



材料学概论

Introduction to Materials Science

清华大学 材料学院
王秀梅 田民波

王秀梅，清华大学材料学院
(再生医学与仿生材料研究所)

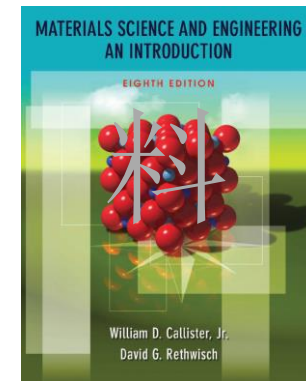
- 1996.9-2000.7 清华大学材料系，获学士学位。
- 2000.9-2005.1 清华大学材料系，获博士学位。
- 2005.7-2006.5 美国罗切斯特大学医学院，博士后
- 2006.5-2008.1 美国麻省理工学院，博士后
- 研究方向：组织工程与再生医学
(骨、牙、神经再生修复)
- 联系方式：
E-mail: wxm@mail.tsinghua.edu.cn
Tel: 62782966 (O); 13911045271 (Mobile)
- 助教：杨淑慧 18810918607 yangsh17@mails.tsinghua.edu.cn

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

教材



参考书



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

课程提纲

- 第1章 材料的支柱和先导作用
- 第2章 材料就在元素周期表中
- 第3章 金属及合金材料
- 第4章 粉体材料和纳米技术
- 第5章 陶瓷及陶瓷材料
- 第6章 玻璃及玻璃材料
- 第7章 高分子及聚合物材料
- 第8章 复合材料和生物材料
- 第9章 磁性及磁性材料
- 第10章 薄膜与薄膜制备

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

几个“材料”问题

1. 钢和铁的区别？
2. 陶和瓷的区别？
3. 高分子和低分子？
4. 玻璃钢是玻璃还是钢？
5. 有色、黑色、轻、重金属？
6. 稀土是土吗？金属陶瓷？
7. 不锈钢为什么不生锈？
8. 青铜、红铜、白铜、黄铜？
9. 为什么同样成分的钢强度可以相差二、三倍？
10. 911世贸大厦为什么会倒塌？



9·11恐怖袭击事件
(2001年9月11日, 美国纽约世界贸易中心)

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

第一章

材料的支柱和先导作用

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

1.1 材料的定义和分类

1.2 材料的历史与发展

1.3 材料的作用和重要性

1.4 材料科学的内涵

1.5 新材料与材料创新

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

1.1 材料的定义和分类

➤ 材料(Materials)的定义

- ✓ 材料是具有**特定性质**，经过**人类加工**的、可用于制造结构和构件、机器和器件以及各种产品的**物质**。
- ✓ 在机器、结构件、器件和产品中因其**性能**而成为**有用的物质**。（美国材料科学与工程调查委员会）

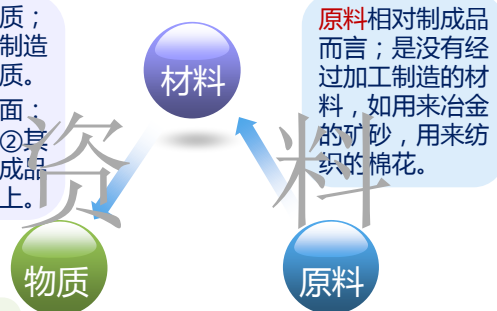


MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

9

➤ 材料与物质、原料的区别

材料一定是物质；材料是能用于制造有用物品的物质。材料强调两方面：①特定性质；②其特性体现在制成品的功能和用途上。



物质不一定是材料；物质强调客观存在性。

- ✓ 材料要能为人类所**利用**（再加工）
- ✓ 材料的获得**离不开人的劳动**
 - 阳光、空气、水

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

10

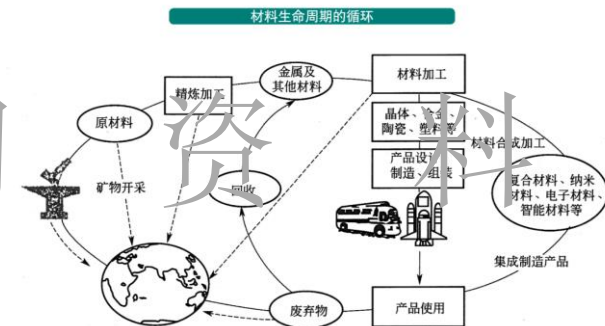
➤ 选材的标准

- ✓ ① 功能优先
- ✓ ② 可加工原则
- ✓ ③ 价格便宜（经济性）
- ✓ ④ 能源和环境原则（环境友好）
- ✓ ⑤ 资源原则
 - 绝对储量/用量匹配；再生循环；是否可替代

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

11

人类使用材料是一巨大的、全球性的、时空无限的循环体系。



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

12

饮料容器

**MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING**

内涵：

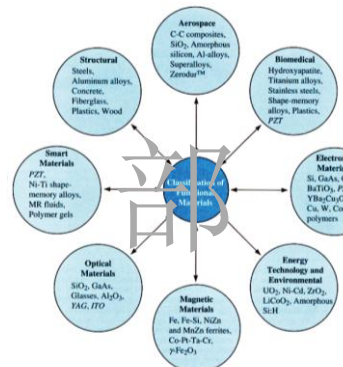
- 金属材料
- 无机非金属材料
- 高分子材料
- 复合材料



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

基于其中金属，塑料，陶瓷都被分在不同的类别里面功能材料分类

- 结构材料
- 功能材料



也可以根据一种材料最重要的使用性能对材料进行分类,如机械性,生物性,电子性,磁性,或者光学性能。

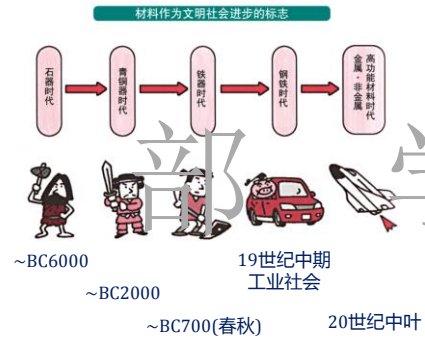
MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

- 从**原子聚集状态**上可分为稀释态（气体）和凝聚态（固体和液体）
- 从**化学性质**分**金属材料、无机物非金属材料、有机高分子材料、复合材料**
- 从**物理效应**分压电材料、热电材料、铁电材料、光电材料、声光材料、磁光材料、激光材料
- 从**组成物的原子种类**分为单质、化合物（混合物）
- 从**导电性能**上可分为导体、半导体、绝缘体和超导体
- 从**来源**上可分为**人造材料和天然材料**
- 从**发展历史**上分为**传统材料和新材料**
- 从**内部组织**上分为**单相材料和复相材料**
- 从**内部原子的排列结构**上分为**晶体（单晶体、多晶体）、非晶体和准晶体材料和液晶**。
- 从**尺度**上分为**纳米材料、薄膜材料、低微材料等**
- 从**用途**上分为**结构材料和功能材料（光、磁、电、热、传感、智能材料）**
- 从**应用行业**上分为**建筑材料、冶金材料、电子信息材料、生物医用材料、能源材料、汽车材料、超导材料、宇航材料、军工材料、智能材料等**

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

1.2 材料的历史与发展

- 材料的发展水平是人类社会文明程度的标志。
- 材料科学每前进一小步，人类文明就前进一大步。



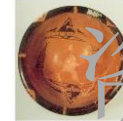
MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

17

石器



陶器



西安半坡遗址
彩陶人面鱼纹盆
~BC3000



瓷器

原始青瓷出现于商代，盛于西周、春秋、战国



婺州窑青釉堆塑人物罐
三国(公元222-280年)



青釉狮形辟邪
西晋(公元265-317年)

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

18

战国编钟

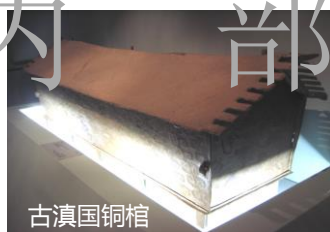


司母戊大方鼎

青铜器



越王宝剑

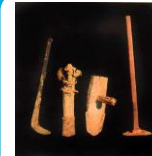


古滇国铜棺

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

19

铁器

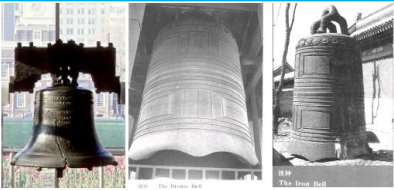


古代印度和中国的制铁技术相当发达。据历史记载，中国在公元前800-700年就首先开始了大规模的铸铁生产。应该说最早的铁器大多用于农耕器具和武器装备，极少用于工程设施。

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

20

内部学



Liberty Bell 永乐铜钟 永乐铁钟

	Liberty Bell	永乐铜钟	永乐铁钟
Weight	943.3 kg	~63000kg	~25000kg
Circumference	3.7 m	3.4 x 3.14 m	2.4 x 3.14 m
Height	~1m	5.5m	4.2m
Thickness	N.A.	0.245m	0.17m
Made in	1752,	~1420	1420
Cased in	London, Philadelphia	Beijing	Beijing?
Crack history	1752, 53, 1835	not yet	not yet
Present state	broken	fine	fine
Now in	Philadelphia	Beijing	Beijing

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

钢铁时代

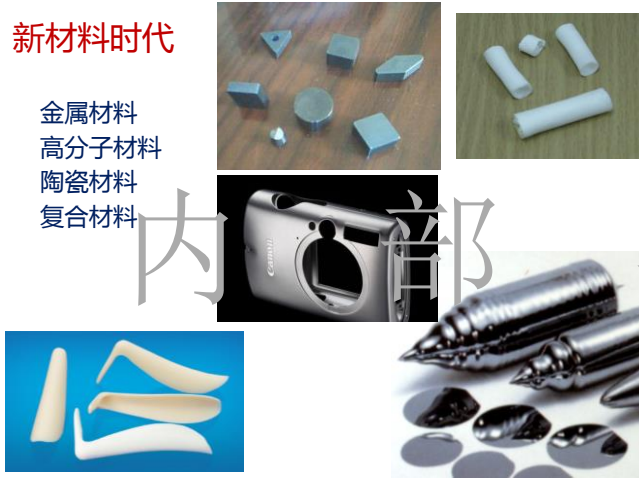
在公元56年中国建造了世界第一座铁制悬索桥；旧金山的世界著名钢制悬索金门大桥已历经了70年的风风雨雨；而1889年世界博览会为了展示称为钢的新材料所建造的巴黎埃菲尔铁塔已经巍然屹立了129年。19世纪钢铁批量生产是现代工业革命的基础。



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

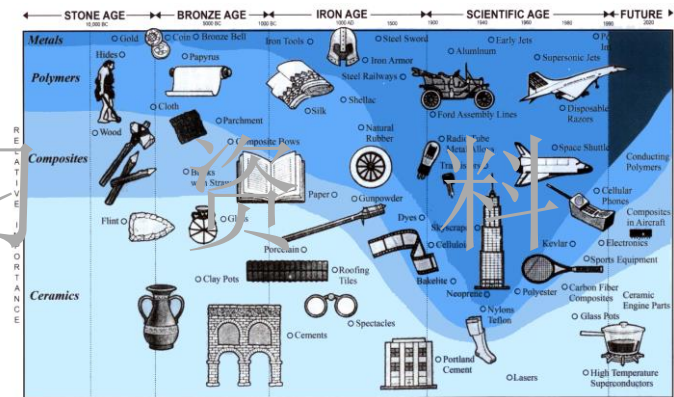
新材料时代

金属材料
高分子材料
陶瓷材料
复合材料



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

材料发展历史



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

1.3 材料的作用和重要性

➤ 材料是社会文明的根基

桥梁的发展历程



位于剑桥皇后学院的木质结构桥，始建于1749，由 William Etheridge's 设计，并于1971年重建



始建于1823年的圣詹姆斯桥位于圣詹姆斯桥的 Magdalene 桥，即使到今天，这座铁桥结构桥的负荷都远远超过设计者当年的构想



位于 Gaiety Hostel Lane 的钢筋混凝土步行桥



始建于1640年的 Clare 桥是剑桥河上现存最古老的石结构桥，因其经受时间的磨难与剑桥大学共同屹立而重负盛誉。中国的赵州桥建于隋代大业元年（605~616）



一座典型的20世纪中碳钢桥，方便地跨越 Fort St George 酒店



中国的钱塘江大桥（由李以设计并主持建造）

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

➤ 材料是支撑产业发展的基石，是整个国民经济的基础，是国家核心竞争力的体现

- 钢铁材料：机械、汽车、铁路、轮船、建筑.....
- 有色金属（铝、铜、钛、镍等）：航天、航空、化工、能源.....
- 功能材料：电子、信息、通讯.....
- 非金属材料：陶瓷、水泥、玻璃.....
- 高分子材料：塑料、橡胶、化纤.....
- 我国是材料生产及消费大国。

无论是推进卫星、航母、航天器、大飞机、高速列车、电动汽车等重点工程，还是发展电子信息、节能环保等重要产业，都面临着一系列**关键材料技术突破问题**。必须加快微电子和光电子材料和器件、新型功能材料、高性能结构材料、纳米材料和器件等领域的科技攻关，尽快形成具有世界先进水平的新材料与智能绿色制造体系。

——温家宝总理《让科技引领中国可持续发展》

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

➤ 材料推动人类社会进步

日常生活

衣、食、住、行、娱乐；

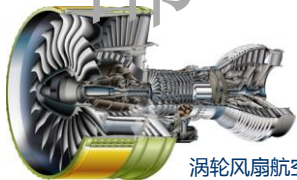
例如：形状记忆高分子织物；陶瓷刀具；智能手机；康宁大猩猩玻璃（Corning® Gorilla® Glass 4）

军事国防

超音速飞机
航空母舰
隐身飞机
核潜艇
....

新技术革命

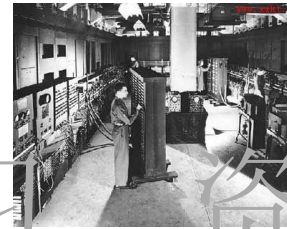
电子信息技术
超导技术
航空航天技术
通信技术



涡轮风扇航空发动机

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

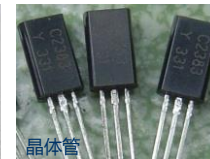
计算机革命



1946年2月14日，世界上第一台电脑ENIAC在美国宾夕法尼亚大学诞生。



电子管

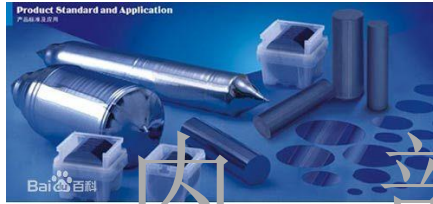


晶体管



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

单晶硅—半导体技术的材料基础



世界产值~100亿美元，我国占百分之几。

- 芯片
- 太阳能电池



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

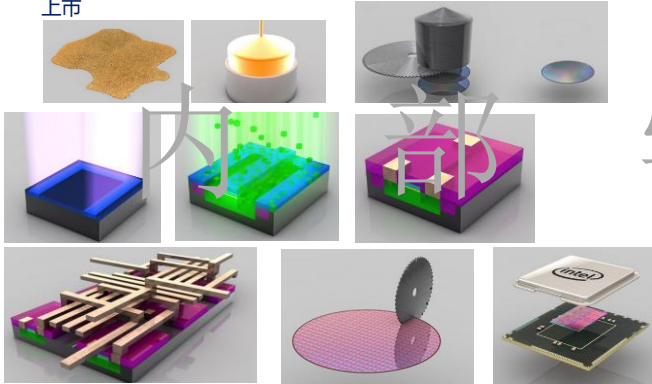
单晶硅

- 硅的单晶体。具有基本完整的点阵结构的晶体。不同的方向具有不同的性质，是一种良好的半导体材料。纯度要求达到99.9999%，甚至达到99.9999999%以上。
- 单晶硅的制法通常是先制得多晶硅或无定形硅，然后用直拉法或悬浮区熔法从熔体中生长出棒状单晶硅。
- 单晶硅圆片按其直径分为6英寸、8英寸、12英寸（300毫米）及18英寸（450毫米）等。直径越大的圆片，所能刻制的集成电路越多，芯片的成本也就越低。
- 300mm 单晶硅片：~\$200；芯片价格：~\$3K-\$100K
- **摩尔定律**：芯片的容量每18-24个月增加一倍，1971年一个芯片上3000个晶体管，1998年已达到 10^7 个。（1965年，Gordon Moore 公司的创始人之一）

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

从沙子到芯片

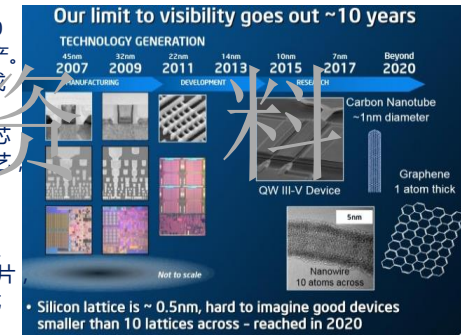
- 沙子原料(石英)、硅锭、晶圆、光刻(平版印刷)、蚀刻、离子注入、金属沉积、金属层、互连、晶圆测试与切割、核心封装、等级测试、包装上市



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

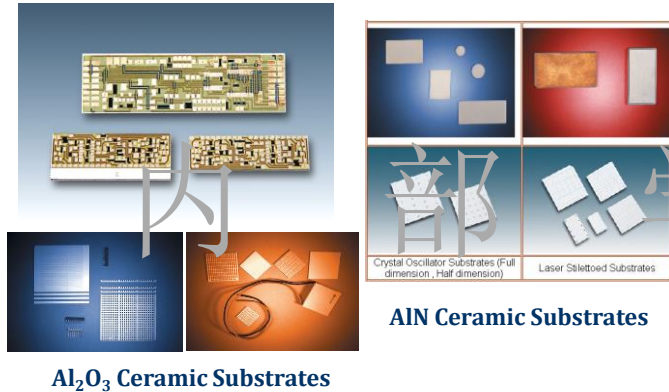
半导体工艺进展

- Intel 2014年8月发布14 nm芯片Broadwell，2016年8月推出第三代14 nm工艺产品Kaby Lake，2017年底具有10 nm工艺产品，代号为Cannon Lake的芯片笔记本将出货。
- 2016.7，台积电称10 nm工艺芯片实现量产。还计划在2020年完成5nm工艺的研发。客户iPhone 7中的A10芯片采用的是16nm工艺而新iPhone将会采用10nm工艺的芯片
- 2016.10，三星公司宣布量产10 nm制程芯片将用于生产高端骁龙830芯片。



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

电子陶瓷基板



机械强度高，化学稳定性好，介电损耗低、散热性好、绝缘性好

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

远程通讯技术—光导纤维



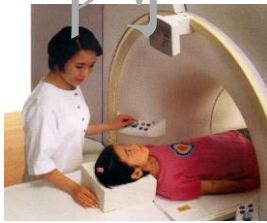
- 一种由玻璃制成、能传输光线、结构特殊的玻璃纤维。也有少数是由合成树脂制成的高分子光导纤维，如聚甲基丙烯酸甲酯和聚苯乙烯等。不论纤维如何挠曲，当光线从它的一端射入，大部分光线可以经纤维传送到另一端。
- 光纤通常被扎成束，外面有塑料外壳保护。纤芯通常是由石英玻璃制成的横截面积很小的双层同心圆柱体，它质地脆，易断裂，因此需要外加一保护层。

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

高温超导材料

磁悬浮列车

迈斯纳效应：完全抗磁性，即磁力线不穿过超导体；
超强电流产生超强磁场

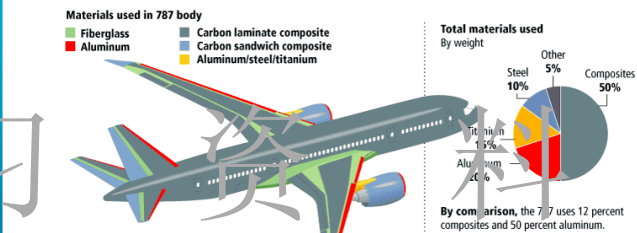


高温超导磁共振人体成像仪

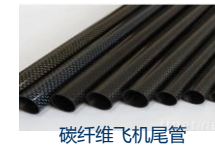
MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

航空航天—复合材料

波音787采用的各种材料



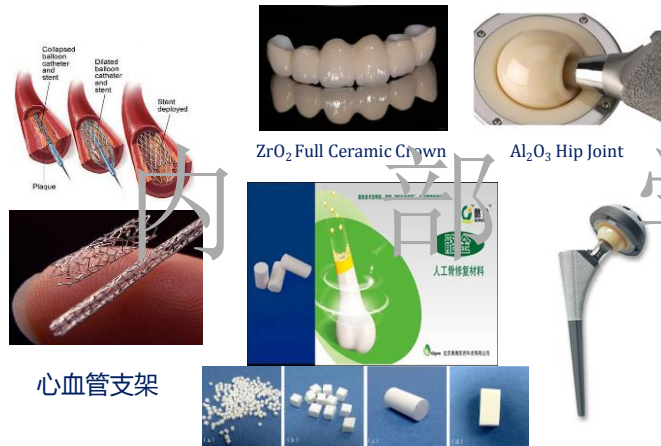
超高强度碳纤维



碳纤维飞机尾管

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

生物医用材料



心血管支架

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

37

1.4 材料科学的内涵

► 材料科学与工程的定义和学科特点

► 材料科学与工程研究的是有关材料**成分**、**组织与结构**、**工艺流程**和**性能与使用性能**以及它们之间的**相互关系**。集物理学、化学、冶金学等于一体的科学。材料科学是一门与工程技术密不可分的应用科学。

► 材料科学：Why?

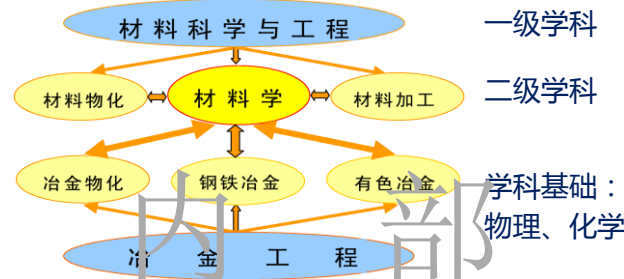
- 从事于**材料本质**的发现，目的在于提供材料结构的**统一描绘或模型**，以及解释这种**结构**与**材料性能**之间的关系。

► 材料工程：How?

- 目的在于经济地而又为社会所能接受地控制材料的**结构**、**性能**和**形状**，以满足人类社会的使用要求。属于技术的范畴。

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

38



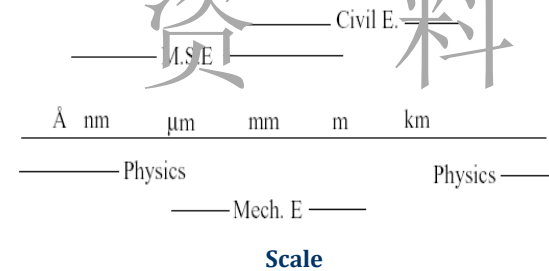
- 现代材料科学的发展是20世纪60年代后逐渐整合形成的。1960年代之前，都称为冶金系。
- MIT的材料始于Department of Mining and Metallurgy, 1967年更名为Department of Metallurgy and Materials Science, 1974年更名为Department of Materials Science and Engineering.

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

39

材料科学与工程与其他学科的关系

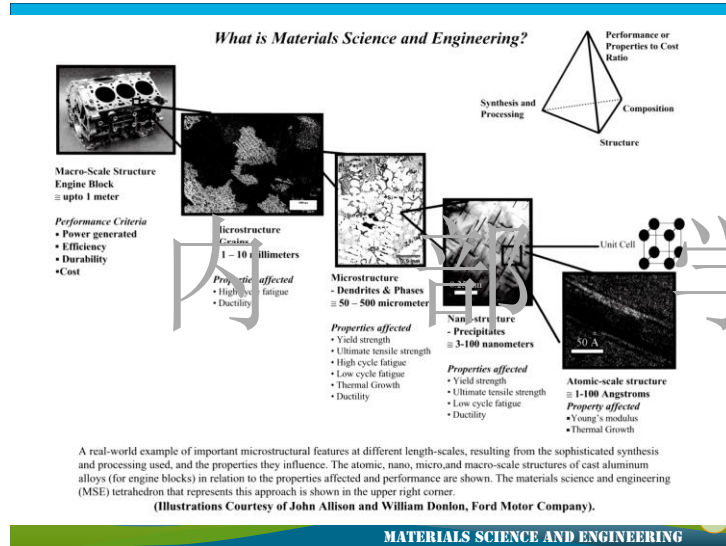
数、理、化、力学 - **基础**
计算机、自动化 - **工具**
电子、电机、建筑、土木、汽车、机械、化工、环境、工物、工艺美术、生物医学、能源、信息等 - **应用**



Scale

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

40



➤ 材料科学与工程四要素 – 四面体

▪ 成分 (component and composition) :

- 材料的化学组成及其所占比例。

▪ 组织和结构 (structure) :

- 表示材料微观特征。组织是相的形态、分布的图像 (宏观组织、显微组织、电子显微组织)。结构是材料中原子或分子的排列方式。

▪ 合成与工艺 (synthesis and processing) :

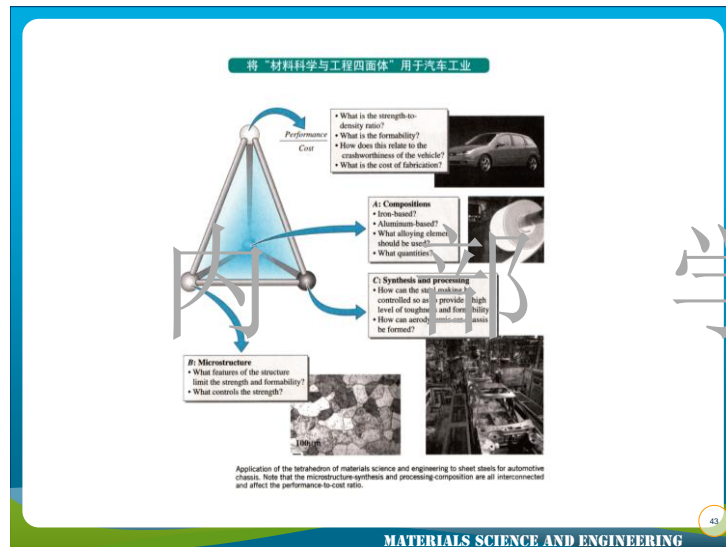
- 形成能力、制备方法、加工技术等。

▪ 性能和使用性能 (properties and performance) :

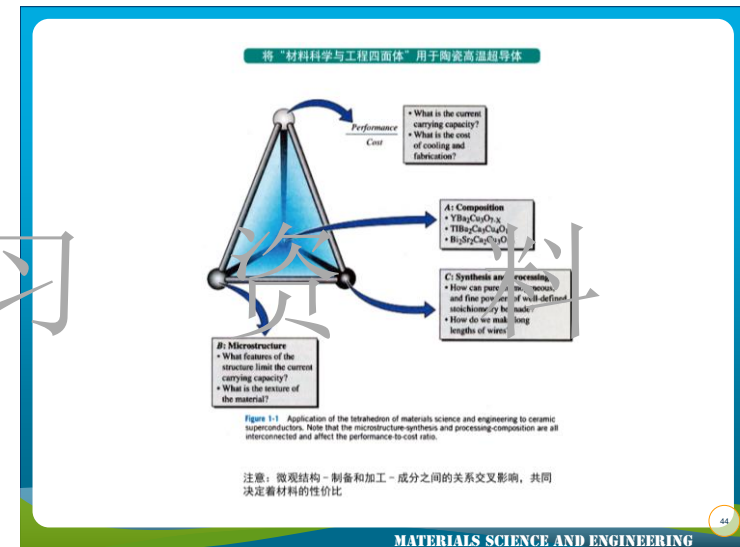
- 性能是材料具有的性质与效用。使用性能是材料在使用条件 and 环境下所表现出来的行为。

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

42



43



44

材料的加工与制造

金属是冶炼成的；
陶瓷是烧结成的；
玻璃是熔凝成的；
粉体是粉碎成的；
高分子是聚合成的；
复合材料是叠压成的；
单晶体是拉制成的；
半导体是掺杂成的；
薄膜是沉积成的；
异质半导体是外延成的。

典型的材料加工工艺		
材料类别	工艺方法	工艺原理
金属材料	铸造：砂型、压铸、永久铸型、连续铸造	将液态金属浇入或注入固液模中得到所需的形状
	成型：锻造、拉丝、深冲、弯曲	通常在外力作用下用高压将固体金属变形为有用形状
	连接：气焊、接触焊、钎焊、激光焊、摩擦焊、扩散焊	采用液态金属、变形或高压、高温将几块金属连接在一起
陶瓷材料	机械加工：车、钻、磨等	切削加工去掉多余金属，获得成品件
	粉末冶金	先在高温下将金属粉末压制或需要的形状，然后进行高温加热，使微粒连接成整体
	铸造：包括泥轮	将液体陶瓷或液体加固体的陶瓷泥浆浇注成所需形状
聚合物	压制：热压、制、气静压注射	将液体陶瓷或液体加固体的陶瓷泥浆压制或有用形状
	烧结	将压制成的固体陶瓷进行高温加热，使之粘连成块
	模制：注射模、转移注射模	将热的甚至液态的聚合物压入模具中，其类似铸造
复合材料	成型：叠压、挤压、真空成型	将受热的聚合物通过模孔或包裹在模孔上，以获得某种形状
	铸造：包括渗透	液体组分包围着另一种组分，以获得完整的复合材料
	成型：连接：胶黏剂粘接、爆炸连接、扩散连接	用强力迫使一个致密组分围绕复合材料的第二个组分发生变形
复合材料	压制或烧结	通过胶凝、变形或高温过程将两种组分连接在一起
	压制或烧结	将粉末状组分压制成型，然后加热使粉末连接在一起

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

金属镁的特性

1 实用金属中，属于最轻者

镁的密度约为 1.8，仅为铝的三分之一，在实用金属中，属于最轻者。

2 作为结构件的强度

与塑料相比尽管镁的密度高，但镁的弯曲弹性模量，比塑料高得多因此可以制作更加轻巧的结构件。

3 散热特性

纯镁的热导率为 150W/m·K，属于相当高的因此设备内发生的焦耳热可以散掉。具有极好的散热特性。

4 电磁屏蔽性

镁比之塑料上非磁性金属的屏蔽效果要好得多。镁对电磁波的屏蔽效果与铝不相上下。

5 可循环再利用性

镁作为金属可由再熔铸，熔铸等比较容易地转变为原来的材料，便于循环再利用。

6 尺寸稳定性

温度变化引起收缩和膨胀尺寸小，耐冲击不显著，在食品接触中不产生有害物质。

7 机械加工性

切削加工性：切削力小，切削速度高，加工时间短，加工费用低。

8 耐腐蚀性

镁合金在大气中，经表面氧化膜的保护，具有较好的耐腐蚀性。

镁合金的物理、机械性能与其他材料的比较

材 料		密度	熔点 (℃)	热导率 (W/mK)	抗拉强度 (MPa)	耐力 (MPa)	延伸率 (%)	比强度 (N / mm²)	弹性模量 (GPa)
镁合金	AZ91D	1.81	5.96	54	250	260	7	138	45
	AM60B	1.8	615	61	240	130	13	133	45
镁合金	A380	2.70	5.95	100	315	180	3	116	71
钢 铁	灰铸铁	7.86	1520	42	517	400	22	80	200
塑 料	ABS	1.003	*	0.9	96	*	60	93	*
	PC	1.23	*	0.2	110	*	2.7	90	*

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

由镁合金制作的产品举例



由镁合金制作的零部件

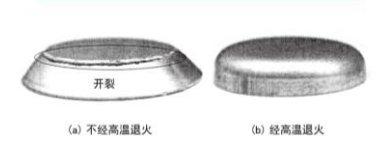


经阳极氧化处理的电子设备外壳半成品

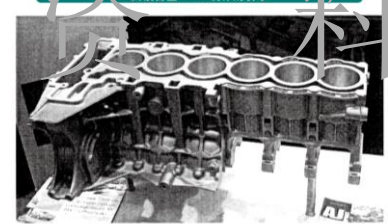


MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

不经和经高温退火处理的 A231 镁合金板的冷深冲加工件



由镁合金 A231 制作的引擎



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

提高材料的性能 永无止境

材料使用性能的分类、表现行为及相应的性能指标

性能类别	基本性能	响应行为	性能指标
力学性能	弹性	弹性变形	弹性模量、比例极限、弹性极限等
	塑性	塑性变形	延伸率、断面收缩率、屈服强度、应变硬化指数
	硬度	表面局部塑性变形	硬度
	韧性	静态断裂	冲击强度、断裂韧性、静力韧性、断裂韧性
	疲劳	疲劳断裂	疲劳强度、疲劳寿命、疲劳扩展速率等
强度	冲击	冲击韧性、冲击功、多冲寿命等	
	蠕变	蠕变断裂、蠕变寿命、蠕变扩展速率等	
	高温变形及断裂	蠕变断裂、蠕变寿命、蠕变扩展速率等	
热学性能	热膨胀	热膨胀系数、热膨胀率等	
	热传导	导热系数、导热率等	
	热稳定性	抗热震性能、抗热疲劳性能等	
磁学性能	磁化	磁化率、磁导率、磁滞回线、磁致伸缩系数等	
	磁致伸缩	磁致伸缩系数、磁致伸缩率等	
	磁电效应	磁电系数、磁电率等	
电学性能	电阻	电阻率、电阻温度系数等	
	介电性能	介电常数、介电损耗、介电强度等	
	热电性能	热电系数、热电势、热电转换率等	
光学性能	反射	反射率、反射系数等	
	吸收	吸收系数、吸收率等	
	透射	透射率、透射系数等	
声学性能	声速	声速、声阻抗等	
	反射	反射率、反射系数等	
	吸收	吸收系数、吸收率等	
化学性能	耐腐蚀性	表面腐蚀、点蚀、应力腐蚀等	
	老化	性能随时间下降、各种性能随时间变化的稳定性，如老化时间、疲劳时间等	

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

49

1.5 新材料与材料创新

■ **新材料**：新进发展的或正在研发的、性能超群的一些材料，具有比传统材料更为优异的性能。

■ **新技术**→极限状态、复合→新的组成、结构、性能、功能

- 尺度和纯度极限：纳米，晶须，超高纯，微机械；
- 性能极限（超性能）：超导，超塑性，超高强，超硬；
- 极限条件（超领域）：高压，真空，高温，低温

■ **新工艺**→新的合成与制备方法

■ **新领域**→应用于新兴产业需求

应用领域

- ◆ 电子信息材料
- ◆ 新能源材料
- ◆ 生态环境材料
- ◆ 生物医用材料
- ◆ 智能材料
- ◆ 新型建筑材料
- ◆ 先进陶瓷材料

先进制造工艺

- ◆ 集成电路
- ◆ 增材制造
- ◆ 数字化控制
- ◆ 3D打印
- ◆ 快速凝固
- ◆ 表面技术
- ◆ 纳米技术

形态与结构

- ◆ 薄膜材料
- ◆ 超微细材料
- ◆ 纤维材料
- ◆ 多孔材料
- ◆ 无气孔材料
- ◆ 复合材料
- ◆ 多层材料
- ◆ 非晶材料
- ◆ 纳米材料
- ◆ 弥散强化材料

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

50

美国3D打印：24小时造出232平米楼房



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

51

非平衡亚稳态材料

■ **非晶态金属**(Amorphous, Metallic Glass)：长程无序；具有高达 10^{13} 泊的粘滞系数；在某一窄的温区内发生明显的结构相变。高强，耐磨，耐蚀；

□ 单侧急冷技术， 10^6K/s

■ **纳米晶**(Nanocrystal)：1-100nm，晶界比例大，当颗粒为5nm时，晶界厚度为1-2nm，晶界原子占50%左右；特殊的晶界状态（类似气态）；

■ **准晶**(Quasicrystal)：是准周期性晶体的简称（晶体的空间点阵中只有1, 2, 3, 4, 6次旋转对称，准晶具有5次或高于6次的旋转对称）。

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

52

韩国

把材料科技作为确保2025年国家竞争力的6项核心技术之一。为力争短期内成为世界新材料科技产业强国，列必需的材料加工技术：下一代高密度存储材料、生态材料、生物材料、自组装纳米材料技术、碳材料技术、高性能结构材料等。

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

中国

我国是全世界公认的材料大国，但非材料强国。一些关键材料、核心部件及材料制备、加工、表征的仪器装备、仍然通过高价从国外进口，这也成为制约我国制造业升级的重要因素。近些年我国新材料产业虽然取得了很大进步，但与发达国家相比，新材料总体水平与发达国家仍有很大差距，主要表现在：拥有自主知识产权的专利成果还不够多，高性能、高附加值的产品相对较少；新材料的工程应用开发滞后，成果转化率低，规模化生产程度低；材料的合成与加工装备落后；未来三十年中国新材料产业面临转型升级、进口替代、由弱变强的重大历史机遇。

“新材料产业发展对中国成为世界制造强国至关重要。”

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

世界发达国家对新材料在国民经济和国防安全中的基础地位和作用都非常重视,发展新材料科技已经成为国际行为,被列为**21世纪优先发展的关键技术之一**,各国在制定国家科技发展规划时都将新材料作为最重要的领域之一。发达国家为抢占新材料技术的战略高地,纷纷制定出相关战略计划并投入巨资。

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 陶瓷和玻璃材料 橡胶技术 特殊性能的金属和合金 重要战略原料的评估 综合开采和深加工技术 复合材料 and 盟合材料 超金属材料 超轻技术 微型/生命生产技术模型 | <ul style="list-style-type: none"> 下一代高密度存储材料 生态材料 生物材料 由组织的纳米材料技术 未来碳材料技术 高性能、高效率和材料 用于人工类器官系统的智能 卫星传感器 利用分子工程的仿生化学 加工方法 控制生物功能的新材料 |
|---|---|
- 俄罗斯把新材料和化学产品列

韩国把技术发展作为优先

- 
- 生物材料
 - 信息材料
 - 纳米材料
 - 极端环境材料
 - 材料计算科学
- 21世纪国家纳米纲要、
国家纳米技术计划
(NNI)、未来工业材料
计划、光子计划、
光伏计划、下一代照
明光源计划、先进汽
车材料计划、化石能
材料计划、建筑材料
计划、NSF先进材料
计划与工艺过程计划

- 催化剂
- 光学材料和光电材料
- 有机电子学和光电学
- 磁性材料
- 仿生学
- 纳米生物技术
- 超导体
- 复合材料
- 生物医学材料
- 智能纺织原料

- 第六个框架计划(7项优先主题有四项与材料有关)、欧盟纳米计划、COST计划、尤里卡计划等。另外,欧盟各成员国也都有自己的材料相关发展计划。

- 下一代高密度存储材料
- 生态材料
- 生物材料
- 自适应的纳米材料技术
- 未来碳纳米材料
- 高性能、高效结构材料
- 用于人工感觉系统的智能信息传感器
- 利用分子工程的仿生化学方法
- 控制生物功能新材料

- 
- 日本
- 信息通讯材料
 - 纳米材料
 - 环境材料
 - 生命科学材料
- 科学技术基本计划
(纳米技术与材料是
四大领域之一)。纳
米材料计划、21世
纪之光计划、超级
钢铁材料开发计划

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

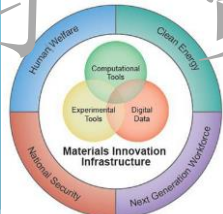
金融危机之后，美国政府意识到仅靠服务业已无法支撑美国经济走出泥潭，必须重振制造业。美国制造业的振兴不是传统制造业的复兴，而是新兴制造业的培育，其中建立在材料科学基础上的新材料产业是重点之一。为此，2011年6月24日，美国总统奥巴马宣布一项超过5亿美元的“推进制造业伙伴关系”计划，通过政府、高校及企业的合作来强化美国制造业，投资逾1亿美元的材料基因组计划”是其组成部分之一。

- 打造材料创新基础

“材料基因组计划”将开发新的集成式计算、实验和数据信息工具

■ 培育下一代材料工作者

“材料基因组计划”提出，建立所需网络共享结果和信息，打破材料固有分散多学科性质形成的障碍；建立基础设施并签署协议，促进学术界、政府和工业界的合作，让研究人员、教师和学生都有机会充分利用各种基础设施。

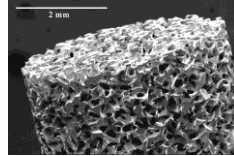
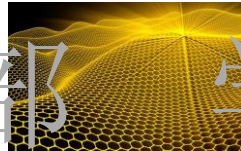
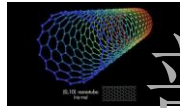


依托计算机和数据库,为高技术新材料研制提供理论基础和优选方案,对新型材料与新技术的发明产生先导性和前瞻性的重大影响;可以促进材料科学与工程由**定性描述**跨入到**定量预测**阶段,提供材料性能和质量,大幅缩短从研究到应用的周期,对经济发展和国防建设作出重要贡献。

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

未来最具潜力的新材料

- 金属玻璃 (Liquidmetal®)
- 液态金属 (Liquid Metal)
- 石墨烯(Graphene)
- Willow玻璃
- 柔性OLED
- Starlite新型塑料
- 碳纳米管
- 金属泡沫 (Metal Foam)



MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

57

本章作业

- 1.2 为什么说材料的发展是人类文明的里程碑？举例说明。
- 1.3 按化学键类型或物理化学属性材料分哪几类？举例说明。
- 1.9 材料科学与工程的四要素是什么？如何分析研究一种未知的新材料，比如国外进口的一种合金？

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

58

内 部 学 习 资 料