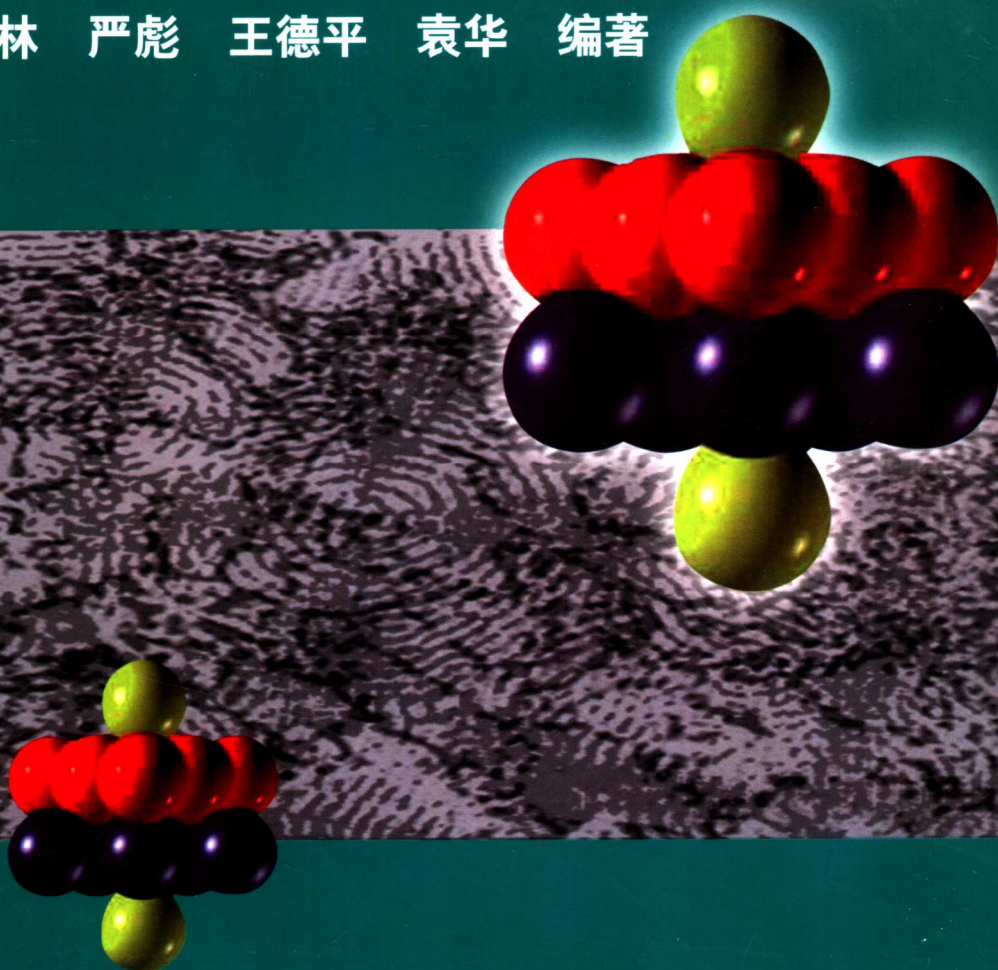


高 等 学 校 教 材
GAODENG XUEXIAO JIAOCAI

材料科学基础

● 张钧林 严彪 王德平 袁华 编著



化学工业出版社
教材出版中心

高 等 学 校 教 材

材料科学基础

张钧林 严彪 王德平 袁华 编著



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

本书从可持续发展的角度看待材料科学问题,充分运用本专业学生已学习过的基础知识,将金属材料、无机非金属材料、高分子材料和复合材料紧密结合,从各种材料的组织结构出发,揭示了材料性能与材料结构和制备工艺之间的关系,全面阐述了各种材料的共性基础知识及个性特征。

本书适合材料专业的本科生、研究生及从事材料工作的相关人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

材料科学基础/张钧林等编著. —北京:化学工业出版社, 2006.5

高等学校教材

ISBN 7-5025-8693-8

I. 材… II. 张… 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(2006)第050135号

高等学校教材

材料科学基础

张钧林 严 彪 王德平 袁 华 编著

责任编辑:杨 菁

文字编辑:陈 雨

责任校对:吴 静

封面设计:于 兵

*

化学工业出版社 出版发行

教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 28¼ 彩插 1 字数 773 千字

2006年7月第1版 2006年7月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-8693-8

定 价:45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

材料是人类进行生产、生活、科学研究和其他活动的物质基础。进入 21 世纪以来,材料、能源和信息被公认是现代文明的三大支柱。材料科学是研究材料的成分、组成结构、制备工艺、材料性能和材料应用之间的相互关系的科学。材料科学的主要任务是研究各种材料的性能,寻求已有材料的新用途,发现和发明新材料,为新材料开辟更广阔的应用前景。人类已从认识材料的硬度、强度等宏观特性,进而探索材料内部的分子、原子、中子等更深入的微观本质,因此材料科学是科学性、综合性很强的技术科学。

1998 年,教育部对我国高校本科专业设置进行了大幅度的调整,旨在改变以前专业划分过细、学生知识面过窄的局面。为此,许多高校特别是重点大学将原来分属不同系别的相关专业进行组合调整,按照引导性专业目录普遍成立了材料科学与工程学院,以材料科学与工程一级学科进行专业教育已成为一种发展趋势。依据教育部的教改精神,同济大学材料科学与工程学院进行了进一步探索,以“宽专业、厚基础、强能力”为培养目标,对材料科学与工程一级学科中的 6 个专业方向规划了三个专业平台课程系列,《材料科学基础》则是这三个专业平台所有学生都必修的第一门专业基础课。

目前国内已出版的这类教材版本一般都是针对某一类材料的某个方面编写的。同时由于各高校的背景和教改进程的差异,所编教材内容的侧重点、风格各有不同。本教材是在总结了多年教学改革与实践经验的基础上写成的。

本书力求将金属材料、无机非金属材料、高分子材料和复合材料紧密结合,从各种材料的组织结构出发,揭示材料性能与材料结构和制备工艺之间的关系,全面阐述各种材料的共性基础知识及个性特征。力求达到较广的知识涵盖面、足够的信息量和适当理论深度。既面向大材料,强调宽口径,又体现原来的专业背景和传统优势;既强调材料科学学科体系的重要内容,又覆盖到材料科学技术应用的基本需要;既阐述基础理论,又根据学科技术发展的最新动态,融入当代材料科学的新概念、新知识、新理论,坚持面向一级学科、加强基础、拓宽专业面,为学生在材料科学方面提供一个较为广阔而又有专业重点的知识平台,承上启下,为后续的专业课程教学,也为进一步培养与当代材料科学与材料工业发展需求相适应的研究型、创新型人才奠定基础、提供引导。

本书适于材料科学与工程一级学科专业或二级学科专业公共专业课本科教学使用,也可供研究生和相关工程技术人员参考,对认识和掌握材料的内在本质有一定的帮助。

本书由张钧林教授主编,并编写引论、第 9 章、第 10 章和第 11 章;王德平副教授编写第 1 章(其中 1.2 节由贺蕴秋教授编写)、第 2 章和第 6 章;严彪研究员编写第 3 章、第 4 章和第 5 章;袁华副教授编写第 7 章和第 8 章。全书由吴科如教授主审。王国建教授、徐正教授等对本书的编写提出了指导性意见。

研究生张怀总、周搏和吴奕欣参加了引论、第 9 章、第 10 章和第 11 章书稿的外文翻译、图表制作、电脑处理和文稿校对等工作;王军、秦桂红参加了第 3 章、第 4 章和第 5 章部分书稿的编写和校对工作。本书在编写和出版的过程中得到了同济大学材料科学与工程学

院的领导、同仁的无私帮助；本书作为同济大学“十一五”规划教材，得到了同济大学教材、学术著作出版基金委员会资助，在此一并表示感谢。

本书在编写过程中参考、引用了兄弟院校和科研院所的同行公开发表的许多优秀成果和文献资料，在此谨向这些前辈、同仁一并表示感谢。

鉴于编者的水平有限，书中错误和不当之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2006年1月1日于同济大学

目 录

引论	1
0.1 关于材料的基本知识	1
0.1.1 材料与物质	1
0.1.2 材料的分类	1
0.2 材料发展与人类文明	3
0.2.1 材料发展古代史	3
0.2.2 材料发展近代史	4
0.3 材料结构与性能的共性问题	6
0.3.1 材料结构共性问题	6
0.3.2 材料性能共性问题	8
0.4 材料科学的形成和发展	9
0.4.1 “材料科学”概念的提出	9
0.4.2 科学技术的发展与材料科学的建立	9
0.4.3 从细分到综合——材料科学与工程 (MSE) 简介	10
0.4.4 材料科学与工程 (MSN) 的要素模型	13
0.5 材料科学的本质属性	14
0.5.1 材料科学是多学科交叉、渗透和融合的成果	14
0.5.2 材料科学内各学科的相互交叉、移植、渗透和借鉴	14
0.5.3 材料科学是与实践紧密结合的科学	15
0.5.4 高新技术在各类材料的研究中得到广泛应用	16
0.5.5 材料科学是一个正在发展中的学科	16
0.6 材料科学的地位与任务	16
0.7 材料科学研究的方法	17
0.7.1 基本研究方法	17
0.7.2 系统研究方法	18
0.7.3 材料设计 (计算) 与一体化技术	19
0.8 材料科学的展望	21
0.8.1 总体发展趋势	21
0.8.2 开发新材料发展高技术产业	21
0.8.3 提升传统材料的技术含量	21
0.8.4 发展材料制备与检测技术	22
0.8.5 发展绿色材料科学技术	22
0.8.6 软物质——21 世纪的前沿课题	22
本章小结	24
本章重点	25
练习题	25
参考文献	26
第 1 章 固体材料的结构基础知识	27
1.1 原子结构及键合	27

1.1.1 原子结构	27
1.1.2 键合	30
1.2 晶体学基础知识	38
1.2.1 晶体的结构特征和基本性质	38
1.2.2 晶体的宏观对称和晶体分类	40
1.2.3 晶体定向和晶面符号	42
1.2.4 布拉维格子	44
1.2.5 晶体的微观对称和空间群	46
1.3 固体材料的表面与晶界结构	49
1.3.1 固体材料的表面特性及表面结构	49
1.3.2 晶态固体材料中的晶界结构	55
1.3.3 多晶体的显微组织变化	58
1.3.4 固体材料的相界面行为	59
1.4 稳定态结构与亚稳态结构	71
1.4.1 稳定态结构与亚稳态结构的定义	71
1.4.2 结构形成的热力学条件和动力学条件	71
本章小结	73
本章重点	73
练习题	73
参考文献	74
第2章 晶体结构与缺陷	75
2.1 晶体化学基本原理	75
2.1.1 原子半径与离子半径	75
2.1.2 球体最紧密堆积原理	76
2.1.3 配位数与配位多面体	78
2.2 典型金属的晶体结构	79
2.2.1 金属的晶体结构	79
2.2.2 点阵常数	80
2.3 离子晶体的晶体结构	81
2.3.1 离子晶体的主要特点	81
2.3.2 鲍林规则	81
2.3.3 离子极化	82
2.4 共价晶体的晶体结构	83
2.4.1 共价晶体的主要特点	83
2.4.2 典型共价晶体的结构	83
2.5 晶体缺陷	84
2.5.1 晶体结构缺陷的类型	84
2.5.2 热缺陷浓度计算	86
2.5.3 线缺陷(位错)	88
本章小结	89
本章重点	90
练习题	90
参考文献	90
第3章 材料的相结构及相图	91
3.1 材料的相结构	91

3.1.1	固溶体	91
3.1.2	中间相	95
3.2	二元系相图	103
3.2.1	固溶体的类型	103
3.2.2	杠杆规则	104
3.2.3	二元系相图的热力学性质	105
3.2.4	二元系相图的吉布斯自由能	110
3.2.5	共晶型二元系	115
3.2.6	同晶型二元系(完全互溶型二元系)	116
3.2.7	固溶型二元系	117
3.2.8	偏晶型二元系	118
3.2.9	化合物型二元系	120
3.2.10	有晶型转变的二元系	122
3.3	三元相图	125
3.3.1	三元相图成分表示方法	126
3.3.2	三元相图的空间模型	127
3.3.3	三元相图的截面图和投影图	128
3.3.4	三元相图中的杠杆定律及重心定律	129
3.4	相图热力学基础	131
3.4.1	相图热力学基本概念	131
3.4.2	Gibbs 自由能曲面	134
3.4.3	单变度曲线与无变度点的稳定性	136
3.4.4	Schreinemakers 线锥的基本性质	138
本章小结		139
本章重点		140
练习题		140
参考文献		140
第4章	材料的相变	142
4.1	相变的概念及其分类	142
4.1.1	相变的基本概念	142
4.1.2	一些典型的相变	142
4.1.3	相变的分类	149
4.2	相变动力学	160
4.3	相变热力学	164
4.3.1	相变热力学	164
4.3.2	重要的热力学函数	164
4.3.3	Landua 理论简介	165
4.3.4	Landua 理论在热力学相变中的应用	168
本章小结		169
本章重点		170
练习题		170
参考文献		170

第 5 章 金属材料的结构特征	171
5.1 纯金属的凝固及结晶	171
5.1.1 晶体凝固的热力学条件	171
5.1.2 晶体长大	177
5.1.3 结晶动力学及凝固组织	179
5.1.4 纯金属的界面不稳定性	182
5.1.5 纯金属凝固微观组织	183
5.2 单相固溶体的凝固及结晶	184
5.2.1 匀晶相图	184
5.2.2 固溶体凝固	185
5.3 两相共晶体的凝固及结晶	188
5.3.1 共晶凝固理论	188
5.3.2 共晶相图及其合金凝固	195
本章小结	200
本章重点	200
练习题	200
参考文献	201
第 6 章 无机非金属材料的结构特征	202
6.1 无机非金属材料的显微结构	202
6.1.1 基本特征	202
6.1.2 化学键合	203
6.1.3 正负离子的堆积方法	203
6.1.4 典型无机化合物晶体结构	203
6.2 硅酸盐材料的晶体结构	209
6.2.1 硅酸盐材料的结构特征及其分类	209
6.2.2 岛状结构	210
6.2.3 族群状结构	210
6.2.4 链状结构	211
6.2.5 层状结构	212
6.2.6 架状结构	214
6.3 熔体及非晶态固体的结构	217
6.3.1 熔体的结构模型	217
6.3.2 熔体的性质	218
6.3.3 非晶态固体的结构特征与表征	221
6.3.4 玻璃的概念与通性	222
6.3.5 玻璃的结构理论	223
6.3.6 玻璃化条件	225
本章小结	229
本章重点	230
练习题	230
参考文献	231
第 7 章 高分子材料的结构特征	232
7.1 高分子链的近程结构 (near-range structure)	233
7.1.1 结构单元的化学组成	233
7.1.2 结构单元的连接方式	234

7.1.3 高分子链的几何形状	238
7.1.4 高分子链的构型	240
7.2 高分子链的远程结构 (long-range structure)	242
7.2.1 高分子的大小	243
7.2.2 高分子链的柔顺性 (flexibility)	244
7.3 高分子材料的结晶态	258
7.3.1 高分子结晶特点	258
7.3.2 晶态高分子的形态	259
7.3.3 晶态高分子分子链的堆砌	266
7.3.4 高分子晶态结构的模型	267
7.3.5 高分子材料的结晶度	268
7.4 高分子材料的非晶态	272
7.4.1 无规线团结构模型及证据	273
7.4.2 折叠链缨状胶束粒子模型及证据	273
7.5 高分子材料的取向	273
7.5.1 取向现象 (orientation)	273
7.5.2 取向方式	274
7.5.3 取向度——取向的程度	275
7.6 高分子材料的混合体系的织态构造	276
7.6.1 高分子材料混合体系	276
7.6.2 高分子的相容性 (miscibility, compatibility)	276
7.6.3 非均相高分子材料混合体系的织态结构	277
7.7 高分子材料的液晶态结构	278
7.7.1 高分子液晶的特点	278
7.7.2 高分子液晶的基本性质	279
7.7.3 高分子液晶的应用	281
本章小结	282
本章重点	282
练习题	282
参考文献	284
第8章 复合材料的结构特征	285
8.1 复合材料的定义及形态分类	285
8.1.1 复合材料的定义	285
8.1.2 复合材料的基本特点	285
8.1.3 复合材料的分类	286
8.1.4 复合材料的结构层次	288
8.2 复合材料复合原理	289
8.2.1 单向复合材料工程弹性常数的预测	289
8.2.2 单向复合材料强度的预测	290
8.2.3 复合材料的复合原理应用	291
8.3 复合材料的界面	292
8.3.1 复合材料界面的基本概念	293
8.3.2 聚合物基复合材料的界面	295
8.3.3 金属基复合材料的界面	296
8.3.4 陶瓷基复合材料的界面	299

8.4 复合材料的强化和初化理论	301
8.4.1 增强材料的表面处理	301
8.4.2 纤维的增强作用	304
8.4.3 纤维的增韧作用	304
8.5 复合材料结构设计的理论基础	305
8.5.1 复合材料结构设计过程	305
8.5.2 复合材料结构设计条件	306
8.5.3 材料设计	306
本章小结	309
本章重点	309
练习题	309
参考文献	309
第9章 材料的力学性能	311
9.1 力学性能概论	311
9.1.1 单向静拉伸试验和应力-应变图	311
9.1.2 弹性变形及其性能指标	313
9.1.3 非理想弹性与内耗	316
9.1.4 塑性变形及其性能指标	320
9.1.5 断裂	324
9.1.6 硬度	328
9.1.7 韧度	329
9.1.8 材料的疲劳性能	334
9.1.9 蠕变	335
9.1.10 磨损与耐磨性	336
9.2 高分子材料的力学性能	336
9.2.1 高分子材料的力学状态	337
9.2.2 高分子材料的应力-应变行为	339
9.2.3 高分子材料的高弹性与黏弹性	340
9.2.4 高分子材料的静态黏弹性——蠕变与应力松弛	341
9.2.5 高分子材料的动态黏弹性——滞后与内耗	343
9.2.6 高分子材料的强度	343
9.2.7 高分子材料的韧性	344
9.2.8 高分子材料减摩、耐磨性	344
9.3 复合材料的力学性能特征	345
9.3.1 力学性能共性	345
9.3.2 主要复合材料的力学性能	346
9.4 力学性能综合	348
9.4.1 密度	348
9.4.2 弹性模量	348
9.4.3 屈服强度	350
9.4.4 比强度	351
9.4.5 断裂韧性	351
本章小结	352
本章重点	352
练习题	353

参考文献	353
第 10 章 材料的物理性能和化学性能	355
10.1 材料的电性能	355
10.1.1 固体材料中的电子能带结构基本理论	355
10.1.2 导体与电阻率	358
10.1.3 绝缘体和介电性能	361
10.1.4 半导体	367
10.1.5 超导体	369
10.2 材料的磁性能	372
10.2.1 磁性的量度	372
10.2.2 材料的各类磁性	373
10.2.3 磁化与退磁化	374
10.2.4 磁性材料	374
10.3 材料的热性能	377
10.3.1 热能和热容	377
10.3.2 热膨胀	378
10.3.3 热传导	379
10.3.4 热应力	379
10.4 材料的光学性能	381
10.4.1 光的本质	381
10.4.2 金属材料的光学性质	384
10.4.3 非金属材料的光学性质	384
10.4.4 发光	387
10.4.5 光导纤维(光纤)	388
10.4.6 激光材料	388
10.5 材料的抗腐蚀和耐老化性能	390
10.5.1 材料的腐蚀性能	390
10.5.2 腐蚀速率的表示方法	391
10.5.3 提高耐腐蚀性途径	392
10.5.4 高分子材料的老化	393
本章小结	393
本章重点	395
练习题	395
参考文献	395
第 11 章 材料的制备、强化与韧化	397
11.1 材料制备的基本原理及方法	397
11.1.1 金属材料的制备	397
11.1.2 无机非金属材料的制备	401
11.1.3 高分子材料的制备合成	408
11.1.4 复合材料的制备	410
11.1.5 现代工程材料的特殊制备	413
11.2 材料强化基本原理和方法	418
11.2.1 材料强化基本原理	418
11.2.2 金属材料强化基本原理及途径	421
11.2.3 高分子材料强化基本原理及途径	423

11.3 材料韧化基本原理与方法	425
11.3.1 材料韧化基本原理	425
11.3.2 金属材料的韧化	430
11.3.3 无机非金属材料的韧化	431
11.3.4 高分子材料韧化	433
本章小结	434
本章重点	435
练习题	435
参考文献	436
附录 晶体结构的 230 种空间群	437

引 论

世界是由物质构成的，一切人工制品都是由一定的材料组成的。材料是人类生存和发展的物质基础，是人类认识自然和改造自然的工具。自从有人类社会以来，材料、能源和知识便支撑着人类的生存和社会的发展。材料已成为人类进化的重要标志之一。人类的每一次科技进步都能找到新材料的影子，每一种重要材料的发现和利用，都会把人类支配和改造自然的能力提高到一个新的水平，材料研究的突破往往能带来许多科学技术的突破，为社会生产力和生活带来巨大的变化，把人类物质文明和精神文明向前推进一步。相反，有些新技术由于没有合适的材料而进展缓慢，因此，新材料的研究、开发与应用反映了一个国家的科学技术与工业水平。

当前，世界已进入到了知识经济时代，材料、能源和信息已成为客观世界的三大要素，成为构成现代文明的三大支柱。作为 21 世纪新经济的“基础之基础”，材料学科已经成为自然科学中的一个十分重要的基础学科。

0.1 关于材料的基本知识

0.1.1 材料与物质

物质是指在人类生活环境中所能获取的单元素的单质或多元素的化合物，物质是制备材料的原料。所谓材料是指具有特定工作条件下使用要求的形态和物理状态的物质（一般不把燃料、化学原料、工业化学品、食物和药品归于材料的行列）。有的物质本身就是一种材料，如天然材料，但大多数物质不是材料，需要通过一定的工艺过程才能转化为材料。如铁矿石和焦炭是原料，而钢铁是材料。

可见，材料和物质这两个概念具有不同的含义。对于材料可作“好”与“不好”之评价，对于物质则不能。材料可由一种物质或若干种物质构成，同一种材料，由于制备方法或加工方法的不同可制成用途各异的材料。

0.1.2 材料的分类

目前世界各国注册的材料有几十万种，并在不断增加之中。材料的分类方法有多种。

(1) 按材料的状态来分类

材料可分为气态、液态和固态三大类。一般使用的多为固态材料，尤其是在工程技术中。固态材料根据结晶状态又可分为单晶材料、多晶材料、准晶材料和非晶材料，其材料内部的原子结构排列有序程度依次降低。

(2) 按材料的来源分类

材料可分为天然材料和人造材料两大类。天然材料指天然的未经加工的材料。人类历史上曾经使用过的天然材料，如石头（石料）、木材、骨头、兽皮、棉、麻、石油、天然气等，目前还在大量使用的天然材料只有石料、木材、橡胶等，而且用量正逐渐减少，许多天然材料正在日益被人造材料所代替。人造材料是指人类以天然物质为原料通过物理、化工方法加工制造的材料，目前所使用的材料大多数为人造材料，如钢铁材料、有色合金材料、陶瓷材料、合成纤维、复合材料等。

(3) 按材料所起的作用分类

可把材料分为结构材料 and 功能材料两类。

(4) 按使用领域的不同分类

可将材料分为建筑材料、电子材料、医用材料、仪表材料和能源材料等。

(5) 按材料的物理化学属性分类

这是最常用的分类方法。按材料组成和结合键的性能将材料分为四大类（见表 0-1），每种材料都具有不同的结构和性能。材料的整体分类见图 0-1。金属材料、无机非金属材料、高分子材料因原子间的相互作用不同，在各种性能上差异极大，构成现代工业三大材料体系。复合材料是由上述三类材料相互复合而成的，对不同材料取长补短，在性能方面比单一材料优越，具有广泛的应用前景。

表 0-1 材料按物理化学属性分类的性能对比

材料种类	化 学 组 成	结 合 键	主 要 特 征
金属材料	金属元素	金属键	有光泽、塑性、较高强度、刚度、导电导热
无机非金属材料	氧、硅或其他金属的化合物、碳化物、氮化物	离子键 共价键	耐高温、耐蚀，具有转变物理性能、脆性
高分子材料	碳、氢、氧、氮、氟	共价键 分子键	轻、比强度高、耐磨、耐蚀，易老化，刚度小
复合材料	两种或两种以上不同材料组合而成		比强度、比模量高，功能复合

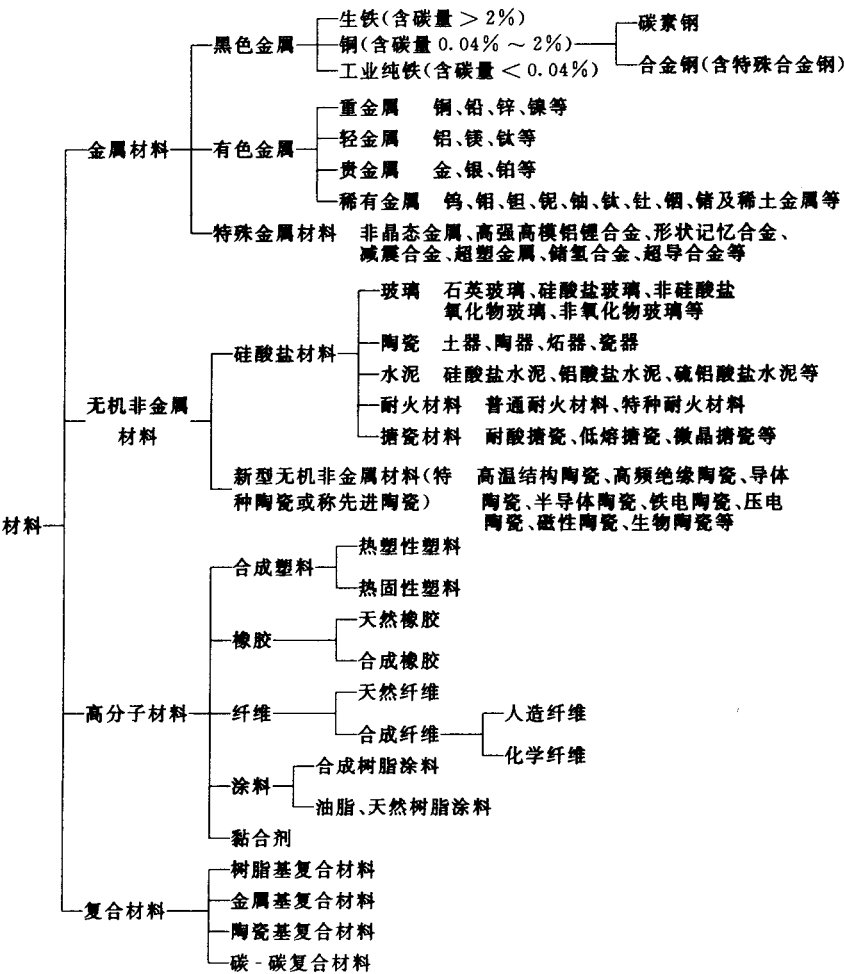


图 0-1 材料的整体分类

(6) 按材料的发展过程分类

材料可分为传统材料和新型材料(又称新材料或先进材料)。传统材料指制造工艺成熟且已长期、广泛应用的材料;新材料指借助于高、新技术而开发出的且具有优异性能和应用前景的一类材料。

随着现代科学技术的发展,材料的分类方法也大大细化,以适应新形势的发展,如目前常把能源开发、转换、运输、存储所需材料称为能源材料,而把信息接收、处理、存储和传播所需的材料统称为信息材料。

0.2 材料发展与人类文明

材料在人类文明发展的进程中的作用是巨大的。自从人类出现,就开始了使用材料和制造材料,材料的发展史与人类史一样悠久,材料是人类社会发展的物质基础和先导,材料水平是人类进步的里程碑。从考古学的角度,人类的文明史被划分为旧石器时代、新石器时代(陶器时代)、青铜器时代、铁器时代四个时代。材料发展近代史则与四次技术革命息息相关。

0.2.1 材料发展古代史

材料在人类文明史上占有重要的地位。早在公元前8世纪,古希腊哲学家赫希奥德在“劳动与时令”诗篇中,就将人类的发展划分为黄金、白银、青铜、英雄和铁五个世纪。中国东汉的袁康在“越绝书”中把人类使用的工具分成石、玉、铜、铁四个阶段。1836年丹麦学者汤姆森提出了石器时代、青铜器时代和铁器时代的历史分期方法。

0.2.1.1 石器时代

在遥远的原始社会时期,人类最早利用的材料是天然材料,如岩石、木材、兽皮、骨髓等,在相当长的历史时期内,石器是主要的劳动生产工具。因此,人们把这个时期称为石器时代。石器时代又可分为旧石器时代和新石器时代。在新石器时代,材料开始得到广泛应用,出现了制陶技术,并得到了发展。

(1) 旧石器时代

大约250万年前,人类的祖先为了生存、抵御猛兽袭击和猎取食物,逐渐学会了使用天然材料——石块、木棒等。为了使这些天然材料更加犀利,人类开始打制石器,即利用天然较硬石块来打击经过选择的较软的石料,使之成为适用的工具,如石矢、石刀、石铲、石凿、石斧、石球等。用这种打击方法制造的石器称为旧石器,这是人类使用的第一种原始材料,加工的石器形状不规则,且十分粗糙。这一时期在历史上最长,大约经历了200多万年的时间。

旧石器时代末期随着钻孔技术的出现而发现的摩擦生火方法是人类文明的一个重要里程碑。人类从保存和使用天然火到学会造火用了100多万年。火的利用与石器的制造被称为人类文明的两项最早的重大成就,对材料的发展及人类生活首次产生了重大影响。

(2) 新石器时代

新石器时代开始于1万年前,其主要标志是大量磨光石器及陶器的出现;此外,还伴随石头、砖瓦等建筑材料以及玉器的出现。这一时期大约持续了5000年。

在新石器时代,人类已懂得了对石料采用不同的加工方法加工,主要有锤击、碰钻、砸等直接打制法,还出现了标准化的工具,主要有砍砸器、刮削器和尖状器等几十类。在新石器时代最具代表性的工具是斧头。

起源于旧石器时代末期的原始制陶技术在新石器时代得到相当大的发展。最初,人类在利用火的过程中观察到泥土被火烘烤后变干、变硬的现象。于是在编制或木制的容器外面涂

上一层黏土，然后再拿到火中烧烤，制成最原始的陶器。后来人类学会不用坯架直接成型，先是全部用手做，分段垒筑，后是采用制陶轮盘，使陶器加工更加规矩匀称，且效率大大提高，加热方法也由露天烧烤过渡到采用陶窑，这不仅可以保持高温，并可以有效地控制燃烧气氛，赋予陶器各种不同的色泽。陶是人类第一个人工合成材料。

此外，在新石器时代，人们开始利用野生葛、苎麻等作为纺织原料，通过煮、脱胶来分离纤维；而且利用蚕丝制成布和丝织品，用石头作建筑材料，用泥土作砖瓦，并使用稻草作增强的材料掺入黏土中，用太阳晒干制砖和火烧制砖。

0.2.1.2 青铜器时代

大约从公元前 5000 年至公元前 1200 年，人类已经使用天然的金和铜，但因其尺寸较小、数量少，还不能成为大量使用的材料。人类在寻找石料的过程中认识了矿石，在烧制陶器过程中又还原出金属铜，创造了冶炼铜技术和铸造技术，生产出各种青铜器物，从而使人类进入了青铜器时代，这是人类大量利用金属的开始。

公元前 8000 年，人类发现并利用天然铜——红铜，经研磨、锤打加工成铜兵器、铜工具和各种装饰品。公元前 5000 年，学会了用铜矿石炼铜，铜是人类获得的第二种人造材料。随后发现在铜中加入部分锡，可使原来较软的铜制品变得更坚韧、更耐磨。青铜-铜锡合金，是人类学会制造的第一个合金。

0.2.1.3 铁器时代

人类最早使用铁器是在公元前 2000 年左右，那时的铁器是用天然陨铁敲打而成的，后来发明了炼铁技术，由于铁矿比铜矿丰富且普遍，炼铁和制造铁器很快得到了普及。公元前 1200 年左右，铁器逐渐取代了铜器，人类进入了铁器时代。

铁器时代冶铁是从块炼法（固体还原法）开始的，即在低温下（800~1000℃）将矿石用木炭还原生成一种质地疏松的海绵状金属体，再经过反复锻打、灼烧，最后得到一种金属组织不纯净的锻铁，又叫“熟铁”或海绵铁。它的含碳量极低（0.04%以下）、质地软、技术较为简单，把熟铁放入炭火中一再加热，反复锤打，使其硬度提高，即铁表面吸收碳原子变成钢，这就是渗碳炼钢法。又发现将烧红的钢渗入冷水时，可使钢坯变得更硬，这种方法现在叫淬火，这样的钢很硬很脆，经中等温度重新加热，可去掉一些脆性，增加韧性，这种工艺叫回火。从熟铁冶炼到渗碳炼钢，从淬火到回火，形成了一套新的工艺过程。

炼铁的另外一个方法是高温液体还原法，即在比较高的温度下（1100~1200℃）将矿石熔炼得到液态铁。由于可以浇铸成器因而基本克服了块炼法的缺点，同时由于温度高，使铁吸收碳的能力增加（2%以上），这就是生铁。生铁可以铸造，可以炼钢，也可制成可锻铸铁。生铁出现后，还相应出现生铁经退火制成的韧性铸铁和以铁制钢技术，如生铁固体脱碳成钢、炒钢、炼制软铁和灌钢等技术。灌钢是用熔态生铁水灌注到未经锻打的熟铁中，使铁渗碳而成钢，这种炼钢方法与现代化的平炉炼钢法相似。

0.2.2 材料发展近代史

炼铁技术和制造技术的发展开创了人类的文明新时代。在近代以前的漫长历史时期，铁材料和冶炼技术的发展相当缓慢，只有第一次技术革命后，才带来了对钢铁材料的大量需求，人类才真正进入钢铁时代。同时有色金属相继问世，并进入工业生产中，无机非金属材料也有了相当的发展，并出现了高分子材料。

第一次技术革命发源于 18 世纪后期，以蒸汽机的发明及广泛应用为主要标志，推动了冶炼技术的发展，开始了大规模的钢铁生产新时代。

第二次技术革命始于 19 世纪末，以电的发明和广泛应用为标志，使钢铁冶炼设备大大改善，电子、化学工业的发展促进了无机非金属材料的发展和高分子材料的出现。

第三次技术革命始于 20 世纪中期，以原子能的应用为重要标志，实现了合成材料、半导体材料的大规模工业化。