



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

高职高专教材

荣获中国石油和化学工业优秀出版物奖（教材类）一等奖

HUAGONG
JIBEN
SHENGCHAN
JISHU

化工基本生产技术



第二版

● 卞进发 彭德厚 主编 ● 王一男 副主编 ● 程桂花 主审



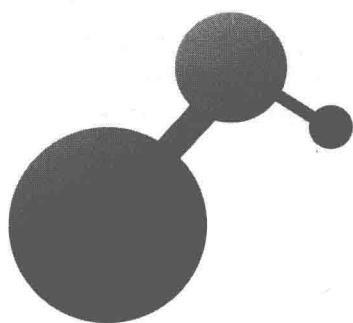
化学工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

高职高专教材

荣获中国石油和化学工业优秀出版物奖（教材类）一等奖



HUAGONG
JIBEN
SHENGCHAN
JISHU

化工基本生产技术

第二版

● 卞进发 彭德厚 主编 ● 王一男 副主编 ● 程桂花 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

《化工基本生产技术》第二版基本保留了第一版教材的编排体系和框架结构,以化工产品的生产技术为主线,从产品的市场调研、生产过程技术经济评价、项目确定到立项,从原料的选用到反应过程、产物的分离和精制、储存、包装和运输,从生产技术规程到岗位操作法的制订和组织实施,分别介绍了:化工生产基本过程、化工生产基础理论、典型化工产品生产技术、化工装置开停车技术、化工安全与环保技术和四个项目式教学案例。全书共7章,为了方便读者学习,在每章、节前精心安排了知识目标、能力(技能)目标和素质目标,文中穿插了大量的具有启发性的问题、练习等插件,在相关章节安排了利用 ChemCAD 解决化工生产过程的计算问题、通过登录给定网址进行乙烯装置热区分离工艺开车仿真练习,章、节后精心设计了知识拓展和综合练习等内容。本书力求体现以生产过程为导向、以基础理论知识为载体、面向实际、引导思维、启发创新的原则。通过对本书的学习,读者既可以获取化工生产的基本知识、熟悉化工生产过程中的基本操作、增强安全环保和责任关怀意识,又可提高分析问题和解决问题的能力,同时还可以了解化工生产技术的现状及发展趋势。

本书为高职高专化工生产技术类专业教材,也可作为非化工生产技术专业和相关专业的化学工艺课程和化工企业职工培训教材,亦可供本科院校学生及从事化工生产、设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工基本生产技术/卞进发,彭德厚主编. —2版.

北京:化学工业出版社,2015.6

“十二五”职业教育国家规划教材 高职高专教材

ISBN 978-7-122-23660-9

I. ①化… II. ①卞…②彭… III. ①化工生产-生产技术-高等职业教育-教材 IV. ①TQ06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 079171 号

责任编辑: 窦 臻

文字编辑: 丁建华

责任校对: 王素芹

装帧设计: 刘剑宁

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: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 21¼ 字数 520 千字 2015 年 10 月北京第 2 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: 40.00 元

版权所有 违者必究

前言

伴随经济的不断发展,化工生产技术领域发生了显著变化。新技术、新工艺不断出现,生产化工产品所需要的能源、原料格局也在发生着重大改变。本书作为“十二五”职业教育国家规划教材,为了体现行业发展要求、对接职业标准和岗位要求,培养掌握生产基本技术、能应用技术解决具体问题的高技能人才,以适应社会经济发展的需要,编者在本书第一版内容基础上,结合对企业走访、调研以及多次课堂教学中发现的问题,进行了适当修订。

按照教育部职成司《关于“十二五”职业教育国家规划教材选题立项的函》的要求,并结合了2013年10月,本书编写成员在徐州工业职业技术学院召开《化工基本生产技术(第二版)》教材编写研讨会会议纪要精神,在保留原教材整体结构、主要内容基本不变的情况下对本教材进行了修订,修订后的第二版教材的突出特点如下:

一是新。各章节内容结合当前的新技术、新工艺、新方法、新理念、新的统计数据等方面进行更新,做到增删结合、注重创新。

二是实。编者深入多家代表性的企业进行调研。在企业通过与技术人员及生产操作人员进行深入的交流与研讨,掌握了大量的生产一线技术资料,为修订教材内容积累了丰富的素材,使得本版教材内容更加实用,生产实际知识得以加强。

三是突出重点。为适应我国能源、资源的开发利用,突出了煤化工、煤制甲醇、煤制烯烃技术。

四是练。教材不仅更加注重对学生职业能力的综合训练,如在章节节后增加了旨在帮助读者理解掌握知识、应用知识解决实际问题、提高职业能力的自测题;而且强化对学生行业素质的训练,将“责任关怀”理念贯穿于化工基本生产技术之中,旨在培养学生的行业责任意识。

本书包括绪论、化工生产基本过程、化工生产基础理论、典型化工产品生产技术、化工装置开停车技术、化工安全与环保技术、项目式教学案例等主要内容。

本书由卞进发和彭德厚任主编、王一男任副主编,其中第一章,第四章第一、七节,第七章由南京科技职业学院(原南京化工职业技术学院)卞进发、王一男编写;第二章、第五章由徐州工业职业技术学院彭德厚编写;第三章、第四章第六节由常州工程职业技术学院陈群编写;第四章第四节、第六章由河北化工医药职业技术学院李永真编写,第四章第二、五节由徐州工业职业技术学院李蕾编写,第四章第三节由李永真和李蕾编写,全书由卞进发统稿。

本书由河北化工医药职业技术学院程桂花教授担任主审,并对教材的编写倾注了大量的

心血，付出了艰辛的劳动，提出了十分宝贵的意见，在此表示特别的感谢！在编写过程得到了化学工业出版社、参编学校的领导和专业老师，中石化扬子公司教授级高级工程师贡保仁，扬子巴斯夫有限责任公司烯烃装置经理杨建平工程师的大力支持和帮助，在此表示真诚的感谢。

由于编者的水平有限，难免疏漏，敬请应用此书的老师和学生们批评指正，共同为高职教材建设出力。

编者

2015 年 3 月

第一版前言

化学工业在国民经济建设和提高人民物质文化生活方面，已经发挥越来越重要的作用，显现出无限的生机与活力。随着化学工业的发展和进步，迫切需要一本符合高职高专教学特色，内容基本涵盖化工过程的生产技术，并能反映出当代先进的化工生产技术的专业教材，以适应高职高专院校应用化工生产技术、有机化工生产技术、精细化学品生产技术等化工生产技术类专业学生的需要。

本书可作为化工类各不同专业方向的一门专业主干课选用教材。该课程既可以作为专业课的前置课，又可以作为专业课开设。作为专业课的前置课时，学过本门课后再进行其他不同专业方向的专业课学习；作为专业课开设，学生学完该门课程之后，其他不同专业方向的专业课完全可以通过选学或者自学完成。选学在学校完成，自学可在顶岗实习或工作岗位上完成，根据实际工作需要，用什么学什么，学用结合。

本书具有四个特点。

一是实。真实地反映化工生产场境，以生产过程为主线，从产品调研、项目确定到立项，从生产技术规程到岗位操作法，从原料的选用到反应过程、产物的精制、储存、包装、商品化等，构建成一个完整真实的化工生产场境。

二是新。突出高职教育新理念，教师可以设计一个产品为贯穿项目，通过项目式教学设计案例（本书第七章）组织教学，学生可以通过想一想、练一练、查一查等多种形式，融“教、学、做”为一体，培养学生的职业能力。

三是精。文字简洁、内容精练，每章、节前精心安排了知识目标、能力（技能）目标和素质目标，文中穿插了大量的具有启发式插件，章、节后精心设计了拓展知识和综合练习。不仅可以提高学生的学习兴趣、拓宽知识面，还可培养学生热爱化工，立志献身祖国化学工业的精神。

四是活。教学手段灵活，教材内容既可以在课堂，也可以在实训中心，还可以在生产现场组织教学；教学方式灵活，既有启发式插件元素，又有讨论式的典型案例，还有理实结合的读图、识图、开停车和常见事故处理的练习；同时教材中各章节均为教师和学生提供了独立思考的平台、空间。

全书包括绪论、化工生产基本过程、化工生产基础理论、典型化工生产技术、化工装置开停车技术、化工安全与环保技术、项目式教学案例等主要内容。

全书由南京化工职业技术学院卞进发和徐州工业职业技术学院彭德厚主编，其中第一章，第四章第一、五节，第七章由南京化工职业技术学院卞进发、王一男编写；第二章、第

五章由徐州工业职业技术学院彭德厚编写；第三章、第四章第四节由常州工程职业技术学院陈群编写；第四章第二、三节，第六章由河北化工医药职业技术学院李永真编写，全书由卞进发统稿。

本书由河北化工医药职业技术学院程桂花担任主审，并对教材的编写倾注了大量的心血，付出了艰辛的劳动，提出了十分宝贵的意见，在此表示特别的感谢！在编写过程中得到了化学工业出版社、参编学校的领导和专业老师的大力支持和帮助，尤其是南京化工职业技术学院张小军老师、徐建良老师分别对全书的英文部分和部分章节进行了精心的审定修改，在此表示真诚的感谢。

为方便教学，本书配有内容丰富的电子课件，使用本教材的学校可以与化学工业出版社联系（cipedu@163.com），免费索取。

本书可以作为高职高专化工生产技术类（化工工艺类）专业的专业课教材，也可以作为非化工生产技术类（非化工工艺类）专业的专业基础课教材。

由于编者的水平有限，难免存在各种问题，敬请应用此书的老师和学生们斧正，共同为高职教材建设出力。

编者

2010年4月

目 录

CONTENTS

第一章 绪论	1
第一节 化工生产技术概述	1
一、化工生产技术的发展简史	2
二、化工生产技术的分类、特点	7
第二节 化工生产过程的原料资源与产品网络	10
一、原料资源	10
二、主要产品网络	11
第三节 本教材的性质、任务、主要内容、教学方法和评价	15
知识拓展	16
本章小结	17
综合练习	18
自测题	20
复习思考题	20
第二章 化工生产基本过程	21
第一节 原料	26
一、原料的选用与储存	27
二、原料的预处理	31
三、原料输送	33
第二节 反应过程	35
一、反应器选型	36
二、反应条件的选择	42
三、反应条件的控制	45
第三节 反应产物的分离与精制	47
一、气体混合物的分离	47
二、液体混合物的分离	49
三、固体混合物的分离	50
四、非均相混合物的分离	51
第四节 产品的包装与储运	53
一、各类材质的化工产品的包装容器	53
二、危险化学品的包装	55
三、包装物外观印刷要求	56
本章小结	57

综合练习	57
自测题	59
复习思考题	60
第三章 化工生产基础理论	61

第一节 化工生产过程常用经济评价指标	61
一、转化率、选择性和收率	62
二、生产能力与生产强度	64
三、工艺技术经济评价指标	65
第二节 工业催化剂及使用	66
一、催化剂的基本特征	67
二、催化剂的组成与性能	69
三、催化剂制备方法简介	72
四、工业生产对催化剂的一般要求	73
五、工业催化剂的使用	74
知识拓展	76
第三节 化工生产过程物料衡算和能量衡算	78
一、物料衡算	79
二、能量衡算	86
三、利用 ChemCAD 解决化工生产过程的计算问题	88
第四节 影响化学反应过程的因素	93
一、物理因素分析	93
二、热力学分析	95
三、动力学分析	97
四、工艺参数的确定	99
五、工艺控制方案	106
本章小结	107
综合练习	108
自测题	109
复习思考题	109
第四章 典型化工产品生产技术	111

第一节 烃类热裂解生产乙烯技术	111
一、烃类热裂解及裂解原料	112
二、烃类热裂解过程	115
三、裂解气的分离过程	121
知识拓展	140
第二节 煤制合成气技术	141
一、煤制合成气的生产原理	142
二、煤气化技术	146

三、原料气的净化	147
第三节 合成气制甲醇技术	150
一、甲醇的合成过程	151
二、甲醇的精制	155
知识拓展	159
第四节 合成氨生产技术	160
一、氨的合成	160
二、氨合成工艺条件的选择	165
三、氨合成塔	168
四、氨合成工艺流程	171
第五节 甲醇制烯烃技术	175
一、甲醇制烯烃的基本原理	175
二、甲醇制烯烃工艺条件	178
三、甲醇制烯烃工艺流程及主要设备	178
第六节 醋酸生产技术	185
一、生产醋酸的原料	185
二、醋酸的合成	187
三、醋酸生产工艺	188
第七节 聚合物的生产技术	194
一、聚合过程的基本概念	194
二、聚合过程的基本原理	197
三、聚合过程的实施方法	198
四、聚酯生产技术	200
五、聚酯的应用	204
知识拓展	205
本章小结	205
综合练习	206
自测题	209
复习思考题	211
第五章 化工装置开停车技术	213
第一节 原始开停车技术简述	214
一、原始开车的程序	214
二、原始开车前的准备工作	217
第二节 典型化工装置的原始开停车技术	220
一、换热装置系统的原始开停车	220
二、精馏装置系统的原始开停车	221
三、吸收装置系统的原始开停车	222
四、反应装置系统的原始开停车	222
五、离心泵系统的原始开停车	224

六、压缩机系统的开停车	225
第三节 正常开停车技术	233
一、正常开车前的准备工作	233
二、正常开车	234
三、正常停车	234
第四节 紧急停车技术	235
一、紧急停车的原因	235
二、措施	235
第五节 化工装置原始开停车实例	237
一、甲醇精馏双塔工艺过程	237
二、甲醇精馏装置原始开停车	240
三、乙烯装置热区分离工艺过程	243
本章小结	250
综合练习	251
自测题	251
复习思考题	252
第六章 化工安全与环保技术	253
第一节 化工生产中的防火防爆技术	254
一、燃烧与爆炸	254
二、水煤气生产中的防火防爆技术	255
三、制气车间常见火灾的扑救方法	258
第二节 化工生产中的职业毒害与防毒	258
一、职业病危害及职业中毒	259
二、化工生产中防止职业毒害的技术措施	260
三、职业中毒诊断和现场抢救	262
第三节 “三废”的处理和利用	264
一、废水的处理和利用	265
二、废气的处理和利用	267
三、废渣的处理和利用	268
本章小结	269
综合练习	269
自测题	270
复习思考题	270
第七章 项目式教学案例	272
项目一 （化工）工业项目建议书的编制	273
一、项目建议书的概念	273
二、项目建议书的基本内容及格式	273
三、编制项目建议书应注意的问题	274

四、典型项目建议书案例（编写框架）	275
五、项目实践	281
项目二 化工生产图纸识读	282
一、化工工艺图（工艺流程图）的识读	282
二、化工设备图识读	286
三、设备与管路布置图的识读	293
项目三 化工生产工艺流程现场识别与分析	297
一、工艺流程的现场识别与分析	298
二、工艺流程的分析、评价与优化方法	299
三、项目实践	308
项目四 工艺技术规程、岗位操作法的编制	308
一、工艺技术规程的意义、作用和标准内容	308
二、工艺技术规程的编制、批准和修订	310
三、岗位操作法的意义、作用及标准内容	310
四、岗位操作法的编制、批准和修订	312
五、某企业工艺规程和作法格式和内容	313
六、项目实践	320
本章小结	320
综合练习	320
自测题	323
复习思考题	323
参考文献	324

第一章 绪论

Introduction



知识目标

1. 了解化工生产技术的发展简史、本课程的主要内容和学习方法；
2. 熟悉化工生产技术与其他生产技术的关系、化工生产技术的分类，课程的性质与任务；
3. 掌握化工基本生产技术的内涵、化学工业的主要原料资源与产品网络、现代化生产技术的特点。



能力目标

1. 根据化工生产技术的发展简史，能正确理解我国化学品生产的优势和不足，以确定今后从事化工生产技术工作的目标和努力方向；
2. 根据化学工业的原料资源和主要产品网络，能清晰认识目前我国化学工业的现状、发展方向、开发的重点；
3. 根据我国煤的储量及煤化工技术的现状，能熟悉煤的化学加工方向。



素质目标

1. 用范旭东精神学好化工，掌握化工基本生产技术；
2. 掌握正确的学习方法，熟悉化工生产技术发展的特点，做一名适应现代化工发展、具有“责任关怀理念”、有社会责任感的人才。

第一节 化工生产技术概述

Summary of Chemical Production Technology

化学工业 (chemical industry) 亦称化学加工业，泛指生产过程中化学方法占主要地位的制造工业。由原料到化学产品的转化要通过化学工艺来实现。化学工艺即化工技术或化工生产技术 (chemical production technology)，指将原料物质主要通过化学反应转化为产品的方法和过程，包括实现这种转变的全部化学和物理的措施。通常将具有共性的化工产品的生产方法和过程称为化工基本生产技术 (basic chemical production technology)。它可归纳为两类，即单元反应技术 (cell reaction) 与单元操作技术 (unit operations technology)。单元

反应技术包括烃类裂解技术、羰基合成技术、氧化技术、聚合技术等。单元操作技术包括：流体输送、非均相分离、传热、蒸发、精馏、干燥、吸收等技术。由于化工生产技术密集，产品化学结构复杂，纯度要求高，质量要求严格，因此要求化工行业从业人员，特别是生产企业的一线操作人员、技术人员和管理人员，必须掌握化工基本生产技术，才能研究、开发、生产出品种新、质量好的化工产品。

随着科学技术与国民经济的发展，化工生产技术的范围也在不断扩大，如生产过程中的过程控制与优化技术、环境与安全控制技术及节能减排技术等，只要涉及化工生产的，都可以列入化工生产技术的范畴，形成如化工生产自动化技术、化工生产过程模拟技术、化工生产环境治理技术、化工生产安全技术等。

通常所说的化工生产技术主要指依据化学反应原理和规律实现化学品生产的工业技术。

一、化工生产技术的发展简史 (The Development Brief History of Chemical Production Technology)

1. 世界化工生产技术的发展简史

世界化工生产技术的发展，从生产方法、生产方式、控制技术等方面，经历了由手动到自动，由间歇到连续，由自动化到智能化的漫长发展阶段。大致可分为古代、近代和现代三个阶段。

古代的化学加工业 这时期的化工生产技术处于萌芽阶段，人们经过实践-认识-探索-再实践，经验积累-归纳提炼-推广应用的循序渐进过程。从而使化工生产技术基本形成。

远古时期，火的利用不仅是人类文明的起点，也是人类化学化工生产史的第一个伟大发现和发明。火第一次使人支配了一种自然力，最终把人从原始人进化为现代人成为可能。

(1) 最早的化工生产技术——硅酸盐的生产 大约1万年前，人类进入新石器时代，相对来说，这一时期人类使用的生产工具有了很大的改进，发展到一个新的水平，人们开始过着比较稳定的定居生活，因而需要更多更好的与之相适应的生产生活用具，陶器正是为满足这种社会经济生活的需要而产生的。

陶器具体是什么时候产生的，确实很难考证。仅从考古学家发掘实物的研究表明，人类最初是随意使用黏土，后来是有意识选择，进而用淘洗的方法除去黏土中的沙粒、石灰和其他杂质，经反复烧制后的陶器，表面逐渐光滑而美观，使粗陶逐渐过渡到细陶。陶器的发明，在制造技术上是一个重大突破。制陶过程改变了黏土的性质，使黏土的成分二氧化硅、三氧化二铝、碳酸钙、氧化镁等在烧制过程中发生了一系列的化学变化，这一生产技术使陶器具备了防水耐用的优良性质。

随着制陶工艺的不断改进，生产技术的不断进步，约公元前1500年，完成了从陶器向瓷器的过渡，使中国成为世界上最早发明瓷器的国家。

玻璃的发现在科学发展史上的地位至关重要，人们可以将玻璃制作成显微镜观察微观世界，也可做成望远镜用于天体研究，观察广阔的宏观世界和宇宙。

约公元前2600年，玻璃产生于美索不达米亚（现今伊拉克）或埃及的早期文明中心地之一。

中国的玻璃出现虽然比埃及晚，但它萌芽于商代，最迟在西周已开始烧制。《穆天子传》载，周穆王登采石之山，命民采石铸以为器，就是烧制玻璃。到了战国时期已生产出真正意义上的玻璃。我国古代的玻璃制造技术大致可分为四个阶段：一是早期原始玻璃，大约在西

周至春秋时期，这时期主要有珠、管、剑饰等；二是早期玻璃，即战国至西汉，玻璃已脱离原始状态，如玻璃壁、耳珰，玻璃耳杯、盘、碗等；三是中期玻璃，从唐代至元代，主要有铅钡玻璃和高钾低镁玻璃；四是明清时期，这一时期主要生产玻璃瓶、玻璃罐等。

从烧制陶瓷到玻璃的制作过程中，人们不断改进对原料的选择和精制、烧制温度和空气的控制、对烧制设备的设计等技术，这些都是化工生产技术中最重要的环节和影响因素。

(2) 金属冶炼技术 约公元前 3800 年，伊朗就开始将铜矿石（孔雀石）和木炭混合在一起加热，得到金属铜。到了公元前 3000～前 2500 年出现了质地坚硬的青铜（铜和锡），青铜适合制造生产工具、兵器、铜币、乐器等。如殷朝前期的“司母戊”鼎。它是一种礼器，是世界上迄今出土的最大的青铜器。随州出土的战国时代编钟，是古代在音乐史上的伟大创举。因此，青铜器的出现，推动了当时农业、兵器、金融、艺术等方面的发展，使社会文明向前推进了一步。

(3) 酿造技术 酿造是利用发酵的方法，使有机物质发生化学变化的加工技术。发酵是在微生物所分泌的酶的影响下进行的化学变化。

当时的人们利用含有糖分的粮食和水果制作发酵饮料，并利用酿制的方法，来保存提高粮食与果类的营养价值。由于酒类饮料特有的芳香、营养，并能使人发生快感，所以酒逐渐在人类历史的进程和技术发展上扮演起重要的角色，并促进了农业和粮食处理技术的发展。

利用发酵还可以制备醋、酱、酱油等许多其他产品。西方公元前 3000 年就利用酶菌和细菌把牛乳中的蛋白质制成干酪，至今仍是欧洲人喜欢的美食。目前，工业上利用发酵技术制造乙醇、丙醇、丁醇、丙酮、乳酸、醋酸、柠檬酸等许多产品，医药工业上制造青霉素等许多抗生素产品。

近代化学加工业 这一时期的化工生产技术已由作坊式向工厂化转化，控制方式也从手动向电动、由电动到自控转化，是化工生产技术的发展时期。

1740 年，英国的瓦尔德（Wald）将硫黄、硝石在玻璃容器中燃烧，再和水反应得到硫酸。1746 年英国的劳伯克（Roebuck）用铅室代替玻璃容器并于 1749 年建厂，这是世界上诞生的第一个近代典型化工厂。

1791 年 N. 吕布兰（Nicolas Leblanc）在法国科学院悬赏之下，获取专利，以食盐为原料制得纯碱，并建起了第一个碱厂，也带动了硫酸工业的发展。生产中产生的氯化氢用以制盐酸、氯气、漂白粉等为产业界所急需的物质，纯碱又可苛化为烧碱，把原料和副产品都充分利用起来，这是当时化工企业的创举；用于吸收氯化氢的填充装置，煅烧原料和半成品的旋转炉，以及浓缩、结晶、过滤等用的设备，逐渐运用于其他化工企业，为化工单元操作奠定了基础。吕布兰法于 20 世纪初逐步被索尔维法取代。19 世纪末叶出现电解食盐的氯碱工业。这样，整个化学工业的基础——酸、碱的生产已初具规模。

做一做

写出上文中提到的“吕布兰法”、“索尔维法”所涉及的反应方程式，并用自己的话说明一下技术进步的地方有哪些。

19 世纪化工生产技术发展很快，其中包括煤化工技术，1812 年干馏煤气开始用于街道照明。1825 年英国建成第一个水泥厂，它标志着现代硅酸盐的开始。1839 年美国人固特异（G. Goodyear）生产出第一个人工加工的高分子橡胶，即用硫黄硫化天然橡胶，应用于轮胎及其他橡胶制品。1856 年英国人柏金（W. H. Perkin）生产出第一个合成染料苯胺紫。1860

年在美国建成第一个炼油厂。瑞典发明家诺贝尔 (A. B. Nobel) 1862 年建成了第一个硝化甘油厂, 1863 年发明 TNT、1867 年发明雷汞雷管等。1872 年美国建成第一个人工加工高分子塑料 (赛璐珞) 的工厂。1890 年德国建成第一座隔膜电解制氯气和烧碱的工厂。1891 年法国建成第一个人造纤维素 (硝酸纤维) 工厂。其后三大合成材料制品已相继问世, 标志着合成材料的生产技术已进入新的开端。

查一查

这一时期的化工生产技术, 在装置规模和控制技术方面有哪些进展? 举一实例。

现代化学加工业 这个时期的化工生产技术的发展迅猛。主要体现在, 生产装置单系列产量最大化、过程连续化、自动化、智能化。

从 20 世纪初至 60~70 年代是化学加工业真正成为大规模生产的主要阶段, 一些主要领域都是在这一时期形成的。合成氨和石油化工得到了发展, 高分子化工进行了开发, 精细化工逐渐兴起。这个时期, 英国 G. E. 戴维斯和美国的 A. D. 利特尔等人提出单元操作的概念, 奠定了化学工程的基础。它推动了化工生产技术的发展, 无论是装置规模, 或产品产量都增长很快。

(1) 合成氨生产技术 1913 年德国的化学家哈伯和工业化学家博施, 用物理化学的反应平衡理论, 提出氮气和氢气直接合成氨的催化方法, 以及原料气与产品分离后, 经补充再循环的设想, 进一步解决了设备问题。因而使德国能在第一次世界大战时建立第一个合成氨工厂, 这是化工生产技术实现高压催化反应的第一个里程碑。

合成氨生产技术, 由传统型蒸汽转化制氨生产技术, 到低能耗制氨生产技术, 发展为装置单系列产量最大化等三个阶段。

① 传统型蒸汽转化制氨生产技术 传统型合成氨工艺以凯洛格 (Kellogg) 工艺为代表, 以两段天然气蒸汽转化为基础, 包括: 合成气制备 (有机硫转化和 ZnO 脱硫+两段天然气蒸汽转化)、合成气净化 (高温变换和低温变换+湿法脱碳+甲烷化)、氨合成 (合成气压缩+氨合成+冷冻分离)。Kellogg 传统合成氨工艺首次在合成氨装置中应用了离心式压缩机, 并将装置中工艺系统与动力系统有机结合起来, 实现了装置的单系列大型化 (无并行装置) 和系统能量自我平衡 (即无能量输入), 是传统型制氨工艺的最显著特征, 成为合成氨工艺的“经典之作”。

② 低能耗制氨生产技术 具有代表性的低能耗制氨生产技术有 4 种: Kellogg 公司的 KREP 生产技术、布朗 (Braun) 公司的低能耗深冷净化生产技术、德国伍德 (UHDE) 与英国帝国化学公司 (ICI) 合作的 AMV 生产技术、托普索 (Topsøe) 生产技术。与 4 种代表性低能耗生产技术同期开发成功的生产技术还包括: ① 以换热式转化生产技术为核心的 ICI 公司 LCA 生产技术、Kellogg 公司的 KRES 生产技术等; ② 基于“一段蒸汽转化+等温变换+PSA”制氢生产技术单元和“低温制氮”生产技术单元, 再加上高效氨合成生产技术单元等成熟技术结合而成的德国林德 (Linde) 公司 LAC 生产技术; ③ 以“钨基催化剂”为核心的 Kellogg 公司的 KAPP 生产技术。

③ 装置单系列产量最大化 20 世纪 80 年代投产的世界级合成氨装置的平均产量为 1120t/d, 随后投产的世界级合成氨装置的产量大多已接近 2000t/d, 且主要按照现有技术进行放大。而德国伍德 (UHDE) 公司已经推出了日产 3300t 合成氨技术, 美国凯洛格·布朗·路特

(KBR) 集团、托普索 (Topsøe)、鲁奇 (Lurgi) 公司均推出了日产 2000t 合成氨技术。

合成氨技术的发展, 将会继续紧密围绕“降低生产成本、提高运行周期, 改善经济性”的基本目标, 进一步集中在“大型化、低能耗、结构调整、清洁生产、长周期行”等方面进行技术的研究开发。

查一查

合成氨生产技术的发展过程中, 烃类蒸汽转化催化剂、一氧化碳变换催化剂、甲烷化催化剂、氨合成催化剂的使用现状及发展趋势。

(2) 石油化工生产技术 1920 年美国新泽西标准石油公司采用了 C. 埃利斯发明的丙烯水合制异丙醇生产技术, 这是大规模发展石油化工的开端。1939 年美国标准油公司开发了临氢催化重整技术, 成为芳烃的重要来源。1941 年美国建成第一套以炼厂气为原料的管式裂解炉制乙烯的技术装置, 使烯烃等基本有机化工原料有了丰富、廉价的来源。第二次世界大战以后, 化工产品市场扩大, 化工生产技术不断发展, 由于石油可提供大量廉价有机化工原料, 逐步形成石油化工生产技术。甚至不产石油的地区, 如西欧、日本等也以原油为原料, 发展石油化工, 同一原料或同一产品, 各化工企业却有不同的工艺路线或不同催化剂, 由于基本有机原料及高分子材料单体都以石油化工为原料, 所以人们以乙烯的产量作为衡量有机化工的标志。20 世纪 80 年代, 90% 以上的有机化工产品来自石油化工。例如, 氯乙烯、丙烯腈等, 由以电石乙炔为原料, 改用氧氯化法生产技术, 以乙烯生产氯乙烯, 用丙烯氨氧化法生产丙烯腈。

查一查

石油化工生产技术的发展史。完成一篇石油炼制生产技术中常减压蒸馏技术、烃类裂解制乙烯生产技术中的裂解技术的生产规模和控制技术方面的发展状况调研报告。

(3) 高分子化工生产技术 20 世纪 30 年代, 建立了高分子化学体系, 合成高分子材料得到迅速发展。1931 年氯丁橡胶在美国实现工业化, 1937 年德国法本公司开发丁苯橡胶获得成功, 1937 年聚己二酰己二胺 (尼龙 66) 合成工艺诞生, 并于 1938 年投入工业化生产, 用熔融法纺丝, 因其有较好的强度, 用作降落伞及轮胎用。随着高分子化工生产技术的蓬勃发展, 涤纶、维尼纶、腈纶等陆续投产, 也因为石油化工作为原料保证, 人造纤维逐渐占据了天然纤维的大部分市场。塑料方面, 开发出的酚醛树脂是当时优异的绝缘材料, 迄今仍为塑料中的大品种, 30 年代后, 新品种不断出现, 出现了醇酸树脂等热固性树脂。1939 年高压聚乙烯用于海底电缆及雷达, 低压聚乙烯、等规聚丙烯的开发成功, 为民用塑料开辟了广泛的用途, 这是齐格勒、纳塔研制的催化剂为高分子化工所作出的极大贡献。这一时期还出现耐高温, 抗腐蚀的材料, 如聚四氟乙烯。

到 20 世纪 40 年代实现了腈纶、涤纶纤维的生产, 50 年代形成了大规模生产塑料、合成橡胶和合成纤维的产业, 人类进入了“三大合成”材料新时代, 进一步推动了工农业生产和科学技术的发展, 人类生活水平得到了显著的提高。

练一练

上述有关高分子化工生产技术中出现的化学物质, 你能写出其结构式吗?

(4) 精细化工生产技术 在石油化工和高分子化工发展的同时, 为满足人们生活的更