

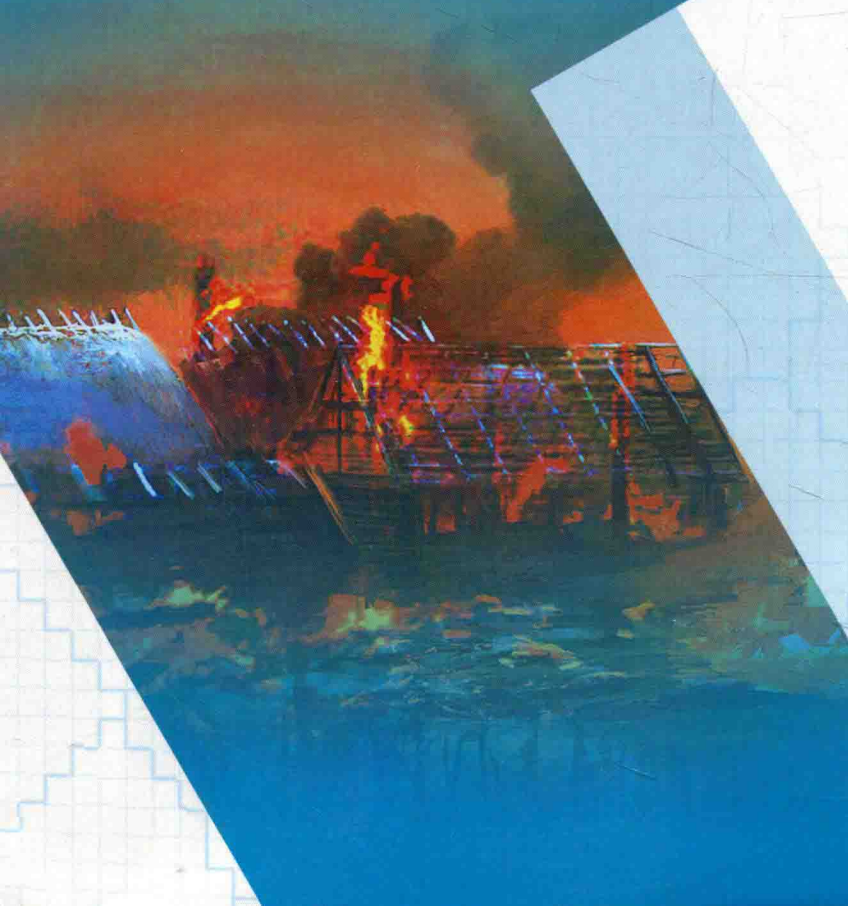
“十二五”国家重点图书出版规划项目

防灾减灾技术丛书

火灾及防火减灾对策

丛书主编 宋波

主编 李引擎 张靖岩



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

“十二五”国家重点图书出版规划项目

防灾减灾技术丛书

火灾及防火减灾对策

丛书主编 宋波

主编 李引擎 张靖岩



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为“防灾减灾技术丛书”分册之一,该丛书由国内防灾减灾领域科研一线的中青年专家学者编写。本书全面总结了火灾防灾减灾领域的最新理论研究与技术实践,共分为7章,包括:绪论、城市火灾风险评估与消防规划、建筑防火设计规范发展沿革、建筑防火设计、建筑性能化防火设计理论与工程应用、多层综合交通枢纽防火设计、消防管理及新技术应用。本书适合防灾减灾专业相关科研、工程人员参考借鉴,也可由政府管理人员作出相关合理决策提供支持,亦可供相关专业院校师生作为教辅使用。

图书在版编目(CIP)数据

火灾及防火减灾对策 / 李引擎, 张靖岩主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015. 12
(防灾减灾技术丛书)
ISBN 978-7-5170-4022-4

I. ①火… II. ①李… ②张… III. ①火灾—灾害防治 IV. ①TU998. 12

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第321568号

书 名	防灾减灾技术丛书 火灾及防火减灾对策
作 者	丛书主编 宋 波 主 编 李引擎 张靖岩
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	203mm×253mm 16开本 26印张 608千字
版 次	2015年12月第1版 2015年12月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	58.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

• 前言

Preface

现代化城市具有生产集中、人口集中、建筑集中、财富集中等基本特点，现代化建筑也向城市立体化、综合化、多功能复合型方向发展：一是将地下商城、地铁交通与地面商业和居住层联合成一个整体；二是在同一建筑的同一水平楼层内集社会公众活动、办公事务、餐饮服务为一体的复合使用。这给消防安全带来了一系列负面效应，一方面增大了火灾发生的可能性，另一方面大大增加了灾害的破坏性，严重威胁城市和居民生命的安全，甚至影响经济快速稳步发展。

建筑防火研究经过 20 多年的发展，已经形成了一门综合性很强的新型交叉学科，涉及建筑、规划、结构、材料、电子、给排水和暖通等专业，并逐渐在公共安全、防灾减灾等领域发挥越来越重要的作用。如何合理解决现代化城市所带来的消防安全问题，需要在建筑防火基本理论研究的基础上，进一步从以下几方面细致考虑：一是要转变建筑防火设计理念，采用主动式及被动式防火相结合的结构和系统，来实现平衡式建筑防火理念；二是运用现代科技信息手段，着重考虑人与建筑、消防设施互动所带来的防灾效果；三是对城市进行统一合理科学的规划，提高个体建筑防灾安全水准，充分降低灾害发生的概率；四是对既有建筑的火灾危险性进行科学评估，并通过合理的消防投资加以改造，提高建筑消防水平。

本书基于以上四点考虑，向读者介绍了目前我国防火安全现状和最新的科研成果，使读者能够了解和掌握有效的火灾防治手段，促进全社会对防火工作的广泛参与。本书吸收了“十二五”国家科技支撑计划课题“城镇重要功能节点和脆弱区灾害承载力评估与处置技术”（2015BAK14B02）和国家重点基础研究发展计划（973 计划）课题“高层建筑立体火蔓延行为及其阻隔机制”（2012CB719702）等项目的部分研究成果，并结合了作者多年来参与的多项建筑防火工程实际案例，对城市火灾风险评估与消防规划、建筑防火设计规范发展沿革、建筑防火设计、建筑性能化防火设计理论与工程应用、多层

综合交通枢纽防火设计、高新技术在消防管理中的应用等进行了深入阐述。本书可供建筑设计和安全技术专业工作人员以及消防管理人员使用，也可作为高等院校相关专业的研究生辅助教材。

本书由李引擎和张靖岩主编并统稿。第1章由张靖岩、付佳佳执笔，第2章由刘松涛、欧宸、刘诗瑶、苏乃特执笔，第3章由刘文利、李引擎执笔，第4章由孙旋、朱春玲、王广勇、唐海、彭华、陈一洲、袁沙沙、周欣鑫执笔，第5章由肖泽南执笔，第6章由刘栋栋、张先来、李磊执笔，第7章由张向阳、王佳、王大鹏、张玮执笔。本书编写过程中，参考了大量国内外科技工作者的相关研究和技术成果，在此表示衷心感谢。本书还得到住房和城乡建设部防灾研究中心和中国建筑科学研究院的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏或不当之处，敬请读者批评指正。

作 者

2015年9月

• 目录

Contents

前言

第1章 绪论	1
1.1 火灾的基本概念与危害	1
1.2 我国的火灾形势	4
1.3 火灾的发展过程与防治对策	7
1.4 火灾科学与城市发展	11
1.5 本书的主要内容	16
第2章 城市火灾风险评估与消防规划	18
2.1 火灾风险与城市安全	18
2.2 城市区域火灾风险评估与案例分析	20
2.3 城市消防规划与案例分析	39
本章参考文献	53
第3章 建筑防火设计规范发展沿革	55
3.1 建筑防火规范的历史与现状	55
3.2 我国现行防火法规框架体系	57
3.3 我国建筑防火规范的发展展望	63
本章参考文献	69
第4章 建筑防火设计	70
4.1 概述	70
4.2 总平面布局和平面布置	75
4.3 火灾自动报警系统的设计	85
4.4 自动喷水灭火系统设计	103
4.5 防排烟系统设计	122
4.6 建筑电气防火设计	136

4.7 安全疏散设计	140
4.8 建筑内装修防火设计	153
4.9 建筑结构防火设计	183
本章参考文献	227
第5章 建筑性能化防火设计理论与工程应用	228
5.1 概述	228
5.2 火灾场景设计	238
5.3 烟气控制系统设计	244
5.4 人员安全疏散设计	253
5.5 几种特殊建筑形式的消防性能化设计	269
5.6 实验验证	281
本章参考文献	290
第6章 多层综合交通枢纽防火设计	292
6.1 多层综合交通枢纽建筑及火灾特点	292
6.2 发展现状与趋势	296
6.3 烟气控制研究	306
6.4 紧急疏散设计	327
本章参考文献	353
第7章 消防管理及新技术应用	354
7.1 消防管理	354
7.2 BIM 技术及应用	374
7.3 虚拟现实技术及应用	380
7.4 物联网技术及应用	399
本章参考文献	407

第1章 绪 论

在人类发展的历史长河中，火，燃尽了茹毛饮血的历史；火，点燃了现代社会的辉煌。正如传说中所说的那样，火是具备双重性格的“神”。火给人类带来文明进步、光明和温暖。但是，它有时是人类的朋友，有时却是人类的敌人。失去控制的火，就会给人类带来灾难。

1.1 火灾的基本概念与危害

火灾是在时间和空间上失去控制的燃烧所造成的危害，是各种社会灾害中最危险、最常见也最具毁灭性的灾种之一。它可以是天灾，也可以是人祸。因此火灾既是自然现象，又是社会现象。

按照发生的场合，火灾大体可分为野外火灾、城镇火灾和厂矿火灾等。野外火灾包括森林火灾、草原火灾等，这类火灾虽然也有人为因素的影响，但主要与自然条件有关，一般将其按自然灾害对待。城镇火灾包括民用建筑火灾、工厂仓库火灾、交通工具火灾等。各类建筑物是人们生产和生活的场所，也是财产极为集中的地方，因此建筑火灾造成的损失十分严重，且直接影响人们的各种活动。厂矿火灾有着与具体生产过程相关的特殊性，与普通民用建筑火灾有较大的差别。由于使用或存储的易燃、易爆物品较多，厂矿火灾往往会造成十分严重的后果。

1.1.1 火灾的相关概念

近几十年来，火灾科学发展快速，世界上许多国家相继建立了一批重点研究火灾防治的科研机构，大批科研人员纷纷进入这一研究行列，在火灾物理、火灾化学、人与火灾的相互影响、火灾研究的工程应用、火灾探测、统计与火险分析系统、烟气毒性和灭火技术等开展科研活动，这些工作极大地推动了火灾防护机理和防火灭火技术工程的迅速发展。随着火灾研究工作的深入，人们能够更加深入地认识火灾、了解火灾、控制火灾，逐渐减少火灾造成的人员伤亡与经济损失，为建立和谐社会保驾护航。

下面介绍火灾科学研究中的常用术语。熟悉术语，可对火灾有个初步的概念性认识。

1. 燃烧 (Combustion)

燃烧是可燃物与氧化剂在空间内发生的一种化学反应。在反应过程中，可燃物内所储存的化学能转变为热能释放出来，因此放热是燃烧的基本特征。此外由于反应比较剧烈，燃烧过程中往往伴有发光现象。

2. 可燃物 (Fuel)

在火灾中发生燃烧放出热量的物质,可分为气相、液相和固相三种形态,它们具有不同的燃烧特点。可燃气体容易与空气混合,因而容易发生燃烧。液体和固体可燃物是凝聚态物质,难以与空气充分接触,它们通常需要在受到外界加热的条件发生蒸发或热分解,析出可燃气体,进而发生气相扩散燃烧。

3. 火灾 (Fire)

火灾是失去控制的燃烧所造成的灾害。火灾具有燃烧的一般特征,存在发热、发光以及发出噪声等现象。但由于人们在时间和空间上失去了对火灾控制,因此燃烧释放的热能往往会对自然和社会造成某种程度的损害。

4. 火灾载荷 (Fire Load)

在某建筑物内,用当量标准木材的质量来表示的所有可燃物的质量,即为火灾载荷。也有人使用热量(当量标准木材的发热量)来表示火灾载荷。

建筑物内单位地板面积上的火灾载荷称为火灾载荷密度 (Fire Load Density)。

5. 着火 (Ignition)

在某些外界和内部因素的作用下,可燃物由正常状态转变为可发生持续燃烧的现象称为着火。着火是一个过程,一般说,可燃物本身的热量正在发生一定的变化。若可燃物所损失的热量小于它获得的热量,则当其达到一定温度,便发生着火。可燃物着火有点燃 (Pilot Ignition) 和自燃 (Self Ignition) 两种形式。点燃是用外部热源使可燃物着火。小火焰、电火花、炽热物体都是典型的外部热源。在某些特定空间内,可燃物自身的热解会释放一定的热量,并且热量不会迅速散失,同时热解也会产生若干可燃气体,当可燃气体与氧气的混合物达到一定温度时,也可发生着火,这就是自燃。自燃不需要外部热源加热即可发生。

6. 火灾类别 (Classification of Fires)

根据国家标准《火灾分类》(GB/T 4968—2008),按照物质的燃烧特性,火灾可分为以下六类。

A类火灾:固体物质火灾。这种物质通常具有有机物性质,一般在燃烧时能产生灼热的余烬。

B类火灾:液体或可熔化的固体物质火灾。

C类火灾:气体火灾。

D类火灾:金属火灾。

E类火灾:带电火灾。物体带电燃烧的火灾。

F类火灾:烹饪器具内的烹饪物(如动植物油脂)火灾。

此外在建筑灭火器配置设计中还专门提出E类火灾,它指的是电器、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,E类火灾与A类或B类火灾共存。

7. 火灾分级 (Fire Rating)

根据1996年我国发布的《火灾统计管理规定》,国家将火灾分为特大火灾、重大火灾和一般火



灾三级，见表 1.1。只要达到其中一项就认为达到该级火灾。

表 1.1

火灾等级的划分标准

火灾等级	死亡人数	重伤人数	死亡重伤总人数	受灾户数	直接财产损失 /万元
特大火灾	≥ 10	≥ 20	≥ 20	≥ 50	≥ 100
重大火灾	≥ 3	≥ 10	≥ 10	≥ 30	≥ 30
一般火灾	< 3	< 10	< 10	< 10	< 30

1.1.2 火灾的危害

正确、合理地使用火可以造福人类；不正确、不合理地使用则可能引发火灾，给人类带来灾难。正如古人所说：“善用之则为福，不能用之则为祸。”

1. 火灾的直接危害——破坏

火灾一直与人类相伴，对人类的文明造成了重大破坏。世界上许多著名的建筑都毁于火灾。例如，在我国南宋时期，杭州先后发生火灾 20 起，其中 5 起火灾使全城为之一空。尤为严重的是 1210 年 3 月，大火烧了数天，蔓延到杭州城内外 10 余里，烧毁宫室、军营、仓库、民宅等 58000 余处，受灾达 186300 余人。受灾面积之大、损失之重，是我国历史上城市火灾之最。再如，1666 年 9 月 2 日，英国伦敦普丁巷一间面包铺失火，一阵大风使火焰很快蔓延至几条全是木屋的狭窄街道，随后火苗又蹿入泰晤士河北岸的一些仓库里，全城被大火烧了整整 5 天，市内 448 英亩的地域有 373 英亩成为瓦砾，占伦敦面积的 83.26%。古老的圣保罗大教堂在这场大火中毁于一旦。这场火灾还造成 13200 户住宅被毁，财产损失达 1200 多万英镑，20 多万人流离失所，无家可归。根据世界火灾统计中心的统计，近年来在全球范围内，每年发生的火灾有 600 万~700 万起，死亡人数为 65000~75000 人。

2. 火灾的间接危害——二次灾害

火灾发生时，会释放有毒有害气体、污染环境、毁坏资源，对生态环境的良性运行造成无法预测的影响。此外，当人们采取一系列的措施来预防控制火灾时，如果处理不当，也会带来一些其他附加损失。总而言之，火灾不仅造成了直接和间接的经济损失，造成人员伤亡，破坏生态环境，同时还可能对人类造成精神创伤，影响社会的和谐稳定。

水是最常见的灭火剂，但水导电且在现场能留下痕迹，因此当文物、电子设备、图书档案等发生火灾，使用水灭火将可能造成不可修复的破坏。扑救有毒物质或者能够与水发生反应生成毒性物质的火灾时，如果采用水灭火剂，由于水具有流动性，在火灾现场地表往往会有一定量的水流动，此时这些有毒物质会随水的流动造成新的污染，如果这些有毒液体流入河流，则将造成更大区域的危害。1986 年 11 月 1 日，瑞士巴塞尔市一家存放化学危险品的仓库发生火灾，消防人员灭火时注入了约 1 万 gal 水，结果约 30 吨的农药和化工原料随着灭火用水流入西欧著名的莱茵河，大量的硫、磷和异物使 240 多公里的河道变成毒流，河面漂起大量死鱼和生物，人畜无法饮用。莱茵河沿岸的

法国、联邦德国、荷兰等5个国家深受其害。这起事故不仅造成了巨大的物质损失,而且造成了大气污染和莱茵河的严重污染,是有史以来造成环境污染最严重的火灾。

与巴塞尔市火灾相对应,美国俄亥俄州的一个汽车喷漆厂发生火灾后,消防总指挥指示只用少量的水灭火,因为该厂位于市政供水系统的分水岭上。火势得以控制后,消防总指挥立即命令停止用水灭火,任火焰自然熄灭,这种处理方式保证了城市水源免遭污染。

1.2 我国的火灾形势

1.2.1 近年来我国火灾事故的基本情况

随着我国经济迅速发展,人民的生活水平大大改善,但火灾事故的次数和损失却呈上升趋势。20世纪90年代至今,我国发生了多起特大和重大的火灾爆炸事故。例如,1994年12月8日,新疆克拉玛依友谊馆发生火灾,造成了323人死亡、130人受伤;1994年11月27日,辽宁阜新艺苑歌舞厅发生火灾,死亡233人,伤20人(其中重伤4人),直接财产损失12.8万元;2000年12月25日,河南洛阳东都商厦火灾造成309人死亡、7人受伤;2008年9月20日,广东深圳舞王俱乐部发生火灾,43人遇难,88人受伤;2010年11月15日,上海市静安区胶州路707弄1号的一栋28层住宅楼发生火灾,造成特别重大火灾事故,经对遇难者遗骸的DNA检测,遇难58人,其中男性22人,女性36人;2013年6月3日,吉林省长春德惠市宝源丰禽业有限公司主厂房发生特别重大火灾爆炸事故,造成121人死亡、76人受伤,直接经济损失1.82亿元;2014年8月2日,江苏昆山市昆山经济技术开发区的昆山中荣金属制品有限公司发生重大铝粉尘爆炸事故,造成97人死亡、163人受伤,直接经济损失3.51亿元。

图1.1给出了1950—2013年间我国火灾概况。新中国刚刚成立时,百废待兴,社会和经济还没有得到全面发展,火灾直接损失相应也比较低。20世纪50年代,火灾直接损失平均每年约0.6亿元(统计数据中不包括香港、澳门特别行政区和台湾地区的火灾数据,也不包括森林、草原、军队和矿井地下火灾。全书同)。随着社会和经济的发展,火灾损失也相应增加。60年代,年均火灾损失为1.4亿元;70年代,年均火灾损失近2.4亿元;80年代,年均火灾损失为3.2亿元。到了90年代,改革开放的成效逐渐显现出来,社会和经济得到了迅速发展,社会财富不断增加,火灾次数与直接损失也急速上升。90年代,火灾直接损失平均每年为9.16亿元。21世纪前13年的年均火灾损失则达到了18.27亿元,几乎是20世纪90年代年均火灾损失的2倍。

图1.2给出了我国1987—2013年间的火灾直接损失情况,并与我国的经济发展状况作了比较。1978年至今,正是我国国民经济迅速发展的时期,1986年我国国内生产总值(GDP)超过万亿元,达到10309亿元;2001年GDP超过10万亿元,达到110270亿元;2013年GDP超过50万亿元,达到538522亿元,约为1986年的50多倍。连续多年来,我国的国民生产总值以平均每年7.9%的速度增长,我国成为世界上经济增长最快的国家之一。从2009年开始,我国GDP排名跃升为世界

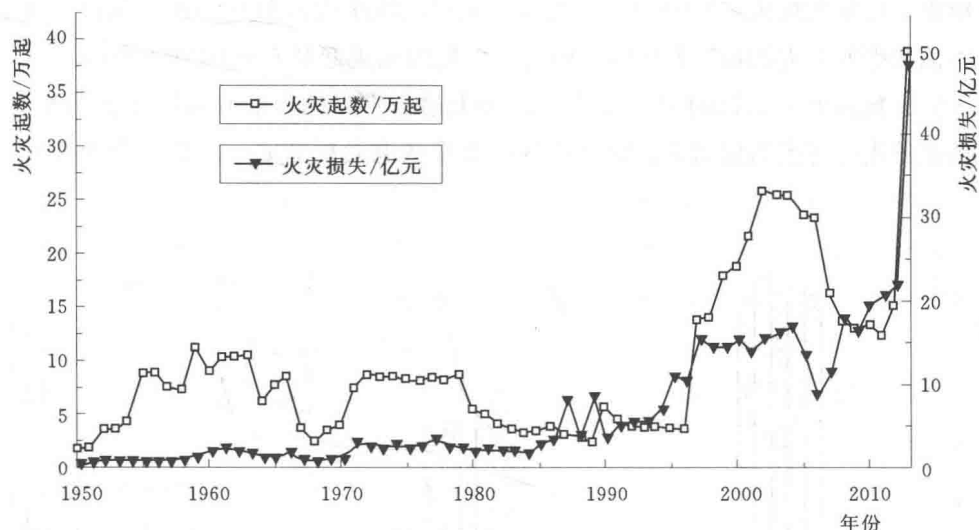


图 1.1 1950—2013 年我国火灾损失概况

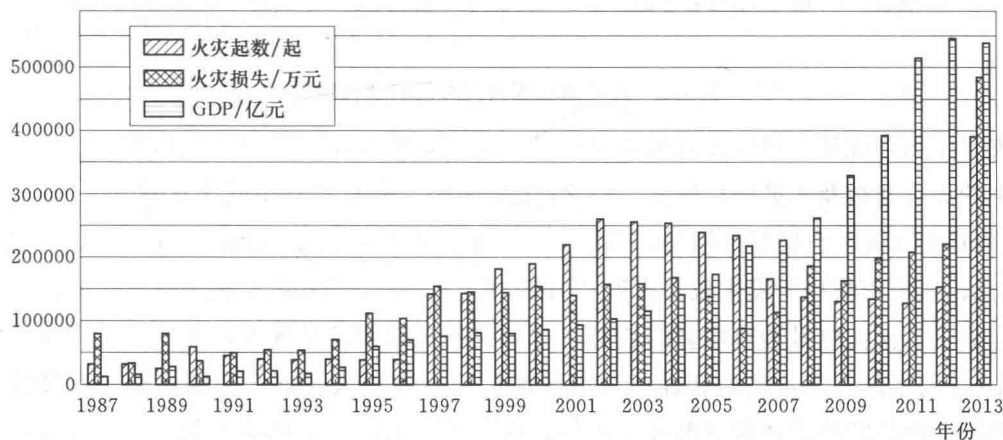


图 1.2 火灾总量随经济的增长而变化的情况

第二位。但火灾灾害却与经济总量扩大和城市就业人员的增加呈正比例增长态势。从图 1.2 中可以看出, 1990 年我国火灾超过了 5 万起; 火灾损失的绝对值也呈现迅速上升的趋势, 1995 年达到 11.2 亿元, 1999 年以后大多在 15 亿元以上, 2010 年后达到 20 亿以上; 2013 年火灾的直接损失甚至达到 48.5 亿元, 是 1990 年的近 10 倍。这些数据表明, 随着经济的快速发展, 火灾损失也在不断增加, 这反映出火灾爆炸事故与经济发展存在密切联系。

实际上, 这种情况在其他国家同样存在。例如根据美国消防协会的资料, 1880—2000 年的 120 年里, 美国的 GDP 增长了约 880 倍, 而火灾损失则增长了近 150 倍, 由 1880 年的 7500 万美元增长为 2000 年的 112 亿美元。日本的火灾损失变化趋势也与美国相似, 1956—1991 年的 35 年里, 日本的 GDP 增长了约 46 倍, 而火灾直接财产损失增长了 4 倍以上。

图 1.3 给出了近年来按火灾原因分类及所发生火灾次数所占百分比情况,从图中可看出,电气和生活用火不慎是引发火灾的最主要原因。因电气引发的火灾起数在火灾总数中占 28% 以上,生活用火引发的火灾起数占火灾总数的 15% 以上。实际上这与生产的发展和人民生活的改善密切相关。现代工厂、企业的用电规模都相当大,家庭中的电器设备也大量增加,安装不合理或使用不当就会引起火灾。

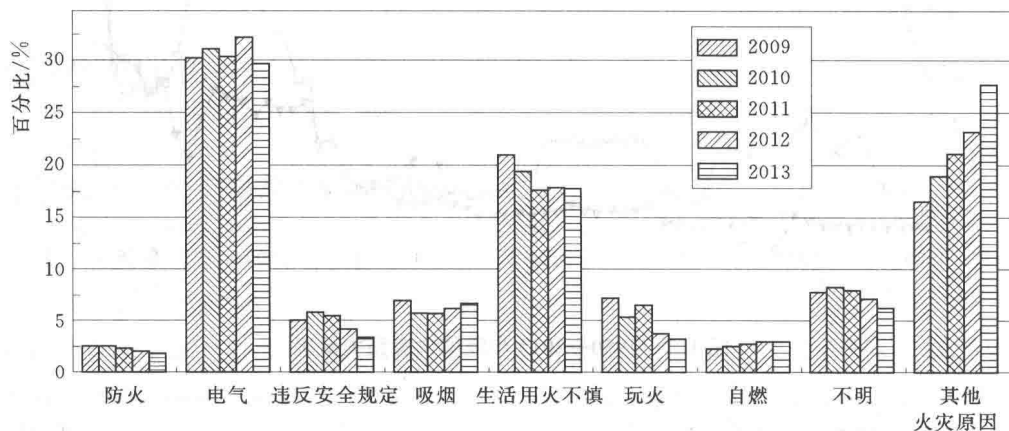


图 1.3 近年来我国火灾原因的变化情况

按火灾发生场合统计,可以发现近年来住宅、商场、歌舞厅、宾馆、饭店等人员密集的公共活动场所发生的火灾起数及人员伤亡较多。以 2013 年为例,全年共发生较大火灾 117 起(其中 23 起为防火),死亡 449 人,直接财产损失 3.7 亿元,其中住宅发生火灾 55 起,死亡 215 人,直接财产损失 0.34 亿元;人员密集场所发生较大火灾 22 起,死亡 70 人,直接财产损失 0.8 亿元。

交通运输工具火灾也呈迅速增多的趋势,这与交通运输事业快速发展有关。近年来,我国的汽车数量比 10 年前增加几倍,民航运输、大型船舶运输也有很大发展。交通运输工具使用和运送可燃、易燃和易爆物品的种类和数量都大大增加,这便为火灾的发生创造了条件。车船火灾还往往与石油基物品有关,这种火灾蔓延迅速、燃烧猛烈,容易造成严重损失。

1.2.2 火灾主要原因分析

现在,火灾问题已在我国社会上引起很大的震动。迅速采取有效措施,抑制这类灾害的上升势头,已成为党、政府和全国人民普遍关心的问题。科学、客观地分析火灾发生的原因及规律,对制定合理、有针对性的预防控制对策具有重要作用。

研究认为,当前我国火灾事故频发有着深刻的客观原因和主观原因。

主要的客观原因之一是现在的可燃物与点火源的状况发生了巨大改变。

随着经济的快速发展,建筑物的结构形式和可燃物的组成方式均发生了很大的改变。在我国各地,尤其是在人口密集的城市,高层建筑、地下建筑和其他大型复杂建筑大量涌现,多种高聚合物材料制造的建筑构件及生活用品的广泛使用,大大增加了人们工作和居住场所的燃料载荷,从而大

大增加了这些区域的火灾严重性。同时多种电力和热力系统被直接接入建筑物内，它们不仅量大，而且分散，这就大大增加了起火的可能性。统计表明，许多火灾是由电气故障引发的。

主要的主观原因是我国当前的火灾安全保障体系不完善、人们的安全观念不强。

现在不少建筑还存在防火设计方案不合理现象，消防设施不足、消防水源缺乏的问题也较为普遍。有些建筑虽然设有消防设施，但长期不能正常工作。这些建筑一旦失火，就容易造成火灾扩大与烟气的蔓延。有些城镇缺乏有效的总体消防规划，房屋密集、道路狭窄、人员拥挤，但灭火力量不强、消防通道不畅，一处失火后，很容易演化为火烧连营的大范围灾难。近年来，虽然我国的消防力量增长，安全保障体系已有很大进步，但仍不能适应新形势的需要。

人们的安全观念和意识不强也是屡屡发生事故的重要原因。在一些单位和企业中，领导人或负责人严重忽视安全工作，片面地抓生产、追求利润，对如何保证安全想得较少。安全管理制度通常很不健全，即使有也往往是形同虚设，灾害发生时根本起不了作用。

此外，相当多的人缺乏必要的灭火和逃生技能，一旦遇到灾害，就会惊慌失措，非常容易造成重大伤亡。

1.3 火灾的发展过程与防治对策

1.3.1 火灾的发生

发生火灾必须具有可燃物、氧气（氧化剂）及一定的外加热量（点火能）三个要素，三者缺一不可。这三个要素通常以火灾三角来表示，如图 1.4 所示。其中可燃物的数量是火灾严重性与持续时间的决定性因素。氧气主要由室内空间的大小、通风口的面积及通风形式决定。发生火灾前，引燃可燃物的热量必须由某个热源供给，例如炉具、电加热器、电火花、点着的香烟等。不过一旦起火，热量便可由火焰供给，这时火灾可以自我维持与发展。



图 1.4 火灾要素三角示意图

在研究燃烧的条件时，还应当注意，上述三个要素在数量上的变化也会直接影响燃烧能否发生和持续进行。例如，氧气在空气中的含量降低到 15% 以下时，燃烧一般就很难进行；着火源如果不具备一定的温度和足够的热量，燃烧也不会发生。因此，燃烧的充分条件有以下几个方面。

- (1) 一定的可燃物含量。可燃气体或蒸气只有达到一定的含量时才会发生燃烧。
- (2) 一定的含氧量。
- (3) 一定量的着火源能量，即能引起可燃物质燃烧的最小着火能量。
- (4) 相互作用。燃烧的三个要素必须相互作用，燃烧才能发生和持续进行。

1.3.2 火灾的发展

对于通常的可燃固体火灾，室内平均温度的上升曲线可用图 1.5 中的 A 线表示。现结合此曲线说明火灾的发展过程。

室内火灾大体分成三个主要阶段，即火灾初始阶段、火灾全面发展阶段和火灾减弱阶段。各阶段特点简述如下。

1. 初始阶段

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里进行一样。在火灾局部燃烧形成后，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、可燃装修材料等）卷入燃烧之中，从而使室内火灾进入全面发展的猛烈燃烧阶段。

初始阶段的特点是：①火灾燃烧范围不大，火灾仅限于初始起火点附近；②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；③火灾发展速度较慢，在发展过程中，火势不稳定；④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。

根据初始阶段的特点可见，该阶段是灭火的最有利时机，应设法争取尽早发现火灾，把火灾及时控制和消灭。

2. 全面发展阶段

在火灾初始阶段后期，火灾范围迅速扩大，当火灾房间温度达到一定值时，积聚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燃烧之中，燃烧猛烈，温度升高很快。这种房间内局部燃烧向全室性燃烧过渡的现象称为轰燃。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。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猛烈燃烧，放热速度很快，因而房间内的温度升高很快，并出现持续性高温，最高温度可达 1100°C 左右。火焰、高温烟气从房间的开口大量喷出，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、数量和通风条件等。



3. 减弱阶段

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,则认为火灾进入减弱阶段。随后,房间温度下降明显。直到房间内的全部可燃物被烧光,室内外温度趋于一致,火灾即告结束。

图1.5中曲线B是可燃液体(及热融塑料)火灾的温升曲线,其主要特点是火灾初期的温升速率很快,在很短的时间内,温度可达到 1000°C 左右,火灾基本上按定常速率燃烧。若形成流淌火,燃烧强度将迅速增大。这种火灾几乎没有多少探测时间,加上室内迅速出现高温,极易对人和建筑物造成严重危害。因此防止和扑救这类火灾还应当采取一些特别的措施。

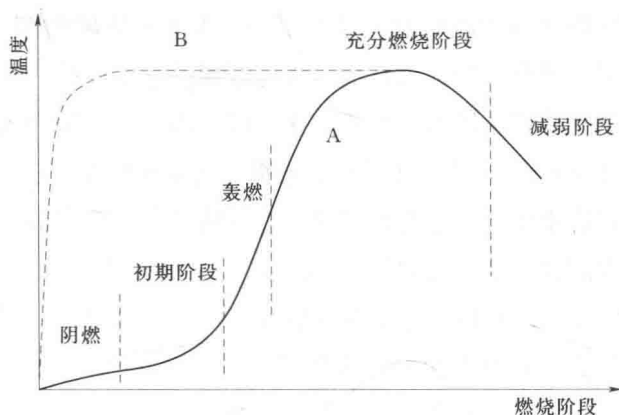


图 1.5 室内火灾中的温升曲线

1.3.3 火灾的防治对策

在建筑火灾中,防治火灾的各种对策的应用都应当参照火灾的发生发展过程加以考虑。下面结合图1.6所示的火灾发展时间线加以说明。

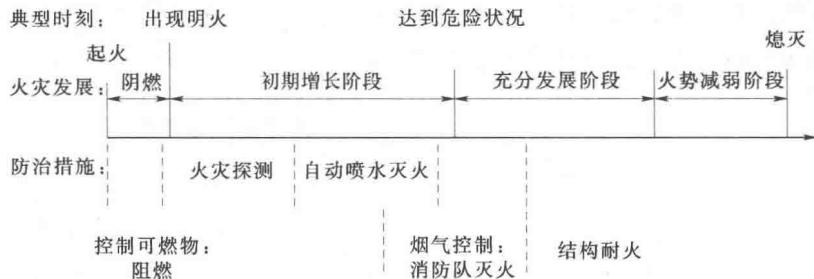


图 1.6 火灾发展时间线以及相应消防对策

控制起火是防止或减少火灾损失的第一个环节,为此应当了解各类可燃材料的起火性能,将其控制在危险范围之外;应当足够重视材料的合理选用,对那些容易着火的场所或部位采用难燃材料或不燃材料。通过阻燃技术改变某些可燃或易燃材料的性能是基本的阻燃手段。

火灾自动探测报警系统是在火灾初期阶段发挥作用的。在发生火灾的早期,准确地探测到火

情并迅速报警,不仅可为人员的安全疏散提供宝贵的报警信息,而且可通过联动方式启动有关的消防设施来扑灭或控制早期火灾。自动喷水灭火系统是一种当前广泛应用的自动灭火设施,它可及时将火灾扑灭在早期阶段或将火灾的影响控制在限定范围内,并能有效保护室内的某些设施免受损坏。对于某些使用功能或存储物品比较特殊的场合,还应依据具体情况选择其他适用的灭火系统。

对于大型建筑、高层建筑和地下建筑等现代建筑来说,使用自动消防系统对控制火灾的增长具有特别重要的意义。这些建筑中往往都有较大的火灾载荷,且火灾发展迅速,单纯依靠外来消防队扑灭火灾,往往会延误时机,因此加强建筑物的火灾自防自救能力已成为现代消防的基本理念。自动火灾探测和灭火系统是实现这种功能的两种基本手段。由于火灾的类型不同,扑灭火灾的技术也有较大的差别。在一些特定的场合应当选用其他与该场合相适应的灭火系统。

在建筑火灾中,防止烟气蔓延是极为重要的,这是因为烟气可对室内人员构成严重威胁。因此,必须在人员受到烟气威胁之前就将他们撤离到安全地带。有效控制烟气的蔓延还是迅速灭火的基本条件,对于保护财产 also 具有重要意义。建筑物内的许多设施(如电子仪器、通信设备、生化材料等)受到烟熏后,它们的起火性能也会受到极大的影响。

火灾常可发展到轰燃阶段,因此保住建筑物整体结构的安全便成了火灾防治的主要目标。为此应当保证建筑物构件具有足够强的耐火性能,认真核算相关构件的耐火极限是防火安全工程的又一重要方面。

还应指出,建立良好的消防监控中心或通信指挥中心是实现综合集成的关键一环,缺乏强有力的统一管理和控制,难以保证各类消防系统的有效运作。此外,消防队的快速反应 also 具有重要意义,对于轰燃后的大火,一般需要专门的消防队来扑救。他们越早到达,就越有利于控制火灾。因此,加强消防通信和指挥系统、提高消防队伍的快速反应能力是增强城市防火安全的重要方面。

各种消防设施对于控制和扑救火灾都有着重要的作用,它们分别以不同的方式、在火灾的不同阶段,对火灾的发展进程产生影响。例如在火灾早期,启动洒水喷头灭火,对控制室内温度的升高很有效,可有效预防轰燃的发生,并且火灾也会较快被熄灭。图 1.7 简要说明了这一过程。

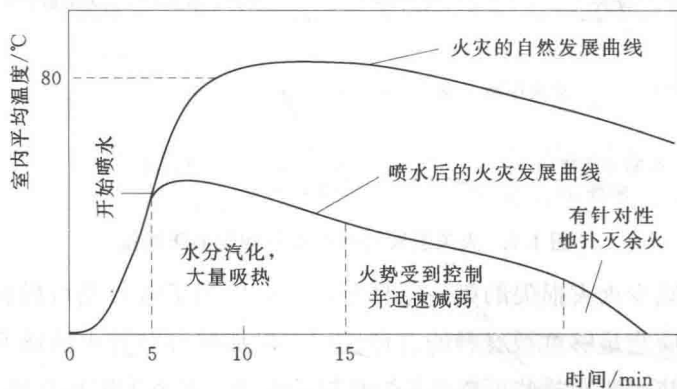


图 1.7 喷水对火灾过程的影响