

高等教育安全科学与工程类系列规划教材
消防工程专业系列规划教材

灭火技术 及工程

魏 东 主编
李建华 主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费电子课件



XIAOFANG GONGCHENG XILIE XIAOFANG GONGCHENG XILIE XIAOFANG GONGCHENG XILIE

灭火技术及工程是消防工程专业的核心课程之一。本书以灭火技术为主线,系统介绍了灭火基础理论,灭火剂,建筑消防系统的组成、功能与应用,消防炮灭火技术,细水雾灭火技术,泡沫灭火技术,新型灭火技术,建筑火灾扑救,森林火灾灭火技术,矿井防灭火技术等。

本书可作为高等院校消防工程、安全工程、建筑环境与设备工程、消防指挥等专业的本科教材,也可供消防灭火工程设计、施工、消防检测维护和消防(安全)管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

灭火技术及工程/魏东主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 10
高等教育安全科学与工程类系列规划教材. 消防工程专业系列规划教材
ISBN 978-7-111-39845-5

I. ①灭… II. ①魏… III. ①消防—工程—高等学校—教材
IV. ①TU998. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 226241 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:冷彬 责任编辑:冷彬

版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:张静 责任印制:张楠

唐山丰电印务有限公司印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.5 印张 · 457 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-39845-5

定价:37.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

安全工程专业教材编审委员会

主任委员：冯长根

副主任委员：王新泉 吴 超 蒋军成

秘书长：季顺利

委 员：(排名不分先后)

冯长根	王新泉	吴 超	蒋军成	季顺利	沈斐敏
钮英建	霍 然	孙 熙	王保国	王述洋	刘英学
金龙哲	张俭让	司 鹤	王凯全	董文庚	景国勋
柴建设	周长春	冷 彬			

消防工程专业系列规划 教材编审委员会

主 任：徐志胜

副主任：蒋军成 杜文锋 余明高

顾 问：霍 然 张树平

委 员：(排名不分先后)

徐志胜	蒋军成	杜文锋	余明高	魏 东
王 旭	牛国庆	朱铁群	方 正	田水承
秦富仓	周汝良	邓 军	李耀庄	赵望达
韩雪峰	陈俊敏	白国强	刘义祥	路 长
尤 飞	蔡周全	贾德祥	张国友	李思成
王 燕	王秋华	汪 鹏	徐艳英	白 磊

秘书长：姜学鹏

序一 安全工程专业教材序

“安全工程”本科专业是在1958年建立的“工业安全技术”、“工业卫生技术”和1983年建立的“矿山通风与安全”本科专业基础上发展起来的。1984年，国家教委将“安全工程”专业作为试办专业列入普通高等学校本科专业目录之中。1998年7月6日，教育部发文颁布《普通高等学校本科专业目录》，“安全工程”，本科专业（代号：081002）属于工学门类的“环境与安全类”（代号：0810）学科下的两个专业之一^①。据“高等院校安全工程专业教学指导委员会”1997年的调查结果显示，自1958~1996年年底，全国各高校累计培养安全工程专业本科生8130人。近年，安全工程本科专业得到快速发展，到2005年年底，在教育部备案的设有安全工程本科专业的高校已达75所，2005年全国安全工程专业本科招生人数近3900名。

按照《普通高等学校本科专业目录》（1998）的要求，原来已设有与“安全工程专业”相近但专业名称有所差异的高校，现也大都更名为“安全工程”专业。专业名称统一后的“安全工程”专业，专业覆盖面大大拓宽。同时，随着经济社会发展对安全工程专业人才要求的更新，安全工程专业的内涵也发生很大变化，相应的专业培养目标、培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化，学生毕业后的执业身份是注册安全工程师。但是，安全工程专业的教材建设与专业的发展出现尚不适应的新情况，无法满足和适应高等教育培养人才的需要。为此，组织编写、出版一套新的安全工程专业系列教材已成为众多院校的翘首之盼。

机械工业出版社是有着50多年历史的国家级优秀出版社，在高等学校安全工程学科教学指导委员会的指导和支持下，根据当前安全工程专业教育的发展现状，本着“大安全”的教育思想，进行了大量的调查研究工作，聘请了安全科学与工程领域一批学术造诣深、实践经验丰富的教授、专家，组织成立了“安全工程专业教材编审委员会”（以下简称“编审委”），决定组织编写“高等教育安全工程系列‘十一五’规划教材”^②。并先后于2004.8（衡阳）、2005.8（葫芦岛）、2005.12（北京）、2006.4（福州）组织召开了一系列安全工程专业本科教材建设研讨会，就安全工程专业本科教育的课程体系、课程教学内容、教材建设等问题反复进行了研讨，在总结以往教学改革、教材编写经验的基础上，以推动安全工程专业教学改革和教材建设为宗旨，进行顶层设计，制订总体规划、出版进度和编写原则，计划分期分批出版30余门课程的教材，以尽快满足全国众多院校的教学需要，以后再根据专

① 按《普通高等学校本科专业目录》（2011版），“安全工程”本科专业（专业代码：082901）属于工学学科的“安全科学与工程”类（专业代码：0829）下的专业。

② 自2011年10月，更名为“高等教育安全科学与工程类系列规划教材”。

业方向的需要逐步增补。

由安全学原理、安全系统工程、安全人机工程学、安全管理学等课程构成的学科基础平台课程,已被安全科学与工程领域学者认可并达成共识。本套系列教材编写、出版的基本思路是,在学科基础平台上,构建支撑安全工程专业的工程学原理与由关键性的主体技术组成的专业技术平台课程体系,编写、出版系列教材来支撑这个体系。

本系列教材体系设计的原则是,重基本理论,重学科发展,理论联系实际,结合学生现状,体现人才培养要求。为保证教材的编写质量,本着“主编负责,主审把关”的原则,编委会组织专家分别对各门课程教材的编写大纲进行认真仔细的评审。教材初稿完成后又组织同行专家对书稿进行研讨,编者数易其稿,经反复推敲定稿后才最终进入出版流程。

作为一套全新的安全工程专业系列教材,其“新”主要体现在以下几点:

体系新。本套系列教材从“大安全”的专业要求出发,从整体上考虑、构建支撑安全工程学科专业技术平台的课程体系和各门课程的内容安排,按照教学改革方向要求的学时,统一协调与整合,形成一个完整的、各门课程之间有机联系的系列教材体系。

内容新。本套系列教材的突出特点是内容体系上的创新。它既注重知识的系统性、完整性,又特别注意各门学科基础平台课之间的关联,更注意后续的各门专业技术课与先修的学科基础平台课的衔接,充分考虑了安全工程学科知识体系的连贯性和各门课程教材间知识点的衔接、交叉和融合问题,努力消除相互关联课程中内容重复的现象,突出安全工程学科的工程学原理与关键性的主体技术,有利于学生的知识和技能的发展,有利于教学改革。

知识新。本套系列教材的主编大多由长期从事安全工程专业本科教学的教授担任,他们一直处于教学和科研的第一线,学术造诣深厚,教学经验丰富。在编写教材时,他们十分重视理论联系实际,注重引入新理论、新知识、新技术、新方法、新材料、新装备、新法规等理论研究、工程技术实践成果和各校教学改革的阶段性成果,充实与更新了知识点,增加了部分学科前沿方面的内容,充分体现了教材的先进性和前瞻性,以适应时代对安全工程高级专业技术人才的培育要求。本套教材中凡涉及安全生产的法律法规、技术标准、行业规范,全部采用最新颁布的版本。

安全是人类最重要和最基本的需求,是人民生命与健康的基本保障。一切生活、生产活动都源于生命的存在。如果人们失去了生命,一切都无从谈起。全世界平均每天发生约68.5万起事故,造成约2200人死亡的事实,使我们确认,安全不是别的什么,安全就是生命。安全生产是社会文明和进步的重要标志,是经济社会发展的综合反映,是落实以人为本的科学发展观的重要实践,是构建和谐社会的有力保障,是全面建设小康社会、统筹经济社会全面发展的重要内容,是实施可持续发展战略的组成部分,是各级政府履行市场监管和社会管理职能的基本任务,是企业生存、发展的基本要求。国内外实践证明,安全生产具有全局性、社会性、长期性、复杂性、科学性和规律性的特点,随着社会的不断进步,工业化进程的加快,安全生产工作的内涵发生了重大变化,它突破了时间和空间的限制,存在于人们日常生活和生产活动的全过程中,成为一个复杂多变的社会问题在安全领域的集中反映。安全问题不仅对生命个体非常重要,而且对社会稳定 and 经济发展产生重要影响。党的十六届五

VI 灭火技术及工程

中全会首次提出“安全发展”的重要战略理念。安全发展是科学发展观理论体系的重要组成部分，安全发展与构建和谐社会有着密切的内在联系，以人为本，首先就是要以人的生命为本。“安全·生命·稳定·发展”是一个良性循环。安全科技工作者在促进、保证这一良性循环中起着重要作用。安全科技人才匮乏是我国安全生产形势严峻的重要原因之一。加快培养安全科技人才也是解开安全难题的钥匙之一。

高等院校安全工程专业是培养现代安全科学技术人才的基地。我深信，本套系列教材的出版，将对我国安全工程本科教育的发展和高级安全工程专业人才的培养起到十分积极的推进作用，同时，也为安全生产领域众多实际工作者提高专业理论水平提供了学习资料。当然，由于这是第一套基于专业技术平台课程体系的教材，尽管我们的编审者、出版者夙兴夜寐，尽心竭力，但由于安全学科具有在理论上的综合性与应用上的广泛性相交叉的特性，开办安全工程专业的高等院校所依托的行业类型又涉及军工、航空、化工、石油、矿业、土木、交通、能源、环境、经济等诸多领域，安全科学与工程的应用也涉及人类生产、生活和生存的各个方面，因此，本套系列教材依然会存在这样和那样的缺点、不足，难免挂一漏万，诚恳地希望得到有关专家、学者的关心与支持，希望选用本套教材的广大师生在使用过程中给我们多提意见和建议。谨祝本系列教材在编者、出版者、授课教师和学生的共同努力下，通过教学实践，获得进一步的完善和提高。

“鸢其鸣矣，求其友声”，高等院校安全工程专业正面临着前所未有的发展机遇，在此我们祝愿各个高校的安全工程专业越办越好，办出特色，为我国安全生产战线输送更多的优秀人才。让我们共同努力，为我国安全工程教育事业的发展作出贡献。

中国科学技术协会书记处书记[⊙]

中国职业安全健康协会副理事长

中国灾害防御协会副会长

亚洲安全工程学会主席

高等学校安全工程学科教学指导委员会副主任

安全工程专业教材编审委员会主任

北京理工大学教授、博士生导师

冯长根

2006年5月

⊙ 现任中国科学技术协会副主席。

序二 消防工程专业系列 规划教材序

1998年7月,教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》将消防工程归入工学门类,实行开放办学政策。开设消防工程专业的高等院校随之迅速增加,学生数量不断增长,形成了可喜的发展局面。随着我国社会的发展,以人为本的消防安全理念不断深入人心,对高素质消防工程专业技术人才的需求旺盛,消防工程专业已逐渐成为高等教育的热门专业之一。

与大好的专业发展形势不协调的是,目前,我国开设消防工程专业的普通高等院校,还没有一套系统、适用的专业系列教材。为满足学科发展的需求,提高消防工程专业高等教育的培养质量,组织编写、出版一套体系完善、结构合理、内容科学的消防工程专业系列教材势在必行,同时也是众多院校的共同愿望。

机械工业出版社是有着60年历史的国家级优秀出版社,也是国家教育部认定的规划教材出版基地。该社根据当前消防工程专业的发展现状,进行了大量的调研工作,协同较早前成立的安全工程专业教材编审委员会并在其指导下,聘请消防工程领域的一批学术造诣深、实践经验丰富的专家教授,成立了“消防工程专业系列规划教材编审委员会”(以下简称“编委会”),组织编写该专业系列教材。该社先后在西安(2008.11)、株洲(2010.3)、长沙(2010.10)组织召开了一系列消防工程专业本科教学研讨会,就消防工程专业本科教育的课程体系、课程内容、教材建设等问题进行了深入研讨,确定分阶段出版该专业的系列教材,以尽快满足众多院校的教学要求与人才培养目标的需求。

本套系列教材的编写,本着“重基本理论、重学科发展、重理论联系实际”的教材体系建设原则,在强调内容创新的同时,要体现出学科体系的系统性、完整性、专业性等特点。同时,采取“编委会评审、主编负责、主审把关”的方式确保每本教材的编写质量。本套教材还积极吸纳消防工程的设计单位、施工单位和公安消防专业人士的实践经验,在理论联系实际方面较以往同类教材实现了较大突破,提高了教材的工程实用价值。

由于消防工程内容的广泛性和交叉性,开办消防工程专业的高校所依托的行业背景和领域不同,因此,本套系列教材依然会存在不足,诚恳希望得到有关专家、学者的关心和支持,希望选用本套教材的师生在使用过程中多提意见和建议。谨祝本系列教材通过教学实

VIII 灭火技术及工程

践，获得进一步的完善和提高。

高等院校消防工程专业正面临着前所未有的发展机遇，在此我们祝愿各个高校的消防工程专业办出水平、办出特色，为我国消防事业输送更多的优秀人才。

中国消防协会理事
消防工程专业系列规划教材编委会主任
中南大学教授、博士生导师

但

徐志胜

2011年6月

前 言

随着经济的快速发展,各类新型建筑大量涌现,各种新材料、新能源和新技术大量应用,对火灾控制提出了新的课题。特别是近年来北京“2·9”央视新址附属文化中心火灾、上海“11·15”高层建筑火灾等特大火灾事故,造成了恶劣的社会影响,对灭火技术和战术提出了新要求。

本书是在中国人民武装警察部队学院(以下简称武警学院)多年来教学成果的基础上,兼顾了中南大学、华北水利水电学院、河南理工大学和西南林业大学等国内消防工程专业知名院校的专业特色,吸收国内外最新的科技动态,结合消防工程设计、审核的实践编写而成的,具有较强的理论性和实用性。本书系统地阐述了灭火的基本原理和方法,各种类型灭火剂的特点和应用,消防炮、细水雾、泡沫灭火技术及一些新型灭火技术的基本原理、工程设计和使用维护等内容,并针对当前消防设施应用中存在的不足,专门阐述了建筑消防系统的功能及其在灭火救援中的应用。为增强本书的针对性,提高学生对灭火技术工程实践的理解与实际应用能力,本书还介绍了扑救建筑火灾的技战术措施和组织指挥原则,以及森林、矿井火灾的灭火技术和方法。

本书由魏东担任主编。全书共11章,具体编写分工如下:第1章由魏东(武警学院)编写,第2章由徐方(武警学院)编写,第3章由谢晓晴(中南大学)和葛晓霞(武警学院)共同编写,第4章由靳红雨(武警学院)编写,第5章由谭志光(华北水利水电学院)和葛晓霞共同编写,第6章由潘荣锟(河南理工大学)和徐方共同编写,第7章由谭志光和徐方共同编写,第8章由葛晓霞和张福东(武警学院)共同编写,第9章由李思成(武警学院)编写,第10章由龙腾腾(西南林业大学)和靳红雨共同编写,第11章由潘荣锟和张福东共同编写。

本书由李建华教授主审。李教授对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议,在此对他表示衷心的感谢。同时,本书在编写过程中参考并引用了大量的书刊资料及有关单位的科研成果,在此谨向这些文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者和专家批评指正。

编 者

目 录

序一 安全工程专业教材序

序二 消防工程专业系列规划教材序

前言

第1章 绪论	1
1.1 我国当前的火灾形势	1
1.2 典型火灾案例分析	2
1.3 现代火灾呈现的新特点	7
1.4 现代火灾对灭火技术提出的新要求	8
1.5 本书的主要内容	10
第2章 灭火基础理论	12
2.1 燃烧与火灾	12
2.2 灭火原理	18
2.3 灭火的基本方法	27
2.4 几类典型火灾的灭火方法	29
思考题	36
第3章 灭火剂	37
3.1 水及水系灭火剂	37
3.2 泡沫灭火剂	40
3.3 普通干粉灭火剂	43
3.4 气体灭火剂	46
3.5 金属火灾灭火剂	50
3.6 新型灭火剂	52
思考题	54
第4章 建筑消防系统的组成、功能与应用	55
4.1 建筑消防系统的组成及工作流程	55
4.2 火灾自动报警系统	56
4.3 防灾减灾系统及设备	59
4.4 固定灭火设施	71
4.5 固定消防设施在灭火救援中的应用	78
思考题	83

第5章 消防炮灭火技术	84
5.1 消防炮的类型	84
5.2 消防炮的结构	90
5.3 消防炮的性能参数	93
5.4 固定消防炮灭火系统	99
5.5 移动消防炮灭火系统	105
思考题	110
第6章 细水雾灭火技术	111
6.1 细水雾灭火技术概述	111
6.2 细水雾成雾及灭火机理	114
6.3 细水雾灭火性能及影响因素	116
6.4 固定式细水雾灭火系统	118
6.5 移动式细水雾灭火装备	126
思考题	132
第7章 泡沫灭火技术	133
7.1 泡沫灭火技术概述	133
7.2 泡沫灭火系统关键组件	136
7.3 低倍数泡沫灭火系统的类型与设计	145
7.4 高、中倍数泡沫灭火系统的类型与设计	155
7.5 移动推车式泡沫灭火装备	159
思考题	160
第8章 新型灭火技术	161
8.1 自动跟踪定位射流灭火系统	161
8.2 压缩空气泡沫灭火技术	168
8.3 火探管式自动探火灭火技术	176
8.4 氮气灭火技术	181
8.5 气溶胶灭火技术	186
8.6 超细干粉灭火技术	190
思考题	195
第9章 建筑火灾扑救	196
9.1 建筑火灾的蔓延扩散	196
9.2 灭火的战术原则与组织指挥	201

9.3 火场供水	205	10.7 常用森林灭火装备与机具	254
9.4 高层建筑火灾扑救	219	10.8 森林火灾扑救指挥	
9.5 地下建筑火灾扑救	229	原则与实例	256
思考题	234	思考题	259
第10章 森林火灾灭火技术	236	第11章 矿井防灭火技术	260
10.1 森林火灾的定义、产生		11.1 矿井火灾概述	260
条件及其规律性	236	11.2 矿井常规防灭火技术	263
10.2 森林火灾的类型与特点	239	11.3 直接灭火技术	274
10.3 人工灭火技术	244	11.4 隔绝灭火技术	277
10.4 风力灭火技术	249	11.5 矿井其他防灭火技术	280
10.5 化学药剂灭火技术	251	思考题	282
10.6 爆炸灭火技术	252	参考文献	283

绪 论

人类与火灾的斗争是一个永恒的主题,认识和掌握火灾发生、发展的基本规律,探讨控制火灾的技术与方法,从而实现降低火灾损失、减少人员伤亡,是人类追求安全生存环境的必然要求。随着社会的进步,经济的发展,消防科学技术的研究领域不断得到扩展,研究成果层出不穷,但也存在着诸多尚未解决的难题,尤其是面临纷繁复杂的火灾形势,对各类灭火技术的要求不断提高。因此,大力发展灭火技术及工程方面的研究,可有效预防和控制火灾,是社会进步与科技发展的客观要求。

1.1 我国当前的火灾形势

进入 20 世纪 90 年代,我国经济进入快速上升期,城市化进程明显加快,导致火灾的危险性和复杂性也日益增加。同时,随着我国经济的快速发展,人们对安全稳定的社会环境也提出了更高要求,火灾预防和扑救的难度明显加大。当前,我国正处于火灾形势比较严峻的时期,重大火灾时有发生,公共聚集场所火灾严重,仓储及各类堆场火灾突出,小型生产经营场所火灾所占比例也较大。火灾的次数和损失居高不下,尤其是发生了多起特大和重大火灾,有的还造成了严重的群死群伤事故。据统计,2011 年全国共发生火灾 12 万多起,死亡 1000 余人,直接财产损失 18.8 亿元。

图 1-1 表明了 2001 ~ 2011 年全国火灾的总体态势,从图中可以看出,近 10 年期间我国

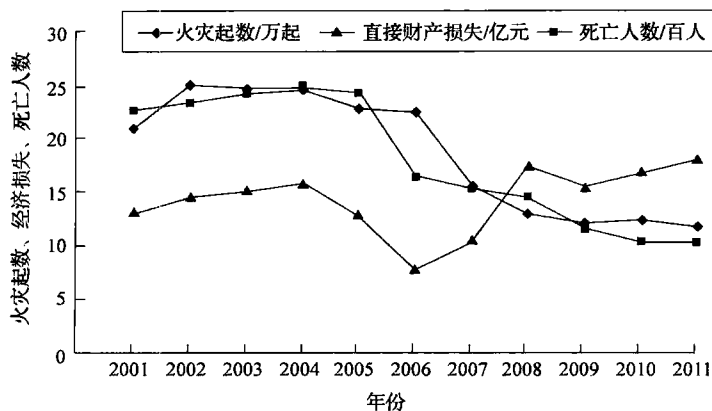


图 1-1 2001 ~ 2011 年全国火灾总体态势

2 灭火技术及工程

的总体火灾形势呈稳中有降的趋势。但进入 2009 年以来,火灾形势出现波动,火灾总量反弹,全国呈现火灾多发的趋势,较大火灾事故增加明显,重特大火灾次数逐渐受到控制,但造成的直接经济损失非常可观。

对火灾形势进行总体判断,当前和今后一个时期,我国仍处于火灾多发、易发、高发期,发生重特大火灾,尤其是群死群伤火灾的高风险依然存在,消防安全面临的形势仍然十分严峻。

1.2 典型火灾案例分析

近年来,呈高发态势的几类火灾分别是石油化工火灾、建筑外保温材料火灾、建筑工程施工现场火灾、高层建筑火灾和大面积仓储场所火灾。下面对近期在社会上影响较大的几起典型火灾案例的扑救情况进行简要分析。

1.2.1 大连“7·16”油罐区爆炸火灾

2010 年 7 月 16 日 18 时 12 分,位于大连市大孤山新港码头的大连中石油国际储运有限公司保税区油库输油管线爆炸起火。这起火灾扑救共调集了消防车 348 台,参战消防人员 2380 余人,火场共使用各类泡沫液 1300 余 t,水 7 万余 t,历时 15 小时将大火扑灭,到现场监护结束,整个灭火过程历时 86 小时。事故中,有一辆消防车被烧毁,还有一名消防人员在后续处理工作中牺牲。

1. 基本情况

大连新港是我国目前规模最大、水位最深的现代化深水油港,是我国对外原油出口的重要基地。大连中石油国际储运有限公司保税区油库位于大连新港,一、二期共有 20 个储罐,总储量为 185 万 m^3 ,其中 10 万 m^3 原油储罐 17 个,5 万 m^3 原油储罐 3 个。着火罐为一期的 103 号原油罐,储量为 10 万 m^3 ,着火罐组共有 6 个原油罐,均为 10 万 m^3 。着火部位东临储量 120 万 m^3 的南海罐区和 12.45 万 m^3 的液体化工原料仓储区,南邻在建 LNG 接收站和居民区、港区单位及加油站等附属建筑,西邻储量 140 万 m^3 的商业储油公司,北邻储量 300 万 m^3 的国家原油储备库。由于各库区进出原油或液体化工原料使用同一码头,所以油库内直径 700~900mm 的输油管线(每组 4~9 条管线不等)纵横交错设置,有的在沟渠中铺设,有的在地面铺设,有的是架空铺设并连接邻近罐区,储罐区内输油管线总长达几十公里。这起事故就是由于输油管爆炸引发火灾,管道相继发生爆炸,形成大面积流淌火,严重威胁周边储罐的安全。

2. 火灾扑救过程

爆炸起火后,消防部门接到报警,指挥中心迅速调集 37 个公安消防中队和 4 个企业专职消防队的 128 辆消防车、700 余名消防员赶赴现场。省消防总队启动跨区域灭火预案,调集全省 13 个消防支队、14 个企业专职消防队的 220 辆消防车和 1100 余名消防员前往增援灭火。

本次火灾的扑救过程共分为五个阶段:

(1) 第一阶段:堵截流淌火势,保护临近罐体及周边设施

第一批到场力量侦察发现,该油库罐区一条直径 900mm 原油管线已爆炸着火,并烤爆

了临近的一条直径 700mm 的原油管线,造成原油泄漏,形成近 500m²的地面流淌火,对东侧下坡方向的泵房、配电室和西侧的 106 号罐构成严重威胁。消防人员立即采取冷却罐体、左右夹攻的战术措施,利用大功率水罐泡沫车出 4 支泡沫管枪全力阻截流淌火的蔓延。

(2) 第二阶段:围堵控制火势,持续冷却着火罐和邻近罐

由于罐区的泵房、配电室遭到损坏,致使罐区内停水停电,难以实施关阀断料和利用固定灭火设施进行灭火,此时 103 号罐的管道受高温烘烤已发生爆裂,造成火势进一步扩大。火场指挥部命令 700 余名消防人员分成四个作战区域分别组织扑救。各战区利用车载泡沫炮和移动泡沫炮设置多个阵地堵截消灭地面流淌火,同时利用水泥、沙土构筑围堤填埋,防止火势四处流窜。另一方面,利用大功率车载水炮,对着火罐实施远距离冷却,同时也在受威胁的邻近罐周围设置移动水炮、水枪阵地对相邻罐进行冷却抑爆,并利用移动水炮对着火管线的火势进行压制。为控制原油进一步泄漏,消防官兵迅速调集混凝土和沙石,对管线的破损处进行封堵。

(3) 第三阶段:调整力量部署,分段组织实施冷却和灭火

根据火灾现场情况的发展,总队指挥部调派大连周边地区的企业专职消防队共计 118 台消防车、560 余名消防队员火速增援,随后调动第二批集结的 102 台消防车、550 余名消防队员驰援大连。按照“确保重点、兼顾一般”的战术原则,火场指挥部调整力量部署,将火场重新划分为北、西、东三个战斗段,分段实施冷却和灭火。在北侧战斗段,组织 7 个支队和部分专职队利用泡沫枪全力消灭正在蔓延的地面流淌火,利用泡沫炮、水炮和水枪强力控制管道火势,确保邻近化工储罐库和其他重要场所的安全。在火场西侧战斗段的 103 号着火罐周围,作战人员利用车载水炮、移动水炮和水枪对其进行不间断冷却,利用车载泡沫炮适时进行灭火。在东侧战斗段,组织本区域参战力量重点对三个受大火严重威胁的原油罐进行不间断冷却,阻截消灭该段的地面流淌火,并强力压制起火管线的火势。

(4) 第四阶段:备足攻坚力量,发起总攻灭火

在堵截消灭流淌火和管道火、冷却保护着火罐和邻近罐的基础上,指挥部积极调集各方力量,备足灭火剂,确保灭火用水充足,为全面发起灭火总攻做好充分准备。总队后方指挥部协调沈阳空军调拨专机分四次向现场运送泡沫 38t,同时采用公路运输方式调集全省消防部队及企事业专职队泡沫灭火剂 147t,并请示公安部消防局调集天津、河北、吉林等省市的 137t 泡沫送往火灾现场。另外,根据现场泡沫灭火剂需求不断加大的实际情况,后方指挥部提前协调沈阳消防器材厂、大连泡沫厂家紧急开工生产,最大限度地保证了泡沫灭火药剂的供应。17 日 8 时 20 分开始灭火总攻,9 时 55 分,大火被基本扑灭。

(5) 第五阶段:清理后期残火,继续冷却防止复燃

为防止管线和油罐发生复燃复爆,现场指挥部命令继续调集泡沫灭火剂,加强火场的冷却保护。各参战力量坚守现场,清除残火,对灼热的罐体表面不断加大冷却强度,防止爆炸,并适时向液面喷射泡沫,确保油品温度降至常温以下,防止复燃。同时利用水枪射流降低起火管线表面温度,防止管线发生复燃。为继续巩固灭火工作取得的成果,又通过海运、空运方式,调集山东和黑龙江大庆油田、大庆石化等地泡沫液 210t,确保赢得灭火救援最终的胜利。

3. 火灾扑救的经验与教训

在这次火灾扑救中,现代化的灭火剂及装备,为灭火救援行动提供了可靠保障。总体来

4 灭火技术及工程

看,这次火灾扑救中主要用到了以下一些灭火技术和装备:一是利用了大功率水罐泡沫车、车载泡沫炮、移动泡沫炮、摇动自摆泡沫炮、泡沫管枪和高喷消防车等泡沫灭火装备进行火势控制和灭火;二是利用车载水炮、移动水炮、水枪以及罐壁固定式水冷却系统等水消防装备对着火罐和相邻罐进行冷却;三是利用大功率远程供水系统进行火场供水,确保了现场连续不间断的用水需求。

由于油罐火灾具有爆炸危险性大、燃烧速度快、热辐射强度高、燃烧面积大等特点,现有的灭火技术还无法完全满足这类火灾的灭火需求。这次火灾扑救也呈现出以下几方面问题仍需解决:

(1) 不同种类、品牌的泡沫灭火剂混用问题

这次火灾处置中使用了大量的泡沫灭火剂,这些灭火剂来自不同的厂家,其组分和性能存在一定差异。不同种类、品牌的泡沫灭火剂混合使用时就可能发生化学和物理反应,出现结胶、结块等现象,造成设备的堵塞和损坏,一定程度上削弱了消防部队的灭火作战能力。

(2) 火场供水问题

由于火场需水量非常大,火场供水问题尤显突出,特别是在库区内消防水池、泡沫液罐无法自动启用的情况下,消防车辆的远程供水能力对于保障连续不断的用水具有重要意义。这次火灾处置中成功运用了大功率远程供水系统,表明该技术是解决火场供水问题的一项有力措施,今后值得深入研究。

(3) 消防车辆长时间作战问题

油罐火灾的扑救要求消防车应具有长时间工作的能力,而目前我国消防车的制造多采用二类载货车底盘进行改装,使消防车的动力性、耐久性及安全性较差。在火灾扑救中,这类消防车只能间歇性工作,有的甚至及早退出了工作,这些都限制了灭火战斗的连续性和有效性。

1.2.2 北京“2·9”央视新址火灾

2009年2月9日20时27分,中央电视台新址园区在建的附属文化中心工地发生特大火灾事故。北京市消防局共调集85台消防车、595名消防人员,经过近6小时的奋战,将大火彻底扑灭。在火灾扑救过程中,有1名消防队员牺牲,6名消防队员和2名施工人员受伤。建筑物过火面积8490m²,造成直接经济损失约1.6亿元。

2010年2月10日,国家安监总局认定该事故是一起责任事故,直接原因是“央视新址办”违反规定,在施工工地内组织大型礼花焰火燃放活动,礼花弹爆炸后的高温物质落入文化中心主体建筑顶部的擦窗机检修孔内,引燃防水、保温、装饰等可燃材料而引发火灾。

1. 基本情况

中央电视台新址附属文化中心建筑地上30层、高159m,建筑面积103648m²,主体为钢筋混凝土结构。该建筑于2005年3月开始施工,2006年12月底完成主体结构,火灾发生前正在进行内装修施工。该建筑南、北外立面装修材料为玻璃幕墙,东、西外立面为钛锌板,采用挤塑板、聚氨酯泡沫等作外墙保温材料。着火建筑的周边环境情况为:东侧94m为央视服务楼,南侧93m为央视新址大楼,西侧49m为东三环中路,北侧38m为两栋居民楼。

2. 火灾扑救过程

此次火灾是自上而下、由外向内逆向燃烧蔓延，在极短的时间内即形成猛烈的立体燃烧，完全改变了建筑物火灾通常的自下而上、由内及外的火灾发展模式。扑救过程总共分为四个阶段展开，具体如下：

(1) 第一阶段：快速反应，深入内部搜救人员

20时36分，4部消防车作为首批消防力量到达现场。到场后发现该建筑物顶部起火，呈猛烈燃烧状态，但此时还未蔓延至建筑内部，楼内尚有部分该单位人员。消防人员将A类泡沫车停于大楼北侧，占据室外地下消火栓连接水泵接合器，做好为建筑内消防管网加压供水的准备，同时4名消防队员乘坐消防电梯，迅速登顶进行火情侦察并搜救被困人员。根据火场实际情况，消防指挥中心迅速组织增援力量，第一阶段共部署11部消防车，占领地下消火栓4座，形成4条供水干线，设置水炮阵地3个。

(2) 第二阶段：强力外攻，营救被困人员

在第一阶段4条供水干线的基础上，组织增援力量又形成了6条稳定的供水干线，水炮阵地由3个增加到9个，加强外部攻势，全力控制火势，同时组成三批搜救小组，先后将8名被困人员成功救出。

(3) 第三阶段：内外夹攻，逐层消灭内部明火

根据火场实际情况，指挥部重新调整灭火救援力量的部署，采取内外夹攻的方法进行灭火救援。在建筑物外围，供水干线增加到11条，组成6个水炮阵地，对建筑主体结构实施冷却；在建筑物内部，消防官兵深入楼内，组成4条供水干线，实施内攻灭火，逐层消灭楼内明火。

(4) 第四阶段：分割包围，彻底清除内部残火

当建筑内外明火均被扑灭后，前沿指挥部及时调整力量部署，采取了“分割包围、分层包干”的战术，对火场进行全面清理。10日6时，所有残火被彻底扑灭。前沿指挥部决定留下3部A类泡沫车、1部68m云梯消防车继续留守监护现场，其余参战力量撤回。

3. 火灾扑救的经验与教训

总结此次火灾扑救过程可以得出以下经验与教训：

1) 火灾扑救过程中，指挥中心通过消防视频监控系统观测火势发展情况，并及时将信息反馈到前沿指挥部，指导火灾的扑救，效果较为明显。

2) 该建筑高159m，起火点位于30层以上门式造型的顶部，距30层平台的垂直距离有20余m，由于内部的固定消防设施没有完全安装，造成14层以上的消火栓系统内无压力水。即使从13层采用接力水泵向上供水，在30层平台上，水枪充实水柱只有10m多，其射程也无法有效达到火点，因此只能靠外部救援力量。而利用外攻方式，云梯车、高喷车、远射程移动水炮等消防装备均不能从外部直接打到100m以上的高度，无法对高处火灾进行有效控制和扑救。

3) 该次火灾事故暴露出高层建筑火灾扑救存在的一些突出困难和问题：一是建筑内部结构布局复杂，共享空间多、跨度大，各种竖井管道林立，容易形成烟囱效应；二是建筑外装修采用大量的钛锌板、挤塑板以及聚氨酯泡沫等可燃材料，钛锌板受热熔化、流淌，挤塑板、聚氨酯泡沫受热燃烧后，均产生大量高温及有毒烟气，受灾空间能见度极低，严重威胁着内部被困人员和内攻灭火的消防人员的生命安全；三是建筑内部疏散通道曲折复杂，房间

及楼道堆放杂物,部分楼道和房间门被锁闭封堵,导致内攻灭火和人员搜救等行动施展困难。这些问题应在今后予以充分的研究和分析。

1.2.3 上海“11·15”教师公寓火灾

2010年11月15日,上海市中心胶州路教师公寓发生特大火灾,事故造成58人遇难,直接经济损失近5亿元。

1. 基本情况

该教师公寓大楼高28层,总建筑面积17965m²,其中1层为商场,2~4层为办公区,5~28层为住宅。住户主要是教师,且多为退休教师,总共有500户。发生火灾时,该建筑正在实施节能综合改造,建筑外部被脚手架和尼龙防护网包围,由于电焊工操作不当,引燃防护网和保温材料,从而引起了外墙保温材料和其他可燃物的燃烧。

2. 火灾扑救过程

2010年11月15日下午14点左右,该教师公寓大楼起火,起火点位于10~12层之间。14时15分,上海市应急联动中心接到报警,迅速调集25个消防中队的61辆消防车前往扑救。

14时25分,首批消防力量宜昌路消防中队到达火灾现场,迅速展开灭火和救援行动,并在现场拉起了警戒线,组织现场群众迅速撤离。此时,着火建筑已处于立体燃烧状态,消防部门采取灭火与救人同步进行,内攻与外攻同步实施,堵截与强攻相结合的方法开展灭火救援工作。

15时09分,火灾蔓延至整栋大楼,形成立体性的全面燃烧状态。建筑内浓烟弥漫,楼内不少居民无法撤离,过火的脚手架上、28层楼顶等处还有多名居民在等待救援。由于火势过大,云梯车、举高车无法靠近作战,导致救援受阻,消防指挥中心继续增派其他救援力量赶赴现场。

15时50分,两架消防直升机飞抵着火大楼顶部,计划利用索降救援方法营救楼顶的被困居民。但由于现场浓烟过大且风力较猛,直升机无法靠近大楼,索降救援被迫放弃。消防人员决定采用32m和50m的曲臂高喷车并启用水炮对所控范围进行喷射灭火,对20层以上的着火区域采用压缩空气泡沫消防车进行外部喷射,该压缩空气泡沫车可将泡沫打到300m以上的高度,明显提高了灭火效率。

18时30分,起火建筑的所有火点基本被扑灭。灭火救援行动进入清理残火和搜寻遇难者的阶段,消防人员采取拉网式搜救方案,挨家挨户进行搜救。

此次灭火救援行动,消防部门共调集45个中队的各种消防车辆122辆,其中云梯车、举高车等17辆,消防直升机2架,消防员1300多人。消防队员采取内外夹攻的灭火方法,灭火与救人同步进行。外攻是通过举高消防车作战、在邻近建筑楼顶架设移动炮和水枪阵地等方法从外面控制火势,内攻则是200多名攻坚队员冒着浓烟和高温进入楼内,进行灭火和人员营救,从楼顶、疏散楼梯间、脚手架等处成功救出107人。消防部门只用了1个小时便基本控制火势,整个灭火救援历时4个多小时,消防队员处置及时、有力,将损失降到了最低限度,避免了更大的伤亡。

3. 火灾扑救的经验与教训

事后认定,引起这场特大火灾事故的直接原因是两名电焊工违规实施电焊作业引燃施工