

中等职业教育规划教材

HUAGONG SHENGCHAN JICHU

化工生产基础

王奇 主编

The Third Edition

第三版



化学工业出版社

中等职业教育规划教材

化工生产基础

第三版

王 奇 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从一线生产人员的需要出发,全面、清晰地阐述了化工生产的基本规律。全书共十一章,主要内容有:化工生产概论、十几种常用单元操作(流体的输送、传热、吸收、蒸馏等)的基本知识、单元反应简介、化工生产过程的整体控制等。

本书第三版结合生产实际,补充了近几年生产中普遍采用的新工艺、新设备和新技术,强化了对生产操作技能的培养。

本书采用了“同步教学”模式,在理论讲授的同时安排相应的技能训练,并将制作配套教学光盘供模拟操作训练用。

本书除作为化工中等职业学校的教材外,也可供相关的职业学校或职工培训选用。

图书在版编目(CIP)数据

化工生产基础/王奇主编. —3版. —北京:化学工业出版社,2012.4

中等职业教育规划教材

ISBN 978-7-122-13651-0

I. 化… II. 王… III. 化学工业-中等专业学校-教材 IV. TQ06

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第030440号

责任编辑:张双进

装帧设计:王晓宇

责任校对:陈静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张21¼ 字数533千字 2012年6月北京第3版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

第三版前言

在归纳近几年广大教师教学经验和提出的意见、建议的基础上，我们对第二版做了修订。主要有以下几点改进。

一、进一步联系化工生产技术的最新进展。结合教材内容，补充了近几年工艺、设备方面的新技术，着重补充了在节能、减排、环保方面的技术进展。

二、进一步强化生产操作技能的培养。培养操作技能应以《化工工人技术等级标准》为依据。《化工工人技术等级标准》对中、高级工的主要技能要求是：能精确、娴熟地掌控复杂的生产装置，实现安全、稳定、长周期运行；能进行装置的启动、停动和验收、试车；能准确地判断、处理生产中较复杂的问题，提出技改建议。以上几点，体现了现代化工要求操作工人应具有的技术素质——集较强心智技能和精湛操作技能于一身，并有一定创新能力的复合型技术工人。

此次修订，在有关章节中充实落实《化工工人技术等级标准》要求应具备的知识技能，如：原始开车和系统开车能力，生产运行调节控制和应变能力，设备材料选用、领用能力，设备保养、小修和提出维修项目能力，并在教学软件中增设了互动式模拟操作训练。

三、进一步贯彻启发学生自主学习的原则。有的章节安排了让学生从互联网或技术资料中搜集新设备信息的练习；有的技能训练，让学生独立分析生产、设备中的问题，提出处理意见；在“阅读”、“看看想想”等栏目中，安排了让学生独立阅读、独立思考，主动探究，获取知识的练习。

第三版修订稿由王奇主编，李社全主审。宋亚莉进行了部分内容的编写。柳州化工技工学校有关教师参与了审稿。王若愚承担了光盘的设计制作。在修订过程中，得到很多学校、企业的大力支持。天津大学朱企新教授对光盘的编制给予精辟的指导。我们在此表示衷心谢意。

对第三版书中不妥之处，敬请广大教师、读者指正。

编者
2012.1

第一版前言

本书是依据全国化工技工学校教学指导委员会 1996 年制订的第二轮教材——《化工生产基础》教学大纲编写的。《化工生产基础》是化工工艺专业和其他相关专业的技术基础课。

结合当前教育改革，本书和第一轮教材相比做了较大改变，具有以下几个特点。第一，全面、清晰地阐述化工生产基本规律，使学生掌握较充实的化工生产基本知识，做到基础宽，适应广。第二，根据主要的化工操作，精选教学内容，培养学生运用理论知识指导生产操作、分析解决实际问题的能力。第三，实行理论讲授和操作训练相互融会的同步教学模式。第四，尽量引用新技术、新工艺，全面使用法定计量单位。

本书是全国中等职业教育的统编教材。书中涉及配套的教学录像片将由天津市翔宇科技贸易学校在近期内制成，可供各校选用。在标题前加有※的部分，系选学内容，各校可根据本地区的实际需要决定是否讲授。本书也可供相关的职业学校或职工培训参考选用。

本书的第一、三、九、十、十一章由天津市翔宇科技贸易学校（原化学公司技工学校）王奇编写，第二、六章由陕西省石油化工高级技工学校赵育祥编写，第四、五、七、八章由天津市翔宇科技贸易学校宋亚莉编写。全书由王奇主编，广西柳州化工技工学校李社全主审。参审人员有：吉林化工技工学校陈性永、福州第二化工集团公司技工学校朱玉祥、四川省化工技工学校温春华、南京化工集团公司技工学校林瑜、铜陵化工集团公司技工学校赵克荣。在编写过程中，得到了许多单位和同志的热情支持，天津、柳州的一些工程技术人员帮助审稿，提供资料，提出了很好的建议；王骏同志协助提供了大量与生产有关的资料，在此一并表示衷心感谢。

由于水平有限，书中不妥之处，敬请广大教师、读者批评指正。

编者

第二版前言

本书出版五年多来，广大师生在使用过程中积累了很多经验，提出了不少有创见性的意见。为了适应技术进步和发展的需要，我们在采集、采纳广大师生教学经验和意见、建议的基础上，对第一版做了修订。

修订后的第二版有以下几点改进。

一、补充近年来涌现的新技术、新工艺，对主要化工过程的技术进展概况做了扼要介绍，对与教材内容关系密切的新工艺、新设备做了具体阐述，对几种新型化工技术做了通俗讲解。

二、增辟 [阅读]、[看看想想] 等新栏目，目的是启发学生独立阅读介绍新技术的科普短文，独立观察思考生产、生活中的某些现象以加深对关键知识的理解，促使学生生动、活泼、主动地学习。

三、进一步落实技能训练。第一版本着突出技能的原则安排了多种形式的技能训练，第二版依据几年来教学实践，对技能训练的内容、形式做了调整、修订，使之更加切实可行。

四、将现代多媒体技术融入本课程教学。

由天津市翔宇科技贸易学校组织制作与本书配套的教学光盘，光盘包括两部分：一是多媒体教学软件，主要功能是辅助教学，可在查阅资料、制作课件、电化教学等方面为教师提供服务，也可作为学生自学的辅助工具；二是专题 VCD，主要用于直观教学，计划按专题分批制成，并辑录了一张摘要盘随书附送。

本书由王奇主编，李社全主审，宋亚莉进行了部分内容的修订编写。广西柳州化工技工学校和天津市翔宇科技贸易学校的有关教师对本书修订提了很好的建议，做了很好工作。原核工业部徐鸿桂、国家发改委朱良栋对本书涉及高新技术的部分内容做了审阅、订正。王若愚承担了光盘设计与制作，大沽化工厂技工学校协助进行了部分录像内容的采编。在光盘制作过程中，得到柳州化工集团公司、天津大学、天津碱厂、天津硫酸厂、大沽化工厂、天津农药厂、天津中河化工厂、天津溶剂厂、天津有机化工二厂等单位的大力支持和天津电视台的技术指导，我们在此表示衷心的感谢。

对第二版书中不妥之处，敬请广大教师、读者指正。

编者

2006年8月

目 录

第一章 化工生产概论	1
第一节 化学工业与化工生产过程	1
【阅读 1-1】 新材料、新能源与化学工业	1
第二节 化工生产过程的基本组成规律	4
一、单元操作和单元反应	4
【看看想想 1-1】	6
二、化工生产过程的三个基本步骤	6
三、化工生产过程中的两种转换——物质转换与能量转换	7
【技能训练 1-1】 分析烧碱生产过程的基本组成	8
第三节 化工生产过程的有关基本概念	10
一、相和相变	10
二、过程的平衡关系和过程速率	13
三、物料计算和能量计算	14
第四节 化工生产常用的量和单位	15
一、量和单位	15
二、法定计量单位	16
三、化工生产常用的法定计量单位	16
四、法定计量单位的使用规则	18
五、常用单位的换算	18
【阅读 1-2】 纳米技术与微化工技术	20
习题	21
第二章 流体的输送	23
第一节 流体力学	23
一、流体的主要物理量	23
二、流体静力学	26
【看看想想 2-1】 看图, 回答问题	27
三、流体动力学	29
【看看想想 2-2】 观察日常生活接触到的三种仪表	29
【技能训练 2-1】 压力计、液位计、流量计使用练习	29
第二节 液体输送机械	35
一、离心泵及其操作训练	35
【阅读 2-1】 屏蔽泵和磁力驱动泵——两种无泄漏的离心泵	40
【技能训练 2-2】 离心泵安装训练	43
【技能训练 2-3】 离心泵操作训练	44

【技能训练 2-4】 离心泵性能曲线的测定	47
【看看想想 2-3】 观察你接触到的泵	48
二、其他类型泵	49
【技能训练 2-5】 泵的选型练习	52
第三节 气体的压缩和输送机械	53
一、往复式压缩机及操作	53
【技能训练 2-6】 往复式压缩机操作训练	60
二、离心式压缩机	67
【技能训练 2-7】 离心式压缩机操作训练	70
三、其他类型的气体输送机械	72
习题	74

第三章 非均相物系分离

第一节 概述	79
一、混合物的分离	79
二、均相物系和非均相物系	79
三、非均相物系的分离	80
第二节 液-固分离	80
一、沉降法液-固分离	81
二、过滤法液-固分离	82
【看看想想 3-1】 搜集过滤机技术进展的信息	88
【技能训练 3-1】 厢式压滤机的操作	89
【技能训练 3-2】 转鼓真空过滤机的操作	89
【看看想想 3-2】 观察几种生活中的液-固分离现象	90
三、离心分离法	91
四、液-固分离设备的比较	94
【阅读 3-1】 膜分离技术简介	96
第三节 气-固分离	97
一、沉降法气-固分离	97
二、过滤法气-固分离	98
三、湿法（洗涤除尘法）	98
四、静电除尘法	100
五、气-固分离设备的比较	100
习题	100

第四章 传热

第一节 传热有关的基本概念	104
一、传热	104
二、热现象、热量、比热容	104
三、显热和潜热	105
第二节 传热的方式与原理	106

一、传热的三种基本方式	106
【看看想想 4-1】 观察生活中的传热	112
二、工业上的换热方法	113
第三节 间壁式换热器的原理及操作	114
一、间壁式换热器传热原理	114
二、传热过程的热量衡算	115
三、传热速率方程式的计算与应用	119
【技能训练 4-1】 列管换热器传热系数的测定	125
【看看想想 4-2】 利用传热原理实现节能的几个实例	128
【看看想想 4-3】 研究换热器的几个有关问题	129
四、换热器的操作技能训练	129
【技能训练 4-2】 列管换热器结构的认识	129
【技能训练 4-3】 列管换热器操作训练	133
第四节 换热设备及其维护方法	134
一、换热器的种类和性能	134
【阅读 4-1】 板式换热器	137
二、列管换热器的规格型号和初步选型	138
三、换热器的维护与检修	140
【技能训练 4-4】 换热器的日常维护与检修	141
【阅读 4-2】 换热器的技术进展	142
第五节 设备与管路的保温	143
一、保温的意义和目的	143
二、保温的内容和技术要求	144
三、保温的施工操作和日常维护	145
【技能训练 4-5】 保温的认识、维护与保温材料的选用	146
习题	147
第五章 蒸发	151
第一节 概述	151
一、基本概念	151
二、蒸发的应用	151
三、蒸发的分类	151
第二节 单效蒸发	152
一、单效蒸发的基本原理和流程	152
二、单效蒸发的计算	153
第三节 多效蒸发	157
一、多效蒸发原理	157
二、多效蒸发流程	157
三、提高蒸发器生产强度的途径	159
【技能训练 5-1】 多效蒸发的操作	159
第四节 蒸发设备	160

一、蒸发器的基本结构	160
二、蒸发器的种类和性能	161
三、蒸发装置中的辅助设备	165
【阅读 5-1】 闪蒸简介	166
习题	166
第六章 吸收	168
第一节 概述	168
一、基本概念	168
二、吸收在化工生产中的应用	168
三、吸收操作的分类	168
第二节 吸收的基本原理	169
一、汽-液相平衡关系	169
【看看想想 6-1】 观察硫酸、硝酸生产中吸收装置流程图示意图	169
二、吸收过程的机理	172
三、吸收速率方程式	173
【看看想想 6-2】 观察液体分布器	175
四、吸收过程的计算	175
五、影响吸收操作的因素	177
六、解吸	178
【阅读 6-1】 吸收-解吸联合操作在二氧化碳减排试验中大显身手	179
第三节 吸收设备	179
一、填料塔	180
【看看想想 6-3】 观察几种新型填料	182
二、其他类型吸收设备	184
【阅读 6-2】 膜法气体分离简介	185
第四节 吸收的操作	186
一、填料吸收塔操作的基本要求和方法	186
二、在校内实训装置上进行的吸收操作训练	188
【技能训练 6-1】 填料塔实训装置操作训练	189
【技能训练 6-2】 填料塔几项特性的测定	190
三、填料吸收塔模拟操作训练	194
【技能训练 6-3】 填料吸收塔模拟操作	194
习题	196
第七章 蒸馏	200
第一节 概述	200
一、基本概念	200
二、蒸馏在化工生产中的应用	201
三、蒸馏操作的分类	201
第二节 蒸馏基本原理和简单蒸馏	201

一、溶液的汽-液平衡关系	201
二、 $T-x(y)$ 图和 $y-x$ 图	203
三、非理想溶液的汽-液相平衡	206
四、简单蒸馏的原理及流程	207
第三节 精馏原理与流程	209
一、精馏原理	209
二、精馏流程	211
三、精馏过程的基本计算	212
四、精馏过程的节能与强化	215
第四节 精馏设备	216
一、常用板式塔的结构	217
二、几种典型板式塔	218
【阅读 7-1】 蒸馏技术的进展	220
【技能训练 7-1】 精馏塔种类与结构的认识	221
第五节 精馏的操作	222
一、精馏操作的基本要求和方法	222
二、精馏操作技能训练	224
【技能训练 7-2】 甲醇精馏的操作	224
第六节 特殊蒸馏	227
一、水蒸气蒸馏	228
二、共沸蒸馏	228
三、萃取蒸馏	229
【阅读 7-2】 液-液萃取简介	230
习题	230
第八章 结晶	234
第一节 概述	234
一、基本概念	234
二、结晶的应用	234
三、结晶和其他过程的联系	234
第二节 结晶的基本原理	234
一、溶解度与溶液的过饱和度	235
二、结晶过程	238
第三节 结晶方法和设备	239
一、结晶方法	239
二、结晶设备	240
第四节 结晶的操作	243
一、结晶操作的基本要求和方法	243
二、结晶操作训练	244
【技能训练 8-1】 氯化铵结晶的操作	244
【阅读 8-1】 液体搅拌简介	245

习题	246
第九章 固体物料的处理	248
第一节 固体物料的干燥	248
一、固体物料干燥概述	248
二、干燥过程的原理	249
三、干燥设备	255
【阅读 9-1】 干燥设备的技术进展	257
【阅读 9-2】 固体流态化简介	258
四、干燥的操作	259
第二节 固体物料的粉碎	260
一、粉碎基本概念	260
二、粉碎方法	261
三、粉碎设备	261
【阅读 9-3】 粉碎设备的技术进展	264
第三节 固体物料的筛分	264
一、基本概念	264
二、常用筛分设备	265
第四节 固体物料的输送	266
一、带式输送机	266
二、斗式输送机	267
三、螺旋输送机	267
四、气力输送机械	268
习题	268
第十章 单元反应简介	270
第一节 概述	270
一、基本概念	270
二、单元反应的实质和相关规律	270
三、单元反应中分子运动基本规律的应用	271
第二节 单元反应的类型	271
一、按相态划分的基本反应类型	272
二、按反应器形式分类	276
三、反应类型的认识 and 比较	278
第三节 几种典型单元反应	278
一、在槽式反应器内进行的液-固相反应——磷矿酸解	278
二、在塔式反应器内进行的气-液相反应——乙醛氧化	281
三、在固定床反应器内进行的气-固相催化反应——二氧化硫氧化	284
四、在管式反应器内进行的气相反应——烃类裂解	286
第四节 单元反应的操作	288
一、反应操作的基本要求和 method	288

二、单元反应操作技能训练	289
【技能训练 10-1】 乙醛氧化反应的操作	289
习题	291
第十一章 化工生产过程的整体控制	293
第一节 生产过程启动的整体控制	293
一、工程验收	294
二、投运准备	294
三、系统开车	295
第二节 生产正常运行的整体控制	296
一、生产正常运行整体控制的要求和方法	296
二、用计算机进行生产运行整体控制	297
第三节 生产装置停车与检修的整体控制	299
一、生产装置的停车	299
二、生产装置的检修	300
第四节 生产过程整体控制技能训练	301
【技能训练 11-1】 化工生产过程的启动和运行	301
习题	303
附录	305
一、水的物理性质	305
二、液体的黏度和在 293K 时的密度	306
三、气体在常压下的黏度	308
四、常用泵的规格	309
五、比热容列线图	315
六、液体汽化潜热列线图	317
七、饱和水蒸气表 (按压力排列)	318
八、饱和水蒸气表 (按温度排列)	320
九、管板式换热器系列标准摘录 (摘自 JB/T 4714、4715—92)	321
十、无机溶液在大气压下的沸点	322
十一、某些双组分混合物在 101.3kPa (绝压) 下的汽-液平衡数据	323
十二、国内生产的部分离心机技术参数	324
主要参考文献	325

第一章 化工生产概论

化工生产基础课的任务是学习化工生产的基础知识和基本操作技能，为学习专业课打好基础。化工生产知识的范围较广，本书着重讨论化工生产过程的基本知识，包括主要单元操作、单元反应和化工生产过程控制的基本知识，以适应从事生产操作的需要。本章概括地介绍化工生产过程的有关基本概念和基本规律，为学习以后各章做好准备。

第一节 化学工业与化工生产过程

“化工”，是“化学工业”、“化学工艺”以及“化学工程”的简称。本书所说的“化工”，主要指化学工业。

以天然物质或其他物质为原料，通过化学方法和物理方法，使其结构、形态发生变化，生成新的物质，制成生产资料和生活资料的工业，称为化学工业。例如，合成氨工业，以煤或石油、天然气等物质为原料，经过化学方法和多种物理方法加工处理后制成氨，不仅使物质形态发生了变化，而且物质结构也发生了变化，生成了新的物质，因此，它是化学工业。棉纺织工业则不是化学工业，因为棉花纺成纱、织成布，物质形态虽发生了很大变化，但结构并未改变，没有新的物质生成。

化学工业是国民经济的重要部门，它不仅和人民生活息息相关，而且对国家的现代化建设以及人类的生存和发展，起着重要的作用。农业现代化需要化学工业提供化肥、农药和其他农用化学品；国防现代化需要化学工业为先进军事技术装备提供各种新型材料；科学技术现代化需要化学工业提供许多尖端材料，像微电子技术所需的高纯试剂、信息技术所需的显示和记录材料以及航天工业的特殊空间材料大都是化学工业提供的。当前，人类面临的一个突出问题是存在着资源、能源、环境等危机，解决这些问题的根本途径也有赖于化学工业。核能的利用为解决能源危机开辟了广阔的前景。环保工程只有与化工技术结合，走清洁生产之路，才能从源头上杜绝污染，实现经济循环。总之，化学工业已经并将继续为国家的现代化建设和人类的生存发展做出重大贡献。

【阅读 1-1】

新材料、新能源与化学工业

材料、能源和信息被称为新科技革命的三大支柱，其中材料、能源与化学工业的关系非常密切。

新材料的开发应用是人类进步的一种标志。人类历史上每一次使用材料的变革，几乎都是在化工科学技术推动下实现的。20世纪，合成化学和石油化工的发展，促进了合成塑料、橡胶、纤维等一系列合成材料的生产，进入人工合成材料的阶段。到21世纪，使用材料又进入各种高功能材料迅速发展的新阶段，其特征表现在两方面：一是在高分子科学推动下，开发出大量高功能材料；二是在纳米科学技术推动下，开发出基于纳米技术的高功能材料。这些新材料，既适应了高新技术的需要，又促进科技进一步发展。例如，由于光学纤维材料的发明和砷化镓、超晶格、量子材料的成功研制，才有了今天光纤通信、移动通信和数字化高速信息网技术；纳米信息材料的问世，促使信息技术向光电子结合与光子的方向发展。

能源是人类生存发展的物质基础，是国民经济和社会发展的重要物质条件。人们现在使用的能源主要来自化石燃料——煤、石油、天然气等。但化石燃料是一种不可再生、储量有限的能源（从目前全球的储量看，煤只能再开采 200 多年，石油只能再采四五十年），而且在开采、燃烧过程中会对环境造成污染。时代呼吁人们必须迅速开发新能源。

新能源是相对常规能源而言的，它是可再生的，故又称为可再生能源。它包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能、海洋能、潮汐能、核能、氢能等。这些能源的开发和化学工业有密切关系。

太阳能是取之不尽、用之不竭的清洁能源。目前，人类已通过光热转换技术、光电转换技术和光化转换技术实现了太阳能的初步利用，这三种技术都和化工有密切关系。光热转换中的吸热板需要涂一层薄膜，涂层用的特殊化学材料靠化学工业提供。光化转换本身就是一种化工过程。

生物质能是指直接或间接通过植物的光合作用把太阳能转化为化学能并储藏在生物体内的能量。生物质能可以有效地减少 CO_2 排放，是一种绿色能源。这种能源在中国分布很广，资源量很大，既可储存使用，又可转化为能源产品。近年来，中国对生物质能的开发有很大进展。有些地区成功地将农业、林业加工废物和城市垃圾经过处理转化为能源产品，用秸秆原料制成乙醇汽油和生物柴油；还大量用于发电，2010 年末全国生物质能发电装机量达 500 万千瓦。生物质能的生产技术包括化学转换、物理转换和生物转换，其中最重要的是化学转换。化学转换中的流化床与固定床反应以及干燥、净化、冷却都是典型的化工过程。

核能是原子核内核子变化时释放的能量。核能包括两类，一种称核裂变能，指重元素（如铀、钚）的原子核裂变，产生链式反应放出的能量；另一类称核聚变能，指轻元素（如氘、氚）的原子核发生聚变反应时放出的能量。1kg 的 U-235 裂变时释放的能量相当于 2700t 标准煤燃烧时释放的全部能量。

核能是一种安全、清洁、经济、能量大、污染小的新能源。自 20 世纪 60 年代以来，全世界核裂变发电迅速发展。法国核电站发电量已占总发电量的 70% 以上。20 世纪末，中国在南方沿海数省建立的核电站已为缓解电力紧张状况做出了贡献。近几年有了更大发展，核电装机量 2010 年末达到 1015 万千瓦，预计到 2020 年可达 8000 万千瓦。核聚变具有更大的优越性，它所用的氘可以从海水提取，海洋中氘的储量巨大，可供人类使用数十亿年。如今，可控的核聚变技术尚处于各国科学家共同开发的阶段。

核能与化学工业的关系十分密切。化学工业为核能的开发提供了许多有特殊要求的材料，如核燃料、重水、超纯材料等。核能工业中的同位素分离技术和后处理技术就是化工过程应用的范例。

化学工业的这些作用要通过化工生产过程来实现。化工生产过程主要指从原材料进入化工生产装置、经过物理方法和化学方法的加工到制成合格产品的过程^①，也称化工工艺过程。化工生产过程对化工企业创造物质财富起着决定性作用，是构成化工企业的主体。

化学工业的性质决定了化工生产过程具有下述四个特点。

1. 生产过程连续性和间接性

化工生产是通过一定的工艺流程来实现的，属于流程型生产。工艺流程指的是以反应设备为骨干，由系列单元设备通过管路串联组成的系统装置。

如图 1-1 所示的是硫黄制硫酸的工艺流程。这个工艺流程是以焚硫炉、转化器和吸收塔等三个反应设备为骨干，将一系列单元设备通过管路组合串联构成的一套系统装置。硫黄、空气和水只有按着这个流程运行，才能制成硫酸。这样的生产被视为典型的流程型生产。

流程型生产一般具有连续性和间接性。连续性体现在两个方面：第一，空间的连续性，生产流程是一条连锁式的生产线，各个工序紧密衔接，首尾串通，无论哪个工序失调，都会导致整个生产线不能正常运转；第二，时间的连续性，生产长期运转，昼夜不停，各个班次

^① 严格地说，化工生产过程是从原料进入生产领域到产出合格产品的全过程，除上文中讲的化工工艺过程外，还包括运输、储存、商品的补充加工、包装等，而工艺过程是基本生产过程。为便于学习，本书所述化工生产过程即指化工基本生产过程。

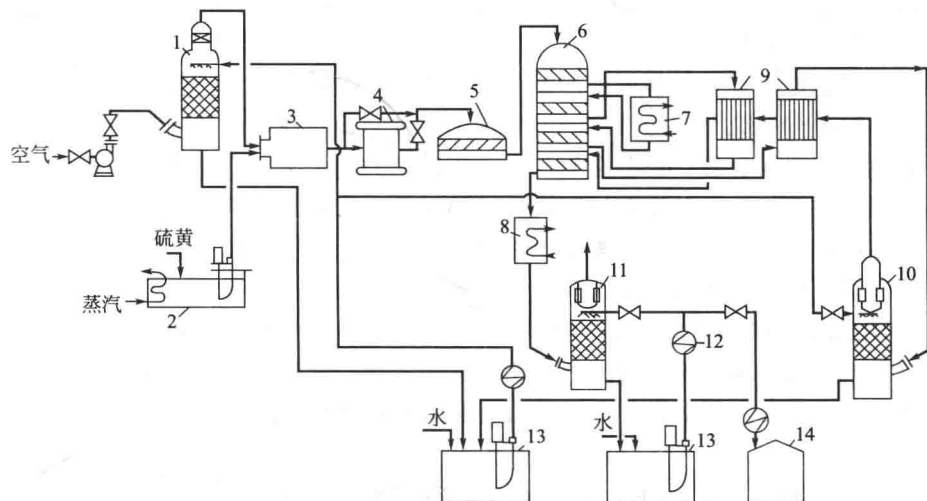


图 1-1 硫黄制硫酸工艺流程示意

- 1—干燥塔；2—熔硫槽；3—焚硫炉；4—废热锅炉；5—过滤器；6—转化器；7—过热器；8—SO₃ 冷却器；
9—热交换器；10—中间吸收塔；11—最终吸收塔；12—酸冷却器；13—循环槽；14—成品酸储罐

紧密衔接，无论哪班出故障，都会影响整个生产过程的正常运行。间接性则体现在操作者一般不和物料直接接触，生产过程在密闭的设备内进行，对物料的运行变化看不见，摸不着，操作人员要借助管道颜色识别物料，靠检测仪表、分析化验，了解生产情况，用仪表或计算机控制生产运行。

2. 生产技术的复杂性和严密性

复杂性 化工的工艺流程多数比较复杂，而且发展趋势是复杂程度越来越高。当今的基础化学工业正朝着大型化和高度自动化发展；而应用化学工业正朝着精细化、专用化、高性能和深加工发展。

严密性 由于化学反应对其应具备的条件要求非常严格，每种产品都有一套严密的工艺规程，必须严格执行，否则不仅制造不出合格产品，还会造成事故。

3. 原料、产品和工艺的多样性

目前中国生产的化工产品约有 4 万多种，全世界约有 5 万种以上，这个数字还在迅速增加。化工生产可以用不同原料制造同一产品，也可用同一原料制造不同产品。化工产品一般都有两种以上的生产工艺。即使用同样原料制造同一种产品，也常有几种不同的工艺流程。

4. 安全生产和环境保护的极端重要性

有些化学反应或物理变化要在高温、高压、真空、深冷等条件下进行，有许多物料具有易燃、易爆、易腐蚀、有毒等性质，这些特点决定了化工生产中的安全和环保极其重要。

长期以来，一些生产单位过分追求眼前利益，不顾生态效果，实行一种高能耗、高投入、高污染的生产方式，消耗了大量能源与资源，损害了生态环境。虽然后来采取了一些治理“三废”的措施，取得一定效果，但仅停留于对已有危害的治理上，有的造成“污染转移”，它实质上是一种治标不治本的“末端治理”。因此必须将这种末端治理模式转变为从源头上预防的清洁生产模式。

清洁生产模式包括以下内容：使用清洁的原料和能源；采用清洁的生产方式和过程，排

放物综合利用，力争实现“零排放”；生产清洁的绿色产品；每个生产人员都应具有安全第一和生态环保的理念，自觉为安全清洁生产尽一份力。

化工生产过程的运行要依靠良好的操作。化工操作是指在一定的工序、岗位对化工生产装置和生产过程进行操纵控制的工作。对于化工这种靠设备作业的流程型生产，良好的操作具有特殊重要性。因为流程、设备必须时时处于严密控制之下，完全按工艺规程运行，才能制造出人们需要的产品。大量实践说明，先进的工艺、设备只有通过良好的操作才能转化为生产能力。在设备问题解决之后，操作水平的高低对实现优质、高产、低耗起关键作用。很多工业发达国家对化工操作人员的素质都极为重视。中国对化工操作人员的素质要求已做出明确规定。《化工工人技术等级标准》等文件指出：化工主体操作人员从事以观察判断、调节控制为主要内容的操作，这是以脑力劳动为主的操作，这种操作，作业情况复杂，工作责任较大，对安全要求高，要求操作人员具有坚实的基础知识和较强的分析判断能力。

第二节 化工生产过程的基本组成规律

化工生产过程种类繁多，很难完全掌握。但各种生产过程都有着共同的基本组成规律，掌握了这种规律，就可以了解化工生产过程的概貌。其基本组成规律主要有以下几点。

第一，化工生产过程是由若干单元操作和单元反应等基本加工过程构成的，它们如同化工生产过程的“构件”；

第二，化工生产过程是由原料的预处理、化学反应和反应产物加工这三个基本步骤构成的；

第三，化工生产过程贯穿着两种转换，即物质转换和能量转换。

一、单元操作和单元反应

进一步分析图 1-1 并对照图 1-2，可以看出，硫黄制酸生产过程是由一系列基本加工过程构成的。其中：焚硫、转化、吸收是进行化学反应的基本加工过程；熔硫、气体输送、气体干燥、过滤、换热则是用物理方法处理物料的基本加工过程。

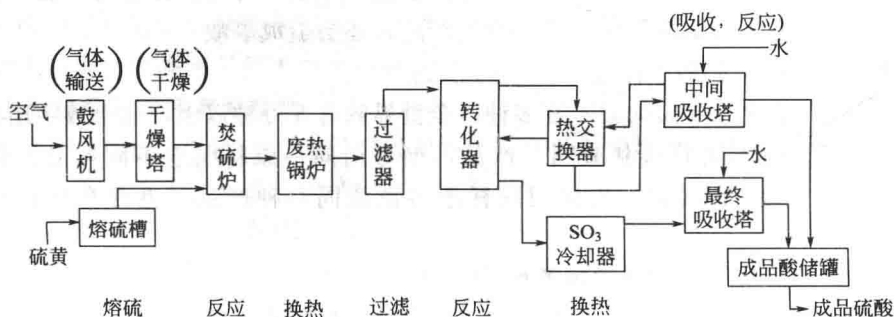


图 1-2 硫黄制硫酸框式流程示意

再如，烧碱、甲醇、尿素等产品的生产过程（见图 1-3）也是由若干基本加工过程组成的。这些生产过程虽生产着不同的产品，但都有许多相同或相似的基本加工过程。如硫酸和尿素的生产过程都有“吸收”，其所用设备都是吸收塔，原理和作用是一样的。烧碱和尿素的生产过程都有“蒸发”，所用设备都是蒸发器。尿素和甲醇的生产过程都有“压缩”，所用设备都是压缩机。

以上这些相同或相似的基本加工过程就是单元操作或单元反应。在化工生产过程中，具