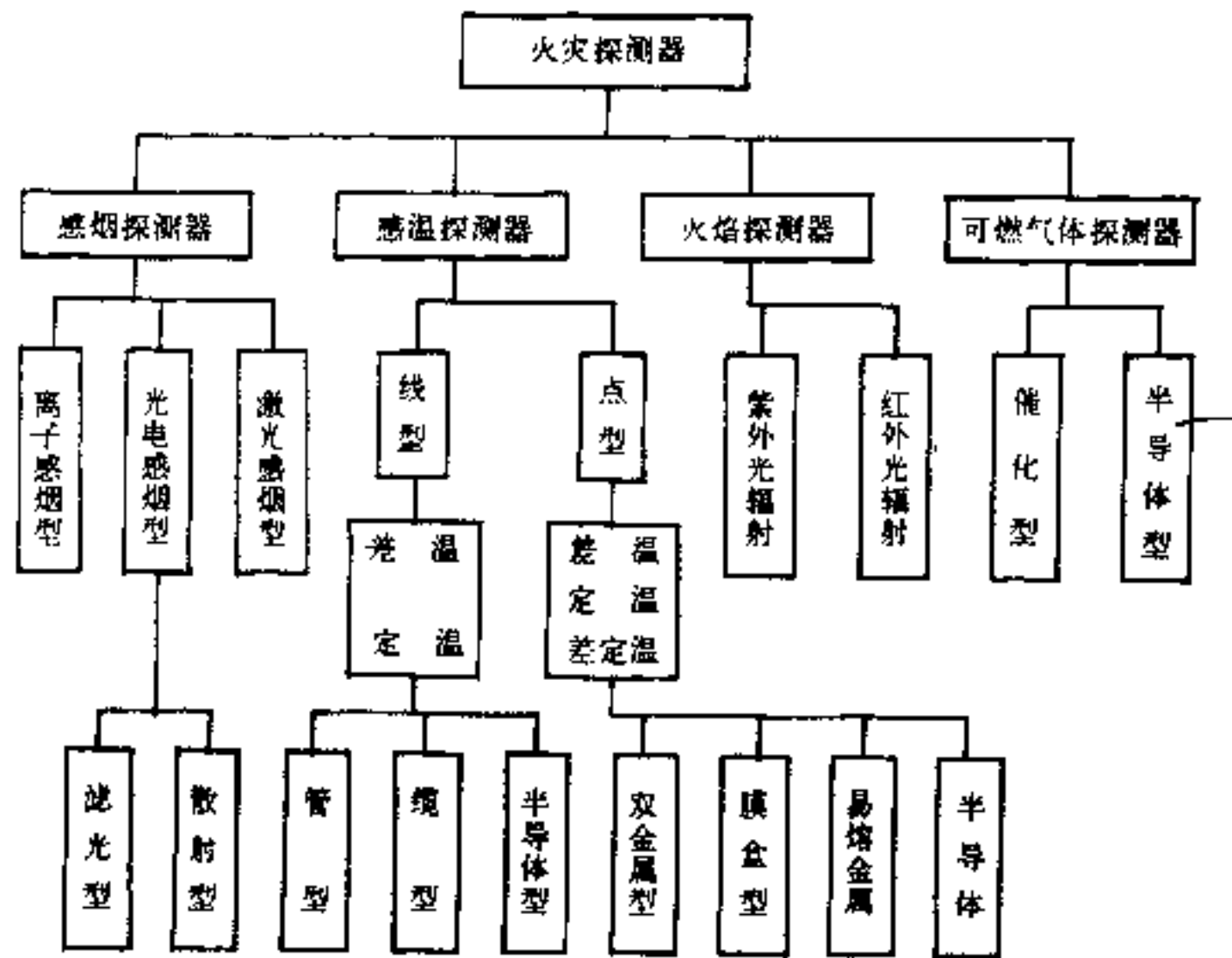
消防控制中心的位置选择

- 一、发生火灾时, 消防人员容易找到, 并可到达这个房间。
- 二、宜设于建筑物的首层或地下一层, 并有通向室外的安全出口, 且通往室外安全出口的距离不应大于 20m。
- 三、应设在交通方便和发生火灾时不易延燃的部位。
- 四、不应将消防控制中心设于厕所、锅炉房、浴室、汽车库、变压器室的隔壁和上、下层相对应的房间中。
- 五、可能时宜与保卫部门、广播、通讯设施用房邻近。

消防控制中心对土建专业的技术要求

- 一、应有容纳消防控制设备和值班、操作及维修工作所必要的空间。
- 二、独立设置的消防控制中心, 其耐火等级不应低于二级; 附设在建筑物内的消防控制中心, 应采用耐火极限分别不低于 3 小时的隔墙和 2 小时的楼板。
- 三、房间外门应向疏散方向开启, 其入口处应设置明显的标志。
- 四、为便于检修、敷设, 电气线路宜创造有地板槽敷设的条件, 同时应作防燃烧处理。
- 五、消防控制中心内严禁无关的电气线路及管道穿过。送、回风管, 在其穿墙处应设防火阀。

火灾探测器的分类



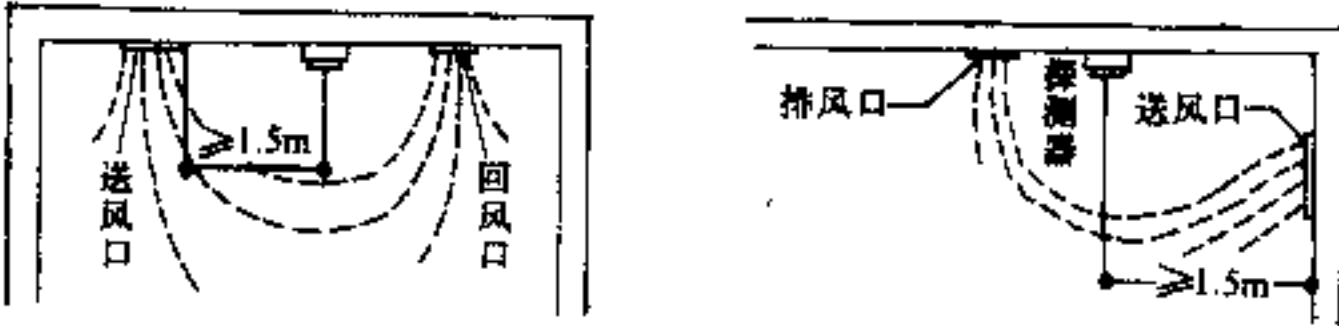
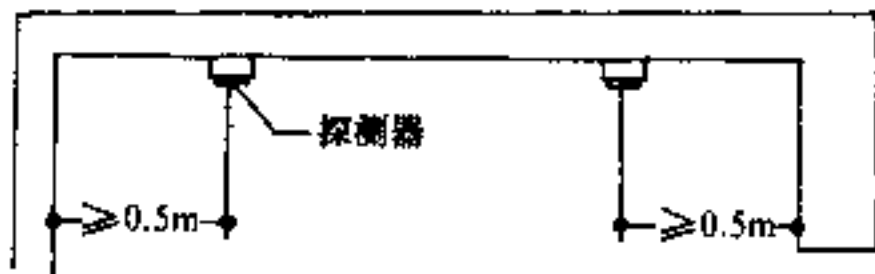
火灾探测器的选择

表 1

	应用场所	不宜应用的场所
感烟探测器	1. 正常情况下无烟或少烟的场所 2. 粉尘和水蒸汽不易出现的场所 3. 顶棚高度不超过 20m 的建筑物内 4. 火灾初期产生大量的烟的场所 5. 有电器火灾危险的场所	1. 相对湿度长期大于 95% 的场所 2. 气流速度大于 5m/s 的场所 3. 有大量粉尘、水雾滞留的场所 4. 有可能产生腐蚀性气体的场所 5. 产生醇类、醚类、酮类等物的场所 6. 工艺过程产生烟的场所
感温探测器	1. 相对湿度经常高于 95% 的场所 2. 可能发生无烟火灾的场所 3. 有大量粉尘的场所 4. 在正常情况下有烟和蒸汽的场所 5. 厨房、锅炉房、发电机房、茶炉房、烘干车间、汽车库、吸烟室等	1. 高度超过 8m 的房间 2. 可能产生阻塞火或者如发生火灾不及报警将造成重大损失的场所 3. 温度在 0℃ 以下的场所不宜选用定温探测器，正常情况下温度变化较大的场所不宜选用差温探测器
火焰探测器	1. 火灾时有强烈的火焰辐射的场所 2. 无阻燃阶段的火灾的场所 3. 需要对火灾作出快速反应的场所	1. 可能发生无焰火灾的场所 2. 在火焰出现前有浓烟扩散的场所 3. 探测器的镜头易被污染的场所 4. 探测器的“视线”易被遮挡的场所 5. 探测器易受阳光或其他光源直接或间照射的场所 6. 在正常情况下有明火作业以及 X 射线、弧光等影响的场所
可燃气体探测器	散发可燃气体、可燃蒸汽的甲类厂房和场所	

探测器安装位置的选择

- 一、在梁突出顶棚的高度小于 200mm 的顶棚上设置感烟及感温探测器时，可不考虑梁对探测器保护面积的影响；当梁突出顶棚的高度在 200mm 至 600mm 时，二级感温探测器极限值为 225mm，一级感温探测器极限值为 275mm，感烟探测器极限值为 375mm，并按梁间区域面积确定一只探测器能够保护的梁间区域的个数。
- 二、探测器至墙壁、梁边的水平距离，不应小于 0.5m。
- 三、探测器周围 0.5m 内，不应有遮挡物。
- 四、探测器至空调送风口边的水平距离不应小于 1.5m，至多孔送风顶棚孔口的水平距离不应小于 0.5m。最好靠近回风口。



- 五、锯齿型屋顶和坡度大于 15° 的人字型屋顶，应在每个屋脊处设置一排探测器。
- 六、探测器宜水平安装，如必须倾斜安装时，倾斜角不应大于 45°。若大于 45° 时，要加木台安装探测器。

火灾疏散标志照明的分类

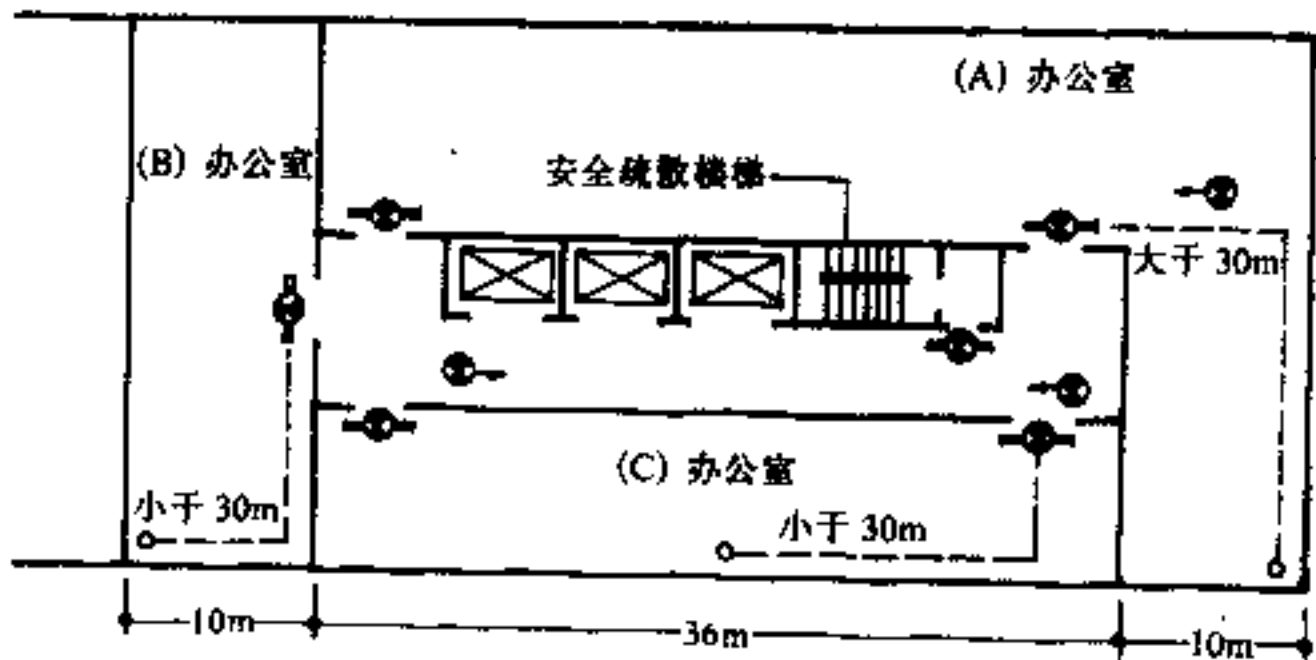
- 一、安全出口标志灯 设置在从室内直接通室外地平面的门口处和从室内直通疏散楼梯、疏散门处。
- 二、疏散通道标志灯 设置于房间至安全出口，疏散楼梯、过厅的通道，斜坡路、楼梯平台等处。
- 三、室内出口标志灯 设置于从室内最远点至室内步行距离大于 10m 的室内出口的上方处。
- 四、室内通道标志灯 设置于从室内最远点至室内步行距离大于 30m 的室内顶棚下。
- 五、观众厅疏散标志灯 设置于观众厅疏散走道的下部（也可与观众厅排号结合）。

根据安装高度选择火灾探测器

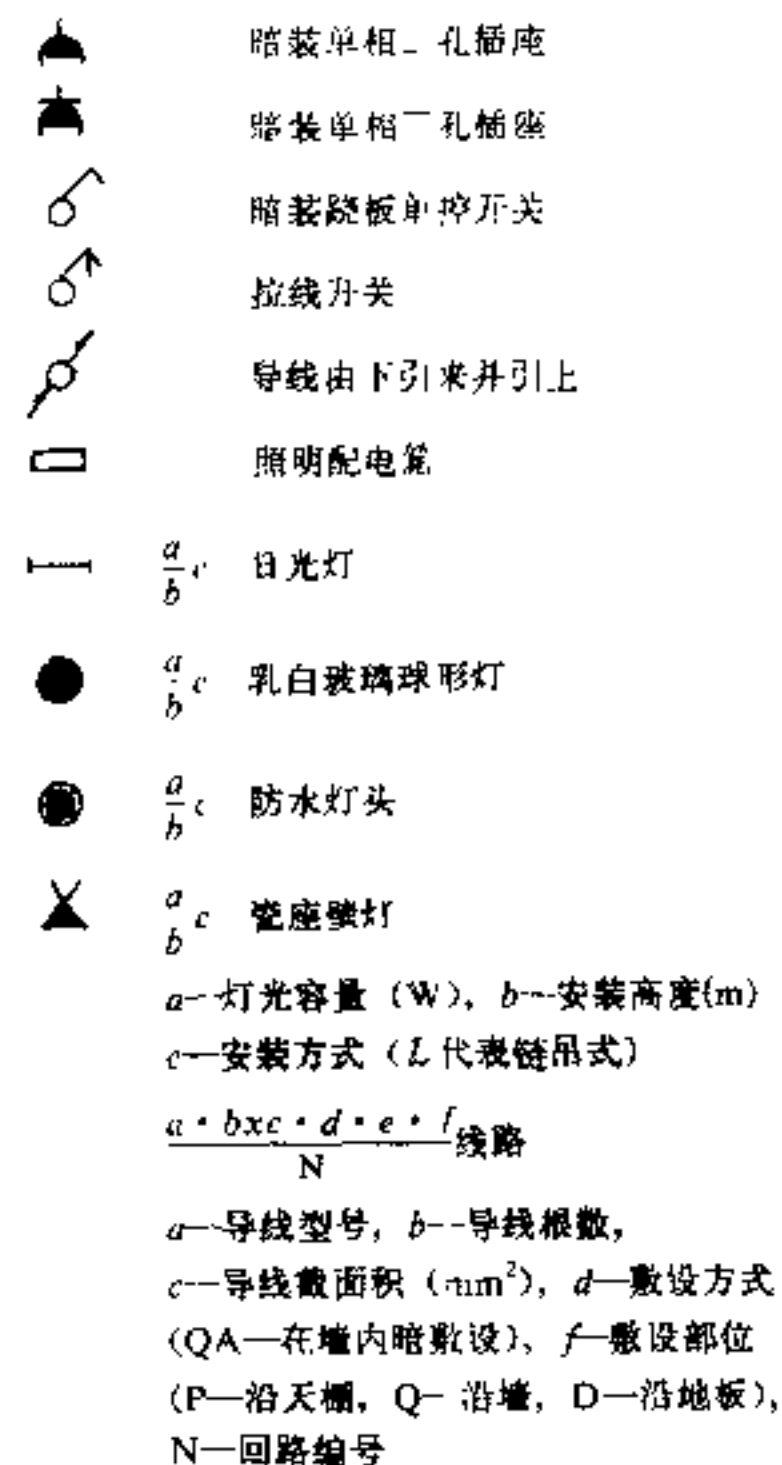
表 2

房间高度 h(m)	感烟探测器	感温探测器			火焰探测器
		一 级	二 级	三 级	
12 < h ≤ 20	不适合	不适合	不适合	不适合	适合
8 < h ≤ 12	适合	不适合	不适合	不适合	适合
6 < h ≤ 8	适合	适合	不适合	不适合	适合
4 < h ≤ 6	适合	适合	适合	不适合	适合
h ≤ 4	适合	适合	适合	不适合	适合

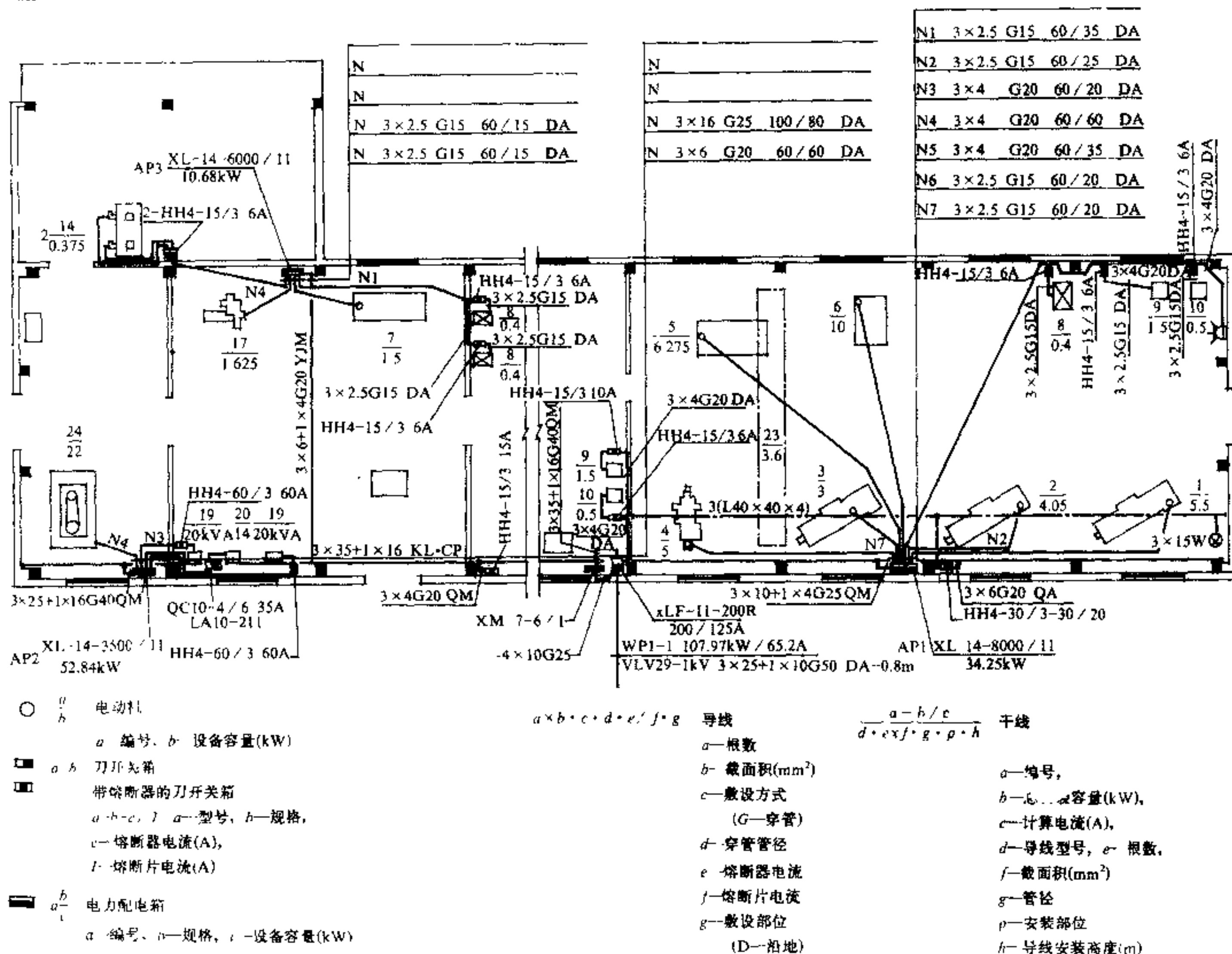
注：表格中一级、二级、三级系指火灾探测器的灵敏度



疏散标志灯布置



四 照明平面图



2 电力平面图

电话站

一、站址应接近负荷中心, 避开震动、噪声及强电磁场干扰源, 远离易燃易爆、有毒、潮湿及烟尘污染环境。无法避开时应加防护措施。

二、各设备间用房面积按终期容量确定。初装机容量在 200 门及以上时, 站内应安排维修辅助用房。独立建站时应设倒班休息室、卫生间。

三、500 门以上站房或外线进线电缆容量在 500 对及以上时, 应设置专门的电缆进线室。进出线电缆需做气压维护时, 进线室面积加大 $6m^2$ 。

四、电池室内之蓄电池组尽量选用密封免维护产品, 推荐采用镉镍电池。如使用铅酸电池时, 应增加贮酸、配酸用房面积及设施。

五、各设备用房内除本站所用采暖通风及空调管道外不得有水汽及燃气管道明设通过。本站采暖的管道, 其接口均应焊接, 不得漏泄。

六、采用机电制交换机建站时, 机房内木地板应采取有效的防火措施, 此时所有电气线路均须穿钢管或加盖金属线槽敷设。

七、除调度站外, 不列入人工电话站内容。

各设备门室型 (轴线长×宽) 单位: m

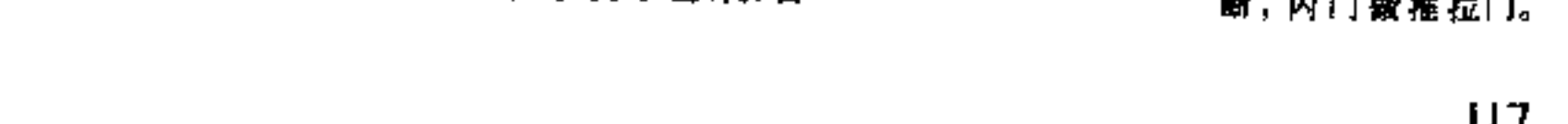
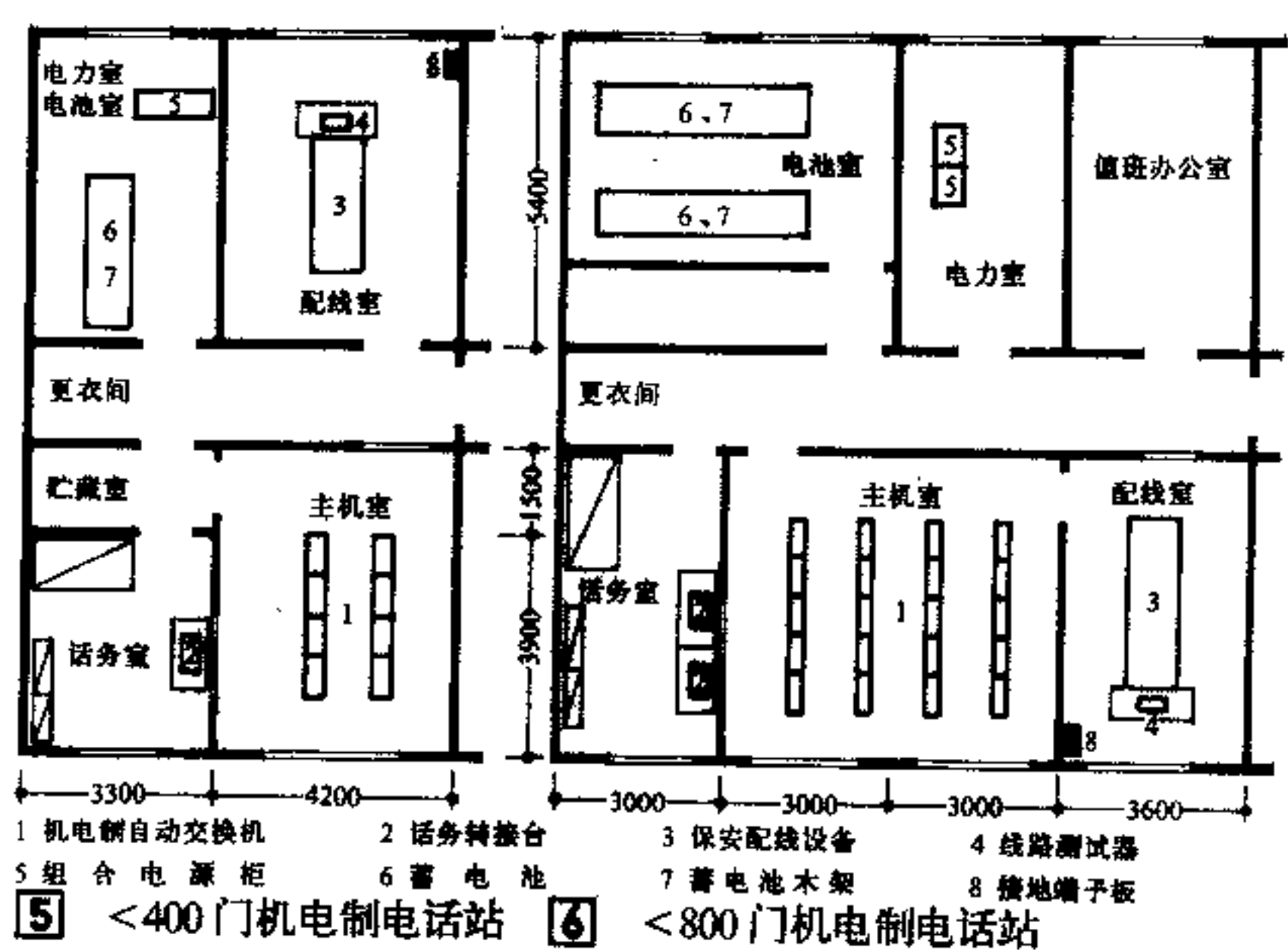
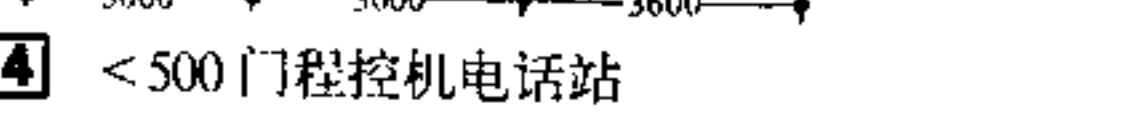
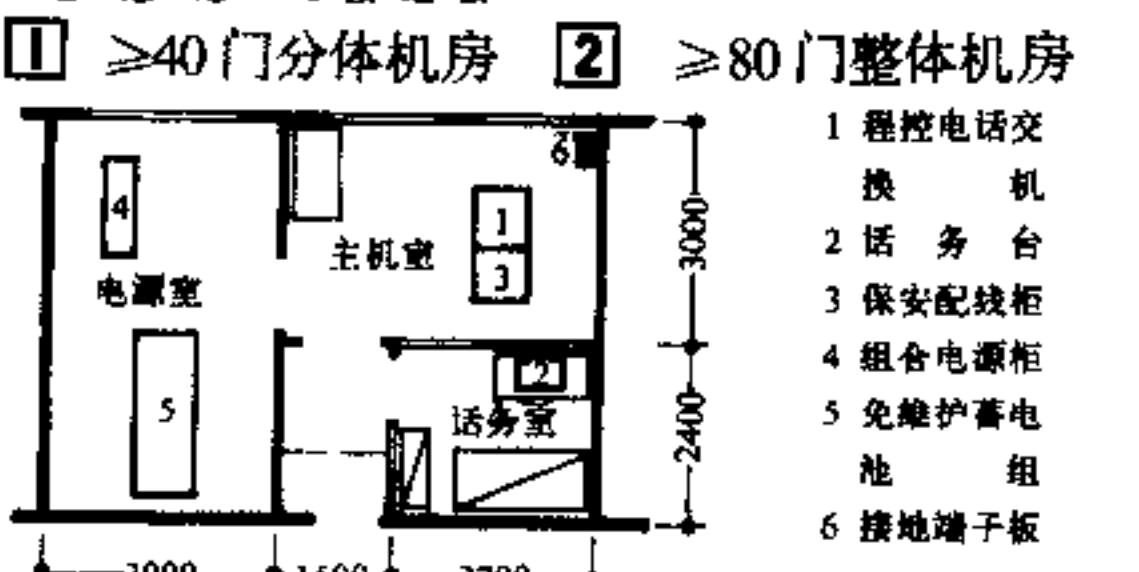
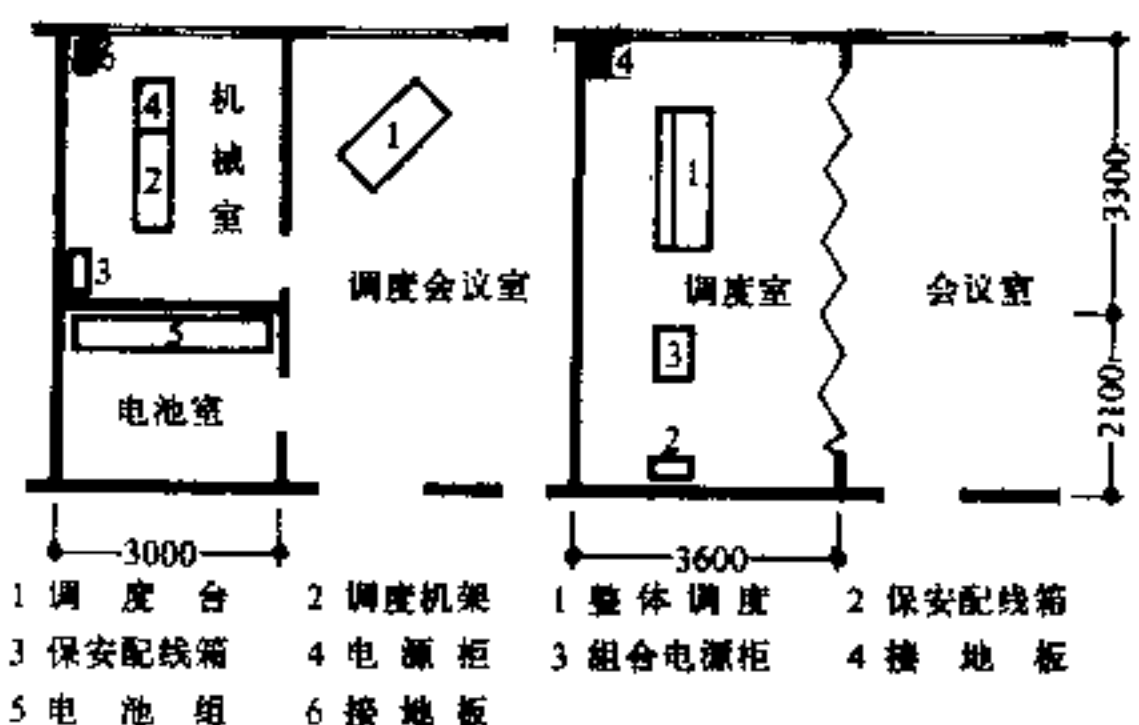
表 1

程 式	主机室	配线室	话务室	电力室	电池室	进线室	维修间	值班办公	备注
<100 门	人工调度	3×3.6			2.4×3.6				
	电子	5.4×3.6	2.4×3.6		3×3.6				
<300 门	机电	5.4×4.2	5.4×3.6	2.7×3.6	5.4×3.6		5.4×3.6		
	程控	3.6×4.2	3.6×4.2	同上	2.7×3.6		2.7×3.6		
<500 门	机电	5.4×6	3.6×6	3×4.2	2.7×3.6	6×4.2	2.4×3.6	5.4×3.6	3.6×5.4
	程控	3.6×4.2	3.6×4.2	3×5.4	2.7×3.6	3×4.2	同上	同上	同上
<800 门	机电	6.6×6	3.9×6	同上	3×4.2	7.2×4.2	同上	同上	同上
	程控	4.2×4.2	4.2×6	3.6×6	同上	同上	同上	同上	同上
<1000 门	程控	4.5×6	4.8×6	同上	同上	同上	同上	同上	同上
≥2000 门	程控	4.5×8.4	3.6×8.4	4.5×8.4	3.6×5.4	同上	同上	4.5×6	4.5×6

各机房对建筑的要求

表 2

房间名称	净高 m	荷载 kg/m ²	室内装修			采光面积比	室内环境			门窗	备注
			地面	墙壁	顶棚		温度℃	湿度%	换气次/h		
主机房	机电 3.3 程控 3	450	防火木地板 防静电地板	无光涂料 淡色墙裙	白色 涂料	1:6	18~28	45~75	5	密闭防尘	
话务室	3	200	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	
配线室	架式 3.5 箱式 3	450~600	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	
电力室	3	450	水磨石	同上	同上	同上	15~30	同上	同上	同上	
电池室	3	<200AH 600 <800AH 1000	耐酸碱	同左	同左	1:10	5~30		5~10	一般防尘	
进线室	3		水泥压光	一般	一般						
维修间	3	250	水磨石	无光涂料	同左	1:6	一般	一般	一般	一般防尘	



注: ①机电制电话站保安配线设备为纵列架式, 调度站及程控机电话站保安配线设备为柜架模块式
②电话站平面图仅绘出主要技术用房, 用房以最小轴线尺寸绘出。
③为增加有效使用面积主机、配线、话务及维修各室之间的隔墙可采用单层玻璃隔断, 内门做推拉门。

一、大中型广播站宜设语言播音室。与电视节目播放机房合并时可依需设小型演播室并兼语言播音室。

二、高层及大型重要民用建筑设置正常与紧急兼用广播系统,其机房应与保安消防中心合并或相邻设置。

三、不设播音室的广播站、扩声机房的混响及隔声要求较表列播音室指标降低一级。

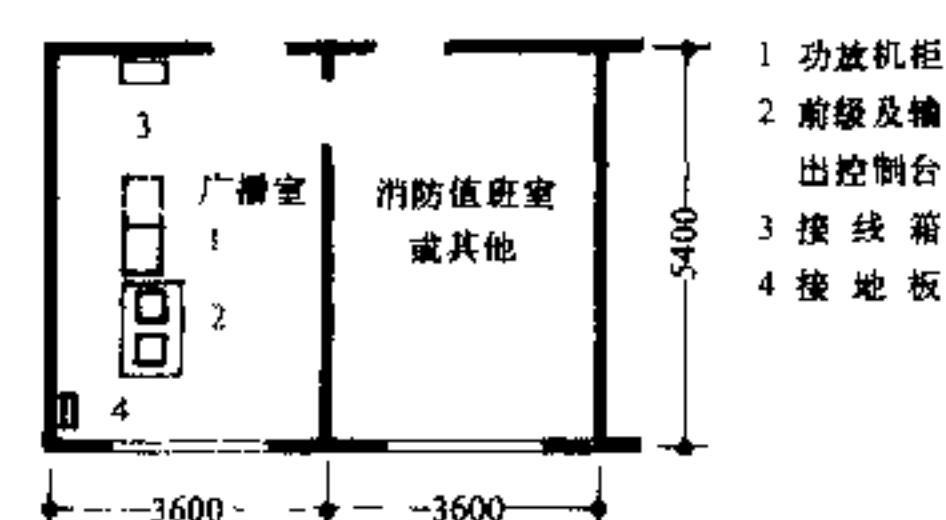
四、各类机房应避开震动、噪声及强电磁场等干扰源,远离潮湿、腐蚀、有毒及易燃易爆环境。

五、影剧院及学术报告厅的广播、扩声、传译系统宜合并设置机房,位置应能直观舞台及观众席。服务性音响及电视机房宜合并设置。

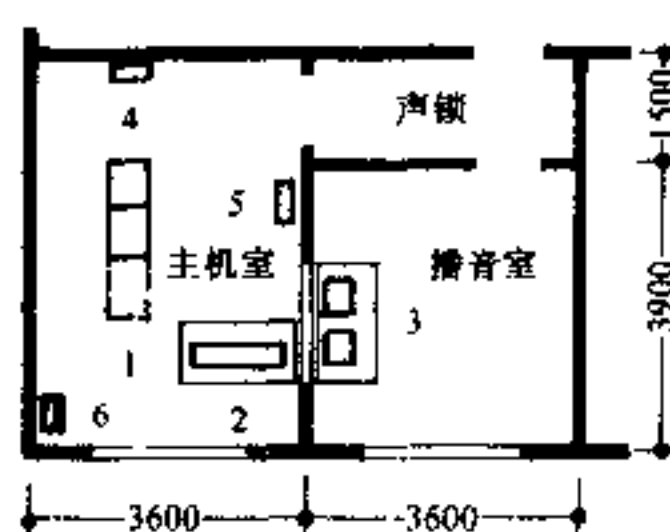
广播用房对建筑的要求

表 1

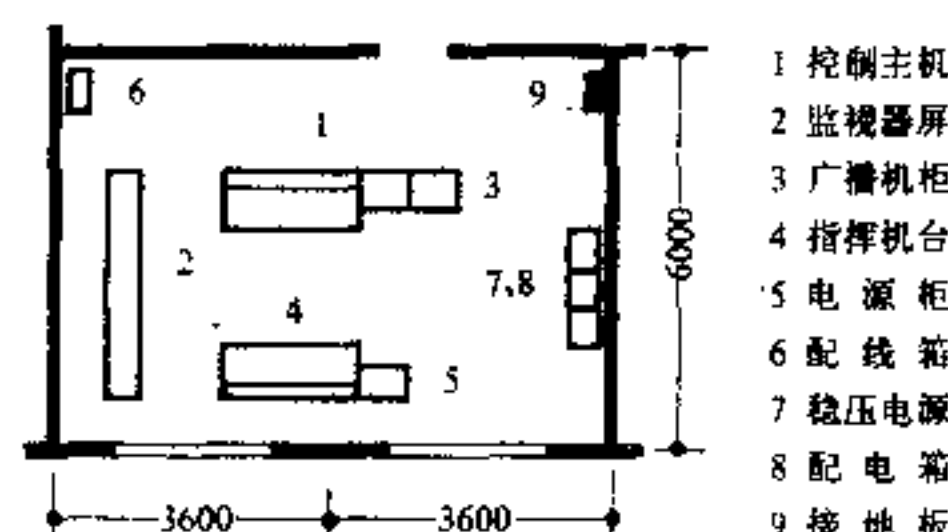
分类及规模	广播站主机房 VA				专用扩声机房 VA				同声传译机房	播音室	
	<250	<1500	<4500	<4×300	<1500	<4000	<8000	<12000		广播	译音
室型平面 m	3×4.5	3.6×5.4	3.6×6	3.6×5.4	3.6×4.5	3.6×6	6×6	6×9	3.6×7.2	3×3.6	2.1×2.4
净高 m	2.5	3	3	3	2.5	3	3	3	2.5	3	2.5
荷载 kg/m ²	250	450	450	450	450	450	450	450	250	200	200
装修	顶棚:白色涂料 墙面:白色涂料	随建筑装修设计								声学处理	声学处理
门窗	防尘	防尘	防尘	防尘	防尘	防尘	防尘	防尘	防尘	密闭隔音	密闭隔音
温度℃	15~30	15~30	15~30	15~30	15~30	15~30	15~30	15~30	15~30	18~28	18~28
湿度%	40~80	40~80	40~80	40~80	40~80	40~80	40~80	40~80	40~80	50~70	50~70
换气次/h	2~3	2~3	2~3	2~3	2~3	2~3	2~3	2~3	2~3	3~5	3~5
其他										T=0.4	T=0.3
其他										NC=25	NC=20



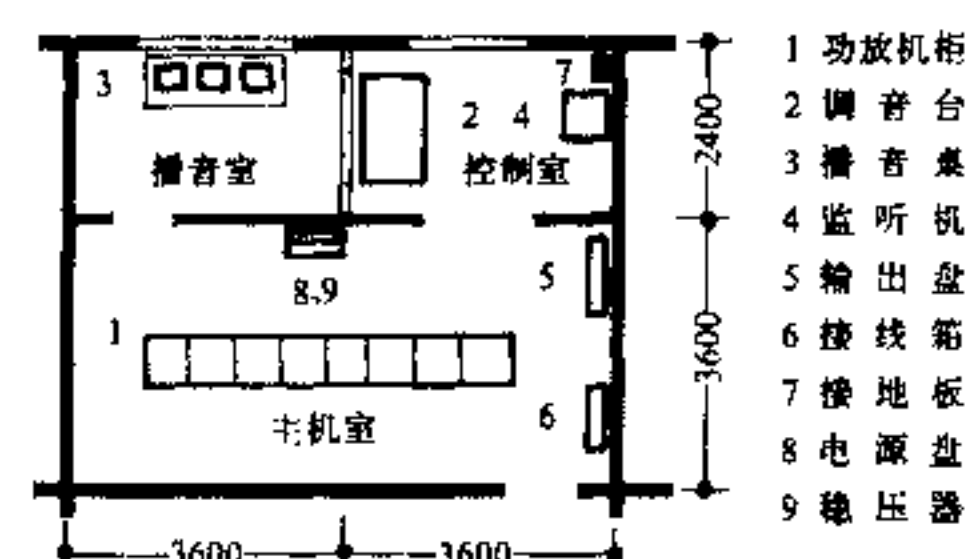
1 1000VA 以下广播站



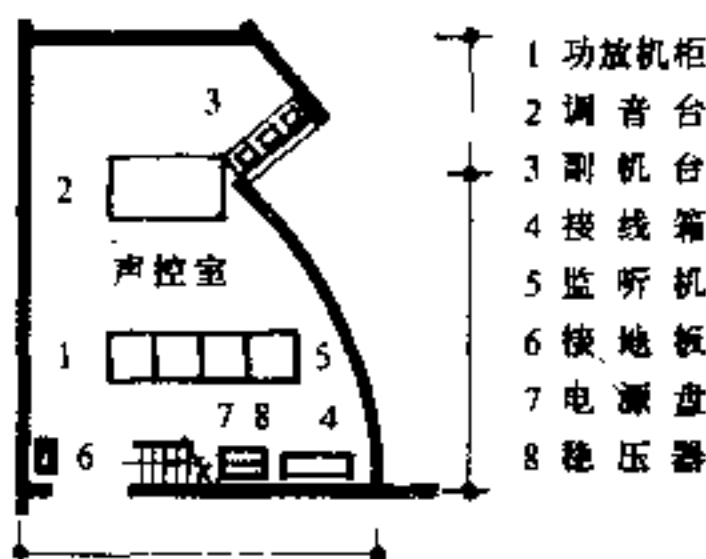
2 设播音室的广播站



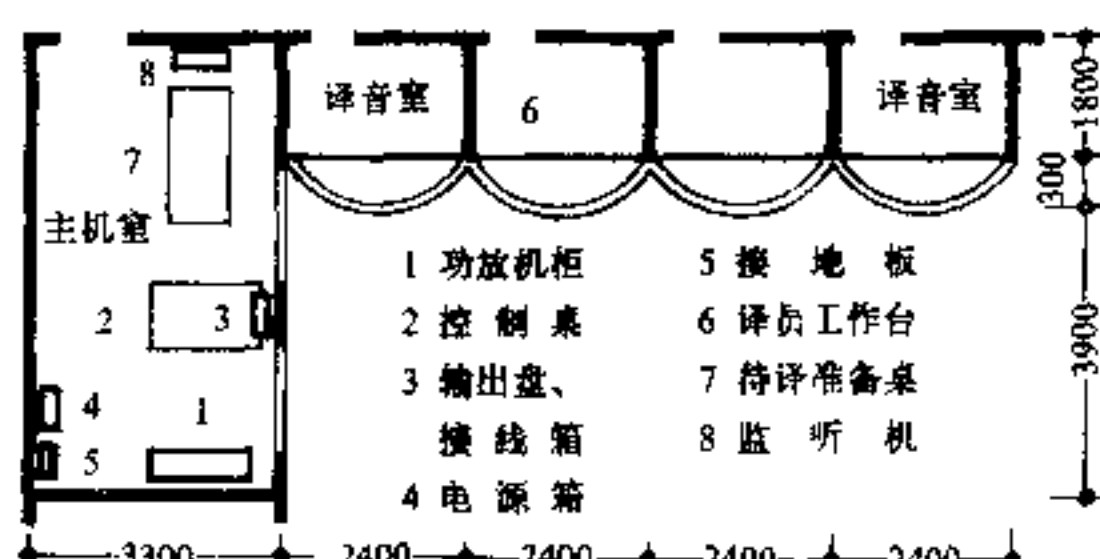
3 保安、监视、抗灾指挥控制中心机房



4 体育场、馆扩声机房



5 影剧院扩声机房



6 同声传译机房及译音室

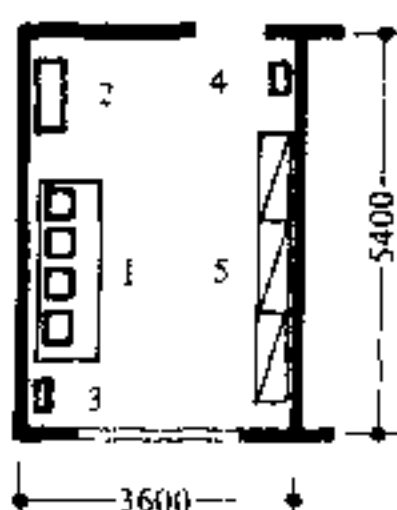
电视用房对建筑的要求

名称	面积 (m ²)	净高 (m)	荷载 (kg/m ²)	装修			室内环境			NC 值
				顶棚	墙面	地面	温度℃	湿度%	换气(次/h)	
演播室	50~150	4.5~6	250	声学处理	声学处理	地毯	18~28	50~80	5	20
录音室	10~20	2.5~3.5	200						5	15
控制室	15~30	2.8~3.6	450			架空地板			3	30
编辑室	15~20	2.5~3	300			地毯			3	30
复制、转接室	18~25	2.5~3	450	无光涂料	无光涂料	水磨石	15~30	40~60	3	30
收录、播放室	12~20	2.5~3	300						2	
磁带库	15~40	2.8~3.6	600						1	

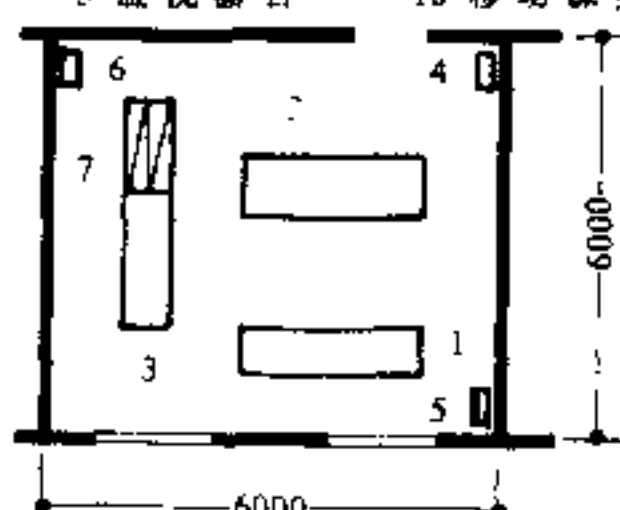
注: ①电视演播室及控制室地面需采取防静电积聚措施。

②演播室、播音室内部需要按工艺要求条件做阻燃装修。

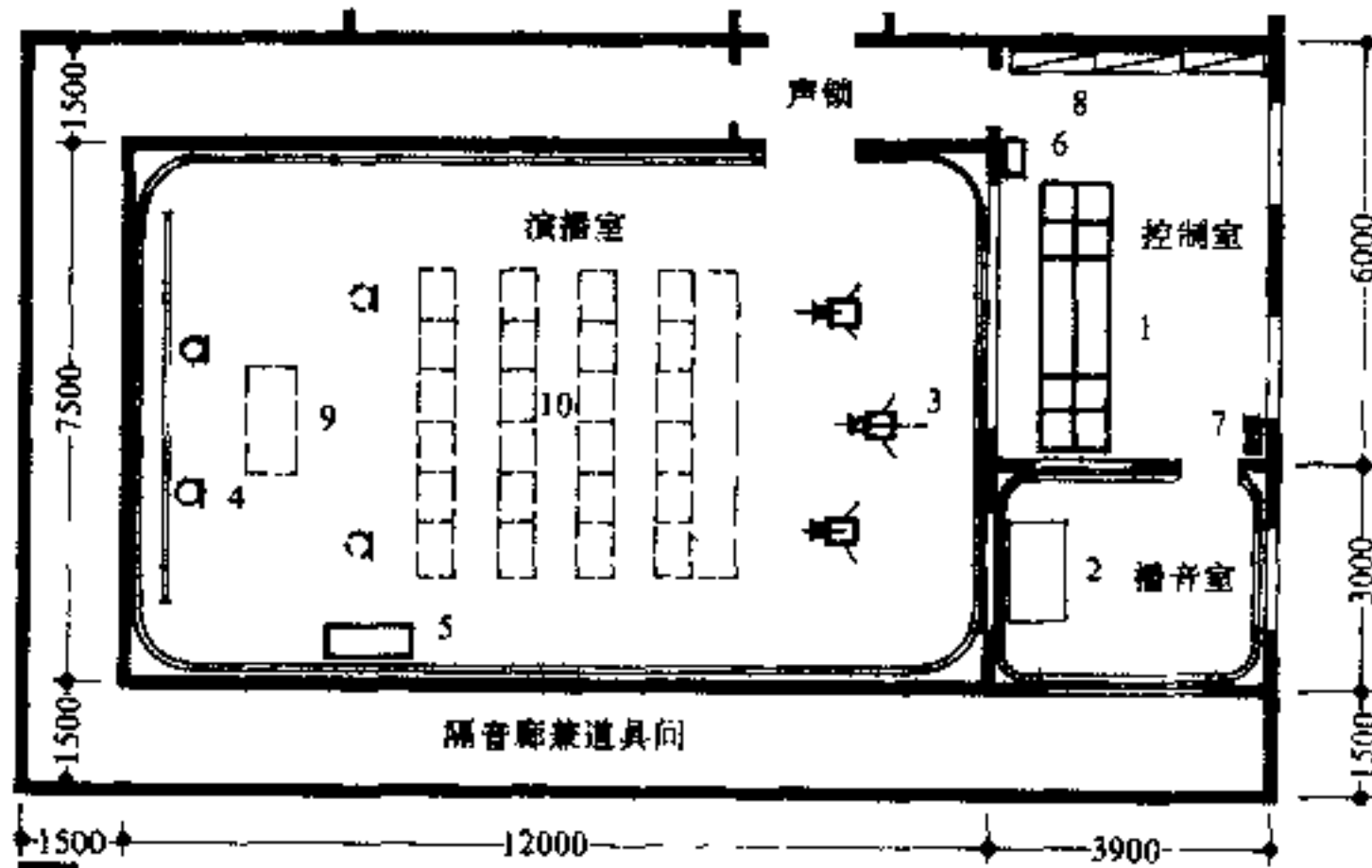
③120m²以上演播室预留彩灯电源。



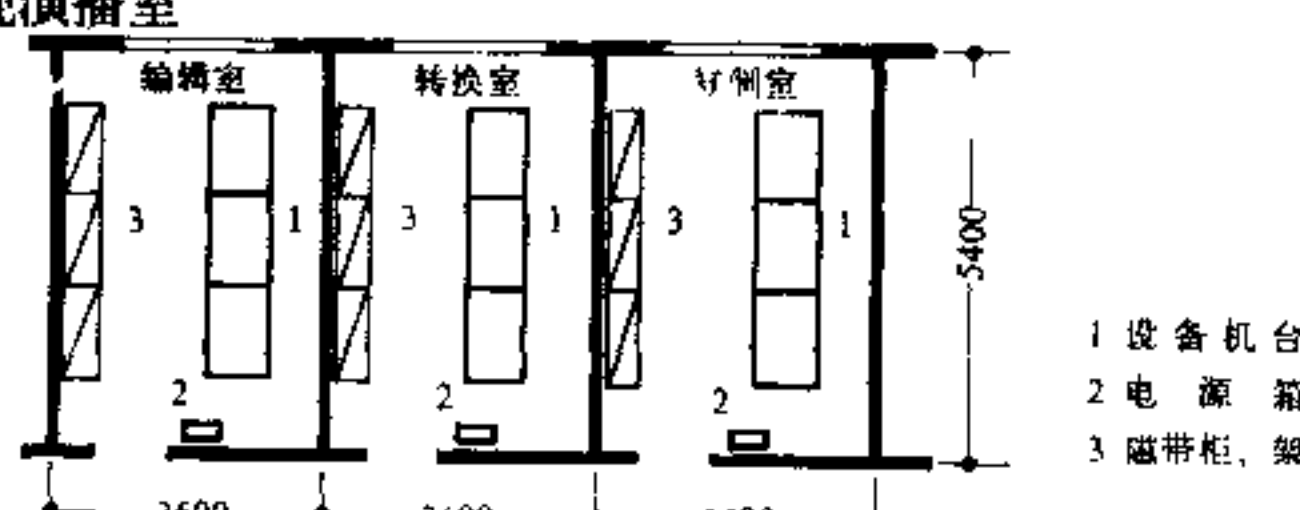
8 电视播放室



9 电视、音响综合机房



7 电视演播室



10 音、视频节目加工机房

一、各通讯系统进出建筑物的线路，均穿钢管保护埋地或沿地下室梁下吊挂架设。进出线较多或电缆容量较大时应设进线室或交接间，其面积要求 $6 \sim 8\text{m}^2$ 。

二、楼内层间线路较多或电缆容量较大时需设置 $1.5 \sim 3\text{m}^2$ 的垂直井房。垂直层间管线少且楼层不多时，可设壁龛式竖井，其宽、深分别为 $0.5 \sim 0.8$ 和 $0.2 \sim 0.4\text{m}$ 。

三、层内布线除无装修层及垫层的预制装配结构外均穿管暗设。管内径为 G25 及以下水平管线可在现浇楼板内暗设，G32 及以上水平管线在吊顶棚内暗设，无吊顶时尽量在设备间内贴顶或墙明设。线路较多时采用管群或金属线槽架设。

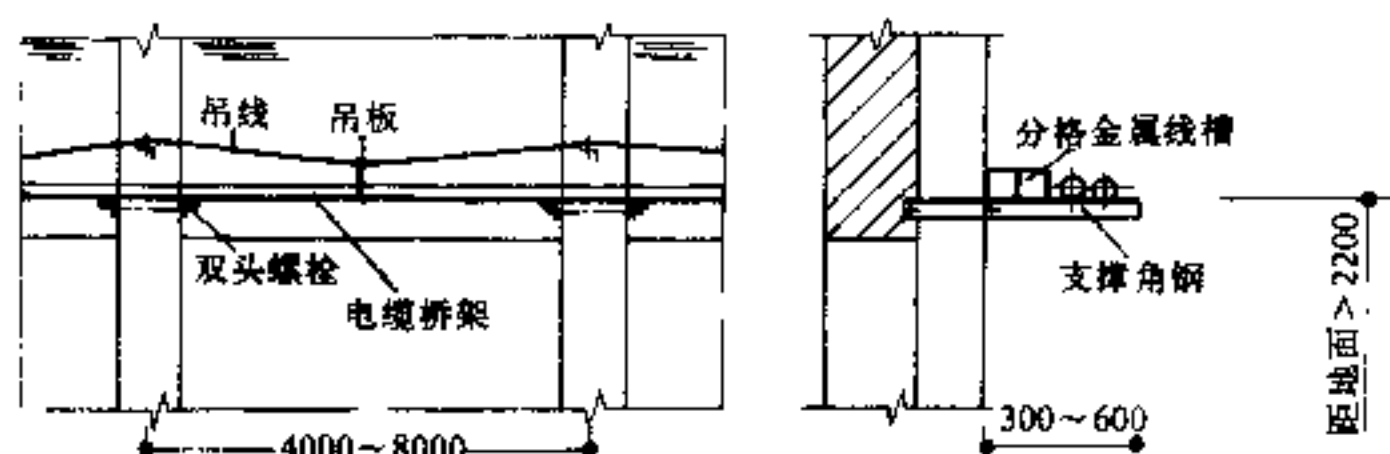
四、垂直管线竖井一般三面布线，井内楼板可在穿线套管布妥后二次浇灌封闭，管线较少时可预留孔洞一次浇灌。进出竖井管线凡在吊顶内架设，均需于井壁留洞。

五、线路分接设备在井道内明装，在井道外的厅堂、通道中卧于墙内暗装。不常维修之上部线路分接设备距顶板 $0.1 \sim 0.3\text{m}$ ；有吊顶时从吊顶下皮上返 $0.2 \sim 0.5\text{m}$ ；经常维护和操作的线路分接设备下缘距地面 $0.5 \sim 1.5\text{m}$ ；各系统的用户终端输出（出线）口中心距地面 0.3m 。

六、各系统的暗装分线设备不能与土建施工同步安装时，应预留卧装孔洞，其洞口尺寸应较分接设备埋入箱体宽 2cm ；高 5cm ；深同箱厚。



④ 技术层及吊顶内综合管线架设剖面

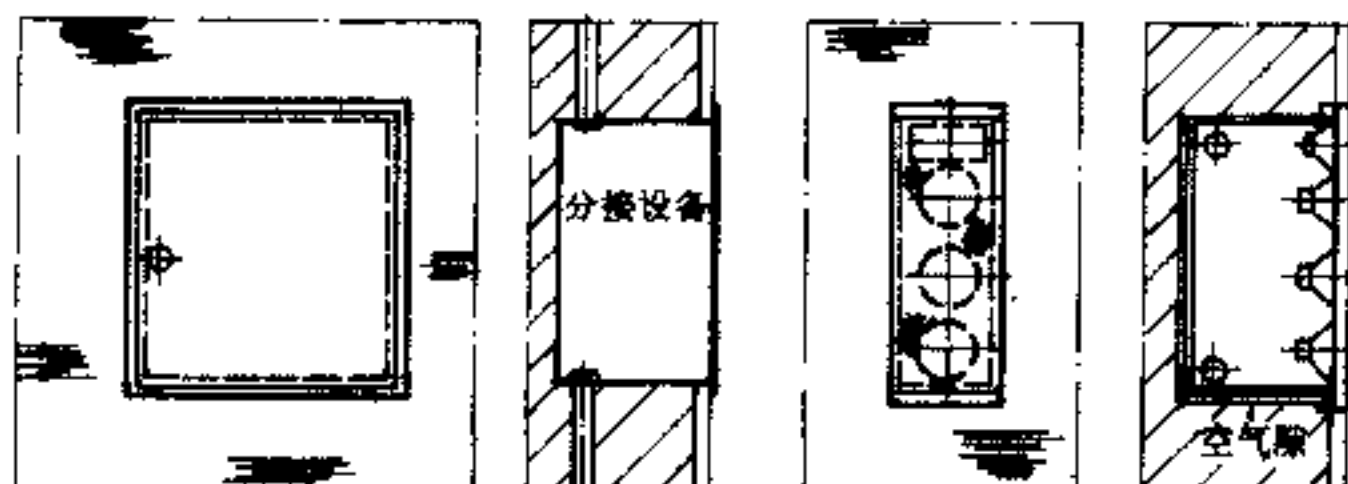


⑤ 设备层及厂房内综合管线架设剖面

室内明设电缆及管线与其他管道的最小净距 (cm)

相关管线	平行净距	交叉净距	相关管线	平行净距	交叉净距
电力线	150	50	未包封热力管	500	500
给水管	150	20	包封热力管	300	300
压缩空气管	150	20	高、低电平通讯线	150	50
煤气管	300	20	空调风管	150	20

器件及设备安装



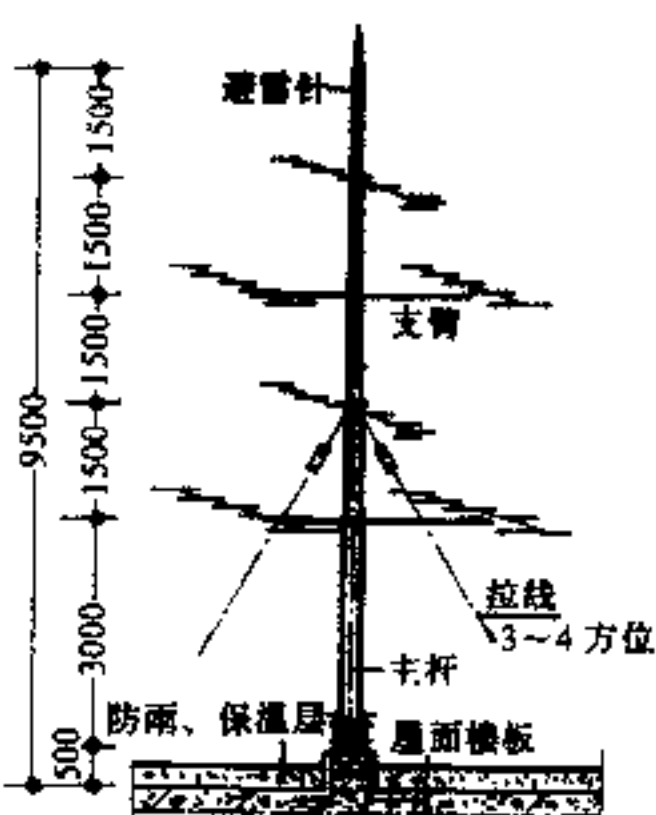
⑥ 分接设备在墙内暗装

⑦ 放声设备在墙内暗装

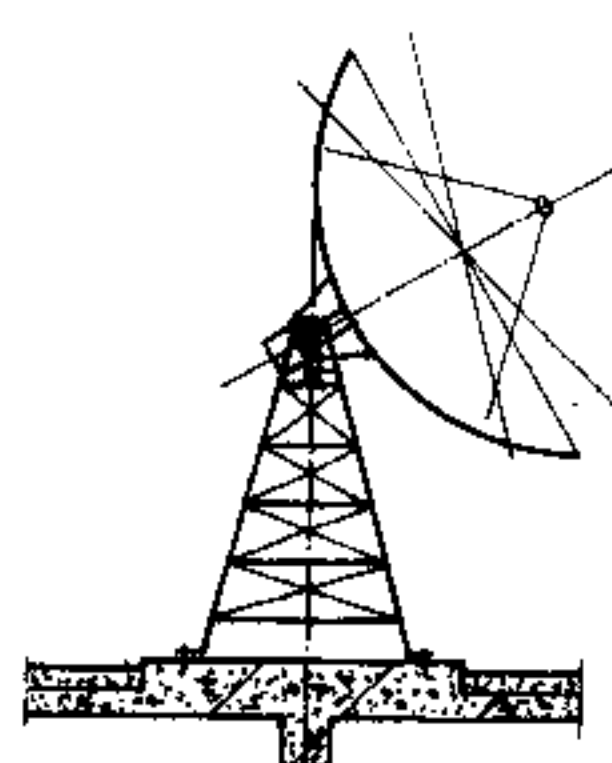


⑧ 扬声器在吊顶内嵌装

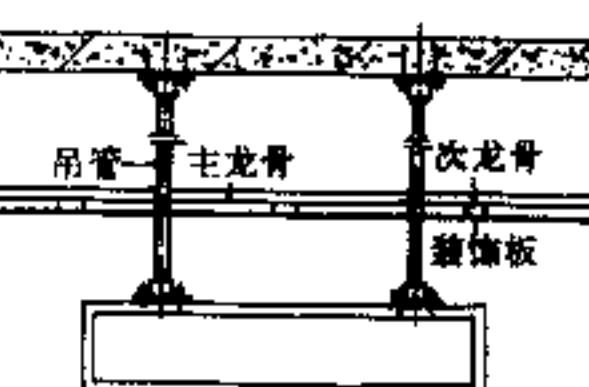
⑨ 监控摄像机在吊顶下安装



⑩ 共用天线电视接收装置

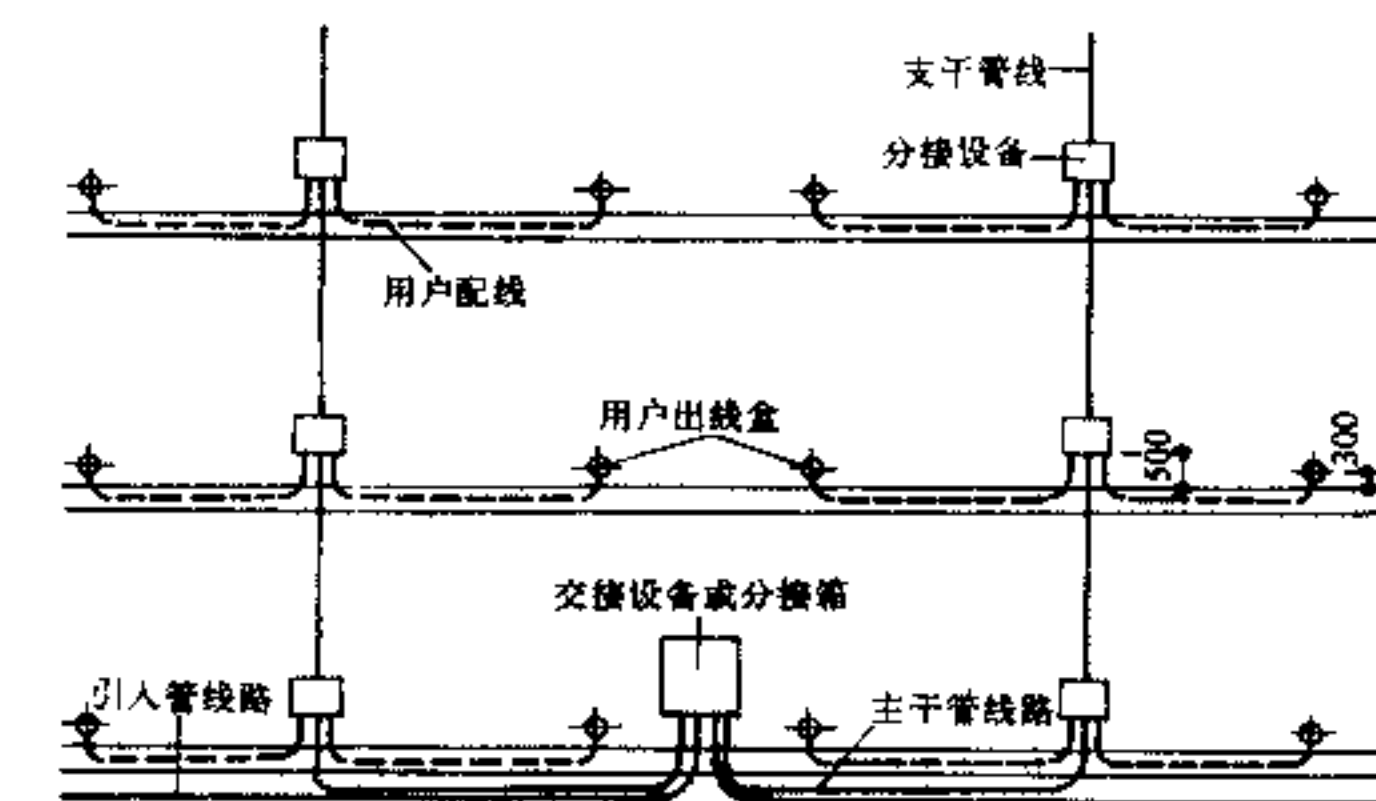


⑪ 卫星节目接收及微波通讯天线安装示意

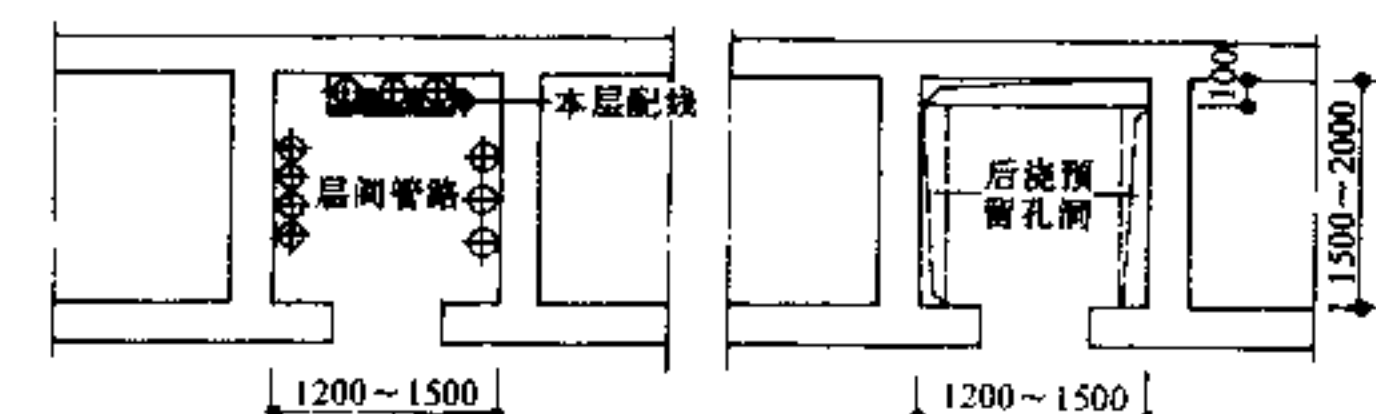


⑫ 电子显示屏吊挂安装

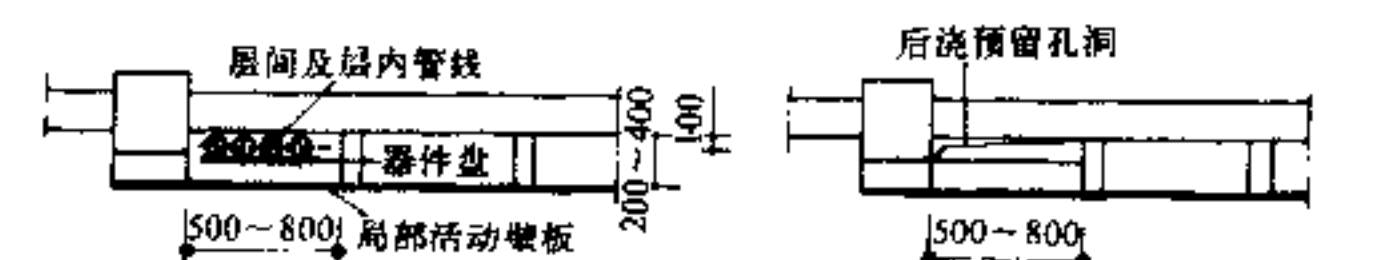
注：1.各示意图中，设备及器件的实际尺寸依产品样本所给为准。
2.设备、器件的安装高度由设计给定。
3.设备、器件安装位置及其与其他设备的净距，按有关规范、规程确定。
4.所注尺寸以毫米计。



① 综合管线楼内布设



② 垂直管线井房布置



③ 垂直管线壁龛井道

注：后浇预留孔洞之长度按实际需要确定，洞内钢筋不断。

一、室外线路均按负荷分区规划选择路由。按工程规模及总体设计要求进行综合并确定敷设方式。

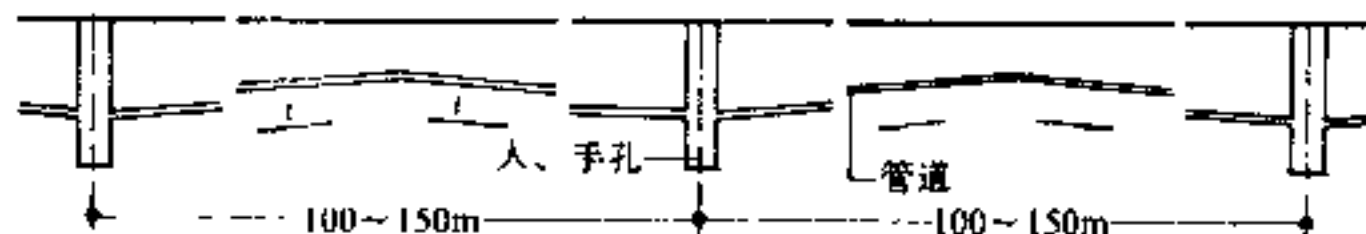
二、选择路由和敷设方式时, 尽量避开有机械损伤、电磁干扰、化学及电气腐蚀的环境。不得已时应采取可靠的防护措施。尽量做到路径短捷且与其他管线交叉最少。

三、在管道电缆线路中不同系统电缆分孔敷设; 直埋电缆线路中不同系统电缆按规定间距敷设, 采取防护措施。地下线路的转角、分支、气门及盘留点, 均应设置标识。

四、杆路架空线路中, 明线与电缆线路按规定间距架设, 电平高低差别较大的线路尽量不同杆架设, 0 电平以下线路可以同杆架设, 亦可综合于一根电缆内。

管道、直埋电缆与其他地下管道及构筑物的最小净距 表 1

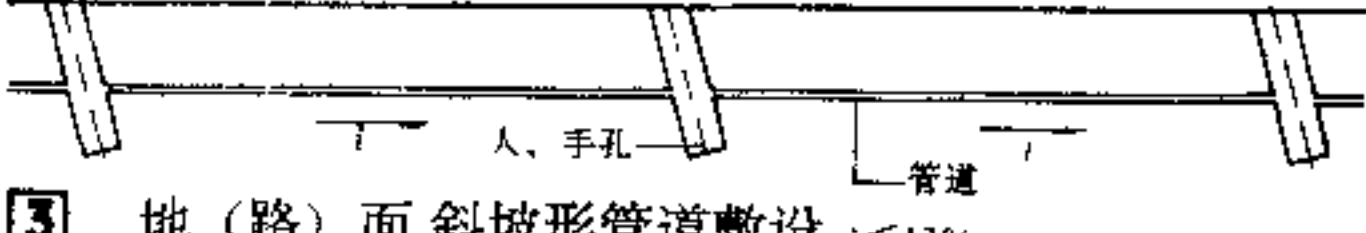
其他地下管线及构筑物名称		平行净距 (m)		交叉净距 (m)	
		电缆管道	直埋电缆	电缆管道	直埋电缆
给水管道	75~150mm	0.5	0.5	0.15	0.5
	200~400mm	1.0	1.0	0.15	0.5
	400mm 以上	1.5	1.5	0.15	0.5
排水管道		1.0	1.0	0.15	0.5
热力管道		1.0	1.0	0.25	0.5
煤气管道	压力 $\leq 3\text{kg/cm}^2$	1.0	1.0	0.15	0.5
	压力 $> 3\text{kg/cm}^2$	2.0	1.0	0.15	0.5
	压力 $\leq 8\text{kg/cm}^2$	2.0	1.0	0.15	0.5
35kV 以下电力电缆		0.5	0.5	0.5	0.5
建筑物散水边缘		1.0	0.5		
无散水建筑物基础外缘		1.5	1.0		
地下构筑物外缘		1.5	1.0		



1 平地人字坡型管道敷设 $i = 3\text{‰} \sim 4\text{‰}$



2 平地一字坡型管道敷设 $i = 4\text{‰} \sim 5\text{‰}$



3 地(路)面斜坡形管道敷设 $i \leq 12\text{‰}$



4 地(路)面斜坡形管道敷设 $i \geq 15\text{‰}$

管道的最小埋深 (m)

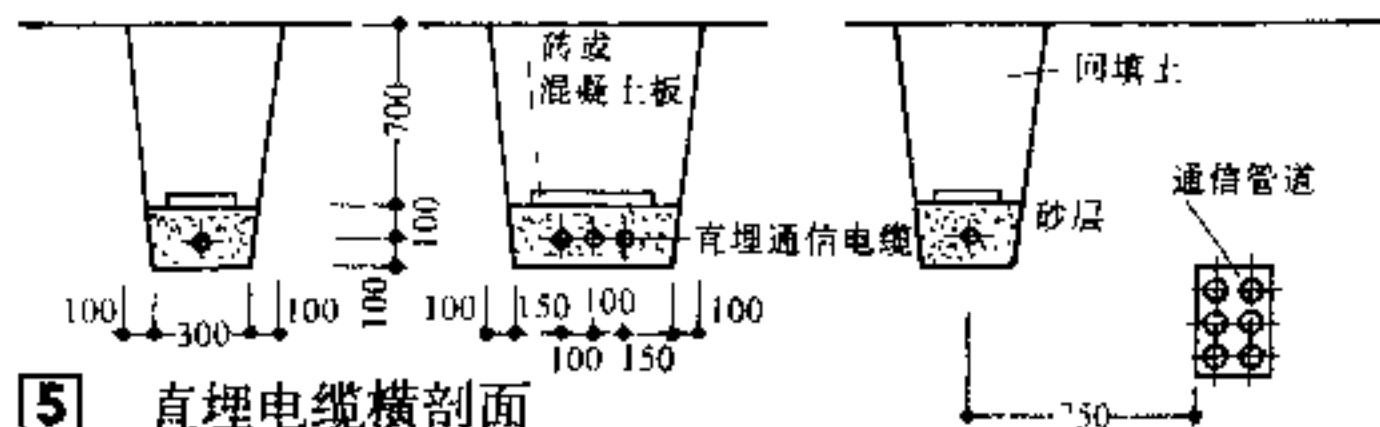
表 2

管道类别	管顶至路(基)面最小间距			
	人行道	车行道	电车轨道	铁路
混凝土管	0.5	0.7	1.0	1.5
塑料管	0.5	0.7	1.0	1.5
石棉水泥管	0.5	0.7	1.0	1.5
钢管	0.2	0.4	0.7	1.2

直埋电缆的最小埋深 (m)

表 3

线路类别	厂内及生活区	厂外田野	岩石地段	冻土地段	穿越车行道
电缆	0.7	1.2	0.5	无防护 冻层以下	穿管保护、埋深见上表
地埋线	1.0	1.5	0.8	无防护 冻层以下	
穿管用户线	0.5	1.0	0.3	0.7	



5 直埋电缆横剖面

管道、直埋电缆与地面设施的最小净距

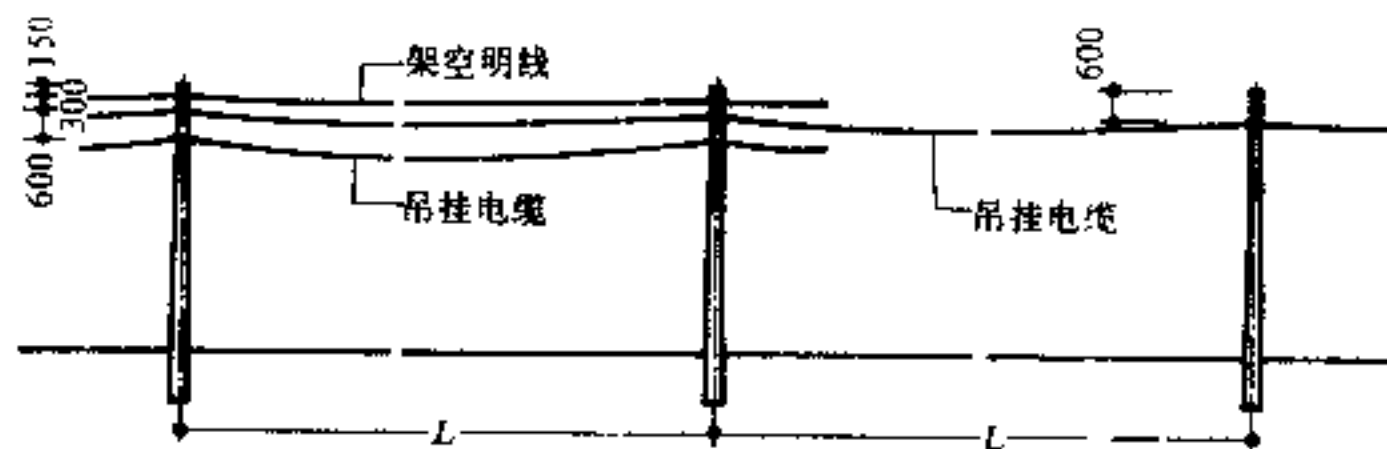
表 4

地面设施	水平净距 (m)	垂直净距 (m)	地面设施	水平净距 (m)	垂直净距 (m)
高压电力线杆	3.0		行道树、(乔木)	中心 2.0	
电车、电气化铁路	钢轨外 2.0		行道树、(灌木)	中心 1.0	
铁路	钢轨外 2.0		架空管道支架	2.0	
车行道路边石	1.0		地面箱、柜	1.0	
排水明沟沟边	0.8	沟底 0.5	围墙、围栏	0.5~1.0	
低压通信线杆	0.5~1.0		通信管道	0.75	0.25

地上线路: 架空电缆及明线与地上建筑物之最小净距

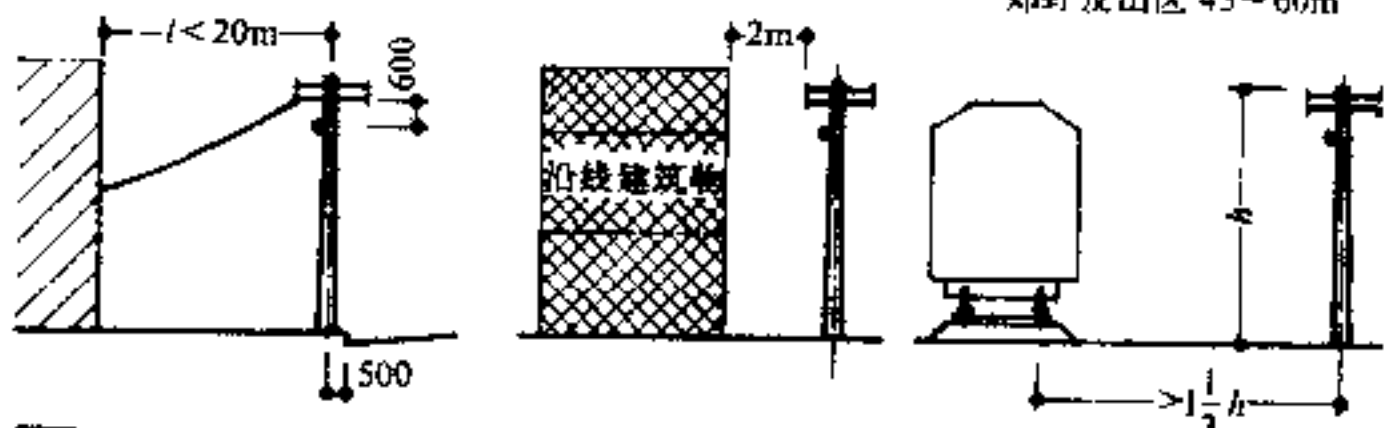
表 5

相关建筑物名称	平行净距 (m)	交叉净距 (m)	相关建筑物名称	平行净距 (m)	交叉净距 (m)
旷野、回间地面	乡道 6.0	3.0	1kV 以下电力线路	按平行段长	1.25
乡间大道、居民区地面	路肩 10.0	4.5	1~10kV 电力线路	及防护要求	2
公路及城市街道	路边石 0.5	路面 5.5	35kV 电力线路		3
铁路、电气化铁路	$\frac{1}{3}H$ (杆高)	轨面 7.5	60~110kV 电力线路	计算确定	4
室外消防栓	1.0		220kV 电力线路		6
地下其他管线	1.0		有绝缘低压进户线		0.6
地上通信线路	$\frac{1}{3}H$ (杆高)	0.6	低、高压电力杆拉线		0.6/1.2
城市街巷、胡同	2.0	地面 5	电车馈电及滑触线		1.25
房屋建筑外墙	1.6	屋面 1.0	市区树木	不通航最高水位/通航最高桅杆顶	2/1
霓虹灯及其铁架			河流		



6 架空杆线

档距 L 为: 市区及厂内 35~45m
郊野及山区 45~60m



7 用户引入线

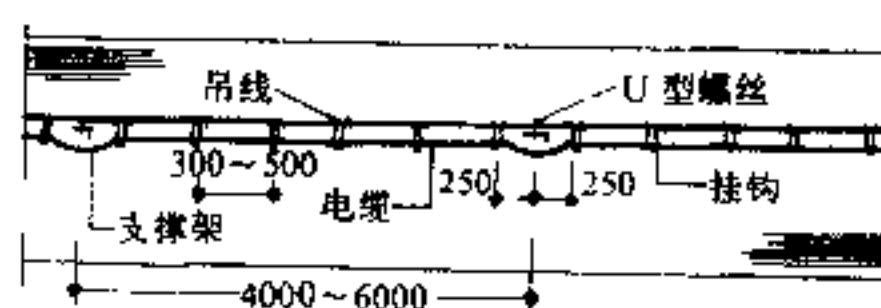
8 与建筑物净距

9 与铁路净距

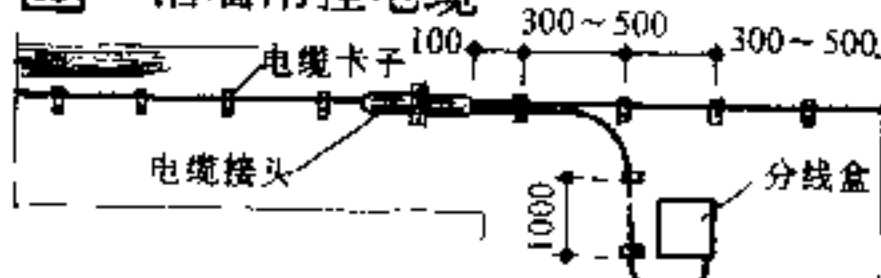
墙壁电缆与其他相邻管线之最小净距 (mm)

表 6

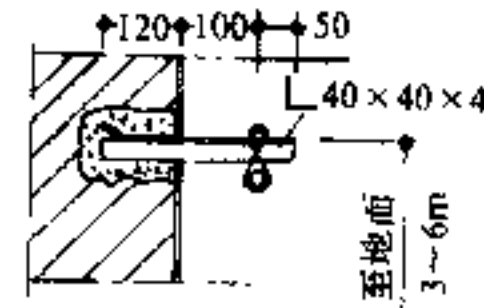
相关管线名称	平行净距	交叉净距	相关管线名称	平行净距	交叉净距
电力线	150	50	包封热力管道	300	300
给水管道	150	20	不包封热力管道	500	500
压缩空气管道	150	20	防雷引下线	1000	300
煤气管道	300	20	保护地线	50	20



10 沿墙吊挂电缆



11 沿墙卡敷电缆



12 墙间架设

计算机系统

一、计算机系统指以实现数据运算或数字处理为目的的全部设备。包括中央处理机（CPU）、存储器、输入和输出通道、控制器、外存储器、外部设备及软件等。

二、计算机远程网络系统或局域网络系统是由计算机通过传输媒介与多个计算机连结组成。

三、办公自动化系统一般由计算机或者与专用设备、终端机连结组成。通常用于办公或管理。

四、计算机硬件为计算机系统种的实际装置总称。它们可以是电子的、电的、磁性的、机械的、光的元件或装置或由它们组成的计算机部件或计算机。

五、计算机软件为计算机系统中所有用户使用的程序。包括操作系统、汇编程序、编译程序以及各种服务性程序。

计算机的类型

表 1

类 型	巨型机	大型机	中型机	小型机	微型机
投资情况	最多	多	较多	少	最少
占用面积(m ² /台)	按机型定	>80	30~50	20~40	≤20

计算机终端的类型

表 2

类 型	中文终端	西文终端	智能终端	图形处理终端	专用终端
使用面积(m ² /台)	2.0	2.0	2.0~4.0	3.0~5.0	按需确定

计算机外存储器的类型

表 3

类 型	磁盘机	光盘机	磁带机	数据录入机
使用面积(m ² /台)	0.8~1.2	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0

打印机的类型

表 4

类 型	台式打印机	热敏打印机	行式打印机	矩阵式打印机	激光打印机
使用面积(m ² /台)	0.3~0.5	0.3~0.5	1.0~1.6	0.7	1.0~2.2

硬拷贝机的类型

表 5

类 型	台式拷贝机	A ₄ ~A ₀ 型拷贝机
使用面积(m ² /台)	0.5	0.5~2.0

绘图机的类型

表 6

类 型	A ₄ ~A ₀ 型滚筒式绘图机	A ₄ ~A ₀ 型平板式绘图机
使用面积(m ² /台)	1.0~2.0	1.0~4.0

输入板的类型

表 7

类 型	数字化仪输入板	座标(游标)输入板
使用面积(m ² /台)	1.0~3.0	1.0~3.0

其它设备

表 8

类 型	通信处理机	调制解调器	显 示 器	轻印刷设备
使用面积(m ² /台)	0.5~1.0	0.2	0.3~1.0	2.0~3.0

计算机机房物理条件及建筑技术要求

一、温度及湿度要求

表 9

项 目	指 标		B 级	C 级
	A 级			
温 度(℃)	夏季 23±2	冬季 20±2	15~35	10~35
相对湿度(%)	45~65		40~70	30~80
变化率(℃/h)	<5		<10	<15

二、空气洁净度

表 10

指 标	A 级	B 级
粒 径 μm	≥0.5	≥0.5
个 数 / 升	≤10000	≤18000

注：空气中的二氧化硫含量不应超过 0.14ppM。

三、室内干扰磁场强度应小于 800A/m；无线电干扰场强当频率为 0.15~500MHz 时应低于 126dB。

四、容许振动振幅及速度

表 11

频 率 (Hz)	振 幅 (mm)	振动速度(mm/s)
2≤f≤12	0.04~0.02	2
12≤f≤90	0.02~0.005	2

五、室内照明应符合相关设计标准。

六、供电电源应符合相关设计标准。

七、楼板结构负荷设计值取 5000N/m²；抗震设防级别可比当地提高一级，必要时应由主管机关审定。

八、室内应有防静电系统，地面不得铺设人造纤维类地毯；室内净高不宜低于 2.5m；采用独立空调系统。

九、室内设 1301 类消防设备；装修应选用防火或阻燃材料，工作环境不允许经常维修。

十、室内不允许直接以用油或用电设备取暖，计算机停止运行时，室温不得低于 15℃。

十一、与计算机无关的管、线不得穿越室内；室内地面应预留应急排水阀。

十二、避免阳光直射在计算机设备上，防止老化或产生光—电效应；透射自然光的窗应密封以防灰尘渗入。

十三、主机房工作人员进/出的门宜为金属型，且必须有良好的接地。室内工作分区采用玻璃隔断易于观察。

十四、安装设备的门及通道的宽度与机型有关，一般为 1.6~2.0m。

十五、高层建筑中应设竖井敷设计算机电缆；当情况允许时，可与通信电缆同竖井敷设。

十六、计算机用电缆一般不得明敷，宜独立穿管防护敷设。

十七、热备份计算机与运行的主机应分开设置，其机房的间距可取 5~10m。

十八、保存信息媒体的贮藏室，每室内的容积应小于 280m³。

计算机机房环境的选择

一、远离有害气体源、振动源、易燃易爆场所；防止各种水源及废液的浸害，防鼠害、虫害。

二、远离磁场干扰源、电磁波干扰源，远离工业灰尘多的地方。

三、选择计算机通信或联网方便，供电质量好的地方。

四、尽量避开强雷区及地震频繁的地区（有防灾措施者除外）。

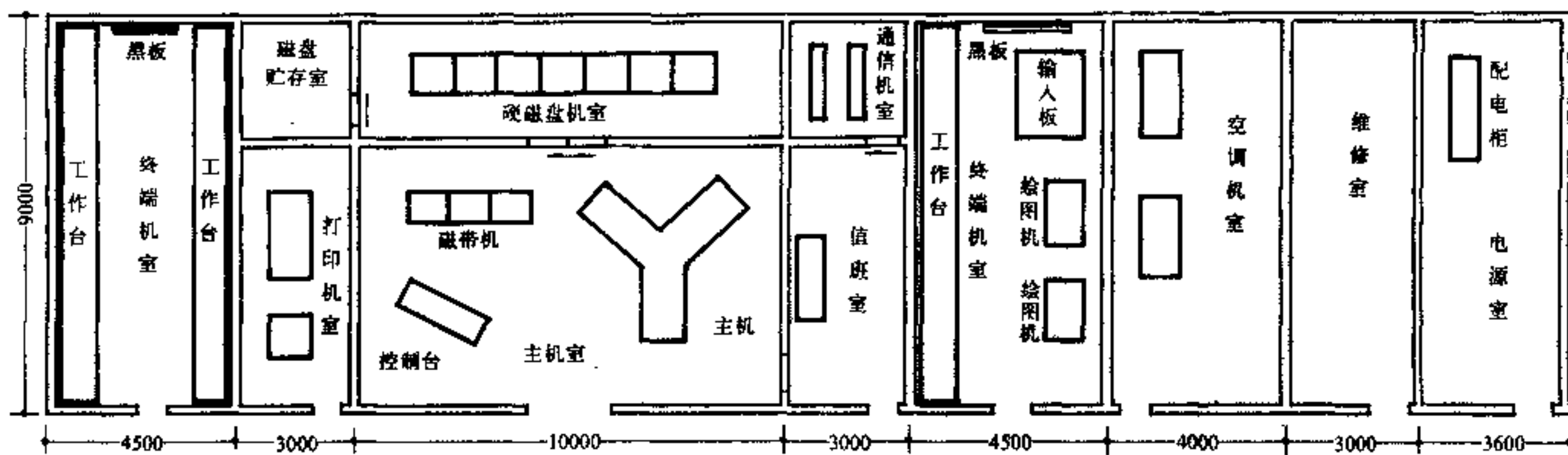
五、主机房的位置在建筑标高距室外地面上 3.0~4.0m 以上，但不得选在高层建筑的顶层。

计算机终端工作环境的技术要求

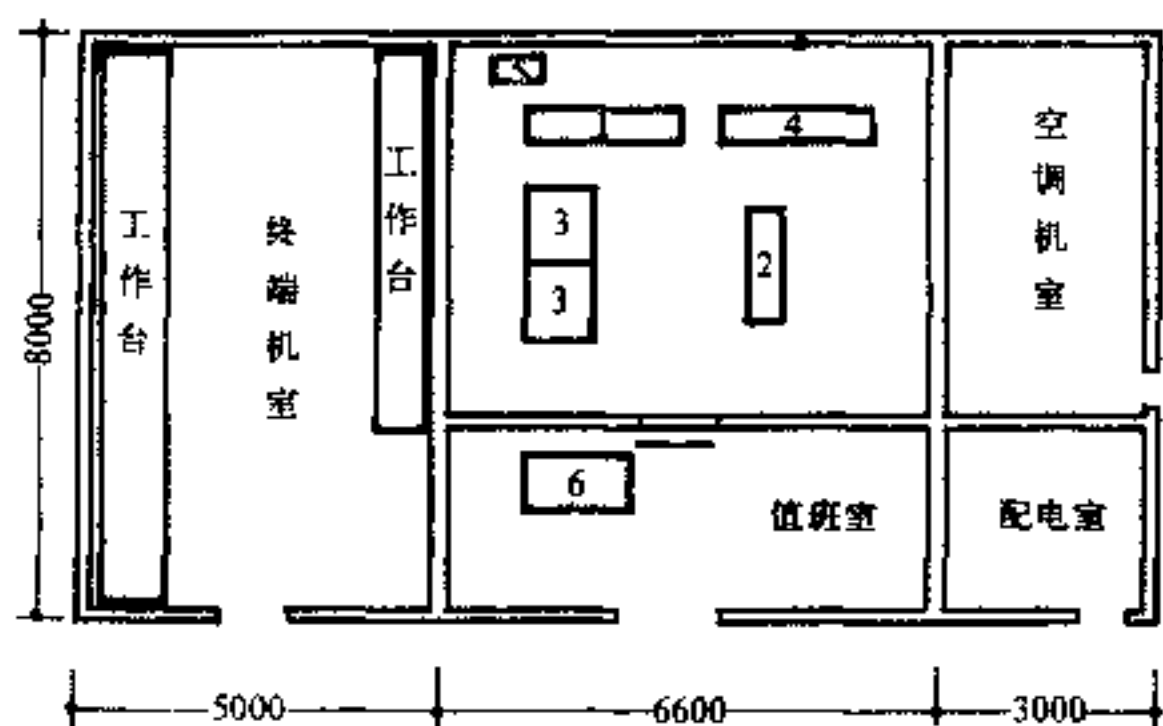
- 一、强光线不得直射荧光屏妨碍工作人员操作。
- 二、工作环境的温、湿度应符合产品和相关技术标准。
- 三、对集中装设的终端或微型计算机可以选择集中使用输出设备（如：打印机、绘图机等）的设置方式。
- 四、分散设置的终端或微型计算机多为独立型作业，配套设备数量较多，布置平面参考图[4]~[6]。

计算机运行及办公用房

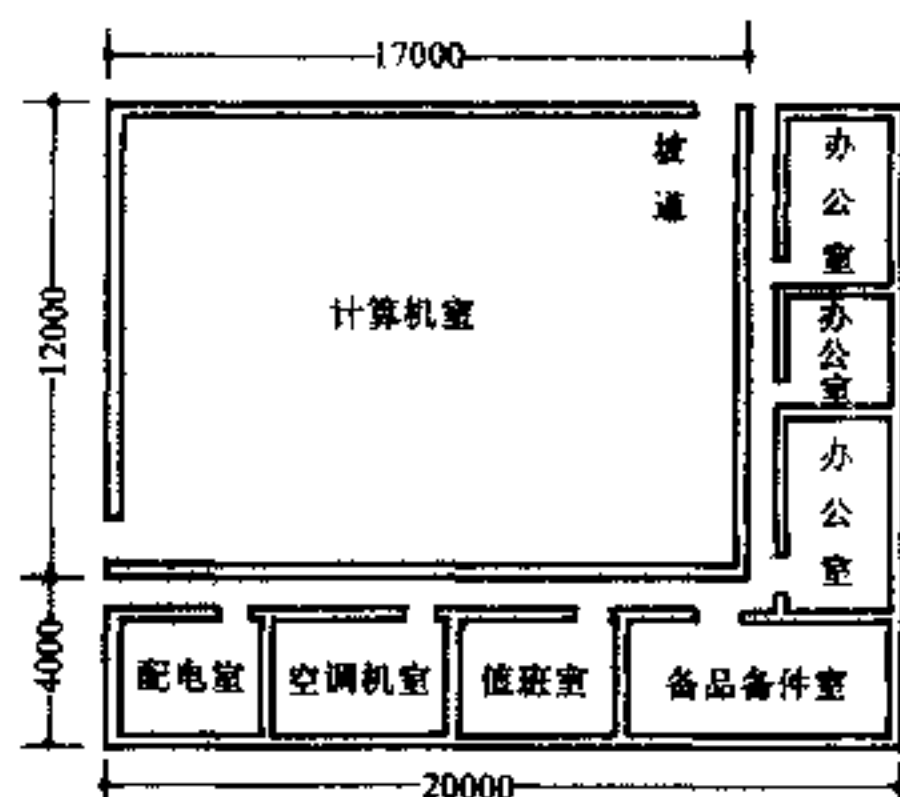
该部包括：计算机主机室、外部设备室、辅助控制台室、通信机室、专用外部设备室、输出设备室、终端机室、媒体保管室、备品备件室、配电室、蓄电池及辅助电源室、打印纸贮藏室、仪器仪表维修室、空气调节机室、消防控制室、值班室、程序员室、硬件工作室、软件工作室、接待室及办公室。



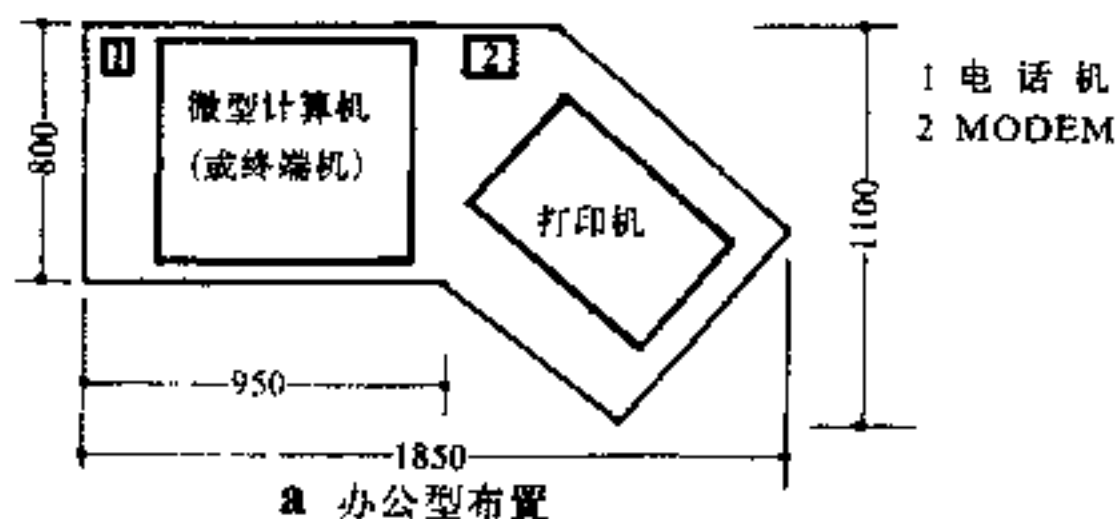
1 巨型计算机室平面布置图



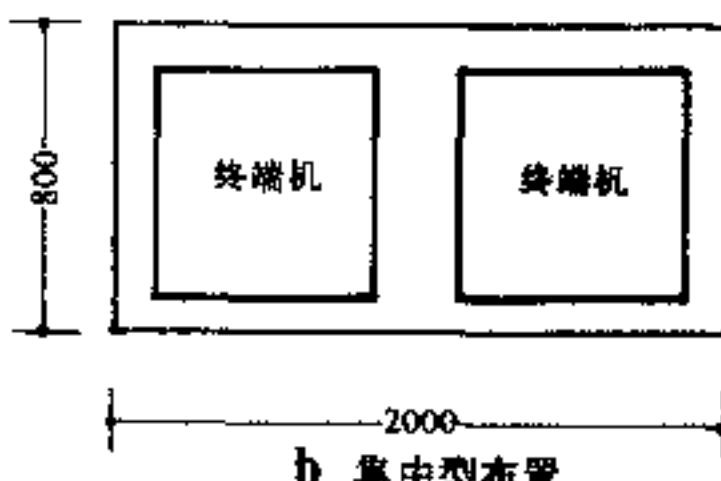
2 大型及中型计算机房平面布置图



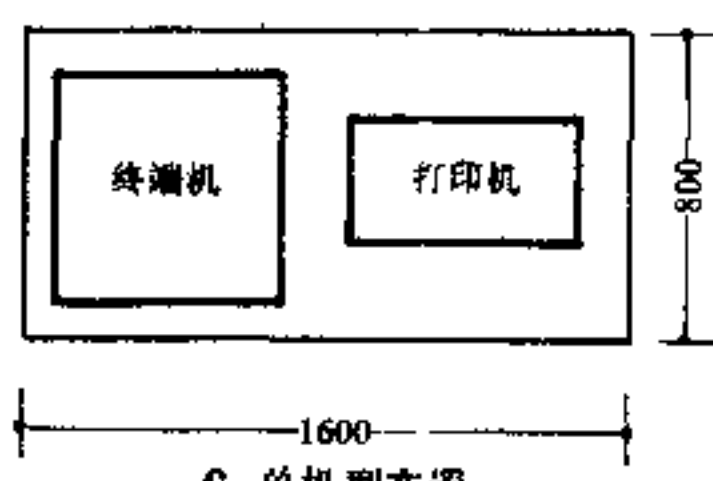
3 小型计算机室平面布置图



a 办公型布置

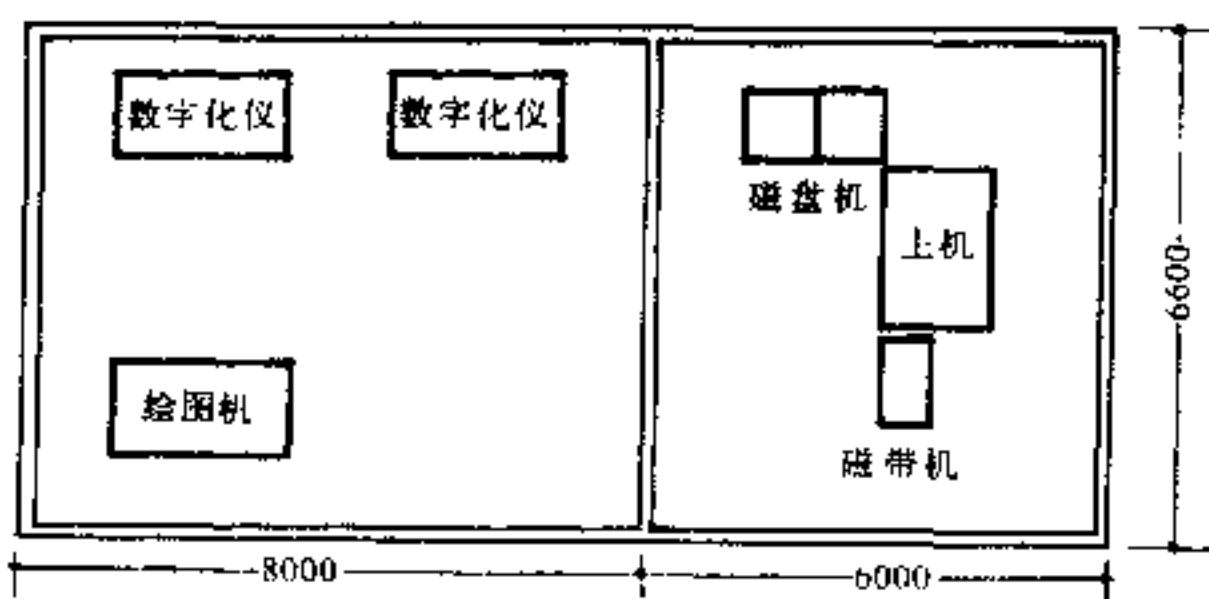


b 集中型布置

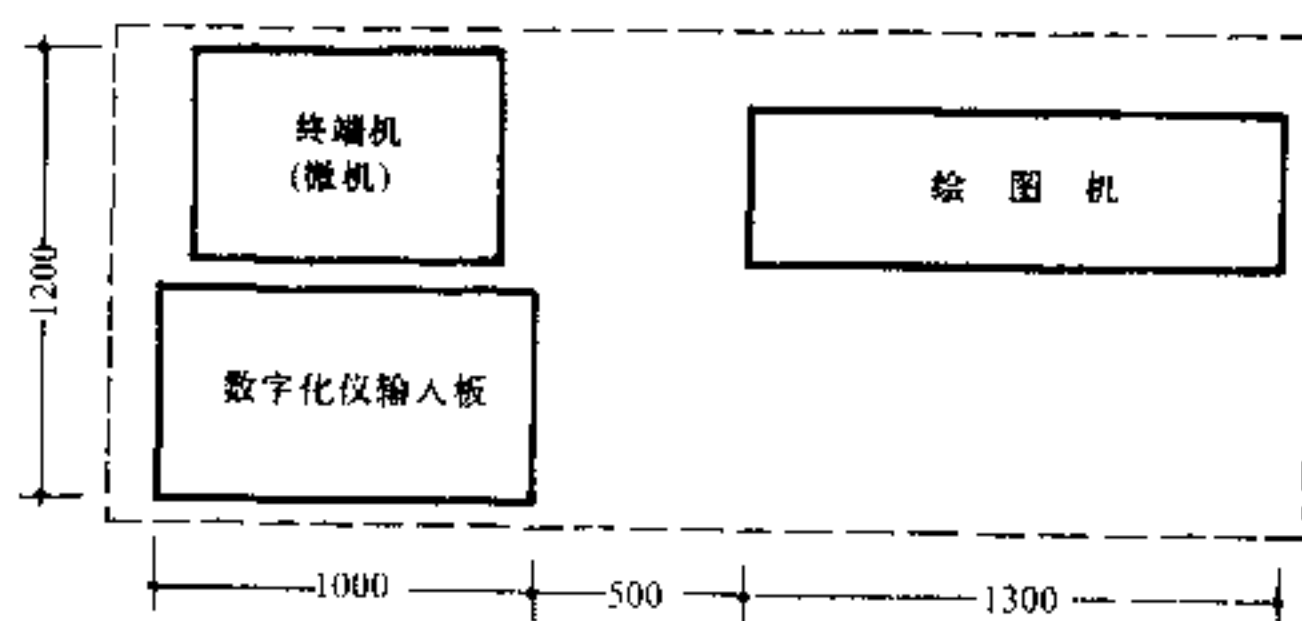


c 单机型布置

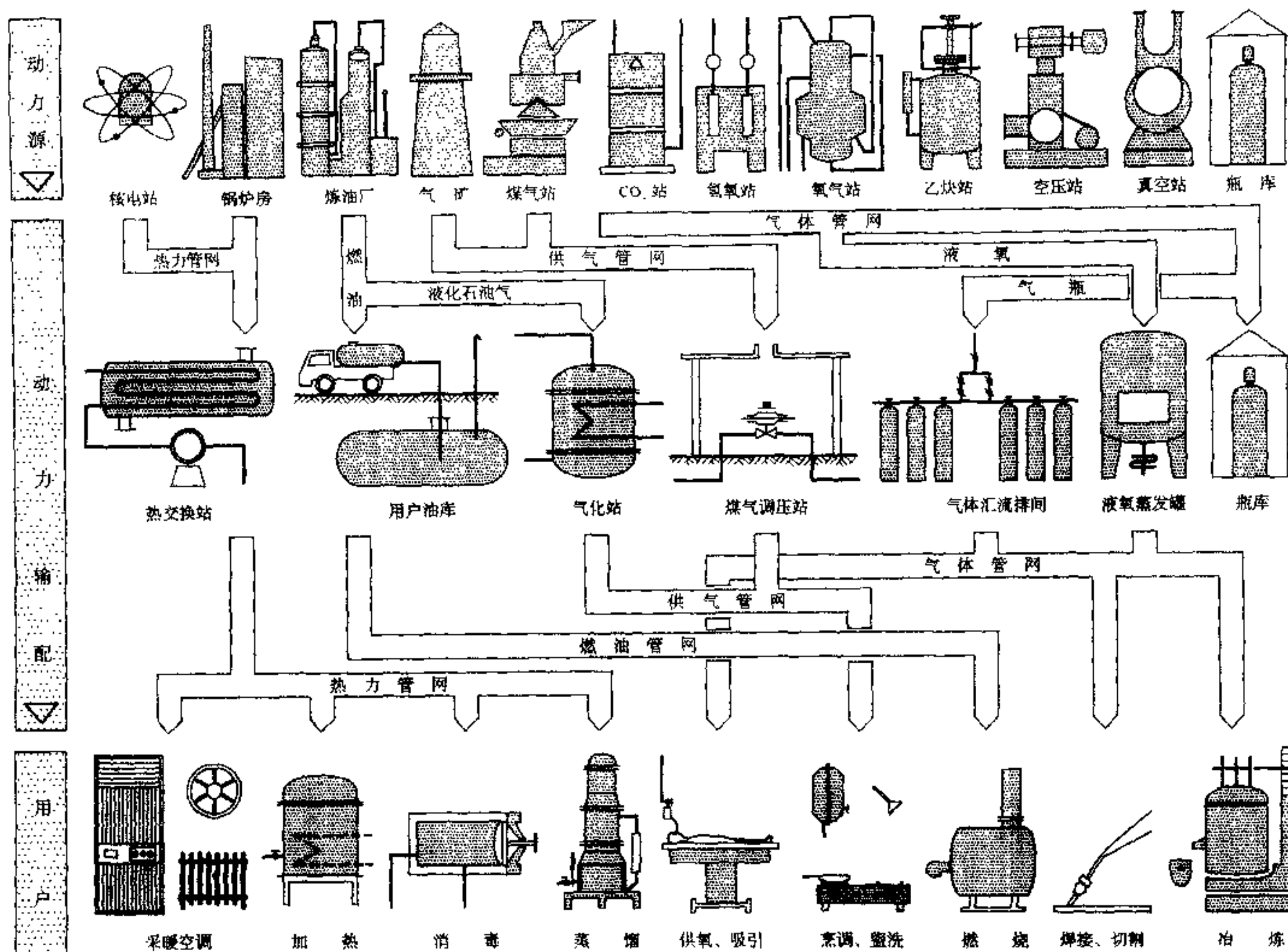
4 微型计算机、计算机终端平面布置图



5 工作站平面布置图



6 图形终端机平面布置图



输配介质简介

名 称	分子式	比 重 (空气=1)	密 度 (kg/m ³) (0℃760mmHg)	爆炸浓度极限		低位发热量 (MJ/Nm ³ ; 打*者: MJ/kg)	备 注
				下 限	上 限		
城市煤气		0.5~0.8	0.647~1.034	5.3	35	15~21	一般由煤制取的可燃气体。主要成份有氢、一氧化碳、碳氢化合物。有臭味。有毒。炼焦过程中的副产品，是城市煤气的主要组成部分。主要成份有氢、甲烷、一氧化碳、碳氢化合物
焦炉煤气		~0.36	~0.47	6	30	~17.6	
发生炉煤气		~0.9	~1.163	20.7	73.7	5~6	由煤制取的可燃气体。一氧化碳含量高，不适于直接做城市煤气。是工矿企业的主要燃料。由原油、轻油、重油等石油系原料经过加工而制成的可燃气体，主要成份有氢、甲烷、一氧化碳、碳氢化合物。油煤气可单独使用也可以与其它煤气掺混后供应城市
油煤气		0.4~0.61	0.54~0.79	3.7	42.9	18~37	
天 然 气		0.43~0.62	0.66~0.8	4.8	13.5	30~42	蕴藏在地层内的可燃气体。主要成份为甲烷。用作燃料或化学工业原料。由天然气、油田伴生气或石油炼油厂尾气中分离而得到的。主要成份是丙烷、丙烯、丁烷。常温常压下呈气态，常温加压下呈液态。由气态转化为液态时，体积缩小 1/250
液化石油气		1.47~2.0	1.9~2.5	1.9	9.5	84~109	
重 油			900~960			* 40~42	炼油厂副产品。主要成份为碳氢化合物。重油有多种规格，一般加热后才能满足燃烧要求。炼油厂产品。主要成份为碳氢化合物
柴油、煤油			820~900			* 40~42	
氧	O ₂	1.105	1.429				强助燃剂。压缩氧能使油脂剧烈氧化，甚至燃烧。主要用于冶炼、焊割、医疗
氮	N ₂	0.968	1.2507				化学性不活泼，一定浓度下会使人呼吸窒息。由硝石或制氧工业废气中提取。用于合成氨、制硝酸，以及作物质的保护气、冷冻剂等
氩	Ar	1.397	1.780				惰性气体。从压缩空气中提取。用于灯泡充气和对不锈钢、镁、铝等的电弧焊接
氢	H ₂	0.0694	0.08985	4.1	74.2		不助燃但能自燃，与氧、氯化氢时易爆炸。用于制合成氨、金属还原剂，以及火箭燃料等
乙 炔	C ₂ H ₂	0.912	1.1747	2.3	80.7		由电石与水反应产生。遇高热、明火有燃烧爆炸危险。乙炔通常溶解在溶剂（丙酮）及多孔物中，装入钢瓶内，储存于阴凉通风仓间内。用于有机合成原料以及氧炔焊割等
空 气		1	1.293				是气体混合物，主要成份为氮、氧及少量的氩。压缩空气主要用于工矿企业的风动工具等
二氧化碳	CO ₂	1.529	1.977				是煅烧石灰石及发酵工业的副产品。用于制糖、制碱工业，以及作电弧焊接中的保护气
水 蒸 汽							主要作载热体用。不同压力状态下饱和蒸汽有不同的温度和热焓
热 水							主要作载热体用。采暖系统供、回水温度在 95/70℃ 时，1 吨热水供热约 164.67MJ

动力输配[2]热交换站

为了满足用户对不同热媒的要求，常需要在热源与用户之间增设热交换器，并与输送、控制设备等组成热交换站。热交换站也称热力点，集中供热热力网的用户支管在这里终结，用户的内部系统从这里开始。

热交换站按热源不同，可分为汽—水、水—水两种类型；按服务对象不同，可分为只供一个用户的专用热交换站和供若干个用户的公共热交换站两类。

热源为高温水，用户既有采暖负荷又有生活热水负荷时，工艺流程见[1]。

大型热交换站宜设置在独立的建筑物内，有困难或专用的热交换站也可设置在大楼的设备层或用热厂房内。设置地点应尽量靠近负荷中心。

热交换站的作用半径，应经过技术经济比较后确定。国内区域性（供采暖用）热交换站的作用半径一般控制在500m内。

独立设置的热交换站宜双层布置，一层设水泵，二层设热交换器。

热交换站的建筑面积与供热系统、供热量、热交换器的构造尺寸有关。站房内净高，不宜低于4m。

北京地区各类建筑物的热指标见表1。

工业系统除了满足厂房采暖、通风、生活等用热外，工艺过程中用热是多种多样的，在统计热负荷时应充分注意。

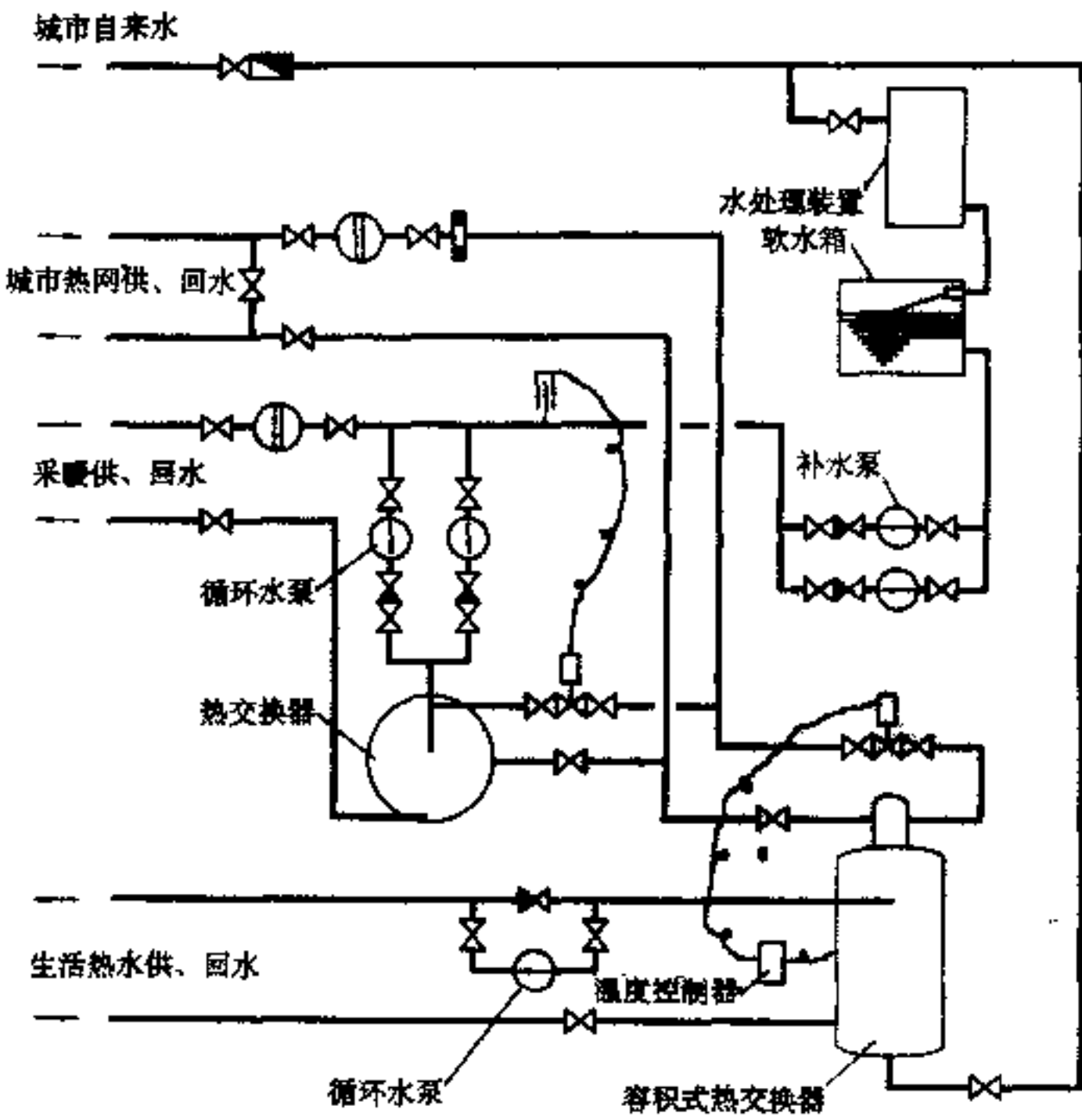
热交换站的设计，应注意下列各要点

- 1. 防止噪声对周围环境的干扰。
- 2. 门、窗向外平开，考虑最大设备的出入可能。
- 3. 最大部件重量大于0.5t时，宜设置单轨吊车。

北京地区各类建筑物的热指标 表1

建筑物的类别	采暖热指标 (W/m ²)	生活热水热指标 (W/m ²)
住宅、办公楼、学校	63.97	5.81
独立小楼、剧院、博物馆	116.30	5.81
医院	75.60	11.63
托儿所、幼儿园、使馆、公寓	104.67	11.63
饭店、宾馆	116.30	17.45
各类平房、浴池	116.30	

*北京市集中供热系统的平均热指标约为75.60W/m²
*1W=0.859845kCal/h.



I 热交换站工艺流程图

热交换站的布置简图及主要参数

表2

供热负荷	5815kW	16425kW	1163kW
系统特点	汽—水交换，企业专用；采暖单一系统	水—水交换；采暖分高、低层二个系统；生活热水分高、低层二个系统；一次水120/70℃；采暖90/65℃；生活热水55℃	水—水交换；采暖、生活双系统；一次水125/70℃；采暖90/65℃；生活热水55℃；单层，大楼地下室布置
主要设备	1 列管式汽—水热交换器 2 列管式水—水热交换器 3 循环水泵 4 补给水泵 5 补给水箱	1 容积式热交换器 2 螺旋板热交换器 3 混水器 4 补给水泵 5 循环水泵 6 补给水泵 7 循环水泵 8 循环水泵 9 补给水泵 10 混合泵	1 容积式热交换器 2 板式热交换器 3 循环水泵 4 循环水泵 5 补给水泵 6 软水箱 7 组合式软水装置
平面布置图			

气体（氧、乙炔、二氧化碳、氮、氩、氢等）汇流排是一种成套瓶组的集中供气装置，主要为用户在一定条件下供气方便而设置或无自备气源（气体发生站）的用户提供一定数量的气体。

气体汇流排应安装在独立的汇流排间内。
输氧气不超过 60m³/h 的氧气汇流排间，可设在不低于三级耐火等级的用户厂房内靠外墙处，并应采用高为 2.5m、耐火极限不低于 1.5h 的墙和丙级防火门，与厂房的其他部分隔开。

输氧气超过 60m³/h 的氧气汇流排间，宜布置成独立建筑物，当与其他用户厂房毗连建造时，其毗连的厂房的耐火等级不应低于二级，并应采用耐火等级极限不低于 1.5h 的无门、窗、洞的墙，与该厂房隔开。

氧气汇流排间，可与乙炔汇流排间相毗连建造在耐火等级不低于二级的同一建筑物中，但应以无门、窗、洞的防火墙相互隔开。氧气汇流排间，宜为单层建筑物。屋架下弦高度，不宜<3.5m。氧气流汇排间应为不低于二级耐火等级的建筑物，其外围结构不需采取防爆泄压措施。围护结构的门窗，应向外开启。

氧气实瓶的贮量，不宜超过一昼夜的生产需用量。
输气量不超过 10m³/h 的乙炔汇流排间，可与耐火等级不低于二级的生产厂房毗邻连接，其毗连的墙应为无门、窗、洞的防火墙，并严禁穿过任何管线。

乙炔实瓶的贮量，不应超过一昼夜的生产需用量。
乙炔瓶的输气容积流速，不应超过1.5~2.0m³/h·瓶。
乙炔汇流排间是属于有爆炸危险的房间。

泄压面积与厂房容积的比值，应符合现行的国家标准《建筑设计防火规范》的要求，且宜为 0.22。泄压设施宜采用轻质屋盖或屋盖上开口作为泄压面积。

有爆炸危险的生产间，宜采用钢筋混凝土柱和有防火保护层的钢柱承重的框架或排架结构，并宜采用敞开式的建筑。围护结构的门、窗应向外开启。顶棚应尽量平整，避免死角。乙炔汇流排间应为单层建筑物，屋架下弦高度，不宜<4m。

氮、氩、二氧化碳汇流排间可参照氧气汇流排间的要求执行。氢气等有爆炸危险的气体汇流排间可参照乙炔汇流排间的要求执行。二氧化碳汇流排管路上一般应加装预热器、干燥器。瓶装二氧化碳供气系统见[3]。气体汇流排及汇流排间的布置见[1]、[2]。

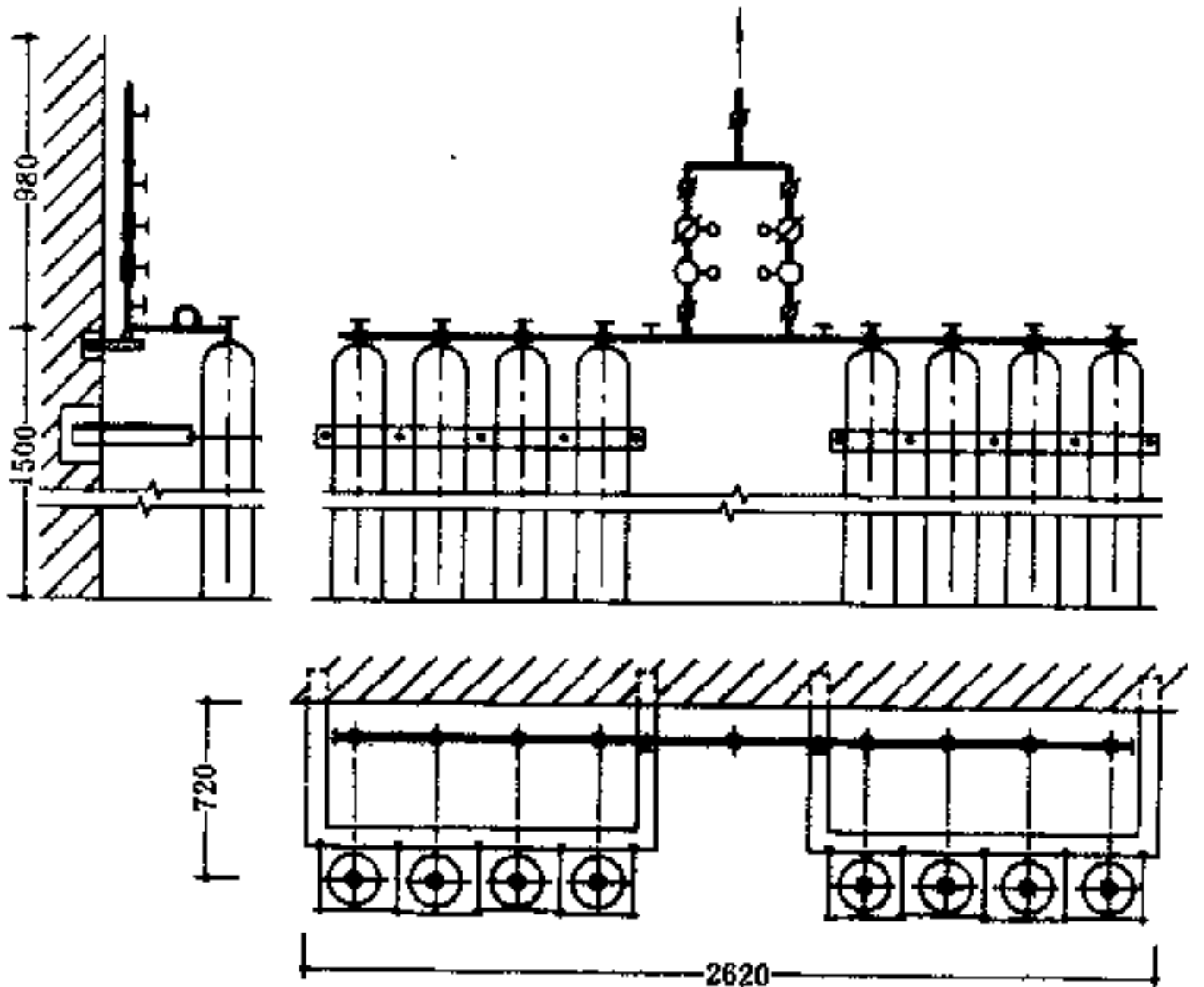
几种常用高压气瓶外表涂色规定

名 称	外表面涂色	样 字	样字颜色	横条颜色
氧 气 瓶	天蓝	氧	黑	红 棕
氢 气 瓶	深绿	氢	红	
氮 气 瓶	黑	氮	黄	
氩 气 瓶	灰	纯 氧	绿	
二氧化碳瓶	黑	二氧化碳	黄	
压缩空气瓶	黑	压缩空气	白	

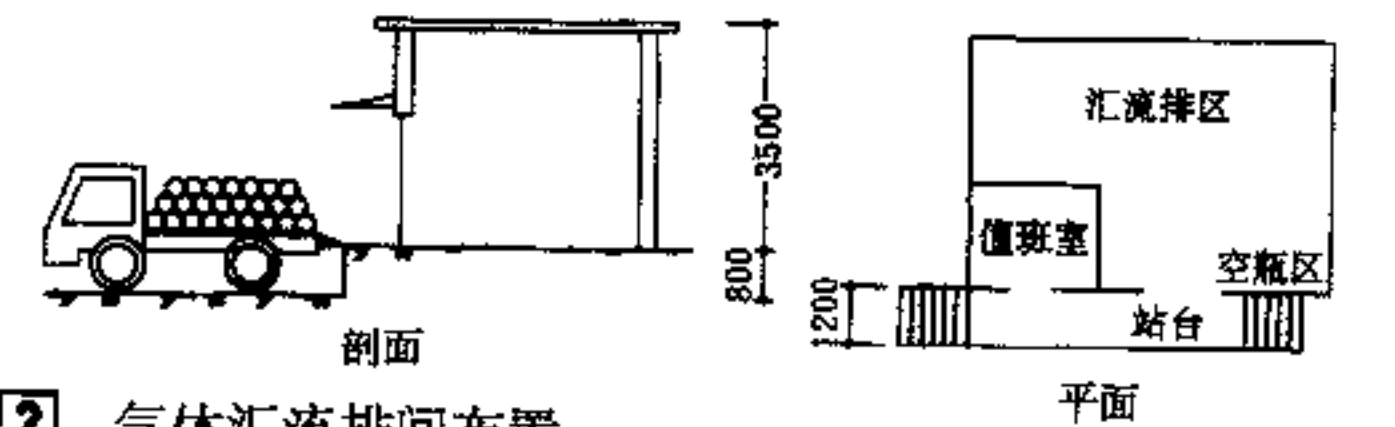
气体汇流排及汇流排间的概略指标

项 目	参 数				汇流排 气瓶数量计算
	氧气	氢气	二氧化碳	*乙炔	
气瓶最大压力 p_1 ($\times 10^5 \text{Pa}$)	150	150	70	20	汇流容积： $V = \frac{A \cdot M}{p_1 - p_2} (\text{m}^3)$
用户工作压力 p_2 ($\times 10^5 \text{Pa}$)	16 (25)	3	3	1.5	式中： A 气体小时平均消耗量 (m^3/h) M 换瓶时间 h 一般取 8 或 16
五瓶一组汇流排间 尺寸 (长×宽×高) (m)	3×3×3.5			3×3×4	汇流排气瓶数量： $n = \frac{V}{q}$
十瓶一组汇流排间 尺寸 (长×宽×高) (m)	6×3×3.5			6×3×4	式中： q 气瓶每瓶容积 一般为 0.04 (m^3)
二十瓶一组汇流排间 尺寸 (长×宽×高) (m)	9×3×3.5			9×3×4	

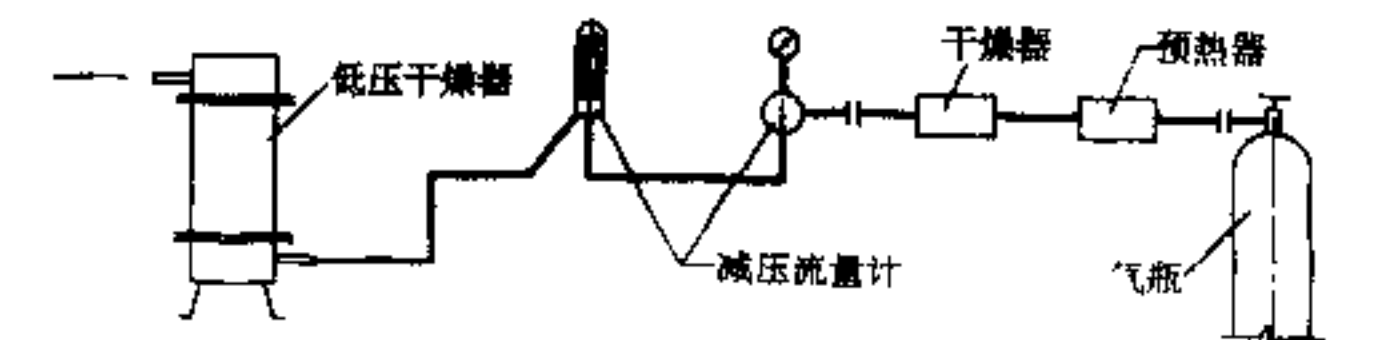
* 乙炔汇流排气瓶数量计算：
 $n = \frac{A \cdot M}{q}$ 式中 $q \approx 5 \text{m}^3/\text{瓶}$



1 气体汇流排工艺布置



2 气体汇流排间布置

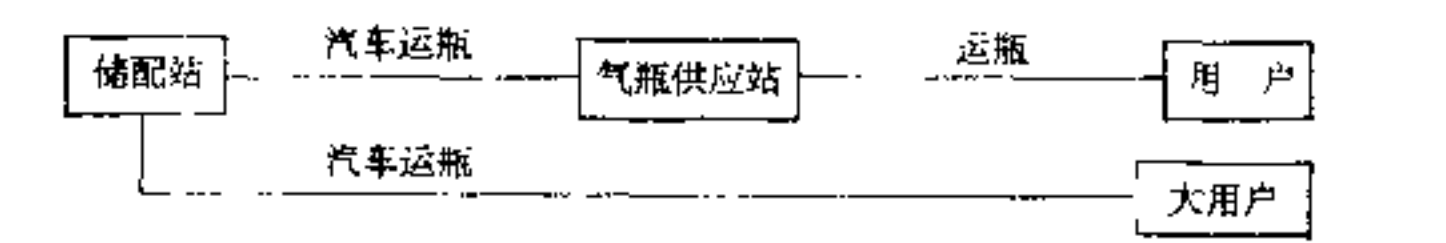


3 瓶装二氧化碳供气系统示意

动力输配[4]液化石油气供应站

液化石油气供应方式主要有瓶装供应（经供应站）和管道供应（经气化站）两种。瓶装供应又分单瓶供应和瓶组并联（汇流排）供应。散住居民一般为单瓶供应，小型公共建筑（设有气化站）一般为瓶组并联（汇流排）供应。住宅小区、大中型公共建筑应由气化站供应。

气瓶供应站 气瓶供应方式如下图



气瓶供应站一般设在居民区，每个站的供应范围，一般不超过 10000 户。供应站的气瓶库贮量，一般按最大日销量的一天耗用量计算。气瓶库的液化石油气总贮量，不宜超过 10m³。液化石油气密度：液态（20℃）~560kg/m³。常用液化石油气钢瓶有 10kg、15kg、50kg（指存放量）三种。供应站的气瓶库与站外建筑物或道路之间的防火间距，应按现行的《建筑设计防火规范》的有关规定执行，两者之间的隔墙应为防火墙。防火墙上不得开设门窗洞口。供应站位于已建市政消火栓保护半径以外时，应设置室外消火栓。

供应站的占地面积指标 表 1

项 目	单 位	供 应 站	备 注
供应规模	户	5000~7000	
建筑面积	m²	160~200	
其中：瓶棚	m²	60~80	
占 地	m²	500~600	

气化站 气化站的供应方式如图



气化站一般由贮罐、蒸发器间、调压器间、值班室等组成，以管道输送方式供应用户。贮罐宜设在地下，其余设在地上。气化站的贮罐的设计总容量，应符合下列要求：1. 由储配站供应液化石油气时，贮罐的设计总容量，一般按年平均日用量的 3~5 天耗用量计算。2. 由液化石油气生产厂直接供应液化石油气时，贮罐的设计总容量，一般按计算月平均日用量的 15~20 天耗用量计算。贮罐总贮量一般不宜大于 30m³。企业生产用气贮罐的总容积≤10m³ 时，可设置在贮罐专用的独立建筑物内，其设置应符合下列要求：1. 贮罐之间以及贮罐与墙之间的净距，均不应<贮罐的半径，并不得<1m。2. 其外墙与相邻厂房外墙之间的防火间距见表 2。3. 其外墙与相邻厂房的室外设备外壁之间的防火间距，不宜<10m。设于居民区内的气化站，应符合下列要求：1. 站的周围应设置非燃烧体实体围墙，其高度不低于 2m。2. 带有明火的气化装置，应设置在室内，并应用防火墙与相邻的房间隔开。3. 应设置站内消火栓。4. 贮罐与一般民用建筑、重要的公共建筑或道路之间的防火间距规定（表 3）。

外墙与相邻厂房外墙之间的防火间距 表 2

相邻厂房的耐火等级	一、二级	三 级	四 级	备 注
防火间距 (m)	<10	<12	<14	

贮罐与建筑或道路之间的防火间距 表 3

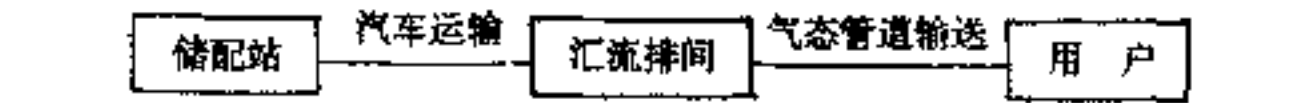
名 称	总 容 积 (m³)		备 注
	<10	10~30	
	防火间距 (m)		
一般民用建筑	12	18	
重要的公共建筑	25	25	
道 路	10	10	

气化站概略指标 表 4

气化能力 (kg/h)	贮 罐	供气压力 kPa	用 途
110	6m³×2	50	供 6000m² 采暖
350	8m³×6 5m³×2 (中间罐)	5	1400 户居民用
500	12m³×3 5m³×2 (中间罐)	5	西餐厨房 食品加工车间

用户汇流排间（管道供应）

用气量在 1~15m³/h（~32kg/h）内的中小用户，可以采用瓶组并联（汇流排）供应方式，并依靠室温自然蒸发满足供气要求。供气方式如图：



瓶装液化石油气蒸发能力概略指标 表 5

使用状态	50kg 容器 (kg/h)	10kg 容器 (kg/h)
断 续	1.7~3.2	0.4~0.7
连 续	0.75~1.2	0.2~0.35

注：①表内数值指环境温度为 5℃，瓶内残液为 30% 时的蒸发能力。
②当环境温度为 15℃ 时，表内指标增加 20%。
③1m³ 的容器，约能存放 560kg 液态石油气。
④50 户居民的用气量~18kg/h。
⑤100 户居民的用气量~32kg/h。

高层建筑如采用瓶装液化石油气作燃料时，应设集中瓶装液化石油气（汇流排）间，并应符合下列要求：1. 液化石油气总储量不超过 1m³（相当 50kg 容器 10 只）的瓶装液化石油气间，可与高层建筑直接相连的裙房贴邻建造。2. 总容量超过 1m³，而不超过 5m³ 的瓶装液化石油气间，必须独立建造，且防火间距不应<10m。3. 瓶装液化石油气间的耐火等级不应低于二级；净高≥3m；门、窗向外开启，窗台距室外地面≥1.8m；应有防爆泄压措施；液化石油气间不得与任何房间有连通的门、窗或洞口，隔断墙应为防火墙。4. 液化石油气间的室温≥5℃。液化石油气间不得设在地下室、半地下室、通风不良、有明火或有地漏的房间内。5. 瓶组（汇流排）供气一般设置两组，一组使用，一组备用。6. 在总进气管上应设有事故紧急自动切断阀。7. 应设自动灭火系统。8. 应设有可燃气体浓度检测报警装置。9. 灯具、开关等必须采用防爆型的，导线应穿金属管或采用耐火电线。10. 应设通风设施。

普通民用建筑如采用瓶装液化石油气作燃料时，液化石油气总储量不超过 0.2m³（相当 50kg 容器 2 只）的公共用户，可采用单瓶供气。气瓶宜放在外墙低处设有通风洞的厨房或用气房间内。气瓶与燃具、散热器的水平净距≥1m。有隔热板时≥0.5m。软管不得穿过门、窗和墙壁。

液化石油气总储量不超过 1m³（相当 50kg 容器 10 只）时，瓶装液化石油气间可设在用气建筑物的首层或与该建筑物相联的单独房间内。

总容量超过 1m³，而不超过 5m³ 的瓶装液化石油气间，必须独立建造，且防火间距不应<10m。

瓶装液化石油气间的建造要求，原则上同高层建筑。

工业用户如采用瓶装液化石油气作燃料时（汇流排供应），总储量不超过 2m³（相当 50kg 容器 20 只）时，石油气间可以设在用气车间外墙坡檐内。

总容量超过 2m³，而不超过 5m³ 时的瓶装液化石油气间，必须独立建造，且防火间距不应<10m。

瓶装液化石油气间的建造要求，原则上同高层建筑。

用户汇流排间的概略指标 表 6

气化能力 (kg/h)	钢瓶规格数量	面 积 (m²)	用 途
10	50kg×10 (5 用 5 备)	14	餐 厅
20	50kg×20 (10 用 10 备)	37	锅 炉
6	50kg×6 (3 用 3 备)	20	食 堂

煤气调压站 (人工煤气)

调压站在城市煤气管网系统中是起调压和稳压作用的设施。有的调压站装有计量设备, 还起计量作用。

调压站的主要设备是调压器、调压器一般应设置在地上单独的建筑物内; 当受地上条件限制, 且煤气管道进口压力为次高压 (0.15~0.3MPa)、中压 (5~150kPa) 或低压 (≤ 5 kPa) 时, 可设置在地下单独的构筑物内; 当自然条件或周围环境许可时, 也可露天设置, 但需要设置围墙。

调压站按使用性质可分为区域调压站、用户调压站和专用调压站; 按调压作用可分为高中压调压站、高低压调压站和中低压调压站等; 按建筑形式可分为地上调压站, 地下调压站和露天调压站。

调压站的布置一般应考虑下列因素:

1. 力求布置在负荷中心, 或靠近大用户。
2. 尽可能避开城市的繁华地段。
3. 要避开明火。
4. 中低压调压站的作用半径一般为 1km。
5. 调压站可设在居民区街坊、广场或公园、绿地内。
6. 调压站为二级防火建筑。调压站与周围建筑物之间的安全净距见下表。

防火间距 (m)		类别	高层民用建筑				其它建筑
			一 类		二 类		
			主体建筑	相连的附属建筑	主体建筑	相连的附属建筑	
名 称							
煤气调压站 (进口压力) (MPa)	0.005 至 < 0.15	20	15	15	13	6	
	0.15 至 ≤ 0.30	25	20	20	15		

调压站如果临近重要的公共建筑物, 地上调压站距离该建筑物不应 < 25 m, 地下调压站与该建筑物的水平净距不应 < 20 m。

调压站的建筑面积与调压站的种类有关。地上中低压调压站内设一至三台调压器时, 建筑面积为 15~40m²; 地上高中压调压站设三台调压器时, 约 50m²。

大型公共建筑物的煤气表房应设置在首层的独立房间内。表房应有外窗。引入管应尽量直接引至安装煤气表的房内。

天然气调压站

天然气的输送压力较高, 由气源厂或天然气门站送出的天然气压力约 5MPa, 经多级调压站调压后, 送至用户调压站的天然气压力为 0.1~0.3MPa, 再经调压至 2~5kPa 后送用户使用。

天然气调压站与人工煤气调压站的作用、组成、布置及功能大致相同。

调压站的建筑面积为 15~40m²。

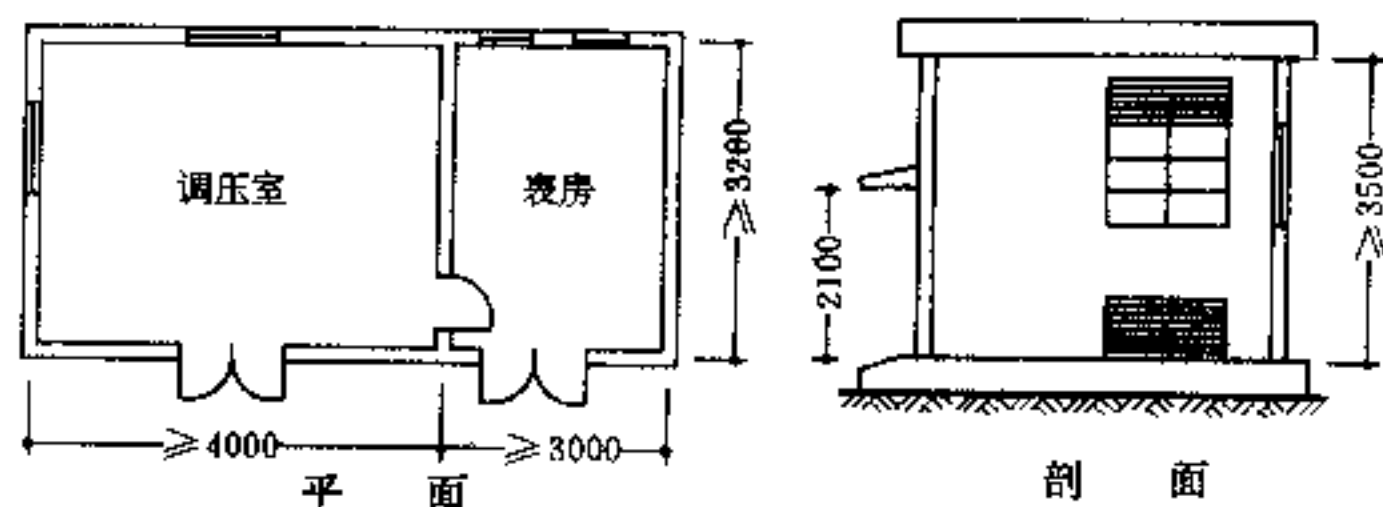
冬季平均气温在 0℃ 以上地区调压装置可露天布置。

地上调压站的设计, 应符合下列要求:

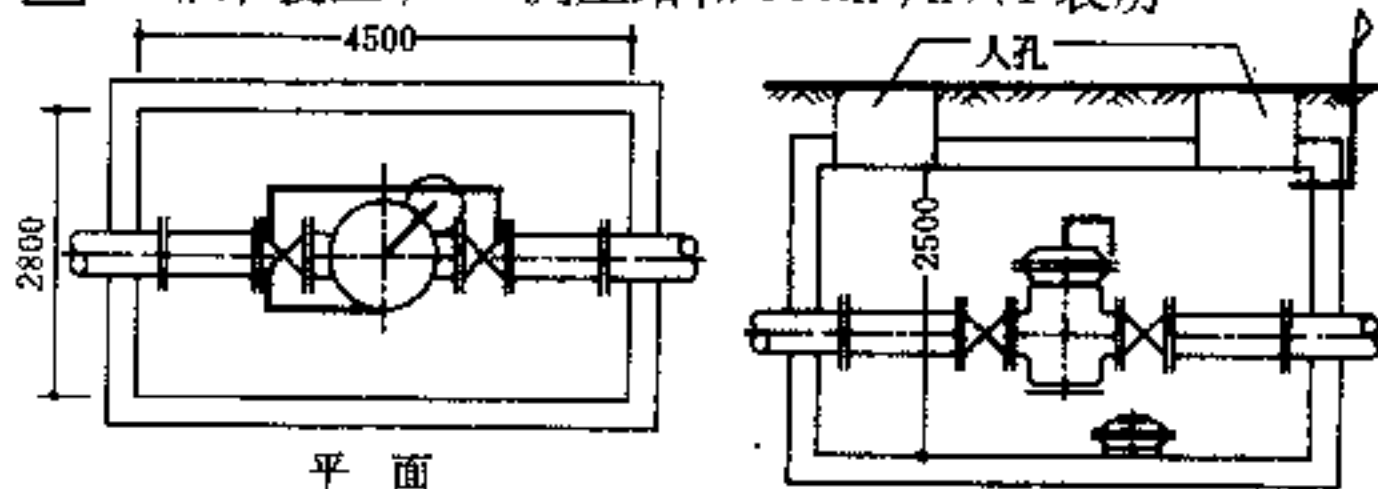
1. 建筑耐火等级应按现行的《建筑设计防火规范》规定的不低于“二级”设计。
2. 屋顶应有泄压措施。
3. 电气防爆等级应按现行的《爆炸和火灾危险场所电力装置设计规范》规定的“Q-2 级”设计。
4. 室内温度一般不低于 0℃。
5. 室内通风次数每小时不应少于两次。

地下调压站的设计, 应符合下列要求:

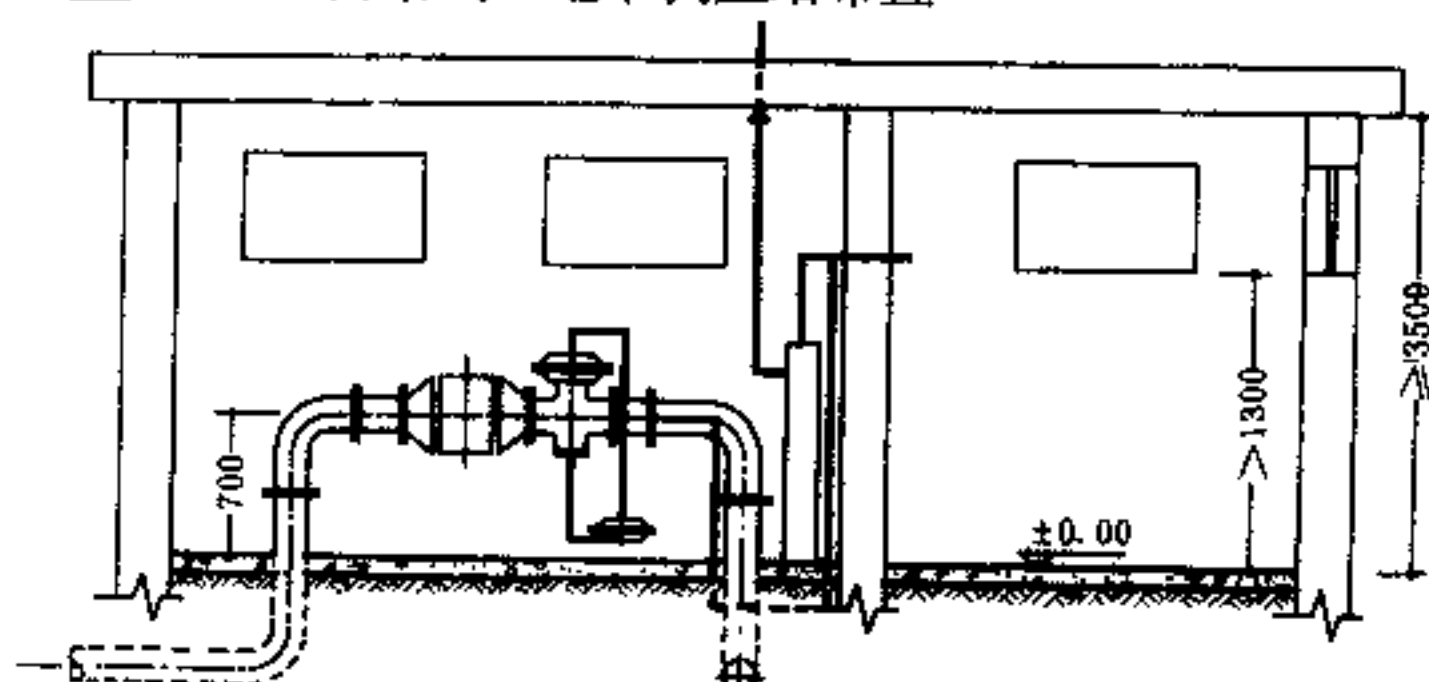
1. 净高不应低于 2m。宜采用钢筋混凝土结构。
2. 在地下水位高的地区, 必须采用防水措施。
3. 必须设置两个出入人孔, 孔盖应能防止地表面水的浸入。寒冷地区应在孔盖处采取防冻措施。



1 非采暖区 $\phi 150$ 调压站和 300m³/h × 1 表房



2 10" (雷诺式) 地下调压站布置



3 采暖地区 (雷诺式调压器) 调压站布置

动力输配[6]用户燃料油库

燃料油的种类有煤油、柴油、重油等。煤油属乙类油品，大部分柴油及全部重油属丙类油品。

煤油、轻柴油在常温下即能直接供应用户，重柴油及重油则需按其品质的不同进行加热后供应用户。加热后的燃油粘度一般控制在3~5(°E)。

企业内部的燃料油库，按其规模大小可设置在用油车间内部或外部。

设置在一、二级耐火等级的单层生产厂房内的燃料油库，其储油量：甲、乙类油品≤2m³；丙类油品≤10m³。

厂房外甲、乙类油品总储油量不大于40m³或丙类油品总储量不大于200m³的燃料油库，其油罐、油泵房与下述地点的防火距离(m)不应小于表1的规定。

表1

名称		本厂房	本厂房明火地点	站区围墙	厂内道路
油罐	地下	3	15	3	5
	地上	6	15	3	5
油泵房		3	15	3	5

注：甲、乙类油品应采用直埋卧式罐。

民用燃料油库储罐与建筑物的防火间距

表2

防火间距 (m)		建筑名称	高层建筑(高度≥24m)		高度24m以下民用建筑 (不包括甲类物品库房)	
			主体建筑	相连的 附属建筑	一、二级	三级
甲、乙类 液体储罐	<30m³		35	30	12	15
	30~50m³		40	35		
丙类 液体储罐	<150m³		35	30	12	15
	150~200m³		40	35		

注：①储罐的防火间距应从距建筑物最近的储罐外壁算起。
②储罐如直埋，上表防火间距可减少50%(高层建筑)。

无管道煤气供应的高层建筑，如使用丙类液体作燃料时，应采取以下防火安全措施：

- 一、油罐总储量不超过15m³，当直埋于高层建筑或与其直接相连的裙房附近，如面向油罐一面4m范围内的外墙为防火墙时，其防火间距可不限；
- 二、容积小于1.0m³的中间罐应设在单独房间内，其耐火等级不应低于二级。

燃料油库的储油量，应根据当地供油条件、运输方式及用户要求确定，一般情况下按5~10天的耗油量。

燃料油库由储油罐区、卸油区及油泵房组成。

储油罐区的大小由油罐的大小、数量及敷设方式决定。油罐一般宜设置二个。民用燃料油库的油罐以地下埋设为多。

常用卧式油罐尺寸见表3。

燃油的运输主要靠汽车运油车，尺寸见表4。

常见的燃料油库(柴油、煤气)的供油流程图见图

- ①。图中H₁为0.4m；H₂为0~2m；H₃为4m以下。
- 常见的工业用燃料油库(重油)的供油流程图见图②。供油泵输油量一般应取用户最大耗油量的200%。

卧式油罐系列表

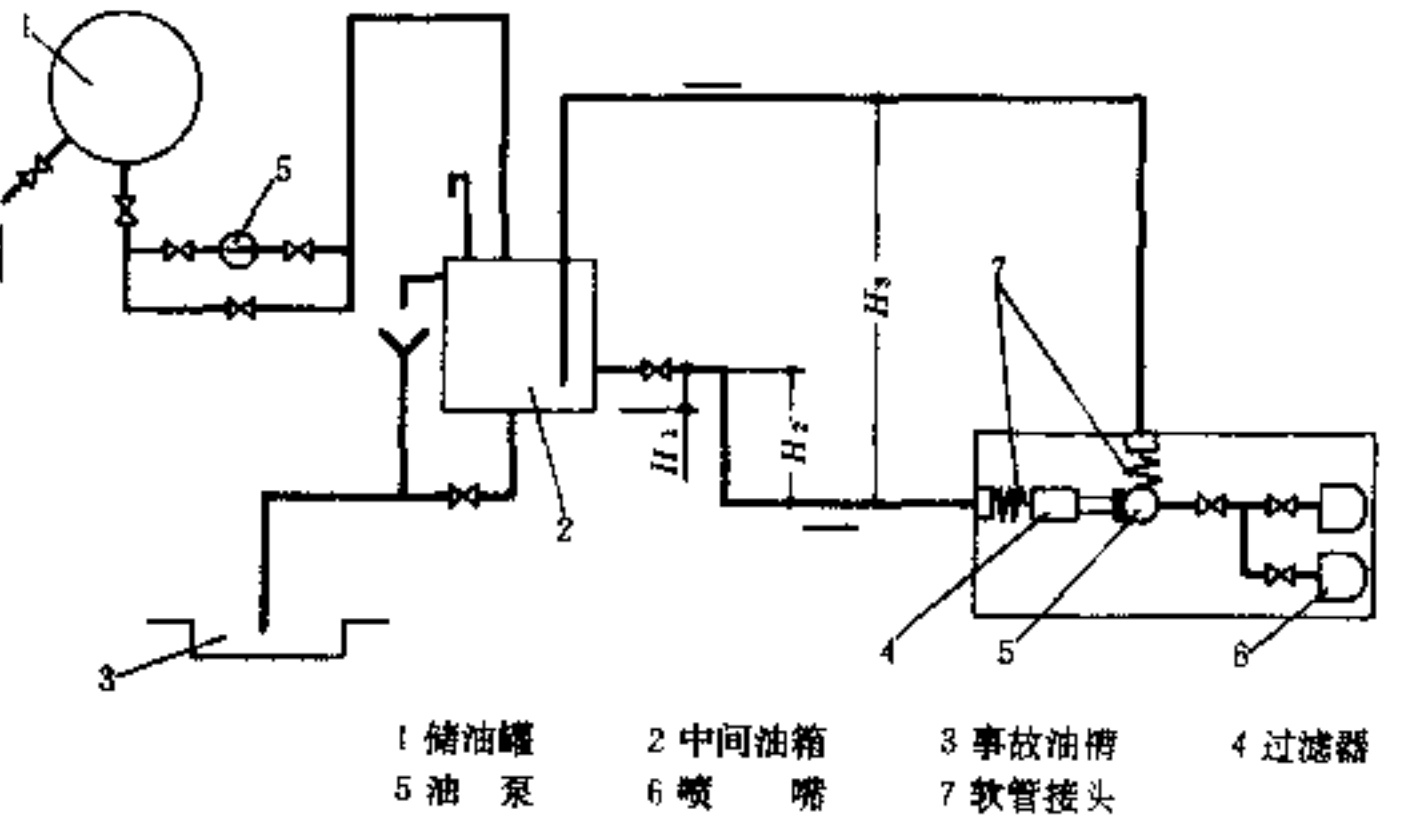
表3

公称容积 (m³)	D (mm)	L (mm)	示意图
10	2100	3625	
15	2100	4912	
20	2540	4414	
25	2540	5134	
35	2540	7154	
50	2540	10614	
80	2540	16104	

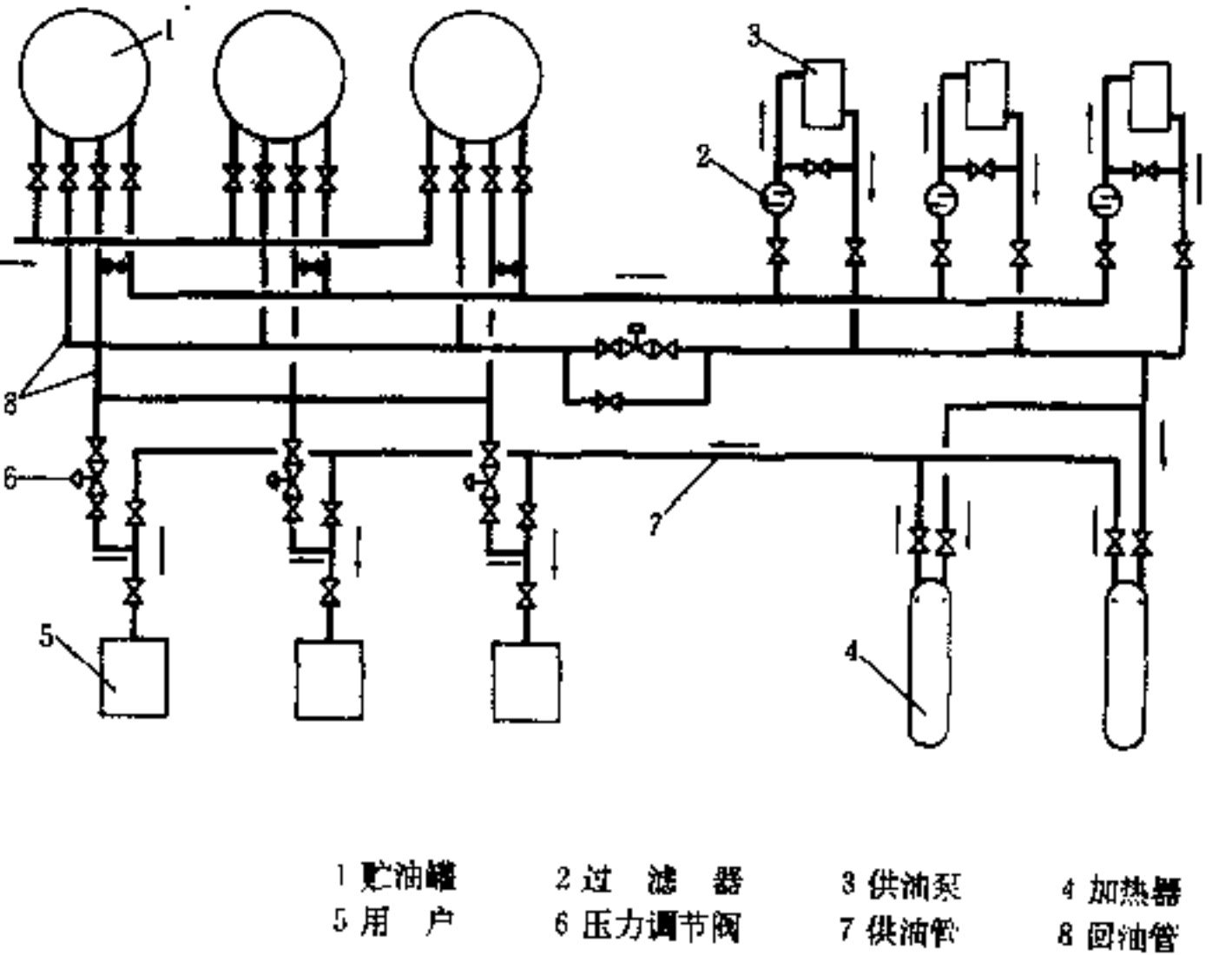
汽车运油车系列表

表4

型号	容量 (l)	L (m)	W (m)	H (m)	示意图
黄河XY510	9500	7.64	2.40	2.75	
黄河XY512	12000	8.00	2.50		
WH140RY	6500	6.80	2.37	2.56	
CG140RY	6400	6.83	2.47	2.67	



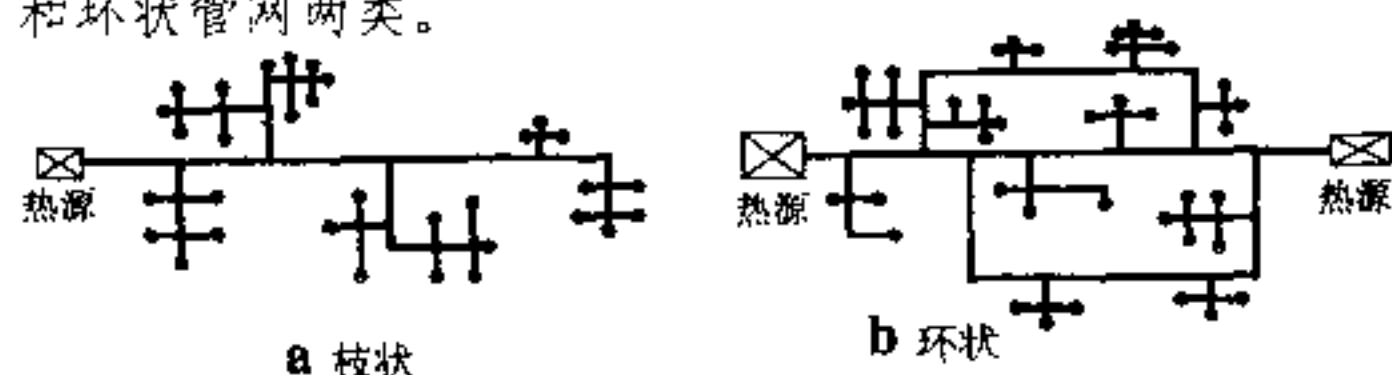
① 柴油、煤油供油系统流程



② 重油供油系统流程

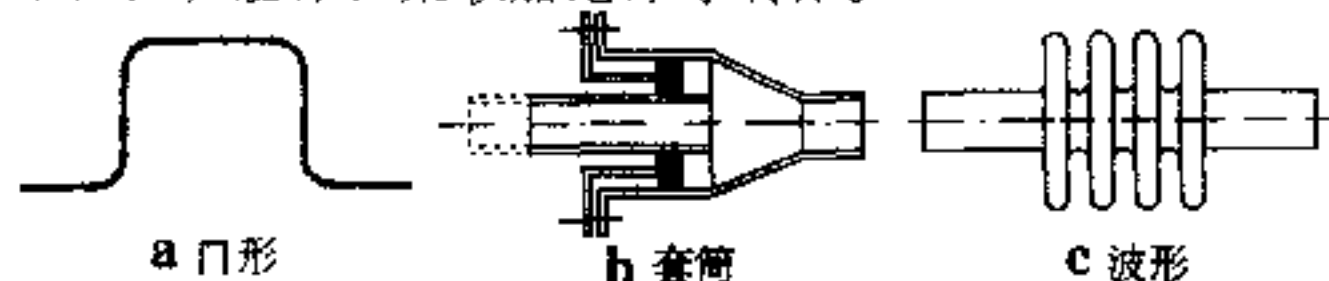
热力管网

根据输送介质的不同,热力管网主要有蒸汽和热水管网两种。按平面布置类型划分,热力管网有枝状管网和环状管网两类。

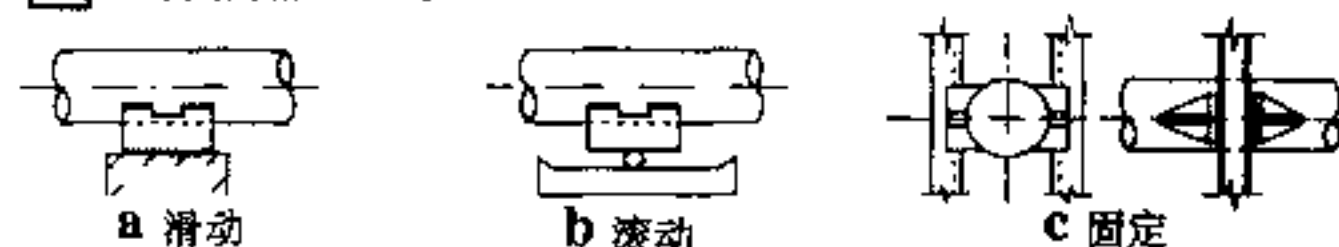


1 管网类型

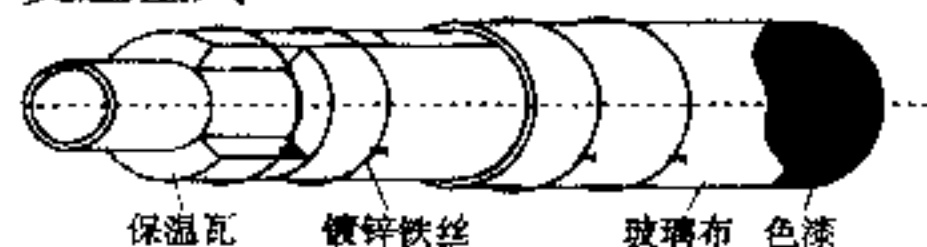
热网是由管道、支座、补偿器、分段阀、放气阀、排水阀及保温材料组成。管道一般均采用无缝钢管,焊接连接。常用的补偿器有U形、套筒、波形和自然补偿几种。常用的支座有活动、固定两种,活动支座又分滑动、滚动和悬吊等几种。常用的保温材料有玻璃棉、岩棉、珍珠岩、矿渣棉、聚胺脂泡沫等制品。



2 补偿器型式



3 支座型式



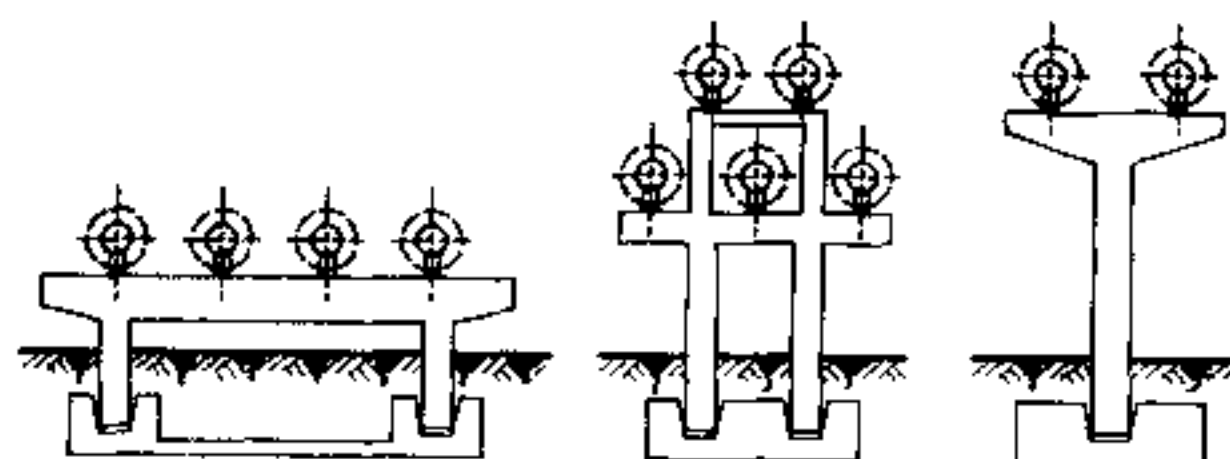
4 管道保温结构示意图

热网的敷设方式有架空、地沟、直埋三种。

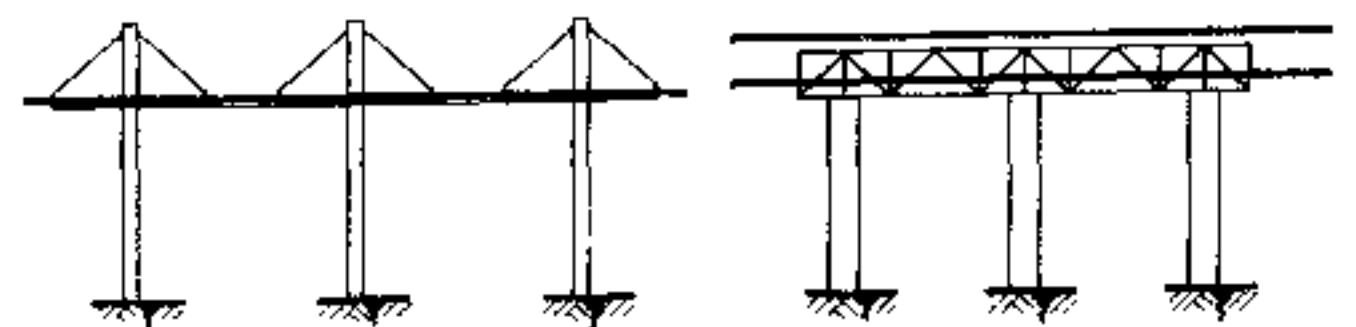
架空敷设是将供热管道敷设在地面上的独立支架或带纵梁的桁架以及建筑物的墙壁上。支架分低中高三种,离地净高分别为不小于0.3m、2.5~4m、4.5~6m。

地沟敷设分为综合、通行、半通行、不通行地沟四种,主要结构形式为钢筋混凝土、砖石。地沟沟底应设于当地近三十年最高地下水位以上,否则应采取排水、防水措施。为了检查和维修,每隔50~70m设一个检查井。

直埋敷设分有补偿和无补偿二种。保温结构既要有较低的导热系数和良好的防水性能,又要有很高的抗应力、抗磨损和抗热、化学、生物或其它的分解过程。

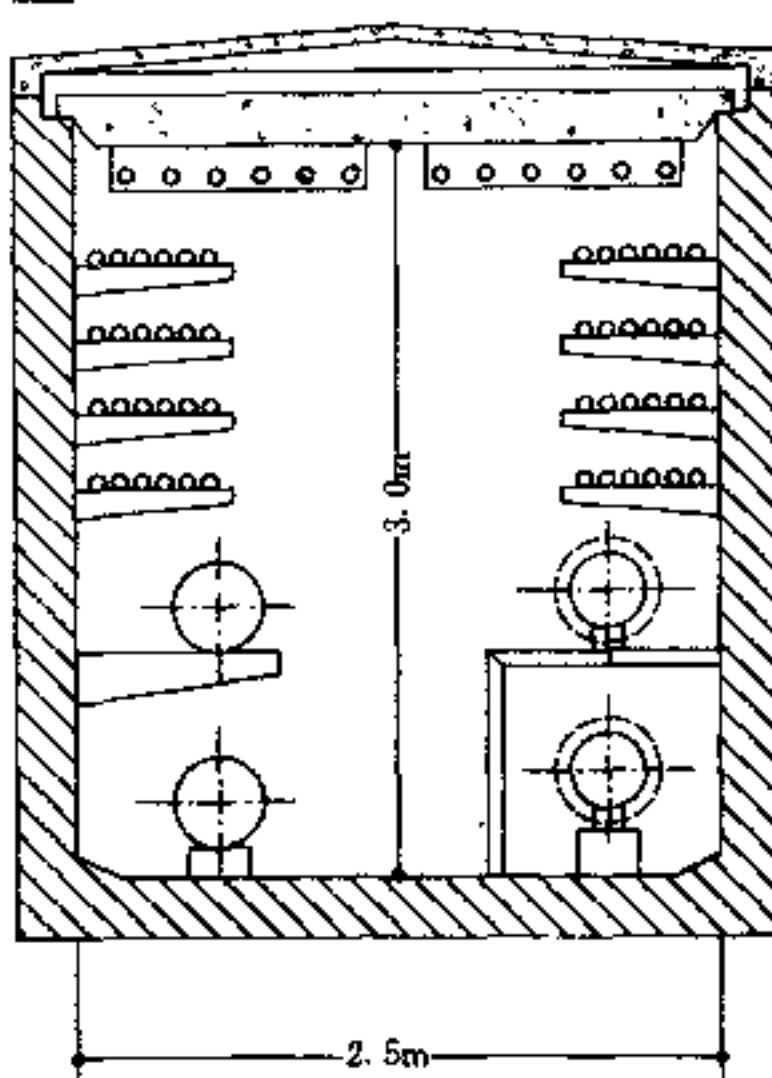


5 独立支架示意



6 悬吊支架

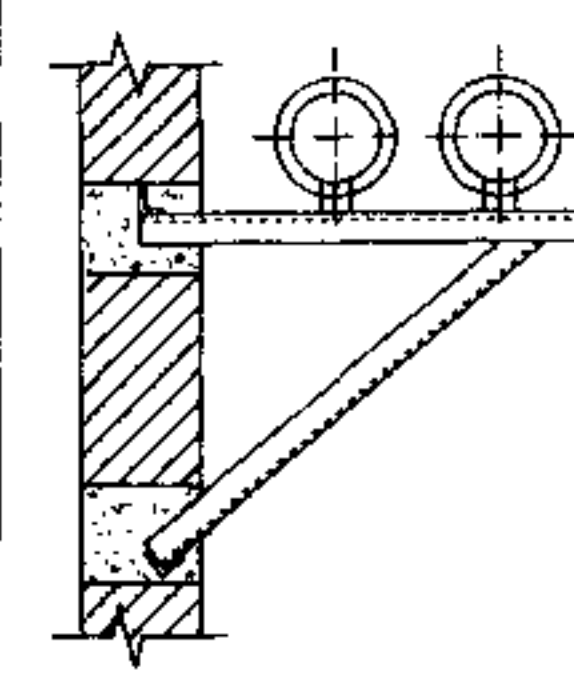
7 桁架



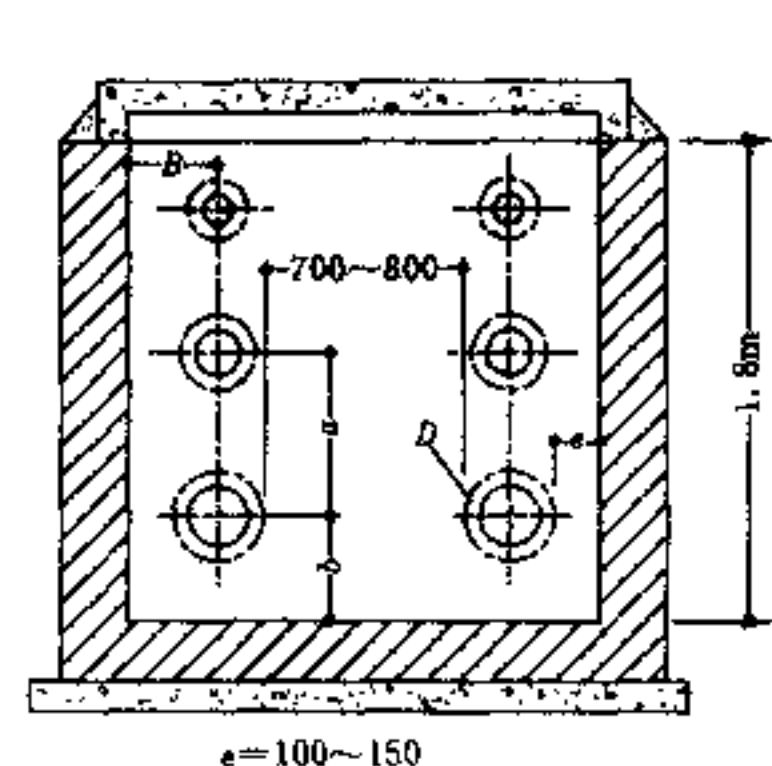
9 综合地沟



8 悬索支架



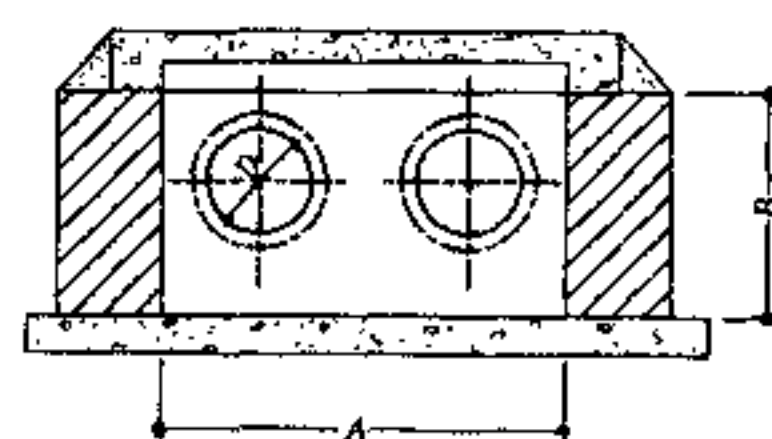
10 墙架



支架间距表 (m) 表1

D	a	b	B	支架间距
50	290	190	215	3.0
70	330	205	245	4.0
100	370	220	280	4.5
125	410	235	310	5.0
150	450	250	345	5.5
200	510	280	410	7.0
250	590	310	450	8.0
300	650	340	490	8.0
350	720	370	530	9.0
400	790	400	570	10.0
450	860	430	610	10.0
500	930	460	650	10.0
600	1070	520	730	10.0

11 通行地沟



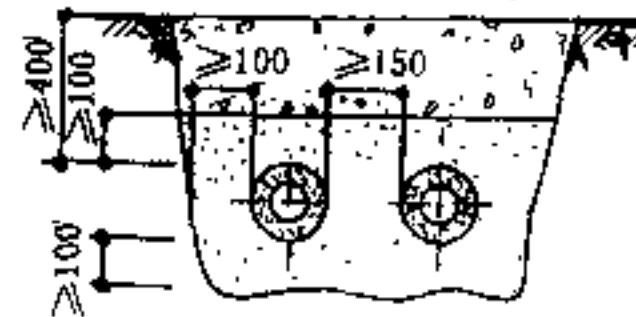
12 不通行地沟

表2

D	A	B
25~50	650	300
65~70	800	375
100	800	450
125, 150	800	525
200	950	600
250	1100	675



13 直埋管道



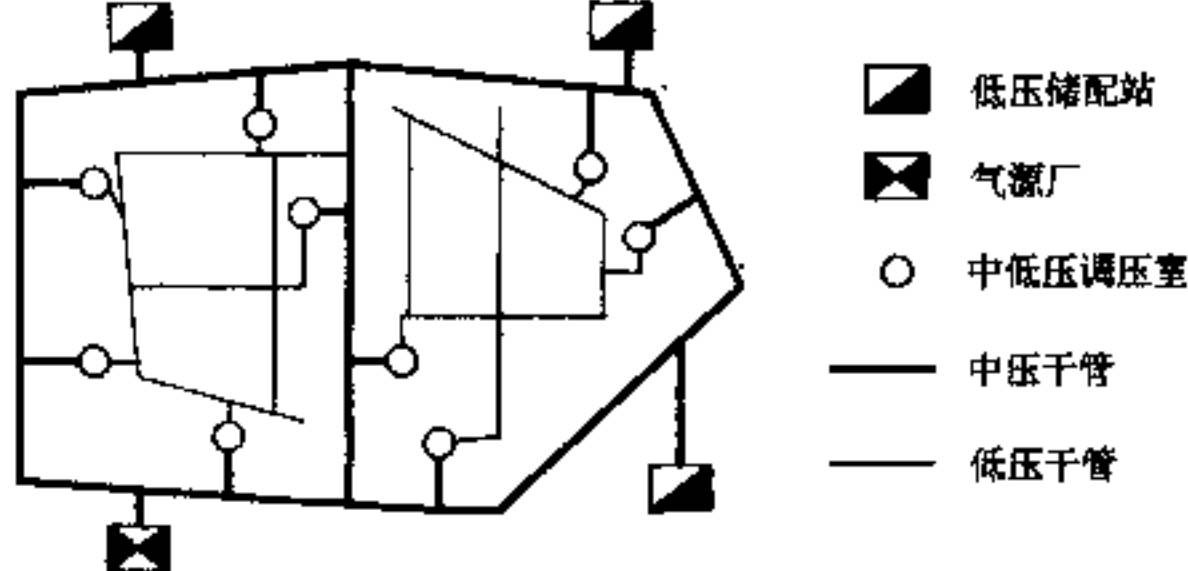
燃气管网

燃气管网可分为城市煤气管网和企业自备气源的厂矿煤气管网。燃气有人工煤气、天然气和液化石油气等。

我国城市煤气管道的压力分级如下：

- 低 压 $\leq 5\text{kPa}$
- 中 压 $5\sim 150\text{kPa}$
- 次高压 $0.15\sim 0.3\text{MPa}$
- 高 压 $0.3\sim 0.8\text{MPa}$

城市煤气管网一般分为单级系统、两级系统、三级



1 中低压两级系统示意

系统和多级系统。单级系统的输配能力有限，仅适用于小城镇。两级系统中有高低压和中低压系统两种。中低压系统由于管网承压较低，对发展的适应性较小。高低压系统由于高压部分采用钢管，供应规模扩大时可以提高管网运行压力，有较大的机动性。三级系统一般是指高、中、低三种煤气管道组成的系统，适用于大城市。以天然气为主要气源的大城市，为了充分利用天然气的输送压力，提高管网的输送能力，往往在城市边缘敷设超高压管道环，从而形成四级、五级等多级系统。

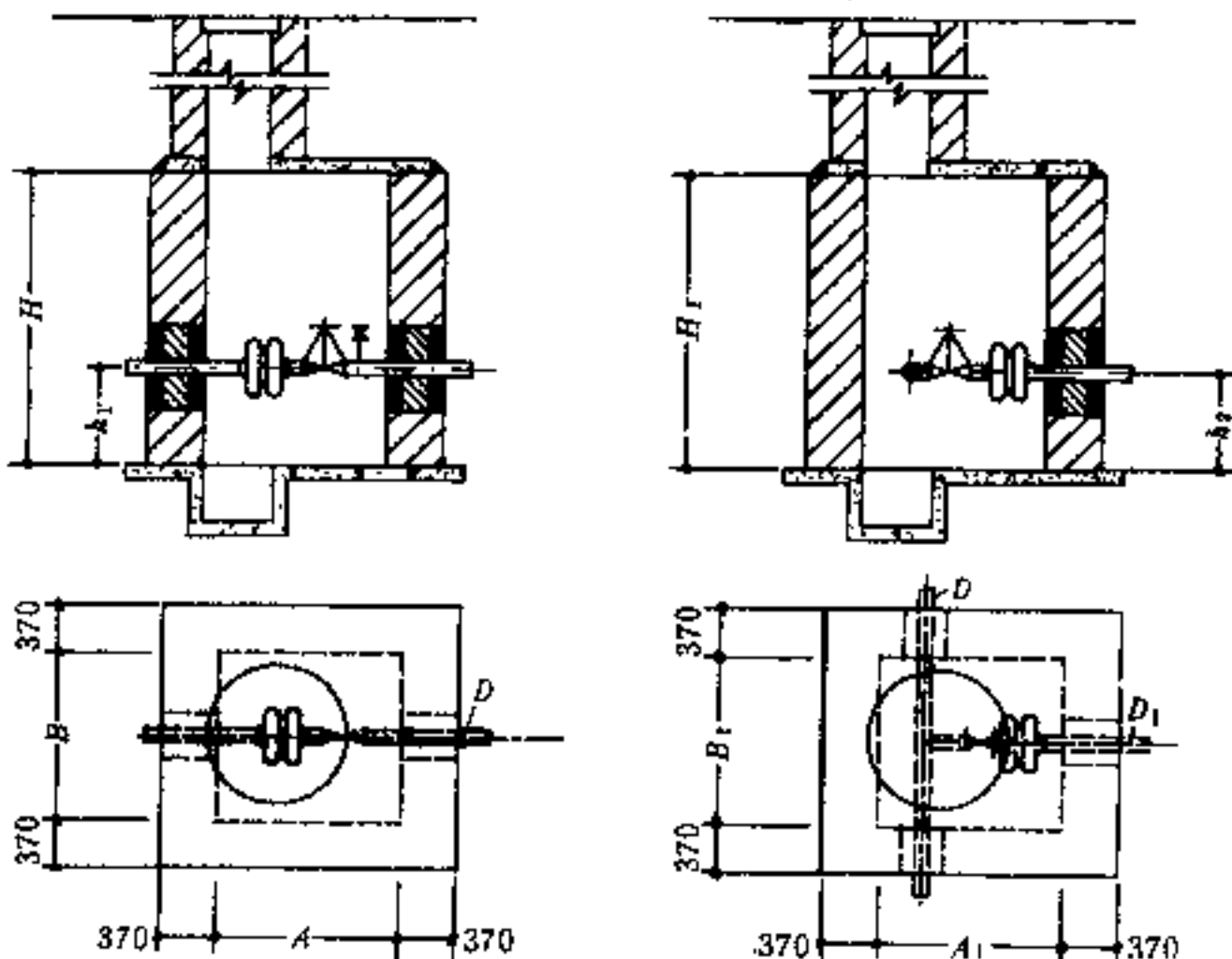
目前我国大多数城市采用中低压两级系统，这是因为用量不大；运行经济；老城市街道比较狭窄，安全距离难以保证；可以采用低压储罐。

中低压煤气管网系统应在下列各处设置关闭阀门：

中压管线及低压干管，每 2km 处；

距调压室外墙 10m 以外 100m 以内的煤气管道进出口管道上；

至重要公共建筑的分支管道起点处；



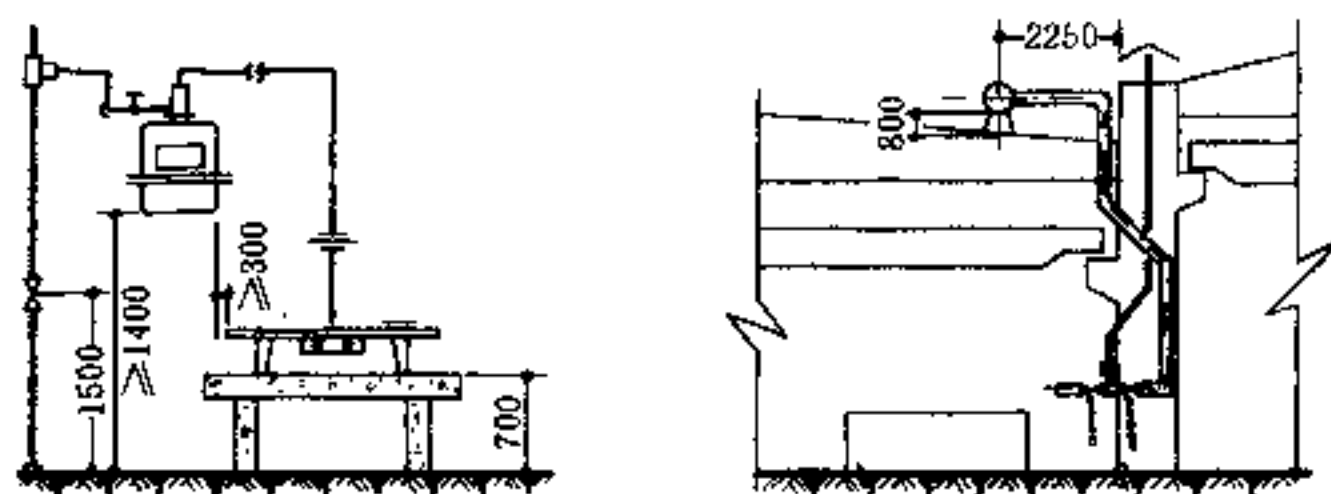
2 单管闸阀井

3 三通闸阀井

管径大于 100mm 的分支管道起点处；

过桥管线在桥的两侧处。

厂矿的发生炉煤气管网均为低压系统，架空敷设。用



4 发生炉煤气管网（架空）

5 煤气干管的架设

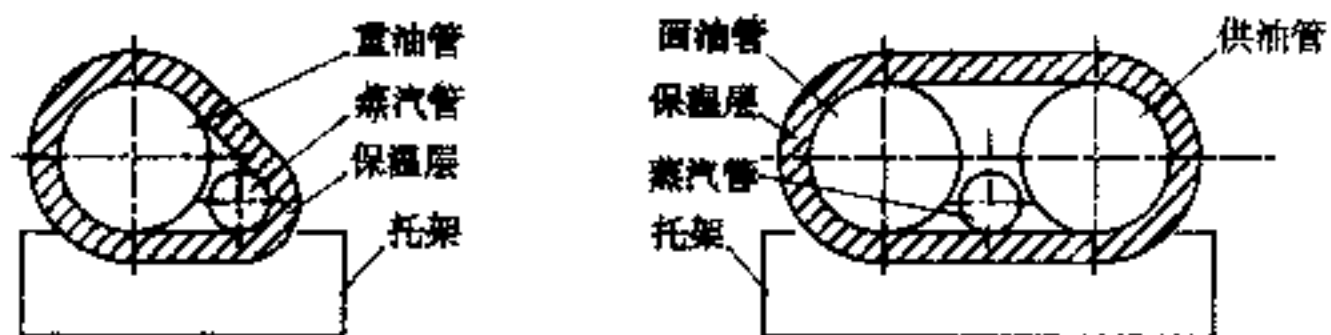
气车间煤气干管一般架设在屋顶或外墙上。

燃油管网

供设备燃烧用的煤油、轻柴油、重柴油、重油等统称燃油。其中重柴油、重油需加热后才能满足使用要求。

根据用户的不同要求，燃油管网有单管、双管（循环）两种系统。

燃油管道的敷设方式同供热管道。



6 燃油管道敷设方式

气体管网

氧、乙炔、二氧化碳、氮、氢、氩、空气等管道统称气体管道。

氧气、乙炔管道压力等级划分见下表。

名 称	低 压	中 压	高 压
氧 气	$\leq 1.5\text{MPa}$	$1.6\sim 3.0\text{MPa}$	$>3.0\text{MPa}$
乙 炔	$\leq 7\text{kPa}$	$7\sim 150\text{kPa}$	$0.15\sim 2.5\text{MPa}$

注：① 常用压缩空气压力为 0.8MPa。

② 医用真空吸引压力为 300~500mmHg 真空度。

室外气体管道一般均直埋敷设，埋设深度在冰冻线以下。室内管道一般均架空敷设。



7 工业氧、乙炔用点装置

8 医院手术室供氧、吸引装置

D	外型尺寸 (mm)				D ₁	外型尺寸 (mm)			
	A	B	H	h ₁		A ₁	B ₁	H ₁	h ₂
100	1650	1350	1800	550	100	2050	1300	1800	550
150	1650	1350	1800	575	100~150	2150	1350	1800	575
200	1800	1500	1800	600	100~200	2250	1400	1800	600
250	1800	1500	1800	625	100~250	2450	1450	1800	625
300	1950	1800	2000	650	100~300	2550	1500	1900	650
350	1950	1800	2000	675	100~350	2650	1750	2000	675
400	1950	1800	2150	700					

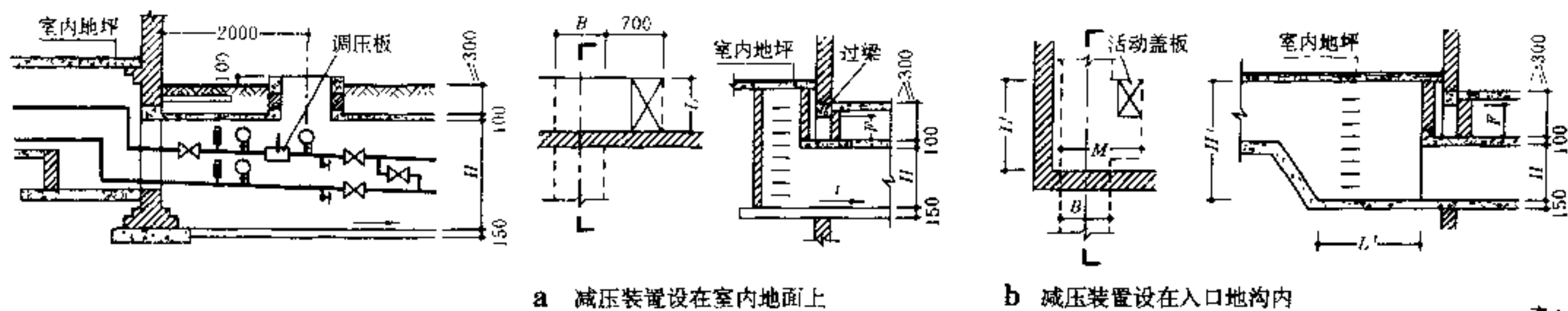
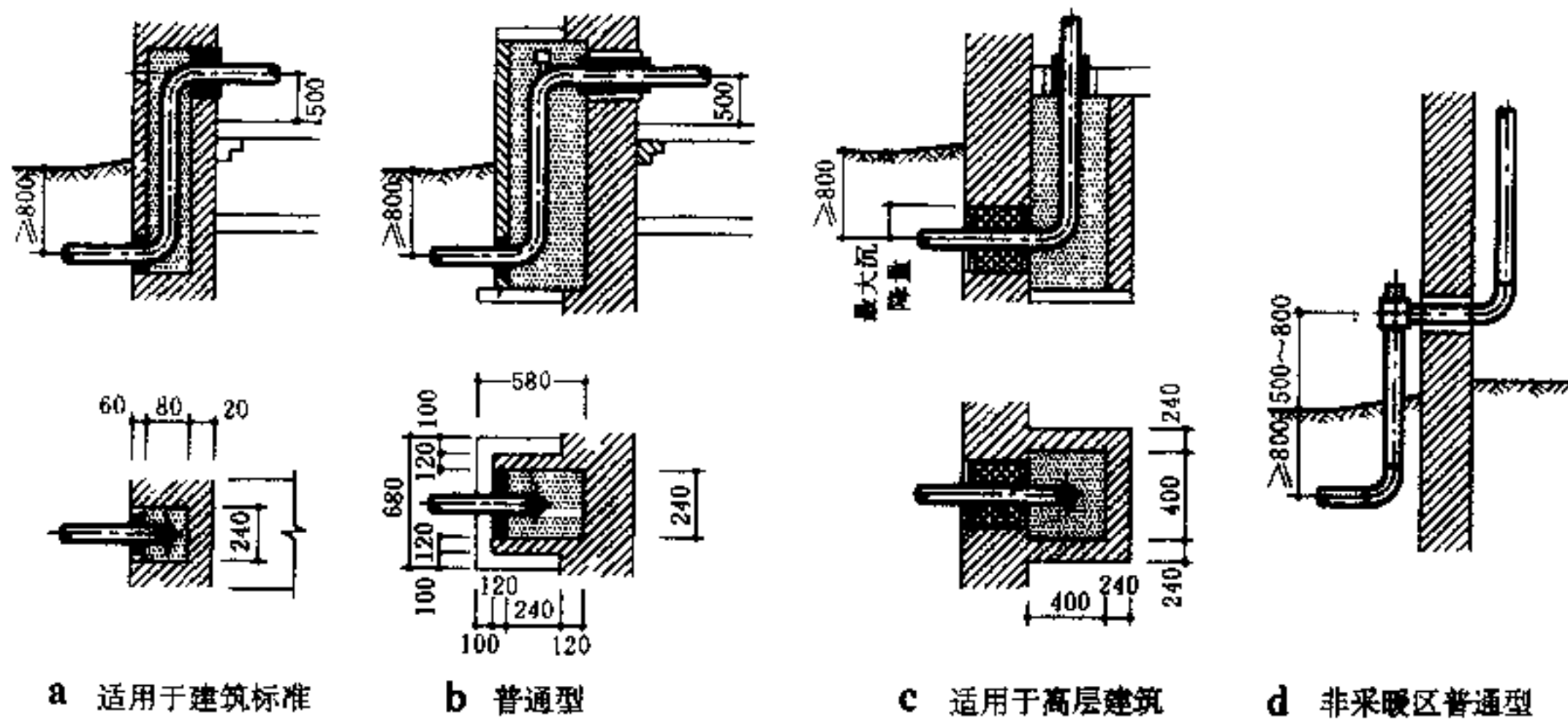


表 1

1 民用住宅采暖热水管道入口示意 **2** 工业厂房热力管道入口建筑部分示意



入口 管径	入口建筑尺寸 (mm)			
	L	L'	M	H'
≤32	700	2500	1200	1200
40	700	3000	1200	1200
50	700	3000	1200	1300
65	700	3500	1400	1300
80	1000	3500	1400	1400
100	1000	4000	1400	1400
125	1300	4000	1400	1400
150	1300	4000	1400	1400
200	1300	4000	1400	1400

注: B 、 H 由室外管道设计确定
 P 为预留沉降值。

3 民用住宅煤气管道入口示意

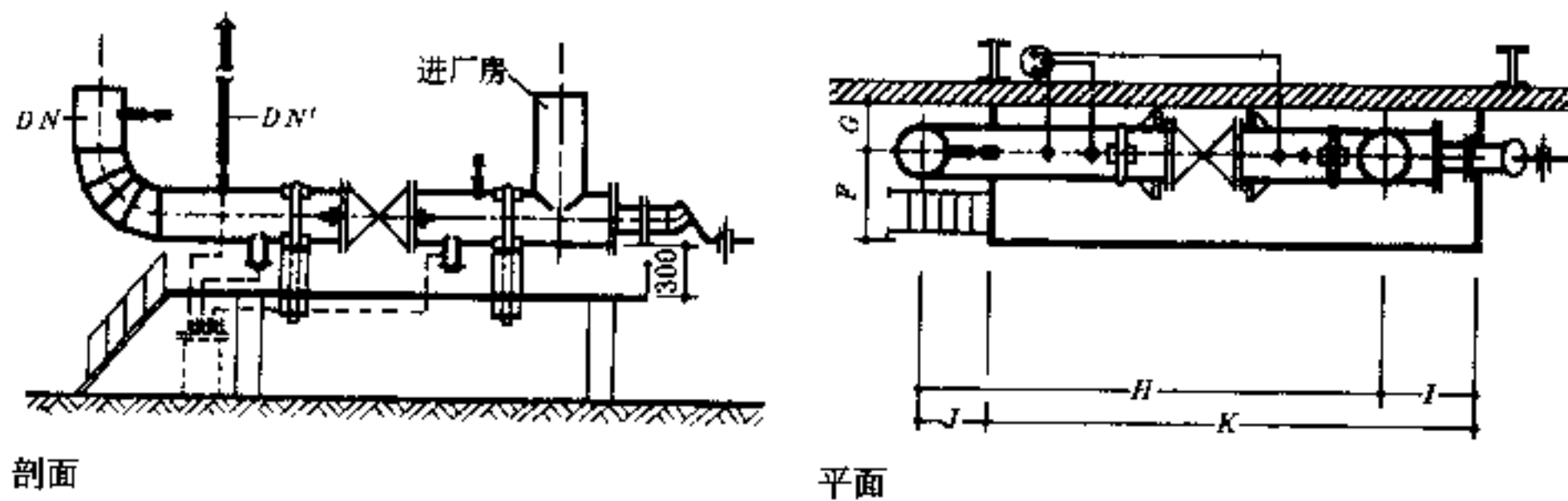
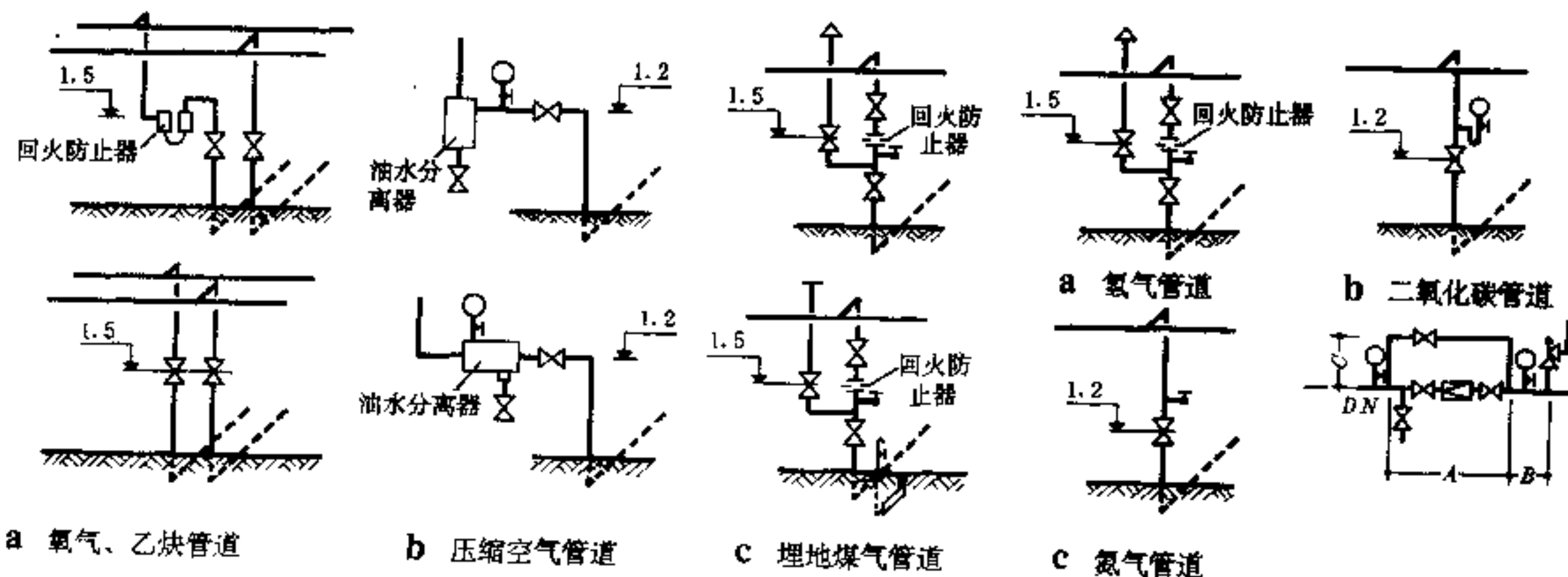


表 2

DN	DN'	煤气管道入口平台尺寸 (mm)					
		F	G	H	I	J	K
300	80	1350	650	4400	1100	200	5300
350	80	1350	650	4500	1100	300	5300
400	100	1350	650	4600	1100	400	5300
450	100	1350	650	4700	1100	500	5300
500	100	1550	950	5000	1300	500	5800
600	125	1550	950	5100	1300	600	5800
700	125	1650	950	5200	1300	700	5800
800	150	1550	950	5300	1300	800	5800
900	150	1400	1100	6400	1800	900	7300
1000	150	1400	1100	6500	1800	1000	7300
1100	150	1400	1100	6600	1800	1100	7300
1200	150	1400	1100	6700	1800	1200	7300

④ 工业厂房煤气管道人口示意



5 工业厂房气体管道入口示意

6 蒸汽管道（带减压阀）
入口示意

DN	间距 (mm)		
	A	B	C
25	1100	400	350
32	1100	400	350
40	1300	500	400
50	1400	500	450
65	1400	500	500
80	1500	550	650
100	1600	550	750
125	1800	600	800
150	2000	650	850

动力输配[10]管径估算表

1. 城市煤气 ($\leq 500\text{Pa}$)			2. 中压液化石油气 (70kPa)		3. 低压液化石油气 (280Pa)		4. 压缩空气 (0.8MPa)		5. 乙炔 (7kPa)		
公称直径	流量	压降	管长	流量	管长	流量	管长 500m	管长 1000m	管长 200m	管长 500m	管长 1000m
(mm)	(m^3/h)	(Pa/m)	(m)	(m^3/h)	(m)	(m^3/h)	流量 (m^3/h)		流量 (m^3/h)		
15	2.8	5.5	100	10	9	1.8	≤ 27	≤ 20	≤ 2.1	≤ 11	≤ 8.5
20	6	3.7	100	20	9	3.8			2.2~4.8		
25	10	2.4	200	27	15	5.4			4.9~11		
32	18	2.3	500	32	30	7.6			12~19		
40	25	1.7	500	51	60	8.1			20~36		
50	50	1.8	500	98	60	15.1			37~58		
65											
80	120	0.7									
100	170	0.45	760	460							
125			760	833.4							
150	400	0.24					154~295	111~208			
200	700	0.17					296~521	209~267			
250	1200	0.17					522~875	368~632			
300	2100	0.20					876~1580	633~1116			
350	3500	0.25					1581~2560	1117~1780			
400	4500	0.22					2561~5600	1781~4240			
							5601~7700	4241~7500			
							7701~11100	7501~11100			
							11101~15000	11101~15000			
							15001~19200	15001~19200			

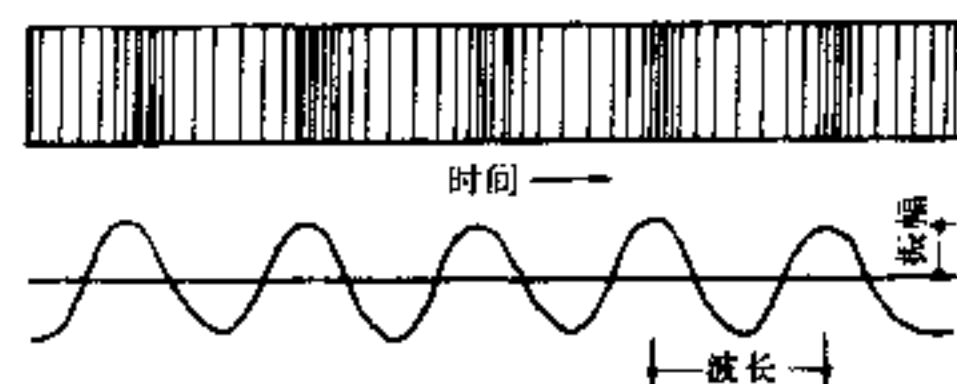
6. 二氧化碳 (0.3MPa)			7. 氢气 (流速 $\sim 4\text{m/s}$)		8. 重油 100 $^\circ$ ($t=85^\circ\text{C}$ $P=0.3\text{MPa}$)		9. 液态液化石油气 (0.6MPa)		10. 氧气		
公称直径	管长 $\leq 500\text{m}$	管长 $\leq 1000\text{m}$	$P=15\text{kPa}$	$P=0.6\text{MPa}$	管长 500m	管长 1000m	管长 500m	管长 1500m	$P<0.1\text{MPa}$	$P=1\text{MPa}$	$P=2\text{MPa}$
(mm)	流量(m^3/h), $\rho=7.34\text{kg}/\text{m}^3$		流量 (m^3/h)		流量 (t/h)		流量 (t/h)		流量 (m^3/h)		
15			6.24	24.96					4		
20			9.72	38.96					7	56	85
25	≤ 26	≤ 19	15.96	64.00	0.41~0.58	0.41~0.58	0.72	0.5	12	97	148
32	27~55	19~40	23.92	99.60	0.58~1.0	0.58~1.0	~1.8	~0.9	21	149	228
40	56~87	40~62	38.98	155.60	1.0~1.5	1.0~1.5	~1.9	1.5	27	215	342
50	80~178	63~127	65.90	263.60	1.5	1.5	3.7	3.0	38	388	593
65	182~335	128~238	102.40	404.80	3.2	2.5	8.6	7.0	69	660	1084
80	345~599	244~426	156.00	624.00	7.5	3.8	13	10.6	108	1020	1560
100	610~1003	430~725			17	8.2	22	18	162	1555	2370
125	1010~1800	740~1284			40	20	40	32	267	2430	3770
150					84	42	84	52		3500	5350
200											
250											
300											
350											
400											

11. 蒸汽 (1.1MPa)			(0.3MPa)		(6kPa)		12. 余压架空凝结水 (蒸汽压力 0.3MPa)		13. 热水		
公称直径	管长 1000m	管长 1500m	管长 500m	管长 700m	管长 200m	管长 500m	管长 500m	管长 700m	管长 200m	管长 1000m	管长 2000m
(mm)	流量 (t/h)		流量 (t/h)		流量 (t/h)		流量 (kg/h)		管长 200m	管长 1000m	管长 2000m
15									压降 5kPa	压降 10kPa	
20									流量 (t/h)	流量 (t/h)	
25	≤ 0.08	≤ 0.065	≤ 0.042	≤ 0.038			≤ 38	≤ 31	≤ 0.35	≤ 0.7	≤ 0.5
32	0.09~0.14	0.066~0.119	0.043~0.075	0.039~0.065			39~78	32~68	0.35~0.6	0.7~1.2	0.5~0.8
40	0.15~0.22	0.12~0.18	0.076~0.12	0.066~0.1			79~115	69~95	0.61~0.95	1.21~1.8	0.81~1.3
50	0.23~0.45	0.19~0.37	0.13~0.24	0.11~0.2			116~200	96~180	0.96~1.27	1.81~3.7	1.31~2.6
65	0.46~1.0	0.38~0.8	0.25~0.53	0.21~0.45	≤ 0.26	≤ 0.16	201~480	181~400	1.28~4.3	3.71~8.6	2.61~6.0
80	1.1~1.55	0.81~1.25	0.54~0.83	0.46~0.7	0.4	0.25	481~730	401~620	4.4~6.5	8.61~13	6.1~9.2
100	1.56~2.6	1.25~2.1	0.84~1.4	0.71~1.2	0.66	0.42	731~1250	621~1050	6.6~11	13.1~22	9.3~15
125	2.7~4.6	2.2~3.7	1.5~2.5	1.21~2.1	1.2	0.75	1251~2100	1051~1900	11.1~20	22.1~40	15.1~28
150	4.7~7.5	3.8~6.0	2.6~3.6	2.2~3.4	1.9	1.2	2101~3000	1901~3000	20.1~32	40.1~64	28.1~44
200	7.6~17.5	6.1~14	3.7~9	3.5~8	4.1	2.8	3001~5800	3001~5800	32.1~75	64.1~150	44.1~105
250	17.6~32	14.1~25	9.1~14	8.1~14	6.4	5.0			75.1~130	150.1~260	105.1~190
300	32~50	25.1~41	14.1~20	14.1~20	9	8			130.1~215	260.1~430	191~300
350	51~75	41.1~63			12	12			215.1~326	430.1~650	301~450
400	76~100	64~87			16	16			326.1~420	650.1~900	451~610

声的物理量和感觉量

表 1

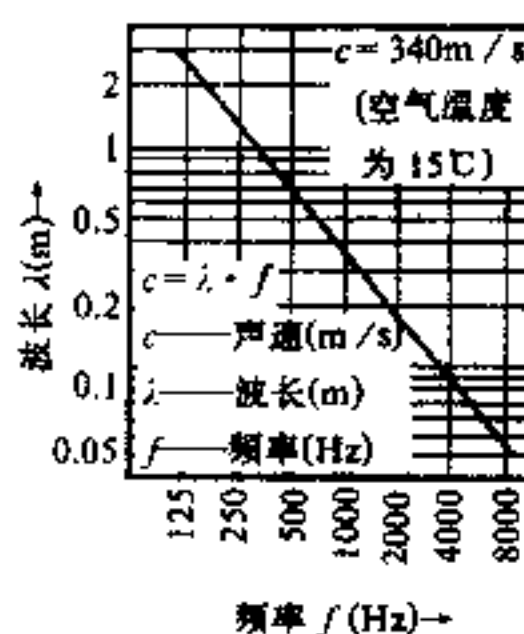
分类	名称	代号	说明	单位名称	单位符号
声	声速	C	声波在媒质中传播的速度	米/秒	m/s
	频率	f	周期性振动在单位时间内的周期数	赫/(周/秒)	$Hz(c/s)$
	波长	λ	相位相差一周的两个波阵面间的垂直距离	米	m
	声强	I	一个与指定方向相垂直的单位面积上平均每单位时间内传过的声能	瓦/平方米	W/m^2
	声压	P	有声波时压力超过静压强的部分	牛顿/平方米	N/m^2
	有效声压	p	声压的有效值(平方平均值的根)	牛顿/平方米	N/m^2
的	声能密度	E	无穷小体积中, 平均每单位体积中的声能	焦耳/立方米	J/m^3
	媒质密度	ρ	媒质在单位体积中的质量	公斤/立方米	kg/m^3
物	声源功率	W	声源在一单位时间内发射出的声能值	瓦	W
	声功率级	L_w	声功率与基准声功率之比的常用对数乘以 10 $L_w = 10 \lg W / W_0 (W_0 = 10^{-12} W)$	分贝	dB
	声强级	L_I	声强与基准声强之比的常用对数乘以 10 $L_I = 10 \lg I / I_0 (I_0 = 10^{-12} W/m^2)$	分贝	dB
	声压级	L_p	声压与基准声压之比的常用对数乘以 20 $L_p = 20 \lg P / P_0 (P_0 = 2 \times 10^{-5} N/m^2)$	分贝	dB
	噪声级	L	在频谱中引入一修正值, 使其更接近于人对噪声的感受, 通常采用修正曲线 A、B 及 C, 记为 dB-A, dB-B 及 dB-C	分贝	dB
	语言干扰级	L_s	频率等于 600-1200, 1200-2400, 2400-4800Hz 三段频带的声压级算术平均值	分贝	dB
声	响度	L	正常听者判断一个声音比 40dB 的 1000Hz 纯音强的倍数	宋	sone
	响度级	L_N	等响的 1000Hz 纯音的声压级	方	phon
	音调	—	音调是听觉分辨声音高低的一种属性, 根据它可以把声源按高低排列, 如音阶	美	mel
感	音色	—	所有发声体, 包含有一个基音和许多泛音, 基音和许多泛音组成一定音色, 即使基音相同, 仍可以通过不同的泛音来区别不同声源。泛音愈多, 声音愈丰满		
	音量	—			



$$X = X_0 \sin \omega t$$

式中 X ——时间为 t 时的位移;
 X_0 ——最大位移, 即振幅;
 ω ——角频率 $= 2\pi f$;
 t ——时间;
 f ——频率。

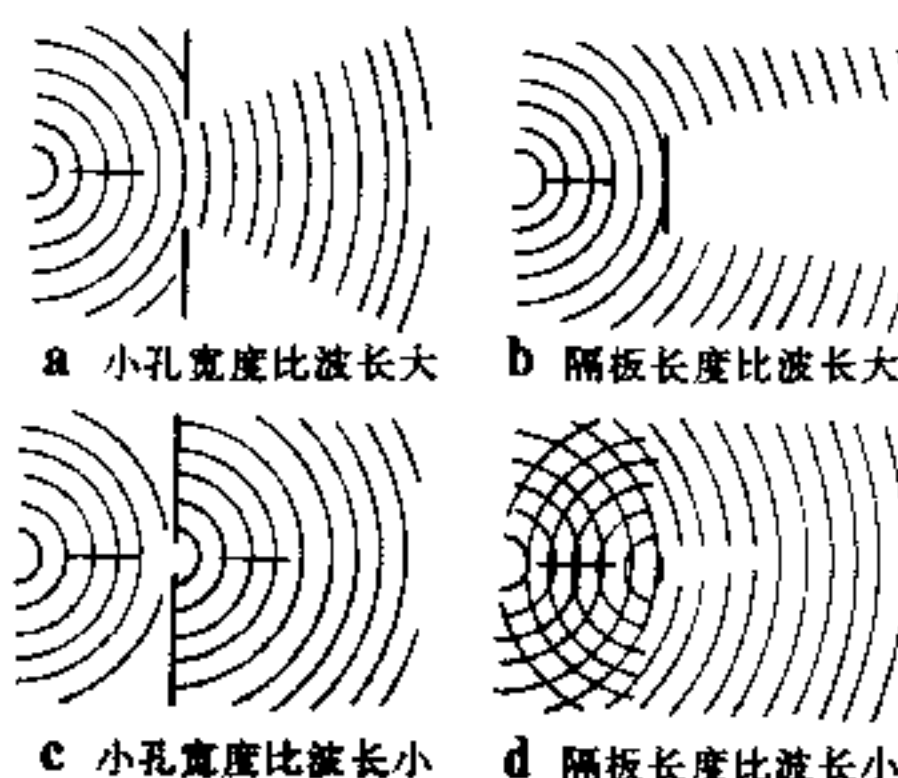
1 声波和简谐振动



媒质	声速* (m/s)
空气	343
橡皮	40~150
软木	500
顺木纹	5000
横切木纹	2400
混凝土	4000
玻璃	5200
钢	5000

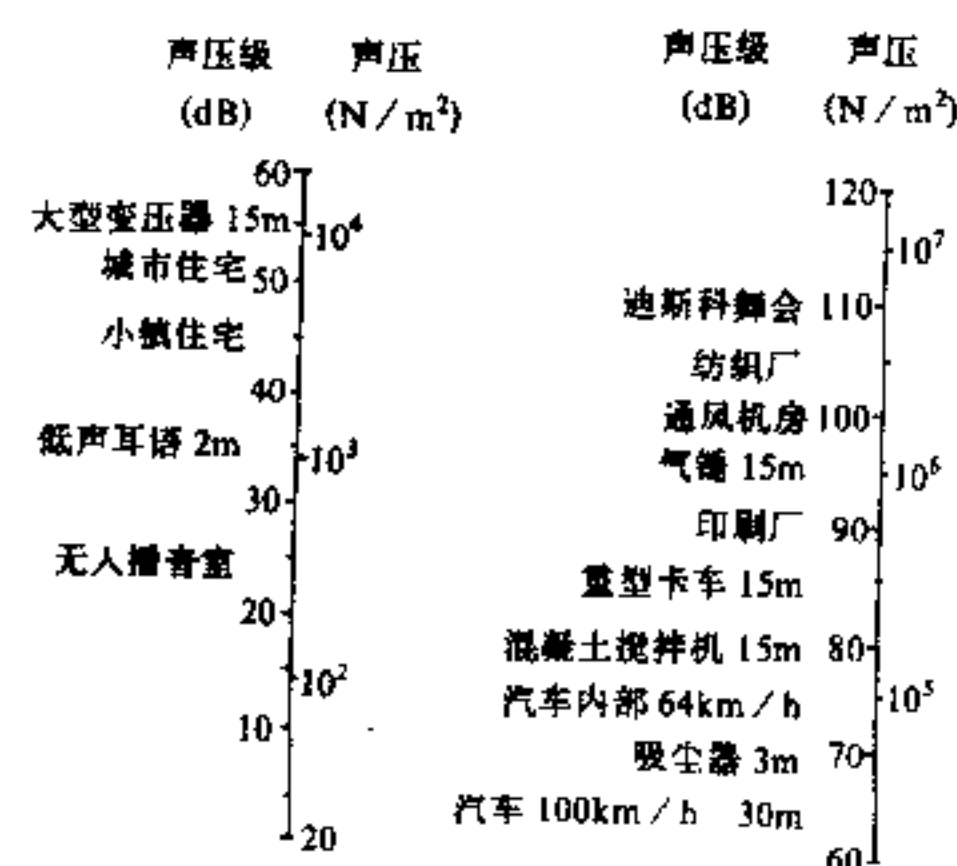
* 在 20℃ 时

2 波长、频率和声速的关系



3 声的衍射

常见声源的声压和声压级



声的分类

表 2

分类	类别	分类	类别
波形	平面波、球面波、柱面波	传播方式	直达声、反射声、折射声、衍射声、散射声、混响声
频率	低频声、中频声、高频声	实验声源	纯音、脉冲声、哨声、白噪声、粉红噪声、无规噪声

声源的频谱和功率

表 3

声源	频率 (Hz)	声功率 (μW)	声源	频率 (Hz)	声功率 (μW)
钢琴	16~6000	4.0×10^5	语音(男)	100~9000	2×10^3
小提琴	200~16000	1.8×10^5	语音(女)	150~10000	4×10^3
大提琴	65~8000	5.0×10^4	女高音	220~1200	$10^3 \sim 2 \times 10^5$
单簧管	150~12000	5.0×10^4	女中音	160~780	$2 \times 10^2 \sim 1.1 \times 10^3$
长笛	250~10000	5.0×10^4	男中音	120~500	$8 \times 10^2 \sim 4 \times 10^4$
小号	150~8000	3.0×10^5	男低音	90~440	$5 \times 10^2 \sim 5 \times 10^3$
定音鼓	45~5000	1.3×10^7	脚步声	100~9000	
管风琴	16~14000	1.3×10^7	鼓掌	150~10000	

声[2]基本概念

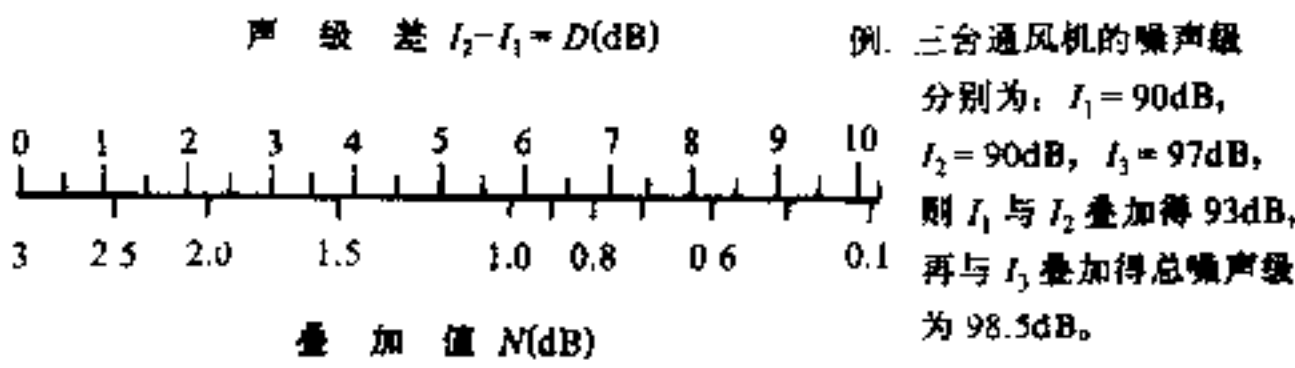
声压级的计算

Lp = Lw + 10 lg (Q / (4πr^2) + 4/R)

式中: Lw——声源的功率级 = 10 lg(W / W0) = 10 lgW + 120(dB);
r——声源距测点的距离(m);
R——房间常数 = αS / (1 - α);
S——室内总表面积(m²);
α——平均吸声系数;
Q——声源的指向性因数。
* 仅适用于室内声场分布均匀情况。

Table with 2 columns: 声源位置, Q. Rows include: 房间中或舞台中 (1), 靠一边墙 (2), 靠一墙角 (4), 在三面交角上 (8).

噪声级的叠加 若两噪声级 I2 > I1, 其差 I2 - I1 = D(dB) 则总声级为 I2 + N(dB).

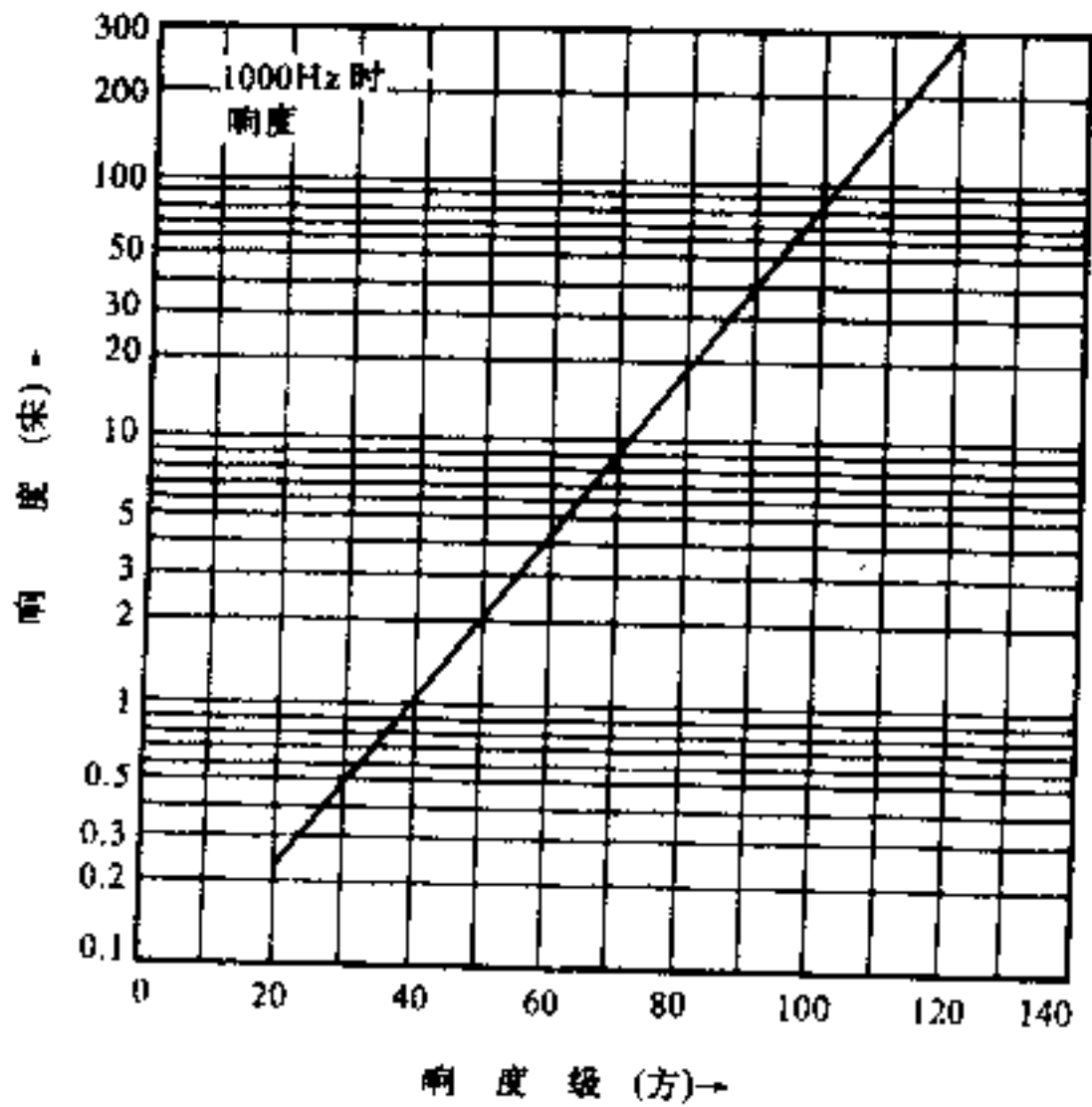


噪声级的减低与室内吸声的关系



频谱和频带

- 一、频谱级是 1Hz 频带宽度中的声压级。
- 二、频带级是频带宽度大于 1Hz(f2-f1>1)时的声压级。
- 三、两频率的比率 f2/f1=2^x, 当 X=1 时称作倍频程, 当 X=1/2 时, 称为 1/2 倍频程, 余类推。
- 四、倍频程声压级 ≈ 1/2 倍频程声压级 + 3dB, ≈ 1/3 倍频程声压级 + 5dB。



噪声级大小与主观感觉

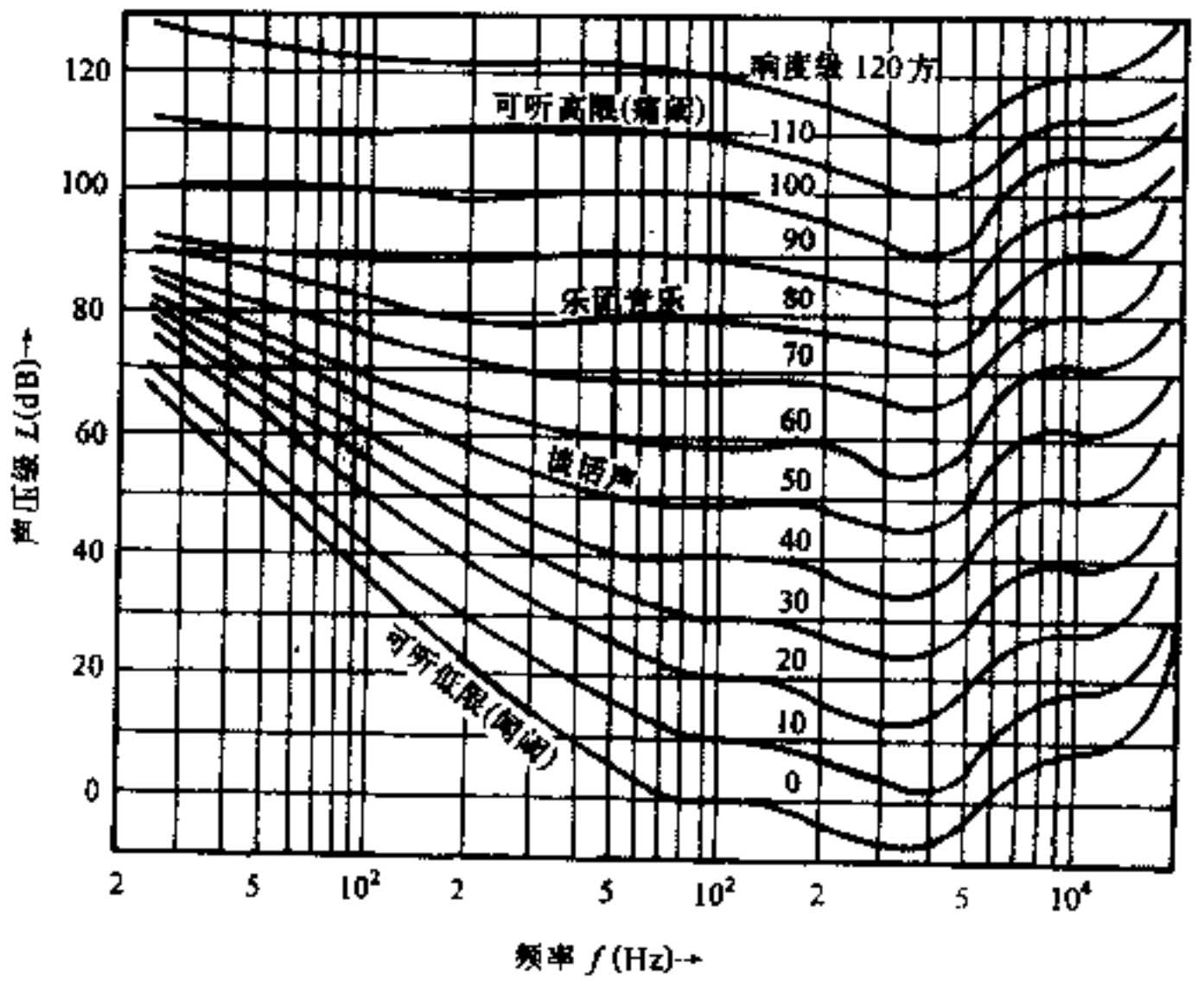
表 1

Table with 3 columns: 噪声级 A(dB), 主观感觉, 实际情况或要求. Rows range from 0 dB (听不见) to 140 dB (有不能恢复的神经损伤的危险).

噪声响度级与主观反映安静程度的比较

表 2

Table with 4 columns: 名称, 静, 较静, 不静. Rows list various environments like administrative offices, schools, homes, etc., with corresponding subjective ratings.



1 响度与响度级的关系

2 等响曲线和可听范围

主要作用

- 一、缩短或调整室内混响时间、控制反射声、消除回声。
- 二、降低室内噪声级。
- 三、作为隔声构造内衬材料,用以提高构件隔声量,也可作为管道或消声器内衬材料以降低通风管道噪声。

注:吸声系数

①入射到材料(构造)表面被吸收的声能与总的入射声能的比值。它的大小与声波入射角度有关。一般材料的吸声系数范围在0~1之间。

②混响室法吸声系数:是声波无规入射的吸声系数,其测量条件接近实际声场,故常作为工程设计的依据。

③驻波管法吸声系数:是声波垂直入射时的吸声系数,其数值低于混响室法吸声系数,通常用于材料吸声性能的研究分析和产品的质量控制。

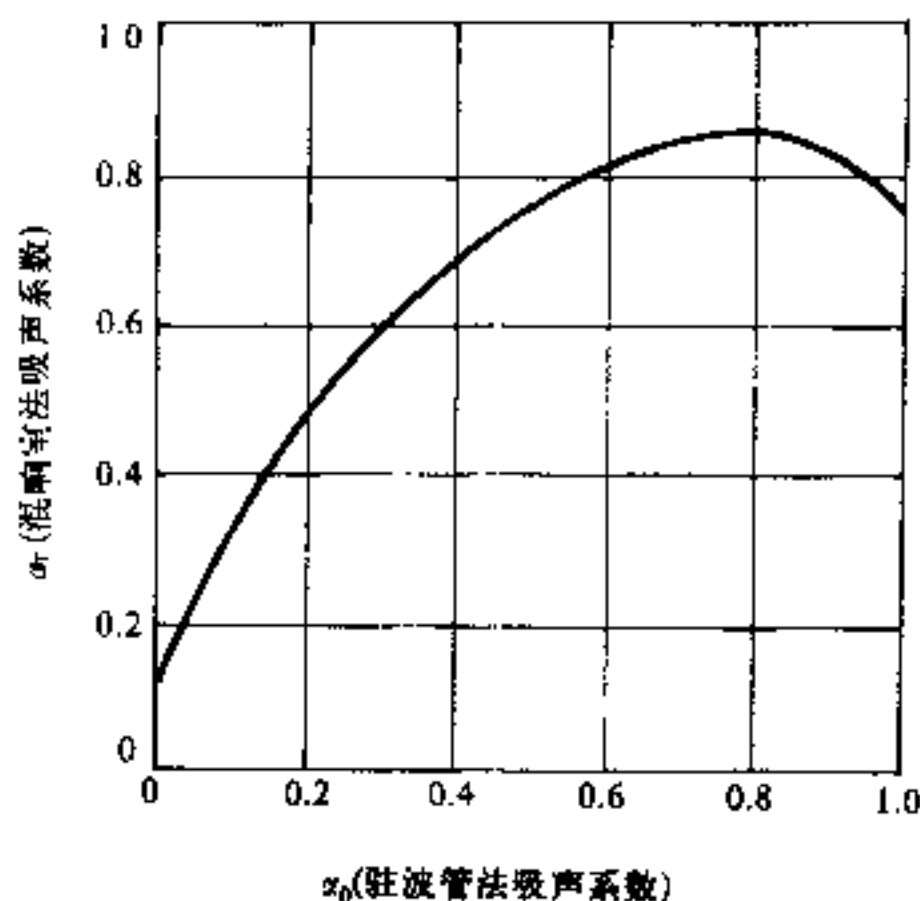


图1 混响室法吸声系数与驻波管法吸声系数对应图

吸声材料及构造类型

表1

类型	构造示意	吸声特性
多孔材料		
单个共振器		
穿孔板		
薄板共振吸声结构		
特殊吸声结构		

多孔吸声材料 其构造特征是材料内部具有大量的、互相贯通的、从表到里的微孔或间隙;不敞开的密闭气孔或仅有凹凸表面的材料不起吸声作用,避免当吸声材料误用。当入射声波激发起微孔内的空气振动,由摩擦阻力和粘滞阻力使声能不断转化为热能,从而使声波衰减。增加材料的厚度或材料背后留有空腔,可改善低、中频吸声性能,对高频则影响不大;材料的表面应尽可能不用或少用粉刷、油漆,以免降低吸声性能,但可用罩面板保护,以免碰撞损坏。

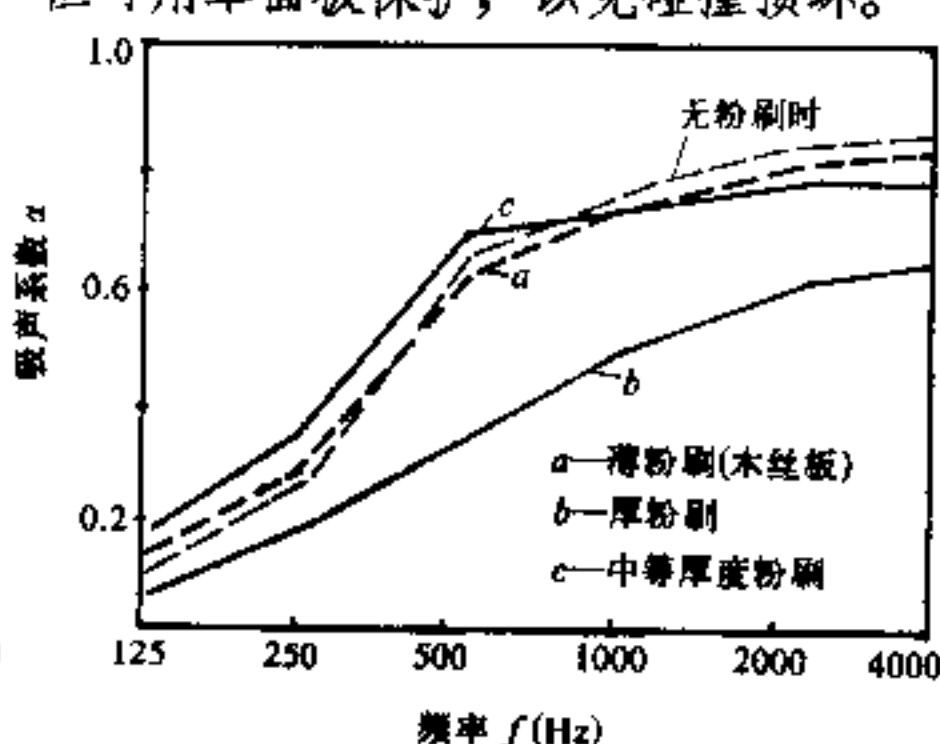
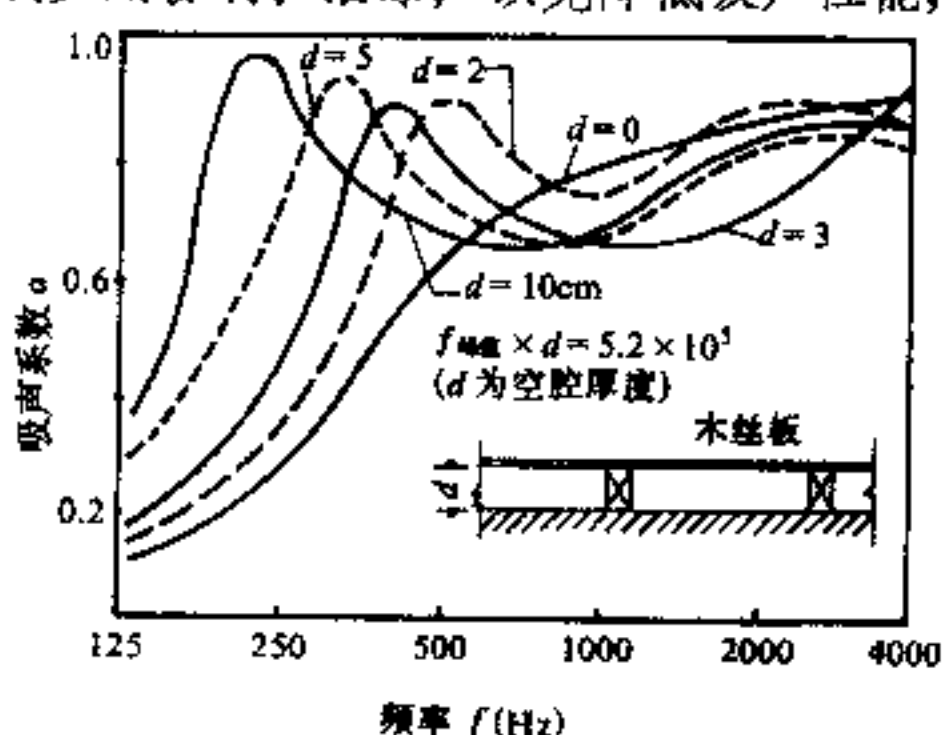
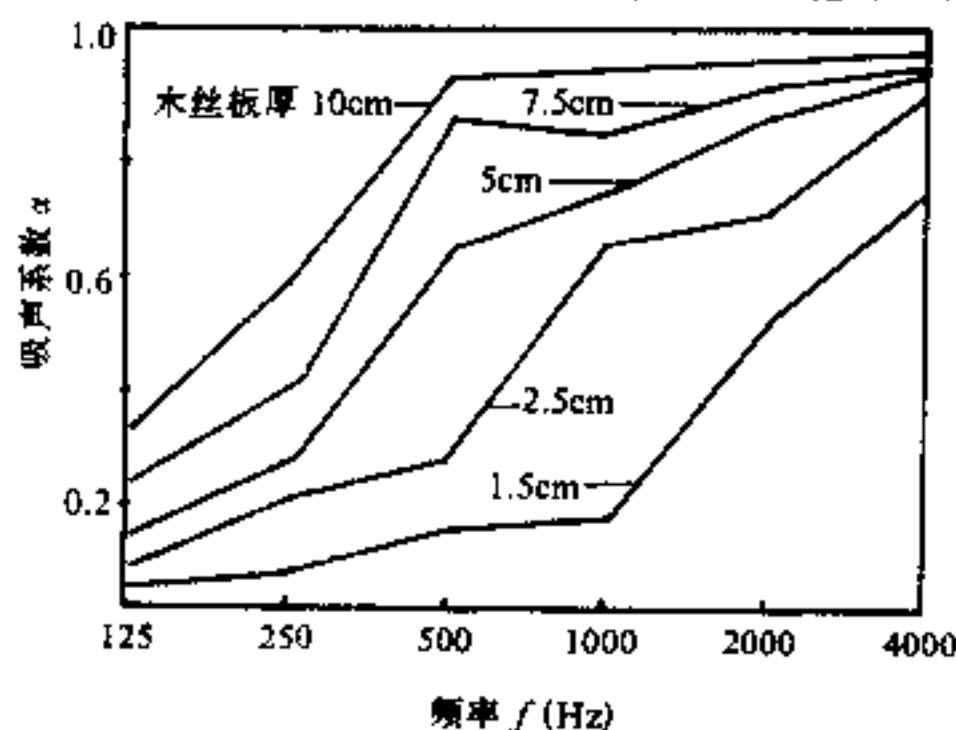


图2 厚度对吸声性能的影响

图3 空腔厚度对吸声性能的影响

图4 表面粉刷对吸声性能的影响

单个共振器和穿孔板共振吸声构造 单个共振器是一个密闭的、通过一个小的开口面积与外面大气相通的容器。在各种薄板上穿孔并在板后设置空气层,相当于许多单个共振器的并联组合,必要时在空腔中加衬多孔吸声材料,即组成穿孔板共振吸声构造。当入射声波激发孔颈中空气分子振动,由于颈壁和空气分子间的摩擦消耗了声能而产生吸声效果。

单个共振器的共振频率

$$f_0 = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{VL_k}} = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi r^2}{V(t+0.8d)}} \quad (\text{Hz})$$

穿孔板共振吸声构造的共振频率

$$f_0 = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{P}{(t+0.8d)L}} \quad (\text{Hz})$$

式中: C——声速,一般取34000 (cm/s);

S——颈口面积, $S = \pi r^2$, r为颈口半径(cm);V——空腔体积(cm^3); $L_k = t + 0.8d$

t——颈的深度,即板厚 (cm); d——圆孔直径(cm);

L——板后空气层厚度(cm);

P——穿孔率($\frac{\text{穿孔面积}}{\text{总面积}} \times 100\%$),一般应小于20%;

为简化计算,可由右边计算图表求得穿孔板的共振频率。

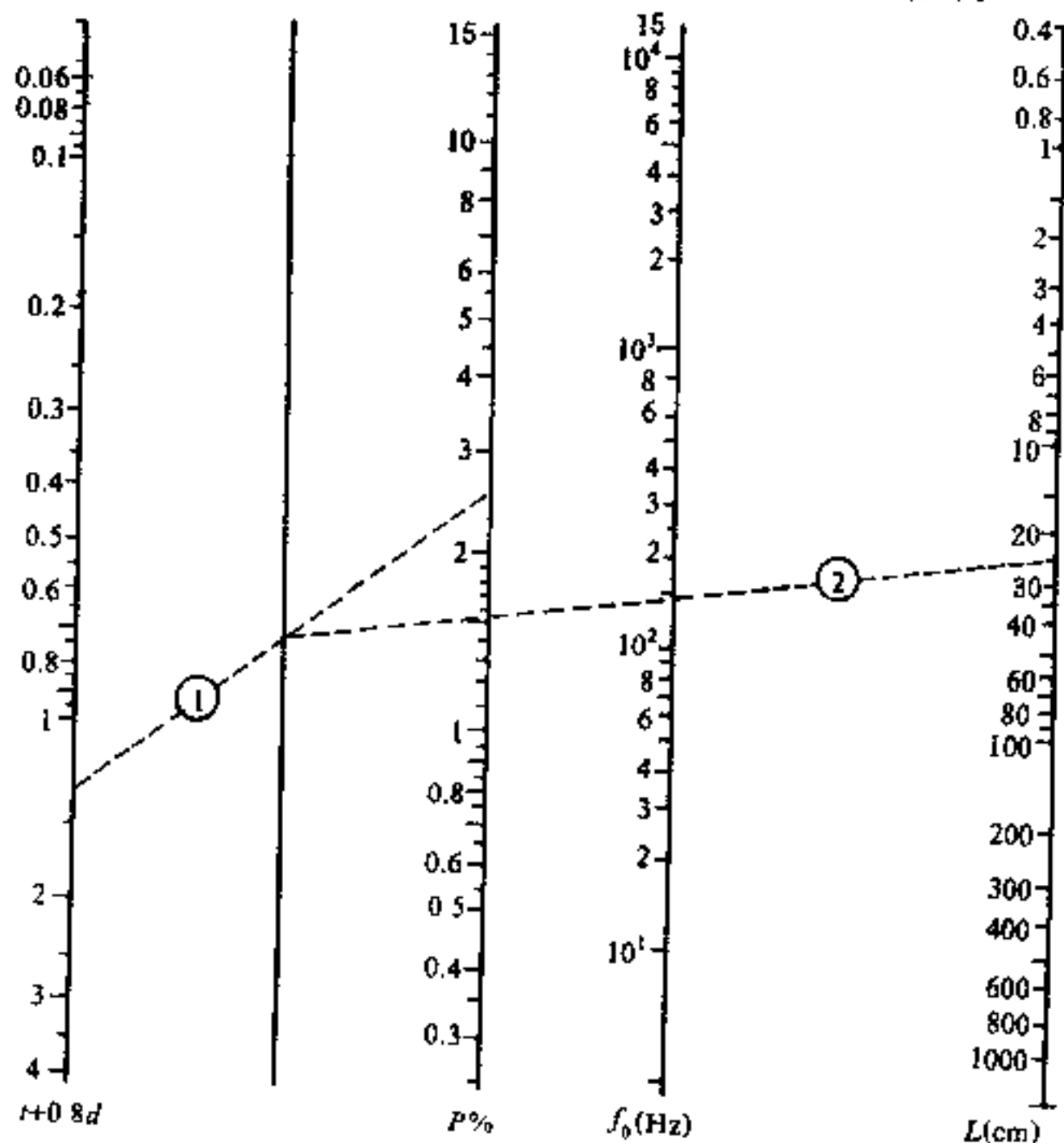
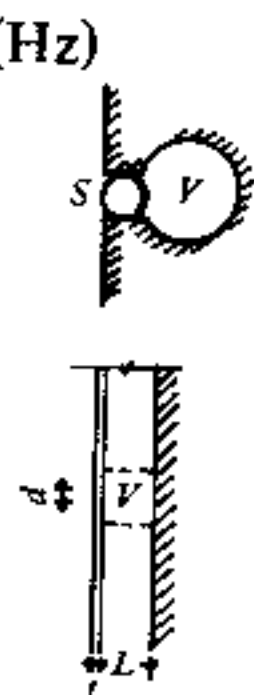


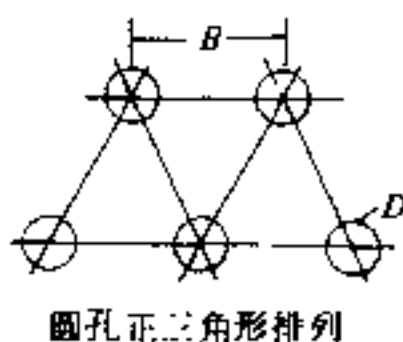
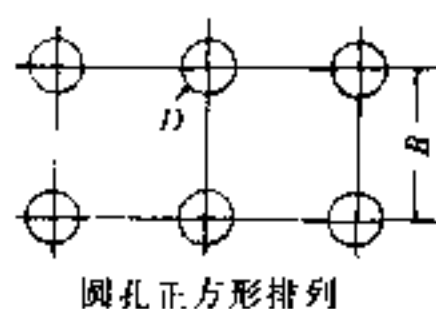
图5 穿孔板的共振频率计算图表

穿孔板穿孔率计算

$$P = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D^2}{B^2} \text{ (圆孔正方形排列)}$$

$$P = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{D^2}{B^2} \text{ (圆孔正三角形排列)}$$

式中: P —穿孔板穿孔率(%);
 D —圆孔直径(cm);
 B —圆孔间的中心距离(cm)。
 为减少计算, 可由右表查穿孔率

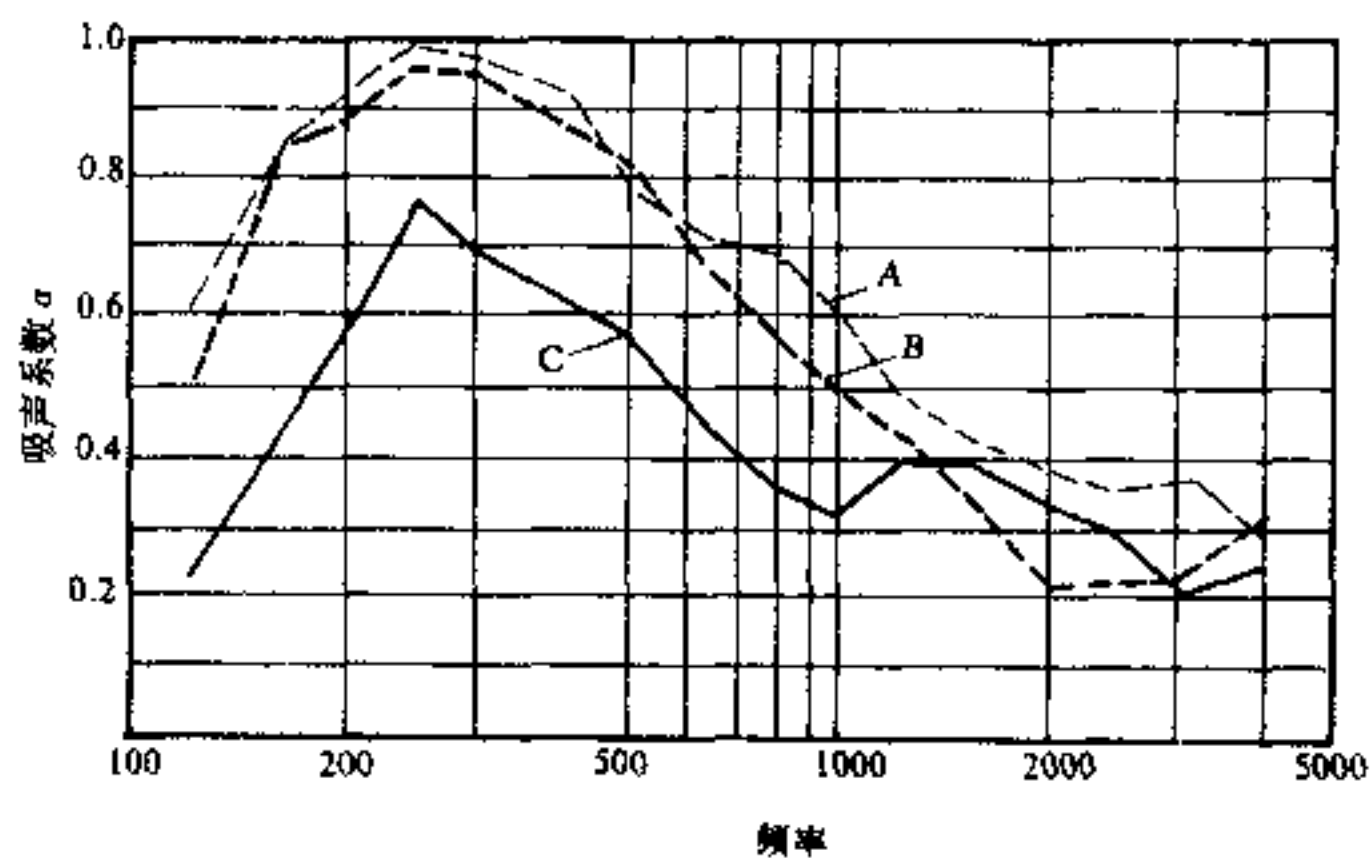


穿孔板穿孔率计算简表

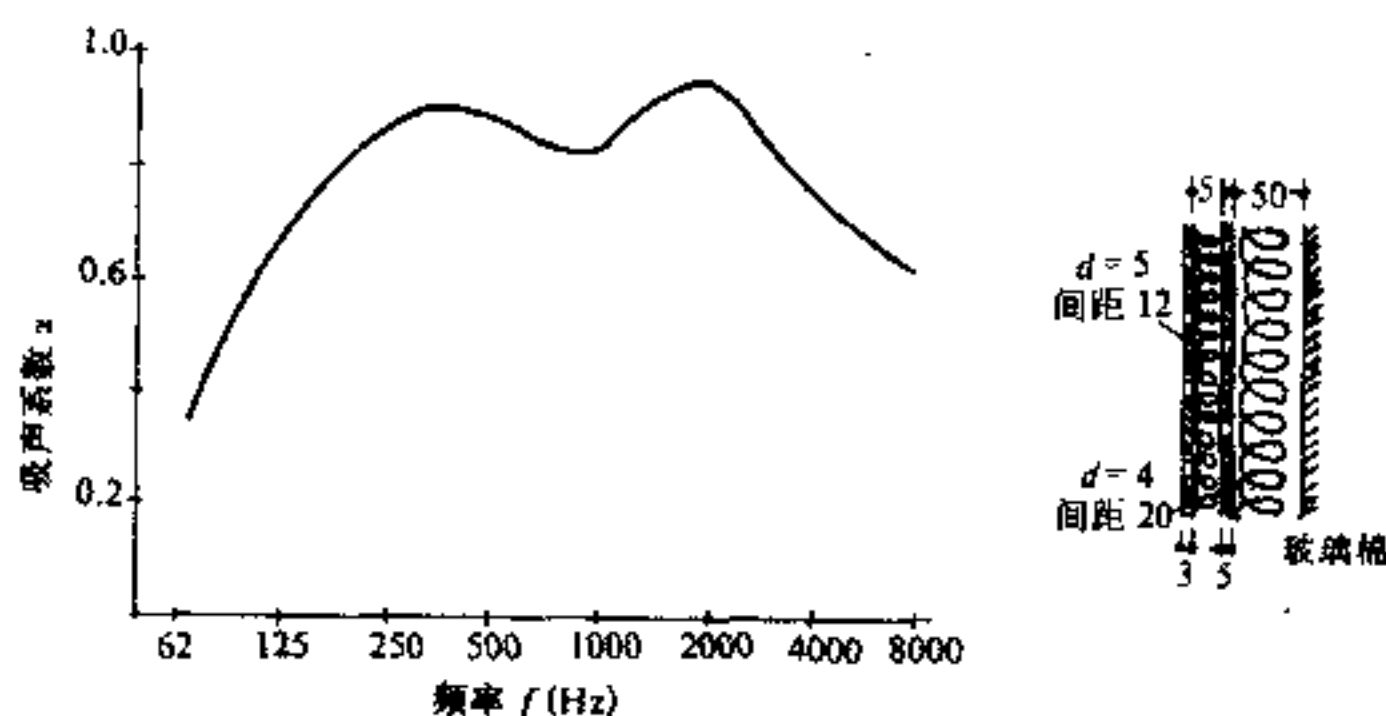
表 1

P (%)	B/D		P (%)	B/D		P (%)	B/D	
	正方	三角		正方	三角		正方	三角
0.5	12.5	13.5	2.5	5.60	6.02	12	2.56	2.76
0.6	11.4	12.3	3.0	5.12	5.49	14	2.37	2.54
0.7	10.6	11.4	3.5	5.74	5.09	16	2.22	2.38
0.8	9.91	10.6	4.0	4.23	4.53	18	2.09	2.24
0.9	9.34	10.0	4.5	4.18	4.49	20	1.98	2.13
1.0	8.86	9.52	5	3.96	4.26	25	1.77	1.90
1.2	8.09	8.69	6	3.62	3.85	30	1.62	1.74
1.4	7.49	8.04	7	3.85	3.60	35	1.50	1.61
1.6	7.00	7.52	8	3.13	3.36	40	1.39	1.49
1.8	6.60	7.09	9	2.95	3.17	45	1.32	1.42
2.0	6.17	6.62	10	2.80	3.01	50	1.25	1.35

采用双重穿孔板, 可以在一非常宽平频率范围内无选择性吸收。



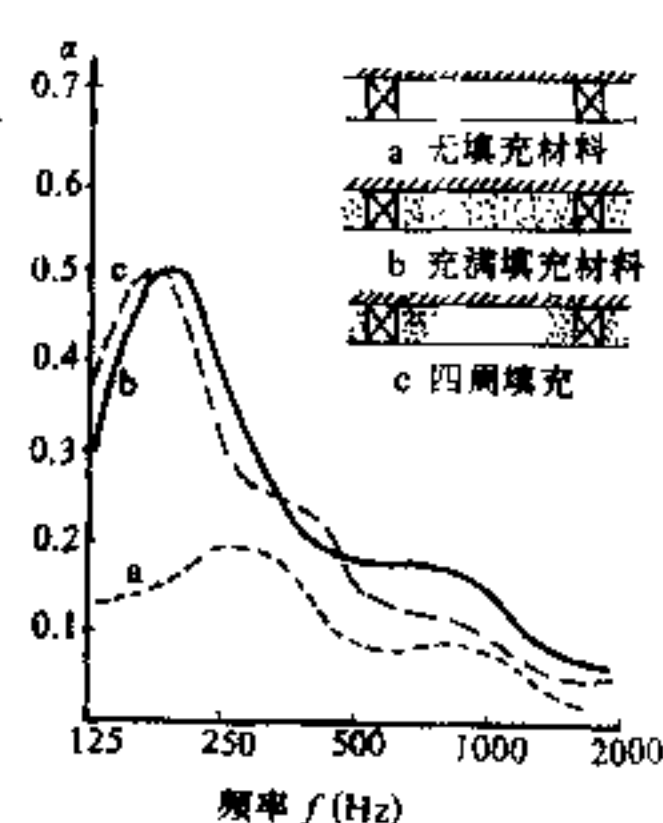
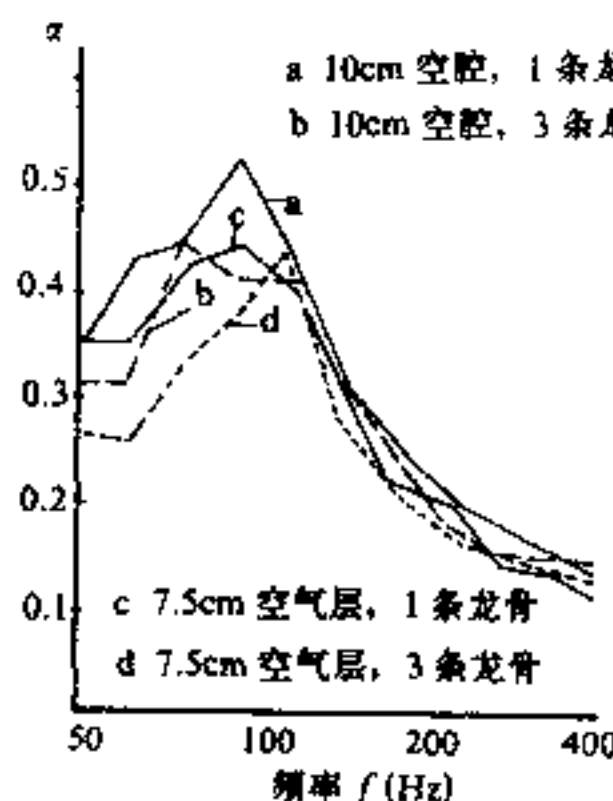
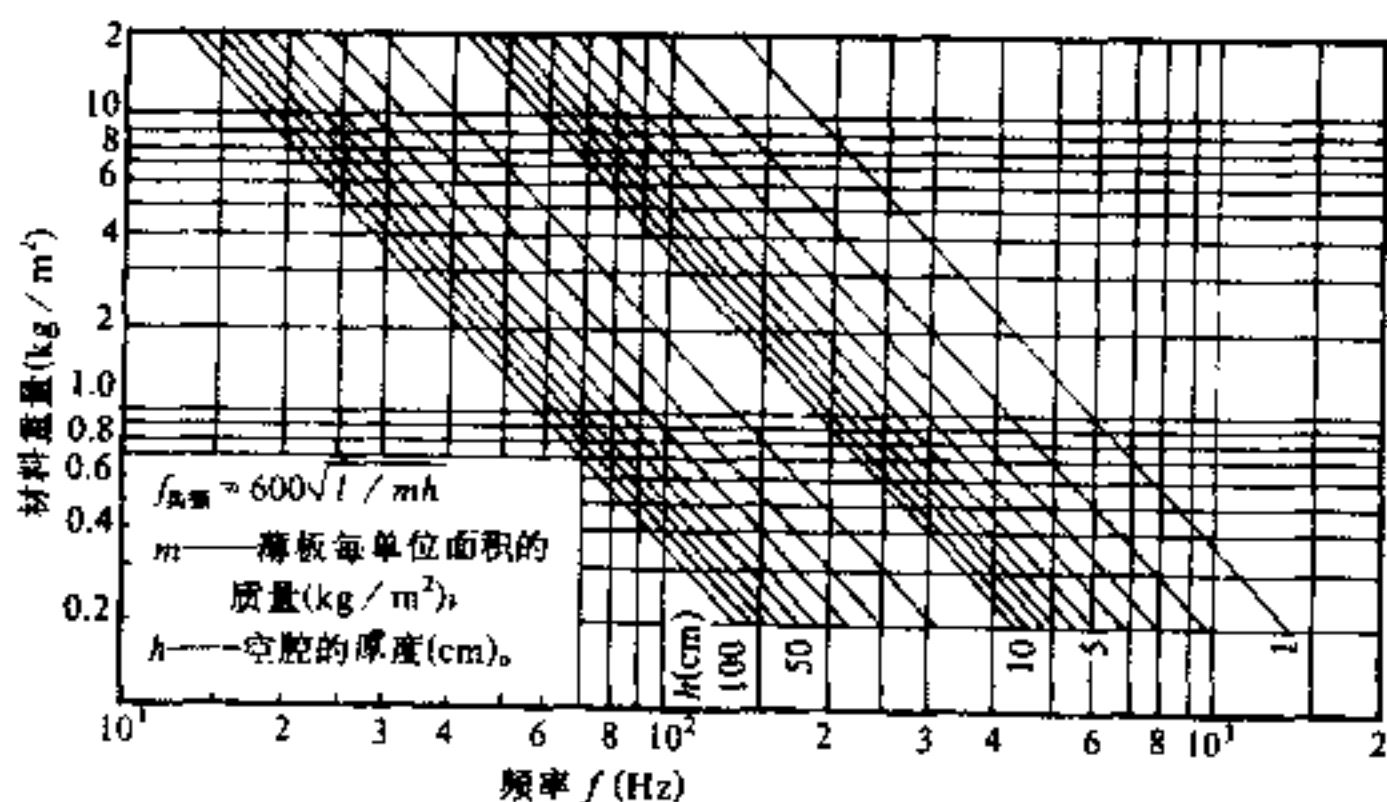
A 穿孔面板后贴背衬材料 B 背衬材料在构造中间 C 背衬材料贴墙



1 穿孔板构造中由于背衬材料的位置引起吸声特性的变化(A、B、C为三种背衬材料位置)

2 双重穿孔板的频率特性

薄板共振吸声构造 当声波入射到薄板(或膜)结构时, 薄板在声波交变压力激发下振动, 使板发生弯曲变形(其边缘被嵌固), 出现板的内摩擦损耗, 将机械能变为热能, 在共振频率时, 消耗声能最大, 主要吸收低频声。

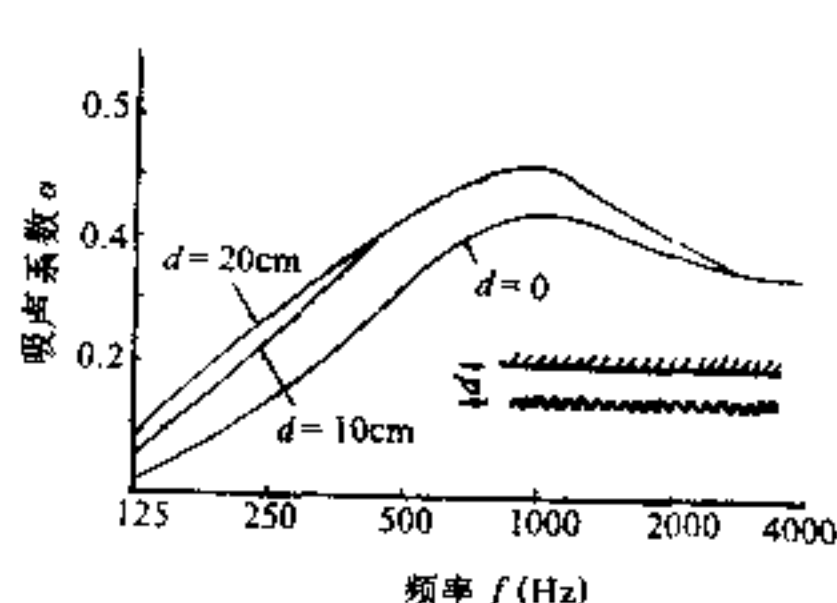
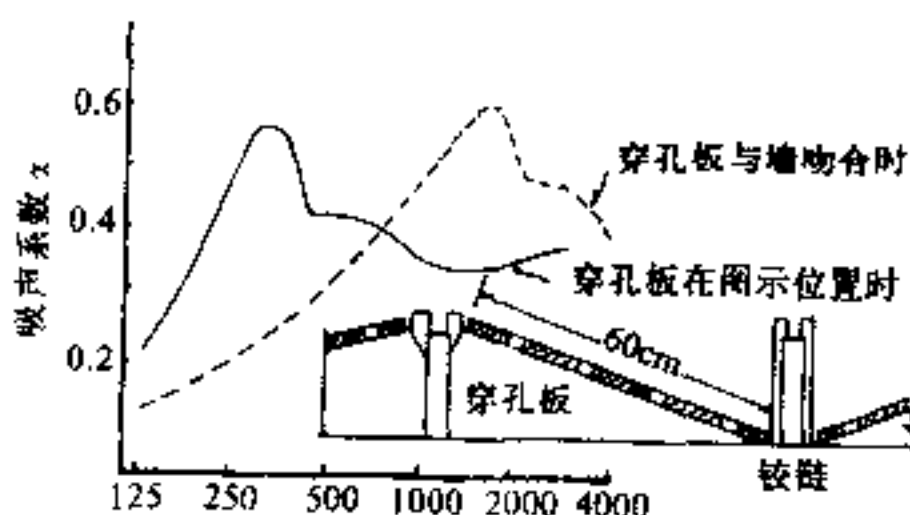
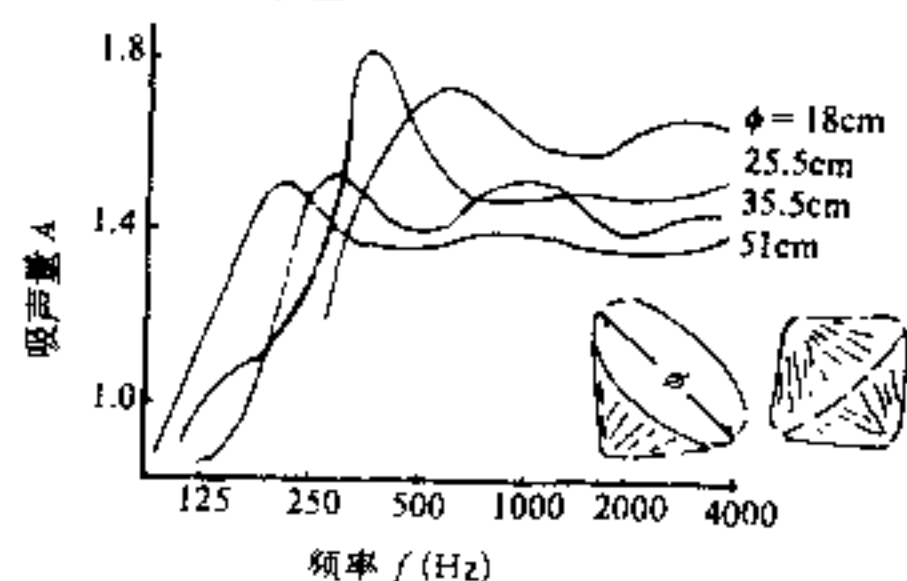


4 空腔和龙骨的影响

5 空腔中填充材料的影响

3 薄板吸声构造的共振频率计算图表

特殊吸声构造



6 圆锥吸声体的吸声特性

7 活动穿孔板吸声特性

8 帷幔

吸声系数表(注明 α_T 者, 皆为 α_0 值)

序 号	名 称	厚度 (mm)	容重 (kg/m ³)	吸 声 系 数					
				125	250	500	1000	2000	4000
纤维材料及制品									
1	木丝板(木丝厚0.5, 宽5长 >80)	15	400	0.03	0.05	0.15	0.19	0.50	0.76
2	木丝板(木丝厚0.5, 宽5 长>80)	25	400	0.08	0.20	0.30	0.66	0.71	0.88
3	木丝板(木丝厚0.5, 宽5长 >80)	50	400	0.14	0.25	0.63	0.76	0.87	0.90
4	细木丝板, 紧贴墙(α_T)	16		0.04	0.11	0.20	0.21	0.60	0.68
5	细木丝板, 距墙30(α_T)	16		0.07	0.18	0.30	0.49	0.37	0.66
6	甘蔗板紧贴墙(α_T)	15		0.06	0.20	0.41	0.44	0.52	0.58
7	钻孔甘蔗板(φ5孔、深 6、中距15、后空50) α_T	20	300	0.25	0.55	0.30	0.35	0.45	0.60
8	软质木纤维毡	13	380	0.08	0.10	0.10	0.12	0.30	0.33
9	半穿孔软质木纤维毡	13	380	0.10	0.15	0.22	0.32	0.41	0.46
10	软质木纤维毡贴太白纸(钻 孔φ6、深4、中距20、后 空50) α_T	13	320	0.25	0.35	0.30	0.40	0.45	0.60
11	海草(外包麻布)	20	100	0.10	0.09	0.12	0.42	0.93	0.78
12	海草(外包麻布)	50	100	0.10	0.19	0.50	0.94	0.85	0.86
13	阻燃麻纤维, α_T	50	60	0.30	1.01	1.23	1.21	1.00	1.11
14	阻燃麻纤维, α_T , 后空50	50	50	0.37	0.84	1.13	1.12	1.00	0.98
15	阻燃麻纤维, α_T , 后空100	50	50	0.46	1.02	1.21	1.04	1.04	1.03
16	阻燃麻纤维, α_T	100	50	0.63	1.03	1.22	1.11	1.08	0.89
17	阻燃麻纤维, α_T , 后空50	100	50	0.85	1.11	1.17	1.03	1.09	1.04
18	阻燃麻纤维, α_T , 后空100	100	50	0.85	1.06	1.06	1.10	1.03	0.95
19	毛毡	15	150	0.03	0.06	0.17	0.42	0.65	0.73
20	毛毡	15	80	0.04	0.06	0.14	0.36	0.63	0.92
21	毛毡	20	370	0.07	0.26	0.42	0.40	0.55	0.56
22	毛毡	13	230	0.07	0.17	0.32	0.45	0.56	0.69
23	毛毡	300	80	0.04	0.17	0.56	0.65	0.81	0.91
24	超细玻璃棉, α_T	20	30	0.03	0.04	0.29	0.80	0.79	0.79
25	超细玻璃棉, α_T	20	20	0.05	0.10	0.30	0.65	0.65	0.65
26	超细玻璃棉, α_T	40	20	0.05	0.10	0.50	0.85	0.70	0.65
27	超细玻璃棉	50	20	0.15	0.35	0.85	0.85	0.86	0.86
28	超细玻璃棉	100	20	0.25	0.60	0.85	0.87	0.87	0.85
29	超细玻璃棉	150	20	0.50	0.80	0.85	0.85	0.86	0.80
30	超细棉毡, α_T (北京产)	50	32	0.15	0.60	0.93	0.95	1.10	1.05
31	超细棉毡, α_T (北京产)	50	48	0.15	0.54	0.94	1.00	1.11	1.05
32	超细棉毡, α_T (北京产)	25	64	0.06	0.22	0.68	0.87	1.02	1.13
33	树脂玻璃棉毡	50	100	0.09	0.26	0.60	0.92	0.98	0.99
34	树脂玻璃棉毡	100	100	0.30	0.66	0.90	0.91	0.98	0.99
35	树脂玻璃棉毡	50	200	0.20	0.46	0.69	0.78	0.91	0.93
36	矿渣棉	50	150	0.18	0.44	0.75	0.81	0.87	—
37	矿渣棉	90	150	0.44	0.59	0.67	0.77	0.85	—
38	矿渣棉	50	200	0.21	0.42	0.56	0.70	0.80	—
39	矿渣棉	90	200	0.33	0.42	0.58	0.70	0.88	—
40	酚醛矿棉毡	50	60	0.09	0.22	0.54	0.89	0.99	—
41	酚醛矿棉毡	50	80	0.11	0.28	0.64	0.89	0.92	—
42	矿棉吸声板(GH-1, 毛毛 虫图案, 北京产) α_T	12	407	0.06	0.16	0.53	0.67	0.73	0.90
43	同上, 后空200	12	407	1.28	0.52	0.56	0.58	0.75	0.82
44	同上, 板后贴石膏板	12	407	0.78	0.15	0.49	0.73	0.73	0.71
45	矿棉吸声板(毛毛虫图 案, 北京产) α_T	12	500	0.09	0.25	0.59	0.53	0.50	0.64
46	同上, 后空50	12	500以下	0.38	0.56	0.43	0.43	0.50	0.55
47	同上, 后空100	12	500以下	0.54	0.51	0.38	0.41	0.51	0.60

表1

序 号	名 称	厚度 (mm)	密 度 (kg/m ³)	吸 声 系 数					
				125	250	500	1000	2000	4000
灰泥颗粒吸声制品									
48	矿渣膨胀珍珠岩吸声砖 (石膏勾缝) α_T	110	700~800	0.43	0.50	0.51	0.53	0.69	0.81
49	同上(未勾缝) α_T	110	700~800	0.50	0.56	0.61	0.50	0.69	0.89
50	陶土吸声砖(上海产)	50	1250	0.11	0.26	0.59	0.55	0.60	—
51	陶土吸声砖(上海产)	120	1250	0.33	0.75	0.56	0.63	0.56	—
52	膨胀珍珠岩自然堆放, α_T	40	106	0.10	0.15	0.65	0.70	0.80	0.90
53	膨胀珍珠岩吸声板, α_T (宜兴产)	35	280~310	0.23	0.42	0.83	0.93	0.74	0.83
54	膨胀珍珠岩吸声板, α_T (宜兴产)	50	280~310	0.29	0.46	0.92	0.98	0.84	0.63
55	膨胀珍珠岩穿孔复合板, α_T (宜兴产)	30	280~310	0.05	0.19	0.48	0.82	0.62	0.74
56	膨胀珍珠岩穿孔复合板, α_T (宜兴产)	20	280~310	0.02	0.11	0.26	0.85	0.74	0.72
57	加气混凝土	90	670	0.08	0.10	0.10	0.19	0.27	0.20
58	加气混凝土	150	500	0.08	0.14	0.19	0.28	0.34	0.45
59	长石石英吸声砖(长春产)	80	1500	0.16	0.33	0.35	0.36	0.34	—
	长石石英吸声砖(长春产)	90	1500	0.18	0.41	0.40	0.35	0.38	—
泡沫塑料制品									
60	聚胺脂泡沫塑料(聚醚型), 北京产	20		0.04	0.07	0.11	0.18	0.38	0.72
61	聚胺脂泡沫塑料(聚醚型), 北京产	40		0.07	0.13	0.24	0.43	0.80	0.74
62	聚胺脂泡沫塑料(聚醚型), 北京产	60		0.10	0.19	0.40	0.80	0.83	0.97
63	聚胺脂泡沫塑料(聚醚型), 天津产	30	56	0.67	0.16	0.41	0.87	0.75	0.72
64	聚胺脂泡沫塑料(聚醚型), 天津产	50	56	0.11	0.31	0.91	0.75	0.86	0.81
65	聚胺脂泡沫塑料(聚醚型), 天津产	30	71	0.11	0.21	0.71	0.65	0.64	0.65
66	聚胺脂泡沫塑料(聚醚型), 天津产	50	71	0.20	0.32	0.70	0.62	0.68	0.65
67	聚胺脂泡沫塑料, 大连产	14		0.05	0.07	0.22	0.68	0.54	—
68	聚胺脂泡沫塑料, 大连产	31		0.09	0.18	0.71	0.57	0.52	—
69	聚胺脂泡沫塑料, 大连产	51		0.13	0.35	0.83	0.79	0.70	—
70	微孔聚胺脂泡沫塑料, 上 海产	40	30	0.10	0.14	0.26	0.50	0.82	0.77
71	粗孔聚胺脂泡沫塑料, 上 海产	40	40	0.06	0.10	0.20	0.59	0.88	0.85
72	氨基甲酸酯泡沫塑料, 天津产	25	25	0.05	0.07	0.26	0.81	0.69	0.81
73	氨基甲酸酯泡沫塑料, 天津产	50	36	0.21	0.31	0.86	0.71	0.86	0.82
74	尿醛米波罗, 长春产	30	20	0.10	0.17	0.45	0.67	0.65	0.85
75	尿醛米波罗, 长春产	50	20	0.22	0.29	0.40	0.68	0.95	0.94
76	米波罗贴墙	20		0.47	0.16	0.60	0.39	0.86	0.78
77	米波罗距墙 100	20		0.31	0.54	0.70	0.80	0.67	0.61
78	米波罗贴墙	50		0.11	0.30	0.52	0.90	0.96	0.99
79	米波罗距墙 100	50		0.59	0.84	0.90	0.76	0.97	0.98
80	米波罗贴墙	100		0.47	0.70	0.87	0.86	0.96	0.97
81	米波罗距墙 50	100		0.18	0.79	0.36	0.93	0.96	0.97
穿孔板共振吸声结构									
穿孔板构造		空腔距离 (mm)		吸 声 系 数 (α_T)					
				125	250	500	1000	2000	4000
82 穿孔二夹板, 孔径 5, 孔距 40, α_T		100 不填		0.04	0.54	0.29	0.09	0.11	0.19
		100 板后贴布		0.28	0.69	0.51	0.21	0.16	0.23
		100 填矿棉		0.69	0.73	0.51	0.28	0.19	0.17
83 狭缝二夹板, 缝距: 水平 10, 垂直 20, $l=50$		50 后贴布		0.18	0.33	0.36	0.36	0.35	0.33
		50 填矿棉		0.21	0.35	0.40	0.43	0.42	0.39
84 穿孔二夹板, 孔径 8, 孔距 50		50		0.09	0.19	0.34	0.28	0.17	0.15
		100		0.11	0.35	0.30	0.23	0.23	0.19
		150		0.18	0.55	0.32	0.20	0.23	0.10

续前表

序号	穿孔板构造	空腔距离 mm	吸声系数 α_T					
			125	250	500	1000	2000	4000
85	穿孔五夹板, 孔距 5, 孔距 25	50	0.01	0.25	0.55	0.30	0.16	0.19
		50 填矿棉	0.23	0.69	0.66	0.47	0.26	0.27
		100	0.10	0.45	0.48	0.18	0.19	0.25
		100 填矿棉	0.20	0.95	0.61	0.32	0.23	0.55
86	穿孔五夹板, 孔径 8, 孔距 50, 空腔 0.5kg/m ² 玻璃棉外包玻璃布	50	0.20	0.67	0.61	0.37	0.27	0.27
		100	0.33	0.55	0.55	0.42	0.26	0.27
		150	0.34	0.61	0.52	0.35	0.27	0.19
87	穿孔五夹板, 孔径 8, 孔距 100, 空腔放玻璃棉毡外包玻璃布	50	0.22	0.45	0.33	0.20	0.18	0.20
		100	0.31	0.42	0.32	0.26	0.17	0.20
		150	0.34	0.40	0.29	0.27	0.17	0.18
88	穿孔金属板, 孔径 6, 孔距 55	100 填矿棉	0.32	0.76	1.0	0.95	0.90	0.98
		100 填矿棉	0.31	0.37	1.0	1.0	1.0	1.0
89	穿孔硬质纤维板 4, 孔径 3.5, 孔距 7.5, 后放玻璃棉毡 40, 容重 50kg/m ³	40	0.19	0.36	0.59	0.63	0.50	0.51
		100	0.28	0.51	0.58	0.51	0.53	0.62
90	石棉穿孔板, 厚 4, 孔径 9, 穿孔率 1%, 空腔放超细棉 0.5kg/m ³	50	0.19	0.54	0.25	0.15	0.02	—
		100	0.22	0.50	0.25	0.10	0.01	—
		150	0.20	0.46	0.31	0.12	0.06	—
		200	0.23	0.44	0.33	0.11	0.04	0.04
		250	0.21	0.41	0.28	0.14	0.04	0.03
91	石棉穿孔板, 厚 4, 孔径 9, 穿孔率 2.5%, 空腔放 0.5kg/m ³ 超细棉	50	0.13	0.50	0.63	0.32	0.14	0.03
		100	0.23	0.61	0.50	0.36	0.16	0.03
		150	0.30	0.54	0.45	0.36	0.18	0.10
		200	0.26	0.54	0.48	0.34	0.16	0.07
		250	0.24	0.52	0.43	0.34	0.13	0.03
92	石棉穿孔板, 厚 4, 孔径 9, 穿孔率 5%, 空腔放 0.5kg/m ³ 超细棉	50	0.07	0.38	0.60	0.41	0.28	0.07
		100	0.19	0.56	0.57	0.48	0.26	0.07
		150	0.26	0.52	0.48	0.48	0.31	0.11
		200	0.27	0.50	0.46	0.25	0.33	0.15
		250	0.26	0.50	0.48	0.43	0.31	0.15
93	石棉穿孔板, 厚 4, 孔径 9, 穿孔率 10%, 空腔放 0.5kg/m ³ 超细棉	50	0.15	0.35	0.66	0.59	0.45	0.33
		100	0.19	0.58	0.61	0.63	0.48	0.33
		150	0.24	0.44	0.50	0.50	0.45	0.25
		200	0.27	0.43	0.45	0.43	0.45	0.33
		250	0.26	0.52	0.41	0.43	0.45	0.33
94	石棉穿孔板, 厚 4, 孔径 9, 穿孔率 14%, 空腔放 0.5kg/m ³ 超细棉	50	0.10	0.35	0.77	0.70	0.59	0.39
		100	0.18	0.63	0.70	0.66	0.55	0.33
		150	0.25	0.52	0.46	0.55	0.55	0.45
		200	0.26	0.48	0.50	0.53	0.55	0.45
		250	0.29	0.53	0.45	0.43	0.53	0.46
95	钙塑板, 孔径 7, 孔距 25 (390×390 面积上共 196 孔)	50	0.08	0.18	0.39	0.19	0.13	0.11
		同上, 后放 30 泡沫塑料	50	0.08	0.27	0.59	0.23	0.15
		同上后放 30 超细棉	50	0.16	1.21	0.73	0.42	0.26
96	钙塑板, 孔径 7, 孔距 25 (390×390 面积穿孔共 98 个)	50	0.08	0.16	0.34	0.16	0.14	0.17
		同上, 后放 30 泡沫塑料	50	0.10	0.29	0.40	0.23	0.17
		同上后放 30 超细棉	50	0.19	1.03	0.42	0.32	0.21
97	穿孔石膏板穿孔率 6%, 板厚 7, 后贴一层薄纸	100	0.18	0.61	0.78	0.37	0.22	0.16
		同上	200	0.46	0.64	0.54	0.32	0.22
		同上(放矿棉 20kg/m ³)	100	0.39	0.99	0.83	0.41	0.26
		200	0.61	0.76	0.59	0.40	0.25	0.20

序号	穿孔板构造	厚度 (mm)	孔径 (mm)	孔距 (mm)	后空 (mm)	吸声系数					
						125	250	500	1000	2000	4000
98	木质纤维吸声板	4			100	0.24	0.52	0.91	0.70	0.45	0.33
99	穿孔率 10%, 后贴玻璃布				200	0.43	0.71	0.76	0.46	0.46	0.31
100	穿孔三夹板	3	5	40	100	0.37	0.54	0.30	0.09	0.11	0.19
101	穿孔三夹板后贴布	3	5	40	100	0.29	0.70	0.51	0.20	0.16	0.23
102	穿孔三夹板后贴布	3	5	40	200	0.70	0.36	0.35	0.27	0.18	0.15
103	穿孔三夹板后 50 矿棉	3	5	40	100	0.67	0.73	0.51	0.29	0.19	0.17
104	穿孔三夹板后 50 矿棉	3	5	40	50	0.17	0.48	1.00	0.94	0.83	0.64
105	穿孔三夹板后填玻璃棉	3	10	13	30	0.15	0.3	0.51	0.58	0.42	0.33
106	穿孔五夹板, 后填 50 矿棉	5	5	70	200	1.0	0.34	0.3	0.14	0.11	0.24
107	穿孔五夹板, 后贴棉布	5	5	70	100	0.48	0.8	0.58	0.37	0.25	0.22
108	穿孔五夹板, 后贴棉布	5	5	70	200	0.86	0.25	0.20	0.10	0.08	0.18
109	胶合板	9	10	45	43	0.38	0.32	0.28	0.25	0.23	0.14
110	胶合板, 后 50 矿棉	6	6	42	50	0.36	0.59	0.49	0.62	0.52	0.38
111	双层穿孔板 前五夹板 后三夹板		5	25 40	50 100	0.83	0.50	0.68	0.41	0.22	0.25
112	双层穿孔板 前三夹板 后三夹板		5	13 40	30 200	0.86	0.40	0.63	0.93	0.83	0.57
113	双层穿孔板 前三夹板, 后填矿棉 后五夹板, 后贴布		5	13 35	50 200	0.95	0.54	0.92	1.0	0.93	0.72
微穿孔板		板厚	孔径	穿孔率	后空						
114	单层微穿孔板, α_0	0.8	0.8	1	30	—	0.18	0.64	0.69	0.17	—
				1	50	0.05	0.29	0.87	0.78	0.12	—
				1	70	—	0.40	0.86	0.37	0.14	—
				1	100	0.24	0.71	0.96	0.40	0.29	—
				1	150	0.37	0.85	0.87	0.20	0.15	—
				1	200	0.56	0.98	0.61	0.86	0.27	—
				1	250	0.72	0.99	0.38	0.40	0.12	—
115	单层微穿孔板, α_0	0.8	0.8	2	30	0.08	0.11	0.15	0.58	0.40	—
				2	50	0.05	0.17	0.60	0.78	0.22	—
				2	70	0.12	0.24	0.57	0.70	0.17	—
				2	100	0.10	0.46	0.92	0.31	0.40	—
				2	150	0.24	0.68	0.80	0.10	0.12	—
				2	200	0.40	0.83	0.54	0.77	0.28	—
				2	250	0.48	0.89	0.34	0.45	0.11	—
116	单层微穿孔板, α_0	0.8	0.8	3	30	—	0.06	0.20	0.68	0.42	—
				3	50	0.11	0.25	0.43	0.70	0.25	—
				3	70	—	0.22	0.82	0.69	0.21	—
				3	100	0.12	0.29	0.78	0.40	0.78	—
				3	150	0.21	0.47	0.72	0.12	0.20	—
				3	200	0.22	0.50	0.50	0.28	0.55	—
				3	250	0.35	0.70	0.76	0.50	0.15	—
117	单层微穿孔板, α_T	0.8	0.8	1	200	0.28	0.67	0.52	0.42	0.40	0.30
				2	150	0.18	0.43	0.87	0.32	0.33	0.34
				2	200	0.19	0.50	0.45	0.35	0.36	0.19
				2	200	0.37	0.53	0.44	0.29	0.26	0.18
	单层微穿孔板, α_T	0.5	0.8	1	200	0.22	0.31	0.39	0.24	0.31	0.27

续前表

序号	微穿孔板	板厚	孔径	穿孔率	后空	吸声系数						
						125	250	500	1000	2000	4000	
118	双层微穿孔板, α_0	0.9	0.8	2.5+1	30,70	0.26	0.71	0.92	0.65	0.35	—	
					40,60	0.21	0.72	0.94	0.84	0.30	—	
					50,50	0.18	0.69	0.96	0.99	0.24	—	
					40,160	0.58	0.99	0.54	0.86	—	—	
					80,120	—	0.88	0.84	0.80	—	—	
					2+1	80,120	0.48	0.97	0.93	0.64	0.15	—
					3+1	80,120	0.40	0.92	0.95	0.66	0.17	—
119	双层微穿孔板, α_T			2+1	100,100	0.28	0.79	0.70	0.64	0.41	0.42	
				2+1	50,100	0.25	0.79	0.67	0.68	0.45	0.38	
				2+1	80,120	0.41	0.91	0.61	0.61	0.31	0.30	
				薄板共振吸声结构, α_T				后空				
120	三夹板											
	无填料				50	0.21	0.74	0.21	0.10	0.08	0.12	
	龙骨间距 500×500 填矿棉				50	0.27	0.57	0.28	0.12	0.09	0.12	
	龙骨间距 500×450 填矿棉				100	0.60	0.38	0.18	0.05	0.04	0.08	
	龙骨间距 450×450 填矿棉				50	0.21	0.73	0.21	0.19	0.08	0.12	
121	五夹板, 龙骨间距 450×450 填矿棉				100	0.60	0.38	0.18	0.05	0.05	0.08	
		50	0.09	0.52	0.17	0.06	0.10	0.12				
		100	0.41	0.30	0.14	0.05	0.10	0.16				
122					150	0.38	0.33	0.16	0.06	0.10	0.17	
	七夹板, 龙骨间距 500×450				160	0.58	0.14	0.09	0.04	0.04	0.07	
		250	0.37	0.13	0.10	0.05	0.05	0.10				
123	七夹板, 龙骨间距 500×450, 后填玻璃棉毡				50	0.48	0.25	0.15	0.07	0.10	0.11	
124	薄木板 5~10				100	0.25	0.15	0.06	0.05	0.04	0.04	
125	软质木纤维板, 厚 11, 容重 200~250kg/m ³				60	0.22	0.30	0.34	0.32	0.41	0.42	
126	硬质木纤维板, 厚 4				100	0.50	0.16	0.08	0.05	0.04	0.08	
127	硬质木纤维板, 厚 4, 填玻璃棉毡				100	0.48	0.25	0.15	0.07	0.10	0.11	
128	胶合板厚 3				50	0.20	0.70	0.15	0.10	0.05	0.05	
					100	0.30	0.45	0.15	0.10	0.05	0.05	
129	胶合板厚 5				50	0.10	0.25	0.15	0.05	0.05	0.05	
					100	0.35	0.25	0.10	0.05	0.05	0.05	
130	胶合板 6.3				50	0.10	0.40	0.10	0.10	0.05	0.05	
131	胶合板 8.3				50	0.30	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	
132	石膏板, 厚 12.5				400	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09	
	龙骨 500×1000											
133	硬质纤维板, 厚 4				100	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.05	

常用建筑材料和用具类吸声系数表 (α_T) 表 1

序号	名称及构造	吸声系数					
		125	250	500	1000	2000	4000
1	砖墙(抹灰)	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
2	砖墙(勾缝)	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06
3	抹灰砖墙涂油漆	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
4	砖墙、拉毛水泥	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.05
5	混凝土未油漆毛面	0.01	0.02	0.02~	0.02~	0.02~	0.03~
				0.04	0.06	0.08	0.10
6	混凝土油漆	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
7	拉毛(小拉毛)油漆	0.04	0.03	0.03	0.10	0.05	0.07
8	拉毛(大拉毛)油漆	0.04	0.04	0.07	0.02	0.09	0.05

续表 1

序号	名称及构造	吸声系数					
		125	250	500	1000	2000	4000
9	水泥砂浆(熟石灰+粉煤灰+水泥+细骨料), 厚 17, α_0	0.21	0.16	0.25	0.40	0.42	0.48
10	水泥砂浆(石膏+粉煤灰+水泥+细骨料), 厚 21, α_0	0.38	0.21	0.11	0.30	0.42	0.77
11	大理石	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
12	水磨石地面	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
13	混凝土地面	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04
14	板条抹灰	0.15	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05
15	木格栅地板	0.15	0.10	0.10	0.07	0.06	0.07
16	实铺木地板	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
17	厚地毯铺在混凝土上	0.02~	0.06~	0.15~	0.25~	0.30~	0.35~
		0.10	0.10	0.20	0.35	0.60	0.65
18	纺织品丝绒 0.31kg/m ³ , 挂墙上	0.03	0.04	0.11	0.17	0.24	0.35
19	纺织品丝绒 0.43kg/m ³ , 折叠面积一半	0.07	0.31	0.49	0.75	0.70	0.60
20	纺织品丝绒 0.56kg/m ³ , 折叠面积一半	0.14	0.35	0.55	0.72	0.70	0.65
21	丝绒帷幔 (0.77kg/m ³)	0.05	0.12	0.35	0.45	0.38	0.36
22	棉布帷幔折迭面积为 50%	0.07	0.31	0.49	0.81	0.66	0.54
23	棉布帷幔折迭面积为 75%	0.04	0.23	0.40	0.57	0.53	0.40
24	棉布帷幔紧贴墙(0.5kg/m ²)	0.04	0.07	0.13	0.22	0.32	0.35
25	丝、罗、缎窗帘	0.23	0.24	0.28	0.39	0.37	0.15
26	绸窗帘	0.28	0.34	0.41	0.42	0.38	0.33
27	毛毯 (0.127kg/m ²)	0.23	0.24	0.28	0.39	0.37	0.15
28	布景	0.73	0.59	0.75	0.71	0.76	0.70
29	橡皮, 厚 5, 铺在混凝土上	0.04	0.04	0.08	0.12	0.03	0.10
30	玻璃窗 (12.5×35cm), 玻璃厚 3	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
31	水表面	0.08	0.08	0.013	0.015	0.02	0.025
32	干燥砂子, 厚 102mm, 176kg/m ²	0.15	0.35	0.40	0.50	0.55	0.80
33	干燥砂子, 厚 203mm, 352kg/m ²	0.15	0.30	0.45	0.50	0.55	0.75
34	皮面门	0.10	0.11	0.11	0.09	0.09	0.11
35	木门	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10
36	通风洞	0.30	0.40	0.50	0.50	0.50	0.60
37	舞台口	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
38	挑台口 $b/h=2.5$	0.3	—	0.5	—	0.6	—
39	挑台口 $b/h=3$	0.4	—	0.65	—	0.75	—

听众和座椅的吸声系数(混响室值)

表 2

序号	听众和座椅	吸声系数					
		125	250	500	1000	2000	4000
1	听众包括座椅和 1m 宽走道(按每 m ² 听众席面积计算的吸声系数)	0.54	0.66	0.75	0.85	0.83	0.75
2	坐在软椅听众, 按地板面积的吸声	0.60	0.74	0.88	0.96	0.93	0.85
3	坐在木椅听众, 按地板面积的吸声	0.57	0.61	0.75	0.86	0.91	0.86
4	蒙布软椅, 按地板面积的吸声	0.49	0.66	0.80	0.88	0.82	0.70
5	皮软椅, 按地板面积的吸声	0.44	0.64	0.60	0.62	0.58	0.50
6	金属或木软椅, 每个吸声量(m ²)	0.014	0.018	0.020	0.036	0.035	0.028
7	人造革座椅的吸声量(每个座椅)	0.21	0.18	0.30	0.28	0.15	0.10
8	听众(包括座椅) (座位较挤, 0.45m ² /人以下时, 用较小值)	0.15~	0.33~	0.37~	0.40~	0.42~	0.45~
		0.22	0.36	0.42	0.45	0.50	0.51
9	座椅(木板椅, 人造革罩面软垫椅; 软垫椅用较高值)	0.02~	0.02~	0.03~	0.04~	0.04~	0.04~
		0.09	0.13	0.15	0.15	0.11	0.07
10	观众坐在人造革座椅上每座的吸声	0.23	0.34	0.37	0.33	0.34	0.31

隔声设计包括民用建筑隔声设计与工业建筑隔声设计两方面。民用建筑隔声设计主要隔外来噪声的干扰；工业建筑隔声设计主要控制自身噪声源向外辐射噪声。

民用建筑隔声设计步骤

- 一、确定安静要求
- 二、分析内外噪声情况
- 三、确定隔声要求
- 四、计算隔声量
- 五、选择隔声构造
- 六、决定隔振及消声措施
- 七、验算总隔声量是否满足要求

常用名词

名 词	符号	定 义	说 明
声压级差	D	$L_{p1} - L_{p2}$	现场隔声效果, L_{p1} 与 L_{p2} 为声源室与接收室内时空平均声压级
标准声压级差	D_{nt}	$D + 10 \lg T / 0.5$	相应接收室内标准混响时间 0.5 秒吸声量, T 为接收室实测混响时间
空气声隔声量	R	$D + 10 \lg S / A$	构件隔声量, 对 D 加修正项, S 试件孔面积, A 接收室总吸声量
计权隔声量	R_w		按《建筑隔声评价标准》求得的构件空气声的单值评价量
撞击声声压级	L_{pi}		标准打击器打击楼板时, 楼下室内时空平均声压级
规范化撞击声声压级	L_{pn}	$L_{pi} + 10 \lg A / A_0$	相应楼下基准等效吸声面积 A_0 , A 实测等效吸声面积
标准化撞击声声压级	L_{pnt}	$L_{pn} + 10 \lg T / 0.5$	相应现场测得的 L_{pn} 加修正项, T 楼下室内实测混响时间
计权标准化撞击声声压级	L_{pnw}		按《建筑隔声评价标准》求得撞击声隔声的单值评价量
撞击声压级改善量	ΔL_p	$L_{pno} - L_{pn}$	L_{pno} 与 L_{pn} 为楼板下铺面层材料前后撞击声压级, 差值为改善量

民用建筑安静要求分类

类 别	建筑性质	安静要求与特点	隔 声 设 计 方 法
I	量大面广的一般民用建筑、住宅、医院、学校、办公楼等	住宅、医院病房因昼夜使用, 需满足工作、休息、睡眠要求; 学校与办公楼等, 需满足语言清晰度与工作思考的要求	按民用建筑隔声设计规范, 一般不需设计计算 1. 室内允许噪声级查[17]页表 2. 隔声要求, 查民用建筑隔声标准, 见本页表 3 与表 4
II	公共建筑包括剧院和文娱体育建筑、展览建筑、交通建筑等	按不同的特殊使用要求而有各不相同的安静要求	室内允许噪声级(17)页表。按不同安静要求以及内外环境噪声条件具体计算不同建筑部位上围护结构的隔声要求
III	商业建筑与服务行业建筑	一般无安静要求, 但应保证有一定的语言清晰度	一般不进行隔声设计

墙、楼板的隔声要求

按照表 2, 对 I 类建筑的墙、楼板的隔声要求由表 3 与表 4 确定, 不需要计算; 对 II 类建筑先查室内允许噪声级, 然后根据内外噪声情况计算隔声要求。

围护结构的隔声性能用单值的计权评价量表示, 求法如下:

- 一、确定围护结构的隔声频率特性可从实测、查表 ([12]~[14]页) 或计算 ([10]页) 求得。
- 二、将隔声频率特性曲线按规定比例画于纸上, 然后将绘有参考曲线的透明纸覆盖其上 (参考曲线比例同上), 参考曲线以 1dB 为一步, 向测得曲线移动, 至下列两条规定都得到满足为止。

(1) 不利偏差的总和: 当采用 1/3 倍频程时不大于 32dB; 采用倍频程时不大于 10dB。

(2) 在任一频率的不利偏差: 1/3 倍频程频谱时不大于 8dB; 倍频程频谱时不大于 5dB。

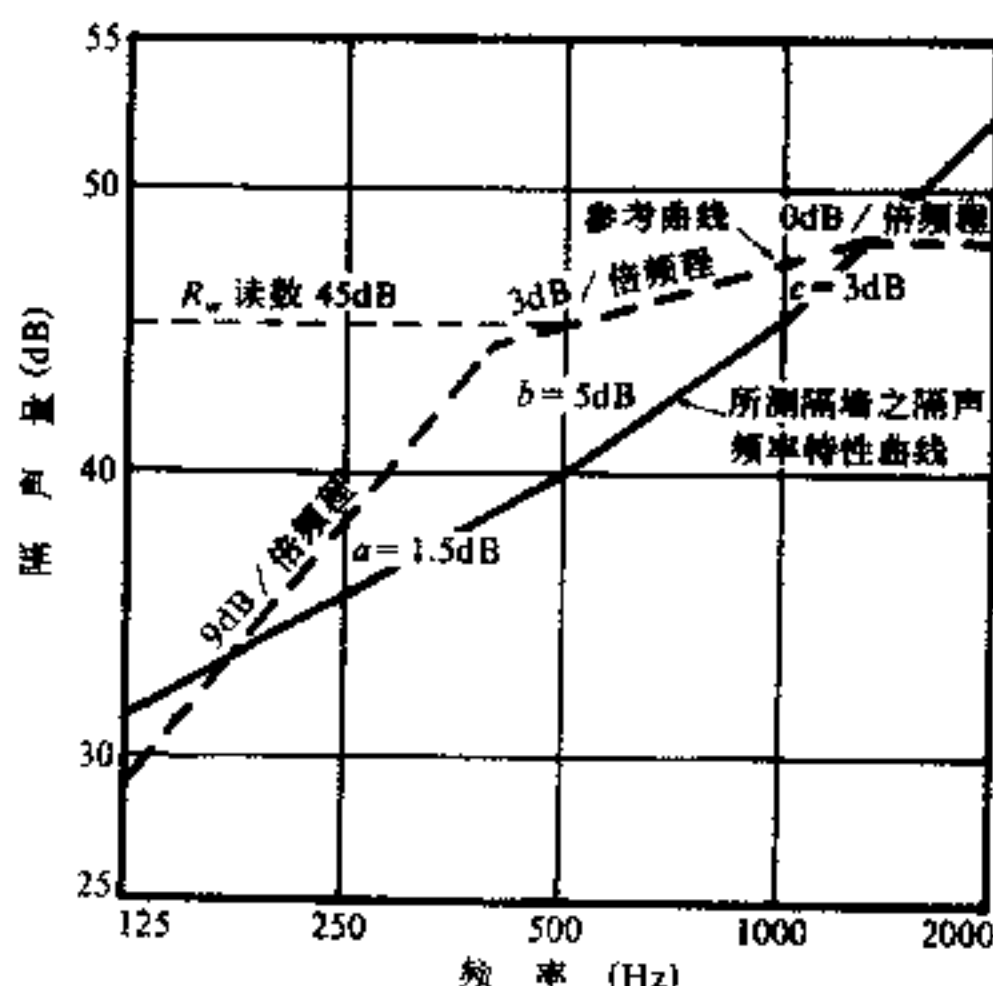
满足上述两条件的极限位置时, 参考曲线上 500 赫所指隔声量读数, 即计权隔声量或计权标准化撞击声级。参考曲线与实例见 [1] 与 [2]。

注: 1. 隔声频率曲线比例: 横座标倍频程相距 1.5cm, 纵座标每 10dB 相距 2cm。

2. 不利偏差, 对空气声隔声, 是指测量数值小于参考值的情况; 对撞击声隔声, 则指测量数值超过参考值的情况。计算中仅计其不利方面的偏差。

民用建筑隔声标准及空气声隔声标准 表 3

建筑类别	间隔部位	计权隔声量 R_w (dB)			
		特级	一级	二级	三级
住宅	分户墙、楼板	/	≥ 50	≥ 45	≥ 40
学校	隔墙、楼板	/	≥ 50	≥ 45	≥ 40
医院	病房/病房	/	≥ 45	≥ 40	≥ 35
	病房/有噪声房间	/	≥ 50	≥ 50	≥ 45
	手术室/病房	/	≥ 50	≥ 45	≥ 40
	手术室/有噪声房间	/	≥ 50	≥ 50	≥ 45
旅馆	客房/客房	≥ 50	≥ 45	≥ 40	≥ 40
	客房/走廊(含门)	≥ 40	≥ 40	≥ 35	≥ 30
	客房外墙(含窗)	≥ 40	≥ 35	≥ 25	≥ 20



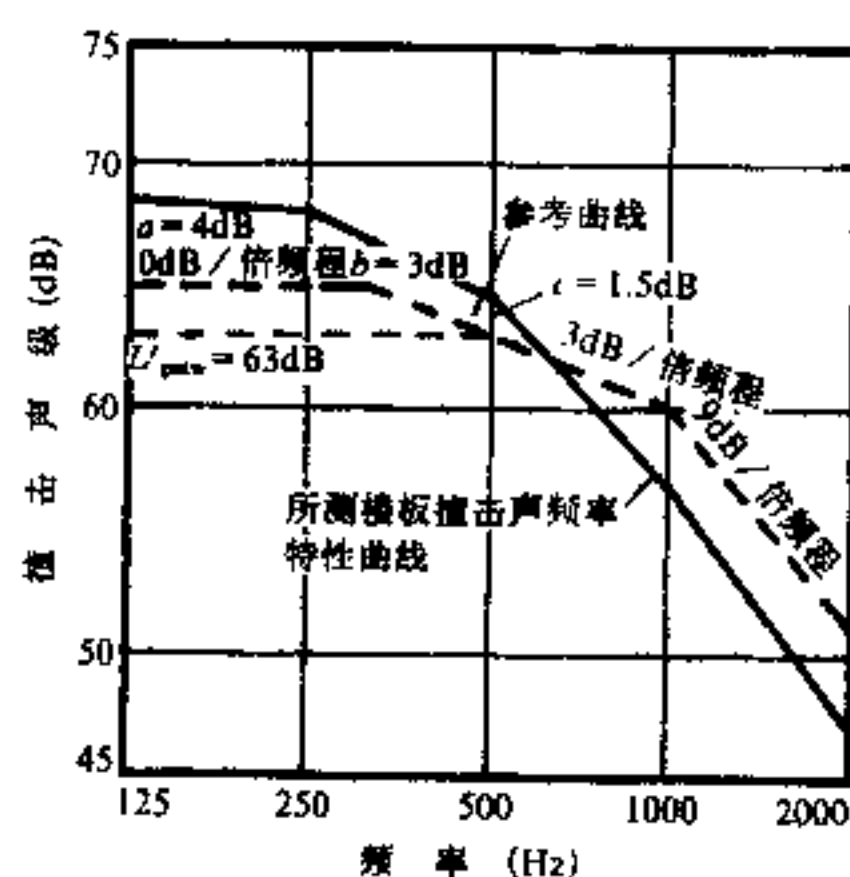
空气声计权隔声量 $R_w = 45$ dB; 最大不利偏差在 b 处为 5 dB; 不利偏差总和为 $a+b+c = 9.5 < 10$ dB

1 空气声计权隔声量的确定

撞击声隔声标准 表 4

建筑类别	楼 板	计权标准化撞击声压级			
		特级	一级	二级	三级
住宅		/	≤ 65	≤ 75	≤ 75
学校		/	≤ 65	≤ 65	≤ 75
医院	病房/病房		≤ 65	≤ 75	≤ 75
	病房/手术室		≤ 75	≤ 75	≤ 75
旅馆	客房/客房	≤ 55	≤ 65	≤ 75	≤ 75
	客房/振动室	≤ 55	≤ 55	≤ 65	≤ 65

注: 确有困难时, 可允许三级楼板计权标准化声压级小于或等于 65dB, 但构造上应预留改善条件。



计权标准化撞击声压级 L_{pnw} 为 63 dB; 最大不利偏差在 a 处为 4 dB; 不利偏差总和为 a、b、c 之和即 $a+b+c = 4+3+1.5 = 8.5 < 10$ dB

2 计权标准化撞击声压级的确定

设计要求的总规定

按劳保、环保与建筑设计三同时要求进行的噪声预评价应满足厂区内各处的噪声标准以及厂界噪声限制值两个方面。

设计步骤 (见[1])

一、声源特性和受声点声学环境的分析。

二、受声点各倍频带声压级的估算。

$$L_{p_i} = L_{w_i} - 10 \lg \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R_i} \right)$$

式中: L_{p_i} ——受声点需预测的各倍频带声压级(dB);
 L_{w_i} ——声源各倍频带声功率级(dB);
 Q ——声源指向性因数,当声源位于室内中央, $Q=1$,
 当声源位于室内地面中心或某一墙面中心时,
 $Q=2$;当声源位于室内某一边线中点时,
 $Q=4$;当声源位于室内某一角落时, $Q=8$;
 r ——声源距受声点距离(m);
 R_i ——声学环境的房间常数(m^2);
 $R_i = \frac{sa}{1-a} = \frac{A}{1-a}$, 其中 s 为房间内总
 表面积 (m^2); a 为房间内平均吸声系数; A 为房
 间内总吸声量 (m^2).

对于多声源情况,可分别求出各声源在各受声点产生的声压级,然后按声压级合成法则计算受声点各倍频带的声压级。

三、估算值与受声点允许声压级的比较

四、倍频带需要隔声量的计算

$$R = L_p - L_{pa} + 5$$

式中: R ——各倍频带需要隔声量(dB);
 L_p ——受声点各倍频带声压级(dB);
 L_{pa} ——受声点各倍频带允许声压级(dB).
 隔声结构与隔声构件应能满足各频带需要隔声量的要求。

五、隔声构造的选择(见[2])

1 对声源进行的隔声设计,可采用隔声罩的结构型式;对接收者进行的隔声设计,可采用隔声间(室)的结构型式;对噪声传播途径进行的隔声设计,可采用隔声墙与隔声屏的结构型式。必要时也可同时采用上述几种结构型式。

隔声罩的降噪量

表 1

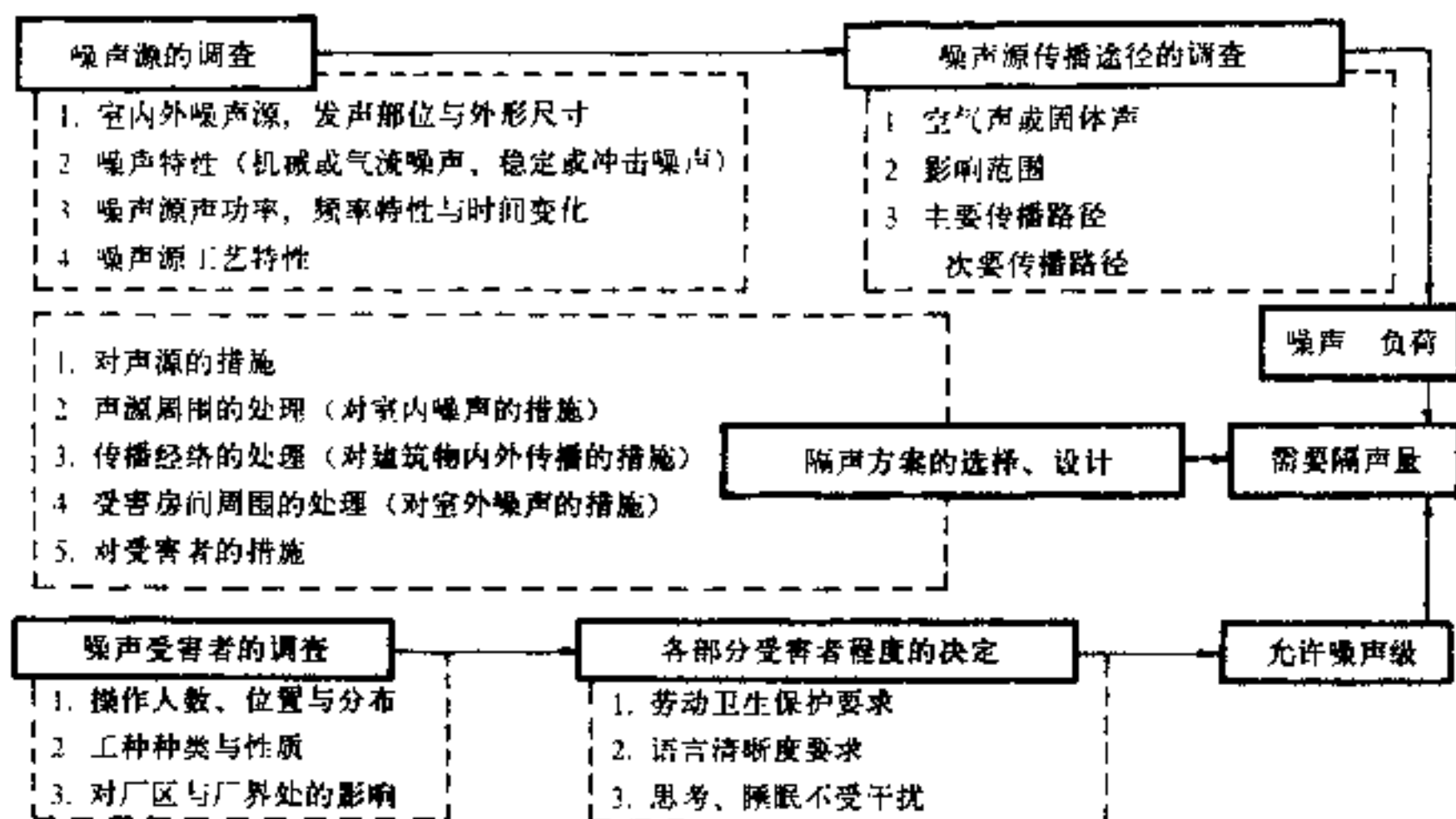
隔声罩结构形式	A 声级降噪量
固定密封型	30~40dB
活动密封型	15~30dB
局部开敞型	10~20dB
带有通风散热消声器的隔声罩	15~25dB

2. 隔声罩的设计,应遵守下列规定:

- (1)隔声罩宜采用带有阻尼的、厚度为 0.5~2mm 的钢板或铝板制作;阻尼层厚度为金属板厚的 1~3 倍。
- (2)隔声罩内壁面与机械设备间应留有较大的空间,通常应留设备所占空间的 1/3 以上。各内壁面与设备的空间距离 $< 100mm$ 。
- (3)罩内侧面必须敷设吸声层,吸声材料应有较好的护面层。
- (4)罩内焊缝及接缝,应避免漏声,罩与地面接触部分,应注意密封及固体声隔离。
- (5)设备控制、计量开关宜引到罩外,并设观察窗。通风、排烟及工艺开口均应设消声器,消声量应与罩隔声量相当。

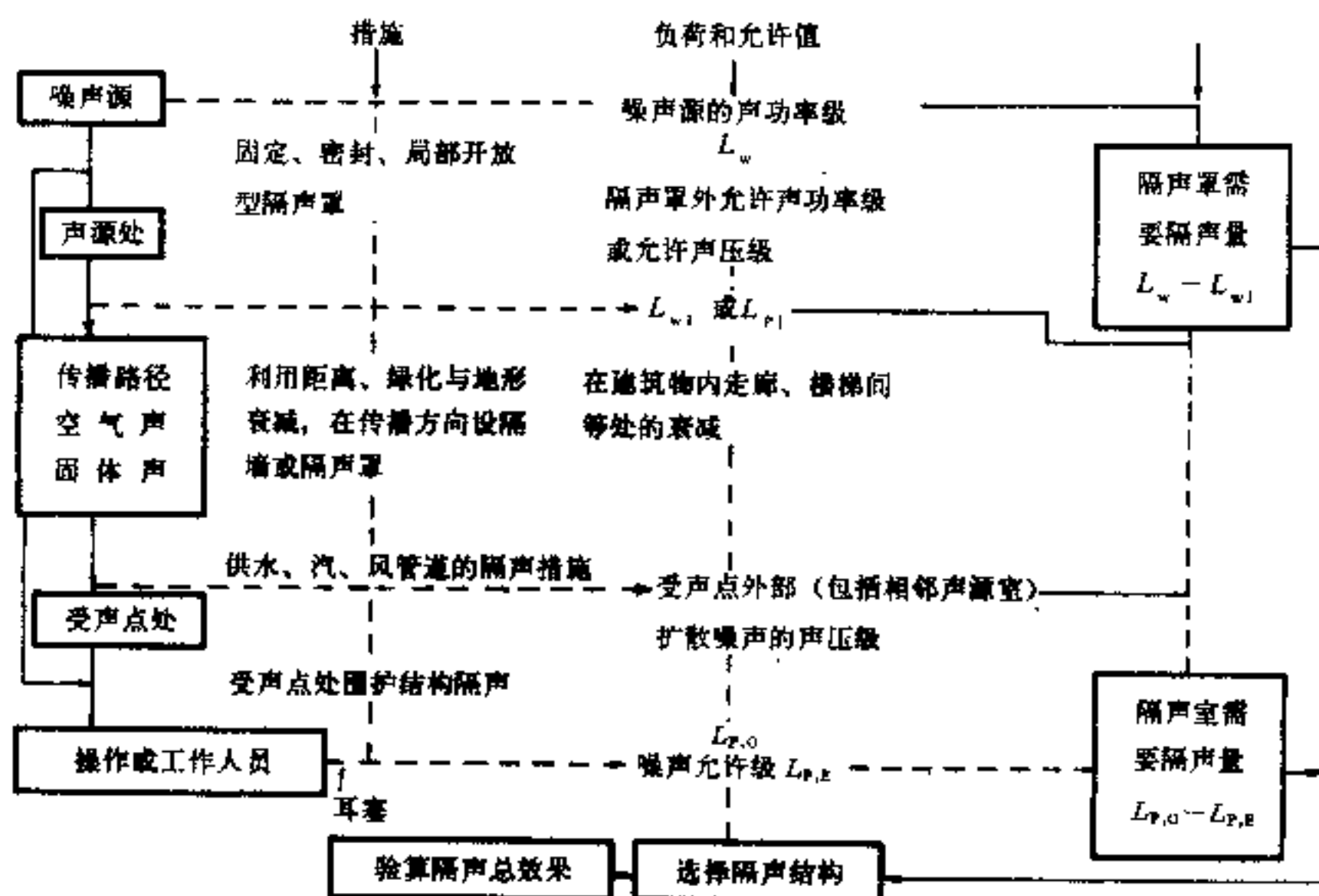
3 有大量自动化与各种仪表的中心控制室,及其它监督、观察、休息用隔声间(室)等,应有消声通风措施,其设计降噪量,可在 20~50dB 的范围内选取。

4. 隔声屏设置应靠近声源或接收者。室内设隔声罩时,应在接收者附近做有效的吸声处理。隔声室内敷吸声材料。



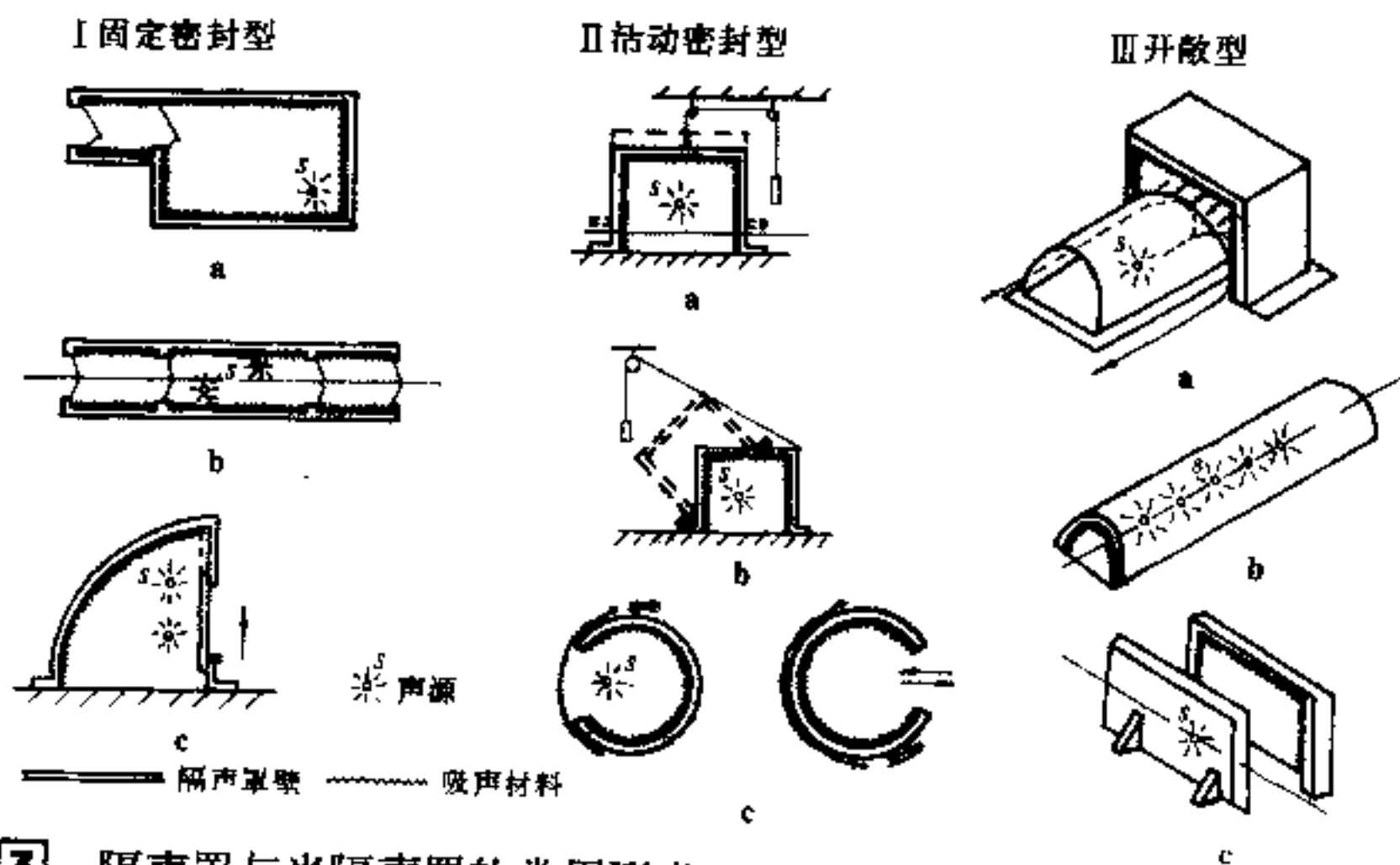
注:按上述程序对厂内主要噪声源编号制成资料卡片,并按所在位置标明在厂平面图上,就能反映出全厂噪声分布状况与相互关系。公共建筑若有比较复杂的情况,也应按照这一程序准备资料

1 噪声情况调查与分析图



注:根据测定的计算分析,确定某用何种隔声措施(如声源、接收者、传播途径或几种措施同时采用),必要时需作方案比较。

2 隔声方案的选择与比较图



3 隔声罩与半隔声罩的常用形式

单层墙的空气声隔声计算

一、质量定律 部件的每单位面积质量 (m) 或噪声的频率 (f) 增加一倍时, 隔声量增加 6dB。由于吻合效应及其它影响, 实际情况见[3]。

注: 吻合效应是墙壁由于声波作用所产生的受迫弯曲波长, 若与人射声波波长正好吻合 (见[2]) 将激发墙的共振, 使隔声下降。应使 f_c 低于或高于日常噪声频率范围, 即 $f_c < 50$ 或 $f_c > 3200\text{Hz}$, 见表 1。

二、按简化公式计算隔声量

$$\bar{R} = 23 \lg m - 9 \text{dB} (m > 200 \text{kg/m}^2)$$

$$\bar{R} = 13.5 \lg m + 13 \text{dB} (m < 200 \text{kg/m}^2)$$

三、平台作图法求隔声量

一般单层墙的隔声性能如[4] 中曲线所示。曲线上 A 左的线段由[3] 决定, A、B 间的平线和高由表 2 决定, B 右的线段决定于墙的大小、边缘及内部阻尼。



4 均质墙隔声计算图

作图法说明:

(1) 按砖墙面密度的任一频率求出 $f \cdot m$ 值, 并由[3] 决定隔声量 R , 过该频率 R 值的点作 6dB/倍频程的斜线。

(2) 由表 2 查得砖的平台高度为 37dB, 按此高度作平线与上述斜线交于 A 点, A 点对应的频率为 f_A 值。

(3) 由表 2 查得砖的平台宽度 $f_B/f_A \approx 4.5$, 并由此求得 f_B 值, 后可决定 B 点位置。

(4) 过 B 点作 10dB/倍频程的斜线, 并逐渐平坦如[4] 中表示的曲线。

双层墙的隔声

一、共振频率: 双层墙只有在共振频率 f_0 以上范围时, 隔声量才显著增加, f_0 常控制在等于或小于 100Hz 以内。

$$f_0 = 500 \sqrt{E / (m_1 + m_2) \delta} \text{ (Hz)}$$

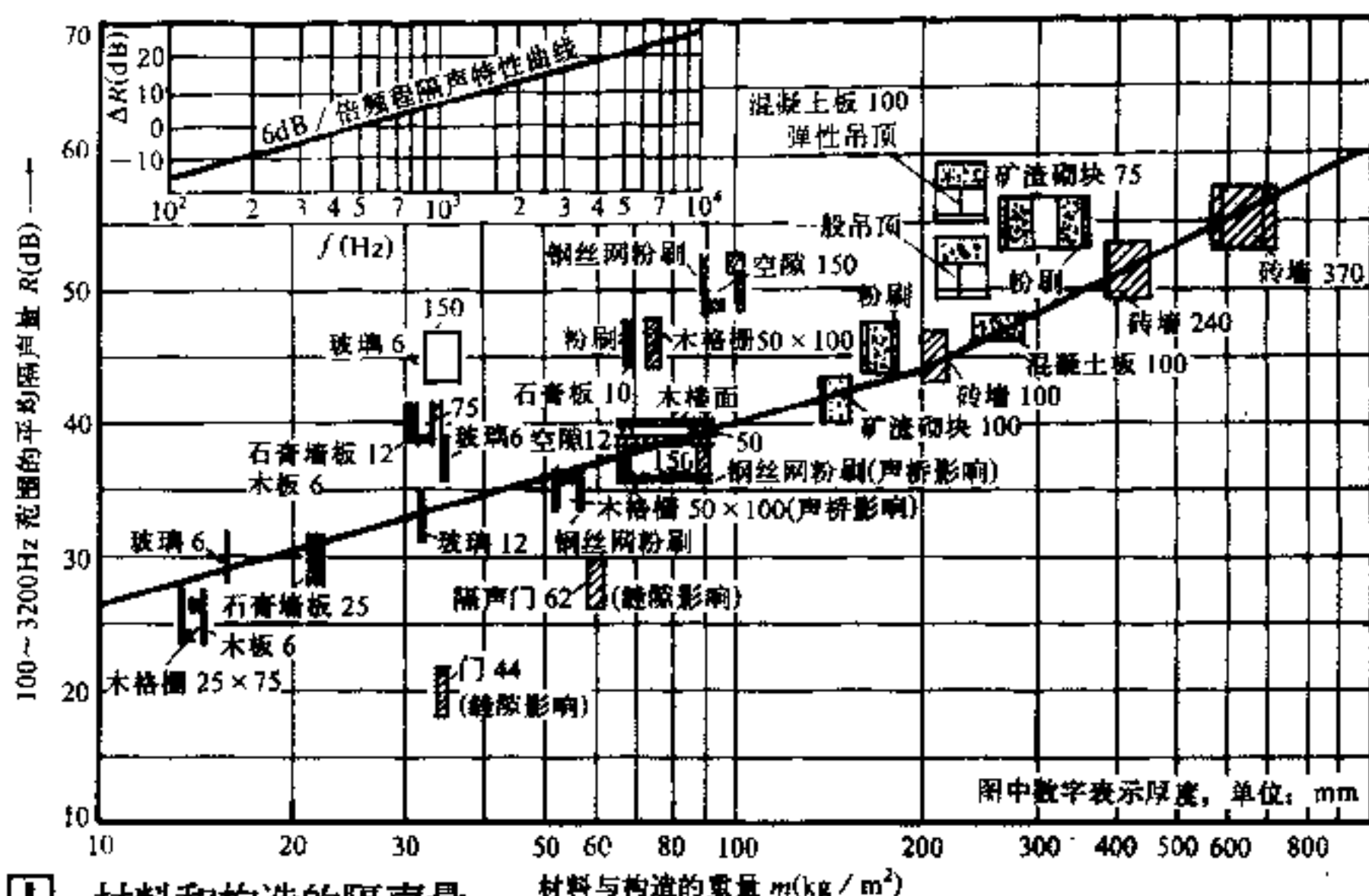
式中: δ ——空气层厚度(cm); d ——墙的总厚度;
 E ——空气的弹性模量(kg/m^2);
 m_1, m_2 ——墙的面密度(kg/m^2)。

二、隔声量计算(ΔR 值参见[5])

$$\bar{R} = 13.5 \lg(m_1 + m_2) + 13 + \Delta R \text{ (dB)} (1)$$

$$\bar{R} = 18 \lg(m_1 + m_2) + 8 + \Delta R \text{ (dB)} (2)$$

($m_1 + m_2 < 200 \text{kg/m}^2$ 时用(1); $> 200 \text{kg/m}^2$ 时用(2))

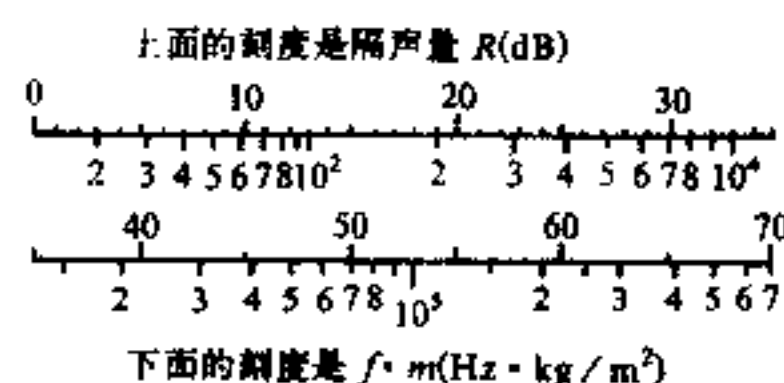


1 材料和构造的隔声量

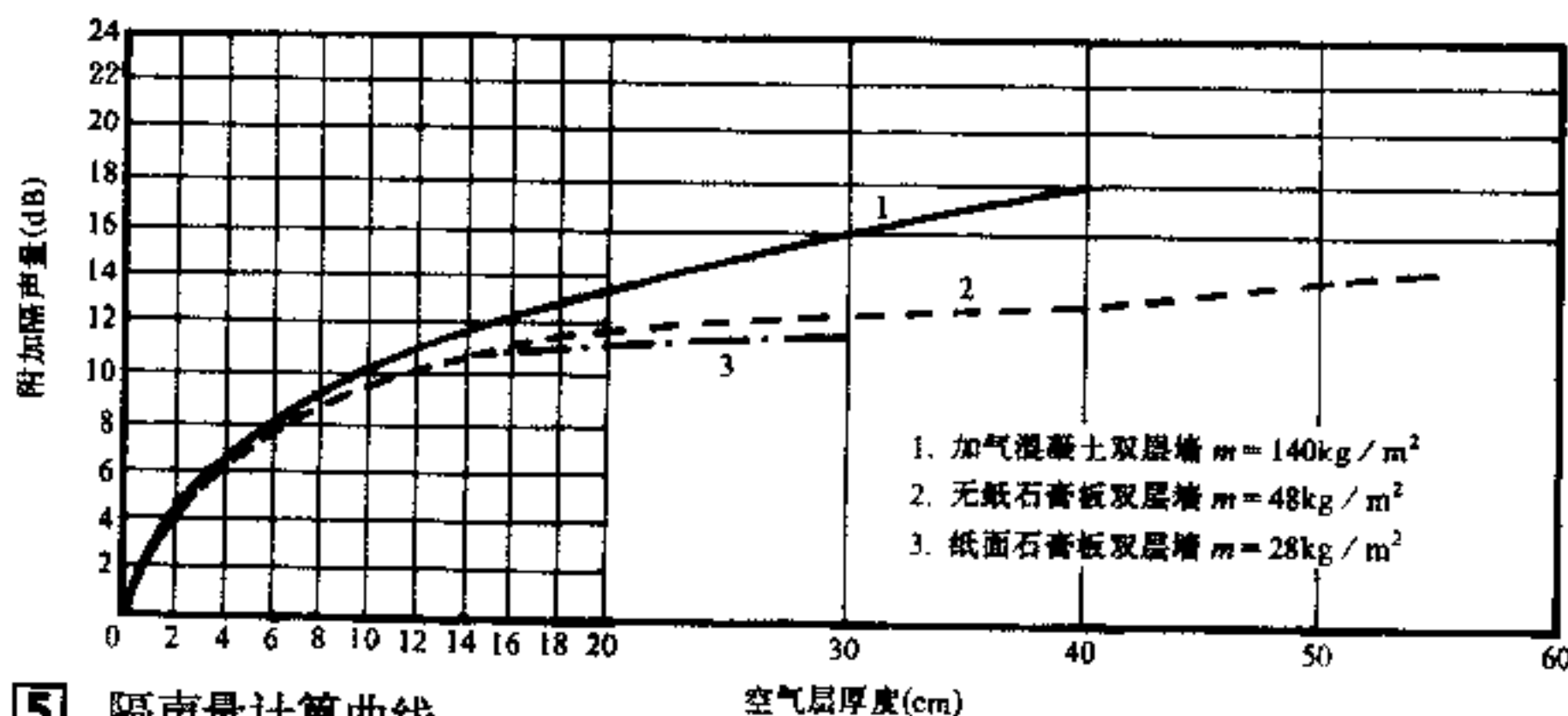


注: 发生吻合效应的频率为吻合频率

2 吻合效应



3 墙壁的质量、声频和隔声量的关系



5 隔声量计算曲线

三、双层墙的设计, 应符合下列要求

1. 隔声构造的共振频率宜设计在 50Hz 以下, 空气层厚度不小于 50mm。
2. 吻合效应不宜出现在中频段。双层构造各层厚度不应相同, 也可采用不同刚度或增加阻层等办法处理。
3. 双层之间的连接, 应避免出现声桥, 双层构造层之间, 双层构造与基础之间宜彼此完全脱开。
4. 双层构造之间宜填充多孔吸声材料, 其平均隔声量按加 5dB 计。

常用建筑材料的吻合频率范围

材 料	厚 度(mm)	吻合频率 f_c (Hz)
砖 墙	< 600~700	> 50
木板、石膏板、玻璃等	一般厚度	$50 < f_c < 4000$
木纤维板	建筑用板 12	> 3000
	硬板 3.5	> 10000
铝、铁、铅等薄板	一般厚度	> 10000

注: 当板厚度或刚度增加, f_c 下移; 板厚度或刚度减少, 则 f_c 上移。常用此法使 f_c 移出日常听闻频率范围。

常用建筑材料隔声作图数据

材 料	面 密 度 (kg/m^2)	平线高度 R (dB)	平线宽度(f_B/f_A)
混 凝 土	24	38	4.5
砖	18	37	4.5
玻 璃	25	27	10
杉木胶合板	6	19	6.5
焦渣砌块	14	30	6.5

1. 加气混凝土双层墙 $m = 140 \text{kg/m}^2$
2. 无纸石膏板双层墙 $m = 48 \text{kg/m}^2$
3. 纸面石膏板双层墙 $m = 28 \text{kg/m}^2$

楼板撞击声隔声

一、声衰减常数和弹性垫层隔声改善值计算

1. 常用建筑材料的声衰减量(dB/m)

材料名称	铁	砖石结构	混凝土	木材
衰减值	0.01~0.03	0.02~0.13	0.03~0.20	0.05~0.33

2. 弹性垫层楼板撞击声改善值计算公式

$$\Delta L = 40 \lg(f/f_0), f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2E}{md}}$$

式中: ΔL ——撞击声改善值(dB);

f ——噪声频率(Hz); d ——垫层材料厚度(cm);

f_0 ——面层与垫层构成的弹性系统共振频率(Hz);

E ——垫层材料的弹性模量(kg/cm²), 见表3;

m ——面层材料的面密度(kg/m²).

3. 建筑物的撞击声衰减量

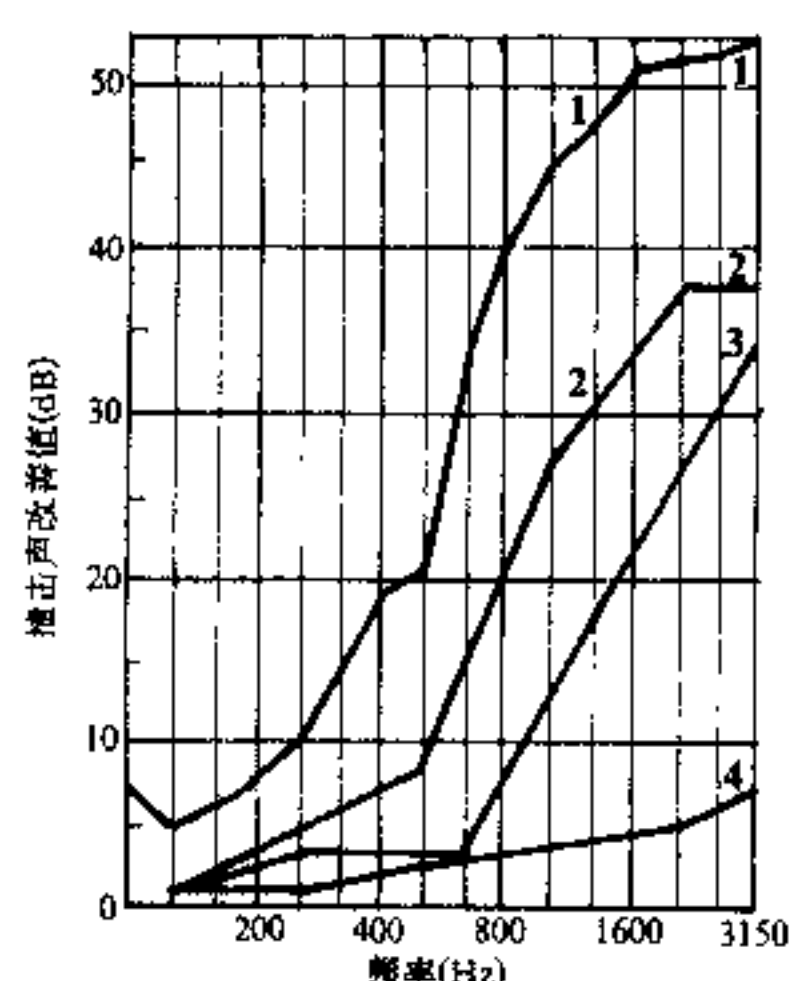
表2

方向	水平向 dB/开间	垂直向 dB/层		
结构	各类	大板	框架轻板	砖混
频率				
125	2.5~3.0	3.0~3.6	3.6	3.2
250	4.5~5.0	4.0~5.0	7.3	6.0
500	5.0~6.0	5.0	8.6	7.5
1000	6.0~7.0	5.9	9.1	7.5
2000	7.0~9.0	7.0~8.0	9.0	—
4000	8.0~10.0	9.0~10.0	—	—
A计权	6.0~7.0	4.0~5.0	8.9	5.3

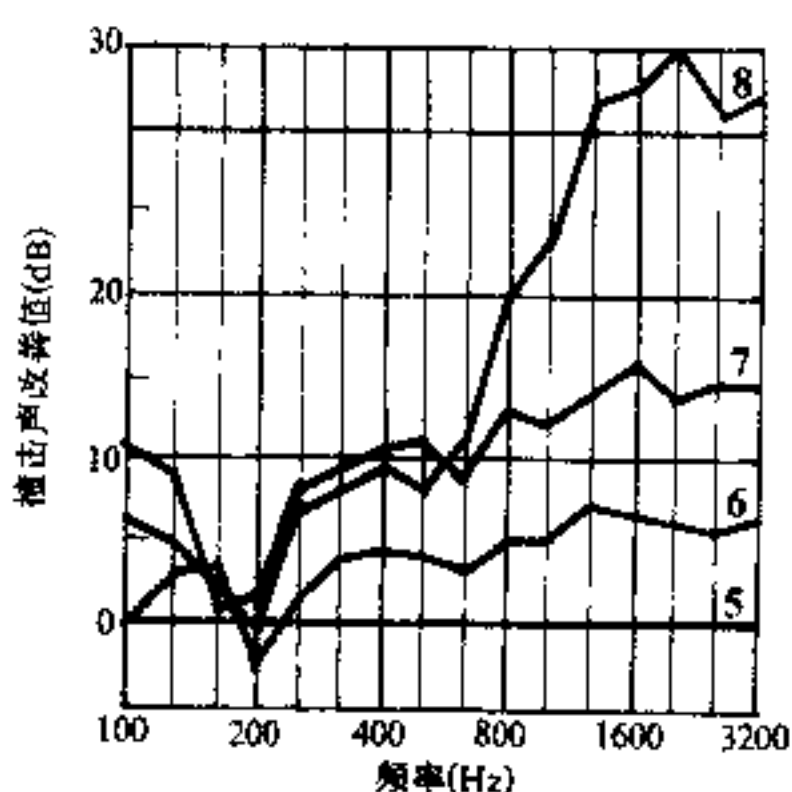
几种垫层材料容重 M 和弹性模量 E 表3

材料名称	M (kg/m ³)	E (N/m ²)
加气混凝土	600	1.5×10^9
杉木	400	5.0×10^9
软质纤维板	500	7.0×10^8
水泥木丝板	600	2.0×10^8
弹性橡胶	950	$15 \sim 50 \times 10^6$
聚乙烯泡沫	77	1.7×10^7
乙烯基纤维	43	1.7×10^7
苯乙烯泡沫	15	2.5×10^6

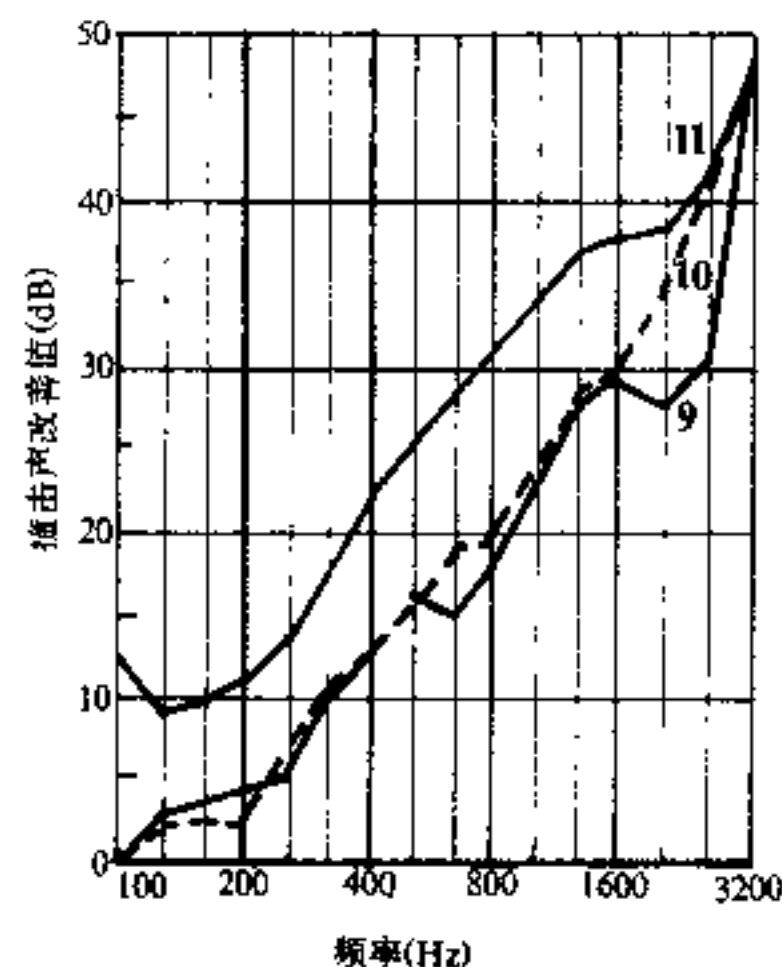
二、隔声楼板类型及效果



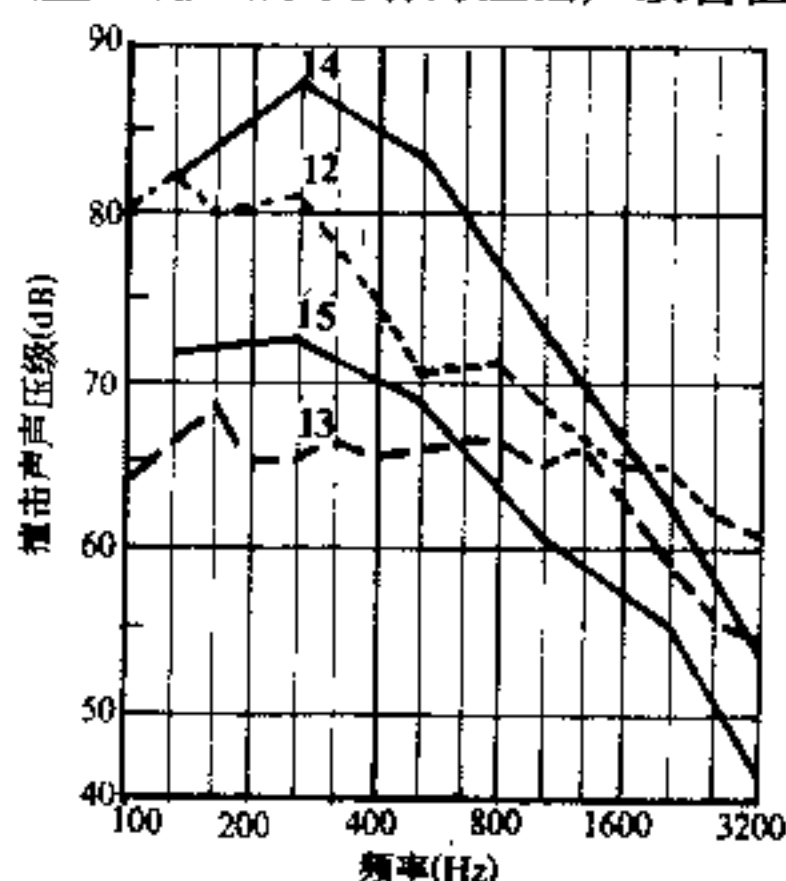
1 面层材料的撞击声改善值



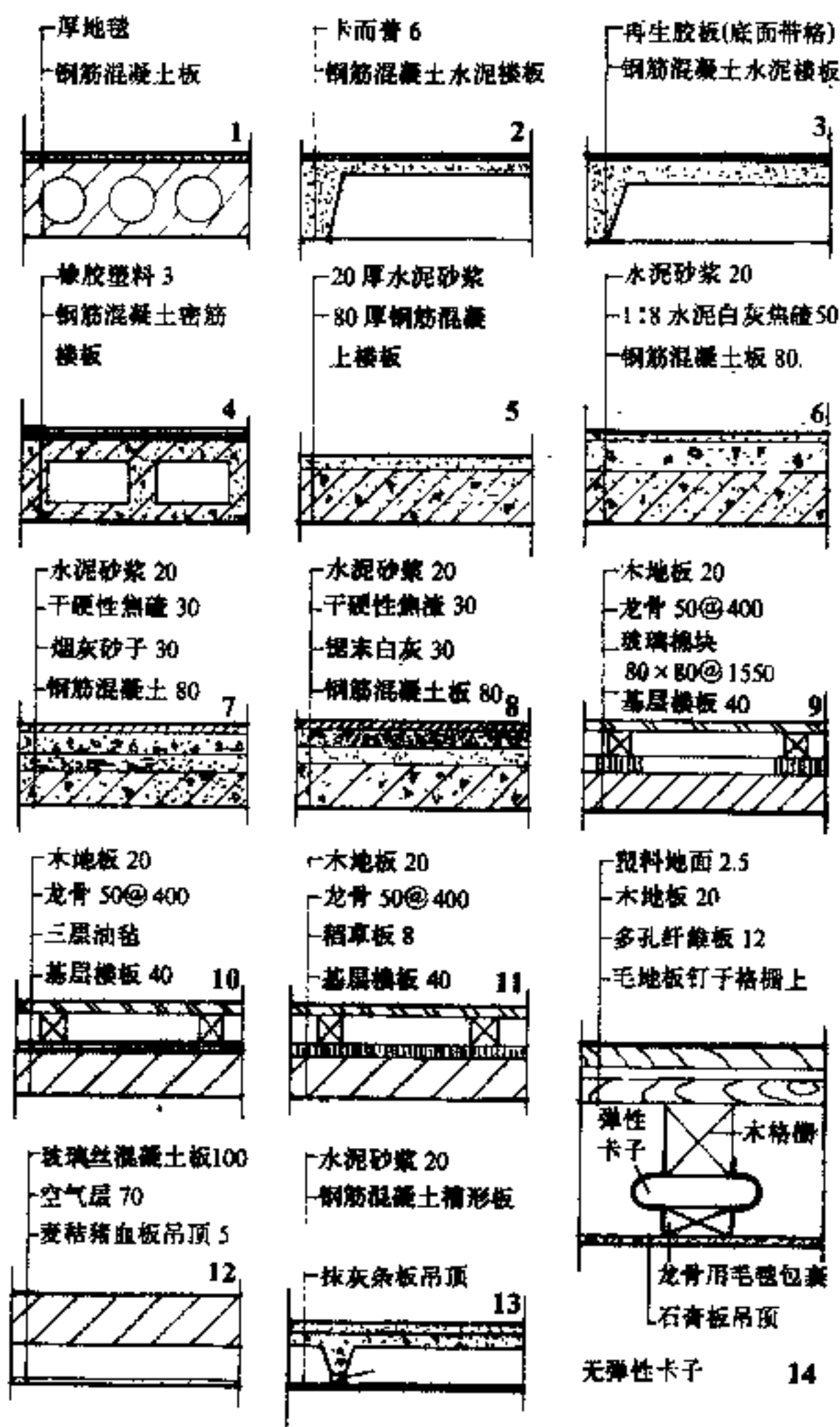
2 复合垫层构造的撞击声改善值



3 垫层浮筑结构撞击声改善值



4 吊顶结构的撞击声声压级



门和窗的隔声

一、建筑外窗隔声性能分级(GB8485-87)

等级	R_w 值的范围	相应的窗型
I	$R_w \geq 45$	双层固定窗, 分立双层墙上的平开窗
II	$45 > R_w \geq 40$	双层平开铝、塑窗, 固定—平开双层窗
III	$40 > R_w \geq 35$	叠合玻璃固定窗, 双层平开铝窗
IV	$35 > R_w \geq 30$	平开铝、塑窗, 中空玻璃窗, 固定窗
V	$30 > R_w \geq 25$	平开铝、塑窗, 部分密封钢窗
VI	$25 > R_w \geq 20$	平开钢窗, 部分推拉窗

二、双道门隔声量的计算

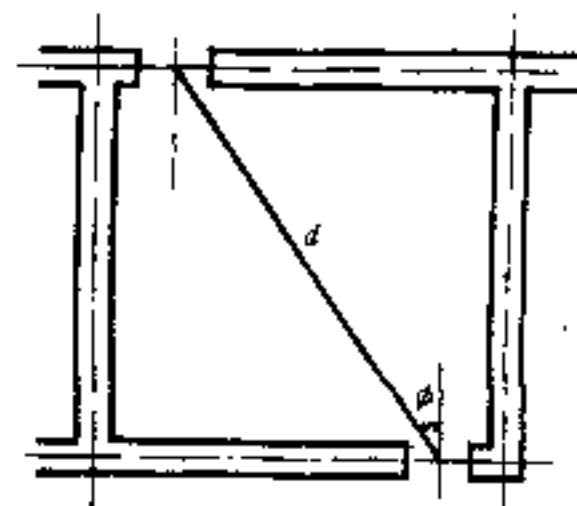
双道门的隔声机理与双层墙相同, 可采用同一公式计算其隔声量[10]

若将双道门的间距增大并形成门斗, 其内表面作吸声处理即构成“声闸”, 并能获得较高的隔声量, 由于“声闸”而增加的隔声量 N 可由下式计算:

$$N = 10 \lg \frac{1}{S \left(\frac{\cos \phi}{2\pi d} + \frac{1-\bar{\alpha}}{A} \right)}$$

式中: S ——门扇面积(m²); ϕ ——直线 d 与门法线的夹角; d ——两门中心距离(m);

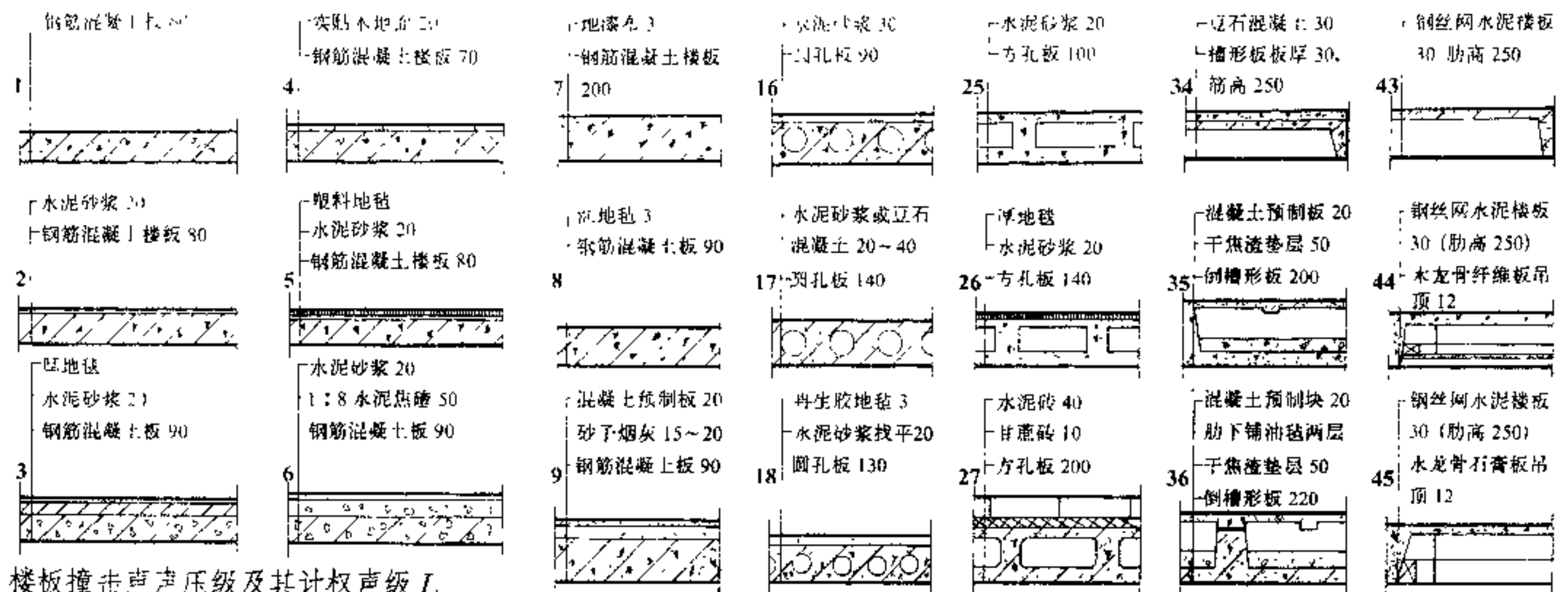
$\bar{\alpha}$ ——内表面平均吸声系数; A ——声闸内总吸声量



墙板空气声隔声量及计权隔声量 R_w 表 1

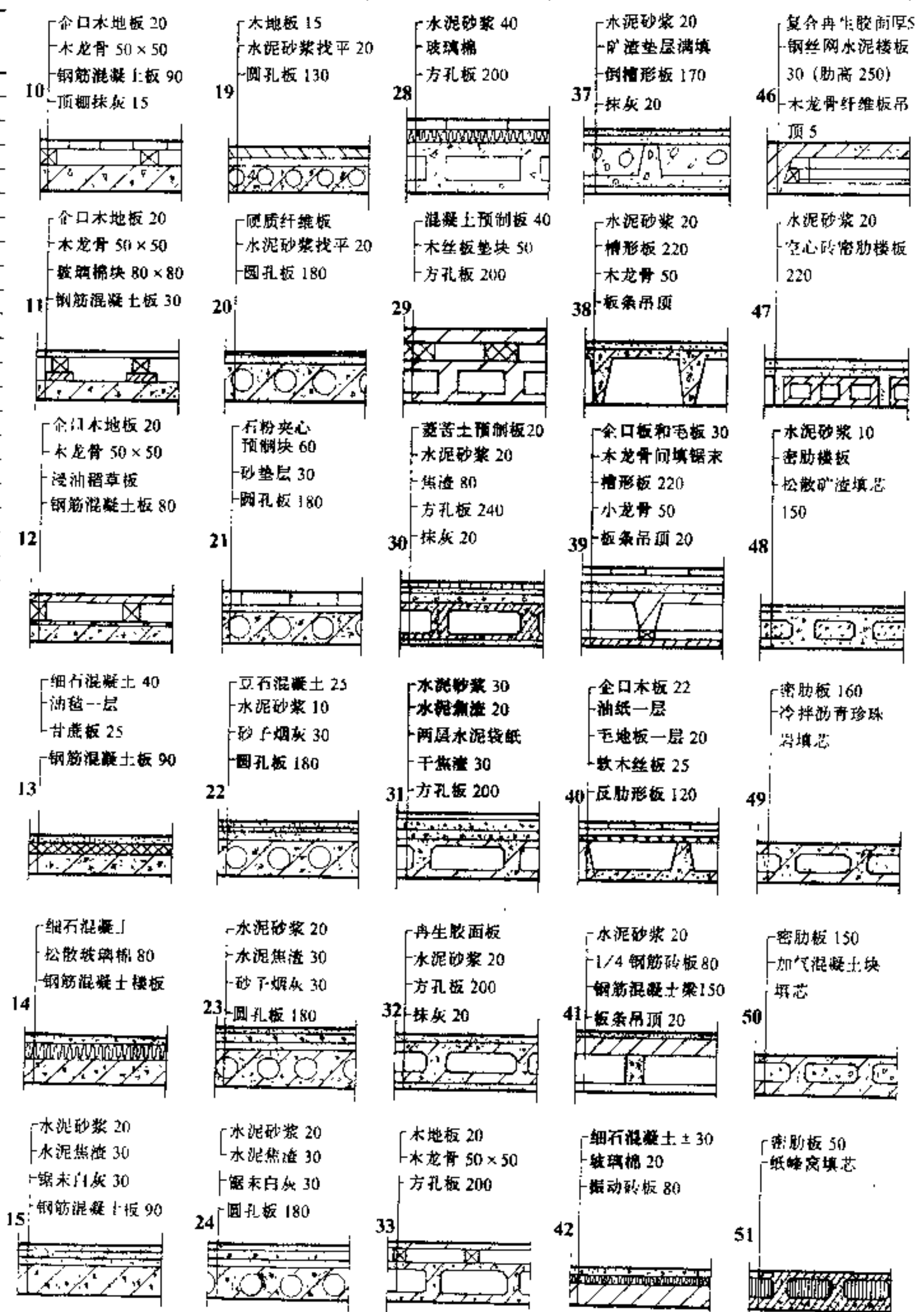
序号	面密度 (kg/m ²)	空气声隔声量 (dB)						R_w
		125	250	500	1000	2000	4000	
1	11	16.3	24.3	27.3	31.6	34.7	35	31
2	17.1	24.1	26.1	28.9	25.8	30.2	34.9	28
3	11.8	22	25	28	34	29	34	31
4	8.8	24	21	26	31	30	30	28
5	15.4	21	22	24	32	35	35	31
6		26	31	30	29	36	40	32
7	50	30	28	27	33	41	45	33
8	8.7	18	19	22	29	34	32	29
9	23	20	27	33	37	37	37	35
10	30	18	23	23	23	33	35	28
11	70	30	30	30	40	50	56	38
12	140	29	36	39	46	54	55	44
13	160	31	37	41	45	51	55	46
14	220	34	37	38	45	46	56	44
15	450	35	41	49	51	58	60	52
16	300	37.2	44	46.2	49.2	53.7	52.3	50
17	210	33	38	41	46	53	52	46
18	160	26	30	30	34	41	40	35
19	240	37	34	41	48	55	53	47
20	480	42	43	49	57	64	62	55
21	700	40	48	52	60	63	60	57
22	833	45	58	61	65	66	68	62
23	180	31	40	39	47	52	55	46
24	298	21	21	31	33	42	46	33
25	238	32	31	40	43	49	56	42
26	27.6	37	34	42	47	47	58	45
27	46	36	44	59	57	60	61	55
28	25	27	29	35	43	42	44	38
29	45	35	35	43	51	58	51	46
30	40	34	34	41	48	56	54	45
31	24	30	40	48	57	58	59	50
32	92	35.8	36.5	40.3	46.5	57.5	66	45
33	140	39	49	49	56	66	70	54
34	140	40	50	50	57	65	70	55
35	140	40	52	51	59	71	76	58
36	258	25	28	33	47	50	47	38
37	800	50	51	58	71	78	86	63
38	960	46	55	65	80	95	103	68
39	1400	61	79	80	89	89	—	85
40	720	37	45	47	67	66	78	52
41	1660	51	61	69	81	95	—	73
42	48	37	42	38	46	58	65	45
43	200	38	45	47	58	63	62	52
44	22	22	36	45	52	56	55	46
45	11.2	21	31	40	57	61	60	42
46	12.8	24	31	45	56	61	64	43
47	8.7	17	29	40	55	60	56	39
48	8.0	21	26	36	56	64	61	38
49	13.3	24	36	48	58	63	63	46
50	12.6	21	39	41	55	61	66	41
51	21.7	27	40	49	57	58	60	48
52	23.2	30	42	50	58	61	64	51
53	31.1	31	41	44	50	50	58	48
54	29	34	40	48	51	57	49	49
55	62	40	51	58	63	64	57	52
56	42	36	47	51	58	62	52	55
57	86	38	42	38	46	57	67	46
58	35.6	27	36	39	45	51	51	44
59	500	44	52	58	75	84	72	63
60	1158	40	55	70	79	82	—	64
61	1158	47	59	73	82	82	—	70
62	1206	53	65	69	78	81	—	74
63	966	45	60	60	74	83	—	67
64	966	51	63	72	76	82	—	74
65	378	40	62	73	84	—	—	65





楼板撞击声声压级及其计权声级 $L_{pn,w}$

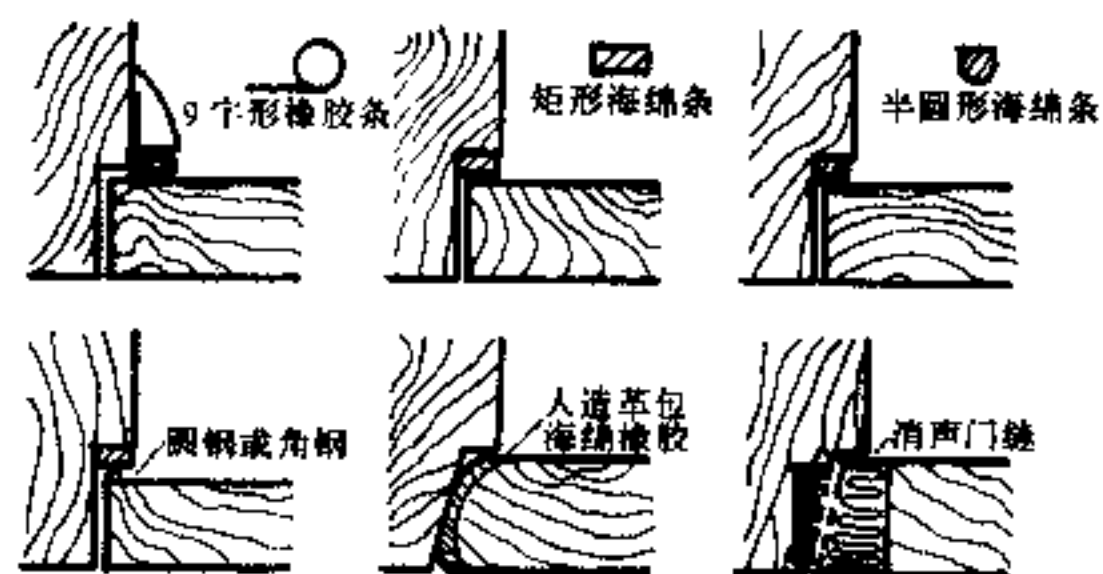
序 号	撞击声声压级 (dB)						$L_{pn,w}$
	125	250	500	1000	2000	3150	
1	77.6	83.6	90.0	94.2	90.7	85.8	97
2	74.3	82.0	85.3	87.3	83.0	78.5	89
3	65.3	68.5	62.4	53.3	53.4	52.3	62
4	72.1	74.4	76.5	71.3	62.5	58.5	69
5	71.5	75.7	78.3	78.5	77.5	73.7	85
6	72.2	79.8	81.6	81.3	77.2	72	84
7	70	77	80	75	62	—	74
8	59	73	74	73	59	53	60
9	82.7	85.0	86.0	79.3	68.0	56.1	83
10	63.0	65.0	56.0	48.0	42.0	38	58
11	70	70	70	60	56	40	68
12	62	61	63	58	46	32	58
13	61	59	66	59	52	47	61
14	54.8	55.3	59.4	61.1	50.3	48.2	58
15	71.1	74.4	75.5	64.6	53.3	47.1	72
16	71.0	75.0	75.3	75.8	70.5	73.8	81
17	67.6	70.3	72.0	74.7	75.4	72.0	82
18	64.4	69.0	68.7	66.0	61.7	52.9	69
19	69.5	73.3	76.0	70.5	62.0	56.8	72
20	70.5	75.2	80.2	81.4	82.8	84.3	90
21	71.2	74.5	73.4	70.3	65.3	56.6	74
22	68.7	75.9	79.4	78.1	76.8	72.0	84
23	66.3	72.9	77.4	81.6	74.7	71.1	83
24	65	72	72	59	43	40	67
25	73.6	77.7	80.2	81.9	80.2	78.5	87
26	64.6	61.5	54.8	45.5	34.2	26	58
27	71	66	60	54	43	37	64
28	46	55	62	54	47	44	57
29	57	58.1	58.9	60.2	54	46	61
30	74.0	76.0	76.5	78.5	70.0	68.0	77
31	74.7	79.0	78.6	77.4	70.1	62.5	77
32	65.0	70.5	70.5	65.0	48.0	40.0	66
33	70.1	74.6	71.1	65.2	58.9	55.0	69
34	74.0	81.0	86.0	88.5	87.0	83	94
35	83.9	80.9	81.2	78.3	72.1	67	80
36	79.7	74.2	75.2	69.1	59	50.5	73
37	70	70	68	66	58	50	67
38	71.3	70.2	69.6	69.8	64.2	60.5	71
39	65.6	66.5	63.2	52.0	41.7	35.5	61
40	71.5	72.5	69.0	65.0	50.0	36.5	67
41	79.1	78.2	78.4	73.0	65.5	59	65
42	69.0	69.0	66.0	61.0	63.0	64.5	70
43	80.0	84.8	92.5	96.5	95.7	91.8	103
44	76.7	79.5	81.0	80.7	78.0	72.8	85
45	77.5	77.8	77.9	80.6	81.0	79.2	88
46	74.5	77.5	75.5	69.0	52.0	37.5	72
47	69.9	74.7	77.8	79	77.2	—	84
48	74.1	76.4	76.6	77.0	75.1	—	82
49	71.8	77.5	79.2	81.8	79.0	—	86
50	72.0	76.8	83.0	86.7	86.8	80	94
51	73.8	80.3	86.3	87.8	85.3	76	92



门和窗的空气声隔声量和计权隔声量 R_w

序号	类别	说明	空气声隔声量 (dB)						R_w
			125	250	500	1000	2000	3150	
1	单层玻璃	3mm 玻璃	15.7	20.5	25.8	31.1	35.4	35.6	30
2		4mm 玻璃	13.5	23.0	27.4	33.5	35.9	28.7	31
3		5mm 玻璃	19.1	24.6	28.6	34.6	32.4	31.3	32
4		6mm 玻璃	19.6	24.0	30.9	35.1	28.4	34.4	32
5		8mm 玻璃	20.5	26.2	33.9	33.9	27.3	36.2	31
6	中空玻璃	5/6/5	24.5	21.1	27.4	34.1	36.1	34.6	32
7		5/9/5	27.3	19.8	30.3	35.1	35.2	33.8	32
8		5/13/5	26.9	22.4	31.4	35.8	38.4	35.8	33
9		6/6/6	32.2	20.9	27.2	36.4	31.1	38.9	32
10		5/6/5/6/5	35.3	28.8	31.7	37.7	35.5	36.6	36
11	各类成品窗	钢推拉窗	19.4	21.1	19.6	20.7	18.7	20.5	20
12		一般钢窗	12.7	15.1	22.2	23.9	20.1	23.5	22
13		密封钢窗	17.5	16.6	25.8	28.7	31.5	32.4	28
14		塑料平开窗	20.7	26.5	27.4	30.7	33.8	32.3	31
15		铝平开窗	25.3	22.9	27.7	35.2	34.4	33.0	31
16	隔声窗	双层木窗	27.7	33.6	42.8	50.6	57.0	59.5	47
17		铝框固定窗	40.6	39.8	57.7	65.8	74.5	69.2	53
18		铝框固定窗	42.4	49.2	59.8	64.8	73.1	72.2	61
19		双层玻璃木窗	30.1	36.4	46.7	57.2	57.4	53.0	49
20		三层玻璃窗	44	53	55	68	60	71	60
21		有机玻璃窗	45	52	59	69	75	75	63
22		双层固定木窗	26.1	37.3	40.6	46.8	47.9	51.1	45
23		双层固定塑料窗	27.8	35.2	43.7	49.7	54.3	54.2	45
24	成品门	木质	14.6	14.5	24.1	27.4	26.6	22.6	24
25		塑料	16.9	20.4	20.7	20.9	19.4	21.3	21
26	隔声门	空腹钢门	11.4	22.3	22.6	24.7	23.4	20.2	23
27		金属隔声门	31.4	41.6	45.2	48.0	48.9	52.0	47
28		磁条密封隔声门	23.9	35.9	34.7	39.0	43.4	48.2	39
29		充气隔声门	37.0	40.0	53.0	64.0	68.0	84.0	56
30		隔声防火门	26.3	39.6	41.1	42.2	48.4	49.9	43
31		消声门缝钢门	26.8	25.8	26.3	41.1	44.3	36.2	35
32		消声门缝铝门	22.8	24.2	23.5	34.3	40.2	33.6	30
33		多层复合板门	28.6	23.4	26.7	33.7	40.4	40.7	33
34		J649 标准门	36.1	39.6	39.8	50.2	50.4	53.7	44
34		双道推拉充气门	48.0	49.0	46.5	56.0	56.0	58	53
36		声 闸	44	51	60	62	57	57	58
37		声 闸	45	44	52	48	50	55	50

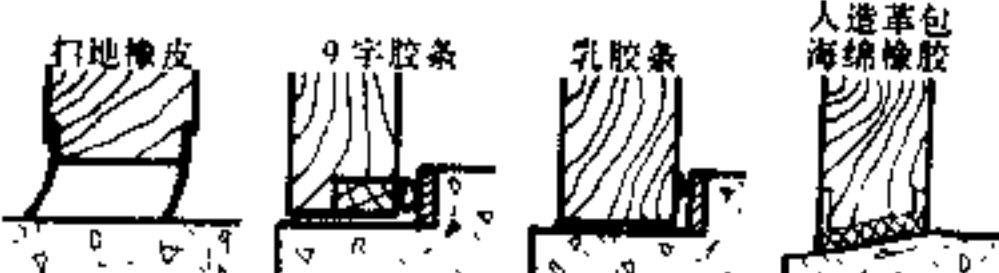
隔声门门缝常用密封方法



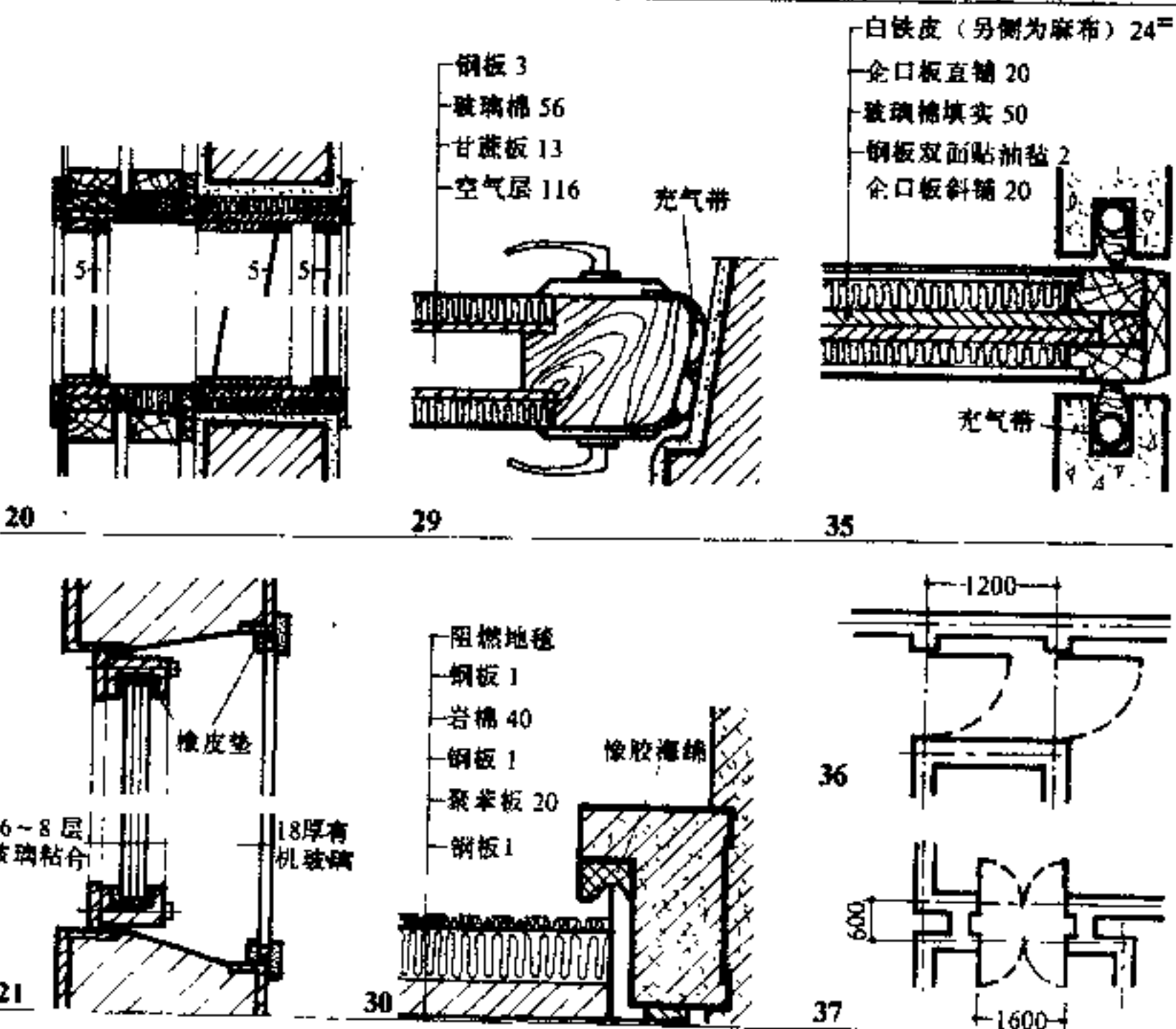
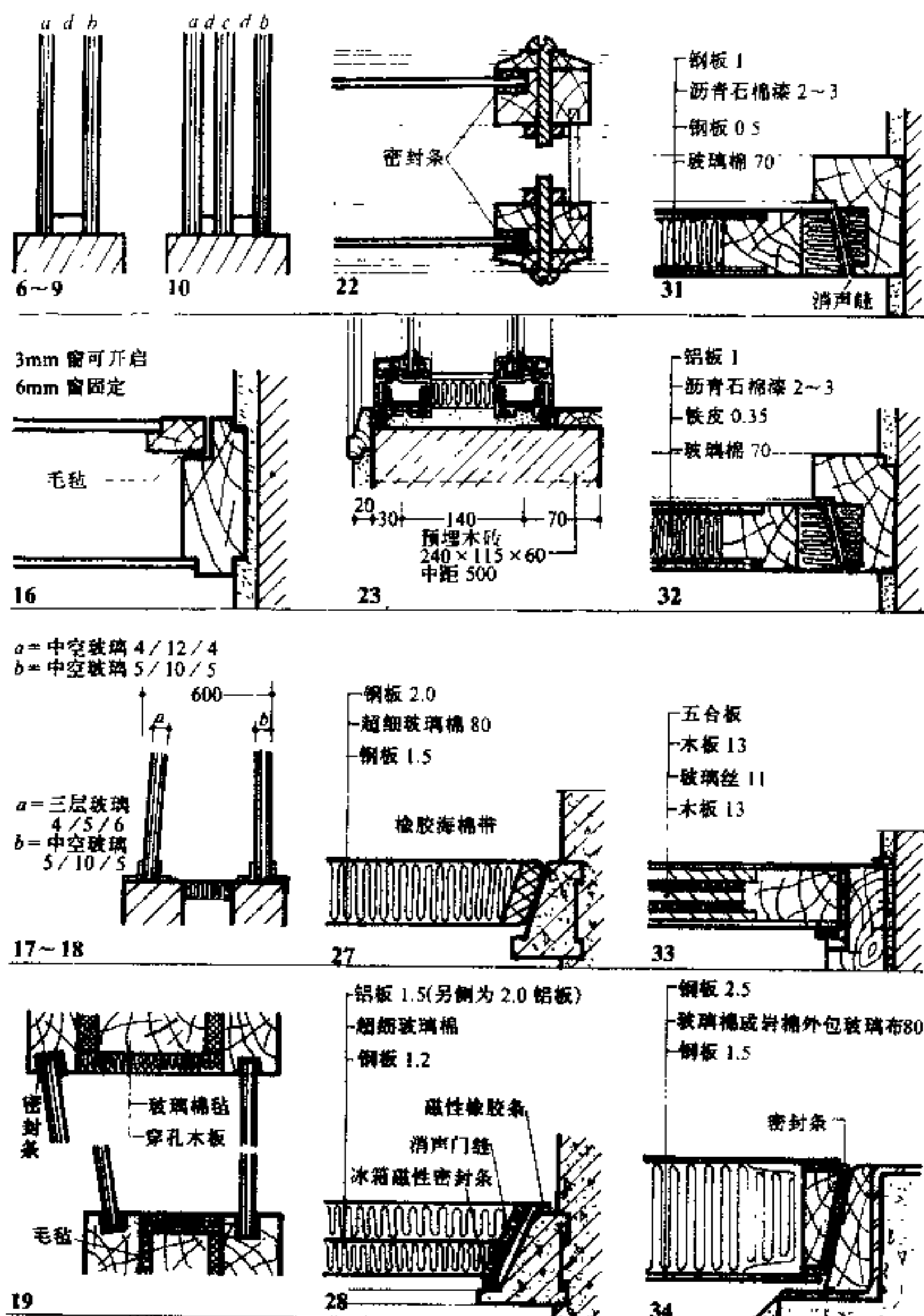
1 门扇与门框间缝隙的密封



2 双扇门碰头缝的密封



3 门槛缝的密封



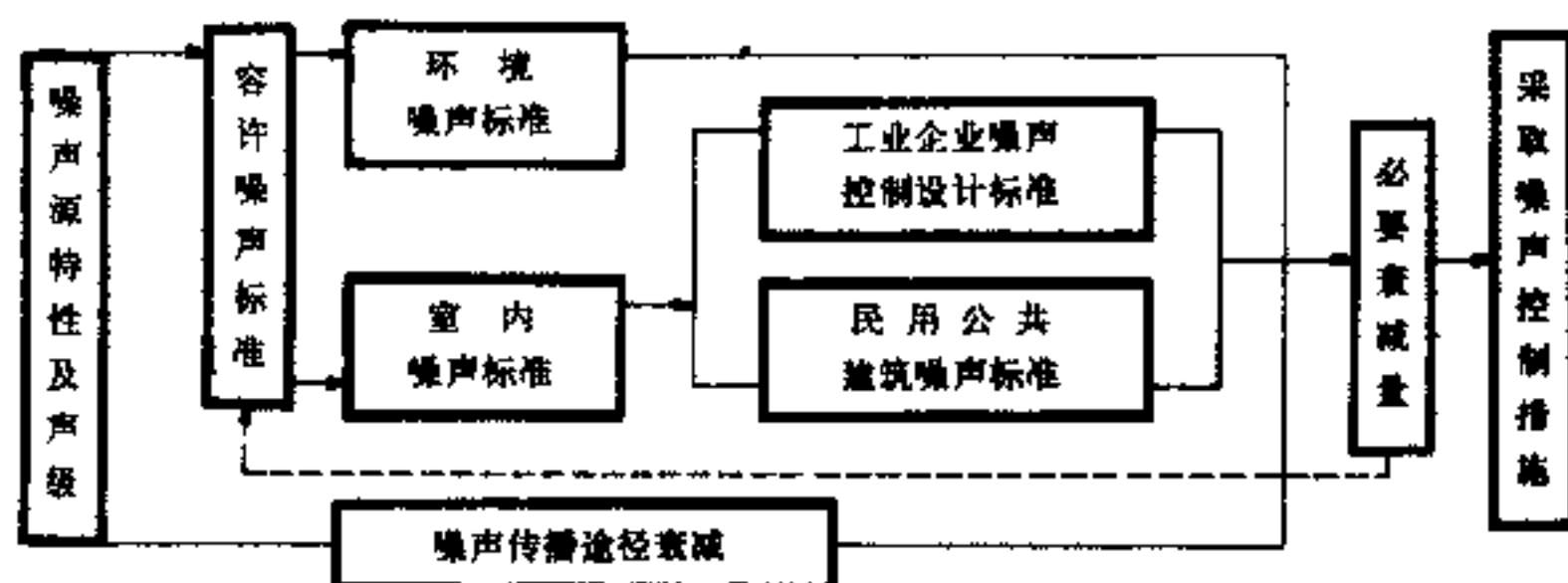
噪声控制的途径

噪声控制方法及措施

表 1

部位	方 法	措 施
声源	1.降低声源的发声强度 2.改变声源的频率特性, 呈现特性或方向性 3.避免声源与其相邻传递媒质的耦合	改善设备等 改善声源本身的设计及安装方位等 机座的减振设备等
传递过程	1.增加传递途径 2.吸收或限制传递途径上的声能 3.利用不连续媒质表面的反射和阻挡	尽量远离噪声源 采用吸声处理及利用温度、风向、湿度、气压、绿化的影响等 采用隔声处理
接收	1.控制暴露时间 2.采用防护器具 3.降低到达听者耳朵附近的声强	适当调换工作时间或轮流工作等 90dB 以上时, 可用耳塞等方法 用电子控制技术, 抵消噪声

噪声控制设计程序图

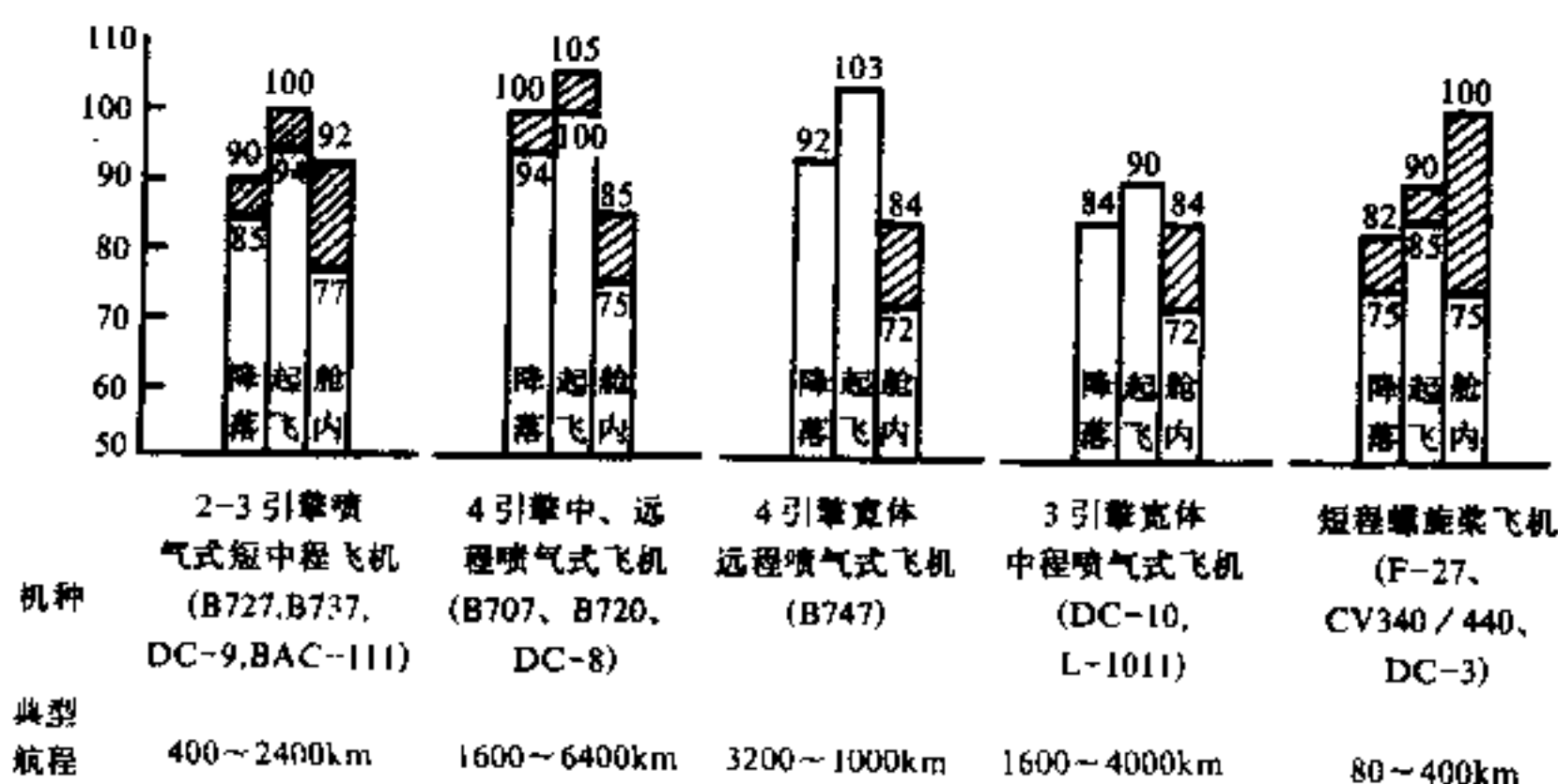


铁路机车运转时的一些典型噪声

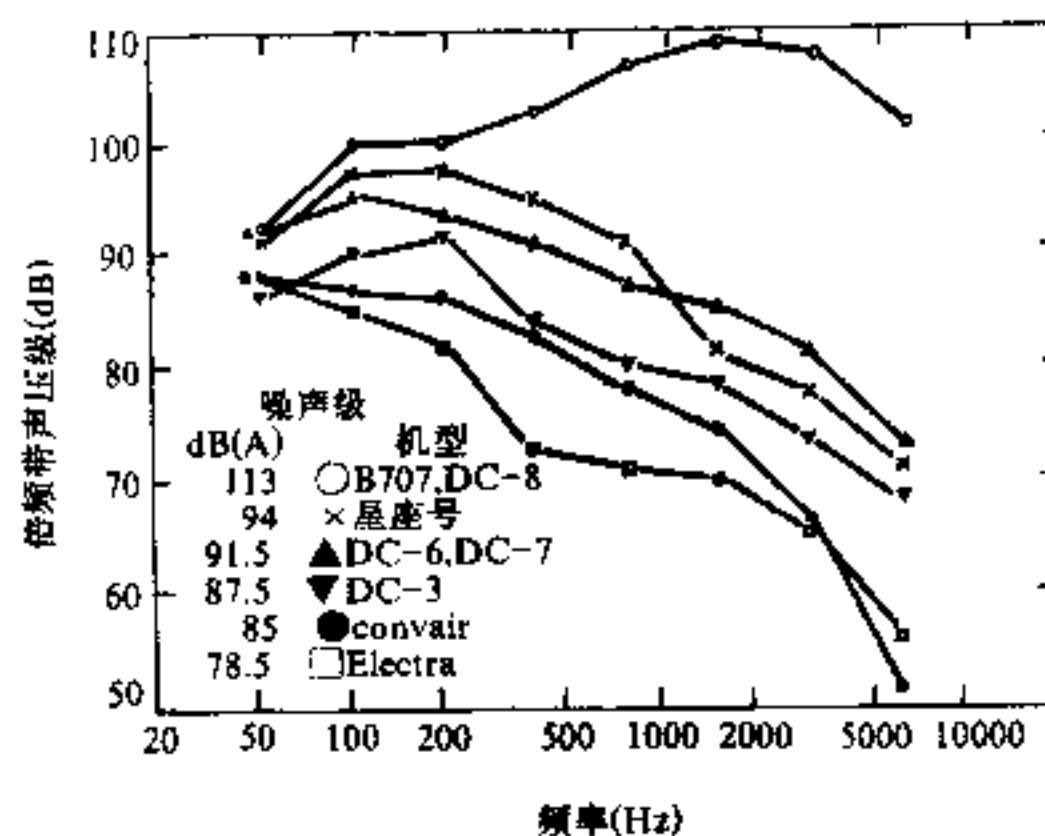
表 2

声 源	测 距	声 级 (dBA)
汽 笛	10	128~132
风 笛	10	90~100
电 力 机 车	司机室内	82~87
内 燃 机 车	机器间	98~101
机 器 间	99~108	
蒸汽机车	司机室内	116~120
司 机 室 内	100	
列 车 (60km/h)	5	106
蒸汽机车安全阀排气	5	120~130
蒸汽机车烟囱排气	5	118
车厢挂钩碰撞	5	105

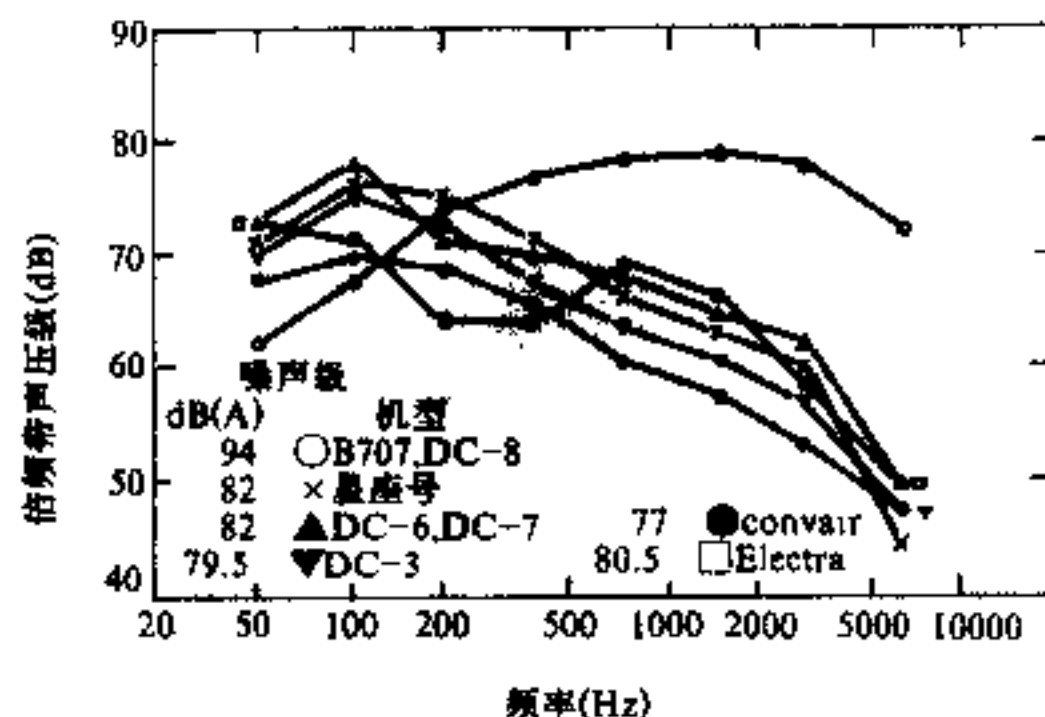
几种常用民航客机的噪声级



1 几种常用民航客机的噪声级



a



b

2 几种飞机在 300m 高时在地面的噪声平均频谱

各种机动车辆 7.5m 处的噪声 (dBA, 快档测) 表 3

车 辆 型 号	载重量(t)	加速噪声	匀速噪声
上海 161	15	93	91
解放	4	89	85
解放(新消声器)	4	81	79
交通 141	4	87	85
无锡	4	88	84
北京 130	2	89	80
上海 130	2	88	80
南京跃进	2.5	88	83
北京 130(新消声器)	2	84	77
南京 701	2	88	85
北京 661 大客车		87	83
北京 212 吉普		85	79
上海 211 吉普		88	80
南京旅行车		87	83
上海轿车		83	72
红旗轿车		82	74
铁牛-55 拖拉机		90	86
东方红-40 拖拉机		88	84
南京大客车		84	83
日本 ISUZU 卡车	8	89	84
日本丰田卡车	2	89	81
前苏联吉尔	4	89	84
捷克斯柯达大客车		88	84
日本三菱卡车	3.5	86	84
波兰华沙轿车		81	73
日本大丰田轿车		81	73
德国本茨轿车		82	72
北京 130	2	89	80



图 1a 某地区地质剖面图

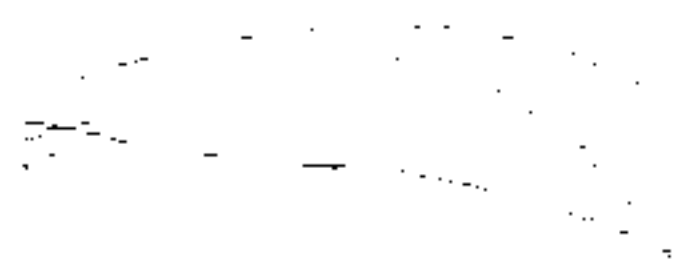


图 1b 某地区地质剖面图



图 1c 某地区地质剖面图



图 1d 某地区地质剖面图



图 1e 某地区地质剖面图

图 1f 某地区地质剖面图

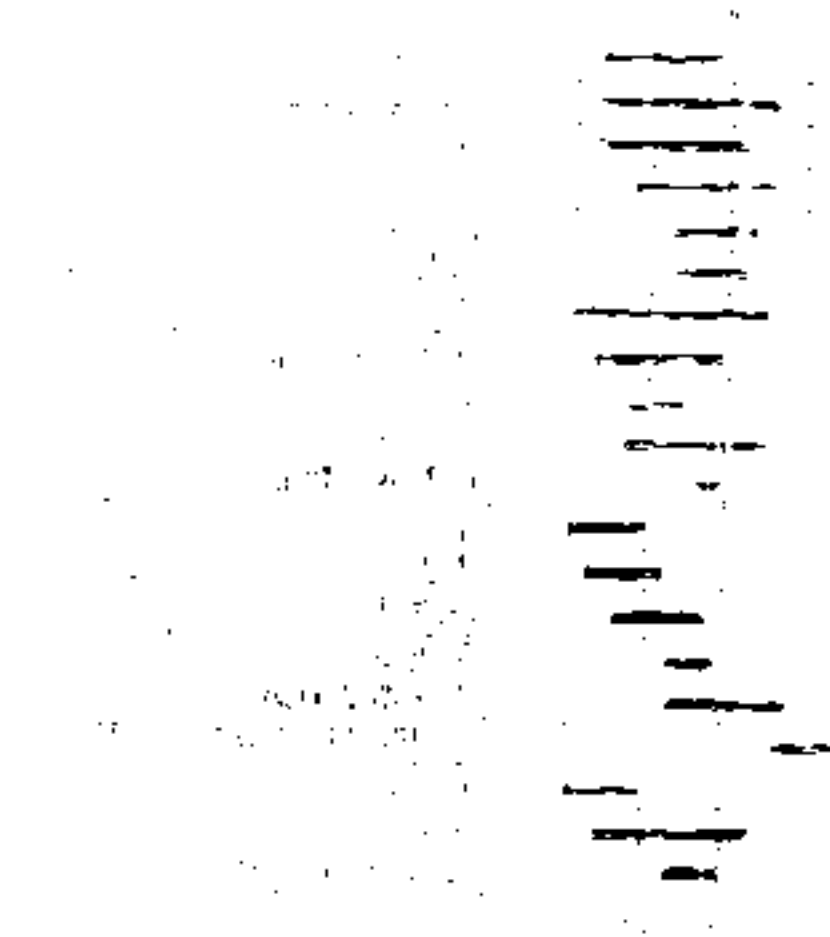


图 1g 某地区地质剖面图

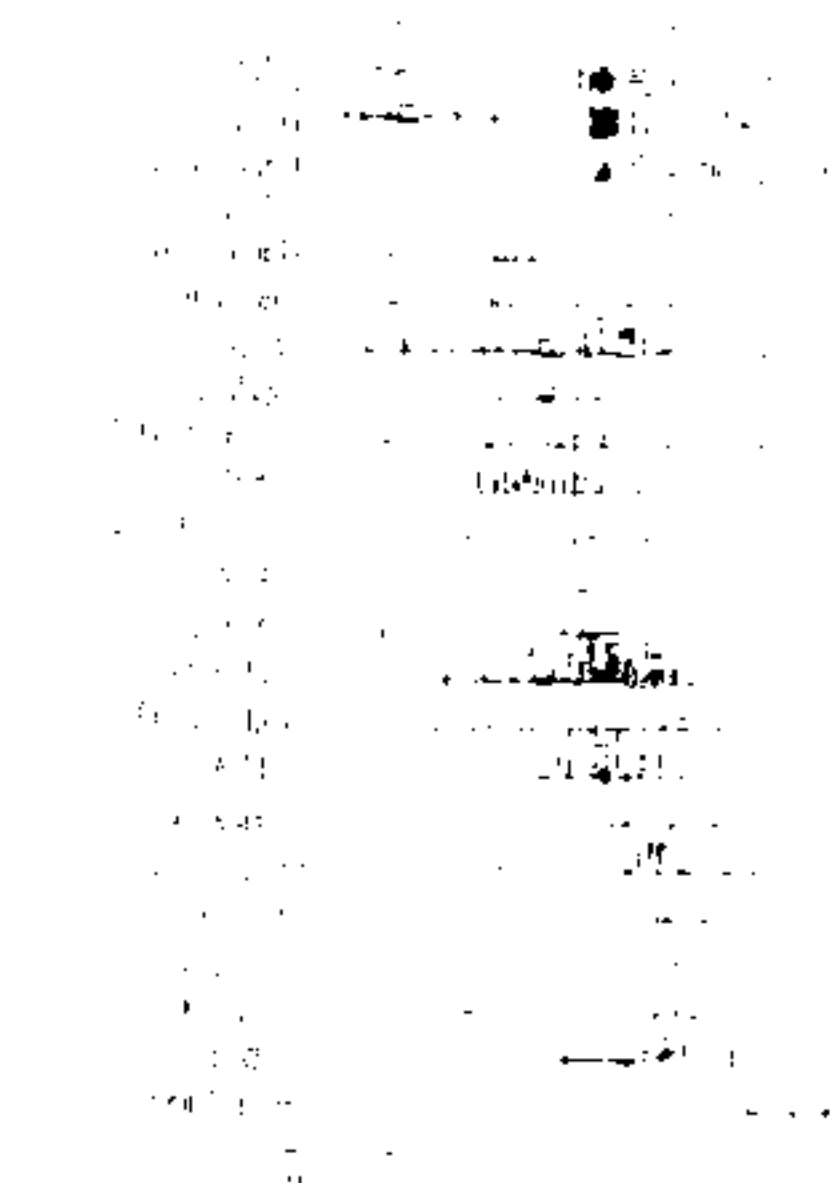


图 1h 某地区地质剖面图

图 1i 某地区地质剖面图

噪声对人体的危害

- 破坏：大于150dB时，立即破坏听觉器官。
- 损失听觉：损失：局部或全部逐渐损失听觉，永远不能恢复。
- 疲劳：暂时的听力衰退。
- 干涉听觉：语言清晰度降低，音乐及讯号受到干扰。
- 其它危害：易烦恼与疲劳：降低工作效率影响睡眠。
- 影响人体的新陈代谢：消化衰退与血压增高。

工业企业噪声控制设计标准

表1

工业厂区内各类地点		噪声限值
生产车间及作业场所		90*
高噪声车间设置的值班室、观察室、休息室	无电话通讯要求时	75**
	有电话通讯要求时	70**
精密装配线，精密加工车间的工作地点，计算机房（正常工作状态）		70
车间所属办公室、实验室、设计室		70**
主控制室、集中控制室、通讯室、电话总机室、消防值班室（室内背景噪声级）		60
厂部所属办公室、会议室、设计室、中心实验室（包括试验、化验、计量室）		60**
医务室、教室、哺乳室、托儿所、工人值班宿舍（室内背景噪声级）		55

注：*工人每天连续接触噪声8小时，不足8小时可按时间减半噪声限制值增加3dB原则，确定噪声限制值，最高不得超过115dB(A)。

**指室内无噪声源发声的条件下，从室外传入室内的平均噪声级。

民用建筑容许噪声标准

表2

房间名称	容许噪声标准(A声级)			
	一级	二级	三级	四级
卧室(或卧室兼起居室)	≤40	≤45	≤50	
起居室	≤45	≤50	≤55	
学校教学用房	≤40*	≤50**	≤55***	
病房、医护人员休息室	≤40	≤45	≤50	
门诊室		≤60	≤65	
手术室		≤45	≤50	
听力测试室		≤25	≤30	
旅馆客房	≤35	≤40	≤45	≤50
会议室	≤40	≤45	≤50	≤55
多用途大厅	≤40	≤45	≤50	
办公室	≤45	≤50	≤55	≤60
餐厅、宴会厅	≤50	≤55	≤60	

注：*特殊安静要求房间指语言教室、录音室、阅览室等。

**一般教室指普通教室、自然教室、音乐教室、琴房、阅览室、视听教室、美术教室、舞蹈教室等。

***无特殊要求的房间指健身房、以操作为主的实验室教师办公室及休息室等。

民用建筑容许噪声标准

表3

建筑名称	容许噪声标准(A声级)		
	甲等	乙等	丙等
剧场、观众厅	≤35	≤40	≤45
影院、观众厅	≤40	≤45	≤45
电影院、医院病房、小会议室	35~42		
教室、大会议室、电视演播室	30~38		
音乐厅、剧院	25~30		
测试室、广播录音室	20~30		

城市区域环境噪声标准 [GBB096-82]

单位等效声级 [dB(A)] 表4

适用区域	昼间	夜间
1.特殊住宅区	45	35
2.居民、文教区	50	40
3.一类混合区	55	45
4.二类混合区、商业中心区	60	50
5.工业集中区	65	55
6.交通干线道路两侧	70	55

暴露于稳态和断续噪声下的容许平均噪声级 [dB(A)]

表5

累计暴露时间	8小时工作日内间断暴露在噪声下次数						
	1	3	7	15	35	75	150以上
8小时	90						
6	91	92	93	94	94	94	94
4	93	94	95	96	98	99	100
2	96	98	100	103	106	109	112
1	99	102	105	109	114	(115)	
30分钟	102	106	110	114	(115)		
15	105	110	115				
8	108	115					
4	111						

时间不同的修正值(A声级, dB)

表6

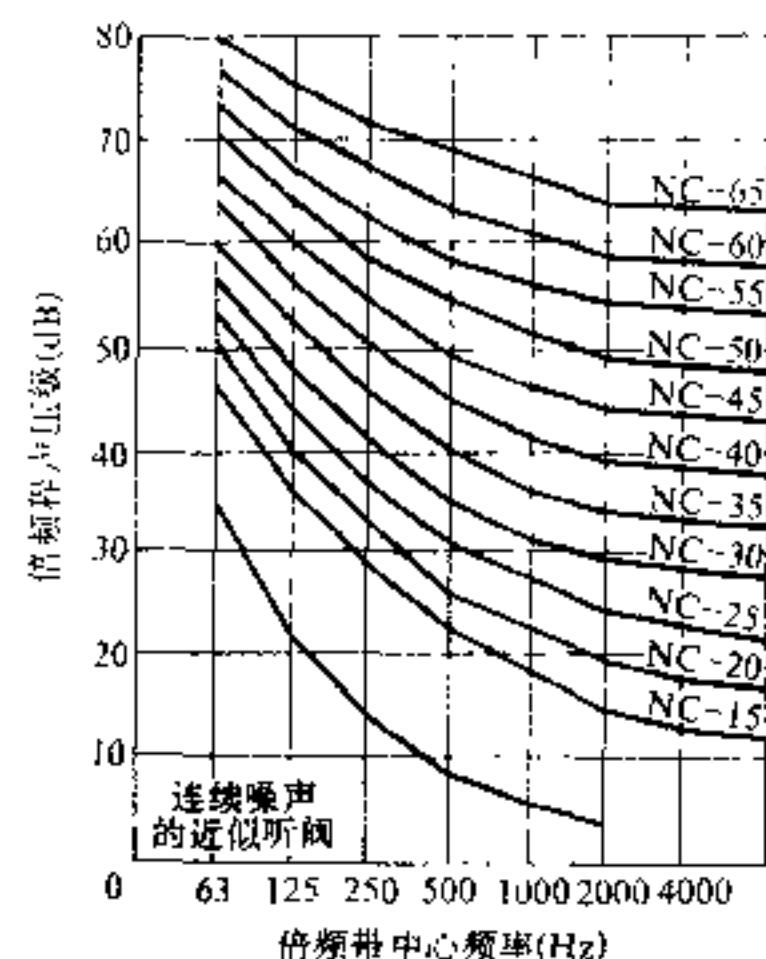
时间	修正值
昼间 (06:00~22:00)	0
夜间 (22:00~00:00)	-10

噪声特性不同的修正值(A声级, dB)

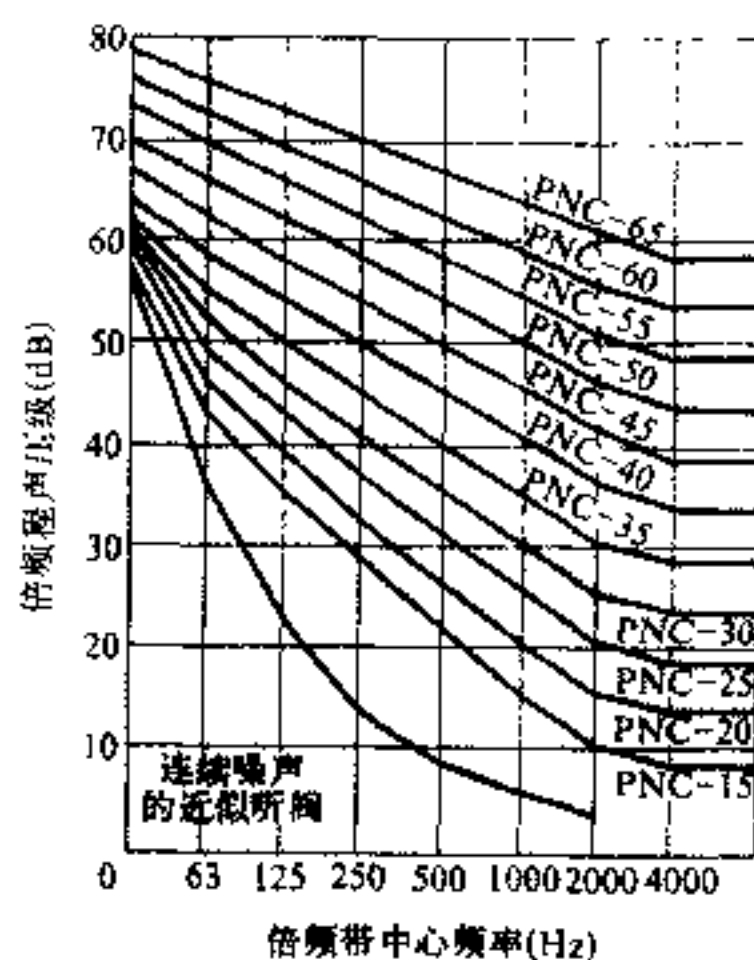
表7

噪声特性		修正值
稳态	持续稳定的噪声，脉冲性稳定噪声	0
非稳态	脉冲性稳定噪声（如撞击声等）	-5
噪声	含有可闻纯音的稳态噪声（如狗叫，蜜蜂嗡嗡声）	-5
非稳态噪声	间歇噪声在半小时以内，噪声与所占时间的百分数	
	100~56	0
	56~18	+5
	18~6	+10
	<6	+15
	声级随时间而起伏变化比较复杂噪声（如交通噪声）	0*

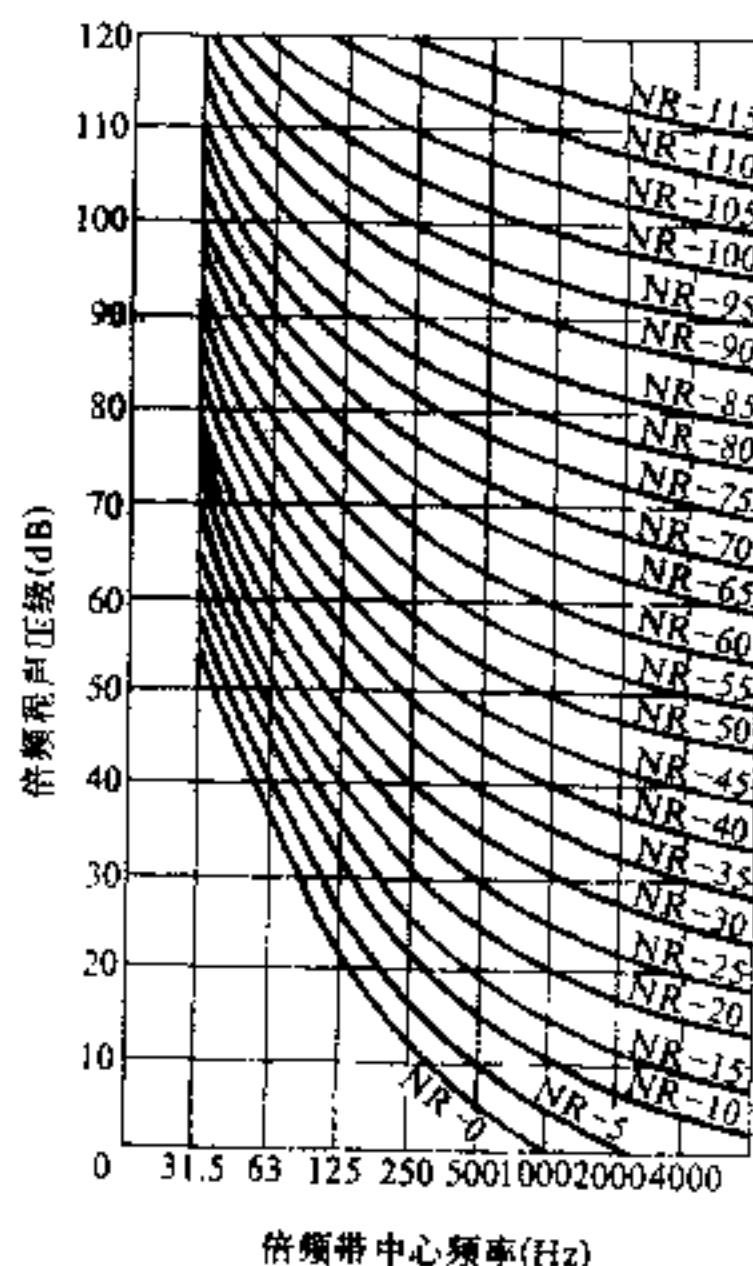
*此时容许噪声用等效（连续A）声级



1 NC 噪声评价曲线



2 NPC 噪声评价曲线



3 NR 噪声评价曲线

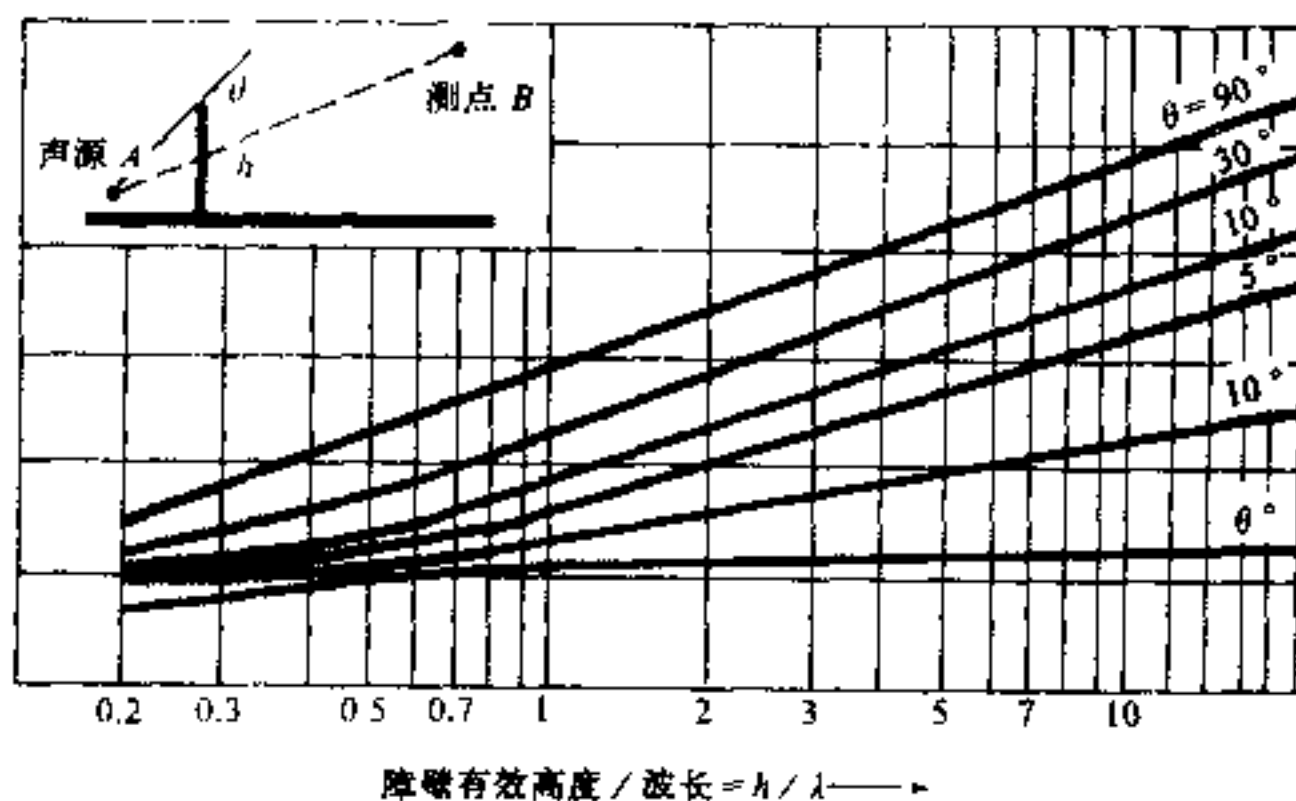
A 噪声级 L_A 换算噪声评价曲线 NR

$NR = L_A - 5$

声波在大气中传播时的衰减系数 $\text{dB}/100\text{m}$

温度	相对湿度 (%)	频率 (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
30℃ (86°F)	30	0.04	0.15	0.38	0.68	1.2	3.2
	50	0.03	0.10	0.33	0.75	1.3	2.5
	70	0.02	0.08	0.27	0.74	1.4	2.5
20℃ (68°F)	30	0.05	0.14	0.27	0.51	1.3	4.4
	50	0.04	0.12	0.28	0.50	1.0	2.8
	70	0.03	0.10	0.27	0.54	0.96	2.3
10℃ (50°F)	30	0.05	0.11	0.22	0.61	2.1	7.0
	50	0.04	0.11	0.20	0.41	1.2	4.2
	70	0.04	0.10	0.20	0.38	0.92	3.0
0℃ (32°F)	30	0.04	0.10	0.31	1.08	3.3	7.4
	50	0.04	0.08	0.19	0.60	2.1	6.7
	70	0.04	0.08	0.16	0.42	1.4	5.1

注: 温度和相对湿度中间值的大气衰减系数可用内插法求得。

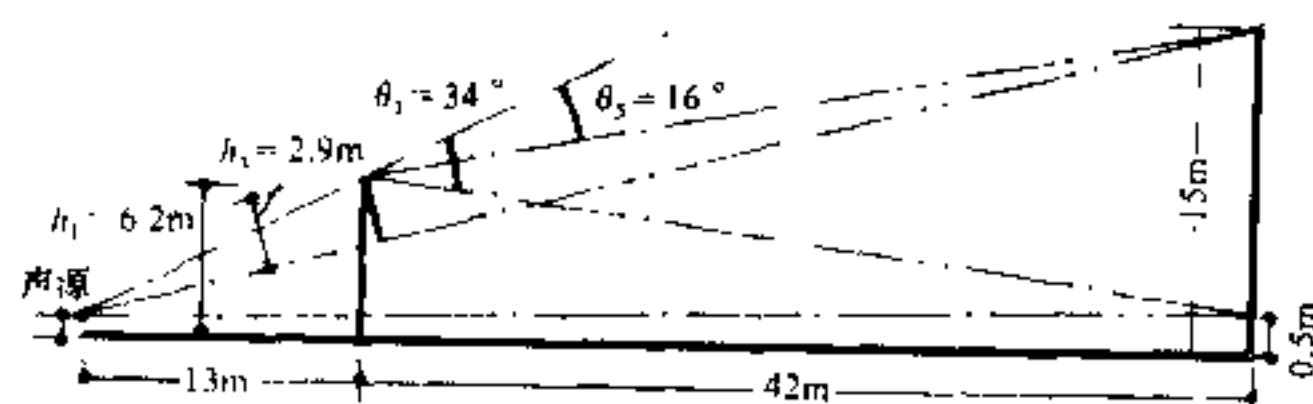


1 障壁的衰减作用

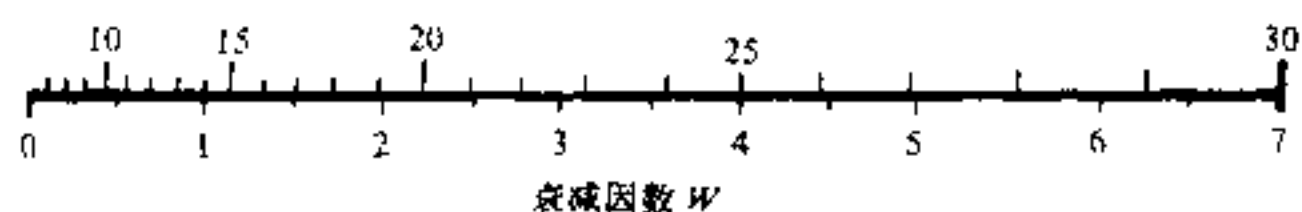
室外噪声的衰减计算举例:

试计算以建筑物为障壁对噪声的减弱作用

1. 确定噪声声级, 采用公路噪声的上限值, 列于下例第 2 栏中。
2. 将声级 C 网络数据修正为 A 网络数据, 列于下表第 3 栏中。
3. 确定因距离增加而衰减的声级, 按图 1, 采用平均行车距离 $S=100\text{m}$ 曲线, 声压降低值为 15dB 。求得距声源 55m 处声级, 列于下表第 4 栏中。
4. 根据图 1 作计算示意图。
5. 确定 500Hz 的声压级衰减量
 波长 $\lambda_{500} = c / f_{500} = 340 / 500 = 0.68\text{m}$
 第一层: $h_1 / \lambda_{500} = 6.2 / 0.68 = 9, \theta_1 = 34^\circ$
 第五层: $h_5 / \lambda_{500} = 2.9 / 0.68 = 4.3, \theta_5 = 16^\circ$
 按图 1 查得: $d_1 = 22\text{dB}$
 $d_5 = 17\text{dB}$
6. 确定其它频率 ($63, 125, 250$ 及 1000Hz) 的声压级衰减量, 并将数据列于下表第 5 栏中。

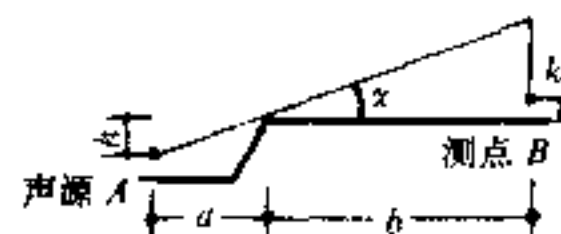


5 室外噪声的衰减计算举例附图

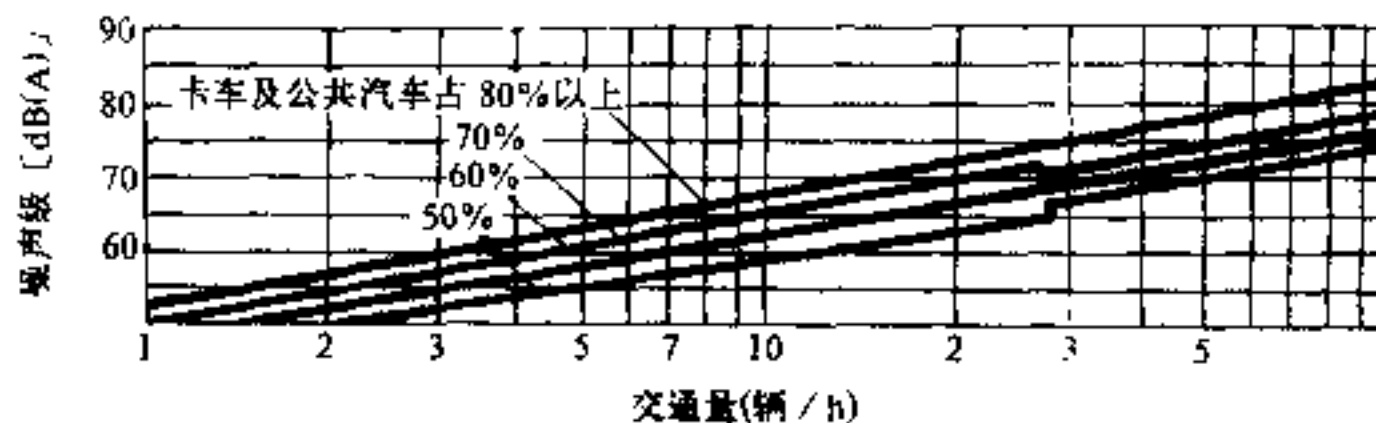


$$W = \left(\frac{hb}{a} - k \right) \sqrt{\frac{2a \cos \alpha}{b(a+b)}}$$

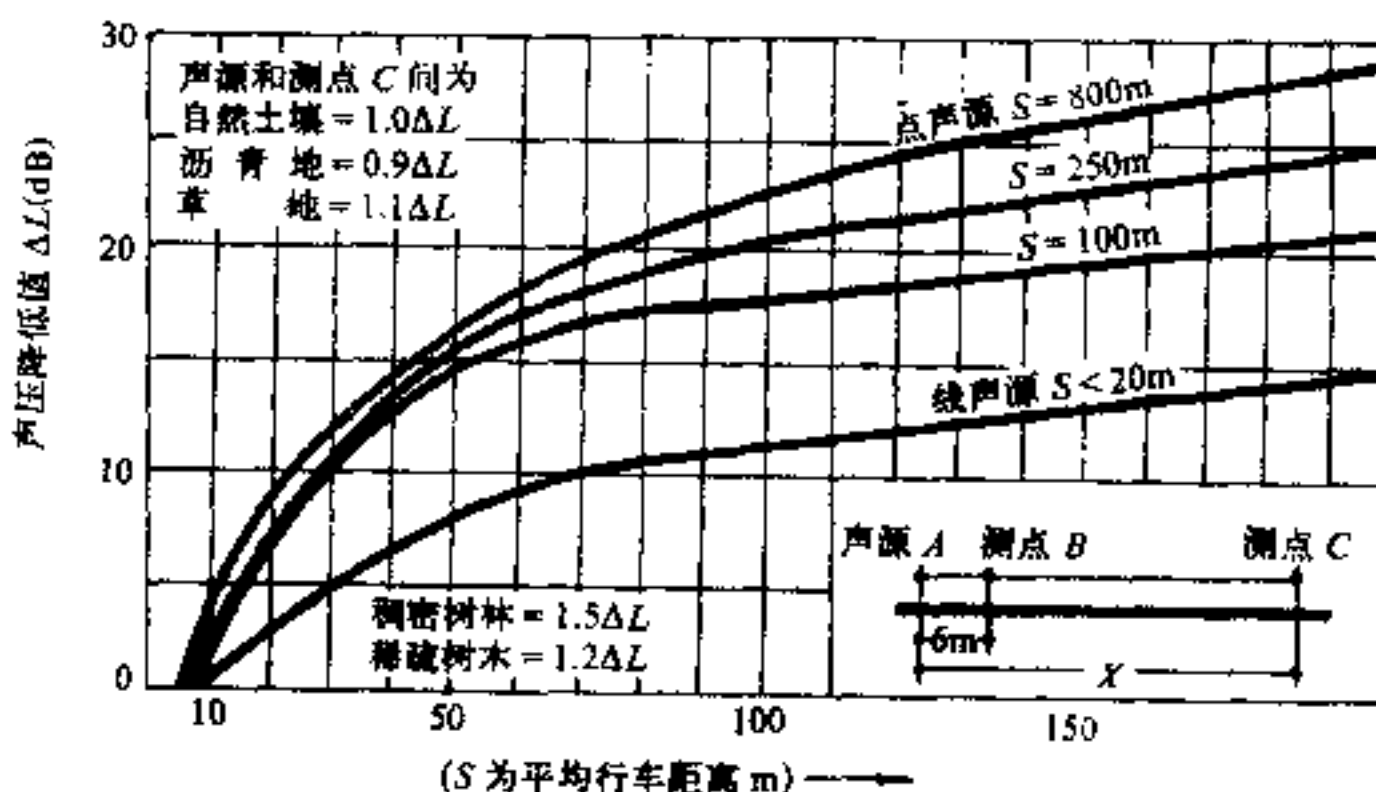
式中: λ ——相对于各频率的声波波长 (m)



2 深堑 (凹地) 的衰减作用



3 交通量和总噪声级的关系



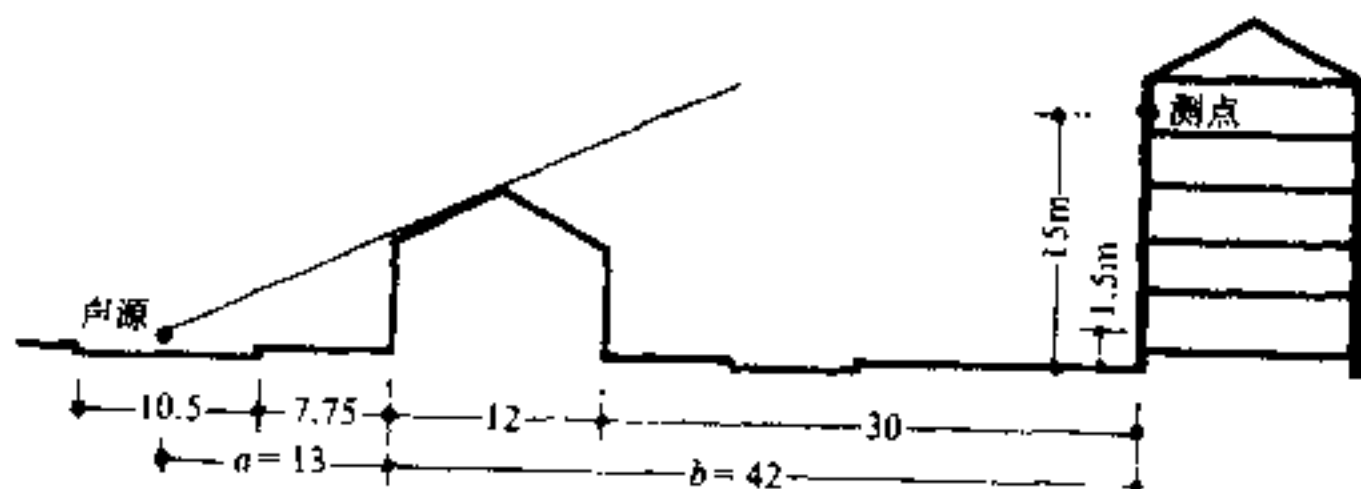
4 交通噪声的传播衰减

7. 距声源 55m 处各频率的最后计算声级在下表第 6 栏中迭加, 所得总声级为:

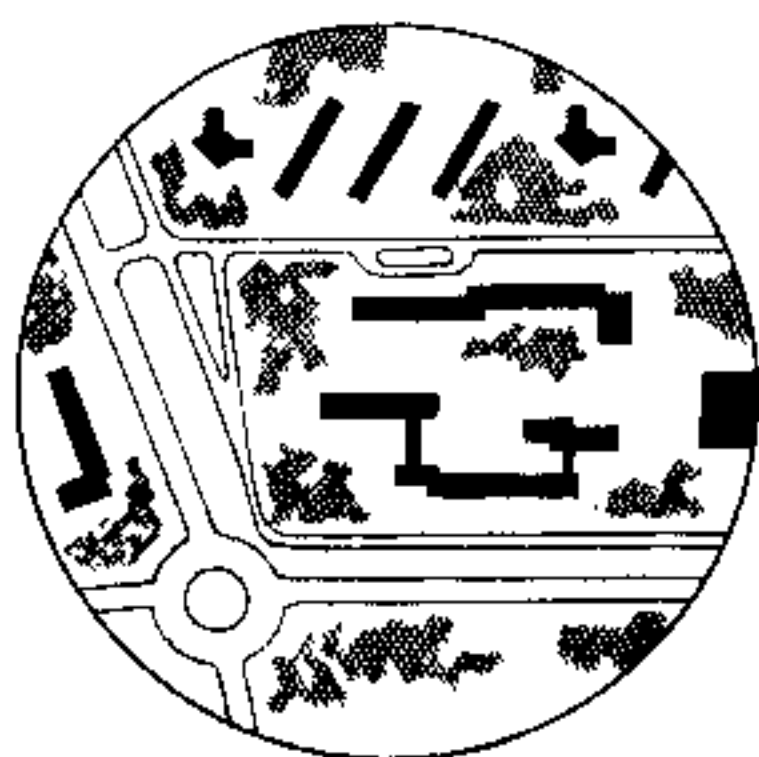
$$L_n = 46\text{dB(A)}$$

8. 依同样方法, 可求得第五层处的总声级为 $L_{n5} = 51\text{dB(A)}$

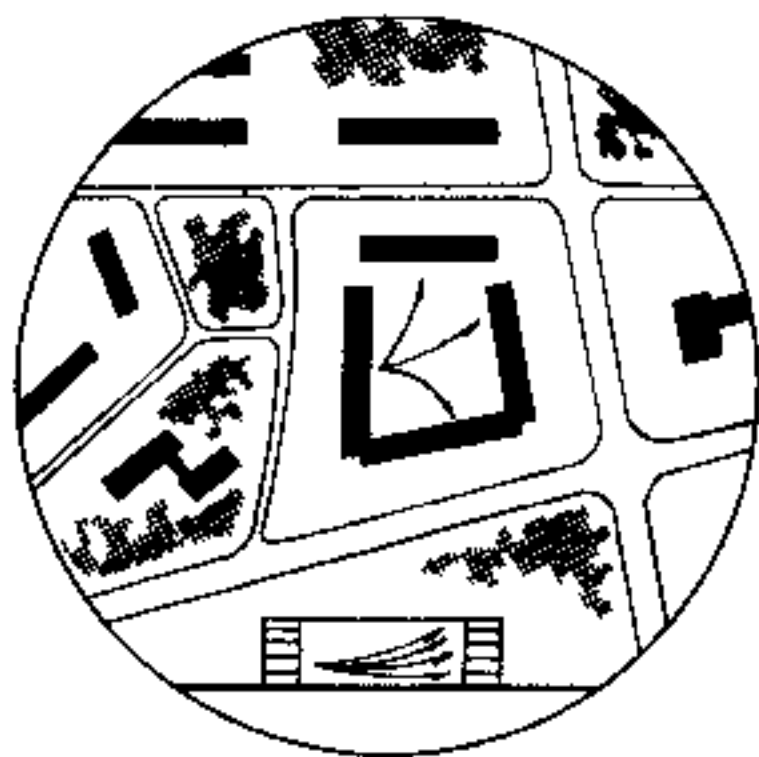
计算频率 (Hz)	距声源 6m 处的计算声级		距声源 55m 处的声级 dB(A)	障壁的附加衰减量 $\Delta L(\text{dB})$	距声源 55m 处的最后计算声级 dB(A)
	dB(C)	dB(A)			
63	86.6	60.0	45.0	12.5	32.5
125	84.5	68.5	53.5	15.0	38.5
250	82.5	73.5	58.5	18.0	40.5
500	80.5	77.5	62.5	22.0	40.5
1000	77.0	77.0	62.0	24.5	37.5
总声压级 L_{n1}					46



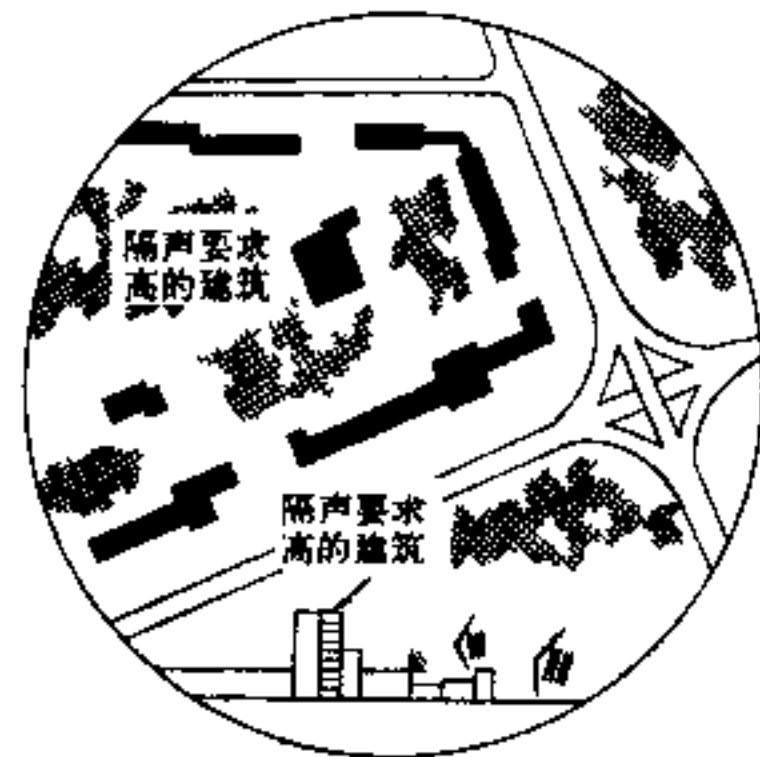
6 室外噪声的衰减计算举例附图



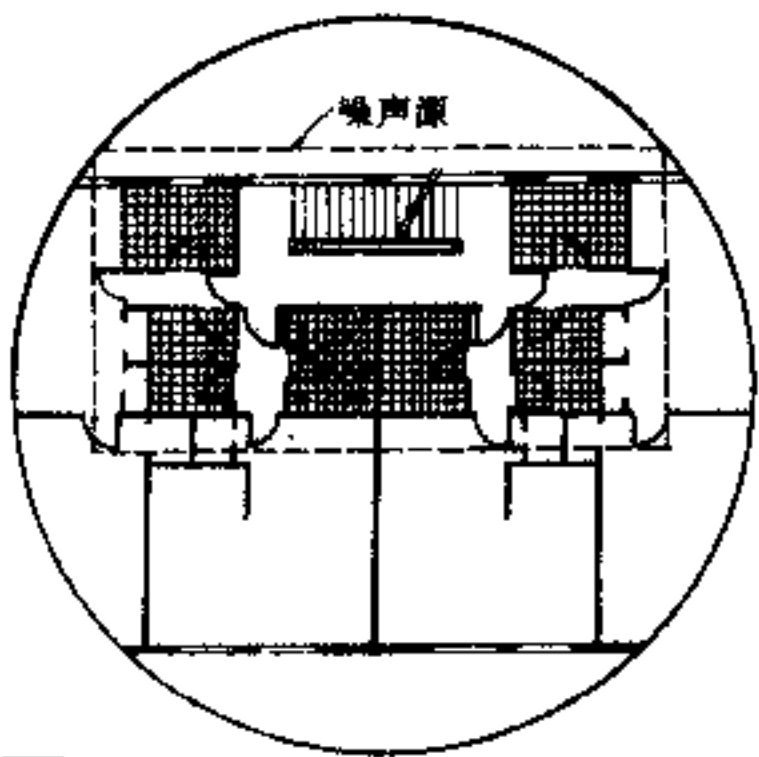
1 面临干道的建筑物可适当向后退,使其远离声源。并利用树木、绿篱、围墙等减弱噪声干扰



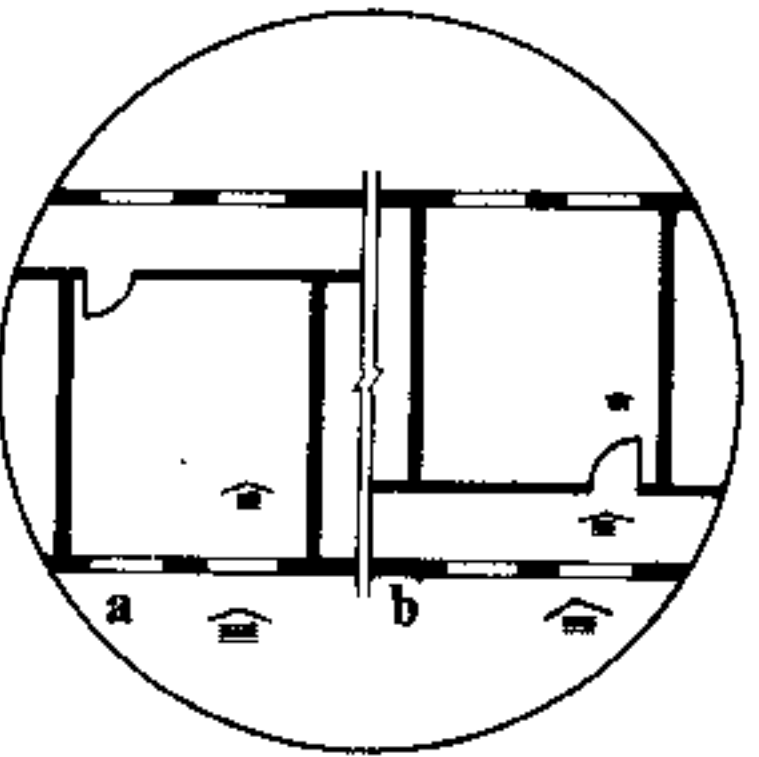
2 尽可能不采用封闭式庭院及周边式街坊的平面布置,以避免互相干扰,对降低噪声不利



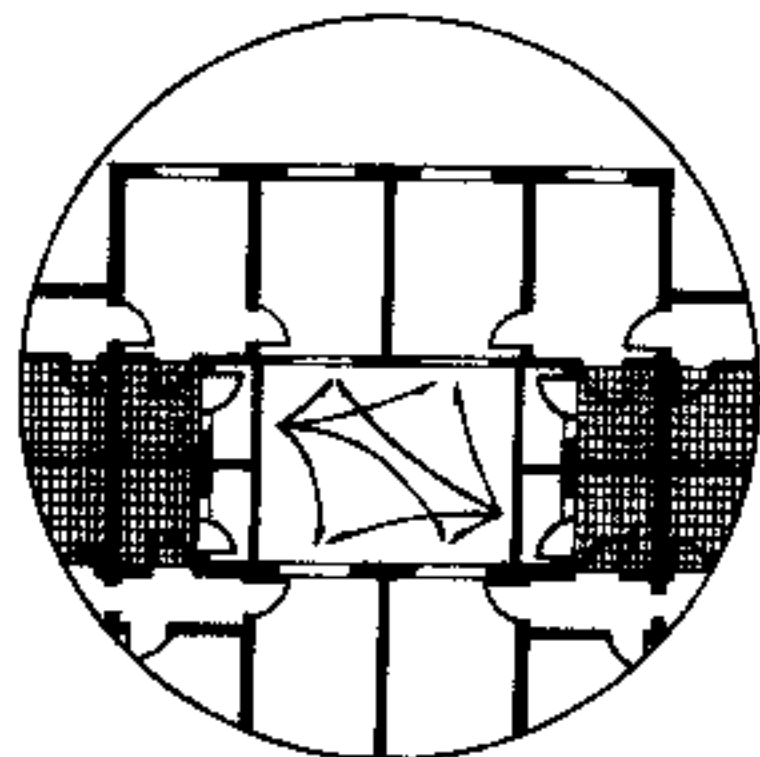
3 将隔声要求高的建筑物,远离干道布置;而将隔声要求低的建筑物布置在周围,使其形成隔声的“障壁”



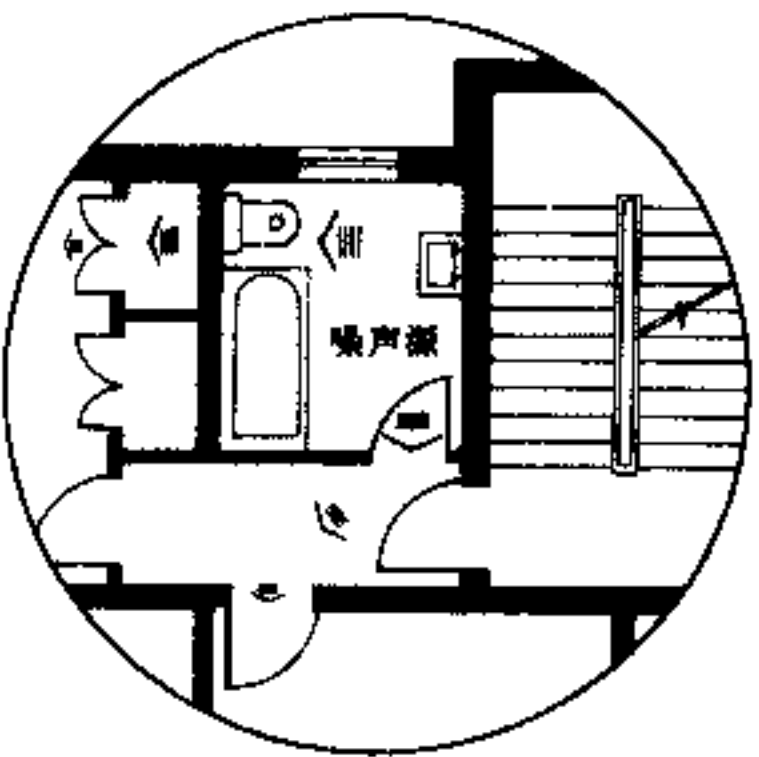
4 在平面布置上将噪声源(如厕所、楼梯间等)集中布置减少噪声点,便于隔声处理



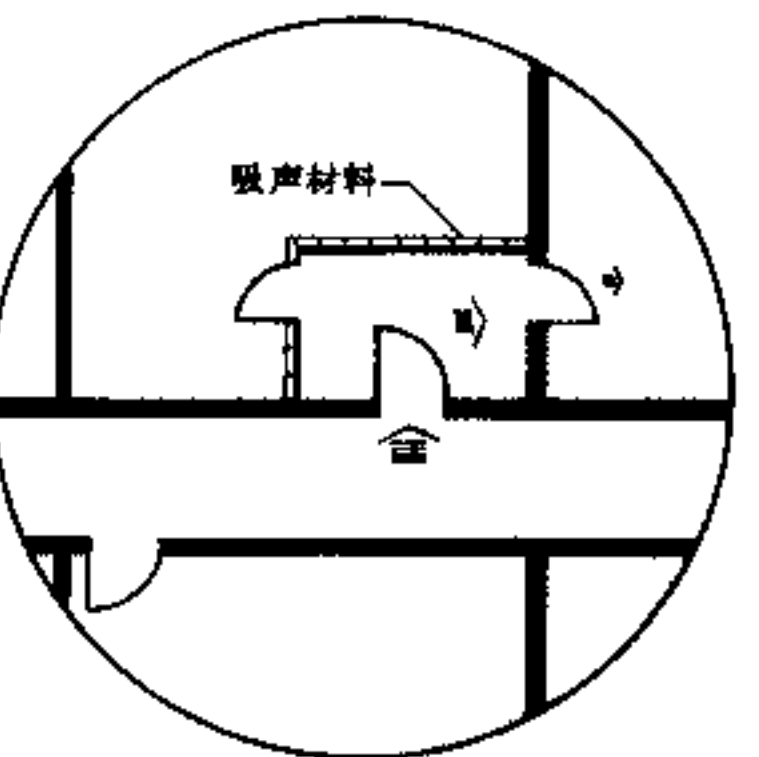
5 利用走道(或厨房、卫生间)隔绝室外噪声 b比a对降低噪声较有利



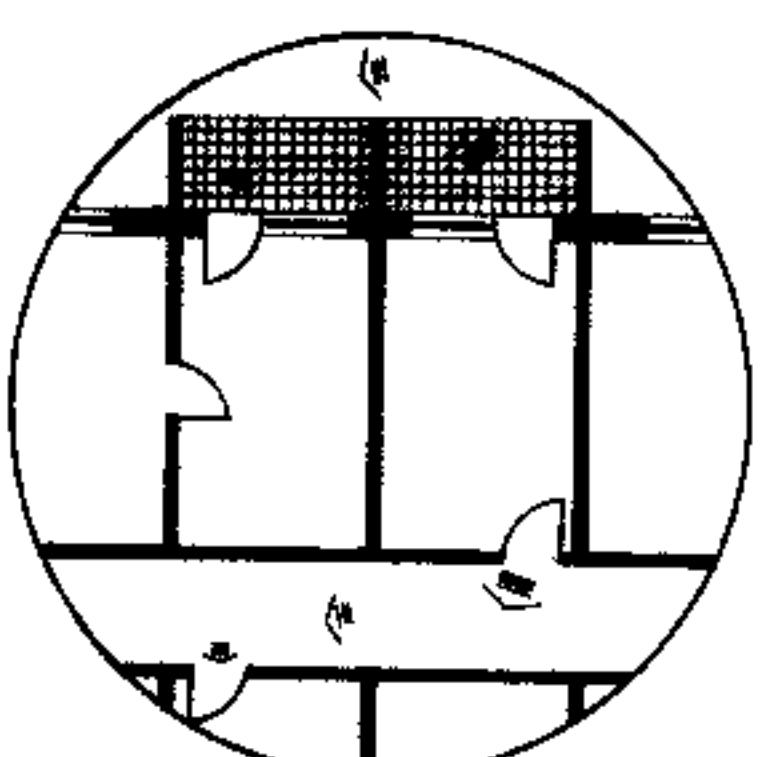
6 采用内天井的布置时,应考虑四周房间的性质,避免干扰,否则对隔声不利



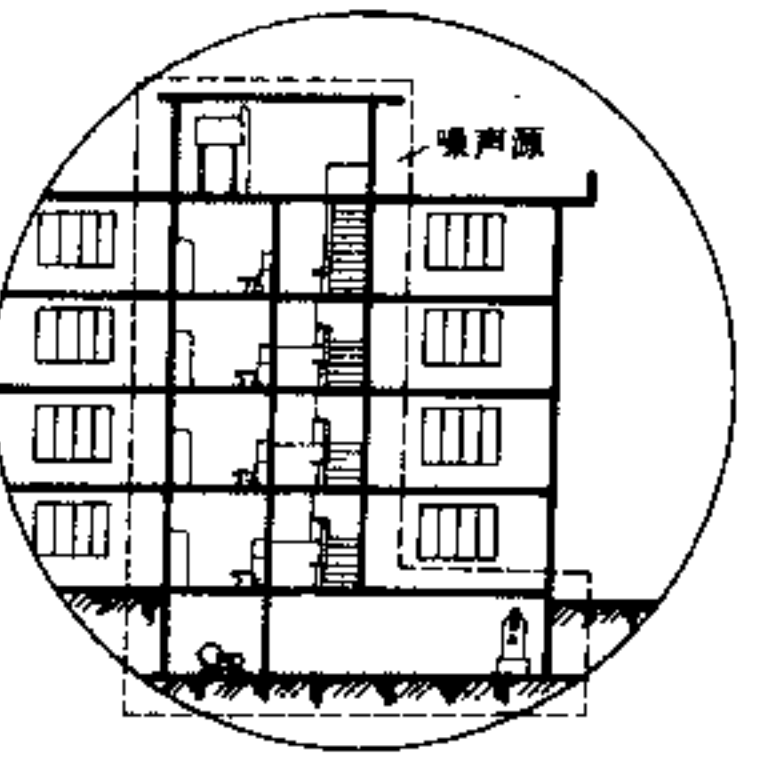
7 利用壁橱、过道等以增加隔声效能



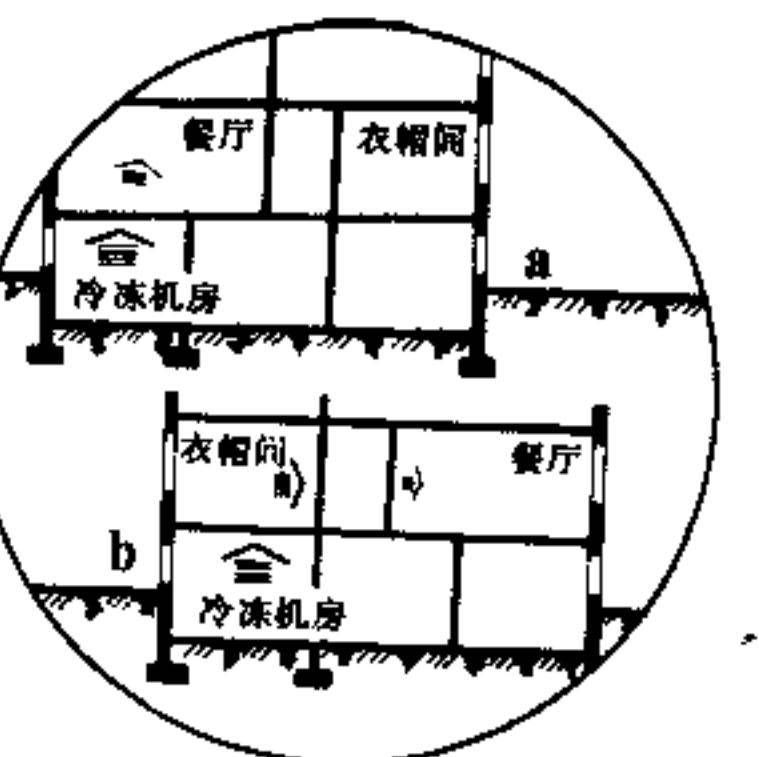
8 利用门斗或套间,并在其内布置吸声材料,使其成为隔声的“声闸”



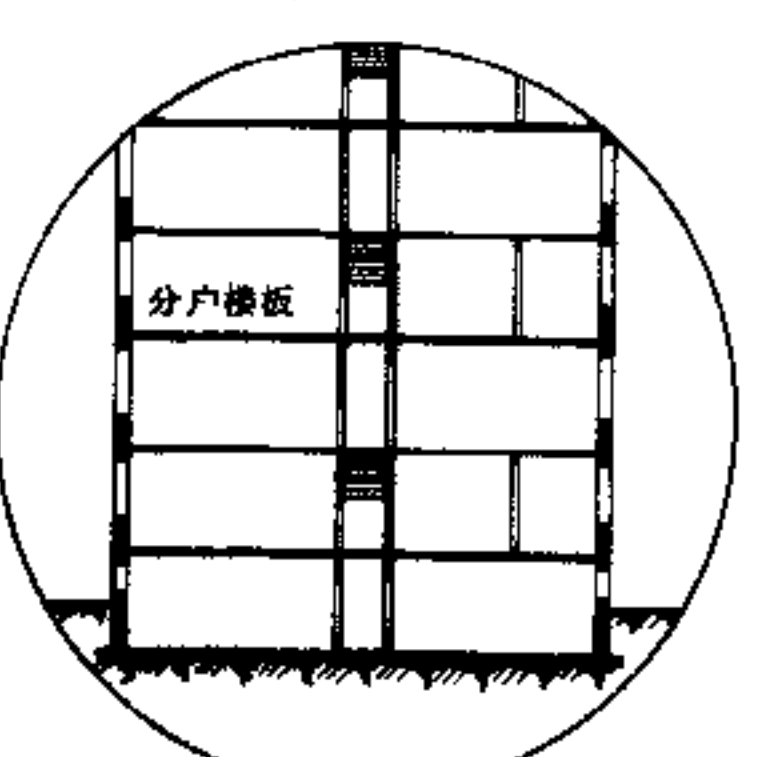
9 利用交错布置房门或墙壁来延长声的传递过程,可降低噪声的干扰



10 剖面布置上也可将噪声源(水箱、厕所厨房、水泵房、锅炉房、楼梯间等)集中布置,便于隔声处理



11 避免不合理的房间布置。如图所示,仅将a中的房间稍加调整,就可降低餐厅的噪声干扰见图b



12 跃层式住宅。可减少分户楼板对楼板撞击声,对隔声有利

振动不仅对人、建筑物以及仪器设备带来直接的干扰与危害,而且往往伴随着振动噪声的辐射和固体声沿建筑结构传播。

一、描述振动特征的基本量

- 1 振动频率,以每秒次数计,符号 f ,单位赫兹(Hz)
- 2 振动位移幅值,符号 r ,单位米或微米(m或 μm)
- 3 振动速度幅值,符号 v ,单位米/秒(m/s)
- 4 振动加速度幅值,符号 a ,单位米/秒²(m/s²)
- 5 振动加速度级,符号 L_a ,其定义为 $L_a = 20 \lg a/a_0$,单位分贝(dB),其中 $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$
- 6 各量之间关系: $v = a/(2\pi f)$; $r = a/(2\pi f^2)$

二、隔振: 隔绝振动的传播

- 1 积极隔振: 减少振源振动向周围环境的传播,例如对电机、冲床等设备基础采取的隔振。
- 2 消极隔振: 减少环境振动向建筑物或仪器设备的传播,例如对声学试验室、演播室等建筑物以及精密仪器设备基础所采取的隔振。

三、隔振效果的评价量

- 1 振动传递率,符号 T ,它是传递至底座的振动大小与振源振动大小之比(积极隔振),或底座传至物体的振动大小与底座振动大小之比(消极隔振)。振动大小可用振动力或位移或速度或加速度幅值来表示。

$$\text{对单自由度隔振系统, 振动传递率为 } T = \frac{(1 + 2D \cdot f/f_0)^2}{[1 - (f/f_0)^2]^2 + (2D \cdot f/f_0)^2}$$

其中 $D = c/c_0$ 阻尼比(阻尼系数/临界阻尼系数)
 f/f_0 频率比(振源的扰动频率/系统的固有频率)

- 2 隔振效率,符号 η , $\eta = (1 - T) \times 100\%$
- 3 振动衰减率,符号 ΔL_N , $\Delta L_N = 20 \lg 1/T$, 单位分贝(dB)

四、单质量——弹簧隔振系统固有频率 f_0 (Hz)

$f_0 = 1/(2\pi) \sqrt{K/M} = 5\sqrt{d/\delta_{\text{em}}} = 15.8\sqrt{d/\delta_{\text{em}}} \text{ (Hz)}$
 其中 K —劲刚度; M —系统质量; d —隔振元件的动态系数(劲刚度与静刚度之比)
 δ —隔振元件静态压缩量, δ_{em} 采用厘米为单位, δ_{mm} 采用毫米为单位。

常用机械设备所需 T 、 η 、 f/f_0 的选用参考值

表 1

设备类型	位于地下室、工厂			位于两层以上建筑的楼层		
	T	η	f/f_0	T	η	f/f_0
风机	0.30	70%	2.2	0.10	90%	3.5
冷却塔	0.30	70%	2.2	0.15~0.20	80~85%	2.5~3.0
泵	$\leq 3\text{kW}$	0.30	70%	0.10	90%	3.5
	$> 3\text{kW}$	0.20	80%	0.05	95%	5.5
往复式冷冻机	$< 10\text{kW}$	0.30	70%	0.15	85%	3.0
	10~40kW	0.25	75%	0.10	90%	3.5
	40~110kW	0.20	80%	0.05	95%	5.5
离心式冷冻机	0.15	85%	3.0	0.05	95%	5.5
密闭式冷冻设备	0.30	70%	2.2	0.10	90%	3.5
引擎、发电机	0.20	80%	2.8	0.10	90%	3.5
换气装置	0.30	70%	2.2	0.20	80%	2.8
管路系统	0.30	70%	2.2	0.05~0.10	90~95%	3.5~5.5

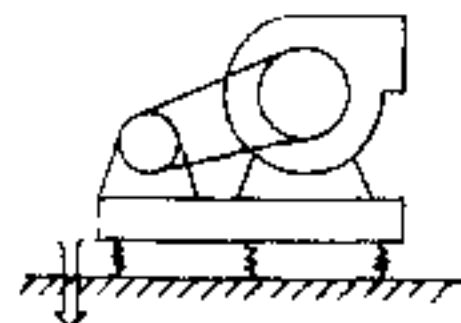
我国城市区域环境振动标准

GB100070-1988 各类区域铅

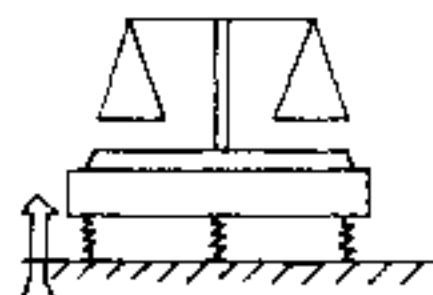
垂向 Z 振级标准值(单位: dB)

表 2

适用地带范围	昼间	夜间	说明
特殊住宅区	65	65	1 Z 振动: 按 ISO2631/1-1985 所规定的全身振动 Z 计权因子修正后得到的振动加速度级。
居民文教区	70	67	2 测点位于建筑物室外 0.5m 以内振动敏感处。必要时也可置于室内地面中央, 标准值相同。
混合区、商业中心区	75	72	3. 标准值适用于连续发生的稳态振动、冲击振动和无规则振动。对每日发生几次的冲击振动, 其最大值昼间不得超过标准值 10dB, 夜间不得超过 3dB。
工业集中区	75	72	4 测量方法见 GB100071-1988
交通干线道路两侧	75	72	
铁路干线两侧	80	80	

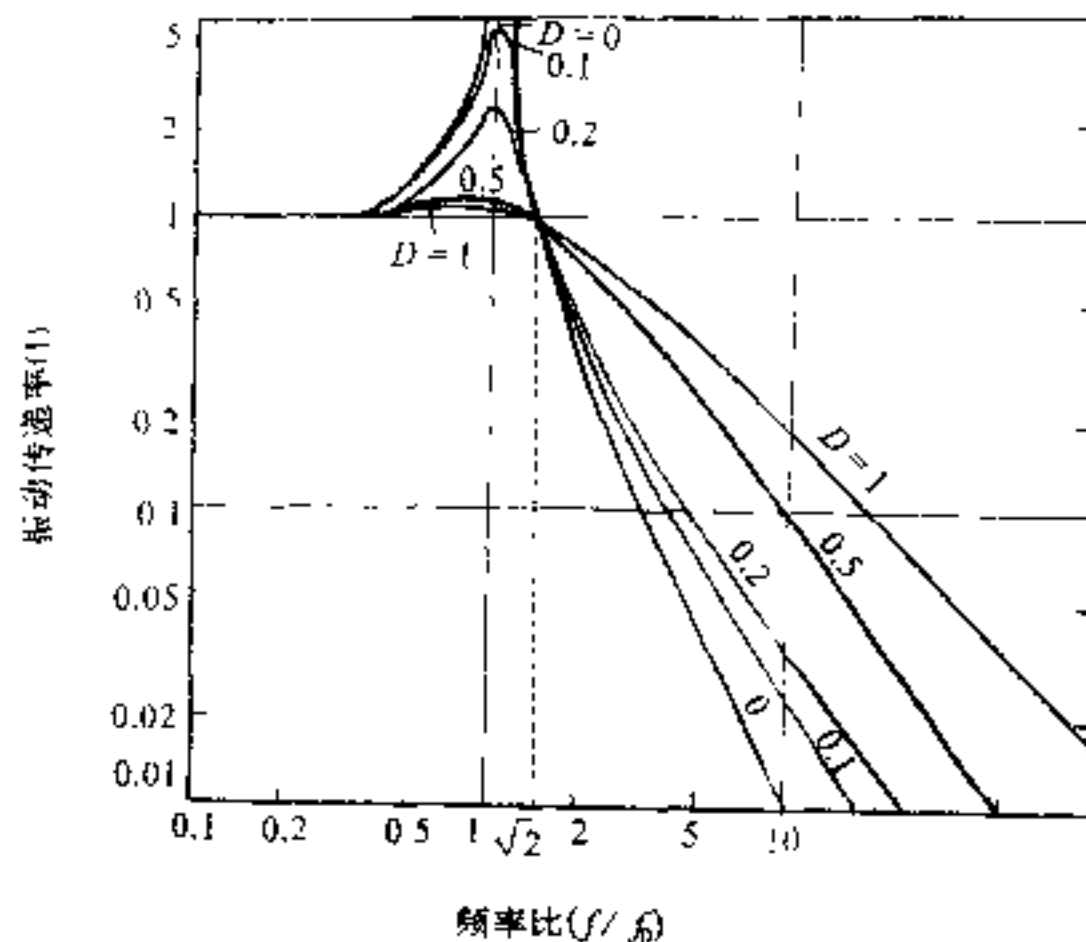


a 积极隔振



b 消极隔振

1 隔振类型

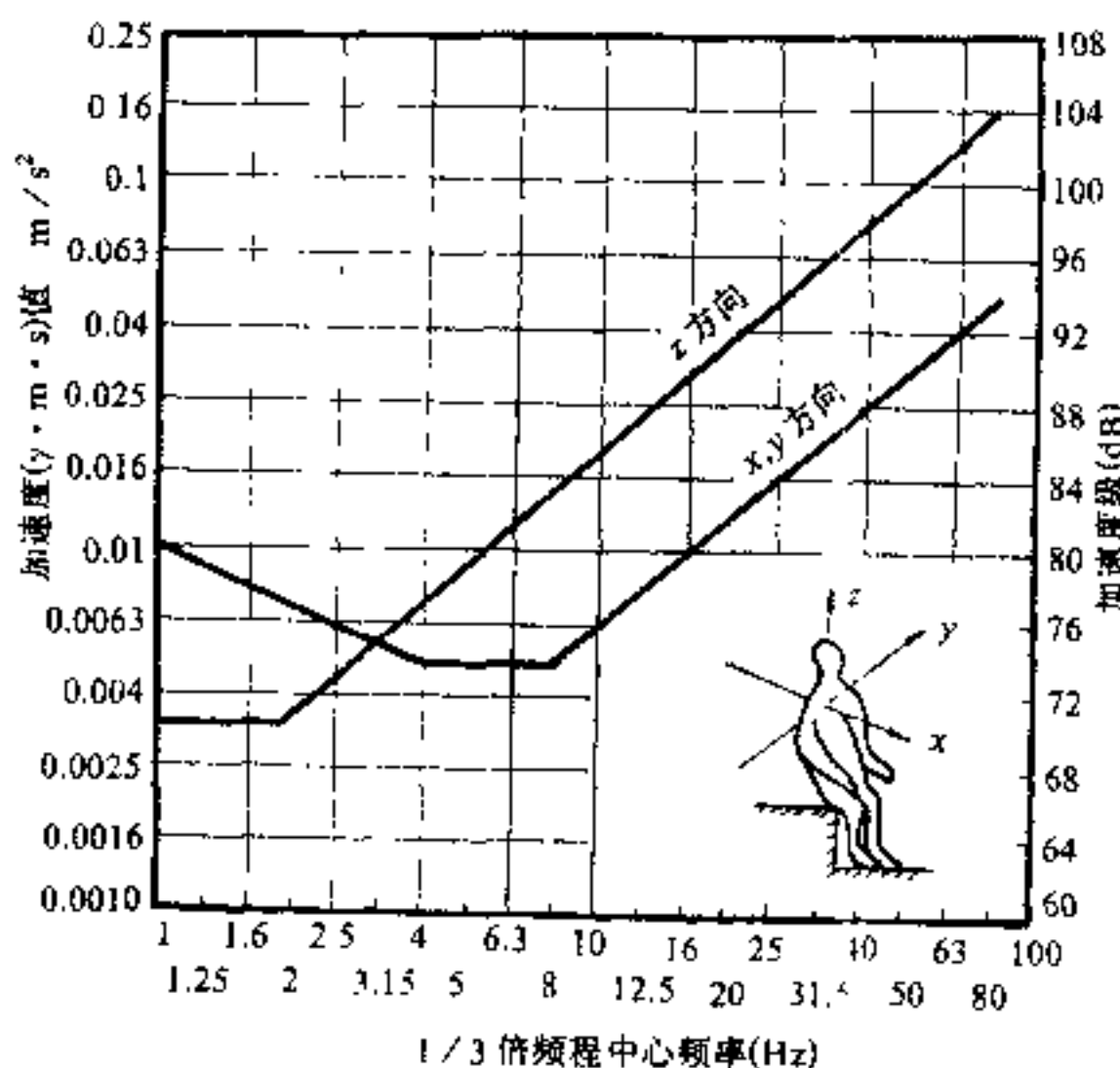


2 单自由度隔振系统振动传递率曲线

常用机械设备的主要扰动频率(f)

表 3

设备类型	主要扰动频率(Hz)
通风机、泵	轴转数; 轴转数 $\times$ 叶片数
电动机	轴转数; 轴转数 $\times$ 极数
气体压缩机、冷冻机	轴转数及二次以上的振动频率
四冲程柴油机	轴转数; 轴转数的倍数; 轴转数 $\times 1/2$ 汽缸数
二冲程柴油机	轴转数; 轴转数的倍数; 轴转数 $\times$ 汽缸数
齿轮传动设备	轴转数 $\times$ 齿数; 齿的弹性振动(频率极高)
滚动轴承	轴转数 $\times 1/2$ 滚珠数
变压器	交流周波数 $\times 2$



3 建筑物中连续和冲击振动基准曲线

不同类型建筑物中连续和冲击振动所采

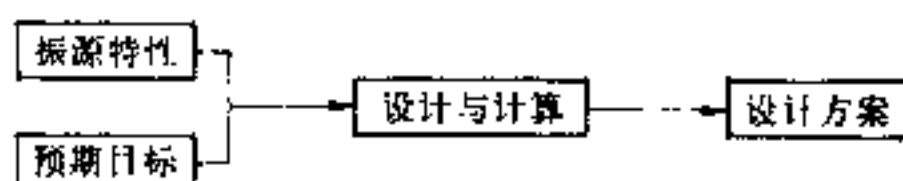
用的乘积因子(见 ISO2631/2-1989 附录 A)

表 4

场所	时间	连续和间歇振动	每日发生数次的冲击	说明
要求高的场所如手术室等	昼间 夜间	1 1	1	将表中的乘积因子乘以③某方向基准曲线相应频率上的纵坐标数值, 即为该类建筑物某方向相应频率上连续和冲击振动所应采用的加速度 ($\text{r} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2$) 的数值, 单位为 m/s^2 。
住宅	昼间 夜间	2 至 4 1.4	30 至 90 1.4 至 20	
办公室	昼间 夜间	4 4	60 至 128	
车间	昼间 夜间	8 8	90 至 128	

隔振设计原则

一、一般步骤



二、调查振源（设备与环境）的振动及其噪声特性。选择振动小的设备与远离振动大的环境。

三、根据建筑物的类型与结构、环境以及设备等情况，确定振动及其噪声的要求（或标准）。

四、振源的扰动频率按最低驱动频率或能量最大的频率来计算。单位为赫（Hz）。

五、选择适当的频率比（ f/f_0 ）值，确定隔振的预期目标。 f/f_0 值必须大于 $\sqrt{2}$ ，一般宜取2.5~4.0。

六、选择隔振器件（材料）的类型。宜选定型的隔振专用产品，并按其技术资料计算各项参数。对非定型产品，应通过相应的试验与测试，确定其各项参数。

七、宜采用等荷载（应力）与对称方式的支承原则，确定支承点的位置与分布。对质量不均匀系统，可采用附加质量块的方法来调整。支承点一般不少于4个。

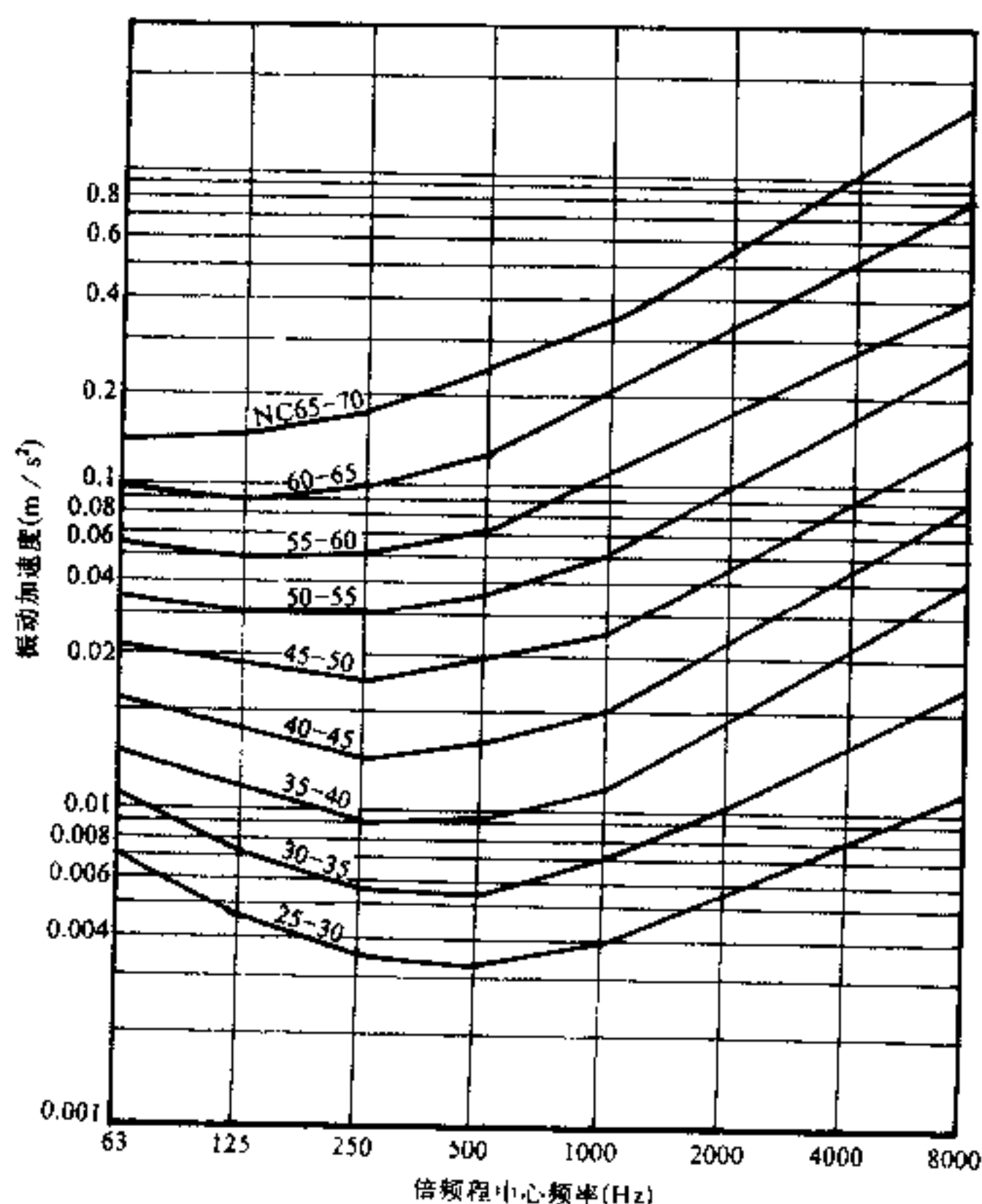
八、设计与施工、安装时，应注意防止出现“振动短路”的现象。

九、对设备的管路系统，同时也应采取相应的有效隔振措施。

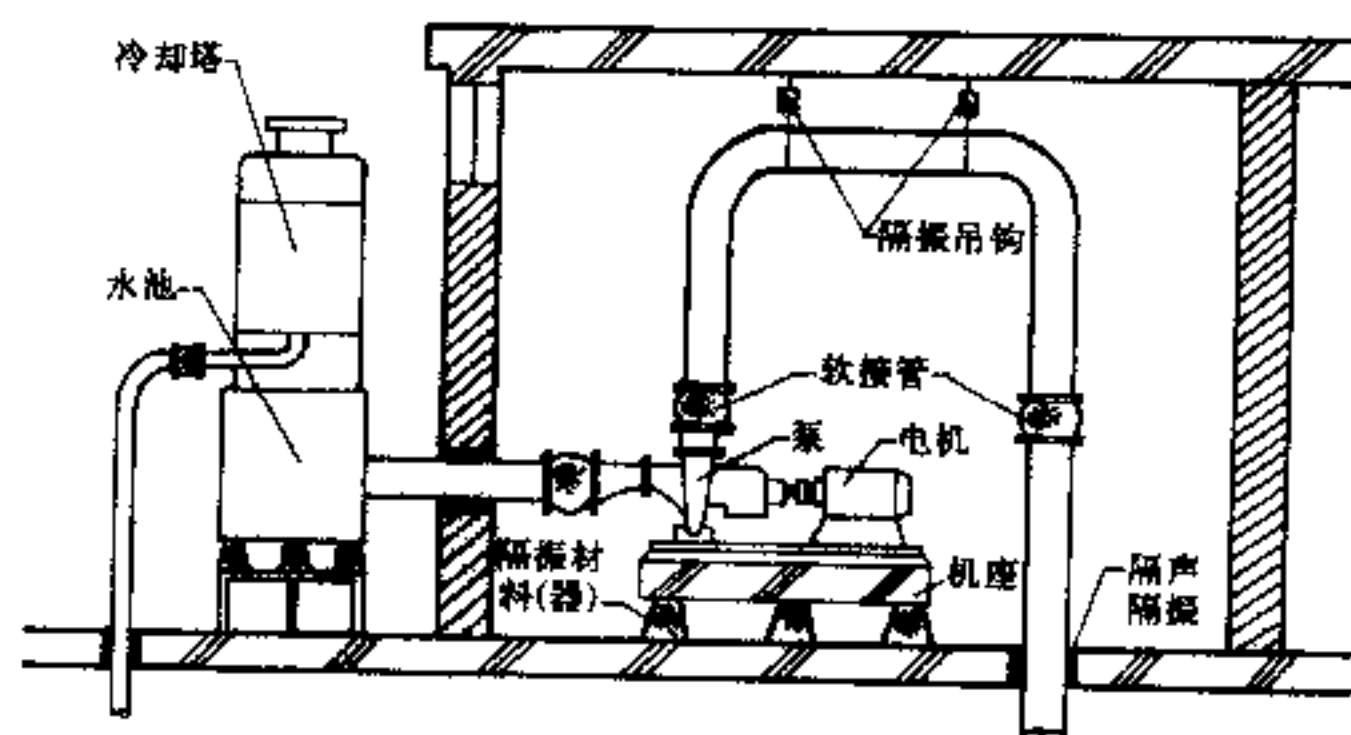
常用隔振材料(器件)性能简介

表1

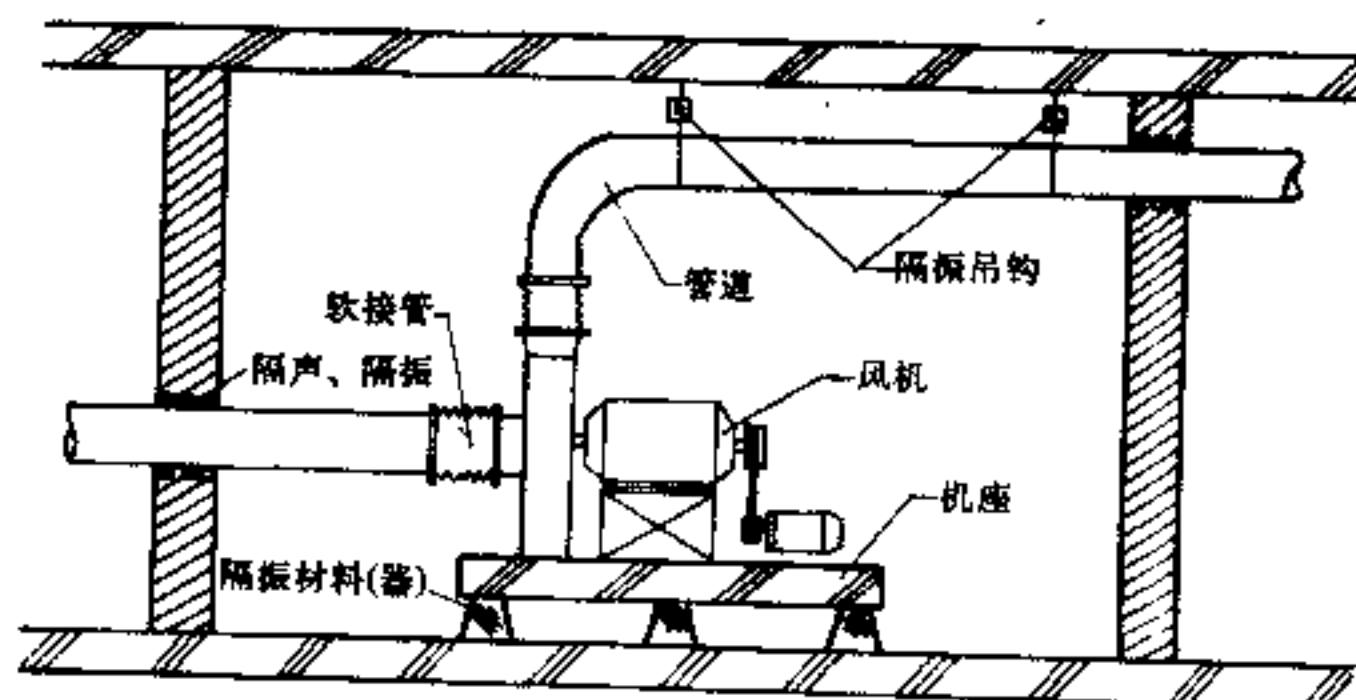
名称	性能简介
金属弹簧	以圆柱形螺旋式承压型钢弹簧为主。力学性能稳定，承载能力高，耐久性好，计算可靠。振动固有频率低，低频隔振效果好。阻尼比小（约在0.01以下），自由衰减周期长，自身容易传播高频振动，水平晃动较大。一般与橡胶垫等材料串联使用。必要时另配置阻尼器
承压型橡胶	有天然、丁腈、氯丁橡胶等定型或非定型隔振制品。橡胶硬度对其强度、压力、阻尼、弹性模量等参数影响较大。用于隔振的硬度范围在40~90度（邵氏）。对非定型产品，其隔振参数应通过测试来确定
剪切型橡胶	使用时呈剪切受力状态。具有较高的承载能力，较低的刚度和较大的阻尼。固有振动频率比承压橡胶低。动态系数 $d=22\sim29$ 。其隔振参数可根据产品说明书进行计算与选用
橡胶隔振垫	有圆突式、波浪式、肋式等多种形式。厚度18~30mm。硬度范围40~90度（邵氏）。应力范围1~10kg/cm ² 。其隔振参数可根据产品说明书进行选用与计算
软木隔振垫	软木因含有大量微孔而具有一定的弹性。专用软木隔振垫的应力范围0.5~2.0kg/cm ² 。表面可涂防水涂料。其隔振参数可根据产品说明书进行选用与计算
纤维制品	有玻璃纤维、岩棉等。呈散状或毡状或块状（专用隔振块）。其隔振参数应通过测试或产品说明书来确定。使用时应先预压
空气弹簧	在密闭气囊中充入一定压力的气体。刚度由空气内能决定。振动固有频率可低至1Hz左右。阻尼可调
软接管	有金属、橡胶等种类。用于管路系统隔振。根据管内压力、温度、工作介质以及管路尺寸等按说明书选用
隔振吊钩	以钢弹簧、橡胶等为主，一般呈承压型。用于管道、吊顶等设施的隔振



1 楼板稳态振动加速度级与楼下室内噪声级估算图



2 给水系统隔振示意图



3 通风系统隔振示意图

音质设计

- 一、音质设计的目的是使有听音（拾音）要求的建筑物内具有良好的声学条件。这些建筑一般指音乐厅、剧场、会堂、礼堂、电影院、体育馆、多功能厅堂等类公共建筑，以及录音室、播音室、演播室、试验室等具有声学要求的专业用房。
- 二、声学设计应保证这些场所没有音质缺陷和噪声干扰，同时应具有合适的响度、声能分布均匀、一定的清晰度和丰满度。

- 三、不同类型的建筑对音质有不同的要求，设计前应根据使用要求制定出合适的声学指标。
- 四、声学设计应与规划、工艺、建筑、结构、设备、电气等诸工种紧密协调合作，以便较经济的满足声学要求。
- 五、同一声学问题可用多种处理方法解决，设计中应灵活运用各种手段和材料，以满足丰富多彩的建筑需求。
- 六、竣工前的音质鉴定有助于发现存在的声学缺陷，及时调整修改，达到设计指标。

设计内容和步骤

步 骤	内 容
噪声控制	
确定厅堂内允许噪声值	根据使用性质选择恰当值（在通风、空调设备和放映设备正常运转条件下）
确定环境背景噪声值	建筑基地实地测量环境背景噪声值及对发展规划分析，包括民航航线、地铁的影响
环境噪声处理	选择适当建筑基地，合理布置总平面，尽量使观众厅远离交通干道
	根据隔声要求选择恰当的围护结构
建筑内噪声源处理	利用走廊、辅助房间等加强隔声效果
	尽量采用低噪声设备
	总平面合理布置将噪声高的设备尽量远离观众厅
	采用隔声、吸声、隔振等手段降噪
隔声量计算和隔声构造的选择	
选择合理的房间容积	根据使用要求确定，使用扩声系统时不受此限制。房间容积一般不宜过大，除须要保证较长的混响时间要求外，应尽量选用较小的容积指标
检查室形的合理性，避免音质缺陷	一般避免采用极端的比例（如特高、特长……），对有特殊技术要求的房间（如录音室）可进行共振频率计算
	可采用几何声学作图法，判断是否存在回声，颤动回声，声聚焦，声影区等音质缺陷
反射面及舞台反射罩的设计	对可能产生音质缺陷的界面应作几何调整，或采用吸声、扩散等方法加以处理
	利用舞台反射罩、台口附近的顶棚、侧墙、挑台栏板、包厢等反射面，向池座前区提供早期反射声
选择合适的混响时间	根据房间的用途和容积，选择合适的混响时间及其频率特性。对有特殊要求的房间，可采取可变混响的方式
混响时间计算	按初步设计所选材料分别计算125、250、500、1000、2000和4000Hz的混响时间，检查是否符合选定值，必要时对吸声材料、构造的品种、数量进行调整，再重新计算
吸声材料的布置	以上工作也可采用模型试验或有关计算机程序完成
	从有利声扩散和避免音质缺陷等因素综合考虑
扩声设计	
鉴定与调整	应与建声的音质设计密切配合进行，良好的音质环境，有助于提高扩声质量
	观众厅在正式使用前，要进行音质参数测定和主观评价，如不符合设计要求须及时调整

观众厅内背景噪声允许值

表 1

厅 堂 用 途	选用标准	自然 声	采用扩声系统
歌剧院 音乐厅 话 剧 院	合适标准	NR 20	NR 25
	最低标准	NR 25	NR 30
普通电影院	合适标准		NR 35
	最低标准		NR 40
立体声电影院	合适标准		NR 30
	最低标准		NR 35
多用途厅堂	合适标准	NR 25	NR 30
	最低标准	NR 30	NR 35

NR 曲线倍频程声压级 (dB)

表 2

NR	频率(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
20		39	30	24	20	16	14
25		43	35	29	25	21	19
30		48	39	34	30	26	25
35		52	44	38	35	32	30
40		56	49	43	40	37	35

体形设计

观众厅体形设计的原则

一、充分利用反射声能

1 减少前座声损失，每排座位升起应使前座双耳充分暴露于直达声范围之外，不受任何遮挡。

2 充分利用50ms之内的反射声能，以增加清晰度。

二、使厅堂内各处音质条件接近，声场比较扩散

几何声学

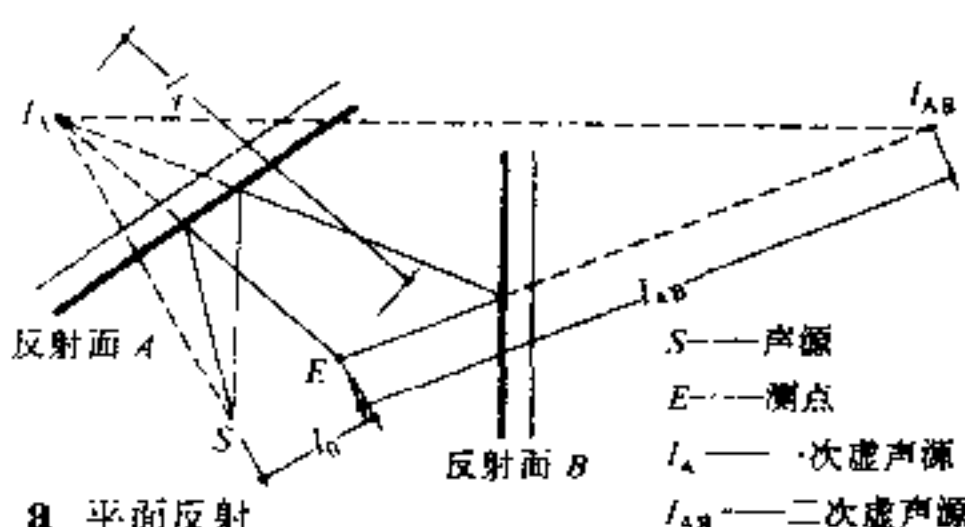
一、将声音看成类似光线直线传播在反射面远大于声波的波长时，声线按入射角等于反射角的方向反射。

二、声源位置 在舞台自然声演出情况下，一般声源按图1中所示三种位置设定。

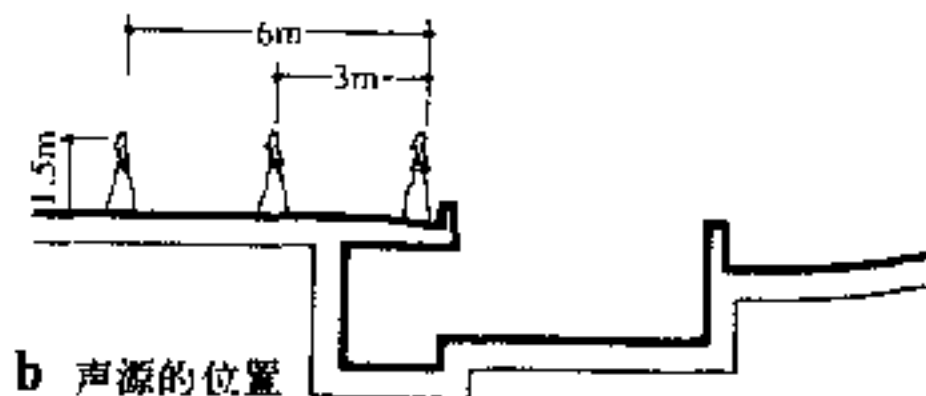
三、将自声源发出的声线，投射至各反射面，检查反射声线分布是否均匀，是否会形成音质缺陷，必要时调整反射面的位置和倾斜度，或作吸声处理。

三、避免因体形不良而产生的音质缺陷，如回声、颤动回声、声聚集及声影等。

四、对音质要求比较高的小房间（如播音室、录音室、混响室等），要求注意房间的比例，使房间的共振频率分布均匀。矩形房间的高、宽、长比例，小型房间可取1:1.25:1.6，中型房间可取1:1.5:2.5。



a 平面反射



b 声源的位置

1 几何声学作图

已知声源 S 位置，检查任意接收点 A 及 B 是否有回声。

1. 连接 SA 及 SB，得直达声声程。

2. 利用虚声源原理，从声源 S 向每一个反射面作垂线，在该垂线的延长线上，截取垂点与声源点等距离点，即为虚声源 $S_1, S_2, S_3, \dots$ 。

3. 各虚声源与接收点分别连接在各反射面的交点分别为 $P_1, P_2, P_3, \dots$ ，此交点即为反射点，其中 $SP_1 + P_1A$ 为反射声声程，余类推。

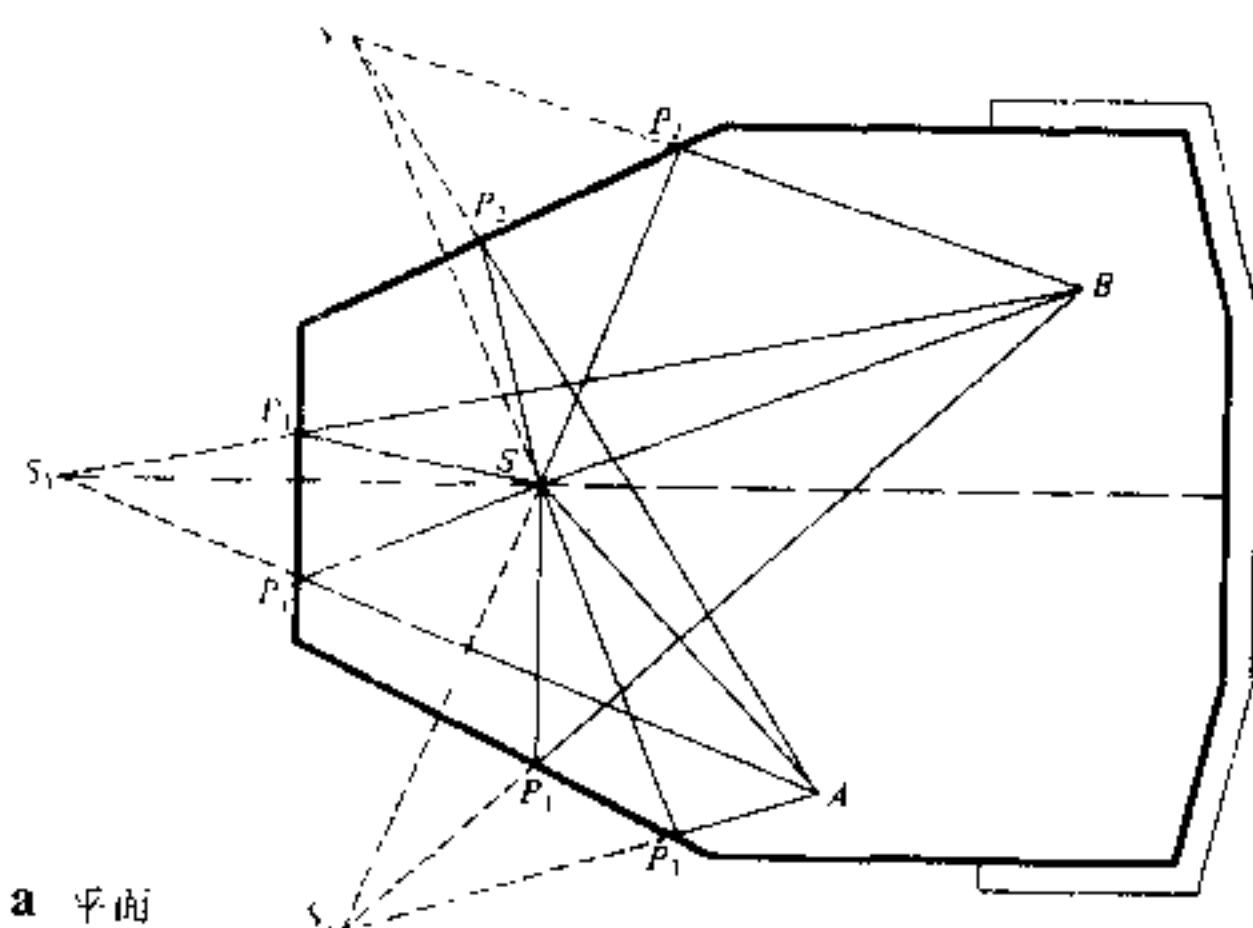
4. 以接收点 A 为例，一次反射声与直达声的声程差为 $SP_1 + P_1A - SA$ ，声速按 0.34m/ms 计，则反射声到达的相对延迟时间 Δt 为：

$$\Delta t = \frac{SP_1 + P_1A - SA}{0.34} \text{ ms}$$

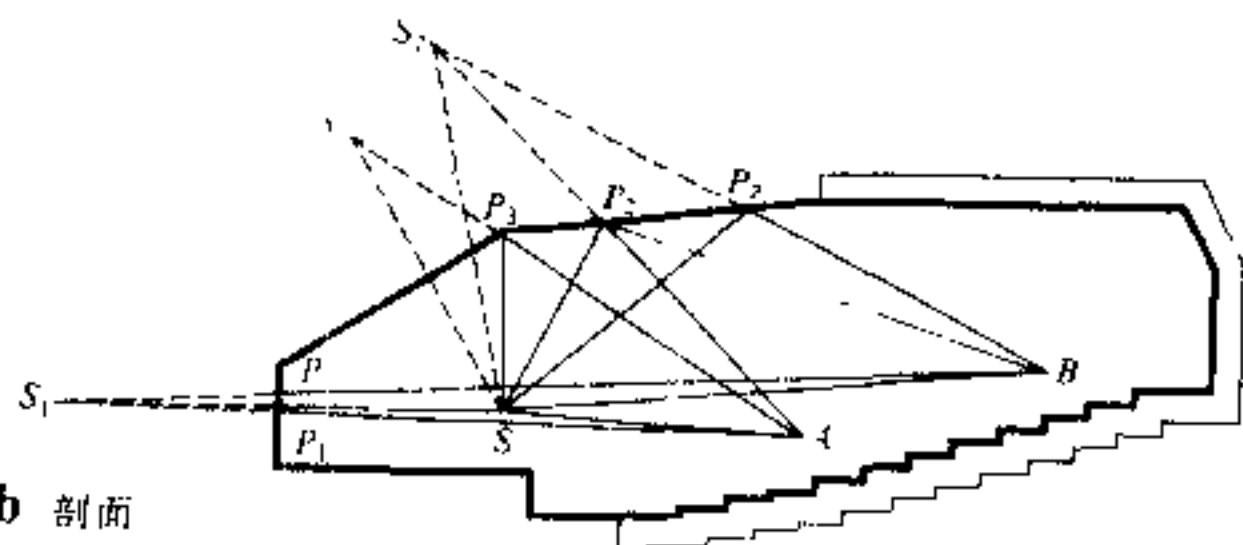
5. 如以 50ms 为有益反射声的极限延迟时间，则可算出最大声程差为 17m，超过此值则可能产生回声。

6. 其它接收点用上述相同的方法检查。

7. 上述检查回声的方法没有涉及反射声的能量，判断是否存在回声只能作为粗略的估计。



a 平面



b 剖面

3 声线作图法 (二)

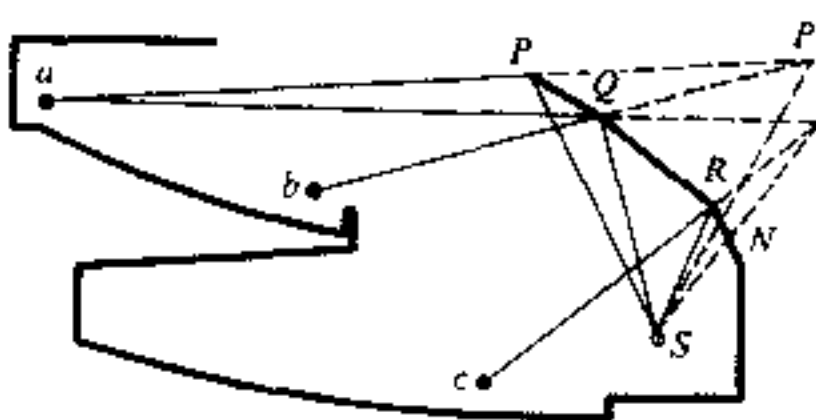
根据入射声及反射声的声程差，检验厅堂内接收点 A 及 B 处是否有回声。

厅堂容积指标

表 1

厅堂用途	容积指标(m ³ /座)
戏曲剧	3.5~4
话剧	4~4.5
歌舞剧	5~6
音乐	6~9
多用途	3.5~5
电影	3.5~5.5

注：厅堂容积计算以大基线为界



已知声源 S，求作对控制点 a、b 及 c 有良好反射声的反射面。

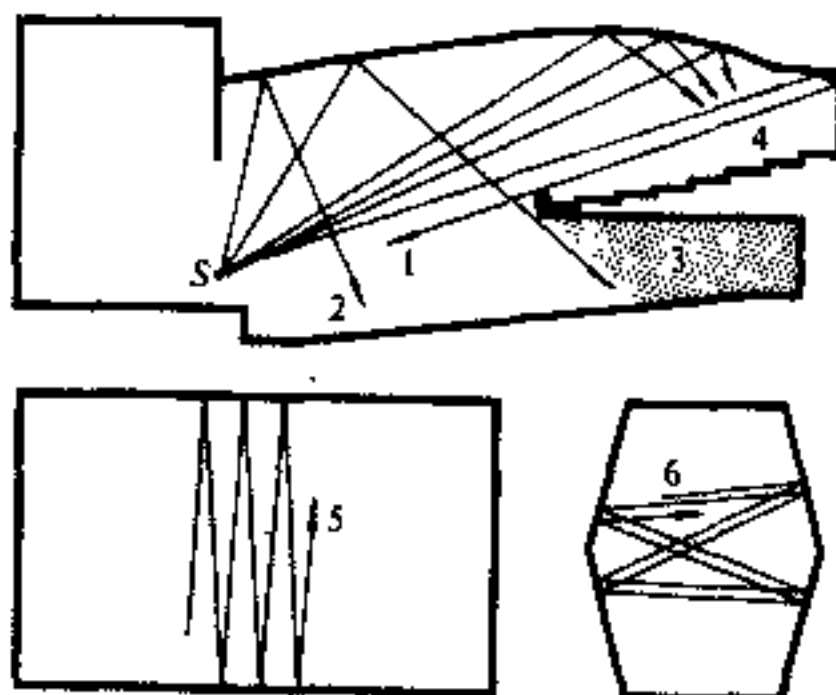
1. 选择构造上合理的点 P，连 SP 及 aP，并延长 aP 至 P'，使 PP' = SP。

2. 连 bP' 及 SP'，作 PQ ⊥ SP'，即所求反射面之一。

3. 同理可求得 NR 及 QR 等各段反射面。

2 声线作图法 (一)

根据几个接收点的位置，设计良好的反射面。



1—回声：声线经过顶棚和后墙反射回前座，声程差超过 17m 且反射声能较强时。

2—长延时反射声：顶棚比较高，反射声声程较长，但反射声声能不很强，还没有形成回声，但对语言声起干扰作用。

3—声影：挑台过深，反射声被遮挡。

4—声聚焦：弧形顶棚，使反射声线聚焦，声能分布很不均匀。

5—两平行反射面间易产生颤动回声。

6—不平行反射面间有时也会形成颤动回声。

4 声线作图法 (三)

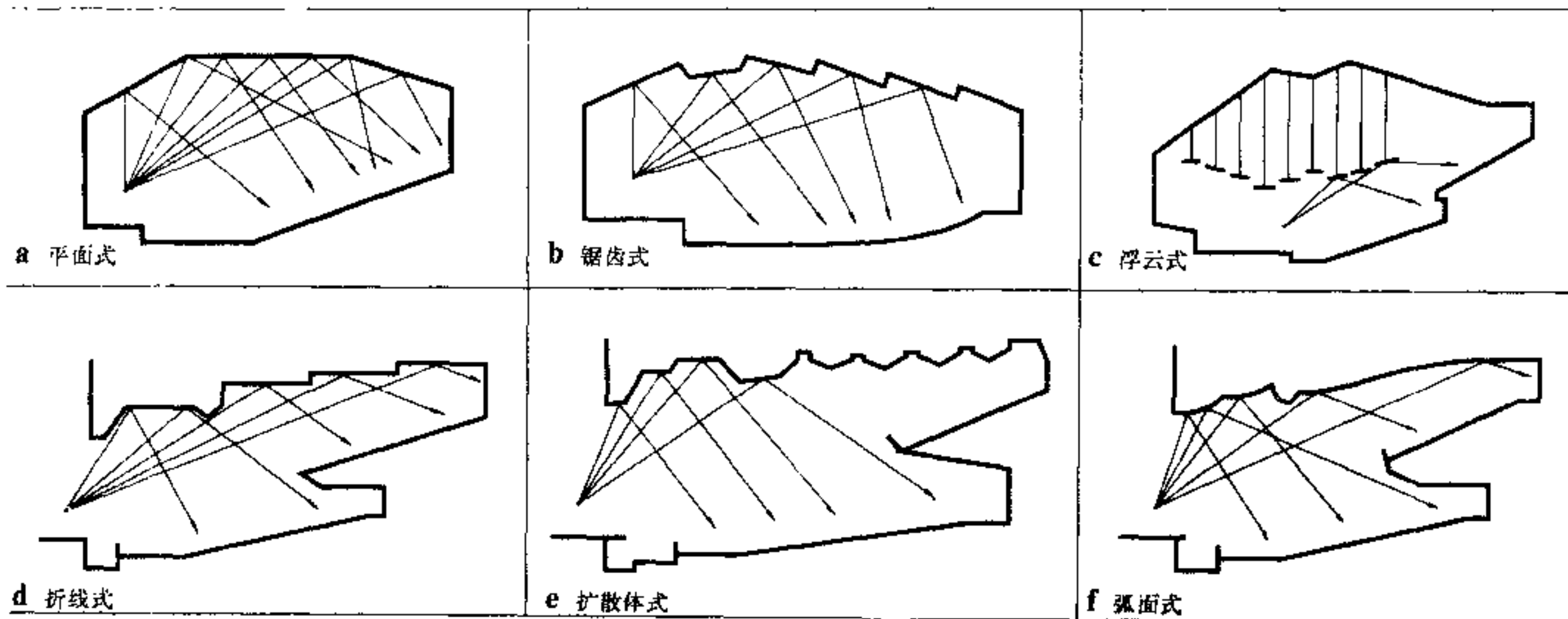
观众厅内的主要音质缺陷

剖面和顶棚 1. 一般情况下,应充分利用顶棚作反射面。

2. 顶棚高度不宜过大,否则将增加反射距离,以致产生回声,因此,平吊顶只适用于容积较小的厅堂。

3. 折线形或波浪形顶棚,声线可按照设计要求反射到需要的区域,扩散性好,声能分布均匀。

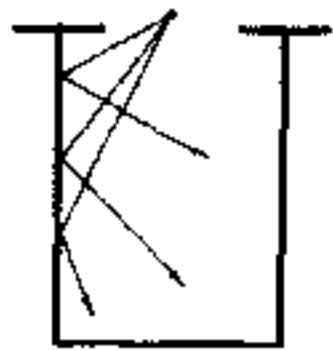
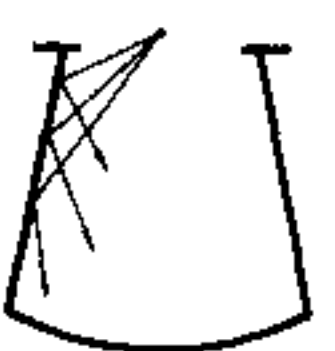
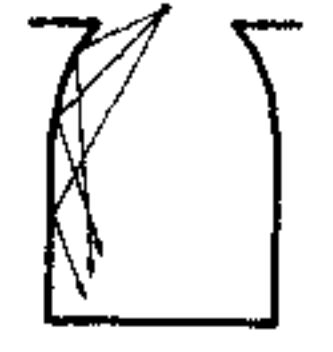
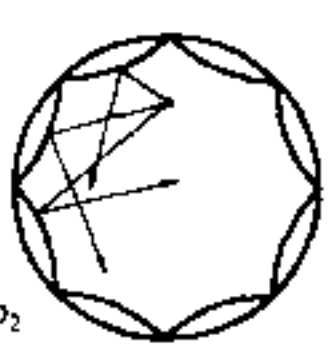
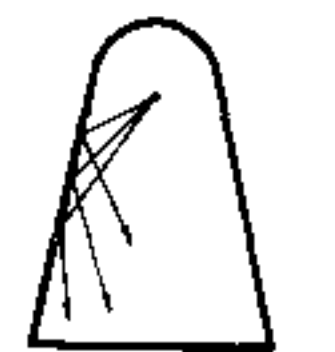
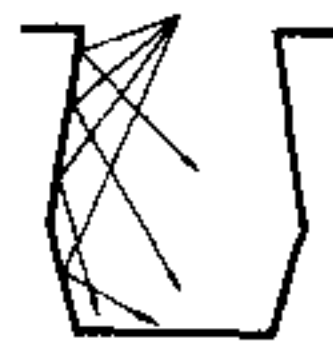
4. 圆拱形或球形顶棚,易产生声聚焦,声能分布不均匀,宜慎重采用。



平面和侧墙 1. 应充分发挥侧墙下部的反射作用,侧墙上部宜作吸声或扩散处理。

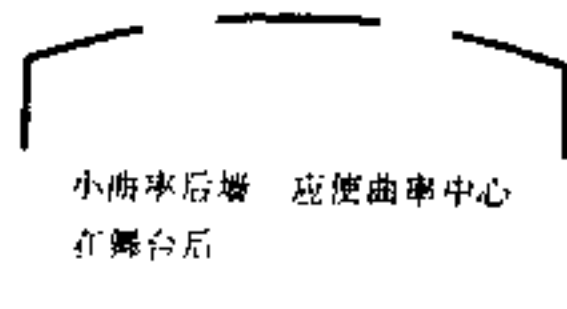
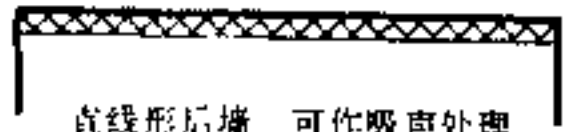
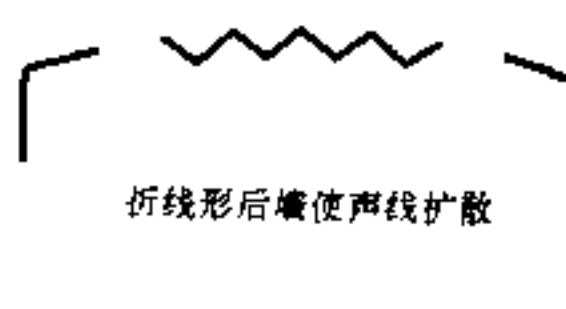
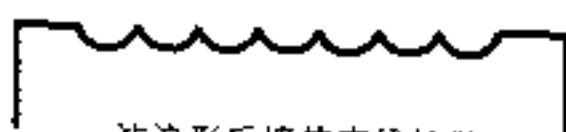
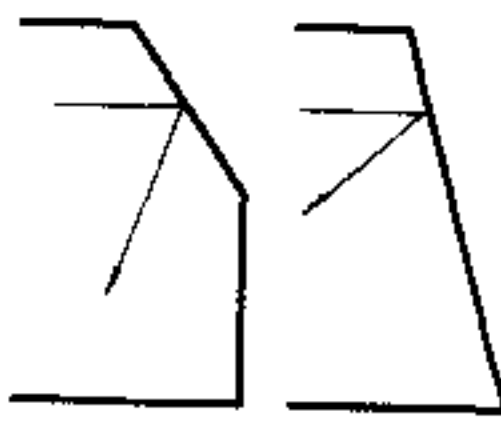
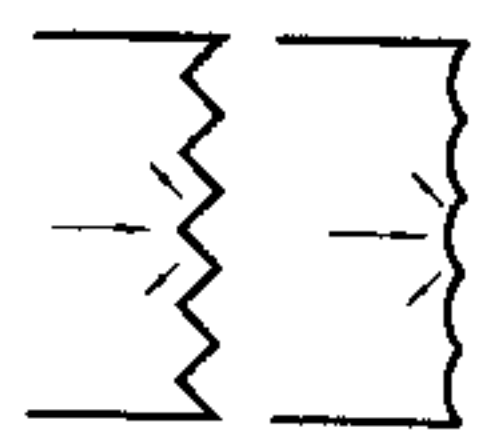
2. 注意侧墙的布置,避免声音沿边反射而达不到座区。

3. 侧墙的开展角在 10° 以内,矩形平面的宽度在20m以内时都较好。

a 矩形平面	b 圆形(半圆形)平面	c 扇形平面	d 六角形平面	e 卵形(椭圆形)平面
1. 声能分布均匀 2. 座区前部反射声空白区小 3. 观众厅宽度超过30m时,可能产生回声 4. 钟形平面(a ₂)对减小反射距离很有效	1. 声能分布不均匀 2. 有沿边反射、声聚焦等缺陷 3. 沿墙增设扩散面后(b ₂)能纠正其缺点	1. 声学效果决定于侧墙和轴线的关系,夹角越大,反射区域越小,通常夹角不大于 22.5° 2. 后墙曲率半径要大,以避免声聚焦和回声	1. 声能分布均匀 2. 座区中部能接受较多的反射声能 3. 平面比例改变时,反射声区域亦随之改变,如d ₂ 较d ₁ 的反射声区域大	1. 易产生声能分布不均匀及声聚焦等缺点 2. 采用时应沿墙增设扩散面
 a ₁	 b ₁	 c ₁	 d ₁	 e ₁
 a ₂	 b ₂	 c ₂	 d ₂	 e ₂

后墙 1. 平面曲率半径要大,以避免回声和声聚焦,否则需作吸声或扩散处理。

2. 可利用墙的上部作反射面,以增加座区后部声强。

平 面	剖 面
 小曲率后墙 应使曲率中心在舞台后  直线形后墙 可作吸声处理	 折线形后墙使声线扩散  波浪形后墙使声线扩散
	 反射面  扩散面  吸声面

扩散处理

室内作扩散处理,可使声能分布均匀,消除音质缺陷,这对于提高音乐厅、歌剧院、演播和录音室的音质是十分重要的,下列几种措施可促使声场扩散。

1.在体形设计中采用不规则的平剖面①。

2.不同的声学材料交替布置②。

3.厅内包厢及装饰,如:壁柱、藻井、大吊灯等均起扩散作用③④。

4.小房间要注意共振频率分布均匀⑤。共振频率的计算公式为:

$$f_{n_x, n_y, n_z} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z}\right)^2} \quad (\text{Hz})$$

式中 l_x, l_y, l_z 为矩形房间的长、宽、高 (m); n_x, n_y, n_z 分别为 $0 \sim \infty$ 的任意正整数 (n_x, n_y, n_z 不同时为 0), 每一组 n_x, n_y, n_z 值为一种振动方式。

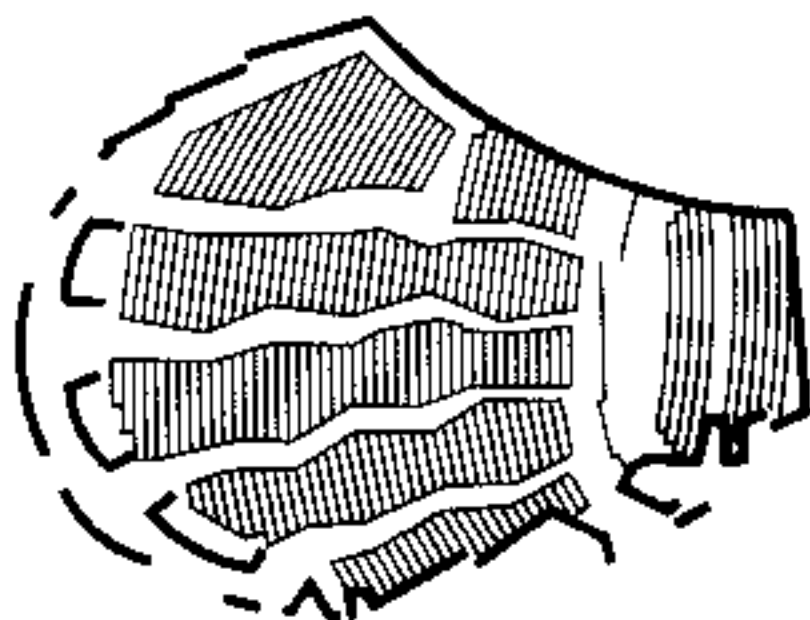
在墙面或顶棚装置扩散体的尺寸按下式确定:

$$\left(\frac{2\pi f}{c}\right)a \geq 4$$

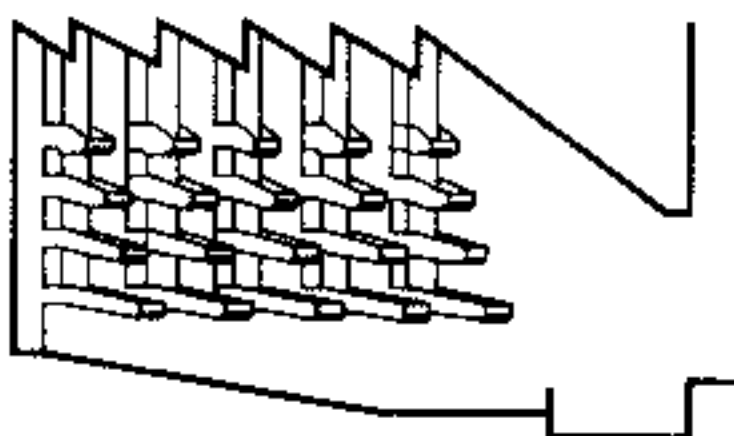
$$b/a \geq 0.15$$

$$\lambda \leq g \leq 3\lambda$$

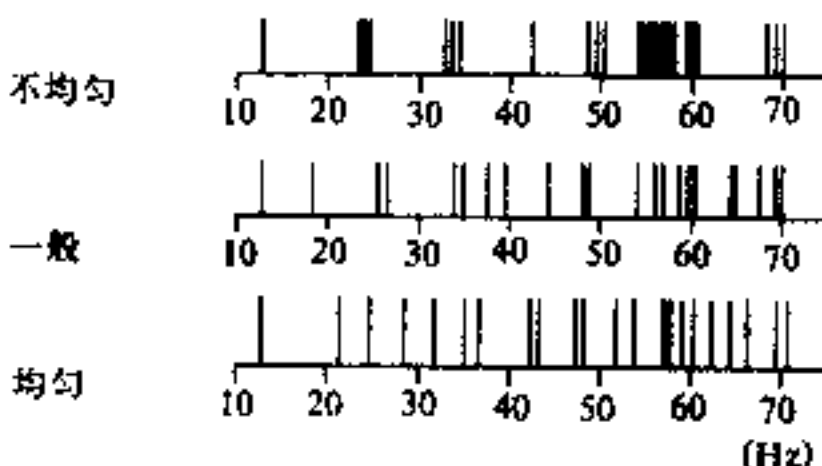
式中 a 为扩散体宽度, b 为凸出高度, f 为入射声频率, λ 为声波波长, g 为扩散体间隔⑥。



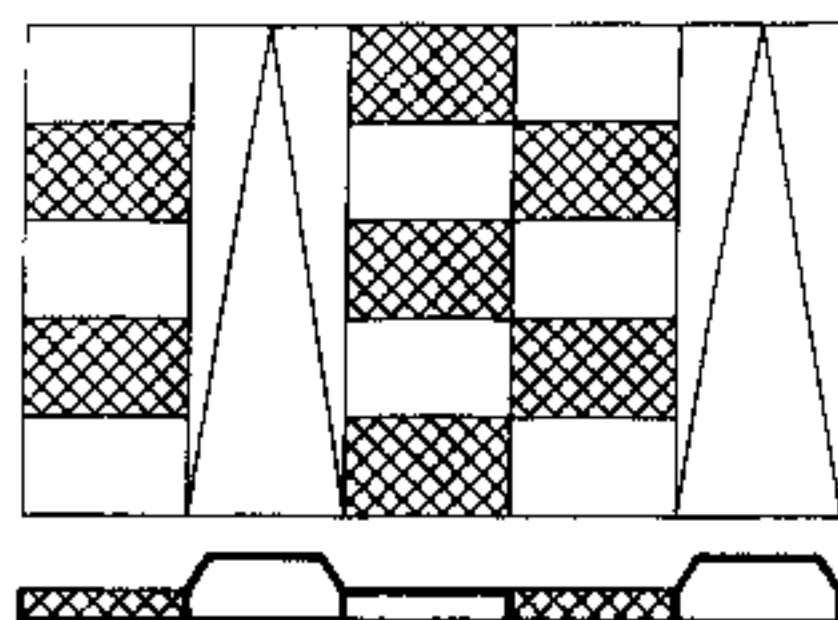
① 采用不规则平面型状的音乐厅



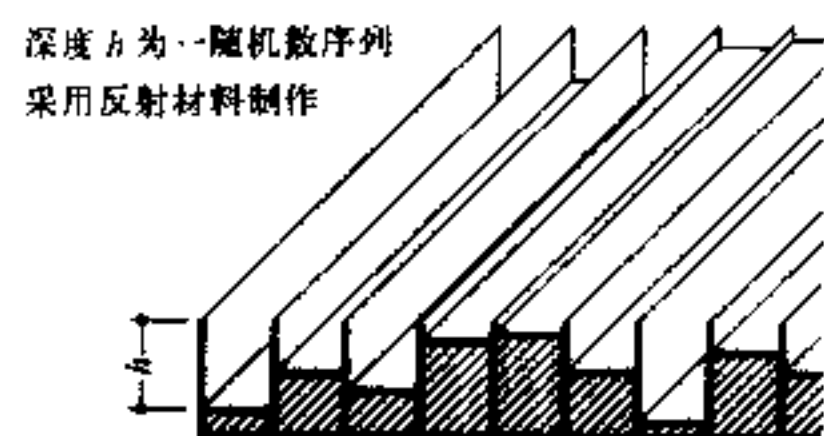
③ 包厢和吊顶形成良好的扩散



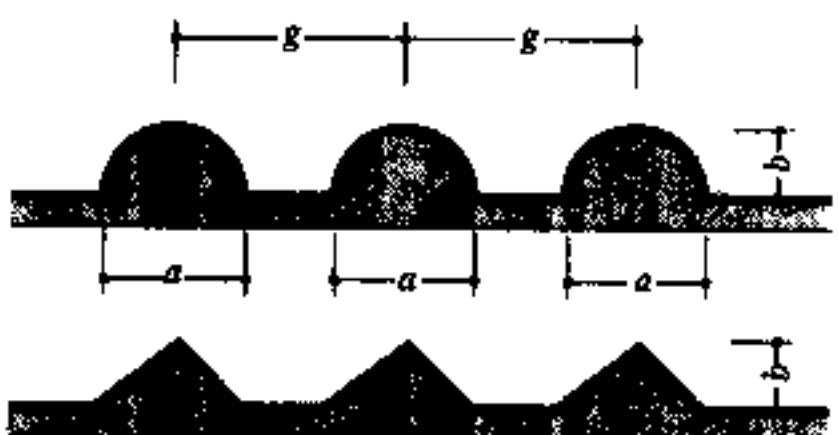
⑤ 房间共振频率的分布



② 不同的声学材料交替布置



④ 声扩散板



⑥ 扩散体的几何尺寸

台口附近的侧墙和顶棚

1. 应尽可能缩小面光口和耳光口的宽度,以减少声能的消耗。
2. 台口附近的侧墙和顶棚应作成高效能的反射面,其反射声能应尽可能投射到座区的前部。

	有缺点的布置方式	改进后的布置方式
平面		
剖面		
立面		

其它

乐池

乐池深度和台唇挑出应尽量小
 $h = 1.9 \sim 2.0\text{m}$
 $C = 3\text{m}$ (一般剧院)
 $C = 4\text{m}$ (大型剧院)
 $C/D > 3$

挑台

挑台的平面曲率半径要大,以避免回声和声聚焦

反射面可增强中部座区的声强

挑台不要太深,避免形成声影区

尽量使挑台下最后一排也能得到来自大厅顶棚处的一次反射声

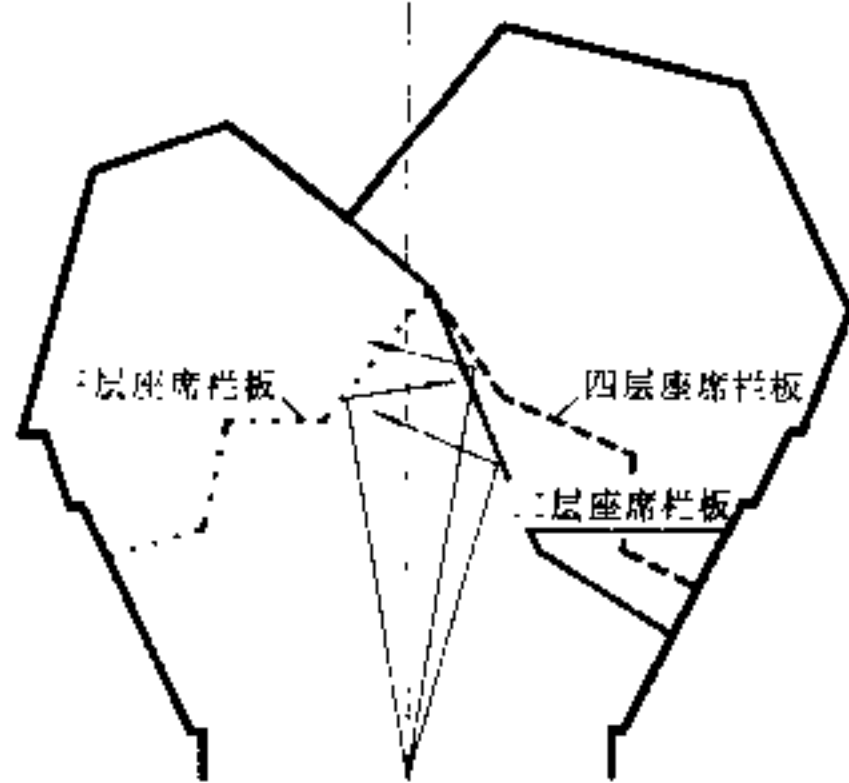
挑台下的天棚可作成反射面,以提高挑台下部座区的声强

反射面

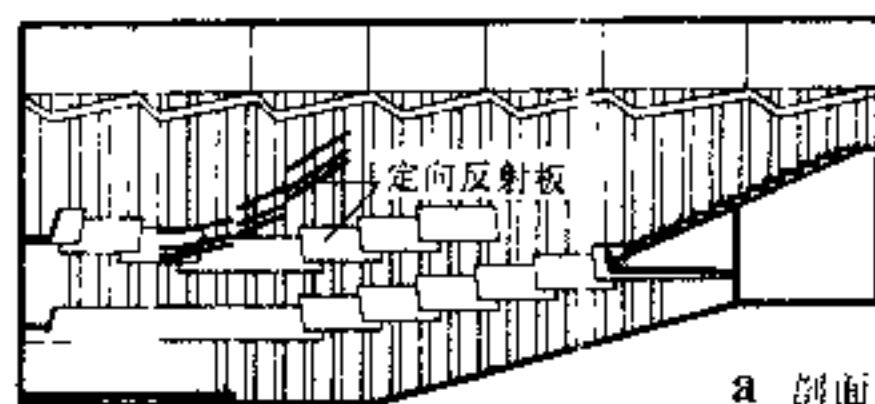
一、观众厅内的一些反射面，包括舞台口天花、侧墙、挑台和包厢栏板，可向池座前区提供早期反射声，弥补这区域缺少反射声的缺陷。

二、在侧墙和顶棚悬挂一些反射板也能起到相同的作用[1][2]。

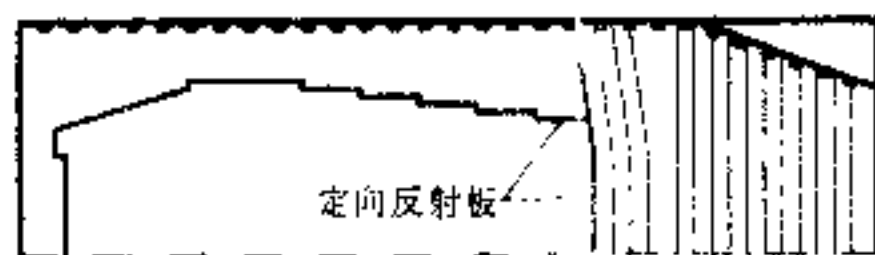
三、反射板尺寸应大于声波波长，宜采用密实、表面光滑、反射性能好的材料制作。



1 利用栏板作反射面提供侧向反射声



a 剖面



b 平面

2 观众厅内的定向反射板

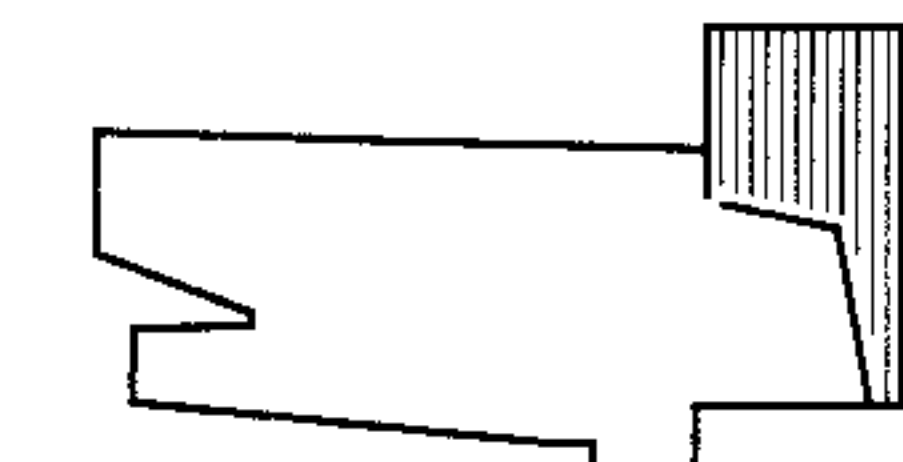
舞台反射罩

1. 在多数剧场中，声源发出的声能很大一部分被舞台空间吸收，在音乐演出时，利用舞台反射板将声能反射给观众和演员，可提高响度，改善音质效果。

2. 舞台反射板一般采用胶合板、玻璃钢、塑料板、钢板等材料制作，固定式反射罩也可用钢丝网抹灰。采用端室式时，反射板不宜轻于 $7\text{kg}/\text{m}^2$ 。

3. 反射板表面应作良好的扩散处理。

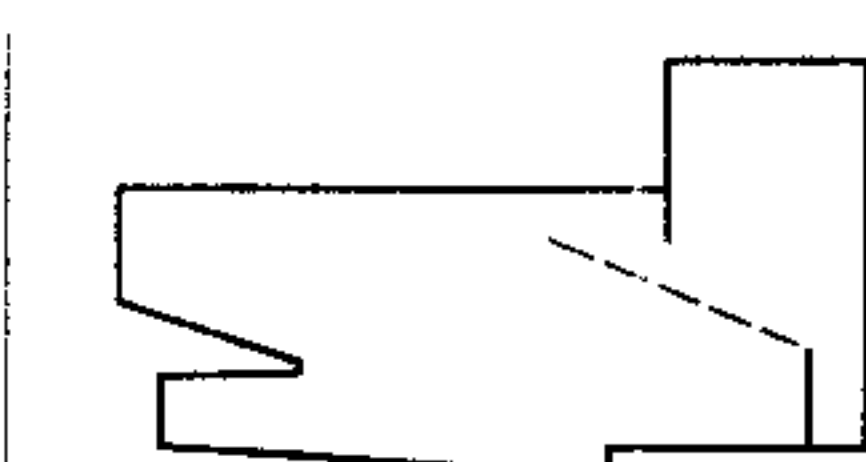
舞台反射罩的主要类型



a 端室式，防止声能向舞台上空逸散



b 突出式舞台，台上装有反射板



c 分离式，利用舞台空间上空为耦合的混响空间



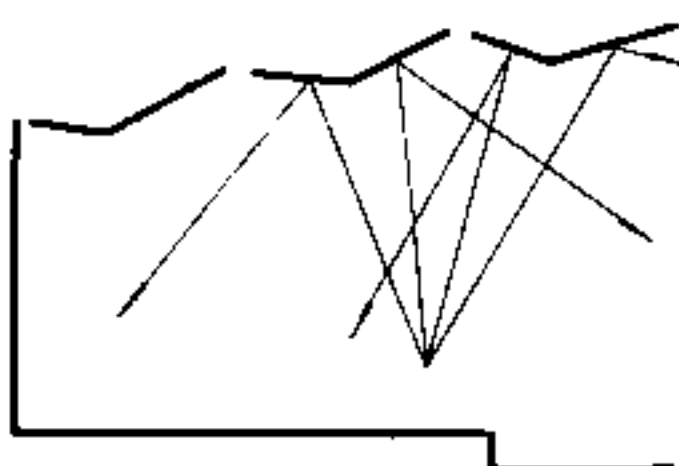
d 分离式，大厅无舞台空间



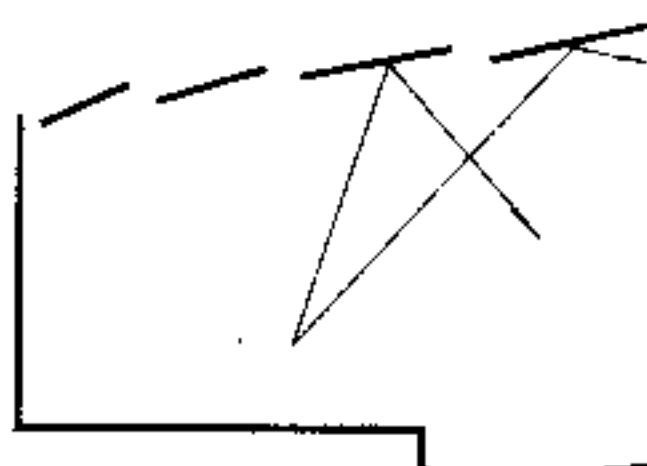
e 分离式，环绕式厅堂



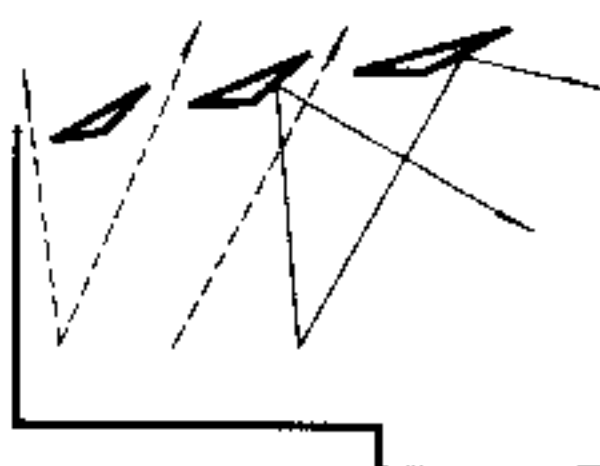
f 组合式，罩内装设分离式反射板来提供早期反射声



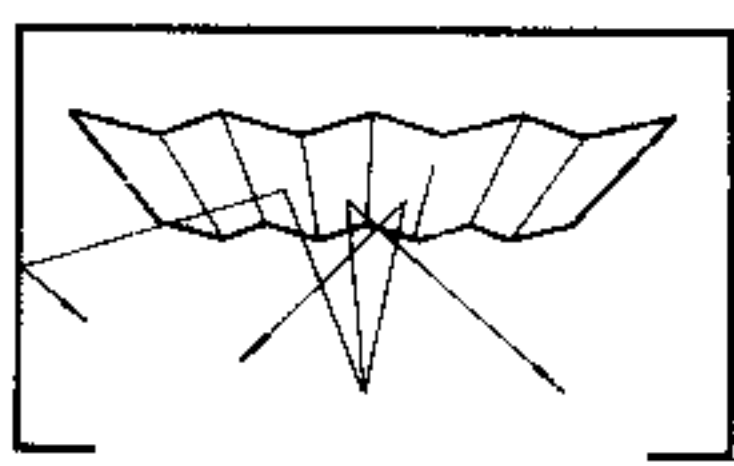
3 折线型舞台反射板可使演员和听众都得到反射声



4 顶板向观众厅延伸以加强提琴声部



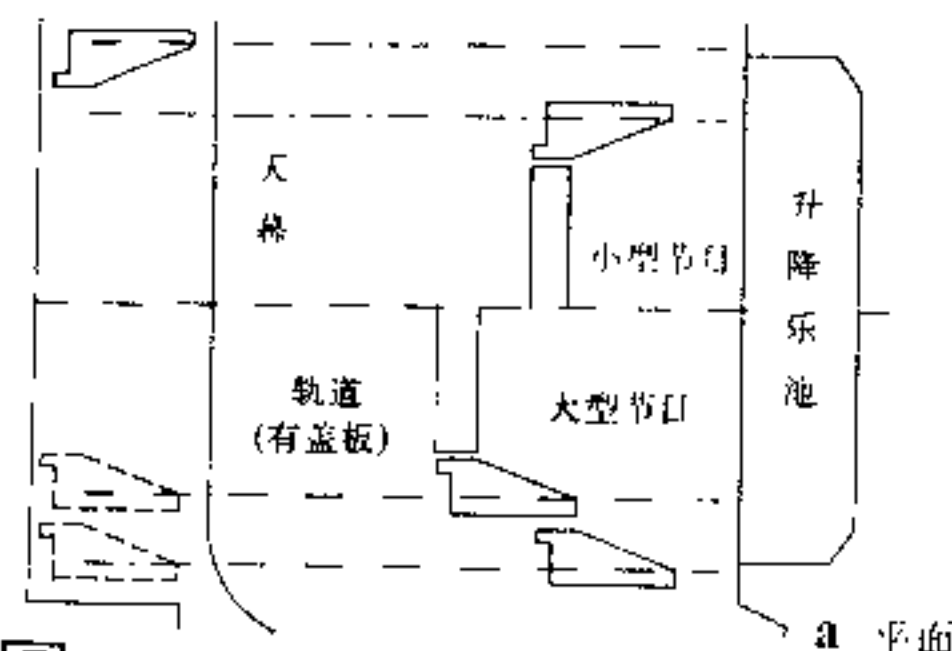
5 顶板开孔释放部分声能



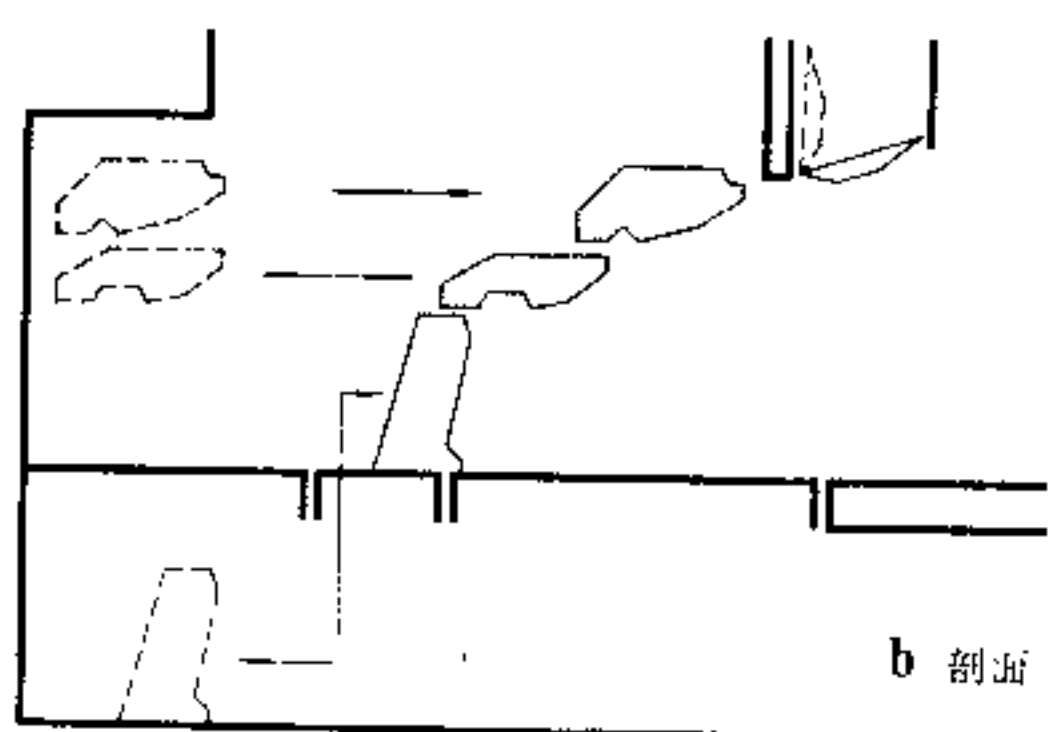
6 舞台反射板的横向扩散处理可提供更多的侧向反射声

舞台反射罩的推荐尺寸 表1

演出规模	大型管弦乐队 (75~125人,可再加合唱队)	室内乐队 (平均25人) 重奏、独奏、重唱、独唱
宽	15m	8m
深	9m	5m
高	7m	7m



7 可移动的舞台反射罩



b 剖面

混响设计

声源停止发声之后,声强级衰减 60dB 所需的时间称为混响时间 (T_{60})。

一、选择合适的混响时间[1], 图中所列值为 500~1000Hz 时合适的混响时间范围。

二、计算各频率的混响时间

将 500~1000Hz 的值乘以各频率的比值 R (表 2), 即各频率的混响时间。

对于一般厅堂, 计算频率常取 125、250、500、1000、2000、4000Hz。

三、计算厅堂混响时间

1. $T_{60} = \frac{KV}{-S \ln(1-\alpha) + 4mV}$
或 $T_{60} = 0.16V / S\bar{\alpha}$ ^①

式中: K ——房间形状的参变数, 一般取 0.16;

V ——房间容积(m^3);^②

S ——室内总表面积(m^2);

α ——室内平均吸声系数;

$\bar{\alpha} = \frac{\sum S_i \alpha_i + N_1 \alpha_1 + N_2 \alpha_2}{S}$

S_i ——室内各部分的表面积(m^2), 一般包括顶棚、墙面、门窗、台口及地面^③的面积;

α_i ——与 S_i 相对应的表面吸声系数;

N_1 、 N_2 ——占座及空座的数量^④ (包括观众及乐队);

α_1 、 α_2 ——每单位占座及空座的吸声量;

m ——空气吸声衰减系数;

2. 室内有耦合空间 (如挑台下部空间) 时:

当 $b/h \leq 2$ 时, 可合并计算;

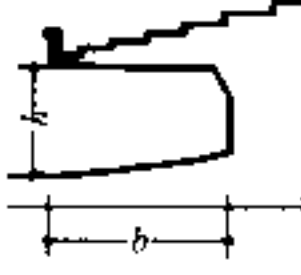
当 $b/h \geq 2$ 时, 应分别计算。

注: ①容积较小, 平均吸声系数较低 ($\bar{\alpha} \leq 0.2$) 时适用。

②剧院不计舞台, 音乐厅包括乐台。

③指观众及乐队席以外的面积。

④可按占地面积(m^2)或座数来计算。观众席的占地面积在有观众时应包括宽度在 1m 以内的过道, 绕观众席边缘 1m 以内的面积; 在空座时, 其宽度可按 0.5m 计算。对于小型厅堂, 不宜采用按占地面积的计算方法。

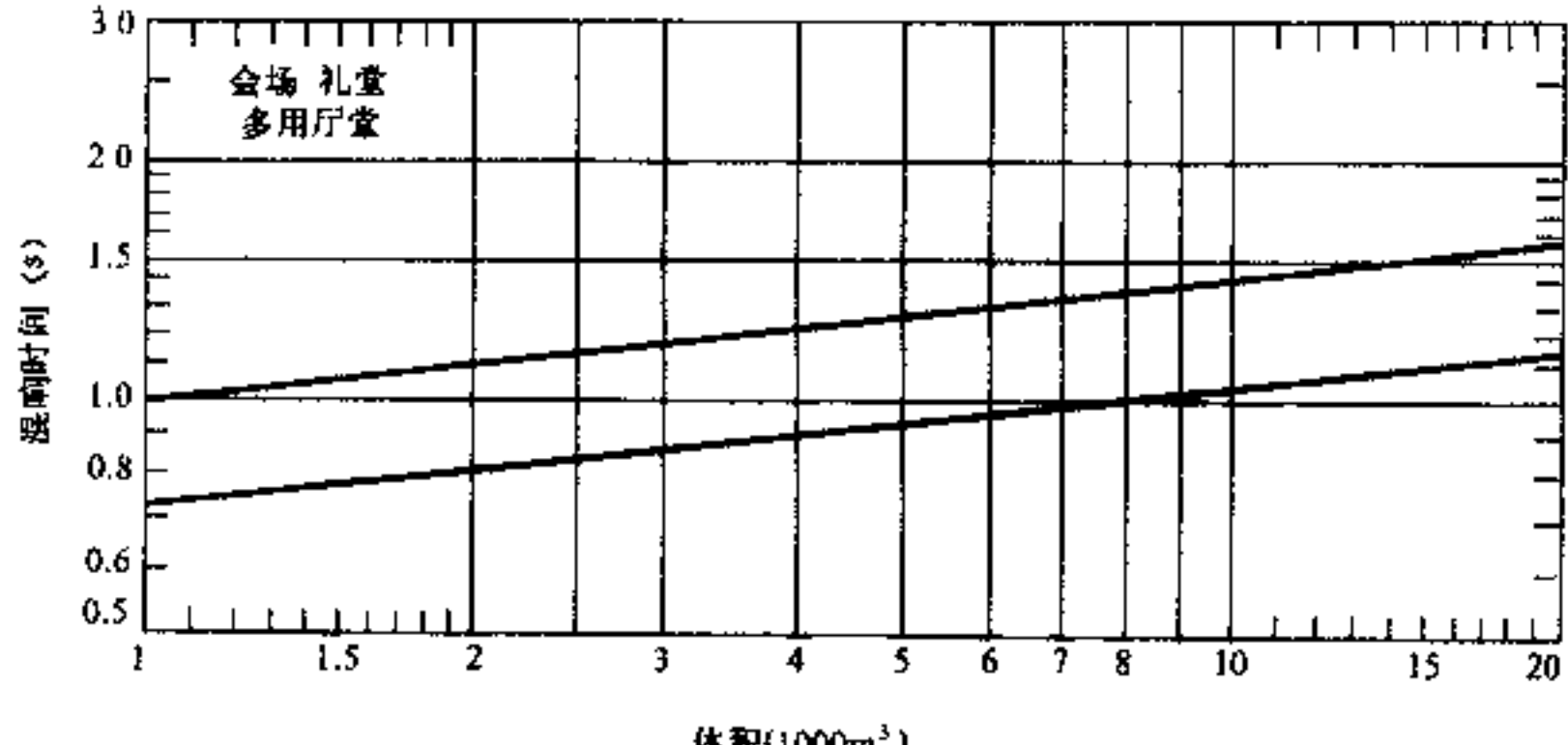
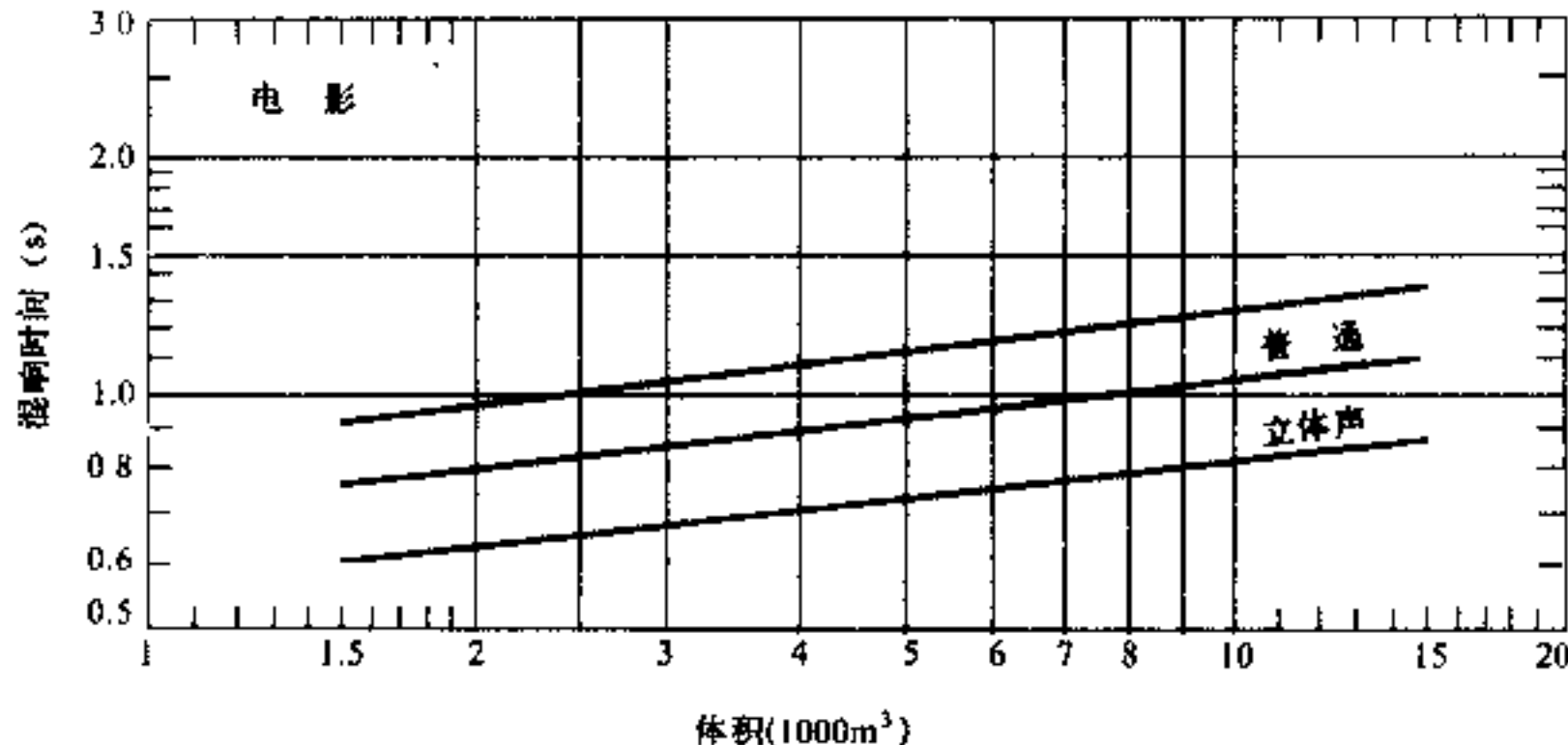
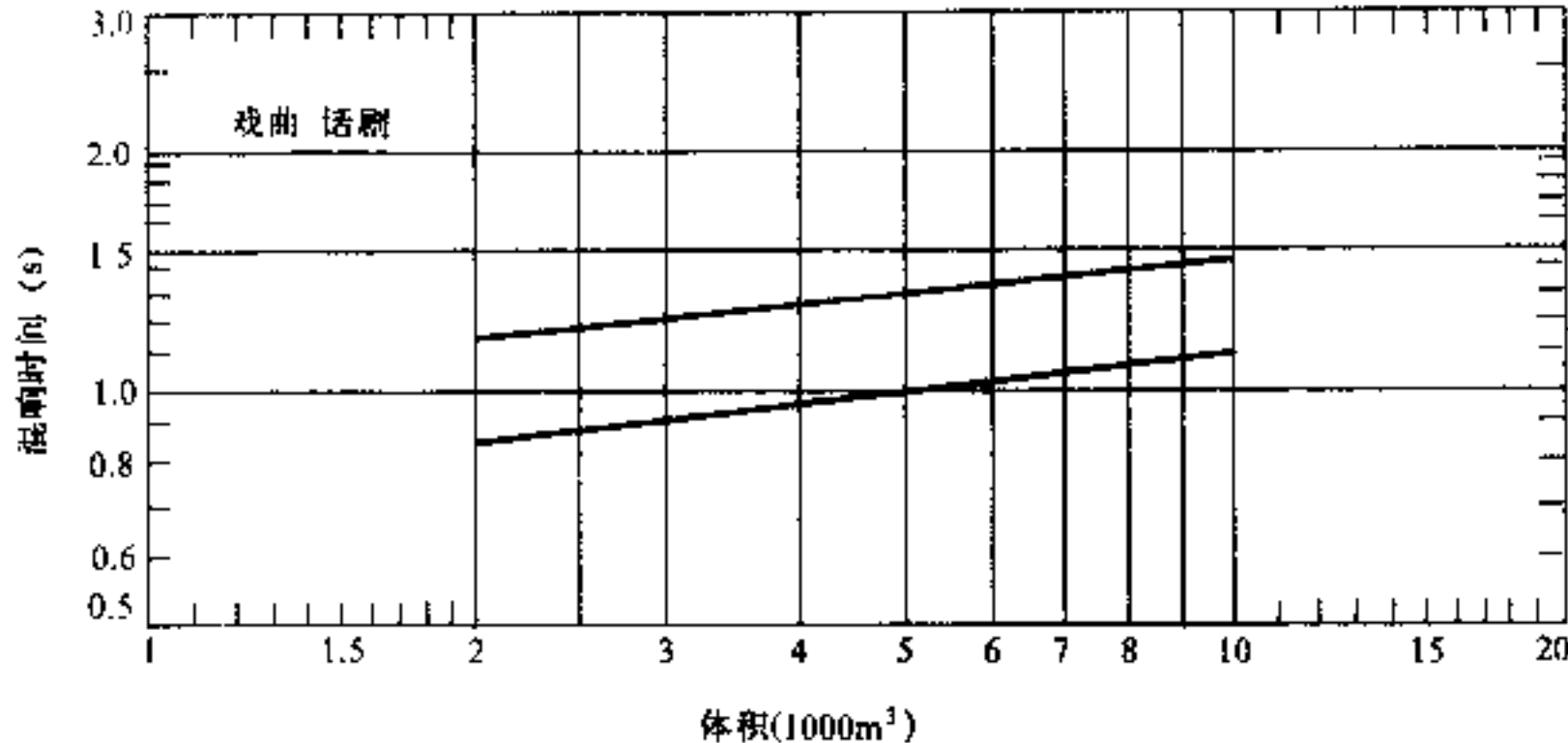
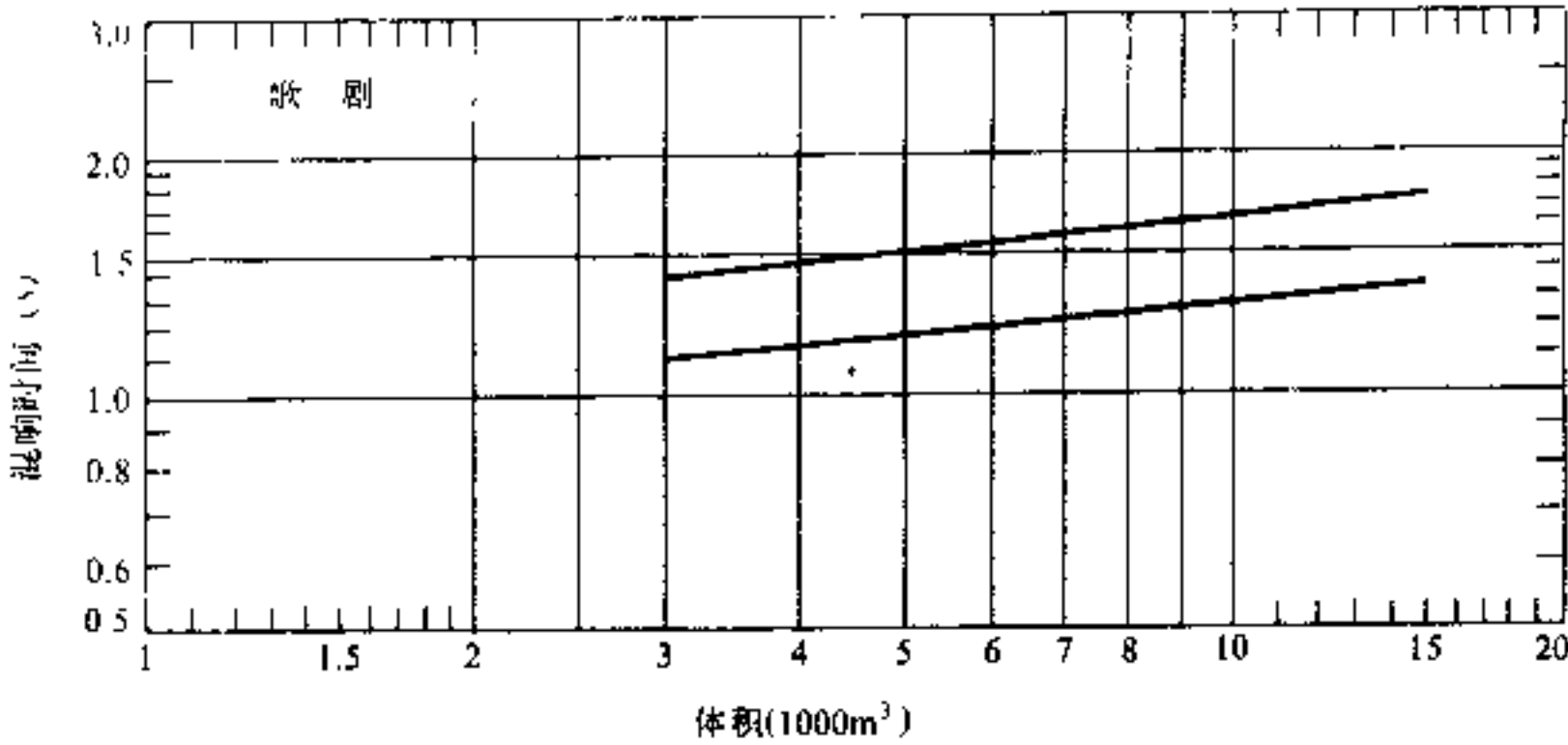


四、选择混响时间与计算混响时间的允许误差为 $\pm 10\%$, 否则应调整。由混响时间的计算公式得知: 增大房间容积, 可以延长混响时间; 而增加室内总表面积会使混响时间缩短。

五、舞台的混响时间, 在大幕下落时不应超过观众厅空场混响时间。

空气吸收系数 4m 值(室内温度 20℃) 表 1

频率 (Hz)	室内相对湿度			
	30%	40%	50%	60%
2000	0.012	0.010	0.010	0.009
4000	0.038	0.029	0.024	0.022



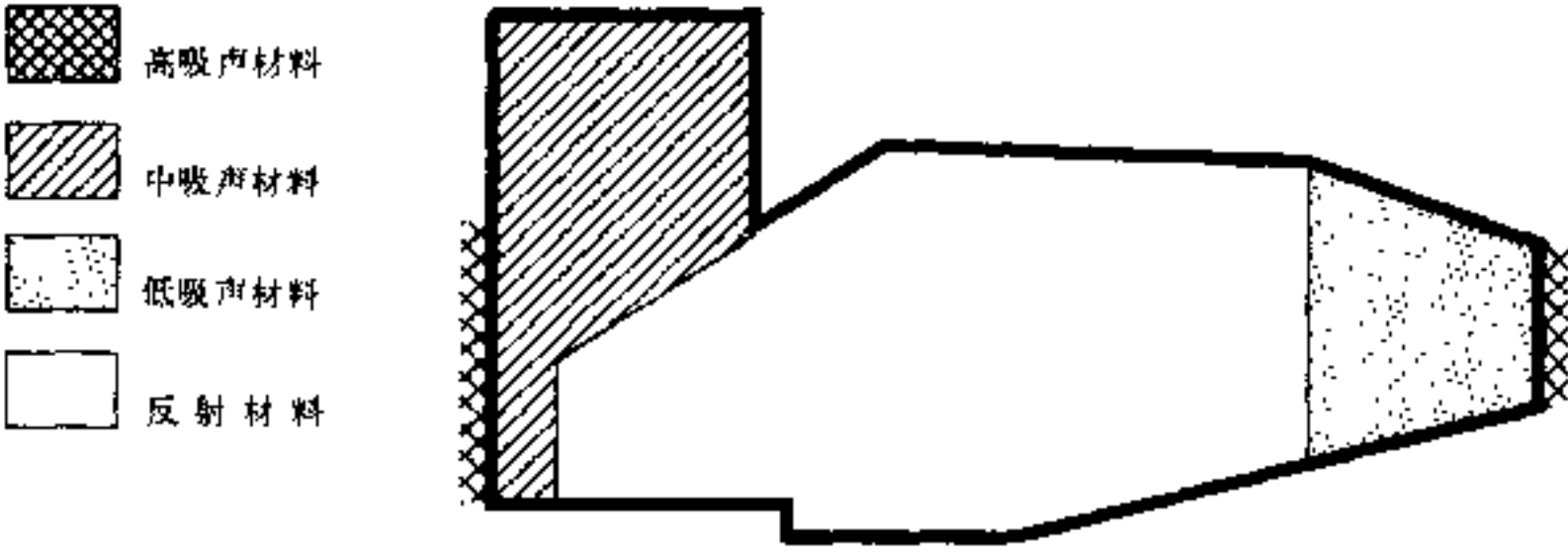
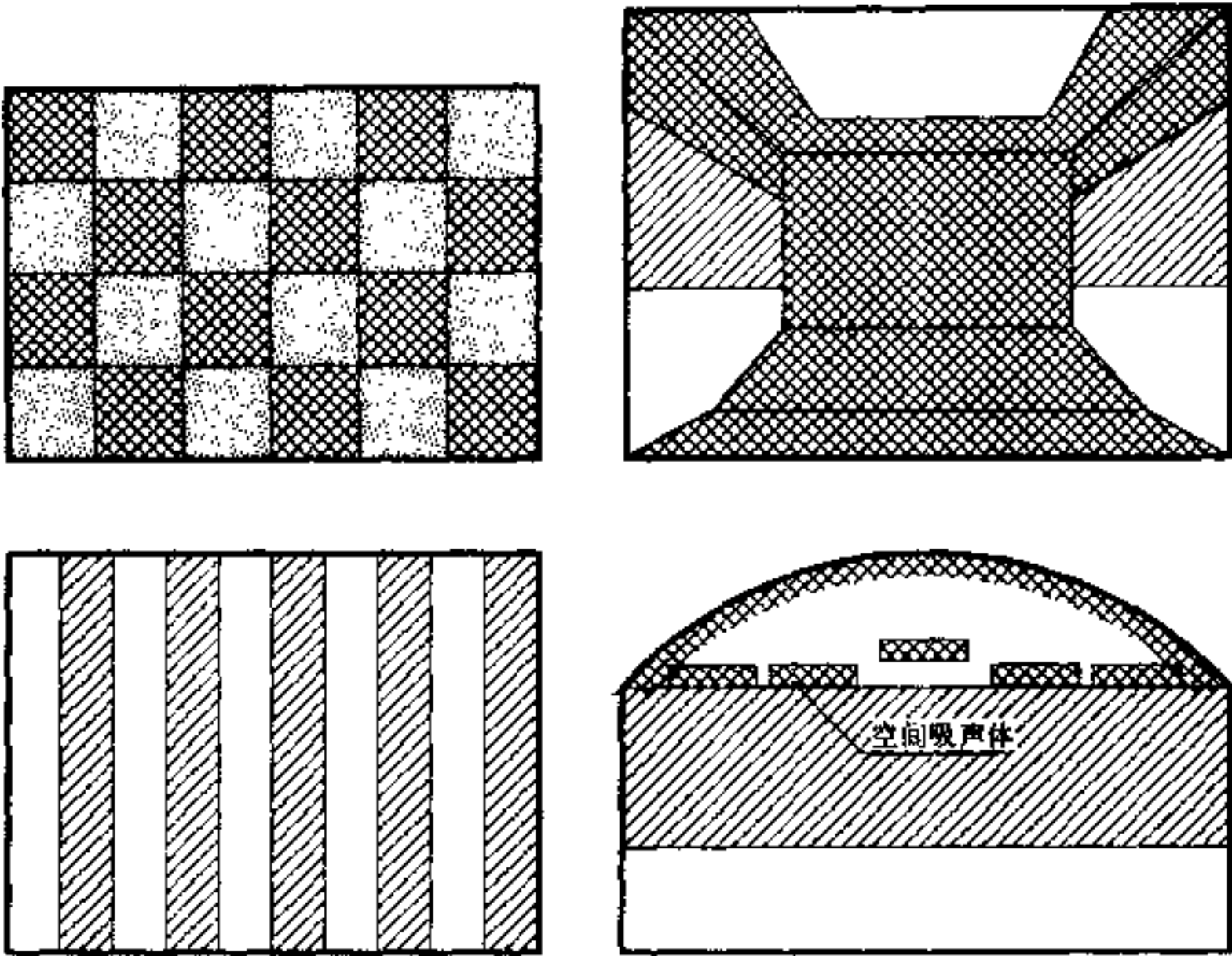
[1] 厅堂内混响时间与体积的允许范围

混响时间频率特性比值(R)

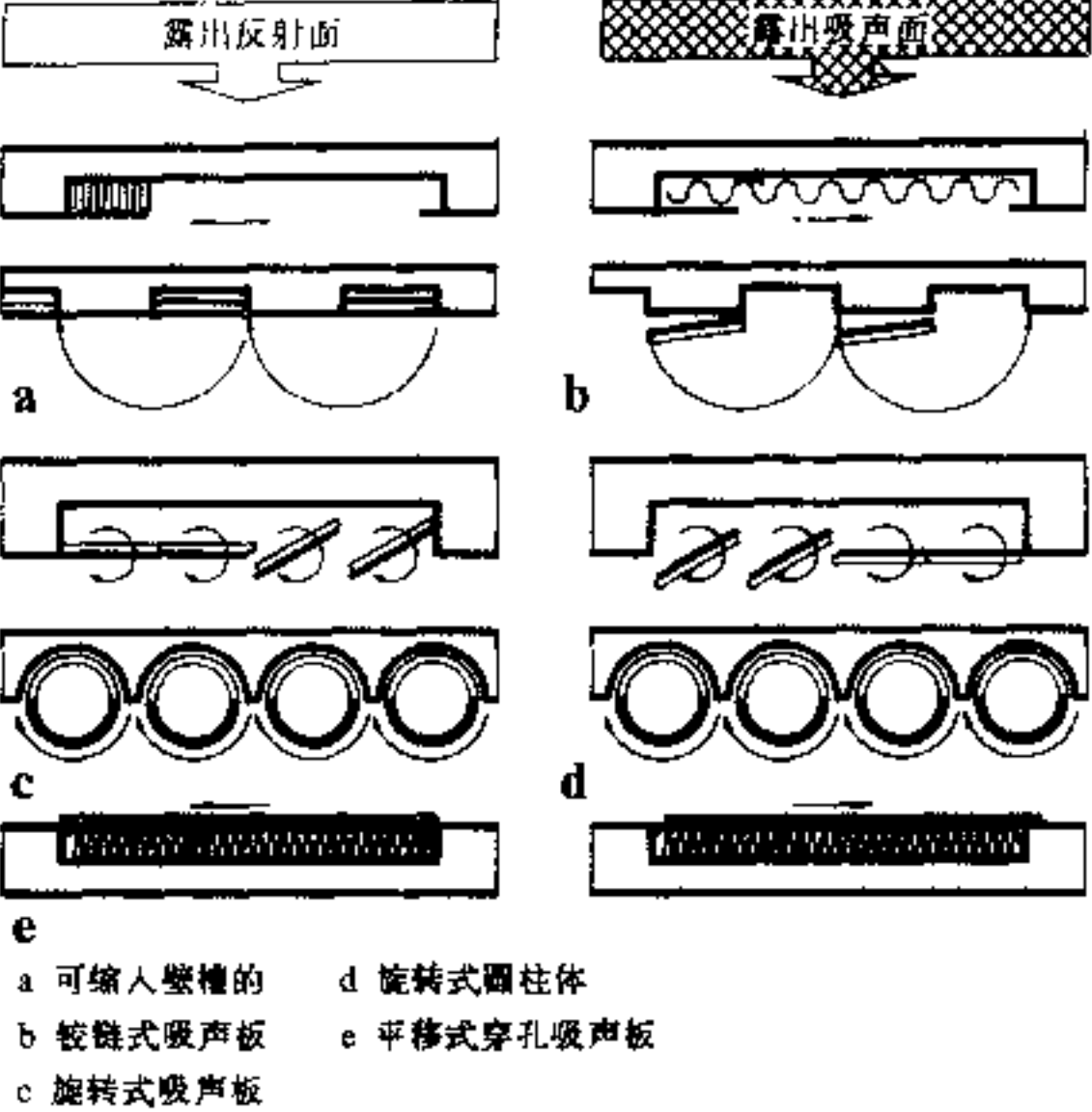
表 2

频率 (Hz)	歌剧院	戏曲、话剧院	电影院	会场、礼堂、多用厅堂
125	1.00~1.30	1.00~1.10	1.10~1.20	1.00~1.20
250	1.00~1.15	1.00~1.10	1.10~1.10	1.00~1.10
2000	0.90~1.00	0.90~1.00	0.90~1.00	0.90~1.00
4000	0.80~0.90	0.80~0.90	0.80~1.00	0.80~1.00

声学材料布置



室内声学材料布置举例



2 可变吸声构造举例

- 选择吸声材料和构造的注意事项**
1. 有代表性频率的吸声系数值
 2. 外观 (尺寸、周边情况、接头、色彩、质感)
 3. 材料的防火性能
 4. 造价
 5. 耐久性 (抗撞击性、机械损坏、耐磨损及老化)
 6. 施工条件 (安装吸声材料时的温、湿度, 以及基层的准备程度)
 7. 房间使用后的防潮、抗结露、以及是否易发霉、生虫、干朽、长菌
 8. 是否易清扫、更换、维护 (重新装饰对吸声效果的影响, 以及维护费用)
 9. 厚度与重量
 10. 反光性能与隔热性能
 11. 同时要求有适当的隔声能力 (作悬挂吊顶和围护结构时)

厅堂混响时间计算实例 (观众厅容积 $V=10000\text{m}^3$, 厅内总表面积 $\Sigma S=3147\text{m}^2$)

项目	序号	装置位置与选用材料	表面积 (m^2)	125Hz		250Hz		500Hz		1000Hz		2000Hz		4000Hz	
				α	$S\alpha$	α	$S\alpha$	α	$S\alpha$	α	$S\alpha$	α	$S\alpha$	α	$S\alpha$
室内基本吸声量	1	天花 a 台口 1.6m 宽, 混凝土板五夹板贴面	32	0.14	4.5	0.21	6.8	0.11	3.5	0.05	1.6	0.11	3.5	0.11	3.5
		b 台口前天花, 水泥船、挑台天花	1210	0.08	96.8	0.06	72.6	0.05	60.5	0.04	48.4	0.04	48.4	0.04	48.4
	2	舞台口侧墙(砖墙抹灰)	282	0.04	11.3	0.04	11.3	0.07	19.7	0.02	5.6	0.09	25.4	0.05	14
	3	大厅后墙(夹板穿孔)	30	0.85	25.5	0.2	6	0.14	4	0.07	2.1	0.06	1.8	0.15	4.5
	4	木柱	48.5	0.14	6.8	0.21	10.2	0.11	5.3	0.05	2.4	0.11	5.3	0.11	5.3
	5	走廊(水泥砂浆面)	200	0.01	2	0.01	2	0.02	4	0.02	4	0.02	4	0.04	8
	6	乐池(木地板)	70	0.15	10.5	0.11	7.7	0.10	7	0.09	6.3	0.06	4.2	0.04	2.8
	7	门、面光槽、风洞开口	45	0.16	7.2	0.20	9	0.30	13.5	0.35	15.8	0.29	13	0.21	9.5
	8	舞台开口	150	0.30	45	0.35	53	0.40	60	0.45	67.5	0.50	75	0.50	75
	9	侧墙、木条子	294	0.05	14.7	0.05	14.7	0.07	20.6	0.07	20.6	0.06	17.6	0.08	23.5
	10	室内基本吸声量			224.3		193.3		198.1		174.3		198.2		194.5
空混响时间	11	人造革座椅	2000 只	0.21	420	0.18	360	0.3	600	0.28	560	0.15	300	0.1	200
	12	$\Sigma S\alpha$			644.3		553.3		798.1		734.3		498.2		394.5
	13	$4m$									37		75		226
	14	$T_{10} = 0.16V / [-S \ln(1-\bar{\alpha}) + 4m]$			2.20		2.40		1.70		1.90		2.60		2.50
满混响时间	15	观众坐在人造革座椅	2000 座	0.23	460	0.34	680	0.37	740	0.33	660	0.34	680	0.31	620
	16	$\Sigma S\alpha$			684.3		873.3		938.1		834.3		878.2		814.8
	17	$4m$									37		75		226
	18	$T_{10} = 0.16V / [-S \ln(1-\bar{\alpha}) + 4m]$			2.10		1.60		1.40		1.60		1.40		1.30

音质鉴定

一、在音质设计过程中,可以通过音质模型(1/10或1/20)试验,对设计方案进行评价,以及对建筑物建成后的音质效果作初步估计。

二、在建筑物竣工前,需要进行音质鉴定,其中包括对音质参数的测定(表1)和主观评价。

三、声学测量应按有关标准进行。

厅堂音质测量内容

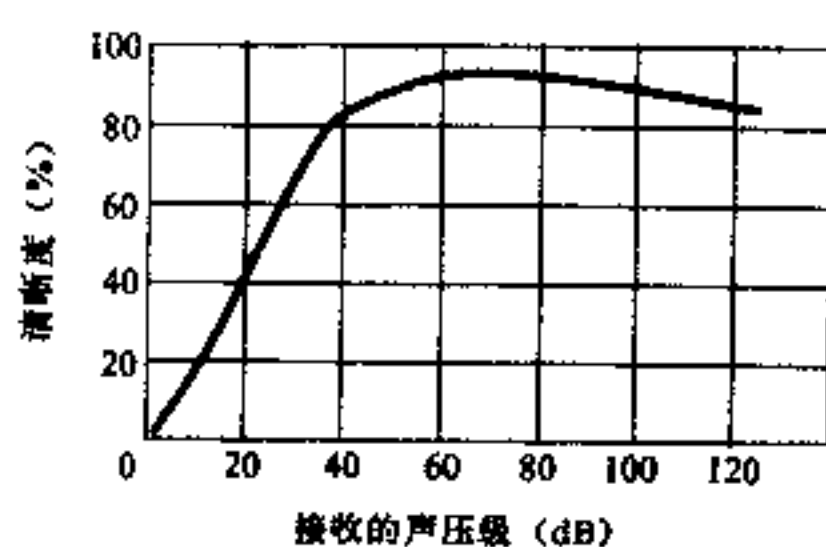
表1

测量项目	测量目的
模型试验	在模型中测量各音质参数,弥补设计计算的不足,发现问题,及时修改设计
混响时间	检验计算误差
稳态声场分布	检查声场分布的均匀程度
稳态声场扩散	研究扩散与主观评价的关系,探讨扩散与其它音质参数的联系
瞬态响应	检验设计中安排的反射面产生的效果,检查是否存在音质缺陷
背景噪声	检验隔声与降噪措施的效果
语言清晰度	检查收听语言信号清晰的程度
主观评价	统计听众对厅堂音质的意见,总结经验,鉴定厅堂音质设计

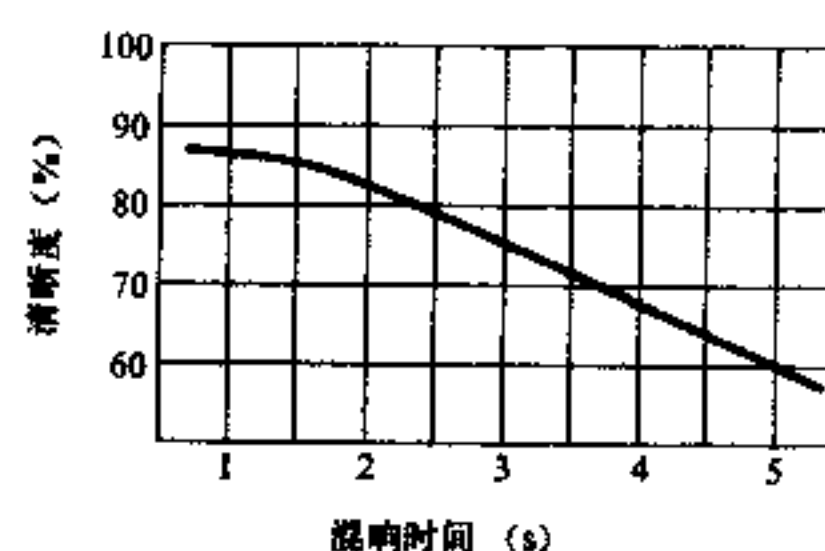
语言清晰度

影响语言清晰度的主要因素如下

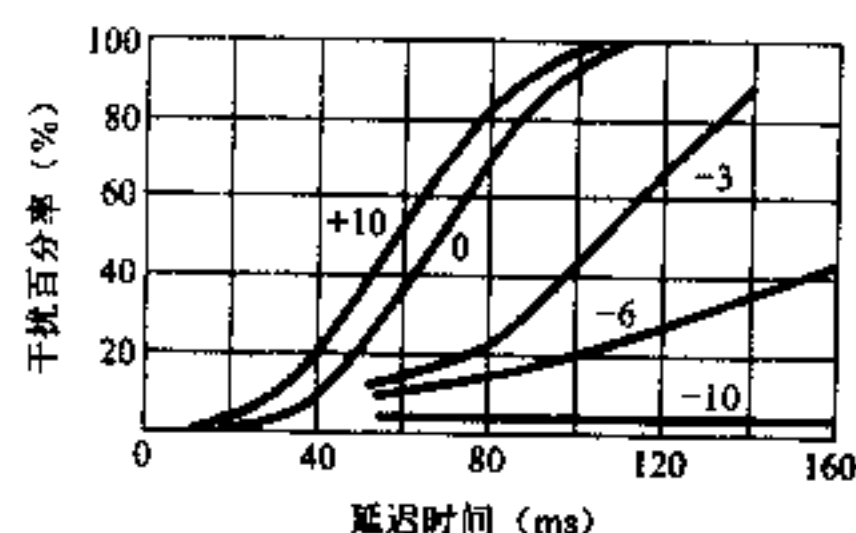
- 1.响度[1];
- 2.混响时间[2];
- 3.反射声[3];
- 4.背景噪声[4];
- 5.明晰度[5];即直达声后50ms以内到达的反射声能与总的声能之比。



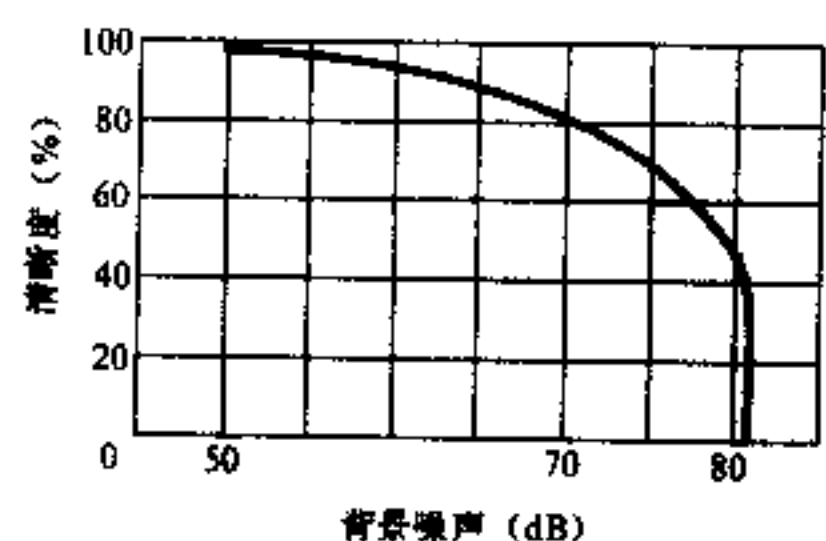
1 语言清晰度与接收声压级的关系



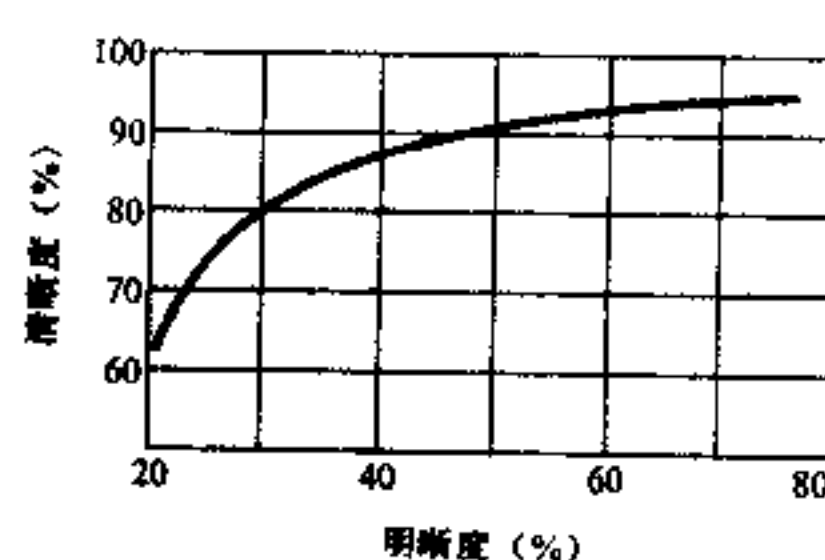
2 语言清晰度与混响时间的关系



3 反射声对语言干扰关系



4 汉语清晰度与背景噪声的关系



5 明晰度与语言清晰度的关系

我国已建成的一些厅堂、体育馆、演播室混响时间测定资料

表2

编号	名称	用途	观众厅体积 (m³)	容纳人数	每座体积 (m³)	混响时间 (s)						备注
						125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	
1	北京人民大会堂	会议	91400	10000	9.1	1.80	1.90	2.00	2.00	2.10	1.50	满场
2	中央音乐学院礼堂	音乐	4870	900	5.4	1.70	1.70	1.50	1.50	1.30	1.40	满场
3	首都剧场	话剧	6000	1200	5.0	0.77	0.69	0.74	0.80	0.79	0.72	满场
4	北京京丰礼堂	多功能	10890	1400	7.8	1.33	1.23	1.15	1.17	1.10	1.04	满场
5	内蒙古政府礼堂	报告	8495	1740	4.9	1.30	1.28	1.05	1.03	0.90	0.80	满场
6	北京燕山影剧院	多功能	9234	2100	4.4	2.00	1.80	1.53	1.46	1.27	1.40	满场
7	深圳大剧院	多功能	9340	1600	5.8	1.60	1.40	1.20	1.20	1.20	1.10	满场
8	杭州剧院	多功能	10000	2000	5.0	2.10	1.60	1.50	1.50	1.40	1.40	满场
9	锦江礼堂	多功能	25647	3406	7.5	1.84	1.49	1.81	1.68	1.76	1.46	满场
10	南宁剧场	多功能	9088	1720	5.3	1.50	1.50	1.25	1.15	1.15	1.15	满场
11	漓江剧院	多功能	6500	1300	5.0	1.50	1.25	1.30	1.25	1.35	1.15	满场
12	河南省人民大会堂	多功能	10000	3052	6.2	2.20	1.70	1.50	1.50	1.40	1.30	满场
13	上海淮海影剧院	多功能	9747	1805	5.4	2.20	1.60	1.40	1.40	1.40	1.30	满场
14	青岛礼堂	多功能	11000	2000	5.5	2.45	2.34	2.02	2.07	1.91	1.71	满场
15	南京曙光电影院	电影	8022	1500	5.3	1.50	1.10	1.00	1.10	1.00	1.00	满场
16	广州新华电影院	电影	7560	1455	5.2	1.35	0.75	1.05	0.90	1.00	1.00	满场
17	北京大学生体育馆	多功能	57740	4153	13.9	1.76	1.61	1.44	1.41	1.21	1.03	满场
18	北京体育中心综合馆	多功能	100000	6400	15.6	1.85	/	1.61	/	1.53	/	满场
19	广东电视中心演播室	录像、录音	11000	不固定	/	0.96	0.94	0.85	0.85	0.89	0.91	满场
20	中央彩电中心演播室	录像、录音	16000	不固定	/	1.09	0.87	0.80	0.79	0.77	0.77	满场

扩声系统的用途

- 一、向听众席扩声。
- 二、会议时，为主席台上的就坐者扩声。
- 三、为表演区内的演员送伴奏、监听声音。
- 四、根据演出需要，制造声学效果。
- 五、向工作间及所需场所转播演出实况。
- 六、向公共场所播送通知和音乐。
- 七、其他特殊用途。

宜设置扩声系统的条件

- 一、容积大于 20000m³ 的音乐厅。
- 二、观众容量大于 1400 座的歌剧院。
- 三、观众容量大于 1200 座的话剧院。
- 四、容积大于 1000m³ 的多用途厅。
- 五、听众距讲者大于 10m 的会议厅。
- 六、混响时间太长或太短的场所。
- 七、噪声级较高的场所。

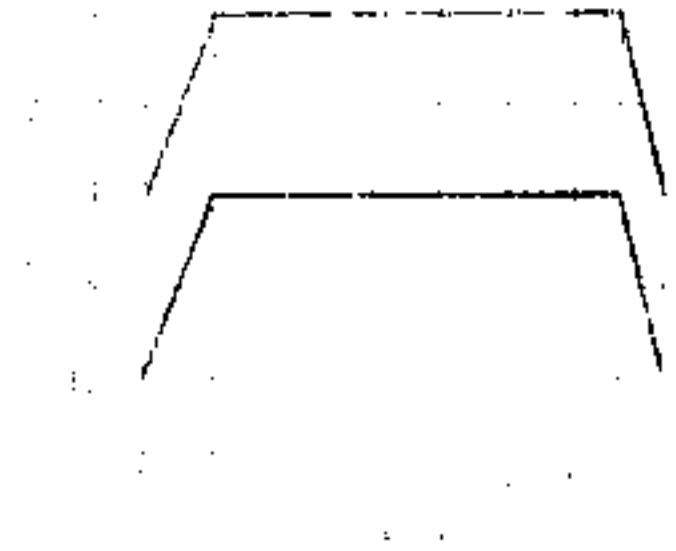
扩声系统的声学要求

能提供合适响度的声音；系统频响较宽，且频响曲线无过大起伏；声场分布均匀；系统噪声低，失真小；语言清晰度较高；避免产生回声干扰；视听尽量一致。

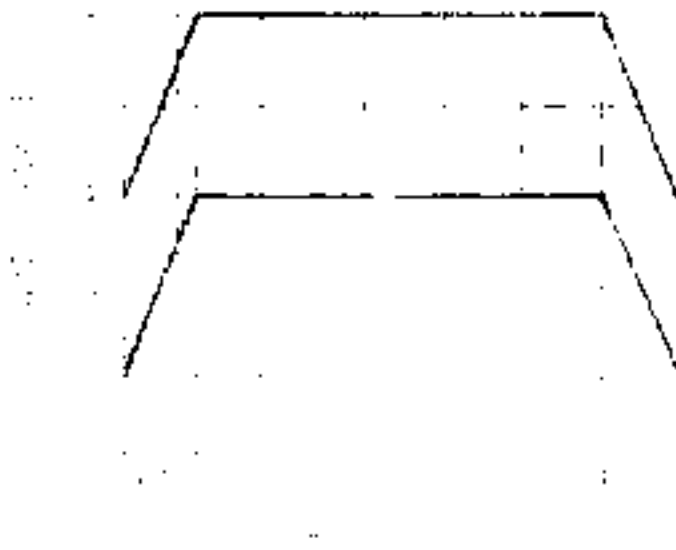
厅堂扩声系统声学特性指标^①

用途	声学特性等级	最大声压级(空场稳态准峰值声压级,dB) ^②	传输频率特性 ^③	传声增益(dB)	声场不均匀度(dB)	总噪声级 ^④
音乐扩声系统	一级	100~6300Hz, 平均声压级大于或等于 103dB	以 100~6300Hz 的平均声压级为 0dB, 在此频带内允许小于或等于 ±4dB; 50~100Hz 和 6300~10000Hz 的允许范围见图 ^⑤	100~6300Hz 的平均值大于或等于 -4dB (戏剧演出)大于或等于 -8dB(音乐演出)	100Hz, 小于或等于 10dB; 1000 Hz, 小于或等于 8dB	小于或等于 NR25
	二级	125~4000Hz, 平均声压级大于或等于 98dB	以 125~4000Hz 的平均声压级为 0dB, 在此频带内允许小于或等于 ±4dB; 63~125Hz 和 4000~8000Hz 的允许范围见图 ^⑤	125~4000Hz 的平均值大于或等于 -8dB	1000 Hz, 小于或等于 8dB	小于或等于 NR30
语言和音乐兼用的扩声系统	一级	125~4000Hz, 平均声压级大于或等于 98dB	以 125~4000Hz 的平均声压级为 0dB, 在此频带内允许小于或等于 ±4dB; 63~125Hz 和 4000~8000Hz 的允许范围见图 ^⑤	125~4000Hz 的平均值大于或等于 -8dB	1000 Hz, 小于或等于 8dB	小于或等于 NR30
	二级	250~4000Hz, 平均声压级大于或等于 93dB	以 250~4000Hz 的平均声压级为 0dB, 在此频带内允许 +4 dB; 100~250Hz, 4000~6300Hz 的允许范围见图 ^⑤	250~4000Hz 的平均值大于或等于 -12dB	1000 Hz, 小于或等于 10dB	小于或等于 NR30
语言扩声系统	一级	250~4000Hz, 平均声压级大于或等于 90dB	以 250~4000Hz 的平均声压级为 0dB, 在此频带内允许 +4 dB; 100~250Hz, 4000~6300Hz 的允许范围见图 ^⑤	250~4000Hz 的平均值大于或等于 -12dB	1000 Hz, 小于或等于 8dB	小于或等于 NR30
	二级	250~4000Hz, 平均声压级大于或等于 85dB	以 250~4000Hz 的平均声压级为 0dB, 在此频带内允许 +4 dB; 见④ -10	250~4000Hz 的平均值大于或等于 -14dB	1000 Hz, 小于或等于 10dB	小于或等于 NR35

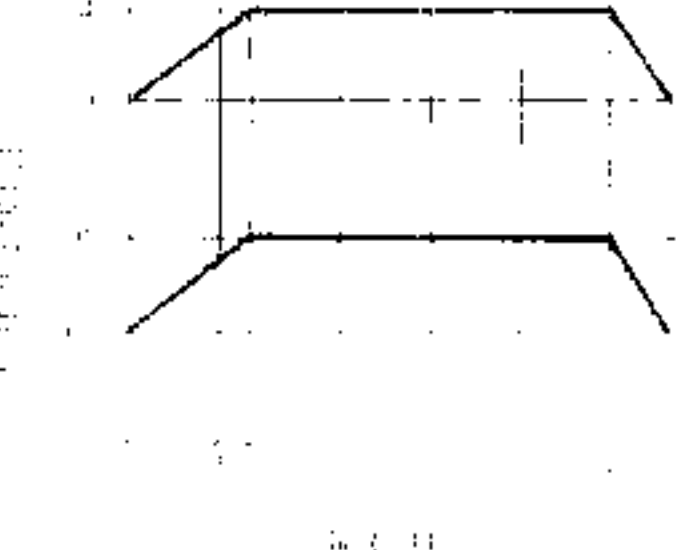
注：①摘自中国国际广播出版社1987年《广播电影电视工程建设标准规范汇编》(1)。
②在整理数据时可以舍去个别离散度较大的测量值。
③也可用GB4959-85“厅堂扩声特性测量方法”中的宽带法，但以声级计线性档(Lin)的单值读数考核本项指标，如果扬声器系统的分频在功率放大器前，则分别测出最大声压级后再取平均值。
④传输频率特性中相邻两个1/3倍频程的声压级起伏不应引起音质上的缺陷。
⑤考核本项指标的前提是：关闭扩声系统的设备，在其他产生噪声的设备如通风、调光等全部开启的情况下，不仅在听众席，且在传声器处的背景噪声级必须低于上述总噪声级所规定的各项相应值。
⑥对于低频音量要求较强的音乐，允许传输频率特性在100Hz以下的下降斜率小于 8dB / Oct。



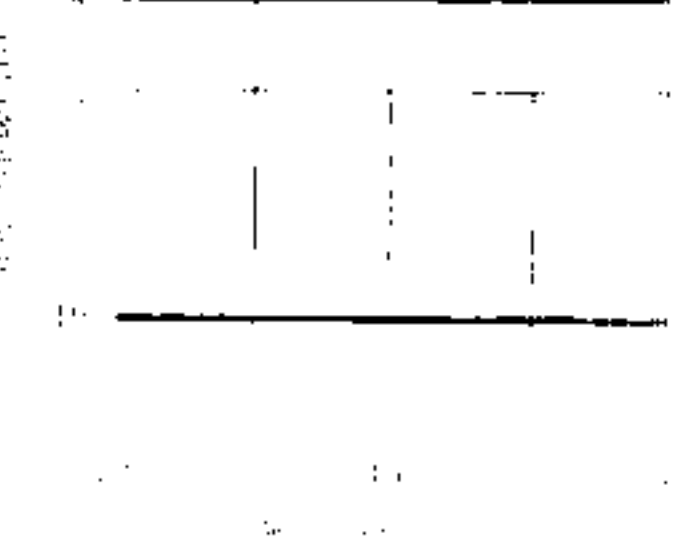
1. 音乐扩声系统声学特性指标一级指标



2. 音乐扩声系统声学特性二级指标和多用途扩声系统传输频率特性一级指标



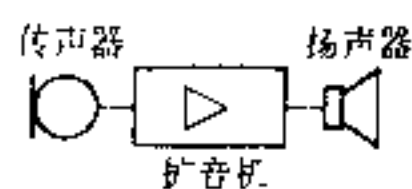
3. 多用途扩声系统传输频率特性二级指标和语言扩声系统传输频率特性一级指标



4. 语言扩声系统传输频率特性二级指标

扩声系统的组成

扩声系统最基本的设备是：传声器、扩音机和扬声器。在比较完善的扩声系统中还有：调音台、压缩限幅器、均衡器、分频器、延时器、混响器、反馈控制器、录音机和唱机等。



最简单扩声

系统方框图

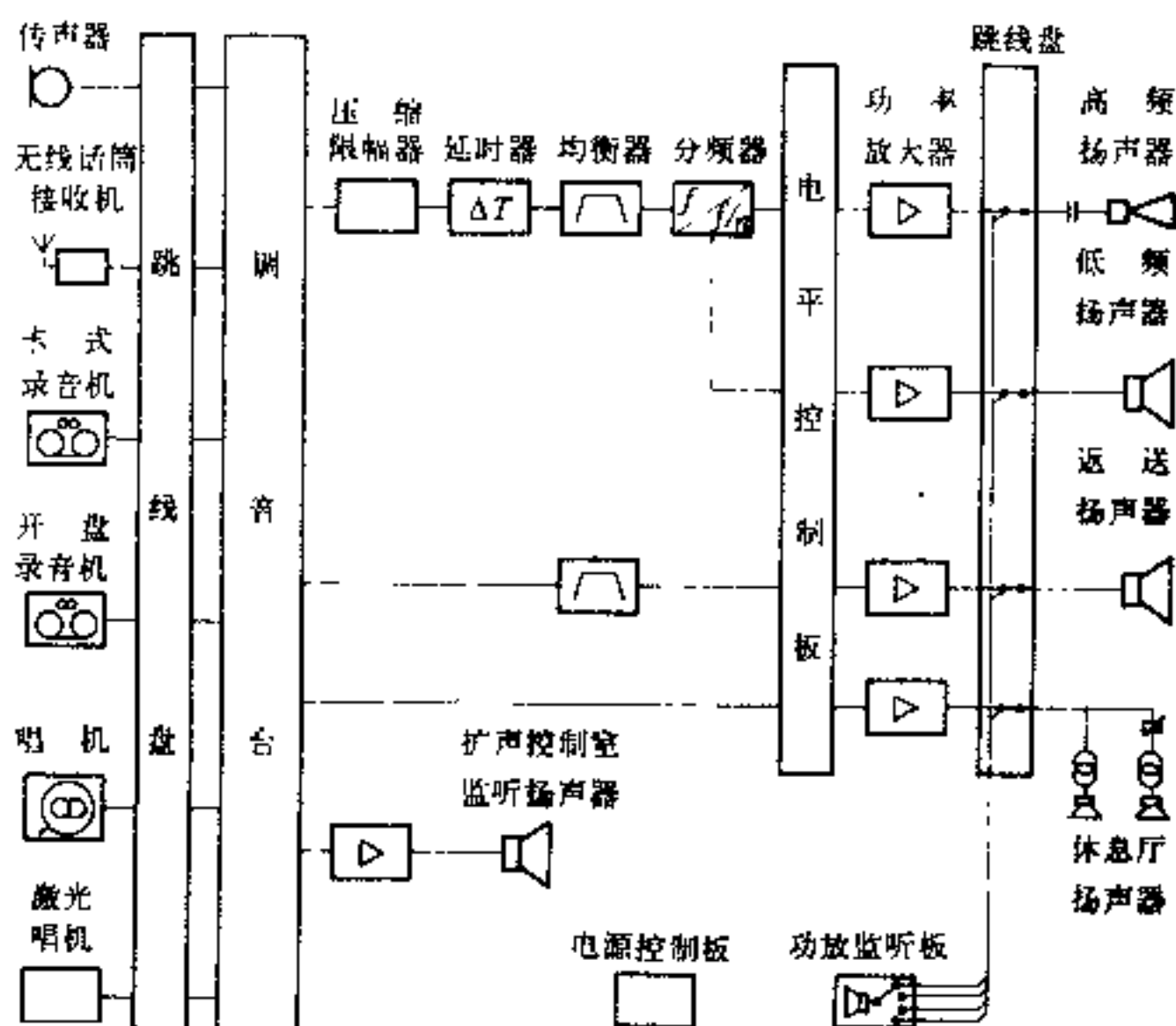


图2 较完善扩声系统的方框图

计算公式

一、扬声器声场的声压级

$$L_p = L_w + 10 \lg \left(\frac{Q D^2(\theta)}{4 \pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

式中 L_w ——扬声器的声功率级 $= 10 \lg W_E - 10 \lg Q + L_s + 11$ (dB)

W_E ——输入扬声器的电功率(W)

L_s ——扬声器特性灵敏度级(dB)

$D(\theta)$ ——扬声器 θ 方向的指向性系数

Q ——扬声器指向性因数

r ——测点到扬声器的距离(m)

R ——房间常数(m^2)

二、扬声器最远供声距离

$$r_m \leq 3 \sim 4 r_c$$

式中 r_c ——临界距离 $= 0.14 D(\theta) \sqrt{Q R}$ (m)

$D(\theta)$ ——扬声器 θ 方向的指向性系数

Q ——扬声器指向性因数

R ——房间常数(m^2)

三、扬声器所需功率

$$10 \lg W_E = L_p - L_s + 20 \lg r$$

式中 L_p ——根据需所选定的最大声压级(dB)

W_E ——扬声器所需的功率(W)

L_s ——扬声器特性灵敏度级(dB)

r ——测点到扬声器的距离(m)

扬声器

一、电动式纸盆扬声器



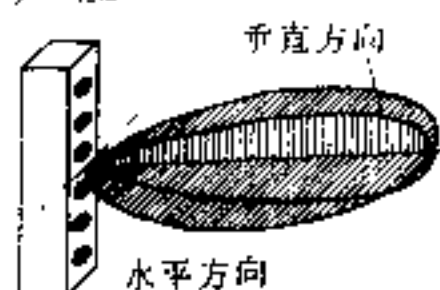
电动式纸盆扬声器由振动系统、磁路系统以及支架等辅助装置组成。它具有体积小、结构简单、频响较宽、音乐柔和自然、价格便宜等特点。但它存在效率低、高频辐射角度窄的问题。在分散式扩声系统中，一般直接采用此种扬声器。

几种电动式纸盆扬声器的技术特性

表1

口径 (mm)	折环形式	功率 (W)	阻抗 (Ω)	谐振频率 (Hz)	频率范围 (Hz)	灵敏度级 1W, 1m (dB)	谐波失真 (%)	高度 (mm)	重量 (kg)
200	纸边单盆	3	8	≤80	$f_0 \sim 7000$	≥89	<7	87	1.5
250	纸边双盆	5	8	≤65	$f_0 \sim 12000$	≥90	<7	113.5	2.6

二、声柱



声柱由多个扬声器直线排列组成，其指向性水平方向较宽，接近单只扬声器，垂直方向则较尖锐。除具有组成声柱的单只扬声器的某些特性外，声柱的主要特点是可向较远处辐射更多声能，得到较为均匀的声场。声柱主要用于会场、广场、道路及各种公共场所。

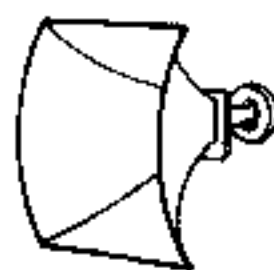
4 声柱及指向性示意

几种声柱的技术特性

表2

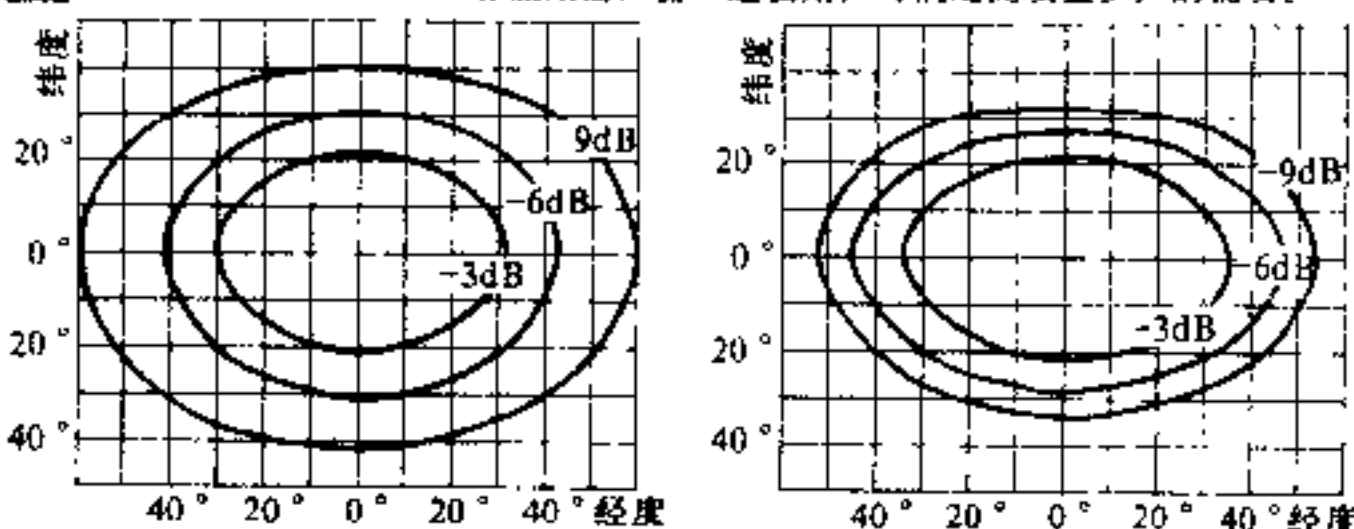
功率 (W)	阻抗 (Ω)	频率范围 (Hz)	灵敏度级 1W, 1m (dB)	低音 单元	高音 单元	外形尺寸(mm) 高×宽×厚	重量 (kg)
20	16	80~12000	98	5×Φ200	1×号筒	1400×340×290	40
25	8	100~10000	≥98	6×Φ200	6×Φ80	1380×370×250	36

三、恒指向性高频号筒扬声器



恒指向性高频号筒扬声器由高频驱动器和恒指向性号筒组合而成。在其工作频率范围内，水平及垂直方向的辐射角随频率变化均较小。它还具有效率高、声功率大、瞬态特性好等优点。它适用于大、中型场所，一般需配合低频扬声器一起使用，可满足高质量扩声的需要。

5



6 恒指向性高频号筒扬声器的指向特性

几种恒指向性号筒的技术特性

表3

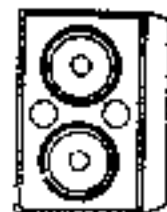
标称覆盖角 (-6dB)水平 角×垂直角	指向性 因数Q (平均值)	号筒下 限频率 (Hz)	最低推 荐分频 点(Hz)	灵敏度级 1W, 1m (dB)	喉部 直径 (mm)	外形尺寸(mm) 高×宽×长	重量 (kg)
90°×40°	12.3	300	500	112	41	790×790×827	18
60°×40°	19.8	300	500	113	41	805×770×849	17
40°×20°	47.6	200	500	115	41	805×850×1550	23
90°×40°	10.7	400	800	110	41	320×500×274	9
60°×40°	19.0	400	800	112	41	320×500×274	9
40°×20°	45.2	630	800	113	41	270×500×470	7.5

几种高频驱动器的技术特性

表4

喉部 直径 (mm)	标称 阻抗 (Ω)	功率承受 能力(W) 粉红噪声 信号	灵敏度级 1W, 1m (dB)	频率范围 (Hz)	最低推 荐分频 频率 (Hz)	振膜材料	直径 (mm)	厚度 (mm)	重量 (kg)
41	16	35 70	108	500~15000	500	铝合金箔	235	80	10
41	16	50 100	108	500~15000	500	钛合金箔	235	80	10
22	8	25 50	104	800~18000	800	钛合金箔	155	55	3.7

四、低频扬声器箱



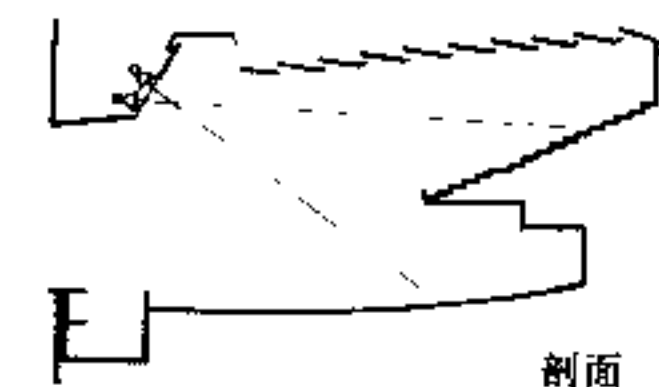
低频扬声器箱一般是将大口径低频纸盆扬声器装入倒相式音箱中构成。具有低频响应好、声音自然、功率大、在其工作频率范围内辐射角度较宽等特点。常配合高频扬声器一起使用。

7

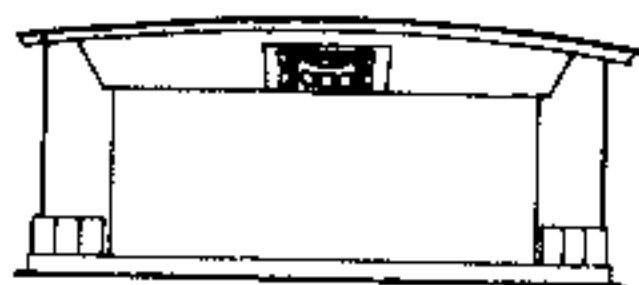
几种低频扬声器箱的技术特性

表5

扬声器单元 的数量及直 径(mm)	标称 阻抗 (Ω)	额定 功率 (W)	灵敏度级 1W, 1m (dB)	频率范围 (Hz)	推荐分 频频率 (Hz)	外形尺寸(mm) 高×宽×厚	重量 (kg)
1×Φ400	8	100	98	40~2000	500	767×512×478	40
2×Φ400	8	200	101	40~2000	500	1060×660×470	65
1×Φ500	8	200	95	25~2000	200	1060×660×470	60



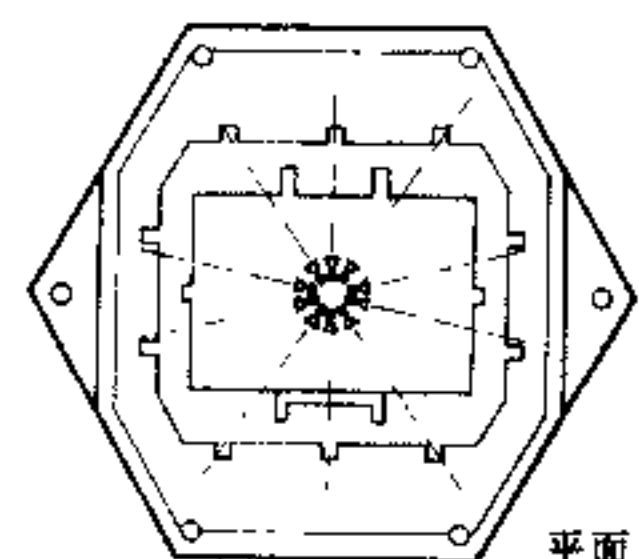
剖面



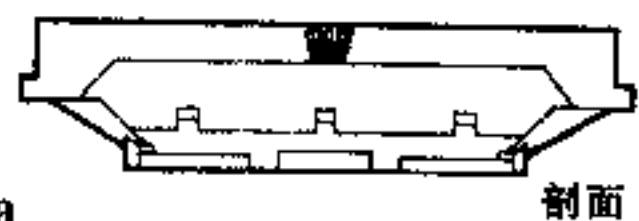
舞台正面

清晰度高, 视听方向感比较一致, 对语言扩声效果好

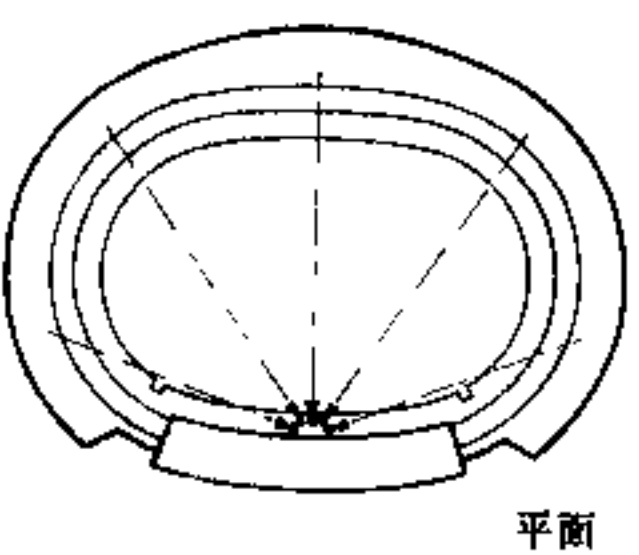
1 舞台口中央布置方式



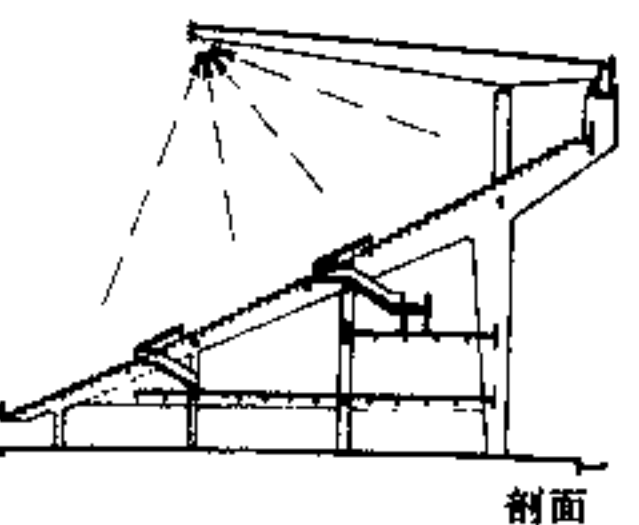
平面



剖面



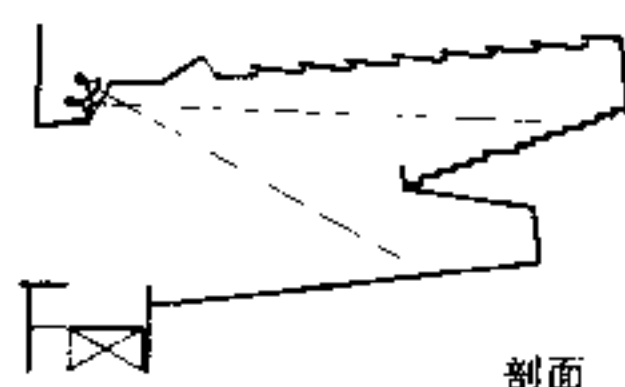
平面



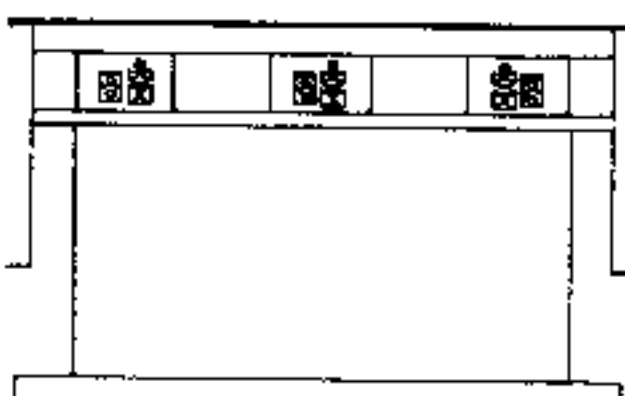
剖面

声音只从一处发出, 避免了发自不同处声音之间的相互干扰, 有利于语言清晰度, 视听比较一致。但在大型场所中, 远处座位的声级往往较低, 有时还有少量声影区, 可设辅助扬声器提高声级。

5 集中布置方式



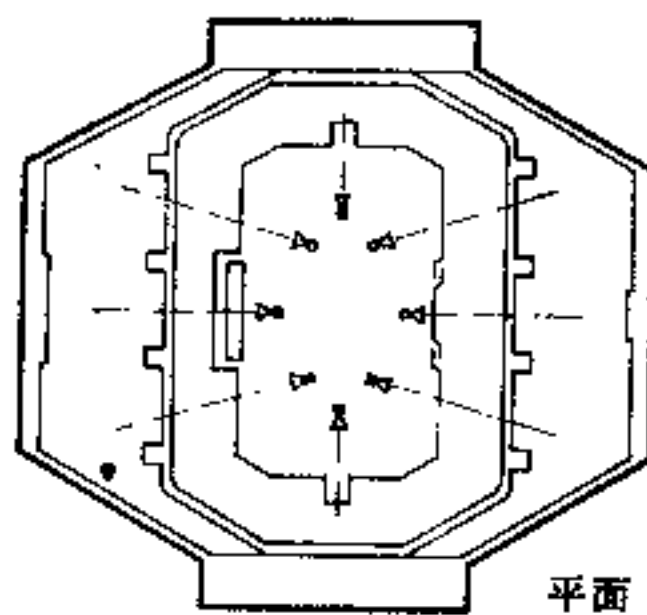
剖面



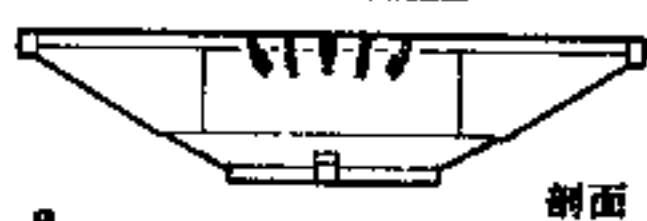
舞台正面

可表现舞台上声源的空间分布和移动, 获得立体声效果。但易出现声反馈。一般用于演出扩声

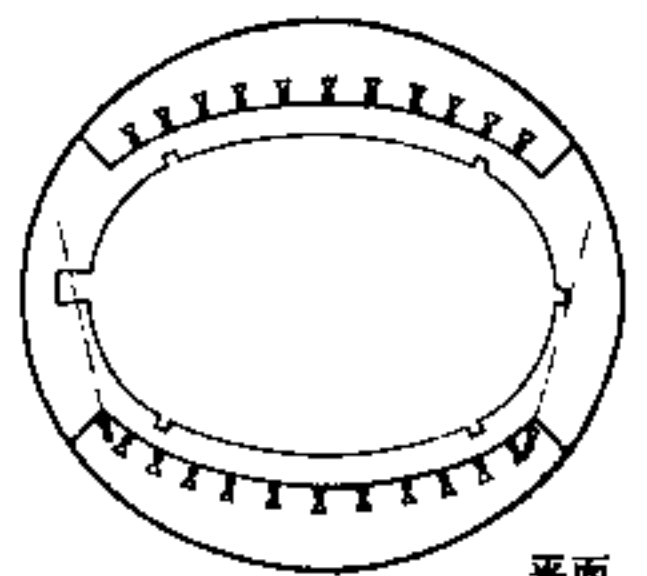
2 三通路立体声布置方式



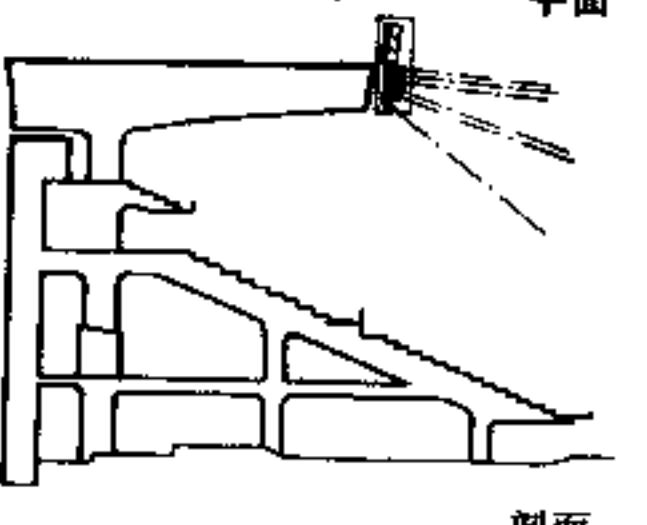
平面



剖面



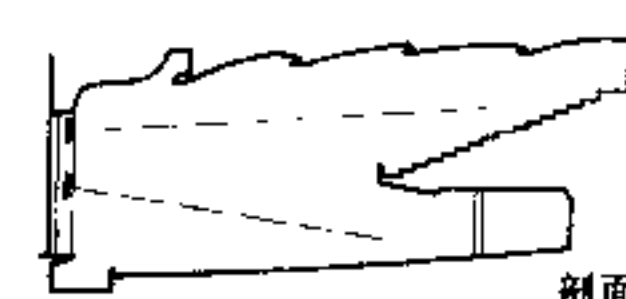
平面



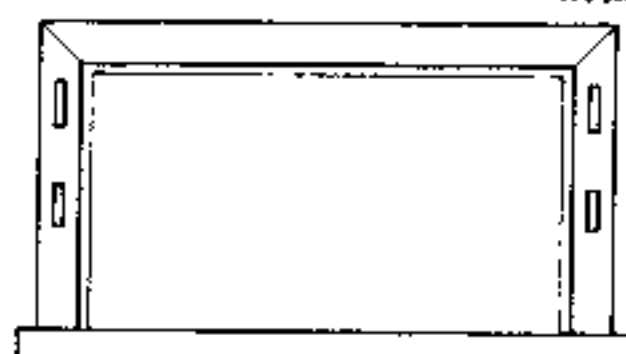
剖面

观众席上声场分布比较均匀, 声反馈易于控制。但观众听到的声音不只发自一处, 各个声音到达的时间不同, 可能产生干扰。在场地内演出时, 观众的视听方向感可能不一致。

6 环绕布置方式



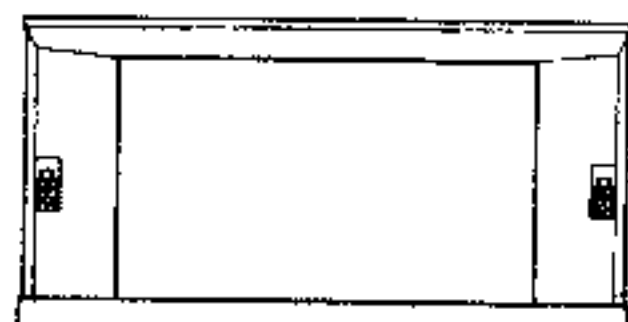
剖面



a

舞台正面

一般采用声柱, 尤为适合有多层挑台的厅堂, 分别为各层观众供声。但当舞台口特别宽时, 前排两侧距扬声器较近的座位可能会出现回声

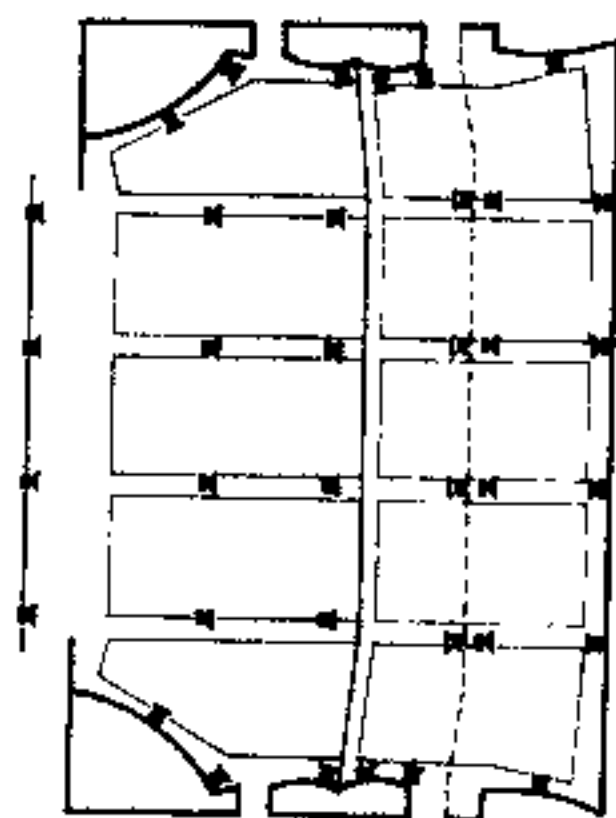


b

舞台正面

当采用舞台口中央布置方式或三通路立体声布置方式时, 一般还在舞台口两侧较低处设置全频带扬声器, 以减轻前排观众感觉声音是来自头顶上方的现象, 并改善前排两侧区域声音较低的状况。也有用装在乐池栏杆或舞台前沿的电动式纸盆扬声器来调整声像的。

3 舞台口两侧布置方式



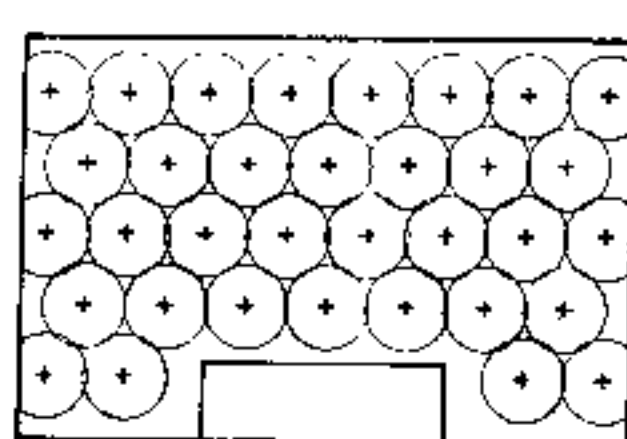
平面



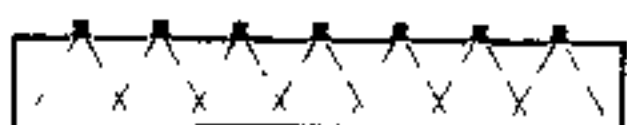
剖面

由布置在观众周围的效果扬声器以不同的组合方式、先后顺序, 发出各种客观环境中的声音, 以渲染气氛, 增加真实感。或通过音乐、特别声响创造一种虚幻的境界, 以此引起观众的各种情感。一般在高级专用剧院设置效果声系统。

7 效果声布置方式



平面



a

剖面

扬声器设在吊顶内较适于高度较低房间内的语言扩声、播放背景音乐等



每人一个扬声器



两人一个扬声器

将扬声器装在椅背上, 距听众近, 清晰度高, 尤为适于长混响房间内的语言扩声。但线路复杂, 检修麻烦, 成本高。

声场分布均匀, 直达声较多, 清晰度较高, 不易产生反馈。混响较长或平面尺度较大或形状复杂的场所可用此方式。若再加入延迟器还可改善视听不一致。

4 分散布置方式



平面

剖面



a

剖面

对于无雨棚的露天看台, 可在看台前等距离布置声柱或号角式扬声器。若看台很深, 可在观众席中再设一排扬声器。扬声器间距不大于16m。



道路侧视图

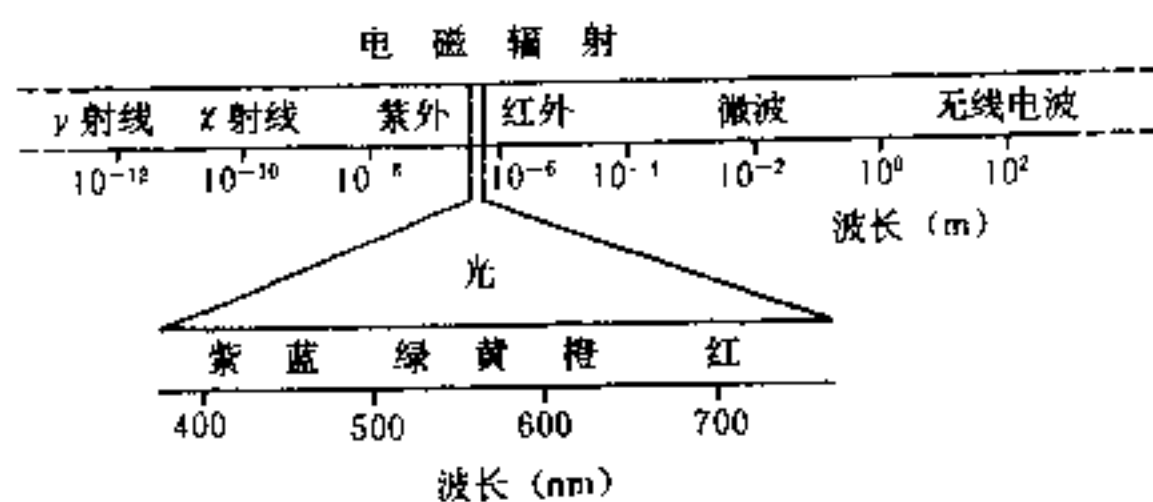
道路剖面

在道路、广场、公园、露天展览会等处可结合照明灯杆布置声柱。

8 室外扩声布置方式

采光照明设计的任务与目标是选择经济合理的采光照明方案，充分利用日光资源与人工光源；提供高质量的采光照明条件，创造安全、适用、经济、美观的光环境；保证用户的视觉需求得到满足，保证建筑的功能与价值得到实现。

采光照明质量的决定因素，包括适宜的照度水平；适宜的照明均匀程度与照明重点；适宜的亮度空间分布；适宜的光漫射程度与光照方向；以及适宜的光色与显色性质。



光的范围

常用的光度量

表 1

名称与符号	光 通 量 (Φ)	照 度 (E)	反 射 率 (ρ)	透 射 率 (τ)	发光强度 (I)	亮 度 (L)
定 义	能使观察者获得视觉光亮感的辐射通量，等于各波长的光谱辐射通量与观察者光谱光效能之积的总和	入射到受照表面单位面积上的光通量	受照材料反射的光通量与入射的光通量之比	受照材料透射的光通量与入射的光通量之比	光源在给定方向单位立体角中发出的光通量	发光表面在给定方向的单位投影面积的发光强度
单位与符号	流 明 (lm)	勒 克 斯 (lx)	无因次量	无因次量	坎 德 拉 (cd)	坎德拉每平方米 (cd/m^2)
说 明	$\Phi = \sum \Phi_{\lambda} \cdot V_{\lambda} \cdot K_m$ 其中 Φ_{λ} 为光谱辐射通量 (单位瓦) V_{λ} 为国际照明委员会标准观察者相对光谱光效率 (见示意图 2) K_m 为国际照明委员会标准观察者最大光谱光效能 (即 683 流明/瓦)	$E = d\Phi / dA$ 1 勒克斯 = 1 流明/1 平方米	$\rho = \Phi_r / \Phi_0$	$\tau = \Phi_t / \Phi_0$	$I = d\Phi / (dS / R^2)$ 1 坎德拉 = 1 流明/1 球面度	$L = dI_{\theta} / (dA \cdot \cos\theta)$ 1 坎德拉每平方米 = 1 坎德拉/1 平方米 漫反射表面各个方向亮度相同，漫反射表面亮度与照度的关系： $L = \rho \cdot E / \pi$

室外天然光照度近似值 表 2

纬 度 42° 中 午 地平面照度 (千勒克斯)	直 射 阳 光 照 度	漫 射 天 空 照 度	总照度
晴天 冬至	33	11	44
夏至	94	16	110
云天 冬至	8	19	27
夏至	50	43	93
阴天 冬至	0	9	9
夏至	0	20	20

几种发光体亮度近似值 表 3

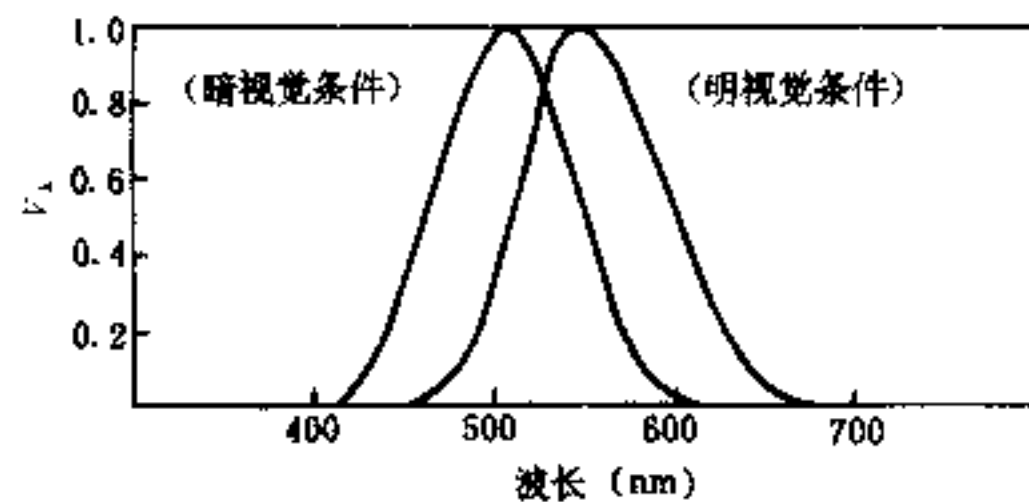
发 光 体	亮 度 (坎德拉每平方米)
满月月面	2.5×10^3
全阴天空	2×10^3
全晴天空	8×10^3
中午太阳圆面	1.6×10^5
荧光灯管	8.2×10^3
蜡烛火焰	1×10^4
白炽磨砂灯泡	5×10^4
白炽灯丝	2×10^6

常用建筑材料的反射率 表 4

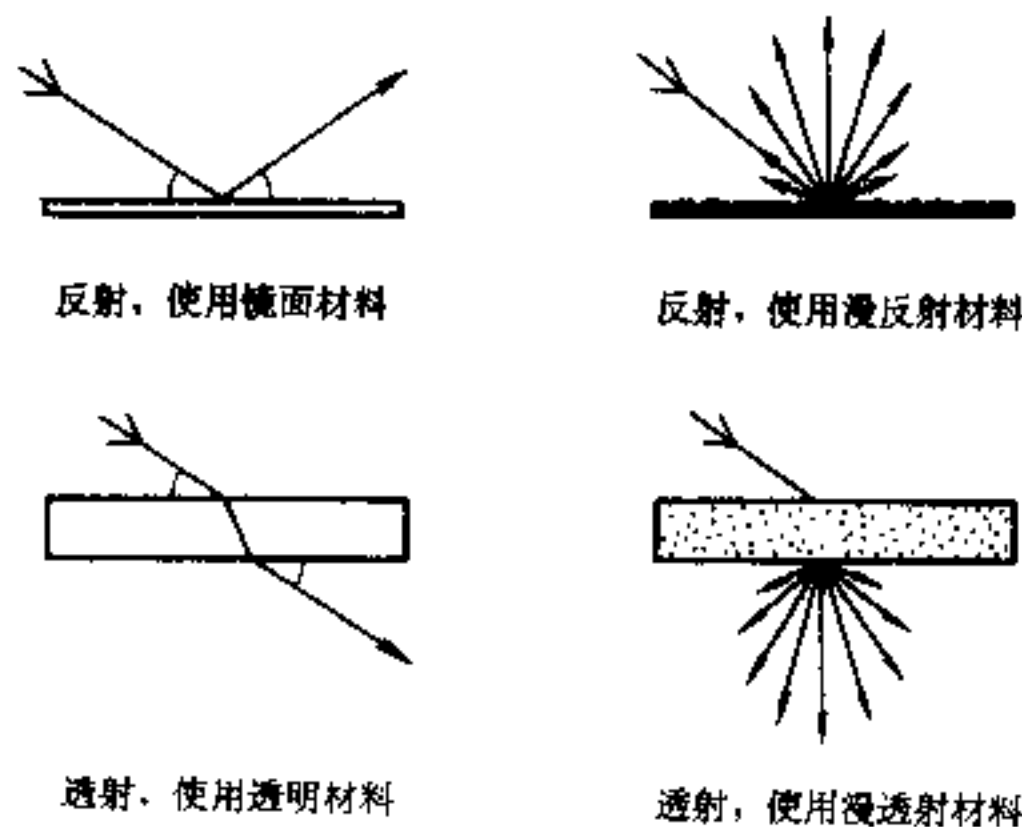
材 料	反射率 ρ
白 乳 胶 漆	0.84
大 白 粉 刷	0.75
灰水泥砂浆面	0.32
灰白水磨石地	0.52
深灰混凝土地	0.20

常用建筑材料的透射率 表 5

材 料	透射率 τ
3mm 厚有机玻璃	0.85
3mm 厚普通玻璃	0.82
3mm 厚磨砂玻璃	0.60
3mm 厚聚苯乙烯	0.78
铁 窗 纱	0.70



国际照明委员会标准观察者相对光谱光效率



基本的控光方式与控光材料

太阳的常数数据 表1

发光强度	2.838×10^8	cd
光度	1.465×10^9	cd/m
光通量	3.566×10^{28}	lm
总辐射通量	3.805×10^{26}	W
发光效率	93.7	lm/W
相关色温	5280	K
大气层外法线照度	1.268×10^8	lx
色度(x, y)	(0.317, 0.326)	
太阳常数	1353	W/m

CIE 标准全阴天空

$$L_z = \frac{1}{3}(1 + 2\sin\theta)L_z$$

$$= \frac{3}{7}(1 + 2\sin\theta)E_h$$

$$E_h = \frac{7}{9}\pi L_z$$

式中 L_z 与地面成 θ 角的天空亮度 (cd/m²);
 L_z 天顶亮度 (cd/m²);
 E_h 全天空室外水平照度 (lx);
CIE 标准全阴天空相对亮度见图[3]。

CIE 标准晴天空

$$\frac{L_z a}{L_z} = \frac{f(\gamma) \varphi(\xi)}{f(z_0) \varphi(0^\circ)}$$

式中 $f(\gamma) = 0.91 + 10\exp(-3\gamma) + 0.45\cos^2\gamma$;
 $f(z_0) = 0.91 + 10\exp(-3z_0) + 0.45\cos^2z_0$;
 $\varphi(\xi) = 1 - \exp(-0.32\xi) = 0.2785$;
 $\cos\gamma = \cos\alpha \cos\xi + \sin\alpha \sin\xi \cos\theta$;
 γ 天空某点距太阳的角距离;
 α 天顶距太阳的角距离;
 ξ 天空某点距太阳的角距离;
适用于大城市、工业区的计算函数:
 $f(\gamma) = 0.856 + 16\exp(-3\gamma) + 0.3\cos^2\gamma$;
 $f(z_0) = 0.856 + 16\exp(-3z_0) + 0.3\cos^2z_0$;
天空各点的几何关系见图[4];
 f 函数和 φ 函数曲线见图[6]。

晴天天空亮度计算①

$$L_z(\theta, \alpha) = K E_0 S(\gamma) \varphi(\theta, h, P)$$

式中 $E_0 = 1.268 \times 10^8$ (lx)
 $h = \begin{cases} 2.5 - 1.4P & (P \geq 0.75) \\ 1.6 - 0.4P + (0.75 - P) \operatorname{cosech} P & (P < 0.75) \end{cases}$
当大气清洁时, $P \geq 0.75$

$$S(\gamma) = \frac{1}{19.6} (0.91 + 10e^{-3\gamma} + 0.45\cos^2\gamma)$$

当大气混浊时, $P < 0.75$

$$S(\gamma) = \frac{1}{2.37} (0.856 + 16e^{-3\gamma} + 0.3\cos^2\gamma)$$

$$\varphi(\theta, h, P) = \begin{cases} \frac{\operatorname{cosec}^2 \theta}{\operatorname{cosec}^2 \theta - \operatorname{cosec}^2 h} (f^{\text{晴天}} - f^{\text{晴天}}) & (\theta \neq h) \\ \operatorname{cosec}^2 \theta (L_z/P) p^{\text{晴天}} & (\theta = h) \end{cases}$$

晴天天空亮度计算

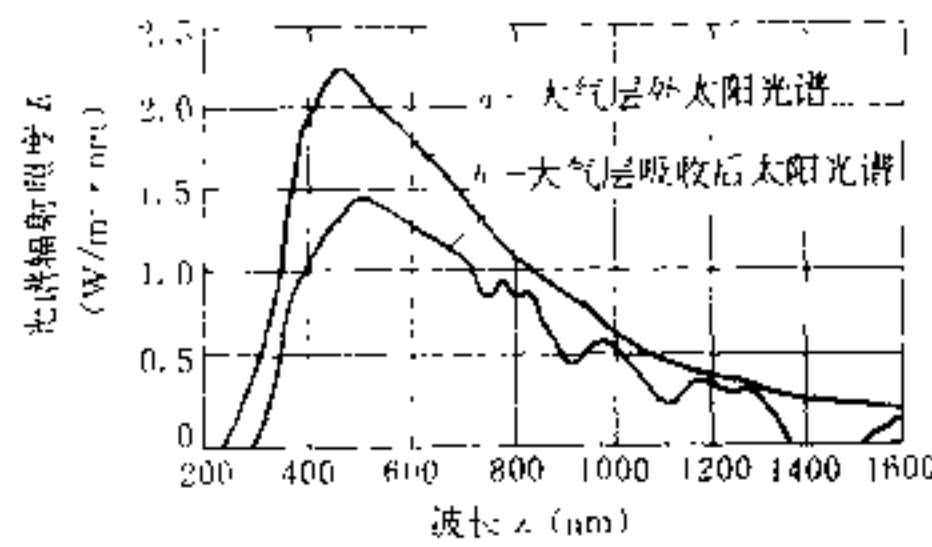
$$L_z = 0.9 + 6.5 \tan^2 \theta \quad \text{见[5] 中a}$$
$$L_z = (1.234e^{-0.252} \tan^2 \theta + 0.112T) / 0.0169 \quad \text{见[5] 中b}$$

晴天室外水平照度计算②

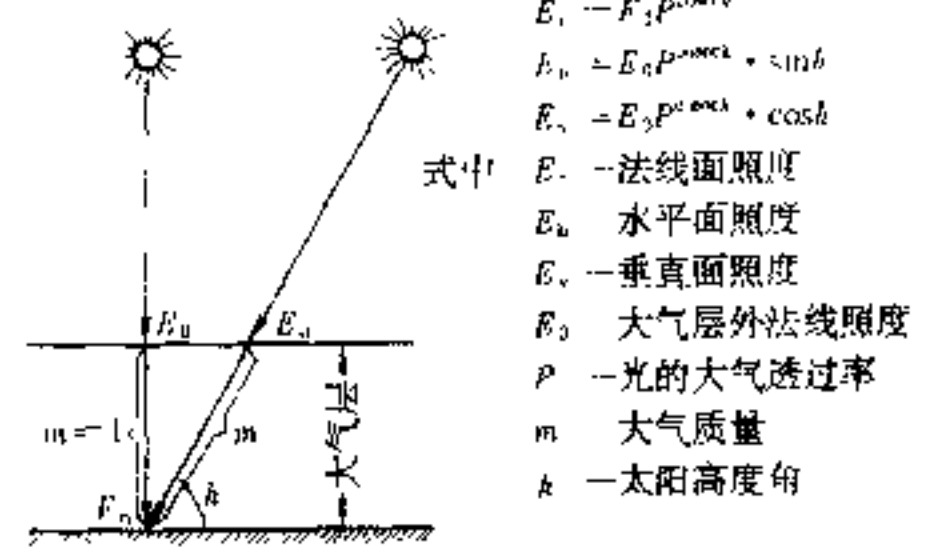
$$E_h = S \cdot E_0 \sin h \frac{D(1 - p^{\text{晴天}}) + p^{\text{晴天}}}{1 - P \sin h}$$

式中 大气层扩散衰减率 $S = 0.61 - 0.4P$
大气层向下透射率 $D = 0.5 + (0.4 - 0.3P) \sin P$
 a 是和 b 有关的系数 $a = 0.3P + (1 - P)$

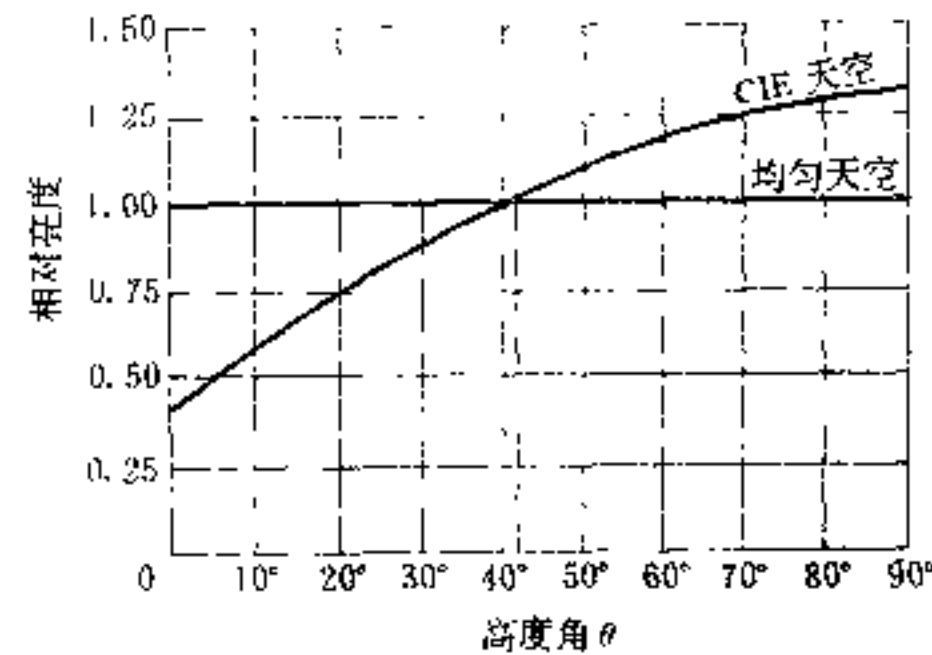
注 1. CIE 国际照明委员会
2. Nagata 等



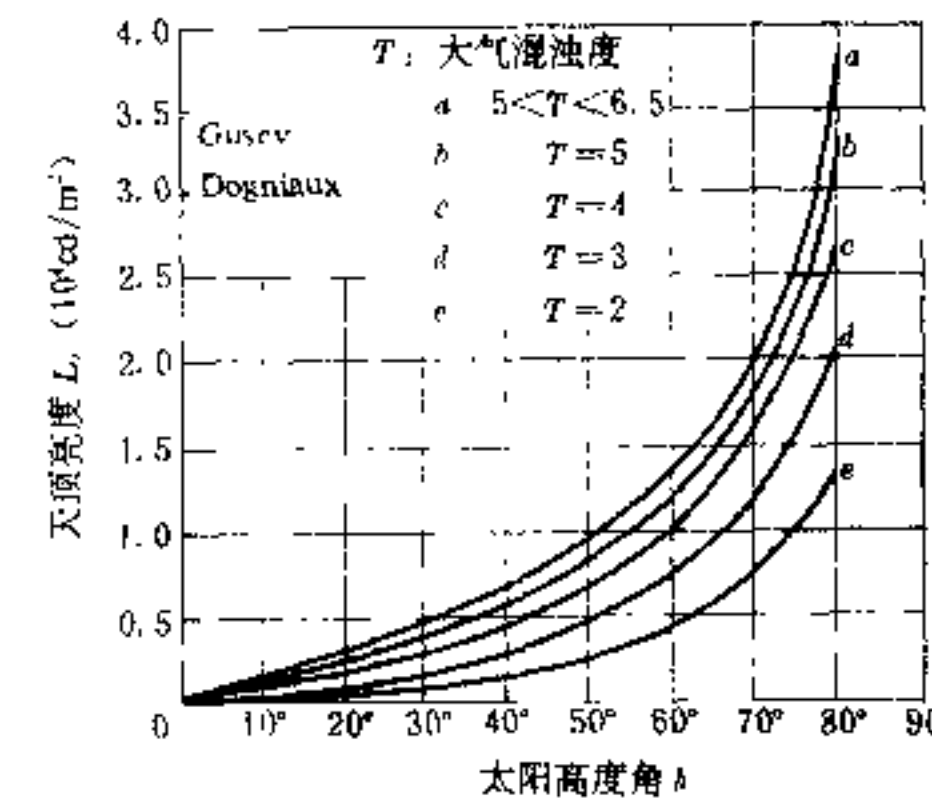
1 直射光的光谱分布



2 直射日光照度计算



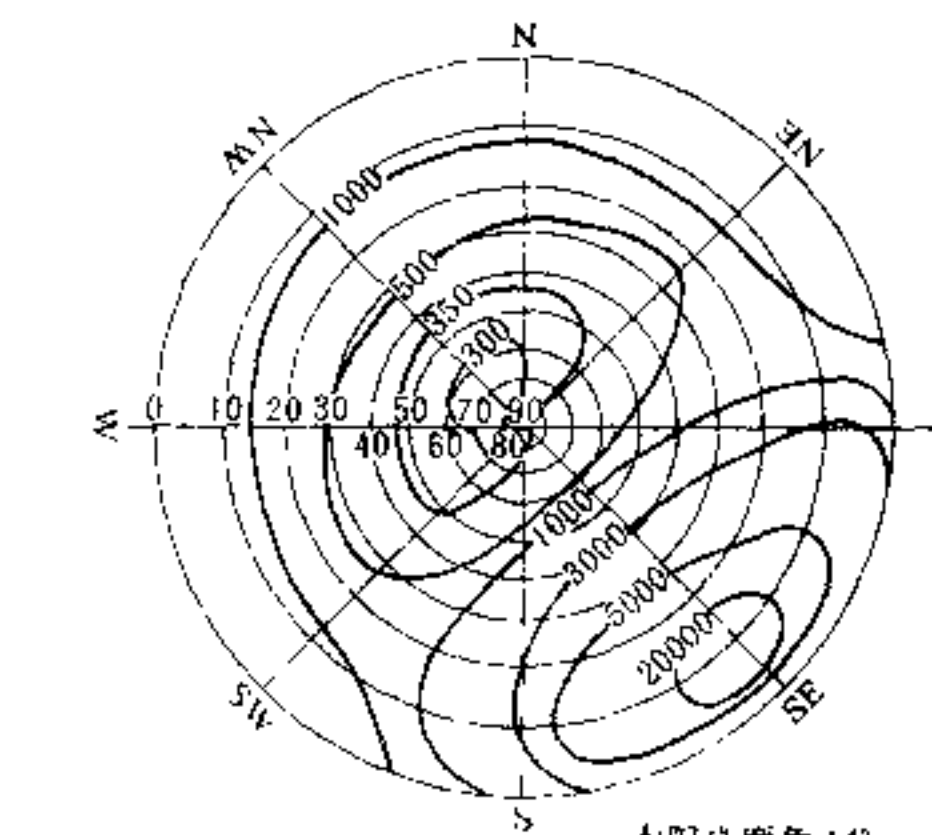
3 CIE 标准全阴天空



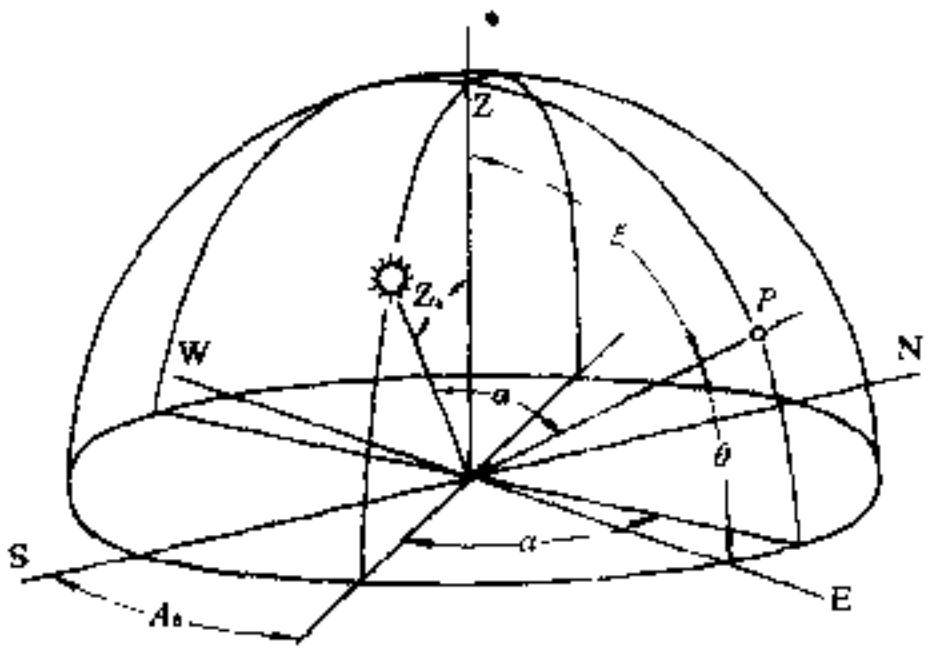
5 晴天空天顶亮度推荐值

CIE 晴天相对亮度 表2

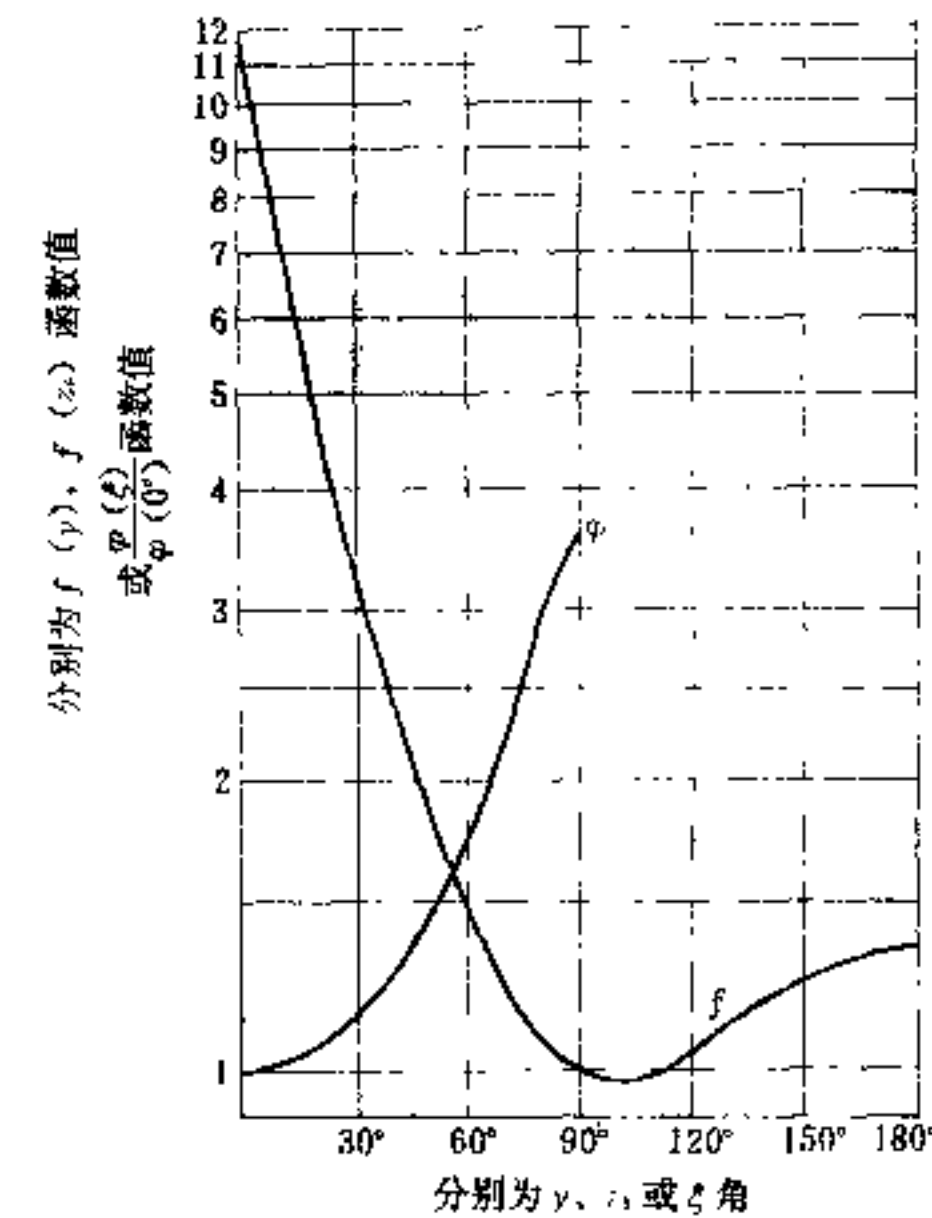
高度角	10°	30°	50°	70°	90°
L_z/L_z	4.92	2.98	1.63	1.12	1.00



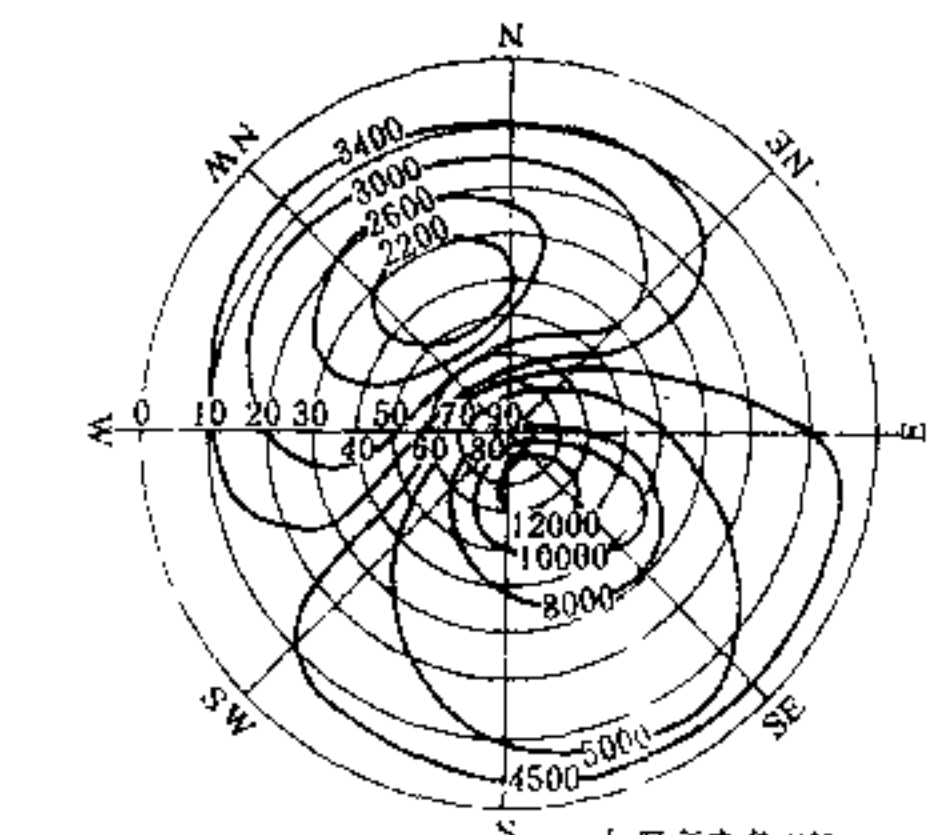
7 天空亮度分布图



4 天空各点的几何关系



6 f(γ), f(z_0)和φ(ξ) 函数曲线

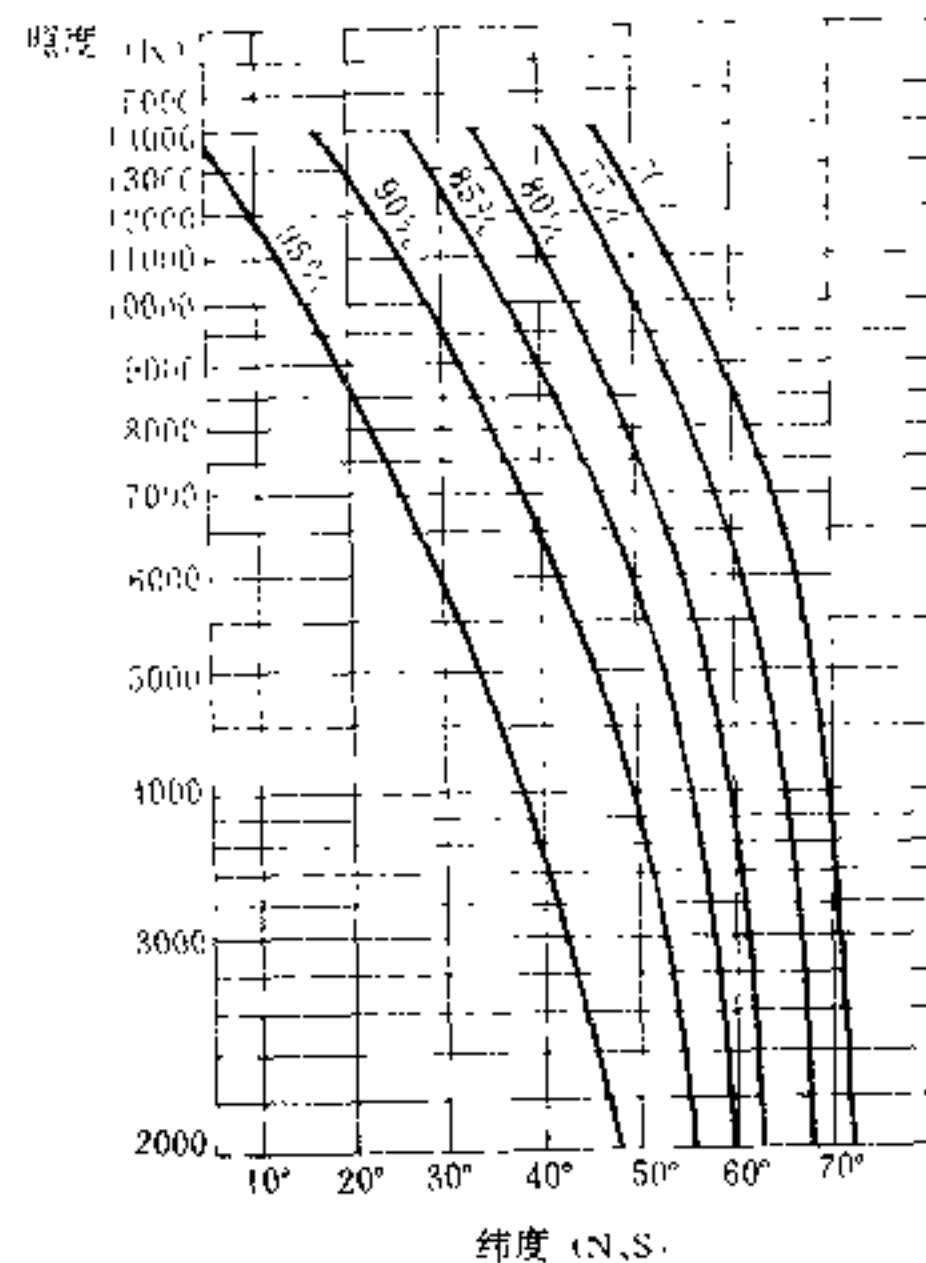


7 天空亮度分布图

表1 各主要城市地区室外年平均总照度和散射照度 (lx)

地名	总照度	散射照度	地名	总照度	散射照度	地名	总照度	散射照度
北京	33.8	11.7	安庆	23.6	12.4	宜昌	19.8	11.1
天津	25.2	11.7	常州	23.9	11.5	西昌	12.6	13.4
上海	25.2	11.7	厦门	25.5	10.2	贵阳	22.4	11.2
石家庄	24.4	12.0	台北	25.9	12.8	遵义	21.1	11.2
太原	24.7	11.0	长春	27.5	11.3	兴仁	22.3	10.5
张家口	25.9	11.0	南昌	23.4	12.5	昆明	29.6	11.8
大连	26.1	11.5	九江	23.5	12.1	丽江	21.9	15.5
大同	26.9	10.6	吉安	25.7	11.2	蒙自	25.2	9.8
呼和浩特	26.8	9.9	赣州	24.2	11.2	拉萨	40.8	11.8
海拉尔	27.0	8.3	济南	21.9	12.5	那曲	37.5	14.7
阿尔山	23.4	7.5	德州	21.8	12.3	昌都	30.0	13.9
锡林浩特	25.8	10.2	潍坊	24.9	11.9	林芝	26.1	12.2
二连	27.3	10.1	青岛	24.2	11.9	西安	23.7	12.8
通辽	23.8	9.6	临沂	24.7	13.0	榆林	27.4	11.1
朱日和	27.6	10.1	郑州	24.2	12.5	延安	25.4	11.1
赤峰	25.7	9.4	信阳	23.8	12.9	汉中	22.0	11.3
巴盟浩特	28.6	11.2	武汉	23.8	13.0	兰州	27.0	11.7
沈阳	23.5	9.9	宜昌	22.3	12.2	敦煌	27.3	11.9
营口	24.2	9.7	长沙	23.0	12.4	酒泉	27.1	12.3
丹东	22.9	9.3	常德	22.9	12.3	张掖	27.9	12.2
大连	24.1	9.7	九江	22.1	11.0	天水	23.4	9.9
长春	22.9	9.3	郴州	23.1	11.2	西宁	28.3	11.8
延吉	22.1	9.4	广州	24.6	13.7	格尔木	29.4	13.6
通化	23.2	8.6	韶关	24.4	13.1	玉树	31.1	14.0
哈尔滨	21.8	9.3	汕头	25.4	13.4	银川	26.8	11.4
爱辉	20.0	9.0	湛江	24.7	13.5	乌鲁木齐	25.3	8.9
嫩江	20.5	9.2	海口	26.3	12.3	阿勒泰	22.5	9.5
齐齐哈尔	21.6	9.2	南宁	24.1	13.1	塔城	23.0	8.4
牡丹江	22.0	8.7	桂林	23.0	12.9	伊宁	24.8	9.4
南京	23.9	12.3	柳州	23.6	13.2	吐鲁番	24.9	10.3
徐州	24.4	12.6	百色	24.5	12.6	哈密	25.2	9.2
杭州	23.5	11.9	北海	24.9	12.8	库车	26.0	13.4
衢州	24.0	11.7	成都	19.8	12.7	喀什	27.5	13.0
温州	23.0	15.5	甘孜	31.0	15.0	若羌	26.5	13.8
合肥	24.6	12.3	康定	25.0	15.0	且末	27.3	14.3
阜阳	24.3	13.0	重庆	20.9	12.3	和田	28.4	14.9

注：①表中数值为实测计算值，利用30年气象数据，包括纬度、海拔高度、绝对湿度、日照时数、总云量和辐射。
②本表作光气候分区用，相近地区可参考表中数值。台湾地区数据暂缺。



CIE 光效能曲线 (年平均照度)

注：①百分比指全年在9~17时工作时间内达到该照度值的天数占全年总天数的比例。
②9~17时以外时间的效能值须乘以昼光效能曲线的利用时数修正值。

昼光效能曲线的利用时数修正值 表2

09:00~17:00	95%	90%	85%	80%	70%	60%
其他时间	其他时间的百分比					
07:00~15:00	95	90	85	80	70	60
08:00~16:00	100	100	95	85	70	60
07:00~17:00	95	85	75	65	55	45
06:00~18:00	75	70	65	60	50	40

例：北京地区（北纬40°）在9~17时内，室外水平面的照度达到5000lx的天数全年占92%，达到1000lx的天数占82%。图中的曲线换用表中其他百分数，可得北京6~18时内，能达到5000lx室外照度的天数为72%。

表3 室外各面不同时间的总照度 (lx)

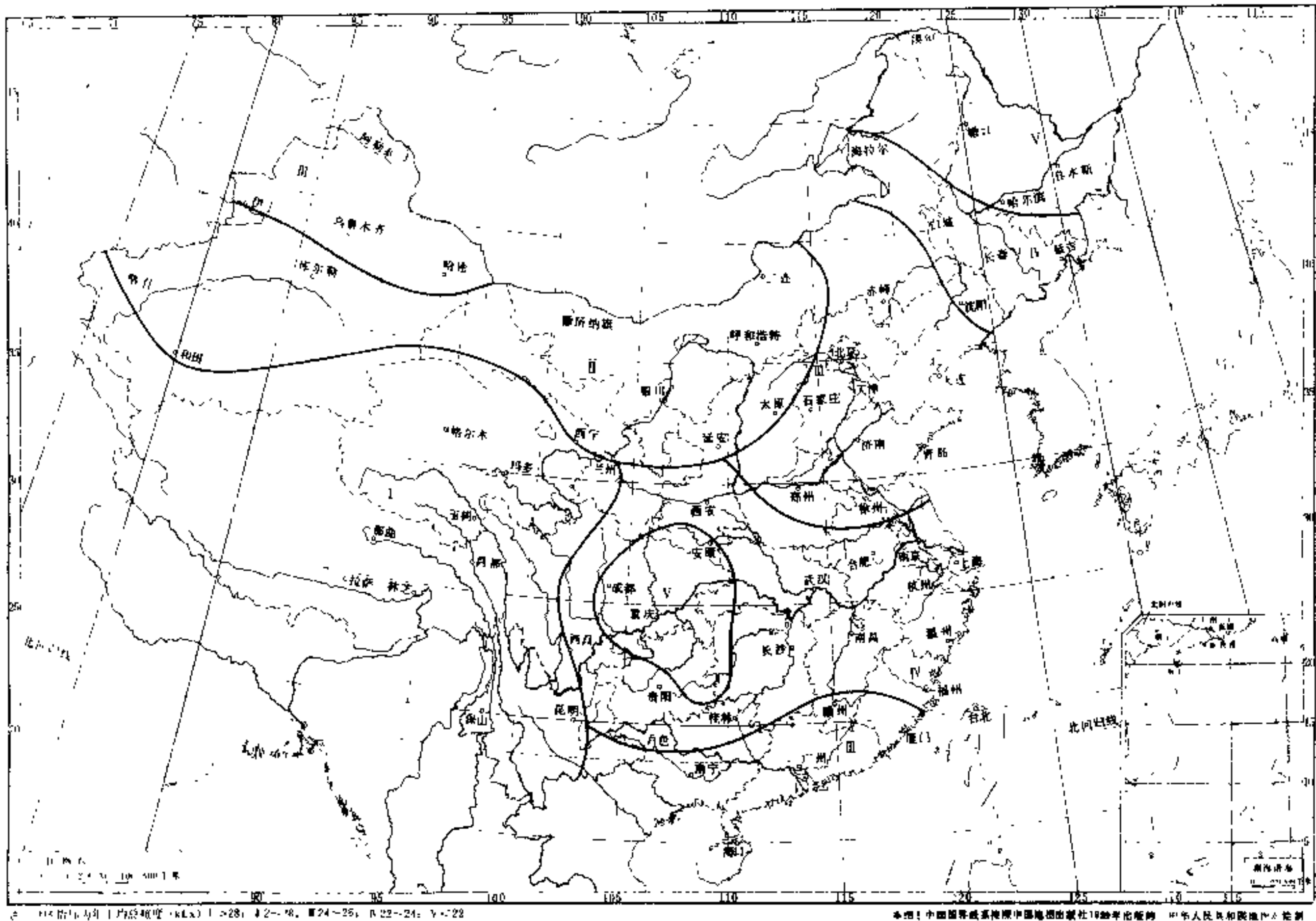
季节	天空 状况	方 向		30°N 120°E							40°N 120°E							50°N 120°E						
				8:00/9:00/10:00/11:00/12:00/日平均 16:00 15:00 14:00 13:00							8:00/9:00/10:00/11:00/12:00/日平均 16:00 15:00 14:00 13:00							8:00/9:00/10:00/11:00/12:00/日平均 16:00 15:00 14:00 13:00						
6月 21日	晴	垂 直	东	86.9	76.8	58.1	34.5	8.4	56.86	87.3	76.6	57.9	34.4	8.5	57.88	87.1	76.0	57.4	34.1	8.5	57.52			
			西	72.5	65.5	51.8	31.6	8.4	50.13	73.3	65.7	51.3	31.9	8.5	50.28	73.4	65.3	51.1	31.5	8.5	50.12			
		南 北	7.3	8.3	13.8	18.8	20.6	13.00	8.2	19.5	29.7	36.6	39.0	25.22	16.9	32.4	45.1	53.4	56.4	39.10				
			19.5	8.7	8.0	7.6	7.4	10.56	8.5	7.6	6.9	6.5	6.4	7.27	7.5	6.7	6.1	5.8	5.7	6.43				
	水 平		67.9	88.9	104.9	114.8	118.1	96.79	69.3	88.0	102.1	111.0	114.0	94.98	68.5	84.2	96.2	103.6	106.2	90.13				
	阴	垂 水	直	9.7	12.5	14.6	16.0	16.4	13.56	9.9	12.4	14.2	15.4	15.9	13.30	9.8	11.9	13.4	14.1	14.8	12.64			
4			25.4	31.5	36.9	40.3	41.5	34.21	25.0	31.2	36.0	39.0	40.0	33.60	24.7	29.9	33.9	36.4	37.3	31.90				
12月 21日	晴	垂 直	东	49.5	62.8	52.5	32.2	8.9	14.76	20.1	18.4	15.1	29.0	8.4	32.68	0	21.2	31.3	22.6	7.3	23.56			
			西	40.2	52.6	42.6	29.0	8.9	37.52	15.2	39.7	30.1	28.4	8.4	28.13	0	16.7	26.3	20.6	7.3	19.04			
		南 北	37.2	65.0	81.6	90.7	93.7	71.41	16.0	53.6	76.7	89.4	93.5	62.77	0	24.2	55.1	72.5	78.0	54.51				
			4.1	5.0	5.2	5.2	5.2	4.91	2.6	4.3	4.8	4.9	5.0	4.24	0	2.8	3.9	4.3	4.1	3.77				
	水 平		19.7	41.5	58.7	69.7	73.2	50.27	7.8	25.2	40.0	49.6	52.7	33.10	0	9.4	20.4	28.1	30.6	20.91				
	阴	垂 水	直	3.2	5.9	8.0	9.4	9.8	6.98	1.5	3.9	5.8	6.9	7.3	4.83	0	1.7	3.3	4.2	4.6	3.31			
4			8.1	15.0	20.2	23.6	24.7	17.63	3.7	9.9	11.5	17.5	18.4	12.16	0	4.1	8.3	10.8	11.6	8.37				

注：①表中数值为计算值；晴天照度值按1.程设计软件计算，阴天水平照度按 $E_h = -0.459 - 42.2463 \sin h$ (h 为太阳高度角) 计算，垂直照度按 $E_v = 0.395 E_h \sin \theta$ 计算。
②本表可作采光设计时参考。

1

中国光气候分区

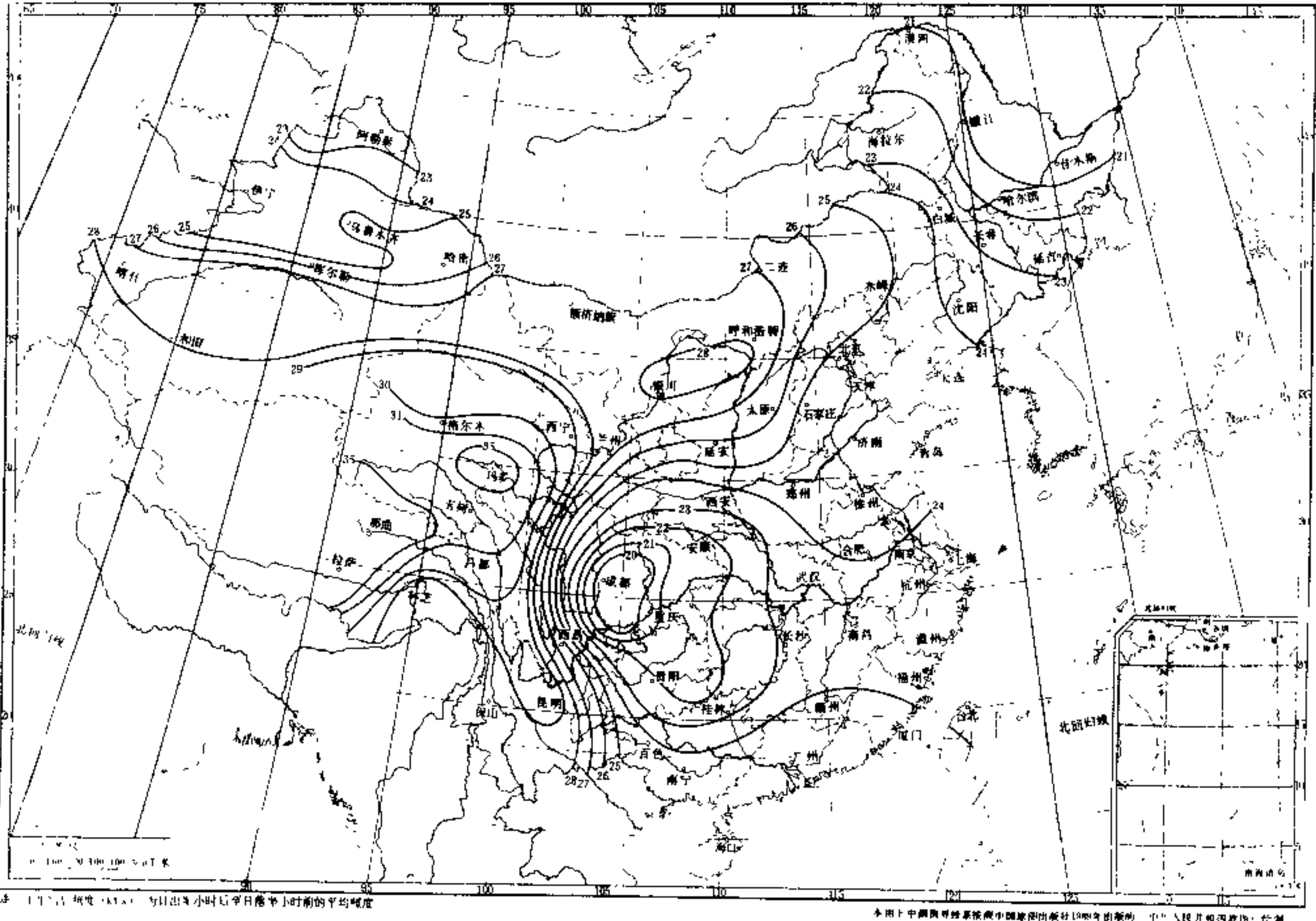
一九五一年至一九八〇年全国气象资料



2

中国年平均总照度分布

一九五一年至一九八〇年全国气象资料



采光设计的方法与步骤

- 一、采光标准 按使用功能和视觉作业特性确定采光等级。
- 二、采光形式 按使用要求、结合建筑设计方案选定窗形式。
- 三、采光计算 根据采光标准和各项计算参数确定窗的大小。
- 四、眩光控制 计算窗的不舒适眩光,采取控制眩光的措施。

作业场所工作面上的采光系数标准值

表1

采光等级	视觉作业分类		侧面采光 (最低值)		顶部采光 (平均值)	
	作业精确度	识别对象的最小尺寸 d (mm)	室内天然 光照度(lx)	采光系数 C_{min} (%)	室内天然 光照度(lx)	采光系数 C_{av} (%)
I	特别精细作业	$d \leq 0.15$	250	5	350	7
II	很精细作业	$0.15 < d \leq 0.3$	150	3	250	5
III	精细作业	$0.3 < d \leq 1.0$	100	2	150	3
IV	一般作业	$1.0 < d \leq 5.0$	50	1	100	2
V	粗糙作业	$d > 5.0$	25	0.5	50	1

注:①表中所列采光系数值适用于我国Ⅲ类气候区,采光系数值是根据室外临界照度5000lx制定的;
②亮度对比小的Ⅱ、Ⅲ级视觉作业,其采光等级可提高一级。

光气候系数

表2

分区	I	II	III	IV	V
K 值	0.85	0.90	1.0	1.1	1.2
室外临界照度值 E_s (lx)	6000	5500	5000	4500	4000

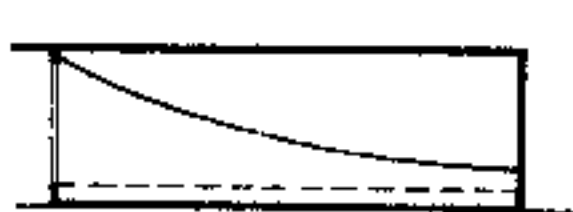
注:高寒和积雪地区窗面积可适当减小。

生产车间和作业场所的采光等级举例

表4

采光等级	生产车间和作业场所名称
I	1. 精密机械和精密机电成品检验车间 2. 精密仪表加工和装配车间 3. 手表及照相机装配车间 4. 工艺美术工厂雕刻、绘画车间 5. 毛纺厂选毛车间
II	1. 精密机械加工和装配车间 2. 精密理化实验室和计量室 3. 工具车间 4. 主控制室 5. 电视机、收录机、录像机装配车间 6. 印刷厂排字、印刷车间 7. 针织厂针织车间 8. 制药厂制剂车间 9. 木模划线、加工间
III	1. 机械加工和装配车间 2. 机电装配车间 3. 自行车整车装配与检验 4. 一般控制室 5. 木工车间 6. 印刷厂装订车间 7. 化纤厂短丝后处理车间 8. 石油化工厂聚合后处理车间 9. 电镀车间 10. 油漆车间
IV	1. 焊接车间、钣金车间、冲压剪切车间 2. 锻工车间、热处理车间 3. 配、变电所 4. 日用化工厂肥皂、洗涤剂合成车间 5. 炼铁、炼钢车间
V	1. 发电厂主厂房 2. 锅炉房、泵房 3. 汽车库 4. 大、中件贮存室

采光型式



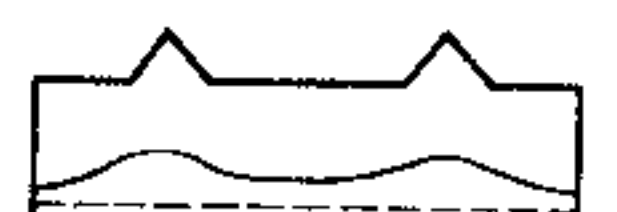
a 单侧窗



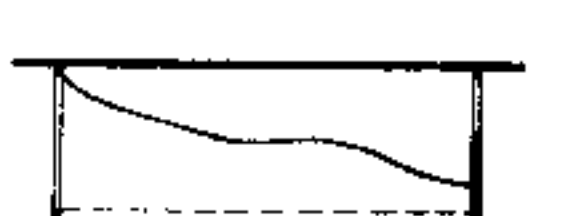
d 矩型天窗



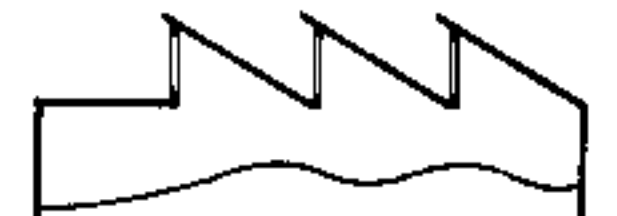
g 平天窗采光带



j 三角型天窗



b 双侧窗



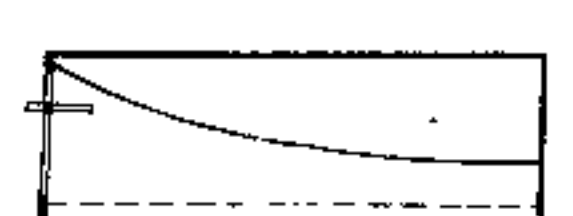
e 锯齿型天窗



h 平天窗采光带



k 横向天窗



c 带光搁板单侧窗



f 斜锯齿型天窗



i 锥型天窗



l 下沉式天窗

窗地面积比 A_c/A_d

表3

采光等级	单侧窗	双侧窗	矩型天窗	锯齿型天窗	平天窗
I	1/2.5	1/2	1/3	1/3	1/5
II	1/3	1/2.5	1/3.5	1/3.5	1/6
III	1/4	1/3.5	1/4.5	1/5	1/8
IV	1/6	1/5	1/8	1/10	1/15
V	1/10	1/7	1/15	1/15	1/25

注:计算条件:Ⅲ类气候区,单层普通玻璃窗。I级,室内平均反射系数 $\rho_i=0.5$;
II—V级 $\rho_i=0.3$ 。

住宅建筑窗洞口面积与房间地面面积之比

表5

房间名称	窗地比
卧室、起居室、厨房	1/7
厕所、卫生间、过厅	1/10
楼梯间、走廊	1/14

注:①本表按单层侧窗计算,采用其他类型窗应调整窗地比。

②窗洞口上沿距楼地面不应低于2m,低于0.5m的窗洞口面积不计入。

综合医院主要用房的窗洞口面积与地面面积之比

表6

房间名称	窗地比
诊查室、病人活动室、检验室、医生办公室	1/6
候诊室、病房、配餐室、医护人员休息室	1/7
更衣室、浴室、厕所	1/8

学校主要用房的采光系数最低值和窗地比

表7

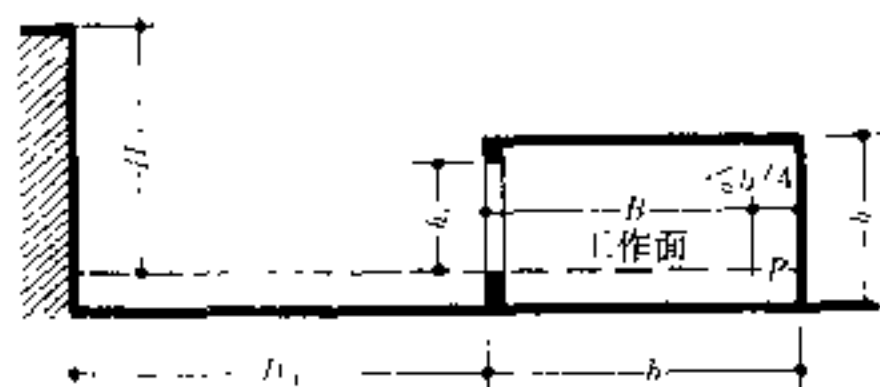
房间名称	采光系数 C_{min} (%)	窗地比
普通教室、美术教室、音乐教室、阅览室、办公室	(课桌面) 1.5	1/6
实验室、自然教室	(实验台面) 1.5	1/6
微型电子计算机教室	(机台面) 1.5	1/6
饮水处、厕所、浴室	(地面) 0.5	1/10

图书馆主要用房采光系数最低值和窗地面积比

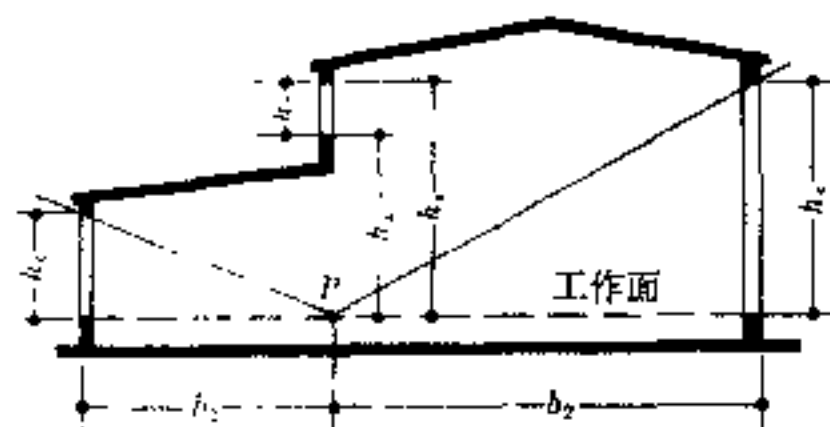
表8

部位名称	采光系数 C_{min} (%)	窗地比
阅览室、善本书和舆图阅览室、装裱修整间	2	1/4
目录室、视听室、缩微阅览室、业务办公室、书库(开架)	1.5	1/6
陈列室	(展示面) 1.5	1/6
书库(闭架)、门厅、走廊、楼梯间	0.5	1/10

侧面采光



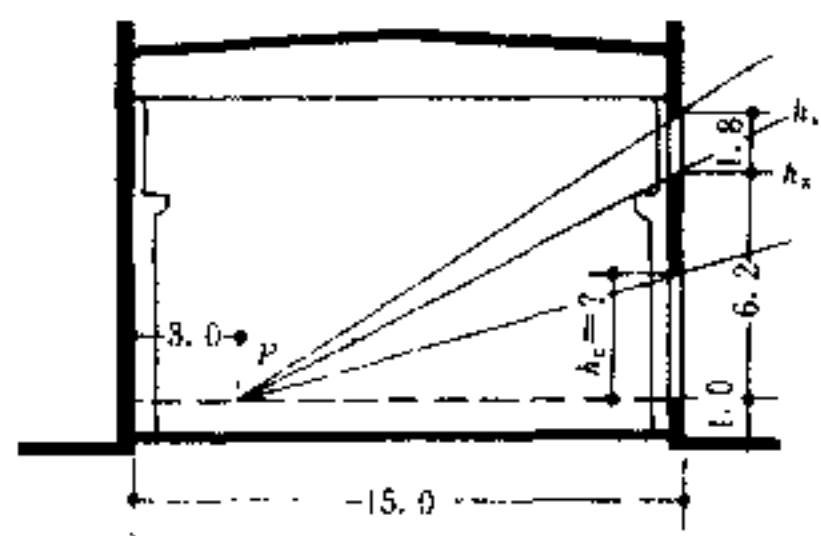
a 单侧采光



b 双侧采光

1 侧面采光简图

B —— 计算点至窗的距离
 P —— 采光系数最低值的计算点
 H_x —— 窗对面遮挡物距工作面的平均高度
 D_x —— 窗对面遮挡物距窗的距离



3 厂房剖面尺寸图

侧面采光计算公式

$$C_{min} = C'_d \cdot K'_r \cdot K'_p \cdot K_w \cdot K_c \cdot K_t$$

式中 C_{min} —— 采光系数最低值；

C'_d —— 侧窗洞口的采光系数，其值可由图确定；

K'_r —— 侧面采光的总透光系数， $K'_r = r \cdot \tau_c$ ；

r —— 采光材料的透光系数，其值可由[8]表8确定；

τ_c —— 窗结构挡光折减系数，其值可由表1确定；

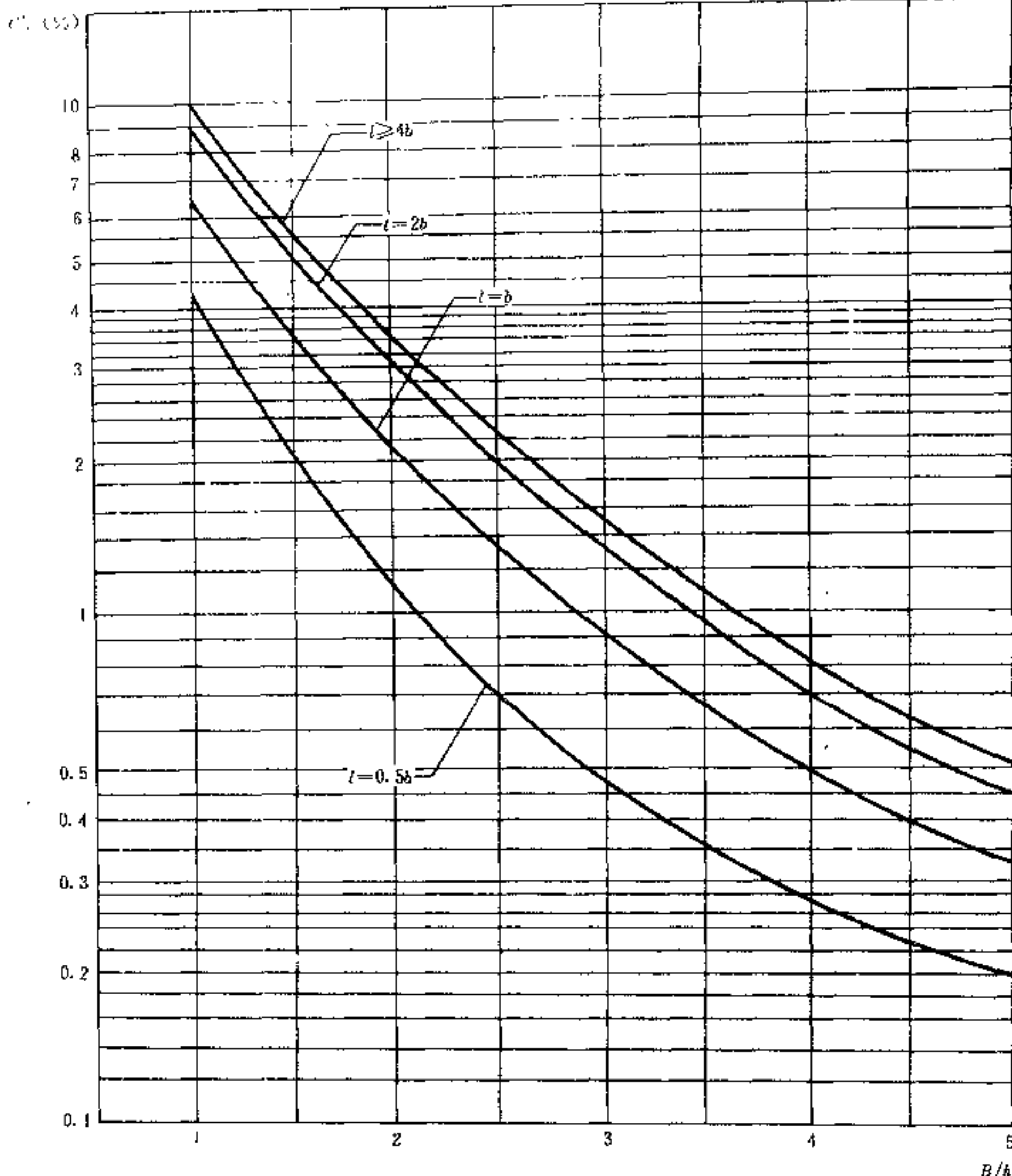
τ_s —— 窗玻璃污染折减系数，其值可由表2确定；

K_w —— 侧面采光的室外建筑物挡光折减系数，其值可由表5确定；

K_c —— 侧面采光的窗宽修正系数，其值为窗宽总和与建筑长度之比；

K_t —— 晴天方向系数，I、II、III类光气候区（不含北回归线以南的地区），其值可由表3确定。

例1 北京某教室长9m，宽5m，高3.3m，用3个单层侧窗采光。窗高2m，窗宽1.8m，窗台与课面等高，室内浅色粉刷（ $\rho=0.5$ ），室内无遮挡，南向窗，求该教室的采光系数最低值。



2 侧面采光计算图表

注：侧面采光时，窗下沿高度距工作面高度 $h_x \geq 1$ 米时，采光系数的最低值应为窗高等于 h_x 和 h_c 的两个窗的采光系数的差值。

解 ①选定计算点距内墙1m处，即 $B=6-1=5m$

②求 C'_d 值，已知 $B/h_c=5/2=2.5$ ，并且 $l=9m$ ， $b=6m$ ， $l/b=1.5b$

查图2，求得 $C'_d=1.65$

③求 K_t ，查表[8]表1，表2，求得 $K_t=0.6$

④确定 K'_p ， $\rho=0.5$ ， $B/h_c=2.5$ ，查表4，求得 $K'_p=3.0$

⑤求 K_c ， $2b=5.4m$ ， $l=9m$ ， $K_c=5.4/9=0.6$

⑥室外无遮挡， $K_w=1$

⑦南向窗，北纬 40° ，查表3，求得 $K_t=1.55$

⑧ $C_{min}=C'_d \times K_t \times K'_p \times K_c \times K_w \times K_t$
 $=1.65 \times 0.6 \times 3.0 \times 0.6 \times 1 \times 1.55=2.76\%$

例2 某厂拟建一装配车间，采光等级属于III级，要求达到 $C_{min}=2\%$ ，厂房剖面尺寸见图3，长度为 $6m \times 16=96m$ ，单层侧窗采光，北向室内表面 $\rho=0.4$ ，有吊车梁。按工艺要求，计算点选在距内墙3m处的P点。已决定在标高7.2m处开一排1.8m高的带形高侧窗；低侧窗宽度已定为每开间3.6m，求低侧窗高 h_c 。

解 一、计算高侧窗在P点提供的 C_{min} 值

①求 $C'_d K'_p$ ， $C'_d K'_p = C'_{d0} \cdot K'_p = C'_{d0} \cdot K'_p$

$h_x=6.2+1.8=8m$

$B/h_c=(15-3)/8=1.5$ ， $l>4b$

查图2，得 $C'_{d0}=5.5$

查表4，得 $K'_p=1.75$

$B/h_x=12/6.2=1.93$ ， $l>4b$

查图2，得 $C'_{d0}=3.6$

查表4，得 $K'_p=2.0$

$C'_d \cdot K'_p=(5.5 \times 1.75)-(3.6 \times 2.0)=2.43\%$

②求 K_t ， $K_t=0.5 \times 0.85=0.43$

③已知 $K_c=1$ ， $K_t=1$ ，设 $K_w=1$

$C_{min}=2.43 \times 0.43 \times 1 \times 1=1.05\%$

二、确定低侧窗应提供的采光系数

$C_{min}(\text{低侧窗})=2\%-1.05\%=0.95\%$

三、求低侧窗的高度 h_c

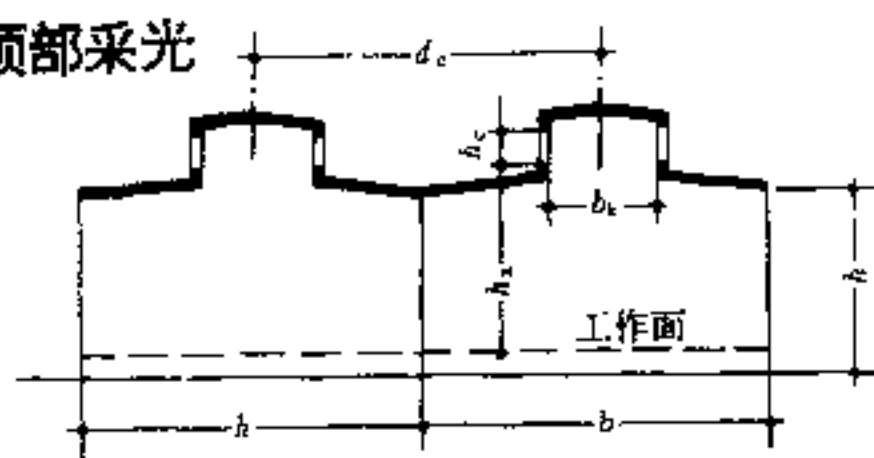
①求 K_c ， $K_c=3.6/6=0.6$

②求 K'_p ，设窗高为4m， $B/h_c=3$ ， $K'_p=2.45$

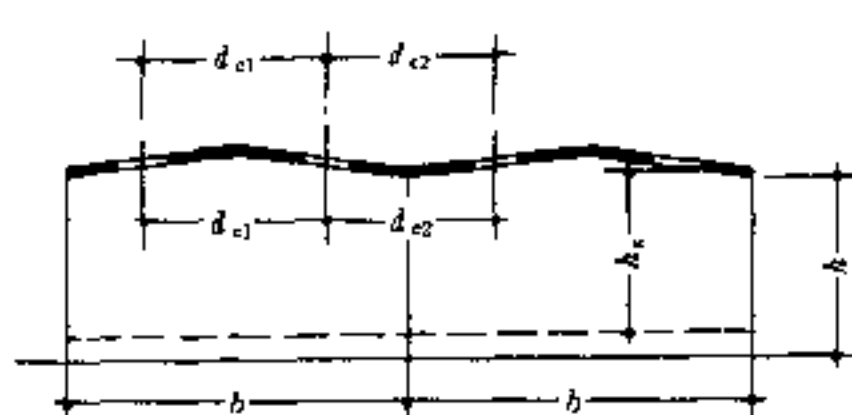
③求 C'_d 值， $C'_d=0.95/0.6 \times 0.5 \times 2.45 \times 1=1.28\%$

④查图2，由 $C'_d=1.28\%$ ，得 $B/h_c=3.2$
 $B=12m$ ， $h_c=12/3.2=3.75m$
 按模数制，选3.6m高的侧窗。

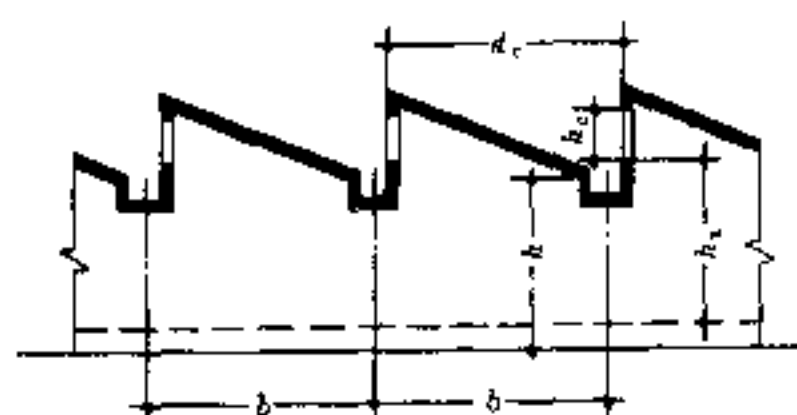
顶部采光



a 矩形天窗



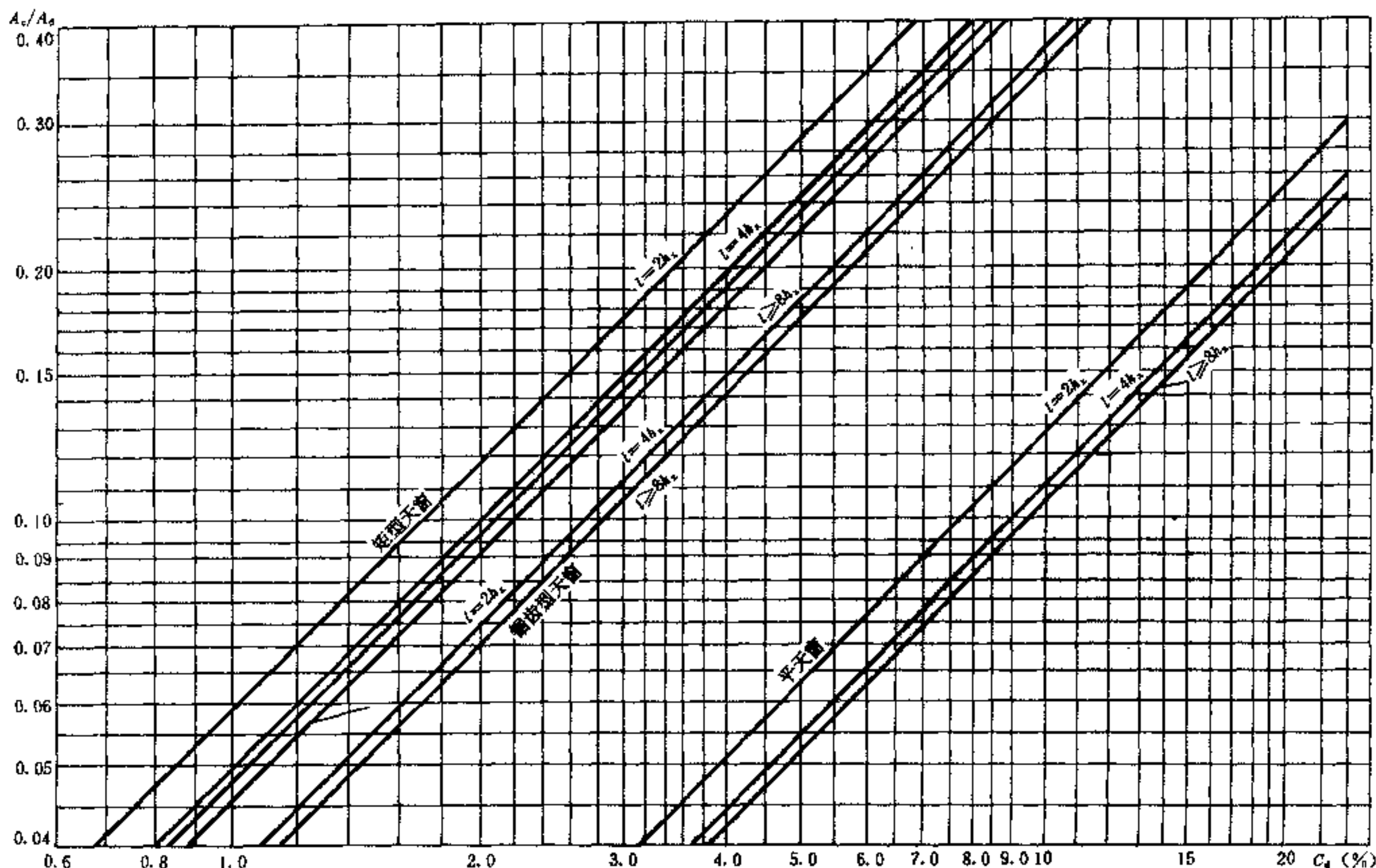
b 平天窗



c 锯齿型天窗

1 顶部采光简图

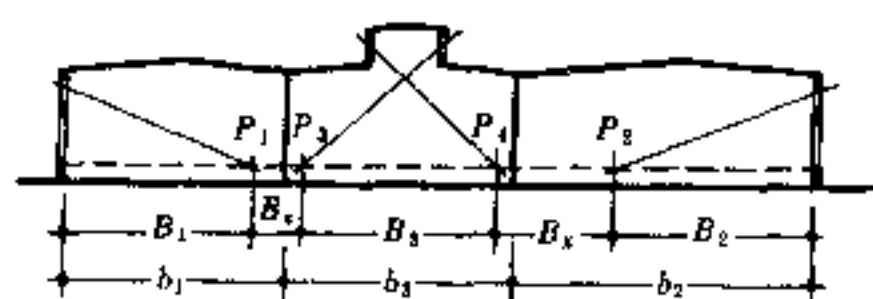
b ——建筑宽度(跨度或进深); L ——建筑高度; h_c ——窗高; bc ——窗宽; d_c ——窗间距; h_s ——工作面至窗下沿高度; h_u ——工作面至窗上沿高度 $h_u = h_c + h_s$; b_s ——天窗跨度。



2 顶部采光计算图表



3 车间剖面图



4 采光计算分区图

顶部采光计算公式

$$C_{av} = C_d \cdot K_t \cdot K_p \cdot K_s \cdot K_a \cdot K_r$$

式中 C_{av} ——采光系数平均值

C_d ——天窗洞口的采光系数其值由图2确定;

K_t ——顶部采光的总透光系数

$$K_t = \tau \cdot \tau_s \cdot \tau_u \cdot \tau_l$$

τ_l ——室内结构挡光折减系数,其值可由表6确定;

K_p ——顶部采光的室内反射增量系数,其值可由表7确定;

K_s ——高跨比修正系数,其值可由表8确定;

K_a ——矩形天窗的挡风板挡光折减系数,取0.60;

K_r ——晴天方向系数,其值由表3确定。

例 上海某机加工车间,建筑剖面尺寸如[3]所示, $l=100m$,钢筋混凝土薄腹梁屋架,连续的矩形天窗采光,窗高1.2m,车间污染严重,求平均采光系数 C_{av} 。

解 ①计算窗地面积比,天窗在纵向连续 $A_s/A_d = (2 \times 1.2) \times 1/12 \times 1 = 0.2$

②求 C_d 值, $l=100m$, $h_s=7m$, $h_s > 8h_s$

查图2, $A_s/A_d=0.2$, $C_d=4.5$

③求 K_t , $h_s/b=7/12=0.58$

查表8, $K_t=0.96$

④求 K_p , 污染严重,取 $\rho_i=0.3$

查表7,得 $K_p=1.4$

⑤确定 K_t 值

$$K_t = \tau \cdot \tau_s \cdot \tau_u \cdot \tau_l = 0.30$$

⑥ $C_{av} = C_d \cdot K_t \cdot K_p \cdot K_s \cdot K_a \cdot K_r = 4.5 \times 0.96 \times 1.4 \times 0.3 = 1.81\%$

混合采光——兼有顶部和侧面采光

混合采光的房间可简化为侧面采光区和顶部采光区,分别计算采光系数最低值 C_{min} 和采光系数平均值 C_{av} 。

见[4], P_1, P_2 为侧面采光计算点, P_3, P_4 为顶部采光计算点, b_s 为采光不足区。

*《工业企业采光设计标准》GB50033—91

建筑外窗的采光性能分级 表1

等 级	透光折减系数 T_v
I	$T_v \geq 0.70$
II	$0.70 > T_v \geq 0.60$
III	$0.60 > T_v \geq 0.50$
IV	$0.50 > T_v \geq 0.40$
V	$0.40 > T_v \geq 0.30$
VI	$0.30 > T_v \geq 0.20$

注: T_v 为光通过窗结构和采光材料后减弱的系数。

各类窗的透光折减系数 T_v 值 表2

钢 窗		木 窗		铝 窗		塑 料 窗	
单层	双层	单层	双层	单层	双层	单层	双层
0.70	0.55	0.60	0.40	0.65	0.45	0.60	0.40

窗结构挡光折减系数 τ_c 值 表5

窗 结 构	单 层	双 层
木 窗	0.70	0.55
钢 窗	0.80	0.65
铝 窗	0.75	0.60
塑 料 窗	0.70	0.55

窗玻璃污染折减系数 τ_w 值 表6

车间污染程度	玻 璃 安 装 角 度		
	垂 直	倾 斜	水 平
清 洁	0.90	0.75	0.60
一 般	0.75	0.60	0.45
污 染 严 重	0.60	0.45	0.30

注: ① τ_w 值是按6个月擦洗一次确定的。
②在南方多雨地区, 水平天窗的污染系数可按倾斜窗的 τ_w 值选取。

晴天方向系数 K_f 值 表7

窗类型及朝向		纬 度		
		30°	40°	50°
垂直窗 朝 向	东(西)	1.25	1.20	1.15
	南	1.45	1.55	1.65
	北	1.00	1.00	1.00
水 平 窗		1.65	1.35	1.25

注: 用于 I、II、III 类光气候区。

室内结构挡光折减系数 τ_i 值 表10

结构名称	结 构 材 料	
	钢筋混凝土	钢
实 体 梁	0.75	0.75
屋 架	0.80	0.90
吊 车 梁	0.85	0.85
网 架		0.65

顶部采光室内反射光增量系数 K_r 值 表11

A	天 窗 形 式		
	平 天 窗	矩 型 天 窗	锯齿型天窗
0.5	1.30	1.70	1.90
0.4	1.15	1.55	1.65
0.3	1.10	1.40	1.40
0.2	1.10	1.30	1.30

采光材料透光系数 τ 值 表3

材 料 名 称	颜 色	厚 度 (mm)	τ 值
普通玻璃	无	3~6	0.78~0.87
磨砂玻璃(花纹深密)	无	3~6	0.55~0.60
压花玻璃(花纹深密)	无	3	0.57
夹层安全玻璃	无	3~3	0.78
吸热玻璃	蓝	3~5	0.52~0.64
乳白玻璃	乳白	1	0.60
有机玻璃	无	2~6	0.85
小波玻璃钢瓦	绿	-	0.38
玻璃钢采光罩	本色	3~4 层布	0.72~0.74
聚苯乙烯板	无	3	0.78
聚氯乙烯板	本色	2	0.60
聚碳酸酯板	无	3	0.74
铁窗纱	绿	-	0.70

注: τ 值为扩散光条件下测定值。

饰面材料的反射系数 ρ 值 表4

材料名称	ρ 值	材料名称	ρ 值
白水泥、白粉刷	0.75	绿色地砖	0.25
水泥砂浆抹面	0.32	深咖啡色地砖	0.20
白色乳胶漆	0.84	石膏板	0.91
白色调和漆	0.70	白色大理石	0.62
中黄乙调和漆	0.57	红色大理石	0.32
红砖	0.33	白色水磨石	0.70
灰砖	0.23	白间绿色水磨石	0.66
白色釉面砖	0.80	浅黄塑料贴面板	0.36
黄绿色釉面砖	0.62	棕色塑料贴面板	0.12
天蓝色釉面砖	0.55	黄白色塑料墙纸	0.72
土黄无釉地砖	0.53	蓝白色塑料墙纸	0.61
朱砂无釉地砖	0.19	胶合板	0.58
白马赛克地面	0.59	混凝土地面	0.20
浅蓝色地砖	0.42	铸铁、钢板地面	0.15

侧面采光的室内反射光增量系数 K'_r 值 表8

B/h_c	采 光 型 式							
	单 侧 采 光				双 侧 采 光			
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.2	0.3	0.4	0.5
1	1.10	1.25	1.45	1.70	1.00	1.00	1.00	1.05
2	1.30	1.65	2.05	2.65	1.10	1.20	1.40	1.65
3	1.40	1.90	2.45	3.40	1.15	1.40	1.70	2.10
4	1.45	2.00	2.75	3.80	1.20	1.45	1.90	2.40
5	1.45	2.00	2.80	3.90	1.20	1.45	1.95	2.45

注: ①表、表中的 ρ 为室内各表面饰面材料反射系数 ρ 的加权平均值, 其值可按下式计算:

$$\rho = \frac{\rho_1 \cdot A_1 + \rho_2 \cdot A_2 + \rho_3 \cdot A_3 + \rho_4 \cdot A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

式中 $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$ ——分别为顶棚、墙面、地面饰面材料和普通玻璃的反射系数。

A_1, A_2, A_3, A_4 ——分别为顶棚、墙面、地面和窗洞的面积。

② B/h_c 为计算点至窗的距离与窗高之比。

侧面采光的室外建筑物挡光折减系数 K_w 值 表9

B/h_c	D_s/H_s				
	1	1.5	2	3	5
2	0.45	0.50	0.61	0.85	0.97
3	0.44	0.49	0.58	0.80	0.95
4	0.42	0.47	0.54	0.70	0.93
5	0.40	0.45	0.51	0.65	0.90

注: D_s/H_s 为窗对面遮挡物距窗的距离与窗对面遮挡物距假定工作面的平均高度之比。

$D_s/H_s > 5$ 时, $K_w = 1$

高跨比修正系数 K_g 值 表12

天窗类型	跨 数	h_s/b									
		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4
矩型天窗	1	1.04	0.88	0.77	0.69	0.61	0.53	0.48	0.44	—	—
	2	1.07	0.95	0.87	0.80	0.74	0.67	0.63	0.57	—	—
	3 及以上	1.14	1.06	1.00	0.95	0.90	0.85	0.81	0.78	—	—
平 天 窗	1	1.24	0.94	0.84	0.75	0.70	0.65	0.61	0.57	—	—
	2	1.26	1.02	0.93	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	—	—
	3 及以上	1.27	1.08	1.00	0.93	0.89	0.86	0.85	0.84	—	—
锯齿型天窗	3 及以上	—	1.04	1.00	0.98	0.96	0.92	0.89	0.86	0.82	0.78

注: ①表中 h_s/b 为工作面至窗下沿高度与建筑宽度之比。

②不等高、不等跨的两跨以上厂房需分别计算各单跨的采光系数平均值。但计算用的高跨比修正系数 K_g 值需按各单跨的高跨比选用两跨或多跨条件下的 K_g 值。

K_g ——侧面采光的窗宽修正系数, $K_g = \Sigma b_n / L$

式中 Σb_n ——在建筑长度方向一面墙上的窗宽总和; L ——建筑长度。

生产车间侧窗不舒适眩光评价标准

表 1

眩光评价等级	眩光程度	眩光评价值		适用场所举例
		窗亮度 (cd/m^2)	窗眩光指数 (DGI)	
A	刚好无感觉	2000	20	精密仪器、仪表加工和装配车间、光学仪器加工和装配车间、工艺美术工厂雕刻、绘画车间
B	刚好有轻微感觉	4000	23	精密机加工和装配车间、纺织厂精纺、织造及检验车间、设计室、绘图室
C	刚好可接受	6000	25	机电装配车间、机修电修车间、印刷厂装订车间、木工车间、电镀车间、油漆车间
D	刚好不舒适	7000	27	焊接车间、钣金车间、冲压剪切车间、有色冶金工厂冶炼车间、玻璃厂退火车间
E	刚好能忍受	8000	28	造纸厂原料处理车间、化工厂原料准备车间、配料间、原料间、大、中件贮存库

典型条件下的窗亮度值 (cd/m^2)

表 2

采 光 材 料	全 云 天			晴 天					
	天空亮度 1590~1930(cd/m^2)			阳光未照到窗上			阳光直射窗上		
	视野中无遮挡			天空亮度 2680~3110(cd/m^2)			天空亮度 21000~23100(cd/m^2)		
	视野中无遮挡	视野中浅色调建筑	视野中深色调建筑	视野中无遮挡	视野中浅色调受照建筑	视野中深色调受照建筑	视野中无遮挡	视野中浅色调建筑	视野中深色调建筑
普通玻璃	1460	500	270	2320	2270	1130	17100	1350	990
乳白玻璃	1100	800	770	1770	1540	1420	12400	7110	7020
磨砂玻璃	1570	920	860	2150	1780	1710	23000	10710	9360
茶色玻璃	770	220	120	1240	1120	640	8820	870	660
白色窗纱	1530	670	500	2490	2430	1510	15750	2520	2160
浅蓝窗帘	880	850	840	1710	1390	1320	6120	5130	4860

生产车间窗亮度出现几率

表 3

窗亮度 (cd/m^2)	2000	4000	6000	7000	8000
窗亮度累积出现几率 (%)	35	65	80	85	90
窗眩光指数 (DGI)	20	23	25	27	28

窗的不舒适眩光计算

一、不舒适眩光指数计算公式:

$$G_s = 0.478 \frac{L_s^{1.8} \cdot \Omega^{0.8}}{L_s + 0.07 \omega^{0.5} \cdot L_s} \quad \text{DGI} = 10 \lg 2G_s$$

式中 G_s ——眩光常数; DGI——窗眩光指数; L_s ——窗亮度,通过窗所看到的天空、遮挡物和地面的加权平均亮度 (cd/m^2); L_0 ——背景亮度,观察者视野内各表面的平均亮度 (cd/m^2); ω ——窗对计算点形成的立体角 (球面度); Ω ——考虑窗位置修正的立体角 (球面度);

以上公式适用于各种采光型式的眩光计算,但一般情况下只对侧窗的眩光进行计算,顶部采光的眩光效应主要为反射眩光,作业时避开光幕反射的干扰区。

二、计算点(观察点)应选在窗中轴线上距窗对面内墙 1m 处,亦可选在视觉作业最频繁的位置,其高度为坐姿取 1.2m,站姿取 1.5m。

三、计算时间应选择春、秋分前后的晴天,太阳位置与窗口朝向一致时或选择眩光感明显时进行。

四、计算窗亮度 L_s 时,应在窗上选择几点测量求其平均亮度,或对通过窗所看到的天空、遮挡物和地面的亮度分别进行测量,估算其所占的窗面积比,再求其加权平均亮度。

对于室外天空亮度可根据国际照明委员会(CIE)给出的公式进行计算。

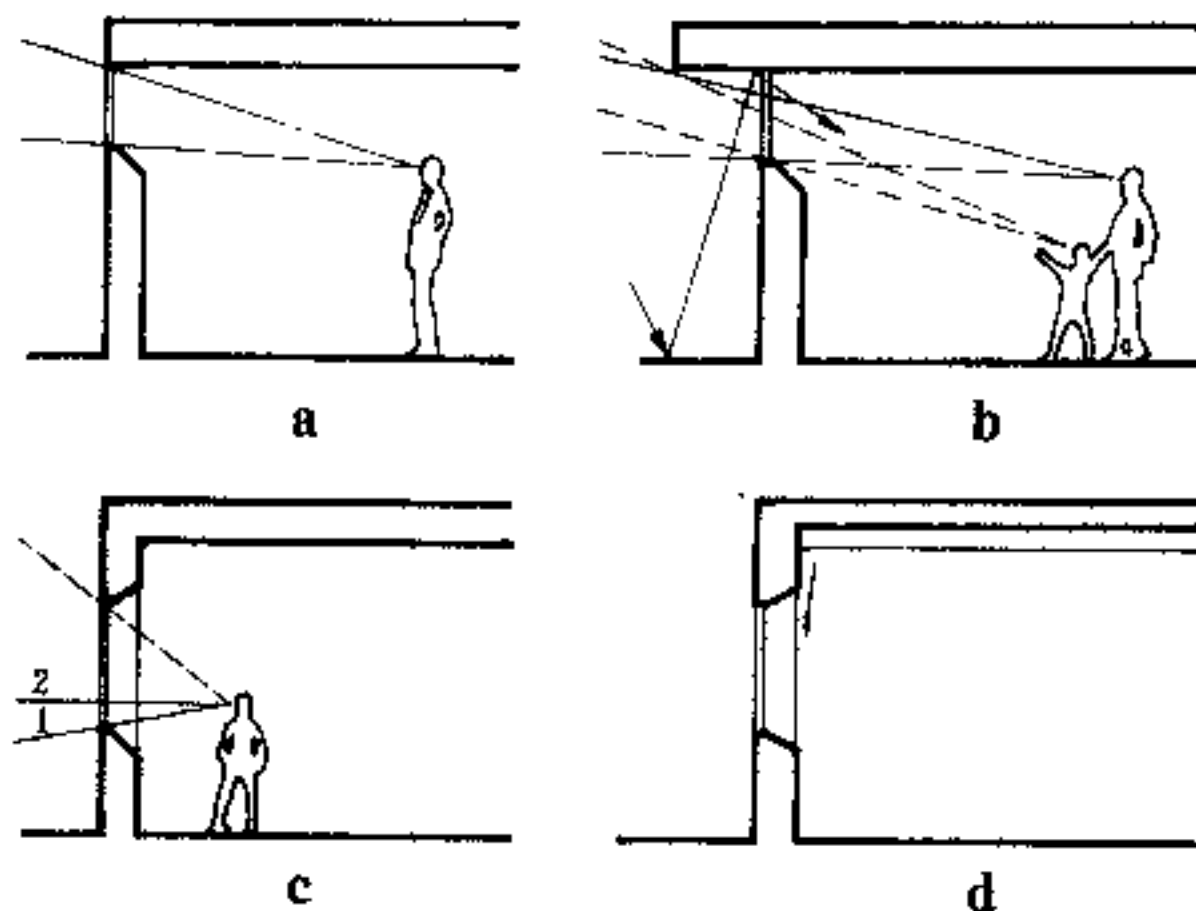
例 侧窗采光,教室长 9m,高 3.4m,宽 6m,开 3 个窗,窗高 1.8m,窗宽 1.5m,顶棚、墙面、地面的反射率分别为 0.70、0.60、0.30 观察者距内墙 1.0m,视点高度与窗台相同,视线水平,面向窗。求晴天情况下,太阳高度角为 60° 时的眩光指数值。

解 ①根据太阳位置、天空参数,利用 CIE 标准晴天亮度公式计算窗亮度 L_s ; ②根据已知的表面反射率求背景亮度 L_0 ; ③根据建筑尺寸和观察者位置计算立体角 ω 和 Ω 。计算采用窗眩光计算程序,计算结果为: $G_s=212.1$, $\text{DGI}=23.3$,需加遮光设施。

英国眩光指数 (DGI) 临界值

表 4

作业场所类别	眩光指数临界值	作业场所类别	眩光指数临界值
学校、医院	16	机加工车间	25
纪念馆、博物馆	16	油漆车间	25
办公楼	19	装配车间	25
研究室、试验室	19	化工车间	28
精密车间	19	玻璃制造车间	28
缝纫车间	19	炼钢车间	28



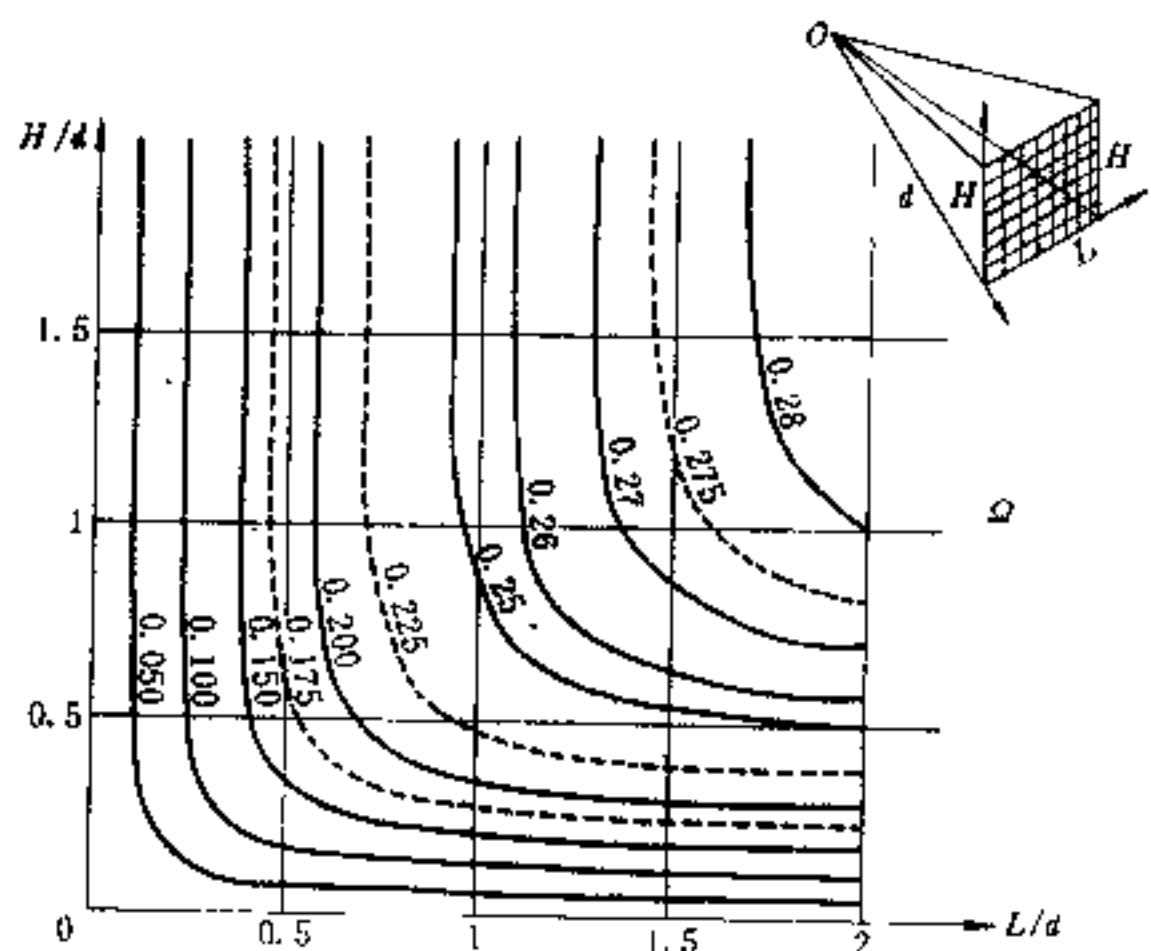
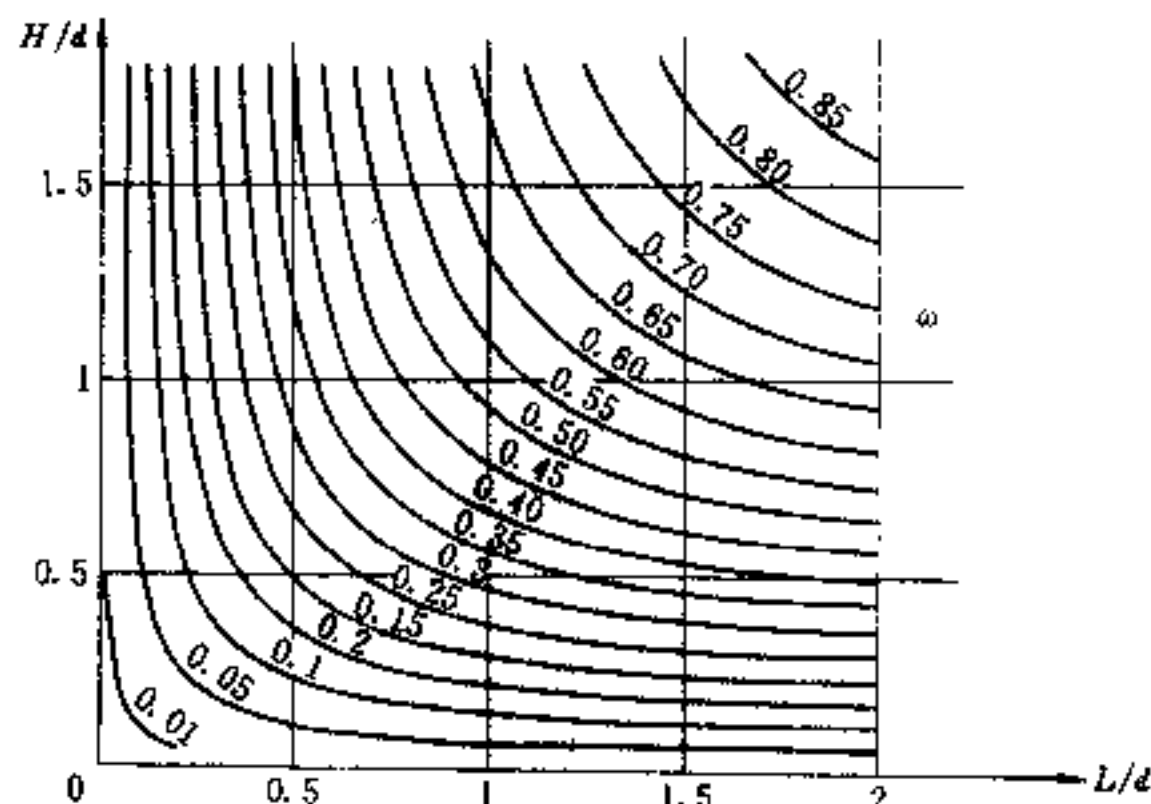
1 控制侧窗眩光的细部处理

a. 窗台做成斜面;

b. 高反射率的顶棚,并利用室外反射提高顶棚亮度,减小对比;

c. 半透明百页减小高天空亮度区 (2),同时仍然可以看出区 (1);

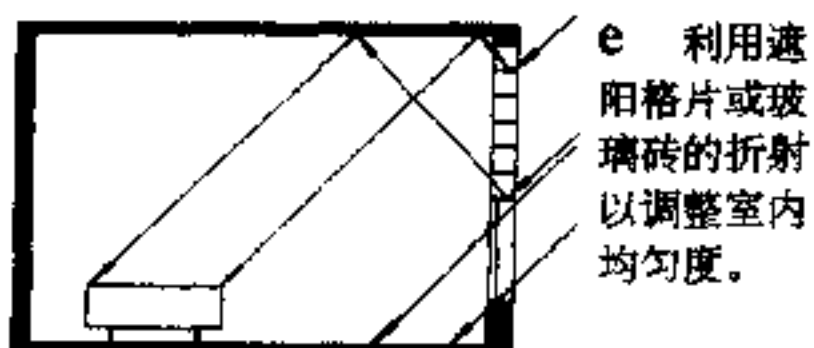
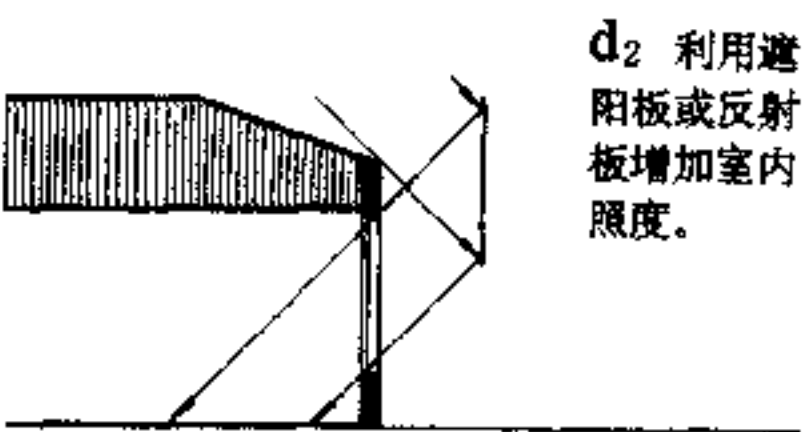
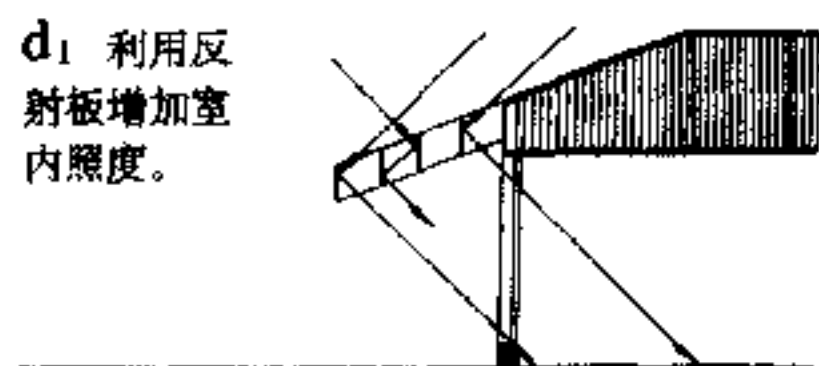
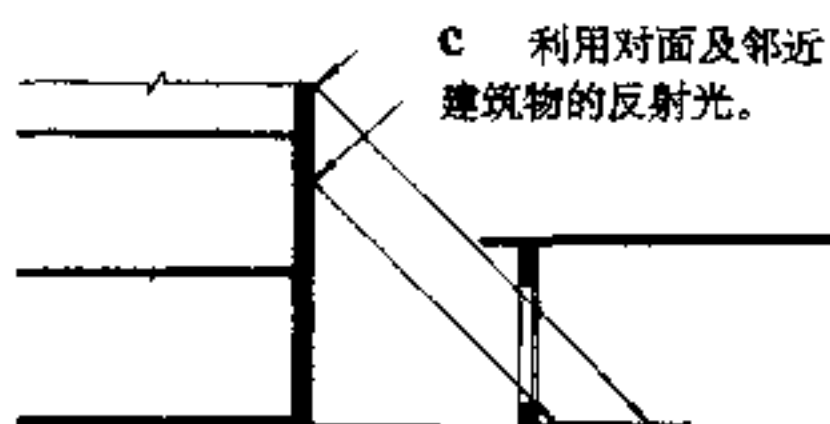
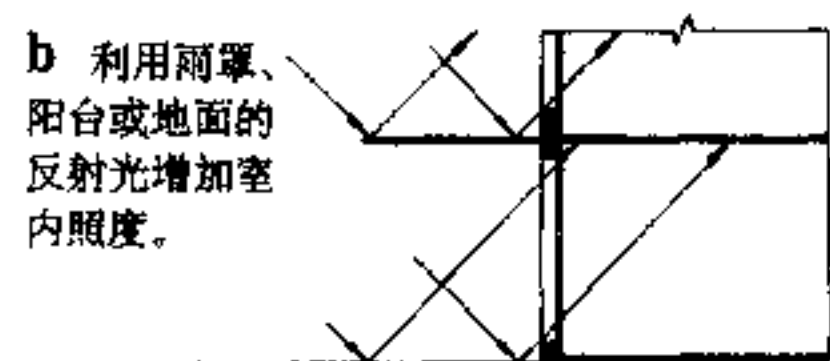
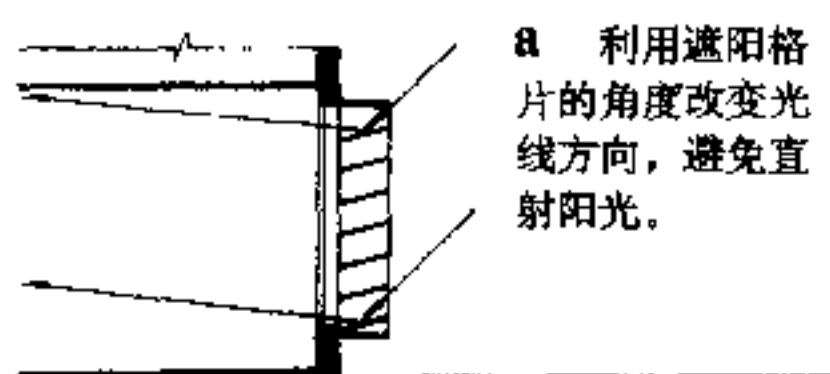
d. 利用人工照明照亮窗周围的墙面,以减小对比、减弱眩光。



2 窗的立体角图

避免直射日光与利用反射

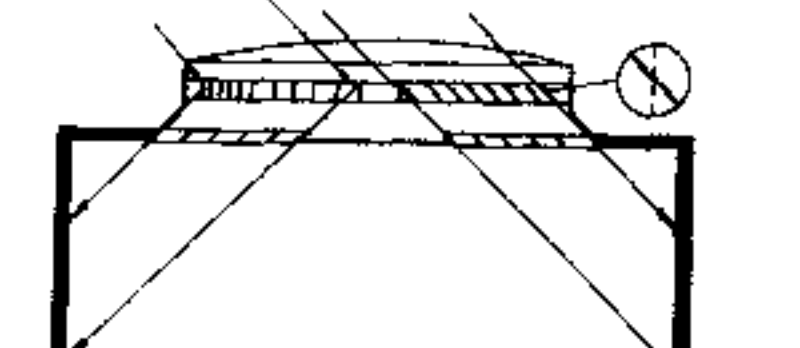
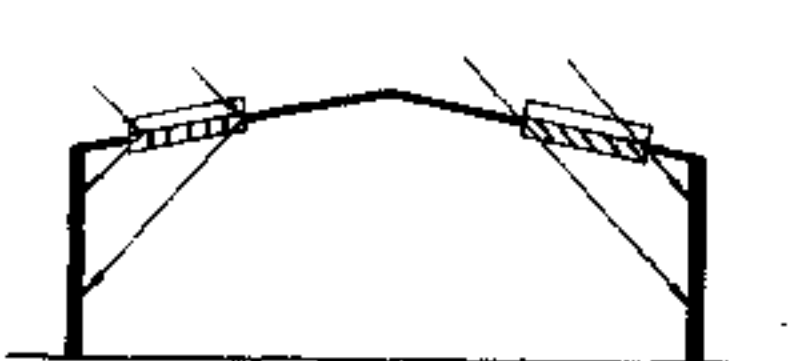
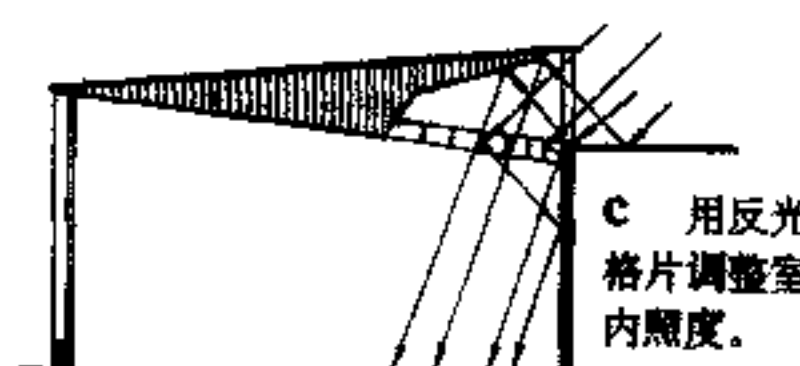
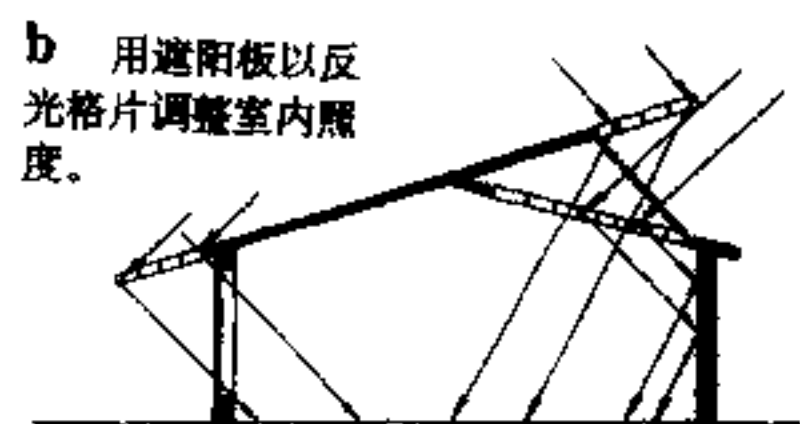
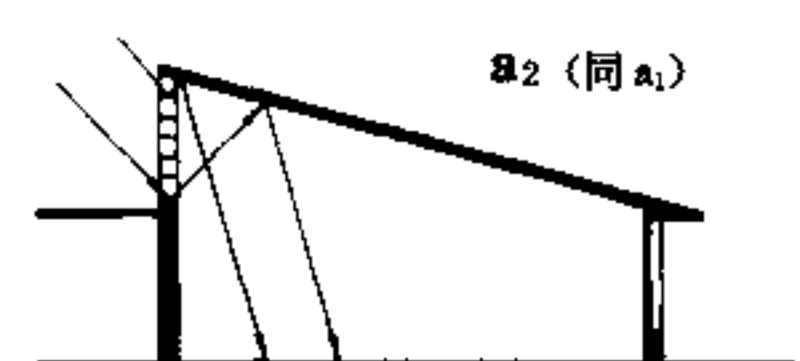
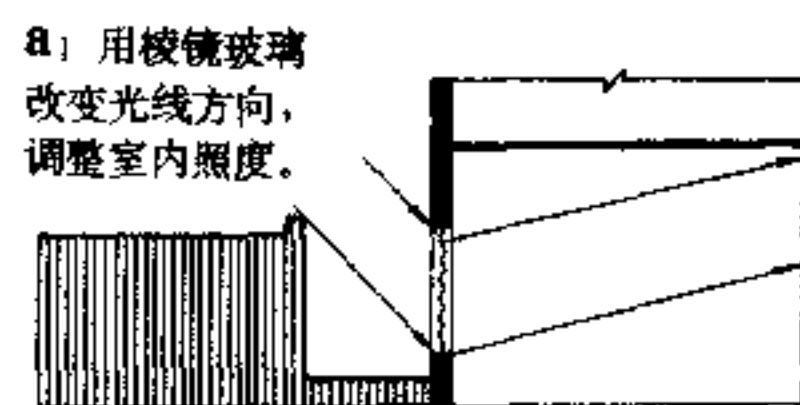
利用遮阳板及反射面以避免室内直射阳光，提高室内照度及均匀度。



1 避免直射日光与利用反射示例

天然光的控制与调整

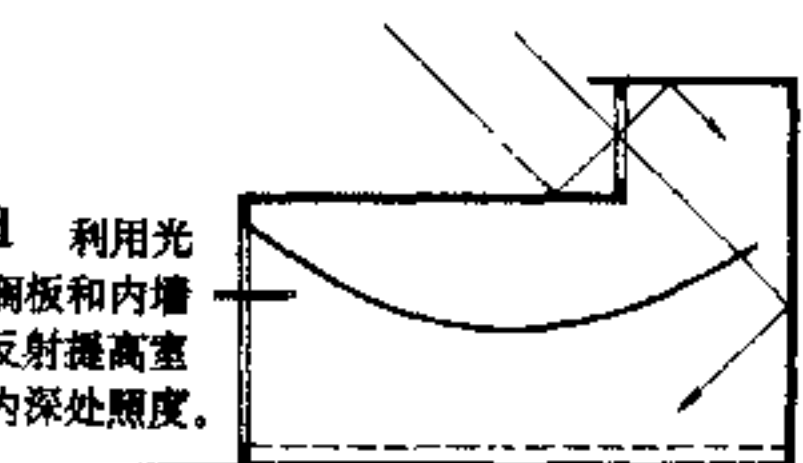
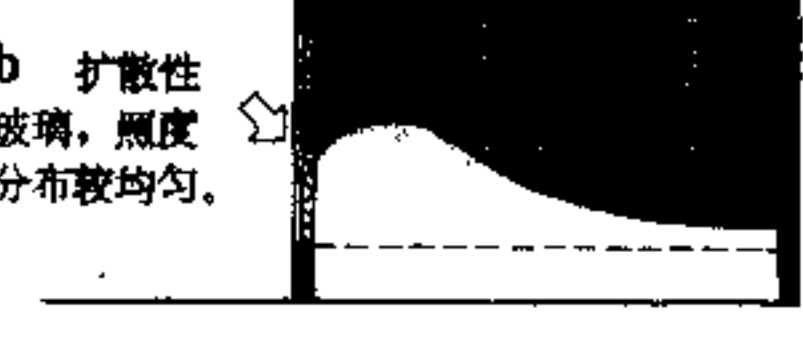
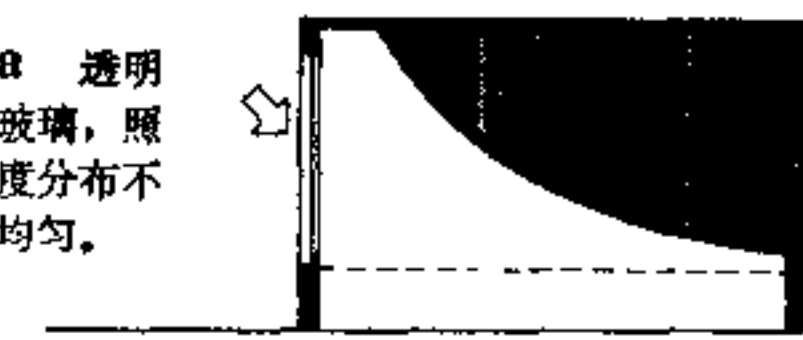
为了提高室内的光照，在采光口设各种反光、折光及调光装置以控制与调整光线。



2 天然采光的控制与调整示例

不同处理采光口的室内照度分布

采光口设置不同的透光材料及不同角度的格片，可使室内产生不同的照度效果。

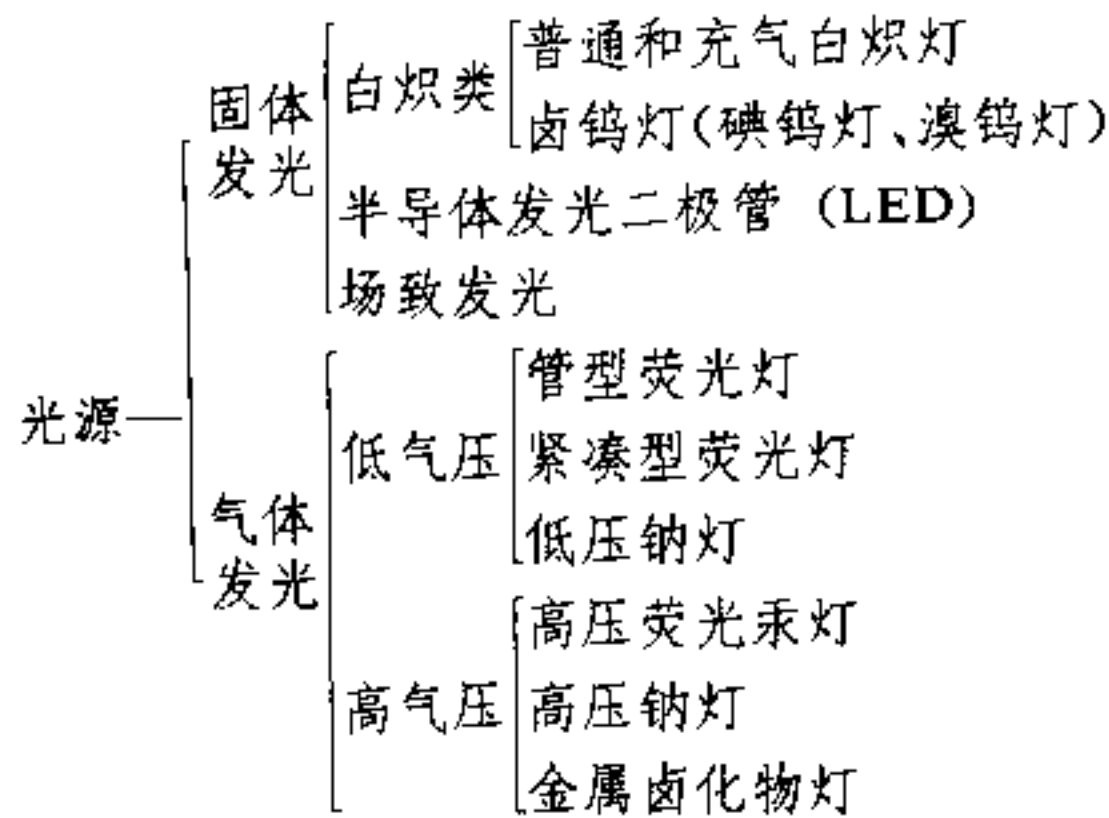


3 不同处理采光口的照度分布



4 遮阳格片采光口的分析

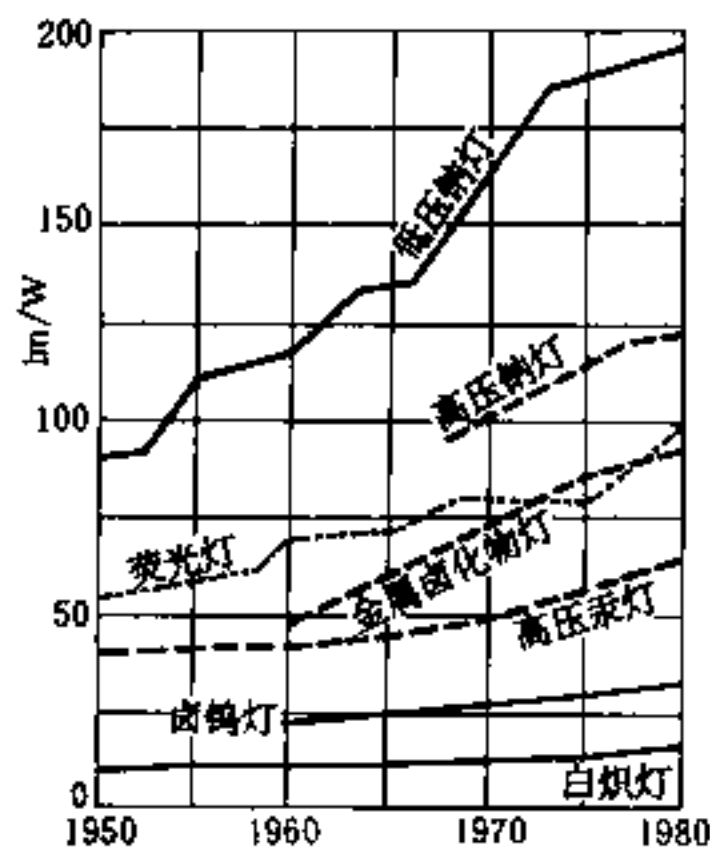
光源种类



照明光源的基本参数及其使用场所

表1

光源名称	功率(W)	光效(lm/W)	寿命(h)	色温(K)	显色指数(Ra)	使用场所
白炽灯	15~500	8~17	1000~2000	2800左右	95以上	住宅、饭店、陈列室、应急照明
卤钨灯	70~2000	15~21	1000~2000	2800~3200	90以上	陈列室、商店、工厂、车站、大面积投光照明
低压汞灯 (三基色荧光灯)	4~125	37~85	3000~5000	3000~6500	55~85	工厂、办公室、医院、商店、美术馆、饭店、公共场所
高压汞灯 (荧光型)	50~1000	30~55	6000	2900~6500	30~40	广场、街道、工厂、码头、工地、车站等
高压钠灯	35~1000	60~105	3000~6000	1900~2400	19~25	广场、街道、码头、工厂、车站
低压钠灯	18~180	100~175	3000	—	—	街道、高速公路、胡同
金属卤化物灯						
钠灯	250~3500	70~85	500~1500	6500	70~80	广场、机场、港口、码头、体育场、工厂
钠铊铟灯	400~3500	60~75	1000	5500	65~75	同上
铊钠灯	250~3500	60~70	1000	3500~5500	60	同上



1 50年代至80年代光源的效率

天然光和人工光源的色温 表2

光源	色温(K)
地平线上的太阳	1850
蜡烛	1900~1950
高压钠灯	2100
白炽灯(40W)	2700
白炽灯(150W~500W)	2800~2900
卤钨灯	2800~3200
高压汞灯(荧光型)	2900~6500
暖白色荧光灯	3000~3500
白色荧光灯	4200~4500
昼光色荧光灯	6500~7500
月光	4100
全阴天空	6400~6900
阴云天空	7000
晴朗的天空	10000~12000

主光源与色的效果 表3

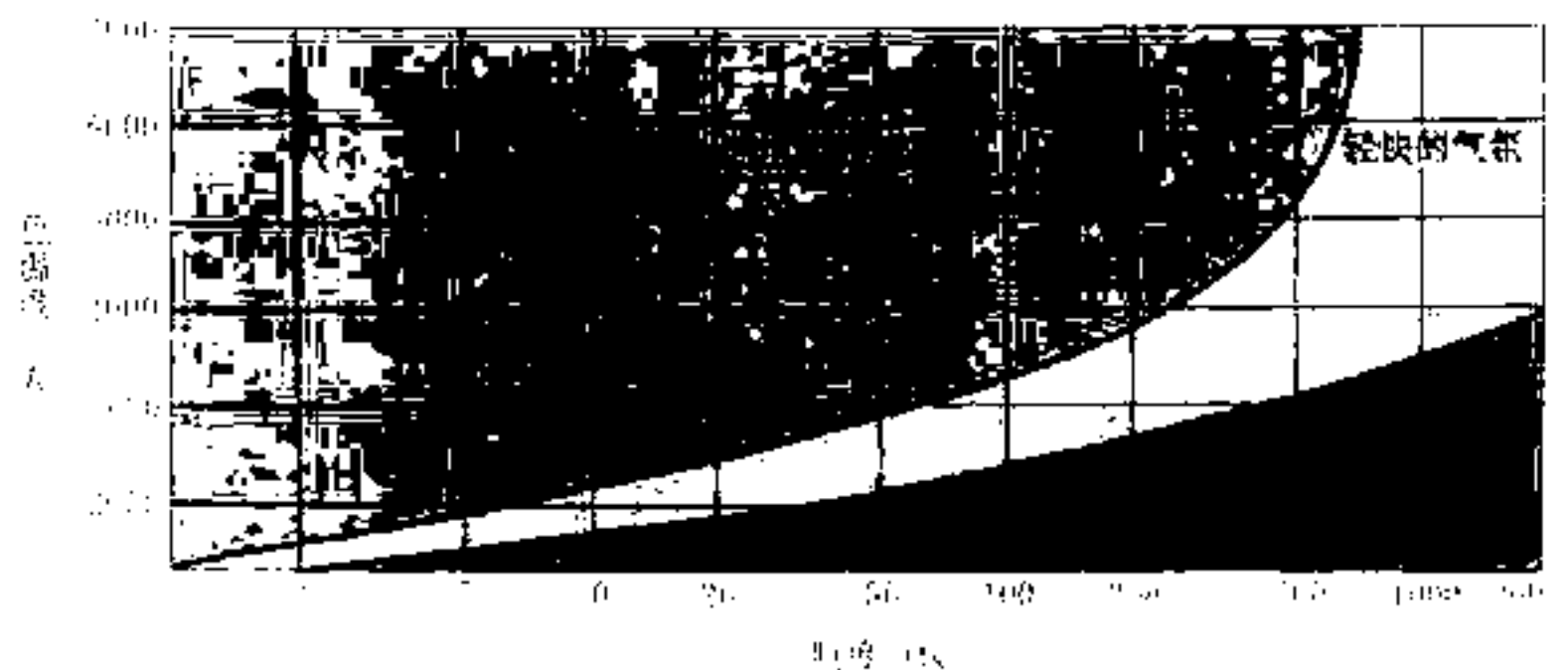
光源的特性		色的效果					
光源种类	Ra	红	橙	黄	绿	青	
白光色	63	不明朗	稍不明朗	强调	不变	稍强调	
日光色	77	不明朗	稍不明朗	稍强调	不变	不变	
高显色	92	不变	不变	不变	不变	不变	
白炽灯	95以上	强调	强调	稍强调	带黄色	不明朗	

光源的光色与气氛 表4

色温	光色	气氛效果	主光源
>5000K	清凉(带蓝的白色)	冷的气氛	白昼光色荧光灯
3300~5000K	中间(白)	爽快的气氛	白色荧光灯
<3300K	温暖(带红的白色)	稳重的气氛	白炽灯

照明类型	配光曲线	灯具类型
直接		探照灯、聚光灯、投光器、车前灯、幻灯机、格片、正反射罩、扩散反射罩、伞形折射罩
半直接		伞形漫射罩
漫射		球形折射罩 球形漫射罩
半间接		碗形反射罩 (半透明)
间接		碗形反射罩 (不透明)

2 CIE 灯具分类的光通分布



3 照度、色温与空间气氛

CIE 灯具分类 表5

灯具分类	光通分布, 相对于水平(%)	
	以上	以下
直接型	0~10	90~100
半直接型	10~40	60~90
漫射型	40~60	40~60
半间接型	60~90	10~40
间接型	90~100	0~10

荷兰投光灯具分类 表7

光束角(度)	光束类别
10°~25°	窄光束
25°~40°	中等光束
40°以上	宽光束

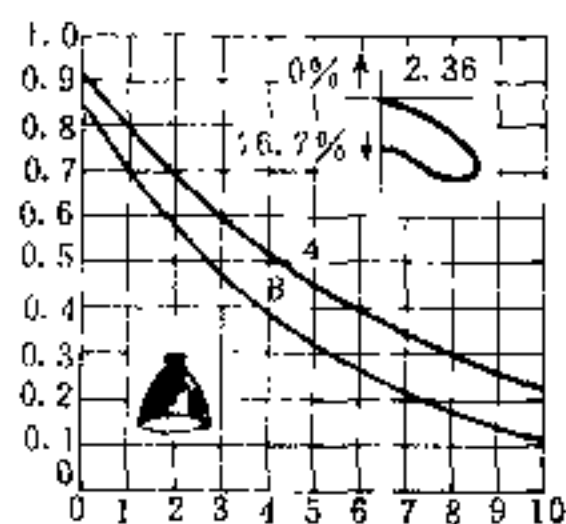
英国灯具分类 表6

灯具分类	配光
BZ ₁	$I_x = I \cos^3 \theta$
BZ ₂	$I_x = I \cos^2 \theta$
BZ ₃	$I_x = I \cos \theta$
BZ ₄	$I_x = I \cos^{1/2} \theta$
BZ ₅	$I_x = I \cos \theta$
BZ ₆	$I_x = I (1 + 2 \cos \theta)$
BZ ₇	$I_x = I (2 + \cos \theta)$
BZ ₈	$I_x = I$
BZ ₉	$I_x = I (1 + \sin \theta)$
BZ ₁₀	$I_x = I \sin \theta$

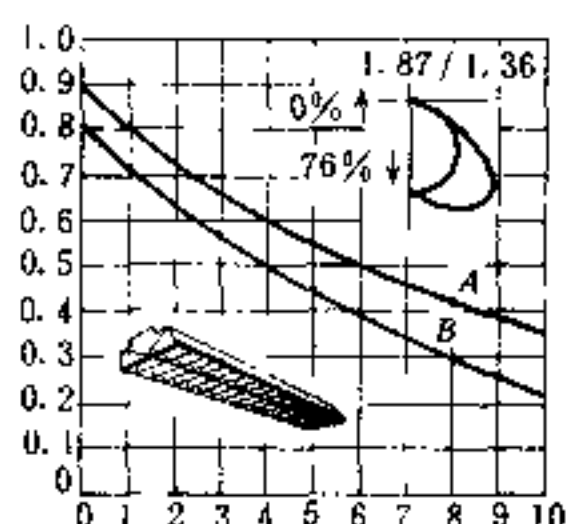
注: IEC(国际电工委员会)按防水、防尘和电器保护对灯具分类(IEC第522号)。

灯具选择,应根据视觉工作的要求,综合考虑灯具的照明技术特性及其长期运行的经济效果,尽量采用效率较高的灯具。图中横座标为室空间比,纵座标为灯具的利用系数。曲线A对应于 $\rho_{ec}=70, \rho_w=50$;曲线B对应于 $\rho_{ec}=30, \rho_w=10$ 。两条曲线对应的地板空间有效反射率均为 $\rho_{ec}=20$ 。配光曲线右上方的数字为最大距高比。

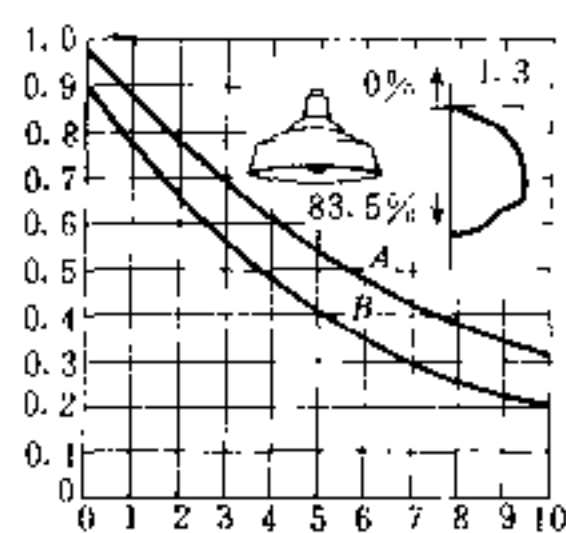
直接照明时,工作面上的照度受室内表面反射的影响较小,间接照明所受的影响则较大;反射系数高则利用系数高,反之则低。



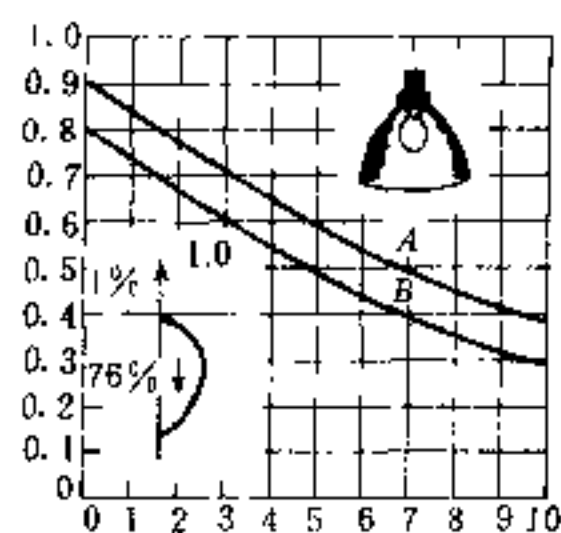
3 深照型灯具 (宽配光、内装透明高光气体放电灯)



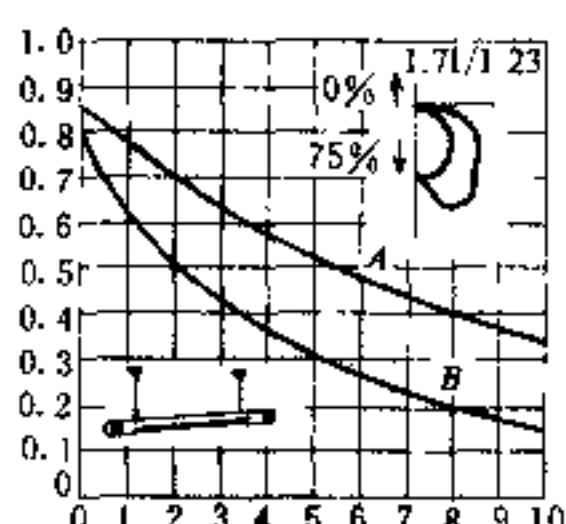
4 2x40W 高效荧光灯具 (圆柱束配光)



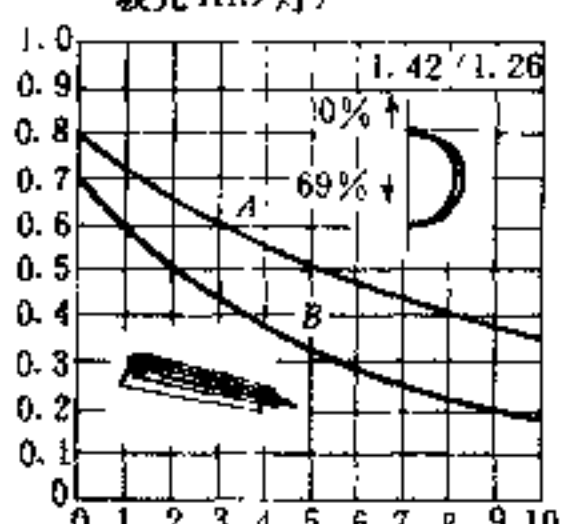
1 广照型灯具 (内装白炽灯泡)



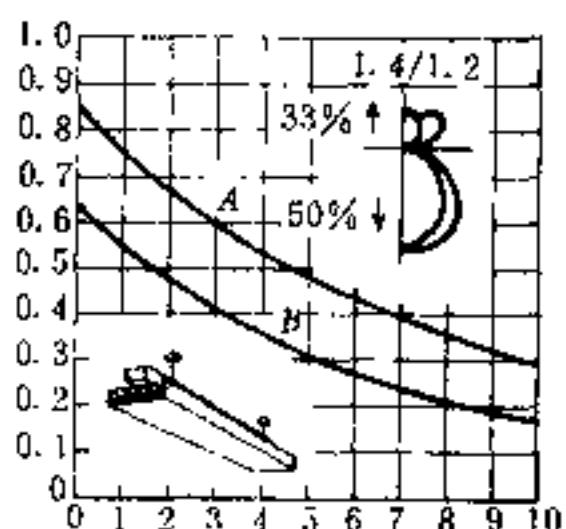
2 “高架”灯具 (中配光, 反射器有通风孔, 内装透明高光 HID 灯)



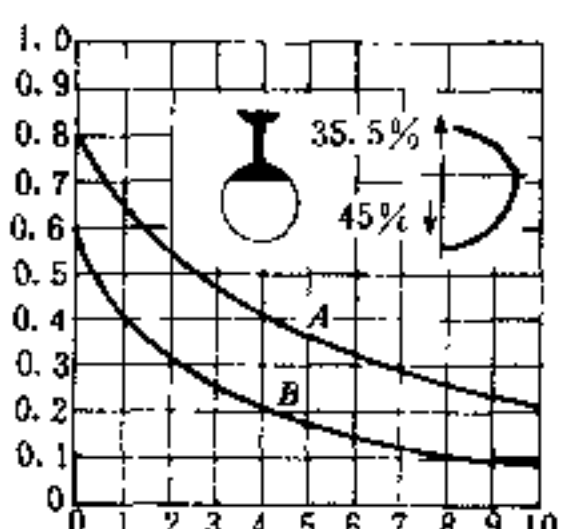
5 组装式荧光灯具 (1x40W, 反射面采用铝合金型材)



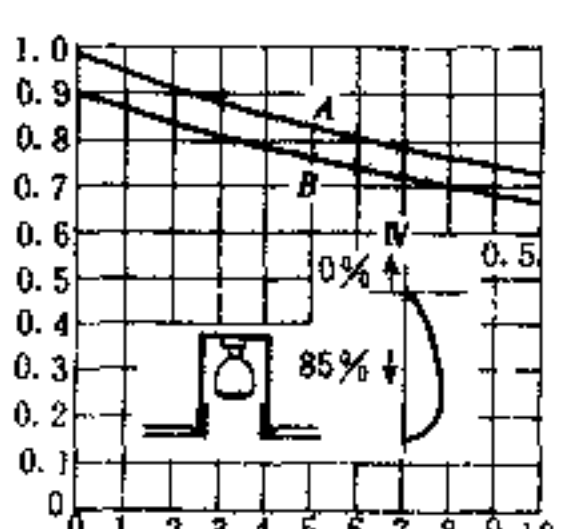
6 简易工厂罩 (2x40W 荧光灯)



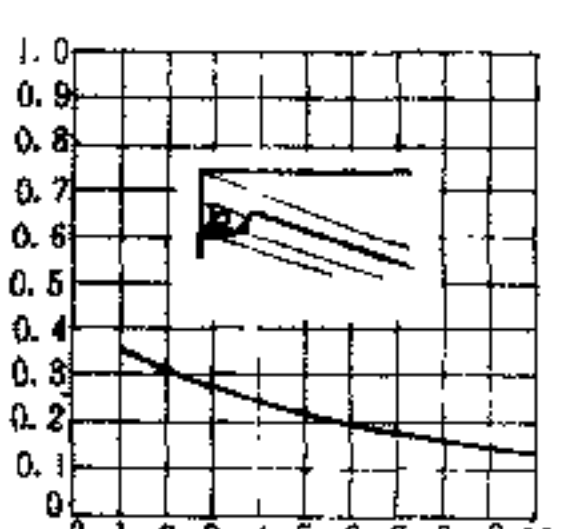
7 四管荧光灯具 (上部开敞、下部及两侧为棱镜)



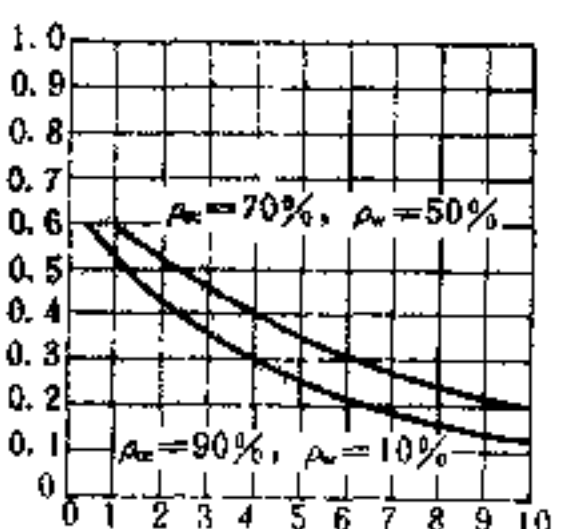
8 球形吊灯 (玻璃罩, 内装白炽灯泡)



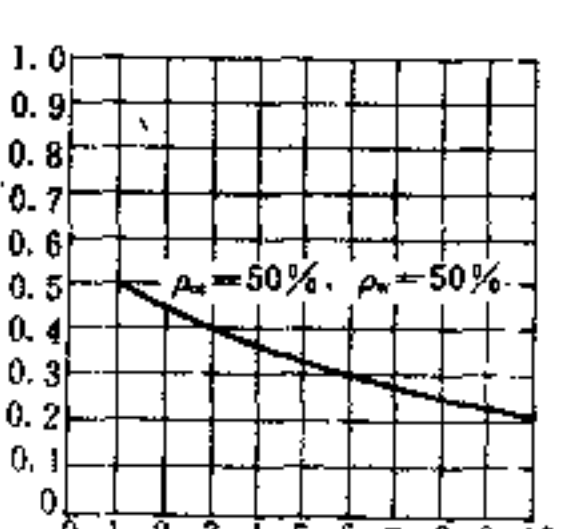
9 嵌入式筒灯



10 单管荧光灯槽 (若是双管, 将利用系数乘以 0.93; 若是三管, 将利用系数乘以 0.85)



ρ_{ec} 在~65%以下, 下面装以漫射塑料或漫射玻璃时
(1) 顶棚效率为 60%, 漫射体的透过率及反射率分别为~50%和~40%, 骨架遮挡小, 表面反射率为 8%, 可参考上面一条曲线;
(2) 骨架遮挡较大且表面反射率较低时, 可参考下面一条曲线。



ρ_{ec} 在 40%以下
(1) 顶棚效率约为 50%, 不透明格栅的保护角为 45°, 格栅表面反射系数为 80%, 骨架遮挡较小, 表面反射率为 8%时可参考图中曲线。

II 发光顶棚

12 发光顶棚

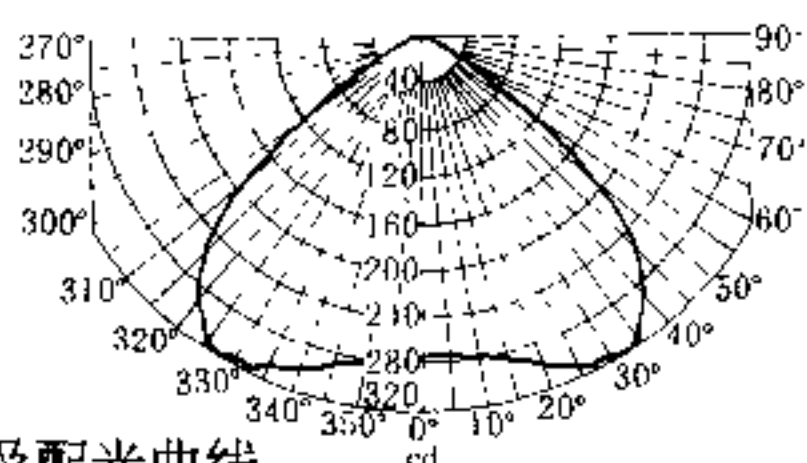
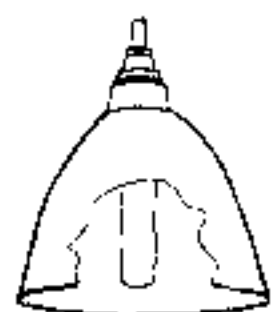
道路照明	照明方式	常规照明	高杆照明
	布灯方式	分单侧、双侧、双侧交错、横向悬索和中心对称五种	分平面对称、径向对称和非对称三种
	灯具间距	在主要道路上通常为 30~40m	间距和高度比通常为 3:1 到 5:1, 仰角不超过 63°
	照度水平	按道路类型, 照度为 20lx	

广场照明	照明方式	高杆塔式杆灯
	灯具间距	若高度为 H , 照射距离为 D , 则一般情况下 D/H 不应大于 5, $D/H \geq 2$ 比较合理
	照度水平	根据广场的不同类别, 路面平均水平照度在 4~20lx 范围内

庭园照明	照明种类	明视照明	饰景照明
	安装高度	5~12m	
	照明质量	绝对避免眩光	
	照度水平	1~30lx	

一、配光曲线 (cd 光源为 1000lm)

深照型灯具



① 对称灯具及配光曲线

二、发光强度值 (cd)

表 1

θ°	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
I_0	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270
I_θ	275	280	302	316	291	195	54	9	0	0

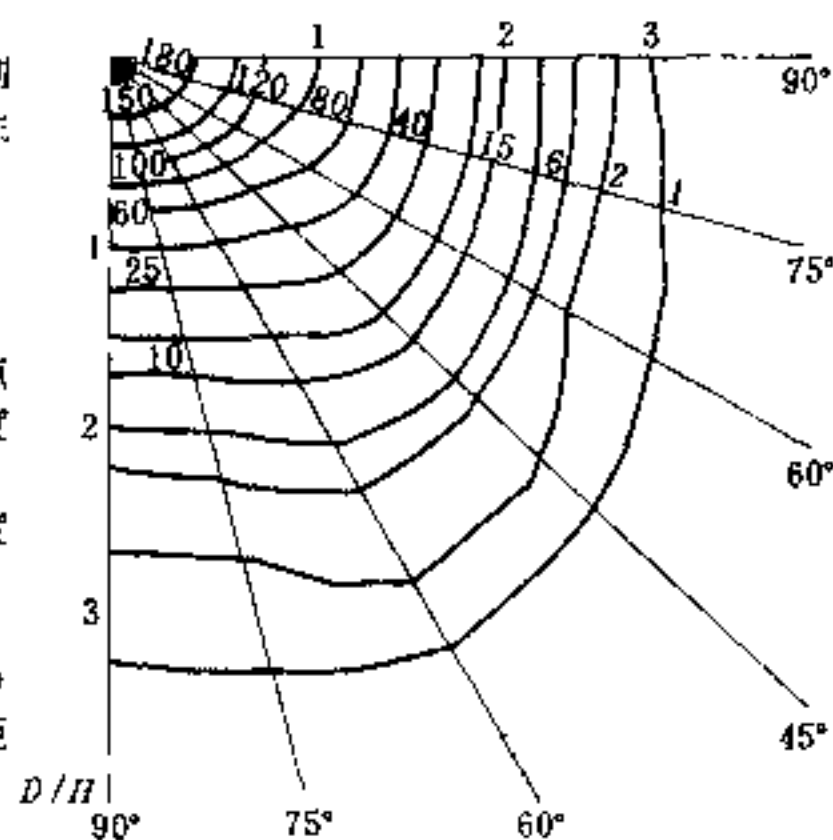
灯具的发光强度值 I_θ 用第 18 页计算照度的公式计算。光强度值按光通量 1000lm 时给出。计算初始照度时，光强度值应乘以 $F/1000$ ， F 为灯具内光源的总通量。计算维护照度时，作近似计算，可乘以维护系数 K 。

三、等照度曲线

对于非全对称灯具，利用下述公式计算直射光产生的水平照度

$$E = \frac{F \cdot \Sigma \epsilon_i \cdot K}{1000 \cdot H^2}$$

式中 F —光源总光通量
 $\Sigma \epsilon_i$ —各个灯对计算点产生的相对照度的总和 (lx)
 H —灯的计算高度 (m)
 K —维护系数
 图中 H 为计算高度， D 为计算点到灯垂线的水平距离。



③ 平面等照度曲线 (非全对称灯具平面等照度曲线)

四、灯具的利用系数表 (距离比: $L/h=1.0$)

有效顶棚反射率 %	70				50				30				10				0
墙反射率 %	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	0
室空间比																	
1	0.85	0.83	0.80	0.79	0.81	0.79	0.78	0.76	0.78	0.76	0.75	0.74	0.75	0.74	0.73	0.72	0.70
2	0.80	0.76	0.72	0.69	0.76	0.73	0.70	0.68	0.73	0.71	0.68	0.66	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
3	0.75	0.69	0.65	0.62	0.72	0.67	0.64	0.64	0.69	0.65	0.62	0.60	0.66	0.63	0.61	0.59	0.57
4	0.69	0.63	0.58	0.54	0.67	0.61	0.57	0.53	0.64	0.59	0.56	0.53	0.62	0.58	0.55	0.52	0.51
5	0.65	0.57	0.52	0.48	0.62	0.56	0.51	0.48	0.60	0.54	0.50	0.47	0.57	0.53	0.49	0.47	0.45
6	0.60	0.52	0.47	0.43	0.58	0.51	0.46	0.42	0.55	0.49	0.45	0.42	0.53	0.48	0.45	0.42	0.40
7	0.55	0.47	0.41	0.37	0.53	0.46	0.41	0.37	0.51	0.45	0.40	0.37	0.49	0.44	0.40	0.37	0.35
8	0.51	0.42	0.37	0.33	0.49	0.41	0.36	0.39	0.47	0.41	0.36	0.33	0.46	0.40	0.36	0.32	0.31
9	0.47	0.38	0.33	0.29	0.45	0.37	0.32	0.23	0.44	0.37	0.32	0.29	0.42	0.36	0.32	0.29	0.27
10	0.42	0.33	0.27	0.24	0.41	0.32	0.27	0.23	0.39	0.32	0.27	0.23	0.37	0.31	0.26	0.23	0.22

利用系数法计算室内水平工作面平均照度 E_{av} 的公式见第 [19] [2]，步骤如下：

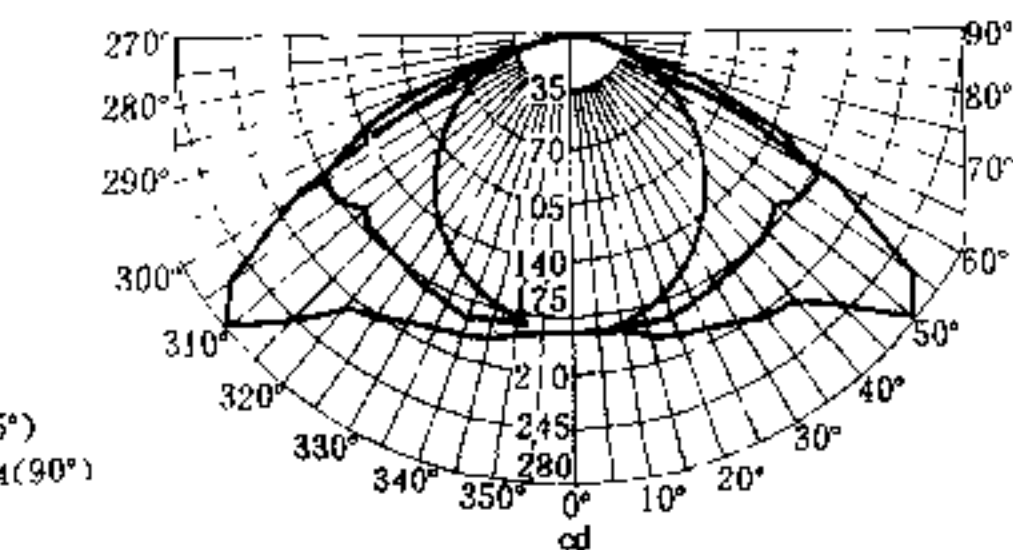
1. 确定墙面、顶棚空间和地板空间的平均反射率，公式如下：

$$\rho = \frac{\Sigma A_i \rho_i}{\Sigma A_i}$$

式中 ρ —第 1 面反射率
 A_i —第 i 面面积

2. 按第 [19] [2] 中计算 ρ_{av} 的公式计算顶棚空间和地板空间的有效反射率。

3. 从利用系数表中查出利用系数 U ，若墙面反射率和顶棚空间有效反射率不是表中所列数值，则用内插法求出 U 。利用系数表是以地板空间有效反射率为 20% 时作出的，若计算所得地板空间有效反射率不等于 20%，利用系数的精确计算应加以修正。在通常的装修情况下，该修正值很度值。



② 非全对称灯具及配光曲线

光强度值 (cd)

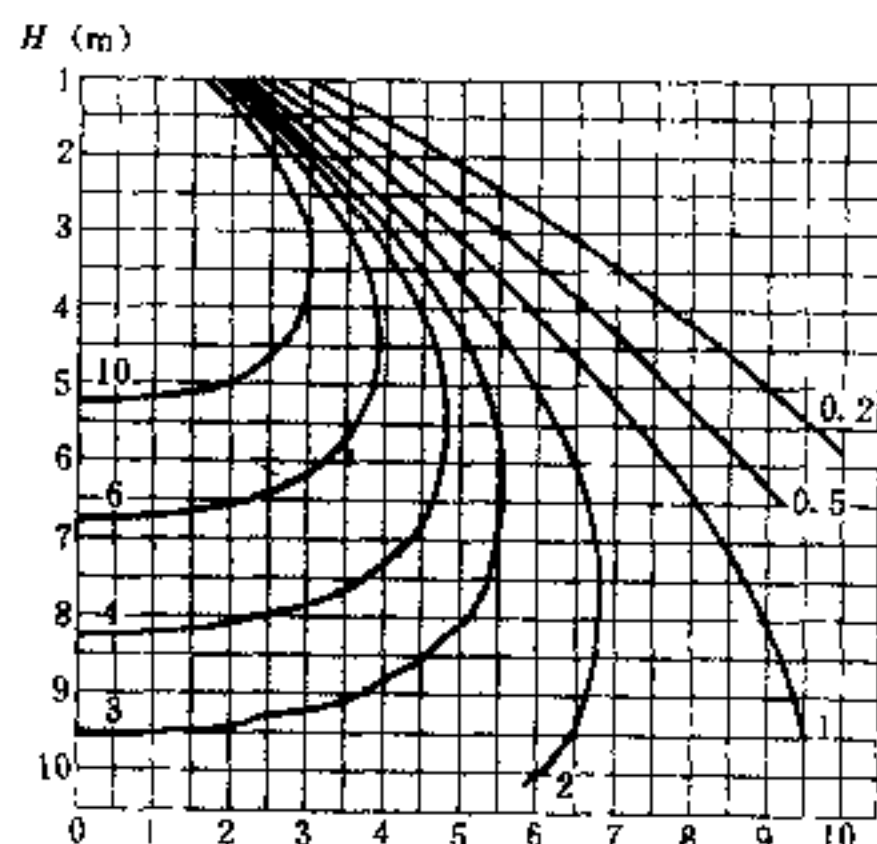
表 2

角 度	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	平均光强
0°/360°	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4
10°/350°	180.3	181.0	182.2	182.9	185.4	186.1	186.7	183.5
20°/340°	170.2	170.8	175.3	186.7	193.0	196.2	196.9	184.3
30°/330°	152.4	154.3	170.2	180.3	191.8	199.4	205.1	179.1
40°/320°	130.2	135.9	152.4	174.0	198.8	211.5	217.2	174.4
50°/310°	103.5	113.0	135.3	167.0	227.3	268.0	278.1	183.6
60°/300°	73.0	83.8	114.3	180.3	201.9	196.2	194.9	151.8
70°/290°	41.9	51.4	88.3	83.2	52.7	34.9	27.9	57.6
80°/280°	14.6	16.5	18.4	12.7	6.4	3.8	1.9	11.0
90°/270°	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

对于对称灯具，用下述公式计算直射光产生的水平照度

$$E = \frac{F \cdot \Sigma \epsilon_i \cdot K}{1000}$$

式中 F —光源总光通量 (lm)
 $\Sigma \epsilon_i$ —各个灯对计算点产生的照度总和 (lx)
 K —维护系数
 图中 H (m) 为灯的计算高度， D (m) 为计算点到灯垂线的水平距离。



④ 空间等照度曲线 (对称灯具空间等照度曲线)

表 3

路灯

道路灯具的等光强曲线和光通利用系数曲线使用方法如下。

1. 照度计算

设一道路宽 15 米，灯具高度为 10 米，平挑 1 米，灯具布置如图 3 和 4 所示，求 P 点照度。设 P 点至灯具垂直面距离，即图 4 中 $O'P=10\text{m}$ ，P 点在路面中心线上，O'点至灯具垂足 O 点的距离 $O'O=5.5\text{m}$ ，P 点相对于灯具 L_1 的垂直角 θ 和水平角 C 分别为：

$$\theta = \arctg \frac{O'O}{H} = 33^\circ$$

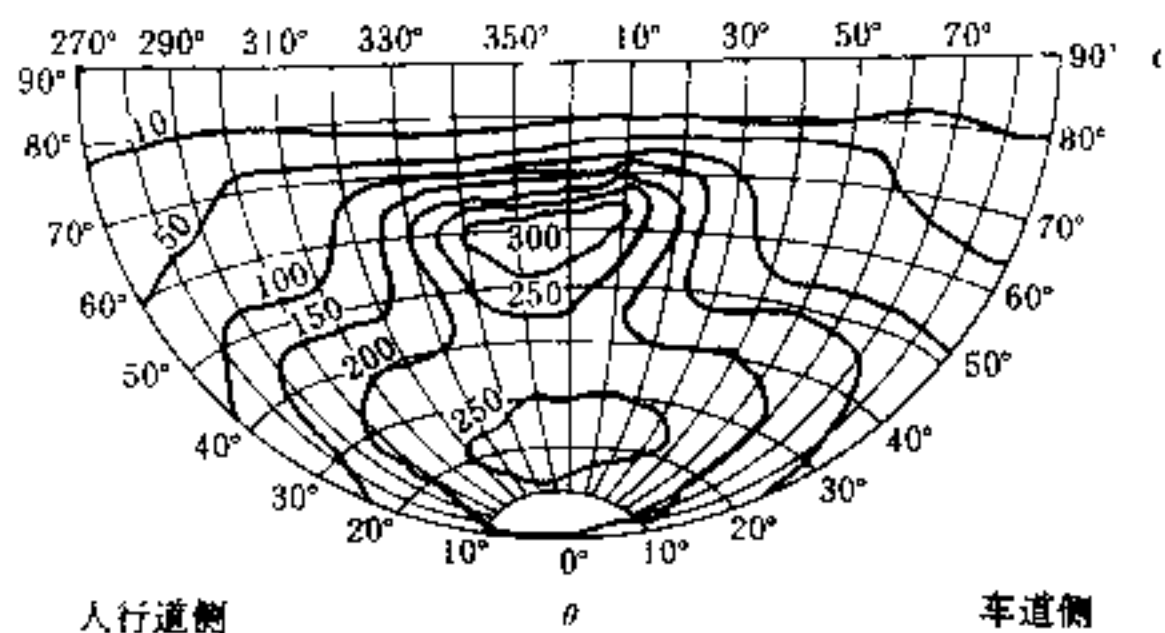
$$C = \arctg \frac{O'P}{O'O} = 57^\circ$$

从图 1 中查得灯具指向 P 点的光强值 $I = 160\text{cd}/1000\text{lm}$ 。如采用 250W 高压钠灯，实际光强值应为 $I = 160 \times 2400/1000 = 3840\text{cd}$ ，则 P 点的水平照度 $E_p = I \cos^3 \theta / H^2 = 3840 \times 0.27/10^2 = 10.2\text{lx}$ 。同理，可算出灯具 L_2 在 P 点产生的照度，P 点总照度为上述照度之和。

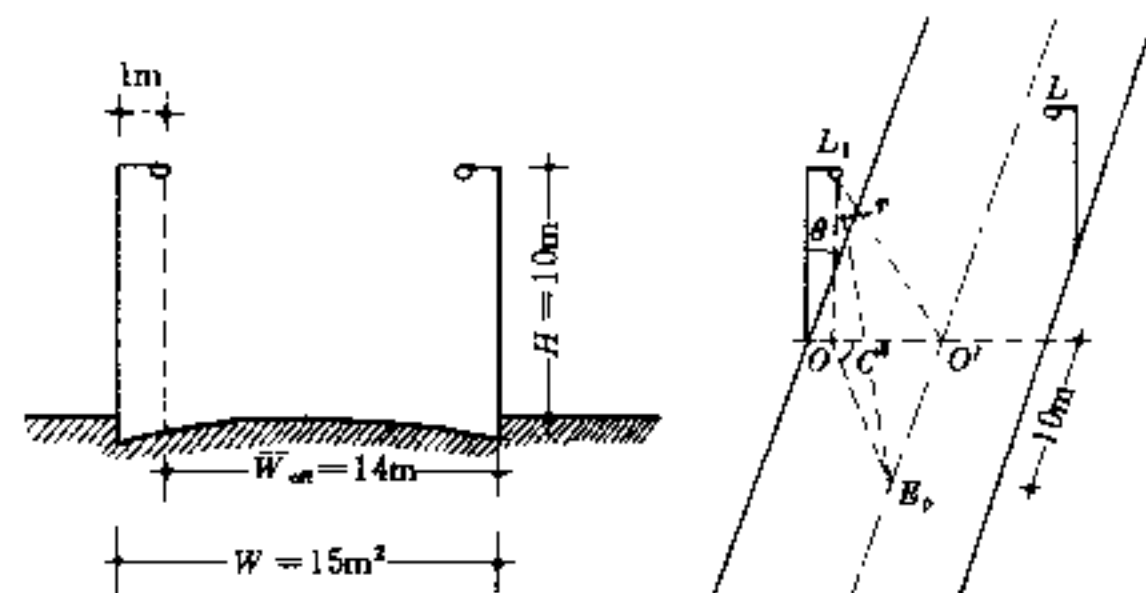
2. 计算利用系数

根据图 3，灯具垂线的前方为车道侧，可以算出车道宽度与灯具高度之比，即 $W/H = 14/10 = 1.4$ ，人行道则为 $W/H = 1/10 = 0.1$ ，查图 2 分别得车道侧利用系数 $\eta_1 = 0.34$ ，人行道侧利用系数 $\eta_2 = 0.1$ 。路面上总光通量的利用系数 η 为

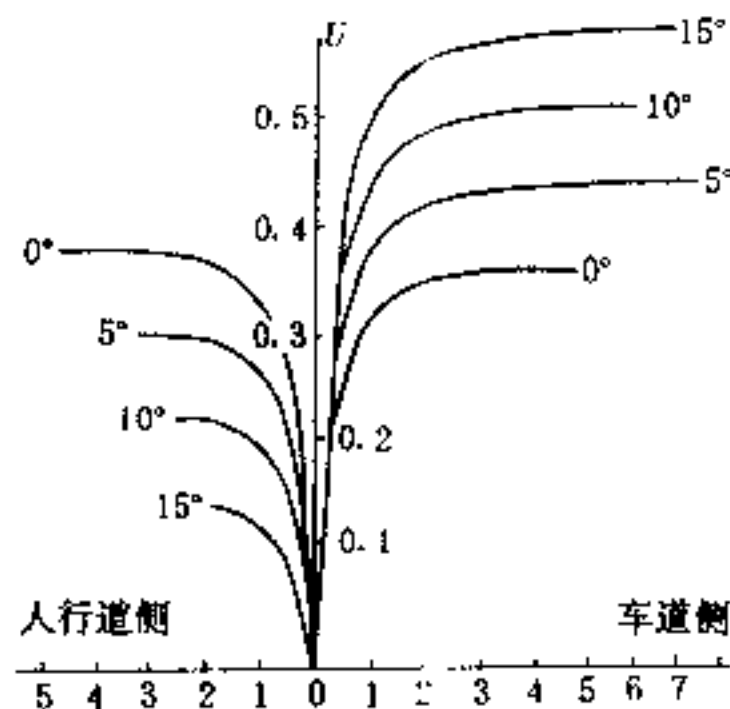
$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = 0.44$$



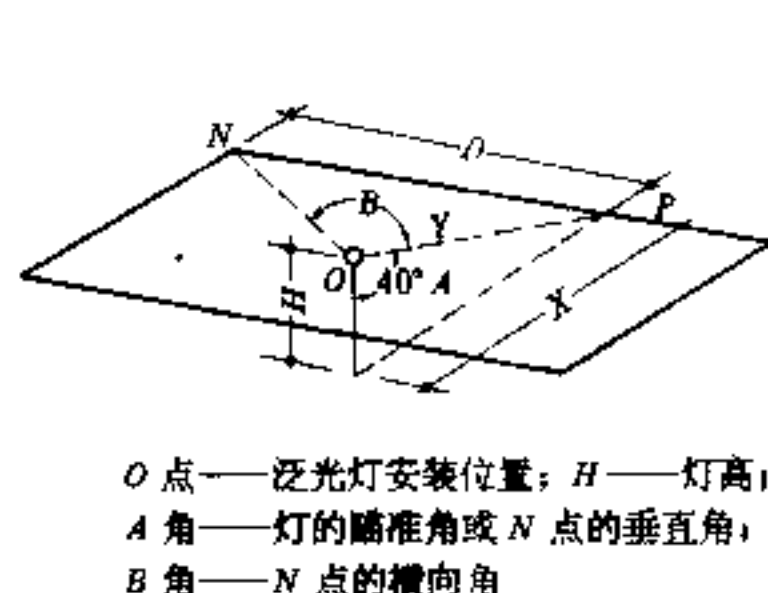
1 等光强曲线图



3 利用系数曲线



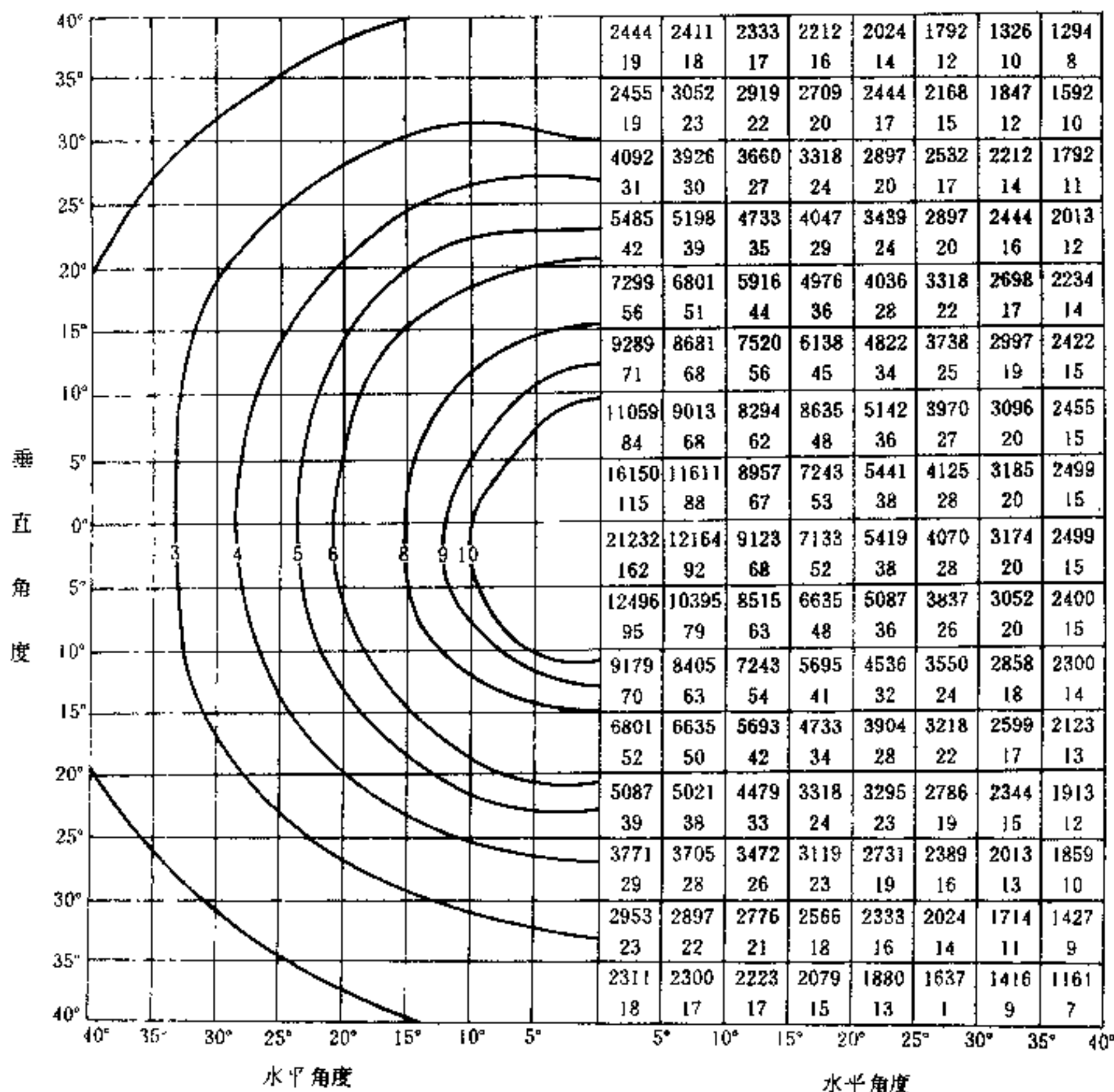
2 利用系数曲线



4 照度计算点示意图

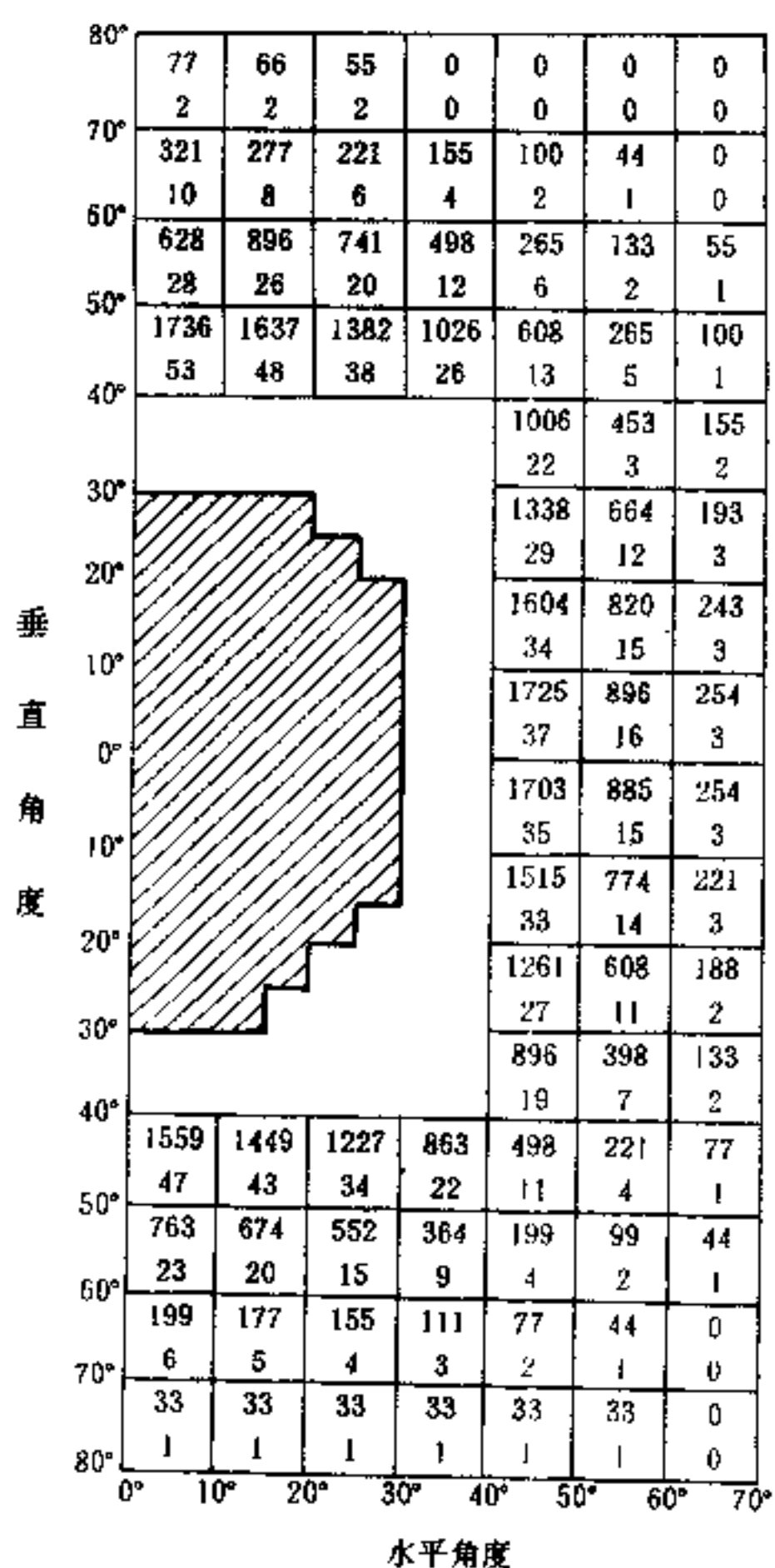
5 泛光照明计算各参数关系图

泛光灯



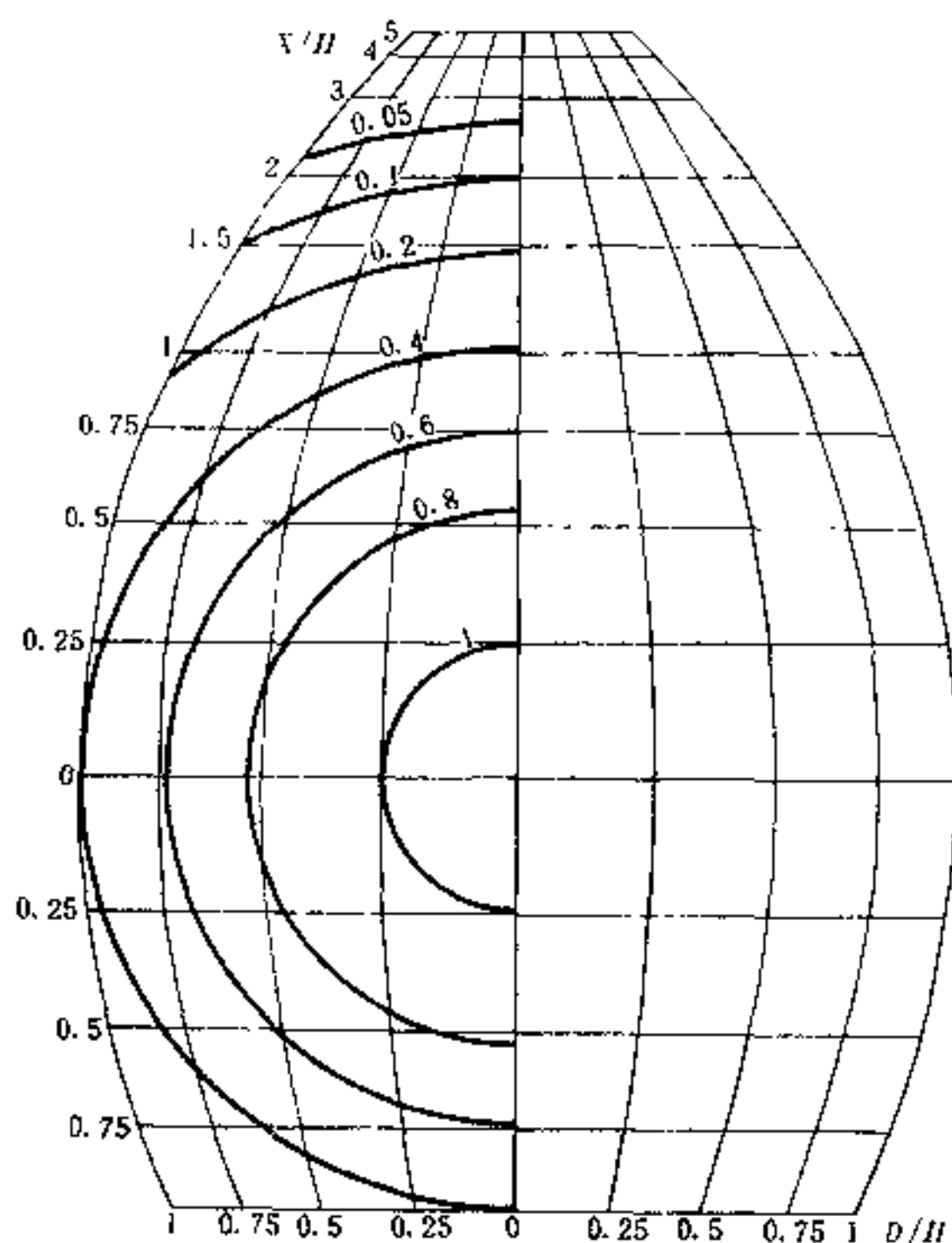
a 光束区等光强曲线图
(单位为 $\times 10^3\text{cd}$)

b 光束区光强光通分布图
(方格内上行数字为光强 cd ，下行为光通 lm)



c 溢散光区光强光通分布图

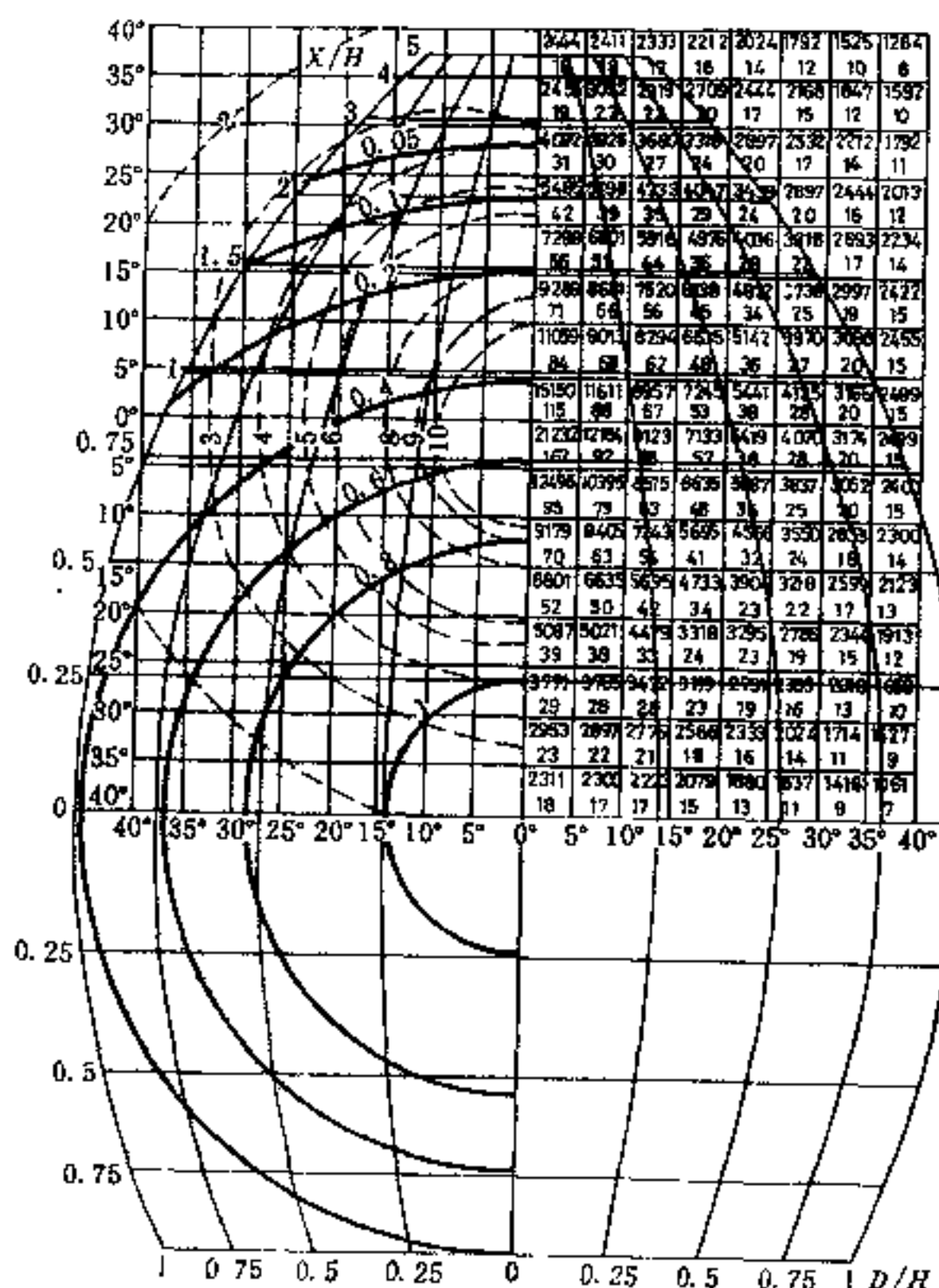
6 泛光灯曲线图



安装高度修正系数

安装高度 H (m)	7	10	15	20	25	30	35	40
修正系数	18.4	9.0	4.0	22.5	1.44	1.0	0.630	0.562

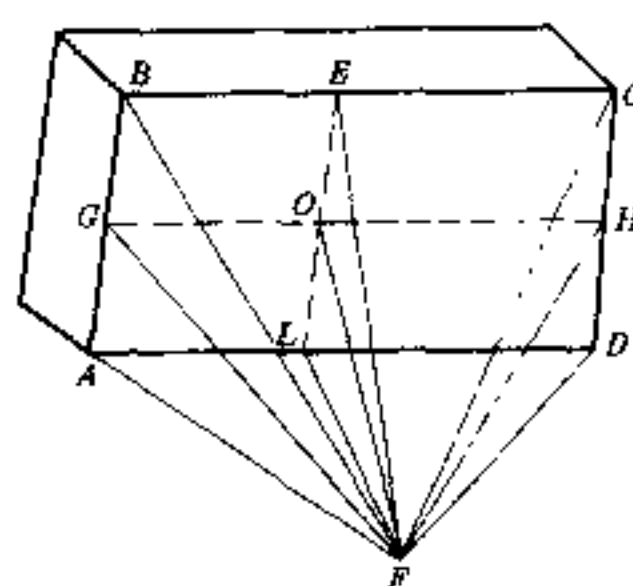
1 W·R·麦克米伦透明覆盖图



安装高度修正系数

高度 H (m)	7	10	15	20	25	30	35	40
修正系数	18.4	9.0	4.0	2.25	1.44	1.0	0.630	0.562

3 用叠加法求某点的照度



2 泛光灯用作立面照明示意图

1. 等光强曲线的应用

(1) 计算某一点的照度 (W·R·麦克米伦法)

一泛光灯, 安装高度 $H=30\text{m}$, 瞄准角 A 为 40° (即俯角为 50°) 如图 2 所示。求水平面上 N 点 ($X=45\text{m}$, $D=22.5\text{m}$) 的照度。灯具的等光强曲线如图 1 所示。

解: ①将透明覆盖图 (3) 放在等光强曲线图上, 使两者的垂直中心轴重合。

②将覆盖图沿垂直中心轴向下移动, 覆盖图上的 $(0, 0)$ 点比等光强曲线图上的 $(0, 0)$ 点低 40° (4)。

③由 $X/H=45/30=1.5$,

$D/H=22.5/30=0.75$

在覆盖图上可找出 D/H 轴上的座标为 0.75 的纵向曲线与 X/H 轴座标为 1.5 的横向直线的交点, 即为计算点 N 。然后在等光强曲线图中找出 $N(0.75, 1.5)$ 点的光强值为 $4.4 \times 10^3 \text{cd}$, 在覆盖图上可查出同心圆 (等照度圈) 上所标的照度值为 $0.14 \text{lx}/10^3 \text{cd}$ 。

④ N 点的照度

$$E=4.4 \times 0.14=0.62 \text{lx}$$

2. 用 W·R·麦克米伦法计算光束利用系数 (CBV) 及平均照度。

例: 若采用上述泛光灯作建筑物 $[ABCD]$ 的立面照明, 灯的安装位置在地面上的 P 点, 瞄准点为 O (图 5)。

$EO=OL=10\text{m}$ $AL=15\text{m}$

$FL=35\text{m}$ $LD=20\text{m}$

求光束利用系数 (CBV) 及平均照度。

解: ①根据图 5 所示几何关系, 可得:

$$OF/FL=10/35=0.29 \quad EL/FL=20/55=0.57$$

$$LD/FL=20/35=0.57 \quad AL/FL=15/35=0.43$$

②将覆盖图与等光强曲线图两者的垂直中心轴重合 (图 6)。

③因 $OL/FL=0.29$, 所以将覆盖图上下移动, 使覆盖图的 $(0, 0.29)$ 点与等光强曲线图的 $(0, 0)$ 点重合。并在覆盖图上找出下列各点:

$B(0.43, 0.57)$ $G(0.43, 0.29)$

$A(0.43, 0)$ $C(0.57, 0.57)$

$H(0.57, 0.29)$ $D(0.57, 0)$

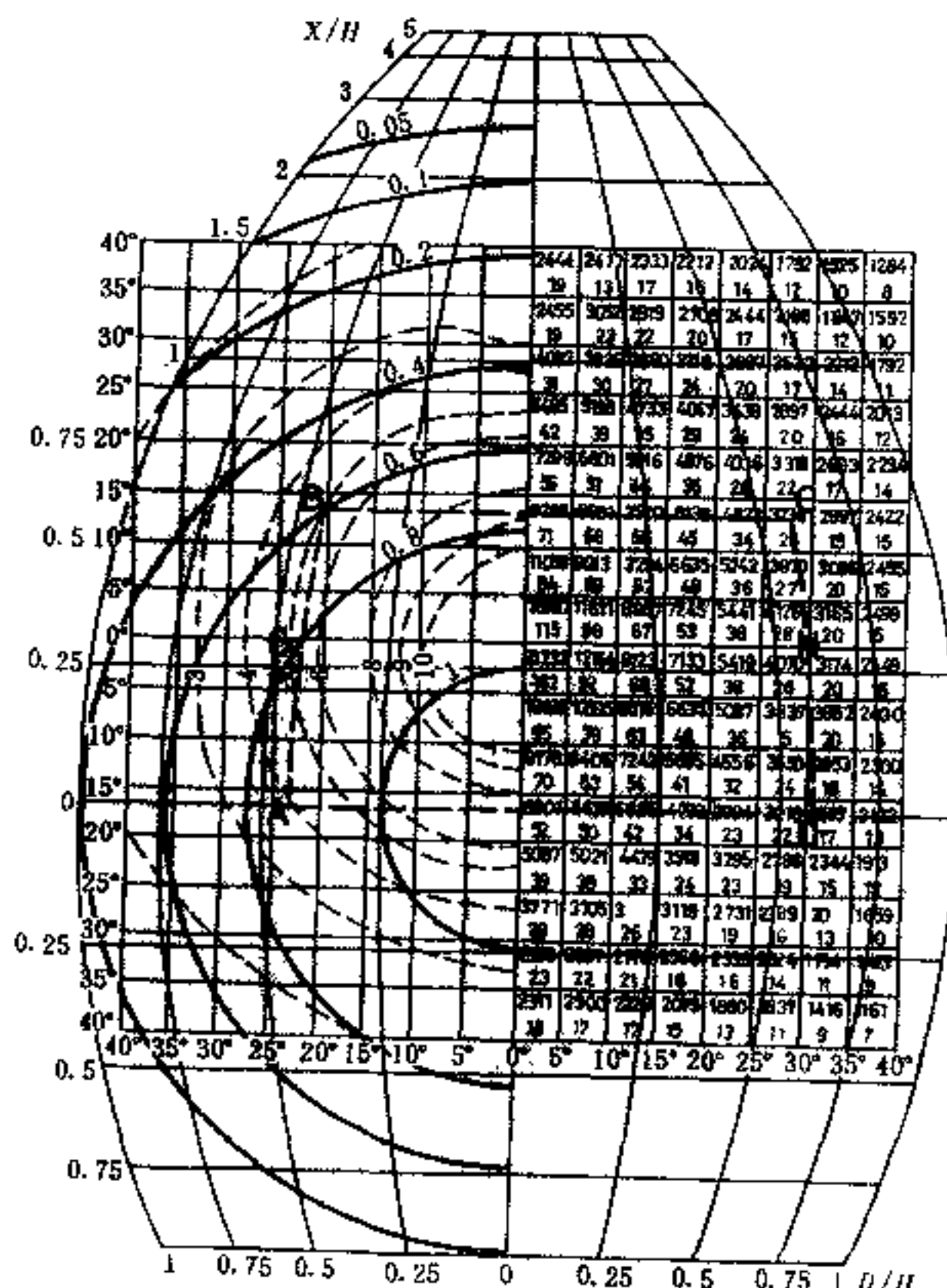
在等光强曲线上读出 $ABCD$ 范围内的光通约为 3800lm , 照明器光束光通为 6046lm 。

所以光束利用系数 (CBV) 为

$$\text{CBV}=\frac{3800}{6046}=0.63$$

平均照度 $E=\frac{ABCD \text{ 范围内的光通}}{ABCD \text{ 的面积}}$

$$=\frac{3800}{700}=5.4 \text{lx}$$



安装高度修正系数

高度 H (m)	7	10	15	20	25	30	35	40
修正系数	18.4	9.0	4.0	2.25	1.44	1.0	0.630	0.562

4 用叠加法求光束利用系数

民用建筑照明设计照度标准值

序号	场所或作业类别	照度标准值 lx	注
I 图书馆建筑			
1	老年读者阅览室、善本与图阅览室	200-300-500	宜设局部照明和调光装置
2	少儿阅览室、研究室、美工室	150-200-300	除少儿室外宜设局部照明
3	陈列室、目录厅、出纳厅、视听室、缩微阅览室等用房	75-100-150	出纳和缩微室宜设局部照明,并有调光装置
4	开敞式运输传送设备	50-75-100	
5	读者休息室、吸烟室	30-50-75	
6	书库	20-30-50	0.25m高处的书架上
II 办公楼建筑			
7	设计室、绘图室、打字室	200-300-500	实际工作面上
8	有视觉显示屏的作业	150-200-300	1.指文本照度 2.屏幕上 ≤150
9	办公室、报告厅、会议室、营业厅	100-150-200	营业柜台等可装设局部照明
10	装订、复印、晒图、档案室	75-100-150	
11	值班室	50-75-100	
III 商店建筑			
12	陈列柜、橱窗	200-300-500	货物所处平面
13	自选商场营业厅、收款处	150-200-300	收款台面
	试衣间	150-200-300	1.5m高垂直面
14	一般商店柜台	100-150-200	0.9m高台面
	一般商店货架	100-150-200	1.5m高垂直面
15	一般商店、一般区域	75-100-150	
16	室内菜市场营业厅	50-75-100	
17	库房	30-50-75	
IV 影院剧场建筑			
18	美工室、绘景室	150-200-300	
19	化妆室的化妆台	150-200-300	1.1m高垂直面
20	售票房、声光电控制室	100-150-200	桌面
21	排演厅、门厅	100-150-200	地面
22	接待室、剧场观众休息厅、化妆室、电影放映室	75-100-150	
23	演员休息室、影院休息厅	50-75-100	
24	影院观众厅		
25	电影放映室在放映时	20-30-50	

序号	场所或作业类别	照度标准值 lx	注
V 旅馆建筑			
26	旅馆美容室	200-300-500	
27	总服务台、大宴会厅、外币兑换处	150-200-300	
28	客房梳妆台	150-200-300	1.5m高垂直面
29	客房写字台、理发室、厨房、洗衣房、小卖部	100-150-200	桌面
30	休息厅、邮电	75-100-150	地面、台面
31	客房服务台和卫生间、餐厅、酒吧柜台、游艺厅	50-75-100	
32	健身房、游泳池、蒸汽浴室、小件寄存处	30-50-75	
33	西餐厅、酒吧间、舞厅	20-30-50	
VI 住宅建筑			
34	缝纫等精细工作	200-300-500	
35	书、写、阅读	150-200-300	
36	床头阅读	75-100-150	
37	起居室、卧室、厨房	30-50-75	
38	餐厅、方厅	20-30-50	
39	卫生间	10-15-20	
40	楼梯间	5-10-15	
VII 铁路、港口旅客站建筑			
41	海关检验处、票据存放室、检票处、售票柜、售票工作台、结账交接台	100-150-200	
42	软席候车室、售票厅、补票、公安验证处、广播、调度、海关办公室、问讯处	75-100-150	
43	候车室、候船室、候船通道、接待室、售票室、进站大厅、行包托运处	50-75-100	
44	衣帽间、浴室	30-50-75	
45	栈桥、长廊	20-30-50	
46	有棚站台、进出站地道、站台通道	15-20-30	
47	无棚站台、人行天桥、站前广场	10-15-20	
VIII 中小学校建筑			
48	教室、实验室、办公室、保健室	150	
49	美术教室、阅览室	200	
50	教学黑板	200	
51	风雨操场	100	

表1

IX 体育建筑				
序号	场地类别	照度标准值 (lx)		注
		训 练	比 赛	
52	篮 球			1. 地面照度
53	排 球	150-200-300	300-500-750	2. 室外降低一级
54	羽 毛 球			
55	网 球			
56	手 球			
57	田径(室内)			1. 地面照度
58	体 操	150-200-300	300-500-750	2. 室外降低一级
59	艺术体操			
60	技 巧			
61	武 术			
62	棒、垒球		300-500-750	地面
63	举 重	100-150-200	300-500-750	地面
64	击 剑	200-300-500	300-500-750	台面
65	柔 道	200-300-500	300-500-750	地面
66	中国摔跤	200-300-750	300-500-750	地面
67	国际摔跤			
68	拳 击	200-300-750	1000-1500-2000	地面照度; 宜设局部照明
69	乒 乓 球	300-500-750	500-750-1000	台面; 其他赛区不低于一半
70	游 泳	150-200-300	300-500-750	尽可能沿两长侧池边布灯
71	跳 水	150-200-300	300-500-750	水面; 垂直照度不低于200
72	水 球	150-200-300	300-500-750	水面
73	花样游泳	200-300-500	300-500-750	水面; 水下容量1000cd/m²
74	冰 球			
75	速度滑冰	150-200-300	300-500-750	水面
76	花样滑冰			

注: 规定照度的平面未经注明者, 有工作面时为桌面或具体工作面, 无工作面者为地面。

运动场地彩电转播照明 表2

项目分组	最大摄影距离(m)			注
	25	75	150	
A	500	750	1000	A组包括田径、柔道、游泳、摔跤等项目。
B	750	1000	1500	B组包括篮、排、羽、网、乒乓、手、垒、足球、体操等。
C	1000	1500		C组包括拳击、击剑、跳水等。

工业企业生产车间工作面上的照度标准值 表3

视觉作业特征	识别对象最小尺寸d(mm)	视觉工作分类等级	亮度对比	照度标准值 (lx)	
				混合照明	一般照明
特别精细作业	$d \leq 0.15$	I	甲 小	1500-2000-3000	/
			乙 大	1000-1500-2000	/
			甲 小	750-1000-1500	200-300-500
很精细作业	$0.15 < d \leq 0.3$	II	乙 大	500-750-1000	150-200-300
精细作业	$0.3 < d \leq 0.6$	III	甲 小	500-750-1000	150-200-300
			乙 大	300-500-750	100-150-200
一般精细作业	$0.6 < d \leq 1.0$	IV	甲 小	300-500-750	100-150-200
			乙 大	200-300-500	75-100-150
一般作业	$1.0 < d \leq 2.0$	V	/	150-200-300	50-75-100
较粗糙作业	$2.0 < d \leq 5.0$	VI	/		30-50-75
粗糙作业	$d > 5.0$	VII	/		20-30-50
一般观察生产过程		VIII	/	/	10-15-20
大件贮存		IX	/	/	5-10-15
有自行发光材料的车间		X	/	/	30-50-75

工业企业辅助建筑的照度标准值 表4

序号	场所名称	照度标准值 (lx)
1	办公室、资料室、会议室、报告厅	75-100-150
2	工艺室*、设计室*、绘图室*	100-150-200
3	打字室*	150-200-300
4	阅览室、陈列室	100-150-200
5	医务室	75-100-150
6	食堂、单身宿舍、车间休息室	50-75-100
7	浴室、更衣室、厕所、楼梯间	10-15-20
8	盥洗间	20-30-50
9	托幼卧室	20-30-50
10	托幼活动室	75-100-150

注: * 应设局部照明

露天工作场所和交通运输线的照度标准值 (lx) 表5

露天工作	视觉要求较高的工作	30-50-75
	用眼睛检查质量的金属焊接	15-20-30
	用仪器检查质量的金属焊接	10-15-20
	间断的检查仪表	10-15-20
	装卸工作	5-10-15
道路和广场	露天堆场	0.5-1-2
	主干道	1-2-3
	次干道	0.5-1-2
站 台	厂前区	3-5-10
	视觉要求较高的站台	3-5-10
	一般站台	1-2-3
	装卸码头	3-5-10

《民用建筑照明设计标准》直接眩光限制等级

表 1

限制等级	CIE 质量等级	眩光程度	适用场所举例
I	B	无眩光感	有特殊要求的高质量照明房间, 如计算机房、制图室等
II	D	有轻微眩光感	照明质量要求一般的房间, 如办公室、候车、船室等
III	E	有眩光感	照明质量要求不高的房间, 如仓库、厨房等

《工业企业照明设计标准》直接眩光限制等级

表 2

限制等级	CIE 质量等级	作业或活动的类型
I 级 (很高质量)	A	视觉要求严格的作业
II 级 (高质量)	B	视觉要求高的作业; 视觉要求中等但集中注意力要求高的作业
III 级 (中等质量)	C	视觉要求和集中注意力要求均中等的作业, 工作人员有一定程度的流动性
IV 级 (低质量)	D	视觉要求和集中注意力要求均低的作业, 工作人员在有限的区域内频繁走动
V 级 (很低质量)	E	工作人员不限于一个工作岗位, 而来回走动, 并且视觉要求低的房间; 不是由同一批人连续使用的房间

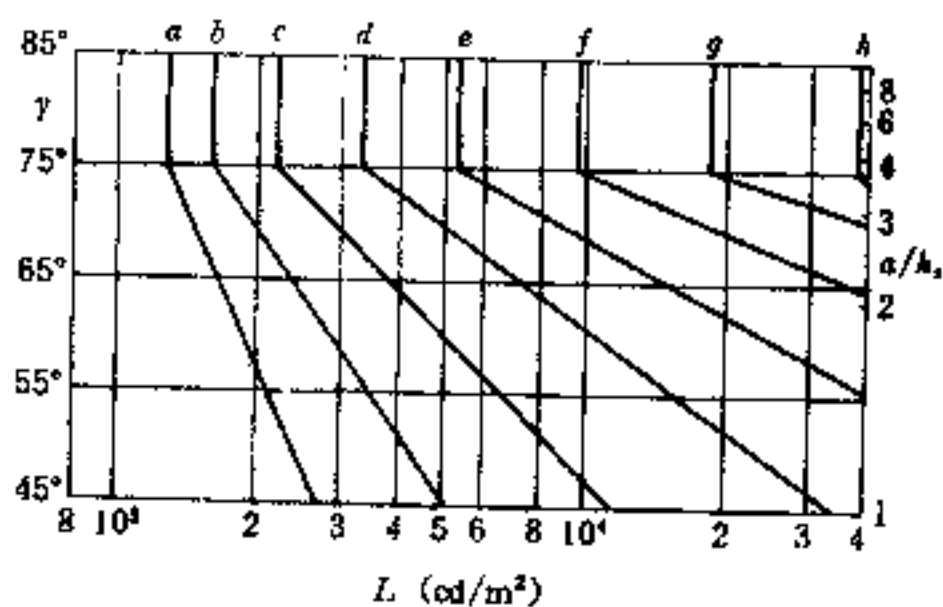
直接型灯具最小遮光角限制值

表 3

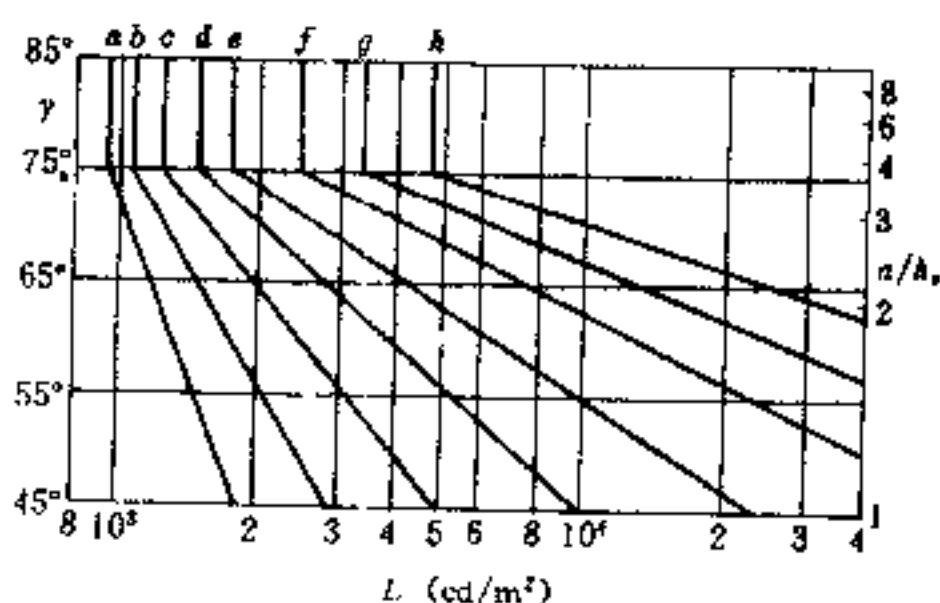
灯的平均亮度 (10^3cd/m^2)	《民用建筑照明设计标准》限制等级			《工业企业照明设计标准》限制等级		灯 型
	I	II	III	I、II、III	IV、V	
$L \leq 20$	20°	10°	—	20°	10°*	管型荧光灯
$20 < L \leq 500$	25°	20°	15°	25°	15°	有荧光粉或漫射灯泡的高压气体放电灯
$L > 500$	30°	25°	20°	30°	20°	透明灯泡的高压气体放电灯, 透明玻璃白炽灯

* 线状灯从端向看遮光角为 0°

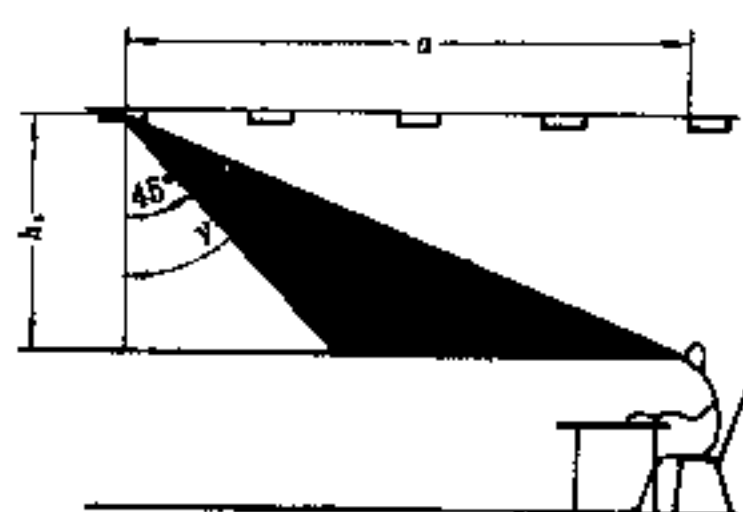
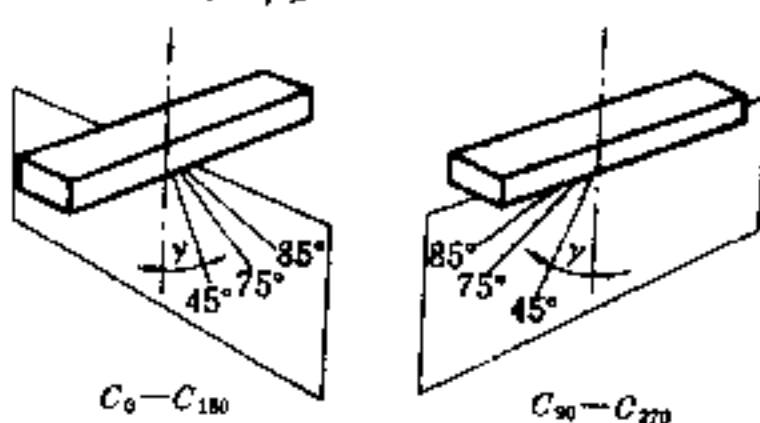
CIE 质量等级	使用照度等级 (lx)							
A	2000	1000	500	≤300				
B		2000	1000	500	≤300			
C			2000	1000	500	≤300		
D				2000	1000	500	≤300	
E					2000	1000	500	≤300
	a	b	c	d	e	f	g	h



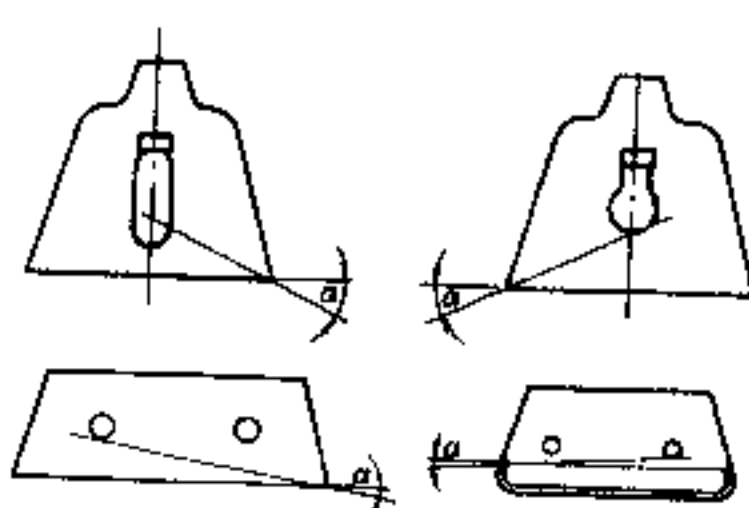
1 亮度限制曲线 A



2 亮度限制曲线 B

3 眩光角 γ 的控光范围
 $85^\circ \geq \gamma \geq 45^\circ$ 

4 线状光源两个主截面



5 直接型灯具的最小遮光角

《民用建筑照明设计标准》及《工业企业照明设计标准》中规定的眩光限制标准, 采用 CIE 灯具亮度限制曲线方法, 其适用场所的范围:

1. 灯具规则排列的一般照明。
2. 视线主要是水平和向下的。
3. 顶棚的反射比至少是 0.5; 墙面及家具的反射比至少是 0.25。

直接型灯具的遮光角不应小于表 3 的规定, 遮光角范围以外可以看到的灯具发光面亮度亦应按限制曲线加以限制。

对于发光顶棚和均匀的间接照明, 要求其亮度限制范围内顶棚的平均亮度不超过 500cd/m^2 。

限制曲线 A 适用于:

1. 所有无发光侧面的灯具;
2. 有发光侧面线状灯具, 从纵向看 ($C_{90}-C_{270}$ 平面)。

限制曲线 B 适用于:

1. 有发光侧面的所有非线状灯具;
2. 有发光侧面线状灯具, 从横向看 (C_0-C_{180} 平面)。

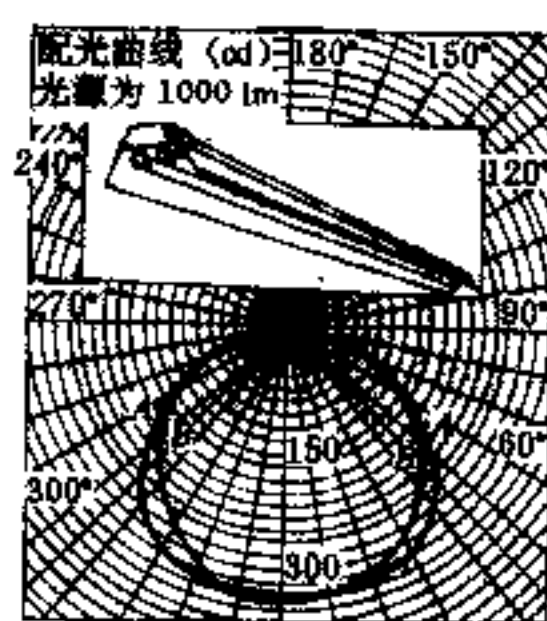
例: 一、已知: ①是暗侧边线状灯具, 如 [6], 纵向观看;

②出光口 $A=1.3 \times 0.3=0.39 \text{ (m}^2\text{)}$;

③额定光通 $\Phi=4400 \text{lm}$ 。

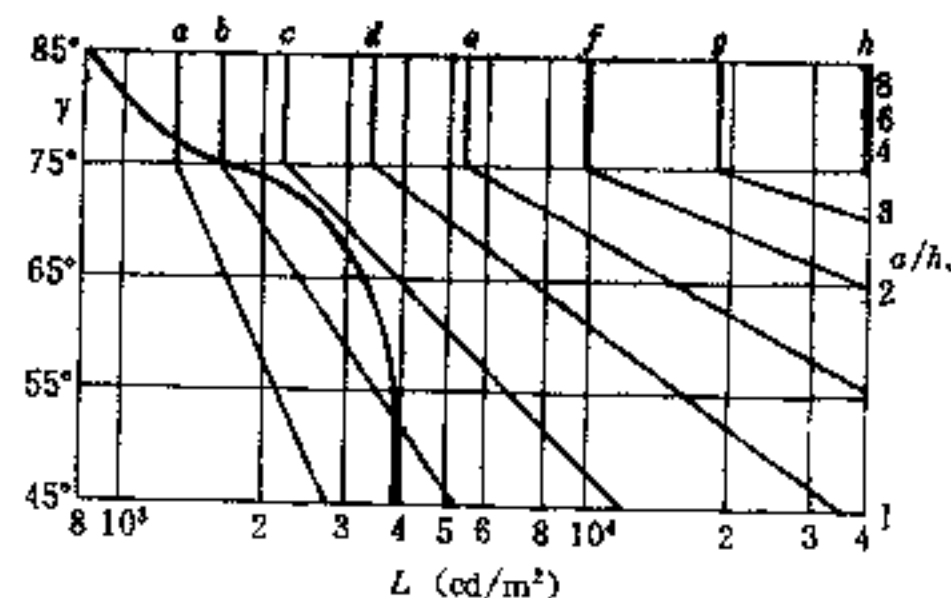
二、由公式 $L = \frac{\Phi}{A \cos \gamma} \cdot \frac{1}{1000}$ 计算出 $C_{90}-C_{270}$ 平面的亮度。

将灯具各角度的平均亮度描绘在亮度限制曲线 A 中, [7] 中灯具的亮度曲线全都落在 C 曲线左端, 即全都低于 C 曲线限制亮度值。因此这种灯具可用于眩光限制 CIE 质量等级为 A, 使用照度低于 500lx 的场所。同理, 也可用于质量等级为 B, 使用照度低于 1000lx 的场所。



6 灯具的配光曲线

γ 角 (度)	$C_{90}-C_{270}$	
	L_v	L_h
45	242	3861
50	226	3966
55	193	3796
60	159	3588
65	116	3097
70	78	2573
75	35	1526
80	14	910
85	6.7	867

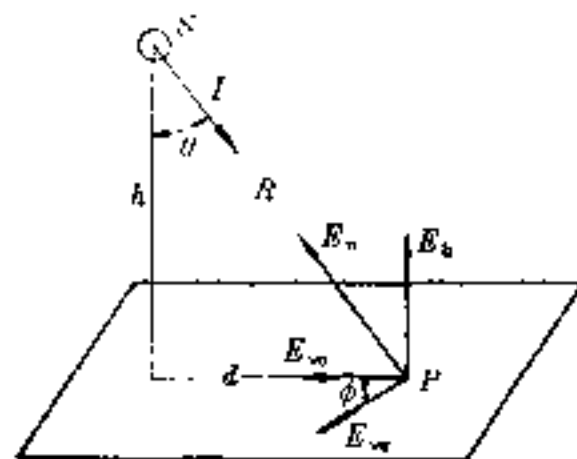


7 灯具的亮度曲线

点光源直射照度计算

当计算点与光源的距离大于光源最大边或直径的5倍时,该光源可按点光源计算。

$$\begin{aligned} E_n &= \frac{I}{R^2} & \text{或} &= \frac{I}{h^2} \cos^2 \theta & \text{或} &= \frac{I}{d^2} \sin^2 \theta \\ E_h &= \frac{I}{R^2} \cos \theta & \text{或} &= \frac{I}{h^2} \cos^3 \theta & \text{或} &= \frac{I}{d^2} \sin \theta \cos \theta \\ E_v &= \frac{I}{R^2} \sin \theta & \text{或} &= \frac{I}{h^2} \sin \theta \cos^2 \theta & \text{或} &= \frac{I}{d^2} \sin^3 \theta \\ E_{\omega} &= \frac{I}{R^2} \sin \theta \cos \theta & \text{或} &= \frac{I}{h^2} \sin \theta \cos^2 \theta \cos \phi & \text{或} &= \frac{I}{d^2} \sin^3 \theta \cos \phi \end{aligned}$$

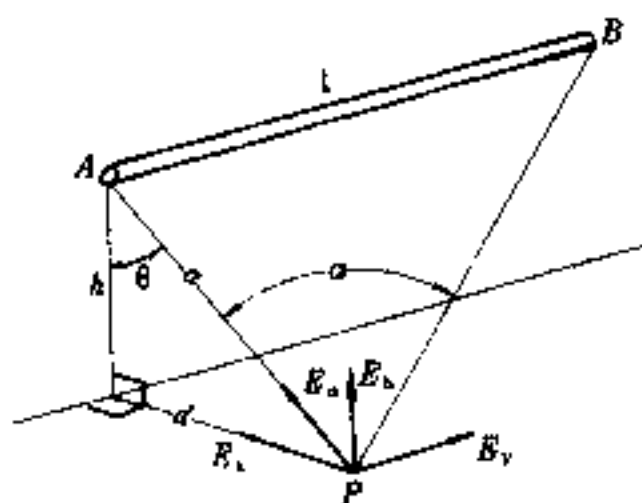


1 点光源的直射照度

线光源直射照度计算

当光源的宽度与其长度相比小得多,且计算高度 h 小于光源长度 L 的 4 倍时(即 $L \geq \frac{1}{4}h$),光源可按线光源计算。

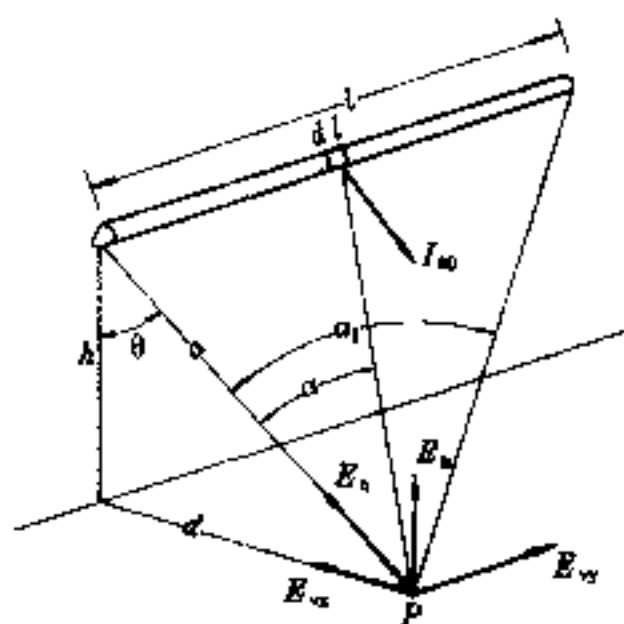
$$\begin{aligned} E_n &= \frac{I_0}{2a} (\alpha + \sin \alpha \cos \alpha) & \text{或} &= \frac{I_0}{2a} \left(\tan^{-1} \frac{l}{a} + \frac{2a}{a^2 + l^2} \right) \\ E_h &= E_n \sin \theta \\ E_v &= \frac{I_0}{2a} \sin^2 \alpha & \text{或} &= \frac{I_0}{2a} \left(\frac{l^2}{a^2 + l^2} \right) \\ E_{\omega} &= E_n \cos \theta \end{aligned}$$



2 线光源的直射照度

线光源直射照度计算(方位系数法)

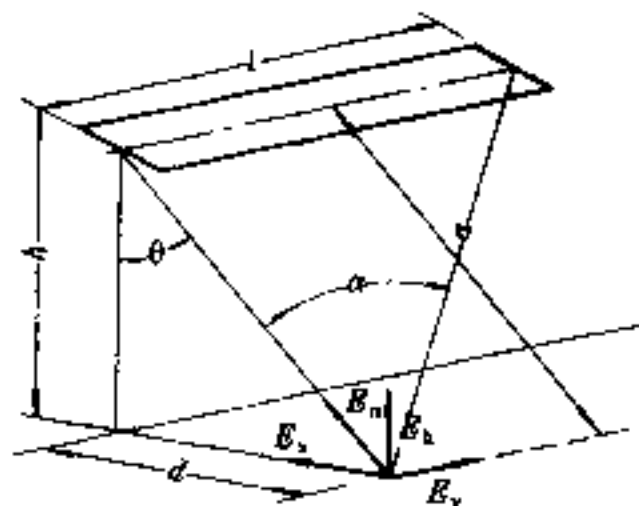
$$\begin{aligned} E_n &= \frac{I_0}{L \cdot a} (AF) \\ AF &= \int_0^{\alpha} \cos^n \alpha \cos \alpha d\alpha \quad n=1,2,3,4 \\ \text{或 } AF &= \int_0^{\alpha} \left(\frac{\cos \alpha}{2} + \frac{\cos^3 \alpha}{2} \right) \cos \alpha d\alpha \\ E_h &= \frac{I_0}{L \cdot a} \cos^2 \theta (AF) \\ E_v &= \frac{I_0}{L \cdot a} \cos \theta \sin \theta (AF) \\ E_{\omega} &= \frac{I_0}{L \cdot a} (af) \\ af &= \int_0^{\alpha} \cos^n \alpha \sin \alpha d\alpha \quad n=1,2,3,4 \\ \text{或 } af &= \int_0^{\alpha} \left(\frac{\cos \alpha}{2} + \frac{\cos^3 \alpha}{2} \right) \sin \alpha d\alpha \end{aligned}$$



3 线光源的直射照度(方位系数法)

带状光源直射照度计算

$$\begin{aligned} E_n &= \frac{I_0 h}{2a^2} (\alpha + \sin \alpha \cos \alpha) \\ &= \frac{I_0 h}{a^2} \left\{ \frac{1}{2} \left(\tan^{-1} \frac{l}{a} + \frac{l/a}{1 + l^2/a^2} \right) \right\} \\ &= \frac{I_0 h}{2 \sqrt{h^2 + d^2}} \left\{ \frac{l}{h^2 + d^2} + \frac{1}{\sqrt{h^2 + d^2}} \tan^{-1} \frac{l}{\sqrt{h^2 + d^2}} \right\} \\ E_h &= E_n \sin \theta \\ E_v &= E_n \cos \theta \\ E_{\omega} &= \frac{I_0 h l^2}{2(a^2 + l^2)a^2} & \text{或} &= \frac{I_0 h}{2} \cdot \frac{l^2}{(h^2 + d^2)(h^2 + d^2 + l^2)} \end{aligned}$$



4 带状光源的直射照度

面光源直射照度计算(立体角投影法)

亮度为 L 的面光源 S, 在水平面点 P 所产生的水平照度 E_n 为

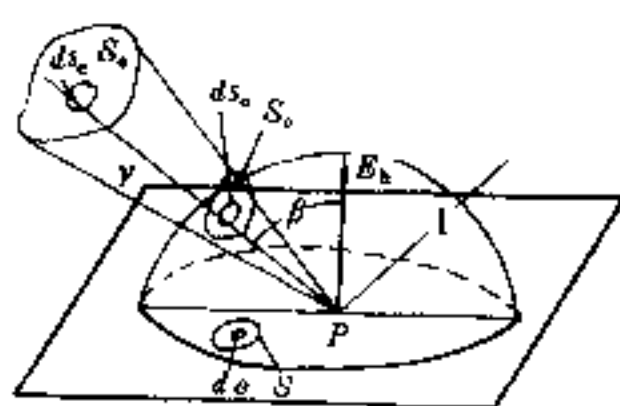
$$\begin{aligned} E_n &= \int_L \cdot d\omega \cdot \cos \beta \\ &= \int_L \cdot \frac{dS \cdot \cos \alpha \cos \beta}{r^2} \end{aligned}$$

当光源亮度均匀时

$$E_n = L \cdot \Omega \cdot \cos \beta$$

如以 P 为顶点,以光源 S 为底的锥体,从以 P 点为中心,以 l 为半径的球切下面积 S,它在水平面上的正投影面积为 S',光源亮度均匀时,

$$E_n = L \cdot S'$$



5 面光源的直射照度

例 1: 距工作面 3m 高有两盏水平距 4m 的 100cd 的灯 A 及 B, 求垂直于 A 点水平工作面上的照度。

解: $E_h = A$ 灯照度 $E_{h1} + B$ 灯照度 E_{h2}

$$R_1 = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$$

$$E_h = \frac{100}{3^2} \cos^2 0^\circ + \frac{100}{5^2} \times \frac{3}{5} = 11.1 + 2.4 = 13.5 \text{ lx}$$

例 2: 有一光源各向光强均为 I, 当与光源水平距离为 x 处水平面照度最大时, 求光源距工作面的高度 y。

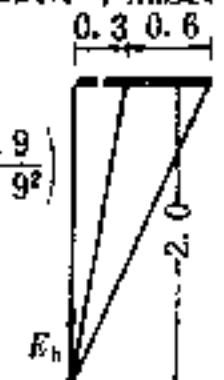
$$\begin{aligned} \text{解: } \frac{dE_h}{dy} &= 0 \quad \text{即} \quad \frac{d}{dy} \left(\frac{I}{R^2} \cos^2 \theta \right) = \frac{d}{dy} \left(\frac{I \cdot y}{(x^2 + y^2)^{3/2}} \right) = 0 \\ \text{则 } x^2 - 2y^2 &= 0 \quad \therefore y = \sqrt{0.5}x \end{aligned}$$

例: 一支 60cm 长 200cd 的荧光灯 AB, 挂高 2m。计算在 AB 轴线上 A 端外 30cm 处垂直点上的水平照度。

解: $E_h = E_{hAB} - E_{hA}$

$$\alpha = 2 \quad l_{AB} = 0.6 + 0.3 = 0.9$$

$$\begin{aligned} E_h &= \frac{200}{2 \times 2} \times \left[\left(\tan \frac{0.9}{2} + \frac{2 \times 0.9}{2^2 + 0.9^2} \right) \right. \\ &\quad \left. - \left(\tan \frac{0.3}{2} + \frac{2 \times 0.3}{2^2 + 0.3^2} \right) \right] \\ &= 17.8 \text{ lx} \end{aligned}$$

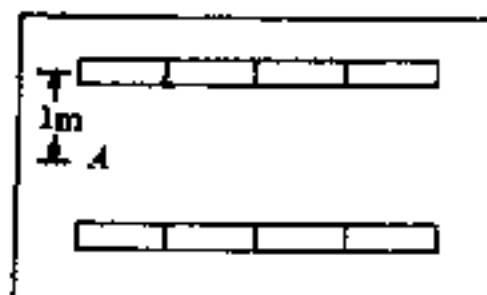


例: 计算点 A 在两条光带端点中央, 光带距 A 点 2m 高, 光带间隔 2m, 分别由 4 支 40W 紧接安装的荧光灯组成, 配光已知, 求 A 点水平照度。

解: $\theta = \arctg \frac{1}{2} = 26.6^\circ$, 查灯具配光得 $I_{26.6} = 186 \text{ cd}$

$$\alpha = \arctg \frac{1.2 \times 4}{\sqrt{2^2 + 1^2}} = 65.0^\circ, AF = 0.658 \text{ (C 类配光)}$$

$$\begin{aligned} E_h &= \frac{186 \times 4 \times 2}{4.8 \times 2} \cos^2 26.6^\circ \times 0.658 \\ &= 81.6 \text{ lx} \end{aligned}$$



例: 设埋入式光梁 2m 长, 计算点 P 在其一端垂直下方 2m 水平距离 2m 处, 扩散玻璃面光强为 100cd, 求 E_n 。

解: 依公式

$$\begin{aligned} E_n &= \frac{100 \times 2}{2 \sqrt{8}} \times \left[\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{8}} \tan^{-1} \frac{1}{\sqrt{8}} \right] \\ &= 35.3 \times (0.167 + 0.35 \tan^{-1} 0.707) \\ &= 35.3 \times (0.167 + 0.35 \times 0.616) \\ &= 35.3 \times 0.383 \\ &= 13.62 \text{ lx} \end{aligned}$$

例: 在顶部和侧墙各有一个 1m 见方的窗洞, 尺寸见图, 从窗洞看见的天空亮度为 10000cd/m², 求桌面 P 点照度。

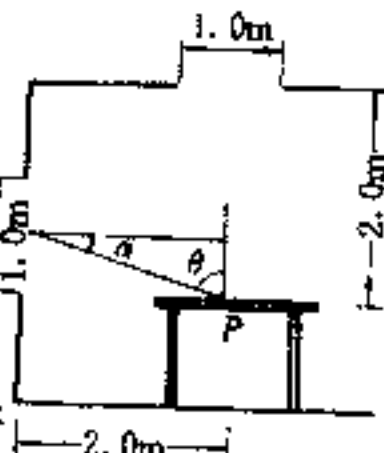
解: 天窗对 P 点照度:

$$E_1 = 10000 \times 1/4 \times 1 = 2500 \text{ lx}$$

侧窗对 P 点照度:

$$E_2 = 10000 \times \frac{0.972}{2^2 + 0.5^2} \times \frac{0.5}{\sqrt{2^2 + 0.5^2}} = 535 \text{ lx}$$

$$E = E_1 + E_2 = 3035 \text{ lx}$$



矩形面光源直射照度计算

$$E_h = \frac{L}{2} \left[\frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \lg^{-1} \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} + \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \lg^{-1} \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} \right]$$

$$= L \cdot f_h$$

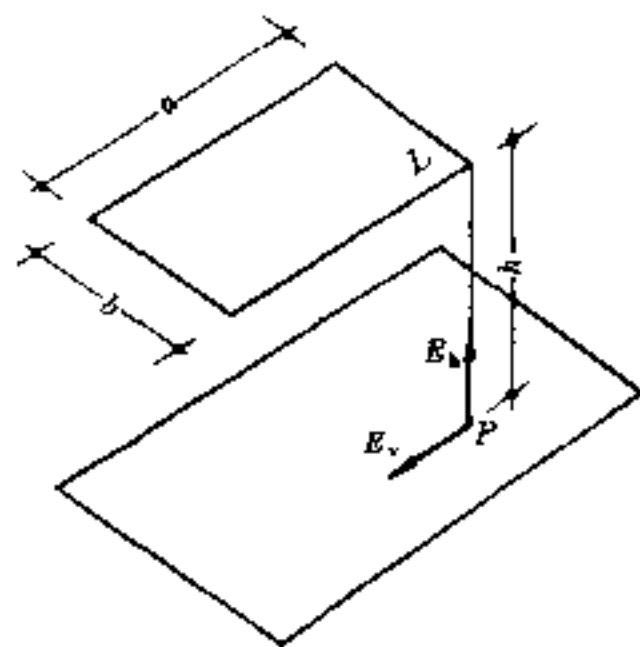
$$E_v = \frac{L}{2} \left[\lg^{-1} \frac{1}{y} - \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}} \lg^{-1} \frac{1}{\sqrt{x^2+y^2}} \right]$$

$$= L \cdot f_v$$

式中: L ——矩形面光源亮度

$$x = \frac{a}{h}$$

$$y = \frac{b}{h}$$



1 矩形面光源直射照度

利用系数法计算平均照度

$$E_m = \frac{N \cdot \Phi \cdot U \cdot K}{A}$$

Φ ——光源额定光通量 (lm);

N ——光源数量;

K ——维护系数;

U ——利用系数;

A ——工作面面积。

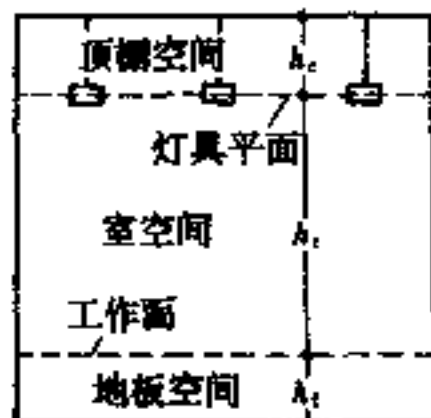
$$\rho_{se} = \frac{\rho A_s}{A_s + \rho A_s + \rho A_s}$$

ρ_{se} ——有效空间反射率;

A_s ——空间开口平面面积;

A_s ——空间表面面积;

ρ ——空间表面平均反射率。



2 利用系数法计算平均照度

倾斜面照度计算

照明矢量间的关系:

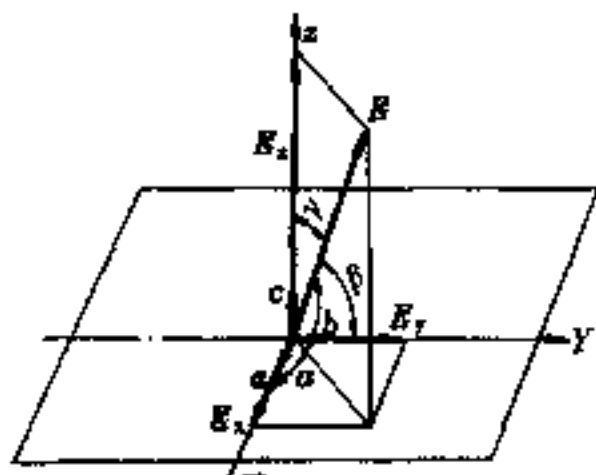
$$E = aE_x + bE_y + cE_z$$

$$= \frac{E_x}{\cos \alpha} = \frac{E_y}{\cos \beta} = \frac{E_z}{\cos \gamma}$$

$$= \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

一倾斜面法线分别与三个轴的夹角为 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 时倾斜面上法线面的照度为

$$E_n = E_x \cos \theta_1 + E_y \cos \theta_2 + E_z \cos \theta_3$$



3 倾斜面照度计算

平均柱面照度计算

点光源 S 在平面上一点 P 所产生的平均柱面照度 E_c :

$$E_c = \frac{I \sin \theta}{\pi R^2} = E_n \sin \theta / \pi$$

亮度为 L 的面光源在平面上点 P 所产生的平均柱面照度 E_{c1} :

$$E_{c1} = \frac{1}{\pi} \int L \sin \theta d\omega$$

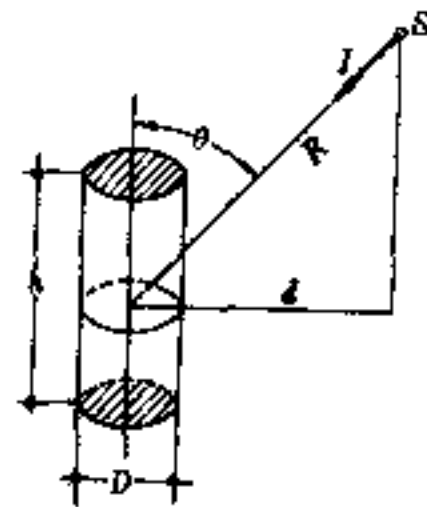
式中 $d\omega$ 为面光源元表面与计算点 P 构成立体角。

由水平照度计算平均柱照度:

$$E_c = E_h (K_c + 0.5 \rho_k)$$

$$K_c = 1.5 K_s - 0.25$$

ρ_k 是地板空间反射率。



4 平均柱面照度计算

平均球面照度计算

$$\text{点光源: } E_s = \frac{\Phi}{4\pi R^2} = \frac{I}{4R^2} = \frac{1}{4} E_n$$

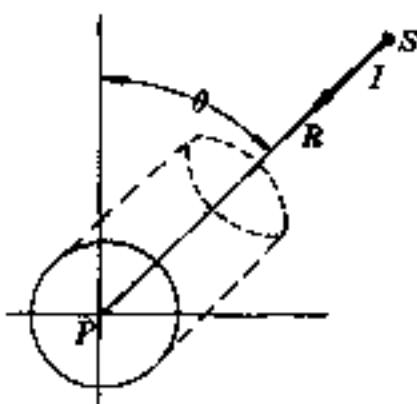
$$\text{面光源: } E_s = \frac{1}{4} \int L d\omega$$

式中 $d\omega$ 为面光源元表面与计算点 P 构成的立体角。

由水平照度 E_h 计算平均球面照度:

$$E_s = E_h (K_s + 0.5 \rho_k)$$

式中 K_s 为换算系数, ρ_k 为地板空间反射率。



5 平均球面照度计算

单位: m



例: 一房间平面尺寸为 $7 \times 5\text{m}$, 净高 5m , 在顶棚正中布置一表面亮度为 500cd/m^2 的发光顶棚, 亮度均匀其尺寸为 $5 \times 13\text{m}$, 求房间中心 P_1 点和发光顶棚一顶点投影 P_2 点处的水平照度。

解: $E_1 = E_A + E_B + E_C + E_D = 4E_A$

$$X_1 = \frac{6.5}{5} = 1.3, Y_1 = \frac{2.5}{5} = 0.5 \text{ 故 } f_1 = 0.31,$$

$$E_1 = L \cdot f = 500 \times 0.31 \times 4 = 620\text{lx}$$

$$X_2 = \frac{13}{5} = 2.6, Y_2 = \frac{5}{5} = 1, f_2 = 0.54$$

$$E_2 = 500 \times 0.54 = 270\text{lx}$$

例1: 某车间长 10m , 宽 6m , 高 3.3m 。室内表面反射率分别为: 顶棚 0.70 , 墙面 0.50 , 地面 0.20 。灯具利用系数已知, 顶棚吸顶安装 6 支灯, 求距地面 0.8m 高的工作面上的平均照度。

解: 计算各空间比、各空间有效反射率和墙面平均反射率 $R_{CR}, C_{CR}, F_{CR}, \rho_{ce}, \rho_{w}, \rho_{g}$ 。

查已知利用系数表, 内插求出 $u = 0.623$

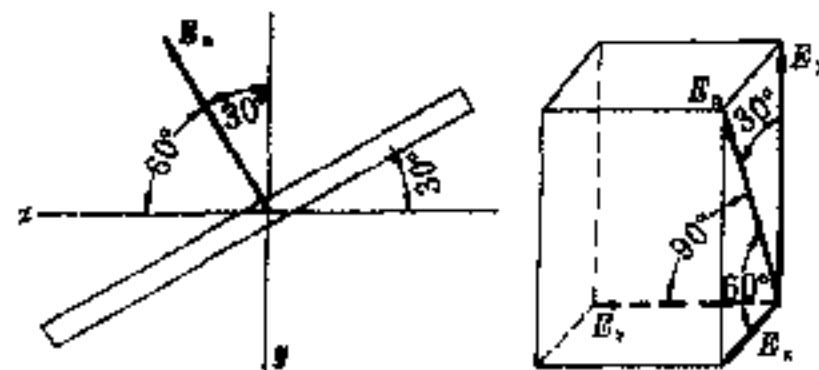
维护系数 $K = 0.75$, 光源光通 $\Phi = 2200\text{lm}$

$$E_m = \frac{2200 \times 6 \times 0.623 \times 0.75}{10.0 \times 6.0} = 102.8\text{lx}$$

例2: 同例1, 要求平均照度 100lx , 求需灯数 N

$$N = \frac{100 \times 10.0 \times 6.0}{2200 \times 0.623 \times 0.75} = 6$$

例: 如图, 一倾斜绘图板与水平面成 30° 角, 求图板面上的照度 E_n 。



$$\text{解: } E_n = E_x \cos 60^\circ + E_y \cos 30^\circ + E_z \cos 90^\circ$$

$$= 0.5 E_x + 0.866 E_y$$

例1: 一光源距地面 3m 高, 计算点位于 0.8m 高、距光源水平距离 2m 处, 光源在计算点方向上的光强 500cd , 求 P 点处的平均柱面照度。

$$E_c = \frac{I \sin \theta}{\pi R^2} = \frac{I \cdot d}{\pi (h^2 + d^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{500 \times 2}{3.14 \times (2.2^2 + 2^2)^{3/2}} = 12\text{lx}$$

例2: 某车间平均照度 105lx , 地板空间反射率为 0.20 , 已知换算系数 $K_s = 0.375$, 求平均柱面照度。

$$K_c = 1.5 K_s - 0.25 = 1.5 \times 0.375 - 0.25 = 0.313$$

$$E_c = 105 \times [0.313 + (0.5 \times 0.5)] = 43.4\text{lx}$$

例1: 条件同平均柱面照度计算例1, 求平均球面照度

$$E_s = \frac{I}{4R^2} = \frac{500}{4 \times (2^2 + 2.2^2)} = 14.1\text{lx}$$

例2: 条件同平均柱面照度计算例2, 求平均球面照度

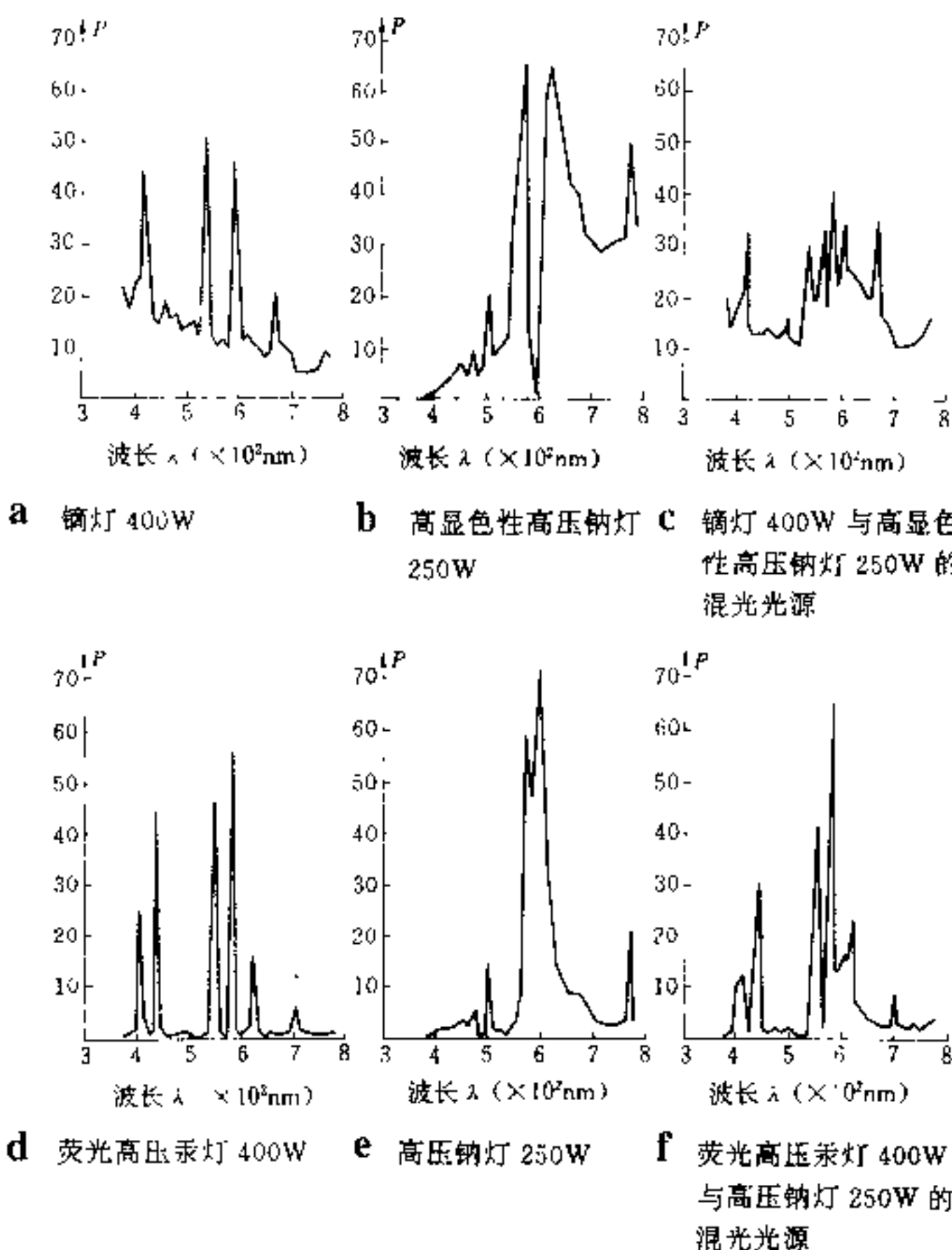
$$E_s = E_c (K_s + 0.5 \rho_k)$$

$$= 105 \times (0.375 + 0.5 \times 0.2)$$

$$= 50\text{lx}$$

混光照明设计步骤

1. 根据工艺要求确定照度等级。
2. 根据生产要求确定混光光源的种类、灯具及附属装置。
3. 根据选定的光源和灯具进行照明计算。
4. 根据计算结果布灯。
5. 根据照明容量和控制要求进行照明输配电网络计算和设计。



混光光源与单一光源相对光谱功率分布比较图

常用混光灯具分类表

表 2

配光曲线形状	序号	混光光源	显色指数(Ra)	色温(K)
	1	GGY400W+NG250W	45~50	2800~3200
	2	GGY250W+NG100W		
	3	GGY125W+NG70W		
	4	GGY400W+NGX400W	60~70	2800~3200
	5	GGY250W+NGX400W		
	6	GGY125W+NGX250W		
	7	KNG400W+NG250W	60~70	2800~3200
	8	KNG250W+NG100W		
	9	KNG400W+NGX400W	65~75	3000~3800
	10	KNG400W+NGX250W		
	11	KNG250W+NGX150W		
	12	ZJD400W+NG250W	60~70	2800~3200
	13	ZJD250W+NG150W		
	14	ZJD170W+NG100W	65~75	3000~3800
	15	ZJD400W+NGX250W		
	16	ZJD250W+NGX150W		
	17	DDG400W+NG250W	70~80	3000~3500
	18	DDG250W+NG100W		
	19	DDG400W+NGX250W	75~85	3200~3500
	20	DDG250W+NGX150W		
	21	DDG400W+LZG500W		
	22	DDG400W+LZG1000W	85~95	4200~4800

混光光源最佳混光比及其特性

表 1

序号	混光种类	混光比	光效 (lm/W)	色温 (K)	显色指数 (Ra)	混光特性	适用场所
1	日光色荧光灯+白炽灯	0.70	28	3500	96	显色性很好,可靠性高、光效低	颜色检验、颜色匹配、展览等
2	镝灯+白炽灯	0.56	38	1900	95	显色性很好,可靠性高、光效较低	
3	高显色性荧光灯+日光色荧光灯	0.20~0.30	45	5800	90	显色性很好,可靠性较高、光效一般	
4	镝灯+中显色性高压钠灯	0.50	75	3700	85	显色性好,光效较高、节能效果好	印刷、食品分检、油漆、大型体育比赛等
5	镝灯+高压钠灯	0.60	85	3500	80	显色性好,光效高、节能效果显著	
6	高光效金属卤化物灯+中显色性高压钠灯	0.55	90	3200	75	显色性好,光效很高,节能效果非常显著	
7	镝灯+中显色性高压钠灯	0.55	75	3200	75	显色性好,光效较高,节能效果好	
8	高光效金属卤化物灯+高压钠灯	0.65	100	3000	70	显色性较好,光效非常高,节能效果非常显著	机电装配表面处理中小型体育场馆、候车室等
9	镝灯+高压钠灯	0.65	85	3000	70	显色性较好,光效高、节能效果显著	
10	高压汞灯+中显色型高压钠灯	0.30~0.50	55	3000	65	显色性较好,光效一般,寿命长	
11	高压汞灯+白炽灯	0.50	28	3500	64	显色性较好,光效低,可靠性高	
12	高压汞灯+高压钠灯	0.50	75	2800	50	光效较高、寿命长、启动性能好,显色性一般	机加工、热处理铸工等

注:混光比系指前一种光源的光通量与两种光源光通量之和之比。

混光照明节能:

室内混光照明的节能指标用节能效益比 ER 衡量。 $ER = \text{目标效能推荐值} / \text{实际效能值}$,当 $ER \geq 1$ 时,节能;当 $ER < 1$ 时,不节能。

室内照明目标效能推荐值($W/m^2 \cdot 100lx$)

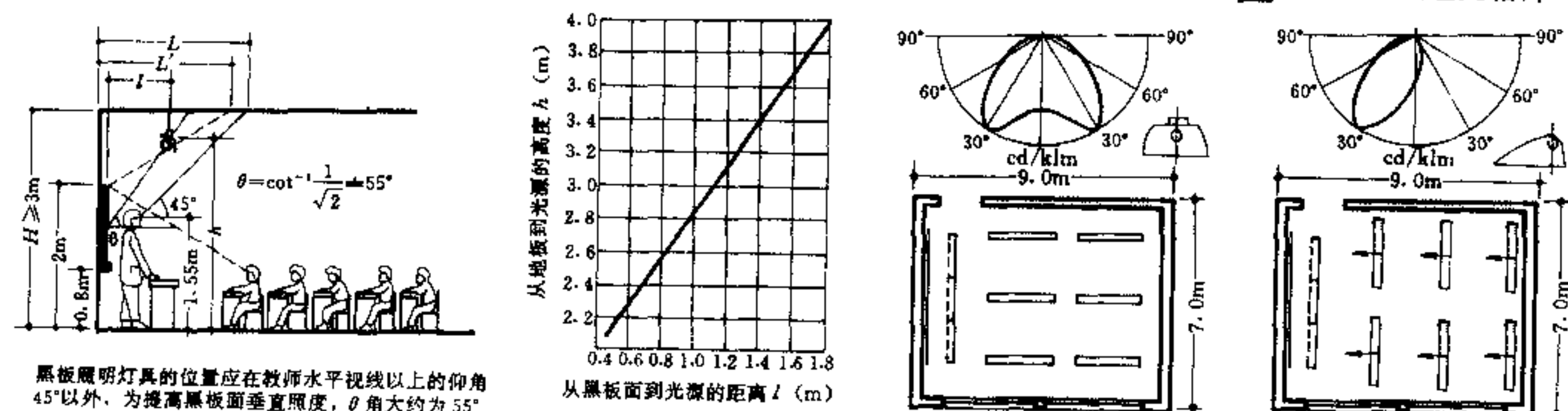
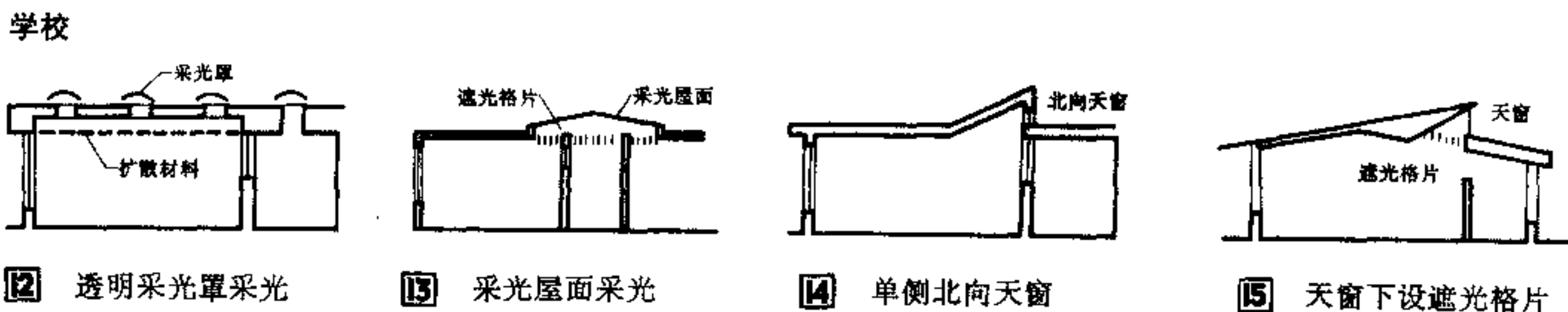
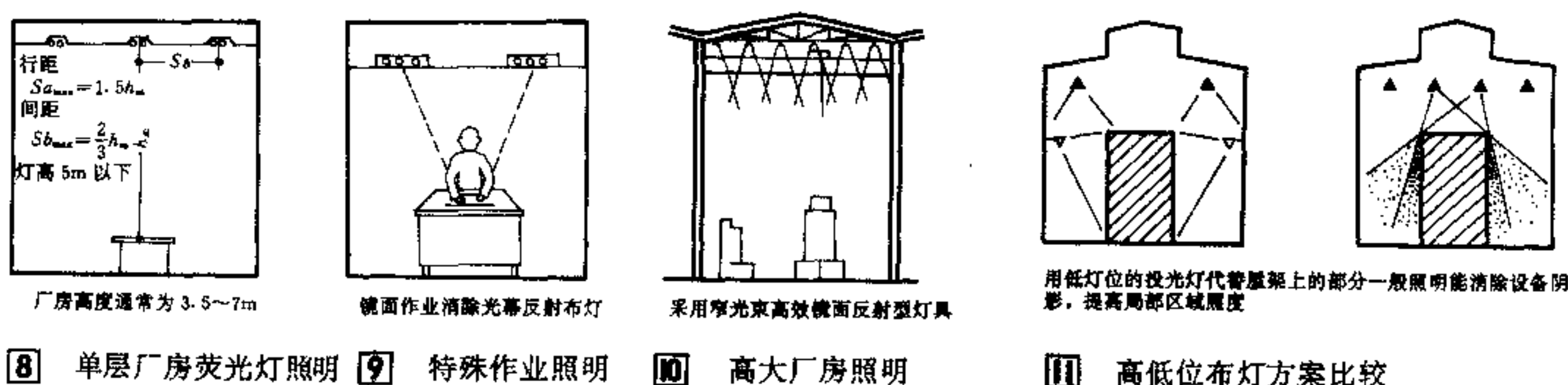
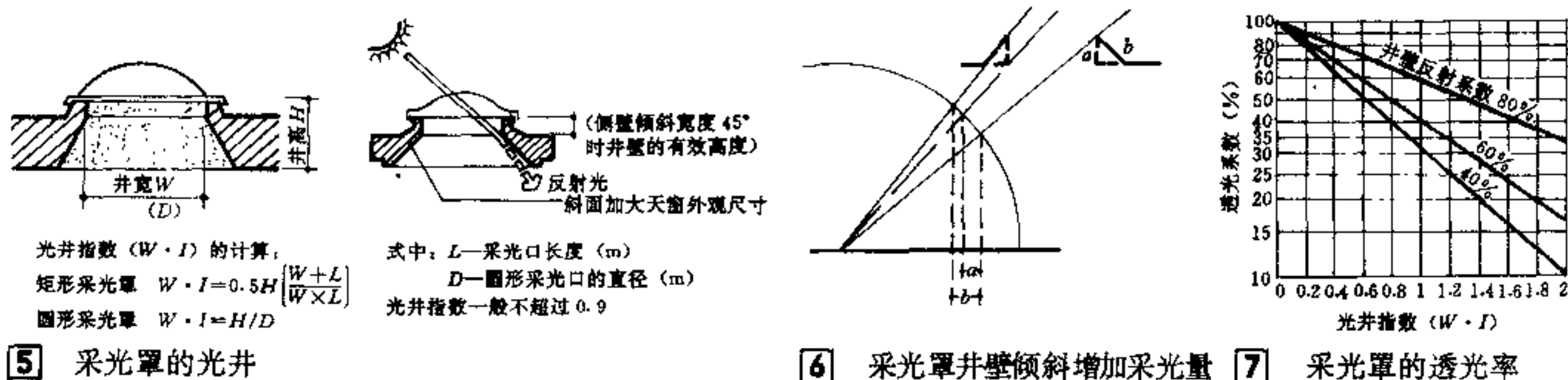
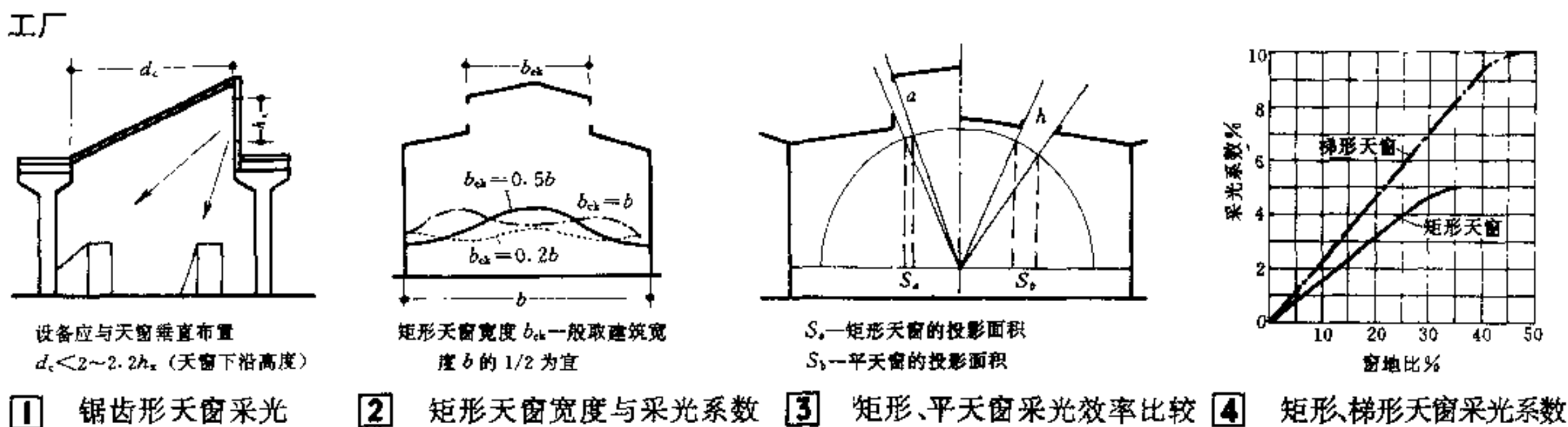
表 3

光源	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
高光效金属卤化物灯+高压钠灯	2.71	2.97	3.35	3.31	3.51	3.66	3.39	3.57	3.77	4.18
高光效金属卤化物灯+中显色性高压钠灯	3.05	3.36	3.78	3.73	3.98	4.14	3.82	4.03	4.25	4.72
镝灯+高压钠灯										
高压汞灯+高压钠灯	3.26	3.59	4.04	3.99	4.25	4.34	4.09	4.31	4.55	5.05
镝灯+中显色性高压钠灯										

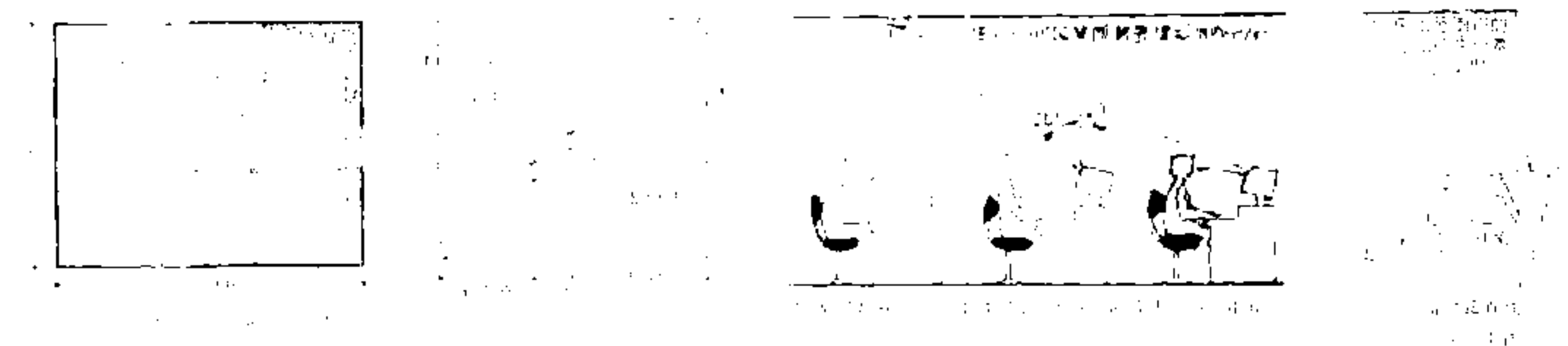
室内一般照明灯具的最低悬挂高度

表 4

光源种类	灯具型式	灯具遮光角	光源功率(W)	最低悬挂高度(m)
混光光源	有反射罩	$10^\circ \sim 30^\circ$	<150 150~250 250~400 >400	4.5 5.5 6.5 7.5
	有反射罩带格栅	$>30^\circ$	<150 150~250 250~400 >400	4.0 4.5 5.5 6.5

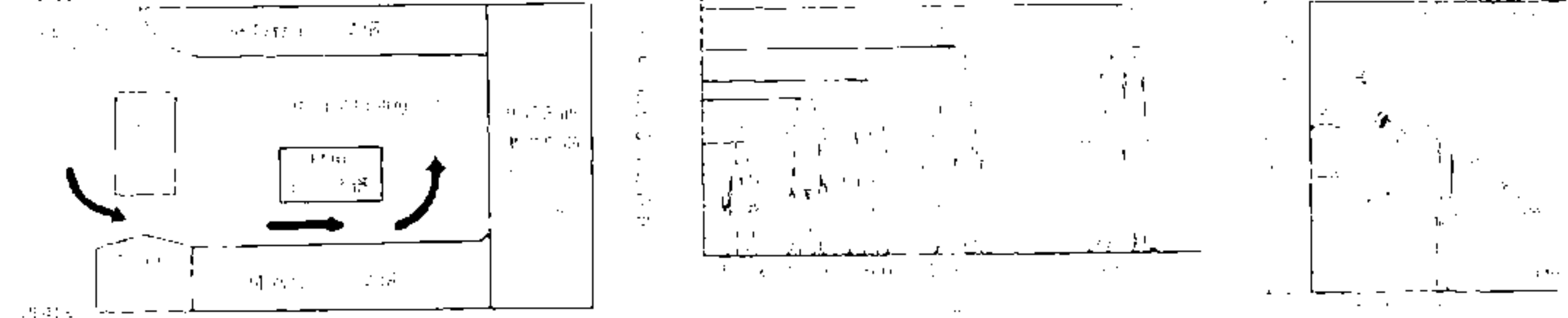


办公室



[1] 平面——照度的分布 [2] 平面——照度的分布 [3] 剖面——照度的分布 [4] 剖面——照度的分布

商店



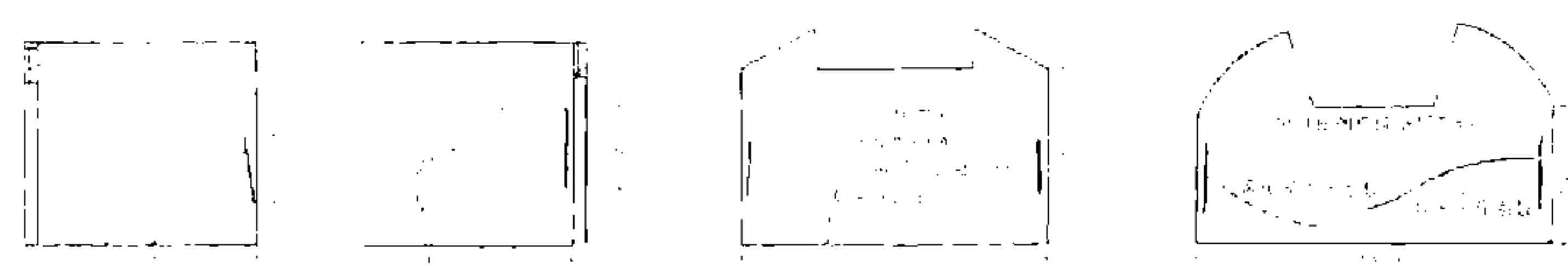
[5] 商店——照度的分布 [6] 商店——照度的分布 [7] 商店——照度的分布

商店——照度的分布

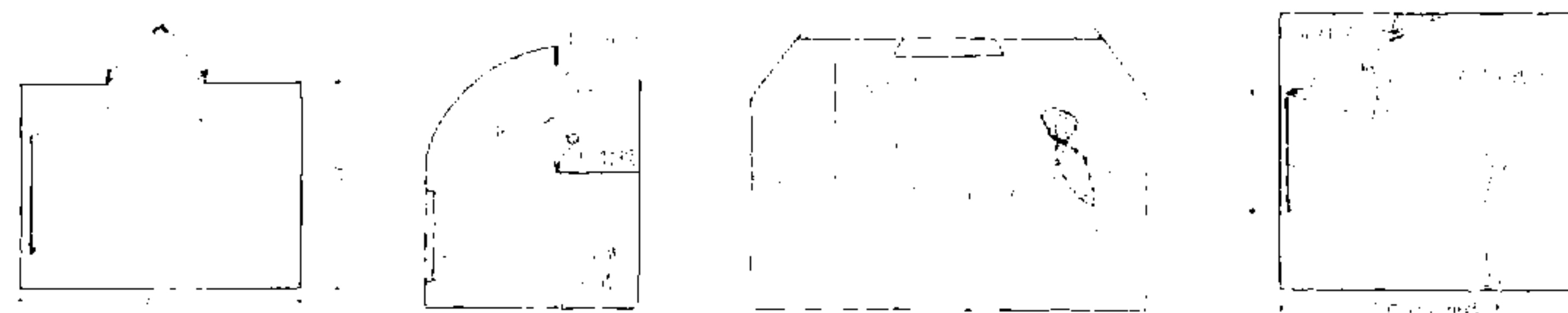


[8] 商店——照度的分布 [9] 商店——照度的分布 [10] 商店——照度的分布 [11] 商店——照度的分布

展览馆



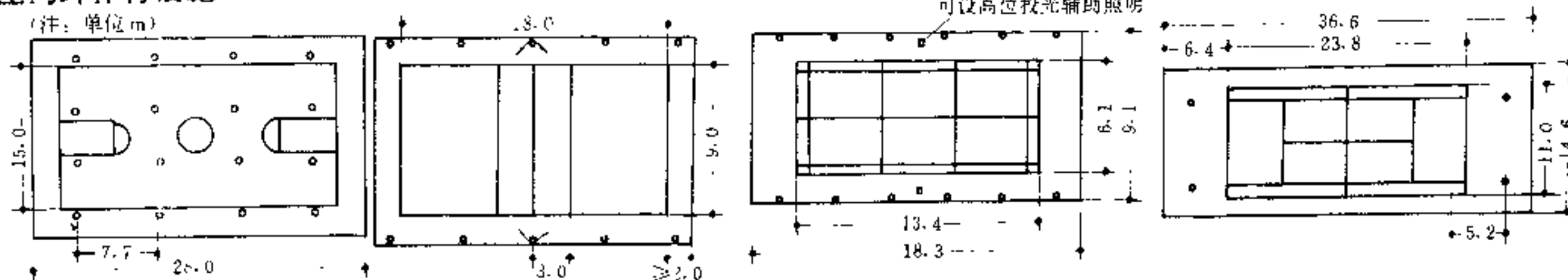
[12] 展览馆——照度的分布 [13] 展览馆——照度的分布 [14] 展览馆——照度的分布 [15] 展览馆——照度的分布



[16] 展览馆——照度的分布 [17] 展览馆——照度的分布 [18] 展览馆——照度的分布 [19] 展览馆——照度的分布

室内外体育设施

(注:单位:m)

宜采用金属卤化物灯, 灯具安装高度 ≥ 6.7

宜采用半直接型灯具, 灯具应带格栅

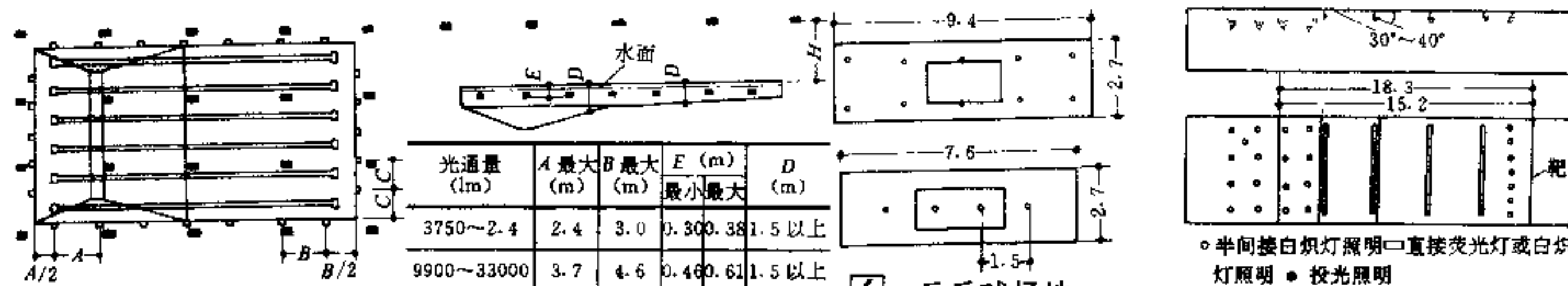
宜采用间接照明, 灯具安装高度 ≥ 7.0

1 室内篮球场灯具布置

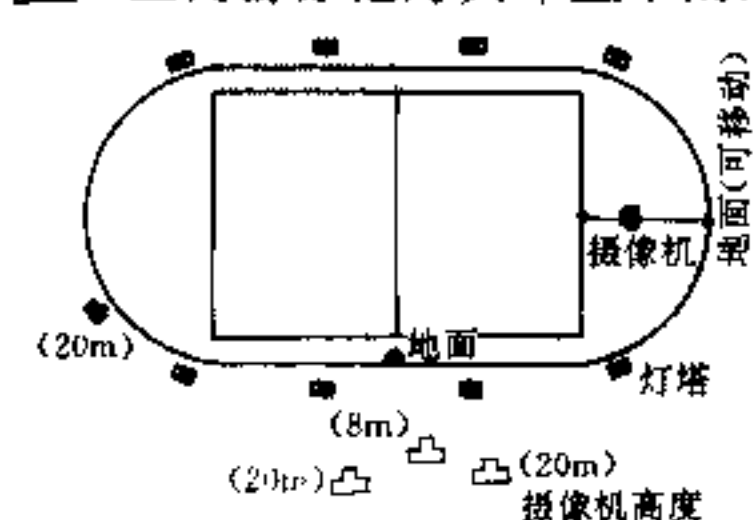
2 室内排球场地灯具布置

3 室内羽毛球场灯具布置

4 室内网球场灯具布置

灯具安装高度 H 应在 6m 以上, 灯具上应装格栅, 避免水面眩光, 水中灯具应装在池壁上

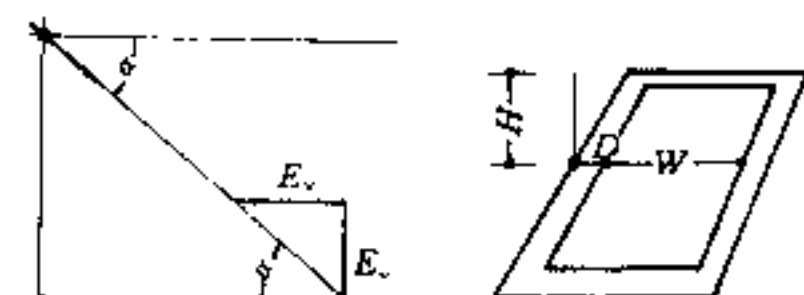
5 室内游泳池灯具布置平面图



侧边照明为室外大型体育场照明形式之一, 两侧设置灯塔, 图为国际比赛摄像机位置

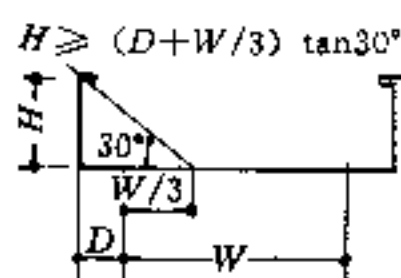
照明范围大, 应采用远距离窄配光投光器

8 室外大型体育场灯具布置

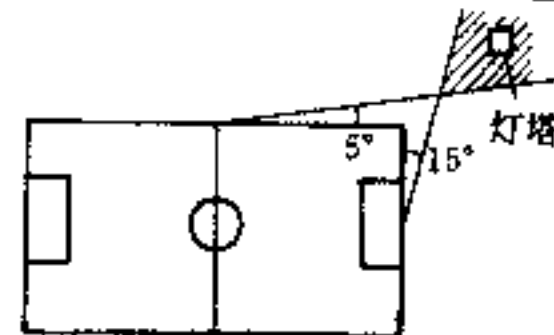
俯角 α 小, 垂直照度 E_v 提高眩光增大, 体育馆 $\alpha=55^\circ \sim 65^\circ$ 合适

室外体育场照明, 以黑暗夜空为背景, 控制眩光极为重要, 侧边照明适用于田径比赛、足球场、橄榄球场、网球场等

9 足球场、橄榄球场灯具布置

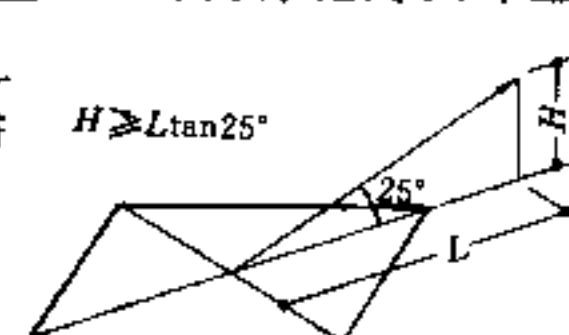


10 棒球场灯具布置



适用于足球场、橄榄球场等, 为进行电视摄像宜采用四角和侧边并用照明方式

11 室外游泳池灯具布置

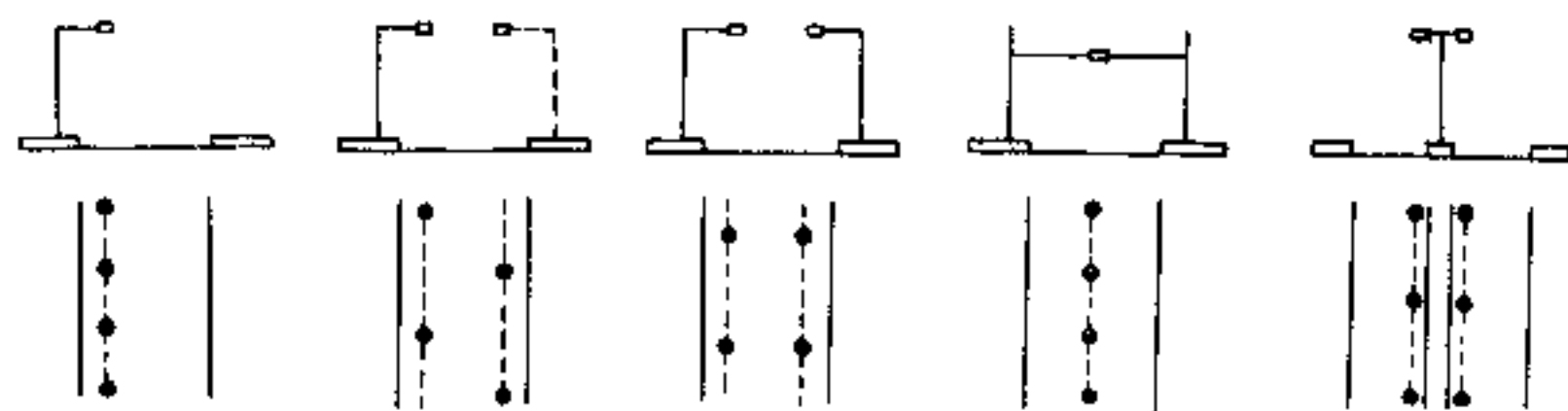


12 体育馆眩光控制

13 室外体育场侧边照明眩光控制

14 室外体育场四角照明眩光控制

道路



15 常规照明灯具布置的基本形式

灯具的安装高度(h)、间距(S)和路面有效宽度(W_{eff})的关系 表1

灯具类型	截光型	半截光型	非截光型
单侧布置	$h \geq W_{eff}$	$h \geq 1.2W_{eff}$	$h \geq 1.4W_{eff}$
交错布置	$h \geq 0.7W_{eff}$	$h \geq 0.8W_{eff}$	$h \geq 0.9W_{eff}$
对称布置	$h \geq 0.5W_{eff}$	$h \geq 0.6W_{eff}$	$h \geq 0.7W_{eff}$

灯具按光强分布分类

表2

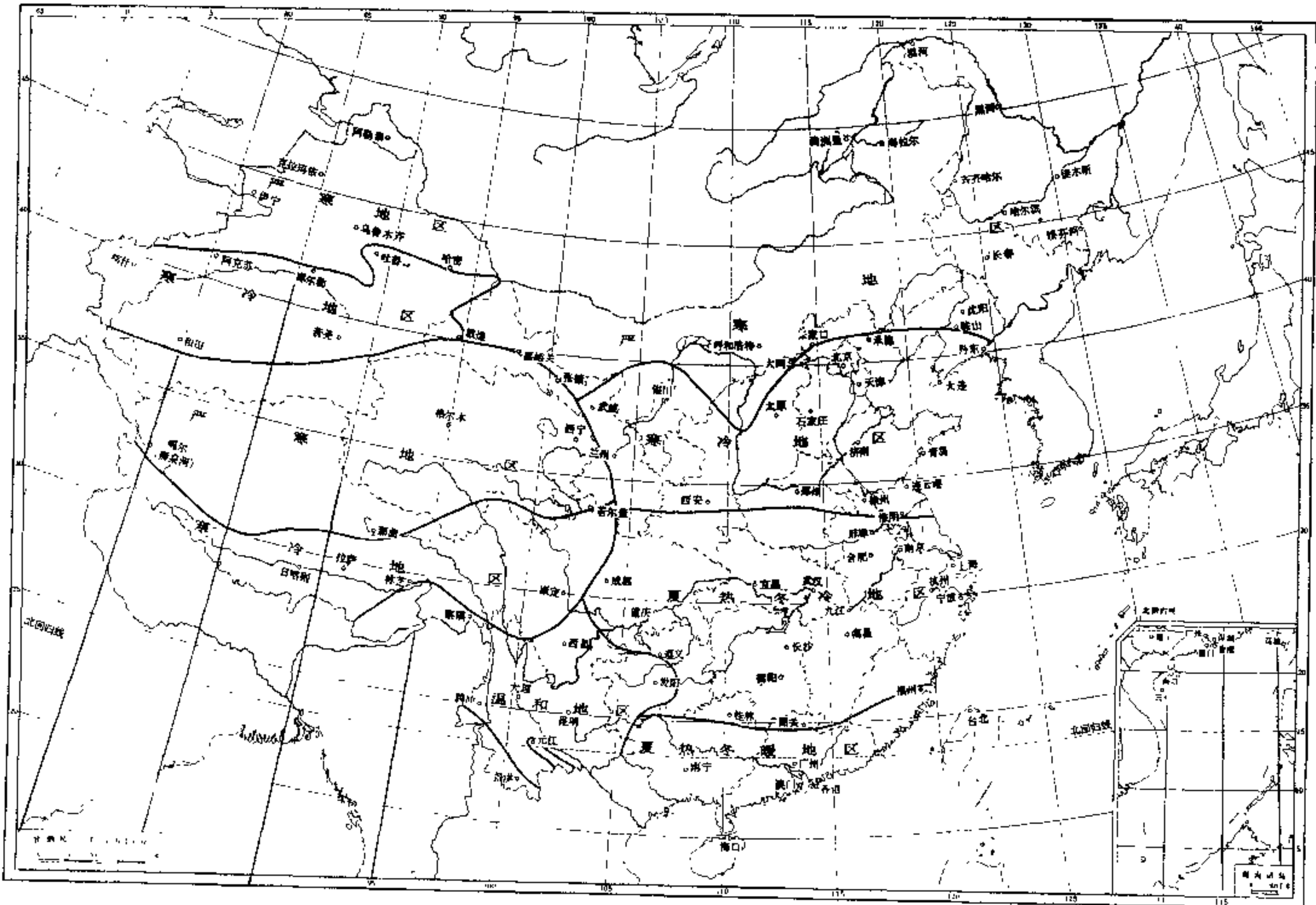
灯具类型	最大光强方向	在 90°和 80°角方向上所允许的最大光强值	
		90°	80°
截光	0~65°	10cd/1000lm(光强不超过 1000cd)	30cd/1000lm
半截光	0~75°	50cd/1000lm(光强不超过 1000cd)	100cd/1000lm
非截光	—	1000cd	—

主要内容和目的

建筑热工设计	冬季保温设计	围护结构保温设计：保证内表面不结露和满足基本的卫生要求，并符合节能和经济的原則。 围护结构防潮设计：保证在正常使用条件下内部不出现冷凝水积聚。 围护结构防空气渗透设计：保证围护结构和门窗的空气渗透性能符合规定要求。 室外热环境设计：利用地形、水面等自然环境，并采用绿化措施，达到改善室外热环境的目的。
	夏季防热设计	围护结构隔热设计：保证围护结构隔热性能符合规定要求。 窗户遮阳设计：使遮阳形式和构造设计与地区气候条件、房间使用要求和窗户朝向相适应。 自然通风设计：使建筑群和单体布置，以及门窗开口位置、面积和开启方式有利于自然通风（见自然通风章）。
建筑节能设计	采暖建筑节能设计	建筑物布置及体形设计：使建筑物布置及体形设计有利于节约采暖能耗。 围护结构设计：保证各部分围护结构的传热系数和窗墙面积比等符合规定要求。 采暖系统设计：保证采暖系统和管道保温设计等符合规定要求。
	空调建筑节能设计	建筑物及房间布置：使建筑物及房间布置满足使用要求，并有利于节约空调能耗。 围护结构设计：保证各部分围护结构的传热系数和构造设计满足使用要求，并符合节能和经济的原則。 空调系统设计：保证空调系统满足使用要求，并符合节能和经济的原則（见机械通风、空气调节章）。

建筑热工设计分区及设计要求

分区名称		严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区	夏热冬暖地区	温和地区
分区指标	主要指标	最冷月平均温度 $\leq -10^{\circ}\text{C}$	最冷月平均温度 $0\sim-10^{\circ}\text{C}$	最冷月平均温度 $0\sim10^{\circ}\text{C}$ 最热月平均温度 $25\sim30^{\circ}\text{C}$	最冷月平均温度 $>10^{\circ}\text{C}$ 最热月平均温度 $25\sim29^{\circ}\text{C}$	最冷月平均温度 $0\sim13^{\circ}\text{C}$ 最热月平均温度 $18\sim25^{\circ}\text{C}$
	辅助指标	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $\geq 145\text{d}$	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $90\sim145\text{d}$	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ ($0\sim90\text{d}$) 日平均温度 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ($40\sim110\text{d}$)	日平均温度 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的天数 $100\sim200\text{d}$	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $0\sim90\text{d}$
设计要求		必须充分满足冬季保温要求，一般可不考虑夏季防热	应满足冬季保温要求，部分地区兼顾夏季防热	必须满足夏季防热要求，适当兼顾冬季保温	必须充分满足夏季防热要求，一般可不考虑冬季保温	部分地区应注意冬季保温，一般可不考虑夏季防热



本图由中国国界线系统中国地图出版社1989年出版的《中华人民共和国地形图》绘制

1 全国建筑热工设计分区图

常用名词符号、单位和解释

名 词	符 号	单 位	解 释
导热系数	λ	$W/m \cdot K$	稳态条件下, 1m厚物体, 两侧表面温差为1K, 1h内通过1m ² 面积传递的热量
比 热 容	C	$kJ/kg \cdot K$	1kg物质, 温度升高1K吸收或放出的热量
导温系数	a	m^2/h	物体加热或冷却时, 各部分温度趋于一致的能力
蓄热系数	S	$W/m^2 \cdot K$	当某一足够厚度的单一材料层一侧受到谐波热作用时, 表面温度按同一周期波动。通过表面的热流波幅与表面温度波幅的比值
表面换热系数	α	$W/m^2 \cdot K$	表面与附近空气之间的温差为1K, 1h内通过1m ² 表面传递的热量。在内表面, 称为内表面换热系数; 在外表面, 称为外表面换热系数
表面换热阻	R	$m^2 \cdot K/W$	表面换热系数的倒数。在内表面, 称为内表面换热阻; 在外表面, 称为外表面换热阻
热 导	G	$W/m^2 \cdot K$	稳态条件下, 围护结构两侧表面温差为1K, 1h内通过1m ² 面积传递的热量
热 阻	R	$m^2 \cdot K/W$	热导的倒数
传热系数 (总传热系数)	K	$W/m^2 \cdot K$	稳态条件下, 围护结构两侧空气温差为1K, 1h内通过1m ² 面积传递的热量
传 热 阻 (总热阻)	R_0	$m^2 \cdot K/W$	传热系数的倒数
热惰性指标 D 值	D	—	温度波在围护结构内部衰减快慢程度的无量纲指标, D 值越大, 温度波在其中衰减越快, 围护结构的热稳定性越好
空气渗透系数	β	$kg/m \cdot h \cdot Pa$	1m厚物体, 两侧空气压力差为1Pa, 1h内通过1m ² 面积渗透的空气量
空气渗透阻	R_{μ}	$m^2 \cdot h \cdot Pa/kg$	围护结构两侧空气压力差为1Pa, 通过1m ² 面积渗透1kg空气所需的时间
水蒸汽分压力	p	Pa	一定温度下湿空气中水蒸汽部分的压力
饱和水蒸汽 压 力	p_s	Pa	空气中水蒸汽达到饱和时水蒸汽部分的压力
蒸汽渗透系数	μ	$g/m \cdot h \cdot Pa$	1m厚物体, 两侧水蒸汽分压力差为1Pa, 1h内通过1m ² 面积渗透的水蒸汽量
蒸汽渗透阻	H	$m^2 \cdot h \cdot Pa/g$	围护结构两侧水蒸汽分压力差为1Pa, 通过1m ² 面积渗透1g水蒸汽所需的时间
绝对湿度	f	g/m^3	1m ³ 空气中所含水蒸汽的质量
相对湿度	φ	%	空气实际的水蒸汽分压力与同温度下空气达到饱和状态时的分压力的百分比
露点温度	t_d	$^{\circ}C$	在一定大气压、某种含水量下的未饱和空气因冷却达到饱和状态时的温度
太阳辐射照度	I	W/m^2	在某一水平、垂直或倾斜面上, 1h内, 1m ² 面积所接受的太阳辐射能量
综合温度	t_{su}	$^{\circ}C$	室外空气温度 t_e 与太阳辐射当量温度 P/α_e 之和, 即 $t_{su} = t_e + P/\alpha_e$

名 词	符 号	单 位	解 释
衰减倍数 (总衰减倍数)	ν_0	—	围护结构在呈谐性波动的室外综合温度波作用下, 沿厚度方向温度波逐渐衰减, 室外综合温度波幅 $A_{t_{su}}$ 与内表面温度波幅 $A\theta_i$ 的比值, 即 $\nu_0 = A_{t_{su}}/A\theta_i$
延迟时间 (总延迟时间)	ξ_0	h	围护结构在呈谐性波动的室外综合温度波作用下, 内表面最高温度出现的时间 φ_2 与室外综合温度最高值出现的时间 φ_1 之间的差值, 即 $\xi_0 = \varphi_2 - \varphi_1$
内表面 衰减倍数	ν_i	—	围护结构内表面在呈谐性波动的室内温度波作用下, 室内温度波幅 A_{t_i} 与内表面温度波幅 $A\theta_i$ 的比值, 即 $\nu_i = A_{t_i}/A\theta_i$
内表面 延迟时间	ξ_i	h	围护结构内表面在呈谐性波动的室内温度波作用下, 内表面最高温度出现的时间 φ_2 与室内最高温度出现的时间 φ_1 之间的差值, 即 $\xi_i = \varphi_2 - \varphi_1$
采暖期天数	Z	d	累年日平均温度低于或等于5 $^{\circ}C$ 的天数。这一采暖期仅供建筑热工和节能设计计算采用
采暖期度日数	D_{di}	$^{\circ}C \cdot d$	在采暖期内, 室内温度18 $^{\circ}C$ 与采暖期室外平均温度 $\bar{t}_e$ 之间的差值, 乘以采暖期天数 Z , 即 $D_{di} = (18 - \bar{t}_e)Z$
采暖能耗	—	—	用于建筑物采暖所消耗的热能、煤、电或其他能源。在节能设计中, 主要指建筑物耗热量和采暖耗煤量
建筑物 耗热量指标	q_H	W/m^2	在采暖期室外平均温度条件下, 为保持室内计算温度, 1m ² 建筑面积, 在1h内, 需由采暖设备供给的热量
采暖设计 热指标	$q_{H,L}$	W/m^2	在采暖室外计算温度条件下, 为保持室内计算温度, 1m ² 建筑面积, 在1h内, 需由采暖设备供给的热量。由于采暖室外计算温度低于采暖期室外平均温度, 因此在数值上, 采暖设计热指标要大于建筑物耗热量指标
采暖耗煤量 指 标	q_c	$kg/m^2 \cdot an$	在采暖期室外平均温度条件下, 为保持室内计算温度, 1m ² 建筑面积在一个采暖期内, 由锅炉设备消耗的标准煤量
有效传热系数	K_{eff}	$W/m^2 \cdot K$	不同地区、不同朝向的围护结构, 因受太阳辐射和天空辐射的影响, 使得其在两侧空气温差同样为1K情况下, 在1h内通过1m ² 面积的传热量要改变(一般要变小), 这个改变后的传热量即为有效传热系数
传热系数的 修正系数	ε	—	有效传热系数与传热系数的比值, 即 $\varepsilon = K_{eff}/K$ 。实质上是围护结构因受太阳辐射和天空辐射影响而使传热量改变的修正系数
体形系数	S	—	建筑物外表面积 F_0 与其所包围的体积 V_0 的比值, 即 $S = F_0/V_0$
窗墙面积比	X	—	窗户洞口面积与房间立面单元面积(即房间层高与开间定位线围成的面积)的比值

注: 括号中名词为曾用名。

围护结构冬季室外计算参数

表 1

地 名	室外计算温度 t_a (℃)				设计计算采暖期			
	I型	II型	III型	IV型	天 数 (d)	平均温度 (℃)	平均相对 湿度(%)	度日数 (℃·d)
北 京	9	-12	-14	-16	125	-1.6	50	2450
天 津	9	-11	-12	-13	119	-1.2	57	2285
石 家 庄	8	-12	-14	-17	112	-0.6	56	2083
张 家 口	8	-18	-21	-23	153	-4.8	42	3488
秦 皇 岛	11	-13	-15	-17	135	-2.4	51	2754
保 定	9	-11	-13	-14	119	-1.2	60	2285
邯 郸	7	9	-11	-13	108	0.1	60	1933
唐 山	10	-12	-14	-15	127	-2.9	55	2654
承 德	14	16	-18	-20	144	-4.5	44	3240
太 原	12	14	-16	-18	135	-2.7	53	2795
大 同	-17	-20	-22	-24	162	-5.2	49	3758
长 治	13	-17	-19	-22	135	-2.7	58	2795
阳 泉	11	-12	-15	-16	124	-1.3	46	2393
临 汾	-9	-13	15	-18	113	1.1	54	2158
晋 城	9	-12	-15	17	121	0.9	53	2287
呼和浩特	19	-21	23	-25	166	-6.2	53	4017
锡林浩特	27	-29	-31	-33	190	-10.5	60	5415
海 拉 尔	-34	38	-40	-43	209	14.3	69	6751
通 辽	-20	-23	-25	-27	165	-7.4	48	4191
赤 峰	-18	-21	-23	-25	160	-6.0	40	3840
满洲里	-31	34	-36	-38	211	-12.8	64	6499
二连浩特	-26	30	-32	-35	180	-9.9	53	5022
沈 阳	-19	21	-23	-25	152	-5.7	58	3602
丹 东	-4	17	-19	-21	144	-3.5	60	3096
大 连	11	-14	17	19	131	-1.6	58	2568
阜 新	-7	-19	-21	-23	156	-6.0	50	3744
托 克 托	21	-24	-27	-29	162	-6.6	65	3985
本 溪	-19	21	-23	-25	151	-5.7	62	3579
锦 州	-15	17	-19	-20	144	-4.1	47	3182
鞍 山	-18	-21	-23	-25	144	-4.8	59	3283
长 春	23	-26	-28	-30	170	-8.3	63	4471
吉 林	-25	-29	-31	-34	171	-9.0	68	4617
延 吉	-20	22	-24	-26	170	-7.1	58	4267
通 化	-24	-26	-28	-30	168	7.7	69	4318
双 辽	-21	-23	-25	-27	167	-7.8	61	4309
四 平	-22	-24	-26	-28	163	-7.4	61	4140
白 城	-23	-25	27	-28	175	-9.0	54	4725
哈 尔 滨	-26	-29	31	-33	176	10.0	66	4928
嫩 江	33	36	-39	-41	197	-13.5	66	6206
齐齐哈尔	-25	-28	-30	-32	182	-10.2	62	5132
牡 丹 江	-24	-27	-29	-31	178	-9.4	65	4877
呼 玛	39	-42	-45	-47	210	14.5	69	6825
佳 木 斯	26	29	-32	-34	180	-10.3	68	5094
安 达	-26	29	32	-34	180	-10.4	64	5112
伊 春	-30	-33	-35	-37	193	12.4	70	5867
上 海	-2	-4	-6	-7	54	3.7	76	772
南 京	-1	-5	-7	-9	75	3.0	74	1125
徐 州	5	-8	-10	-12	94	1.4	63	1560
连 云 港	-5	-7	-9	-11	96	1.4	68	1594
杭 州	-1	-3	-5	-6	51	4.0	80	714
宁 波	0	-2	-3	-4	42	4.3	80	575
合 肥	-1	-7	10	-13	70	2.9	73	1057
阜 阳	-6	-9	-12	-14	85	2.1	66	1352
蚌 埠	-4	-7	-10	-12	83	2.3	68	1303
南 昌	6	4	3	2	0	—	—	—
济 南	0	-2	-4	-6	17	4.7	74	226
青 岛	-6	9	11	13	110	0.9	66	1881
烟 台	-6	-8	-10	-12	111	0.5	60	1942
德 州	8	-12	-14	17	113	0.8	63	2124

地 名	室外计算温度 t_a (℃)				设计计算采暖期			
	I型	II型	III型	IV型	天 数 (d)	平均温度 (℃)	平均相对 湿度(%)	度日数 (℃·d)
海 博	9	12	-14	-16	111	-0.5	61	2054
金 州	7	-9	-11	-12	106	-0.4	62	1950
雞 坊	8	-11	-13	-15	114	-0.7	61	2132
郑 州	-5	-7	9	-11	98	1.4	58	1627
安 阳	-7	-11	-13	-15	105	0.3	59	1859
濮 阳	-7	-9	-11	-12	107	0.2	69	1905
新乡	-5	-8	-11	-13	100	1.2	63	1680
洛 阳	-5	-8	-10	-12	91	1.8	55	1474
南 阳	-4	-8	-11	-14	84	2.2	67	1327
信 阳	-4	-7	-10	-12	78	2.6	72	1201
商丘	-6	-9	-12	14	101	1.1	67	1707
开封	-5	-7	-9	-10	102	1.3	63	1703
武 汉	-2	-6	-8	-11	58	3.4	77	847
长 沙	0	-3	-5	-7	30	4.6	81	402
广 州	7	5	4	3	0	—	—	—
南 宁	7	5	3	2	0	—	—	—
成 都	2	1	0	-1	0	—	—	—
阿 坝	-12	-16	-20	-23	189	-2.8	57	3931
甘孜	-10	-14	-18	-21	165	-0.9	43	3119
康 定	-7	-9	-11	-12	139	0.2	65	2474
贵 阳	-1	-2	-4	-6	20	5.0	78	260
毕 节	-2	-3	5	-7	70	3.2	85	1036
安 顺	-2	-3	5	-6	43	4.1	82	598
威 宁	-5	-7	-9	-11	80	3.0	78	1200
昆 明	13	11	10	9	0	—	—	—
拉 萨	-6	-8	-9	-10	142	0.5	35	2485
噶 尔	-17	-21	-24	-27	240	-5.5	28	5640
日 喀 则	-8	-12	-14	-17	158	-0.5	28	2923
西 安	-5	-8	-10	-12	100	0.9	66	1710
榆 林	-16	-20	-23	-26	148	-4.4	56	3315
延 安	-12	-14	-16	-18	130	-2.6	57	2678
宝 鸡	-5	-7	-9	-11	101	1.1	65	1707
汉 中	-1	-2	-4	-5	75	3.1	76	1118
兰 州	-11	-13	-15	-16	132	-2.8	60	2746
酒 泉	-16	-19	-21	-23	155	-4.4	52	3472
敦 煌	-14	-18	-20	-23	138	-4.1	49	3053
张 掖	-16	-19	-21	-23	156	-4.5	55	3510
平 凉	-10	-13	-15	-17	137	-1.7	59	2699
天 水	-7	-10	-12	-14	116	-0.3	67	2123
西 宁	-13	-16	-18	-20	162	-3.3	50	3451
玛 多	-23	-29	-34	-38	284	-7.2	56	7159
大 柴 旦	-19	-22	-24	-26	205	-6.8	34	5084
格 尔 木	-15	-18	-21	-23	179	-5.0	35	4117
银 川	-15	-18	-21	-23	145	-3.8	57	3161
中 宁	-12	-16	-19	-22	137	-3.1	52	2891
固 原	-14	-17	-20	-22	162	-3.3	57	3451
石 嘴 山	-15	-18	-20	-22	149	-4.1	49	3293
乌 鲁 木 齐	-22	-26	-30	-33	162	-8.5	75	4293
塔 城	-23	-27	-30	-33	163	-6.5	71	3994
哈 密	-19	-22	-24	-26	137	-5.9	48	3274
伊 宁	-20	-26	-30	-34	139	-4.8	75	3169
喀 什	-12	-14	-16	-18	118	-2.7	63	2443
富 蕴	-36	-40	-42	-45	178	-12.6	73	5447
克拉玛依	-24	-28	-31	-33	146	-9.2	68	3971
吐 鲁 番	-15	-19	-21	-24	117	-5.0	50	2691
库 车	-15	-18	-20	-22	123	-3.6	56	2657
和 田	-10	13	-16	-18	112	-2.1	50	2251
台 北	11	9	8	7	0	—	—	—
香 港	10	8	7	6	0	—	—	—

注：I、II、III、IV型系指围护结构按热惰性指标 D 值划分的类型，见[6]页表 1。

围护结构夏季室外计算温度 表 1

地名	室外计算温度(℃)		
	平均值 $t_{e, \text{avg}}$	最高值 $t_{e, \text{max}}$	波幅值 Δt_e
北京	30.2	36.3	6.1
天津	30.4	35.4	5.0
石家庄	31.7	38.3	6.6
上海	31.2	36.1	4.9
南京	32.0	37.1	5.1
常州	32.3	36.4	4.1
徐州	31.5	36.7	5.2
东台	31.1	35.8	4.7
杭州	32.1	37.2	5.1
衢州	32.1	37.6	5.5
温州	30.5	35.7	5.4
合肥	32.3	36.8	4.5
芜湖	32.5	36.9	4.4
阜阳	32.1	37.1	5.0
福州	30.9	37.2	6.3
建阳	30.5	37.3	6.8
南平	30.8	37.4	6.6
永安	30.8	37.3	6.5
漳州	31.3	37.1	5.8
厦门	30.8	35.5	4.7
南平	32.9	37.8	4.9
赣州	32.2	37.8	5.6
九江	32.8	37.4	4.6
景德镇	31.6	37.2	5.6
济南	33.0	37.3	4.3
青岛	28.1	31.1	3.0
郑州	32.5	38.8	6.3
信阳	31.9	36.6	4.7
武汉	32.4	36.9	4.5
宜昌	32.0	38.2	6.2
黄石	33.0	37.9	4.9
长沙	32.7	37.9	5.2
芷江	30.4	36.3	5.9
衡阳	32.5	35.9	3.4
株洲	34.4	39.9	5.5
衡阳	32.8	38.3	5.5
广州	31.1	35.6	4.5
海口	30.7	36.3	5.6
汕头	30.6	35.2	4.6
韶关	31.5	36.3	4.8
肇庆	31.2	36.6	5.4
湛江	30.9	35.5	4.6
南宁	31.0	36.7	5.7
桂林	30.9	36.2	5.3
百色	31.8	37.6	5.8
梧州	30.9	37.0	6.1
柳州	32.9	38.8	5.9
桂平	32.4	37.5	5.1
成都	29.2	34.4	5.2
重庆	33.2	38.9	5.7
达县	33.2	38.6	5.4
南充	34.0	39.3	5.3
贵阳	26.9	32.7	5.8
铜仁	31.2	37.8	6.6
遵义	28.5	34.1	5.6
思南	31.4	36.8	5.4
昆明	23.3	29.3	6.0
元江	33.7	40.3	6.6
西安	32.3	38.4	6.1
汉中	29.5	35.8	6.3

 夏季太阳辐射照度(围护结构隔热计算用) (W/m^2)

表 2

地名	朝向	地方太阳时														日总量	昼夜平均
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
北京	S	30	65	116	245	352	423	447	423	352	245	116	65	30	2909	121.2	
	W(E)	30	65	95	118	136	147	151	364	543	662	697	629	441	4078	169.9	
	N	148	137	95	118	136	147	151	147	136	118	95	137	148	1731	71.4	
	H	139	336	543	730	878	972	1003	972	878	730	543	336	139	8199	341.9	
上海	S	18	50	79	134	217	273	291	273	217	134	79	50	18	1833	76.4	
	W(F)	18	50	79	102	119	130	133	336	505	615	640	538	353	3638	151.6	
	N	125	148	118	102	119	130	133	130	119	102	118	148	125	1617	67.4	
	H	88	276	487	681	836	933	967	933	836	681	487	276	88	7569	315.4	
南京	S	18	51	82	148	237	296	316	296	237	148	82	51	18	1980	82.5	
	W(E)	18	51	82	108	126	138	141	350	521	629	650	560	350	3724	155.1	
	N	124	146	117	108	126	138	141	138	126	108	117	146	124	1659	69.1	
	H	89	281	497	700	860	964	999	964	860	700	497	281	89	7781	324.2	
杭州	S	18	53	84	131	209	261	279	261	209	131	84	53	18	1791	74.6	
	W(E)	18	53	84	109	127	138	143	333	490	590	608	521	318	3532	147.2	
	N	116	147	127	109	127	138	143	138	127	109	127	147	116	1671	69.6	
	H	82	266	473	664	815	910	944	910	815	664	473	266	82	7364	306.8	
合肥	S	18	51	81	150	241	302	324	302	241	150	81	51	18	2010	83.8	
	W(E)	18	51	81	106	125	137	141	361	544	660	687	596	377	3884	161.8	
	N	133	153	119	106	125	137	141	137	125	106	119	153	133	1687	70.3	
	H	94	294	521	730	897	1004	1040	1004	897	730	521	294	94	8120	338.3	
福州	S	16	52	86	112	163	211	227	211	163	112	86	52	16	1507	62.8	
	W(E)	16	52	86	112	131	143	146	344	508	609	624	528	305	3604	150.2	
	N	113	162	159	131	131	143	146	143	131	131	159	162	113	1824	76.0	
	H	70	261	481	685	845	949	983	949	845	685	481	261	70	7565	315.2	
南昌	S	15	46	76	108	189	244	262	244	189	108	76	46	15	1618	67.4	
	W(E)	15	46	76	101	118	132	133	350	530	647	676	589	366	3779	157.4	
	N	131	161	138	101	118	130	133	130	118	101	138	161	131	1691	70.5	
	H	82	280	505	714	879	985	1021	985	879	714	505	280	82	7911	329.6	
郑州	S	20	53	83	172	261	319	340	319	261	172	83	53	20	2156	89.8	
	W(E)	20	53	83	109	126	138	141	333	491	590	609	528	338	3559	148.3	
	N	118	132	98	109	126	138	141	138	126	109	98	132	118	1583	66.0	
	H	95	275	475	661	808	902	935	902	808	661	475	275	95	7367	307.0	
武汉	S	17	47	76	125	207	261	280	261	207	125	76	47	17	1746	72.8	
	W(E)	17	47	76	100	117	127	131	332	501	609	633	551	345	3586	149.4	
	N	123	147	120	100	117	127	131	127	117	100	120	147	123	1599	66.6	
	H	83	269	480	675	829	928	961	928	829	675	480	269	83	7489	312.0	
长沙	S	16	48	79	106	184	236	254	236	184	106	79	48	16	1592	66.3	
	W(E)	16	48	79	104	123	134	138	345	518	629	651	561	341	3687	153.6	
	N	124	159	141	104	123	134	138	134	123	104	141	159	124	1708	71.2	
	H	77	272	493	697	860	964	1000	964	860	697	493	272	77	7726	321.9	
广州	S	15	53	89	118	138	175	189	175	138	118	89	53	15	1365	56.9	
	W(E)	15	53	89	118	138	151	154	341	494	586	591	487	265	3482	145.1	
	N	101	163	176	162	143	151	154	151	143	162	176	163	101	1946	81.1	
	H	58	244	462	664	824	926	962	926	824	664	462	244	58	7318	304.9	
南宁	S	17	60	98	129	150	182	196	182	150	129	98	60	17	1468	61.2	
	W(E)	17	60	98	129	150	162	166	352	502	591	594	483	255	3559	148.3	
	N	100	168	186	176	157	162	166	162	157	176	186	168	100	2064	86.0	
	H	60	251	473	678	838	942	976	942	838	678	473	251	60	7462	310.9	
重庆	S	16	47	79	119	200	252	270	252	200	119	79	47	16	1696	70.7	
	W(E)	16	47	79	104	122	133	138	340	509	617	640	555	345	3645	151.9	
	N	124	153	131	104	122	133	138	133	122	104	131	153	124	1672	69.7	
	H	81	270	487	686	844	945	980	945	844	686	487	270	81	7606	316.9	
西安	S	24	60	94	180	267	325	345	325	267	180	94	60	24	2245	93.5	
	W(E)	24	60	94	122	141	153	157	344	496	591	607	523	332	3644	151.8	
	N	119	139	111	122	141	153	157	153	141	122	111	139	119	1727	72.0	
	H	98	282	486	672	819	914	945	914	819	672	486	282	98	7487	312.0	

民用建筑冬季室内计算温度 表1

建筑类别和房间名称	室内计算温度(℃)	
	一般	上下范围
居住建筑		
宾馆的卧室和起居室	20	18~22
宾馆的餐厅和宴会厅	20	18~22
住宅的卧室和起居室	18	16~22
宿舍的居室和活动室	18	16~20
厕所、卫生间	16	14~20
盥洗室	18	16~20
浴室	25	21~26
厨房	10	5~15
门厅、走廊	16	14~18
楼梯间	14	12~16
医疗建筑		
成人病房	20	20~22
儿科病房	22	20~24
手术室和产房	25	22~26
待产室	22	20~24
诊查室、病人活动室	18	18~20
治疗室、放射科诊断室	20	18~22
候诊室	18	18~20
医生办公室、护士室	18	18~20
病人浴室和盥洗室	25	22~26
病人厕所	20	18~22
病人食堂	20	18~22
托儿所、幼儿园		
儿童活动室	18	18~20
寝室、乳儿室、喂奶室	18	18~20
医务保健室、隔离室	18	18~20
行政人员办公室	18	16~20
婴儿室	20	18~22
厕所、盥洗室	18	16~20
浴室	25	24~25
洗衣房	16	15~18
学 校		
教室	18	16~18
实验室	16	14~16
礼堂	16	14~18
体育馆	15	13~18
浴室、更衣室	24	22~25
厕所	16	14~18
教职员办公室	18	16~20
图书馆阅览室	18	16~18
书库、陈列室、报告厅	16	14~16
影剧院、歌舞厅		
观众厅、休息室	16	14~18
放映室	15	14~16
化妆室(芭蕾舞除外)	18	16~20
舞台(芭蕾舞除外)	18	16~20
歌舞厅	16	14~18
门厅	14	12~16
售票室	16	16~18
行政办公室	18	16~20
一般公共建筑		
办公室	18	16~22
厕所、洗手间	16	14~18
公共浴室	25	24~26
餐厅和食堂	18	16~20
小型汽车库	16	14~16

工业建筑冬季室内工作地点计算参数 表2

工作特征	工作能耗 (W/h)	工 种	工 作 地 点 计 算 参 数		
			温度(℃)	相对湿度(%)	风 速 (m/s)
轻 作 业	<140	仪表、机械加工、印刷等	不低于15	不作规定	当室内散热量 $\leq 23.0\text{W}/\text{m}^3$ 时,风速不宜大于 $0.3\text{m}/\text{s}$;当室内散热量 $> 23.0\text{W}/\text{m}^3$ 时,风速不宜大于 $0.5\text{m}/\text{s}$
中 作 业	140~220	木工、钣金工、焊接等	不低于12		
重 作 业	220~290	大型包装、人力运输等	不低于10		

注:①本表适用于集中采暖工业建筑。

②当占用面积在 $50\sim 100\text{m}^2/\text{人}$ 时,工作地点温度,轻作业可低至 10°C ;中作业可低至 7°C ;重作业可低至 5°C 。

工业建筑夏季室内工作地点温度 表3

夏季通风室外计算温度(℃)	≤ 22	23	24	25	26	27	28	29~32	≥ 33
允许温差(℃)	10	9	8	7	6	5	4	3	2
工作地点温度(℃)	≤ 32	32							32~35 ≥ 35

注:如受条件限制,在采取通风降温措施后仍不能达到本表要求时,允许温差可加大 $1\sim 2^\circ\text{C}$ 。

空调建筑冬季室内计算参数 表4

建筑类别	空调性质	冬 季 空 调			夏 季 空 调		
		温度(℃)	相对湿度(%)	风速(m/s)	温度(℃)	相对湿度(%)	风 速 (m/s)
民用建筑及工业辅助建筑	舒适性空调	18~22	40~60	不大于0.2	24~28	40~65	不大于0.3
工业建筑	工艺性空调	根据工艺和卫生要求确定		不宜大于0.3	根据工艺和卫生要求确定		当室温 $\leq 30^\circ\text{C}$ 时,宜 $0.3\sim 0.5$;室温 $> 30^\circ\text{C}$ 时,宜 > 0.5

工业辅助建筑冬季室内计算温度(℃) 表5

房 间 名 称	计算温度(℃)
办公室、会议室	16~18
技术资料室、晒图室	16
计算机房、复印机房	18
广播室、电话机房	18
礼堂、食堂	14~16
门厅、存衣室	14~16
托儿室、哺乳室	18~20
医务室	18~20
厕所、盥洗室	12~14
浴室	25
更衣室	23
妇女卫生室	23
工人取暖室	16~18
实验室	18

室内干湿程度分类 表7

分类	相对湿度 (%)	温 度 (℃)		
		≤ 12	13~24	> 24
干 燥	≤ 60	≤ 50	≤ 40	
正 常	61~75	51~60	41~50	
较 湿	> 75	61~75	51~60	
潮 湿	—	> 75	> 60	

室内空气与内表面之间的允许温差 $[\Delta t_i]$ (℃) 表6

建 筑 物 类 型	外 墙	屋顶和顶棚
居住建筑、医院和幼儿园等	6.0	4.0
办公建筑、学校和门诊部等	6.0	4.5
公共建筑(上述指名者除外)和工业辅助建筑(潮湿房间除外)	7.0	5.5
室内空气干燥的生产厂房	10.0	8.0
室内空气湿度正常的生产厂房	8.0	7.0
室内空气潮湿的公共建筑、生产厂房及辅助建筑物: 当不允许外墙和顶棚内表面结露时 当允许外墙内表面结露,不允许顶棚内表面结露时	$t_i - t_d$ 7.0	$0.8(t_i - t_d)$ $0.9(t_i - t_d)$
室内空气潮湿且具有腐蚀性介质的生产厂房	$t_i - t_d$	$t_i - t_d$
室内散热量大于 $23.0\text{W}/\text{m}^3$,且计算相对湿度不大于50%的生产厂房	12.0	12.0

注:①表中 t_i 、 t_d 分别为室内空气温度和露点温度。

②民用建筑和工业辅助建筑面向室外空气的楼板和采暖地下室上部的楼板,当有人长期停留时,取 $[\Delta t_i]=2.5^\circ\text{C}$;当无人长期停留时,取 $[\Delta t_i]=5.0^\circ\text{C}$ 。

③室内空气干湿程度分类见表7。

保温设计要点

一、采暖建筑的外墙、屋顶、接触室外空气的楼板、不采暖地下室上部的楼板和采暖楼梯间的隔墙等围护结构应进行保温验算,其传热阻应大于或等于所在地区要求的最小传热阻。

二、当有散热器、管道、壁龛等嵌入外墙时,该处外墙的传热阻应大于或等于所在地区要求的最小传热阻。

三、外墙和屋顶中的接缝、混凝土或金属嵌入体构成的热桥部位应进行保温验算,并作适当的保温处理。

四、窗墙面积比、窗户保温性和气密性应符合规定要求。

五、严寒地区采暖建筑底层地面,在外墙内侧0.5~1.0m范围内应铺设保温层,其热阻不应小于外墙的热阻。

最小传热阻的计算

围护结构的最小传热阻应按下列公式计算:

$$R_{0,\min} = \frac{(t_i - t_e)n}{[\Delta t]} R_i$$

式中: t_i —冬季室内计算温度(℃);

t_e —冬季室外计算温度(℃),见[3]页表1,表中围护结构的四种类型是按其热惰性指标 D 值划分的(表1);

n —室内外温差修正系数(表2);

R_i —内表面换热阻($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$),见[7]页表4;

$[\Delta t]$ —室内空气与内表面之间的允许温差(℃),见[5]页表6

围护结构类型

表1

类 型	I 型 (重 型)	II 型 (中 型)	III 型 (轻 型)	IV 型 (超轻型)
热惰性指标 D 值	> 6.0	$4.1 \sim 6.0$	$1.6 \sim 4.0$	< 1.6

室内外温差修正系数 n 值

表2

围 护 结 构 及 其 所 处 情 况	n 值
外墙、平屋顶,以及与室外空气接触的楼板等	1.00
带通风间层的平屋顶、坡屋顶顶棚,以及与室外空气相通的不采暖地下室上部的楼板等	0.90
与有外门窗的不采暖楼梯间相邻的隔墙: 1~6 层建筑	0.60
7~30 层建筑	0.50
不采暖地下室上部的楼板: 当外墙有窗户时	0.75
当外墙无窗户且位于室外地坪以上时	0.60
当外墙无窗户且位于室外地坪以下时	0.40
与有外门窗的不采暖房间相邻的隔墙	0.70
与无外门窗的不采暖房间相邻的隔墙	0.40
伸缩缝、沉降缝墙	0.30
抗震缝墙	0.70

围护结构保温措施

一、提高热阻值

- 1 采用轻质高效保温材料与砖、石、混凝土或钢筋混凝土、金属、玻璃等重质材料组成复合结构。
- 2 采用密度为 $500 \sim 800 \text{ kg/m}^3$ 的轻混凝土和密度为 $800 \sim 1200 \text{ kg/m}^3$ 的轻骨料混凝土作为单一材料墙体。
- 3 采用多孔粘土空心砖或多排孔轻骨料混凝土空心砌块墙体。
- 4 采用封闭空气间层或带有铝箔的空气间层。
- 5 构造设计上应避免围护结构内部,特别是保温层冷凝受潮。

二、提高热稳定性

- 1 采用复合结构时,内侧和外侧宜布置砖、石、混凝土或钢筋混凝土等重质材料,中间布置轻质保温材料,内侧重质材料厚度宜在 100 mm 以上。
- 2 采用加气混凝土等轻混凝土单一材料墙体时,内侧和外侧宜做水泥砂浆抹面或其他重质材料面层。

最小传热阻的附加值

当居住建筑、医院、幼儿园、办公楼、学校和门诊部等公共建筑的外墙采用轻质材料或内侧复合轻质材料时,外墙的最小传热阻应按表3附加。

轻质外墙最小传热阻的附加值(%)

表3

外 墙 材 料 与 构 造	当建筑物处在连续供热热网中时	当建筑物处在间歇供热热网中时
密度为 $800 \sim 1200 \text{ kg/m}^3$ 的轻骨料混凝土(如陶粒混凝土等)单一材料墙体	15~20	30~40
密度为 $500 \sim 800 \text{ kg/m}^3$ 的轻混凝土(如加气混凝土等)单一材料墙体;外侧为砖或混凝土,内侧复合轻混凝土的墙体	20~30	40~60
平均密度小于 500 kg/m^3 的轻质复合墙体;外侧为砖或混凝土,内侧复合轻质材料(如岩棉、玻璃棉、石膏板等)墙体	30~40	60~80

计算举例

试求北京地区住宅建筑粘土砖、岩棉板内保温复合外墙的最小传热阻和岩棉板保温层厚度。各层材料的计算参数见下表。表中岩棉板的 λ 和 S 值已考虑石膏龙骨的影响。

层 次	材 料	厚 度 δ	密 度 ρ	导热系数 λ	蓄热系数 S	热 阻 R	热惰性 指标 D
1	石膏板	0.012	1050	0.33	5.28	0.04	0.21
2	岩棉板	δ_2	100	0.054	0.90	R_2	D_2
3	空气层	0.02	—	0.125	0	0.16	0
4	砖 墙	0.24	1800	0.81	10.63	0.30	3.19

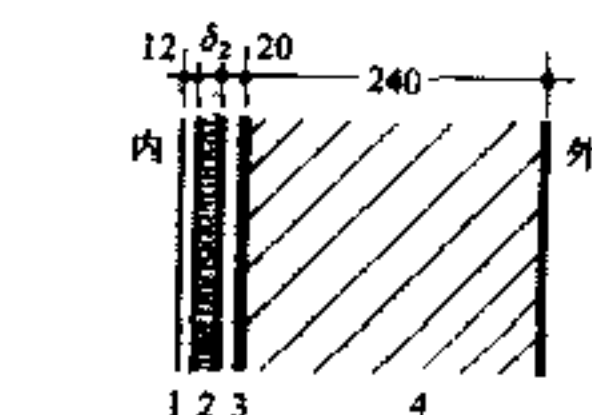
假定外墙为III型,北京地区室外计算温度 $t_e = -14^\circ\text{C}$ (见[3]页表1)

$$R_{0,\min} = \frac{(t_i - t_e)n}{[\Delta t]} R_i = \frac{(18 + 14)1}{6.0} 0.11 = 0.59$$

因内侧复合轻质材料,最小传热阻应按表3附加。当建筑物处在连续供热热网中时,附加值取40%。

$$\begin{aligned} R_{0,\min} &= 0.59 \times 1.4 = 0.83 \\ R_0 &= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \\ &= 0.04 + 0.04 + \delta_2 / 0.054 \\ &\quad + 0.16 + 0.30 + 0.11 = 0.83 \\ \delta_2 &= 0.009 \end{aligned}$$

岩棉板厚度可取 0.01 m 。



当建筑物处在间歇供热热网中时,附加值取80%。

$$\begin{aligned} R_{0,\min} &= 0.59 \times 1.8 = 1.06 \\ R_0 &= 0.04 + 0.04 + \delta_2 / 0.054 \\ &\quad + 0.16 + 0.30 + 0.11 \\ &= 1.06 \\ \delta_2 &= 0.022 \end{aligned}$$

岩棉板厚度可取 0.02 m 。

传热阻、热阻和热惰性指标的计算

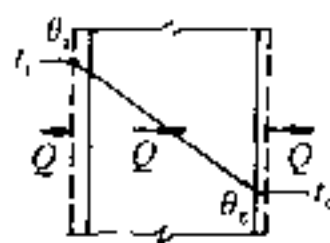
围护结构传热阻

$$R_0 = R_1 + R + R_2 = \frac{1}{\alpha_1} + R + \frac{1}{\alpha_2}$$

式中: R_1 、 α_1 内表面换热阻和换热系数(表4);

R_2 、 α_2 外表面换热阻和换热系数(表5);

R 围护结构热阻。



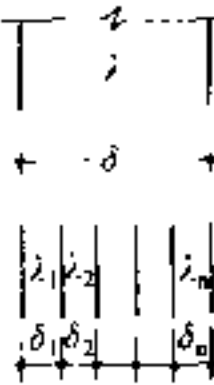
围护结构热阻:

单层结构: $R = \frac{\delta}{\lambda}$

多层结构: $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}$

式中: δ — 材料层厚度;

λ — 材料导热系数, 按[18]页表1及[19]页表1规定采用。



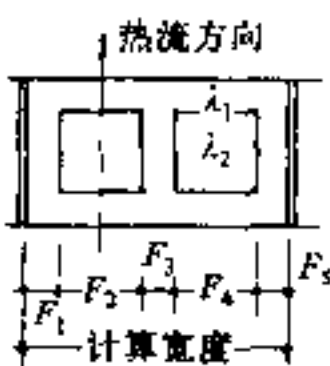
由两种以上材料组成的双向非均质结构(包括各种形式的空心砌块、填充保温材料的墙体等,但不包括粘土空心砖),其平均热阻:

$$\bar{R} = \left[\frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{\frac{F_1}{R_{01}} + \frac{F_2}{R_{02}} + \dots + \frac{F_n}{R_{0n}}} \right] - (R_1 + R_2)$$

式中: $F_1, F_2, \dots, F_n$ — 按平行于热流方向划分的传热面积;

$R_{01}, R_{02}, \dots, R_{0n}$ — 各个传热面积部位的热阻;

φ — 修正系数, 按表3采用。



空气间层热阻:

不带铝箔、单面贴铝箔和双面贴铝箔的封闭空气间层的热阻按表6采用;通风空气间层的热阻可不予考虑。

围护结构热惰性指标

单层结构: $D = RS$

多层结构: $D = D_1 + D_2 + \dots + D_n = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_n S_n$

式中: $R_1, R_2, \dots, R_n$ — 各层材料的热阻;

$S_1, S_2, \dots, S_n$ — 各层材料的蓄热系数, 空气间层取 $S = 0$ 。

某层有两种以上材料构成时, 先按下式求该层平均导热系数:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2 + \dots + \lambda_n F_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}$$

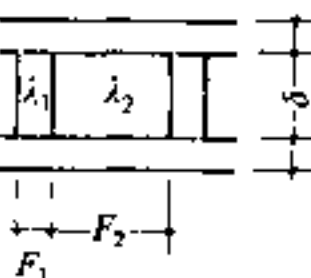
该层平均热阻:

$$R = \frac{\delta}{\bar{\lambda}}, \text{ 式中: } \delta \text{ — 该层厚度。}$$

该层平均蓄热系数:

$$S = \frac{S_1 F_1 + S_2 F_2 + \dots + S_n F_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}$$

第2层由两种材料组成



内表面和内部温度的计算

围护结构内表面温度:

$$\theta_1 = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{R_0} R_1$$

围护结构内部第 m 层内表面温度:

$$\theta_m = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{R_0} (R_1 + R_{1-m})$$

式中: t_1, t_2 — 室内和室外计算温度;

R_0, R_1 — 围护结构传热阻和内表面换热阻;

R_{1-m} — 第1~ m 层热阻之和。

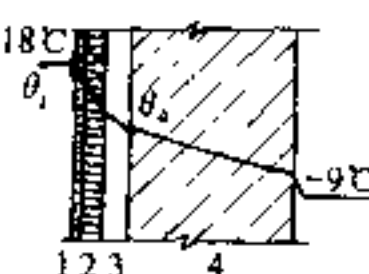
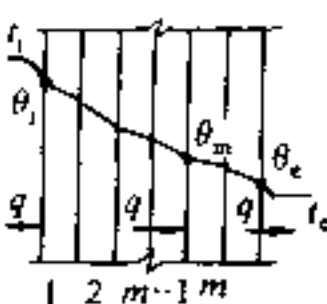
例: 试求粘土砖、岩棉板复合墙体在北京地区采暖室外计算温度条件下的内表面温度和砖墙内表面温度。已知该墙体的传热阻 $R_0 = 1.02$, 石膏板 $R_1 = 0.04$, 岩棉板 $R_2 = 0.37$, 空气层 $R_3 = 0.16$, 砖墙 $R_4 = 0.30$, $t_1 = 18^\circ\text{C}$, $t_2 = -9^\circ\text{C}$ 。

墙体内表面温度:

$$\theta_1 = 18 - \frac{18 - (-9)}{1.02} \cdot 0.11 = 15.1^\circ\text{C}$$

砖墙内表面温度:

$$\theta_4 = 18 - \frac{18 - (-9)}{1.02} \cdot (0.11 + 0.04 + 0.37 + 0.16) = 0^\circ\text{C}$$



热桥部位内表面温度的计算

右图所列5种热桥内表面温度:

$$\theta_1 = t_1 - \frac{R_0 + \eta(R_0 - R_1)}{R_1 R_0} R_1 (t_1 - t_2)$$

式中: t_1, t_2 — 室内和室外计算温度 (t_2 取1型计算温度);

R_0, R_1 — 总热桥部位和热桥部位传热阻;

R_1 — 内表面换热阻; η — 修正系数(表1、表2)。

修正系数 η 值

表1

热桥形式	α/δ								
	0.02	0.06	0.10	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.50
(1)	0.12	0.24	0.38	0.55	0.74	0.83	0.87	0.90	0.95
(2)	0.07	0.15	0.26	0.42	0.62	0.73	0.81	0.85	0.94
(3)	0.25	0.50	0.96	1.26	1.27	1.21	1.16	1.10	1.00
(4)	0.04	0.10	0.17	0.32	0.50	0.62	0.71	0.77	0.89

注: $\alpha/\delta > 1.5$, 热桥部位内表面温度按下式计算:

$$\theta_1 = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{R_0} R_1$$

修正系数 η 值

表2

热桥形式	δ/δ	α/δ							
		0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18
(5)	0.50	0.011	0.025	0.044	0.071	0.102	0.136	0.170	0.205
	0.25	0.006	0.014	0.025	0.040	0.054	0.074	0.092	0.112

注: α/δ 的中间值可用内插法确定。

修正系数 φ 值

表3 内表面换热系数(α_i)和换热阻 R_i 值 表4

$\frac{\lambda_2/\lambda_1 \text{ 或 } \lambda_2/\lambda_3}{\lambda_1}$	φ	表面特征	α_i ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)	R_i ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
0.09~0.19	0.86	墙、地面、表面平整或有肋状突出物的顶棚, $h/s \leq 0.3$	8.7	0.11
0.20~0.39	0.93	有肋状突出物顶棚, $h/s > 0.3$	7.6	0.13
0.40~0.69	0.96			
0.70~0.99	0.98			

注: 表中 h 为肋高, s 为肋间净距。

外表面换热系数 α_2 和换热阻 R_2 值

表5

适用季节	表面状况	α_2 ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)	R_2 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
冬季	外墙、屋顶以及与室外空气接触的表面	23	0.04
	与室外空气相通的不采暖地下室上部楼板	17	0.06
	闷顶和外墙有窗的不采暖地下室上部楼板	12	0.08
	外墙无窗的不采暖地下室上部楼板	6	0.17
夏季	外墙和屋顶	19	0.05

空气间层热阻值($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)

表6

位置、热流状况及材料特征	冬季状况						夏季状况					
	间层厚度(mm)						间层厚度(mm)					
	5	10	20	30	40	50 以上	5	10	20	30	40	50 以上
一般空气间层												
热流向下(水平、倾斜)	0.10	0.14	0.17	0.18	0.19	0.20	0.09	0.12	0.15	0.16	0.16	0.15
热流向上(水平、倾斜)	0.10	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17	0.09	0.11	0.13	0.13	0.13	0.13
垂直空气间层	0.10	0.14	0.16	0.17	0.18	0.18	0.09	0.12	0.14	0.14	0.15	0.15
单面铝箔空气间层												
热流向下(水平、倾斜)	0.16	0.28	0.43	0.51	0.57	0.60	0.15	0.25	0.37	0.44	0.48	0.52
热流向上(水平、倾斜)	0.16	0.26	0.35	0.40	0.42	0.43	0.14	0.20	0.28	0.29	0.30	0.28
垂直空气间层	0.16	0.26	0.39	0.44	0.47	0.49	0.15	0.22	0.31	0.34	0.36	0.37
双面铝箔空气间层												
热流向下(水平、倾斜)	0.18	0.34	0.56	0.71	0.84	0.94	0.16	0.30	0.49	0.63	0.73	0.81
热流向上(水平、倾斜)	0.17	0.29	0.45	0.52	0.55	0.56	0.15	0.25	0.34	0.37	0.38	0.35
垂直空气间层	0.18	0.31	0.49	0.59	0.65	0.69	0.15	0.27	0.39	0.46	0.49	0.50

门窗

窗户的传热系数和传热阻

表 1

窗框材料	窗 户 类 型	空气层厚度(mm)	窗框窗洞面 积比(%)	传热系数 K ($W/m^2 \cdot K$)	传热阻 R_0 ($m^2 \cdot K/W$)
钢、铝	单 层 窗	—	20~30	6.4	0.16
	单框双玻窗	12	20~30	3.9	0.26
		16	20~30	3.7	0.27
		20~30	20~30	3.6	0.28
	双 层 窗	100~140	20~30	3.0	0.33
木、塑料	单 层 窗	—	30~40	4.7	0.21
	单框双玻窗	12	30~40	2.7	0.37
		16	30~40	2.6	0.38
		20~30	30~40	2.5	0.40
	双 层 窗	100~140	30~40	2.3	0.43
	单 层 窗 + 单框双玻窗	100~140	30~40	2.0	0.50

注: ①窗户的传热系数应按经国家计量认证的质检机构提供的测定值采用; 如无上述机构提供的测定值, 则可按表中值采用。

②本表中的窗户包括阳台门上部带玻璃部分。阳台门下部不透明部分的传热系数, 如下部不作保温处理, 可按表中值采用; 如作保温处理, 可按计算值采用。

门的传热系数和传热阻

表 2

门框材料	门 的 类 型	传热系数 $K(W/m^2 \cdot K)$	传热阻 $R_0(m^2 \cdot K/W)$
木、塑料	单 层 实 体 门	3.5	0.29
	夹板门和蜂窝夹芯门	2.5	0.40
	双层玻璃门 (玻璃比例不限)	2.5	0.40
	单层玻璃门 (玻璃比例 < 30%)	4.5	0.22
	单层玻璃门 (玻璃比例 30%~60%)	5.0	0.20
金 属	单 层 实 体 门	6.5	0.15
	单层玻璃门 (玻璃比例不限)	6.5	0.15
	单框双玻门 (玻璃比例 < 30%)	5.0	0.20
	单框双玻门 (玻璃比例 30%~70%)	4.5	0.22
无 框	单 层 玻 璃 门	6.5	0.15

居住和公共建筑对窗户传热系数的要求

表 3

地 区	朝 向	保温性能等级	传热系数 $K(W/m^2 \cdot K)$
严寒地区	各向窗户	不低于 II 级	< 3.0
寒冷地区	各向窗户	不低于 V 级	< 6.4
	北 向	宜 IV 级	< 5.0

居住建筑窗墙面积比的要求

表 4

窗 户 朝 向	窗 墙 面 积 比
北	< 0.20 (适用于单层窗和双层窗)
东、西	< 0.25 (适用于单层窗); < 0.30 (适用于双层窗)
南	< 0.35 (适用于单层窗和双层窗)

地面

地面热工性能分类

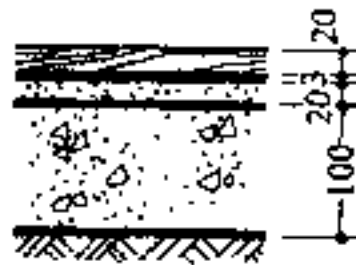
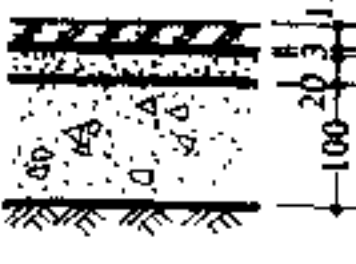
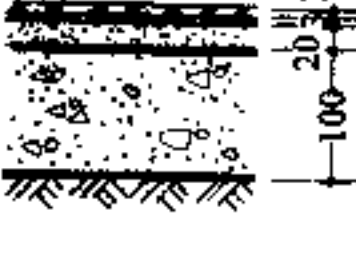
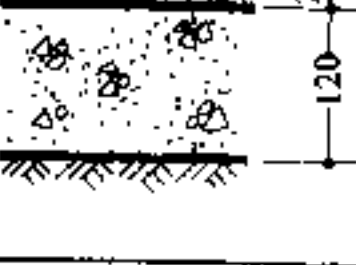
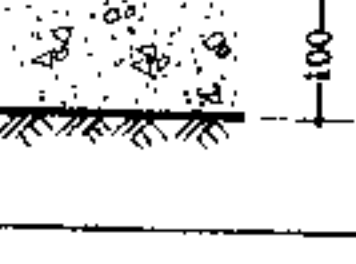
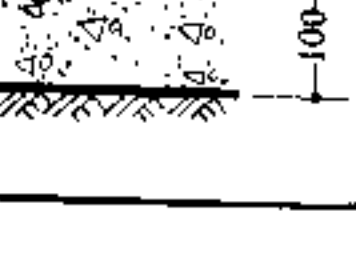
表 5

类 别	吸热指数 B 值 ($W/m^2 \cdot h^{1/2} \cdot K$)	适 用 的 建 筑 类 型
I	< 17	高级居住建筑, 托幼、医疗建筑等
II	17~23	一般居住建筑, 办公、学校建筑等
III	> 23	临时逗留及室温高于 23℃ 的采暖房间

注: 表中 B 值是反映地面从人体脚部吸收热量多少和速度的一个指数。厚度为 3~4mm 的面层材料的热渗透系数的 B 值的影响最大。热渗透系数 $b = \sqrt{\lambda C \rho}$, 故面层宜选择密度、比热容和导热系数小的材料较为有利。

几种地面吸热指数 B 值及热工性能类别

表 6

名 称	地 面 构 造	B 值	热工性能 类 别
硬木地面	 1. 硬木地板 2. 粘贴层 3. 水泥砂浆 4. 素混凝土	9.1	I
厚 层 塑料地面	 1. 聚乙烯地板 2. 粘贴层 3. 水泥砂浆 4. 素混凝土	8.6	I
薄 层 塑料地面	 1. 聚乙烯地板 2. 粘贴层 3. 水泥砂浆 4. 素混凝土	18.2	II
轻骨料混 凝土垫层 水泥砂浆 地 面	 1. 水泥砂浆地面 2. 轻骨料混凝土 ($\rho_0 < 1500$) 3. 素混凝土	20.5	II
水泥砂浆 地 面	 1. 水泥砂浆地面 2. 素混凝土	23.3	III
水磨石 地 面	 1. 水磨石地面 2. 水泥砂浆 3. 素混凝土	24.3	III

采暖建筑围护结构防潮设计要点

- 一、在满足使用或工艺要求前提下, 尽量降低室内湿度。散湿量较大的房间, 应有良好的通风换气设施。
- 二、围护结构构造设计应遵循水蒸汽“进难出易”的原则。采用多层结构时, 水蒸汽渗透阻较大的密实材料层应布置在内侧, 水蒸汽渗透阻较小的材料层应布置在外侧。
- 三、在温湿度正常的房间中, 内外表面有抹灰层的单一墙体, 保温层外侧无密实结构层或保护层的多层墙体, 以及保温层外侧有通风间层的墙体和屋顶, 一般不需设置隔汽层。
- 四、外侧有密实结构层、保护层或防水层的多层结构, 如经验算必须设置隔汽层, 则应严格控制保温层的施工湿度, 尽量采用保温块材, 避免湿法施工和雨天施工, 并保证隔汽层的施工质量。
- 五、外侧有卷材或其他密闭防水层, 内侧为钢筋混凝土屋面板的平屋顶结构, 如经验算不需设置隔汽层, 则应确保屋面板及其接缝的密实性, 达到所需的水蒸汽渗透阻。
- 六、卷材防水屋面, 应设置与室外空气相通的排湿装置。
- 七、潮湿房间围护结构保温层外侧宜设置排湿通风间层。

围护结构内部冷凝的判别

- 1 内部冷凝条件: 内部某处的水蒸汽分压力 P_m 大于该处的饱和水蒸汽分压力 P_s 。

2. 判别方法:

- (1) 求各界面的温度 θ_m (见[7]页), 并作分布线。
- (2) 求与这些界面温度相应的饱和水蒸汽分压力 P_s , 并作分布线。
- (3) 求各界面上实际的水蒸汽分压力 P_m , 并作分布线。

$$P_m = P_i - \frac{P_i - P_e}{H_0} (H_1 + H_2 + \dots + H_{m-1})$$

式中: P_i 、 P_e ——内表面和外表面水蒸汽分压力, 取室内和室外空气的水蒸汽分压力;

H_1 、 H_2 、 $\dots$ 、 H_{m-1} ——各层的水蒸汽渗透阻;

H_0 ——结构的总水蒸汽渗透阻。

材料层的水蒸汽渗透阻:

$$H = \frac{\delta}{\mu}$$

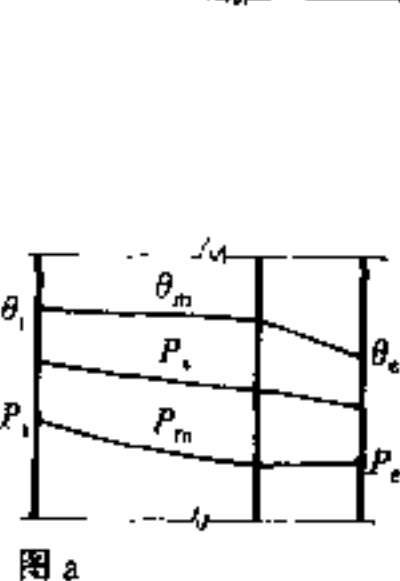
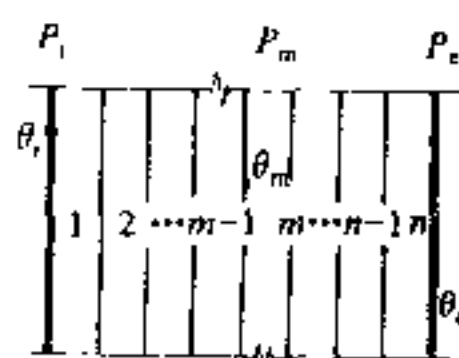
多层结构的总水蒸汽渗透阻:

$$H_0 = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\mu_n}$$

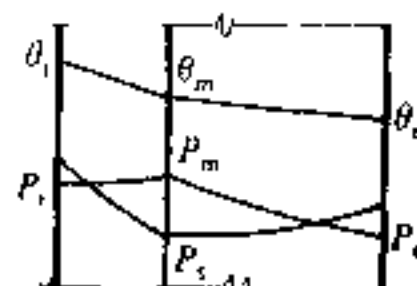
式中: δ ——材料层厚度;

μ ——材料的蒸汽渗透系数 ([18]页)。

- (4) 若 P_m 线与 P_s 线不相交 (图a), 则内部不会出现冷凝; 若两线相交 (图b), 则内部可能出现冷凝。



图a



图b

内部冷凝量的计算

若经判别内部可能出现冷凝, 则每 m^2 小时冷凝量:

$$W = \frac{P_i - P_{s,c}}{H_{0,i}} - \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{0,e}}$$

式中: P_i 、 P_e ——室内和室外水蒸汽分压力;

$P_{s,c}$ ——冷凝界面温度下的饱和水蒸汽分压力;

$H_{0,i}$ ——内表面至冷凝界面的水蒸汽渗透阻;

$H_{0,e}$ ——外表面至冷凝界面的水蒸汽渗透阻。

冷凝界面温度:

$$\theta_c = t_i - \frac{t_i - \bar{t}_e}{R_0} (R_i + R_{0,i})$$

式中: t_i ——室内计算温度;

$\bar{t}_e$ ——采暖期室外平均温度 (见[3]页);

R_0 ——围护结构传热阻;

R_i ——内表面换热阻;

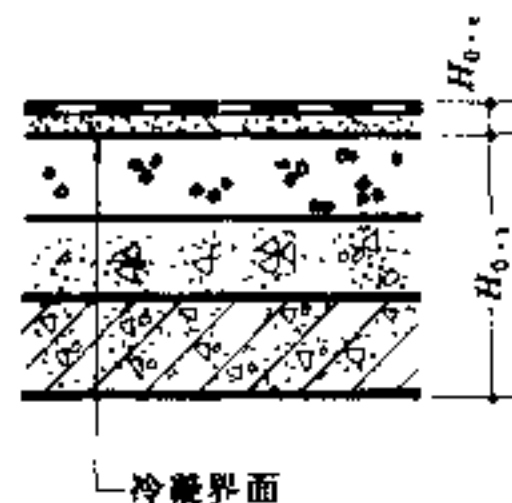
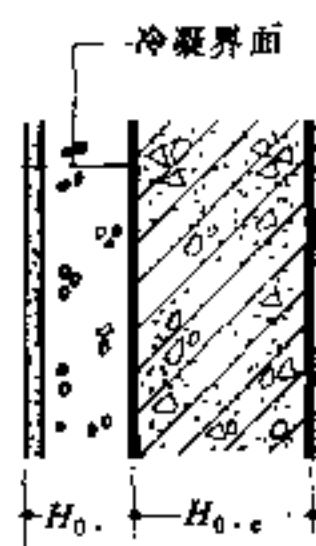
$R_{0,i}$ ——内表面至冷凝界面的热阻。

每 m^2 采暖期冷凝量:

$$W = 24Zw$$

式中: Z ——采暖期天数 (见[3]页);

w ——每 m^2 小时冷凝量。



冷凝界面内侧所需水蒸汽渗透阻的计算

为保证采暖期内围护结构内部保温材料因冷凝受潮而使其重量湿度的增量不超过允许值, 冷凝界面内侧所需的水蒸汽渗透阻:

$$H_{0,i} = \frac{P_i - P_{s,c}}{\frac{10\rho_0\delta_1[\Delta w]}{24Z} + \frac{P_{s,c} - P_e}{H_{0,e}}}$$

式中: $[\Delta w]$ ——采暖期内保温材料重量湿度允许增量 (见表1);

ρ_0 ——保温材料干密度;

δ_1 ——保温材料厚度;

Z ——采暖期天数 (见[3]页)。

当冷凝界面内侧实际具有的水蒸汽渗透阻小于所需值时, 应设置隔汽层或其他构造措施, 以提高内侧的隔汽能力。

采暖期内保温材料重量湿度允许增量 $[\Delta w]$

表1

保温材料名称	$[\Delta w](\%)$
多孔混凝土 (包括泡沫混凝土、加气混凝土等), $\rho_0 = 500 \sim 700 \text{ kg/m}^3$	4
水泥膨胀珍珠岩、水泥膨胀蛭石等, $\rho_0 = 300 \sim 500 \text{ kg/m}^3$	6
沥青膨胀珍珠岩、沥青膨胀蛭石等, $\rho_0 = 300 \sim 400 \text{ kg/m}^3$	7
水泥纤维板	5
矿棉、岩棉、玻璃棉及其制品 (毡或板)	3
聚苯乙烯泡沫塑料	15
矿渣和炉渣填料	2

标准大气压不同温度下的饱和水蒸汽分压力 P_s 值(Pa)

温度自 0℃ 至 -40℃ (与冰面接触)

表 1

$t(^\circ\text{C})$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
-0	610.6	605.3	601.3	595.9	590.6	586.6	581.3	576.0	572.0	566.6
-1	562.6	557.3	553.3	548.0	544.0	540.0	534.6	530.6	526.6	521.3
-2	517.3	513.3	509.3	504.0	500.0	496.0	492.0	488.0	484.0	480.0
-3	476.0	472.0	468.0	464.0	460.0	456.0	452.0	448.0	445.3	441.3
-4	437.3	433.3	429.3	426.6	422.6	418.6	416.0	412.0	408.0	405.3
-5	401.3	398.6	394.6	392.0	388.0	385.3	381.3	378.6	374.6	372.0
-6	368.0	365.3	362.8	358.6	356.0	353.3	349.3	346.6	344.0	341.3
-7	337.3	334.6	332.0	329.3	326.6	324.0	321.3	318.6	314.7	312.0
-8	309.3	306.6	304.0	301.3	298.6	296.0	293.3	292.0	289.3	286.6
-9	284.0	281.3	278.6	276.0	273.3	272.0	269.3	266.6	264.0	262.6
-10	260.0	257.3	254.6	253.3	250.6	248.0	246.6	244.0	241.3	240.0
-11	237.3	236.0	233.3	232.0	229.3	226.6	225.3	222.6	221.3	218.6
-12	217.3	216.0	213.3	212.0	209.3	208.0	205.3	204.0	202.6	200.0
-13	198.6	197.3	194.7	193.3	192.0	189.3	188.0	186.7	184.0	182.7
-14	181.3	180.0	177.3	176.0	174.7	173.3	172.0	169.3	168.0	166.7
-15	165.3	164.0	162.7	161.3	160.0	157.3	156.0	154.7	153.3	152.0
-16	150.7	149.3	148.0	146.7	145.3	144.0	142.7	141.3	140.0	138.7
-17	137.3	136.0	134.7	133.3	132.0	130.7	129.3	128.0	126.7	126.0
-18	125.3	124.0	122.7	121.3	120.0	118.7	117.3	116.6	116.0	114.7
-19	113.3	112.0	111.3	110.7	109.3	108.7	106.7	106.0	105.3	104.0
-20	102.7	102.0	101.3	100.0	99.3	98.7	97.3	96.0	95.3	94.7
-21	93.3	93.3	92.0	90.7	90.7	89.3	88.0	88.0	86.7	85.3
-22	85.3	84.0	84.0	82.7	81.3	81.3	80.0	80.0	78.7	77.3
-23	77.3	76.0	76.0	74.7	74.7	73.3	73.3	72.0	70.7	70.7
-24	70.7	69.3	68.0	68.0	66.7	66.7	65.3	65.3	64.0	64.0
-25	62.7	62.7	61.3	61.3	61.3	60.0	60.0	58.7	58.7	57.3
-26	57.3	57.3	56.0	56.0	54.7	53.3	53.3	53.3	53.3	52.0
-27	52.0	50.7	50.7	50.7	49.3	49.3	48.0	48.0	48.0	46.7
-28	46.7	46.7	45.3	45.3	45.3	44.0	44.0	44.0	42.7	42.7
-29	42.7	41.3	41.3	41.3	40.0	40.0	40.0	38.7	38.7	38.7
-30	37.3	37.3	37.3	37.3	36.0	36.0	36.0	34.7	34.7	34.7
-31	34.7	33.3	33.3	33.3	33.3	32.0	32.0	32.0	32.0	30.7
-32	30.7	30.7	30.7	29.3	29.3	29.3	29.3	28.0	28.0	28.0
-33	28.0	28.0	26.7	26.7	26.7	26.7	25.3	25.3	25.3	25.3
-34	25.3	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	22.7	22.7	22.7	22.7
-35	22.7	22.7	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	20.2	20.2	20.2
-36	20.0	20.0	20.0	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7
-37	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	16.0	16.0	16.0
-38	16.0	16.0	16.0	16.0	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
-39	14.7	14.7	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
-40	13.3	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

温度自 0℃ 至 40℃ (与水面接触)

表 2

$t(^\circ\text{C})$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	610.6	615.9	619.9	623.9	629.3	633.3	638.6	642.6	647.9	651.9
1	657.3	661.3	666.6	670.6	675.9	681.3	685.3	690.6	695.9	699.9
2	705.3	710.6	715.9	721.3	726.6	730.6	735.9	741.3	746.6	751.9
3	757.3	762.6	767.9	773.3	779.9	785.3	790.6	791.9	801.3	807.9
4	813.3	818.6	823.9	830.6	835.9	842.6	847.9	853.3	859.9	866.6
5	871.9	878.6	883.9	890.6	897.3	902.6	909.3	915.9	921.3	927.9
6	934.6	941.3	947.9	954.6	961.3	967.9	974.6	981.2	987.9	994.6
7	1001.2	1007.9	1014.9	1022.6	1029.2	1035.9	1043.9	1050.6	1057.2	1065.2
8	1071.9	1079.9	1086.6	1094.6	1101.2	1109.2	1117.2	1123.9	1131.9	1139.9
9	1147.9	1155.9	1162.6	1170.6	1178.6	1186.6	1194.6	1202.6	1210.6	1218.6
10	1227.9	1235.9	1243.9	1251.9	1259.9	1269.2	1277.2	1286.6	1294.6	1303.9
11	1311.9	1321.2	1329.2	1338.6	1347.9	1355.9	1365.2	1374.5	1383.9	1393.2
12	1401.2	1410.5	1419.9	1429.2	1438.5	1449.2	1458.5	1467.9	1477.2	1486.5
13	1497.2	1506.5	1517.2	1526.5	1537.2	1546.5	1557.2	1566.5	1577.2	1587.9
14	1597.2	1607.9	1618.5	1629.2	1639.9	1650.5	1661.2	1671.9	1682.5	1693.2
15	1703.9	1715.9	1726.5	1737.2	1749.2	1759.9	1771.8	1782.5	1794.5	1805.2
16	1817.2	1829.2	1841.2	1851.8	1863.8	1875.8	1887.8	1899.8	1911.8	1925.2
17	1937.2	1949.2	1961.2	1974.5	1986.5	1998.5	2011.8	2023.8	2037.2	2050.5
18	2062.5	2075.8	2089.2	2102.5	2115.8	2129.2	2142.5	2155.8	2169.1	2182.5
19	2195.8	2210.5	2223.8	2238.5	2251.8	2266.5	2279.8	2294.5	2309.1	2322.5
20	2337.1	2351.8	2366.5	2381.1	2395.8	2410.5	2425.1	2441.1	2455.8	2470.5
21	2486.5	2501.1	2517.1	2531.8	2547.8	2563.8	2579.8	2594.4	2610.4	2626.4
22	2642.4	2659.8	2675.8	2691.8	2707.8	2725.1	2741.1	2758.4	2774.4	2791.8
23	2809.1	2825.1	2842.4	2859.8	2877.1	2894.4	2911.8	2930.4	2947.7	2965.1
24	2983.7	3001.1	3019.7	3037.1	3055.7	3074.4	3091.7	3110.4	3129.1	3147.7
25	3167.7	3186.4	3205.1	3223.7	3243.7	3262.4	3282.4	3301.1	3321.1	3341.0
26	3361.0	3381.0	3401.0	3421.0	3441.0	3461.0	3482.4	3502.4	3523.7	3543.7
27	3565.0	3586.4	3607.7	3627.7	3649.0	3670.4	3693.0	3714.4	3735.7	3757.0
28	3779.7	3802.3	3823.7	3846.3	3869.0	3891.7	3914.3	3937.0	3959.7	3982.3
29	4005.0	4029.0	4051.7	4075.7	4099.7	4122.3	4146.3	4170.3	4194.3	4218.3
30	4243.6	4267.6	4291.6	4317.0	4341.0	4366.3	4391.7	4417.0	4442.3	4467.6
31	4493.0	4518.3	4543.7	4570.3	4595.6	4622.3	4648.9	4675.6	4702.3	4728.9
32	4755.6	4782.3	4808.9	4836.9	4863.6	4891.6	4918.2	4946.2	4974.2	5002.2
33	5030.2	5059.6	5087.6	5115.6	5144.9	5174.2	5202.2	5231.6	5260.9	5290.2
34	5319.5	5350.2	5379.5	5410.2	5439.5	5470.2	5500.9	5531.5	5562.2	5592.9
35	5623.5	5655.5	5686.2	5718.2	5748.8	5780.8	5812.8	5844.8	5876.8	5910.2
36	5942.2	5975.5	6007.5	6040.8	6074.2	6107.5	6140.8	6174.1	6208.8	6242.1
37	6276.8	6310.1	6344.8	6379.5	6414.1	6448.8	6484.8	6519.4	6555.4	6590.1
38	6626.1	6662.1	6698.1	6734.1	6771.4	6807.4	6844.8	6882.1	6918.1	6955.4
39	6999.1	7031.4	7068.7	7107.4	7144.7	7183.4	7222.1	7260.7	7299.4	7338.0
40	7378.0	7416.7	7456.7	7496.7	7536.7	7576.7	7616.7	7658.0	7698.0	7739.3

内部冷凝受潮验算举例

试验算北京地区住宅建筑加气混凝土内保温墙体在采暖期内保温层的受潮情况

表 3

各层材料名称	$\delta(\text{m})$	$\lambda(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$	$R(\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W})$	$\mu(\text{g}/\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$	$H(\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}/\text{g})$
1. 石灰砂浆 $\rho_0=1600$	0.02	0.81	0.02	0.000044	451.5
2. 加气混凝土 $\rho_0=500$	0.125	0.24	0.52	0.000111	1126.1
3. 混凝土 $\rho_0=2300$	0.20	1.51	0.13	0.000017	11560.1

(1) 求各界面的温度, 作分布线。 $R_0=0.82$ $H_0=13138.3$

$$\theta_1 = \theta_i = 18 - \frac{18 + 1.6}{0.82} \cdot 0.11 = 15.4$$

$$\theta_2 = 18 - \frac{18 + 1.6}{0.82} (0.11 + 0.02) = 14.9$$

$$\theta_3 = 18 - \frac{18 + 1.6}{0.82} (0.11 + 0.02 + 0.52) = 2.5$$

$$\theta_4 = 18 - \frac{18 + 1.6}{0.82} (0.11 + 0.02 + 0.52 + 0.13) = -0.6$$

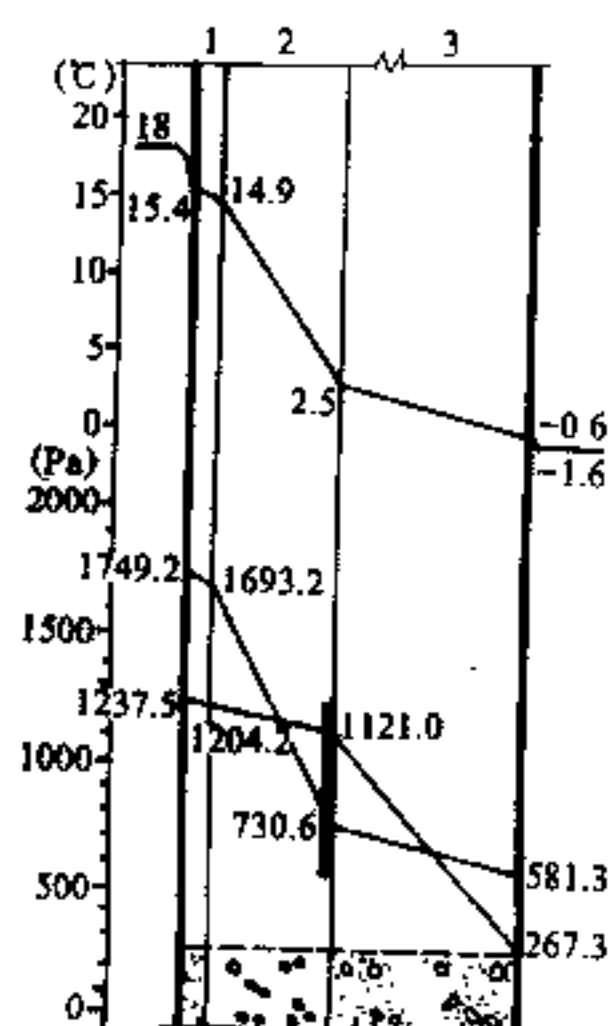
(2) 求相应的饱和水蒸汽分压力, 作分布线。

查上表: $P_{s,1}=P_{s,i}=1749.2$ $P_{s,2}=1693.2$ $P_{s,3}=730.6$ $P_{s,4}=P_{s,e}=581.3$

(3) 求各界面实际的水蒸汽分压力, 作分布线。

 $t_i=18^\circ\text{C}$, $\varphi_i=60\%$, 查上表 $P_{s,i}=2062.5$ $P_1=P_i=2062.5 \times 0.6=1237.5$ $t_e=-1.6^\circ\text{C}$, $\varphi_e=50\%$, 查上表 $P_{s,e}=534.6$ $P_e=534.6 \times 0.5=267.3$ $P_2=1204.2$ $P_3=1121.0$

(4) 由图可见, P 线与 P_s 线相交。在冷凝界面 (加气混凝土与混凝土交界面) 处可能出现冷凝。据计算, 小时冷凝量 $\omega=0.28\text{g}/\text{m}^2$, 采暖期冷凝量 $\omega=544.3\text{g}/\text{m}^2$ 。加气混凝土重量湿度增量 $\Delta\omega=1.34\%$, 小于 [9] 页表 1 中的允许值 4%, 故内侧不需设隔汽层。



防空气渗透设计要点

- 一、砖、砌块等墙体的灰缝应严密处理，或在外侧做抹灰层、饰面层；加气混凝土等多孔材料墙体应在外侧做抹灰层或饰面层，以保证墙体满足最小空气渗透阻的要求。
- 二、装配式建筑外墙和屋顶中的接缝应作密封处理。
- 三、门窗框与洞口侧壁联接处应采取密封措施。
- 四、窗户和阳台门的气密性应符合规定要求。

围护结构要求的最小空气渗透阻

1 民用建筑的外墙和无顶棚的坡屋顶：

$$R_{\mu, \min} = 0.1 V^2 R_{0, \min}$$

2 工业建筑的外墙和无顶棚的坡屋顶：

$$R_{\mu, \min} = 0.05 V^2 R_{0, \min}$$

3 坡屋顶顶棚：

$$R_{\mu, \min} = 0.75 V^2 R_{0, \min}$$

式中：V——最冷月平均风速；

$R_{0, \min}$ ——围护结构的最小传热阻。

围护结构空气渗透阻的计算

1 单层结构： $R_{\mu} = \frac{\delta}{\beta}$

2 多层结构： $R_{\mu} = \frac{\delta_1}{\beta_1} + \frac{\delta_2}{\beta_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\beta_n}$

式中： $\delta, \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ ——各层材料的厚度；

$\beta, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ ——各层材料的空气渗透系数，见[19]页表3。

窗户空气渗透性能分级

表1

等 级	I	II	III	IV	V
空气渗透量 $q_0(\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{h} \cdot 10\text{Pa}) \leq$	0.5	1.5	2.5	4.0	6.0

注：①本表分级依据GB7107-87《建筑外窗空气渗透性能分级及其检测方法》；

②窗户空气渗透性能等级：低层和多层建筑，不低于III级，中高层不低于II级。

常用窗户空气渗透性能等级

表2

窗 户 类 型		空气渗透量 q_0 ($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{h} \cdot 10\text{Pa}$)	所 属 等 级	等 级 范 围
空腹钢窗	普通非气密型窗	4.2	V	I ~ V
	标准型气密窗	1.7	III	
	国家标准气密条密封窗	0.23	I	
空腹钢窗	普通非气密型窗	4.6	V	II ~ V
	改型非气密型窗	3.5	IV	
	标准型气密窗	2.3	III	
	国家标准气密条密封窗	0.56	II	
推拉铝窗		2.5	III	II ~ III
平开铝窗		0.5	I	I ~ II
塑 料 窗		1.0	II	II ~ III

门窗缝隙空气渗透量的计算

1 缝隙法： $V = \sum (L n)$

式中：V——空气渗透量(m^3/h)；

l ——某朝向门窗缝隙长度；

按可开启缝隙长度计算；

L ——通过每米缝隙长度的空气渗透量(表4)；

n ——空气渗透朝向修正系数(表5)。

注：本法适用于6层及6层以下建筑，仅考虑风压作用。

2 换气次数法： $V = N V_f$

式中： N ——房间的换气次数(表3)；

V_f ——房间的净体积。

房间换气次数 V 值($1/\text{h}$) 表3

外墙暴露情况	N
一面有外窗或外门	0.25~0.67
二面有外窗或外门	0.5~1.0
三面有外窗或外门	1.0~1.5
门 厅	2.0

注：本表适用于居住建筑窗墙面积比为0.2左右，单层钢窗。如为双层钢窗，表中值应乘以0.7。

门窗缝隙空气渗透量 L 值($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$)

表4

门 窗 类 型	冬季室外平均风速 V (m/s)					
	1	2	3	4	5	6
单 层 钢 窗	0.6	1.5	2.6	3.9	5.2	6.7
双 层 钢 窗	0.4	1.1	1.8	2.7	3.6	4.7
单 层 木 窗	1.0	2.0	3.1	4.3	5.5	6.7
双 层 木 窗	0.7	1.4	2.2	3.0	3.9	4.7
标准型气密钢窗	0.4	1.0	1.7	2.5	3.3	4.2
推 拉 铝 窗	0.2	0.5	1.0	1.6	2.3	2.9
平 开 铝 窗	0.0	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8

注：门缝的 L 值取同类窗缝的两倍。

空气渗透的朝向修正系数 n 值

表5

地 名	朝 向						
	北	东北	东	东南	南	西南	西
北 京	1.00	0.50	0.15	0.10	0.15	0.15	0.40
天 津	1.00	0.40	0.20	0.10	0.15	0.20	0.40
石 家 庄	1.00	0.70	0.50	0.65	0.50	0.55	0.85
太 原	0.90	0.40	0.15	0.20	0.30	0.20	0.70
呼 和 浩 特	0.70	0.25	0.10	0.15	0.20	0.15	0.70
沈 阳	1.00	0.70	0.30	0.30	0.40	0.35	0.30
长 春	0.35	0.35	0.15	0.25	0.70	1.00	0.90
哈 尔 滨	0.30	0.15	0.20	0.70	1.00	0.85	0.70
上 海	0.70	0.50	0.35	0.20	0.10	0.30	0.80
南 京	0.80	1.00	0.70	0.40	0.20	0.25	0.40
杭 州	1.00	0.65	0.20	0.10	0.20	0.20	0.40
合 肥	0.85	0.90	0.85	0.35	0.35	0.25	0.70
福 州	0.75	0.60	0.25	0.25	0.20	0.15	0.70
南 昌	1.00	0.70	0.25	0.10	0.10	0.10	0.70
济 南	0.45	1.00	1.00	0.40	0.55	0.55	0.25
郑 州	0.65	0.90	0.65	0.15	0.20	0.40	1.00
武 汉	1.00	1.00	0.45	0.10	0.10	0.10	0.10
长 沙	0.85	0.85	0.10	0.10	0.10	0.10	0.70
广 州	1.00	0.70	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15
南 宁	0.40	1.00	1.00	0.60	0.30	0.55	0.10
成 都	1.00	1.00	0.45	0.10	0.10	0.10	0.10
贵 阳	0.70	1.00	0.70	0.15	0.25	0.15	0.10
昆 明	0.10	0.10	0.10	0.15	0.70	1.00	0.70
拉 萨	0.15	0.45	1.00	1.00	0.40	0.40	0.40
西 安	0.70	1.00	0.70	0.25	0.40	0.50	0.35
兰 州	1.00	1.00	1.00	0.70	0.50	0.20	0.15
西 宁	0.10	0.10	0.70	1.00	0.70	0.10	0.10
银 川	1.00	1.00	0.40	0.30	0.25	0.20	0.65
乌 鲁 木 齐	0.35	0.35	0.55	0.75	1.00	0.20	0.25

夏季防热设计要点

一、建筑物夏季防热应采取环境绿化、自然通风、遮阳和围护结构隔热等综合性措施。

二、建筑物的总体布置，单体的平、剖面设计和门窗的设置，应有利于自然通风，并尽量避免东西向日晒。

三、向阳面，特别是东西向窗户，应采取有效的遮阳措施，如热反射玻璃、反射阳光镀膜、各种固定和活动式遮阳等。在建筑设计中，宜结合外廊、阳台、挑檐等处理达到遮阳的目的。

四、屋顶和东西外墙内表面温度应满足隔热设计标准的要求。

围护结构隔热设计标准

在房间自然通风情况下，建筑物的屋顶和东西外墙的内表面最高温度应满足下式要求：

$$\theta_{i \cdot \max} \leq t_{c \cdot \max}$$

式中 $\theta_{i \cdot \max}$ ——内表面最高温度(℃)；
 $t_{c \cdot \max}$ ——夏季室外计算温度最高值(℃)，见[4]页表1。

内表面最高温度的计算

在房间自然通风情况下，围护结构的内表面最高温度可按式计算：

$$\theta_{i \cdot \max} = \bar{\theta}_i + \left(\frac{A_{tsa}}{v_0} + \frac{A_{ti}}{v_i} \right) \beta$$

有关参数的计算

1. 内表面平均温度

$$\bar{\theta}_i = \bar{t}_i + \frac{\bar{t}_e - \bar{t}_i}{R_0 \alpha_i}$$

式中 $\bar{t}_i$ ——室内计算温度平均值，取 $\bar{t}_i = \bar{t}_c + 1.5$ ；
 $\bar{t}_e$ ——室外综合温度平均值，取 $\bar{t}_e = \bar{t}_c + \rho \bar{I} / \alpha_e$ ；
 R_0 ——围护结构传热阻；
 α_i ——内表面换热系数，取 $8.7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ；
 α_e ——外表面换热系数，取 $19.0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ；
 $\bar{t}_c$ ——室外计算温度平均值，见[4]页表1；
 ρ ——太阳辐射吸收系数，见[19]页表4；
 $\bar{I}$ ——太阳辐射照度平均值，见[4]页表2。

2. 室外综合温度波幅值

$$A_{tsa} = (A_{te} + A_{ts})\beta$$

式中 A_{te} ——室外计算温度波幅值，见[4]页表1；

A_{ts} ——太阳辐射当量温度波幅值， $A_{ts} = \rho(I_{\max} - \bar{I}) / \alpha_e$ ；

β ——相位差修正系数，根据 A_{te} 与 A_{ts} 的比值（两者中数值较大者为分子）及 φ_{te} 与 φ_t 的差值按表1查取；

φ_{te} ——室外气温最大值出现时间，取 15:00；

φ_t ——太阳辐射照度最大值出现时间，水平面及南向取 12:00，东向取 8:00，西向取 16:00。

3. 室内计算温度波幅值

$$A_{ti} = A_{te} - 1.5$$

4. 围护结构衰减倍数和延迟时间

$$v_0 = 0.9 e^{\frac{\sum D (S_i + \alpha_i)(S_i + Y_i) \cdots (S_n + Y_{n-1})(Y_n + \alpha_e)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2) \cdots (S_n + Y_n)\alpha_e}}$$

式中 $\sum D$ ——围护结构热惰性指标，见[7]页；

$S_1, S_2, \dots, S_n$ ——由内到外各层材料

（见图1）蓄热系数，空气间层取 $S=0$ ；

$Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ ——由内到外各层材料外表面蓄热系数。

$$\xi_0 = \frac{1}{15} (40.5 \sum D + \lg^{-1} \frac{Y_1}{Y_n + \alpha_e \sqrt{2}} - \lg^{-1} \frac{\alpha_i}{\alpha_i + Y_1 \sqrt{2}})$$

式中 Y_n ——围护结构外表面蓄热系数；

Y_1 ——围护结构内表面蓄热系数。

5. 内表面衰减倍数和延迟时间

$$v_i = 0.95 \frac{\alpha_i + Y_1}{\alpha_i}$$

$$\xi_i = \frac{1}{15} \lg^{-1} \frac{Y_1}{Y_1 + \alpha_i \sqrt{2}}$$

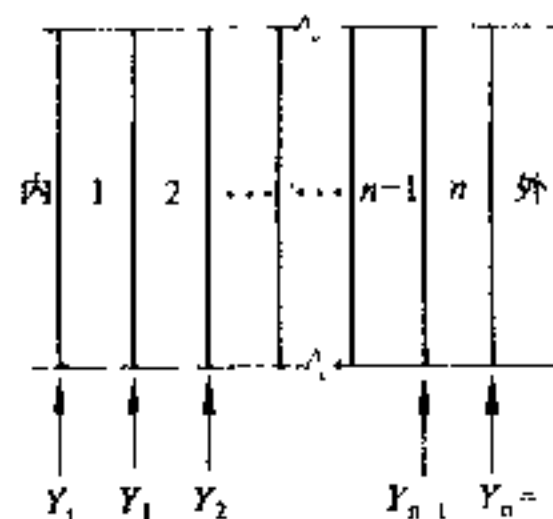


图1 多层围护结构层次排列次序

6. 相位差修正系数 β 值

根据 $\frac{A_{tsa}}{v_0}$ 与 $\frac{A_{ti}}{v_i}$ 的比值（两者中数值较大者为分子），及 $(\varphi_{tsa} + \xi_0)$ 与 $(\varphi_{ti} + \xi_i)$ 的差值，按表1查取。

7. 各层材料外表面蓄热系数

由内到外逐层计算。如果任何一层的 $D \geq 1$ ，则取该层的 $Y = S$ 。

如果第1层的 $D < 1$ ，则：

$$Y_1 = \frac{R_1 S_1^2 + \alpha_i}{1 + R_1 \alpha_i}$$

如果第2层的 $D < 1$ ，则：

$$Y_2 = \frac{R_2 S_2^2 + Y_1}{1 + R_2 Y_1}$$

余类推，直到最后一层（即第 n 层）：

$$Y_n = \frac{R_n S_n^2 + Y_{n-1}}{1 + R_n Y_{n-1}}$$

8. 多层围护结构外表面蓄热系数，取最后一层材料的外表面蓄热系数，即 $Y_c = Y_n$ 。

9. 多层围护结构内表面蓄热系数

如果第1层的 $D \geq 1$ ，则取 $Y_1 = S_1$ 。如果最接近内表面的第 m 层的 $D \geq 1$ ，则取 $Y_m = S_m$ ，然后从第 $m-1$ 层开始由外向内逐层计算，直至第1层的 Y_1 ，即为所求围护结构内表面蓄热系数，亦即取 $Y_1 = Y_m$ 。如果每一层的 D 值均小于1，则计算应从最后一层（第 n 层）开始，由外向内逐层计算，直至第1层的 Y_1 ，即为所求 Y_1 。

相位差修正系数 β 值

表1

$\frac{A_{tsa}}{v_0}$ 与 $\frac{A_{ti}}{v_i}$ 或 $\frac{A_{te}}{v_0}$ 与 $\frac{A_{ts}}{v_i}$ 的比值	$\Delta\varphi = (\varphi_{tsa} + \xi_0) - (\varphi_{ti} + \xi_i)$ 或 $\Delta\varphi = \varphi_{te} - \varphi_t$ (h)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.0	0.98	0.97	0.92	0.87	0.79	0.71	0.60	0.50	0.38	0.26
1.5	0.99	0.97	0.93	0.87	0.80	0.72	0.63	0.53	0.42	0.32
2.0	0.99	0.97	0.93	0.88	0.81	0.74	0.66	0.58	0.49	0.41
2.5	0.99	0.97	0.94	0.89	0.83	0.76	0.69	0.62	0.55	0.49
3.0	0.99	0.97	0.94	0.90	0.85	0.79	0.72	0.65	0.60	0.55
3.5	0.99	0.97	0.94	0.91	0.86	0.81	0.76	0.69	0.64	0.59
4.0	0.99	0.97	0.95	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72	0.67	0.63
4.5	0.99	0.97	0.95	0.92	0.88	0.83	0.79	0.74	0.70	0.66
5.0	0.99	0.98	0.95	0.92	0.89	0.85	0.81	0.76	0.72	0.69

注：表中 φ_{tsa} 为室外综合温度最大值出现时间 (h)，水平面及南向取 13:00；东向取 9:00；西向取 16:00。

计算举例

例1: 试求24砖墙(西向)在重庆地区夏季计算条件下的内表面最高温度。已知该墙体的热工性能参数如下:

1. 石灰砂浆 $\rho_1 = 1600$, $\lambda_1 = 0.81$, $S_1 = 10.07$,
 $R_1 = 0.02$, $D_1 = 0.20$

2. 砖 墙 $\rho_2 = 1800$, $\lambda_2 = 0.81$, $S_2 = 10.63$,
 $R_2 = 0.30$, $D_2 = 3.19$

$\sum R = 0.32$, $R_0 = 0.48$, $\sum D = 3.39$

室外计算参数: $\bar{t}_e = 33.2$, $t_{e, \max} = 38.9$, $A_{e, \max} = 5.7$

$\bar{I} = 151.9$, $I_{\max} = 640$, $\alpha_e = 19.0$

室内计算参数: $\bar{t}_i = \bar{t}_e + 1.5 = 33.2 + 1.5 = 34.7$

$A_{i, \max} = A_{e, \max} - 1.5 = 5.7 - 1.5 = 4.2$, $\alpha_i = 8.7$

各层材料外表面蓄热系数:

$$\because D_1 < 1, \therefore Y_1 = \frac{R_1 S_1^2 + \alpha_i}{1 + R_1 \alpha_i} = \frac{0.02 \times 10.07^2 + 8.7}{1 + 0.02 \times 8.7} = 9.17$$

$\because D_2 > 1, \therefore Y_2 = S_2 = 10.63$

砖墙外表面蓄热系数: $Y_e = Y_2 = 10.63$

砖墙内表面蓄热系数:

$\because D_2 > 1, \therefore Y_2 = S_2 = 10.63$

$$Y_1 = Y_2 = \frac{R_1 S_1^2 + Y_2}{1 + R_1 Y_2} = \frac{0.02 \times 10.07^2 + 10.63}{1 + 0.02 \times 10.63} = 10.46$$

砖墙的衰减倍数和延迟时间:

$$\begin{aligned} V_0 &= 0.9e^{\frac{\sum D}{\sqrt{2}}} \frac{\sum (S_1 + \alpha_1)(S_2 + Y_1)(Y_2 + \alpha_e)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2)\alpha_e} \\ &= 0.9e^{\frac{3.39}{\sqrt{2}}} \frac{(10.07 + 8.7)(10.63 + 9.17)(10.63 + 19.0)}{(10.07 + 9.17)(10.63 + 10.63)19.0} \\ &= 0.9 \times 11.00 \times 1.42 = 14.05 \\ \xi_0 &= \frac{1}{15} (40.5 \sum D + \lg^{-1} \frac{Y_e}{Y_e + \alpha_e \sqrt{2}} - \lg^{-1} \frac{\alpha_i}{\alpha_i + Y_1 \sqrt{2}}) \\ &= \frac{1}{15} (40.5 \times 3.39 + \lg^{-1} \frac{10.63}{10.63 + 19\sqrt{2}} - \lg^{-1} \frac{8.7}{8.7 + 10.46\sqrt{2}}) \\ &= \frac{1}{15} (137.3 + 15.8 - 20.3) = 8.85 \end{aligned}$$

内表面衰减倍数和延迟时间:

$$\begin{aligned} v_1 &= 0.95 \frac{\alpha_i + Y_1}{\alpha_i} = 0.95 \frac{8.7 + 10.46}{8.7} = 2.09 \\ \xi_1 &= \frac{1}{15} \lg^{-1} \frac{Y_1}{Y_1 + \alpha_i \sqrt{2}} = \frac{1}{15} \lg^{-1} \frac{10.46}{10.46 + 8.7\sqrt{2}} = 1.64 \end{aligned}$$

室外综合温度平均值:

$$\bar{t}_{m, \max} = \bar{t}_e + \frac{\rho \bar{I}}{\alpha_e} = 33.2 + \frac{0.75 \times 151.9}{19.0} = 39.20$$

太阳辐射当量温度波幅值:

$$\begin{aligned} A_{u, \max} &= \frac{\rho(I_{\max} - \bar{I})}{\alpha_e} = \frac{0.75(640 - 151.9)}{19.0} = 19.27 \\ \frac{A_{u, \max}}{A_{e, \max}} &= \frac{19.27}{5.7} = 3.38, \Delta \phi = \phi_t - \phi_u = 16 - 15 = 1 \end{aligned}$$

查[12]表1, $\beta = 0.99$

室外综合温度波幅值:

$$A_{u, \max} = (A_{e, \max} + A_{u, \max})\beta = (5.7 + 19.27)0.99 = 24.72$$

$$\frac{A_{u, \max}}{v_0} = \frac{24.72}{14.05} = 1.76, \frac{A_{u, \max}}{v_1} = \frac{4.2}{2.09} = 2.01$$

$$\frac{A_{u, \max}}{v_1} / \frac{A_{u, \max}}{v_0} = \frac{2.01}{1.76} = 1.14$$

$$\begin{aligned} \Delta \phi &= (\phi_{m, \max} + \xi_0) - (\phi_u + \xi_1) \\ &= (16 + 8.85) - (16 + 1.65) = 7.20 \end{aligned}$$

查[12]表1, $\beta = 0.61$

内表面平均温度:

$$\bar{\theta}_i = \bar{t}_i + \frac{\bar{t}_{m, \max} - \bar{t}_i}{R_0 \alpha_i} = 34.7 + \frac{39.2 - 34.7}{0.48 \times 8.7} = 35.78$$

内表面最高温度:

$$\begin{aligned} \theta_{i, \max} &= \bar{\theta}_i + (\frac{A_{u, \max}}{v_0} + \frac{A_{u, \max}}{v_1})\beta = 35.78 + (1.76 + 2.01)0.61 \\ &= 35.78 + 2.30 = 38.08^\circ\text{C} \end{aligned}$$

例2: 试验算右图所示屋顶在上海地区夏季计算条件下的内表面最高温度是否满足隔热要求。已知30mm厚聚苯乙烯泡沫塑料保温屋顶的热工性能参数如下:

$\sum R = 0.98$, $R_0 = 1.14$, $\sum D = 3.40$

$v_0 = 63.02$, $\xi_0 = 8.72$

$v_1 = 2.17$, $\xi_1 = 1.70$

室外计算参数: $\bar{t}_e = 31.2$, $t_{e, \max} = 36.1$

$\Delta t = 4.9$, $\alpha_e = 19.0$

$\bar{I} = 315.4$, $I_{\max} = 967.0$

室内计算参数: $\bar{t}_i = \bar{t}_e + 1.5 = 31.2 + 1.5 = 32.7$

$A_{u, \max} = A_{e, \max} - 1.5 = 4.9 - 1.5 = 3.4$

$\alpha_i = 8.7$

室外综合温度平均值:

$$\bar{t}_{m, \max} = \bar{t}_e + \frac{\rho \bar{I}}{\alpha_e} = 31.2 + \frac{0.85 \times 315.4}{19.0} = 45.31$$

太阳辐射当量温度波幅值:

$$A_{u, \max} = \frac{\rho(I_{\max} - \bar{I})}{\alpha_e} = \frac{0.85(967 - 315.4)}{19.0} = 29.15$$

$$\frac{A_{u, \max}}{A_{e, \max}} = \frac{29.15}{4.9} = 5.95, \Delta \phi = \phi_u - \phi_i = 15 - 12 = 3, \beta = 0.95$$

室外综合温度波幅值:

$$A_{u, \max} = (A_{e, \max} + A_{u, \max})\beta = (4.9 + 29.15)0.95 = 32.35$$

$$\frac{A_{u, \max}}{v_0} = \frac{32.35}{63.02} = 0.51, \frac{A_{u, \max}}{v_1} = \frac{3.4}{2.17} = 1.57$$

$$\frac{A_{u, \max}}{v_1} / \frac{A_{u, \max}}{v_0} = \frac{1.57}{0.51} = 3.08$$

$$\begin{aligned} \Delta \phi &= (\phi_{m, \max} + \xi_0) - (\phi_u + \xi_1) \\ &= (13 + 8.72) - (16 + 1.70) = 4.02, \beta = 0.90 \end{aligned}$$

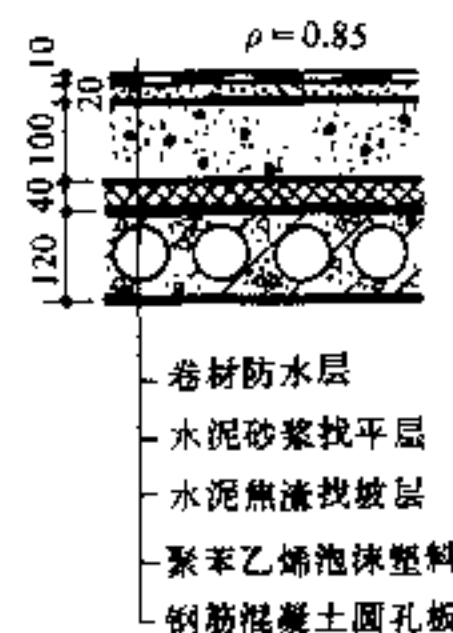
内表面平均温度:

$$\bar{\theta}_i = \bar{t}_i + \frac{\bar{t}_{m, \max} - \bar{t}_i}{R_0 \alpha_i} = 32.7 + \frac{45.31 - 32.7}{1.14 \times 8.7} = 32.7 + 1.27 = 33.97$$

内表面最高温度:

$$\begin{aligned} \theta_{i, \max} &= \bar{\theta}_i + (\frac{A_{u, \max}}{v_0} + \frac{A_{u, \max}}{v_1})\beta = 33.97 + (0.51 + 1.57)0.90 \\ &= 33.97 + 1.87 = 35.84^\circ\text{C} \end{aligned}$$

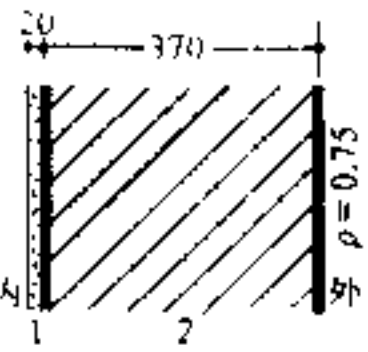
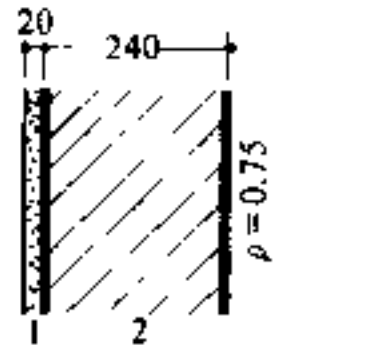
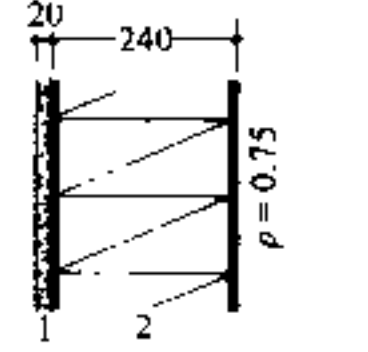
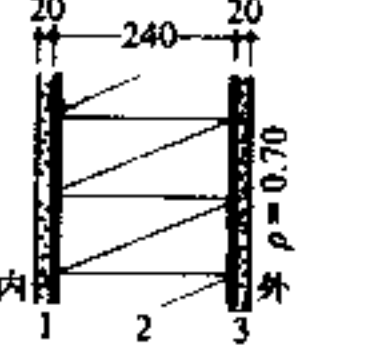
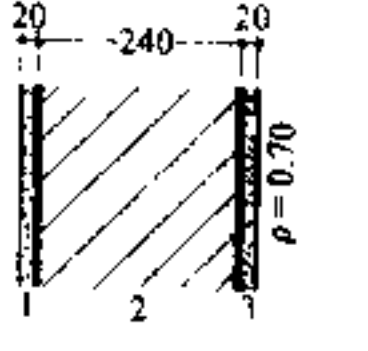
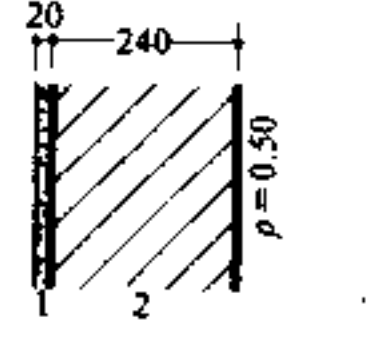
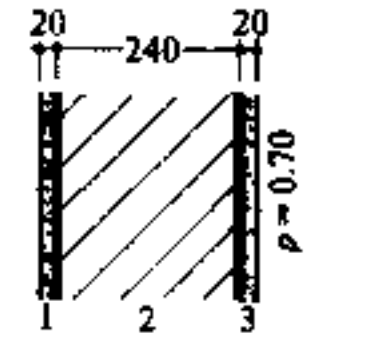
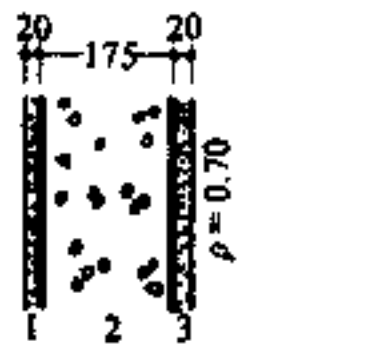
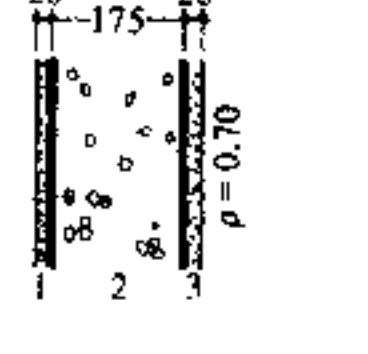
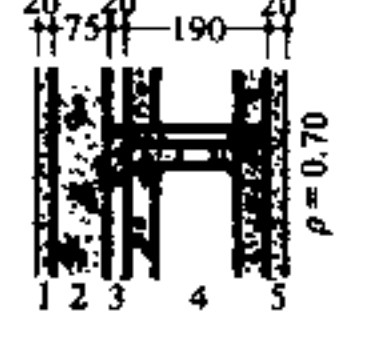
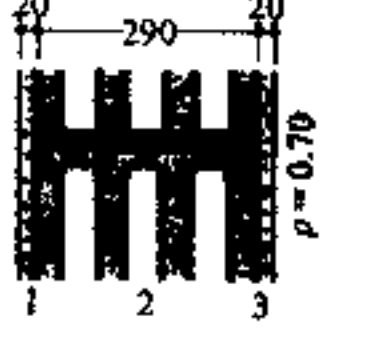
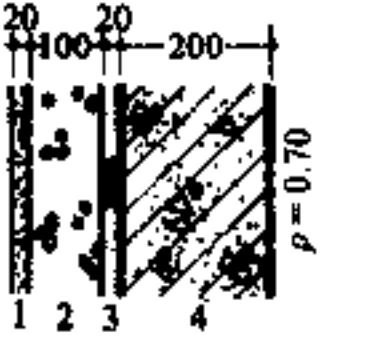
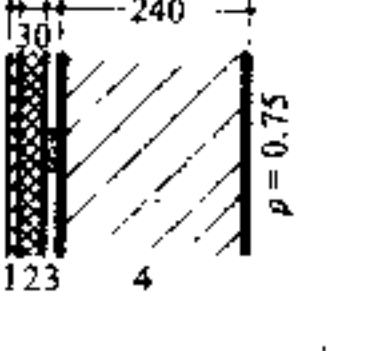
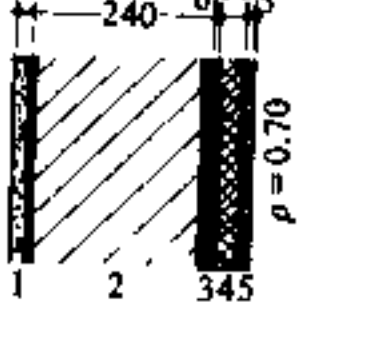
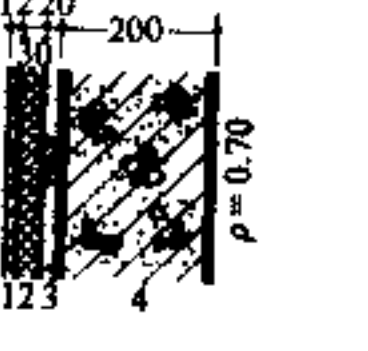
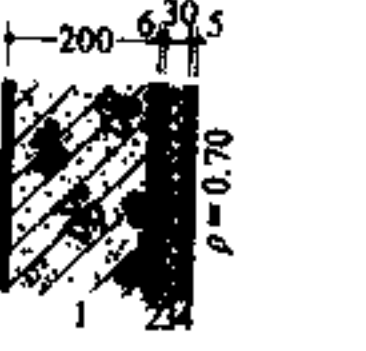
低于当地夏季室外计算温度最高值(36.1℃), 满足隔热要求。



围护结构隔热措施

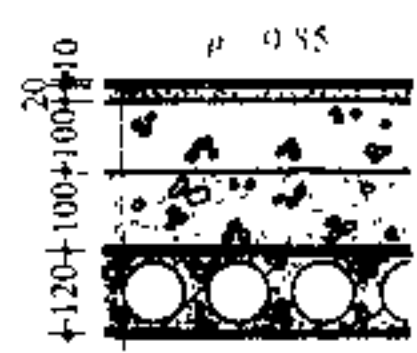
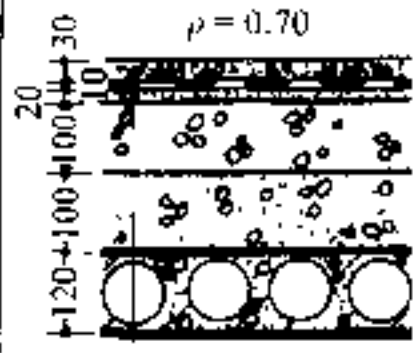
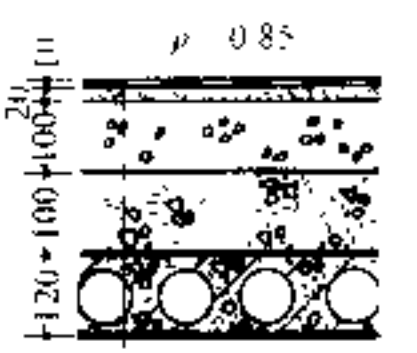
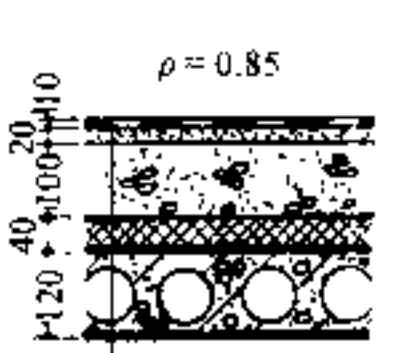
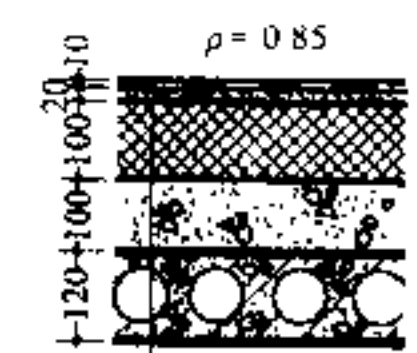
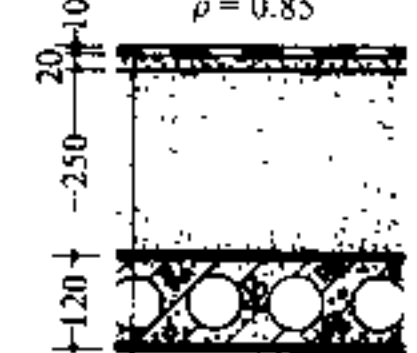
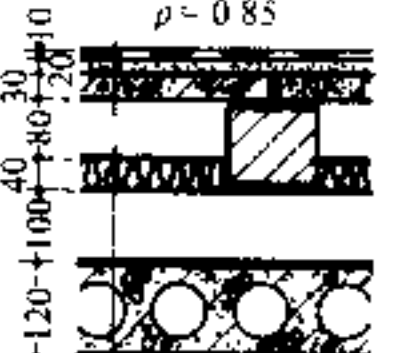
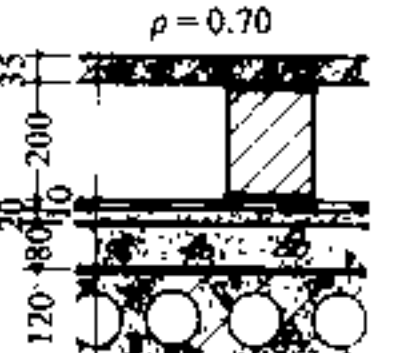
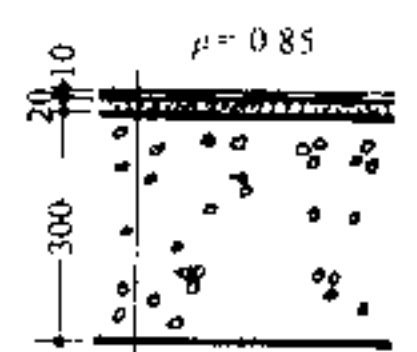
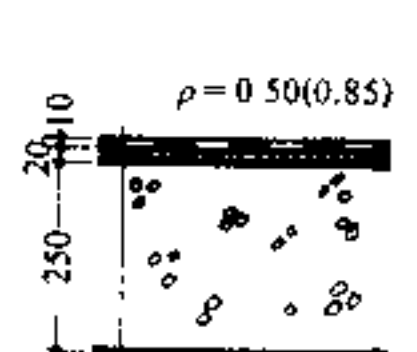
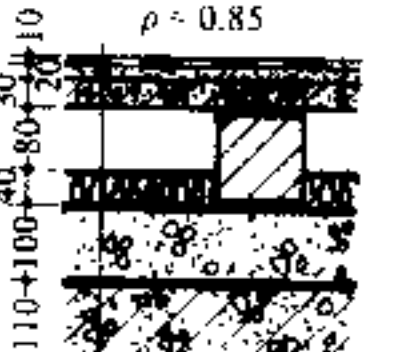
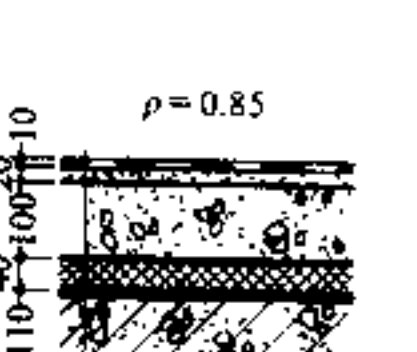
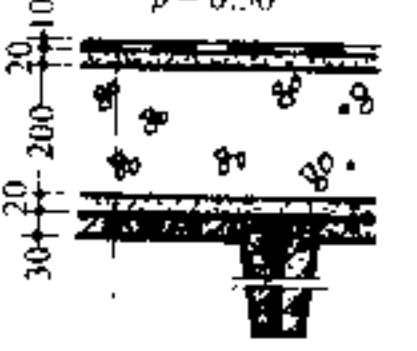
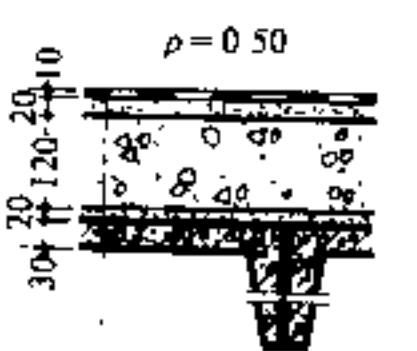
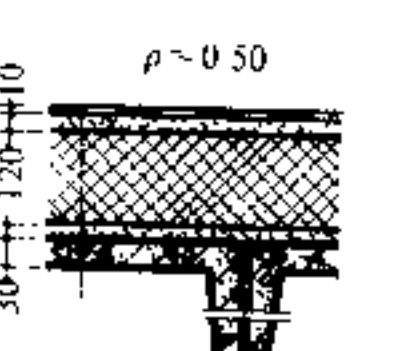
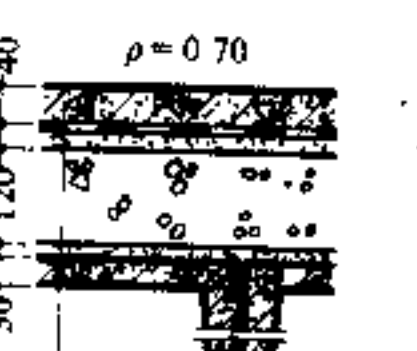
- 一、外表面作浅色饰面, 如浅色粉刷、涂层和面砖等。
- 二、设置通风间层, 如通风屋顶、通风墙等。通风屋顶的风道长度不宜大于10m。间层高度以20cm左右为宜。屋面板上面应有适当厚度的隔热层。夏季多风地区, 檐口处宜采用兜风构造。
- 三、采用多排孔混凝土或轻骨料混凝土空心砌块墙体。
- 四、复合墙体内侧宜采用厚度为10cm左右的砖或混凝土等重质材料。
- 五、设置带铝箔的封闭空气间层。当为单面贴铝箔时, 铝箔宜贴在温度较高的一侧。
- 六、蓄水屋顶。水面宜有水浮莲等浮生植物或白色漂浮物, 水深宜为15~20cm。
- 七、采用有土或无土植被屋顶, 以及墙面垂直绿化等措施。

满足隔热要求的墙体

 $\sum D = 5.09$ $R_0 = 0.64$ $\nu_0 = 46.73$ $\xi_0 = 13.44$ $\nu_1 = 2.09$ $\xi_1 = 1.64$ 1. 石灰砂浆 2. 粘土实心砖墙 内表面平均温度: $\bar{\theta}_i = 33.5^\circ\text{C}$ 内表面最高温度: $\theta_{i, \max} = 34.7^\circ\text{C}$	 $\sum D = 3.39$ $R_0 = 0.48$ $\nu_0 = 14.05$ $\xi_0 = 8.85$ $\nu_1 = 2.09$ $\xi_1 = 1.64$ 1. 石灰砂浆 2. 粘土实心砖墙 $\bar{\theta}_i = 33.8^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.8^\circ\text{C}$	 $\sum D = 3.45$ $R_0 = 0.59$ $\nu_0 = 15.38$ $\xi_0 = 8.66$ $\nu_1 = 1.89$ $\xi_1 = 1.49$ 1. 石灰砂浆 2. 粘土空心砖墙(26~36孔) $\bar{\theta}_i = 33.6^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.6^\circ\text{C}$	 $\sum D = 3.68$ $R_0 = 0.61$ $\nu_0 = 17.73$ $\xi_0 = 9.37$ $\nu_1 = 1.89$ $\xi_1 = 1.49$ 1. 石灰砂浆 2. 粘土空心砖墙(26~36孔) 3. 水泥砂浆 $\bar{\theta}_i = 33.5^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.2^\circ\text{C}$
 $\sum D = 3.54$ $R_0 = 0.48$ $\nu_0 = 15.51$ $\xi_0 = 9.32$ $\nu_1 = 2.13$ $\xi_1 = 1.67$ 1. 石灰砂浆 2. 硅酸盐砖墙 3. 水泥砂浆 $\bar{\theta}_i = 33.7^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.4^\circ\text{C}$	 $\sum D = 3.00$ $R_0 = 0.40$ $\nu_0 = 10.51$ $\xi_0 = 8.02$ $\nu_1 = 2.23$ $\xi_1 = 1.74$ 1. 石灰砂浆 2. 灰砂砖墙 $\bar{\theta}_i = 33.4^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.5^\circ\text{C}$	 $\sum D = 3.55$ $R_0 = 0.50$ $\nu_0 = 15.62$ $\xi_0 = 9.28$ $\nu_1 = 2.07$ $\xi_1 = 1.63$ 1. 石灰砂浆 2. 炉渣砖墙 3. 水泥砂浆 $\bar{\theta}_i = 33.6^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.3^\circ\text{C}$	 $\sum D = 2.99$ $R_0 = 0.93$ $\nu_0 = 14.84$ $\xi_0 = 6.84$ $\nu_1 = 1.51$ $\xi_1 = 1.10$ 1. 石灰砂浆 2. 加气混凝土块($\rho_0 = 500$) 3. 水泥砂浆 $\bar{\theta}_i = 33.2^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 36.0^\circ\text{C}$
 $\sum D = 3.26$ $R_0 = 0.85$ $\nu_0 = 16.87$ $\xi_0 = 7.74$ $\nu_1 = 1.60$ $\xi_1 = 1.21$ 1. 石灰砂浆 2. 加气混凝土块($\rho_0 = 700$) 3. 水泥砂浆 $\bar{\theta}_i = 33.3^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.6^\circ\text{C}$	 $\sum D = 2.73$ $R_0 = 0.83$ $\nu_0 = 19.27$ $\xi_0 = 6.46$ $\nu_1 = 1.52$ $\xi_1 = 1.10$ 1. 石灰砂浆 2. 加气混凝土块($\rho_0 = 500$) 3. 空气层 4. 混凝土空心砌块墙 5. 水泥砂浆 $\bar{\theta}_i = 33.3^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.9^\circ\text{C}$	 $\sum D = 2.73$ $R_0 = 0.65$ $\nu_0 = 16.43$ $\xi_0 = 6.77$ $\nu_1 = 1.87$ $\xi_1 = 1.47$ 1. 石灰砂浆 2. 自然煤矸石混凝土空心砌块墙 3. 水泥砂浆 $\bar{\theta}_i = 33.4^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 36.0^\circ\text{C}$	 $\sum D = 3.56$ $R_0 = 0.86$ $\nu_0 = 30.56$ $\xi_0 = 9.60$ $\nu_1 = 1.51$ $\xi_1 = 1.11$ 1. 石灰砂浆 2. 加气混凝土块($\rho_0 = 500$) 3. 空气层 4. 钢筋混凝土墙 $\bar{\theta}_i = 33.3^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.1^\circ\text{C}$
 $\sum D = 3.64$ $R_0 = 1.24$ $\nu_0 = 57.62$ $\xi_0 = 8.69$ $\nu_1 = 1.19$ $\xi_1 = 0.58$ 1. 石膏板 2. 聚苯乙烯泡沫塑料板 3. 空气层 4. 粘土实心砖墙 $\bar{\theta}_i = 33.1^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.9^\circ\text{C}$	 $\sum D = 3.66$ $R_0 = 1.09$ $\nu_0 = 66.55$ $\xi_0 = 8.87$ $\nu_1 = 2.09$ $\xi_1 = 1.64$ 1. 石灰砂浆 2. 粘土实心砖墙 3. 粘贴层 4. 聚苯乙烯泡沫塑料板 5. 纤维增强层 $\bar{\theta}_i = 33.1^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 34.7^\circ\text{C}$	 $\sum D = 2.34$ $R_0 = 1.06$ $\nu_0 = 25.51$ $\xi_0 = 5.44$ $\nu_1 = 1.26$ $\xi_1 = 0.59$ 1. 石膏板 2. 聚苯乙烯泡沫塑料板 3. 空气层 4. 钢筋混凝土墙 $\bar{\theta}_i = 33.1^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.9^\circ\text{C}$	 $\sum D = 2.26$ $R_0 = 0.88$ $\nu_0 = 30.59$ $\xi_0 = 5.61$ $\nu_1 = 2.83$ $\xi_1 = 2.02$ 1. 钢筋混凝土墙 2. 粘贴层 3. 聚苯乙烯泡沫塑料板 4. 纤维增强层 $\bar{\theta}_i = 33.2^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.0^\circ\text{C}$

注: $\bar{\theta}_i$ 、 $\theta_{i, \max}$ 所示值为这些墙体(西向)在上海地区夏季计算条件下内表面平均温度和内表面最高温度的计算值。这些墙体也能满足其他地区的隔热要求。

满足隔热要求的屋顶

 $\rho = 0.85$ $\sum D = 4.49$ $R_0 = 0.85$ $\nu_0 = 52.53$ $\xi_0 = 11.50$ $\nu_1 = 2.29$ $\xi_1 = 1.77$ 卷材防水层, 上铺绿豆砂 水泥砂浆找平层 加气混凝土($\rho_0 = 500$) 水泥焦渣找坡层 钢筋混凝土圆孔板 $\bar{\theta}_i = 34.4^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.9^\circ\text{C}$	 $\rho = 0.70$ $\sum D = 5.07$ $R_0 = 0.97$ $\nu_0 = 75.92$ $\xi_0 = 13.41$ $\nu_1 = 2.19$ $\xi_1 = 1.71$ 混凝土板 卷材防水层 水泥砂浆找平层 加气混凝土($\rho_0 = 500$) 水泥焦渣找坡层 钢筋混凝土圆孔板 $\bar{\theta}_i = 33.9^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.3^\circ\text{C}$	 $\rho = 0.85$ $\sum D = 4.99$ $R_0 = 1.44$ $\nu_0 = 103.30$ $\xi_0 = 12.79$ $\nu_1 = 2.29$ $\xi_1 = 1.77$ 卷材防水层, 上铺绿豆砂 水泥砂浆找平层 沥青珍珠岩块 水泥焦渣找坡层 钢筋混凝土圆孔板 $\bar{\theta}_i = 33.7^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.1^\circ\text{C}$	 $\rho = 0.85$ $\sum D = 1.40$ $R_0 = 1.14$ $\nu_0 = 63.02$ $\xi_0 = 8.72$ $\nu_1 = 2.17$ $\xi_1 = 1.70$ 卷材防水层, 上铺绿豆砂 水泥砂浆找平层 水泥焦渣找坡层 聚苯乙烯泡沫塑料板 钢筋混凝土圆孔板 $\bar{\theta}_i = 34.0^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.8^\circ\text{C}$
 $\rho = 0.85$ $\sum D = 4.72$ $R_0 = 1.25$ $\nu_0 = 81.09$ $\xi_0 = 12.14$ $\nu_1 = 2.30$ $\xi_1 = 1.77$ 卷材防水层, 上铺绿豆砂 水泥砂浆找平层 水泥聚苯板($\rho_0 = 300$) 水泥焦渣找坡层 钢筋混凝土圆孔板 $\bar{\theta}_i = 33.9^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.3^\circ\text{C}$	 $\rho = 0.85$ $\sum D = 4.85$ $R_0 = 1.06$ $\nu_0 = 69.80$ $\xi_0 = 12.42$ $\nu_1 = 2.24$ $\xi_1 = 1.74$ 卷材防水层, 上铺绿豆砂 水泥砂浆找平层 浮石砂($\rho_0 = 700$) 钢筋混凝土圆孔板 $\bar{\theta}_i = 34.1^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.4^\circ\text{C}$	 $\rho = 0.85$ $\sum D = 3.96$ $R_0 = 1.16$ $\nu_0 = 85.57$ $\xi_0 = 10.48$ $\nu_1 = 2.30$ $\xi_1 = 1.77$ 卷材防水层, 上铺绿豆砂 水泥砂浆找平层 钢筋混凝土板 空气层, 岩棉板 水泥焦渣找坡层 钢筋混凝土圆孔板 $\bar{\theta}_i = 34.0^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.5^\circ\text{C}$	 $\rho = 0.70$ $\sum D = 2.79$ $R_0 = 0.48$ $\nu_0 = 16.76$ $\xi_0 = 7.05$ $\nu_1 = 2.29$ $\xi_1 = 1.77$ 钢筋混凝土板 通风空气层 卷材防水层 水泥砂浆找平层 水泥焦渣找坡层 钢筋混凝土圆孔板 $\bar{\theta}_i = 33.4^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.5^\circ\text{C}$
 $\rho = 0.85$ $\sum D = 4.83$ $R_0 = 1.51$ $\nu_0 = 58.05$ $\xi_0 = 11.44$ $\nu_1 = 1.33$ $\xi_1 = 0.80$ 卷材防水层, 上铺绿豆砂 水泥砂浆找平层 加气混凝土屋面板($\rho_0 = 500$) $\bar{\theta}_i = 33.7^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 36.0^\circ\text{C}$	 $\rho = 0.50(0.85)$ $\sum D = 4.09$ $R_0 = 1.28$ $\nu_0 = 34.44$ $\xi_0 = 9.45$ $\nu_1 = 1.33$ $\xi_1 = 0.80$ 卷材防水层, 表面作浅色涂层 (卷材防水层, 上铺绿豆砂) 水泥砂浆找平层 加气混凝土屋面板($\rho_0 = 500$) $\bar{\theta}_i = 33.3^\circ\text{C}(33.8^\circ\text{C})$ $\theta_{i, \max} = 36.0^\circ\text{C}(36.7^\circ\text{C})$	 $\rho = 0.85$ $\sum D = 3.84$ $R_0 = 1.11$ $\nu_0 = 72.16$ $\xi_0 = 10.37$ $\nu_1 = 2.83$ $\xi_1 = 2.02$ 卷材防水层, 上铺绿豆砂 水泥砂浆找平层 钢筋混凝土板 空气层, 岩棉板 水泥焦渣找坡层 钢筋混凝土实心板 $\bar{\theta}_i = 34.0^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.3^\circ\text{C}$	 $\rho = 0.85$ $\sum D = 3.27$ $R_0 = 1.09$ $\nu_0 = 60.72$ $\xi_0 = 8.60$ $\nu_1 = 2.83$ $\xi_1 = 2.02$ 卷材防水层, 上铺绿豆砂 水泥砂浆找平层 水泥焦渣找坡层 聚苯乙烯泡沫塑料板 钢筋混凝土实心板 $\bar{\theta}_i = 34.0^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.0^\circ\text{C}$
 $\rho = 0.50$ $\sum D = 3.18$ $R_0 = 0.80$ $\nu_0 = 17.98$ $\xi_0 = 7.85$ $\nu_1 = 2.13$ $\xi_1 = 1.67$ 卷材防水层, 表面作浅色涂层 水泥砂浆找平层 加气混凝土($\rho_0 = 500$) 水泥砂浆层 钢筋混凝土槽形板 $\bar{\theta}_i = 33.5^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.4^\circ\text{C}$	 $\rho = 0.50$ $\sum D = 2.93$ $R_0 = 1.19$ $\nu_0 = 23.15$ $\xi_0 = 6.99$ $\nu_1 = 1.99$ $\xi_1 = 1.57$ 卷材防水层, 表面作浅色涂层 水泥砂浆找平层 沥青珍珠岩块 水泥砂浆层 钢筋混凝土槽形板 $\bar{\theta}_i = 33.3^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.5^\circ\text{C}$	 $\rho = 0.50$ $\sum D = 3.06$ $R_0 = 1.17$ $\nu_0 = 24.22$ $\xi_0 = 7.36$ $\nu_1 = 2.01$ $\xi_1 = 1.59$ 卷材防水层, 表面作浅色涂层 水泥砂浆找平层 水泥聚苯板($\rho_0 = 300$) 水泥砂浆层 钢筋混凝土槽形板 $\bar{\theta}_i = 33.4^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.8^\circ\text{C}$	 $\rho = 0.70$ $\sum D = 0.70$ $R_0 = 1.33$ $\nu_0 = 31.79$ $\xi_0 = 8.87$ $\nu_1 = 2.00$ $\xi_1 = 1.58$ 钢筋混凝土刚性防水层 水泥砂浆层上干铺油毡隔离层 沥青珍珠岩块 水泥砂浆层 钢筋混凝土槽形板 $\bar{\theta}_i = 33.6^\circ\text{C}$ $\theta_{i, \max} = 35.8^\circ\text{C}$

注: $\bar{\theta}_i$ 、 $\theta_{i, \max}$ 所示值为这些屋顶在上海地区夏季计算条件下内表面平均温度和内表面最高温度的计算值。这些屋顶也能满足其他地区的隔热要求。

采暖住宅建筑耗热量的构成

以北京地区 80 住 2-4、80MD1、81 试塔 1 等 3 种住宅为例，建筑物耗热量主要由通过围护结构的传热耗热量构成，约占 73%~77%；其次为通过门窗缝隙的空气渗透耗热量，约占 23%~27%。

在传热耗热量中，外墙约占 23%~34%；窗户约占 23%~25%；楼梯间隔墙约占 6%~11%；屋顶约占 7%~8%；阳台门下部约占 2%~3%；户门约占 2%~3%；地面约占 2%。

窗户的传热耗热量与空气渗透耗热量相加，约占全部耗热量的 50%。

建筑物耗热量指标的计算

建筑物耗热量指标：

$$q_H = q_{H,T} + q_{INF} - q_{I,H}$$

式中： $q_{H,T}$ ——传热耗热量指标(W/m^2)；
 q_{INF} ——空气渗透耗热量指标(W/m^2)；
 $q_{I,H}$ ——内部得热指标，住宅建筑，取 $3.80W/m^2$ 。

传热耗热量指标：

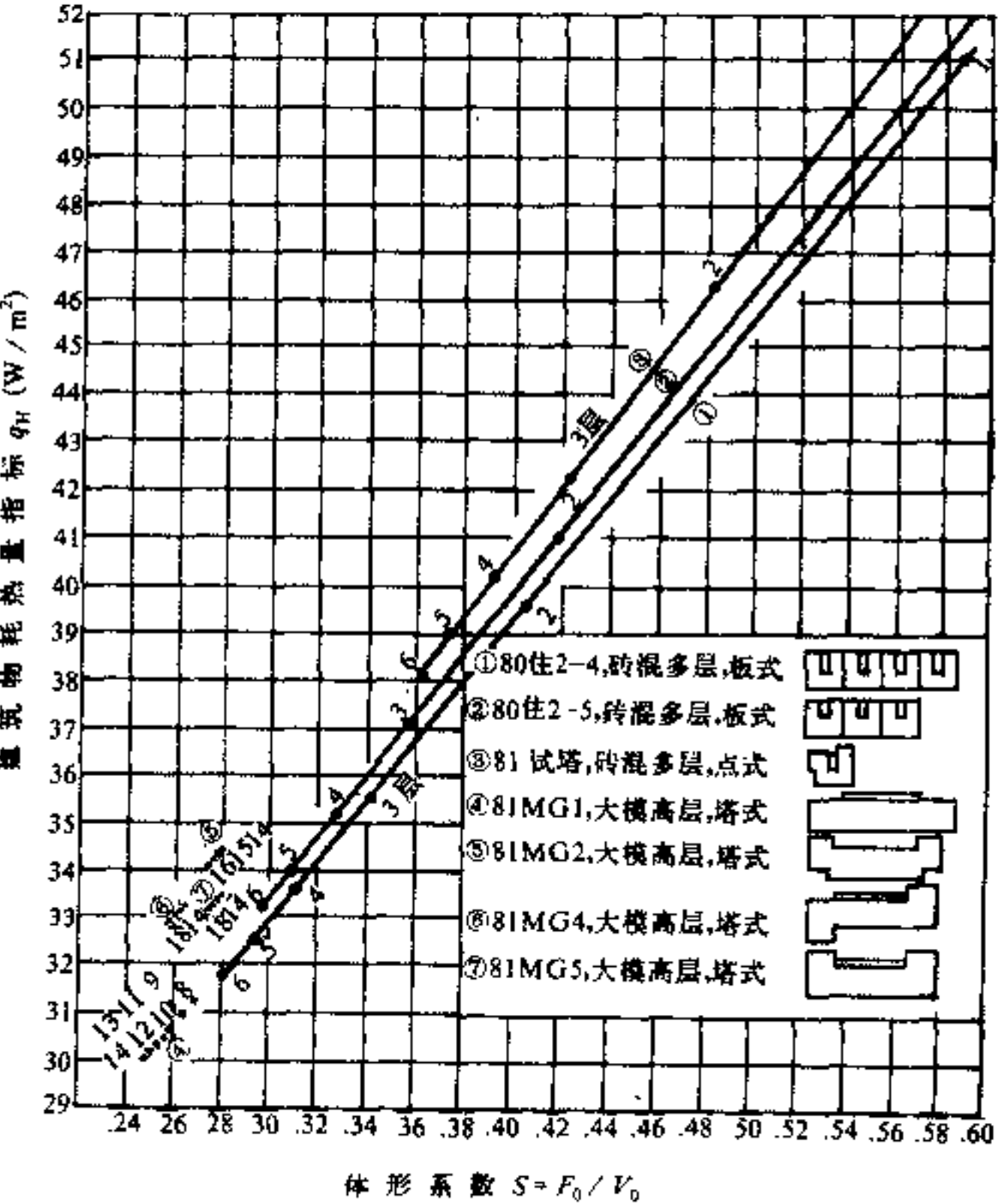
$$q_{H,T} = (t_i - t_e) (\sum_{j=1}^n \epsilon_j \cdot K_j \cdot F_j) / A_0$$

式中： t_i ——全部房间平均室内计算温度，一般住宅建筑，取 $16℃$ ；
 t_e ——采暖期室外平均温度，按[3]附表 1 采用；
 ϵ_j ——某一围护结构传热系数的修正系数，按表 1 采用；
 K_j ——某一围护结构的传热系数($W/m^2 \cdot K$)；
 F_j ——某一围护结构的传热面积(m^2)；
 A_0 ——建筑面积(m^2)。

空气渗透耗热量指标：

$$q_{INF} = (t_i - t_e) (C_p \cdot \rho \cdot N \cdot V) / A_0$$

式中： C_p ——空气比热容，取 $0.28W \cdot h/kg \cdot K$ ；
 ρ ——空气密度(kg/m^3)，取采暖期室外平均温度条件下的值；
 N ——换气次数，住宅建筑，取 $0.51/h$ ；
 V ——换气体积(m^3)，楼梯间不采暖时，取 $V=0.60V_0$ ，楼梯间采暖时，取 $V=0.65V_0$ ， V_0 为建筑体积。



影响建筑物耗热量的几个主要因素

- 1. 体形系数。在建筑物各部分围护结构传热系数和窗墙面积比不变条件下，热量指标随体形系数成直线上升 (图 1)。低层和少单元住宅对节能不利。
- 2. 围护结构的传热系数。在建筑物轮廓尺寸和窗墙面积比不变条件下，耗热量指标随围护结构的传热系数的降低而降低。采用高效保温墙体、屋顶和门窗等，节能效果显著。
- 3. 窗墙面积比。在寒冷地区采用单层窗，严寒地区采用双层窗或双玻窗条件下，加大窗墙面积比，对节能不利。
- 4. 楼梯间开敞与否。多层住宅采用开敞式楼梯间比有门窗的楼梯间，其耗热量指标约上升 10%~20%。
- 5. 换气次数。提高门窗的气密性，换气次数由 $0.81/h$ 降至 $0.51/h$ ，耗热量指标降低 10% 左右。
- 6. 朝向。多层住宅东西向的比南北向的，其耗热量指标约增加 5.5%。
- 7. 高层住宅，层数在 10 层以上时，耗热量指标趋于稳定。高层住宅中，带北向封闭式交通廊的板式住宅，其耗热量指标比多层板式住宅约低 6%。在建筑面积相近条件下高层塔式住宅的耗热量指标比高层板式住宅约高 10%~14%。体形复杂、凹凸面过多的塔式住宅，对节能不利。
- 8. 建筑物入口处设置门斗或采取其他避风措施，有利于节能。

围护结构传热系数的修正系数 ϵ_i 值 表 1

地 区	窗 户 (含阳台门上部)					外 墙 (含阳台门下部)			屋 顶
	类 型	有 无 阳 台	南	东、西	北	南	东、西	北	
西 安	单层窗	有	0.69	0.80	0.86	0.79	0.88	0.91	0.94
	双层窗及双玻窗	有	0.52	0.69	0.78				
北 京	单层窗	有	0.60	0.76	0.84	0.70	0.86	0.92	0.91
	双层窗及双玻窗	有	0.28	0.60	0.73				
兰 州	单层窗	有	0.57	0.78	0.88	0.79	0.88	0.92	0.93
	双层窗及双玻窗	有	0.34	0.66	0.81				
沈 阳	单层窗	有	0.50	0.74	0.86	0.78	0.89	0.94	0.95
	双层窗及双玻窗	有	0.18	0.57	0.76				
呼 和 浩 特	单层窗	有	0.64	0.81	0.90	0.73	0.86	0.93	0.89
	双层窗及双玻窗	有	0.39	0.69	0.83				
乌 鲁 木 齐	单层窗	有	0.55	0.76	0.88	0.76	0.85	0.95	0.95
	双层窗及双玻窗	有	0.25	0.60	0.80				
长 春	单层窗	有	0.60	0.75	0.92	0.77	0.89	0.95	0.92
	双层窗及双玻窗	有	0.34	0.59	0.86				
哈 尔 滨	单层窗	有	0.62	0.81	0.91	0.80	0.90	0.95	0.96
	双层窗及双玻窗	有	0.36	0.68	0.84				
	三玻窗	有	0.60	0.79	0.90				
	三玻窗	有	0.34	0.66	0.84				
	单层窗	有	0.67	0.83	0.91				
	双层窗及双玻窗	有	0.45	0.71	0.85				
	三玻窗	有	0.65	0.82	0.90				
	三玻窗	有	0.43	0.70	0.84				

注：① 阳台门上部透明部分的 ϵ_i 值按同期向窗户采用；阳台门下部不透明部分的 ϵ_i 值按同朝向外墙采用。

② 不采暖楼梯间内的隔墙和户门，以及不采暖地下室上面的楼板的 ϵ_i 值应以温差修正系数 n 值 (见[5]附表 6) 代替。

③ 接触土壤的地面，取 $\epsilon_i=1$ 。周边地面 (由外墙内侧算起 2.0m 范围内) 的传热系数，取 $K=0.52W/m^2 \cdot K$ ；非周边地面，取 $K=0.30W/m^2 \cdot K$ 。

④ 表中三玻窗包括三层玻璃窗及单层窗+单框双玻窗。

I 多层和高层住宅耗热量指标随体形系数的变化(北京)

计算举例

例1: 试求北京地区80住宅建筑耗热量指标。已知该住宅为砖混结构, 4个单元6层楼, 层高2.7m, 南北向, 单层钢窗, 楼梯间不采暖; 采暖期 $\angle=125d$, 采暖期室外平均温度 $t_w=-1.6^{\circ}C$; 建筑面积 $A_0=3258.8m^2$, 建筑体积 $V_0=8749.4m^3$, 外表面积 $F_0=2459.9m^2$, 体形系数 $S=0.281$, 换气体积 $V=0.6V_0=5249.6m^3$ 。各部分围护结构的传热系数和传热面积见表1。建筑物耗热量指标计算见表2。

各部分围护结构的传热系数和传热面积 表1

名称	构造	传热系数K (W/m ² ·K)	传热面积F (m ²)
屋顶	毡(油防水层; 20厚水泥砂浆找平层; 100厚加气混凝土保温层; 70厚水泥焦渣找坡层; 120厚钢筋混凝土圆孔板。	1.26	492.6(已知除楼梯间面积)
外墙	20厚石灰砂浆内抹灰; 370厚粘土砖墙。	1.57	南521.3, 北469.7 东146.2, 西172.7
楼梯间隔墙	20厚石灰砂浆内外抹灰; 240厚粘土砖墙。	1.83	644.5
户门	50厚夹板门	2.91	105.8
窗户	单层钢窗	6.40	南, 有阳台151.2 无阳台63.0 北, 无阳台131.0 东, 有阳台12.6 无阳台20.2 西, 无阳台10.1
阳台门下部	单层钢板	6.40	东40.2, 西3.8
地面	20厚水泥砂浆抹面; 100厚混凝土。	周边0.52 非周边0.30	196.1(已知除楼梯间面积)

建筑物耗热量指标的计算 表2

项目	计算式及计算结果	占总耗热的百分比(%)
传热耗热量	$Q_{H,T} = (t_i - \bar{t}_e) \sum_{j=1}^n \epsilon_j \cdot K_j \cdot F_j$ 式中 $t_i - \bar{t}_e = 16 + 1.6 = 17.6$	
屋顶	$Q_R = 17.6 \times 0.91 \times 1.26 \times 492.6 = 9940.7$	8.6
外墙	$Q_{W,S} = 17.6 \times 0.70 \times 1.57 \times 521.3 = 10083.2$ $Q_{W,N} = 17.6 \times 0.92 \times 1.57 \times 469.7 = 11940.5$ $Q_{W,E} = 17.6 \times 0.86 \times 1.57 \times 146.2 = 3474.2$ $Q_{W,W} = 17.6 \times 0.86 \times 1.57 \times 172.7 = 4104.0$ $\sum Q_W = 29601.9$	8.7 10.3 3.0 3.5 25.5
楼梯间隔墙 户门	$Q_{W,S} = 17.6 \times 0.60 \times 1.83 \times 644.5 = 12454.8$ $Q_{D,S} = 17.6 \times 0.60 \times 2.91 \times 105.8 = 3251.2$ $\sum Q_S = 15706.0$	10.7 2.8 13.5
窗户 (含阳台门上部)	有: $Q_{G,S} = 17.6 \times 0.57 \times 6.40 \times 151.2 = 9707.8$ 无: $Q_{G,S} = 17.6 \times 0.34 \times 6.40 \times 63.0 = 2412.7$ 有: $Q_{G,N} = 17.6 \times 0.81 \times 6.40 \times 131.0 = 11952.2$ 有: $Q_{G,E} = 17.6 \times 0.78 \times 6.40 \times 12.6 = 1107.0$ 无: $Q_{G,E} = 17.6 \times 0.66 \times 6.40 \times 20.2 = 1501.7$ 无: $Q_{G,W} = 17.6 \times 0.66 \times 6.40 \times 10.1 = 750.9$ $\sum Q_G = 27432.3$	8.4 2.1 10.3 1.0 1.3 0.6 23.7
阳台门下部	$Q_{B,S} = 17.6 \times 0.70 \times 6.40 \times 40.2 = 3169.7$ $Q_{B,E} = 17.6 \times 0.86 \times 6.40 \times 3.8 = 368.1$ $\sum Q_B = 3537.8$	2.7 0.3 3.0
地面	周边: $Q_{F1} = 17.6 \times 0.52 \times 196.1 = 1794.7$ 非周边: $Q_{F2} = 17.6 \times 0.30 \times 257.9 = 1361.7$ $\sum Q_F = 3156.4$	1.5 1.2 2.7
传热耗热量	$Q_{H,T} = Q_R + \sum Q_W + \sum Q_S + \sum Q_G + \sum Q_B + \sum Q_F$ $= 89265.9W$	77.0

建筑物耗热量指标的计算 续表2

项目	计算式及计算结果	占总耗热的百分比(%)
空气渗透耗热量	$Q_{INF} = (t_i - \bar{t}_e) C_p \cdot \rho \cdot N \cdot V$ $= 17.6 \times 0.28 \times 1.29 \times 0.8 \times 5249.6$ $= 26697.9W$	23.0
传热耗热量指标	$q_{H,T} = Q_{H,T} / A_0$ $= 89265.9 / 3258.8 = 27.43$	
空气渗透耗热量指标	$q_{INF} = Q_{INF} / A_0$ $= 26697.9 / 3258.8 = 8.19$	
内部得热指标	$q_{I,H} = 3.80$	
建筑物耗热量指标	$q_H = q_{H,T} + q_{INF} - q_{I,H}$ $= 27.43 + 8.19 - 3.80 = 31.82 W/m^2$	

例2: 试求北京地区住宅建筑满足耗热量指标 $q_H=20.6W/m^2$ 时外墙所需传热系数。已知建筑物平面、朝向、建筑面积、体积、窗墙面积比、楼梯间隔墙、地面均同上例。屋顶传热系数 $K_R=0.80$, 双玻钢窗 $K_G=4.0$, 阳台门下部 $K_B=1.7$, 户门 $K_{D,S}=2.7$ 。外墙所需传热系数的计算见表3。

外墙所需传热系数的计算 表3

项目	计算式及计算结果
传热耗热量	$Q_{H,T} = (t_i - \bar{t}_e) \sum_{j=1}^n \epsilon_j \cdot K_j \cdot F_j$ 式中 $t_i - \bar{t}_e = 16 + 1.6 = 17.6$
屋顶	$Q_R = 17.6 \times 0.91 \times 0.80 \times 492.6 = 6311.6$
外墙	$Q_{W,S} = 17.6 \times 0.70 \times K_w \times 521.3 = 6422.4K_w$ $Q_{W,N} = 17.6 \times 0.92 \times K_w \times 469.7 = 7605.4K_w$ $Q_{W,E} = 17.6 \times 0.86 \times K_w \times 146.2 = 2212.9K_w$ $Q_{W,W} = 17.6 \times 0.86 \times K_w \times 172.7 = 2614.0K_w$ $\sum Q_W = 18854.7K_w$
楼梯间隔墙 户门	$Q_{W,S} = 17.6 \times 0.60 \times 1.83 \times 644.5 = 12454.8$ $Q_{D,S} = 17.6 \times 0.60 \times 2.70 \times 105.8 = 3016.6$ $\sum Q_S = 15471.4$
窗户 (含阳台门上部)	有: $Q_{G,S} = 17.6 \times 0.50 \times 4.0 \times 151.2 = 5322.2$ 无: $Q_{G,S} = 17.6 \times 0.18 \times 4.0 \times 63.0 = 798.3$ 有: $Q_{G,N} = 17.6 \times 0.76 \times 4.0 \times 131.0 = 7009.0$ 有: $Q_{G,E} = 17.6 \times 0.74 \times 4.0 \times 12.6 = 656.4$ 无: $Q_{G,E} = 17.6 \times 0.57 \times 4.0 \times 20.2 = 810.6$ 无: $Q_{G,W} = 17.6 \times 0.57 \times 4.0 \times 10.1 = 405.3$ $\sum Q_G = 15001.8$
阳台门下部	$Q_{B,S} = 17.6 \times 0.70 \times 1.70 \times 40.2 = 841.9$ $Q_{B,E} = 17.6 \times 0.86 \times 1.70 \times 3.8 = 97.8$ $\sum Q_B = 939.7$
地面	$\sum Q_F = 3156.4$ (同上例)
传热耗热量	$Q_{H,T} = Q_R + \sum Q_W + \sum Q_S + \sum Q_G + \sum Q_B + \sum Q_F$ $= 40880.9 + 18854.7K_w$
传热耗热量指标	$q_{H,T} = (40880.9 + 18854.7K_w) / 3258.8$ $= 12.54 + 5.79K_w$
空气渗透耗热量指标	$q_{INF} = 17.6 \times 0.28 \times 1.29 \times 0.5 \times 5249.6 / 3258.8$ $= 5.12$
内部得热指标	$q_{I,H} = 3.80$
建筑物耗热量指标	$q_H = q_{H,T} + q_{INF} - q_{I,H}$ $= 12.54 + 5.79K_w + 5.12 - 3.80 = 20.6$
外墙所需传热系数	$K_w = (20.6 - 12.54 - 5.12 + 3.80) / 5.79 = 1.16 W/m^2 \cdot K$

建筑材料热工性能计算参数

材料名称	干密度 ρ_0 (kg/m ³)	导热系数 λ (W/m·K)	蓄热系数 $S(24h)$ (W/m ² ·K)	比热容 C (kJ/kg·K)	蒸汽渗透系数 μ (g/m·h·Pa)
混凝土					
钢筋混凝土	2500	1.74	17.20	0.92	0.0000158
碎石、卵石混凝土	2300	1.51	15.36	0.92	0.0000173
	2100	1.28	13.57	0.92	0.0000173
膨胀珍珠混凝土	2000	0.77	10.49	0.96	
	1800	0.63	9.05	0.96	
自燃煤矸石或炉渣混凝土	1700	1.00	11.68	1.05	0.0000548
	1500	0.76	9.54	1.05	0.00009
	1300	0.56	7.63	1.05	0.000105
粉煤灰陶粒混凝土	1700	0.95	11.40	1.05	0.0000188
	1500	0.70	9.16	1.05	0.0000975
	1300	0.57	7.78	1.05	0.000105
粘土陶粒混凝土	1600	0.84	10.36	1.05	0.0000315
	1400	0.70	8.93	1.05	0.000039
	1200	0.53	7.25	1.05	0.0000405
油页岩渣混凝土	1300	0.52	7.39	0.98	0.0000855
页岩陶粒混凝土	1500	0.77	9.65	1.05	0.0000315
	1300	0.63	8.16	1.05	0.000039
	1100	0.50	6.70	1.05	0.0000435
火山灰渣混凝土	1700	0.57	6.30	1.05	0.0000395
浮石混凝土	1500	0.67	9.09	1.05	0.0000150
	1300	0.53	7.54	1.05	0.0000188
	1100	0.42	6.13	1.05	0.0000353
加气混凝土、泡沫混凝土	700	0.22	3.59	1.05	0.0000998
	500	0.19	2.81	1.05	0.000111
砂浆和砌体					
水泥砂浆	1800	0.93	11.37	1.05	0.000021
石灰水泥砂浆	1700	0.87	10.75	1.05	0.0000975
石灰砂浆	1600	0.81	10.07	1.05	0.0000443
石灰石膏砂浆	1500	0.76	9.44	1.05	
保温砂浆	800	0.29	4.44	1.05	
重砂浆砌筑粘土砖砌体	1800	0.81	10.63	1.05	0.000105
轻砂浆砌筑粘土砖砌体	1700	0.76	9.96	1.05	0.00012
灰砂砖砌体	1900	1.10	12.72	1.05	0.000105
硅酸盐砖砌体	1800	0.87	11.11	1.05	0.000105
炉渣砖砌体	1700	0.81	10.43	1.05	0.000105
重砂浆砌筑 26、33 及 36 孔粘土空心砖砌体	1400	0.58	7.92	1.05	0.0000158
热绝缘材料					
矿棉、岩棉、玻璃棉板	80 以下	0.05	0.59	1.22	
	80~200	0.045	0.75	1.22	0.000488
矿棉、岩棉、玻璃棉毡	70 以下	0.05	0.58	1.34	
	70~200	0.045	0.77	1.34	0.000488
矿棉、岩棉、玻璃棉松散料	70 以下	0.05	0.46	0.84	
	70~120	0.045	0.51	0.84	0.000488
麻刀	150	0.07	1.34	2.10	
水泥膨胀珍珠岩	800	0.26	4.37	1.17	0.000042
	600	0.21	3.44	1.17	0.00009
	400	0.16	2.49	1.17	0.000191
沥青或乳化沥青膨胀珍珠岩	400	0.12	2.28	1.55	0.0000293
	300	0.093	1.77	1.55	0.0000675
水泥膨胀蛭石	350	0.14	1.99	1.05	
聚苯乙烯泡沫塑料	30	0.042	0.36	1.38	0.0000162
聚氨酯硬泡沫塑料	30	0.033	0.36	1.38	0.0000234
聚氨酯硬泡沫塑料	130	0.048	0.79	1.38	
钙塑	120	0.049	0.83	1.59	
泡沫玻璃	140	0.058	0.70	0.84	0.0000225
泡沫石膏	500	0.19	2.78	1.05	0.0000375

表 1

材料名称	干密度 ρ_0 (kg/m ³)	导热系数 λ (W/m·K)	蓄热系数 $S(24h)$ (W/m ² ·K)	比热容 C (kJ/kg·K)	蒸汽渗透系数 μ (g/m·h·Pa)
木材、建筑板材					
橡木、枫树(热流方向垂直木纹)	700	0.17	4.90	2.51	0.0000562
橡木、枫树(热流方向平行木纹)	700	0.35	6.93	2.51	0.0003
松木、云杉(热流方向垂直木纹)	500	0.14	3.85	2.51	0.0000345
松木、云杉(热流方向平行木纹)	500	0.29	5.55	2.51	0.000168
胶合板	600	0.17	4.57	2.51	0.0000225
软木板	300	0.093	1.95	1.89	0.0000225
	150	0.058	1.09	1.89	0.0000285
纤维板	1000	0.34	8.13	2.51	0.00012
	600	0.23	5.28	2.51	0.000113
石棉水泥板	1800	0.52	8.52	1.05	0.0000135
石棉水泥隔热板	500	0.16	2.58	1.05	0.00039
石膏板	1050	0.33	5.28	1.05	0.000079
水泥刨花板	1000	0.34	7.27	2.01	0.000024
	700	0.19	4.56	2.01	0.000105
稻草板	300	0.13	2.33	1.68	0.0003
木屑板	200	0.065	1.54	2.10	0.0000263
松散材料					
锅炉炉渣	1000	0.29	4.40	0.92	0.000193
粉煤灰	1000	0.23	3.93	0.92	
高炉炉渣	900	0.26	3.92	0.92	0.000203
浮石、凝灰岩	600	0.23	3.05	0.92	0.000263
膨胀蛭石	300	0.14	1.79	1.05	
	200	0.10	1.24	1.05	
硅藻土	200	0.076	1.00	0.92	
膨胀珍珠岩	120	0.07	0.84	1.17	
	80	0.058	0.63	1.17	
稻壳	120	0.06	1.02	2.01	
干草	100	0.047	0.83	2.01	
木屑	250	0.093	1.84	2.01	
其他材料					
夯实粘土	2000	1.16	12.99	1.01	
	1800	0.93	11.03	1.01	
加草粘土	1600	0.76	9.37	1.01	
	1400	0.58	7.69	1.01	
软质粘土	1200	0.47	6.36	1.01	
建筑用砂	1600	0.58	8.26	1.01	
花岗岩、玄武岩	2800	3.49	25.49	0.92	0.0000113
大理石	2800	2.91	23.27	0.92	0.0000113
砾石、石灰岩	2400	2.04	18.03	0.92	0.0000375
石灰石	2000	1.16	12.56	0.92	0.00006
沥青油毡、油毡纸	600	0.17	3.33	1.47	
地沥青混凝土	2100	1.05	16.39	1.68	0.0000075
石油沥青	1400	0.27	6.73	1.68	
	1050	0.17	4.71	1.68	0.0000075
平板玻璃	2500	0.76	10.69	0.84	0
玻璃钢	1800	0.52	9.25	1.26	0
硬质聚氯乙烯	1400	0.16	8.60	1.18	
紫铜	8500	407.0	324.0	0.42	0
青铜	8060	64.0	118.0	0.38	0
建筑钢材	7850	58.0	126.0	0.48	0
铝	2700	203.0	191.0	0.92	0
铸铁	7250	49.0	112.0	0.48	0

注: 实际计算时比热容 C 的单位应取 $W \cdot h / kg \cdot K$, 故表中值应换算系数 0.2778

导热系数 λ 和蓄热系数 S 的修正系数 a 值

表 1

材料、构造、施工、地区和使用情况	a
1. 作为夹芯层浇筑在混凝土墙体及屋面构件中的块状多孔保温材料（如加气混凝土、泡沫混凝土、水泥膨胀珍珠岩等），因干燥缓慢及灰缝影响。	1.6
2. 铺设在密闭屋面中的多孔保温材料（如加气混凝土、泡沫混凝土、水泥膨胀珍珠岩、石灰炉渣等），因干燥缓慢。	1.5
3. 铺设在密闭屋面中及作为夹芯层浇筑在混凝土构件中的半硬质矿棉、岩棉、玻璃棉板等，因压缩及吸湿。	1.2
4. 作为夹芯层浇筑在混凝土构件中的泡沫塑料等，因压缩。	1.2
5. 开孔型保温材料（如水泥刨花板、木丝板、稻草板等），表面抹灰或与混凝土浇筑在一起，因灰浆渗入。	1.3
6. 加气混凝土、泡沫混凝土砌块墙体及加气混凝土条板墙体、屋面，因灰缝影响。	1.25
7. 填充在空心墙体和屋面构件中的松散保温材料（如稻壳、木屑、矿棉、岩棉、玻璃棉等），因下沉。	1.2
8. 矿渣、炉渣、浮石、粉煤灰陶粒、加气混凝土等实心墙体及屋面构件，在严寒地区，且用于相对湿度超过 65% 的采暖房间，因干燥缓慢。	1.15

注：①围护结构在各地正确设计、正常使用条件下，材料的热物理性能计算参数可按[18]页表 1 采用。

②在有表 1 所列情况者，材料的导热系数和蓄热系数计算值应分别按下列两式修正：

$$\lambda_c = \lambda \cdot a$$

$$S_c = S \cdot a$$

式中： λ 、 S ——材料的导热系数和蓄热系数，按[18]页表 1 采用；

a ——导热系数和蓄热系数的修正系数，按表 1 采用。

薄片材料和涂层的蒸汽渗透阻 H_c 值

表 2

材料和涂层名称	$\delta(\text{mm})$	H_c ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{g}$)
普通纸板	1	16
石膏板	8	120
硬质纤维板	8	107
软质纤维板	10	53
三层胶合板	3	227
石棉水泥板	6	267
热沥青一道	2	267
热沥青二道	4	480
乳化沥青二道	—	520
偏氯乙烯二道	—	1240
环氧煤焦油二道	—	3733
油漆二道(先做油灰嵌缝、上底漆)	—	640
瓷漆涂层	—	480
聚氯乙烯涂层二道	—	3866
氯丁橡胶涂层二道	—	3466
玛瑙脂涂层一道	2	600
沥青玛瑙脂涂层一道	1	640
沥青玛瑙脂涂层二道	2	1080
石油沥青油毡	1.5	1107
石油沥青油纸	0.4	293
屋面油毡	1.9	400
二毡三油(一层油毡，一层油纸)	6	1707
三毡四油(二层油毡，一层油纸)	10	2480
聚氯乙烯薄膜	0.16	733

材料的空气渗透系数 β 值

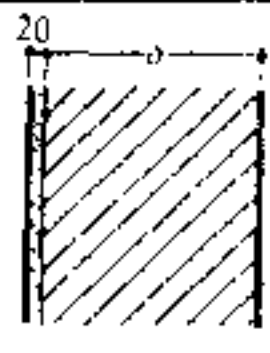
表 3

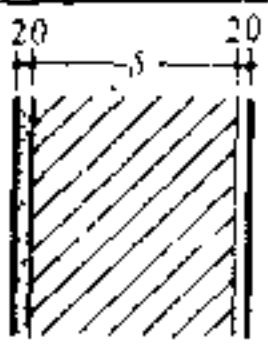
材料名称	$\rho(\text{kg}/\text{m}^3)$	$\beta(\text{kg}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$	材料名称	$\rho(\text{kg}/\text{m}^3)$	$\beta(\text{kg}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$	材料名称	$\rho(\text{kg}/\text{m}^3)$	$\beta(\text{kg}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$
普通混凝土	2150	0.004×10^{-3}	隔声板	830	6.24×10^{-3}	粘土砖	1900	0.050×10^{-3}
高低泡沫混凝土	670	0.053×10^{-3}	木纤维板	320	0.64×10^{-3}	硅酸盐砖	2100	0.048×10^{-3}
低密度泡沫混凝土	600	0.530×10^{-3}	木材(垂直木纹)	500	0.028×10^{-3}	硅酸盐砖	900	0.204×10^{-3}
矿渣混凝土	1300	7.490×10^{-3}	木材(平行木纹)	500	0.755×10^{-3}	硅酸盐砌块	1800	0.171×10^{-3}
1:1 石灰砂浆	—	$(0.007 \sim 0.037) \times 10^{-3}$	芦苇板	—	5.220×10^{-3}	油毡纸	480	0.0014×10^{-3}
1:2 石灰砂浆	—	$(0.038 \sim 0.118) \times 10^{-3}$	硬纸板	—	0.011×10^{-3}	油毡	855	0
1:3 石灰砂浆	—	0.061×10^{-3}	胶合板	560	0.015×10^{-3}	陶土制品	2200	0
1:3 水泥砂浆	—	$(0.0003 \sim 0.006) \times 10^{-3}$	木丝板	370	4.800×10^{-3}	白云石	800	1.770×10^{-3}
1:4 水泥砂浆	—	$(0.010 \sim 0.072) \times 10^{-3}$	稻草板	—	3.210×10^{-3}	蛭石	320	3.940×10^{-3}
1:6 水泥砂浆	—	$(0.076 \sim 0.327) \times 10^{-3}$	水泥纤维板	300	1.430×10^{-3}	膨胀矿渣	480	0.621×10^{-3}
锅炉炉渣	—	0.651×10^{-3}	菱苦土板	1380	0.014×10^{-3}	凝灰岩	1350	0.600×10^{-3}
矿棉	—	$(1.02 \sim 44.3) \times 10^{-3}$	硅酸盐菱苦土板	900	0.546×10^{-3}	石砌体	—	3.110×10^{-3}
矿棉板	275	23.9×10^{-3}	石棉水泥板	1430	0.003×10^{-3}	天然状态土壤	—	1.700×10^{-3}
石膏板	1300	0.005×10^{-3}	石棉木屑水泥板	300	0.510×10^{-3}	疏松状态土壤	—	0.370×10^{-3}
泡沫石膏	430	2.860×10^{-3}	泥炭隔热板	165	5.560×10^{-3}	干燥状态土壤	—	0.125×10^{-3}

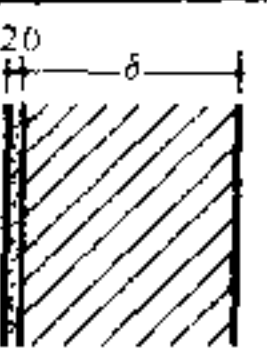
材料对太阳辐射的吸收系数 ρ 值

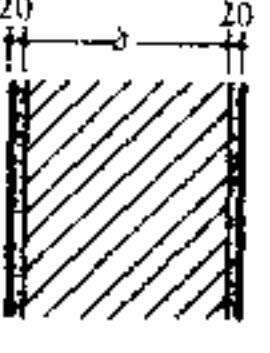
表 4

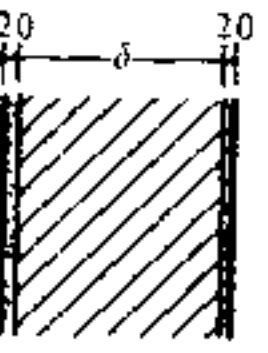
面层材料	表面状况	颜色	ρ	面层材料	表面状况	颜色	ρ	面层材料	表面状况	颜色	ρ
红瓦屋面	旧	红褐	0.70	硅酸盐砖墙面	不光滑	灰白	0.50	石灰粉刷墙面	新、光滑	白色	0.48
灰瓦屋面	旧	浅灰	0.52	混凝土墙面	平滑	暗灰	0.73	水刷石墙面	旧、粗糙	灰色	0.70
水泥瓦屋面	旧	银灰	0.75	灰砂砖墙面	—	灰色	0.50	浅色面砖及涂料	—	浅黄、浅绿	0.50
石棉水泥瓦屋面	旧	浅灰	0.75	拉毛水泥墙面	粗糙、旧	蓝灰	0.63	黑铁皮	光滑、旧	灰黑	0.89
油毡屋面	旧	黑色	0.85	拉毛水泥墙面	粗糙、旧	米黄	0.65	镀锌铁皮	光滑、新	灰色	0.66
绿豆砂屋面	—	浅黑	0.65	红色花岗石	磨光	红色	0.55	草地	新鲜	草绿	0.80
水泥屋面及墙面	—	青灰	0.70	白色大理石	磨光	白色	0.44	沥青路面	平滑	灰色	0.81
红砖墙面	旧	红褐	0.75	深色大理石	磨光	深色	0.65	水面	亮	蓝绿	0.95

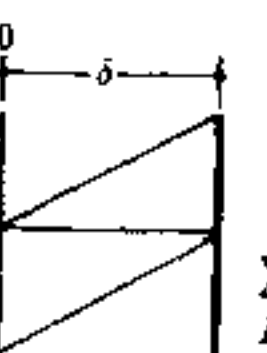
	δ	240	370	490	620	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.32 0.48 0.47 2.08 2.13 3.39 14.05 8.85 2.09 1.64	0.48 0.64 0.63 1.56 1.59 5.09 46.73 13.44 2.09 1.64	0.62 0.78 0.77 1.28 1.30 6.58 134.03 17.46 2.09 1.64	0.79 0.95 0.94 1.05 1.06 8.39 481.99 22.35 2.09 1.64
1. 石灰砂浆 2. 粘土实心 砖墙										

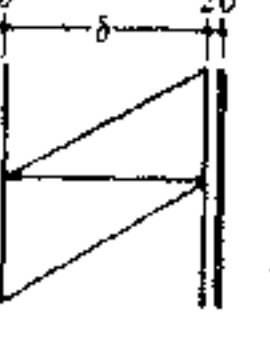
	δ	240	370	490	620	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.34 0.50 0.49 2.00 2.04 3.62 16.41 9.49 2.09 1.64	0.50 0.66 0.65 1.52 1.54 5.32 54.60 14.08 2.09 1.64	0.64 0.80 0.79 1.25 1.27 6.81 156.59 18.10 2.09 1.64	0.81 0.97 0.96 1.03 1.04 8.62 563.12 22.99 2.09 1.64
1. 石灰砂浆 2. 粘土实心 砖墙 3. 水泥砂浆										

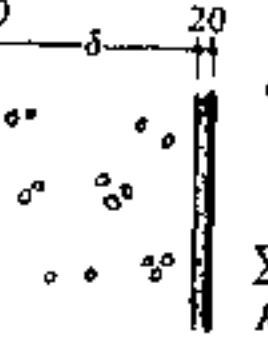
	δ	240	370	490	620	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.24 0.40 0.39 2.50 2.56 3.00 10.51 8.02 2.23 1.74	0.36 0.52 0.51 1.92 1.96 4.53 31.00 12.15 2.23 1.74	0.47 0.63 0.62 1.59 1.61 5.92 82.86 15.90 2.23 1.74	0.58 0.74 0.73 1.35 1.37 7.33 227.77 19.77 2.23 1.74
1. 石灰砂浆 2. 灰砂砖墙										

	δ	240	370	490	620	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.32 0.48 0.47 2.08 2.13 3.54 15.51 9.32 2.13 1.67	0.47 0.63 0.62 1.59 1.61 5.21 50.51 13.83 2.13 1.67	0.60 0.76 0.75 1.32 1.33 6.65 139.84 17.72 2.13 1.67	0.75 0.91 0.90 1.10 1.11 8.32 455.48 22.23 2.13 1.67
1. 石灰砂浆 2. 硅酸盐砖 墙 3. 水泥砂浆										

	δ	240	370	490	620	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.34 0.50 0.49 2.00 2.04 3.55 15.62 9.28 2.07 1.63	0.50 0.66 0.65 1.52 1.54 5.23 51.23 13.82 2.07 1.63	0.64 0.80 0.79 1.25 1.27 6.68 142.83 17.73 2.07 1.63	0.81 0.97 0.96 1.03 1.04 8.46 502.88 22.54 2.07 1.63
1. 石灰砂浆 2. 炉渣砖墙 3. 水泥砂浆										

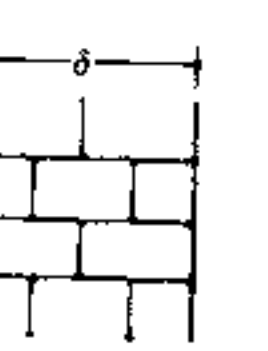
	δ	240	370	490	620	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.43 0.59 0.58 1.69 1.72 3.45 15.38 8.66 1.89 1.49	0.66 0.82 0.81 1.22 1.23 5.27 55.69 13.57 1.89 1.49	0.86 1.02 1.01 0.98 0.99 6.85 170.22 17.84 1.89 1.49	1.09 1.25 1.24 0.80 0.81 8.67 616.48 22.75 1.89 1.49
1. 石灰砂浆 2. 粘土空心 砖墙 (26~ 36 孔)										

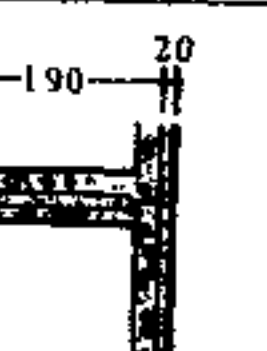
	δ	240	370	490	620	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.45 0.61 0.60 1.64 1.67 3.68 17.73 9.37 1.89 1.49	0.68 0.84 0.83 1.19 1.20 5.50 64.21 14.28 1.89 1.49	0.88 1.04 1.03 0.96 0.97 7.08 196.25 18.55 1.89 1.49	1.11 1.27 1.26 0.79 0.79 8.90 710.75 23.46 1.89 1.49
1. 石灰砂浆 2. 粘土空心 砖墙 (26~ 36 孔) 3. 水泥砂浆										

	δ	175	200	250	300	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.77 0.93 0.92 1.07 1.09 2.99 14.84 6.84 1.51 1.10	0.87 1.03 1.02 0.97 0.98 3.34 19.00 7.78 1.51 1.10	1.08 1.24 1.23 0.81 0.81 4.09 32.29 9.81 1.51 1.10	1.29 1.45 1.44 0.69 0.69 4.82 54.11 11.78 1.51 1.10
1. 石灰砂浆 2. 加气混凝 土墙 ($\rho_0=$ 500) 3. 水泥砂浆										

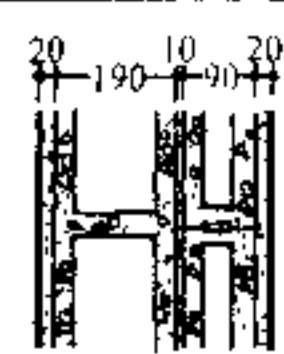
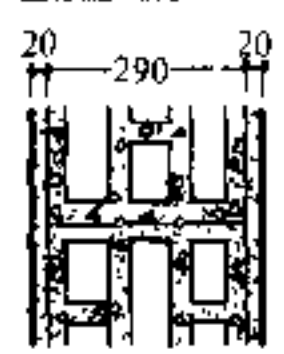
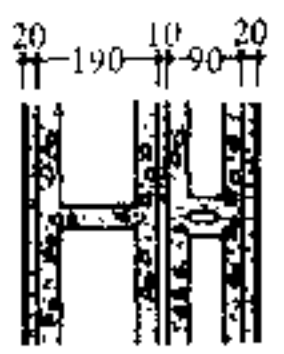
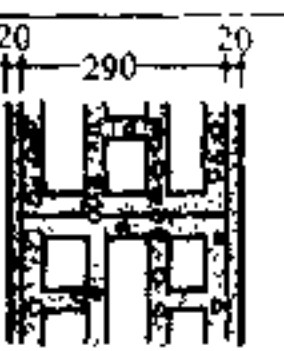
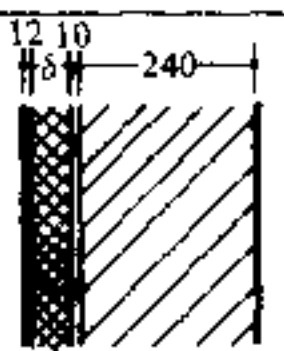
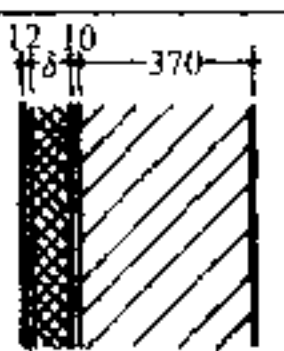
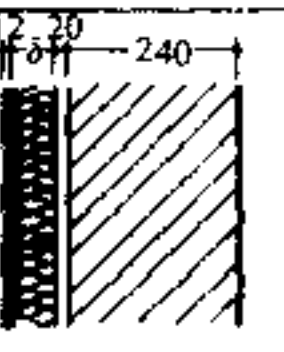
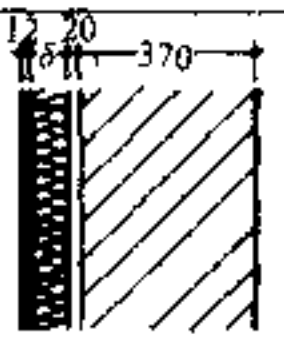
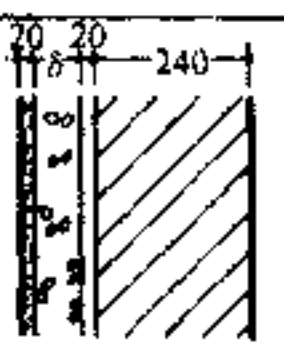
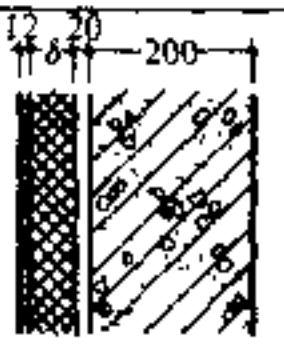
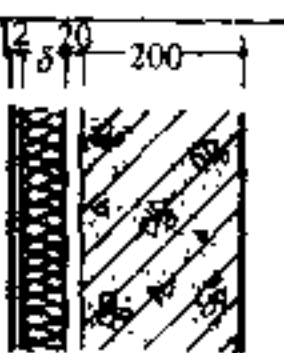
	δ	175	200	250	300	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.69 0.85 0.84 1.18 1.19 3.26 16.87 7.74 1.60 1.21	0.75 0.91 0.90 1.10 1.11 3.62 21.77 8.71 1.60 1.21	0.93 0.99 0.98 1.01 1.02 4.43 38.59 10.90 1.60 1.21	1.11 1.29 1.26 0.79 0.79 5.23 67.95 13.06 1.60 1.21
1. 石灰砂浆 2. 加气混凝 土墙 ($\rho_0=$ 700) 3. 水泥砂浆										

	δ	490	620	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.16 0.32 0.31 3.13 3.23 3.77 20.06 10.96 2.94 1.47	0.20 0.36 0.35 2.76 2.86 4.79 41.26 13.93 2.94 1.47				
1. 石灰砂浆 2. 花岗岩或 玄武岩墙										

	δ	490	620	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.44 0.60 0.59 1.67 1.69 5.48 60.71 14.70 2.22 1.73	0.55 0.71 0.70 1.41 1.43 6.86 161.07 18.43 2.22 1.73				
1. 石灰砂浆 2. 石灰石墙										

	δ	190	$\sum R$ R_{0H} R_{0K} K_H K_K $\sum D$ ν_0 ξ_0 ν_1 ξ_1	0.36 0.52 0.51 1.92 1.96 1.71 7.63 3.87 1.85 1.45						
1. 石灰砂浆 2. 自燃煤矸 石混凝土空 心砌块墙体 3. 水泥砂浆										

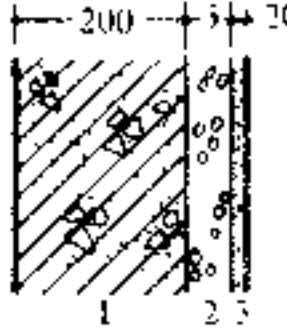
注: 表中符号意义见[2]页。冬、夏季内、外表面换热系数取值: 夏季 $\alpha_i = 8.7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $\alpha_e = 19.0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; 冬季 $\alpha_i = 8.7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $\alpha_e = 23.0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 。

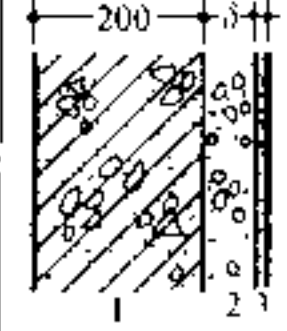
 δ 290 $\sum R$ 0.39 $R_{0\text{总}}$ 0.55 $R_{0\text{分}}$ 0.54 $K_{\text{总}}$ 1.82 $K_{\text{分}}$ 1.85 $\sum D$ 2.54 ν_0 13.08 ξ_0 6.30 ν_1 1.87 ξ_1 1.47 1 石灰砂浆 2 自然煤矸石混凝土空心砌块 3 水泥砂浆 4 自然煤矸石混凝土空心砌块 5 水泥砂浆	 δ 290 $\sum R$ 0.49 $R_{0\text{总}}$ 0.65 $R_{0\text{分}}$ 0.64 $K_{\text{总}}$ 1.54 $K_{\text{分}}$ 1.56 $\sum D$ 2.73 ν_0 16.43 ξ_0 6.77 ν_1 1.87 ξ_1 1.47 1 石灰砂浆 2 自然煤矸石混凝土空心砌块墙体 3 水泥砂浆	 δ 290 $\sum R$ 0.51 $R_{0\text{总}}$ 0.67 $R_{0\text{分}}$ 0.66 $K_{\text{总}}$ 1.47 $K_{\text{分}}$ 1.52 $\sum D$ 2.22 ν_0 11.04 ξ_0 4.99 ν_1 1.62 ξ_1 1.22 1 石灰砂浆 2 火山渣混凝土空心砌块 3 水泥砂浆 4 火山渣混凝土空心砌块 5 水泥砂浆
 δ 290 $\sum R$ 0.63 $R_{0\text{总}}$ 0.79 $R_{0\text{分}}$ 0.78 $K_{\text{总}}$ 1.27 $K_{\text{分}}$ 1.28 $\sum D$ 2.28 ν_0 12.63 ξ_0 5.07 ν_1 1.59 ξ_1 1.19 1 石灰砂浆 2 火山渣混凝土空心砌块墙体 3 水泥砂浆	 δ 30 40 50 $\sum R_{\text{总}}$ 1.08 1.28 1.48 $\sum R_{\text{分}}$ 1.10 1.30 1.50 $R_{0\text{总}}$ 1.24 1.44 1.64 $R_{0\text{分}}$ 1.25 1.45 1.65 $K_{\text{总}}$ 0.82 0.70 0.62 $K_{\text{分}}$ 0.79 0.68 0.60 $\sum D$ 3.64 3.72 3.81 ν_0 57.62 68.71 80.13 ξ_0 8.69 8.82 9.01 ν_1 1.19 1.17 1.16 ξ_1 0.58 0.54 0.51 1 石膏板 2 聚苯乙烯泡沫塑料板 3 空气层 4 粘土实心砖墙	 δ 30 40 50 $\sum R_{\text{总}}$ 1.24 1.44 1.64 $\sum R_{\text{分}}$ 1.26 1.46 1.66 $R_{0\text{总}}$ 1.40 1.60 1.80 $R_{0\text{分}}$ 1.41 1.61 1.81 $K_{\text{总}}$ 0.71 0.63 0.56 $K_{\text{分}}$ 0.71 0.63 0.55 $\sum D$ 5.34 5.42 5.51 ν_0 191.67 228.59 266.64 ξ_0 13.29 13.41 13.59 ν_1 1.19 1.17 1.16 ξ_1 0.58 0.54 0.51 1 石膏板 2 聚苯乙烯泡沫塑料板 3 空气层 4 粘土实心砖墙
 δ 30 40 50 $\sum R_{\text{总}}$ 1.04 1.22 1.41 $\sum R_{\text{分}}$ 1.06 1.24 1.43 $R_{0\text{总}}$ 1.20 1.38 1.57 $R_{0\text{分}}$ 1.21 1.39 1.58 $K_{\text{总}}$ 0.83 0.72 0.63 $K_{\text{分}}$ 0.83 0.72 0.63 $\sum D$ 3.90 4.07 4.24 ν_0 56.59 68.65 82.42 ξ_0 9.44 9.82 10.22 ν_1 1.26 1.25 1.17 ξ_1 0.61 0.57 0.54 1 石膏板 2 岩棉板或玻璃棉板 3 空气层 4 粘土实心砖墙	 δ 30 40 50 $\sum R_{\text{总}}$ 1.20 1.36 1.57 $\sum R_{\text{分}}$ 1.22 1.38 1.59 $R_{0\text{总}}$ 1.36 1.52 1.73 $R_{0\text{分}}$ 1.37 1.53 1.74 $K_{\text{总}}$ 0.74 0.66 0.58 $K_{\text{分}}$ 0.73 0.65 0.57 $\sum D$ 5.60 5.77 5.95 ν_0 188.34 225.36 276.29 ξ_0 14.03 14.41 14.83 ν_1 1.27 1.25 1.17 ξ_1 0.57 0.57 0.57 1 石膏板 2 岩棉板或玻璃棉板 3 空气层 4 粘土实心砖墙	 δ 100 125 150 $\sum R_{\text{总}}$ 0.88 0.99 1.09 $\sum R_{\text{分}}$ 0.90 1.01 1.11 $R_{0\text{总}}$ 1.04 1.15 1.25 $R_{0\text{分}}$ 1.05 1.16 1.26 $K_{\text{总}}$ 0.96 0.87 0.80 $K_{\text{分}}$ 0.95 0.86 0.79 $\sum D$ 4.86 5.25 5.60 ν_0 67.69 89.19 114.23 ξ_0 12.77 13.79 14.74 ν_1 1.51 1.51 1.51 ξ_1 1.11 1.11 1.11 1 石灰砂浆 2 加气混凝土 ($\rho_0 = 500$) 3 空气层 4 粘土实心砖墙
 δ 100 125 150 $\sum R_{\text{总}}$ 0.82 0.91 1.01 $\sum R_{\text{分}}$ 0.84 0.93 1.03 $R_{0\text{总}}$ 0.98 1.07 1.17 $R_{0\text{分}}$ 0.99 1.08 1.18 $K_{\text{总}}$ 1.02 0.93 0.85 $K_{\text{分}}$ 1.01 0.93 0.85 $\sum D$ 5.01 5.43 5.81 ν_0 70.61 95.01 124.30 ξ_0 13.34 14.47 15.50 ν_1 1.60 1.60 1.60 ξ_1 1.21 1.21 1.21 1 石灰砂浆 2 加气混凝土 ($\rho_0 = 700 \text{ kg/m}^3$) 3 空气层 4 粘土实心砖墙	 δ 30 40 50 $\sum R_{\text{总}}$ 0.90 1.10 1.30 $\sum R_{\text{分}}$ 0.92 1.12 1.32 $R_{0\text{总}}$ 1.06 1.26 1.46 $R_{0\text{分}}$ 1.07 1.27 1.47 $K_{\text{总}}$ 0.94 0.79 0.68 $K_{\text{分}}$ 0.93 0.79 0.68 $\sum D$ 2.34 2.42 2.52 ν_0 25.51 31.75 38.44 ξ_0 5.44 5.68 5.86 ν_1 1.26 1.23 1.16 ξ_1 0.59 0.54 0.51 1 石膏板 2 聚苯乙烯泡沫塑料板 3 空气层 4 钢筋混凝土墙	 δ 30 40 50 $\sum R_{\text{总}}$ 0.85 1.03 1.22 $\sum R_{\text{分}}$ 0.87 1.05 1.24 $R_{0\text{总}}$ 1.01 1.19 1.38 $R_{0\text{分}}$ 1.02 1.20 1.39 $K_{\text{总}}$ 0.99 0.84 0.72 $K_{\text{分}}$ 0.98 0.83 0.72 $\sum D$ 2.58 2.75 2.92 ν_0 26.00 31.85 37.73 ξ_0 6.25 6.63 7.02 ν_1 1.11 1.19 1.17 ξ_1 0.62 0.58 0.54 1 石膏板 2 岩棉板或玻璃棉板 3 空气层 4 钢筋混凝土墙

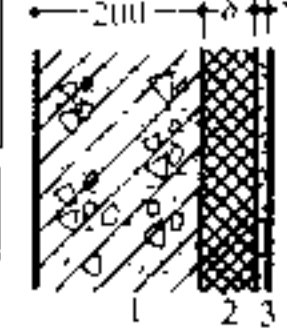
注:表中符号意义见[2]页。冬、夏季内、外表面换热系数取值:夏季 $\alpha_i = 8.7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $\alpha_e = 19.0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$;冬季 $\alpha_i = 8.7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $\alpha_e = 23.0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 。

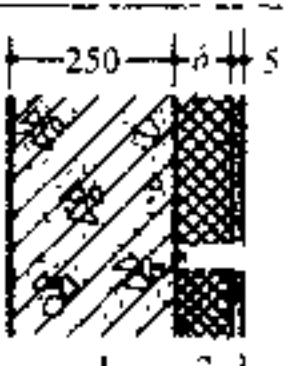
1. 石膏板 2. 岩棉板或玻璃棉板 3. 空气层 4. 钢筋混凝土 土墙	δ 30 40 50	$\sum R_{\text{总}}$ 0.88 1.06 1.25 $\sum R_{\text{分}}$ 0.90 1.08 1.27 $R_{0\text{总}}$ 1.04 1.22 1.41 $R_{0\text{分}}$ 1.05 1.23 1.42 $K_{\text{总}}$ 0.96 0.82 0.71 $K_{\text{分}}$ 0.95 0.81 0.70 $\sum D$ 3.10 3.27 3.44 ν_0 37.55 45.98 54.52 ξ_0 7.66 8.03 8.43 ν_1 1.19 1.19 1.17 ξ_1 0.62 0.58 0.54
1. 石灰砂浆 2. 加气混凝土 ($\rho_0=500$) 3. 空气层 4. 钢筋混凝土 土墙	δ 100 125 150	$\sum R_{\text{总}}$ 0.70 0.80 0.90 $\sum R_{\text{分}}$ 0.72 0.82 0.92 $R_{0\text{总}}$ 0.86 0.96 1.06 $R_{0\text{分}}$ 0.87 0.97 1.07 $K_{\text{总}}$ 1.16 1.04 0.94 $K_{\text{分}}$ 1.15 1.03 0.93 $\sum D$ 3.56 3.95 4.30 ν_0 30.56 39.98 51.20 ξ_0 9.60 10.65 11.60 ν_1 1.51 1.51 1.51 ξ_1 1.11 1.11 1.11
1. 石灰砂浆 2. 加气混凝土 ($\rho_0=700$) 3. 空气层 4. 钢筋混凝土 土墙	δ 100 125 150	$\sum R_{\text{总}}$ 0.63 0.72 0.82 $\sum R_{\text{分}}$ 0.65 0.74 0.84 $R_{0\text{总}}$ 0.79 0.88 0.98 $R_{0\text{分}}$ 0.80 0.89 0.99 $K_{\text{总}}$ 1.27 1.13 1.02 $K_{\text{分}}$ 1.25 1.12 1.01 $\sum D$ 3.73 4.13 4.56 ν_0 32.71 43.40 58.82 ξ_0 10.26 11.32 12.38 ν_1 1.60 1.60 1.60 ξ_1 1.21 1.21 1.21
1. 石膏板 2. 岩棉板或玻璃棉板 3. 火山渣混凝土空心砌块 4. 水泥砂浆	δ 30 40 50	$\sum R_{\text{总}}$ 1.02 1.20 1.39 $\sum R_{\text{分}}$ 1.04 1.22 1.41 $R_{0\text{总}}$ 1.18 1.36 1.55 $R_{0\text{分}}$ 1.19 1.37 1.56 $K_{\text{总}}$ 0.85 0.74 0.65 $K_{\text{分}}$ 0.84 0.73 0.64 $\sum D$ 1.82 1.94 2.16 ν_0 14.04 16.49 20.29 ξ_0 3.44 3.68 4.24 ν_1 1.20 1.18 1.18 ξ_1 0.59 0.56 0.55
1. 石灰砂浆 2. 粘土实心砖墙 3. 加气混凝土 ($\rho_0=500$ kg/m³) 4. 水泥砂浆	δ 100 125 150	$\sum R_{\text{总}}$ 0.76 0.86 0.97 $R_{0\text{总}}$ 0.92 1.02 1.13 $R_{0\text{分}}$ 0.91 1.01 1.12 $K_{\text{总}}$ 1.09 0.98 0.88 $K_{\text{分}}$ 1.11 0.99 0.89 $\sum D$ 5.10 5.48 5.83 ν_0 68.60 89.76 114.96 ξ_0 13.08 14.10 15.71 ν_1 2.09 2.09 2.09 ξ_1 1.64 1.64 1.64
1. 石灰砂浆 2. 粘土实心砖墙 3. 加气混凝土 ($\rho_0=700$) 4. 水泥砂浆	δ 100 125 150	$\sum R_{\text{总}}$ 0.70 0.79 0.89 $R_{0\text{总}}$ 0.86 0.95 1.05 $R_{0\text{分}}$ 0.84 0.94 1.04 $K_{\text{总}}$ 1.16 1.05 0.95 $K_{\text{分}}$ 1.18 1.06 0.96 $\sum D$ 5.24 5.64 6.09 ν_0 66.09 83.37 121.48 ξ_0 13.53 14.61 15.82 ν_1 2.09 2.09 2.09 ξ_1 1.64 1.64 1.64
1. 石灰砂浆 2. 粘土实心砖墙 3. 岩棉板或玻璃棉板 4. 铜丝网水泥板	δ 30 40 50	$\sum R_{\text{总}}$ 0.89 1.07 1.26 $R_{0\text{总}}$ 1.05 1.23 1.42 $R_{0\text{分}}$ 1.04 1.24 1.41 $K_{\text{总}}$ 0.95 0.81 0.70 $K_{\text{分}}$ 0.96 0.82 0.71 $\sum D$ 4.09 4.26 4.43 ν_0 73.35 93.31 120.82 ξ_0 10.21 10.64 11.08 ν_1 2.09 2.09 2.09 ξ_1 1.64 1.64 1.64
1. 石灰砂浆 2. 粘土实心砖墙 3. 聚苯乙烯泡沫塑料板 4. 纤维增强层	δ 30 40 50	$\sum R_{\text{总}}$ 0.93 1.13 1.33 $R_{0\text{总}}$ 1.09 1.29 1.49 $R_{0\text{分}}$ 1.08 1.28 1.48 $K_{\text{总}}$ 0.92 0.78 0.67 $K_{\text{分}}$ 0.93 0.78 0.67 $\sum D$ 3.66 3.74 3.83 ν_0 66.55 83.51 104.49 ξ_0 8.87 9.05 9.27 ν_1 2.09 2.09 2.09 ξ_1 1.64 1.64 1.64
1. 石灰砂浆 2. 粘土实心砖墙 3. 聚苯乙烯泡沫塑料板 4. 纤维增强层	δ 30 40 50	$\sum R_{\text{总}}$ 1.09 1.29 1.49 $R_{0\text{总}}$ 1.25 1.45 1.65 $R_{0\text{分}}$ 1.24 1.44 1.64 $K_{\text{总}}$ 0.80 0.69 0.61 $K_{\text{分}}$ 0.81 0.69 0.61 $\sum D$ 5.36 5.44 5.53 ν_0 221.48 277.79 347.70 ξ_0 13.46 13.64 13.86 ν_1 2.09 2.09 2.09 ξ_1 1.64 1.64 1.64
1. 石灰砂浆 2. 粘土实心砖墙 3. 空气层 4. 水泥聚苯乙烯泡沫塑料板 5. 纤维增强层	δ 30 40 50	$\sum R_{\text{总}}$ 0.73 0.81 0.90 $\sum R_{\text{分}}$ 0.73 0.81 0.90 $R_{0\text{总}}$ 0.87 0.95 1.04 $R_{0\text{分}}$ 0.88 0.96 1.05 $K_{\text{总}}$ 1.15 1.05 0.96 $K_{\text{分}}$ 1.14 1.04 0.95 $\sum D$ 4.12 4.28 4.46 ν_0 53.38 62.35 73.78 ξ_0 10.90 11.33 11.81 ν_1 2.09 2.09 2.09 ξ_1 1.64 1.64 1.64
1. 石灰砂浆 2. 粘土实心砖墙 3. 空气层 4. 泰伯板或舒尔舍板 5. 铜丝网水泥砂浆	δ 30 40 50	$\sum R_{\text{总}}$ 0.91 1.07 1.22 $\sum R_{\text{分}}$ 0.93 1.09 1.24 $R_{0\text{总}}$ 1.07 1.23 1.38 $R_{0\text{分}}$ 1.08 1.24 1.39 $K_{\text{总}}$ 0.93 0.81 0.72 $K_{\text{分}}$ 0.93 0.81 0.72 $\sum D$ 3.82 3.91 4.00 ν_0 73.89 91.04 104.92 ξ_0 10.03 10.25 10.47 ν_1 2.09 2.09 2.09 ξ_1 1.65 1.65 1.65
1. 石灰砂浆 2. 粘土实心砖墙 3. 增强膨胀珍珠岩块 4. 水泥砂浆	δ 50 60 70 80	$\sum R_{\text{总}}$ 0.72 0.80 0.88 0.96 $R_{0\text{总}}$ 0.88 0.96 1.04 1.12 $R_{0\text{分}}$ 0.87 0.95 1.03 1.11 $K_{\text{总}}$ 1.14 1.04 0.96 0.87 $K_{\text{分}}$ 1.15 1.05 0.97 0.88 $\sum D$ 4.51 4.70 4.88 5.07 ν_0 56.99 66.93 76.03 86.96 ξ_0 11.40 11.90 12.39 12.90 ν_1 2.09 2.09 2.09 2.09 ξ_1 1.64 1.64 1.64 1.64

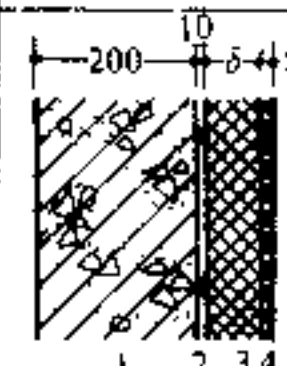
注:表中符号意义见[2]页。冬、夏季内、外表面换热系数取值:夏季 $\alpha_i=8.7\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$, $\alpha_e=19.0\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$;冬季 $\alpha_i=8.7\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$,夏季 $\alpha_e=23.0\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 。

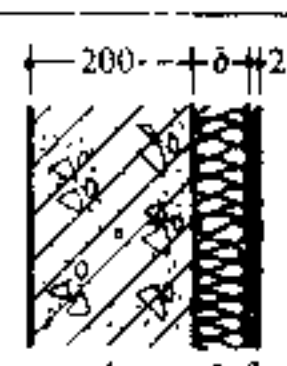
	δ	100	125	150
$\sum R$	0.55	0.66	0.76	
$R_{0混}$	0.71	0.82	0.92	
$R_{0气}$	0.70	0.81	0.91	
$K_{混}$	1.41	1.22	1.09	
$K_{气}$	1.43	1.23	1.10	
$\sum D$	3.60	3.98	4.33	
ν_0	28.92	37.83	48.45	
ξ_0	9.40	10.42	11.37	
ν_1	2.83	2.83	2.83	
ξ_1	2.02	2.02	2.02	
1. 钢筋混凝土 土墙 2. 加气混凝土 ($\rho_0 = 500$ kg/m^3) 3. 水泥砂浆				

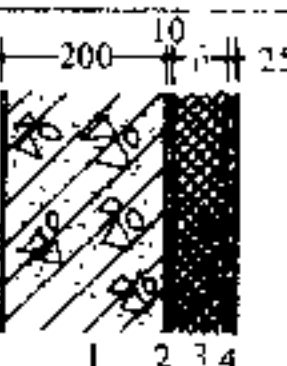
	δ	100	125	150
$\sum R$	0.49	0.59	0.68	
$R_{0混}$	0.65	0.75	0.84	
$R_{0气}$	0.64	0.74	0.83	
$K_{混}$	1.54	1.35	1.19	
$K_{气}$	1.56	1.37	1.20	
$\sum D$	3.74	4.14	4.59	
ν_0	27.48	36.48	50.15	
ξ_0	9.85	11.73	12.14	
ν_1	2.83	2.83	2.83	
ξ_1	2.02	2.02	2.02	
1. 钢筋混凝土 土墙 2. 加气混凝土 ($\rho_0 = 700$ kg/m^3) 3. 水泥砂浆				

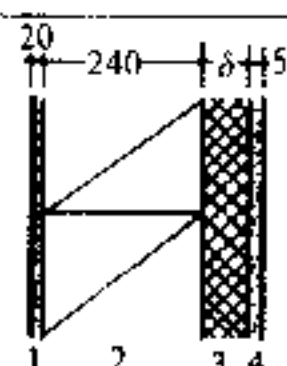
	δ	30	40	50
$\sum R$	0.72	0.92	1.12	
$R_{0混}$	0.88	1.08	1.28	
$R_{0气}$	0.87	1.07	1.27	
$K_{混}$	1.14	0.93	0.79	
$K_{气}$	1.15	0.93	0.79	
$\sum D$	2.26	2.34	2.43	
ν_0	30.59	41.19	47.02	
ξ_0	5.61	5.79	6.01	
ν_1	2.83	2.83	2.83	
ξ_1	2.02	2.02	2.02	
1. 钢筋混凝土 土墙 2. 聚乙烯 泡沫塑料板 3. 纤维增强层				

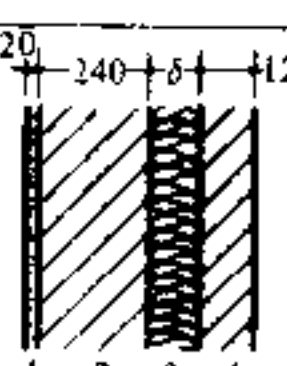
	δ	30	40	50
$\sum R$	0.75	0.95	1.15	
$R_{0混}$	0.91	1.11	1.31	
$R_{0气}$	0.90	1.10	1.30	
$K_{混}$	1.10	0.90	0.76	
$K_{气}$	1.11	0.91	0.77	
$\sum D$	2.78	2.86	2.95	
ν_0	44.20	59.50	67.98	
ξ_0	7.01	7.20	7.42	
ν_1	2.83	2.83	2.83	
ξ_1	2.02	2.02	2.02	
1. 钢筋混凝土 土墙 2. 聚乙烯 泡沫塑料板 3. 纤维增强层				

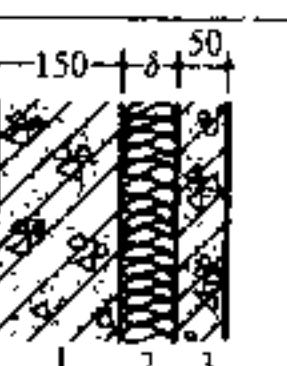
	δ	30	40	50
$\sum R$	0.50	0.58	0.67	
$\sum R_{气}$	0.52	0.60	0.69	
$R_{0混}$	0.66	0.74	0.83	
$R_{0气}$	0.67	0.75	0.84	
$K_{混}$	1.52	1.35	1.21	
$K_{气}$	1.49	1.33	1.21	
$\sum D$	2.62	2.78	2.96	
ν_0	23.08	27.25	32.41	
ξ_0	7.68	8.08	8.55	
ν_1	2.83	2.83	2.83	
ξ_1	2.02	2.02	2.02	
1. 钢筋混凝土 土墙 2. 空气层 3. 水泥聚苯 乙稀泡沫塑 料板 4. 纤维增强层				

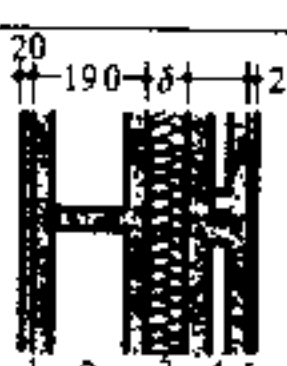
	δ	30	40	50
$\sum R$	0.68	0.86	1.05	
$R_{0混}$	0.84	1.02	1.21	
$R_{0气}$	0.83	1.01	1.20	
$K_{混}$	1.19	0.99	0.83	
$K_{气}$	1.20	0.99	0.83	
$\sum D$	2.59	2.76	2.93	
ν_0	32.40	41.62	51.81	
ξ_0	6.56	6.98	7.42	
ν_1	2.83	2.83	2.83	
ξ_1	2.02	2.02	2.02	
1. 钢筋混凝土 土墙 2. 岩棉板或 玻璃棉板 3. 钢丝网水 泥砂浆				

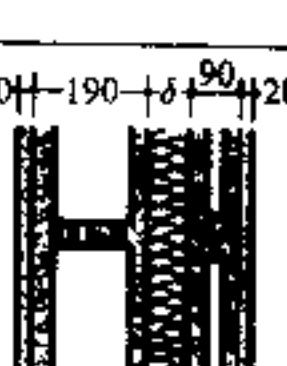
	δ	30	40	50
$\sum R$	0.70	0.86	1.01	
$\sum R_{气}$	0.72	0.88	1.03	
$R_{0混}$	0.86	1.02	1.17	
$R_{0气}$	0.87	1.03	1.18	
$K_{混}$	1.16	0.98	0.85	
$K_{气}$	1.15	0.97	0.85	
$\sum D$	2.32	2.41	2.50	
ν_0	32.60	39.85	47.10	
ξ_0	6.81	7.02	7.25	
ν_1	2.83	2.83	2.83	
ξ_1	1.42	1.42	1.42	
1. 钢筋混凝土 土墙 2. 空气层 3. 聚乙烯或 舒尔舍板 4. 钢丝网水 泥砂浆				

	δ	40	50	60	70
$\sum R$	1.25	1.45	1.65	1.85	
$R_{0混}$	1.41	1.61	1.81	2.01	
$R_{0气}$	1.40	1.60	1.80	2.00	
$K_{混}$	0.71	0.62	0.55	0.50	
$K_{气}$	0.71	0.63	0.56	0.50	
$\sum D$	4.01	4.10	4.19	4.27	
ν_0	87.26	104.93	122.95	138.90	
ξ_0	9.77	9.99	10.22	10.43	
ν_1	1.89	1.89	1.89	1.89	
ξ_1	1.49	1.49	1.49	1.49	
1. 石灰砂浆 2. 粘土空心 砖墙(26~ 36孔) 3. 聚乙烯 泡沫塑料板 4. 纤维增强层					

	δ	30	40	50
$\sum R$	0.82	0.94	1.06	
$R_{0混}$	0.98	1.10	1.22	
$R_{0气}$	0.97	1.09	1.21	
$K_{混}$	1.02	0.91	0.82	
$K_{气}$	1.03	0.92	0.83	
$\sum D$	5.42	5.58	5.73	
ν_0	117.62	147.06	175.43	
ξ_0	14.33	14.76	15.17	
ν_1	2.09	2.09	2.09	
ξ_1	1.64	1.64	1.64	
1. 石灰砂浆 2. 粘土空心 砖 3. 岩棉板或 玻璃棉板 4. 粘土实心 砖				

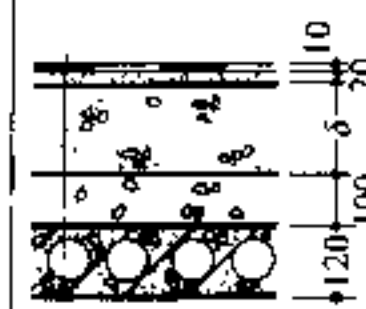
	δ	50	60	80
$\sum R$	0.71	0.83	1.06	
$R_{0混}$	0.87	0.89	1.22	
$R_{0气}$	0.86	0.88	1.21	
$K_{混}$	1.15	1.01	0.82	
$K_{气}$	1.16	1.02	0.83	
$\sum D$	2.80	2.95	3.24	
ν_0	32.97	37.60	46.17	
ξ_0	7.59	7.98	8.77	
ν_1	2.83	2.83	2.83	
ξ_1	2.02	2.02	2.02	
1. 钢筋混凝土 土墙 2. 岩棉板或 玻璃棉板 3. 钢丝网混 凝土				

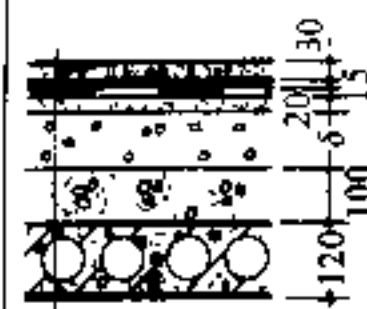
	δ	30	40	50
$\sum R$	0.73	0.85	0.97	
$R_{0混}$	0.89	1.01	1.13	
$R_{0气}$	0.88	1.06	1.12	
$K_{混}$	1.12	0.99	0.88	
$K_{气}$	1.13	1.00	0.89	
$\sum D$	2.87	3.03	3.18	
ν_0	27.19	32.51	38.52	
ξ_0	7.10	7.52	7.92	
ν_1	1.92	1.92	1.92	
ξ_1	1.43	1.43	1.43	
1. 石灰砂浆 2. 自燃煤矸 石混凝土空 心砌块 3. 岩棉板 4. 自燃煤矸 石混凝土空 心砌块 5. 水泥砂浆				

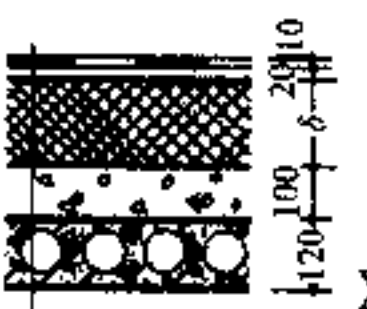
	δ	30	40	50
$\sum R$	1.17	1.39	1.61	
$R_{0混}$	1.33	1.55	1.77	
$R_{0气}$	1.32	1.54	1.76	
$K_{混}$	0.75	0.65	0.56	
$K_{气}$	0.76	0.65	0.57	
$\sum D$	2.54	2.70	2.85	
ν_0	17.69	20.95	24.23	
ξ_0	5.73	6.15	6.54	
ν_1	1.56	1.56	1.56	
ξ_1	1.16	1.16	1.16	
1. 石灰砂浆 2. 火山渣混 凝土空心砌 块 3. 岩棉板 4. 火山渣混 凝土空心砌 块 5. 水泥砂浆				

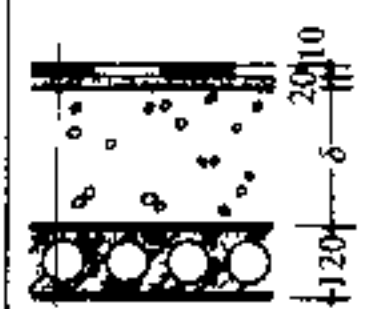
注:表中符号意义见[21]页。冬、夏季内、外表面换热系数取值:夏季 $\alpha_1=8.7\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$, $\alpha_2=19.0\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$;冬季 $\alpha_1=8.7\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$, $\alpha_2=23.0\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 。

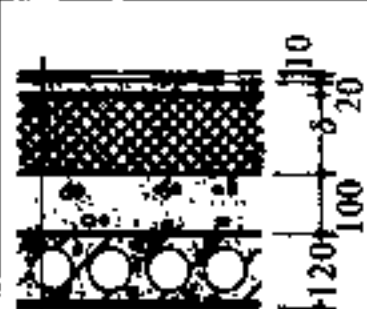
	δ	200	250	300
卷材防水层	$\sum R$	0.91	1.12	1.33
水泥砂浆找平层	R_{0H}	1.07	1.28	1.51
加气混凝土条板	R_{0K}	1.06	1.27	1.50
($\rho_0 = 500 \text{ kg/m}^3$)	K_H	0.95	0.78	0.66
	K_K	0.94	0.78	0.67
	$\sum D$	3.36	4.09	4.83
	ν_0	20.53	34.44	58.05
	ξ_0	7.48	9.45	11.44
	ν_1	1.33	1.33	1.33
	ξ_1	0.80	0.80	0.80

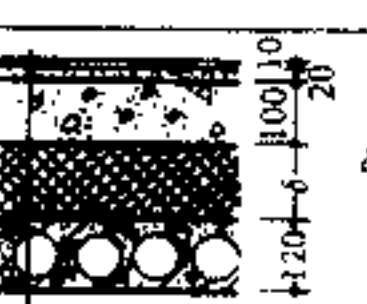
	δ	100	150	200
卷材防水层	$\sum R$	0.69	0.87	1.04
水泥砂浆找平层	R_{0H}	0.85	1.03	1.20
加气混凝土($\rho_0 = 500 \text{ kg/m}^3$)	R_{0K}	0.84	1.02	1.19
	K_H	1.18	0.97	0.83
	K_K	1.19	0.98	0.84
	$\sum D$	4.49	5.25	5.97
	ν_0	52.53	89.92	149.61
	ξ_0	11.50	13.55	15.50
	ν_1	2.29	2.29	2.29
	ξ_1	1.77	1.77	1.77

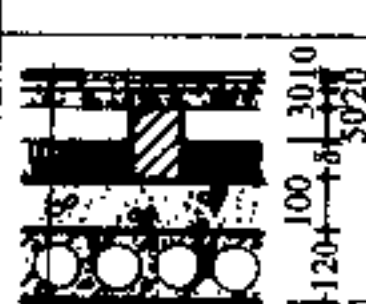
	δ	100	150	200
混凝土板	$\sum R$	0.81	1.02	1.22
水泥砂浆找平层	R_{0H}	0.97	1.18	1.38
卷材防水层	R_{0K}	0.96	1.17	1.37
水泥砂浆找平层	K_H	1.03	0.85	0.73
加气混凝土($\rho_0 = 500 \text{ kg/m}^3$)	K_K	1.04	0.85	0.73
	$\sum D$	5.07	5.81	6.51
	ν_0	75.92	130.32	210.20
	ξ_0	13.41	15.41	17.30
	ν_1	2.19	2.19	2.19
	ξ_1	1.71	1.71	1.71

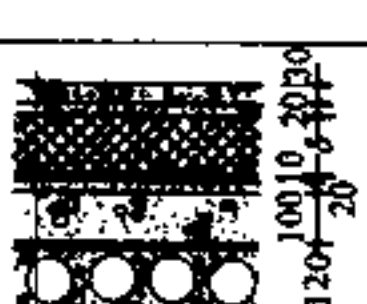
	δ	100	120	140	160
卷材防水层	$\sum R$	1.26	1.44	1.62	1.80
水泥砂浆找平层	R_{0H}	1.44	1.60	1.78	1.96
乳化沥青膨胀珍珠岩预制块	R_{0K}	1.43	1.59	1.77	1.95
	K_H	0.72	0.63	0.56	0.51
	K_K	0.73	0.63	0.56	0.51
	$\sum D$	4.99	5.37	5.69	6.13
	ν_0	103.30	134.79	169.02	230.71
	ξ_0	12.79	13.82	14.68	15.87
	ν_1	2.29	2.29	2.29	2.29
	ξ_1	1.77	1.77	1.77	1.77

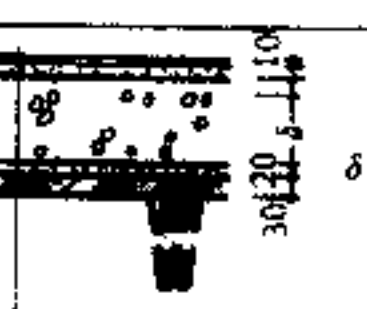
	δ	200	250	300	350
卷材防水层	$\sum R$	0.76	0.90	1.05	1.19
水泥砂浆找平层	R_{0H}	0.92	1.06	1.21	1.35
浮石砂($\rho_0 = 700 \text{ kg/m}^3$)	R_{0K}	0.91	1.05	1.20	1.34
	K_H	1.10	0.94	0.83	0.67
	K_K	1.10	0.95	0.83	0.67
	$\sum D$	4.20	4.84	5.54	6.17
	ν_0	41.22	64.80	106.32	165.98
	ξ_0	10.69	12.42	14.31	16.01
	ν_1	2.24	2.24	2.24	2.24
	ξ_1	1.74	1.74	1.74	1.74

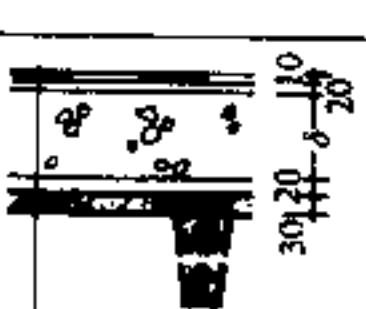
	δ	100	120	140
卷材防水层	$\sum R$	1.09	1.24	1.39
水泥砂浆找平层	R_{0H}	1.25	1.40	1.55
水泥聚苯乙烯泡沫塑料板($\rho_0 = 300 \text{ kg/m}^3$)	R_{0K}	1.24	1.39	1.54
	K_H	0.80	0.72	0.65
	K_K	0.81	0.72	0.65
	$\sum D$	4.72	5.12	5.52
	ν_0	81.09	103.87	137.83
	ξ_0	12.14	13.09	14.17
	ν_1	2.30	2.30	2.30
	ξ_1	1.77	1.77	1.77

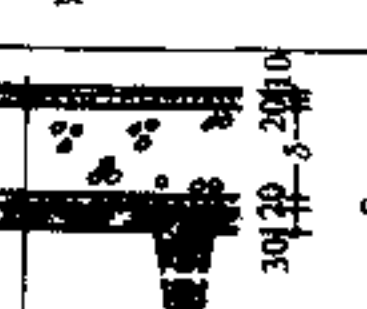
	δ	30	40	50	60
卷材防水层	$\sum R$	0.83	0.98	1.14	1.30
水泥砂浆找平层	R_{0H}	0.99	1.14	1.30	1.46
水泥焦渣找坡层	R_{0K}	0.98	1.13	1.29	1.45
聚苯乙烯泡沫塑料板	K_H	1.01	0.88	0.77	0.68
	K_K	1.02	0.88	0.78	0.69
	$\sum D$	3.32	3.40	3.49	3.57
	ν_0	51.87	63.02	75.53	87.79
	ξ_0	8.31	8.72	8.85	9.07
	ν_1	2.17	2.17	2.17	2.17
	ξ_1	1.70	1.70	1.70	1.70

	δ	40	50	60	70
卷材防水层	$\sum R$	1.00	1.12	1.24	1.35
水泥砂浆找平层	$\sum R_K$	1.01	1.13	1.25	1.36
混凝土板	R_{0H}	1.16	1.28	1.40	1.51
空气层	R_{0K}	1.16	1.28	1.40	1.51
岩棉板	K_H	0.86	0.78	0.71	0.66
	K_K	0.86	0.78	0.71	0.66
	$\sum D$	3.96	4.11	4.26	4.40
	ν_0	85.57	100.08	117.65	124.92
	ξ_0	10.48	10.84	11.20	11.57
	ν_1	2.30	2.30	2.30	2.30
	ξ_1	1.77	1.77	1.77	1.77

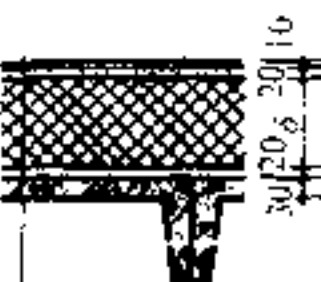
	δ	30	40	50	60
混凝土板	$\sum R$	0.88	1.03	1.19	1.35
黄砂	R_{0H}	1.04	1.19	1.35	1.51
聚苯乙烯泡沫塑料板	R_{0K}	1.03	1.18	1.34	1.50
	K_H	0.96	0.84	0.74	0.66
	K_K	0.97	0.85	0.75	0.67
	$\sum D$	3.88	3.96	4.05	4.13
	ν_0	64.75	77.58	90.77	100.32
	ξ_0	10.08	10.28	10.51	10.72
	ν_1	2.30	2.30	2.30	2.30
	ξ_1	1.71	1.71	1.71	1.71

	δ	60	80	100	120
卷材防水层	$\sum R$	0.67	0.85	1.03	1.21
水泥砂浆找平层	R_{0H}	0.83	1.01	1.19	1.37
沥青膨胀珍珠岩	R_{0K}	0.82	1.00	1.18	1.36
水泥砂浆找平层	K_H	1.20	0.99	0.84	0.73
	K_K	1.21	1.00	0.84	0.74
	$\sum D$	2.17	2.55	2.93	3.31
	ν_0	13.52	17.70	23.15	30.30
	ξ_0	4.93	5.96	6.99	8.01
	ν_1	1.99	1.99	1.99	1.99
	ξ_1	1.57	1.57	1.57	1.57

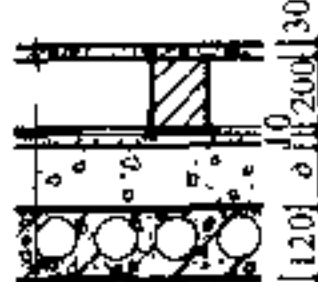
	δ	60	80	100	120
卷材防水层	$\sum R$	0.37	0.45	0.54	0.62
水泥砂浆找平层	R_{0H}	0.53	0.61	0.70	0.78
水泥膨胀珍珠岩	R_{0K}	0.52	0.60	0.69	0.77
水泥砂浆找平层	K_H	1.89	1.64	1.42	1.28
	K_K	1.92	1.67	1.45	1.29
	$\sum D$	1.94	2.25	2.56	2.87
	ν_0	8.16	10.25	12.76	15.89
	ξ_0	4.48	5.31	6.14	6.98
	ν_1	2.11	2.10	2.10	2.10
	ξ_1	1.66	1.65	1.65	1.65

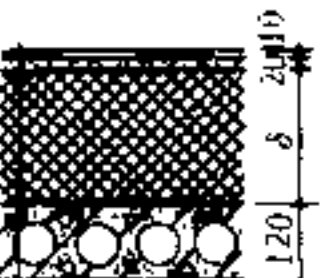
	δ	75	100	125	150
卷材防水层	$\sum R$	0.39	0.46	0.55	0.64
水泥砂浆找平层	R_{0H}	0.55	0.62	0.71	0.80
加气混凝土($\rho_0 = 500 \text{ kg/m}^3$)	R_{0K}	0.54	0.61	0.70	0.79
	K_H	1.82	1.61	1.41	1.25
	K_K	1.85	1.64	1.43	1.27
	$\sum D$	2.10	2.43	2.81	3.18
	ν_0	8.83	10.58	13.84	17.98
	ξ_0	4.94	5.83	6.86	7.85
	ν_1	2.13	2.13	2.13	2.13
	ξ_1	1.67	1.67	1.67	1.67

注:表中符号意义见[2]页。冬、夏季内、外表面换热系数取值:夏季 $\alpha_i = 8.7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $\alpha_e = 19.0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; 冬季 $\alpha_i = 8.7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $\alpha_e = 23.0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 。

	δ	100	120	140
卷材防水层	$\sum R$	0.86	1.01	1.16
水泥砂浆找平层	$R_{0\text{总}}$	1.02	1.17	1.32
水泥聚苯乙烯泡沫塑料板	$R_{0\text{分}}$	1.01	1.16	1.31
水泥砂浆找平层	$K_{\text{总}}$	0.98	0.85	0.76
钢筋混凝土槽型板	$K_{\text{分}}$	0.99	0.86	0.76
	$\sum D$	2.71	3.06	3.40
	ν_0	18.79	24.22	30.58
	ξ_0	6.41	7.36	8.28
	ν_1	2.01	2.01	2.01
	ξ_1	1.59	1.59	1.59

	δ	30	40	50	60
卷材防水层	$\sum R$	0.82	1.02	1.22	1.42
水泥砂浆找平层	$R_{0\text{总}}$	0.98	1.18	1.38	1.58
钢筋混凝土圆孔板	$R_{0\text{分}}$	0.97	1.17	1.37	1.57
板	$K_{\text{总}}$	1.02	0.85	0.72	0.63
粘结层	$K_{\text{分}}$	1.03	0.85	0.72	0.63
型苯乙烯泡沫塑料板	$\sum D$	1.96	2.04	2.13	2.22
料板	ν_0	22.48	27.75	33.32	39.22
饰面石膏层	ξ_0	3.57	3.72	3.91	3.97
	ν_1	1.17	1.13	1.11	1.10
	ξ_1	0.52	0.45	0.41	0.37

	δ	80	100	120
混凝土板	$\sum R$	0.32	0.35	0.38
通风层	$R_{0\text{总}}$	0.48	0.51	0.54
卷材防水层	$R_{0\text{分}}$	0.47	0.50	0.53
水泥砂浆找平层	$K_{\text{总}}$	2.08	1.96	1.85
水泥焦渣找坡层	$K_{\text{分}}$	2.12	2.00	1.89
钢筋混凝土圆孔板	$\sum D$	2.79	3.06	3.34
板	ν_0	6.76	20.28	24.44
	ξ_0	7.05	7.78	8.54
	ν_1	2.29	2.29	2.29
	ξ_1	1.77	1.77	1.77

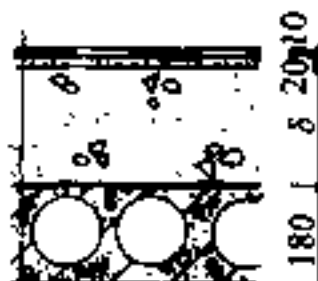
	δ	140	160	180	200
卷材防水层	$\sum R$	1.46	1.64	1.83	2.01
水泥砂浆找平层	$R_{0\text{总}}$	1.62	1.80	1.99	2.17
乳化沥青膨胀珍珠岩	$R_{0\text{分}}$	1.61	1.79	1.98	2.16
钢筋混凝土圆孔板	$K_{\text{总}}$	0.66	0.56	0.50	0.46
板	$K_{\text{分}}$	0.66	0.56	0.51	0.46
	$\sum D$	4.28	4.66	5.07	5.45
	ν_0	64.27	86.44	115.50	151.13
	ξ_0	10.77	11.88	12.91	13.93
	ν_1	2.20	2.20	2.20	2.20
	ξ_1	1.72	1.72	1.72	1.72

	δ	100	150	200	250
彩色钢板	$\sum R$	2.38	3.57	4.76	5.95
聚苯乙烯泡沫塑料板	$R_{0\text{总}}$	2.54	3.73	4.92	6.11
料板	$R_{0\text{分}}$	2.53	3.72	4.91	6.10
彩色钢板	$K_{\text{总}}$	0.39	0.27	0.20	0.16
	$K_{\text{分}}$	0.40	0.27	0.20	0.16
	$\sum D$	0.86	1.29	1.71	2.14
	ν_0	19.66	28.73	38.65	52.39
	ξ_0	0.00	0.64	1.78	2.94
	ν_1	0.99	0.99	0.99	0.99
	ξ_1	0.13	0.11	0.11	0.11

	δ	30	40	50	60
卷材防水层	$\sum R$	0.78	0.93	1.09	1.25
水泥砂浆找平层	$R_{0\text{总}}$	0.94	1.09	1.25	1.41
水泥焦渣找坡层	$R_{0\text{分}}$	0.93	1.08	1.24	1.40
聚苯乙烯泡沫塑料板	$K_{\text{总}}$	1.06	0.92	0.80	0.71
料板	$K_{\text{分}}$	1.08	0.93	0.81	0.71
钢筋混凝土大板	$\sum D$	3.19	3.27	3.36	3.44
板	ν_0	49.62	60.72	73.21	84.98
	ξ_0	8.38	8.60	8.84	9.05
	ν_1	2.83	2.83	2.83	2.83
	ξ_1	2.02	2.02	2.02	2.02

	δ	40	50	60	70
卷材防水层	$\sum R$	0.95	1.07	1.19	1.30
水泥砂浆找平层	$\sum R_{\text{分}}$	0.96	1.08	1.20	1.31
混凝土预制块	$R_{0\text{总}}$	1.11	1.23	1.35	1.46
空气层	$R_{0\text{分}}$	1.11	1.23	1.35	1.46
岩棉板	$K_{\text{总}}$	0.90	0.81	0.74	0.68
水泥焦渣找坡层	$K_{\text{分}}$	0.90	0.81	0.74	0.68
钢筋混凝土大板	$\sum D$	3.84	3.99	4.14	4.28
板	ν_0	72.16	84.37	97.85	113.95
	ξ_0	10.37	10.73	11.10	11.45
	ν_1	2.83	2.83	2.83	2.83
	ξ_1	2.02	2.02	2.02	2.02

	δ	100	150	200
卷材防水层	$\sum R$	0.73	0.91	1.08
水泥砂浆找平层	$R_{0\text{总}}$	0.89	1.07	1.24
加气混凝土($\rho_0 = 500\text{kg/m}^3$)	$R_{0\text{分}}$	0.88	1.06	1.23
水泥焦渣找坡层	$K_{\text{总}}$	1.12	0.93	0.81
钢筋混凝土圆孔板	$K_{\text{分}}$	1.14	0.94	0.81
板	$\sum D$	4.60	5.36	6.08
	ν_0	57.25	97.99	163.08
	ξ_0	11.71	13.76	15.70
	ν_1	2.16	2.16	2.16
	ξ_1	1.69	1.69	1.69

	δ	200	250	300	350
卷材防水层	$\sum R$	0.80	0.94	1.09	1.23
水泥砂浆找平层	$R_{0\text{总}}$	0.96	1.10	1.25	1.39
浮石砂	$R_{0\text{分}}$	0.95	1.09	1.24	1.38
钢筋混凝土圆孔板	$K_{\text{总}}$	1.04	0.91	0.80	0.72
板	$K_{\text{分}}$	1.05	0.92	0.81	0.72
	$\sum D$	4.31	4.95	5.64	6.28
	ν_0	46.65	73.33	119.45	187.81
	ξ_0	10.92	12.65	14.51	16.24
	ν_1	2.13	2.13	2.13	2.13
	ξ_1	1.67	1.67	1.67	1.67

墙体和屋面材料在不同使用场合 λ 、 S 计算取值

材料名称	ρ_0 (kg/m ³)	λ (W/m·K)	S (W/m ² ·K)	修正系数 a	使用场合及影响因素	材料名称	ρ_0 (kg/m ³)	λ (W/m·K)	S (W/m ² ·K)	修正系数 a	使用场合及影响因素
钢筋混凝土	2500	1.74a	17.20a	1.00	墙体及屋面板	岩棉、岩棉板	80~200	0.045a	0.75a	1.20	墙体内保温层。龙骨
碎石、卵石混凝土	2300	1.51a	15.36a	1.00	墙体	聚苯乙烯泡沫塑料板	20~30	0.042a	0.36a	1.20	墙体内保温层。龙骨及灰缝
水泥焦渣	1100	0.42a	6.13a	1.50	屋顶找坡层。吸湿	聚苯乙烯泡沫塑料板	20~30	0.042a	0.36a	1.50	钢筋混凝土夹芯墙。压缩、插筋
加气混凝土	500	0.19a	2.81a	1.25	墙体及板条屋面。灰缝	聚苯乙烯泡沫塑料板	20~30	0.042a	0.36a	1.50	屋顶保温层。压缩及吸湿
加气混凝土	500	0.19a	2.81a	1.50	屋顶保温层。吸湿	聚苯乙烯泡沫塑料板	20~30	0.042a	0.36a	1.90	架空屋顶保温层。砖墩
加气混凝土	700	0.22a	3.59a	1.25	墙体及板条屋面。灰缝	聚苯乙烯泡沫塑料板	20~30	0.042a	0.36a	1.55	泰伯板、舒乐舍板。钢筋穿过
加气混凝土	700	0.22a	3.59a	1.50	屋顶保温层。吸湿	岩棉、岩棉板	80~200	0.045a	0.75a	1.90	架空屋顶、夹芯墙。砖墩、联结件
水泥砂浆	1800	0.93a	11.37a	1.00	抹灰层、找平层	乳化沥青珍珠岩块	400	0.12a	2.28a	1.20	屋顶保温层。灰缝、吸湿
石灰砂浆	1600	0.81a	10.07a	1.00	抹灰层	乳化沥青珍珠岩块	300	0.093a	1.77a	1.20	屋顶保温层。灰缝、吸湿
粘土实心砖墙	1800	0.81a	10.63a	1.00	墙体	浮石砂	600	0.23a	3.05a	1.50	屋顶保温层。吸湿
空心砖墙(26~36孔)	1400	0.58a	7.92a	1.00	墙体	水泥聚苯板	300	0.09a	1.54a	1.30	墙体内保温层。灰缝、吸湿
灰砂砖墙	1900	1.10a	12.72a	1.00	墙体	水泥聚苯板	300	0.09a	1.54a	1.50	屋顶保温层。灰缝、吸湿
硅酸盐砖墙	1800	0.87a	11.11a	1.00	墙体	岩棉、岩棉板	80~200	0.045a	0.75a	1.50	钢筋混凝土夹芯墙。吸湿、插筋
炉渣砖墙	1700	0.81a	10.43a	1.00	墙体	增强膨胀珍珠岩块	350	0.10a	1.80a	1.30	墙体保温层。灰缝、吸湿

基本概念

通风与换气的方法有自然通风和机械通风(或空气调节)两种。自然通风是借助于热压或风压使空气流动,使室内外空气进行交换,而不使用机械设备。如在总平面布置、建筑体型和朝向、门窗处理以及利用地形和绿化等方面组织好自然通风,则可以获得良好的效果。一般应尽可能采用自然通风,以节省设备和投资。只有当自然通风不能保证卫生标准和特殊要求时,才用机械通风或空气调节解决。

当设计自然通风进排气口时,应同时考虑采光、遮阳及防雨等要求。

a 热压换气是由于室内外温度不同,空气比重亦不同,温度低处的空气比重大于温度高处的空气比重,因此产生压力差,使温度低处的空气流向温度高处,形成热压作用的自然通风



b 风压换气是当风吹向建筑物时,迎风面形成正压背风面形成负压,气流由正压区开口流入,由负压区开口排出,形成风压作用的自然通风

1 自然通风的产生

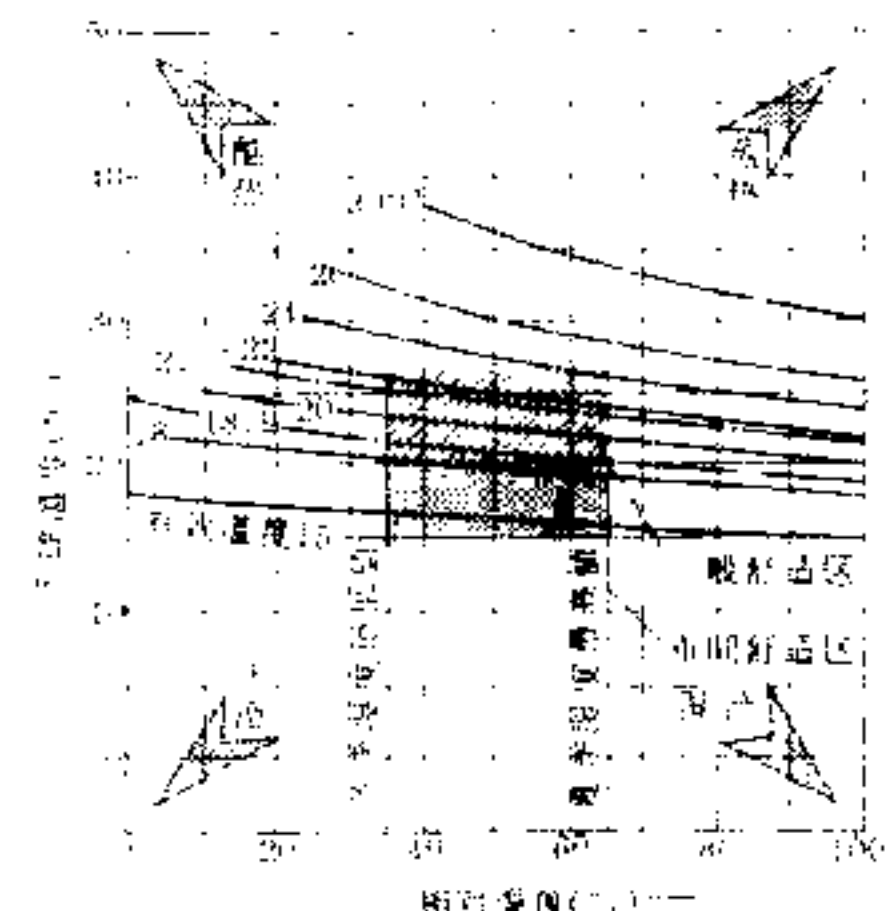
不同浓度的CO₂ 对人体的影响 表1

浓度%	呼吸时间及对人体的影响
0.07	大多数情况的室内浓度
0.10	一般情况下的容许浓度
0.15	通风换气计算用浓度
0.2~0.5	相当不良
0.5以上	最不良
4~5	刺激呼吸中枢,呼吸急促,由于缺乏O ₂ ,呼吸时间长时将发生危险
8	10分钟后强度的呼吸发生困难,脸面红涨并引起头痛,由于空气中缺乏O ₂ 而引起的障碍显著
18以上	致命

不同浓度的CO 对人体的影响 表2

浓度%	呼吸时间及对人体的影响
0.01	长时间呼吸时的限度
0.02	2~3小时内前额有轻微的头痛
0.04	1~2小时后前额头痛,恶心,2.5~3.5小时后脑头痛
0.08	45分钟头痛,眩晕,恶心,痉挛。2小时后昏迷
0.16	20分钟头痛,眩晕,恶心,2小时致命
0.32	5~10分钟头痛,眩晕,30分钟致命
0.64	10~15分钟致命

注 由于人的体质、劳动强度、呼吸强度等不一,故容许的有害限度=浓度(K%)×时间T(分)<3。其容许浓度按[13]表1规定。



2 温湿度对人体的关系

不同程度体臭的强度指标及 对人体的影响 表3

强度指标	程 度	对人体的影响
0	无 臭	没有任何感觉
1/2	最小限度	有特殊训练的人才能有嗅觉上的感觉
1	明 确	一般人能有嗅觉上的感觉但无不舒服的感觉
2	普 通	容许强度,不愉快但无不舒服的感觉
3	强	不舒服,空气的气味难闻
4	强 烈	气味强烈,不舒服
5	不能忍耐	引起呕吐



3 建筑物周围的风能分布情况

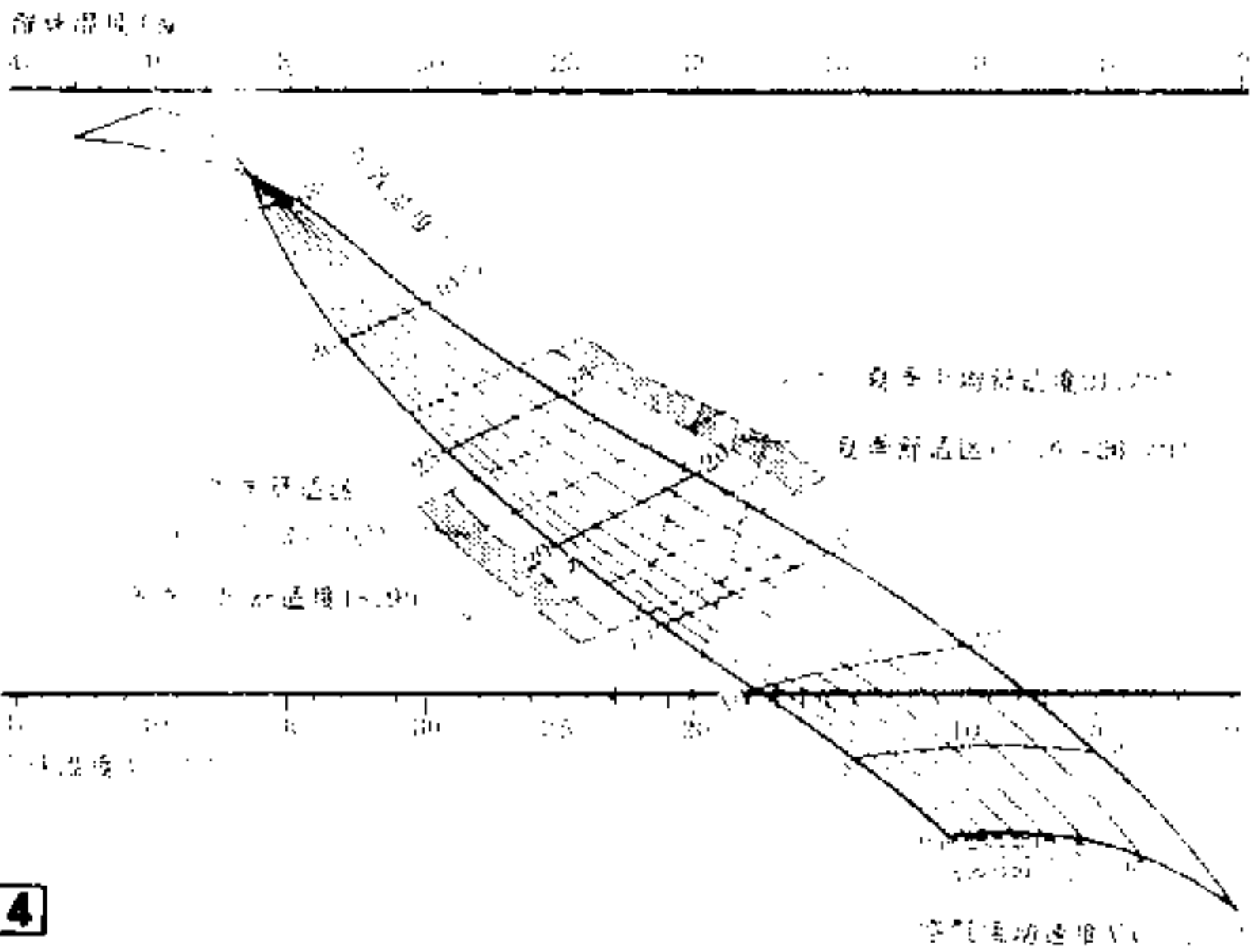
有效温度

影响人体舒适度的气象因素为室内空气温度、相对湿度及空气流动速度。一般以有效温度作为人体舒适度的指标,当已知室内空气温度(干球温度),相对湿度及空气流速,即可用[4]求得有效温度。图中湿球温度可直接测得或根据干球温度及相对湿度由第1集·热[8]温湿图查得。

人体舒适的有效温度冬夏季不同,如[4]中所示。但由于我国幅员广大,气候条件不同,人的适应性也不一样,因此图示舒适区仅作参考。

例:某住宅夏季室内温度为23°C,相对湿度为50%,室内空气流速为0.5m/s。冬季室内温度为20°C,相对湿度50%,室内空气静止。求对人的感觉是否舒适。

解:夏季时,查第1集·热[8]温湿图得湿球温度为16.3°C,在图上将干球温度线上的23与湿球温度线上的16.3连线,与空气流速V=0.5线相交得有效温度t'=19.6°C,在夏季舒适区内,人体感觉舒适。同样查第1集·热[8]温湿图得冬季湿球温度为13.7°C,由图上得t'=18°C,舒适。



4

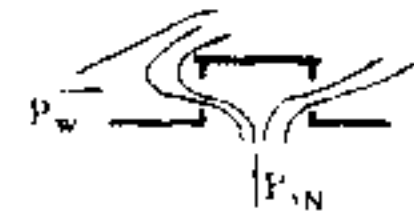
注:本章按第一版重印。

步 骤	页次及图表号	内 容
■计算换气量 有害物数量计算 有害物容许浓度 计算换气量	[11~12] [13]表1 [13]表2 [13] [14]	热量、有害气体及水气蒸发量 各种有害物的最高容许浓度 民用及公共建筑室内换气量标准 根据有害物数量计算必需换气量 选其中最大者为计算用换气量, 但有几种有害物同时散发于空气 中时,按[13]表1的注④计算 热车间内有直接由工作地带排出 空气时用该页各公式计算进风量
■进排气口流量系数	[15]表1 [15]表2	查表得各种窗扇的流量系数 查表得各种挡风天窗的流量系数
■计算室外空气与 排出空气的容重	气[2~3] [16]表1 [16]① [16]表2 —	室外空气计算温度参见第1集·气象, 当有直接由产生热量的相邻跨进入空 气量时及在冬季或过渡季必需考虑外 围护结构的耗热量时,须按[14]办法 计算 查表得散到工作地区的热量有效系数 求排气口处的空气温度 查表得进气与排气的空气容重 计算进排气的空气容重差
■假设进排气口的中 心至中性面的距离	[15]①	根据进排气口位置及估计的进排气口 面积假定或根据使用要求决定
■计算开口面积 计算法 图表计算法	[16] [17]	按公式计算进气与排气开口面积 用线图计算进气与排气开口面积



进气与排气
开口面积的计算

注:计算开口面积也可先根据估计设计出进排气口
的位置及大小,然后反求换气量是否与需要的
必需换气量相符,再调整开口面积。



检查排气口处
有无倒流的可能

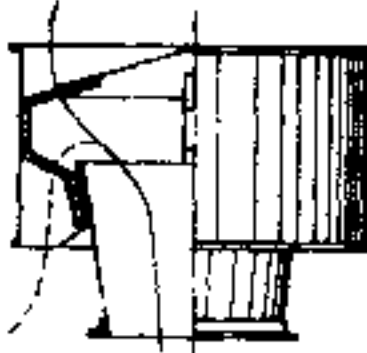
步 骤	页次及图表号	内 容
■室外空气压力	气[2]~[4] [16]表1 — —	室外空气计算温度及风 速参见第1集·气象 查表得空气容重 γ ,夏 季一般平均取 1.2kg/m^3 用试验或查有关资料得 空气动力系数 K 计算室外的空气压力 $P = K \frac{\gamma v^2}{2g}$ (式中 v =风速 m/s , $g=9.81\text{m/s}^2$)
■室内空气压力	—	根据有关资料计算排气 口处室内空气压力
■比较内外压力	[7]②	内压>外压无倒流可能

注:工业建筑热车间一般按热压计算,不考虑风压,
故本章对此内容未作介绍。

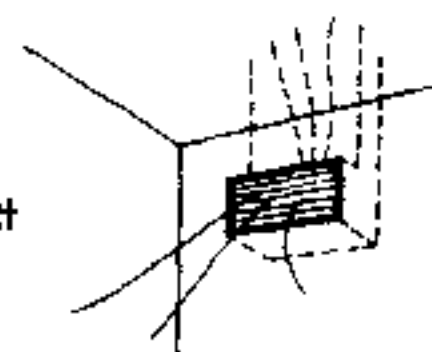
气流组织、措施及注意事项

- 总平面布置、排列方式、建筑
物间距、高度、体型——[3]
- 地方风的利用——[4]
- 进排气开口位置、高低、形式及
障碍物的影响——[5]~[6]
- 天窗设不设挡风板的条件及采
用天窗形式——[7]~[8]
- 引导气流和引风方法、气流路
线组织注意事项——[10]~[11]

风帽的计算



管道式通风的设计

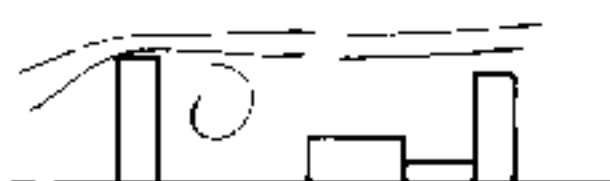


步 骤	页次及图表号	内 容
■计算热压	[19]二	热位差产生的重力压头
■计算局部 阻力系数	[20]表3	计算除风帽外的局部阻力系数之和
■计算风帽 风管直径	[20]① [20]①	用图表计算法按热压计算风帽风管 直径 当按风压计算或按风压与热压同时 作用计算时,亦用该图表计算风帽 风管直径,但需参见第1集·气象 [2]~[3]查得室外风速
■选择风帽	[20]表1	按图表计算风帽风帽直径选择标准 风帽

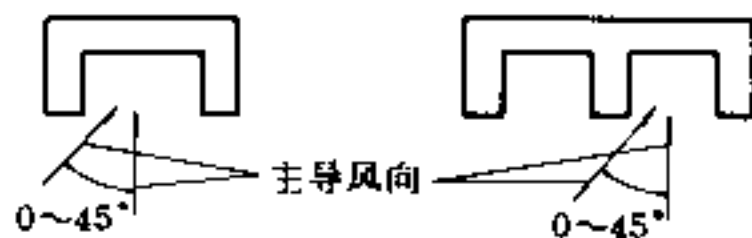
注:一般只按热压计算。



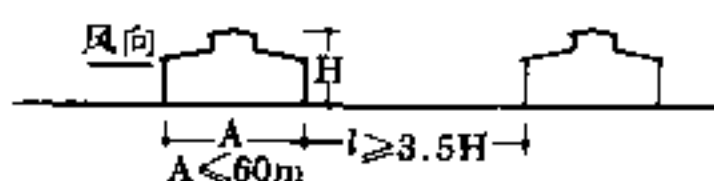
1 气流涡旋区产生的位置取决于建筑物的外形和风向，涡旋区大，正压亦大的部分，通风最有利，圆形建筑的涡旋区最小



2 建筑物高度越高，深度越小，长度越大时，背面涡旋区就越大，对通风有利，但其背后的建筑，通风很不利

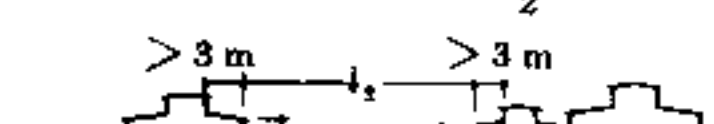
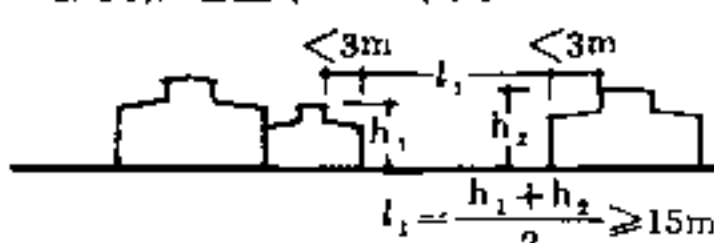


3 建筑物的开口应朝向主导风向，并在 $0 \sim 45^\circ$ 之间，不可能时，窗口内应有自然通风口 $\geq 15m^2$



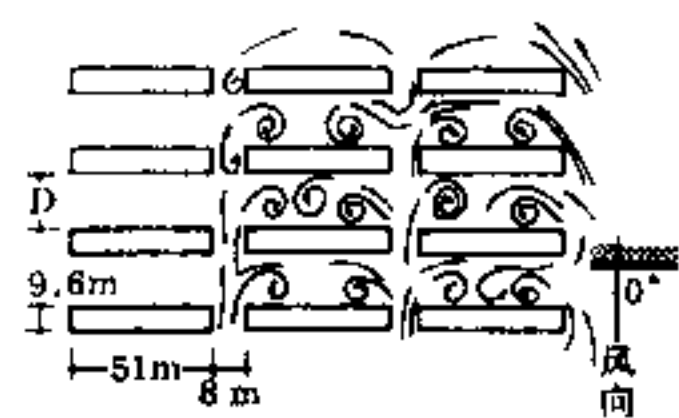
当上风向建筑物的 $A/H > 2.6$ 时，其间距可减少至 2.2 倍，否则须采取措施

a 炎热地区冷加工车间

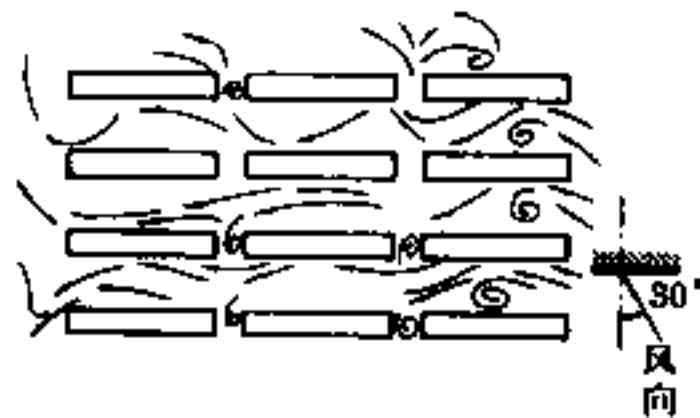


b 热加工车间 $L_2 = \frac{h_3 + h_4}{2} \geq 15m$

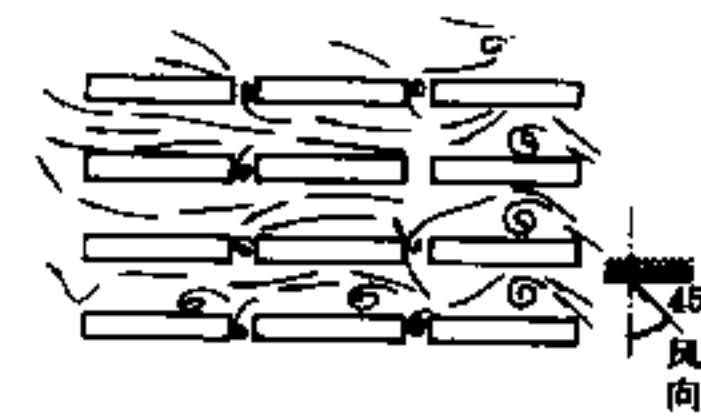
4 车间宽度和间距的要求



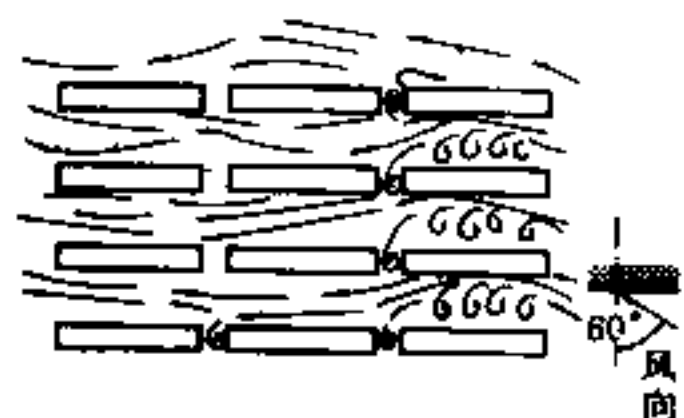
a 投射角 $= 0^\circ$



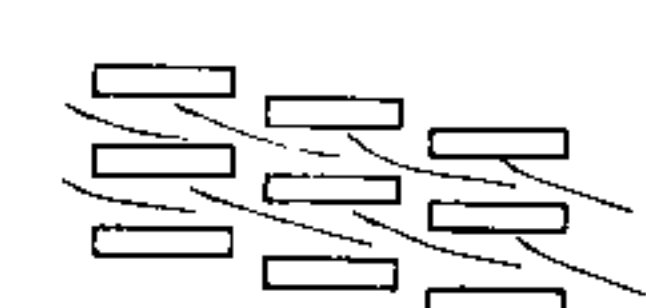
b 投射角 $= 30^\circ$



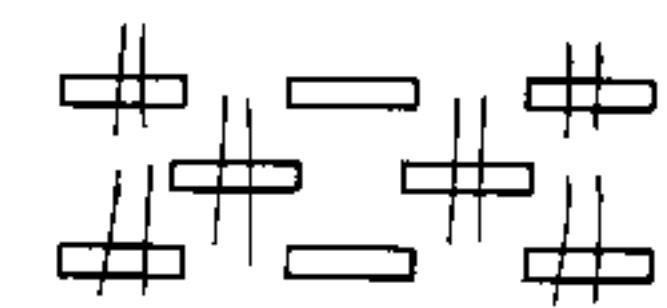
c 投射角 $= 45^\circ$



d 投射角 $= 60^\circ$



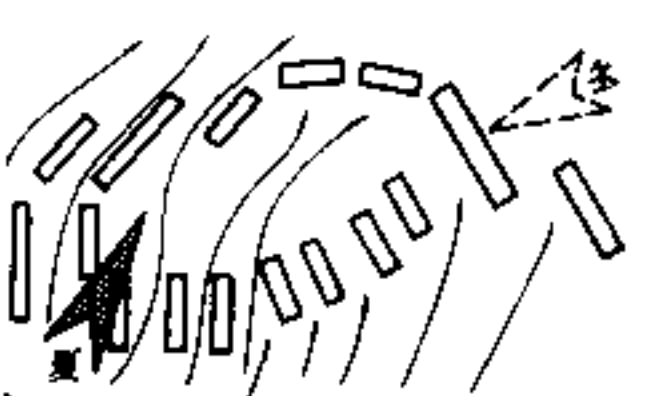
e 行列式布置，前后错开，便于气流插入间距内，使越流的气流路线较实际间距长，这对高而长的建筑群是有利的



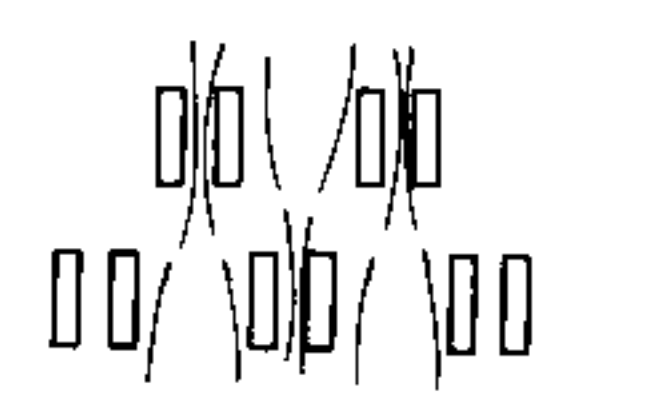
f 建筑群内建筑物的朝向若均朝向夏季主导风向时，将其错开排列，相当于加大了房屋的间距，可以减小a图的衰减



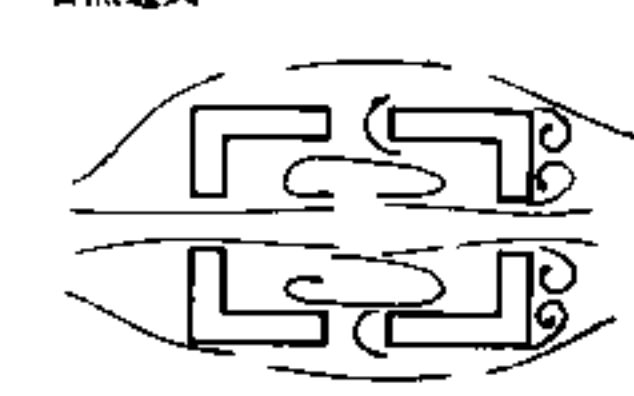
g 斜向布置导流好，形成了风的进口小出口大，可以加大流速，如建筑物的窗口再组织好导流，则有利于自然通风



h 冬季比较寒冷的地区须综合考虑，既要夏季的良好通风，又要冬季阻挡寒风侵入建筑群



i 建筑物平行于夏季主导风向时，房屋间距排成宽窄不同相互错开，形成进风口小，出口大，可加大流速



j 封闭式的布置，风的出口小，流速减慢，院内形成较大涡流，使大量房屋处于两面负压状态，通风不良

5a~d 为五层住宅纯开口模型试验所得建筑群内空气流场的分布

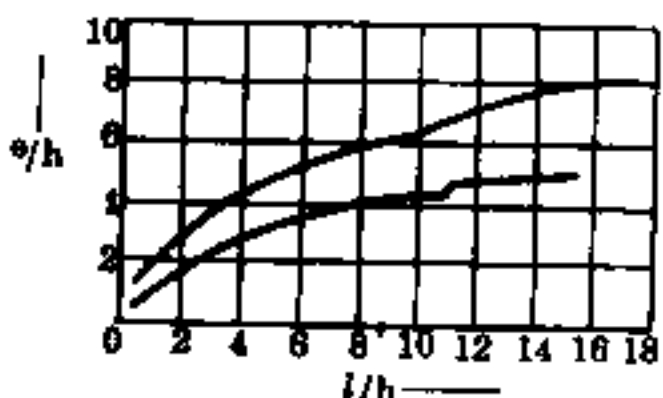
1 当 $D/H = 1 \sim 2$ ，投射角大的比投射角小的好， $D/H = 1$ 而投射角为 60° 比 $D/H = 2$ 而投射角为 30° 时好， 0° 时最差。
2 除投射角为 0° 以外，其他风向均为大间距比小间距好。

3 0° 投射角时，背风区涡流区大，气流紊乱，使作用力相互抵消（如正背面为正压或负压），且气流至下风区时衰减较大。

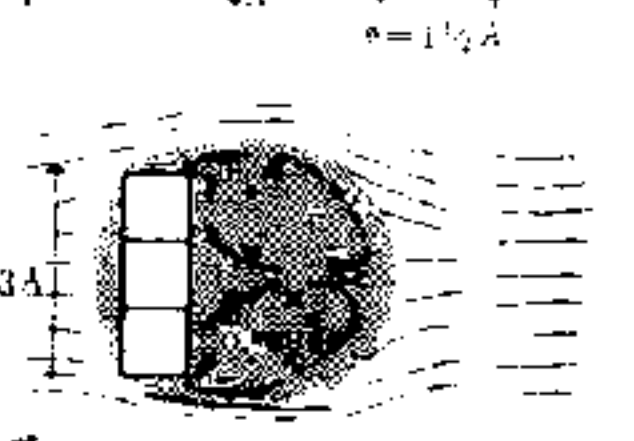
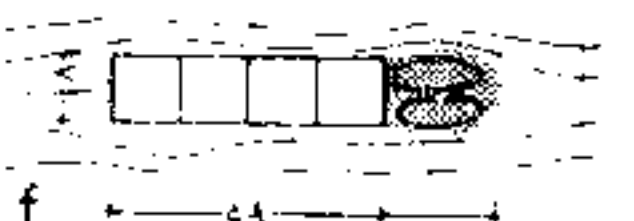
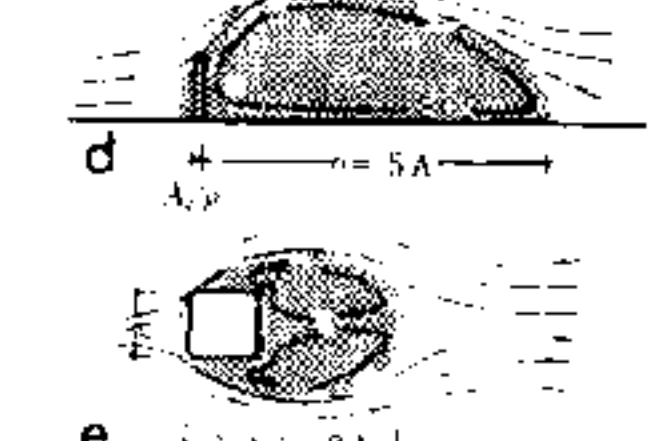
4 60° 投射角时，气流顺利地插入间距内，正面窗口进风，背面排风，间距越大，通风愈有利；各排受自由大气的作用条件相似，前后排之间流速衰减较小，间距大，动压亦大，流向基本一致，窗后导流条件更好。

5a~j 为错排排列方式，可不直接加大间距，同时，建筑群中的建筑物不宜完全朝向夏季主导风向，自然通风效果良好，用地也经济。

建筑区内有较大绿地时，可将其布置在中间并垂直于主导风向，使建筑区分成两个或更多的不大的小区，加大区之间间距，以减少下风区的流速衰减。

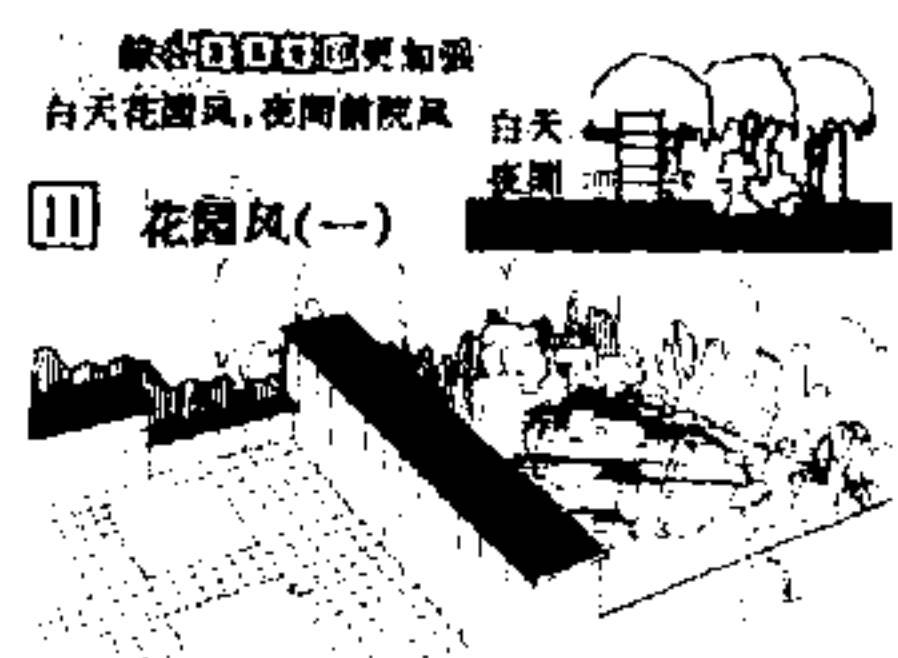
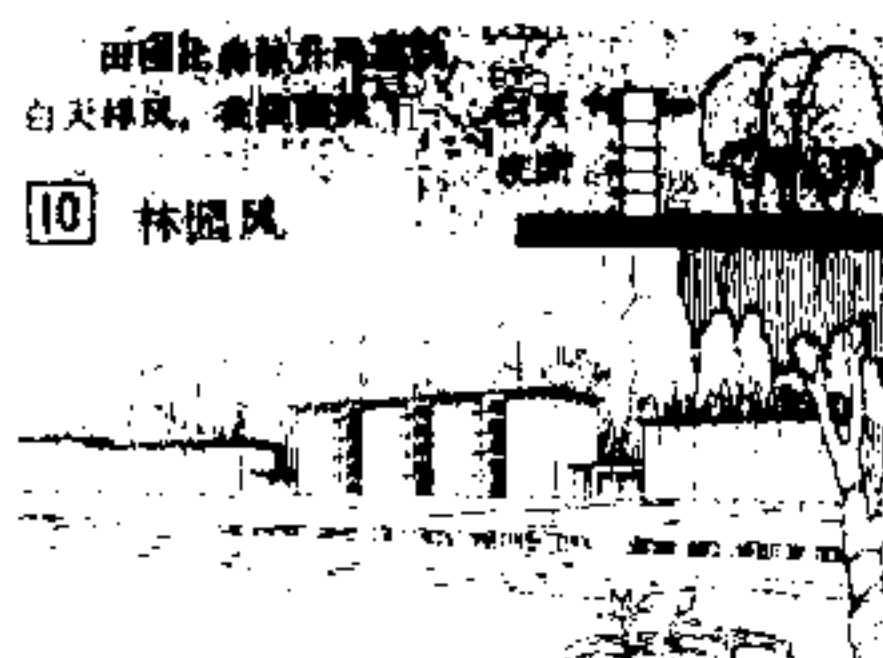
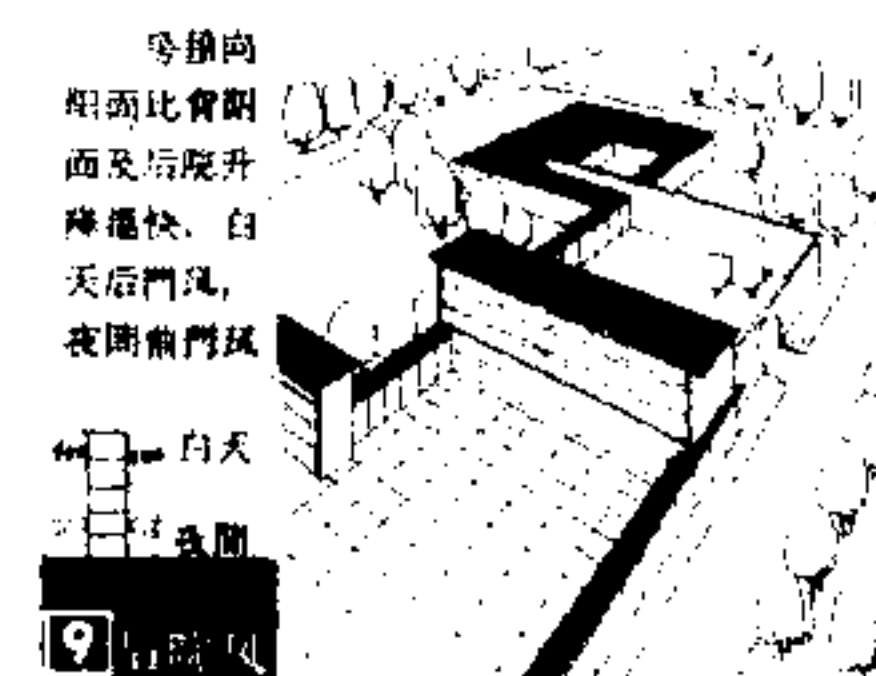
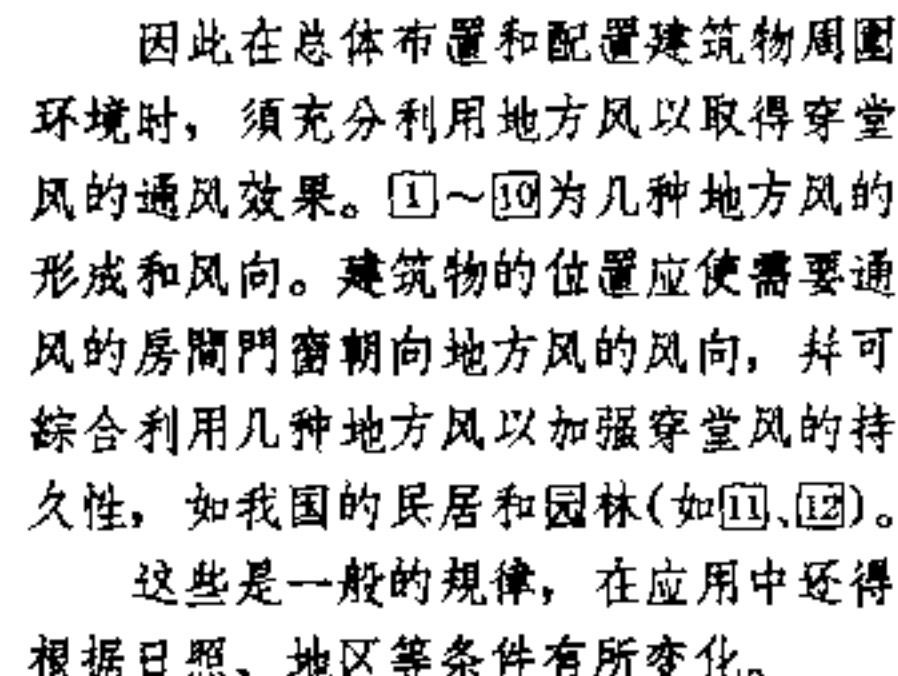
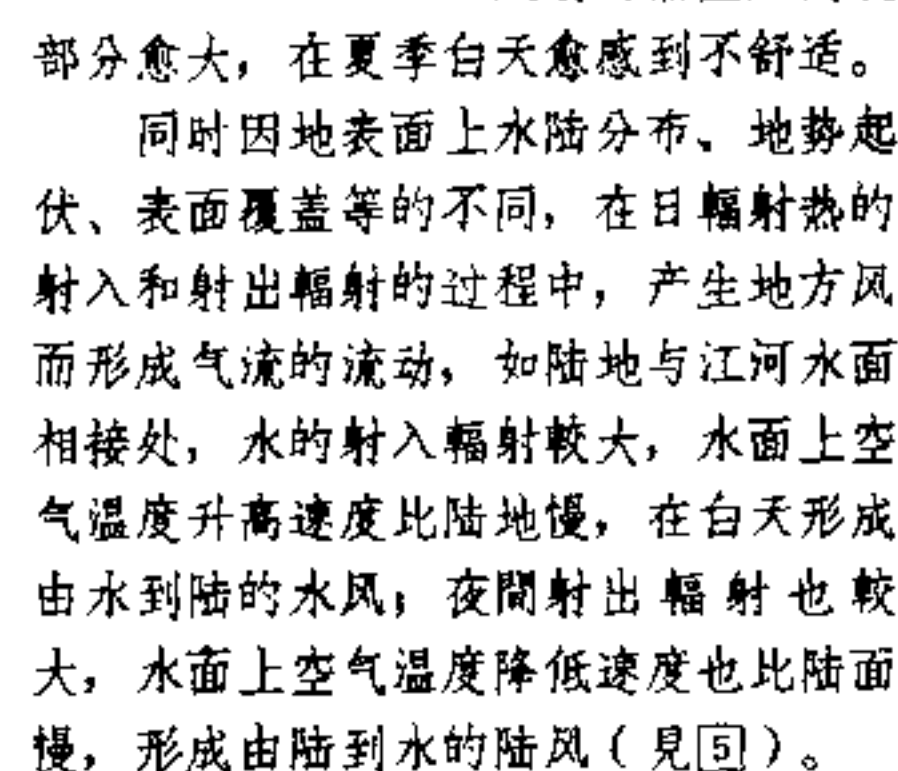
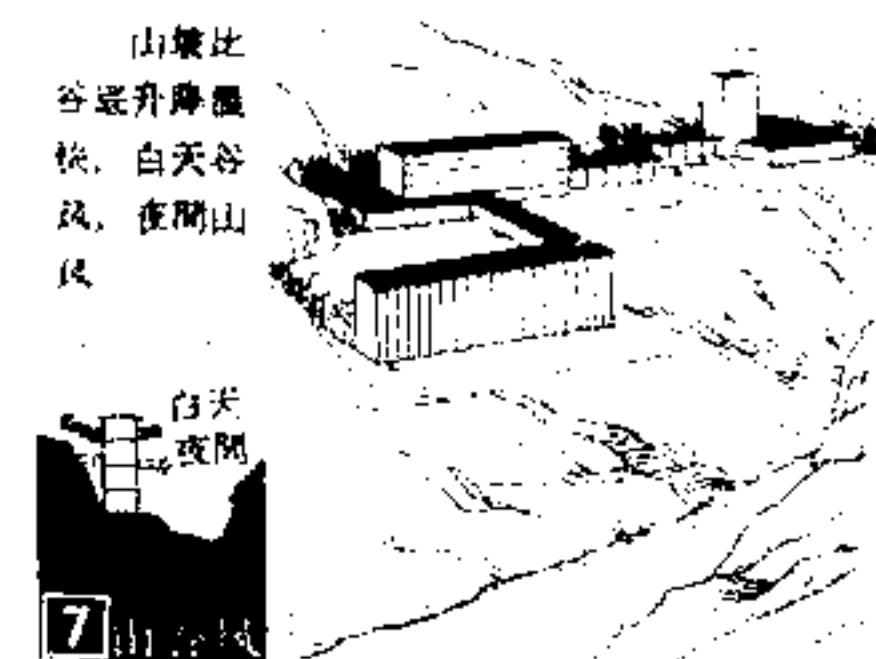
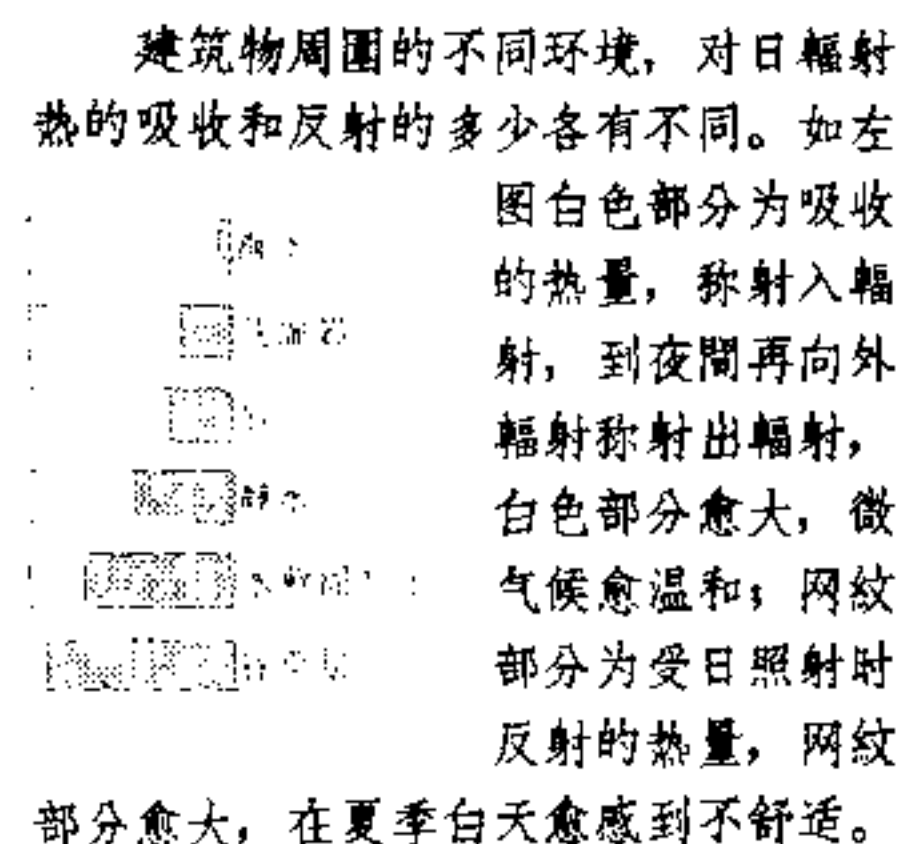
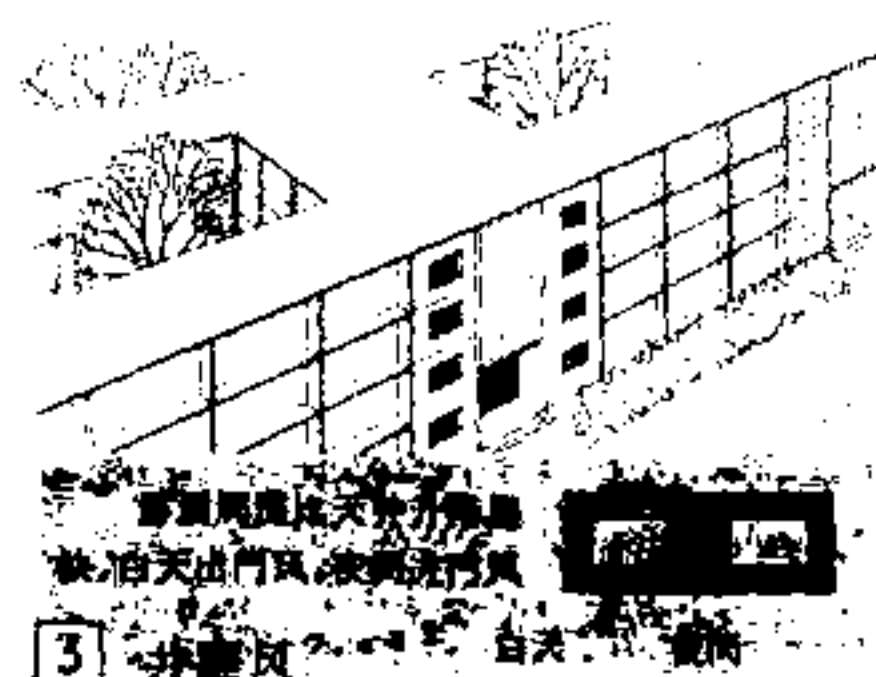
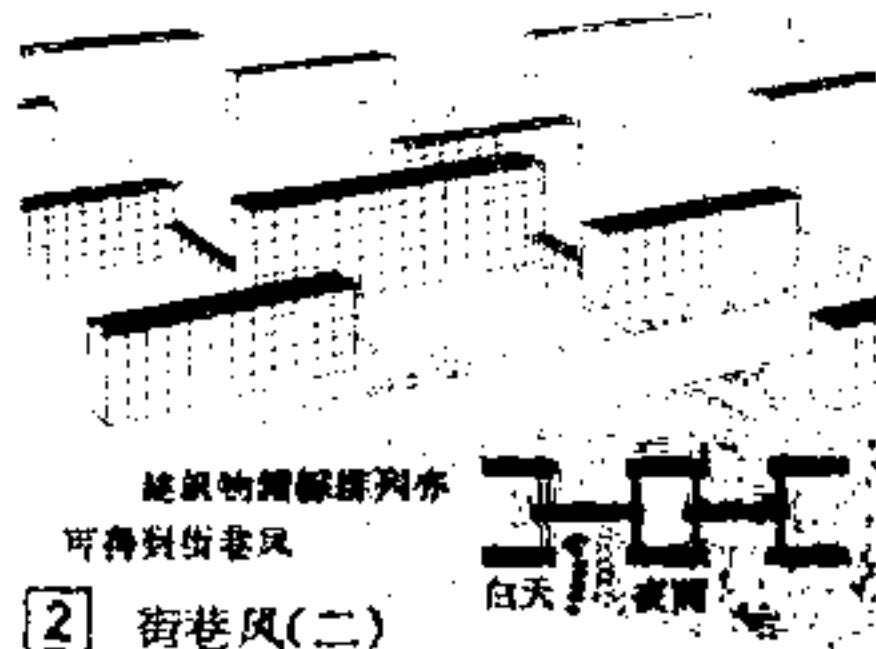
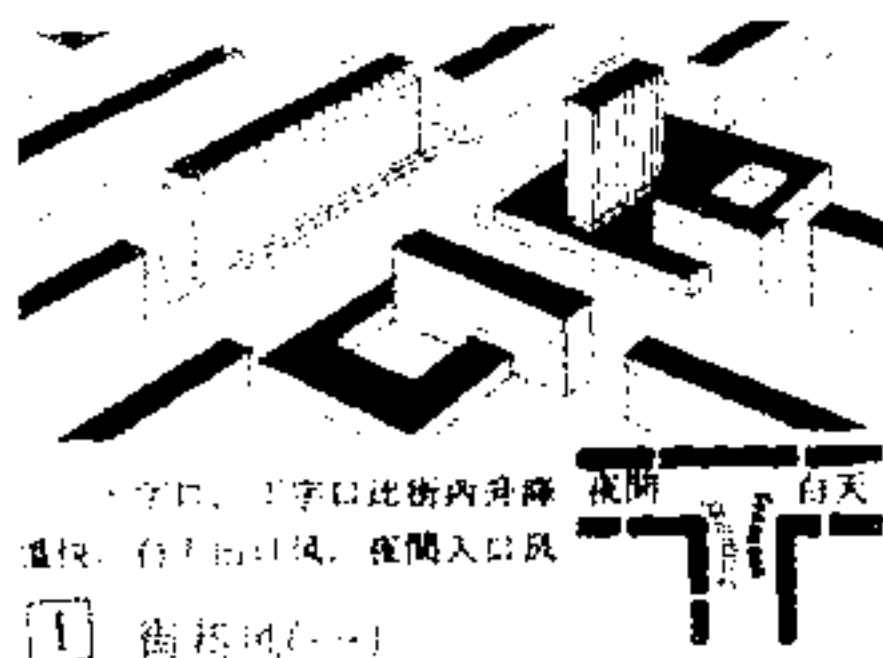


图中， h ——建筑物高度
 e ——涡流区长度
 l ——建筑物长边迎风时的长度



6 建筑物长边宽(A)高(h)对涡流区的影响 $a \sim d, l = 4A, e \sim g, h = A$

7 建筑物长度对涡流区的影响



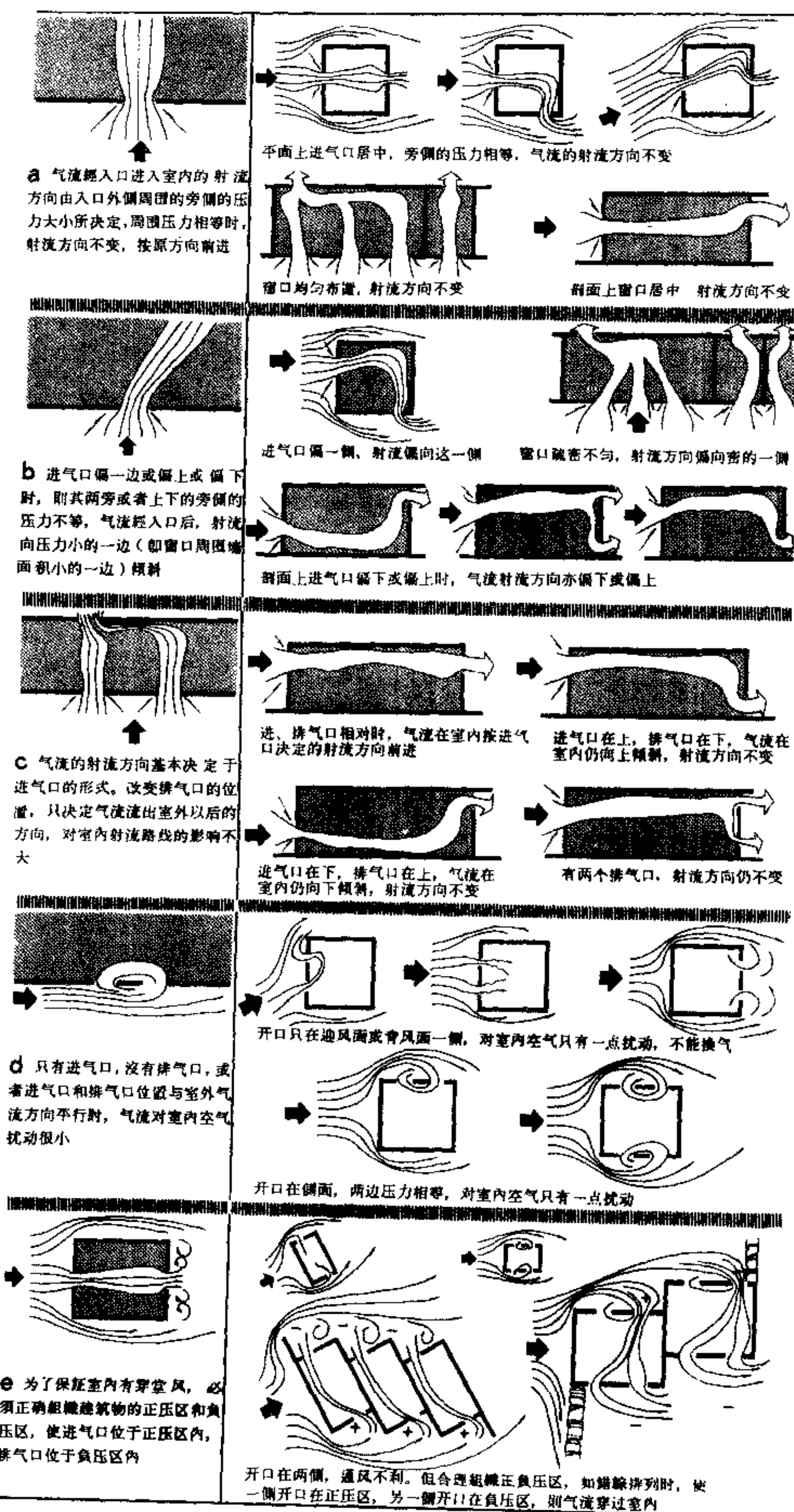
建筑物周围的不同环境，对日辐射热的吸收和反射的多少各有不同。如左图白色部分为吸收的热量，称射入辐射，到夜间再向外辐射称射出辐射，白色部分愈大，微气候愈温和；网纹部分为受日照时反射的热量，网纹部分愈大，在夏季白天愈感到不舒适。

同时因地表面上水陆分布、地势起伏、表面覆盖等的不同，在日辐射热的射入和射出辐射的过程中，产生地方风而形成气流的流动，如陆地与江河水面相接处，水的射入辐射较大，水面上空气温度升高速度比陆地慢，在白天形成由水到陆的水风，夜间射出辐射也较大，水面上空气温度降低速度也比陆面慢，形成由陆到水的陆风（见⑤）。

因此在总体布置和配置建筑物周围环境时，须充分利用地方风以取得穿堂风的通风效果。①~⑩为几种地方风的形成和风向。建筑物的位置应使需要通风的房门窗朝向地方风的风向，并可综合利用几种地方风以加强穿堂风的持久性，如我国的民居和园林（如⑪、⑫）。

这些是一般的规律，在应用中还得根据日照、地区等条件有所变化。

	进气口在ab墙面上, 偏于a, 排气口在ad墙上, 当排气口由a渐向d移动时, 换气效率变化为: 11~44%
	进气口在ab墙上, 偏于a, 排气口在cd墙上, 当排气口由d向c移动时, 换气效率变化为: 49~65%
	进气口在ab墙上, 偏于a, 排气口亦在ab墙上, 当排气口由b向a移动时, 换气效率变化为: 92~100%
	进气口在ab墙面的中间, 排气口亦在ab墙面上, 偏于a, 换气效率为60%
	进气口在ab墙面中间, 排气口在ad墙上, 当排气口由a向d移动时, 换气效率变化为: 61~70%
	进气口在ab墙面中间, 排气口在cd墙上, 偏于a, 换气效率为86%
	进气口在ab墙面的中间, 排气口亦在ab墙上, 偏于b, 这时换气效率为: 100%
	进气口在ab墙面上, 偏于b, 排气口亦在ab墙面上, 由偏b向a移动时, 换气效率变化为: 62~78%
	进气口在ab墙上, 偏于b, 当排气口在cd墙上由中间向d移动时, 换气效率变化为: 78~92%
	进气口在ab墙上, 偏于b, 排气口在cd墙上, 由d向c移动时, 换气效率变化为: 88~99%
	进气口在ab墙上, 偏于b, 排气口在bc墙面上由c向b移动时, 换气效率变化为: 88~57%



1 开口位置与换气效率的关系

2 开口位置与气流路线的关系



a 在进气口设置障碍物, 调整旁侧的压力作用, 使气流的射流方向改变, 按调整后的压力作用方向前进。如开口一侧设置挡板时, 使该侧的旁侧的压力不能作用于前进的气流上, 因而气流只受另一侧的旁侧的压力作用, 使气流经进气口而改变了方向

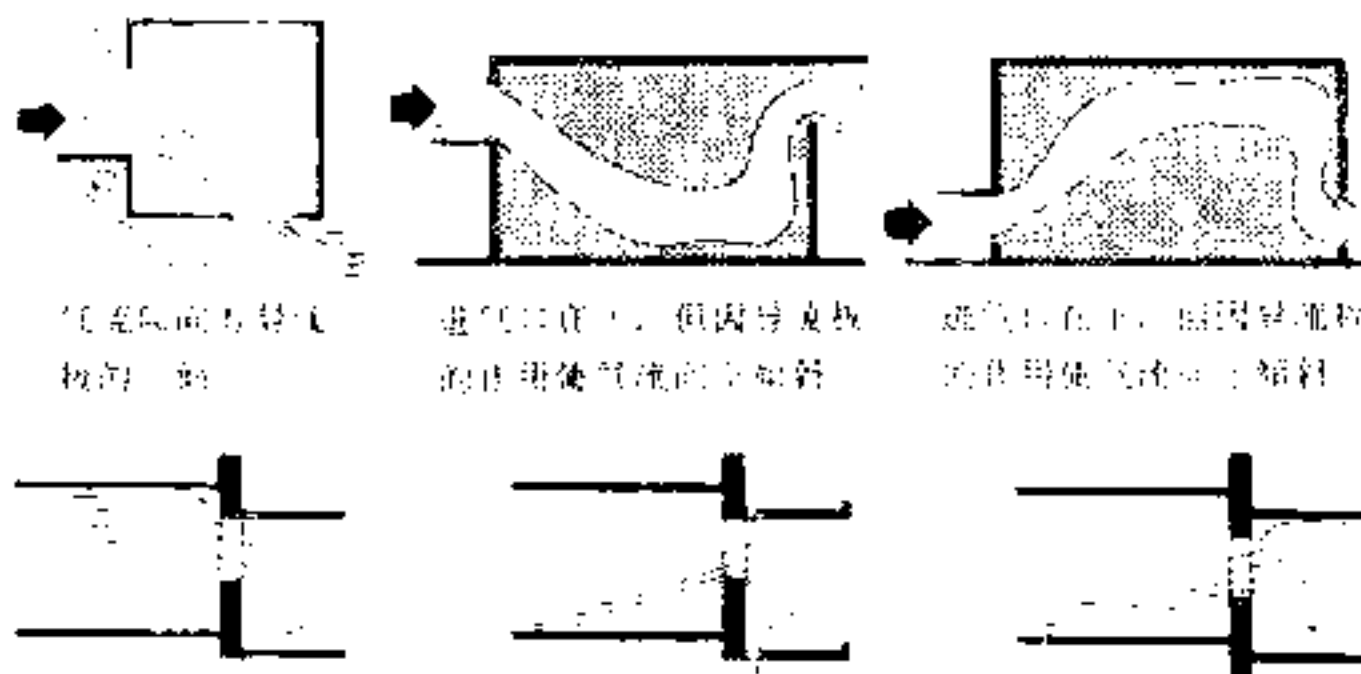
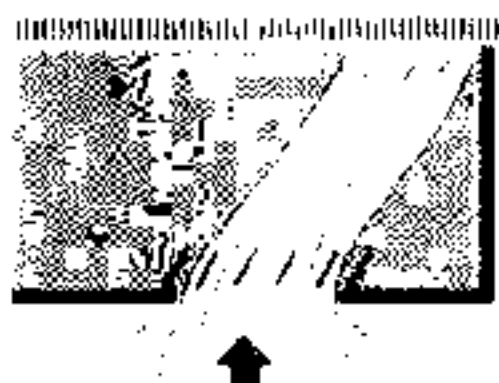
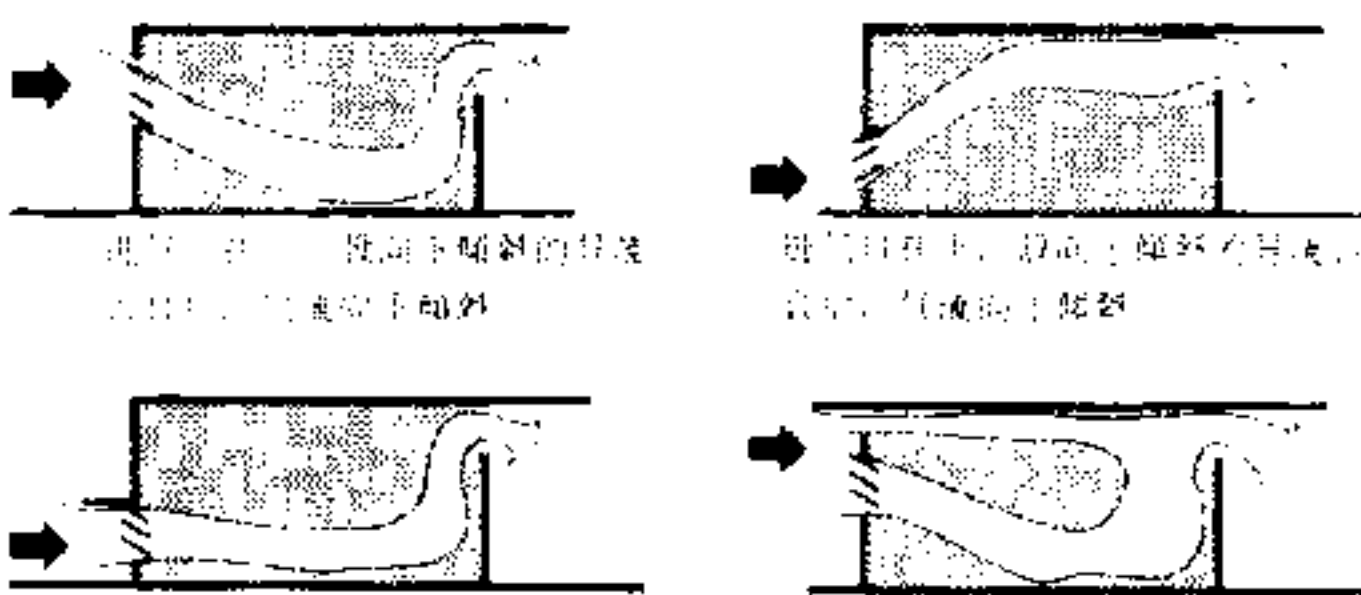


图11-1-1 进气口设置障碍物对气流方向的影响

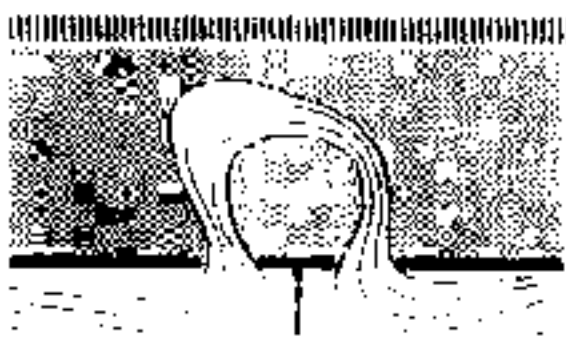


b 进气口处的障碍物作用在旁侧的压力之后, 则气流的射流方向最终是按障碍物的作用方向前进。如在进气口处设置有一定宽度的导流板, 气流经进气口后, 按导流板引导的方向前进

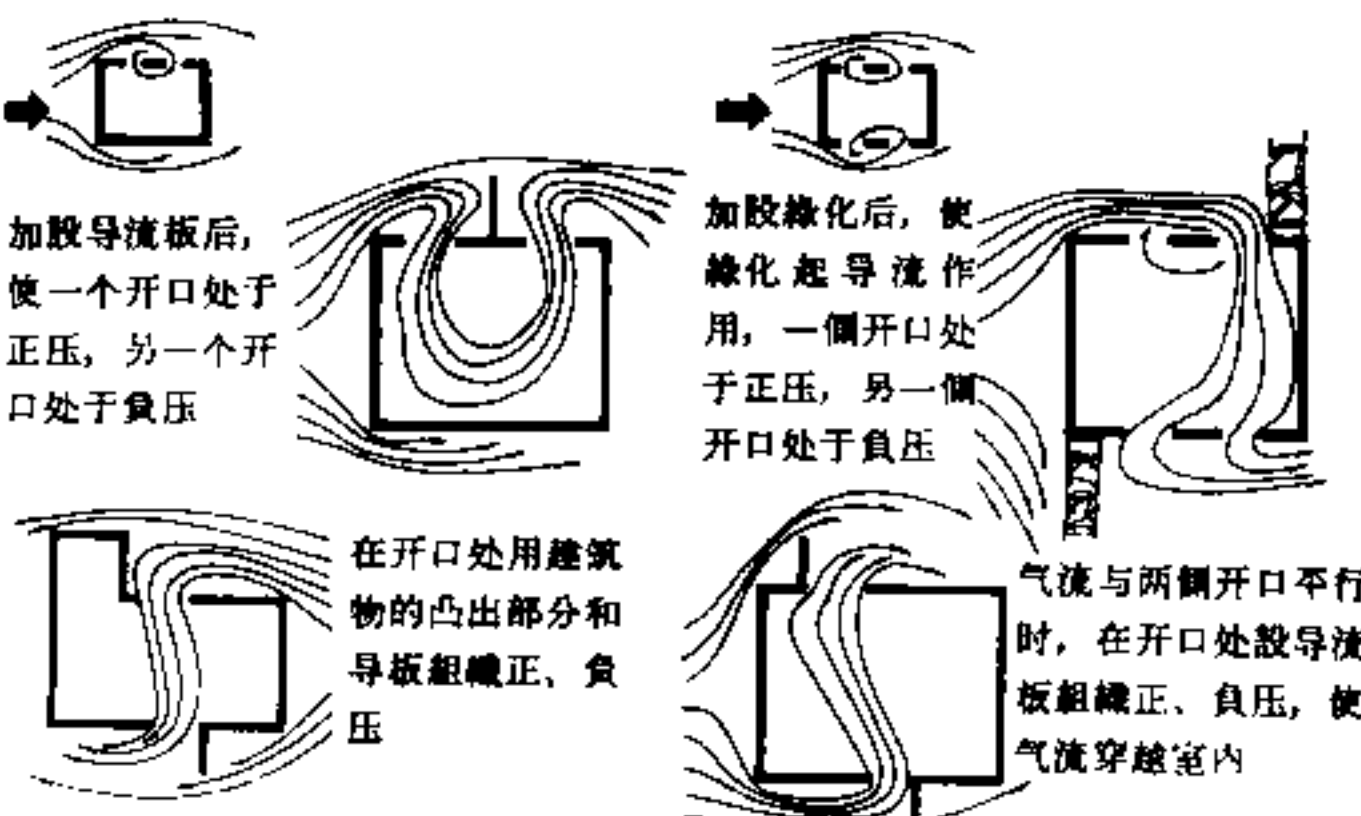


进气口在下, 设有遮阳板, 气流应向上倾斜, 但再设向下倾斜的导流板后, 气流又向下倾斜

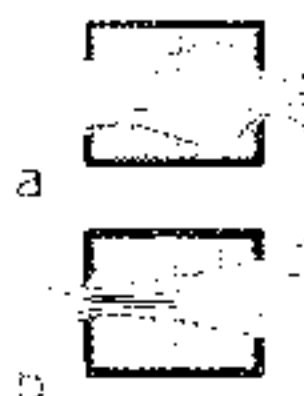
有两个进气口时, 一个设向下倾斜的导流板, 气流则按两个不同方向前进, 一股沿顶部流过, 一股向下倾斜



c 用障碍物组织正负压, 使风吹向障碍物时加强或改变开口处的压力情况, 使气流顺利穿越室内。如在建筑物前后正确设置导流板、绿化或凸出建筑的某一部分等, 可组织建筑物的正负压区, 改善室内气流状况



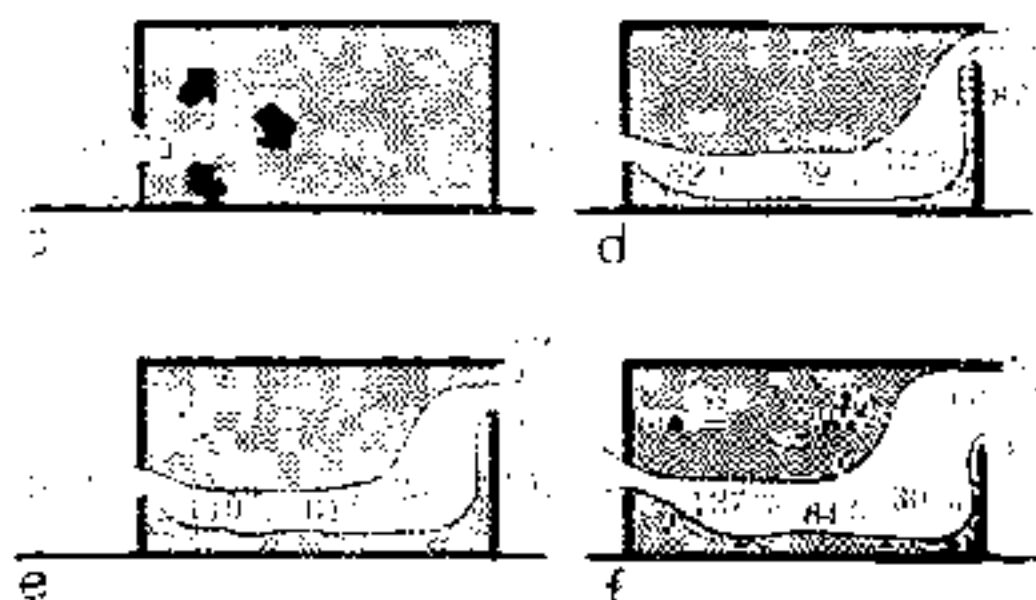
1 障碍物对气流路线的影响



排气口与进气口面积的比值愈大, 室内空气流速也随之增大, 因为流入与流出的空气量 L 相等

$$\text{又: } V_{\text{进}} = \frac{L}{F_{\text{进}}}, \quad V_{\text{排}} = \frac{L}{F_{\text{排}}}, \quad \therefore \frac{V_{\text{进}}}{V_{\text{排}}} = \frac{F_{\text{排}}}{F_{\text{进}}}$$

式中, $V_{\text{进}}$ 、 $V_{\text{排}}$ ——进、排气口的风速; L ——换气量; $F_{\text{进}}$ 、 $F_{\text{排}}$ ——进、排气口的面积



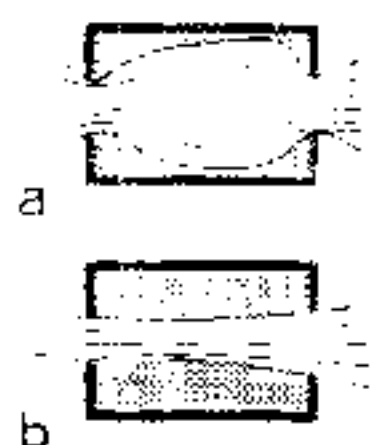
如 c 无排气口时, 室内空气只有一点扰动。d~f 当排气口由小变大时, 室内气流速度亦由小变大。f 为当 $F_{\text{排}}$ 为 6 倍 $F_{\text{进}}$ 时, 入口处的风速高达室外风速的 127%

2 排气口与进气口面积对气流速度的影响



当排气口正对气流方向时, 气流通畅, 流速较大, 如 a 。当排气口的位置使气流排出时经过转折, 则流速减弱如 b

3 排气口位置对气流速度的影响



a 进气口的气流速度愈小, 则流场分布愈大。如不求气流速度大, 而希望流场大时, 可增大进气口的面积, 或减小排气口的面积

b 进气口的气流速度愈大, 则流场分布愈小。如要求气流速度较大, 而流场可以较小时, 可增大排气口的面积, 或减小进气口的面积

4 气流速度与流场分布的关系

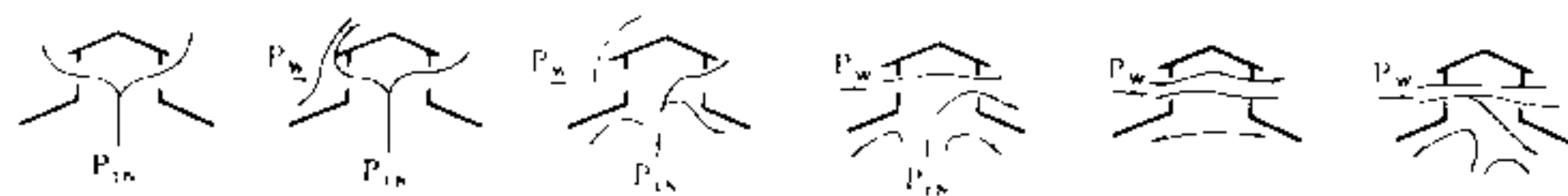


a 结构表面有阻碍时, 气流速度衰减大。b 在排气口处阻碍大时, 则气流速度也减弱

5 气流经过地区有阻碍时对气流速度的影响

室内气流路线与速度的几个设计要点

- 1 进气口的位置、大小与形式, 决定气流的射流方向, 而排气口对射流方向影响不大, 但对气流速度影响大。因此, 如需调整气流的射流方向时, 主要调整进气口的位置与形式; 如需调整气流速度时, 主要调整进、排气口的面积比例或调整排气口的位置与形式。
- 2 进气口处有障碍物时, 使气流的射流方向改变。
 - (1) 用调整旁侧的压力的办法, 在进气口外设挡板, 使一侧的压力不起作用或减小。
 - (2) 进气口外已有障碍物, 若由它所决定的射流方向与设计不符时, 可改变障碍物的形式或在障碍物所决定的气流方向以后另设导流板, 使气流按设计的要求调整方向。
 - (3) 当进、排气口的位置不能很好的导流时, 可在开口外用绿化、导流板或建筑物的凹凸部分等组织开口处的正、负压, 加强自然通风效果。
- 3 气流经过地区的结构表面有凹凸或显著不光滑, 而阻碍气流前进时, 阻力愈大, 气流速度衰减愈大; 在排气口处对排气不通畅时, 或间接排出室外时, 也使气流速度减弱。
- 4 当进气口内气流速度大时, 流场分布窄, 相反, 则流场分布宽。因此, 当调整气流速度时, 应注意流场分布情况。



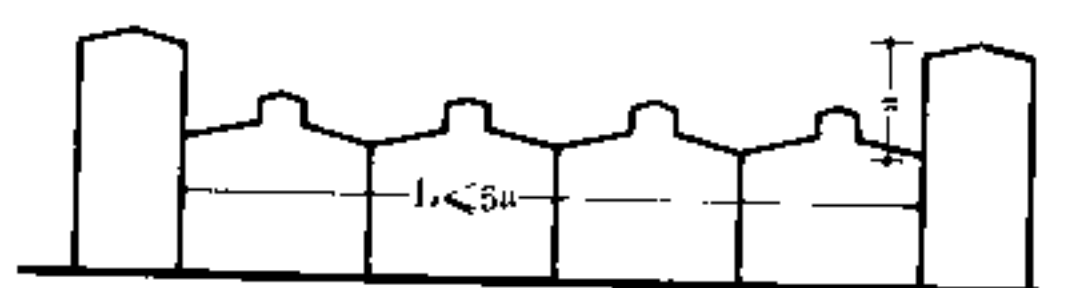
2 天窗开口处内外压力的大小与天窗排气的关系 (图中 P_w = 室外风压 P_r = 天窗开口处内压)

当风吹向建筑物时, 在天窗开口处内外压力的作用下, 由于压力的大小不同, 可使室内气流从天窗顺利排出, 也可使室外气流倒流入天窗阻碍天窗排气²。为防止倒流, 凡符合表 1 及³的条件, 即保证在天窗迎风面上亦产生负压而不产生倒流, 可不设挡风板。不符合这些条件时, 须采用避风天窗, 或加高女儿墙, 或按⁴设挡风板。

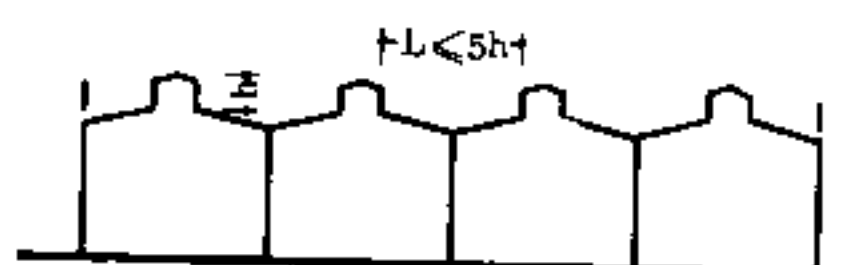
天窗迎风面上产生负压的条件

				表 1
h/H	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=5^\circ$	$\alpha=10^\circ$	表中: h ——天窗的高度 H ——建筑物的高度 x ——建筑物迎风边缘距天窗的距离 α ——风与水平面所成的角度
0.05	$0.2 < \frac{x}{H} < 2.6$	$0.2 < \frac{x}{H} < 1.8$	$0.2 < \frac{x}{H} < 0.95$	
0.10	$0.2 < \frac{x}{H} < 2.2$	$0.2 < \frac{x}{H} < 1.7$	$0.2 < \frac{x}{H} < 0.9$	
0.20	—	$0.2 < \frac{x}{H} < 1.5$	$0.2 < \frac{x}{H} < 0.7$	
0.30	$0.2 < \frac{x}{H} < 2.0$	$0.2 < \frac{x}{H} < 1.35$	—	
0.40	$0.2 < \frac{x}{H} < 1.8$	—	—	

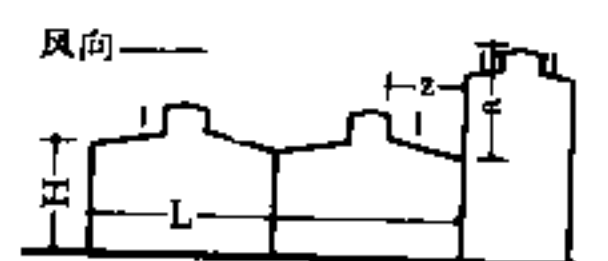
注: 空地时可视为风向近似水平, 取 $\alpha=0^\circ$ 。
 建筑物间距 $< 10H$ (H 为前面建筑物的高度) 时, 取 $\alpha=10^\circ$ 。
 建筑物间距为 $10 \sim 16H$ 时, 取 $\alpha=5^\circ$ 。
 建筑物间距 $> 16H$ 时, 取 $\alpha=0^\circ$ 。
 天窗高度 h 在屋面坡度为 $1/5$ 以下时, 为天窗下口至天窗脊; 在屋面坡度大于 $1/5$ 时, 为屋檐到天窗脊。



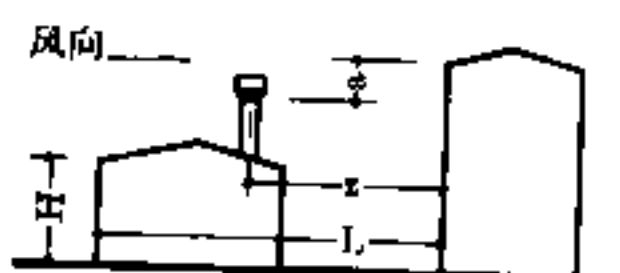
a 邻近有较高的房屋挡住天窗, 并且 $L < 5a$ 时, 天窗可不设挡风板, 但边跨排气天窗与高建筑物墙之间最小距离应符合图 a 及表 2 的要求



b 厂房天窗高度相同, 而其间距 $L < 5$ 倍天窗高度 h 时, 天窗可不设挡风板, 但边跨向外一面天窗还应设挡风板或加高女儿墙



c 排气天窗与相邻高建筑物墙之间最小距离 z 按表 2 确定

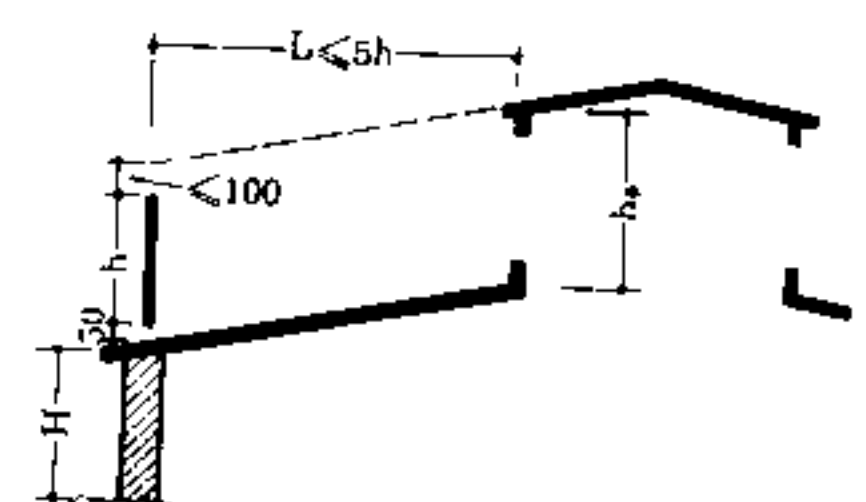


d 排气通风道与相邻高建筑物墙之间最小距离 z 按表 2 确定。
 注: 当 $z/a > 2.3$ 时, 不论房屋相关尺寸如何, 天窗均不产生倒流。
 例 $L=48m$, $H=12m$, $a=6m$ 如果 $z=6m$ 计算天窗是否进风: $z/a=1.0$, $(L-z)/H=3.5 > 1.5$, 故天窗进风, 必须增设挡风板。

3 天窗不设挡风板的条件

z 值最小距离确定表 表 2

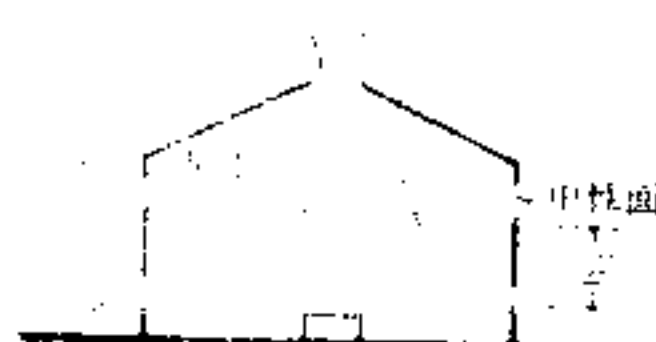
当 z/a	$\frac{L-z}{H} <$
0.4	1.3
0.6	1.4
0.8	1.45
1.0	1.5
1.2	1.65
1.4	1.8
1.6	2.1
1.8	2.5
2.0	2.9
2.1	3.7
2.2	4.6
2.3	5.6



用挡风板或提高女儿墙的办法时, 其高度 (即挡风板或女儿墙上缘高度) 低于天窗屋面延长线的垂直距离不超过 100, 其下口应留排水缝隙 50, 或相隔一定的距离留排水孔

挡风板与天窗之间的端部及多跨厂房的天窗之间的端部应加以封闭, 以保证在任何风向下, 均不影响天窗正常排气

4 天窗挡风板设置要求



a 屋面在中性面以上, 天窗开口小, 是不合适



b 应增大天窗面积, 提高中性面, 使两侧能进气



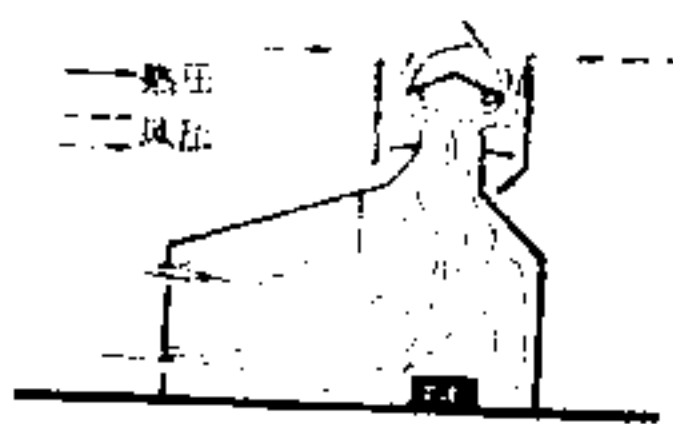
c 组织好气流, 使粉尘的气体上升在天窗处



d 清除与较厚的灰尘, 应分开设置天窗

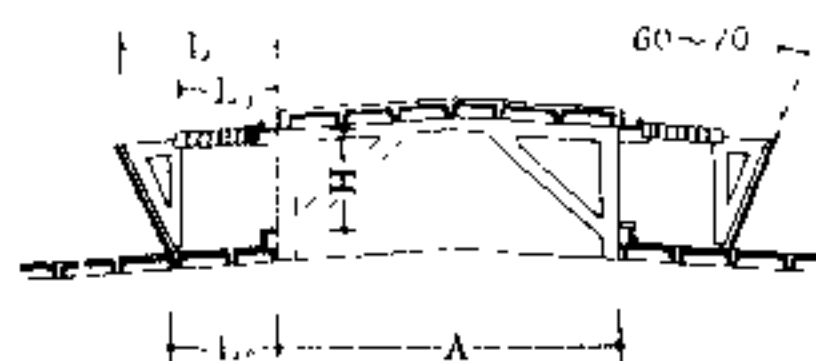


e 热压与风压的气流路线交叉是不利的



f 应使天窗与排气相配合, 避免气流路线交叉

1 高温排热时的天窗

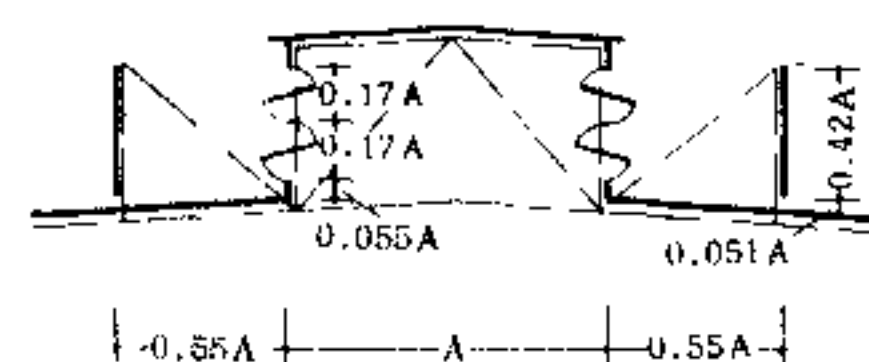


挡风板是倾斜的, 倾角 $60\sim 70^\circ$, 因此, 气流飞越天窗时, 气流路线最高, 避风性能优于[4]、[5]等型天窗

当天窗喉口宽度为 9m 时, 与其他型天窗相比是最经济的

挡雨角度 $\alpha=30\sim 35^\circ$

1

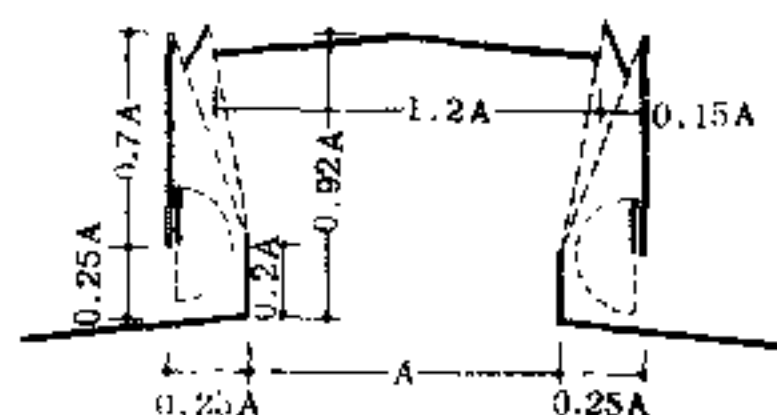


此天窗构造简单, 造价比较低, 空气动力性能良好 ($\zeta=4.2$), 适用于热车间

使用方便, 是自然通风与采光的合用天窗。窗扇可以昼夜性调节, 也可季节性的调节

窗扇也可做成上悬式的, 但由于开启角度小, 通风效率比中悬式较小

4

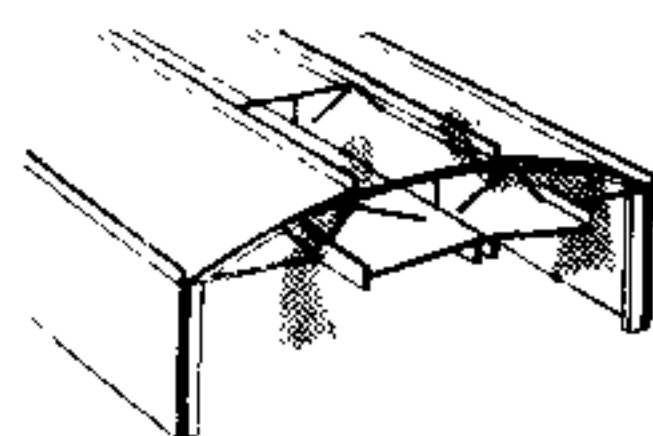


天窗上口设有遮风孔挡板以防雨雪经天窗落入室内。挡风板用固定玻璃窗制作, 以便采光

用于热位差很大 ($>1.5\text{kg/m}^3$) 而且在白天必须利用天窗作天然采光的建筑物上

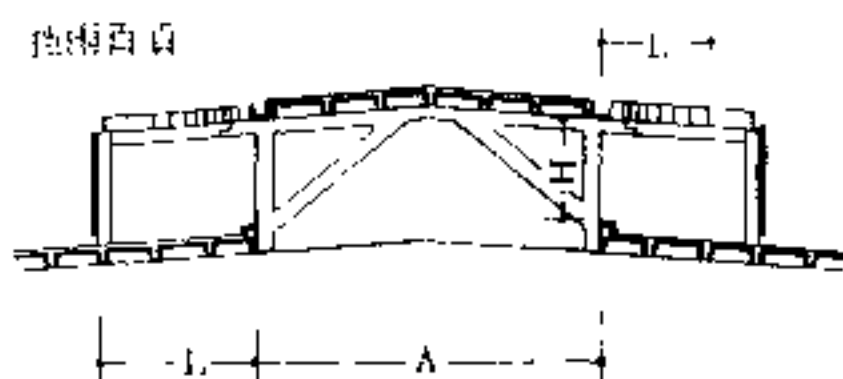
当经天窗排出的空气中的灰尘浓度较大 ($>10\text{mg/m}^3$) 时, 不宜采用

7



a
10

排气性能较好, 省材料, 但施工复杂, 屋架的竖、斜杆与天窗顶防水处理较困难

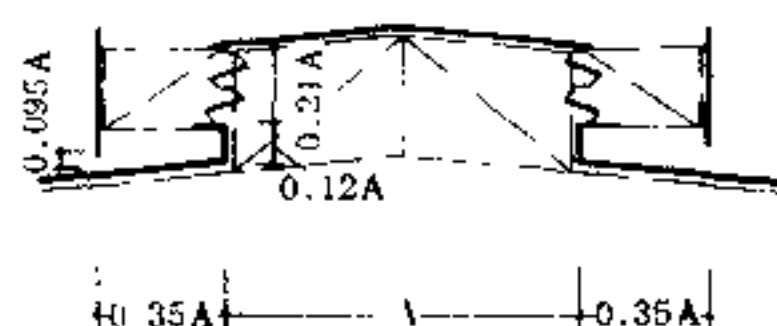


外型似[4]型天窗

气流飞越天窗时, 气流路线较高 (低于[1]型天窗) 避风性能良好

重量大于[4]、[5]型天窗, 但投资较后二者低。挡雨角度 $\alpha=30\sim 35^\circ$

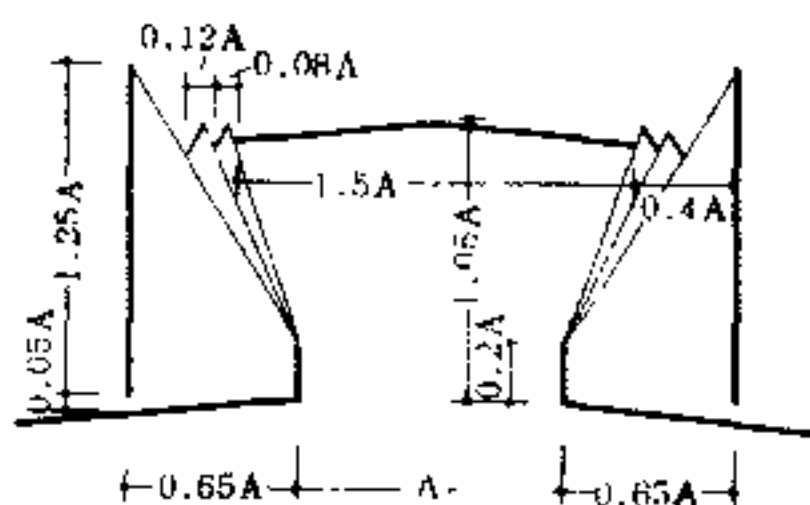
2



除垂直挡风板外, 还有水平挡风板, 在天窗内有负压 (或正压数值很小) 时, 天窗排气量会增大。当天窗内正压值大于 $0.5\text{mm H}_2\text{O}$ 时, 水平挡风板不能显著地增大排气量。高温车间大多宜用此天窗

在水平挡风板上的百页窗扇的水平投影宽度, 应小于水平挡风板宽度的 $1/3$, 否则会减小天窗的排气量

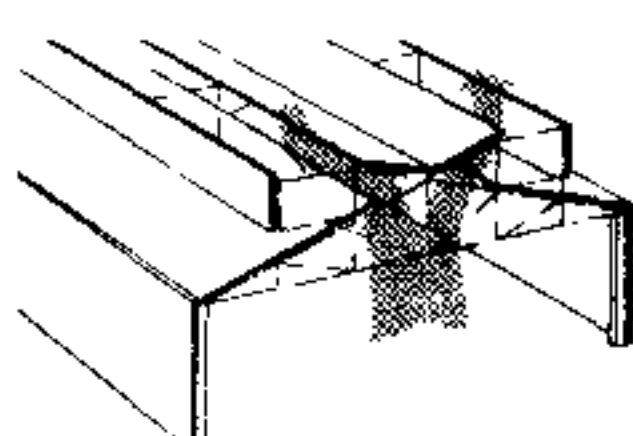
5



用于热位差很小 (0.3kg/m^3 以下) 并且不用天窗采光, 通风目的是为排除气体和蒸气用, 同时室内温度在冬季不必保持在 0°C 以上的建筑物, 如石油产品仓库及其他需排除有害蒸气物质的仓库

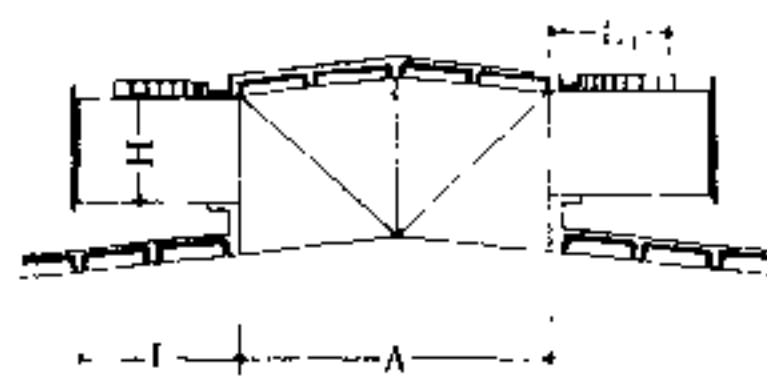
排气孔仅在顶部, 因此只有当风向与天窗轴成 90° 时产生很大负压

8



b

排气性能较好, 气流较顺并能及时排出, 内落水及天沟质量要求高, 有利于采光

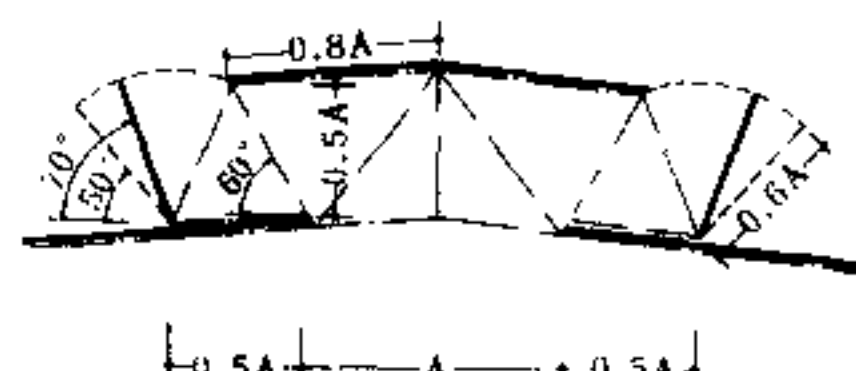


避风性能比[4]、[5]型天窗都好, 局部阻力系数较小, 比[4]型的小49%左右, 因此等面积的天窗排气量较大

这种天窗喉口宽度不宜大于 6m , 当喉口宽度 $\geq 9\text{m}$ 时, 造价将大大地增加

挡雨角度 $\alpha=30\sim 35^\circ$

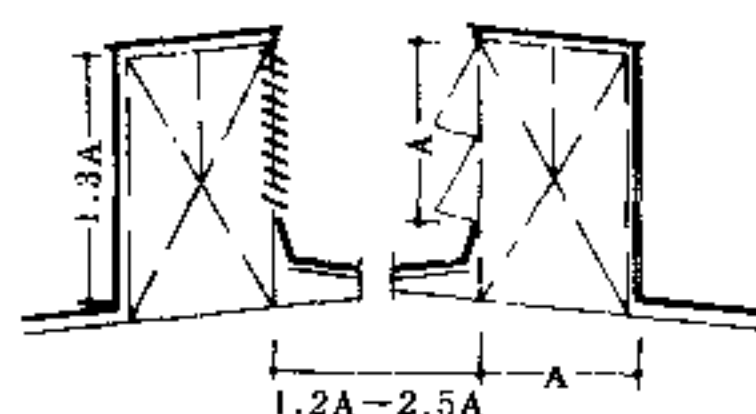
3



挡风板下端装有水平轴, 可以转动以调整通过天窗的气流量

此种天窗用于昼夜生产, 且产生的余热量一般的建筑物上。对于换气量很大的建筑物, 这种可以转动的挡风板的高度也很大, 都在 1.8m 以上, 即使安装机械转动也相当困难, 大风雪、暴风雨地区不宜采用

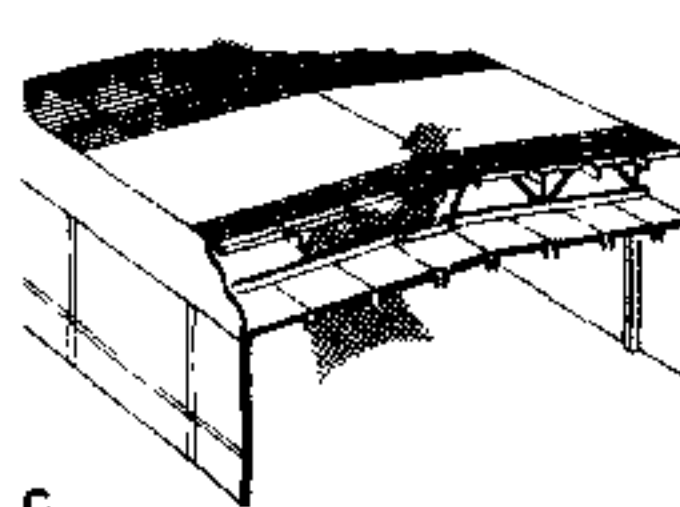
6



天窗分为两半, 外侧均为固定的玻璃窗, 内侧安有窗扇或可活动的百页窗, 天窗的两端须加围屏, 为自然通风与采光的合用天窗

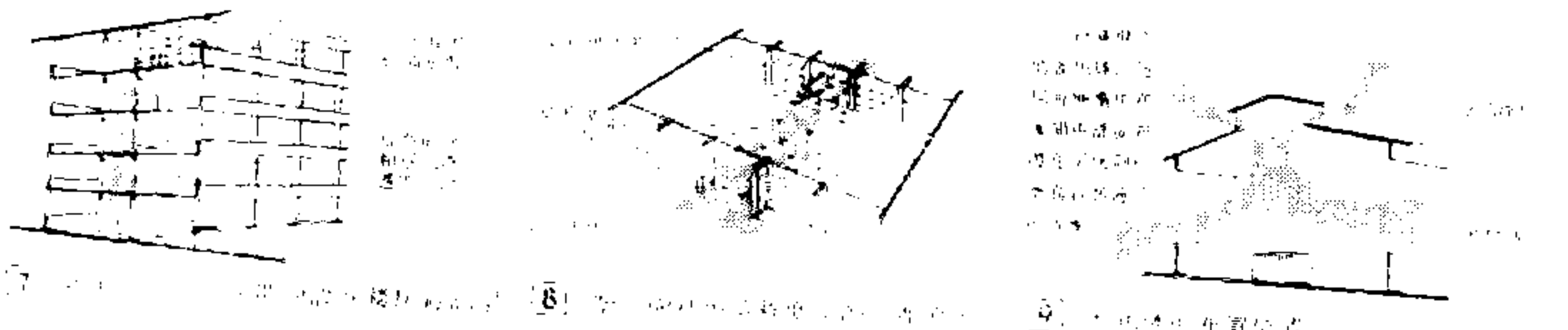
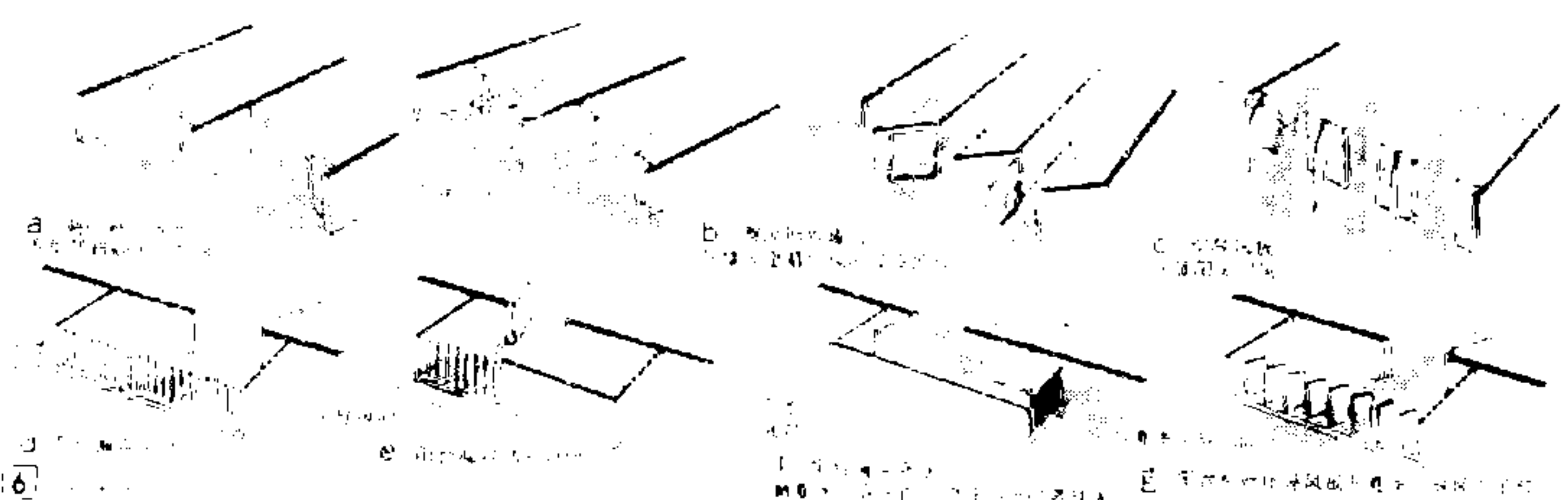
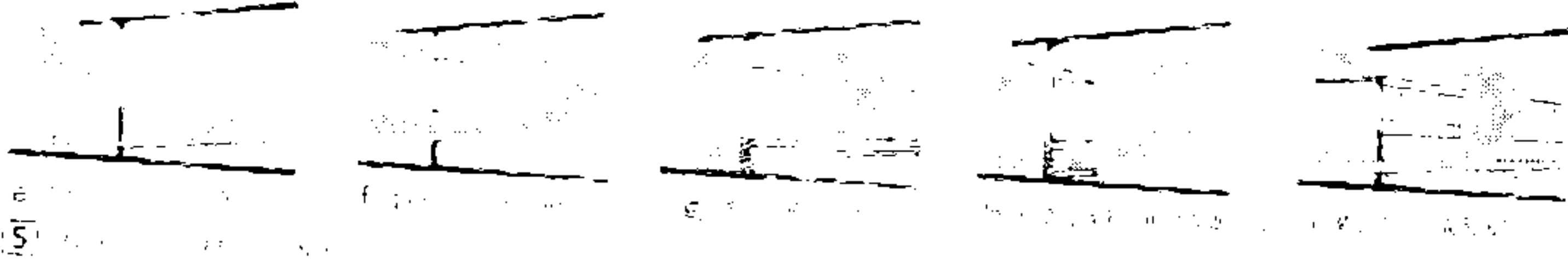
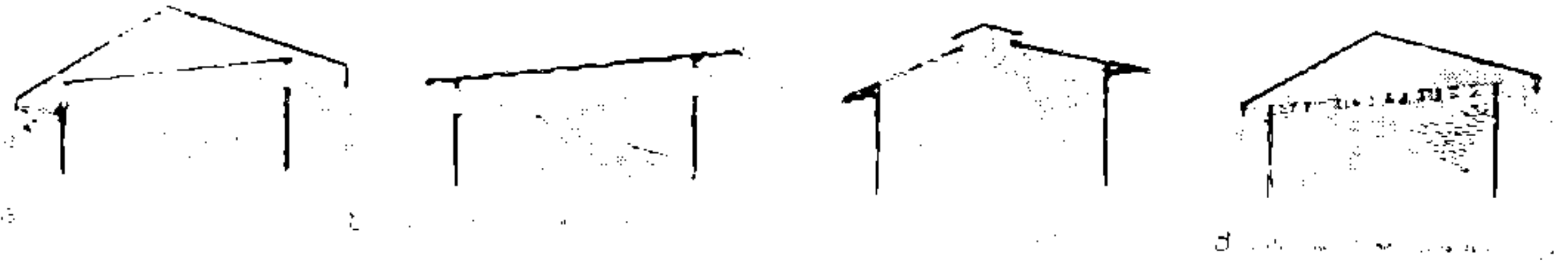
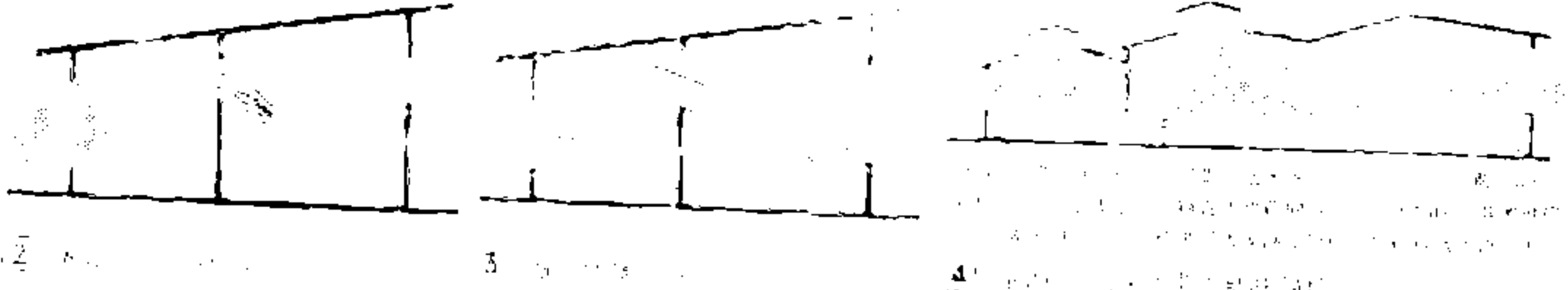
必须在天窗两半中间设排水沟

9



c

能较均匀的布置在整个车间内, 可取得较多的排风面积及采光面积, 东西向车间可避免东西晒





Architectural floor plan of the first floor of the 'Maison de la Culture' in Paris. The plan shows a large central hall with a staircase, several smaller rooms, and a large open area on the right. The drawing is a black and white line drawing with some handwritten notes and a scale bar.

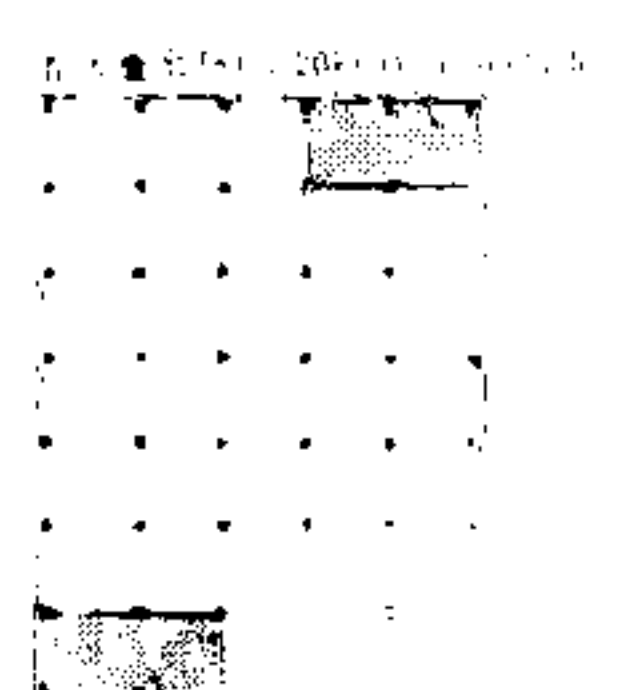
The floor plan of the second floor shows a large central hall with a staircase on the left side. There are several rooms of varying sizes, including a large room at the top left, a room at the top right, and a room at the bottom right. The plan is detailed with walls, doors, and furniture.

[illegible]

7

A 5x5 grid of dots. A 2x2 square of dots in the bottom right corner is highlighted by a dashed line.

10

[illegible]

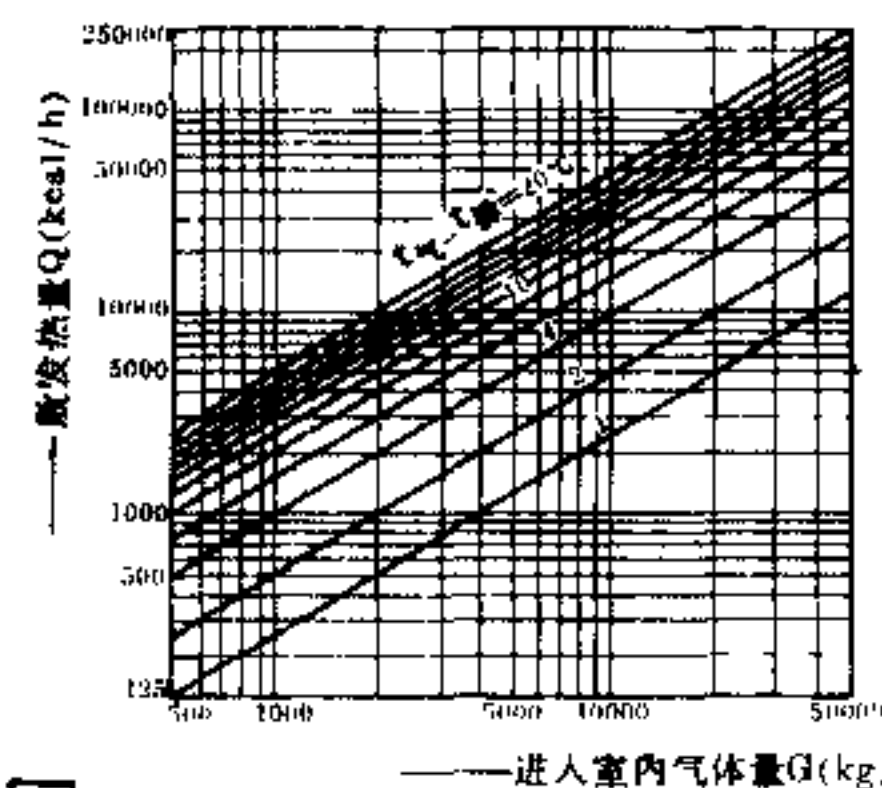
• **What is the purpose of the study?**

[illegible]

热量 人体发热量

表 1

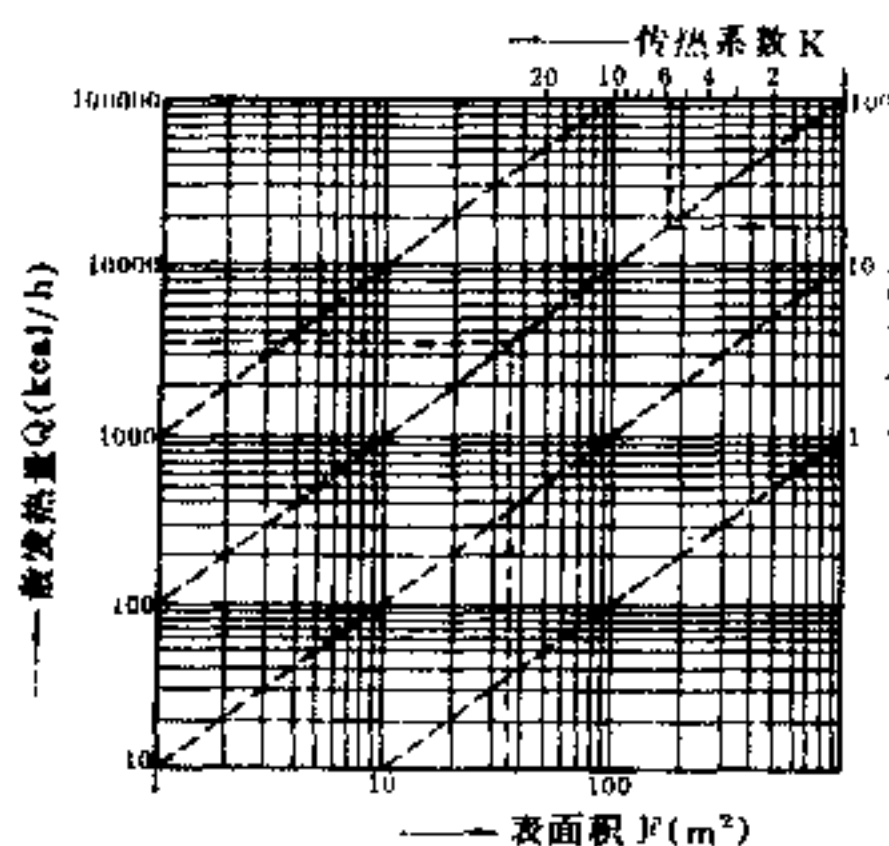
劳动强度	劳动性质	热量(kcal/h·人)
轻 劳 动	坐, 手或臂部轻工作	110~140
	坐, 臂或腿部轻工作	140~160
	立, 轻便机械或刨床工作, 主要脚臂部工作	140~180
中 等 劳 动	坐, 臂部或腿部重工作	160~200
	立, 轻便机械和刨床工作, 有若干走动	160~190
	立, 机床和刨床上中等工作, 有若干走动	190~250



$$Q = GC(t_g - t_{in}) \quad (\text{kcal/h})$$

式中,
G——进入室内
烟量(kg/h);
C——烟气的比
热, 平均取0.25
kcal/kg·°C;
 t_g ——进入室内
烟气温度(°C);
 t_{in} ——由室内排出
烟气温度(°C),
一般采用排出空
气温度。

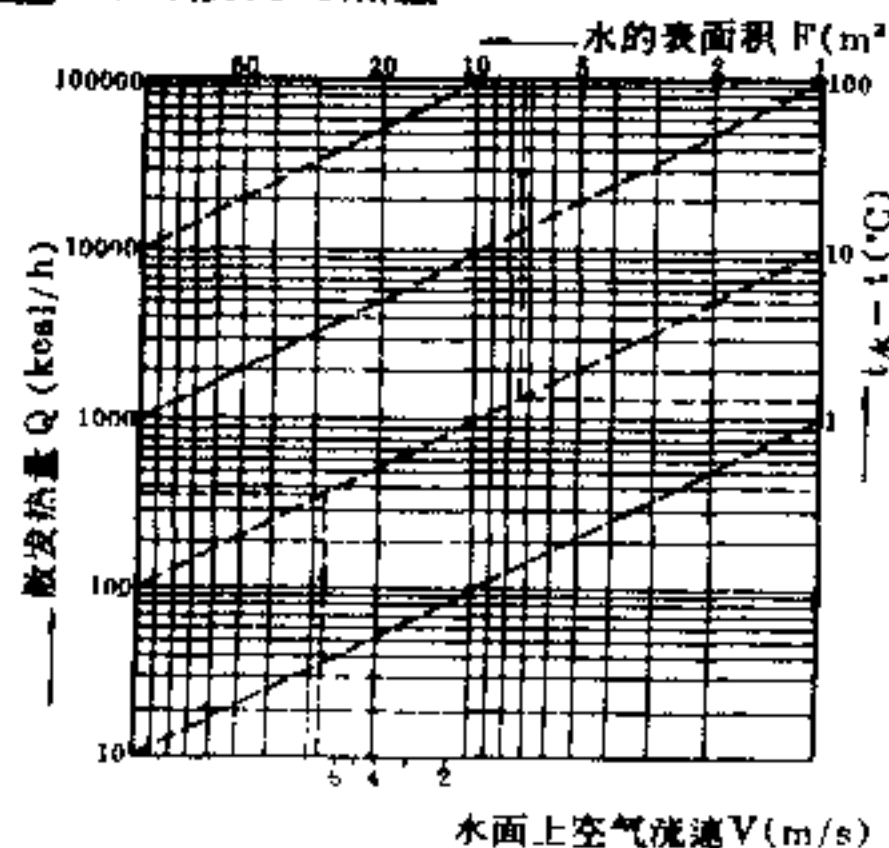
2 排出烟气散在室内的热量



$$Q = FK(t - t_{in}) \quad (\text{kcal/h})$$

式中,
F——盖、罩
子、管道表
面积(m²);
K——传热
系数;
t——盖、罩
子或管道
内介质温
度(°C);
 t_{in} ——室内
的空气温
度(°C)。

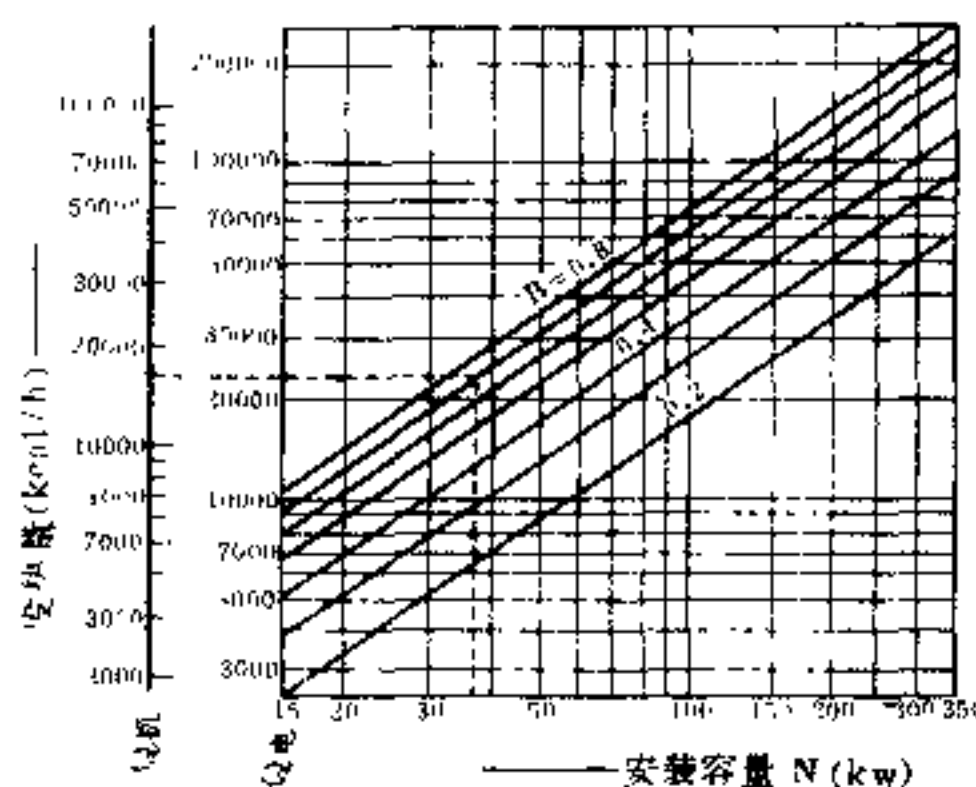
3 由盖、罩子和管道的热表面向室内散发的热量



$$Q = (4.9 + 3.5V)(t_w - t)F \quad (\text{kcal/h})$$

式中,
V——水面
上空气流
速(m/s);
 t_w ——水的
温度(°C);
t——周围
空气的温
度(°C);
F——水的
表面 积
(m²)。

4 由热水表面向室内散发的热量



1 电加热炉及机床设备散热量

各种电炉的容量N(kw)

名称及型号	安 装 容 量	名称及型号	安 装 容 量
无铁心式中频感应电炉 LW-252-B型	250	三相高温盐浴电炉 DY-35 型	35
LW-102 型	100	DY-75 型	75
LW-52 型	50	三相低温盐浴电炉 DY-100 型	100
高温箱形电炉 TX-30 型	30	单相高温盐浴电炉 DY-20 型	20
TX-50 型	50	DY-45 型	45
井式回火电阻炉 JH-24 型	24	单相中温盐浴电炉 DY-25 型	25
JH-36 型	36	鼓形式电炉 G-20 型	20
JH-75 型	75	G-30 型	30
箱形电阻炉 X-15~X-75	15~75	G-70 型	70

由于熔融的热材料冷却而散入室内的热量

$$Q = Gb[C_0(t_0 - t_2) + W + C_2t_2 - C_1t_1] \quad (\text{kcal/h})$$

式中, G——冷却材料量(kg/h);
 t_0 ——材料初温(°C);
 t_1 ——材料终温(°C);
 t_2 ——材料溶解温度(°C);
 C_0 ——材料液态时的比热(kcal/kg·°C);
 C_2 ——材料由0°到 t_2 时的平均比热(kcal/kg·°C);
 C_1 ——材料由0°到 t_1 时的平均比热(kcal/kg·°C);
W——材料溶解潜热(kcal/kg);
b——根据材料性质及冷却时间而确定的散热强度系数(参考有关资料决定)。

各种材料的溶解温度、液态时的比热 及由0°到溶解温度时的平均比热

表 3

名 称	t_2 (°C)	C_0 (kcal/kg·°C)	C_2 (kcal/kg·°C)	名 称	t_2 (°C)	C_0 (kcal/kg·°C)	C_2 (kcal/kg·°C)
铜	1530	0.194	0.167	铝	658	0.234	0.300
生 铁	1200	0.215	0.219	锌	420	0.124	0.100
钢	1083	0.122	0.157	铅	327	0.0366	0.340

火焰加热炉的散热量(粗略计算)

$$\text{冬季: } Q = GQ'BK \quad (\text{kcal/h})$$

$$\text{夏季: } Q = G_{\max}Q'BK \quad (\text{kcal/h})$$

式中, G——炉子的平均燃料消耗量(m³/h或kg/h);
 $G_{\max}$ ——炉子的最大燃料消耗量(m³/h或kg/h);
 Q' ——单位燃料工作质的低热值(kcal/m³或kcal/kg);
B——系数, 无烟道的炉子B=0.9, 有烟道的炉子(台车式、液底式)B=0.6,
有烟道的其他炉子及无烟道的炉子用有組織的方法排除废气B=0.5;
K——炉子同时使用系数。

气焊或气割时散入室内的热量

$$Q = 11500L \cdot \eta \quad (\text{kcal/h})$$

式中, L——乙炔用量(l/h);
 η ——燃烧喷嘴的利用系数, 一般可按0.85考虑。

有害气体(燃料燃烧产生的)

一、固体和液体燃料:

一氧化碳: $G_{CO} = 0.233qC_p$ (g/kg)

二氧化硫: $G_{SO_2} = 20S_p$ (g/kg)

二、天然煤气燃料:

一氧化碳: $G_{CO} = 0.125q(CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8 + 4C_4H_{10} + 5C_5H_{12})$ (g/(Nm³))

不产生二氧化硫

三、人造气体燃料:

一氧化碳: $G_{CO} = 0.125q(CO + CH_4 + 2C_2H_4 + 6C_2H_6)$ (g/(Nm³))

二氧化硫SO₂的数量按燃料的成分换算成H₂S

式中: q ——燃料的化学不完全燃烧的百分比, 见表1;

C_p ——燃料工作质中总的含碳量的百分比;

S_p ——燃料工作质中总的含硫量的百分比;

CO, CH₄, C₂H₄, C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀, C₅H₁₂, C₆H₆和

H₂S——气体燃料中含的一氧化碳、甲烷、乙烷、乙烷、

丙烷、丁烷、戊烷、苯和硫化氢的容量的百分比。

化学不完全燃烧值 q (%)

表 1

燃料种类	q	燃料种类	q
木材	4	木炭	3
泥炭	4	焦炭	3
褐煤	4	重油	2
烟煤	3	人造煤气	2
无烟煤	3	天然煤气	2

各种溶剂的蒸发容积(l/kg)

表 2

溶剂名称	蒸发容积	溶剂名称	蒸发容积
乙酸戊酯(C ₅ H ₁₂ O ₂)	172.1	醚(C ₄ H ₁₀ O)	302.2
苯胺(C ₆ H ₅ NH ₂)	240.5	氯乙烷(CH ₃ CH ₂ Cl)	226.8
苯(C ₆ H ₆)	286.8	甲醇(CH ₃ OH)	699.1
己酸(羊油酸)		氯苯(C ₆ H ₅ Cl)	199.0
(CH ₃ COOCH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃)	192.8	硝基苯(C ₆ H ₅ NO ₂)	182.0
二硫化碳(CS ₂)	294.2	四氯乙烷(C ₂ H ₂ Cl ₄)	133.4
四氯化碳(CCl ₄)	145.6	四氯乙烷(C ₂ Cl ₄)	135.1
二氯苯(C ₆ H ₄ Cl ₂)	152.4	甲苯(C ₇ H ₈)	243.1
二氯乙醚(CH ₃ CHClCH ₂ Cl)	156.6	三氯乙醚(C ₂ H ₃ Cl ₃)	170.5

注: ①上表内蒸发量为溶剂在常温下每公斤之值。

②计算公式为蒸气的容积(l)=[溶剂的重量(kg)/溶剂的分子量(kg-mol)]
×22.4。

成人 CO₂ 呼出量(男)

表 3

活动程度	CO ₂ 呼出量(m ³ /h)	计算采用呼出量(m ³ /h)
睡眠时	0.011	0.011
静止或轻微动作	0.0129~0.0230	0.022
轻劳动	0.0230~0.0330	0.028
中等劳动	0.0330~0.0538	0.046
重劳动	0.0538~0.0840	0.069

注: ①女子 CO₂ 呼出量比男子少。

②儿童 CO₂ 呼出量为成人的 40~70%, 平均为 50%。

水气蒸发量

一、大气压力下水的表面蒸发量:

$$M = (a + 0.0174v)(E_2 - E_1)F \quad (\text{kg/h})$$

式中: a ——周围空气在温度为15~30°C时的重力流动因数, 见表4;

v ——暴露水面上空气流速(m/s);

E_1 ——水蒸气在周围空气中与其饱和度相应的水蒸气分压力(mmHg);

E_2 ——蒸发液体的表面温度下, 饱和空气的水蒸气分压力(mmHg);

F ——蒸发表面面积(m²)。

周围介质的重力流动因数(当室内空气温度为15~30°C时)

表 4

水 温 (°C)	30以下	40	50	60	70	80	90	100
a	0.022	0.028	0.033	0.037	0.041	0.046	0.051	0.06

与液体温度有关的蒸发表面温度

表 5

液体温度 (°C)	蒸发表面 温度(°C)	液体温度 (°C)	蒸发表面 温度(°C)	液体温度 (°C)	蒸发表面 温度(°C)
20	18	50	45	80	69
25	23	55	48	85	75
30	28	60	51	90	82
35	33	65	54	95	90
40	37	70	58	100	97
45	41	75	63		

注: ①表中数值系根据室内空气湿度参数 $t \approx 20^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $\phi \approx 70\%$ 所定。

②如液体保持固定温度时, 则蒸发表面温度可按表5采用。

③如蒸发取决于周围空气放热, 则 E_2 根据符合于周围空气参数的湿球温度确定。

④在确定建筑物结构(地面、墙等)湿润表面蒸发水分量时, a 值取0.031。

⑤如湿润材料表面不平, 则蒸发表面可加倍计算, 或按不平坦的情况处理。

⑥若水沸腾时, 水分蒸发量应按供给的热量决定。

二、有水流动的地面表面蒸发水量:

$$M = \frac{G_s(t_0 - t)}{r} \quad (\text{kg/h})$$

式中:

G_s ——地面流动水量(kg/h);

r ——蒸发潜热, 平均等于585(kcal/kg);

t_0 ——水的初温(°C);

t ——水的终温, 即排入下水管时的水温(°C)。

三、液体蒸发量(水除外):

$$M = m(0.000352 + 0.000786v)EF \quad (\text{kg/h})$$

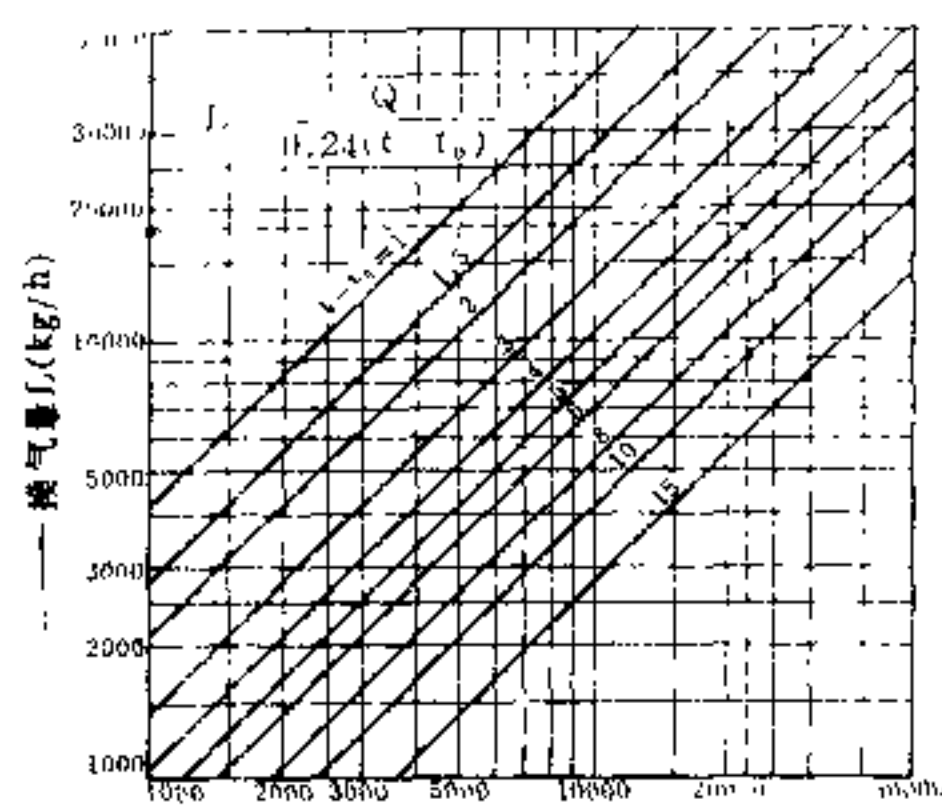
式中: m ——液体分子量;

v ——蒸发液体表面上的空气流速(m/s);

E ——液体温度下饱和空气液体蒸气分压力(mmHg);

F ——蒸发面积(m²)。

注: 矿盐溶液表面蒸发时, 当其浓度为25%(按重量)以下时, 蒸气分压力和水蒸气分压力相同。

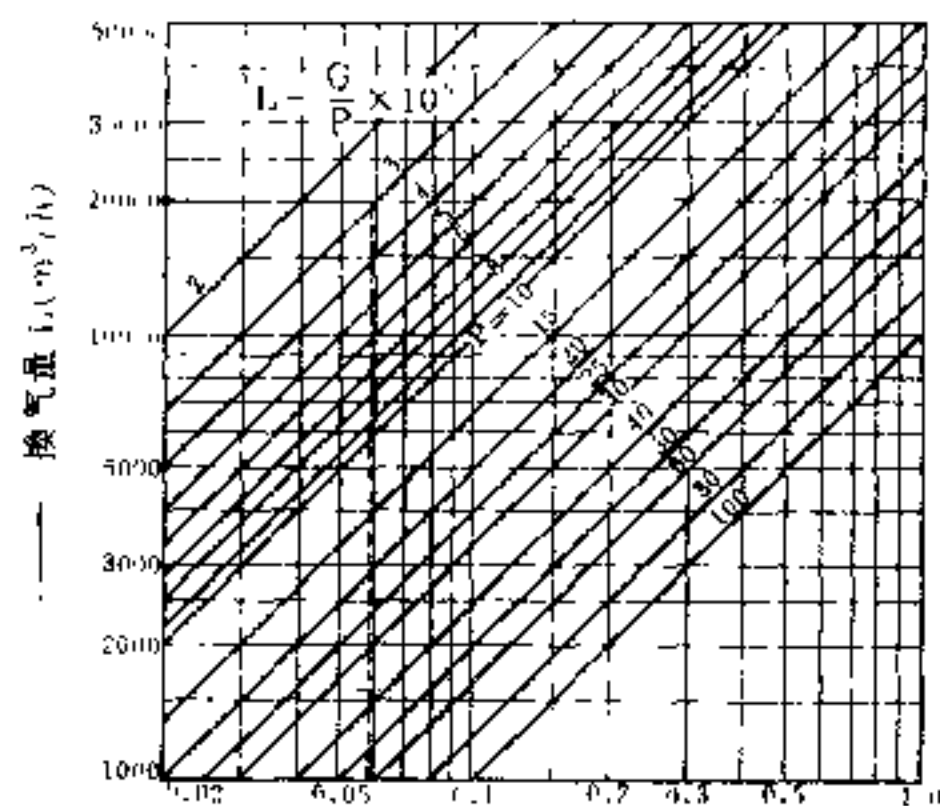


图中: Q ——房间内的总发热量(kcal/h)
 t ——室内空气温度($^{\circ}\text{C}$)
 t_0 ——室外空气温度($^{\circ}\text{C}$)

1 对发热量的换气量

例: 室内有一台三相高温盐浴 DY 35 型电炉, 有三人劳动, 室内温度为 35°C , 室外温度为 30°C , 则内外温差为 5°C 。

由[11]表 2 得电炉容量为 35, 由[11]表 1 查得发热量 $Q_1=21100\text{kcal/h}$, 由[11]表 1 得每人发热量为 200kcal/h , 三人共发热的热量为 $Q_2=600\text{kcal/h}$, 总发热量为 21700 , 如图示虚线得换气量 $L=18100\text{kg/h}$ 。



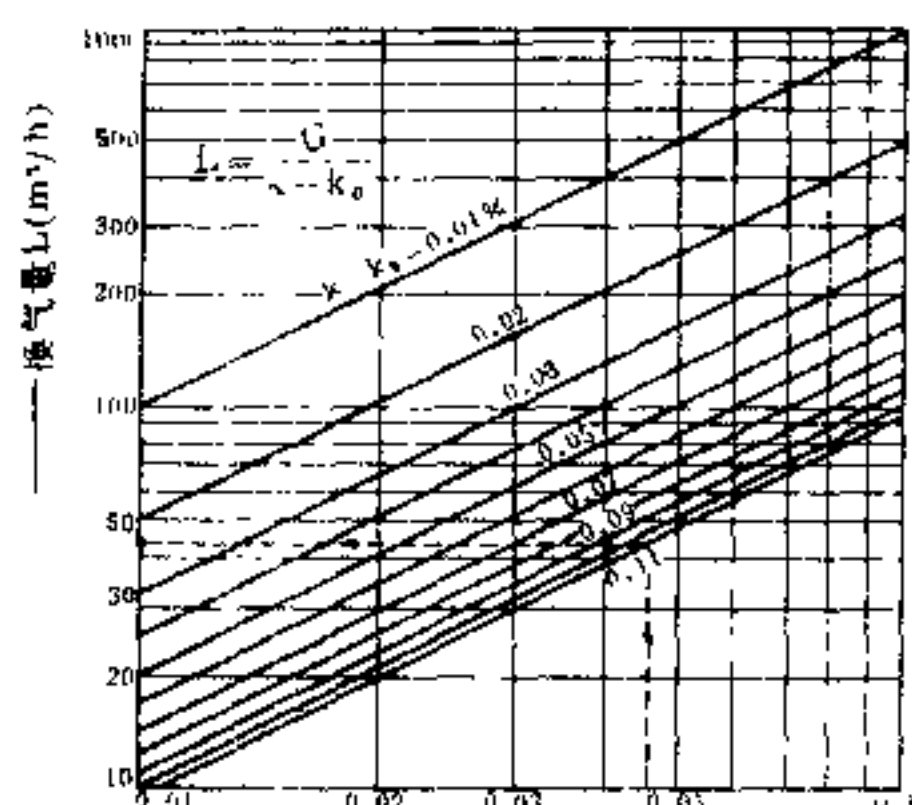
图中: G ——有害气体发生量(m^3/h)
 P ——有害气体容许浓度($10^{-4}\text{l}/\text{m}^3$)

2 对有害气体的换气量

例: 每小时有 0.2kg 二硫化炭蒸发的房间, 求需要换气量。

由[12]表 2 得二硫化炭的蒸发量为:
 $G=0.2 \times 0.2942$
 $=0.0588\text{m}^3/\text{h}$
由表 1 得二硫化炭的最高容许浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$, 其分子量为 76.1 , 故
 $P=\frac{10 \times 22.4}{76.1}$
 $=2.94$

如图示虚线得换气量 $L=20000\text{m}^3/\text{h}$ 。



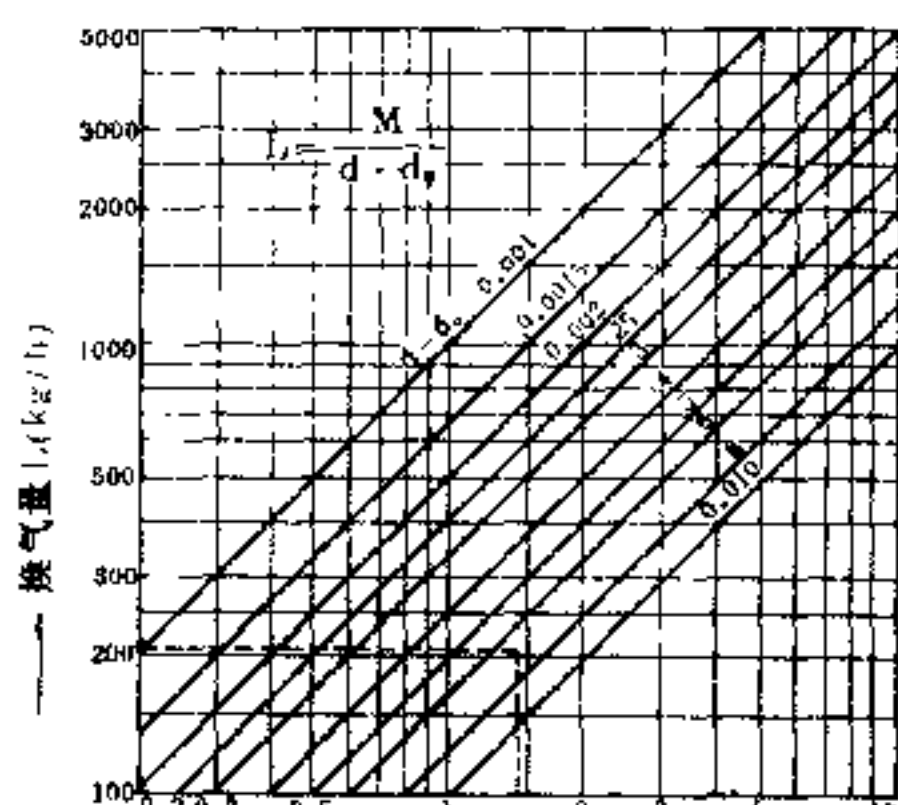
图中: G —— CO_2 的发生量(m^3/h)
 k ——室内 CO_2 的容许浓度, 按[1]表 1
 k_0 ——室外空气中 CO_2 的浓度, 一般 0.04%

3 二氧化碳的换气量

例: 住宅卧室一男一女一儿童, 求该房间对 CO_2 的换气量。

由[12]表 3 取成人(男) CO_2 发生量为 $0.02\text{m}^3/\text{h}$, 女子比男子少, 取为 $0.016\text{m}^3/\text{h}$, 儿童为成人男子 50% , 取 $0.01\text{m}^3/\text{h}$, 因此得 $G=0.046\text{m}^3/\text{h}$ 。

由[1]表 1 得 $k=0.15\%$, 则浓度差 $k-k_0=0.11\%$, 如图示虚线得换气量 $L=42\text{m}^3/\text{h}$ 。



图中: M ——水气蒸发量(kg/h)
 d ——室内湿空气含湿量, 查第 1 集·热[8]湿焓图(kg/kg)
 d_0 ——室外空气含湿量, 查第 1 集·热[8]湿焓图(kg/kg)

4 对蒸发水气的换气量

有害气体、蒸气的最高容许浓度(摘自工业企业设计卫生标准国建[GBJ]1-62)表 1

物质名称	最高允许浓度(mg/m^3)	注: ①表中所载有害气体、蒸气的最高容许浓度标准, 系对工作地点的要求。所谓工作地点, 系指工人为观察和管理生产过程经常或定时工作的地点。如生产操作在车间内许多不同地点进行时, 则整个车间均算为工作地点。②工人在车间内的时间较短, 以及不可能达到左表规定的浓度时, 取得卫生主管部门同意, 可不受上述规定所限制。③在含一氧化碳的空气中工作不超过 1 小时时, 一氧化碳的最高容许浓度可到 $50\text{mg}/\text{m}^3$; 工作不超过半小时时, 可到 $100\text{mg}/\text{m}^3$; 工作不超过 15~20 分钟时, 可到 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 。在作业地带空气中含有多量一氧化碳的情况下重复工作时, 每次工作间隔时间至少须隔 2 小时以上。④数种溶剂(苯及其同系物、醇类、酯类、醚类)的蒸气同时散发于空气中, 或数种刺激性气体(三氯化硫、二氯化硫、氯化氢、氟化氢等)同时散发于空气中, 或各种氮氧化物和一氧化碳同时散发于空气中, 全面通风换气量应分别按每种溶剂的蒸气、每种刺激性气体及一氧化碳冲淡至容许浓度所需要的空气量的总和计算。除上述有害气体及蒸气外, 其他有害物质同时散发于空气中时, 通风量应按毒害最大的物质需要的空气量计算。
一氧化碳、氨	30	
甲苯、二甲苯	100	
二氧化硫	20	
二硫化碳、硫化氢	10	
丙酮	400	
丙烯腈	0.7	
溶剂汽油(换算成 C)	300	
苯、四氯化碳	50	
金属汞	0.01	
氟化氢	1	
氰化氢及氢氰酸盐(换算成 HCN)	0.3	
硫酸及三氯化硫	2	
醋酸甲酯、醋酸戊酯	100	
醋酸乙酯、醋酸丙酯、醋酸丁酯	200	

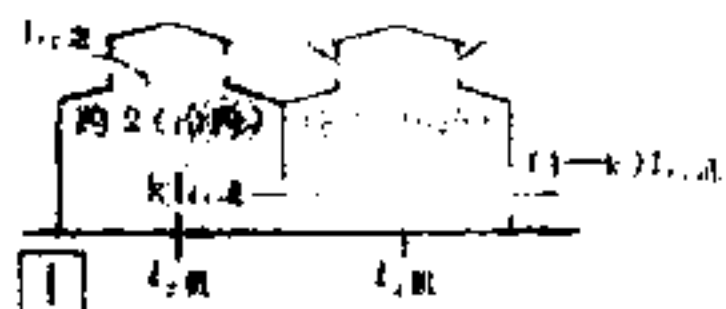
居住及公共建筑室内排气次数或换气量

表 2

房间名称	每小时排气次数或换气量	注: ①表中排气的换气次数或换气量均为机械通风的换气次数, 在有组织的自然通风设计中, 可适当减小, 但不能少于自然渗透量。②本表适合较高标准的设计和寒冷地区的设计; 在不太冷或南方温热地区, 靠门窗的无组织的穿堂风足以满足表中要求, 所以设计时须因地制宜地考虑。
住宅宿舍的居室	1.0	
住宅的厕所	25 m^3	
住宅宿舍的盥洗室	0.5~1.0	
住宅宿舍的浴室	1.0~3.0	
住宅的厨房	3.0	
食堂的厨房	1.0	
厨房的贮藏室(米、面)	0.5	
托幼的厕所	5.0	
托幼的盥洗室	2.0	
托幼的浴室	1.5	
公共厕所	每个大便器 40m^3 , 每个小便器 20m^3	
学校礼堂	1.5	
电影院剧场的观众厅	每人 $10\sim20\text{m}^3$	
电影院的放映室	每台弧光灯 700m^3	
每小时排气次数 = $\frac{\text{换气量}(\text{m}^3/\text{h})}{\text{房屋容积}(\text{m}^3)}$		

有直接由工作地带排气的进气量

当热车间采用自然通风换气时,有直接由工作地带排出空气时,如局部排气罩排出的空气、燃烧用空气等,需要由室外或同时由相邻的冷跨2进入跨1的空气量 $L_{1,进}$,不能只用[13]页①求得,应用本式计算,也可将[13]页①求得结果乘以 m_1 ,再加上 $(1-m_1)L_{1,机}$ 。



$kL_{1,进}$ 为跨2进入跨1的空气量,无跨2时则为室外进入跨1的空气量

公式1,

$$L_{1,进} = L_1 + L_{1,机}$$

$$L_1 = \frac{m_1 Q_1}{0.24(t_1 - t_{外})}$$

$$L_{1,机} = (1 - m_1)L_{1,机}$$

当同时由相邻冷跨2进入跨1空气量时,跨2的进气量为

$$L_{2,进} = kL_{1,进} + L_{2,机}$$

例,热处理车间有一台三相高温盐浴 DY-35 型电炉,由上面罩子直接排走 5000kg/h, $t_1=35^\circ\text{C}$, $t_{外}=30^\circ\text{C}$ 。

解,由[11]表2、[1]及[13]①查得换气量 $L=17500\text{kg/h}$ 。

由[16]表1查得热处理罩 $m_1=0.44$, $L_{1,机}=5000\text{kg/h}$,则进气量 $L_{1,进}=m_1L+(1-m_1)L_{1,机}$

$$=0.44 \times 17500 + (1-0.44) \times 5000 = 10500\text{kg/h}$$

若由跨2送进40%的空气量,则 $k=0.4$,由跨2送入 $0.4 \times 10500 = 4200\text{kg/h}$, $1-k=0.6$,则直接由室外进气 $0.6 \times 10500 = 6300\text{kg/h}$,若跨2内有由工作地带直接排除空气 2500kg/h,则跨2的进气量 $L_{2,进}=kL_{1,进}+L_{2,机}=0.4 \times 10500 + 2500 = 6700\text{kg/h}$ 。

有直接由产生热量的相邻跨进入空气时的进气量1

当热车间采用自然通风换气时,有直接由工作地带排出空气时,其需要的进气量除由室外或相邻冷跨2进入跨1空气量外,还由本身产生热量的相邻跨3进入跨1空气量时,则由室外或相邻冷跨2进入跨1的空气量 $L_{1,进}$ 用本式计算,但由跨3进入跨1空气的温度 t_3 必须大于室外空气温度 $t_{外}$,并小于跨1工作地带的温度 t_1 ,即 $t_{外} < t_3 < t_1$ 。



$L_{1,进}$ 为跨2进入跨1的空气量,无跨2时则为室外进入跨1的空气量

公式2,

$$L_{1,进} = -0.5R + \sqrt{0.25R^2 - S}$$

$$R = L_1(1+n) - L_2 - L_{2,机}$$

$$S = n[L_3^2 - L_3(L_{1,进} + L_{1,机})]$$

式中 L_1 及 $L_{1,机}$ 均用公式1计算, $L_{1,进}$ 用 L_1 的计算公式计算,须将公式中的室外温度 $t_{外}$ 用跨3进入跨1时的空气温度 t_3 代换,即

$$L_{1,机} = \frac{m_1 Q_1}{0.24(t_1 - t_3)}$$

此时跨3的进气量为 $L_{3,进}=L_3+L_{3,机}$,跨2的进气量为 $L_{2,进}=L_{2,进}+L_{2,机}$ 。

$$\text{式中 } L_3 = \frac{Q_3}{0.24(t_3 - t_{外})} - L_{3,机}$$

要注意按[16]①计算跨1的排气温度时, $t_{外}$ 应换成进入跨1空气的平均温度 $t_{1,进}$, $t_{1,进} = \frac{L_{1,进}t_{外} + L_{1,机}t_1}{L_{1,进} + L_{1,机}}$,当利用冷跨2的天窗作进气时,

天窗局部阻力系数用下式求得: $\zeta_{进} = \zeta_{天} + \zeta_{隔} \left(\frac{F_{进} \times L_{1,进}}{F_{隔} \times L_{2,进}} \right)^2$

式中, $\zeta_{天}$ 、 $\zeta_{隔}$ ——分别为天窗[15]表2及空气通过冷跨2与热跨1间隔墙上孔口时的局部阻力系数;

$F_{进}$ 、 $F_{隔}$ ——分别为天窗及冷跨2与热跨1间隔墙上孔口的面积 (m^2)。

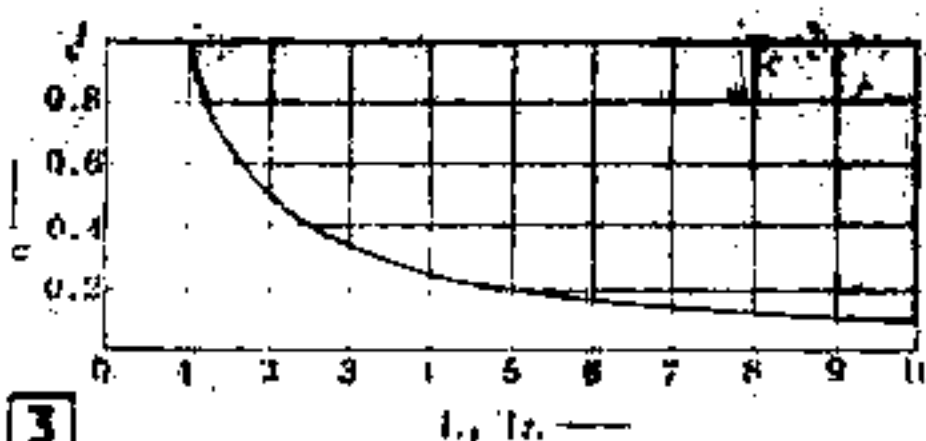
进,空气进入跨2和跨3不仅可以通过天窗,还可以通过这些跨间外墙上的窗孔进入。

有直接由产生热量的相邻跨进入空气时的进气量2

本式为公式2的简化计算公式,但只适用于一定的范围内,其适用范围,

公式3,没有直接由工作地带排出空气时,与公式2完全相等。

公式4,有直接由工作地带排出空气时,当 $L_{1,机} < 0.2L_1$ 时的任何情况,其误差在5%以下和左右;当 $0.2L_1 < L_{1,机} < 0.5L_1$ 时适用于 $\frac{L_3}{L_1} < \frac{1}{n}$ 的情况,即③中没有网纹的部分内,其误差在5%以下和左右。



公式3,

没有直接由工作地带排出空气时,

$$L_{1,进} = L_1 - nL_3$$

有直接由工作地带排出空气时,

公式4,

$$L_{1,进} = L_1 - nL_3 + \frac{1.05L_1}{L_1 - nL_3 + L_3} L_{1,机}$$

式中 L_1 及 $L_{1,机}$ 均用公式1计算,跨2及跨3的进气量同公式2的计算, L_3 也同公式2的计算。

同样按[16]①计算跨1的排气温度时的注意事项及利用冷跨2的天窗作进气时的天窗局部阻力系数算法均同公式2。

注:同公式2的注。

例,跨1, $Q_1=20000\text{kcal/h}$, $t_1=42^\circ\text{C}$, $t_{外}=30^\circ\text{C}$, $m_1=0.4$,罩子排气 1400kg/h。跨3, $Q_3=7500\text{kcal/h}$, $t_3=36^\circ\text{C}$,罩子排气 1000kg/h。则 $n=0.5$ 。

$$\text{解, } L_1 = \frac{0.4 \times 20000}{0.24(42-30)} = 2778\text{kg/h}$$

$$L_{1,机} = (1-0.4) \times 1400 = 840\text{kg/h} = 0.32L_1$$

$$L_3 = \frac{7500}{0.24(36-30)} - 1000 = 4208\text{kg/h} = 1.513L_1$$

从③中查得在适用范围。将 L_1 、 n 、 L_3 及 $L_{1,机}$ 代入公式

$$\therefore L_{1,进} = 2778 - 0.5 \times 4208 + \frac{1.05 \times 2778}{2778 - 0.5 \times 4208 + 4208} \times 840 = 1176\text{kg/h}$$

与公式2的比较,

$$R = 4208(1+0.5) - 2778 - 840 = 2694$$

$$S = 0.5 \left\{ 4208^2 - 4208 \left[\frac{0.4 \times 20000}{0.24(42-36)} + 840 \right] \right\} = -4603552$$

$$\text{则 } L_{1,进} = -0.5 \times 2694 + \sqrt{0.25 \times 2694^2 - (-4603552)} = 1166\text{kg/h}$$

两式误差为 -0.843%

式中的 Δt 为工作地带与进入跨1工作地带的室外空气温度的差值,过渡季可采用 $5 \sim 8^\circ\text{C}$,冬季可采用 8°C 。

要注意在考虑外围护结构的耗热量时,按[16]①计算跨1的排气温度时,不用室外空气温度计算,而将[16]①中的 $t_{外}$ 换成 $t_1 - \Delta t$ 即

$$t_{1,排} = (t_1 - \Delta t) + \frac{\Delta t}{m_1} \beta$$

考虑外围护结构的耗热量时的进气量

在冬季或过渡季,当必须考虑外围护结构的耗热量时,直接由室外或同时通过冷跨2进入跨1的空气量按本式计算(见①)。

公式5,

$$L_{1,进} = \frac{1}{1+m_1n_1} (L_1 + L_{1,机}) - \frac{q_1}{0.24}$$

$$L_1 = \frac{m_1 Q_1}{0.24 \Delta t} \quad n_1 = \frac{t_1 - \Delta t - t_{外}}{\Delta t}$$

式中 $L_{1,机}$ 用公式1计算。

上列各式的式中,

$L_{1,进}$ ——直接由室外或经相邻冷跨2进入跨1的空气量 (kg/h);

$L_{2,进}$ 、 $L_{3,进}$ ——分别为跨2及跨3的进气量 (kg/h);

L_1 ——跨1由于余热按室内外温差计算的必需换气量 (kg/h);

L_3 ——由跨3进入跨1的空气量 (kg/h);

$L_{1,机}$ ——跨1由于余热按 t_1 、 t_3 温差计算的必需换气量 (kg/h);

$L_{1,机}$ 、 $L_{2,机}$ 、 $L_{3,机}$ ——分别为由跨1、跨2及跨3工作地带所排走的空气量 (kg/h);

Q_1 、 Q_3 ——分别为跨1及跨3的余热量 (kcal/h);

m_1 ——跨1散到工作地带的热量的有效系数,由[16]表1查得;

t_1 ——跨1工作地带的温度 ($^\circ\text{C}$);

t_3 ——空气由跨3进入跨1时的温度 ($^\circ\text{C}$),该温度应在 $t_{外} < t_3 < t_1$ 的范围内;

$t_{外}$ ——室外空气计算温度 ($^\circ\text{C}$);

$t_{1,排}$ ——由跨1通过排气孔排出的空气温度 ($^\circ\text{C}$);

$t_{1,进}$ ——进入跨1空气的平均温度 ($^\circ\text{C}$);

n ——温差比,即 $n = \frac{t_1 - t_3}{t_1 - t_{外}}$;

k ——经跨2进入跨1的空气量占进入跨1的总空气量 $L_{1,进}$ 的百分比;

q_1 ——跨1外围护结构的单位温度差耗热量 ($\text{kcal/h} \cdot ^\circ\text{C}$)。

开口面积

计算开口面积须按热压换气、风压换气及热压与风压同时作用换气三种情况计算。但一般情况选择最不利的条件，即只考虑热压而不考虑风压。当有风时，且风的作用方向与热压换气的气流路线一致时，将加强其换气作用。当风的作用方向可能起反作用时，可采用挡风板等措施解决。对于有无反作用可根据进、排气口内外的室外空气压力及室内空气压力计算检验，并根据空气动力系数的正负和大小检验。

按热压换气的开口面

积计算公式：

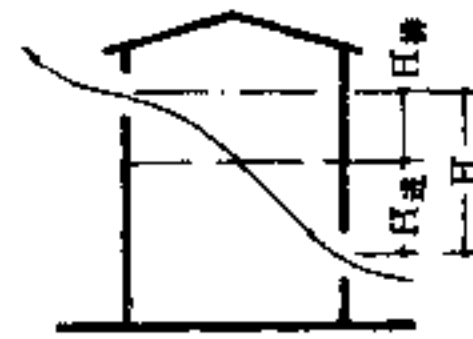
$$F_{进} = \frac{L_{进}}{3600 \mu_{进} \sqrt{2g \cdot \gamma_{外} \cdot H_{进} \cdot \Delta \gamma}}$$

$$F_{排} = \frac{L_{排}}{3600 \mu_{排} \sqrt{2g \cdot \gamma_{排} \cdot H_{排} \cdot \Delta \gamma}}$$

式中， $L_{进}$ 、 $L_{排}$ ——通过进气口和排气口的空气量 (kg/h)；
 $F_{进}$ 、 $F_{排}$ ——进气口和排气口的面积 (m²)；
 $\mu_{进}$ 、 $\mu_{排}$ ——进气口和排气口的流量系数 (表1、2)；

$$\mu = \sqrt{\frac{1}{\zeta}}$$

ζ ——换气开口的阻力系数；
 $\gamma_{外}$ ——室外空气的容重 (kg/m³)，按室外空气温度查 (16) 表2；
 $\gamma_{排}$ ——排出空气的容重 (kg/m³)，由 (16) ①求得排出空气的温度后，查 (16) 表2；
 $\Delta \gamma$ —— $\gamma_{外} - \gamma_{排}$ ；
 g ——重力加速度 (9.81m/s²)；
 $H_{进}$ ——进气口中心至中性面的距离 (m)；
 $H_{排}$ ——排气口中心至中性面的距离 (m)；
 $H_{进}$ 、 $H_{排}$ 一般可按按下法确定：



1. 根据需要决定中性面的高度，如有吊车的车间要求中性面高于吊车司机室。
2. 先估计进排气口的面积，用下式求得，然后再进行调整：

$$\frac{H_{进}}{H_{排}} = \frac{\mu_{排}^2 \cdot F_{排}^2 \cdot \gamma_{排}}{\mu_{进}^2 \cdot F_{进}^2 \cdot \gamma_{外}}$$

注：当由冷跨天窗孔口进气时，在求 $F_{进}$ 的公式中的 $H_{进} \cdot \Delta \gamma$ 一项改为 $H_{进} \cdot \Delta \gamma_1 - H_{天} \cdot \Delta \gamma_2$ ， $H_{天}$ 为天窗孔口中心至冷跨与热跨间隔墙上孔口中心的垂直距离， $\Delta \gamma_1$ 为 $\gamma_{外} - \gamma_{热}$ ， $\gamma_{热} = \frac{1}{2}(\gamma_{内} + \gamma_{排})$ ， $\gamma_{内}$ 为热跨工作地带的空气容重， $\Delta \gamma_2$ 为 $\gamma_{外} - \gamma_{冷}$ ， $\gamma_{冷}$ 为冷跨室内空气的容重。

例：换气量 $L_{进} = L_{排} = 50000$ kg/h，排气温度 $t_{排} = 45^\circ\text{C}$ ，室外计算温度 $t_{外} = 34^\circ\text{C}$ ，进气口与排气口中心距离 $H = 9$ m，进气口用单层上悬式开窗，高宽比 $b/L = 1/2$ ，开启角为 60° ，排气口为门型天窗，挡风板距离与窗高比为 2.5，开启角为 55° 。查表1及表2得 $\mu_{进} = 0.56$ ， $\mu_{排} = 0.48$ ，假设 $F_{排} = 18$ m²， $F_{进} = 10$ m²。

$$\frac{H_{进}}{H_{排}} = \frac{0.48^2 \times 18^2 \times 1.11}{0.56^2 \times 10^2 \times 1.15} = 2.31 \quad \text{取} \quad \frac{H_{进}}{H_{排}} = 2$$

则 $H_{进} = 6$ m $H_{排} = 3$ m

$$F_{进} = \frac{50000}{3600 \times 0.56 \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 1.15 \times 6 \times 0.04}} = 10.7 \text{ m}^2$$

$$F_{排} = \frac{50000}{3600 \times 0.48 \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 1.11 \times 3 \times 0.04}} = 17.9 \text{ m}^2$$

所求得 $F_{进}$ 与 $F_{排}$ 与假设近似，不再调整。

各种窗扇的流量系数 μ 及阻力系数 ζ

表1

窗扇的开启形式 (剖面)	开启 角度 α°	$b/L=1/1$		$b/L=1/2$		$b/L=1/\infty$ 以上	
		ζ	μ	ζ	μ	ζ	μ
单层上悬式的 进气窗扇	15	18.0	0.25	20.60	0.22	30.80	0.18
	30	5.65	0.42	6.90	0.38	9.15	0.33
	45	3.68	0.52	4.00	0.50	5.15	0.44
	60	3.07	0.57	3.18	0.56	3.54	0.53
	90	2.59	0.62	2.59	0.62	2.59	0.62
单层上悬式的 排气窗扇	15	11.10	0.30	17.30	0.24	30.80	0.18
	30	4.90	0.45	6.90	0.38	8.60	0.34
	45	3.18	0.56	4.00	0.50	4.70	0.46
	60	2.51	0.63	3.07	0.57	3.30	0.55
	90	2.22	0.67	2.51	0.63	2.51	0.63
单层中悬式的 进气窗扇	15	45.80	0.15	—	—	59.00	0.13
	30	11.10	0.30	—	—	13.60	0.27
	45	5.15	0.44	—	—	6.55	0.39
	60	3.18	0.56	—	—	3.18	0.56
	90	2.45	0.64	—	—	2.68	0.61
双层上悬式的 进气窗扇	15	14.80	0.26	30.80	0.18	—	—
	30	4.90	0.45	9.75	0.32	—	—
	45	3.83	0.51	5.15	0.44	—	—
	60	2.96	0.58	3.54	0.53	—	—
	90	2.37	0.65	2.37	0.65	—	—
双层的进气窗扇 一个上悬式，一个下悬式	15	18.80	0.23	45.30	0.15	59.00	0.13
	30	6.25	0.40	11.10	0.30	17.30	0.24
	45	3.83	0.51	5.90	0.41	8.60	0.34
	60	3.07	0.57	4.00	0.50	5.40	0.43
	90	2.37	0.65	2.77	0.60	2.77	0.60
敞开门洞		$\zeta = 2.37, \mu = 0.65$					
大门门洞		$\zeta = 1.56, \mu = 0.80$					
吊墙下部洞孔		$\zeta = 2.0, \mu = 0.71$					

表中 b ——窗扇高度； L ——窗扇长度。

挡风天窗的流量系数表

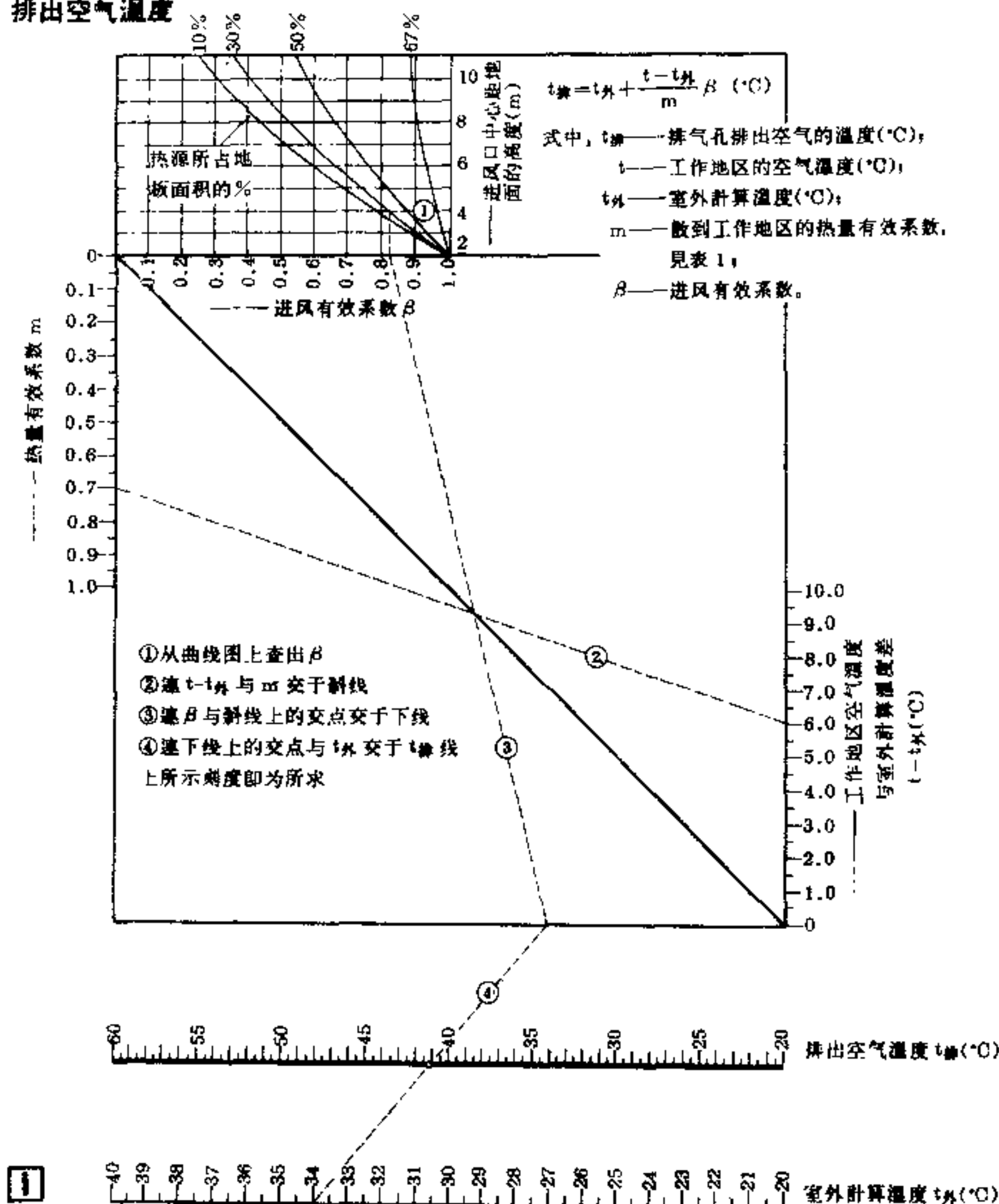
表2

天窗的形式	开启角度 α°	l/h	流量系数 μ
①型天窗 (敞开式)	(防雨角 $30 \sim 35$)	1.5	0.535
②型天窗 (敞开式)	(防雨角 $30 \sim 35$)	1.5	0.488
③型天窗 (敞开式)	(防雨角 $30 \sim 35$)	1.5	0.660
门型矩形天窗 挡风板	35	1.0	0.288
		1.5	0.295
		2.0	0.324
		2.5	0.332
		∞	0.335
无窗扇的矩形天窗	45	1.0	0.295
		1.5	0.330
		2.0	0.384
		2.5	0.405
		∞	0.412
挡风板	55	1.0	0.292
		1.5	0.375
		2.0	0.443
		2.5	0.482
		∞	0.518
无窗扇的矩形天窗	(防雨角 $40 \sim 45$)	1.25	0.408
		2.0	0.438
挡风侧窗	40	1.12	0.560
④型天窗	80	1.3~1.5	0.488
⑤型天窗	80	1.49	0.506
⑥型天窗	40	1.12	0.483
⑦型天窗	45	1.9	0.392

注：① l ——挡风板与天窗之间的距离； h ——天窗窗孔高度。

②③④⑤⑥⑦型天窗见 (8) 各图。

排出空气温度



散到工作地区的热量有效系数m 表1

房 间 名 称	m
冶 金 工 厂	
高炉车间	
炉台和出铁场	0.45
平炉车间主厂房和电炉炼钢车间	
铸锭跨间	0.30
平炉跨间	0.40
废热锅炉间	0.70
轧钢车间(黑色冶金)	
均热炉间及轧钢机跨间	0.50
初轧机跨间, 毛坯仓库及成品仓库	0.40
加热炉间、加热炉炉渣走廊(渣场)	0.30
轧钢机机器间, 冷床跨间及缓冷跨间	0.65
金 属 加 工 厂	
铸造车间	
单件生产的铸铁车间	0.27~0.40
单件生产的铸钢、铸铜车间	0.41
混合铸造车间	0.33
有输送带浇注的铸铁车间	0.49
有输送带浇注的铸钢或铸铜车间	0.45
落砂工部	0.35
清理工部	0.35~0.40
锻造车间	
液珠轴承大型锻工场, 有煤气炉的锻造车间	0.31
手锻炉的锻工场	0.27
水压车间	0.31
热处理车间	0.44
煤气站	
第一层	0.3~0.35
第二层	0.65
水泵房	0.6~0.65
压缩空气站	0.50~0.60
其 他 工 厂	
选矿厂	
有转筒式干燥器的干燥工段	0.35
耐火砖厂	
隧道窑工段	0.45
制铝厂	
电解车间	0.65
煅烧车间~主要工作区	0.40
煅烧车间~干燥转筒平面上	0.60

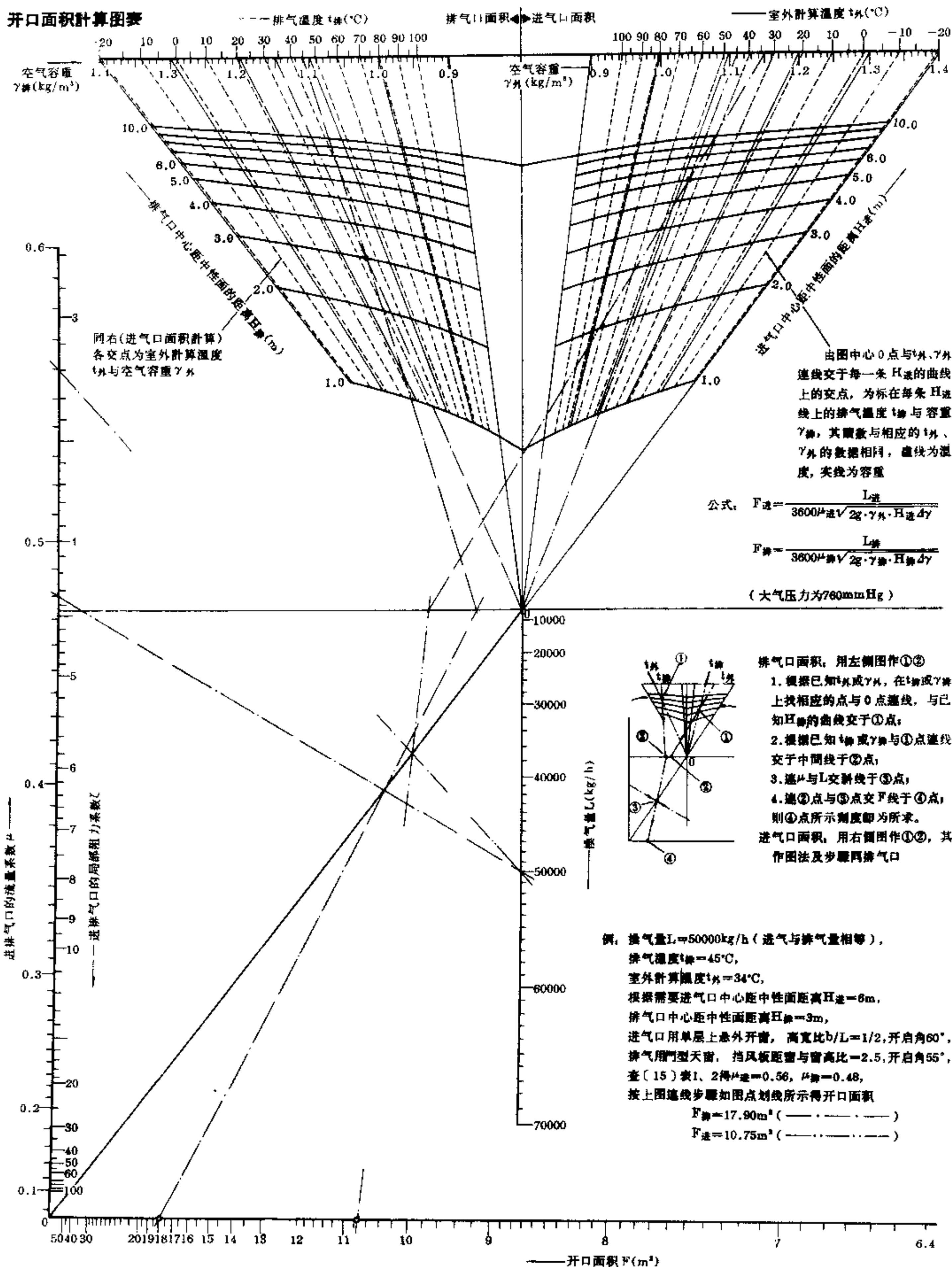
例: 废热锅炉间进风口中心距地面4m, 热源占地板面积30%, 工作地区空气温度 40°C , 室外计算温度为 34°C

查表1得 $m=0.70$,
 $t-t_{外}=40-34=6^{\circ}\text{C}$,
 按图示虚线于 $t_{排}$ 线上得
 $t_{排}=41.1^{\circ}\text{C}$.

空气容重表

温度($^{\circ}\text{C}$)	空气容重(kg/m^3)	温度($^{\circ}\text{C}$)	空气容重(kg/m^3)	温度($^{\circ}\text{C}$)	空气容重(kg/m^3)	温度($^{\circ}\text{C}$)	空气容重(kg/m^3)	温度($^{\circ}\text{C}$)	空气容重(kg/m^3)	温度($^{\circ}\text{C}$)	空气容重(kg/m^3)
-20	1.896	-4	1.812	12	1.239	28	1.173	44	1.114	60	1.060
-19	1.890	-3	1.806	13	1.235	29	1.169	45	1.110	61	1.057
-18	1.885	-2	1.803	14	1.230	30	1.165	46	1.107	62	1.054
-17	1.879	-1	1.298	15	1.226	31	1.161	47	1.103	63	1.051
-16	1.874	0	1.293	16	1.222	32	1.157	48	1.100	64	1.048
-15	1.868	1	1.288	17	1.217	33	1.154	49	1.096	65	1.044
-14	1.863	2	1.284	18	1.213	34	1.150	50	1.093	66	1.041
-13	1.858	3	1.279	19	1.209	35	1.146	51	1.090	67	1.038
-12	1.853	4	1.275	20	1.205	36	1.142	52	1.086	68	1.035
-11	1.848	5	1.270	21	1.201	37	1.139	53	1.083	69	1.032
-10	1.842	6	1.265	22	1.197	38	1.135	54	1.080	70	1.029
-9	1.837	7	1.261	23	1.193	39	1.132	55	1.076	75	1.014
-8	1.832	8	1.256	24	1.189	40	1.128	56	1.073	80	1.000
-7	1.827	9	1.252	25	1.185	41	1.124	57	1.070	85	0.986
-6	1.822	10	1.248	26	1.181	42	1.121	58	1.067	90	0.973
-5	1.817	11	1.243	27	1.177	43	1.117	59	1.063	95	0.959
										100	0.947

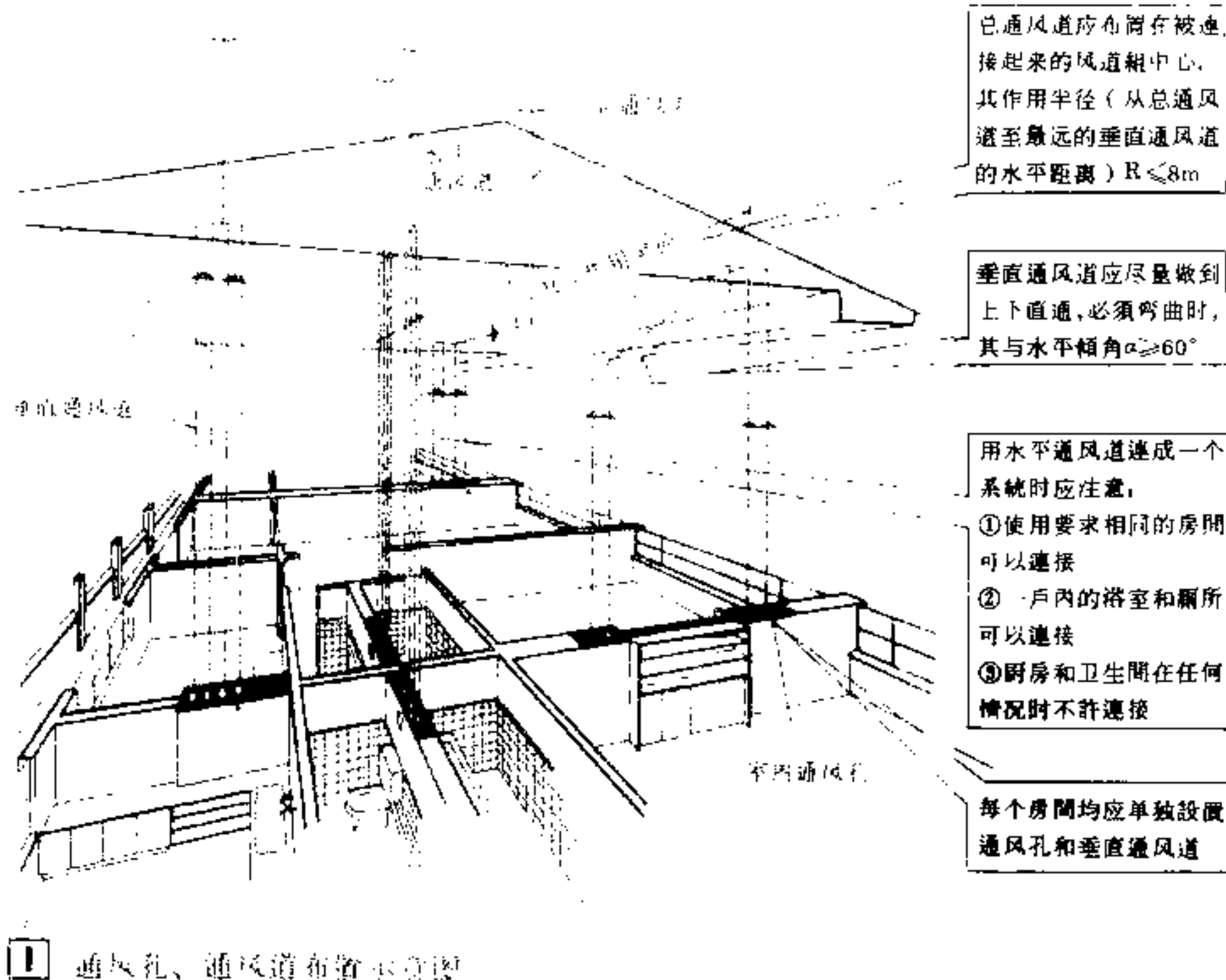
开口面积计算图表



布置原则与设置范围

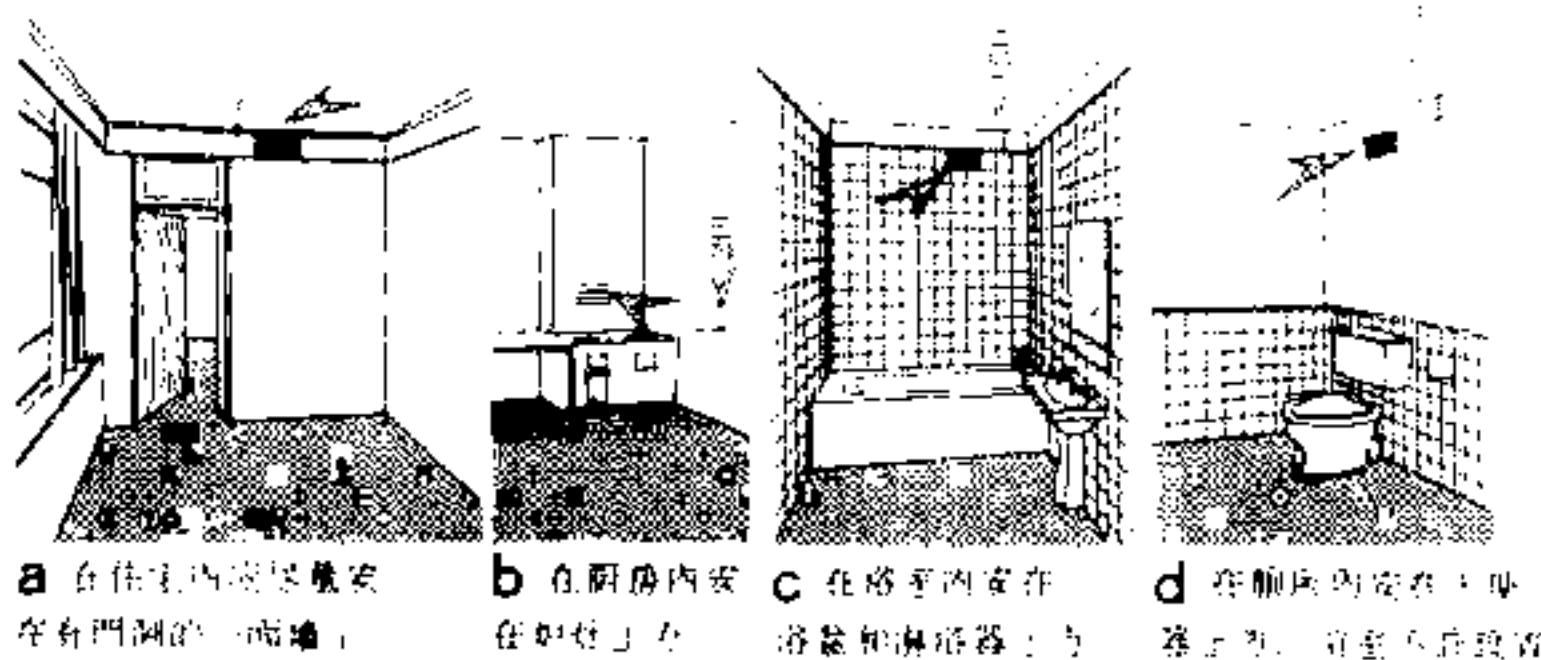
为解决室内冬季换气,可做管道式自然通风排气。每个房间内垂直通风道一般直接出屋顶,也可在阁楼内由水平通风道连接成一个系统,用一个总通风道由屋顶排出。通风道的布置原则见[1]。这种自然通风系统的一般设置范围如下:

- 一、在建筑气候分区的1、2、6、7区内的浴室、厕所及有蒸气产生的房间(如开水间、盥洗室等)。
- 二、在建筑气候分区的1、7区内的民用建筑主要房间。
- 三、无外窗的小型浴室、厕所及暗室等房间。
- 四、有地垄墙的木地板、有闷顶的瓦屋面、一般仓库及变压器间等宜在外墙设置直通室外的通风洞口。



1 通风孔、通风道布置示意图

室内通风孔



2 室内通风孔的安装位置

通风孔、通风道常用尺寸(按现行砖的砌口尺寸)

表1

高mm	130	260	380	510	510	510	510
宽mm	169	260	338	432	510	510	510
130	169	260	338	432	510	510	510
260	338	520	676	832	988	1170	1326
380		760	988	1216	1444	1710	1938
510			1326	1632	1938	2295	2601

①表中数字为通风孔及通风道的截面面积, 单位cm²
②选择通风孔尺寸时, 长短边比例宜≤2:1

通风孔篦子的形式及局部阻力系数

表2

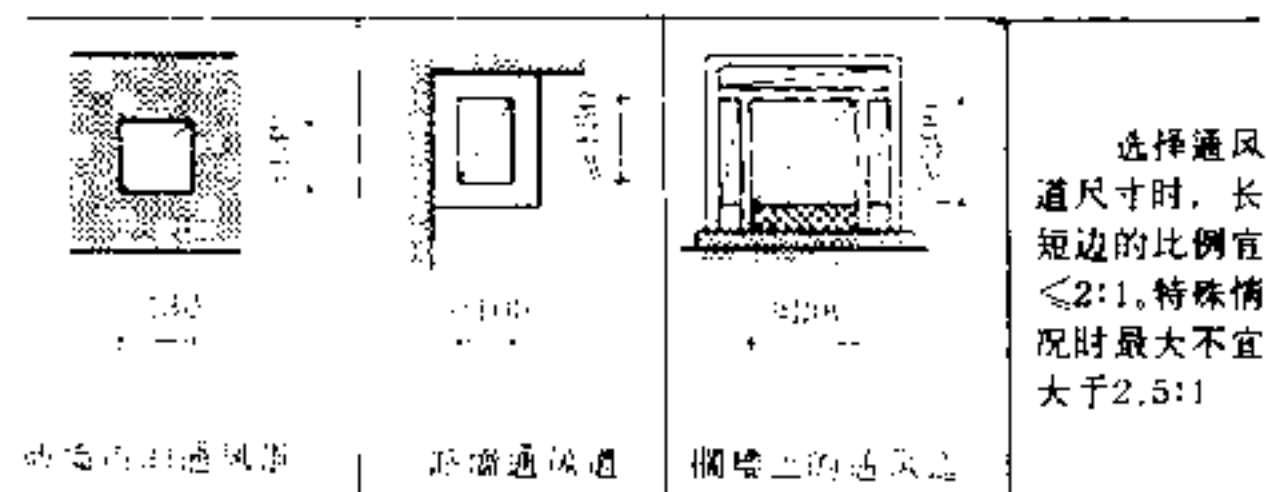
局部阻力系数ζ	有效面积						篦子的形式	示意图	说明: 篦子的有效面积一般比通风道截面面积小
	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0			
4.0	2.3	1.4	0.9	0.6	0.5	0.5	斜百页		
3.8	2.2	1.3	0.79	0.52	0.5	0.5	直百页		
2.2	1.3	0.8	0.5	0.4	0.3	0.3	花格子		
2.0	1.3	1.0	0.93	0.94	0.9	0.9	金属网		
5.8	3.5	2.0	1.3	0.8	0.5	0.5	花格子		
2.0	1.3	1.0	0.93	0.91	0.9	0.9	金属网		

通风道

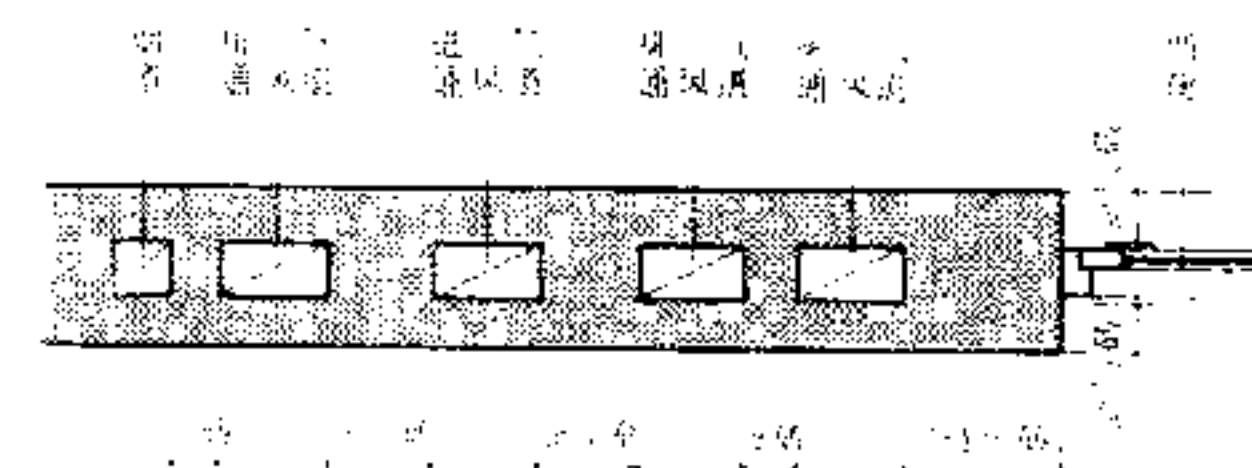
一般要求

表3

设置位置	1 排气用垂直通风道不得设在外墙内, 均应设在内墙 2 在特殊情况下必须设在外墙时, 则通风道距外墙外皮应≥490; 若作成贴墙通风道时, 通风道壁与墙之间宜有50宽的空气间层 3 通风道与烟道并排布置是较好的, 可加强通风作用
通风道作法	1 通风道的断面尺寸, 在全长范围内均应一致 2 内壁应平滑, 弯转处最好作成圆角 3 排出湿空气的通风道, 应用防水材料作通风道的内壁 4 在屋顶阁楼内的水平通风道及总通风道均应作隔热处理, 最简单的方法是作成带有空气间层的双层通风道壁



3 最小断面尺寸及断面比例要求



4 排气通风道之间及与其它风道、管道等的距离

风道断面尺寸 设计风道断面时,应使空气通过风道的总阻力稍小于由于室内外温差及进排气口的高差所产生的重力压头 ΔH 。

一、风道断面面积 $F = \frac{L}{3600 \times v} \quad (\text{m}^2)$

风道内空气流速 $v = \frac{L}{3600 \times F} \quad (\text{m/s})$

式中, L ——换气量(可用换气次数与房间体积相乘)或风道内空气流量(m^3/h);
 v ——风道内空气流速。先按表1选用,再按上式计算确定。

二、重力压头 $\Delta H = h(\gamma_{\text{外}} - \gamma_{\text{内}}) \quad (\text{mmH}_2\text{O})$

式中, h ——从室内通风孔中心至室外排风口的高度差(m);
 $\gamma_{\text{外}} - \gamma_{\text{内}}$ ——室外空气的容重差(kg/m^3),当室外空气温度逐渐升高到一定程度(一般在 $t_{\text{外}} = 0^\circ\text{C}$),可考虑用开窗进行一部分换气,故计算时,一般取 $\gamma_{\text{外}}$ 等于 $t_{\text{外}} = 0^\circ\text{C}$ 的空气容重,即 $\gamma_{\text{外}} = 1.293$ 。

三、总阻力 $= \Sigma(Rl + \zeta h_v)$

式中, R ——风道内摩擦阻力(mmH_2O)查[1],
 l ——管道长度(m);
 β ——摩擦阻力修正系数,查表2;
 ζ ——局部阻力系数,查表3;
 h_v ——动压力(mmH_2O),查[1]。

四、风道断面可近似按[2]、[3]求得,[2]为垂直立风道断面,[3]为水平及垂直总风道断面。

表1		表2	
风道种类	$v(\text{m/s})$	风道材料	β
垂直通风道	0.6	铁皮风道	1.0
靠近底层的垂直通风道	<1.0	砖风道	2.5
水平通风道	1.0	矿渣石膏板风道	2.0
垂直总风道	1.5	胶合板风道	2.0
		金属网抹灰风道	3.0

表3			
名称及简图	阻力系数 ζ	名称及简图	阻力系数 ζ
气流进口	2	圆形弯管	α 90° 120° 135° 150° $\zeta_{\text{圆}}$ 1.10 0.55 0.35 0.20
		矩形弯管	$b/h \geq 1$ $\zeta_{\text{方}} = \zeta_{\text{圆}} \sqrt{b/h}$ $b/h < 1$ $\zeta_{\text{方}} = \zeta_{\text{圆}} b/h$
气流出口	2.5		V_2/V_1 0.8 1.0 1.2 1.4 $\zeta_{\text{出}}$ 0.35 0.20 0.10 0
			$\zeta_{\text{出}}$ -0.7 0 0.10 0.25

例,两层住宅建筑,每户三间卧室排气,垂直通风道砌在砖墙内,水平通风道用矿渣石膏板制成,风口中心距水平通风道中心1.0m,水平通风道中心距室外排出口3.0m, $t_{\text{内}} = 18^\circ\text{C}$,每卧室换气量均为 $30\text{m}^3/\text{h}$,最长一段水平通风道长度为3.0m,求风道断面。

解:最不利情况是上层在水平通风道最长的一边,第二层重力压头 $\Delta H = (3+1) \times (1.293 - 1.213) = 0.32\text{mmH}_2\text{O}$ 。

二层垂直通风道,取 $v = 0.6\text{m}/\text{sec}$, $L = 30\text{m}^3/\text{h}$ 。

则 $F = \frac{30}{3600 \times 0.6} = 0.0139\text{m}^2$ 用 $1/2 \times 1/2$ 砖 $F = 0.0169\text{m}^2$

则实际风速 $v = 0.494\text{m}/\text{sec}$,等流速当量直径 $\phi = 130\text{mm}$ 。

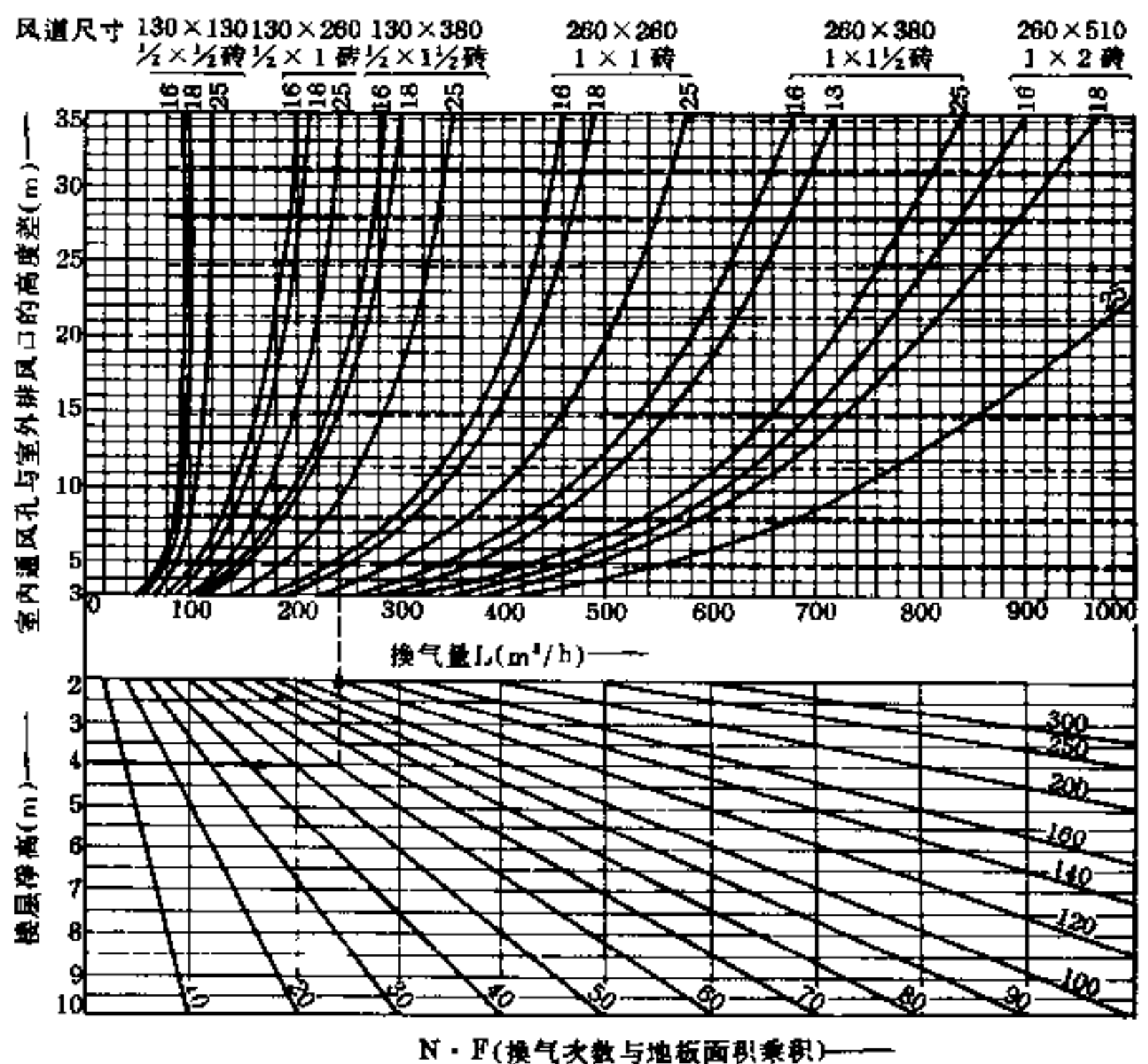
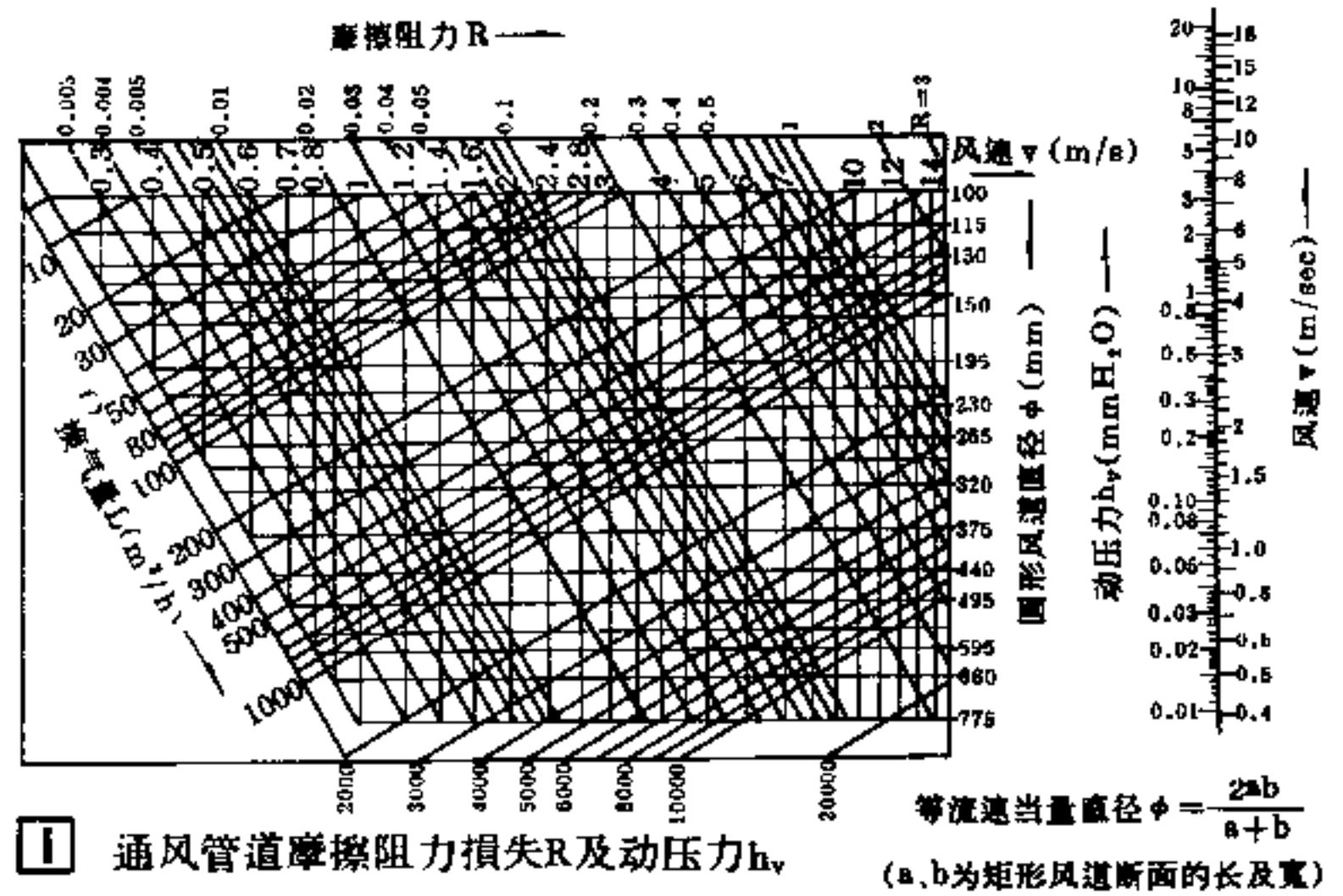
由[1]得 $R = 0.005$,由表2得 $\beta = 2.5$,该风道长度 $l = 2\text{m}$,则 $R\beta = 0.0125$,由表3得入口 $\zeta = 2.0$,两个弯管 $\zeta = 1.1 \times 2$,直角三通当 $V_2/V_1 = 1.0$, $\zeta = 0.2$,由[1]得 $h_v = 0.014$ 。

则 $\Sigma \zeta h_v = (2 + 2.2 + 0.2) \times 0.014 = 0.0616$,总阻力 $= 0.0866$ 。

同法得水平风道 $L = 60\text{m}^3/\text{h}$, $F = 150 \times 150$,总阻力 $= 0.0444$ 。

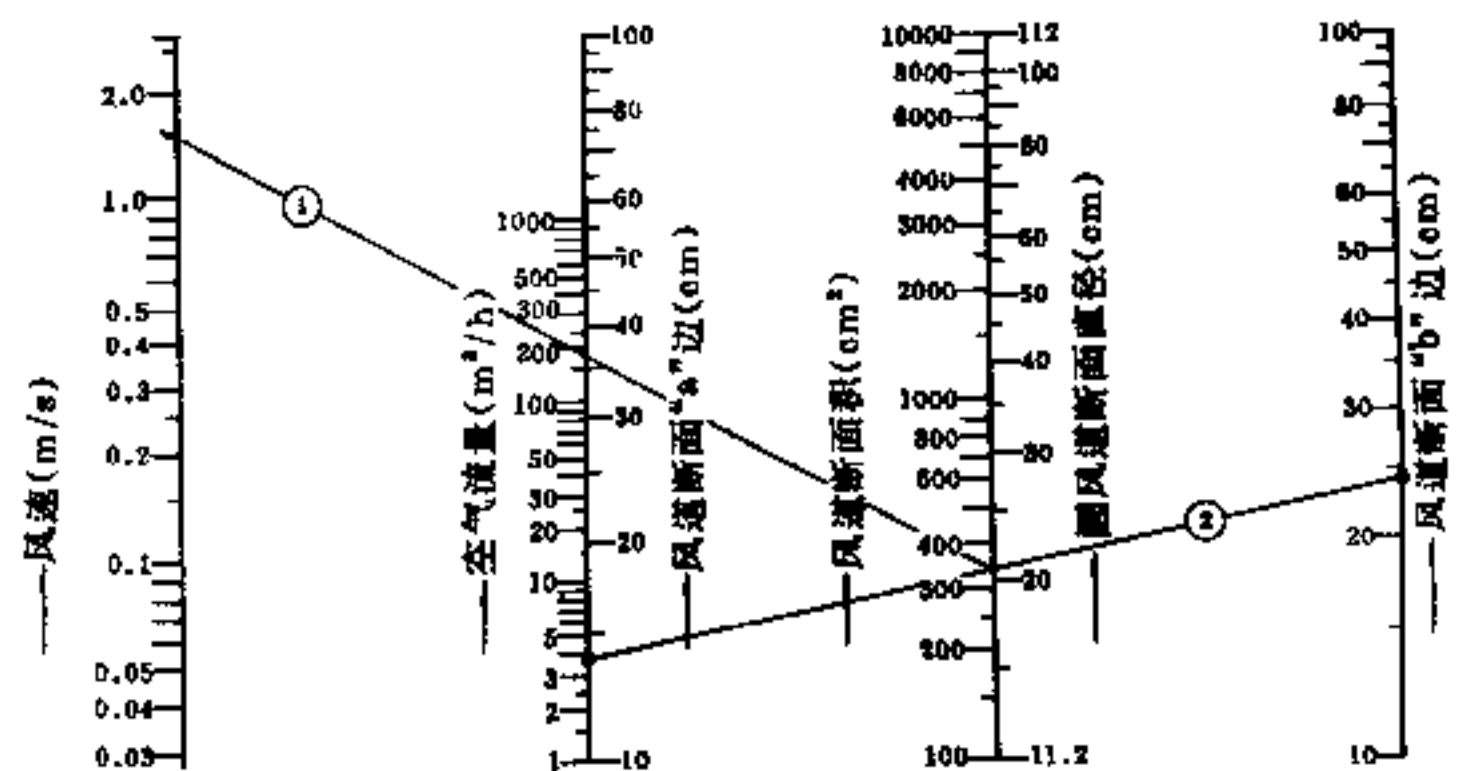
垂直总风道 $L = 180\text{m}^3/\text{h}$, $F = 240 \times 240$,总阻力 $= 0.1655$ 。

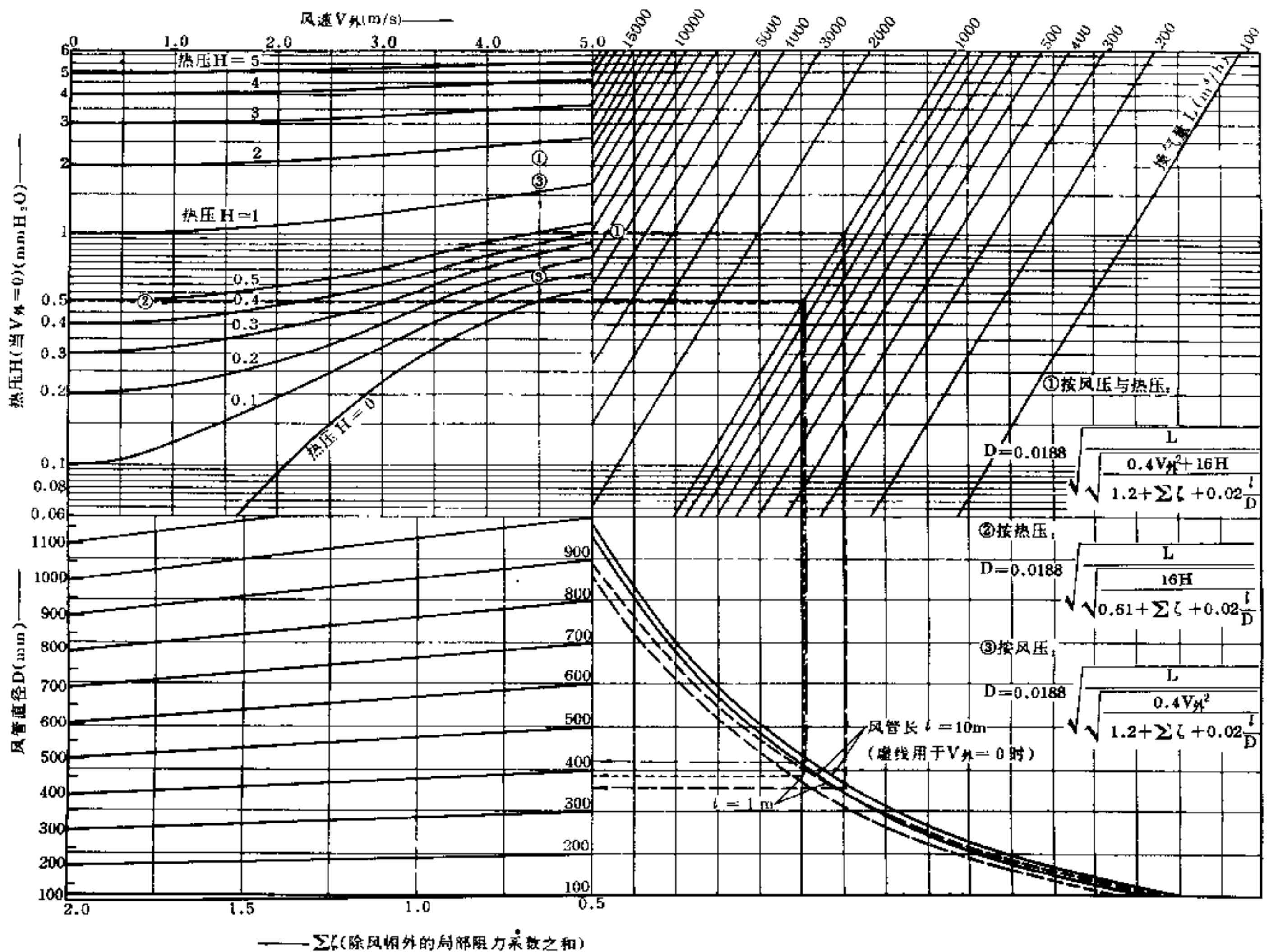
全部总阻力 $= \Sigma(R\beta + \zeta h_v) = 0.297 < \text{重力压头} 0.32$ 。



例,换气次数3次,地板净面积 20m^2 ,房屋净高4m, $t_{\text{内}} = 25^\circ\text{C}$,室内通风孔距屋顶排风口10m。按图示虚线得通风道断面为 $1/2 \times 1$ 十砖。

2 墙内砖砌通风道断面





1 圆型风帽计算图表 (阻力系数: 无风时 $\zeta=0.61$; 有风时 $\zeta=1.20$, 风帽风管内风速 $V_h=0.15\sim0.5$, 空气动力系数 $k=0.4$)
 例, 从每一个风帽排出的风量为 $1000\text{m}^3/\text{h}$, 阻力系数和 $\Sigma\zeta=0.5$, 室外计算风速 $V_h=4.5\text{m/s}$, 热压 $H=0.5\text{mmH}_2\text{O}$, $l=5\text{m}$, 用圆型风帽。
 解, ①风压热压同时作用, 如图中虚线所示, 过 $V_h=4.5$ 处作垂线与 $H=0.5$ 的曲线相交, 过交点引水平线与 $L=1000$ 相交, 作垂线至 $l=5$ (取 $l=1$ 与 $l=10$ 的实线的中间)作水平线与 $\Sigma\zeta=0.5$ 相交得 $D=355$, 用 400 ; ②按热压, 即 $V_h=0$, 如图中点线所示, 得 $D=390$ 用 400 ; ③按风压, 即用 $H=0$ 的曲线, 如图中点划线所示, 得 $D=420$, 用 500 。

圆型风帽规格表 (尺寸单位为mm, 重量单位为kg)

表 1

型号	D	D ₁	D ₂	D ₃	h	h ₁	h ₂	重量
1	100	170	126	150	120	40	30	1.67
2	200	340	252	300	240	80	60	4.73
3	300	510	378	450	360	120	90	9.23
4	400	680	505	600	480	160	120	15.06
5	500	850	630	750	600	200	150	33.61
6	600	1020	755	900	720	240	180	45.00
7	700	1190	880	1050	840	280	210	58.34
8	800	1360	1010	1200	960	320	240	109.00
9	900	1530	1135	1350	1080	360	270	133.00
10	1000	1700	1260	1500	1200	400	300	160.00

风管进风口及风管内的局部阻力系数

表 3

圆边形	r/D	0	0.01	0.02	0.04	0.05	0.06	0.08	0.12
进风口	ζ	1.0	0.87	0.74	0.50	0.40	0.32	0.20	0.10
喇叭形	d/D	0.025	0.05	0.075	0.10	0.15	0.25	0.60	1.0
进风口	ζ	0.80	0.67	0.50	0.41	0.25	0.16	0.13	0.10

风管内的 ζ 值, 当 b_1 (见表 1、2 中的简图) $=0.4D$ 时, $\zeta=0.7$ (排气)

伞形风帽规格表 (尺寸单位为mm, 重量单位为kg) 表 2

型号	D	D ₁	D ₂	h ₁	h ₂	重量
1	195	350	230	80	60	3.73
2	215	390	255	90	65	4.31
3	235	420	280	95	70	4.81
4	265	475	320	110	80	5.71
5	285	515	345	115	85	6.5
6	325	575	395	130	95	7.9
7	375	675	455	150	115	10.1
8	440	800	540	180	135	16.5
9	495	890	605	200	150	19.5
10	545	980	670	220	165	23.5
11	595	1070	735	240	180	26.1
12	660	1190	815	265	200	31.1
13	775	1395	980	310	235	47.1
14	885	1590	1100	355	265	59.1
15	1025	1845	1280	410	310	75.1
16	1100	1980	1370	440	330	84.1
17	1200	2160	1500	480	360	99.1