

清华大学“985”名优教材立项资助

田民波 著

INTRODUCTION TO
ATERIALS

材料学 概论

清华大学出版社

INTRODUCTION TO
MATERIALS

**材料学
概论**

田民波 著

清华大学出版社
北京

内容简介

《材料学概论》和《创新材料学》作为材料学组合教材,系统鸟瞰学科概况。《材料学概论》按10条横线讨论绪论、元素周期表、金属、粉体、玻璃、陶瓷、聚合物、复合材料、磁性材料、薄膜材料,说明每一类材料从原料到成品的全过程、相关性能及应用,推荐作为本科新生入门教材,以《创新材料学》为辅;《创新材料学》按10条纵线介绍各类材料在半导体集成电路、微电子封装、平板显示器(包括触控屏和3D电视)、白光LED固体照明、化学电池、太阳电池、核能利用、能量及信号转换、电磁屏蔽、环境保护等领域的应用,推荐作为研究生新生教材,以《材料学概论》为辅。纵横交叉,旁及上下左右,共涉及百余个重要知识点,力图以快捷、形象的方式把读者领入材料学知识的浩瀚海洋。

本材料学组合材料既不是海阔天空的漫谈,也不是《材料科学基础》课程的压缩,更不是甲、乙、丙、丁开中药铺。在内容上避免深、难、偏、窄、玄,强调浅、宽、新、活、鲜。在占有大量资料的前提下,采用图文并茂的形式,全面且简明扼要地介绍各类材料的新进展、新性能、新应用,力求深入浅出,通俗易懂。千方百计使知识新起来、动起来、活起来,做到有声有色,栩栩如生。

本书可作为材料、机械、精密仪器、化工、能源、汽车、环境、微电子、计算机、物理、化学、光学等学科本科生及研究生教材,对于从事相关行业的科技工作者和工程技术人员,也具有极为难得的参考价值。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

材料学概论 / 田民波著. — 北京:清华大学出版社, 2015
ISBN 978-7-302-40652-5

I. ①材… II. ①田… III. ①材料科学—高等学校—教材 IV. ①TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第532041号



责任编辑:宋成斌
封面设计:傅瑞学
责任校对:刘玉霞
责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:210mm×297mm 印 张:28.5 字 数:1317千字

版 次:2015年8月第1版 印 次:2015年8月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:98.00元

产品编号:057415-01

前言

材料、信息技术与能源称为现代人类文明的三大支柱。材料又是基础中的基础,作为先导和支柱产业,起着不可替代的作用。

材料是人类进步时代划分的标志、文明社会的骨架、各类产业的基础、技术创新的源泉、国家核心竞争力的体现、日常生活的陪伴。试想,如果没有当代丰富多彩、各式各样的材料,说不定人类要返回到原始社会之前。

世界各国对新材料的研究与开发莫不给予足够重视。美国、欧盟、日本和韩国等在其最新国家计划中,都把新材料及其制备技术列为国家关键技术之一加以重点支持。例如,美国国家研究理事会(National Research Council,NRC)确定的“未来30年十大研究方向”中与材料直接和间接相关的就有8项;美国国家关键技术委员会把新材料列为影响经济繁荣和国家安全的6大类关键技术的首位。20世纪90年代初确定的22项关键技术中材料占了5项。

我国“十五”期间确定的8个对增强综合国力最具战略影响的高技术领域,分别是信息技术、生物技术、新材料技术、制造与自动化技术、资源环境技术、航空航天技术、能源技术、先进防御等领域;我国于2010年确定,2012年再次强调,将节能环保、新一代信息技术、生物、高端设备制造、新能源、新材料、新能源汽车等产业作为战略性新兴产业重点培育和发展。

当今世界正处于新科技革命的前夜,新技术革命和产业革命初现端倪,一些重要科技领域显现出发生革命性突破的先兆。物质科学、能源资源科技、信息科技、材料科技、生命科学与生物科技、生态环保科技、海洋与天空科技等领域,都酝酿着激动人心的重大突破,并将深化我们对人类自身和宇宙自然的认识,提升人们的科学理性,开辟生产力发展的新空间,创造新的社会需求,深刻影响人类的生产方式、生活方式、思维方式,从根本上改变21世纪人类社会发展面貌,催生以知识文明为特征的新型人类文明。

以上所述关于国家和世界发展的战略性方针和决策,无一不与材料相关,足见材料是何等重要。材料的重要性无论怎样强调也不为过。

目前内地从事新材料及高技术研究、开发和生产的企业和单位数不胜数。据不完全统计,从事新材料研究开发的部门所属的研究机构就有200余家,全国有300所以上的高等学校设有与材料相关的院系和专业,还有数以千家的企业从事新材料的生产。从目前与材料相关的教学、科研、生产、经营等方面看,一般涉及下述几种类型。

(1) 学院型——按材料的类型划分院系和专业,依照构成材料的结合键,材料一般分为金属、陶瓷、聚合物、复合材料,再加上面向功能应用的电子材料,共涉及五大类工程材料。目前内地大学的相关院系,也以此设置专业。这样,可以有效组织力量,配置资源,便于交流,易于管理,也是基于历史原因,积重难返。

(2) 学者型——着眼于材料宏观性能与微观结构之间的关系,比较典型的是一般材料院系所开设的专业基础课程《材料科学基础》《X射线衍射分析》等。经过归纳和演绎,从特殊到一般,再从一般到特殊,符合人类的认识规律,可高效率地获取知识。

(3) 研究院、研究所型——集中力量,不惜成本,追求最高性能。由于有人才密集、知识密集、资金密集等得天独厚的条件,再加上设备条件的保证等,可以较快地做出成果,以便发表文章、申请专利、获奖等。

(4) 工厂、企业型——强调材料的综合运用,以便实现整体功能。不管采用什么材料,以满足性能、功能要求为目的。这就需要材料及构成件的设计者、使用者熟悉各种材料的性能、价格、资源状况、环境影响等,选择最合适的材料,实现最佳功能。

(5) 经营型——在激烈的竞争环境中,追求最高经济效益。需要及时了解国内外动态,科学决策,开发新产品,抢占先机,打造品牌,开拓市场,建立、维护上下游,国内外客户的关系。

企业作为生产经营的市场主体,直接参与市场竞争,对产业和产品新技术发展创新最为敏感。只有企业主导技术研发和创新,才能加快技术创新成果转化应用,才能有效整合产学研力量,以企业为主体、产学研相结合的技术创新体系才能真正建立起来,也才能有效解决科技与经济“两张皮”问题。

文明、高效、创新型社会要求公平、道德、社会责任、环保、社会效益等,对材料领域更迫切需要改变增长模式,树立科学发展观;强调创新,低碳,可持续发展,增强综合国力等。

科班出身的大学生,本专业的教科书读得不少,但往往熟悉上述的(1)、(2)、(3),掌握更多的是孤立的、静止的、死板的知识,但对于(4)、(5)则训练不多。一出校门,面对现实,特别是激烈的竞争,活跃的创新,眼花缭乱的新产品,显得无能为力,无所适从。如何做到从课堂到现场,从书本到产业,从理论到实践,从基础到创新,一直是需要认真解决,特别是在当前更为突出的问题。

我们培养的学生从一进校园就应该逐渐了解、不断适应、主动关注上述各种不同知识和研究材料的方式。应特别强调上述(4)和(5)开阔眼界,扩大视野,了解国内外最新进展,增加综合的、动态的、鲜活的知识,让学生学的知识活起来,动起来,做到有滋有味,栩栩如生。

《材料学概论》和《创新材料学》作为材料学组合教材，试图在这方面作些尝试。面对初次接触材料科学与工程的新同学，本教材的主要目的有：

(1) 在大一同学现有知识与材料科学知识之间搭建桥梁，并为后续课程作必要准备。做到承上启下，融会贯通。

(2) 建立材料科学与工程学科的总体印象，使同学登高望远，开阔眼界。

(3) 使同学了解材料成分，组织与结构，合成与加工，性能与价格四者之间的关系，作为本学科的主线，加深同学的印象。

(4) 介绍材料科学与工程学科的最新进展，特别是新材料在高科技发展、自主创新中的作用。

(5) 使学生感受到材料科学与工程的知识无处不在，作为其他学科和产业的基础，大有可为，前途无量，可以大显身手。

《材料学概论》按 10 条横线讨论绪论、元素周期表、金属、粉体、玻璃、陶瓷、聚合物、复合材料、磁性材料、薄膜材料，说明每一类材料从原料到成品的全过程、相关性能及应用，推荐作为本科新生入门教材，以《创新材料学》为辅；《创新材料学》按 10 条纵线介绍各类材料在能量及信号转换、半导体集成电路、微电子封装、平板显示器（包括触控屏和 3D 电视）、白光 LED 固体照明、化学电池、太阳电池、核能利用、电磁屏蔽、环境保护等领域的应用，推荐作为研究生新生教材，以《材料学概论》为辅。每章涉及一个相对独立的领域，自成体系，内容全面，系统完整。全书在选材上尽量做到内容新、形式新、论述新、应用新，各章内容纵横交叉，旁及上下左右，共涉及百余个重要知识点，力图以快捷、形象的方式把读者领入材料学知识的浩瀚海洋。帮助初学者从一跨入材料学领域开始，便建立起立体化、网络化的知识架构。

本材料学组合教材既不是海阔天空的漫谈，也不是《材料科学基础》课程的压缩，更不是甲、乙、丙、丁开中药铺。在内容上避免深、难、偏、窄、玄，强调浅、宽、新、活、鲜。在占有大量资料的前提下，采用图文并茂的形式，全面且简明扼要地介绍各类材料的新进展、新性能、新应用，力求深入浅出，通俗易懂。千方百计使知识新起来、动起来、活起来，做到有声有色，栩栩如生。帮助初学者从跨入材料学领域开始，便建立起立体化、网络化的知识体系。本书除了用于本科生、研究生的入门教材之外，还可以作为毕业生所学知识的总结，参加工作前自我测试的试题汇编。

本书可作为材料、机械、精密仪器、化工、能源、汽车、环境、微电子、计算机、物理、化学、光学等学科本科生及研究生教材，对于从事相关行业的科技工作者和工程技术人员，也具有极为难得的参考价值。

本书得到清华大学“985”名优教材立项资助并受到清华大学材料学院的全力支持。刘伟、陈娟、程利霞、吴微微博士参加了本书的部分辅助工作。在此一并表示衷心感谢。

作者水平有限，不妥或谬误之处在所难免，恳请读者批评指正。

田民波

2015 年 6 月

目 录

第 1 章 材料的支柱和先导作用

1.1	材料的定义和分类	2
1.1.1	材料的定义——材料、原料、物质之间的关系	
1.1.2	判断物质是否为材料的判据	
1.1.3	材料的分类	
1.1.4	材料生命周期的循环	
1.2	材料是人类社会进步的标志	4
1.2.1	石器时代	
1.2.2	陶器时代	
1.2.3	青铜器时代	
1.2.4	铁器时代	
1.3	材料是当代文明社会的根基	6
1.3.1	水泥的发明和使用	
1.3.2	钢铁时代	
1.3.3	以硅为代表的半导体时代	
1.3.4	高分子和先进陶瓷时代	
1.4	材料是各类产业的基础	8
1.4.1	五大类工程材料	
1.4.2	使用中更关注材料的性能和功能	
1.4.3	“泰坦尼克号”海难——环境和其他影响因素	
1.4.4	选择材料的原则	
1.5	先进材料是高新技术的核心	10
1.5.1	航空燃气涡轮发动机的构造及对材料的要求	
1.5.2	镍基超级合金的出现迎来了喷气式飞机	
1.5.3	大型客机处处离不开复合材料	
1.5.4	高温陶瓷的出现催生了航天飞机	
1.6	新材料是国家核心竞争力的体现	12
1.6.1	“材料科学”这一名词诞生于 1957 年以后	
1.6.2	材料科学的形成与内涵	
1.6.3	新材料在各先进工业国的战略地位	
1.6.4	极端环境对材料提出更苛刻的要求	
1.7	材料可以“点石成金，化腐朽为神奇”	14
1.7.1	炭、石墨和金刚石“本是同根生”	
1.7.2	从“心忧炭贱愿天寒”的炭到价值连城的钻石	
1.7.3	步入科学殿堂的二氧化硅	
1.7.4	高锟发明的光纤是当今电子通信产业的“根”	
1.8	“制造材料者制造技术”，材料可以“以不变应万变”	16
1.8.1	反复验证的“制造材料者制造技术”的现象	
1.8.2	摩尔定律继续有效的支撑是材料	
1.8.3	中国古代四大发明之一——指南针采用的就是磁性材料	
1.8.4	高档乘用车中由磁性材料制作的电机不下几十台	
1.9	复合材料和功能材料大大扩展了材料的应用领域	18
1.9.1	各类工程材料的屈服强度对比	
1.9.2	不同材料的比强度和比模量	
1.9.3	复合材料可以做到“1+1>2”	
1.9.4	没有吸波材料就谈不到隐形飞机	

1.10 材料科学与工程的定义和学科特点	20
1.10.1 材料科学与工程的定义	
1.10.2 材料科学与工程是学科的融合与交叉	
1.10.3 材料科学与工程有着不可分割的关系	
1.10.4 材料科学与工程有很强的应用目的和明确的应用背景	
1.11 材料科学与工程四要素	22
1.11.1 成分	
1.11.2 结构和组织	
1.11.3 合成(制备)与加工(工艺)	
1.11.4 性质(或固有性能)和使用特性(或服役效能)	
1.12 重视材料的加工和制造	24
1.12.1 加工成材是实现材料应用的第一步	
1.12.2 材料不同,加工方法各异	
1.12.3 材料加工的创新任重道远	
1.12.4 镁合金的加工和应用	
1.13 提高材料的性能永无止境	26
1.13.1 材料的应用基于其特性和功能	
1.13.2 材料的热膨胀系数及不同材料热膨胀系数的匹配	
1.13.3 材料的热导率及如何提高系统的导热效果	
1.13.4 低介电常数材料和高介电常数材料各有各的用处	
1.14 关注材料的最新应用——强调发展,注重创新	28
1.14.1 新型电子材料	
1.14.2 低维材料和亚稳材料	
1.14.3 生物材料和智能材料	
1.14.4 新能源材料	
1.15 “9·11”恐怖袭击事件中世贸大厦垮塌和“3·11”福岛核事故都涉及材料	30
1.15.1 结构材料从原始到现代的进步	
1.15.2 钢筋混凝土使世界上的高楼大厦拔地而起	
1.15.3 “9·11”世贸大厦垮塌——高温下材料失效是内因,巨大的冲击力是外因	
1.15.4 “3·11”福岛核事故——裂变余热和衰变产生的热量足以使燃料元件熔化	
1.16 新材料如何适应技术创新和产业创新	32
1.16.1 新材料的主要特征	
1.16.2 新材料的应用领域	
1.16.3 可持续发展对新型材料的要求	
1.16.4 新型材料的发展方向	

名词术语和基本概念

思考题及练习题

参考文献

第2章 材料就在元素周期表中

2.1 门捷列夫元素周期表——最伟大的材料事件	36
2.1.1 人类发展史上最伟大的材料事件	
2.1.2 周期和族	
2.1.3 主族和副族	
2.1.4 材料就在元素周期表中	
2.2 120种元素综合分析	38
2.2.1 金属、半金属	
2.2.2 黑色金属、有色金属,轻金属、重金属	
2.2.3 贱金属、贵金属	
2.2.4 稀有金属、稀散金属、稀土金属	

2.3	原子的核外电子排布 (1) ——量子数和电子轨道	40
2.3.1	主量子数 n	
2.3.2	轨道角量子数 l	
2.3.3	轨道磁量子数 m	
2.3.4	自旋量子数 m_s	
2.4	原子的核外电子排布 (2) ——电子排布的三个准则	42
2.4.1	电子轨道排布的三个准则	
2.4.2	电子的轨道能级分布	
2.4.3	金属最集中的三类元素	
2.4.4	为什么 Fe、Co、Ni 是铁磁性的?	
2.5	核外电子排布的应用 (1) ——碳的 sp^3 、 sp^2 、 sp 杂化	44
2.5.1	碳的 sp^3 、 sp^2 、 sp 杂化	
2.5.2	碳材料的键特性	
2.5.3	富勒烯、碳纳米管和石墨烯	
2.5.4	藉由 3 种不同的碳—碳键合构成的有机化合物	
2.6	核外电子排布的应用 (2) ——四面体键的奇妙之处	46
2.6.1	碳材料的多样性	
2.6.2	碳原子的堆垛方式 - 四面体键的奇妙之处	
2.6.3	石墨的结构类型	
2.6.4	各种各样的碳 (石墨) 制品	
2.7	原子的核外电子排布 (3) ——电子授受及元素氧化数的变化	48
2.7.1	元素核外电子的排布方式	
2.7.2	氧化还原反应中的电子授受及元素氧化数的变化	
2.7.3	电子填充轨道的先后规则——违反先后“次序”的 d、f 轨道电子	
2.7.4	电子授受及在化学电池中的应用	
2.8	原子的核外电子排布 (4) ——过渡族元素和难熔金属	50
2.8.1	过渡族元素——d 或 f 亚层电子未填满的元素	
2.8.2	过渡族元素的一般特征	
2.8.3	难熔金属的特征	
2.8.4	难熔金属的应用	
2.9	原子半径、离子半径和元素的电负性	52
2.9.1	原子半径	
2.9.2	离子半径	
2.9.3	元素的电负性	
2.9.4	价电子浓度	
2.10	原子的电离能和可能的价态表现	54
2.10.1	原子的电离能	
2.10.2	原子的电子亲和能	
2.10.3	原子能级的实验测定	
2.10.4	元素可能的价态表现	
2.11	原子的核外电子排布 (5) ——稀土元素和锕系元素	56
2.11.1	稀土元素——4f 亚层电子未填满的元素	
2.11.2	稀土元素的特征	
2.11.3	稀土元素的矿产分布及稀土元素的应用	
2.11.4	锕系元素——5f 亚层电子未填满的元素	
2.12	日常生活中须臾不可离开的元素	58
2.12.1	地壳中的八种含量最多的元素	
2.12.2	组成人体的四种主要物质	
2.12.3	人体不可缺少的矿物质	
2.12.4	重金属污染成为重要的环境问题	
2.13	材料性能与化学键类型的关系	60
2.13.1	化学键的类型及特点	

2.13.2	材料中的多种键合	
2.13.3	物理吸附和化学吸附	
2.13.4	根据结合键比较材料的性能	
2.14	材料性能与微观结构的关系	62
2.14.1	组织敏感特性和组织非敏感特性	
2.14.2	常温下元素的晶体结构	
2.14.3	常见金属晶体结构类型	
2.14.4	晶体中的缺陷	
2.15	铁的晶体结构	64
2.15.1	钢铁缘何具有最广泛用途	
2.15.2	铁的同素异构转变	
2.15.3	铁的典型晶体结构	
2.15.4	置换型固溶体和间隙型固溶体	
2.16	材料性能与组织的关系	66
2.16.1	铁的同素异构转变及其结构、性能变化	
2.16.2	晶体材料的组织和晶体组织的观察	
2.16.3	单相与多相组织，冷加工变形与退火再结晶组织	
2.16.4	藉由 $\gamma \rightarrow \alpha$ 相变实现 α 相晶粒微细化的各种方法	
2.17	从轨道能级到能带——绝缘体、导体和半导体的能带图	68
2.17.1	固体能带的形状	
2.17.2	金属的能带结构与导电性	
2.17.3	绝缘体、导体和半导体的能带图	
2.17.4	半导体的能带结构与导电性	
2.18	化合物半导体和荧光体材料	70
2.18.1	元素半导体和化合物半导体	
2.18.2	化合物半导体的组成和特长	
2.18.3	IV - IV族、III - V族、II - VI族、I - III - VI ₂ 族和 I ₂ - II - IV - VI ₂ 族化合物半导体	
2.18.4	荧光体材料重现光辉——同一类材料会渗透到高新技术的各个领域	
	名词术语和基本概念	
	思考题及练习题	
	参考文献	

第 3 章 金属及合金材料

3.1	从矿石到金属制品 (1) ——高炉炼铁	74
3.1.1	钢材的传统生产流程	
3.1.2	高炉炼铁中的化学反应	
3.1.3	高炉的构造	
3.1.4	高炉炼铁运行过程	
3.2	从矿石到金属制品 (2) ——转炉炼钢	76
3.2.1	炼钢的目的	
3.2.2	氧气转炉炼钢的设备及原料	
3.2.3	氧气转炉炼钢中的主要化学反应	
3.2.4	沸腾钢和镇静钢	
3.3	晶态和非晶态，单晶体和多晶体	78
3.3.1	晶态和非晶态	
3.3.2	单晶体和多晶体	
3.3.3	固溶体和金属间化合物	
3.3.4	钢的组织和结构	
3.4	相、相图、组织和结构	80
3.4.1	相和相图	
3.4.2	Fe-C 相图	

3.4.3	利用 Fe-C 相图分析钢的平衡组织	
3.4.4	相图的应用	
3.5	凝固中的形核与长大	82
3.5.1	金属的熔化与凝固	
3.5.2	形核与长大	
3.5.3	多晶体的形成	
3.5.4	铸锭细化晶粒的措施	
3.6	铸锭组织和连续铸造	84
3.6.1	铸锭典型的三区组织	
3.6.2	枝晶的形成和铸锭组织的控制	
3.6.3	定向凝固和连铸连轧	
3.6.4	单晶制造	
3.7	钢的各种组织形态	86
3.7.1	钢从铸造前直到冷轧制品的一系列组织变化	
3.7.2	铸造组织、加热组织和压延组织	
3.7.3	TTT 曲线和 CCT 曲线	
3.7.4	珠光体、贝氏体和马氏体	
3.8	钢的强化机制及合金钢	88
3.8.1	碳钢中的各种组织	
3.8.2	钢的强化机制	
3.8.3	合金钢及合金元素的作用	
3.8.4	铁的磁性	
3.9	应用最广的碳钢	90
3.9.1	钢铁按 C 浓度的分类	
3.9.2	钢的强度和碳的作用	
3.9.3	结构用压延钢和机械结构用碳素钢	
3.9.4	藉由火花鉴别钢种	
3.10	金属的热变形	92
3.10.1	金属变形的目的	
3.10.2	何谓金属的热变形和冷变形	
3.10.3	热变形方式	
3.10.4	热变形引起的组织、性能变化	
3.11	金属的冷变形	94
3.11.1	金属样品拉伸的应力 - 应变曲线	
3.11.2	单晶体和多晶体的塑性变形	
3.11.3	冷加工引起的组织、性能变化	
3.11.4	钢铁结构材料的主要强化方式	
3.12	由铜锭到铜箔的压延加工	96
3.12.1	电解铜箔和压延铜箔	
3.12.2	压延铜箔的最新应用	
3.12.3	电解铜箔的制作过程	
3.12.4	铜箔的表面处理	
3.13	热处理的目的是和热处理温度的确定	98
3.13.1	热处理的概念和目的	
3.13.2	对应 Fe-C 相图的平衡转变组织	
3.13.3	钢在加热时的组织转变	
3.13.4	影响奥氏体晶粒长大的因素	
3.14	钢的退火	100
3.14.1	退火的定义和目的	
3.14.2	完全退火和中间退火	
3.14.3	球化退火和均匀化退火	
3.14.4	热处理的加热炉和冷却装置	

3.15 钢的正火	102
3.15.1 正火的定义和目的	
3.15.2 正火操作	
3.15.3 热处理中所需要的其他装置	
3.15.4 如何测量硬度	
3.16 钢的淬火 (1)——加热和急冷的选择	104
3.16.1 加热温度的选择	
3.16.2 冷却速度的选择	
3.16.3 淬火用冷却剂	
3.16.4 不完全淬火	
3.17 钢的淬火 (2)——增加淬透性和防止淬火开裂	106
3.17.1 淬透性	
3.17.2 合金钢与淬透性	
3.17.3 淬火引发的制品变形	
3.17.4 淬火开裂及防止	
3.18 钢的回火	108
3.18.1 回火的定义和目的	
3.18.2 回火组织和回火脆性	
3.18.3 低温、高温和中温回火	
3.18.4 二次硬化现象	
3.19 恒温转变	110
3.19.1 恒温转变和恒温转变曲线	
3.19.2 共析钢在不同温度下的恒温转变产物	
3.19.3 恒温退火和奥氏体等温淬火	
3.19.4 马氏体等温淬火和马氏体分级淬火	
3.20 表面处理 (1) ——表面淬火及渗碳淬火	112
3.20.1 表面淬火	
3.20.2 高频淬火	
3.20.3 硬化层深度	
3.20.4 渗碳淬火的方法	
3.21 表面处理 (2) ——表面渗碳、氮化及喷丸处理	114
3.21.1 渗碳淬火操作	
3.21.2 渗碳淬火的组织	
3.21.3 表面的气体氮化	
3.21.4 表面喷丸处理	
3.22 合金钢 (1) ——强韧钢、可焊高强度钢和工具钢	116
3.22.1 渗硫处理提高钢的耐磨性	
3.22.2 高淬透性的强韧钢	
3.22.3 表示钢的焊接性的碳素当量	
3.22.4 耐磨损的工具钢	
3.23 合金钢 (2) ——高速钢、不锈钢、弹簧钢和轴承钢	118
3.23.1 用于高速切削刀具的高速钢	
3.23.2 不锈钢中有五种不同的类型	
3.23.3 弹簧钢	
3.23.4 能承受高速旋转的轴承钢	
3.24 铸铁及轻金属的减振应用	120
3.24.1 适合铸造的铸钢和铸铁	
3.24.2 球墨铸铁	
3.24.3 各种改性铸铁的金相显微组织	
3.24.4 轻金属及轻合金的减振应用	

名词术语和基本概念

思考题及练习题

参考文献

第 4 章 粉体和纳米材料

4.1	粉体及其特殊性能 (1) ——小粒径和高比表面积	124
4.1.1	常见粉体的尺寸和大小	
4.1.2	粉粒越小, 比表面积越大	
4.1.3	涂料粒子使光(色)漫反射的原理	
4.1.4	粉碎成粉体后成型加工变得容易	
4.2	粉体及其特殊性能 (2) ——高分散性和易流动性	126
4.2.1	粉体的流动化	
4.2.2	粉体的流动模式	
4.2.3	粉体的浮游性——靠空气浮起来运输	
4.2.4	地震中因地基液化而引起的灾害	
4.3	粉体及其特殊性能 (3) ——低熔点和高化学活性	128
4.3.1	颗粒做细, 变得易燃、易于溶解	
4.3.2	礼花弹的构造及粉体材料在其中的应用	
4.3.3	小麦筒仓发生粉尘爆炸的瞬间	
4.3.4	电子复印装置(复印机)的工作原理	
4.4	粉体的特性及测定 (1) ——粒径和粒径分布的测定	130
4.4.1	如何定义粉体的粒径	
4.4.2	不同的测定方法适应不同的粒径范围	
4.4.3	粉体粒径及其计测方法	
4.4.4	复杂的粒子形状可由形状指数表示	
4.5	粉体的特性及测定 (2) ——密度及比表面积的测定	132
4.5.1	粒径分布如何表示	
4.5.2	纳米粒子大小的测量——微分型电迁移率分析仪和动态光散射仪	
4.5.3	粒子密度的测定——比重瓶法和贝克曼比重计法	
4.5.4	比表面积的测定——光透射法和吸附法	
4.6	粉体的特性及测定 (3) ——折射率和附着力的测定	134
4.6.1	粉体的折射率及其测定	
4.6.2	粉体层的附着力和附着力的三个测试方法	
4.6.3	粒子的亲水性与疏水性及其测定	
4.6.4	固体粉碎化技术的变迁——从石磨到气流粉碎机	
4.7	破碎和粉碎	136
4.7.1	粉体越细, 继续粉碎越难	
4.7.2	介质搅拌粉碎机	
4.7.3	粉碎技术的分类及发展动态	
4.7.4	新型粉碎技术简介	
4.8	分级和集尘	138
4.8.1	振动筛和移动筛	
4.8.2	干式分级机的工作原理	
4.8.3	集尘率的定义和代表性的集尘装置	
4.8.4	布袋集尘器和电气集尘装置	
4.9	混料及造粒	140
4.9.1	代表性的混料机	
4.9.2	何谓造粒及造粒的目的	
4.9.3	自足造粒	
4.9.4	强制造粒	
4.10	输送及供给	142
4.10.1	各种粉体输送机	
4.10.2	各种粉体供给(加料)机	
4.10.3	各种干式分散机	
4.10.4	粉体微细化所表现的性质	

4.11 粉体的非机械式制作方法	144
4.11.1 PVD 法制作粉体	
4.11.2 CVD 法制作粉体	
4.11.3 液相化学反应法制作粉体	
4.11.4 界面活性剂法制作粉体	
4.12 日常生活用的粉体	146
4.12.1 主妇的一天——日常生活中的粉体	
4.12.2 食品、调味品中的粉体——绵白糖与砂糖的对比	
4.12.3 粉体技术用于缓释性药物	
4.12.4 粉体技术用于癌细胞分离	
4.13 工业应用的粉体材料	148
4.13.1 粉体粒子的附着现象	
4.13.2 古人用沙子制作的防盗墓机构	
4.13.3 液晶显示屏中的隔离子	
4.13.4 CMP 用研磨剂	
4.14 粉体精细化技术——粒度精细化及粒子形状的改善	150
4.14.1 粉体的喷雾干燥	
4.14.2 粉体颗粒附着、凝聚、固结的分类	
4.14.3 利用界面反应生成球形粒子的机制	
4.14.4 复合粒子的分类及其制作	
4.15 纳米材料与纳米技术	152
4.15.1 纳米材料与纳米技术的概念	
4.15.2 为什么“纳米”范围定义为 1 ~ 100nm	
4.15.3 纳米材料的应用	
4.15.4 碳纳米管的性质和主要用途	
4.16 包罗万象的纳米领域	154
4.16.1 纳米效应及纳米新材料	
4.16.2 纳米新能源	
4.16.3 纳米电子及纳米通信	
4.16.4 纳米生物及环保	
4.17 “纳米”就在我们身边	156
4.17.1 纳米技术之树	
4.17.2 纳米结构科学与技术组织图	
4.17.3 半导体集成电路微细化有无极限?	
4.17.4 纳米光合成和染料敏化太阳电池	
4.18 纳米材料制备和纳米加工	158
4.18.1 在利用纳米技术的环境中容易实现化学反应	
4.18.2 集成电路芯片——高性能电子产品的核心	
4.18.3 干法成膜和湿法成膜技术 (bottom-up 方式)	
4.18.4 干法刻蚀和湿法刻蚀加工技术 (top-down 方式)	
4.19 纳米材料与纳米技术的发展前景	160
4.19.1 利用纳米技术改变半导体的特性	
4.19.2 如何用光窥视纳米世界	
4.19.3 对原子、分子进行直接操作	
4.19.4 碳纳米管三极管制作尝试——纳米微组装遇到的挑战	
名词术语和基本概念	
思考题及练习题	
参考文献	

第 5 章 陶瓷及陶瓷材料

5.1 陶瓷进化发展史——人类文明进步的标志	164
5.1.1 China 是中国景德镇在宋朝前古名昌南镇的音译	

5.1.2	陶器出现在 10000 年前, 秦兵马俑、唐三彩堪称典范	
5.1.3	瓷器出现在 3000 年前, 宋代五大名窑、元青花、斗彩、粉彩旷世绝伦	
5.1.4	特种陶瓷应新技术而出现, 随高新技术而发展	
5.2	日用陶瓷的进展	166
5.3	陶瓷及陶瓷材料 (1) ——按致密度和原料分类	168
5.3.1	陶瓷的概念和范畴	
5.3.2	按陶瓷坯体致密度的不同分类——陶器和瓷器	
5.3.3	按陶瓷制品的性能和用途分类——普通陶瓷和特种陶瓷	
5.3.4	按陶瓷原料分类——氧化物陶瓷和非氧化物陶瓷	
5.4	陶瓷及陶瓷材料 (2) ——按性能和用途分类	170
5.4.1	普通陶瓷和精细陶瓷	
5.4.2	精细陶瓷举例	
5.4.3	结构陶瓷和功能瓷器	
5.4.4	对结构陶瓷和功能陶瓷的特殊要求	
5.5	陶瓷及陶瓷材料 (3) ——结构陶瓷和功能陶瓷	172
5.6	普通粘土陶瓷的主要原料	174
5.6.1	粘土类原料	
5.6.2	石英类原料	
5.6.3	长石类原料	
5.6.4	其他原料	
5.7	陶瓷成型工艺 (1) ——旋转制坯成型和注浆成型	176
5.7.1	几种工业陶瓷塑性泥料的配方	
5.7.2	由溶液制造陶瓷粉末的共沉淀法	
5.7.3	旋转制坯成型	
5.7.4	注浆成型	
5.8	陶瓷成型工艺 (2) ——干压成型、热压注成型和等静压成型	178
5.8.1	干压成型及等静压成型	
5.8.2	使用包套的 HIP 成型	
5.8.3	热压注成型	
5.8.4	热等均 (静) 压成型	
5.9	陶瓷成型工艺 (3) ——挤压成型、注射成型和流延成型	180
5.9.1	挤压成型法	
5.9.2	注射成型法	
5.9.3	流延成型法	
5.9.4	各种成型方法的比较	
5.10	普通陶瓷的烧结过程	182
5.10.1	何谓烧结与烧成	
5.10.2	烧结原理	
5.10.3	烧结过程	
5.11	陶瓷的烧成和烧结工艺	184
5.11.1	反应烧结和热压烧结	
5.11.2	热等静压烧结	
5.11.3	微波加热烧结	
5.11.4	放电等离子体烧结	
5.12	普通陶瓷的组织和结构	186
5.12.1	晶相的形成	
5.12.2	液相的作用和玻璃相的形成	
5.12.3	晶界	
5.12.4	气孔	
5.13	精细陶瓷的组成、组织结构和性能	188
5.13.1	精细陶瓷与日用陶瓷的差异之一——原料不同	
5.13.2	精细陶瓷与日用陶瓷的差异之二——制作工艺不同	

5.13.3	精细陶瓷与日用陶瓷的差异之三——组织结构不同	
5.13.4	精细陶瓷与日用陶瓷的差异之四——性能和应用不同	
5.14	结构陶瓷及应用 (1) —— Al_2O_3	190
5.14.1	使用透明氧化铝的高压钠灯	
5.14.2	注射成型设备及注射成型的半成品	
5.14.3	精密注射成型制品	
5.14.4	氧化铝陶瓷牙科材料	
5.15	结构陶瓷及应用 (2) —— ZrO_2 、 TiO_2 、 BeO 和 AlN	192
5.15.1	氧化锆陶瓷插芯与套筒	
5.15.2	氧化钛的三种晶型形态	
5.15.3	氧化铍的晶体结构及特性	
5.15.4	影响氮化铝陶瓷热导率的各种因素	
5.16	结构陶瓷及应用 (3) —— SiC 和 Si_3N_4	194
5.16.1	高热导率、电气绝缘性 SiC 陶瓷的制作工艺	
5.16.2	SiC 单晶的各种晶型	
5.16.3	SiC 和 Si_3N_4 的反应烧结	
5.16.4	新一代陶瓷切削刀具—— Si_3N_4 刀具	
5.17	低温共烧陶瓷基板	196
5.17.1	HTCC 和 LTCC	
5.17.2	流延法制作生片, 叠层共烧	
5.17.3	LTCC 的性能	
5.17.4	LTCC 的应用	
5.18	单晶材料及制作	198
5.18.1	单晶制作方法及单晶材料实例	
5.18.2	化合物半导体块体单晶生长方法	
5.18.3	压电效应, 热释电效应和铁电效应	
5.18.4	压电性、热释电性、铁电性单晶体实例	
5.19	功能陶瓷及应用 (1) ——陶瓷电子元器件	200
5.19.1	BaTiO_3 的介电常数随温度的变化	
5.19.2	陶瓷表面波器件	
5.19.3	不断向小型化进展的电容器	
5.19.4	大电流用超导线的断面结构	
5.20	功能陶瓷及应用 (2) ——生物陶瓷和换能器件	202
5.20.1	电极化的种类	
5.20.2	介电常数 ϵ' 与介电损耗 ϵ'' 随周波数的变化	
5.20.3	生物陶瓷材料实例	
5.20.4	利用超声波探知鱼群	
5.21	功能陶瓷及应用 (3) ——微波器件、传感器和超声波马达	204
5.21.1	功能陶瓷的微波功能及传感器功能	
5.21.2	信息功能陶瓷元器件	
5.21.3	BaTiO_3 陶瓷的改性和多层陶瓷电容器 MLCC	
5.21.4	压电陶瓷超声波马达在航天领域的应用技术	
	名词术语和基本概念	
	思考题及练习题	
	参考文献	
	青铜器的历史与材料	207
	唐三彩	212
	玻璃	214
	琉璃	216
	陶瓷的历史与材料	217

第 6 章 玻璃及玻璃材料

6.1	玻璃的发现至少有 5000 年	224
6.1.1	玻璃的发现	
6.1.2	玻璃的故乡——美索布达尼亚	
6.1.3	从古代玻璃到近代玻璃	
6.1.4	玻璃在全世界的传播	
6.2	古代玻璃与现代玻璃的组成惊人的相似	226
6.2.1	古代玻璃的成形方法	
6.2.2	古代玻璃与现代玻璃的组成对比	
6.2.3	天然的玻璃? 月球上的玻璃?	
6.2.4	玻璃在光学领域大有用武之地	
6.3	玻璃的传统定义和现代定义	228
6.3.1	现代生活中不可缺少的玻璃	
6.3.2	玻璃到底为何物?	
6.3.3	玻璃的性质——长处和短处	
6.3.4	玻璃的组成多种多样	
6.4	玻璃的熔融和加工	230
6.4.1	玻璃的熔融和成形加工	
6.4.2	浮法玻璃制造——在熔融锡表面上形成平板玻璃	
6.4.3	TFT LCD 液晶电视对玻璃基板的要求	
6.4.4	溢流法制作 TFT LCD 液晶电视用玻璃	
6.5	非传统方法制造玻璃	232
6.5.1	溶胶 - 凝胶法制作玻璃	
6.5.2	金属玻璃及其制作方法	
6.5.3	不断进步的玻璃循环	
6.5.4	单向可视玻璃窗	
6.6	新型建筑玻璃 (1)	234
6.6.1	免擦洗玻璃	
6.6.2	保证冬暖夏凉的中空玻璃	
6.6.3	夏天冷室用节能玻璃	
6.6.4	防盗玻璃	
6.7	新型建筑玻璃 (2)	236
6.7.1	子弹难以穿透的防弹玻璃	
6.7.2	防止火势蔓延的防火玻璃	
6.7.3	电致变色 (加电压时着色) 玻璃	
6.7.4	防水雾 (防朦胧) 镜子的秘密	
6.8	汽车、高铁用玻璃 (1)	238
6.8.1	高铁车厢用窗玻璃	
6.8.2	汽车前窗用钢化玻璃	
6.8.3	下雨天不用雨刷的疏水性玻璃	
6.8.4	防紫外线玻璃	
6.9	汽车、高铁用玻璃 (2)	240
6.9.1	隐蔽玻璃	
6.9.2	反光玻璃微珠	
6.9.3	天线玻璃	
6.9.4	汽车用防水雾玻璃	
6.10	生物医学用玻璃材料	242
6.10.1	创生能量的激光核聚变玻璃	
6.10.2	可变成人骨头的人工骨移植玻璃	
6.10.3	治疗癌症的玻璃	
6.10.4	固化核废料的玻璃	

6.11 特殊性能玻璃材料 (1)	244
6.11.1 离子交换强化——化学钢化玻璃	
6.11.2 玻璃之王——石英玻璃	
6.11.3 零膨胀结晶化玻璃	
6.11.4 透明结晶化玻璃	
6.12 特殊性能玻璃材料 (2)	246
6.12.1 用于半导体及金属封接的封接玻璃	
6.12.2 硫属元素化合物玻璃的功能特性	
6.12.3 氟化物玻璃和作为红外光纤的氟化物玻璃	
6.12.4 超离子导体玻璃	
6.13 图像显示、光通信用玻璃材料 (1)	248
6.13.1 CRT 电视布劳恩管用玻璃	
6.13.2 TFT LCD 液晶电视用玻璃	
6.13.3 PDP 等离子电视用玻璃	
6.13.4 光盘存储元件用玻璃	
6.14 图像显示、光通信用玻璃材料 (2)	250
6.14.1 带透明导电膜的 ITO 玻璃	
6.14.2 折射率分布型玻璃微透镜	
6.14.3 照明灯具用玻璃	
6.14.4 光纤及光纤用石英玻璃	
6.15 图像显示、光通信用玻璃材料 (3)	252
6.15.1 光纤中光信号的传输方式	
6.15.2 在玻璃面上制作光回路——平面光波导制作技术	
6.15.3 光信号放大器用的掺铒玻璃	
6.15.4 稀土掺杂光纤放大器用玻璃的发展	
6.16 高新技术前沿用玻璃材料 (1)	254
6.16.1 藉由紫外线制作的光纤——布拉格光栅	
6.16.2 藉由强激光形成高折射率玻璃——非线性光学玻璃及应用	
6.16.3 藉由非线性光学玻璃实现超高速光开关	
6.16.4 热转态、光转态和紫外线转态	
6.17 高新技术前沿用玻璃材料 (2)	256
6.17.1 上变频——可将红光变为蓝光的玻璃	
6.17.2 作为超高密度存储材料的玻璃	
6.17.3 长时间发光的玻璃	
6.17.4 利用飞秒脉冲激光进行玻璃的体内加工	

名词术语和基本概念

思考题及练习题

参考文献

第 7 章 高分子及聚合物材料

7.1 何谓高分子和聚合物	260
7.1.1 树脂、高分子、聚合物、塑料等术语的内涵及相互关系	
7.1.2 乙烯分子中的共价键	
7.1.3 高分子的特征	
7.1.4 乙烯在引发剂 H_2O_2 的作用下发生聚合反应	
7.2 加聚反应和聚合物实例 (1) ——均加聚	262
7.2.1 由乙烯聚合为低密度聚乙烯和高密度聚乙烯	
7.2.2 乙烯基聚合物大分子链的结构示意	
7.2.3 氯乙烯聚合为聚氯乙烯	
7.2.4 丙烯酸酯树脂的聚合反应	