

“十三五”普通高等教育规划教材

特种高分子材料

刘引烽 编著



化学工业出版社

“十三五”普通高等教育规划教材

特种高分子材料

刘引烽 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材以结构与性能间的关系为主线,系统介绍了各类功能高分子材料与生物医用高分子材料的功能或特性原理、分类与制备方法、实际应用与展望等,展示近年来国内外这些领域的研究成果,引导读者了解特种高分子材料的基本类型和功能原理,尤其是其结构设计思想,启发创新思维。

全书共分七章,着重介绍化学功能、分离功能、光功能、电磁功能和致动功能及生物医用高分子材料共六大方面,主要包括高分子化学反应试剂与高分子催化剂;分离树脂与分离膜、高分子絮凝剂和高吸水性树脂;光学塑料和塑料光纤、高分子非线性光学材料、光刻胶、光致变色高分子材料;高分子绝缘与导电材料、光导高分子材料、高分子压电、热电和铁电材料、高分子磁性材料和高分子吸波材料;高分子致动材料也叫人工肌肉和智能凝胶,包括能对各种物理或化学刺激做出伸缩响应的高分子材料;生物医用高分子材料则包括人工脏器、高分子修复材料、高分子药物及药用高分子材料等。

本书是高等院校功能高分子材料和生物医用高分子材料课程教材,也适合于其他学科学生课外阅读,并可作为从事特种高分子科研与开发人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

特种高分子材料/刘引烽编著. —北京:化学工业出版社, 2017.9

ISBN 978-7-122-30650-0

I. ①特… II. ①刘… III. ①特种材料-高分子材料-研究 IV. ①TB324

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 232833 号

责任编辑:赵媛媛 杨 菁

装帧设计:张 辉

责任校对:王素芹

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:三河市延风印装有限公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张24 字数595千字 2017年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:79.00 元

版权所有 违者必究

特种高分子材料

前言

特种高分子材料包括常规高分子材料所不具备的特殊性能，是高分子材料领域的一个重要分支。

高分子材料通常具备基本力学性能和良好的加工性能。与其他材料相比，高分子材料在其 T_g （或 T_m ） $\sim T_f$ 间，在受到不大的力的作用时即可发生很大的形变，并能以较快的速度回复，表现为明显的高度弹性行为特征，称为高弹性；而在 T_g （或 T_m ）以下，这种高弹性通常难以表达，表现出硬质材料特征，只有在特定的温度区间，在较大的应力下才会屈服而表现出大的应变，这种应变在 T_g （或 T_m ）以下是无法回复的，只有当温度升高到 T_g （或 T_m ）以上时才能回复，称为强迫高弹性；在 T_g （或 T_m ）附近，这种大的应变是可以回复的，但需要时间来逐渐回复，表现为明显的黏弹性特征。因此在力学性能方面，高分子材料具有其他材料所不具备的高弹性和黏弹性。高分子材料可以表现得很软，也可以表现得很硬；既可以很强，也可以很韧。一般高分子材料在具备基本力学性能的同时，还具有隔热、绝缘特性，是热、电的不良导体，且易于加工成型，可以满足一般生产生活需要。

但是与其他材料相比，高分子材料的耐温性、耐磨性等不尽如人意。为了应对极端条件，需要耐高温或耐寒材料，需要有超强度、超耐磨材料；为了应对航空航天和各类导弹的需求，需要有耐烧蚀材料。显然一般高分子材料难以胜任，一大批具有高性能的高分子材料应运而生。具有高强度、高模量和高耐热特点的工程塑料在机械工业、国防科技、汽车等交通工具中都得到了广泛的应用。

为了提高化学反应速率和选择性，高分子试剂及仿照天然酶结构的高分子催化剂走上历史舞台；高分子固相合成方法使生物活性蛋白的合成周期大大缩短；模板聚合的方法使生物复制在实验室进行成为可能。具有优良分离功能的生物膜是大分子，因此，高分子成为优良的分离材料，离子交换树脂、螯合树脂为电子工业、原子能工业提供超净水、富集有用的金属离子；反渗透膜使海水淡化简便易行；渗析膜为尿毒症患者带来福音；高吸水性树脂使荒漠少水的地带披上了绿装；高分子絮凝剂使废水处理简便易行。为了实现信息的

高速、高保密性传递，光纤材料发挥了重要的作用；有机非线性光学材料因具有高的非线性系数，从而使倍频器件、光开关、光存储器迅猛发展；与大规模集成电路相配套的光刻胶的不断进步使芯片的集成度不断飙升。导电高分子为新能源电极和电解质提供了新的材料选择，电致发光高分子使柔性显示屏成为可能。这些功能高分子的发明展示了高分子材料的独特魅力。

缓释药物和控制释放的药物使药物有效成分在血液中维持正常浓度的时间大大延长，组织工程材料的出现使损伤修复趋于完美，人工肾、人工心脏等人工脏器使尿毒症病人和心脏衰竭患者有了重生的希望。这些生物医用高分子材料的发展为人类生命健康和生活品质的提升提供了材料的保障。

这些正是特种高分子材料的贡献。特种高分子材料主要包括三大类型：第一类是具有特殊功能的材料，如具有化学反应功能的高分子试剂和高分子催化剂，具有分离功能的各种分离树脂和分离膜，具有光传输功能的光学塑料和光导纤维、通过光化学反应产生成像特性或颜色变化的光刻胶与光致变色材料，具有电磁功能的导电高分子材料、电致发光高分子材料、磁性高分子材料和吸波材料等，通过化学或光电响应产生机械力的传动功能高分子材料等；第二类是生物医用高分子材料，此类高分子材料首先必须满足所用场合的生物医用基本要求，如无毒、无害、无菌，有组织相容性或血液相容性等，同时还能满足特定应用场合的功能需要，如心脏瓣膜的单向输送功能、人工心脏的耐疲劳性能、人工血液的溶氧功能、组织工程材料支架的干细胞黏附与生长功能及可降解特性、高分子药物的控制释放功能及其杀菌治疗功能等，是特殊的一类特种高分子材料；第三类是具有特别优异性能的高分子材料，如特别耐高温和特别耐低温的高分子材料、超高模量或超高强度的高分子材料、超耐磨材料、自润滑高分子材料、耐烧蚀高分子材料等。

本教材以具有特殊功能的功能高分子材料和具有特殊应用的生物医用高分子材料为对象，以结构与性能间的关系为主线，系统地介绍各类功能高分子材料与生物医用高分子材料的功能或特性原理、分类与制备方法、实际应用与展望等，展示近年来国内外这些领域的研究成果，引导读者了解特种高分子材料的基本类型，尤其是其结构设计思路，启发心智。化学功能高分子材料侧重于高分子化学反应试剂、高分子催化剂及其所表现出的特有的高分子效应，介绍高分子在固相合成多肽等生命物质中所起的特殊作用及固定化酶在催化领域中的特殊意义；具有分离功能的各种高分子材料中，有些与化学反应有关，如离子交换树脂、螯合树脂等，而还有很多则与其树脂的化学结构、物理形态有关，如分离膜、拆分树脂、高吸水性树脂等，因而我们把分离特性单独列为一章，它包括了各种具有分离特性的高分子树脂和膜材料；物理功能以光功能与电磁功能为主。光功能材料主要介绍光学塑料和塑料光纤、高分子强光物理材料、感光树脂、光致变色高分子材料等；电磁功能材料主要介绍介电与导电高分子材料，光导高分子材料，高分子压电、热电和铁电材料，磁性高分子材料和高分子吸波材料等；生物医用高分子材料则主要介绍具有替代人体器官功能的人工脏器、人工血管与血液、与人体组织相容性好的高分子整形修复材料、在医疗过程中充任重要角色的各种高分子医疗用品，以及在药物制剂、药物控释等方面有广泛应用的药用高分子材料和具有药理功能的高分子药物等。

本书可作为高等院校开设特种高分子材料课程的教材，也可以用作功能高分子材料或生

物医用高分子材料课程教材，适合于其他学科学生课外阅读，也可以作为从事特种高分子科研与开发人员的参考用书。

鉴于当前特种高分子材料的发展非常迅速，新的功能特性不断被开发，对结构与性能间的关系还在深入研究，原有的一些理论还在不断地完善，新的理论还将出现，因此，与之相应的特种高分子教材也不应是一成不变的。本书的内容仅能部分反映特种高分子发展的现有水平，尚不能全面反映这一领域的现有成果，同时限于作者的水平，在内容的选取、编排和总结上，偏颇、疏漏与不当之处在所难免，希望得到广大专家、读者的批评指正。

本教材在编写过程中参考并引用了大量的书籍及文献资料，在此，我要向这些书籍和文献的作者表示衷心的感谢。在试讲过程中，得到了我校十多届学生的热情鼓励，在此我也要向他们表示衷心的感谢。最后，尤其要感谢华家栋先生，在功能高分子科研和特种高分子教学中，他始终给予我亲切的教诲和无私的帮助。

编著者

2017年5月

特种高分子材料

目 录

第一章 绪论	1
第一节 特种高分子材料的定义与分类	1
一、特种高分子材料的定义	2
二、特种高分子材料的分类	3
第二节 特种高分子材料的设计与制备	6
一、结构设计的主要途径	6
二、特种高分子的制备方法	7
第三节 特种高分子材料的发展前景	10
一、发展动力	10
二、发展趋势	11
思考题	12
第二章 化学功能高分子材料	13
第一节 高分子效应	13
一、高分子参与反应的一般优点	14
二、高分子效应	15
第二节 高分子试剂	23
一、高分子试剂的种类	23
二、高分子载体上的固相合成	31
三、影响因素	38
第三节 高分子催化剂	39
一、高分子酸和高分子碱	39
二、高分子金属络合物催化剂	41
三、固定化酶	49

思考题	52
-----------	----

第三章 分离功能高分子材料 54

第一节 离子交换树脂	54
一、离子交换树脂的分类和命名	54
二、离子交换树脂的制备	57
三、离子交换功能原理及评价	61
四、离子交换树脂的其他功能	64
五、离子交换树脂的应用	65
第二节 其他分离树脂	66
一、螯合树脂	66
二、拆分树脂	73
第三节 高分子分离膜	82
一、分离膜的分类	84
二、膜分离过程与机理	85
三、影响膜分离性能的因素	92
四、膜材料及其制备	93
第四节 高吸水性树脂	98
一、分类与制备	98
二、高吸水机制	101
三、影响因素	102
四、功能特性	103
五、高吸水性树脂的应用	104
第五节 高分子絮凝剂	105
一、分类与制备	106
二、絮凝机理	108
三、影响絮凝效果的因素	112
四、高分子絮凝剂的应用	113
第六节 高分子超疏水材料	115
一、疏水性的表征	115
二、天然超疏水材料的表面结构	117
三、超疏水理论	118
四、分类与制备	121
五、超疏水材料的应用	125
思考题	129

第四章 光功能高分子材料 132

第一节 光学塑料与光纤	133
一、光学塑料	133

二、光盘基材	138
三、塑料光纤	140
第二节 有机非线性光学材料	147
一、非线性光学现象	147
二、有机非线性光学材料	147
三、聚合物非线性材料	149
四、非线性光学材料的应用	151
五、聚合物电光效应、光弹效应与光折变效应	153
第三节 感光性高分子	156
一、概述	156
二、光化学反应基本原理	158
三、感光高分子体系的基本要求	161
四、感光高分子体系	165
五、感光高分子的应用	176
第四节 光致变色高分子	177
一、光致变色机理	177
二、光致变色功能膜制备方法	184
三、影响光致变色性能的因素	185
四、光致变色材料的应用	185
思考题	187

第五章 电磁功能高分子材料 189

第一节 高分子绝缘材料	190
一、高分子的介电特性	190
二、高分子的绝缘特性	193
三、应用特性	195
四、高分子高温绝缘材料	197
第二节 导电高分子材料	199
一、复合型导电高分子材料	200
二、离子导电型高分子	210
三、共轭型导电高分子	215
四、高分子电荷转移络合物	221
五、金属有机聚合物	223
六、电子导电型高分子的应用	224
第三节 电致发光聚合物	225
一、发光原理	226
二、电致发光聚合物类型	227
三、器件设计与制备	230
四、聚合物发光电池	231

第四节 光电导高分子材料	232
一、光电导高分子分类	232
二、光电导机理	233
三、光电导材料的应用	236
第五节 高分子压电材料	237
一、压电性	237
二、热释电性和铁电性	240
三、压电高分子的类型	242
四、压电高分子的应用	248
第六节 高分子磁性材料	250
一、结构型磁性材料	250
二、复合型磁性材料	252
第七节 高分子吸波材料	253
一、概述	254
二、高分子吸波材料与制备	257
三、吸波体系的结构设计	261
四、高分子吸波材料的发展方向	262
思考题	263

第六章 高分子致动材料 265

第一节 天然肌肉概述	266
一、肌肉的组成与形貌	266
二、天然肌肉的致动机制	267
三、评价指标	268
第二节 外在伸缩式人工肌肉	270
一、气动型人工肌肉	270
二、液压型人工肌肉	273
第三节 化学响应型人工肌肉	274
一、离子交换型人工肌肉	274
二、介质响应型人工肌肉	276
三、分子识别型人造肌肉	277
第四节 电子型人工肌肉的电场响应	278
一、致动机制	278
二、电子型人工肌肉类型	279
三、磁致伸缩高分子材料	281
第五节 离子型人工肌肉的电场响应	283
一、分类	283
二、致动机制	287
三、制备	289
四、影响因素	290

第六节 其他刺激响应型人工肌肉	292
一、温敏型人工肌肉	292
二、光敏型人工肌肉	294
三、形状记忆高分子	294
四、液晶弹性体	296
第七节 机器人运动机构设计	298
一、微位移系统	299
二、传动履带	302
三、抓手	302
四、驱动微泵	303
五、微型执行器	304
六、医用	304
七、人工肌肉的发展趋势	305
思考题	306

第七章 生物医用高分子材料 308

第一节 概述	310
一、分类	310
二、生物医用高分子材料的基本条件	311
第二节 人工血液	315
一、人工血浆	315
二、人工血球	315
第三节 高分子人工脏器	320
一、血液相容性	321
二、人工心脏	322
三、人工心脏瓣膜	324
四、人工血管	325
五、人工肾	326
六、其他	329
第四节 整形与修复材料	330
一、眼科材料	330
二、齿科材料	332
三、人工骨和人工关节	334
四、人工肌腱与人工皮肤	336
第五节 其他医用材料	337
一、医用黏结剂	337
二、医用缝合线和止血剂	340
三、代石膏绷带	341
四、医用诊断材料	341
五、组织工程用支架	343

六、其他..... 344

第六节 药用高分子..... 345

一、药物载体..... 345

二、靶向药物载体..... 346

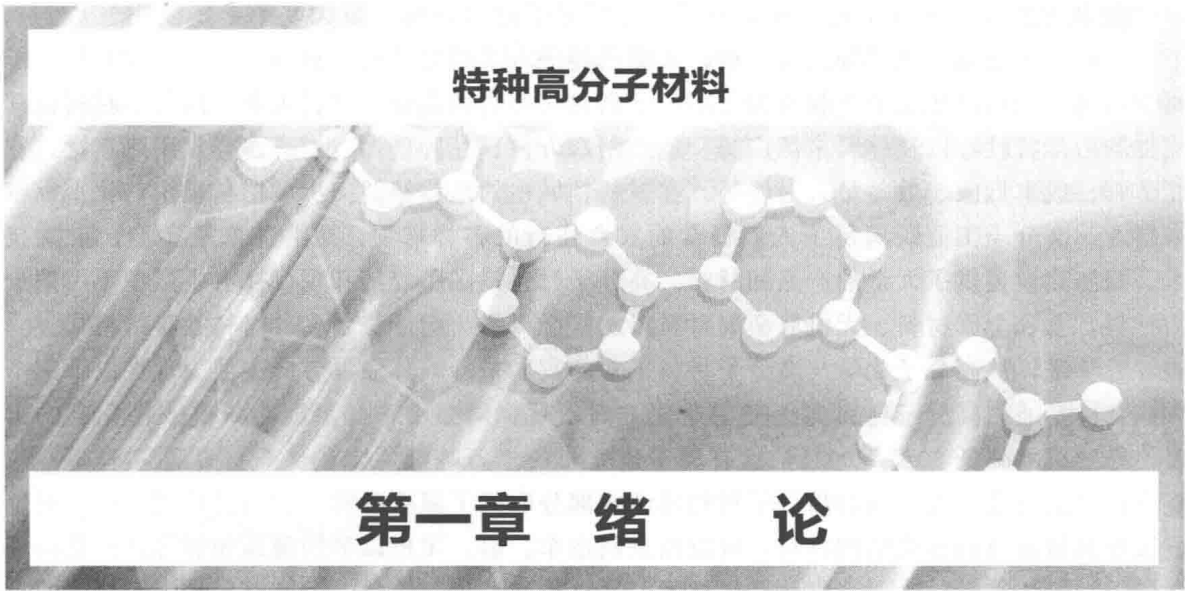
三、药物控制释放..... 348

四、高分子药物..... 352

五、高分子免疫佐剂..... 353

思考题..... 354

参考文献 356



第一节 特种高分子材料的定义与分类

材料是能为人类制造有用器具的物质。人们使用材料，做成了各种工具来为人类服务。工具的使用反映了人类的文明，材料的制造与应用技术则反映了人类文明的进程，因此，历史学家用“材料”来划分时代，见表 1-1。从材料的发展历史来看，从远古的旧石器或新石器时代到随后的陶器、铜器时代或铁器时代，人们从直接使用石材、木料、棉麻、皮毛等天然材料到学会了将黏土变陶器，将矿石变铜、铁，并运用到生产实践中去，构成了人类文明的基础。可以说，人类的历史是材料逐渐更新进步的历史，也是材料发展的历史。

表 1-1 各时代材料的特征

时代划分	材料特征
石器时代	原始的人类逐渐使用石器作武器和工具等,属于天然材料
陶器时代	用可塑性好的黏土加热变硬可制成陶器,属人工材料
铜器时代	耗费更大的能量将铜矿、铁矿还原成铜、铁,制成人工材料
铁器时代	
高分子时代	高分子的应用量已超过金属,属合成材料

材料是现代科技发展的基础。现代科技的发展始终与材料的革新相关联。当今世界已步入高技术的发展时代。科学界认为，电子和信息技术、能源技术、生命科学将构成现在和今后一段时期内科学技术发展的三大领域，它们是人类赖以生存的三大支柱，而材料则是其共同的基础，因为能源的保存和利用离不开材料（如燃料及其开采、发电机、电池等能源的开发、转换、运输、储存都需要材料介质），信息的接收、处理、储存和传播离不开信息材料（如印刷材料、照相机、电话、电视、收录机和计算机等各种机械、器件与线路等），健康益寿、遗传工程也需要依靠各种生物材料和其他材料的支持。因此，与现代科技发展相适应的“新材料革命”始终是科技领域的主旋律。

20 世纪以来, 高分子材料异军突起, 已引起了材料领域的重大变革, 其使用量从体积上远远超过了金属。从某种意义上讲, 人类已经进入了高分子合成材料的时代。随着高分子科学的建立和石油化工的蓬勃兴起, 形成了新兴而庞大的高分子材料工业。高分子材料以其优良的力学特性, 以及原料来源广博、加工制造方便、品种繁多、形态多样、用途广泛、省能节资、成本低廉、效益显著等优势, 在材料领域中的地位日益突出, 增长最快, 比重也越来越大。高分子工业既满足了人们日常的衣食住行的各种需要, 也为工农业生产、尖端技术、国防建设提供了大量的产品和材料。高分子材料是国民经济和现代社会生活中不可缺少的材料, 它和金属材料、无机非金属材料以及复合材料一起形成了多种材料共存的格局。

近年来, 从高分子化学与高分子材料工业的发展来看, 其发展方向主要表现在以下三个方面: 一是通用高分子材料向大型工业化方向发展, 例如由于烯烃聚合的高效催化剂的出现, 导致成本降低 20%~30%, 这有利于建立年产十万吨级以上的大厂; 二是工程塑料与复合材料的迅速发展, 新的高分子材料逐渐或部分取代了原有材料, 例如代替钢、铝、有色金属及其他金属的轻质结构材料, 可以用来制造车、船、飞机以节约能源和资源; 三是特种高分子材料的兴起, 为了适应计算机技术、信息技术、生物技术、宇航技术等尖端技术的发展, 特种高分子材料尤其是功能高分子材料得到了长足的发展, 其功能设计原理和方法也日益成熟, 出现了各种各样的新品种, 在高技术领域获得了广泛的应用。如耐高温或耐超低温材料、超高强度材料、超高模量材料、耐烧蚀材料、固相合成用高分子试剂、反渗透分离膜、光导纤维、光刻胶、导电高分子材料、组织工程材料、人工脏器等的问世, 为高新技术的发展和人类健康奠定了基础。因此, 特种高分子材料已自成体系, 成为高分子材料科学与工程中的一个重要的分支。

一、特种高分子材料的定义

高分子材料按其使用特性可分为通用高分子材料、工程高分子材料和特种高分子材料。通用高分子材料和工程高分子材料大部分属于结构高分子材料。

结构高分子材料最基本的特性是具有高的比强度和比刚度, 可代替金属作为结构材料, 如我们熟知的工程塑料和聚合物基复合材料等。一般高分子都具备以下一些特性, 如美观、质轻、比强度高、力学强度范围宽, 从柔性、弹性、韧性到刚性都有相应的材料, 其耐磨性好, 具有防腐、隔热、绝缘、吸波、消音、减震等性能。

特种高分子材料, 一般认为, 是指除了具有一般的力学性能之外, 还具有特定功能或突出性能的高分子材料, 主要包括三大类型: 具有特殊功能的高分子材料、生物医用高分子材料和具有特别优异性能的高性能高分子材料。所谓性能, 是指材料对外部作用的抵抗特性, 如对外力的抵抗表现为材料的强度、模量, 对热的抵抗表现为耐热性, 对光、电、化学药品的抵抗则表现为材料的耐光性、绝缘性、耐化学腐蚀性等。功能, 是指从外部向材料输入某种能量和信号时, 材料内部发生质和量的变化而产生输出和转化的特性。例如, 材料在受到外部光的输入时, 材料可以输出电信号, 称为材料的光电功能; 材料在受到多种介质作用时, 能有选择地分离出其中某些介质, 称为材料的选择分离性。此外, 如导电性、磁性、光导性、压电性、药物缓释性、光化学反应性等, 都属于“功能”的范畴。但是, 性能和功能间的含义有时是相互交叉的, 并不能截然分开。就功能的定义中, 我们也可以看出, 性能实际上也可以看成是材料对能量或信号的输出功能。因此, 按照通常的观点, “功能”往往是

指除了机械特性以外的其他功能性。生物医用高分子材料也是比较特殊的一类高分子材料,它除了需要满足一般高分子所具有的力学性能外,还必须满足其特定场合的使用特性,如外用的无毒无害、无过敏致畸性等,植入材料的组织相容性和血液相容性等。所谓突出性能,与“普通”相比较,是指其特别优异的性能,如超高强度、特优绝缘性、耐高压、耐高温等特性。所有这些特种高分子材料有时也称为精细高分子材料(fine polymer),原因在于其生产量较小,但附加值很高。

二、特种高分子材料的分类

特种高分子材料包括三大类特殊的高分子材料,主要包括功能高分子材料、生物医用高分子材料和高性能高分子材料。

(一) 按来源不同分类

特种高分子材料可分为天然特种高分子材料、半合成特种高分子材料和合成特种高分子材料三大类。

天然高分子材料的突出代表就是生物高分子,如蛋白质、核酸、酶、多肽和血红素等,在生命现象中扮演着丰富多彩的重要角色。例如,鳗鱼的表皮外有一层很滑的聚多糖物质,它具有减阻功能,也能使污水澄清,是一种很好的天然絮凝剂;海带等海洋生物的细胞膜具有富碘功能等。

在半合成功能高分子材料中固定化酶是最重要的特种高分子材料之一。现已有许多固定化酶用于工业,如固定化的淀粉酶和糖化酶能高效地使淀粉、糊精等转化成葡萄糖,葡萄糖也可借助于固定化酶转化成高甜度的果糖。

大部分特种高分子材料来自全合成,为合成特种高分子材料,如广泛应用于计算机制造领域的光刻胶、催化各种有机合成的高分子催化剂以及用于修复人体组织的人工脏器等。

(二) 按能量输入输出形式分类

在特种高分子材料中,功能高分子材料按照能量的输入与输出形式不同,可以分为能量传输型功能高分子材料和能量转换型功能高分子材料。

1. 能量传输型高分子材料(一次功能材料)

当从材料输出的能量与向材料输入的能量具有相同形式时,材料仅起能量传送作用,这种高分子材料即能量传输型功能高分子材料,这种功能又称为一次功能。输入的能量形式包括如下几种。

(1) 机械能 材料对机械能的传输或抵抗表现为材料的强度、硬度和韧性等力学性能。这是高分子材料的基本特性,因此不归于特种高分子材料。而超高模量、超高强度、超高韧性的高分子材料具有高性能特征,可以在极端条件下使用,属于特种高分子材料,但不是功能高分子材料。

(2) 热能 材料对热的传输或抵抗性能表现为耐热性、隔热性、导热性及吸热性等。耐热性是高分子的基本特性,具有多孔结构的泡沫塑料则具有很好的隔热特性,这些材料都不属于特种高分子材料。而导热材料、吸热材料(相变材料)属于功能高分子材料。

(3) 声能 声能是一种特殊的机械能。材料对声波的传输或抵抗表现为隔音性、吸音

性、声波反射性等。经过发泡，高分子材料具有较好的隔音效果，而高分子弹性体的振动频率与声波较为接近，可以将其制成特殊的吸音材料。

(4) 电磁能 材料对电、磁或电磁波能量的传输特性表现为导电性（包括绝缘体到超导体的广泛范围）、导磁性（饱和磁化强度）、介电损耗、磁损耗等。绝缘是一般高分子的性能特点，电导率在半导体以上的高分子材料则属于电磁功能高分子材料。

(5) 光能 材料对光输出表现为透光性、阻光性、反射、折射性和分光性、偏光性、聚光性，以及经过二次谐振的倍频、非线性光学现象等。

(6) 化学能 材料对化学能的传输表现为对分子及其聚集体的传输与阻隔（分离功能）、化学基团的改变（化学反应功能）等，表现为分离吸附功能、氧化还原、离子交换、基团传递、催化作用、生化反应、酶反应等。

2. 能量转换型高分子材料（二次功能材料）

当向材料输入的能量和从材料输出的能量形式不同时，材料起能量转换作用，这种高分子材料即能量转换型高分子材料，这种功能又称为二次功能。它包括以下几种。

(1) 机械能的转换 如压电材料、形状记忆材料、化学机械材料、声光材料、摩擦发光材料、光弹性材料等。

(2) 电能的转换 如电磁材料、电阻损耗吸波材料、介电损耗材料、热电材料、电致发光材料、光电材料、电化学材料等。

(3) 磁能的转换 如热磁材料、磁冷冻材料、光磁材料、磁致伸缩材料等。

(4) 热能的转换 如热弹性材料、激光加热、热刺激发光、热化学反应等。

(5) 光能的转换 如光致诱蚀剂、光致抗蚀剂、化学发光材料、光导材料、光致变色材料、电致变色材料等。

(6) 化学能的转换 如化学发光材料、化学电池、化学热、光刻胶、光敏材料、光致变色材料、电致变色材料、pH 型人造肌筋、化学机械材料等。

(三) 按材料功能特性分类

日本著名功能高分子材料专家中村茂夫认为，功能高分子材料按照材料的功能特性可分为力学功能材料、物理化学功能材料、化学功能材料和生物化学功能材料四大类别。

1. 力学功能材料

力学功能材料包括强度功能材料（如超高强材料、高结晶材料等）、阻尼功能材料（如具备弹性功能的弹性球、弹性贴面等）、降阻功能材料（如高分子降阻剂等）。

2. 物理化学功能材料

物理化学功能材料包括耐热性高分子（如含氟高分子、元素有机及无机高分子等）、电磁功能材料（如导电高分子材料、压电和热电高分子材料、高分子驻极体、磁功能高分子材料等）、光学功能材料（如光学塑料、光学纤维、感光高分子、光导材料、光致变色材料、光电材料、光记录材料等）、声功能材料（如高分子吸音材料、声电功能高分子材料、高分子压电材料等）、其他传感材料（如温敏、湿敏高分子材料及生物、化学高分子传感器等）。

3. 化学功能材料

化学功能材料包括分离功能材料（如离子交换树脂、螯合树脂、高分子分离膜、高分子

絮凝剂、高吸水性树脂等)、反应功能材料(如高分子试剂、反应性高分子等)、催化功能材料(如高分子催化剂、高分子固定化酶等)。

4. 生物化学功能材料

生物化学功能材料包括人工脏器材料(如人工肾、人工心肺、骨科和齿科材料等)、医用高分子材料(如医用黏合剂、可吸收缝合材料等)、药物高分子材料(如药物载体、高分子药物等)、仿生高分子材料(如胰岛素、仿酶催化剂等)。

(四) 按应用特性分类

按照材料的应用特性可将特种高分子材料分为功能高分子材料、生物医用高分子材料和高性能高分子材料三大类型。

1. 功能高分子材料

按照材料的主要功能特性,功能高分子材料分为化学功能高分子材料、分离功能高分子材料、光功能高分子材料、电磁功能高分子材料、致动功能高分子材料五种。由于许多功能高分子材料同时兼有多重功能、多种特性和多种用途,特别是能量转换型功能高分子材料,因输入能量与输出能量不同,这些功能高分子材料究竟以输入能量还是以输出能量来归属,有不同的方法。例如离子交换树脂运用的是化学反应过程,而其目标是实现离子的分离,本书按后者归于分离功能高分子材料中;又如电致发光材料输入的是电能,输出的是光能,但应用的主要场合是柔性显示,更多的属于电能转化特性,且所用高分子与导电高分子更为相近,因此,本书将之归于电磁功能高分子材料中。

2. 生物医用高分子材料

近年来,生物医用材料尤其是生物医用高分子材料发展特别迅速,包含的内容非常丰富。主要有能替代人体器官功能的人工脏器、人工血管与人工血液,与人体组织相容性好的高分子整形与修复材料、在医疗过程中充任重要角色的各种高分子医疗用品,以及在药物制剂、药物控释等方面有广泛应用的药用高分子材料和具有药理功能的高分子药物等。组织工程学的出现,提出了复制“组织”“器官”的新思想,为组织和器官修复带来了革命,再生医学进入新时代,为众多的组织缺损、器官功能衰竭病人的治疗带来了曙光。组织工程学融合了工程学和生命科学的基本原理、基本理论、基本技术和基本方法,研究开发用于修复或改善人体病损组织或器官的结构、功能的生物活性替代物,在体外构建一个有生物活性的种植体,植入体内修复组织缺损,替代器官功能;或作为一种体外装置,暂时替代器官功能,达到提高生存质量,延长生命活动的目的。与此相应的组织工程支架材料包括骨、软骨、血管、神经、皮肤和人工器官(如肝、脾、肾、膀胱等)的组织支架材料也不断地被开发,所用材料主要涉及可降解高分子材料、陶瓷材料和生物衍生材料等,并出现了大量的研究成果。本书中没有单列组织工程材料,而以人工组织器官不同进行分类说明。

3. 高性能高分子材料

高性能高分子材料主要包括超高强度高分子材料、超高模量高分子材料、超耐磨与自润滑材料、耐高温高分子材料、耐低温高分子材料、耐烧蚀高分子材料、导热高分子材料以及超疏水高分子材料等。