



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

# 材料腐蚀与防护

主 编 李晓刚  
副主编 郭兴蓬  
主 审 何业东

Corrosion and Protection of  
Materials



中南大学出版社  
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

# 材料腐蚀与防护

主 编 李晓刚  
副主编 郭兴蓬  
主 审 何业东

## Corrosion and Protection of Materials



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

---

图书在版编目(CIP)数据

材料腐蚀与防护/李晓刚主编. —长沙:中南大学出版社,  
2009.3

ISBN 978-7-81105-697-6

I. 材... II. 李... III. ①工程材料-腐蚀-高等学校-教材  
②工程材料-防腐-高等学校-教材 IV. TB304

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第001585号

---

材料腐蚀与防护

主编 李晓刚

---

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 湖南大学印刷厂

---

开 本 787×960 1/16 印张 24.25 字数 519千字 插页

版 次 2009年3月第1版 2009年3月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-81105-697-6

定 价 42.00元

---

图书出现印装问题,请与经销商调换

## 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有关本课程“教学基本要求”编写。

本书全面系统地介绍了金属材料、无机非金属材料、高分子材料以及近年来新兴的复合材料、功能材料腐蚀的概念与特征、腐蚀机理、影响因素以及防护方法，特别是在以往教材的基础上增加了核工业材料、信息材料、生物医用材料和纳米材料等领域的腐蚀基础理论介绍。全书共分11章，依次为绪论、金属腐蚀电化学理论基础、金属常见腐蚀形态及机理、应力作用下的腐蚀、自然环境中的腐蚀、典型工业环境中的腐蚀、金属的高温腐蚀与防护、金属腐蚀防护与控制方法、典型无机非金属材料的腐蚀及防护、高分子材料的老化与防护、功能材料的腐蚀与防护。教材编写注重理论联系实际，内容难易程度适中，既有经典的理论知识，也包含最新的研究进展。

本书可以作为高等院校材料学科的教材，也可作为化工、冶金、机械等学科的学生用书，又可以供从事工程技术和科研设计相关工作的研究人员和管理人员参考。

# 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、具有新知识结构的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了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

---

本书是根据教育部高等学校材料科学与工程教学指导委员会关于“金属材料工程专业规划教材”建设的意见和2006—2010年发展规划的要求,在北京科技大学、华中科技大学、浙江大学、北京航空航天大学、南昌航空大学、复旦大学、北京化工大学和南京化工大学等单位相关专业多年教学实践的基础上,经过集体讨论编写而形成的。它既可以作为材料科学与工程学科的教科书,也可以作为有关工程技术人员学习材料腐蚀学科理论与知识的参考书。

本书涉及的内容较为广泛。既讨论了腐蚀基本原理,又介绍了腐蚀的实际工程问题;既讲述了传统结构材料的腐蚀机理与防护技术,又兼顾了新型功能材料中出现的新问题新理论;既重点关注了作为材料腐蚀学科基础的金属材料腐蚀理论体系,又总结了无机非金属材料、高分子材料和复合材料的腐蚀失效与防护技术的研究成果。在腐蚀环境方面,关注了传统工业和自然环境与最新出现的太空环境、生物环境和其他严酷环境下腐蚀研究的新成果。在腐蚀研究方法方面,介绍了一些最新的表象观察和电化学测量的研究方法。这充分表明,材料腐蚀学科是一门快速发展的综合性边缘学科,因此,不可能在一本书中包括材料腐蚀与防护的全部内容,有关腐蚀保护学、腐蚀实验研究方法以及其他较详细的内容,读者可以参看其他相关教材。

本书由北京科技大学李晓刚教授担任主编,华中科技大学郭兴蓬教授担任副主编。第1章由北京科技大学李晓刚教授编写。第2章由浙江大学张鉴清教授、胡吉明教授编写。第3章由华中科技大学郭兴蓬教授,北京化工大学赵景茂教授编写。第4章由北京科技大学乔利杰教授、李金许教授和柳伟副教授编写。第5章由北京科技大学李晓刚教授、董超芳副教授、杜翠薇副教授和程学群讲师,南昌航空大学赵晴教授编写。第6章由北京科技大学李晓刚教授、董超芳副教授、程学群讲师,南京化工大学魏无际教授、周永璋副教授、周桃玉副教授编写。第7章由北京航空航天大学刘建华教授编写。第8章由北京科技大学何业东教授编写。第9章由华中科技大学郭兴蓬教授、陈振宇讲师,南昌航空大学赵晴教授编写。第10章由南

京化工大学魏无际教授、周桃玉副教授和北京科技大学高瑾研究员编写。第11章由北京科技大学乔利杰教授、高瑾研究员，复旦大学李劲教授编写。北京科技大学李晓刚教授和华中科技大学郭兴蓬教授对全书进行了组稿、修改和统编，程学群讲师、董超芳副教授、刘智勇博士协助了这项工作。北京科技大学腐蚀与防护中心的许多老师和研究生给予了大量帮助与支持，在此谨表谢意。

北京科技大学何业东教授审阅了全书，并提出许多宝贵意见。作者感谢中南大学的周兴武副编审，没有他的鼓励和督促，很难完成本书的编写工作。

由于作者们水平有限，时间仓促，书中不足与错误在所难免，希望读者批评指正！

编者

2009年4月

# 目 录

<b>第 1 章 绪 论</b> .....	(1)
1.1 材料腐蚀学的主要内容 .....	(1)
1.1.1 腐蚀的定义 .....	(1)
1.1.2 防护技术 .....	(1)
1.1.3 材料腐蚀学的特点 .....	(2)
1.2 对材料腐蚀的认识过程 .....	(2)
1.3 材料腐蚀的分类和评定 .....	(5)
1.3.1 材料腐蚀的分类 .....	(5)
1.3.2 材料腐蚀速度与程度的评定方法 .....	(6)
<b>第 2 章 金属腐蚀电化学理论基础</b> .....	(10)
2.1 腐蚀电池 .....	(10)
2.1.1 电极系统与电极反应 .....	(10)
2.1.2 电极电位的形成与双电层结构 .....	(14)
2.1.3 原电池与腐蚀电池 .....	(19)
2.2 电化学腐蚀热力学 .....	(23)
2.2.1 电化学热力学基础与电化学位 .....	(23)
2.2.2 电化学腐蚀的热力学判据、电动序 .....	(29)
2.2.3 电位 - pH 图 .....	(31)
2.3 电化学腐蚀动力学 .....	(36)
2.3.1 电极的极化现象 .....	(36)
2.3.2 单电极体系电极反应动力学 .....	(37)
2.3.3 多电极反应的耦合与混合电位 .....	(49)
2.3.4 腐蚀电位的形成与金属的腐蚀速度 .....	(51)
2.3.5 腐蚀电极体系的极化行为 .....	(55)
2.4 析氢腐蚀和吸氧腐蚀 .....	(58)
2.4.1 析氢腐蚀 .....	(58)
2.4.2 吸氧腐蚀 .....	(62)

思考题 .....	(66)
<b>第3章 金属常见腐蚀形态及机理 .....</b>	<b>(68)</b>
3.1 全面腐蚀与局部腐蚀概论 .....	(68)
3.2 电偶腐蚀 .....	(69)
3.2.1 电偶腐蚀的特征与概念 .....	(69)
3.2.2 电偶腐蚀机理 .....	(72)
3.2.3 电偶腐蚀的影响因素 .....	(73)
3.2.4 电偶腐蚀评价方法 .....	(75)
3.3 点蚀 .....	(75)
3.3.1 点蚀的特征与概念 .....	(75)
3.3.2 点蚀的机理 .....	(77)
3.3.3 点蚀的影响因素 .....	(82)
3.3.4 点蚀敏感性评价方法 .....	(84)
3.4 缝隙腐蚀 .....	(85)
3.4.1 缝隙腐蚀的特征与概念 .....	(85)
3.4.2 缝隙腐蚀的机理 .....	(85)
3.4.3 缝隙腐蚀的影响因素 .....	(87)
3.4.4 缝隙腐蚀敏感性的评价方法 .....	(88)
3.4.5 特殊形式的缝隙腐蚀——丝状腐蚀 .....	(89)
3.4.6 垢下腐蚀 .....	(91)
3.4.7 点蚀和缝隙腐蚀及垢下腐蚀的比较 .....	(93)
3.5 晶间腐蚀 .....	(94)
3.5.1 晶间腐蚀的特征和概念 .....	(94)
3.5.2 晶间腐蚀的机理 .....	(95)
3.5.3 晶间腐蚀的影响因素 .....	(97)
3.5.4 晶间腐蚀敏感性的评价方法 .....	(99)
3.5.5 特殊形式的晶间腐蚀 .....	(101)
3.6 选择性腐蚀 .....	(102)
3.6.1 选择性腐蚀的特征与概念 .....	(102)
3.6.2 选择性腐蚀的机理 .....	(104)
3.6.3 选择性腐蚀的影响因素 .....	(105)
3.6.4 选择性腐蚀的评价方法 .....	(105)
思考题 .....	(106)

<b>第 4 章 应力作用下的腐蚀</b> .....	(107)
4.1 应力腐蚀开裂 .....	(107)
4.1.1 应力腐蚀开裂的定义和特点 .....	(107)
4.1.2 阳极溶解型应力腐蚀机理 .....	(111)
4.1.3 应力腐蚀开裂的影响因素 .....	(112)
4.1.4 应力腐蚀开裂的研究方法 .....	(113)
4.2 腐蚀疲劳 .....	(118)
4.2.1 腐蚀疲劳的定义与特点 .....	(118)
4.2.2 腐蚀疲劳的机理 .....	(120)
4.2.3 腐蚀疲劳的影响因素 .....	(121)
4.2.4 腐蚀疲劳的研究方法 .....	(122)
4.3 氢致开裂 .....	(124)
4.3.1 氢在金属中的行为 .....	(124)
4.3.2 氢的扩散与富集 .....	(126)
4.3.3 氢脆 .....	(127)
4.3.4 氢致开裂机理 .....	(131)
4.3.5 降低氢致开裂敏感性的途径和方法 .....	(132)
4.4 磨损腐蚀 .....	(133)
4.4.1 冲刷腐蚀 .....	(133)
4.4.2 空泡腐蚀 .....	(135)
4.4.3 摩擦副磨损腐蚀 .....	(137)
4.4.4 微动腐蚀 .....	(138)
4.4.5 磨损腐蚀的研究方法 .....	(139)
思考题 .....	(140)
<b>第 5 章 自然环境中的腐蚀</b> .....	(141)
5.1 金属的大气腐蚀 .....	(141)
5.1.1 大气腐蚀的特征与概念 .....	(141)
5.1.2 大气腐蚀机理 .....	(143)
5.1.3 大气腐蚀的影响因素 .....	(145)
5.1.4 大气腐蚀的研究方法 .....	(148)
5.2 金属的土壤腐蚀 .....	(152)
5.2.1 土壤腐蚀的特征与概念 .....	(152)

5.2.2	土壤腐蚀机理	(153)
5.2.3	土壤腐蚀的影响因素	(156)
5.2.4	土壤腐蚀的研究方法	(160)
5.3	金属的水环境腐蚀	(163)
5.3.1	水环境腐蚀的特征与概念	(163)
5.3.2	水环境腐蚀机理	(168)
5.3.3	水环境腐蚀影响因素	(168)
5.3.4	水环境腐蚀的研究方法	(172)
5.4	太空环境腐蚀	(174)
5.4.1	太空环境腐蚀的特征与概念	(174)
5.4.2	太空环境腐蚀机理	(175)
5.4.3	太空环境腐蚀的影响因素	(177)
5.4.4	太空环境腐蚀的研究方法	(180)
	思考题	(180)
<b>第6章 典型工业环境中的腐蚀</b>		(181)
6.1	石油化工腐蚀	(181)
6.1.1	石油开采过程中的腐蚀	(181)
6.1.2	石油加工过程中的腐蚀	(184)
6.2	化学工业腐蚀	(188)
6.2.1	无机酸腐蚀	(188)
6.2.2	有机酸腐蚀	(196)
6.2.3	碱腐蚀	(201)
6.2.4	盐腐蚀	(202)
6.3	核电工业腐蚀	(204)
6.3.1	核电工业的腐蚀环境	(205)
6.3.2	核电材料的腐蚀行为	(206)
6.4	航空航天装备的腐蚀	(211)
6.4.1	航空装备的腐蚀	(211)
6.4.2	航天装备的腐蚀	(215)
	思考题	(216)
<b>第7章 金属的高温腐蚀与防护</b>		(217)
7.1	金属高温腐蚀热力学	(217)

7.1.1	金属高温腐蚀的可能性和方向性	(217)
7.1.2	金属高温腐蚀热力学判据	(218)
7.1.3	金属高温氧化腐蚀热力学	(219)
7.1.4	其他类型高温腐蚀热力学	(221)
7.2	金属氧化物的结构、性质及缺陷	(223)
7.2.1	金属氧化物的晶体结构	(223)
7.2.2	金属氧化物的基本性质	(225)
7.2.3	金属氧化物中的缺陷	(228)
7.3	金属氧化过程的动力学	(230)
7.3.1	金属高温氧化的基本过程	(230)
7.3.2	金属氧化的动力学规律	(232)
7.3.3	金属氧化的机理	(234)
7.4	高温合金的氧化	(240)
7.4.1	高温合金氧化的特征	(240)
7.4.2	高温合金氧化的机理	(241)
7.4.3	高温合金氧化的影响因素	(246)
7.4.4	提高高温合金抗氧化的途径	(247)
7.5	其他类型环境金属高温腐蚀	(248)
7.5.1	高温混合气态介质环境中的金属高温腐蚀	(248)
7.5.2	高温液态介质环境中的金属高温腐蚀	(250)
7.5.3	固态介质环境中的金属高温腐蚀	(251)
	思考题	(251)
<b>第8章</b>	<b>金属腐蚀的防护与控制方法</b>	<b>(252)</b>
8.1	正确选材与合理结构设计	(252)
8.1.1	正确选用金属材料	(252)
8.1.2	合理设计金属结构	(252)
8.2	缓蚀剂保护	(253)
8.2.1	缓蚀剂的分类与作用机理	(253)
8.2.2	缓蚀剂的选用原则	(258)
8.3	电化学保护	(260)
8.3.1	阴极保护	(260)
8.3.2	阳极保护	(266)
8.4	金属涂镀层保护	(269)

8.4.1	金属镀层保护 .....	(269)
8.4.2	非金属涂层 .....	(273)
	思考题 .....	(276)
<b>第9章</b>	<b>典型无机非金属材料的腐蚀及防护</b> .....	(277)
9.1	硅酸盐材料的腐蚀特征与概念 .....	(277)
9.2	玻璃的腐蚀 .....	(278)
9.2.1	玻璃腐蚀的特征和概念 .....	(278)
9.2.2	玻璃腐蚀的机理 .....	(280)
9.2.3	玻璃腐蚀的影响因素 .....	(283)
9.2.4	玻璃腐蚀的防护 .....	(285)
9.3	混凝土的腐蚀 .....	(285)
9.3.1	混凝土腐蚀的特征与概念 .....	(285)
9.3.2	混凝土腐蚀的机理 .....	(286)
9.3.3	混凝土腐蚀的影响因素 .....	(289)
9.3.4	混凝土腐蚀的防护 .....	(293)
	思考题 .....	(295)
<b>第10章</b>	<b>高分子材料的腐蚀与防护</b> .....	(296)
10.1	高分子材料的基本结构简述 .....	(296)
10.1.1	高分子材料结构层次划分 .....	(296)
10.1.2	高分子的链结构 .....	(297)
10.1.3	高分子的聚集态结构 .....	(298)
10.2	高分子材料的腐蚀破坏特征与概念 .....	(299)
10.3	高分子材料腐蚀机理 .....	(300)
10.3.1	介质向高分子材料的渗透与扩散 .....	(300)
10.3.2	溶剂化原理及其腐蚀作用 .....	(303)
10.3.3	介质对高分子材料的化学作用 .....	(305)
10.3.4	热氧化及光氧化 .....	(310)
10.3.5	高分子材料的环境应力开裂 .....	(313)
10.4	高分子材料老化的评价方法 .....	(317)
10.4.1	自然环境老化试验 .....	(317)
10.4.2	实验室模拟加速老化试验 .....	(318)
10.4.3	环境老化的几种评价方法 .....	(321)



10.4.4 介质浸渍试验 .....	(322)
10.5 高分子材料腐蚀的防护原则 .....	(327)
思考题 .....	(329)
<b>第11章 功能材料的腐蚀与防护 .....</b>	<b>(330)</b>
11.1 信息材料的腐蚀与防护 .....	(330)
11.1.1 信息材料与腐蚀环境概述 .....	(330)
11.1.2 信息材料失效与腐蚀机理 .....	(331)
11.1.3 信息材料的防护技术 .....	(338)
11.1.4 典型电子器件金属及合金的腐蚀与防护 .....	(339)
11.2 生物医用材料的腐蚀与防护 .....	(342)
11.2.1 生物医用材料与腐蚀环境概述 .....	(342)
11.2.2 生物材料的腐蚀环境 .....	(344)
11.2.3 生物医用材料腐蚀机理 .....	(346)
11.2.4 生物医用材料腐蚀研究方法 .....	(350)
11.2.5 生物医用材料的生物相容性 .....	(353)
11.2.6 生物医用材料腐蚀的防护 .....	(354)
11.3 纳米材料腐蚀与防护 .....	(356)
11.3.1 纳米材料与腐蚀环境概述 .....	(356)
11.3.2 纳米材料的腐蚀机理 .....	(360)
思考题 .....	(364)
<b>附录 .....</b>	<b>(365)</b>
附录1 金属的标准电极电位表 .....	(365)
附录2 常用参考电极在 25℃ 时对于标准氢电极的电位 .....	(366)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(367)</b>