

高等教育“十二五”规划教材
新编安全工程专业系列教材

化工安全工程

Huagong Anquan Gongcheng

主 编 / 徐龙君 张巨伟

主 审 / 谭世语



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

内 容 提 要

本书 2011 年入选中国煤炭教育协会“高等教育‘十二五’规划教材”，是《新编安全工程专业系列教材》之一。全书共分 10 章，内容包括：绪论、危险化学品安全管理、化工泄漏及其控制、化工燃烧爆炸及其控制措施、化工职业危害分析与控制、化工单元操作安全技术、典型化工过程安全技术及实例分析、化工设备安全技术、化工厂安全设计和化工事故应急救援。

本书可作为安全工程、化学工程及相关工程类专业本、专科生的教学用书，也可作为化工领域从事安全生产技术与管理的专业人员的参考用书及注册安全工程师考试辅导用书。

图书在版编目(CIP)数据

化工安全工程 / 徐龙君, 张巨伟主编. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2011.7
新编安全工程专业系列教材
ISBN 978 - 7 - 5646 - 0991 - 7
I. ①化… II. ①徐…②张… III. ①: 化学工业—安
全工程—高等学校—教材 IV. ①TQ086
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第059951号

书 名 化工安全工程
主 编 徐龙君 张巨伟
责任编辑 陈红梅
责任校对 潘利梅
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 淮安市亨达印业有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 20.5 字数 508 千字
版次印次 2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷
定 价 36.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

《新编安全工程专业系列教材》

编审委员会

顾问 周世宁

主任 袁 亮

副主任 景国勋 蒋军成 刘泽功

李树刚 程卫民 林柏泉

执行副主任 王新泉 杨胜强

委员 (按姓氏拼音为序)

柴建设 陈开岩 陈网桦 贾进章 蒋承林

蒋曙光 廖可兵 刘 剑 刘章现 吕 品

罗 云 马尚权 门玉明 孟燕华 倪文耀

宁掌玄 撒占友 沈斐敏 孙建华 孙金华

谭世语 唐敏康 田水承 王佰顺 王宏图

王洪德 王 凯 王秋衡 吴 强 解立峰

辛 嵩 徐凯宏 徐龙君 许满贵 叶建农

叶经方 易 俊 易赛莉 余明高 张德琦

张国华 张敬东 张巨伟 周 延 朱 铠

秘书长 马跃龙 陈红梅

前 言

化工生产具有生产工艺复杂多变,原材料及产品易燃易爆、有毒有害和腐蚀性,生产装置大型化、过程连续化、自动化等特点,因此在生产过程中存在着潜在的危险因素。安全生产是化工行业的首要问题,必须高度重视,警钟长鸣。化工安全工程则是研究化工生产过程事故发生的原因以及关于防止事故所需的科学技术和知识的一门课程。

本书是中国煤炭教育协会“高等教育‘十二五’规划教材”,主要从介绍化学工业在国民经济中的地位、化工生产的特点及危险性分析、化工事故的预防及控制理论入手,对危险化学品安全管理、化工泄漏及其控制、化工燃烧爆炸及控制措施、化工职业危害分析与控制、化工单元操作安全技术、典型化工过程安全技术及实例分析、化工设备安全技术、化工厂安全设计、化工事故应急救援几方面进行了阐述,注重贴近专业和理论联系实际。本书内容全面、层次清晰、重点突出,兼具系统性和实用性。

本书可以作为安全工程、化学工程及相关工程类专业本、专科生的教学用书,也可以作为化工领域从事安全生产技术与管理的专业人员的参考用书及注册安全工程师考试辅导用书。

本书由重庆大学徐龙君、辽宁石油化工大学张巨伟担任主编,由黑龙江科技学院徐锋、辽宁石油化工大学王景云担任副主编。其中第1,2,6章由重庆大学徐龙君、陈冬梅、谢超、冯一鸣共同编写;第3,9章由辽宁石油化工大学张巨伟、王景云、刘冬梅、王春蓉共同编写;第4,5章由黑龙江科技学院徐锋编写;第7章由上海海事大学焦宇编写;第8章由河南城建学院胡红伟编写;第10章由湖南工学院刘美英编写。重庆大学谭世语教授审阅了全书。

由于编者水平有限、时间仓促,书中难免存在错误和不当之处,敬请专家和广大读者批评指正。

编 者

2011年6月

目 录

1 绪论	1
1.1 化学工业在国民经济中的地位	1
1.2 化工生产的特点及危险性分析	3
1.3 化工事故的预防及控制理论	5
复习思考题	10
2 危险化学品安全管理	11
2.1 危险化学品的分类和性质	11
2.2 危险化学品的安全管理	16
复习思考题	29
3 化工泄漏及其控制	30
3.1 常见泄漏源及泄漏量计算	30
3.2 泄漏后物质扩散方式及扩散模型	52
3.3 化工泄漏原因分析及其控制	56
复习思考题	77
4 化工燃烧爆炸及其控制措施	78
4.1 化工生产的火灾爆炸危险性评价	78
4.2 燃烧和爆炸的类型及特征	103
4.3 惰化防火措施	115
4.4 可燃性三角图及应用	119
4.5 爆炸破坏的防护	123
4.6 泄压系统	124
复习思考题	133
5 化工职业危害分析与控制	134
5.1 职业卫生与职业病概述	134
5.2 工业毒物及职业中毒	135
5.3 生产性粉尘及其对人体的危害	144
5.4 潜在职业危害的辨识	146
5.5 潜在职业危害评价	147

5.6 职业危害的控制	151
复习思考题	152
6 化工单元操作安全技术	153
6.1 物料输送	153
6.2 熔融和干燥	158
6.3 蒸发和蒸馏	164
6.4 冷却、冷凝和冷冻	168
6.5 筛分和过滤	171
6.6 粉碎和混合	173
6.7 吸收	174
6.8 液-液萃取	179
6.9 结晶	183
复习思考题	187
7 典型化工过程安全技术及实例分析	188
7.1 化工工艺过程简介	188
7.2 空分过程安全技术	190
7.3 氧化反应过程安全技术	195
7.4 过氧化生产过程安全技术	200
7.5 还原反应过程安全技术	206
7.6 电解反应过程安全技术	208
7.7 聚合反应过程安全技术	212
7.8 裂解反应过程安全技术	217
7.9 硝化反应过程安全技术	224
复习思考题	229
8 化工设备安全技术	230
8.1 压力容器安全技术	230
8.2 管道安全技术	246
8.3 设备腐蚀及防护	253
8.4 设备维护与检修	257
8.5 化工安全检修	262
复习思考题	266
9 化工厂安全设计	267
9.1 厂址选择	267
9.2 厂区总平面布置	270
9.3 建(构)筑物安全工程	275
9.4 生产技术路线的安全设计	282

9.5 化工单元区域的安全规划	286
复习思考题	290
10 化工事故应急救援与处置	291
10.1 事故时危险区域的判定	291
10.2 事故的分级管理	295
10.3 化工事故应急救援	299
10.4 化工事故现场处置	306
复习思考题	314
参考文献	315

1 绪 论

1.1 化学工业在国民经济中的地位

化学工业是指生产过程中化学方法占主要地位的制造工业,是通过化学工艺(即化工生产技术)将原料转化为化学产品的工业。它是为满足人类生活和生产的需要发展起来的,并随其生产技术的进步不断地推动着社会的发展;也是一个历史悠久、行业和产品涉及广泛,在国民经济中占有重要地位的工业部门。

1.1.1 化学工业发展背景

现代化学工业始于 18 世纪的法国,随后传入英国。19 世纪以煤为基础原料的有机化学工业在德国迅速发展起来。但那时的化工规模不大,主要着眼于各种化学品的开发,而且当时的化工过程开发主要是以化学家率领、机械工程师参加进行的。19 世纪末至 20 世纪初,石油的开采和大规模炼油厂的兴建为石油化学工业的发展和化学工程技术的产生奠定了基础,以此产生了以“单元操作”为标志的现代化学工业。

20 世纪 60 年代初,新型高效催化剂的问世及新型高级装置材料和大型离心压缩机的投入使用,标志着化工装置大型化进程的开始,从而把化学工业推向了一个新的高度。此后,化学工业过程开发周期缩短 4~5 a,放大倍数达 500~20 000 倍。在化学工业进程中,其过程开发就是把化学实验室的研究结果转变为工业化生产的全过程。它包括实验室研究、模试、中试、设计、技术经济评价和试生产等许多内容,其核心是放大。由于化学工程理论的迅猛发展,中间试验不再是盲目的、逐级的,而是有目的地进行。化学工业过程开发的一个重要进展是可以用电子计算机对化学过程进行模拟和放大。中间试验不再像过去那样只是收集产生的关联数据,而是可以对模型进行数学检验并设计试验结果。目前化学工业开发的趋势是:不一定进行全流程的中间试验,对一些非关键设备和很有把握的过程不必试验,有些则可以用计算机在线模拟和控制来代替。现代的技术一日千里,20 世纪最后几十年的发明和发现,比过去 2 000 年的总和还要多。化学工业也是如此,在世界范围内取得了长足发展,化学工业渗透到了各个领域。化学工业的发展在很大程度上满足了农业对化肥和农药的需要;塑料和合成橡胶已在材料工业中占据主导地位;医药合成不仅在数量上而且在品种和质量上都有了较大发展。化学工业的发展速度已经超过国民经济的发展速度,而且化工产值在国民生产总值中所占的比例不断增加,化学工业已发展成为国民经济的支柱产业。

20 世纪 70 年代后,化学工业渗入了加工领域,生产技术面貌发生了显著变化。而且随

着化学工业技术的发展,在带给国民经济巨大效益的同时,也给环境、资源带来了很多问题。因此,能源、原料和环保就成为新时期化学工业所面临的挑战,从而使化学工业进入了一个更为高级的发展阶段。

在原料和能源供应日趋紧张的条件下,化学工业正在通过技术进步尽量减少其对原料和能源的消耗;为了满足整个社会日益增长的能源需求,化学工业正在努力提供新的技术手段,用化学的方法为人类提供更新更多的能源;而且为了自身的发展,化学工业也在开辟新的原料来源,为以后的发展奠定丰富的原料基础;再者,随着电子计算机的发展和应用,化学工业正在进入高度自动化的阶段;高新技术的应用也使其生产效率有了显著提高,并使其技术面貌发生了根本性的变化。化学工业因为有了新技术和新科技的应用,使其对环境的污染得到了进一步的控制,并为改善人类的生产条件作出了新的贡献。

目前,我国的化学工业已经发展成为一个有化学矿山、化学肥料、基本化学原料、无机盐、有机原料、合成材料、农药、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等 15 个行业的工业生产部门。化工产品达 2 万多种。由于化学工业所包括种类繁多,而且其本身具有易燃易爆、易中毒、易腐蚀等性质,故化学工业在促进工农业生产、巩固国防和改善人民生活等方面发挥重要作用的同时,也面临着安全生产和环境保护方面的责任。化学工业也应采用新的理论方法和新的技术手段保障生产安全和环境保护,做到安全生产和保护环境与化学工业同步发展,从而保障化学工业有序、安全地发展。

1.1.2 化工生产在国民经济中的重要地位

化学工业是国民经济的一个重要工业部门,它与国民经济各部门和人民生活各方面都有不可分割的联系。化学工业在国民经济中的主要作用有以下几个方面:

1) 化学工业促进了农业的发展

由于化学工业提供了大量的化肥、农药、塑料薄膜、排灌胶管和植物生长调节剂等,在农业增产中发挥了重要作用。最近 20 年,我国农业增产有 40% 是依靠化肥的作用。在农业生产中,选择好化肥的适宜用量和氮磷钾比例,就能取得农业增长的最佳效果。而且随着人民生活水平的提高,农业和畜牧业迅速发展,饲料工业及饲料添加剂的发展也越来越重要。

2) 可以提供大量优于天然物质的产品

合成橡胶、合成纤维在世界范围内都得到了广泛的应用,甚至它们的产量都超过了天然产品;塑料产量已逾 6 000 万 t,它们均在生产和生活中起到了重要的作用。而且上述三大合成材料具有质轻、易加工、耐磨损、耐腐蚀等优良性能,在许多特殊的应用领域是其他物质所不能代替的。

3) 化学工业促进了科学技术的进步

化学工业是技术密集型工业,对合成、分离、测定、控制等技术都要求很高,这就向机械工业、冶金工业、电子工业等部门提出了新的要求,从而促进了这些部门新技术的发展。当然,新技术的发展也相应推动了化学工业技术的进步。

4) 发展化学工业,能为社会节约大量能源

化学工业生产的产品比相同用途的金属单位能耗低很多。如聚苯乙烯塑料的能耗为 $100 \text{ kW} \cdot \text{h}$,而钢为 $145 \text{ kW} \cdot \text{h}$,铜为 $258 \text{ kW} \cdot \text{h}$,铝为 $793 \text{ kW} \cdot \text{h}$;再如制化肥包装袋的聚氯乙烯能耗为 $100 \text{ kW} \cdot \text{h}$,而牛皮纸为 $150 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。故用化工产品代替有色金属、黑色金属和其他非金属材料都可以节约大量能源。

5) 提高人民的生活水平

化学工业可以为人们提供各种各样的生活必需品,满足人们衣食住行等方面的需求,使人民的生活更加丰富多彩。同时,由于化学工业本身属于劳动密集型工业,也为人们提供更多的就业机会。

化学工业不仅具有以上重要作用,也对国民经济的发展作出了重要的贡献,为国家积累了大量资金。目前,世界上工业发达的国家竞相发展化学工业,以获得高额利润,我国在化学工业发展方面也作出了很大成绩,从而努力加快国民经济的发展。

1.2 化工生产的特点及危险性分析

1.2.1 化工生产的特点

化学工业是指以工业规模对原料进行加工处理,使其发生物理和化学变化而成为生产资料或生活资料的加工业。化工生产过程是指化学工业的一个个具体的生产过程,或者就是一个产品的加工过程。显然,化工生产过程最明显特征就是化学变化。

化学工业正逐步发展为一个多行业、多品种的生产部门,出现了一大批综合利用资源和规模大型化的化工企业。这些企业就其生产过程来说,同其他工业企业部门有许多共性,但化工生产在涉及产品、生产工艺要求和生产规模等方面又具有自己的特点。具体介绍如下:

(1) 化工生产涉及的危险品多

化工生产使用的原料、半成品和成品种类繁多,且绝大多数是易燃易爆、有毒、有腐蚀的危险化学品。我国已经列出的常见易燃、易爆物品计 1 243 种,世界常见毒物达 63 000 多种。而且由于化工生产是化学反应,在大量生产一种产品的同时,往往会产生出许多关联产品和副产品,这些关联产品和副产品大部分又是化学工业的重要原料,而且大部分属于易燃易爆、有毒、有腐蚀的危险化学品。这给生产中对这些原材料、燃料、中间产品和成品的储存和运输都提出了特殊的要求。

(2) 化工生产要求的工艺条件苛刻

化工产品种类繁多,每一种产品的生产不仅需要一种甚至几种特定的技术,而且根据原料和选择工艺的不同,化工生产的技术要求也不同,有些化学反应需要在高温、高压下进行,有的要在低温、高真空度下进行。例如:由轻柴油裂解乙烯,进而生产聚乙烯的生产过程中,轻柴油在裂解炉中的裂解温度为 800 °C;裂解气要在深冷(-90 °C)条件下进行分离;纯度为 99.99% 的乙烯气体在 294 MPa 的压力下聚合,制成高压聚乙烯树脂。

此外,化工生产也要求有严格的比例性和连续性。一般的化工产品的生产,对物料都有一定的比例要求,在生产过程中,上下工序之间,各车间、各工段之间,往往都需要有严格的比例,否则就会影响生产甚至会造成生产中断。

(3) 生产规模大型化

化工生产主要是装置生产,从原材料到产品加工的各个环节,都是通过管道输送,采取自动控制进行调节,形成一个首尾连贯、各环节紧密衔接的生产系统。对于这样的生产装置,化工生产可以长周期运转,生产效率高,便于调节控制;但其中任何一个环节发生故障,都有可能使生产过程中断。

近几十年来,国际上化工生产普遍采用大型生产装置。采用大型装置可以明显减低单位产品的建设投资和生产成本,有利于提高劳动生产率。因此,世界各国都在积极发展大型

化工生产装置。当然,也不是说化工装置越大越好,这里涉及技术经济的综合效益问题。例如,目前新建的乙烯装置和合成氨装置大都稳定在 30 万~45 万 t/a 的规模。

(4) 生产方式日趋先进

现代化工企业的生产方式已经从过去的手工操作、间断生产转变为高度自动化、连续化生产;生产设备由敞开式变为密闭式;生产装置由室内走向露天;生产操作由分散控制变为集中控制,同时也由人工手动操作发展到计算机控制,使在正常情况下的安全生产有所保障。

1.2.2 化工生产的危险因素分析

美国保险协会(AIA)对化学工业的 317 起火灾、爆炸事故进行调查,分析了主要和次要原因,把化学工业危险因素归纳为以下 9 种类型:

(1) 工厂选址

- ① 易遭受地震、洪水、暴风雨等自然灾害。
- ② 水源不充足或缺少公共消防设施的支援。
- ③ 有高湿度、温度变化显著等气候问题。
- ④ 受邻近危险性大的工业装置影响或邻近公路、铁路、机场等运输设施。
- ⑤ 在紧急状态下难以把人和车辆疏散至安全地。

(2) 工厂布局

- ① 工业设备和储存设备过于密集。
- ② 水源不充足或缺少公共消防设施的支援。
- ③ 在显著危险性和无危险性的工业装置间的安全距离不够。
- ④ 昂贵设备过于集中或对不能替换的装置没有有效的防护。
- ⑤ 锅炉、加热器等水源与可燃物工艺装置之间距离太小或有地形障碍。

(3) 结构

- ① 支撑物、门、墙等不是防火结构。
- ② 电气设备防护措施及防爆通风换气能力不足。
- ③ 控制和管理的指示装置无防护措施或装置基础薄弱。

(4) 对加工物质的危险性认识不足

- ① 在装置中原料混合,在催化剂作用下自然分解。
- ② 对处理的气体、粉尘等在其工艺条件下的爆炸范围不明确。

③ 没有充分掌握因误操作、控制不良而使工艺过程处于不正常状态时的物料和产品的详细情况。

(5) 化工工艺

- ① 没有足够的有关化学反应的动力学数据或对有危险的副反应认识不足。
- ② 没有根据热力学研究确定爆炸能量。
- ③ 对工艺异常情况检测不够。

(6) 物料输送

- ① 各种单元操作时对物料流动不能进行良好控制。
- ② 产品的标志不完全。
- ③ 风送装置内的粉尘爆炸或废气、废水和废渣的处理。
- ④ 装置内的装卸设施。

(7) 失误操作

- ① 忽略关于运转和维修的操作教育。
- ② 没有充分发挥管理人员的监督作用。
- ③ 开车、停车计划不适当。
- ④ 缺乏紧急停车的操作训练。
- ⑤ 没有建立操作人员和安全人员之间的协作体制。

(8) 设备缺陷

- ① 因选材不当而引起装置腐蚀、损坏及材料的疲劳。
- ② 设备不完善,如缺少可靠的控制仪表等。
- ③ 对金属材料没有进行充分的无损探伤检查或没有经过专家验收。
- ④ 设备在超过设计极限的工艺条件下进行。
- ⑤ 没有连续记录温度、压力、开停车情况及中间罐和受压罐内的压力变动。

(9) 防灾计划不充分

- ① 责任分工不明确。
- ② 装置运行异常或故障仅有安全部门负责,只是单线起作用。
- ③ 没有预防事故的计划及遇有紧急情况未采取得力措施。
- ④ 没有实行由管理部门和生产部门共同进行的定期安全检查。
- ⑤ 没有对生产负责人和技术人员进行安全生产的继续教育和必要的防灾培训。

1.3 化工事故的预防及控制理论

1.3.1 安全在化工生产中的重要地位

化工生产具有易燃易爆、易中毒、高温、高压、易腐蚀等特点,与其他行业相比,化工生产潜在的不安全因素更多,危险性和危害性更大,因而对安全生产的要求也更严格。

首先,安全是生产的前提条件。化工生产的特点决定其有很大危险性。一些发达国家的统计资料表明,在工业企业发生爆炸事故中,化工企业占 1/3。随着生产技术和生产规模的扩大,化工生产安全已成为一个社会问题。一旦发生火灾和爆炸事故,不但导致生产停顿、设备损坏、生产不能继续,而且会造成大量人身伤亡,甚至波及社会,产生无法估量的损失和难以挽回的影响。例如:2010 年 11 月 30 日,南京秦淮区一家稀土合金厂发生爆炸,造成 2 名工人受伤,100 多平方米的厂房被烧毁;再如,2010 年 10 月 11 日,匈牙利一家铝厂发生毒水泄漏,造成 8 人死亡,45 人受伤,并且造成污染面积达 40 km²,3 个村庄被淹没,大约 1 000 人被迫离开自己的家园,基于“二次泄漏”的威胁,匈牙利当局已预先让附近 3 000 多名居民搬离家园。

其次,安全生产是化工生产发展的关键。装置规模的大型化,生产过程的连续化无疑是化工生产发展的方向,但要充分发挥现代化工业生产优势,必须实现安全生产,确保长期、连续、安全运行,减少经济损失。2010 年 12 月 2 日,内蒙古区一家氯碱化工有限公司发生一起氯乙烯爆炸事故,造成 3 名工人当场死亡,1 名受伤人员送往医院抢救,化工厂责令停产改造,造成很大的人身伤害和经济损失。由于化工企业的重大伤害事故会造成人员伤亡,引起生产停顿、供需失调及社会不安,因此安全生产已成为化工生产发展的关键问题。

此外,在化工生产中,不可避免地要接触大量有毒化学物质,如苯类、氯气、亚硝基化合

物、铬盐、联苯胺等物质,极易造成中毒事件;同时,在化工生产过程中也容易造成环境污染。

随着化学工业的发展,特别是中国加入 WTO 后,各项工作与国际惯例接轨,化学工业面临的安全生产、劳动保护与环境保护等问题越来越引起人们的关注,这对从事化工生产安全管理人员、技术管理人员及技术工人的安全素质提出了越来越高的要求。如何确保化工安全生产,使化学工业能够确定持续的健康发展,是中国化学工业面临的一个亟待解决且必须解决的重大问题。

1.3.2 化工安全事故的预防和控制原则

1) 化工生产事故分类

我们称那些能够引起人身伤害、导致生产中断或国家财产损失的事件为事故。为方便管理,一般把事故分为以下几类:

① 生产事故。在生产过程中,由于违反工艺规程、岗位操作法或操作不当等原因,造成原料、半成品或成品损失的事故,称为生产事故。

② 设备事故。化工生产装置、动力机械、电器及仪表装置、运输设备、管道、建筑物、构筑物等,由于各种原因造成损坏、损失或减产等事故,称为设备事故。

③ 火灾爆炸事故。凡发生着火、爆炸造成财产损失或人员伤亡的事故均属于此列。

④ 质量事故。凡产品或半成品不符合国家或企业规定的质量标准;基建工程不按设计施工或工程质量不符合设计要求;机、电设备检修质量不符合要求;原料或产品保管不善或包装不良而变质;采购的原料不符合规格要求而造成损失,影响生产和检修计划的完成等,均为质量事故。

⑤ 其他事故。凡因其他原因影响或客观上未认识到以及自然灾害而发生的各种不可抗拒的灾害性事故,称为其他事故。

2) 化工事故特点

化工事故的特征基本上是由所用原料特征、加工工艺方法和生产规模所决定的。为了预防事故,就必须了解化工生产的一些特点:

① 火灾爆炸中毒事故多且后果严重。很多化工原料本身具有易燃易爆、有毒、有腐蚀性,这是导致火灾爆炸中毒事故频发的一个重要原因。根据我国近 30 年的统计资料表明,化工火灾爆炸事故的死亡人数占因工死亡人数的 13.8%,居第一位;中毒窒息事故占 12%,居第二位。化工生产中,反应器、压力容器的爆炸不但会造成巨大的损害,而且会产生巨大的冲击波,从而对附近建筑物产生巨大的冲击力,导致其崩裂、倒塌。而生产中管线和设备的损坏,会导致大量易燃气体或液体泄放,这样气体在空气中形成蒸气云团,并且与空气混合达到爆炸下限,还会随风漂移,在遇到明火的时候就会发生爆炸。

多数化学物品对人体有害,生产中由于设备密封不严,特别是在间歇操作中泄漏的情况很多,极易造成操作人员的急性和慢性中毒。而且现在化工装置趋于大型化,这样就使得大量化学物质处于工艺过程中或储存状态,一旦发生泄漏,人员很难逃离并导致中毒。

② 正常生产时易发生事故。据统计资料显示,正常生产时发生事故造成的死亡占因工死亡总数的 66.7%,而非正常生产活动仅占 12%。由于化工生产本身具有涉及危险品多、生产工业条件要求苛刻及生产规模大型化等特点,极易发生生产事故。比如:化工生产中有许多副反应生成,有些机理尚不完全清楚,有些则是在危险边缘附近进行生产的,这样生产条件稍一波动就会发生严重事故;化学工艺中影响各种参数的干扰因素很多,设定的参数很容易发生偏移,这样就会出现生产失调或失控现象,也极易发生事故。此外,由于人的素质

或人机工程设计等方面的问题,在操作过程中也会发生误操作从而导致事故发生。

③ 化工设备自身问题多。化工设备的材质和加工缺陷以及易蚀的特点也会导致化工生产事故频发。化工厂的设备一般都是在严酷的生产条件下运行的,腐蚀介质的作用,振动、压力波动造成的疲劳,高低温对材料性质的影响,这些都是安全方面应引起重视的问题。化工设备在制造时除了选择正确的材料外,还要求有正确的加工方法。防止设备在制造过程中劣化,从而成为安全隐患。

④ 事故的集中和多发。化工装置中高负荷的塔槽、压力容器、反应釜、经常开闭的阀门等,运转一定时间后,常会出现多发故障或集中发生故障的情况,这是因为设备进入到寿命周期的故障频发阶段。对待这样的情况,就要加强设备检测和监护措施,及时更换到期设备。

3) 化工安全事故的预防和控制原则

根据化学生产事故发生的原因和特点,采取相应的措施预防和控制化工安全事故的发生。主要预防和控制措施有:

① 科学规划及合理布局。要求对化工企业的选址进行严格规范,充分考虑企业周围环境条件、散发可燃气蒸气和可燃粉尘厂房的设置位置、风向、安全距离、水源情况等因素,尽可能地设置在城市的郊区或城市的边缘,从而减轻事故发生后的危害。

② 严把建厂审核和设备选型关。化工企业的生产房应按国家有关规范要求和生产工艺进行设计,充分考虑防火分隔、通风、防泄漏、防爆等因素;同时,设备的设计、选型、选材、布置及安装均应符合国家规范和标准,根据不同工艺流程的特点,选用相应的防爆、耐高温或低温、耐腐蚀、满足压力要求的材质,采用先进技术进行制造和安装,从而消除先天性火灾隐患。

③ 加强生产设备的管理。设备材料经过一段时间的运行,受高温、高压、腐蚀影响后,就会出现性能下降、焊接老化等情况,可能引发压力容器及管道爆炸事故。此外,还要做好生产装置系统的安全评价。

④ 严格安全操作。化工生产过程中的安全操作包括很多方面:首先,必须严格执行工艺技术规程,遵守工艺纪律;然后,严格执行安全操作规程,保证生产安全进行,员工人身不受到伤害;此外,还要做到在发现紧急情况时,先尽最大努力妥善处理,防止事态扩大,然后及时报告。

⑤ 强化教育培训且做好事故预案。化工企业从业人员要确保相对稳定,企业要严格执行职工的全员消防安全知识培训、特殊岗位安全操作规程培训并持证上岗、处置事故培训等,要制定事故处置应急预案并进行演练,不断提高职工业务素质水平和生产操作技能,提高职工事故状态下的应变能力。

⑥ 落实安全生产责任制并杜绝责任事故。从领导到管理人员,明确并落实安全生产责任制,特别是强化各生产经营单位的安全生产主体责任,加大责任追究力度,对严重忽视安全生产的,不仅要追究事故直接责任人的责任,同时还要追究有关负责人的领导责任,防止因为管理松懈、“三违”等造成事故。随着化工安全生产职责的明确,责任的落实,管理环节严谨,基本可以杜绝责任事故的发生。

⑦ 强化安全生产检查。每年组织有关部门对化工企业进行各种形式的安全生产检查,及时发现企业存在的各种事故隐患,开出整改通知书,责令企业限期整改;在安监部门监督整改的基础上进行及时复查,形成闭环管理,防止出现脱节。狠抓整改落实工作,对整改不

及时企业加大监督,暂扣安全生产许可证,明确一旦发生事故,将从重从严追究有关责任。

另外,还要重视日常检查,提高安全生产事故预见性和应急处理能力。总之,化工生产要牢记“安全为天、安全出速度、安全出效益”这一宗旨,强化安全管理,严格控制重大化工危险源,采取一定的预防和控制措施,保证化工生产安全有序进行。

1.3.3 化工生产的操作安全技术措施

安全生产存在于各个企业的整个生命周期之中。也就是说,从项目的立项审批、规划建设、安装施工、生产运行、产品储存销售、日常管理、职工生活的各个环节都要注意安全。针对化工安全生产的技术措施主要是关于生产操作、防火防爆、产品储存等方面的措施。具体介绍如下:

1) 生产操作安全

(1) 运行

- ① 严格按工艺规程和安全管理制度进行操作。
- ② 操作者必须遵守工艺纪律,不得擅自改变工艺指标,不得擅自离开自己的岗位。
- ③ 安全附件和联锁装置不得随意拆弃和解除,声、光报警等信号不能随意切断。
- ④ 在现场检查时,不准踩踏管道、阀门、电线、电缆架及各种仪表管线等设施;去危险部位检查,必须有人监护。
- ⑤ 严格安全纪律,禁止无关人员进入操作岗位和动用生产设备、设施和工具。
- ⑥ 正确判断和处理异常情况,紧急情况下,可以先处理后报告;在工艺过程或机电设备处在异常状态时,不准随意进行交接班。

(2) 开车

- ① 检查并确认水、电、汽(气)必须符合开车要求,各种原料、材料、辅助材料的供应必须齐备、合格。投料前必须进行分析验证。
- ② 检查阀门开闭状态及盲板抽加情况,保证装置流程畅通,各种机电设备及电气仪表等均应处在完好状态;保温、保压及洗净的设备要符合开车要求,必要时应重新置换、清洗和分析,使之合格。
- ③ 安全、消防设施完好,通信联络畅通,危险性较大的装置开车,应通知消防、医疗卫生部门到场。
- ④ 开车过程中要加强有关岗位之间的联络,严格按开车方案中的步骤进行,严格遵守升降温、升降压和加减负荷的幅度(速率)要求。
- ⑤ 开车过程中要严密注意工艺的变化和设备运行的情况,加强与有关岗位和部门的联系,发现异常现象应及时处理,情况紧急时应中止开车,严禁强行开车。

(3) 停车

- ① 正常停车必须按停车方案中的步骤进行。用于紧急处理的自动停车联锁装置,不应用于正常停车。
- ② 系统降压、降温必须按要求的幅度(速率)并按先高压后低压的顺序进行。凡需保压、保温的设备(容器)等,停车后要按时记录压力、温度的变化。
- ③ 大型传动设备的停车,必须先停主机、后停辅机。
- ④ 设备(容器)卸压时,要注意易燃、易爆、易中毒等化学危险物品的排放和散发,防止造成事故。

2) 防火防爆

(1) 化工生产装置

① 根据生产、使用化学物品的火灾和防爆危险性等级分类要求,其厂房布置、建筑结构、电气设备的选用、安装及有关的安全设施,必须符合《建筑设计防火规范》(GB 50016—2010)、《中华人民共和国爆炸危险场所电气安全规程》(试行)、《石油化工企业设计防火规范》(GB 50160—2008)等规范、规程的有关要求。

② 在工艺装置上有可能引起火灾、爆炸的部位,应充分设置超温、超压等检测仪表、报警(声、光)和安全联锁装置等设施。

③ 所有自动控制系统应同时并行设置手动控制系统;所有与易燃、易爆装置连通的惰性气体、助燃气体的输送管道均应设置防止易燃、易爆物质窜入的设施,但不宜单独采用单向阀。

④ 输送易燃物料时,应根据管径和介质的电阻率,控制适当的流速,尽可能避免产生静电。设备、管道等防静电措施,应按《化工企业静电接地设计技术规定》执行。

⑤ 各生产装置、建筑物、构筑物、罐区等工业下水出口处,除按规定做水封井外,尚应在上述区域与水封井间设置切断阀,防止大量易燃、易爆物料突发性进入下水系统。

(2) 动火、用火

① 应根据火灾危险程度及生产、维修、建设等工作的需要,经使用单位提出申请,厂安全、防火部门登记审批,划定“固定动火区”。固定动火区以外一律为禁火区。

② 在禁火区内,除生产工艺用火外,其他可产生火焰、火花和表面炽热的长期作业(如化验室用的电炉、电热器、酒精炉、茶炉等),均须办“用火证”,用火证的有效期限最多不许超过1a。生产区内禁止用电炉、煤气炉取暖、热饭等。

③ 在禁火区内使用电、气焊(割)、喷灯及在易燃、易爆区域使用电钻火花及炽热表面的临时性作业,均为动火作业,必须申请办理动火证。

④ 动火证上应清楚标明动火等级、动火有效期、申办证单位、动火详细位置、工作内容(含动火手段)、安全防火措施、动火分析的取样时间、取样点、分析结果、每次开始动火时间以及各项责任人和各级审批人的签名及意见。

3) 危险化学品储存

① 危险化学品储存应根据化学品的性质、危害程度和储存量,设置专业仓库、罐区储存场(所)。并根据生产需要和储存物品火灾危险特征,确定储存方式、仓库结构和选址。

② 危险化学品仓库、罐区、储存场应根据危险品性质设计相应的防火、防爆、防腐、泄压、通风、调节温度、防潮、防雨等设施,并应配备通讯报警装置和工作人员防护物品。

③ 装运易燃、剧毒、易燃液体、可燃气体等危险化学品,应采用专用运输工具。

④ 危险化学品装卸应配备专用工具、专用装卸器具的电器设备,应符合防火、防爆要求。

⑤ 根据化学物品特性和运输方式正确选择容器和包装材料以及包装衬垫,使之适应储运过程中的腐蚀、碰撞、挤压以及运输环境的变化。

⑥ 易燃和可燃液体、压缩可燃和助燃气体、有毒、有害液体的灌装,应根据物料性质、危害程度,采用敞开或半敞开式建筑物。灌装设施设计应符合有关防火、防爆、防毒要求。

化工生产必须将安全放在第一位,贯彻执行“安全第一,预防为主,综合治理”的方针,加强安全教育,强化安全管理,保护人们生命财产安全,保证经济效益的提高。在化工生产过

程中,做到严格遵守操作规程,防火防爆及化学品储运的安全,防止和减少事故的发生。

复习思考题

- 1.1 化工生产的特点是什么?
- 1.2 化学工业危险因素可归纳为哪几种类型?
- 1.3 化工生产中生产操作、防火防爆、产品储存等方面的安全技术措施有哪些?
- 1.4 化工安全事故的预防和控制原则有哪些?