



◆ 高等学校安全工程系列教材

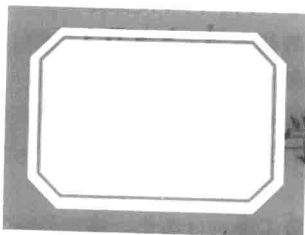
建筑消防工程

JIANZHU XIAOFANG
GONGCHENG

许秦坤 主编
林龙沅 周煜琴 副主编



化学工业出版社



学校安全工程系列教材

建筑消防工程

许秦坤 主编
林龙沅 周煜琴 副主编



责任编辑：吴静
文字编辑：刘新章

吴静 吴静 吴静

责任编辑：吴静



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以系统安全为切入点,较为完整地阐述了建筑消防工程所涉及的内容。内容紧密结合我国现有相关防火设计规范,全面而较系统地介绍了相关建筑设计防火规范及消防工程的基本理论和技术,具体包括燃烧基本知识、火灾成因及划分、火灾条件下人员逃生与自救、耐火等级与耐火设计、建筑防火分区、人员安全疏散、建筑平面防火布局、建筑消防系统、防排烟系统、建筑火灾性能化设计、火灾自动报警系统等。以具体而翔实的图表和设计实例对建筑消防工程设计进行了阐述,是理论和实际紧密结合的实用性教材。

本书可以作为高等院校安全工程专业的教学用书,也可作为建筑学、消防工程、自动化、建筑环境与能源应用工程、土木工程等专业的参考教材以及工程设计、施工、监理、消防行业人员的参考用书,还可以作为国家注册消防工程师考试培训类参考用书。本书还可供安全科学与工程、消防、危机管理等领域科学研究及教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑消防工程/许秦坤主编. —北京:化学工业出版社, 2014. 8
高等学校安全工程系列教材
ISBN 978-7-122-21317-4

I. ①建… II. ①许… 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(2014)第159085号

责任编辑:杜进祥
责任校对:吴静

文字编辑:刘莉珺
装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张10½ 字数264千字 2014年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:26.00元

版权所有 违者必究



前言

随着经济和社会的高速发展,各种自然灾害和重大突发性事件的时有发生,对人们的生命和财产造成了严重威胁。而城市化的进程加快带来了越来越多的(超)高层建筑、地下建筑以及大空间建筑,从而导致越来越多的火灾等灾难性事故的发生,建筑中的消防安全问题日益突出。因此,如何保证火灾条件下的人员疏散的安全性、如何及时有效发现早期火灾、如何采取有效灭火技术措施、如何尽可能减小财产损失等是摆在消防设计研究人员面前的一个非常具有挑战性的问题。

本书以系统安全为切入点,较为完整地阐述了建筑消防工程所涉及的内容。内容紧密结合我国现有相关防火设计规范,全面而较系统地介绍了相关建筑设计防火规范及消防工程的基本理论和技术。

本书可以作为高等院校安全工程专业的教学用书,也可作为建筑学、消防工程、自动化、建筑环境与能源应用工程、土木工程等专业的参考教材以及工程设计、施工、监理、消防行业人员的参考用书。还可以作为国家注册消防工程师考试培训类参考用书。

本书由许秦坤担任主编,负责本书大纲拟定及全书的统稿,参加编写的其他人员还有周煜琴、林龙沅、邓军。全书共9章,许秦坤负责编写第1章、第6章~第8章;周煜琴负责编写第3章;林龙沅负责编写第5章;邓军负责编写第2章、第4章、第9章。

在本书的撰写过程中,得到了校院领导的大力支持,特别是西南科技大学环境与资源学院陈海焱教授悉心的指导和系室同事的关注,在此表示衷心的感谢;书中引用了大量参考文献资料,在此对参考文献资料的编著者等前人的工作表示衷心的感谢;另外,学生黄涛、鞠介波等参加了部分章节的绘图和撰写工作,在此一并表示感谢。

虽然笔者在撰写过程中尽了自己最大的努力,但由于水平有限,疏漏在所难免,敬请读者批评指正。

编者
2014年4月



目录

第 1 章 火灾基础 1

1.1 燃烧的基本原理	1
1.2 建筑火灾的原因	3
1.3 火灾发展过程	5
1.4 扑救火灾的一般原则	8
习题	8

第 2 章 火灾分类及火灾条件下的自救和互救 9

2.1 火灾分类	9
2.2 火灾条件下的自救和互救	10
习题	12

第 3 章 耐火等级与耐火设计 13

3.1 建筑物分类与耐火等级	13
3.2 建筑构件的耐火性能	15
3.3 建筑结构耐火设计	23
3.4 耐火设计实例分析	25
习题	28

第 4 章 人员安全疏散 29

4.1 安全疏散设施布置	29
4.2 疏散楼梯和消防电梯	30
4.3 厂房和仓库的安全疏散	36
4.4 公共建筑安全疏散	39
4.5 居住建筑安全疏散	44
习题	45

第5章 防火分区 46

5.1 防火分区概述	46
5.2 防火分区分隔设施及其要求	47
5.3 单、多层建筑防火分区设计	52
5.4 高层民用建筑防火分区设计	54
5.5 高层工业建筑防火分区设计	56
5.6 特殊建筑形式防火分隔设计	57
习题	59

第6章 平面防火布局 60

6.1 总平面防火设计基础	60
6.2 各类建筑的防火间距	61
6.3 消防车道及场地布置	66
6.4 建筑平面布置防火设计	68
习题	71

第7章 消防系统 72

7.1 消防给水系统	72
7.2 自动喷水灭火系统	84
7.3 其他灭火系统	99
7.4 灭火器配置	101
习题	107

第8章 防排烟系统与通风防火 108

8.1 防排烟基础	108
8.2 防排烟系统与通风	111
8.3 采暖、通风和空调防火	119
8.4 特殊场合防排烟系统设计	122
8.5 性能化防火设计	125
习题	136

第9章 火灾自动报警系统 137

9.1 火灾自动报警系统概述	137
----------------------	-----

9.2 消防联动控制设计	144
9.3 火灾自动报警系统设备的设置	148
9.4 住宅建筑、可燃气体和电气场所火灾自动报警系统	153
9.5 火灾自动报警系统供电与布线	156
9.6 典型场所的火灾自动报警系统	157
习题	159



第1章 火灾基础

1.1 燃烧的基本原理

火灾是失去控制的燃烧。明确燃烧的条件，对于预防、控制和扑救火灾有着十分重要的意义。

1.1.1 燃烧的条件

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、生成新物质是燃烧的三个基本特征。要发生燃烧必须同时具备下列三个必要条件。

(1) 存在可燃物 一般情况下，凡是能在一定条件下（如空气、氧气或者其他氧化剂）能发生燃烧反应的物质都可以称为可燃物。可燃物按其组成可分为无机可燃物和有机可燃物两大类。从数量上讲，绝大部分可燃物为有机物，少部分为无机物。

无机可燃物，包括钠、钾、镁、钙、铝等金属单质，碳、磷、硫等非金属单质，以及CO、H₂和非金属氢化物等。这些无机可燃物一旦完全燃烧变成相应的氧化物，则为不燃物。

有机可燃物种类繁多，其中大部分含有C、H、O元素，有的还含有少量N、P、S等元素，如木材、煤、石油、塑料、棉花、纸等。

可燃物按其形态来分，可以分为固、液、气三大类。同一种可燃物的不同形态其燃烧性是不相同的。一般来讲，可燃气体燃烧性大于其液态和固态。当然，同一种形态但其物质的组成不同燃烧性也不同。

(2) 氧化剂 凡是能和可燃物发生反应并引起燃烧的物质，都称为氧化剂。

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（体积百分数约为21%）。空气供应不足，燃烧就会不完全，产生有毒有害气体；隔绝空气能使燃烧中止。

其他常见的氧化剂有卤族元素（如F、Cl、Br、I）、一些化合物（如硝酸盐、氯酸盐、重铬酸盐、高锰酸盐、过氧化物等），它们可以通过外界光、热、机械撞击作用等，释放O₂。

(3) 存在点火源 点火源是指具有一定能量、能够引起可燃物质燃烧的能源。

点火源种类包括明火、电火花、高温表面、刮蹭火花等。其实质是提供给燃烧的一个初始能量。

可燃物、氧化剂、点火源是构成燃烧的三要素，这是必要条件。燃烧要得以发生，必须

满足量的要求,也就是说三者必须充足,即可燃物的数量、氧化剂的浓度和点火源的能量要足够,这是充分条件。实验表明,当空气中的 O_2 的浓度降到 $14\% \sim 18\%$ 时,一般可燃物是不能燃烧的。

1.1.2 燃烧三要素的利用

防、灭火的基本原理都是依据燃烧的条件,阻止燃烧三要素的实现。

(1) 防火基本措施

① 控制可燃物。以难燃甚至不燃材料代替易燃、可燃材料;利用防火涂料涂刷可燃材料,改变其燃烧性能;对具有易燃易爆性质的气体或者粉尘产生的场所,采取通风措施以降低可燃气体或者粉尘的浓度;在化学活性上能发生相互作用的物品要采取可靠分隔措施,等等。

② 隔绝空气。易燃易爆物质的生产在密闭设备中进行,如汽油、煤粉生产;对于异常危险的生产,可采取惰性气体保护;采取隔绝空气的存储方式,如钠存于煤油中、磷存于水中等。

③ 消除火源。采取隔离、控温、接地、避雷、安防爆灯、遮挡阳光、设禁烟火标志,等等。

④ 阻止火势蔓延。设置防火间距、防火墙、防火门窗、防火卷帘、防火阀等。

(2) 灭火基本方法 灭火就是破坏已产生的燃烧条件,使燃烧熄灭。

① 隔离法。使火源处与周围可燃物质隔离或将其移开。

② 窒息法。阻止空气流入或用不燃物质冲淡空气,使燃烧得不到足够的氧气。

③ 冷却法。将灭火剂直接喷射到燃烧物上,让燃烧物温度下降到燃点以下,燃烧中止;或者将灭火剂喷洒在火源附近的物体上,使其免受火焰热辐射作用。该法是灭火的主要且常用方法,常用水和二氧化碳来冷却灭火,其属于物理灭火,即灭火剂在灭火过程中不参与燃烧过程中的化学反应。

④ 抑制法。灭火剂参与燃烧,让燃烧产生的燃烧自由基消失,形成稳定分子或低活性的基,如泡沫。

1.1.3 燃烧术语

① 闪燃。它是指一定温度下,可燃物表面产生蒸气,蒸气与空气混合,形成混合可燃气体,遇明火时会发生一闪即灭的火苗或闪光(燃烧现象)。相对应地,闪点是指可燃物发生闪燃的最低温度(闭杯法)。闪点是衡量各种液态可燃物火灾和爆炸危险性的重要依据。有些固体如樟脑、萘、P等,也可用闪点衡量其火灾和爆炸危险性。《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)规定甲类火灾危险性的液体闪点 $< 28^\circ\text{C}$,乙类火灾危险性的液体则为 $28^\circ\text{C} < \text{闪点} < 60^\circ\text{C}$,丙类火灾危险性的液体闪点 $> 60^\circ\text{C}$ 。

② 着火。它是指火源移开后仍能燃烧。相对应地,着火点(燃点)是指可燃物开始持续燃烧所需最低温度。一般来说,同一种物质燃点大于闪点;闪点针对液体可燃物,而燃点针对固体可燃物及闪点高的液体可燃物。

③ 自燃。它是指可燃物自发着火的现象。自燃分为受热自燃和自热燃烧,受热自燃是借助于外部热源作用(热辐射),而自热燃烧是由于内部热量积聚(生化、理化过程)使自身温度达到自燃点。

自燃点很低的物质,如赛璐珞、硝化棉等,不仅容易形成自燃,而且在自燃时还会分解并释放大量一氧化碳、氮氧化物、氢氰酸等可燃气体。这些气体与空气混合,当浓度达到爆

炸极限时,就会发生爆炸。因此,对于自燃点很低的可燃物质,除了采取防火措施外,还应采取相应的防爆措施。

《建筑设计防火规范》规定甲类火灾危险性物质就包含了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;相应的乙类火灾危险性物质是指常温下与空气接触能缓慢氧化,积热不散引起自燃的物质。

④ 爆炸与爆炸极限。爆炸是指物质状态迅速变为另一状态,在极短时间内释放大量的现象。爆炸在一定范围内,会借助冲击波、碎片使人受到伤害或对物造成倒塌和燃烧。

可燃气体、蒸气、粉尘与空气混合只在其浓度所达到的一定比例范围内,才能形成爆炸性的混合物,此时一接触到火源就立即发生爆炸,此界限就称之为爆炸极限。通常,在爆炸下限至爆炸上限范围内才能发生爆炸。其单位有用%的,如可燃气体;有用 g/m^3 的,如可燃粉尘。借助于爆炸极限对各种可燃气体发生爆炸的危险性进行鉴别,爆炸极限范围越大,爆炸下限越低,则爆炸危险性越大。《建筑设计防火规范》规定甲类危险性物质是指使用或生产可燃气体的厂房(仓库),其爆炸下限 $<10\%$,乙类是指爆炸下限 $\geq 10\%$ 的,在生产过程中排放浮游状态的可燃粉尘、纤维,闪点 $\geq 60^\circ\text{C}$ 的液体雾滴等。而火灾危险性类别决定了建筑所采取的消防安全技术措施。

1.2 建筑火灾的原因

1.2.1 火灾形势

火灾的发生有其必然性和偶然性。而一旦发生火灾,如何及时有效组织灭火、控烟和火灾中人员安全疏散一直是火灾研究者经常研究和思考的问题。

国内外的重大火灾令人记忆犹新。如:1995年10月,阿塞拜疆巴库发生地铁火灾,致使285人丧生,265人严重受伤;2003年2月,韩国大邱地铁火灾,共造成198人死亡,147人受伤;2008年1月,中国乌鲁木齐德汇国际广场火灾,死亡5人,经济损失过5亿元人民币;2009年2月,中国中央电视台配楼火灾,死亡1人、伤7人,经济损失数亿元人民币。

近年来,火灾发生的数量和导致的直接经济损失呈现逐年增加的趋势。据统计,我国自有火灾记录数据以来,其火灾发生的数量和导致的直接经济损失总体呈现逐年增加的趋势(图1-1)。尽管最近几年火灾数量有下降的趋势,但是直接经济损失仍在上升,如从2002年的15.4亿元上升到2010年的19.6亿元。这一点与美国消防协会(NFPA)对美国火灾的统计数据类似,美国建筑火灾由1971年的99.66万起上升到1980年的106.5万起,然后又开始缓慢、稳步下降到1994年的61.4万起和1999年的52.3万起。同样,尽管其火灾发生数量下降了,但其由火灾而导致的直接财产损失并没有下降,反而从1980年的55.4亿美元上升到1999年的84.9亿美元;在英国也有类似的火灾统计情形。这主要归因于火灾损失的重置成本在增长,也就是说,即使考虑到物价上涨的因素,建筑物内单位面积资金密集度也在增加。

根据发达国家的经验,即人均国民生产总值(人均GDP)在1000~3000美元时,是社会各类安全生产事故的高发期,随着我国经济的快速发展,自2003年达到人均国民生产总值1000美元以来,生产安全事故频发势头难以得到有效遏制,火灾每年所带来的经济损失一直居高不下,如21世纪前5年年均由火灾而导致的直接经济损失大约在15.5亿元。事实

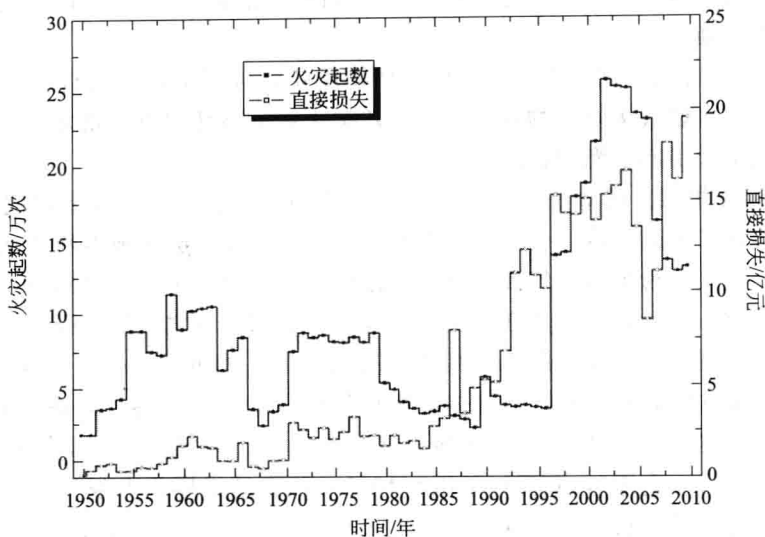


图 1-1 国内火灾统计 (数据源自公安部消防局)

注: 1. 1979 年以前的火灾数据均为《中国火灾大典》中的统计数据。

2. 1980 年以后的火灾数据均为每年的《火灾年报》或《中国火灾统计年鉴》中的统计数据。

上,我国 2008 年人均国民生产总值突破 3000 美元,据国际货币基金组织 (IMF) 公布的数据,2010 年,中国的人均 GDP 达 4382 美元,这时,火灾数及损失应该要下降,但事实并非如此,这可能与中国特殊的国情有关。

1.2.2 火灾的直接原因

火灾形势不容乐观,而导致火灾原因有多种,各个具体火灾原因又千差万别,但是从导致火灾的直接原因来看,主要有如下几种。

① 用火不慎。如生活中的吸烟、炊事、取暖、照明、玩火、烟花爆竹、烧纸等不慎失火,生产中如用明火熔化沥青、石蜡或熬制动、植物油,烘烤烟叶,锅炉排出炽热炉渣等过程中不慎失火。

② 违反相关制度。易燃易爆的地方,不相容物品混存;焊接、切割时无灭火措施;机器运转,不按时加油润滑或没有清除轴承上的杂物、废物而使这些部位摩擦发热,引起附着物燃烧;电熨斗的使用不当;可燃气体、易燃易爆液体的跑、冒、滴、漏现象,监测不严。

③ 电气失火。电气设备设计、安装、使用、维护不当,超负荷,接头接触不良、短路,灯具设置使用不当,使用非防爆电器等。

④ 自然原因失火。自燃 (空气氧化,外界温度、湿度变化,发热、蓄热后达到温度自燃点),如油布、油纸;雷击,如热效应、机械效应、静电感应和电磁感应,高电位沿路侵入;静电,如静电放电、火花,流速过大,无导除设施;地震,如急于疏散,来不及断电、熄火,未处理好危险物品与装置设备。

⑤ 人为纵火。如犯罪、精神病人放火。

⑥ 布局不当、材料选用不合理。防火间距、风向、地势、建筑构造选择设计不当,装修时大量采用可燃物。

1.3 火灾发展过程

建筑火灾的发生最初是由建筑内的某个局部区域（可以是一个房间）着火，然后蔓延到相邻房间或区域以致整个楼层，最后可能蔓延到整个建筑。

1.3.1 火灾发展过程

为了较好地说明火灾的发展过程，下面以具有耐火性建筑典型性的一个房间火灾发展过程为例。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表征，如图 1-2 所示。

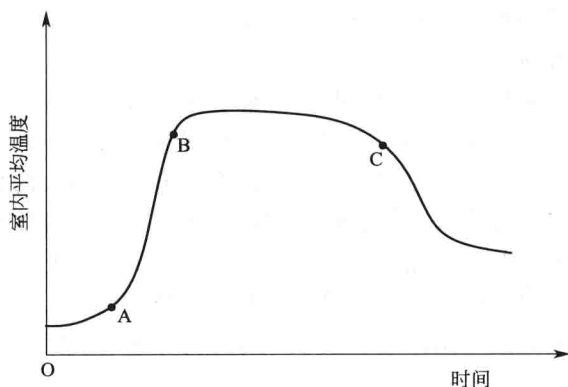


图 1-2 室内火灾的发展过程

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四个阶段，即火灾初起（或者发展）阶段（OA 段）、火灾轰燃阶段（AB 段）、火灾全面发展阶段（BC 段）、火灾下降熄灭阶段（C 点以后）。

(1) 火灾初起阶段 其特点为范围小，平均温度低，发展速度慢，火势易于控制，发展时间与点火源、可燃物性质和分布、通风条件等的影响有关，其长短差别甚大。初起阶段 OA 段是灭火、安全疏散的最有利时机。可能导致三种结果：①初始着火隔离型，通过采取防火分隔措施导致燃料供应不足，火势未蔓延，最终得以控制；②通风供氧支配型，通过采取密闭措施，阻隔风流，导致供氧不足，火势得以控制；③料充风足型，如果燃料和通风都没采取相应措施，那么就会进入轰燃阶段直至全面发展阶段。

尽管 OA 段是灭火、安全疏散的最有利时机，但是人员安全疏散必须满足式(1-1)，才能保证人员的安全。

$$t_p + t_a + t_{rs} \leq t_u \quad (1-1)$$

式中 t_p ——从着火到发现火灾所经历的时间（火灾自动报警器可以降低 t_p ）；

t_a ——从发现火灾到开始疏散之间所耽搁的时间；

t_{rs} ——转移到安全地点所需的时间；

t_u ——火灾现场出现人们不能忍受的条件的时间（安全疏散取决于 t_u ，可以设法延长，如采用不燃、难燃材料）。

(2) 火灾轰燃阶段 轰燃是指火在建筑内部突发性地引起全面燃烧的现象。当室内大火燃烧形成的充满室内各个房间的可燃气体和未燃烧完全的气体达到一定浓度时，就会形成爆

燃，从而导致室内其他房间的没接触大火的可燃物在热辐射作用下也一起被点燃而燃烧，也就是“轰”的一声，室内所有可燃物几乎都被点燃，这种现象称为轰燃。它是室内燃烧由燃料控制型向通风控制型的转变，此种转变使得火灾由发展期进入最盛期。轰燃是由局部燃烧向全室性燃烧过渡的阶段，其标志着安全疏散的结束。

发生轰燃的条件有以下三个。

- ① 通风条件差，燃烧形成的可燃气体在房间内大量聚集。
- ② 这些可燃气体弥漫到其他可燃物周围或表面，一般在室内顶棚下方积聚可燃气体。
- ③ 这些可燃气体达到一定浓度并发生爆燃。

只有满足上述三个条件才能真正达到轰燃。

影响轰燃发生最重要的两个因素是辐射和对流情况，也就是上层烟气的热量得失关系，如果接收的热量大于损失的热量，则轰燃可以发生。轰燃的其他影响因素还有通风条件、房间尺寸和烟气层的化学性质等。

轰燃的出现，除了建筑物及其容纳物品的燃烧性能和着火点位置外，还与内装修材料的厚度、开口条件、材料的含水率等因素有关。如果房间衬里材料不同，则吸热和散热的物理特性有很大的差异，因此，对发生轰燃时临界条件的数值有着很大的影响。若材料的绝热性能好，例如绝热纤维板室内温度升高得就快，则达到轰燃时的火源体积将大大减小，即使是衬里材料假设为不可燃的，其对释热速率没有任何贡献的也是如此。

(3) 火灾全面发展阶段 时间为轰燃阶段后期，燃烧范围扩大，温度上升到高值，聚积室内的可燃气体全面着火，整个房间充满火焰，房间内可燃物表面都卷入，燃烧猛烈，温度维持在高温。

其特点为所有可燃物都在猛烈燃烧，放热速度大，出现持续高温（1100℃），火焰、高温烟气从房间开口处大量喷出，火灾蔓延，室内高温会对建筑物造成局部或整体性破坏。

对于耐火建筑来说，室内燃烧由通风控制，室内火势保持稳定，其时间取决于室内可燃物性质和数量、通风条件等。

防火措施主要有使用防火分隔物、选用耐火等级高的建筑构件等。

(4) 火灾下降熄灭阶段 其特点为可燃物挥发物质减少，其可燃物数量减少，速度、温度（为最高时的80%可以认定为下降熄灭阶段开始）下降。

在该阶段必须注意：防止建筑构件因较长时间受高温作用和灭火射水冷却作用而出现裂缝、下沉、倾斜或倒塌破坏，并要注意防止余火向相邻建筑蔓延。

1.3.2 建筑物内火灾蔓延途径

轰燃之后，火势突破房间限制，向其他空间蔓延的方式有以下几点。

① 水平方向。未设防火分区，即水平方向无控制火灾的区域空间限制，可以导致火灾的横向蔓延；洞口分隔不完善，如户门不是防火门，卷帘无水幕等；可以通过可燃隔墙吊顶、地毯等进行横向传播。

② 竖井。电梯井，楼梯间，设备、垃圾道等其他竖井和一些不引人注意的孔洞（如吊顶与楼板之间，幕墙与分隔构件之间的空隙，保温夹层，通风管道等都有可能因施工质量等留下孔洞）。

③ 空调系统管道。未设防火阀、没有采用不燃烧的风管、没有采用不燃或难燃材料作保温层。

④ 窗口向上层。火势会沿窗间墙和上层窗向上窜越，应避免使用带形窗。

1.3.3 火灾蔓延方式

火灾蔓延方式有火焰、热传导、热对流、热辐射等四种方式，而其中又以热辐射为火灾蔓延的主要方式，因为火灾发生会产生大量的热烟气，其裹挟了火灾时热量的绝大部分，随着其在室内顶棚的运移，热烟气会向下以热辐射的形式引燃室内其他可燃物，导致火灾的迅速传播。

1.3.4 建筑火灾严重性的影响因素

建筑火灾严重性是指在建筑中发生火灾的大小及危害程度。火灾严重性取决于火灾达到的最大温度和最大温度燃烧持续的时间。因此，它表明了火灾对建筑结构或建筑物造成损坏和对建筑中人员、财产造成危害的趋势。了解影响建筑火灾严重性的因素和有关控制建筑火灾严重性的机理，对建立适当的建筑设计和构造方法，采取必要的防火措施，达到减少和限制火灾的损失和危害是十分重要的。

影响火灾严重性的因素大致有以下六个方面。

(1) 可燃材料的燃烧性能。可燃材料的材质有差异，其燃烧释放的热量和燃烧速率等燃烧性能不同，可燃材料的燃烧性能还与可燃材料的燃烧热值有关。

(2) 可燃材料的数量（火灾荷载）。火灾荷载越大，火灾持续时间越长，室内温度上升越高，破坏和损失越大。

(3) 可燃材料的分布。其对火势的蔓延起着很大作用，如分开布置，并使其相互之间有一间隔，可燃物品低，材料或物品比较厚实等可以阻隔火势的蔓延；在一定量的空气中，控制材料燃烧率的一个重要因素就是表面积与体积之比（即比表面积），这个值大，则燃烧快。

(4) 房间开口的面积和形状。火灾大致分为受通风控制的火灾和受燃料控制的火灾两种。试验表明：一般建筑火灾受房间开口的影响较大，燃烧性能取决于开口的通风状况 $A_w\sqrt{H}$ 值（其中， A_w 表示房间通风开口面积， m^2 ； H 表示房间通风开口高度， m ）。

(5) 着火房间的大小和形状。房间面积越大，可能火灾荷载越大，火灾越严重，房间进深越大，火灾越严重，因此，从防火工程考虑应尽可能地减小房间的尺寸和高度，但在设计中应同时满足建筑的有效使用面积。

(6) 着火房间的热性能。火灾严重性取决于房间中达到的最高温度和达到最大温度的速度。而这与建筑材料的热导率 λ 、密度 ρ 和比热容 c 有关，对于给定的热量，房间内表面温度的上升与 λ 、 ρ 、 c 成反比，而 λ 、 ρ 、 c 称为材料的热惰性。在实际的建筑设计中，既要考虑减少不利的火灾条件，增大 λ 、 ρ 、 c 值，又要考虑建筑的保温节能功能和使结构背火面的温度降低，即减小 λ 、 ρ 、 c 值。这一矛盾可通过一些结构构造方法来加以处理，如在内墙面采用热导率大的石膏板；墙中间填充保温隔热层的复合结构做法等。

总之，前三个因素主要与建筑中的可燃材料有关，而后三个因素主要涉及到建筑的布局。减小火灾严重性的条件就是要限制有助于火灾发生、发展和蔓延成大火的因素，根据各种影响因素合理地选用材料、布局和结构设计及构造措施，达到限制严重程度高的火灾发生的目的。建筑发生火灾时，控制火灾严重性的因素除材料的数量和燃烧性能之外，另外还要考虑的两个因素是空气的供给量和热损失。

明确影响室内火灾严重性各因素之间的关系，有助于以后防火策略的制订。

一旦某个房间失火，火灾发展和蔓延的过程取决于：火灾荷载的大小、材料的体积、分布状况及其连续性、孔隙度和燃烧性能；着火房间的通风状况；着火房间的几何形状和尺寸及着火房间的热性能。下面确定不燃墙壁的着火房间内防止发生轰燃所允许的最大热产生

率为：

$$h_c = 610 (\alpha_k A_T A_w \sqrt{H})^{1/2} \quad (1-2)$$

式中 h_c ——发生轰燃所允许的最大热产生率，kW；

α_k ——着火房间六壁结构的有效换热系数，kW/(m²·K)；

A_T ——包括开口面积在内的房间总内表面面积，m²。

式(1-2)说明着火房间的通风状况（即通风因子 $A_w \sqrt{H}$ ）和房间的大小及其热性能（ $\alpha_k A_T$ ）对是否发生轰燃有决定性影响。根据着火房间中能量及质量平衡的理论分析推导出的在不同通风系数，不同火灾荷载密度的情况下，可以采用相应建筑材料的热导率和热容量来构造的典型房间的火灾温度与时间理论曲线，从曲线中可以得出影响火灾严重性的各因素之间的关系和效果。

1.4 扑救火灾的一般原则

(1) 报警早，损失少 报警应沉着冷静，及时准确、简明扼要地报出起火部门和部位、燃烧的物质、火势大小；如果拨叫 119 火警电话，还必须讲清楚起火单位名称、详细地址，报警电话号码，同时派人到消防车可能来到的路口接应，并主动及时地介绍燃烧的性质和火场内部情况，以便迅速组织扑救。

(2) 边报警，边扑救 在报警同时，要及时扑救初起火。在初起阶段由于燃烧面积小，燃烧强度弱，放出的辐射热量少，因而是扑救的有利时机，只要不错过时机，可以用很少的灭火器材，如一桶黄沙，或少量水就可以扑灭，所以，就地取材，不失时机地扑灭初起火灾是极其重要的。

(3) 先控制，后灭火 在扑救火灾时，应首先切断可燃物来源，然后争取一次灭火成功。

(4) 先救人，后救物 在发生火灾时，如果人员受到火灾的威胁，人和物相比，人是主要的，应贯彻执行救人第一，救人与灭火同步进行的原则，先救人后疏散物资。

(5) 防中毒，防窒息 在扑救有毒物品时要正确选用灭火器材，尽可能站在上风向，必要时佩戴面具，以防中毒或窒息。

(6) 听指挥，莫惊慌 平时加强防火灭火知识的学习，并积极参与消防训练，才能做到一旦发生火灾不会惊慌失措。

习 题

1. 什么是燃烧“三要素”及其联系？
2. 防火基本措施有哪些？
3. 灭火基本方法有哪些？
4. 爆炸与爆炸极限的区别与联系是什么？
5. 论述建筑火灾发展过程。
6. 扑救火灾的一般原则是什么？

第 2 章

火灾分类及火灾条件下的自救和互救

2.1 火灾分类

火灾是指在时间和空间上失去控制的燃烧所造成的灾害。火灾可以按照燃烧材料、损失大小或者起火直接原因等进行分类。

2.1.1 按燃烧材料分

根据《火灾分类》(GB/T 4968—2008) 等国家标准, 有如下六类火灾。

(1) A 类火灾 A 类火灾指普通固体物质所引起的火灾。这种物质通常具有有机物的性质, 一般在燃烧时能产生灼热的余烬。A 类火灾燃烧过程复杂, 一般可以分为四类: 熔融蒸发式燃烧, 如蜡的燃烧; 升华式燃烧, 如萘的燃烧; 热分解式燃烧, 如木材、高分子化合物的燃烧; 表面燃烧, 如木炭、焦炭的燃烧。

(2) B 类火灾 B 类火灾指油脂及一切可燃液体燃烧而引起的火灾。油脂包括原油、汽油、煤油、柴油、动植物油等; 可燃液体主要包括酒精、乙醚等各种有机溶剂。这类火灾的燃烧实质是液体的蒸气与空气进行燃烧。

(3) C 类火灾 C 类火灾是指可燃气体燃烧而引起的火灾。按可燃气体与空气混合的时间, 可燃气体燃烧分为预混燃烧和扩散燃烧。

(4) D 类火灾 D 类火灾是由可燃金属燃烧而引起的火灾。可燃金属有锂、钠、钾、镁、铝、锌等。这些金属处于薄片状、颗粒状或者熔融状时很容易着火, 甚至在适当条件下会发生爆炸。在高温条件下, 这些金属通常能与灭火用的水、 CO_2 、 N_2 等发生化学反应, 让常用灭火剂失效, 因此必须采用较为特别的灭火剂。

(5) E 类火灾 指带电火灾, 即物体带电燃烧的火灾。如发电机房、变压器室、配电间、仪器仪表间和电子计算机房等在燃烧时不能及时或不宜断电的电气设备带电燃烧的火灾。E 类火灾是建筑灭火器配置设计的专用概念, 主要是指发电机、变压器、配电盘、开关箱、仪器仪表和电子计算机等在燃烧时仍旧带电的火灾, 必须用能达到电绝缘性能要求的灭火器来扑灭。对于那些仅有常规照明线路和普通照明灯具而且并无上述电气设备的普通建筑场所, 可不按 E 类火灾来考虑。

(6) F 类火灾 烹饪器具内的烹饪物 (如动、植物油脂) 火灾。

2.1.2 按火灾损失分

(1) 特大火灾 具有以下情形之一的为特大火灾: 死亡 10 人以上 (含 10 人); 重伤 20



人以上；受灾 50 户以上；烧毁财物的损失 100 万元以上。

(2) 重大火灾 具有下列情形之一的，为重大火灾：死亡 3 人以上；重伤 10 人以上；死亡、重伤 10 人以上；受灾 30 户以上；烧毁财物的损失 30 万元以上。

(3) 一般火灾 不具有以上情形的火灾为一般火灾。

2.2 火灾条件下的自救和互救

火灾一旦发生，人们往往显得比较慌乱，如何在火灾条件下实现有效地自救和互救，这是一个值得深究的问题。

火场逃生的时间把握要准。一般情况下，火场出现浓烟、高热缺氧等致人伤亡的时间，短的 5~6min，长的 10~20min。所以，火场疏散时间应控制在 15min 内为宜。

2.2.1 发生火灾的现场处理

对于火灾早期，争取早发现，早扑救。

(1) 火场报警 建筑内的所有人员平时要注重消防知识的学习和一些灭火基本技能的训练，应该知道并掌握如下七点。

- ① 牢记火警电话 119。
- ② 报警时要讲清着火单位、所在区（县）、街道、胡同、门牌或乡村地区。
- ③ 说明什么东西着火、火势怎样。
- ④ 讲清报警人姓名、电话号码和住址。
- ⑤ 报警后要安排人到路口等候消防车，指引消防车去火场的道路。
- ⑥ 遇有火灾，不要围观。
- ⑦ 不能乱打火警电话。

(2) 早期火灾扑救基本程序

- ① 发现着火不要惊慌，立即呼叫和通知消防控制室值班人员。
- ② 距离着火处就近的人员应当会使用灭火器等器材进行扑救，在短时间内形成第一灭火力量。

- ③ 消防控制值班人员和其他人员应当立即通知相关负责人和消防管理人，并拨打“119”报警。

- ④ 起疏散引导作用的人员应当立即采取呼喊、提示、指引的方式引导建筑内人员选择安全、就近的安全出口逃生。

- ⑤ 相关负责人、消防管理人应当立即赶到现场组织火灾扑救，在几分钟内组织平时训练有素的消防人员及义务消防员进行自救，形成第二灭火力量。

如果在短时间内扑灭不了火灾，那么扑救人员应及时撤离到安全地方，等待和配合专职消防人员进场灭火。

2.2.2 火灾逃生自救与互救的方法

- ① 结绳自救。一旦安全出口被火封住，建筑内人员可将窗帘、被罩撕成粗条，结成长绳，一端紧固在暖气管道或其他足以负载体重的物体上，另一端沿窗口下垂至地面或较低楼层的窗口、阳台处，顺绳下滑逃生。注意应将绳索结扎牢固，以防负重后松脱或断裂。

- ② 巧用地形。由于建筑样式各异，相应形成了不同的构成特点，有些特点有的是可以