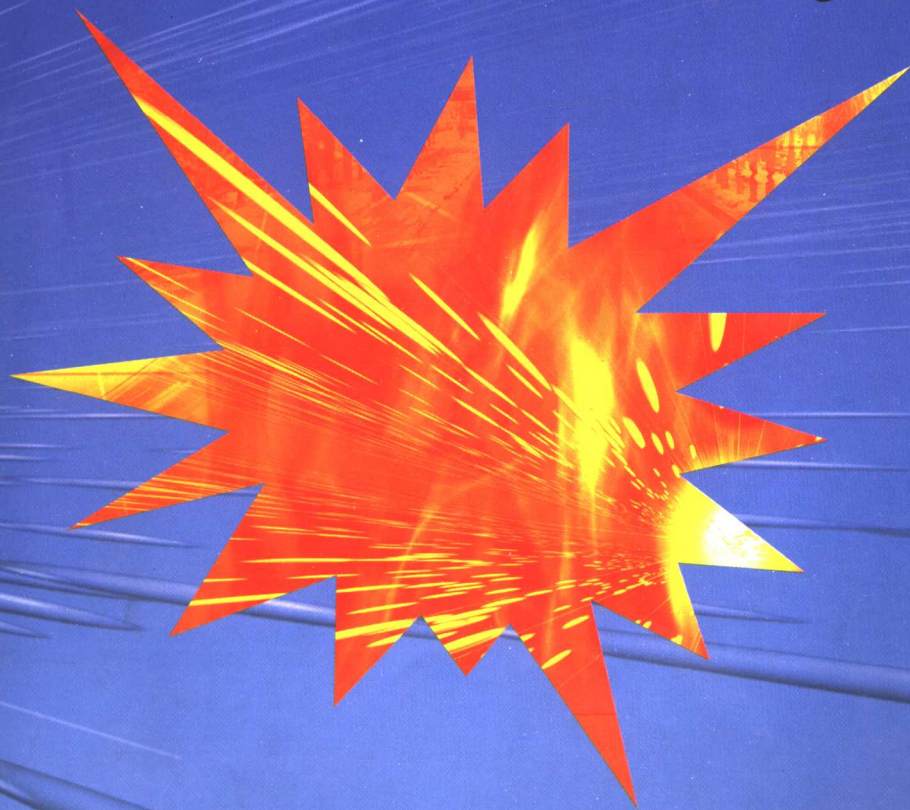


中国地质大学“211工程”建设重点资助

安全工程系列教材

魏伴云 主编

# 火灾与爆炸灾害 安全工程学



中国地质大学出版社

安全工程系列教材

# 火灾与爆炸灾害安全工程学

主编 魏伴云

编者 魏伴云 李红杰

中国地质大学出版社

## 内 容 简 介

火灾与爆炸灾害安全工程学是一门以工程科学与灾害科学相结合,以安全防治为目标的工程技术课程。本教材的特点是以建筑火灾为代表,全面论述火灾防治的基础原理和技术方法;根据国民经济基础建设的需要,将爆炸灾害分为人控爆炸与非人控爆炸两个部分,分别论述其爆炸基础、爆炸灾害防治技术与方法。教材分三部分共九章,综合部分包括绪论与危险评价;火灾防治部分包括火灾燃烧基础、火灾预防、烟气控制与火灾扑救;爆炸灾害防治部分分为非人控爆炸基础与灾害控制技术和人控爆炸基础与灾害控制技术等内容。

本书可作为与国民经济基础建设相关的矿业、水利、交通、建筑、地质等高等院校安全工程专业的教材,也可以作为相关行业和企业的安全人员培训教材,还可供其他行业安全工程专业和安全、设计、管理、监理、研究等技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

火灾与爆炸灾害安全工程学/魏伴云主编. —武汉:中国地质大学出版社,2004.8  
ISBN 7-5625-1898-X

- I. 火…
- II. 魏…
- III. 火灾-爆炸-安全工程
- IV. X928.7

火灾与爆炸灾害安全工程学

魏伴云 主编

责任编辑:贾晓青

技术编辑:阮一飞

责任校对:胡义珍

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路31号)

邮编:430074

电话:(027)87482760 传真:87481537

E-mail: cbo@cug.edu.cn

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:384千字 印张:15.25

版次:2004年8月第1版

印次:2004年8月第1次印刷

印刷:中国地质大学印刷厂

印数:1500册

ISBN 7-5625-1898-X/X·18

定价:29.80元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

## 《安全工程系列教材》编委会

**主 编** 赵云胜 国家安全生产专家组专家(第三届)  
中国地质大学教授 博士生导师  
魏伴云 国家安全生产专家组专家(第一、二届)  
中国地质大学教授 博士生导师  
刘如民 中国地质大学教授

**委 员** (以姓氏笔画为序)  
丁新国 伍 颖 李列平 李红杰  
庞奇志 陆愈实 鲁顺清

## 序 言

中国地质大学安全工程专业本科创办于1986年,1993年12月获“安全技术及工程”硕士学位授予权,1999年经湖北省学位办批准为湖北省重点学科,2002年经批准与武汉安全环保研究院联合共建“安全技术及工程”博士点,2003年,经教育部批准在我校地质资源与地质工程一级学科下设安全工程博士点。

中国地质大学安全工程专业学科点有一支锐意进取的学术队伍,为培养高素质人才并承担重要科研课题提供了基本前提,本学科学术带头人在国家安全生产专家组等重要组织任职,多位教师在全国及地区性安全科学技术类学术团体任重要职务。近年来,实验设备与条件、图书资料及电子媒体逐步完善,保障了人才培养与科研的需要;教学质量提高,招生规模扩大,十余年来,分配渠道畅通;科研的层次与经费有了明显提高,取得了一批较高水平的成果;本学科与美国、俄罗斯、挪威、港、澳、台开展了广泛的学术交流与合作。此外,我校主办了教育部主管、国内外公开发行的刊物《安全与环境工程》,成为环境与安全两个学科的重要学术交流平台。

中国地质大学安全工程系在安全学历教育中积累了较为丰富的经验,本次出版的《安全工程系列教材》既是为了满足我校安全工程本科教学的需要,也是为了与兄弟院校进行有益的交流,以进一步提高教学质量。

安全工程系列教材预计出版9本:《火灾与爆炸灾害安全工程学》、《安全系统理论与实践》、《安全人机工程》、《安全管理》、《安全法规》、《工业通风与防尘》、《电气安全》、《交通安全技术》、《工业防毒技术》。

本系列教材除了用于安全工程本科教学外,还可作为注册安全工程师的参考书,可供政府、企业等部门中安全生产领域的同仁参考。

中国地质大学安全工程系

2004. 5. 28

# 前 言

在现代生产与社会生活中,火灾与爆炸灾害是最主要的灾害之一。火灾具有发生频率高、损失大,而爆炸灾害则具有损害最为惨重的特点。为了有效预防和控制火灾与爆炸灾害,安全工程师必须认真掌握火灾与爆炸灾害的发生、发展和蔓延规律,以及灾害的控制技术与方法。

对火灾而言,就其发生频率与对人类生命财产造成的损失,建筑类火灾约占整个火灾损失的 $2/3$ ;同时,由于建筑物质的多样性,而使建筑火灾的燃烧规律具有普遍性;因此,本教材有关火灾规律性及控制技术的研究,则以建筑火灾为代表加以论述。

对于爆炸灾害,按其产生原因可以分为人控爆炸中的失控爆炸和爆炸失控所造成的灾害,以及非人控爆炸中的各种爆炸事故造成的灾害。在一般的防爆教材中,只讨论非人控爆炸灾害,然而对于与国民经济基础建设密切相关的许多工业生产部门,第一类人为爆炸失控所造成的灾害,损失也十分惨重,如20世纪90年代初,四川某铅锌矿在揭盖大爆破中发生的早爆,导致53人死亡。随着我国经济建设的飞速发展,这类爆炸灾害同样需要加以重视,因此,本教材中加入“人控爆炸及其事故控制”一章。

教材中加入“火灾与爆炸灾害危险评价”有关内容(第九章),是为了从系统安全的高度来认识和防止火灾与爆炸灾害,但又不是取代“安全系统工程”和“安全评价”课程,因此,把有关内容定位在对火灾与爆炸重大危险源的“物质固有危险性”的评价范围,基本不涉及现实危险性评价中“危险性抵消因子”的评价。

以中国科技大学火灾国家重点实验室为代表,在火灾规律性方面的研究成果对揭示火灾本质与火灾治理技术,建立了一整套新的思路,具有重大的创新性,很值得借鉴和推广。龚延风教授等主编的《建筑消防技术》一书,思路清晰,系统性很强,理论与实践密切结合;吴宗之教授等在《工业危险辨识与重大危险源评价技术与方法》的著作中,理论、技术方法与实践有机结合,对于事故的预防与分析具有重要指导作用。我们在教材编写中认真吸取了上述著作中一些创新思想和优秀内涵,在此一并表示谢意。

本教材是在中国地质大学安全工程专业本科教学和科研成果的基础上经过系统整理,并集思广益各种有益素材,编写成册。其中1~6章由魏伴云编写,7~9章由李红杰编写,最后由魏伴云统稿。

在教材编审过程中,赵云胜教授是主要的组织者,并在多方面给予大力支持。罗云教授、张国屏教授、陈紫英教授、许云胜教授、刘如民正高级工程师、程五一副教授、朱汝骥工程师、梁素琴工程师等都给予了热情帮助和支持,中国地质大学出版社贾晓青副编审在编辑工作中付出了大量心血,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,教材中难免有疏漏错误和不足,恳请广大读者批评指正。

作者

2004. 5. 10

目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
第一节 火灾与爆炸灾害及其危害.....	(1)
第二节 火灾与爆炸灾害特点与对策.....	(4)
第三节 火灾与爆炸灾害分类.....	(6)
第四节 课程性质、研究方法与课程内容 .....	(8)
<b>第二章 火灾燃烧基础</b> .....	(11)
第一节 燃烧基础 .....	(11)
第二节 火灾特殊燃烧形式 .....	(18)
第三节 可燃物质及其燃爆危险特性 .....	(23)
第四节 典型火灾发展蔓延过程 .....	(32)
<b>第三章 火灾预防工程</b> .....	(40)
第一节 概述 .....	(40)
第二节 建筑总体防火规划 .....	(41)
第三节 建筑物耐火设计 .....	(43)
第四节 建筑防火分区 .....	(48)
第五节 建筑安全疏散设计 .....	(50)
第六节 火灾自动报警与消防联动控制 .....	(54)
<b>第四章 烟气性质与控制技术</b> .....	(66)
第一节 烟气性质与危害 .....	(66)
第二节 烟气扩散原理 .....	(71)
第三节 烟气控制技术 .....	(77)
<b>第五章 火灾扑救工程</b> .....	(82)
第一节 灭火原理与灭火器 .....	(82)
第二节 液体灭火剂与灭火设施 .....	(84)
第三节 气体灭火剂与灭火设施 .....	(92)
第四节 固体灭火剂与灭火剂选择 .....	(99)
第五节 初起火灾扑救.....	(103)
第六节 火场逃生.....	(106)

<b>第六章 非人控爆炸基础</b> .....	(112)
第一节 概述.....	(112)
第二节 凝聚相含能材料爆炸.....	(119)
第三节 可燃气体爆炸.....	(127)
第四节 粉尘爆炸.....	(138)
第五节 蒸气爆炸.....	(146)
<b>第七章 非人控爆炸灾害控制原理与控制技术</b> .....	(149)
第一节 爆炸灾害控制原理.....	(149)
第二节 爆炸灾害预防技术.....	(150)
第三节 爆炸减灾技术.....	(157)
第四节 爆炸控制技术优选.....	(164)
<b>第八章 人控爆炸与事故控制</b> .....	(166)
第一节 概述.....	(166)
第二节 爆破器材与起爆方法.....	(167)
第三节 爆破原理与爆破方法.....	(177)
第四节 爆破事故及其控制.....	(187)
<b>第九章 火灾与爆炸灾害危险评价</b> .....	(199)
第一节 概述.....	(199)
第二节 重大危险源简介.....	(205)
第三节 重大危险源事故易发性评价方法.....	(208)
第四节 重大危险源事故严重度评价方法.....	(215)
第五节 危险性抵消因子与危险性分级.....	(222)
<b>附录一 中华人民共和国消防法</b> .....	(223)
<b>附录二 生产与储存物品火灾危害性的分类</b> .....	(230)
<b>主要参考文献</b> .....	(233)



# 第一章 绪 论

## 第一节 火灾与爆炸灾害及其危害

### 一、火灾及其危害

火灾是一种违反人的意愿,在时间和空间上失去控制,并给人类带来灾害的燃烧现象。

自从人类发现火以后,在长期生活和生产活动中,已经同火结下不解之缘。当今,火在人类的生活、工农业生产以及科学技术等许多领域应用极为广泛,已经发挥出巨大作用,促进了整个人类社会的发展。所以,火的利用具有划时代的意义。

自然,对于火来说,“善用之则为福,不善用之则为祸”。也就是说:只要掌握好各种用火场所的规律,在用火时采取可靠的预防手段,提高用火时的警惕性,火就会造福于人类。如果不是这样,当火一旦失去控制,就会给人类社会与自然造成巨大的破坏与损失。

火灾是各类灾害中发生最频繁,并极具毁灭性的灾害之一。火灾发生频繁为各种灾害之首,我国每年约发生 3 万次至 7 万次。

与自然灾害相比,火灾损失仅次于水灾和旱灾,为地震灾害损失的 5 倍。所以联合国在 20 世纪 90 年代中叶提出把今后十年列为火灾灾害十年,以唤起人们对火灾的警觉和集中精力战而胜之。

#### (一) 国外火灾损失

火灾给人类社会造成重大损失。表 1-1 列举了世界上一些主要工业化国家在 20 世纪 90 年代左右有关火灾直接经济损失的资料。

表 1-1 世界若干国家火灾直接经济损失

国 家	货 币	直 接 损 失			占国民经济生产总值 百分比(1989—1991 年)
		1991 年	1992 年	1993 年	
日 本	日元(10 亿)	310	440	390	0.08
美 国	美元(百万)	10 000	8 700	9 000	0.25
英 国	英镑(百万)	1 300	1 200	900	0.19
德 国	马克(百万)	6 100	5 850	5 900	0.21(1978—1980 年)
法 国	法郎(百万)	16 150	16 350	14 750	0.25
加拿大	加元(百万)	1 700	1 700	1 500	0.24

从表 1-1 和其他统计资料可以看出:

- (1) 大多数工业化国家火灾直接经济损失约占国民经济生产总值的 0.2% 以上。
- (2) 由联合国世界火灾统计中心分析,如果直接经济损失占 0.2% 左右,其间接经济损失

约占国民经济的 2.0% 左右。

(3) 根据日本资料分析,在各种生产灾害中,火灾损失最为惨重。

## (二) 国内火灾状况

近 20 年来,随着我国经济的飞速发展,火灾损失亦呈上升趋势,但火灾发生次数尚较平稳。图 1-1 是我国 1978 年至 1995 年火灾发生次数与火灾直接经济损失的关系,值得指出的是在 1992 年至 1995 年期间,火灾发生次数比较平稳,但火灾直接经济损失却增加很快,其原因这是由于这一期间发生几次特大火灾所造成,如 1993 年的深圳清水河危险品仓库火灾,一次火灾损失就达 2.5 亿元,新疆克拉玛依友谊宾馆火灾、辽宁阜新艺苑歌舞厅火灾,均造成几百人死亡;图 1-2 具体解释了 1992 年至 1993 年期间,次数仅占总火灾 0.45%~0.55% 的特大火灾,而损失则高达全国火灾损失的 45%~55%。这些特大恶性火灾,在国内外都引起强烈反响。因此,必须采取切实有效措施抑制其发生。

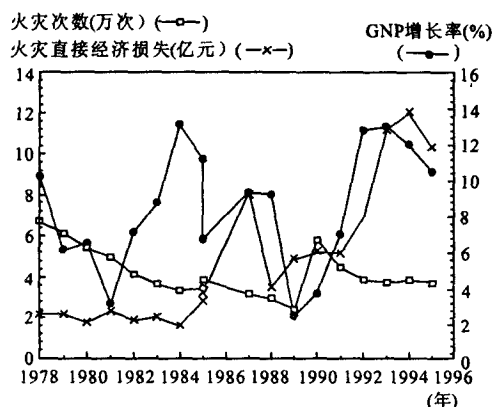


图 1-1 1978 年来我国火灾损失与经济增长状况

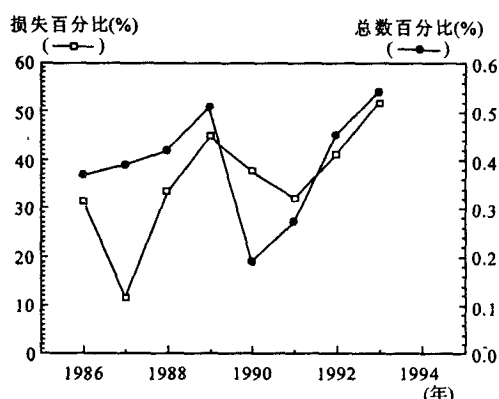


图 1-2 若干年来我国特大火灾的变化概况

此外,国内在 20 世纪 90 年代的火灾,尚有以下特点:

(1) 火灾发生地点:从我国十个省市火灾损失比较,以广东、浙江两省最为突出。以 1993 年为例,广东省火灾损失 3.5 亿元,占全国损失 11 亿元的 32%。在全国发生的 146 起特大火灾中,广东 26 起,占 18%,这是由于广东经济高速发展,而火灾的防范意识与防范能力低下所致。

(2) 火灾发生原因与损失的关系:资料分析表明,主要是电器火灾、违反安全规定和生活用火不慎所造成,这三种原因造成的火灾损失占火灾总损失的 70%。

(3) 火灾发生场所:统计资料表明,特大火灾中的 54% 发生在公共活动场所,如商场、歌舞厅、宾馆、饭店、集贸市场等。这是由于这些场所可燃物集中,现代化电器设备急增,建筑物防灾抗灾能力较弱,消防设施不足、消防水源严重缺乏,加上人们在主观上火灾安全知识缺乏、意识淡薄、消防管理制度不健全所致。

## (三) 火灾案例——新疆克拉玛依市友谊馆火灾

基本情况:友谊馆位于克拉玛依市人民公园南侧,始建于 1958 年,1991 年重新装修投入使用。1994 年 12 月 8 日下午由市教委组织在友谊馆举办专场文艺汇报表演。该市 7 所中学、8 所小学共 15 个规范班及部分教师、有关领导共计 796 人到会。友谊馆正门和南北两侧共有 7 个安全疏散门,火灾发生时仅有 1 个正门开启。南北两侧的安全疏散门加装了防盗推拉门并上了锁,观众厅通向过厅的 6 个过渡门也有 2 个上锁。

起火经过和扑救情况:1994年12月8日18时20分,文艺演出进行到第二个节目时,台上演员和台下许多人看到舞台正中偏后上方掉火星,由于舞台空间大、舞台用品都是高分子化纤织物,因此,火灾一开始便迅速形成立体燃烧,火场温度迅速升高,并伴随大量有毒气体产生,现场灯光因火烧短路而全部熄灭,在场的7~15岁中、小学生及其他人员因安全疏散门封闭而来不及疏散,短时间内中毒窒息,造成大量人员伤亡。新疆石油管理局消防支队18时25分接警,立即出动3辆消防车3分钟后赶到火场,此时建筑门窗等处冒出大量浓黑、刺鼻烟雾,疏散门除一道正门外,其他6道门全部关闭,消防人员奋力破拆门、窗,想方设法抢救人员,同时消防支队又调集3个中队6辆消防车赶到现场增援。消防支队本着救人重于灭火的原则,120余名官兵、11辆消防车、6辆指挥车、供水车分别从西、北、南3个方向展开战斗,积极救人,先后破拆了4个推拉式防盗门、木门和一个钢筋封闭窗,抢救了伤亡人员260余人。19时10分,大火基本扑灭,战斗中消防官兵有27人中毒,6人昏倒在灭火现场。

火灾损失:烧毁观众厅内装修及灯火、音响设备,烧伤130人,烧死323人,直接经济损失210.9万元。

火灾原因:舞台正中偏后方北侧上方倒数第二道光柱灯(1000W)与纱幕距离过近,高温灯具烤燃纱幕。

主要经验教训:①安全疏散门上锁关闭,致使在火灾发生时人员疏散中发生拥挤堵塞,来不及逃生,造成大量伤亡;②室内装饰、装修、舞台用品大量采用易燃、可燃高分子材料,火灾时产生大量有毒、可燃气体,使现场人员短时间内中毒窒息,丧失逃生能力;③火灾初起时处置不当,舞台上方的纱幕着火时,馆内工作人员无人在场,现场人员惊慌失措,组织活动的单位也不能及时有效地组织人员疏散;④严重违反安全规定,在过厅内堆放杂物,安装、使用电器设备不符合防火规定,对当地消防部门下发的《防火检查登记表》置之不理;⑤管理松懈,未建立防火安全责任制度;⑥友谊馆改建未经消防部门审核和竣工验收后就投入使用;⑦主管单位、友谊馆领导官僚主义严重,明知友谊馆多次发生火险和消防安全存在重大不安全因素,不思整改,无人问津。

## 二、爆炸灾害及其危害

在自然界及工农业生产中,经常遇到各种爆炸现象,如雷电、锅炉爆炸、鞭炮爆炸、炸药爆炸、瓦斯煤尘爆炸等。尽管爆炸的表现形式多样,而其共同的特征是:在一定的具体条件下,物质发生急剧的变化,并放出能量,对周围介质做功,使之受到强烈的压缩、震动乃至破坏,并伴随有热、光、声等效应。而爆炸灾害则是指在人们的生产、生活过程中,在自然界中,发生的违背人们意愿的爆炸所造成的灾害。

从广义来说,爆炸灾害可以细分为下面三种情况:

(1)自然界中爆炸现象:如雷电、火山爆发等,也可能对人类生命财产造成损失。

(2)人为受控爆炸中的失控爆炸或爆炸失控所造成的灾害:①失控爆炸,工程爆破施工中的早爆、迟爆和处理拒爆中的事故爆炸。②爆炸失控,大中型岩土爆破工程和拆除爆破中的有害社会效应,如飞石、地震、冲击波和有毒气体所造成的灾害。

(3)非人为受控爆炸所造成的灾害:如煤矿瓦斯爆炸、粮食粉尘爆炸、锅炉压力容器爆炸、化工生产工艺中的爆炸等。

本书讨论的是非人为受控爆炸灾害及其控制技术和人为受控爆炸中的失控爆炸与爆炸失控所造成的灾害及其控制技术,不讨论自然界爆炸所造成的灾害。

爆炸灾害是一类非常惨重、经济损失巨大的灾害。从工业爆炸事故所造成的损失来看具有如下特点：一是群死群伤事故，一次伤亡事故造成数十人乃至数百人死伤；二是所造成的经济损失大，经济损失可达数百万元、数千万元、甚至数亿元；三是社会影响大，造成局部地区的社会混乱。随着社会经济的高速发展，工业爆炸事故所造成的损失呈上升趋势。如1989年10月23日，美国德克萨斯石油化工厂聚氯乙烯设备中异丁烷泄漏爆炸，经济损失达7.3亿美元；1989年6月3日，俄罗斯乌法液化天然气输送管道泄漏，引发可燃气体爆炸，爆炸能量相当于10 000t TNT当量，死亡645人；1997年6月27日北京东方红化工厂发生火灾与爆炸灾害，死8人伤38人，财产损失相当于北京47年火灾总损失额的125%，直接经济损失1.17亿元；1987年哈尔滨亚麻厂亚麻尘爆炸，使1.3万m<sup>2</sup>厂房受到破坏，189台套设备被摧毁，造成58人死亡，65人重伤，112人轻伤，经济损失881万元；1991年东北某化工厂相当于30t三硝基甲苯的炸药爆炸事故，硝化车间全部炸毁，附近厂房、电厂等均遭不同程度破坏，造成17人死亡，107人受伤，直接经济损失2 000多万元；1993年深圳清水河化学危险品仓库化工品爆炸火灾事故是我国财产损失最大的一次，造成15人死亡，200多人受伤，直接经济损失达2.5亿元，这在香港地区及一些国家中引起强烈反响，影响极坏。表1-2是日本1972—1991年20年间重大工业灾害事故的统计，可以看出爆炸事故在重大工业灾害中占有相当大的比例。

表1-2 日本工业重大灾害统计

年份	重大灾害数 (次)	爆炸数 (次)	火灾数 (次)	年份	重大灾害数 (次)	爆炸数 (次)	火灾数 (次)
1972	357	78	27	1982	174	20	20
1973	331	64	19	1983	210	30	16
1974	272	32	16	1984	184	18	8
1975	276	37	19	1985	141	12	12
1976	275	35	21	1986	146	13	8
1977	246	36	20	1987	165	23	8
1978	261	33	13	1988	188	16	21
1979	210	28	19	1989	182	23	6
1980	186	24	19	1990	185	20	8
1981	204	17	14	1991	196	15	13

## 第二节 火灾与爆炸灾害特点与对策

### 一、火灾、爆炸灾害的特点

火灾、爆炸灾害都是与热有关的灾害，可归结为热灾害。火灾是热灾害中发生频率最高的灾害；爆炸灾害是热灾害中损失最大的灾害（如在化工厂中三分之二损失是由爆炸事故造成）。

火灾、爆炸灾害具有突发性强、发生频繁、损失严重、过程复杂、事故处理困难等特点。

#### （一）突发性强

火灾爆炸灾害往往是突然发生，始料未及，来势凶猛，有着很大偶然性，发展快，影响区域

广;爆炸灾害具有瞬时性,短时间内可造成大量人员伤亡。

### (二) 发生频率高

两种灾害中尤其是火灾,由于可燃物质品种多、数量巨大,点火源极其复杂,所以火灾发生频率很高,国内年均发生 2~7 万次。

### (三) 损失严重

火灾、爆炸灾害所造成的损失主要表现在人员伤亡、财产损失、基础设施破坏、生产系统紊乱和社会经济正常秩序破坏等方面。火灾、爆炸灾害的高发地常是人口密集、建筑集中、经济繁荣的地区,一旦形成灾害就会损失巨大。同时,灾害发生地的生产生活基础设施,包括供电、供水、供气、供热、交通和通讯等管网网路,是城市正常运转的生命线系统工程,常呈立体交叉结构,一旦一处破坏,常呈现立体受损,难以修复,并影响全局。

### (四) 灾害复杂性

火灾、爆炸灾害所在地,由于建筑、物质、火源的多样性,人员复杂性,消防条件不同,以及发生灾害时的自然条件区别,使得灾害的发生发展蔓延过程极为复杂。建筑的多样性使其结构复杂程度各异,火灾发生、发展、蔓延的规律有很大差别:如高层、超高层建筑,由于烟囱效应使火灾蔓延速度极快,一座 30 层高楼的底层火灾烟气,只要 1~2min 就可到达顶层引发火灾;物质的多样性包括各种可燃、易燃、易爆和不同毒性的物质,对于灾害发展速度、建筑耐火和疏散逃生与灭火效果影响很大;各种不同火源,如明火、电气过热、静电、雷电、化学反应和爆炸引发等对火灾的发生规律有所区别;此外,人员的安全意识、安全知识、自救能力、安全管理水平,消防条件中的探测、报警、排烟、疏散和扑救条件,形成灾害时的自然条件,如温度、风、雨等对于火灾和爆炸灾害的发生、发展、蔓延和扑灭过程都有不同程度的影响。

### (五) 灾害连锁性,形成灾害链

一个城市或一个工业企业,社会生产或生活的整体功能很强,一种灾害现象的发生,常引发其他系统的灾害,造成其他系统功能的失效,如火灾引发爆炸,爆炸又引发火灾,形成灾害链。如深圳清水河仓库火灾中起火 18 处、发生大爆炸 2 次、小爆炸 7 次,形成明显的灾害链;又如 2000 年发生在美国纽约的 9·11 事件,双子世贸大厦受飞机撞击发生火灾焚烧坍塌,造成周围建筑严重受损、交通阻塞,并使供电、供气、供水、通讯等多种系统的局部发生灾害,形成明显的灾害连锁反应。

### (六) 灾害事故处理艰巨性

火灾、爆炸灾害发生和扑灭以后,对于灾害的原因调查分析、法律责任、伤亡人员处理、财产损失保险赔偿、生活与生产恢复、社会秩序恢复等许多方面,处理起来都有很大难度。

## 二、火灾与爆炸灾害控制对策

### (一) 火灾控制对策

对于火灾的控制,必须积极贯彻“预防为主,防消结合”的基本策略。明确“隐患险于明火,防范胜于救灾”。对于火灾的控制对策,可以分为以下四点,即预防对策、消防对策、限制对策和避灾对策,其相互关系如图 1-3 所示。

#### 1. 预防对策

对于火灾控制的四种对策,必须把预防对策放在首位。在预防对策中,首先应抓住本质安全化,抓防火设计与施工,包括建筑防火设计、生产工艺防火设计、仓库(物质)防火设计和电气防火设计等。平时应加强安全管理,注意安全检查设备器材维护,定期进行火灾危险性评估,

找出隐患予以整改,发生火灾时扑灭于初起阶段。

## 2. 灭火对策

火灾发生时必须及时报警,调集消防队伍和设施扑灭火灾,抢救生命财产,减少总体损失。

## 3. 限制对策

当灭火对策一时难以见效,必须考虑采用限制对策,设置隔离带。如森林火灾时使用爆破法快速形成隔离带,将燃烧区与非燃烧区分开。

## 4. 避灾对策

当采用积极的消防对策和限制隔离对策还不能阻止火灾的扩大蔓延时,只能采用避灾对策,尽一切可能抢救出人员和部分财产后,撤离火灾现场。如山东黄岛油库火灾后期,尽力抢救出人员和部分财物后撤离油库库区,直至物质烧尽自然熄灭。

### (二) 爆炸灾害控制对策

爆炸灾害的特点是瞬时与高温高压,在几毫秒至几十秒内灾害已经结束。因此,对爆炸灾害的控制对策基本上只有预防对策,而受灾后的应急对策,主要是爆炸灾害链锁引起的继发火灾扑灭、受伤人员抢救,以及财物的撤离。爆炸灾害的控制对策框图如图 1-4 所示。

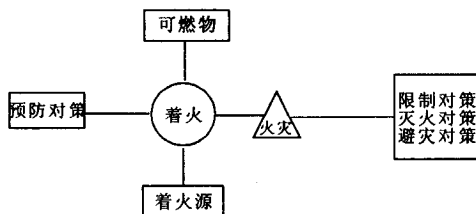


图 1-3 火灾的预防对策与应急对策

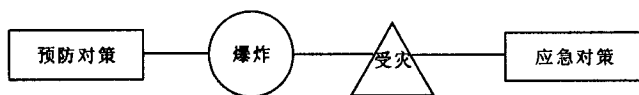


图 1-4 爆炸的预防对策与应急对策

## 1. 预防对策

预防是爆炸灾害控制的基本对策。如生产本质安全化,包括防爆设计审核与系统检测等。

## 2. 应急对策

爆炸灾害发生后,必须对爆炸后的继发火灾进行积极扑救和人员与财物抢救。

# 第三节 火灾与爆炸灾害分类

## 一、火灾分类

火灾分类方法较多,主要有以下几类:

### (一) 按火灾发生场地与燃烧物质分类

按照发生场地与燃烧物质火灾可分为建筑火灾、物资火灾、生产工艺火灾、原野火灾、运动器火灾和特种火灾等六大类,如图 1-5 所示。在所有火灾中,按损失划分,建筑火灾约占 2/3,是损失最大的;在物资火灾中,石油库火灾损失最为惨重;在原野火灾中,森林火灾损失最大,在全世界 28 亿公顷森林中,每年火灾烧毁约 1 000 万公顷。

所以,在所有火灾中,建筑火灾、石油库火灾和森林火灾最具代表性。

### (二) 按火灾损失分类

按照一次火灾事故造成的人员伤亡、受灾户数和财产直接损失金额,火灾划分为三级,如表 1-3 所示。

(三) 按可燃物特性分类  
见第五章阐述。

## 二、爆炸灾害分类

为了便于分清各种爆炸灾害的性质和发生规律，可以从不同角度对爆炸灾害进行分类：

(一) 按照爆炸灾害产生的原因和性质分类

(1) 物理爆炸灾害。它是由物理因素(温度、体积、压力等)的变化引起。在物理爆炸前后，物质的性质与化学成分均不改变，如锅炉爆炸灾害、压力容器超压爆炸灾害、蒸气爆炸灾害等。

(2) 化学爆炸灾害。灾害发生时，物质由一种化学结构迅速转变为另一种化学结构，瞬间放出大量的能量，并对外做功形成灾害。如可燃气体或粉尘与空气形成的爆炸性混合物爆炸灾害，炸药失控爆炸灾害等。

(二) 按照爆炸灾害反应相分类。

(1) 气相爆炸灾害。包括可燃气体和助燃气体混合物爆炸灾害；气体热分解爆炸灾害；液体被喷成雾状物点燃后引起的爆炸灾害；飞扬悬浮于空气中的可燃物尘引起的爆炸灾害等。

(2) 液相爆炸灾害。包括聚合爆炸灾害，由不同液体混合引起的爆炸灾害，如硝酸加油脂混合时引起的爆炸灾害。

(3) 固相爆炸灾害。包括失控爆炸性化合物爆炸引起的灾害。

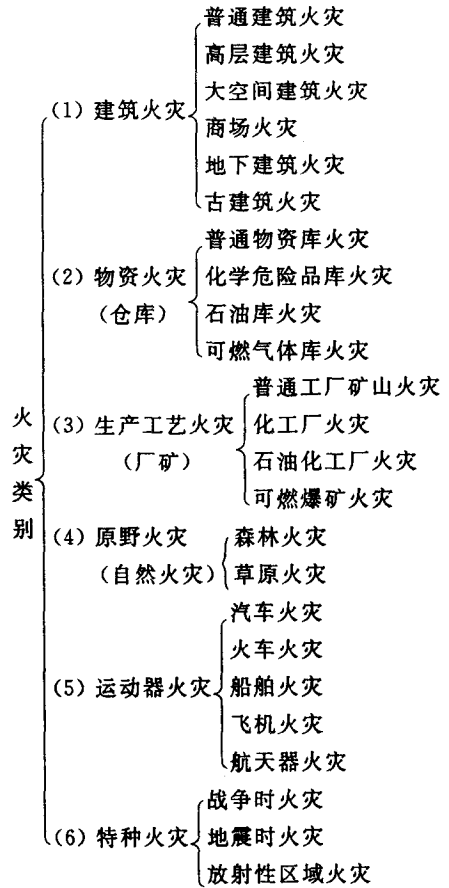


图 1-5 火灾按发生场地与燃烧物质分类

表 1-3 火灾等级划分标准

火灾等级	死亡人数 (人)	重伤人数 (人)	死亡重伤总人数 (人)	受灾人数 (人)	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

液相爆炸灾害和固相爆炸灾害又统称为凝聚相爆炸灾害。

(三) 按照爆炸灾害发生原因与发生过程分类

- (1) 着火破坏型爆炸灾害。
- (2) 泄漏着火型爆炸灾害。
- (3) 自燃着火型爆炸灾害。
- (4) 反应失控型爆炸灾害。
- (5) 传热性蒸气爆炸灾害。
- (6) 平衡破坏型蒸气爆炸灾害。

## 第四节 课程性质、研究方法与课程内容

### 一、课程性质

要学好一门课程,首先必须明确该课程的性质,牢牢把握研究方向、研究思路和课程定位,以集中精力取得事半功倍的效果。

火灾与爆炸灾害安全工程学是一门以防治为主的工程技术课,它是一门以自然科学为基础,工程科学和灾害科学相结合的新兴交叉科学。进一步来说,该课程是以火灾、爆炸灾害的规律性认识,火灾爆炸灾害的防治技术理论及安全性评价理论为基础,侧重从系统安全的高度研究如何实现建筑群、厂矿生产工艺系统、物资仓库的总体防火防爆安全,避免人为受控爆炸中的失控爆炸和爆炸失控事故,以及非人为爆炸事故,让人们具备抗御应付“突发”灾害事件的能力,以尽可能保障人员在灾害中的安全,减少灾害的发生、蔓延和损失,最大限度地防止对环境的破坏,以及在合理设计灾害防治工程基础上达到有效性、合理性和经济性的统一。该课程与相近学科(以火灾安全工程学为例,与火灾科学、消防工程学)的区别是:

(1) 与火灾科学的区别:火灾科学主要研究火灾的发生、发展及防治的基本规律,研究各类火灾的共性问题,如着火、火灾蔓延、烟火传播、灭火等的机理和共同规律;而火灾安全工程学则主要是应用上述机理和共同规律的研究结论成果,不过细地去探讨火灾机理,而是把主要精力放在防治技术的研究和评价上。

(2) 与消防工程学的异同点:火灾安全工程学与消防工程学两者在应用火灾科学的基本原理与防护技术上具有共同点,而消防工程学则侧重在火灾的治理上,如消防装备、灭火指挥技术和应用战术、火灾原因调查和鉴定等方面;而火灾安全工程学则侧重在预防技术和对建筑群或厂矿企业总体火灾安全性评价上。

### 二、研究方法

随着现代社会和生产的发展与科学进步,火灾与爆炸灾害的规模、形式与物质类型都发生重大变化,使火灾、爆炸灾害的防治变得更加复杂,更需要用科学认识指导防治火灾与爆炸灾害。

下面以火灾为例阐述其研究方法。火灾是一类失控的燃烧现象,其发生、发展有其随机性与确定性的双重特点。

#### (一) 随机性

对于火灾来说,单次发生的时间和地点,由于受多种因素影响,是不确定的,但对于多次大量的火灾,却遵循一定的统计规律,如城市的起火时间、起火主要省市、起火主要原因都具有统计规律,如图 1-6、图 1-7、图 1-8 所示。对于火灾随机性一面,使用统计分析方法进行研究,通过整理分析大量火灾原始资料,总结归纳出火灾发生的统计性规律。仔细分析上述三张图件

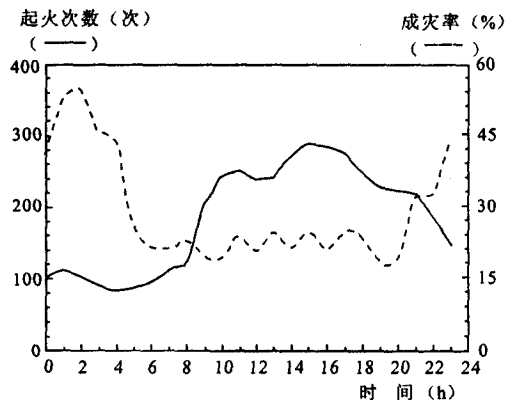


图 1-6 某市每天的起火与成灾率曲线



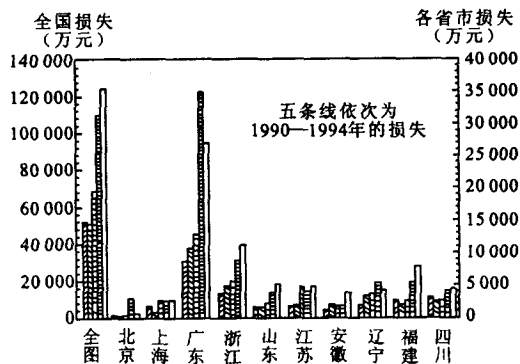


图 1-7 我国十城市的火灾损失比较

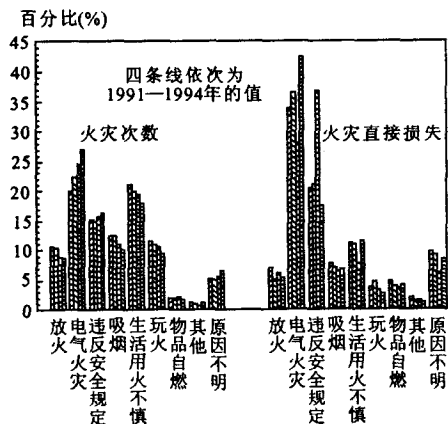


图 1-8 近年来我国按火灾原因的变化情况

可以看出,大量火灾的成灾统计学规律,符合人们生活或生产活动的特点。

### (二) 确定性

对于火灾来说,其确定性是指火灾在某一场合发生后,会按燃烧学确定的过程发展,符合燃烧学规律,如火灾燃烧、烟气流动,都按确定的液体流动、传热传质和物质守恒规律运行。

对于火灾的确定性规律一面,可以采用工程科学方法进行研究,有以下两种方法:

(1) 按比例模拟实验:如观察火灾发生发展过程中出现的现象、出现的条件、各种参数及其数量级等,采用物理模拟和数学模拟(计算机模拟)方法。

(2) 实体试验(按实物比例试验):上述第一种按比例模拟方法研究,是近似的简化了条件,与实体有差异。实体试验的特点是符合实际规律,其缺点是投入多,费用大,制作复杂,周期长,难于多次试验研究。

## 三、课程内容

本教材《火灾与爆炸灾害安全工程学》共九章分为三部分。第一章绪论与第九章危险评价综合为第一部分;第二至五章为第二部分,论述火灾及其控制;第六至八章为第三部分,论述爆炸灾害及其控制。其具体内容如下:

第一章绪论。介绍学科的总体思路,包括学科研究意义、研究范围、灾害分类、灾害特点与对策、课程性质与定位、研究方法、课程内容等。

第一部分“火灾及其控制”共分四章,介绍火灾燃烧基础、控制技术和控制方法。其中,第二章是火灾燃烧基础;第三、四、五章是火灾防治技术。

第二章火灾燃烧基础。由于火灾是失控条件下的特殊燃烧,其发展与蔓延符合燃烧规律,因此本章主要介绍燃烧原理与燃烧特性、物质燃烧危险性评价指标,以及主要火灾类型的发展蔓延规律。

第三章火灾预防技术。“防范胜于救灾”,预防是火灾治理的基础。本章主要介绍建筑总体防火规划,建筑耐火、防火分区,安全疏散等设计,火灾自动探测报警与消防联动控制的基本知识。

第四章烟气性质与控制技术。烟气是火灾中人员至死的主要罪魁祸首,是火灾蔓延的主要传质,对烟气的控制是火灾防治主要技术之一。本章介绍烟气基本性质及对人体的伤害,对