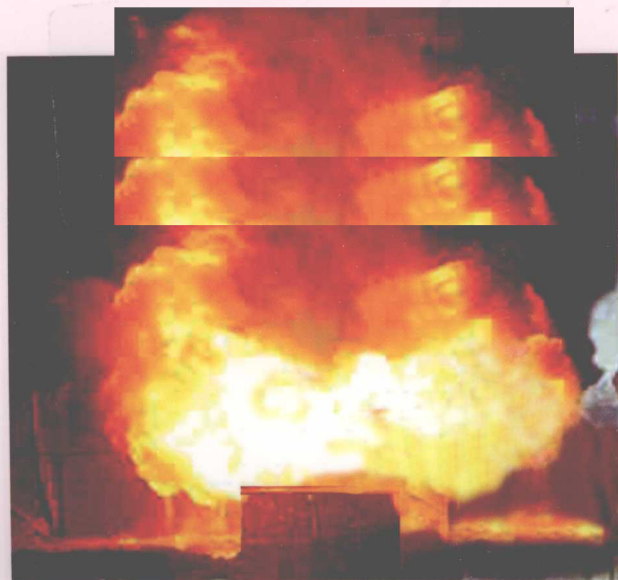


高等学校规划教材

GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

防火与防爆工程

解立峰 余永刚 韦爱勇 李斌 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高等学校规划教材

防火与防爆工程

解立峰 余永刚 韦爱勇 李斌 编著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2010

内 容 提 要

本书着重论述了燃烧的学说和理论以及由热平衡破坏导致的爆炸现象、着火和爆炸的机理、发生火灾和爆炸事故的原因, 防火与防爆工程的基本理论和基本技术, 安全防护装置的工作原理以及石化企业和火工企业防火和防爆的安全措施。本书系统地讲述了防火、防爆的技术措施和制定防火、防爆条例的理论依据。

本书可作为高等院校安全工程专业教材以及中专学校火工、石化等专业教材, 也可供从事燃烧学、爆炸物理学、热化学以及化工、煤炭、矿业、国防、消防、安全工程等有关科技领域的研究和设计人员参考, 还可作为消防人员及企事业安全管理人员、技安员、保卫干部和其他生产管理人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

防火与防爆工程/解立峰等编著. —北京: 冶金工业出版社, 2010. 4

高等学校规划教材

ISBN 978-7-5024-5136-3

I. ①防… II. ①解… III. ①防火—高等学校—教材
②防爆—高等学校—教材 IV. ①X932

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010) 第 058347 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 马文欢 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5136-3

北京印刷一厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2010 年 4 月第 1 版, 2010 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 21.75 印张; 577 千字; 331 页

45.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

发生燃烧爆炸的原因很多，其中最主要的原因是人们对各种可燃、易爆物质的燃烧爆炸特性缺乏足够的了解，对各种点火源、爆炸性混合物形成等方面的预防措施应用不当，对意外的燃烧爆炸危害性认识不足，思想麻痹，违章作业，安全技术防范措施不全面，安全管理和教育松懈。

随着工业的发展，各类工厂和产品的数量日益增加，由于种种原因，世界各地不断发生燃烧和爆炸事故，每年都造成重大的人身伤亡和财产损失。因此，防火防爆一直是国际安全科学技术界研究的重要内容，也是安全工程专业教学的重要基础课程。目前全国已经有118所高等学校开办了安全工程专业，其中绝大多数学校的安全工程专业都开设了防火与防爆课程，但现有的防火与防爆类专业教材大多是根据经验总结的一些基础知识，缺乏对燃烧爆炸的发生、发展及效应方面系统全面的论述，为满足教学需要，在充分吸收国内外相关著作和教材的基础上，本书比较详细地介绍了可燃物质燃烧爆炸的特性、工业防火与防爆的基本理论、防范技术措施以及研究手段。

本书共11章：绪论、第1章、第4章~第6章由南京理工大学解立峰编写；第2章、第3章由南京理工大学余永刚编写；第7章、第8章由南京理工大学李斌编写；第9章、第10章由西南科技大学韦爱勇编写。本书在编写中参考了若干图书和文献资料，并引用了一些数据、论点，在此向有关作者表示感谢。

由于工业生产发生的爆炸事故是一种非定常的、带化学反应的、受多种因素影响的流体力学过程，所以时至今日，其理论和技术还不是非常成熟，正处于研究和发展阶段。本书受作者水平所限，如有不妥之处，欢迎各位读者提出宝贵意见。

编 者
2010年1月

目 录

0 绪论	1
0.1 课程主要内容	1
0.2 燃烧爆炸特性	1
0.3 火灾和爆炸事故的特点	1
0.4 发生火灾和爆炸事故的一般原因	2
0.5 化工事故发生的趋势	2
0.6 我国防火与防爆技术的发展	4
0.7 课程学习的意义和要求	4
1 燃烧理论及应用	5
1.1 着火理论	5
1.1.1 谢苗诺夫热着火理论	5
1.1.2 弗朗克-卡米涅茨基的稳态热着火理论	8
1.1.3 燃烧的分子碰撞着火理论	13
1.1.4 燃烧的活化能理论	13
1.1.5 燃烧的过氧化物理论	14
1.1.6 链式反应着火理论	15
1.1.7 热-连锁混合理论	17
1.1.8 自动催化理论	18
1.1.9 强制着火理论	18
1.2 燃烧的类型	23
1.2.1 闪燃与闪点	23
1.2.2 自燃与自燃点	25
1.2.3 着火与着火点	28
1.2.4 最小点火能量和消焰距离	29
1.2.5 物质的燃烧历程	30
1.2.6 燃烧产物	30
复习思考题	32
2 火灾的发生及蔓延	33
2.1 火灾及其分类	33
2.1.1 火灾的概念	33
2.1.2 火灾的分类	33

2.1.3 火灾原因分类	34
2.2 可燃气体的起火	34
2.2.1 起火条件	34
2.2.2 热起火理论	34
2.2.3 起火界限	35
2.3 可燃液体的起火	36
2.3.1 可燃液体燃烧特点	36
2.3.2 单个可燃液滴的起火	37
2.3.3 炽热物体表面上液滴的起火	39
2.4 可燃固体的起火	40
2.4.1 可燃固体的燃烧特点	40
2.4.2 可燃固体的热解、气化	40
2.5 可燃固体从阴燃向明火转变的特性分析	42
2.5.1 阴燃特性	42
2.5.2 各种参数对阴燃状态的影响	43
2.6 特殊形状与特殊可燃固体的起火	43
2.6.1 薄片纸、布等固体可燃物的起火	43
2.6.2 钠、镁等金属的起火	43
2.6.3 可燃微粒物的起火	44
2.7 可燃气体中的火灾蔓延	44
2.7.1 热烟气流引起的火灾蔓延	44
2.7.2 火焰与热烟气流热辐射引起的火灾蔓延	47
2.8 可燃液体中的火灾蔓延	47
2.8.1 油池火灾蔓延	47
2.8.2 油面火灾蔓延	48
2.9 可燃固体中的火灾蔓延	50
2.9.1 沿可燃固体表面的火灾蔓延	50
2.9.2 可燃固体微粒物中的火灾蔓延	55
2.10 火灾蔓延过程的综合分析	57
2.10.1 森林火灾	57
2.10.2 建筑室内火灾	59
2.10.3 石油罐火灾及其蔓延	61
复习思考题	61
3 火灾烟气的产生及特性	63
3.1 烟气的产生	63
3.1.1 火灾中热量及主要燃烧产物组分的生成	63
3.1.2 燃烧产物的生成和氧消耗	64
3.1.3 通风影响	68

3.2 烟气的物理特性	70
3.2.1 颗粒尺寸分布	70
3.2.2 烟气的浓度	71
3.2.3 火场能见度	72
3.3 烟气的毒性与危害	72
3.3.1 烟气毒性分析的两种途径	73
3.3.2 烟气的危害	73
3.4 建筑中的烟气蔓延及控制方法	75
3.4.1 烟囱效应	75
3.4.2 浮力作用	76
3.4.3 气体热膨胀作用	76
3.4.4 外部风作用	76
3.4.5 供暖、通风和空调系统	77
3.4.6 建筑中烟气控制的主要方式	77
复习思考题	78
4 防火原理	80
4.1 可燃气体	81
4.1.1 气体燃烧形式和分类	81
4.1.2 气体燃烧速度	82
4.1.3 燃烧极限	83
4.1.4 影响气体燃烧极限的因素	83
4.1.5 评价气体火灾危险性的主要技术参数	85
4.2 可燃液体	89
4.2.1 燃烧形式和液体火灾	89
4.2.2 可燃液体的分类	90
4.2.3 液体的燃烧速度	90
4.2.4 可燃液体的燃烧极限	91
4.2.5 评价液体火灾危险性的主要技术参数	91
4.3 可燃固体	98
4.3.1 固体燃烧过程和分类	98
4.3.2 固体燃烧速度	99
4.3.3 评价固体火灾危险性的主要技术参数	99
4.4 其他危险物品	101
4.4.1 遇水燃烧物质	101
4.4.2 自燃性物质	103
4.4.3 氧化剂	104
4.4.4 爆炸性物质	105
4.4.5 评价爆炸性物质危险性的主要技术参数	107

4.5 防火技术理论	108
4.5.1 氧化与燃烧	108
4.5.2 燃烧的条件	109
4.5.3 防火技术基本理论	111
4.5.4 防火技术措施的基本原则	112
4.5.5 灭火技术的基本理论和应用	113
复习思考题	113
5 爆炸理论	115
5.1 爆炸灾害的基本形式及特点	115
5.1.1 凝聚相含能材料的爆炸	115
5.1.2 密闭容器中可燃气体或蒸气、可燃粉尘与空气或氧气混合物的爆炸	115
5.1.3 无约束气云爆炸	117
5.1.4 沸腾液体膨胀气化爆炸	117
5.1.5 压力容器爆炸	118
5.1.6 物理蒸气爆炸	118
5.1.7 气体和粉尘爆炸的基本模式	119
5.2 气体和粉尘爆炸的特点	120
5.2.1 爆炸源特性分析	120
5.2.2 爆炸源的能量和能量释放率	122
5.3 气体爆炸	124
5.3.1 爆炸极限	124
5.3.2 气体爆炸的基本参数	126
5.4 爆炸极限计算	129
5.4.1 爆炸完全反应浓度计算	129
5.4.2 爆炸下限和爆炸上限计算	132
5.4.3 多种可燃气体组成混合物的爆炸极限计算	134
5.4.4 含有惰性气体的多种可燃气体混合物爆炸极限计算	134
5.4.5 燃气爆炸上、下限的工程估算	137
5.4.6 爆炸极限的影响因素	137
5.4.7 爆炸极限的应用	138
5.5 气体和粉尘爆炸的点火	138
5.5.1 气体的热点火理论	139
5.5.2 粉尘云点火理论	141
5.5.3 层状粉尘的点火	143
5.5.4 粉尘云的点火	144
5.5.5 粉尘层的点火	155
5.6 可燃气体、粉尘爆炸特性实验装置	158
5.6.1 哈特曼管实验装置	158

5.6.2	20L 爆炸球实验装置	160
5.6.3	1.0m ³ /10m ³ 爆炸容器	161
5.6.4	最小点火能量测量装置	161
5.6.5	最小温度测量装置	162
5.6.6	激波管	163
5.6.7	时间压力实验装置	164
5.6.8	爆炸极限测量装置	164
5.6.9	摩擦敏感度测量装置	165
5.6.10	撞击敏感度测量装置	166
	复习思考题	166
6	爆炸波及防爆理论	168
6.1	爆炸波的结构和破坏机理	168
6.2	描述空气爆炸波的理论方法	169
6.2.1	解析方法	169
6.2.2	强爆炸波的衰减——常数能量解	170
6.2.3	爆炸波的量纲分析和相似理论	172
6.2.4	普金森比例定律	174
6.2.5	数值方法简介	176
6.3	爆炸波理论与实验研究结果	177
6.3.1	凝聚炸药	177
6.3.2	无约束蒸气云爆炸	177
6.3.3	无约束气云的爆轰	178
6.4	爆燃模型	179
6.5	爆炸波破坏准则	180
6.5.1	超压准则	180
6.5.2	冲量准则	181
6.5.3	目标自振周期 T	181
6.5.4	安全距离表	181
6.5.5	压力冲量准则 ($p-I$ 准则)	181
6.6	计算实例	182
6.7	密闭容器中的爆炸发展	184
6.7.1	等温爆炸模型	184
6.7.2	绝热爆炸模型	188
6.7.3	一般模型	189
6.7.4	理论和实验结果比较分析	193
6.7.5	爆炸发展的影响因素	195
6.8	无约束泄压容器中的爆炸发展	196
6.8.1	气体通过泄压口的流动	197

6.8.2 无约束泄压容器中的爆炸	201
6.8.3 泄压爆炸压力发展的精确解	207
6.9 防爆理论	214
6.9.1 可燃物质化学性爆炸的条件	214
6.9.2 燃烧和化学性爆炸的感应期	214
6.9.3 防爆技术基本理论及应用	214
复习思考题	215
7 防火与防爆技术措施	216
7.1 火灾与爆炸过程及防火与防爆基本原则	216
7.1.1 火灾发展过程与防火基本原则	216
7.1.2 爆炸发展过程与防爆基本原则	217
7.2 工业生产防火与防爆	217
7.2.1 生产和贮存中的火灾危险性分类	217
7.2.2 火灾和爆炸危险场所等级	220
7.2.3 工业建筑的耐火等级	220
7.2.4 防火分隔与防爆泄压	225
7.3 火灾与爆炸监测	236
7.3.1 火灾监测仪表	236
7.3.2 测爆仪	238
7.4 防火与防爆安全装置	239
7.4.1 阻火装置	239
7.4.2 泄压装置	243
7.4.3 指示装置	245
7.4.4 抑爆装置	245
7.4.5 自动控制和安全保险装置	248
7.5 对形成爆炸性混合物的预防	248
7.5.1 设备密闭	248
7.5.2 厂房通风	248
7.5.3 惰性气体保护	249
7.5.4 以不燃溶剂代替可燃溶剂	250
7.5.5 危险物品的贮存	251
7.6 点火源的控制	253
7.6.1 化学点火源	253
7.6.2 机械点火源	256
7.6.3 热点火源	257
7.6.4 电点火源	257
复习思考题	259

8 厂房防火与防爆设计	260
8.1 厂房设计	260
8.1.1 爆炸危险厂房的合理布置	260
8.1.2 耐爆框架结构	260
8.1.3 泄压设置	261
8.1.4 隔爆设置	261
8.1.5 爆炸减压板的安装	262
8.1.6 其他防爆要求	262
8.1.7 工艺安全设计	263
8.2 爆炸危险环境的电气防爆技术	264
8.2.1 爆炸危险场所用防爆电气设备	264
8.2.2 防爆电气设备防爆类型	264
8.3 厂房中的消防给水和灭火设施	270
8.3.1 一般规定	270
8.3.2 室外消防用水量、消防给水管道和消火栓	270
8.3.3 室内消火栓的设置场所	274
8.3.4 自动灭火系统的设置场所	277
8.3.5 消防水池与消防水泵房	277
8.4 防烟与排烟	279
8.4.1 一般要求	279
8.4.2 自然排烟	279
8.4.3 机械防烟	280
8.4.4 机械排烟	280
复习思考题	281
9 企业各工种的防火与防爆	282
9.1 焊接工种的防火与防爆	282
9.1.1 气焊、气割设备的安全使用	282
9.1.2 非固定的焊、割地点的防火要求	284
9.1.3 焊接、检修盛装易燃、易爆物品容器与管道的防火与防爆措施	285
9.1.4 电弧焊的防火要求	285
9.2 沥青熬炼工种的防火与防爆	286
9.2.1 沥青熬炼的生产工艺及火灾危险性	286
9.2.2 沥青熬炼中防火安全措施及注意事项	287
9.3 木工工种的防火与防爆	288
9.3.1 木工生产中的火灾危险性	289
9.3.2 建筑和设备上的防火安全措施	289
9.3.3 木工生产中的防火规定	290

9.4	油漆、喷漆工种的防火与防爆	290
9.4.1	油漆作业中的火灾危险性	290
9.4.2	油漆作业的防火安全措施	291
9.5	电气工种的防火与防爆	293
9.6	铸锻、冶炼工种的防火与防爆	294
9.7	油类清洗工种的防火与防爆	294
9.7.1	洗件过程中的火灾危险性	294
9.7.2	安全防范措施	295
9.8	烘烤工种的防火与防爆	296
9.8.1	电加热干燥法	296
9.8.2	蒸汽加热干燥法	298
9.8.3	用火加热干燥法	300
9.9	蒸馏工种的防火与防爆	300
9.10	金属结构加工的防火与防爆	301
9.11	乙炔站的防火与防爆	302
9.11.1	动力站房防火与防爆的基本要求	302
9.11.2	乙炔的爆炸性	302
9.11.3	乙炔站发生事故的原因	302
9.11.4	乙炔站防火与防爆的要求	303
9.12	制氧站的防火与防爆	304
9.12.1	概述	304
9.12.2	企业制氧站建筑及对总平面布置的要求	304
9.12.3	制氧站防火与防爆的要求	305
9.13	空压站的防火与防爆	306
9.14	锅炉房的防火与防爆	306
9.14.1	概述	306
9.14.2	锅炉房防火与防爆的要求	307
9.15	液化石油气站的防火与防爆	308
9.16	煤气站的防火与防爆	309
9.16.1	概述	309
9.16.2	企业煤气站的组成及安全要求	309
9.16.3	企业煤气站建筑防火安全	310
9.16.4	企业煤气站防火与防爆的要求	310
	复习思考题	310
10	火炸药、火工品工厂的防火与防爆	311
10.1	厂址的选择	311
10.1.1	厂址选择的原则	311
10.1.2	选择厂址时应注意的问题	311

10.2 建筑物危险等级的划分及特点	312
10.2.1 建筑物危险等级的划分	312
10.2.2 各危险等级建筑物的特点	312
10.2.3 确定最小允许距离的原则	313
10.3 工厂区布置与总平面布置	314
10.3.1 主厂区	314
10.3.2 仓库区	314
10.3.3 靶场	314
10.3.4 销毁厂	315
10.3.5 防护屏障的设置	315
10.4 建筑结构的防爆措施	316
10.4.1 安全措施的基本原则	316
10.4.2 建筑物的屋盖选型与泄压	316
10.5 工房的安全疏散	317
10.5.1 单层工房安全出口的基本要求	317
10.5.2 二层或二层以上工房安全出口的基本要求	318
10.5.3 有防护土堤的工房安全出口要求	318
10.6 爆炸品生产发生燃烧爆炸事故的原因及预防措施	318
10.6.1 火炸药生产混入机械杂质的事故预防	318
10.6.2 明火和表面高温引起的爆炸预防	319
10.6.3 摩擦与撞击引起的爆炸预防	319
10.6.4 易燃品与爆炸品自燃的预防	320
10.6.5 静电的预防	320
10.6.6 电火花的预防	321
10.6.7 雷电的预防	322
10.6.8 绝热压缩引起的爆炸事故预防	324
10.6.9 机械和设备故障预防	325
10.6.10 爆炸品生产用设备的停工检修	325
10.6.11 爆炸品在运输中的安全	328
复习思考题	329
参考文献	330

0 绪 论

0.1 课程主要内容

防火与防爆课程是安全工程的一门专业课。它主要是研究燃烧的学说和理论、燃烧的类型及其特征，并在此基础上研究发生火灾的一般规律、防火技术的基本理论、防火的基本技术措施以及灭火器材的使用；同时，该课程还研究爆炸现象及其分类，爆炸发展规律、爆炸参数的计算，防爆工程技术，并进一步研究发生爆炸事故的基本理论和知识，研究可燃易爆物品的燃烧和爆炸特征，并根据它们的燃爆特征，讨论一般的防护要点。通过本课程还要学习主要危险场所的防火防爆技术措施。本书主要侧重于石油化工、爆破器材领域的防火防爆技术措施和防火防爆安全设计。

0.2 燃烧爆炸特性

(1) 燃烧特性。燃烧实质上就是可燃物质与氧或氧化剂发生激烈的氧化反应，反应时伴随着放热和发光或发烟的现象。但燃烧要同时具备以下三个条件：可燃物、氧或氧化剂、点火源，即只有当可燃物质和氧或氧化剂的组成、浓度、压力、状态和点火能量都达到一定极限值时才能发生燃烧。

(2) 爆炸特性。爆炸是能量快速释放的过程，在工业上得到广泛的应用。爆炸常分为物理爆炸和化学爆炸：前者是指爆炸过程中发生物理状态变化的爆炸；后者是指爆炸过程中既有物理变化，又有化学变化的爆炸。

一般工业生产过程中发生的爆炸事故多数是气体和粉尘爆炸，在实际生产中，许多情况都能使气体、液体或粉尘燃料与空气混合，达到可爆炸的浓度，此时若有点火源存在，就能造成爆炸灾害。

0.3 火灾和爆炸事故的特点

火灾和爆炸事故的特点：

(1) 严重性。火灾和爆炸事故所造成的后果，通常都是比较严重的，它会造成重大伤亡(事故)。例如，某亚麻厂的粉尘爆炸事故，死亡 57 人，伤 178 人，13000m² 的建筑物被炸毁，3 个车间变成了废墟。2004 年下半年来，我国发生几起大的瓦斯事故，如河南某矿业集团煤矿特大瓦斯爆炸事故造成 148 人死亡，某煤矿特大煤尘爆炸事故造成 214 人死亡。

火灾和爆炸事故不仅会造成财产巨大损失，而且往往还迫使工矿企业停产，需要较长时间才能恢复。

(2) 复杂性。发生火灾和爆炸事故的原因比较复杂。例如，发生火灾和爆炸事故的条件之一——着火源，就有机械点火源、热点火源、电点火源、化学点火源之分。而每种点火源还可分为若干种情况，如机械点火源还可分为撞击或摩擦、针刺、绝热压缩空气等情况；至于可燃物质，就更是种类繁多，包括各种可燃的气体、液体和固体，特别是化工企业的原材料，化学反应的中间产物和最终产品，大多属于可燃物质。

(3) 突发性。火灾和爆炸事故往往是在人们意想不到的时候突然发生的。虽然存在事故征兆,但一方面是由于目前对火灾和爆炸事故的监测、报警等手段的可靠性、实用性和广泛应用等尚不太理想,另一方面又因为至今还有相当多的人员(包括操作人员和生产管理人员)对火灾和爆炸事故的规律及其征兆了解和掌握得很不够,所以,事故就会突然发生。

0.4 发生火灾和爆炸事故的一般原因

如前所述,火灾和爆炸事故的原因是很复杂的。但生产中发生这类事故,则主要是由操作失误、设备缺陷、环境和物料的不安全状态、管理不善等引起的。因此,火灾和爆炸事故的主要原因基本上可以从人、设备、环境、物料和管理等方面加以分析。

(1) 人的因素。对大量火灾和爆炸事故的调查和分析表明,有不少事故是由于操作者缺乏有关的科学知识,在火灾和爆炸险情面前思想麻痹,存在侥幸心理,不负责任,违章作业等引起的。在事故发生之前漫不经心,事故发生时则惊慌失措。

(2) 设备的原因。例如,设计错误且不符合防火与防爆的要求,选材不当或设备上缺乏必要的安全防护装置,密闭不良,制造工艺存在缺陷等。

(3) 物料的原因。例如,可燃物质的自燃、各种危险物品的相互作用,在运输装卸时受剧烈震动、摩擦、撞击等。

(4) 环境的原因。例如,潮湿、高温、通风不良、雷击等。

(5) 管理的原因。规章制度不健全,没有科学的安全操作规程,没有设备计划检修制度,生产用窑、炉、干燥器以及通风、采暖、照明设备等失修,生产管理人员不重视安全、不重视教育和安全培训等。

在火灾统计中,通常将火灾原因分为放火、生活用火不慎、玩火、违反安全操作规程、违反电器安装使用安全规程、设备不良、自燃七类。

0.5 化工事故发生的趋势

现以美国为例,说明化工事故发生的趋势。

根据美国 M&M PC (Marsh & McLennan Protection Consultants) 2008 年发表的 30 年来的事故统计(1977~2007 年),与化工生产或化工产品有关的过程中所发生的事故,发生的频率逐年减少,而事故所造成的损失却逐年递增,如图 0-1 所示。

造成这种情况的原因可归结为以下几个方面:

(1) 化工生产设备不断扩大。例如,单生产线的乙烯产量由 20 世纪 60 年代初的年产 0.9 万吨增加到 20 世纪 80 年代末的年产 680 万吨,增长了 750 倍;又如石油烷烃化

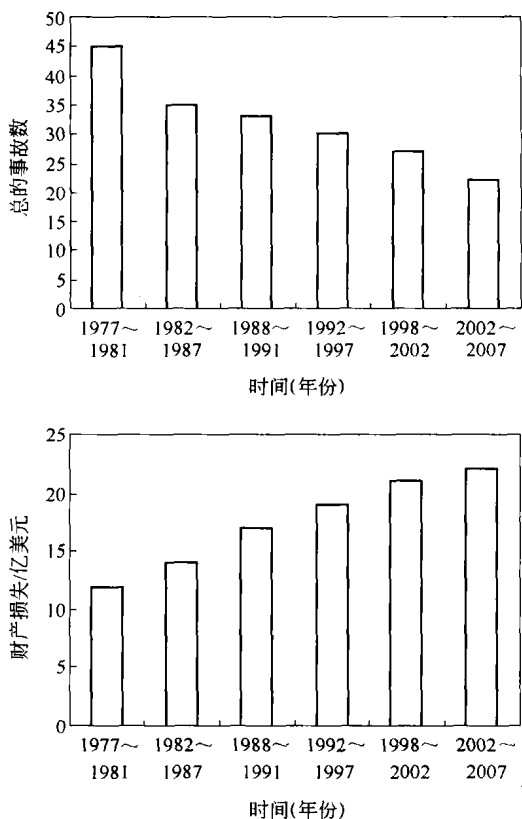


图 0-1 美国 30 年化工事故数量和损失统计

的炼油过程的单产增长了10倍；油罐容积由10万桶增加到150万桶，增长了15倍；聚乙烯反应器由3785L增加到189250L，增长了50倍。

增大生产和贮存设备，是为了达到生产高效和经济的目的，这是当前化工生产发展的总趋势，但也不可避免地使得单次事故所造成的损失急剧增加。

(2) 生产设备布局更加紧凑。为了减少单位产量的耗能、缩短连接管线和减少监控仪器的数量，从而达到高效和经济的目的，化工生产的布局趋于更加紧凑。这就不可避免地造成财产的区域分布更加集中，因而一旦发生事故，造成的财产损失将会更大。同时设备布局的紧凑也提供了火焰加速的条件，一旦可燃物发生点火，就有较大可能发展成为造成巨大破坏的爆炸事故。

(3) 化工操作条件向高温和高压发展。这也同样是为了达到高效和经济的目的，同时也是化工产品的多样化所必需的。显而易见，在高温高压的操作条件下更容易发生事故，而且一旦发生事故，带来的危害性也更大。

(4) 统计手段更加完善且统计数据更加充分。不能不指出的是：随着统计手段的日益完备以及人们思想上的日益重视，对已发生事故的统计数据也日益完备，这也是使统计表上事故发生的频率及所造成的损失更加精确，这也是单次事故损失增加的原因之一。但这终究不能掩盖实际发生的事故次数仍然不少以及破坏规模的确日益增加这一事实。化工行业的灾难性事故主要是火灾和爆炸，其中又以气云爆炸的危害最大。

表0-1中列出了美国近30年发生的150起重大工业事故按性质分类的统计结果。其中火灾占38%，气云爆炸占36%，其他爆炸占24%。而房屋倒塌、压力容器破裂以及自然灾害（如洪水或风暴）等其他事故占少数（只有2%），因而火灾和爆炸是造成化工和石化企业财产损失的主要原因。

表 0-1 美国化工行业近 30 年大的爆炸事故统计

事故类别	次数	百分比/%	平均损失/万美元
火灾	57	38	30.8
气云爆炸	54	36	45.5
爆炸	36	24	24.6
其他	3	2	15.9
合计	150	100	

无论从单次事故来说，还是从总体来说，气云爆炸造成的损失都是最大的，因而在燃烧和爆炸事故中，对气云爆炸事故更需予以高度重视。关于气云爆炸的问题在后面的章节还要进行专门讨论。

表0-2列出了美国30年间不同化工企业中各类事故所占的比例。

表 0-2 美国 30 年间不同化工企业事故统计 %

生产类型	爆炸	火灾	气云爆炸	其他
炼油厂	13	52	32	3
石油化工厂	42	12	46	0
装罐厂	21	42	32	5
塑料/橡胶厂	29	29	42	0
化工厂	75	8	17	0
天然气加工	0	40	60	0
其他	0	67	33	0

从表 0-2 中可以看出,在天然气、石油化工和塑料及合成橡胶等工业中的气云爆炸比率最高,分别达 60%、46% 和 42%。将化工厂与炼油厂事故的种类进行比较,可以看出,在化工厂事故中,爆炸占有绝对高的比例,而炼油厂事故则大多是火灾。

0.6 我国防火与防爆技术的发展

新中国成立后,党和政府非常重视防火与防爆工作,消防和防爆事业走上了快速发展的道路,防火与防爆技术有了显著的进步,形成了由公安消防部队、企业专职消防队和群众义务消防队等多种形式组成的消防力量体系,消防站遍及全国各大中小城市和许多县城,消防装备和器材也逐步实现了现代化。早在 1952 年,我国就建立了第一个煤矿安全研究所,开展以防止煤矿爆炸和火灾为中心的研究工作。随后,北京、沈阳和天津等许多城市也都成立了消防研究所,北京劳动保护科学研究院还专门设置了防爆研究室,不少高等院校设置了消防系、消防专业,开设防火与防爆课程,使我国的防火与防爆科学技术水平和技术管理干部的专业水平得到了迅速的提高。党和政府非常重视防火与防爆工程的法制建设,1957 年公布实施《消防监督条例》,1998 年 4 月 29 日公布实施《中华人民共和国消防法》,形成了完整的消防法规体系。在防火与防爆工作中,实行专门机构与广大人民群众相结合,认真贯彻“以防为主,消防结合”的消防工作方针,多年来成功地预防了大量火灾和爆炸事故的发生,并且有效地扑救了许多火灾,使我国的火灾和爆炸事故发生率保持在较低水平,这些都说明新中国成立以来,在防火与防爆工作中取得的成就。

0.7 课程学习的意义和要求

火灾和爆炸事故具有很大的破坏作用,工业企业发生火灾和爆炸事故,会造成严重的后果。所以认真研究火灾和爆炸的基本知识,掌握发生这类事故的一般规律,采取有效的防火与防爆措施,对发展国民经济具有非常重要的意义。

(1) 保护劳动者和广大群众的人身安全。发生火灾或爆炸事故不仅会造成操作者伤亡,而且还会危及在场的其他生产人员,甚至会使周围的居民遭受灾难。工厂企业做好防火防爆工作,对保护生产力、促进生产发展的意义是显而易见的。

(2) 保护国家财产。火灾爆炸事故往往造成设备毁坏,建筑物倒塌,大量物资化为乌有,使国家财产蒙受巨大损失,所以防火防爆是实现工矿企业安全生产的重要条件。发生火灾和爆炸往往会打乱工矿企业的正常生产秩序,严重时甚至迫使生产停顿。

此外,还必须强调指出,防火与防爆理论研究是安全工程学科的重要基本理论之一。众所周知,锅炉安全、压力容器安全和焊接安全,还有化工、煤矿、炼油、冶金以及建筑也都需要在防火与防爆理论的指导下,研究采取有效措施,防止火灾和爆炸事故的发生。

通过课程的学习,要求读者能熟悉掌握燃烧与爆炸的有关理论,并能用相关理论分析各种生产过程中发生火灾和爆炸事故的原因,采取正确的防火与防爆技术等。