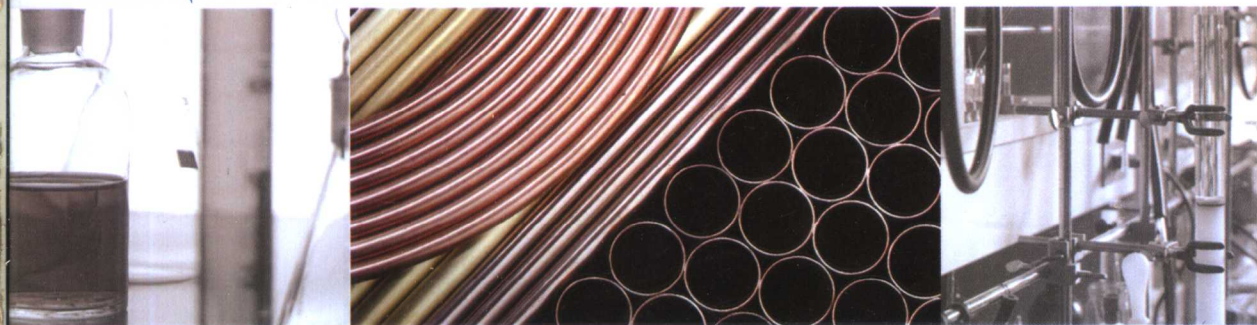



现代工程科学与技术丛书

总主编·袁渭康

材料科学与工程

胡春圃 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

现代工程科学与技术丛书

袁渭康 总主编

材料科学与工程

胡春圃 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是在华东理工大学材料科学与工程学院多年来设置的博士学位课程的基础上,由17位资深教授,根据其长期从事研究生教学和研究工作所取得的成果,按专题分章撰写的专论形成。内容涉及高分子材料和无机非金属材料科学与工程。通过对不同材料,尤其是各种功能材料的论述,涵盖了这两类材料的合成或制备、材料的结构与性能、材料加工,以及材料应用的全过程。

本书是高等院校材料专业研究生和高年级学生较为理想的专业参考书,同时,可供相关专业科研人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料科学与工程/胡春圃主编. —北京:科学出版社,2007

(现代工程科学与技术丛书/袁渭康总主编)

ISBN 978-7-03-019168-7

I. 材… II. 胡… III. 材料科学 IV. TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第089648号

责任编辑:张 敏 / 责任校对:张小霞

责任印制:刘士平 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年7月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007年7月第一次印刷 印张:25 1/4

印数:1—2 000 字数:470 000

定价:58.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

“现代工程科学与技术丛书”编委会

总主编：袁渭康

编 委：（按姓氏笔画为序）

马桂敏 王利民 田 禾 叶 勤 李培宁

辛 忠 房鼎业 赵庆祥 胡春圃 俞金寿

秘 书：王燕春

“现代工程科学与技术丛书”序

近几年,我校研究生教育发展迅速,所培养研究生的质量不断提高。按研究生的培养目标,在业务方面应要求他们掌握坚实宽厚的基础理论和系统深入的专业知识,能应用所学理论独立进行科学研究,具有开拓创新能力。为了达到这一要求,使研究生能了解本学科各领域的研究进展和研究动向,了解高新科技在本学科中的交叉和渗透,我校各一级工程技术学科都设置了一门“学科技术进展”课程,作为博士生和硕士生的必修专业课程,课程采用专家讲座的形式,每个学科约 15~20 讲,形成系列。讲座由各学科的博导、教授们承担,每人一讲。“学科技术进展”课程经过多年实践,取得了很好的效果。实践表明,系列讲座拓展了研究生的知识面与专业面,提高了学生分析问题与解决问题的能力,培养了学生的创新思维与创新能力。

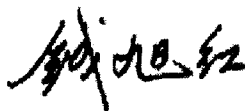
本丛书汇编了我校各工程学科为研究生开设的技术进展讲座的内容,名为“现代工程科学与技术丛书”,按学科分为 7 个分册,分别是《化学工程与技术》、《应用化学与技术》、《生物科学与工程》、《材料科学与工程》、《信息科学与工程》、《环境科学与工程》及《机械与动力工程》。丛书可供研究生学习时使用,也可供相关科学研究与工程技术人员参考。

本丛书具有以下特点:①内容新。科学技术日新月异,研究内容不断深化,研究领域不断交叉,研究成果不断创新。只有紧紧跟踪研究前沿,才能使科学研究充满活力。本丛书的作者们在指导研究生的过程中非常关注国外科技的最新进展,他们在对研究生开设“学科技术进展”讲座时,每年都要更新与补充内容。②覆盖面宽。现代科学技术的发展需要学科间的交叉与渗透,研究领域才能得以不断拓展。本丛书的各分册覆盖了各工程技术学科的多个研究方向与研究领域,内容覆盖面广。③案例多。作为对研究生的讲座课程,各主讲教师非常重视理论联系实际,在讲座中有大量生动的研究与开发案例,这些案例有些是作者自己的研究成果,生动直观,有些是国内外同行的最新成果,内容新颖,吸引力强。④应用性强。本丛书的 7 个分册都是工程技术的一级学科,工程技术学科重视工程理论的实际应用,面向经济建设主战场,面向企业,面向技术进步和社会发展,各讲座内容反映了这一特色。

本丛书由袁渭康院士担任总主编,他对丛书的编写工作进行了统筹策划,

提出了指导性意见,对讲座内容成文进行了具体指导,各分册主编和研究生院为编辑出版也做出了贡献。由于全书作者多,虽经修改、审核,疏漏之处难免,诚请专家、读者批评指正。

华东理工大学校长

A handwritten signature in black ink, reading '钱旭红' (Qian Xianghong), the name of the president of East China University of Science and Technology.

前 言

随着人类文明的进步,人们已创造出了各种各样的材料,但直至 20 世纪 80 年代,国内外的高等学校才纷纷设立材料科学与工程学院(或系)。从此材料学科才从相关的化学、化工、冶金等传统学科中独立出来,以适应科学技术迅速发展的形势。

材料科学与工程学科的内容极其广泛,涉及科学与工程两个方面,是互为因果,密切关联的。从材料的分子结构考虑,包括金属材料、无机非金属材料、高分子材料、复合材料等;从材料的性能考虑,包括结构材料、功能材料、生物材料、医用材料等;近年来又出现了纳米材料、杂化材料等诸多新材料。上述各种材料又可进一步细分成许多不同类型的材料,呈现出材料种类极大的多样性。从材料科学与工程学科涵盖的内容来看,首先是材料的合成或制备,研究新的合成方法,为新材料的开发开辟了广阔的途径。其次是材料的微观结构与性能研究,千差万别的形态结构,导致材料具有特定的性能,满足不同领域的使用要求。最后是研究材料的加工过程,制成制品,以便能在各种场合应用。某种材料若在使用过程中出现了问题,其根本原因还在于其微观结构与形态的影响。若加工过程中材料的结构变化已可以控制,必须再进一步研究其合成或制备过程,调整材料的结构与性能,凸显出科学与工程密切的相关性。

本书是在华东理工大学材料科学与工程学院的有关教授为博士研究生开设的一系列讲座的基础上撰写而成的,述及这些作者长期以来在研究高分子材料或无机非金属材料时取得的研究成果。本书的主要内容包括材料的合成或制备、材料的微观结构与性能,以及材料的加工过程等,希望能起到窥一斑以见全貌之效。各位作者力求将原始的研究思想介绍给读者,以起到抛砖引玉的作用。

本书由各位教授分章撰写,各章具有相对的独立性,个别地方有些重复,其内容也有一定的局限性,恳请读者谅解;限于学术水平,书中的疏漏和不足之处一定不少,深望得到广大读者的批评和指正。

在本书付梓之际,感谢为撰写本书付出辛勤劳动的各位教授,也感谢研究生院在本书成稿过程中给予的支持和帮助,同时感谢为本书辛勤工作过的所有老师和同学。

胡春圃

华东理工大学材料科学与工程学院

2007年5月

目 录

“现代工程科学与技术丛书”序

前言

第 1 章 聚烯烃催化剂	1
1.1 Ziegler-Natta 催化剂	2
1.2 茂金属催化剂	3
1.2.1 茂金属催化剂类型及烯烃催化聚合	3
1.2.2 烯烃催化聚合机理及助催化剂	7
1.2.3 茂金属催化剂的发展前景	8
1.3 非茂金属催化剂(IVB 族)	8
1.3.1 茂/苯杂环金属催化剂	8
1.3.2 含氧配体金属催化剂	9
1.3.3 含氮配体金属催化剂	10
1.3.4 含氮/氧配体金属催化剂	10
1.4 后过渡金属催化剂.....	11
1.4.1 双亚胺后过渡金属催化剂.....	12
1.4.2 水杨醛亚胺后过渡金属催化剂	13
1.4.3 后过渡金属催化剂的发展前景	15
1.5 结束语.....	15
参考文献	16
第 2 章 结构规整接枝共聚物的合成	20
2.1 引言.....	20
2.2 大单体和接枝共聚物的合成与表征.....	20
2.2.1 由活性阴离子聚合反应合成大单体及接枝共聚物	20
2.2.2 由活性阳离子聚合合成大单体及接枝共聚物	24
2.2.3 由自由基聚合反应合成大单体及接枝共聚物	25
2.3 接枝共聚物的形态和力学性能.....	27
2.4 大单体与一般单体的共聚合反应.....	28
2.5 功能高分子材料的研究.....	33
2.5.1 高分子膜表面改性剂	33
2.5.2 共混合物的相容剂	34

2.5.3	高分子相转移催化剂	35
2.5.4	聚合物固体电解质	36
	参考文献	37
第3章	绿色溶剂——超临界 CO₂ 中 PAN-VAc 的分散聚合	40
3.1	超临界二氧化碳 (ScCO ₂) 的性质	40
3.2	超临界 CO ₂ 作为聚合反应介质	40
3.3	超临界二氧化碳中的分散聚合	42
3.4	超临界二氧化碳中分散聚合所用的表面活性剂	42
3.5	ATRP 反应制备 ScCO ₂ 中分散聚合用表面活性剂 PSAN- <i>b</i> -PFOMA	43
3.5.1	ATRP 反应特征	43
3.5.2	ATRP 合成结构可控共聚物	44
3.5.3	ATRP 反应制备 PSAN- <i>b</i> -PFOMA 表面活性剂	44
3.6	超临界二氧化碳中 PAN-VAc 的分散聚合	47
3.7	丙烯腈在接近二氧化碳临界压力下的聚合	53
	参考文献	56
第4章	聚肽的液晶相行为和链构象特性	60
4.1	简介	60
4.2	实验结果	61
4.2.1	合成	61
4.2.2	构象偶合转变相行为	62
4.2.3	外场对聚肽相行为的影响	63
4.2.4	Re-entrant 非晶相转变和酸引发液晶相-非液晶相转变的链构象 特征	64
4.2.5	构象有序	65
4.3	理论研究	66
4.3.1	Flory-Matheson 格子理论在构象偶合现象中的应用	66
4.3.2	具有取向依赖性的相互作用影响	69
4.3.3	高温液晶相-非液晶相转变	70
4.3.4	外场影响	71
	参考文献	72
第5章	红外光谱及核磁共振对聚氨酯结构的表征	75
5.1	红外光谱研究聚氨酯结构	75
5.1.1	氢键在聚氨酯结构中的作用	76
5.1.2	红外光谱研究聚氨酯互穿网络 (IPN) 结构形成的反应动力学	81

5.2 NMR 测定聚氨酯脲及其聚醚多元醇单体结构序列分布	86
5.2.1 聚氨酯和聚氨酯脲的二维谱	87
5.2.2 聚酯聚氨酯的 ¹³ C-DEPT 核磁共振谱	88
5.2.3 序列分布与嵌段程度	91
5.2.4 ¹³ C-NMR 研究高活性聚醚多元醇共聚物的序列结构	92
参考文献	97
第 6 章 环境友好聚酯材料	98
6.1 引言	98
6.2 高分子的生物降解机理	98
6.3 生物降解高分子的分子设计原则	100
6.4 高分子生物降解的环境及表征方法	100
6.5 生物降解聚酯材料研究现状	101
6.5.1 聚二元酸二元醇酯	102
6.5.2 聚乳酸(PLA)和聚乙交酯(PGA)	106
6.5.3 聚羟基烷酸酯(PHAs)	107
6.5.4 聚(ϵ -己内酯)(PCL)	108
6.6 环境友好聚酯材料的发展前景	109
6.6.1 环境友好的生物降解聚酯的应用或潜在应用	109
6.6.2 环境友好聚酯所面临的挑战	109
6.6.3 环境友好聚酯的发展前景	109
参考文献	109
第 7 章 玻纤毡增强热塑性聚合物结构复合材料	112
7.1 工业制造的关键技术	114
7.1.1 制备工艺	115
7.1.2 工程原理——连续快速浸渍	117
7.2 GMT 微结构与力学性能	126
7.2.1 GMT 微结构	128
7.2.2 GMT 片材的力学性能及其预测	132
7.2.3 组合改性——GMT 力学性能的进一步提高	136
7.2.4 再论界面, Mpp 作用机理	137
7.3 GMT 片材应用——制品模压成型	138
7.3.1 模压工艺基本原理	140
7.3.2 模压机器与设备	143
7.3.3 模压制品尺寸稳定性, 收缩翘曲	144
7.3.4 模压过程数学模型与应用软件	144

7.4 结束语	144
参考文献	145
第8章 聚合物反应注射成型加工	149
8.1 反应注射成型的基本概念	149
8.2 反应注射成型机	150
8.2.1 低压循环与调理缸	151
8.2.2 高压计量	151
8.2.3 混合头与撞击混合	152
8.3 充模行为	154
8.4 反应注射成形过程的流变行为——反应流变	157
8.4.1 反应时间对流变性质的影响	157
8.4.2 催化剂用量对流变性质的影响	158
8.4.3 剪切速率对流变性质的影响	159
8.4.4 RIM 聚氨酯体系的弹性特征	159
8.5 增强反应注射成型(reinforced RIM, RRIM)	159
8.6 反应注射成型聚氨酯基础研究	160
8.6.1 小型反应注射成形机	160
8.6.2 RIM 聚氨酯结构和性能研究的部分手段	161
8.6.3 聚氨酯结构与性能控制的简单要领	163
8.7 反应动力学研究方法	163
8.7.1 反应注射成型聚氨酯的生成反应动力学	163
8.7.2 聚氨酯的生成反应动力学	164
参考文献	164
第9章 嵌段高聚物的本体聚合反应挤出与过程控制对分子构建的影响	167
9.1 苯乙烯/丁二烯多嵌段高聚物形成机理的论证	167
9.1.1 共聚物的聚合反应挤出	168
9.1.2 共聚物结构破析	169
9.1.3 聚合反应挤出多嵌段共聚物的形成机理	174
9.2 聚合反应挤出的过程控制	179
9.2.1 织态结构的可控性	179
9.2.2 多嵌段共聚物织态结构对应的相态结构	181
9.2.3 过程控制下极性调节剂的反常规作用	182
9.2.4 过程控制与反应机理	185
9.2.5 过程控制的织态结构验证	186
9.2.6 其他过程控制因素对共聚物分子结构的作用	188

9.3 纳米尺度橡胶嵌段共聚物的特征	188
9.3.1 纳米尺度与抗冲击性能	188
9.3.2 多嵌段共聚物的剪切带	189
9.3.3 过程控制对性能与结构的影响	190
9.4 结束语	192
参考文献	193
第10章 先进复合材料成型技术	195
10.1 概述	195
10.2 先进复合材料真空袋/热压罐成型技术	195
10.2.1 真空袋/热压罐成型的主要工艺流程	195
10.2.2 预浸料制备	196
10.2.3 热压罐系统与成型模具	197
10.2.4 热压罐成型工艺模拟	197
10.3 先进复合材料纤维缠绕成型及计算机仿真技术	197
10.3.1 缠绕用纤维	198
10.3.2 缠绕用树脂	198
10.3.3 缠绕工艺方法	198
10.3.4 缠绕线型	198
10.3.5 纤维缠绕CAM	199
10.3.6 纤维缠绕仿真系统	199
10.3.7 热塑性复合材料纤维缠绕就地固结成型技术	199
10.4 先进复合材料拉挤成型技术	200
10.4.1 拉挤原材料	200
10.4.2 拉挤设备与工艺	201
10.4.3 拉挤工艺监控	201
10.4.4 RIM-拉挤成型工艺	201
10.5 先进复合材料液体模塑成型技术	201
10.5.1 树脂传递模塑(RTM)技术特点	202
10.5.2 树脂传递模塑成型工艺	202
10.5.3 RTM用树脂体系	202
10.5.4 RTM用增强材料预成型体	203
10.5.5 RTM工艺装备	203
10.6 先进复合材料纤维自动铺放成型技术	203
10.6.1 纤维自动铺放技术特点	203
10.6.2 纤维自动铺放机	204

10.7	先进复合材料变形成型技术	204
10.7.1	基体材料	204
10.7.2	增强体形式	205
10.7.3	片材成型工艺	205
10.8	复合材料的新型固化技术及在线固化监控技术	205
10.8.1	新型固化技术	205
10.8.2	在线固化监控技术	206
10.9	先进碳/碳复合材料制造成型技术	208
10.9.1	增强材料预制体成型	208
10.9.2	基体碳先驱体的选择	209
10.9.3	致密化工艺	209
10.9.4	石墨化处理工艺	211
10.9.5	抗氧化涂层技术	212
10.10	先进复合材料成型技术发展趋势	213
	参考文献	213
第11章	溶胶-凝胶法制备新材料	216
11.1	溶胶-凝胶法的基本原理和特点	216
11.2	溶胶-凝胶法制备无机薄膜和纤维材料	217
11.2.1	溶胶-凝胶法制备无机薄膜	217
11.2.2	溶胶-凝胶法制备无机纤维材料	219
11.3	溶胶-凝胶法制备多孔块状生物材料	220
11.3.1	生物酶载体用块状多孔材料的合成	220
11.3.2	多孔缓释型长效抗菌水处理剂的合成	225
11.4	有机-无机杂化材料	227
11.4.1	有机-无机杂化的骨修复材料	227
11.4.2	有机-无机杂化透明导电薄膜	230
11.4.3	有机-无机导电块体材料	233
11.4.4	溶胶-凝胶法制备有机-无机杂化的发光材料	233
	参考文献	234
第12章	层-层静电自组装构建纳米结构材料	236
12.1	引言	236
12.2	层层静电自组装	236
12.2.1	基本过程	236
12.2.2	聚电解质吸附机理	237
12.2.3	多层结构	239

12.3 纳米粒子/聚电解质自组装多层膜	240
12.3.1 二氧化硅多层膜的组装	240
12.3.2 蛋白质多层膜的组装	242
12.3.3 树状大分子封装纳米金属粒子/酶多层膜的组装	246
12.4 胶体模板上静电自组装纳米粒子壳	249
12.4.1 模板	250
12.4.2 壁材料	253
12.4.3 聚苯乙烯微球表面自组装 SiO ₂ 纳米粒子	255
12.4.4 预组装-原位反应构建核壳型功能微球	258
参考文献	262
第 13 章 无机医用材料	266
13.1 自固化磷酸钙骨水泥	266
13.1.1 CPC 的水化机理	267
13.1.2 CPC 的材料学性能	268
13.1.3 CPC 的生物学性能	270
13.1.4 新型 CPC 的研制	272
13.1.5 CPC 的临床应用研究	278
13.2 磷酸镁水泥	279
13.2.1 MPC 的制备工艺	279
13.2.2 MPC 的反应机理	280
13.2.3 MPC 的性能	281
13.3 生物陶瓷	281
13.4 生物玻璃	284
13.5 结束语	286
参考文献	286
第 14 章 透红外硫系玻璃的被动及主动光学性能研究	289
14.1 透红外硫系玻璃	289
14.1.1 硫系玻璃的性能改进	289
14.1.2 硫系玻璃微晶化	291
14.1.3 硫系玻璃新系统	294
14.1.4 精密模压硫系玻璃	300
14.2 红外发光硫系玻璃	301
14.2.1 Pr ³⁺ 掺杂硫系玻璃	302
14.2.2 Dy ³⁺ 掺杂硫系玻璃	304
14.2.3 铋掺杂硫系玻璃	306

14.3	硫系玻璃的非线性光学效应	308
14.3.1	三阶非线性光学效应	309
14.3.2	二阶非线性光学效应	312
14.4	硫系玻璃的辐照效应	314
14.4.1	光诱导效应	314
14.4.2	伽马射线辐照效应	315
	参考文献	320
第15章	光存储技术与材料	323
15.1	光盘存储技术与材料	323
15.1.1	CD光盘存储技术与材料	323
15.1.2	DVD光盘存储技术与材料	328
15.1.3	蓝光盘(BD)和高密度DVD光盘(HD DVD)存储技术与材料	331
15.2	近场光存储技术与材料	333
15.2.1	光纤探针型近场光存储技术与材料	333
15.2.2	超分辨结构(Super RENS)近场光存储技术与材料	334
15.2.3	固体浸没透镜型近场光存储技术与材料	334
15.3	全息存储技术与材料	335
15.3.1	全息存储技术	335
15.3.2	平面全息存储材料	336
15.3.3	体全息存储材料	336
15.4	光谱烧孔光存储技术与材料	337
15.5	电子俘获光存储技术与材料	338
15.6	细菌视紫红质光存储技术与材料	339
15.7	结束语	341
	参考文献	341
第16章	介孔材料的合成及应用	344
16.1	介孔材料概述	344
16.1.1	介孔材料的合成策略	345
16.1.2	介孔材料的几个重要发展阶段	345
16.2	介孔材料的合成最新进展	346
16.2.1	高稳定性介孔材料的合成	346
16.2.2	介孔材料的形貌控制	348
16.2.3	正相介孔高聚物和介孔碳的合成	349
16.3	介孔材料的应用	351
16.3.1	介孔材料在催化领域的应用	351

16.3.2 介孔材料在药物贮存与控制释放方面的应用	352
16.3.3 介孔材料在光学方面的应用	353
16.3.4 介孔材料在制备纳米材料方面的应用	353
16.4 结束语	354
参考文献	354
第 17 章 粉粒料的栓状脉冲气力输送	359
17.1 气力输送的一般介绍	359
17.1.1 概述	359
17.1.2 气力输送的评价标准及优缺点 ^[1]	359
17.1.3 气力输送的分类	360
17.1.4 气力输送的应用	360
17.2 栓状脉冲气力输送的介绍	361
17.2.1 栓状脉冲的输送机理	361
17.2.2 栓状脉冲气力输送的特点及成栓方式	361
17.2.3 栓状脉冲气力输送装置示例	362
17.2.4 实验操作	362
17.3 颗粒状物料栓状气力输送的特点及优化 ^[3]	362
17.3.1 颗粒状物料输送特性	362
17.3.2 颗粒状物料输送优化试验方法	363
17.3.3 讨论	365
17.3.4 结论	366
17.3.5 优化举例 ^[5]	367
17.4 粉粒状物料透气性的测定	371
17.4.1 透气性系数的定义	371
17.4.2 透气性系数测定装置	371
17.4.3 粉粒状物料的透气性系数	372
17.4.4 结论	375
17.5 单一料栓内气体压力分布的测定	376
17.5.1 测定原理	376
17.5.2 不同物料的料栓内压力分布	377
17.5.3 粉粒状物料料栓散栓及临界压力分布	378
17.5.4 持栓临界压力梯度的测定	379
参考文献	383