



《材料科学导论》

“Introduction to Materials Science”

主讲教师：杨振国

单 位：材料科学系

办 公 室：复旦江湾校区先进材料楼732室

联系方式：zgyang@fudan.edu.cn
31243658 (O)



本课程基本信息

教学团队：杨振国、胡新华、张群、胡林峰

课程类型：专业平台课（必修课、54小时）

课程代码：MATE130034.01，**上课地点：**H3108

成绩评定：平时成绩 (30%) + 期末考试 (70%)

课程网址：<http://jpkcmake.fudan.edu.cn/d201230/main.psp>



本课程主要教学参考书

1. **W. F. Smith & J. Hasegami, Foundations of Materials Science and Engineering (4th ed), McGraw Hill, 2006**
2. **石德珂主编, 材料科学基础(第二版), 机械工业出版社, 2003**
3. **R.W. Cahn, The Coming of Materials Science, Elsevier, 2001**
注: (中译本)《走进材料科学》, 化学工业出版社, 2001
4. **冯端、师昌绪、刘治国, 材料科学导论, 化学工业出版社, 2002**
5. **潘金生、仝建民、田民波, 材料科学基础, 清华大学出版社, 2000.4**
6. **胡赓祥、蔡珣、戎咏华, 材料科学基础(第三版), 上海交通大学出版社, 2010.5**



本课程主要教学参考书

7. **J. P. Schaffer, The Science and Design of Engineering Materials, McGraw-Hill Companies Inc., 1999**
注: 《工程材料科学与设计》(中译本), 机械工业出版社, 2003
8. **W. D. Callister, Jr, Materials Science and Engineering: An Introduction, John Wiley & Sons Inc., 2007**
9. **D. R. Askeland, The Science and Engineering of Materials' (5th), Nelson , Division of Thomson Limited, 2006**
10. **Y.W. Chuang, Introduction to Materials Science and Engineering, Taylor & Francis Group, 2007**

第一章 材料科学概论



1.1 材料与物质

1.2 材料的分类

1.3 材料与社会发展

1.4 材料科学与工程

1.5 材料科学在工程中的作用

1.6 材料科学技术的发展重点



1.1 材料与物质

- **材料是一切科学技术的基础,是人类赖以生存和发展的物质基础,也是人类社会文明程度的里程碑标志。**
- **物质 (matter) 是具有时间、质量并占据空间的任何东西,一般分为能量、时空、**形象**等三类物质。**
- **材料 (material) 是指有形且有用的一种物质。**
- **物质与材料的区别**
 - 物质 (matter) 反映基本性质 (property);**
 - 材料 (material) 反映宏观性能 (performance)。**



1.2 材料的分类

- 从现代科技发展来看，20世纪70年代把**材料、信息和能源**列为现代社会文明的三大支柱；20世纪80年代以高新技术为代表的新技术革命，再次把**新材料、信息技术和生物技术**列为重要标志；21世纪美国把**与材料密切相关的四大技术**：纳米技术、生物技术、信息技术和认知技术列为未来发展的重中之重，材料时刻影响着人们的生活质量及其生活方式。
- 目前，材料品种有数千万种，每年以20多万种新材料不断增长。虽然材料种类繁多，但大致分为五类：
金属、陶瓷、聚合物、复合材料和半导体材料。前三类是基础材料，后二类是经过特殊加工的、面向现代生活的、不可或缺的基础材料。



1. 化学键合 (chemical bond)

(1) 金属材料 (metallic materials)

● 金属材料是以金属元素为主、通过冶炼方式制成的一类晶体材料，原子间键合是金属键。

■ 特点：强度高、延展性好、导电导热，但易腐蚀、不透明。

目前，金属材料占整个结构材料的 80% 以上。

1) 黑色金属 (ferrous metals)

以Fe元素为基的钢铁材料，如碳钢、不锈钢、铸钢等。

2) 有色金属 (non-ferrous metals)

除Fe元素以外的一些特殊金属，比如Mg、Al、Ti、Zn、Ni、Cu等6种金属。



(2) 陶瓷材料 (ceramic materials)

● 陶瓷材料是由非金属元素或金属元素与非金属元素组成的、采用烧结或合成工艺制备的一类无机非金属材料。普通陶瓷原子间键合是离子键，先进陶瓷是共价键。

■ 特点：硬度高、耐高温、绝缘，但脆性、难加工。

1) 普通陶瓷(pottery, porcelain)

以天然硅酸盐矿物为原料，通过烧结而成的普通陶瓷。例如，玻璃、水泥、耐火砖、陶器、瓷器等。

2) 先进陶瓷(ceramic):

以高纯度无机粉末为原料，采用化学方法合成的先进陶瓷，比如 Al_2O_3 、 SiC 、 Si_3N_4 、 TiB_2 、 MoSi_2 等。



(3) 聚合物 (polymeric materials)

● 聚合物是以碳、氢元素为主的、主链由结构单元重复连接而成的一类高分子化合物。原子间键合主要是共价键。

■ 特点：轻质、耐蚀、绝缘、易加工，但强度低、耐热性差。

1) 塑料 (plastic)

a. 热固性树脂 (thermosetting resin) : 三维键合
环氧树脂(EP)、不饱和聚酯(UP)、酚醛(PF)等。

b. 热塑性塑料 (thermoplastic): 线性键合
通用塑料(PE, PP, PVC, PS)、工程塑料(PET, PC, etc)
和特种塑料 (PI, PEEK, PES, etc) 。



(3) 聚合物 (polymeric materials)

2) 纤维 (fiber)

有机纤维，如 PP, PA, PET, PAN等。

3) 橡胶 (rubber)

天然橡胶(NR)、丁苯橡胶(SBR)、丁腈橡胶(ABR)等；

4) 涂料 (coating)

5) 粘接剂 (adhesive)

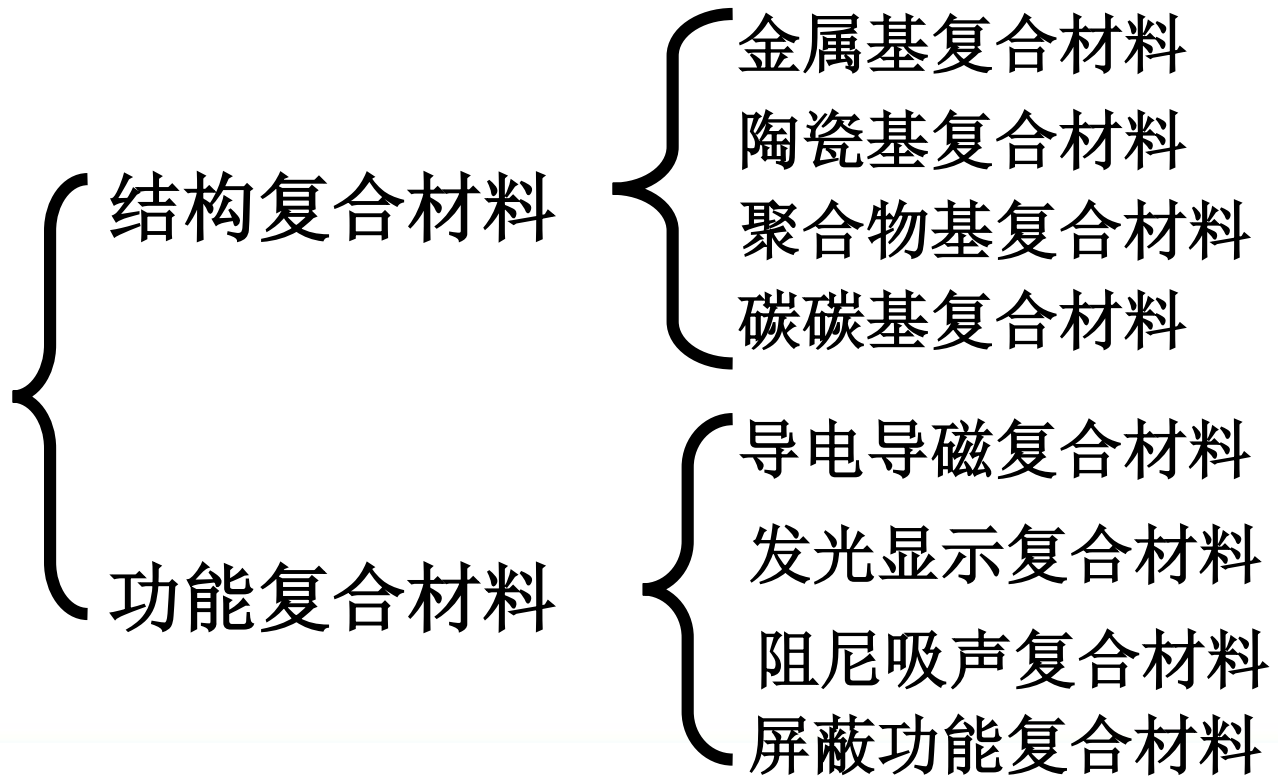


(4) 复合材料 (composite materials)

● 复合材料是由二种以上材料组成的、采用特殊加工制成的、面向工程应用的一类组合材料。原子间键合是混合键。

■ 特点: 比强度高、比模量高、性能可设计, 但界面较弱。

复合材料





**图 1-1 B-2A隱形轰炸机表面吸波性好的
碳纤维复合材料**



(5) 半导体材料 (semiconductor materials)

● 半导体材料是以Si、Ge等元素以共价键方式结合的、电性能可控的一类单晶体材料，也包括化合物半导体、有机电子等多晶体材料和非晶体材料。

■ 特点：导电性介于导体和绝缘体之间，化学纯度和表面加工精度高，但性能易受成分、尺寸、加工等影响。

1) 元素半导体材料(element semiconductor materials)

Si、Ge (IVA族元素)

2) 化合物半导体材料(compound semiconductor materials)

GaAs、InP(III-V族化合物)、CdTe(II-VI族化合物)

3) 非晶体有机半导体材料

聚噻吩(P3TH)、聚苯胺(PANI)、聚对苯乙烯(PPV)等。



2. 材料形态

- (1) 晶态材料: 单晶材料(Si)、多晶材料(Fe-C)
- (2) 非晶态材料: 普通玻璃、金属玻璃、无规高分子材料
- (3) 准晶态材料: 液晶高分子
(酸酯类、联苯类、环基类和碳酸酯类)

3. 物理效应

压电材料、热释电材料、声光材料、电光材料、导电材料、结构材料等。



4. 用途

信息材料、能源材料、建筑材料、耐磨材料、核能材料、生物材料、医用材料等。

● 按材料的性能和用途，大致分为两大类：

1) **结构材料**：以强度、刚度、硬度、韧度等力学性能为主的工程材料。

2) **功能材料**：以光、电、磁、声、热等物理和化学性能为主的工程材料。

● 按使用性能的不同，材料还可以这样分类：

传统材料和先进材料或 **基础材料和新材料**



1.3 材料与社会发展

- 材料是人类用来制造一切有用制品的物质，也是人类社会发展和进步的标志。
- 人类发展史表明：材料是人类文明进步程度的里程碑标志，可以分为五个时代：
 - 石器时代 (Stone Age),
 - 青铜器时代 (Bronze Age),
 - 铁器时代 (Iron Age),
 - 合成时代 (Synthetic Age),
 - 信息时代 (Information Age)。

1. 第一代材料：石器物品（石器时代）

石头、树枝等是远古时期原始社会使用的天然物品（旧石器时代），包括新石器时代加工、碾磨制成的石器工具、遮布等物品。



(a) 加工的石器



(b) 碾磨谷物的石盘

图1-2 天然石头加工的石器物品

2. 第二代材料：烧炼材料（新石器时代）

火的使用使人们把天然粘土烧制成陶器、瓷器、砖头等制品。6000多年前就有代表性的陶瓷制品。



新石器时代 半山式菱形点纹壶

(a) 陶器



(b) 瓷器

图1-3 烧结的陶瓷制品

3. 第三代材料：青铜材料（青铜器时代）

公元前3000多年，古巴比伦王国（Babylon）从天然矿石中冶炼出铜锡合金，制作兵器、工具等物品。这是人类使用金属材料开始，进入青铜器时代。



(a) 青铜兵器



(b) 商代青铜鼎礼器

图1-4 烧炼的青铜器

3. 第三代材料：铁器材料（铁器时代）

青铜器使用1000多年后，人们又从铁矿石中冶炼出铁。铁比铜更易获得且价廉，应用普遍，我国从战国时期进入了铁器时代。



(a) 战国铁犁头



(b) 战国铁锄



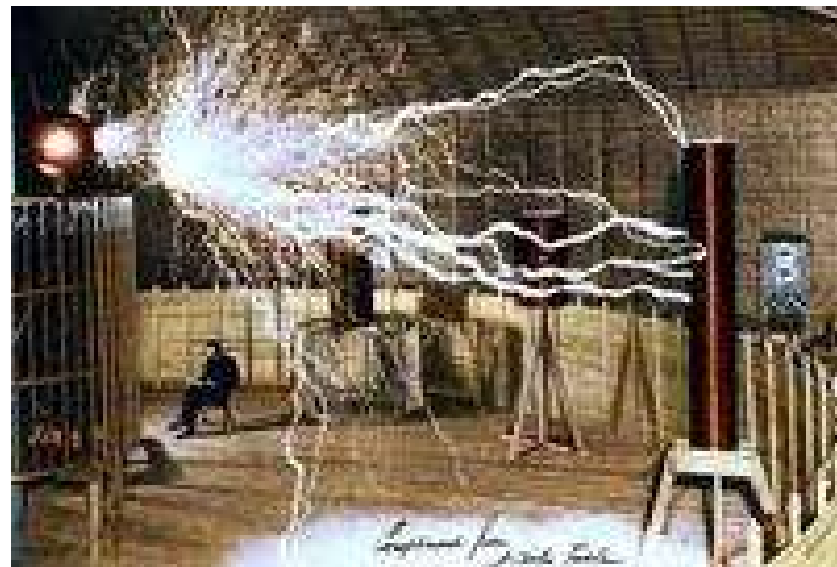
(c) 考古挖掘的铁锄

图1-5 烧炼的铁器制品

一直到了十八世纪**蒸汽机的发明**和十九世纪**发电机的发明**，才出现真正意义的**钢铁冶炼工艺**，进入了**钢铁时代**。



(a) 火车用蒸气机



(b) 特斯拉发明的交流发电机

图1-6 早期的蒸汽机和发电机原型



4. 第四代材料：合成材料（合成时代）

- 1907年： 聚合物材料（高分子材料）合成工业的开始，第一个塑料产品是热固性酚醛树脂（PF）
- 1920年： H. Staudinger 提出大分子链的高分子概念，开发的第一个热塑性塑料是聚苯乙烯 PS (1920)，随后PVC(1931)、 PA (1941) 等。
- 1930-40年： Staudinger的高分子概念得到承认，并以此理论为指导研发出合成橡胶、纤维等
- 1950-60年： Ziegler-Natta催化剂,生产通用塑料、橡胶
- 1960-70年： 工程塑料、 聚合物合金及各种改性聚合物
- 1970-80年： 聚合物材料的大规模工业化产生
- 自1980年起： 分子设计，高性能、多功能的聚合物材料



图 1-7 生活中常用的聚合物制品

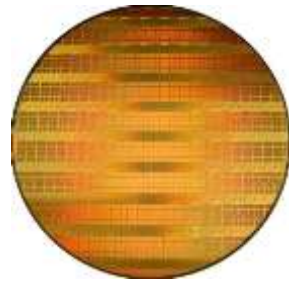


图 1-7 生活中常用的聚合物制品

5. 第五代材料: 半导体材料 (电子材料) (信息时代)

自1947年12月发明半导体晶体管以及各种电子材料和高性能计算机研制成功后, 人类进入了信息时代。

采用复合技术, 研制出高性能、低成本的电子信息材料后, 加速电子材料在生活领域中的普及和应用。



(a) 晶棒与硅片 (b) 晶圆 (c) 芯片封装 (d) 集成电路器件

图 1-8 高性能半导体材料与器件



1.4 材料科学与工程

1.4.1 材料科学的形成

材料名词早已存在，但材料学科是在20世纪60年代末期才建立。美国西北大学是在**1959年1月**第一个建立材料科学系的大学。在此以前，材料的制备被看作是一门实验科学，是凭经验制造的。

材料学科是在1957年9月前苏联最先把人造卫星送上天后才开始建立的。当时美国朝野十分震惊，经调查分析后认为，材料的落后是导致美国卫星未能率先飞上天的主要原因。

于是，美国的麻省、西北、宾州、康内尔等几十所大学相继成立了材料研究中心或材料科学系或材料科学与工程系。这些工作均得到了美国政府的财政资助。



随着研究的深入，“材料科学学报” (**Journal of Materials Science**) 在1966年创刊。从此，材料科学这一专业术语作为一门学科为公众所接受并研究。

随后，另一份杂志“**Materials Science and Engineering**”及“**Journal of Materials Research**”等也相继创刊。

早期出版的冶金学专业期刊，比如“**Acta Metallurgica**”，“**Scripta Metallurgica**”仍保留，1996年之后把Metallurgica替换为“**Materialia**”，分别成为当今材料领域的重要期刊：

“**Acta Materialia**”和“**Scripta Materialia**”。

现在，采用新技术、新工艺或新方法制备的新材料，一般刊登在1988年出版的“**Advanced Materials**”及2001年出版的“**Advanced Functional Materials**”。



事实上，材料学科的形成是科学发展的必然结果。四个方面的因素促使材料学科的建立和发展。

首先，一些基础学科如固体物理、无机化学、有机化学、结构化学等学科的发展，以及现代分析仪器的开发，对物质结构和性质有了更深入的了解，加深对材料本质的认识。

同时，一些专业学科如冶金学、金属学、陶瓷学、高分子科学等发展，对不同材料的研究也大为加强，材料的成分、制备、结构、性能以及它们之间的相互关系也愈来愈获得深入的理解，为材料学科的建立奠定了重要的理论基础。



其次是制备工艺。在材料科学出现前，金属材料、陶瓷材料和聚合物材料（高分子材料）虽然自成体系，但相互间仍有一些共性和相似之处。

比如，马氏体相变是金属学家提出的、是钢铁热处理工艺的基础理论，但是氧化锆陶瓷也存在马氏体相变现象，成为陶瓷增韧的一种手段。

再比如，材料制备方法如溶胶-凝胶法（Sol-Gel）是用金属有机化合物分解获得纳米级氧化物陶瓷粉末，但该方法也可用于改进陶瓷材料的性能；还有金属、陶瓷、聚合物等都有相同的模压制备工艺等。

显然，不同材料的制备工艺可以相互借鉴，有利于促进新材料的开发和材料科学的发展。



第三，不同材料的表征分析仪器以及材料的制备工艺和生产方法也有许多相同之处。

例如，光学显微镜、电子显微镜、透射电镜、光谱分析等方法可以用于分析不同的材料，而不同材料的力学性能和物理性能测试方法是基本相同的。

同时，在材料制品的成型加工过程中，许多设备可以通用，基本原理相同。例如，挤压机对于金属材料而言，既可成型制品，又可通过冷加工提高材料的强度。一些高分子材料用挤压工艺拉丝成型后，有机纤维的比强度、比模量大幅度提高，可用来制造管型制品和其它复合材料。



第四，不同种类的材料可以相互替代和补充，发挥各自的优异性能。

例如，通过不同材料间的复合，获得结构与性能明显优于原组分材料的单一性能，比如玻璃纤维增强环氧树脂复合材料就是一个典型实例。

因此，人们意识到金属、陶瓷、聚合物如果自成体系，互不了解，不利于学科的发展和创新，不利于研制和开发性能优越的新型复合材料。

● 正是在这样的背景下，一门新的综合性学科—**材料科学**诞生了。表1、表2反映了材料专业名称的变化及其材料科学的演变进程。



表1 美国MIT 矿冶及材料系名称的变化过程

| 年份 | 系的名称 |
|-------------|-----------------|
| 1865 ~ 1879 | 地质与采矿工程 |
| 1879 ~ 1884 | 采矿工程 |
| 1884 ~ 1888 | 采矿工程 (地质、采矿、冶金) |
| 1888 ~ 1890 | 采矿与冶金 |
| 1890 ~ 1927 | 采矿工程与冶金 |
| 1927 ~ 1937 | 采矿与冶金 |
| 1937 ~ 1966 | 冶金 |
| 1966 ~ 1975 | 冶金与材料科学 |
| 1975 ~ 现在 | 材料科学与工程 |

* R.W. Cahn, The Coming of Materials Science, 2001



表 2 美国大学的材料专业的变化进程

| 系的名称 | 1965 | 1970 | 1985 |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| 矿物与采矿 | 9 | 7 | 5 |
| 冶金 | 31 | 21 | 17 |
| 材 料 | 11 | 29 | 51 |
| 其 它 | 18 | 21 | 17 |
| 合 计 | 69 | 78 | 90 |

*** R.W. Cahn, The Coming of Materials Science, 2001**



1.4.2 材料科学与工程

1. 材料科学 (materials science, MS)

材料科学是研究材料的成分 (composition)、结构(structure)与性质(property)相互关系的一门学科。

它是从化学的角度，研究材料的化学成分与原子结构、原子键合及微结构的相互关系。

从晶体学和固体物理学的角度，研究材料的组织形态、微结构、内部缺陷与性质、性能的相互关系。



但是，材料研究是面向工程应用，必须从工程的角度，研究材料的制备方法和加工工艺等。通过工艺和技术的开发，制备具有特殊性能、可批量生产的、满足实际应用的工程材料。

因此，材料科学与工程技术密不可分，控制材料的微结构涉及工程技术和工艺。所以，材料科学出现后不久，接着出现了材料科学与工程的名词。

许多大学的冶金系、材料科学系大多数更名为材料科学与工程系。侧重基础研究的叫材料科学系，侧重工艺研究的叫材料工程系。



2. 材料科学与工程 (MSE)

材料科学与工程是研究材料的成分、结构、加工工艺与性能和应用的一门学科。

材料科学与工程可用四面体图表示(图1-9), 即四要素的相互关系:

- (1) 成分/结构 (composition - structure)
- (2) 合成/制备 (synthesis-preparation)
- (3) 性质 (property)
- (4) 性能 (效能) (performance)

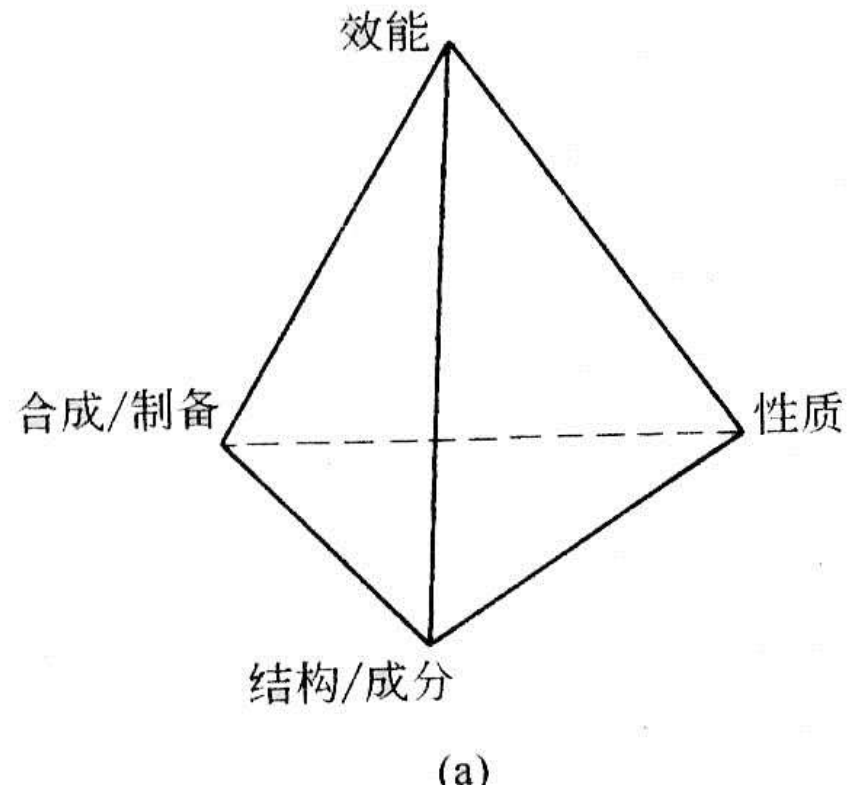


图 1-9 材料的成分、制备、性质与性能（效能）的关系



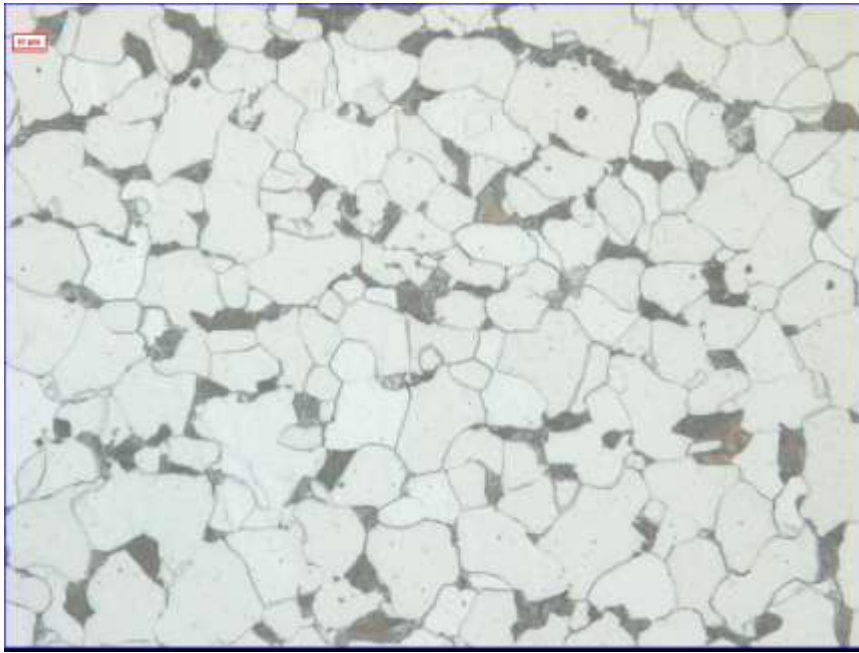
(1) **成分与结构**：四个层次的微结构，即原子结构、原子键合、原子排列和显微组织。

前三个微结构决定了材料固有的性质，如密度、熔点、模量等物理性能，**第四个结构即显微组织，影响材料的强度、硬度、塑性等**，如图1-10所示，这些性能与加工工艺密切相关。

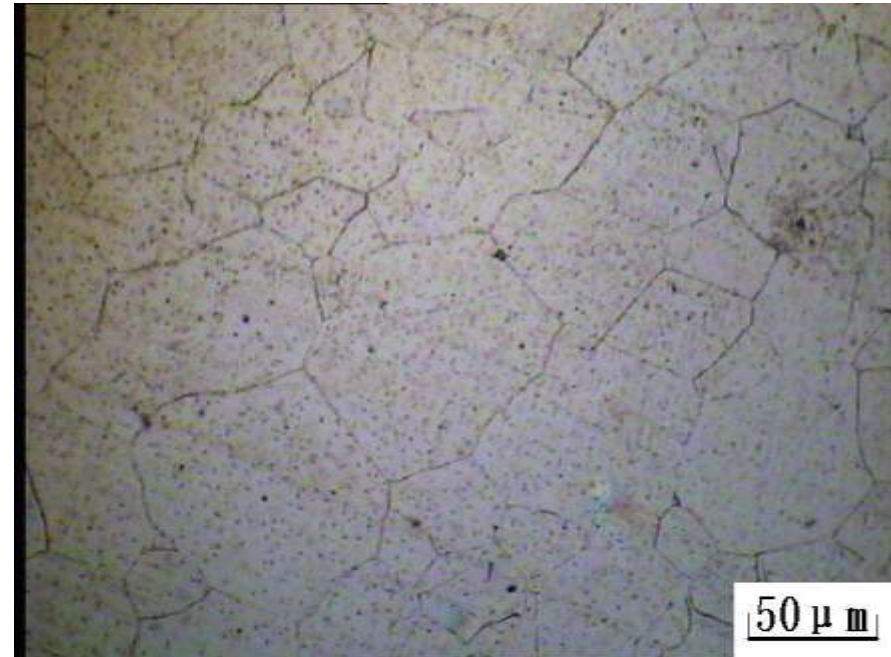
(2) **合成与制备**：加工工艺影响材料内部的微结构和显微组织形态。

(3) **性质**：材料的力学、物理、化学等性质，由材料的化学成分（组成）和加工工艺所决定。

(4) **性能（效能）**：在加工成型和使用环境下具有的性能，反映材料的实际效能。



(a) 20钢(铁素体+珠光体)



(b) 316L不锈钢 (奥氏体)

图 1-10 常见钢铁材料的显微组织



因此，材料科学与工程有三个基本特征：

(1) 学科交叉

它是物理、化学、金属学、陶瓷学、高分子化学、计算科学等基础学科相互交叉、融合和复合。

(2) 应用性强

它与工程应用密切相关。发展材料科学的目的是研制新产品，改进材料的基本性能，提高安全性，满足工程应用的需要。

(3) 不断发展

它是一门不断发展的学科，随各个分支学科的发展而不断完善、丰富和提高。

3. 材料科学与工程学科分类

目前，我国在材料科学与工程一级学科下设立三个二级学科：

材料科学与工程一级学科

材料物理与化学

材料学

材料加工工程



1.5 材料科学在工程中的作用

材料科学在机电、信息、通讯、能源、生物、医学、航天、航海、环保等技术科学及其工程领域获得了广泛应用。

人们在了解材料的内部结构后，就能将这些规律运用到设计中，获得更好的应用。例如，半导体材料的电阻对温度很敏感，故可用来制作精密仪器的温度计、温度控制元件等。

工程设计人员和制造人员有了材料的基础知识后，就能正确地选择材料、加工材料；并通过试验分析，向研制人员提供一些重要信息，加速研制新材料。



技术人员掌握了材料的力学性能和物理性能后，可在不同工况下合理选择和使用性价比高的材料，同时确保使用的安全可靠。

总之，新材料的开发是一系列重要的工程技术和制备工艺的集成过程。

另外，通过对现有材料深入研究和分析，可以不断提高产品质量，增加材料品种，降低产品成本，不仅工程意义重大，而且促进材料科学与工程这门学科的完善和发展。



1.6 材料科学技术的发展重点

21世纪高技术领域重点发展的六大技术所涉及的材料主要是：

- (1) 信息科学技术： 信息材料
- (2) 新能源科学技术： 新能源材料
- (3) 生物科学技术： 生物材料
- (4) 空间科学技术： 空间技术用材料
- (5) 生态环境科学技术： 环保材料
- (6) 用高技术改性现有材料，发展新的材料科学制备技术。比如，3D打印技术、智能制造技术、互联网远程加工技术等，制备各种新材料。



1. 材料制备工艺与技术的开发

任何一种新材料从设计到应用，必须采用合理工艺来制备，才能成为市场可接受的工程材料。

例如，超导材料是1986年发现的。但目前仍不能完全应用于电力工业，主要问题是没有找到廉价的、稳定的生产线材的加工工艺。

C_{60} 即碳元素呈球状分布的巴基球材料，尽管发现之初认为用途广泛，但至今仍处于科研阶段，没有找到合适的制备工艺可以实现规模化生产。



纳米单壁碳管每克几百美元，价格太高，难于全面的工程应用。而且，批量生产性能稳定、价格适中的单壁碳纳米管存在不少工艺问题，包括近年很火的石墨烯也遇到类似的瓶颈问题。

此外，传统材料也有待进一步改进，降低材料的生产成本。

比如，最常见的是易拉罐，每年需求量数千亿只，若每只成本降低一分，即可节省上百亿元。

还有薄膜双向拉伸等加工工艺等。

开发和使用的材料的能力是衡量社会进步及其技术发展程度的标志。

仅研制出性能优异的材料是远远不够的；只有新材料得到广泛应用，才能真正发挥其特有的功能。

材料的应用和开发，必须考虑四个要素：

- (1) 性能；
- (2) 价格；
- (3) 安全；
- (4) 适用。

3. 开发先进材料



当今社会是信息时代。信息技术是社会发展不可或缺的基础。

(1) 信息功能材料

信息技术(IT)的核心是3C (computer, communication, control) 电子元器件在信息的产生、获取、存储、传输、转换、处理和显示等需要电子信息材料, 同时要求电子器件小型化、功能化、低功耗和智能化。

因此, 一方面向微型化发展, 制备**轻、薄、短、小的高性能微电子产品**, 另一方面是低成本的绿色制造, 制备出生活中无处不在的**轻、薄、柔、大的低成本印制电子产品(宏电子产品)**, 如 **OPV、OLED、RFID、FPC** 等。



(2) 先进复合材料

结构材料数量多，但资源与能源消耗高、环境污染严重，对可持续发展有重大影响。

金属材料的耐磨、耐蚀、耐高温、抗疲劳性能的提高，是延长设备使用寿命的关键。

陶瓷材料的韧性提高、成本降低及其功能性扩大，将会进一步开拓其应用范围。

高分子材料的抗老化性能的提高，不仅可以延长使用寿命，而且可以降低更新费用。

开发新型纳米复合材料是新材料研发的重点，也是当今材料研究的关键领域。

材料复合化是性能改进和扩大用途的必然途径。



(3) 能源材料的开发

目前，可开采的石油资源仅能维持50年左右。新型能源材料的开发已刻不容缓。

除了目前使用的化石能、核能、水能、天然气外，可循环再生的太阳能、风能、氢能、以及潮汐能、生物能等也是可大量使用的新能源替代物。

煤炭还可以通过液化技术制成汽油，更可以通过气化技术制备化工原料气，这些都涉及到重大工艺的开发和选择。



(4) 生物材料的重视

随着生物技术的发展，人类寿命的延寿以及生活质量的提高，生物医用材料是人们非常关注的领域。人类器官的移植、替换、药物缓释、人工皮肤、假肢体等，需要大力开发的新型生物医用材料。

(5) 高分子材料大力发展

高分子是一种可循环使用的材料。解决其老化、劣化和多功能化等问题是一项重大任务。

另外，各种功能高分子材料如有机发光材料、导电材料、生物降解材料、功能薄膜材料、仿生材料等将是现在及其未来发展的研究热点。



(6) 纳米材料

纳米是10亿分之一米的大小。一般把尺寸小于100nm的微粒称为纳米粒子(nanoparticle) 或 纳米粉末(nanopowder) 或称纳米材料(nano material) 。

纳米粒子是一种介于原子(atom) 和原子团(cluster) 之间的物质形态。

当粒子尺寸小到纳米尺度时，由于**小尺寸效应、表面效应、量子尺寸效应和量子隧道效应**等四种物理效应，纳米材料显示出独特的物理、化学性能，在微电子、生物、能源、医学等领域已有相当的应用。

纳米复合材料的开发是未来研究的重点。



总之，对于新材料的开发，应尽量满足以下四个基本要求：

- (1) 把材料的结构性和功能性统合起来，实现结构功能一体化，达到高性价比和多种用途的目的；
- (2) 材料制备环保化，不产生污染，并能再利用，达到绿色环保和再循环使用的目标；
- (3) 材料制造能耗低，不对自然资源产生重大的影响；
- (4) 开发智能材料和器件，对环境变化有主动反应和修复的能力，提高使用的可靠性。

● 新材料开发的方法是 ABC：

Alloy(合金化)、Blend(共混化) 和 Composite(复合化)。

第一章 习题

1. 氧化铝既牢固又坚硬且耐磨，但为什么不能用来制造锄头？
2. 将下列材料按金属、陶瓷、聚合物和复合材料进行分类：
黄铜、环氧树脂、混泥土、镁合金、玻璃钢、沥青、碳化硅、铅锡焊料、橡胶、纸杯。
3. 下列用品选材时，哪些性能特别重要？
汽车曲柄、电灯泡灯丝、剪刀、汽车挡风玻璃、电视机荧光屏。
4. 概述材料科学的发展史，谈谈你的认识和体会。
5. 五大基础材料是什么？各有哪些特点？
6. 什么叫材料科学？什么叫材料科学与工程？它们是如何产生的？二者的主要区别是什么？
7. 什么叫新材料？当今新材料的发展方向有哪些？简谈你自己对新材料研发的认识和看法。
8. 什么叫纳米材料？纳米材料有哪些效应？举例说明。