

学习情境一

建筑材料的基本性能

情境引入

某立窑水泥厂生产的普通水泥游离氧化钙含量较高,加水搅拌后,初凝时间仅为40 min,本属于废品,但放置一个月后,凝结时间恢复正常,而强度下降

案例导航

该立窑水泥厂普通硅酸盐水泥中氧化钙含量较高,该氧化钙相当部分的煅烧温度较低。加水搅拌后,水与氧化钙迅速反应后生成氢氧化钙,并放出水化热,使浆体温度升高,加速了其他熟料矿物的水化速度,从而产生了较多的水化产物,形成了聚集的结晶网结构,从而短时间凝结。水泥放置一段时间后吸收了空气中的水汽,大部分的氧化钙生成氢氧化钙或进一步与空气中的二氧化碳反应生成碳酸钙,故此时加水搅拌后,不会再出现原来的泥浆体温度升高、水化速度过快、凝结时间过短的现象。但其他水泥熟料矿物也会和空气中的水汽反应,部分产生结块、结团,使其强度下降。

要了解建筑材料的基本性能知识,需要掌握的知识有:

- (1) 材料的基本物理性质;
- (2) 材料的力学性能;
- (3) 材料的耐久性。

1

学习单元 1 材料的基本物理性质

知识目标

- (1) 了解与质量等有关的性质。
- (2) 了解与水有关的性质。

- (3) 了解与热有关的性质。
- (4) 了解与声学有关的性质。



技能目标

- (1) 能进行材料的密度、孔隙率、填充率、空隙率、压实度等与质量、体积有关的物性参数计算。
- (2) 能进行吸水率、含水率、耐水率、抗渗性等与水有关的物性参数计算。
- (3) 能进行热导性、热容量、比热容、材料的变形值等与热有关的物性参数计算。
- (4) 能进行吸声系数和隔声量等与声学有关的物性参数计算。



基础知识



一、与质量等有关的性质

材料与质量有关的性质主要是指材料的各种密度和描述其孔隙与空隙状况的指标,如密度、表观密度、堆积密度、密实度、孔隙率、填充率、空隙率、压实度等。

(一) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。密度 ρ 的计算公式为:

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

式中 ρ ——材料的密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;
 m ——材料的质量(干燥到恒重), g 或 kg ;
 V ——材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

材料在绝对密度状态下的体积即材料体积内固体物质的实体积,不包括内部孔隙的材料体积。由于绝大多数材料在自然状态下并非绝对密实,所以绝对密实体积一般难以直接测定,只有钢材、玻璃等材料可直接测定。

为了测定有孔材料的密实体积,可以把材料磨成细粉或采用排液置换法测量其体积。材料磨得越细,测得的体积越接近绝对密实体积,所得密度值就越准确。

(二) 表观密度

表观密度是材料在自然状态下单位体积的质量。表观密度 ρ_0 的计算公式为:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m^3 或 g/cm^3 ;
 m ——在自然状态下材料的质量, kg 或 g ;
 V_0 ——在自然状态下材料的体积, m^3 或 cm^3 。

通常所指的表观密度是材料在气干状态下的,称为气干表观密度,简称表观密度。材料的表观密度除与材料的密度有关外,还与材料内部孔隙的体积有关。在自然状态下,材料内部的孔隙可分为两类:有的孔之间相互连通,且与外界相通,称为开口孔;有的孔互相独立,不与外界相通,称为闭口孔。表观密度根据其开口孔可分为体积密度和视密度。材料在包含体积,开口和密闭孔隙状态下单位体积的质量称为材料的体积

密度,而视密度则不包括的物体表面的开口孔隙体积。

在自然状态下,材料内部常含有水分,其质量随含水程度而改变,因此当测定材料表观密度时,应注明其含水程度。可见,材料的表观密度除决定于材料的密度及构造状态外,还与含水的程度有关。

(三) 堆积密度

堆积密度是指粉块状材料在堆积状态下,单位体积的质量。堆积密度 ρ'_0 可用下式表示:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

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 ——材料的堆积体积(包括了颗粒之间的空隙), cm^3 或 m^3 。

材料的堆积体积是指散粒状材料在堆积状态下的总体外观体积。

砂、石等散粒状材料的堆积体积,可通过在规定条件下用所填充容量筒的容积来求得,材料的堆积密度与散粒状材料在自然堆积时颗粒间空隙、颗粒内部结构、含水状态、颗粒间被压实的程度有关。

根据其堆积状态的不同,同一材料表现的体积大小可能不同,松散堆积状态下的体积较大,密实堆积状态下的体积较小。材料的堆积体积,常用材料填充容器的容积大小来测量。

(四) 密实度与孔隙率

1. 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度。密实度 D 可用下式计算:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 D ——密实度, %;

V ——材料在绝对密实状下的体积, cm^3 或 m^3 ;

V_0 ——在自然状态下材料的体积, cm^3 或 m^3 ;

ρ_0 ——表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

ρ ——密度, g/cm^3 或 kg/m^3 。

对于绝对密实材料,因 $\rho_0 = \rho$,故 $D = 1$ 或 100% ;对于大多数建筑材料,因 $\rho_0 < \rho$,故 $D < 1$ 或 $D < 100\%$ 。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料中,孔隙体积所占整个体积的比例。孔隙率 P 可用下式计算:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% = 1 - D \quad (1-5)$$

孔隙率反映了材料内部孔隙的多少,它会直接影响材料的多种性质。材料内部的孔隙率越大,则材料在自然状态下材料的体积越大,强度越小,耐磨性、抗冻性、抗渗

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12chapter
13chapter
14

性、耐腐蚀性、耐水性及其他耐久性越差,而保温性、吸声性、吸水性及吸湿性越强。上述性质不仅与材料的孔隙率大小有关,还与孔隙特征(如开口孔隙、闭口孔隙、球形孔隙等)有关。此外,孔隙尺寸的大小、孔隙在材料内部分布的均匀程度等都是孔隙在材料内部的特征表现。几种常用建筑装饰材料的密度、表观密度、堆积密度及孔隙率见表 1-1。

表 1-1 常用建筑装饰材料的密度、表观密度、堆积密度及孔隙率

材料名称	密度/(g·cm ⁻³)	表观密度/(kg·m ⁻³)	堆积密度/(kg·m ⁻³)	孔隙率/%
石灰岩	2.60	1 800 ~ 2 600	—	0.6 ~ 1.5
花岗岩	2.60 ~ 2.90	2 500 ~ 2 800	—	0.5 ~ 1.0
碎石(石灰岩)	2.60	—	1 400 ~ 1 700	—
砂	2.60	—	1 450 ~ 1 650	—
水泥	2.80 ~ 3.20	—	1 200 ~ 1 300	—
烧结普通砖	2.50 ~ 2.70	1 600 ~ 1 800	—	20 ~ 40
普通混凝土	2.60	2 100 ~ 2 600	—	5 ~ 20
轻质混凝土	2.60	1 000 ~ 1 400	—	60 ~ 65
木材	1.55	400 ~ 800	—	55 ~ 75
钢材	7.85	7 850	—	0
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—	—

(五) 填充率与空隙率

对于松散颗粒状态的材料,如砂、石子等,可用填充率和空隙率表示互相填充的疏松致密程度。

1. 填充率

填充率是指散粒状材料在堆积体积内被颗粒所填充的程度。填充率 D' 的计算公式为:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 D' ——填充率, %。

2. 空隙率

空隙率是指散粒材料的堆积体积中,颗粒之间空隙体积占材料堆积体积的百分率,以 P' 表示,用下式计算:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% = 1 - D' \quad (1-7)$$

即

$$D' + P' = 1$$

式中 P' ——空隙率, %。



小技巧

填充率和空隙率是从两个不同侧面反映散粒材料的颗粒互相填充的疏密程度的。空隙率考虑的是材料颗粒间的空隙,这对填充和黏结散粒材料、研究散粒状材料的空隙结构和计算胶结材料的需要量十分重要。

(六) 压实度

材料的压实度是指散粒状材料被压实的程度,即散粒状材料经压实后的实测干堆积密度 ρ' 值与该材料经充分压实后的干堆积密度 ρ'_m 值的比率百分数,压实度 K_y 的计算公式为:

$$K_y = \frac{\rho'}{\rho'_m} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 K_y ——散粒状材料的压实度, %;

ρ' ——散粒状材料经压实后的实测干堆积密度, kg/m^3 ;

ρ'_m ——散粒状材料经充分压实后的最大干堆积密度, kg/m^3 。



二、与水有关的性质

材料在使用过程中不可避免地会受到外界雨、雪、地下水、冻融等因素的影响,绝大多数都有不同程度的有害作用,故要特别注意建筑材料和水有关的性质,包括材料的亲水性和憎水性,以及材料的吸水性和吸湿性、耐水性、抗渗性、抗冻性等。

(一) 亲水性与憎水性

固体材料在与水接触时,有些材料能被水润湿,而有些材料则不能被水润湿。根据材料表面被水润湿的情况,分为亲水性材料和憎水性材料。

当固体材料在空气中与水接触时,在材料、水、空气三点相交处,沿水表面作切线与材料表面所夹的角,称为润湿角 θ 。 θ 角越小,表示材料越容易被水润湿,当 $\theta = 0$ 时,表明材料完全被水润湿。若材料分子与水分子间相互作用力大于水分子之间作用力时,材料表面就会被水润湿,此时 $\theta \leq 90^\circ$ (图 1-1a),这种材料称为亲水性材料。反之,若材料分子与水分子之间相互作用力小于水分子间作用力时,则认为材料不能被水润湿,此时 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ (图 1-1b),这种材料称为憎水性材料。

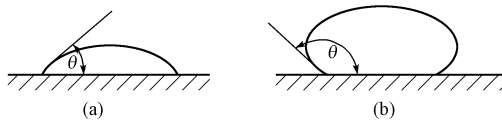


图 1-1 材料的润湿角
(a) 亲水性材料; (b) 憎水性材料

(二) 吸水性和吸湿性

1. 吸水性

吸水性是材料在水中吸收水分的性质。吸水性的,以吸水率表示。吸水率有质量吸水率和体积吸水率两种表达方式,分别用 $W_{质}$ 和 $W_{体}$ 表示:

- chapter 01
- chapter 02
- chapter 03
- chapter 04
- chapter 05
- chapter 06
- chapter 07
- chapter 08
- chapter 09
- chapter 10
- chapter 11
- chapter 12
- chapter 13
- chapter 14

$$W_{\text{质}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-9)$$

$$W_{\text{体}} = \frac{V_w}{V_0} = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中 $W_{\text{质}}$ ——质量吸水率, % ;
 $W_{\text{体}}$ ——体积吸水率, % ;
 m_2 ——材料在吸水饱和状态下的质量, g ;
 m_1 ——材料在绝对干燥状态下的质量, g ;
 V_w ——材料所吸收水分的体积, cm^3 ;
 V_0 ——材料在绝对干燥状态下的体积, cm^3 ;
 ρ_w ——水的密度, 常温下可取 1 g/cm^3 。

质量吸水率 $W_{\text{质}}$ 与体积吸水率 $W_{\text{体}}$ 有如下的关系:

$$W_{\text{体}} = W_{\text{质}} \cdot \rho_0 \cdot \frac{1}{\rho_w} = W_{\text{质}} \cdot \rho_0 \quad (1-11)$$

式中 ρ_0 ——材料干燥状态的表现密度。

2. 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质, 称为吸湿性。吸湿性的大小用含水率表示。含水率用材料所含水的质量与材料干燥时质量的百分比来表示。材料吸湿或干燥至空气湿度相平衡的含水率称为平衡含水率。材料在正常使用状态下, 均处于平衡含水状态。

一般来说, 开口孔隙率较大的亲水性材料具有较强的吸湿性。材料的含水率还受环境条件的影响, 随温度和湿度的变化而改变。最终材料的含水率将与环境湿度达到平衡状态。含水率 $W_{\text{含}}$ 的计算公式为:

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-12)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率, % ;
 $m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量, g ;
 $m_{\text{干}}$ ——材料干燥至恒重时的质量, g 。

例如: 木制门窗在潮湿环境中往往不易开关, 就是由于木材吸湿膨胀而引起的; 而保温材料吸湿后, 其热导率增大, 保温性能会降低。

(三) 耐水性

耐水性是指材料长期在饱和水作用下, 其强度也不显著降低的性质。

对于结构材料, 耐水性主要指强度变化, 对装饰材料则主要指颜色、光泽、外形等的变化, 以及是否起泡、起层等, 即材料不同, 耐水性的表示方法也不同。如建筑涂料的耐水性常以是否起泡、脱落等来表示, 而结构材料的耐水性用软化系数 K_R 来表示 (材料在吸水饱和状态下的抗压强度与材料在绝干状态下的抗压强度之比):

$$K_R = \frac{f_1}{f} \quad (1-13)$$

式中 K_R ——材料的软化系数;

f_1 ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度,MPa;

f ——材料在干燥状态下的抗压强度,MPa。

材料的软化系数 $K_R = 0 \sim 1.0$ 。 $K_R \geq 0.85$ 的材料称为耐水性材料。经常受到潮湿或水作用的结构,须选用 $K_R \geq 0.75$ 的材料,重要结构须选用 $K_R \geq 0.85$ 的材料。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,如花岗石长期浸泡在水中,强度将下降 3%,烧结普通砖和木材所受影响更为显著。

(四) 抗渗性

渗透是指水在压力作用下,通过材料内部毛细孔迁移的过程。抗渗性是指材料抵抗压力水渗透的性质。按照达西定律,在一定时间 t 内,透过的水量 Q ,与材料垂直于渗水方向的渗水面积 A 和材料两侧的水压差 H 成正比,与材料的厚度 d 成反比,以公式表示为:

$$K_s = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-14)$$

式中 K_s ——材料的渗透系数,cm/h;

Q ——渗水量,cm³;

d ——试件厚度,cm;

A ——渗水面积,cm²;

t ——渗水时间,h;

H ——静水压力水头,cm。

渗透系数反映了材料在单位时间内,通过单位面积及厚度的渗透水量。 K_s 值越小,材料的抗渗性越好。

材料的抗渗性也可用抗渗等级表示,即在标准试验条件下,规定的试件在渗水前所能承受的最大水压,并以符号“P”及可承受的水压力值表示。如抗渗等级为 P6,则表示该种材料的最大渗水压力为 0.6 MPa。

材料的抗渗性主要与材料的孔隙状况有关。材料的孔隙率越大,连通孔隙越多,其抗渗性越差,工程中一般对材料进行憎水处理。绝对密实的材料和仅有闭口孔或极细微孔的材料实际上是不渗水的。

(五) 抗冻性

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下,在多次冻融循环的作用下,保持其原有的性能,抵抗破坏的能力。

材料经过多次冻融循环作用后,表面将出现裂纹、剥落等现象,造成质量损失及强度降低。这是由于材料孔隙内饱和水结冰时,其体积增大对孔壁产生很大的冰胀应力,使孔壁受到相应的拉应力,当拉应力超过材料的抗拉强度时,孔壁将出现局部裂纹或裂缝。随着冻融循环次数的增多,裂纹或裂缝不断扩展,最终使材料受冻破坏。

材料在 $-15\text{ }^\circ\text{C}$ 以下时毛细孔中的水结冰,体积增大约 9%,对孔壁产生很大的压力,而融化时由外向内逐层进行,方向与冻结时相反,在内外层之间形成压力差和温度差,使材料出现脱屑剥落或裂缝,强度也逐渐降低。材料的抗冻性用抗冻等级 F 表示,如 F15 表示能经受 15 次冻融循环而不破坏。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12chapter
13chapter
14



小技巧

材料孔隙率和开口孔隙越大(特别是开口孔隙率),则材料的抗冻性越差。材料孔隙中的充水程度越高,则材料的抗冻性越差。对于受冻材料,吸水饱和状态是最不利的状态。如陶瓷材料吸水饱和和受冻后最易出现脱落、掉皮等现象。

在寒冷地区和环境中的结构设计和材料选用,必须考虑材料的抗冻性能,如严寒地区海港工程的水位升降部位的混凝土必须考虑其抗冻性。据统计我国北方地区一些海港码头潮涨潮落部位的混凝土,每年要经受数十次冻融循环。

对于冬季室外温度低于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的地区,工程中使用的材料必须进行抗冻性检验。



三、与热有关的性质

(一) 热导性

热导性是指当材料两侧存在温度差时,热量由材料温度高的一面传至另外温度低的一面的性质。热导性用热导率 λ 表示,计算式如下:

$$\lambda = \frac{Qd}{(T_1 - T_2)At} \quad (1-15)$$

式中 λ ——热导率, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;

Q ——传热量, J ;

d ——材料厚度, m ;

$T_1 - T_2$ ——材料两侧的温差, K ;

A ——材料传热面的面积, m^2 ;

t ——传热的的时间, s 。

材料的热导率大,则热导性强;反之,绝热性强。建筑材料的热导率差别很大,工程上通常把 $\lambda < 0.23 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 的材料作为保温隔热材料。

材料的热导率除与其本身的性质、结构、材料的密度有关外,还与材料的含水率及环境温度有关。一般认为,金属材料、无机材料、晶体材料的热导率 λ 分别大于有机材料、非晶体材料。孔隙率越大,热导率越小,细小孔隙、闭口孔隙比粗大孔隙、开口孔隙对降低热导率更为有利。

(二) 热容量与比热容

材料加热或冷却时,吸收或放出热量的性质,称为热容量。热容量的大小用比热容(也称质量热容)表示,材料吸收或放出的热量与比热容可用下式计算:

$$Q = cm(T_2 - T_1) \quad (1-16)$$

式中 Q ——材料的热容量, J ;

c ——材料的比热容, $\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$;

m ——材料的质量, g ;

$T_2 - T_1$ ——材料受热或冷却前后的温度差, K 。

其中比热容 c 值是真正反映不同材料热容性差别的参数,它可由上式导出:

$$c = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)} \quad (1-17)$$

比热容表示质量为 1 g 的材料,在温度每改变 1 K 时所吸收或放出热量的大小。材料的比热容值大小与其组成和结构有关。通常所说材料的比热容值是指其干燥状态下的比热容值。

比热容是反映材料的吸热或放热能力大小的物理量。不同材料比热容不同,即使是同一种材料,由于所处物态不同,比热容也不同。例如,水的比热容为 $4.186 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$,而结冰后比热容则是 $2.093 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ 。

比热容 c 与质量 m 的乘积称为热容。选择高热容材料作为墙体、屋面、内装饰,在热流变化较大时,对稳定建筑物内部温度变化有重要意义。

常见建筑材料的热导率和比热容值见表 1-2。

表 1-2 几种常用建筑材料的热性质指标

材 料	热导率/ $[\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}]$	比热容/ $[\text{J} \cdot (\text{g} \cdot \text{K})^{-1}]$
钢材	58	0.48
铜材	370	0.38
花岗石	3.49	0.92
混凝土	1.51	0.84
烧结普通砖	0.8	0.88
松木	0.17 ~ 0.36	2.72
泡沫塑料	0.03	1.30
冰	2.20	2.09
水	0.6	4.19
密闭空气	0.023	1.00

(三) 材料的温度变形性

材料的温度变形性是指温度升高或降低时材料的体积变化程度。多数材料在温度升高时体积膨胀,温度降低时体积收缩。这种变化在单向尺寸上表现为线膨胀或线收缩。对应的技术指标为线膨胀系数 α 。材料的单向线膨胀量或线收缩量计算公式为:

$$\Delta L = (T_1 - T_2) \cdot \alpha \cdot L \quad (1-18)$$

式中 ΔL ——线膨胀或线收缩量,mm;

$T_1 - T_2$ ——材料升降温前后的温度差,K;

α ——材料在常温下的平均线膨胀系数,1/K;

L ——材料原来的长度,mm。



知识链接

材料线膨胀系数大小与建筑温度变形的产生有着直接的关系,在工程中须选择合适的材料来满足工程对温度变形的需求。

(四) 耐燃性与耐火性

1. 耐燃性

耐燃性是指材料在火焰或高温作用下可否燃烧的性质。我国相关规范把材料按

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

chapter 12

chapter 13

chapter 14

耐燃性分为非燃烧材料(如钢铁、砖、石等)、难燃材料(如纸面石膏板、水泥刨花板等)和可燃材料(如木材、竹材等)。在建筑物的不同部位,根据其使用特点和重要性的不同可选择不同耐燃性的材料。

耐燃性是影响建筑物防火和耐火等级的重要因素,《建筑内部装修设计防火规范》(GB 50222—1995)给出了常用建筑装饰材料的燃烧等级,见表1-3。材料在燃烧时放出的烟气和毒气对人体危害极大,远远超过火灾本身。

表 1-3 常用建筑内部装饰材料的燃烧性能等级划分

材料类别	级别	材 料 举 例
各部位材料	A	花岗石、大理石、水磨石、水泥制品、混凝土制品、石膏板、石灰制品、粘土制品、玻璃、瓷砖、陶瓷锦砖(马赛克)、钢铁、铝、铜合金等
顶棚材料	B ₁	纸面石膏板、纤维石膏板、水泥刨花板、矿棉装饰吸声板、玻璃棉装饰吸声板、珍珠岩装饰吸声板、难燃胶合板、难燃中密度纤维板、岩棉装饰板、难燃木材、铝箔复合材料、难燃酚醛胶合板、铝箔玻璃钢复合材料等
墙面材料	B ₁	纸面石膏板、纤维石膏板、水泥刨花板、矿棉板、玻璃棉板、珍珠岩板、难燃胶合板、难燃中密度纤维板、防火塑料装饰板、难燃双面刨花板、多彩涂料、难燃壁纸、难燃墙布、难燃仿花岗岩装饰板、氯氧镁水泥装配式墙板、难燃玻璃钢平板、PVC塑料护墙板、轻质高强复合墙板、阻燃模压木质复合板材、彩色阻燃人造板、难燃玻璃钢等
	B ₂	各类天然木材、木制人造板、竹材、纸制装饰板、装饰微薄木贴面板、印刷木纹人造板、塑料贴面装饰板、聚酯装饰板、复塑装饰板、塑纤板、胶合板、塑料壁纸、无纺贴墙布、墙布、复合壁纸、天然材料壁纸、人造革等
地面材料	B ₁	硬PVC塑料地板、水泥刨花板、水泥木丝板、氯丁橡胶地板等
	B ₂	半硬质PVC塑料地板、PVC卷材地板、木地板、氯纶地毯等
装饰织物	B ₁	经阻燃处理的各类难燃织物等
	B ₂	纯毛装饰布、纯麻装饰布、经阻燃处理的其他织物等
其他装饰材料	B ₁	聚氯乙烯塑料、酚醛塑料、聚碳酸酯塑料、聚四氟乙烯塑料、脲醛塑料、硅树脂塑料装饰型材、经阻燃处理的各类织物等。另见顶棚材料和墙面材料中的有关材料
	B ₂	经阻燃处理的聚乙烯、聚丙烯、聚氨酯、聚苯乙烯、玻璃钢、化纤织物、木制品等

2. 耐火性

耐火性是指材料在火焰或高温作用下,保持其不破坏、性能不明显下降的能力。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,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极限通常用耐受时间 h 来表示。要注意耐燃性和耐火性概念的区别,耐燃的材料不一定耐火,耐火的一般都耐燃。如钢材是非燃烧材料,但其耐火极限仅为0.25 h ,故钢材虽为重要的建筑结构材料,但其耐火性却较差,使用时须进行特殊的耐火处理。

常用材料的耐火性能见表1-4。

表 1-4 常用材料的耐火性能

材 料	温度/℃	注 解	材 料	温度/℃	注 解
普通粘土砖砌体	500	最高使用温度	预应力混凝土	400	火灾时最高允许温度
普通钢筋混凝土	200	最高使用温度	钢 材	350	火灾时最高允许温度
普通混凝土	200	最高使用温度	木 材	260	火灾危险温度
页岩陶粒混凝土	400	最高使用温度	花岗岩(含石英)	575	相变发生急剧膨胀温度
普通钢筋混凝土	500	火灾时最高允许温度	石灰岩、大理石	750	开始分解温度



四、与声学有关的性质

(一)吸声性

吸声性是指材料在空气中能够吸声的能力。当声波传播到材料的表面时,一部分声波被反射,一部分穿透材料,其余部分则传递给材料。对于含有大量开口孔隙的多孔材料,传递给材料的声能在材料的孔隙中引起空气分子与孔壁的摩擦和黏滞阻力,使相当一部分的声能转化为热能而被吸收或消耗掉。

材料吸声性能用吸声系数 α 表示。吸声系数是指吸收的能量与声波原先传递给材料的全部能量的百分比。吸声系数的计算公式为:

$$\alpha = \frac{E}{E_0} \times 100\% \quad (1-19)$$

式中 α ——材料的吸声系数;

E_0 ——传递给材料的全部入射声能;

E ——被材料吸收(包括透过)的声能。

材料的吸声特性除与声波方向有关外,还与声波的频率有关。同一材料,对于高、中、低不同频率的吸声系数是不同的。一般采用的声波频率为 125、250、500、1 000、2 000、4 000(Hz)。一般对上述 6 个频率的平均吸声系数大于 0.2 的材料称为吸声材料。



知识链接

影响材料吸声效果的主要因素有:①材料的表观密度。②材料的厚度。③材料的孔隙特征。④材料背后的空气层。⑤温度与湿度等。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声的危害,在进行音乐厅、电影院、大会堂、播音室等内部装饰时,应使用适当的吸声材料。在噪声大的厂房内有时也采用吸声材料。

(二)隔声性

声波在传播过程中被减弱或隔断的性能称为材料的隔声性。声波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。

1. 隔空气声

声波在空气中传播遇到密实的围护结构(如墙体)时,声波将激发墙体产生振动,并使声音透过墙体传至另一空间中。空气对墙体的激发服从“质量定律”,即墙体的

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12chapter
13chapter
14

单位面积质量越大,隔声效果越好。因此,砖及混凝土等材料的结构,隔声效果都很好。

透射声功率与入射声功率的比值称为声透射系数 τ ,该值越大则材料的隔声性能越差。材料或构件的隔声能力用隔声量 $R(R = 10\lg(1/\tau))$ 来表示。与声透射系数 τ 相反,隔声量 R 越大,材料或构件的隔声性能越好。对于均质材料,隔声量符合“质量定律”,即材料单位面积的质量越大或材料的体积密度越大,隔声效果越好,轻质材料的质量较小,隔声性较密实材料差。

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,即在产生和传递固体声波的结构层中加入具有一定弹性的衬垫材料,如木板、地毯、壁布、橡胶片等,以阻止或减弱固体声波的继续传播。

课堂案例

某工地所用卵石材料的密度为 2.65 g/cm^3 、表观密度为 2.61 g/cm^3 、堆积密度为 1680 kg/m^3 。

问题:

计算此石子的孔隙率和空隙率。

分析:

孔隙率是指材料中,孔隙体积所占整个体积的比例。因此石子的孔隙率 P 为:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = 1 - \left(\frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{2.61}{2.65}\right) \times 100\% = 1.51\%$$

空隙率是指散粒材料的堆积体积中,颗粒之间空隙体积占材料堆积体积的百分率,以 P' 表示。因此石子的空隙率 P' 为:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{1.68}{2.61}\right) \times 100\% = 35.63\%$$

2

学习单元2 材料的力学性能

知识目标

- (1) 了解材料强度。
- (2) 了解材料弹性和塑性。
- (3) 了解材料的脆性和韧性。
- (4) 了解材料的硬度和耐磨性。

技能目标

- (1) 能进行抗拉、抗压、抗剪强度计算。
- (2) 能进行材料弹性模量的计算。
- (3) 能进行材料磨损率的计算。

基础知识

材料的力学性质就是指材料在外力作用下,产生变形和抵抗破坏方面的性质。材料受到外力作用后,都会产生不同程度变形,当外力超过一定限度后,材料将被破坏。

一、材料强度

(一) 材料强度定义

强度是指材料在外力(荷载)作用下,抵抗破坏的能力。当材料受到外力作用时,在材料内部相应的产生应力,外力增大,应力也随之增大,直到应力超过材料内部质点所能抵抗的极限时,材料就发生破坏,此时的极限应力值即为材料强度,也称极限强度。

根据外力作用方式的不同,材料强度有抗拉、抗压、抗剪、抗折(抗弯)强度等,如图 1-2 所示。

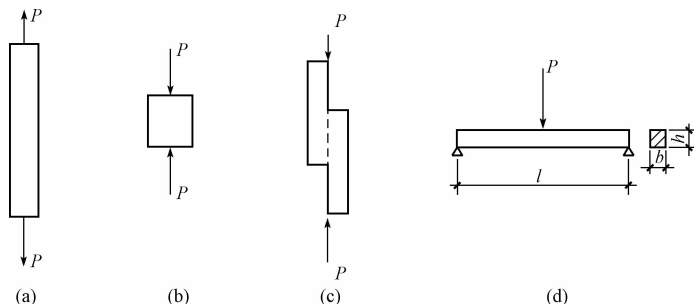


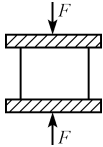
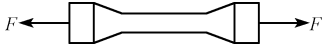

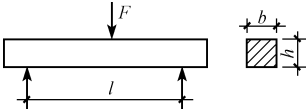
图 1-2 材料承受各种外力示意图
(a) 抗拉; (b) 抗压; (c) 抗剪; (d) 抗弯

材料在建筑物上所承受的力,主要有拉力、压力、弯曲及剪应力等,材料抵抗上述外力破坏的能力,分别称为抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度。

这些强度一般通过静力试验来测定,因而总称为静力强度,静力强度的分类与计算公式见表 1-5。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12chapter
13chapter
14

表 1-5 静力强度分类与计算公式

强度类别	举 例	计算式	附 注
抗压强度 f_c/MPa		$f_c = \frac{F}{A}$	F ——破坏荷载(N); A ——受荷面积(mm^2); l ——两交点距离(mm); b ——断面宽度(mm); h ——断面高度(mm)
抗拉强度 f_t/MPa		$f_t = \frac{F}{A}$	
抗剪强度 f_v/MPa		$f_v = \frac{F}{A}$	
抗弯强度 f_{lm}/MPa		$f_{lm} = \frac{3Fl}{2bh^2}$	

材料的强度与其组成及结构有关。相同种类的材料,其组成、结构特征、孔隙率、试件形状、尺寸、表面状态、含水率、温度及试验时的加荷速度等对材料的强度都有影响。常见建筑材料的各种强度值见表 1-6。

表 1-6 常用建筑材料的强度值(MPa)

材 料	抗 压	抗 拉	抗 折
花岗岩	100 ~ 250	5 ~ 8	10 ~ 14
普通混凝土	5 ~ 60	1 ~ 9	—
轻骨料混凝土	5 ~ 50	0.4 ~ 2	—
松木(顺纹)	30 ~ 50	80 ~ 120	60 ~ 100
钢材	240 ~ 1 500	240 ~ 1 500	—

(二) 材料强度等级

对于以强度为主要指标的材料,通常按材料强度值的高低划分成若干等级,称为强度等级。如硅酸盐水泥可划分为 42.5、52.5、62.5 等强度等级。强度等级是人为划分的,是不连续的。根据强度划分强度等级时,规定的各项指标都合格,才能定为某强度等级,否则就要降低级别。而强度具有客观性和随机性,其试验值往往是连续分布的。强度等级与强度间的关系,可简单表述为“强度等级来源于强度,但不等同于强度”。

对于不同强度的材料进行比较,可采用比强度这个指标。比强度是按单位体积质

量计算的材料强度指标,其值等于材料的强度值与其表观密度之比,表 1-7 是几种主要材料的比强度。

表 1-7 几种常用材料的比强度

材料名称	表观密度/(kg·m ⁻³)	强度值/MPa	比强度
低碳钢	7 800	235	0.030 1
松木	500	34	0.068 0
普通混凝土	2 400	30	0.012 5
红砖	1 700	10	0.005 9
烧结普通砖	1 700	10	0.006
铝合金	2 800	450	0.160
玻璃钢	2 000	450	0.225



二、材料的弹性和塑性

(一) 弹性

材料在外力作用下产生变形,外力取消后变形即行消失,并能够完全恢复到原来形状的性质,称为材料的弹性。这种完全恢复的变形,称为弹性变形。材料的弹性变形曲线如图 1-3 所示。

弹性变形大小与其所受外力大小成正比,其比例系数对某理想的弹性材料来说为一常数,这个常数被称为该材料的弹性模量,以符号“ E ”来表达,其公式为:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (1-20)$$

式中 σ ——材料所受的应力,MPa;

ε ——在应力 σ 作用下的应变。

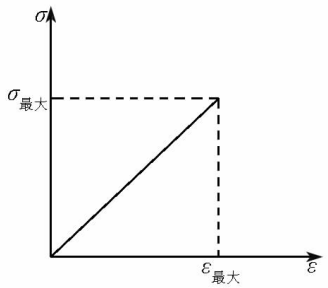


图 1-3 弹性变形曲线

小提示

弹性模量是反映材料抵抗变形能力的指标。 E 值越大,表明材料的刚度越大,外力作用下的变形越小。

(二) 塑性

在外力作用下材料产生变形,在外力取消后,变形不能恢复,这种性质称为材料的塑性。这种不能恢复的变形,称为塑性变形。

钢材在弹性极限内接近于完全弹性材料,其他建筑材料多为非完全弹性材料。这种非完全弹性材料在受力时,弹性变形和塑性变形同时产生,如图 1-4 所示,外力取消后,弹性变形 ab 可以消失,而塑性变形 ob 不能消失。

实际上,只有单纯的弹性或塑性的材料都是不存在的,各种材料在不同的应力下都会表现出不同的变形性能。

chapter
01

chapter
02

chapter
03

chapter
04

chapter
05

chapter
06

chapter
07

chapter
08

chapter
09

chapter
10

chapter
11

chapter
12

chapter
13

chapter
14

三、材料的脆性和韧性

(一) 脆性

材料在外力作用下,直至断裂前只发生弹性变形,不出现明显的塑性变形而突然破坏的性质称为脆性。具有这种性质的材料称为脆性材料,其特点是材料接近破坏时,变形仍很小。脆性材料抗冲击及承受振动荷载能力差,故常用于承受静压力作用的建筑部位,如基础、墙体、柱子、墩座等。

混凝土、玻璃、砖、石材、陶瓷等属于脆性材料,它们的抵抗冲击作用能力差,但是抗压强度较高。图 1-5 为脆性材料的变形曲线图。

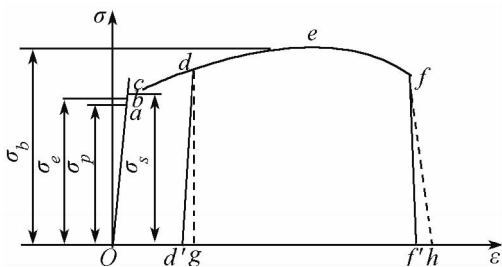


图 1-4 弹塑性变形曲线

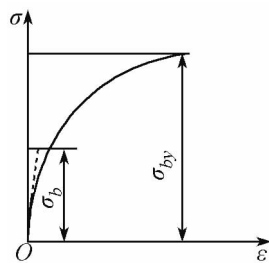


图 1-5 脆性材料的变形曲线

(二) 韧性

在冲击、振动荷载作用下,材料可吸收较大的能量产生一定的变形而不破坏的性质称为韧性或冲击韧性。建筑钢材(软钢)、木材、塑料等是较典型的韧性材料。材料的韧性用冲击韧性指标值 α_k 来表示, α_k 是指用带缺口的试件做冲击破坏试验时,断口处单位面积所吸收的功。 α_k 值越大,材料的韧性越好。

四、材料的硬度和耐磨性

(一) 硬度

硬度指材料表面的坚硬程度,是抵抗其他物体刻画、压入其表面的能力。建筑与装饰材料在其使用过程中,为保持建筑物的使用性能或外观,常要求材料具有一定的硬度,以防止其他物体对材料的磕碰、刻画造成材料表面破损或外观缺陷。硬度的测定方法有刻画法、回弹法、压入法等,不同材料其硬度的测定方法不同。

回弹法用于测定混凝土表面硬度,并间接推算混凝土的强度,也用于测定砖、砂浆等的表面硬度;刻画法用于测定天然矿物的硬度;压入法是用硬物压入材料表面,通过压痕的面积和深度测定材料的硬度。钢材、木材的硬度,常用钢球压入法测定。

压入法测硬度的指标有布氏硬度和洛氏硬度,它等于压入荷载值除以压痕的面积或深度。而陶瓷、玻璃等脆性材料的硬度往往采用刻画法来测定,称为莫氏硬度,根据刻画矿物(滑石、石膏、磷灰石、正长石、硫铁矿、黄玉、金刚石等)的不同分为十级。

小提示

通常,硬度大的材料耐磨性较强,不易加工。在工程中,常利用材料硬度与强度间的关系,间接测定材料强度。

(二) 耐磨性

耐磨性是指材料表面抵抗磨损的能力,耐磨性用磨损率 N 表示,它等于试件在标准试验条件下磨损前后的质量差与试件受磨表面积之商。磨损率 N 可用下式计算:

$$N = \frac{m_1 - m_2}{A} \times 100\% \quad (1-21)$$

式中 N ——材料的磨损率, g/cm^2 ;

m_1 、 m_2 ——材料磨损前、后的质量, g ;

A ——试件受磨面积, cm^2 。

试件的磨损率表示一定尺寸的试件,在一定压力作用下,在磨损试验机上磨一定次数后,试件每单位面积上的质量损失。

**小技巧**

材料的耐磨性与硬度、强度及内部构造有关,材料的硬度越大,材料的耐磨性越高,材料的磨损率有时也用磨损前后的体积损失或耐磨次数来表示,地面、路面、楼梯踏步及其他受较强磨损作用的部位等,须选用具有较高硬度和耐磨性的材料。

3**学习单元3 材料的耐久性****知识目标**

- (1) 熟悉影响材料耐久性的因素。
- (2) 掌握材料耐久性的提高措施。
- (3) 了解材料耐久性的测定。

**技能目标**

- (1) 能理解影响材料耐久性的因素。
- (2) 能根据材料的特点和使用情况对提高材料的耐久性采取相应的措施。
- (3) 能进行耐久性的实验测试。

**基础知识****一、影响材料耐久性的因素**

材料在使用中,除受荷载作用外,还会受周围环境中各种自然因素的影响,如物理、化学及生物等方面的作用。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12chapter
13chapter
14

物理作用包括干湿变化、温度变化、冻融循环、磨损等,这些都会使材料遭到一定程度的破坏,影响材料的长期使用。

化学作用包括受酸、碱、盐类等物质的水溶液及有害气体作用,发生化学反应及氧化作用;受紫外线照射等使材料变质或遭损。

生物作用是指昆虫、菌类等对材料的蛀蚀及腐蚀作用。

材料的耐久性是一项综合性能,一般包括耐水性、抗渗性、抗冻性、耐腐蚀性、抗老化性、耐热性、耐溶蚀性、耐磨性等多项性能,而不同材料的耐久性往往有不同的具体内容。如混凝土的耐久性,主要通过抗渗性、抗冻性、抗腐蚀性和抗碳化性来体现;钢材的耐久性,主要取决于其抗锈蚀性;而沥青的耐久性则主要取决于大气稳定性和温度敏感性。

二、材料耐久性的提高措施

实际工程中,材料受到外界破坏往往是两种以上因素同时作用。金属材料常由化学和电化学作用引起腐蚀和破坏;无机非金属材料常由化学作用、溶解、冻融、风蚀、温差、湿差、摩擦等因素综合作用而引起破坏;有机材料常由生物作用、溶解、化学腐蚀、光、热、电等作用而引起破坏。

为提高材料的耐久性,应根据材料的特点和使用情况采取相应措施,通常可以从以下几方面考虑:

- (1) 设法减轻大气或其他介质对材料的破坏作用,如降低温度、排除侵蚀性物质等。
- (2) 提高材料本身的密实度,改变材料的孔隙构造。
- (3) 适当改变成分,进行憎水处理及防腐处理。
- (4) 在材料表面设置保护层,如抹灰、做饰面、刷涂料等。

提高材料的耐久性,对保证建筑物的正常使用,减少使用期间的维修费用,延长建筑物的使用寿命,起着非常重要的作用。

三、材料耐久性的测定

耐久性是材料的一项长期性质,需对其在使用条件下进行长期的观察和测定。近年来已采用快速检验法,即在实验室模拟实际使用条件,进行有关的快速试验,根据试验结果对耐久性做出判定。

如常用软化系数来反映材料的耐水性;用实验室的冻融循环(数小时一次)试验得出的抗冻等级来说明材料的抗冻性;采用较短时间的化学介质浸渍来反映实际环境中的水泥石长期腐蚀现象等,并据此对耐久性做出测定和评价。

学习案例

某施工队原使用普通烧结粘土砖,后改为多孔、容量仅 700 kg/m^3 的加气混凝土砌块。在抹灰前往墙上浇水,发觉原使用的普通烧结粘土砖易吸足水量,但加气混凝土砌块表面看来浇水不少,但实则吸水不多。

 想一想

分析加气混凝土砌块表面为什么吸水不多。

 案例分析

加气混凝土砌块虽然多孔,但是其气孔大多数为“墨水瓶”结构,肚大口小,毛细管作用差,只有少数孔是水分蒸发形成的毛细孔。故吸水及导湿均缓慢,材料的吸水性不仅要看孔数多少,还需看孔的结构。

 知识拓展

建筑装饰材料的选择

建筑装饰的目的是使人所处的环境在空间上的分布能够在整体上达到很好的统一,即和谐。这种和谐在很大程度上取决于所用的装饰材料。优秀的装饰设计技术人员应在熟悉各种装饰材料的内在构造和有关的美学理论的基础上,充分考虑到各种装饰材料的适用范围,将装饰材料合理地配置和运用,而不只是将许多高档材料进行简单的堆砌。因此,设计人员还须注意材料的可塑性,即同一品种的装饰材料在不同的装饰场所表现出的效果有可能不同。一般来讲,装饰材料的选择可以从以下几方面来考虑。

(一) 材料的外观

装饰材料的外观主要是指形体、质感、色彩和纹理等。块状材料有稳定感,而板状材料则有轻盈的视觉效果。不同的材料质感给人的尺度和冷暖感是不同的,毛面材料给人粗犷豪迈的感觉,而镜面材料则有细腻的效果。色彩对人的心理作用就更为明显了,红色有刺激兴奋作用,绿色能消除紧张和视觉疲劳等。合理而艺术地利用装饰材料的外观效果能将建筑物的室内外环境装饰得层次分明、趣味盎然。

(二) 材料的功能性

装饰材料所具有的功能要与使用该材料的场所特点相结合。如在人流密集的公共场所地面上应采用耐磨性好、易清洁的地面装饰材料;住宅中厨房的墙、地面和顶棚装饰材料则宜采用耐污性和耐擦洗性较好的材料进行装饰;而影剧院的地面如果采用地毯装饰,显然就不能满足地面应易清洁和耐磨损的要求,而且长时间后,肮脏的毯面有利于细菌的繁殖,对人体的健康会产生不利的影晌。

(三) 材料的经济性

装饰材料的费用在建筑项目总投资中的比例往往高于1/2甚至2/3。其中主要的原因是装饰材料的价格较高。在装饰投资时应从长远性和经济性的角度出发,充分利用有限资金取得更好的装饰和使用效果,做到既满足目前的要求,又能为以后的装饰变化打下一定的基础。

 情境小结

本学习情境主要介绍了建筑与装饰材料的基本性质,包括物理性质、力学性能和耐久性。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12chapter
13chapter
14

(一) 材料的物理性质

1. 与质量等有关材料性质包括:密度、表观密度、堆积密度、密实度与孔隙率、填充率与空隙率、压实度。

2. 与热有关材料性质包括:热导性、热容量与比热容;材料的温度变形性、耐燃性与耐火性。

3. 与水有关材料性质包括:亲水性与憎水性(疏水性)、吸水性、耐水性与吸湿性、抗渗性、抗冻性。

4. 与声学有关的性质包括:吸声性和隔声性。

(二) 材料的力学性能

1. 材料的强度、强度等级。

2. 材料的弹性和塑性。

3. 材料的脆性和韧性。

4. 材料的硬度和耐磨性。

(三) 材料的耐久性

1. 影响材料耐久性的因素。

2. 材料耐久性的提高措施。

3. 材料耐久性的测定。



学习检测



填空题

1. 材料的吸湿性是指材料在_____的性质。
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湿,这种性质称为_____。
4. 材料的吸水性用_____表示,耐水性用_____表示。
5. 材料的孔隙率较大时(假定均为闭口孔),在自然状态下材料的体积_____,吸水性_____,抗渗性_____,抗冻性_____,导热性_____,吸声性_____。



选择题

1. 孔密度增大,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. 含水率4%的砂100g,其中干砂重()g。

A. 96	B. 95.5	C. 96.15	D. 97
-------	---------	----------	-------

 简答题

1. 试说明材料的密度、表观密度及堆积密度三者之间的区别。
2. 什么是材料的亲水性与憎水性？材料的吸水性与吸湿性有何关系？
3. 材料的吸声性与材料的哪些方面相关？
4. 说明材料的强度与强度等级的关系。
5. 脆性与韧性的关系是什么？硬度与耐磨性的区别是什么？
6. 什么是材料的耐久性？影响材料耐久性的因素有哪些？

- chapter 01
- chapter 02
- chapter 03
- chapter 04
- chapter 05
- chapter 06
- chapter 07
- chapter 08
- chapter 09
- chapter 10
- chapter 11
- chapter 12
- chapter 13
- chapter 14