



普通高等教育规划教材

# 材料科学基础

王章忠 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育规划教材

# 材料科学基础

主 编 王章忠  
副主编 周细应 莫淑华  
参 编 李培耀 赵东方 丁红燕 张敬尧  
主 审 潘 冶

机械工业出版社

本书为普通高等教育材料成形及控制工程专业的技术基础课教材, 主要讲授各种材料的共性基本知识和性能特点, 介绍材料的成分、加工、结构、性质与使用效能间的关系及其规律。全书共分四篇, 十七章。第一篇为材料的性能及应用意义, 包括材料的使用性能、材料的其他性能; 第二篇为材料结构的基本理论, 包括原子结合键、晶体结构、晶体缺陷、高分子材料结构; 第三篇为材料组织结构与性能控制技术基础, 包括固体材料中的原子扩散、相平衡与相图原理、材料的凝固、材料的变形与回复再结晶、固态相变与材料处理; 第四篇为工程材料及应用, 包括金属材料、高分子材料、陶瓷材料、复合材料、功能材料、工程材料的选用与发展。全书采用最新国家标准, 每章后均有小结和综合应用性特色明显的习题。

本书主要供材料成形及控制工程专业大学本科生使用, 也可作为机械工程类专业的通用教材和有关专业技术人员参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

材料科学基础/王章忠主编. —北京: 机械工业出版社, 2005. 1

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-15962-4

I. 材... II. 王... 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(2004)第 142634 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张祖凤 责任编辑: 董连仁 版式设计: 张世琴

责任校对: 刘志文 封面设计: 陈 沛 责任印制: 陶 湛

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5 · 17.5 印张 · 676 千字

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

68326294、68320718

封面无防伪标均为盗版

## 普通高等教育应用型人才培养规划教材 编审委员会名单

主 任：刘国荣 湖南工程学院  
副主任：左健民 南京工程学院  
陈力华 上海工程技术大学  
鲍 泓 北京联合大学  
王文斌 机械工业出版社

委 员：（按姓氏笔画排序）

刘向东 华北航天工业学院  
任淑淳 上海应用技术学院  
何一鸣 常州工学院  
陈文哲 福建工程学院  
陈 峻 扬州大学  
苏 群 黑龙江工程学院  
娄炳林 湖南工程学院  
梁景凯 哈尔滨工业大学（威海）  
童幸生 江汉大学

## 材料成形及控制工程专业教材编委会

- 主 任：计伟志 上海工程技术大学  
副主任：李 尧 江汉大学  
王卫卫 哈尔滨工业大学(威海)  
委 员：(按姓氏笔画排序)  
王高潮 南昌航空学院  
邓 明 重庆工学院  
齐晓杰 黑龙江工程学院  
肖小亭 广东工业大学  
李慕勤 佳木斯大学  
张 旭 湖南工程学院  
周述积 湖北汽车工业学院  
侯英玮 大连铁道学院  
胡礼木 陕西理工学院  
胡成武 株洲工学院  
施于庆 浙江科技学院  
贾俐俐 南京工程学院  
翁其金 福建工程学院  
傅建军 华北航天工业学院

# 序

---

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来,科学技术突飞猛进,国际竞争日趋激烈。特别是随着经济全球化和我国加入 WTO,世界制造业将逐步向我国转移。有人认为,我国将成为世界的“制造中心”。有鉴于此,工程教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止,我国高等工程教育已为经济战线培养了数百万专门人才,为经济的发展作出了巨大的贡献。但据 IMD1998 年的调查,我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标排名世界第 36 位,与我国科技人员总数排名世界第一形成很大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员,特别是工程应用型技术人才市场供给不足。在此形势下,国家教育部近年来批准组建了一批以培养工程应用型本科人才为主的高等院校,并于 2001 年、2002 年两次举办了“应用型本科人才培养模式研讨会”,对工程应用型本科教育的办学思想和发展定位作了初步探讨。本系列教材就是在这种形势下组织编写的,以适应经济、社会发展对工程教育的新要求,满足高素质、强能力的工程应用型本科人才培养的需要。

航天工程的先驱、美国加州理工学院的马·卡门教授有句名言:“科学家研究已有的世界,工程师创造未有的世界。”科学在于探索客观世界中存在的客观规律,所以科学强调分析,强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学(包括自然科学、技术科学和社会科学)理论和技术手段去改造客观世界的实践活动,所以它强调综合,强调方案优缺点的比较并做出论证和判断。这就是科学与工程的主要不同之处。这也就要求我们对工程应用型人才的培养和对科学研究型人才的培养应实施不同的培养方案,采用不同的培养模式,采用具有不同特点的教材。然而,我国目前的工程教育没有注意到这一点,而是:①过分侧重工程科学(分析)方面,轻视了工程实际训练方面,重理论,轻实践,没有足够的工程实践训练,工程教育的“学术化”倾向造成了“课题训练”的偏软现象,导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一,课程结构不合理,知识面过窄,导致知识结构单一,所学知识中有一些内容已陈旧,交叉学科、信息学科的内容知之甚少,人文社会科学知识薄弱,学生创新能力不强。③教材单一,注重工程的科学分析,轻视工程实践能力的培养:注重理论知识的传授,轻视学生个性特别是创新精神的培养;注重



教材的系统性和完整性,造成课程方面的相互重复、脱节等现象;缺乏工程应用背景,存在内容陈旧的现象。④老师缺乏工程实践经验,自身缺乏“工程训练”。⑤工程教育在实践中与经济、产业的联系不密切。要使我们工程教育适应经济、社会的发展,培养更多优秀的工程技术人员,我们必须努力改革。

组织编写本套系列教材,目的在于改革传统的高等工程教育教材,建设一套富有特色、有利于应用型人才培养的本科教材,满足工程应用型人才培养的要求。

本套系列教材的建设原则是:

### 1. 保证基础,确保后劲

科技的发展,要求工程技术人员必须具备终生学习的能力。为此,从内容安排上,保证学生有较厚实的基础,满足本科教学的基本要求,使学生日后具有较强的发展后劲。

### 2. 突出特色,强化应用

围绕培养目标,以工程应用为背景,通过理论与工程实际相结合,构建工程应用型本科教育系列教材特色。本套系列教材的内容、结构遵循如下9字方针:知识新、结构新、重应用。教材内容的要求概括为:“精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通教学内容的基础上,挑选出最基本的内容、方法及典型应用;“新”指在将本学科前沿的新进展和有关的技术进步新成果、新应用等纳入教学内容,以适应科学技术发展的需要,妥善处理好传统内容的继承与现代内容的引进,用现代的思想、观点和方法重新认识基础内容和引入现代科技的新内容,并将这些按新的教学系统重新组织;“广”指在保持本学科基本体系下,处理好与其相邻以及交叉学科的关系;“用”指注重理论与实际融会贯通,特别是注入工程意识,包括经济、质量、环境等诸多因素对工程的影响。

### 3. 抓住重点,合理配套

工程应用型本科教育系列教材的重点是专业课(专业基础课、专业课)教材的建设,并做好与理论课教材建设同步的实践教材的建设,并力争做好与之配套的电子教材的建设。

### 4. 精选编者,确保质量

遴选一批既具有丰富的工程实践经验,又具有丰富的教学实践经验的教师担任编写任务,以确保教材质量。

我们相信,本套系列教材的出版,对我国工程应用型人才培养质量的提高必将产生积极作用,会为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

机械工业出版社颇具魄力和眼光,高瞻远瞩,及时提出并组织编写这套系列教材,他们为编好这套系列教材做了认真细致的工作,并为该套系列教材的出版提供了许多有利的条件,在此深表衷心感谢!

编 委 会 主 任    刘国荣教授  
湖南工程学院院长

# 前 言

---

本书是根据“材料成形及控制工程”专业(原铸造、锻造、焊接等专业)的材料学课程的教学基本要求进行编写的。

材料是人类文明与社会进步的物质基础与先导,材料科学已成为当今世界重大科技基础学科之一,并在各发达国家和我国得到重点发展。在知识经济时代,材料技术、信息技术和生物技术是现代高科技与新经济的三大主要组成部分,而材料又往往是高新技术的突破口。材料的研发应用是实现经济与社会可持续发展的关键。为此,材料教育应先行,应重视探索材料课程的教学改革与建设。

本教材立足“材料加工工程”二级学科,主要面向“材料成形及控制工程”专业,兼顾机械工程学科其他专业(如“机械工程及自动化”专业)。本书主要讲授各种材料的共性基本知识和性能特点,介绍材料的成分、加工、结构、性质与使用效能间的关系及其规律,从而使学生初步具备开发应用材料、合理选择和使用材料、正确加工材料及安排制订加工工艺路线的能力。全书共分四篇,包括:第一篇材料的性能及应用意义;第二篇材料结构的基本理论;第三篇材料的组织结构与性能控制技术基础;第四篇工程材料及应用。

本教材力求突出以下特点:

1) 以培养应用型本科人才为目标,基础理论以应用为目的并适度考虑人才的宽口径适应性发展需要,理论知识结合工程实践,侧重培养学生应用材料的技能和创新思维意识。在教材体系和内容选择与组织上,力争理论性、系统性、先进性和应用性的兼顾与结合。

2) 立足于材料科学的基本问题(四要素或五要素),注重材料的广泛性和多样性,全面介绍了金属材料、高分子材料、陶瓷材料及复合材料的共性与个性特点,强调“大材料”的概念,并注意突出金属材料重点。

3) 强调材料科学与社会学、经济学、资源环境及可持续发展间的关系,引入材料寿命周期评估、价值工程选材等跨学科概念,注意材料工程与机械、化工、建筑、电子等工程的交叉与联系,倡导“大工程”意识,培育“材料、设计、制造”一体化理念。



4) 注意增加了与高新技术或产业有关的新材料、新工艺、新技术及其应用知识,如功能材料、智能材料、材料表面技术、材料与环境、计算机在材料科学中的应用、材料信息资源等,力求反映材料科学与工程发展的最新情况。

5) 全书采用最新标准,并在附录中列出了与材料工程相关的标准名录。每章后均有小结和综合应用性特色明显的习题。

本书共十七章。绪论,第一、二、四、十一、十二、十六、十七章和附录由南京工程学院王章忠编写;第十章由上海工程技术大学周细应编写;第三、十四、十五章由黑龙江工程学院莫淑华编写;第九章由上海工程技术大学李培耀编写;第六、十三章由华北航天工业学院赵东方编写;第五章由淮阴工学院丁红燕编写;第七章由扬州大学张敬尧编写;第八章由李培耀和周细应合写。全书由王章忠教授任主编,东南大学潘冶教授任主审。

在编写过程中,作者参阅了大量国内外出版的有关资料,在此对全部文献的作者表示诚挚敬意和衷心感谢!

由于作者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2004年8月于南京

# 目 录

|    |   |
|----|---|
| 序  |   |
| 前言 |   |
| 绪论 | 1 |

## 第一篇 材料的性能及应用意义

|             |    |
|-------------|----|
| 第一章 材料的使用性能 | 11 |
| 第一节 力学性能    | 11 |
| 第二节 物理性能    | 26 |
| 第三节 化学性能    | 28 |
| 小结          | 31 |
| 习题          | 31 |
| 第二章 材料的其他性能 | 33 |
| 第一节 材料的工艺性能 | 33 |
| 第二节 材料的经济性能 | 35 |
| 第三节 材料的环境性能 | 38 |
| 小结          | 39 |
| 习题          | 39 |

## 第二篇 材料结构的基本理论

|               |    |
|---------------|----|
| 第三章 原子结构与结合键  | 43 |
| 第一节 原子结构      | 43 |
| 第二节 结合键的类型    | 47 |
| 第三节 材料的结合键与性能 | 52 |
| 小结            | 54 |
| 习题            | 55 |
| 第四章 晶体结构      | 56 |
| 第一节 晶体与非晶体    | 56 |



|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 第二节 晶体学基础知识 .....        | 57         |
| 第三节 纯金属晶体结构 .....        | 60         |
| 第四节 合金的相结构 .....         | 64         |
| 第五节 离子晶体与共价晶体的结构 .....   | 69         |
| 小结 .....                 | 71         |
| 习题 .....                 | 72         |
| <b>第五章 晶体缺陷 .....</b>    | <b>73</b>  |
| 第一节 点缺陷 .....            | 73         |
| 第二节 位错 .....             | 77         |
| 第三节 晶体的界面 .....          | 93         |
| 小结 .....                 | 105        |
| 习题 .....                 | 105        |
| <b>第六章 高分子材料结构 .....</b> | <b>107</b> |
| 第一节 高分子结构的基本概念 .....     | 107        |
| 第二节 高分子的结构 .....         | 109        |
| 小结 .....                 | 117        |
| 习题 .....                 | 117        |

### 第三篇 材料的组织结构与 性能控制技术基础

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>第七章 固体材料中的原子扩散 .....</b> | <b>121</b> |
| 第一节 扩散定律 .....              | 121        |
| 第二节 扩散机制 .....              | 129        |
| 第三节 反应扩散 .....              | 137        |
| 第四节 影响扩散的因素 .....           | 138        |
| 小结 .....                    | 142        |
| 习题 .....                    | 142        |
| <b>第八章 相平衡与相图原理 .....</b>   | <b>144</b> |
| 第一节 相、相平衡与相律 .....          | 144        |
| 第二节 二元相图 .....              | 146        |
| 第三节 铁碳相图 .....              | 168        |
| 第四节 三元相图 .....              | 184        |
| 小结 .....                    | 201        |
| 习题 .....                    | 202        |



|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>第九章 材料的凝固</b>       | 204 |
| 第一节 晶体材料凝固概述           | 204 |
| 第二节 纯金属的结晶             | 207 |
| 第三节 固溶体合金的凝固           | 216 |
| 第四节 共晶合金的凝固            | 228 |
| 第五节 凝固组织及控制            | 232 |
| 第六节 凝固技术应用             | 237 |
| 第七节 高分子材料的凝固           | 239 |
| 小结                     | 242 |
| 习题                     | 243 |
| <b>第十章 材料的变形与回复再结晶</b> | 245 |
| 第一节 金属的弹性变形            | 245 |
| 第二节 金属的塑性变形            | 246 |
| 第三节 冷塑性变形后金属的组织与性能变化   | 262 |
| 第四节 冷塑性变形金属的回复再结晶      | 266 |
| 第五节 金属的高温变形            | 274 |
| 第六节 高分子材料的变形           | 279 |
| 第七节 材料的断裂              | 282 |
| 小结                     | 286 |
| 习题                     | 286 |
| <b>第十一章 固态相变与材料处理</b>  | 288 |
| 第一节 固态相变总论             | 288 |
| 第二节 过饱和固溶体的分解          | 292 |
| 第三节 钢的加热及组织转变          | 293 |
| 第四节 钢的冷却及组织转变          | 298 |
| 第五节 钢的整体热处理            | 308 |
| 第六节 材料表面处理技术           | 320 |
| 小结                     | 342 |
| 习题                     | 343 |

## 第四篇 工程材料及应用

|                  |     |
|------------------|-----|
| <b>第十二章 金属材料</b> | 347 |
| 第一节 钢铁材料         | 347 |
| 第二节 有色金属材料       | 404 |
| 小结               | 415 |



|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 习题 .....                     | 416 |
| <b>第十三章 高分子材料</b> .....      | 418 |
| 第一节 高分子材料的合成与生产 .....        | 418 |
| 第二节 高分子材料的性能特点 .....         | 423 |
| 第三节 常用高分子材料及其应用 .....        | 429 |
| 小结 .....                     | 436 |
| 习题 .....                     | 437 |
| <b>第十四章 陶瓷材料</b> .....       | 438 |
| 第一节 概述 .....                 | 438 |
| 第二节 陶瓷材料的制备和增韧 .....         | 440 |
| 第三节 陶瓷材料的结构与性能 .....         | 444 |
| 第四节 常用陶瓷材料简介 .....           | 449 |
| 第五节 粉末冶金材料简介 .....           | 452 |
| 小结 .....                     | 454 |
| 习题 .....                     | 454 |
| <b>第十五章 复合材料</b> .....       | 455 |
| 第一节 概述 .....                 | 455 |
| 第二节 复合材料的增强机理 .....          | 457 |
| 第三节 复合材料性能特点 .....           | 460 |
| 第四节 复合材料简介 .....             | 463 |
| 小结 .....                     | 469 |
| 习题 .....                     | 469 |
| <b>第十六章 功能材料</b> .....       | 470 |
| 第一节 概述 .....                 | 470 |
| 第二节 电功能材料 .....              | 472 |
| 第三节 磁功能材料 .....              | 476 |
| 第四节 热功能材料 .....              | 479 |
| 第五节 传感器用敏感材料 .....           | 482 |
| 第六节 智能材料与结构 .....            | 485 |
| 小结 .....                     | 490 |
| 习题 .....                     | 490 |
| <b>第十七章 工程材料的选用与发展</b> ..... | 491 |
| 第一节 零件失效分析 .....             | 491 |
| 第二节 材料选择的原则 .....            | 493 |
| 第三节 典型零件选材与工艺分析 .....        | 508 |



|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 第四节 计算机在材料科学中的应用 .....           | 520 |
| 第五节 材料与环境及可持续发展 .....            | 524 |
| 第六节 新材料研究的发展趋势 .....             | 527 |
| 小结 .....                         | 531 |
| 习题 .....                         | 531 |
| 附录 .....                         | 533 |
| 附录 A 材料工程主要相关国家标准名录 .....        | 533 |
| 附录 B 材料学主要相关 Internet 信息资源 ..... | 537 |
| 参考文献 .....                       | 542 |

# 绪 论

---

材料是人类进化史的里程碑，是现代文明的重要表征，是发展高新技术的基础和先导。材料作为能制造有用器件的物质，与能源和信息共同构成了人类社会赖以生存与发展的基本资源，所以材料、能源和信息被誉为现代科学和现代文明的三大支柱。而在这三者之间，材料又是最重要的基础。在以高技术群为代表的新技术革命和新经济时代，材料技术与信息技术、生物技术并列，被世界各国公认为是当代以及在今后相当长的时间内总揽人类社会全局的高技术。材料技术既是一个独立的技术领域，又对其他技术领域起着引导、支撑的关键性作用，并与其他技术相互依存。不仅如此，材料技术还是支撑当今整个人类文明的现代工业和现代农业的共性关键技术，同时又是一个国家国防力量最重要的物质基础。因此，各发达国家均把材料及材料科学技术放在重要的发展地位。

## 一、材料与人类

纵观人类发现材料和利用材料的历史，每一种重要材料的广泛应用，都会把人类支配和改造自然的能力提高到一个新水平，将人类社会的物质文明和精神文明向前推进一步。历史学家把人类社会的发展按其使用的材料类型划分为石器时代、青铜时代、铁器时代，而今，正在跨入人工合成材料的新时代。

从古猿到原始人类，石器一直是主要的工具；约在原始社会的末期，中华民族的祖先最早使用了粘土成型、再火烧固化陶器；到东汉时期又出现了瓷器，并先后传至世界各国，对人类文明产生了极大的影响，已成为中国古代文化的象征。

早在 4000 多年以前，我们的祖先就已开始使用天然存在的纯铜，至殷、商时代，我国的青铜冶炼与铸造技术便已发展到了较高的水平；到春秋、战国时期，我国人民认识并总结了青铜的成分、性能与用途之间的关系与规律。如在《周礼·考工记》中对青铜的成分和用途描述出来的“六齐”规律，是世界上最早的关于金属材料合金化工艺的总结。

铁器时代则被认为是始于 2000 多年前，到了汉代，我国“先炼铁后炼钢”的技术已居世界领先地位；从西汉到明朝，我国的钢铁生产技术、钢铁热处理技术及钢铁材料的应用都已达到了相当高的水平。在西汉司马迁的《史记·天官



书》、东汉班固的《汉书·王褒传》、明代宋应星的《天工开物》等科学史书中，都有这方面的详细记载与论述。

18 世纪后期，以欧洲为中心的世界工业迅速发展，18 世纪发明了蒸汽机，19 世纪发明了电动机，这对材料的品质、数量都提出了越来越高的要求，并推动了材料工艺的进一步发展。1863 年光学显微镜首次应用于金属的微观研究，出现了“金相学”，并在化学、物理、材料力学的基础上产生了一门新学科——“金属学”。随着 1912 年 X 射线衍射技术和 1932 年电子显微分析技术及后来出现的各种谱仪的应用，“金属学”便日趋完善，大大推动了金属材料及其学科的研究与发展。

20 世纪以来，随着现代科学技术和生产的迅速发展，对材料的要求也越来越高。在大量发展高性能金属材料的同时，又迅速发展和应用了高性能的有机高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料，并正在进入人工合成材料的新时代。如 1909 年的酚醛树脂、1920 年的聚苯乙烯、1931 年的聚氯乙烯及 1941 年的尼龙等；20 世纪中叶合成及制备的各种类型先进陶瓷  $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{ZrO}_2$  等；20 世纪中后期发展的树脂基复合材料（如玻璃钢）、金属基复合材料和陶瓷基复合材料等；1985 年发现的  $\text{C}_{60}$ （富勒烯）及 1991 年的碳纳米管等。

## 二、材料科学的形成与内涵

1957 年，前苏联人造卫星先于美国上天，美国朝野为之震惊并认为自己落后的主要原因是在先进材料研究应用方面。于是在一些大学相继成立了十余个材料科学研究中心，采用先进的科学理论与实验方法对材料进行深入的研究并取得重要成果。从此，“材料科学”这个名词便开始流行。

材料科学是在一些与物质结构和物性的研究有关的学科（如化学、物理等）的基础上逐步形成的。它是跨越冶金学、金属学、高分子科学、陶瓷学等多学科的综合交叉性科学，其研究内容为各种材料的成分、结构与性能的关系及其规律。材料科学兼备自然科学和应用科学的属性，故提出了“材料科学与工程”。

材料科学与工程是研究材料的组成、结构、生产过程、材料性能与使用效能以及它们之间的关系，故把材料的组成与结构（composition-structure）、合成与生产过程（synthesis-processing）、性能（properties）及使用效能（performance）称为材料科学与工程的四个基本要素（basic elements）。考虑在四要素中的组成与结构并非同义词，即相同成分或组成通过不同的合成或加工方法可以得到不同结构，从而材料的性能或使用效能都会变化。因此，我国有人提出一个五要素的模型，即成分、合成/加工、结构、性质和使用效能。

应注意材料与环境之间的交互作用：一方面，材料的性能和使用效能在很大程度上受环境的影响，如有些材料在一般环境下的性能很好，而在腐蚀介质下性



能却下降显著；另一方面，材料的生产、使用和报废又对环境产生重大的影响，而这点恰恰是以往人们所忽视的，由此造成了资源和能源的极大浪费，环境的严重污染，不利于经济与社会的可持续发展。

必须重视材料理论和材料设计在材料研究、开发与应用中的重要作用，因为材料科学与工程的一个要素或几个相关要素都有其理论，根据理论建立模型，通过模型可以进行材料设计或工艺设计，以达到提高材料性能及使用效能，节约资源，减少污染或降低成本的最佳状态。这是材料科学与工程最终努力的目标。

### 三、材料的分类与概况

材料既具有普遍性和重要性，又具有多样性。材料的种类繁多，有不同的分类方法。按其应用领域可分为机械工程材料、电子工程材料、建筑工程材料、航空航天材料、能源材料、生物材料等。按其性能特点可分为结构材料和功能材料：结构材料以力学性能为主，兼有一定的物理、化学性能，如热导率、耐腐蚀、抗氧化等；功能材料是以特殊的物理、化学或生物性能为主，如电、磁、光、热、声学、生物等功能和效应及其转换特性的材料。结构材料用量极大，是当代社会的主要材料，亦是本书讨论的重点；功能材料目前用量虽小，但却是高新技术的关键，是知识密集、技术密集、附加值高的材料。一种材料可以既是结构材料又是功能材料，如铁、铜、铝等。材料还可分为传统材料与新型材料：传统材料是指那些已成熟且在工业中已批量生产并大量应用的材料，如钢铁、水泥、塑料等，因这类材料量大面广且又是很多支柱产业的基础，所以又称为基础材料；新型材料(先进材料)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，如太阳能电池材料、纳米材料、低铁损的非晶态磁性合金、高临界温度的超导材料等。新型材料与传统材料有相互转换性，传统材料通过采用新技术、大幅度提高性能和附加值可成为新型材料；新型材料在经过长期生产与应用之后也就成为传统材料。

工程上通常按材料的物理化学属性将材料分为金属材料、高分子材料、陶瓷材料和由此三者组合而成的复合材料等四大类。

#### (一) 金属材料

金属材料是用量最大、用途最广的主要工程材料，历来占据材料消费的主导地位，并预计在未来的相当长时间内还将延续下去。它包含两大类型：黑色金属和有色金属。

1. 黑色金属 指铁及铁基合金材料，主要为钢铁材料，它约占金属材料总量的95%以上。钢铁材料又分为钢与铸铁两种，其中钢约占90%以上。在20世纪30~50年代，钢铁材料处于最鼎盛时期。随着钢铁材料的强度和质量的提高，以及现代高新技术对特殊性能材料(如陶瓷、高分子、复合材料)的需求增加，钢