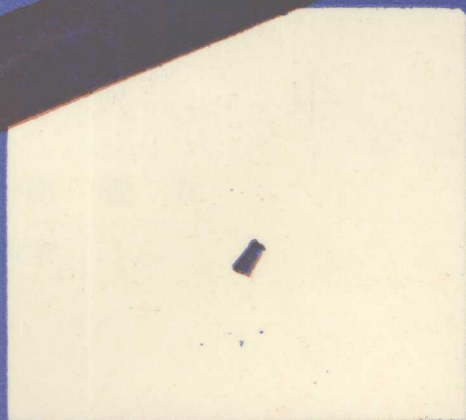
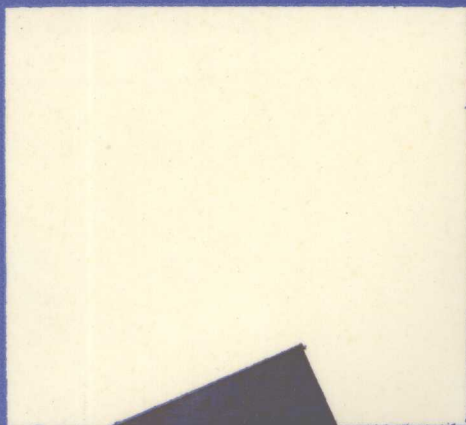
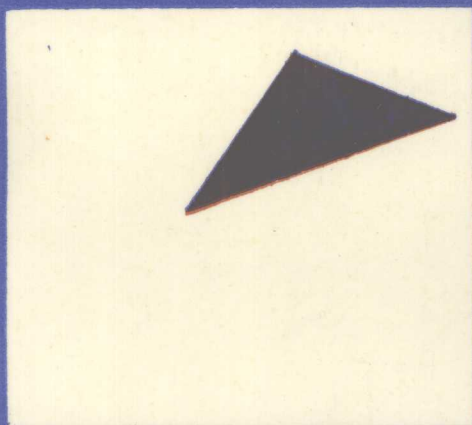


高等学校教材·高等学校教材·高等学校教材·高等学校教材

非金属材料学

〈上册〉

北方交通大学 张光玉 主编



中国铁道出版社

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

高等学校教材《非金属材料学》分为上、下册。本书为上册,共分八章。书中较系统地阐述了非金属材料的基本性质、非金属矿物、陶瓷材料、耐火材料、玻璃、水泥、混凝土及其制品以及木材等无机矿物质材料和有机植物质材料的组成、结构与性能。对材料的储运、加工中的变化规律及合理使用、节约代用及防护、管理等,也作了结合实际的介绍。

本书可作为物资管理和相近专业的教材,也可作为物资管理科技人员的参考书及土木建筑和同专业成人教育的自学辅导用书。

高等学校教材

非金属材料学(上册)

北方交通大学 张光玉 主编

*

中国铁道出版社出版 发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 武亚雯 封面设计 王毓平

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:13.25 字数:322 千

1994 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1—5000 册

ISBN7-113-01733-9/TU·376 定价:6.50 元

前 言

本书根据铁道部高等学校物资管理工程专业教学指导委员会的计划,经铁道部教育司批准,对 1982 年出版的《非金属材料学》(胡庆涛教授主编)试用教材进行了修订。

为适应科学技术的迅速发展和铁路现代化建设的需要,本书对试用教材作了较大幅度的修改。在编写中,力求反映当前本学科的最新成果和动向。尽力做到理论联系实际,内容精练,体系完整,特色鲜明。文字力求通俗流畅,叙理清楚,用语规范。基于本专业的需要,本书还对铁路用材,在选材、节约、代用、防护和管理等应用技术方面作了阐述。本书在教材体系上也作一些探索,例如过去散落在各章中有关矿物原料的内容,现将其集于一章自成系统,从而更便于教和学。另外,书中也吸取了作者从事非金属材料教学和科研实践的成果。

修订后的《非金属材料学》分为上、下两册。本书为上册,共分八章,由北方交通大学张光玉主编。其中第一章非金属材料的基本性质中的第 2、3 节和第八章木材中的第 2、3、4 节由北方交通大学赵锦清编写,第六章水泥中的第 2、3 节和第七章混凝土及其制品的部分内容由北方交通大学朱庆琦编写,第二章非金属矿物、第三章陶瓷、第四章耐火材料、第五章玻璃及绪论由北方交通大学张光玉编写。本书由清华大学土木系教授、博士生导师吴中伟主审,吴教授对全书编写提出了许多宝贵意见,在此向他表示衷心感谢。

作 者

一九九三年于北京

目 录

绪 论

一、材料与材料科学	1
二、非金属材料的发展	2
三、非金属材料在国民经济中的作用	3
四、非金属材料的研究内容	4

第一章 非金属材料的基本性质 6

第一节 非金属材料的组成、结构与构造	6
一、材料的组成	6
二、材料的结构与构造	6
第二节 非金属材料的基本物理性质	12
一、材料与质量有关的性质	12
二、材料与水有关的性质	15
三、材料与热有关的性质	17
第三节 非金属材料的力学性质	20
一、材料的强度和标号	20
二、材料的变形性能	22
三、材料的断裂	24
第四节 环境介质对非金属材料的作用	26
一、非金属材料的腐蚀特征	26
二、非金属材料的腐蚀防治	27

第二章 非金属矿物 28

第一节 金刚石	28
一、金刚石的成因和资源状况	28
二、金刚石的结构与性质	29
三、金刚石的分类与应用	29
四、金刚石的节约代用与储运	31
第二节 石 墨	31
一、石墨的成因和资源状况	31
二、石墨的结构与性质	32
三、石墨的分类与应用	32
四、石墨的节约代用与储运	34

第三节 石 棉	34
一、石棉的成因和资源状况	34
二、石棉的结构与分类	35
三、石棉的性质和应用	36
四、石棉的节约代用与储运	38
第四节 石 膏	38
一、石膏的成因和资源状况	38
二、石膏的结构与性质	38
三、石膏的分类与应用	39
四、石膏的节约代用与储运	40
第五节 工业粘土	41
一、粘土的成因和资源状况	41
二、粘土的结构与性质	41
三、粘土的分类与应用	42
四、粘土的节约代用与储运	44
第六节 石灰岩	45
一、石灰岩的成因	45
二、石灰岩的分类	45
三、石灰岩的性质	46
四、石灰岩的应用	46
第七节 石 英	47
一、石英的成因	47
二、石英的结构	47
三、石英的性质	47
四、石英的分类	48
五、石英的应用	49
第八节 萤 石	50
一、萤石的性质	50
二、萤石的应用	50
第三章 陶 瓷	51
第一节 陶瓷的基本知识	51
一、陶瓷的概念	51
二、陶瓷的分类	51
第二节 陶瓷的生产	51
一、原料的制备	51
二、坯料的成型	53
三、制品的烧结	53
第三节 陶瓷的结构	54
一、陶瓷的化学键和晶体结构	54

二、陶瓷的显微结构	54
第四节 陶瓷的性能	57
一、力学性能	57
二、热性能	59
三、电学性能	60
四、化学稳定性	60
第五节 普通陶瓷	60
一、普通陶瓷的组成	60
二、普通陶瓷的分类	61
第六节 特种陶瓷	64
一、特种陶瓷的制备	65
二、特种陶瓷的性能	65
三、常用的几种特种陶瓷	66
第七节 陶瓷的选用和管理	68
一、陶瓷的选用	68
二、陶瓷的管理	69
第四章 耐火材料	70
第一节 耐火材料的基本知识	70
一、耐火材料的概念	70
二、耐火材料的分类	70
第二节 耐火材料的生产和组成结构	70
一、耐火材料的生产	70
二、耐火材料的组成和结构	70
第三节 耐火材料的基本性质	71
一、耐火度	71
二、荷重软化温度	71
三、热稳定性	73
四、高温体积稳定性	73
五、抗高温化学稳定性	73
六、耐压强度	74
七、导电性	74
第四节 普通耐火材料	74
一、硅酸铝质耐火制品	74
二、硅质耐火制品	78
三、镁质耐火制品	79
四、碳质耐火制品	80
第五节 其他耐火材料	81
一、塑性耐火制品	81
二、耐火泥	81

三、轻质耐火制品	82
四、耐火纤维	83
五、特种耐火材料	84
第六节 耐火材料的选用和管理	85
一、耐火材料的选用	85
二、耐火材料的管理	86
第五章 玻 璃	87
第一节 玻璃的基本知识	87
第二节 玻璃的生产和表面加工	87
一、玻璃的生产	87
二、玻璃成型	89
三、表面加工	90
第三节 玻璃的组成和结构	93
一、玻璃的组成	93
二、玻璃的结构	93
三、玻璃的缺陷	95
第四节 玻璃的性质	95
一、机械性质	95
二、热学性质	96
三、光学性质	97
四、化学稳定性	98
五、电学性质	99
第五节 玻璃的主要品种	99
一、建筑玻璃	99
二、安全玻璃	101
三、信号玻璃	101
四、特种玻璃	102
五、玻璃纤维	103
第六节 玻璃的管理	104
一、计量单位	104
二、玻璃的管理	105
第六章 水 泥	107
第一节 水泥的基本知识	107
第二节 硅酸盐水泥	108
一、硅酸盐水泥的生产	108
二、硅酸盐水泥熟料的组成	110
三、硅酸盐水泥的凝结硬化	115
四、硅酸盐水泥的主要技术性质	120

五、硅酸盐水泥石的侵蚀	122
六、硅酸盐水泥的性能与应用	124
第三节 掺混合材料的硅酸盐水泥	125
一、混合材料	125
二、普通硅酸盐水泥	126
三、矿渣硅酸盐水泥	126
四、火山灰质硅酸盐水泥	128
五、粉煤灰硅酸盐水泥	129
第四节 其他品种的水泥	130
一、快硬硅酸盐水泥	130
二、快凝快硬硅酸盐水泥	131
三、快硬硫铝酸盐水泥	132
四、抗硫酸盐硅酸盐水泥	133
五、硅酸盐大坝水泥	133
六、高铝水泥	133
七、膨胀水泥	135
八、白色硅酸盐水泥	136
第五节 无熟料水泥	137
一、石膏矿渣水泥	137
二、火山灰质无熟料水泥	138
第六节 水泥的选用和管理	138
一、水泥品种的选用	139
二、水泥的储运管理	139
三、节约水泥的途径	141
第七章 混凝土及其制品	143
第一节 混凝土的基本知识	143
第二节 混凝土的组成材料	144
一、水 泥	144
二、集 料	144
三、拌合及养护水	147
第三节 混凝土的主要技术性质	147
一、混凝土拌合物的性质	147
二、硬化混凝土的性质	150
第四节 混凝土外加剂	154
一、外加剂的种类	155
二、减水剂	155
三、早强剂	156
四、引气剂	157
五、缓凝剂	157

六、速凝剂	157
七、加气剂	158
第五节 混凝土配合比设计	158
一、配合比的设计要求	158
二、配合比参数的确定原则及方法	158
三、配合比设计方法与步骤	159
第六节 混凝土制品	161
一、预应力混凝土轨枕	161
二、钢筋混凝土电杆	162
三、混凝土管	163
第八章 木 材	164
第一节 木材的基本知识	164
第二节 木材的构造	164
一、宏观构造特征	164
二、显微构造特征	165
三、木材的识别	173
第三节 木材的物理性质	177
一、含水率	177
二、干湿变形及开裂	178
三、表观密度和细胞壁物质密度	180
四、木材的导热性和导电性	182
第四节 木材的力学性质	183
一、抗压强度	183
二、抗拉强度	184
三、抗弯强度	184
四、抗剪强度	184
五、硬度和耐磨性	185
六、影响木材力学性质的因素	186
第五节 木材的缺陷和材质标准	187
一、木材的缺陷	187
二、常用材种及其材质标准	190
第六节 木材的管理	195
一、木材的防腐	195
二、木材的防火	197
三、木材的改性	198
四、木材的节约代用	199
参考文献	200

绪 论

一、材料与材料科学

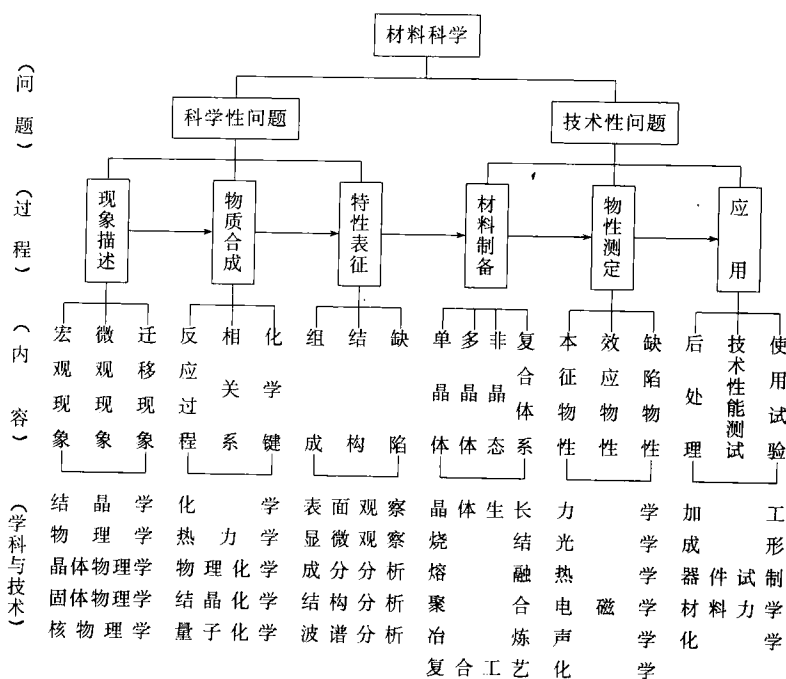
材料是物质的一部分,是人类用来制造器件、构件或其它可供使用的物质的总称。早在 70 年代,一些国家已把材料、能源和信息称为现代化文明的三大支柱,而材料又是后二者的物质基础。因此,材料的品种、数量和质量成了衡量一个国家科学技术和国民经济水平以及国防实力的重要标志之一。

材料按化学组成为金属材料,如黑色金属(铸铁、碳钢和合金钢)和有色金属(轻有色金属、重有色金属、贵金属和稀有金属等);无机非金属材料,如传统的硅酸盐材料(水泥、玻璃、陶瓷和耐火材料)和新型陶瓷(除 SiO_2 以外的其它氧化物、碳化物、硼化物、氮化物及氟卤化合物材料);有机非金属材料,如石油燃料、润滑油脂、合成橡胶、塑料、合成纤维、胶粘材料以及天然植物材料等。按用途分为结构材料 and 功能材料,前者主要是利用其物理力学性质,如结构物中的石材、粘土砖、混凝土及木材等;功能材料是通过光学、电学、声学、磁学、化学、物理化学及生物化学等特性而完成特定功能的材料,如半导体材料、磁性材料、激光材料及超导材料等。按物理力学性能分为高强材料、高温材料、高摩材料及导电材料等。按状态分为单晶材料、多晶材料及非晶材料等。

长期以来,人们对材料本质的认识是逐步深入的,不少传统材料的发展、制备和使用都要靠工匠人的经验(听声音、看火候或祖传秘方等)。后来,随着经验积累、总结提高成为“材料工艺学”,从此材料进入一个新的发展阶段。但它仍停留在唯经验水平。随着科学技术的发展,人们对物质世界的认识不断深化,例如,1863 年人们首次利用光学显微镜来研究金属,从而发展了金相学;1912 年发现了 X 射线照射晶体时的衍射现象,从而开始了晶体微观结构的测定;1932 年电子显微镜的发现以及后来的能谱仪等,把人们对物质微观世界的认识带到了更深层次上。因此,材料科学的出现是材料和现代化生产以及先进科学技术相互渗透、相互结合的必然产物。它研究工程物质的内部结构、组成、转变、微观形貌和宏观属性以及工程应用,不断地揭示出物质的微观世界与宏观表现的演变和联系。由于材料是一切工程的物质基础。所以,材料科学不仅探讨材料属性的微观机理,而且更注重材料的使用性能和工程价值。因此,材料科学的研究成果有着直接的社会意义。

材料科学的研究内容如下表所示(见下页)。

在材料科学基础上发展起来的新型材料,是知识密集和技术密集的新兴产业,它是材料中最有生命力,最有发展潜力的新秀。当前酝酿的以信息为核心的技术革命,主要与新型材料、新能源、激光技术、生物工程、计算机技术、光电子技术、遥感运动技术等密切相关。我国工业产品的现代化、交通运输和信息工业的现代化及摆脱当前“傻大黑粗”的传统产品,都需要材料的不断更新。因此,新型材料发展,将促进我国新技术和高技术的发展。



二、非金属材料的发展

非金属材料由于资源丰富、能耗低,更具有优良的电气、化学、机械等综合性能,在近 50 年中得到惊人的发展,其中合成高分子材料和陶瓷等尤为迅速。70 年代世界有机合成材料产量每年以 14% 的速度增长,其总量已达 4000 万 t,而金属材料的增长率仅为 4%。有机合成材料已成为一种重要的新型工程结构材料。80 年代世界有机合成材料的体积产量和钢铁产量相当,除了可代替钢铁、木材和皮革以外,目前正在开发和研制一些具有耐高温和导电性能的有机合成材料。预计到本世纪末有机合成材料产量可达 3.5 亿 t,将为钢铁产量(体积)的 4 倍。此外,胶粘剂和涂料在机械、交通运输、轻工业及建筑等方面得到广泛应用,许多新产品不断涌现,发展也十分迅速。

陶瓷是无机非金属材料的主体,其中新型陶瓷是一类极有发展的新型工程材料。它具有金属和有机合成材料所没有的高强度、高硬度、耐腐蚀、导电、绝缘、磁性、透光、半导体以及压电、铁电、光电、电光、超导、生物相容性等。目前已从日用、化工、建筑、装饰发展到微电子、能源、交通及航天等方面,是继金属、有机合成材料之后的第三大类材料,将成为取代金属和塑料的替换材料。例如新近研制的高强度陶瓷、高温陶瓷、高韧陶瓷、光学陶瓷及高性能陶瓷等近代陶瓷,可制作切削工具、高温陶瓷发动机、陶瓷热交换器以及柴油机的绝热零件等,从而大大拓宽了陶瓷的应用领域。

传统陶瓷中的水泥是世界上应用量最大的材料之一,在材料科学、水泥化学、工程力学等科学技术发展的促进下,已由传统的无机胶凝材料向宏观无缺陷的新型无机材料发展。目前较多采用聚合物改性水泥基材、纤维增强水泥基材以及高活性矿物掺料和化学外加剂等技术措施,使水泥制品的抗折强度和抗冲击韧性明显提高,例如 1981 年英国 ICI 公司首次研究出 MDF 水泥,其抗折强度和抗冲击韧性分别比普通水泥材料高十几倍和几十倍,使得水泥材料

的力学性能可与塑料、高级陶瓷及部分金属材料媲美,同时这种水泥还具有能耗低及性能易于调整等特点。预计未来的高强性能水泥材料将作为化学结合陶瓷,应用于高技术的水泥精品中。

水泥混凝土是集料粒子分散在水泥基材中构成的复合材料,就其材料的本征结构而言是一种多相、多孔的脆性材料。为了不断挖掘这种传统材料的潜能,近 20 年来,各国混凝土界人士运用先进理论和测试技术在微观或亚微结构层次上研究其孔结构和界面过渡层结构,进而对混凝土进行改性;积极开发玻璃纤维、聚丙烯纤维、沥青基碳纤维、钢纤维以及经表面处理和混杂改性等纤维材料,对混凝土进行增强;采用有机聚合物改性水泥混凝土以及鉴于节约能源、保护环境及合理使用资源,推动了工业废渣及副产品用于改性混凝土。混凝土材料将向着快硬、高强、轻质、改性、复合及节能方向发展,进入高技术应用的新阶段。

陶瓷、金属和高分子材料今后将是三足鼎立,构成固体材料的三大支柱。为了使材料具有多种功能而发展起来的复合材料,它是将两种或两种以上不同化学性质或不同组织相的物质以微观或宏观方式组合而成的一类新颖工程材料。它在强度、韧性和耐蚀性能方面比单一的金属、陶瓷和聚合物都优越。复合材料的出现标志着材料变革时期的到来。今天就材料领域而言已是人工机能化的时代,复合化已成为当今材料发展的大趋势。

三、非金属材料在国民经济中的作用

材料是标志人类进化的重要里程碑,如历史上的石器时代、青铜时代、铁器时代都是以材料作为时代的主要标志。每个时代都和材料密切相关,从某种意义上讲,材料是人类社会进步的物质基础。当今世界,材料已成为各国技术发展的基石,是各国经济发展的制约因素。早在 70 年代,一些国家把材料比做现代化工业的骨肉,能源则是血液。当今世界关注的能源问题决定了各国经济建设速度和材料发展前景。能源危机的解决,一是有效合理利用传统能源,如坑口电厂,可极大减少能耗损失;将煤粉燃烧转变成煤水乳化液,提高热效率;输电线路上的电能损耗平均为 25%,如能找到高临界点的超导材料来高能储电、超导输电,将对传统能源利用出现革命性的变化;二是开辟新能源,如太阳能是取之不尽、无污染和理想能源。地球表面每年从太阳获得的总能量达 $600\text{PkW} \cdot \text{h}$ ($600 \times 10^{15} \text{kW} \cdot \text{h}$),比全球年总能耗高达 1000 倍,但太阳能能量密度小、收集困难、受气候条件影响大,必须发展高效率的能量收集、转换和储存的功能材料。如研制出理想的光谱选择性涂料、反射镜材料和太阳能电池材料等,就能高效率、高质量地完成光热、光电的能量转换,极大提高太阳能在世界能源结构中的地位。

传统的半导体材料为硅和锗,是现代化技术革命的信息材料,目前正在开发超高纯、高完整性、高均匀性和大直径大截面的单晶硅。为了能找到比硅、锗更好的半导体材料,从禁带宽度及电子迁移率推测出砷化镓等化合物半导体兼有硅、锗两者的优点,但至今未能取代硅、锗。而砷化镓等化合物却在超高速电子计算机、集成电路、光通讯、微波通讯等方面得到广阔的应用。半导体材料的应用始终围绕着人类社会不断转动的信息技术与能量的转换与控制而发展。大规模集成电路开创了微电子学新领域,是信息技术的基础;大功率可控硅器件开创了电力电子学新领域,是能量转换与控制的基础。目前大功率可控硅已在整流、逆变、电力机车、输电、配电、设备调节和振荡器等方面应用。半导体材料还是太阳能直接转化为电能的唯一材料。

铁路运输为我国经济建设的大动脉,在四化建设中起着先导作用。铁路大量使用及加工处理各种材料,如金属材料、以矿物质为主体的无机非金属材料 and 以高分子材料为主的有机非金

属材料。其中结构材料用量最大,而功能材料的应用引人注目。“八五”期间铁路钢材年供应为200~300万t、木材为100~130万m³(含素枕45万m³)、水泥为200~340万t及柴油为230~250万t等,其它如信息材料、敏感材料、激光材料、光导通信材料、超导材料以及能源材料等新型材料也越来越多地应用到铁路四化建设中。

为适应铁路运输向高速、重载和大密度方向发展,近年来一些新材料、新技术不断应用到铁路现代化建设中,如电气化接触网导线原来采用铜导线,但我国铜资源短缺,新近研制成功的钢芯铝合金导线,将在我国电气化铁道上逐步推广应用;无石棉合成闸瓦代替含石棉合成闸瓦是当前研究方向。美、英、法等国铁路已大量采用无石棉合成闸瓦,主要改善制动时产生的石棉粉尘对环境的污染。我国铁路已研制无石棉高摩合成闸瓦和高粘着低弹性模量的合成闸瓦;新近研制的碳纤维增强树脂基体的复合材料,首次被英国用在铁路车轮上,预计这种复合材料车轮与高粘着的高摩合成闸瓦匹配,将能提高轮轨间的粘着系数。铁路车辆如能大量采用复合材料,这将使总重为50t的车辆减轻到25t,由于自重减轻,牵引能量减少,减轻了车辆走行部分及钢轨轨道磨耗,对高速重载铁路有着举足轻重的意义;我国铁路客车已大量采用塑料,例如客车门改用玻璃纤维增强塑料,窗框改用改性聚碳酸酯塑料,内顶板、地板改用玻璃钢,内墙板用三聚氰胺,转向架上各种销套改用铸型尼龙。今后进一步解决客车车体改用工程塑料或复合材料,这对减轻自重、降低能耗、增加运量和提高速度都具有十分可观的技术经济效益;在轨道技术方面轨下基础由混凝土轨枕代替传统木枕,对提高线路运营质量、保证行车安全、满足重载高速及节约木材等,都具有十分重要作用。此外,人工水晶和半导体等晶体材料,用来制作超声波探伤仪、晶体振荡器以及红外线轴温遥测仪等,以推动铁路自动化技术发展。

超导材料在铁路上应用更具诱人的前景,利用超导技术可以在几立方米的空间内产生十多万高斯的强磁场。因此,超导体磁悬浮火车比常规导磁体磁悬浮火车优越得多。超导体磁悬浮火车是客车高速化所采取的划时代的铁路客运方式。日本国铁已在七公里线路上实现500km/h的超导体磁悬浮铁道的运行。此外,利用超导输电将使铁路线路上的电能损失降至极小,这对铁路电气化也是至关重要的。至于超导用于计算机技术、逻辑技术和制造超导电机等,也会推动铁道技术的前进。

我国铁路线路密度(百公里/万平方公里)为0.54、苏联(前)为0.61、印度为2.04、美国为3.64、日本为5.77、法国为6.74、英国为8.44、西德(前)为11.56;我国每亿吨运量的用车数(万辆/亿吨)为2.30、苏联(前)为4.22、法国为7.00、日本为8.82、西德(前)为9.4、美国为10.56、英国为13.11、印度为18.81。对比上述中外铁路数据,说明我国线路密度小,要建成现代铁路网,势必要大量增加固定设备(如钢轨、桥梁、轨枕、道岔、路基、电气化接触网导线等)和移动设备(如机车、车辆等)所需要的材料用量。由于我国每亿吨运量用的车数少,铁路设备负荷较大,因而各种设备所用材料的性能与质量应有较高的技术要求。

铁道科学技术进步和材料科学技术息息相关。随着我国材料科学进步,非金属材料必将在我国铁路现代化建设中发挥越来越重要的作用。

四、非金属材料的研究内容

非金属材料学是铁路物资管理工程专业教学计划中的一门技术基础课。其任务是为专业课学习、物资的合理使用与开发以及材料检测、储运和科学管理提供必要基本理论和基本知识。

非金属材料学(上册)内容包括:非金属材料的基本性质,非金属矿物(金刚石、石墨、石棉、石膏、工业粘土、石灰岩、石英及萤石),陶瓷(普通陶瓷和特种陶瓷),耐火材料(耐火制品、塑性耐火制品、耐火纤维和特种耐火制品),玻璃(建筑玻璃、安全玻璃、信号玻璃、特种玻璃和玻璃纤维),水泥(硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、掺合料水泥和特性水泥),混凝土及其制品(普通混凝土制品及铁路专用混凝土制品)和木材(木材构造、常用材种、专用材种、人造板材及改性木等)。

非金属材料种类繁多,性能各异,各种材料需要研究的内容范围很广,如原料、制备、性质、应用、检验、运输、储藏及管理等方面。学习本课程既要注重材料组成、结构与性质之间的关系,更要注重材料使用性能和工程价值,还要注重材料的正确选用、节约代用以及科学管理等方面的基本知识。对于同一类属的不同品种材料,不仅要掌握各自材料的共性,还要掌握各种材料的特征以及材料在使用、储运和保管中的变化规律。

材料检验是掌握其性质的重要手段,为了实现标准化设计与生产,世界各国都在推行标准化事业,使生产与使用合理化。对材料的技术性质和试验方法必须遵循有关规定,我国有国家标准(GB),简称国标,它是国家标准局发布的全国性的指导技术文件;部颁标准,也是全国性的指导技术文件,由主管生产部(或总局)发布的,代号按部名而定;企业标准,这种标准只适用于本企业。在国际上有国际标准化组织推荐的标准(ISO)以及各国标准,如美国材料试验学会标准(ASTM)、原苏联国标(ГОСТ)、日本工业标准(JIS)、法国标准(NF)和英国标准(BS)等。

第一章 非金属材料的基本性质

材料的性质是由其组成、结构与构造等内部因素所决定,而使用和储运时的环境介质,又是影响材料性质的外部因素。对于各种类型的非金属材料,尽管各有特性,但却都有基本一致的共性。为了掌握非金属材料的基本性质及其变化规律,本章重点论述非金属材料的一些共性及其相互的内在联系,并强调材料与外界条件间的联系。

第一节 非金属材料的组成、结构与构造

从材料应用和储运的角度来看,最为重要的是材料的化学性质、物理性质和力学性质。材料所有这些性质都是其化学组成、微观结构及宏观构造等因素决定的。为了合理地使用材料,必须从不同层次的结构上去掌握材料的基本性质。

一、材料的组成

非金属材料的组成通常是指其化学成分或矿物组成而言,它不仅决定着非金属材料的化学性质,而且还影响着非金属材料的物理、力学性质。

(一)材料的化学成分

非金属材料的化学成分决定其种类和性质,如有机非金属材料是由 C、H、O、N 等化学元素组成,它们密度小、强度低、易燃、易挥发等;又如无机非金属材料的化学成分主要是由 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 Fe_2O_3 等氧化物组成,这些氧化物性质及其含量就决定了这一类材料的硬度、强度、熔化温度、耐蚀性等,如硅酸盐玻璃随二氧化硅 SiO_2 含量增多,其强度、耐热性、耐蚀性、透光性增大。

(二)材料的矿物组成

无机非金属材料的矿物组成,通常是指不同氧化物所组成的盐类,矿物组成可用酸性氧化物和碱性氧化物组成的盐表示,如硅酸盐水泥的主要矿物是硅酸三钙($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)和硅酸二钙($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)等。由于这类材料中的化合物并不是纯的,常和其它组分形成固溶体,所以采用矿物组成更为确切。对于无机非金属材料而言,矿物组成是决定性质的主要因素,如硅酸盐水泥中硅酸三钙这种矿物含量的大小,便在很大程度上决定了水泥的强度和标号等。

二、材料的结构与构造

材料的性质与其结构、构造有着密切的相关性。通常材料的结构与构造可分为宏观构造、亚微观结构和微观结构三个层次。

(一)材料的宏观构造(又称为粗视构造)

它是指用肉眼或放大镜能观察到的粗大组织,其尺寸约为毫米或更大尺寸的构造状况。通

常非金属材料的宏观构造可按下述标准分类。

1. 按孔隙尺寸分

(1)致密构造:材料内部无孔隙存在,常称为密实材料,如天然石材、玻璃、玻璃钢、塑料等。

(2)多孔构造:材料内部具有粗大孔隙,常称为多孔材料,如泡沫塑料、加气混凝土和膨胀珍珠岩等。

(3)微孔构造:材料内部存在微小孔隙,常称为微孔材料,如石膏制品、粘土砖瓦等。

2. 按聚集形态分

(1)纤维构造:材料内部存在纤维状组织,常称为纤维材料,如木材、竹材、玻璃纤维、矿物棉和合成纤维等。

(2)层状构造:材料内部存在平行与垂直方向的组织,常称为层状材料,如胶合板、云母、玻璃布、岩棉制品和橡胶轮胎等。

(3)散粒构造:材料呈松散的颗粒状物,常称为松散材料,如橡塑制品中碳酸钙填料,铜板纸中高岭土填料,涂料中钛白粉以及混凝土中的砂、石等填料。

(二)材料的亚微观结构(又称细观结构)

通常是指光学显微镜所能观察到的材料结构,其尺寸为几个微米至几十个微米。当仪器放大倍数达 1000 倍时,可观察到各种岩石的矿物组织,硬化水泥浆体的水化产物形貌以及木材的细胞组织等显微结构。对多孔材料而言,材料的细观结构在深层次上影响着材料的性质。

(三)材料的微观结构

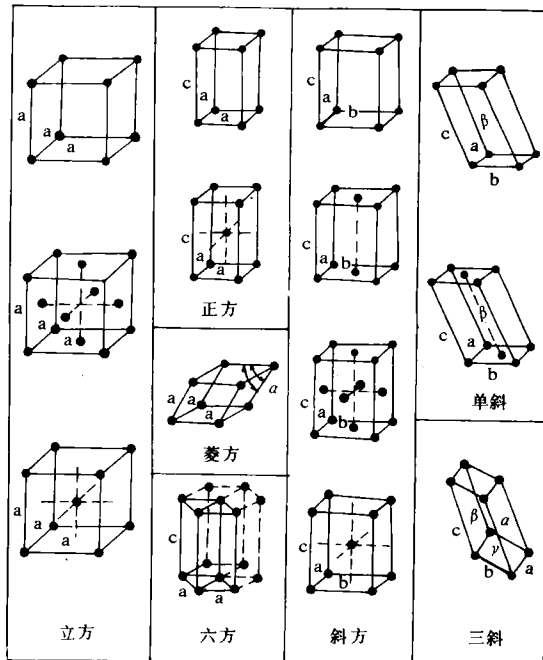


图 1—1 十四种晶胞的晶胞示意图

一般是指扫描电镜、X 射线衍射、压汞测孔、小角 X 射线散射和能谱等近代测试手段所能观察到的材料结构,尺寸为几十个纳米左右。材料的微观结构揭示了物质在原子—分子层次上

的结构。材料的许多性质如强度、硬度、弹性模量、熔点、导电性和导热性等受其微观结构的影响。材料的微观结构可分为晶体结构、玻璃体结构和胶体结构。

1. 晶体结构

构成晶体的质点(原子、分子、离子或原子团)有序地排列在三维空间的一定点上,这些点的总和称为晶格(或点阵)。晶格中最小的基本单元称为晶胞。表征晶胞特征的参数有棱边长(a, b, c)和棱边夹角(α, β, γ)。依照晶体的对称性将其分为七种晶系,它们的晶胞常数见表 1—1。七种晶系所含的十四种晶格的晶胞见图 1—1。

七种晶系的晶胞常数

表 1—1

晶 系	晶 胞 常 数		举 例
	棱 边 长	棱 边 夹 角	
等轴(立方)	$a=b=c$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	氧化镁
四方(正方)	$a=b\neq c$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	金红石
正交(斜方)	$a\neq b\neq c$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	橄榄石
三方(菱方)	$a=b=c$	$\alpha=\beta=\gamma\neq 90^\circ$	方解石
单斜	$a\neq b\neq c$	$\alpha=\gamma=90^\circ\neq\beta$	石膏
三斜	$a\neq b\neq c$	$\alpha\neq\beta\neq\gamma\neq 90^\circ$	钠长石
六方	$a=b\neq c$	$\alpha=\beta=90^\circ\gamma=120^\circ$	α -石英

晶体结构的特征是具有有一定的几何外形、有固定的熔点(在一定压力下)、并具有各向异性等。晶体可分为单晶体和多晶体,单晶体是由一个晶胞在各个方向上均匀生长而成,整个晶体结构由一个晶格所贯穿。自然界矿物以完整的单晶状态存在的为数甚少,它们一般被视为珍贵的宝石,如红宝石、水晶等。以单晶体状态使用的结晶物质,是一种新型材料,在工程材料中占有十分重要的地位;多晶体是由许多取向不同的单晶颗粒拼凑而成,由于晶粒取向不同,使多晶体无明显的各向异性。多数晶体材料为多晶体材料,如陶瓷、石材、石英矿、多晶硅等。按晶体的微粒及其作用力的特性,晶体可分为以下几类。

(1)原子晶体:由中性原子构成的晶体。原子间以共价键相联系,结合牢固。这种晶体以高强度、高熔点、高硬度而著称。如金刚石、硅、石英、刚玉、碳化硅和某些氮化物等。工业上常被选为磨料或导电材料。

(2)离子晶体:由正、负离子构成的晶体。离子间靠离子键相联系,离子键的强弱遵循库仑定律。离子晶体的特性是强度高、硬度高、熔点也较高,但延性差,易脆性破坏,液(熔)态时导电,如镁质耐火材料的熔化温度在 2000°C 以上。

(3)分子晶体:由极性分子或非极性分子构成的晶体。分子间靠微弱的范德华力相联系。分子晶体特性是强度低、硬度低,熔点低和易挥发等,如干冰(CO_2)、冰、碘片、萘晶体和冰醋酸晶体等。

(4)金属晶体:由金属离子“沉浸”在自由运动的电子气中构成。微粒间靠金属键相联系。由于金属离子(原子)作高度对称、紧密的排列,因而使金属具有密度大、塑性好、强度高以及良好的工艺性能等特性。

(5)过渡型晶体:又称混合型晶体。在硅酸盐矿物晶体中存在岛状、链状、层状、环状及架状的结构,在这些复杂晶体中质点间的作用力是不相同的,如链内和链间、层内和层间等,其结合