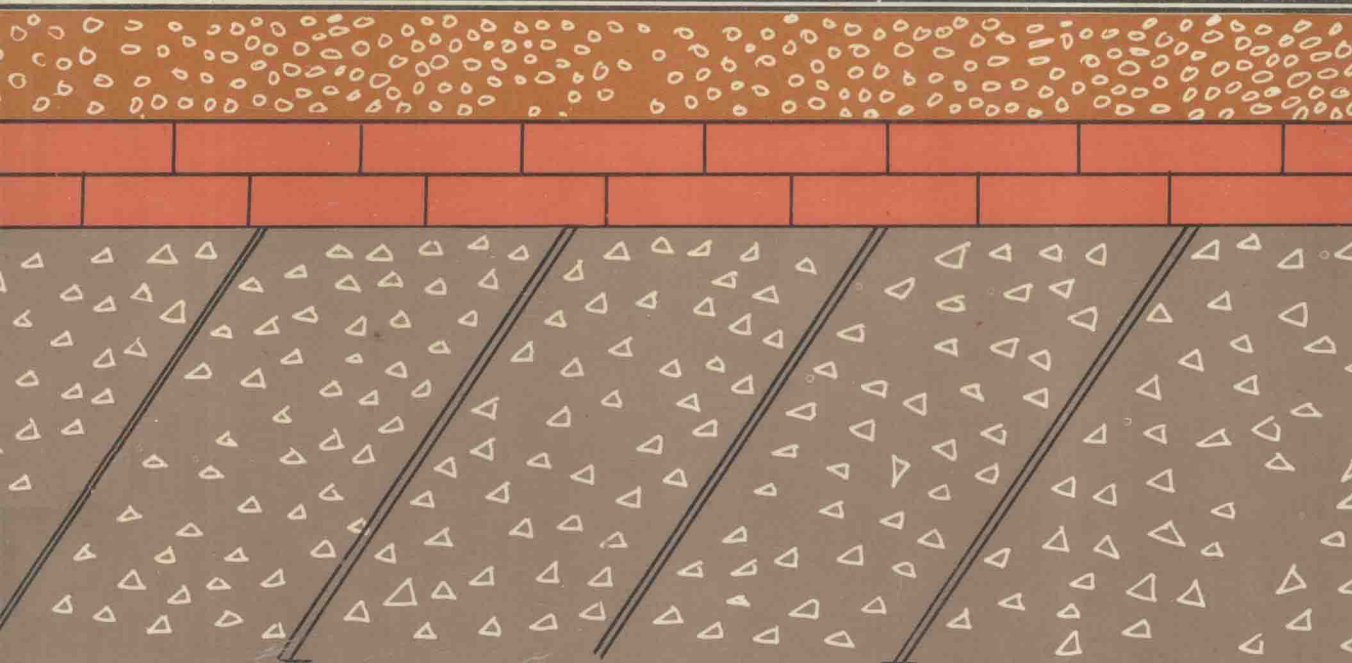


建 筑 材 料

刘祥顺 主编
张宝生 王世芳 主审

大连理工大学出版社



建 筑 材 料

主编 刘祥顺

主审 张宝生 王世芳

大连理工大学出版社

(辽)新登字 16 号

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/刘祥顺主编. —大连:大连理工大学出版社,1994. 9

ISBN 7-5611-0947-4

I. 建… II. 刘… III. 建筑材料 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 09650 号

建 筑 材 料

Jianzhu Cailiao

主 编 刘祥顺

主 审 张宝生 王世芳

* * *

大连理工大学出版社出版发行

(邮政编码 116024)

辽宁大学印刷厂印刷

大连文悦计算机排版公司排版

* * *

开本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:325 千字

1994 年 9 月第 1 版 1994 年 9 月第 1 次印刷

印数:0001—4000 册

* * *

责任编辑:刘 杰 责任校对:齐 欣

封面设计:姜严军

* * *

ISBN 7-5611-0947-4

TU · 17

定价:14.00 元

前 言

本书基本上是根据 1990 年 8 月东北地区高等学校建筑材料教学研究会于哈尔滨制定的适用于本科四年制工业与民用建筑专业的“建筑材料教学大纲”的要求,结合当前教学内容更新的要求而编写的。主要适用于大学本科“工业与民用建筑”、“建筑结构工程”、“地下建筑工程”、“建筑学”和“给水排水”等专业,也可用于土木建筑类的其它专业。还可以作为函大、职大、自学考试、专科相关专业以及土建技术人员的参考用书。

本书在编写中,全部使用法定计量单位;采用当前的最新标准及规范。为了方便学习,各章后还安排了适当的复习思考题。

本书由沈阳建筑工程学院建材系建筑材料教研室编写。刘祥顺副教授主编,哈尔滨建筑大学张宝生、王世芳二位教授主审。各章编写人员为:绪论、第一、四、十一章,刘祥顺;第三、五、十章,张巨松;第二、六、七章,巴志学;第八、九章,刘军。由刘祥顺、刘军统校。

由于水平和经验有限,书中必然存在不少缺点和错误,恳请读者在使用过程中给予批评和指正。

编者

1994. 7.

目 录

绪论

第一部分 建筑材料的基本性质

第一章 建筑材料的基本性质	(5)
第一节 材料的组成与结构	(5)
第二节 材料的结构特征参数	(8)
第三节 材料的力学性质	(10)
第四节 材料的物理性质	(14)
第五节 材料的耐久性	(17)
第六节 建筑材料技术标准简介	(18)

第二部分 基本材料

第二章 气硬性无机胶凝材料	(21)
第一节 建筑石灰	(21)
第二节 石膏	(24)
第三节 水玻璃	(28)
第四节 镁质胶凝材料	(29)
第三章 水泥	(31)
第一节 硅酸盐类水泥	(31)
第二节 铝酸盐水泥	(53)
第三节 硫铝酸盐水泥	(56)
第四节 其它水泥	(57)
第四章 混凝土及砂浆	(60)
第一节 普通混凝土	(60)
第二节 粉煤灰混凝土	(96)
第三节 轻混凝土	(100)
第四节 其它品种混凝土	(109)
第五节 建筑砂浆	(114)
第六节 混凝土外加剂	(119)
第五章 建筑钢材	(128)
第一节 建筑钢材的基本知识	(128)
第二节 建筑钢材的技术性质	(134)

第三节	钢结构用钢·····	(138)
第四节	钢筋混凝土用钢·····	(143)
第六章	木材·····	(147)
第一节	木材的结构·····	(147)
第二节	木材的主要性质·····	(148)
第三节	木材的腐朽与防腐·····	(151)

第三部分 墙体材料

第七章	墙体材料·····	(153)
第一节	烧结类墙体材料·····	(153)
第二节	非烧结类墙体材料·····	(157)

第四部分 其它功能材料

第八章	高分子材料·····	(163)
第一节	建筑塑料·····	(163)
第二节	建筑胶粘剂·····	(171)
第九章	防水材料·····	(176)
第一节	沥青防水材料·····	(176)
第二节	其它品种的防水材料·····	(189)
第十章	绝热材料和吸声材料·····	(195)
第一节	绝热材料·····	(195)
第二节	吸声材料·····	(199)
第十一章	建筑装饰材料·····	(203)
第一节	建筑装饰材料的功能与选用·····	(203)
第二节	建筑装饰材料的装饰性·····	(205)
第三节	常用装饰材料·····	(206)
第四节	建筑涂料·····	(208)

绪 论

第一节 建筑材料的定义、特点及分类

建筑材料是指在建筑工程中所应用的各种材料的总称。从广义上讲,应包括构成建筑物本身的材料(钢材、木材、水泥、砂石、砖、防水材料等);施工过程中所用的材料(脚手架、模板等)以及各种建筑器材(水、暖、电设备等)。在本课程中所涉及的建筑材料主要是指从基础、地面、墙体、承重构件(柱、梁、板等)直至屋面等组成建筑物本身的材料。

建筑材料是一切建筑工程中必不可少的重要物质基础。随着基本建设的飞速发展,将有大量的工业建筑、水利工程、交通运输、农田水利、港口建设、科学文化等建设工程,大量的民用住宅建设需要数量可观的优质的品种齐全的建筑材料。

建筑材料费用在房屋总造价中占有相当大的比例,一般住宅的材料费用均在总造价的50%以上。所以在建筑过程中能恰当选择和合理使用建筑材料对降低材料费用及建筑物的造价有着重要的意义。

一般来说,品质优良的建筑材料,必须具有足够的强度以及与使用环境相适应的耐久性能,才能使建筑物具有足够的使用寿命并尽量减少维修费用。

现代科学的发展,使生产力不断地提高,人民生活水平不断改善,这就要求建筑材料的品种与性能更加完备,不仅要经久耐用,而且要求建筑材料具有轻质、高强、美观、保温、吸声、防水、防震、防火、节能等功能。

因此,要求建筑材料必须具备如下4大特点:使用量大;价格低廉;经久耐用以及具有一定的使用功能。

建筑材料种类繁多,为了便于研究及使用常从不同角度对建筑材料进行分类。

根据材料的化学组成,可分为无机材料和有机材料以及这两类材料的复合物。如表 0-1。

根据建筑材料在建筑物上的使用功能,可分为建筑结构材料、墙体材料和建筑功能材料三大类,如表 0-2。

表 0-1

建 筑 材 料 分 类

建 筑 材 料		金属材料	黑色金属:铁、碳素钢、合金钢。 有色金属:铝、锌、铜等及其合金。
		非金属材料	天然石材:毛石、料石、石板、碎石、卵石、砂 烧土制品:瓷器、石、陶器、砖、瓦 玻璃及熔融制品:玻璃、玻璃棉、矿棉、铸石。 胶凝材料: 气硬性:石灰石膏、菱苦土、水玻璃 水硬性:各类水泥。混凝土、砂浆、硅酸盐制品。
	有机材料	植物质材料	木材、竹材、植物纤维及其制品
		高分子材料	涂料、橡胶、胶粘剂、塑料。
		沥青材料	石油沥青、煤沥青、沥青制品。
	复合材料	金属-非金属	碳纤维混凝土、钢筋混凝土等
		无机非金属-有机	玻纤增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土水泥刨花板等。

表 0-2

建 筑 材 料 分 类

建 筑 材 料	建筑结构材料	基础柱、梁、框架、板等	砖、钢筋混凝土、木材、钢材、预应力钢筋混凝土。
	墙体材料	内外承重墙 内外非承重墙	石材、普通砖、空心砖、混凝土、砌块、加气混凝土砌块、混凝土墙板、石膏板、金属板材、以及复合墙板等。
	建筑功能材料	防水材料 绝热材料 吸声材料	沥青制品、橡胶及树脂基防水材料 玻璃棉、矿棉及制品、膨胀珍珠岩、膨胀蛭石及制品、加气混凝土、微孔硅酸钙、泡沫塑料、木丝板等。 同上。
		装饰材料及其它功能材料	石材、建筑陶瓷、玻璃及制品、塑料制品、涂料、木材、金属等

第二节 本课程的目的、内容及学习方法

本课程是土建类各专业的一门技术基础课,学习本课程的目的在于使学生获得有关建筑材料科学的基本理论、基本知识和基本技能。为后续课程如砖石结构、钢筋混凝土结构、钢木结构、房屋建筑学、建筑施工等专业课程提供建筑材料的基本知识;为今后从事专业设计和施工工作,能合理的选择和正确地使用建筑材料打下基础;也为从事建筑材料科学技术的专门研究奠定必要的理论基础。

本课程中涉及到各种常用的建筑材料如砖、砌块、石灰、石膏、水玻璃、各种水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、木材、沥青、塑料、绝热材料、吸声材料及装饰材料等。主要讨论这些材料的原料与生产工艺;组成、结构与性质的关系;应用与技术要求;检验与验收;运输与储存等方面的内容。由于种类繁多、内容庞杂。因此在学习方法上首先要注意着重学好主要内容——建筑材料的性质与应用以及材料的技术要求。学习时要避免死背硬记;要运用好事物的内因与外因的关系,共性与特性的关系;了解事物本质的内在联系,即组成与结构是决定材料性质的内在因素。而外界条件则是影响性质的外在因素;了解不同种类的材料具有不同的性质,同类材料不同品种,则既存在有共性,又存在有各自的特性;抓住代表性材料的一般性质,运用对比的方法去掌握其它品种建筑材料的特性。建筑材料各方面内容的关系如图 0-1 所示:

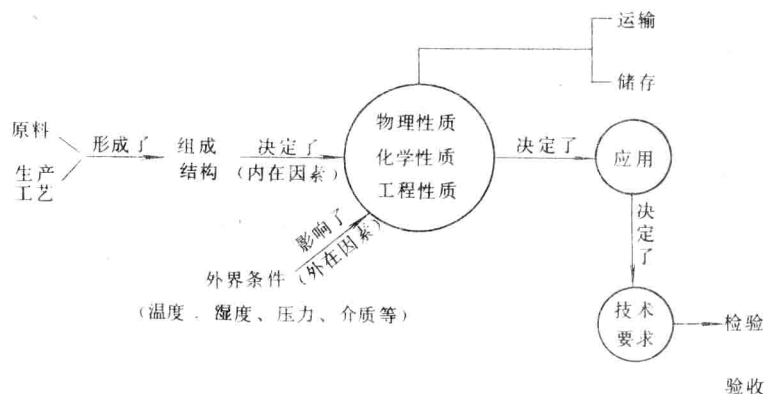


图 0-1 建筑材料各内容的关系

建筑材料课是一种以生产实践和科学实验为基础的一门实践性很强的科学。因而实验课是本课程的重要教学环节。通过实验可以使学到的基本理论得以验证;可以学会和掌握鉴定材料性质的基本试验方法,从而培养科学研究能力和严谨慎密的科学态度。

第三节 建筑材料的发展概况

建筑材料的发展是随着人类社会生产力的不断发展和人民生活水平不断提高而向前发展的。随社会生产力的发展,对建筑物的规模、质量等方面的要求愈来愈高,这种要求与建筑材料的数量、品种、质量等都有着相互依赖和相互矛盾的关系。建筑材料的生产与使用就是在不断地解决这个矛盾的过程中逐渐向前发展的。同时相关学科的进步也为建筑材料的发展提供了有利的条件。

古代人类最初是“穴居巢处”。火的利用使人类学会了烧制砖、瓦、陶瓷与石灰。铁器时代以后有了简单的工具,建筑材料(木材、砖、石等)才由天然材料进入人工生产阶段,为较大规模的建筑房屋和人类所需要的其它建筑物建立了基本条件。在漫长的封建社会中,生产力停滞不前,建筑材料的发展也极其缓慢,长限于砖、石、木材作为结构材料。资本主义的兴起,城市的出现与扩大,工业的迅速发展,交通的日益发达,需要建造大规模的建筑物和建筑设施,例如大跨度的工业厂房,高层的公用建筑以及桥梁、港口等,推动了建材工业的前进,在18~19世纪相继出现了钢材、水泥、混凝土以及钢筋混凝土成为了主要结构材料。使建筑业的发展进入了一个新阶段。

工业的发展使一些具有特殊功能的材料,如绝热材料、吸声材料、耐热、耐腐蚀、抗渗透以及防辐射材料应运而生。人民生活水平的提高,对建筑物修饰的要求愈来愈高,于是各种装饰材料层出不穷。

为了适应建筑工业化和进一步提高建筑物质量的要求,建筑材料今后的发展将有以下几个趋势:

- (1)尽可能地提高材料的强度,降低材料的自重;
- (2)研究并生产多功能、高效能的材料;
- (3)由单一材料向复合材料及其制品发展;
- (4)对材料的耐久性将引起更大的重视;
- (5)建筑制品的生产,将向预制化、单元化、发展,构件尺寸日益增大;
- (6)大量利用工农业废料、废渣、生产大量廉价的、低能耗的材料及制品;
- (7)利用现代科学技术及手段,在深入认识材料的内在结构对性能影响的基础上,按指定性能要求,设计与制造更新品种的建筑材料。

第一部分 建筑材料的基本性质

建筑物中，各个建筑部位都起一定的作用。如梁、板、柱以及承重的墙体主要承受各种荷载作用；屋面要承受风霜雨雪的作用且能保温、防水；基础除承受建筑物全部荷载外，还要承受冰冻及地下水的侵蚀；墙体要起到抗冻、隔声、保温隔热等作用。这就要求用于不同建筑部位的建筑材料应具有相应的性质。这些性质归纳起来可分为：

1. 物理性质 与各种物理过程（水、热作用）有关的性质；
2. 力学性质 材料在荷载作用下的变形及抵抗变形的能力；
3. 耐久性 材料在使用环境中，受到各种作用（物理作用、化学作用及生物作用等）而影响使用功能。

建筑材料所具有的各种性质，主要取决于材料的组成和结构状态，同时还受到环境条件的影响。为了能够合理地选择和正确地使用建筑材料，必须了解建筑材料的各种性质以及性质与组成、结构状态的关系。

第一章 建筑材料的基本性质

第一节 材料的组成与结构

一、材料的组成

（一）化学组成

化学组成是指材料的化学成分，通常以各种氧化物含量的百分数（%）表示无机非金属材料的组成，而以化学元素含量表示金属材料的组成。根据化学组成可大致地判断材料的化学稳定性如氧化、燃烧、受酸、碱、盐类的侵蚀及金属类的锈蚀等。

（二）矿物组成

无机非金属材料是由各种矿物构成的。矿物是指具有一定化学组成及结构特征的物质。它具有一定的分子结构和性质，因此它是决定材料性质的主要因素。有些材料由单一矿物组成，如石灰、石膏等。有些材料由多种矿物组成，这样的材料其性质决定于每种矿物的性质及其含量。如硅酸盐水泥中含有硅酸三钙这种矿物，若提高其含量，其硬化速度和强度都将提高。

可见，材料的化学组成和矿物组成是影响材料性质的决定性因素，不仅影响其化学性质，而且也是决定其物理力学性质的重要因素。

二、材料的结构

对固体材料的研究,可包括从原子、分子水平直至宏观可见的各个层次的构造状态,从广义上讲统称为结构。对材料结构的研究,通常可分为微观结构、亚微观结构和宏观结构三个结构层次。

(一) 微观结构

微观结构是指用电子显微镜及X射线衍射分析等手段来研究材料内部质点(原子、离子、分子)在空间中分布情况的结构层次。根据内部质点在空间的分布状态不同可分为晶体和非晶体。

1. 晶体 相同质点在空间中作周期性重复排列的固体称为晶体。按晶格形式不同,晶体可分为立方、正方、三方、斜方、单斜、三斜及六方等七个晶系。按质点及质点间的作用力不同,晶体又可分为:

(1) 原子晶体 原子晶体是由中性原子间以共价键相联系组成的晶体。由于共价键键能大,原子间结合牢固,因此这类晶体的强度、硬度及熔点都很高,如单质晶体的金刚石及化合物晶体石英、刚玉等。

(2) 离子晶体 离子晶体是由正、负离子依靠离子键相联系组成的晶体。离子键键能较强,因此这类材料一般具有一定的强度和硬度,受力变形小,易发生脆性破坏,不耐水,(如石膏)。

应该指出,无机非金属的晶体往往是共价键结合与离子键结合混合发生的。如方解石(CaCO_3)晶体中, CO_3^{2-} 本身为共价键结合,而 Ca^{2+} 与 CO_3^{2-} 之间则是以离子键结合。这种在晶体中几种化学键同时发生的复晶材料,通常其性质差异较大。

(3) 分子晶体 分子晶体是以分子为质点,依靠分子键形成的晶体。由于分子键极弱,因此分子晶体硬度、熔点较低。大部分有机化合物为分子晶体。

(4) 金属晶体 金属晶体是以金属阳离子组成晶格,在晶格间隙中存在有自由电子,金属阳离子与自由电子间以库仑引力(金属键)而结合的晶体。金属材料由金属晶体组成具有良好的导热性、导电性及可延展性。

在晶体中,质点间相互作用的本质是静电作用,其作用力包括相互间的吸引力 $F_{\text{吸}}$ 和相互间的排斥力 $F_{\text{斥}}$,如图1-1。吸引力是一种长程力,即在相互距离较远时质点间就发生静电吸引作用,并随质点间距离缩小而成指数的增大。排斥力是同性核电荷的接近和核外电子云的重叠所引起的斥力(泡利不相容斥力)即短程力,只有当质点间距离接近到一定程度时才有显著作用。当质点间的距离 r 达到 d_0 时, $F_{\text{吸}} = F_{\text{斥}}, F_{\text{合}} = 0$ 此时质点的位能 E_0 为最低。晶体中质点就是按照最低位能位置(平衡位置 $F_{\text{合}} = 0$)排列的,因而是最稳定的。

晶体的内部质点按一定规律由近及远的有序排列,并且处于稳定的低能状态。因此晶体具有以下特点:

(1) 具有一定的几何外形,这是质点规则排列的外部表现。

(2) 具有各向异性,这是结构特点在性能上的反映。

(3) 由于质点处于稳定的最低能量状态,故晶体材料具有固定的熔点和化学的稳定性。

(4) 质点的规则排列使得晶体内部的各个晶面上质点分布密度不同,在那些质点密集的晶面之间联系薄弱。当外力作用时,若在一定限度内,可产生弹性变形,若超过某一限

度,这些晶面之间将受到剪应力作用,或者产生断键而开裂(脆性材料的破坏)或者晶面间发生相对滑动,使材料产生塑性变形(金属的塑性变形)。

2. 非晶体 非晶体是一种不具有明显晶体结构的结构状态,常称为无定形体或玻璃体,如玻璃、硅胶等。质点间的结合力为共价键与离子键。

熔融状态的物质经急剧冷却处理,当接近凝固点时,熔融体具有很大的粘度,同时质点的动能也大大减小,因此质点来不及达到位能最低位置就已凝固成固体状态,即成为一种无序的玻璃体结构。可见,玻璃体没有规则的几何外形,不具有各向异性的性质,没有一定的熔点,只能出现软化现象。由于玻璃体中质点的化学键没有达到最大程度的满足,它总有自发地向晶态转变的趋势,是化学不稳定的结构。它易与其它物质发生化学作用,如水淬矿渣磨细后与石灰在有水的条件下能起硬化作用而被利用作水泥的混合材料。

(二) 亚微观结构

亚微观结构也称细观结构,是指用光学显微镜观测手段研究的结构层次。它包括晶体粒子、玻璃体、胶体及材料内孔隙的形态、大小、分布等结构状况。

所有晶体材料都是由大量的,排列不规则的晶粒所组成,因此晶体材料并不象晶体本身那样具有固定的几何外形和明显的各向异性。晶粒的形状和大小对材料的性质也有很大的影响,晶粒细化往往会使材料强度提高。

(三) 宏观结构(亦称构造)

宏观结构是指用放大镜或用肉眼即能分辨的结构层次。如材料的孔隙、岩石的层理、木材的纹理、节疤等。建筑材料的宏观结构按孔隙尺寸可分为:

- (1) 致密结构,如金属、玻璃、致密的天然石材等。
- (2) 微孔结构,如水泥制品、石膏制品及粘土砖瓦等。
- (3) 多孔结构,如加气混凝土、泡沫塑料等。

按构成形态可分为:

- (1) 聚集结构,如水泥混凝土、砂浆、沥青混凝土、烧土制品、塑料等。
- (2) 纤维结构,如玻璃纤维、矿棉、棉麻等纤维状材料。
- (3) 层状结构,如胶合板、纸面石膏板等各种迭合成层状的板材。
- (4) 散粒结构,如砂、石及粉状或颗粒状的材料(膨胀珍珠岩、膨胀蛭石、粉煤灰等)。

材料的宏观结构是影响材料性能的重要因素。尽管组成和微观结构相同,宏观结构不同的材料也会出现不同的工程性质,如玻璃砖及泡沫玻璃具有不同的使用功能。若组成和微观结构不同,但只要有相同的宏观结构,也会出现相似的工程性质,如泡沫玻璃与泡沫

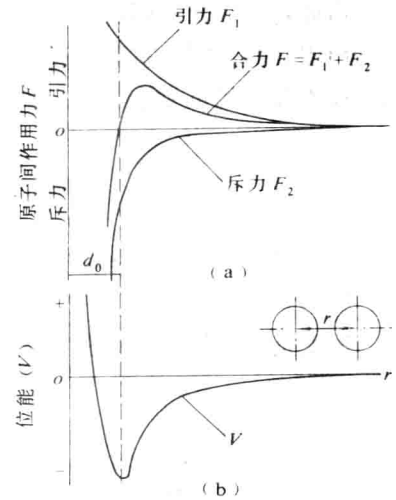


图 1-1 原子间距与原子间作用力 F 的关系及位能 V 的关系

混凝土都可以作为绝热材料。

由此可见，用不同材料使其宏观结构相同从而得到相近工程性质的材料，会促进新材料的出现。而用同一材料通过改变其宏观结构的办法，来使其改变工程性质也是建筑材料工艺技术发展的重要手段。

第二节 材料的结构特征参数

一、材料的密度、体积密度、松散体积密度

(一) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下，单位体积的质量。按下式计算：

$$\rho = \frac{m}{v}$$

式中 ρ —— 密度， g/cm^3 ；

m —— 材料的质量， g ；

v —— 材料在绝对密实状态下的体积，（即不包含孔隙在内的固态所占的实体积）， cm^3 。

材料密度的大小取决于材料的组成及微观结构，因此相同组成及微观结构的材料其密度为一定值。

在建筑材料中，除金属、玻璃等少数材料外，都含有一些孔隙。为了测得含孔材料的密度，应把材料磨成细粉，除去孔隙，经干燥后用李氏瓶测定其实体积。材料磨得越细，所测得的体积越接近绝对体积。

(二) 体积密度

体积密度是指材料在自然状态下，单位体积的质量。按下式计算：

$$\rho_0 = \frac{m}{v_0}$$

式中 ρ_0 —— 体积密度， g/cm^3 或 kg/m^3 ；

m —— 自然状态下材料的质量， g 或 kg ；

v_0 —— 材料在自然状态下的体积 cm^3 或 m^3 。

在自然状态下，材料体积内常含有孔隙。一些孔之间相互连通，且与外界相通称为开口孔。一些孔互相独立，不与外界相通称为闭口孔，如图 1-2。一般材料在使用时，其体积为包括内部所有孔在内的体积即自然状态下的体积，如砖、混凝土、石材等。有的材料如砂、石，在拌制混凝土拌合料时，因其内部的开口孔被水所填入，因此体积内只包括材料的实体积及内部的闭口孔。为了区别这两种情况，常将包括所有孔隙在内时的密度称为体积密度。把只包括闭口孔在内时的密

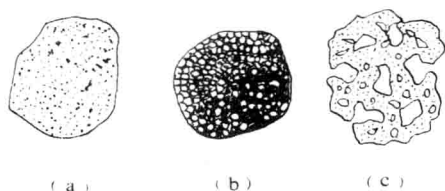


图 1-2 颗粒的气孔与孔隙的类型

(a) — 密实的颗粒；(b) — 具有封闭气孔的颗粒

(c) — 具有开口气孔和封闭气孔的颗粒

度称为视密度 (ρ')。视密度在计算砂、石在混凝土中的实际体积时有实用意义。

在自然状态下,材料内往往含有水分,其质量将随含水程度而改变,故测定体积密度时应注明其含水程度。一般指的是材料在气干状态下的体积密度,干燥材料的体积密度称为干体积密度。

材料的体积密度主要取决于材料的密度、宏观结构以及含水程度。

(三) 松散体积密度

松散体积密度是指粉状或颗粒材料在堆积状态下,单位体积的质量。按下式计算:

$$\rho_0' = \frac{m}{v_0'}$$

式中 ρ_0' ——材料的松散体积密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

v_0 ——材料的堆积体积 m^3 。

材料在堆积状态下,其堆积体积不但包括所有颗粒内的孔隙,而且还包括颗粒间的空隙。其值大小不但取决于材料颗粒的体积密度,而且还与堆积的疏密程度有关。材料的含水程度也影响材料的松散体积密度值。

在建筑工程中,进行配料计算、确定材料堆放空间及运输量、材料用量及构件自重等经常用到材料的密度、体积密度和松散体积密度的数值,见表 1-1。

表 1-1 常用材料的密度、表观密度及堆积密度

材料名称	密度 (g/cm^3)	体积密度 (g/cm^3)	松散体积密度 (g/cm^3)
钢材	7.85	—	—
松木	1.55	0.40~0.80	—
水泥	3.10	—	1000~1600
砂	2.66	2.65	1450~1650
碎石 (石灰石)	2.60~2.80	2.60	1400~1700
花岗岩	2.60~2.90	2.50~2.80	—
普通混凝土	2.60	2.10~2.60	—
普通粘土砖	2.50	1.60~1.80	—

二、材料的密实度与孔隙率

(一) 密实度

密实度是指材料体积内,被固体物质充实的程度。以 D 表示,并按下式计算:

$$D = \frac{V}{V_0} \cdot 100\% \quad \text{或} \quad D = \frac{\rho_0}{\rho} \cdot 100\%$$

(二) 孔隙率

孔隙率是指材料体积内,孔隙体积所占有的比例。以 P 表示,并按下式计算:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = (1 - \frac{\rho_0}{\rho}) \cdot 100\%$$

孔隙率与密实度从两个不同侧面来反映材料的致密程度,即 $D + P = 1$ 。

建筑材料的许多工程性质如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性、吸声性等都与材料

的致密程度有关。这些性质除取决于孔隙率的大小外,还与孔隙的构造特征密切相关。孔隙特征主要指孔隙的种类(开口孔与闭口孔)、孔径的大小及孔的分布等。实际上绝对的闭口孔是不存在的。在建筑材料中,常以在常温、常压下水能否进入孔中来区分为开口与闭口。因此,开口孔隙率(P_k)是指在常温常压下能被水所饱和的孔体积(即开口孔体积 V_k)与材料体积之比即

$$P_k = \frac{V_k}{V_o} \cdot 100\%$$

闭口孔隙率(P_B)便是总孔率 P 与开口孔隙率 P_k 之差即

$$P_B = P - P_k$$

由于孔隙率的大小及孔隙特征对材料的工程性质有不同的影响,因此常采用改变材料的密实度及孔隙特征的方法来改善材料的性能,例如对水泥混凝土加强养护提高密实度或加入引气剂,引入一定数量的闭口孔,都可以提高混凝土的抗渗及抗冻性能。

三、材料的填充率与空隙率

(一) 填充率

填充率是指粉状或颗粒状材料的堆积体积中,被固体颗粒填充的程度。以 D' 表示,用下式计算:

$$D' = \frac{V_o}{V_o'} \cdot 100\% \quad \text{或} \quad D' = \frac{\rho_o'}{\rho_o} \cdot 100\%$$

式中 V_o ——材料所有颗粒体积之总和, m^3 。

(二) 空隙率

空隙率是指粉状或颗粒状材料的堆积体积中,颗粒间空隙体积所占的比例。以 P' 表示,用下式计算:

$$P' = \frac{V_o' - V_o}{V_o'} = 1 - \frac{V_o}{V_o'} = \left(1 - \frac{\rho_o'}{\rho_o}\right) \cdot 100\%$$

填充率与空隙率是从两个不同侧面反映粉状或颗粒状材料的颗粒相互填充的疏密程度,即 $D' + P' = 1$ 。上式中 ρ_o 为材料颗粒的体积密度。当计算混凝土中粗骨料的空隙率时,由于混凝土拌合料中的水泥浆可进入石子的开口孔内,因此 ρ_o 应按石子颗粒的视密度计算。

第三节 材料的力学性质

一、材料的受力变形

材料受外力作用,其内部会产生一种用来抵抗外力作用的内力,同时还伴随着材料的变形。根据变形的特点,可将变形分为弹性变形和塑性变形。

(一) 弹性变形

材料在外力作用下产生变形,当外力取消后,能够完全恢复原来形状的性质称为弹性。这种能够完全恢复的变形称为弹性变形。

(二) 塑性变形

材料在外力作用下产生变形,当外力取消后仍保持变形后的形状和尺寸,并且不产生裂缝的性质称为塑性。这种不能恢复的变形称为塑性变形。

实际上,只有单纯的弹性或塑性的材料是不存在的。各种材料在不同的应力下,表现出不同的变形性能,如图 1-3 所示。

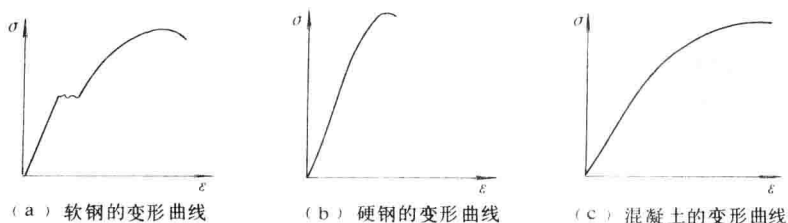


图 1-3 几种材料的变形曲线

二、强度及强度等级

(一) 材料的理论强度与实际强度

材料在外力作用下,抵抗破坏的能力称为强度。当材料受到外力、荷载、变形限制、温度等作用都可使其内部产生应力。当应力增大到一定数值时,不同的材料可出现两种情况,一种是当应力达到某一值(屈服点)后,应力不再增加就能产生较大的塑性变形,使构件失去使用功能,却并未达到极限应力值。另一种是应力未能使材料出现屈服现象就直接达到材料的极限应力值而出现断裂。这两种情况下的应力值都可称为材料的强度,前者如建筑钢材以屈服点值作为钢材的设计依据,而几乎所有的脆性材料都属于后者。

从理论上讲,材料受外力作用产生破坏的原因主要是由于拉力造成质点间结合键断裂的缘故。或者产生脆裂,或者产生晶界面的滑移。材料受压破坏,实际上也是由于压力作用引起内部产生拉应力或剪应力而造成的破坏。各种建筑材料都具有非常高的理论强度,其理论抗拉强度可用奥洛旺公式表示

$$f_m = \sqrt{\frac{E\gamma}{d}}$$

式中 f_m ——材料的理论抗拉强度,MPa;

E ——材料的纵向弹性模量,MPa;

γ ——固体材料的表面能,J/m²;

d ——原子间距,m。

材料的实际强度远低于理论强度,例如钢材的理论强度为 30000MPa,而普通碳素钢的实际强度仅有 300~700MPa。这种现象是由于实际材料的结构中都存在着许多缺陷,如晶格的位错、杂质、微裂缝及孔隙等,当材料受外力作用时,在裂缝的端部产生应力集中现象,其局部应力将大大地超过平均应力,并引起裂缝不断扩展,延伸以至连通,最后导致材料的破坏。

英国科学家葛里斯菲提出了脆性材料的断裂理论,得出了破坏应力与裂缝尺寸的关系。