

“十五” 国家重点图书

# 材料科学与工程手册

▷ 上卷

◎ 主编 师昌绪 李恒德 周 廉



化学工业出版社  
材料科学与工程出版中心

“十五”国家重点图书

# 材料科学与工程手册

## 上卷

主编 师昌绪 李恒德 周 廉

化学工业出版社  
材料科学与工程出版中心  
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

材料科学与工程手册(上、下卷)/师昌绪,李恒德,  
周廉主编. —北京:化学工业出版社,2003.12  
ISBN 7-5025-2156-9

I. 材… II. ①师…②李…③周… III. 材料科学-  
技术手册 IV. TB3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 093280 号

---

材料科学与工程手册

上卷

主编 师昌绪 李恒德 周 廉

责任编辑:陈志良

责任校对:陶燕华

封面设计:于 兵

\*

化学工业出版社 出版发行  
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

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

\*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 880 毫米×1230 毫米 1/16 印张 97 $\frac{1}{4}$  字数 4802 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-2156-9/TQ·1063

定价(上、下卷):460.00 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

## 《材料科学与工程手册》编委会

主 编 师昌绪 李恒德 周 廉

编委会主任 师昌绪 李恒德 周 廉

编委会委员 (按姓氏笔画排序)

- 王天民 北京航空航天大学理学院教授  
王中光 中国科学院金属研究所研究员  
王占国 中国科学院半导体研究所研究员 中国科学院院士  
石力开 北京有色金属研究总院教授  
东 涛 北京钢铁研究总院教授  
兰新哲 西安建筑科技大学冶金工程学院副院长 教授  
师昌绪 国家自然科学基金委员会特邀顾问  
中国科学院院士 中国工程院院士 第三世界科学院院士  
朱道本 国家自然科学基金委员会副主任 中国科学院院士  
杨树森 北京钢铁研究总院教授  
李龙土 清华大学材料科学与工程系教授 中国工程院院士  
李恒德 清华大学材料科学与工程系教授 中国工程院院士  
吴人洁 上海交通大学材料科学与工程学院教授  
吴学仁 北京航空材料研究院总工程师 研究员  
何冠虎 中国科学院金属研究所研究员  
何嘉松 中国科学院化学研究所研究员  
张兴栋 四川大学生物材料工程研究中心主任 教授  
陈 铮 西北工业大学材料科学与工程学院教授  
陈逢阳 化学工业出版社总编辑 编审  
欧阳世翕 中国建筑材料科学研究院教授  
周 廉 西北有色金属研究院院长 中国工程院院士  
周本濂 中国科学院金属研究所研究员 中国科学院院士  
柯 伟 中国科学院金属研究所研究员 中国工程院院士  
胡壮麒 中国科学院金属研究所研究员 中国工程院院士  
俞耀庭 南开大学生命科学学院教授  
殷为宏 西北有色金属研究院教授  
殷瑞钰 北京钢铁研究总院教授 中国工程院院士

- 翁 端 清华大学材料科学与工程系教授
- 郭景坤 中国科学院上海硅酸盐研究所研究员 中国科学院院士
- 唐仁波 西北有色金属研究院教授
- 益小苏 北京航空材料研究院科学技术委员会主任 研究员
- 黄伯云 中南大学校长 中国工程院院士
- 曹春晓 北京航空材料研究院研究员 中国科学院院士
- 崔 岩 北京航空材料研究院高级工程师
- 梁敬魁 中国科学院物理研究所研究员 中国科学院院士
- 屠海令 北京有色金属研究总院院长 教授
- 葛培文 中国科学院物理研究所研究员
- 蒋民华 山东大学材料科学与工程学院院长 中国科学院院士
- 解思深 中国科学院物理研究所研究员 中国科学院院士

## 《材料科学与工程手册》编审人员

撰 稿 人 (按姓氏笔画排序)

丁炳哲	丁培道	于 建	于慧臣	万 永	习年生	马 光
马应龙	王 焰	王 敬	王 勤	王 蕾	王 燚	王天民
王中光	王仁卉	王文洪	王占国	王成刚	王连永	王身国
王快社	王岩国	王国杰	王依民	王春雷	王洪涛	王晓工
王继扬	王崇琳	王深琪	王隆保	王新林	支起铮	尤清照
车荫昌	贝建中	介万奇	方玉诚	邓志杰	邓陈虹	孔光临
孔庆平	孔祥明	石作德	龙起易	东 涛	卢 柯	卢励吾
史弘道	白魁昌	仝建峰	包建文	兰新哲	成昭华	毕可万
吕建坤	吕清法	乔芝郁	乔冠军	朱 龙	朱维翰	朱道本
朱鉴清	刘 欣	刘小光	刘云圻	刘文广	刘玉龙	刘正东
刘光华	刘向宏	刘兴军	刘佑华	刘英华	刘忠伟	刘国权
刘宜华	刘建章	刘春芳	刘海明	刘慕怡	衣宝廉	庄景云
汤慧萍	许 茜	许春华	孙洪志	孙桂琴	孙振岩	孙晓波
孙家华	麦振洪	杜 安	杜 弈	杜元龙	杜予民	杜林虎
杨 平	杨克努	杨君玲	杨英岚	杨其萍	杨树桂	杨冠军
杨骏兵	杨德新	李 华	李 军	李中奎	李世琼	李龙土
李汉康	李永德	李志强	李佐臣	李宏成	李国军	李佩志
李诗卓	李铁藩	李家宝	李晨曦	李银娥	李超荣	李景东
李焦丽	李斌太	严 诚	连彦青	肖 恺	肖在章	肖定全
肖清华	吴 贤	吴人洁	吴世丁	吴光恒	吴全兴	吴学仁
吴爱珍	何 明	何开元	何冠虎	何家文	何嘉松	余云照
狄向华	邹化民	汪卫华	汪京荣	沙永志	沈 真	沈 健
沈万慈	张 东	张 君	张 青	张 林	张 洛	张 烽
张卫方	张子龙	张正义	张永权	张成俊	张廷杰	张行安
张羊焕	张兴栋	张军营	张志东	张启轩	张泮霖	张定铨
张保法	张维敬	张翠萍	张增民	张德清	陈 铮	陈小龙
陈尔强	陈立泉	陈再枝	陈廷杰	陈华鹏	陈寿羲	陈其安
陈国钧	陈治清	陈诺夫	陈继镛	陈维德	陈毅敏	邵宗书

邵易周屈胡赵赵姜秦贾殷高浦黄崔梁董谢蔡滕	美长洋树壮晖慕晓明金为威玉伯岩敬显志兴鑫	成海洋新麒岳霞明锋宏威萍云魁林鹏顺康	林元罗周孟胡赵钟洪秦顾翁高陶黄崔屠董赖裴潘	华迪啸庆克乃维洪福汉杰玉宏政树海瑞祖鸿峰	元迪啸庆克乃维洪福汉杰玉宏政树海瑞祖鸿峰	林化罗柯胡赵钟祖秦钱翁高陶黄康隋蒋蒲管潘	新益其伟曙光川鹏祥刚协端伟虎奇范通华地甦	林海罗周柏郝赵俞祝秦钱郭高陶黄阎彭蒋雷管潘	潮裕和平超明成庭汉武骏宁芳衍跃科近群彬荣柏	善星灿学全文存辉铭平驩宝波良军培立世思显其	苗赫金郑胡荣赵施姚都徐郭唐萧曹阁董温詹阚魏	濯浩平君龙鹰怀红城镇堂琴阳智兆茂盛友能	范红金郑胡赵姜姚聂徐高唐黄曹梁董谢蔡翟瞿	红顺如立法刚栋梁春德祚桢阳黎明正则勇建新水生海义清	松子青刚梁春德仁桢阳黎明正则勇建新水生海义清
----------------------	----------------------	--------------------	-----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	---------------------	----------------------	---------------------------	------------------------

审 稿 人 (按姓氏笔画排序)

王琛邓乔衣杨吴邱张陈小周俞徐	天民志杰增文世全京平远小志成	王占古刘孙李吴沈张邵郝袁翁	国新咏志土仁慈杰书明弘端	王经石刘孙李吴沈张邵郝袁郭	涛开龙琴志铎洪栋成见祚可	王春冯刘孙李吴沈张欧赵顾郭	春勇国校晨晓德俐世先本鸿	王洪冯刘杨李何张陆易赵钱郭	涛汉效平敬冠天坤长慕民敬	王继成刘杨严何张陈周钟钱郭	继昭嘉乃启海少陈其维烈家景	扬华禾宾伟才卿铮凤
----------------	----------------	---------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	---------------	---------------	-----------

唐仁波 唐先德 唐谟堂 益小苏 陶春虎 梅良模 黄 绮  
黄成新 曹春晓 崔 岩 崔树范 梁敬魁 梁敬魁 屠海令  
韩宝善 葛培文 董广中 董瑞琪 解思深 滕鑫康 霍崇儒

## 《材料科学与工程手册》主编工作室

主 任 陈革涛  
副 主 任 吴伯群  
成 员 陈革涛 吴伯群 张若岩 陈志良 洪时藏

## 《材料科学与工程手册》编辑人员

责 任 编 辑 陈志良  
编 辑 (按姓氏笔画排序)  
于 岚 王金生 王清颖 刘志茹 林 媛 赵媛媛 徐延荣  
徐雪华 麻雪丽 焦欣渝 颜克俭



## 序 言

材料是人类进化的里程碑，从石器时代、青铜时代直至引起工业革命的钢铁时代都标志人类社会的不断进步；即使今天的信息社会也是基于半导体材料的广泛应用与不断发展的结果，所以有人称其为硅时代。材料一般分为传统材料（也称基础材料）和新材料（也称先进材料）。传统材料量大面广，是诸多支柱产业的基础，是资源与能源的消耗大户，是所有工业生产中的主要污染源，是国民经济、人类社会是否可持续发展的决定性因素，因此必须予以高度重视。新材料是高技术产业的基础和先导，信息技术离不开信息功能材料作为依托；没有高比强度、高比刚度和高温材料的不断进步，也不可能现代航空、航天事业的今天。据此，两类材料必须给予同等程度的重视：不重视先进材料，我国高技术产业必然落后，就谈不上跨越发展，国民经济将永远处于落后状态；不重视基础材料，不但制约我国支柱产业的发展，更重要地要影响人类生存空间。

有鉴于此，中国材料研究学会组织力量编写这套《材料科学与工程手册》，因为目前我国正在流行的有关材料方面的工具书，很多是以单项材料为对象、以新材料为主要内容，或以名词解释为目标的辞书。本书的主要特色表现在它的综合性、知识性、科学性、先进性、权威性和适用性。本书的目的不在于针对某些具体设计或选材提供所需数据；而在于其服务对象主要是从事材料科学与工程科技人员、教师、学生或管理人员。当然，也可以作为使用材料人员、设计人员或从事与材料相关的企业家的参考。这一方针确定了这本手册是以人们从中查询“知识”为目的的手册，也给写作人员定下了一种撰写的方式与性质。

本书的编写经历了艰辛而漫长的过程，早在1995年中国材料研究学会曾受化学工业出版社的委托合作编写出版了一本“材料大辞典”，次年7月对比了现有约20种中外现有手册，拟定了一个轮廓性的设想和计划。当年8月召开了一次有12个单位13名代表参加的“启动会议”；1998年4月召开了一个规模更大的“总编委会”，确定了各篇的负责人和依托单位，拟定了可供参考的二级提纲。

这次会议之后，大家分头忙于分编委会的组成和三级提纲的拟定。由于1999年的IUMRS-ICAM'99的准备和运行工作，以及紧接的换届工作。直到2000年和2001年才又再接再厉地前进。此时国内的机构设置、人员变动都很大，原有的负责人和分工也需重新组合。尽管如此，大家的积极性仍然很高，又经三年的持续努力，细心耕耘，共同合作，众志成城，终于将此书完成。

《材料科学与工程手册》的确算得上是我国材料界学者们多年以来共同努力而结出



# 《材料科学与工程手册》目录

## 上卷

### 第1篇 基础篇

- 1.1 导论
- 1.2 化学元素
- 1.3 材料的物理基础
- 1.4 材料的化学基础
- 1.5 材料的力学基础
- 1.6 材料的物理化学基础
- 1.7 相图
- 1.8 常用数学公式

### 第2篇 制备和加工篇

- 2.1 导论
- 2.2 特种冶金技术
- 2.3 粉体制备技术
- 2.4 粉体成型与烧结技术
- 2.5 反应加工技术
- 2.6 凝固技术
- 2.7 纤维制备技术
- 2.8 薄膜制备技术
- 2.9 表面改性和涂层技术
- 2.10 塑性加工技术
- 2.11 高分子合成技术
- 2.12 高分子材料成型与加工技术
- 2.13 焊接与连接技术
- 2.14 化学微组装与生物微组装技术

### 第3篇 组织结构篇

- 3.1 导论
- 3.2 晶体学基础
- 3.3 结构与键
- 3.4 准晶
- 3.5 非晶态
- 3.6 晶体缺陷
- 3.7 相、相变与组织演变
- 3.8 表面和界面结构
- 3.9 高分子结构

## 下卷

- 3.10 液晶的结构
- 3.11 组织结构观察和测试技术概述
- 3.12 低倍组织和无损探伤
- 3.13 光学显微术与定量金相方法
- 3.14 扫描电子显微术和微观形貌
- 3.15 多晶 X 射线衍射测定结构
- 3.16 单晶 X 射线衍射测定结构
- 3.17 小角 X 射线散射测定结构
- 3.18 X 射线吸收谱精细结构谱 (XAFS) 测定结构
- 3.19 X 射线形貌术及高分辨 X 射线衍射方法
- 3.20 中子散射方法测定结构
- 3.21 同步辐射 X 射线源在结构测定上的应用
- 3.22 高能电子衍射和透射电子显微术
- 3.23 高分辨电子显微术
- 3.24 扫描隧道显微术
- 3.25 红外吸收光谱法测定结构
- 3.26 激光拉曼散射测定结构
- 3.27 核磁共振测定结构
- 3.28 穆斯堡尔谱测定局域结构
- 3.29 光电子能谱测定结构
- 3.30 低能电子衍射术
- 3.31 反射式高能电子衍射术

### 第4篇 性能与测试篇

- 4.1 导论
- 4.2 基本力学性能及测试方法
- 4.3 磁学性能及测试方法
- 4.4 热学性能及测试方法
- 4.5 光学性能及测试方法
- 4.6 声学性能及测试方法
- 4.7 电学性能及测试方法
- 4.8 低维材料的性能与测试技术
- 4.9 材料的环境适应性及试验方法

### 第5篇 使用行为篇

- 5.1 导论

- 5.2 断裂
- 5.3 材料的疲劳
- 5.4 高温力学性能
- 5.5 摩擦与磨损
- 5.6 腐蚀与氧化
- 5.7 聚合物老化与降解
- 5.8 极端条件下的行为
- 5.9 辐照条件下材料的行为
- 5.10 失效分析
- 5.11 无损检测
- 5.12 结构金属材料的残余应力

第6篇 金属材料篇

- 6.1 导论
- 6.2 铁
- 6.3 铁合金
- 6.4 钢
- 6.5 铝及铝合金
- 6.6 镁及镁合金

第7篇 无机非金属材料篇

- 7.1 导论
- 7.2 氧化物陶瓷
- 7.3 氮化物陶瓷
- 7.4 碳化物陶瓷材料
- 7.5 硼化物陶瓷材料
- 7.6 铁电陶瓷
- 7.7 压电陶瓷
- 7.8 半导体及其敏感陶瓷
- 7.9 离子导电陶瓷
- 7.10 电介质陶瓷
- 7.11 磁性材料 (见第11篇第4章)
- 7.12 陶瓷成型工艺
- 7.13 陶瓷烧结工艺
- 7.14 碳素材料
- 7.15 特种水泥和混凝土材料
- 7.16 新型建筑玻璃
- 7.17 无机功能涂层

第8篇 高分子材料篇

- 8.1 导论

- 6.7 铜及铜合金
- 6.8 镍和钴及其合金
- 6.9 铅和锌及其合金
- 6.10 锡、锑、汞及其合金
- 6.11 钛及钛合金
- 6.12 钨及钨合金
- 6.13 钼及钼合金
- 6.14 钽、铌及其合金
- 6.15 锆、铪及其合金
- 6.16 铍、钒及其合金
- 6.17 贵金属
- 6.18 铍、锂及其合金
- 6.19 镓、铟
- 6.20 砷、硒
- 6.21 稀土金属
- 6.22 高温合金
- 6.23 粉末冶金材料
- 6.24 金属功能材料

下 卷

- 8.2 热塑性树脂和塑料
- 8.3 热固性高分子材料
- 8.4 橡胶和热塑性弹性体
- 8.5 合成纤维
- 8.6 涂料
- 8.7 胶黏剂
- 8.8 功能高分子

第9篇 复合材料篇

- 9.1 导论
- 9.2 复合材料增强体
- 9.3 聚合物基复合材料
- 9.4 金属基复合材料
- 9.5 陶瓷(玻璃)基复合材料
- 9.6 碳-碳复合材料
- 9.7 水泥基复合材料
- 9.8 功能复合材料
- 9.9 复合材料界面
- 9.10 复合材料结构设计与分析
- 9.11 复合材料性能测试与质量控制
- 9.12 复合材料失效分析

9.13 特种复合材料

## 第10篇 半导体材料篇

- 10.1 导论
- 10.2 元素半导体材料
- 10.3 化合物半导体材料
- 10.4 固溶体半导体材料
- 10.5 非晶和微晶半导体材料
- 10.6 半导体微结构材料及量子器件
- 10.7 稀磁半导体材料
- 10.8 半导体敏感材料
- 10.9 热电及制冷与温差发电材料
- 10.10 半导体硅基材料
- 10.11 有机半导体材料
- 10.12 半导体材料制备
- 10.13 半导体中的杂质和缺陷
- 10.14 半导体材料性能检测技术

## 第11篇 特种功能材料篇

- 11.1 导论
- 11.2 光学功能材料
- 11.3 介电功能材料
- 11.4 磁性材料
- 11.5 超导材料
- 11.6 核能材料
- 11.7 太阳能电池材料
- 11.8 储氢材料
- 11.9 锂离子电池材料
- 11.10 燃料电池材料
- 11.11 磁流体发电材料

## 第12篇 生物医用材料篇

- 12.1 导论
- 12.2 医用聚合物材料
- 12.3 生物体内可降解吸收材料
- 12.4 医用金属和合金
- 12.5 生物陶瓷
- 12.6 组织工程材料与人工器官——软组织修复与重建
- 12.7 骨组织工程与骨替换材料——骨骼-关节系统的修复与重建
- 12.8 医用智能材料
- 12.9 药物缓释材料
- 12.10 牙科材料
- 12.11 医用介入材料
- 12.12 生物学评价

## 第13篇 生态环境材料篇

- 13.1 导论
- 13.2 材料的环境协调性评价
- 13.3 材料的生态设计
- 13.4 金属类生态环境材料
- 13.5 无机非金属类生态环境材料
- 13.6 有机高分子材料生态设计与再生利用
- 13.7 复合材料
- 13.8 可再生资源高分子材料
- 13.9 环境工程材料

## 索引

单谷人辞审味人辞辩，会委辞

第1篇 基础篇

(右将画字刀换进) 人 辞 辩

味	人	初	辞	审	味	人	辞	辩
味	人	初	辞	审	味	人	辞	辩
味	人	初	辞	审	味	人	辞	辩
味	人	初	辞	审	味	人	辞	辩

(右将画字刀换进) 人 辞 审

味 人 辞 审

## 编委会、撰稿人和审稿人名单

编委会主任 胡壮麒 梁敬魁

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁炳哲 王隆保 左 良 卢 柯 乔芝郁 朱 龙 何开元  
张维敬 陈小龙 胡壮麒 郝士明 饶光辉 梁敬魁 隋智通  
管恒荣

撰 稿 人 (按姓氏笔画排序)

丁炳哲 王崇琳 王隆保 支起铮 车荫昌 龙起易 卢 柯  
白魁昌 乔芝郁 朱 龙 刘兴军 许 茜 孙振岩 杜 安  
杨克努 肖在章 吴世丁 何开元 张维敬 陈小龙 林海潮  
胡壮麒 郝士明 赵 刚 赵乃仁 饶光辉 姜晓霞 耿 平  
都兴红 徐家楨 黄振奇 梁敬魁 隋智通 管恒荣

审 稿 人 (按姓氏笔画排序)

郝士明 梁敬魁





1.3.79	体扩散	1-87	1.4.8	吸附理论	1-130
1.3.80	快速扩散	1-87	1.4.8.1	吸附曲线	1-130
1.3.81	表面扩散	1-88	1.4.8.2	物理吸附与化学吸附	1-131
1.3.82	晶界扩散	1-88	1.4.8.3	Langmuir 吸附理论	1-132
1.3.83	位错扩散	1-89	1.4.8.4	Langmuir 吸附等温式的应用	1-133
1.3.84	Graham 气体扩散定律	1-89	1.4.8.5	吸附剂的结构与性质	1-133
1.3.85	自扩散	1-89	1.4.9	分散系统	1-135
1.3.86	互扩散	1-90	1.4.9.1	粗分散系统的特征	1-135
1.3.87	溶质扩散	1-90	1.4.9.2	胶体分散系统特征	1-136
1.3.88	反应扩散	1-90	1.4.9.3	高分子分散系统特征	1-136
1.3.89	无规行走理论	1-91	1.4.10	杂化轨道理论	1-137
1.3.90	克根达尔效应	1-91	1.4.10.1	共价型化合物的杂化	1-137
1.3.91	侯野面	1-92	1.4.10.2	配合物的杂化	1-138
1.3.92	达肯方程	1-92	1.4.11	分子轨道理论	1-140
1.3.93	WLF 方程	1-92	1.4.11.1	分子成键三原则	1-141
1.3.94	稳态扩散	1-93	1.4.11.2	分子轨道的形成	1-141
1.3.95	非稳态扩散	1-94	1.4.11.3	分子轨道的能级	1-141
1.3.96	上坡扩散	1-95	1.4.11.4	分子轨道理论的应用	1-143
1.3.97	匹配扩散	1-95	1.4.12	电解与极化	1-144
1.3.98	扩散系数的测量方法	1-96	1.4.12.1	过电势	1-144
1.3.99	二元体系中的扩散系数(数据)	1-97	1.4.12.2	电解槽与原电池极化的差别	1-145
1.3.99.1	二元合金的扩散系数(数据)	1-97	1.4.12.3	塔弗尔公式	1-145
1.3.99.2	气体元素在材料中的扩散系数(数据)	1-106	1.4.12.4	过电势的利用	1-146
1.3.100	非晶态合金中的扩散系数(数据)	1-109	1.5	材料的力学基础	1-148
1.3.101	液态物质中的扩散系数(数据)	1-110	1.5.1	Bauschinger 效应	1-148
1.3.102	金属自扩散和晶界扩散系数(数据)	1-111	1.5.2	Orowan 理论	1-148
1.3.103	离子在晶体中的扩散系数(数据)	1-113	1.5.3	Schmid 理论	1-148
1.3.104	组分过冷理论	1-114	1.5.4	Peierls-Nabarro 力	1-148
1.3.105	Chvorinov 规则	1-115	1.5.5	Coffin-Masson 关系	1-149
1.3.106	Scheil 公式	1-116	1.5.6	Schmid 临界切应力定律	1-150
1.3.107	绝对稳定理论	1-116	1.5.7	Griffith 裂纹理论	1-150
1.3.108	吉布斯-汤姆孙关系	1-118	1.5.8	最大塑性功原理	1-150
1.3.109	熔化理论	1-119	1.5.9	Mohr 最大切应力理论	1-151
1.3.110	Guinier-Preston 区	1-119	1.5.10	Goodman 图	1-151
1.3.111	时效	1-120	1.5.11	Hall-Petch 方程	1-152
1.3.112	Kurdjumov-Sachs 取向关系	1-120	1.5.12	Larson-Miller 参数	1-152
1.3.113	相变	1-121	1.5.13	Andrade 蠕变定律	1-153
1.3.114	Landau 相变理论	1-121	参考文献	1-153	
1.3.115	有序无序理论	1-121	1.6	材料的物理化学基础	1-154
1.3.116	Johnson-Mehl-Avrami 方程	1-121	1.6.1	热力学第一定律	1-154
1.3.117	失稳分解	1-122	1.6.1.1	热平衡	1-154
1.3.118	成核理论	1-122	1.6.1.2	热力学第一定律的表达式	1-154
1.3.119	粗化理论	1-123	1.6.1.3	热力学能	1-154
1.4	材料的化学基础	1-125	1.6.1.4	功和热	1-154
1.4.1	化学的基本定律	1-125	1.6.1.5	状态函数	1-154
1.4.2	道尔顿分压定律	1-125	1.6.2	焓	1-154
1.4.3	阿木格分体积定律	1-125	1.6.2.1	赫斯定律	1-155
1.4.4	盖吕萨克化合体积定律	1-126	1.6.2.2	基尔霍夫定律	1-155
1.4.5	化学反应速率	1-126	1.6.2.3	几种热效应	1-155
1.4.5.1	反应速率方程式	1-126	1.6.2.4	相变焓	1-155
1.4.5.2	阿仑尼乌斯方程式	1-126	1.6.2.5	Trouton 规则	1-156
1.4.6	化学平衡	1-127	1.6.2.6	Richard 规则	1-156
1.4.6.1	标准平衡常数	1-127	1.6.3	热容	1-156
1.4.6.2	化学平衡的移动	1-127	1.6.3.1	热容, 比热容, 平均热容, 真热容, 摩尔热容	1-156
1.4.7	光化学反应	1-128	1.6.3.2	恒容热容和恒压热容	1-156
1.4.7.1	光化学基本定律	1-129	1.6.3.3	热容与温度的关系	1-156
1.4.7.2	量子效率	1-129	1.6.3.4	Neumann-Kopp 规则	1-156
1.4.7.3	光敏反应	1-130	1.6.4	功、可逆过程	1-156