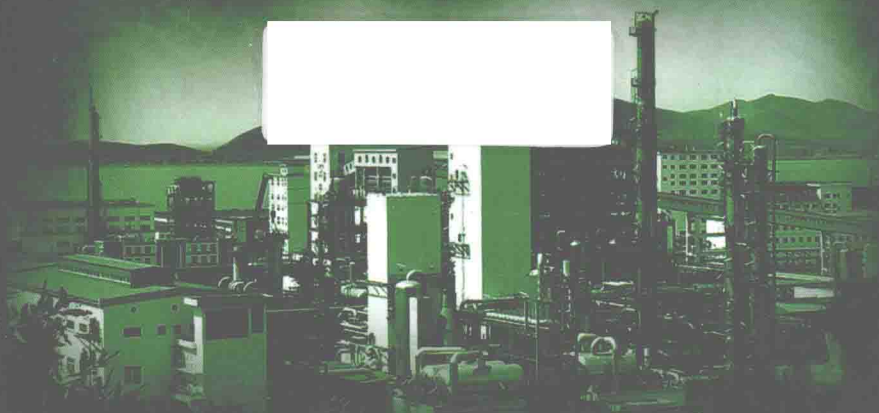


■ 高等学校理工科化学化工类规划教材

# 化工单元操作及工艺过程实践

PRACTICES OF UNIT OPERATIONS AND CHEMICAL PROCESSES

张述伟 主编



大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

■ 高等学校理工科化学化工类规划教材

# 化工单元操作及工艺过程实践

PRACTICES OF UNIT OPERATIONS AND CHEMICAL PROCESSES

主 编 张述伟

副主编 吴雪梅 殷德宏

编 者 张述伟 吴雪梅 殷德宏

张 健 韩志忠 何德民



大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

化工单元操作及工艺过程实践 / 张述伟主编. — 大连 :  
大连理工大学出版社, 2015. 6

ISBN 978-7-5611-9592-5

I. ①化… II. ①张… III. ①化工单元操作—高等学校—  
教材 IV. ①TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 246567 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 传真:0411-84701466 邮购:0411-84703636

E-mail:dutp@dutp.cn URL:<http://www.dutp.cn>

大连日升彩色印刷有限公司印刷

大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm  
2015 年 6 月第 1 版

印张:16

字数:365 千字

2015 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑:于建辉

责任校对:许蕾

封面设计:季强

ISBN 978-7-5611-9592-5

定价:32.00 元

# 前 言

认识实习和生产实习是化工类专业教学计划中的重要实践环节,是学生获得感性认识、拓宽基础知识、加强专业知识应用、培养自身学习能力、提高综合素质和创新能力的重要途径。随着高校对工程创新人才培养要求的不断提升,认识实习和生产实习已实现从单一的工厂实习到多元化教学模式的转变,国内许多高校也已建立了安全教育、单元操作及生产流程讲座、仿真实践、实习基地实习等教学实习模式,力求做到“看、学、做”三位一体,充分发挥感性认识与理性认识相辅相成的作用。这种教学实习模式的转变,将大大增加学生的实习信息量。

编写本书的目的,是为了满足认识实习、生产实习对实践类教材的需求,使学生感性认识与理性认识相结合,加深对实践认识的理解和理论升华。本书详细介绍了化学工业的发展及特点、化工安全生产知识、化工单元操作原理以及典型的化工工艺过程,如合成氨、催化裂化、常减压蒸馏、煤制甲醇、乙烯生产工艺等,最后对化工单元的仪表控制原理、工艺流程的事故处理等进行了仿真实训。本书融合了编者在工艺实践中的科研转化,如煤制甲醇工艺中的气体净化工艺。通过较完整的化工单元及工艺过程实践知识,培养学生的工程观念、探索创新精神,以及分析和解决工程实际应用问题的能力。同时,还重点强化了化工单元操作及工艺过程与仿真实践的紧密结合,充分训练学生自主学习的能力。

本书面向认识实习和生产实习,适用于化工与制药类、过程装备与控制工程类、环境科学类、生物工程类所涵盖的相关专业。

全书共5章,由以下作者共同编写:张述伟(第1章),吴雪梅(第3章),殷德宏(第2章,第4章3~5节),张健(第4章1、2节),韩志忠、何德民(第5章)。本书在编写过程中得到了许多教师和企业专家的大力支持,配套的仿真软件获得了东方仿真公司的使用授权,在此表示衷心感谢。

限于编者的水平,书中难免存在不足之处,恳请各位专家、学者和广大读者批评指正,以便进一步修订和完善。

邮箱: jcyj@dutp.cn

电话: 0411-84708947

编 者

2015年6月

# 目 录

## 第 1 章 绪 论 / 1

- 1.1 化学工业 / 1
- 1.2 化学工业的特点 / 1
- 1.3 注重化工实践,培养工程创新人才 / 2
- 1.4 认识实习的目的、内容和要求 / 3
  - 1.4.1 认识实习的目的 / 3
  - 1.4.2 认识实习的内容 / 3
  - 1.4.3 认识实习的要求 / 4
- 1.5 生产实习的目的、内容和要求 / 4
  - 1.5.1 生产实习的目的 / 4
  - 1.5.2 生产实习的内容 / 4
  - 1.5.3 生产实习的要求 / 5

## 第 2 章 化工生产安全知识 / 6

- 2.1 化工生产安全的重要性 / 6
  - 2.1.1 安全意识 / 6
  - 2.1.2 安全管理 / 6
  - 2.1.3 安全措施 / 7
  - 2.1.4 事故处理 / 7
  - 2.1.5 安全技术 / 7
  - 2.1.6 安全保障 / 8
- 2.2 化工生产的特点 / 8
  - 2.2.1 易燃、易爆性 / 8
  - 2.2.2 腐蚀严重、毒害性大 / 8
  - 2.2.3 化工生产装置事故发生的一般规律 / 8
- 2.3 化工安全生产规章制度 / 10
  - 2.3.1 贯彻安全生产方针 / 10
  - 2.3.2 安全生产基本要求 / 11
  - 2.3.3 化工安全禁令 / 12

- 2.4 化工生产防火防爆 / 13
  - 2.4.1 灭火的基本方法 / 13
  - 2.4.2 常用消防器材的适用范围和使用方法 / 13
  - 2.4.3 扑救火灾的一般原则及分类 / 14
- 2.5 车间安全用电 / 14
  - 2.5.1 车间安全用电要求 / 14
  - 2.5.2 触电伤害的形成 / 15
  - 2.5.3 触电急救方法 / 15
- 2.6 化工检修安全控制 / 15
  - 2.6.1 化工企业检修特点 / 16
  - 2.6.2 化工设备安全检修过程控制 / 16
- 2.7 机械事故造成的伤害与预防 / 18
  - 2.7.1 机械事故造成的伤害 / 18
  - 2.7.2 预防原则 / 18
  - 2.7.3 防治措施 / 18

## 第 3 章 化工单元操作原理 / 19

- 3.1 概 述 / 19
- 3.2 流体输送单元操作 / 20
  - 3.2.1 化工管路、管件和阀门 / 20
  - 3.2.2 液体输送设备 / 24
  - 3.2.3 气体输送设备 / 26
- 3.3 传热单元操作 / 28
  - 3.3.1 直接接触式换热器 / 29
  - 3.3.2 蓄热式换热器 / 29
  - 3.3.3 间壁式换热器 / 30
- 3.4 蒸发单元操作 / 33

- 3.5 分离单元操作 / 33
  - 3.5.1 机械分离单元操作 / 33
  - 3.5.2 传质分离单元操作 / 37

#### 第4章 化工工艺过程原理 / 47

- 4.1 合成氨生产工艺 / 47
  - 4.1.1 氨的介绍 / 47
  - 4.1.2 合成氨生产中的安全提示 / 49
  - 4.1.3 合成氨原料的来源 / 49
  - 4.1.4 天然气制氢合成氨工艺(凯洛格流程) / 50
  - 4.1.5 合成氨生产工艺流程 / 51
- 4.2 催化裂化工艺 / 65
  - 4.2.1 石油化工产业布局 / 65
  - 4.2.2 催化裂化装置生产流程及说明 / 67
  - 4.2.3 炼油小常识 / 82
- 4.3 原油常减压蒸馏工艺 / 84
  - 4.3.1 概述 / 84
  - 4.3.2 原油预处理工艺 / 85
  - 4.3.3 原油蒸馏的类型 / 87
  - 4.3.4 原油加工方案及加工流程 / 89
  - 4.3.5 原油常减压蒸馏工艺流程 / 92
- 4.4 煤制甲醇工艺 / 99
  - 4.4.1 概述 / 99
  - 4.4.2 空分分离工艺 / 104
  - 4.4.3 煤储运工艺 / 108
  - 4.4.4 Shell(壳牌)气流床气化工艺 / 108
  - 4.4.5 耐硫变换工序 / 124
  - 4.4.6 低温甲醇洗(酸性气体脱除)工艺 / 126
  - 4.4.7 合成气压缩工序 / 131
  - 4.4.8 甲醇合成工序 / 132

- 4.4.9 粗甲醇精馏工序 / 134
- 4.4.10 公用工程部分 / 136
- 4.4.11 制冷工序 / 137
- 4.4.12 硫黄回收工序 / 138
- 4.4.13 氢气回收工序 / 144
- 4.5 乙烯生产工艺 / 145
  - 4.5.1 乙烯生产概述 / 145
  - 4.5.2 管式裂解炉裂解与预分馏 / 151
  - 4.5.3 裂解气的压缩净化系统 / 154
  - 4.5.4 裂解气的精馏系统及深冷分离流程 / 166

#### 第5章 化工过程仿真培训 / 182

- 5.1 化工仪表简介 / 182
  - 5.1.1 检测仪表 / 182
  - 5.1.2 变送器 / 190
  - 5.1.3 控制仪表 / 191
  - 5.1.4 执行器 / 194
- 5.2 控制系统 / 196
  - 5.2.1 简单控制系统 / 196
  - 5.2.2 复杂控制系统 / 197
- 5.3 集散控制系统(DCS) / 202
  - 5.3.1 DCS的硬件构成 / 202
  - 5.3.2 DOS的功能层次结构 / 204
- 5.4 单元操作 / 205
  - 5.4.1 离心泵 / 205
  - 5.4.2 液位控制系统 / 208
  - 5.4.3 离心式压缩机 / 212
  - 5.4.4 列管换热器 / 216
  - 5.4.5 精馏塔 / 219
  - 5.4.6 吸收-解吸单元 / 224
  - 5.4.7 间歇反应釜 / 230
- 5.5 典型流程 / 233
  - 5.5.1 甲醇合成工艺 / 233
  - 5.5.2 甲醇精制工艺 / 242

## 绪 论

### 1.1 化学工业

化学工业是原料经过物理加工或化学反应过程生产出所需产品的工业。化学工业按照产品分类,可分为无机化工、有机化工、高分子化工、精细化工等,它是国民经济的支柱产业,为其他工业部门提供必要的物质基础,在衣食住行、农业、工业、国防、能源、医药、环保等领域发挥着重要作用。而广义的化学工业涵盖了环境化工、生物化工、化工机械及自动化、化工技术经济、化工安全等多方面。

化学工业的发展史可以追溯到远古时代。公元前,制陶、酿造、冶炼、火药等化学加工方法已经开始影响人们的生活;18世纪,硫酸和纯碱生产开启了化学工业形成和发展的序幕;20世纪60年代,现代化学工业以合成氨工艺为开端,乙烯工业为发展标志,带动了有机化工、石油化工、高分子化工和精细化工的发展。随着技术进步,生产规模及装置趋于大型化,推动了生产过程控制和系统优化的发展。

一般地,化工生产过程由化学反应和非化学反应两部分构成。其中,化学反应是化工生产的核心,但非化学反应(也称为过程工业)常占据化工生产的投资和操作费用的绝大部分。化工生产过程常需要通过化学工艺和化学工程的密切配合完成。化学工艺以产品为目标,经过原料预处理、化学反应、产品精制等过程,将原料转变为产品。化学工艺通常针对一定的产品或原料提出,例如煤制甲醇工艺,是指以煤为原料的原料气制备及净化、甲醇合成、甲醇精制等工艺过程,具有个别生产的特殊性。化学工程研究化学工业和其他过程工业中所进行的化学过程和物理过程的共性规律,以“三传一反”(即动量传递、热量传递、质量传递、反应工程)等为理论基础,解决过程及装置的开发、设计、操作及优化的理论和方法问题。化学工程为化学工艺提供解决工程问题的理论基础,化学工艺从工艺创新和技术进步方面丰富了化学工程的原理和共性规律。

### 1.2 化学工业的特点

化学工业规模大、涉及面广、消耗能源及物质资源、影响环境,属于资源、资金、技术等密集型的重工业行业。它具有如下特点:

#### 1. 原料、产品和技术综合性强

化学工业涉及上万种产品,每一种产品的物理、化学性质不同,原料来源也多种多样,

如一个化工过程的联产或副产品常可作为另一个化工过程的原料,因此采用的生产技术和工艺流程各不相同,不同化工过程之间存在纵向、横向联系。原料来源、生产技术、设备的多样性,使得化工生产过程需要综合运用化学工程、化学工艺、化工机械及自动控制、化工安全等多方面的技术和知识。

## 2. 资源和能源消耗高

煤、石油、天然气等不可再生资源既是重要的化工原料,又是主要的燃料和动力。化学反应过程也是能量转移的过程。对化工过程进行用能分析和能量系统优化,不断采用新工艺、新技术,节约并合理利用资源和能源,是提高现代化化工生产竞争力的重要措施。

## 3. 生产规模大,技术、资金密集

化工生产工艺流程长、生产设备多,自动化程度高,从原料到产品加工的各环节,常通过管道输送、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。任何一个系统发生故障,都有可能中断生产过程。化学工业的复杂性常要求化工生产多学科合作,技术复杂而更新快,因此设备投资、运行以及研发费用较高,是知识、技术、资金密集型行业。

## 4. 实验和计算并重

传统的化学工业是实验/实践性行业。各种宏观定量规律的揭示,原子、分子量级的微观定量方法的建立,过程系统设计与优化理论的完善,使化工计算和化工设计的应用更加广泛,实践与计算密切配合,优化化工生产。

## 5. 安全生产要求严格

化学工业常使用易燃、易爆、毒性、腐蚀性的原料,伴随高温、高压的操作条件,因此不安全因素很多,需要严格按照工艺规程和岗位规范操作,否则就容易发生事故。高度重视安全问题是化工生产稳定运行的重要保证。

## 6. 影响环境

化学工业生产过程中,“三废”(即废水、废气、废渣)排放量大,有毒有害,造成环境污染。开发绿色化学、环境友好等方面的研究成果,积极推进清洁生产,推广污染治理新技术,实现生态环境与化工生产的协调发展,才能实现社会经济的可持续发展。

21世纪以来,随着国民经济的发展,资源和环境问题的日臻严重,化学工业面临着新的挑战。节流开源,一方面采用高新技术改造传统的化工工艺,以提高资源的利用率,减少污染物排放;另一方面利用可再生资源 and 能源、开发新工艺、新产品和新技术,满足化学工业对资源和能源消耗的需求。化学工业将从传统的原料工业转变成一个以新材料、精细化学品、专用化学品、生物技术、催化技术、新能源、新资源开发为主题的高新技术产业。

# 1.3 注重化工实践,培养工程创新人才

知识、素质和创新都源于实践。高等工程教育的核心是对学生工程实践能力的培养。进入21世纪,现代化学工业的精细化、高科技化、绿色化等发展趋势,全球化可持续发展的实施以及市场经济的竞争,促使我国高等教育发生深刻变革,国内工程教育专业认证体系建立,并逐步与国际工程教育认证接轨,教育部卓越工程师培养计划的构建,人才市场化的进步等,使高校实践类课程如何能够满足工程教育的要求,成为化工高等教育面临的



新课题。

化工生产实践,是拓宽基础知识、加强专业知识应用、培养自主学习能力、提高综合素质和创新能力、培养工程创新人才的有效途径。通过大学低年级的认识实习,可以促进工融合,学生可以将所学的化学基础理论知识,与其在实际化工生产中的应用联系起来。通过初步了解化学(化工)产品的生产过程和化工厂概况,了解化学工业在国民经济中的重要地位、生产操作原理、典型单元操作设备的基本结构及用途,了解流程控制的基本概念和流程操作规范,初步建立化工实际生产知识、工程观念和经济管理观点,为学习化工专业理论和工程技术课程提供必要的感性认识。通过大学高年级的生产实习,学生可以巩固、验证和深化已学到的理论知识,进一步在实践中获得生产实际知识。熟悉化工产品的生产工艺和设备,正确理解和掌握工艺原理和方法,收集生产实际数据进行典型设备的工艺计算,绘制化工流程图、设备图,学习流程控制方案。这些实践训练可全面地培养学生分析问题、解决问题和独立工作的能力。有利于增强化工实际生产知识和经济管理模式,培养工程观念,强化学生的安全生产管理规范和化工生产过程的事故防治、处理方法和经验。通过化工实践,让学生接触实际化工生产,还可以增强劳动观念,加强建设社会主义的事业心和责任感,培养学生的综合素质。

建立新型的化工实践体系,将单元操作设备及原理、典型化工生产流程、仿真实习化工流程及控制方案相结合,可以增强学生对化工生产过程的感性认识,加深对理论知识的综合应用和理解。通过充分发挥实践在培养学生兴趣和探究未知世界欲望的作用,为培养创新人才和卓越工程师奠定基础。

## 1.4 认识实习的目的、内容和要求

### 1.4.1 认识实习的目的

认识实习是针对低年级学生的重要实践教学过程,通过认识实习可以结合化工单元操作的岗位要求,进行化工生产基本操作技能的训练。其目的是:

- (1)初步了解化学(化工)产品的生产过程和化工厂概况。联系所学基础理论知识,了解其在生产实际中的应用情况,进一步理解化学工业在国民经济中的重要地位,建立社会责任感;
- (2)了解典型单元操作设备的基本结构及用途,了解生产操作、控制原理和生产装置情况,为学习工程技术、专业理论知识等课程提供必要的感性认识;
- (3)培养一定的工程观念、树立一定的化工实际生产知识和经济管理观点;
- (4)了解化工生产过程的安全知识,安全生产管理规范,建立安全操作意识。

### 1.4.2 认识实习的内容

- (1)校内认识实习讲座:单元操作设备介绍,煤制甲醇工艺流程介绍;
- (2)校内认识实习基地参观学习,按班进行,完成现场答卷;
- (3)校内仿真实习,按班进行,完成单元操作开停车及事故处理的上机操作及考核;
- (4)校外实习基地参观,分批进行。主要内容是:了解煤制甲醇的生产过程;了解工艺

过程、生产原理、原料来源、产品指标；了解设备名称、组成结构、作用原理、操作条件以及控制方法等；了解煤制甲醇生产过程中的安全知识和安全生产管理规范。

(5)完成实习报告。在认真听取讲课、介绍和讲解、现场实习参观的基础上，独立完成实习报告，内容包括：

- ①典型单元操作设备的主要结构及用途(至少画出两个典型单元设备结构图)；
- ②重要实习部分的工艺流程图和概要说明；
- ③校外实习基地参观的主要内容；
- ④化工生产过程的安全生产管理规范，安全知识，事故的防治、处理方法和经验；
- ⑤实习收获和体会，对认识实习课程的建议等。

### 1.4.3 认识实习的要求

- (1)认真听取有关单元操作设备的讲课，做好笔记；
- (2)虚心向生产实际学习，向工程技术人员及工人师傅学习，勤学好问，认真做好笔记；
- (3)认真完成规定的学习内容，坚持理论与实际相结合；
- (4)严格执行学生守则，遵守学校和工厂的各项规章制度。

## 1.5 生产实习的目的、内容和要求

### 1.5.1 生产实习的目的

生产实习是针对高年级学生教学过程的重要环节之一。通过生产实习可以更好地贯彻实践与理论相结合的教学原则，使学生在实践中获得生产实际知识。培养学生分析问题、解决问题的能力和独立工作的能力。有利于增强化工实际生产知识和经济管理模式，培养工程观念，了解化工生产设备及工艺流程，为学习工程技术、专业理论以及其他课程打下良好的基础。强化学生的安全生产管理规范和化工生产过程事故防治、处理方法和经验。通过生产实习，让学生接触实际，增强劳动观念，提高实习质量，加强事业心和责任感，提高和培养学生的综合素质和能力。

### 1.5.2 生产实习的内容

- (1)深入了解所在车间的生产工艺流程，反应原理及操作规程，绘制车间生产工艺流程图(PFD图，计算机制图)；
- (2)了解主要设备结构、性能、材质及选材依据，绘制典型装置设备图(计算机制图)；
- (3)了解主要原料及产品的各项技术指标、分析方法及控制方法，绘制典型单元带控制点的工艺流程图(PID图，计算机制图)；
- (4)学习生产管理、质量管理、经济核算和企业改革等；
- (5)学习安全生产管理规范和化工生产过程事故防治、处理方法和经验；
- (6)选择1~2个典型设备进行物料衡算和能量衡算，并进行生产能力的核算。在此基础上提出一个或多个工艺改革方案；

(7)了解生产中能源综合利用情况与节能措施,学习和树立节能增效意识。

### 1.5.3 生产实习的要求

(1)认真组织学生学习实习计划,实习大纲,明确实习目的、要求和方法。认真做好下厂前的安全教育工作;

(2)要求每个学生必须有严格的组织性、纪律性,坚决服从班干部、带队老师、工厂技术人员的分配,听从指挥;

(3)增强安全意识,认真学习入厂安全教育课,进厂穿工作服,戴安全帽,不要穿钉子鞋;

(4)进厂不准动生产阀门和其他一切生产设备,以免发生产品质量意外和其他责任事故;

(5)认真仔细地观察主要岗位工艺生产路线,主要设备的性能及控制点的控制方法,写好实习日记;

(6)厂内不准抽烟、喝酒。严格执行学习守则,遵守学校和工厂的各项规章制度,做到文明礼貌,互相帮助、互相学习;

(7)虚心向工人师傅学习,向生产实践学习。学习工人师傅的优秀思想品德和丰富实践经验;

(8)实习期间必须严格执行请假制度。未经允许不得擅自离开岗位,实习期间没有特殊情况不得请事假;

(9)实习结束写出完整的实习报告。

## 化工生产安全知识

### 2.1 化工生产安全的重要性

安全是人类最重要、最基本的需求,是人民生命与健康的基本保证,一切生活、生产活动都源于生命的存在。安全是民生之本、和谐之基。安全生产始终是各项工作的重中之重,在化工生产过程中安全更是重中之重。

化工生产的原料和产品多易燃、易爆,具有毒性及腐蚀性;化工生产特点多是高温、高压或深冷、真空;化工生产过程多是连续化、集中化、自动化、大型化;化工生产中安全事故主要源于泄漏、燃烧、爆炸、毒害等。因此,化工行业已成为危险源高度集中的行业。由于化工生产中各个环节不安全因素较多,且相互影响,一旦发生事故,危险性和危害性大,后果严重。所以,化工生产的管理人员、技术人员及操作人员均必须熟悉和掌握相关的安全知识和事故防范技术,并具备一定的安全事故处理技能。

#### 2.1.1 安全意识

安全意识在化工生产中尤为重要。要具备一定的安全意识,就需要多了解一些化学物质的性能特征。任何化学物质都具有一定的特点和特性:如酸类、碱类有腐蚀性,除能给装置设备造成腐蚀外,还能给接触人员造成化学灼伤;有的酸还有氧化的特性,如硫酸、硝酸;又如易燃液体,它们的一个通性是易燃易爆,另一个通性是具有一定的毒性,有的毒性较大。另外,处于化工过程中的物质不断受到热的、机械的(如搅拌)、化学的(参与化学反应)多种作用,而且是在不断的变化中。而有潜在危险性的物质耐受能力是有限的,超过其极限值就会发生事故。因此了解参与化工生产过程的原料的物化性质极其必要,掌握它们的通性及特性才能在实际生产中做好安全预防措施,否则就会造成意想不到的后果。

#### 2.1.2 安全管理

安全管理是为贯彻执行国家安全生产的方针、政策、法律和法规,确保生产过程的安全而采取的一系列组织措施。安全管理就是要坚持以人为本,贯彻安全第一、预防为主的方针,依法建立健全具有可操作性、合理、具体、明确的安全生产规章制度,使之有效、合理、充分地发挥作用,及时消除事故隐患,保障项目的施工生产安全。事实证明,安全生产

做起来很难,尤其是坚持。因为不仅涉及经济利益,还常受到人的思维惯性和惰性影响,以致人们对安全管理的重要性认识经常是“说起来重要,干起来次要,忙起来不要”,从而造成了很多安全隐患。

### 2.1.3 安全措施

管理方应在施工前要采取必要的安全措施,比如设置安全标志等。针对不同的生产过程要采取不同安全防范措施。如设置专、兼职安全管理员,配备专用消防器材,架设安全护网护栏,树立安全警示标志,根据需要配置安全帽、绝缘衣鞋,按要求修建爆破材料仓库,配备必要的医疗和急救人员、药品和设施,采取适当措施保证饮用水的安全。还要根据工程的施工期和结构的特殊性,专门采取必要的安全防范措施。

### 2.1.4 事故处理

事故处理方面,应做到以下几点:

- (1)注意把握现场急救的机会;
- (2)尽快处理安全问题后遗症,恢复施工;
- (3)及时调查事故原因,追究责任,杜绝下次事故发生的可能;
- (4)及时上报安全事故,对事故原因一定不能隐瞒。

案例:某化工厂在检修浓硫酸计量槽的作业中,由于不懂浓硫酸的特性,对该计量槽进行水洗后,动焊,结果造成爆炸事故,一死群伤,厂房部分受损。其原因是浓硫酸对钢材不腐蚀,在其表面形成氧化膜,起到保护作用;而用水稀释后,浓硫酸转化为稀硫酸与计量槽的钢材发生化学反应,产生氢气,而引发事故的发生。其预防措施:应彻底清洗,动火前进行气体取样分析。

### 2.1.5 安全技术

生产过程中存在着一些不安全或危险因素,危害着工人的身体健康和生命安全,同时也会造成生产被动或发生各种事故。为了预防或消除对工人健康的有害影响和各类事故的发生、改善劳动条件,而采取各种技术措施和组织措施,这些措施的综合叫作安全技术。

安全技术是劳动保护科学的重要组成部分,是一门涉及范围广、内容丰富的边缘性学科。它是生产技术发展过程中形成的一个分支,与生产技术水平紧密相关。随着化工生产的不断发展,化工安全技术也随之不断充实和提高。安全技术的作用在于消除生产过程中的各种不安全因素,保护劳动者的安全和健康,预防伤亡事故和灾害性事故的发生。采取以防止工伤事故和其他各类生产事故为目的的技术措施,其内容包括:

- (1)直接安全技术措施,即使生产装置本质安全化;
- (2)间接安全技术措施,如采用安全保护和保险装置等;
- (3)提示性安全技术措施,如使用警报信号装置、安全标志等;
- (4)特殊安全技术措施,如限制自由接触的技术设备等;
- (5)其他安全技术措施,如预防性实验、作业场所的合理布局、个体防护设备等。

## 2.1.6 安全保障

工艺规程、安全技术规程、操作规程是化工企业安全管理的重要组成部分,在化工厂称其为“三大规程”。它是指导生产、保障安全的必不可少的作业法则,具有科学性、严肃性、技术性、普遍性。这是衡量企业科学管理水平的重要标志,然而有的企业就认为有与没有一个样,只要能生产就行。这是一个典型的化工生产“法盲”,他们不知这“三大规程”中的相关规定是前人从生产实验、实践中得来,以致用生命和血的代价编写出来的,具有其特殊性、真实性。在化工生产中人人都不能违背,否则将受到惩罚。有的企业领导曾说:“我们以前就是这么干的(这种做法实际上是违章的),没出过什么事,不要紧”。这种麻痹思想绝对要不得,尤其是作为企业的负责人。违章不一定出事故,但是出现事故的必然是违章造成的。通俗地讲,多次违章必然会发生事故,多次小的事故发生,必然酝酿着重大事故的萌芽,所以在生产中应做到安全工作超前管理、超前控制。

## 2.2 化工生产的特点

### 2.2.1 易燃、易爆

化工生产使用的原料、半成品和成品种类繁多,绝大部分是易燃、易爆、有毒害、有腐蚀性的危险化学品,给生产中的原材料、燃料、中间产品和成品的储存和运输都提出了特殊的要求。

据统计,目前世界上已有化学物品六百多万种,70%以上具有易燃、易爆和易引起中毒、腐蚀、有毒害的特性。如合成氨生产中的氨、一氧化碳、硫化氢,有机合成生产中的甲醇、甲醛、乙醇、三氯化磷、苯和氨基化合物等,都属于易燃、易爆、有毒害、有腐蚀性的化学危险物品。尽管这些化学物品给人们的生产生活带来了巨大的利益,但是如果管理不当,或生产过程中出现失误,就会引发火灾、爆炸、中毒或烧伤等事故。

### 2.2.2 腐蚀严重,毒害性大

化工生产中的物料,许多是具有腐蚀性,甚至是强腐蚀性的,如硫酸、硝酸、盐酸、氯气、烧碱等。它们不但对设备具有很强的腐蚀作用,而且还有可能引起操作人员的灼伤。化工生产中有毒有害物质是普遍存在的,如氰化物、硫化物、氟化物、氢氧化物及烃类等,有些属于一般性毒害物,但还有很多是高毒和剧毒的,如果这些物质发生泄漏,并超过允许浓度时,就会严重影响操作人员的身心健康,甚至造成人员中毒或死亡。

### 2.2.3 化工生产装置事故发生的一般规律

化工生产装置事故具有爆炸、回火、复燃等突变因素,但也是有一定规律可循的。认真分析研究其发生规律,可以有助于把握事故处置的主动权。化工生产装置事故发生的一般规律有以下几种情况:

### 1. 泄漏后未发生爆炸

消防车辆到场后,如现场情况是化学危险品泄漏后未发生爆炸,这种情形一般是:

- (1) 泄漏危险介质浓度未达到爆炸浓度范围;
- (2) 已达到爆炸浓度,但扩散区无火源;
- (3) 泄漏物为非爆炸性危险品;
- (4) 泄漏物向空中高速喷料设备静电接地良好等情况下形成的。

但这种情况也是极其危险的,如果认识、判断不准或处置不当,极有可能发生爆燃、爆炸、着火、中毒,造成人员伤亡。判断方法一般是通过询问、观察(颜色、浓度)、仪器检测来确定物料的性质、浓度、扩散范围,同时尤其要注意物料是否有流入下水道或在低洼处积聚的可能性。

### 2. 爆炸后未持续燃烧

造成的原因主要有:

- (1) 爆炸后泄漏可燃物料未达到爆炸浓度下限;
- (2) 爆炸后可燃物料已燃尽;
- (3) 冲击波使火焰熄灭;
- (4) 泄漏源已控制或可燃物料在空间内沉积未遇到火源。

如处置不当可能发生二次爆炸。

### 3. 泄漏后爆炸、着火

造成的原因主要有:

- (1) 高温可燃物料从生产装置喷出直接爆炸、爆燃;
- (2) 装置、管道内物料泄漏后,遇火源发生爆炸、着火;
- (3) 物料高速喷出,大面积泄漏遇外来火源;
- (4) 爆炸后形成多火点着火等。

其主要的危险是可能出现多次爆炸。

### 4. 着火后未发生爆炸

造成的原因主要有:

- (1) 容器、管道等装置泄漏口不大;
- (2) 泄漏量趋于稳定;
- (3) 管道压力基本恒定;
- (4) 工艺措施(减速、减压、控制、控温、稀释、吹扫、放空、疏转)有效;
- (5) 冷却有效等因素。

在这种情形下要警惕突变。

### 5. 着火与爆炸交替进行

造成的原因主要有:

- (1) 装置反应失控,爆炸、着火后装置损坏严重;
- (2) 泄漏量多、扩散范围广;
- (3) 燃烧面积大、辐射热强;
- (4) 装置密集、间距小;燃烧猛烈、冷却效果不明显;

(5)处置方法不当、灭火剂选用不正确等。

这种情形对施救人员威胁很大。

### 6. 高温、高压,工艺条件苛刻

化工生产离不开高温高压设备。例如合成氨,80%以上是压力容器,合成塔压力32.0 MPa。有些化学反应在高温下进行,有些要在低温、高真空度下进行。如:在轻柴油裂解制乙烯、聚乙烯的生产中,轻柴油在裂解炉中的裂解温度为800℃;裂解气要在深冷(-96℃)条件下进行分离;纯度为99.99%的乙烯气体在294 kPa压力下聚合;原油减压蒸馏在真空下进行等。

### 7. 生产方式的高度自动化与连续化

化工生产已经从过去落后的手工操作、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;生产装置从室内变为露天;生产操作由分散控制变为集中控制,同时,也由人工手动操作变为仪表自动操作,进而又发展为计算机控制。连续化与自动生产是大型化生产的必然结果,但控制设备也有一定的故障率。据美国石油保险协会统计,控制系统发生故障而造成的事故占炼油厂火灾爆炸事故的6.1%。

20世纪70年代初,我国陆续从日本、美国、法国等国家引进了一批大型现代化的石油化工装置。如30万吨级乙烯、合成氨、化纤等生产装置,使我国的化工生产水平和技术水平有了很大的提高。特别是使我国的化工原料基础由粮食和煤转为石油和天然气,使我国的化学工业结构、生产规模和技术水平都发生了根本性的变化。

正是因为化工生产具有以上特点,安全生产在化工行业就更为重要。一些发达国家的统计资料表明,在工业企业发生的爆炸事故中,化工企业占了1/3。

### 8. 三废多,安全隐患多

化工生产“三废”(即废气、废水、废渣)多,污染严重,节能减排任务繁重。这就要求化工生产过程中采用绿色工艺。有不少厂家,尤其是中小型民营企业,对其使用的化工原料的物化性质、危险特性、健康危害、急救方法、基本防护措施、泄漏处理、储存注意事项等方面知识了解甚少,或干脆不清楚。如一硫酸生产厂家,对使用的催化剂五氧化二钒( $V_2O_5$ )了解甚少,以致不知道该物质为剧毒品,当然在实际实用过程中,更谈不上对其的管理和防护,由此给生产造成了安全隐患。

## 2.3 化工安全生产规章制度

### 2.3.1 贯彻安全生产方针

“安全第一,预防为主”的安全生产基本方针,高度集中地概括了安全工作的目的和任务,正确地反映了安全与生产的辩证统一关系,“安全第一”是指在看待和处理安全与生产以及其他各项工作关系时,要强调安全,要把保证安全放在一切工作的首要位置。“安全第一”就是告诉一切管理部门和生产企业的领导者,要高度重视安全,要当头等大事来抓。“预防为主”是实现“安全第一”的前提,要实现“安全第一”,就要做到“预防为主”,防患于未然,把安全事故和职业危害消灭在发生之前,否则,“安全第一”就成了一句空话。



长期以来,我国安全管理工作主要依靠行政手段。而实践表明,这种做法对全面落实安全生产方针,推动安全生产工作是十分软弱的。这些部门和单位无视安全法规,有法不依,有章不循,安全管理混乱,尘毒危害严重,伤亡事故不断发生,职工的安全和健康得不到保障。因此,要彻底解决安全生产中存在的问题,必须走上法制的轨道,加强国家劳动安全卫生监察,只有这样才能推动安全生产方针得到全面落实。

### 2.3.2 安全生产基本要求

要做好安全生产工作,就必须强化安全管理制度,制订安全生产要求。其目的是为了维护公司的正常秩序,防止各类事故发生,保证职工安全和企业财产不受损失。

(1)所有进入公司的人员都必须遵守公司规章制度,非本公司人员进入公司要办理出入证,本公司员工必须佩带工作证方可进入厂区;

(2)新进公司的员工,必须接受公司、车间、班组三级教育,考试合格后方可上岗;

(3)工作时间不准脱岗、睡岗、干私活及从事与生产无关的事情;不是自己分管的设备和工具未经许可不准私自动用;

(4)各种安全标志、装置要经常检查,保证完好,未经许可不准动用;

(5)进入生产岗位必须按规定穿戴好劳保用品,班前、班上不准喝酒;

(6)严格执行工艺指标和设备管理要求,不准违反操作规程;

(7)维修设备必须遵守安全、检修制度和有关规程;登高作业必须按规定办理审批手续;

(8)各种设备启动前必须仔细检查,确认无误后方可使用,因故离开现场,必须停车断电;

(9)厂区内道路必须保证畅通,车间不准占用道路,严禁违章指挥及作业;

(10)加强明火管理,生产厂区严禁带入火种,进入厂区的车辆排气口必须戴防火帽,随车人员必须交出烟火;

(11)防止违章动火须知:

①没有批准动火证,任何情况下,严禁动火;

②不与生产系统隔绝,严禁动火;

③设备管道不进行清洗置换、置换不合格,严禁动火;

④不做动火分析、不把周围易燃物质清除,严禁动火;

⑤没有准备消防器材、现场无人监护,严禁动火;

(12)下列场所非工作人员严禁逗留:

①挂有“危险”作业;

②进行起重作业;

③进行电气焊、气割作业;

④正在进行检修、安装或高空作业;

⑤正在运转的设备附近;

(13)万一发生事故,必须服从指挥,积极抢救,最大限度地降低损失;

(14)对发生的事故要坚持“三不放过”原则。即事故原因没有调查清楚,责任人没有