



广州大学
GUANGZHOU UNIVERSITY

土木工程材料 Civil Engineering Materials

主讲：李古

土木工程学院工程材料研究所

邮箱：ligu123@qq.com

第一章 材料基本性质

材料与密实程度有关的性质

材料与密实程度有关的性质：密度

- 1.密度
- 2.体积密度
- 3.表观密度
- 4.堆积密度

1. 密度

定义：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 ——材料的密度，g/cm³；

m ——材料的质量（干燥至恒重），g；

V ——材料在绝对密实状态下（不含任何孔）的体积，cm³。

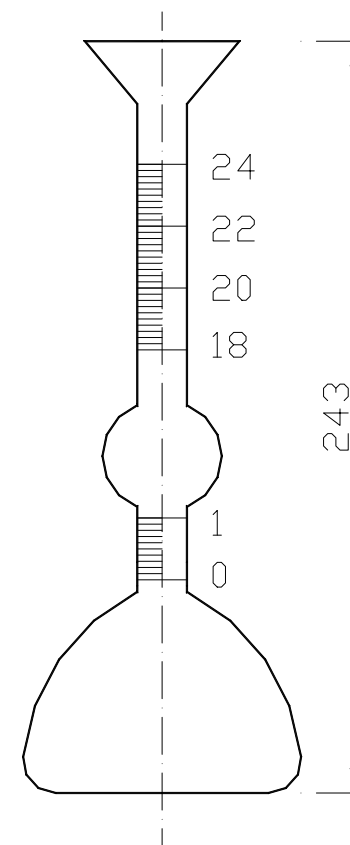
1. 密度

密度测定方法

- 在测定有孔隙材料（如砖、石等）的密度时应把材料磨成细粉，干燥后，用李氏瓶测定其绝对密实体积。
- 材料磨得越细，测得的密实体积数值就越精确。

相对密度

- 相对密度又称比重，是用材料的质量与同体积水（4°C）的质量的比值表示，无单位。



李氏瓶

2. 体积密度

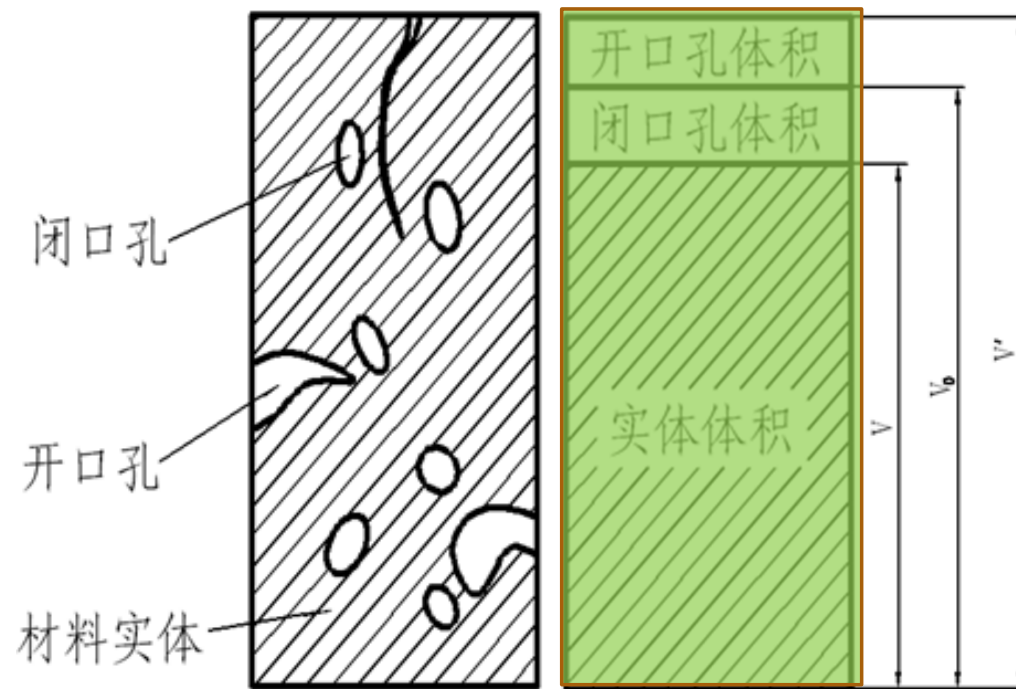
定义：体积密度

- 是指材料在**自然状态**下,单位体积的质量，俗称容重。按下式计算：

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

- 式中 ρ_0 ——材料的体积密度，kg/m³或g/cm³；
- m ——材料的质量，kg或g；
- V_0 ——材料在自然状态下（**含材料实体、开口孔、闭口孔**）体积，m³或cm³。

材料与密实程度有关的性质



材料的体积构成

2. 体积密度

闭口孔

- 建筑材料中，常以规定的条件下水能否进入孔中来区分为开口孔与闭口孔。
- 开口孔即指在规定的条件下水能进入的孔，否则为闭口孔。

含水对体积密度的影响

- 测定体积密度时，应注明其含水情况。
- 工程中一般指材料在气干状态（长期在空气中干燥）的体积密度。
- 实验室中通常为烘干状态下的体积密度，用“干体积密度”表示。

3. 表观密度

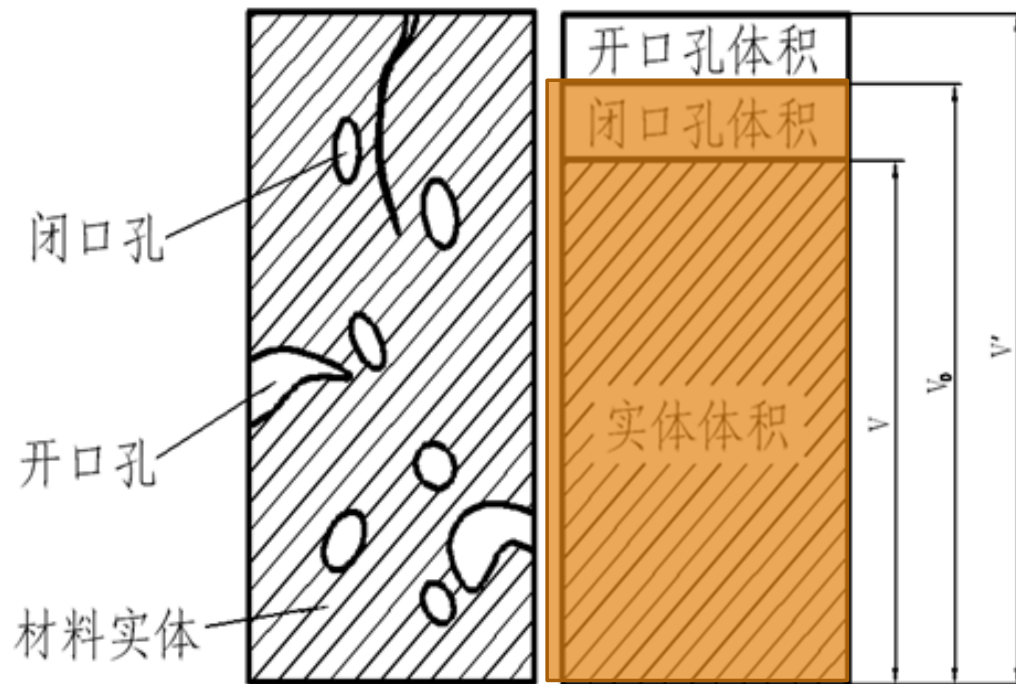
表观密度，单位表观体积材料干燥状态下的质量。

但是，表观体积只包括材料实体体积和闭口孔体积。按下式计算：

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

- 式中 ρ' ——材料的视密度， kg/m^3 或 g/cm^3 ；
- m ——材料的质量， kg 或 g ；
- v' ——材料在自然状态下（只含内部闭口孔，不含开口孔）体积，这里称为视体积， m^3 或 cm^3 。

材料与密实程度有关的性质



材料的体积构成

4.堆积密度

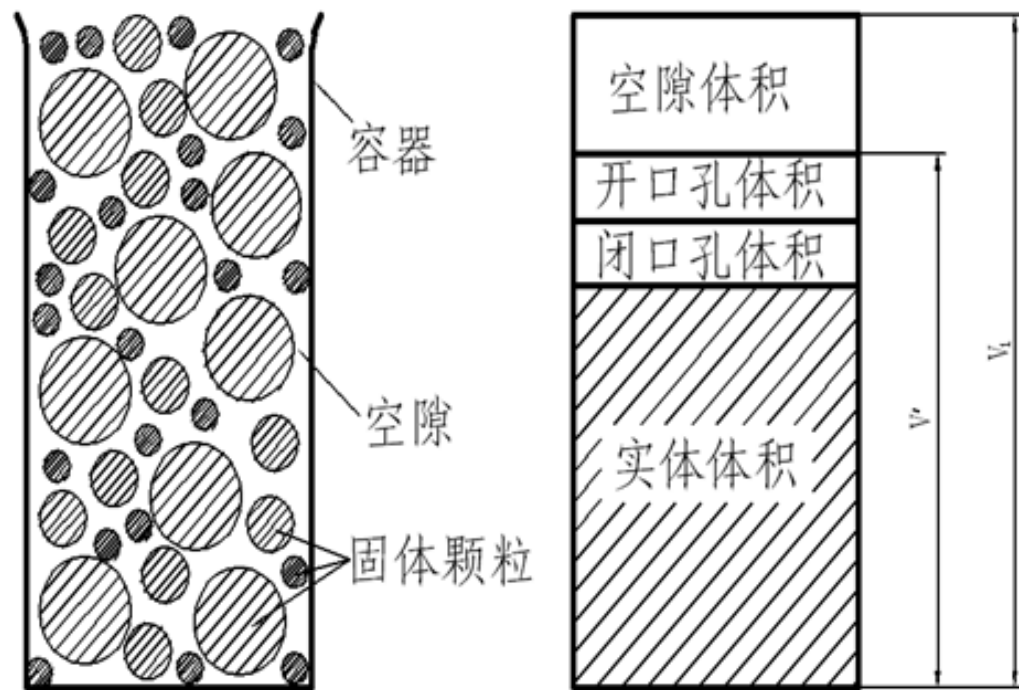
定义：堆积密度

- 是指散粒材料（如粉状、颗粒材料等）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 。

材料与密实程度有关的性质



材料的堆积体积构成

4.堆积密度

材料的堆积密度的工程意义

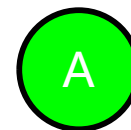
- 材料的堆积密度反映散粒结构材料堆积的紧密程度及材料可能的堆放空间。

常用材料的密度、表观密度和堆积密度

材料	密度	表观密度	堆积密度
石灰岩	2.60	1800~2600	—
花岗岩	2.60~2.80	2500~2900	—
碎石（石灰岩）	2.60	—	1400~1700
砂	2.60	—	1450~1650
粘土	2.60	—	1600~1800
普通粘土砖	2.50~2.80	1600~1800	—
粘土空心砖	2.50	1000~1400	—
水泥	3.10	—	1200~1300
普通混凝土	—	2100~2600	—
钢材	7.85	7850	—
木材	1.55	400~800	—
泡沫塑料	—	20~50	—

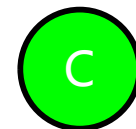
【一级结构2017】某一材料的下列指标中为常数的是()。

- ☒ A 密度
- ☐ B 表观密度(容重)
- ☐ C 导热系数
- ☐ D 强度



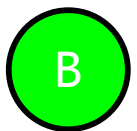
计算松散材料在自然堆积状态下单位体积质量的指标是()。

- ☐ A 密度
- ☐ B 表观密度
- ☐ C 堆积密度
- ☐ D 孔隙率



某散粒材料的密度 ρ 、表观密度 ρ_0 和堆积密度 ρ_0' 之间可能存在的关系为()。

- A $\rho_0 > \rho \geq \rho_0'$
- B $\rho \geq \rho_0 > \rho_0'$
- C $\rho > \rho_0 \geq \rho_0'$
- D $\rho_0' \geq \rho_0 > \rho$



单选题 1分

某砖干重2.5kg,尺寸0.24m×0.115m×0.053m,则体积密度为()kg/m³。

A 2500

B 1800

C 2400

D 1709

D

材料与密实程度有关的性质：孔与空

- 1.材料中的孔隙和空隙
- 2.孔隙率与密实度
- 3.空隙率与填充率
- 4.孔对材料性能的影响

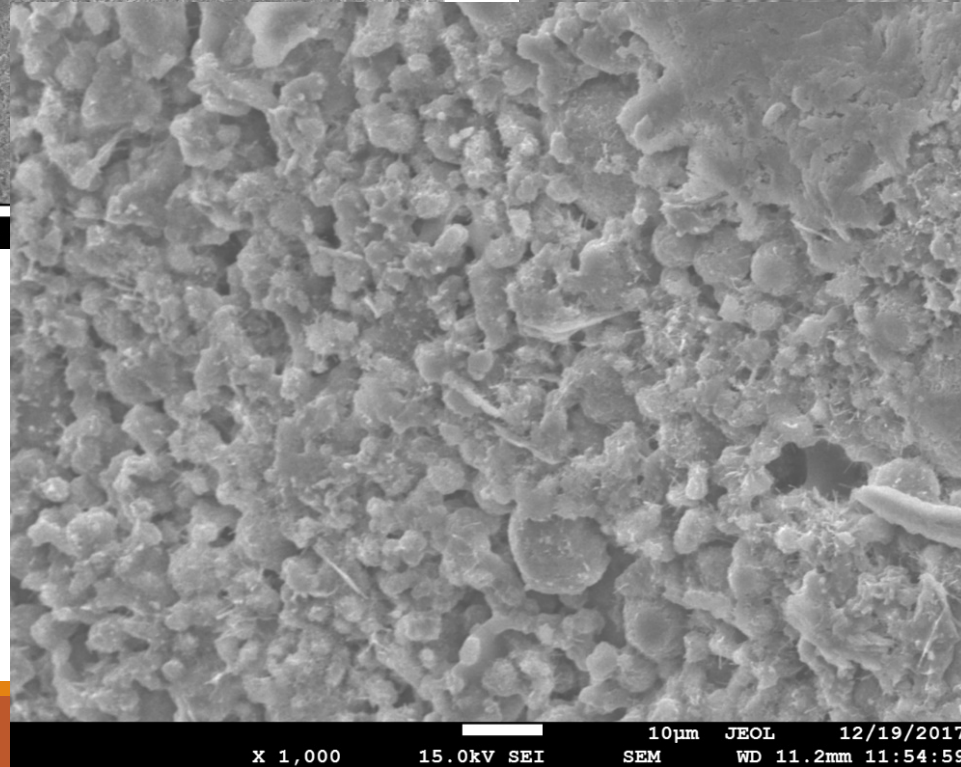
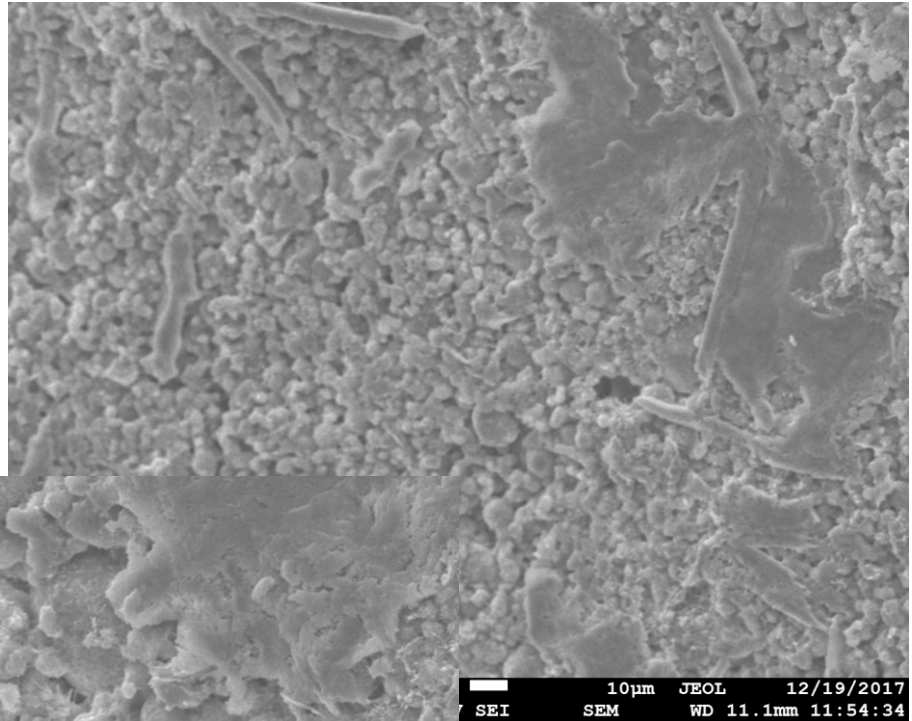
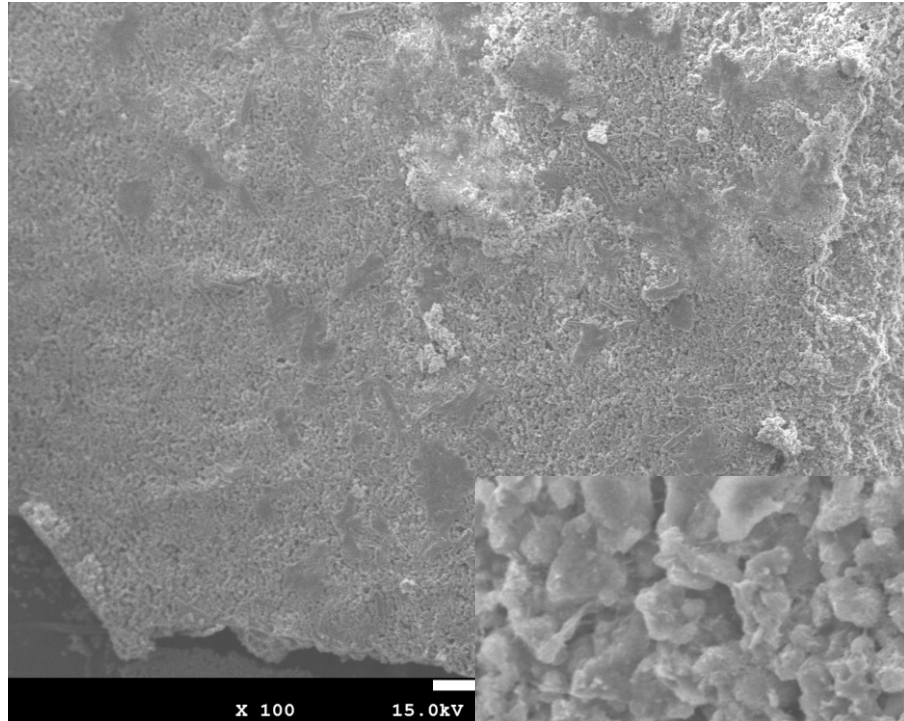
材料与密实程度有关的性质

水泥表面的孔



材料与密实程度有关的性质

放大后的水泥表面

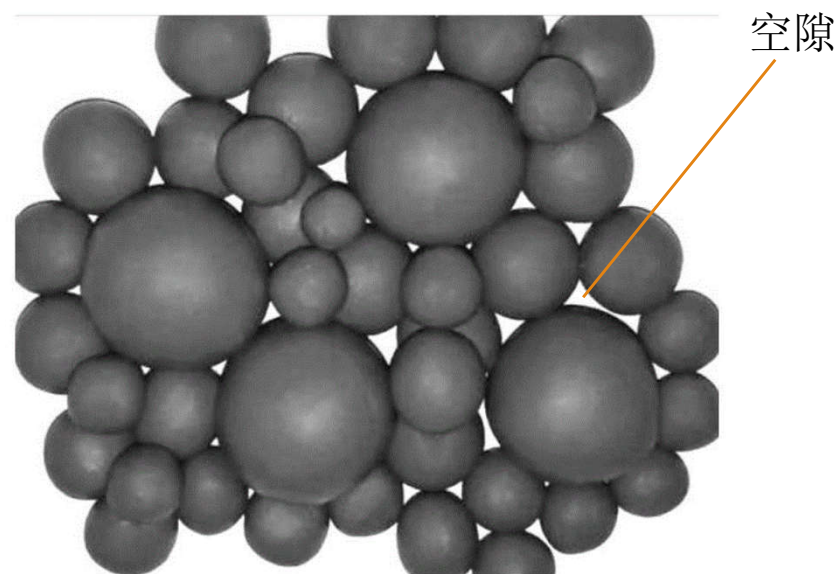


材料与密实程度有关的性质

1.材料中的孔/空

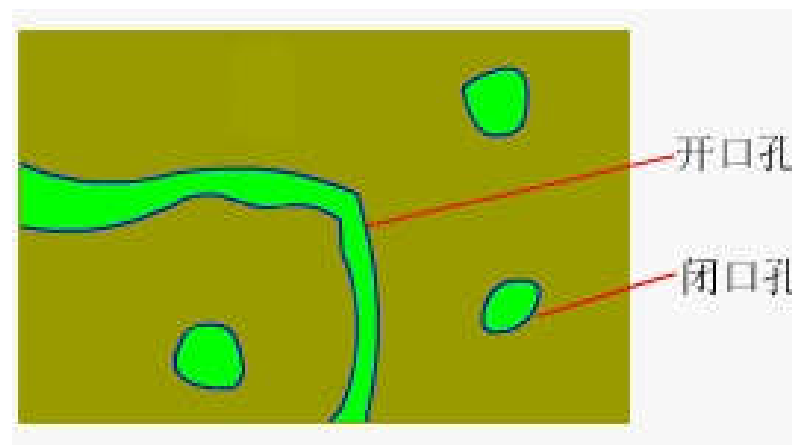
孔隙率和空隙率

- 孔隙率是指材料孔隙(开口孔+闭口孔)的体积占材料总体积的百分率。
- 空隙率则是指散粒状材料在堆积体积状态下颗粒固体物质间空隙体积(开口孔+间隙)占堆积体积的百分率。



闭口孔和开口孔

- 建筑材料中，常以规定的条件下水能否进入孔中来区分为开口孔与闭口孔。
- 开口孔即指在规定的条件下水能进入的孔，否则为闭口孔。



2.孔隙率与密实度

孔隙率

- 是指材料体积内，孔隙体积所占的比例，用符号P表示。孔隙率按下式计算：

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

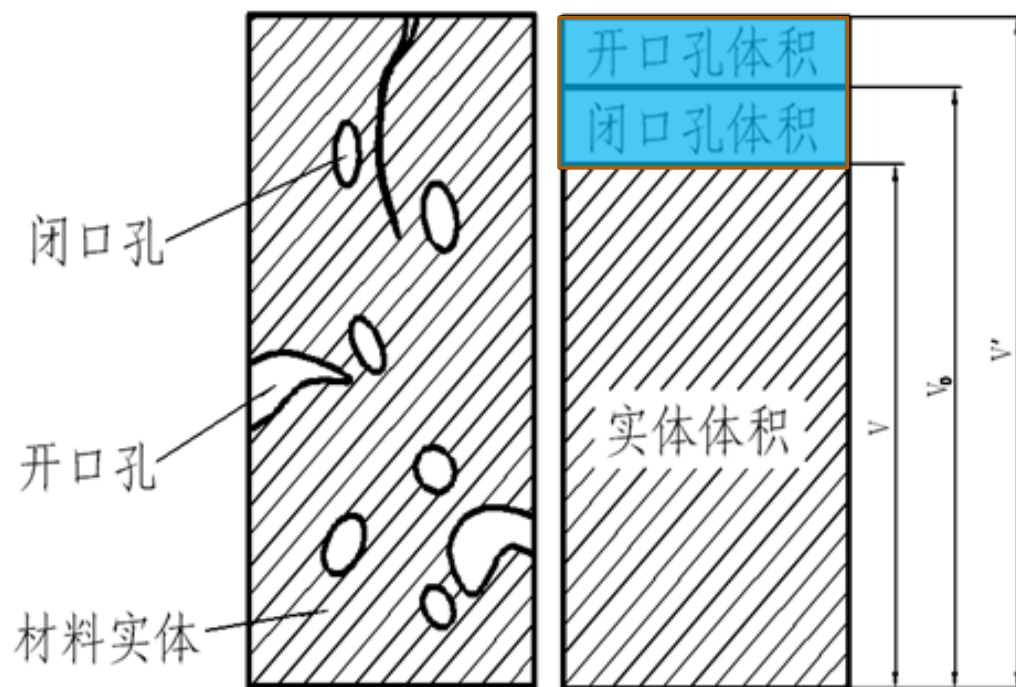
$$P = P_B + P_K$$

密实度

- 指材料体积内被固体物质充实的程度，用符号D表示，按下式计算：

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

材料与密实程度有关的性质



材料的体积构成

2.孔隙率与密实度

- 孔隙率与体积密度的关系

- 孔隙率按下式计算：

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

- 密实度与体积密度的关系

- 密实度按下式计算：

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\%$$

3.空隙率与填充率

定义：空隙率（ P' ）

- 是指散粒状材料在某堆积体积中,颗粒之间的空隙体积所占的比例。按下式计算:

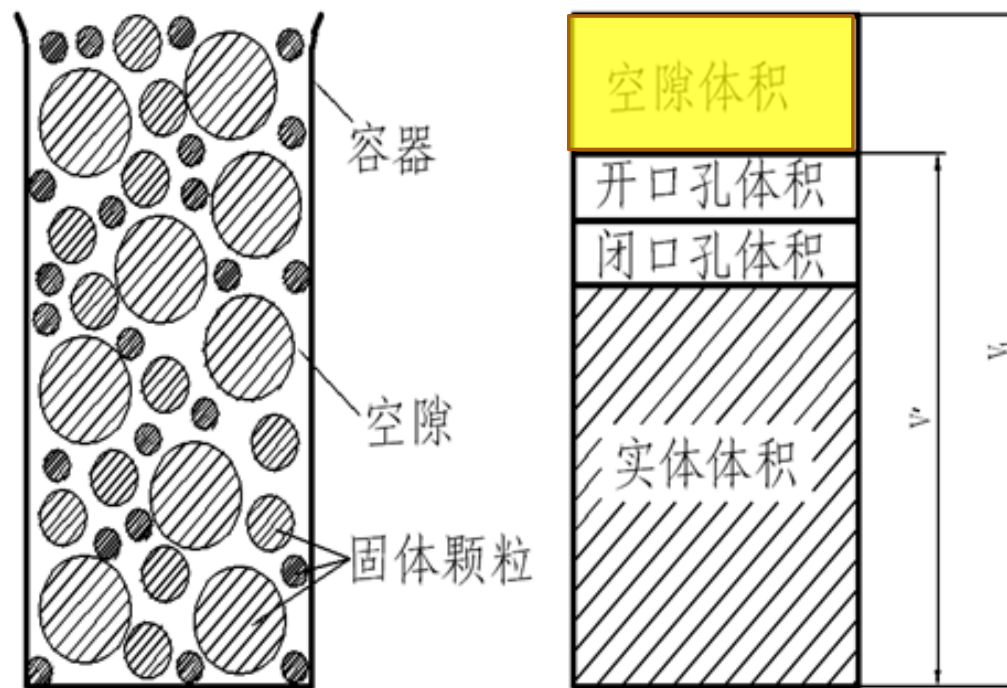
$$P' = \frac{V_0' - V_0}{V_0'} \times 100 = 1 - \frac{\rho_0'}{\rho_0} \times 100$$

定义：填充率（ D' ）

- 指散粒状材料在某堆积体积中被颗粒填充的程度，按下式计算:

$$D' = \frac{V_0}{V_0'} \times 100\% = \frac{\rho_0'}{\rho_0} \times 100\%$$

材料与密实程度有关的性质



材料的堆积体积构成

4.孔对材料性质的影响

孔隙特征

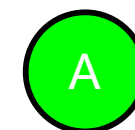
- 孔的种类（开口孔与闭口孔）
- 孔径的大小
- 孔的分布是否均匀。

孔隙率大小和孔隙特征对材料性能影响

- 强度
- 热工性质
- 声学性质
- 吸水性和吸湿性
- 抗渗性和抗冻性

【岩土2016】密度为 2.6g/cm^3 的岩石具有10%的孔隙率,其体积密度为()。

- ☒ A 2340kg/m³
- ☐ B 2860kg/m³
- ☐ C 2600kg/m³
- ☐ D 2364kg/m³



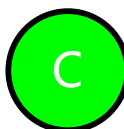
【岩土2016】材料的孔隙率低,则其()。

- ☐ A 密度增大而强度提高
- ☒ B 体积密度增大而强度提高
- ☐ C 密度减小而强度降低
- ☐ D 体积密度减小而强度降低

B

材料的密度与体积密度相等时,其()。

- ☐ A 孔隙率 < 10%
- ☐ B 密实度 > 95%
- ☒ C 孔隙率 = 0%
- ☐ D 密实度 < 100%



单选题 1分

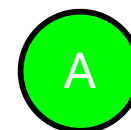
已知某固体材料的体积密度为 1400kg/m^3 ,密度为 1600kg/m^3 ,则其孔隙率为()。

- ☐ A 14.3%
- ☐ B 14.5%
- ☐ C 87.5%
- ☐ D 12.5%



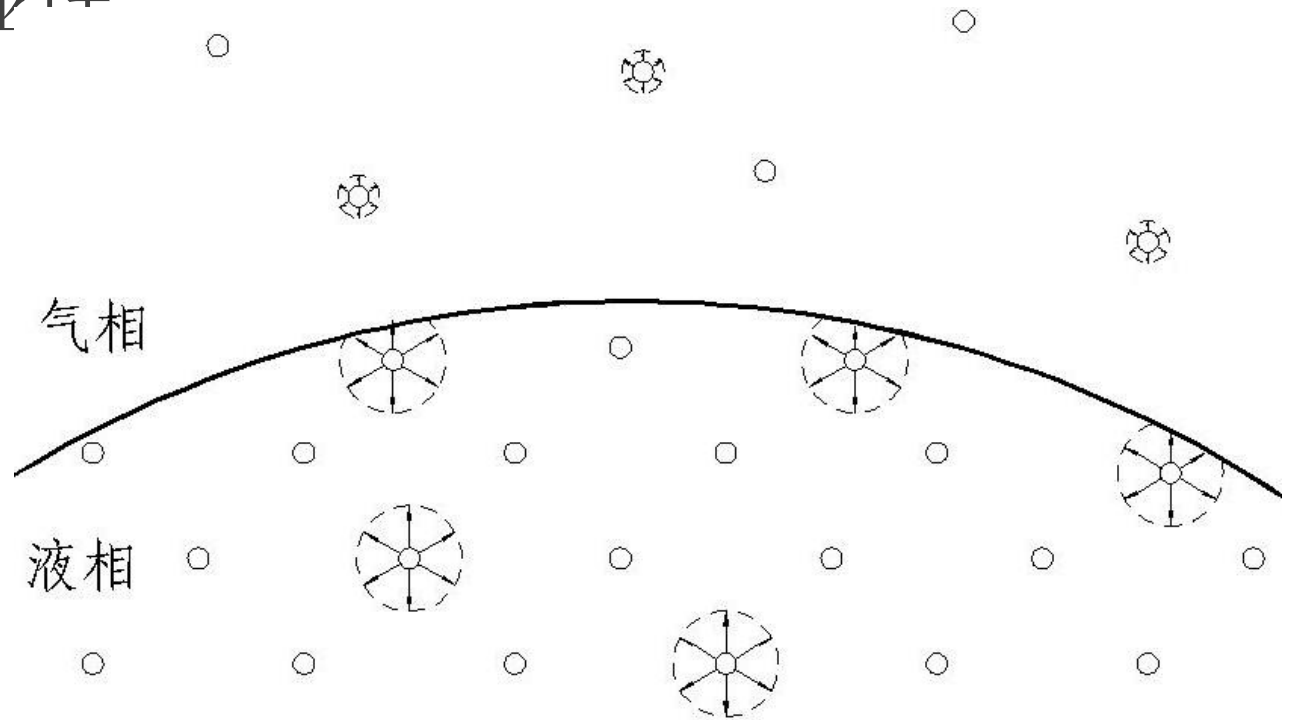
某一建筑材料的密实度为 D ,孔隙率为 P ,则()。

- ☒ A $D + P = 1$
- ☐ B $D + P < 1$
- ☐ C $D > P$
- ☐ D D 与 P 之间没有关系



材料与水有关的性质

1. 亲水性与憎水性
2. 吸水性与吸湿性
3. 耐水性
4. 抗渗性
5. 抗冻性



材料与水有关的性质

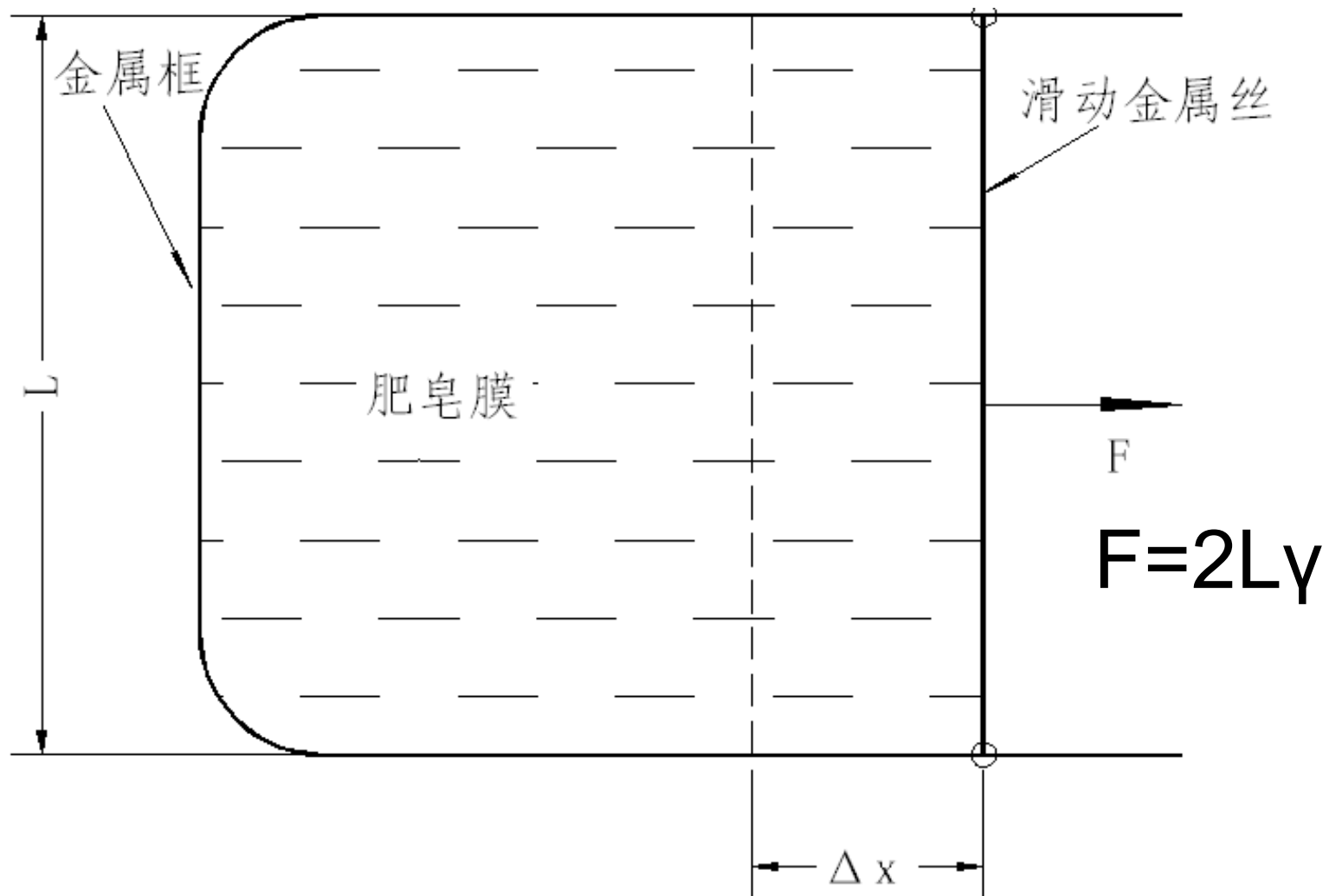


水黾[měng]轻功:人类水上行走成为可能

表面张力

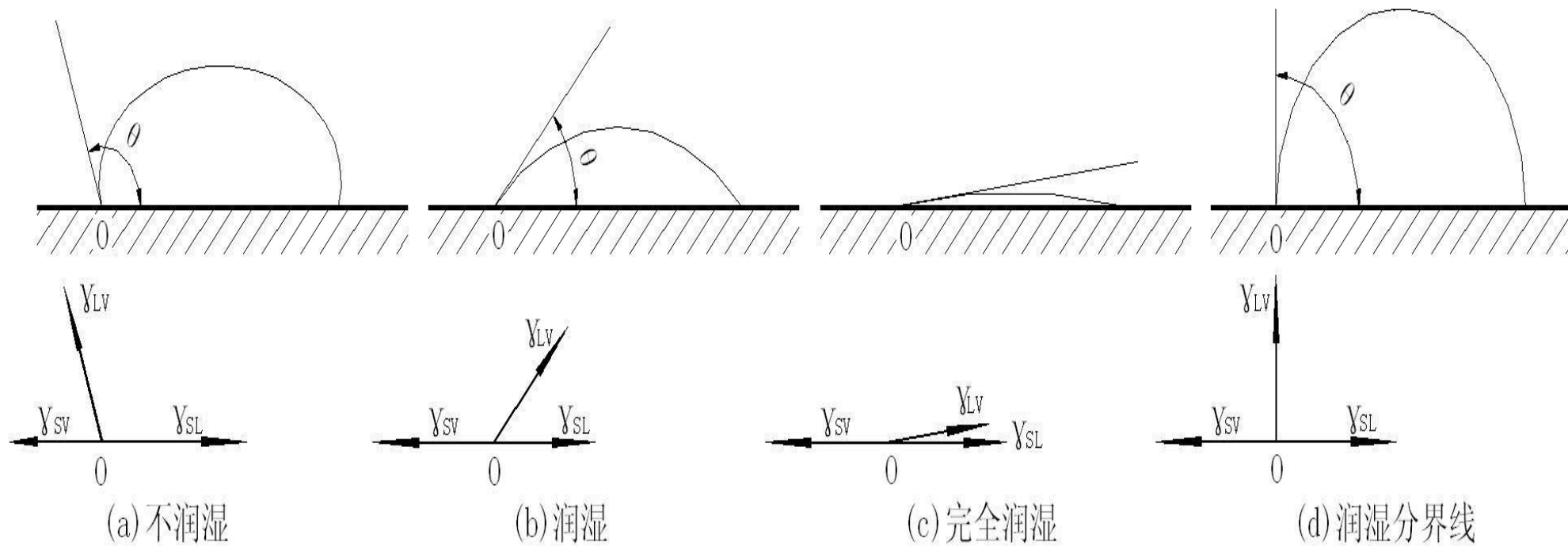
材料与水有关的性质

表面张力



材料与水有关的性质

润湿

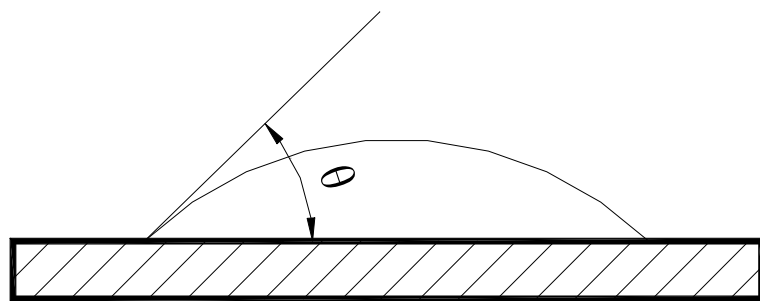


$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \theta$$

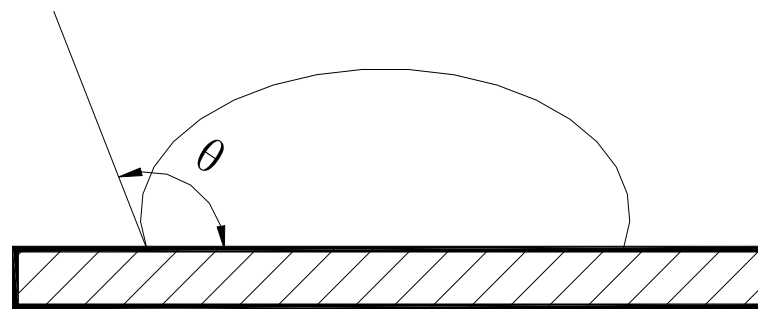
亲水性与憎水性

定义：润湿边角

- 指当水与材料接触时，
- 在材料、水和空气三相交点处，
- 沿水表面的切线与水和固体接触面所成的夹角 θ 。
- θ 越小，浸润性越好。



(a) 亲水性材料



(b) 憎水性材料

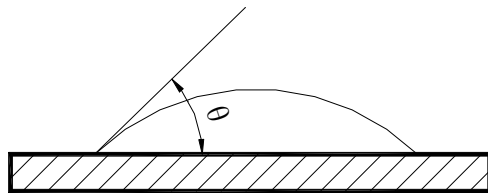
亲水性与憎水性

定义：亲水性材料

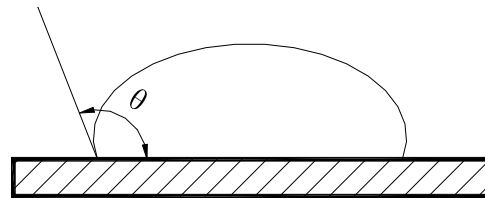
- 指当润湿边角 $\theta \leq 90^\circ$ 时，
- 水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子间的相互吸引力，这种材料称为亲水性材料。
- 例：水泥制品、玻璃、陶瓷、金属材料、石材等无机材料和部分木材。

定义：憎水性材料

- 当润湿边角 $> 90^\circ$ 时，
- 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，这种材料称为憎水性材料。
- 例：沥青、油漆、塑料、防水油膏等。



(a) 亲水性材料



(b) 憎水性材料

吸水性与吸湿性

含水率

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\%$$

含水率是指材料中所含水的质量与干燥状态下材料的质量之比。按下式计算：

- 式中 W ——材料的含水率，%；
 m_0 ——材料在干燥状态下的质量，g；
 m_1 ——材料含水状态下的质量，g。

吸水性与吸湿性

吸湿性

- 指材料在潮湿空气中吸收水分的性质。
- 吸湿性以含水率表示。
- 吸湿作用一般是可逆的，也就是说材料既可吸收空气中的水分，又可向空气中释放水分。

平衡含水率

- 含水率受环境影响，随空气的温度和湿度的变化而变化。当材料中的湿度与空气湿度达到平衡时的含水率称为平衡含水率。

吸水性与吸湿性

吸水性

- 是指材料与水接触吸收水分的性质。

吸水率（质量）

- 指当材料吸水饱和时的含水率。

吸水率大小的影响因素：

- 孔隙率和孔隙特征；
 - 具有细微而连通孔隙且孔隙率大的材料吸水率较大；
 - 具有粗大孔隙的材料，虽然水分容易渗入,但仅能润湿孔壁表面而不易在孔内存留，因而其吸水率不高；
 - 密实材料以及仅有封闭孔隙的材料是不吸水的。
- 材料的亲水性。

吸水性与吸湿性

影响材料吸湿性的因素：

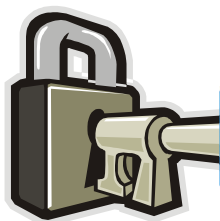
- 环境的温度；
- 湿度；
- 孔隙特征；
- 孔隙率，材料中孔对吸湿性的影响与其对吸水性的影响相似；
- 材料的亲水性，亲水性材料比憎水性材料有更强的吸湿性。

材料与水有关的性质

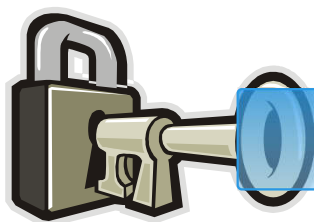


现象

某施工队原使用普通烧结粘土砖，后改为多孔、体积密度仅 700 kg/m^3 的加气混凝土砌块。在抹灰前采用同样方式往墙上浇水，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上去浇水不少，但实际吸水不多。



原因分析



原因分析

加气混凝土砌块虽多孔，但其气孔大多数为“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量的多少，还需看孔的结构。

耐水性

定义：耐水性

- 是指材料长期在水的作用下不破坏，
- 而且强度也不显著降低的性质。
- 材料耐水性用软化系数 K_R 表示，按下式计算：

$$K_R = \frac{f_1}{f_0}$$

- 式中 f_1 ——材料在饱和吸水状态下的抗压强度，MPa；
- f_0 ——材料在干燥状态下的抗压强度，MPa。

耐水性

耐水性注意事项

- 软化系数的波动范围：0~1。
- 定义：耐水材料
 - 软化系数大于0.85的材料。
 - 受水浸泡或长期处于潮湿环境的重要建筑物或构筑物所用材料的软化系数不应低于0.85。
- 一般材料随着含水量的增加, 会减弱其内部结合力, 从而导致强度下降。

抗渗性

定义：抗渗性

- 指材料抵抗压力水渗透的性质。
- 表示方法：渗透系数或抗渗等级。

渗透系数 K_R ：按下式计算：

$$K_R = \frac{Qd}{AtH}$$

式中 K_s ——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 ——水头高度（水压），cm。

渗透系数 K_R 的物理意义：

- 一定时间内，在一定的水压作用下，单位厚度的材料，单位截面积上的透水量。
- 渗透系数越小的材料表示其抗渗性越好。

抗渗性

抗渗等级

- 常用于混凝土和砂浆等材料，
- 是指在规定试验条件下，材料所能承受的最大水压力。

抗渗性的影响因素

- 孔隙率和孔隙特征；
 - 材料越密实、闭口孔越多，孔径越小，越难渗水，极微细孔的材料很难渗水；
 - 具有较大孔隙率，且孔连通、孔径较大的材料抗渗性较差。
- 材料的亲水性。

抗冻性

定义：抗冻性

- 是指材料在吸水饱和状态下，
- 能经受多次冻结和融化作用（冻融循环）
- 而不破坏、强度又不显著降低的性质。

冻融循环对材料的损害

- 材料表面将出现裂纹、剥落等现象，造成重量损失、强度降低。
- 原因：材料内部孔隙中的水分结冰时体积增大对孔壁产生很大的压力，冰融化时压力又骤然消失所致。

材料与水有关的性质

抗冻性

定义：抗冻等级

- 抗冻等级表示饱过吸水后的材料
- 经过规定的冻融循环次数，其质量损失、强度损失均不低于规定值。
- 用以表达材料抗冻性。

混凝土的抗冻等级

- 以符号F表示，后面带一表示可经受冻融循环次数的数字，记为F10、F15、F25、F100等。
- 如：F15表示所能承受的最大冻融循环（在-15℃的温度下冻结后，再在20℃的水中融化，为一次冻融循环）次数不少于15次，这时强度损失率不超过25%，质量损失不超过5%。

抗冻性

抗冻性的影响因素

- 强度
 - 材料强度越高，抗冻性越好；
- 孔隙率大小及特征
 - 孔对抗冻性的影响与其对抗渗性的影响相似。
- 含水率
 - 当材料孔隙吸水后还有一定的空间，含水未达到饱和时，可缓解冰冻的破坏作用。

下列叙述中,正确的是()。

- ☐ A 孔隙越粗大,材料吸水率越大
- ☒ B 软化系数越大,则耐水性越好
- ☐ C 材料的含水率越低,则强度就越低
- ☐ D 材料的渗透系数越大,则其抗渗性能越好

B

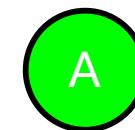
材料吸水后,将使材料的()提高。

- ☐ A 耐久性
- ☐ B 强度及导热系数
- ☐ C 密度
- ☐ D 表观密度和导热系数

D

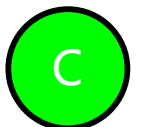
下列建筑材料,()为非憎水材料?

- ☒ A 钢材
- ☐ B 沥青
- ☐ C 某些油漆(红丹漆、磁漆)
- ☐ D 石蜡



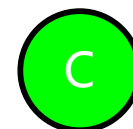
下列各材料中,()是亲水性材料。

- ☐ A 沥青
- ☐ B 石蜡
- ☐ C 不锈钢
- ☐ D 聚乙烯塑料



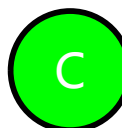
材料在潮湿空气中吸收水汽的能力称为()。

- ☐ A 吸水性
- ☐ B 耐水性
- ☒ C 吸湿性
- ☐ D 防潮性



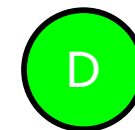
轻质无机材料吸水或吸湿后对材料的使用性能一般是不利,下列表述正确的是()。

- ☐ A 材料含水会使材料体积密度和导热性减小,强度降低,体积膨胀
- ☐ B 材料含水会使材料体积密度和导热性增大,强度不变,体积膨胀
- ☒ C 材料含水会使材料体积密度和导热性增大,强度降低,体积膨胀
- ☐ D 材料含水会使材料体积密度和导热性减小,强度提高,体积膨胀



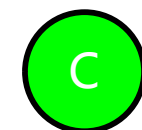
【一级建筑2017】当回填土含水量测试样本质量为142g、烘干后质量为121g时,其含水量是()。

- ☐ A 8.0%
- ☐ B 14.8%
- ☐ C 16.0%
- ☐ D 17.4%



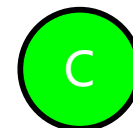
【一级结构2017】评价材料抵抗水的破坏能力的指标是()。

- ☐ A 抗渗等级
- ☐ B 渗透系数
- ☐ C 软化系数
- ☐ D 抗冻等级



建筑材料的抗渗性能()。

- ☐ A 用孔隙率表示
- ☐ B 用软化系数表示
- ☐ C 用渗透系数表示
- ☐ D 用表观密度表示



下列关于材料抗冻性的叙述,合理的有()。

A

混凝土抗冻性用抗冻等级表示

B

材料含水率越高,受冻破坏的可能性越大

C

掺适量减水剂可改善混凝土抗冻能力

D

掺引气剂会降低混凝土抗冻能力

E

混凝土越密实脆性越大,抗冻性也越差

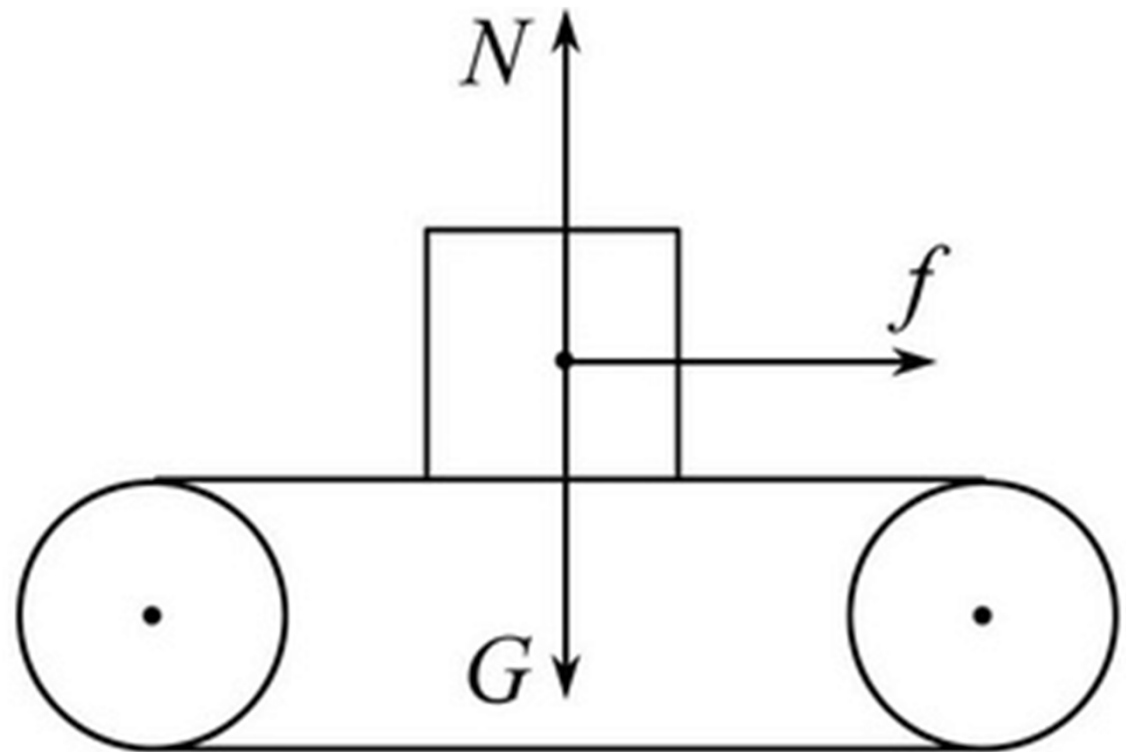
A

B

C

材料与力学相关的性质

1. 强度
2. 弹性和塑性
3. 脆性和韧性
4. 硬度和耐磨性



强度

定义：强度

- 指材料抵抗外力破坏的能力。

不同材料的破坏可能出现两种情况：

- 1.应力达到一定值时出现较大的不可恢复变形而导致破坏，如钢材的屈服；
- 2.应力达到其极限值而出现断裂，几乎所有的脆性材料都属于这种。

类型

- 抗压强度、抗拉强度、抗弯强度及抗剪强度。

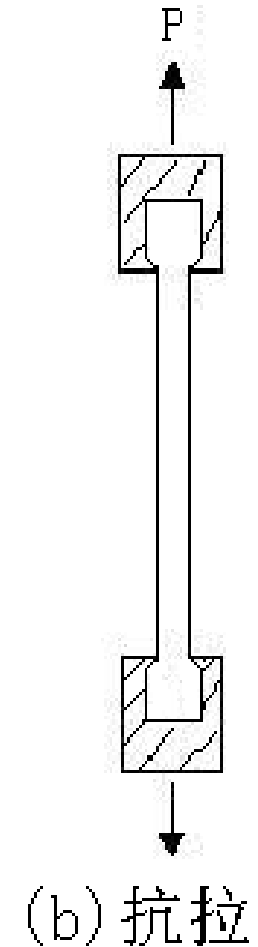
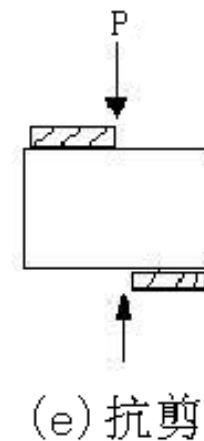
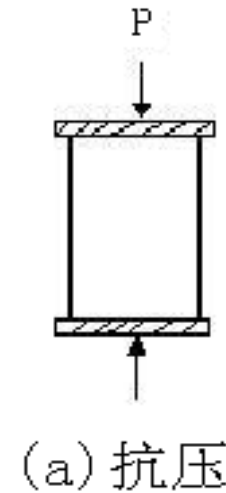
材料与力学相关的性质

强度

抗压、抗拉及抗剪强度按下式计算

$$f = \frac{P}{F}$$

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

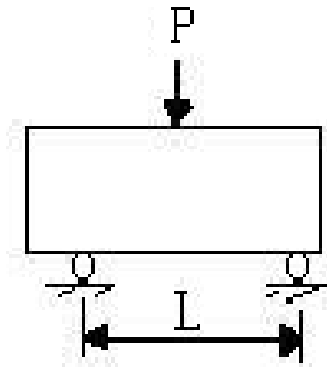


强度

抗弯强度（中央集中荷载）按下式计算：

$$f_m = \frac{3PL}{2bh^2}$$

式中： f_m ——材料抗弯强度，MPa；
P——材料所受的荷载，N；
L——两支点间距离，mm；
b——试件截面的宽度，mm；
h——试件截面高度，mm。



(c) 单荷载弯曲

材料与力学相关的性质

强度

抗弯强度（两个集中荷载）按下式计算：

$$f_m = \frac{PL}{bh^2}$$

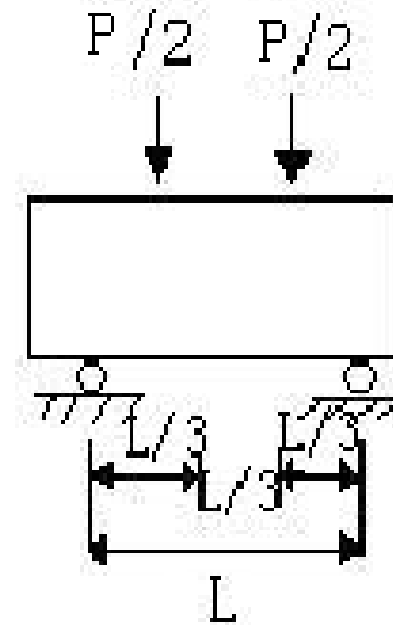
式中： f_m ——材料抗弯强度，MPa；

P ——材料所受的荷载，N；

L ——两支点间距离，mm；

b ——试件截面的宽度，mm；

h ——试件截面高度，mm。



(d) 双荷载弯曲

材料与力学相关的性质

附表：常用材料强度

材 料	抗 压	抗 拉	抗 弯
花岗岩	100~250	5~8	10~14
普通粘土砖	5~20	—	1.6~4.0
普通混凝土	5~60	1~9	—
松木（顺纹）	30~50	80~120	60~100
建筑钢材	240~1500	240~1500	—

强度

比强度

- 比强度指材料强度与其体积密度之比。
- 它是评价材料是否轻质高强的指标。

下表列出常见几种建筑材料的比强度。

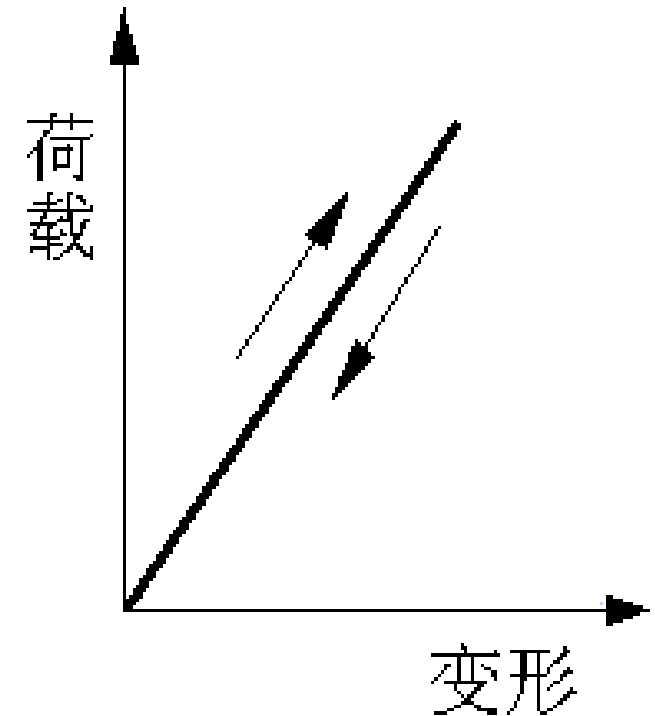
材料名称	体积密度 (kg/m ³)	强度 (MPa)	比强度
低碳钢	7800	235	0.0301
松 木	500	34	0.0680
混凝土 (C30)	2400	30	0.0125
红 砖	1700	10	0.0059

材料与力学相关的性质

弹性和塑性

弹性

- 弹性指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。
- 这种可完全恢复的变形称为弹性变形。



(a) 弹性变形曲线

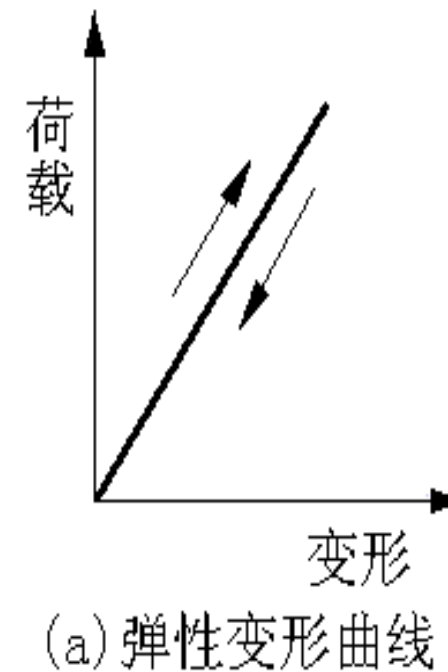
弹性和塑性

弹性模量 E

- 弹性变形的变形量与对应的应力大小成正比，
- 其比例系数用弹性模量 E 来表示。按下式计算：

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

式中： σ ——材料所受的应力，MPa；
 ε ——材料在应力 σ 作用下产生的应变，无单位。

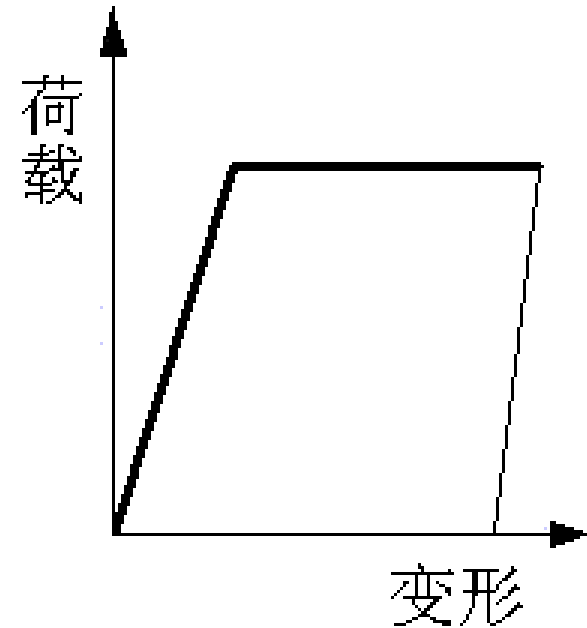


- 弹性模量越大，材料在荷载作用下越不易变形。

弹性和塑性

塑性

- 塑性指在外力作用下材料产生变形，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。
- 这种不能恢复的变形称为塑性变形。



(b) 塑性变形曲线

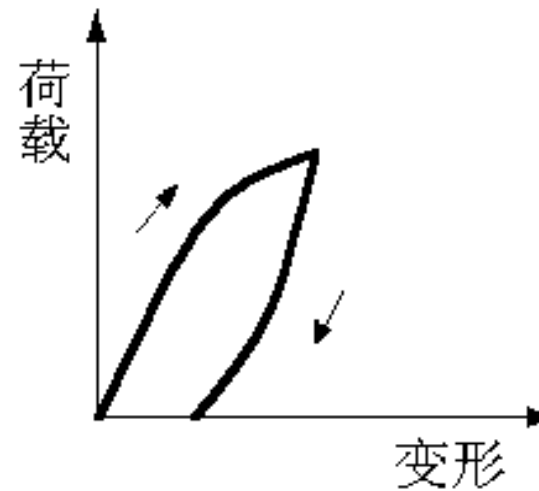
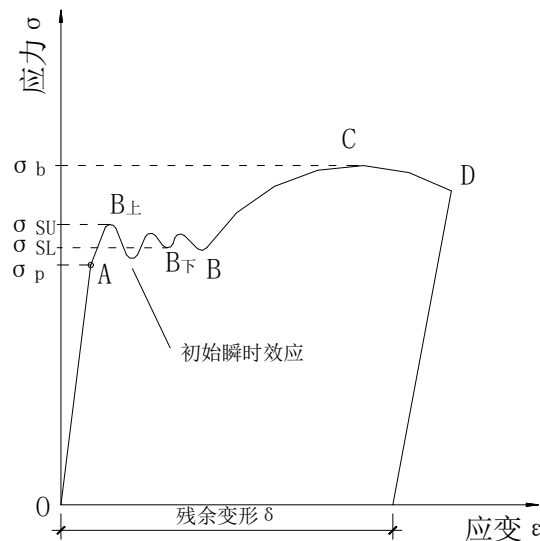
弹性和塑性

钢材受力变形

- 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。

混凝土受力变形

- 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，而塑性变形部分则不能恢复。

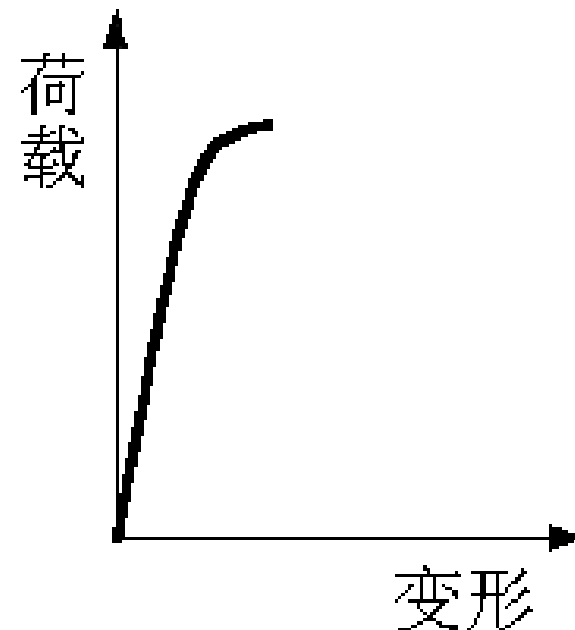


(c) 弹塑性变形曲线

脆性和韧性

脆性

- 脆性指材料在外力作用下，无明显塑性变形而突然破坏的性质（右图）。
- 具有这种性质的材料称为脆性材料。



(d) 脆性材料的变形曲线

性材料特征

- 抗压强度比其抗拉强度往往要高很多倍。
- 它对承受震动作用和抵抗冲击荷载是不利的。

常见脆性材料

- 砖、石材、陶瓷、玻璃、混凝土、铸铁。

脆性和韧性

韧性

- 韧性指在冲击或震动荷载作用下，
- 材料能够吸收较大的能量，
- 同时也能产生一定的变形而不破坏的性质

韧性材料：

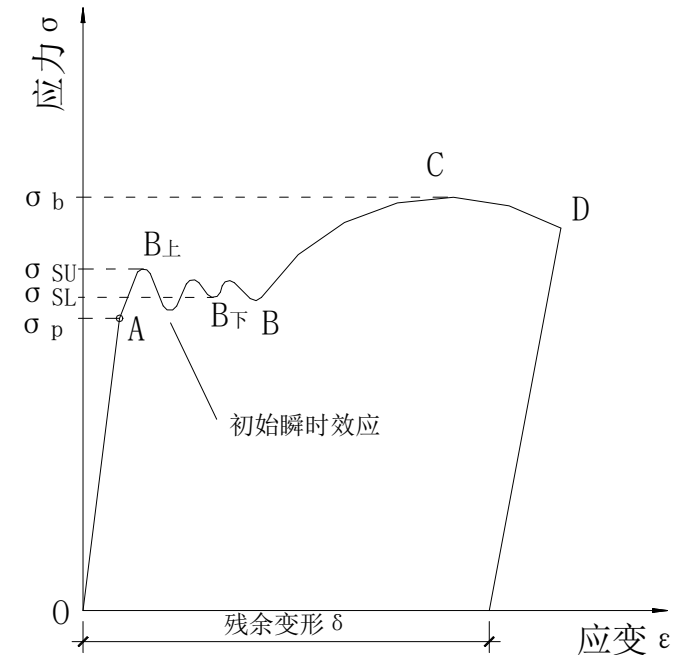
- 低碳钢、木材等。

冲击韧性

- 它用材料受荷载达到破坏时
- 所吸收的能量来表示。

工程应用：

- 路面、桥梁、吊车梁以及有抗震要求的结构



硬度和耐磨性

硬度

- 压入法
 - 布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度和显微硬度
- 刻划法（莫氏硬度）：
 - 滑石(talc)1，石膏(gypsum)2，方解石(calcite)3，萤石(fluorite)4，磷灰石(apatite)5，正长石(feldspar; orthoclase; periclase)6，石英(quartz)7，黄玉(topaz)8，刚玉(corundum)9，金刚石(diamond)10。
- 回跳法(肖氏、里氏)测量硬度
- 邵氏硬度—我国硅酮结构胶用

耐磨性

是指材料表面抵抗磨损的能力，用磨损前后单位表面的质量损失来表示。

材料的抗拉强度是指单位截面()。

- ☐ A 受拉破坏的平均荷载
- ☐ B 受拉破坏时的最大荷载
- ☐ C 受拉破坏时的最小荷载
- ☐ D 承受动荷载拉拔的最大荷载

B

材料的强度是指()。

- ☐ A 材料单位面积上所作用的荷载
- ☐ B 材料在荷载作用下应力与应变的比值
- ☐ C 材料破碎时所承受的荷载
- ☐ D 在荷载作用下材料抵抗破坏的能力

D

钢材、混凝土、花岗石三者的比强度相比,()。

- ☒ A 钢材比强度最大
- ☐ B 混凝土比强度最大
- ☐ C 花岗石比强度最大
- ☐ D 三者比强度基本相同

A

材料在外力作用下产生变形,当外力取消后,变形即可消失,材料能够完全恢复原来形状的性质称为()。

A 弹性

B 塑性

C 脆性

D 韧性

A

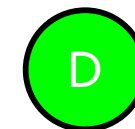
塑性的正确表示是()。

- ☒ A 外力取消后仍保持变形后的形状和尺寸,不产生裂隙
- ☐ B 外力取消后仍保持变形后的形状和尺寸,但产生裂隙
- ☐ C 外力取消后不保持变形后的形状和尺寸,不产生裂隙
- ☐ D 外力取消后不保持变形后的形状和尺寸,但产生裂隙

A

【一级结构2014】下列哪种材料属于韧性材料?
()

- ☐ A 砖
- ☐ B 石材
- ☐ C 普通混凝土
- ☐ D 木材



钢与铁：

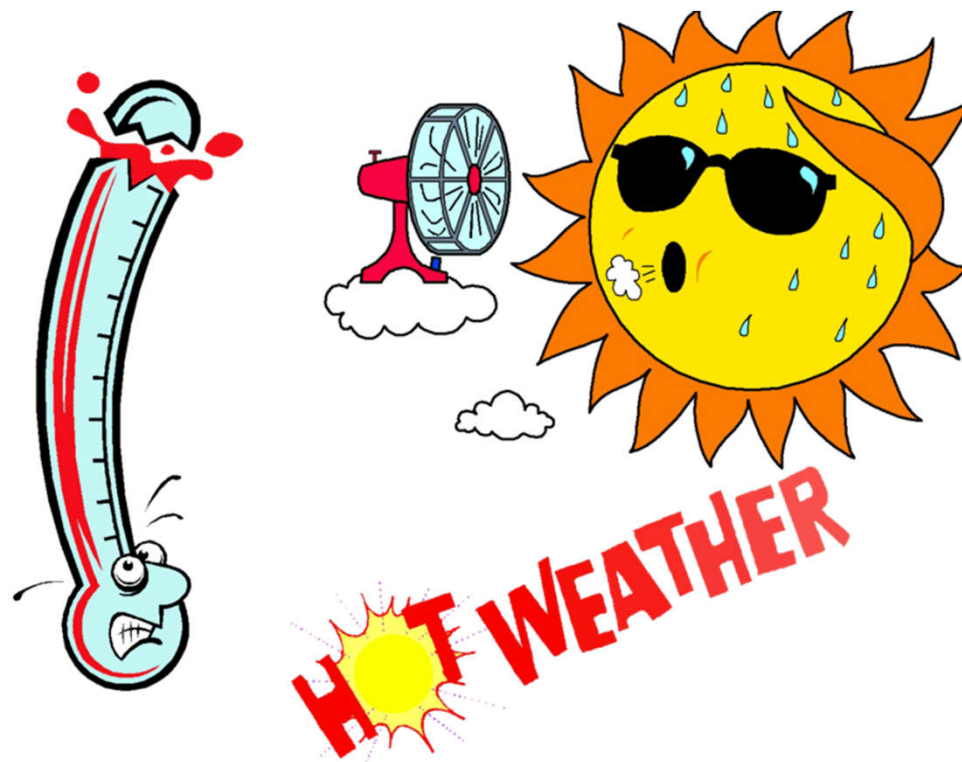
与钢材相比含碳量高是铁，还是含碳量低是铁？

- ☐ A 含碳量高的是铁
- ☐ B 含碳量低的是铁
- ☐ C 含碳量不高不低的是铁
- ☒ D 含碳量高的是铁，含碳量低的也是铁

D

材料与热相关的性质

1. 热容量
2. 导热性
3. 耐热性与耐燃性



材料与热相关的性质

观察与讨论

孔隙对材料性质的影响

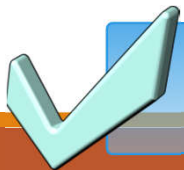
某工程顶层欲加保温层，以下两图为两种材料的剖面。请问选择何种材料合适？



A



B



讨论

热容量

定义：热容量

- 指材料受热时吸收热量，冷却时放出热量的性质。

评价指标：比热容

- 热容量的大小用比热容 C 表示，单位为 $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

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

式中 Q ——材料吸收或放出的热量， kJ ；

m ——材料的质量， kg ；

$(T_2 - T_1)$ ——材料受热或冷却前后的温差， K 。

材料与热相关的性质

导热性

导热性

- 指材料传递热量的能力。材料的导热能力用导热系数 λ 表示。

$$\lambda = \frac{Q \times d}{A \times (T_2 - T_1) \times t}$$

导热系数的物理意义

- 在稳定传热条件下，当材料层单位厚度内的温差为 1°C 时，在 1h 内通过 1m^2 表面积的热量。

绝热材料

- 工程上指导热系数 $\lambda < 0.23\text{W/m}\cdot\text{K}$ 的材料。

导热性

影响材料导热系数的因素有：

- (1) 材料组成
 - 金属最大；无机非金属材料次之；有机材料最小。
- (2) 微观结构
 - 结晶结构最大，微晶结构次之，玻璃体结构最小。
- (3) 孔隙率
- (4) 孔隙特征
 - 孔径，孔隙间连通。
- (5) 含水率
 - 由于水的导热系数 $\lambda=0.58\text{W/m}\cdot\text{K}$ ，远大于空气，所以材料含水率增加后其导热系数将明显增加，若受冻（冰 $\lambda=2.33\text{W/m}\cdot\text{K}$ ，）则导热能力更大。

材料与热相关的性质

耐热性与耐燃性

材料在高温下可能发生的变化有：

- （1）受热变质
- （2）受热变形

耐燃性(又称防火性)

- 指在发生火灾时，材料抵抗和延缓燃烧的性质。

材料与热相关的性质

耐热性与耐燃性

近年来，我国发生的重大伤亡性火灾，几乎都与建筑装饰和建筑装饰材料有关。因此，在选择建筑装饰材料时，对材料的燃烧性能应给予足够的重视。

建筑装饰材料燃烧所产生的破坏和危害：

①燃烧作用：在建筑物发生火灾时，燃烧可将金属结构红软、熔化，可将水泥混凝土脱水粉化及爆裂脱落，可将可燃材料烧成灰烬，可使建筑物开裂破坏、坠落坍塌、装修报废等，同时燃烧产生的高温作用对人也有巨大的危害。

②发烟作用：材料燃烧时，尤其是有机材料燃烧时，会产生大量的浓烟。浓烟会使人迷失方向，且造成心理恐惧，妨碍及时逃逸和救援。

③毒害作用：部分建筑装饰材料，尤其是有机材料，燃烧时会产生剧毒气体，这种气体可在几秒至几十秒内，使人窒息而死亡。

耐热性与耐燃性

《建筑材料及其制品燃烧性能分级》 GB8624-2012

- (1) **A级 不燃材料（制品）**
 - 在空气中受高温作用不起火、不微燃、不炭化的材料。无机材料均为非燃烧材料，如混凝土、金属、石材、石膏等。
- (2) **B1级 难燃材料（制品）**
 - 在空气中受高温作用难起火、难微燃、难炭化，当火源移走后燃烧会立即停止的材料。如沥青混凝土、加了阻燃成份的塑料制品。
- (3) **B2级 可燃材料（制品）**
 - 在空气中受高温作用会自行起火或微燃，当火源移走后仍能继续燃烧或微燃的材料。如大部分有机物。
- (4) **B3级 易燃材料（制品）**
 - 如木材、纸、有机泡沫材料。

材料与热相关的性质

建筑物	建筑规模 性质	装修材料燃烧性能等级									
		顶棚	墙面	地面	隔断	固定家具	装饰织物				其他装饰材料
							窗帘	帷幕	床罩	家具包布	
高级旅馆	>800 座位的观众厅、会议厅、顶层餐厅	A	B1	B1	B1	B1	B1	B1		B1	B1
	≤800 座位的观众厅、会议厅	A	B1	B1	B1	B2	B1	B1		B2	B1
	其他部位	A	B1	B1	B2	B2	B1	B1	B1	B2	B1
商业楼、展览楼、综合楼、商住楼、医院病房楼	一类建筑	A	B1	B1	B1	B2	B1	B1		B2	B1
	二类建筑	B1	B1	B2	B2	B2	B2	B2		B2	B2
电信楼、财贸金融楼、邮政楼、广播电视楼、电力调度楼、防灾指挥调度楼	一类建筑	A	A	B1	B1	B1	B1	B1		B2	B1
	二类建筑	B1	B1	B2	B2	B2	B1	B2		B2	B2
教学楼、办公楼、科研楼、档案楼、图书馆	一类建筑	A	B1	B1	B1	B2	B1	B1		B1	B1
	二类建筑	B1	B1	B2	B1	B2	B1	B2		B2	B2
住宅、普通旅馆	一类普通旅馆、高级住宅	A	B1	B2	B1	B2	B1		B1	B2	B1
	二类普通旅馆、普通住宅	B1	B1	B2	B2	B2	B2		B2	B2	B2

高层民用建筑内部各部位装修材料的燃烧性能等级要求

绝热材料一般要求()。

A

表现密度小

B

导热系数高

C

多孔

D

具有一定强度

E

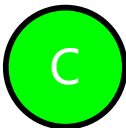
厚度大

A

C

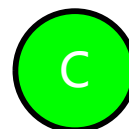
关于绝热材料下列说法正确的是()。

- ☐ A 绝热材料体积密度较小,一般不宜大于 100kg/m^3
- ☐ B 绝热材料抗压强度应大于 0.1MPa
- ☒ C 绝热材料密闭微孔越多其保温绝热效果越好
- ☐ D 绝热材料导热系数一般不宜小于 $0.23\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$



绝热材料的导热系数与含水率的关系是()。

- ☐ A 含水率愈大导热系数愈小
- ☐ B 导热系数与含水率无关;
- ☒ C 含水率愈小导热系数愈小
- ☐ D 含水率愈小导热系数愈大。



多孔保温材料吸水后,其导热系数随之增加,这是因为()。

- ☒ A 水的导热系数比密闭空气大
- ☐ B 水的比热比密闭空气大
- ☐ C 水的密度比空气大
- ☐ D 材料吸水后导致材料孔胀裂

A

下面三种物质的导热系数的比较,合理的是()。

- ☒ A 密闭空气 < 普通混凝土 < 铝合金
- ☐ B 密闭空气 > 普通混凝土 > 铝合金
- ☐ C 密闭空气 < 铝合金 < 普通混凝土
- ☐ D 铝合金 < 密闭空气 < 普通混凝土

A

在下列各土木工程材料中,()导热系数最大。

A 蒸压灰砂砖

B 钢材

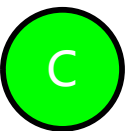
C 大理石

D 铝合金

D

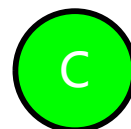
属于有机绝热材料的是()。

- ☐ A 泡沫玻璃
- ☐ B 加气混凝土
- ☐ C 泡沫塑料
- ☐ D 泡沫混凝土



为了达到绝热保温的目的,围护结构应选用()

- ☐ A 导热系数小,热容量亦要小
- ☐ B 导热系数大,热容量亦要大
- ☒ C 导热系数小,热容量大
- ☐ D 导热系数大,热容量小



材料的组成与结构

- 1.材料组成
- 2.材料的结构

材料的组成

材料的组成

- 是指材料的化学成份或矿物成份。

意义

- 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。

材料的组成

化学组成

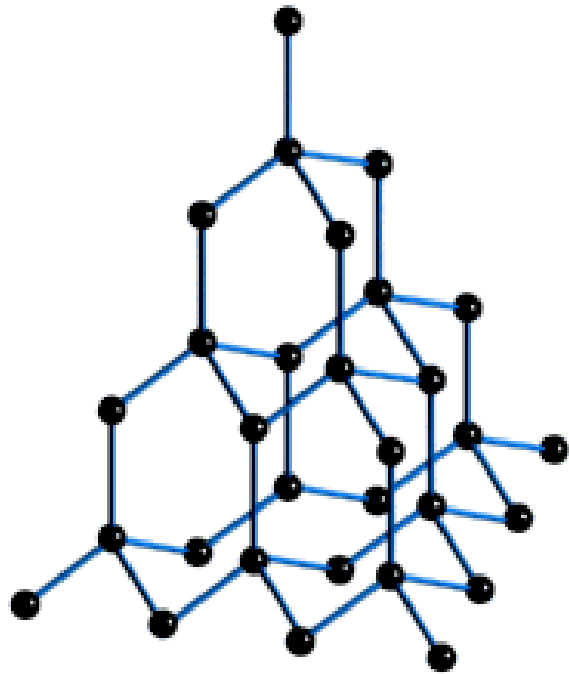
- 化学组成
 - 指构成材料的化学元素及化合物的种类与数量。
- 化学组成决定材料性质示例
 - 混凝土受到酸、盐类物质的侵蚀作用；
 - 木材遇到火焰时的耐燃、耐火性能；
 - 钢材和其它金属材料的锈蚀等等都属于化学作用。

材料的组成

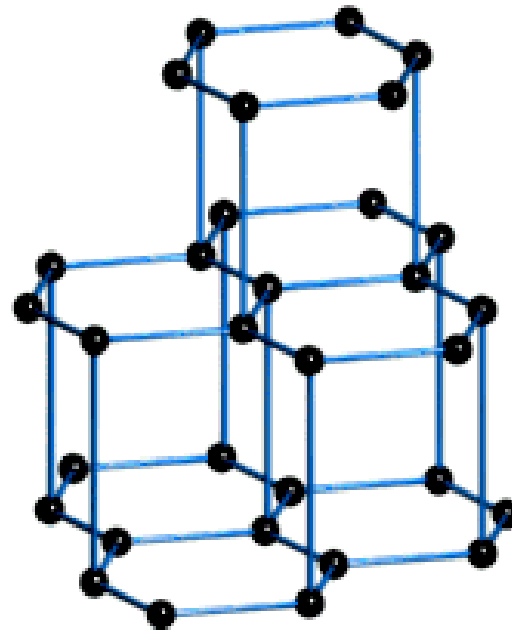
矿物组成

- 矿物
 - 是指在各种地质作用中产生和发展着的，
 - 在一定地质和物理化学条件处于相对稳定的自然元素的**单质和他们的化合物**。
 - 矿物具有相对固定的化学组成，呈固态者还具有确定的内部结构。是组成岩石和矿石的基本单元。
- 矿物组成决定材料性质示例
 - 硅酸盐水泥中，熟料矿物硅酸三钙含量高，则其硬化速度较快，强度较高。熟料矿物硅酸二钙含量高，则其硬化速度较慢。

材料的组成与结构



金刚石的晶体
里碳原子的排列



石墨的晶体
里碳原子的排列



材料的结构

材料的结构**大体上**可分为：

- 微观结构
- 亚微观结构
- 宏观结构（又称为宏观构造）

材料的结构

- 材料的结构是指从原子、分子尺度直至宏观肉眼可见的各层次的结构状态。

材料的结构

宏观结构

- 尺寸范围：在 10^{-3} m级以上。
- 这个层次的结构也可称为宏观构造。
- 材料的宏观结构是指用肉眼或普通放大镜下即可分辨的粗大组织。

宏观结构--分类（按其孔隙特征及构成形态分）

- 致密结构 多孔结构
- 纤维结构 层状结构
- 散粒结构 纹理结构

材料的结构

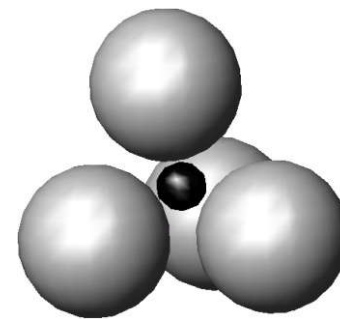
微观结构

- 尺寸范围： $10^{-6} \sim 10^{-10}$ m。
- 在微观结构层次上，固体材料可分为：
 - 晶体、玻璃体、胶体等。
- 微观结构是指原子、分子层次的结构。在微观结构层次上的观察和研究，需借助电子显微镜、X射线、振动光谱和光电子能谱等来分析研究该层次上的结构特征。

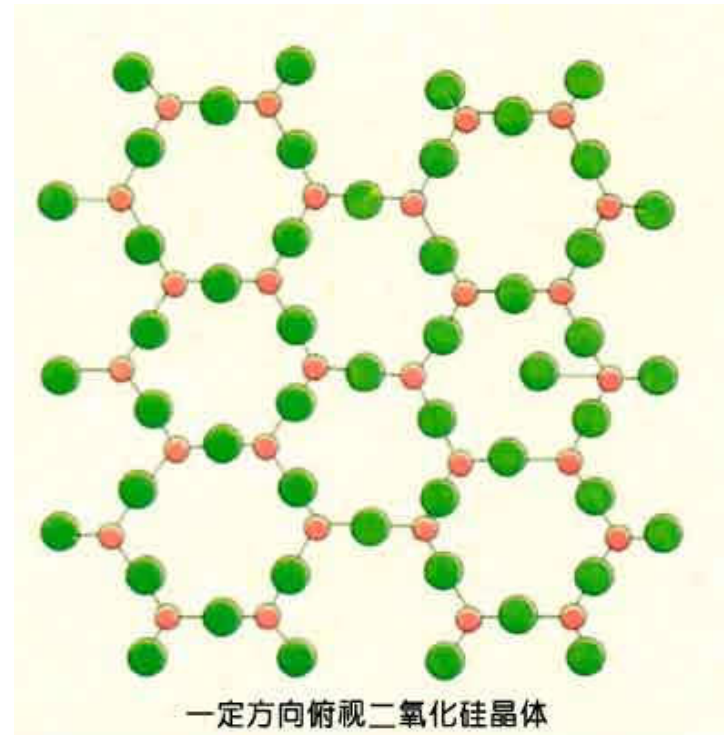
材料的结构

晶体

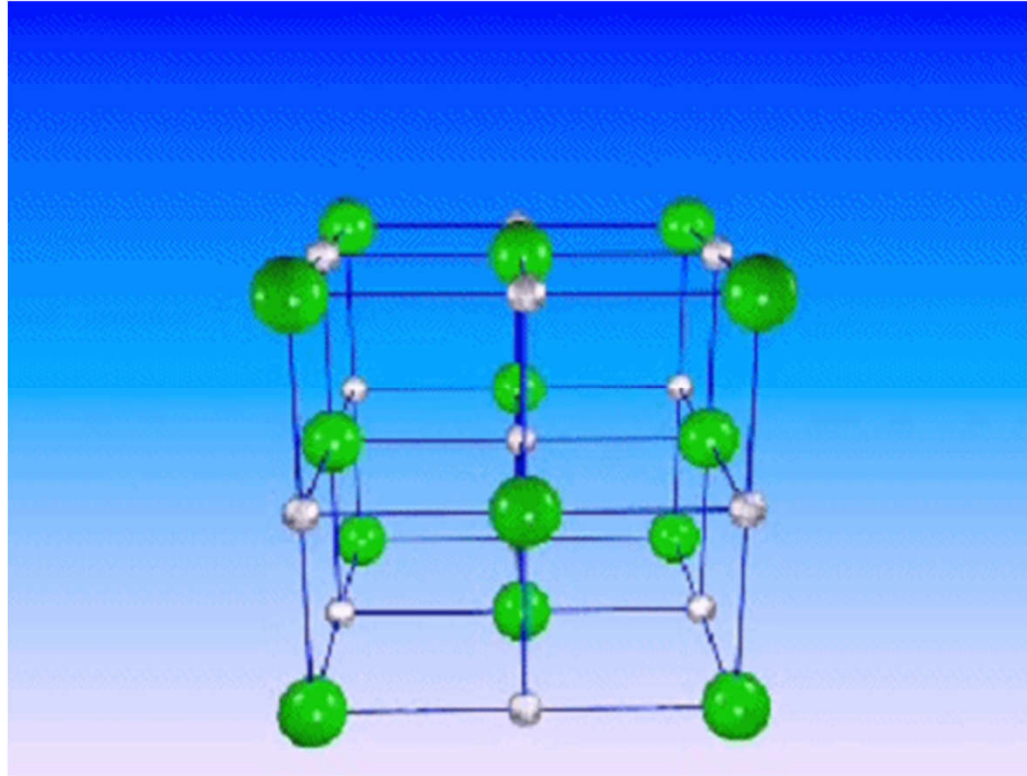
- 定义：晶体
 - 晶体是指材料的内部质点（离子、原子、分子）呈现规则排列的、具有一定结晶形状的固体。
- 特性：
 - 各向异性：因其各个方向的质点排列情况和数量不同，如石英晶体。
 - 各向同性：许多晶体材料是由大量排列不规则的晶粒组成，因此，所形成的材料整体又具有各向同性的性质，如钢材。



材料的组成与结构



材料的组成与结构



氯化钠是晶体。在氯化钠晶体中，每个氯离子的周围都有6个钠离子，每个钠离子的周围也有6个氯离子。钠离子和氯离子就是按照这种排列方式向空间各个方向伸展，形成氯化钠晶体。无色透明的立方晶体，熔点为 801°C ，沸点为 1413°C 。

材料的结构

按晶体质点及结合键的特性，可将晶体分为

- 原子晶体
- 离子晶体
- 分子晶体
- 金属晶体

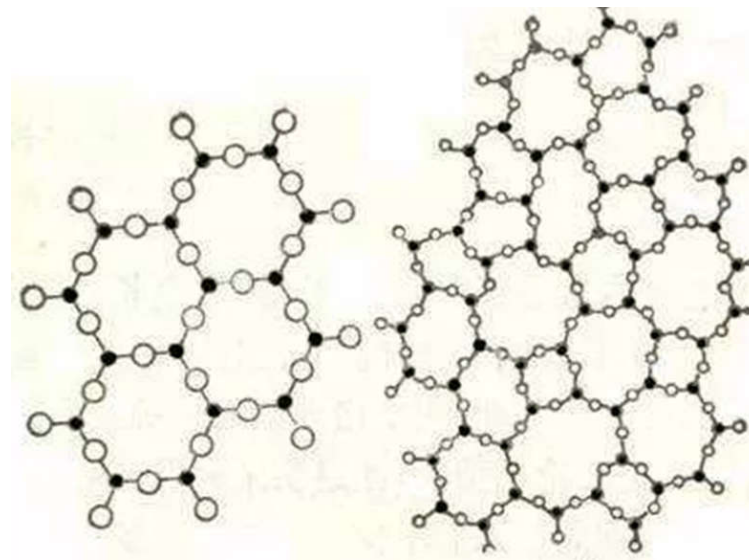
材料的结构

玻璃体

- 熔融的物质经急冷而形成的无定形体。

结构特征与一般性质

- 质点排列无规律。
- 各向同性
- 没有固定的熔点
- 熔融时只出现软化。
- 即具有潜在的化学活性



晶体与非晶体结构

示例

粉煤灰、火山灰、粒化高炉矿渣等都含有大量玻璃体成份。

材料的组成与结构

材料的结构

胶体

- 胶体是指粒径约 $10^{-7} \sim 10^{-9} \text{m}$ 的固体颗粒作为分散相（称为胶粒），分散在连续相介质中所形成的分散体系。
- 气溶胶——以气体作为分散剂的分散体系。其分散质可以是液态或固态。（如烟、雾等）
- 液溶胶——以液体作为分散剂的分散体系。其分散质可以是气态、液态或固态。（如 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体）
- 固溶胶——以固体作为分散剂的分散体系。其分散质可以是气态、液态或固态。（如有色玻璃、烟水晶）
- 常见胶体：淀粉胶体、蛋白质胶体、豆浆、雾、墨水、涂料有、果冻、鸡蛋清、血液等。

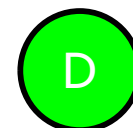
材料的结构

亚微观结构

- 亚微观结构又称为细观结构，一般指用光学显微镜所能观察到的材料结构。
- 尺寸范围： $10^{-3} \sim 10^{-6} \text{ m}$ 。
- 应用：
 - 可分析金属材料晶粒的粗细及其金相组织；
 - 可分析木材的木纤维、导管、髓线等组织；
 - 可分析混凝土的水泥石相、骨料相、界面和孔隙等。

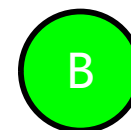
根据材料的(),固体材料可分为晶体、玻璃体和胶体。

- ☐ A 化学组成不同
- ☐ B 矿物组成不同
- ☐ C 宏观结构不同
- ☐ D 微观结构不同



在微观结构次层上,建筑石膏属于()。

- ☐ A 原子晶体
- ☐ B 离子晶体
- ☐ C 分子晶体
- ☐ D 非晶体



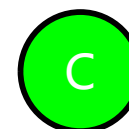
【一级结构2015】下列关于纤维结构材料的叙述,哪一条是正确的? ()

- ☐ A 各向同性
- ☐ B 平行纤维方向的导热能力大于垂直纤维方向
- ☐ C 平行纤维方向的抗拉强度劣于垂直纤维方向
- ☐ D 纤维结构材料的各方向强度均很高

B

按材料宏观孔特征的不同,与原木板相比,胶合板的典型特征是具有()。

- ☐ A 纤维结构
- ☐ B 微孔结构
- ☐ C 层状结构
- ☐ D 散粒结构



塑料在宏观上属于()。

- ☒ A 致密结构
- ☐ B 多孔结构
- ☐ C 微孔结构
- ☐ D 纤维材料

A

按材料宏观特征的不同,()具有纤维结构。

- ☒ A 玻璃钢
- ☐ B 加气混凝土砌块
- ☐ C 沥青混凝土
- ☐ D 不锈钢

A

材料的耐久性



材料的耐久性

耐久性是一种综合性质。它包括：

- 抗渗性
- 抗冻性
- 抗风化性
- 耐蚀性
- 抗老化性
- 耐热性
- 耐磨性等。

材料的耐久性

定义：耐久性

- 是指材料在长期使用过程中，能保持其原有性能而不变质、不破坏的能力。

环境中各种自然因素的破坏作用

- （1）物理作用
- （2）化学作用
- （3）生物作用
- （4）机械作用

材料的环境协调性

定义：环境协调性

- 环境协调性是指对资源和能源消耗少、对环境污染小和循环再生利用率高的性质。
- 材料的环境协调性不仅表现在生产环节，而且要求从材料生产、使用到废弃或再生利用的整个寿命周期中，都必须与环境协调。

材料的装饰性能

装饰材料的基本要求

- 颜色
- 光泽
- 表面组织及形状尺寸
- 质感

装饰材料的性能要求

外观要求：

- 主要包括颜色、光泽、透明性、表面组织、形状和尺寸、立体造型等方面。

安全性：

- 一是材料本身中有害物质含量不超过一定限值；二是材料在受到火灾等灾害时，不产生或少产生对人体有害的物质。

其他要求：

- 强度、硬度、防火性、阻燃性、耐水性、抗冻性、耐污染性、耐腐蚀性、防虫等其他特性要求。

计算题

1-4 计算题

(1) 某岩石在气干状态、干燥状态、水饱和状态下测得的抗压强度分别为 172 MPa、178 MPa、168 MPa。该岩石可否用于水下工程。

解：
软化系数： $K_R = \frac{f_b}{f_g} = \frac{168 \text{ MPa}}{178 \text{ MPa}} = 0.94 > 0.85$

\therefore 该岩石可以用于水下工程。

计算题

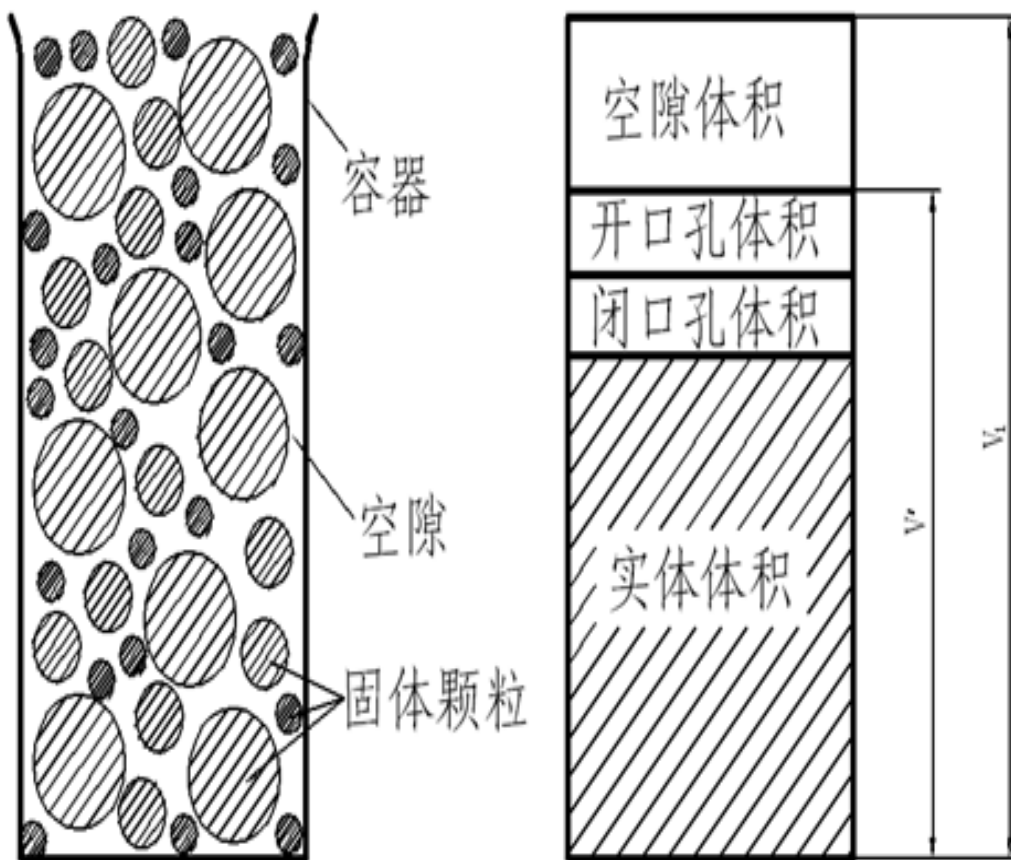
(2) 质量为 3.4 kg，容积为 10 L 的容量筒装满干燥状态石子后的总质量为 18.4 kg。若向筒内注入水，待石子吸水饱和后，为注满此筒注入水 4.27 kg。将上述吸水饱和的石子擦干表面后称得总质量为 18.6 kg(含筒重)。求该石子的吸水率、表观密度、堆积密度和开口孔隙率。

$$\text{吸水率} = \frac{18.6 - 18.4}{18.4 - 3.4} = 1.33(\%)$$

$$\text{表观密度} = \frac{(18.4 - 3.4)}{10 - 4.27} = 2.618 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

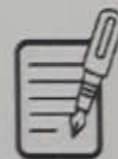
$$\text{堆积密度} = \frac{18.4 - 3.4}{10} = 1500 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\text{开口孔隙率} = \frac{18.6 - 18.4}{10 - 4.27 + (18.6 - 18.4)} = 3.37(\%)$$



3-5 思考讨论题

- (1) 古代的石灰浆经检测强度甚高。有人说古代的石灰质量优于现在石灰。此说法对否？
- (2) 某住户均用普通石膏浮雕板作装饰。使用一段时间后，客厅和卧室效果不错，但厨房、厕所、浴室的石膏制品出现发霉变形，请分析原因，并考虑有哪些技术可解决此类问题。
- (3) 为何大体积混凝土工程不宜只把硅酸盐水泥作为全部胶凝材料使用？对硅酸盐水泥熟料的矿物组成提出哪些要求会更为有利？
- (4) 某工地需使用微膨胀水泥，但刚好只有普通硅酸盐水泥，请问可以采用哪些方法予以解决。



3.13【自检
测 3】

计算题

(2) 某工程现浇钢筋混凝土梁，混凝土设计强度等级为 C25，施工要求坍落度为 50~70 mm。不受风雪等作用。施工单位的强度标准差为 4.0 MPa。所用材料：42.5 普通硅酸盐水泥，实测其 28 d 强度为 48 MPa， $\rho_c = 3\ 150\text{ kg/m}^3$ ；中砂，符合 2 区级配， $\rho_s = 2\ 600\text{ kg/m}^3$ ；碎石，粒级 5~40 mm， $\rho_g = 2\ 650\text{ kg/m}^3$ ；自来水。请进行混凝土配合比计算。



广州大学
GUANGZHOU UNIVERSITY

本章结束！