

高等学校给排水科学与工程专业规划教材

# 建筑消防工程

(第二版)

徐志婧 李 梅 孙小虎 主编  
陈怀德 主审

中国建筑工业出版社

高等学校给排水科学与工程专业规划教材

# 建筑消防工程（第二版）

徐志婧 李 梅 孙小虎 主编  
陈怀德 主审

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

建筑消防工程/徐志嫻, 李梅, 孙小虎主编. —2 版. —北京:  
中国建筑工业出版社, 2018. 10  
高等学校给排水科学与工程专业规划教材  
ISBN 978-7-112-22474-6

I. ①建… II. ①徐… ②李… ③孙… III. ①建筑物-消防-高等  
学校-教材 IV. ①TU998. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 166207 号

本书从系统安全的角度出发, 构建了建筑消防工程的完整框架。结合建筑防火设计的思想, 以火灾发生的教训为出发点, 分析了建筑火灾发生、发展的基本规律, 围绕建筑防火的技术措施, 系统阐述了民用建筑防火、建筑消防系统、建筑防排烟、火灾自动报警系统的相关内容。重点讲述了室内外消火栓、自动喷水灭火系统、洁净气体灭火系统及建筑灭火器等建筑消防设备的类型、组成、工作原理、适用条件、设计计算方法; 人防地下室、汽车库的消防系统设计、消防排水等问题; 简要论述了用于高大空间的大空间智能型主动灭火系统和固定消防炮灭火系统。

本书可作为高等院校给水排水科学与工程专业教学用书, 也可作为建筑、消防、建筑环境与设备、自动控制工程等专业的参考教材及工程设计、施工、监理及消防行业管理等方面人员的参考用书。

\* \* \*

责任编辑: 张文胜

责任校对: 王雪竹

高等学校给排水科学与工程专业规划教材

### 建筑消防工程 (第二版)

徐志嫻 李梅 孙小虎 主编

陈怀德 主审

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16½ 字数: 412 千字

2018 年 9 月第二版 2018 年 9 月第九次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-22474-6

(32560)

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)

## 第二版前言

随着城市建设的迅速发展，民用建筑的技术密集和复杂程度已今非昔比，而建筑中的安全性问题也日益突出。现实生活中由于在设计中轻视了建筑安全性问题而导致的建筑火灾事故频繁发生，造成的人员伤亡和财产损失触目惊心、难以弥补，所以建筑中的安全性问题应引起足够的重视。

本书从建筑安全的角度出发，构建了民用建筑消防系统的完整框架。结合建筑防火设计的思想，分析了建筑火灾发生、发展的基本规律，围绕建筑防火的技术措施，系统地阐述了民用建筑防火、建筑消防系统、建筑防排烟、火灾自动报警系统的相关内容。重点讲述了消火栓消防给水系统、自动喷水灭火系统、洁净气体灭火系统及建筑灭火器等建筑消防系统的类型、组成、工作原理、适用条件、设计计算方法；人防地下室、汽车库的消防系统设计、消防排水等问题。探讨了适用于建筑高大空间的大空间智能型主动灭火系统和固定消防炮灭火系统的工作原理和设计方法。

本书注重吸收近年来在建筑消防工程领域的新技术和先进经验，阐述了国内建筑消防设计的最新成果，以国家最新颁布的建筑消防技术规范和示图为依据，用大量的图表和实例对各系统的设计和相关问题进行了详细的分析和计算，是一部理论与实际紧密结合的实用教材。

本书可作为高等院校给排水科学与工程专业的教学用书，也可作为建筑、消防、建筑环境与设备、自动控制工程等专业的参考教材及工程设计、施工、监理及消防行业管理等方面人员的参考用书。

本书的作者来自于教学、设计、管理等不同部门。由西安理工大学徐志嫻、山东建筑大学李梅、西北综合勘察设计院孙小虎担任主编，西北建筑设计研究院陈怀德主审。全书共5章，第1章由山东建筑大学张克峰和刘静编写；第2章由西北综合勘察设计院孙小虎编写；第3章由徐志嫻、李梅、西北综合勘察设计研究院的宋涛、河北工程大学的刘维、西安科技大学的李亚娇编写；第4章由徐志嫻、西北综合勘察设计研究院的杨天文编写；第5章由西北综合勘察设计研究院的魏王斌编写。

本书在编写过程中参阅了多位专家的著作和文章，参考了西北综合勘察设计院、西安市建筑设计院的大量工程设计实例，并得到了西安市建筑设计院田静的热情帮助，以及西安理工大学和山东建筑大学有关部门和人员的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者及同行不吝指教，以臻完善。

编者

2018年5月

# 第一版前言

随着城市建设的迅速发展，高层建筑、生态建筑、地下建筑及大空间建筑等技术的密集和复杂程度已今非昔比，而建筑中的安全性问题也日益突出。现实生活中由于在设计中轻视了建筑安全性问题而导致的建筑火灾事故频频发生，造成的人员伤亡和财产损失触目惊心、难以弥补，所以建筑中的安全性问题应引起足够的重视。

本书从系统安全的角度出发，构建了建筑消防系统的完整框架。结合建筑防火设计的思想，分析了建筑火灾发生、发展的基本规律，围绕建筑防火的技术措施，系统地阐述了建筑设计防火，建筑消防系统、建筑防排烟、火灾自动报警系统的相关内容。重点讲述了室内外消火栓、自动喷水灭火系统、洁净气体灭火系统及建筑灭火器等建筑消防设备的类型、组成、工作原理、适用条件、设计计算方法；人防地下室、汽车库的消防系统设计、消防排水等问题；论述了大空间建筑消防和注氮控氧等一些新型灭火防火系统。

本书注重吸收近年来在建筑消防工程领域的新技术和先进经验，阐述了国内建筑消防设计的最新成果，以国家最新颁布的建筑消防技术规范为依据，用大量的图表和实例对各种系统的设计和相关问题进行了详细的分析和计算，是一部理论与实际紧密结合的实用教材。

本书可作为高等院校给排水工程专业的教学用书，也可作为建筑、消防、建筑环境与设备、自动控制工程等专业的参考教材及工程设计、施工、监理及消防行业管理等方面人员的参考用书。

本书的作者来自于教学、设计、管理等不同部门。由西安理工大学徐志嫫、山东建筑大学李梅担任主编，西北建筑设计研究院陈怀德主审。全书共6章，其中第4章4.3、4.4、4.5节，第5章5.1、5.2、5.3节由徐志嫫编写；第2章、第4章4.2、4.4、4.7节由李梅编写。其他参加编写的人员有：西北综合勘察设计研究院的孙晓强（第3章）、宋涛（第4章4.1、4.5节）、杨天文（第5章、5.4、5.5、5.6节）、魏王斌（第6章）；山东建筑大学的张克峰、刘静（第1章、第4章4.6）；西安科技大学的李亚娇（第4章4.8）。

本书在编写过程中参阅了多位专家的著作和文章，参考了西北综合勘察设计研究院、西安市建筑设计院的大量工程设计实例，并得到了西安市建筑设计院田静的热情帮助，西安理工大学和山东建筑大学有关部门和人员的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者及同行不吝指教，以臻完善。

编著者  
2008年12月

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑火灾的教训	1
1.2 建筑火灾知识	6
1.3 建筑防火措施与对策	13
第 2 章 民用建筑防火	16
2.1 建筑防火的基本概念	16
2.2 建筑分类和耐火等级	16
2.3 建筑总平面布局	19
2.4 防火分区	23
2.5 安全疏散	26
2.6 消防电梯	34
2.7 设备用房的平面布置	35
2.8 地下建筑防火	37
2.9 汽车库防火	39
2.10 建筑防火设计实例	42
第 3 章 建筑消防系统	44
3.1 消火栓给水系统	44
3.2 自动喷水灭火系统	97
3.3 气体灭火系统	144
3.4 建筑灭火器的配置	163
3.5 其他新型消防系统	172
3.6 消防排水	184
3.7 汽车库消防系统设计	186
3.8 人民防空地下室消防设计	191
第 4 章 建筑防排烟	198
4.1 概述	198
4.2 防排烟设计	201
4.3 中庭防、排烟系统设计	212
4.4 通风空调系统的防火设计	215
4.5 地下车库通风及排烟设计	216
4.6 人民防空地下室防排烟设计	218
第 5 章 火灾自动报警系统	220
5.1 火灾自动报警系统简介	220

5.2	火灾探测器 .....	225
5.3	消防联动控制系统 .....	228
5.4	火灾自动报警系统设计 .....	239
5.5	住宅建筑火灾自动报警系统 .....	248
5.6	设计实例 .....	251
	附录 钢管水力计算表 .....	254
	参考文献 .....	258

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 建筑火灾的教训

建筑火灾是指烧毁（损）建筑物及其容纳物品，造成生命财产损失的灾害。为了避免、减少建筑火灾的发生，必须研究其发生、发展规律，总结火灾教训，进行防火设计，采取防火技术，防患于未然。

近年来，我国建筑事业发展十分迅速，防火设计已积累了较丰富的经验，国外也有不少新经验值得我们借鉴，同时也有不少教训值得认真吸取。国内外许多高层建筑火灾的经验教训告诉我们，在建筑设计中，如果对防火设计缺乏考虑或考虑不周密，一旦发生火灾，会造成严重的伤亡事故和经济损失，有的还会带来严重的政治影响。

为了对建筑火灾有个初步了解，下面介绍一些国内外火灾的案例，通过这些案例，以便了解火灾发生发展过程，火灾造成的人民生命财产损失概况及应吸取的教训，从而提高对防火重要性的认识。

### 1.1.1 我国哈尔滨天鹅饭店火灾

#### (1) 建筑概况

天鹅饭店是 11 层钢筋混凝土框架结构，标准层面积为  $1200\text{m}^2$ 。设两座楼梯、四台电梯（其中一台兼作消防电梯）。标准层平面图如图 1-1 所示。隔墙为钢龙骨石膏板，走道采用石膏板吊顶。

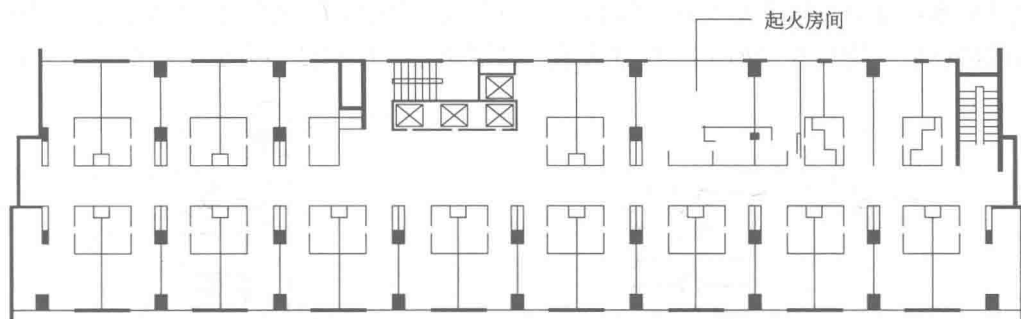


图 1-1 哈尔滨天鹅饭店标准层平面图及起火房间位置

#### (2) 火灾发展情况

1985 年 4 月 9 日，住在第 11 层 16 号房间的美国客人，酒后躺在床上吸烟引起火灾。由于火灾发生在午夜，待肇事者被烟熏火燎惊醒逃出起火房间之后，才发现火灾。由于火灾发现的时间晚，又没有组织及时地扑救，有 6 个房间被烧毁，12 个房间被烧坏，走道吊顶大部分被烧毁。火灾中，10 人死亡，7 人受伤，受灾面积达  $505\text{m}^2$ ，经济损失 25 万



余元。

(3) 主要经验教训

1) 该饭店大楼设计上有火灾自动报警装置, 由于某种原因, 没有安装火灾自动报警装置, 在消防安全设施极不完善的条件下, 强行开了业。如果安装火灾自动报警装置和自动喷水灭火系统, 这次火灾事故完全可以避免。

2) 采用的塑料墙纸存在较大隐患。经火灾后试验发现, 这种墙纸燃烧快、烟尘多、毒性大。

3) 饭店大楼由于管道穿过楼板的孔洞没有用水泥砂浆严密堵塞(施工缺陷), 火灾时, 火星不断地向下面几层楼掉落, 幸亏发现及时, 采取防范措施, 才未酿成更大火灾。因此, 管道穿过楼板时, 用不燃烧材料严密填塞是完全必要的。

4) 楼梯设计不当。把防烟楼梯间设计成普通楼梯间, 致使烟气窜入, 使人员失去逃生通道, 导致惨重的伤亡事故。

1.1.2 韩国首尔大然阁旅馆火灾

(1) 建筑概况

大然阁旅馆于 1970 年 6 月建成。建筑层数为二十层, 标准层平面为“L”形, 每层面积近 1500m<sup>2</sup> (见图 1-2)。西部是公司办公用房, 地下层为汽车库, 一层为设备层, 二层为大厅, 三~二十层为办公室。东部是旅馆, 一层为设备层, 二层为大厅和咖啡厅, 三层为餐馆, 四层为宴会厅, 五层为设备层, 六~二十层为旅馆, 共有客房 223 间。第二十一层是公共娱乐用房, 该建筑每层的公司办公用房和旅馆部分是相互连通的, 各设有一座楼梯, 共设八台电梯。

(2) 火灾发展情况

1971 年 12 月 25 日, 旅馆部分二层咖啡厅, 因瓶装液化石油气泄漏引起火灾, 火势迅猛(见图 1-3)。猛烈的火焰使咖啡厅内 3 名员工, 毫无反应地烧死在工作岗位上。店主严重烧伤后和其他 6 名员工逃出火场。火焰很快将咖啡厅和旅馆大厅烧毁, 并沿二~四层的敞开楼梯延烧到餐馆和宴会厅。浓烟、火焰充满了楼梯间, 封住了上部旅客和工作人员疏散的途径。管道井也向上传播着火焰。二层旅馆大厅和公司办公大厅的连接处, 设

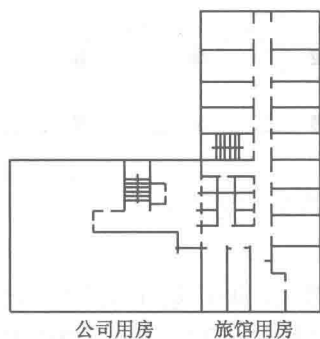


图 1-2 韩国首尔大然阁旅馆标准层平面图

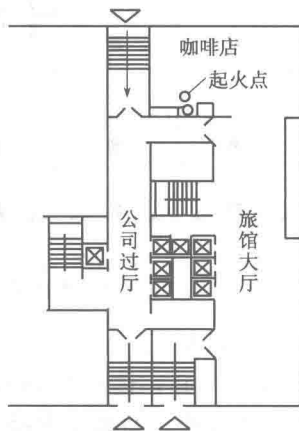


图 1-3 大然阁旅馆起火位置

置普通玻璃门，阻止不了火势的蔓延，导致公司办公部分也成为火海。本来东、西部之间有一道厚 20cm 的钢筋混凝土墙，但每层相通的门洞未设防火门，成为火灾水平蔓延的通道，使整幢大楼犹如一座火笼，建筑全部烧毁，仅 62 人逃离火场。建筑内装修、家具、陈设等被全部烧光，死亡 163 人，伤 60 人，经济损失严重。

### (3) 主要经验教训

1) 关键部位未设防火门。如上所述，该大楼的旅馆区与办公区之间虽然用 20cm 厚的钢筋混凝土墙板分隔，但相邻的两个门厅分界处未用防火门分隔，而采用了玻璃门，起不到阻火作用，却成了火灾蔓延的主要途径。

2) 开敞竖井。大楼内的空调竖井及其他管道竖井都是开敞式的，并未在每层采取分隔措施，以致烟火通过这些管井迅速蔓延到顶层。目击者看到，二十一层的公共娱乐中心很早就被火焰笼罩，全大楼很快形成一座火笼。

3) 楼梯间设计不合理。楼梯间的平面设计是一般多层建筑所使用的形式，加快了竖向的火灾蔓延。旅馆部分二~四层是敞开楼梯，五层以上是封闭楼梯。公司办公部分的楼梯也是一座敞开楼梯。旅馆部分五层以上虽然是封闭楼梯，但由于没有采用防火门，在阻止烟火能力方面与敞开式楼梯基本相同。楼梯间没有按高层建筑防火要求设计，既加速了火灾的传播，又使起火层以上的人员失去了安全疏散的垂直通道。

4) 不应使用瓶装液化石油气。本次火灾是使用液化石油气瓶泄漏燃烧引起的，足见在高层建筑中使用瓶装液化石油气的危险性。瓶装液化石油气爆炸燃烧不仅引发了火灾，而且其爆炸压力波以及高温气流还促使火灾迅猛蔓延。

### 1.1.3 巴西焦玛大楼火灾

#### (1) 建筑概况

焦玛大楼于 1973 年建成，地上 25 层，地下一层。首层和地下一层是办公档案及文件储存室。二~十层是汽车库，十一~二十五层是办公用房。标准层面积 585m<sup>2</sup>。设有一座楼梯和四台电梯，全部敞开布置在走廊两边，如图 1-4 所示。建筑主体是钢筋混凝土结构，隔墙和房间吊顶使用的是木材、铝合金门窗。办公室设窗式空调器，铺地毯。

#### (2) 火灾发展情况

1974 年 2 月 1 日上午，十二层北侧办公室的窗式空调器起火。窗帘引燃房间吊顶和可燃隔墙，房间在十多分钟就达到轰燃。消防队在 20min 后到达现场时，火焰已窜出窗外沿外墙向上蔓延，起火楼层的火势在水平方向传播开来。烟、火充满了唯一的开敞楼梯间，并使上部各楼层燃烧起来。外墙上的火焰也逐层向上燃烧。消防队到达现场后仅半个小时，大火就烧到二十五层。虽然消防队出动了大批登高车、水泵车和其他救险车辆，但消防队员无法到达起火层进行扑救。当十二~二十五层的可燃物烧尽之后，火势才开始减弱。火灾造成 179 人死亡，300 人受伤，经济损失 300 余万美元。



图 1-4 巴西圣保罗市焦玛大楼标准层平面示意图

### (3) 主要经验教训

1) 楼梯间设计不当,是造成众多人员伤亡的一个主要原因。总高度约70m,集办公和车库为一体的综合性高层建筑,从图1-4标准层平面看,楼梯和电梯敞开在连接东、西两部分的走道上,是极其错误的。高层建筑的楼梯间应设计成防烟楼梯间。

2) 焦玛大楼火灾失去控制的重要原因,在于消防队员无法达到起火层进行扑救。因为建筑设计中,没有设置消防电梯。消防电梯可保证在发生火灾情况下正常运行而不受火灾的威胁,电梯厅门外有一个可阻止烟火侵袭的前室,并以此为据点可开展火灾扑救。由于设计上没有这样考虑,消防队到达现场后,只能“望火兴叹”,一筹莫展。

3) 焦玛大楼是钢筋混凝土结构的高层建筑,但隔墙和室内吊顶使用的木材是可燃的。当初期火灾不能及时扑灭,可燃材料容易失去控制而酿成大灾。可见选材不当会造成严重的后果,这是建筑设计中应该认真吸取的经验教训。假如隔墙使用不燃烧体材料,初期火灾还是可以被限制在一定范围内的。

4) 火灾时因消防设备不足,缺少消防水源,导致火灾蔓延扩大。焦玛大楼无自动和手动火灾报警装置和自动喷水灭火设备,无火灾事故照明和疏散指示标志。虽然设有消火栓给水系统,但未设消防水泵,也无消防水泵接合器。

5) 狭小的屋顶面积,不能满足直升机救人的要求,是这次火灾事故的又一个教训。为抢救屋顶上的人员,当局虽出动了民用和军用直升机,但在浓烟烈火的烧烤下,直升机无法安全接近和停降在狭小的屋顶上救人,以致疏散到屋顶的人员不能安全脱险,有90人死于屋顶。在火灾平息后,直升机从北部较大的屋顶降落,救出幸存的81人。

### 1.1.4 我国沈阳商业城火灾

#### (1) 建筑概况

沈阳商业城位于沈阳市沈河区中街212号,1991年12月28日开始营业。商业城建筑长120m,宽10m,高34.8m,为钢筋混凝土框架结构。商场总建筑面积6.9万m<sup>2</sup>,地上6层,地下2层,一~六层为商场,地下一层为停车场,地下二层为商品仓库。商业城呈回字形平面,中庭长45m,宽26m,面积达1170m<sup>2</sup>,中庭顶部为半球面玻璃顶。在大楼和中庭四角分别设有12樘门、8台楼梯、5台自动扶梯、7台电梯,其中有2台消防电梯,可直通地下车库和仓库。

#### (2) 火灾发展情况

据调查,火灾从商业城一楼西北角商场办公室烧出,烧穿了板材隔墙,烧到了营业柜台、中庭。当夜风力6级,风助火威,火很快在中庭内升腾起来,从一层窜到六层。火灾高温烤爆了中庭半球顶的玻璃,火光冲天。燃烧物借风力升腾飞窜,烈火通过窗户、中庭、炸裂的玻璃幕墙不断向外喷出,在短时间内使商业城陷入一片火海。

在火灾中,商业城内原设置的一流自动报警装置、自动洒水灭火装置以及自动防火卷帘等,均未能发挥一点作用。

凌晨2时24分,沈阳市消防支队接到附近群众报警后,在10min内有30多辆消防车到场,并增加到50多辆。然而,大火已进入旺盛期,熊熊烈火已充满整个商业城,辐射热使消防队员无法靠近。现场的3部云梯车载着消防队员向火场射水,20支水枪同时射水打击火势。但是,由于用水量大,水网供不应求,火场时而出现断水情况,即使不断水,也杯水车薪,难以迅速扑灭。6:30左右,大火被控制,上午8时许,扑灭残火。最

后保住了商业城地下一、二层，商场金库以及相邻的盛京宾馆。经过 6 个小时的大火焚烧，沈阳商城地上 6 层只剩下了钢筋混凝土框架。火灾损失严重，创新中国成立以来全国商场火灾损失的最高纪录。

### (3) 主要经验教训

1) 沈阳商业城大火虽然持续了 6h，但由于主体结构采用了钢筋混凝土框架结构，大火扑灭之后，主体结构基本完好，各种设备及围护结构（门窗、隔墙、幕墙）等均被烧毁。由此可见，对于重要的商业建筑，用钢筋混凝土框架结构的一级耐火建筑，是具有充分的耐火能力的。

2) 沈阳商业城设有一流的自动报警、自动喷淋、防火卷帘、防火防盗监控装置。然而这些先进的设备在火灾时没有发挥作用，以致大火成灾。由于 1996 年 1 月份，商业城一层自动喷水灭火系统个别喷头和水管阀门冻坏漏水，而将自动喷水灭火系统的第一层全部和第三层部分供水管道阀门关闭，1996 年 3 月将自动报警系统集中控制器关闭（因故障），故火灾前，自动喷水和自动报警系统均处关闭状态。另外，防火卷帘也没有实现自动控制，火灾中没能起到保护作用。更未对职工进行防火与扑救初期火灾的训练，导致巨额投资的现代化消防设备在大火烧来之时成为摆设，最终连这些设备也葬身火海。这起火灾很重要的教训是：消防设备不能装设了就算完事，而更重要的是要加强设备的管理，使它始终保持完好有效。

3) 沈阳商业城是在没有得到消防主管部门验收合格的情况下强行开业的。为此，消防部门曾做过劝阻工作，多次向商业城发出火险隐患整改通知书，召开现场办公会，直到火灾发生，问题依然存在。所以，未经验收合格不得开业，发现火险隐患不进行整改不得继续营业，是防止恶性火灾事故必须坚持的制度。

4) 商业建筑设计中的中庭，可以达到赏心悦目，豪华大方的效果。但如果设计、使用不当，也会助长火势的蔓延。中庭建筑设计，是建立在火灾必须控制在初期阶段的前提下的，否则，中庭将会导致火灾扩大。此外，各种销售柜台可燃商品布置在中庭的周边，有的甚至将巨幅广告条幅从屋顶一直垂到底层，一旦火灾突破防火分区，很快就会经中庭形成立体火灾，并失去控制。因此，对商业建筑中庭的防火问题，还应进行认真的研究。

## 1.1.5 我国唐山林西商场火灾

### (1) 建筑概况

林西商场位于唐山市，是一座 3 层的临街建筑，砖混框架结构，长 56m，宽 16m，每层层高 4.8m，总面积约 3000m<sup>2</sup>。1986 年投入使用，1992 年 9 月对大楼进行装修改造。

### (2) 火灾发展情况

1993 年 2 月 14 日下午 1 时 15 分左右，林西商场发生火灾，失火时，商场首层的家具营业部正在进行改造。为了在顶棚进行扩建，凿开了多个孔洞，并一边施工一边营业。火灾是由于建筑物改造过程中违章进行电焊溅落的火星引燃了海绵床垫引起的。附近的营业员发现后，找来一只灭火器，但不会使用，致使未能控制初期火灾。营业员想报警，但大楼的电话被锁住，只好到附近一家商店打 119 报警，而此时火势已相当大了。大火延续了 3 个多小时才基本被扑灭。火灾中死亡 80 人，伤 53 人，直接经济损失约 401 万元。

### (3) 主要经验教训

1) 商场违章装修是引发火灾的直接原因。家具营业厅内存放着大量易燃物品,在这种情况下动用明火必须采取保护措施。施工队在未采取任何保护措施的情况下又让没有电焊技术的民工进行作业,引起了火灾。

2) 商场无防火、防烟分区是造成人员严重伤亡的重要原因。起火点处堆放 50 余床海绵床垫和 40 余捆化纤地毯,使火灾发展迅速。大楼装修使用大量的木质材料,使营业厅内形成猛烈燃烧,加之楼板上开洞,火灾仅十几分钟就由首层烧到了三层,楼梯间成了蔓延烟火的“烟囱”。

3) 出入口数量不足,是造成人员伤亡的原因之一。火灾中一层的出口被烟火封住,二、三层的人员无法逃出,很快被火灾产生的有毒烟气窒息。

### 1.1.6 我国香港大生工业楼火灾

1984 年 9 月 1 日 7 时 21 分许,香港大生工业楼八层的一家塑胶厂发生重大火灾。大火从八层烧到十六层(顶层),直至 4 日凌晨 3 时 46 分才被扑灭,前后共连续燃烧了 68 个小时,损失 100 万港币以上,被称为“破纪录的长命大火”。据专家们分析,这场火灾燃烧时间长,损失严重,其原因主要有:

- (1) 原料、成品量大,而且大多是可燃物;
- (2) 每层面积大,没有采取有效的防火分隔措施;
- (3) 竖向管井(如管道井、电缆井等)没有采取分隔措施,成了火势蔓延的通道;
- (4) 灭火设施太差,自救能力不强。

从上述几个火灾案例中,可以看到火灾的发生和发展具有以下几个特点:

- (1) 未熄灭的烟头、厨房用火及电气着火等是建筑火灾中最主要的火源。
- (2) 木材、液体或气体燃料、油类、家具纸张等最易被引燃。
- (3) 办公室、客房、厨房是发生火灾较多的部位。
- (4) 不做防火分区、防烟措施不当、楼梯开敞、吊顶易燃是火灾扩大蔓延的主要原因。

## 1.2 建筑火灾知识

### 1.2.1 燃烧的基本原理

#### 1.2.1.1 燃烧条件

燃烧是一种同时伴有放热和发光效应的剧烈的氧化反应。放热、发光、生成新物质是燃烧现象的三个特征。可燃物、氧化剂和点火源是构成燃烧的三个要素,缺一不可。

#### (1) 可燃物

能在空气、氧气或其他氧化剂中发生燃烧反应的物质称为可燃物。如钠、钾、铝等金属单质,碳、磷、硫等非金属单质,木材、煤、棉花、纸、汽油、塑料等有机可燃物。

#### (2) 氧化剂

能和可燃物发生反应并引起燃烧的物质称为氧化剂。氧气是最常见的氧化剂,其他常见的氧化剂有氟、氯、溴、碘卤素元素,硝酸盐、氯酸盐、重铬酸盐、过氧化物等化合物。

### (3) 点火源

具有一定的能量，能够引起可燃物质燃烧的能源称为点火源，有时也称着火源。如明火、电火花、冲击与摩擦火花、高温表面等。

要使可燃物发生燃烧，必须有氧化剂和点火源的参与，而且三者都要具备一定的“量”，才能发生燃烧现象。若可燃物的数量不够，氧化剂不足或点火源的能量不够大，燃烧就不能发生。

#### 1.2.1.2 燃烧种类

##### (1) 闪燃与闪点

一些液态可燃物质表面会产生蒸气，有些固态可燃物质也因蒸发、升华产生可燃气体或蒸气。这些可燃气体或蒸气与空气混合而形成混合可燃气体，当遇明火时会发生一闪即灭的火苗或闪光，这种燃烧现象称为闪燃。能引起可燃物质发生闪燃的最低温度称为该物质的闪点。

闪点是衡量各种液态可燃物质发生火灾和爆炸危险性的重要依据。物质的闪点越低，越容易蒸发可燃蒸气，其发生火灾和爆炸的危险性越大；反之亦然。

在《建筑设计防火规范》中，对于生产和储存液态可燃物质的火灾危险性，都是根据闪点进行分类的。例如，把使用或产生闪点 $<28^{\circ}\text{C}$ 的液体的生产划为甲类生产； $28^{\circ}\text{C}\leq\text{闪点}<60^{\circ}\text{C}$ 的液体的生产划为乙类生产；闪点 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 的液体的生产划为丙类生产。对于火灾危险性不同的生产厂房，采取的防火措施应有所不同。

##### (2) 着火与燃点

可燃物质在与空气共存的条件下，当达到某一温度时遇明火可引起燃烧，并在火源移开后仍能继续燃烧，这种持续燃烧的现象称为着火。可燃物质开始持续燃烧所需的最低温度称为该物质的燃点。

所有可燃液体的燃点都高于闪点。

##### (3) 自燃与自燃点

自燃是可燃物质不用明火点燃就能够自发燃烧的现象。可燃物质能引起自动燃烧和继续燃烧时的最低温度称为自燃点。自燃点可作为衡量可燃物质受热升温形成自燃危险性的数据。

《建筑设计防火规范》中对于生产和储存在空气中能够自燃的物质的火灾危险性进行了分类。例如，在库房储存物品的火灾危险性中，将常温下能自行分解或在空气中氧化即能导致迅速自燃或爆炸的物质划为甲类；而将常温下与空气接触能缓慢氧化，积热不散引起自燃的物品划为乙类。

##### (4) 爆炸与爆炸极限

可燃气体、可燃蒸气和可燃粉尘与空气组成的混合物，当达到一定浓度时，遇火源即能发生爆炸。发生爆炸时此浓度界限的范围称为爆炸极限，能引起爆炸的最低浓度界限称为爆炸下限；浓度最高的界限称为爆炸上限。浓度低于爆炸下限或高于爆炸上限时，接触到火源都不会引起爆炸。

爆炸极限是鉴别各种可燃气体发生爆炸危险性的主要依据。爆炸极限的范围越大，发生爆炸事故的危险性越大。爆炸下限越小，形成爆炸混合物的浓度越低，则形成爆炸的条件越容易。

《建筑设计防火规范》中对于生产和储存可燃气体一类物质的火灾危险性作了明确的分类。例如，将在生产过程中使用或产生可燃气体的厂（库）房，其可燃气体爆炸下限 $<10\%$ 划分为甲类生产；爆炸下限 $\geq 10\%$ 划分为乙类生产；在生产过程中排放可燃粉尘、纤维、闪点 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 的液体雾滴，并能够与空气形成爆炸混合物的生产，则属于乙类生产。

根据闪点、自燃点以及爆炸下限，确定了可燃物质的火灾危险性类别后，才能采取有针对性的各种消防安全技术措施。

### 1.2.1.3 灭火的基本方法

#### (1) 隔离法

隔离法就是采取措施将可燃物与火焰、氧气隔离开来，使燃烧因隔离可燃物而停止。例如，在输送易燃、易爆液体和可燃气体管道上设置消防控制阀门；易燃、可燃液体储罐可设置倒罐传输设备，气体储罐可设放空火炬设备等。

#### (2) 窒息法

阻止空气流入燃烧区或用不燃物质冲淡空气，使燃烧得不到足够的氧气而熄灭。窒息灭火法常用的灭火剂有二氧化碳、氮气、水蒸气以及烟雾剂。如重要的计算机房、贵重设备间可设置二氧化碳灭火设备扑救初期火灾；高温设备间可设置蒸气灭火设备；重油储罐可采用烟雾灭火设备；石油化工等易燃易爆设备可采用氮气保护设备扑灭初期火灾。

#### (3) 冷却法

将灭火剂直接喷射到燃烧物上，使燃烧物的温度降到燃点之下，燃烧停止；或将灭火剂喷洒在火源附近的物体上，使其不受火焰辐射的威胁，避免形成新的火点。水具有较大的热容量和很高的汽化潜热，是冷却性能最好的灭火剂，而采用雾状水流灭火，灭火效果更为显著。例如，应用消火栓系统、自动喷水灭火系统、水喷雾系统进行火灾的扑救就属于冷却降温灭火。

#### (4) 抑制法

采用化学措施抑制游离基的产生或者降低游离基的浓度，破坏游离基的连锁反应，使燃烧停止。如采用七氟丙烷灭火剂可以抑制电气火灾、固体表面火灾、液体和可溶化固体火灾，气溶胶灭火剂可抑制电气设备（发电机、变压器等）、可燃固体物质（纸张、木材等）的表面火灾等。

### 1.2.2 火灾的发展过程

建筑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 1-5 所示。发生火灾时，其发展过程一般要经过火灾的初起、全面发展、熄灭三个阶段。

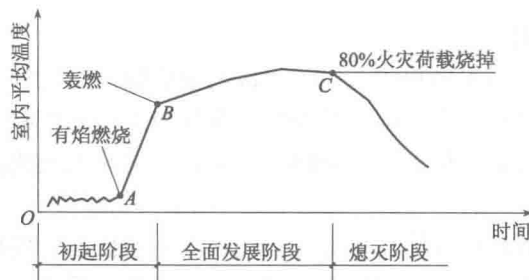


图 1-5 火灾温度随时间的变化曲线



### 1.2.2.1 火灾的发展阶段

#### (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。这时火灾好像在敞开的空间进行一样。

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；火灾发展速度缓慢，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、通风条件等因素的影响，差别较大。

从灭火角度看，火灾初起燃烧面积小，只用少量的水或灭火设备就可以把火扑灭。所以，该阶段是灭火的最有利时机，应设法争取尽早发现火灾，把火灾及时消灭在初起阶段。为此，在建筑物内安装和配备灭火设备，设置及时发现火灾和报警的装置是很有必要的。初起阶段也是人员安全疏散的最有利时机，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，并有利于人员安全疏散。

#### (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，聚集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，人员若在轰燃之前还没有从室内逃出，则很难逃生。

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  $1100^{\circ}\text{C}$  左右。火焰、高温烟气从房间的开口处大量喷出，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、顶棚及地面坚固，不会被烧穿，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状态，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有：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，为火灾时人员疏散、消防扑救、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，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，直到房间内的全部可燃物燃烧光，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，温度仍很高。针对该阶段的特点，应注意防止建筑构



件因长时间受温度和灭火射水的冷却作用而出现裂缝、下沉、倾斜或倒塌，并应防止火灾向相邻建筑蔓延。

## 1.2.2.2 火灾的蔓延方式

火灾的蔓延方式有：火焰蔓延、热传导、热对流和热辐射。

### (1) 火焰蔓延

初始燃烧的表面火焰，在使可燃材料燃烧的同时，将火灾蔓延开来。火焰蔓延速度主要取决于火焰传热的速度。

### (2) 热传导

火灾区域燃烧产生的热量，经导热性好的建筑构件或建筑设备（如薄壁隔墙、楼板、金属管壁等）传导，能够使火灾蔓延到相邻或上下层房间，使地板上或靠着隔墙堆积的可燃、易燃物体燃烧，导致火场扩大。火灾通过传导的方式进行蔓延扩大，有两个比较明显的特点，一是必须具有导热性好的媒介，如金属构件、薄壁构件或金属设备等；二是蔓延的距离较近，一般只能是相邻的建筑空间。可见，传导蔓延扩大的火灾，其范围是有限的。

### (3) 热对流

热对流是建筑物内火灾蔓延的一种主要方式。它可以使火灾区域的高温燃烧产物与火灾区域外的冷空气发生强烈流动，将高温燃烧产物流传到较远处，造成火势扩大。燃烧时烟气热而轻，易上窜升腾，燃烧又需要空气，这时，冷空气就会补充，形成对流。轰燃后，火灾可能从起火房间烧毁门窗，窜向室外或走廊，在更大范围内进行热对流，从水平和垂直方向蔓延，如遇可燃物及风力，就会更加助长这种燃烧，对流则会更猛烈。在火场上，浓烟流窜的方向，往往就是火势蔓延的方向。剧场热对流造成火势蔓延的示意图如图1-6所示。

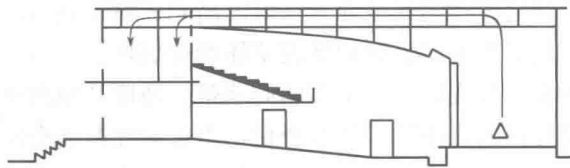


图 1-6 剧场火势蔓延示意图  
△一起火点；→—火势蔓延方向

### (4) 热辐射

热辐射是相邻建筑之间火灾蔓延的主要方式之一。建筑防火中的防火间距，主要是考虑防止热辐射引起相邻建筑着火而设置的间隔距离。

## 1.2.2.3 火灾的蔓延途径

从第1.1节的部分火灾案例中可知，建筑物内某房间发生火灾，当发展到轰燃之后，火势猛烈，就会突破房间的限制，向其他空间蔓延，其蔓延途径有：未设适当的防火分区，使火灾在未受限制的条件下蔓延；防火隔墙和房间隔墙未砌到顶板底皮，导致火灾在吊顶空间内部蔓延；由可燃的户门及可燃隔墙向其他空间蔓延；电梯井竖向蔓延；非防火、防烟楼梯间及其他竖井未作有效防火分隔而形成竖向蔓延；外窗口形成的竖向蔓延；通风管道等及其周围缝隙造成火灾蔓延，等等。