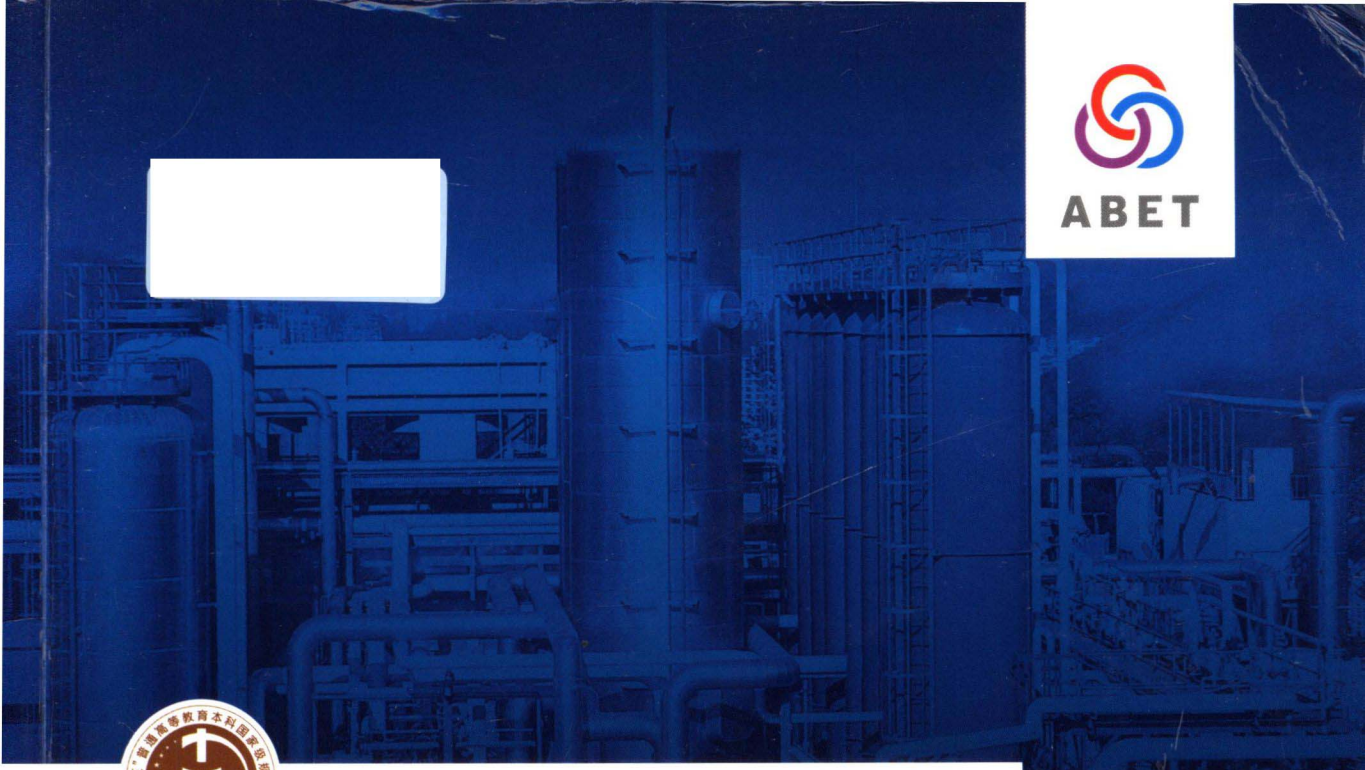


ABET

"十二五"普通高等教育本科国家级规划教材

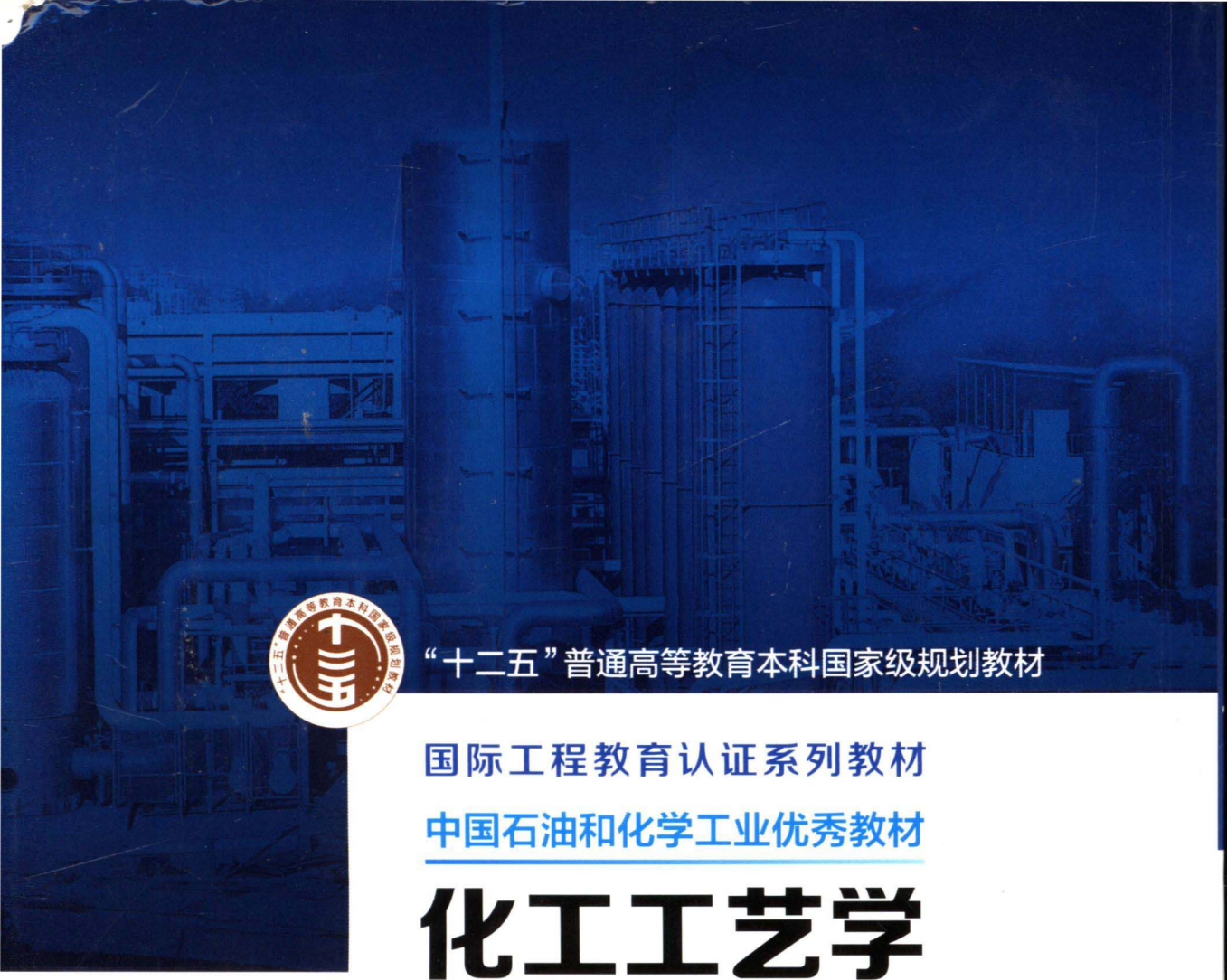
国际工程教育认证系列教材

化工工艺学

第二版

朱志庆　主编
房鼎业　主审

化学工业出版社



"十二五"普通高等教育本科国家级规划教材

国际工程教育认证系列教材

中国石油和化学工业优秀教材

化工工艺学

第二版

www.cip.com.cn
读科技图书 上化工社网

ISBN 978-7-122-28409-9

9 787122 284099 >

定价：42.00 元

销售分类建议：化工类本科教材

ABET

化工工艺学

第二版

版社

ABET

"十二五"普通高等教育本科国家级规划教材

国际工程教育认证系列教材

化工工艺学

第二版

朱志庆　主编
房鼎业　主审

化学工业出版社
·北京·

《化工工艺学》（第二版）全面系统地阐述了目前化工工艺学应当研究的问题。除了对现代化学工业基本知识进行介绍之外，重点介绍了化工原料及其初步加工、无机化工产品典型生产工艺、基本有机化工产品典型生产工艺、精细有机化工产品典型生产工艺、聚合物产品典型生产工艺、化工工艺计算以及化工生产与环境保护几方面的内容。本书较系统地介绍了一些重要化工产品、石油和煤炭资源的能源化工生产工艺现状，重点反映了国内外化学工业的发展面貌，将工艺与工程相结合，综合分析。

《化工工艺学》（第二版）为高等院校化学工程与工艺专业教材，也可供化学及相关专业的化工工艺课程选用，还可供从事化工生产和设计的工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

化工工艺学/朱志庆主编．—2版．—北京：化学工业出版社，2017.1

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-122-28409-9

Ⅰ.①化… Ⅱ.①朱… Ⅲ.①化工过程-生产工艺-高等学校-教材 Ⅳ.①TQ02

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第258252号

责任编辑：徐雅妮　　装帧设计：关　飞

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：高教社（天津）印务有限公司

787mm×1092mm　1/16　印张19¾　字数503千字　　2017年2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：42.00元

版权所有　违者必究

前言

2016年6月2日中国成为第18个《华盛顿协议》正式成员，这标志着我国工程教育质量得到国际认可，中国工程教育国际化迈出重要步伐。早在2008年，华东理工大学化学工程与工艺专业就通过了中国工程教育专业认证，并于2014年通过了美国工程与技术鉴定委员会（英文简称“ABET”）认证。在化工专业建设上，华东理工大学较早地引进国际化工程人才培养标准，遵循以学生为中心、成果为导向、教学质量持续改进的理念，引导和促进专业建设和教学改革，调整课程体系，优化课程内容。

《化工工艺学》（第一版）作为教育部高等学校化学工程与工艺专业教学指导分委员会推荐教材，于2011年5月出版，数次重印，被诸多兄弟院校选作本科教材，并入选了“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。为了更好地适应我国工程教育的改革和化工工艺技术的发展，融入工程教育专业认证要求的课程体系，秉持“持续改进”这一工程教育专业认证的重要理念，并结合用书学校的反馈建议，我们在保持第一版少而精、突出典型工艺特色的基础上，对本教材进行修订再版。

《化工工艺学》（第二版）保持原有体系，延续第一版前言中所阐明的理念。本次修订为了便于学生对主要内容的学习和掌握，在每章前增加了学习目的及要求，并在每章末增加了多道习题；在主体内容中更新了部分工艺流程，并强化了流程解析；加强了对乙烯工业发展趋势的介绍；补充了甲醇生产中有关反应器方面的内容；针对快速发展的聚合物工业，在第6章增加了聚碳酸酯的生产工艺；同时，对教材中的文字表述、图表、公式进行了核查和修正，力求严谨。

本次修订由华东理工大学化工学院教师朱志庆、薛为岚和唐黎华共同完成。全书仍由朱志庆教授主编，房鼎业教授主审。

限于编者水平和资料掌握的局限性，书中不当之处恳望广大读者批评指正。

编者

2016年10月

第一版前言

化工工艺学是研究由原料经化学加工制取化工产品的一门科学，是高等院校化学工程与工艺专业的必修课程。化工工艺学研究的内容包括：化学原理、生产方法、工艺流程和设备、技术经济评价、安全和环境保护等。随着化学工业的发展及化工工艺学在工程实际领域中应用的扩大，新工艺的不断开发，化工工艺知识也在急剧增长。如果单纯从传授知识的角度考虑，势必讲授的内容越来越多、教材越来越厚，这将不能适应21世纪我国高等教育改革和发展的需要。编写本书旨在适应高等教育的深化改革，满足高校本科化工工艺专业课的教学需要。

本教材以典型的无机、有机、精细和聚合物化工产品的生产工艺和过程为主导，着重讲述化工工艺学的一些最基本的理论和知识，以少而精、重点突出为特色，顺应当前工科类专业课学时数减少的改革趋势，力求使教材在内容和形式上均有较大突破和创新。本书主要特点是在精选内容的基础上仍保持了一定的深度。全书共分8章，基本涵盖了主要的化学反应单元工艺，特别适用于少学时教学；其次是强化工程教育思想，强调实践的重要性，着重结合生产实际案例，展开化工产品生产和工艺流程的教学，并提供丰富的资料，有利于强化学生的化工工艺意识；第三是通过“化工工艺计算”一章的内容，加强对学生工艺计算能力的培养；第四是适当引入节能减排技术和绿色化工生产工艺，适应当今化工发展趋势。与国内同类教材比较，本书的最大区别在于删繁就简，内容精炼，可达到高校化工工艺专业教学基本要求。

全书由华东理工大学的教师结合多年教学实践而编写，并由房鼎业教授主审。第1章、第2章和第4章的烃类裂解部分由朱志庆编写并承担全书的统稿工作；第3章和第4章的乙苯脱氢部分由唐黎华编写；第4章的其余内容和第8章由薛为岚编写；第5章、第6章和第7章由吕自红编写。

编写本书时参考了国内外相关专著、期刊等文献，统列在书后参考文献部分，并致谢意。

由于编者水平有限，不妥之处恳请读者批评指正。

编者

2011年1月于上海

目录

1 绪论 …… 1
1.1 现代化学工业的地位与作用 …… 1
1.1.1 化学工业与农林牧副渔各业的关系 … 2
1.1.2 化学工业与轻工业的关系 …… 2
1.1.3 化学工业与纺织工业的关系 …… 2
1.1.4 化学工业与建筑材料工业的关系 … 3
1.1.5 化学工业与交通运输业的关系 …… 3
1.1.6 化学工业与国防工业的关系 …… 3
1.2 现代化学工业主要产品分类 …… 4
1.3 现代化学工业的发展方向 …… 4
1.4 化工工艺学的研究对象与内容 …… 5
1.5 化工产品生产的原则工艺流程 …… 6
1.6 化工产品生产工艺流程的评价体系 …… 6
1.6.1 工艺流程的组织 …… 6
1.6.2 主要设备的选择 …… 7
1.6.3 工艺流程的组织原则与评价方法 … 9
习题 …… 10
2 化工原料及其初步加工 …… 11
2.1 煤及其初步加工 …… 12
2.1.1 煤的干馏 …… 12
2.1.2 煤的气化 …… 14
2.1.3 煤的液化 …… 15
2.1.4 煤制电石 …… 17
2.2 石油及其初步加工 …… 18
2.2.1 原油的预处理 …… 19
2.2.2 常减压蒸馏 …… 19
2.2.3 催化裂化 …… 20
2.2.4 加氢裂化 …… 22
2.2.5 催化重整 …… 23
2.3 天然气及其初步加工 …… 25
2.3.1 天然气的组成与分类 …… 25
2.3.2 天然气的化工利用 …… 26
2.4 化学矿物及其初步加工 …… 26
2.4.1 磷矿 …… 26
2.4.2 硫铁矿 …… 27
2.4.3 硼矿 …… 27
2.5 生物质资源及其初步加工 …… 27
习题 …… 29
3 无机化工产品典型生产工艺 …… 31
3.1 合成氨 …… 31
3.1.1 以煤与天然气为原料的合成氨生产总流程 …… 31
3.1.2 煤为原料制合成气 …… 33
3.1.3 天然气为原料制合成气 …… 38
3.1.4 一氧化碳变换 …… 45
3.1.5 合成气中硫化物与二氧化碳的脱除 … 51
3.1.6 氨的合成 …… 58
3.1.7 合成氨技术发展趋势 …… 69
3.2 硫酸 …… 70
3.2.1 硫酸生产方法 …… 70
3.2.2 硫铁矿焙烧 …… 71
3.2.3 二氧化硫炉气净化 …… 74
3.2.4 二氧化硫催化氧化 …… 79
3.2.5 三氧化硫的吸收 …… 85
3.2.6 硫酸生产总流程 …… 89
3.2.7 “三废”治理 …… 91
3.3 纯碱 …… 93
3.3.1 侯氏制碱法原理 …… 93
3.3.2 侯氏制碱法工艺流程 …… 95
3.4 烧碱与氯气 …… 97

3.4.1 电解过程原理 …… 97
3.4.2 食盐水电解制氯气和烧碱 …… 100
习题 …… 107
4 基本有机化工产品典型生产工艺 …… 109
4.1 烃类裂解 …… 111
4.1.1 烃类裂解的理论基础 …… 112
4.1.2 烃类裂解的工艺操作条件 …… 119
4.1.3 烃类裂解的流程与装备 …… 122
4.1.4 裂解气的急冷 …… 130
4.1.5 裂解气的预分馏与净化 …… 131
4.1.6 裂解气的分离与精制 …… 135
4.1.7 乙烯工业的发展趋势 …… 140
4.2 选择性氧化 …… 143
4.2.1 概述 …… 143
4.2.2 乙烯环氧化制环氧乙烷 …… 146
4.2.3 丙烯氨氧化制丙烯腈 …… 150
4.2.4 乙烯均相络合催化氧化制乙醛 … 159
4.3 加氢与脱氢 …… 162
4.3.1 加氢反应 …… 163
4.3.2 脱氢反应 …… 170
4.4 烷基化 …… 180
4.4.1 乙苯的合成 …… 180
4.4.2 甲基叔丁基醚的合成 …… 183
4.5 羰基化 …… 185
4.5.1 概述 …… 185
4.5.2 甲醇低压羰化制醋酸 …… 187
4.5.3 丙烯氢甲酰化制丁醇和辛醇 …… 191
4.6 氯化 …… 195
4.6.1 氯化反应的主要类型 …… 197
4.6.2 氯化剂 …… 198
4.6.3 氯化反应机理 …… 198
4.6.4 平衡型氧氯化法生产氯乙烯 …… 199
4.6.5 丙烯氯化法制环氧氯丙烷 …… 207
习题 …… 210
5 精细有机化工产品典型生产工艺 …… 212
5.1 概述 …… 212
5.1.1 精细化工的特点 …… 213
5.1.2 国内外精细化工概况 …… 214
5.1.3 精细化工发展的方向和关键技术 …… 216
5.2 磺化 …… 216
5.2.1 磺化反应的基本原理 …… 217
5.2.2 苯、萘及其衍生物的磺化 …… 220
5.2.3 十二烷基苯磺酸钠的生产 …… 221
5.3 硝化 …… 223
5.3.1 硝化剂和硝化方法 …… 223
5.3.2 芳烃的硝化 …… 226
5.3.3 硝基苯的生产 …… 229
5.4 酯化 …… 230
5.4.1 几种主要的酯化反应 …… 231
5.4.2 邻苯二甲酸二辛酯的合成 …… 235
习题 …… 237
6 聚合物产品典型生产工艺 …… 238
6.1 概述 …… 238
6.1.1 高分子化合物的定义 …… 238
6.1.2 高分子化合物的分类 …… 239
6.1.3 高分子材料的制备 …… 241
6.2 聚合反应的理论基础 …… 243
6.2.1 聚合原理 …… 243
6.2.2 聚合反应的方法 …… 247
6.2.3 聚合物改性 …… 248
6.3 典型产品合成工艺 …… 251
6.3.1 聚氯乙烯 …… 251
6.3.2 聚乙烯 …… 253
6.3.3 聚丙烯 …… 255
6.3.4 聚酯 …… 256
6.3.5 聚碳酸酯 …… 258
习题 …… 262
7 化工工艺计算 …… 263
7.1 概述 …… 263
7.1.1 物料衡算和热量衡算的主要步骤 … 264
7.1.2 化工工艺学中的基本概念 …… 264
7.2 物料衡算 …… 266
7.2.1 一般反应过程的物料衡算 …… 266
7.2.2 具有循环过程的物料衡算 …… 273
7.3 热量衡算 …… 282
7.3.1 热量衡算式 …… 282
7.3.2 热量衡算基本步骤 …… 283
习题 …… 286
8 化工生产与环境保护 …… 289
8.1 废气的处理 …… 289
8.1.1 废气的来源 …… 289
8.1.2 有机废气对人体的危害 …… 290
8.1.3 废气处理方法 …… 290
8.2 废水的处理 …… 294

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

8.2.1 废水的来源与排放标准 …… 294
8.2.2 废水处理方法 …… 295
8.3 固体废弃物的处理 …… 298
8.4 绿色化工工艺及进展 …… 298
8.4.1 绿色化学 …… 298
8.4.2 原子经济性 …… 299
8.4.3 绿色化工的核心内容 …… 299
8.4.4 绿色化工工艺进展 …… 300
习题 …… 305
参考文献 …… 306

1 绪　论

学习目的及要求

1. 了解现代化学工业在国民经济中的地位与作用。
2. 了解化学工业主要产品的分类及发展方向。
3. 了解化工工艺学的研究对象与内容。
4. 掌握化工产品生产的原则、工艺流程和化工工艺流程的评价体系。
5. 了解本课程的性质和主要学习内容，掌握本课程的学习方法，为以后各章的学习做好必要的准备。

1.1 现代化学工业的地位与作用

化学工业（chemical industry）泛指生产过程中化学方法占主要地位的制造工业，它是通过化工生产技术，利用化学反应改变物质结构、成分、形态等生产化学产品的工业部门。由原料到化工产品的转化工艺，即化工工艺（chemical technology），系指将原料物质主要经过化学反应转变为产品的方法和过程，包括实现这种转变的全部化学的和物理的措施。

化学工业是一门古老的传统工业，历史悠久。可以说人类有文字时，就有原始化学工业。古代化学工业的内容包括各种化学加工部门，如染料、陶瓷器皿、冶金、火药、燃料（煤炭、石油、天然气）、酿酒、造纸、无机盐、炼丹术等。虽然那时还不可能有今天这样完整的工业部门和体系，但是近代的许多工业部门正是在古代化学工业的基础上发展起来的。

化学工业又是一门新兴的工业。从 17 世纪末期起，英国、法国相继发生了工业革命，经济由农业为主蜕变成以工业为主的形态。工业革命带动了化学工业的发展。18 世纪 60～70 年代，出现了用化工工艺生产酸、碱的新技术，英、法两国垄断了当时酸、碱的国际市场，推动了无机化学工业的发展，形成了近代化学工业。19 世纪中叶，德国以染料为中心的有机化学工业的发展，在短期内赶超了英、法两国。第一次世界大战前夕，高压合成氨技术工业化的成功，使氮肥大量工业化生产成为可能，取得了重化工划时代的成就。第二次世

界大战以后，随着有机高分子化学的科技进步，高分子化学品的大规模生产，开创了石油化学工业的新时代。自此，化学工业随着科学技术的进步，日新月异地向前发展，逐步形成了现代化学工业。近三十年来，化学工业的发展速度高于整个工业的平均发展速度，已经成为渗透到国民经济生产和人类生活各个领域的现代化大生产部门。

化学工业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。

1.1.1 化学工业与农林牧副渔各业的关系

农业的首要任务就是生产粮食，满足十几亿中国人的生存需要。而中国的耕地面积正随着工业的发展、基本建设的扩大和城市化进程逐渐减少，增产粮食只能靠科学种田，提高单位面积产量的途径来实现。提高农田单位面积产量固然需要多种因素的配合，但施用化肥、农药和采用塑料薄膜育种育秧等措施则是科学种田极为重要的手段。据统计，世界农作物收成中有30%是施肥的结果，其中又有一半是施用化肥的结果。2015年，我国化肥产量达到7627万吨，其中尿素3417万吨，磷肥2026万吨，钾肥612万吨，成为世界最大的化肥生产国和消费国。化学农药对农作物的增产和挽回农业损失的作用也是很明显的。它不仅可以防治农作物的病虫害，而且还可以节约劳动力（如使用除草剂）。使用植物生长刺激素可以增加产量和提高质量。目前，我国每年平均农药防治面积达到45亿亩次，化学农药用量高达45万吨，化学农药产品产量已基本适应我国防治农作物病虫害的需要。可见化学肥料和农药与农业增产的关系相当密切。

化学制品塑料薄膜用于水稻、小麦、棉花、白薯等培育幼苗和防止霜冻，效果十分显著。大面积防止霜冻的化学防冻剂，人工降雨需要的干冰和微量碘化银，海水淡化使用的离子交换膜，可减少农田水分蒸发70%的水田阻抑蒸发剂等，都已经或将要在中国农业生产中发挥积极作用。此外，如聚丙烯抗旱管、聚甲醛喷滴管、拖拉机轮胎、排灌橡胶管、低压聚氯乙烯和聚丙烯渔网等，对促进农、林、牧、副、渔业的现代化发展也具有很大的推动作用。化学工业在农业现代化中的作用将越来越重要。

1.1.2 化学工业与轻工业的关系

化工产品是轻工业产品的重要原材料。市场上五光十色的文化用品、化妆品、日用陶瓷、玻璃和搪瓷制品、日用杂货以及照相器材、电子类轻工产品等高级商品都离不开化学工业。几乎所有的日常用品都需要油漆涂料作为保护或装饰。没有化工产品作为原料和辅助材料，就不可能生产市场上琳琅满目的轻工产品。

1.1.3 化学工业与纺织工业的关系

随着人口的增长和生活水平的提高，人类对服装和各类纤维制品的需求日益增长，靠天然纤维已不可能解决如此巨大的需要量，只有靠化学纤维主要是合成纤维才能承担起满足人类穿衣的需求。此外，面临我国人多地少的国情，发展合成纤维不仅可以解决衣着问题，而且也是解决棉粮争地的有效途径。

化学工业除了提供纺织工业日益增长的化学纤维单体外，还提供各种优质化工原料、染料和印染助剂等化工产品。因此，没有化学工业的基础，就不可能加快合成纤维和纺织工业的发展。

1.1.4 化学工业与建筑材料工业的关系

在国民经济的发展中，各种材料的使用与工农业生产和科学技术水平密切相关，其品种和产量是衡量一个国家科学技术与经济发展的重要标志。过去，人类一直使用天然物产来丰富自己的生活。到了20世纪中叶，化学工业创造了三大高分子合成材料，把它应用到人类生活的各个方面，标志着人类已开始进入高分子时代。在结构材料中，合成塑料将逐步占据首要位置。在建筑材料中，塑料已经广泛用于绝缘、保温、墙壁、门窗框架、地板、天花板、贴面、型材、上下水道和结构组件等方面。由于塑料具有质轻、比强度大等优点，各国用于建筑方面的塑料占其总耗量的20%以上。

1.1.5 化学工业与交通运输业的关系

交通运输工具需要煤炭、石油等燃料。20世纪以来，随着石油资源的开发利用，燃料油的比重急剧增加。燃料油的炼制离不开抗震剂、防冻剂、助燃剂等化学品。随着世界能源危机的出现，煤重新回到能源舞台充当主要角色，煤的气化和液化成为世界一种科学研究门类。近几年来，煤制甲醇、合成汽油等已经取得了可喜的成果。煤气化和液化成为新的燃料，必须借助化学工业生产技术的发展。从这个意义上来看，化学工业与交通运输业的关系，将随着运输工具燃料的革新而越来越密切。

当前，用塑料代替钢铁或有色金属制造汽车车身、零部件等越来越多。使用塑料做汽车配件不仅可以降低汽车成本，而且能够减轻车身的重量、节约油耗、安全行驶，因此，汽车工业用塑料增长迅速。轮胎橡胶和橡胶零件，以及其它化工产品如聚氯乙烯、聚乙烯、聚甲醛、聚苯乙烯、ABS、聚碳酸酯、尼龙、聚四氟乙烯、酚醛压缩粉和酚醛夹布等在汽车生产中的应用，呈快速增长趋势。其它还有黏合剂、密封胶、人造革及帆布防缩、防皱、防水处理用的各种化工原料等。火车、飞机、轮船、冷藏车用聚氨酯泡沫塑料作隔热、坐垫等也很普通。甚至已经开始了用黏结剂代替交通运输车辆部件的焊接。用于造船业的合成塑料也在成倍增长。

1.1.6 化学工业与国防工业的关系

军事工业离不开炸药。硝酸是生产炸药的原料，硝酸铵厂、染料厂平时生产肥料、染料，战时可以转产炸药。化学工业不仅与常规武器生产有密切的关系，它还为氢弹、导弹、人造卫星、舰艇、航天飞机等制造和发射提供重水、高能燃料、基本有机化工原料、高级感光材料以及耐高温、耐辐射、耐磨、耐腐蚀和高级绝缘的化工材料。由于化学工业与军事工业关系密切，世界各国都发展自己的国防化工，并且竭力使国防化工既适合平时生产需要，又适合于战时需要，从而使国防化工生产与普通化工生产紧密地结合起来。

总之，化学工业能够丰富和提高人民的生活，满足人们不断增长的衣、食、住、行、用等各个方面的需要。只有在化学工业获得新的发展，提供大量廉价和具有特殊性能的原材料之后，现代纺织工业、电子工业、电器制造工业、汽车制造工业、建筑材料工业、国防军事工业和宇宙航行等工业才有可能获得迅速发展。这一切展现了化学工业在国民经济建设中所发挥的重要作用和所具有的重要地位。

在走向未来的发展中，化学工业在消除公害、确保粮食、新能源问题、生命科学等方面对于人类的生存将发挥巨大的作用。世界人口的不断增长，能源供应的日益紧张，环境的严重污染，已经构成了对当代社会的三大挑战。人类必须为不断增长的人口提供更多的粮食和

服装，必须为日益增长的能源需求开发新能源，必须为人类自身的健康提供大量新的药物和解决环境的污染。解决上述任何一个问题都离不开化学工业的发展，这就意味着化学工业在未来国民经济中的地位将越来越重要。

1.2 现代化学工业主要产品分类

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。按照习惯将化学工业分为无机化学工业和有机化学工业两大类。随着化学工业的发展，新的领域和行业、跨门类的部门越来越多，两大类的划分已不能适应化学工业发展的需要。若按产品应用来分，可分为化学肥料工业、染料工业、农药工业等；若从原料角度可分为天然气化工、石油化工、煤化工、无机盐化工、生物化工等；也有从产品的化学组成来分类，如低分子单体、高分子聚合物等；还有的以加工过程的方法来分类，如食盐电解工业、农产品发酵工业等。按生产规模或加工深度又可分为大化工、精细化工等。

化工主要产品的划分，按照国家统计局的一种广义的划分方法可以划分为 19 大类：化学矿、无机化工原料、有机化工原料、化学肥料、农药、高分子聚合物、涂料和颜料、染料、信息用化学品、试剂、食品和饲料添加剂、合成药品、日用化学品、胶黏剂、橡胶和橡胶制品、催化剂和各种助剂、火工产品、其它化学产品（包括炼焦化学产品、林产化学品等）、化工机械。这种广义的划分方法超脱于现行管理体制，范围比较广泛，与国外化学工业的可比性较大。值得注意的是，往往某一种产品既可以列在这一类，又可以列在另一类。

1.3 现代化学工业的发展方向

随着全球人口增长、寿命延长、生活水平的提高，化学工业不但要继续满足人类社会在衣、食、住、行等方面的需要，而且在环保、医疗、保健、文体等领域对化学工业提出了更高的要求。生命科学、材料科学、环境、能源乃至信息科学等学科的发展都对化学及化学工业提出了新的挑战，要求化学工业适应新的发展。从世界范围来讲，人口增加，三大合成材料仍有发展的空间，粮食要增产，所以化肥仍需发展；资源紧张，化学工业要节约资源，同时也要创造出更多性能优异的物质与材料，以适应人类社会发展的需要；环境污染，化学工业既要改善本身对环境造成的污染，又要解决环境污染所带来的各种问题；生活水平和质量的提高及人口老龄化，人类对营养与健康也越来越重视，随着医药工业的发展，医用高分子材料、仿生材料和各种保健药品有可能得到较普遍的使用。

技术创新成为未来化学工业国际竞争力的一个重要的决定性因素。自 20 世纪 80 年代掀起的新一轮技术革命浪潮，方兴未艾，将推动世界经济继续增长。以计算机技术、现代通信技术、生物技术、纳米技术、催化技术、能源技术、新材料技术等为代表的新技术将为世界化学工业的升级换代提供巨大的动力和强有力的技术支持，促进世界化工技术产生重大突破，从而使世界化学工业有更广阔的发展空间。

现代化学工业的发展需要原料结构不断多样化。随着石油和天然气能源的逐渐耗竭，将使人类逐步开发新一代的煤化工、生物资源、海洋资源、太阳能等多种资源；现代化

学工业的发展将生产更多的新材料。随着高新技术向空间技术、电子技术、生物技术等领域的纵深发展，新材料向着功能化、智能化、可再生化方向发展，要求化工新材料的性能不断向新的极限延伸。特别是纳米技术的开发与应用，揭开了材料科学的新篇章；现代化学工业的发展将使信息技术的应用越来越广泛。化学工业将更多地借助信息技术进行化工开发、设计，在计算分子科学、计算流体力学、过程模型化的模拟、操作最佳化控制方面均可起到更重要的作用。信息技术的应用将使化工产品从反应设计、实验优化放大乃至生产控制管理的全过程更为科学、可靠、可行，给传统化工的研发方式、生产方式、管理方式带来巨大的变革。现代化学工业将发展成为可持续发展的产业。一方面通过不断改进生产技术，减少和消除对大气、土地和水域的污染，从工艺改革、品种更替和环境控制上逐步解决污染和资源短缺的问题。另一方面将全面贯彻化学品全生命期的安全方针，保证化工产品从原料、生产、加工、储运、销售、使用和废弃物处理的各环节中人身和环境的安全。

生物化工是未来化学工业发展的新方向。与传统的化学方法相比，生物技术往往以可再生资源为起始原料，具有反应温和、能耗低、效率高、污染少、可利用再生资源、催化剂选择性高等优点。随着现代生物技术的基因重组、细胞融合、酶的固定化技术的发展，已出现一批生物技术工业化成果，不久将会有更多的生物化工产品实现工业化。

催化技术在未来的化工生产中仍起关键作用。化工新产品、新工艺的出现多缘于新催化剂的开发。通过开发新型催化剂和催化反应设备，降低反应温度和反应压力，提高反应的选择性、转化率及反应速率，从而节约资源和能源、降低生产成本、提高经济效益。同时催化技术也是合成新的性能优异化合物的重要步骤，如激光催化、生物催化等，特别是生物催化具有很大潜力。

新的分离技术会进一步得到发展。传统化工生产中的分离过程主要采用蒸馏、萃取、结晶等技术，这些技术往往要求的设备庞大、能耗高，有时还达不到高纯度要求。新的化工分离技术是在减少设备投资、降低能耗和具有高纯度分离等方面进行研究和开发。近些年来，膜分离技术、超临界流体分离技术、分子蒸馏等已取得一定的进展。

1.4 化工工艺学的研究对象与内容

化工工艺学是根据技术上先进、经济上合理的原则，研究如何把原料经过化学和物理处理，制成有使用价值的生产资料和生活资料的方法和过程的一门科学。也可以说是建立在化学、物理、机械、电工以及工业经济等科学的基础之上的、与生产和生活实际紧密相关的、体现当代技术水平的一门科学。

化工工艺学研究的是生产化工产品的学问，就是从许多产品的生产实践中，提炼出共性和分析其个性问题，指导一个新的生产工艺的开发。因此，化工工艺学本质上是研究产品生产的“技术”“过程”和“方法”，主要研究内容包括三个方面，即生产的工艺流程，生产的工艺操作控制条件和技术管理控制，以及安全和环境保护措施。化工生产首先要有一个工艺上合理的、技术上先进的、经济上有利的“工艺流程”，可以保证从原料进入流程到产品的产出，整个过程是顺畅的，经济上是合理的，原料的利用率是高的，能耗和物耗是比较少的。这个流程通过一系列设备和装置的串联或并联，组成一个有机的流水线。其次是要有一套合理的、先进的、经济上有利的“工艺操作控制条件”和“质量保证体系”，它包括反应

的温度、压力、催化剂、原料和原料准备、投料配比、反应时间、生产周期、分离水平和条件、后处理加工包装等，以及对这些操作参数监控、调节的手段。除此之外，在整个生产过程中，要保证人身安全和设备设施的安全运行，遵守卫生标准和要求，保护环境、杜绝公害、减少污染，对产生的污染一定要综合治理。

1.5 化工产品生产的原则工艺流程

早期的化工生产以经验为依据，在生产和科学的长期发展中，化工生产逐渐从手工艺式的生产方式向以科学理论为基础的现代生产技术转变。化学工业的各个部门都有其各自的工艺，同一个化工产品可以用不同的起始原料进行生产，用同一种原料生产某一种化工产品又可以采用不同的工艺技术。目前，化工产品的生产工艺过程有上万个，而这些工艺是建立在化学和物理等科学成就基础上的。绝大部分化工产品的生产过程存在着不同程度的污染问题，具有高温、高压、低温、易燃、易爆、有毒等特点，因此，对工艺技术、机械设备、仪表控制等都有严格要求，并且需要考虑资源的合理利用、综合利用及环境保护、污染治理的问题。

化工生产工艺大体分四个步骤：第一步是原材料、燃料、能源的准备和预处理过程；第二步是化学反应过程，在这一步骤中得到目的产物，同时还会联产副产品和其它非目的产物；第三步是分离目的产物和非目的产物或未反应物；第四步是进行成品包装和储运，排除系统外的非目的产物。

化学工业的生产技术和许多深度加工的产品更新换代快，要求化学工业必须不断发展和采用先进科学技术，从而提高生产效率和经济效益。不断寻求技术上最先进和经济上最合理的方法、原理、流程和设备是化学工业工艺创新追求的目标。化工新技术开发程序是一套科学的程序，它是以市场为导向，以创新为宗旨，以工业化和商业化为目的的创新过程。世界上经济发达国家化学工业的研究开发费用、科研人员以及专利和文献的数量都居各工业部门的前列。

1.6 化工产品生产工艺流程的评价体系

化工生产的工艺流程反映了由若干个单元过程（反应过程和分离过程、动量和热量的传递过程等）按一定顺序组合起来，完成从原料变成目的产品的全过程。化工工艺流程的组织是确定各单元过程的具体内容、顺序和组合方式，并以图解的形式表示出整个生产过程的全貌。

1.6.1 工艺流程的组织

每一个化工产品都有自己特有的工艺流程。对同一个产品，由于选定的工艺路线不同，则工艺流程中各个单元过程的具体内容和相关联的方式也不同。此外，工艺流程的组成也与实施工业化的时间、地点、资源条件、技术条件等有密切关系。但是，如果对一般化工产品的工艺流程进行分析、比较之后，可能会发现组成整个流程的各个单元过程或工序在所起的作用上有共同之处，即组成流程的各个单元具有的基本功能是有一定规律性的。一般化工产

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com