

教育部特色专业教材  
北京市特色专业教材

# 防火防爆 技术基础

FANGHUO FANGBAO JISHU JICHU

王丽琼 主编

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

ISBN 978-7-302-13340-7

图书在案(CIP)数据


# 防火防爆技术基础

王丽琼 主编

中国版本图书馆(CIP)数据(2009)第13340号

出版发行：北京理工大学出版社  
社址：北京海淀区中关村  
邮编：100081  
电话：(010)62914172  
网址：<http://www.bjpress.com.cn>  
经销：全国各地新华书店  
印刷：北京五洲印刷厂  
开本：187毫米×1095毫米 1/16  
印张：14.75  
字数：343千字

2009年7月第1版  
2009年7月第1次印刷  
定价：36.00元

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

责任编辑：王丽琼

版权专有 侵权必究

---

图书在版编目(CIP)数据

防火防爆技术基础/王丽琼主编. —北京:北京理工大学出版社,2009.7  
ISBN 978-7-5640-2509-0

I. 防… II. 王… III. ①防火-高等学校:技术学校-教材②防爆-高等学校:技术学校-教材 IV. X932

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 123340 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 14.75

字 数 / 343 千字

版 次 / 2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 2500 册

定 价 / 36.00 元

责任校对 / 申玉琴

责任印制 / 边心超

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换

# 前 言

PREFACE

《防火防爆技术基础》主要介绍了有关防火防爆方面的基础技术知识。全书共8章。

第1章为防火防爆安全基础知识；第2章为危险物质与燃爆特性；第3章为热、机械作用与火工烟火药剂的安全；第4章为电气防火防爆安全知识；第5章为防火防爆安全措施；第6章为危险场所（工房、库房）防火与防爆安全；第7章为职业危害与防护安全知识；第8章为典型燃烧爆炸事故案例。从第1章到第7章每章末尾都附有思考题，可供学生学习时参考。

本教材可作为安全工程专业及与安全相关专业的本科生的专业课教材，也可作为从事有关专业的研究人员和技术管理人员的参考书。

在编书过程中，编者参阅了大量相关资料、教材和专著，并得到了汪佩兰教授的关心和指导，编者借此机会对所参阅文献的作者和汪佩兰教授一并表示衷心感谢。

由于编写时间仓促，加之编者水平有限，书中难免存在不妥、错误之处，恳请读者批评、指正。

编者

# 目 录

CONTENTS

<b>1 防火防爆安全基础知识</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.1.1 安全与危险 .....	1
1.1.2 事故 .....	3
1.2 本课程的意义、研究对象与内容 .....	5
1.2.1 本课程的意义 .....	5
1.2.2 研究对象与内容 .....	6
1.3 火灾 .....	7
1.3.1 火灾的概念和分类 .....	7
1.3.2 火灾的蔓延和变化 .....	8
1.4 燃烧基本理论 .....	9
1.4.1 燃烧 .....	9
1.4.2 燃烧的条件 .....	10
1.4.3 经典燃烧理论 .....	12
1.5 爆炸事故 .....	14
1.5.1 爆炸事故的分类 .....	14
1.5.2 爆炸事故的特点 .....	15
1.5.3 爆炸事故的原因 .....	16
1.6 爆炸基本理论 .....	16
1.6.1 爆炸基本概念 .....	16
1.6.2 凝聚炸药起爆理论 .....	21
1.6.3 几种典型的爆炸现象 .....	23
1.7 爆炸极限理论 .....	26
思考题 .....	36
<b>2 危险物质与燃爆特性</b> .....	37
2.1 危险物品的分类 .....	37
2.2 危险物质的燃爆特性 .....	39
2.2.1 爆炸品的燃爆特性 .....	39
2.2.2 可燃性气体的燃爆特性 .....	41
2.2.3 可燃性液体的燃爆特性 .....	46
2.2.4 可燃性固体与粉尘的燃爆特性 .....	52
2.2.5 自燃物品和遇湿易燃物的危险特性 .....	54

2.2.6	氧化剂和有机过氧化物的危险特性	58
2.2.7	其他危险性物质	58
2.3	危险物质危险特性参数的测定	59
2.3.1	爆炸极限浓度测定	59
2.3.2	闪点与燃点的测定	62
2.3.3	热自燃与自燃点的测定	64
2.3.4	最小点火能量的测定	65
2.3.5	消焰距离与消焰直径的测定	66
	思考题	67
3	热、机械作用与火工烟火药剂的安全	69
3.1	热作用与燃烧爆炸物质的安全	69
3.1.1	热作用及反应形式	69
3.1.2	热安定性试验与评价方法	71
3.2	机械作用与燃爆物质的安全	80
3.2.1	机械起爆原理与作用方式	80
3.2.2	机械感度与评价方法	81
3.2.3	防止机械作用引爆的安全原则与措施	83
3.2.4	运输/使用过程中的机械作用与安全	84
	思考题	88
4	电气防火防爆安全知识	89
4.1	电气设备防火与防爆	89
4.1.1	电气线路火灾与安全	89
4.1.2	危险环境与防爆电气设备	93
4.2	静电与静电燃爆事故预防	97
4.2.1	静电的产生与特点	97
4.2.2	静电的危害	100
4.2.3	防静电原理与措施	102
4.3	雷击与燃爆物质的安全	109
4.4	射频与电火工品的安全	119
4.5	杂散电流与火工品的安全	119
	思考题	120
5	防火防爆安全措施	121
5.1	防火防爆措施的一般原则	121
5.2	分类管理	121
5.2.1	压缩气体和液化气体	122
5.2.2	易燃液体	122
5.2.3	易燃固体	122
5.2.4	自燃物品	123
5.2.5	遇湿易燃物品	123

5.2.6	氧化剂和有机过氧化物	123
5.2.7	毒害品	125
5.2.8	腐蚀性物品	125
5.2.9	民用爆炸物品	127
5.3	控制着火源形成措施	128
5.4	防止形成燃爆介质	129
5.5	贮存过程中的火灾监控、检测措施	131
5.5.1	火灾监测仪	131
5.5.2	可燃气体测量仪表的工作原理	133
5.6	安全生产措施(防火防爆装置)	134
5.6.1	阻火装置	134
5.6.2	泄压装置	137
5.7	安全距离	138
5.8	运输过程安全措施	139
5.8.1	危险品运输火灾的主要原因	140
5.8.2	危险品运输工具的防火条件	140
5.9	销毁措施	142
5.10	灭火与消防措施	144
5.10.1	灭火方法	144
5.10.2	水灭火原理及其灭火器材	144
5.10.3	泡沫灭火原理及灭火器材	145
5.10.4	二氧化碳灭火原理及灭火器	146
5.10.5	四氯化碳灭火原理及灭火器	147
5.10.6	干粉灭火原理及灭火器	148
5.10.7	卤族灭火剂灭火原理及其灭火器	148
5.10.8	轻金属灭火器和灭火剂	150
5.10.9	其他灭火器	151
5.10.10	自动报警灭火系统	152
5.11	危险物流向控制措施	153
	思考题	153
6	危险场所(工房、库房)防火与防爆安全	155
6.1	典型危险场所的危险等级	155
6.2	建筑材料与阻燃	161
6.2.1	建筑材料的高温性能	161
6.2.2	防火玻璃	162
6.2.3	防火涂料与阻燃机理	163
6.2.4	新型阻燃技术及材料	164
6.3	火工烟火建筑(厂房、库房)的防火设计原则	165
6.3.1	厂址的选择	165

6.3.2	最大存药量计算	165
6.3.3	最小允许距离确定	166
6.3.4	建筑设计防爆措施	174
6.4	其他危险场所的防火防爆	178
6.4.1	油库	178
6.4.2	电石库	179
6.4.3	乙炔站	180
6.4.4	气瓶库	181
6.4.5	焊割动火	182
6.4.6	管道	182
6.4.7	热处理	182
6.4.8	喷漆	183
	思考题	183
7	职业危害与防护安全知识	184
7.1	常见毒物分类及评价指标	184
7.1.1	有毒物的分类	184
7.1.2	毒性评价指标与分级	185
7.2	毒物侵入人体的途径及毒害	186
7.2.1	毒物侵入人体的途径	186
7.2.2	毒物的危害	188
7.3	毒物毒性的影响因素	190
7.4	有毒物浓度的表示方法	192
7.5	工业粉尘及其防尘措施	194
7.5.1	粉尘的分类、性质及对人体的危害	194
7.5.2	防毒、防尘技术措施	195
7.6	物理危害因素与防护	197
7.6.1	噪声危害与防护	197
7.6.2	振动危害与防护	200
7.6.3	射频电磁场危害与防护	201
7.6.4	电离辐射危害与防护	202
7.6.5	紫外辐射危害与防护	204
7.6.6	不良气候危害因素	205
7.7	个人防护措施	206
7.7.1	皮肤防护	206
7.7.2	呼吸防护	207
7.8	灭火中防烟防毒的基本措施	207
	思考题	209
8	典型燃烧爆炸事故案例	210
	参考文献	226



» 1

# 防火防爆安全基础知识

## 1.1 概述

### 1.1.1 安全与危险

安全科学的发展是随着事故的不断发生和人们对事故的认识的不断提高而发展起来的。安全科学的发展经历了漫长的时期，其中安全技术起源于公元 610 年《诸病源候论》，1637 年《天工开物》是安全技术起源的标志。人类安全科学起源于 1974 年美国出版的安全科学文摘之后的 1990 年在德国科隆召开的第 1 届世界安全科学大会，从认识观与方法论上，经历了由“宿命论”到“本质论”、“就事论事”到“系统防范”、“安全常识”到“安全科学”、“劳动保护”到“现代职业安全健康管理体系”和“事后处理”到“安全生产长效机制”等的变化历程；而安全科学理论则是由事故学理论、危险分析理论和风险管理理论逐渐形成的。

安全生产与安全生活的实现，不仅需要发展一般的安全工程技术知识、方法和手段，更需要发展安全的科学理论。安全原理是人类安全活动的基本理论和策略，也是安全科学技术发展的基石，是人类预防事故的重要理论核心。安全哲学原理从认识论与方法论的角度总结安全哲学道理和原则。远古人类的安全认识论是宿命论的，方法论是被动承受型的；近代人类的安全认识提高到了经验的水平，随着现代工业社会的发展和技术的进步，人类的安全认识论进入了系统论阶段，从而在方法论上能够推行安全生产与安全生活的综合型对策，甚至能够超前预防。有了正确的安全哲学思想的指导，人类现代生产与生活的安全才能获得高水平的保障。

安全系统论原理包括安全系统原理、安全控制论原理、安全信息论原理、安全协同学、事故突变论等安全系统科学的机制和规律。从系统论的角度，不仅要研究事故系统的要素及其结构和关系，更要探讨各种技术的安全系统要素及结构。认识事故系统对于指导控制事故、保障人类安全具有实际的意义，但这种认识带有事后色彩，而从安全系统的角度出发，则具有超前和预防意义。安全控制论揭示了事故控制和防范的规律。安全信息论是安全科学管理的重要理论基础。安全协同学和事故突变理论正处于研究和探索之中。

安全经济学原理是阐述事故损失的规律与评价技术、安全的效益理论和投入产出规律；研究与事故相关的非价值因素的价值化技术；研究不同社会经济体制和经济发展时期，事故保险（伤亡保险、财产保险、意外事故保险等）的运行机制及其与事故预防、实现本质安

全的关系和动作机制等理论。安全经济学理论对国家安全投入政策的制定,指导企业有效地控制安全投资结构,为企业安全劳动与物化劳动的支持等提供理论基础。

安全管理学原理是现代社会的科学安全管理,需要研究安全管理的科学原理,如安全法学基本原理、安全法制基本规则、安全管理组织学原理、国家安全管理机制及理论、企业安全科学管理模式及体系、安全行为科学原理和合理安全投资保障机制等。

安全工程与卫生工程原理在安全科学技术学科是相对完善和成熟的领域。安全工程技术原理是针对不同行业的生产技术及工艺,研究与之相适应的安全原理,如防火原理、防爆原理、机电安全原理等;卫生工程技术原理主要是研究与职业病相关的物理和化学因素的理论规律,如防尘原理、防毒原理、噪声控制原理、辐射防护原理等<sup>①</sup>。

安全科学理论分为4个层次:哲学即安全观;工程技术即安全工程技术;技术科学即安全工程学;基础科学即安全学。总之,安全问题已成为当今社会人们最为关注的问题之一。安全追求是人类生存和发展的永恒主题。

什么是安全?什么是危险?两者的关系又是怎样?

所谓安全即“无危则安,无缺则全”,但世界上没有绝对的安全和十全十美的事物。人们在从事生产、经营和参加各种活动中,会遇到这样或那样的不安全问题。如危险品因生产、贮存、运输、使用过程中的热、机械、电等的作用而着火、爆炸等。因此,安全是指不会引起死亡、伤害、职业病或设备损坏、财产损失和环境危害的条件,或者说是各种事物对人不产生危害、不导致危险、不造成损失、不发生事故等;脱离不可接受的伤害风险;免除损害、伤害或损失;消除能导致人员伤害、疾病或死亡、引起设备或财产损失或危害环境的条件。

而危险则是指某一系统、产品、设备或操作内部和外部的一种潜在的状态,其发生可能造成人员伤害、职业病、财产损失、作业环境的破坏。危险的特征在于其危险可能性的大小与安全条件和概率有关。危险概率则是指危险转变成事故的可能性,即频度或单位时间危险发生的次数。危险的严重度或伤害、损失或危害程度则是指每次危险发生导致伤害的程度或损失大小。因此,安全与危险是相对的,任意系统的安全度大小可由式(1.1)表示。

$$S = 1 - D \quad (1.1)$$

式中  $S$ ——安全度;

$D$ ——危险度(风险度)。

危险性又称危险因素、不安全因素或隐患,它来自于危险源的客观存在的危险、有害物质或能量超过临界值的设备、设施和场所等。所谓不安全因素或隐患是指可造成人员伤亡和财产损失的潜在原因或事故隐患,或是指可导致事故发生的物的危险状态、人的不安全行为及管理上的缺陷;或是人机环境系统安全品质的缺陷,表现为机、物的不安全状态、人的不安全行为、不良的环境和管理上的缺陷等。

因此,安全与危险是一对矛盾,既对立又统一,同时产生,同时消亡。就一个系统而言,没有永远的安全,也没有不变的危险。安全相对危险而产生,相对危险而发展;安全依危险而存在,危险依安全的变化而变化。长期的安全状态下,危险因素会悄悄产生并在一定条件下逐渐积累而转化为危险,而对人员或财产造成巨大的伤亡或损失。

<sup>①</sup> 罗云. 安全原理——安全科学技术的基石。

人们为了衡量系统危险程度的高低引入了风险的概念。风险是指未来时间内,人们为取得某种利益而可能会付出的代价,即对意外事件发生的可能性及其后果的综合估计。风险的大小可由风险度  $R$  来度量。

$$R = P \cdot C \quad (1.2)$$

式中  $P$ ——事故概率;

$C$ ——损失。

风险一定同时具备发生的不确定性和结果的双重性两个特点;而危险则一定同时具备发生的可能性和后果的严重性两个特点,即有发生事故的可能和造成人员受伤、死亡、中毒或设备、财产等遭到损坏的潜在隐患。风险度越大,危险程度就越高。不确定性是两者的共同点,两者的主要区别在于预期结果的可能性不同。

### 1.1.2 事故

一般地,生产中的隐患或潜在的危险因素是多方面的,而且是客观存在的。当生产系统的危险程度较高,即系统潜在的危险因素积累到一定的程度或系统受到激发时,危险就会转化并导致一系列的意外损失和灾害事件的发生——事故。事故是一种动态事件,它开始于危险的激化,并以一系列原因事件按一定的逻辑顺序流经系统而造成的损失,即事故是指造成人员伤亡、死亡、职业病或设备设施等财产损失和其他损失的意外事件。事故有生产事故和企业职工伤亡事故之分。生产事故是指生产经营活动(包括与生产经营有关的活动)过程中,突然发生的伤害人身安全和健康或者损坏设备、设施或者造成经济损失并导致原活动暂时中止或永远终止的意外事件。而企业职工伤亡事故在《企业职工伤亡事故报告和处理规定》中将企业职工伤亡事故规定为企业职工在劳动过程中发生的人身伤害、急性中毒事故。它的发生可能会导致生产、科研活动的暂停或造成财产损失或人身伤亡,形成某种程度的灾害,因此事故与灾害往往连在一起,所以事故也称为事故灾害。

事故灾害分为自然事故灾害和人为事故灾害两种。自然事故灾害是指由不可抗拒的自然因素造成的事故,如地震、海啸、暴风、海潮、洪水等。目前,自然事故依靠现有的科学技术尚不能预防它的发生,只能提前预测和预报,并采取有效的防灾减灾措施,使灾害和损失降到最低限度。而人为事故灾害则是指由于人们违背自然规律、违反法令、条例、规程等不良行为造成的事故。人为事故则可通过研究生产活动中的安全问题和研究生产过程中不安全因素的控制措施来避免它的发生。由于人的原因造成的损失称为人为灾害,人的因素称为不安全行为;物或环境的因素称为不安全状态。

事故还可按伤害程度、事故严重度、事故责任、致害原因等进行分类。

按伤害程度不同可分为以下3类。

① 轻伤:指损失工作日为一个工作日以上(含1个工作日),105个工作日以下的失能伤害;

② 重伤:指损失工作日为105个工作日以上(含105个工作日)的失能伤害,重伤的损失工作日最多不超过6000日;

③ 死亡:其损失工作日定为6000日,这是根据我国职工的平均退休年龄和平均死亡年龄计算出来的。

按事故严重程度可分为以下6类。

- ① 轻伤；  
 ② 重伤：发生重伤但无死亡；  
 ③ 死亡：死亡 1～2 人的事故；  
 ④ 重大死亡：死亡 3～9 人的事故；  
 ⑤ 特大死亡：死亡 10 人及以上的事故；  
 ⑥ 特别重大：民航死亡 40 人以上；铁路、水运、电力死亡 50 人以上或经济损失 1 000 万元以上；公路死亡 30 人或直接经济损失 500 万元以上；造成 100 人中毒的事故等。

按事故责任可分为责任事故和非责任事故。

按致害原因可分为 20 类。

- ① 物体打击；
- ② 车辆伤害；
- ③ 机械伤害；
- ④ 起重伤害；
- ⑤ 触电；
- ⑥ 淹溺；
- ⑦ 灼伤；
- ⑧ 火灾；
- ⑨ 高处坠落；
- ⑩ 坍塌；
- ⑪ 冒顶；
- ⑫ 透水；
- ⑬ 爆破；
- ⑭ 火药爆炸；
- ⑮ 瓦斯爆炸；
- ⑯ 锅炉爆炸；
- ⑰ 压力容器爆炸；
- ⑱ 其他爆炸；
- ⑲ 中毒和窒息；
- ⑳ 其他伤害。

不论以上哪一种事故，从安全系统的静态特性看，事故通常都是由人、机器（物）、环境、管理的因素引起的。人的不安全行为是事故的最直接因素；机器或设备的不安全状态也是事故的最直接因素；不良的生产环境则会影响人的行为和对机械设备产生不良的作用，因此是构成事故的重要因素；管理的欠缺是事故发生的间接因素但也是重要的因素，因为管理对人、机、环都会产生作用和影响。因此，事故与不安全行为、不安全状态、不良环境和管理欠缺之间的关系可由图 1.1 表示。

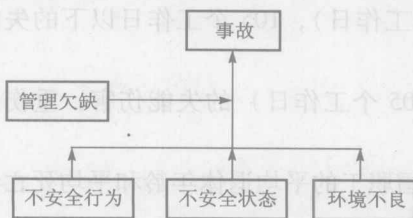


图 1.1 事故的影响因素

分析事故发生的原因可知，一般来说，事故并不是由单一因素引起的，而往往是由多种不安全因素共

同引起并在一定条件下转化而成的。因此,人们只要发挥主观能动性去认识和掌握不安全因素转化为事故的规律,建立一定的物质条件,限制不利的一面,利用有利的一面,控制危险因素向事故方向转化的条件,事故是可以避免的。

建立一个具有现实意义的安全系统是人们所追求的最终目标,因此,认识事故系统的主要因素,对于明确防范事故的目标和对象,采取相应的安全技术措施具有重要意义。然而,随着生产劳动的社会化和科学技术的飞速发展,会不断出现未被人们认识的危险因素,安全问题也越来越复杂化、多样化,对安全问题的研究也会更深入、更科学。科技工作者必须不断追求新的安全目标,分析危险产生的根源,探究安全防范和控制措施,研究新工艺、新方法、新技术、新材料和新设备;掌握安全评价技术和方法,及时发现系统中的安全隐患,预测风险程度,采取控制措施,创造更安全的条件和状态,推动安全科学和安全技术不断向前发展。从这个意义上说,安全生产、安全技术和安全管理只有起点,没有终点。

因此,避免事故的发生,建立和谐的安全生产系统即人、机、环、管要素在相互联系和作用条件下构成的安全有机整体或人一机—环境—材料—能量系统是安全管理和安全技术人员一直的工作目标。在此基础上,应追求更高的安全目标,实现系统的本质安全,即通过研究、设计、制度、维修、改造等各种措施,保障技术系统的安全自协调能力,实现系统故障和事故的自动排除。

因此,了解燃烧爆炸的基本理论、熟悉危险物质的危险特性、掌握外界作用对危险物质特性的影响及机械电气安全基础知识、全面了解和掌握安全技术知识和措施,不断研究和提出新的安全对策,是非常必要的。要做到这一点,必须从事故的几大影响因素着手,提高人的安全素质,改善物(设备)的安全性能和可靠性,创造良好的外部环境,提高安全管理水平,这是保证安全生产的前提和基础,是安全、持续发展的必要条件。

近几年,我国安全生产形势非常严峻,主要表现为伤亡总量大。以2001年为例,事故死亡总人数130 491人,即每天死亡356人。重大、特大事故频发,仅2004年死亡3人以上的事故共2 721起,10 180人死亡。安全生产基础薄弱、设备老化、投入不足,导致存在大量的事故隐患;安全监管不到位,企业负责人及职工安全素质尚需进一步提高;经济建设持续快速发展和经济成分多元化、经济利益多元化,劳动力形式和生活方式的多样化等带来的利益驱动、忽视安全管理等新问题;企业安全管理不到位、安全技术滞后和不落实的现象依然存在;擅自或违规生产、违规运输、生产环境不符合要求、安全生产规范不健全;有章不循、有法不依、安全意识淡薄等仍是目前高危行业存在的主要安全问题。

## 1.2 本课程的意义、研究对象与内容

### 1.2.1 本课程的意义

事故的发生绝大多数是由不安全状态和不安全行为共同作用而引起并且在一定条件下转化而成的。尽管燃烧爆炸事故是偶然的,但在偶然发生的事故中隐含着必然的规律,人们在利用燃烧、爆炸释放出的大量能量的同时,也在不断地研究灾害发生的原因,并采取一定的防范措施。只有认识并控制危险因素向事故转化发展的条件,采取一定的防范措施,事故才可能避免。但在危险因素尚未被人们认识以前,事故不能绝对避免。

因此,安全与生产是密不可分的,哪儿有生产,哪儿就有安全,哪儿就需要安全技术,即安全随生产的产生而产生,安全技术随科学技术的发展而发展。由此可见,人们对危险因素及转化条件的研究即安全技术的研究是无止境的。

最近几年,尽管我国火灾发生的总次数呈平稳或下降的趋势,但重大、恶性火灾发生的次数和经济损失却显著增加,说明研究防火防爆技术,准确、科学地找出引起火灾爆炸事故发生的潜在危险因素和事故发生的原因是必要的,是具有现实意义的。

要避免火灾爆炸事故的发生,首先必须了解事故源(危险物质、建筑物、危险场所)有无发生火灾爆炸事故的可能性,若有,则要了解危险物质(危险源)的燃爆特性和发生燃爆的条件,进而研究如何阻止燃烧爆炸条件的成立,并针对具体的危险源,提出一系列防范措施。这也就是防火防爆技术所要研究的内容。

安全技术的研究范畴包括防止爆炸和燃烧灾害的发生;防止构筑物、机械装置的破坏;防止人机伤亡事故的发生;防止工业中毒及职业病;防止环境污染。

工业生产中的不幸事故是安全技术的研究对象,其中“防止爆炸和燃烧灾害(事故)的发生”是安全技术研究的重点,防火防爆技术是安全技术的重要组成部分,在安全技术研究中占有决定作用和重要地位。

### 1.2.2 研究对象与内容

防火防爆技术的主要研究对象是易燃易爆危险物品以及由此引起的相关典型建筑物和危险场所的火灾爆炸事故。防火防爆技术主要是以生产活动为基础,研究生产中火灾爆炸危险因素的存在、发生和变化规律,从中找出危险因素与安全因素互相转化的条件,并采取必要的安全技术措施或组织措施,消除安全隐患,预防火灾和爆炸事故的发生。

防火防爆技术的主要研究内容包括:

- ① 燃烧爆炸原理;
- ② 危险物质分类及燃爆特性;
- ③ 燃爆特性参数及测定;
- ④ 危险物品生产、使用、贮存和运输过程中的安全问题(热安全、机械安全、电气设备安全、静电安全、射频安全和雷电安全等);
- ⑤ 事故案例分析;
- ⑥ 防火防爆一般措施;
- ⑦ 危险工(库)房的安全设计与消防;
- ⑧ 职业危害与防护知识。

本教材主要从技术层面上介绍火灾爆炸的原理;危险物质的危险特性;危险因素的存在、发生和变化规律;危险因素与安全因素的转化条件;并从安全设计(本质安全)、预防措施、安全检测与监控和消防灭火等方面防止和抑制火灾爆炸事故的发生,降低事故的严重性和危害程度。重点放在危险物品和相关典型建筑与危险场所的防火防爆两个方面。

防火防爆技术涉及的领域很广,其中包括物理学、数学、物理化学、爆炸物理学、工业化学、机械工程学、土木工程学、电工学、人机工程学、劳动卫生学等。

## 1.3 火灾

### 1.3.1 火灾的概念和分类

自从人类认识燃烧、爆炸现象并学会应用以来,燃烧、爆炸现象给人类带来了巨大的益处,与人类结下了不解之缘。古人说过,“善用之则为福,不能用之则为祸”,因此,燃烧、爆炸现象既可以服从人们的意志,造福于人类;也会违反人们的意志,给人类带来灾难。合理地利用它,可为人类服务;否则,会对人类造成严重的危害。

火灾在1991年由公安部、劳动部、国家统计局制定颁布的《火灾统计管理规定》中是这样定义的:凡是失去控制并对财产和人身造成损害的燃烧现象为火灾。广义地说,凡是超出有效范围的燃烧都称为火灾。火灾是在时间或空间上失去控制的燃烧所造成的,并伴有高温辐射和灼伤的危害。以下几种情况也被列入火灾统计范畴。

- ① 民用爆炸物品爆炸引起的火灾;
- ② 易燃可燃液体、可燃气体、蒸气、粉尘以及其他化学易燃易爆物品爆炸和由此引起的火灾(不包括地下矿井部分发生的爆炸);
- ③ 破坏性试验中引起的非实验体燃烧的事故;
- ④ 机电设备因内部故障导致外部明火燃烧需要组织扑灭的事故,或者引起其他物件燃烧的事故;
- ⑤ 车辆、船舶、飞机以及其他交通工具发生的燃烧事故,或者由此引起的其他物质的燃烧事故(飞机因飞行事故而引起的燃烧除外)。

火灾可按物质燃烧的特征、损失的程度和危险物质进行分类。

#### (1) 按物质燃烧的特征分类

A类:固体物质火灾,如具有有机物性质的固体物质,一般在燃烧时能产生灼热的灰烬,如木材、棉、毛、麻、纸张火灾等;

B类:液体和可熔化物质的火灾,如汽油、煤油、柴油、原油、甲醇、乙醇、沥青和石蜡等;

C类:气体火灾,如煤气、天然气、甲烷、乙烷、丙烷、氢气等;

D类:金属火灾,如钠、钾、镁、钛、锆、锂等。

#### (2) 按损失的程度分类

① 特大火灾:死亡10人以上,重伤20人以上,死亡、重伤20人以上,受灾50户以上,财产损失50万元以上;

② 重大火灾:死亡3人以上,重伤10人以上,死亡、重伤10人以上,受灾30户以上,财产损失5万元以上;

③ 一般火灾:不具有前两项情形的燃烧事故。

#### (3) 按危险物质分类

① 气体火灾:它是从管道或其他设备中泄漏出来的可燃气体如煤气、天然气、液化石油气、乙炔气等,被火点燃而发生的火灾;

② 油品火灾:如原油、煤油、汽油、苯、酒精等易燃或可燃液体所发生的火灾,这种

火灾大多是由贮罐或容器的泄漏引起的；

③ 可燃物火灾：如建筑物、家具、木材、纸张、纤维、纺织品、固体燃料等固体可燃物的火灾；

④ 电器火灾：电缆线、电动机、变压器等电器设备使用的绝缘材料发生的火灾；

⑤ 金属火灾：镁、铝、铬等金属粉在空气中具有燃烧性质，遇到点火源发生的火灾；

⑥ 其他火灾：如敞开的散装火药燃烧引起的火灾等。

### 1.3.2 火灾的蔓延和变化

当燃烧失去控制而发生火灾时，将经历下列4个发展阶段：酝酿期、发展期、全盛期和熄灭期。

酝酿期是可燃物在热的作用下蒸发析出气体、冒烟的阴燃阶段，是火灾的初期。这一阶段以物质的热分解为主，如果及时采取措施，可控制火灾在萌芽阶段，是防止事态扩大的重要阶段。

发展期是火势由小到大的发展阶段，火苗蹿起，火势迅速扩大。由于热量释放的速率随时间呈平方非线性增加，发展速度非常快，它是火势不断扩大的重要阶段和时期。这一阶段及时采取措施可限制和缩小火势的范围，避免更大的损失。

全盛期出现火焰包围整个可燃物，可燃物全面着火，燃烧面积达到最大限度，燃烧速度最快，并放出大量的辐射热，温度最高，气体对流加剧。此阶段通风情况决定火势的大小和能否得以控制。

熄灭期由于可燃物质不断减少或灭火系统的作用，火势逐渐减弱，直至熄灭。

图 1.2 为典型火灾发展过程的示意图。

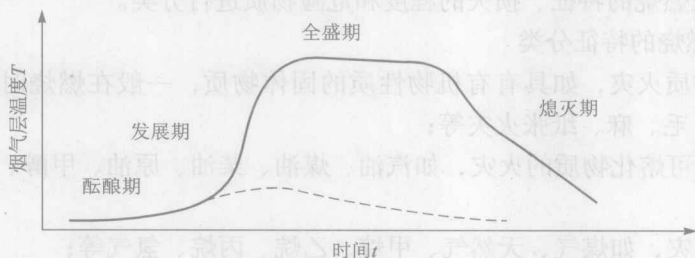


图 1.2 火灾发展过程示意图

影响火灾蔓延和变化的因素有以下几点。

#### (1) 可燃物的数量

可燃物数量越多，火灾载荷密度越高，则火势发展越猛烈；如果可燃物较少，则火势发展较弱；若可燃物间不相互连接，则一处可燃物燃尽后，火灾会趋向熄灭。

#### (2) 热传播

热传播是火灾蔓延的重要因素。可燃物燃烧时所产生的热能以热传导、热辐射和热对流 3 种方式向周围传播。热传导主要是依靠物体彼此接触而进行能量交换来实现的。在建筑物燃烧时，虽然某些房间与燃烧着的房间不相通，但常常因有穿墙的金属管、螺栓、钢梁等具有良好的金属介质，会引起相邻房间内可燃物的燃烧。热辐射是以热射线形式传播热能的一



种现象,热辐射越强,热能传播得越快、越远,火灾发展的速度也就越快。热对流是依靠物质自身流动传播热能的现象。当热气流与可燃物接触时,可能引起着火。一般热气流流动的方向即火灾蔓延的方向。

### (3) 风和空气流量

当室内火灾初起阶段的空气量足够时,若可燃物足够,燃烧就会不断发展。但是,随着火势的逐步扩大,室内空气量逐渐减少,这时只有不断从室外补充新鲜空气即增大空气流量,燃烧才能继续并不断扩大;空气供应量不足时,火势会趋向减弱阶段。风的大小对火灾蔓延有很大关系,大风天气发生火灾时,火势容易扩大和蔓延。

### (4) 蒸发潜热

可燃液体和固体的燃烧是在受热后蒸发出气体的燃烧。液体和固体需要吸收一定的热量才能蒸发,此热量称为蒸发潜热。一般固体的蒸发潜热大于液体的蒸发潜能,液体的蒸发潜能大于液化气体的蒸发潜能。蒸发潜热越大的物质越需要较多的热量才能蒸发,火灾发展速度亦较慢。反之,蒸发潜热较小的物质越容易蒸发,火灾发展速度相应也越快。因此,可燃液体或固体单位时间内蒸发产生的可燃气体与外界供给的热量成正比,与它们的蒸发潜热成反比。

### (5) 风向、地理及建筑物

由于风向、地理形态、建筑物的影响,火灾在蔓延过程中会形成旋转火焰,即火旋风,有垂直火旋风和水平火旋风之分,它的出现可使火的蔓延速度和强度大大增加。

### (6) 室内燃烧状况

室内火灾由局部火向大火转变,转变完成后室内所有可燃物表面都开始燃烧;或室内燃烧由燃料控制向通风控制转变,这种转变会使火灾由发展期进入全盛期;或在室内顶棚下方积聚的未燃气体或蒸气突然着火而造成火焰迅速扩展即轰燃。

### (7) 燃烧温度

燃烧区周围空气的流动由于燃烧而被加强,使空气上升,温度越高空气上升的速度越快,周围的新鲜空气注入燃烧区的速度也越快,从而可形成“火风”。“火风”能把火星带到很高、很远的地方,落在可燃物上会引起新的燃烧,扩大火灾的蔓延范围和速度。另外,由于开始时的燃烧过程以及燃烧后的高温环境,使室内可燃物仍然进行着热分解反应,室内会逐渐积聚大量的可燃气体,此时一旦通风条件得到改善,空气会以重力流形式补充进来并与室内可燃气体混合。当混合气被灰烬点燃时会形成高强度、快速的火焰传播,在室内燃烧的同时,在通风口外形成巨大的火球,同时对室内外造成危害,这种“死灰复燃”的现象称为“回燃”。“回燃”具有隐蔽性和突发性,对生命、财产安全危害极大。

### (8) 建筑物的倒塌

燃烧后,建筑物会发生倒塌,因此会暴露出新的燃烧面,增加空气进入燃烧区的流量或改变热气流的流动方向,容易出现“飞火”,使火灾蔓延、范围扩大。

## 1.4 燃烧基本理论

### 1.4.1 燃烧

氧化是物质与氧的反应,而燃烧是可燃物与氧之间的放热反应,通常会伴有火焰或可见