

Engineering of fire and explosion

防火防爆工程学

中国消防协会科普教育工作委员会 组织编写

姜迪宁 主编

杨 政 安春晖 副主编



化学工业出版社

Engineering of fire and explosion

防火防爆工程学

中国消防协会科普教育工作委员会 组织编写

姜迪宁 主编

杨 政 李建林 安春晖 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

防火防爆工程学作为建筑消防工程学的姊妹学科,与消防学科紧密相联,同时也与安全学科紧密相联。本书是根据安全工程专业本科培养方案和教学大纲的要求编写的,在编写过程中紧密结合工程实践,较全面地介绍了工业生产中燃烧原理和爆炸原理等相关基础知识,具有较强的针对性和实用性。

本书主要内容包括燃烧基本原理、爆炸基本原理、火灾爆炸危险辨识与控制、电气防火防爆、易燃易爆危险物品防火防爆、易燃易爆场所防火防爆、特种设备防火防爆、防火防爆安全装置、火灾爆炸事故应急预案、火灾爆炸事故原因调查。

本书可作为高等院校安全工程、消防工程等专业的教材,也可作为从事安全生产技术的管理人员和操作人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

防火防爆工程学/姜迪宁主编;中国消防协会科普
教育工作委员会组织编写. —北京:化学工业出版社,
2015.4

ISBN 978-7-122-23237-3

I. ①防… II. ①姜…②中… III. ①防火②防爆
IV. ①X932

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第043861号

责任编辑:杜进祥 高震
责任校对:宋玮

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)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市瞰发装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张15¼ 字数400千字 2015年6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:48.00元

版权所有 违者必究

本书编写人员

主 编 姜迪宁

副主编 杨 政 李建林 安春晖

编写成员 (以姓氏笔画为序)

马从波 马振明 王 明 王 晖 王永生

王 勇 付 强 朱 江 孙业飞 安春晖

江 伟 李建林 杜晓燕 陈 剑 杨 政

杨凤雷 杨叶舟 金 辉 金义重 范俊轶

赵永需 洪赢政 施 樑 姜迪宁 高 博

唐 森 柳 斐 崔 蔚 蒋旭东

前言

随着社会和经济的发展,用火、用电、用气设备在社会各个领域广泛应用,它一方面造福社会,另一方面也给社会安全带来了一定的隐患。由于防火防爆设计的缺陷,加之缺乏相应的防火防爆知识宣传教育及使用管理不当等原因,由此引发的火灾爆炸事故较为突出。可以说,火灾爆炸安全问题涉及各个行业、千家万户,直接关系到人民的生命和财产安全,已成为社会广为关注的问题。

作为研究火灾爆炸事故为重点的防火防爆工程学,现已成为安全学科不可或缺的一门完整的独立的专业学科,同时也是消防学科的重要组成部分。尽管这一学科与建筑消防安全、安全生产、石油化工安全、煤矿安全等密切相关,但仍存在着影响其学科发展的一些问题。目前全国已有 100 多所高校设有安全工程专业,并开设防火防爆工程学相关课程或教学内容,可见国家教育部门在这一方面的高度重视。

本教材主要特点,一是系统性,本教材将燃烧爆炸基础知识、相关专业基础知识,以及防火防爆相关的不同专业知识等紧密联系起来,并形成相互贯通的有机整体;二是全面性,本教材与以往消防、安全方面的教材不同之处在于,首次将消防与安全等交叉学科及技术融为一体,形成全面完整的教学体系;三是专业性,本教材涉及不同专业领域,如电气防火防爆、易燃易爆危险物品防火防爆,易燃易爆危险物品场所防火防爆、特种设备防火防爆,特殊工种防爆等各项专业技术领域;四是独特性,本教材首次将防火防爆工程学与建筑消防工程学作了划分,前者研究不使火灾爆炸事故发生事前措施为主,后者则是一旦发生火灾爆炸事后措施为主;五是实用性,防火防爆工程学作为专业课程,与消防、安全等工作紧密联系,能够回答和解决实际中应用问题;六是前瞻性,本教材紧密围绕当今社会发展、经济发展、科技发展等出现的新的火灾爆炸问题和技术成果应用,特别是本安防爆技术、阻隔防爆技术、爆炸减压板等,做了新的尝试、探讨和应用。

教材编写成员主要由公安部上海消防研究所,江苏、上海、浙江、宁夏、广东公安消防总队和中国地质大学(北京)的防火防爆专家学者组成,他们是一批消防科普的热衷传播者。成书过程中,一些专家学者将该书作为教学讲义经过了长期的消防教学实践,曾在北京人民警察学院、中国人民公安大学、中国地质大学(北京)等高校作为消防、公安、安全等课程的教材,并先后建立了相应的消防安全专业实验室、课程设计及配套习题等,为书的编写出版奠定了一定的基础。

本教材编写得到了首都经贸大学安全环境保护工程学院原院长杨泗霖教授、中国地质大学(北京)安全工程专业教研室主任程五一教授的许多指导,得到了河北消防总队郑端文高级工程师、中国人民公安大学安全保卫教研室副主任寇丽

萍副教授、中国科普作家协会第五届副秘书长方路教授的大力支持，以及中国地质大学（北京）安全工程专业部分研究生所给予的各种帮助，在此一并表示衷心的感谢！

本教材适合大专院校安全工程专业、消防工程专业教学使用，也适合机关、团体、企业、事业、科研等单位消防安全教育培训使用。在防火防爆工程学（事前控制）基础上，我们还将着力编写与之配套的建筑消防工程学（事后控制）、火灾风险评估学（风险控制）、消防安全管理学（行为控制）、事故案例借鉴学（经验教训）以及相配套的教学习题集等，形成一个更加完整的教学与培训体系。

尽管编写团队具有较强的教学及科研实践背景，但涉及组织编写大学教材对我们来说还是一种尝试，书中存在的不足在所难免，敬请读者将相关意见及时反馈我们，以便更好地完善和改进。

中国消防协会科普教育工作委员会

二〇一四年八月

目 录

第 1 章 绪论

1

第一节 研究对象和内容	1
一、研究对象	1
二、研究内容	2
第二节 与相关学科关系	2
一、与基础学科关系	2
二、与各专业学科关系	2
三、与其他安全学科关系	3
第三节 火灾特性及其规律	3
一、火灾概念	3
二、火灾分类	3
三、火灾基本特性	7
四、火灾基本规律	10
本章小结	11
本章思考题	11

第 2 章 燃烧基本原理

12

第一节 燃烧概念与机理	12
一、燃烧概念	12
二、燃烧机理	12
第二节 燃烧条件	13
一、燃烧基本条件	13
二、燃烧充分条件	14
三、燃烧的四面体	15
第三节 燃烧类型	16
一、闪燃与闪点	16
二、着火与燃点	16
三、自燃与自燃点	17
第四节 燃烧产物	18
一、燃烧产物概念	18
二、燃烧产物毒性	18
三、燃烧产物控制	19

四、燃烧产物应用	19
第五节 燃烧特性与过程	19
一、燃烧特性	19
二、燃烧过程	21
本章小结	23
本章思考题	23

第3章 爆炸基本原理

24

第一节 爆炸及其分类	24
一、爆炸概念	24
二、爆炸分类	24
三、化学性爆炸物质	26
四、爆炸的破坏作用及其影响因素	26
第二节 爆炸极限	27
一、定义	27
二、爆炸极限计算	28
三、爆炸极限应用	29
第三节 爆炸温度和爆炸压力	30
一、爆炸温度计算	30
二、爆炸压力计算	31
三、爆炸威力计算	31
第四节 可燃气体液体爆炸	32
一、爆炸反应历程	32
二、可燃物质化学性爆炸条件	33
三、燃烧和化学性爆炸关系	33
四、燃烧和化学性爆炸感应期	34
第五节 可燃固体粉尘爆炸	35
一、粉尘爆炸危险性	35
二、粉尘爆炸影响因素	35
三、粉尘爆炸基本特性	37
四、粉尘爆炸防控措施	38
本章小结	39
本章思考题	39

第4章 火灾爆炸危险辨识与控制

40

第一节 引火源辨识与控制	40
一、机械火源辨识与控制	40
二、热火源辨识与控制	42
三、电火源辨识与控制	45

四、化学火源辨识与控制	48
第二节 危险物辨识与控制	50
一、危险物品辨识	50
二、危险物品控制	52
第三节 火灾荷载辨识与控制	53
一、火灾荷载辨识	53
二、火灾荷载控制	53
第四节 火灾烟毒辨识与控制	55
一、火灾烟毒辨识	55
二、火灾烟毒控制	58
本章小结	60
本章思考题	60

[第 5 章 电气防火防爆

61

第一节 概述	61
一、电气有关概念	61
二、电气事故分类	62
第二节 电气线路防火	62
一、电气短路	62
二、电气过载	63
三、电气接触电阻过大	63
四、电气火花	63
五、电气线路防火措施	64
第三节 电气设备防火	66
一、电气照明设备	66
二、电气加热设备	66
三、电气设备防火措施	67
第四节 电气保护装置	68
一、短路保护装置	68
二、过载保护装置	68
三、漏电保护装置	69
四、接地保护装置	69
第五节 防爆区域与电气防爆	70
一、爆炸危险区域类型	70
二、电气防爆装置	70
三、防爆电气选型	71
四、火灾危险区域	72
第六节 防雷电保护	73
一、雷电特性及火灾危险性	73
二、建筑防雷类型	74

三、 防雷电设施	75
四、 防雷保护范围计算	75
五、 防雷电基本措施	77
第七节 防静电保护	78
一、 静电特性及火灾爆炸危险性	78
二、 防静电最小引爆能量计算	78
三、 防静电基本措施	78
本章小结	79
本章思考题	79

第 6 章 易燃易爆危险物品防火防爆

80

第一节 概述	80
一、 有关概念	80
二、 危险物品基本特性	81
三、 危险物品主要危害	82
四、 危险物品典型事故案例分析	82
第二节 危险物品编号	83
第三节 危险物品分类	84
一、 爆炸物品	84
二、 压缩和液化气体	84
三、 易燃液体	86
四、 易燃固体	87
五、 自燃物品	87
六、 遇湿燃烧物品	88
七、 氧化剂和有机过氧化物	88
八、 毒害品	89
九、 放射性物品	89
十、 腐蚀品	89
第四节 危险物品标志	90
第五节 易燃易爆物品防火防爆要求	90
一、 生产（厂房）防火防爆要求	90
二、 储存（仓库）防火防爆要求	91
三、 运输（交通工具）防火防爆要求	92
第六节 防火防爆措施	93
一、 防火措施	93
二、 防爆措施	94
三、 销毁措施	94
本章小结	95
本章思考题	95

第一节 防火防爆指示装置	96
一、 温度仪表	96
二、 压力仪表	97
三、 流量仪表	97
四、 液位计	100
第二节 防火防爆探测装置	100
一、 火灾探测装置	100
二、 燃气探测装置	101
第三节 防火防爆阻火装置	102
一、 安全液封	102
二、 阻火器	104
三、 火星熄灭器	105
四、 防火堤	105
五、 单向阀	106
第四节 防火防爆泄压装置	106
一、 安全阀	106
二、 爆破片	107
三、 放空管	108
四、 火炬装置	108
五、 事故储槽	108
六、 防爆减压板	109
第五节 建筑防爆泄压	109
一、 建筑抗爆结构	109
二、 建筑泄压面积	110
三、 防爆泄压措施	110
第六节 防火防爆本安技术	111
一、 非燃替代技术	111
二、 密闭通风技术	112
三、 惰性保护技术	112
四、 负压控制技术	114
五、 阻隔防爆技术	114
本章小结	115
本章思考题	116

第一节 概述	117
一、 概念	117
二、 分类	117

第二节 压力管道防火防爆	117
一、压力管道	117
二、压力管道防火防爆措施	118
第三节 压力容器防火防爆	120
一、压力容器	120
二、压力容器防火防爆措施	121
第四节 燃气锅炉防火防爆	121
一、锅炉分类	121
二、燃气锅炉防火防爆措施	122
本章小结	122
本章思考题	123

[第 9 章 易燃易爆危险场所防火防爆

124

第一节 概述	124
一、有关概念	124
二、易燃易爆危险场所等级评定	124
三、消防安全重点单位界定标准	125
第二节 石油库防火防爆	127
第三节 汽车加油站防火防爆	131
第四节 乙炔站防火防爆	132
第五节 氧气站防火防爆	134
第六节 液化气站防火防爆	136
第七节 危险化学品仓库防火防爆	138
本章小结	141
本章思考题	141

[第 10 章 火灾爆炸事故应急预案

142

第一节 概述	142
一、有关概念	142
二、分类分级	142
三、组织机构	143
四、灭火指挥	143
五、“15 分钟”消防	144
第二节 火灾扑救条件	144
一、消防车道	144
二、火灾扑救面	145
三、消防水泵接合器	145
四、消防码头	145
五、消防鹤管	146

第三节	消防车辆与装备	146
一、	消防车辆	146
二、	消防装备	147
第四节	初期灭火方法	153
一、	灭火基本战术	153
二、	灭火基本方法	154
第五节	疏导逃生方法	154
一、	用毛巾捂口鼻	154
二、	用防毒面具	154
三、	匍匐逃生	155
四、	逃生缓降器	155
五、	窗式逃生梯	155
六、	救生气垫	155
七、	SOS 求救信号	155
第六节	紧急救护方法	155
一、	止血包扎	155
二、	固定搬运	156
三、	按压心脏	156
四、	人工呼吸	157
第七节	应急预案编制	157
一、	编制意义和作用	157
二、	编制要求与原则	158
三、	编制程序和要求	160
四、	编制内容和方法	161
第八节	应急预案演练	163
一、	实施意义和作用	163
二、	实施要求和目标	164
三、	实施程序和方法	164
四、	演练内容和频次	165
本章小结		166
本章思考题		166

[第 11 章 火灾爆炸事故原因调查

167

第一节	概述	167
一、	有关概念	167
二、	火灾事故调查目的	167
三、	火灾事故调查原则	167
四、	火灾事故调查分工	167
五、	火灾事故调查原因	168
第二节	火灾事故现场保护	168
一、	火灾事故现场分类	168

二、火灾现场保护要求	168
三、火灾现场保护范围	168
四、火灾事故调查管辖	169
第三节 火灾现场调查对象与内容	170
一、事故调查询问原则	170
二、火灾现场采访对象	170
三、火灾现场调查内容	170
第四节 火灾事故调查程序	171
一、简易程序	171
二、一般程序	171
第五节 火灾现场痕迹确认	174
一、烟熏痕迹确认	174
二、蔓延痕迹确认	174
三、坍塌痕迹确认	175
四、灰层痕迹确认	175
第六节 起火部位和起火点确认	175
一、起火部位确认	175
二、起火点确认	176
第七节 火灾事故原因认定	176
一、吸烟火灾原因认定	176
二、电气火灾原因认定	176
三、用火不慎火灾原因认定	176
四、汽车失火火灾认定	176
第八节 火灾事故责任查处	177
一、火灾事故责任范围	177
二、火灾事故责任划分	177
三、火灾事故责任定罪	178
四、火灾事故责任处理	178
本章小结	179
本章思考题	179

附录A 工厂仓库火灾案例

180

案例 1: 哈尔滨亚麻厂火灾爆炸 (1987 年)	180
案例 2: 山东黄岛“8·12”油库老罐区火灾 (1989 年) ...	181
事故 3: 广东东莞兴业制衣厂火灾 (1991 年)	183
事故 4: 深圳清水河安贸危险物品仓库火灾爆炸 (1993 年)	184
事故 5: 广东珠海前山纺织城火灾致厂房坍塌 (1996 年)	185
案例 6: 北京东方化工厂储罐区火灾爆炸 (1997 年)	186
事故 7: 吉林长春“6·3”宝源丰禽业有限公司火灾爆炸 (2013 年)	186

事故 8: 山西省棉麻公司侯马采购供应站火灾 (2013 年)	188
事故 9: 江苏昆山中荣金属制品有限公司火灾爆炸 (2014 年)	190
案例 10: 山东寿光龙源食品有限公司火灾 (2014 年)	191

[附录B 商业场所事故案例 193

案例 1: 北京“8·12”隆福商业大厦火灾 (1993 年)	193
案例 2: 辽宁“3·13”鞍山商场火灾 (1995 年)	194
事故 3: 河南洛阳“12·25”东都商厦火灾 (2000 年)	195
事故 4: 吉林“2·15”中百商厦火灾 (2004 年)	196
案例 5: 新疆乌鲁木齐市“1·2”德汇国际广场火灾 (2008 年)	197
案例 6: 吉林长春“3·28”天元商厦火灾 (2011 年)	198
案例 7: 湖南衡阳“11·3”衡州大厦火灾 (2003 年)	199
案例 8: 北京“10·11”喜隆多购物广场火灾 (2013 年)	200
案例 9: 哈尔滨“1·2”北方南勋陶瓷大市场火灾 (2015 年)	201
案例 10: 北京“1·29”百荣世贸商城火灾 (2015 年)	203

[附录C 爆炸危险环境电力装置设计规范 (节选) 205

[附录D 危险货物包装标志 220

[参考文献 230

第1章 绪论

【本章学习要求】了解本课程研究对象、研究内容，熟悉防火防爆工程与相关学科的关系，掌握火灾基本特性与规律。防火防爆工程是一门应用性很强的学科，在学习的过程中，要注意结合实际进行学习，重点在于知识的应用。

【本章主要内容】研究对象和内容、与相关学科关系、火灾特性及其规律。

第一节 研究对象和内容

一、研究对象

根据我国《企业职工伤亡事故分类》（GB 6441—1986）有关规定，标准中将生产安全事故分为 20 类，即：物体打击、车辆伤害、机械伤害、起重伤害、触电、淹溺、灼烫、火灾、高处坠落、坍塌、放炮、火药爆炸、化学性爆炸、物理性爆炸、中毒和窒息和其他伤害等事故。其中火灾和化学性爆炸事故是与消防直接相关的事故。

防火防爆工程学是以火灾爆炸（化学性爆炸）事故为研究对象。是消防学科的重要组成部分，同时也是安全学科的重要组成部分，主要是针对生产、储存中的火灾或爆炸（化学性）事故预防与控制为研究对象，其目的就是使火灾或爆炸事故发生，最大限度地防止和

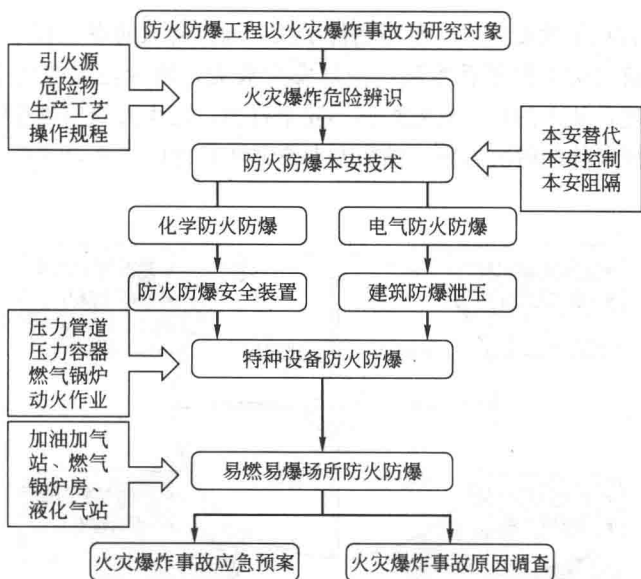


图 1-1 防火防爆工程学体系



减少火灾或爆炸事故所造成的人身伤害和财产损失。

二、研究内容

防火防爆工程学研究内容主要包括：燃烧基本原理、爆炸基本原理、火灾危险辨识与控制、电气防火防爆、危险化学品防火防爆、防火防爆安全装置、高危场所防火防爆、特种设备防火防爆、火灾爆炸事故应急预案、火灾爆炸事故原因调查等。如图 1-1 所示。

第二节 与相关学科关系

一、与基础学科关系

从消防学科发展来看，其基础学科主要涉及物理、化学、热学、光学等。其专业基础学科主要涉及水力工程学、建筑工程学、机械工程学、电工电子学、流体力学、燃烧爆炸学、火灾工程学等。其专业学科主要涉及防火防爆工程、建筑消防工程、火灾风险评估、消防安全管理等，研究和解决不同的消防专业领域问题。防火防爆工程学重点是研究不使火灾爆炸事故发生的控制措施。基础学科与专业学科关系，如图 1-2 所示。

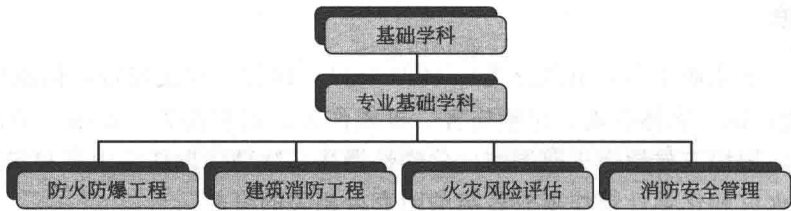


图 1-2 基础学科与专业学科关系

二、与各专业学科关系

从事故发生及危害后果角度讲，一是用硬件手段，通过防火防爆工程事前控制，不使火灾爆炸事故发生；通过建筑消防工程事后控制，一旦发生火灾，减少已发生的事故；二是用软件手段，通过消防安全管理，从人的行为有效控制不安全行为，防止人为因素引发火灾事故发生；通过火灾风险评估，选择最佳的解决方案。消防专业学科相互之间关系，如图 1-3 所示。

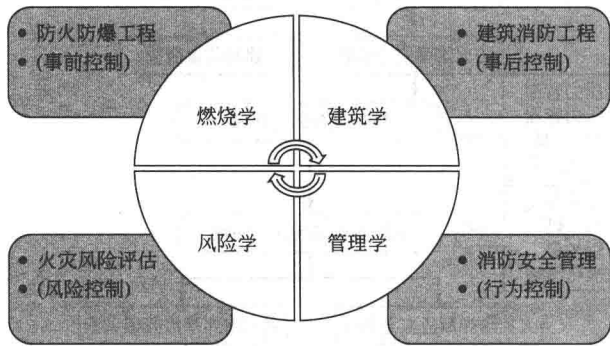


图 1-3 消防专业学科相互之间关系