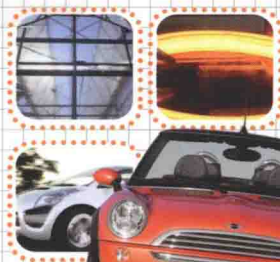


材料与生活

材料与生活

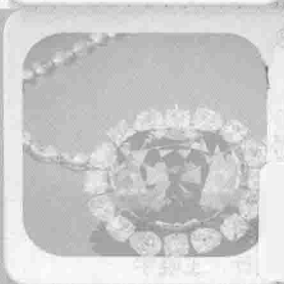


李运波 编著



化学工业出版社

材料与 生活



李运波 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

在人类的历史长河中,材料极大地影响人类的生活与文化价值。材料科学每前进一小步,人类文明就前进一大步,从日常生活的吃、穿、住、行、用、医疗、通信乃至国防、军事及航空航天等,无一不与材料科学的发展息息相关。

《材料与生活》一书从与人们生活密切相关的三大类材料——无机非金属材料、高分子材料、金属材料出发,深入浅出地介绍了材料与人类生活、社会发展的全面关系,可以使读者更好地了解材料科学的基本知识,掌握材料科学研究的基本思路,为充分地理解“生活中的材料”打下坚实的基础,从而激发和唤起读者对材料学科的兴趣和求知欲,开阔视野,达到提高科学素养和人文素养的目的。

全书语言精练、内容翔实、通俗易懂,注重趣味性。本书可作为大专院校师生的材料学科入门参考书和其他专业公共选修课教材,可供社会各界人士了解和掌握材料与人类生活、社会发展关系的科普用书,也可供相关营销人员、管理人员、中学教师、中学生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料与生活 / 李运波编著. —北京:化学工业出版社,
2014.2
ISBN 978-7-122-19479-4

I. ①材… II. ①李… III. ①材料科学 - 普及读物
IV. ①TB3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 005163 号

责任编辑:朱 彤
责任校对:顾淑云 王 静

文字编辑:王 琪
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:化学工业出版社印刷厂
710mm×1000mm 1/16 印张8¹/₂ 字数164千字
2014年5月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.80元

版权所有 违者必究

材料、信息和能源被誉为当代文明的三大支柱。在人类的历史长河中，新材料不断创造着人类新的生活。如果我们用新材料的涌现来描述人类的历史，那么自古至今，人类已经经历了旧石器时代、新石器时代、青铜时代、铁器时代、钢铁时代、高分子材料时代、复合材料时代等。现代人类更是进入以高性能材料为代表的多种材料并存的时代。可以说，新材料的使用不仅使生产力获得极大解放，还极大推动了人类社会的发展与文明的进步。

通常认为，在进一步的加工过程中仍然保持原属性的物质称为材料，对日常生活中的物品而言，其仍然保留着材料的基本属性。因此，认识材料的基本性能与加工，有助于提高生活的品质。《材料与生活》一书从与人们生活密切相关的三大类材料——无机非金属材料、高分子材料、金属材料出发，深入浅出地介绍了材料与人类生活、社会发展的全面关系，可以使读者更好地了解材料科学的基本知识，掌握材料科学研究的基本思路，为充分地理解“生活中的材料”打下坚实的基础，从而激发和唤起读者对材料学科的兴趣和求知欲，开阔视野，达到提高科学素养和人文素养的目的。

本书旨在通过对现代人生活层面材料知识的系统介绍与讨论，使读者达到加深学科理解、拓宽知识领域、提高生活质量的目的。本书主要内容包括如下：绪论；细腻光滑——陶瓷与玻璃；“城市，让生活更美好”——建筑材料；取之不竭——天然高分子材料；开启现代生活之门的合成高分子材料；冰冷沉重——金属材料；闲情逸趣——首饰与工艺品；人类的责任——材料与环境；消费与投资——材料经济学。

全书语言精练、内容翔实、通俗易懂，注重趣味性。本书可作为大专院校师生的材料学科入门参考书和其他专业公共选修课教材，可供社会各界人士了解和掌握材料与人类生活、社会发展关系的科普用书，也可供相关营销人员、管理人员、中学教师、中学生阅读和参考。

由于本书涉及知识面较广，在编写过程中作者虽然尽了最大努力，但由于时间所限，疏漏之处在所难免，望读者批评指正。

编著者

2014年2月

第1章 绪论

001

1.1 人类生活中形形色色的材料	002
1.2 材料在人类生活中的地位	004
1.3 材料科学与技术的基本概念与内涵	005
1.3.1 材料科学的提出	005
1.3.2 材料科学的形成	005
1.3.3 材料科学与工程的关系	006
1.4 材料研究中的基本思路	007
1.5 材料的分类及基本特征	008
1.5.1 无机非金属材料	009
1.5.2 高分子材料	009
1.5.3 金属材料	010
1.5.4 复合材料	011

第2章 细腻光滑——陶瓷与玻璃

012

2.1 陶瓷与文化	013
2.1.1 瑰丽多姿的陶瓷	014
2.1.2 陶瓷与饮食生活	017
2.1.3 陶器和瓷器的区别	018
2.2 看似无物——玻璃	018
2.2.1 玻璃基本知识	019
2.2.2 玻璃制造工艺	022

第3章 “城市，让生活更美好”——建筑材料

024

3.1 建筑材料概述	025
3.1.1 人居环境的概念	025
3.1.2 建筑及其发展	027
3.1.3 现代建筑材料	028
3.2 建筑材料与人居环境	030
3.2.1 人居环境建筑材料	030
3.2.2 室内环境评价与建筑材料	031
3.3 建筑材料的节能与环保	032
3.3.1 节能环保是建筑材料发展的必然要求	032
3.3.2 节能环保建筑材料	033

第4章 取之不竭——天然高分子材料

035

4.1 木质制品与木材化学	036
4.1.1 木质家具	036
4.1.2 纸	038
4.1.3 木材化学	040
4.2 蚕丝、蜘蛛丝及仿生纤维材料	044
4.2.1 蚕丝、蜘蛛丝	044
4.2.2 仿生纤维材料	046
4.3 天然高分子材料概述	047
4.3.1 纤维素、淀粉、多糖	047
4.3.2 天然橡胶	050

第5章 开启现代生活之门的合成高分子材料

052

5.1 编织人类美好生活的纺织材料	053
5.1.1 纺织品与人类生理、心理	053
5.1.2 纺织材料的历史	055
5.1.3 常用纺织材料纺织：纤维、纱线、织物	057
5.1.4 新型纺织材料	059
5.2 轻便价廉的塑料制品	063
5.2.1 “白色污染”塑料制品	063
5.2.2 塑料基本概述	066
5.2.3 塑料成型工艺学	068
5.3 皮革和人造革	070
5.3.1 皮革	070
5.3.2 PU革与PVC革	073
5.3.3 真皮和人造革比较	074
5.4 弹性大师——交联橡胶	076
5.4.1 生活中常见的橡胶	076
5.4.2 橡胶基本知识与加工工艺	079

第6章 冰冷沉重——金属材料

081

6.1 坚固耐用的金属制品	082
6.2 金属材料基础知识	083
6.2.1 金属材料的性能	083
6.2.2 金属材料的晶体结构	084

6.3 铁与钢、铝与铜及其合金	085
6.3.1 铁与钢	085
6.3.2 铝与铜及其合金	087
6.4 金属材料热处理	089
6.4.1 金属材料热处理基本知识	090
6.4.2 金属材料热处理工艺	090
6.5 金属材料加工成型	093
6.5.1 金属材料铸造成型	093
6.5.2 金属材料塑性成型	095

第7章 闲情逸趣——首饰与工艺品

099

7.1 光彩夺目的“珠光宝器”	100
7.1.1 贵金属首饰	100
7.1.2 奇珍异石	105
7.2 巧夺天工的工艺品	109
7.2.1 工艺品的选材与加工	110
7.2.2 平凡的神奇——树脂工艺品	110

第8章 人类的责任——材料与环境

112

8.1 材料与资源、环境的关系	113
8.1.1 材料与资源、环境的关系	113
8.1.2 材料工业与资源、环境的现状	114
8.2 环境材料的概念及其内容	115
8.2.1 环境材料的概念和含义	115
8.2.2 环境材料的特征及其分类	116
8.2.3 环境材料的内容	117

第9章 消费与投资——材料经济学

119

9.1 材料经济学基本理论	120
9.1.1 材料的选用与竞争	120
9.1.2 材料经济理论判据	121
9.1.3 材料循环经济学	123
9.2 材料投资	125
9.2.1 材料投资的特点	125
9.2.2 材料核心驱动力	126
参考文献	128

随着材料、能源、信息、生物、环境、空间、海洋等六大领域科技人员的持续投入，国家在基础研究、应用基础研究、关键技术攻关、工程化研究、产业化研究等方面，持续加大投入，取得了一系列重大成果。在材料领域，我国在纳米材料、生物材料、复合材料、先进陶瓷、高性能塑料、新型合金、特种玻璃、功能材料等方面取得了一系列重大成果。在能源领域，我国在核能、风能、太阳能、水能、生物质能、地热能等方面取得了一系列重大成果。在信息领域，我国在计算机、通信、网络、微电子、光电子、声电子、磁电子等方面取得了一系列重大成果。在生物领域，我国在基因工程、细胞工程、蛋白质工程、酶工程、发酵工程等方面取得了一系列重大成果。在环境领域，我国在大气污染、水污染、土壤污染、固体废物污染、噪声污染等方面取得了一系列重大成果。在空间领域，我国在载人航天、月球探测、卫星导航、空间科学等方面取得了一系列重大成果。在海洋领域，我国在海洋资源开发、海洋环境保护、海洋工程等方面取得了一系列重大成果。这些重大成果为我国经济社会的可持续发展提供了有力的支撑和保障。



第1章

绪论

绪论是本书的开端，主要介绍本书的背景、目的、意义、范围、方法、结构、参考文献等内容。绪论部分通常包括以下几个方面的内容：1. 背景介绍：介绍本书所涉及的研究领域的背景、现状、发展趋势等。2. 目的和意义：阐述本书的研究目的、意义、价值等。3. 研究范围和方法：明确本书的研究范围、研究方法、数据来源等。4. 结构安排：介绍本书的章节安排、逻辑结构等。5. 参考文献：列出本书所引用的主要参考文献。绪论部分对于读者了解本书的全貌、把握研究重点、明确研究方向等方面具有重要的指导意义。本书在编写过程中，参考了国内外大量的文献资料，力求做到内容翔实、观点正确、逻辑清晰、语言流畅。本书的出版，得到了有关领导和专家的关心和支持，在此表示衷心的感谢。由于水平有限，书中难免存在一些不足之处，恳请广大读者批评指正。

材料是人类用于制造物品、器件、构件、机器或其他产品的物质。材料是物质，但不是所有物质都可以称为材料，如燃料和化学原料、工业化学品、食物和药物，一般都不算是材料。但是这个定义并不那么严格，如炸药、固体火箭推进剂，一般称为“含能材料”，因为它们属于炮弹或火箭的组成部分。另外，人们通常把自然界经过开采而获得的物质称为原料，经过二次以上加工的原料称为材料。因此，也可以这样定义材料：经过人类劳动获得的，在进一步的加工过程中仍然保持原属性的物质称为材料。

20世纪70年代人们把信息、材料和能源誉为当代文明的三大支柱。80年代以高技术群为代表的新技术革命，又把新材料、信息技术和生物技术并列为新技术革命的重要标志。这主要是因为材料与国民经济建设、国防建设和人民生活密切相关。



人类生活中形形色色的材料

材料除了具有重要性和普遍性以外，还具有多样性。由于多种多样，分类方法也就没有一个统一标准。从用途来分，可分为电子材料、航空航天材料、核材料、建筑材料、能源材料和生物材料等。从物理化学属性来分，可分为金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和不同类型材料所组成的复合材料。

更常见的分类方法则是分为结构材料与功能材料、传统材料和新型材料。结构材料是以力学性能为基础，以制造受力部件所用材料。当然，结构材料对物理或化学性质也有一定要求，如光泽度、热导率、耐辐照性、耐腐蚀性、耐氧化性等。功能材料则主要是具有独特物理、化学性质或生物功能等的一类材料。一种材料往往既是结构材料又是功能材料，如铁、铜、铝等。传统材料是指那些已经成熟且在工业中已大量应用的材料，如钢铁、水泥、塑料等。这类材料由于产值高、应用广泛，又是很多支柱产业的基础，所以又称基础材料。新型材料（先进材料）是指那些正在发展且具有优异性能和广阔应用前景的一类材料。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，大幅度增加附加值而成为新型材料；新型材料在经过长期应用之后也就成为传统材料。传统材料是发展新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。

材料的应用非常广泛，而且对于人类生活的影响也非常深远。日常生活中的衣、食、住、行、育、乐、医疗、通信乃至国防军事及航空航天等，无一不与材料相关。以下便逐一说明材料对人们生活的影响及其应用。

(1) 在日常生活方面 生活中衣、食、住、行等用品和材料有很大关系。如

衣服的制造原料原本是取之于天然的丝棉,但是由于尼龙、特多龙等人造纤维的发明,使得衣服更加舒适与保暖。在建筑上,防火材料的研发使得我们的生活更安心,建筑物的防震材料越来越坚固,使得我们的生命获得更好的保障。碳纤维材料应用于制造自行车,使原本已趋向夕阳工业的自行车工业又焕发了活力。而超导材料应用于磁悬浮列车,可让我们的交通更安全与更快捷。

(2) 在家电用品方面 由于半导体工业的发展,电子材料从原本体积大的真空管时代,经过了晶体管时代到现在的集成电路(IC化)时代,不但体积大大缩小,附加的功能也随之提高。轻薄化、小型化、功能多等特点,改善了其以前笨重、功能少且不易搬运等问题。如在计算机的发展过程中,由原本体积庞大甚至要一间房子才容纳得下,发展到可放置于桌上的个人计算机或笔记本计算机,而且功能更强,执行速度更快。又如电饭锅、洗衣机都有集成功能,使用过程更加人性化。音响设备,如收音机、随身听的发明,使得它们易于携带且不再局限于只能在室内使用。液晶显示材料的发展改善了视觉效果(图1-1)。而可录式材料具有高密度、低损耗等优点,得到广泛应用。



图1-1 液晶显示材料的发展改善了视觉效果

(3) 在通信方面 信息可由各种通信设备来传达,如卫星通信、网络联机、无线与有线通信及光纤通信,这些设备的新技术开发应用使信息传播得更快速、更精确。而这些皆有赖于相关材料的开发及运用。

(4) 在医疗方面 人类少不了就医及身体的养护,因此各种医疗器械便应运而生,用来检测人体的各项指标。传感器应用于医学能使对患者的检测更便捷、更精准,从而提高医疗效果。另外,也由于材料的发展使得人工义肢、人造器官等更能与人体适应,使患者感到更舒适,同时也延长了人类的寿命。例如,义齿、人工骨、人工关节等材料的应用。

总之,材料科学应用的范围实在太广了,从日常生活中的衣、食、住、行到国防军事,无一不与材料发生关系。而除了上述的应用之外,目前还积极研发新材料,如高温超导材料、金刚石膜材料以及人工智能材料,而新材料势必将主导未来的世界。



1.2

材料在人类生活中的地位

材料学与生活密切相关，材料方面的突破、发展可以带来生活上的全面改进，尽管有时可能无法直接看到之间的联系。例如，如果没有橡胶还会有现在汽车这种交通工具吗？另外，熟悉材料的性能对生活特别有益。例如，使用塑料制品容器、包装器皿等，如果要耐受高温（相对意义上的高温，最高别超过120℃），尤其是盛放食品的器皿，要选包装上标有食品级聚丙烯（PP）的才可以，这种材料无毒、耐热。但是有颜色且标注是PVC的不要用来装东西，这种材料在一定条件下有毒性。

“没有金刚钻，别揽瓷器活”，这个谚语强调了工具的重要性。其实，这句话里还有另一层意思，那就是材料的重要性。

人类社会的进步和人类生存条件的改善都与各种工具的使用密不可分，而工具的发展水平又与人类自身的聪颖程度和材料的先进程度紧密相关，因此，作为制造工具的物质基础——材料则是衡量人类社会发 展水平的客观标志。

“新材料”的发现和使用伴随着人类的文明进程。陶器作为第一种人造材料结束了人类的石器时代，使人类从“蒙昧时代”进入“野蛮时代”。在这个“野蛮时代”，人类发明了青铜。青铜制造的农具促进了农业发展，而青铜制造的兵器把人类带进了冷兵器时代。铁器的发明又把人类文明向前推进。至今，钢铁产量仍是衡量一个国家工业化水平和国防实力的标志之一。

材料是人类赖以生产和生活的坚实的物质基础。实际上，人类从诞生的那一天起，就没有离开过对材料的使用和依赖。因此，人们也习惯于以材料作为划分时代的标志。

材料还深刻地影响人类的生产和生活方式。从无机材料到有机材料，人类文明又有一次大的飞跃。合成橡胶、塑料、合成纤维三大合成材料的不断创新与发展，使人类对皮革、木材、棉花和真丝等天然材料的依赖性大大降低。在一些领域里，三大合成材料部分或大部分替代了金属、木材、石材等。铝及合金的使用，使航空航天工业得到空前发展，反过来又带动了材料科学的发展。硅等半导体材料为信息化提供了有力支撑，人类传递、存储信息的方式日新月异。科学家利用新型材料正将“隐身衣”变为现实。新型材料产品还可以加速信息传输、降低能耗、大幅度提高太阳能的利用效率等。而纳米科技和纳米器件的发展，可能从根本上改变人类的社会生活和生产方式。

材料是工业的基础，材料科学的发展是具有前瞻性的，是走在时代的尖端，

它决定了人类的生活方式，为人类的未来生活画出蓝图，使人类的生活品质不断提升。所以说，材料科学对人类生活的影响甚巨，以前如此，未来更是如此。



材料科学与技术的基本概念与内涵

1.3.1 材料科学的提出

“材料科学”的明确提出要追溯到20世纪50年代末。1957年前苏联发射了第一颗人造卫星，重80千克；同年底发射了第二颗人造卫星，重500千克。美国于1958年初发射的“探测者1号”人造卫星，仅8千克，重量比前苏联的人造卫星轻得多。对此美国有关部门曾联合提出报告，认为在科技竞争中美国之所以落后于前苏联，关键在于先进材料的研究方面。1958年3月，美国科学顾问委员会发布“全国材料规划”，决定在12所大学成立材料研究实验室，随后又扩大到17所大学。从那时起出现了包括多领域的综合性学科——“材料科学与工程学科”。

1.3.2 材料科学的形成

材料科学的形成主要基于如下条件。

① 各类材料大规模的应用、发展为材料科学形成打下了基础。18世纪蒸汽机的发明和19世纪电动机的发明，使材料在新品种开发和规模生产等方面发生了飞跃。如1856年和1864年先后发明了转炉炼钢和平炉炼钢，促进了机械制造、铁路交通的发展。随之不同类型的特殊钢也相继出现，如高锰钢、硅钢及镍铬不锈钢等。与此同时，铜、铅、锌也得到大量应用，随后铝、镁、钛和稀有金属也开始应用。20世纪初，人工合成高分子材料问世，如酚醛树脂（胶木）、聚苯乙烯、聚氯乙烯以及尼龙等，发展十分迅速，如今其世界年产量在1亿吨以上，产量已超过了金属材料。无机非金属材料门类众多，一直占有特殊的地位，其中一些传统材料资源丰富，性价比在所有材料中最有竞争能力。20世纪中后期，通过合成原料和特殊制备方法，制造出一系列具有不可替代作用的功能材料和先进结构材料，如电子陶瓷、铁氧体、光学玻璃、透明陶瓷、敏感及光电功能薄膜材料等。先进结构陶瓷由于高硬度、耐高温、耐腐蚀、耐磨损及重量轻等特点，在能源、信息等领域具有广泛的应用，成为近来研究工作的热点，而且用途还在

不断扩大。

② 基础学科发展为材料科学理论体系的形成提供了坚实的基础。量子力学、固体物理、材料力学、无机化学、有机化学、物理化学等学科的发展,以及现代分析测试技术和设备的更新,使人类对材料结构和物理与化学性质有了更深层次的理解。同时,冶金学、金属学、陶瓷学、高分子科学等的发展也对材料本身的研究大大加强和系统化,从而对材料的组成、制备、结构与性能以及它们之间相互关系的研究也越来越深入。

③ 学科理论的交叉融合日益突出。在材料科学学科确立以前,金属材料、无机非金属材料与高分子材料等都已自成体系。但人们在长期研究中发现,它们在制备和使用过程中许多概念、现象和变化都存在颇多相似之处。例如相变理论中,相变最初是金属学家所建立,广泛用来作为钢的热处理理论。后来氧化锆增韧陶瓷中也发现了相变现象,并作为陶瓷增韧的一种有效方法。又如缺陷理论、扩散、塑性变形和断裂机理、表面与界面、晶态和非晶态结构、电子的迁移与束缚、原子聚集体的统计力学等的概念,常常可以用来解释不同种类材料的行为。

④ 各类材料的研究设备与生产技术颇具共同之处。虽然不同类型的材料拥有其专用设备与生产装置,但许多方面仍然是相同或相近的,如显微镜、电子显微镜、表面测试仪器、物理性能及化学性能测试仪器等。在材料生产中,许多加工装置也有通用之处。例如挤压机对金属材料可以用来进行成型或冷加工硬化;对某些高分子材料来说,可用来生产板材与型材;随着粉末成型技术和热致密化技术的发展,粉末冶金和现代陶瓷制造工艺已经很难找出明显的区别。

⑤ 以应用为目的的材料设计打破了不同材料间的界限。人们在长期的研究中发现,不同类型的材料相互代替和补充,更能充分发挥各种材料的优越性,达到物尽其用的目的。复合材料在多数情况下是不同类型材料的组合,如果对不同材料没有一个较全面的认识,对复合材料的设计及性能的理解必然受到影响。

1.3.3 材料科学与工程的关系

一般来说,科学是属于研究“为什么”的范畴。材料工程是属于工程性质的领域,而工程是属于解决“怎样做”的问题。材料科学的基础理论体系,能为材料工程提供必要的设计依据,为更好地选择材料、使用材料、发挥材料的潜力、发展新材料等提供理论基础。并且可以节省时间、提高可靠性、提高质量、降低成本和能耗、减少对环境的污染等。

材料工程的目的在于经济而又能为社会所接受地控制材料的结构、性能和形状。材料工程的研究需要对材料在经济、质量、资源、环保等方面进行全面的考虑。

材料科学和材料工程是紧密联系、互相促进的。材料工程为材料科学提出了丰富的研究课题,科技进步又促进了材料科学的自身发展。首先是应用需求的

牵引作用，这是材料科学发展的最重要的推动力，例如信息技术的发展，从电子信息处理发展到光电子信息处理，需要一系列材料作为基础，这包括光电子材料、非线性光学材料、光波导纤维、薄膜与器件等。又如能源工程技术的发展，要求材料能耐受更高温度、具有更高可靠性以及寿命可预测的性质，以提高效率，同时也要求更好的耐磨损性、耐腐蚀性等，这些都为材料科学提出了大量研究课题。

材料工程技术也为材料科学的发展提供了客观物质基础。材料科学和材料工程的不同主要在于各自强调的核心问题不同，它们之间并没有一条明显的分界线，在解决实际问题时，很难将科学因素和工程因素独立出来考虑。因此，常常将两者放在一起，称为“材料科学与工程”。

1.4

材料研究中的基本思路

众所周知，材料的性能主要取决于它的化学成分和组织结构。化学成分不同的材料具有不同的性能；而相同成分的材料经过不同的加工处理而具有不同的组织结构时，也将具有不同的性能。

材料科学就是从事对材料本质的发现、分析认识、设计及控制等方面研究的一门科学。其目的在于以这些关系和规律作为依据，为材料设计适当的成分和适宜的加工工艺，从而获得预期的组织结构及其最终性能。材料科学的内涵可以认为是由五大要素组成的，它们之间的关系可以用一个多面体来描述（图1-2）。其中使用效能是材料性能在工作状态（受力、气氛、温度）下的表现，材料性能可以视为材料的固有性能，而使用效能则随工作环境不同而异，但它与材料的固有性能密切相关。理论及材料与工艺设计位于多面体的中心，它直接和其他五大要素相连，表明它在材料科学中的特殊地位。

材料科学的核心内容是结构与性能。为了深入理解和有效控制性能和结构，人们常常需要了解各种过程的现象，如屈服过程、断裂过程、导电过程、磁化过程、相变过程等。材料中各种结构的形成都涉及能量的变化，因此外界条件的改变也将会引起结构的改变，从而导致性能的改变。因此可以说，过程是理解性能和结构的重要环节，结构是深入理解性能的核心，外界条件控制着结构的形成和过程的进行。

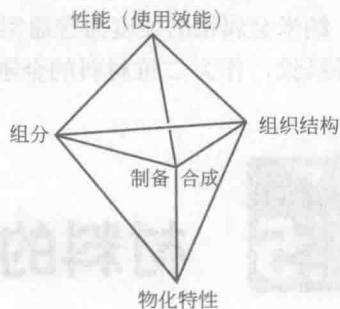


图1-2 材料科学内涵的五大要素及关系

材料的性能是由材料的内部结构决定的,材料的结构反映了材料的组成基元及其排列和运动的方式。材料的组成基元一般为原子、离子和分子等,材料的排列方式在很大程度上受组元间结合类型的影响,如金属键、离子键、共价键、分子键等。组元在结构中不是静止不动的,是在不断的运动中,如电子的运动、原子的热运动等。描述材料的结构可以有不同层次,包括原子结构、原子排列、相结构、显微结构、结构缺陷等,每个层次的结构特征都以不同的方式决定着材料的性能。

物质结构是理解和控制性能的中心环节。组成材料的原子结构,电子围绕着原子核的运动情况对材料的物理性能有重要影响,尤其是电子结构会影响原子的键合,使材料表现出金属、无机非金属或高分子的固有属性。金属、无机非金属和某些高分子材料在空间均具有规则的原子排列,或者说具有晶体的格子构造。晶体结构会影响材料的诸多物理性能,如强度、塑性、韧性等。石墨和金刚石都是由碳原子组成的,但两者原子排列方式不同,导致强度、硬度及其他物理性能差别明显。当材料处于非晶态时,与晶体材料相比,性能差别也很大,如玻璃态的聚乙烯是透明的,而晶态的聚乙烯是半透明的。又如某些非晶态金属比晶态金属具有更高的强度和耐腐蚀性。此外,在晶体材料中存在的某些排列的不完整性,即存在结构缺陷,也对材料性能产生重要影响。

在研究晶体结构与性能的关系时,除考虑其内部原子排列的规则性外,还需要考虑其尺寸的效应。从聚集的角度看,三维方向尺寸都很大的材料称为块体材料,在一维、二维或三维方向上尺寸很小的材料称为低维材料。低维材料可能具有块体材料所不具备的性质,如零维的纳米粒子(尺寸小于100纳米)具有很强的表面效应、尺寸效应和量子效应等,使其具有独特的物理、化学性能。纳米金属颗粒是电的绝缘体和吸光的黑体。以纳米微粒组成的陶瓷具有很高的韧性和超塑性。纳米金属铝的硬度为普通铝的8倍。具有高强度特征的一维材料的有机纤维、光导纤维,作为二维材料的金刚石薄膜、超导薄膜等,都具有特殊的物理性能。

1.5

材料的分类及基本特征

目前世界各国已注册的材料品种就有几十万种,现仍在不断地增加中。按材料组成和结合键的性质,可把材料分为无机非金属材料、高分子材料、金属材料三大类。无机非金属材料主要包括晶体、陶瓷、玻璃、水泥和耐火材料等;高分子材料主要包括塑料、合成橡胶、合成纤维等;金属材料包括各种纯金属及其合金。此外,人们还发展了一系列将两种以上的材料通过特殊方法结合起来构成的

复合材料。

1.5.1 无机非金属材料

无机非金属材料门类较多,按照生产工艺和用途分,主要包括陶瓷、玻璃、水泥和耐火材料等。它们的主要原料一部分是天然的硅酸盐矿物,另一部分是人工合成的氧化物及其他化合物。它们的生产过程一般需经过原料处理、成型、高温烧结等步骤。陶瓷是最早使用的无机非金属材料,因此无机非金属材料在国外又习惯统称为ceramics(直译为陶瓷)。

陶瓷结构一般具有多晶多相的特征(含有玻璃相和气相)。绝大多数陶瓷是一种或几种金属元素与非金属元素组成的化合物。按照性能和用途,陶瓷可分为传统陶瓷和功能陶瓷,后者随着现代技术的发展,获得了更多的名称,如fine ceramics(精细陶瓷)、high technical ceramics(高技术陶瓷)、advanced ceramics(先进陶瓷)。功能陶瓷是以人工合成化合物(氧化物、氮化物、碳化物、硼化物等)为主要原料制成的,用于技术和工程领域的应用,如信息、能源、机械、化工、生物、航空航天及其他高新技术领域。传统陶瓷多以天然硅酸盐矿物为主要原料,经粉碎、成型和烧结制成,主要用于日用陶瓷、建筑陶瓷和卫生陶瓷。

无机非金属材料的基本性质如下。

① 化学键主要是离子键、共价键以及它们的混合键。

② 硬而脆,韧性低,抗压而不抗拉,强度高但对缺陷敏感。

③ 熔点高,具有优良的耐高温性和化学稳定性。

④ 自由电子数目少,一般导热性和导电性较低。

⑤ 耐化学品腐蚀性好。

⑥ 耐磨损。

1.5.2 高分子材料

高分子化合物主要是以C、H、O、N等元素为基础,由许多结构相同的重复单元(链节)连接组成,分子聚合后分子量很大,并且可在某一范围内变化。

高分子材料的分类方法很多,根据来源可分为天然和人工合成两类;根据使用性质可分为塑料、橡胶、纤维、黏合剂和涂料等;根据高分子化合物的主链结构可分为碳链、杂链和元素有机高聚物;根据对热的性质又可分为热塑性、热固性和热稳定性高聚物三类。如果按照材料的用途,又可分为高分子结构材料、高分子电绝缘材料、耐高温高分子材料、导电高分子材料、高分子建筑材料、生物医用高分子材料、高分子催化剂和高分子包装材料等多个品种。

塑料是极其重要的一类高分子材料,除树脂外,塑料中还含有增塑剂、填

料、防老剂、固化剂等各种添加剂。从使用的角度来看,塑料分为通用塑料和工程塑料。通用塑料是指产量大、用途广、价格低的一类塑料,主要包括六大品种,即聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料和氨基塑料。工程塑料一般是指具有高强度、高模量并能在较高温度下长期使用的塑料,如拉伸强度大于50MPa,拉伸模量和弯曲模量超过2GPa,能在一定载荷作用下于100℃以上长期使用的塑料。常见的工程塑料有耐冲击的ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砒、聚苯硫醚、聚酰亚胺和氟塑料等。

高分子材料的基本性质如下。

- ① 结合键主要为共价键,有部分范德华键。
- ② 分子量大,无明显的熔点,有玻璃化转变温度、黏流温度,并且有热塑性和热固性两类。
- ③ 力学状态有玻璃态、高弹态和黏流态,强度较高。
- ④ 重量轻。
- ⑤ 良好的绝缘性。
- ⑥ 优越的化学稳定性。
- ⑦ 耐高温性较差。

1.5.3 金属材料

金属材料通常分为黑色金属和有色金属两类。黑色金属主要为钢和铸铁。钢按照化学成分分为碳素钢和合金钢;按照品质又分为普通钢和优质钢;按照冶炼方法可分为平炉钢、转炉钢和电炉钢等;按照用途又分为建筑及工程用钢、结构钢、工具钢和特殊钢等。铸铁通常分为灰口铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁和特种铸铁等。钢铁是现代工业中的主要金属材料,在机械产品中占整个用材消耗的一半以上。有色金属是指铁(Fe)以外的其他金属及其合金。这些金属约有80种,分为轻金属(密度小于5克/厘米³)、重金属(密度大于5克/厘米³)、贵金属、类金属和稀有金属等。工程上最重要的有色金属是Al、Cu、Zn、Sn、Pb、Mg、Ni、Ti及其合金。有色金属的消耗虽然只占金属材料总消耗的很小部分,但是因为它们具有独特的导电性、导热性,同时相对密度小、化学性质稳定、耐热、耐腐蚀,因而它们在工程上占有重要地位。

金属材料的基本性质如下。

- ① 结合键为金属键。
- ② 常规方法生产的金属为多晶结构,其中一些熔点较高。
- ③ 具有金属光泽。
- ④ 金属范性大,展性、延性也大,可机械加工。
- ⑤ 强度、韧性较高。