

功能高分子材料化学

第 二 版

赵文元 王亦军 编著

化学工业出版社
材料科学与工程出版中心
·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

功能高分子材料化学/赵文元, 王亦军编著. —2 版.
北京: 化学工业出版社, 2003. 8
ISBN 7-5025-4708-8

I. 功… II. ①赵…②王… III. 功能高聚物-高
分子材料-高分子化学 IV. TB324

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 072156 号

功能高分子材料化学

第 二 版

赵文元 王亦军 编著

责任编辑: 龚浏澄 白艳云

责任校对: 李 林

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 27 字数 656 千字

2003 年 9 月第 2 版 2003 年 9 月北京第 6 次印刷

ISBN 7-5025-4708-8/TQ·1791

定 价: 55.00 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

功能高分子材料化学是目前发展迅速,在材料科学中占有重要地位的新兴学科。经典的高分子化学是以通用高分子材料,包括合成高分子和天然高分子为研究对象。所谓的通用型高分子通常指品种少、产量大、应用广的聚合物材料。根据高分子的性质和用途,可以将通用型合成高分子分成以下五个大类,即:合成纤维、合成橡胶、塑料、油漆涂料、高分子胶黏剂。与此相对应,人们为了满足某些特殊需要,希望一些高分子材料在某些条件和环境下能表现出不同于上述常规高分子材料的物理或化学性质,具有这些通过精心设计出的特殊性质的高分子材料,即被称为功能高分子材料,以这些功能高分子材料的物理化学性质为研究对象的科学即为功能高分子材料化学。如果从严格意义上来讲,根据上面的分析,定义为特殊功能高分子材料似乎更为准确。但是功能高分子化学(Functional Polymer)的名称已经被广泛接受。

与常规高分子材料相比,功能高分子材料常表现出与众不同的性质,比如,大多数高分子材料是化学惰性的,而功能高分子材料之一的高分子试剂的反应活性却相当高;常规的聚合物是电绝缘体,而导电聚合物却可以作为电子导电或离子导电材料。正是功能高分子材料这些独特的功能引起人们的广泛重视,成为当前材料科学界研究的热点之一。功能高分子化学在材料科学领域占有越来越重要的地位,甚至有人认为其在高分子化学中的地位,相当于精细化工在化学工业中的地位,因此也有人称功能高分子材料为精细高分子材料,指其产品的产量小,产值高,制造工艺复杂。

加快功能高分子材料的研究与应用是当前世界化学工业发展的重要趋势,特别是化学工业发达国家更是先行一步,在这方面投入了大量人力物力,并取得了很大进展。我国在这方面虽然起步较晚,但随着化学工业产业结构的调整,加快功能高分子材料的研究与生产,满足各种高技术产业的需要,已经成为我国化学工业发展的必然趋势。为适应这种形势,在高等学校的化学和化工专业中推广和普及功能高分子化学教育,以及各类从事化学、化工相关工作的科技人员中普及功能高分子材料方面的知识已经成为当务之急。鉴于目前国内有关功能高分子材料方面的教材和书籍在数量上和质量上都还不能满足教学需要,已有的为数不多的类似教材和书籍中存在着在内容上不够全面,多侧重于只介绍某几种功能高分子材料,仅面向某些应用领域,不能在整体上对功能高分子化学这门学科以全面的介绍,难以适应功能高分子化学已经成为一个完整的学科这一现实。同时已有书籍中给出的材料零散,缺乏必要的理论归纳和总结也是存在的问题之一。因此,编写一本内容全面,有一定理论贯穿其中,并能理论联系实际,对科学研究与生产实际有一定指导意义的功能高分子材料化学书籍显得非常必要。作者就是基于上述目标,力争在有限的篇幅内编写一本能基本满足教学、科研和生产各方面需要的书。

本书共分九章,在内容上基本涵盖了功能高分子材料的绝大部分。第一章“功能高分子材料化学总论”,其内容是针对所有类型功能高分子材料的共性,主要论述功能高分子材料的分类和定义方法,以及对各种功能高分子材料的种类与功能加以概要介绍;论述功能高分子材料的微观和宏观结构与其性能之间的共性关系,以及指定功能的功能高分子材料的设计

方法与制备策略分析等内容也包括在这一章。本章将功能高分子材料主要制备路线与策略分成三类,其中包括:

- (1) 通过对已有高分子材料的功能化过程制备;
- (2) 通过对常规功能材料的高分子化过程制备;
- (3) 通过各种材料的多功能复合与功能扩大等方法来实现功能高分子材料的制备。

通过上述内容的阐述与分析,使读者对功能高分子材料化学作为一门科学有一个整体认识,形成一个能贯穿其他各个章节的思路和基本概念。在本章中还包括有关功能高分子化学研究方法的论述,目的是使读者对该学科的各种研究方法有一个总体的了解。

第二章到第八章分别分类介绍几类主要功能高分子材料。其中第二章“反应型功能高分子材料”主要讲述有关反应型功能高分子材料的性质、作用机制、制备方法、以及实际应用举例等内容。讲述的重点在于各种化学试剂和催化剂的高分子化方法以及使用特点。内容还包括与其密切相关的高分子载体上的固相合成新技术和专一性催化剂——酶的固化方法以及应用等作为本章论述的重点内容。第三章“导电高分子材料”的内容按照聚合物的三种导电类型划分,对电子导电型、离子导电型和氧化还原型导电聚合物分别就其导电机理、影响因素、制备方法和应用研究进行论述;对各种导电聚合物的研究和测定方法也进行了一定程度的介绍。在第四章“聚合物修饰电极”中给出了功能聚合物的最新应用领域——聚合物修饰电极的相关内容;包括有关修饰电极的一般概念,聚合物修饰电极的各种结构形式,各种修饰电极制备方法,以及聚合物修饰电极结构与性质之间的关系等内容,还给出了聚合物修饰电极作为化学传感器和光电转换方面大量的应用实例。第五章“高分子液晶材料”的内容是讲述有关高分子液晶材料的理论与实践,包括高分子液晶的分类与命名方法,高分子液晶的结构与形态,有关高分子液晶的研究方法,以及高分子液晶的物理和化学性质,这些性质在各方面的应用等内容。第六章“高分子功能膜材料”,讲述的重点是各种由高分子材料构成的二维材料——功能膜,主要是分离型功能膜。讲述各种膜的组成和微观结构与其物理化学性质的关系,高分子功能膜的分类方法、膜分离机理、各种功能膜的制备方法、膜科学研究方法,以及在科学研究和生产中的应用等内容。对于自主成型膜和LB单分子层膜等非线性光学领域具有重要意义的功能膜也进行了一定程度的介绍。第七章“光敏高分子化学”论述的对象是有特殊光物理和光化学特性的高分子材料。主要根据光敏高分子的光物理和光化学原理,讲述光敏高分子的分子结构与光敏特性的关系和有关的高分子光化学反应等。对主要光敏高分子材料,如光敏涂料、光稳定剂、光致变色和在光能利用方面使用的光敏高分子材料等,从理论和实践两方面进行了论述。第八章“高分子吸附剂和吸水性聚合物”包括离子型和非离子型高分子吸附剂,高分子螯合剂,吸水性高分子等材料的结构和性质,合成方法和实际应用等内容。有关高分子絮凝剂的内容也包括在这一章中;主要讲述吸附性聚合物物理和化学结构与吸附性能之间的关系,高分子吸附剂的分类和制备方法。对高吸水性高分子材料和高分子絮凝剂的物理化学结构、作用机理、实际应用等内容也做了一定介绍。

在第九章中对在上述章节中没有涉及的其他功能高分子材料一并加以简要论述,其中包括高分子表面活性剂、农用高分子材料、高分子药物、高分子食品添加剂、高分子阻燃剂、高分子染料、以及高分子压电体和高分子驻极体等功能高分子材料。主要内容是对上述功能高分子材料的制备和应用,以及涉及的简单原理加以介绍,目的是使读者对各种高分子材料都有一定了解,从而对功能高分子材料化学作为一个学科有一个完整全面的认识。

由于功能高分子化学是一门涉及范围广泛,与众多学科相关的新兴边缘学科,不仅与多

种学科的理论关系密切，而且涉及到的新理论和新技术比比皆是。考虑到本书的对象分散在各种专业领域，为了适应各种读者群的实际情况和接受能力，本书在每一章中首先对比较特殊的理论和概念加以简单介绍，对专业性强的理论分析尽可能用通俗的语言讲述，并且尽量避免复杂的理论推导。同时除了第一章之外，其他章节的内容相对独立，读者完全可以选择部分自己感兴趣的章节阅读，而不必非要按照先后次序。

本书的目的之一是作为化学或化工专业教材使用。针对目前各高校化学和化工系本科和研究生普遍将功能高分子化学作为选修课讲授，课时少、内容多，而功能高分子材料化学涉及的范围广这一现状，要解决好有限的课时与繁多的内容这一矛盾，既要讲清原理，给学生一个清晰完整的概念，又要照顾到学生的实际。因此在书中尽量不涉及高深的和非常专门的理论。对于有兴趣的或者从事某一方面研究的读者可以进一步阅读有关专著，获取更为详尽的论述。为此目的，在本书每一章后面都附有主要参考文献。当然上述所有矛盾是难以在一次尝试中全部解决的。作者希望这本教材能起到抛砖引玉的作用。

虽然本书包含的内容非常广泛，涉及的学科众多；但是仍然以叙述材料的化学结构与性能之间的关系为主线，在材料制备方面以化学制备为主，性能分析以化学性质的影响为主要论述对象，因此本书的主要读者对象是高等理科和工科院校的化学和化工系的本科生和研究生，对从事功能高分子材料生产和研究的各种科技人员也是一本有价值的参考书。本书的主要部分已经在青岛大学应用化学系作为本科高年级教材使用了两届，收到了良好效果。这次对大部分章节进行了充实和改写，并增写了部分章节。本书的第一章至第五章、第七章、第九章由赵文元撰写，第六章和第八章由王亦军撰写。全书由赵文元审核校对。限于作者水平，加以时间仓促，书中不当之处在所难免，希望得到同行专家的批评指正。

本书的插图和部分化学结构式的绘制得到聂兆广、赵磊的帮助，在此一并表示感谢。

赵文元

再版前言

本书自 1996 年 10 月出版以来,承蒙广大读者的厚爱,不仅作为材料相关专业的参考书,而且被多所高等院校作为研究生和本科生的教材使用,社会需求量较大,6 年中已经连续 5 次印刷。功能高分子材料是当前材料科学领域发展最为迅速的学科,新技术、新理论和新材料每时每刻都在发生着变化,6 年后的今天,原书内容已经不能适应今天功能高分子材料学科发展的需要。由于受到同行专家的鼓励和化学工业出版社的支持,并考虑到学科发展的现实,决定对原书内容进行较大规模的修订再版。

本书第二版的修订幅度比较大,根据近年来学科的发展动向和同行专家的意见,原书中有四分之三的内容进行了重写,补充了大量新的例证,同时新增加了部分章节。比如,新增第九章“医用高分子材料”和第十章“高分子纳米复合材料”。此外,在第三章中新增了“复合导电高分子材料”一节;第四章是重新整合的,将标题改为“电活性高分子材料”,在保留聚合物修饰电极内容之外,增加了“高分子驻极体和压电、热电现象”,“电致发光高分子材料”,“高分子电致变色材料”三节内容;在第七章中增加了“高分子非线性光学材料”和“高分子荧光材料”两节;在第八章中新增了“天然有机吸附剂简介”一节。增加的内容还包括在第二章中的寡核苷酸的固相合成和第十一章中高分子农用转光膜等内容。其他大部分章节也进行了重写或改写,修订了原书中的错误和疏漏,并充实了内容。新增加的内容主要是近年来发展比较快的领域。

作者清楚,本书之所以受到同行的好评和欢迎,并不完全是由于书写得如何好,而是书所涵盖的内容在当今材料科学中所处地位的重要性。功能高分子材料是一个新兴学科,同时学科跨度非常大,涉及的领域众多,加上作者学识方面的欠缺,虽然作者在收集资料和撰写过程中尽了最大努力,并征求了各行专家的意见,错、漏仍然难免,恳请读者批评指正。

赵文元
2003 年 5 月

内 容 提 要

全书共十一章，在阐述功能高分子材料结构与性能的关系、功能高分子化学的研究方法的基础上，对反应型功能高分子材料、导电高分子材料、电活性高分子材料、高分子液晶材料、光敏高分子材料、高分子吸附剂、医用高分子材料、高分子纳米复合材料以及其他功能高分子材料进行了详细论述，并阐述其结构与性能、制备方法和应用领域。

本书可供从事功能高分子材料专业的工程技术人员和相关专业大专院校师生参考。

目 录

第一章 功能高分子材料化学总论	1
第一节 功能高分子材料化学概述.....	1
一、功能高分子材料化学的研究对象和研究内容.....	1
二、功能高分子材料化学的发展历程.....	2
三、功能高分子化学的分类方法.....	3
第二节 功能高分子材料的结构与性能的关系.....	3
一、功能高分子材料的结构层次.....	3
二、功能高分子材料构效关系分析.....	5
三、与功能高分子性能相关的理论和概念.....	9
第三节 功能高分子材料的制备策略	11
一、功能型小分子材料的高分子化	11
二、普通高分子材料的功能化	14
三、功能高分子材料的其他制备策略	18
第四节 功能高分子材料的种类与功能简介	20
一、反应型功能高分子	20
二、导电高分子材料	20
三、电活性高分子材料	21
四、光活性高分子材料	22
五、高分子功能膜材料	23
六、高分子液晶材料	24
七、吸附性高分子材料	24
八、医用和药用功能高分子	25
九、其他功能高分子材料	26
第五节 功能高分子材料化学的研究方法	26
一、制备方法研究	27
二、功能高分子材料的结构与组成研究方法	28
三、功能高分子材料的构效关系研究方法	30
参考文献	31
第二章 反应型功能高分子材料	32
第一节 概述	32
一、与高分子试剂和高分子催化剂相关的一些概念	32
二、反应型功能高分子材料的应用特点	33
三、发展高分子化学试剂和高分子催化剂的目的	33
四、反应型高分子材料的种类和分类	34
第二节 高分子化学反应试剂	35

一、高分子化学反应试剂概述	35
二、高分子氧化还原试剂	35
三、高分子卤代试剂	43
四、高分子酰基化反应试剂	46
五、高分子烷基化试剂	48
六、高分子亲核反应试剂	48
第三节 在分子载体上的固相合成	49
一、固相合成法概述	49
二、多肽的固相合成	52
三、寡核苷酸的固相合成	54
四、固相合成法在不对称合成中的应用	57
五、固相合成法在其他有机合成中的应用	59
第四节 分子催化剂	60
一、分子酸碱催化剂	61
二、分子金属络合物催化剂	62
三、分子相转移催化剂	64
四、其他种类的分子催化剂	66
第五节 酶的固化及其应用	66
一、固化酶的制备方法	67
二、固化酶的特点和应用	70
参考文献	72
第三章 导电高分子材料	74
第一节 导电高分子材料概述	74
第二节 复合型导电高分子材料	75
一、复合型导电高分子材料的结构与导电机理	75
二、复合型导电高分子材料的制备方法	79
三、复合型导电高分子材料的性质与应用	80
第三节 电子导电型聚合物	82
一、导电机理与结构特征	82
二、电子导电聚合物的性质	84
三、电子导电聚合物的制备方法	87
四、电子导电聚合物的性质与应用	92
第四节 离子导电型高分子材料	96
一、有关离子导电的一些基本概念	97
二、固态离子导电机理	98
三、离子导电聚合物的结构特征和性质与离子导电能力之间的关系	103
四、离子导电聚合物的制备	104
五、离子导电聚合物的应用	106
六、离子导电聚合物电导值的测定方法	107
第五节 氧化还原型导电聚合物简介	109

参考文献	109
第四章 电活性高分子材料	111
第一节 概述	111
第二节 高分子驻极体和压电、热电现象	112
一、高分子驻极体概述	112
二、高分子驻极体的结构特征与压电、热电作用机理	113
三、高分子驻极体的形成方法	114
四、高分子驻极体的分析测试和研究方法	116
五、高分子驻极体的应用	118
第三节 电致发光高分子材料	119
一、电致发光材料概述	119
二、聚合物电致发光器件结构和发光机理	120
三、高分子电致发光材料的种类	123
四、高分子电致发光器件的制作方法	128
五、高分子电致发光材料的应用	129
第四节 高分子电致变色材料	131
一、高分子电致变色材料的种类与变色机理	131
二、电致变色器件的结构和制备工艺	134
三、电致变色高分子材料的应用	134
第五节 聚合物修饰电极	136
一、概述	136
二、修饰电极的电化学研究方法和基本原理	137
三、聚合物修饰电极的制备方法	140
四、聚合物修饰电极的结构、性质及应用	146
参考文献	155
第五章 高分子液晶材料	157
第一节 高分子液晶概述	157
一、高分子液晶的分类与命名	158
二、高分子液晶的分子结构与性质	162
第二节 高分子液晶的性能分析与合成方法	165
一、溶液型侧链高分子液晶	166
二、溶液型主链高分子液晶	168
三、热熔侧链型高分子液晶	172
四、热熔型主链高分子液晶	177
第三节 高分子液晶的研究与表征方法	182
一、X射线衍射分析法	182
二、核磁共振光谱法	184
三、介电松弛谱法	186
四、热台偏光显微镜法	188
五、热分析法	189

六、其他研究方法	189
第四节 高分子液晶的其他性质与应用	189
一、作为高性能工程材料的应用	190
二、在图形显示方面的应用	190
三、高分子液晶在温度和化学敏感器件制作方面的应用	191
四、高分子液晶作为信息储存介质	192
五、高分子液晶作为色谱分离材料	193
参考文献	193
第六章 高分子功能膜材料	196
第一节 高分子功能膜材料概述	196
一、高分子功能膜的分类	197
二、膜分离过程与机制	199
三、高分子功能膜的结构与性质的关系	200
四、高分子分离膜制备材料	202
第二节 高分子功能膜的制备方法	202
一、聚合物溶液的制备	202
二、密度膜的制备	210
三、相转变多孔分离膜制备过程	212
四、液体膜和动态形成膜的制备	216
五、其他膜制备方法	217
第三节 高分子分离膜的分离机理与应用	219
一、浓度梯度驱动膜分离过程	220
二、电场力驱动膜分离过程	224
三、压力驱动膜分离过程	229
第四节 其他功能膜材料	234
一、高分子 Langmuir-Blodgett 膜	235
二、自组装膜 (self-assembled film SA)	236
参考文献	238
第七章 光敏高分子材料	241
第一节 光敏高分子材料概述	241
一、高分子光物理和光化学原理	241
二、高分子光化学反应类型	244
三、光敏高分子的分类	245
第二节 光敏涂料和光敏胶	246
一、光敏涂料的结构类型	247
二、光敏涂料的组成与性能关系	248
三、光敏涂料的固化反应及影响因素	249
四、光致抗蚀剂	250
第三节 高分子光稳定剂	254
一、光降解与光氧化过程	254

二、光稳定剂的作用机制.....	256
三、高分子光稳定剂的种类与应用.....	256
第四节 光致变色高分子材料.....	259
一、含硫卡巴腓配合物的光致变色聚合物.....	260
二、含偶氮苯的光致变色高分子.....	260
三、含螺苯并吡喃结构的光致变色高分子.....	261
四、氧化还原型光致变色聚合物.....	262
五、光致变色高分子中的光力学现象.....	263
第五节 光导电高分子材料.....	263
一、光导电机理与结构的关系.....	264
二、光导聚合物的结构类型.....	265
三、光导聚合物的应用.....	266
第六节 高分子非线性光学材料.....	271
一、非线性光学性质及相关的理论概念.....	271
二、高分子非线性光学材料的结构与制备.....	273
第七节 高分子荧光材料.....	276
一、概述.....	276
二、荧光高分子材料的结构和应用.....	277
第八节 与光能转换有关的高分子材料.....	280
一、功能聚合物在太阳能水分解反应中的应用.....	280
二、利用在光照射下分子发生互变异构储存太阳能.....	282
三、功能聚合物在有机太阳能电池制备方面的应用.....	283
参考文献.....	285
第八章 高分子吸附剂.....	287
第一节 吸附性高分子材料概述.....	287
一、吸附性高分子材料的发展现状.....	287
二、吸附性高分子材料的结构及制备方法.....	288
三、聚合物化学结构与吸附性能之间的关系.....	289
四、影响吸附树脂性能的外界因素.....	291
第二节 非离子型吸附树脂.....	292
一、聚苯乙烯-二乙烯苯交联吸附树脂.....	293
二、聚甲基丙烯酸-双甲基丙烯酸乙二酯交联体吸附树脂.....	297
三、其他类型的高分子吸附树脂.....	298
第三节 高分子螯合剂.....	298
一、氧为配位原子的高分子螯合剂.....	299
二、氮为配位原子的高分子螯合剂.....	302
三、硫为配位原子的高分子螯合剂.....	305
四、其他原子为配位原子的高分子螯合剂.....	305
第四节 离子型高分子吸附树脂.....	306
一、离子型吸附树脂的结构和特点.....	306

二、阳离子型吸附树脂.....	307
三、阴离子型吸附树脂.....	310
第五节 高吸水性高分子材料.....	312
一、高吸水性高分子材料概述.....	312
二、高吸水性树脂的制备方法.....	315
三、高吸水树脂的应用.....	317
第六节 天然有机吸附剂简介.....	318
一、纤维素类吸附剂.....	318
二、甲壳质类吸附剂.....	318
三、淀粉型吸附剂.....	319
四、琼脂糖和葡聚糖型吸附剂.....	319
参考文献.....	319
第九章 医用高分子材料	321
第一节 医用高分子概述.....	321
一、医用高分子的分类.....	322
二、医用高分子材料的特殊要求.....	323
三、材料界面性质与生物相容性的关系.....	324
四、高分子材料的生物降解机理.....	327
第二节 生物惰性高分子材料.....	329
一、生物惰性高分子材料的结构和性质.....	329
二、生物惰性高分子材料的应用.....	332
第三节 生物降解性高分子材料.....	334
一、人工合成可生物降解高分子材料.....	334
二、天然可生物降解高分子材料.....	338
第四节 用于人造器官的高分子材料.....	343
一、采用高分子材料的人造脏器.....	343
二、采用高分子材料的人造组织.....	345
三、与生物组织工程相关的高分子材料.....	346
第五节 药用高分子材料.....	350
一、高分子药物.....	350
二、高分子缓释制剂.....	354
三、高分子导向制剂.....	357
参考文献.....	359
第十章 高分子纳米复合材料	361
第一节 高分子纳米复合材料概述.....	361
一、纳米材料与纳米技术.....	361
二、纳米效应.....	363
三、纳米材料的制备方法.....	364
四、纳米结构材料.....	366
五、纳米复合材料.....	367

六、高分子纳米复合材料	368
第二节 高分子纳米复合材料的制备技术	369
一、溶胶-凝胶复合法 (sol-gel)	369
二、插层复合法	371
三、共混法	375
四、其他方法	377
第三节 高分子纳米复合材料的结构与性能	378
一、无机纳米颗粒分散在高分子基体材料中	378
二、高分子嵌入无机基体中	379
三、聚合物-聚合物纳米复合结构	380
第四节 高分子纳米复合材料的分析与表征方法	381
第五节 聚合物纳米复合材料的应用	382
一、高分子纳米复合材料的力学性能及应用	383
二、高分子纳米复合材料的光学性质与应用	384
三、高分子纳米复合材料的催化活性及其应用	386
四、纳米材料的电、磁学性质以及在高密度记录材料方面的应用	387
五、高分子纳米材料的生物活性及其应用	388
参考文献	389
第十一章 其他功能高分子材料简介	390
第一节 高分子表面活性剂	390
一、高分子表面活性剂的结构特征和作用机制	390
二、合成高分子表面活性剂	391
三、天然高分子表面活性剂	395
第二节 农用功能高分子材料	397
一、高分子除草剂	398
二、高分子除螺剂	400
三、高分子防污涂料	401
四、高分子化肥	402
五、高分子农用转光膜	403
六、吸水保墒的高吸水型高分子材料	404
第三节 高分子食品添加剂	404
一、高分子食品色素	405
二、高分子食品抗氧化剂	406
三、高分子非营养性甜味剂	407
第四节 高分子阻燃剂	408
一、高分子阻燃剂的结构与阻燃机理	409
二、高分子阻燃剂的分类和合成方法	410
三、高分子阻燃剂的应用	411
第五节 高分子染料	412
一、高分子染料的制备方法	412

二、高分子染料的特点.....	412
三、高分子染料的应用.....	413
参考文献.....	413

第一章 功能高分子材料化学总论

功能高分子材料化学是研究功能高分子材料化学规律的科学,是高分子材料科学领域发展最为迅速,与其他科学领域交叉度最高的一个研究领域。它是建立在高分子化学、高分子物理等相关学科的基础之上,并与物理学、医学、甚至生物学密切联系的一门学科。由于涉及面广,因此给人的感觉是资料零散,规律性不强。但是任何一门科学总有其自身的发展规律,随着功能高分子材料科学研究的深入,有关信息的日趋丰富,为功能高分子材料化学学科在摸清自身发展规律以及完善其理论提供了有利条件。本章试图对来自于科学研究前沿的丰富而较散在的大量相关文献资料进行归纳、分类、总结,从中找出功能高分子材料学科中的一般发展规律。此书主要介绍功能高分子材料性能与结构的一般关系,制备功能高分子材料的总体策略和功能高分子化学的研究方法等内容,使读者对功能高分子材料科学,尤其是功能高分子材料化学学科有一个概括性的认识。

第一节 功能高分子材料化学概述

一、功能高分子材料化学的研究对象和研究内容

什么是功能高分子材料 (Functionalized Polymer)? 什么是功能高分子化学? 关于如何界定功能高分子材料化学的范围,给功能高分子材料一个恰当的定义,虽然有各种各样的提法,但是到目前为止,仍没有一个提法能为大多数人所接受,这依然是一个有待于探讨的课题^[2]。众所周知,高分子化学,也称聚合物化学,是一门主要以人工合成的高分子材料为研究对象,对其组成、结构、化学性质等方面进行研究的科学。聚合物作为一种材料,可接受的定义是:分子量很大(一般超过 20 000 以上),而且没有一个特定值,只有一个分子量分布范围,分子内有重复性化学结构(称结构单元)的化合物称为聚合物。根据常规聚合物的性质和用途,可以将其分成以下最常见的五个大类,即合成纤维、合成橡胶、塑料、油漆涂料、高分子胶黏剂,合称常规高分子材料。常规高分子材料除了其特殊性质外,由于其分子量巨大,分子内缺少活性官能团,因此通常表现为难以形成完整晶体,难溶于常规溶剂,没有明显熔点,不导电,并呈化学惰性等共同特性。这些物理化学性质已经为大多数人所熟悉。然而随着人们在生产和生活方面对具有新型功能的聚合材料的需求,以及科技水平的进步,近年来人们开发出了众多的有着不同于以上特征,带有特殊物理化学性质和功能的高分子材料,其性能和特征都大大超出了原有常规高分子材料的范畴,使人们有必要对这些新型聚合物材料进行重新认识。此外,在教学和科研过程中,人们已经很自然地将这部分研究对象单独设立课程或对待,这些功能特殊的高分子材料通常被称为功能高分子材料,作为功能材料中非常重要的一类。这样功能高分子材料的定义应为:与常规聚合物相比具有明显不同的物理化学性质,并具有某些特殊功能的聚合物大分子(主要指全人工和半人工合成的聚合物)都应归属于功能高分子材料范畴。而以这些材料为研究对象,研究它们的结构组成、构效关系、制备方法,以及开发应用的科学,应称为功能高分子材料化学。值得指出,目前仍然有些科学家将功能高分子狭义地定义为与活性小分子相对应的高分子试剂、高分子催化剂、离子交换树脂等具有特殊化学活性的高分子范围。

本书给出的功能高分子材料是泛指那些具有独特物理特性（如光、电、磁等）或化学特性（如反应、催化等）的新型高分子材料。

功能高分子化学是高分子化学领域中发展最快、最具重要意义的新领域。功能高分子材料以其独特的电学、光学、磁学以及其他物理化学性质引起人们的注意。功能高分子化学研究的主要目标和内容包括新材料的制备方法、物理化学性能表征、结构与性能之间的关系、应用开发研究等几个方面。其中结构与性能之间的关系研究建立起聚合物结构与功能之间的关系理论，以此理论可指导开发功能更强的，或具有全新功能的高分子材料。与其他材料一样，功能高分子材料的性能与其化学组成、分子结构和宏观形态存在密切关系，即构效关系。比如，电子导电型聚合物的导电能力依赖大分子中的线性共轭结构；高分子化学试剂的反应能力不仅与分子中的反应性官能团有关，而且与其相连接的高分子骨架相关；光敏高分子材料的光吸收和能量转移性质也都与官能团的结构和聚合物骨架存在对应关系；而高分子功能膜材料的性能不仅与材料微观组成和结构相关，而且与其超分子结构和宏观结构相关。因此，功能高分子化学研究的基本目的之一就是研究高分子骨架、功能化基团、分子组成和材料宏观结构形态与材料功能之间的关系问题，为充分利用现有高分子材料功能和开发新型功能材料提供理论依据。

二、功能高分子材料化学的发展历程

功能高分子化学的发展可以追述到很久以前，如光敏高分子材料和离子交换树脂都有很长的历史。但是作为一门独立学科，功能高分子材料化学则是一门全新的科学。功能高分子材料化学作为一个完整学科是从 20 世纪 80 年代中后期开始的。

其中从 20 世纪末发展而来的光敏高分子化学，在光聚合、光交联、光降解、荧光以及光导机理的研究方面都取得了重大突破，在过去 20 多年中有了飞快发展，并在工业上得到广泛应用。比如光敏涂料、光致抗蚀剂、光稳定剂、光可降解材料、光刻胶、感光性树脂、以及光致发光和光致变色高分子材料都已经工业化。近年来高分子非线性光学材料也取得了突破性进展。

反应型高分子是在有机合成和生物化学领域的重要成果，已经开发出众多新型高分子试剂和高分子催化剂应用到科研和生产过程中，在提高合成反应的选择性、简化工艺过程以及化工过程的绿色化方面做出了贡献。更重要的是由此发展而来的固相合成方法和固化酶技术开创了有机合成机械化、自动化、有机反应定向化的新时代，在分子生物学研究方面起到了关键性作用。

电活性高分子材料的发展导致了导电聚合物，聚合物电解质，聚合物电极的出现。此外超导、电致发光、电致变色聚合物也是近年来的重要研究成果，其中以电致发光材料制作的彩色显示器已经被日本和美国公司研制成功，有望成为新一代显示器件。此外众多化学敏感器和分子电子器件的发明也得益于电活性聚合物和修饰电极技术的发展。

高分子分离膜材料与分离技术的发展在复杂体系的分离技术方面独辟蹊径，开辟了气体分离、苦咸水脱盐、液体消毒等快速、简便、低耗的新型分离替代技术，也为电化学工业和医药工业提供了新型选择性透过和缓释材料。高分子化的 LB 膜和 SA 膜在新型光电子器件研究方面也显示出巨大的应用前景。目前高分子分离膜在海水淡化方面已经成为主角，已经拥有制备 18 万吨/日纯水设备的能力。

医药用功能高分子是目前发展非常迅速的一个领域，高分子药物、高分子人工组织器