



普通高等教育“十二五”规划教材

化工安全与环保

温路新 李大成 编著
刘敏 刘军海



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

化工安全与环保

温路新 李大成 编著
刘 敏 刘军海

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为化工安全教育和培训教材,全书共十二章。前六章以安全工程理论为指导,以火灾、爆炸及中毒等事故的预防为中心,全面阐述密封、防腐、化工检测和自动控制、通风和置换等安全技术,构建了一个比较完整、通用的化工安全技术体系。第七至第九章重点从工艺、建筑等全局性设计、危险化学品、化学反应过程、加热过程、检修作业和压力容器等方面,讨论如何为安全生产、职业健康和环境保护提供工程技术保障等问题。后三章简要介绍有关化工安全、职业健康及环境保护方面的法律、法规、标准、管理制度和现代管理方法,讨论各种职业性危害和环境污染的防治方法。

本书可作为高等学校化学工程与工艺及相关专业本科生的化工安全类课程的教材,还可作为化工技术人员的培训教材以及工程技术人员等的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化工安全与环保/温路新等编著. —北京:科学出版社,2014.9
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-03-041931-6

I. ①化… II. ①温… III. ①化工安全-高等学校-教材②化学工业-环境保护-高等学校-教材 IV. ①TQ086②X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 218102 号

责任编辑:陈雅娴 / 责任校对:胡小洁
责任印制:徐晓晨 / 封面设计:速底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015 年 6 月第二次印刷 印张:15 1/2

字数:397 000

定价:46.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

近年来国家大力实施安全发展战略,广大企业对于高素质化工安全人才的需求日益增长。为了促进化工行业安全生产持续健康发展,培养既懂化工技术,也懂化工安全、职业病防护和环境保护的复合型人才非常重要。编写本书就是为了适应这一新形势的需要。

本书的第一个特点是,以安全工程理论为指导,与化工生产实践密切结合,围绕火灾、爆炸和中毒事故的预防,构建了一个比较完整、通用的化工安全技术体系。该体系的主要基础是:密封技术(第二章)、腐蚀控制技术(第三章)、化工监测与自动控制技术(第四章)和通风与置换技术(第五章),可以归纳为危险化学品泄漏的预防与监控技术。该体系的建立使化工安全技术由措施、设施层面上升到技术层面。本书运用化学反应工程的流动模型理论,讨论了通风与置换过程中流体在车间或设备内部的流动与混合规律,研究了如何提高通风与置换效率问题,这一创新成果成为化工安全技术体系的重要组成部分。

本书的第二个特点是,以化工安全技术为主体,将安全生产、职业健康和环境保护三方面的教育结合为一体。化工企业许多原料、产品等属于危险化学品,既是导致安全事故的危险源,又是危害职工健康的有害因素,还是污染源。从源头抓起,安全生产、职业健康和环境保护三方面的工作关系密切。危险化学品泄漏是造成火灾、爆炸和中毒事故以及职业病和环境污染的重要原因,所以危险化学品泄漏的预防与监控技术必然是化工安全技术的重点。上述化工安全技术体系同时是职业性伤害预防技术,可以称为化工安全卫生技术体系。把环境保护与安全生产和职业健康教育结合起来,对于国内化工安全教材而言还是一种尝试。

本书之所以系统介绍密封、防腐蚀、通风、置换等技术,不仅因其在化工安全卫生技术系统中有举足轻重的作用,还因为在目前化学工程与工艺专业课程体系中没有这些内容的介绍。所以,这些技术连同有关化工安全、职业健康和环境保护方面的法律、法规、标准以及管理方面的知识等,都属于化工专业学生知识结构中的薄弱环节。学习上述知识可以弥补化工专业学生的知识短板,对于化工企业的职工也有较强的实用价值。本书注重用安全工程的概念、理论来分析有关安全技术,也适合安全工程专业的学生作为学习资料。为了帮助读者加深对有关安全技术的理解,全书提供了102个化工安全事故案例。有的案例可能在几个章节都出现,结合该章节内容从不同侧面分析案例的经验教训,但是每个案例的编号是唯一的。

作者先在化工厂工作,后从事化工教学几十年,深知化工安全卫生技术涉及多门学科、多个专业的理论和实践知识,个人水平有限,不当之处敬请读者不吝指正。对于本书所引参考文献的全体作者表示衷心的感谢!

温路新

2014年5月18日

目 录

前言	
第一章 化工安全概要	1
第一节 化学工业与安全	1
一、化学工业概述	1
二、化工安全生产的特点	1
三、化工安全、职业健康与环境保护	3
四、化工安全事故的特点	4
五、安全技术、安全教育和安全管理	5
第二节 危险化学品及其危险性	6
一、化学物质的危险性	6
二、危险化学品分类	8
三、化学品安全标签和安全技术说明书	9
四、危险化学品安全管理条例	10
第三节 事故致因理论简介	11
一、能量意外释放理论	11
二、轨迹交叉理论	12
三、危险源系统理论	12
四、变化-失误理论	14
五、化工安全事故致因分析	15
第四节 危险源与安全评价	16
一、危险源辨识	16
二、重大危险源	17
三、安全评价	17
思考题及练习题	19
第二章 密封技术	20
第一节 四种常用密封技术	20
一、垫密封	21
二、胶黏剂带压堵漏技术	23
三、填料密封	25
四、机械密封	27
第二节 焊接缺陷及其危害	28
一、焊接缺陷的危害	28
二、焊接缺陷	28
三、焊接裂纹	30

第三节 阀门密封技术	31
一、阀门概述	31
二、阀门密封技术的特点	33
三、阀门常见故障及预防	33
四、阀门的维护与操作	34
思考题及练习题	36
第三章 腐蚀控制技术	37
第一节 电化学腐蚀	37
一、金属材料的腐蚀	37
二、电化学腐蚀机理	37
三、金属表面钝化	39
四、电化学腐蚀的影响因素	40
第二节 几种常见的局部腐蚀	43
一、孔腐蚀	43
二、缝隙腐蚀	44
三、氢脆与氢腐蚀	44
四、应力腐蚀破裂	45
五、磨损腐蚀	45
第三节 常用腐蚀控制技术	46
一、选用耐腐蚀材料	46
二、覆盖耐腐蚀隔离层	46
三、金属表面处理	47
四、缓蚀剂	47
五、电化学保护	48
六、改革工艺、降低介质腐蚀性	49
七、腐蚀检测技术	49
八、地下管道腐蚀控制	50
九、建(构)筑物防腐蚀	50
思考题及练习题	51
第四章 自动控制与安全	52
第一节 化工检测与安全	52
一、温度测量仪表	52
二、压力测量仪表	53
三、液位测量仪表	53
四、气体浓度测量仪表	54
五、自动连续监测技术	55
第二节 自动控制与安全	55
一、自动控制系统简介	55
二、信号报警系统	57
三、连锁保护系统	58

四、紧急控制系统	58
五、自动控制系统的可靠性与冗余技术	60
第三节 自动监控技术的应用	61
一、火灾报警与自动灭火系统	61
二、电能意外释放时的处置	62
三、燃气锅炉炉膛爆炸事故及预防	64
思考题及练习题	65
第五章 中毒事故与通风置换技术	66
第一节 毒物与中毒事故	66
一、毒物与毒性	66
二、毒物对人体的危害	67
三、防止职业毒害的工程技术措施	69
四、急性中毒与窒息的现场急救	70
第二节 厂房通风概述	71
一、厂房通风的作用与要求	71
二、自然通风	71
三、机械通风	72
第三节 混合通风与置换通风	74
一、通风过程中流体的流动与混合状况	74
二、混合通风过程的风量计算	75
三、混合通风过程对理想混合模型的偏离	77
四、置换通风	78
第四节 置换过程用气量的计算	80
一、设备置换的作用与要求	80
二、连续置换过程的气体用量	80
三、间歇置换过程的气体用量	83
思考题及练习题	84
第六章 火灾与爆炸事故的预防	85
第一节 燃烧基本知识	85
一、燃烧的条件	85
二、燃烧过程与形式	86
三、燃烧的类型与特征温度	86
四、火灾的危害	87
第二节 爆炸基本知识	88
一、爆炸的分类	88
二、爆炸性气体混合物的爆炸极限	89
三、最小引爆能量	90
四、气体爆炸压力与温度	90
第三节 火灾事故的预防	91
一、控制可燃物的技术措施	91

二、惰性气体保护与助燃物控制	92
三、控制点火源的技术措施	93
四、有关安全设施	94
第四节 爆炸事故及预防	96
一、化学爆炸事故及预防	96
二、物理爆炸事故的预防	99
三、预防爆炸的安全附件	100
四、化工容器的破坏形式和原因	102
第五节 电气火灾爆炸事故的预防	103
一、电气火灾爆炸事故原因	103
二、电气防火防爆措施	104
三、危险区域与爆炸性气体的分级	105
四、防爆电气设备	108
第六节 火灾扑救	109
一、火灾扑救要点	109
二、灭火原理与方法	110
三、电气火灾扑救	111
思考题及练习题	112
第七章 化工设计与安全	113
第一节 化工设计概述	113
一、化工设计应当遵循的原则	113
二、化工设计的安全性评价	114
三、工厂选址与安全性	115
四、全厂布局与安全性	116
第二节 化工工艺设计与安全	117
一、工艺路线、过程的选择	117
二、施工图设计	118
三、工艺指标与安全操作规程	120
第三节 建筑物防火防爆设计	120
一、建筑物防火设计要点	120
二、建筑物的耐火结构	121
三、厂房防爆设计要点	122
第四节 静电防护技术	123
一、静电的特性、产生和危害	123
二、静电安全防护措施	125
第五节 雷电防护技术	127
一、雷电及其危害	127
二、防雷的基本措施	128
三、化工建筑与装置的防雷	130
思考题及练习题	131

第八章 重点操作过程与检修作业安全	132
第一节 化学反应过程安全	132
一、化学反应温度控制	132
二、反应器的绝热温升与热稳定性	133
三、反应物质浓度控制	134
四、催化剂与催化反应安全	135
五、反应装置安全	136
第二节 换热过程安全	138
一、换热过程的载热体用量	138
二、间壁换热过程的热源	139
第三节 危险化学品贮存安全	141
一、危险化学品的贮存安排与禁忌物料	141
二、贮存场所的安全要求与管理	142
三、危险化学品的废弃	143
第四节 化工装置检修作业安全	144
一、化工检修概述	144
二、设备检修安全管理	144
三、安全作业证制度	146
四、检修安全责任制	147
五、动火作业与受限空间作业安全	148
思考题及练习题	150
第九章 压力容器安全	151
第一节 压力容器概述	151
一、压力容器分类	151
二、特种设备安全法律、法规	152
三、压力容器检查、检验	153
四、压力容器定期检验与安全状况等级	155
五、压力容器安全管理	156
第二节 移动式压力容器安全	157
一、移动式压力容器的安全附件	158
二、移动式压力容器装卸安全	158
三、移动式压力容器运输安全	160
四、移动式压力容器安全管理	161
第三节 气瓶安全	162
一、气瓶分类和安全附件	162
二、气瓶爆炸事故及预防	163
三、气瓶安全管理	164
第四节 锅炉安全	167
一、锅炉及其安全附件	167
二、蒸汽锅炉事故及预防	168

三、锅炉安全管理	169
思考题及练习题	170
第十章 化工安全管理概述	171
第一节 我国安全生产法律体系	171
一、安全生产法	171
二、国务院行政法规	173
三、标准与规范	173
第二节 化工企业安全管理制度	173
一、安全生产责任制度	174
二、安全事故管理制度	176
三、事故应急救援制度	177
四、安全检查制度	179
第三节 现代安全管理方法	179
一、安全工作标准化管理	179
二、职业安全健康管理体制	180
三、健康、安全与环境管理体系	181
思考题及练习题	183
第十一章 职业性危害及其防护	184
第一节 职业病及其预防	184
一、职业病及其危害	184
二、职业性伤害防治法律	185
三、职业病的预防控制对策	186
四、劳动环境测定	187
五、职业健康监护	188
第二节 粉尘危害及其防护	189
一、粉尘及其危害	189
二、粉尘危害的防护	190
第三节 职业环境危害及其防护	191
一、辐射的危害与防护	191
二、噪声与震动控制	193
三、高温危害与防护	195
第四节 职业性伤害及其防护	197
一、电气伤害及其防护	197
二、化学灼伤及其防护	200
三、机械伤害及其防护	201
第五节 个人防护用品	203
一、呼吸防护器	203
二、防护服与防护帽	204
三、防护眼镜和面罩	205
思考题及练习题	206

第十二章 环境保护基础	207
第一节 环境保护概述	207
一、我国环境形势	207
二、我国有关环境保护的法律法规	208
三、环境保护设施安全事故案例	210
第二节 大气污染与化工尾气处理	211
一、大气污染防治法	211
二、大气污染物排放标准	212
三、主要大气污染物	212
四、化工尾气处理技术简介	214
第三节 水污染与工业废水处理	217
一、水污染防治法	217
二、污水综合排放标准	218
三、工业废水处理技术简介	222
四、水体的自净化功能	223
五、废水分级处理与资源化	224
第四节 固体废弃物及其处理	224
一、固体废弃物概述	224
二、固体废物处理技术简介	225
三、土壤污染及其修复技术简介	227
四、地下水污染及其修复技术简介	227
思考题及练习题	228
主要参考文献	229
附录	230
附表1 生产的火灾危险性分类	230
附表2 贮存物品的火灾危险性分类	230
附表3 电气设备防爆结构的选型	231
附表4 职业病目录	233
附表5 工作场所有害因素职业接触限值	234
附表6 车间空气中有害粉尘的最高允许浓度(mg/m ³)	235

第一章 化工安全概要

本章介绍安全工程的事故致因理论,初步讨论化工安全事故的根源——危险源,特别是危险化学品及其危险性,重点分析化工生产安全性和化工安全技术的特点。

第一节 化学工业与安全

一、化学工业概述

化学工业的特征是主要采用化学方法将原料转化为产品。化学工业可以分为无机化学和有机化学工业两大类。

无机化学工业包括:基本无机化学工业(包括无机酸、碱、盐、化学肥料工业);精细无机化学工业(包括稀有元素、无机试剂、药品、催化剂、电子材料、磁性材料、光学记录材料);金属元素的无机化合物化学工业,如矿物颜料工业;电化学工业(包括氯碱工业,金属钠、镁、铝的生产);电热工业(如电石、黄磷的生产);硅酸盐工业(包括水泥、玻璃、陶瓷和耐火材料生产)和冶金工业(包括钢铁、有色金属和稀有金属冶炼)。

有机化学工业包括:基本有机化学工业(以甲烷、一氧化碳、氢、乙烯、丙烯、丁二烯以及芳烃为基础原料,合成醇、醛、酸、酮、酯等基本有机合成原料);精细有机合成工业(包括染料、农药、医药、香料、试剂、纺织及印染助剂、塑料及橡胶添加剂);高分子化学工业(包括合成树脂与塑料工业、橡胶工业、化学纤维工业、涂料工业);农产品化学加工工业(农作物及其秸秆中的淀粉、油脂、纤维素和半纤维素的化学加工);燃料化学加工工业(煤炭化工,木材化学加工,石油、天然气、油母页岩加工工业);食品化学工业(糖、淀粉、蛋白质、油脂、酒类);纤维素化学工业(造纸、人造纤维)。石油和天然气化学加工工业即石油化工的迅猛发展,极大地促进了整个化学工业的发展,改变了化学工业的面貌。据统计,现在90%以上的有机化学产品来自于石油化工。

随着化学工业的发展,跨类的部门层出不穷,我国化学工业逐步发展成为一个拥有化学矿山、化学肥料、基本化学原料、无机盐、有机原料、合成材料、农药、染料、涂料、医药、感光材料、国防化工、橡胶制品、助剂、试剂、催化剂、化工机械和化工建筑安装等23个行业的化学工业生产部门。我国的化工产品品种超过4万种,其中硫酸、合成氨、农药、电石、稀土、磷矿石和磷肥、烧碱和纯碱的产量在世界上名列前茅。人们的衣食住行、社会各行各业都离不开化学工业。化学工业在国民经济中的地位日益重要,发展化学工业对于发展经济、巩固国防和改善民生都有重要意义。我国化学工业在安全生产和环境保护等方面也面临严峻的形势。化学工业要可持续发展,必须以人为本,科学发展,高度重视安全生产、职业健康和环境保护问题。

二、化工安全生产的特点

化工生产多种多样,在安全生产方面的问题有共性也有特性。化工生产的原料、辅料、产品和中间体多为化学品,其中有的易燃易爆,有的易使人中毒,有的易污染环境,有的同时具备几种危险性,这些有害化学物质统称为危险化学品。如果忽视安全工作,化工企业容易发生安

全事故、职业伤害和环境污染。一般而言,火灾、爆炸和中毒事故是化工生产最常见也是最危险的安全事故。以上情况与化工生产的如下特点有关。

1. 危险化学品数量大、种类多

化工企业特别是大型化工生产企业以及贮存、销售、运输化学品的企业,往往危险化学品的种类较多,数量较大。不少危险化学品是气体或液体,容易发生泄漏。易燃易爆和有毒物质的泄漏是导致事故发生的重要原因,经常性的轻微泄漏或者污染物的排放可能影响职工健康或者污染环境。某些非化工企业因为大量使用危险化学品,也存在上述危险。例如,不少食品生产企业使用液氨作为冷冻剂,不少发电厂使用液氨处理烟道气中的氮氧化物。按照我国国家安全生产监督管理总局提供的数据,2011年和2012年全国共发生危险化学品事故分别为66起和44起,死亡人数分别为128人和99人,其中部分事故发生于非化工企业。

2. 消耗能量多

不少化工企业是耗能大户。有些化工产品的生产需要在高温或低温条件下进行,无论高温还是低温都需要消耗大量能源,不少企业必须有高温热源。作为动力、照明或电加热,电气设备更是必不可少,电气火花或过热都可能引发火灾爆炸事故,电气自身的火灾爆炸事故也不少。电能、热能和其他能量一旦失控,很可能造成安全事故。

3. 设备工作条件苛刻

许多化工设备工作条件很苛刻,有的承受高温、高压,有的在低温、高真空下运转,有的经常接触强腐蚀介质。设备工作条件苛刻,对于各种危险因素的控制就比较困难。化工产品、原料和中间体多为流体,有的压力较高,如果密封不好,容易泄漏;有的腐蚀性强,容易使设备管道受腐蚀而泄漏。

4. 生产技术复杂

化工生产技术具有多样性、复杂性和综合性。仅我国化工产品品种就有数万种,各种产品的生产原料来源多种多样,工艺流程也各不相同。任何一个化工企业的生产过程,不仅需要一种至几种特定的技术,还需要多种技术的综合运用。化工生产过程中,对于温度、压力、流量等操作条件的控制有严格的要求,上下工序之间,各车间、各工段之间,往往需要有严格的比例,否则,不仅影响产量、造成浪费,甚至可能发生事故。生产技术的复杂性与综合性对于人员各方面的素质要求高,而安全方面的教育培训跟不上是事故发生的重要原因。

5. 生产方式区别大

化工企业生产方式区别很大,大型化连续化的生产方式与小型间歇式的生产方式并存。这两种生产方式给安全生产带来不同的问题。

大型连续化工生产在大量生产主产品的同时,往往会生产出许多联产品和副产品,而这些联产品和副产品大部分又是化学工业的重要原料,可以深加工。因此,大型连续化工生产装置涉及的危险化学品种类多、数量大,对物质与能量的利用较充分。大型连续化工生产装置从原材料到产品加工的各环节,都是通过管道输送,采取自动控制,形成一个首尾连贯、各环节紧密衔接的生产系统。这样的连续生产装置中任何一个环节发生故障,都有可能使生产过程中断,

一旦出现事故,容易发生连环事故。不少企业采取 24h 工作制,交接班可能带来生产工艺控制指标的波动,夜班员工可能休息不好或工作场所照明不足,这些都是安全生产的不利因素,也是职工健康的危害因素。自动化和安全设施水平较高,又是安全生产的有利因素。

小型间歇生产方式往往化工检测水平低,自动控制程度低,安全设施不齐全,设备可能不封闭,人员与有害物料的直接接触机会多,可能引起事故或影响职工健康。有的小化工企业工作环境差,缺乏专职安全技术人员,也存在安全隐患。此外,一些销售、贮存、运输危险化学品的企业的安全经营更有其特点,常常是重大安全事故的根源。例如,我国加油站和加气站的数量已达几十万个,数量多、分布范围广。再如,我国油气输送企业的地下输油、输气管道长度已达十几万千米,易腐蚀泄漏而且难以发现。

三、化工安全、职业健康与环境保护

1. 职业性有害因素与职业性伤害

职业健康问题是因工作环境中的职业性有害因素导致的职业性伤害。企业在职业活动中产生和存在的可能对职业人群健康、安全和作业能力造成不良影响的因素或条件称之为职业性有害因素。职业性有害因素可分为化学、物理、生物和精神心理因素四类。化学因素包括有毒物质、窒息性气体、生产性粉尘和腐蚀性物质等。物理因素包括噪声、震动与各种电磁辐射如射频、微波、红外线、紫外线、X 射线、 γ 射线等,还包括可能导致人体伤害的电气、机械作业以及有害的工作环境如高温、低温、高湿、高气压、低气压等。生物因素如附着在皮肤上的炭疽杆菌、布氏杆菌、森林脑炎病毒等。精神心理因素包括精神紧张、疲劳、压力感等。

职业性有害因素可能造成职工患病特别是患职业病、受工伤等职业性伤害。职业性伤害也称职业性损伤,可能作用于人体局部或全身,其作用方式可能是急性也可能是慢性的。从职业性伤害的外在表现分类,有的职业性有害因素可能导致职工受伤甚至死亡,可称之为致伤性职业伤害或职业伤害;还有一些有害因素可能导致职工疾病甚至死亡,可称之为致病性职业伤害或职业病害。

2. 化工安全、职业健康与环境保护的关系

安全生产、职业健康和环境保护三方面的工作关系密切,这是化工安全生产的又一重要特点。根据这一特点,目前世界各国大型化工企业都已经采用健康、安全与环境管理体系(HSE),即安全、健康和环境保护一体化管理的现代管理模式。可以发现,安全生产中原有的狭义的安全概念,正在逐步演变为包括职业健康在内的人身安全、财产安全和环境安全的广义安全概念。本书用安全性这一术语表示上述广义的安全概念。

许多化学品之所以称为危险化学品,就是因为它们是化工企业生产安全事故的根源,也常常是影响职工身体健康甚至导致职业病的根源,还可能是造成环境污染的根源。控制住危险化学品这个源头,就可以提高化工生产的安全性。例如,将危险化学品密闭在生产装置或贮存容器中;加强车间等工作场所内危险化学品的浓度检测与控制,使之在安全范围之内,都可以减少甚至避免火灾、爆炸、中毒等安全事故和部分职业病及环境污染事故。同时,通过改进工艺,尽可能避免使用或产生有害的化学品,可以从源头上解决化工生产的安全性问题。

职业性有害因素中的物理和精神心理因素,也可能是导致安全事故的危险源。例如,设备管道的高温表面既可能导致人员灼伤,也可能是火灾事故的点火源;噪声、电磁辐射等不仅影响职工健康,也分散操作人员的注意力,可能造成操作失误而导致事故。各种精神心理因素也

可能造成操作失误而导致事故。实际上,多数职业性伤害本身就属于安全事故,化工安全与职业健康问题很难区分开。

环境污染包括大气污染、水污染、固体废弃物污染、噪声污染和电磁污染五大污染。其中,噪声和电磁辐射都是工作环境中影响职工健康的职业性有害因素,排放到周边环境则成为污染源。危险化学品的污染有两种情况:一是企业排放的废气、废液和废渣未达到排放标准;二是危险化学品的意外泄漏。化工装置经常性的轻微泄漏也可能导致土壤和地下水的污染。有些化工安全事故造成化学物质大量泄漏并释放到环境中,可能导致突发性的环境污染事故,甚至波及社会形成污染事件。预防此类事故发生,就可以避免这种环境污染事故。

【案例 1-1】印度博帕尔事件。1984 年 12 月美国联碳公司设在印度博帕尔的农药厂发生几十吨剧毒的甲基异氰酸酯泄漏,导致 12.5 万人中毒,6495 人死亡,20 万人受伤,5 万多人终身受害,其污染的后遗症至今仍然存在并将持续相当长时间。这是一起世界工业历史上空前的特大中毒和环境污染事故,史称印度博帕尔事件。

四、化工安全事故的特点

事故是造成死亡、职业病、伤害、财产损失或其他损失的意外事件。生产经营活动中发生的造成人身伤亡或者直接经济损失的是生产安全事故。化工企业发生的安全事故有多种,其中机械或电气等伤害事故的本质是机械能或电能失控导致的伤害,属于机械或电气安全事故。火灾、爆炸和中毒等事故属于化工安全事故。

化工安全事故不仅可能造成企业财产的巨大损失,而且可能危及职工健康与生命,还可能导致环境污染甚至生态灾难。火灾、爆炸和中毒事故是化工企业最大的危险。据 30 余年的统计,我国化工厂燃爆和中毒事故的死亡人数分别占事故死亡总人数的 13.8%和 12%,列第一和第二位,化工厂发生的爆炸事故约占各类工业爆炸事故的三分之一,火灾、爆炸事故造成的财产损失约为其他工业部门的 5 倍。

化工安全事故发生后,如果不及时处理,易发生次生事故甚至连环事故。爆炸可能导致火灾,火灾可能引起爆炸,次生事故或连环事故常常造成巨大损失。例如,设备爆炸事故发生后,产生的碎块能击破其他设备,可能造成易燃易爆或有毒物质的泄漏,引起新的火灾、爆炸及中毒事故。**【案例 1-2】**2005 年 11 月 13 日,中国石油天然气股份有限公司(简称中石油)吉林石化分公司双苯厂,因操作错误导致密封失效,外界空气漏入负压操作的硝基苯精馏塔中而发生爆炸,并引发其他装置、设施连续爆炸及火灾事故,造成 8 人死亡,60 人受伤,直接经济损失 6908 万元。火灾扑救过程中,大量苯类有机物随消防用水排入松花江,又导致水污染事件。污染物导致哈尔滨自来水断供,又通过黑龙江进入俄罗斯,造成恶劣国际影响。国务院事故调查组认定,中石油吉林石化分公司双苯厂“11·13”爆炸事故和松花江水污染事件,是一起特大安全生产责任事故和特别重大水污染责任事件。

火灾产生的高温可能使邻近火焰的设备因高温而损坏、泄漏甚至爆炸。**【案例 1-3】**2013 年吉林省长春市宝源丰禽业有限公司“6·3”特别重大火灾事故。经国务院调查组调查,该事故直接原因为公司厂房一车间女更衣室西面和毗连的二车间配电室的上部电气线路短路,引燃周围可燃物,火势蔓延和燃烧产生的高温导致氨设备和管道的氨压力过高而发生物理爆炸。大量氨气泄漏,介入了燃烧,同时氨气使多名职工中毒,121 人遇难。

五、安全技术、安全教育和安全管理

化工企业是否发生安全事故、职业伤病和污染环境,作为安全生产主体的企业责任重大。国内外历年来的实践证明,实现企业安全生产的三大对策是:安全技术、安全管理和安全教育。三者缺一不可又相互依托,其共同目的是实现安全生产,尽可能减少人员伤亡事故、职业性危害与财产损失。三大对策中,安全技术是基础。

1. 安全技术

安全技术是为消除生产过程中的各种不安全、不卫生因素,改善劳动条件和保证安全生产,而在工艺、设备、监测、控制等方面所采用的安全设施和技术措施。化工安全技术有一个特点:许多化工安全设施同时是职业健康设施,许多化工安全事故的预防技术,如密封技术、腐蚀控制技术、通风置换技术、化工检测及自动控制技术等,也是预防职业性伤害的通用技术,所以,也称之为化工安全卫生技术。

绝大多数化工安全技术的作用是预防事故的发生。实践证明,没有有害物质的泄漏或排放,就不会有中毒和火灾事故;多数爆炸事故也是在易燃易爆气体从装置泄漏之后发生的;部分环境污染事故是污染物从设备泄漏导致的。因此,密封技术和腐蚀控制技术等预防泄漏的技术是最重要的化工安全技术。化工安全技术还包括通风与置换技术、化工检测及自动控制技术。有害物质泄漏之后,采取通风与置换技术降低厂房或其他作业场所中有害物质的浓度,可以避免事故发生和保障职工健康。各类监测仪表包括测温、测压、流量、物位和成分分析仪表等,不仅是为工艺要求而设立的,也是为安全要求而设立的,许多事故的先兆或隐患都可能在化工仪表中发现并报警。针对易燃易爆或有毒气体浓度超标、超温、超压等紧急异常情况设置的自动控制设施,是在事故发生前夕或出现事故苗头时起作用的自动控制技术。由此可见,上述几项预防事故发生的化工安全技术已经由设施、措施层面提升到技术层面,可以归纳为危险化学品泄漏的预防与监控技术,是具有普遍性的化工安全事故预防技术。以这些通用的事故预防安全技术为基础,本书构建了一个比较完整的、对安全生产与职业健康通用的化工安全技术体系。

有些安全措施或设施的作用是防止事故蔓延、减少人员伤亡及财产损失。例如,各种消防设施、隔离设施、个体防护设施等。此外,针对某些工艺、设备、有害物质、操作、作业的特点,还有一些特殊的安全技术措施或安全设施(见第七至第九章)。在掌握上述具有普遍性的化工安全技术体系的基础上,熟悉具体工艺、设备、有害物质、操作、作业的危险性,掌握其特殊的安全技术措施或设施是十分必要的。由于化工产品、生产技术及生产方式的多样性,对于化工安全生产而言,没有哪一种安全技术可以“一抓就灵”。多数化工企业在建厂时就已经根据本企业的危险因素、物料及工艺装置,设计安装了各种安全设施,规定了各种安全措施。企业应当维护好已有的安全设施,坚持行之有效的安全技术措施并不断完善,研究采用更先进、更有效的安全技术。各类安全设施的设计、维护和使用都属于安全技术工作。

2. 安全教育

对于化工事故案例的分析表明,安全教育培训不足是事故发生的重要原因。安全教育是加强企业各级管理人员和全体职工安全生产的责任感,提高执行有关安全生产的法律、法规和规章制度的自觉性,掌握安全生产知识与技能的主要途径。企业应确立终身教育的观念和全

员培训的目标,对管理人员和在岗的从业人员进行经常性的安全培训教育。

安全培训教育的内容不仅包括安全知识、安全技术等安全技术方面的知识,还应包括安全生产法律法规、安全技术标准和企业安全管理制度等安全管理方面的知识。安全操作规程、事故救援和安全防护措施的培训教育尤为重要。安全意识的培养是安全培训教育的关键。安全教育应使从业人员自觉遵守安全操作规程和各项安全规章制度并成为习惯。安全培训教育的新趋势是适应健康、安全与环境管理体系的需要,把安全生产、职业健康和环境保护的培训教育结合起来。多数化工安全教材都包括职业健康即工业卫生方面的内容。国内有的化工院系已开设了化工安全与环境保护课程。

3. 安全管理

实践证明,纪律松弛、管理混乱的化工企业必然事故频发。企业管理制度不健全或执行不严格,经常是事故发生的间接原因,但也是主要原因。事故和职业性危害的预防通常是技术措施与管理措施并举,缺一不可。有许多管理措施对于预防事故和职业性危害的发生,有重要的甚至是决定性的作用。没有严格的安全管理,再好的安全设施也可能徒有其表,再多的安全教育也可能流于形式。

安全管理的主要内容是根据国家有关安全生产的法律、法规、标准、规范,结合企业实际情况,制定、健全企业各项安全管理制度并严格执行。企业要认真执行与安全生产有关的法律、法规,如《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国职业病防治法》等。有关安全技术和管理的标准或规范多属于强制性标准,是国家安全生产的法律体系的组成部分。企业安全管理工作应贯彻“安全第一,预防为主”的方针,体现全员、全过程、全方位、全天候的安全监督管理原则。企业应不断完善以安全生产责任制度为核心的各项安全管理制度,根据生产经营规模,设置相应的管理部门,建立、健全从企业主要负责人到基层班组的安全生产管理网络。管理是一门科学,要积极采用现代安全管理方法,不断提高安全意识,使之成为企业文化的有机组成部分。

第二节 危险化学品及其危险性

危险化学品是化工企业火灾、爆炸、中毒等事故的根源,也常常是影响职工身体健康甚至导致职业病的根源,还可能是造成环境污染的根源。对危险化学品的性质认识不足是化工企业发生安全事故的重要原因。本节介绍危险化学品的危险性、分类、信息管理和《危险化学品安全管理条例》。

一、化学物质的危险性

1. 物理化学危险性

物理化学危险性即理化危险,包括爆炸性危险、易燃性危险和氧化性危险,具有这三种危险性的物质既有气体、液体,也有固体。

1) 爆炸性危险

爆炸物、易燃气体、易燃液体和遇湿易燃物品等都有爆炸性危险。爆炸是爆炸物的主要危险,多数爆炸物对于热、火花、撞击、摩擦和冲击波等敏感,这些因素容易引起爆炸物发生爆炸。不同爆炸物的敏感度即最小起爆能不同,敏感度越高,爆炸的危险性越大。爆炸物爆炸时一般