



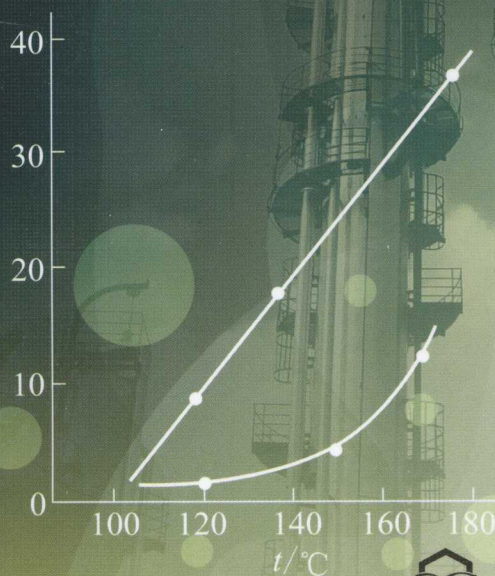
教育部高职高专规划教材

化工工艺概论

HUAGONG GONGYI GAILUN

第二版

卞进发 彭德厚 主编 程桂花 主审



化学工业出版社



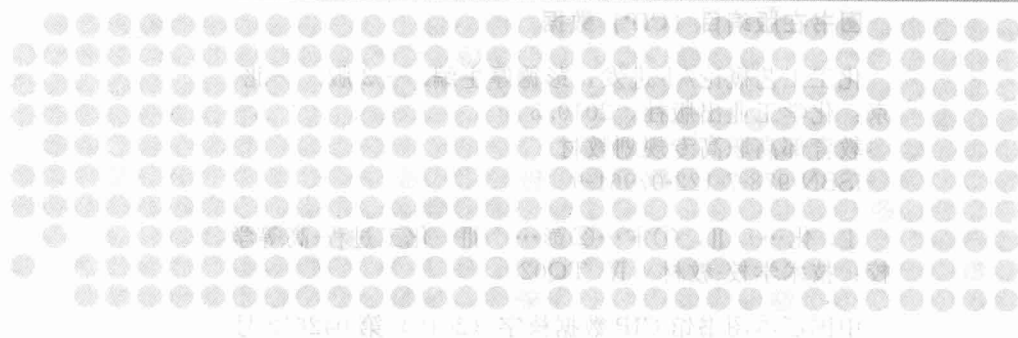
教育部 高职高专规划教材

化工工艺概论

HUAGONG GONGYI GAILUN

第二版

卞进发 彭德厚 主编 程桂花 主审



ISBN 7-122-07100-0
定价：25.00元

化学工业出版社
北京



化学工业出版社

北京 100011

·北京·

16开 1.00元

本书为第二版,在第一版基础上进行了全面修订,介绍了化工生产技术的基本知识、化工产品的资源路线与产品网络、工艺条件选择、工艺流程配置与评价的方法及应用、典型化工过程及其生产工艺、化工生产技术中的安全与“三废”处理相关技术。全书共7章,以化工生产技术类各专业的共性为基点,介绍必需的应用知识;以工艺过程原理、工艺条件选择和流程分析与配置为重点,理论联系实际,突出知识应用。还介绍了化工生产过程中的安全与“三废”处理相关技术和化工过程物料衡算与热量衡算的基本方法;各章分别给出了与内容相关的、拓展性的知识。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。

本书为高职高专化工生产技术类专业教材,也可作为化学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、科研与设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工工艺概论/卞进发,彭德厚主编. —2版. —北京:化学工业出版社,2010.5
教育部高职高专规划教材
ISBN 978-7-122-07961-9

I. 化… II. ①卞…②彭… III. 化工过程-高等学校:技术学校-教材 IV. TQ02

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第042612号

责任编辑: 窦 臻
责任校对: 周梦华

文字编辑: 丁建华
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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张12 字数300千字 2010年8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: 19.00 元

版权所有 违者必究

《化工工艺概论》编写人员

第二版

主 编 卞进发 彭德厚

编写人员 (按姓名笔画排列)

王一男 卞进发 李永真 陈 群 彭德厚

主 审 程桂花

第一版

主 编 李贵贤 卞进发

编写人员 (按姓名笔画排列)

卞进发 李贵贤 陈 群 彭德厚

主 审 程桂花

第二版前言

《化工工艺概论》从2002年出版至今已将近9年了。期间该教材得到广大师生青睐，多次重印。而化学工业的发展突飞猛进，尤其是我国的石油化学工业发展更快，到2010年，我国乙烯总生产能力将达1702万吨，2008年~2010年两年间，年均增长率为23.72%，成为仅次于美国（2776万吨）的世界第二大乙烯生产国。乙烯工业的发展促进了化学工业其他部门和行业的发展。为我国社会主义经济建设稳定持续的发展做出了贡献。为适应化学工业发展的需要，适应高等职业教育改革和发展的需要，按照高等职业教育培养目标要求，结合多年来教学改革的实践，我们深感对原教材进行修订的必要性和紧迫性。

本教材修订过程中，着重做了以下几方面工作。

一、按照教育部教高[2006]16号文件精神，经2009年5月《化工工艺概论》（第二版）编审委员会会议制定教学基本要求和教学大纲要求。依据会议要求本次修订保持第一版的主体框架结构。“化工安全及三废处理”单独设章，以突出其在现代化学工业中的地位；“化学工业前沿与展望”一章的相关内容分解在有关章节。

二、教材修订体现出高等职业教育特色的知识载体，每章开篇处设计“学习目标”，用于指导学生了解本章或本节重点内容与学习要求。各章后精心设计体现本章教学内容的开放性“综合练习”，促使学生明确学习本章内容的目的与意义，带着任务去学习相关知识与技能。每章后还设计了有关职业知识、技能训练的适量“复习思考题”，以有效实现学生职业技能的培养。

三、本书从多角度解读化工生产基本过程。在第一版的基础上，增加了信息量、更新了内容、拓宽了视角，一~三级标题及重要专业名词增加了英文对照，为教师组织课堂教学与学生自学提供思考空间。

全书共七章，主要内容有：化工生产过程的基本概念和基本知识；化工生产原料及产品网络；化工生产过程工艺条件的选择和工艺流程的配置与评价；典型化工生产过程的原理与工艺；化工生产过程中的安全与三废处理。各章均有拓展性的综合练习材料。

本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共同主编，其中：第一章、第三章由徐州工业职业技术学院彭德厚编写；第二章、第四章由常州工程职业技术学院陈群编写；第五章和第七章由南京化工职业技术学院卞进发和王一男编写；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。编写过程中，得到了各兄弟院校领导和老师们的大力支持，在此表示感谢！

本教材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，提出了十分宝贵的真知灼见，编者在此表示衷心感谢！本次修订是在本教材第一版基础上进行的，在此还要特别感谢第一版主编李贵贤教授，对第一版教材结构框架的总体设计、编写思路的构思，为第二版的修订奠定了良好的基础。

由于编者水平和条件所限，编写时间仓促，书中的疏漏之处，敬请专家和广大读者批评指正，我们不胜感激。

编者

2010年1月

第一版前言

本书依据全国高等职业技术教育化工工艺专业教学指导委员会制定的化工工艺专业教学计划对《化工工艺概论》的设课要求和教材编审委员会制定的教学基本要求与教学大纲，在分析研究化工工艺类专业的共性特点和当今化学工业发展趋势的基础上编写而成。为了突出高职教材特色，对工艺学教材编写进行新的探索，教材力求体现加强基础知识、面向生产实际、引导思维、启发创新、便于教师教学和学生自学的原则，使教材具有科学性、先进性、启发性和实用性。按照“掌握基本知识，注重能力培养”的目的，使学生掌握化工工艺的基础知识、基本原理，具备工艺条件分析与确定、工艺流程配置与评价的基本能力，为学习后续专业课和将来从事相关工程技术工作打下牢固的基础。

本书注重化工工艺知识与理论的提炼及归纳，注意化工工艺类各专业知识的点面结合，突出理论联系实际，强调基础知识与工艺原理的应用，并介绍了化学工业的前沿知识和发展趋势，深入浅出、通俗易懂。全书重点放在介绍化工生产基本知识，分析和讨论典型化工生产过程的工艺原理，工艺条件的分析与确定，工艺流程配置与评价的原则和方法，并以实例加以分析。各章均有学习要求和复习思考题，便于教与学。

全书的主要内容有：化工工艺的基本概念与基础知识；化工资源路线及主要产品网络；化工生产工艺条件的选择和工艺流程的配置与评价；典型化工生产过程的原理与工艺；化学工业前沿与展望；化工过程的物料衡算和热量衡算基础等。

本书由甘肃工业大学石油化工学院李贵贤（第一章、第六章、第七章）和南京化工职业技术学院卞进发（第五章）主编。参加编写的还有陈群（第二章、第四章）和彭德厚（第三章）。全书由李贵贤统稿。编写过程中，得到了各兄弟院校领导和老师们的大力支持，在此表示感谢！

全国高等职业技术教育化工工艺专业教材编审委员会组织了审稿，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，提出了十分宝贵和建设性的意见，在此表示特别的感谢！参加审稿工作的还有文建光、舒均杰、侯文顺、梁凤凯和杨秀琴等。

由于编者水平和条件所限，编写时间仓促，书中的错误和疏漏之处，敬请专家和广大读者批评指正，我们不胜感激。

编者

2002年5月

目 录

第一章 绪论	1	一、催化剂的基本特征	29
第一节 化学工业在国民经济中的地位与作用	1	二、催化剂的组成及性能指标	31
第二节 化学工业的发展概况	2	三、催化剂的使用	33
一、化学工业的发展简史	2	四、固体催化剂制备方法的简介	36
二、化学工业的分类	4	五、工业催化剂使用实例	37
三、现代化学工业的特点	5	第三节 物料衡算和热量衡算	38
第三节 本课程的性质、任务、主要内容和学习方法	7	一、物料衡算	39
本章小结	7	二、热量衡算	45
综合练习	8	本章小结	48
复习思考题	9	综合练习	48
第二章 化学工业的资源路线和主要产品	10	复习思考题	50
第一节 化工资源概况	11	第四章 化工生产过程工艺条件分析	51
一、世界资源结构及利用现状	11	第一节 化工生产过程的热力学分析	51
二、我国的资源状况	11	一、化学反应的可行性分析	52
第二节 化学工业主要产品网络	12	二、反应系统中反应难易程度的分析	52
一、煤化工产品	12	三、化学反应平衡移动分析	52
二、石油化工产品	13	第二节 化工生产过程的动力学分析	53
三、天然气化工产品	16	一、温度对化学反应速率的影响	54
四、农林副产品的化工利用	17	二、催化剂对反应速率的影响	55
五、矿石的化工利用	19	三、浓度对反应速率的影响	55
六、再生资源的开发利用	19	四、压力对反应速率的影响	56
第三节 资源的综合利用	20	第三节 工艺条件的分析与选择	56
第四节 化工生产的多方案性	21	一、温度	56
一、原料的选择	21	二、压力	57
二、生产路线的选择	22	三、原料配比	57
三、产品的选择	23	四、停留时间	58
本章小结	24	第四节 化工生产工艺控制	58
综合练习	24	一、温度	58
复习思考题	25	二、压力	58
第三章 化工生产过程基本知识	26	三、流量	59
第一节 化工生产过程的常用指标与经济评价	26	第五节 工艺条件的选择与控制实例	59
一、转化率、选择性和收率	26	一、乙苯催化脱氢制苯乙烯	59
二、生产能力与生产强度	28	二、二氧化硫催化氧化制三氧化硫	62
三、工艺技术经济评价指标	28	本章小结	65
第二节 工业催化	29	综合练习	66
		复习思考题	66
		第五章 典型的化工生产过程选介	68
		第一节 概述	68
		一、化工生产过程的概念	68

二、化工过程的操作方式	68	第二节 工艺流程的配置	134
第二节 烃类热裂解过程	70	一、工艺流程配置的一般原则	134
一、烃类热裂解过程的概念	70	二、工艺流程配置的方法	135
二、烃类热裂解过程的工业应用	71	第三节 工艺流程的分析、评价与优化	140
三、烃类热裂解过程的基本原理	71	一、技术的先进性、适用性和可靠性	140
四、烃类热裂解过程的工艺条件	73	二、经济合理性	141
五、烃类热裂解工艺过程	75	三、工业生产的科学性	141
六、乙烯工业的发展趋势	79	四、操作控制的安全性	141
第三节 氧化过程	81	第四节 典型工艺流程解析	141
一、氧化过程的概念	81	一、氨合成工艺流程解析	141
二、氧化过程在工业生产中的应用	81	二、氯乙烯悬浮法聚合生产聚氯乙烯	
三、氧化过程的基本原理	82	工艺流程解析	146
四、乙烯催化氧化制环氧乙烷过程	86	本章小结	149
五、生产环氧乙烷的技术进展	89	综合练习	149
第四节 羰基化过程	90	复习思考题	151
一、羰基化过程的基本概念	90	第七章 化工安全及“三废”处理	152
二、羰基化过程的工业应用	92	第一节 化工生产防火防爆技术	152
三、羰基化过程的基本原理	93	一、燃烧与爆炸	153
四、丙烯羰基化合成丁/辛醇过程	93	二、防火防爆措施	156
五、羰基化过程的技术进展	96	三、消防灭火技术	158
第五节 聚合过程	97	第二节 压力容器的安全技术	161
一、聚合过程的基本概念	97	一、压力容器的定义与分类	161
二、聚合过程的工业应用	98	二、压力容器的设计、制造及安装	163
三、聚合过程的基本原理	98	三、化工压力容器的安全问题	163
四、高压法生产聚乙烯	99	四、化工压力容器安全装置的设置	163
五、聚合过程的研究方向	101	五、化工压力容器安全装置操作要点	164
第六节 芳烃生产过程	102	第三节 工业毒物的危害及防护	165
一、芳烃生产过程的概念	102	一、工业毒物主要存在的形式	165
二、催化重整生产芳烃	102	二、工业毒物的毒性指标与分级	165
三、芳烃转化的应用	105	三、工业毒物侵入人体的途径	166
四、C ₆ 芳烃的分离	111	四、具体中毒危险物分析	167
五、芳烃生产技术进展	112	五、化学性中毒患者处理原则	168
第七节 离子交换过程	114	六、防范措施	169
一、离子交换过程的概念	114	第四节 劳动保护技术常识	170
二、离子交换过程的工业应用	118	一、化学灼伤及其防护	170
三、离子交换过程的基本原理	118	二、噪声的危害与预防	171
四、离子交换法制备软水和无盐水的		三、辐射的危害与防护	172
过程	121	第五节 化工“三废”的污染与治理	173
五、离子交换过程的技术进展	123	一、化工“三废”的来源、分类和排放	
本章小结	124	标准	174
综合练习	125	二、“三废”的处理和利用	176
复习思考题	127	三、“三废”处理的前景	179
第六章 化工生产工艺流程	129	本章小结	180
第一节 概述	130	综合练习	180
一、工艺流程的组成	130	复习思考题	181
二、工艺流程图	130	参考文献	183

第一章 绪 论

Introduction



知识目标

了解我国化学工业的发展简史；
理解化学工业在国民经济中的地位与作用，化学工业的分类，课程的性质与任务；
掌握现代化学工业的特点，课程的主要内容和体系。



能力目标

能根据所学的知识，充分了解我国化学工业的现状、发展方向、开发的重点，能正确地规划自己人生的化工职业生涯。



素质目标

能树立正确的人生观、价值观、学习观、发展观，掌握正确的学习方法，学好化工生产知识，为祖国化工事业的发展夯实理论基础、做好知识的储备。

第一节 化学工业在国民经济中的地位与作用

Position and Action of Chemical Industry in National Economy

化学工业是指在工业生产中以化学方法为主要手段，将原料转化为化学产品的工业。化学工业随着人们的生活和生产的需要而逐渐发展，化学工业技术的不断进步，不仅改善了生产条件，提高了人类的生活质量，而且也推动了其他工业的快速发展。可以说没有化学工业的发展就没有其他工业的技术进步，也没有今天多姿多彩的幸福生活。所以，化学工业是我国工业的基础，是国民经济发展的支柱产业。

化工产品种类繁多、数量极大、用途广泛，与国民经济各部门、各行各业都存在着千丝万缕的联系，在国民经济建设中具有十分重要的地位与作用。化学工业是国民经济的基础产业，它为其他工业、农业、交通运输业、国防军事、航空航天和信息技术等领域提供了丰富的基础材料、结构材料及功能材料、能源和丰富的必需化学品，保证并促进了这些工业门类

的发展和技术进步。化学工业又与人类的生活息息相关,无论是衣、食、住、行、医疗、教育等物质生活,还是文化艺术等精神生活都离不开化工产品,所以说化学工业是国民经济的支柱产业。

化学工业是一个技术、资本、人才密集型的工业体系,劳动生产率高、经济效益显著,已初步实现了集约化、连续化、大型化、自动化、智能化。化学工业可以充分地利用资源和能源,实现循环经济,走可持续发展的道路,不再是往日那种有毒、有害、污染严重的工业代名词,它已经是可以实现零排放的绿色工业。人们的就业观念已经悄悄地发生了变化,化工行业成为人们向往的行业之一。在20世纪60~70年代,美、日、德、英、法及苏联等发达国家的化学工业迅猛发展,而我国的化学工业直到20世纪80年代才得到了迅速的发展。经过了近30年的努力,我国化学工业发展突飞猛进,已处于世界前列。目前,石油化工是我国优先发展的支柱产业之一,而精细化工、农用化学品,特别是生物化工已经成为我国化学工业发展的重点。21世纪初,纳米材料、生物化工的兴起为石油化工、新型合成材料、精细化工、微电子化工、橡胶加工业、化工环保业注入了新的活力。化学工业在我国国民经济建设和提高人民物质文化生活方面,已经发挥了越来越重要的作用,显现出无限的生机与活力。

第二节 化学工业的发展概况

General Developing Situation of Chemical Industry

一、化学工业的发展简史 (the developing history of chemical industry)

1. 世界化学工业发展简史

无机化工 (inorganic chemical industry) 化学工业的真正发展始于18世纪40年代,英国建成铅室法生产硫酸厂,先以硫黄为原料,后以黄铁矿为原料,产品主要用以制硝酸、盐酸及药物,虽然产量不大,但这是真正意义上的第一个典型的工业化生产过程,具有里程碑式的意义。

到1791年,N.路布兰获取了专利技术,发明了路布兰法制碱工艺,并且带动了硫酸工业的发展。生产中所产生的氯化氢用以制造盐酸、氯气、漂白粉。纯碱又可苛化为烧碱,把原料和副产品充分地利用起来,这是当时化工企业的创举,满足了法国的纺织、玻璃、肥皂等工业生产的需要,有力地推动了法国开始的产业革命。继法国之后,英国于1823年首先建成路布兰法制碱的工厂。由路布兰法制碱工艺所创立的洗涤、结晶、过滤、干燥、煅烧等化工单元操作过程的理论,至今对化学工业的发展仍然具有重要的指导意义。

从18世纪末到20世纪初的100多年时间里,是无机化工逐渐形成的过程。期间,用接触法制硫酸取代了铅室法,索尔维氨碱法制纯碱取代了路布兰法,以酸、碱为基础的无机化学工业已初具规模。

有机化工 (organic chemical industry) 到19世纪中叶,随着纺织工业的发展,天然染料已不能满足纺织印染的需要。此时钢铁工业的大发展带动了炼焦工业的快速发展,人们发现从炼焦的副产物煤焦油中,可以分离出苯、萘、蒽、醌、苯酚等芳香族化合物,它们是染料工业的重要原料,从而促使染料、农药、香料和医药等有机化学工业得到迅速发展。而化肥和农药又提高了农作物的产量,促进了农业生产的发展,也促进有机化学工业的发展。

在19世纪下半叶,形成了以煤焦油化学为主体的有机合成工业,直到1895年,建立了以煤和石灰石为原料,用电热法生产电石的第一个工厂,电石再经水解产生乙炔,以此为起

点生产乙醛、醋酸等一系列基本有机化工原料以后,才真正有了基本有机合成的化学工业。到20世纪中叶后,由于石油化工的发展,大部分原有的乙炔系列产品改由乙烯为原料,取代了能耗较高的电石。目前,以电石法生产乙炔的化工产品仍然占有一定的份额。

1905年,德国化学家哈伯(F. Haber)发明了合成氨技术,标志着化学工业取得重大飞跃,1913年在化学工程师C. 博施的协助下建成世界上第一个合成氨厂,促进了氮肥及炸药等工业的快速发展。这标志着高温高压催化反应在工业上实现了重大突破,同时又在催化剂研制和开发应用、耐腐蚀合金钢冶炼、耐高压反应器设计和制造、工艺流程组织、煤的气化、气体分离净化技术、能量合理利用等方面取得一系列成就,成为化学工业发展史上的又一个里程碑,有力地推动了无机和有机化工的发展。一般认为,合成氨是现代化肥工业的开端,也标志着现代化学工业的伊始。合成氨先以焦炭为原料,20世纪40年代后改由石油和天然气为原料,使化学工业与石油工业两大部门更密切地联系起来,更加合理地利用原料和能量。

石油化工(oil chemical industry)自20世纪初期以来,石油和天然气得到大量开采和利用,向人类提供了各种燃料和丰富的化工原料,尤其是自发明石油烃类高温裂解技术后,生产了大量的基本有机化工原料,开辟了更多生产有机化工产品的新技术路线。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工艺,标志着石油化工的兴起。1939年美国标准石油公司开发了临氢催化重整过程,这成为芳烃的重要来源。在20世纪40年代,美国建成了第一套以炼厂气为原料的管式裂解炉制乙烯的装置,使烯烃等基本有机化工原料有了丰富、廉价的来源。20世纪80年代后,90%以上的有机化工产品来自于石油化工。到目前为止,世界石油化工比较发达的国家有美国、日本、德国、俄罗斯、中国、法国和英国。

高分子化工(polymer chemical industry)高分子化工经历了天然高分子原料(如天然橡胶、天然油脂和树脂)的加工、改性;以煤焦油为原料经分离、提纯与合成;以电石法生产乙炔为原料的基本有机合成和高分子合成;以石油加工和裂解为基础的单体原料进行聚合等几个阶段。到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,高分子化工才蓬勃发展起来。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。

精细化工(fine chemical industry)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高需求,产品批量小、品种多、功能优良、附加价值高的精细化工也很快发展起来。在染料生产领域,开发了各种活性染料,如用于涤纶的分散染料,用于腈纶的阳离子染料,用于涤棉混纺的活性分散染料。此外还有用于激光、液晶、显微技术等特殊染料。在农药方面,20世纪40年代瑞士P. H. 米勒发明第一个有机氯农药滴滴涕之后,又开发了一系列的有机氯、有机磷杀虫剂,后又有胃杀、触杀、内吸等特殊作用的有机农药和系列高效低毒或无残毒的优质农药问世。涂料工业的发展摆脱了对天然油漆的依赖,以合成涂料为主,如醇酸树脂、环氧树脂、丙烯酸树脂等。当今,化学工业的发展重点之一就是进一步综合利用资源,充分、合理、有效地利用能源,提高化工生产的精细化率和绿色化水平。

近年来,世界各国都高度重视发展新技术、新工艺,开发新产品,增加高附加值产品的品种和产量,而且新材料的开发与生产成为推动科技进步、培植经济新增长点的一个重要领

域：重点发展复合材料、信息材料、纳米材料以及高温超导体材料等，这些材料的设计和制备的许多技术必须运用化工技术和工艺。可见，不断创新的化工技术在新材料的制造中发挥了关键作用，同时，化学工程与生物技术相结合，引起了世界各国的广泛重视，已经形成具有宽广发展前景的生物化工产业，给化学工业增添了新的活力。

2. 我国化学工业发展简史

与发达国家相比，我国的化学工业起步较晚。1942年，我国制碱专家侯德榜先生，成功发明了联碱生产氯化铵的新工艺——侯氏制碱法，这是我国现代化学工业的开端，该法至今仍具有重要的工业意义。由于战乱及各种因素的影响，直到新中国成立以后的很长一段时间内，我国化学工业发展缓慢，几乎停滞不前。

20世纪50年代，我国以无机酸、碱、盐为代表的无机化学工业虽然已初具规模，但结构不合理、工艺落后、能耗较高、污染严重。譬如，直到20世纪90年代中期，才通过引进离子膜法生产烧碱技术，逐渐取代落后的隔膜法；有机化学工业主要还是以煤焦油和电石法生产乙炔为原料，而且在整个工业体系中所占的比重更是微不足道。

20世纪60年代末期，以煤气化制半水煤气生产合成氨工艺在全国如雨后春笋般发展起来，每个县都建设了一个小氮肥厂。虽然小氮肥规模小、能耗高、成本高，但是它的意义在于彻底冲破国际上对我国的经济封锁，从根本上改变了我国氮肥完全依赖于进口、农业生产徘徊不前的局面，促进了农业生产的发展，我国化学工业的起步应该真正从这时才开始。

20世纪60年代初以来，我国相继开发了大庆油田、胜利油田等一大批油田，迅速地甩掉了贫油国的帽子。大油田的开发首先解决了交通运输业的燃料问题，其次是以石油和天然气为原料，生产包括基本有机化工原料、合成氨和三大合成材料（塑料、合成橡胶、合成纤维）的化学工业得到突飞猛进的发展，形成了一个新型工业部门——石油化学工业。它的产品品种、产量和产值后来居上，我国石油化工企业的产值和利税已远远超过其他化工企业的总和，石油化工成为我国国民经济的主要支柱产业之一，中石化和中石油已跻身世界500强企业。20世纪80年代以来，随着科学技术的进步，一系列节能降耗的工艺流程不断涌现出来，促使产品成本进一步降低，石油化工企业的利润大大提高。

改革开放以后，我国相继进口了四套30万吨/年乙烯裂解装置，使乙烯裂解能力由原来的每年的十余万吨一下子猛增到每年一百几十万吨，这才意味着我国真正开始进入石油化工时代。至今，在原有装置的基础上，经改造、扩建、新建，已有数十套规模超过45万吨/年的大型乙烯裂解装置，使我国有机化学工业已跃升到世界前列。目前，我国化学工业需要进一步优化产业结构，努力提高产品质量，节能减排，降低生产成本，搞好环境保护，建立现代企业制度，培养大批的技术人才，积极走引进、消化、吸收、创新，重在创新上下功夫的化学工业的发展路子，努力赶超世界先进水平。

二、化学工业的分类 (classify of chemical industry)

化学工业既是原材料工业，又是加工工业；既有生产资料的生产，又有生活资料的生产，所以化学工业的范围很广，在不同时代和不同国家里不尽相同，其分类也比较复杂。但是，通常所说的化学工业就是指基础原料、基本原料或中间产物经化学合成、物理分离或化学的、物理的复配得到化工产品的工业。这些化工产品可以是其他工业的原料，诸如冶金、建材、造纸、食品等工业，也可能是最终的化工产品，诸如肥料、农药、染料、涂料、各种助剂或添加剂等。

1. 按产品的结构和性质分类

在习惯上按产品结构和性质 (structure and quality) 不同将化学工业分为无机化学工业

和有机化学工业。其中无机化学工业又可分为酸、碱、盐以及无机肥料等；有机化学工业又可分为基本有机化学工业、精细有机化学工业、高分子有机化学工业等。

2. 按起始原料分类

按起始原料 (raw material) 不同化学工业可分为煤化工、天然气化工、石油化工、盐化工和生物质化工等；煤化工早期是以煤焦油生产芳烃、萘、蒽等化工原料和产品，后来又用电石法生产乙炔，由乙炔生产化工产品，所以也叫做乙炔化工；近期由煤或天然气蒸汽转化生产合成气，合成气可以生产氨、甲醇等一系列化工产品。石油化工是原油经一次加工和二次加工后，生产一系列的化工产品。盐化工是以电解食盐水溶液生产烧碱、盐酸，以联碱法生产纯碱、氯化铵等化工产品；盐化工与乙炔化工结合生产氯乙烯、聚氯乙烯等重要化工产品。传统的生物化工就是利用生物发酵技术通过发酵的方法，将植物的秸秆、籽粒、下脚料用来生产化工产品，而现代生物发酵技术已经能够利用转基因工程以玉米为原料生产生物塑料，它解决了一般塑料不可降解和油价居高不下的困境。

3. 按产品的用途分类

按产品用途不同可分为化学肥料工业、染料工业、农药工业等；按生产规模或加工深度不同又可分为大化工、精细化工等。这种分类方法最直观，闻其名，知其用。

在我国，按照国家统计局对工业部门的分类，将化学工业分为基本化学原料、化学肥料、化学农药、有机化工、日用化学品、合成化学材料、医药工业、化学纤维、橡胶制品、塑料制品、化学试剂等。

三、现代化学工业的特点 (characteristics of modern chemical industry)

现代化学工业有很多区别于其他工业部门的特点，主要体现在以下几个方面。

1. 化学工业生产的复杂性

化学工业生产的复杂性主要体现在：用同一种原料可以制造多种不同用途的化工产品，即虽然原料相同，但生产方法、生产工艺不同可以生产出不同的化工产品，这叫做不同的生产路线。如上所述，天然气既可以生产合成氨，也可以生产甲醇。同一种产品可采用不同的原料、不同方法和不同的工艺路线来生产，即可以采用不同的原料路线、不同的生产路线生产出同一种产品，如同是生产甲醇产品，既可以采用煤作为原料，也可以采用天然气作为原料。采用煤作为原料时就利用煤气化技术生产合成气，在催化剂的作用下合成甲醇；若采用天然气为原料，就是在催化剂的作用下利用天然气蒸汽转化生产合成气，再进一步合成甲醇。同一种原料可以通过不同生产方法和技术路线生产同一种产品。如乙烯氧化生产乙醛，乙醛氧化生产醋酸；乙烯水合生产乙醇，乙醇氧化生产乙醛，乙醛氧化生产醋酸。同一种产品可以有不同的用途，而不同的产品又可能会有相同用途。由于这些多方案性，化学工业能够为人类提供越来越多的新物质、新材料和新能源。同时，由于它的复杂性，多数化工产品的生产过程是多步骤的，有的步骤及其影响因素很复杂，生产装备和过程控制技术也很复杂。

2. 生产过程综合化

坚持走可持续发展、科学发展，循环经济的路子，化工产品生产过程的综合化、产品的网络化是化工生产发展的必由之路。生产过程的综合化、产品的网络化既可以使资源和能源得到充分合理的利用，就地将副产物和“废料”转化成有用产品；又可以表现为不同化工厂的联合及其与其他产业部门的有机联合；这样就可以降低物耗、能耗，减少“三废”排放。例如，用煤生产合成气，合成气可以作为合成氨的原料，也可以作为合成甲醇的原料；合成氨可以生产氮肥、复合肥；甲醇可以作为二甲醚、甲醛、甲酸、二甲基甲酰胺的原料。经过

综合化的利用,将合成氨生产过程中必须作为有害物质脱除的一氧化碳,通过联醇法生产甲醇,变害为利,变废为宝,综合利用,大大提高了企业的经济效益。

3. 装置规模大型化

装置规模的大型化,使装置的有效容积在单位时间内的产出率随之显著增大,有利于提高原料的综合利用率和能量的有效综合利用,降低产品生产成本和能量消耗。例如,在我国改革开放之初,引进的乙烯装置均为30万吨/年,而在20世纪末到21世纪初纷纷改造扩能到45~48万吨/年。目前我国现有乙烯装置的生产能力有的已经达到100万吨/年。装置规模的大型化虽然对生产成本的降低是有利的,但是,考虑到设计、仓储、运输、安装、维修和安全等诸多因素的制约,装置规模的增大也应有度。

4. 化工产品精细化

精细化是提高化学工业经济效益的重要途径,这主要体现在它的附加值高。精细化工产品不仅是品种多,相对于大化工规模小,而更主要的是生产技术含量高,如何开发出具有优异性能或功能,并能适应快速变化的市场需求的产品,是我国精细化学品工业能否快速发展的关键所在。除此之外,在化学工艺和化学工程上也更趋于精细化,人们已能在原子水平上进行化学品的合成,使化工生产更加高效、节能和环保。

5. 技术、资金和人才的密集性

高度自动化和机械化的现代化学工业,正朝着智能化方向发展。它越来越多地依靠高新技术并迅速将科研成果转化为生产力,如生物与化学工程、微电子与化学、材料与化工等不同学科的相互结合,可创造出更多优良的新物质和新材料;计算机技术的高水平发展,已经使化工生产实现了自动化和智能化的DCS控制,也将给化学合成提供强有力的智能化工具,由于可以准确地进行新分子、新材料的设计与合成,节省了大量的人力、物力和实验时间。现代化学工业虽然装备复杂,生产流程长,技术要求高,建设投资大,但化工产品产值较高,成本低,利润高,因此化学工业是技术和资金密集型行业,更是人才密集型行业。在化工产品的开发和生产过程中不仅需要大批具有高水平、创造性和具有开拓能力的多种学科不同专业的科学家和工程技术专家,同时又需要更多的受过良好教育及训练、懂得生产技术和管理的的高素质高技能人才。

6. 注重能量合理利用,积极采用节能技术

化工生产过程不仅是将原料经由化学过程和物理过程转化为满足人们需求的化工产品,同时生产过程中伴随有能量的传递和转换,如何节能降耗,提高效率显得尤为重要。在生产过程中,力求采用新工艺、新技术、新方法,淘汰落后的工艺、技术和方法,关键是要开发出新型高效的催化剂。例如,合成甲醇工艺,原有采用的锌铬基催化剂,压力在30~35MPa,温度在340~420℃;采用新型的铜基催化剂后,压力在5MPa,温度在175℃。由于新型催化剂的采用,压力和温度都大大地降低,设备投资费用和能量消耗都明显地下降。所以化工生产的核心技术就是催化剂技术,它是一个国家的化学工业是否具有核心竞争力重要标志。

7. 安全生产要求严格

化工生产的特点是具有易燃、易爆、有毒、有害、高温(或低温)、高压(负压)、腐蚀性强等特点;另外,工艺过程多变,不安全因素很多,如不严格按工艺规程生产,就容易发生事故。但只要采用安全的生产工艺,有可靠的安全技术保障、严格的规章制度及监督机构,事故是完全可以避免的,甚至是在可控范围内的。尤其是连续性的大型化工装置,要想发挥现代化生产的优越性,保证高效、经济地生产,就必须高度重视安全,确保装置长期、

连续地安全运行。安全为了生产，生产必须安全，安全生产就是经济效益。

采用无毒无害的清洁生产方法和工艺过程，生产环境友好的产品，创建清洁生产环境，大力发展绿色化工，是化学工业赖以持续发展的关键之一。

第三节 本课程的性质、任务、主要内容和学习方法

Nature, Task, Chief Content and Method of Study in the Course

化工工艺概论课程不仅是化工工艺类专业的一门必修课，同时它也是其他相近专业的一门必修课。是读者在具备了化学基础、化工制图、化工单元操作、化学反应设备、化工分离过程等基本知识后的一门专业课，是化工工艺类专业后续专业课的先行课。

本课程的主要任务是以化工生产过程的共性为基点，介绍必备的基础知识，以通过工艺过程中的物理因素、化学因素和工艺影响因素的分析进行工艺过程的组织为重点，培养学生的知识应用能力、分析问题和解决问题的能力，使学生学会并掌握工艺影响因素分析的方法和步骤、具备流程配置和评价的基本能力，重点掌握生产中实现所确定的工艺条件的手段，为学习后续专业课和将来从事相关工程技术工作打好基础。

本课程是根据化学工业的结构特点、内在联系和发展趋势，结合化工工艺类专业的特点，遵循化工工艺学的教学和学习规律，按照“掌握基本知识，注重能力培养”的目的，讲述化工工艺的基础知识、基本原理及应用技术。其主要内容包括化工工艺的基本概念与基础知识；化工资源路线及其产品网络；化工生产过程中工艺影响因素的分析和生产工艺条件的确定以及工程实现的手段；工艺流程的配置与评价；化工过程的安全和“三废”处理技术；以典型化工生产过程来总结和概括原料路线和生产路线的选择、对生产过程分析的目的、意义、方法和手段；化工过程的物料衡算和热量衡算基础等。

本课程是化工工艺知识与理论的提炼及归纳，突出理论与实际的结合，强调基础知识与工艺原理的应用。学习时，应注意应用基础科学理论、化学工程原理和方法及相关工程学知识，分析、组织和评价典型化工产品生产工艺，通过作业、现场教学、课堂分组讨论、参加实际生产装置的核算和技术改造等多种方式，培养分析和解决工程实际问题的能力及创造能力。教学应以学生为主体，突出案例教学、项目化教学、过程教学为主，采取形式多样的考核、考试方式。

本章小结

本章主要介绍了：什么是化学工业，化学工业在国民经济中的地位和作用，化学工业的范围及特点，化学工业发展的历史、现状及趋势；本课程的性质、内容及学习方法。

1. 让读者充分了解化学工业在国民经济中的作用和地位，充分地认识到没有化学工业的发展就没有现代工业的发展，没有化学工业的技术进步，就没有现代工业的技术进步，化学工业是我国国民经济的支柱产业和基础产业。

2. 深入了解世界化学工业和我国化学工业的发展历史，激发民族责任心和使命感，并树立目标和信心，为我国化学工业的可持续发展，为将来在现代化建设中建功立业而努力学好化工知识和掌握化工技能。

3. 化学工业的门类比较多，互相交叉，相互渗透，对其分类要根据具体情况而定；学生要选好发展方向，做好职业规划。

4. 化学工业的生产特点是大型化、自动化、智能化, 生产的多方案性, 技术、资本、人才的密集性, 易燃、易爆、高温、高压、有毒、有害、有腐蚀性, 安全事故的多发性。牢固树立从业人员的“生产必须安全, 安全重于泰山”意识。

5. 学习中了解本课程的性质、重点内容及学习方法。

综合练习

要求: 通过阅读下列资料, 写出自己的感想, 想一想你从资料中能到什么启示, 侯德榜的一生是为祖国的化工事业奋斗的一生, 他不畏艰险、生命不息、奋斗不止。用侯德榜的事迹对照一下自己, 我们该怎么办, 请写一篇千字文, 要有感而发, 严禁从网上摘抄。

侯德榜与祖国的化工事业^①

纺织、肥皂、造纸、玻璃、火药等行业都需要大量用碱。从草木灰中提取碱液, 或从盐湖水中取得天然碱的方法都远远不能满足这些工业的需求的。为此, 1788年, N. 路布兰提出了以氯化钠为原料的制碱法, 经过4年的努力, 得到了一套完整的生产流程。路布兰制碱流程虽然在推广应用中被不断地完善, 但是因为这种方法主要是利用固相反应, 又是高温操作, 存在许多缺陷, 生产不能连续, 劳动强度大, 煤耗量大, 产品质量不高。1862年, 比利时化学家索尔维实现了氨碱法的工业化, 由于这种新方法能连续生产, 产量大, 质量高, 省劳动力, 废物容易处理, 成本低廉, 它很快取代了路布兰法。



掌握索尔维制碱法的资本家为了独享此项技术成果, 采取了严密的保密措施, 使外人对此新技术一无所知。一些技术专家想探索此项技术秘密, 大都以失败告终。不料这一秘密竟被一个中国人运用智慧摸索出来了, 这个人就是侯德榜。

侯德榜于1911年考入清华留美预备学校, 1914年以优异成绩被保送到美国留学, 他先后在美国多所大学学习, 攻读化学工程, 并于1921年取得博士学位。在国外留学时, 遇到了赴美考察的陈调甫, 陈先生受爱国实业家范旭东委托, 为在中国兴办碱业特地到美国来物色人才。当陈先生介绍帝国主义国家不仅对我国采取技术封锁, 而且利用我国缺碱而卡我国民族工业的脖子的情況时, 具有强烈爱国心的侯德榜马上表示, 可以放弃在美国的舒适生活, 立即返回祖国, 用自己的知识报效祖国。

1921年10月侯德榜回国后, 出任范旭东创办的永利碱业公司的技师长(永利碱业公司先后有永利沽、永利宁和永利川化学工业公司)。他身先士卒, 同工人们一起操作。哪里出现问题, 他就出现在哪里, 经常干得大汗淋漓, 衣服中散发出酸味、氨味。他这种埋头苦干的作风赢得了工人们、甚至外国技师的赞赏和钦佩。索尔维制碱法的原理很简单, 但是具体的生产工艺却为外国公司所垄断, 所以侯德榜要掌握此法制碱, 困难重重。他亲自摸索, 克服一个又一个困难, 仅从试生产的过程也可略见一斑。例如干燥锅结疤了, 浑圆的铁锅在高温下停止了转动, 时间长了后果是很严重的。技师们都急得团团转, 这时候侯德榜果敢地拿起玉米棒子一样粗的大铁杆往下捅, 操起10~15kg重的铁杆上下捅可不比举重运动员举杠铃轻松, 累得他双眼直冒金星, 汗水湿透了工装。不久他觉得单靠力气难于解决这一技术问题, 经过大家商量, 他们采用加干碱的办法终于使锅底上的碱疤脱水掉下来, 总算克服了困难。侯德榜以探索者的勇气, 克服困难, 以生产者的细心不放过任何一个疑点, 以科学家的严谨态度来对待试生产工作。经过紧张而又辛苦的几个寒暑的奋战, 侯德榜终于掌握了索尔维制碱法的各项技术要领并有所创新。1924年8月13日, 永利碱厂正式投产, 日产180吨纯碱的永利碱厂终于矗立在中国大地上。1926年, 永利碱厂生产的“红三角”牌纯

^① 侯德榜 1890~1974, 福建省人, 我国著名的化学化工专家。

碱在美国费城举办的万国博览会上荣获了金质奖章。这一袋袋的纯碱是中华民族的光荣，它象征着中国人民的志气和智慧。

摸索到索尔维制碱法的奥秘，不是独占其有，而是乐于公开这一奥秘，让世界各国人民共享这一科技成果。为此侯德榜继续努力工作，把制碱法的全部技术和自己的实践经验写成专著《制碱》于1932年在美国以英文出版。一个有骨气的中国人就是这样披露了索尔维制碱法的奥秘。

侯氏联合制碱法的发明是侯德榜一生中辉煌的成就。侯德榜经过调查，决定改进索尔维法开创制碱新路，他总结了索尔维法的优缺点，认为这种方法的主要缺点在于，两种原料组分只利用了一半，即食盐(NaCl)中的钠和石灰石(CaCO_3)中的碳酸根结合成纯碱(Na_2CO_3)，另一半组分食盐中的氯和石灰中的钙结合成了 CaCl_2 ，却没有用途。

针对以上生产中不可克服的种种缺陷，侯德榜创造性地设计了联合制碱新工艺。这个新工艺是把氨厂和碱厂建在一起，联合生产。由氨厂提供碱厂需要的氨和二氧化碳。母液里的氯化铵用加入食盐的办法使它结晶出来，作为化工产品或化肥。食盐溶液又可以循环使用。为了实现这一设计，在1941~1943年抗日战争的艰苦环境中，在侯德榜的严格指导下，经过了500多次循环试验，分析了2000多个样品后，才把具体工艺流程定下来，这个新工艺使食盐利用率从70%一下子提高到96%，也使原来废弃的氯化钙转化成化肥氯化铵，解决了氯化钙占地毁田、污染环境的难题。这一方法把世界制碱技术水平推向了一个新高度，赢得了国际化工界的极高评价。1943年，中国化学工程师学会一致同意，将这一新的联合制碱法命名为“侯氏联合制碱法”。

侯德榜先生对科学的态度一贯是严肃认真的。在研究联合制碱的过程中，他要求每个试验都得做30多遍才行。开始时有些人不理解，以为这是浪费时间和耗费精力，多此一举。后来的事实证明，多数试验在进行了20多次以后，数据才稳定下来，这样得到的数据资料才是可靠的，人们这才真正认识到侯德榜这种细致周密、一丝不苟的科学态度是多么难能可贵。

复习思考题

1. 何谓化学工业？试举例说明化学工业在国民经济中的地位和作用。
2. 试以原料的变迁和技术的发展说明化学工业的发展过程。
3. 试述化学工业的现状与对策。
4. 现代化学工业有何特点？试举例说明。
5. 本课程的学习内容有哪些？它与你所学专业的主要专业基础课和后续专业课有何区别和联系？
6. 怎样才能学好化工工艺概论？