

绪 论

建筑材料是指各类建筑工程中所应用的物质。在“建筑材料”这个概念中，“各类建筑工程中所应用的”就是建筑材料的所属范围；“所应用的”可以理解为准备应用、正在应用或已经应用三个方面，并要特指在“建筑工程上”。如河砂，如果不准备应用，它可能长年存在于河床中，随着地壳的运动，可能形成岩石，不能称为建筑材料。如果开采，并且用于或准备用于建筑工程上，则称为建筑材料。建筑材料的特有属性是“物质”。范围和属性的结合，便明确了建筑材料的概念。

建筑材料与水利水电工程技术的关系十分密切，它是水利水电工程建设的物质基础。在水利水电工程总造价中，材料费用占很大的比重。建筑材料的性能、质量、品种和规格，直接影响着土建工程的结构型式和施工方法，各种建筑物和构筑物的质量和造价在很大程度上取决于正确地选择和合理地使用建筑材料。新结构型式的出现也往往是新建筑材料产生的结果。因此，建筑材料的科学研究及其生产工艺的迅速发展，对于我国水利水电事业的发展，具有十分重要的意义。

在水利水电建筑工程中，建筑材料主要用于兴建各类挡水建筑物（混凝土坝、浆砌石坝、拱坝、土石坝、河堤、水闸等）、泄水建筑物（溢流坝、溢洪道、泄洪隧洞、水闸等）、输水建筑物（渠道、涵管、隧洞、渡槽等）、整治建筑物（丁坝、顺坝、护岸等）、专门建筑物（水电站厂房、船闸、鱼道、筏道等）以及施工过程中的临时工程（围堰、脚手架、板桩、模板等）、保护主体结构的装饰工程（涂料、饰面砖、饰面板、彩色砂浆等）。水利水电工程建筑物经常受到水的压力，水流的冲磨、侵蚀、冻融和干湿交替的破坏作用。要使建筑物坚固、耐久、适用，建筑材料的质量、品种和规格必须满足工程质量的要求。

在我国历史上，劳动人民在建筑材料的生产和使用方面，有光辉的范例：2 000多年前用黏土、砖、石等修建的举世闻名的万里长城和用黏土、石材、木材和竹材等修建的都江堰；1 300年前修建的山西五台山木结构佛光寺大殿；900年前修建的高达 67 m 的山西应县佛宫寺木塔和福建泉州的洛阳石桥。这些反映我国建筑构造方面辉煌成果的事例，有力证明了我国历史上在建筑材料的生产、合理使用及科学处理方面所取得的伟大成就。

自从有了钢铁和水泥及水泥制品这两种工业生产的新型建筑材料，水利水电工程建筑就越出了几千年来土、木、砖、石的限制，开始大踏步地向前发展。现在每一项重要的水利水电工程都离不开这两种材料，钢铁和水泥及水泥制品的使用，标志着水利水电工程建筑的发展进入了一个新阶段。

为适应建筑工业化、现代化的需要，新型建筑材料正日益发展。新材料的出现，还会影响和促进建筑施工技术的革新和施工工艺的改进。如土工织物的应用，就改变了土坝和土渠防渗体的施工技术；塑料拔管的应用，就改变了坝体降温的施工工艺。

为了适应水利现代建设的需要，提高工程质量和降低工程造价，水利水电建筑工程中建筑材料的发展趋势是：

(1)研制和生产高强材料,以减小承重结构构件的截面,降低结构的自重。

(2)发展适应于机械化施工的材料和制品,进一步提高施工机械化程度和加快施工进度。

(3)大搞综合利用,充分利用工农业的各种废弃物生产建筑材料,变废为宝,化害为利,节约能源、改善环境、造福人民。

建筑材料通常分为无机材料、有机材料和复合材料三大类。无机材料分为金属材料与非金属材料;有机材料分为植物质材料、高分子材料和沥青材料。建筑材料的分类见表0-1。

表 0-1 建筑材料分类

建 筑 材 料	无 机 材 料	金属材料	黑色金属:铁、碳钢、合金钢 有色金属:铝、锌、铜等及其合金
		非金属材料	天然石材(包括砂、石) 烧土制品(包括砖、饰面砖、板) 水泥、石灰、石膏 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	塑料、塑料合金、树脂 涂料 黏结剂
		沥青材料	石油沥青及煤沥青 沥青制品
	复 合 材 料	无机非金属材料与有机材料复合	聚合物混凝土 沥青混凝土 玻璃纤维增强混凝土

本教材按水利水电工程建筑中常用的材料分为砌块与石材,无机胶凝材料,混凝土,砂浆,沥青及其防水制品,合成树脂及其制品,金属材料,木材,建筑装饰材料。

建筑材料是水利水电工程技术专业的一门技术课,对学员在工程材料识别、使用、质量检验诸方面进行基本技能的严格训练和基本能力的培养,学习从事水利水电工程相应技术工作所要掌握的理论和技能知识,为今后从事专业技术工作时合理选择和使用建筑材料打下基础。建筑材料课程与学习钢筋混凝土结构、水工建筑物、水利工程施工、工程概预算等课程密切相关,其教学的基本要求如下:

在材料的基本性质一章中,根据教学的要求,应着重阐明材料的密度、表观密度和堆积密度,以便于掌握材料配合比的计算。材料的孔隙率与材料的体积、强度、耐久性方面的关系是学生必须掌握的基本知识。材料受温度影响变形的性质、有机材料易产生分解和老化的现象以及材料强度的概念可以作为该章的基本教学内容。

在无机胶凝材料一章中,只需介绍石灰、石膏和水泥三种材料。要让学生掌握石灰的化学转化性(碳酸钙转为氢氧化钙后在空气和水作用下转化成碳酸钙)保水性(石灰微小

颗粒表面水膜不易失去),由于保水性则存在失水收缩的特性,而失水收缩将导致失去黏结或出现开裂现象,由于保水性使得施工方便(具有可塑性)。在介绍石灰时,还应讲述消除过火石灰的陈伏和欠火石灰的过滤方法。石膏的很多性质类似石灰,但要说明其和石灰存在的重要差别。

在水泥一节中,水泥的生产过程可以略讲,但要说明水泥的化学成分和矿物组成。水化过程可以省略,但要说明水化产物。可以在硅酸盐水泥的基础上介绍如何搭配生料形成五大品种水泥和其他各种特性及有色水泥。应着重阐述如何鉴定水泥的品质,如水泥的细度(太细失去水化,太粗水化不完全)、标准稠度用水量(为什么要用该指标)、水泥的凝结时间(时间长短和施工的关系)、水泥体积安定性(出现体积不安定的原因,如何处理不安定的水泥)、水泥强度检定和评定强度等级的方法,还应补充通过触摸、观察来大致评定水泥品质的方法。要着重讲述怎样选用水泥品种和强度等级(学生在施工过程中要会使用 and 正确选用水泥)。最后应讲述防止水泥石受侵蚀的措施。

在混凝土一章中,应讲述混凝土骨料的颗粒强度或硬度,细骨料含水时宏观体积的变化,骨料最佳级配以及细骨料粗细程度的评定和选择,混凝土中最大粒径选择方法;混凝土所处部位不同时选用最佳水泥品种的方法,根据构件强度的不同要求选用水泥强度等级的方法。混凝土配合比设计中,应介绍质量法、体积法、表格法,还需补充怎样确定 α_a 、 α_b 系数,如何选用最佳砂率、最小水泥用量。如何正确选用和使用混凝土外加剂也应作为重点介绍。其他混凝土作为拓展知识进行介绍。

在砌块与石材一章中,应介绍石材的品种和应用,介绍新型材料砌块的性能和选用方法。在砂浆一章中,可以介绍石灰砂浆、水泥砂浆、混合砂浆、装饰砂浆的功能和使用方法,其配合比只举水泥砂浆为例即可,其他砂浆可采用列表形式给出配合比。在沥青及其防水制品一章中,应以沥青为主,介绍其性能要求,石油沥青与煤沥青的区别及选用,沥青制品性能和使用方法,还可以介绍一些新型防水材料。在合成树脂及其制品一章中,应以环氧树脂为主,介绍其配制方法和组成材料的各自性能,还应介绍聚合物浸渍混凝土和化学灌浆材料应用方法。在金属材料一章中,应介绍钢筋、钢板、型钢的规格、选用及注意事项,介绍铝材和铝合金材料的规格及选用。在木材一章中,应介绍木材含水量与体积、强度的关系,要介绍如何识别树的种类,以及通过观察识别木材品种的方法,还应介绍防止木材腐朽的措施。在建筑装饰材料一章中,应介绍面砖、陶瓷锦砖、玻璃马赛克、琉璃的特点、规格和选用注意事项,介绍建筑涂料的组成、分类和应用,介绍石渣类装饰材料的配比与配制方法。在材料技术指标检验一章中,应着重介绍各种所学材料的检验方法,所用仪器的性能及其使用方法,试验报告的填写要求。

本课程应以第四章的混凝土为主线,以线带面来学习本书所列各类材料。混凝土中骨料的部分性质在第二章砌块与石材中有所阐述;混凝土中的胶凝材料即为第三章的水泥;混凝土中去掉粗骨料即为第五章的砂浆;混凝土大坝的永久缝中嵌填的止水材料常用的是第六章的沥青及其制品;混凝土构件受到各种因素的干扰而造成损坏,以第七章合成树脂及其制品修补混凝土是水利工程管理中常用的手段;在混凝土内设置钢筋即为广泛使用的钢筋混凝土,混凝土施工需要采用钢板或木板立模,这就和第八章的金属材料与第九章的木材内容有关;第十章的装饰材料是为了保护和美化混凝土主体构件而设;而第

十一章则是对所学材料的性能进行检验,以确保建筑材料的质量满足工程的安全要求。

学习每类材料时,应着重掌握典型品种的性能,其他品种的性能可与典型品种材料的性能进行分析对比,从其共性中掌握其不同的个性。建筑材料种类繁多,需要研究的内容范围很广,涉及原料、生产、材料组成与结构、性质、应用、检验、运输、验收和储藏等各个方面。从本课程的目的及任务出发,主要着重于材料的性质、试验和应用。对这三个方面的内容提出如下基本要求:

(1)在材料性质方面。了解建筑材料及其制品在建筑物中的作用及应具备的性能;了解材料组成及结构对材料性质的影响,外界因素对材料性质的影响,各主要性质间的相互关系。

(2)在材料试验方面。了解建筑材料常用的试验仪器;熟悉常用建筑材料试验规程;初步学会常用建筑材料的试验方法以及质量鉴定方法。

(3)在材料应用方面。根据工程要求能够合理地选用材料;熟悉有关的国家标准及技术规范,了解材料的运输、保存要点,学会混凝土配制方法。

复习思考题

- 0-1 建筑材料在水利水电建筑工程中的重要性表现在哪些方面?
- 0-2 建筑材料在水利水电建筑工程中的主要用途是什么?
- 0-3 建筑材料如何分类?每类各包括哪些主要材料?
- 0-4 “建筑材料”课程研究的主要内容是什么?
- 0-5 “建筑材料”课程学习的主要要求是什么?

第一章 材料的基本性质

建筑材料在建筑物中,要承受各种外力及所处环境中的物理、化学、生物等因素的作用。这些作用相互关联、互相影响,增加了对建筑物的破坏程度。为了使建筑物在抵抗这些作用时不受破坏并经久耐用,就必须深入了解和研究建筑材料的各种技术性质及其互相之间的关系,在应用中,能合理、经济地选择材料和使用材料。本章仅就建筑材料共有的基本性质进行讲解,至于各类材料的特殊性质,将分别在有关章节进行叙述。

对于应用在水工建筑物中的材料,因其工作条件的特点是经常受水的作用,如水的压力、水的冲刷、水的渗透、水的侵蚀以及干湿、冻融循环作用等,所以应着重考虑材料在这些方面的性质和要求。

第一节 材料的物理性质

一、与构造状态有关的性质

(一)密度

材料的密度是指材料在绝对密实状态下的单位体积质量。可按下式计算

$$\rho_d = \frac{m}{V_d} \quad (1-1)$$

式中 ρ_d ——材料的密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;
 m ——材料在干燥状态下的质量, g 或 kg ;
 V_d ——材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

材料在绝对密实状态下的体积是指材料内固体物质的实体积,不包括内部孔隙。

绝对密实的建筑材料很少,除极少数的材料,如金属、玻璃、单体矿物外,其他大部分建筑材料都含有孔隙。为了测得有孔隙材料的准确密度,应把被测材料磨得很细,除去孔隙。磨得愈细,所测得的体积愈接近绝对体积。

(二)表观密度

材料的表观密度是指材料在自然状态下(包含内部孔隙)的单位体积质量。可按下式计算

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

式中 ρ ——材料的表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;
 m ——材料的质量, g 或 kg ;
 V ——材料在自然状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

在材料内部的孔隙中,与外界相连通的称为开口孔隙;与外界隔绝的称为闭口孔隙

(图 1-1)。

当材料孔隙内含有水分时,其质量和体积均会发生变化,会影响到材料的表观密度值,所以,对所测材料的表观密度应注明其含水状态。通常表观密度是指材料在干燥状态下的表观密度。

(三)堆积密度

材料的堆积密度是指散粒状材料(颗粒、小块、纤维状)在自然堆积状态下的单位体积质量。可按下式计算

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-3)$$

式中 ρ_0 ——材料的堆积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;
 m ——材料的质量, g 或 kg ;
 V_0 ——材料在堆积状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

材料在堆积状态下的体积不但包括颗粒内部的孔隙,而且还包括材料颗粒间的空隙(图 1-2)。同表观密度一样,通常堆积密度也是对干燥材料而言的。不同含水状态下测得的堆积密度也应注明含水情况。

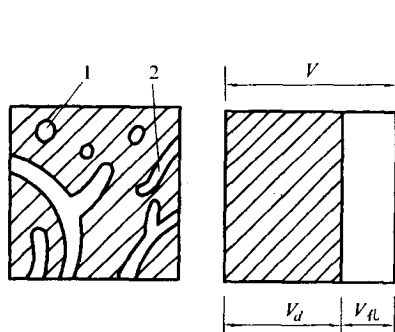


图 1-1 含孔隙材料体积组成示意图

1—闭口孔隙;2—开口孔隙

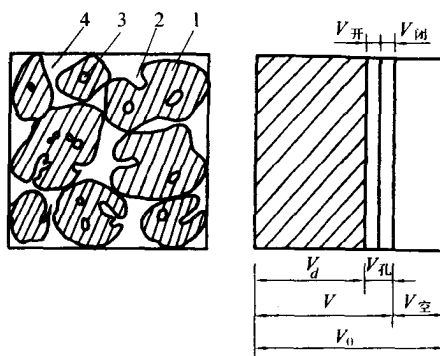


图 1-2 散粒材料体积组成示意图

1—固体物质;2—开口孔隙;3—闭口孔隙;4—颗粒间空隙

密度、表观密度、堆积密度是材料的主要物理性质,常用来计算材料的密实度、孔隙率,计算材料用量、自重、运输量及堆积空间等。

几种常用材料的密度、表观密度、堆积密度见表 1-1。

(四)密实度与孔隙率

(1)密实度。密实度是指材料体积内固体物质所占的比例,即材料的固体体积与总体积之比。可按下式计算

$$D = \frac{V_d}{V} \quad (1-4)$$

将 $\rho_d = m/V_d$ 及 $\rho = m/V$ 代入上式,得

$$D = \frac{\rho}{\rho_d} \quad (1-5)$$

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)	表观密度(g/cm ³)	堆积密度(kg/m ³)
松 木	1.55	0.40 ~ 0.80	
钢 材	7.85		
水 泥	2.80 ~ 3.20		900 ~ 1 300
花 岗 岩	2.60 ~ 2.90	2.50 ~ 2.80	
砂	2.66	2.65	1 450 ~ 1 650
普通混凝土	2.60	1.95 ~ 2.50	
普通黏土砖	2.50 ~ 2.80	1.60 ~ 1.90	
石灰石(碎石)	2.60 ~ 2.80	2.60	1 400 ~ 1 700

式中 D ——材料的密实度(%)；

其他符号意义同前。

密实度反映了固体材料的密实程度。在自然状态下，除绝对密实的材料外，固体材料的密实度均小于 1。

(2) 孔隙率。材料的孔隙率是指材料体积内孔隙所占的比例，即孔隙体积与总体积之比。按下式计算

$$P = \frac{V - V_d}{V} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_d}{V}\right) \times 100\% \quad (1-6)$$

若将 $D = V_d/V$ 代入上式，得

$$P = 1 - D \quad (1-7)$$

式中 P ——材料的孔隙率(%)；

其他符号意义同前。

【例 1-1】一普通黏土砖密度为 2.50 g/cm³，表观密度为 1 850 kg/m³，求其密实度和孔隙率。

解：①密实度 $D = \rho/\rho_d = (1\ 850/2\ 500) \times 100\% = 74\%$

②孔隙率 $P = 1 - D = 1 - 74\% = 26\%$

由此可见，材料的孔隙率与密实度是从两个不同侧面反映了材料的同一个性质，即材料的致密程度。

(五)空隙率

空隙率是指散粒状材料在自然堆积状态下，颗粒间的空隙体积占堆积体积的比例。

按下式计算

$$P_0 = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% \quad (1-8)$$

若将 $\rho = m/V$ 及 $\rho_0 = m/V_0$ 代入上式，得

$$P_0 = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-9)$$

式中 P_0 ——材料的空隙率(%)；
其他符号意义同前。

二、与水有关的性质

(一)亲水性与憎水性

建筑物常与水或与大气中的水汽接触。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、空气的交点处，沿水滴表面的切线和固体接触面所成的夹角(θ)称为润湿角。润湿角越小，材料愈易被水润湿，若润湿角 θ 为零，则表示该材料能完全被水所浸润。

亲水性是指材料易被水润湿的能力，其润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 。具有这种性质的材料为亲水材料，见图 1-3(a)，如砂、石、混凝土、木材等。憎水性是指材料不易被水润湿的能力，其润湿角 $\theta > 90^\circ$ 。具备这种性质的材料为憎水材料，见图 1-3(b)，如沥青、油漆等。

(二)吸水性与吸湿性

吸水性是指材料在水中吸收水分的能力。吸水性的可用吸水率表示。吸水率有质量吸水率和体积吸水率之分。

(1)质量吸水率。质量吸水率是材料所吸收水分的质量占材料干燥质量的比，可用下式计算

$$W_m = \frac{m_h - m}{m} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率(%)；
 m_h ——材料含水时的质量，g 或 kg；
 m ——材料干燥状态的质量，g 或 kg。

(2)体积吸水率。体积吸水率是指材料体积内被水充实的程度，即材料吸收水分的体积占干燥材料自然体积的比例，可用下式计算

$$W_v = \frac{m_h - m}{V \cdot \rho_w} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中 W_v ——材料的体积吸水率(%)；
 V ——干燥材料在自然状态下的体积， cm^3 或 m^3 ；
 ρ_w ——水的密度， g/cm^3 或 kg/m^3 。

材料吸水率大小与材料的性质、孔隙率和孔隙特征有关。一般说来，孔隙率较大和具有开口细小的孔隙的材料，其吸水率较大。由于封闭的孔隙水分不易渗入，粗大的孔隙水分又不易存留，所以，密实材料及具有闭口孔隙的材料是不易吸水的；具有粗大孔隙的材料吸水率常会较小。材料的吸水性将影响材料的干湿变形、抗渗性、强度、保温隔热性等。

对于某些轻质材料，如加气混凝土、软木等，由于具有很多开口微小的孔隙，所以它的

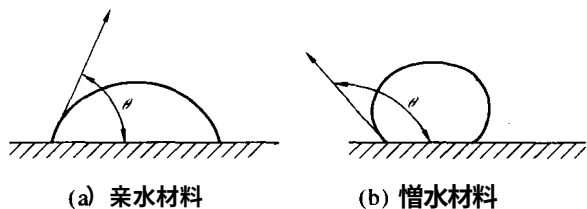


图 1-3 材料的润湿

质量吸水率往往超过 100%，即湿质量为干质量的几倍，在这种情况下，最好用体积吸水率表示其吸水性。

吸湿性是指材料在空气中吸收水分的能力，其大小用含水率表示。可按下式计算

$$W_h = \frac{m_h - m}{m} \times 100\%$$

式中 W_h ——材料的含水率(%)；

m_h ——材料含水时的质量，g 或 kg；

m ——材料干燥状态的质量，g 或 kg。

材料的含水率大小，主要与材料本身的成分、组织构造等因素有关，另外还与周围环境的温度、湿度有关。表面多孔的亲水材料具有较强的吸湿性。在自然环境中，材料会随着空气湿度的变化，既能在空气中吸收水分，又可向外界散失水分，最后与空气湿度达到平衡，此时其含水率不再改变，称为平衡含水率。平衡含水率随温度、湿度的变化而改变。

(三)抗渗性

抗渗性是指材料抵抗水、油等液体压力作用渗透的能力。材料的抗渗性可用渗透系数和抗渗等级来表示。根据达西定律，材料在水压力的作用下，在一定时间 $t(s)$ 内，透过材料试件的水量 $Q(mL)$ 与试件的过水断面面积 $A(cm^2)$ 、水头差 $H(cm)$ 水柱高)成正比，与试件的高度 $h(cm)$ 成反比，即

$$Q = \frac{kHA t}{h} \quad \text{或} \quad k = \frac{Qh}{AtH} \quad (1-13)$$

式中 k ——材料的渗透系数， $mL/(cm^2 \cdot s)$ 。

材料的渗透系数越大，材料的抗渗性越差。抗渗性的好坏，主要与材料的孔隙率、孔隙特征及亲水性质有关。绝对密实的材料或具有封闭孔隙的材料，不会产生透水现象。材料的抗渗性对地下建筑物、水工建筑物影响较大。图 1-4 为材料抗渗试验示意图。

(四)抗冻性

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下，经多次冻融循环而不破坏，同时强度也不严重降低的性质。材料吸水饱和后，在 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下冻结后，再在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水中融化，这样的过程称为一次循环。材料受冰冻的破坏作用是由材料孔隙内的水分结冰所引起的。水在结冰时体积增大 9% 左右，对孔壁产生可达 100 MPa 的压力，在压力反复作用下，使孔壁开裂。材料在冻融过程中是由表及里逐层进行的，这样在材料内外产生明显的温度差。冻融温差所引起的温度应力，加速了孔壁的破坏。材料经多次冻融循环作用后，表面将出现剥落、裂纹，产生质量损失，强度也会降低。

材料的抗冻性用抗冻等级表示。通常是将试件按标准方法进行冻融循环试验，以强度降低和质量损失满足规定要求的最大冻融循环次数来确定抗冻等级的，如 F50、F100、F150、F200、F250 等。

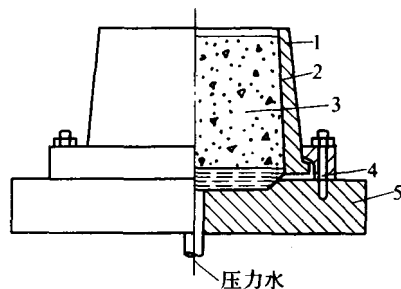


图 1-4 材料抗渗试验示意图
1—金属圆筒 2—止水材料 3—试件；
4—橡皮垫圈 5—底座

材料的抗冻性大小与材料本身的组织构造、强度、吸水性及吸水饱和程度等因素有关。

(五)耐水性

耐水性是指材料在长期饱和水作用下不破坏,强度也不显著降低的性质。一般情况下,材料在含有水分时,会削弱材料内部质点间的结合力,因而使强度降低。材料的耐水性用软化系数表示,即

$$K_s = \frac{f_{ch}}{f} \quad (1-14)$$

式中 K_s ——材料软化系数;

f_{ch} ——材料在饱和水状态下的抗压强度, MPa;

f ——材料在干燥状态下的抗压强度, MPa。

由上式可知,材料的软化系数范围在 0 ~ 1 之间。软化系数愈小,说明材料受水浸泡后强度降低愈多,耐水性愈差。通常把软化系数大于 0.85 的材料称为耐水材料。对于经常位于水中或处于潮湿环境中的建筑物,应考虑使用耐水材料。

三、与热有关的性质

(一)导热性

导热性是指当材料两侧表面存在温差时,热量由一面传到另一面的能力,通常用导热系数表示。

导热系数的物理意义是:单位厚度的材料,当两侧温差为 1 K 时,在单位时间内通过单位面积的热量(图 1-5)。导热系数可由下式计算

$$\lambda = \frac{QD}{\Delta QAt} \quad (1-15)$$

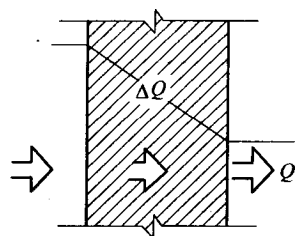


图 1-5 材料导热示意图

式中 λ ——导热系数, W/(m·K);

Q ——导热量, J;

D ——材料厚度, m;

ΔQ ——材料两侧的温差, K;

A ——材料的传热面积, m²;

t ——传热时间 s。

导热系数 λ 愈小,材料的绝热性能愈好。材料的导热系数主要与材料结构、化学成分、孔隙率和孔隙特征有关。各种建筑材料的导热系数差别很大,可根据建筑物的要求选择不同的材料满足保温隔热要求。

(二)热容量

热容量是材料受热时蓄存热量或冷却时放出热量的能力,用比热表示,即

$$C = \frac{Q}{m \cdot \Delta Q} \quad (1-16)$$

式中 C ——比热, J/(g·K);

Q ——材料吸收或放出的热量, J;

m ——材料的质量, g;

ΔQ ——材料受热或冷却前后的温差, K。

比热反映的是 1 g 材料温度升高 1 K 时所吸收的热量或降低 1 K 时所放出的热量。不同材料的比热是不同的,即使同一材料,由于所处状态(固态、液态、气态)不同,比热也不同。比热大的材料作为墙体、屋面或房屋其他构件,可以缓和室内的温度变化。

第二节 材料的力学性质

材料在外力(荷载)的作用下会产生变形,同时在材料内部产生应力,当外力超过某一极限值时材料将被破坏。材料的力学性质就是指材料在外力作用下变形和抵抗破坏能力方面的有关性质。

一、强度

强度是指材料在外力的作用下抵抗破坏的能力。

材料的强度来源于材料的微观粒子(原子、离子)之间相互作用的引力和斥力,并与粒子之间的距离有关,如图 1-6 所示。若以 f 表示两粒子间的相互作用力,以 S 表示两粒子间的距离,上曲线为引力,下曲线为斥力,中间曲线为引力和斥力的合力。当材料处于自然状态时,粒子间的引力与斥力相等而合力 $f = 0$, 粒子间的距离 $S = S_0$, S_0 称为平衡距离。当材料受压时,两粒子间的距离缩短,即 $S < S_0$ 此时粒子间的合力表现为斥力,使粒子具有抵抗压缩的能力。当材料受拉时,使 $S > S_0$, 粒子间的合力表现为引力,使粒子具有抵抗拉伸的能力。图 1-6 中 f_m 为最大抵抗拉力值。

(一)实测强度

实测强度是指材料在单位面积上所能承受的荷载。材料所受的外力,主要有压力、拉力、弯曲及剪力等(图 1-7),材料抵抗这些外力破坏的能力,分别称为抗压强度、抗拉强度、抗弯强度和抗剪强度等。

材料的抗拉、抗压、抗剪强度可按式计算

$$f = \frac{F}{A} \quad (1-17)$$

式中 f ——材料的强度, N/mm² 或 MPa;
 F ——材料破坏时所承受的荷载,
N;

A ——材料的受力面积, mm²。

【例 1-2】在图 1-7(a)中,若 $F = 1\,000\text{ N}$, 受压面积 $A = 100\text{ mm}^2$, 求其抗压强度。

解: $f = F/A = 1\,000/100 = 10(\text{MPa})$

材料的抗弯强度(又称抗折强度)与材料受力情况有关。若试验时将抗弯试件加工成

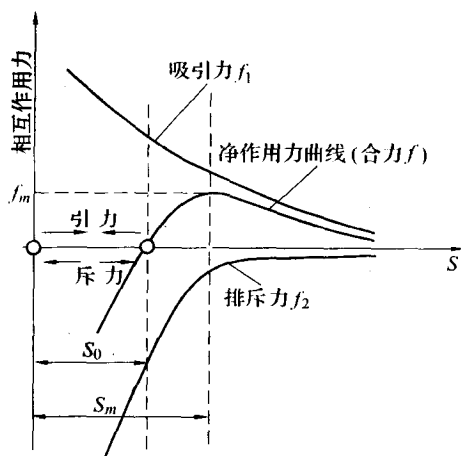


图 1-6 质点间相互作用力曲线

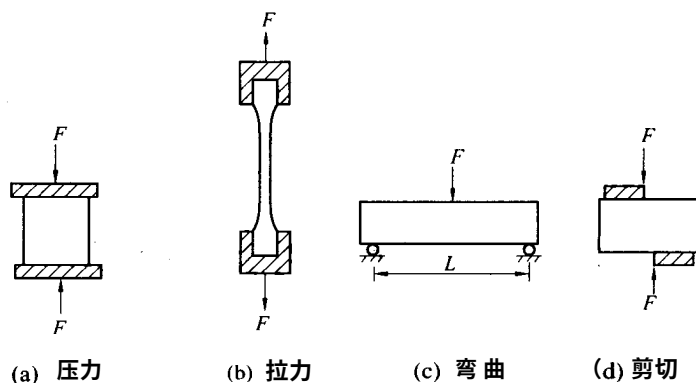


图 1-7 材料加荷方向示意图

矩形截面，将试件放在两支点上，中间作用一集中荷载，见图 1-7(c)，则抗弯强度可按下式计算

$$f_m = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (1-18)$$

式中 f_m ——材料的抗弯强度， N/mm^2 或 MPa ；

F ——材料抗弯破坏时所承受的荷载， N ；

L ——两支点的间距，即跨度， mm ；

b 、 h ——试件横截面的宽和高， mm 。

(二)其他强度

(1)冲击韧性。冲击韧性是指材料抵抗冲击作用的能力。用于设备基础、桥梁、路面以及有抗震要求结构的材料，应考虑其冲击韧性要求。

(2)硬度。硬度是指材料抵抗其他较硬物体刻划或压入其表面的能力。材料的硬度与其强度有关，一般来说，材料的强度较大，其硬度也较大。利用材料的强度和硬度之间的这种关系，可以通过测定材料的硬度来推算其强度近似值，而不需要进行破坏性的试验。

(3)抗冲磨性。抗冲磨性是指材料抵抗高速挟沙水流冲刷作用的能力。抗冲磨性的大小与材料的硬度、强度及内部构造等有密切关系。硬度大、强度高、构造均匀致密的材料抗冲磨性强。

水利建筑物中的压力水管、输水隧洞、溢洪道以及水轮机的过流部件，由于经常受到高速水流的冲刷作用，故采用抗冲磨性强的材料。

二、变形

材料在外力的作用下会产生变形。这些变形包括弹性变形、塑性变形、徐变等。

(1)弹性变形。材料在外力作用下，产生变形，当去掉外力时，它可以完全恢复原来的形状，此性质称为弹性，这种变形称为弹性变形。

(2)塑性变形。材料在外力的作用下产生变形而不被破坏，取消外力后，仍保持变形后的形状和尺寸的性质称为塑性，不能恢复的变形称为塑性变形。

根据材料在破坏前塑性变形显著与否，将材料分为塑性材料与脆性材料。塑性材料是指在破坏前有显著变形的材料，如铝合金、低碳钢及沥青等。在破坏前无显著塑性变形的材料，称为脆性材料，脆性材料的抗压强度比抗拉强度往往要高很多倍。它对承受振动作用和抵抗冲击荷载是不利的。如混凝土、生铁、砖、玻璃等。

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，即表现为塑性变形。有的材料在受力后，弹性变形及塑性变形同时产生。如果取消外力，则弹性变形部分可以恢复，而其塑性变形部分则不能恢复。

(3)徐变(蠕变)。材料在恒定外力的作用下，其变形随时间的延续而缓慢增加的过程，称为材料的徐变。材料的徐变除了与材料本身的性质有关外，还与外界温度有关。通常情况下，温度越高徐变量越大。

第三节 材料的耐久性

耐久性是指材料在使用过程中经受各种自然因素的破坏作用而能保持其原有性质的能力。这些破坏作用包括物理作用、化学作用及生物作用等。

物理作用包括温度、湿度的变化及冻融循环等。这些作用将会使材料的体积膨胀或收缩，使材料内部的裂缝开展。化学作用包括各种液体和气体与材料发生化学反应，使材料变形而破坏。生物作用是指在昆虫、细菌的蛀蚀、腐蚀下所引起的材料破坏。

材料遭致破坏往往是几个因素同时作用于材料上而引起的，很少是由某一个孤立的因素造成的；另一方面，由于各种建筑材料的化学组成和组织构造的差异很大，因此各种破坏因素对不同材料的破坏作用是不同的。金属材料易被氧化腐蚀；无机非金属材料因碳化、溶蚀、冻融、热应力、干湿交替作用而被破坏。木材、竹材及其他的植物纤维组成的材料，常因虫、菌的蛀蚀而破坏；沥青因受到阳光、空气和热的作用而变得硬脆老化而破坏。

因此，影响材料耐久性的因素是错综复杂的，其主要作用因素随材料的不同而不同。所以，无法用一个统一的指标去衡量所有材料的耐久性，而是对不同材料提出不同的耐久性要求。水工建筑物常用材料的耐久性主要包括抗渗性、抗冻性、大气稳定性、抗化学侵蚀性等。

材料的大气稳定性是指材料在热、空气、阳光等因素的长期综合作用下，原有性能不显著降低的能力。一般有机胶凝材料(如沥青)，在大气综合因素作用下，材料的原有性能将逐渐变化，影响其正常使用，从而影响建筑物的使用年限。材料的大气稳定性主要取决于材料的组织构造，密实材料的大气稳定性较高。

材料的抗化学侵蚀性是指材料抵抗周围环境水及大气化学侵蚀的能力。一般河水、地下水、海水、污水等都可能对材料起侵蚀作用。侵蚀作用包括材料中的成分溶解到水中或水中的酸、碱、盐等与材料中的某些成分发生化学反应。因此，水工建筑物中所使用的材料必须注意其抗化学侵蚀性。

为了提高材料的耐久性，可设法减轻大气或其他介质对材料的破坏作用，如降低湿度、排除侵蚀性物质、提高材料本身的密实度、改变材料的孔隙构造、适当改变成分、进行憎水处理及防腐处理等。也可用保护层保护材料，如抹灰、刷涂料、作饰面等使材料免受破坏。

第四节 影响材料性质的主要因素

影响材料性质的有材料内部与外界的许多因素。而材料的内部因素,是最基本的因素,也是决定性的因素。

一、内部因素对材料性能的影响

内部因素是指材料的组织结构,它包括材料的组成、微观结构和宏观构造三个方面。

(一)材料的组成

材料的化学成分、矿物成分是决定材料物理力学性质的主要因素之一。当材料与外界自然环境以及各种物质相接触,受到酸、碱、盐类的作用而降低其原有性能时,都与材料的组成直接有关系。在使用材料时,可以根据工程特点或所处的环境条件调整材料的化学组成,来改善材料的性能。如水泥熟料矿物成分比例改变,水泥性质即发生相应的变化。冶炼钢材时,加入适量的铬和镍,就可提高钢材的防锈能力。配制混凝土时,加入外加剂即可改善混凝土的某些技术性能等。

(二)材料的微观结构

材料的许多物理力学性质,如弹塑性、硬度、强度等,都与材料的结构状态有着密切关系。材料的结构基本上可以分为晶体、玻璃体和胶体三类。

(1)晶体结构。晶体结构是由离子、原子或分子按照规则的几何形状排列而成的固体格子(称为晶格)组成的。晶格组成的每个晶粒具有各向异性,但它们排列起来组成的晶体材料却是各向同性的。晶格中离子、原子或分子的密集程度和它们之间的相互作用力,以及晶粒的外形都将影响材料的性质。晶格中质点的密集程度越高,材料的塑性变形能力越大。晶粒越小,分布越均匀,材料的强度越高。在使用材料时,常用改变晶粒粗细和结构的方法改善材料的性质。如对钢材进行的冷加工和热处理,分别使晶粒细化和晶粒扭曲及滑移,均能提高钢材的强度。

(2)玻璃体结构。熔融物冷却后可以生成晶体。如果冷却速度较快,接近凝固温度时,尚具有很大的黏度,质点来不及按一定规则排列,便凝固成固体状态,此时即得玻璃体结构。玻璃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。玻璃体没有一定的熔点,只是出现软化现象。玻璃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。

玻璃体是化学不稳定的结构,容易与其他物质起化学作用。如火山灰、粒化高炉矿渣与石灰混合,在有水的条件下具有水硬性胶凝材料的作用,常被用作水泥的掺和材料。玻璃体在烧土制品或某些天然岩石中,起着胶粘剂的作用。

(3)胶体结构。胶体是由细小的粒子(直径 $1 \sim 100 \mu\text{m}$)分散在介质中组成的。胶体的质点很微小,其表面积很大,具有很大的表面能,吸附能力很强,这是胶体具有很大黏结力的原因。如水泥浆就是胶体结构,具有很强的黏结力。

(三)材料的宏观构造

材料的宏观构造是指用肉眼或放大镜能够看到的材料的组织状态。如材料的孔隙,岩石的层理,木材的纹理、节疤等。材料的性质除了与材料的组成和结构有关外,还与材料的构造状态有着极密切的关系。

同类材料的强度与其构造状态有关。凡是构造越密实、越均匀的,其强度越高。材料内部含有孔隙,它不仅减小了截面面积,而且在孔隙边缘产生应力集中现象,因而使强度降低。如混凝土材料孔隙率每增加 1%,相应地强度要降低 3%~5%。材料的抗渗性、耐久性以及保温性能都与材料的孔隙构造有关系。具有层理或纹理构造的材料是各向异性的,如木材的物理力学性质是随着木纹方向而改变的。加气混凝土是轻质、保温的材料,而密实混凝土则可做成防水的或高强度的建筑材料。

目前,随着材料科学的不断发展,不仅采用单一一种材料,而逐渐采用复合材料。如各种类型的层压板、多种功能的复合板以及蜂窝夹层的复合板等。它们都根据其组成材料的特性以及构造状态的特点,而表现出优越的建筑性能。

二、外部因素对材料性能的影响

外部因素主要有温度、湿度、介质、荷载等。这些因素发生变化,材料的性能也随之改变。例如金属材料在高温下强度降低,在低温时可能发生冷脆现象;随着湿度的增加,材料的强度将随之下降;加荷速度越快,测得材料的强度值也越大,而变形量却减小;材料在长期荷载(使用荷载)作用下,将产生徐变等。周围介质也是影响材料耐久性的一种因素。材料在某些介质的作用下会软化,导致强度降低或破坏。在选用材料时,必须考虑材料所处的环境条件。

复习思考题

- 1-1 什么是材料的密度、表观密度、堆积密度?
- 1-2 什么是材料的密实度和孔隙率?两者有何不同?
- 1-3 亲水性材料与憎水性材料有何区别?
- 1-4 材料的吸水性与吸湿性有何区别?
- 1-5 何谓材料的抗渗性?何谓材料的抗冻性?
- 1-6 孔隙特征和孔隙率的改变将对材料的抗渗性、抗冻性等性质有何影响?
- 1-7 什么是材料的耐久性?材料耐久性包括哪些方面?
- 1-8 影响材料性能的主要因素有哪些?
- 1-9 已知砂的密度为 2.62 g/cm^3 ,表观密度为 2.60 g/cm^3 ,堆积密度为 1490 kg/m^3 ,试求其孔隙率和空隙率。
- 1-10 已知 $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ 的混凝土试块的表观密度 2400 kg/m^3 ,试求该试块的质量。
- 1-11 已知 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ 的一根方木,质量为 76 kg ,试求其表观密度。
- 1-12 某砂样 500 g ,烘干后称其质量为 490 g ,其含水率为多少?

1-13 用直径为 20 mm 的钢筋做抗拉试验,测得破坏时的拉力为 60 kN,求此钢筋的抗拉强度。

1-14 以边长 150 mm 的混凝土立方体试块做抗压强度试验时,其破坏压力为 420 kN,求该混凝土的抗压强度。

1-15 某砖样抗折试验时破坏荷载为 26 kN,其抗折强度是多少 N/mm^2 (已知: $b \times h = 115 \text{ mm} \times 53 \text{ mm}$, $L = 200 \text{ mm}$)

1-16 当某一建筑材料的孔隙率增大时,该材料的密度、表观密度、强度、吸水性、抗冻性、抗渗性、导热性将如何变化?

第二章 砌块与石材

砌块是建筑工程中十分重要的建筑材料。石材因其具有强度高、耐磨、耐久性好、美观且便于就地取材等特点被广泛使用。

第一节 砌 块

砌块的用途广泛，可用作民用与工业建筑物及其他土木工程的墙体材料和保温材料。其技术指标检验见第十一章第三节。

一、混凝土小型空心砌块

以水泥、砂、石制成的混凝土空心砌块，主规格尺寸为 $390\text{ mm} \times 190\text{ mm} \times 190\text{ mm}$ （长 $\times$ 宽 $\times$ 高）。

按产品名称（代号 NHB）、强度等级（MU3.5, MU5.0, MU7.5, MU10.0, MU15.0, MU20.0）、外观质量等级（优等品 A, 一等品 B, 合格品 C）、标准编号的顺序进行标记。如强度等级为 MU7.5, 外观质量为优等品 A 的砌块，其标记为：NHB MU7.5 A GB8239。

二、蒸压加气混凝土砌块

蒸压加气混凝土砌块是以水泥、矿渣、砂或水泥、石灰、砂或水泥、石灰、粉煤灰为基本原料，以铝粉为发气剂，经过蒸压养护等工艺加工而成的。

砌块主规格尺寸为：长度 600 mm 宽度 100, 125, 150, 200, 250, 300 及 120, 180, 240 mm；高度 200, 250, 300 mm。

按产品名称（代号 ACB）、强度等级（A1.0, A2.0, A2.5, A3.5, A5.0, A7.5, A10.0）、体积密度级别（B03, B04, B05, B06, B07, B08）、规格尺寸、质量等级（优等品 A, 一等品 B, 合格品 C）、标准编号的顺序进行标记。如强度等级为 A3.5、体积密度级别为 B05、优等品 A、规格尺寸为 $600\text{ mm} \times 200\text{ mm} \times 250\text{ mm}$ 的砌块，其标记为：ACB A3.5 B05 $600 \times 200 \times 250$ A GB11968。

三、轻集料混凝土小型空心砌块

用轻集料混凝土制成，空心率等于或大于 25% 的小型砌块称为轻集料混凝土小型空心砌块。

按产品名称（代号 LHB）、分类（单排孔（1）、双排孔（2）、三排孔（3）和四排孔（4）等 4 类）、密度等级（500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400）、强度等级（1.5, 2.5, 3.5, 5.0, 7.5, 10.0）、质量等级（优等品 A, 一等品 B, 合格品 C）、标准编号的顺序进行标记。如密度等级为 600 级、强度等级为 1.5、质量等级为优等品 A 的三排孔砌块，其标记形式为：