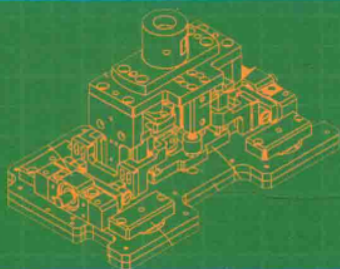


工程材料



主 编 ◎ 刘 红

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

工 程 材 料

主 编 刘 红
副主编 王 杰

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

工程材料

主 编 刘 红
副主编 王 杰

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

前 言

工程材料是工科院校机械类和近机类专业必修的大类学科基础课。工程材料课程的设置目的是为工程设计人员进行工程结构、机器装备、仪器仪表以及工模具等产品或零部件的设计、制造、使用和维护等提供材料方面的知识,为如何选材、选择加工方法以及制定工艺方案等提供理论依据和指导。

各行业产品的设计和使用安全性要求越来越高,这对材料的使用提出了更高的要求,同时也促使现代材料科学与技术的发展日新月异。例如,机床行业的自动化程度和加工精度要求不断提高,要求床身的减振效果更好、刀具的切削精度更高,机床的使用寿命更长;汽车行业提出的节能减排需求以及更高的安全性需求,要求汽车车身轻量化,使得高强钢、铝、镁合金等轻金属材料在汽车相应零部件上采用;飞行器追求高速度,长行程性能,这要求发动机材料具有更优的耐高温能力,要求机身重量减轻,使得钛合金、铝合金,甚至先进复合材料大量采用,等等。在新材料层出不穷的同时,新技术也快速发展,使得传统材料在新的加工工艺下焕发出新的光彩。这些内容在本书的编写过程中都融入各个章节中。

书中内容以金属材料为主,介绍了工程材料的基础知识、加工方法,常用金属材料的种类、特点、应用范围及其选用原则,章节安排基本符合产品的诞生过程。本书还介绍了高分子材料、陶瓷材料以及其他新型工程材料,既满足了机械类专业对工程材料知识的掌握需求,又兼顾了航空宇航类等近机类专业对工程材料知识的需求。

本书的主线是:性能—组织结构—成分与工艺—工程材料与应用。首先了解构成产品的零部件在使用过程中需要哪些性能支撑,再引出为何零部件会有这些优良性能的内在本质,(即材料的微观结构),然后介绍工程材料在工作时能够保证安全寿命的理论基础,以及获得强韧化的途径。在此基础上本书还介绍了工程材料的加工方法、常用工程材料以及零件材料与加工处理方法的选择。

工程材料课程基本概念多、理论多、微观知识多,且实践性强。对于没有工程实践经验的学习者来说学起来会有困难。本书尽量做到深入浅出的介绍,并配合许多实验研究成果和生产实例,力求将枯燥的内容具体化、形象化,易于学习者接受。书的厚度有限,课程的学时有限,但知识无限,学无止境。本书的编写除了为适应教学需要外,更重要的是为学习者提供自学的载体,也可以为工程技术人员进行产品设计提供相关参考。

本书内容共分12章,其中的绪论、第2章~第5章、第8章、第10章和第12章由刘红编写,第1章、第9章和第11章由王杰编写,第6章和第7章由刘红与王赫男合作编写。本书由刘红担任主编并统稿。

参加本书编写并做出贡献的还有张瑜、傅霄云、陆锐宇、盖业辉、吴耀国、余士杰、张

旭等。

本书在编写过程中得到了沈阳航空航天大学材料科学与工程学院、机电学院、航宇学院，以及工程材料实验室等部门的大力支持和积极协助，在此一并表示感谢。

本书的编写过程中参考了有关教材和相关文献，引用了一些单位及作者的资料和图片，谨致衷心的感谢。

由于编者水平有限，教材的不足和疏漏在所难免，为了今后的改进，恳请读者批评和指正。

编 者
2018 年 7 月

目 录

绪论	1
一、材料的重要性	1
二、工程材料的分类	2
三、工程材料的知识架构	3
四、工程材料课程的性质与任务	7
五、工程材料课程的主要内容	7
第1章 金属材料的性能	9
1.1 金属材料的力学性能	9
1.1.1 强度	9
1.1.2 塑性	11
1.1.3 硬度	12
1.1.4 冲击韧性	14
1.1.5 疲劳强度	16
1.1.6 断裂韧性	17
1.2 金属材料的理化性能	18
1.2.1 金属的物理性能	18
1.2.2 金属的化学性能	19
1.3 金属材料的工艺性能	20
1.3.1 铸造性能	20
1.3.2 锻造性能	21
1.3.3 焊接性能	21
1.3.4 切削加工性能	21
1.3.5 热处理工艺性能	22
1.4 金属材料的高温性能	22
1.4.1 材料的蠕变	22
1.4.2 蠕变极限与持久强度	24
习题与思考题	26
第2章 金属材料的微观结构	28
2.1 金属的晶体结构	28
2.1.1 晶体学基础知识	28

2.1.2 典型金属晶体结构·····	31
2.1.3 实际晶体结构·····	34
2.2 合金的相结构·····	37
2.2.1 概述·····	37
2.2.2 合金的相结构·····	38
习题与思考题·····	42
第3章 金属材料的塑性变形与强韧化 ·····	43
3.1 金属材料的塑性变形·····	43
3.1.1 晶内变形·····	44
3.1.2 晶间变形·····	47
3.1.3 冷塑性成形对金属组织和性能的影响·····	48
3.1.4 回复与再结晶·····	51
3.1.5 金属的热塑性成形·····	52
3.1.6 塑性成形件中晶粒的大小·····	55
3.1.7 金属的超塑性·····	56
3.2 金属材料的强韧化·····	57
3.2.1 金属的强化·····	58
3.2.2 金属的韧化·····	64
3.2.3 强化与韧化的关系·····	67
习题与思考题·····	68
第4章 金属的结晶与二元合金相图 ·····	69
4.1 金属的结晶·····	69
4.1.1 纯金属的结晶条件·····	69
4.1.2 纯金属结晶的一般过程·····	70
4.1.3 铸件的凝固组织·····	72
4.1.4 金属的同素异晶转变·····	77
4.2 二元合金相图·····	79
4.2.1 相图的建立·····	79
4.2.2 匀晶相图·····	80
4.2.3 共晶相图·····	83
4.2.4 包晶相图·····	89
4.2.5 其他相图·····	91
4.2.6 合金性能与相图的关系·····	92
4.3 铁-碳合金相图·····	94
4.3.1 基本分析·····	94
4.3.2 铁碳合金平衡结晶过程及组织·····	96
4.3.3 铁碳合金成分-组织-性能之间的关系·····	99

4.3.4 铁碳相图的应用	102
习题与思考题	102
第5章 热处理原理与工艺	104
5.1 热处理概述	104
5.1.1 热处理在金属材料中的作用	104
5.1.2 热处理基本类型	104
5.2 钢在加热时的组织转变	106
5.2.1 奥氏体的形成	106
5.2.2 奥氏体晶粒的长大及其影响因素	108
5.3 钢在冷却时的组织转变	110
5.3.1 过冷奥氏体的等温转变	111
5.3.2 过冷奥氏体连续冷却转变曲线	120
5.4 钢的退火和正火	123
5.4.1 退火工艺及其应用	123
5.4.2 正火工艺及其应用	126
5.4.3 退火和正火的选用	128
5.5 钢的淬火	129
5.5.1 钢的淬火工艺	129
5.5.2 钢的淬透性	133
5.5.3 常见的淬火缺陷	137
5.6 钢的回火	138
5.6.1 回火时的组织转变与性能	139
5.6.2 回火脆性及回火的分类	141
5.7 钢的表面淬火	142
5.8 钢的化学热处理	146
5.8.1 渗碳	146
5.8.2 渗氮	150
5.8.3 碳氮共渗	151
5.8.4 其他化学热处理工艺	153
5.9 其他热处理工艺	154
5.9.1 可控气氛热处理	154
5.9.2 真空热处理	155
5.9.3 形变热处理	156
5.9.4 钢的时效	157
5.10 常见的热处理问题	159
5.10.1 热处理零件的结构工艺性	159
5.10.2 热处理技术条件标注	161
5.10.3 热处理工序位置安排	161

习题与思考题	163
第6章 表面处理技术	165
6.1 概述	165
6.1.1 表面处理的意义	165
6.1.2 表面处理技术的分类	166
6.2 电镀、化学镀及化学转化膜技术	167
6.2.1 电镀	167
6.2.2 化学镀	170
6.2.3 化学转化膜	171
6.3 表面涂敷技术	172
6.3.1 热喷涂	172
6.3.2 堆焊	175
6.3.3 涂装	176
6.3.4 其他表面涂敷技术	177
6.4 表面改性处理	178
6.4.1 激光表面处理技术	178
6.4.2 电子束表面处理技术	180
6.4.3 其他表面改性方法	181
6.5 气相沉积	182
6.5.1 物理气相沉积 (PVD)	182
6.5.2 化学气相沉积 (CVD)	185
6.5.3 物理气相沉积与化学气相沉积的对比	186
习题与思考题	187
第7章 工业用钢	189
7.1 工业用钢概述	189
7.1.1 钢的分类	189
7.1.2 钢的牌号表示方法	191
7.2 合金化原理	194
7.2.1 合金元素的存在形式	194
7.2.2 合金元素对 Fe-C 相图的影响	197
7.2.3 合金元素对钢热处理组织转变的影响	198
7.2.4 合金元素对钢力学性能的影响	201
7.2.5 合金元素对钢工艺性能的影响	203
7.3 工程结构用钢	204
7.3.1 碳素结构钢	205
7.3.2 低合金高强度钢	206
7.3.3 汽车用低合金钢	207

7.3.4 其他工程结构用低合金钢	209
7.3.5 工程用铸造碳钢	210
7.4 机械结构用钢	212
7.4.1 渗碳钢	213
7.4.2 调质钢	214
7.4.3 弹簧钢	221
7.4.4 易切削结构钢	222
7.4.5 超高强度钢	223
7.4.6 其他机械结构用钢	227
7.5 滚动轴承钢	228
7.5.1 滚动轴承钢的特点	228
7.5.2 滚动轴承钢的热处理	229
7.5.3 常用轴承钢	229
7.6 工具钢	231
7.6.1 刃具钢	231
7.6.2 模具钢	240
7.6.3 量具钢	245
7.7 特殊性能钢	246
7.7.1 不锈钢	246
7.7.2 耐热钢	249
7.7.3 高锰耐磨钢	255
7.7.4 特殊物理性能钢	256
习题与思考题	256
第8章 铸 铁	259
8.1 铸铁的石墨化	259
8.1.1 铸铁中碳的存在形式	259
8.1.2 铁碳合金双重相图	259
8.1.3 石墨化过程	260
8.1.4 影响石墨化的因素	261
8.1.5 铸铁的分类	262
8.2 灰铸铁	263
8.2.1 灰铸铁的化学成分、组织和性能	263
8.2.2 灰铸铁的孕育处理	264
8.2.3 灰铸铁的牌号和应用	264
8.2.4 灰铸铁的热处理	265
8.3 球墨铸铁	265
8.3.1 球墨铸铁的化学成分和组织特征	266
8.3.2 球墨铸铁的球化处理与孕育处理	266

8.3.3 球墨铸铁的牌号	267
8.3.4 球墨铸铁的热处理	267
8.4 蠕墨铸铁	269
8.5 可锻铸铁	269
8.5.1 可锻铸铁的化学成分和组织特征	269
8.5.2 可锻铸铁的牌号及性能特点	270
8.5.3 可锻铸铁的石墨化退火	271
8.6 特殊性能铸铁	271
习题与思考题	272
第9章 有色金属及其合金	273
9.1 铝及其合金	273
9.1.1 铝的主要特性及应用	273
9.1.2 铝合金及其热处理	274
9.1.3 变形铝合金	276
9.1.4 铸造铝合金	279
9.2 钛及其合金	282
9.2.1 纯钛	282
9.2.2 钛合金	283
9.2.3 钛合金的热处理	286
9.3 铜及其合金	287
9.3.1 纯铜	287
9.3.2 黄铜	287
9.3.3 青铜	290
9.3.4 白铜	293
9.4 镁合金	293
9.4.1 镁合金特点	294
9.4.2 镁合金分类	295
9.4.3 镁合金热处理工艺	297
9.5 高温合金	298
9.5.1 概述	298
9.5.2 高温合金的强化	300
9.5.3 镍基高温合金	303
习题与思考题	306
第10章 高分子材料与陶瓷材料	308
10.1 高分子材料	308
10.1.1 概述	308
10.1.2 高分子材料的结构	310

10.1.3	高分子材料的性能	315
10.1.4	塑料	318
10.1.5	其他高分子材料	322
10.2	陶瓷	326
10.2.1	陶瓷材料的结构与性能	326
10.2.2	常用陶瓷材料	329
	习题与思考题	331
第 11 章	其他工程材料	333
11.1	复合材料	333
11.1.1	复合材料的定义	333
11.1.2	复合材料的分类	334
11.1.3	复合材料的性能特点和增强机制	334
11.1.4	常用复合材料	336
11.2	纳米材料	341
11.2.1	纳米材料的特征	341
11.2.2	纳米材料的制备	342
11.2.3	几种纳米材料及其应用	342
11.3	梯度功能材料	344
11.3.1	梯度功能材料的概念	344
11.3.2	梯度功能材料的制备	345
11.3.3	梯度功能材料的应用	346
11.4	形状记忆材料	347
11.4.1	基本概念及理论	347
11.4.2	形状记忆原理简介	347
11.4.3	形状记忆合金的应用	349
11.5	非晶态合金	349
11.5.1	非晶态合金的特性	349
11.5.2	非晶态合金的应用	351
	习题与思考题	351
第 12 章	零件材料与工艺方法的选择	352
12.1	零件的失效分析	352
12.1.1	工程材料的使用条件	352
12.1.2	失效的形式	353
12.1.3	失效的原因	357
12.1.4	失效分析的方法	358
12.2	零件材料与工艺方法的选用	359
12.2.1	基本原则	359

12.2.2 零件材料与工艺方法选择的步骤及依据·····	362
12.3 典型零件的材料与工艺选择·····	377
12.3.1 轴类零件·····	377
12.3.2 齿轮类零件·····	381
12.3.3 刀具材料选择及工艺制定·····	384
12.3.4 模具类零件材料选择及工艺选择·····	386
12.3.5 飞机材料选择与工艺选择·····	386
习题与思考题·····	389
参考文献·····	392

绪 论

一、材料的重要性

材料是指具有特定性质，能用于制造各种有用器件的物质，是人类生存和发展所必需的物质基础。历史学家根据人类所使用的材料来划分时代，如旧石器时代、新石器时代、青铜器时代、铁器时代等，可见材料的重要性。材料的发展水平和利用程度已成为人类文明进步的标志。

20 世纪 70 年代，人们把材料、信息和能源誉为当代文明的三大支柱，而信息、能源的发展又依赖于材料的发展。材料研究的突破往往带动许多科学技术的快速发展。例如，有了低成本钢铁及相关材料，汽车工业就得到了迅猛发展；有了由半导体等材料制成的各类电子元器件，各类电子电器消费品才会不断出新；有了低消耗的光导纤维，才发展起来现代的光纤通信；各种高强度和超高强度材料的发展，才使发展大型结构件、提高零部件强度级别、减轻设备自重成为可能；各种新材料、新工艺的研发对国防工业、航空航天与武器装备等方面的发展更是起着决定性的作用。材料科学在社会上占有举足轻重的地位，材料的品种、数量和质量是衡量一个国家科学技术和国民经济水平及国防实力的重要标志之一。

以航空发动机叶片产品为例，涡轮叶片由于处于温度最高、应力最复杂、环境最恶劣的部位而被列为第一关键件，并被誉为“王冠上的明珠”。涡轮叶片的性能水平，特别是承温能力，成为一种型号发动机先进程度的重要标志，在一定意义上，也是一个国家航空工业水平的显著标志。涡轮进口温度每提高 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，航空发动机的推重比能够提高 10% 左右。据估算，燃气涡轮发动机效率与性能的提高，约 50% 归功于材料的改进。

20 世纪 50 年代研制成功的高温合金使第一代航空喷气式涡轮发动机的涡轮叶片的使用温度达到了 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水平，掀起了涡轮叶片用材料的第一次革命。20 世纪 60 年代以来，由于真空冶炼水平的提高和加工工艺的发展，铸造高温合金逐渐开始成为涡轮叶片的主选材料。定向凝固高温合金通过控制结晶生长速度，使晶粒按主承力方向择优生长，改善了合金的强度和塑性，提高了合金的热疲劳性能，并且基本消除了垂直于主应力轴的横向晶界，进一步减少了铸造疏松、合金偏析和晶界碳化物等缺陷，从而使使用温度达到了 $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水平。单晶合金涡轮叶片定向凝固技术的进一步发展，使单晶合金的耐温能力、蠕变度、热疲劳强度、抗氧化性能和抗腐蚀特性较定向凝固柱晶合金有了显著提高，很快得到了航空燃气涡轮发动机界的普遍认可，几乎所有先进航空发动机都采用了单晶合金用作涡轮叶片，成为 20 世纪 80 年代以来航空发动机的重大技术之一，掀起了涡轮叶片用材料的第二次革命。

涡轮叶片用材料的第三次革命还需等待,在未来的一段时间内,先进单晶合金仍然是高性能航空燃气涡轮发动机涡轮叶片的主导材料。国外现役最先进的第四代推重比为 10 的一级发动机的涡轮进口平均温度已经达到了 $1\,600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,预计未来新一代战斗机发动机的涡轮进口温度有望达到 $1\,800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。

二、工程材料的分类

工程材料主要是指用于机械、车辆、船舶、建筑、化工、能源、仪器仪表、航空航天等工程领域中的材料,用来制造工程构件和机械零件;也包括一些用于制造工具的材料和具有特殊性能(如耐蚀、耐高温等)的材料。工程材料的分类方法很多,下面介绍几种常见的分类方法。

1. 按结合键的性质分类

工程材料可分为金属材料、高分子材料、陶瓷材料、复合材料。

(1) 金属材料包括钢铁材料和非铁金属材料,具有良好的导电性、导热性、高强度、高塑性和金属光泽等金属特性,还具有比高分子材料高得多的强度和刚度,比陶瓷材料高得多的塑韧度。因具有其他种类材料不可替代的独特性质和使用性能,以及成熟的加工工艺,金属材料仍然是目前应用最广泛的工程材料。金属材料的研究一方面采用新技术和新工艺开发具有高性能的新金属材料,如非晶态金属、纳米金属、智能金属和储氢合金等,另一方面则不断开发金属与非金属相互渗透的新型复合材料。金属材料虽然走过了最辉煌的时代,但其发展仍未停止。

(2) 高分子材料是以高分子化合物为主要成分的材料。按材料来源,高分子材料可分为天然高分子材料和人工合成高分子材料两大类;按特性和用途可分为塑料、合成橡胶、合成纤维、黏结剂和涂料等几类。被称为现代高分子三大合成材料的塑料、合成橡胶和合成纤维已成为工程建设和人们日常生活中必不可少的重要材料。塑料、合成橡胶和合成纤维具有相对密度小、可加工性好、耐蚀性强、自润滑性好、绝缘和减振性好,以及成本低等优点,在机械、车辆、电气、化工、交通运输等工程领域中得到广泛应用;其缺点是耐热性差,易软化和老化,强度低,尺寸稳定性差等。高分子材料的发展主要聚焦在通过聚合物的改性提高其使用性能,开发环境友好型材料以及废弃物的高效利用等方面。

(3) 陶瓷材料是指硅酸盐、金属与非金属的化合物,因其不具备金属的性质,又称为无机非金属材料。陶瓷材料的主要结合键是离子键,同时还存在一定数量的共价键。陶瓷材料可分为三大类:一是普通陶瓷,主要原料是硅酸盐矿物,常用于日用瓷器和建筑材料;二是特种陶瓷,主要成分是人工合成化合物,如碳化物、氮化物和氧化物等,用于工程领域耐高温、耐腐蚀、耐磨损的零件;三是金属陶瓷,即金属粉末和特种陶瓷粉末的烧结材料,主要用于切削刀具、模具和耐热零件等。陶瓷材料因具有高熔点、高硬度、耐磨、耐腐蚀、质量轻、弹性模量大等一系列优良特性,得到越来越广泛的应用,特别在耐磨材料、高温结构材料、磁性材料、介电材料、半导体材料和光学材料等方面占据了重要地位。陶瓷的发展主要围绕解决其易发生脆性破坏、塑性变形能力差、粉体制备和陶瓷加工工艺复杂、成本高等问题展开,还包括在新型结构陶瓷、生物陶瓷和其他功能陶瓷材料方面的开发研究。

(4) 复合材料是指由两种或两种以上不同成分、不同性质的材料组合而成的材料。复

合材料的性能通常兼有组成材料的各项优点,还可以产生原来单一材料本身所不具备的优良性能,是一类特殊的工程材料,具有广阔的发展前景。复合材料的组成物可分为基体材料和增强材料两类。基体材料有金属、塑料、橡胶和陶瓷等,增强材料有各种纤维和无机化合物颗粒等。复合材料已经应用到航空航天、武器装备、机械工程、能源工程、海洋工程,乃至民用建筑、交通运输、文体和日常用品等领域。在现代工业中,树脂基复合材料的应用已相对成熟,金属基和陶瓷基复合材料仍处于发展阶段。现代复合材料的新发展主要集中在复合增强理论的研究、复合材料制造工艺的发展以及高性能、低成本的复合材料研究开发等方面。

2. 按材料的功能和用途分类

工程材料可分为结构材料和功能材料。

结构材料是以其力学性能为基础,制造受力构件所用的一类材料。功能材料则主要是利用物质独特的物理、化学性质或生物功能等而形成的一类材料。一种材料往往既是结构材料又是功能材料,如铁、铜、铝等。本书主要介绍工程结构材料。

结构材料是指以力学性能为主要性能指标的工程材料的统称。它主要用于制造工程构件和机械装备中的支撑件、连接件、传动件、紧固件、弹性件以及工具、模具等。这些结构零构件都在受力状态下服役,因此力学性能(强度、硬度、塑性、韧性等)是其主要性能指标,在许多使用条件下还需要考虑特殊的环境条件,如高温环境、低温环境、腐蚀介质环境、放射性辐射环境等。结构件均有一定的形状配合精度要求,因此结构材料还需有优良的可加工性能,如铸造性、冷热成形性、可焊性、切削加工性等。不同的使用条件要求材料具有不同的性能,如桥梁构件除具有一定的强度和韧性外,还需耐大气腐蚀和具有良好的焊接性;传动轴需要有良好的耐疲劳性能;飞机构件要求有高的比强度、比刚度;发动机叶片需要有良好的高温强度和抗蠕变特性;切削刀具需有良好的红硬性;化工反应釜需能抵抗化学介质的强烈腐蚀等。

3. 按材料的发展程度分类

工程材料可分为传统材料和新型材料。

传统材料是指那些已经发展成熟且在工业中已批量生产并大量应用的材料,如钢铁、塑料等。这类材料由于用量大、产值高、涉及面广,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)是指那些具有优异性能和应用前景,且正在发展中的一类材料。新型材料与传统材料之间并没有明显的界限。传统材料通过采用新技术,提高性能,增加附加值可以成为新型材料;新型材料发展成熟且在工业中批量生产并大量应用之后也就成了传统材料。传统材料是发展新型材料和高技术的基础,而新型材料又往往能推动传统材料的进一步发展。

此外,若从化学角度分类,工程材料可分为无机材料和有机材料;若按结晶状态进行分类,工程材料可分为单晶体、多晶体、非晶体、准晶体和液晶等;若从应用角度出发可分为结构材料、电子材料、航空航天材料、汽车材料、建筑材料、能源材料、信息材料等。

三、工程材料的知识架构

1. 对工程材料的认识

早期人类只能被动地利用天然材料(如木材、石头、动物骨骼、皮毛和黏土等)。火的应用使人类掌握了材料的制备方法,获得比天然材料性能更好的制品(如陶器、青铜器、

铁器等)。人类又进一步发现通过热处理、添加其他物质等方法可以改善材料的性能。这段时期人们对材料内在关系还缺乏本质认识和规律性认识,材料的制造生产基本上依靠工匠、艺人的经验。直到1863年光学显微镜首次应用于材料微观组织的研究领域,使人们能够将材料的宏观性能与微观组织联系起来,因而诞生了金相学。1912年,人们发现了X-射线对晶体的作用,X-射线随后被用于晶体衍射分析,使人们对固体材料的微观结构有了科学认识。1932年,电子显微镜的发明以及后来各种新分析仪器的问世,把人们带到了微观世界的更深层次(10^{-7}m)。

由此看来,人们对材料的认识是从经验性认识到规律性认识,由宏观现象测试到微观本质探讨的过程。

2. 材料科学与工程的定义

20世纪60年代初,人们提出了“材料科学”这个名词,它的提出是源于1957年,苏联人造卫星率先上天,震惊了美国,美国人认为自己落后的主要原因之一是先进材料落后,于是在一些大学相继成立了十余个材料研究中心,采用先进的科学理论与实验方法对材料进行深入研究。从此,“材料科学”这个名词便开始流行。

材料科学的核心内容一方面是研究材料的组织结构与性能之间的关系,具有“研究为什么”的性质;另一方面又是面向实际,为经济建设服务。它是一门应用学科,研究和发展材料的目的在于应用,需要通过合理的工艺流程制备出具有实用价值的材料,通过批量生产才能使之成为工程材料。所以,在“材料科学”这个名词出现后不久,人们就提出了“材料工程”和“材料科学与工程”。材料工程研究的是材料在制备、处理和加工过程中的工艺和各种工程问题,具有“解决怎样做”的性质。1986年,英国 Pergamon 公司出版的《材料科学与工程百科全书》中对材料科学与工程的定义为:材料科学与工程研究的是有关材料组成、结构、制备工艺流程与材料性能和用途的关系及其应用。换言之,材料科学与工程是研究材料组成、结构、生产过程、材料性能与使用效能以及它们之间关系的学科。

3. 工程材料四要素

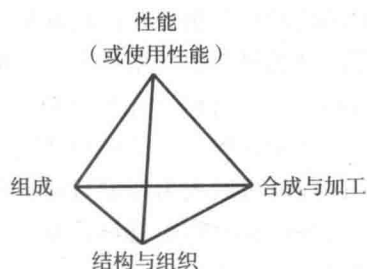
材料的组成、结构与组织、合成与加工、性能(或使用性能)称为材料科学与工程的四要素,它们之间的关系可用四面体来表示,如图绪论-1所示。

1) 组成

组成是构成材料的最基本要素,一提到组成应该想到两个概念:一是组元(component, constituent),二是成分(composition)。前者指组成合金的元素,有时也将稳定的化合物看成是组元;后者指合金中组元的含量。当选择一种材料或分析表征某种材料的结构和性能时,必须考虑:为什么要采用这种成分,合金的结构和性能与组元的哪些因素相关,每种组元的存在形态是什么,对合金的结构有什么影响,对合金的性能有什么影响等问题。

2) 结构与组织

材料的结构是指材料的组元及其排列和运动方式。材料的结构层次分为:亚原子层次(可分为原子核和电子两个部分),原子或分子层次(包括核外电子结构、键合结构、晶体



图绪论-1 工程材料四要素