



国家级精品课程教材 普通高等教育精品教材

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

材料科学与工程基础

第三版

赵长生 顾 宜 主编



化学工业出版社

绪 论

在人类的生活和生产中，材料是必需的物质基础。历史学者曾将人类的历史按石器时代、铜器时代、铁器时代来划分。新材料的使用对人类历史的发展起到重要的作用。20世纪70年代，人们曾把材料、信息、能源归纳为现代文明的三大支柱，现在又预言新的技术革命即将来临，并且把信息技术、生物技术和新型材料作为这次技术革命的重要标志。材料科学是一门以材料为研究对象的科学，是发展国民经济和实现国防现代化的具有全局性的重要科学技术领域之一。因此，作为材料工作者，系统学习材料科学与工程基本理论，学习和掌握各类材料的共性与个性、结构、性能及应用的特点，具有十分重要的意义。

1.1 材料的定义、分类及基本性质

材料是指具有满足指定工作条件下使用要求的形态和物理性状的物质，是组成生产工具的物质基础。

世界各国注册的材料有几十万种，并在不断增加。材料可有多种分类方法。按状态来分，材料有气态、液态和固态三大类。工程技术中最普遍使用的是固态材料。按材料组成和结合键的性能，把材料分为金属材料、高分子材料、陶瓷（无机非金属材料）以及半导体材料四大类。价键四面体（图1-1）清晰地表示出各类材料之间的本质区别和内在联系。

按照材料特性，可将其分为金属材料、无机非金属材料 and 有机高分子材料三类。金属材料包括各种纯金属及其合金。塑料、合成橡胶、合成纤维等称为有机高分子材料。还有许多材料，如陶瓷、玻璃、水泥和耐火材料等，既不是金属材料，又不是有机高分子材料，人们统称它们为无机非金属材料。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

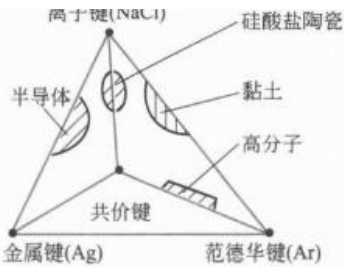


图1-1 价键四面体

起来而构成的复合材料。按照材料所起的作用，可分为结构材料和功能材料两类。按照使用领域的不同，又可将它们分为建筑材料、电子材料、医用材料、仪表材料、能源材料等。

1.1.1 金属材料

金属材料通常分为黑色金属材料和有色金属材料（非铁材料）两类。黑色金属材料包括钢和铸铁。钢按照化学成分分为碳素钢和合金钢；按照品质分为普通钢、优质钢和高级优质钢；按照冶炼方法分为平炉钢、转炉钢、电炉钢和奥氏体钢；按照用途分为建筑及工程用钢、结构钢、工具钢、特殊性能钢及专业用钢。铸铁通常分为灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁和特殊性能铸铁等。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60%以上。有色金属材料是指除Fe以外的其他金属及其合金。这些金属有八十余种，分为轻金属（相对密度小于4）、重金属（相对密度大于4.5）、贵金属、类金属和稀有金属五类。工程上最重要的有色金属是Al、Cu、Zn、Sn、Pb、Mg、Ni、Ti及其合金。有色金属材料的消耗虽然只占金属材料总消耗的5%，但是因为它们具有优良的导电、导热性，同时密度小、化学性质稳定、耐热、耐腐蚀，因而在工程上占有重要地位。

金属材料的基本特性：

- ① 结合键为金属键，常规方法生产的金属为晶体结构；
- ② 金属在常温下一般为固体，熔点较高；
- ③ 具有金属光泽；
- ④ 纯金属范性大，展性、延性也大；
- ⑤ 强度较高；
- ⑥ 自由电子的存在，金属的导热和导电性好；
- ⑦ 多数金属在空气中易被氧化。

1.1.2 无机非金属材料

无机非金属材料又称硅酸盐材料，主要包括陶瓷、玻璃、水泥和耐火材料四类。它们的主要原料是天然的硅酸盐矿物和人工合成的氧化物及其他少数化合物。它们的生产过程与传统的陶瓷的生产过程相同，需经过原料处理→成型→煅烧三个阶段。在这四类材料中，陶瓷是最早使用的无机材料，因此无机非金属材料又常常被统称为“陶瓷”（ceramics）。

按照成分、化学结构和用途，无机非金属材料的分类如图1-2。

陶瓷是含有玻璃相和气相的晶体。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。陶瓷分为传统陶瓷和特种陶瓷。传统陶瓷以天然硅酸盐矿物为原料，经粉碎、成型和烧结制成，主要用作日用陶瓷。建筑陶瓷和卫生陶瓷（部分传统陶瓷也作为工程陶瓷使用），要求烧结后不变形、外观美，但对强度要求不高。特种陶瓷是以人工化合物（氧化物、氮化物、碳化物、硼化物等）为原料制成的，主要用于化工机械、动力、电子、能源和某些新技术领域。工程陶瓷主要指的是特种陶瓷。



图1-2 无机非金属材料的分类

无机非金属材料（以陶瓷为例）的基本特性：

- ① 结合键主要是离子键、共价键以及它们的混合键；
- ② 硬而脆、韧性低、抗压不抗拉、对缺陷敏感；
- ③ 熔点较高，具有优良的耐高温、抗氧化性能；
- ④ 自由电子数目少、导热性和导电性较小；
- ⑤ 耐化学腐蚀性好；
- ⑥ 耐磨损；
- ⑦ 成型方式为粉末制坯、烧结成型。

1.1.3 高分子材料

高分子化合物以C、H、N、O等元素为基础，由许多结构相同的小单位（链节）重复连接组成，含有成千上万个原子，分子量很大，并在某一范围内变化着。

目前高分子材料（化合物）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、涂料等类；根据高分子化合物的主链结构可分为碳链、杂链、元素高聚物三类；根据其对热的性质又可分为热塑性、热固性及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、耐高温高聚物、导电高分子、高分子建筑材料、生物医用高分子材料、高分子催化剂、包装材料等多个品种。

塑料是极重要的一类高分子材料，除树脂外，塑料还含有增塑剂、填料、防老剂、固化剂等各种添加剂。从使用的角度，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49MPa、拉伸和弯曲模量超过2GPa，并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-苯乙烯共聚体）、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯等。而聚苯硫醚、聚酰亚胺、聚芳醚砜、聚芳醚酮、聚芳酯、聚芳酰胺等聚合物具有更高的强度、模量和耐热性，称为特种工程塑料。

高分子材料的基本特性：

- ① 结合键，分子链内为共价键，分子间为范德华键和氢键；
- 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 具有良好的电绝缘性；
- ⑥ 良好的化学稳定性；
- ⑦ 成型方法较多。

1.1.4 复合材料

由两种或两种以上组分组成，并具有与其组分不同的新性能的材料称为复合材料。

复合材料按性能分为结构复合材料和功能复合材料。目前研究比较充分、应用较多的主要是前者。而后者近年来发展迅速。

根据增强剂形状及增强原理，可分为粒子增强复合材料和纤维增强复合材料。后者复合效果最突出，研究最多，应用最广。

复合材料根据所用增强体和基体不同，可有许多种类，见表 1-1。

其中，连续纤维增强的聚合物基复合材料的基本特点如下：

- ① 比强度和比模量高；
- ② 良好的抗疲劳性能；
- ③ 耐烧蚀性和耐高温性好；
- ④ 结构件减振性能好；
- ⑤ 具有良好的减摩、耐磨和自润滑性能。

表 1-1 复合材料的种类

增强体		基体		无机非金属材料				有机材料		
		金 属	金 属	陶 瓷	玻 璃	水 泥	碳 素	木 材	塑 料	橡 胶
金属		金属基复合材料	金属基复合材料	陶瓷基复合材料	金属网嵌玻璃	钢筋水泥	无	无	金属丝增强塑料	金属丝增强橡胶
无机非金属材料	陶瓷	纤维粒料	金属基超硬合金	增强陶瓷	陶瓷增强玻璃	增强水泥	无	无	陶瓷纤维增强塑料	陶瓷纤维增强橡胶
	碳素	纤维粒料	碳纤维增强金属	增强陶瓷	陶瓷增强玻璃	增强水泥	碳/碳复合材料	无	碳纤维增强塑料	碳纤维炭黑增强橡胶
	玻璃	纤维粒料	无	无	无	增强水泥	无	无	玻璃纤维增强塑料	玻璃纤维增强橡胶
有机材料	木材		无	无	无	水泥木丝板	无	无	纤维板	无
	有机纤维		无	无	无	增强水泥	无	塑料合板	有机纤维增强塑料	有机纤维增强橡胶
	橡胶胶粒		无	无	无	无	无	橡胶合板	高聚物合金	高聚物合金