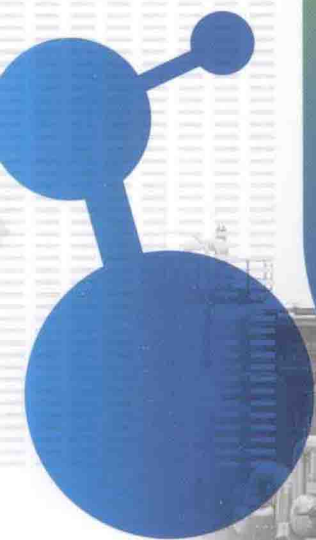




中国石油和化学工业行业规划教材

高职高专化工技术类



无机化工 生产技术与操作

WUJI HUAGONG SHENGCHAN JISHU YU CAOZUO

颜鑫 主编 田伟军 张桃先 副主编 于兰平 主审

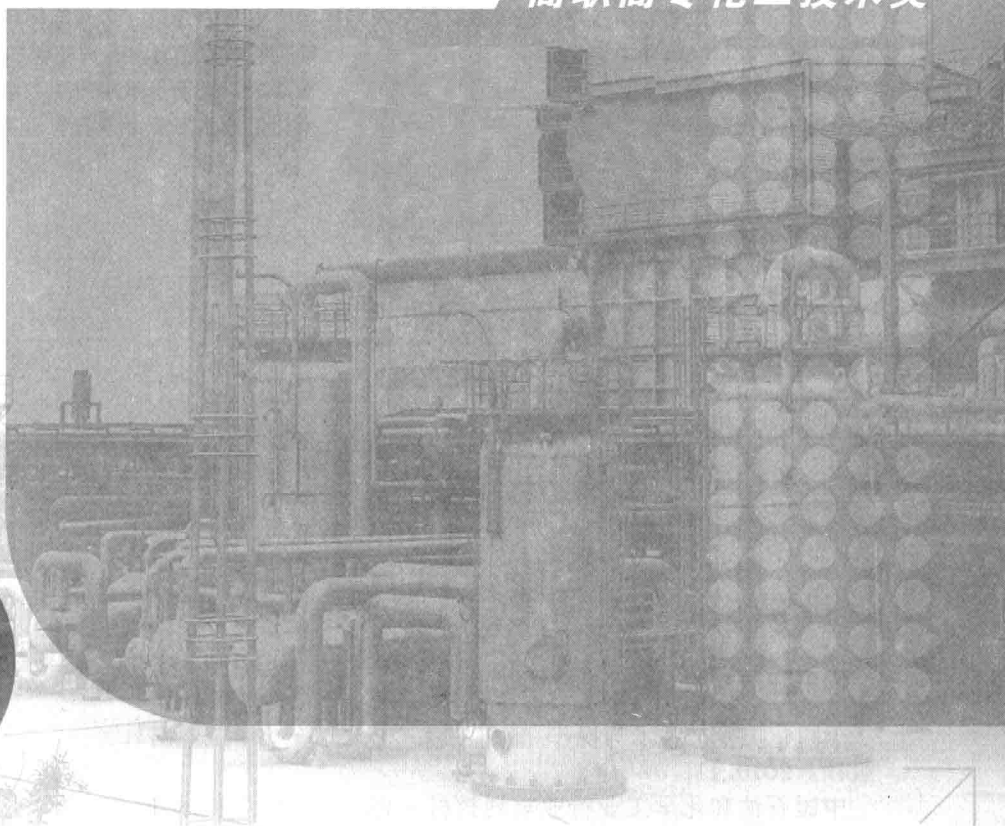
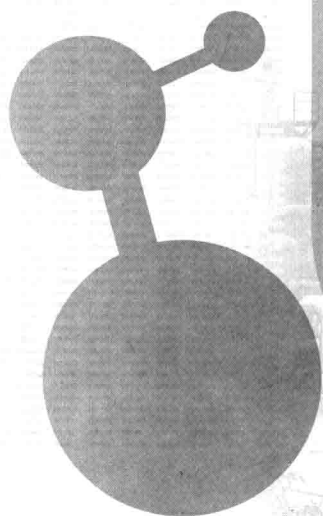


化学工业出版社



中国石油和化学工业行业规划教材

高职高专化工技术类



无机化工 生产技术与操作

WUJI HUAGONG SHENGCHAN JISHU YU CAOZUO

颜鑫 主编 田伟军 张桃先 副主编 于兰平 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要内容包括：合成氨、化学肥料、硫酸与硝酸、纯碱与烧碱、主要无机盐五个模块，涉及十几种典型无机化工产品的生产技术与操作。全书力求集应用性、实用性、综合性和先进性于一体；着力体现工学结合的内涵要求；力争点面结合、重点突出、难点突破、具有可操作性。本书重点放在生产原理的剖析、工艺条件的优化、工艺流程的组织、主要设备的结构分析、典型生产操作的控制、常见故障的排除，同时加强了对新工艺、新技术、新设备、节能减排等方面内容的介绍。全书的编排结构力争体现化工生产的工作过程，以突出能力目标，培养学生分析问题和解决问题的能力，强调知识的应用和操作性。

本书吸收了近年高职高专教育教学改革的大量先进成果，既便于采用传统教学方式，也适用于新型项目化和任务驱动教学法的实施。既可用做高职高专应用化工技术专业必修教材、其他化工类专业的选修教材使用，也可用于相关无机化工生产企业的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化工生产技术与操作/颜鑫主编. —北京：化学工业出版社，2010.11

中国石油和化学工业行业规划教材·高职高专化工技术类
ISBN 978-7-122-09578-7

I. 无… II. 颜… III. 无机化工-生产工艺-高等学校：技术学院-教材 IV. TQ110.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 189805 号

责任编辑：窦 臻 提 岩

文字编辑：颜克俭

责任校对：陈 静

装帧设计：尹琳琳

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 刷：北京市振南印刷有限责任公司

装 订：三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 479 千字 2011 年 1 月北京第 1 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：35.00 元

版权所有 违者必究

中国石油和化学工业行业规划教材·高职高专化工技术类 编审委员会名单

主任：陈炳和

委员：（按姓氏笔画排列）

- | | |
|-----|----------------|
| 丁志平 | 南京化工职业技术学院 |
| 于兰平 | 天津渤海职业技术学院 |
| 王绍良 | 湖南化工职业技术学院 |
| 吉 飞 | 常州工程职业技术学院 |
| 朱东方 | 河南工业大学化学工业职业学院 |
| 任耀生 | 中国化工教育协会 |
| 杨永杰 | 天津渤海职业技术学院 |
| 杨宗伟 | 四川化工职业技术学院 |
| 陈炳和 | 常州工程职业技术学院 |
| 金万祥 | 徐州工业职业技术学院 |
| 洪 霄 | 常州工业职业技术学院 |
| 秦建华 | 扬州工业职业技术学院 |
| 袁红兰 | 贵州工业职业技术学院 |
| 曹克广 | 承德石油高等专科学校 |
| 程桂花 | 河北化工医药职业技术学院 |
| 潘正安 | 化学工业出版社 |

序

2006年11月教育部颁布了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件,文件中明确了课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点。文件要求各高等职业院校应积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,改革课程体系和教学内容;要建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量;要改革教学方法和手段,融“教、学、做”为一体,强化学生能力的培养;要加强教材建设,与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材,并确保优质教材进课堂。

自文件颁布以来,在我国掀起了新一轮高职高专教育教学改革热潮,以工作过程系统化重构高职高专课程体系,以项目化课程教学法改革传统学科传授教学法,取得了丰硕的成果。学生学习的兴趣、学习动力、自觉性、主动性、自信心、主体性和专业能力、自学能力、创新能力、团队合作能力、与人交流能力、计划策划能力、信息获取与加工能力等都得到明显提高,学生对复杂专业知识的把握情况也显著改善。项目化课程教学改革完全符合教育部的十六号文件精神。项目化课程教学改革遵循的八大原则更是体现了当今先进的高等职业教育观念。这八大原则是:①课程教学应进行整体教学设计;②课程内容是职业活动导向、工作过程导向,而不是学科知识的逻辑推演导向;③课程教学突出能力目标,而不仅仅是突出知识目标;④课程内容的载体主要是项目和任务,而不是语言、文字、图形、公式;⑤能力的训练过程必须精心设计,反复训练,而不是在讲完系统的知识之后,举几个知识的应用例子;⑥学生是课程教学过程中的主体;⑦课程的内容和教学过程应当“做、学、教”一体化,“实践、知识、理论”一体化;⑧注意在课程教学中渗透八大职业核心能力(外语应用能力、与人合作能力、与人交流能力、信息处理能力、数字应用能力、解决问题能力、自我学习和创新革新能力)的培养。

全国化工高等职业教育教学指导委员会(简称全国化工高职教指委)化工技术类专业委员会于2002年组织全国石油与化工各职业院校教师编写了第一套高职高专化工技术类专业规划教材,解决了当时高职院校化工技术类专业无教材的困难。然而,随着科学技术的进步,产业结构的调整,劳动效率的提高,信息技术的应用,劳动密集型生产已向资本密集型和技术密集型转变。特别是近年来的项目化课程教学改革的开展,原来的教材已不适应高等职业教育教学改革的需要。为此,全国化工高职教指委化工技术类专业委员会于2008年9月在常州工程职业技术学院启动了第二轮规划教材编写工作。教指委根据教育部教高[2006]16号文件的精神,吸收了先进的高职高专教育教学改革

理念,进行了企业调研、座谈,针对岗位(群),聘请企业职业专家进行工作任务分析,进而确定典型工作任务,组织课程专家按照职业成长规律和认知规律,用工作过程系统化的开发方法,重构化工技术类专业课程体系,制定课程标准,进行了教学情境设计,聘请企业一线技术专家作为教材编写的顾问和副主审,在全国石油和化工高职高专院校公开征集编写思路,组织高职教育领域的课程专家对应征的编写方案进行答辩,最终在全国范围内选拔出从事石油与化工职业教育的优秀骨干教师编写本套教材。

本套新教材的特点:

1. 体现工学结合的内涵要求;
2. 基本体现化工生产的工作过程;
3. 突出能力目标,重在培养学生的做事能力,强调知识的应用;
4. 便于项目化和任务驱动教学法的实施;
5. 注意培养学生的八大职业核心能力;
6. 反映当今的新技术、新材料、新设备和新工艺。

本轮建设的全套教材能满足化工技术类专业主干课程教学需求,能满足各个化工技术类专业方向课程教学需要,也能满足全国石油与化工高职院校根据地方经济发展和支柱产业需求设置的化工技术类专业选修课程教学要求。

本轮化工技术类专业的教材编写工作得到了许多化工生产一线企业行业专家、高等职业院校的领导和教育教学专家的指导,在此向所有对高等职业教育改革给予热情支持的人士表示衷心的感谢!

我们所做的工作仅是探索和创新的开始,还有许多的课题有待进一步研究,我们期待各界专家和读者提出宝贵意见!

全国化工高等职业教育教学指导委员会
化工技术类专业委员会

2009年6月

前言

根据教育部教高[2006]16号文件的精神,在全国化工高等职业教育教学指导委员会化工技术类专业委员会的指导下,本书吸收了近年高职高专教育教学改革的大量先进成果,既适用于传统教学方式,也便于新型项目化和任务驱动教学法的实施;既可用做高职高专应用化工技术专业必修教材、其他化工类专业的选修教材,也可用于相关无机化工生产企业的培训教材。

全书力求集应用性、实用性、综合性和先进性于一体;着力体现工学结合的内涵要求;力争点面结合、重点突出、难点突破,具有可操作性。本书内容具有以下三大特色。

一是介绍各典型无机化工产品的生产原理、工艺条件的优化、工艺流程的组织和典型设备的同时,特别强调化工生产操作控制要点、节能降耗措施、常见故障或质量问题的排除与解决方法,使之实用性更强。

二是本书紧跟了无机化工生产技术的发展前沿,如PDS脱硫技术、精脱硫与精脱氯技术、NHD脱碳技术、PSA变压吸附脱碳技术、原料气精制的醇烃化和醇醚化工艺、硫黄和冶炼烟气制硫酸技术等,使之富有时代特色。

三是“拓展知识”。以言简意赅的形式介绍了近年来一些新技术和发展动态,包括“型煤气化技术”、“大颗粒尿素生产技术”、“冶炼烟气制硫酸生产技术”等,使之具有更宽广的专业视野。

湖南化工职业技术学院颜鑫教授编写了绪论、项目一~六和十六,并对全书进行了统稿;湖南化工职业技术学院田伟军副教授编写了项目七、八、十四,武汉软件工程职业技术学院张桃先副教授编写了项目九~十一,内蒙古化工职业技术学院王洪亮老师编写了项目十二、十五,中州大学王宇飞老师编写了项目十三、十七。全书由全国化工高职教育教学指导委员会化工技术类专业委员会副主任、天津渤海职业技术学院副院长于兰平副教授主审。

本书在编写过程中得到了参编各院校领导和同事的关心和帮助,也得到了化学工业出版社的大力支持,广东连州市裕丰钙业科技有限公司卢云峰总工程师和河南神马氯碱化工有限公司景涛涛工程师共同参与了编写,此教材可以说是校企合作的成果。湖南化工职业技术学院化工系化工0811/2/3/4部分同学在项目化教学实践中绘制了部分CAD流程图,此教材可以说是项目化教学改革的产物。在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,生产经验不足,书中不妥之处在所难免,恳请各位专家及使用本书的广大师生和工程技术人员批评指正,以便再版时加以改进。

主编联系方式: hnhgyanxin@126.com

编者

2010年9月于湖南株洲

目 录

绪论

1

- 一、典型无机化工产品国民经济中的重要地位及其发展概况 1
- 二、本课程总的专业能力目标、知识目标、方法能力目标和社会能力目标 5

模块一 合成氨生产

6

- 一、合成氨工业概貌 6
- 二、合成氨生产的典型流程 6
- 三、合成氨工艺的特点 8
- 项目一 合成氨原料气的生产** 8
 - 单元一 间歇法制取半水煤气 8
 - 一、半水煤气的生产原理 9
 - 二、煤气化的工业方法选择 11
 - 三、间歇式制半水煤气工艺条件的优化 12
 - 四、间歇式生产半水煤气工艺流程的组织 14
 - 五、煤气发生炉的结构与操作控制要点 16
 - 单元二 富氧（纯氧）-蒸汽连续制半水煤气 17
 - 一、富氧（纯氧）-蒸汽连续制半水煤气的工业方法 17
 - 二、原料气制取过程中的原料煤耗与节能技术 20
 - 拓展知识之一：型煤气化技术 21
- 项目二 合成氨原料气的脱硫与脱氯** 24
 - 单元一 湿法脱硫技术 24
 - 一、湿法脱硫催化剂的选择 24
 - 二、湿法脱硫工艺流程的组织 25
 - 三、湿法脱硫岗位操作要点 29
 - 单元二 干法脱硫技术 32
 - 一、干法脱硫方法及其选择 32
 - 二、脱硫方法的选择与操作要点 35
 - 单元三 有机硫水解新工艺与精脱氯技术 36
 - 一、有机硫水解催化剂及有机硫水解工艺流程 36
 - 二、原料气的精脱氯技术 37
 - 三、脱硫过程节能降耗的基本措施 38
- 项目三 原料气的变换** 39
 - 单元一 变换反应的原理与变换催化剂的选择 39
 - 一、变换反应的基本原理 39

二、变换反应催化剂选择	41
单元二 变换工艺条件的优化与工艺流程组织	45
一、变换工艺条件的优化	45
二、变换工艺流程的组织与主要设备	47
三、变换过程操作要点	49
四、故障判断及处理	51
五、变换过程与节能	51
项目四 原料气的脱碳	52
单元一 湿法脱碳技术	52
一、碳酸丙烯酯脱碳法 (Fluor 法)	53
二、NHD 脱硫脱碳	55
三、改良热钾碱法	57
单元二 干法脱碳技术	62
一、变压吸附的基本原理	62
二、变压吸附的工艺流程	63
三、PSA 脱碳方法的特点	64
四、脱碳工艺的选择	64
项目五 原料气的精制	65
单元一 醋酸铜氨溶液洗涤法	65
一、醋酸铜氨溶液的组成与精制原理	65
二、铜液再生的基本原理	66
三、铜洗过程的工艺条件	67
四、铜洗的工艺流程	67
单元二 低变-甲烷化工艺	68
一、深度变换-甲烷化工艺流程	68
二、甲烷化催化剂	69
三、甲烷化生产控制	69
单元三 双甲工艺	69
一、双甲工艺的压力选择	70
二、双甲净化的工艺流程	70
三、双甲工艺的优点	70
单元四 醇烃化与醇醚化工艺	71
一、醇醚化与醇烃化工艺的基本原理	71
二、醇醚化催化剂和醇烃化催化剂	71
三、醇醚化与醇烃化工艺流程	72
四、醇(醚)烃化工艺与节能	74
项目六 氨的合成	74
单元一 氨合成反应的基本原理	74
一、氨合成反应的热效应	74
二、氨合成反应的化学平衡	75
三、平衡氨含量及其影响因素	76
四、氨合成反应速率	77
单元二 氨合成催化剂	79
一、催化剂的组成与作用	79
二、催化剂的升温还原与使用	80
三、催化剂的中毒、失活与使用维护	82

单元三 氨合成工艺条件的优化	82
一、压力的优化	82
二、温度的优化	83
三、空间速度的优化	83
四、合成塔的进出口气体组成	84
单元四 氨的合成及分离工艺流程的组织	84
一、两次分离液氨产品并副产蒸汽的节能型工艺流程	84
二、大型氨厂氨合成工艺流程	85
三、三气回收	86
单元五 氨合成塔及其操作控制要点	87
一、氨合成塔	87
二、氨合成塔的操作控制要点	89
三、氨合成过程节能降耗新思路	91
思考与练习	92

模块二 化学肥料生产

94

项目七 尿素生产	94
一、尿素概述	94
二、国内尿素生产现状	96
三、国内尿素装置技术现状与进步	96
单元一 尿素合成	97
一、尿素生产技术	97
二、尿素合成的工艺条件的优化	99
三、尿素合成工艺流程的组织	101
四、尿素合成塔操作控制要点	105
单元二 未反应物的分离与回收	107
一、未反应物的分离与回收原理	108
二、未反应物的分离与回收工艺条件分析与选择	109
三、未反应物的分离与回收工艺流程的组织	111
四、未反应物的分离与回收操作控制要点	113
单元三 尿素溶液的加工	115
一、尿素溶液加工工艺条件分析与选择	115
二、尿素溶液加工工艺流程的组织	117
三、尿素生产过程常见故障及其排除方法	118
拓展知识之二：大颗粒尿素生产技术	119
思考与练习	121
项目八 钾肥生产	122
单元一 氯化钾生产	122
一、氯化钾生产工艺条件分析与选择	123
二、国内外氯化钾生产工艺分析比较	127
单元二 硫酸钾生产	129
一、复分解法生产硫酸钾	130
二、国内外硫酸钾的生产方法	132
思考与练习	134
项目九 磷肥生产	134

一、磷肥生产概述	134
二、磷肥生产原料简介	135
单元一 酸法磷肥生产过程的组织	136
一、普通过磷酸钙生产	136
二、重过磷酸钙的生产	140
三、磷肥生产过程常见故障及其排除方法	142
单元二 热法磷肥生产过程的组织	142
一、钙镁磷肥生产	143
二、脱氟磷肥生产	144
思考与练习	145
项目十 复合肥料与复混肥料生产	145
单元一 磷酸铵生产	146
一、磷酸铵生产基本原理	146
二、磷酸铵生产工艺条件分析与选择	147
三、磷酸铵生产的工艺流程组织	150
四、磷酸铵生产操作控制要点	153
单元二 复混肥料生产	154
一、复混肥料生产基本原理	154
二、复混肥料生产方法选择	155
三、复混肥料生产工艺流程组织	156
四、复混肥料生产过程常见故障及其排除方法	157
拓展知识之三：复混肥料配制和使用要点	157
思考与练习	158

模块三 硫酸与硝酸生产

159

项目十一 硫酸生产	159
一、硫酸的性质	159
二、硫酸的生产方法	159
三、硫酸的生产原料	160
单元一 制取二氧化硫炉气	160
一、硫铁矿焙烧及硫黄焚烧的基本原理	160
二、沸腾焙烧工艺条件分析与选择	161
三、沸腾炉焙烧工艺流程的组织	162
四、沸腾焙烧炉、硫黄焚烧炉的结构确定	162
单元二 炉气净化与干燥工艺	163
一、炉气净化与干燥概述	163
二、炉气净化与干燥工艺条件分析与选择	164
三、炉气净化与干燥工艺流程的组织	165
四、炉气净化与干燥过程操作控制要点	167
单元三 二氧化硫的催化氧化	168
一、二氧化硫催化氧化的基本原理	168
二、二氧化硫催化氧化工艺条件分析与选择	171
三、二氧化硫催化氧化工艺流程的组织	173
四、二氧化硫转化器的操作控制要点	176
单元四 三氧化硫的吸收及尾气的处理	176

一、吸收的工艺条件分析与选择	176
二、吸收工艺流程组织	177
三、尾气的处理	178
四、干燥吸收岗位正常开车的操作控制要点	179
五、硫酸生产过程常见故障及其排除方法	179
思考与练习	180
拓展知识之四：冶炼烟气制酸概述	180
项目十二 硝酸生产	184
单元一 稀硝酸生产	184
一、硝酸工业概貌	184
二、稀硝酸生产工艺条件分析与选择	185
三、稀硝酸生产工艺流程的组织	192
四、稀硝酸生产操作控制要点	194
五、硝酸生产过程常见故障及排除	195
单元二 浓硝酸生产	196
一、浓硝酸生产工艺路线分析与选择	196
二、浓硝酸生产工艺流程的组织	197
思考与练习	200

模块四 纯碱与烧碱生产

201

项目十三 氨碱法制纯碱	201
单元一 石灰石的煅烧与石灰乳的制备	202
一、石灰石煅烧的基本原理	202
二、石灰窑的工艺控制指标及操作控制要点	203
三、石灰乳制备的原理及工艺条件优化	204
四、石灰乳制备工艺流程的组织及操作控制要点	205
单元二 饱和盐水的制备与精制	206
一、饱和盐水的制备	206
二、盐水精制的原理	206
三、盐水精制工艺流程的组织及操作控制要点	206
单元三 氨盐水的制备与碳酸化	207
一、氨盐水制备的原理及工艺条件的优化	207
二、氨盐水制备工艺流程的组织及操作控制要点	208
三、碳酸化过程的原理及工艺条件优化	209
四、氨盐水碳酸化工艺流程的组织及碳化塔的操作控制要点	213
单元四 重碱的过滤与煅烧	215
一、重碱过滤的原理与工艺条件的优化	215
二、重碱过滤工艺流程的组织及操作控制要点	215
三、重碱煅烧的原理与工艺条件的优化	216
四、重碱煅烧工艺流程的组织及操作控制要点	217
单元五 氨回收	218
一、氨回收的基本原理及工艺条件的优化	218
二、蒸氨工艺流程的组织及操作控制要点	219
三、淡液回收	219
单元六 氨碱法制纯碱主要工序的异常现象排除	220

一、吸氨工序的异常现象排除	220
二、碳化工序的异常现象排除	220
三、过滤工序的异常现象排除	221
项目十四 联合法生产纯碱与氯化铵	221
单元一 联合制碱法工艺条件分析与选择	222
一、联合制碱法生产过程	222
二、联合制碱法相图分析与氯化铵的结晶技术	223
三、温度、压力、母液成分的分析与选择	225
单元二 联合制碱法生产技术	226
一、联合制碱法工艺流程的组织与操作控制要点	226
二、联碱法生产过程常见故障及其排除方法	228
思考与练习	230
项目十五 电解法生产烧碱	230
单元一 隔膜法电解制烧碱	231
一、隔膜法制烧碱的基本原理	231
二、隔膜法制烧碱的工艺条件分析与选择	232
三、隔膜法制烧碱工艺流程组织	235
四、隔膜法制烧碱操作控制要点	236
五、隔膜法制烧碱生产过程常见故障及排除	239
单元二 离子交换膜法电解制烧碱	239
一、离子交换膜法制烧碱原理	240
二、离子交换膜法制烧碱工艺条件分析与选择	240
三、离子交换膜法制烧碱工艺流程组织	244
四、离子交换膜法制烧碱的技术经济指标	245
思考与练习	245

模块五 无机盐生产

246

项目十六 轻质碳酸钙生产	246
一、碳酸钙工业概述	246
二、碳酸钙的分类	246
单元一 普通活性轻质碳酸钙的生产	247
一、普通轻质碳酸钙生产原理	247
二、普通轻钙生产的工艺流程与工艺条件	248
单元二 活性轻质碳酸钙与纳米碳酸钙的生产	251
一、活性轻质碳酸钙的生产	251
二、纳米碳酸钙的生产	253
三、轻质碳酸钙生产过程常见质量问题及解决措施	255
拓展知识之五：纳米碳酸钙的纳米效应	256
项目十七 硅酸盐工业	261
单元一 硅酸盐水泥生产	261
一、硅酸盐水泥生产概述	261
二、硅酸盐水泥生产的原理	261
三、硅酸盐水泥生产技术要求	262
四、硅酸盐水泥生产工艺流程的组织及操作控制要点	264
五、硅酸盐水泥生产的常见异常现象的处理	267

单元二 玻璃生产	267
一、玻璃生产概述	267
二、原料的选择与配合料的制备	268
三、玻璃的熔制	269
四、玻璃的成型	272
五、玻璃的退火	273
六、玻璃常见缺陷的原因分析及排除	274
单元三 陶瓷生产	275
一、陶瓷生产概述	275
二、陶瓷生产的原料	276
三、坯体和釉料的配料	277
四、陶瓷坯体的成型	278
五、陶瓷的烧成	279
六、陶瓷常见缺陷的原因分析及排除	282

绪论

典型无机化工产品主要包括合成氨、化学肥料、硫酸与硝酸、纯碱与烧碱、主要无机盐五个方面。本书重点介绍典型无机化工产品生产原理的剖析、生产原料路线选择、工艺流程组织、生产运行与操作条件的优化,以及典型设备选型、操作控制要点及常见故障排除措施等。此外,本书还注意介绍新工艺、新技术、新设备、发展动态以及“三废”处理和节能减排措施等。

一、典型无机化工产品国民经济中的重要地位及其发展概况

合成氨、硫酸与硝酸、纯碱与烧碱、化学肥料、水泥、玻璃、碳酸钙等,都属于大宗化工产品。据我国统计部门公布的数据,2008年我国上述典型无机化工产品的年产量(见表0-1所示),除了硝酸和钾肥以外都达到了1000万吨/a以上规模。

表 0-1 2008 年我国典型无机化工产品的产量

单位:万吨

典型无机产品	合成氨	硫酸	硝酸	纯碱	烧碱	尿素	磷肥	钾肥	复混肥	水泥	玻璃	碳酸钙
年产量	5179	5100	800	1950	2470	5000	1350 (折 P_2O_5)	自产 300 进口 700	1500	150000	57442.9 (万重量箱)	轻钙 750 重钙 650

注:1万重量箱平板玻璃约等于500t。

典型无机化工产品产量和消费量都位居世界第一,这与我国目前的国力是一致的,在一定程度上反映了我国化学工业发展水平已经位居世界前列。

1. 合成氨堪称现代化学工业的领头羊

一般认为,现代化学工业始于1913年德国的哈伯和博施首次采用铁为催化剂、直接以氢气和氮气为原料、在高温高压下成功合成氨。世界上第一座合成氨厂建于德国汉堡,当时日设计能力虽然仅为30t,1914年实现满负荷生产,却是具有划时代意义的人工固氮技术的重大突破。由于合成氨工业化被公认为化学方法方面最重要的发明之一和高压化学合成技术上作出的重大贡献,哈伯和博施先后分别于1918年和1931年荣获诺贝尔化学奖。人们也因此称这种直接合成氨法为哈伯-博施法。合成氨工艺复杂、技术密集,合成氨工业化的成功极大地促进了高压机生产技术、高压化学合成技术和催化剂生产技术的发展,在一定程度上使德国一跃成为当时世界工业强国,1918年第一次世界大战的战败才迫使其公开合成氨专利技术,此后合成氨工业才在世界范围内得以推广,惠及世界人民。数十年来,合成氨是最重要的化工产品之一,其产量居各种无机化工产品之首(水泥除外)。可见,合成氨生产堪称现代无机化学工业的领头羊。

氨本身是一种重要的氮素肥料,其他氮素肥料如尿素、碳铵、硫酸铵、硝酸铵、氯化铵等也毫无例外是先合成氨,然后通过不同方法加工而成。氨不仅可用来制造肥料,也是重要的化工原料,无机化学工业的硝酸、纯碱、含氮无机盐,有机化合物中的含氮中间体,制药工业中的磺胺类药物、维生素、氨基酸,化纤和塑料工业中的己内酰胺、丙烯腈、酚醛树脂

等，国防工业中制造三硝基甲苯、三硝基苯酚、硝化甘油、硝化纤维，也都直接或间接用氨作原料。此外，液氨还是工业上最常用的制冷剂。

我国合成氨工业始于20世纪30年代，但到1949年中华人民共和国成立时，全国只有南京、大连两座合成氨厂，年生产能力为4.5万吨。建国以来，基于农业的迫切需要，我国的合成氨工业得到了超常规的发展，1992年总产量为2298万吨，排名世界第一。20世纪90年代初期我国拥有4万吨以下小合成氨企业1539家、10万吨以下中型合成氨厂55家，20万~30万吨大型合成氨厂24家。目前，我国拥有的大、中、小型合成氨厂数量虽然锐减至570多家，但合成氨产能却在持续稳步增长，30万吨以上大型合成氨厂30家，其中50万吨以上特大型合成氨厂6家，10万~30万吨中型合成氨厂82家。从2004年首次突破4000万吨后，2008年突破5100万吨，2009年我国合成氨总产量超过5200万吨。

2. 硫酸曾被誉为“工业之母”

硫酸是一种十分重要的基本化工原料，其产量与合成氨相当，其工业化生产已有270年历史，曾被誉为“工业之母”。硫酸广泛用于各个工业部门，例如，化肥工业中的硫酸铵和过磷酸钙生产，每生产1t硫酸铵，就要消耗硫酸（折纯，下同）760kg，每生产1t过磷酸钙，就要消耗硫酸360kg；农药方面如硫酸铜、硫酸锌可作植物的杀菌剂，硫酸铊可作杀鼠剂，硫酸亚铁、硫酸铜可作除莠剂；冶金工业中用电解法的电解液就需要使用硫酸；石油工业中每吨原油精炼需要硫酸约24kg，每吨柴油精炼需要硫酸约31kg；化学纤维每生产1t环氧树脂，需用硫酸2.68t，号称“塑料王”的聚四氟乙烯，每生产1t，需用硫酸1.32t；染料工业中几乎没有一种染料（或其中间体）的制备不需使用浓硫酸或发烟硫酸。

从2004年起，我国硫酸产量达到3995万吨，超过美国居世界第一位，2007年我国硫酸产量达到5100万吨。随着改革开放的深入，特别是加入WTO后，我国硫酸工业的原料格局和产业结构发生了巨大变化，从硫铁矿占统治地位转向“硫铁矿-硫黄-冶炼烟气”三足鼎立的格局。1995年，我国硫铁矿制酸占硫酸总产量的82.1%，达到了硫铁矿制酸的巅峰。由于1t硫黄可以生产3t硫酸，2t蒸汽，336度电量，且无“三废”排放，良好的生产环境与经济效益是硫黄法生产硫酸得到快速发展最主要的因素。硫黄制酸从1995年的10万吨左右发展到2006年的2233万吨，在硫酸总产量中所占的比例也由2001年的29.4%增长到2006年的44.3%。近几年来，随着我国有色金属工业的迅猛发展，作为有色金属工业副产品的冶炼烟气制酸也获得快速发展，铜陵有色、江西铜业、甘肃金川等硫酸产量在100万吨/a以上的特大型企业，均以冶炼烟气制酸为主，2008年我国烟气吸收法制酸已占24%。目前，硫酸装置的大型化在我国硫酸行业已成趋势，我国硫酸工业的规模化、集约化发展取得了巨大进步。在硫酸工业的发展过程中，国家将进一步淘汰4万吨/a的硫铁矿制酸装置，限制10万吨/a硫铁矿制酸装置，硫酸企业有望向“能源工厂”转变，实现以硫资源为主线，以能源循环为辅线，实现了以硫酸为核心的循环经济。

3. 硝酸是唯一兼有强酸性和强氧化性的无机酸

硝酸兼有强酸性和强氧化性的特点，使其成为各类酸中产量仅次于硫酸的重要化工原料，主要用于无机化工制造硝酸铵、硝酸磷肥、氨磷钾等复合肥料。此外，在有机工业、染料工业、涂料工业、医药工业、印染工业、橡胶工业、塑料工业、冶金工业和国防工业等也有广泛用途。

新中国成立时，我国只有两家硝酸生产企业，即永利宁厂（现南京化学工业公司）和大连化学厂（现大连化学工业公司），年产量只有4200t。2007年，我国硝酸产量达到705万吨，超过美国跃居世界第一位；2008年硝酸生产企业达80多家，产量800万吨。早期的常压法、综合法工艺装置多为淘汰型生产线，高压法装置全部靠进口国外的二手设备。至

2008年底我国已拥有先进的双加压法工艺的硝酸生产装置20套,占我国硝酸总产能的50%,大大缩短了我国与世界先进水平的差距。但我国还不算是硝酸工业强国,世界发达国家均普遍采用27万吨级和50万吨级硝酸装置,我国年产27万吨双加压法完全国产化硝酸装置目前国内仅有几家企业正在筹建,随着取缔和关闭落后生产装置,淘汰配置低、规模小、能耗高的装置,我国硝酸工业正在向规模化发展。

4. 化学肥料是现代农业的基石

化肥是农作物增产增收的物质基础,化肥作为粮食的“粮食”,是农业生产中的重要战略资源,在保障粮食安全与人民生活健康方面起着举足轻重的作用。化肥对我国粮食单产增长的贡献率高达40%~50%。随着人口不断增长、耕地面积的逐年减少,使用化肥以提高粮食单产,已经成为确保全球粮食安全的关键和现代农业的基石。中国能以世界7%的耕地养活占世界约22%的人口,应该说一半功劳归于化肥。

我国化肥工业起步晚,建国初只有硫酸铵和硝酸铵两个品种,年产量只有6000t。目前我国的化肥生产量约占世界总量的1/3,表观消费量约占35%,我国已经成为世界上最大的化肥生产国和消费国。但我国的化肥工业仍然不能完全满足农业生产发展的需要。一是肥料数量整体不足、产品比例失调,基本特征是“多氮少磷缺钾”,除了氮肥外,其他肥料数量不足,尤其是钾肥70%依赖进口;二是高浓度化肥比例低,国际上基本以高浓度化肥为主,我国氮肥中高浓度的尿素、硝酸铵约占56%,低浓度的碳铵、硫酸铵等占40%。三是复合肥料比例低,尤其是以高浓度复合肥料比例低,英国复合肥料占80%、美国占65%、法国占61%、日本占55%,并正在进一步向多功能、专用化方向发展。

5. 纯碱与烧碱是重要的碱性化工原料

(1) 纯碱 纯碱广泛应用于建材、轻工、化工、冶金、纺织等工业部门和人们的日常生活中。建材方面主要用于制造玻璃,如平板玻璃、瓶玻璃、光学玻璃和高级器皿,玻璃工业是纯碱的最大消费部门,每吨玻璃消耗纯碱0.2t。在轻工方面主要用于洗衣粉、三聚磷酸钠、保温瓶、灯泡、白糖、搪瓷、皮革、日用玻璃、造纸等;在化工方面主要用于制取钠盐、金属碳酸盐、小苏打、硝酸钠、亚硝酸钠、硅酸钠、硼砂、漂白剂、填料、洗涤剂、催化剂及染料等;冶金工业中主要用做冶炼助熔剂、选矿用浮选剂、炼钢和炼锑中用做脱硫剂;在陶瓷工业中制取耐火材料和釉也要用到纯碱;印染工业用做软水剂;制革工业用于原料皮的脱脂、中和铬鞣革和提高铬鞣液碱度;食用级纯碱用于生产味精、面食等。

1949年,全国只有两家纯碱厂,年产量合计也就8.8万吨。2008年底,我国共有纯碱生产企业49家,纯碱产量达到1830万吨。我国的纯碱制造技术已由氨碱法为主,发展为联碱与氨碱并举、天然碱为辅的多种生产工艺,其比例大致为60%、36%、4%。目前,我国纯碱生产能力和产量均已占到世界总产能和总产量的1/3以上。据了解,2008年我国纯碱企业平均年产量37.34万吨。其中,走氨碱法路线的山东海化集团有限公司的年产能300万吨,联碱法的湖北三环化工集团有限公司年产能100万吨,但与世界先进水平仍有较大差距。如:氨碱企业,液氨平均消耗大于4.5kg/t碱,是世界最好水平的1.5~2倍。

(2) 烧碱 烧碱在国民经济中有广泛应用,使用烧碱最多的部门是化学药品制造,其次是造纸、炼铝、炼钨、人造丝、人造棉和肥皂制造业。另外,在生产染料、塑料、药剂及有机中间体,旧橡胶再生,无机盐生产中,制取硼砂、铬盐、锰酸盐、磷酸盐等,也要使用大量的烧碱。如普通肥皂是高级脂肪酸的钠盐,一般是用油脂在略为过量的烧碱作用下进行皂化而制得的;造纸行业主要是制浆耗碱,烧碱起苛化作用;印染、纺织工业上,也要用大量碱液去除棉纱、羊毛等上面的油脂;生产人造纤维也需要烧碱或纯碱。

我国最早的氯碱工厂是1930年投产的上海天原电化厂,日产烧碱2t。到1949年解放