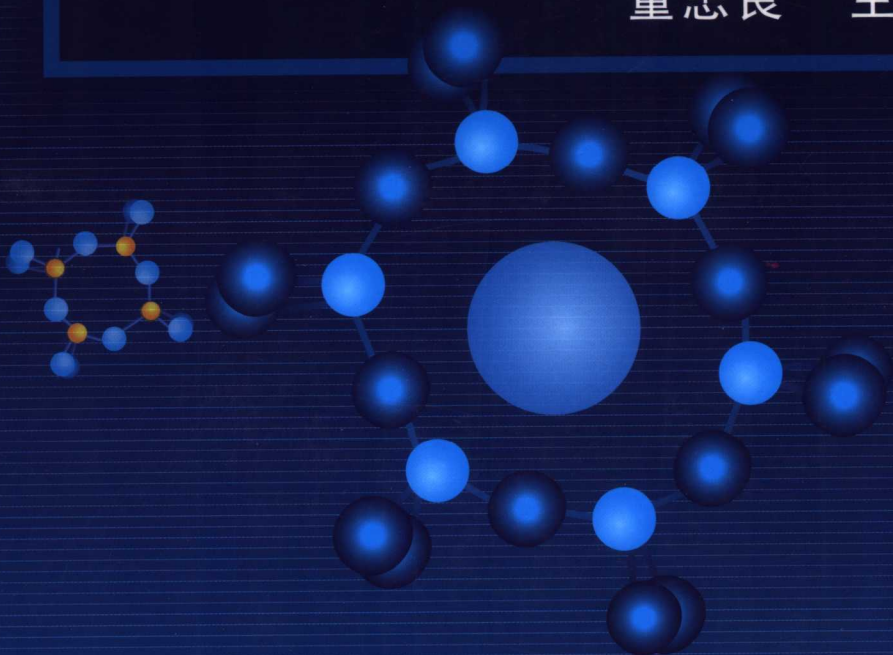


纳米 化工产品 生产技术

童忠良 主编



化学工业出版社

纳米 化工产品 生产技术

童忠良 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统地阐明了纳米技术和纳米材料的基本概念和理论基础、纳米化工粉体的材料测试技术、纳米化工开发与中试产品设计、纳米粒子的制备方法、纳米化工结构组装与合成方法、纳米化工粉体的表面处理技术。并详细介绍了每个典型纳米化工产品的生产及应用前景,包括纳米无机膜、纳米电池材料、纳米多孔材料、纳米 TiO_2 产品、纳米 SiO_2 产品、纳米 CaCO_3 产品、纳米陶瓷和功能陶瓷产品、纳米氧化铁颜料、纳米抗菌产品、纳米塑料产品。

本书可供涉及材料及化工产品创新的各相关行业的研究人员、技术人员、生产人员、管理人员阅读,也可供大专院校材料专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

纳米化工产品生产技术/童忠良主编. —北京:化学工业出版社, 2006.5

ISBN 7-5025-8680-6

I. 纳… II. 童… III. 纳米材料-精细化工-化工产品-生产工艺 IV. TQ072

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 048847 号

纳米化工产品生产技术

童忠良 主编

责任编辑:奚志刚

文字编辑:林媛

责任校对:周梦华

封面设计:张辉

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 27½ 字数 675 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月北京第 1 次印刷

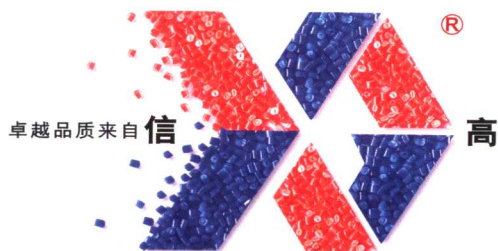
ISBN 7-5025-8680-6

定价:49.00 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

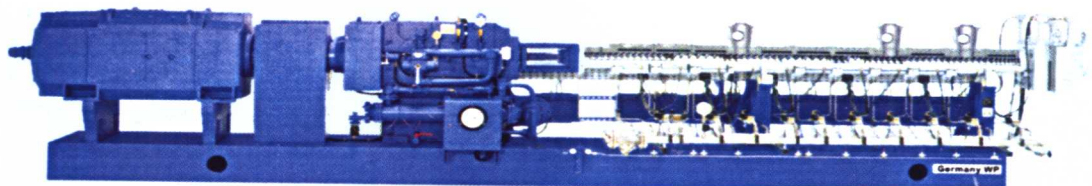
京化广临字 2006-40 号



宁波信高塑化有限公司创建于1994年，已通过ISO9001:2000及ISO/TS16949:2002质量体系认证。

公司主要从事工程塑料的改性生产，现拥有9条工程塑料生产线（德国WP双螺杆挤出机），材料检测设备齐全，通过与国内高等院校的技术合作，已开发出生产汽车专用改性尼龙、电动工具专用增强尼龙、增强增韧PP（代替ABS、增强尼龙）及环保型阻燃ABS、PP等产品，性能可与国外同类材料相媲美；纳米塑料技术属国内领先，并广泛应用于小家电领域。由于高新技术的支撑，五大类材料已通过了美国UL安全认证，现改性工程塑料年生产能力12000吨以上。公司下属家电分公司和注塑分公司。家电分公司生产汽车电子冰箱、应急电源、逆变器和制冰机等汽车周边电器，产品通过了UL、CE、GS、E-MARK等认证；注塑分公司主要生产空调器外壳、液晶显示器塑件、建筑工程用土工格栅等。

先进的制造设备——德国WP双螺杆挤出机



最新产品

1. 环保型阻燃ABS 阻燃性能达到UL94V-0级，燃烧时不产生二噁英等致癌有毒物质。该产品已通过SGS、UL94-V0标准检测，符合出口环保要求，适应于各类电器外壳、电子产品等。
2. 环保型阻燃PP 阻燃性能达到UL94V-0级，燃烧时不产生二噁英等致癌有毒物质。该产品已通过SGS、UL94-V0标准检测，符合出口环保要求，适应于电路接线板、插头、电器外壳等。
3. 无卤阻燃PP 为含磷氮系阻燃剂，不含卤素阻燃剂，该产品已通过SGS、UL94-V0标准检测，符合欧美等出口环保要求（ROHS指令），适应于线圈骨架、电器外壳等。
4. 增强增韧PP 高模量，高韧性，可以代替增强尼龙、ABS，降低产品成本，并可根据不同产品要求试制特定配方，适应于电动工具、汽车风扇等。



宁波信高塑化有限公司

NINGBO XINGAO PLASTICAL AND CHEMICAL CO., LTD.

联系方式:

地址:浙江省余姚市三四门镇开发区协力路5号

电话:0574-62151240 62159719

传真:0574-62151194

E-mail: xingao@mail.nbptt.zj.cn

http://www.xingao.com

立信融商 登高见远



天津市晨光化工有限公司

CHEN GUANG CHEMICAL INDUSTRY CO., LTD.



董事长兼总经理：王辰

天津市晨光化工有限公司地处京、津、塘三角地带绚丽的文化名城宝坻县，距天津新港、天津机场约50公里，距京沈、京塘高速公路仅20多公里。附近的津蓟高速可直达风景秀丽的盘山（乾隆皇帝御题京东第一山）和国内最大皇家寝陵——清东陵，交通十分方便。

晨光化工有限公司始建于1983年，前为晨光化工厂，1998年改制至今。主要研制、开发和生产精细化工系列高新技术产品。其中有为石化工业和石油工业配套的抗氧剂系列产品，BC-1010、BC-1076、BC-168、BC-B215、BC-B225、BC-3.5；有柴油低温流动改进剂（降凝剂）；有节能环保型新产品汽油清净剂BCG-1和柴清净剂BCD-1；有绿色化工产品碳酸二甲酯等。这些产品都通过省部级鉴定，产品质量达到国际先进和国内领先水平，被中国化工学会精细化工专业委员会评为“质量过硬、优秀重点推荐产品”。

公司具有较强的科研技术力量，技术人员占全厂职工的35%以上。公司还与原化工部规划院、科学技术总院、石化科学院、天津大学、南开大学等科研单位有着多年的密切业务关系，为开发高新技术产品打下了良好的基础。

公司在发展中取得了显著的社会效益和经济效益，被天津市政府授予新产品开发先进企业称号，天津市科委授予星火示范企业称号。抗氧剂BC-1010曾获天津市优秀新产品一等奖。

目前公司被中国石化集团公司和中国石油天然气集团公司列为化学专用品协作成员，产品销往齐鲁石化公司、燕山石化公司、大连石化公司、中原乙烯有限公司、茂名石油工程公司以及天津石化乙烯厂等国内大型石化企业，并出口欧美及东南亚等国家和地区。



抗氧剂 BC-1010

天津市晨光化工有限公司

董事长兼总经理王辰率全体职工：

发扬团结、务实、严谨、高效的企业精神，走以科技求发展、以质量求效益的道路，为顾客提供一流的产品、优质的服务。

地址：天津市宝坻区大口屯镇 邮编：301801

经营经理：王永春

电话：022-29689637

传真：022-29689277，29685043

<http://www.chenguangchem.com>

Email: chenguangchem@sohu.net

前 言

精细化工是国民经济的重要领域之一。作为精细化工的重要组成部分，纳米化工产品近年来在现代科技领域得到越来越广泛应用的重要材料和化学品。纳米技术作为一种最具有市场应用潜力的新兴科学技术，其重要性毋庸置疑。纳米技术正成为各国科技界所关注的焦点，当之无愧地与当代科技的三大支柱（基础科学、生物医学、信息技术）相提并论。

本书较全面而系统地阐明了纳米化工的基本概念和理论基础，介绍了每个典型纳米化工产品生产技术与工艺过程的特点和基本内容，并提出了各个纳米化工产品与工艺的最新技术进展。详细介绍了纳米化工开发与中试产品设计及典型纳米化工产品的制备实例，同时反映了纳米材料在当今高科技中的应用。有关研究预测，今后10年内，纳米技术的开发和纳米材料制造将成为重要的材料制造业。因此，该书内容具有新颖性，内容广泛，实用性强，不仅可用作大学化学工程与工艺专业的教学参考书，而且对于大学高年级学生进行毕业论文设计、研究生进行论文研究、技术人员从事产品技术开发与研究以及化工管理部门更好从事管理工作也无疑是一本有实用价值的参考书。

在本书编写过程中，得到了王大全教授、刘国杰教授、欧玉春研究员、陈作璋高级工程师、徐崇嗣教授、葛忠华教授以及许多精细化工界前辈和同仁的支持与帮助。

本书由童忠良教授主编，陈德全高级工程师、李斐隆研究员（中国台湾）担任副主编。第1、第3、第4、第5、第7、第10、第11、第12、第16章由童忠良教授编写；第2、第8章由陈德全高级工程师编写；第6、第15章由李斐隆研究员编写；第9、第13、第14章由崔春芳研究员、韩文彬工程师、童忠良教授编写。全书由童忠良教授统稿，并由王大全教授、欧玉春研究员最后审定。

本书编写过程中也得到了中国科学院研究生院、北京昊华世纪化工应用技术研究院、天津晨光化工有限公司、宁波信高塑化有限公司的大力支持，特别感谢浙江工业大学似承家教授、项哲学教授、成立之教授、林宝琨教授、丁秀珠教授、吕仙贵教授、马淳安教授以及浙江财经学院副院长滕凯教授等专家给予的帮助。沈光新、王月春、耿鑫、高洋等同志为本书的资料收集、插图制作及计算机输入和编排付出了辛勤的劳动，在此一并致谢。

本书的编写参考了有关国内外专著、期刊和会议论文集，均统列在书末，在此对各参考文献的作者也表示深深的谢意。

本书由于编写时间仓促，再加之编者水平有限，不妥之处难免，恳请读者指正。

童忠良

2006年2月

目 录

第1章 纳米技术与纳米材料概述	1
1.1 纳米概述	1
1.2 纳米材料技术的发展史	3
1.3 纳米材料的分类	8
1.3.1 纳米粒子的分类	8
1.3.2 纳米复合材料的分类	11
1.4 纳米材料研究方法	12
1.5 纳米材料技术的原理	14
1.5.1 纳米材料(粒子)的结构	14
1.5.2 纳米材料特性	18
第2章 纳米化工粉体的材料测试技术	25
2.1 概述	25
2.1.1 纳米测试技术的起源和分类	26
2.1.2 纳米化工粉体材料粒度划分、测量方法与基本原理	26
2.2 纳米化工粉体材料性能的表征	30
2.2.1 纳微粉体的性能、粒径及粒径分布	30
2.2.2 粒径测定评估方法	34
2.2.3 纳米化工粒子粉料性能的表征	37
2.2.4 粒度分析在纳米材料中的应用	40
2.3 纳米材料蒸镀技术	41
2.3.1 热灯丝化学气相沉积仪	41
2.3.2 微波化学气相沉积仪	42
2.3.3 热蒸镀仪	42
2.3.4 分子束磊晶仪	42
2.3.5 脉冲式激光蒸镀仪	42
2.3.6 溅镀仪	43
2.4 谱分析法	43
2.5 热分析	44
2.6 晶态的表征	44
2.7 纳米测试技术的发展	44
第3章 纳米化工开发与中试产品设计	45
3.1 概论	45
3.1.1 纳米化工开发内容及意义	45
3.1.2 纳米化工开发的一般程序	46
3.1.3 纳米化工开发与实验技术	47

3.2 纳米化工实验产品工艺设计	48
3.2.1 工艺路线的选择	48
3.2.2 纳米化工实验设计	50
3.3 纳米化工中试工艺条件设计	52
3.3.1 纳米 TiO_2 中试产品设计	52
3.3.2 物料衡算和能量衡算	53
3.4 主要设备的设计与选择	56
3.4.1 中和釜	56
3.4.2 水解釜	56
3.4.3 酸溶釜	56
3.5 纳米化工中试基地的建设	57
3.5.1 工艺流程的确定	57
3.5.2 厂房及设备	58
3.5.3 电气仪表及分析测试要求	59
3.5.4 公用工程的建设	60
3.5.5 中试基地的利用和管理	60
3.5.6 中试基地的产业链(计划)管理	60
第4章 纳米粒子的制备方法	65
4.1 纳米粒子制备方法评述	65
4.2 制备纳米粒子的物理方法	66
4.2.1 蒸发-冷凝法	66
4.2.2 离子溅射法	67
4.2.3 机械合金化方法	67
4.2.4 放电爆炸法	68
4.2.5 超临界流体技术	68
4.3 制备纳米粒子的化学方法	68
4.3.1 沉淀法	68
4.3.2 溶胶-凝胶法	69
4.3.3 溶液热反应法	70
4.3.4 溶液蒸发法	70
4.4 氧化还原法(常压)	72
4.4.1 水溶液法	72
4.4.2 有机溶液法	73
4.4.3 乳液法	74
4.4.4 辐射化学合成法	77
4.4.5 超声化学方法	79
4.4.6 化学气相反应法	79
4.5 等离子体加强气相化学反应法	80
4.6 纳米复合粒子的包覆制备方法	82
第5章 纳米化工结构组装与合成方法	85
5.1 纳米组装概述	85

5.1.1	原子组装	85
5.1.2	分子组装	86
5.2	纳米化工结构材料组装	86
5.2.1	纳米化工结构自组装和分子自组装体系	87
5.2.2	纳米化工结构材料类型	87
5.3	纳米化工结构材料合成方法	89
5.3.1	纳米化工结构材料合成	89
5.3.2	纳米化工结构分子自组装合成	91
5.3.3	厚膜模板法合成纳米阵列	99
5.3.4	介孔固体和介孔复合体的合成和应用	99
5.4	有机-无机纳米复合材料的制备	103
5.4.1	溶胶-凝胶法	103
5.4.2	插层复合法	104
5.4.3	共混法	104
5.4.4	无机-有机自组装	105
5.5	聚合物/聚合物纳米复合材料的制备	105
5.5.1	聚合物/聚合物分子复合材料的制备	105
5.5.2	聚合物/溶致性液晶聚合物原位复合材料的制备	106
5.5.3	纳米级聚合物微纤/聚合物复合材料的制备	107
第6章	纳米化工粉体的表面处理技术	109
6.1	概述	109
6.2	粉体表面处理的目的	110
6.3	粉体表面改性的分类方法	110
6.4	表面包覆处理改性	111
6.4.1	基本概念	111
6.4.2	溶胶-凝胶法反应进行表面包覆	111
6.4.3	异质絮凝法表面包覆	112
6.4.4	聚合物包裹法表面包覆	115
6.4.5	用表面活性剂覆盖改性	115
6.4.6	表面包覆改性方法的应用	117
6.5	机械-化学反应表面改性	118
6.5.1	机械-化学反应表面改性基本原理	119
6.5.2	机械-化学反应表面改性方法的应用	119
6.6	胶囊化改性	121
6.7	等离子体处理	122
6.7.1	基本概念	122
6.7.2	高能表面改性方法的应用	122
6.8	表面化学改性	124
6.8.1	基本概念	124
6.8.2	表面化学反应改性方法的应用	124
第7章	纳米无机膜的制备方法及应用	131

7.1 纳米无机膜概况	131
7.1.1 无机膜发展概况	131
7.1.2 无机膜及其特点	132
7.1.3 纳米无机膜的分类和结构	134
7.2 纳米无机膜分离技术	135
7.2.1 膜分离技术与分离膜	135
7.2.2 用小孔进行物质分离的膜技术	136
7.3 纳米无机膜的制备方法	137
7.3.1 烧结法	138
7.3.2 阳极氧化法	138
7.3.3 水热晶化法	138
7.3.4 化学提取法(刻蚀法)	138
7.3.5 化学气相沉积(CVD)法	139
7.3.6 喷雾热分解(SP)法	139
7.3.7 溶胶-凝胶法	139
7.4 纳米无机膜涂层技术	141
7.4.1 纳米无机膜涂层和功能基的组合	141
7.4.2 分子自组装的合成方法	143
7.4.3 薄膜和涂层的合成	144
7.4.4 功能基的组合	146
7.5 纳米无机膜技术应用实例	146
7.5.1 涂层及纳米级的表面设计	146
7.5.2 陶瓷膜在酸性废水处理中用于钛白粉产品的回收	146
7.5.3 无机陶瓷膜技术在超细粉体中的应用	149
7.5.4 无机陶瓷膜技术在纳米氧化钛的工艺应用	152
7.6 纳米无机膜的应用领域	153
7.6.1 液相分离与净化	153
7.6.2 气体分离与净化	154
7.6.3 膜反应器	154
7.7 膜技术在环境保护中的应用	155
7.7.1 应用概况	155
7.7.2 膜和膜组件	157
7.7.3 废水处理中的膜生物反应器(MBR)	160
第8章 纳米电池材料	163
8.1 太阳能电池	163
8.1.1 染料敏化纳米晶太阳能电池的工作原理	165
8.1.2 纳米TiO ₂ 薄膜太阳能电池的结构	168
8.1.3 纳米TiO ₂ 薄膜太阳能电池的研究进展	170
8.1.4 纳米TiO ₂ 薄膜及晶电极制备方法	173
8.2 绿色二次电池	174
8.2.1 镍氢电池研究进展	174

8.2.2	锂离子电池研究进展	175
8.2.3	纳米氢氧化镍在电池中的应用	177
8.2.4	锂离子电池中纳米碳管的应用	177
8.3	燃料电池	180
8.3.1	国内外发展状况分析	180
8.3.2	小型反应器的燃料电池	182
8.3.3	借助纳米技术实现燃料电池超小型化	184
8.3.4	使用碳纳米管的大容量携带式小型燃料电池	186
8.3.5	高温陶瓷膜燃料电池	187
第9章	纳米多孔材料	189
9.1	天然纳米孔材料——纳米分子筛	189
9.1.1	分子筛的组成	189
9.1.2	分子筛的结构	190
9.1.3	分子筛的择形性	191
9.1.4	分子筛的改性与催化特点	192
9.2	分子筛水热合成的原理、制备方法及应用	193
9.2.1	分子筛的机制和机理	193
9.2.2	水热合成法制备工艺	194
9.2.3	分子筛研究与实例	195
9.2.4	分子筛市场与应用	198
9.3	纳米孔材料的制备技术——纳米氧化钛	199
9.3.1	多孔氧化钛简介	199
9.3.2	多孔氧化钛的制备	199
9.3.3	多孔氧化钛的结构表征	200
9.4	纳米孔材料深加工技术——纳米坡缕石	201
9.4.1	一维天然纳米材料提纯制备技术	201
9.4.2	胶体级产品制备技术	202
9.4.3	吸附级产品制备技术	203
9.4.4	坡缕石研究开发应用现状及新产品开发应用前景	203
9.5	纳米多孔材料——纳米硅材料	205
9.5.1	多孔硅基光电子和光子器件	205
9.5.2	多孔硅光发射二极管	206
9.5.3	多孔硅基光电子集成的器件原型	207
9.5.4	多孔硅研究的展望	207
第10章	纳米 TiO₂ 产品及新工艺	209
10.1	纳米 TiO ₂ 产品物理性质	209
10.1.1	光学特性	209
10.1.2	光催化特性	210
10.1.3	光电转化特性	211
10.1.4	电学特性	211
10.2	纳米 TiO ₂ 的晶体结构性质	211

10.2.1	金红石	212
10.2.2	板钛矿	213
10.2.3	锐钛矿	213
10.2.4	三种晶体物理性质对比	213
10.3	纳米 TiO_2 产品制备技术与结构表征	214
10.3.1	气相法制备纳米 TiO_2 粉体	214
10.3.2	液相法制备纳米 TiO_2 粉体	216
10.3.3	纳米 TiO_2 的结构表征	217
10.3.4	纳米 TiO_2 的复合粉体的光催化活性	220
10.4	纳米 TiO_2 产品的现状及进展	222
10.4.1	国内外纳米 TiO_2 的研究现状	222
10.4.2	国内外纳米 TiO_2 的市场需求	222
10.5	纳米 TiO_2 产品的应用	223
10.5.1	在化纤中的应用	223
10.5.2	在化妆品中的应用	224
10.5.3	纳米 TiO_2 抗菌材料	225
10.6	纳米 TiO_2 粉体工艺制备方法	226
10.6.1	液相沉淀法制备纳米 TiO_2 工艺	226
10.6.2	撞击流超声波生产技术纳米 TiO_2 制备工艺	230
10.6.3	纳米 TiO_2 改性新工艺	231
10.6.4	纳米金红石型 TiO_2 粉体的制备	233
10.7	纳米 TiO_2 副产物综合利用方案	236
10.7.1	水的循环和综合利用	236
10.7.2	其他综合利用	236
第 11 章	纳米 SiO_2 产品及新工艺	239
11.1	概述	239
11.2	纳米 SiO_2 的基本性质	239
11.2.1	纳米 SiO_2 分子结构	239
11.2.2	纳米 SiO_2 的性能	240
11.3	纳米 SiO_2 产品制备方法	240
11.3.1	热解法合成纳米 SiO_2 产品	240
11.3.2	湿法合成 SiO_2	240
11.3.3	SiO_2 的后处理	241
11.4	纳米 SiO_2 产品的应用领域	241
11.4.1	橡胶、塑料、涂料中的应用	241
11.4.2	电子组装材料中的应用	242
11.4.3	化妆品中的应用	242
11.4.4	用于生物细胞分离和医学工程	243
11.4.5	在光学领域的应用	243
11.4.6	精细陶瓷中添加纳米 SiO_2	243
11.4.7	功能纤维添加剂	244

11.4.8	金属基复合涂层和整体金属基复合材料的添加剂	244
11.4.9	无机抗菌化工中的应用	244
11.4.10	仿生材料	244
11.4.11	树脂基复合材料的改性	244
11.5	纳米 SiO_2 改性白乳胶的新工艺	245
11.5.1	产品简介	245
11.5.2	原料与设备	246
11.5.3	表面改性处理	246
11.5.4	制备过程中的纳米分散技术	246
11.5.5	纳米 SiO_2 改性白乳胶的制备	247
11.5.6	中试结果与质量指标	248
11.5.7	性能测试分析方法	248
11.6	电子工业用纳米 SiO_2 粉体的新工艺	249
11.6.1	产品简介	249
11.6.2	主要原料及仪器	249
11.6.3	工艺流程	249
11.6.4	反应原理	250
11.6.5	制备方法	250
11.6.6	产品的技术指标	250
11.6.7	制备过程中的注意事项	250
11.6.8	结论	251
11.7	纳米 SiO_2 粒子改性聚丙烯 (PP) 的新工艺	251
11.7.1	产品简介	251
11.7.2	原材料与设备	252
11.7.3	纳米 SiO_2 的表面处理的制备工艺	252
11.7.4	PP/纳米 SiO_2 的 DSC 分析	253
第 12 章	纳米 CaCO_3 产品及新工艺	257
12.1	概述	257
12.2	CaCO_3 的分类	258
12.2.1	按粉体粒径分类	258
12.2.2	按微观排列分类	258
12.2.3	按结晶形状分类	259
12.3	纳米 CaCO_3 的性质	259
12.3.1	纳米 CaCO_3 的物理性质	259
12.3.2	纳米 CaCO_3 的化学性质	261
12.4	纳米 CaCO_3 的结构及性能	262
12.4.1	纳米 CaCO_3 的结构特征	262
12.4.2	纳米 CaCO_3 的性能与特点	262
12.5	纳米 CaCO_3 生产状况	262
12.5.1	国外纳米 CaCO_3 生产状况	262
12.5.2	国内 CaCO_3 工业生产状况	263

12.5.3	纳米 CaCO_3 在国民经济中的地位和作用	265
12.5.4	纳米 CaCO_3 发展三大趋势	267
12.5.5	纳米 CaCO_3 生产原料	268
12.6	纳米 CaCO_3 的制备方法	272
12.6.1	纳米 CaCO_3 的生产方法	273
12.6.2	纳米 CaCO_3 生产的典型工艺流程	279
12.6.3	碳化法的反应机理	281
12.6.4	影响纳米 CaCO_3 粒度的几个因素	282
12.6.5	国外纳米 CaCO_3 研究现状	283
12.6.6	纳米 CaCO_3 制备工艺的改进	283
12.7	纳米 CaCO_3 国内外应用现状	283
12.7.1	国内外应用现状概述	283
12.7.2	在造纸工业的应用	284
12.7.3	在橡胶工业的应用	285
12.7.4	在塑料中的应用	285
12.7.5	在印刷油墨中的应用	286
12.7.6	在涂料工业的应用	286
12.8	纳米 CaCO_3 的市场前景	286
12.8.1	市场预测与应用状况	286
12.8.2	各应用领域的发展状况	288
第 13 章	纳米陶瓷和功能陶瓷产品及新工艺	289
13.1	概述	289
13.2	纳米陶瓷的分类和设计原则	290
13.2.1	纳米陶瓷的分类	290
13.2.2	纳米陶瓷的设计原则	291
13.2.3	纳米陶瓷的性能	291
13.3	纳米陶瓷的烧结	293
13.4	精细陶瓷的分类和特点	294
13.4.1	精细陶瓷的分类	294
13.4.2	精细陶瓷的特点	294
13.5	功能陶瓷的分类和特点	295
13.5.1	功能陶瓷的分类	295
13.5.2	功能陶瓷的特点	296
13.6	纳米陶瓷和精细功能陶瓷产品工业概况	296
13.6.1	纳米陶瓷的工业概况与产品概况	297
13.6.2	我国功能陶瓷工业的发展现状及工业产品概况	298
13.7	纳米精细和功能陶瓷的制备方法	303
13.7.1	精细陶瓷的制备方法	303
13.7.2	纳米陶瓷的制备方法	305
13.8	纳米陶瓷和精细功能陶瓷主要应用领域及前景	309
13.8.1	纳米陶瓷获得应用的性能	309

13.8.2	纳米陶瓷获得应用的功能	310
13.8.3	纳米硅基陶瓷粉及其应用发展前景	310
13.8.4	纳米抗菌陶瓷用抗菌剂发展现状及前景	310
13.8.5	应用方面有待解决的工艺技术问题	311
13.9	纳米陶瓷和功能陶瓷生产工艺	312
13.9.1	Al_2O_3 生物陶瓷生产工艺	312
13.9.2	纳米氮化铝粉及生产工艺	313
13.9.3	纳米氮化硅及生产工艺	315
第14章	纳米氧化铁颜料的新工艺	321
14.1	概述	321
14.1.1	纳米氧化铁粉体研究	321
14.1.2	纳米软磁铁氧体材料的发展方向	322
14.1.3	国内生产软磁铁氧体的企业与材料的性能	322
14.1.4	超细 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 工业氧化铁粉体的市场	323
14.1.5	目前存在的问题	324
14.2	纳米氧化铁粉体工艺研究	324
14.2.1	氧化铁粉体工艺路线	324
14.2.2	纳米 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 粉体创新点	325
14.2.3	研究内容与方案	326
14.2.4	技术路线与研究方法	326
14.2.5	纳米氧化铁红粉体的表面改性研究	327
14.3	纳米氧化铁粉体制备	327
14.3.1	主要原料及仪器	327
14.3.2	工艺流程	327
14.3.3	反应原理	327
14.3.4	制备方法	328
14.3.5	产品的技术指标	328
14.3.6	中试研究结果	328
14.4	纳米氧化铁粉体表面改性技术	332
14.4.1	实验样品	332
14.4.2	试剂	332
14.4.3	实验设备	333
14.4.4	测试方法	333
14.4.5	改性效果评价	334
14.5	$\alpha\text{-FeOOH}$ 的微晶合成	335
14.5.1	$\alpha\text{-FeOOH}$ 的酸法合成	335
14.5.2	$\alpha\text{-FeOOH}$ 的碱法合成	336
14.6	纺锤形 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 微粒的合成	337
14.7	钴改性氧化铁磁粉的制备	338
14.7.1	掺 Co 的 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 磁粉	338
14.7.2	包 Co 氧化铁磁粉	339

14.8	均分散氧化铁纳米微粒	340
14.8.1	超细氧化铁黄的合成	341
14.8.2	湿法制备超细氧化铁红颜料的新工艺	343
14.9	纳米 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 磁粉的研制	344
第 15 章	纳米抗菌产品及新工艺	347
15.1	概论	347
15.1.1	国外抗菌材料及其应用技术的发展	347
15.1.2	国内抗菌材料及其应用技术的发展	348
15.2	纳米抗菌机理及其作用机制	349
15.2.1	纳米抗菌功能材料的抗菌机理	349
15.2.2	纳米抗菌材料的作用机制	350
15.3	纳米抗菌剂的种类与分类	351
15.3.1	纳米抗菌剂的种类	351
15.3.2	纳米抗菌剂的分类	351
15.4	纳米抗菌剂及系列纳米抗菌产品	352
15.4.1	纳米长效广谱抗菌剂	352
15.4.2	纳米长效抗菌陶瓷	352
15.4.3	纳米抗菌防霉涂料	353
15.4.4	纳米抗菌塑料	353
15.4.5	纳米抗菌织物	354
15.4.6	纳米抗菌玻璃	354
15.4.7	纳米光催化抗菌涂层	354
15.4.8	纳米长效灭菌防霉喷剂	354
15.5	纳米抗菌涂料	354
15.5.1	纳米 TiO_2 的光催化作用机理	356
15.5.2	纳米 TiO_2 的抗菌原理	357
15.5.3	纳米 TiO_2 抗菌涂料	358
15.5.4	纳米抗菌涂料与吸附除味剂	360
15.5.5	纳米负离子健康涂料	360
15.5.6	纳米 TiO_2 在抗菌涂料中的分散稳定性	361
15.5.7	纳米 TiO_2 抗菌涂料的研究	363
15.5.8	纳米净化涂料	367
15.6	纳米抗菌材料的制备方法	371
15.6.1	纳米抗菌材料的制备	371
15.6.2	纳米 TiO_2 的表面自清洁	372
15.6.3	纳米 TiO_2 配制纳米抗菌涂料	374
15.7	纳米 TiO_2 抗菌复合涂料	376
15.7.1	纳米 TiO_2 抗菌复合涂料的研究	376
15.7.2	VOC 和绿色功能涂料	378
15.8	纳米抗菌涂料用纳米抗菌剂及应用情况	379
15.8.1	天然抗菌剂	380

15.8.2	有机抗菌剂	382
15.8.3	无机抗菌剂	383
15.9	纳米抗菌纤维制备工艺及在纺织品中的应用	385
15.9.1	纳米抗菌纤维	385
15.9.2	工艺路线	385
15.9.3	生产方法	386
15.9.4	评价方法	386
15.9.5	抗菌效果	386
15.9.6	在纺织品中的应用	387
第16章	纳米塑料产品及新工艺	389
16.1	纳米塑料的性能	389
16.1.1	高强度和高耐热性	389
16.1.2	高阻透性	390
16.1.3	高阻燃窒息性	390
16.1.4	增强增韧及耐热性能	390
16.1.5	抗老化、耐磨性及透明性能	391
16.1.6	良好的导电性	391
16.1.7	纳米塑料的各向异性	392
16.1.8	纳米塑料的热力学原理及性能	392
16.1.9	纳米塑料的加工性能	392
16.2	典型的纳米塑料	394
16.2.1	纳米通用塑料	394
16.2.2	纳米工程塑料	394
16.2.3	纳米特种工程塑料	395
16.2.4	纳米功能塑料	395
16.2.5	纳米纤维增强塑料	397
16.3	纳米塑料的制备方法	397
16.3.1	插层复合法	397
16.3.2	溶胶-凝胶法	399
16.3.3	直接分散法	400
16.3.4	原位聚合法	401
16.3.5	其他合成方法	401
16.4	纳米塑料的研究进展	402
16.4.1	无机纳米塑料的研究进展	402
16.4.2	有机纳米塑料的研究进展	404
16.4.3	金属纳米塑料的研究进展	404
16.4.4	纳米塑料材料加工方法的研究方向	405
16.4.5	可工业化生产的纳米塑料	405
16.5	纳米塑料产品及纳米塑料材料性能实例	406
16.5.1	纳米热固性塑料产品	406
16.5.2	纳米改性通用塑料产品	408