



普通高等教育“九五”国家级重点教材

工业企业防火工程

公安部政治部 编



警官教育出版社

人民警察高等教育规划教材

编辑委员会

| | | | | |
|-----|-----------|-----|-----|-----|
| 主任 | 陶驷驹 | | | |
| 副主任 | 祝春林 | 杨焕宁 | 王学林 | 邹传纪 |
| | 江波 | 刘文 | 谭松球 | 程智勇 |
| 委员 | (按姓氏笔画排列) | | | |
| | 王国安 | 王彦吉 | 王淑华 | 马文元 |
| | 司同军 | 乌国庆 | 尹曙生 | 刘式浦 |
| | 刘延风 | 吕滨 | 朱启禄 | 孙佩文 |
| | 宋万年 | 张卫航 | 张正常 | 张佳良 |
| | 张美荣 | 张竹 | 张冀同 | 李昭 |
| | 李顺桃 | 杨钧 | 杨智慧 | 陈吉光 |
| | 陈伟明 | 陈文治 | 陆志强 | 武冬立 |
| | 郑玉海 | 柳晓川 | 郝赤勇 | 贾伟整 |
| | 聂世基 | 聂福茂 | 涂水成 | 夏文信 |
| | 程胜军 | 韩玉生 | 彭代福 | 董福元 |
| | 蔡安季 | 蔡杨蒙 | | |

人民警察高等教育规划教材

工业企业防火工程

主 编 惠中玉
撰稿人 (按姓氏笔画排列)
岳庚吉 惠中玉
傅智敏
编 务 程胜军 赵 琪
向卫东

前 言

为适应公安工作形势、任务和培养公安专门人才的需要,努力提高公安高等教育的质量,根据公安高等教育各专业教学计划和《1995-2000年公安类专业教材建设规划》,我们组织公安机关、公安院校的专家、教授和业务技术骨干编写了一套人民警察高等教育教材,供公安高等院校教学、公安高等教育自学考试和广大公安民警、保卫干部自学使用。

这套教材以马列主义、毛泽东思想和邓小平理论为指导,以国家的法律、法规和公安部的有关文件规定为依据,针对社会主义市场经济对公安工作提出的新要求和人民警察高等教育的规律、特点以及公安工作的实际需要,理论联系实际,总结历史和现实公安工作经验,吸取国内外有关方面的研究成果,参考公安、政法院校有关教材和资料编写而成。在内容上力求正确阐述本学科及其相关学科的基本理论、基本知识和介绍有关资料,既有一定的理论深度,又注重理论与实际的结合,突出基本原理、基本知识在公安工作中的应用,力求使教材具有科学性、先进性、系统性和稳定性,以适应公安高等教育培养人才的需要。

这套教材是按照公安高等教育各专业课程的教学大纲(自学

考试大纲)要求,在全国公安类专业教材编审委员会和公安部政治部的统一领导和组织下,分组集体编写的。每门教材经编写组多次研究讨论,集思广益,最后经全国公安类专业教材编审委员会组织的审定会、公安部业务局或聘请有关专家审核定稿。

各公安院校和广大读者在使用教材时,如发现有不当之处,应以国家的方针政策和现行法律、法规为准。

公安部政治部

1998年9月

编者的话

工业企业防火工程是研究工业企业生产中火灾发生及发展规律,而且重在探讨火灾预防理论和技术措施的消防专业主干学科。

该教材从分析工业企业的火灾危险性入手,阐述发生火灾和爆炸事故的主要原因、影响火势蔓延的主要因素,并系统地提出切实有效的防火、防爆措施。此外,还论述了防火监督与管理的手段和方法。

本教材在编写中,注意充分吸收国内外火灾预防及火灾预测的新理论、新技术和最新研究成果;力求内容简明,深入浅出,理论联系实际;注重实用性和系统性。

本教材由惠中玉主编。第一、三、七章由傅智敏编写,第二、四章由岳庚吉编写,第五、六章由惠中玉编写。

本教材为消防工程专业的主教材,还可供消防监督人员、企业消防管理人员、建筑设计人员学习参考。

工业企业防火工程是一门发展中学科,许多内容还不成熟,加之编者水平有限,时间仓促,错误在所难免,敬请读者指正。

该教材经公安部消防局郑玉海副局长、山西省公安厅消防局防火部王郭社部长、河北省公安厅消防局防火部刘海辰部长等专家审阅修定,在此深表谢意。

编者

1998年4月

目 录

| | |
|-------------------------|-------|
| 绪 论 | (1) |
| 第一章 火灾与爆炸事故概述 | (4) |
| 第一节 工业企业与消防 | (4) |
| 第二节 火灾与爆炸事故的分类 | (8) |
| 第三节 爆炸效应计算 | (15) |
| 第四节 火灾与爆炸事故原因分析 | (28) |
| 第二章 火灾危险性分析与评定 | (49) |
| 第一节 火灾危险性评定 | (49) |
| 第二节 事故树分析法分析火灾危险性 | (58) |
| 第三节 火灾危险性评价 | (82) |
| 第四节 火灾危险性预先分析 | (95) |
| 第五节 故障类型和影响分析 | (98) |
| 第三章 防火防爆技术对策 | (107) |
| 第一节 工业企业消防安全设计 | (107) |
| 第二节 点火源的控制 | (118) |
| 第三节 工艺参数的安全控制 | (127) |
| 第四节 安全检修与动火作业 | (145) |
| 第五节 防爆泄压装置 | (153) |
| 第六节 阻火装置 | (173) |
| 第七节 常用阀门 | (183) |
| 第四章 特殊场所防火 | (188) |
| 第一节 易形成爆炸性混合物场所防火 | (188) |
| 第二节 罐区防火 | (199) |
| 第三节 库房、堆场防火 | (212) |

| | | |
|---------------|----------------------------|--------------|
| 第四节 | 高、低温场所防火 | (227) |
| 第五章 | 典型生产过程防火 | (239) |
| 第一节 | 流体输送过程防火 | (239) |
| 第二节 | 蒸馏过程防火 | (244) |
| 第三节 | 传热过程防火 | (249) |
| 第四节 | 粉碎、混合与分离过程防火 | (256) |
| 第五节 | 反应过程防火 | (265) |
| 第六章 | 重点生产设备防火 | (273) |
| 第一节 | 压力容器防火 | (273) |
| 第二节 | 管道防火 | (288) |
| 第三节 | 压缩机防火 | (299) |
| 第四节 | 锅炉防火 | (313) |
| 第七章 | 工业企业消防安全检查和整改 | (349) |
| 第一节 | 工业企业消防安全检查 | (349) |
| 第二节 | 火险隐患的认定与整改 | (363) |
| 主要参考文献 | | (373) |

绪 论

一、研究工业企业防火工程的目的

在国民经济建设中占据主导地位的企业,是消防保卫工作的重点对象,也是实施消防技术监督的重要方面。

随着改革开放和科学技术的飞速发展,我国的工业企业在生产结构上正朝着集团化、规模大型化、产品结构综合化方向发展。在生产条件上正朝着生产装置复杂化、生产过程连续化、操作控制自动化方向发展。同时,高温、高压、高速、真空、深冷等苛刻工艺条件的广泛应用,大量国外成套设备的引进,合资、独资及乡镇企业的蓬勃兴起,无疑都给工业企业的消防监督工作提出了新的课题。这种新形势、新情况、新特点带来的消防技术新课题,要求我们不断探索消防监督的新方法,以服从、服务于工业企业的发展,逐步建立起适应发展需要的新型的消防技术监督体系,深入贯彻“谁主管、谁负责”的监督原则,以期更好地发挥企业自身消防管理的积极性,达到高质量监督的目的。所以,研究本学科的目的,就在于努力提高工业企业防火监督的质量,深化管理效能,强化管理力度,使之实现科学监督,科学管理,实现高效优质服务目标。

二、工业企业防火工程研究的对象

工业企业火灾的发生和发展,有人为的各种影响因素,也有物质、设备等方面的多种影响因素,而且各种因素互为因果,密切相关。因此,为限制其火灾发生与扩大,必须系统性地以综合治理角度去研究。

工业企业防火工程,是综合研究各类工业企业中潜在的诸种

火灾危险因素、火灾成因及分析方法、火灾形成过程,探讨相应科学的有效的火灾预防对策和限制火灾危害方法为对象的一门学科。

工业企业火灾预防工作,除应从行政监督管理方面研究外,还必须着重于技术措施的探讨,以求建立一套完善而高效的工业企业防火监督系统。工业企业防火工程即是从技术监督角度出发,充分运用物理学、化学、物理化学、燃烧学、电工学、建筑工程学、机械工程学、化学工程学、各类工艺学、人机工程学、管理学等广泛学科领域知识,深入地研究工艺控制,人为操作管理,设备缺陷及生产环境安全等方面的防火技术对策,从而达到防火于未然的目的。

三、工业企业防火工程学科的性质

本学科不仅针对类型众多的工业企业,运用多学科知识,从共性角度,广泛讨论工业企业中潜在的各种火灾危险因素、火灾发生及发展规律,借以研究预防火灾发生及限制火势蔓延扩大的对策。同时,运用安全系统工程的方法,分析工业企业火灾原因因素,评价火灾危险度,增强火灾预测能力,探索科学的防火监督方法和有效的预防对策,以提高整改火险隐患能力和防火监督综合水平。因此,该学科应是一门带有边缘性学科特色的综合应用性学科,也是突出消防专业特色的主干学科。

四、工业企业防火工程学科的发展方向

提高工业企业防火监督的科学性、有效性,向运用安全系统工程方法发展已是势在必行。资料显示,很多发达国家已将安全系统工程的方法应用于工业企业的防火管理工作中。有的国家已将“道化学公司的安全评价方法”作为规定贯彻执行。同时,对于安全系统工程方法的研究工作也正在蓬勃兴起和不断引向深入。实践表明,安全系统工程方法不但能对火灾原因因素进行准确分析,而且能判断出火险隐患及其影响的主要因素,不但能应用于生产系统的安全性评价,也能进行火灾预测。因此,我们必须尽快采用

和大力推广这种科学的管理方法,使防火监督工作尽快走向科学化、规范化和系统化的轨道。

加大工业企业防火监督的广度和深度,向工艺控制方向发展是必由之路。工业企业的火险隐患很大一部分是在设计、制造、安装和检修阶段造成的,表现于工艺设计的不合理性,制造与安装工艺的缺陷性,工艺操作的故障性等方面。因此,从工艺角度研究火灾预防对策,是一种消根治本的方法。但这一点目前正是我们防火技术监督的薄弱之处,是阻滞监督质量提高的结症。为此,加强生产工艺过程的安全性研究,实施深层次的工艺技术防火监督,必然成为防火工程发展的又一方向。

工业企业防火工程学科的任务,就是尽快探索出高效的、系统的、切实起到监督和指导作用的工业企业防火工作好方法和有效预防对策,借以增强对工业企业的防火监督力度和能度,形成一整套科学的工业企业防火监督体系,迅速提高我国工业企业防火监督的水平和监督质量,达到理想的防火工作效果。

第一章 火灾与爆炸事故概述

火灾与爆炸事故是工业企业中常见的灾害性事故。掌握工业企业中火灾与爆炸发生的原因、特点及规律,了解火灾与爆炸事故的危害,对于预防工业企业火灾与爆炸事故具有重要的指导意义。

第一节 工业企业与消防

一、工业企业的火灾危险性

通俗地说,工业企业是指生产或加工工业原料、中间产品和最终产品的生产单位,它还包括农副产品深加工以及各种原料和产品的运输与储存等单位。我国的工业生产系统有地质矿产、机械电子、航空航天、化学、纺织、轻工、医药、冶金等;就行业而言,则有机械工业、电气制造、油气开采、煤炭开采、黑色和有色矿开采、食品制造、烟草加工、饲料工业、纺织工业、造纸工业等近40个行业。

随着科学技术的发展,工业生产规模不断扩大,生产过程所使用的能源种类显著增加,生产中所涉及的原材料、半成品和成品中可燃有机物料所占的份额不断增大,使火灾爆炸事故发生的可能性增大,事故发生原因的复杂程度、灾害扩大波及的规模和损失的严重程度也大大增加。尤其是石油工业、化学工业和各种能源工业,其生产的目的之一就是为社会提供大量多种类型的可燃物料,石油、化工生产本身又具有生产方法多种多样、装置规模大型化、生产工艺高参数和生产过程连续化、自动化的特点,这就决定了以石油、化工行业为代表的工业生产具有较大的火灾危险性。

自 1993 年以来,我国火灾直接经济损失均在 10 亿元以上,历年火灾中工业企业火灾都占有相当大的比例。1996 年,发生火灾 3.68 万起,直接经济损失 10.3 亿元,死亡 2225 人,受伤 3428 人;1997 年,发生火灾 14 万起,直接经济损失 15.4 亿元,死亡 2722 人,受伤 4930 人。1996 年全国十大火灾中,工厂、仓库火灾占 3 起;1997 年全国十大火灾中,工厂、仓库火灾占 5 起。1996 年发生易燃易爆化学物品特大火灾 18 起,死亡 57 人,伤残 66 人,直接财产损失 0.235 亿元,与 1995 年相比,起数上升 2 倍,直接财产损失上升 66.7%,死伤人数上升 1 倍;1997 年发生在石油化工企业、易燃易爆场所的特大火灾 22 起,死亡 279 人,伤 286 人,直接财产损失 1.4 亿元,起数上升 22%,直接财产损失上升 4.96 倍,死伤人数上升 3.6 倍。

二、石油、化工企业的生产及建筑特点

(一)石油、化工企业生产的特点

1. 物品种类繁多,状态复杂,火灾危险大

石油、化工生产中所涉及到的物料品种有 400 万种以上,其中 80% 的物品具有易燃易爆、有毒有害和腐蚀的特性。而且生产过程中物料状态复杂,气态、液态、固态及不同状态的混合都有可能存在,多数物料处在高温、高压或低温、低压的反应条件下以及传热或传质的动态变化过程中,诸种因素的影响,必然使生产过程具有较大的火灾危险性。

2. 生产工艺过程复杂多样

生产工艺过程是蒸馏、反应、蒸发、分离、干燥、萃取等化工单元操作的组合。不同化工单元操作的相互组合,构成了不同的生产工艺路线,而且同一种产品可以有不同的生产路线,利用同一种原料又可以在不同的条件下生产出多种产品。

3. 工艺控制参数多,操作要求严格

多数石油、化工生产要求在一定的温度、压力范围内进行,有

的要求在高温高压下进行,有的则要求在低温和高真空度下进行。如由轻柴油裂解制乙烯,进而生产聚乙烯的生产过程:轻柴油在裂解炉中的裂解温度为 800°C ,裂解气要在深冷(-96°C)条件下进行分离,纯度为99.99%的乙烯气体在294MPa压力下聚合,制取聚乙烯树脂。石油、化工生产中控制的参数主要是流量、温度、压力及物料流速和在设备内的停留时间等,如果有一个参数失控,就有导致火灾或爆炸的危险。所以在化工生产过程中,对工艺参数的要求极为苛刻。

4. 生产规模大型化

近年来,国际上石油、化工生产采用大型生产装置已成为明显的趋势。目前,我国已建成数十套年产30万吨合成氨装置和7套年产30万吨乙烯的石油化工装置,而且其中有3套乙烯装置扩建为45万吨。生产装置规模的大型化,使得机械设备也趋向大型化。如生产聚氯乙烯的聚合釜,已由普遍采用的 $7\sim 13.5\text{m}^3/\text{台}$ 发展到 $100\text{m}^3/\text{台}$;浮顶油罐的储油量也达到10万吨/台。

(二)石油、化工企业的建(构)筑物特点

1. 厂房建筑孔洞多,相互贯通

石油、化工企业生产工艺过程和设备的特性,决定了其厂房建筑具有孔洞多的特点。由于各类设备间多依靠输料管线或其他传送设备连接而成,因而楼板上、各种墙体上留有许许多多上下串通、左右贯穿的孔洞。孔洞有工艺管线造成的建筑孔洞、设备吊装孔、安装孔、公用工程管线贯穿孔、通风孔和传输通道等。

2. 生产设备布置紧凑,密切相通

生产设备都是以其功能按工艺操作要求依序排列的,因而,设备布置极为紧密,装置上的设备管线、阀门、仪表、机、泵、塔、炉等基本上都是采用立体交错的集中布置。

3. 建筑形式多种多样

为适应生产装置密集,设备紧凑、相互贯通的特点,石油、化工

企业的建筑形式以框架式结构和大跨度、高举架的厂房式结构为主,尤其以框架式结构应用较多。框架内的生产设备布置密集,且呈上、中、下立体式布置。

4. 钢结构多

石油、化工企业生产设备及其平台、扶梯、隔板等多为金属制品。如一套年产 30 万吨的乙烯装置及其配套装置、设备所需钢材达十几万吨。钢材耐火性能差,灼烧十余分钟,钢材强度就会减少 90% 以上。

三、火灾与爆炸事故的特点

(一) 爆炸性火灾多

爆炸引起火灾或火灾中发生爆炸是生产企业火灾的显著特点,其中石油及化学工业发生爆炸性火灾的几率更高。据有关资料介绍,日本石油及化学工业的爆炸性火灾发生几率为 32.4%,机械行业为 23.5%,金属制造及钢铁加工行业为 17.7%,冶金行业为 13.9%,其它类型的工业企业约占 12.5% 左右。这是由于石化生产中所采用的原料、生产的中间产物及最终产品多具有易燃易爆特性,而且生产设备内多为密闭的高温高压或低温负压的危险状态所导致的。

(二) 大面积火灾多,火势发展迅速

爆炸发生后,容器设备内的可燃液体就会涌泄而出,造成大面积的流淌性火灾。由于工业企业的生产车间和仓库是可燃物极为集中的场所,所以火灾时燃烧强度大,辐射热强,火场温度高。实验结果表明,与普通建筑物火灾相比,生产企业火灾的燃烧速度要快一倍以上,燃烧区的温度一般要高 500℃ 以上。火焰及热量的传递,不但会使着火设备温升加快,还会加热相邻设备及可燃物,造成爆炸或延烧,从而使火灾蔓延速度加快。

(三) 发生连锁式爆炸的危险大

由于工业企业的生产设备排列紧凑,相互贯通,极易引起连锁

式火灾或爆炸。有粉尘爆炸危险的场合,也会因初次爆炸的激荡作用而使沉积的粉尘激扬发生第二次、第三次甚至是多次的连锁式爆炸。

(四)易发生立体性火灾

工业生产中物料所具有的易燃易爆和易扩散性,工业建筑中大跨度、高举架结构和框架式结构多以及装置立体布置的特点,决定了工业企业火灾易发展成为上下左右迅速扩展的立体性火灾。

第二节 火灾与爆炸事故的分类

一、火灾的分类

(一)按照 GB4988 - 85(等同 ISO3941 - 1977)分类

1. A类火灾

系指固体物质火灾。如木材、棉、毛、麻、纸张等的火灾。发生这类火灾的物质具有有机物性质,一般在燃烧时能产生灼热的余烬。

2. B类火灾

系指液体火灾和可熔化的固体物质火灾。如汽油、煤油、柴油、原油、甲醇、乙醇、沥青、石蜡的火灾等。

3. C类火灾

系指气体火灾。如煤气、天然气、甲烷、乙烷、丙烷、氢气的火灾等。

4. D类火灾

系指金属及其化合物火灾。如镁、钠、钾、钛、锆、铝镁合金等火灾。

这种分类法是根据物质燃烧特性划分的,对于防火和灭火,特别是对选用灭火剂扑救火灾有指导意义。

(二)按照燃烧物品的种类分类

1. 气体火灾

在正常情况下呈气体状态的可燃物发生的火灾称为气体火灾。气体火灾包括各类压缩气体、液化气体以及悬浮于空气中的可燃粉尘、液雾所发生的火灾。

2. 油品火灾

在正常状况下呈液体状态的各种易燃可燃液体火灾称为油品火灾。常见的石油类油品贮罐火灾(如原油、汽油、煤油、柴油等)、化工试剂火灾(如醇、醚、醛、酮等)和油漆、涂料、染料等液体火灾都是油品火灾。

3. 可燃物火灾

在正常情况下呈固体状态的各种可燃物发生的火灾称为可燃物火灾。如木材、各种天然纤维(苇草、棉麻等)及其制品、三大合成材料等的火灾都是可燃物火灾。可燃物火灾是诸类火灾中最常见的一种。

4. 金属火灾

金属和金属化合物所发生的火灾称为金属火灾。金属火灾包括金属单质及金属合金火灾(钾、钠、镁、铝、锌、锂、铷、钠汞齐、钾钠合金等)、金属氢化物火灾(氢化钠、二硼烷、氢化铝、硼氢化钠等)、金属碳化物火灾(碳化钾、碳化钠、碳化钙、碳化铝、钠甲烷等)、金属磷化物火灾(如磷化钙、磷化锌)、金属硫化物火灾(如低亚硫酸钠等)、烷基铝火灾(如三异丁基铝、三乙基铝、二氯乙基铝、倍半烷基铝等)和金属粉末或细丝火灾(镁粉、铝粉、锰粉、钛粉、镍粉等)。金属火灾常发生于金属冶炼和石油化工生产过程中。

5. 电气火灾

系指供电、配电及用电装置或控制设备发生的火灾。如电动机、变压器、配电箱、灯具、电动设备、配电线路、自控装置等的火灾。电气设备不仅本身易起火燃烧,而且往往会成为其它可燃物的点火源。