



普通高等教育“十三五”规划教材

工程材料

(数字资源版)

主 编 朱 敏

参 编 曾美琴 欧阳柳章 王 辉 袁 斌

叶建东 董国平 李红强

冶金工业出版社

华南理工大学出版社

2018

前 言

材料是人类社会的重要物质基础，也是工程技术的基本支撑，机械、交通、化工、能源、信息、生命、航空航天等各个行业的产品均以材料为其关键技术和支撑。对于从事工程科技、工业生产和管理的科技人员、工程师、管理人员而言，掌握一定的工程材料相关基础理论和专业知识是十分必要的。

正因为如此，各高校的工程专业，如机械、化工、交通、电力、工业设计等，一般都开设材料类课程，过去大都以“机械工程材料”作为课程的名称。作者所在的教学团队在华南理工大学长期负责这门课程的教学，一直关注这门课程的发展，也积极探索课程的教学改革和综合实验改革。在长期的教学实践中，我们认识到随着时代的发展，材料科技的进步，以及材料应用领域的扩展，“工程材料”这门课程教学也呈现出几个重要发展趋势。首先，这门课程过去比较多的是以机械装备为讲授对象，而从工程教育的时代发展要求看，只强调机械工程可能有一定的局限性，现在更应该强调大工程观，重视和关注更广泛工程领域中的材料应用，拓宽专业口径，增加适应性，这可能更有利于满足工程教育的现状和发展的要求。第二，这门课程过去比较注重只教授金属材料的基础知识、结构与性能关系、工艺处理与应用等内容，而且，倾向于基本概念和结论性规律的阐述，同行曾把其俗称为“外专业金属学”。实际上，工程上无机非金属材料、高分子材料也大量应用，现在更应当强调从材料整体的视野去设计课程的内容，阐述材料的理论、工艺和应用，并对材料科学的基本原理有深入浅出的介绍，让读者不仅知其然，还要知其所以然。第三，过去的几十年间，材料科学与技术领域取得了许多重要的进展，比如纳米材料、非晶材料、超级钢、功能玻璃、生物陶瓷、形状记忆合金、先进制备技术等等，并且许多新材料和新技术已广泛应用，因此现在的课程教学中应当适当反映这些新进展，使学生对前沿科技的发展有所了解，并得到启迪。

基于上述几点考虑，我们组织编写了这本教材，并力求本教材在结构设计和内容安排上能较好地体现上述发展趋势。同时，本教材在讲述各类材料时还穿插介绍了该类材料发展的历史，交代了一些理论原始出处，并标注了相应的

参考文献,以便读者对材料和相关理论发展的知识脉络有所了解,以增加教材的知识性和启迪性;本教材按章给出了对基本概念和名词术语的中英文索引,附于每章之后,有利于学生快速查找并熟悉专业术语;本教材各章之后均附有习题,以便帮助学生思考、复习、巩固所学知识。其次,本教材尽量给出一些基本的材料数据和材料工程应用的实例,以使本教材也可以起到一定的参考工具的作用。另外,本教材还提供了丰富的数字资源,如课件、延伸阅读、彩图等增值内容,提高了教材的可读性,有利于学生课外学习和进行更深度的学习。本教材由华南理工大学朱敏教授主编,绪论和第一章由朱敏教授撰写,第二章和第三章由欧阳柳章教授撰写,第四章和第五章由曾美琴副教授撰写,第六章由王辉教授撰写,第七章由袁斌教授撰写,第八章由叶建东教授撰写,第九章由董国平教授撰写,第十章由李红强副教授撰写。全书由朱敏教授统稿。

在编写过程中,我们深深感受到要实现我们编写本教材的初衷实属不易,加之其他工作的安排,本教材编写历时近四载方才完成,远远超出了我们预计的时间。非常感谢冶金工业出版社张卫副社长对我们的大力支持,没有他和他的同事的不断鼓励和耐心帮助,我们不可能完成这个艰巨的工作;也十分感谢华南理工大学出版社卢家明社长对本书的关注和支持,他积极促成了两个出版社联合出版这本教材;也特别感谢曾美琴副教授、袁斌教授在书稿编辑过程中付出的辛勤劳动。华南理工大学材料科学与工程学院材料实验中心的朱伟恒、陈志领老师为本教材制作了许多金相照片,在此深表感谢。本教材的编写还参考了国内外出版的一些教材,谨向其作者表示衷心的感谢。

由于水平所限,本教材中疏漏和不足之处,恳请同行专家批评指正,以便今后我们进一步修改完善。

编者

2017年11月8日

于华南理工大学

力学性能名称和符号新旧标准对照表

新标准		旧标准	
性能名称	符号	性能名称	符号
断面收缩率	Z	断面收缩率	ψ
断后伸长率	A $A_{11.3}$ A_{xmm}	断后伸长率	δ_5 δ_{10} δ_{xmm}
断裂总延伸率	A_t	—	—
最大力总延伸率	A_{gt}	最大力下的总伸长率	δ_{gt}
最大力塑性延伸率	A_g	最大力下的非比例伸长率	δ_g
屈服点延伸率	A_e	屈服点伸长率	δ_s
屈服强度	—	屈服点	σ_s
上屈服强度	R_{eH}	上屈服点	σ_{sU}
下屈服强度	R_{eL}	下屈服点	σ_{sL}
规定塑性延伸强度	R_p (例如 $R_{p0.2}$)	规定非比例伸长应力	σ_p (例如 $\sigma_{p0.2}$)
规定总延伸强度	R_t (例如 $R_{t0.5}$)	规定总伸长应力	σ_t (例如 $\sigma_{t0.5}$)
规定残余延伸强度	R_r (例如 $R_{r0.2}$)	规定残余伸长应力	σ_r (例如 $\sigma_{r0.2}$)
抗拉强度	R_m	抗拉强度	σ_b
持久强度极限	σ_T^1	持久强度	σ_T
硬度	— HBW (压头为硬质合金球)	硬度	HBS (压头为钢球) HBW (压头为硬质合金球)
冲击韧性	—	冲击韧性	a_K
吸收能量	K KV (V 型缺口) KU (U 型缺口)	冲击吸收功	A_K ($a_K = A_K / S_0$) A_{KV} (V 型缺口) A_{KU} (U 型缺口)

目 录

绪论	1
第一节 工程材料的范畴与特点	1
一、工程材料的范畴	1
二、几类主要工程材料的基本特点	3
第二节 工程材料的发展	4
一、金属材料发展的简况	4
二、无机非金属材料发展的简况	5
三、高分子材料发展简况	6
第三节 工程材料的核心要素	6
一、核心要素及其主要内涵	6
二、核心要素及其相互关系	7
参考文献	9
名词索引	9

第一篇 工程材料科学基础

第一章 材料的组织结构和基本性能	11
第一节 材料的基本结构与性能	11
一、材料中的结合键及其与材料性能的关系	11
二、晶体与非晶体	15
第二节 晶体结构	16
一、晶胞和空间点阵	16
二、晶向指数与晶面指数	18
三、材料的若干典型晶体结构	20
第三节 实际材料的微观结构	22
一、材料微观结构的一般特征	22
二、实际材料中的基本组织结构单元	23
第四节 材料中的常见相	28
一、固溶体	28
二、金属间化合物	29
三、陶瓷相	31

四、聚合物	32
第五节 非平衡态结构材料	33
一、非晶态材料	33
二、纳米晶材料	34
第六节 工程材料的基本性能	35
一、材料的结合能与性能的关系	36
二、材料的性能与组织结构的关系	37
参考文献	39
名词索引	40
习题	41
第二章 材料成型的基本原理	42
第一节 结晶	42
一、晶体凝固的热力学条件	42
二、形核	44
三、晶体长大	46
四、晶粒大小的控制	49
第二节 非晶凝固	50
一、非晶凝固的热力学	51
二、非晶凝固的动力学与非晶形成能力	52
三、非晶的制备方法	53
第三节 塑性变形的基本理论	53
一、单晶体的塑性变形	53
二、多晶体的塑性变形	58
三、非晶的塑性变形	62
第四节 回复和再结晶	64
一、回复	65
二、再结晶	65
三、晶粒长大	68
参考文献	69
名词索引	70
习题	71
第三章 材料成型工艺与组织结构控制	72
第一节 金属材料的液态成型	72
一、金属材料的液态成型及其基本特点	72
二、金属材料的铸造成型过程及铸造性能	73
三、铸造成型方法和基本特点	75
第二节 铸造组织的控制	80

一、铸锭三晶区的形成	80
二、铸锭组织的控制	81
三、铸锭缺陷	82
四、铸造应力	84
第三节 金属的塑性成型方法和基本特点	85
第四节 材料的热塑性成型	92
一、材料的热加工与冷加工	92
二、热加工后的组织与性能	93
参考文献	94
名词索引	95
习题	95
第四章 二元相图	97
第一节 相图基本原理	97
一、相图的基本概念	97
二、相图的测定方法	98
三、相律	100
四、杠杆定律	100
第二节 匀晶相图	101
一、相图分析	102
二、平衡结晶过程分析	102
三、不平衡结晶过程分析	103
第三节 共晶相图	104
一、相图分析	104
二、典型合金的平衡结晶过程	105
三、不平衡结晶及其组织	109
第四节 包晶相图	109
一、相图分析	110
二、典型合金的平衡结晶过程	110
第五节 形成稳定化合物的相图	111
第六节 实际相图分析	112
一、铁碳合金的组元及基本相	112
二、Fe-Fe ₃ C 相图分析	114
三、典型成分的铁碳合金的平衡组织	116
四、含碳量对铁碳合金平衡组织与性能的影响	120
参考文献	122
名词索引	122
习题	123

第二篇 金属材料

第五章 钢铁材料与热处理	125
第一节 铁碳合金	126
一、碳钢	126
二、铸铁	132
第二节 钢的热处理原理	141
一、钢在加热时的组织转变	142
二、钢在冷却时的组织转变	145
第三节 钢的普通热处理	157
一、钢的退火	157
二、钢的正火	158
三、钢的淬火	159
四、钢的回火	162
五、其他热处理工艺简介	166
第四节 表面热处理和材料表面工程	168
一、表面淬火	168
二、化学热处理	170
三、材料现代表面工程技术简介	173
第五节 铸铁的热处理	176
参考文献	177
名词索引	178
习题	179
第六章 合金钢	181
第一节 钢中合金元素的作用	181
一、合金元素对铁碳相图的影响	181
二、合金元素对热处理过程的影响	182
三、合金元素对钢的力学性能的影响	184
第二节 合金钢的分类与编号	186
一、合金钢的分类	186
二、合金钢的编号	186
第三节 工程结构钢	187
一、低合金高强度结构钢	187
二、超级钢	189
三、高锰钢	190
第四节 机械结构钢	191

一、调质钢	191
二、渗碳钢	194
三、弹簧钢	194
第五节 轴承钢	197
第六节 合金工具钢	199
一、刃具钢	199
二、模具钢	204
第七节 不锈钢	211
一、马氏体型不锈钢	216
二、奥氏体型不锈钢	216
三、铁素体型不锈钢	217
第八节 耐热钢及高温合金	217
一、抗氧化钢	217
二、热强钢	218
三、高温合金	221
参考文献	222
名词索引	223
习题	223
第七章 有色金属及合金	225
第一节 铝及其合金	225
一、铝	225
二、铝合金的合金化原理及分类	227
三、常用铝合金及其组织和性能	229
第二节 铜及其合金	243
一、铜	243
二、铜合金的合金化原理及分类、制备工艺	244
三、常用的铜合金及其组织和性能	245
四、新型铜合金及其性能	255
第三节 镁及镁合金	259
一、镁	259
二、镁合金的合金化原理、分类及制备技术	260
三、常用镁合金及其组织和性能	262
第四节 钛及其合金	269
一、钛	269
二、钛合金的合金化原理、分类及制备技术	270
三、常用钛合金及其组织与性能	273
四、医用超弹性 β 钛合金	277
第五节 轴承合金	278

一、轴承合金的分类及制备技术	278
二、常用轴承合金及组织和性能	279
参考文献	284
名词索引	285
习题	286
 第三篇 无机非金属材料	
第八章 陶瓷材料	287
第一节 陶瓷材料的分类	288
一、按化学组成分类	288
二、按性能和用途分类	288
第二节 陶瓷材料的显微结构	288
一、晶相	289
二、玻璃相	289
三、气相	290
第三节 陶瓷材料的性能	290
一、力学性能	290
二、化学性能	291
三、热性能	291
第四节 陶瓷材料制造工艺	292
一、坯料制备	292
二、成型	292
三、烧结	292
第五节 工程用陶瓷材料	293
一、氧化铝陶瓷	293
二、氧化锆陶瓷	298
三、氮化硅陶瓷	302
四、碳化硅陶瓷	305
五、碳化硼陶瓷	309
第六节 金属陶瓷	312
一、金属陶瓷的特性	312
二、金属陶瓷的设计和制备	312
三、金属陶瓷材料及应用	314
参考文献	319
名词索引	320
习题	321

第九章 功能玻璃	322
第一节 功能玻璃概述	322
一、玻璃的发展历程	322
二、功能玻璃的分类	322
三、功能玻璃的组成与结构	323
第二节 光功能玻璃	325
一、玻璃的光学现象	325
二、光学纤维	326
三、激光玻璃	327
四、非线性光学玻璃	329
五、调光玻璃	330
第三节 热功能玻璃	332
一、低熔点玻璃	332
二、热膨胀玻璃	333
三、隔热玻璃	334
第四节 电、磁功能玻璃	335
一、玻璃的电学和磁学性能	335
二、电致变色玻璃	336
三、快离子导体玻璃	337
四、电磁屏蔽玻璃	338
第五节 机械功能玻璃	338
一、玻璃的力学性能	338
二、高弹性模量玻璃	339
三、退火玻璃和钢化玻璃	340
四、可机械加工微晶玻璃	341
第六节 其他功能玻璃	341
一、生物功能玻璃	341
二、化学功能玻璃	342
参考文献	343
名词索引	344
习题	344

第四篇 高分子材料

第十章 高分子材料	345
第一节 高分子材料的基础知识	346
一、高分子材料的基本概念	346

二、高聚物的结构与组成	347
三、高聚物的聚集态结构	350
四、高聚物的力学状态	352
五、高分子材料的化学反应	354
第二节 塑料	356
一、塑料的组成	356
二、塑料的分类	356
三、工程塑料的性能特点	357
四、工程塑料的主要品种	357
五、塑料增强复合材料	365
六、塑料的成型加工	366
第三节 橡胶	368
一、橡胶的组成	368
二、常用橡胶品种	369
三、橡胶制品的成型加工	373
第四节 胶粘剂	374
一、胶粘剂的组成与分类	375
二、常用胶粘剂品种	376
三、粘接工艺	379
第五节 涂料	380
一、涂料的组成和分类	380
二、常用涂料品种	381
三、涂料施工方法	383
参考文献	383
名词索引	384
习题	385

绪 论



数字资源 0

材料是人类社会的物质基础,一切机器、建筑、交通工具、生活用品等无不是由材料制成的。因此,人类文明社会发展与材料的发展密切相关。也正是因为如此,历史上曾以人类使用的主要材料来划分文明进化的时代,即石器时代、青铜器时代和铁器时代。当今,支撑现代社会的信息、能源、生命等科学技术仍是与材料科学与技术的发展密不可分的。事实上,材料渗透在社会和经济活动的方方面面,满足各种各样的使用要求。也正是因为如此,一方面,随着应用要求的不断提高和拓展,人类对各种不同性能材料的需求也不断增加;另一方面,材料科学与技术的不断发展也催生了各种新材料,从而满足了使用的要求,或是导致新的相关技术和应用的兴起。因此,材料种类繁多,相应的理论基础、材料组成和结构、性能特点等各有不同。

本书以工程材料为对象,系统论述其相关的理论基础、材料制备与加工、材料种类和组织结构、性能特点和应用等。

第一节 工程材料的范畴与特点

一、工程材料的范畴

在自然界存在着大量的人类可利用的材料,人类在长期的生产活动中更是发展了数不胜数的材料。由于材料种类的数量极其庞大,为方便起见,通常将材料进行分类,分类的方法因行业、习惯不同而不同。常用的分类方法有如下几种:

(1) 按材料的物质属性分类:在这种分类方法中材料被分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料、复合材料四大类。其中,复合材料是将金属材料、陶瓷材料、高分子材料中的两种或两种以上复合在一起制成的材料。每大类材料又可进一步分为若干小类,例如,金属材料又可分为钢铁材料、有色金属材料等。每个小类还可进一步细分。

(2) 按材料的用途分类:在这种分类方法中材料被分为结构材料、功能材料两大类。结构材料又可细分为建筑材料、工业用钢等小类;功能材料又可分为光学材料、电子材料、能源材料、传感材料等小类。每个小类还可进一步细分。

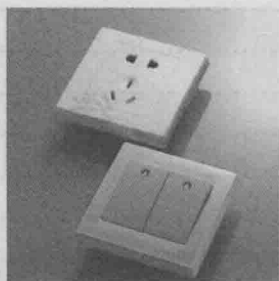
(3) 按材料的性质特点分类:在这种分类方法中材料被分为半导体材料、导电材料、磁性材料、绝缘材料、耐热材料、高强度材料等。每个小类还可进一步细分。

材料还可按其他方法分类。此外,几种分类方法常常混合使用。

装备和工程中的各个零部件和构件是由各种材料加工制造的。例如,图 0-1 中的用钢铁制造的齿轮和用塑料制作的开关板。前者主要是利用材料的力学性能,后者主要是利用材料的绝缘性能。工程材料通常主要是指在装备和工程结构中发挥力学性能作用的材料。从这个意义上看,它也是结构材料。表 0-1 是工程材料的分类。



(a)



(b)



图 0-1 彩

图 0-1 采用各种工程材料制造的零部件

(a) 调质钢制造的黑豹变速箱齿轮；(b) 聚碳酸酯塑料制作的电源开关

表 0-1 常见的工程材料种类

金属材料	钢铁材料	铸铁	球墨铸铁、可锻铸铁
		碳钢	低碳钢、中碳钢、高碳钢
		合金钢	不锈钢、高速钢、轴承钢
	有色合金	锌合金	—
		镁合金	—
		铝合金	—
		铜合金	紫铜（纯铜）、青铜、黄铜、白铜
		钛合金	—
陶瓷材料	玻璃	平板玻璃	—
		钢化玻璃	—
		磨砂玻璃	—
		喷砂玻璃	—
	陶瓷	日用陶瓷	—
		建筑陶瓷	—
		电瓷	—
	水泥	硅酸盐水泥	—
		铝酸盐水泥	—
		硫铝酸盐水泥	—
高分子材料	塑料	聚氯乙烯	—
		聚乙烯	—
		聚丙烯	—
		聚苯乙烯	—
		ABS 塑料	—
	树脂	酚醛树脂	—
		聚酯树脂	—
		聚酰胺树脂	—

续表 0-1

高分子材料	天然高分子材料	纤维素	—
		蛋白质	—
		蚕丝	—
		橡胶	—
		淀粉	—
复合材料	金属基复合材料	铝基复合材料	—
		镍基复合材料	—
		钛基复合材料	—
	树脂基复合材料	玻璃纤维增强树脂基复合材料	—
		陶瓷颗粒树脂基复合材料	—
		热塑性树脂基复合材料	—
		热固性树脂基复合材料	—
	碳基复合材料	碳纤维增强复合材料	—
		碳化硅增强复合材料	—

二、几类主要工程材料的基本特点

以 18 世纪工业革命为起点，除天然材料之外，最先大量使用的工程材料当属金属材料。建于 1889 年的埃菲尔（Eiffel）铁塔就是典型的一例。

金属材料中的原子是金属键结合，由于这种结合键的特点，金属材料一般具有金属光泽，具有优良的导电性、导热性、高的强度、优良的塑性，这些性能使得金属可作为电工材料、导热材料、工程结构和机械装备用的材料。特别重要的是，金属材料一般兼具优良的强度和塑性，而且能在比较高的温度保持良好的强度和塑性，这是无机非金属材料和高分子材料所不具备的，这使得金属材料能较好的满足各种工程材料的使用要求。因此，金属目前仍是工程材料中使用最广泛、用量最大的材料。以钢铁为例，我国 2016 年钢铁产量达约 11.38 亿吨^[1]。金属材料行业是国民经济的重要支柱产业。

无机非金属材料一般是离子键结合，这类材料主要是以氧化物为主的陶瓷、玻璃等。共价键结合的碳材料也是十分重要的一类无机非金属材料。水泥也是重要的无机非金属材料，但一般主要作为建筑材料。陶瓷材料是人类最早懂得制造和应用的人工材料，早在新石器时代后期，人类就掌握了烧制陶器的工艺，并在生活中大量使用陶器。在很长的时间里，陶瓷主要用于生活，而非工程。将陶瓷大量应用于工程则是结构陶瓷技术在 20 世纪 50 年代取得突破之后。

由于离子键结合的特点，陶瓷材料通常具有比金属更高的硬度和强度，但其塑性差、脆性高；陶瓷材料主要是氧化物，其稳定性好，能够耐高温和腐蚀，它一般是绝缘体，导热性也差（碳材料具有高的导电性和导热性）。由于这样的性能特点，结构陶瓷广泛应用于阀门、轴套、刀具、电工绝缘子等。图 0-2（a）是用陶瓷材料制造的绝缘子。

高分子材料，又称聚合物，是由分子量超过 1 万的高分子构成的材料。高分子根据来源分为合成高分子与天然高分子，日常使用的塑料容器等都属于前者，蛋白质、多糖（淀

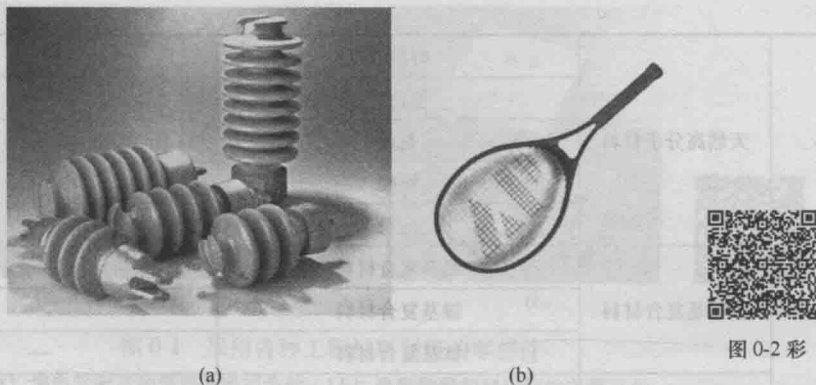


图 0-2 彩

图 0-2 采用各种材料制备出的产品

(a) 陶瓷制造的电工绝缘子; (b) 复合材料制作的网球拍

粉、纤维素等)和核酸(DNA、RNA)都属于后者。虽然合成高分子材料是较晚发展起来并应用的材料,但其发展非常迅速,如按体积计算,其产量已超过金属材料。2016年我国聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)等几种主要的高分子材料的产量分别达到1522万吨、1763万吨、1669万吨和645万吨^[2]。最早使用的高分子材料是由天然橡胶发展而来。随着石油化工技术的发展,科学家发明了许多人工合成高分子材料,如塑料、尼龙、聚四氟乙烯等,并且不断提高高分子材料的性能,扩大其应用范围。在许多应用场合,高分子材料已取代了传统上使用的金属材料。

高分子材料中的分子链是共价键结合,高分子链之间通过范德华力、氢键等相互作用结合成聚集体,具有多层次的聚集态结构。这种结合键的性质使得高分子材料一般不导电,导热性也差,与金属和陶瓷相比,其强度和硬度较低,弹性和塑性较好。但高分子材料的耐热性较差,随温度升高其强度和硬度下降快。一般的高分子材料的使用温度不超过100℃。特殊的耐高温的高分子材料(聚四氟乙烯)的使用温度也只能达到250℃。高分子材料大量应用于各种设备和用品的壳体、管线、涂料等。

将以上三类材料的两种或两种以上按一定的设计复合在一起,就得到复合材料。复合的目的是希望材料兼具两种材料的优点。比如,图0-2(b)网球拍就是碳纤维和高分子材料的复合材料制作的,它具有重量轻、强度高、弹性好等优点。这类复合材料的发展极大地促进了体育运动水平的提高。

第二节 工程材料的发展

在长期的生产和社会活动中,人类从利用天然材料逐步发展到制造人工材料。材料的发展过程是人类不断发明创造新材料的过程^[3~5]。

一、金属材料发展的简况

人类在寻找石器过程中认识了矿石,并在烧陶生产中发展了冶铜术,开创了冶金技术。公元前5000年,人类进入青铜器时代。公元前1200年,人类开始使用铸铁,从而进

入了铁器时代。随着技术的进步,又发展了钢的制造技术。18世纪,钢铁工业的发展,成为产业革命的重要内容和物质基础。19世纪中叶,现代平炉和转炉炼钢技术的出现,使人类真正进入了钢铁时代。与此同时,铜、铅、锌也大量得到应用,铝、镁、钛等金属相继问世并得到应用。直到20世纪中叶,金属材料在材料工业中一直占有主导地位。1850年钢产量6万吨,1854年发明转炉炼钢,1864年发明平炉炼钢,1875年钢产量增加到190万吨,1890年钢产量高达2800万吨。1887年发明了高锰钢,1900年发明了W18Cr4V高速钢,1910年前后硅钢、镍铬不锈钢相继问世。铝、铜、镁、钛等有色金属的工业化也是在那一时期开始的。例如,1886年美国人霍尔和法国人埃鲁不约而同提出利用冰晶石-氧化铝熔融盐电解铝法;1886年世界上第一家镁厂在德国建成。

材料的发现和发展,特别是高性能新材料的出现常常会给工业设计思想带来突破性的发展,并导致新技术和产业的兴起。这种事例不胜枚举,例如,埃菲尔(Eiffel)铁塔的设计就是一例(见图0-3(a))。当时人们已对钢铁的高强度等性质有较清楚的认识,钢铁工业也已步入大规模的工业化生产,能够提供充足的、价格合理的各种型材,设计师充分利用钢铁材料具有极高的强度这一性质,提出在当时是全新的一个设计理念,最终建造出迄今仍是巴黎地标性建筑的铁塔。该塔高达324m,用钢材7300t。如今,各类高塔型建筑、桥梁不断涌现。现今世界第一高楼迪拜的哈利法塔高达828m(见图0-3(b))。又如,合成纤维的发明为现代化纤工业奠定了基础。反过来,工程技术和产业发展对材料的性能提出了更高的和新的要求,促使材料研究人员探索和发展新材料,有力地推动着材料的发展。例如,为提高工程构件的承载能力,研究人员为提高普通钢(含Fe和C)的强度,在其中加入适当的其他金属元素,发明了各种合金钢。



(a)



(b)



图 0-3 彩

图 0-3 采用钢铁制造的建筑

(a) 巴黎埃菲尔铁塔;(b) 迪拜哈利法塔

二、无机非金属材料发展的简况

陶瓷是人类最早利用自然界所提供的原料制造而成的材料,早在1万年以前,人类对石器进行加工,使之成为器皿和精致的工具,从而进入新石器时代。新石器时代后期,出现了利用黏土烧制的陶器。它是采用黏土及其他天然矿物原料,经过粉碎加工—成型—烧结过程制备出来。随着生产技术的提高和使用范围的扩大,原料更加精选、组成不断优