



教育部 高职高专 规划教材

化工工艺概论

○ 李贵贤 卞进发 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

化工工艺概论

李贵贤 主编
卞进发

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工工艺概论/李贵贤, 卞进发主编. —北京: 化学工业出版社, 2002. 6
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-3649-3

I. 化… II. ①李…②卞… 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 (2002) 第 044197 号

教育部高职高专规划教材

化工工艺概论

李贵贤 卞进发 主编

责任编辑: 何曙霓

责任校对: 李 林

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 9 3/4 字数 227 千字

2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3649-3/G · 990

定 价: 16.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

全国高等职业教育化工专业教材编审委员会

主 任：赵杰民

副 主 任：张鸿福 李顺汀 田 兴 黄永刚 任耀生

基础化学组：李居参 赵文廉 宋长生
苏 静 胡伟光 初玉霞 丁敬敏 王建梅 张法庆
徐少华

数理基础组：于宗保 王绍良 王爱广
金长义 陈 泓 朱芳鸣 高 松 刘玉梅 杨 凌
董振珂 李元文 丛文龙 傅 伟

化工基础组：唐小恒 周立雪 秦建华
王小宝 张柏钦 张洪流 邢鼎生 张国铭 徐建良
周 健

化工专业组：刘德崢 陈炳和 杨宗伟
王文选 文建光 田铁牛 李贵贤 梁凤凯 卞进发
杨西萍 舒均杰 郑广俭

人文社科组：曹克广 霍献育 徐沛林
刘明远 曾悟声 马 涛 侯文顺 曲富军 高玉萍
史高锋 赵治军

工程基础组：丁志平 刘景良 姜敏夫
魏振枢 律国辉 过维义 吴英绵 章建民 张 平
许 宁 贺召平

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

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,在此表示特别的感激!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

内 容 提 要

本书介绍了化工生产的基本知识、化工产品的资源路线与产品网络、工艺条件选择和工艺流程配置与评价的方法和应用、典型化工过程的生产原理与工艺、化学工业的前沿及相关技术。全书共7章,以化工工艺类各专业的共性为基点,介绍必需的基础知识,以工艺过程原理、工艺条件选择和工艺流程的分析、配置与评价为重点,理论联系实际,突出知识的应用。还介绍了化学工业的前沿知识、发展趋势和化工过程物料衡算与热量衡算的基本方法。力争体现加强基础、面向实际、引导思维、启发创新的原则。

本书为高职高专院校化工工艺类专业教材,也可作为化学和相关专业的化学工艺课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。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 化学工业在国民经济中的地位与作用.....	1
第二节 化学工业的发展概况.....	1
一、化学工业的发展简史	1
二、化学工业的分类	3
三、现代化学工业的特点	3
第三节 本课程的性质、任务、主要内容和学习方法.....	4
复习思考题	5
第二章 化学工业的资源路线和主要产品	6
第一节 化工资源概况.....	6
一、世界资源结构及利用现状	6
二、我国的资源状况	7
第二节 化学工业主要产品网络.....	7
一、煤化工产品	7
二、石油化工产品	8
三、天然气化工产品	11
四、农林副产品的化工利用	12
五、矿石的化工利用	14
六、再生资源的开发利用	15
第三节 资源的综合利用	15
第四节 化工生产的多方案性	17
一、原料的选择	17
二、生产路线的选择	18
三、产品的选择	19
复习思考题	20
第三章 化工生产过程基本知识	21
第一节 工业催化剂	21
一、催化剂的基本特征	21
二、催化剂的组成与性能	22
三、催化剂的使用	25
四、工业生产对催化剂的一般要求	26
五、催化剂制备方法简介	26
第二节 化工生产过程的常用指标与经济评价	27
一、转化率、收率、产率	27
二、生产能力与生产强度	29

三、工艺技术经济评价指标	29
第三节 化工生产过程的物料衡算和能量衡算	31
一、物料衡算	31
二、能量衡算	33
三、物料衡算和能量衡算实例	34
复习思考题	36
第四章 化工生产工艺条件分析	38
第一节 影响反应过程的因素	38
一、热力学因素分析	38
二、动力学因素分析	40
第二节 工艺条件的选择	42
一、温度	43
二、压力	43
三、原料配比	44
四、停留时间	44
第三节 化工生产工艺控制	45
一、温度	45
二、压力	45
三、流量	45
第四节 工艺条件的选择与控制实例	46
一、乙苯催化脱氢制苯乙烯	46
二、二氧化硫催化氧化制三氧化硫	49
复习思考题	52
第五章 典型化工生产过程简介	53
第一节 概述	53
一、化工生产过程的概述	53
二、化工过程的操作方式	53
第二节 烃类热裂解过程	54
一、烃类热裂解过程的概念	54
二、烃类热裂解过程的工业应用	54
三、烃类热裂解过程的基本原理	54
四、烃类热裂解过程的工艺条件	56
五、烃类热裂解工艺过程	58
第三节 氧化过程	61
一、氧化过程的概念	61
二、氧化过程的工业应用	61
三、氧化过程的基本原理	62
四、乙烯催化氧化生产环氧乙烷过程	66
第四节 羰基化过程	69
一、羰基化过程的概念	69

二、羰基化过程的工业应用	70
三、羰基化过程的基本原理	71
四、丙烯羰基化合成(丁)辛醇过程	71
第五节 聚合过程	75
一、聚合过程的概念	75
二、聚合过程的工业应用	76
三、聚合过程的基本原理	76
四、高压法生产聚乙烯(LDPE)过程	77
第六节 离子交换过程	79
一、离子交换过程的概念	79
二、离子交换过程的工业应用	83
三、离子交换过程的基本原理	83
四、离子交换法制备软水和无盐水的过程	86
第七节 “三废”处理过程	88
一、化工三废的来源、分类和排放标准	88
二、“三废”的处理和利用	90
三、“三废”处理的前景	94
复习思考题	95
第六章 化工生产工艺流程	96
第一节 概述	96
一、工艺流程的组成	96
二、工艺流程图	97
第二节 工艺流程的配置	98
一、工艺流程配置的一般原则	98
二、工艺流程配置的方法	99
第三节 工艺流程的分析、评价与优化	104
一、技术的先进性、适用性和可靠性	104
二、经济合理性	105
三、工业生产的科学性	106
四、操作控制的安全性	106
第四节 典型工艺流程解析	107
一、氨合成工艺流程解析	107
二、乙酸乙烯酯溶液聚合法生产聚乙酸乙烯酯工艺流程解析	112
复习思考题	115
第七章 化学工业前沿与展望	116
第一节 生物化工技术	116
一、概述	116
二、生化反应过程	118
三、生化反应器	119
四、生物物质分离与纯化	120

五、生物化工产品.....	121
第二节 功能高分子材料.....	121
一、概述.....	121
二、功能高分子材料的发展重点与趋势.....	122
第三节 微电子化工.....	125
一、概述.....	125
二、信息技术材料的化学工艺.....	126
第四节 纳米化工材料技术.....	129
一、纳米科技的概念与内涵.....	129
二、纳米材料的性能与制备.....	129
三、纳米材料的应用.....	132
第五节 绿色化工.....	132
一、概述.....	132
二、化工清洁生产.....	134
三、环境友好产品.....	138
第六节 化学工业的发展方向.....	138
一、化工产品精细化和功能化.....	138
二、生产装置微型化和柔性化.....	139
三、生产过程绿色化.....	140
四、企业经营信息化和国际化.....	140
复习思考题.....	141
主要参考文献.....	142

第一章 绪 论

本章学习要求

1. 掌握的内容：现代化学工业的特点，课程的主要内容和体系。
2. 理解的内容：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。
3. 了解的内容：化学工业的发展简史。

第一节 化学工业在国民经济中的地位与作用

化学工业是指生产过程中化学方法占主要地位的制造业，它是通过化学工艺（即化工生产技术）将原料转化为化学产品的工业。它是为满足人类生活和生产的需要发展起来的，并随其生产技术的进步不断地推动着社会的发展。

化学工业的产品种类多、数量大、用途广，与国民经济各部门存在密切的关系，在国民经济建设中具有十分重要的地位与作用。化学工业为工农业、交通运输、国防军事、航空和信息等技术领域提供了各类基础材料、结构及功能材料、能源和丰富的必需化学品，保证并促进了这些部门的发展和技术进步。化学工业与人类生活息息相关，从衣、食、住、行、医疗等物质生活到文化艺术等精神生活都离不开化工产品。某些化工产品的开发、生产和应用对工业变革、农业发展和人类生活水平的提高起到了关键性作用。

由于化学工业能综合利用资源和能源，生产过程容易实现连续化和自动化，劳动生产率高，因此经济效益显著，是国民经济的支柱产业之一。在 20 世纪 60~70 年代，发达国家的化学工业迅猛发展，到 90 年代，虽然与其他工业一样放慢了速度，但德、法、日等国化学工业的发展速度仍高于整个工业的发展。尤其是近 20 年来，我国化学工业的发展速度远远超过了发达国家。20 世纪 90 年代，石油化工是我国优先发展的支柱产业之一，精细化工和农用化学品也是化工发展重点。21 世纪，石油化工、新型合成材料、精细化工、生物化工、微电子化工、纳米材料、橡胶加工业、化工环保业将是我国化学工业的主要增长点。化学工业必将在我国国民经济建设和提高人民物质文化生活水平中发挥越来越重要的作用。

第二节 化学工业的发展概况

一、化学工业的发展简史

化学工业的发展与其他相关工业的发展有很大关系。陶瓷、冶炼、酿造、染色等古老的化学工艺过程在 18 世纪以前就已被人们掌握，但均为作坊式手工工艺。18 世纪初叶建成了以硫矿石和硝石为原料的铅室法硫酸厂，这是第一个典型的化工厂。1791 年路布兰法制碱工艺诞生，满足了纺织、玻璃、肥皂等工业的需要，有力地推动了当时在英国开始的产业革命。这种方法对化学工业的发展有很大贡献，其洗涤、结晶、过滤、干燥、煅烧等化工单元

过程的原理一直沿用至今。从 18 世纪末到 20 世纪初,接触法制硫酸取代了铅室法,索尔维氨碱法取代了路布兰法,以酸、碱为基础的无机化学工业初具规模。

1942 年我国制碱专家侯德榜先生成功发明了制碱并联合产氯化铵的新工艺——侯氏制碱法,不仅提高了食盐的利用率,又减少了环境污染。

19 世纪中叶,在德国首创了肥料工业和煤化学工业,人类进入了化学合成的时代。炼铁工业的发展促进了炼焦工业的发展,人们发现从炼焦副产物煤焦油中可分离出苯、萘、苯酚等芳香族化合物,它们是发展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工得到迅速发展;而化肥和农药在农作物增产中又起到了重要作用。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 1910 年,电石用于生产乙炔并作为基本有机化工产品的原料以后,才真正有了基本有机化学工业。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、气体分离精制技术、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。

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。在 20 世纪 40 年代,管式炉裂解烃类工艺和临氢重整工艺开发成功,使乙烯和芳烃等基本有机化工原料有了丰富、廉价的来源。20 世纪 60 年代以来,以石油和天然气为原料,经多次加工,生产出包括基本有机化工原料、合成氨和三大合成材料(合成橡胶、合成树脂、合成纤维)在内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、产量和产值均已后来居上,到 1986 年,我国石油化工企业的产值和利税已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。20 世纪 80 年代以来,随着科学技术的进步,节能降耗备受人们的关注,一系列低能耗工艺、节能型流程不断涌现出来,大大推进了化工节能技术的发展,产品成本进一步降低,石油化工企业的利润大大提高。

高分子化工经历了天然高分子原料的加工、改性,以煤焦油和电石乙炔为原料的合成,以石油化工为基础的单体原料聚合等几个阶段。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,人类进入了合成材料时代,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。

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。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。

与发达国家相比,我国的化学工业结构还不合理,生产技术比较落后,产品成本比较高,环境污染比较严重。面对入世,我国化学工业的发展还面临艰巨而光荣的任务,需要进一步优化产业结构,建立现代企业制度,培养大批的技术人才,积极引进新技术和新装备,开发新工艺和新产品,努力提高产品质量,节能降耗,降低生产成本,搞好环境保护,赶超世界先进水平。

二、化学工业的分类

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。广义地讲,化学工业是“化学加工工业”,这就应把诸如冶金、建材、造纸、食品制造等一些虽然具有化学加工性质,却早已独立的工业部门也包括进来,但这样的定义范畴太宽了。

通常,在习惯上将化学工业分为无机化学工业和有机化学工业,但这种划分已不能完全适应化学工业的发展需要。一般,按产品应用可分为化学肥料工业、染料工业、农药工业等;按原料可分为煤化工、天然气化工、石油化工、无机盐化工、生物化工等;按生产规模或加工深度又可分为大化工、精细化工等。

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

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. 原料路线、生产方法和产品品种的多方案性与复杂性

用同一种原料可以制造多种不同的化工产品;同一种产品可采用不同原料、不同方法和工艺路线来生产;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;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,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、装置规模大型化、化工产品精细化

化工生产存在着不同形式的纵向和横向联系。生产过程的综合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,做到没有废物排放或排放最少;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。例如,在核电站建化工厂,就可以利用反应堆的尾热使煤转变成合成气($\text{CO} + \text{H}_2$),进而用于生产汽油、柴油、甲醇以及许多 C_1 化工产品。

装置规模增大,其单位容积、单位时间的产出率随之显著增大,有利于降低产品成本和

能量综合利用。例如，在 20 世纪 50 年代中期，乙烯生产规模仅有年产乙烯 50kt，且成本很高，经济效益很低；到 70 年代初扩大为年产 200kt，成本降低了 40%，利润有所提高；而 70 年代以后，工业发达国家新建的乙烯装置年产乙烯均在 300kt 以上，许多国家是年产 500~1000kt 乙烯的大型厂。当然，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。

精细化不仅指生产小批量的化工产品，更主要的是指生产技术含量高、附加产值高的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。化学工艺和化学工程也更精细化，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、节能和绿色化。

3. 技术和资金密集，经济效益好

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远程自动化控制，也将给化学品的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，它需要高水平、有创造性和开拓能力的多种学科不同专业的技术专家，以及受过良好教育及训练、懂得生产技术的操作和管理人员。化学工业的产值是国民经济总产值指标的重要组成部分。

4. 注重能量合理利用，积极采用节能技术

化工生产是由原料主要经化学反应转化为产品的过程，同时伴随有能量的传递和转换，必须消耗能量。化工生产部门是耗能大户，合理用能和节能显得尤为重要，许多生产过程的先进性体现在采用了低能耗工艺或节能工艺。例如以天然气为原料的合成氨生产过程，近年来出现了许多低能耗工艺、设备和流程，也开发出一些节能型催化剂，并将每生产 1t 液氨的能耗由 $35.87 \times 10^6 \text{ kJ}$ 降低至 $28.04 \times 10^6 \text{ kJ}$ 。那些耗能大的方法或工艺已经或即将淘汰，例如聚氯乙烯单体的生产，过去用乙炔与氯化氢合成氯乙烯，而乙炔由耗电量很大的电石法获得并产生大量废渣；这种工艺已由能耗和成本均较低的乙烯氧氯化法所取代。同样，食盐水溶液电解制烧碱和氯气的石棉隔膜法也因耗能高而且生产效率低已被先进的离子膜法所取代。其他一些诸如膜分离、膜反应、等离子体化学、生物催化、光催化和电化学合成等具有提高生产效率和节约能源前景的新方法、新过程的开发和应用均受到高度重视。

5. 安全生产要求严格

化工生产具有易燃、易爆、有毒、高温、高压、腐蚀性强等特点，工艺过程多变，不安全因素很多，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，事故是可以避免的。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。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

化工工艺概论课程是化工工艺类专业的一门必修课，是具备了物理化学、化工原理、化

学反应工程、化工分离工程、及化工热力学的基本知识后的一门专业课，是后续专业课的先行课。

本课程的主要任务是以化工工艺类专业的共性为基点，介绍必需的基础知识，以工艺过程原理、工艺条件和工艺流程的分析与组织为重点，培养学生的知识应用能力，使学生掌握工艺条件分析与确定的方法、具备流程配置和评价的基本能力，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、实习、课堂讨论、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 & 创造能力。



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？

第二章 化学工业的资源路线和主要产品

本章学习要求

1. 掌握内容：主要化工资源的产品网络。
2. 理解内容：化学工业生产的多方案性、资源的综合利用。
3. 了解内容：化工资源概况，再生资源的开发利用。

第一节 化工资源概况

一、世界资源结构及利用现状

自然界包括地壳表层、大陆架、水圈、大气层和生物圈等，其中蕴藏着的各类资源是可供化学加工的初始原料，这些资源除矿物、生物资源外，还包括水、空气以及生产和生活中的一些废弃物等。

矿物资源包括金属矿、非金属矿和化石燃料矿。金属矿多以金属氧化物、硫化物、无机盐类形态存在；非金属矿以化合物形态存在，其中含硫、磷、硼的矿物储量比较丰富；化石燃料包括煤、石油、天然气等，它们主要由碳和氢组成。虽然化石燃料只占地壳中总碳质量的0.02%，却是目前人类最常利用的能源，也是最重要的化工原料。目前世界上85%左右的能源与化学工业均建立在石油、天然气和煤炭的基础上。石油炼制、石油化工、天然气化工、煤化工等在国民经济中占有极为重要的地位。由于矿物是不可再生的，因此，节约和充分利用矿物资源十分重要。

生物资源来自农、林、牧、副、渔的植物体和动物体，它们提供了诸如淀粉、蛋白质、油料、脂肪、糖类、木质素和纤维素等食品与化工原料，天然的颜料、染料、油漆等产品也都取自植物和动物。由于农林副产物的资源往往比较分散，且有区域性特点，产量受季节性限制，往往不能适应大型企业发展的需要，但其可繁殖性显示了这类资源的优越性，开发以生物质为原料生产化工产品新工艺、新技术将是重要的课题之一。应注意的是必须合理利用生物资源，保护生态环境，使资源利用与环境的可持续发展要求相结合。

水资源在化工生产中的应用很普遍：水可溶解固体、吸收气体；可作为反应物参加水解、水合等反应，可作为加热或冷却的介质；可吸收反应热并汽化成具有做功本领的高压蒸汽。虽然地球上水的面积占地球表面的70%以上，但是可供使用的淡水只占总水量的0.3%，因此节约和保护淡水资源、提高水的循环利用率刻不容缓。

空气也是一种宝贵的资源。从空气中提取的高纯度的氮、氧、氩、氦等气体，广泛应用于高精尖科技领域；空气的主要成分氮气和氧气更是重要的化工原料，例如空气经过深度冷冻分离得到的纯氧和纯氮，广泛用于冶金、化工、石油、机械、采矿、食品等工业部门和军事、航天领域。随着近年来膜分离技术的发展，使从空气中分离更多有用的组分成为可能。