

在各种建筑物及建筑工程中,不同部位的建筑材料要承受各种不同介质的作用,因而要求建筑材料应具有相应的不同性质。如用于建筑结构的材料要受到各种外力的作用,因此,选用的材料应具有所需要的力学性能。又如,要承受各种介质(雨水、蒸汽、腐蚀性气体、阳光等)的作用以及各种物理作用(温度、湿度、冰冻、摩擦等)。

一般来说,根据建筑物各种不同部位的使用要求,结构材料应具有良好的抗压、抗折、抗剪、抗拉等力学性质;有些材料应具有防水、绝热、吸声等性能;对于某些工业建筑,要求材料具有耐热、耐腐蚀等性能;对于长期暴露在大气中的材料,要求能经受风吹、日晒、雨淋、冰冻引起的温度变化、湿度变化及反复冻融等引起的破坏作用。

为了保证建筑物的耐久性,就要求在工程设计与施工中正确地选择和合理地使用材料,因此必须熟悉和掌握各种材料的性质。本项目分为材料的基本性质、材料的安全性能和材料的环保性能三大任务。

任务一 认识材料的基本性质

学习目标

本部分主要学习建筑材料的基本性质,通过学习可以初步判断建筑材料的性质和应用场合,为以后学习各种建筑材料,正确选择、合理使用建筑材料打下基础。

任务描述

1. 掌握建筑材料基本性质的概念和计算公式。
2. 初步判断建筑材料的基本性质和应用场合。

相关知识

建筑材料就是建筑结构物中使用的各种材料及其制品,它是一切建筑工程的物质基础。不论是高达 420.5 m 的上海金贸大厦,还是普通的一幢临时建筑,都是由各种散体建筑材料经过缜密的设计和复杂的施工最终构建而成。建筑材料的物质性还体现在其使用的巨量性上,一幢单体建筑一般重达几百至数千吨甚至可达数万、几十万吨,这就造成了建筑材料的生产、运输、使用等方面与其他门类材料的不同。



一、材料的结构状态性质

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下,单位体积所具有的质量。用下式表示:

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

式中 ρ ——密度(kg/m^3);
 m ——材料的质量(kg);
 V ——材料在绝对密实状态下的体积(m^3)。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。除了金属等少数材料外,绝大多数材料都存在一些孔隙。在测定有孔隙的材料密度时,应把材料磨成细粉,干燥后,用密度瓶(李氏瓶)测定其实际体积,材料磨得越细,测得的密度数值就越精确,该体积即可视为材料绝对密实状态下的体积。

2. 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下,单位体积所具有的质量。材料若很密实,一般可不必磨成细粉,而直接用排液法测定其体积(但不用李氏比重瓶,用一般广口瓶即可),求得绝对体积的近似值(颗粒内部的封闭孔隙体积无法排除),这样所得密度称表观密度,用下式表示:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (2-2)$$

式中 ρ_0 ——表观密度(kg/m^3);
 m ——材料的质量(kg);
 V_0 ——材料在自然状态下的体积,或称表观体积(m^3)。

表观体积是指包含材料内部孔隙在内的体积。当材料含有水分时,就会影响材料的表观密度。故在测定表观密度时,须注明其含水情况,在烘干状态下测得的表观密度,称为干表观密度。

3. 堆积密度

堆积密度是指散粒状材料(水泥、砂、卵石、碎石等)在堆积状态下,单位体积(包含了颗粒内部的孔隙和颗粒之间的空隙)所具有的质量,用下式表示:

$$\rho_1 = \frac{m}{V_1} \quad (2-3)$$

式中 ρ_1 ——堆积密度(kg/m^3);
 m ——材料的质量(kg);
 V_1 ——材料的堆积体积(m^3)。

显然,材料的表观密度小于其密度,而堆积密度又小于表观密度。例如:石灰岩的密度为 $2\,600\text{ kg}/\text{m}^3$,表观密度为 $2\,400\text{ kg}/\text{m}^3$,而石灰岩碎块的堆积密度仅为 $1\,400\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

在建筑工程中,计算材料用量和构件自重,进行配料计算,确定堆放空间及组织运输时,必须掌握材料的密度、表观密度及堆积密度等数据。表观密度与材料的其他性质(如强度、吸水性、导热性等)也存在着密切的关系。



4. 孔隙率

孔隙率是材料体积内孔隙体积与材料总体积的比率,以 P 表示。可用下式计算:

$$P = \frac{V_k}{V_0} = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (2-4)$$

式中 P ——孔隙率(%);

V_0 ——材料自然状态下的体积,即表观体积(m^3);

V_k ——材料中孔隙体积(m^3), $V_k = V_0 - V$;

V ——材料绝对密实状态下的体积(m^3)。

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。材料内部孔隙可分为连通型与封闭型两种构造。连通孔隙不仅彼此贯通且与外界相通,而封闭孔隙彼此不通且与外界相隔绝。孔隙按尺寸大小又分为极微细孔隙、细小孔隙和较粗大孔隙。孔隙的大小对材料的性能影响较大。

几种常用材料的密度、表观密度及其孔隙率、堆积密度的数值如表 2-1。

表 2-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

材 料	密度 $\rho(\text{kg}/\text{m}^3)$	表观密度 $\rho_0(\text{kg}/\text{m}^3)$	堆积密度 $\rho_1(\text{kg}/\text{m}^3)$	孔隙率 $P(\%)$
花岗岩	2 600~2 900	2 500~2 800	—	0.5~3.0
普通黏土砖	2 500	1 600~1 800	—	20~40
黏土空心砖	2 500	1 000~1 400	—	—
普通混凝土	—	2 100~2 600	—	5~20
轻集料混凝土	—	800~1 900	—	—
水泥	3 100	—	1 200~1 300	—
石灰岩	2 600	1 800~2 600	—	—
砂	2 600	—	1 450~1 650	—
黏土	2 600	—	1 600~1 800	—
木材	1 550	400~800	—	55~75
建筑钢材	7 850	7 850	—	0
玻璃	2.55	—	—	—
泡沫塑料	—	20~50	—	—

5. 密实度

密实度是材料体积内被固体物质所充实的程度。其计算式如下:

$$D = \frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (2-5)$$

式中 D ——密实度(%);

V_0 ——材料自然状态下的体积,即表观体积(m^3);

V ——材料绝对密实状态下的体积(m^3);

ρ ——密度(kg/m^3);

ρ_0 ——表观密度(kg/m^3)。



含有孔隙的固体材料的密实度均小于 1,孔隙率与密实度的关系为:

$$P+D=1 \quad (2-6)$$

上式表明,材料的总体积由该材料的固体物质与其所包含的孔隙所组成。材料的很多性质如强度、吸水性、耐久性、导热性等均与其密实度、孔隙率有关。

6. 空隙率

空隙率(注意和孔隙率的区别)是指散粒材料在堆积体积中,颗粒之间的空隙百分比,以 P_1 表示,可用下式计算:

$$P_1 = \frac{V_1 - V_0}{V_1} = 1 - \frac{V_0}{V_1} = \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (2-7)$$

式中 P_1 ——空隙率(%);

V_0 ——材料自然状态下的体积,即表观体积(m^3);

V_1 ——材料颗粒之间的空隙体积(m^3);

ρ_1 ——堆积密度(kg/m^3);

ρ_0 ——表观密度(kg/m^3)。

7. 填充率

填充率是指散粒材料在堆积体积中,被其颗粒填充的程度,以 D_1 表示,可用下式计算:

$$D_1 = \frac{V_0}{V_1} = \frac{\rho_1}{\rho_0} \times 100\% \quad (2-8)$$

式中 D_1 ——填充率(%);

V_0 ——材料自然状态下的体积,即表观体积(m^3);

V_1 ——材料颗粒之间的空隙体积(m^3);

ρ_1 ——堆积密度(kg/m^3);

ρ_0 ——表观密度(kg/m^3)。

二、材料与水有关的性质

1. 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。液体在与固体接触时,沿固体表面扩展的现象,又称为液体润湿固体,其实质是固体表面的一种流体被另一种流体所取代的过程。根据其是否能被水润湿,可将材料分为亲水性和憎水性两大类。

材料表面对水的润湿情况,可用润湿角 θ 来说明。如图 2-1 所示。图中表示材料、水和空气三相交界处。在这个交点处,沿水滴表面的切线与水接触面所成的夹角即为润湿角 θ 。 θ 越小,润湿性越好。如 θ 为零,则表示该材料完全被水润湿。居于中间的数值表示不同程度的润湿。一般认为 $\theta \leq 90^\circ$ 的材料为亲水性材料, $\theta > 90^\circ$ 的材料表面不易被水润湿,为憎水性材料。

建筑材料中的木材、混凝土、砂、石等均为亲水性材料,表面易被水润湿,且能通过毛细管作用将水吸入材料毛细管内部。沥青、石蜡等为憎水性材料,该类材料一般能阻止水分渗入毛细管,因而憎水性材料可以用作防水材料,而且还可用于亲水材料的表面处理,以降低其吸水性。

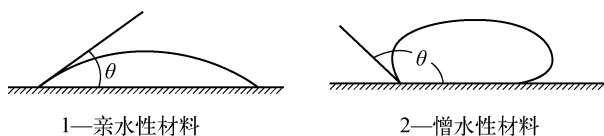


图 2-1 材料的润湿示意图

2. 吸水性

材料能吸收水分的性质称为吸水性,吸水性的 大小用吸水率表示。吸水率有两种表示方法:质量吸水率和体积吸水率。

(1) 质量吸水率,材料所吸收水分的质量占材料干燥质量的百分数,可按下式计算:

$$W_{质} = \frac{m_{湿} - m_{干}}{m_{干}} \times 100\% \quad (2-9)$$

- 式中 $W_{质}$ —— 材料的质量吸水率(%)；
- $m_{干}$ —— 材料在干燥到恒重状态下的质量(kg)；
- $m_{湿}$ —— 材料在吸水饱和状态下的质量(kg)。

(2) 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百分数,可按下式计算:

$$W_{体} = \frac{V_{水}}{V_1} = \frac{m_{湿} - m_{干}}{V_1} \times \frac{1}{\rho_{水}} \times 100\% \quad (2-10)$$

- 式中 $W_{体}$ —— 材料体积吸水率(%)；
- V_1 —— 干燥材料在自然状态下的体积(m^3)；
- $V_{水}$ —— 材料在吸水饱和时,水的体积(m^3)；
- $\rho_{水}$ —— 水的密度(kg/m^3)。

质量吸水率与体积吸水率存在以下关系:

$$W_{体} = W_{质} \frac{\rho_0}{\rho_{水}} \quad (2-11)$$

式中 ρ_0 —— 材料表观密度(kg/m^3)。

材料的吸水性取决于材料本身的亲水性,也与孔隙率大小及孔隙特征有关。一般孔隙率越大,吸水率也越强。如果材料具有细微而连通的孔隙,则其质量吸水率较大,往往超过 100%,这时最好用体积吸水率表示其吸水性,如某些轻质材料加气混凝土、软木等。若是封闭型孔隙,水分就不容易渗入,水分虽然容易渗入封闭型粗大的孔隙,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,其体积吸水率较低,常小于孔隙率,这类材料常用质量吸水率表示它的吸水性。

各种材料的质量吸水率相差很大,如花岗岩等坚密岩石的质量吸水率仅为 0.5%~0.7%;普通混凝土为 2%~3%;黏土砖为 8%~20%;而木材或其他轻质材料的质量吸水率则常大于 100%。

3. 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收空气中水分的性质称为吸湿性。吸湿性的大小用含水率表示,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”。

材料孔隙中含有一部分水时,则这部分水的质量占材料干燥质量的百分数,称为材料的含水率,可按下式计算:

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (2-12)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率(%)；

$m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量(kg)；

$m_{\text{干}}$ ——材料干燥状态下的质量(kg)。

材料的含水率大小与许多因素有关,如材料本身特性,周围环境的温度、湿度等。气温越低,相对湿度越大,材料的含水率也就越大。

4. 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,如花岗岩长期浸泡在水中,强度将下降约3%,普通黏土砖和木材所受影响更为显著。材料的耐水性用软化系数表示,可按下式计算:

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}} \quad (2-13)$$

式中 $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数；

$f_{\text{饱}}$ ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度(MPa)；

$f_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度(MPa)。

软化系数的范围波动在0~1之间,软化系数的大小,有时成为选择材料的重要依据。软化系数越小,说明材料吸水饱和后的强度降低越多,其耐水性就越差。对于受水浸泡或处于潮湿环境的重要建筑物,其材料的软化系数不宜小于0.85;受潮较轻或次要结构物的材料,其软化系数不宜小于0.70。软化系数大于0.80的材料,可以认为是耐水性的。

5. 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称抗渗性(或不透水性)。可用渗透系数 K 表示:

$$K = Q \frac{d}{AtH} \quad (2-14)$$

式中 K ——渗透系数[L/(m²·s)]；

Q ——透过材料试件的水量(L)；

t ——透水时间(s)；

A ——透水面积(m²)；

H ——静水压力水头差(m)；

d ——试件厚度(m)。

渗透系数反映了材料抵抗压力水渗透的性质,渗透系数越大,材料的抗渗性越差。

对于混凝土的抗渗能力,常用抗渗等级 P 表示,可分为 P_6 、 P_8 、 P_{10} 、 P_{12} 等。

$$P = H - 0.1 \quad (2-15)$$

式中 P ——抗渗等级；

H ——6个试件中第三个试件开始有渗水现象时的水压力(MPa)。



材料抗渗性的好坏与材料的孔隙率和孔隙特征有关。孔隙率小且是封闭孔隙的材料,其抗渗性就好。对于地下建筑及水中建筑物,要求材料具有较高抗渗性;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,如贮油罐则要求材料具有良好的不渗油性。

6. 抗冻性

材料的抗冻性是指材料在吸水饱和状态下,抵抗多次冻结和融化作用(冻融循环)而不被破坏、同时也不严重降低强度的性质。通常采用 -15° 的温度进行冻结(水在细小的毛细管中至 -15° 才能冻结),再在 20° 的水中融化,这样一个过程为一次循环。

材料经过多次冻融交替作用后,表面将出现裂纹、剥落,产生质量损失,强度也会随之降低。这是由于材料孔隙内结冰所引起的。水在结冰时体积膨胀约9%,当材料孔隙内充满水时,由于水结冰对孔壁产生很大压力(约100 MPa),致使孔壁开裂,冰在融化时,是从表面先开始融化,然后向内进行。无论是结冰还是融化的过程,都会在材料的内外层产生明显的应力差和温度差。冻融循环次数越多,对材料的破坏作用越严重。材料受冻融循环破坏的程度与水分在孔隙中充满的程度有关,如果孔隙内吸水后还留有一定空间,就可以缓和冰冻的破坏作用,对材料的抗冻性有利。

材料抗冻性用抗冻等级(冻融循环次数)定量评定。材料试件经指定次数的冻融循环后,强度降低不得超过规定数值,材料不应有明显的损坏(裂缝)和剥落(重量损失不大于规定数值)。在北方,对于受大气和水作用的材料,抗冻性往往决定了它的耐久性。所以,为抵抗大气的作用、确保建筑物的耐久性,对材料也提出一定的抗冻性要求。

三、材料的外形尺寸及外观

建筑材料的品种繁多,产品的外形外观也各不相同,有粉粒状类,如水泥、砂等,有块状、板状、线状的,如各种砖、玻璃、板材、管材等,也有不定形的液体状的,如涂料等,这就涉及这些产品的外形、外观是否符合要求。

1. 材料的外形尺寸

材料的外形尺寸是指具有固定尺寸规格的材料的外形大小,包括长度、宽度、厚度、直径等,一般用毫米或米来表示,其尺寸偏差直接影响产品的等级。

2. 外观

材料的外观主要是指颜色、表面缺陷、表面光泽度、平整度等,一般外观质量直接影响其产品的等级。

任务实施

任务实施主题一:

比较项目	实际密度	表观密度	体积密度	堆积密度
材料状态				
材料体积				
计算公式				
应用				



任务实施主题二：

比较项目	孔隙率	空隙率
适用场合		
作用		
计算公式		
应用		

任务实施主题三：

比较项目	亲水性	憎水性	耐水性
适用场合			
计算公式			
应用			

任务实施主题四：

比较项目	抗渗性	抗冻性
适用场合		
作用		
计算公式		
应用		

温馨提示

- 选择一个你喜欢的任务实施主题，找到和你一样的小伙伴，组成一队，别忘了给你们的小组取个名哦！
- 组员们按照任务评价的提示，分工完成吧。
- 教师需要协调学生按照所选任务实施主题分组、帮助每个学生参与任务实施、并确保每个主题都有学生参与。



任务评价

1. 资料处理：处理事先收集到的材料和相关知识资料。
2. 内部交流：根据任务实施主题，小组内部进行讨论，交流感受和成果。
3. 成果总结：各小组进行成果讨论和总结，完成任务实施主题表，形成总结报告和汇报材料。
4. 成果汇报：每个小组能准确展现任务主题成果，进行答辩和组间讨论。



任务二 认识材料的安全性能

学习目标

本部分学习材料的安全性能,主要包括建筑材料的力学性能和耐久性能两部分内容,通过学习可以初步判断建筑材料的安全性能和应用场合,为以后学习各种建筑材料,正确选择、合理使用建筑材料打下基础。

任务描述

1. 掌握建筑材料的力学性能和耐久性能的计算方法。
2. 初步判断建筑材料的安全性能和应用场合。

相关知识

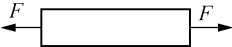
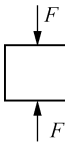
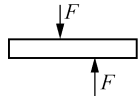
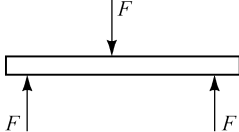
材料的力学性能主要是指材料在外力作用下,抵抗破坏和变形的能力和有关性能。

一、材料的强度

材料在外力作用下抵抗破坏的能力称为强度。其值是以材料受外力破坏时,单位面积上所承受的力表示。

根据外力作用方式不同,材料的强度又分为抗压强度、抗拉强度、抗弯强度及抗剪强度等。这些强度由静力试验来测定,因而总称为静力强度,表 2-2 列出了各种强度的分类和计算公式。

表 2-2 静力强度分类

强度类别	举 例	计算式	附 注
抗拉强度 f_t (MPa)		$f_t = \frac{F}{A}$	F——破坏荷载(N)
抗压强度 f_c (MPa)		$f_c = \frac{F}{A}$	
抗剪强度 f_v (MPa)		$f_v = \frac{m}{V_0}$	
抗弯强度 f_{tm} (MPa)		$f_{tm} = \frac{3Fl}{2bh^2}$	



用来表示建筑材料质量的强度指标,是根据国家规定的标准方法测得的、有条件的数值。

大部分建筑材料根据其极限强度的大小,划分为若干不同的强度等级,即所谓的标号。脆性材料(水泥、混凝土、砖、砂浆等)是以抗压强度值来划分标号的。如混凝土按抗压强度通常有 C7.5、C10、C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60 等 12 个强度等级。将建筑材料划分若干标号,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。

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,材料的强度也有很大的差异,一般孔隙率越大的材料强度越低。为了对不同的材料强度进行比较,可以采用比强度。比强度是按照单位质量计算的材料强度,其值等于强度与其表观密度之比,它是衡量材料轻质高强的一个主要指标。砖、石材、混凝土等脆性材料的抗压强度较抗拉强度要高很多,木材则顺纹抗拉强度高于抗压强度。钢材的抗拉、抗压强度都很高。所以,砖、石、混凝土等多用于房屋的墙体和基础,钢材可用于承受各种外力的构件。表 2-3 列出了常用材料的强度值。

表 2-3 钢材、木材和混凝土的强度比较

材 料	表观密度 ρ_0 (kg/m ³)	抗压强度 f_c (MPa)	比强度 f_c/ρ_0
普通混凝土	2 400	29.4	0.012
低碳钢	7 860	415	0.053
松 木	500	34.3(顺纹)	0.069

二、材料的变形性质

1. 弹性变形与塑性变形

材料在外力作用下产生变形,当外力取消后,材料变形即可消失并能完全恢复原来形状的性质称为弹性,这种变形称为弹性变形。

材料在外力作用下产生变形,但不破坏,并且外力取消后,不能自动恢复原来形状的性质称为塑性,这种不能消失的变形称为塑性变形。

2. 弹性模量

弹性模量表达在弹性范围内应变与应力之间的线性关系,用 E 表示,此关系即为胡克定律:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2-16)$$

式中 E ——材料的弹性模量(MPa);

σ ——材料的应力(单位截面上的力)(MPa);

ϵ ——材料的应变(单位长度变形)。

弹性模量是衡量材料抵抗变形能力的一个指标,也是材料刚度的量度, E 越大,材料越不易变形。如刚玉的弹性模量为 35.5×10^4 MPa,而聚苯乙烯的弹性模量仅为 0.3×10^{-4} MPa。

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,仅产生弹性变形,但受力超过一定限度后,即产生塑性变形。比如建筑钢材就是这样。有的材料在受力后,弹性变形



和塑性变形同时产生(图 2-2)。如果取消外力,则弹性变形 ba 可以恢复,而其塑性变形 Oa 则不能恢复。

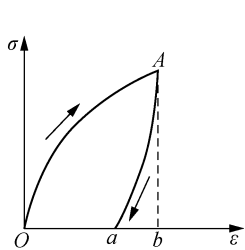


图 2-2 材料的弹、塑性变形曲线

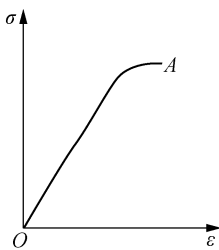


图 2-3 脆性材料的变形曲线

三、材料的脆性和韧性

在外力作用达到一定限度后,材料突然破坏且又无明显的塑性变形,材料的这种性质称为脆性。脆性材料的变形曲线如图 2-3 所示。其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。它抵抗冲击荷载或震动作用的能力很差,其抗压强度比抗拉强度高很多倍。如混凝土、砖、石材、玻璃、陶瓷、铸铁等都属于此类。

在冲击、震动荷载作用下,材料能产生一定的变形而不致破坏的性质称为韧性(冲击韧性)。材料的韧性是用冲击试验来检验的。建筑钢材、木材等属于韧性材料。用作承受冲击荷载和有抗震要求的结构都要考虑材料的韧性。

四、材料的耐久性

材料在使用中能抵抗周围各种介质的侵蚀而不破坏、也不易失去其原有性能的性质称为耐久性。

材料在使用过程中,除受到各种力的作用外,还经常受到环境中各种自然因素的破坏作用。这些破坏作用包括物理的、化学的及生物的作用。

物理作用包括材料的干湿变化、温度变化及冻融变化等。这些变化将使材料发生体积的胀缩,长期或反复作用会使材料逐渐破坏。

化学作用包括酸、碱、盐等物质的水溶液以及有害气体的侵蚀作用,会使材料逐渐变质而破坏。

生物作用是指虫、菌的作用,使材料由于虫蛀、腐朽而破坏,如木材在潮湿环境中使用时,必须进行防腐处理。

砖、石材、混凝土等矿物材料,主要受大气的物理作用而破坏,同时也可能受到化学作用而破坏。金属材料主要受化学作用而被锈蚀。沥青材料、高分子材料在阳光、空气及辐射的作用下,会逐渐老化而使材料变脆或开裂。

耐久性是材料的一种综合性质,除上述诸多因素都属耐久性范围外,材料的抗冻性、强度、抗渗性、耐磨性也与材料的耐久性有密切关系。

对材料耐久性最可靠的判断,是在使用条件下进行长期的观察和测定。但是,这需要很长时间。通常在试验室可进行下列的快速试验,据此对材料的耐久性做出判断:① 干湿循环;② 冻融循环;③ 加湿与紫外线干燥循环;④ 碳化;⑤ 盐溶液浸渍与干燥循环;⑥ 化学



介质浸渍等。

任务实施

任务实施主题一：

比较项目	抗压强度	抗拉强度	抗弯强度	抗剪强度
计算公式				
应用举例				

任务实施主题二：

比较项目	弹性变形	塑性变形
适用场合		
作用		
计算公式		
应用		

任务实施主题三：

比较项目	材料的脆性	材料的韧性
适用场合		
作用		
计算公式		
应用		

任务评价

1. 资料处理：处理事先收集到的材料和相关知识资料。
2. 内部交流：小组根据所选任务实施主题进行内部讨论，交流感受和成果。
3. 成果总结：各小组进行成果讨论和总结，完成任务实施主题表，形成总结报告和汇报材料。
4. 成果汇报：每个小组能准确展现讨论成果，进行答辩和组间讨论。

拓展训练

恭喜你完成任务实施主题。在此基础上，请阅读下面的工程案例分析，借助网络媒体分析案例原因，并且和小伙伴们一起讨论吧。

工程案例分析一：

在中国古代，常用火烧水浇法来开凿岩石。据《后汉书》记载，东汉武都太守虞诩遇到泉中大石塞流时，“乃使人烧石，以水灌之，石皆迸裂”。这种方法是用火慢慢烧热岩石之后，浇水骤冷时表面的收缩比内部的收缩来得快，于是表面的收缩遇到内部的阻碍，从而受到拉应力作



用,由于岩石抗拉强度低,所以在表面处被拉开。请结合任务实施主题分析其中原因。

工程案例分析二:

1996年石家庄市西部山区发生历史上罕见的洪水。洪水退后,许多砖房倒塌,其砌筑用的砖多为未烧透的多孔红砖,如图2-4所示,请结合任务实施主题分析其中原因。



图 2-4 未烧透的多孔红砖



任务三 认识材料的节能环保性能

学习目标

本部分学习材料的节能环保性能,主要包括建筑材料的热学性能、环保性能和声学性能三部分内容。通过学习可以初步判断建筑材料的节能环保性能和应用场合,为以后学习各种建筑材料,正确选择、合理使用建筑材料打下基础。

任务描述

1. 掌握建筑材料的热学性能、环保性能和声学性能的概念和表达方式。
2. 初步判断建筑材料的节能环保性能和应用场合。

相关知识

一、材料的热学性能

1. 导热性

材料传导热量的能力称为导热性。材料导热能力的大小可用导热系数 λ 表示。导热系数在数值上等于厚度为1 m的材料,当其相对表面的温度差为1 K时,其单位面积(1 m²)单位时间(1 s)所通过的热量,可用下式表示:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{At(T_2 - T_1)} \quad (2-17)$$

式中 λ ——材料的导热系数[W/(m·K)];

Q ——传导的热量(J);

A ——热传导面积(m²);

δ ——材料厚度(m);

t ——热传导时间(s);

$(T_2 - T_1)$ ——材料两侧温差(K)。

材料的导热系数越小,其绝热性能越好。各种建筑材料的导热系数差别很大,非金属材料一般在0.035~3.500 W/(m·K)之间,如发泡塑料 $\lambda=0.035$ W/(m·K),大理石 $\lambda=3.480$ W/(m·K)。保温隔热材料的导热系数通常小于0.175 W/(m·K)。

材料的导热系数与材料的化学组成、显微结构、孔隙率、孔隙形态特征、含水率及导热时的温度等因素有很大的关系。

无机材料的导热系数大于有机材料。化学组成相同而显微结构不同的材料,导热系数也有差异,比如晶体的导热系数大于无定形体的导热系数;宏观结构呈层状或纤维状的材料,其导热系数与层或纤维的方向有关,如木材顺纹导热系数为横纹导热系数的3倍。材料的孔隙率越大,导热系数越小;微小而封闭孔隙组成的材料,其导热系数小,而由粗大而连通孔隙组成的材料,其导热系数大,这是因为粗大而连通的孔隙中的空气可能产生热对流,致使传递的热



量增加。

材料受潮或受冻后,其导热系数会大大增加。因为水和冰的导热系数比空气的导热系数大很多,因此,保温隔热材料在使用过程中应保持干燥状态,以利于发挥其效能。

2. 热容量与比热容

材料受热时吸收热量、冷却时放出热量的性质,称为热容量。热容量的大小用比热容表示。比热容是指 1 kg 材料升高或降低 1 K 温度时所吸收或放出的热量,用符号 C 表示。

$$C = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)} \quad (2-18)$$

式中 C ——材料的比热容[J/(kg·K)];

Q ——传导的热量(J);

m ——材料的质量(kg);

$(T_2 - T_1)$ ——材料两侧温差(K)。

材料的比热容对保持建筑物内部温度稳定有很大意义,比热容大的材料,能在热流变动时缓和室内的温度波动。

3. 热稳定性

热稳定性是指材料表面受到波动热流作用时,温度变化情况的性质。热稳定性用蓄热系数 S 表示[蓄热系数 S 的单位为 $W/(m^2 \cdot K)$]。

在波动热流作用下,材料的 S 值越大,材料的热稳定性越好。一般来说,质量大导热系数大的材料如钢材、花岗岩, S 值较大;质量小和导热系数小的材料如矿棉等 S 值较小。

4. 耐急冷急热性

材料的耐急冷急热性又称材料的抗热振性,指材料抵抗急冷急热交替作用保持其原有性质的能力。

许多无机非金属材料在急冷急热交替作用下会爆裂破坏。

5. 耐燃性

材料对火焰和高温的抵抗力称为材料的耐燃性。耐燃性是影响建筑物防火、建筑结构耐火等级的一项因素。《建筑内部装修防火设计规范》(GB 50222—95)按建筑材料的耐燃性质不同将其分为四类。

(1) 非燃烧材料(A级):在空气中受到火烧或高温作用时不起火、不碳化、不微燃的材料,如金属材料、无机矿物材料等。用非燃烧材料制作的构件称非燃烧体。金属、玻璃等材料受到火烧或高热作用会发生变形、熔融,所以虽然是非燃烧材料,但不是耐火的材料。

(2) 难燃材料(B1级):在空气中受到火烧或高温高热作用时难起火、难微燃、难碳化,当火源移走后,已有的燃烧或微燃立即停止的材料。如经过防火处理的木材、水泥刨花板等。

(3) 可燃材料(B2级):在空气中受到火烧或高温高热作用时立即起火或微燃,且火源移走后仍继续燃烧的材料,如木材。用这种材料制作的构件称为燃烧体,使用时应作防火处理。

(4) 易燃材料(B3级):在空气中受到火烧或高温作用时立即起火,并迅速燃烧,且离开火源后仍继续迅速燃烧的材料,如部分未经阻燃处理的塑料、纤维织物等。

材料在燃烧时放出的烟气和毒气对人体的危害极大,远远超过火灾本身。因此对建筑内部进行装饰装修时,应尽量避免使用燃烧时放出大量浓烟和有毒气体的装饰材料。



6. 耐火性

材料抵抗高热或火的作用、保持其原有性质的能力称为材料的耐火性。金属材料、玻璃等虽属于不燃性材料,但在高温或火的作用下在短时间内就会变形、熔融,因而不属于耐火材料,建筑材料或构件的耐火性常用耐火极限来表示。耐火极限指按规定方法,从材料受到火的作用起,直到材料失去支持能力、完整性被破坏或失去隔火作用的时间,以 h 或 min 计。如无保护层的钢柱,其耐火极限仅有 0.25 h。

必须指出的是这里所说的耐火极限与高温窑池工业中耐火材料的耐火性完全不同。耐火材料的耐火性是指材料抵抗熔化的性质,用耐火度来表示,即材料在不发生软化时所能抵抗的最高温度。一般要求耐火材料能长期抵抗高温或火的作用,具有一定高温力学强度、高温体积稳定性和抗热振性等。

二、材料的环保性能

随着国民经济的发展,保护环境、治理污染成为当务之急,建筑材料的环保问题体现在两方面,一方面对工业废渣进行综合利用,大力降低能耗及合理利用资源,改善现有的产品结构,开发新品种,发展新型建筑材料,另一方面是建材产品本身的环保问题,主要有产品使用后产生的有毒有害气体(如涂料、油漆等)和放射性(如石材、陶瓷、墙体材料等)。

从 2000 年 12 月开始对建材产品及建材用工业废渣放射性物质控制要求实施新标准(GB 6763—2000),这项标准中增加了空心建材制品和室内装饰材料的内容。

建筑材料中存在的放射性物质主要是镭、钍、钾等。金属镭是有光泽的无色固体,存在于建材用废渣及产品中,它是主要的放射性物质,尽管它的半衰期很长,有 1 602 年之久,但衰变后会成为有害人体健康的氡。金属钍主要存在于石材中。

三、材料的声学性能

建筑设计时,为了保持室内良好的音响效果,减少噪声,常要考虑所用材料的吸声、隔声等声学特性。

1. 吸声性

声能穿透材料时被材料消耗的性质称为材料的吸声性。物体振动时,迫使邻近空气随着振动而形成声波,当声波接触到材料表面时,一部分被反射,一部分穿透材料,而其余部分则在材料内部的孔隙中引起空气分子与孔壁的摩擦,使相当一部分声能转化为热能而被吸收。被材料吸收的声能(包括穿透材料的声能在内)与原先传递给材料的全部声能之比,是评定材料吸声性能好坏的主要指标,称为吸声系数,用下式表示:

$$\alpha = \frac{E}{E_0} \quad (2-19)$$

式中 α ——材料的吸声系数;

E ——被材料吸收(包括透过)的声能;

E_0 ——传递给材料的全部入射声能。

例如,有一声波入射声能的 30% 被吸收,70% 被反射,则该材料的吸声系数 α 就等于 0.3。当入射声能 100% 被吸收而无反射时,吸声系数等于 1。材料的吸声系数在 0~1 之间。

材料的吸声特性除与材料的表观密度、孔隙特征、厚度及表面的条件有关外,还与声波



的入射方向及频率有关。一般来说,材料内部具有开放连通的细小孔隙越多,则吸声性能越好;增加多孔材料的厚度,可提高对低频声音的吸收效果。同样的材料,对不同频率的声波其吸声系数不同。为了全面反映材料的吸声性能,通常取 125 Hz、250 Hz、500 Hz、1 000 Hz、2 000 Hz、4 000 Hz 等六个频率的平均吸声系数来表示材料吸声的频率特性。一般将平均吸声系数 $\alpha > 0.20$ 的材料称为吸声材料。材料的吸声系数越高,则表明其吸声效果越好。

常用的吸声材料为多孔吸声材料,影响其吸声效果的主要因素为:

(1) 材料的孔隙率或体积密度,对同一吸声材料,孔隙率越高或体积密度越小,对低频声音的吸收效果越好,而对高频声音的吸收效果有所降低。

(2) 材料的孔隙特征,开口孔隙越多、越细小,则吸声效果越好。当材料中的孔隙大部分为封闭的孔隙时,如聚氯乙烯泡沫塑料吸声板,因空气不能进入,从吸声机理上来讲,不属于多孔吸声材料。当在多孔吸声材料的表面涂刷能形成致密膜层的涂料时或吸声材料吸湿时,由于表面的开口孔隙被涂料膜层或水所封闭,吸声效果将大大下降。

(3) 材料的厚度,增加多孔材料的厚度,可提高对低频声音的吸收效果,而对高频声音没有多大的效果。

吸声材料能抑制噪声和减弱声波的反射作用。为了改善声波在室内传播的质量,保持良好的音响效果和减少噪音的危害,在音乐厅、电影院、大会堂、播音室及工厂噪声大的车间等内部的墙面、地面、顶棚等部位,应使用适当的吸声材料。

2. 隔声性

材料能减弱或隔断声波传递的性能称为隔声性。声波在建筑结构中的传播主要通过空气和固体来实现。因而隔声分为隔空气声和隔固体声两种。

(1) 隔空气声,透射声功率与入射声功率的比值称为声透射因数,用符号 τ 表示。该值越大则材料的隔声性越差。材料或构件的隔声能力用隔声量 R 来表示,单位为 dB(分贝)。其表达式为:

$$R = \frac{1}{2} \lg\left(\frac{1}{\tau}\right) \quad (2-20)$$

与声透射因数 τ 相反,隔声量 R 越大,材料或构件的隔声性能就越好。对空气声的隔绝主要是依据声学中的“质量定律”,即材料单位面积的质量越大或材料的密度越大,隔声效果越好。

(2) 隔固体声,固体声是由于振源撞击固体材料,引起固体材料受迫振动而发声,并向四周辐射声能,固体声在传播过程中,声能的衰减极少。对固体声隔绝的最有效措施是断绝其声波继续传递的途径。具有一定弹性的衬垫材料,如软木、橡胶、毛毡、地毯等置于能产生和传递固体声波的结构层中(如梁、框架与楼板、隔墙,以及它们的交接处),能阻止或减弱固体声波的继续传播。

任务实施

任务实施主题一:

查阅相关资料,找出几种常用材料的导热系数、比热容,完成表格。



材料名称	钢材	混凝土	花岗岩	松木	密闭空气	水	冰
导热系数 $[W/(m \cdot K)]$							
比热容 $[J/(kg \cdot K)]$							

任务实施主题二：

查阅相关资料,找出几种常见室内空气主要污染物来源,讨论污染物危害,完成表格。

污染物名称	主要来源	对人体的健康影响
甲醛		
氨		
苯		
氡		
TVOC(总挥发有机物)		

任务实施主题三：

查阅相关标准,找出常用建筑内部装饰材料的燃烧性能等级划分,并完成材料举例。

材料类别	燃烧性能	材料举例
各部位材料	非燃烧材料(A级)	
顶棚材料	难燃材料(B1级)	
墙面材料	难燃材料(B1级)	
	可燃材料(B2级)	
地面材料	难燃材料(B1级)	
	可燃材料(B2级)	
装饰织物	难燃材料(B1级)	
	可燃材料(B2级)	
其他装饰材料	难燃材料(B1级)	
	可燃材料(B2级)	

任务实施主题四：

查阅《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2001),完成表格。

材料类别	产生的有害物质
人造板及其制品	
溶剂型木器涂料	
内墙涂料	
胶黏剂	



续 表

材料类别	产生的有害物质
木家具	
壁 纸	
聚氯乙烯卷材地板	
地毯、地毯衬垫、地毯胶黏剂	
混凝土外加剂	
建筑材料	

温馨提示 *****

- 通过小组现场考察,你可以更好地完成本任务实施主题。
- 建议考察企业或图书馆。如,上海轻工环境保护压力容器监测总站(或相关公司)。

任务评价

1. 资料处理:处理事先收集到的材料和相关知识资料。
2. 内部交流:小组根据考察结果内部讨论,交流感受和成果。
3. 成果总结:各小组进行考察成果讨论和总结,完成任务实施主题表,形成总结报告和汇报材料。
4. 成果汇报:每个小组能准确展现讨论成果,进行答辩和组间讨论。

拓展训练

阅读案例材料,结合材料的声学性质相关资料,从建筑材料的环保性能角度,分析解决以下案例:

据有关部门统计显示,目前我国广场舞爱好者超过亿人,主要人群是40岁到65岁的中老年妇女。每当晚饭后,不管是公园还是小区内广场,都有一群大妈在尽情地舞动着自己的身体,既打发了时间又锻炼了身体。茶余饭后活动一下身子,原本无可厚非,然而,广场舞带来的高分贝噪声也影响着居民的生活,舞者和居民甚至因此而造成冲突。和全国其他城市一样,在洛阳,广场舞给一些人带来闲适愉悦的同时,也让不少居民饱受鼓噪之苦。

项目小结

1. 材料的基本性质
 - (1) 基本物理性质:体积密度、密度及表观密度;材料的孔隙率;散粒材料的堆积密度与空隙率。
 - (2) 材料与水有关的性质:亲水性与憎水性、吸水性、耐水性、抗水性。
2. 材料的安全性能
 - (1) 材料强度:材料在不同荷载下的强度;试验条件对材料强度试验结果的影响;强度等级或标号;比强度。
 - (2) 材料变形:弹性变形、塑性变形。



- (3) 冲击韧性。
- (4) 硬度、磨损及磨耗。
- (5) 材料的耐久性。
- 3. 材料的节能环保性能
 - (1) 材料与热有关的性质:导热性、热容量。
 - (2) 材料的环保性能。
 - (3) 材料的声学性能。

项目测评

一、名词解释

1. 密度、堆积密度、材料的空隙率
2. 亲水材料、憎水材料
3. 材料的强度
4. 材料的耐久性

二、填空题

1. 材料的吸湿性是指_____。
2. 材料的抗冻性以材料在吸水饱和状态下所能抵抗的_____来表示。
3. 水可以在材料表面展开,即材料表面可以被水浸润,这种性质称为_____。
4. 同种材料,如孔隙率越大,则材料的强度越_____,保温性越_____,吸水率越_____。
5. 当材料的表观密度与密度相同时,说明该材料_____。
6. 材料吸收水分的能力,可用吸水率表示,一般有两种表示方法:_____和_____。
7. 材料在水作用下,保持原有性质的能力,称_____,用_____表示。
8. 材料的变形特征有两种类型:_____和_____。
9. 根据材料被破坏前塑性变形显著与否,将材料分为_____与_____两大类。

三、选择题

1. 孔隙率增大,材料的()降低。

A. 密度	B. 表观密度
C. 憎水性	D. 抗冻性
2. 材料在水中吸收水分的性质称为()。

A. 吸水性	B. 吸湿性
C. 耐水性	D. 渗透性
3. 将一批混凝土试件,经养护至 28 天后分别测得其养护状态下的平均抗压强度为 23 MPa,干燥状态下的平均抗压强度为 25 MPa,吸水饱和状态下的平均抗压强度为 22 MPa,则其软化系数为()。

A. 0.92	B. 0.88
C. 0.96	D. 0.13
4. 在 100 g 含水率为 3%的湿砂中,其中水的质量为()。

A. 3.0 g	B. 2.5 g
C. 3.3 g	D. 2.9 g



5. 下列概念中,()表明材料的耐水性。
 A. 质量吸水率 B. 体积吸水率
 C. 孔隙水饱和系数 D. 软化系数
6. 密度是指材料在()单位体积的质量。
 A. 自然状态 B. 绝对体积近似值
 C. 绝对密实状态 D. 松散状态
7. 经常位于水中或受潮严重的重要结构物的材料,其软化系数不宜小于()。
 A. 0.75 B. 0.70 C. 0.85 D. 0.90
8. 某材料吸水饱和后的质量为 20 kg,烘干到恒重时,质量为 16 kg,则材料的()。
 A. 质量吸水率为 25% B. 质量吸水率为 20%
 C. 体积吸水率为 25% D. 体积吸水率为 20%
9. 对于某一种材料来说,无论环境怎样变化,其()都是一定值。
 A. 体积密度 B. 密度 C. 导热系数 D. 平衡含水率
10. 材料的孔隙率增大时,其性质中保持不变的是()。
 A. 表观密度 B. 堆积密度 C. 密度 D. 强度
11. 材料憎水性是指润湿角()。
 A. $\theta < 90^\circ$ B. $\theta > 90^\circ$ C. $\theta = 90^\circ$ D. $\theta = 0$
12. 材料抗冻性的好坏取决于()。
 A. 水饱和度 B. 孔隙特征 C. 变形能力 D. 软化系数
13. 下述导热系数最小的是()。
 A. 水 B. 冰 C. 空气 D. 木材
14. 下述材料中比热容最大的是()。
 A. 木材 B. 石材 C. 钢材 D. 水
15. 按材料比强度高低排列正确的是()。
 A. 木材、石材、钢材 B. 石材、钢材、木材
 C. 钢材、木材、石材 D. 木材、钢材、石材

四、简答题

1. 试述材料导热系数的物理意义,导热系数低的材料有哪些特征。
2. 何为材料的亲水性和憎水性? 建筑材料与水有关的性质除了亲水性和憎水性外,还有哪些? 各用什么表示?
3. 什么是材料的吸水性和吸湿性? 各用什么指标表示? 如何计算这些指标?
4. 什么是材料的弹性、塑性、脆性、韧性? 弹性变形和塑性变形有什么不同?

五、计算题

1. 收到含水率为 5% 的砂子 500 吨,实为干砂多少吨? 若需干砂 500 吨,应进含水率 5% 的砂子多少吨?
2. 已知某石子的表观密度为 2 610 kg/m³,堆积密度为 1 685 kg/m³,求该石子的空隙率。