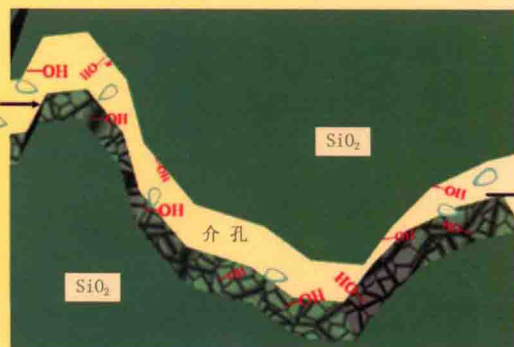
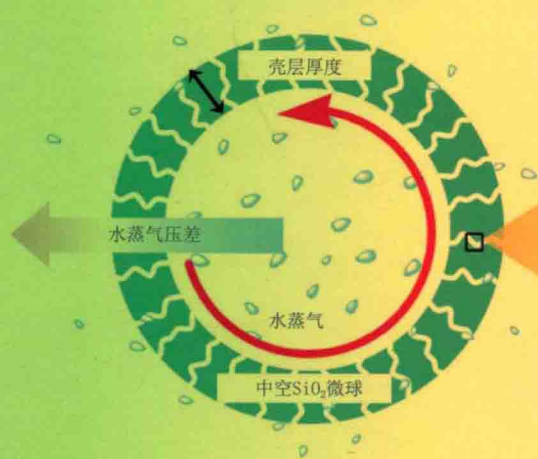


轻纺化学产品工程中的 纳米复合材料 ——合成与应用

Nanocomposites in Chemical Product Engineering of
Light and Textile Industries
—— Synthesis and Application

马建中 鲍 艳 高党鸽 等编著



化学工业出版社

轻纺化学产品工程中的 纳米复合材料 ——合成与应用

Nanocomposites in Chemical Product Engineering of
Light and Textile Industries
—— Synthesis and Application

马建中 鲍 艳 高党鸽 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要内容包括纳米粒子的合成原理与表征、高分子基纳米复合材料的合成原理及表征、纳米材料在制革湿加工中的应用、纳米材料在功能性纺织品中的应用、纳米材料在涂层类成膜物质中的应用、纳米材料在其他轻纺行业中的应用、纳米材料在废水处理中的应用等。

本书作者对近二十年的研究结果进行归纳、总结和提炼,并结合国内外纳米复合材料的研究进展编写,对于从事轻纺化学产品工程的研究人员具有较好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

轻纺化学产品工程中的纳米复合材料:合成与应用/马建中等编著. —北京:化学工业出版社, 2015. 2

ISBN 978-7-122-22745-4

I. ①轻… II. ①马… III. ①纳米材料-复合材料-应用-化学纤维纺织-合成-研究 IV. ①TS15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 007162 号

责任编辑:仇志刚

文字编辑:刘志茹

责任校对:边涛

装帧设计:刘丽华

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张26½ 彩插4 字数659千字 2015年3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:98.00 元

版权所有 违者必究

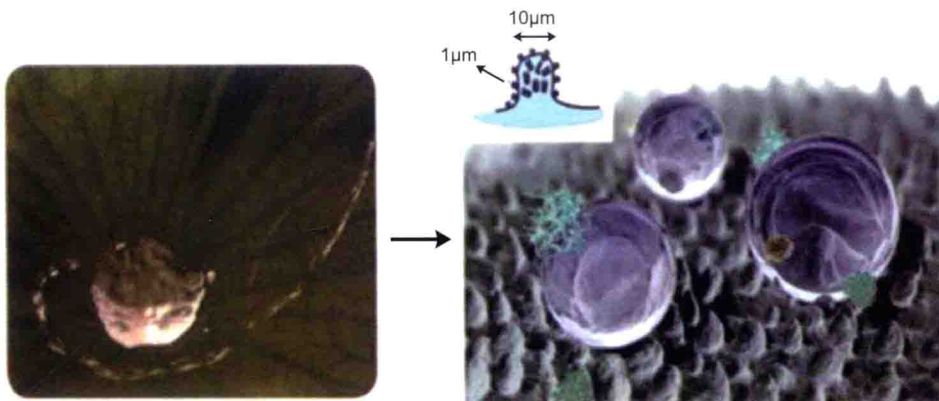


图1-3 荷叶表面及其微观结构

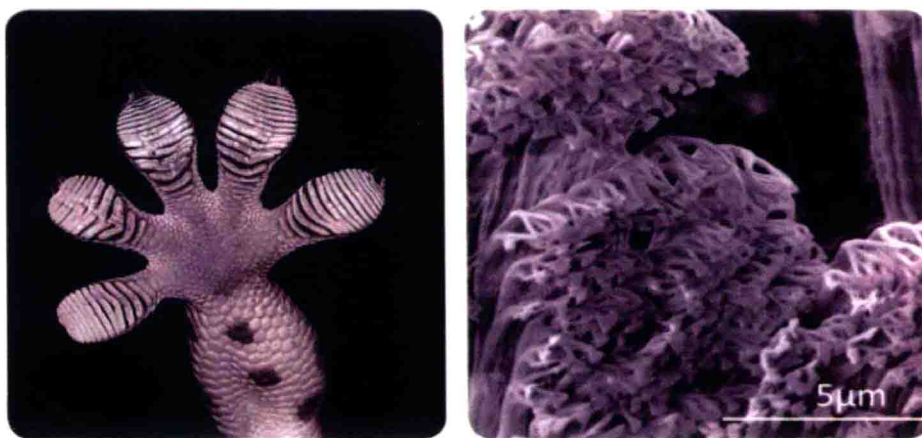


图1-4 壁虎的脚及其微观结构

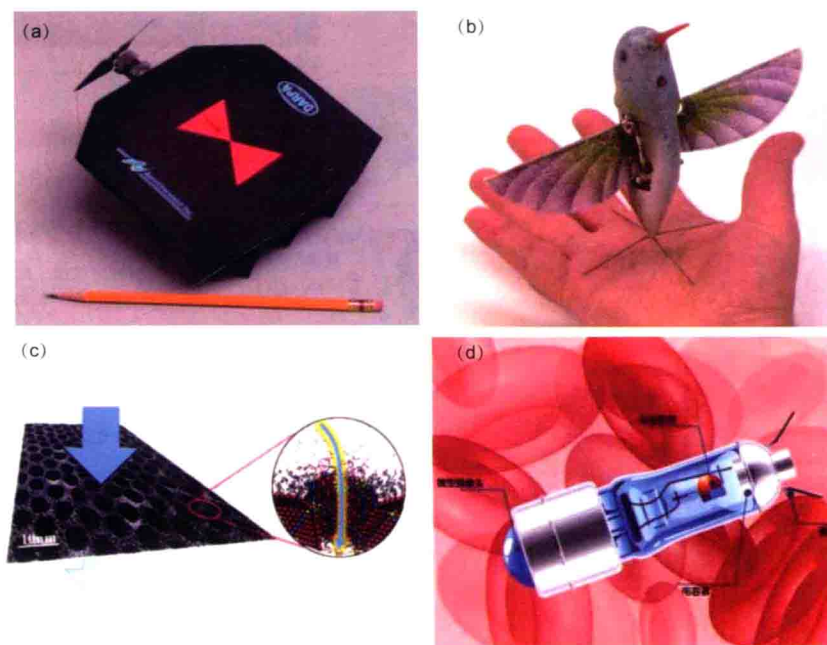


图1-6 纳米材料的几种应用举例

(a) 纳米微型飞机；(b) 纳米蜂鸟侦察机；(c) 世界上最薄的纳米滤膜；(d) 纳米机器人

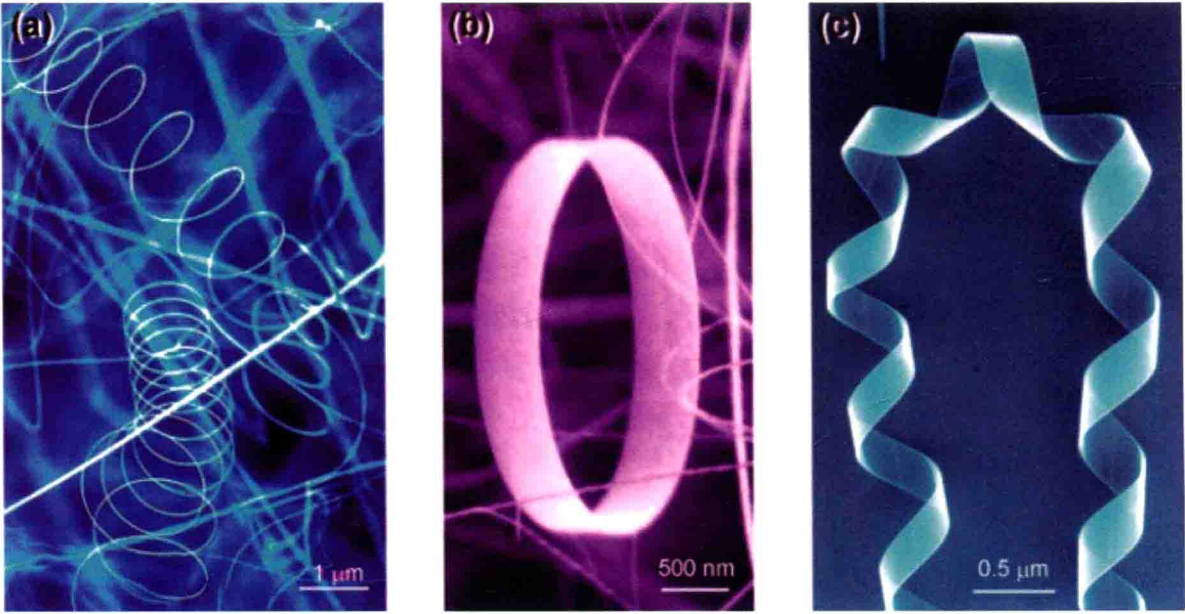


图2-1 采用蒸发冷凝法制备的ZnO纳米带(a)，ZnO纳米环(b)及刚性的ZnO纳米螺旋(c)的SEM图

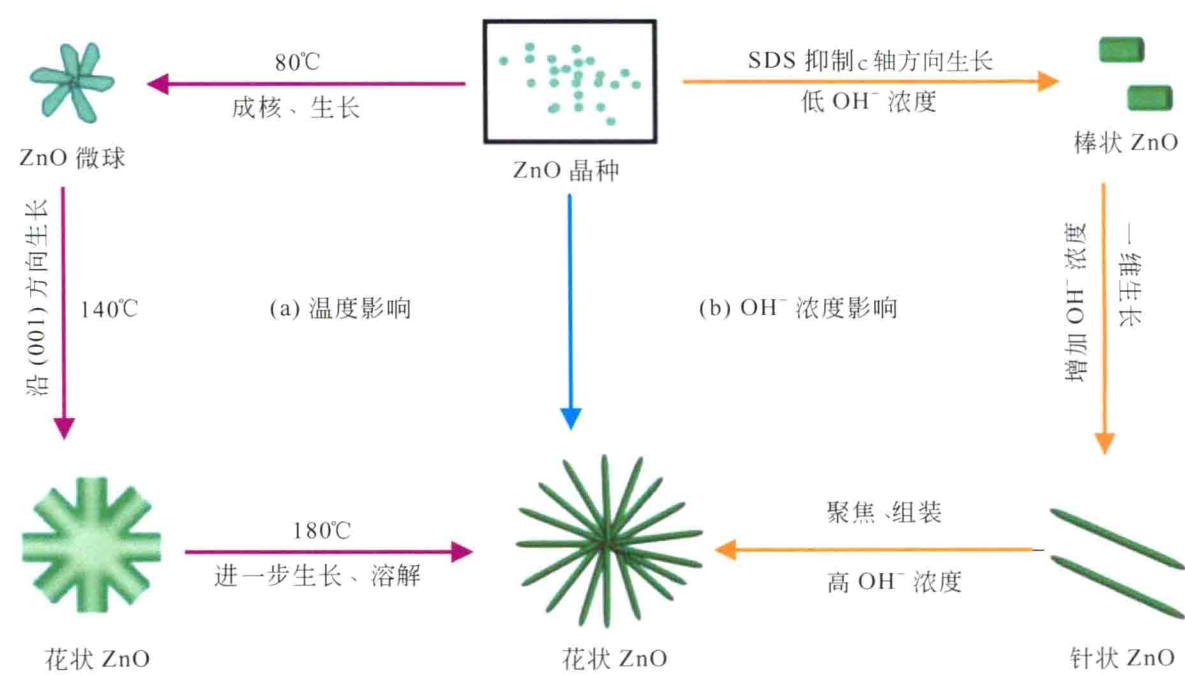


图2-15 不同形貌纳米ZnO的生长机理图

图4-69 聚合物基蒙脱土纳米复合材料与胶原作用机理模型

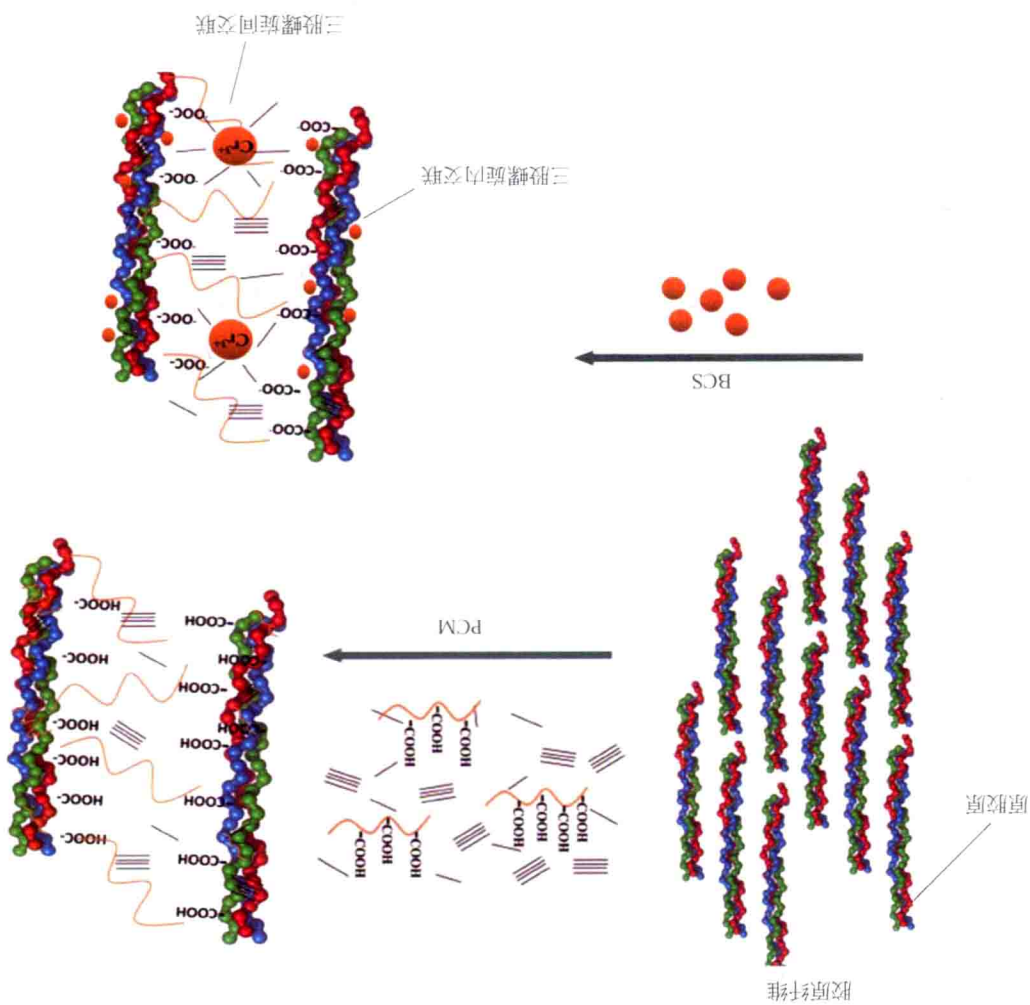
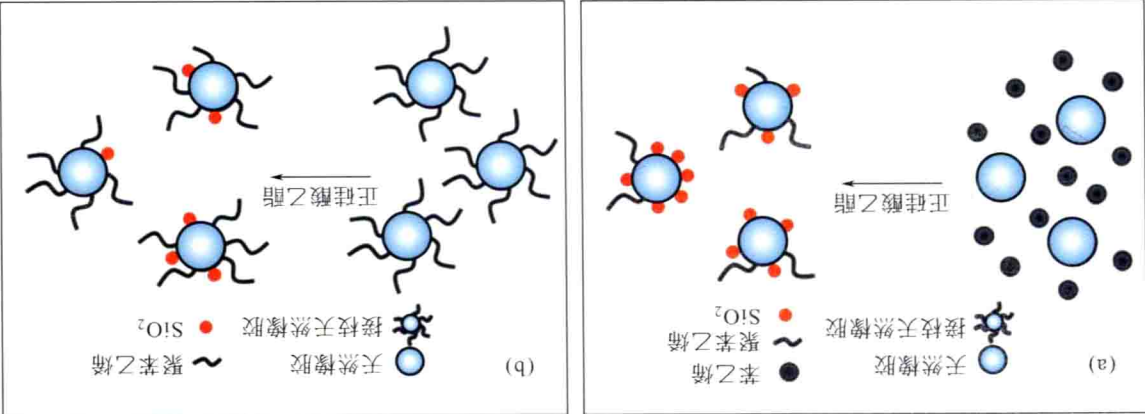


图3-1 溶胶-凝胶法制备二氧化硅改性苯乙烯接枝天然橡胶示意图



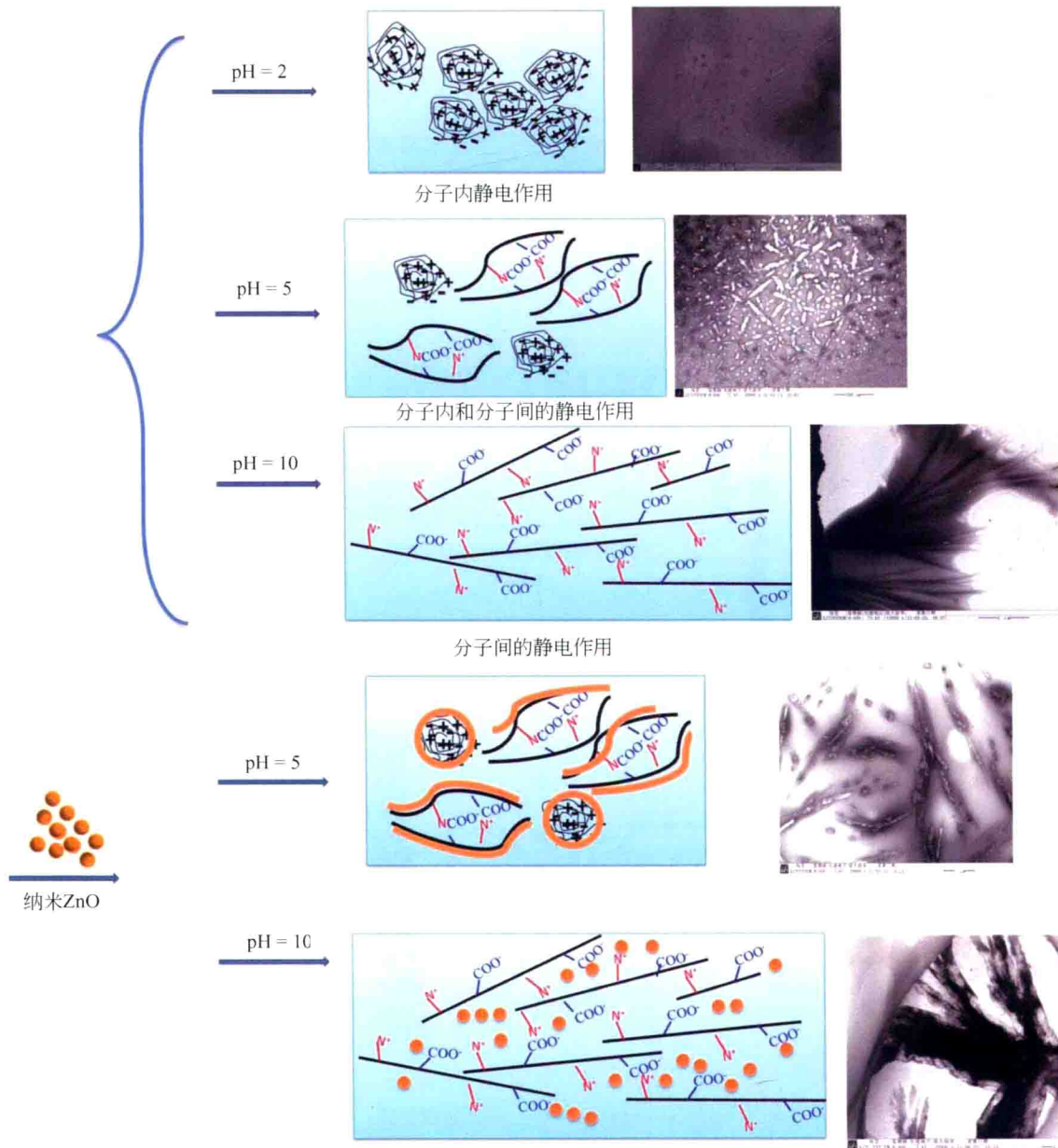
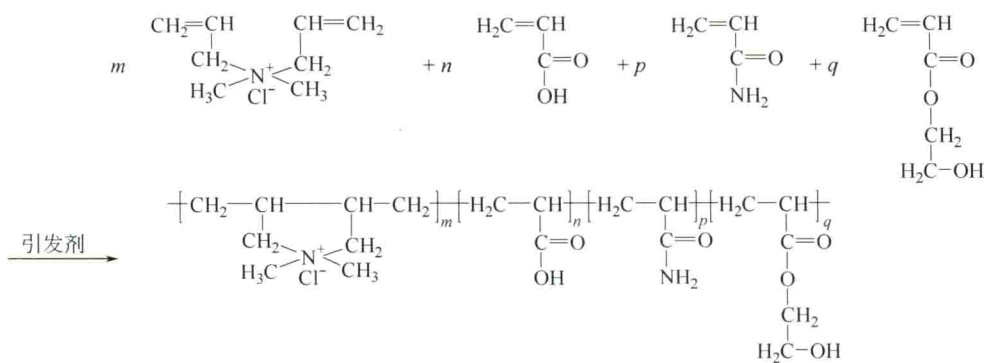


图4-82 PDM/ZnO-I合成示意图

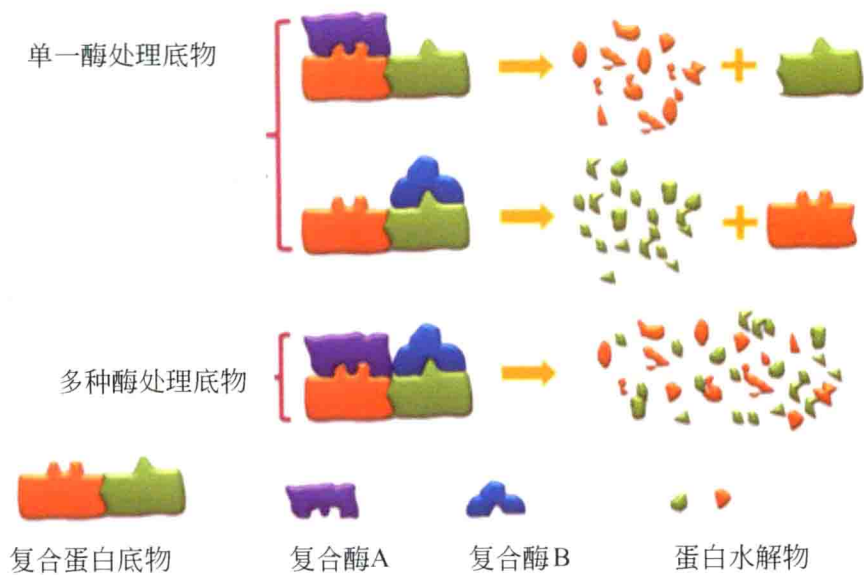


图4-105 多种酶水解复合底物协同作用示意图

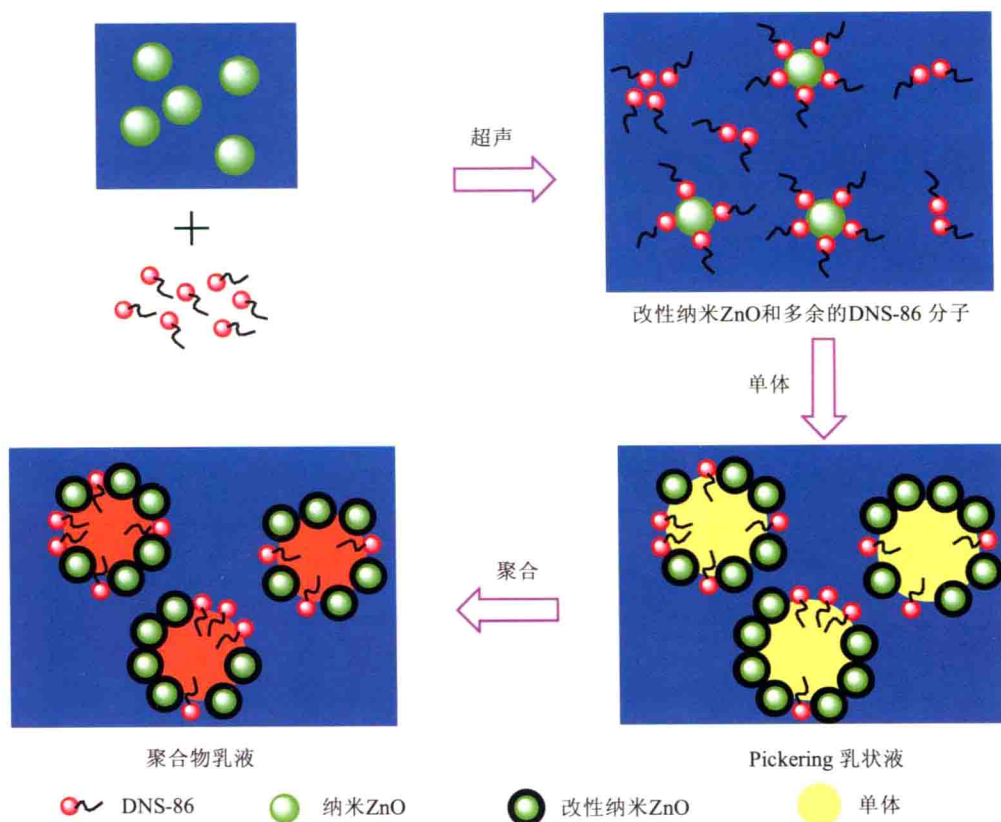


图5-4 采用纳米ZnO与反应型表面活性剂通过Pickering乳液聚合法制备复合乳液的示意图

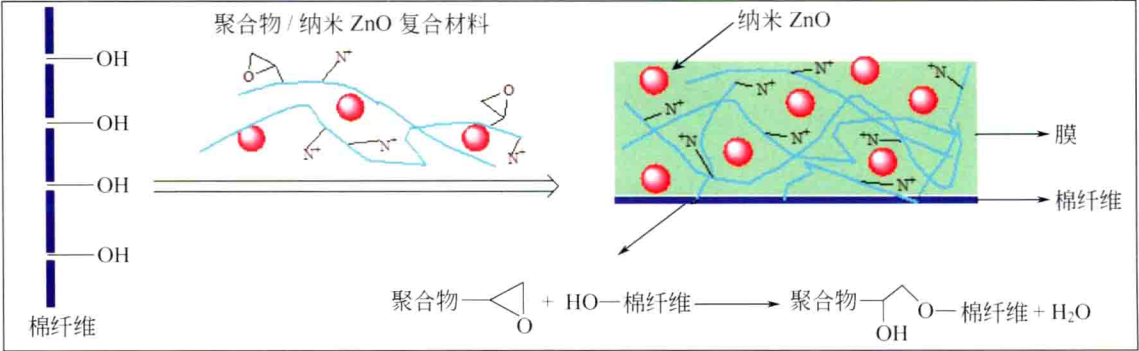


图5-20 PDMDAAC-AGE-MAA/纳米ZnO复合材料在棉纤维表面作用的示意图

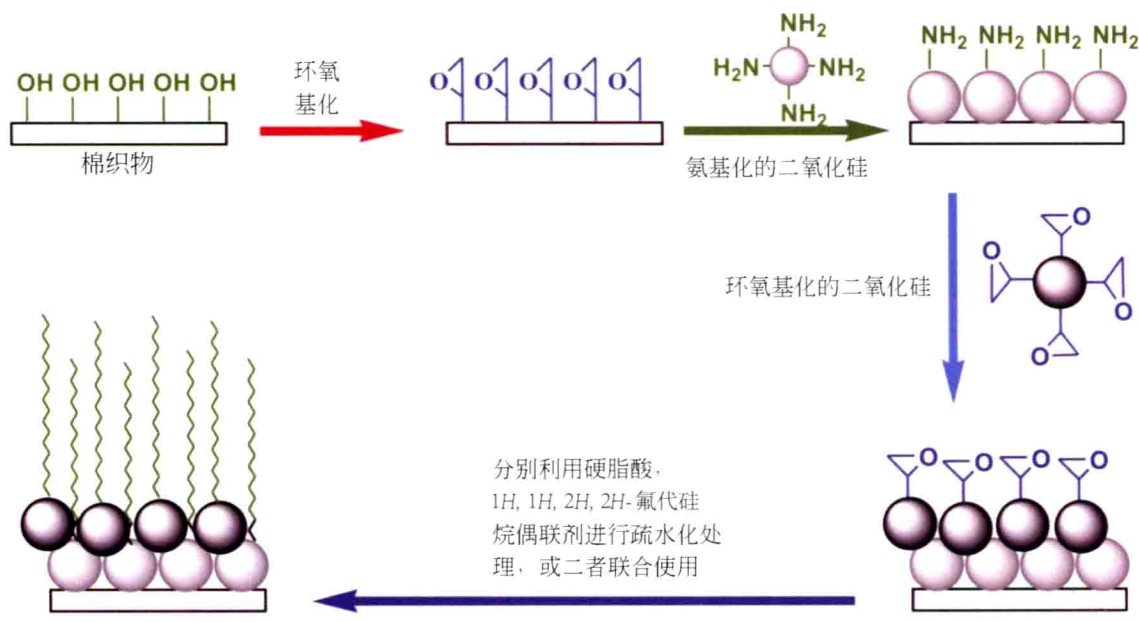


图5-52 共价键层层组装法制备纤维基超疏水表面流程示意图

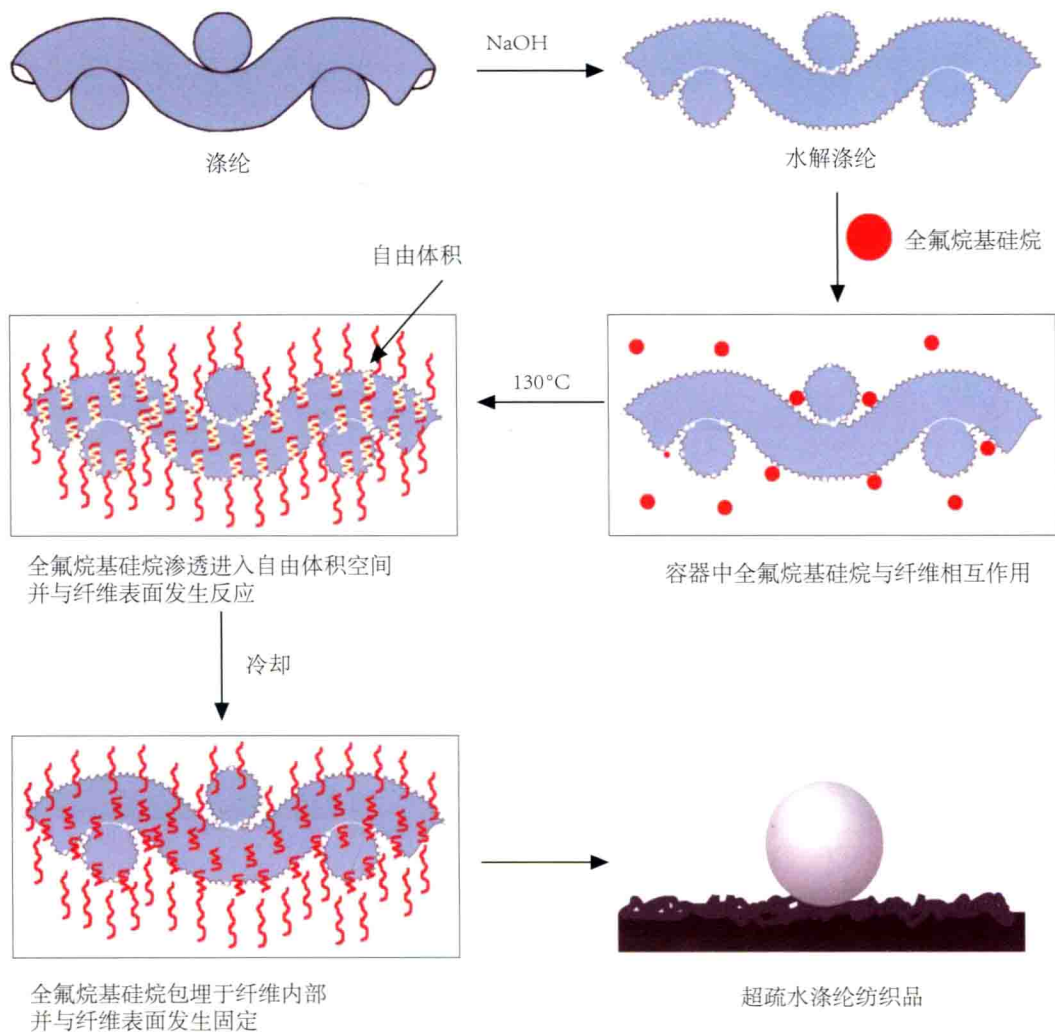


图5-63 耐用超疏水功能纺织品制备原理示意图

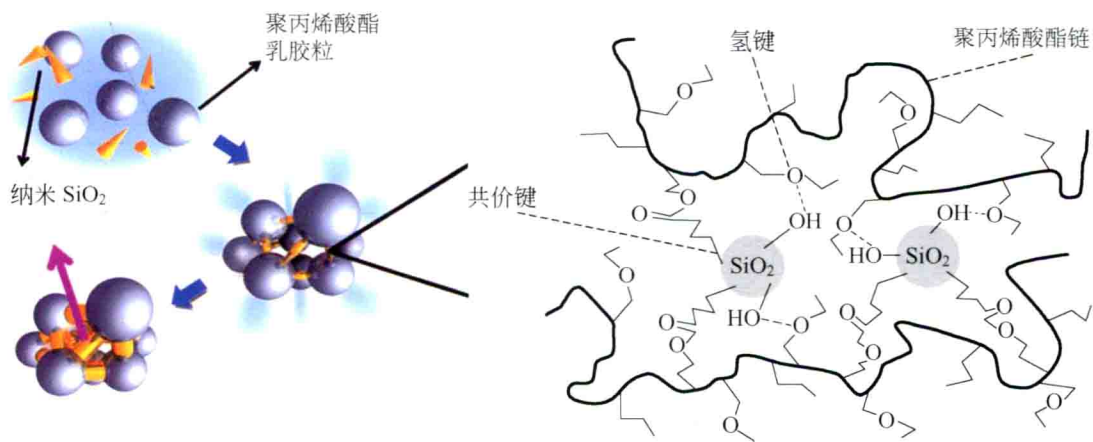


图6-20 聚丙烯酸酯/纳米SiO₂复合乳液的理想结构示意图

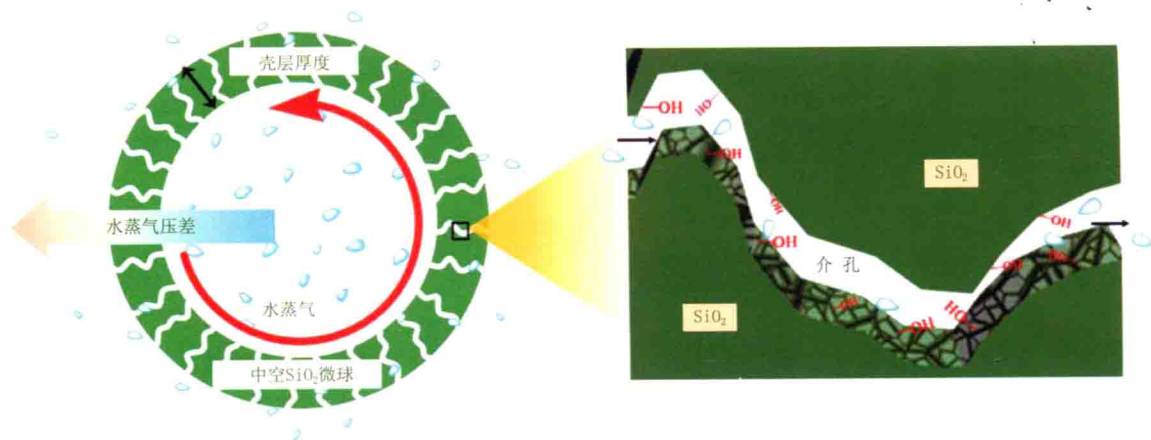


图6-37 中空SiO₂微球透水汽机理图



图7-6 四氧化三铁包覆的纤维素纤维的光学显微镜照片 (a)、扫描电镜照片 (b) 和铁元素分布图 (c)

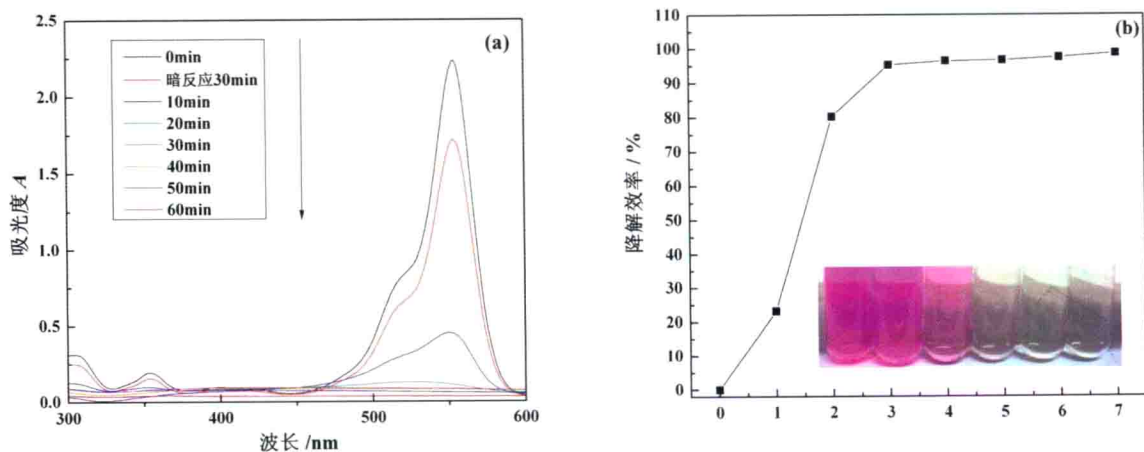


图8-11 花状ZnO/Ag复合粒子光催化降解罗丹明B溶液在不同时间的紫外吸光度 (a) 及降解速率 (b)

0—反应前, 1—暗反应30min, 2—10min, 3—20min, 4—30min, 5—40min, 6—50min, 7—60min

编写人员名单

马建中 鲍 艳 高党鸽 徐群娜

薛朝华 周建华 吕 斌 刘俊莉

序

纳米技术是 20 世纪 80 年代末诞生并正在日益崛起的新科技。其基本涵义是通过直接操作和安排原子、分子而创制新物质,在纳米尺度 ($10^{-9} \sim 10^{-7} \text{ m}$) 范围内认识和改造自然。与传统材料相比,纳米材料具有特殊的表面效应、小尺寸效应、量子尺寸效应和宏观量子隧道效应,因而拥有许多独特的性质。如今,作为一种新兴的交叉学科,纳米技术已风靡全球,成为全世界材料、物理、化学、生物等多学科最受关注的研究热点及前沿学科之一,并渗透到各行各业。

中国是世界轻纺大国。轻纺工业是我国国民经济传统的支柱产业和重要的民生产业。轻纺工业及轻纺产品的先进程度很大程度上依赖于轻纺化学品的发展水平。长期以来,我国轻纺工业使用的高档轻纺化学品很大程度上依赖于进口,这已成为制约我国轻纺工业发展及成为轻纺强国的瓶颈。

在这种形势下,突破传统思路,通过技术创新,利用先进的纳米技术和纳米材料改造传统轻纺工业,研制具有自主知识产权的高品质绿色轻纺化学品,将为推动行业的技术创新、提升行业的未来竞争力、促进行业的可持续发展起到举足轻重的作用。围绕此问题,行业内相关专家和学者开展了一些工作,并取得了阶段性成果。在皮革和纺织领域,近 20 年来,本书作者马建中教授带领的研究团队围绕纳米技术和纳米材料在高品质、功能型和环保型皮革化学品、纺织化学品等方面展开了系统而深入的研究工作,取得了丰硕的成果。例如,他们将纳米技术引入皮革涂饰材料制备高分子基纳米复合皮革涂饰剂,显著提高了涂层的强度、韧性,赋予产品一定的功能性,在很大程度上提高了产品的附加值。其所取得的研究成果获得了行业的高度认可,并得到了国际国内同行的肯定与好评。

由马建中教授等编写的《轻纺化学产品工程中的纳米复合材料——合成与应用》一书以轻纺化学产品工程中的纳米复合材料为主线,系统、科学地综合集成了国内外在该研究方向的最新研究成果,分别从纳米粒子的合成原理与表征、高分子基纳米复合材料的合成原理及表征、纳米材料在制革湿加工中的应用、纳米材料在功能性纺织品中的应用、纳米材料在涂层类成膜物质中的应用、纳米材料在其他轻纺行业中的应用、纳米材料在废水处理中的应用等视角,对轻纺化学产品工程中纳米复合材料的结构与性能关系以及如何构筑特定功能的产品结构或产品进行了全面解析,特别是将作者近 20 年围绕纳米复合皮革/纺织化学品的合成原理与应用技术的研究成果融入其中,一并呈现在读者眼前,内容丰富而翔实,充分体现了纳米材料在轻纺化学产品工程中的应用价值。相信本书的出版将有助于人们理解和掌握纳米复合轻纺化学产品的合成与应用技术,使读者从中获得启迪,同时也将为提升我国传统轻纺化学产品工程的技术水平产生重要的推动作用。

中国工程院院士 石碧

2015 年 1 月

前言

随着纳米技术的飞速发展，一场改变人类生活的纳米革命正悄然到来。作为纳米技术的核心，纳米材料与同质的块状材料相比，表现出特殊的光学、电学、热学、磁学、力学等性能，因而引起国内外科学工作者的特别关注，并已渗透到生物、医疗、能源、环境、宇航、交通、农业、轻纺、国防等各个领域。

轻纺工业是国民经济的重要组成部分，包括纺织、皮革、食品、造纸等行业。轻纺产品不仅是人民的基本生活资料，也广泛应用于国防、重工业、文教卫生等方面。“重工业强国、轻工业富民”已成为人们的共识。化学产品工程是指以产品需求为导向，开发满足最终使用性能的化学品，其核心研究内容是产品的结构与性能关系以及如何构筑特定功能的结构。化学品被誉为轻纺化学产品工程中的“烹调品”，决定着最终轻纺产品的性能和风格。纳米复合材料是纳米材料的一类重要组成，通常是以一种基体为连续相，纳米粒子为分散相，通过适当方法形成一相中含有纳米尺寸材料的复合体系。该类材料不仅具有纳米材料的小尺寸效应、表面界面效应、量子尺寸效应、宏观量子隧道效应等特性，还将基体的众多优异性能糅合在一起，从而产生了许多特异的性能。因此，其作为轻纺化学产品工程中的化学品使用具有广阔的发展前景和应用空间。

本书作者在国家高技术研究发展计划（863 计划）、国家重点基础研究发展计划（973 计划）前期研究专项、国家国际科技合作专项项目、国家自然科学基金等项目的资助下，从事轻纺化学产品工程中纳米复合材料的研究已有近二十年的历史，特别是对皮革和纺织工程中纳米复合材料的合成方法与途径、结构与性能、应用机理等进行了系统研究。相关研究成果获国家技术发明二等奖、国家科学技术进步二等奖、陕西省科学技术一等奖、中国轻工业联合会科学技术发明一等奖和科学技术进步一等奖等多项奖励，发表学术论文 400 余篇，其中被国际权威四大检索期刊收录 150 余篇，出版专著和教材 8 本，申请国家发明专利 120 余项，国际发明专利 2 项，已授权 80 余项。基于此，作者对近二十年的研究结果进行归纳、总结和提炼，并结合国内外纳米复合材料的研究进展编著了本书。本书主要内容包括纳米粒子的合成原理与表征、高分子基纳米复合材料的合成原理及表征、纳米材料在制革湿加工中的应用、纳米材料在功能性纺织品中的应用、纳米材料在涂层类成膜物质中的应用、纳米材料在其他轻纺行业中的应用、纳米材料在废水处理中的应用等，旨在为从事轻纺化学产品工程的研究人员提供思路和借鉴，起到抛砖引玉的作用。

全书的策划、结构编排、目标确定及主要负责人为马建中教授。马建中教授、鲍艳教授、高党鸽副教授、徐群娜博士、薛朝华教授、周建华教授、吕斌博士和刘俊莉博士负责相关章节的编著。全书的统稿与审校工作由马建中教授负责，鲍艳教授、高党鸽副教授和徐群娜博士协助完成。张文博博士生、高建静博士生及张帆博士生负责校对。四川大学石碧院士在百忙之中对本书进行了审阅并撰写序言，华南理工大学陈克复院士对本书进行了审阅及指导。与此同时，本书的相关研究得到了国家及省部级多项研究项目的资助（详见后记），本书的出版得到了国家国际科技合作专项项目（2011DFA43490）及陕西省重点科技创新团队项目（2013KCT-08）的资金支持和化学工业出版社的支持，在此一并表示衷心的感谢。

应该指出，由于纳米材料所涉及的学科与知识面非常广，纳米材料的合成与表征技术也在不断发展，作为专业性较强的研究性著作，由于条件所限，一些参考文献未能列入，加之作者水平有限，全书在结构及内容上都融入了作者的理解及观点，疏漏之处在所难免，敬请读者不吝指正。

马建中于陕西科技大学

2015 年 1 月

第 1 章	1
绪论	
1.1 纳米与纳米技术	2
1.1.1 纳米	2
1.1.2 纳米技术及其发展历程	2
1.1.3 纳米技术概念的提出	3
1.2 纳米材料的定义与分类	4
1.2.1 纳米材料的定义	5
1.2.2 纳米材料的分类	5
1.3 纳米材料的性能	6
1.3.1 纳米材料的基本特性	6
1.3.2 纳米材料的物理化学性能	7
1.4 纳米材料的应用	8
1.4.1 纳米材料在催化领域的应用	8
1.4.2 纳米材料在生物医药领域的应用	8
1.4.3 纳米材料在能源领域的应用	9
1.4.4 纳米材料在环保领域的应用	9
1.4.5 纳米材料在轻纺领域的应用	10
1.5 本书的主要内容	10
参考文献	12
第 2 章	15
纳米粒子的合成原理与表征	
2.1 纳米粒子的制备方法	15
2.1.1 蒸发冷凝法	15
2.1.2 球磨法	16
2.1.3 化学气相法	17
2.1.4 化学沉淀法	19
2.1.5 溶胶-凝胶法	19
2.1.6 水热合成法	22
2.1.7 燃烧合成法	31
2.1.8 模板法	32

2.1.9 微乳液法 37

2.2 纳米粒子的改性 38

2.2.1 纳米粒子的表面包覆改性 40

2.2.2 纳米粒子的表面偶联改性 42

2.2.3 纳米粒子的表面接枝改性 43

2.3 纳米粒子的分散 45

2.3.1 纳米粒子的分散机理 46

2.3.2 纳米粒子的物理分散处理 47

2.3.3 纳米粒子的化学分散处理 48

2.4 纳米粒子的表征 49

2.4.1 纳米粒子的粒径及分布 49

2.4.2 纳米粒子的结构表征 49

2.4.3 纳米粒子的化学组成和晶态分析 51

2.4.4 纳米粒子的表面分析 54

参考文献 56

第 3 章

高分子基纳米复合材料的合成原理及表征

59

3.1 高分子基纳米复合材料的分类 59

3.1.1 按照纳米粒子分类 59

3.1.2 按照复合方式分类 59

3.2 高分子基纳米复合材料的制备方法 60

3.2.1 溶胶-凝胶法 60

3.2.2 插层复合法 61

3.2.3 原位聚合法 62

3.2.4 共混法 63

3.2.5 模板法 63

3.2.6 自组装技术 64

3.2.7 γ 射线辐射法 65

3.2.8 电化学合成法 65

3.3 高分子基纳米复合材料的性能 66

3.3.1 力学性能 66

3.3.2 光学性能 67

3.3.3 电学性能 67

3.3.4 催化性 68

3.3.5 阻隔性能 68

3.3.6 阻燃性能 69

3.3.7 抗菌性 70

3.3.8 生物特性 70