



教育部高等学校  
材料科学与工程教学指导委员会规划教材

● 丛书主编 黄伯云

# 新材料概论

|      |     |     |
|------|-----|-----|
| 主 编  | 郑子樵 |     |
| 副主 编 | 封孝信 | 方鹏飞 |
| 主 审  | 潘 峰 |     |

## Introduction to New Materials



中南大学出版社  
[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)



教育部高等学校  
材料科学与工程教学指导委员会规划教材

● 丛书主编 黄伯云

# 新材料概论



|     |     |
|-----|-----|
| 主 编 | 郑子樵 |
| 副 编 | 封孝信 |
| 主 审 | 潘 峰 |
|     | 方鹏飞 |

Introduction to New Materials



中南大学出版社  
[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

---

图书在版编目(CIP)数据

新材料概论/郑子樵主编. —长沙:中南大学出版社,2009.5

ISBN 978-7-81105-704-1

I. 新... II. 郑... III. 材料科学 - 高等学校 - 教材 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 001608 号

---

新材料概论

主编 郑子樵

---

☐责任编辑 谭 平

☐责任印制 汤庶平

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

☐印 装 长沙瑞和印务有限公司

---

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 22.75 ☐字数 490 千字

☐版 次 2009 年 5 月第 1 版 ☐2009 年 8 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-81105-704-1

☐定 价 38.00 元

---

图书出现印装问题,请与出版社调换

# 内 容 简 介

---

本书为教育部高等学校材料科学与工程教学指导委员会规划教材，根据教育部高等学校材料科学与工程教学指导委员会本课程“教学基本要求”编写。

对材料类专业及其他相关专业的学生，掌握各类材料，特别是新材料的相关知识，对于拓展其知识结构，提高综合科学素质是十分必要的。本教材正是为满足上述教学改革和人才培养需要而编写的。全书共分 12 章，第 1 章为材料概论，简要介绍了材料的特征和分类，材料结构与性能的基本知识，材料的发展简史，阐述了新材料的基本特点和对人类社会发展的科技推动作用，同时还简要介绍了材料科学与工程的内涵和基本要素。其余 11 章分别从概念、性能特点、应用和发展等方面分类介绍了高性能结构材料、先进复合材料、电性材料、磁性材料、光学功能材料、信息功能材料、新能源材料、智能材料、生物医用材料、纳米材料、生态环境材料。

本书具有内容新颖，涵盖面广，通俗易懂，可读性强等特点。可作为材料科学与工程专业导论课程的选用教材，也可作为非材料专业大学通识教育基础课程的参考教材，还适合从事与材料相关的科研人员、管理人员以及生产技术人员阅读参考。

# 教育部高等学校材料科学与工程教学指导委员会规划教材

## 编 审 委 员 会

### 主 任

黄伯云(教育部高等学校材料科学与工程教学指导委员会主任委员、中国工程院院士、中南大学教授、博士生导师)

### 副主任

姜茂发(分指委\*主任委员、东北大学教授、博士生导师)

吕 庆(分指委副主任委员、河北理工大学教授、博士生导师)

张新明(分指委副主任委员、中南大学教授、博士生导师)

陈延峰(材物与材化分指委\*\*副主任委员、南京大学教授、博士生导师)

李越生(材物与材化分指委副主任委员、复旦大学教授、博士生导师)

汪明朴(教育部高等学校材料科学与工程教学指导委员会秘书长、中南大学教授、博士生导师)

### 委 员

(以姓氏笔画为序)

于旭光(分指委委员、石家庄铁道学院教授)

韦 春(桂林工学院教授、博士生导师)

王 敏(分指委委员、上海交通大学教授、博士生导师)

介万奇(分指委委员、西北工业大学教授、博士生导师)

水中和(武汉理工大学教授、博士生导师)

孙 军(分指委委员、西安交通大学教授、博士生导师)

刘 庆(重庆大学教授、博士生导师)

刘心宇(分指委委员、桂林电子科技大学教授、博士生导师)

刘 颖(分指委委员、北京理工大学教授、博士生导师)

朱 敏(分指委委员、华南理工大学教授、博士生导师)

---

注：\* 分指委：全称教育部高等学校金属材料工程与冶金工程专业教学指导分委员会；

\* \* 材物与材化分指委：全称教育部高等学校材料物理与材料化学专业教学指导分委员会。

曲选辉( 北京科技大学教授、博士生导师)  
任慧平( 教育部高职高专材料类教学指导委员会主任委员、内蒙古科技大学教授)  
关绍康( 分指委委员、郑州大学教授、博士生导师)  
阮建明( 中南大学教授、博士生导师)  
吴玉程( 分指委委员、合肥工业大学教授、博士生导师)  
吴 化( 分指委委员、长春工业大学教授)  
李 强( 福州大学教授、博士生导师)  
李子全( 分指委委员、南京航空航天大学教授、博士生导师)  
李惠琪( 分指委委员、山东科技大学教授、博士生导师)  
余志明( 中南大学教授、博士生导师)  
余志伟( 分指委委员、东华理工学院教授)  
张 平( 分指委委员、装甲兵工程学院教授、博士生导师)  
张 昭( 分指委委员、四川大学教授、博士生导师)  
张 涛( 分指委委员、北京航空航天大学教授、博士生导师)  
张文征( 分指委委员、清华大学教授、博士生导师)  
张建新( 河北工业大学教授)  
张建勋( 西安交通大学教授、博士生导师)  
沈峰满( 分指委秘书长、东北大学教授、博士生导师)  
杨贤金( 分指委委员、天津大学教授、博士生导师)  
陈文哲( 分指委委员、福建工程学院教授、博士生导师)  
陈翌庆( 材物与材化分指委委员、合肥工业大学教授、博士生导师)  
周小平( 湖北工业大学教授)  
赵昆渝( 昆明理工大学教授、博士生导师)  
赵新兵( 分指委委员、浙江大学教授、博士生导师)  
姜洪义( 武汉理工大学教授、博士生导师)  
柳瑞清( 江西理工大学教授)  
聂祚仁( 北京工业大学教授、博士生导师)  
郭兴蓬( 材物与材化分指委委员、华中科技大学教授、博士生导师)  
黄 晋( 分指委委员、湖北工业大学教授)  
阎殿然( 分指委委员、河北工业大学教授、博士生导师)  
蒋 青( 分指委委员、吉林大学教授、博士生导师)  
蒋建清( 分指委委员、东南大学教授、博士生导师)  
潘春旭( 材物与材化分指委委员、武汉大学教授、博士生导师)  
戴光泽( 分指委委员、西南交通大学教授、博士生导师)

# 总 序

---



材料是国民经济、社会进步和国家安全的物质基础与先导，材料技术已成为现代工业、国防和高技术发展的共性基础技术，是当前最重要、发展最快的科学技术领域之一。发展材料技术将促进包括新材料产业在内的我国高新技术产业的形成和发展，同时又将带动传统产业和支柱产业的改造和产品的升级换代。“十五”期间，我国材料领域在光电子材料、特种功能材料和高性能结构材料等方面取得了较大的突破，在一些重点方向迈入了国际先进行列。依据国家“十一五”规划，材料领域将立足国家重大需求，自主创新、提高核心竞争力、增强材料领域持续创新能力将成为战略重心。纳米材料与器件、信息功能材料与器件、高新能源转换与储能材料、生物医用与仿生材料、环境友好材料、重大工程及装备用关键材料、基础材料高性能化与绿色制备技术、材料设计与先进制备技术将成为材料领域研究与发展的主导方向。不难看出，这些主导方向体现了材料学科一个重要发展趋势，即材料学科正在由单纯的材料科学与工程向与众多高新科学技术领域交叉融合的方向发展。材料领域科学技术的快速进步，对担负材料科学与工程高等教育和科学研究双重任务的高等学校提出了严峻的挑战，为迎接这一挑战，高等学校不但要担负起材料科学与工程前沿领域的科学研究、知识创新任务，而且要担负起培养能适应材料科学与工程领域高速发展需求的、具有新知识结构创新型高素质人才的重任。

为适应材料领域高等教育的新形势，2006—2010 年教育部高等学校材料科学与工程教学指导委员会积极组织材料类高等学校教材的建设规划工作，成立了规划教材编审委员会，编审委员会由相关学科的分教学指导委员会主任委员、委员以及全国 30 余所有影响力和代表性的高校材料学院院长组成。编审委员会分别于 2006 年 10 月和 2007 年 5 月在湖南张家界和中南大学召开了教材建设研讨会和教材提纲审定会。经教学指导委员会和编审委员会推荐和遴选，逾百名来自全国几十所高校的具有丰富教学与科研经验的专家、学者参加了这套教材的编

写工作。历经几年的努力，这套教材终于与读者见面了，它凝结了全体编写者与组织者的心血，充分体现了广大编写者对教育部“质量工程”精神的深刻体会，对当代材料领域知识结构的牢固掌握和对高等教育规律的熟练掌握，是我国材料领域高等教育工作者集体智慧的结晶。

这套教材基本涵盖了金属材料工程专业的主要课程，同时还包含了材料物理专业和材料化学专业部分专业基础课程，以及金属、无机非金属和高分子三大类材料学科的实验课程。整体看来，这套教材具有如下特色：①根据教育部高等学校教学指导委员会相关课程的“教学大纲”及“基本要求”编写；②统一规划，结构严谨，整套教材具有完整性、系统性，基础课与专业课之间的内容有机衔接；③注重基础，强调实践，体现了科学性、实用性；④编委会及作者由材料领域的院士、知名教授及专家组成，确保了教材的高质量及权威性；⑤注重创新，反映了材料科学领域的新知识、新技术、新工艺、新方法；⑥深入浅出，说理透彻，便于老师教学及学生自学。

教材的生命力在于质量，而提高质量是永恒的主题。希望教材的编审委员会及出版社能做到与时俱进，根据高等教育改革和发展的形势及材料专业技术发展的趋势，不断对教材进行修订、改进、完善，精益求精，使之更好地适应高等教育人才培养的需要，也希望他们能够一如既往地依靠业内专家，与科研、教学、产业第一线人员紧密结合，加强合作，不断开拓，出版更多的精品教材，为高等教育提供优质的教学资源和服务。

衷心希望这套教材能在我国材料高等教育中充分发挥它的作用，也期待着在这套教材的哺育下，新一代材料学子能茁壮成长，脱颖而出。

董伯云

# 前 言

---



材料是人类赖以生存和发展的物质基础,是高新技术发展和社会现代化的先导,是一个国家科学技术和工业水平的反映和标志。新材料及新材料技术对人类的生活水平、国家安全及经济实力起着关键性的作用。新材料的出现和使用往往给技术进步、新产业的形成乃至整个经济和社会的发展带来重大影响。因此,20 世纪 80 年代以高技术群为代表的新技术革命,将新材料、信息技术和生物技术并列为新技术革命的重要标志。

所谓新材料,是指那些正在发展,且具有优异性能和应用前景的一类材料,而传统材料是指那些已经成熟且在工业中大批量生产和大量应用的材料,如普通的钢铁、水泥、塑料等。传统材料是发展新材料和高技术的基础,而新材料又往往能推动传统材料的升级改造和进一步发展。新材料和传统材料之间并无明显的界限,传统材料通过采用新技术,提高技术含量,提高性能,大幅度增加附加值后可以成为新材料;新材料在经过长期生产与应用之后也就成为传统材料。

按照高校本科专业设置和培养目标调整与改革要求,对于材料类专业的学生,在掌握一些特定传统材料的扎实专业知识的同时,也要熟悉其他各类材料特别是新材料,从而掌握比较全面的材料科学和工程方面的综合知识,提高学生的综合科学素质。

对于非材料类专业的理工科学生,甚至人文社科类专业的学生,对材料科学与工程学科有一些基本的认识,了解新材料的分类、特性、应用和发展方面的一些基本知识,对于拓宽其知识结构,提高人文素质和科学素质也是必要的。

为满足上述大学本科教学要求,教育部高等学校材料科学与工程教学指导委员会组织相关高校的教师,在多次研讨的基础上编写了这本《新材料概论》。本书可以作为材料科学与工程专业的导论课程以及非材料类专业大学通识教育基础课的教材或参考用书,也可供相关专业的科研人员和管理人员阅读,以便于他们了解材料,尤其是新材料的基本知识。

本书共分 12 章。参加本书编写工作的有中南大学郑子樵(第 1 章、第 2 章 2.1~2.2 节、

第9章),河北理工大学封孝信(第2章2.3节)、桑晓明(第2章2.4节)、郑占申(第4章)、许莹(第5章)、廉志红(第6章),武汉大学方鹏飞(第7章、第10章),石家庄铁道学院丁占来(第3章)、孙秀果(第11章),桂林工学院龙飞(第8章8.1节)、吴一(第8章8.2节)、叶乃清(第8章8.3~8.5节)、王林江(第8章8.6节、第12章)。全书由郑子樵统稿。

本书内容新颖、涵盖面广、信息量大、通俗易懂、可读性强。但由于新材料种类繁多,发展日新月异,难以收罗殆尽,并且一种新材料可能同时具有多种功能,可以从不同角度进行分类和叙述。限于篇幅和编者水平,本书在章节安排和内容取舍以及文字表述等方面可能有不妥甚至错误之处,敬请各位读者批评指正。同时对本书编写过程中所参考和引用文献资料的作者致以诚挚的谢意。

**编者**

2009年3月

# 目 录

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| 第 1 章 材料概论 .....                 | (1)  |
| 1.1 材料及其分类 .....                 | (1)  |
| 1.2 材料的结构与性能 .....               | (4)  |
| 1.2.1 材料结构的基本知识 .....            | (4)  |
| 1.2.2 材料的性能 .....                | (18) |
| 1.3 材料是人类文明的基石 .....             | (20) |
| 1.3.1 材料发展简史 .....               | (20) |
| 1.3.2 新材料是社会现代化的先导 .....         | (23) |
| 1.3.3 新材料是实现人类社会可持续发展的重要保证 ..... | (27) |
| 1.4 新材料技术发展的重点 .....             | (28) |
| 1.4.1 开发新材料, 发展高技术产业 .....       | (28) |
| 1.4.2 材料设计 .....                 | (30) |
| 1.4.3 材料制备新工艺与新技术的开发 .....       | (31) |
| 1.4.4 材料的应用研究与开发 .....           | (31) |
| 1.5 材料科学与工程的内涵和基本要素 .....        | (32) |
| 1.5.1 材料科学与工程的内涵 .....           | (32) |
| 1.5.2 材料科学与工程的基本要素 .....         | (33) |
| 参考文献 .....                       | (34) |
| 第 2 章 高性能结构材料 .....              | (36) |
| 2.1 新型金属结构材料 .....               | (36) |
| 2.1.1 超级钢 .....                  | (36) |
| 2.1.2 先进铝合金 .....                | (39) |
| 2.1.3 先进钛合金 .....                | (43) |
| 2.1.4 高温合金 .....                 | (46) |
| 2.2 金属间化合物结构材料 .....             | (49) |
| 2.2.1 金属间化合物的基本特性 .....          | (49) |
| 2.2.2 典型的金属间化合物 .....            | (51) |
| 2.2.3 金属间化合物的制备技术和应用前景 .....     | (54) |

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 2.3 新型无机非金属结构材料 ..... | (55) |
| 2.3.1 新型超高强水泥 .....   | (55) |
| 2.3.2 新型陶瓷材料 .....    | (57) |
| 2.3.3 新型玻璃 .....      | (63) |
| 2.4 新型高分子材料 .....     | (66) |
| 2.4.1 特种工程塑料 .....    | (66) |
| 2.4.2 高性能合成橡胶 .....   | (75) |
| 2.4.3 高性能纤维 .....     | (77) |
| 参考文献 .....            | (80) |

### 第3章 先进复合材料 .....

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 3.1 复合材料概述 .....             | (82)  |
| 3.1.1 复合材料的命名与分类 .....       | (82)  |
| 3.1.2 复合材料的增强体 .....         | (84)  |
| 3.2 金属基复合材料 .....            | (84)  |
| 3.2.1 金属基复合材料的种类和性能特点 .....  | (84)  |
| 3.2.2 铝基复合材料 .....           | (85)  |
| 3.2.3 钛基复合材料 .....           | (88)  |
| 3.2.4 镍基复合材料 .....           | (89)  |
| 3.2.5 镁基复合材料 .....           | (90)  |
| 3.3 陶瓷基复合材料 .....            | (91)  |
| 3.3.1 陶瓷基复合材料的种类和基本性能 .....  | (91)  |
| 3.3.2 氧化物基陶瓷复合材料 .....       | (92)  |
| 3.3.3 非氧化物陶瓷基复合材料 .....      | (93)  |
| 3.4 高分子基复合材料 .....           | (94)  |
| 3.4.1 高分子基复合材料的分类与性能特点 ..... | (94)  |
| 3.4.2 高分子基复合材料的结构设计 .....    | (95)  |
| 3.4.3 高分子基复合材料的力学性能与应用 ..... | (95)  |
| 3.5 新型水泥基复合材料 .....          | (96)  |
| 3.5.1 纤维增强水泥基复合材料 .....      | (96)  |
| 3.5.2 聚合物水泥基复合材料 .....       | (98)  |
| 3.5.3 水泥基功能复合材料 .....        | (99)  |
| 3.6 炭/炭复合材料 .....            | (100) |
| 3.6.1 炭/炭复合材料的发展 .....       | (100) |
| 3.6.2 炭/炭复合材料的制造工艺 .....     | (100) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 3.6.3 炭/炭复合材料的性能 .....    | (102) |
| 3.6.4 炭/炭复合材料的应用 .....    | (103) |
| 3.7 梯度功能复合材料 .....        | (104) |
| 3.7.1 梯度功能复合材料的概念 .....   | (104) |
| 3.7.2 梯度功能复合材料的结构设计 ..... | (104) |
| 3.7.3 梯度功能复合材料的应用 .....   | (105) |
| 参考文献 .....                | (107) |

## 第4章 电性材料 .....

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 4.1 电性材料概述 .....       | (108) |
| 4.2 导电材料 .....         | (108) |
| 4.2.1 导电材料的特性 .....    | (109) |
| 4.2.2 导电材料的种类及应用 ..... | (109) |
| 4.3 电阻材料 .....         | (114) |
| 4.3.1 电阻材料简介 .....     | (114) |
| 4.3.2 电阻材料分类及应用 .....  | (114) |
| 4.4 半导体材料 .....        | (119) |
| 4.4.1 半导体材料概述 .....    | (119) |
| 4.4.2 半导体材料分类及应用 ..... | (120) |
| 4.5 超导材料 .....         | (123) |
| 4.5.1 超导材料概述 .....     | (123) |
| 4.5.2 超导材料的特性 .....    | (124) |
| 4.5.3 超导材料的分类 .....    | (125) |
| 4.5.4 超导材料的应用 .....    | (126) |
| 4.6 铁电、压电、热释电材料 .....  | (129) |
| 4.6.1 铁电陶瓷 .....       | (129) |
| 4.6.2 压电材料 .....       | (130) |
| 4.6.3 热释电材料 .....      | (132) |
| 参考文献 .....             | (133) |

## 第5章 磁性材料 .....

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 5.1 磁学基础 .....         | (134) |
| 5.1.1 物质的磁性 .....      | (134) |
| 5.1.2 磁性材料的技术磁参量 ..... | (136) |
| 5.2 永磁材料 .....         | (138) |

|       |                   |       |
|-------|-------------------|-------|
| 5.2.1 | 铝镍钴和铁铬钴系磁体 .....  | (139) |
| 5.2.2 | 永磁铁氧体 .....       | (140) |
| 5.2.3 | 稀土-过渡金属间化合物 ..... | (140) |
| 5.2.4 | 纳米微晶稀土永磁材料 .....  | (145) |
| 5.3   | 软磁材料 .....        | (145) |
| 5.3.1 | 软磁材料简况 .....      | (145) |
| 5.3.2 | 纯铁和铁合金 .....      | (146) |
| 5.3.3 | 铁-镍合金(坡莫合金) ..... | (146) |
| 5.3.4 | 铁钴合金 .....        | (148) |
| 5.3.5 | 非晶态软磁合金 .....     | (148) |
| 5.3.6 | 软磁铁氧体 .....       | (150) |
| 5.3.7 | 新型纳米软磁合金 .....    | (151) |
| 5.4   | 其他新型磁性材料 .....    | (155) |
| 5.4.1 | 矩磁材料 .....        | (155) |
| 5.4.2 | 旋磁材料 .....        | (156) |
| 5.4.3 | 压磁材料 .....        | (157) |
| 5.4.4 | 其他磁性材料 .....      | (158) |
|       | 参考文献 .....        | (159) |
| 第6章   | 光学功能材料 .....      | (161) |
| 6.1   | 光色材料 .....        | (161) |
| 6.1.1 | 光致变色机理 .....      | (161) |
| 6.1.2 | 光色材料的种类 .....     | (161) |
| 6.1.3 | 光色材料的应用 .....     | (162) |
| 6.2   | 红外光学材料 .....      | (163) |
| 6.2.1 | 概述 .....          | (163) |
| 6.2.2 | 主要红外光学材料及应用 ..... | (164) |
| 6.3   | 发光材料 .....        | (166) |
| 6.3.1 | 概述 .....          | (166) |
| 6.3.2 | 典型发光材料 .....      | (169) |
| 6.3.3 | 发光材料的应用 .....     | (171) |
| 6.4   | 激光材料 .....        | (172) |
| 6.4.1 | 激光产生的原理 .....     | (172) |
| 6.4.2 | 激光材料的性能要求 .....   | (173) |
| 6.4.3 | 激光材料的种类及应用 .....  | (174) |

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| 参考文献 .....                 | (177)        |
| <b>第7章 信息功能材料 .....</b>    | <b>(178)</b> |
| 7.1 信息储存材料 .....           | (178)        |
| 7.1.1 磁记录材料 .....          | (178)        |
| 7.1.2 光存储材料 .....          | (183)        |
| 7.2 信息显示材料 .....           | (186)        |
| 7.2.1 阴极射线(CRT)显示材料 .....  | (186)        |
| 7.2.2 液晶(LCD)显示材料 .....    | (188)        |
| 7.2.3 等离子体(PDP)显示材料 .....  | (191)        |
| 7.2.4 发光二极管(LED)显示材料 ..... | (192)        |
| 7.2.5 有机电致发光(OLED)材料 ..... | (197)        |
| 7.2.6 场发射(FED)显示材料 .....   | (200)        |
| 7.3 信息传输材料 .....           | (201)        |
| 7.3.1 光纤的传输原理及分类 .....     | (201)        |
| 7.3.2 石英光纤 .....           | (202)        |
| 7.3.3 塑料光纤 .....           | (204)        |
| 7.3.4 红外光纤 .....           | (205)        |
| 7.3.5 光纤的应用 .....          | (207)        |
| 7.4 信息处理材料 .....           | (207)        |
| 7.4.1 微电子信息处理材料 .....      | (207)        |
| 7.4.2 光电子信息处理材料 .....      | (210)        |
| 参考文献 .....                 | (214)        |
| <b>第8章 新能源材料 .....</b>     | <b>(215)</b> |
| 8.1 太阳能电池材料 .....          | (215)        |
| 8.1.1 太阳能电池材料的分类 .....     | (215)        |
| 8.1.2 硅材料 .....            | (216)        |
| 8.1.3 无机化合物 .....          | (218)        |
| 8.2 储氢材料 .....             | (219)        |
| 8.2.1 储氢合金的组成 .....        | (219)        |
| 8.2.2 储氢合金的分类 .....        | (220)        |
| 8.2.3 储氢合金的要求 .....        | (222)        |
| 8.2.4 储氢合金的应用 .....        | (223)        |
| 8.2.5 新型储氢碳材料 .....        | (223)        |

|       |                   |       |
|-------|-------------------|-------|
| 8.3   | 氢镍二次电池材料 .....    | (224) |
| 8.3.1 | 正极材料 .....        | (224) |
| 8.3.2 | 负极材料 .....        | (226) |
| 8.4   | 锂离子电池材料 .....     | (226) |
| 8.4.1 | 正极材料 .....        | (227) |
| 8.4.2 | 负极材料 .....        | (228) |
| 8.4.3 | 电解质材料 .....       | (231) |
| 8.4.4 | 隔膜材料 .....        | (232) |
| 8.5   | 燃料电池材料 .....      | (233) |
| 8.5.1 | 固体氧化物燃料电池材料 ..... | (234) |
| 8.5.2 | 质子交换膜燃料电池材料 ..... | (238) |
| 8.6   | 核能材料 .....        | (241) |
| 8.6.1 | 核能原理 .....        | (242) |
| 8.6.2 | 核能材料 .....        | (244) |
|       | 参考文献 .....        | (246) |

## 第9章 智能材料 .....

|       |                     |       |
|-------|---------------------|-------|
| 9.1   | 智能材料与结构概述 .....     | (247) |
| 9.1.1 | 智能材料的概念 .....       | (247) |
| 9.1.2 | 智能材料结构 .....        | (250) |
| 9.1.3 | 材料智能化的实现 .....      | (251) |
| 9.1.4 | 智能材料的分类 .....       | (253) |
| 9.1.5 | 智能材料的设计 .....       | (254) |
| 9.2   | 形状记忆合金智能材料 .....    | (255) |
| 9.2.1 | 形状记忆效应及其机理 .....    | (255) |
| 9.2.2 | 形状记忆合金的智能属性 .....   | (257) |
| 9.3   | 无机非金属材料的智能化 .....   | (259) |
| 9.3.1 | 自适应高温陶瓷材料 .....     | (259) |
| 9.3.2 | 氮化硅陶瓷内部裂纹的自愈合 ..... | (259) |
| 9.3.3 | 氧化锆相变自增韧陶瓷 .....    | (260) |
| 9.3.4 | 电致变色玻璃 .....        | (261) |
| 9.4   | 电(磁)流变液 .....       | (261) |
| 9.4.1 | 电流变液 .....          | (261) |
| 9.4.2 | 磁流变液 .....          | (263) |
| 9.5   | 智能高分子凝胶 .....       | (264) |

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| 9.5.1 概述 .....              | (264)        |
| 9.5.2 智能性凝胶的类型 .....        | (264)        |
| 9.6 智能材料结构的应用 .....         | (266)        |
| 9.6.1 在机器人中的应用 .....        | (266)        |
| 9.6.2 在航空工业中的应用 .....       | (267)        |
| 9.6.3 在混凝土中的应用 .....        | (268)        |
| 9.6.4 在建筑和桥梁中的应用 .....      | (270)        |
| 9.6.5 在振动和噪声控制方面的应用 .....   | (270)        |
| 9.6.6 在药物制剂中的应用 .....       | (271)        |
| 参考文献 .....                  | (271)        |
| <b>第10章 生物医用材料 .....</b>    | <b>(273)</b> |
| 10.1 概述 .....               | (273)        |
| 10.1.1 生物医用材料的发展历程 .....    | (273)        |
| 10.1.2 生物医用材料的要求 .....      | (274)        |
| 10.1.3 生物医用材料的研究内容和分类 ..... | (274)        |
| 10.1.4 生物医用材料的发展趋势 .....    | (275)        |
| 10.2 医用金属和合金 .....          | (276)        |
| 10.2.1 医用不锈钢 .....          | (276)        |
| 10.2.2 医用钴合金 .....          | (277)        |
| 10.2.3 医用钛合金 .....          | (278)        |
| 10.2.4 其他医用金属材料 .....       | (279)        |
| 10.3 生物陶瓷 .....             | (280)        |
| 10.3.1 生物惰性陶瓷 .....         | (280)        |
| 10.3.2 生物活性陶瓷 .....         | (281)        |
| 10.3.3 可生物降解陶瓷 .....        | (284)        |
| 10.3.4 生物陶瓷复合材料 .....       | (284)        |
| 10.4 医用高分子材料 .....          | (285)        |
| 10.4.1 医用高分子材料的发展和应用 .....  | (285)        |
| 10.4.2 医用硅橡胶 .....          | (286)        |
| 10.4.3 聚氨酯 .....            | (287)        |
| 10.4.4 天然乳胶 .....           | (289)        |
| 10.4.5 聚乳酸 .....            | (290)        |
| 10.5 控制释放材料 .....           | (291)        |
| 10.5.1 控制释放机制及材料 .....      | (292)        |