



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高分子化学教程

(第二版)

王槐三 寇晓康 编著



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高分子化学教程

(第二版)

王槐三 寇晓康 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”之一,由国家工科大学基础课程教学基地(四川大学)组织编修再版。

本书系统讲述了各种材料高分子化合物的合成原理和方法以及合成条件与材料性能的相关性。全书共7章,内容包括:绪论、逐步聚合反应、自由基聚合反应、自由基共聚合反应、离子型聚合与配位聚合、聚合物化学反应以及高分子科学最新进展等。书中对各种重要聚合物的工业合成方法、特性及应用做了简要介绍,同时编录了高分子人物传记和高分子小常识供读者参阅。各章末编有习题供学习时选择练习,同时编写了各章节学习提纲于书页外侧栏,书末编录高分子化学名词解释、重要聚合物的命名及合成反应方程式和重要高分子化学题解,供学习时参考。

本书可作为高等院校高分子材料与工程专业、化学化工类专业的本科生教材,也可供从事高分子化学研究、应用和生产的相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高分子化学教程/王槐三,寇晓康编著. —2版. —北京:科学出版社,2007.4

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-018795-6

I. 高… II. ①王…②寇… III. 高分子化学-高等学校-教材 IV. 063

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 042560 号

责任编辑:杨向萍 杨 震/责任校对:张 琪

责任印制:张克忠/封面设计:卢秋红

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>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年3月第一版 开本:720×1000 1/16

2007年4月第二版 印张:26 3/4

2007年4月第六次印刷 字数:514 000

印数:16 001—20 000

定价:32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序

作为高分子科学第一部权威性教科书, P. J. Flory 的专著 *Principles of Polymers* 出版至今已有半个多世纪。这期间 G. Odian 编写的 *Principles of Polymerization* 当属本学科的经典著作之一。北京大学、中山大学、浙江大学、复旦大学、四川大学(原成都科技大学参加联合组建)等也先后编写和出版了多种版本的《高分子化学》教科书, 为培养我国高分子科学与工程专业人才做出了历史性贡献。

自从 H. Staudinger 提出高分子概念至今, 高分子科学已经历了近 80 年的发展。高分子化学作为一门兼具基础性和专业性特点的化学二级学科, 其基本知识构架已经相对完整——虽然还存在一些需要发展和完善之处。所以《高分子化学教程》一书编写的基本构架仍然遵循传统的、由 Flory 提出的按照聚合反应类型编排章节; 按照单体、热力学、动力学、聚合反应速率、相对分子质量及其分布、聚合反应影响因素、聚合反应方法和重要聚合物举例等层次编写各节内容。该书内容完整、结构严谨、层次清晰。作者遵照教学大纲编写各章节提纲附于书页外侧, 作为方便学生学习时掌握重点的一种尝试, 颇有新意。

近 50 年来, 随着我国高等教育事业的发展和教育体制的改革, 高等学校工科高分子材料与工程专业及其专业课程的设置已经经历了从宽到窄、再到宽的过程。但是高分子化学却始终作为各相关专业的首门专业课程而受到一致的重视。近年来随着信息科学元器件制造、生命科学和生物医学材料和高分子材料科学与工程相互渗透、交汇和融合, 高分子化学也逐渐成为各相关专业本科生和研究生的重要必修课。

面对 21 世纪国民经济建设和社会发展对创新型、开拓型和复合型人才的需求, 为适应高等学校改革有关拓宽学生知识面、强化能力培养、提高教学质量和效率、减轻学生学习负担等教学改革目标, 有必要编写一本既能够充分包容高分子化学经典原理及方法, 同时又能够全面反映国内外材料高分子和功能高分子领域的最新成就; 既方便教师教学, 更有利于学生学习的高分子化学教

科书。

本书作者从事高分子化学本科及研究生教学 20 年,在分子化学特别是功能高分子材料合成及应用领域的研究成果颇丰,积累了一定教学和科研经验,尤其了解学生在学习本学科时可能出现的困难和需求。本书的出版发行对高分子化学的教学、科研及成果转化将产生积极的推动作用。

何炳林

2001 年 12 月于南开园

第二版前言

《高分子化学教程》第一版自 2002 年 3 月出版以来,感蒙国内多所高校相关院系、专业列为专业基础课或选修课教材,或推荐为攻读硕士或博士研究生入学考试及研究生教学参考书,还有幸作为两岸科技文化交流之载体在台湾“大陆图书连锁专卖”交流展售。

《高分子化学教程》第二版遵循学科基础系统性与本科教学规律性兼顾的基本原则,以提高教授和学习效率为目标,将高分子化学基本概念、基本原理和基本方法作为各章节之基础构架和结构层次,力求展现学科知识全貌。与此同时,第 2 章增加了 2.4.3 节线型平衡缩聚反应动力学研究方法;第 7 章增加了树枝状聚合物、固相合成与组合化学、酶催化聚合等内容;增加了附录 5 高分子实用技能:常见高分子材料的简易鉴别方法等内容,力求展现本学科之最新进展和实用技能,以求增强读者学习兴趣,或启发培养读者的创新精神。

《高分子化学教程》第一版出版 5 年来,本学科诸多前沿领域陆续取得瞩目的进展和成就。国家自然科学基金委员会化学科学部于 2004 年组织召开的“高分子合成化学发展战略研讨会”上,与会学者一致认为,20 世纪 90 年代以来,高分子合成化学最活跃的前沿研究集中于可控聚合、树枝状聚合物和迭代合成化学等领域。有鉴于此,本书将第一版 7.2 节修改充实以后正式编为第 3 章 3.14 节可控/活性自由基聚合反应,供教师教学时选择参考。

本书编写过程中,特别注意汲取近年来国内外出版的高分子化学教科书之精华,力求博取众家之长。作者尤其感谢恩师、中国科学院院士何炳林教授和徐偃教授的悉心指导,对本书的编写原则、主要内容和结构提出了诸多宝贵意见。

承蒙兄弟院校同仁在使用本书过程中提出诸多宝贵意见和建议,尤其感谢台湾科技大学胡孝光教授对本书的充分肯定以及使之更臻完美的宝贵建议。再版编修过程中,特邀他们参加有关章节的编修工作,其中:南开大学张政朴教授负责编写 7.4 节固相合成与组合化学,张保龙教授和张敏副教授对 1.1 节和 6.2 节部分

内容提出了宝贵补充和修改意见;国防科技大学李效东教授负责编写 7.3 节树枝状聚合物与超支化聚合物;天津工业大学孙元副教授参加了该书的编修,并对 1.5 节和 2.6 节的部分内容及编排提出了建设性意见;天津大学袁晓燕教授参加编写 7.9 节酶催化聚合;西北工业大学宁荣昌教授参加编修 7.2 节共轭聚合物与导电高分子;四川大学付强教授负责编修 7.7 节高分子纳米材料;王亚宁同志负责编修 7.5 节吸附分离功能高分子、7.6 节分子识别聚合物和 7.8 节智能型高分子凝胶,并负责重新绘制部分附图以及再版书稿的勘校工作。编者一并谨致由衷谢忱。

由于作者水平有限,疏漏在所难免,恳请读者批评指正,不吝赐教。

王槐三 寇晓康

2006 年 10 月于成都

第一版前言

四川大学高分子科学与工程学院是国内最早创办高分子学科专业的院系之一。近 50 年来,特别是改革开放以来,该学院同国内其他兄弟院校的相关院系一样在办学条件和办学规模等方面都得到了很大的发展,科学研究和教材建设等方面也取得了巨大成就。

这些年以来,国内高等学校工科专业的课程设置普遍繁多,学生学习负担相当繁重。如何提高教学效率,减轻学生学习负担,是每个高等教育参与者应当解决的现实问题。多少年来的教学实践已证明,在课堂上做详细笔记与聚精会神地理解授课始终存在着矛盾,多数学生都有顾此失彼的经历和体会。为了解决这一矛盾,集作者 20 年本科教学之经验,从教授者和学习者的双重角度出发,以提高教学效率为最终目的,本书在内容编排、取舍和原理解释等方面作了一些尝试。本书按照“高分子化学教学大纲”的基本要求尝试将本学科最重要的知识点进行量化,以提纲的形式编写于书页的切口侧,学生可以将其作为笔记提纲。这样教师在课堂上就有可能将学生的注意力引导到深入理解授课和创造性的思维上。若如此,读者将能够在较少的学时内掌握本学科的基本原理。基于此,本书既从教授者的角度出发,力求精汇本学科的基本知识构架、明晰各章节的内容结构和层次——这是本书编写的基本原则。同时从学习者的角度考虑,力求增加学习兴趣、提高学习效率、减轻学习负担——这是本书编写的主导思想。

本书按照聚合反应类别将材料高分子合成原理归类于逐步聚合反应、自由基聚合反应、自由基共聚合反应、离子型聚合与配位聚合反应等 4 章。同时,将高分子科学预备知识(绪论)和聚合物化学反应分别编为第一章和第六章。以单体、引发剂、热力学、动力学、聚合反应速率、聚合度、相对分子质量及其分布、聚合反应的影响因素和聚合反应方法等结构层次为主线编写各节内容。此外,本书还编录了高分子科学最新进展(第七章)和若干种重要聚合物的工业合成方法等内容供学生课外阅读和参考,这对于提高读者的学习兴趣,强化理论与实践的联系当有裨益。

本书编写过程中特别注意汲取国内外诸多“高分子化学”教科书之精华,力求博取众家之长。作者尤其感谢恩师——中国科学院院士何炳林教授的悉心指导和帮助。他对本书的基本内容和结构提出了许多宝贵的意见,特别为本书作序。作者还要特别感谢国家自然科学基金委员会化学学部高分子学科主任胡汉杰教授能够在百忙之中审阅书稿,对本书第七章“高分子科学最新进展”的编写提出宝贵的建设性意见。四川大学高分子科学与工程学院付强教授应邀为本书第七章编写“纳米结构聚合物”一节,作者谨致谢忱。

本校高分子材料与工程专业 1998 和 1999 级的同学在试用本书过程中曾提出宝贵的意见。谢默、查忠勇和蔡毅等同学分别承担本书附图的绘制和文献检索工作。本学院冉蓉、王亚宁、陈馨、冯小萍等同志承担本书的校勘工作,作者在此一并致谢。

然而作者毕竟水平有限,疏误在所难免,恳望读者批评指正,不吝赐教。

作 者

2001 年 12 月于成都

目 录

序

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	(1)
1.1 高分子基本概念	(1)
1.1.1 高分子化合物的定义	(1)
1.1.2 高分子化合物的基本特点	(2)
1.2 大分子结构式与聚合反应方程式	(4)
1.2.1 聚合物大分子结构式的书面表达	(4)
1.2.2 聚合反应方程式的书写规范	(10)
1.3 高分子化合物的分类与命名	(11)
1.3.1 高分子化合物的分类	(12)
1.3.2 高分子化合物的命名	(14)
1.4 相对分子质量、聚合度及相对分子质量分布	(20)
1.4.1 相对分子质量	(20)
1.4.2 聚合度	(24)
1.4.3 相对分子质量分布	(26)
1.5 聚合反应的分类	(28)
1.5.1 按照聚合反应过程中有无小分子生成进行分类	(28)
1.5.2 按照聚合反应机理进行分类	(29)
1.6 高分子科学的范畴	(31)
1.6.1 高分子化学	(31)
1.6.2 高分子物理或高分子物化	(31)
1.6.3 高分子工艺与工程学	(31)
1.6.4 功能高分子	(31)
1.7 高分子科学简史	(32)
高分子科学人物传记——诺贝尔化学奖获得者、高分子科学的奠基人：H. Staudinger(1881—1965 年)	(35)
习题	(35)
第 2 章 逐步聚合反应	(38)
2.1 缩合反应与缩聚反应	(38)

2.2 逐步聚合反应单体	(39)
2.2.1 线型缩聚反应单体的类型	(40)
2.2.2 单体的聚合反应活性	(41)
2.3 线型缩聚反应平衡	(43)
2.3.1 线型缩聚反应的平衡常数	(43)
2.3.2 反应程度和聚合度	(45)
2.3.3 聚合度与平衡常数的关系	(47)
2.3.4 缩聚反应中的副反应	(51)
2.4 线型平衡缩聚反应动力学	(53)
2.4.1 聚酯反应机理	(53)
2.4.2 聚酯反应动力学方程	(54)
2.4.3 线型平衡缩聚反应动力学研究方法	(57)
2.4.4 平衡缩聚反应动力学简介	(60)
2.5 线型平衡缩聚反应的相对分子质量控制、分布及 影响因素	(60)
2.5.1 控制相对分子质量的方法	(61)
2.5.2 相对分子质量分布	(65)
2.5.3 线型平衡缩聚反应的影响因素	(71)
2.5.4 获得高相对分子质量缩聚物的基本条件	(74)
2.6 逐步聚合反应的特点	(74)
2.7 体型缩聚反应	(77)
2.7.1 体型缩聚反应的特点	(78)
2.7.2 无规预聚物和结构预聚物	(79)
2.7.3 凝胶点的计算	(83)
2.7.4 凝胶点的测定及3种凝胶点的数值比较	(94)
2.8 不平衡缩聚及其他逐步聚合反应	(96)
2.8.1 氧化偶联缩聚	(96)
2.8.2 自由基缩聚	(97)
2.8.3 分解缩聚——聚甲撑	(98)
2.8.4 环化缩聚	(98)
2.8.5 逐步加成聚合——聚氨酯	(99)
2.8.6 逐步开环聚合——环氧树脂	(101)
2.8.7 聚芳砜和聚苯硫醚	(103)
2.9 缩聚反应方法	(103)
2.9.1 熔融缩聚	(103)
2.9.2 溶液缩聚	(104)

2.9.3 界面缩聚	(105)
2.9.4 固相缩聚	(106)
2.10 重要缩聚物举例	(106)
2.10.1 聚对苯二甲酸乙二醇酯——涤纶	(107)
2.10.2 聚酰胺——尼龙	(108)
2.10.3 聚碳酸酯	(110)
2.10.4 聚酰亚胺与耐高温聚合物	(110)
2.10.5 全芳聚酰胺——液晶高分子	(111)
高分子科学人物传记——诺贝尔化学奖获得者、高分子 科学的开拓者:P. J. Flory(1910—1985 年)	(112)
习题	(113)
第3章 自由基聚合反应	(115)
3.1 连锁聚合反应单体	(116)
3.1.1 取代基数目、位置、大小决定烯烃能否进行连锁聚合	(116)
3.1.2 取代基的电负性和共轭性决定烯烃的聚合反应类型	(118)
3.2 连锁聚合反应热力学	(120)
3.2.1 聚合热	(120)
3.2.2 聚合熵对单体聚合能力的影响	(125)
3.2.3 单体的极性与聚合能力	(126)
3.2.4 聚合极限温度	(126)
3.3 自由基聚合反应机理	(127)
3.3.1 自由基的产生及其活性	(127)
3.3.2 自由基聚合的基元反应	(129)
3.3.3 自由基聚合反应的特点	(132)
3.4 引发剂和引发反应	(133)
3.4.1 引发剂种类	(134)
3.4.2 引发剂分解反应动力学	(137)
3.4.3 引发效率	(138)
3.4.4 选择引发剂的一般原则	(140)
3.4.5 其他引发方式	(141)
3.5 自由基聚合反应速率	(143)
3.5.1 聚合反应历程	(143)
3.5.2 聚合反应初期动力学	(144)
3.5.3 动力学方程的实验证据	(148)

3.5.4 速率常数	(148)
3.6 聚合度	(149)
3.6.1 动力学链长	(150)
3.6.2 无链转移时的聚合度	(150)
3.6.3 链转移反应对聚合反应速率和聚合度的影响	(151)
3.6.4 存在链转移反应时的聚合度	(152)
3.7 链转移反应	(155)
3.7.1 向单体转移	(155)
3.7.2 向引发剂转移	(156)
3.7.3 向溶剂转移	(157)
3.7.4 向链转移剂转移与相对分子质量的调节	(158)
3.7.5 向大分子转移	(159)
3.7.6 温度的影响	(160)
3.8 自动加速过程	(160)
3.8.1 自动加速过程的实验现象	(161)
3.8.2 自动加速过程产生的原因和结果	(161)
3.8.3 不同聚合反应类型的自动加速过程	(164)
3.8.4 聚合反应速率的类型及控制	(164)
3.9 阻聚和缓聚	(166)
3.9.1 阻聚和缓聚作用	(166)
3.9.2 阻聚剂和阻聚机理	(166)
3.9.3 阻聚剂选择原则	(167)
3.9.4 烯丙基类单体的自动阻聚作用	(168)
3.9.5 氧的阻聚和引发作用	(168)
3.9.6 阻聚剂在引发反应速率测定中的应用	(169)
3.10 相对分子质量控制、分布及其影响因素	(169)
3.10.1 相对分子质量的控制及影响因素	(170)
3.10.2 相对分子质量分布	(173)
3.10.3 自由基聚合物分散度增加的原因	(175)
3.11 速率常数的测定和计算	(176)
3.11.1 速率常数的测定和计算	(176)
3.11.2 自由基寿命测定原理简介	(177)
3.12 聚合反应方法	(177)
3.12.1 本体聚合	(178)
3.12.2 溶液聚合	(179)
3.12.3 悬浮聚合	(180)

3.12.4 乳液聚合	(183)
3.13 自由基聚合反应的特点	(192)
3.14 可控/活性自由基聚合反应	(193)
3.14.1 可控/活性自由基聚合反应原理	(194)
3.14.2 可逆终止自由基聚合	(196)
3.14.3 可逆加成-断链转移自由基聚合	(199)
3.14.4 原子转移自由基聚合(ATRP)	(201)
3.15 重要加聚物举例	(203)
3.15.1 聚乙烯	(203)
3.15.2 聚氯乙烯	(204)
3.15.3 聚苯乙烯	(206)
3.15.4 有机玻璃板材的生产	(208)
3.15.5 聚丙烯腈	(209)
高分子小常识——通用塑料和工程塑料	(210)
习题	(211)
第4章 自由基共聚合反应	(213)
4.1 共聚物类型及命名	(215)
4.1.1 共聚物的类型	(215)
4.1.2 共聚物的命名	(215)
4.2 二元共聚物组成微分方程	(216)
4.2.1 二元共聚物组成方程的推导	(216)
4.2.2 二元共聚物组成方程的摩尔分数式($F-f$ 式)	(218)
4.3 典型二元共聚物的组成曲线	(219)
4.3.1 恒比共聚($r_1 = r_2 = 1$)	(220)
4.3.2 交替共聚($r_1 = r_2 = 0$)与接近交替共聚	(221)
4.3.3 有恒比点共聚($r_1 < 1, r_2 < 1$)	(224)
4.3.4 无恒比点共聚($r_1 > 1, r_2 < 1$)	(225)
4.3.5 “嵌段”或“混均”共聚($r_1 > 1, r_2 > 1$)	(227)
4.4 共聚物组成控制	(227)
4.4.1 共聚物的组成控制	(227)
4.4.2 共聚物组成与转化率的关系	(228)
4.4.3 共聚物组成控制方法	(229)
4.5 多元共聚	(229)
4.6 竞聚率的测定及影响因素	(230)
4.6.1 竞聚率的测定	(230)
4.6.2 竞聚率的影响因素	(231)

4.7 单体活性与自由基活性	(232)
4.7.1 单体的相对活性	(232)
4.7.2 自由基的相对活性	(233)
4.7.3 单体均聚反应的速率常数	(234)
4.7.4 单体的极性效应对活性的影响	(234)
4.7.5 单体的位阻效应对活性的影响	(235)
4.8 $Q-e$ 概念和 $Q-e$ 方程	(235)
4.8.1 $Q-e$ 概念	(236)
4.8.2 $Q-e$ 方程	(236)
4.8.3 单体的 Q 值和 e 值与共聚类型	(237)
4.9 二元共聚物的序列结构	(238)
4.10 共聚交联与互穿网络	(240)
4.10.1 共聚交联与交联共聚物	(240)
4.10.2 共聚物互穿网络	(241)
高分子小常识——高分子合金与聚合物的共混	(242)
习题	(243)
第5章 离子型聚合与配位聚合	(245)
5.1 阴离子聚合	(245)
5.1.1 阴离子聚合单体	(245)
5.1.2 阴离子聚合引发剂	(246)
5.1.3 阴离子聚合反应机理	(246)
5.1.4 阴离子聚合反应动力学	(254)
5.1.5 阴离子聚合反应的影响因数	(256)
5.1.6 阴离子聚合物的结构规整性	(260)
5.1.7 阴离子聚合反应的特点	(260)
5.1.8 阴离子聚合特例——活性聚合物、嵌段共聚物 SBS、 接近单分散聚合物	(261)
5.2 阳离子聚合	(264)
5.2.1 阳离子聚合单体和引发剂	(264)
5.2.2 阳离子聚合反应机理	(264)
5.2.3 阳离子聚合动力学	(271)
5.2.4 阳离子聚合的影响因素	(271)
5.2.5 阳离子聚合特例——聚异丁烯和丁基橡胶	(274)
5.3 离子型共聚合	(274)
5.3.1 取代基对单体活性的影响	(275)
5.3.2 溶剂和反离子的影响	(276)

5.3.3 温度的影响	(276)
5.4 离子型开环聚合	(277)
5.4.1 环氧化合物的离子型聚合	(277)
5.4.2 羰基化合物的离子型聚合	(279)
5.5 配位聚合	(279)
5.5.1 配位聚合和定向聚合	(279)
5.5.2 聚合物的立构规整性	(280)
5.5.3 立构规整聚合物的特殊性能	(284)
5.5.4 配位聚合引发剂	(285)
5.5.5 丙烯的配位阴离子聚合机理	(287)
5.5.6 共轭二烯烃的配位阴离子聚合	(291)
5.6 各种连锁聚合反应的特点比较	(293)
高分子小常识——乙丙橡胶	(294)
高分子科学人物传记——诺贝尔化学奖获得者、配位 聚合的开创者: Ziegler 和 Natta	(294)
习题	(296)
第 6 章 聚合物化学反应	(298)
6.1 聚合物化学反应的特点及影响因素	(298)
6.1.1 聚合物化学反应的特点	(298)
6.1.2 聚合物化学反应的影响因素	(299)
6.2 聚合物侧基反应	(302)
6.2.1 纤维素的化学转化	(303)
6.2.2 聚乙烯醇和维尼纶	(306)
6.2.3 聚丙烯酰胺——高分子聚电解质	(306)
6.2.4 聚烯烃的氯化 and 氯磺酰化	(307)
6.2.5 PE、PP 和 PS 的化学反应	(308)
6.3 功能高分子	(310)
6.3.1 化学功能高分子	(311)
6.3.2 物理功能高分子	(318)
6.3.3 生物功能高分子	(321)
6.4 聚合物主链反应	(323)
6.4.1 接枝	(323)
6.4.2 扩链	(325)
6.4.3 交联	(327)
6.5 聚合物的降解、分解、老化及防老	(330)
6.5.1 聚合物的降解	(330)

6.5.2 聚合物的分解	(337)
6.5.3 聚合物的老化和防老	(338)
高分子科学人物传记——诺贝尔化学奖获得者、多肽固 相合成法的先驱:Robert Bruce Merrifield	(339)
习题	(340)
第7章 高分子科学最新进展	(341)
7.1 高分子科学各学科研究前沿	(342)
7.1.1 高分子化学	(342)
7.1.2 高分子物理	(342)
7.1.3 功能高分子	(342)
7.1.4 高分子工程	(343)
7.2 共轭聚合物与导电高分子	(343)
7.2.1 高分子材料的电导率	(344)
7.2.2 共轭聚合物的合成与加工	(344)
7.2.3 典型导电聚合物	(345)
7.2.4 导电聚合物的应用	(347)
7.3 树枝状聚合物与超支化聚合物	(348)
7.3.1 树枝状聚合物的结构特点	(349)
7.3.2 树枝状聚合物的合成	(349)
7.3.3 超支化聚合物的合成	(351)
7.3.4 应用前景展望	(352)
7.4 固相合成与组合化学	(354)
7.4.1 固相合成简介	(354)
7.4.2 组合化学简介	(357)
7.4.3 组合化学应用实例——混合均分库	(359)
7.5 吸附分离功能高分子	(361)
7.5.1 合成大孔吸附树脂的成孔技术	(362)
7.5.2 树脂吸附法资源化处理有机污染废水	(363)
7.5.3 大孔吸附树脂在中药成分分离领域的应用前景	(364)
7.5.4 分子模板吸附树脂及其应用	(364)
7.6 分子识别聚合物	(365)
7.6.1 印迹聚合与印迹聚合物	(366)
7.6.2 分子模板与聚合物之间的结合功能	(366)
7.6.3 印迹聚合物的合成方法	(367)
7.6.4 共价键结合模板聚合物及其应用	(368)
7.6.5 非共价键结合模板聚合物及其应用	(368)