

实用消防安全丛书

消防基础知识

中国消防协会学术工作委员会 组织编写



徐晓楠 主编



化学工业出版社

安全科学与工程出版中心

实用消防安全丛书

消防基础知识

中国消防协会学术工作委员会 组织编写



徐晓楠 主编



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

· 北 京 ·

本书是《实用消防安全丛书》中的一本，共分六章，主要介绍了燃烧的物理和化学基础、火灾的流动和传热基础、着火的基本理论、可燃气体、液体和固体的燃烧、典型的燃烧产物及其毒性、建筑室内火灾等内容。

本书深入浅出，循序渐进，系统性强，吸收了国内外消防科学理论的新思想、新技术、新方法。供从事火灾防治的消防工作者及大专院校消防工程专业、安全技术及工程专业的师生使用，也可作为从事相关行业的企、事业单位消防管理人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

消防基础知识/徐晓楠主编. —北京: 化学工业出版社, 2006. 3

(实用消防安全丛书)

ISBN 7-5025-8461-7

I. 消… II. 徐… III. 消防-基本知识 IV. TU998.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 025169 号

实用消防安全丛书

消防基础知识

中国消防协会学术工作委员会 组织编写

徐晓楠 主编

责任编辑: 杜进祥

文字编辑: 谢蓉蓉

责任校对: 顾淑云 徐贞珍

封面设计: 关 飞

*

化学工业出版社 出版发行
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 12½ 字数 337 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8461-7

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序 言

消防是一项社会性、科学性很强的工作，是人民生命财产安全和社会主义经济建设的重要保障之一。近年来，随着改革开放的不断深入，国家经济建设的快速发展，城市化建设规模的不断扩大，对消防工作的要求也越来越高。只有普及消防法规和消防科技教育，才能有效地预防和减少火灾危害。在当前国家经济建设迅速发展，火灾形势相当严峻的情况下，将消防知识纳入社会教育、培训的内容，对于提高全民的消防素质，增强全社会抗御火灾的能力，意义重大。

近年来，随着国民经济和人民生活水平的稳步提高，消防产业逐渐上升为国民经济的重要组成部分。各类消防企业如雨后春笋般成长起来。据统计，我国现有各类消防产品生产企业数千家，消防工程施工企业万余家，从业人员达百余万人。开展消防安全培训，提高从业人员消防安全意识和素质的问题，越来越引起各级政府的重视。尤其是《中华人民共和国消防法》把消防教育、培训上升为法律规定，有力地推动了社会消防教育、培训工作。

为了服务于社会消防安全教育、培训工作，结合当前消防技术法规要求和消防科学技术发展，中国消防协会学术工作委员会和化学工业出版社安全科学与工程出版中心共同组织专业人员编写了这套“简明扼要，选材新颖，特色鲜明，通俗易懂”的实用消防安全丛书，全面系统地介绍当代防火、灭火技术知识，以供广大消防工程设计、施工安装技术人员，社会单位消防管理人员及消防专业相关人员学习、培训使用。

这套丛书包括 9 个分册，分别为：《消防基础知识》、《灭火剂与灭火器》、《建筑防火安全技术》、《建筑电气防火技术》、《建筑火灾自动报警技术》、《建筑消防给水系统》、《建筑气体灭火系统》、《建筑消防安全管理》、《建筑消防安全问答》等。这套丛书的一个共同特点是

坚持理论与实践相结合的原则，反映了消防领域的知识、基本方法和作者的宝贵经验以及有关领域的最新成果，注重实用性和可操作性，力求通俗易懂，面向广大社会从业人员。

我相信这套丛书的出版，有利于社会消防安全教育、培训工作，对提高公民的消防安全素质、增强全民抗御火灾的能力将发挥积极的作用，消防领域的广大科技工作者、管理人员以及相关专业人士也将从中受益。

中国人民武装警察部队学院副院长，少将
中国消防协会学术工作委员会主任委员

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of two main characters that appear to be '杨' (Yang) and '雪' (Xue).

2005 年 11 月

前言

火灾是失去控制的燃烧所造成的灾害。近些年,随着经济的快速发展相伴随的火灾呈上升的总趋势,如何有效地预防和控制火灾,保护人民生命安全,保护社会财富是消防工作始终面临的挑战。大量的实践告诉我们,正确认知火灾现象,揭示火灾过程发生、发展规律,探索有效控制火灾的方法、手段和对策,运用不断创新的消防科学技术,有效地同火灾做斗争,对控制火灾,减少火灾损失,有着重要作用。

消防基础知识是一门研究火灾发生、发展和熄灭过程中规律性的科学,这门科学起初是通过模拟火灾的燃烧实验和火灾经验总结出来的,然后借助于其他相关学科的理论渗透、融合、再逐步深化,提高到科学理论研究阶段。特别是随着计算机技术的飞速发展与推广应用,使消防科研人员可以利用数学模拟的方法,大量开展经济而有效的火灾科学研究工作,从而使以火灾发生、发展规律和火灾预防及控制技术为主体的研究领域得到拓展。为适应现代社会的需要,作者在多年从事教学、科研基础上,查阅了大量相关资料,编写了本书,以满足广大读者的需求。

本书共分六章,主要介绍了燃烧的物理和化学基础,火灾的流动和传热基础,着火的基本理论,可燃气、液体和固体的燃烧,典型的燃烧产物及其毒性,建筑室内火灾等内容。本书在编写过程中注意吸收国内外消防科学理论等方面的新思想、新技术、新方法,力求系统地介绍内容,深入浅出,循序渐进。

本书第一章由梁清水编写,第二章由马鸿编写,第三、四章由王平编写,绪论、第五章由徐晓楠编写,第六章由徐文毅编写,附录火灾案例由陈伟红汇编,全书由徐晓楠整理统稿。

本书可供从事火灾防治的消防工作者及大专院校消防工程专业、安全技术及工程专业的师生使用，也可作为从事相关行业的企、事业单位消防管理人员学习参考。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者和同行批评指正。

编著者

2006 年 2 月

目录

绪论	1
一、人类与火	1
二、火灾与危害	2
三、火灾形式分析	2
四、消防科学和技术的发展	10
五、消防科学技术的内涵与扩延	13
六、消防基本术语及其定义	16
参考文献	21
第一章 火灾的物理和化学基础	23
第一节 燃烧的本质	23
一、燃烧的本质	23
二、燃烧的条件	24
三、燃烧条件在消防中的应用	25
第二节 火灾过程的基本参数	26
一、燃烧的基本过程	26
二、火灾过程的基本参数	29
第三节 火灾过程中燃烧参数的计算	43
一、火灾燃烧所需要的空气量计算	43
二、火灾燃烧产物的体积、组成和密度	47
三、火灾燃烧热、燃烧温度计算	54
参考文献	62
第二章 火灾的流动和传热基础	63
第一节 质量传递和热量传递概述	63

一、流体流动规律	63
二、质量传递概述	68
三、热量传递概述	69
第二节 火灾中的传质过程	71
一、物质扩散	71
二、烟囱效应	73
三、斯蒂芬流	75
四、火灾烟气的流动与蔓延	78
第三节 火灾中的传热过程	86
一、热传导	86
二、热对流	89
三、热辐射	93
参考文献	98
第三章 着火的基本理论	99
第一节 着火分类和着火条件	99
一、着火分类	99
二、着火条件和意义	100
第二节 谢苗诺夫自燃理论	101
一、谢苗诺夫自燃理论的基本出发点	101
二、谢苗诺夫热自燃理论对着火过程的分析——自燃 着火条件	102
三、自燃点的影响因素	104
四、热着火理论中的着火感应期	108
五、热自燃的极限	110
六、弗兰克-卡门涅茨基自燃理论简介	113
第三节 连锁反应着火理论	114
一、连锁反应过程	115
二、连锁反应的分类	115
三、连锁反应着火条件	116
四、连锁反应理论中的着火感应期	119

五、连锁反应对着火极限的影响	119
第四节 强迫着火	121
一、强迫着火特征	122
二、赤热颗粒强迫着火的物理描述	122
三、热表面的点燃	124
四、小火焰点火	131
五、可燃蒸气（或气体）与空气混合气的着火浓度极限	132
六、电火花引燃	140
参考文献	144
第四章 可燃气体、液体和固体的燃烧	146
第一节 可燃气体的燃烧	146
一、气态可燃物燃烧概述	146
二、层流预混气中正常火焰传播速度	147
三、预混气的爆轰	152
四、湍流预混气流中火焰的传播	156
五、扩散燃烧	163
六、火灾蔓延	167
第二节 液态可燃物的燃烧	174
一、液体及液化气体的蒸发	174
二、液体可燃物滴的着火	178
三、液雾的着火	180
四、炽热物体表面上液滴的着火	181
五、液体表面火焰的传播，燃烧条件对火焰传播速度的影响	183
六、油池火蔓延	186
七、液面火蔓延	188
八、液雾中的火蔓延	190
九、原油和重质石油产品燃烧时的沸溢和喷溅	192
第三节 固态可燃物的燃烧	195
一、固体可燃物的燃烧形式和特点	195
二、几种典型固体可燃物的燃烧过程	197
三、阴燃	203

四、特殊形状固体可燃物的着火	206
五、燃烧条件对火焰传播速度及火焰蔓延速度的影响	208
六、沿可燃性固体表面的火蔓延	212
参考文献	217
第五章 典型的燃烧产物及其毒性	218
第一节 典型的燃烧产物	218
一、单质燃烧产物	218
二、一般燃烧产物	218
三、木材燃烧产物	218
四、聚合物热解和燃烧产物	221
第二节 燃烧产物的危害性	223
一、火灾烟气的产生	223
二、烟气的特征	225
三、燃烧产物及烟气的危害性	229
第三节 材料的发烟性测试	241
一、产烟量的测定及相关标准	241
二、NBS 烟箱法	242
三、烟尘质量法	246
四、其他方法	247
第四节 燃烧产物毒性研究方法及其评价	249
一、烟气毒性评价	249
二、毒性评价参数和材料的毒性危害评价	256
三、我国材料产烟毒性危险分级试验方法学原理	258
四、烟气毒性研究进展及其存在问题	262
五、烟毒未来研究前景及方向	265
参考文献	266
第六章 建筑室内火灾	267
第一节 建筑室内火灾概况	267
第二节 建筑室内火灾烟气流动的典型现象与特殊火行	272
一、火羽流	272

二、顶棚射流	279
三、轰燃	283
第三节 建筑室内火灾受限燃烧的特点	291
一、通风因子	291
二、建筑室内燃烧的控制形式	294
三、通风对建筑室内燃烧的影响	295
四、可燃物性质对建筑室内燃烧的影响	299
第四节 建筑室内火灾的充分发展阶段	303
一、建筑构件的耐火极限与火灾严重性	303
二、建筑室内火灾充分发展阶段的温度	306
三、火区由起火房间向外的蔓延	310
第五节 建筑室内火灾烟气的蔓延与控制	312
一、建筑室内火灾烟气的蔓延	312
二、建筑室内火灾中的烟气控制	315
第六节 影响建筑室内火灾严重性的因素	330
一、可燃材料对建筑室内火灾严重性的影响	330
二、建筑布局对建筑室内火灾严重性的影响	331
参考文献	332
附录	334

绪 论

一、人类与火

火被人类掌握和使用以后，为人类的进步和社会的发展作出了巨大贡献。我们的祖先在一百万年以前就已经利用火来取暖御寒，防御野兽，熏烤食物；利用火打制武器和工具，制作器皿，提高劳动生产效能。火给人类带来了进步，人类之所以区别于其他动物，就在于人类会使用火，火的使用是人类走向文明的重要标志。

人类自学会使用火之后，生产能力不断提高，社会也随之进步与发展。18 世纪西方工业革命的形成，主要是由于蒸汽机的发明。蒸汽机的产生则是人类在使用火（燃料燃烧）方面积累了大量知识和经验的结果。随着社会生产的发展，火的使用也越来越广泛，使用量（即能源消耗量）也越来越大。冶金、能源、化工、交通运输、机械制造、纺织、造纸、食品、国防等轻重工业，以及人们的日常生活都与火有着密切的关系。因此，人类的物质文明与火的使用是密切相关的。没有火就没有人类社会的进步，也就没有今天高度发展的物质文明。

在漫长的历史长河里，随着科学技术的进步和社会生产力的发展，社会文明程度也不断获得提高。如同美国未来学家阿尔文·托夫勒在《第三次浪潮》（The Third Wave）一书中所提出的那样，人类社会经历了两次大变革，即几千年的农业文明浪潮和 300 年的工业文明浪潮，现在正处在第三次浪潮。经过前两次浪潮的洗礼，

人类对反映社会文明的自然科学、社会人文科学各方面的认识，都产生了很大的演变和进步。因此，火文化作为人类文明的一个重要组成部分，也不例外地得到进步和发展。

二、火灾与危害

火促进了人类的进步，给人类带来了文明，但火若失去控制，也能给人类造成灾难。火灾是常发性灾种，频发率高，危害面广，破坏性大，是各种灾种中发生最频、灾后具毁灭性的一种灾害。中国科学技术协会《减轻自然灾害白皮书》中将各种自然灾害划分为“气水圈”、“大地圈”和“火灾综合组”三大部类共十大灾种（洪涝干旱、沙尘和扬沙、冻害和雪灾、风暴潮、赤潮、地震、崩塌滑坡、泥石流、荒漠化和水土流失、火灾）。其中火灾又包括城乡火灾、森林火灾、草原火灾和其他火灾（如交通运输火灾、地下矿井火灾等）。除大多数的火灾是由人为因素导致外，地震、干旱、雷雨、大风等自然灾害也都会导致严重的火灾。它反映了灾害链的互联互动机制。

人类在利用火推动生产进步、发展社会文明的同时，长期同火的威胁和危害进行着斗争。火灾既是自然现象，也是社会现象，它既有不可抗拒的自然灾害的一面，也有社会人为灾害的一面。火灾是“天灾人祸”的汇集，整治火灾，既要依靠自然科学，也要结合运用社会人文科学。

三、火灾形式分析

（一）我国的火灾形式

1. 20 世纪后 50 年里，我国火灾形势日趋严重，火灾威胁与危害逐年加剧

20 世纪后 50 年里火灾损失和伤亡人数见图 1、图 2。

2. 20 世纪 90 年代以来，火灾呈现严峻趋势

20 世纪 90 年代火灾的主要参数全面超过 80 年代，其中火灾

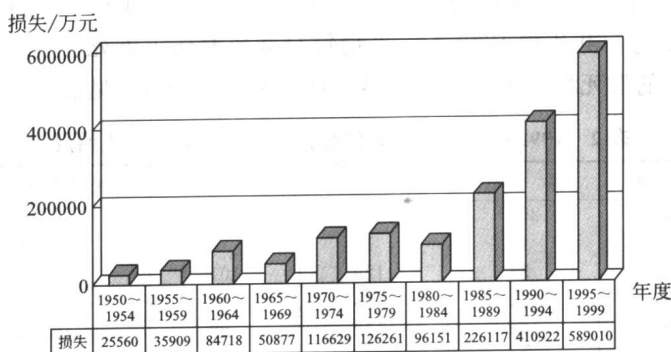


图 1 1950~1999 年火灾损失情况示意图

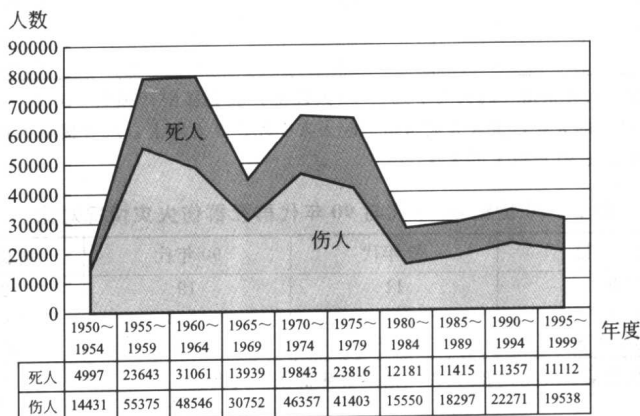


图 2 1950~1999 年伤亡人数情况示意图

起数和直接财产损失额上升较大，而死伤总人数的上升相对缓慢（见表 1）。

表 1 20 世纪 80 年代与 90 年代后期年平均火灾情况对比

项 目	80 年代	90 年代后期
年均发生火灾	3 万多起	18 万多起(翻了两番多)
年均发生火灾中死人	2300 多人	3000 多人(上升 30%)
年均发生火灾中伤人	3300 人	4500 多人(上升 1/3)
年均直接财产损失	3 亿多元	15 亿多元(上升近 4 倍)

群死群伤火灾明显增多。20 世纪 90 年代一次死亡 30 人以上的火灾 19 起, 共死亡 1772 人, 平均每起群死群伤火灾死亡 93 人。比 80 年代的群死群伤火灾严重得多 (每次多死 32 人) (见表 2、表 3)。

表 2 1992~2001 年十年间公众聚集场所特大火灾情况

年 度	起 数	死 人	伤 人	直接财产损失/万元
合计	260	1713	761	100729.4
1992	17	18	0	3918.3
1993	33	129	101	10234.3
1994	50	653	210	14551.8
1995	33	172	82	10764.2
1996	24	63	17	10554.1
1997	23	124	179	11464.0
1998	20	48	49	12267.2
1999	24	67	59	11296.7
2000	27	418	55	12233.3
2001	9	21	9	3445.5

注: 特大火灾系指一起火灾中死亡 10 人以上, 或直接财产损失 100 万元以上, 或受灾 50 户以上的火灾; 重大火灾系指一起火灾中死亡 3 人以上, 或直接财产损失 30 万元以上, 或受灾 30 户以上的火灾。

表 3 20 世纪 80 年代与 90 年代群死群伤火灾情况对比

项 目	80 年代	90 年代	增长/%
群死群伤/起	11	19	72.7
死亡人数/人	677	1772	161.7
平均每起死亡人数/人	61.5	93	51.2

注: 此表系一次死亡 30 人以上的“群死群伤”火灾。

20 世纪 90 年代的火灾总量占 20 世纪最后 51 年火灾总量的较大比例。尤其是火灾起数和直接损失数分别占 25.8% 和 58.8% (见表 4)。

表 4 20 世纪最后 10 年占 20 世纪最后 51 年火灾比例情况

项 目	1991~2000 年	1950~2000 年	所占比例/%
火灾起数	888485	3447820	25.8
死亡/人	24564	167631	14.7
伤亡/人	43422	319059	13.6
直接损失/亿元	116.4	198.0	58.8

20 世纪 90 年代后期随着经济的快速增长, 火灾总量的增长更加严峻化 (见图 3)。

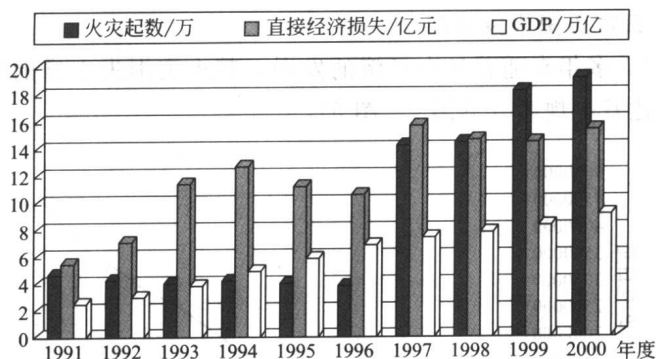


图3 火灾总量随经济的增长而变化的情况

(二) 世界部分国家的火灾情况

1. 美国历史火灾资料

第二次世界大战结束后, 美国经济从战争时期转为经济恢复期, 火灾起数相对较少, 之后随着进入经济上升期, 火灾危害日趋严重, 1946 年为 60.8 万起, 到 20 世纪 70 年代中期, 火灾危害达到高峰期, 全年火灾近 330 万起, 是 1946 年的 5 倍多, 而后随着经济的发展, 科技的进步以及消防管理的强化, 到 20 世纪 80 年代以后, 美国的火灾次数逐渐下降并趋相对平稳, 而死亡人数和直接损失还是波动地递增。美国历史火灾资料见表 5。

表 5 美国历史火灾概况表

年 度	火 灾 起 数	死 亡 人 数	直接财产损失/亿美元
1926	350000	10000	5.6
1936	643000	10000	3.0
1946	608000	10000	5.8
1956	1940150	12000	12.3
1966	2396500	12100	18.6
1977	3264500	7395	47.1
1988	2436500	6215	110.8
1991	2045000	4465	109.06
1998	1755500	4035	86.3
1999	1823000	21875	100.24
2000	1708000	22350	112.07