

第 1 章 建筑材料的基本性质

建筑材料在建筑物中起各种不同的作用,因此,要求建筑材料应具有相应的不同性质。作为结构物的材料要承受各种外力的作用,如建筑中的梁、板、柱、承重墙体和底板等。因此,结构物的材料应具有所需的力学性能;屋面防水材料、地下防潮材料则应具有良好的防水性和抗渗性;建筑物的内墙应具有保温、隔热和吸声、隔声的性能;长期暴露在大气环境中的各种建筑物或构筑物,要受到风吹日晒、雨水冲刷、干湿交换和冰冻的破坏作用;在具有酸、碱、盐类物质化学侵蚀的部位,还应有较高的化学稳定性等。为了保证建筑物或构筑物经久耐用,要求建筑设计与施工过程熟悉和掌握建筑材料的基本性质,并做到合理地选用材料。

材料品种不同,性能也不一样,归纳起来大体有物理性质、化学性质和力学性质。这里着重介绍物理性质和力学性质,化学性质分解到每章具体材料中去介绍。

1.1 材料的主要物理性质

1.1.1 材料与质量有关的性质

1. 密度(实际密度)

材料在绝对密实状态下单位体积的质量,用下式进行计算:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中: ρ —— 材料的密度, 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 。

所谓绝对密实状态下的体积,若为固体块状材料则指不包括孔隙在内的体积;若为固体散粒材料则指不包括其空隙在内的体积。这种材料实际上是不存在的。为了研究问题方便起见,常将密实度较高的材料,如钢材、玻璃和 4℃ 的水看成是绝对密实的。绝对密实状态的近似值称为视密度。

2. 表观密度

材料在自然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, m^3 。

材料在自然状态下的体积,若只包括孔隙在内而不含有水分,此时计算出来的表观密度称为干表观密度;若既包括材料内的孔隙,又包括孔隙内所含的水分,则计算出来的表观密度称为湿表观密度。

3. 堆积密度

堆积密度是指粉状、颗粒状及纤维状等材料在自然堆积状态下的单位体积质量,可按下式进行计算:

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

式中: ρ_L ——材料堆积密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V_0 ——材料的堆积体积, m^3 。

材料在自然状态下堆积体积包括材料的表观体积和颗粒(纤维)间的空隙体积,数值的大小与材料颗粒(纤维)的表观密度和堆积的密实程度有直接关系,同时受材料的含水状态影响。

在建筑工程中,密度、表观密度和堆积密度常用来计算材料的配料、用量、构件的自重、堆放空间和材料的运输量,工程中常用的几种材料密度、表观密度和堆积密度值见表 1-1。

表 1-1 常用材料密度、表观密度或堆积密度 kg/m³

材 料	密 度	表观密度或堆积密度	材 料	密 度	表观密度或堆积密度
烧结普通砖	2500	1800~1900	花岗岩	2700	2500~2700
粘土空心砖	2500	900~1450	砂子	2600	1400~1700
普通混凝土	2700	2200~2450	膨胀蛭石	—	80~200
泡沫混凝土	3000	600~800	膨胀珍珠岩	—	40~130
水泥	3100	1250~1450	松木	1550	400~700
生石灰块	—	1100	钢材	7850	7850
生石灰粉	—	1200	水(4℃)	1000	1000

4. 密实度

固体材料中固体物质的充实程度,即材料的绝对密实体积与其总体积之比。计算式为

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

因为

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad \rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

所以

$$V = \frac{m}{\rho}; \quad V_0 = \frac{m}{\rho_0}$$

$$D = \frac{m/\rho}{m/\rho_0} = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\%$$

式中: D ——材料的密实度,常以百分数表示。

【例 1-1】 烧结普通砖 $\rho_0 = 1900 \text{ kg/m}^3$, $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$, 试求砖的密实度。

【解】 $D = \frac{\rho_0}{\rho} = \frac{1900}{2500} \times 100\% = 76\%$

凡具有孔隙的固体材料,其密实度都小于 1。材料的密度与表观密度越接近,材料就越密实。材料的密实度大小与其强度、耐久性和导热性等很多性质有关。

5. 孔隙率

固体材料的体积内孔隙体积所占的比例。可根据下式计算：

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} = 1 - D$$

式中： P ——材料的孔隙率，以百分数表示。

【例 1-2】 仍为上题之烧结普通砖，求其孔隙率 P 为多少？

【解】 $P = 1 - D = 1 - 0.76 = 0.24 = 24\%$

材料的孔隙率大，则表明材料的密实程度小。材料的许多性质，如表观密度、强度、透水性、抗渗性、抗冻性、导热性和耐蚀性等，除与孔隙率的大小有关，还与孔隙的构造特征有关。所谓孔隙的构造特征，主要是指孔的大小和形状。依孔隙的大小可分为粗孔和微孔两类；依孔的形状可分为开口孔隙和封闭孔隙两类。一般均匀分布的微小孔隙较比开口或相互连通的孔隙对材料性质的影响小。

6. 填充率

填充率是指颗粒材料或粉状材料的堆积体积内，被颗粒所填充的程度，用 D' 表示，可按下式进行计算：

$$D' = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\%$$

7. 空隙率

空隙率是指颗粒材料或粉状材料的堆积体积内，颗粒之间的空隙体积所占的百分率，用 P' 表示，可按下式进行计算：

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

材料空隙率大小，表明颗粒材料中颗粒之间相互填充的密实程度，计算混凝土骨料的级配和砂率时常以空隙率为计算依据。

1.1.2 材料与水有关的性质

1. 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。

材料吸水性的可用吸水率表示。吸水率又有质量吸水率和体积吸水率之分,其计算公式分别为

$$W_{\text{质}} = \frac{m_{\text{饱}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\%$$

$$W_{\text{体}} = \frac{m_{\text{饱}} - m_{\text{干}}}{V_0 \rho_w} \times 100\%$$

式中: $W_{\text{质}}$ ——材料的质量吸水率, %;

$W_{\text{体}}$ ——材料的体积吸水率, %;

$m_{\text{饱}}$ ——材料吸水饱和后的质量, kg;

$m_{\text{干}}$ ——材料烘干到恒重时的质量, kg;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, m^3 ;

ρ_w ——水的密度, kg/m^3 。

材料的吸水率与孔隙率成正比。封闭孔隙较多的材料,吸水率不很大时可用质量吸水率公式进行计算;一些轻质材料,如加气混凝土、木材等,由于其开口孔多,质量吸水率往往超过 100%,在这种情况下,可用体积吸水率公式进行计算。

2. 吸湿性

材料在潮湿的空气中吸收空气中水分的性质称为吸湿性,该性质可用材料的含水率表示,按下式进行计算:

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\%$$

式中: $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率, %;

$m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量, kg;

$m_{\text{干}}$ ——材料烘干到恒重时的质量, kg。

材料吸湿性的大小取决于材料本身的化学成分和构造,并与环境空气的相对湿度和温度有关。一般来说总表面积较大的颗粒材料,以及开口相互连通的孔隙率较大的材料吸湿性较强,环境的空气相对湿度越高,温度越低时其含水率越大。

材料吸湿含水后,会使材料的质量增加,体积膨胀,抗冻性变差,

同时使其强度、保温隔热性能下降。

材料可以从湿润空气中吸收水分,也可以向干燥的空气中扩散水分,最终使自身的含水率与周围空气湿度持平,此时材料的含水率称为平衡含水率。

3. 耐水性

材料在饱和水作用下强度不显著降低的性质称为耐水性。材料的耐水性用软化系数表示,可按下式计算:

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}}$$

式中: $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数;

$f_{\text{饱}}$ ——材料在饱和水作用下的抗压强度,MPa;

$f_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度,MPa。

材料软化系数范围在 0~1 之间,数值越大,说明材料的耐水性能越好。当软化系数大于 0.85 时,则认为该材料是耐水的。一般材料随含水量的增加,其强度都会有不同程度的下降。所以,用于潮湿环境及浸泡在水中的构件,应选用软化系数大的材料,一般要大于 0.85。用于受潮湿较轻或次要的结构物材料,其软化系数应在 0.70~0.85 之间,因为材料的软化系数越大,意味着材料的耐水性能越好。

4. 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质或材料的不透水性称为抗渗性。

材料的抗渗性可用抗渗等级来表示,即用材料抵抗压力水渗透的最大水压力值来确定,其抗渗等级越高,则表明材料的抗渗性能越好。

材料的抗渗性还可用渗透系数 K 表示,渗透系数的计算公式如下式:

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

式中: K ——渗透系数, m/h;

Q ——透水量, m^3 ;

d ——试件厚度, m;

A ——透水面积, m^2 ;

t ——时间, h;

H ——静水压力水头, m。

材料的渗透系数越大, 表明材料的透水性越好, 抗渗性越差。

材料抗渗性能的好坏, 主要决定于材料本身孔隙率的大小及孔隙的特征。密实材料, 具有封闭孔隙或极微细孔的材料, 一般是不会透水的; 具有较大孔隙率, 且孔径大和开口连通孔的材料, 其抗渗性往往较差。

建筑物的地下结构和所有水工构筑物使用的抗渗混凝土的抗渗性能, 常用抗渗等级来表示。抗渗混凝土等级由大写英文字母“P”和混凝土本身所能承受的最小水压力数值(阿拉伯数字)表示。由于P6级以下的抗渗要求对普通混凝土来说比较容易满足, 所以《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2000)将抗渗等级等于或大于P6级的混凝土定义为抗渗混凝土。抗渗混凝土的等级有P6、P8、P10、P12, 分别表示混凝土可抵抗0.6、0.8、1.0和1.2 MPa水压力而不渗透, 说明混凝土抗渗等级越大, 其抗渗性能越好。

5. 抗冻性

材料在多次冻融循环作用下不破坏, 强度也不显著降低的性质称为抗冻性。

材料在吸水饱和后, 从 -15°C 冷冻到 20°C 融化称作经受一个冻融循环作用。材料在多次冻融循环作用后表面将出现开裂、剥落等现象, 材料将有质量损失, 与此同时其强度也将会有所下降。所以严寒地区选用材料, 尤其是在冬季气温低于 -15°C 的地区, 一定要对所用材料进行抗冻试验。

材料抗冻性能的好坏与材料的构造特征、含水多少和强度等因素有关。一般来说, 密实的并具有封闭孔的材料, 其抗冻性较好; 强度高的材料, 抗冻性能较好; 材料的含水率越高, 冰冻破坏作用越显著。此外, 材料受到冻融循环作用次数越多, 所遭受的损害也越严重。

材料的抗冻性用抗冻等级表示,由大写的英文字母“F”和材料本身所能承受的最少冻融循环次数(阿拉伯数字)表示,如混凝土的抗冻等级有 F50、F100、F150、F200、F250 和 F300。由于 F50 级以下的抗冻要求普通混凝土容易满足,所以《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2000)将抗冻等级等于或大于 F50 级的混凝土定义为抗冻混凝土。

1.1.3 材料与温度有关的性质

1. 导热性

热量由材料的一面传至另一面的性质称为导热性,用导热系数“ λ ”表示。

材料传热能力主要与传热面积、传热时间、传热材料两面温度差及材料的厚度、自身的导热系数大小等因素有关,可用下面公式计算:

$$Q = \frac{At(T_2 - T_1)}{d} \lambda$$

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

式中: λ ——材料的导热系数, W/(m·K);

Q ——材料传导的热量, J;

d ——材料的厚度, m;

A ——材料导热面积, m²;

t ——材料传热时间, s;

$T_2 - T_1$ ——传热材料两面的温度差, K。

导热系数是评定材料绝热性能的重要指标。材料的导热系数越小,则材料的绝热性能越好。

导热系数的大小,受材料本身的结构、表观密度、构造特征、环境的温度、湿度及热流方向的影响。一般金属材料的导热系数最大,无

机非金属材料次之,有机材料最小。成分相同时,密实性大的材料,导热系数大;孔隙率相同时,具有微孔或封闭孔构造的材料,导热系数偏小。另外,材料处于高温状态要比常温状态时的导热系数大;若材料含水后,其导热系数会明显增大。

2. 热容

材料具有加热时吸收热量,冷却时释放热量的性质,材料温度变化 1K 所吸收或释放的热量称为热容。材料单位质量的热容称为比热容 c ,可用下式进行计算:

$$Q = m(T_2 - T_1)c$$

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

式中: Q ——材料吸收或放出的热量,J;

m ——材料的质量,kg;

c ——比热容,J/(kg · K);

$T_2 - T_1$ ——材料受热或冷却前后的温度差,K。

导热系数、热容综合表示材料的热工性能,对于建筑物的保温、隔热,实现建筑节能具有重要意义。

几种工程上常用材料的热工性质指标详见表 1-2。

表 1-2 工程常用材料热工性质指标

材 料	λ /(W/ (m · K))	c /(J/ (kg · K))	材 料	λ /(W/ (m · K))	c /(J/ (kg · K))
钢材	58	480	泡沫塑料	0.035	1300
花岗岩	3.49	920	水	0.58	4190
普通混凝土	1.51	840	冰	2.33	2050
烧结普通砖	0.80	880	密闭空气	0.023	1000
松木	横纹 0.17 顺纹 0.35	2500			

1.2 材料的力学性质

材料的力学性质是指材料在各种外力作用下抵抗变形或破坏的性质。

1.2.1 强度

材料在外力(荷载)作用下抵抗破坏的能力称为强度。

材料在建筑物所受的外力主要有拉力、压力、弯曲及剪力等。材料抵抗这些外力破坏的能力分别称为抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度,图 1-1 为材料承受各种外力的示意图。

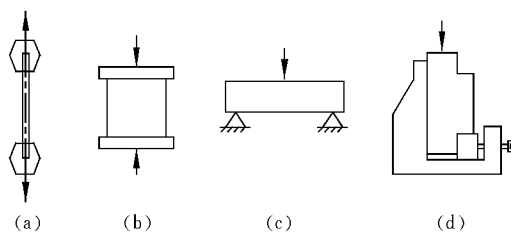


图 1-1 材料受力示意图

(a) 拉力; (b) 压力; (c) 弯曲; (d) 剪切

材料的抗拉、抗压、抗剪强度可按下式进行计算:

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

式中: f ——抗拉、抗压、抗剪强度,MPa;

F ——材料受拉、压、剪破坏时的荷载,N;

A ——材料的受力面积, mm^2 。

材料的抗弯强度(抗折强度)与材料受力情况有关,试验时将试件放在两支点上,中间作用一集中力,对矩形截面的试件,其抗弯强度可按下式进行计算:

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

式中： f_m ——材料的抗弯强度，MPa；
 F ——材料受弯时的破坏荷载，N；
 L ——试件受弯时两支点的间距，mm；
 b, h ——材料截面宽度、高度，mm。

不同材料具有不同的抵抗外力的特性，混凝土、砖、石材等抗压强度较高，钢材的抗拉、抗压强度都很高。在建筑设计中选择材料时应了解清楚不同材料所具有的不同强度特性。

材料的强度大小主要决定于其本身的成分、构造。一般情况下，材料的表观密度越小、孔隙率越大、越疏松，其强度就越低。

建筑工程中常用材料的强度值见表 1-3。

表 1-3 常用材料的强度 MPa

材 料	抗弯强度	抗拉强度	抗压强度
花岗岩	10~14	5~8	100~250
烧结普通砖	1.6~4.0	—	5~20
普通混凝土	—	1~9	5~60
建筑钢材	—	240~1500	240~1500
松木(顺纹)	60~100	80~120	30~50

大部分建筑材料都是根据其强度的高低划分成若干等级，这对于掌握材料性质，合理选用材料，从事设计、施工和控制工程质量都是非常重要的。

1.2.2 弹性与塑性

材料在外力作用下产生变形，外力去掉后，变形能完全消失的性能称为弹性。

材料在外力作用下产生变形，外力去掉后，变形不能完全恢复并

且材料也不即行破坏的性质,称为塑性。材料不能恢复的残留变形,叫塑性变形。

材料的弹性变形与塑性变形曲线如图 1-2 所示。

图中 OA 段为弹性变形, AB 段为塑性变形。应该说明,在外力作用下工程材料中单纯的弹性变形是不存在的。一些材料在外力不大的情况下,外力与变形成正比,产生弹性变形;当外力超过一定数值后,接着便出现塑性变形,如建筑钢材中的低碳钢即为此种情况;也有些材料受到外力作用后,弹性变形和塑性变形同时发生,如混凝土就是如此。图 1-3 说明混凝土材料受力后弹性、塑性变形共生,去掉外力后弹性变形 ab 可以恢复,其塑性变形 Ob 则要保留。

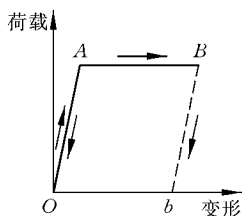


图 1-2 材料弹性与塑性变形曲线

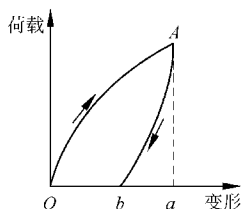


图 1-3 混凝土的材料弹性与塑性变形曲线

可见材料的弹性与塑性除与材料本身的成分、结构和构造有关外,尚与材料所处环境、温度等因素有关,如材料在一定温度和一定外力条件下处于弹性,但当温度升高后也可能转变为塑性。

1.2.3 脆性与韧性

材料在外力作用下,当外力达到一定数值后,突然产生破坏而没有明显塑性变形的性质称为脆性。脆性材料的抗压强度要比抗拉强度大得多,高达几倍或几十倍,如石材、砖、普通混凝土、玻璃和陶瓷等。由于脆性材料的抗冲击和震动荷载的能力差,故在建筑物中常用来作承压构件。

材料在冲击或振动荷载作用下能吸收较大的能量,同时产生一

定塑性变形后而不被破坏的性质称为韧性,也称为冲击韧性。建筑物中要求承受冲击荷载或抗震的结构都要考虑材料的韧性。钢材、木材和沥青等属于韧性材料。材料韧性的好坏是通过冲击试验来进行检测的。

1.3 材料的耐久性

耐久性是指材料在长期使用环境中,在多种破坏因素作用下保持原有性能不被破坏的能力。

建筑物、构筑物不同部位所用各种材料,不仅要受到各种外载荷的作用,同时还会受周围环境的各种自然因素的影响,如物理、化学及生物等方面的作用。这些因素的破坏作用往往是复杂多变的,或单独或交互地作用于材料。

物理作用包括温度变化、干湿交换、冻融循环及磨损等,都在一定程度上影响着材料的长期使用。

化学作用包括受酸、碱、盐类等物质的水溶液及有害气体的作用,发生化学反应及氧化作用,受阳光紫外线照射等使材料变质或遭到损坏。

生物作用是指菌类、昆虫类等对材料的蛀蚀及腐朽的作用。

影响处在建筑物各部位材料的耐久性的因素是多方面的,从实际意义上讲,材料的耐久性是一项综合的技术性质,它包括抗渗性、抗冻性、抗风化性、耐热性、耐蚀性、抗老化性以及耐磨性等各方面的内容。

提高材料的耐久性具有重要的经济意义和实际意义。应用耐久性好的材料,虽会提高原材料的价格,施工的难度也可能会增加,但因材料的使用寿命长,建筑物的有效使用寿命也相应延长,且在使用过程中各项维修费用低,利用率高,收益大,最终使整体建筑的综合费用下降,可以获得明显的综合经济效益。

为了提高材料的耐久性,常采取以下三个方面的措施:

(1) 提高材料本身对外界破坏作用的抵抗力,如提高材料的密实度,改变孔结构的形式,合理选定原材料的组成等。

(2) 减轻环境条件对材料的破坏作用,如对材料进行特殊处理或采取必要的构造措施。

(3) 在主体材料表面加保护层,如覆盖贴面、喷涂料等,使主体材料与大气、阳光、雨、雪隔绝,不致受到直接侵害。

人们对材料耐久性的判断一般是在使用条件下进行长期的观察与测定,这种方法无疑需要很长的时间,较快的方法是根据材料使用条件与使用要求在试验室进行相关的快速试验,并据试验结果对材料的耐久性做出评价。

复 习 题

1. 何谓材料的密度和表观密度?有何实际意义?
2. 表观密度和松散表观密度有什么区别?
3. 什么叫材料的密实度、孔隙率?两者间是什么关系?如何进行计算?
4. 材料的吸水性、吸湿性、耐水性、抗渗性与抗冻性的含义是什么?各以什么指标表示?
5. 什么叫导热系数和比热容?它们各表示材料的什么物理性质?
6. 何谓材料的强度?材料的抗压、抗拉、抗剪切、抗弯和抗折强度应如何进行计算?
7. 当某种建筑材料孔隙率增大时,下表中其他性质将如何变化(用符号填写:↑增大,↓下降,或不变,不定)?

孔隙率	密 度	表观密度	吸水率	抗冻性	强 度	导热性
↑						



8. 弹性变形与塑性变形有什么不同?
9. 什么叫脆性破坏和韧性破坏?
10. 已知混凝土试块尺寸为 $200\text{ mm} \times 200\text{ mm} \times 200\text{ mm}$, 质量为 19.2 kg , 试求此混凝土的表观密度。
11. 取北京地区的河砂 0.51 kg , 烘干到恒重时的质量为 0.498 kg , 求河砂的含水率。
12. 某质量为 6.6 kg , 容积为 10 L 的容器, 装满干燥的卵石后总质量为 21.6 kg , 实测卵石的空隙率为 42% , 试求卵石的密度。
13. 一块密度为 2630 kg/m^3 的岩石, 体积为 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$, 干燥状态下的质量为 0.32 kg , 求该岩石的孔隙率。
14. 一根直径为 16 mm 的钢筋做拉力试验, 测得的拉断荷载为 83.4 kN , 试求钢筋的抗拉强度。
15. 国产烧结普通砖受压面积为 $115\text{ mm} \times 119.1\text{ mm}$, 测得的压碎荷载为 202 kN , 求砖的抗压强度。
16. 对烧结普通砖 ($240\text{ mm} \times 115\text{ mm} \times 53\text{ mm}$) 做抗折试验测得的折断荷载为 2.81 kN , 试求砖的抗折强度。
17. 车站有 500 m^3 松木 ($\rho_0 = 500\text{ kg/m}^3$), 决定派一辆 5 t 的解放卡车拉往工地, 问需要拉几趟?
18. 13 题中, 若岩石的压碎荷载为 150 kN , 求岩石的抗压强度?
19. 用密度为 2650 kg/m^3 的卵石装平容积为 2 m^3 的车厢需要 3600 kg , 试求卵石的空隙率? 若再用堆积密度为 1480 kg/m^3 的砂子填充卵石全部空隙得需要多少砂子?
20. 一捆直径为 20 mm 的光圆钢筋, 长度为 14 m , 共 15 根, 试求总质量为多少? (钢筋的密度为 7850 kg/m^3)

第 2 章 无机胶凝材料

胶凝材料又称胶结材料,它可将散粒或块状材料粘结成整体并具有一定的强度,在建筑工程中应用极其广泛。

胶凝材料按化学性质不同可分为有机胶凝材料 and 无机胶凝材料两大类。有机胶凝材料是以天然或合成高分子化合物为基本组成的一类胶凝材料;无机胶凝材料则是以无机化合物为主要成分的一类胶凝材料。无机胶凝材料按硬化条件的不同分为气硬性胶凝材料和水硬性胶凝材料两大类。

气硬性无机胶凝材料只能在空气中凝结、硬化、产生强度,并继续发展和保持其强度,如石灰、石膏、水玻璃等;水硬性胶凝材料既能在空气中硬化,又能很好地在 水中硬化,保持并继续发展其强度,如各种水泥。

气硬性无机胶凝材料只适用于地上或干燥环境,而水硬性无机胶凝材料则不仅适用于地上,也可以用于地下潮湿环境或水中。

2.1 气硬性无机胶凝材料

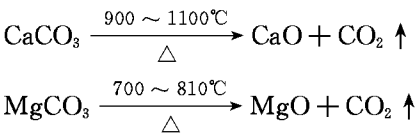
2.1.1 石灰

1. 石灰的生产

石灰是人类最早使用的建筑材料之一。由于石灰的原料分布广,生产工艺简单,使用方便,成本不高,且具有良好的技术性能,所以目前仍广泛用于建筑工程中。

生产石灰的主要原料是石灰石,其主要成分为碳酸钙(CaCO_3),也含少量碳酸镁(MgCO_3)。石灰石经煅烧后生成生石灰,其化学反

应为



煅烧过程中,若温度控制较好,石灰石在窑内停留的时间合适,所得到的石灰就分解得好,内部孔隙率大,表观密度小,极易与水作用,常称这种石灰为正火石灰,又叫正品灰。实际生产中,若煅烧温度过低,或温度不低、但煅烧的时间短,石灰石不能完全分解,得到的是欠火石灰,这种石灰实际上是石灰中的废品。反之,若煅烧温度过高,或煅烧时间过长,将生成颜色较深,表观密度较大的过火石灰,它是由石灰石中的二氧化硅和氧化铝等杂质发生熔结所形成的细小颗粒,不是石灰中的废品,只是熟化时需要与水的作用时间长,若熟化不彻底,应用到工程上之后(如墙面抹灰等)产生体积膨胀,致使已硬化的砂浆产生“鼓泡”或“崩裂”现象,影响到工程质量。

生石灰的主要成分是氧化钙,其次是氧化镁。当生石灰中氧化镁的含量小于或等于 5% 时称为钙质石灰;氧化镁含量大于 5% 时称为镁质石灰。建筑石灰供应的品种有块状生石灰和消石灰粉两种,其技术指标分别见表 2-1 和表 2-2。

表 2-1 生石灰的主要技术指标

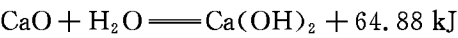
项 目	钙质生石灰			镁质生石灰		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
有效氧化钙加有效氧化镁含量	≥90%	≥85%	≥80%	≥85%	≥80%	≥75%
未消化残渣含量 (5 mm 圆孔筛余)	≤5%	≤10%	≤15%	≤5%	≤10%	≤15%
CO ₂ 含量	≤5%	≤7%	≤9%	≤6%	≤8%	≤10%
产浆量/(L/kg)	≥2.8	≥2.3	≥2.0	≥2.8	≥2.3	≥2.0

表 2-2 消石灰粉的主要技术指标

项 目	钙质消石灰粉			镁质消石灰粉			白云石消石灰粉		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
有效氧化钙 加有效氧化 镁含量	≥70%	≥65%	≥60%	≥65%	≥60%	≥55%	≥65%	≥60%	≥55%
游离水	0.4%~ 2%	0.4%~ 2%	0.4%~ 2%	0.4%~ 2%	0.4%~ 2%	0.4%~ 2%	0.4%~ 2%	0.4%~ 2%	0.4%~ 2%
体积安定性	合格	合格	—	合格	合格	—	合格	合格	—
0.9 mm筛 筛余	0	0	≤0.5%	0	0	≤0.5%	0	0	≤0.5%
0.125 mm筛 筛余	≤3%	≤10%	≤15%	≤3%	≤10%	≤15%	≤3%	≤10%	≤15%

2. 石灰的熟化与硬化

建筑施工使用石灰时,通常将生石灰加水使之消解为熟石灰(Ca(OH)₂),这个过程称为石灰的“熟化”。其化学反应式为



生石灰的熟化为放热反应,熟化时体积膨胀。煅烧良好质纯的生石灰体积增大 1.5~3.5 倍。含有杂质或煅烧不良的生石灰体积增大 1.5 倍左右。

生石灰的熟化方式一种是闷灰粉,用于拌制灰土,另一种是淋灰膏,用于拌制石灰砂浆或混合砂浆。

消石灰粉是由块状生石灰经适量的水熟化而成。经验加水量为 1 t 生石灰块约 312 kg,既不过湿成团,又能保证生石灰彻底消解。工地上多采用分层喷淋法进行熟化。市场上供应袋装的消石灰粉是在专业工厂内用机械法进行熟化而得到的。

石灰膏是将块状生石灰放入化灰池内,加入相当于生石灰体积 3~4 倍的水,消化成石灰水溶液,然后过筛流入储灰坑内,随着时间的推移,水分减少,逐渐形成石灰浆,最后形成石灰膏。建筑施工所

用的石灰砂浆、混合砂浆都是灰膏拌制的。为了消除过火石灰(生石灰中少量被烧焦的氧化钙、氧化镁的颗粒物)的危害,保证生石灰彻底熟化,石灰膏必须在灰坑内保存两周以上,这个过程称为“陈伏”,陈伏期间石灰浆表面应保持一层一定厚度的水,使之与空气隔绝,防止碳化。

生石灰粉是将块状生石灰直接破碎再磨细而成。使用时可以不必预先熟化、陈伏,这是因为磨细生石灰粉的细度高,遇水后其水化反应速度可提高 30~50 倍,且水化时的体积膨胀均匀,避免了局部膨胀过大而影响施工质量。磨细生石灰粉在建筑施工中的推广和应用,克服了传统的石灰硬化慢、强度低的缺点,同时提高了工效,并且节省了场地,改善了施工环境,但成本较高,其技术性能指标见表 2-3。

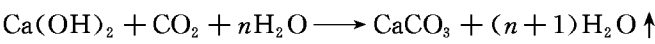
表 2-3 生石灰粉的主要技术性能指标 %

项 目		钙质生石灰粉			镁质生石灰粉		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
(CaO+MgO)含量		≥85	≥80	≥75	≥80	≥75	≥70
CO ₂ 含量		≤7	≤9	≤11	≤8	≤10	≤12
细 度	0.9 mm 筛筛余	≤0.2	≤0.5	≤1.5	≤0.2	≤0.5	≤1.5
	0.125 mm 筛筛余	≥7.0	≥12.0	≥18.0	≥7.0	≥12.0	≥18.0

石灰浆体在空气中逐渐硬化,是由下面两个同时进行的过程来完成的。

① 结晶过程 水分蒸发,氢氧化钙从饱和溶液中逐渐结晶出来。

② 碳化硬化 实际上是空气中的二氧化碳与水生成碳酸,然后再与氢氧化钙反应生成碳酸钙,析出多余水分并蒸发,其反应式为



碳化硬化过程不能在没有水分的干燥条件下进行,而且只限于

在石灰浆体表面缓慢进行;结晶则主要在石灰浆体的内部进行。可见,石灰浆体的硬化是由表里两种作用形成的。

3. 石灰主要性质及应用

(1) 保水性、可塑性好

生石灰熟化时,生成的氢氧化钙颗粒极细,其表面吸附一层厚厚的水膜,将石灰浆掺入水泥砂浆中,可提高砂浆的保水能力,而且可塑性好。用石灰拌制石灰砂浆或混合砂浆,都具有较好的工作性,这是石灰的一个突出优点。

(2) 强度低、耐水性差

石灰的硬化只能在空气中进行,硬化速度比较慢,硬化后的强度也不高。如 1:3 的石灰砂浆 28 d 抗压强度通常为 0.2~0.5 MPa。受潮后强度更低,长期受潮或在水中浸泡还会溃散。所以石灰不准用于潮湿环境和重要建筑物的基础。

(3) 体积收缩大

石灰在硬化过程中因蒸发大量水分会引起体积收缩,所以不准单独使用。应用时常掺入砂、麻刀、无机纤维等,以抵抗收缩引起的开裂。

石灰可以用来配制石灰砂浆、水泥石灰混合砂浆,用于砌筑或抹灰。石灰是生产水泥的原材料之一,还是生产灰砂砖、粉煤灰砌块、碳化石灰板等硅酸盐制品的胶结材料。另外,用石灰、粘土、砂,按一定比例可配制成灰土或三合土,广泛用于建筑物的基础垫层、室内地面垫层及道路的基层。

4. 石灰的储存

生石灰吸水、吸湿性极强,因此,必须在干燥的环境中储存,不应与易燃、易爆物品及液体共存、同运,以免发生火灾,引起爆炸。在运输过程中,应有防雨措施。另外,石灰在存放过程中,极易吸收空气中的水分和二氧化碳,自行消解而失去活性,导致胶凝性下降,因此,石灰储存时间不宜过长,一般不超过一个月。过期的石灰使用前应重新检验其有效成分的含量,对于石灰膏应将陈伏期转化为储存期。