

建 筑 材 料

王重生 叶跃忠 主编

重 庆 大 学 出 版 社

内 容 简 介

全书共 12 章,主要介绍了建筑材料的基本性质,建筑石材,石灰、石膏、砖、瓦、建筑陶瓷、玻璃、水泥、混凝土及砂浆、木材,沥青材料及制品,合成高分子建筑材料,建筑钢材,建筑铝材,建筑材料选用的原则及应用。在满足建筑材料使用要求的前提下精选了建筑材料试验。

本书可作为房屋建筑工程专业、土建类专业的教材,也可供从事设计、施工管理的土建类工程技术人员参考。

建 筑 材 料

王重生 叶跃忠 主编
责任编辑 曾令维 韩 洁

*

重庆大学出版社出版发行
新 华 书 店 经 销
印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:335 千
1998年3月第1版 2002年 月第 次印刷
印数:

ISBN 7-5624-1681-8/TU·57 定价:14.00元

前 言

本书是根据当前房屋建筑工程专科教材建设的迫切需要,按照国家教委《全国高等专科房屋建筑专业教学指导小组(专建小组)教学方案》规定,并根据工科高等院校房屋建筑专业三年制专科“建筑材料教学大纲”的要求编写的。

其主要编写要求是:必须贯彻“少而精”原则,重点突出“一条主线”、“两个方面”、“三大部分”。“一条主线”就是建筑材料的成分(组成)——组织(结构、构造)——性质(主要是物理性质)——选用(应有经济性比较)这条主线。这是贯穿全书各个章节的论述顺序,以加强教材自身的科学性,也是编写教材时对内容进行增删取舍的依据。“两个方面”是指教材的编写一方面要加强基本理论、基本技能和基本知识,另一方面还应包括建筑材料与其他学科的联系,相互渗透,交叉促进。“三大部分”则是教材内容由非金属材料、金属材料及建筑材料选用三个部分组成。力求教材概念准确,条理清楚,注重应用,便于教学。本教材中的符号,计量单位和术语均以现行国家新标准、新规范为准。

本书由王重生、叶跃忠主编,徐家宝教授主审。各章(包括试验与习题)编写人员为:第一、九、十、十二章王重生,第二、三、四、十一章李德隆,第五、八章徐清,第六、七章叶跃忠。

由于编写人员水平有限,经验不足,加之时间仓促,本书不妥之处及错误在所难免,恳望读者指正。

编 者

1997 .12

目 录

第一章 概论.....	1
第一节 建筑材料的发展概况及现状.....	1
第二节 材料的组成、结构与构造	2
第三节 材料的基本物理性质.....	5
第四节 材料的基本力学性质.....	9
第五节 材料的耐久性	12
习题及思考题	13
第二章 天然石材	14
第一节 石材的现状与发展	14
第二节 天然石材的组分及分类	14
第三节 天然石材的技术性质	16
第四节 建筑石材的选择及应用	19
习题及思考题	22
第三章 石灰、石膏.....	23
第一节 石灰	23
第二节 石膏	28
习题及思考题	31
第四章 砖、瓦、陶瓷及玻璃	32
第一节 砖	32
第二节 瓦	37
第三节 建筑陶瓷	39
第四节 玻璃	40
习题及思考题	42
第五章 水泥	43
第一节 硅酸盐水泥	43
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	52
第三节 高铝水泥	57
第四节 特种水泥	58
习题及思考题	63

第六章 混凝土及砂浆	64
第一节 普通混凝土的组成材料	64
第二节 普通混凝土的主要技术性质	72
第三节 混凝土的质量控制	86
第四节 普通混凝土的配合比设计	89
第五节 混凝土外加剂	96
第六节 粉煤灰混凝土	99
第七节 轻混凝土.....	102
第八节 其他品种混凝土.....	105
第九节 砂浆.....	106
习题及思考题.....	108
第七章 木材.....	110
第一节 木材的构造.....	110
第二节 木材的物理和力学性质.....	112
第三节 木材的腐朽和防腐.....	116
第四节 木材的综合利用.....	117
习题及思考题.....	117
第八章 沥青材料及制品.....	119
第一节 石油沥青和煤沥青.....	119
第二节 沥青的应用和制品.....	125
习题及思考题.....	130
第九章 合成高分子建筑材料.....	132
第一节 建筑塑料及其制品.....	132
第二节 树脂胶粘剂和嵌缝材料.....	135
第三节 涂料.....	137
习题及思考题.....	139
第十章 建筑钢材.....	140
第一节 钢的生产与分类.....	140
第二节 铁碳合金晶体组织与热处理概念.....	143
第三节 钢材的技术性能.....	147
第四节 建筑钢材技术标准和选用.....	153
第五节 钢材的腐蚀与防腐措施.....	162
习题及思考题.....	163

第十一章 建筑铝材.....	164
第一节 铝及铝合金.....	164
第二节 建筑铝材的应用.....	168
习题及思考题.....	172
第十二章 建筑材料选用原则及应用.....	173
第一节 建筑材料的使用性能及选材.....	173
第二节 建筑材料的施工性能及选材.....	176
第三节 建筑材料的经济性及选材.....	177
第四节 典型建筑选材分析.....	179
习题及思考题.....	186
试验一 普通粘土砖试验.....	187
试验二 水泥试验.....	189
试验三 混凝土用砂和石试验.....	197
试验四 普通混凝土试验.....	202
试验五 建筑砂浆试验.....	208
参考文献.....	211

第一章 概 论

第一节 建筑材料的发展概况及现状

建筑材料是用于建筑物基础、楼(地)面、墙(柱)、楼梯、屋面、门窗等各种构配件的材料。

建筑业和建筑材料的发展,依赖于生产力的水平,依赖于生产关系的形式,反映出每一个时代的文化科学特征,成为人类物质文明的重要标志之一。

人类建筑活动的历史相当久远,今天在世界各地还保存了许多精美的古代建筑或建筑遗迹,从中可以看出古代劳动人民使用建筑材料的技术成就。例如埃及的金字塔、希腊的雅典卫城、古罗马的斗兽场、欧洲各地的中世纪教堂,至今仍令人惊叹不已。在我国,1300年前高达40m的砖造河南登封嵩岳寺以及山西五台山佛光寺的唐代木结构大殿,直到现在仍保存得相当完好。更让人惊异的是1056年建造的山西应县木塔,总高67m,至今仍完好如初地巍然屹立。

无论中外,在漫长的奴隶社会和封建社会中,建筑技术和建筑材料的进步都是相当缓慢的,直至19世纪,资本主义各国先后发生工业革命,建筑领域才出现了突飞猛进的变化。19世纪后期重工业的发展,为建筑业提供了性能优越的新型建筑材料。新材料对建筑物的设计、施工及建筑形象产生了决定性的影响。

自从有了钢材和水泥这两种工业生产的新型建筑材料,各种工程和房屋建筑就超越了几千年来土、木、砖、石的限制,开始飞速地向前发展。现在,每一个重要的建筑工程都离不开这两种材料。钢材和水泥的使用标志着建筑发展史上的一个新阶段。

进入20世纪,新型建筑材料(如铝材、塑料以及各种高强轻质的复合材料)不断出现,已有材料的性能也日益改进,建筑材料的进步正不断地推动着房屋结构、施工工艺和建筑设计等方面的发展。同时,为适应建筑工业化、现代化的要求,建筑材料正日益向轻质高强、多功能的方向发展,各种新型建筑材料的涌现正酝酿着建筑技术和建筑业的变革。

人类使用和生产材料有着漫长的历史,然而成为一门学科——材料科学,则是近几十年的事。材料科学是研究材料的成分、微观结构和加工,与材料性能和应用之间相互关系的一门学科。材料科学所研究的材料包括金属、无机非金属、有机高分子材料等,当然建筑材料也属于材料科学研究的对象。但是,由于建筑材料种类繁多,成分、结构、性能和用途又是多种多样的,要从材料科学的角度、完整而系统地理解每一种建筑材料确也困难。随着科学技术的发展和现代测试技术的进步,人们必将能以材料科学的理论理解与掌握建筑材料的本质,达到高效生产,合理选用,推动建筑业的发展。

建筑材料与建筑设计、建筑结构、建筑施工及建筑经济一样,都是房屋建筑工程的组成部分,而且是极为重要的一部分,因为建筑材料是房屋建筑工程的物质基础。一个优秀的建筑师总是把建筑功能、建筑艺术与以最佳方式选用的建筑材料融合在一起。结构工程师只有在了解建筑

材料的性能后,才能根据力学计算准确地确定建筑构件的尺寸和创造出先进的结构类型。

目前,在我国房屋建筑工程中建筑材料所占的投资比例高达 60% 左右,建筑施工和安装的过程则是按设计要求把建筑材料逐步变成建筑物的过程,它涉及到建筑材料的选用、运输、储存和加工等方面。总之,从事建筑工程的技术人员和专家、学者都必须了解和掌握建筑材料知识,因为建筑、结构、材料、施工四者是密切相关的,从根本上说材料是基础,材料常可决定建筑形式和施工方法。新材料的出现将推动建筑形式的变化、结构设计的改进和施工技术的革新。理想的建筑应该是使所用的建筑材料能充分地发挥其力学效能,并合理、经济地满足建筑功能上的各种要求。

建国以来,特别是改革开放以来,我国建材工业得到了很大的发展。1996 年我国建材工业总产值达到 5 000 亿元以上,水泥产量达 6 亿吨,机制砖达 6 000 亿块,木材产量 6 000 万立方米,钢产量超 1 亿吨。同时建材产品品种明显增多,质量和配套水平显著提高,三星级宾馆所需装饰装修材料已能全部由国内生产供给,北京亚运会工程所用建筑材料的国产化率达到 95% 以上。建筑材料工业,正本着合理开发原料资源、积极开展综合利用、尽量利用工业废料,大力降低能源消耗及合理利用能源的方针,改善现有的产品结构,开发新品种,发展新型建筑材料,以满足现代化建设和城乡人民生活日益增长的需要。

建筑材料今后的发展趋势为:继续提高材料的强度和进一步减轻材料的自重;研究和生产高效能和多功能的材料,对提高材料的耐久性将给予极大的重视;构件的尺寸将日益增大,各种大型板材将广泛采用,预制化程度将进一步提高;各种类型的复合材料将会与日俱增。

《建筑材料》是房屋建筑工程专业的一门技术基础课,其任务是使学生具有建筑材料的基础知识,和在实践中合理选择与使用建筑材料的能力。

实验课是本课程的重要教学环节,其任务是进一步了解建筑材料的性能和掌握试验方法,培养科学研究能力以及严谨的科学态度。

建筑材料的品种繁多,根据材料的化学组成,可分为无机材料、有机材料以及这两类材料组成的复合材料。

无机材料

金属材料:包括黑色金属(如钢、铸铁等),有色金属(如铝、铜、镍等)。

非金属材料:砖、天然石材、石灰、水泥、混凝土、玻璃、烧土制品等。

有机材料

植物材料:木材、竹材。

沥青材料:石油沥青、煤沥青。

高分子材料:塑料、橡胶。

复合材料

金属—非金属:钢筋混凝土

无机—有机:玻璃钢

第二节 材料的组成、结构与构造

建筑材料所具有的各项性质是由材料的组成、结构与构造等内部因素决定的。为了保证

建筑物能经久耐用,就需要掌握建筑材料的性质和了解它们与材料的组成、结构、构造的关系,并合理地选用材料。

一、材料的组成

材料的组成是指材料的化学成分或矿物成分。它不仅影响着材料的化学性质,而且也是决定材料物理力学性质的重要因素。

1. 化学组成

各种建筑材料都具有一定的化学成分。材料所含的化学成分及其含量的多少既影响材料的物理力学性质,也影响材料抵抗外界侵蚀作用的化学稳定性。例如建筑钢材主要是由 Fe 元素组成的,容易生锈,如果炼钢时加入适量的 Cr 元素和 Ni 元素,就可以提高钢材的防锈能力。其他材料如受到酸、碱、盐类物质的浸蚀作用,遇到火焰时的耐燃、耐火性能等等都属于化学作用,都是与材料的化学组成有关的。

2. 矿物组成

矿物是指在地质作用下各种化学成分所形成的自然单质(如金刚石、自然金等)和化合物(如方解石、石英等),一般具有相对固定的化学成分,矿物是组成岩石和矿石的基本单元。某些建筑材料如天然石材、无机胶凝材料等,其矿物组成是决定其材料性质的主要因素。水泥所含的熟料矿物不同或其含量不同,则所表现出的水泥性质就各有差异。例如硅酸盐水泥中,熟料矿物硅酸三钙含量高的,其硬化速度就较快,强度也较高。

二、材料的结构

材料的许多物理力学性质,如强度、弹性和塑性变形等都跟材料的结构状态有着密切的关系。材料的结构可以分为晶体、非晶体和胶体三种。

1. 晶体结构

晶体结构是由质点(离子、原子或分子,其直径以 10^{-7} mm 计量)按照一定规则与周期性排列而成的微观结构。

晶体本身具有固定的几何外形,由于其各个方向的质点排列情况和数量不同,故晶体具有各向异性的性质。然而,晶体材料又是由大量排列不规则的晶粒所组成,因此又形成了各向同性的性质。石英矿物、金属等都是属于晶体结构。

按晶体晶格的几何形状不同,晶体可分为立方晶系、正方晶系、斜方晶系、六方晶系等。

按晶体的质点及结合键的特点,晶体又分为如下各类晶体。

(1)原子晶体 是由中性原子构成的晶体,其原子之间是由共价键来联系的。原子之间靠数个共同电子对来结合,具有很大的结合能,结合比较牢固,因而此种晶体的强度、硬度与熔点都是比较高的。如石英、金刚石、碳化硅等都属于原子晶体。

(2)离子晶体 是由正、负离子所构成的晶体,因为离子是带电荷的,它们之间是靠静电吸引力(即库仑引力)所形成的离子键来结合的。离子晶体一般是比较稳定的,其强度、硬度、熔点也是比较高的,但在溶液中离子晶体要离解成离子。如 NaCl、KCl、MgCl₂ 等。

(3)分子晶体 中性的分子由于电荷的非对称分布而产生的分子极化或是由于电子运动而发生的短暂极化所形成的一种结合力,即范德华力。因为此种键力较弱,故其硬度、熔点也低。一般分子晶体大部分都属于有机化合物。

(4)金属晶体 金属晶体是由金属阳离子排列成一定形式的晶格,在晶格间隙中有自由运动的电子(这些电子称为自由电子),金属键是通过自由电子的库仑引力而结合的。自由电子可使金属具有良好的导热性和导电性。在金属材料中,晶粒的形状和大小也会影响材料的性质,常采用热处理的方法使金属晶粒产生变化,以收到调节和控制金属材料机械性能(强度、韧性、硬度等)的效果。

2.非晶体

非晶体也称玻璃体或无定形体,如无机玻璃。非晶体的结合力为共价键与离子键。

熔融物冷却后可以生成晶体。如果冷却速度较快,将近凝固温度时尚具有很大的粘度,质点来不及按一定规则排列便凝固成固体状态,此时即得到非晶体结构。非晶体结构是无定形物质,其质点的排列是没有规律的,因此它没有一定的几何外形而具有各向同性的性质。非晶体没有一定的熔点,只是出现软化现象。非晶体内质点的排列虽然不规则,实际上也是由许多极微小的晶体——微晶集合而成的,微晶与微晶之间则具有无定形结构。

非晶体是化学不稳定结构,容易与其他物质起化学作用。如火山灰质、粉煤灰、粒化高炉矿渣能与石灰在有水的条件下水化反应,而被用作建筑材料或原料。

3.胶体结构

胶体结构是一种细小的固体粒子(直径 $1 \sim 100\mu\text{m}$, $1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{mm}$)分散在介质中所组成的结构。这是一种亚微观结构。

由于胶体粒子很微小,其总表面积很大,因而表面能很大,故吸附能力很强。这就是胶体具有很大粘结力的原因。

胶体脱水或质点凝聚而产生凝胶。凝胶体具有固体的性质,而在长期应力作用下却又具有粘液体流动的性质。这是由于固体微粒为很薄的吸附薄膜所包围,这种薄膜越薄,凝胶体的刚性越大;吸附膜越厚,则流动性越大。

混凝土的强度与变形等力学性能,都与水泥水化后所形成的凝胶体密切相关。天然岩石中的硅质砂岩也是由硅胶的凝胶体作用将石英砂粒胶结而成的。

三、材料的构造

材料的构造是指它的宏观的组织状态而言。例如石料中的孔隙和层理等,就是指石材的构造而言的。材料的性质除与材料的组成和结构有关外,也与材料的构造有着密切的关系。

同一种材料,构造越密实、越均匀,其强度越高。如果材料内部含有孔隙,则不但减少了有效的受力面积,而且受力时会在孔隙尖端出现应力集中现象,而使强度降低。例如混凝土的孔隙率每增加 1%,其强度就相应地降低 3%~5%。层状和纤维状构造使材料具有各向异性,如木材的物理、力学性质均随木纹方向而改变。疏松、多封闭孔隙的材料表观密度较小,强度较低,不容易导热;开口连通的孔隙容易吸水,使浸蚀性介质浸入材料内部,故而耐冻性和耐久性都较差。

建筑材料的构造状态常常决定其使用性能。人们常常根据对使用性能的不同要求,做成不同构造状态的材料。例如泡沫塑料和加气混凝土是很好的隔热保温材料,而要求承重的混凝土结构物或高强度混凝土则要求均匀密实。玻璃纤维与塑料复合制成的增强塑料可以大大提高材料的抗拉强度。

综上所述,了解材料的组成、结构、构造与材料性质的关系是很重要的,这对于掌握材料性

质,合理选用材料,或者进一步改善或提高材料的性能,都是必要的。

第三节 材料的基本物理性质

一、材料的密度、表观密度与堆积密度

1. 密度 ρ

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:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

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, cm^3

绝对密实状态下的体积是指宏观上不包括孔隙在内的体积。除了钢材、玻璃等少数材料外,绝大多数材料都有一些孔隙。在测定有孔隙材料的密度时,应把材料磨成细粉,干燥后,用李氏瓶测定其实体积。材料磨得越细,测得的密度数值就越精确。砖、石材等块状材料的密度即用此法测得。

2. 表观密度 ρ

表观密度是指材料在自然状态下,单位体积的质量。按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 ρ ——表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积,或称表观体积, cm^3 或 m^3 。

材料的表观体积是指包含内部孔隙的体积。当材料孔隙内含有水分时,其重量和体积均有所变化,故测定表观密度时,须注明其含水情况。一般是指材料在气干状态(长时间在空气中干燥)下的表观密度。在烘干状态下的表观密度,称为干表观密度。

3. 堆积密度 ρ'

堆积密度是指粉状或粒状材料在堆积状态下,单位体积的质量。按下式计算:

$$\rho' = \frac{m}{V_0'} \quad (1-3)$$

式中 ρ' ——堆积密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V_0' ——材料的堆积体积, m^3 。

测定散粒材料的堆积密度时,材料的质量是指填充在一定容器内的材料质量,其堆积体积是指所用容器的容积而言。因此,材料的堆积体积包含了颗粒之间的空隙。

在建筑工程中,计算材料用量、构件本身的质量、配料计算以及确定堆放空间时经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等数据。常用建筑材料的这方面数据见表 1-1。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度及堆积密度

材 料 名 称	密度 $\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$	表观密度 $\rho_0(\text{kg}/\text{m}^3)$	堆积密度 $\rho'(\text{kg}/\text{m}^3)$
石 灰 岩	2.60	1 800 ~ 2 600	—
花 岗 岩	2.80	2 500 ~ 2 900	—
碎石(石灰岩)	2.60	—	1 400 ~ 1 700
砂	2.60	—	1 450 ~ 1 650
粘 土	2.60	—	1 600 ~ 1 800
普通粘土砖	2.50	1 600 ~ 1 800	—
粘土空心砖	2.50	1 000 ~ 1 400	—
水 泥	3.10	—	1 200 ~ 1 300
普通混凝土	—	2 100 ~ 2 600	—
轻集料混凝土	—	800 ~ 1 900	—
木 材	1.55	400 ~ 800	—
钢 材	7.85	7 850	—
泡 沫 塑 料	—	20 ~ 50	—

二、材料的密实度与孔隙率

1. 密实度 D

密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度。按下式计算：

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\%$$

或

$$D = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-4)$$

2. 孔隙率 P

孔隙率是指材料体积内,孔隙体积所占的比例。用下式表示：

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\%$$

或

$$P = \left[1 - \frac{V}{V_0} \right] \times 100\%$$

$$P = \left[1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right] \times 100\% \quad (1-5)$$

即

$$\text{密实度 } D + \text{孔隙率 } P = 1$$

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。材料内部孔隙的构造,可分为连通的与封闭的两种。连通孔隙不仅彼此贯通且与外界相通,而封闭孔隙则不仅彼此不连通且与外界相隔绝。孔隙按尺寸大小又分为极细微孔隙(级)、细小孔隙(μm 级)和较粗大孔隙(mm 级)。孔隙的大小及其分布对材料的性能影响较大。

三、材料的填充率与空隙率

1. 填充率 D'

填充率是指散粒材料在某堆积体积中,被其颗粒填充的程度。按下式计算:

$$D' = \frac{V_0}{V_0'} \times 100\%$$

或

$$D' = \frac{\rho'}{\rho} \times 100\% \quad (1-6)$$

2. 空隙率 P'

空隙率是指散粒材料在某堆积体积中,颗粒之间的空隙体积所占的比例。用下式表示:

$$P' = \frac{V_0' - V_0}{V_0'} \times 100\% = \left[1 - \frac{V_0}{V_0'} \right] \times 100\%$$

或

$$P' = \left[1 - \frac{\rho'}{\rho} \right] \times 100\% \quad (1-7)$$

即

$$\text{填充率 } D' + \text{空隙率 } P' = 1$$

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒互相填充的致密程度。空隙率可作为控制混凝土骨料级配与计算含砂率的依据。

四、材料的亲水性和憎水性

建筑物常与水或是大气中的水汽接触。然而水分与不同固体材料表面之间相互作用的情况是不同的。在材料、水和空气的交点处,沿水滴表面的切线与水和固体接触面所形成的夹角(润湿边角) θ 愈小,浸润性愈好;如果润湿边角 θ 为零,则表示该材料完全被水所浸润;居于中间的数值表示不同程度的浸润。一般认为,当润湿边角 $\theta \leq 90^\circ$ 时,如图 1-1(a)所示,水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子间的相互吸引力,此种材料称为亲水性材料;当 $\theta > 90^\circ$ 时,如图 1-1(b)所示,水分子之间的内聚力大于水分子与材料分子间的吸引力,则材料表面不会被水浸润,此种材料称为憎水性材料。这一概念也可应用到其他液体对固体材料的浸润情况,相应地称为亲液性材料或憎液性材料。

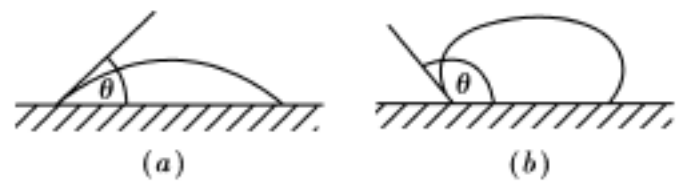


图 1-1 材料润湿边角

(a)亲水性材料 (b)憎水性材料

五、材料的吸水性和吸湿性

1. 吸水性

材料能够吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的由吸水率表示,由下式计算:

$$W = \frac{m_h - m}{m} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 W ——材料吸水率, %;

m ——材料在干燥状态下的质量, g;

m_h ——材料在吸水饱和状态下的质量, g。

多数情况是按质量计算吸水率,但也有按吸入水的体积占材料自然状态下体积的百分率

来计算吸水率的。即

$$W_0 = \frac{m - m_0}{V_0} \times \frac{1}{\rho_{H_2O}} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中 W_0 ——材料体积吸水率, %;

m ——材料在干燥状态下的质量, g;

m_0 ——材料吸水饱和状态下的质量, g;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, cm^3 ;

ρ_{H_2O} ——水的密度 $\approx 1, \text{g/cm}^3$ 。

质量吸水率与体积吸水率存在如下关系:

$$W_0 = W \cdot \rho \quad (1-10)$$

式中 W ——材料质量吸水率, %;

W_0 ——材料体积吸水率, %;

ρ ——材料的表观密度。

如果材料具有细微而连通的孔隙,则其吸水率较大;若是封闭孔隙水分就不容易渗入,粗大的孔隙水分虽然容易渗入,但仅能润湿孔壁表面而不易在孔内存留。所以,封闭或粗大孔隙材料,其吸水率是较低的。

各种材料的吸水率相差很大。如花岗岩等致密岩石的吸水率仅为 0.5% ~ 0.7%,普通混凝土为 2% ~ 3%,粘土砖为 8% ~ 20%,而木材或其他的轻质材料的吸水率则有时可大于 100% (往往需要用材料体积吸水率 W_0 表示)。

2. 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。材料不仅在水中能吸收水分,在空气中也能吸收空气中的水气,并且随着空气湿度大小而变化,也就是水分可以被吸收,又可以向外界扩散,最后与空气湿度达到平衡。

材料孔隙中含有一部分水时,则这部分水重占材料干重的百分数叫做材料的含水率。如果是与空气湿度达到平衡时的含水率则称为平衡含水率。木材的吸湿性特别明显,它能大量吸收水气而增加重量,降低强度,增大尺寸。木门窗在潮湿环境往往不易开关,就是由于吸湿变形所引起的。保温材料如果吸收水分之后,将很大程度地降低其隔热性能,所以要特别注意采取有效的防护措施。

六、材料的耐水性

材料长期在饱和水作用下而不破坏,其强度也不显著降低的性质称为耐水性。一般材料随着含水量的增加,会减弱其内部结合力,强度都有不同程度的降低,即使致密的石材也不能完全避免这种影响。如花岗岩长期浸泡在水中,强度将下降 3%,普通粘土砖和木材所受影响更为显著。材料(玻璃除外)的耐水性用软化系数表示。

$$\text{软化系数} = \frac{\text{材料在吸水饱和状态下的抗压强度}}{\text{材料在干燥状态下的抗压强度}}$$

软化系数的范围波动在 0 至 1 之间。软化系数的大小,有时成为选择材料的重要依据。受水浸泡或处于潮湿环境的重要建筑物,则必须选用软化系数不低于 0.85 的材料建造,通常软化系数大于 0.85 的材料,可以认为是耐水的。

七、材料的抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性(不透水性)。材料的抗渗性用渗透系数 K 表示。

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-11)$$

式中 K ——渗透系数, cm/h ;

Q ——透水量, cm^3 ;

d ——试件厚度, cm ;

A ——透水面积, cm^2 ;

t ——时间, h ;

H ——静水压力水头, cm 。

渗透系数愈小的材料表示其抗渗性愈好。抗渗性也可用抗渗标号来表示。

$$S = 10H - 1 \quad (1-12)$$

式中 S ——抗渗标号;

H ——试件开始渗水时的水压力, MPa 。

材料抗渗性的好坏,与材料的孔隙率和孔隙特征有密切关系。孔隙率很低而且是封闭孔隙的材料就具有较高的抗渗性能。对于地下建筑及水工构筑物,因常受到压力水的作用,所以要求材料具有一定的抗渗性。对于防水材料,则要求具有更高的抗渗性。材料抵抗其他液体渗透的性质,也属于抗渗性。如储油罐则要求材料具有良好的不渗油性。

第四节 材料的基本力学性质

一、材料的理论强度

固体材料的强度多取决于结构质点(原子、离子、分子)之间的相互作用力。以共价键或离子键结合的晶体,其结合力比较强,材料的弹性模量值也较高;而以分子键结合的晶体,其结合力较弱,弹性模量值也较低。

材料受外力(荷载)作用而产生破坏的原因,主要是由于拉力造成结合键的断裂,或是由于剪力造成质点间的滑移而破坏。材料受压力破坏,实际上也是由压力引起内部产生拉应力或剪应力而造成了破坏。

材料的理论抗拉强度可用下式表示:

$$R_m = \sqrt{\frac{E \cdot \gamma}{d}} \quad (1-13)$$

式中 R_m ——理论抗拉强度, N/m^2 ;

E ——纵向弹性模量;

γ ——单位表面能, J/m^2 ;

d ——原子间的距离。(平均 $2 \times 10^{-8} \text{cm}$)。

材料的理论强度远远大于材料的实际强度。这是由于材料实际结构中,存在着许多缺陷,如

晶格的错位、杂质、孔隙、微裂缝等。当材料受外力作用时,在裂缝端部产生应力集中,其局部应力将大大超过平均应力,引起了裂缝不断扩展、延伸以至互相连通起来,最后导致材料的破坏。

二、材料的强度、比强度

1 .强度

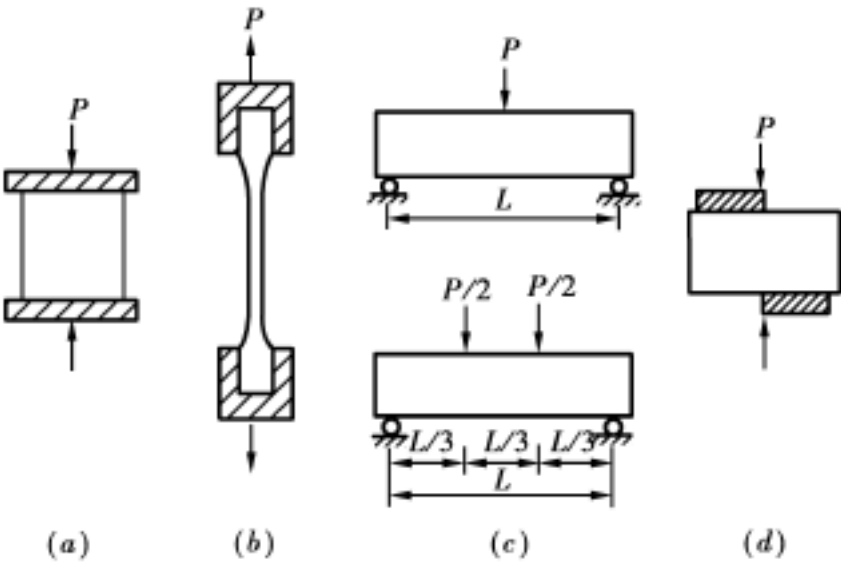


图 1-2 材料受力示意图
(a)压力 (b)拉力 (c)弯曲 (d)剪切

这里所讲的是材料的实际强度。材料在外力(荷载)作用下抵抗破坏的能力称为强度。当材料承受外力作用时,内部就产生应力,外力逐渐增加,应力也相应地加大,直到质点间作用力不再能够承受时,材料即破坏。此时极限应力就是材料的强度。

根据外力作用方式的不同,材料强度有抗压强度、抗拉强度、抗弯强度及抗剪强度等。如图 1-2 所示。

材料的抗压、抗拉及抗剪强度的计算公式如下:

$$R = \frac{P}{F} \tag{1-14}$$

式中 R ——材料强度,MPa;
 P ——破坏时最大荷载,N;
 F ——受力截面面积,mm²。

材料的抗弯强度与受力情况有关,一般试验方法是 将条形试件放在两支点上,中间作用一集中荷载,对矩形截面试件,则其抗弯强度用下式计算:

$$R_{\text{弯}} = \frac{3PL}{2bh^2} \tag{1-15}$$

也有时在跨度的三分点上作用两个相等的集中荷载,其抗弯强度要用下式计算:

$$R_{\text{弯}} = \frac{PL}{bh^2} \tag{1-16}$$

式中 $R_{\text{弯}}$ ——抗弯强度,MPa;
 P ——弯曲破坏时最大荷载,N;
 L ——两支点的间距,mm;
 b 、 h ——试件横截面的宽及高,mm。

不同种类的材料具有不同的抵抗外力的特点。相同种类的材料随着其孔隙率及构造特征的不同,使材料的强度也有较大的差异。一般孔隙率越大的材料强度越低,其强度与孔隙率具有近似直线的比例关系。如图 1-3 所示。

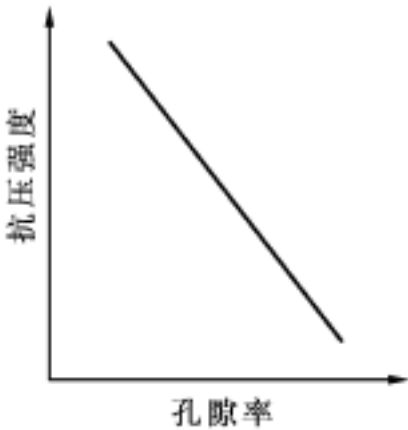


图 1-3 材料强度与孔隙率的关系

砖、石材、混凝土和铸铁等材料的抗压强度较高,而其抗拉及抗弯强度很低。木材顺纹抗

拉强度高于抗压强度。钢材的抗拉、抗压强度都很高。因此,砖、石材、混凝土等多用在房屋的墙和基础等受压为主的构件或部位,钢材则适用于承受各种外力的构件。

2 .比强度

为了对不同的材料强度进行比较,可以采用比强度。比强度是按单位质量计算的材料强度,其值等于材料的强度对其表观密度之比。它是衡量材料轻质高强的一个主要指标。以钢材、木材和混凝土的抗压强度来作比较,可求得三者的比强度,如表 1 -2 所示。

表 1 -2 钢材、木材和混凝土的强度

材 料	表观密度(kg/ m ³)	抗压强度(MPa)	比强度(m ³ · MPa/ kg)
低 碳 钢	7 860	415	0 .053
松 木	500	34 .3(顺纹)	0 .069
普通混凝土	2400	29 .4	0 .012

由表 1-2 数据可见,从比强度来看,钢材比混凝土强,而松木又比钢材强。就三者比较而言,混凝土是质量大而强度低的材料。

大部分建筑材料是根据其强度的大小,将材料划分为不同的等级(标号)。将建筑材料按强度划分为若干标号,对掌握材料性质,合理选用材料,正确进行设计和控制工程质量都是非常重要的。

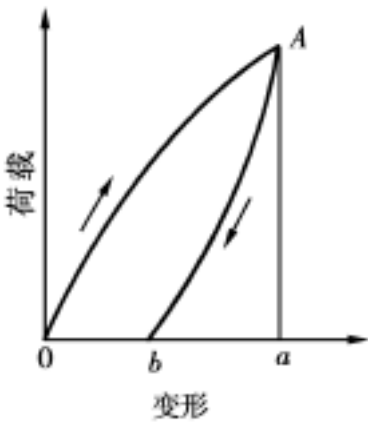


图 1 -4 弹塑性材料的变形曲线

三、弹性和塑性

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。这种完全恢复的变形称为弹性变形(或瞬间变形)。

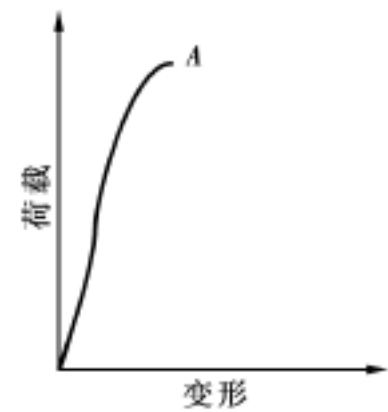


图 1-5 脆性材料的变形曲线

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(或永久变形)。

实际上单纯的弹性材料是没有的。有的材料在受力不大的情况下,表现为弹性变形,但受力超过一定限度后,则表现为塑性变形。建筑钢材就是这样。有的材料在受力后,弹性变形及塑性变形同时产生(图 1-4)。如果取消外力,则弹性变形 ba 可以恢复,而其塑性变形 Ob 则不能恢复。混凝土材料受力后的变形就属于这种类型。

四、脆性和韧性

当外力达到一定限度后,材料突然破坏,而破坏时并无明显的塑性变形,材料的这种性质称为脆性。脆性材料的变形曲线如图 1 -5所示。

脆性的特点是材料在外力作用下,达到破坏荷载时的变形值是很小的。脆性材料的抗拉