

内 容 提 要

本书系统地介绍了建筑防火设计、建筑防火性能化设计的基础理论。内容涉及建筑耐火等级、钢结构防火设计、防火分区、防烟分区等建筑火灾被动防火对策;自动报警系统、灭火系统、防排烟系统等建筑火灾主动防火对策;火灾荷载、火灾燃烧学的基础理论、火灾场景设置;烟气特性与烟气流动规律、烟气流动的计算;安全疏散设计与性能化设计理论及计算;建筑防火性能化设计案例;危险源辨识理论与风险评估方法。

本书可作为高等院校建筑环境与设备工程、安全工程(消防工程)、建筑设计等专业的研究生教材,也可供消防工程科研工作者以及教师、建筑防火设计和建筑防火审查人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑防火性能化设计/刘方编著. —重庆:重庆大学出版社,2007.1
ISBN 978-7-5624-2912-8

I. 建... II. 刘... III. 建筑物—防火系统—建筑设计—高等学校—教材 IV. TU972

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 153697 号

建筑环境与设备工程系列教材

建筑防火性能化设计

总策划 付祥钊

编 著 刘 方 廖曙江

主 审 吴 华 付祥钊

责任编辑:陈红梅 周怀改 版式设计:李长惠 陈红梅

责任校对:任卓惠 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023)65102378 65105781

传真:(023)65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16.25 字数:406千

2007年1月第1版 2007年1月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-2912-8 定价:23.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

目 录

1	绪论	1
1.1	建筑火灾及其危害	1
1.2	建筑防火设计与防火规范	4
1.3	建筑防火性能化设计	7
	思考题	9
2	建筑防火被动对策	10
2.1	建筑物耐火等级	10
2.2	混凝土构件的耐火性能	17
2.3	钢结构耐火设计	18
2.4	建筑防火设计	30
2.5	室内装修防火	40
2.6	建筑材料燃烧性能的试验方法	44
	思考题	48
3	建筑防火主动对策	49
3.1	火灾自动报警系统	49
3.2	灭火系统	62
3.3	防排烟系统	74
	思考题	83
4	火灾荷载与火灾场景	85
4.1	火灾燃烧学基础	85
4.2	建筑室内受限燃烧	93
4.3	火灾荷载	97
4.4	火灾场景设置	100
4.5	热释放速率的实验测试方法	106
	思考题	110
5	火灾烟气特性与烟气流动	112
5.1	火灾烟气的特性与危害	112
5.2	烟气毒性及其评价方法	119
5.3	火灾烟气的流动与蔓延	124
5.4	烟气流动的计算	131

5.5	烟气流动的计算机模拟模型	136
5.6	湍流模型	141
	思考题	145
6	人员安全疏散	147
6.1	安全疏散设计	147
6.2	人员安全疏散准则	161
6.3	人员安全疏散基本参数	164
6.4	火灾中人员特征与行为	169
6.5	人员疏散时间的计算	174
6.6	人员疏散模型	176
6.7	安全疏散的数学模型	180
	思考题	190
7	建筑防火性能化设计案例	191
7.1	商业建筑的性能化设计	191
7.2	会展类建筑的性能化设计	198
7.3	FIRECAM 模型	205
8	风险评估	209
8.1	危险源辨识理论	209
8.2	安全检查表	216
8.3	事故树分析	218
8.4	事件树分析	231
8.5	层次分析法	233
8.6	模糊综合评价方法	236
	思考题	246
	主要参考文献	248

1 绪 论

1.1 建筑火灾及其危害

众所周知,火在人类文明的历史进程中所起的作用是不可估量的。然而,它给人类造福的同时,也给人类带来了灾害。人类在利用火的同时,也在不停地与火灾进行斗争。可以说,人类的历史有多久,人类与火灾进行斗争的历史就有多久。弄清火灾发生的条件,对于预防火灾、控制火灾和扑救火灾有着十分重要的意义。

1.1.1 火灾发生的条件与分类

火灾是火失去控制而蔓延的一种灾害性燃烧现象。通常包括森林、建筑、油类等火灾及可燃气体和粉尘爆炸。

1)火灾发生的条件

火灾发生的条件:可燃物、氧化剂和点火源。

(1)可燃物 一般说来,凡是能在空气、氧气或其他氧化剂中发生燃烧反应的物质都称为可燃物。

可燃物按其组成可分为无机可燃物和有机可燃物 2 大类。从数量上讲,绝大部分可燃物为有机物,只有少部分为无机物。

(2)氧化剂 凡是能和可燃物发生反应并引起燃烧的物质,称为氧化剂。氧化剂的种类很多,氧气是一种最常见的氧化剂,它存在于空气中。因此,一般可燃物质在空气中均能燃烧。

(3)点火源 点火源是指具有一定能量、能够引起可燃物质燃烧的能源,有时也称为火源。点火源的种类很多,如明火、电火花、冲击与摩擦火花、高温表面等。

可燃物、氧化剂和点火源,通常称为发生火灾的 3 要素。要发生火灾,这 3 个条件缺一不可。

2)火灾的分类

根据火灾发生的场合,火灾主要分为建筑火灾、森林火灾、工矿火灾、交通运输工具火灾等类型。其中,建筑火灾对人类的危害最直接、最严重,这是由于各种类型的建筑物是人们生活和生产活动的主要场所。高层建筑中,楼层多、功能复杂、人员密集、装饰可燃材料多、电气设

备与配电线路密集,高层建筑火灾具有以下特点:

①火灾隐患多,危险性大(烟头、线路事故)。

②由于风力作用,火势发展极为迅速。

③由于竖井管道“烟囱效应”,烟气运动速度快(1 min 烟气传播 200 m),烟气是火势蔓延和人员伤亡的重要原因。

④人员疏散、营救及灭火难度大。

⑤人员伤亡惨重。

根据 GB 4968—85,按照物质的燃烧特性,把火灾分为以下 4 类:

A 类:固体物质火灾。固体物质中很多具有有机物性质,一般能在燃烧时产生灼热的余烬,如木材、棉、麻、毛、纸张等火灾。

B 类:液体火灾和可熔化的固体物质火灾。如汽油、煤油、柴油、原油、甲醇、乙醇、沥青、石蜡等火灾。

C 类:气体火灾。如煤气、天然气、甲烷、乙烷、丙烷、氢气等火灾。

D 类:金属火灾。如钾、钠、镁、钛、锆、锂、铝镁合金等火灾。

此外,在建筑灭火器配置设计中,还专门提出 E 类火灾,它是指电器、计算机、发电机、变压器、配电盘等电气设备或仪表及其电线电缆在燃烧时仍带电的火灾。一般来说,这类火灾与 A 类或 B 类火灾共存。

根据火灾损失严重程度,火灾分为特大火灾、重大火灾和一般火灾。

特大火灾是死亡 10 人以上(含 10 人),重伤 20 人以上;死亡、重伤 20 人以上;受灾 50 户以上;烧毁物质损失 100 万元以上。

重大火灾是死亡 3 人以上(含 3 人),重伤 10 人以上;死亡、重伤 10 人以上;受灾 30 户以上,烧损物质损失 30 万元以上。

一般情况下,火灾是不具备重大火灾的任一指标。

1.1.2 火灾的危害

火灾是各种灾害中发生最频繁且极具毁灭性的灾害之一,按各种灾害损失综合估算,火灾造成的直接经济损失约为地震带来损失的 5 倍,仅次于干旱和洪涝所造成的损失,而发生的频率则居各种灾害之首。同时,火灾还具有“自然”和“人为”的双重性。

火灾对国民经济和生态环境的危害是严重的,根据世界火灾统计中心的结果,发达国家每年火灾直接经济损失占国民生产总值的 2‰。表 1.1 是 1998—2002 年世界一些国家和城市的火灾情况。

表 1.1 1998—2002 年世界一些国家和城市的火灾情况

国家	美国	英国	法国	德国	中国	日本	韩国	马来西亚	菲律宾
平均每年次数	1 863 000	422 000	365 000	205 000	135 000	60 000	82 000	17 000	8 000
平均 10 万人口次数	688.5	893.6	625.0	159.1	10.8	47.6	68.3	56.6	10.5
年均火灾死亡人数	4 245.0	580.2	4 058.2	671.0	3 063.6	2 058.2	546.5	30.6	242.0

续表

城市	纽约	伦敦	巴黎	柏林	北京	东京	汉城	马尼拉	雅加达
平均每年次数	82 000	46 000	19 000	9 000	4 000	5 000	7 000	4 000	755
平均 10 万人口次数	1 092.4	648.7	307.8	283.7	34.4	61.6	68.5	37.3	8.3
年均火灾死亡人数	114.0	101.4	51.0	—	47.8	97.2	93.8	84.8	50.0

绪论

表 1.2 是我国在 1993—2004 年中火灾情况,图 1.1 表示了 1993—2004 年火灾损失与人员死亡情况。仅 2002 年,全国就发生火灾 258 315 次,造成死亡 2 393 人,伤残 3 414 人,直接财产损失 1.5 亿。

表 1.2 1993—2004 年我国火灾情况

年份	火灾起数/次	直接损失/万元	死亡	伤亡	火灾发生率/(起/十万人)	火灾死亡率/(人/百万人)	火灾伤亡率/(人/百万人)	次均损失/元	人均损失/元	火灾损失率/(元/万元GDP)
1993	38 073	111 658.3	2 378	5 937	3.21	2.0	5.0	29 327	0.94	3.22
1994	39 337	124 391.0	2 765	4 249	3.28	2.3	3.5	31 622	1.04	2.66
1995	37 915	110 315.5	2 278	3 838	3.13	1.9	3.2	29 095	0.91	1.89
1996	36 856	102 908.5	2 225	3 428	3.00	1.8	2.8	27 922	0.84	1.52
1997	140 280	164 140.6	2 722	4 930	11.35	2.2	4.0	10 988	1.25	2.06
1998	142 326	144 257.3	2 389	4 905	11.40	1.9	3.9	10 136	1.16	1.81
1999	179 955	143 394.0	2 744	4 572	14.40	2.2	3.7	7 968	1.15	1.75
2000	189 185	152 217.3	3 021	4 404	14.90	2.4	3.5	8 046	1.20	1.78
2001	216 784	140 326.1	2 334	3 781	16.99	1.83	2.96	6 473	1.10	1.46
2002	258 315	154 446.4	2 393	3 414	20.11	1.86	2.66	5 979	1.20	1.51
2003	254 811	159 402.1	2 497	3 098	19.72	1.9	2.7	6 256	1.23	1.36
2004	252 704	167 531.7	2 558	2 969	19.44	1.97	2.28	6 616	1.29	1.04

3

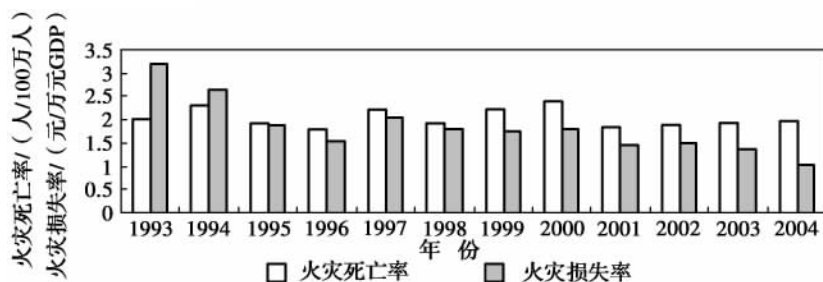


图 1.1 1993—2004 年我国火灾直接损失与人员死亡情况

中国是发展中国家,处于经济上升期,城市化程度不断提高。我国城市化进程对火灾的影响见表 1.3。从 1991—2000 年,我国城市数量上升 83.7%,城镇总人口上升 53.3%。与此同

时,城市火灾起数上升 82%,死伤人数分别上升 59%和 13%,直接损失上升 58%。

由于城市具有生产集中、人口集中、建筑集中和财富集中等特点,同时伴随有可燃物、易燃物品多,火灾危险源多等现象,这就导致了城市火灾损失呈上升趋势,城市火灾损失大部分是由建筑火灾造成的。

表 1.3 我国城市化进程对火灾的影响(1990—2000 年)

	项 目	单 位	到 2000 年底	到 1990 年底	增长率/%
城市 化 指 标	城市数	个	690	464	48.7
	建制镇数	个	20 312	11 060	83.7
	城镇人口数	个	45 844	25 094	82.7
	建成区面积	km ²	22 439	12 856	74.5
	人口密度	人/km ²	441	279	58.1
	房屋建筑面积	10 ⁷ m ²	76.6	39.8	92.5
	住宅面积	10 ⁷ m ²	74.1	19.6	125.0
	家庭煤气用量	10 ⁵ m ³	630 937	274 127	130.2
	家庭天然气用量	10 ⁵ m ³	347 580	112 662	114.1
	家庭液化石油气用量	10 ⁵ m ³	1 053.7	203.0	419.1
火 灾 指 标	火灾起数	次	75 310	14 125	433.2
	死亡人数	人	18 161	779	138.9
	伤残人数	人	2 806	2 451	14.5
	经济损失	万元	78 262	33 365	134.6

1.2 建筑防火设计与防火规范

1.2.1 现行建筑防火设计内容

为了预防建筑火灾,人们研究制定了多种防治对策,主要包括:建立消防队伍和机构;研制各种防火、灭火设备;制定有关防火、灭火法规;研究火灾的机理和规律等。其中,做好建筑的防火设计是防止火灾发生、减少火灾损失的关键环节。

建筑防火设计是结合建筑物的火灾防治要求,采用一定的方法,按照一定的步骤,确定建筑物防火措施的工程行为。建筑防火设计规范是国家以法令、法规的形式发布的,用于指导、管理建筑防火设计工作的法规或规定。

我国的建筑防火设计规范主要有《建筑设计防火规范》、《高层民用建筑设计防火规范》、《人民防空工程设计防火规范》等,这些规范中对建筑设计的各个环节的防火要求,从技术指标到具体做法都作了具体的规定。

建筑防火设计的主要内容包括以下 6 个方面：

1) 编制消防设计说明

内容包括设计项目执行的有关消防规范,总平面布局,建筑单体设计执行消防规范的情况,设置消火栓的情况。

2) 总平面布局

总平面布局包括防火间距、消防车道、消防登高操作场地设置情况。

3) 建筑单体消防设计

(1) 防火分区的设置,分区之间采用的防火分隔形式。

(2) 安全疏散的设计,包括楼梯的形式、数量、宽度,疏散的距离,消防电梯的数量等。

(3) 特殊场所(锅炉房、变压器室等)的消防设计等。

4) 消防给水、消火栓系统、固定灭火系统

(1) 消防水源、室外消火栓管网的布置。

(2) 室内消火栓系统的设置 消防用水量及系统的设计(包括消防水泵的选用、系统分区情况、水泵接合器、水箱的设置)。

(3) 自动喷水灭火系统 消防用水量、设置部位和系统的设计(包括喷淋泵的选用、系统分区情况、湿式报警阀、水泵接合器、水箱设置)。

(4) 其他固定灭火系统(设置部位及选型)。

5) 防排烟系统及通风、空气调节

(1) 自然排烟 确定自然排烟可开启外窗的面积。

(2) 机械排烟系统 确定机械排烟系统设置的部位、采用的形式,排烟分区的设置,风量的确定,风机的选用情况。

(3) 机械加压送风系统 系统设置的部位、风口的设置、风量的确定和风机的选型与布置。

(4) 通风空调系统 空调系统采用的形式、空调系统的风管和防火阀的设置。

6) 消防电气

(1) 确定设计项目的供电要求及消防电源的选择。

(2) 火灾自动报警系统:

① 确定系统采用的形式。

② 火灾探测器的选用及其设置的部位。

③ 有关联动控制要求。

详细说明消防控制设备对消防水泵、防排烟系统、固定灭火系统、消防电梯、应急照明和疏散指示、应急广播、防火卷帘、防火门的联动控制。

④ 消防控制中心设置的位置。

(3)确定电气线路的敷设要求。

(4)确定火灾应急照明、疏散指示标志的设置。

现行建筑防火设计规范以条文的形式对上述设计内容进行了规定。

传统的建筑防火设计方法是根据建筑物的使用类型、高度、层数、面积、平面布置等情况,对照有关设计规范的条文中给定的消防设施的设置要求及设计参数和指标进行设计,这种设计方法称为“处方式”方法。对应地,将传统的建筑防火规范称为“处方式”规范。“处方式”规范的特点是:在规范的条文中对消防设施的设置及其具体的设计参数指标进行详细规定,设计人员必须严格按照规范条文给出的消防设施设置要求和参数指标制订设计方案。

1.2.2 性能化防火设计方法的提出

“处方式”防火设计规范是长期以来人们在与火灾斗争过程中总结出来的防火灭火经验的体现,同时也综合考虑了当时的科技水平、社会经济水平以及国外的相关经验。因此,“处方式”防火设计规范在规范建筑物的防火设计、减少火灾造成的损失方面起到了重要作用。但是,随着科学技术和经济的发展,各种复杂的、多功能的大型建筑迅速增多,新材料、新工艺、新技术和新的建筑结构形式不断涌现,都对建筑物的防火设计提出了新的要求。基于这种情况,需要寻求一种新的、承认建筑具有个性化的理念,又基本能保障建筑物中人的生命安全和财产安全的规范,这样就产生了“性能化防火规范”与“性能化防火设计”。最早出现性能化规范的是英国,后来新西兰、澳大利亚、日本、加拿大等国家也都有了性能化的规范。

随着我国经济的快速发展,建筑业也得到了空前的发展,超高层建筑、大型商场、地下建筑、大型娱乐游艺场所等大量涌现,火灾形势越来越严峻,群死群伤现象严重,特大恶性火灾事故时有发生,现行的消防技术规范已不能涵盖上述建筑的所有消防安全要求,也不适应社会经济快速发展的要求。

建筑防火性能化设计是通过对建筑的综合防火性能评定,设计出特定的符合该建筑的防火安全系统模式,以实现火灾时保证该建筑物内的人员生命安全和有效控制财产损失的总目标。建筑防火性能化设计方法是建立在消防安全工程学基础上的一种新的建筑防火设计方法,运用消防安全工程学的原理和方法,根据建筑物的结构、用途、内部装修、火灾荷载等具体情况,由设计者根据建筑物的各个不同的空间条件、功能条件及其他相关条件,自由选择为达到消防安全目的而采取的各种防火措施,并将其有机地组织起来,构成该建筑物的总体防火安全设计方案,然后对建筑火灾危险性和危害性进行定量的预测和评估,从而得出最优化的防火设计方案,为建筑物提供最合理的防火保护。

国外的研究成果与实践经验表明,性能化设计方法比传统的“处方式”设计方法具有许多优越性,包括:设计方案更加科学、合理;设计方法更加灵活;能有效地保证建筑设计达到预期的消防安全目标;有利于新技术、新材料、新产品的发展;有利于充分发挥设计人员的才能;有利于设计规范、标准与国际接轨。

1.3 建筑防火性能化设计

1.3.1 性能化防火设计的概念

性能化防火设计是运用消防安全工程学的原理和方法,首先制订总体目标,然后根据总体目标确定整个防火系统应该达到的性能目标,并针对各类建筑物的实际状态,应用所有可能的方法对建筑的火灾危险和将导致的后果进行定性、定量地预测和评估,以期得到最佳的防火设计方案和最好的防火保护。

与传统的防火设计相比,性能化防火设计具有以下优点:

(1)性能化防火设计体现了一座建筑的独特性能和用途,以及某个特定风险承担者的需要。防火设计具有很强的个体针对性,而不像规范式设计那样笼统。

(2)性能化防火设计可以根据工程实际的需要,制订消防设计方案,设计思想灵活。

(3)性能化防火设计需要运用多种分析工具,从而提高了设计的准确性和优良性。

(4)性能化防火设计把消防系统作为一个整体进行考虑,综合考虑了整座建筑的各个消防系统之间的协调性。

(5)有利于新技术、新材料、新产品的开发、研制、推广和应用。

1.3.2 性能化防火设计的基本步骤与方法

1)性能化防火设计的基本步骤

性能化防火设计的步骤一般包括:确立消防安全目标和可量化的性能要求;分析建筑物及内部可燃物、人员等情况,确定性能指标和设计指标;建立火灾场景和设计火灾;选择分析计算的方法;对设计初步方案进行安全评估;确定设计方案并编写评估报告。

消防安全目标是安全系统最终应达到的总体效果,安全目标中包括具体的性能目标和性能标准,性能目标是建筑物的消防系统在防火、灭火等方面必须满足的具体要求。建筑防火性能化评估目标的建立主要分为3个步骤:首先,确定社会评估目标,社会评估目标一般包括保证人员的生命安全、保护财产物品安全、保证设备运行连续性、限制火灾本身与灭火方式对环境造成的不良影响;其次,在确定社会评估目标的基础上,建立功能评估目标;最后,建立性能评估目标。

表1.4表示了为满足生命安全总体目标基础上,从总体目标到建立设计标准的整个过程的一个实例。

表 1.4 社会评估目标、功能评估目标、性能评估目标、性能标准实例

社会评估目标	功能评估目标	性能评估目标	性能标准
减少火灾造成的人员伤亡	避免着火房间或空间以外人员死亡	防止着火房间或空间发生轰燃	COHb(碳氧血红蛋白)浓度不超过 12%;能见度大于 7 m
减少火灾造成的财产损失	避免着火房间或空间外部发生重大热损坏	减少火灾蔓延出着火房间的可能性	上层烟气层温度不大于 200 °C
减少因火灾造成的商业运营停工及损失	避免运营停工时间超过 8 h	控制烟气量,使之不会对目标对象造成不可接受的破坏	$\varphi(\text{HCl})$ 不超过 5 $\mu\text{L}/\text{L}$; 烟气颗粒浓度不超过 0.5 g/m^3
控制因火灾及消防安全措施造成的对环境的影响	避免地下水因灭火用水而遭受污染	提供适当方法收集灭火用水	蓄水能力至少是设计能力的 1.2 倍

火灾场景是对某种火灾发展全过程的一种语言描述,描述了从引燃或者从设定的燃烧到火势增大,发展到最大及逐渐熄灭等阶段。设计火灾是对某一特定火灾场景的工程描述,可以用一些参数(如热释放速率、火灾增长速率、物质分解物、物质分解率等)或者其他与火灾有关的可以计量或计算的参数来表现其特征,具体内容见第 3 章。

提出和评估设计方案是提出多个消防安全设计方案,并利用计算程序或计算公式进行评估,以确定最佳的建筑防火设计方案。

评估报告需要概括分析设计过程中的全部步骤,并且报告和设计结果所提出的格式和方式都需要符合权威机构和业主要求。

2) 性能化设计的方法

以保证人员的生命安全为防火目标,性能化防火设计的思路和方法为:保证建筑物内人员安全疏散,人员疏散完毕所需时间必须小于火灾发展到危险状态的时间,即必需安全疏散时间小于可用安全疏散时间。

人员的安全疏散是火灾发生时,在未达到危害人员生命的状态之前,将建筑物内的所有人员疏散到安全区域。必需安全疏散时间(RSET)是指从起火时刻起到人员疏散到安全区域的时间。可用安全疏散时间(ASET)是指从起火时刻到火灾对人员安全构成危险状态的时间。

建筑火灾中人员的安全是由可用安全疏散时间和必需安全疏散时间决定的。可用安全疏散时间即到达危险状态时间,通常以烟气层高度、烟气层温度以及烟气浓度等指标作为判断标准。可用安全疏散时间和必需安全疏散时间的确定,详见第 6 章。

建筑防火性能化设计过程,如图 1.2 所示。首先,根据建筑物内人员情况、可燃物状况提出初步的防火设计方案;其次,假定在建筑物内发生火灾,并以某种形式和速度发展蔓延,同时假定建筑物内人员在火灾发生后的某一时刻听到火灾报警并开始疏散;最后,选择适当的工程分析和计算的方法,计算得出可用安全疏散时间和必需安全疏散时间。如果在某设计方案下,必需安全疏散时间比可用安全疏散时间长,则意味着在所有人员全部疏散到安全地点之前,建筑物内已达到危险状态,该方案显然是不可采用的。因此,应该采用适当的消防对策,修改防火设计方案,直到计算得出的可用安全疏散时间和必需安全疏散时间满足要求。防火对策包

括控制燃烧、调整疏散设计、调整防排烟设计方案及喷水灭火方案等方面。其中,控制燃烧可以通过控制可燃物的数量和采取灭火措施来实现。

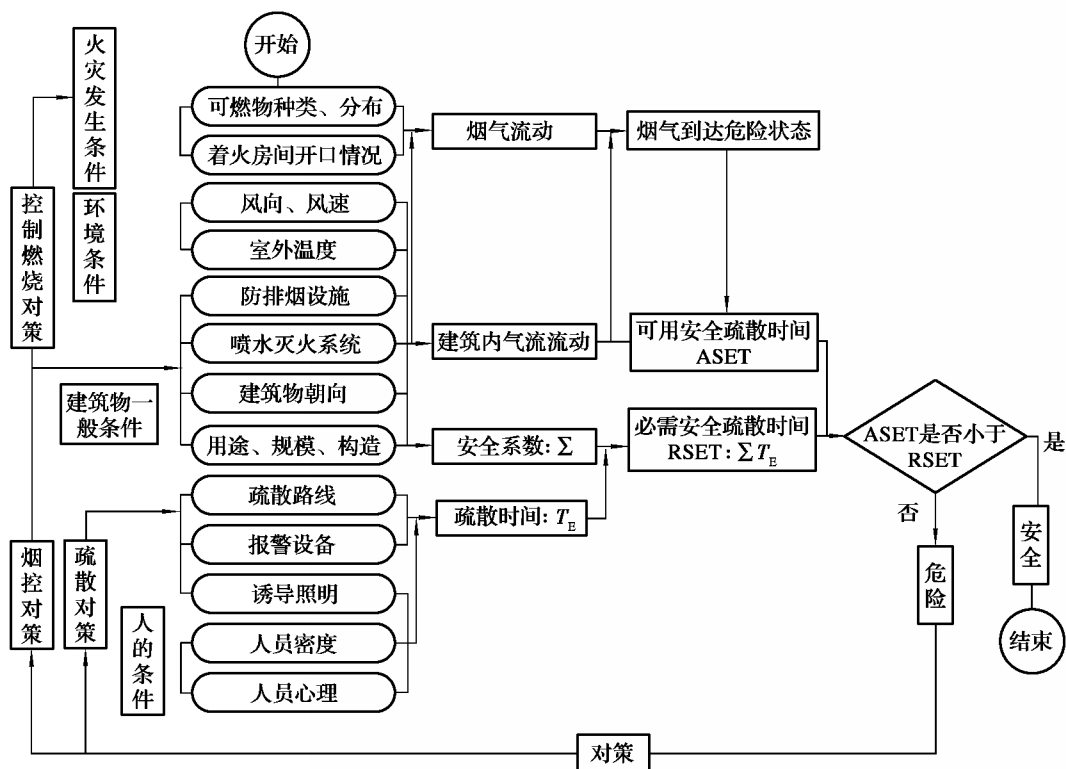


图 1.2 建筑防火性能化设计流程图

另一方面,如果必需安全疏散时间比可用安全疏散时间小很多,则意味着设计方案可能提供了过度的消防保护,增加了不必要的投入,设计方案也不一定合理,可以考虑适当地减少安全出口数量、增加疏散距离等,以降低建筑成本。

性能化设计就是通过定量分析和计算工具确定必需安全疏散时间和可用的安全疏散时间,从而确定具体的防火技术设计方案。必需安全疏散时间和可用的安全疏散时间这部分内容将在第 6 章介绍。

性能化工程设计案例和性能化分析计算工具,详见第 7 章。

思考题

1. 火灾发生的条件是什么?
2. 建筑防火设计的主要内容是什么?
3. 什么是性能化防火设计?
4. 简述性能化防火设计的步骤与优缺点。

2 建筑防火被动对策

建筑防火主要考虑 3 个方面:保证建筑内的火灾隐患降到最低;最快地知晓火情和最及时地依靠固定的消防设施自动灭火;保证建筑结构具有规定的耐火强度,以利于建筑内的居住者在相应的时间内有效地安全撤离。

基于以上原则,通常将建筑防火对策分为 2 大部分:被动防火对策和主动防火对策。被动防火对策是指采用合理的建筑设计、有效防火分隔、提高或增强建筑构件或材料承受火灾破坏能力来限制火势扩大和保证人员财产安全。主动防火对策是指采用火灾探测报警技术、喷水灭火或其他灭火技术、烟气控制技术限制火灾发生和发展。本章主要讲述建筑防火被动对策的基本原理。

2.1 建筑物耐火等级

2.1.1 建筑分类及危险等级

1) 高层建筑的概念

对高层建筑起始高度的划分,主要是根据经济条件和消防技术装备等情况,但各国的标准不尽相同,见表 2.1。

表 2.1 高层建筑起始高度划分界限

国家	起始高度
中国	住宅:10 层及其以上;其他建筑: >24 m
德国	>22 m(至底层室内地板)
法国	住宅: >50 m;其他建筑: >28 m
日本	31 m(11 层)
比利时	25 m(至室外地面)
英国	24.3 m
前苏联	住宅:10 层及其以上;其他建筑:7 层
美国	22~25 m 或 7 层以上

综合国外对高层建筑起始高度的划分,考虑我国经济条件与消防装备等现实情况,《高层民用建筑设计防火规范》规定:10层及其以上的居住建筑(包括首层设置商业服务网点的住宅);高度超过24m且层数为2层及其以上的其他工业与民用建筑为高层建筑。也就是说单层主体高度在24m以上的体育馆、剧院、会堂、工业厂房等,均不属于高层建筑。

建筑高度为建筑物室外地面到其檐口或屋面面层的高度,屋顶上的水箱间、电梯机房、排烟机房和楼梯出口小间等不计入建筑高度。

2) 高层民用建筑的分类

对高层民用建筑进行分类,是为了便于针对不同类别的建筑物在耐火等级、防火间距、防火分区、安全疏散、消防给水、防排烟、消防电气等方面分别提出不同的要求,以达到既保障各类高层建筑的消防安全,又节约投资的目的。根据使用性质、火灾危险性、疏散和扑救难度,《高层民用建筑设计防火规范》将高层民用建筑分为2类,见表2.2。

表 2.2 高层民用建筑分类

名称	一 类	二 类
居住建筑	高层住宅 19层及其以上的普通住宅	10~18层的普通住宅
公共建筑	①医院; ②高级旅馆; ③建筑高度超过50m或每层建筑面积超过1000m ² 的商业楼、展览楼、电信楼、财贸金融楼; ④建筑高度超过50m或每层建筑面积超过1500m ² 的商住楼; ⑤中央级和省级(含计划单列市)广播电视楼; ⑥网局级和省级(含计划单列市)电力调度楼; ⑦省级(含计划单列市)邮政楼、防灾指挥调度楼; ⑧藏书超过100万册的图书馆、书库; ⑨重要的办公楼、科研楼、档案楼; ⑩建筑高度超过50m的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等	①除一类建筑以外的商住楼、展览楼、综合楼、电信楼、财贸金融楼、商住楼、图书馆、书库; ②省级以下的邮政楼、防灾指挥调度楼、广播电视楼、电力调度楼; ③建筑高度不超过50m的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼

《高层民用建筑设计防火规范》将性质重要、火灾危险大、疏散和扑救难度大的高层建筑划为一类。在一类建筑中,有的同时具有划分根据的几个方面,有的则具有较为突出的一二个方面。如医院病房楼,不计高度都列为一类,这是根据病人行动不便、疏散困难这一特点决定的。又如办公楼、科研楼,重要的划分为一类;对于普通的,又根据高度不同分别划分为一类和二类,因为高度增加,疏散和扑救难度也就随之增大。对于高层住宅楼,出于类似的考虑也划分为一、二类。

3) 建筑物、构筑物危险等级划分

建筑物、构筑物危险等级的划分主要依据火灾危险性大小、可燃物数量、单位时间内放出

的热量、火灾蔓延速度以及扑救难易程度等因素。《自动喷水灭火系统设计规范》将建筑物、构筑物危险等级划分为以下 3 个级别：

- (1) 轻危险级 火灾危险性较小,可燃物少,发热量小的建筑物、构筑物。
- (2) 中危险级 火灾危险性较大,可燃物较多,发热量中等,火灾初期不会引起迅速燃烧的建筑物、构筑物。
- (3) 严重危险级 火灾危险性大,可燃物较多,发热量大,燃烧猛烈和蔓延迅速的建筑物、构筑物。

以上分类方法用于自动喷水灭火系统设置场所的界定,危险等级举例见表 2.3。

表 2.3 火灾危险等级举例

火灾危险		设置场所举例
轻危险级		建筑高度为 24 m 及其以下的旅馆、办公楼;仅在走道设置闭式系统的建筑等
中危险级	I 级	① 高层建筑、民用建筑:旅馆、办公楼、综合楼、邮政楼、金融电信楼、指挥调度楼、广播电视楼(塔)等; ② 公共建筑(含单、多高层):医院、疗养院、图书馆(书库除外)、档案馆、展览馆(厅)、影剧院、音乐厅和礼堂(舞台除外)等娱乐场所、火车站和飞机场及码头的建筑、总建筑面积小于 5 000 m ² 的商场、总建筑面积小于 1 000 m ² 的地下商场等; ③ 文化遗产建筑:木结构古建筑、国家文物保护单位等; ④ 工业建筑:食品、家用电器、玻璃制品等工厂的备料与生产车间等;冷藏库、钢屋架等建筑构件
	II 级	① 民用建筑:书库、舞台(葡萄架除外)、汽车停车场、总建筑面积 5 000 m ² 及其以上的商场、总建筑面积 1 000 m ² 及其以上的地下商场等; ② 工业建筑:棉毛麻丝及化纤的纺织物及制品、木材木器及胶合板、谷物加工、烟草及制品、饮用酒(啤酒除外)、皮革及制品、造纸及纸制品、制药等工厂的备料与生产车间
严重危险级	I 级	印刷厂、酒精制品、可燃液体制品等工厂的备料与车间等
	II 级	易燃液体喷雾操作区域,固体易燃物品、可燃的气溶胶制品、溶剂、涂料、沥青制品等工厂的备料及生产车间,摄影棚,舞台“葡萄架”下部

注:未列入的建筑物可参照上表等级的举例确定。

2.1.2 建筑物耐火等级的确定

1) 建筑构件的燃烧性能与耐火极限

建筑物无论用途如何,都是由墙、柱、梁、楼板、屋架、吊顶、屋面、门窗、楼梯等基本构件组成,这些构件通常称为建筑构件。建筑物的耐火性能是由其组成构件的燃烧性能和耐火极限决定的。根据建筑构件在明火作用下的变化,可将其分为非燃烧体、难燃烧体、燃烧体。

非燃烧体是指用非燃烧材料做成的构件。非燃烧材料指在空气中受到火烧或高温作用时不起火、不燃烧、不炭化的材料,如建筑中采用的金属材料 and 天然或人工的无机矿物材料。

难燃烧体是指用难燃烧材料做成的构件,或用燃烧材料做成而用非燃烧材料做保护层的构件。难燃烧材料是指在空气中受到火燃烧或高温作用时难起火、难微燃、难炭化,当火源移走后,燃烧或微燃立即停止的材料。例如:沥青混凝土、经过防火处理的木材、用有机物填充的混凝土和水泥刨花板等。

燃烧体是指用燃烧材料做成的构件。燃烧材料是指在空气中受到火烧或高温作用时立即起火或燃烧,且火源移走后仍继续燃烧或微燃的材料,如木材等。

建筑火灾的发生、发展及其熄灭,是受建筑物的通风口大小、火灾荷载的多少、建筑物规模等多种因素影响的,而火灾对建筑物的破坏作用,除了与建筑构件的燃烧性能有关之外,还与建筑构件的最大耐火时间有关。在实际建筑火灾中,由于建筑物及其容纳的可燃物的燃烧性能的不同,每次火灾的实际时间—温度曲线是各不相同的,即使在同一

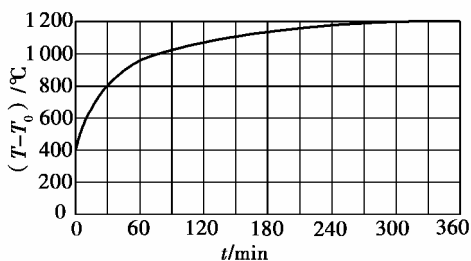


图 2.1 时间—温度标准曲线

房间发生 2 起火灾,其燃烧状况也不完全相同。因此,为了对建筑构件的耐火极限时间有一个统一的检验标准,国际标准化组织制订了标准火灾升温曲线。图 2.1 所示为时间—温度标准曲线。相应的标准火灾温升速率表达式为:

$$T - T_0 = 345 \lg(8t + 1) \quad (2.1)$$

式中 t ——试验时间,一般用 min 表示;

T_0 ——试验开始时刻的温度,°C, $T_0 = 5 \sim 40$ °C;

T —— t 时刻的温度,°C。

耐火极限是指任一建筑构件按时间—温度标准曲线进行耐火试验,从受到火的作用时起,到失去支持能力或完整性被破坏或失去隔火作用为止的这段时间,用小时(h)表示。

建筑构件的耐火极限与材料的燃烧性能是截然不同的两个概念。材料不燃或难燃,并不等于其耐火极限就高,如钢材,它是不燃的,但其耐火极限,在没有被保护时仅有 15 min。在选用构件时,不仅要看材料的燃烧性能,还要看其耐火极限。

2) 建筑物耐火等级

耐火等级是衡量建筑物耐火程度的标准。因此,规定建筑物的耐火等级是建筑设计防火技术措施中最基本的措施之一。

建筑物具有较高的耐火等级,可以起到以下作用:在建筑物发生火灾时,确保其在一定的时间内不被破坏,不传播火灾,延缓或阻止火势的蔓延,为人们安全疏散提供必要的疏散时间,保证建筑物内的人员安全脱险,并且为消防人员扑救火灾创造条件,以及为建筑物火灾后修复重新使用提供可能。

划分建筑物耐火等级的目的在于,根据建筑物不同用途提出不同的耐火等级要求,做到既有利于安全,又节约基本建设投资。火灾实例说明,耐火等级高的建筑,火灾时烧坏、倒塌的很少;耐火等级低的建筑,火灾时不耐火,燃烧快,损失大。

建筑物耐火等级是由组成建筑物的墙、柱、梁、楼板、屋顶承重构件和吊顶等主要构件的燃烧性能和耐火极限决定的。在建筑构件中,楼板直接承受着人和物品等的重量,并将之传给

梁、墙、柱等构件,它是最基本的承重构件之一。因此,在划分建筑物耐火等级时,是为选择楼板的耐火极限做基础的。将各耐火等级建筑物中楼板的耐火极限确定以后,其他建筑构件的耐火极限则根据其在建筑结构中的地位,与楼板相比较而确定。在建筑构件中所占的地位比楼板重要者,如梁、柱、承重墙等,其耐火极限高于楼板;比楼板次要者,如隔墙、吊顶等,其耐火极限低于楼板。

3) 民用建筑耐火等级的分级标准

根据我国多年的火灾统计资料,结合建筑材料、建筑设计、建筑结构及其施工的实际情况,并参考国外划分耐火等级的经验,《建筑设计防火规范》将普通建筑的耐火等级划分为4级(见表2.4)。

表 2.4 建筑构件的燃烧性能和耐火极限

燃烧性能 和耐火极限 / h		耐火等级			
		一级	二级	三级	四级
构件名称					
墙	防火墙	不燃烧体 3.00	不燃烧体 3.00	不燃烧体 3.00	不燃烧体 3.00
	承重墙	不燃烧体 3.00	不燃烧体 2.50	不燃烧体 2.00	难燃烧体 0.50
	非承重外墙	不燃烧体 1.00	不燃烧体 1.00	不燃烧体 0.50	燃烧体
	楼梯间的墙	不燃烧体 2.00	不燃烧体 2.00	不燃烧体 1.50	难燃烧体 0.50
	电梯井的墙				
	住宅单元之间的墙				
	住宅分户墙				
	疏散走道两侧的隔墙	不燃烧体 1.00	不燃烧体 1.00	不燃烧体 0.50	难燃烧体 0.25
	房间隔墙	不燃烧体 0.75	不燃烧体 0.50	难燃烧体 0.50	难燃烧体 0.25
柱	不燃烧体 3.00	不燃烧体 2.50	不燃烧体 2.00	难燃烧体 0.50	
梁	不燃烧体 2.00	不燃烧体 1.50	不燃烧体 1.00	难燃烧体 0.50	
楼 板	不燃烧体 1.50	不燃烧体 1.00	不燃烧体 0.50	燃烧体	
屋顶承重构件	不燃烧体 1.50	不燃烧体 1.00	燃烧体	燃烧体	
疏散楼梯	不燃烧体 1.50	不燃烧体 1.00	不燃烧体 0.50	燃烧体	
吊顶(包括吊顶格栅)	不燃烧体 0.25	难燃烧体 0.25	难燃烧体 0.15	燃烧体	