

“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

《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
益小芬 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	王毅	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
丰荫昌	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	杨英男	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

邵美成	林元华	林化新	林海潮	林家善	苗赫濯	范红松
易长海	罗迪	罗益锋	罗锡裕	岳振星	金志浩	金顺子
周洋	周啸	周其庠	周和平	周荣灿	郑平	郑如青
屈树新	孟庆安	柯伟	柏文超	柳学全	胡平	胡立法
胡壮麒	胡克鳌	胡曙光	郝士明	南策文	荣天君	赵刚
赵晖	赵乃仁	赵汇川	赵西成	赵先存	赵志龙	赵栋梁
赵慕岳	钟维烈	钟群鹏	俞耀庭	饶光辉	施鹰	姜振春
姜晓霞	洪啸吟	祖荣祥	祝景汉	姚治铭	姚俊怀	姚康德
秦明	秦福	秦国刚	秦庭武	耿平	都兴红	聂祚仁
贾金锋	顾汉卿	钱民协	钱家骏	钱梦騄	徐金城	徐家桢
殷为宏	翁杰	翁高	郭宁	郭宝华	郭鸿镇	高阳
高威	高玉琇	高汝伟	高彦芳	唐仁波	唐谟堂	唐黎明
浦玉萍	陶宏杰	陶春虎	陶顺衍	梅良模	萧淑琴	黄正红
黄伯云	黄政仁	黄振奇	黄新跃	曹军	曹阳	曹则贤
崔岩	崔树范	康喜范	阎应科	阎培渝	阎景旺	梁勇
梁敬魁	屠海令	隋智通	彭少近	葛立强	董学智	董建新
董显林	董瑞琪	蒋民华	蒋伯群	程世长	温兆银	谢水生
谢志鹏	赖祖涵	蒲明华	雷圣彬	解思深	詹茂盛	蔡平海
蔡兴顺	裴鸿勋	管地	管恒荣	廖显伯	阙成友	翟富昌
滕鑫康	潘峰	潘振甦	潘裕柏	薛其坤	魏果能	瞿清

审 稿 人 (按姓氏笔画排序)

王琛	王天民	王占国	王经涛	王春雷	王洪涛	王继扬
邓炬	邓志杰	古元新	石力开	冯勇	冯汉保	成昭华
乔冠军	仲增墉	刘咏	刘江龙	刘国权	刘效方	刘嘉禾
衣宝廉	池文浚	孙洪志	孙桂琴	孙校开	杨平	杨乃宾
杨英芳	李世魁	李龙土	李佩志	李晨曦	李敬生	严启伟
吴人洁	吴全兴	吴学仁	吴振铎	吴晓祖	何冠虎	何海才
邱家稳	汪京荣	沈万慈	沈电洪	沈德言	张天骄	张少卿
张文美	张平祥	张廷杰	张兴栋	张俐娜	陆坤权	陈铮
陈小龙	陈时远	邵宗书	邵美成	欧阳世翕	易长海	周其凤
周钧铭	胡小波	郝士明	赵见高	赵先存	赵慕岳	钟维烈
俞耀庭	秦志成	袁弘鸣	聂祚仁	顾本源	钱民协	钱家骏
徐金城	殷为宏	翁端	郭可信	郭鸿镇	郭敬东	郭景坤

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
	徐雪华	麻雪丽	焦欣渝	颜克俭	徐延荣	

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

的一个硕果，它也是我们前所未有的第一本综合性、知识性的材料手册，它的出版使我国材料科学界完成了一项基础建设工作。我们为它的终于成功问世感到高兴和鼓舞，并向所有参与写作和为本书完成而作出各种各样贡献的人员表示衷心的感谢。成功和荣誉属于所有参与的人们。它是数百名人士汗水、辛劳和持续不断的毅力的结晶，也体现了我国材料界又一次团结合作的可贵精神。最早参与此书筹划的已故周本濂院士曾一直为此书贯注了他的热情和努力，我们对他寄予深切的怀念。

当然，毕竟我们第一次编纂这样的工具书，肯定会存在着不足和缺点。我们前述的本书特色只能说是一种愿望，实现起来又谈何容易。不过，这本手册作为一个开端今年得以完成和出版仍是来之不易并值得为之庆贺的。但愿在这此基础上，今后在适当时期使本书继续丰富、更新、改进和完善，使之成为一本与时俱进的能为众多读者所欢迎并珍视的工具书。

师昌绪 李维 周康

2003年12月

《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

- 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

- 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 铌、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

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

- 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

第 1 篇 基 础 篇

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 徐家桢 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

目 录

1.1 导论	1-7	1.3.25 多普勒现象	1-55
1.2 化学元素	1-8	1.3.26 范德瓦尔斯方程	1-56
1.2.1 分子与原子	1-8	1.3.27 胡克定律	1-56
1.2.2 元素	1-8	1.3.28 欧姆定律	1-57
1.2.3 摩尔	1-8	1.3.29 维德曼-弗兰兹定律	1-57
1.2.4 相对原子质量	1-9	1.3.30 德拜-休克尔理论	1-57
1.2.5 相对分子质量	1-9	1.3.31 法拉第电解定律	1-58
1.2.6 薛定谔方程与量子数	1-10	1.3.32 翁萨格互易关系	1-58
1.2.7 原子中电子的能级	1-10	1.3.33 索雷特效应	1-59
1.2.8 原子中电子的分布	1-11	1.3.34 比耳定律	1-59
1.2.9 元素周期系	1-11	1.3.35 杜隆-珀替规则	1-59
1.2.10 元素性质的周期性	1-15	1.3.36 焦耳-汤姆孙效应	1-60
1.2.11 晶体结构	1-18	1.3.37 麦克斯韦-玻耳兹曼分布律	1-60
1.2.12 密度	1-20	1.3.38 麦克斯韦分布定律	1-60
1.2.13 熔点	1-23	1.3.39 斯忒藩-玻耳兹曼定律	1-61
1.2.14 沸点	1-23	1.3.40 伊辛模型	1-61
1.2.15 比热容	1-24	1.3.41 外斯磁畴理论	1-62
1.2.16 溶解热	1-27	1.3.42 磁光效应	1-62
1.2.17 熔化潜热	1-27	1.3.43 磁电阻效应	1-63
1.2.18 蒸发潜热	1-27	1.3.44 磁泡畴	1-64
1.2.19 导热系数	1-27	1.3.45 磁致伸缩效应	1-64
1.2.20 电导率	1-27	1.3.46 磁致体积效应	1-65
1.2.21 磁化率	1-29	1.3.47 磁致弹性效应	1-65
1.2.22 居里温度	1-30	1.3.48 磁致温差效应	1-65
1.2.23 弹性模量	1-30	1.3.49 安培定律	1-65
1.2.24 热膨胀系数	1-31	1.3.50 德哈斯-范阿耳芬效应	1-67
1.2.25 电阻率	1-31	1.3.51 电子衍射衬度理论	1-67
1.2.26 电阻温度系数	1-32	1.3.52 布给-朗伯光吸收定律	1-69
参考文献	1-33	1.3.53 蒙特卡罗方法	1-69
1.3 材料的物理基础	1-34	1.3.54 分子动力学方法	1-70
1.3.1 气体定律及状态方程	1-34	1.3.55 人工神经网络方法	1-70
1.3.2 阿伏加德罗原理	1-34	1.3.56 DV-X _α 方法	1-71
1.3.3 电介质理论	1-35	1.3.57 迈斯纳效应	1-74
1.3.4 莫塞莱定律	1-36	1.3.58 约瑟夫森隧道效应	1-74
1.3.5 法拉第电磁感应定律	1-37	1.3.59 巴丁-库珀-徐瑞弗超导理论	1-75
1.3.6 布洛赫定理	1-38	1.3.60 伦敦超导电磁方程	1-75
1.3.7 布喇格定律	1-39	1.3.61 色散理论	1-75
1.3.8 康普顿效应	1-39	1.3.62 布朗运动	1-76
1.3.9 德拜方程	1-40	1.3.63 分形理论	1-76
1.3.10 特鲁德-洛伦兹电导理论	1-41	1.3.64 扩散	1-79
1.3.11 休姆-罗瑟里8-N规则	1-42	1.3.65 扩散方程	1-79
1.3.12 劳厄方程	1-42	1.3.66 菲克(Fick)扩散第一定律	1-79
1.3.13 索末菲电导理论	1-43	1.3.67 菲克(Fick)扩散第二定律	1-80
1.3.14 韦加定律	1-45	1.3.68 扩散系数	1-82
1.3.15 琼斯电子理论	1-45	1.3.69 自扩散系数	1-82
1.3.16 施瓦茨希德定律	1-46	1.3.70 本征扩散系数	1-82
1.3.17 布里渊区理论	1-46	1.3.71 互扩散系数	1-83
1.3.18 穆斯堡尔效应	1-49	1.3.72 扩散常数	1-83
1.3.19 傅里叶热导定律	1-52	1.3.73 激活能	1-84
1.3.20 塞贝克效应	1-52	1.3.74 扩散驱动力	1-84
1.3.21 珀耳帖效应	1-53	1.3.75 扩散偶	1-85
1.3.22 汤姆孙效应	1-54	1.3.76 迁移率	1-85
1.3.23 霍耳效应	1-54	1.3.77 分子链迁移	1-85
1.3.24 吴尔夫极射赤面投影	1-55	1.3.78 扩散机制	1-86

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	假平衡面	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

1.6.4.1 卡诺循环	1-157	1.6.15.4 极化	1-178
1.6.4.2 烟和熵	1-157	1.6.15.5 塔菲尔公式	1-179
1.6.5 热力学第二定律和第三定律	1-158	1.6.15.6 腐蚀电池	1-179
1.6.5.1 嫡	1-158	1.6.15.7 混合电位, 腐蚀电流	1-179
1.6.5.2 热力学第三定律、绝对嫡	1-159	1.6.15.8 腐蚀极化图 电位-pH图	1-180
1.6.6 自由能	1-159	1.6.16 热力学参数状态图	1-181
1.6.6.1 自由能判据	1-159	1.6.16.1 埃林厄姆-理查森图	1-181
1.6.6.2 自由能变	1-159	1.6.16.2 Fe-C-O图	1-183
1.6.6.3 ΔG 与温度的关系	1-160	1.6.16.3 Fe-H-O图	1-184
1.6.6.4 标准生成自由能	1-160	1.6.16.4 Me-S-O优势区图	1-184
1.6.6.5 自由能函数	1-160	1.6.16.5 电势-pH图	1-187
1.6.6.6 热力学函数之间的关系	1-161	1.6.17 反应速率与反应机理	1-188
1.6.7 化学势	1-161	1.6.17.1 质量作用定律和速率常数	1-188
1.6.7.1 相平衡条件与化学势	1-161	1.6.17.2 反应级数	1-189
1.6.7.2 化学平衡条件与化学势	1-162	1.6.17.3 复杂反应及其近似处理	1-189
1.6.7.3 化学势与温度、压力的关系	1-162	1.6.17.4 温度对反应速率的影响	1-191
1.6.7.4 化学势与组成的关系	1-162	1.6.18 反应速率理论	1-192
1.6.7.5 分配定律	1-162	1.6.18.1 简单碰撞理论	1-192
1.6.8 溶液	1-162	1.6.18.2 过渡状态理论	1-192
1.6.8.1 拉乌尔定律和亨利定律	1-162	1.6.19 催化剂	1-192
1.6.8.2 理想溶液	1-163	1.6.19.1 均相催化	1-193
1.6.8.3 稀溶液	1-163	1.6.19.2 多相催化	1-193
1.6.8.4 正规溶液	1-164	1.6.20 多相反应	1-193
1.6.8.5 似正规溶液与亚正规溶液	1-164	1.6.20.1 有效扩散边界层	1-194
1.6.9 活度与逸度	1-164	1.6.20.2 宏观动力学与微观动力学	1-195
1.6.9.1 以拉乌尔定律为基准的活度	1-164	1.6.20.3 双膜理论	1-195
1.6.9.2 以亨利定律为基准的活度	1-165	1.6.20.4 溶质渗透理论	1-196
1.6.9.3 标准态的转换	1-165	1.6.20.5 表面更新理论	1-196
1.6.9.4 相互作用系数	1-166	1.6.21 气-固反应	1-197
1.6.9.5 逸度	1-166	1.6.22 扩展的未反应核模型	1-198
1.6.10 偏摩尔量	1-167	1.6.23 气-液反应	1-199
1.6.10.1 偏摩尔量与全摩尔量	1-167	1.6.24 液-液反应	1-200
1.6.10.2 相对偏摩尔量	1-167	1.6.25 固-液反应	1-201
1.6.10.3 超额热力学函数	1-167	参考文献	1-204
1.6.10.4 吉布斯-杜安姆方程	1-168	1.7 相图	1-205
1.6.11 克劳修斯-克拉珀龙方程	1-168	1.7.1 相与相平衡	1-205
1.6.12 范特霍夫方程	1-169	1.7.2 相律	1-206
1.6.12.1 化学反应亲和势	1-170	1.7.3 杠杆规则与重心规则	1-206
1.6.12.2 等压方程式	1-170	1.7.4 相图的定义和分类	1-207
1.6.12.3 平衡常数	1-170	1.7.5 相图的形态	1-208
1.6.13 表面能	1-171	1.7.5.1 相区和相线	1-208
1.6.13.1 表面自由能	1-171	1.7.5.2 溶体相和溶解间隙	1-208
1.6.13.2 表面张力	1-172	1.7.5.3 共晶反应和包晶反应	1-208
1.6.13.3 界面张力和界面能	1-173	1.7.5.4 与共晶反应类型相似的反应	1-209
1.6.13.4 内聚能	1-173	1.7.5.5 与包晶反应类型相似的反应	1-209
1.6.13.5 黏附功	1-173	1.7.5.6 含有中间相的相图形态	1-209
1.6.13.6 铺展系数	1-173	1.7.5.7 从相图形态判断相图正误	1-209
1.6.13.7 润湿	1-174	1.7.6 相图的实验测定	1-210
1.6.13.8 接触角	1-174	1.7.6.1 静态和动态方法	1-210
1.6.14 原电池	1-175	1.7.6.2 淬冷法	1-210
1.6.14.1 奈恩斯特方程	1-175	1.7.6.3 扩散偶法	1-210
1.6.14.2 原电池电动势	1-175	1.7.6.4 金相法	1-211
1.6.14.3 浓差电池	1-176	1.7.6.5 热学分析法	1-212
1.6.14.4 化学电池	1-177	1.7.6.6 热分析法	1-212
1.6.15 电极过程动力学与腐蚀	1-177	1.7.6.7 差热分析法	1-212
1.6.15.1 交换电流	1-177	1.7.6.8 差示扫描量热法	1-214
1.6.15.2 电极电位、平衡电位和奈恩斯特方程	1-178	1.7.6.9 温度调制 DSC 技术	1-214
1.6.15.3 过电位	1-178	1.7.6.10 热重法和微分热重分析法	1-215
		1.7.6.11 其他热分析方法	1-216

1.7.6.12 X射线衍射法	1-216	1.7.10.2 部分氧化物相图索引	1-325
1.7.6.13 电化学方法	1-217	1.7.11 熔盐相图	1-331
1.7.6.14 热分析法	1-218	1.7.11.1 熔盐相图应用举例	1-331
1.7.7 相图计算	1-218	1.7.11.2 熔盐相图	1-332
1.7.7.1 相图计算原理	1-218	1.7.11.3 熔盐相图索引	1-349
1.7.7.2 数据和数据库	1-219	1.7.11.4 炉渣相图索引	1-357
1.7.7.3 模型	1-220	参考文献	1-359
1.7.7.4 热力学参数的优化和评估	1-225	1.8 常用数学公式	1-361
1.7.8 相图在材料科学和工艺设计中的应用	1-225	1.8.1 初等代数	1-361
1.7.8.1 新材料探索	1-225	1.8.2 高等代数	1-362
1.7.8.2 晶体生长	1-226	1.8.3 初等几何	1-366
1.7.8.3 制定和改善工艺	1-231	1.8.4 平面三角	1-367
1.7.9 合金体系相图	1-232	1.8.5 微分学	1-368
1.7.9.1 常用Fe基二元合金相图	1-232	1.8.6 积分学	1-370
1.7.9.2 常用Al基二元合金相图	1-242	1.8.7 空间向量	1-375
1.7.9.3 Fe和稀土元素二元合金相图	1-243	1.8.8 常微分方程	1-377
1.7.9.4 Co和稀土元素二元合金相图	1-257	1.8.9 傅里叶级数	1-378
1.7.9.5 Ni和稀土元素二元合金相图	1-257	1.8.10 特殊函数	1-379
1.7.9.6 III-V族(Al、Ga、In、As、P、Sb) 合金体系相图	1-270	1.8.11 数学物理方程	1-382
1.7.9.7 合金相图索引	1-279	1.8.12 多元回归分析	1-385
1.7.10 氧化物体系相图	1-320	1.8.13 积分变换及在解数理方程上的应用	1-388
1.7.10.1 氧化物体系相图简介	1-320	1.8.14 复变函数	1-390