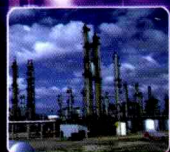


大学工科专业概论

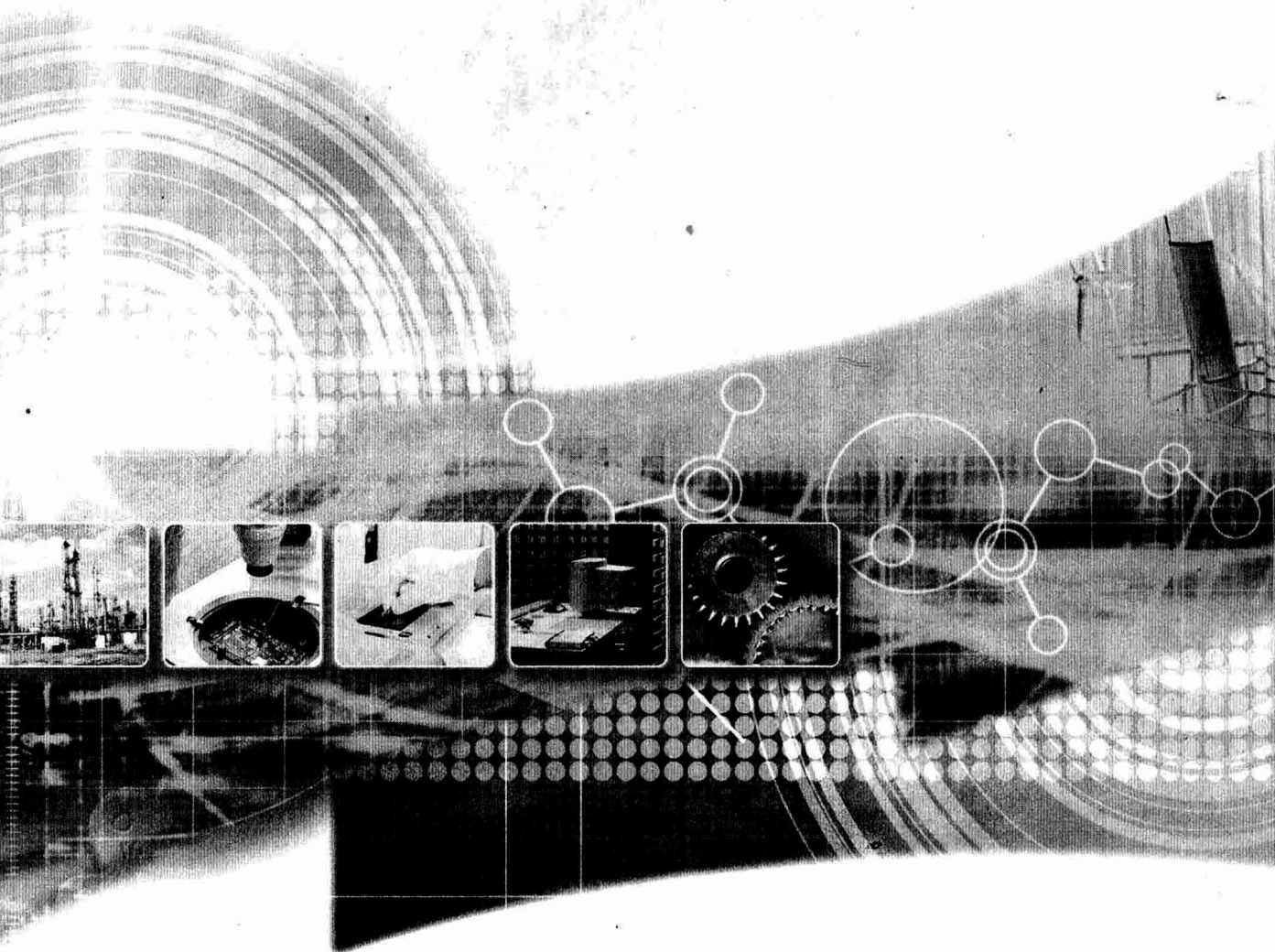
房鼎业 涂善东 主编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

大学工科专业概论

房鼎业 涂善东 主编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

大学工科专业概论/房鼎业,涂善东主编. —上海:华东理工大学出版社,
2008.9

ISBN 978-7-5628-2372-8

I. 大... II. ①房... ②涂... III. 华东理工大学-工科
(教育)-专业-简介 IV. G649.285.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 116087 号

大学工科专业概论

主 编 / 房鼎业 涂善东

责任编辑 / 徐知今

责任校对 / 金慧娟

封面设计 / 陆丽君

出版发行 / 华东理工大学出版社

地址:上海市梅陇路 130 号,200237

电话:(021)64250306(营销部)

传真:(021)64252707

网址:www.hdlgpress.com.cn

印 刷 / 上海崇明裕安印刷厂

开 本 / 787mm×1092mm 1/16

印 张 / 19.25

字 数 / 491 千字

版 次 / 2008 年 9 月第 1 版

印 次 / 2008 年 9 月第 1 次

印 数 / 1—4050 册

书 号 / ISBN 978-7-5628-2372-8/TB·23

定 价 / 28.00 元

(本书如有印装质量问题,请到出版社营销部调换。)

本书编委会

主 编	房鼎业	涂善东
编 委	史济斌	张嗣良
	张惠展	周达飞
	虞慧群	孙自强
	沈永嘉	姚重华

前言

人类的现代文明可以说是建立在工程技术上的文明,人类在工程领域的成就,如发电技术、石油化工技术、计算机、高性能材料、医疗技术、飞机、电视、电话、图像技术等等,改变了我们赖以生存的世界和我们的生活方式。进入 21 世纪,我国国民经济快速发展,同时也面临着全球性的能源与环境问题,为此培养一大批能综合应用现代科学理论和技术手段、懂经济、会管理,兼备人文社会科学知识和生态环境意识的高素质工程技术人才是十分必要的。面对人类共同的问题和国家的需求,华东理工大学以“工程为人人、人人知工程”为理念,倡导全面工程教育,致力提升中学生、大学生和社会公众对工程技术专业的认识。对广大意欲进入大学深造的高中毕业生和刚跨入大学校门的新生而言,选择好专业,了解工科专业的内涵,对确定今后人生努力的方向,也是至关重要的。目前的中学教育,一般均缺乏对大学学科的介绍,尤其是对工科诸专业的了解甚少,中学生往往很难从任课老师和家长方面得到指导。而大一新生因此对所选专业在思想和心理一般均准备不足,虽有学好本专业的愿望,却又有对专业的困惑。

为了使刚进大学的一年级学生尽快了解专业,我校在大学一年级开设了专业概论课程,本书是配合大学工科专业概论课程而编写的教材。编写本书的目的是为了使一年级大学生了解专业,给学生一把专业入门的钥匙,主动打开大学学习之门,发挥学生在大学时代学习的主动性、积极性与创造性,成为大学时代学习的主人。

大学一般按专业培养学生。我国大学工科本科类专业按主干学科设置,每个专业都有共同的基础学科,都覆盖着多个产业部门,都有着相当宽的专业面,如化学工程与工艺专业以化学工程学为主干学科,其专业范围涵盖了无机化工、有机化工、石油化工、能源化工、精细化工、高分子化工、生物化工等整个化学相关的工业领域,其他专业也是如此,每个专业的毕业生都有很强的适应能力。大学生进校后,迫切要求了解本专业的毕业生干些什么,本专业的学生在大学里学习什么,怎样学,本书正是针对学生们的需求而组织编写的一本介绍专业概况的教材。

本书按专业分章,共介绍了我国工科 10 个不同类型的专业的概况。对每个专业阐述了以下内容:本专业在社会发展中与国民经济中的地位与作用;本专业所依托的工程技术学科的研究内容与发展趋势;本专业的培养目标与培养模式;本专业学生的知识结构、能力结构与素质要求;本专业的课程体系与教学内容;本专业在大学学习阶段要注意的问题等。

本书由我校有经验的教授编写,其中有国家级教学名师和上海市教学名师,有我国高等学校相关专业教学指导委员会成员,有我校相关专业的学科带头人,他们在国内教育界和工程技术界是知名的专家,他们对所从事的专业十分熟悉,对国内相关产业的发展非常了解。他们把

长期的积累和教学见解写成文字,所撰写的专业概论内容丰富、实例生动、素材详实、数字具体、深入浅出、针对性强,肯定对学生了解专业有所帮助。

时代在发展,科学技术在突飞猛进,近年来为了适应科学技术的进步,为适应工程技术的发展,为适应国际接轨的要求,我国的高等工程教育正努力培养基础扎实、专业面宽、知识面广、工程能力强的应用型、复合型、创新型高级工程人才。我们希望大学生们在了解国家需求、专业要求的前提下,在进入大学这一新的起点上,刻苦钻研,努力奋斗,一步一个脚印,在人生的道路上书写新的篇章。

本书由房鼎业、涂善东主编,参加编写的有:房鼎业(第1章),涂善东(第2章),史济斌(第3章),张嗣良(第4章),张惠展(第5章),周达飞(第6章),虞慧群(第7章),孙自强(第8章),沈永嘉(第9章),姚重华(第10章)。

本书主要供一年级大学新生了解工科专业之用,也可供高中毕业生高考选择志愿时参考,同时对大学高年级学生和研究生们了解相关专业也有帮助。由于编写时间较紧,在编写内容上难免有疏漏之处,敬请读者指正。

编者

2008年7月

目 录

1	化学工程与工艺	1
1.1	化学工业的战略地位	1
1.2	化学工程学科概述	8
1.3	化工与高新科技的关系	11
1.4	我国化学工业的发展现状与趋势	20
1.5	化学工程与工艺专业培养方案	31
1.6	化学工程与工艺专业的人才培养模式与知识、能力、素质结构	36
1.7	化工人才面临的机遇与挑战	43
2	过程装备与控制工程	49
2.1	过程装备学科发展与社会进步	49
2.2	过程机械原理	56
2.3	过程装备与控制工程教育	73
3	应用化学	81
3.1	化学的由来、进展与贡献	81
3.2	我国现代化学的发展历程与成就	91
3.3	化学学科发展的态势	96
3.4	中国的大学化学教育	98
3.5	应用化学专业的培养目标	102
3.6	应用化学专业的教学内容	102
3.7	华东理工大学的应用化学专业	103
3.8	就业与深造机会	106
4	生物工程	107
4.1	生物工程在人类社会中的地位和作用	107
4.2	生物工程技术与研究内容	111
4.3	有关经济领域的生物工程的发展	125
4.4	生物工程专业培养方案与知识结构	127
4.5	生物工程人才面临的机遇与挑战	129
5	生物科学与技术	131
5.1	生物技术产业在国民经济和社会发展中的地位	131
5.2	生物科学和技术的研究现状与趋势	139

5.3	生物科技人才面临的机遇和挑战	145
5.4	生物科学与生物技术专业的培养方案	147
6	材料科学与工程	154
6.1	材料和材料科学与工程	154
6.2	材料在人类社会发展和国民经济中的地位	158
6.3	话说新材料	161
6.4	近 60 年来中国材料工业发展历程	169
6.5	中国材料工业发展现状及展望	171
6.6	材料类专业的培养方案	179
6.7	材料类专业的人才培养模式与知识、能力、素质结构	183
6.8	材料类人才的机遇和挑战	186
7	计算机科学与技术	190
7.1	计算机科学与技术的发展与社会进步	190
7.2	计算机科学与技术学科专业介绍	200
7.3	计算机科学与技术学科教育	217
8	自动化	224
8.1	对自动化科学技术的认识	224
8.2	自动化学科介绍	226
8.3	自动控制系统介绍	228
8.4	与自动化专业相关的行业现状与发展趋势	242
8.5	自动化专业教育概况	244
8.6	自动化专业培养目标以及人才培养的知识结构	246
8.7	如何做一名优秀的自动化专业大学生	247
9	制药工程	249
9.1	制药工程专业概况	249
9.2	国外制药工程专业设置情况	258
9.3	国内制药工程专业现状	259
9.4	与制药工程专业相关行业的现状与发展趋势	259
9.5	制药工程专业的培养方案	263
9.6	制药行业存在的问题及人才需求	266
9.7	本专业质量、规模、结构、效益情况及其相互关系	266
9.8	今后五年内本专业的社会需求状况	267
9.9	制药工程教学指导分委员会	269
10	环境工程	270
10.1	专业简介	270
10.2	专业方向	272
10.3	人才培养	286
10.4	发展动向	292
10.5	专业展望	297
10.6	环境工程专业国内外背景	297

1.1 化学工业的战略地位

化学工业的发展给予人类的恩惠是无限的,化学工业在建设和谐社会中的作用极为重要。

当前,世界人口的不断增长、能源供应的日益紧张与环境受到严重污染已经成为急需解决的三个严重问题。人类必须为不断增长的人口提供食品、服务和住房,必须为生存和发展提供更多的能源,必须为不断提高的生活水准提供新材料、新产品,必须为自身的健康提供大量的药品,必须为解决环境污染问题做出巨大的努力。这些问题的解决,与化学工业有着紧密的联系。这些联系意味着化学工业在国民经济与社会发展中有着重要的战略地位。

1.1.1 化学工业与人类文明

人类与化工的关系非常密切,在现代生活中,我们几乎每时每刻都离不开化工产品,从衣、食、住、行等物质生活,到报刊、电视、文化、艺术、娱乐等精神生活,都离不开化工产品。有的化工产品在人类发展史上起着划时代的重要作用。有些化工产品的开发、生产和应用甚至代表着人类文明进入了一定的阶段。

1. 化工——产业革命的基础

化学工业从其形成之初起,就为工业部门提供了必需的基础物质。化学工业是产业革命的重要基础,担负着重要的历史责任。18世纪至19世纪的产业革命时期,手工业生产发展为机器生产,社会化的大生产方式开始了,这正是化学工业形成之时。应对产业革命的急迫形势,吕布兰法制碱等技术应运而生,铅室法硫酸形成生产规模,解决了产业革命时期纺织、肥皂、玻璃等工业对酸、碱的需求。同时,随着炼铁、炼焦工业的兴起,从煤焦油分离出芳烃,用电石制备乙炔,基本有机化工得到了发展。同一时期,合成染料、化学合成药物等相继问世,轮胎所需的橡胶、炸药所需的硝酸纤维素相继投产。早期的化学工业为纺织工业、电力工业、冶金工业、机器制造业的发展提供了必需的原料和辅助产品,促进了工业发展历史上产业革命的成功。

20世纪初期,一方面,哈伯-博施法即在高温、高压、催化剂存在的条件下合成氨取得成功,并实现了工业化,继而氨氧化制造硝酸投产,使大量硝化物质出现,使得炸药工业迅速发展,炸药的威力提高了几十倍,解决了战争之需要,更重要的是在矿山、铁路、桥梁等民用爆破工程上得到了充分应用。另一方面,石油炼制与加工、煤化工发展速度很快,石油炼制中的催化裂化,催化重整等技术先后出现,使汽油、柴油、润滑油的产量增长速度突飞猛进;与此同时,石油加工中丙烯水解制异丙醇技术工业化,烃类裂解制备乙烯和丙烯的工艺相继开发成功,这就使基本有机化工产品的生产建立在石油化工雄厚的技术平台上,从而为各工业、交通部门提

供了大量有机原料、燃料、溶剂和助剂。所以人们以石油化工中乙烯、丙烯的发展能力与技术水平,作为一个国家石油与化学工业发展的标志。

2. 化工——农业发展的支柱

长期以来,人类的食品与衣着来源主要依靠农业。在农业生产中单位面积产量的真正提高有赖于化肥和农药的施用。实践证明,农业的各项增产措施中,施用化肥、农药的作用最大。随着煤化工、天然气化工、石油化工的蓬勃发展,合成氨和尿素生产已实现大型化,化肥产量在化工产品中占有很大比重。高效、低毒农药的使用,保证了农作物免受病虫害的危害。现在氮、磷、钾复合肥料和微量元素肥料的开发、粮食作物与经济作物专用肥料的开发、昆虫生长抑制剂等专用农药的工业化进一步满足了不同作物、不同土壤结构的要求。近年来,开发了多种高效、低残留、低毒的新农药,特别是仿生农药每亩土地只需用几克,且不污染环境,该农药已经投入了生产。生物农药是新型农药研究中一个活跃的领域。

温室培育蔬菜作物,可明显提高产量,并可一年四季吃到绿色蔬菜,现正在大面积推广。现代农业需要用大量的塑料薄膜和塑料大棚支架,用作温室育苗。

3. 化工——战胜疾病的武器

中国的中草药来自动植物或主要矿物,其加工过程是化工中的分离技术,经浸渍或浸取处理,使动植物或主要矿物中具有药性的有效成分浸取出来才能作为药物。19世纪末至20世纪初,化学合成药物中的解热镇痛药阿司匹林,抗疟药阿的平等研制成功并投产。这些化学合成药物成本低、浓度高、疗效显著,使化学工业中的制药工业成为人类健康的保护神、人类战胜疾病的武器。20世纪30年代,人们用化学分析方法,确定了水果和米糠中维生素的结构,人工合成出维生素B₁、B₂、C等,解决了从天然物质中提取的维生素不够的难题。20世纪中叶,磺胺类药物投产、青霉素的发现和投产取得了惊人的治疗效果。链霉素、雷米封等的投产战胜了肺结核病,使这一威胁人类健康的恐怖疾病停止了蔓延。一系列抗病毒疫苗的投用,有效地控制了天花、鼠疫、伤寒等瘟疫的传播,使危害人类安全和健康的灾害得以控制。现在疫苗依然是人类与病毒性疾病斗争的有效手段。随着各种临床化学试剂和各种新的药物类型的出现,人类的健康有了强有力的保证,寿命正在不断增长。

4. 化工——提高生活质量的保证

“化分化合,依自然律;巧夺天工,为民造福”(董必武为上海吴泾化工厂投产题词),化工向人们提供了丰富多彩的产品。化工向人类提供了大量无机非金属材料(玻璃、水泥、陶瓷、搪瓷和新型无机材料等)、聚合物材料(塑料、化纤、橡胶等),用于制造各种制品供人们使用。化工还向人类提供了多种专用化学品、特种化学品,这些专用化学品、特种化学品产量很少,但其效益十分明显、附加值高,使人们生活水平不断改善。精细化工中的染料、涂料、颜料、表面活性剂、化学试剂、助剂、催化剂、胶黏剂、信息记录材料等与人们的生活有密切的联系。目前,借助了各种专门和特种材料,特别是信息材料,人们的视野已经拓展到宇宙空间、海洋深处,拓展到人体内部,拓展到物质结构深处,为揭开宇宙奥秘、提高人类的物质文明和精神文明提供了保证。

1.1.2 化学工业简介

1. 化学工业的范围

化学工业,又称化学加工工业,其范畴视各种具体情况而有所不同。广义地说,泛指生产过程中化学方法占主要地位的制造工业。因为这些工业都是经过反应过程实现原料向产品转换的生产部门,故也称过程工业。但通常采用狭义的定义,把金属、建筑材料、纸张、皮革、食糖

和食用化学品等的生产均列为独立的工业部门,或者归入其他工业部门,而不包括在化学工业之内。在化学工业的范围中,如果着眼于化工产品,则通常包括无机化学工业、基本有机化学工业、高分子化学工业和精细化学工业,他们分别生产无机物、基本有机化工原料、聚合物和精细化学品。如果再考虑到原料来源和加工特点,还有石油化工、煤化工、天然气化工、油页岩加工等,这些部门可概括为燃料化工(在这个概念中有时也把石油炼制工业包括在内)。至于农林化工和许多无机矿物的化学加工,则可分别归属于基本有机化工和无机盐工业,后者当然是属于无机化工范畴。在化学工业各部门之间,由于原料与产品的关系,而存在着相互依存和相互交叉的关系。例如:合成气是燃料化工的产品,又是无机化工(如合成氨)和基本有机化工(如甲醇)的原料;乙烯、丙烯等大量石油化学品都是基本有机化工原料,也分别是聚乙烯、聚丙烯等聚合物的单体;二氧化钛既是无机盐工业的产品,又是颜料化工的产品;硝酸铵既可作为化肥,也可用作炸药;聚丙烯酰胺既是高分子化工的产品,又是一种油田化学品、水处理剂,后者都属于精细化学品。这样的例子不胜枚举。这说明化学工业所属部门的划分不是绝对的,它因划分的角度不同而异,也随着生产的发展阶段和各国情况的不同而有所变化。

按中国工业统计的方法,可把化学工业划分为下列各种工业:合成氨及肥料工业、硫酸工业、制碱工业、无机物工业(包括无机盐及单质)、基本有机原料工业、染料及中间体工业、炸药工业、化学农药工业、医药药品工业、合成树脂与塑料工业、合成纤维工业、合成橡胶工业、橡胶制品工业、涂料及颜料工业、信息记录材料工业(包括感光材料、磁记录材料)、化学试剂工业、军用化学品工业、化学矿开采业和化工机械制造业等。

另外,从产品的市场特点来看,可分为大宗产品、大宗专用产品、精细化学品和特殊化学品。例如:硫酸、苯、氧气等属于大宗产品,它们的生产量大、规格统一,且是通用的产品。大宗专用产品,例如炭黑、聚乙烯等也是大量生产的,它与大宗产品不同之处在于它们是专用产品,可以根据要求改变产品的技术性能,因此其市场价格按质论价。精细化学品,例如医药、化学试剂、助剂、感光材料等,一般产量较小,多采用间歇方法生产,并且一种产品可以使用不同的原料和生产流程,甚至使用同一设备时,改变条件即可生产另一种产品。特殊化学品也属于精细化学品范围之内,它仅做某种特殊用途,例如水处理剂、饲料添加剂、金属表面处理剂、造纸用化学品、皮革用化学品等。

2. 化学工业的特点

化学工业与其他工业相比,主要特点是:

(1) 原料、生产方法和产品的多样性与复杂性是化学工业独具的特点。化学工业可从不同的原料出发制造同一产品。同一原料制造同一产品还可采用许多不同的生产路线。一个产品有不同的用途,而不同产品有时却可有同一用途。一种产品往往又是生产别种产品的原料、辅助材料或中间体。这些关系错综复杂,因此原料来源、技术、设备和市场等方面的变化既要互相适应,又可以有很大的选择余地。从这个意义上说,化学工业是一个具有多功能和灵活性很强的工业。各化工生产厂都力求其产品的产率高,副产品得到充分的利用。因此,对原料的纯度、辅料的配比、反应器的结构、工艺条件(包括浓度、压力、温度等)的优化、产品的规格(如粗品、工业品、化学纯、试剂纯、光谱纯等)的控制都有比较严格的化工标准。尤其生产过程是在密闭的装置中进行,无法从外面观察物料的运动和变化,只能依靠化工仪表的指示而加以调节,因此要求加强化工生产管理和化工过程控制。

(2) 化学反应伴随着能量的变化,在生产过程中或是吸热反应或是放热反应。因此,化学工业是一个耗能多(高能耗)的工业,也是节能潜力很大的工业,现代化学工业十分重视能量的

充分利用,并降低成本。工厂内管道纵横,反应器连接换热器,加热管与冷却管并列,成为化工厂的外观特征。其实换热器的设计,过去曾强调减少传热面积以减少投资,现在为了有效利用能源,即使增加投资,也要尽可能地减少温差,尽可能地提高能量利用效率。

(3) 由于化学工业的复杂性,往往需要多学科的合作,因此现代化学工业已成为一种知识密集型的生产部门,集中了多种专业的技术专家和受过良好教育及训练的操作管理人员,有自己的科学研究机构从事新产品和新技术的开发,并由专门的科技情报系统及时获取市场和科学技术信息。化工情报与化工研究和开发、化工基本建设、化工设计结合成整体,促进了化工科学技术的发展。近年来,表现在对化学反应工程和新型材料等方面的研究不断取得的成果,反应器的设计和制造日臻完善,越来越多地利用催化、高温、高压等技术以强化生产。反应过程的压力可从高度真空至几十兆帕,温度范围可从零下几十摄氏度至零上数百摄氏度,以至上千摄氏度。例如:合成氨厂里,不仅合成氨原料气的制备、净化、压缩和氨合成等过程要用高温、高压设备(许多设备用蒸汽透平驱动),而且主要设备必须大容量、单系列,要求长周期稳定操作。尤其在现代化工生产中,大多数反应过程要借助于催化剂的作用,催化剂的品种越来越多,其作用有些是广谱的,有些是非常专一的。如石油化学工业,加工深度不断发展,生产方法、单元过程、分离技术和催化剂日新月异,加工产品愈趋多样化。化工机械结构日益复杂,对化工材料的要求也日益提高。

(4) 知识的密集性还导致资金密集。化学工业的技术装备程度高,所需投资多。而且化工厂产品的更新极为迅速,除电子工业、航天工业外,各国用于化学工业研究开发的投资都是最多的。

(5) 化工环境保护是化学工业发展中产生的重要问题之一。环境污染,影响了人民健康,危害了生态平衡。各国为了防止污染,相继制定了环境保护法,对化学工厂的原料储运,生产过程中产生的滴漏、废气、废液、废渣,以及对跑、冒、滴、漏现象的处理,产品的包装和储运,都相继严格地规定了技术规程和标准,所需要相应的投资常达建厂投资的 10%~20%。化学品的生产常伴有副产品,从经济和环境两方面考虑,现代化学工业要求把副产品,甚至是废弃物都要充分利用,方能立足。

3. 化学工业原料和资源

化学工业可用的原料很多,主要有以下几类。

矿物原料 有煤、石油、天然气以及多种无机化学矿,如硫铁矿、磷矿等。化学工业发展初期,煤是氨、染料、煤化学产品和有机合成产品的主要原料。直至 20 世纪 40 年代后,由于石油生产的发展,以石油和天然气为原料生产化学品所需的设备投资和产品成本都低于以煤为原料的生产,许多国家的化学工业都改变了原料路线,因此石油和天然气已成为世界化学工业的主要原料。近几年由于石油价格飙升,各国对以煤为原料生产化工产品非常关注。

生物原料 包括农业中粮食、农产废料及林业中木材加工副产物,历史上许多有机产品是从农业原料加工取得的(如乙醇、糠醛等)。但石油用作化学工业原料后,因其价格优势和来源充足,在世界范围内逐渐取代了农业原料。虽然现在生物化工部门在一定程度上恢复了农业原料的使用,但就整个化工生产来说其比例是不大的。

水和空气 水作为最便宜和最丰富的溶剂,广泛用于化学工业,水也是工业制氢气的原料,同时大量用于洗涤,并作为冷却介质和锅炉给水。海水则因其中溶有大量无机盐类,是工业上提取镁、溴、碘和许多有用元素和金属的原料。至于空气,则是工业用氮气、氧气及稀有气体的来源。

1.1.3 化学工业在国民经济中超前发展

进入新世纪以来的第一个5年,2001年—2005年,是中国石油和化学工业固定资产投资快速增长的重要时期。到2005年底,石油和化工行业固定资产投资按预定完成3 993亿元,比“九五”末期投资增加3 359亿元,增长529.8%,年均递增44.5%。特别是上游的西气东输工程,中游的一批炼油、乙烯装置的新建和改扩建工程,下游的大化肥、钾肥、甲醇、二甲醚工程等的国家重点工程的全面开工、建设投产或持续建设,进一步全面提升了行业的整体技术水平与经济实力,奠定与提升了石油和化学工业在国民经济中的基础产业和支柱产业的地位。

1. 石油化工:发展“上游”,拓展“中游”,延伸“下游”

1) 发展“上游”

以西气东输工程为标志,以中哈石油管道工程、西部石油管道工程为主要内容的一批国家重点工程的全线贯通、建成投运和持续建设,为保障国家石油安全与能源战略的实施奠定了基础,给21世纪中国石油和化学工业持续、快速、协调发展带来了希望。

原油、成品油和天然气,既是重要的能源,又是重要的化工原料。2004年,中国进口原油高达1.26亿吨,2005年达到1.38亿吨。确保原油、天然气的稳定供应,开发、输运更多的油气资源,关系到国家石油安全与国家能源战略。

2005年12月,全长962.2千米,西起哈萨克斯坦境内的阿塔苏,东至中国境内的阿拉山口,一期设计输油能力为1 000万吨/年的中哈原油管道工程——阿塔苏—阿拉山口段正式建成投产。这是中国历史上第一条不经过第三国与市场直接相连跨国原油长输管道。这也是中国实施国家石油储备战略,确保国家能源安全的一项重要工程。

于2002年7月4日正式开工建设的西气东输工程,总投资1 400多亿元,是列为国家实施西部大开发战略的“十大”标志性工程之一,西起新疆轮台县的轮南镇,东到上海市的白鹤镇,横贯我国东西部、跨越10个省区市,全长4 200多千米,投资额仅次于三峡工程。2004年10月1日,西气东输工程全线投入运营。2005年全年输送51.2亿立方米天然气。2006年输气120亿立方米。这120亿立方米,可使我国天然气消费量年增长50%,相当于提供了1 200万吨原油,约折合标准煤1 600万吨。目前“西气东输”二期工程已经开工建设。

这些对保障国家能源安全、优化能源结构、改善能源消费结构、减少中东部地区生态环境的污染、拉动地方经济、缓解国家能源供需矛盾,以及提高人民生活质量都具有十分重大的战略意义。

与西气东输管线并行的另一项国家重点工程——西部原油、成品油管道工程正在建设中。这条巨型“油龙”,从新疆至甘肃单线实长1 858千米,工程总投资约146亿元,是国家实施西部大开发战略的重大举措。

西部管道工程于2006年8月竣工后,可年输送成品油1 000万吨、原油2 000万吨。这必将为国家实施能源安全战略、推动中国石油建设具有国际竞争力的跨国企业战略的实施、减轻西部铁路运输压力以及繁荣新疆、甘肃等西部经济起到十分重要的作用。

2) 拓展“中游”

“十五”期间,国家按照调整和优化炼油工业布局与结构,提高原油加工企业的集中度,优化资源配置,提升炼油深加工的能力、水平与效率,提高产品质量与柴汽比,形成若干具有国际竞争力的世界级炼油基地,尽可能多地为乙烯工业提供优质原料,进一步增加乙烯总量的原则,组织实施了一大批新建和改扩建工程。

兰化、镇海、燕化等大炼油、大乙烯第二轮改扩建,以及上海赛科、扬巴一体化、中海壳牌惠州项目和福建炼化一体化等中外合资乙烯、炼油工程的建成投产,构造出石油和化学工业上、中、下游一体化的全新产业格局。

“十五”期间国家石油与化学工业重点发展工程如表 1-1 所示。

表 1-1 “十五”期间国家石油与化学工业重点工程

序号	工程名称	投资规模	主要建设项目	
			初期规模	目前能力
1	西气东输工程	1 400 亿元	天然气 120 亿立方米	
2	西部原油成品油管道工程	146 亿元	原油 2 000 万吨、成品油 1 000 万吨	
3	中哈输油管道工程		一期设计输油能力 1 000 万吨	
4	兰州石化炼油工程	29 亿元	700 万吨	1 050 万吨
5	上海石油股份炼油工程	38.8 亿元	880 万吨	1 400 万吨
6	镇海炼化股份炼油工程	40 亿元	1 200 万吨	2 000 万吨
7	金陵分公司炼油工程	30 亿元	1 050 万吨	1 350 万吨
8	齐鲁石化乙烯工程	46 亿元	45 万吨	72 万吨
9	燕山石化乙烯工程	32 亿元	45 万吨	71 万吨
10	上海石油股份乙烯工程	37.9 亿元	70 万吨	85 万吨
11	扬子石化乙烯工程	43.5 亿元	40 万吨	70 万吨
12	上海赛科合资工程	27 亿美元	90 万吨乙烯	
13	扬巴一体化工程	29 亿美元	60 万吨乙烯	
14	中海壳牌惠州工程	43 亿美元	80 万吨乙烯、43 万吨丙烯	
15	海南富岛化肥二期工程	22 亿元	45 万吨合成氨、80 万吨尿素	
16	新疆华锦阿克苏化肥工程	11 亿元	30 万吨合成氨、52 万吨尿素	
17	云南磷复肥工程	38.36 亿元	240 万吨磷铵	
18	青海钾肥工程	25.86 亿元	100 万吨钾肥	
19	四川泸天化甲醇工程	10.55 亿元	40 万吨甲醇、10 万吨二甲醚	
20	南京锦湖轮胎合资二期工程	8 700 万美元	500 万条半钢子午胎、70 万条全钢子午胎	

上海赛科年产 90 万吨乙烯项目既是国家“十五”重点建设项目,同时也是整个上海化学工业区的龙头。2002 年 3 月开工建设上海赛科总投资额达 27 亿美元,由中国石化股份有限公司、中国石化上海石油化工股份有限公司与英国石油化工集团组建。历经 3 年多的建设,全部工程于 2005 年 6 月投入商业运行。

上海赛科 90 万吨乙烯工程可带动的下游产业投资现在已经超过了 27 亿美元。其中,丙烯、苯酚丙酮、双酚 A 等产品的产品链带动了氯乙烯、聚氯乙烯、烧碱以及 MDI/TDI 的生产,吸引了 20 亿美元的投资;上海赛科丙烯腈装置的副产物氢氰酸可以作为下游生产 MMA 的原料,还避免了危险化学品运输的困扰,以乙烯裂解产生的废渣油生产炭黑也正在进行,这两项又引来 3 亿多美元的投资。这一条条产品链还在不断向下延伸。

几乎在上海赛科 90 万吨乙烯工程建成投产的同时,2005 年 6 月,对外开放的标志性工程扬子石化—巴斯夫有限责任公司正式宣告以 60 万吨/年乙烯装置为核心的扬巴一体化项目 10 套化工装置全部试车成功,投入商业运营。该装置建成投产后,每年将有高压聚乙烯、化纤原料、丙烯酸、丙烯酸酯和精细化学品等 170 万吨高质量的石化产品投放市场,从而改变目前国内石化行业的格局。

“十五”期间,兰州石化公司的炼油能力由 700 万吨/年改扩建到 1 050 万吨/年,上海石化股份公司由 880 万吨/年改扩建到 1 400 万吨/年,镇海炼化股份由 1 400 万吨/年改扩建到 2 000 万吨/年,金陵分公司由 1 050 万吨/年改扩建到 1 350 万吨/年,全国新增炼油能力 1 720 万吨/年。

“十五”期间,全国石油化工企业乙烯扩产的情况为:齐鲁石化 45 万吨/年改扩建到 72 万吨/年、燕山石化 45 万吨/年改扩建到 71 万吨/年、上海石化股份公司 70 万吨/年改扩建到 85 万吨/年、扬子石化 40 万吨/年改扩建到 70 万吨/年等国家重点工程,以及上海赛科 90 万吨/年、扬子-巴斯夫 60 万吨/年和中海壳牌惠州 80 万吨/年新建乙烯工程投产后,全国重点工程新增乙烯生产能力 358 万吨/年。

3) 延伸“下游”

“十五”期间,随着国际市场原油价格的持续走高,以及国内的机械、电子、汽车、建筑和信息产业对化学品需求的日益增长,为煤化工、农用化工、精细化工、绿色化工和专用化学品产业提供了难得的市场机遇和发展空间。

以中海油海南富岛化肥二期工程、新疆华锦阿克苏化肥工程、云南 240 万吨磷铵磷复肥基地、青海 100 万吨钾肥工程、四川泸天化 40 万吨甲醇和 10 万吨二甲醚工程等为代表的化肥、化工原料路线与工艺技术的改造,加快了化肥、化工产品结构的调整,降低了生产成本,进一步延伸了产业链,增强了市场竞争能力。

中海油海南富岛天然气化肥项目由东方 1-1 气田开发项目和 45 万吨/年合成氨、80 万吨/年尿素三部分组成。工程于 2001 年 3 月正式动工,2003 年 9 月建成投产。

为发展特色资源产业,促进经济增长方式的转变,云南省把建设国家级磷复肥基地列入“十五”计划,明确建设年产 240 万吨磷铵,配套建设 320 吨硫酸、120 万吨磷酸装置。

青海百万吨钾肥工程是目前国内海拔最高的国家石油和化工重点建设项目。该工程是国家实施西部大开发战略首批“十大标志性工程”之一,总投资 25.86 亿元,于 2000 年 5 月开工,2003 年 10 月打通流程并产出第一代盐桥牌钾肥。目前盐湖工业集团钾肥生产能力已经达到 150 万吨,占全国总使用量的 1/3。

2004 年 5 月,国家重点项目、投资 8 700 万美元的南京锦湖轮胎有限公司 500 万套/年半钢子午胎工程全面动工,到 2005 年 4 月工程建成投产。目前,南京锦湖半钢子午胎的实际年生产能力已经达到 1 200 万套。

2. 化学工业:优先发展六大领域

根据世界化工产业技术发展趋势,结合行业现状,按照“有所为,有所不为”和“重点跨越”的方针,“十一五”化学工业确定以下优先发展领域:即农用化学品、新型煤化工及天然气化工、化工新材料、精细化工、氯碱工业和化工装备。

(1) 农用化学品 农用化学品研发重点是开发和推广化肥和农药以及与化肥相关的化工原料矿生产过程中的工艺技术及装备。其中氮肥工业将重点发展具有自主知识产权的新型煤气化技术、新型净化技术、节能型氨合成技术等;磷肥工业将开发大型磷复肥生产技术、磷肥生产过程中的循环经济技术以及低品位磷矿石综合利用工业化技术;钾肥工业以开发大型氯化钾、硫酸钾、硝酸钾生产新技术和盐湖提锂等综合利用技术为主。

农药是农业稳产增产、提高农产品品质和劳动生产率的关键措施。“十一五”期间重点发展的农药品种有:替代高毒有机磷杀虫剂新品种和地下害虫防治剂,用于水果蔬菜的新型杀菌剂和病毒抑制剂,适应水田轻型耕作的除草剂和新型旱田除草剂。

(2) 新型煤化工及天然气化工 发展新型煤化工和天然气化工必须集中精力突破煤焦化、煤气化、煤液化等关键共性技术,通过技术集成和工程放大,建设一批具有自主知识产权的高新技术产业化示范工程,形成具有中国特色的以洁净煤技术为支撑,以现代煤化工和天然气化工为基础的碳一化工新兴产业。将重点开发煤焦化技术、以煤气化为核心的“多联产”技术、大型天然气蒸气转化成套技术等;推广多喷嘴对置式水煤浆气化技术、多元料浆加压汽化技术和甲醇生产技术。

(3) 化工新材料 化工新材料对国民经济特别是高技术领域及尖端技术有重要作用。其在“十一五”发展的重点是:开发和实施通用塑料改性技术、工程塑料的产业化和高性能化技术、高性能子午线轮胎工业化技术、大型合成橡胶及橡胶助剂产业化技术、功能高分子材料、氟硅新材料和新型无机功能材料等。

(4) 精细化工 发展精细化工是实现化学工业结构调整的重大战略之一。当前及今后一段时期,应以不断实现精细化工产品的功能化、高性能化、专用化、高附加值化和规模化为目标,满足相关行业的需求。精细化工技术开发和产业化的重点是:功能涂料及水性涂料、染料新品种及其产业化技术、重要化工中间体绿色合成技术及新品种、电子化学品、高性能水处理化学品等。

(5) 氯碱工业 氯碱工业产品种类多,其下游产品达到上千个品种,具有较高的经济延伸价值。“十一五”氯碱工业将围绕降低能耗和实现规模化、精细化,重点开发和推广离子膜法制碱国产化技术、扩张阳极与改性隔膜应用技术、聚氯乙烯改性和聚合工艺优化技术,以及以氯气、氢气为原料的下游产品的生产技术等。

(6) 化工装备 “十一五”期间,我国将增加重大技术装备开发研制的投入,大力开发研制自主知识产权的化工装备。尽快将具有我国自主知识产权的粉煤气化、甲醇低压羰基合成醋酸、甲醇制烯烃技术等先进技术转化成生产力;进一步加大工程子午胎成套装备的研制工作;研制开发一批先进化工装备,提高我国化工生产技术水平。

1.2 化学工程学科概述

在现代汉语中,化学工程(chemical engineering)、化学工艺(chemical technology)、化学工业(chemical industry)都简称化工,化学工程是一门“科学”,化学工艺是一门“技术”,化学工业是一个“产业”,它们有不同的含义,但又关系密切,互相渗透。“化工”这个词已经成为一个总的科学门类、技术门类、知识门类和产业门类的代名词。

本节介绍化学工程这个一级工程技术学科的研究内容、研究对象和研究方法。

1.2.1 化学工程学科与化学工业的关系

化学工程是研究化学工业和其他过程工业(process industry)生产中所进行的化学过程和物理过程共同规律的一门工程学科。这些工业包括石油炼制工业、冶金工业、建筑材料工业、食品工业、造纸工业等。它们从石油、煤、天然气、盐、石灰石、其他矿石、粮食、木材、水、空气等基本的原料出发,借助化学过程或物理过程,改变物质的组成、性质和状态,使之成为多种价值较高的产品,如化学肥料、汽油、润滑油、合成纤维、合成橡胶、塑料、烧碱、纯碱、水泥、玻璃、钢、铁、铝、纸浆等等。化学过程是指物质发生化学变化的反应过程,如柴油催化裂化制备高辛烷值汽油是一个化学反应过程。物理过程是指物质不经化学反应而发生的组成、性质、形态、能

量变化过程,如原油经过蒸馏分离而得到汽油、柴油、煤油等产品。至于其他一些领域,诸如矿石冶炼,燃料燃烧,生物发酵,皮革制造,海水淡化等等,虽然过程的表现形式多种多样,但均可以分解为上述化学过程和物理过程。实际上,化学过程往往和物理过程同时发生。例如催化裂化是一个典型的化学过程,但辅有加热、冷却和分离,并且在反应进行过程中,也必伴随有流动、传热和传质。所有这些过程,都可通过化学工程的研究,认识和阐释其规律性,并使之应用于生产过程开发和装置的设计、操作,以达到优化和提高效率的目的。

上述工业生产的共同特点是,从实验室到工业生产特别是大规模的生产,都要解决一个装置的放大问题。生产规模扩大和经济效益提高的重要途径是装置的放大,以节省投资,降低消耗,减少占地,节约人力。但是,在大装置上所能达到的某些指标,通常低于小型试验结果,原因是随着装置的放大,物料的流动、传热、传质等物理过程的因素和条件发生了变化。这种起源于放大过程的效应,长期以来被笼统地称作“放大效应”,它包含了很多已查明或未查明的物理因素(或称工程因素)的影响。化学工程的一个重要任务就是研究有关工程因素对过程和装置的效应,特别是在放大中的效应,以解决关于过程开发、装置设计和操作的理论和方法等问题。它以物理学、化学和数学的原理为基础,广泛运用各种实验手段,与化学工艺相结合,去解决工业生产问题。

1.2.2 化学工程学科的研究内容

化学工程包括单元操作、化学反应工程、传递过程、化工分离工程、化工热力学、化工系统工程、过程动态学及控制等方面。

单元操作 构成多种化工产品生产的物理过程都可归纳为有限的几种基本过程,如流体输送、换热(加热和冷却)、蒸馏、吸收、蒸发、萃取、结晶、干燥等。这些基本过程称为单元操作。对单元操作的研究,得到具有共性的结果,可以用来指导各类产品的生产和化工设备的设计。化学工程学科诞生初期,对化学工程的认识虽只限于单元操作,但却开拓了一个崭新的领域,出现了一些从事崭新职业的化学工程师。这些化学工程师不同于以往的化工生产工作者,他们经历过化学工程这一专门学科的训练,故有能力使化工生产过程和设备设计、制造和操作控制更为合理。直到今天,各个单元操作的研究还是有着极为重要的理论意义和应用价值,而且为了适应新的技术要求,一些新的单元操作不断出现并逐步充实进来。

化学反应工程 化学反应是化工生产的核心部分,它决定着产品的收率,对生产成本有着重要影响。尽管如此,直到20世纪中叶,在单元操作和传递过程研究成果的基础上,在各种反应过程,如氧化、还原、硝化、硫化、磺化等中发现了若干具有共性的问题,如反应器内的返混、反应相内传质和传热、反应相外传质和反应器的稳定性等。对于这些问题的研究,以及它们对反应动力学的各种效应的研究,构成了一个新的学科分支即化学反应工程,从而使化学工程的内容和方法得到了充实和发展。

传递过程 是单元操作和反应工程的共同基础。在各种单元操作设备和反应装置中进行的物理过程不外乎三种传递:动量传递、热量传递和质量传递。例如,以热量传递为基础的换热操作,聚合釜中聚合热的移出;以质量传递为基础的吸收操作,反应物和产物在催化剂内部的扩散等。有些过程有两种或两种以上的传递现象同时存在,如气体增减湿等。作为化学工程的学科分支,传递过程着重研究上述三种传递的速率及相互关系,连贯起一些本质类同但表现形式各异的现象。

化工分离工程 20世纪中叶,在化学工艺与化学工业的发展推动下,一类以质量传递为