

21 世纪课程教材

化工概论

戴猷元 编著



化学工业出版社
教材出版中心

21 世 纪 课 程 教 材

化 工 概 论

戴猷元 编著



化 学 工 业 出 版 社
教 材 出 版 中 心

· 北 京 ·

本书是化工专业的入门指导教材,主要内容分绪论、化学工业在国民经济中的地位 and 作用、化工工艺、化学工程、创新是化工发展的动力、化学工程师、现代化工的发展前景等七章,较为系统地叙述了化学工业在国民经济中的支撑地位,介绍了化学工程与工艺的发展历史和现状,阐述了技术创新的重要性和化学工程师的人才规格,展望了现代化工的未来发展趋势。学习《化工概论》,使大专院校化工类专业新生和其他读者对化工产业、专业和学科以及相关的基础知识,有一个全貌性的了解,激发对化工专业的兴趣,增强学习动力,明确目标,扩大视野,投身化工事业。

本书是为大专院校化工类及相关专业学生学习和了解化工概貌以及有关基础知识而编写的课程辅导教材,也可供从事化工及相关领域工作的管理干部和工程技术人员作为在职教育和业务培训的参考教材使用。本书还可作为准备从事化工专业或对化工专业和学科有兴趣的读者以及从事非化工专业的工程技术人员,了解现代化工时阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工概论/戴猷元编著. —北京:化学工业出版社, 2006. 5

21 世纪课程教材

ISBN 7-5025-8641-5

I. 化… II. 戴… III. 化学工程-高等学校-教材 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 043061 号

21 世纪课程教材

化工概论

戴猷元 编著

责任编辑: 骆文敏 徐雅妮

文字编辑: 郭燕春

责任校对: 陈 静

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)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 11 1/4 字数 272 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8641-5

定 价: 19.80 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

前 言

化工是国民经济的支柱产业，是发展迅速、与国计民生密切关联的行业。作为导论性质的课程，《化工概论》利用大量的实例和翔实材料，讲述化工的重要地位和巨大作用，讲述化工的昨天、今天和明天，增进学生对化工领域的了解，激发学生对化工事业的热爱，唤起学生对化工专业的兴趣，吸引优秀人才为化工事业而努力工作。随着过程工业的发展和扩大，石化、化工、炼油、染料、农药、生化、制药、香料、日化以及微电子、能源、材料、环境等行业都有化学工程师勤奋工作的身影。化学工程作为学科、化工工艺作为技术、化学加工工业作为产业，互相促进，共同繁荣，化工事业发展的未来是十分美好的。我们希望通过这门课程可以做到“引进概念，辐射领域”。

作为《化工概论》课程的教材，本书分绪论、化学工业在国民经济中的地位和作用、化工工艺、化学工程、创新是化工发展的动力、化学工程师、现代化工的发展前景等七章，较为系统地叙述了化学工业在国民经济中的支撑地位，介绍了化学工程与工艺的发展历史和现状，阐述了技术创新的重要性和化学工程师的人才规格，展望了现代化工的未来发展趋势。本书可作为高等院校化工类及相关专业新生入门课程的辅导教材，也可供从事化工及相关领域的工程技术人员作为在职教育和业务培训的参考教材使用，还可作为从事非化工专业的工程技术人员了解现代化工的参考书。

本书内容主要是作者在十多年讲授《化工概论》课程的基础上整理编写完成的，书中有的内容是作者公开发表的研究成果。特别感谢张瑾副教授在第二、三、四章的材料整理和全书的文字编辑工作中付出的努力。本书中的化学工业、化工工艺、化学工程等沿革材料和相关学科中的基本原理阐述是以苏健民编著的《化工和石油化工概论》（中国石化出版社，1995）和李淑芬主编的《现代化工导论》（化学工业出版社，2004）为一般性参考文献编写的。作为一本入门指导性教材，书中还从一些综合性图书及《现代化工》、《化工进展》等综合性刊物中引用了大量资料，对于相关作者的工作成果，作者在此一并表示感谢。

现代化学工业日新月异，化工工艺技术和化学工程学科不断发展。本书编写中所论及的问题、涉猎的领域也很宽广，很难做到全面深入，但作者力图使

《化工概论》的框架清晰、观点鲜明、言简意赅。由于作者自身的学术水平和教学、研究实践的限制，书中难免有不够全面之处，希望专家、同行、广大学生和读者批评指正。

作者

2006年2月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 《化工概论》的内容和目的	1
1.2 “化工”概念的内涵	3
1.3 “化工”的特点	4
1.3.1 化工学科的多样性	4
1.3.2 化工领域的拓展性	5
1.3.3 化工专业的社会性	6
第二章 化学工业在国民经济中的地位和作用	8
2.1 化学工业是国民经济的支柱产业	8
2.2 化学工业的主要特点	10
2.3 化学工业的原料和主要产品	11
2.4 化学工业与国计民生息息相关	13
2.4.1 化学工业与人类生存	13
2.4.2 化学工业与能源	16
2.4.3 化学工业与人民生活	18
2.4.4 化学工业与国民经济其他行业	19
2.4.5 化学工业与生态环境	20
2.5 化学工业面临的挑战和机遇	21
第三章 化工工艺	24
3.1 化工工艺和化学工业的发展简史	24
3.2 化工工艺的多样性	28
3.2.1 石油及其化学加工工艺	29
3.2.2 天然气及其化学加工工艺	32
3.2.3 煤及其化学加工工艺	33
3.2.4 农副产品及其化学加工工艺	35
3.2.5 矿物质及其化学加工工艺	37
3.2.6 “三废”治理工艺及其综合利用	37
3.3 几种典型的化工工艺	39
3.3.1 接触法生产硫酸工艺	39
3.3.2 纯碱生产工艺	41
3.3.3 合成氨的生产工艺	43
3.3.4 石油炼制工艺	46
3.3.5 石油烃裂解生产乙烯工艺	48

3.3.6 环氧乙烷及乙二醇生产工艺	52
3.3.7 高分子合成材料及聚乙烯生产工艺	54
3.3.8 农药制品及敌百虫生产工艺	55
3.3.9 染料制品及直接耐晒黑 G 染料的生产工艺	56
3.3.10 生物化工制品及柠檬酸生产工艺	57
3.4 化工工艺的发展	59
3.4.1 以高附加值产品为目的的工艺开发	59
3.4.2 以降低消耗、节约能源为目的的工艺改造	60
3.4.3 以实现最佳过程为目的的工艺优化	62
3.4.4 以过程强化为目的的工艺耦合	62
第四章 化学工程	65
4.1 化学工程的产生和发展	65
4.1.1 “化学工程”的形成阶段	65
4.1.2 “化学工程”的发展阶段	66
4.1.3 “化学工程”的拓宽阶段	67
4.2 化工过程、过程单元和单元操作	67
4.2.1 化工过程中的过程单元、单元过程和单元操作的概念	67
4.2.2 化工过程中的单元操作	68
4.3 化学工程的主要内容	78
4.3.1 化工热力学	79
4.3.2 传递过程	80
4.3.3 分离工程	82
4.3.4 化学反应工程	88
4.3.5 化工过程系统工程	94
4.3.6 化工技术经济	96
4.4 化学工程进展的主要特征	96
4.4.1 化学工程与高新技术学科的交叉渗透	96
4.4.2 化学工程与数学、物理、化学等基础学科的紧密结合	98
4.4.3 化学工程学科内容的深化和延展	98
第五章 创新是化工发展的动力	100
5.1 提高创新能力是增强竞争力和加速发展的中心环节	100
5.2 技术创新的含义和内容	102
5.3 技术创新的三个“相适应”	105
5.3.1 技术创新与国家政策相适应	105
5.3.2 技术创新与工业生产实践相适应	106
5.3.3 技术创新与市场经济规律相适应	108
5.4 技术创新的四个工作阶段	108
5.4.1 筛选立项阶段	108
5.4.2 开发集成阶段	109
5.4.3 入市经营阶段	110
5.4.4 完善提高阶段	110

5.5 在技术创新中充分发挥企业的主体作用	110
5.6 从基本原理出发强化化工过程	111
5.6.1 非均相混合物分离-过滤过程的强化	112
5.6.2 一般传质过程的强化	116
第六章 化学工程师	126
6.1 化学工程师的产生	126
6.2 化学工程师的特点	128
6.3 化学工程师的任务	129
6.4 化学工程师的人才规格	131
6.4.1 化学工程师的知识结构	132
6.4.2 化学工程师的能力培养	135
6.4.3 化学工程师的素质品格	140
第七章 现代化工的发展前景	144
7.1 高新技术与化工	144
7.1.1 高新技术与化工的密切关系	144
7.1.2 信息和微电子技术与化工	145
7.1.3 生物技术与化工	147
7.1.4 新材料与化工	149
7.2 注重创新,迎接挑战,走新型化工发展道路	153
7.2.1 现代化工需要可持续发展	153
7.2.2 化工技术与资源综合利用	155
7.2.3 化工技术与能源合理开发	159
7.2.4 绿色化工与生态环境保护	162
7.3 现代化工的发展前景	164
7.3.1 学科发展多层次、多元化	164
7.3.2 工艺技术高技术化、柔性化	166
7.3.3 产品结构精细化、功能化	167
7.3.4 市场经营国际化、信息化	168
参考文献	170

第一章 绪 论

1.1 《化工概论》的内容和目的

“没有任何兴趣，被迫进行的学习会扼杀学生掌握知识的愿望”，“教人未见其趣，必不乐学”。浓厚的兴趣可以调动学生的学习积极性，启迪其智力潜能并使之处于最活跃的状态，激发强大的学习动力。人们对客观事物的认识和适应产生了需要，为了满足需要便可能产生兴趣。当人们在满足某种需要的基础上又产生新的需要时，兴趣也会得到丰富和发展。如果一个学生个人需要的选择与社会的需求相一致，而且符合个人的发展取向和能力水平，就最容易产生兴趣，创造理想的学习状态。因此，通过适当的教学手段，使学生对学习及将要从事的工作产生兴趣，是十分重要的。

《化工概论》是一门概述性质的课程，是对“化工”学科和专业的综合性介绍。它一直作为学生学习化工专业课程之前的入门知识，对化工专业人才的培养起到重要的“启蒙作用”。

《化工概论》主要是介绍化学工业的发展，介绍化工工艺和单元操作及设备的发展，介绍化工学科及专业的发展。同时，《化工概论》也使学生了解作为“创新主体、投资主体和经营主体”的化工企业的现状，明确 21 世纪化工人才培养的规格要求和创新能力，展望化工发展的明天。

《化工概论》一书的内容主要包括“绪论”；“化工在国民经济中的地位和作用”；“化工工艺”；“化工过程与化学工程”；“化工中的创新”；“化学工程师”及“化工发展的明天”等七章。

受社会经济发展热点导向的影响，学生们对化学工程与工艺专业的学习兴趣与对电子信息、生物技术、新材料、过程自动化和经济管理等热门专业的学习兴趣相比较，是有差距的。对化工专业缺乏正确的了解，是出现这种问题的重要原因之一。最有效的办法是使同学们了解要从事的工作和专业，回答“做什么”和“怎么做”等问题，激起同学们的求知欲。对要从事的工作越了解，对自己的使命越了解，才越可能对所学专业产生足够的兴趣，投入足够的热情。大学生往往是在二、三年级才逐渐接触专业课的。入学初期，学生还缺乏主动了解化工专业、提高学习兴趣的能力。因此，有必要通过《化工概论》课程的讲授，增加外部搅动，激发学生的学习兴趣，提高学生学习的积极性。

从熟悉衣、食、住、行与化工的密切关系到明确化工在国民经济中占据的战略地位，从了解传统的石油、化肥、轻工、日化、塑料、橡胶等行业到认识化工新技术向能源、材料、生物、医药、环境及信息领域的渗透，通过《化工概论》课程，学生们可以丰富知识，拓宽眼界。

化学工业作为工业部门的重要组成部分，是国民经济的支柱产业之一。近代化学工业

已经有二百多年的发展历史了。在某种意义上说, 化学工业有“成熟”的一面、先进的一面。然而, 仔细考察世界科技发展的潮流, 化学工业并不是所谓的夕阳工业, 她蕴含的巨大潜力还远未被人类发挥。也就是说, 化学工业还有亟待完善的一面, 仍具有极大的发展潜力。在中国, 化工生产仍存在人员密集、能耗物耗大、污染严重等问题; 新产品有待开发, 新技术有待转化为现实的生产力, 众多的新领域有待人们去开拓发展。可以十分肯定地说, 实现化工的可持续发展, 还要做许多的工作。学习《化工概论》, 加深对化学工程与工艺专业的了解, 可以使学生们认识到在化工领域中是可以有所作为的。学习《化工概论》, 了解化工行业在国民经济中的战略地位及未来发展的前景, 可以使学生们理解“只有夕阳的产品, 没有夕阳的技术; 只有夕阳的成果, 没有夕阳的学科”的真正含义。

对新事物的好奇, 对新技术的渴望是青年人的特点。对生命、材料、环境、信息等高新技术的强烈兴趣, 真正实现化工专业与高新技术的结合, 更是青年人为之兴奋的共同点。学习《化工概论》, 了解化工与生物、化工与新材料、化工与环境、化工与医药、化工与信息技术的密切结合, 了解先进的理论与技术在化工领域的应用, 了解与其他高科技工业相结合使化学工业焕发青春、增强活力, 了解化工专业新的生长点, 可以增强学生学习的动力, 明确努力的方向。

作为一门完整的课程, 不仅应完成传授知识的任务, 也必须将育人环节融合在教学之中。作为入门的概论课程, 在介绍专业发展和高新技术进展情况的同时, 也必须明确化工科技人才应具备的素质, 尤其是化学工程师的素质和要求。《化工概论》课程用一定篇幅明确二十一世纪的人才规格, 阐述化学工程师应具备的基本素质, 回答作为一名化工人才应该做什么, 能做什么和怎么做等问题, 在较高层次上让学生理解未来科技人才的知识框架及素质要求, 为摆脱被动的学习方式, 主动获取科学知识, 主动提高基本素质, 主动增强创新能力打下基础。

从基础知识到专业知识, 从科技知识到人文知识, 从本专业知识到相关专业及其他领域知识, 学好基础课和专业课是今后工作的基础。努力学习知识和着重培养能力是相辅相成的。创新能力的培养尤其重要, 而扎实地进行基础知识的学习, 又是能力培养的基础和桥梁。通过基础理论的学习还可以培养获取知识的能力和思维方式。

化学工程师的思想素质、职业素质、文化素质、生理心理素质等方面的要求是对未来科技人才的挑战。从对照知识、素质、能力方面的要求到明确人才的规格和未来化工人才应具备的全面条件, 可以使学生们既发现自身差距, 又增强实现目标的愿望。

无论专业教育, 还是职业道德、敬业精神教育, 都应该注意结合科技进步的实践, 结合企业的发展历史, 增加案例教学的内容。《化工概论》结合典型工艺剖析和技术创新, 介绍了企业发展变化的专题内容。这部分内容不同于单纯的专业介绍, 它在介绍企业产品更新换代的同时, 更着重分析影响企业发展的因素, 了解企业在科研、生产、管理、经营上存在的问题, 将生动的教育寓于教学环节之中。中国化工生产力水平还较低, 科技成果的转化率还较低, 这些现实都会激发同学们的爱国热情与献身精神。既了解到先进的一面, 也认识到相对落后的一面, 会给学习化工增强信心, 也会为学习化工增加动力。

对一项事业的深入了解而产生兴趣, 进而热爱而为之奋斗, 这就是兴趣—志趣—志向的转化过程。《化工概论》在化工人才培养过程中是很重要的。它不仅仅是概述化工, 更是对学生进行化工的“启蒙”。《化工概论》课的目的之一就是搅动。第一次搅动、第一次吸引、第一次激励, 使学生了解专业, 激发学生们的兴趣和学习积极性, 逐步完成“兴趣—志趣—志向”的转化, 进而为学生认识自己的学习目标和历史责任, 积极主动地把自己锻

炼成新世纪的化工人才打下基础，这正是《化工概论》的目的所在。

1.2 “化工”概念的内涵

所谓“化工”，实际是化学工业、化学工艺和化学工程的总称。例如，化学工业部简称化工部，化学工程系简称化工系，等等。因此，化工这个词，在不同的场合有不同的含义。

凡主要运用化学方法改变物质组成或性质以生产化学品，其生产过程或技术称为化学工艺 (Chemical Technology)。通常包括无机化工工艺、有机化工工艺、高分子化工工艺、精细化工工艺和生物化工工艺等。

研究化学工业生产过程中的共同规律，用以指导化工装置的放大、设计和生产操作的学科，称为化学工程 (Chemical Engineering)，其内容包括流体流动、传热、传质、化工热力学、反应工程、过程系统工程、化工技术经济等。化学工程是适应化学加工工艺的需要而产生的工程性学科。它是以化学、物理、数学为基础，结合其他学科和技术，研究化工生产过程中的共同规律；分析综合工业过程有关的问题和关键，解决有关生产流程的组合，设备结构设计和放大，过程操作的控制和优化等问题；获取人类需要的各种物质和产品，并维持良好的生态环境。

运用化学工艺、化学工程及设备，通过各种化学反应及原料和产品的分离，能量和物料的传递和混合，高效、节能、经济和安全地生产化学品的特定生产部门，称为化学工业 (Chemical Industry)。

首先，需要了解什么是化学工业。

由于生产的发展，产生了社会分工，现代社会生产分为农业、工业、建筑业、交通运输业、商业和服务业等国民经济部门。所谓工业就是采集自然界的物质资源进行加工，或对农副产品进行加工的物质资料生产部门。一个工业部门都是由若干同类的企业（公司或工厂）组成的。所谓同类，是指生产性质、原理相同，或产品的经济用途相同，或加工的原材料相同，或生产工艺相同。随着生产的发展，分工越来越细，工业部门的数目也越来越多。例如，汽车工业、船舶工业、航空和航天工业已经从过去的机械工业中分离出来，成为单独的新兴工业部门。

根据马克思主义关于再生产的理论，可以把工业按产品的经济用途分为生产资料（第Ⅰ部类）和消费资料（第Ⅱ部类）的生产。前者又称为重工业，后者称为轻工业。其次，根据劳动对象和劳动目的，工业可以分为采掘工业和加工工业。前者以自然资源为劳动对象，如煤炭工业、石油工业、森林工业等，后者以采掘工业的产品、农副产品或经过初级加工的产品为劳动对象，如化学工业、机械工业和纺织工业等。

在加工工业中，又可以分为机械加工工业和化学加工工业两大类。广义的化学加工工业包括加工过程主要表现为化学反应过程的所有生产部门。由于生产的发展，有的生产过程虽然表现为化学反应过程，但却已独立成为单独的工业部门，如冶金工业（包括钢铁工业、有色金属工业）、城市煤气工业、建筑材料工业、造纸工业、火炸药工业、制革、陶瓷、日用化工和食品工业等。在中国，一种工业往往被狭义地理解为某个工业部门所管辖的那部分行业和企业整体。狭义的化学工业则是指“化学工业部”所辖的那部分行业和企业整体。随着行政管理体制的变更，化学工业部所辖范围时大时小，显然这样划分是

不科学的。一般认为，化学工业应介于上述两种过宽和过窄的定义之间，通常包括石油化工、天然气化工和煤化工，包括化学肥料、无机盐、酸碱、基本有机原料、合成橡胶、塑料、合成纤维单体、医药、农药、染料、涂料和颜料、感光材料、磁性记录材料、橡胶制品、试剂和助剂、水处理剂等的生产。

化学工业是由人类生活和生产的需要而发展起来的，化学工业的发展推动了社会的发展，也促进了化学工程和化学工艺学科和技术的提高。

人类从石器时代进入青铜器时代、铁器时代，生产力有了很大的进步。每一次的巨大进步大多与当时出现的工艺和技术有关。许多工艺和技术，如燃料的燃烧、陶器烧制、炼铜和炼铁等都自觉或不自觉用到有关的化学反应、传热、分离和纯化的知识。虽然当时对自然界的规律差不多是一无所知的，但是，积累的经验对推动当时生产力的发展，对以后的化工产业的建立和发展都起到了重要的作用。

18世纪以前，化工生产均为作坊式的手工艺，像早期的制陶、酿造、冶炼等。到了18世纪，物理学和化学已建立了系统的理论基础，与长期积累的经验相结合，促进了化学工业的产生和发展。

18世纪，以含硫矿石和硝石为原料的铅室法硫酸生产工艺和吕布兰法制碱工艺的出现，对化工的发展有很大贡献。从19世纪到20世纪初期，接触法制硫酸取代了铅室法，索尔维法（氨碱法）制碱取代了吕布兰法，以酸、碱为基础的无机化工初具规模。20世纪的合成氨技术促进了氮肥及炸药等工业迅速发展。石油和天然气的大量开采和利用，向人类提供了各种燃料和丰富的化工原料。此后，石油化工突飞猛进，高分子化工蓬勃发展，到20世纪50年代初期形成了大规模生产塑料、合成橡胶和合成纤维的工业，人类进入了合成材料的时代。与石油化工和高分子化工发展的同时，为满足人们生活更高的需求，产品批量小、品种多、功能优良、附加值高的精细化工也很快发展起来。化工与生物技术相结合，形成了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。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又一个重要基础。复合结构材料、信息材料、纳米材料、高温超导材料等，使不断创新的化工技术在新材料的制造中发挥了关键作用。

化学工程和化学工艺作为学科和技术，化学工业作为产业，互相促进，共同繁荣、发展和提高。由于化学工艺、化学工程和化学工业三者的密切关联、互相渗透，事实上“化工”这个词，已在人们习惯中成为一个总的知识门类（或学科）和事业（或专业）的代名词。

1.3 “化工”的特点

1.3.1 化工学科的多样性

化工学科具有多样性的特征。化工学科是适应化学加工工业的需要而产生的，它是化学、物理、数学等学科为基础，结合其他技术研究化工生产中的工艺过程、设备及其共同规律的工程学科。根据化工学科的范畴，化工学科可以按其生产原料及产品的加工过程划分为无机化工、基本有机化工、石油化工、能源化工、精细化工、生物化工、环境化工等学科；也可以按各个化学加工过程中的许多工程问题的共同原理以及设备设计和放大的共同规律划分为若干分支学科，包括化工热力学、传递过程、分离工程、反应工程、过程

系统工程和化工技术经济等。

根据国务院学位委员会公布的学科目录，化工类一级学科的名称为化学工程与技术。化学工程与技术包括如下的二级学科。

- (1) 化学工程；
- (2) 化工工艺（包括无机化工、有机化工、含能材料等）；
- (3) 生物化工（包括生物化工、制药工艺学等）；
- (4) 应用化学（包括应用化学、精细化工等）；
- (5) 工业催化。

利用化工学科的多样性，可以分析解决有关生产工艺和流程中的关键问题，包括工艺的组集成、设备的结构设计和放大、过程的控制和优化等，通过各种化学反应，原料和产品的分离和纯化，能量和物料的输送、传递和混合，保证高效、节能、经济和安全地进行生产，获取人类所需要的各种物质和产品，并维持良好的生态环境，实现可持续发展。从化工发展的战略出发，了解与化学工业密切相关的重要的化工学科分支及研究领域，特别着重了解其工程性学科分支的发展是十分必要的。

1.3.2 化工领域的拓展性

随着社会生产力的不断发展和社会需求的不断增长，化工领域也在不断地拓展。早期的化学加工工业主要是以煤或其他矿石为原料，大多数化工过程都与固体物料的处理（包括破碎、筛分、干燥、气化等）有关，推动了处理固体的高温窑炉（炼焦炉、水泥烧结炉、玻璃熔化炉等）的研究和开发。为了解决选煤、选矿的问题，发展了浮选法和利用重力或表面张力作用下的机械分离方法；为了从煤焦油中获取苯、甲苯等原料，蒸馏过程和设备得到了优先发展。到 20 世纪初期，大型的合成氨工业和炼油工业开始建立，促使蒸馏、换热、吸收、固定床反应和气、液输送等过程与设备的发展。

在工业化初期，世界资源很丰富，采用的原料都是富矿或易于加工开采的矿藏。但到今天，有些资源面临枯竭，需要加工贫矿和使用加工过程复杂的原料，甚至要改变原料路线。发展新的技术和工艺，开发贫矿或难开发的矿藏，并注意矿藏的综合利用；采用化工技术增大石油的采出率；增加原油的加工深度，使有限资源得到最大限度的利用；提高产品质量，减少用量或延长产品的使用寿命；充分利用工业副产物、废气、废料回收有用产品；利用天然气和煤代替石油为化工原料，发展用其他资源为原料的化工路线和相应的技术等等，这些技术领域的拓展成了解决资源贫乏的重要措施。此外，还应面向海洋，研究从海水、海底资源中提取有用的元素和化合物。

利用可再生能源及核能逐步过渡和部分代替目前的主要能源（石油、天然气、煤和油页岩），这是开辟新的能源途径的需要。例如，开发对太阳能的高效利用，主要包括光电直接转化；利用催化剂、太阳能实现水分解制氢；利用生物质（特别是植物）发酵制乙醇或甲烷；利用与化工有关的技术，加强核能利用的研究等。与此同时，提高现有能源的利用效率，减少释放能量过程中对环境的污染，也是十分重要的。例如，注意燃烧中的脱硫和硫的回收，着重解决大气中硫化物的污染；解决燃烧不完全所释放的 CO 和 NO_x 的治理问题；注意解决水的污染和水的复用问题等。

可再生资源是指动植物及其代谢产物，对它们的综合利用十分重要。发展生物化工，利用微生物、动植物细胞生产人类所需的初级和次级代谢产物；高效利用酶和酶工程，发展高效的酶反应器、酶的分子修饰和分离纯化；利用动植物细胞培养，生产色素、香精、生物碱、维生素、甜味剂、酶和一些特殊的蛋白质（激素、疫苗等）产品；对动植物产品

(包括淀粉、蛋白、油脂、纤维素等)进行全价开发等,都是可再生资源综合利用的重要方面。

一般而言,目前化工领域主要涵盖一般化工,包括三酸、二碱、水泥、化肥、农药等;能源化工,包括石油化工、天然气化工、煤化工以及原子能化工等;材料化工,包括高分子材料与化工、无机非金属材料与化工等;精细化工,包括染料中间体、医药中间体等基本有机合成产品的制备、电子化学品制备等;医药化工,包括制药、制剂、控释缓释药物;轻化工,包括化纤工业、日用化工等;环境化工,包括绿色化学工艺、废气、废水及固体废弃物的治理和综合利用等。

化工技术的发展也会拓展到高新技术领域。一般认为,“高科技领域”主要包括微电子及计算机技术、光电通讯技术、生物工程技术、新材料(超导材料、光、电、磁记录材料、高分子材料、陶瓷材料等)、新能源技术、航天技术、环境保护技术等,为了保证这些“高科技”的发展,需要采用大量化工提供的材料和技术,如新型材料的合成、制备、超净化加工及其他相应的化工技术,生物基因工程与细胞工程中使用的生化反应工程技术和生物制品分离方法,改善环境、减少大气污染和水污染的治理技术和化学加工的无废工艺及技术等。

作为一个典型的例子,新材料是“高科技”中最重要的一个物质基础。采用20世纪50年代开始发展的区域熔融方法,可以制得纯度极高的晶体,这是化工对新材料做出的重要贡献。制备高纯材料,所有过程都需要在超净条件下进行,需要大量超净介质(如气体、水、溶剂等),都要求利用化工过程提供超净化技术。目前,制备超大规模集成电路和芯片需要采用化学刻蚀、掺杂或形成多层导体、半导体和介电层,需要采用化学气相沉积(CVD)、等离子增强化学气相沉积(PECVD)等技术以及相应的反应器。CVD过程的热力学、动力学、传递过程和流体力学的研究也十分重要。另外,航天技术需要化工技术为其提供高能燃料、高强度复合材料和保温材料。

当然,高新技术和基础理论的发展对化工的发展也起着巨大的推动作用。特别是计算机和计算数学的发展,促进了化工过程和设备的模型化,为更好地解决设备的放大问题提供了重要基础。同时,计算机技术为研究复杂的化学反应动力学,优化化工系统的设计、操作和控制,研究反应器中的多态问题提供了有效的工具。

了解化工在国民经济中的战略地位,了解化工领域的拓展性,了解过程工业中同样有化工的先进技术和一流产品,了解航空、航天、计算机、自动化、生物、材料、环境等领域中都有化工人才的用武之地,学生的学习动力会大大增强,明确努力方向,学好基础知识,通过创造性的思维,到各个领域去发展自己、奉献自己,“种好自己的地”,“去种别人的地”。

1.3.3 化工专业的社会性

与化学工业和化工学科的发展相对应,化工专业教育也经历了一系列变革,化工专业的社会性特点越来越明显,对化工专业人才的规格要求也增添了新的内涵。

当今社会已经进入信息时代,人们对工程技术的理解和认识发生了很大的变化,对工程师的要求也与以前不同。比如,工程师不仅应具有扎实的基础知识和良好的主动获取知识的能力和分析解决问题的能力,而且应具备很好的综合和集成的能力及创新意识。由于人与环境、人与社会的关系越来越密切,工程师的知识结构不应仅限于科学和技术本身,工程师在解决具体的工程问题的时候必须全面考虑和综合资源、环境、经济、政治等多方面的因素。

从化工学科的发展来看,一方面认识事物的层次在不断加深,对化工过程所涉及到的各种现象有了更本质的认识;另一方面,化工面向的服务领域不断扩展,从传统的无机化工、有机化工等逐渐扩展到生物、环境、材料、医药及轻工、食品等许多领域。面对这两方面的变化,化工专业教育不可能随认识层次的加深和服务对象的扩展而无限制地扩展,而只能保证最基本、最核心的内容。这些基本内容应随着化工学科的发展和行业需求的变化做相应地调整,结合化学工业和化工学科的发展趋势,重新规划和设计新的专业教学体系和内容十分必要,以适应培养高质量人才的需要。

从化工学科的发展、化工行业的需求及中国现实状况等几方面出发,化工专业培养人材的定位应当是化学工程师。尽管化学工程已有百余年的历史,化学工程师所依赖的科学基础(数学、物理学、化学、生物学等)已有了长足的发展,服务的对象在不断扩展和变化,解决具体工程问题的方法和工具也在不断更新,但是,化学工程师所面临的任务在本质上并未发生根本改变,即综合运用物理、化学及工程学科的多方面的知识去解决过程中遇到的工程问题。当然,面对社会的不断发展和进步,应该对培养人才的知识结构和能力结构做出更为具体的要求,以满足化工专业社会性特征的需求。

扎实的基础和宽阔的视野是高质量化工人才应该具备的基本条件,这不仅是学生在未来社会中生存和发展的基础,也是在校期间培养创新能力的出发点。实现这一目标的关键是化工专业的课程体系、内容的组织和教师水平的提高。扎实的基础知识靠高质量的基础课来保证,而宽阔的视野则一方面依靠丰富的高水平选修课来提供,另一方面有赖于教师在各个教学环节中的引导。因此,不仅要在规划课程设置时处理好二者的关系,更应该在每门课程内容的规划和讲授中兼顾两方面的需求。

目前科学知识和更新极快,学校的教育不可能一劳永逸。事实上,现代教育的发展趋势就是由传统的知识和技能的传授转向能力的培养和方法的传授,教育也从阶段教育发展成终身教育。因此学校教育的主要功能是教会学生基本知识和学习方法以及良好的获取知识和解决问题的能力。另外,由于科技转化为生产力的速度加快,必须加强工程实践和工程设计方面的训练,加强实验动手能力的培养。这样的化工专业教育才能使学生在将来的工作中不断自我学习,自我完善,跟上时代的步伐。

随着现代社会的不断发展,工程的概念已发生了变化,工程与社会的关系越来越密切,工程师所面临的也不再是简单的技术问题。因此,应加强经济、环境、生态、法律等方面的教育,使学生扩大视野,真正适应社会发展的需求。

应当指出的是,除了正确地建立学生知识和能力的结构外,课程教学中正确引导、言传身教,提高学生的思想道德素质、文化素质、业务素质和生理心理素质也是不容忽视的重要任务,这也是“寓德于教”的涵义所在。

社会的进步、学科的发展及相关行业的需求都对化工专业教育提出了新的要求。为实现新的目标和要求,必须充分调动教和学两个方面的积极性。一方面,教学及培养的目标归根到底要通过每位教师的教学活动来贯彻和实现,改革的成败取决于教师业务素质的提高和在教学活动中的投入;另一方面,加强对学生的引导,激发学生参与教学改革积极性,是使改革的目标得以真正实现的关键。从社会进步、科学发展、行业需求及人才素质、能力及知识结构等多方面进行全面考量,明确人才培养的目标与思路,积极探索,努力实践,就能够实现改革的目标,使培养的人才更能适应新技术革命的挑战和化工专业社会特性的需求。

第二章 化学工业在国民经济中的地位和作用

2.1 化学工业是国民经济的支柱产业

化学工业是运用化学工艺、化学工程及设备,通过各种化学反应及原料和产品的分离,能量和物质的传递和混合,高效、节能、经济和安全地生产化学品的特定生产部门。简单地说,化学工业是以化学方法为主,通过改变物质结构、成分、形状等生产化学品的工业部门。

化学工业发展迅速,经济效益显著,是国民经济的支柱产业之一。第二次世界大战以后,特别是20世纪60~70年代,世界各工业发达国家的化学工业发展迅猛,化学工业的发展速度都高于整个工业的发展速度,化学工业在国民经济中的比重不断攀升(见表2-1)。到了20世纪90年代以后,发达国家的化学工业与其他工业一样,放慢了发展速度,但德、法、日本等国的化学工业增长速度仍高于整个工业的增长速度。

表 2-1 世界工业发达国家的化学工业与整个工业的发展状况

国 别	1950~1959 年		1960~1969 年		1970~1979 年		1980~1989 年	
	整个工 业增长	化学工 业增长	整个工 业增长	化学工 业增长	整个工 业增长	化学工 业增长	整个工 业增长	化学工 业增长
	/%	/%	/%	/%	/%	/%	/%	/%
美国	3.9	7.9	5.0	7.9	3.1	5.6	5.7	6.0
前苏联	11.8	14.8	8.6	12.4	5.8	8.0	6.3	9.4
日本	16.5	17.9	13.5	14.6	4.6	5.2	3.6	5.1
前西德	9.5	12.0	5.7	10.4	2.0	3.5	3.5	7.3

中国石油和化学工业呈现快速发展势头,化学工业的产值是国民经济总产值指标的重要组成部分,是推动国民经济持续增长的重要力量。

例如,2003年中国GDP增长率达到9.5%的高水平,工业在国民经济中的主导地位更加突出,工业结构出现明显变化,经济效益明显提高。以石油和化学工业等为代表的工业产业快速发展,对GDP增长的贡献日趋显著。据国家统计局快报统计,2003年,中国石油和化学工业(现价)总产值18402.9亿元,比上年增长25.5%;工业增加值5703.8亿元,比上年增长23%;销售收入达到18005亿元,比上年增长26.4%;实现利润1763.7亿元,比上年增长43.59%。现价工业总产值占全国工业的13%,工业增加值占全国工业的13.9%,销售收入占全国工业的12.8%,利润占全国工业的21.6%,主要经济指标占全国工业的比例均居各类工业首位。

2003年,天然原油产量为1.69亿吨,同比上升1.47%;原油加工量达2.43亿吨,上升10.83%;乙烯产量611.77万吨,上升13.01%;丙烯593.23万吨,上升11.77%;

合成树脂 1593.75 万吨, 上升 16.51%; 合成橡胶产量为 127.22 万吨, 上升 12.19%; 合成纤维单体 559.25 万吨, 上升 54.75%; 烧碱(折 100%) 939.88 万吨, 上升 13.82%; 纯碱 1107.5 万吨, 上升 9%。

中国石油和化工行业在世界经济中具有举足轻重的地位和市场竞争能力。2003 年度中国石油和中国石化两大石油公司排在世界 500 强企业中的前 70 名。2003 年, 中国原油一次加工能力达到 2.7 亿吨, 居世界前 3 位, 原油加工量基本上可以满足国内市场对各类油品的需求。乙烯、合成树脂及共聚物、合成橡胶均居世界第 4 位。合成纤维聚合物居世界第 1 位。中国化肥、农药、纯碱、烧碱、甲醇、轮胎外胎等大宗化工产品的生产能力均居世界前列。

又如, 2004 年中国国有石油和化学工业企业和年销售收入 500 万元以上的非国有石油和化学工业企业 17856 家, 实现工业总产值(现价) 24811.09 亿元, 按可比价格计算, 同比增长 32.29%。其中, 天然原油和天然气开采业实现工业总产值 4149.30 亿元, 同比增长 26.69%, 石油加工业 7519.53 亿元, 同比增长 34.23%。化学工业企业 16704 家, 实现工业总产值 13029.60 亿元, 同比增长 33.10%。

2004 年石油和化学工业利润大幅增长, 共实现利润 2793.01 亿元, 同比增长 58.73%, 达到历史最高水平。其中, 天然原油和天然气开采业及石油加工业的利润分别为 1776.23 亿元和 207.64 亿元。化学工业实现利润 802.69 亿元, 同比增长 88.64%。

今后一个时期, 中国石油和化学工业将根据市场需求、资源特点、技术特长和竞争能力, 着重进行产品结构的调整, 在石油和天然气开采、石油化工等方面加快发展步伐和速度, 特别是石油化工将实施跨越式发展。

乙烯 作为石油化工的龙头, 坚持老厂扩能改造和新建发展并举、国有独资和与外商合资并举的发展方针, “十五”期间中国乙烯生产能力翻一番, 而且装置规模扩大, 技术含量提高, 投资成本降低, 竞争力逐步增强。

合成树脂 在“十五”期间增加合成树脂的生产能力, 乙烯装置扩能改造, 其下游均以合成树脂为主。2005 年合成树脂在三大合成材料中比例可达 69% 以上。

合成纤维 合成纤维工业近年来发展迅速, 尤其是聚酯生产能力提高较快。目前, 聚酯原料 PTA 和乙二醇国内供应不足 50%, 一半以上依赖进口。集中力量建设几套具有规模经济及上下游产品一体化的聚酯生产基地是抗衡国际竞争的有效手段。

合成橡胶 根据橡胶加工的需要, 中国合成橡胶和天然橡胶的比例为 50:50, 合成橡胶基本可以满足需求, 在合成橡胶的品种比例上需适当调整。

有机原料 有机原料的发展方向是以乙烯、丙烯等石化产品为原料, 淘汰小而分散、技术落后的传统工艺, 以规模化、集约化生产提高市场竞争力。

氯碱工业 近 10 年来, 中国烧碱一直处于供过于求的局面, 而氯气却远远不足, 碱氯不平衡是突出的矛盾。要通过调整氯碱工业的产业结构, 走集约化的发展之路, 提高企业集中度, 使氯碱和石化联合形成若干个氯碱和石油化工结合的基地。

农药 中国农药生产产量居世界第二位, 农药的发展方针是进行产品结构和企业结构调整, 加强科研开发和新品种发展, 开发替代高毒有机磷杀虫剂的新品种和地下害虫防治剂、新型除草剂等, 加大农药中间体的开发力度, 提高企业集中度, 淘汰一批低水平农药加工企业。

精细化工 精细化工包括传统精细化工和新领域精细化工。传统精细化工在中国已是成熟产业, 产量大, 如染料产量和出口量均居世界第一位, 产量占全球染料总产量的