



全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材

工程硕士教育“工程领域发展报告”系列丛书

工程硕士教育 化学工程领域 发展报告

全国化学工程领域工程硕士教育协作组 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

工程硕士教育 化学工程领域发展报告

全国化学工程领域工程硕士教育协作组 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

内容提要

本书是全国化学工程领域工程硕士教育协作组受全国工程硕士专业学位教育指导委员会委托而编写的,介绍了化学工程学科 10 多个领域的发展现状。本书由 1 个主题报告和 12 个专题报告组成。主题报告使读者对化学工程、化学工业、化学工艺技术发展的全貌有所了解,而后各专题报告分述相关领域的技术进展。各专题报告覆盖了化学工业中的各专业范围,包括基本化工中的石油加工与石油化工,新能源化工中的制氢,无机化工中的磷化工,精细化工,制药化工,材料化工中的聚合物,膜材料,生物化工中的生物炼制,环境化工,低碳经济等。

本书具有以下特色:编写人在相关领域中有影响;内容新:编写人查阅了国内外文献,特别是近期文献,非常关注国内外该领域的最新进展,紧跟技术前沿,还讨论了低碳经济等“热点”问题;覆盖面宽;案例多:报告中举了许多新技术、新产品案例,不少案例反映了国内自主创新的研究成果;应用性强。

本书是工程硕士教学用书,也可供化工企业、科研院所和工程设计院的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程硕士教育化学工程领域发展报告 / 全国化学工程领域工程硕士教育协作组编著. —杭州:浙江大学出版社, 2011.3

ISBN 978-7-308-08482-6

I. ①工… II. ①全… III. ①化学工程—研究生教育—研究报告 IV. ①TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 038035 号

工程硕士教育化学工程领域发展报告

全国化学工程领域工程硕士教育协作组 编著

丛书策划 樊晓燕

责任编辑 樊晓燕

文字编辑 徐霞

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排版 杭州中大图文设计有限公司

印刷 杭州浙大同心教育彩印有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 17.50

字数 426 千

版印次 2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-308-08482-6

定价 38.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

工程硕士教育“工程领域发展报告”系列丛书

总 序

2010 年国家颁布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要》强调高等教育的核心任务是提高教育质量,并且提出要大力发展专业学位研究生教育。全国工程硕士专业学位教育指导委员会(以下简称教指委)高度重视、不断推进工程硕士专业学位研究生教育的质量建设。教指委课程建设研究组在加强公共课程、领域核心课程建设的同时,于 2010 年启动编写工程硕士教育“工程领域发展报告”(以下简称“工程领域发展报告”)系列丛书的工作,旨在帮助广大工程硕士研究生(或高级工程技术人员)拓展知识、扩大视野、活跃思维和提升集成创新能力,进一步完善培养应用型、复合型和创新型的高层次工程技术人才的教学体系,更好地满足国家产业创新发展、企业提升核心竞争力的需求。

一、编印工程领域发展报告系列丛书的背景情况

工程硕士是与工程领域任职资格相联系的专业性学位,与工学硕士学位处于同一层次,但类型不同,各有侧重。长期以来,各培养单位已比较重视工学硕士研究生学术前沿课程的建设。但是,在工程硕士研究生的培养中,工程技术最新发展方面的课程、讲座、教材却比较薄弱。尽快提高工程硕士研究生工程技术前沿方面的教学质量,已成为各培养单位十分迫切的需求。

二、工程领域发展报告系列丛书的特点

工程领域发展报告主要针对本领域的发展现状和发展趋势,为工程硕士研究生前沿课程(或讲座形式)提供相关的最新动态,以利于工程硕士研究生了解领域的工程科技的发展现状和动态,以拓宽视野,为其扩展知识和能力提供帮助。

1. 共性原则

工程领域发展报告应是对本工程领域最新技术成果的描述,着重提炼出本领域具有共性的工程技术问题和工程应用进展。

2. 特色原则

工程领域发展报告应坚持工程特色,着重体现工程的综合性、应用性等特点。

3. “新、短、快”原则

工程领域发展报告着重反映本领域最新技术成果、发展动态和发展趋势,对工程硕士研究生教学应具有参考性,对工程硕士研究生学习应具有启发性。同时,工程领域发展报告篇幅不宜过长,编印应及时快速。

4. 可读性原则

工程领域发展报告将作为各培养单位、各工程领域的教学用书和阅读文献,并送全国工

程硕士专业学位教育指导委员会成员、中国工程院教育委员会成员、学术界、工业界、政府部门的有关专家学者、领导参阅。因此,该报告表述应准确、简练,并具有一定的可读性。

三、工程领域发展报告系列丛书的主要内容

工程领域发展报告,既是教学用书,又是课堂的延伸。其主要内容应体现我国科技和产业中长期发展规划,体现国家的重大需求,体现工程领域新进展和技术新进步。具体应集中在科学研究、技术开发与工程应用三个方面,特别应注重技术及技术向工程的转化上,以符合工程硕士研究生的培养需求。

科学研究应集中在领域相关的最新研究进展方面,特别是具有潜在工程价值的科研成果。

技术开发主要介绍中短期有望实现产业化的高科技技术。

工程应用主要包括国内外最新的工程技术成果,特别是同国家重大需求相关的重大工程技术成果,所涉及的领域应该有较宽的覆盖面。

由于工程领域发展报告覆盖的面比较宽,不可能将所有的技术领域都涉及到。因此,每册工程领域发展报告一般选择一些重点领域若干方向进行撰写,由各工程领域教育协作组组长负责组成编写组。编写组成员邀请本领域若干位具有较高水平的教授以及相关行业、企业的知名专家参加。

为了加强统筹规划和具体实施,认真做好“工程领域发展报告”的编写出版工作,教指委专门成立编写委员会。编委会主任由教指委副主任委员兼课程建设研究小组组长陈子辰教授担任,编委会委员由陈子辰(浙江大学)、印杰(教指委委员兼课程建设研究小组副组长、上海交通大学)、史铁林(课程建设研究小组副组长、华中科技大学)、沈岩(教指委秘书兼课程建设研究小组成员、清华大学研究生院)、章丽萍(课程建设研究小组成员、浙江大学研究生院)等组成。希望本书能够为我国从事工程硕士专业学位研究生教育教学工作的师生提供有益的参考,也为广大工业界、政府部门的有关专家学者、领导架设交流的桥梁。由于编辑出版“工程硕士教育工程领域发展报告”,在我国专业学位研究生教育中尚无先例,是一项探索性工作,难免存在不当和疏漏,敬请专家、同行和广大读者批评指正。

本系列丛书的出版,得到了浙江大学出版社的大力支持,在此表示衷心感谢!

全国工程硕士专业学位教育指导委员会
工程硕士教育“工程领域发展报告”系列丛书

编委会

2011年3月1日

序

石油与化学工业是我国国民经济的支柱产业。进入 21 世纪以来,我国的石油与化学工业取得了长足的发展,多种大宗化学品的生产能力与产量位居世界前列,新技术、新工艺、新装备不断涌现,我国已从一个化工大国向化工强国转变,发展前景光明。化学工业的发展是依托化学工程学科的发展实现的,我国化学工程学科的科技創新推动了化学工业的发展。

石油与化学工业的发展需要人才。工程硕士教育是一个新事物,是与化工工程师职业资格相联系的专业学位,培养目标是高级技术型、应用型、开发型、复合型人才。随着化学工程技术日新月异的发展,及时了解化工前沿的发展动态是当代化学工程师应具备的能力之一。全国工程硕士专业学位教育指导委员会组织编写各工程领域发展报告,对拓展工程硕士研究生的知识面,帮助他们涉足前沿、了解进展、开阔视野、活跃思维有促进作用。

全国化学工程领域工程硕士培养协作组组织天津大学、浙江大学、四川大学、华南理工大学、华东理工大学的教授与中石化上海石化分公司的专家联手编写了“化学工程领域发展报告”,介绍了化学工程学科十多个领域的发展现状。发展报告由 1 个主题报告和 12 个专题报告组成。主题报告使读者对化学工程、化学工业、化学工艺技术发展的全貌有所了解,而后各专题报告分述相关领域的技术进展。各专题报告覆盖了化学工业中的各专业范围,包括基本化工中的石油加工与石油化工,新能源化工中的制氢,无机化工中的磷化工、精细化工、制药化工,材料化工中的聚合物、膜材料,生物化工中的生物炼制、环境化工、低碳经济等。

这本发展报告具有以下特色:(1)编写人在相关领域中有影响。编写人中有来自企业的原中石化上海石化分公司总工,上海石油学会理事长,有来自天大、浙大、川大、华南理工、华东理工的教授,他们在相关领域中有相当影响。(2)内容新。编写人查阅了大量国内外文献,特别是近期文献,非常关注国内外该领域的最新进展,紧跟技术前沿,还讨论了低碳经济等“热点”问题。(3)覆盖面宽。内容覆盖了化学工程学科的多个领域。(4)案例多。在精细化工、制药化工、功能膜材料与膜器件等专题中介绍了许多新技术、新产品案例,不少案例反映了国内自主创新的研究成果。(5)应用性强。由于是工程硕士用书,所以不过分追求学术性,更重视报告的实用性和应用性。

本书是工程硕士教学用书,也可供化工企业、科研院所和工程设计院的相关人员参考。

中国工程院院士

2010 年 12 月 10 日

前 言

自 1998 年国务院学位委员会实施工程硕士学位以来,我国工程硕士学位教育发展迅速。工程硕士是与工程师职业资格相联系的专业硕士学位,与工学硕士同一学位层次、不同培养规格,旨在培养高级应用型、技术型、复合型专业人才。十多年来,我国已培养了 20 余万名工程硕士,为我国的经济发展和社会发展作出了贡献。近年来,全国工程硕士教育指导委员会积极推进学位标准建设,推进与职业资格挂钩工作,推进课程建设和教材建设,推进论文规范,有力保证了培养质量,促进了工程硕士教育的健康发展。

化学工程领域是 38 个可授予工程硕士学位的工程领域之一。全国现有 140 多个培养单位有化学工程领域工程硕士学位授予权。化学工程是一个覆盖面宽的领域,从化学工程领域的学科特征来看,其覆盖范围为化工热力学、传递过程、化工单元操作、化学反应工程、化工分离工程、化工装备工程、化工系统工程和化工控制工程等学科;从化学工艺的行业特征来看,其覆盖范围为基本无机化工、基本有机化工、石油加工与石油化工、煤化工、精细化工、材料化工、生物化工等行业。随着高技术的发展,化学工程还可延伸为生物化学工程、材料化学工程、环境化学工程、资源与能源化学工程、微电子化学工程、信息化学工程等前沿交叉学科。

化学工程技术日新月异,蓬勃发展,化学工程师要跟上飞速发展的前沿技术,就应该不断学习、不断更新知识、不断追踪技术发展。为此,在各校化学工程领域工程硕士培养方案中,都设有一门“化工技术进展”课程。针对这一课程,全国工程硕士教育指导委员会组织全国化学工程领域工程硕士教育协作组编写领域发展报告,针对化工领域的发展现状和发展趋势,为工程硕士研究生前沿课程提供参考教材,以便于学生了解领域的工程科技发展现状和动态,以拓宽视野,为其扩展知识和能力提供帮助,这是一项很有意义的工作。

化学工程领域工程硕士教育协作组为编写本领域技术发展报告,组织了由中石化上海石油化工分公司总工,天津大学、浙江大学、四川大学、华南理工大学、华东理工大学教授组成的编写组,经过一年多时间,联手编写了这本《化学工程领域发展报告》。发展报告由 1 个主题报告和 12 个专题报告组成,报告内容覆盖了化学工程各学科和化学工业各部门的范围,其主要内容和作者如下:

主题报告:化学工程领域的研究现状与发展前景(华东理工大学房鼎业)

专题报告 1:石油加工与石油化工领域技术发展(中石化上海石油化工分公司瞿国华)

专题报告 2:制氢技术现状与进展(华南理工大学彭峰)

专题报告 3:磷化学工程技术研究进展(四川大学刘代俊)

专题报告 4:精细化工技术进展(华南理工大学叶代勇)

专题报告 5:化工新技术在制药中的应用(浙江大学陈新志、钱超)

专题报告 6:聚合物合成技术进展(浙江大学单国荣)

专题报告 7:智能膜材料与膜系统研究进展(四川大学褚良银)

专题报告 8:生物炼制原理与技术进展(华南理工大学常杰)

专题报告 9:环境化工新技术(浙江大学雷乐成)

专题报告 10:现代蒸馏技术(天津大学李鑫钢)

专题报告 11:现代工业结晶前沿进展(天津大学龚俊波、尹秋响)

专题报告 12:低碳经济、能源利用与化工发展(天津大学马沛生、夏淑倩)

特别感谢中国工程院胡永康院士为本书撰写了序言。

由于全书作者多、时间紧,虽经修改审稿,疏漏之处难免,敬请读者指正。

编著者

2010 年 12 月

目 录

第一篇 主题报告

化学工程领域的研究现状与发展前景	3
1 化学工业的战略地位	3
1.1 化学工业与人类文明	3
1.2 化学工业简介	6
2 化学工程学科概述	10
2.1 化学工程学科与化学工业的关系	10
2.2 化学工程学科的研究内容	11
2.3 化学工程学科的研究方法	12
2.4 化学工程学科的发展趋势	13
3 化学工程学科与高新科技的关系	15
3.1 化学工程学科与生物技术	15
3.2 化学工程学科与材料技术	16
3.3 化学工程学科与环境技术	18
3.4 化学工程学科与新能源技术	18
3.5 化学工程学科与信息技术、控制技术	19
4 化学工程与化学工业发展的几项关键技术	21
4.1 新物质合成与制造	21
4.2 新催化技术	21
4.3 计算化学	22
4.4 新分离技术	22
4.5 现代生物技术	23
4.6 纳米技术	23
4.7 微化工技术	24
4.8 动态模拟技术	25
4.9 自动控制与信息技术	26
4.10 清洁生产与节能技术	27
5 化学工程学科研究领域的几项延伸	28
5.1 由宏观尺度研究向时空多尺度研究发展	28
5.2 由过程导向向产品导向发展	29

5.3	由简单物系向复杂物系发展	30
5.4	由复杂工艺路线向简单工艺路线发展	31
5.5	由简单过程向耦合过程发展	31
5.6	由定态向非定态发展	31
5.7	由常规小分子向高分子、大分子发展	31
5.8	由描述现象向阐述机理发展	31
5.9	由理想溶液向非理想溶液发展	31
5.10	由极限条件向温和条件发展	32
5.11	由非生命体系向有活体体系发展	32
5.12	由探索试验向有效预测发展	32

第二篇 专题报告

专题 1	石油加工与石油化工领域技术发展	37
	引 言	37
1	石油和天然气资源	37
1.1	21 世纪石油资源的远景判断	37
1.2	我国石油和天然气资源	39
1.3	我国天然气消费迅速增长	40
1.4	技术创新推动下,当今世界面临一场天然气的能源革命	41
2	石油加工	42
2.1	新世纪我国炼油加工新技术的开发	42
2.2	重质(劣质)原油加工	43
3	石油化工和炼油化工一体化	51
3.1	乙烯产业链	51
3.2	芳烃产业链	52
3.3	炼油化工一体化的主要目标	54
4	石油替代能源开发	54
4.1	已经试验过的石油替代燃料	55
4.2	石油替代能源产业开发要注意能源利用效率和对环境的影响	55
4.3	我国发展石油替代燃料产业应属于初始起步阶段	56
专题 2	制氢技术现状与进展	62
1	氢能概述	62
2	甲烷(天然气)催化制氢现状与研究进展	63
2.1	甲烷蒸气重整制氢工艺	63
2.2	甲烷部分氧化和氧化重整工艺	64
2.3	甲烷制氢催化剂进展	65

3	低碳醇催化制氢现状与研究进展	66
3.1	甲醇催化重整制氢工艺	66
3.2	甲醇催化重整制氢催化剂进展	67
3.3	乙醇催化重整制氢进展	68
4	水电解制氢工艺	69
5	生物质催化制氢进展	70
5.1	生物质气化制氢	70
5.2	生物质裂解制氢	71
5.3	液体生物质催化重整制氢	71
5.4	生物质超临界水气化制氢	72
6	光催化分解水制氢进展	72
7	结束语	73
	专题 3 磷化学工程技术研究进展	77
	引 言	77
1	从自然中摄取磷与基础磷化工的发展	77
1.1	我国磷矿的基本情况 & 选矿进展	78
1.2	从磷矿获取磷酸的途径	79
2	我国磷复肥方面的发展	82
2.1	磷铵的兴起	83
2.2	直接利用磷矿的复合肥料生产新工艺	84
3	磷酸的净化与精细磷化学品	85
3.1	多种磷酸净化技术	86
3.2	种类繁多的磷精细化学品	87
4	循环经济与磷生态工业园区的发展	89
	专题 4 精细化工技术进展	92
	引 言	92
1	国内外精细化学工程发展概况	93
2	我国精细化工行业存在的机遇和优势	94
2.1	巨大的市场潜力	94
2.2	中央和地方政府的重视和政策的支持	94
2.3	有相对比较优势	94
2.4	发展潜力大	95
3	精细化工原材料	95
4	优化与绿化工艺	96
5	过程创新	97
6	复配技术	98
7	新精细化工产品	99

8 设备及其自动控制	100
9 结论与展望	100
专题 5 化工新技术在制药中的应用	102
1 光化学反应在制药中的应用	102
1.1 引言	102
1.2 光化学技术在药物合成中的应用	103
2 电化学反应在制药中的应用	111
2.1 引言	111
2.2 手性药物的电化学合成	111
2.3 电化学反应在其他有机合成反应中的应用	113
2.4 电化学技术处理制药工业废水	115
3 固定床反应技术在制药中的应用	116
3.1 引言	116
3.2 固定床反应技术在制药中的应用	116
4 分子蒸馏技术在制药中的应用	119
4.1 引言	119
4.2 从天然物中提取纯化活性物质	119
4.3 药物合成粗产物的纯化	121
4.4 从中草药中提取有效成分	121
5 超临界萃取技术在制药中的应用	123
5.1 引言	123
5.2 超临界流体萃取原理及影响因素	123
5.3 超临界流体萃取过程简介	124
5.4 超临界流体萃取的应用	125
6 化工技术在制药中的应用新动向	126
6.1 膜技术	126
6.2 微波技术	127
6.3 超声技术	128
6.4 纳米技术	128
专题 6 聚合物合成技术进展	133
引言	133
1 合成树脂的合成技术进展	133
1.1 聚乙烯	133
1.2 聚丙烯	135
1.3 聚苯乙烯	136
1.4 聚氯乙烯	137
1.5 聚酰亚胺(PI)	137

1.6	聚碳酸酯(PC)	138
2	合成橡胶的合成技术进展	138
2.1	丁苯橡胶	138
2.2	顺丁橡胶	138
2.3	异戊橡胶	139
2.4	丁基橡胶	139
2.5	聚氨酯橡胶	139
2.6	硅橡胶	139
3	合成纤维的合成技术进展	140
3.1	聚酯纤维	140
3.2	聚丙烯腈纤维	140
3.3	聚酰胺纤维和工程塑料	141
4	精细聚合物的合成技术进展	141
4.1	水溶性聚合物	141
4.2	酚醛树脂	142
4.3	环氧树脂	142
4.4	脲醛树脂	142
4.5	涂料和胶黏剂	142
专题7 智能膜材料与膜系统研究进展		155
引 言		155
1	智能膜种类及特点	155
1.1	开关型智能膜	156
1.2	表面改性型智能膜	156
1.3	整体型智能膜	156
2	智能膜材料与膜系统研究进展	157
2.1	温度响应型智能膜	157
2.2	pH 响应型智能膜	163
2.3	光照响应型智能膜	163
2.4	葡萄糖浓度响应型智能膜	165
2.5	化学分子识别型智能膜	165
3	智能膜应用实例及前景	168
3.1	应用实例	168
3.2	应用前景展望	171
专题8 生物炼制原理与技术进展		175
1	生物炼制的原理与基础	175
2	常用生物炼制体系及研究进展	177
2.1	燃料导向的生物炼制	177

2.2	化学品导向的木质纤维素原料的水解与精炼过程	180
2.3	基于热化学工艺的生物炼制技术	181
3	生物炼制的主要产品系	183
3.1	碳水化合物基产品系	183
3.2	木质素基产品链	183
3.3	生物基油脂	184
4	生物炼制工艺与技术面临的问题与展望	184
专题 9 环境化工新技术		187
1	环境化工技术概论	187
2	高效吸附技术	187
2.1	高效吸附材料	187
2.2	吸附强化技术	189
3	吸附分离一体化技术	189
4	高级氧化技术	191
4.1	Fenton 氧化	191
4.2	电化学氧化	192
4.3	光催化氧化	192
4.4	臭氧氧化	193
4.5	等离子体技术	194
5	环境化工耦合技术	195
5.1	能量场与物质场的耦合	195
5.2	物质之间的耦合	196
专题 10 现代蒸馏技术		200
1	蒸馏技术强化与节能	200
1.1	蒸馏技术节能	200
1.2	蒸馏过程的强化技术	208
2	蒸馏大型化关键技术与工业应用实例	214
2.1	蒸馏大型化带来的问题及解决方式	214
2.2	工业应用实例	214
3	现代蒸馏技术面临的机遇和挑战	223
专题 11 现代工业结晶前沿进展		226
1	概 述	226
1.1	现代工业结晶技术已由传统工业结晶技术向高端晶体工程技术发展	227
1.2	现代工业结晶技术从传统单一型向耦合集成型发展	227
1.3	遵循绿色化学原则,现代工业结晶技术向绿色高效化发展	227
1.4	现代工业结晶技术逐渐成为抢占功能晶体产品市场的专利技术	228

2	历史发展	229
2.1	粒数衡算理论	229
2.2	结晶机理和结晶动力学模型	230
2.3	工业结晶器设计	233
3	研究进展	236
3.1	计算模拟技术	236
3.2	过程分析技术(Process Analytical Technology, PAT)	240
3.3	药物多晶型	241
4	前景展望	244
专题 12 低碳经济和能源使用与化工发展		248
1	争论始终存在	248
2	不同角度下低碳经济与低碳排放	248
2.1	概 念	248
2.2	不同角度下的低碳排放	249
2.3	不同行业占人为温室气体排放量比重	249
3	与低碳经济有关的几个重要名词	249
3.1	几个重要会议的有关名词	249
3.2	有关碳市场或碳交易的几个名词	250
4	中国的低碳排放	250
4.1	我们的认识	250
4.2	我们的承诺	250
4.3	对 IPCC 方案的分析	250
4.4	我国在最近世界减排会议中的态度	251
5	减排与能源	251
5.1	中国能源的基本情况	252
5.2	不同化石能源排放 CO ₂ 量不同	253
5.3	关注常规化石能源使用年限	253
5.4	不排 CO ₂ 的能源	254
5.5	生物质能	256
5.6	节能就是减排	256
5.7	中国化石能源供应前景	257
6	化工发展与低碳经济	258
6.1	在低碳经济下,石油化工和煤化工的发展	258
6.2	高效能源与化工的组合,IGCC 技术	259
6.3	长尾经济是化学工业中的低碳经济	260
6.4	化工减排	262
6.5	CO ₂ 的资源化利用	263
7	几点思考和结论	263

第一篇 主题报告

