

# 建筑消防工程技术

李念慈 张明灿 万月明 编著

中国建材工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑消防工程技术 /李念慈,张明灿,万月明编著. —北京:

中国建材工业出版社, 2006. 5

ISBN 7-80227-015-4

I. 建... II. ①李...②张...③万... III. 建筑物-消防

IV. TU998.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 161338 号

## 内 容 简 介

为了适应消防工程技术的发展,满足消防工程技术人员对消防安全技术和知识的需要,结合建筑设计、施工中经常出现的消防技术问题,本书以建筑消防工程技术为主线,以现行规范、法规标准为依据,以火灾科学技术为指导,在总结消防工程实践的基础上,吸收了国内外先进的防火技术编写而成,旨在加深对我国消防规范的理解和认识,提高分析和解决实际问题的能力。

本书内容涉及建筑防火、公路隧道防火、钢结构防火、防排烟系统、消防给水系统、泡沫灭火系统、气体灭火系统、火灾自动报警系统等八个消防专业及其相关学科,内容丰富,深广相宜,图文新颖,通俗易懂,实用性强,是学习提高消防技术水平的必备资料之一。

本书适合消防监督人员、设计施工监理人员、消防检测维护人员及消防管理人员阅读参考,也可作为大专院校消防专业师生的参考资料和消防培训的辅导教材。

建筑消防工程技术

李念慈 张明灿 万月明 编著

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街6号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:26.75

字 数:663千字

版 次:2006年5月第1版

印 次:2006年5月第1次

定 价:48.00元

---

网上书店:www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

# 序

建筑的消防安全是人类在生存环境中与火灾作斗争的永恒主题,建筑环境的不安全因素和人的不安全行为相互作用是建筑火灾发生的根本原因,人类为了对抗建筑火灾的威胁,总要在建筑内外建立消防系统,但由于消防系统是有序和无序的统一体,系统的演化和外界的因素都具有动态性、随机性、多元性,因此火灾的发生是不确定的。尽管我们可以检查出建筑内存在的火险隐患,而且可以判定发生火灾是必然的,但我们却不能知道,该建筑在什么时候、以什么样的火灾规模、在什么部位爆发火灾。从这个意义上讲,建筑消防安全系统是具有一定灰色度的系统,防火安全的有效性是相对的,安全的目标也是相对的,因而绝对的消防安全是不存在的。我们追求的消防安全目标,是在特定条件下的具有一定灰度的满意解;也就是说,我们可能把火灾控制在什么程度,我们可以接受多大的火灾损失,以此决定我们的防范方案。

建筑消防安全的设防水平,一定要考虑投入的风险。消防需要投入,但消防投入毕竟是没有产出的投入,消防投入的价值只有在发生火灾时才能体现。消防投入必须考虑建筑物发生火灾的概率大小和火灾所产生损失的大小,以及我们能够接受的火灾损失的大小,消防投入还必须考虑投入的有效性,杜绝无效投入和重复投入。

《建筑设计防火规范》和《高层民用建筑设计防火规范》等设计防火规范对不同类别、不同规模、不同火灾危险的绝大多数建筑,提出了不同的防火要求,这是从我国现有的经济技术能力,做出的合理的消防设防水平。这些条文是历次火灾经验和教训的总结,这些在随机状态下发生的真实火灾,是科学工作者想做而不能做的科学实验,从真实火灾中提取的经验和教训具有科学性、实践性,无论是现在或今后,这些指令性条文都是必须遵守的。

但是,规范毕竟是过去的总结。在建筑艺术充分发展的今天,建筑往往是财富和经济技术水平的象征。宏伟的体量、创意的造型,使建筑物以工艺品来表达“建筑是凝固的音乐”的内涵。这样,建筑艺术的发展会给消防安全带来许多新的问题。要求我们运用消防科学技术和理论去解决这些问题。建筑必须充分考虑消防安全,消防技术必须为建筑艺术服务,建筑艺术的发展是新的消防技术的催生剂,消防技术只有在为建筑艺术的服务中发展。笔者认为,性能化设计,是将建筑消防技术服务于建筑艺术的途径。

绝大多数建筑是常规建筑,现行规范在科学统筹的基础上,删繁就简地完全涵盖,条文简明,运用快捷,受到广大设计者的欢迎。实践证明,运用这些指令性条文,在总体上是安全合理的。但是,也有少部分建筑,在现行规范上是“无章可循,无法可依”的,必须依据消防科学技术,为这些具体的建筑“量体裁衣,量身定做”地进行性能化设计。依据建筑物的火灾发展规律来决定防火的需要,实现火灾防范的科学性、有效性和经济性,克服执行指令性条文的盲目性,使设计人员在消防安全的目标下,能动地自主发挥,创造性地设计出新型防火建筑。

还应看到,“量体裁衣”虽然可以得到合身的防护,但是非常繁杂耗时;况且,性能化设计需要大量的基础数据、工具和方法,需要制定统一的设计指导准则,因此,不是短时间能普及的。即使今后推行性能化设计方法,仍然要以指令性技术法规为基础。

我国建设事业的发展使消防技术成为社会的迫切需要,笔者在海南、浙江工作期间对此深有感触。在付树昌同志的激励下,笔者将十余年来在两省工作期间参加的专家论证会、专家答疑会的资料以及笔者每年为消防干部、地方设计技术人员的培训讲稿和二十余年来从事消防工程技术的实践,结合现代消防技术理论写成初稿,并与海南省消防总队张明灿高级工程师合作完成本书。可以说本书是实践的总结和升华。限于作者水平有限,虽经反复斟酌,但仍难免有不当之处,恭请读者批评指正。

本书写作过程中曾得到西北建筑设计院高级工程师潘维民、海南省消防总队李悦高级工程师、浙江省消防总队余威高级工程师的大力帮助,在此表示衷心感谢!

浙江安信消防工程咨询公司徐向芳同志、上海临港商务管理服务公司向东同志为本书编写做了实际工作,在此深表谢意!

李念慈

2006年3月30日于成都

# 目 录

1 建筑内防火分区的作用.....	1
2 防火分区与防烟分区不同之处.....	2
3 建筑防火分区与防火隔间的区别.....	3
4 合理控制大型建筑防火分区面积指标.....	4
5 闭门器和自动闭门释放器的区别.....	22
6 侧向移动的钢质防火卷帘或移门在防火墙上的设置.....	23
7 防火卷帘的设置.....	26
8 用轻型墙体材料作隔墙的要求.....	40
9 利用玻璃作隔墙的技术要求.....	42
10 建筑安全疏散系统的主要设计方法.....	45
11 疏散楼梯的防火要求及常见的设计错误.....	62
12 剪刀楼梯设计的防火要求.....	70
13 利用普通客梯兼作消防电梯.....	74
14 火灾时不能使用普通客梯,只能使用安全电梯.....	76
15 高层民用建筑燃气供应的防火要求.....	79
16 高层民用建筑燃油供应的防火要求.....	87
17 钢结构耐火保护的基本原理和保护方法.....	90
18 钢结构耐火保护设计目标.....	92
19 钢构件的荷载比.....	93
20 用耐火分析法确定钢结构耐火保护层厚度的设计数据.....	94
21 钢构件的临界温度 $T_s$ 的计算.....	95
22 当量升温时间 $t_e$ .....	95
23 截面-材料综合系数 $\alpha$ .....	97
24 钢结构耐火保护层厚度的确定方法.....	99
25 房间火灾持续时间的计算.....	106
26 消防控制室的设置.....	109
27 剧场建筑设计的防火要求.....	111
28 歌舞娱乐放映游艺场所的防火安全.....	114
29 商住楼和设有商业服务设施的住宅建筑的防火设计要求.....	117
30 消防用直升机停机坪设置的技术要求.....	117
31 公路隧道火灾的时间-温度标准曲线.....	120
32 公路隧道支护衬砌结构火灾受损的原因及隧道消防设施.....	122
33 利用营运通风设施设计公路隧道的控烟、排烟设施.....	133

34	公路隧道中早期火灾的特征物理量 .....	150
35	公路隧道地下设备区等部位火灾探测器的类型 .....	152
36	公路隧道车道区域火灾探测器的类型 .....	159
37	火灾烟气对人的危害 .....	163
38	控制建筑内火灾烟气蔓延的措施 .....	165
39	建筑中采用自然排烟时的技术要求 .....	169
40	机械排烟系统排烟量的确定 .....	171
41	机械排烟系统只能在着火的防烟分区内排烟 .....	172
42	机械排烟系统排烟量的确定方法 .....	177
43	排烟防火阀与防火阀的区别 .....	187
44	排烟风机选用和安装技术要求 .....	189
45	正压送风系统设计应注意的问题 .....	190
46	无机玻璃钢风管质量控制 .....	194
47	剪刀楼梯防烟设计应注意的问题 .....	196
48	火灾自动报警系统总线上设置的模块类型 .....	198
49	自动消防设施联动控制设计的要求 .....	199
50	消防电气线路的安全保证 .....	204
51	应急照明及疏散指示标志灯系统的设计要求 .....	207
52	在光致发光疏散指示标志附近必须设置照射光源 .....	213
53	闭式喷头玻璃体感温元件应具备的热敏性 .....	214
54	闭式喷头的安装要限定净空高度 .....	217
55	扑灭早期火灾对闭式喷头设置的基本要求 .....	219
56	在顶板或吊顶下采用“集热罩”不能有效加快闭式喷头的开放 .....	222
57	选用边墙式闭式喷头的注意事项 .....	224
58	自动灭火设备动作后对建筑火灾发展的影响 .....	226
59	各类型自动喷水灭火系统的异同 .....	228
60	常用报警阀在构造、功能及动作原理上的异同 .....	232
61	防火分隔水幕的宽度 .....	233
62	预作用系统和干式系统的充水时间及作用面积 .....	233
63	自动喷水灭火系统上的三大试验装置 .....	236
64	自动喷水灭火系统在串接子系统时应注意的问题 .....	241
65	角型隔膜式雨淋阀应设启动注水装置 .....	242
66	隔板座圈型湿式报警阀组常见的安装错误 .....	244
67	湿式报警阀组中的三通阀的作用及工作状态 .....	253
68	常见雨淋阀组安装错误 .....	253
69	自动喷水灭火系统与泡沫供给装置联合应用系统及其工作原理 .....	257
70	室内消火栓水枪充实水柱长度的取值 .....	269
71	不允许使用双阀双栓代替两股水柱的原因 .....	270
72	减压稳压消火栓的类型及工作原理 .....	274

73	消防用气压给水设备的组件	275
74	常见消防气压给水装置中的错误设计及安装	278
75	建筑消防给水系统对稳压泵的配置要求	282
76	消防水泵供电的安全要求	285
77	对消防水泵自灌式充水的要求	289
78	常用灭火剂的主要灭火机理	291
79	常用灭火剂主要适用范围	292
80	石油及产品的火灾危险性分类	293
81	原油及产品的火灾危险性	294
82	原油和油品储罐的类型及油罐周围爆炸危险区域的划分	297
83	油品储罐的主要附件	303
84	泡沫灭火的机理	311
85	泡沫灭火剂的特点	311
86	泡沫灭火剂应具备的使用性能	312
87	常用泡沫灭火剂及其性能评价	313
88	正确选用空气泡沫灭火剂	319
89	油品储罐用泡沫灭火系统的三种类型	320
90	高倍数、中倍数泡沫灭火系统的三种型式	338
91	全淹没式高倍数泡沫灭火系统的几种主要型式	341
92	高倍数泡沫发生器的构造和工作原理	345
93	正确选择泡沫比例混合器	347
94	泡沫灭火系统的主要设计参数	348
95	泡沫灭火系统管道过滤器的设置	351
96	泡沫灭火系统中需要设自动控制阀门的部位及其技术要求	352
97	泡沫灭火系统对管道材质选用的要求	354
98	泡沫灭火系统中塑料管材的应用	356
99	气压式泡沫喷雾装置的工作原理	363
100	气体灭火剂的灭火机理	364
101	常用气体灭火剂的灭火机理、适用的火灾类别及其系统类型	365
102	我国对常用气体灭火剂使用的政策限制	366
103	常用气体灭火剂的主要性质和灭火系统的设计参数	368
104	卤代烃类灭火系统管网计算及中期容器工作状态法的应用	371
105	全淹没式气体灭火系统的设计灭火用量、设计用量和备用量的确定	374
106	应保证气体灭火系统喷头的工作压力	376
107	充装比与充装密度的区别	378
108	灭火浓度、惰化浓度和设计浓度	379
109	气体灭火剂在储存和喷放时其物质形态的变化	381
110	全淹没式气体灭火系统设计三要素	382
111	最大充装密度及其控制	383

112	气体灭火系统采用均衡管网的意义 .....	385
113	全淹没式气体灭火系统对防护区的要求 .....	387
114	控制防护区最低环境温度和储存容器间环境温度的意义 .....	390
115	气体灭火系统的控制和显示要求 .....	392
116	气体灭火系统的操作与控制原理 .....	395
117	气体灭火系统的启动方式 .....	402
118	二氧化碳储瓶必须设称重装置 .....	409
119	气体灭火系统管网试验压力的确定 .....	410
120	气体灭火系统可能的致害因素 .....	415
	参考文献.....	418

# 1 建筑内防火分区的作用

防火分区是指采用具有一定耐火性能的防火墙或防火分隔构件,将建筑物人为地划分为能在一定时间内防止火灾向同一建筑物的其他部分蔓延的局部空间或区域。为此,可以对防火分区作如下理解:

①防火分区的大小是人为划分的。是人们为了在一定时间内把火灾控制在一定的区域或空间内,防止火灾蔓延,便于人员疏散,便于消防人员在火场围堵、阻截火灾,减少火灾损失而设置的。防火分区面积或空间体积的大小,由国家依据建筑物的特点及国家的经济技术水平确定。

②防火分区是在同一建筑内划分的。当建筑物的建筑面积不超过一个防火分区面积时,则不划分防火分区。当建筑面积超过一个防火分区所允许的面积时,应划分为若干个防火分区。每个防火分区都是同一建筑内的局部空间。

③防火分区是为防止火灾蔓延而采取的被动防火措施。防火分区面积过大会给人员疏散带来困难,消防人员也难以围追堵截火势的蔓延,且过大的防火分区必然造成过大的火灾损失。为此,如果在某个大的区域内,本身无可燃物可供火灾蔓延,也无人员长久逗留,这样的区域,在理论上就失去了划分防火分区的意义。

④防火分区区域应能在一定时间内阻止火势蔓延,因此防火分区应是由具有一定耐火极限、燃烧性能和构造要求的分隔构件围成的空间。该空间在构造上独立于其他空间,因此当人们跨过防火分区就应当是安全的。

⑤防火分区之间的隔墙应是防火墙或燃烧性能和耐火极限不低于防火墙的其他防火分隔构件。

⑥防火分区分为水平防火分区和竖向防火分区。水平防火分区的防火分隔构件有防火墙、防火门(甲级)、特级防火卷帘以及有冷却水或水雾保护的钢质防火卷帘及窗间墙等;竖向防火分区的防火分隔构件是楼板、窗槛墙、竖井实体墙以及有冷却水或水雾保护的钢质防火卷帘等。水平防火分区可以阻止火灾沿水平方向蔓延,竖向防火分区可以阻止火灾沿竖向蔓延。

还有一些特殊部位,如歌舞娱乐放映游艺场所、锅炉房、柴油发电机房、自动灭火系统的设备室以及通风和空调机房等,凡是规范要求采用一定耐火极限的防火分隔构件与建筑的其他部位隔开的房间,严格地讲都是单独的防火分区,只是在处理上不按防火分区对待,而把它看成防火隔间。

应当看到,防火分区在阻止火灾蔓延的同时,它还可能带来一些负面效应,比如在一些大空间的建筑内,由于使用功能需要通透的大空间,而防火墙的设置影响了这种使用功能的需要,在一些高大空间内,防火墙受高厚比的限制无法砌得那样高,由于防火墙的设置,需要一些

必要的技术要求,不能像一般隔墙那样不受限制地设置。另外,防火分区建立后许多设施都必须以分区为单元考虑,这给其他设施和设备的布置带来困难。这些矛盾的出现要求消防技术寻求与防火墙分隔等效的技术,在特定条件下替代防火墙,既达到防火分隔的效果,又满足建筑使用功能的需要。例如,使用特级防火卷帘,有冷却保护的钢质卷帘等。近年来出现的防火隔离带分隔技术,是一种利用无形的空间将建筑划分为不同的防火单元,这对于一些高大空间建筑有条件地采用这种分隔技术是非常有益的。

在利用指令性规范条文难以解决某些大型、特殊建筑的防火问题时,利用以火灾性能为基础的建筑设计方法,依据建筑的实际情况,设定火灾,并对火灾的发展进行定量分析,拟定减灾的各种方案,进行多方案的经济技术评价,在此基础上将防火分区面积扩大,并解决由于防火分区扩大带来的问题。这种方法也是行之有效的。

## 2 防火分区与防烟分区的不同之处

①防火分区和防烟分区的作用不完全相同 防火分区的作用是有效地阻止火灾在建筑物内沿水平和垂直方向蔓延,把火灾限制在一定的空间范围内,以减少火灾损失。防烟分区的作用是在一定时间内把建筑火灾的高温烟气控制在一定的区域范围内,为排烟设施排除火灾初期的高温烟气创造有利条件,为人员安全疏散提供良好条件,且也能防止烟气蔓延。

②防火分隔构件与防烟分隔构件的结构型式和耐火性能的要求不同 防火分区的防火分隔构件必须是不燃烧体,而且具有规定的耐火极限。在构造上是连续的,从外墙到外墙,从地板到楼板,从一个防火分隔构件到另一个防火分隔构件,或是以上的组合。防烟分区的防烟分隔构件虽然也是不燃烧体,但却没有耐火极限的要求。在构造上虽然也要求是连续设置,但在按面积划分防烟分区时,防烟分隔构件可以是隔墙,也可以是挡烟垂壁或从顶棚下凸出的不小于 50cm 的梁,后两种构件在竖向上就不是从地板到楼板的连续隔断体,而以隔墙(包括防火墙)作为防烟分隔构件,仅是防烟分隔中的一部分。

③防火分区和防烟分区划分面积的要求不同 防火分区的划分是以建筑面积为基础,根据其房间的使用功能和建筑类别的不同,划分防火分区的建筑面积的要求是不相同的。例如,在高层民用建筑中,一类建筑的防火分区,是以每 1000m<sup>2</sup> 划分为一个防火分区;二类建筑的每个防火分区不应超过 1500m<sup>2</sup>,地下室的每个防火分区建筑面积不应超过 500m<sup>2</sup>。而且,当设有自动喷水灭火系统保护的区域,其防火分区面积可在规定的防火分区面积基础上扩大 1 倍。防烟分区的划分虽然也是以建筑面积为依据,要求划分防烟分区的建筑面积不应大于 500m<sup>2</sup>,而且不能因为设有自动喷水灭火系统而予以扩大。划分防烟分区的建筑面积,也不会因为房间的使用功能或建筑类别的不同而改变。但另有规定的例外。由于热烟在流动过程中要被冷却,所以在流动一定距离后热烟会成为冷烟而离开顶板沉降下来,这时挡烟垂壁等挡烟设施就不再起控制烟气的作用了,所以防烟分区面积不应过大,也不应因设自动喷水灭火系统而扩大 1 倍,它的面积确定只与一定热释放速率的火灾所产生的热烟流动范围相关。

④防火分区和防烟分区的划分原则不完全相同 防火分区是利用防火分隔构件,把建筑内的空间划分为若干个防火单元。建筑的内空间无一例外地都要被划分为防火单元。防烟分区只在按规定需要设排烟设施的走道和房间划分防烟分区。当走道和房间按规定都不需要设排烟设施时,则这些部位可不划分防烟分区。对于净空高度大于 6m 的房间,也可不划分防烟

分区。防烟分区的划分是在防火单元内进行的,即一个防火分区内,再用防烟分隔构件划分为若干防烟分区,而且防烟分区不应跨越防火分区。

⑤防火分区和防烟分区的划分方法不完全相同。防火分区一般是按水平方向或竖直方向划分为水平防火分区和竖向防火分区。防烟分区一般可以根据建筑物的种类和要求不同,按其用途、面积和楼层划分。

### 3 建筑防火分区与防火隔间的区别

防火分区与防火隔间是两个完全不同的概念,但其防火分隔的意义大体是相同的。

①防火分区与防火隔间都是防止火灾蔓延扩展而分隔出来的局部区域或空间。

②防火分区与防火隔间对分隔构件的要求是不相同的。

防火分区的分隔构件是防火墙和其他特定的构件,如楼板、窗间墙、窗槛墙以及甲级防火门、特级防火卷帘等。

防火隔间的分隔构件只要求其是具有一定耐火极限的分隔构件和楼板,其耐火极限略低于防火墙。

防火墙不是一般的分隔墙,首先要求应是不燃烧体实体墙,耐火极限不低于3.0h。其次,必须直接砌筑在建筑物基础上,或砌筑在耐火极限不低于防火墙的钢筋混凝土框架上。

防火隔间的分隔墙只要求是具有一定耐火极限的不燃烧体隔墙即可。

③防火墙在构造上有严格的要求,并保证在防火墙一侧的屋架、梁、楼板等构件受火灾破坏时防火墙仍不能垮塌。防火分隔墙则没有这些构造要求。这样,防火分隔墙的设置和防火隔间的划分就不受建筑基础和框架的制约。这对于建筑内火灾危险性较大或较为重要房间和区域的防火分隔较为有利。例如,设置在建筑内的歌舞娱乐放映游艺场所,要求“一个厅室”形成隔间,就是要用耐火极限不低于2.0h的不燃烧体墙和耐火极限不低于1.0h的楼板与其他部位隔开,形成独立单元。而单元与单元之间的分隔墙上不允许开门,且独立单元的疏散门为乙级防火门。独立单元与相邻单元或场所的分隔墙,其分隔的性质和作用与防火墙相当,但耐火极限要低,而且不必构筑在建筑基础和框架上。这与防火墙有很大差别,它便于设置。

建筑内需要单独划分隔间的部位还有:医院中的手术室;居住建筑中的托儿所和幼儿园;建筑内的消防控制室、消防水泵房、固定灭火装置的设备室(钢瓶间、泡沫液设备间)、通风空调机房、排烟机房、住宅建筑底层的商业服务网点、燃油、燃气锅炉房、可燃油浸电力变压器室、充可燃油的高压电容器、多油开关室等。这些隔间的分隔墙都不是严格意义上的防火墙。

④防火分区在疏散要求上与防火隔间不同。对防火分区,要求每个防火分区的安全出口不应少于2个(特殊情况另有规定)。这里的安全出口是指直通室外的出口,保证人员安全疏散的楼梯、通向符合安全疏散要求的避难走道的入口、相邻防火分区墙上符合要求的出口等。

防火隔间虽然也是防火空间单元,但是对其疏散出口的要求没有防火分区严格。

对于歌舞娱乐放映游艺场所,规范规定每个单元的疏散出口不少于2个。

对于设在高层建筑内的托儿所、幼儿园、游乐厅等儿童活动场所,应设单独出入口。

对于设置在建筑内的消防控制室应设直通室外的安全出口。

对于设置在建筑内的消防水泵房,其出口直通室外或直通安全出口。

设置在建筑内的锅炉房、充可燃油变压器、多油开关及充油高压电容器室,应设直接对外的安全出口,或在外墙上开门。

防火分区的出口是指安全出口,而防火隔间的出口既有安全出口,也有疏散出口。

防火分区的安全出口,按每个防火分区不少于2个计算;而防火隔间的疏散出口,除歌舞娱乐放映游艺场所不少于2个外,其余都没有最低数量的要求,而是按需要设置。

⑤防火分区与防火隔间的划分方法和范围不同。防火分区可分为水平防火分区和竖向防火分区。

水平防火分区是用防火墙、防火卷帘、防火门窗外墙上的窗间墙等分隔构件在地面或楼面上,按规定的建筑面积划分为若干防火空间单元。

竖向防火分区是用具有一定耐火极限的楼板,外墙的窗槛墙为分隔构件,在竖向将建筑物分隔为若干防火空间单元。

防火隔间则是按具有相同使用功能的房间、单元进行分隔的。当为房间时,一般不跨越楼层;当为单元时,则可跨越楼层。

防火隔间具有与防火分区完全相同的作用和意义,可以说是特定的防火分区,只是在处理上不按防火分区对待。

## 4 合理控制大型建筑防火分区面积指标

### (1) 防火分区

防火分区是指在建筑内用有较高耐火极限的防火分隔构件,人为地划分出来的,可以在一定时间内把火灾限制在该防火单元内,保证相邻的其他防火单元的生命和财产安全。因此,防火分区是人们为了减灾,而在受限空间内采取的一种被动的防火措施。防火分区对于限制火灾蔓延,保证人员安全疏散,充分发挥消防人员扑灭和控制火灾有着重要意义。但是,防火分区的防火分隔构件的主体是防火墙,它必须从地板到顶板完全地分隔,而且必须砌筑在耐火极限不少于3.0h的钢筋混凝土梁或地基上。因此,防火分区的划分必然给建筑的使用带来困难和不便,也会造成投资的增加。由于火灾时生命和财产的重大损失,使人们本能地出于自身安全考虑,不得不为减灾而采取防火分区措施,只是在划分防火分区时要顾及到平时使用、管理的方便和节约投资。在规范中,防火分区的控制指标是根据建筑的耐火等级,使用功能,建筑体量特征,人员状况,可燃物的数量,消防扑救力量,建筑消防设施的设置情况及建设投资等因素制定。

由于经济的发达和人们对建筑功能及艺术造型的追求,出现了许多新兴建筑物,如数十万平方米的候机楼、汽车城等大型公共建筑,这些建筑在功能上要求四通八达,空间通透,视野开阔,这就给防火分区设置带来很大的困难。首先空间高大,防火墙的稳定性就是一大难题。高大空间的墙体(防火墙),其墙的高厚比( $\beta$ )往往超过规定,这给墙的稳定性带来麻烦,特别是防火墙这一类实体墙。为了抗震和保证墙体的稳定性、整体性、耐久性,往往要采取许多构造上的措施,而且从施工阶段起就得实施,这就需要增加造价,还影响到整个建筑结构的承载体积。如果采用防火卷帘,帘面自重、卷筒直径、卷轴挠度、冷却水供应等也都是难以解决的问题,且由于这些建筑屋顶的承重钢结构与卷帘之间分隔的困难,往往造成卷帘形同虚设,使这

些巨额投资成为无效投入。对于这些建筑,如仍按现行规范的防火分区要求予以控制,显然是难以接受的。通常的解决办法是,通过技术论证,在采取其他一些防火措施的同时,把防火分区的控制指标限定在一个合理的范围内。在论证时,最为关注的应是以下几个问题:

- ①防火分区内发生火灾时对社会的影晌有多大,火灾造成的损失是否为业主和公众所接受。
- ②建筑内采取了哪些防燃措施,火灾发生后其热释放速率可能达到多大程度。
- ③建筑内消防设施的设防水平能够把火灾损失减少到什么程度。
- ④防火分区内需要同时疏散的人员有多少,把人员全部疏散完,所需要的疏散时间是多少。
- ⑤威胁防火分区内人员疏散的火灾事件有哪些,在什么时刻发生,这些事件的发生时间是否大于人员疏散所需的时间。
- ⑥为了保证人员安全疏散,需要采取的措施所增加的投入是否为业主所接受。
- ⑦当地消防力量能在什么时间内到达现场,能在多大范围内控制住火灾。
- ⑧建筑内外能否为消防力量的堵截包围、穿插分割提供便利条件。

以上八个主要问题,决定了建筑防火分区的控制指标的大小。这些问题涉及的因素非常多,不再一一论述,下述只对大空间建筑内,因防火分区指标扩大,对人员疏散的影响予以分析。

防火分区面积愈大,分区内的可燃物总数愈多;分区内容纳的人员数量愈多,疏散距离愈长,要在疏散时间内把人员疏散出去,所需的出口数量和出口总宽度愈大,投资也随之加大。要科学合理地确定人员安全疏散所需时间,必须知道威胁人员安全疏散的“火灾危险事件”在什么时刻发生,为了使威胁人员安全疏散的“火灾危险事件”的发生时间大于疏散所需的时间,应采取哪些措施,使“火灾危险事件”延迟发生。在建筑火灾中,威胁人员安全疏散的“火灾危险事件”主要有以下几种:

- ①厅室发生轰燃事件。厅室发生轰燃时,表明厅室火灾已由局部燃烧转变为全面燃烧。这些厅室内的人员已无法自主疏散。
- ②厅室内烟气底部已下沉至人们安全疏散所需的视野高度,人们已不能在正常的疏散条件下呼吸到新鲜空气,看不清疏散路线,失去正常的疏散能力。所以当烟气底部下沉到低于人的平均视野高度的时间,是不能进行正常疏散的截止时间。
- ③厅室内火灾的火源和高温烟气对人的热辐射,已达到人在该温度下的耐受极限,人已无法在耐受极限达到的时间之前自主从厅室走出。
- ④厅室内空气中的含氧量的降低或有害气体浓度的增高都达到使人窒息或中毒,人已丧失了自主疏散能力。
- ⑤厅室内建筑构件发生坍塌,威胁到人员疏散安全。

对以上五类“火灾危险事件”的判断标准如表 4-1 所示。

表 4-1 火灾时对人员疏散安全构成威胁的“危险事件”判断标准

序号	危险事件	判断的性能指标
1	轰燃	热辐射流量达到 $20\text{kW/m}^2$ , 烟气温度达 $600^\circ\text{C}$ , 燃烧速率达 $40\text{g/s}$
2	热烟气层离地高度(m)	热烟气层离人员疏散通道的地面高度不应小于 $1.8\text{m}$

序号	危险事件	判断的性能指标
3	热烟气层的温度(℃)	热烟气层在离地 2.1m 以上时,平均烟温不应大于 200~185℃ 热烟气层在离地 2.1m 以下时,平均烟温不应大于 60~80℃
4	能见度(m)	不应小于 10m,小房间内不小于 5m。以人眼平均高度 1.5m 计
5	CO 浓度(%或 ppm)	不应超过体积浓度 0.2%,即 2000ppm
6	结构坍塌	在疏散和救援期间不发生结构坍塌
7	热辐射强度(kW /m <sup>2</sup> )	对疏散人员不应大于 2.5kW /m <sup>2</sup> ,消防队员不应大于 4.5kW /m <sup>2</sup>

以上五类事件的发生时刻,是可以预测的。只要知道厅室的火灾荷载密度,厅室的几何物理特性,可燃物的燃烧性能和燃烧产物,火灾的热释放速率与时间的变化关系,厅室早期火灾规模和强度等,就可以求得以上五类事件中最早发生某个事件的时刻,在取得一定安全系数后,作为安全疏散的终止时间,当这一时间仍小于人员疏散所需的时间时,应针对该事件采取延迟发生的措施。当该事件延迟已不再对人员疏散造成威胁时,可能另一类事件又上升为威胁人员疏散的主要矛盾,这时应继续采取针对此事件的延缓措施,将事件的发生予以延迟,直到在需要的疏散时间内,都不会发生威胁人员安全疏散的事件为止。这些延缓措施大体有以下几种:

①采用不燃材料装修,降低厅室的火灾荷载密度,降低火灾时热释放速率,使轰燃时间推迟,降低火源热辐射强度。

②采用燃烧不产生大量浓烟和有毒气体的装修材料。

③在厅室内安装快速响应的自动喷水灭火系统,使火源热释放速率降低,降低火源延烧速度,推迟轰燃发生。

④提高厅室净空高度,增大厅室上部蓄烟能力,延缓烟气下沉的速度和时间。降低高温烟气对地面可燃物的热辐射强度,保证人员疏散时间内不受到热辐射的威胁。

⑤增强厅室的排烟能力,延迟轰燃的发生,防止烟气对人员的危害。

⑥提高吊顶和屋顶承重结构的耐火极限,防止在疏散时间内发生坍塌。不使用遇水即发生炸裂脱落的材料做吊顶。

⑦在布置地面可燃物品时,在适当处设置隔离带,可防止延烧,并为人员疏散创造条件,为消防人员扑救提供便利。

⑧在建筑周围设置可供消防车和消防人员向火场进攻的通道,有效地控制火灾,防止火灾蔓延。

建筑内平面火灾轰燃发生的时间可按下式估算:

$$t = \sqrt{\frac{Q_{f0}}{\alpha}}$$

式中  $t$ ——从明火点燃起至发生轰燃止的燃烧时间,即厅室内发生局部燃烧的时间(s);

$\alpha$ ——火灾增长系数,按照火灾增长类型分为慢速增长,中速增长,快速增长,超快速增长四类,其对应的火灾增长系数依次为 0.002931,0.01127,0.04689,0.1878 (kW /s<sup>2</sup>);

$Q_{f0}$ ——火灾发展到  $t$  时刻时,厅室发生轰燃时所必须的火源热释放速率(kW),该火源热

释放速率由下式计算：

$$Q_{f0} = 7.8A_t + (378A_w h_w^{0.5}) \text{ kW}$$

式中  $A_t$ ——厅室内扣除开口面积以后的厅室总表面积,即地板、顶板、墙壁面积之和扣除开口面积以后得到的厅室内表面积( $\text{m}^2$ );

$A_w$ ——厅室的开口面积( $\text{m}^2$ );

$h_w$ ——厅室开口的自身高度( $\text{m}$ )。

只要厅室内所计算的火灾荷载密度满足发生轰燃所需的热释放速率的需要,轰燃就能够发生。通常轰燃发生的临界条件是:地面可燃物接受到的热通量不小于  $20\text{kW}/\text{m}^2$ ,或顶棚下烟气温度达到  $600^\circ\text{C}$ ,或地面可燃物的燃烧速率达到  $40\text{g}/\text{s}$ 。

从公式  $Q_{f0} = 7.8A_t + (378A_w h_w^{0.5})$ 可知,厅室开口面积愈大,开口高度愈高,发生轰燃时所需的热释放速率愈大,厅室从明火点燃到发生轰燃所需的时间也愈长。因此,当厅室地面面积相同,火灾荷载密度相同时,低矮空间比净空高大的空间发生轰燃时所需的热释放速率要小,发生轰燃的时间要短。在低矮的空间内,人受到烟气的毒害和高温烟气热辐射的危害,使人丧失自主疏散的能力往往在厅室发生轰燃之前。因为人在  $95\sim 120^\circ\text{C}$  的温度环境中,只能耐受  $60\text{s}$ ,就会出现虚脱、头晕、头痛等症状。人所能耐受的热辐射量在  $2.5\text{kW}/\text{m}^2$  时的时间为  $30\text{s}$ 。所以在有些条件下,以轰燃到来的时间作为人员疏散的时间,显然是不安全的。还必须关注烟气和热辐射对人员疏散的影响。但轰燃时间的确定,仍然是反映厅室发生轰燃危险的时刻,使人们意识到必须采取相应的安全措施,延缓轰燃的到来。轰燃毕竟是危害人们安全疏散和消防扑救的最危险事件,因此在一些资料中,常常以厅室装修材料的燃烧性能作为估算轰燃发生时间的依据。一般认为,采用可燃材料装修时,发生轰燃的时间大约为  $3\text{min}$ ;采用难燃材料装修时,发生轰燃的时间约为  $4\sim 5\text{min}$ ;采用不燃材料装修时,发生轰燃的时间约为  $6\sim 8\text{min}$ ;不装修的厅室,发生轰燃的时间大于  $8\text{min}$ 。

厅室发生火灾时,烟气会在顶棚下积聚,随着烟气底部的下沉,烟温对人的热辐射、烟气有害浓度的增加对人的危害及烟气底部下沉至人正常疏散视野高度之下对人正常疏散的影响将逐渐加重。通常,以烟气下沉至人正常疏散视野高度作为限定条件,计算从火灾发生到烟气层底部下降至人眼的平均高度的时间作为安全疏散的限定时间。

在防火分区面积扩大之后,由于容纳人数的增加,加重了疏散设施的负荷,因而还必须考虑建筑物的安全疏散能力是否满足需要。安全疏散能力是指疏散的安全条件和疏散组织两个主要方面。

疏散的安全条件包括疏散出口的数量和宽度,疏散走道的形式和宽度,安全出口的形式、数量、宽度,疏散通道的防烟能力及疏散通道的通行条件(如通道顺畅,良好的应急照明及疏散指示标志灯等)。

疏散通道的长度随防火分区面积的增加而增长,而且在这些大空间建筑中,疏散走道往往未与其他部位作分隔,所以疏散走道是不具备防烟能力的。也就是说,人们在这些通道上行走时,没有安全保证,这是大空间建筑的共同缺点。对此,应采取以下措施:

①厅室内的疏散通道应顺直、畅通,通道两端应直通安全出口。

②尽可能提高安全出口的防烟能力。例如改封闭楼梯间为防烟楼梯间,不设敞开楼梯间,增设消防电梯,或改消防电梯合用前室为消防电梯专用前室,使人员疏散与消防扑救人员分

流,保证疏散人流畅行。

③在防火分隔墙处设置避难走道。

④疏散距离增长后,视距也随之增大,因此应选择与视距相适应的灯箱型号,以保证安全出口和疏散指示标志灯的诱导性。

⑤增大通道宽度,使通道具有一定的使热辐射衰减的能力,尽可能减少火源对通道的热辐射强度,例如在主通道两侧一定范围内不布置可燃物。

疏散组织是组织人们有序疏散,迅速到达安全出口的重要保证。防止人员疏散混乱无序;防止多楼层、多个防火分区同时疏散,加重疏散通道负荷,防止盲目疏散。

在高大空间场所,由于防火分区面积较大,或在一层有几个防火分区,或有几个楼层,为了有序疏散,必须设置应急广播系统。在控制程序上应按距离火场的远近依次发出广播信号,先组织着火防火分区人员疏散,其次组织相邻防火分区人员疏散,上下相邻的楼层或防火分区应先上层,后下层,最后是其他楼层。详细的控制程序规范中有明确规定。

## (2)防火分区划分方案

在建筑内划分防火分区时,我国虽然是以建筑面积作为控制指标,但是防火分隔构件却是从屋顶板一直封闭到地面,把建筑空间分隔开来,所以防火分区的本质是对建筑空间的分隔,由此,防火分区的建筑面积,可以是同一平面的面积,也可以是不同平面面积在竖向的叠加。因而在划分防火分区时不应拘泥于建筑的某层,只要在空间上是连通的,竖向楼层平面都可以认定在同一防火分区,各楼层平面的建筑面积叠加之和不大於一个防火分区的面积控制指标。反过来,只要在竖向上连通的各层建筑面积之和不大於一个防火分区面积控制指标,在竖向上的各层允许其空间连通。这样,在设置防火分区时,就更经济合理,处理起来难度也减小。

防火分区面积扩大后,随之而来的问题是,火灾时同时启动的消防设施数量的增加。例如,应急照明灯具,疏散指示标志灯,排烟风机,防火卷帘,需关闭的空调通风管道上的防火阀,正压送风机,应急广播喇叭等,这就需要加大应急电源的容量。

对高大空间建筑防火分区的设置,应注意结合建筑本身使用功能的特点,才能做到既安全又合理。国内外消防技术人员为了满足建筑功能的需要,提出了许多为扩大防火分区面积而采取的防火方案,比较成熟的有针对机场空港的“孤岛”方案和针对展览建筑的“防火隔离带”方案。

### 1)“孤岛”方案

机场的空港大楼(候机楼)随着停机位的增加,空港大楼的建筑面积愈来愈大,最为突出的问题是“到达大厅”和“出发大厅”的防火分区面积超标。如何处理,是设计者需要面对的问题。在考虑大厅的防火分区时,应注意到大厅平面布置上的特点,即大厅中为旅客服务的海关,票务,检疫,银行,安检,行李托运,书店,商务,商店,问询处等房间所占大厅的面积较小,而且在布局上又都不连续,分布零散。这些房间有较多的可燃物,因而亦存在较大的火灾危险性。它们的建筑面积虽然占大厅面积的比例较小,但却是防火的重点控制部位。根据这一特点,就制定出了所谓“宽阔大厅中封闭的孤立小岛”的防火方案。这一方案的指导思想是:

①大厅采用不燃材料装修,实现不燃化。

②大厅中的各类服务间,在布置上零星分散,在隔间上能够自动封闭,封闭构件具有一定的耐火极限。平时可敞向大厅,为旅客服务,当发生火灾时,能自动封闭与大厅隔绝,使所有服

务间都自动成为一个孤立而封闭的“小岛”。

③在服务间内设置火灾自动报警系统、自动喷水灭火系统和排烟系统,做到早报警、早扑救。

④在大厅内设置室内消火栓箱,为扑救服务间火灾提供手段。室内消火栓箱均应增设卷盘。

⑤在大厅内设置空调、通风系统时,这些系统应具有在火灾时能自动转变为排除冷烟的功能,消除大厅烟雾。

⑥对电气线路和照明灯具、电气设备应采取严格的技术措施,防止电气火灾的发生,比如选用 A 类或 B 类低卤低烟型阻燃电线电缆,电线电缆应穿管埋墙敷设,或在封闭式电缆桥架、耐火电缆桥架内敷设,对于明敷的重要回路,其电缆应选用符合要求的耐火电缆。

由于宽敞大厅采取了以上防火措施,可以认为火灾重点部位已达到控制、大厅又实现了不燃化,因而降低了大厅的火灾危险性和火灾蔓延的可能性,为此,除在建筑竖向仍采取防火分隔外,对建筑的每层公共大厅的防火分区面积可予放宽。对于高度超过 8m 的大厅可以不设自动喷水灭火系统和机械排烟系统。而且大厅的屋顶承重钢结构一般可不作耐火处理,只对高度在 8m 以下部位的钢结构作耐火处理。

对于空港大楼的“出发大厅”和“到达大厅”采取以上的“孤岛”方案后,大大减少了由小火发展为大火的可能性。其主导思想体现了把有限的资源,用到火灾危险性大,而又便于控制的部位,投资少,效果好,既满足了防火安全的要求,也符合了使用功能的需要。

## 2)“防火隔离带”方案

火灾的蔓延发展依赖于热的转移,使可燃物表面接收到的热辐射流量,足以使可燃物能够释放出供给连续燃烧所需的可燃气体,维持可燃物的连续燃烧。因此,在热辐射作用下,可燃物表面只有接收到的热辐射流量达到其点燃所需的临界热辐射流量及可燃物表面温度达到点燃所需要的温度时,可燃物才会被引燃。

火源对外的热辐射是借助于不同波长的电磁波来实现其能量转移。火灾时,可燃物接收到的热辐射源主要有两个:

①热烟气层对可燃物的热辐射 热烟气携带了火源近 70% 的热量向上升腾,在热烟升腾和流动过程中,又会吸卷大量空气而被冷却。热烟实际上是火羽流和大量空气的混合物,热烟行程愈长,吸卷的空气愈多,其温度愈低;反之,温度愈高。因此,在火灾的发展阶段,对低矮的小空间而言,热烟对可燃物的热辐射起主导作用;对高大空间而言,热烟行程长,升腾高,热烟层对地面可燃物的热辐射不起主导作用。

烟气层对地面可燃物的辐射传热,可按热体的辐射热与其表面绝对温度的四次方成正比,并考虑到影响对流传热的一些因素,按下式计算:

$$q_s = \epsilon \sigma T_s^4 F_s$$

式中  $q_s$ ——可燃物表面接收到来自上部热烟气层的热辐射流量(kW/m<sup>2</sup>);

$\epsilon$ ——热烟气层的辐射率, $\epsilon \leq 1$ ,简化计算时取 1;

$\sigma$ ——史蒂芬-玻耳兹曼常数,取  $\sigma = 5.67 \times 10^{-11}$  [kW/(m<sup>2</sup>·K<sup>4</sup>)];

$T_s$ ——热烟气层的绝对温度(K);

$F_s$ ——热烟气层对可燃物的辐射角的系数,由专门的公式,按可燃物与热烟气层的相对