

# 建筑防火设计手册

主 编	王学谦	刘万臣	
副 主 编	岳庚吉		
编写人员	王学谦	屈立军	岳庚吉
	李文健	景 绒	杨华西
	杨玉华	杨在塘	陈 南
	湛宝华	郑俊岭	杨卫东
	于福海	王德魁	刘万臣
	马 龙		

中国建筑工业出版社

## 参 考 文 献

- 1 《建筑设计防火规范》(GBJ 16—87)
- 2 《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—95)
- 3 《建筑内部装修设计防火规范》(GB 50222—95)
- 4 《自动喷水灭火系统设计规范》(GBJ 84—85)
- 5 《水喷雾灭火系统设计规范》(GB 50129—95)
- 6 《二氧化碳灭火系统设计规范》(GB 50193—93)
- 7 《卤代烷 1211 灭火系统设计规范》(GB J110—87)
- 8 《卤代烷 1301 灭火系统设计规范》(GBJ 50163—92)
- 9 《人民防空工程设计防火规范》(GBJ 98—87)
- 10 《火灾自动报警系统设计规范》(GBJ 116—88)
- 11 中华人民共和国公安部消防局编. 防火手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1992
- 12 屈立军主编. 建筑防火. 廊坊: 中国人民武装警察部队学院, 1994 (内部发行)
- 13 于福海主编. 建筑防火设计原理. 北京: 中国人民公安大学出版社, 1997
- 14 岸谷孝一著. 建筑防火材料. 东京: 技术书院株式会社, 1973
- 15 王学谦编. 建筑防火与审核. 廊坊: 中国人民武装警察部队学院, 1994 (内部发行)
- 16 蒋永琨, 蒋维编. 建筑设计防火审核技术. 北京: 建筑防火编辑部, 1991 (内部发行)
- 17 蒋永琨主编. 高层建筑消防设计手册. 上海: 同济大学出版社, 1995
- 18 陈耀宗等主编. 建筑给水排水设计手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992
- 19 吴景祥主编. 高层建筑设计. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987
- 20 陈保胜编著. 建筑防灾设计. 上海: 同济大学出版社, 1990
- 21 屈立军编著. 建筑结构耐火设计. 北京: 中国建材工业出版社, 1995
- 22 章孝思著. 高层建筑防火. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985
- 23 曾清樵编著. 建筑防爆设计. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981
- 24 蒋永琨等编著. 高层建筑防火设计. 北京: 群众出版社, 1981
- 25 余永龄编著. 工厂总布置图设计实用手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989
- 26 陈文贵主编. 中国城市消防管理手册. 北京: 中国人民公安大学出版社, 1992
- 27 柴慧娟等编著. 高层建筑空调设计. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995
- 28 赵国凌编著. 防排烟工程. 天津: 天津科技翻译出版公司, 1991
- 29 朱吕通编著. 消防给水工程. 北京: 群众出版社, 1988
- 30 景绒编. 建筑消防给水工程. 北京: 中国人民公安大学出版社, 1997
- 31 田如漪主编. 气体消防技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996
- 32 朱吕通等编著. 自动喷水灭火设备. 北京: 群众出版社, 1988
- 33 朱吕通, 张学魁著. 现代实用灭火技术设施. 北京: 警官教育出版社, 1996
- 34 张学魁编. 固定灭火系统. 廊坊: 中国人民武装警察部队学院, 1995 (内部发行)
- 35 颜达材主编. 消防设备全书. 西安: 陕西科技出版社, 1990
- 36 杨在塘主编. 电气防火工程. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- 37 张瑞武主编. 智能建筑. 北京: 清华大学出版社, 1996
- 38 汪纪锋编著. 高层建筑消防监控系统工程技术基础. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993

# (京)新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑防火设计手册/王学谦, 刘万臣主编. -北京: 中国  
建筑工业出版社, 1998  
ISBN 7-112-03354-3

I. 建… II. ①王… ②刘… III. 防火-建筑设计-手册  
IV. TU234-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 29078 号

本书结合国家最新建筑设计消防法规和标准, 全面、系统地介绍了建筑设计人员应掌握的建筑防火设计方面的基本知识和各种防火技术措施。主要内容包括: 建筑防火基本知识; 建筑防火设计; 建筑消防给水、灭火系统设计; 建筑防排烟设计; 建筑电气系统、火灾报警控制系统设计; 特殊建筑防火设计等六大部分, 共 23 章。

本书内容丰富, 图文并茂, 设计步骤简明, 配有大量常用的资料, 紧密结合实际, 可操作性、实用性强。

本书可供建筑设计人员和建筑防火审核人员使用, 也可供防火监督人员、企事业单位消防干部及消防院校师生参考。

\* \* \*

责任编辑 时咏梅 向建国  
责任设计 庞 玮  
责任校对 张 虹

## 建筑防火设计手册

主编 王学谦 刘万臣

\*

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

北京二二〇七工厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 32½ 字数: 826 千字

1998 年 5 月第一版 1998 年 5 月第一次印刷

印数: 1—5500 册 定价: 47.00 元

ISBN7-112-03354-3

TU·2595 (8498)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 前 言

近几年来,随着我国改革开放的不断深入和经济建设的迅速发展,城市建设进程加快,高层建筑、大型宾馆、饭店、商场和影剧院、歌舞厅急剧增加,居民住宅楼、办公楼越来越多;同时,随着物质财富的不断增多和人民生活逐步改善,社会生活和生产等领域中的火灾危险因素也随之增加,火灾发生的频率和造成的损失一度呈上升趋势。火灾统计资料表明,在各种火灾事故中,占居首位的是建筑火灾。1993年,建筑火灾发生28502起,占全年总火灾次数的74.8%;死2080人,占总火灾死亡人数的84.3%;火灾直接经济损失9.72亿元,占总火灾直接经济损失的86.8%。1994年,建筑火灾发生30229起,占总次数的76.8%;死2531人,占总死亡人数的88.8%;火灾损失10.7亿元,占总火灾损失的85.8%。1995年,建筑火灾发生28476起,占总火灾次数的75.1%;死2030人,占总死亡人数的89.1%;火灾损失9.48亿元,占总火灾损失86.1%。建筑火灾中的特大恶性火灾屡有发生。例如:新疆克拉玛依友谊馆、阜新市艺苑歌舞厅、唐山林西百货大楼、吉林市银都夜总会、南昌万寿宫商城、北京隆福大厦等几起特大恶性建筑火灾,损失惨重,骇人听闻。

建筑火灾的严重程度和造成的巨大危害,提醒和告诫人们要务必大力加强建筑的防火工作,以便把火灾损失减少到最低限度。而建筑防火设计工作是建筑防火的重要组成部分,如果出现疏漏或不符合防火要求的情况,必将留下火灾隐患,因此要切实把握好建筑防火设计这一关。为满足建筑设计人员及消防工作人员全面、系统地学习、掌握建筑防火设计基本知识和各种实用的建筑防火技术措施的需要,我们多位从事建筑防火教学、设计和审核工作多年的同行,发挥各自专业优势和集体智慧,编写了本书。

本书共有23章,按内容可分为六大部分:

第一部分(第一章)为建筑火灾和防火基本知识;

第二部分(第二章~第九章)为建筑设计防火;

第三部分(第十章~第十八章)为消防给水、灭火系统设计;

第四部分(第十九、二十章)为建筑防排烟系统和通风采暖系统防火设计;

第五部分(第二十一、二十二章)为电气系统防火和火灾自动报警控制系统设计;

第六部分(第二十三章)为特殊建筑的防火设计。

本书全面、系统地介绍了建筑防火设计的基本知识,并按照现行建筑设计防火规范的要求,吸收现代建筑防火设计技术和先进经验,针对建筑防火设计中存在的问题,介绍了一系列实用的建筑防火技术措施。本书内容丰富、完整,涵盖了建筑防火设计的全部内容。编写时,力求突出实用性和可操作性,注重理论联系实际;在内容表达方面力求做到简捷而通俗易懂、图文并茂,在内容编排上做到循序渐进、层次清楚、设计步骤程序化。

本书主要供建筑设计人员和建筑防火审核人员阅读使用,也可供防火监督人员、工业企业和事业单位消防干部及消防院校、建筑院校有关专业师生学习参考。

本书在编写过程中得到了许多专家及同行的热情帮助和支持,并参阅了一些作者的文献资料,在此谨向他们深表谢意。

由于我们的水平有限,缺点和错误之处希望读者批评指正。

# 目 录

第一章 建筑火灾及防火基本知识 .....	1
第一节 建筑起火原因 .....	1
第二节 建筑火灾的发展和蔓延 .....	3
第三节 建筑设计防火对策和措施 .....	7
第二章 建筑材料的高温性能 .....	10
第一节 有机材料 .....	11
第二节 无机材料 .....	14
第三节 建筑材料的燃烧性能分级及试验方法 .....	19
第三章 建筑耐火设计 .....	22
第一节 概述 .....	22
第二节 建筑构件的耐火性能 .....	23
第三节 单、多层建设耐火设计 .....	42
第四节 高层民用建筑耐火设计 .....	51
第五节 高层工业建筑耐火设计 .....	54
第四章 钢结构耐火设计 .....	56
第一节 裸露钢结构的耐火性能 .....	56
第二节 临界温度的计算 .....	58
第三节 钢结构耐火保护方法 .....	63
第四节 钢结构耐火保护层厚度计算 .....	65
第五节 钢结构耐火设计方法 .....	72
第五章 建筑内部装修防火设计 .....	78
第一节 建筑内部装修的火灾危险性 .....	78
第二节 建筑内部装修材料的分类与分级 .....	79
第三节 民用建筑内部装修防火设计一般规定 .....	84
第四节 单、多层民用建筑内部装修防火设计 .....	85
第五节 高层民用建筑内部装修防火设计 .....	87
第六节 地下民用建筑内部装修防火设计 .....	87
第七节 工业建筑内部装修防火设计 .....	88
第六章 防火分区设计 .....	89
第一节 概述 .....	89
第二节 防火分区的分隔物 .....	90
第三节 单、多层建筑防火分区设计 .....	98
第四节 高层民用建筑防火分区设计 .....	102
第五节 高层工业建筑防火分区设计 .....	106
第六节 玻璃幕墙等特殊情况的防火分隔设计 .....	107
第七章 安全疏散设计 .....	113

第一节	概述	113
第二节	疏散楼梯和消防电梯设计	115
第三节	工业建筑安全疏散设计	121
第四节	单、多层民用建筑安全疏散设计	124
第五节	高层民用建筑安全疏散设计	127
第六节	避难层和屋顶直升机停机坪设计	132
第七节	辅助疏散设施设计	137
第八章	总平面及建筑平面布局防火设计	141
第一节	总平面布局防火设计	141
第二节	建筑平面布置防火设计	155
第九章	工业建筑防爆设计	159
第一节	爆炸基本知识	159
第二节	工业建筑防爆技术措施	162
第三节	厂房建筑防爆设计	166
第四节	建筑结构、构造防爆设计	169
第十章	建筑小区室外消防给水系统设计	176
第一节	建筑小区室外消防给水系统设置原则	176
第二节	建筑小区室外消防给水系统的组成	176
第三节	建筑小区室外消防给水系统的类型	178
第四节	建筑小区设计用水量	180
第五节	消防给水水源	184
第六节	室外消火栓和水泵接合器	187
第七节	建筑小区室外消防给水管网	191
第八节	消防水泵给水设施	198
第十一章	低层建筑室内消火栓给水系统设计	206
第一节	系统的设置范围	206
第二节	系统的组成和类型	207
第三节	系统主要组件设计要求	210
第四节	系统设计计算	219
第十二章	高层建筑室内消火栓给水系统设计	225
第一节	系统设置及特点	225
第二节	系统的组成和类型	225
第三节	系统主要组件设计要求	227
第四节	系统设计计算	232
第五节	高层建筑室内消火栓给水系统设计实例	235
第十三章	闭式自动喷水灭火系统设计	240
第一节	系统设置范围	240
第二节	系统类型、组成和工作原理	242
第三节	系统主要组件及设计要求	248
第四节	系统设计	257
第五节	系统水力计算	267
第六节	闭式自动喷水灭火系统水力计算举例	272

<b>第十四章 雨淋喷水灭火系统设计</b> .....	277
第一节 系统设置范围 .....	277
第二节 系统类型、组成和工作原理 .....	208
第三节 系统主要组件及设计要求 .....	281
第四节 系统水力计算 .....	289
<b>第十五章 水幕系统设计</b> .....	292
第一节 水幕系统设置范围 .....	292
第二节 系统类型、组成和工作原理 .....	292
第三节 系统主要组件及设计要求 .....	293
第四节 系统设计计算 .....	298
<b>第十六章 水喷雾灭火系统设计</b> .....	301
第一节 系统设置范围 .....	301
第二节 系统组成和工作原理 .....	302
第三节 系统主要组件及设计要求 .....	303
第四节 系统设计计算 .....	307
<b>第十七章 二氧化碳灭火系统设计</b> .....	311
第一节 概述 .....	311
第二节 系统类型、组成和工作原理 .....	313
第三节 系统主要组件及设计要求 .....	316
第四节 系统设计计算 .....	322
第五节 全淹没二氧化碳灭火系统设计举例 .....	337
<b>第十八章 卤代烷灭火系统设计</b> .....	339
第一节 概述 .....	339
第二节 系统类型、组成和工作原理 .....	343
第三节 系统主要组件及设计要求 .....	348
第四节 防护区设置和安全要求 .....	354
第五节 系统灭火剂用量计算 .....	356
第六节 系统管网设计计算 .....	365
第七节 系统管网压力损失计算举例 .....	380
<b>第十九章 建筑防烟、排烟系统设计</b> .....	385
第一节 高层建筑防烟、排烟设施分类及设置范围 .....	385
第二节 高层建筑自然排烟系统设计 .....	386
第三节 高层建筑机械加压送风防烟系统设计 .....	388
第四节 高层建筑机械排烟系统设计 .....	400
第五节 高层建筑防烟、排烟系统设计实例分析 .....	409
第六节 地下建筑防烟、排烟系统设计 .....	411
<b>第二十章 建筑通风和采暖系统防火设计</b> .....	416
第一节 通风系统防火设计 .....	416
第二节 采暖系统防火设计 .....	421
<b>第二十一章 电气系统防火设计</b> .....	423
第一节 消防电源及其配电系统 .....	423
第二节 电气设备防火设计 .....	433

---

第三节	火灾应急照明和疏散指示标志 .....	454
<b>第二十二章</b>	<b>火灾自动报警控制系统设计 .....</b>	<b>458</b>
第一节	火灾探测器的分类与选用 .....	458
第二节	火灾自动报警系统的类型 .....	466
第三节	火灾自动报警系统的设计 .....	474
第四节	消防设备联动控制问题 .....	481
第五节	消防控制室 .....	495
<b>第二十三章</b>	<b>地下建筑和无窗厂房防火设计 .....</b>	<b>498</b>
第一节	地下建筑防火设计 .....	498
第二节	无窗厂房防火设计 .....	504
<b>参考文献</b>	.....	509



# 第一章 建筑火灾及防火基本知识

## 第一节 建筑起火原因

凡是事故皆有起因，火灾亦不例外。分析建筑物的起火原因是为了在建筑设计时，更针对性地采取防火技术措施，防止和减少火灾危害。

建筑物起火的原因归纳起来大致可分为六类。

### 一、生活和生产用火不慎

#### 1. 生活和生产用火不慎

我国城乡居民家庭火灾绝大多数为生活用火不慎引起。属于这类火灾的原因，大体有以下几方面：

(1) 吸烟不慎。烟头和点燃烟后未熄灭的火柴梗虽是个不大的火源，但它能引起许多可燃物质燃烧着火。在生活用火引起的火灾中，吸烟不慎引起的火灾次数占很大比例。如将没有熄灭的烟头和火柴梗扔在可燃物中引起火灾；躺在床上，特别是醉酒后躺在床上吸烟，烟头掉在被褥上引起火灾；在禁止一切火种的地方吸烟引起火灾等火灾案例很多。

(2) 炊事用火。炊事用火是人们最经常的生活用火，除了居民家庭外，单位的食堂、饮食行业都涉及炊事用火。炊事用火的主要器具是各种炉灶，如煤、柴炉灶，液化石油气炉灶，煤气炉灶，天然气炉灶，沼气炉灶，煤油炉等，许多炉灶还设有排烟的烟囱。如果炉灶设置地点不当，安装不符合安全要求，烟囱距离可燃构件等太近或其间没有可靠的隔火、隔热措施，在使用炉灶过程中违反防火安全要求或出现异常事故等都可能引起火灾。

(3) 取暖用火。我国广大地区，特别是北方地区，冬季都要取暖。除了宾馆、饭店和部分居民住宅使用空调和集中供热外，绝大多数使用明火取暖。取暖用的火炉、火炕、火盆及用于排烟的烟囱在设置、安装、使用不当时，都可能引起火灾。

(4) 灯火照明。城市和绝大多数乡村现已使用电灯照明，但在供电发生故障或修理线路时，每逢停电也常用蜡烛、油灯照明。此外，婚事、丧事、喜事等也往往燃点蜡烛。少数无电的农村和边远地区则都靠蜡烛、油灯等照明。蜡烛和油灯放置位置不当，用时不当心等都容易引起火灾事故。

(5) 小孩玩火。小孩玩火，虽不是正常生活用火，但却是生活中常见的火灾原因。尤其是农村，小孩玩火更为突出。

(6) 燃放烟花爆竹。每逢节日庆典，人们多燃放烟花爆竹来增加欢乐气氛。但是在烟花爆竹燃放时遇到可燃物往往会引起火灾。我国每年春节期间火灾频繁，其中80%以上是燃放烟花爆竹所引起的。

(7) 宗教活动用火。在进行宗教活动的主要场所庵堂、寺庙、道观中，整日香火不断，烛火通明。如果稍有不慎，就会引起火灾。庵堂、寺庙、道观中很多是古建筑，一旦发生火灾，将会造成重大损失。

## 2. 生产用火不慎

用明火熔化沥青、石蜡或熬制动、植物油时，因超过其自燃点，着火成灾。在烘烤木板、烟叶等可燃物时，因升温过高，引起烘烤的可燃物起火成灾。锅炉中排出的炽热炉渣处理不当，会引燃周围的可燃物。

### 二、违反生产安全制度

由于违反生产安全制度引起火灾的情况很多。如在易燃易爆的车间内动用明火，引起爆炸起火；将性质相抵触的物品混存在一起，引起燃烧爆炸；在用气焊焊接和切割时，会飞迸出大量火星和熔渣，焊接切割部位温度很高，如果没有采取相应的防火措施，则很容易酿成火灾；在机器运转过程中，不按时加油润滑，或没有清除附在机器轴承上面的杂质、废物，而使机器这些部位摩擦发热，引起附着物燃烧起火；电熨斗放在台板上，没有切断电源就离去，导致电熨斗过热，将台板烤燃引起火灾；化工生产设备失修，发生可燃气体、易燃可燃液体跑、冒、滴、漏现象，遇到明火燃烧或爆炸。

### 三、电气设备设计、安装、使用及维护不当

电气设备引起火灾的原因，主要有电气设备过负荷、电气线路接头接触不良、电气线路短路；照明灯具设置使用不当，如将功率较大的灯泡安装在木板、纸等可燃物附近，将日光灯的镇流器安装在可燃基座上，以及用纸或布做灯罩紧贴在灯泡表面上等；在易燃易爆的车间内使用非防爆型的电动机、灯具、开关等。

### 四、自然现象引起

#### 1. 自燃

所谓自燃，是指在没有任何明火的情况下，物质受空气氧化或外界温度、湿度的影响，经过较长时间的发热和蓄热，逐渐达到自燃点而发生燃烧的现象。如大量堆积在库房里的油布、油纸，因为通风不好，内部发热，以致积热不散发生自燃。

#### 2. 雷击

雷电引起的火灾原因，大体上有三种：一是雷直接击在建筑物上发生的热效应、机械效应作用等；二是雷电产生的静电感应作用和电磁感应作用；三是高电位沿着电气线路或金属管道系统侵入建筑物内部。在雷击较多的地区，建筑物上如果没有设置可靠的防雷保护设施，便有可能发生雷击起火。

#### 3. 静电

静电通常是由摩擦、撞击而产生的。因静电放电引起的火灾事故屡见不鲜。如易燃、可燃液体在塑料管中流动，由于摩擦产生静电，引起易燃、可燃液体燃烧爆炸；输送易燃液体流速过大，无导除静电设施或者导除静电设施不良，致使大量静电荷积聚，产生火花引起爆炸起火；在有大量爆炸性混合气体存在的地点，身上穿着的化纤织物的摩擦、塑料鞋底与地面的摩擦产生的静电，引起爆炸性混合气体爆炸等。

#### 4. 地震

发生地震时，人们急于疏散，往往来不及切断电源、熄灭炉火以及处理好易燃、易爆生产装置和危险物品等，因而伴随着地震发生，会有各种火灾发生。

### 五、纵火

纵火分刑事犯罪纵火及精神病人纵火。

### 六、建筑布局不合理，建筑材料选用不当

在建筑布局方面，防火间距不符合消防安全要求，没有考虑风向、地势等因素对火灾蔓延的影响，往往会造成发生火灾时火烧连营，形成大面积火灾。在建筑构造、装修方面，大量采用可燃构件，可燃、易燃装修材料都大大增加了建筑火灾发生的可能性。

## 第二节 建筑火灾的发展和蔓延

建筑火灾最初是发生在建筑物内的某个房间或局部区域，然后由此蔓延到相邻房间或区域，以至整个楼层，最后蔓延到整个建筑物。

### 一、室内火灾的发展过程

在此仅介绍耐火建筑中具有代表性的一个房间内的火灾发展过程。

室内火灾的发展过程可以用室内烟气的平均温度随时间的变化来描述，如图 1-1 所示。

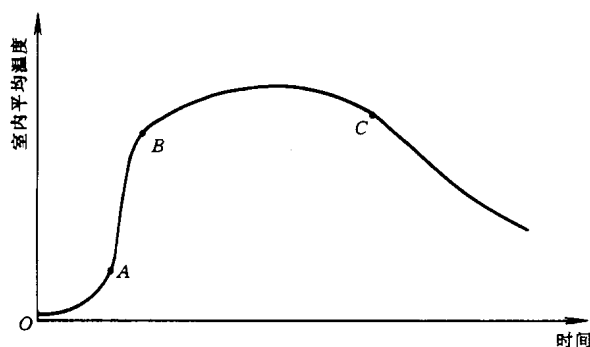


图 1-1 室内火灾温度—时间曲线

根据室内火灾温度随时间的变化特点，可以将火灾发展过程分为三个阶段，即火灾初起阶段（图中 OA 段）、火灾全面发展阶段（AC 段）、火灾熄灭阶段（C 点以后）。

#### 1. 初起阶段

室内发生火灾后，最初只是起火部位及其周围可燃物着火燃烧。这时火灾好象在敞开的空间里进行一样。在火灾局部燃烧形成之后，可能会出现下列三种情况之一：

（1）最初着火的可燃物质燃烧完，而未延及其他的可燃物质。尤其是初始着火的可燃物处在隔离的情况下。

（2）如果通风不足，则火灾可能自行熄灭，或受到通风供氧条件的支配，以很慢的燃烧速度继续燃烧。

（3）如果存在足够的可燃物质，而且具有良好的通风条件，则火灾迅速发展到整个房间，使房间中的所有可燃物（家具、衣物、可燃装修等）卷入燃烧之中，从而使室内火灾进入到全面发展的猛烈燃烧阶段。

初起阶段的特点是：火灾燃烧范围不大，火灾仅限于初始起火点附近；室内温度差别大，在燃烧区域及其附近存在高温，室内平均温度低；火灾发展速度较慢，在发展过程中，火势不稳定；火灾发展时间因点火源、可燃物质性质和分布、通风条件影响长短差别很大。

根据初起阶段的特点可见，该阶段是灭火的最有利时机，应设法争取尽早发现火灾，把火灾及时控制消灭在起火点。为此，在建筑物内安装和配备适当数量的灭火设备，设置及时发现火灾和报警的装置是很有必要的。初起阶段也是人员疏散的有利时机，发生火灾时人员若在这一阶段不能疏散出房间，就很危险了。初起阶段时间持续越长，就有更多的机会发现火灾和灭火，并有利于人员安全撤离。

#### 2. 全面发展阶段

在火灾初起阶段后期，火灾范围迅速扩大，当火灾房间温度达到一定值时，聚积在房

间内的可燃气体突然起火，整个房间都充满了火焰，房间内所有可燃物表面部分都卷入火灾之中，燃烧很猛烈，温度升高很快。房间内局部燃烧向全室性燃烧过渡的这种现象通常称为轰燃。轰燃是室内火灾最显著的特征之一，它标志着火灾全面发展阶段的开始。对于安全疏散而言，人们若在轰燃之前还没有从室内逃出，则很难幸存。

轰燃发生后，房间内所有可燃物都在猛烈燃烧，放热速度很大，因而房间内温度升高很快，并出现持续性高温，最高温度可达1100℃左右。火焰、高温烟气从房间的开口大量喷出，把火灾蔓延到建筑物的其他部分。室内高温还对建筑构件产生热作用，使建筑构件的承载能力下降，甚至造成建筑物局部或整体倒塌破坏。

耐火建筑的房间通常在起火后，由于其四周墙壁和顶棚、地面坚固，不会烧穿，因此发生火灾时房间通风开口的大小没有什么变化，当火灾发展到全面燃烧阶段，室内燃烧大多由通风控制着，室内火灾保持着稳定的燃烧状态。火灾全面发展阶段的持续时间取决于室内可燃物的性质和数量、通风条件等。

为了减少火灾损失，针对火灾全面发展阶段的特点，在建筑防火设计中应采取的主要措施是：在建筑物内设置具有一定耐火性能的防火分隔物，把火灾控制在一定的范围之内，防止火灾大面积蔓延；选用耐火程度较高的建筑结构作为建筑物的承重体系，确保建筑物发生火灾时不倒塌破坏，为火灾时人员疏散、消防队扑救火灾，火灾后建筑物修复、继续使用创造条件。

### 3. 熄灭阶段

在火灾全面发展阶段后期，随着室内可燃物的挥发物质不断减少，以及可燃物数量减少，火灾燃烧速度递减，温度逐渐下降。当室内平均温度降到温度最高值的80%时，则认为火灾进入熄灭阶段。随后，房间温度下降明显，直到把房间内的全部可燃物烧光，室内外温度趋于一致，宣告火灾结束。

该阶段前期，燃烧仍十分猛烈，火灾温度仍很高。针对该阶段的特点，应注意防止建筑构件因较长时间受高温作用和灭火射水的冷却作用而出现裂缝、下沉、倾斜或倒塌破坏，确保消防人员的人身安全；并应注意防止火灾向相邻建筑蔓延。

## 二、建筑物内火灾蔓延的途径

火由起火部位向其他区域蔓延是通过可燃物的直接延烧、热传导、热辐射和热对流等方式扩大蔓延的。大量火灾实例表明，火从起火部位向别处蔓延的途径主要有：

### 1. 内墙门

建筑物内某房间起火，最后蔓延到整个建筑物，原因大多是房间的门未能把火挡住。走廊内即使没有任何可燃物，从起火房间门口喷涌出的火焰、高温烟气的扩散，也能把火蔓延到较远的房间或区域。

### 2. 外墙窗口

室内火灾发展到全面燃烧阶段，大量高温烟气、火焰喷出窗口，直接通过上面楼层打开着的窗口或烧坏上面楼层窗玻璃造成火势向上层蔓延；此外，还通过热辐射作用对邻近建筑物、构筑物等构成火灾威胁。

### 3. 楼板上的孔洞和各种竖井管道

由于建筑功能的需要，建筑物内往往设有各种竖井管道或竖向开口部位等，如楼梯间、电梯井、管道井、垃圾井、通风井、排烟井，它们贯穿若干楼层甚至全部楼层，在建筑物

发生火灾时,会产生“烟囱效应”,抽拔烟火,造成火势迅速向上部楼层蔓延。试验研究表明,高温烟气在竖井内向上蔓延的速度约为3~5m/s。

#### 4. 房间隔墙

房间隔墙采用可燃材料制作,或采用不燃、难燃材料制作而耐火性却很差时,在火灾高温作用下则会被烧坏,失去隔火作用,使火灾蔓延到相邻房间或区域。

#### 5. 穿越楼板、墙壁的管线和缝隙

室内发生火灾时,室内上半部处于较高压力状态下,该部位穿越楼板、墙壁的管线和缝隙很容易把火焰、高温烟气传播出去,造成火灾蔓延。此外,穿过房间的金属管线在火灾高温作用下,往往会通过热传导方式将热量传到相邻房间或区域一侧,使与管线接触的可燃物起火,造成火势蔓延。

#### 6. 闷顶

由于烟火是向上升腾的,因此吊顶棚上的入孔、通风口等都是烟火进入的通道。闷顶内往往没有防火分隔墙,空间大,很容易造成火灾水平蔓延,并通过闷顶内的孔洞再向四周、向下面的房间蔓延。

### 三、火灾在全面发展阶段的性状

火灾造成建筑物破坏、人员伤亡和财产损失主要发生在火灾全面发展阶段,只有弄清这一阶段的火灾性状,才能更好地指导建筑防火设计,达到最大限度减少火灾损失的目的。

#### 1. 火灾荷载

火灾荷载是衡量建筑物室内所容纳可燃物数量多少的一个参数,是研究火灾全面发展阶段性状的基本要素。在建筑物发生火灾时,火灾荷载直接决定着火灾持续时间的长短和室内温度的变化情况。因而,在进行建筑结构耐火设计时,很有必要了解火灾荷载的概念,合理确定火灾荷载数值。

建筑物内的可燃物可分为固定可燃物和容载可燃物两类。固定可燃物是指墙壁、顶棚、楼板等结构材料及装修材料所采用的可燃物以及门窗、固定家具等所采用的可燃物。容载可燃物是指家具、书籍、衣物、寝具、摆设等构成的可燃物。固定可燃物数量很容易通过建筑物的设计图纸准确地求得。容载可燃物数量很难准确计算,一般由调查统计确定。

建筑物中可燃物种类很多,其燃烧发热量也因材料性质不同而异。为便于研究,在实际中常根据燃烧热值把某种材料换算为等效发热量的木材,用等效木材的重量表示可燃物的数量,称为等效可燃物的量。一般地说,大空间所容纳的可燃物比小空间要多,因此等效可燃物量与建筑面积或容积的大小有关。为便于研究火灾性状,在此把火灾范围内单位地板面积的等效可燃物木材的数量定义为火灾荷载,并用 $q$ 表示,则有:

$$q = \frac{\sum G_i H_i}{H_0 A} = \frac{\sum Q_i}{18.4 A} \quad (1-1)$$

式中  $q$  ——火灾荷载 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );

$G_i$  ——某种可燃物重量 ( $\text{kg}$ );

$H_i$  ——某种可燃物单位重量发热量 ( $\text{MJ}/\text{kg}$ );

$H_0$  ——单位重量木材的发热量 ( $\text{MJ}/\text{kg}$ ),一般取18.4;

$A$  ——火灾范围的地板面积 ( $\text{m}^2$ );

$\sum Q_i$  ——火灾范围内所有可燃物的总发热量 ( $\text{MJ}$ )。

把房间中所有可燃物完全燃烧时所产生的总热量与房间的特征参考面积之比定义为火灾荷载密度。房间的特征参考面积可采用地板面积或室内总表面积。采用地板面积表示的火灾荷载密度表达式为：

$$q_f = \frac{\sum G_i H_i}{A} = q H_0 = 18.4q \quad (1-2)$$

采用室内总表面积作为房间特征参考面积表示的火灾荷载密度表达式为：

$$q_f = \frac{\sum G_i H_i}{A_t} \quad (1-3)$$

上两式中  $q_f$ ——用地板面积表示的火灾荷载密度 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )；

$q_t$ ——用室内总表面积表示的火灾荷载密度 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )；

$A_t$ ——室内总表面积 ( $\text{m}^2$ )。

建筑物内由容载可燃物构成的火灾荷载密度要通过调查统计得到。目前国内尚无这方面的资料，在此给出日本和加拿大两个国家的统计数据（分别见表 1-1、表 1-2），以供参考。

加拿大建筑物火灾荷载密度 ( $q_f$ )

表 1-1

建筑物用途	可燃物量 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )	建筑物用途	可燃物量 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )
办 事 处	920	教 室	552
公 寓	828	病 房	368

日本建筑物火灾荷载密度 ( $q_f$ )

表 1-2

建筑物用途	一般情况 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )	通常最大值 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )
住宅建筑	644~662	1104
一般办公室	129~607	736
剧场舞台	—	1380
医院	276~552	552
旅馆住房	460~736	736
会议室、讲堂、观众席	368~644	644
设计室	552~2760	2208
教室	552~828	736
图书库	2760~9200	7360
图书室 (设有书架)	1840~4600	4600
仓库	3680~18400	—
商场	—	1840~3680
体育馆存衣室	—	276
体育馆器材库	—	1840

## 2. 燃烧速度

单位时间内等效可燃物燃烧的重量称为燃烧速度。燃烧速度大小决定了室内火灾释放

热量的多少,直接影响室内火灾温度的变化。

对于耐火建筑而言,室内的四周墙壁、楼板等是坚固的,火灾时一般不会烧穿,因此可以认为在火灾全面发展阶段,室内开口大小不变。大量试验研究表明,这类建筑的房间在火灾全面发展阶段有两种燃烧状况:一种是室内的开口特别大,超过某一数值,使得室内燃烧速度与开口大小无关,而是由室内可燃物的表面积和燃烧特性决定的,即火灾是受燃料控制的。另一种是室内可燃物的燃烧速度由流入室内的空气流速控制,即火灾是受通风控制的。绝大多数建筑的室内房间,在一般开口条件下,火灾全面发展阶段的性状是受通风开口的空气流速控制的。理论研究和大量的房间火灾试验证明,耐火建筑室内的燃烧速度  $R$  可用下式计算:

$$R = 5.5A_w \sqrt{H} \quad (\text{kg/min}) \quad (1-4)$$

式中  $A_w$ ——房间通风开口面积 ( $\text{m}^2$ );

$H$ ——房间通风开口高度 (m)。

值得注意的是上述燃烧速度是以木材的燃烧推得的。

### 3. 火灾持续时间和火灾温度

火灾危害的严重性取决于火灾的持续时间长短和所达到的最高温度。火灾进入全面发展阶段后的燃烧持续时间  $t$  可用下式计算:

$$t = \frac{qA}{R} = \frac{qA}{5.5A_w \sqrt{H}} \quad (\text{min}) \quad (1-5)$$

式中各符号意义同前。

火灾进入全面发展阶段后房间内的火灾温度可通过分析建立房间内的热平衡关系求得,还可通过火灾标准升温曲线方程式 (1-6) 估算。

$$T = 345 \lg(8t + 1) + T_0 \quad (1-6)$$

式中  $T$ ——火灾房间内  $t$  时间的温度 ( $^{\circ}\text{C}$ );

$t$ ——燃烧持续时间 (min);

$T_0$ ——房间起火前温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

## 第三节 建筑设计防火对策和措施

### 一、建筑设计防火对策

防火对策可分为两类,一类是积极防火对策,即采用预防起火、早期发现(如设火灾探测报警系统)、初期灭火(如设自动喷水灭火系统)等措施,尽可能做到不失火成灾。采用这类防火对策为重点进行防火,可以减少火灾发生的起数,但却不能排除遭受重大火灾的可能性。另一类是“消极”防火对策,即采用以耐火构件划分防火分区、提高建筑结构耐火性能、设置防排烟系统、设置安全疏散楼梯等措施,尽量不使火势扩大并疏散人员和财物。以“消极”防火对策为重点进行防火,虽然会发生火灾,但却可以减少发生重大火灾的概率。“消极”防火对策和积极防火对策的目的是一致的,都是为了减轻火灾损失,保证人员的生命安全。

### 二、建筑设计防火措施

《建筑设计防火规范》(GBJ 16—87)和《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—

95) 等规范规定了建筑设计防火应采用的技术措施, 其按工种概括起来有以下四大方面:

- (1) 建筑防火;
- (2) 消防给水、灭火系统;
- (3) 采暖通风、空调系统防火, 防排烟系统;
- (4) 电气防火, 火灾报警控制系统等。

#### (一) 建筑防火

建筑设计防火的主要内容有:

总平面防火。它要求在总平面设计中, 应根据建筑物的使用性质、火灾危险性、地形、地势和风向等因素, 进行合理布局, 尽量避免建筑物相互之间构成火灾威胁和发生火灾爆炸后可能造成严重后果。并且为消防车顺利扑救火灾提供条件。

建筑物耐火等级。划分建筑物耐火等级是建筑设计防火规范中规定的防火技术措施中最基本的措施。它要求建筑物在火灾高温的持续作用下, 墙、柱、梁、楼板、屋盖、吊顶等基本建筑构件, 能在一定的时间内不破坏, 不传播火灾, 从而起到延缓和阻止火灾蔓延的作用, 并为人员疏散、抢救物资和扑灭火灾以及为火灾后结构修复创造条件。

防火分区和防火分隔。在建筑物中采用耐火性较好的分隔构件将建筑物空间分隔成若干区域, 一旦某一区域起火, 则会把火灾控制在这一局部区域之中, 防止火灾扩大蔓延。

防烟分区。对于某些建筑物需用挡烟构件(挡烟梁、挡烟垂壁、隔墙)划分防烟分区将烟气控制在一定范围内, 以使用排烟设施将其排出, 保证人员安全疏散和便于消防扑救工作进行。

室内装修防火。在防火设计中应根据建筑物性质、规模, 对建筑物的不同装修部位, 采用相应燃烧性能的装修材料。要求室内装修材料尽量作到不燃或难燃化, 减少火灾的发生和降低蔓延速度。

安全疏散。建筑物发生火灾时, 为避免建筑物内人员由于火烧、烟熏中毒和房屋倒塌而遭到伤害, 必须尽快撤离; 室内的物资财富也要尽快抢救出来, 以减少火灾损失。为此要求建筑物应有完善的完全疏散设施, 为安全疏散创造良好的条件。

工业建筑防爆。在一些工业建筑中, 使用和产生的可燃气体、可燃蒸气、可燃粉尘等物质能够与空气形成爆炸危险性的混合物, 遇到火源就能引起爆炸。这种爆炸能够在瞬间以机械功的形式释放出巨大的能量, 使建筑物、生产设备遭到毁坏, 造成人员伤亡。对于上述有爆炸危险的工业建筑, 为了防止爆炸事故的发生, 减少爆炸事故造成的损失, 要从建筑平面与空间布置、建筑构造和建筑设施方面采取防火防爆措施。

#### (二) 消防给水、灭火系统

其设计的主要内容包括: 室外消防给水系统、室内消火栓给水系统、闭式自动喷水灭火系统、雨淋喷水灭火系统、水幕系统、水喷雾消防系统, 以及二氧化碳灭火系统、卤代烷灭火系统等。要求根据建筑的性质、具体情况, 合理设置上述各种系统, 做好各个系统的设计计算, 合理选用系统的设备、配件等。

#### (三) 采暖、通风和空调系统防火, 防排烟系统

采暖、通风和空调系统防火设计应按规范要求选好设备的类型, 布置好各种设备和配



件，做好防火构造处理等。在设计防排烟系统时要根据建筑物性质、使用功能、规模等确定好设置范围，合理采用防排烟方式，划分防烟分区，做好系统设计计算，合理选用设备类型等。

#### （四）电气防火，火灾自动报警控制系统

设计要求是根据建筑物的性质，合理确定消防供电级别，做好消防电源、配电线路、设备的防火设计，做好火灾事故照明和疏散指示标志设计，采用先进可靠的火灾报警控制系统。此外，对建筑物还要设计安全可靠的防雷装置。