

2 建筑材料的性能和应用

2-1 建筑材料的基本性能

2-1-1 建筑材料分类

建筑材料指建筑结构物中使用的各种材料及制品,它是一切建筑工程的物质基础。在我国现代化建设中,建筑材料占有极为重要的地位。由于组分、结构和构造不同,建筑材料品种门类繁多、性能各不相同、价格相差悬殊,同时在建筑结构物中用量巨大,因此,正确选择和合理使用建筑材料,对建筑结构物的安全、实用、美观、耐久及造价有着重大的意义。一般来说,优良的建筑材料必须具备足够的强度,能够安全地承受设计荷载;自身的重量(表观密度)以轻为宜,以减少下部结构和地基的负荷;要求与使用环境相适应的耐久性,以便减少维修费用;用于装饰的材料,应能美化房屋并产生一定的艺术效果;用于特殊部位的材料,应具有相应的特殊功能,例如屋面材料要能隔热、防水,楼板和内墙材料要能隔声等。

建筑材料可按不同原则进行分类。根据材料来源,可分为天然材料及人造材料;根据使用部位,可分为承重材料、屋面材料、墙体材料和地面材料等;根据建筑功能,可分为结构材料、装饰材料、防水材料、绝热材料等。目前,通常根据组成物质的种类及化学成分,将建筑材料分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,各大类中又可进行更细的分类,如图 2-1-1 所示。

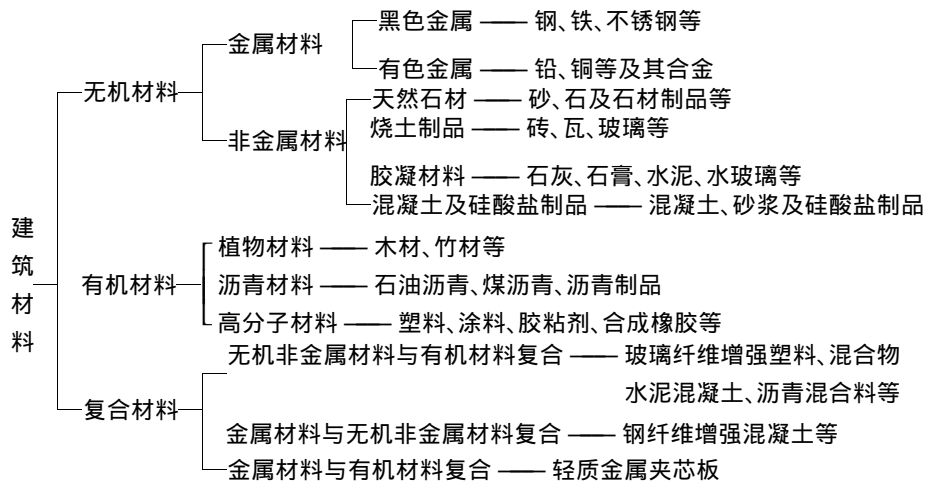


图 2-1-1 建筑材料分类

2-1-2 建筑材料基本性质

在建筑物中,建筑材料要受到各种不同的作用。如用于各种承力结构中的材料,要受到各种外力的作用,而用于其他不同部位的材料,又会受到风霜雨雪的作用,作为工业建筑或长期暴露于大气环境中或与侵蚀性介质相接触的各种建筑物中的材料,还会受到冲刷、磨损、化学侵蚀、生物作用、干湿循环、冻融循环等破坏作用。可见建筑材料所受的作用是复杂的,而且它们之间又是相互影响的。因此对建筑材料性质的要求应当是严格的和多方面的。

建筑材料所具有的各项性质又是由材料的组成、结构和构造等因素所决定的。为了保证建筑物能经久耐用,就需要我们掌握建筑材料的性质,并了解它们与材料的组成、结构、构造的关系,从而合理的选用材料。

2-1-2-1 材料的组成、结构和构造

1. 材料的组成

材料的组成包括材料的化学组成、矿物组成和相组成。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。

(1)化学组成

化学组成是指构成材料的化学元素及化合物的种类及数量。当材料与外界自然环境以及各类物质相接触时,它们之间必然要按化学变化规律发生作用。如材料受到酸、碱、盐类物质的侵蚀作用,如材料遇到火焰时的耐燃、耐火性能,以及钢材和其它金属材料的锈蚀等等都属于化学作用。建筑材料有关这些方面的性质都是由材料的化学组成所决定的。

(2)矿物组成

我们将无机非金属材料中具有特定的晶体结构、特定的物理力学性能的组织结构称为矿物。矿物组成是指构成材料的矿物的种类和数量。某些建筑材料如天然石材、无机胶凝材料等,其矿物组成是决定其材料性质的主要因素。水泥因所含有的熟料矿物的不同或其含量的不同,则所表现出的水泥性质就各有差异。例如硅酸盐水泥中,熟料矿物硅酸三钙含量高,则其硬化速度较快,强度较高。

(3)相组成

材料中具有相同物理、化学性质的均匀部分称为相。自然界中的物质可分为气相、液相、和固相。同种物质在温度、压力等条件发生变化时常常会转变其存在的状态,如由气相转变为液相或固相。建筑材料大多数是多相固体。凡由两相或两相以上物质组成的材料称为复合材料。因此,建筑材料大多数可看作复合材料。例如,混凝土可认为是集料颗粒(集料相)分散在水泥浆基体(基相)中所组成的两相复合材料。

复合材料的性质与材料的相组成和界面特性有密切关系。所谓界面是指多相材料中相与相之间的分界面,在实际材料中,界面是一个薄区,它的成分和结构与相内是不一样的,它们之间是不均匀的,可将其作为“界面相”来处理。因此,通过改变和控制材料的相组成,可改善和提高材料的技术性能。

2. 材料的结构和构造

材料的结构、构造是决定材料性质的极其重要的因素。

材料的结构可分为宏观结构、细观结构和微观结构。

(1) 宏观结构

建筑材料的宏观结构是指用肉眼或放大镜能够分辨的粗大组织。其尺寸在 10^{-3}m 级以上。

建筑材料的宏观结构,可按其孔隙特征分为:

①致密结构 可以看作无宏观层次的孔隙存在。例如钢铁、有色金属、致密天然石材、玻璃、玻璃钢、塑料等。

②多孔结构 指具有粗大孔隙的结构。如加气混凝土、泡沫混凝土、泡沫塑料及人造轻质多孔材料。

③微孔结构 是指具有微细孔隙的结构。如石膏制品、烧粘土制品等。

按存在状态或构造特征分为:

①堆聚结构 由集料与胶凝材料胶结成的结构。具有这种结构的材料种类繁多,如水泥混凝土、砂浆、沥青混合料等均可属此类结构的材料。

②纤维结构 由纤维状物质构成的材料结构。如木材、玻璃钢、岩棉、钢纤维增强水泥混凝土、GRC 制品等。

③层状结构 天然形成或人工采用粘结等方法将材料迭合而成层状的材料结构。如胶合板、纸面石膏板、蜂窝夹芯板、各种新型节能复合墙板等。

④散粒结构 指松散颗粒状结构。如混凝土集料、膨胀珍珠岩等。

(2) 细观结构

细观结构(原称亚微观结构)是指用光学显微镜所能观察到的材料结构。其尺寸范围在 $10^{-3} \sim 10^{-6}\text{m}$ 。建筑材料的细观结构,只能针对某种具体材料来进行分类研究。对混凝土可分为基相、集料相、界面;对天然岩石可分为矿物、晶体颗粒、非晶体组织;对钢铁可分为铁素体、渗碳体、珠光体;对木材可分为木纤维、导管髓线、树脂道;

材料细观结构层次上的各种组织性质各不相同,这些组织的特征、数量、分布和界面性质对材料性能有重要影响。

(3) 微观结构

微观结构是指原子分子层次的结构。可用电子显微镜或 X 射线来分析研究该层次上的结构特征。微观结构的尺寸范围在 $10^{-6} \sim 10^{-10}\text{m}$ 。材料的许多物理性质如强度、硬度、熔点、导热、导电性都是由其微观结构所决定的。

在微观结构层次上,材料可分为晶体、玻璃体、胶体。

① 晶体

质点(离子、原子、分子)在空间上按特定的规则呈周期性排列时所形成的结构称晶体

结构。晶体具有如下特点：

- A. 具有特定的几何外形,这是晶体内部质点按特定规则排列的外部表现。
- B. 具有各向异性,这是晶体的结构特征在性能上的反映。
- C. 具有固定的熔点和化学稳定性,这是晶体键能和质点所处最低的能量状态所决定的。
- D. 结晶接触点和晶面是晶体破坏或变形的薄弱部分。

根据组成晶体的质点及化学键的不同,晶体可分为：

原子晶体:中性原子以共价键而结合成的晶体,如石英等。

离子晶体:正负离子以离子键而结合成的晶体,如 CaCl_2 等。

分子晶体:以分子间的范德华力即分子键结合而成的晶体,如有机化合物。

金属晶体:以金属阳离子为晶格,由自由电子与金属阳离子间的金属键结合而成的晶体,如钢铁材料。

由于各种材料在微观结构上的差异,它们的强度、变形、硬度、熔点、导热性等各不相同。可见微观结构对其物理力学性质影响巨大。

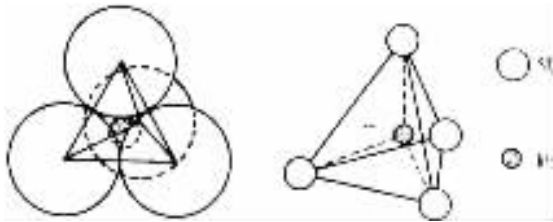


图 2-1-2 硅氧四面体示意图

在复杂的晶体结构中,其键结合的情况也是相当复杂的。建筑材料中占有重要地位的硅酸盐,其结构是由硅氧四面体单元 SiO_4 (图 2-1-2) 与其他金属离子结合而成,其中就是由共价键与离子键交互构成的。 SiO_4 四面体可以形成链状结构,如石棉。其纤维与纤维之间的键合力要比链状结构方向上的共价键弱得多。所以容易分散成纤维状。粘土、云母、滑石等则是由 SiO_4 四面体单元互相连结成片状结构,许多片状结构再迭合成层状结构。层与层之间是由范德华力结合的,故其键合力很弱,此种结构容易剥成薄片。石英是由 SiO_4 四面体形成的立体网状结构,所以具有坚硬的质地。

②玻璃体

玻璃体也称无定形体或非晶体。如无机玻璃。玻璃体的结合键为共价键与离子键。其结构特征为构成玻璃体的质点在空间上呈非周期性排列。如图 2-1-3 所示。

对玻璃体结构的认识,目前存在如下三种观点：

- A. 构成玻璃体的质点呈无规则空间网络结构。此为无规则网络结构学说。
 - B. 构成玻璃体的微观组织为微晶子,微晶子体之间,通过变形和扭曲的界面彼此相连。此为微晶子学说。
 - C. 构成玻璃体的微观结构为近程有序、远程无序。此为近程有序、远程无序学说。
- 具有一定化学成分的熔融物质,若经急冷,则质点来不及按一定规则排列,便凝固成

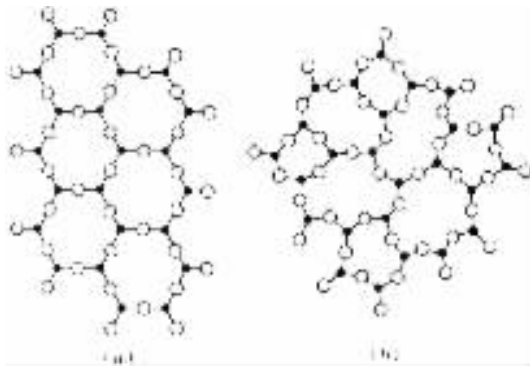


图 2-1-3 晶体与非晶体的原子排列示意图
(a) 晶体 (b) 非晶体(玻璃体)

固体,此时则得玻璃体结构。

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、炉渣、粒化高炉矿渣能与石灰在有水的条件下起硬化作用,而被利用作建筑材料。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

粒径为 $10^{-7} \sim 10^{-9} \text{m}$ 的固体颗粒作为分散相,称为胶粒,分散在连续相介质中形成的分散体系被称为胶体。

在胶体结构中,若胶粒较少,液体性质对胶体结构的强度及变形性质影响较大,称这种胶体结构为溶胶结构。若胶粒数量较多,胶粒在表面能的作用下发生凝聚作用,或由于物理化学作用而使胶粒产生彼此相联,形成空间网络结构,从而使胶体结构的强度增大,变形性减小,形成固态或半固体状态,称此胶体结构为凝胶结构。

与晶体及玻璃体结构相比,胶体结构强度较低、变形较大。

(4) 构造

材料的构造是指具有特定性质的材料结构单元间的相互组合搭配情况。构造这一概念与结构相比,更强调了相同材料或不同材料间的搭配组合关系。如木材的宏观构造和微观构造,就是指具有相同材料结构单元——木纤维管胞按不同的形态和方式在宏观和微观层次上的组合和搭配情况。它决定了木材的各向异性等一系列物理力学性质。又如具有特定构造的节能墙板,就是具有不同性质的材料经特定组合搭配而成的一种复合材料。这种构造赋予了墙板良好的隔热保温、隔声吸声、防火抗震、坚固耐久等整体功能和综合性质。

随着材料科学理论和技术的日益发展,深入研究探索材料的组成、结构、构造与材料性能之间的关系,不仅有利于为工程正确选用材料,而且会加速人类自由设计生产工程所需的特殊性能新型建筑材料的进程。

2-1-2-2 材料的基本物理性质

1. 材料的密度、表观密度与堆积密度

(1) 密度(俗称比重)

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 ——密度 g/cm^3 ;

m ——材料的质量 g ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积 cm^3 。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。除了钢材、玻璃等少数材料外,绝大多数材料都有一些孔隙。在测定有孔隙材料的密度时,应把材料磨成细粉,干燥后,用李氏瓶测定其实体积,材料磨得越细,测得的密度数值就越精确。砖、石材等块状材料的密度即用此法测得。

在测量某些致密材料(为卵石等)的密度时,直接以块状材料为试样,以排液置换法测量其体积,材料中部分与外部不连通的封闭孔隙无法排除,这时所求得的密度称为近似密度(ρ_a)。

(2) 表观密度(俗称容重)

表观密度是指材料在自然状态下,单位体积的质量,按下式计算:

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

式中 ρ_0 ——表观密度 g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量 g 或 kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积,或称表观体积 cm^3 或 m^3 。

材料的表观体积是指包含内部孔隙的体积。当材料孔隙内含有水分时,其重量和体积均将有所变化,故测定表观密度时,须注明其含水情况。一般是指材料在气干状态(长期在空气中干燥)下的表观密度。在烘干状态下的表观密度称为干表观密度。

(3) 堆积密度(松散容重)

堆积密度是指粉状或粒状材料,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 ——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 。

测定散粒材料的堆积密度时,材料的重量是指填充在一定容器内的材料重量,其堆积体积是指所用容器的容积而言。因此,材料的堆积体积包含了颗粒之间的空隙。

在建筑工程中,计算材料用量、构件的自重、配料计算以及确定堆放空间时经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等数据。常用建筑材料的这方面数据见表 2-1-1。

2 建筑材料的性能和应用

常用建筑材料的密度、表观密度及堆积密度

表 2-1-1

材 料	密度 ρ (g/cm ³)	表观密度 ρ_0 (kg/m ³)	堆积密度 ρ'_0 (kg/m ³)
石灰岩	2.60	1800 ~ 2600	—
花岗岩	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	1600 ~ 1800	—
粘土空心砖	2.50	1000 ~ 1400	—
水 泥	3.10	—	1200 ~ 1300
普通混凝土	—	2100 ~ 2600	—
轻骨料混凝土	—	800 ~ 1900	—
木 材	1.55	400 ~ 800	—
钢 材	7.85	7850	—
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—

2. 材料的密实度与孔隙率

(1) 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度,按下式计算:

$$\text{密实度 } D = \frac{V}{V_0} \cdot 100\% \text{ 或 } D = \frac{\rho_0}{\rho} \cdot 100\%$$

(2) 孔隙率

孔隙率是指材料体积内,孔隙体积所占的比例。用下式表示:

$$\text{孔隙率 } P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \cdot 100\%$$

即 $D + P = 1$ 或 密实度 + 孔隙率 = 1

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。材料内部孔隙的构造,可分为连通的与封闭的两种。连通孔隙不仅彼此贯通且与外界相通,而封闭孔隙则不仅彼此不连通且与外界相隔绝。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。孔隙的大小及其分布对材料的性能影响较大。

3. 材料的填充率与空隙率

(1) 填充率

填充率是指散粒材料在某堆积体积中,被其颗粒填充的程度,按下式计算:

$$\text{填充率 } D' = \frac{V_0}{V'_0} \cdot 100\% \text{ 或 } D' = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \cdot 100\%$$

(2) 空隙率

空隙率是指散粒材料在某堆积体积中,颗粒之间的空隙体积所占的比例,用下式表示:

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

即: $D' + P' = 1$ 或 填充率 + 孔隙率 = 1

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒互相填充的致密程度。空隙率可作为控制混凝土骨料级配与计算含砂率的依据。

4. 材料的亲水性与憎水性

建筑物常与水或是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、水和空气的交点处,沿水滴表面的切线与水和固体接触面所成的夹角

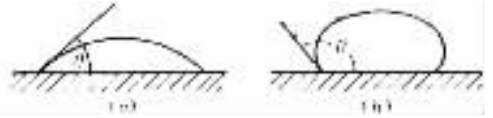


图 2-1-4 材料润湿边角

(a) 亲水性材料 (b) 憎水性材料

(润湿边角) θ 愈小,浸润性愈好。如果润湿边角 θ 为零,则表示该材料完全被水所浸润;居于中间的数值表示不同程度的浸润。一般认为,当润湿边角 $\theta \leq 90^\circ$ 时,如图 2-1-4 (a) 所示,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,此种材料称为亲水性材料。当 $\theta > 90^\circ$ 时,如图 2-1-4 (b) 所示,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,此种材料称为憎水性材料。这一概念也可应用到其他液体对固体材料的浸润情况,相应地称为亲液性材料或憎液性材料。

5. 材料的吸水性与吸湿性

(1) 含水率

材料中所含水的质量与干燥状态下材料的质量之比,称为材料的含水率。

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

式中 W —— 材料的含水率, %;

m —— 材料在干燥状态下的质量, g;

m_1 —— 材料在含水状态下的质量, g。

(2) 吸水性

材料与水接触吸收水分的性质,称为材料的吸水性。当材料吸水饱和时,其含水率称为吸水率。

多数情况是按质量计算吸水率,但也有按体积计算吸水率的(吸入水的体积占材料自然状态下体积的百分率)。如果材料具有细微而连通的孔隙,则其吸水率较大,若是封闭孔隙,水分就不容易渗入,粗大的孔隙水分虽然容易渗入,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,其吸水率是较低的。

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

(3) 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。

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。木材的吸湿性特别明显,它能大量吸收水汽而增加重量,降低强度和改变尺寸。木上窗在潮湿环境往往不易开关,就是由于吸湿所引起的。保温材料如果吸收水分之后,将很大程度地降低其隔热性能。所以要特别注意采取有效的防护措施。

6. 材料的耐水性

材料抵抗水的破坏作用的能力称为耐水性。材料广义的耐水性包括水对材料的力学性质、光学性质、装饰性等多方面的劣化作用。习惯上将水对材料的力学性质及结构性质的劣化作用称为耐水性。也可称之为狭义耐水性。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,即使致密的石料也不能完全避免这种影响,花岗岩长期浸泡在水中,强度将下降 3%,普通粘土砖和木材所受影响更为显著。材料的耐水性可用软化系数表示:

$$\text{软化系数} = \frac{\text{材料在吸水饱和状态下的抗压强度}}{\text{材料在干燥状态下的抗压强度}}$$

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。受水浸泡或处于潮湿环境的重要建筑物,则必须选用软化系数不低于 0.85 的材料建造,通常软化系数大于 0.80 的材料,可以认为是耐水的。

7. 材料的抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性(或不透水性)。材料的抗渗性用渗透系数 K 来表示:

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

式中 K —— 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 —— 静水压力水头, cm 。

渗透系数愈小的材料表示其抗渗性愈好。

对于混凝土和砂浆材料,抗渗性常用抗渗等级来表示:

$$S = 10H - 1$$

式中 S —— 抗渗等级;

H —— 试件开始渗水时的水压力, MPa 。

材料抗渗性的好坏,与材料的孔隙率和孔隙特征有密切关系。孔隙率很低而且是封闭孔隙的材料就具有较高的抗渗性能。对于地下建筑及水工构筑物,因常受到压力水的作用,所以要求材料具有一定的抗渗性,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。

2-1-2-3 材料的基本力学性质

1. 材料的理论强度

固体材料的强度多取决于结构质点(原子、离子、分子)之间的相互作用力。以共价键或离子键结合的晶体,其结合力比较强,材料的弹性模量值也较高。而以分子键结合的晶体,其结合力较弱,弹性模量值也较低。

材料受外力(荷载)作用而产生破坏的原因,主要是由于拉力造成结合键的断裂,或是由于剪力造成质点间的滑移而破坏。材料受压力破坏,实际上也是由压力引起内部产生拉应力或剪应力而造成了破坏。

材料的理论抗拉强度,可用下式表示:

$$f_t = \sqrt{\frac{E\gamma}{d}}$$

式中 f_t ——理论抗拉强度;
 E ——纵向弹性模量;
 γ ——单位表面能;
 d ——原子间的距离。

材料的理论强度远远大于材料的实际强度,这是由于材料实际结构中存在着许多缺陷,如晶格的位错、杂质、孔隙、微裂缝等。当材料受外力作用时,在裂缝端部产生应力集中,其局部应力将大大超过平均应力,引起了裂缝不断扩展、延伸以至互相连通起来,最后导致材料的破坏。

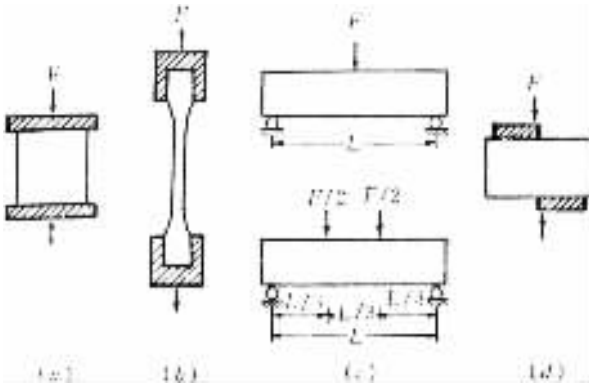


图 2-1-5 材料受力示意图
 (a) 压力 (b) 拉力 (c) 弯曲 (d) 剪切

2. 材料的强度

这里所讲的是材料的实际强度。材料在外力(荷载)作用下抵抗破坏的能力称为强度。当材料承受外力作用时,内部就产生应力。外力逐渐增加,应力也相应地加大。直到质点间作用力不再能够承受时,材料即破坏,此时极限应力值就是材料的强度。

根据外力作用方式的不同,材料强度有抗压强度、抗拉强度、抗弯强度及抗剪强度等(图 2-1-5)。

材料的抗压、抗拉及抗剪强度的计算公式如下:

$$f = \frac{F_{\max}}{A}$$

式中 f ——材料强度,MPa;
 F_{\max} ——破坏时最大荷载,N;
 A ——受力截面面积,mm²。

材料的抗弯强度与受力情况有关,一般试验方法是将条形试件放在两支点上,中间作用一集中荷载,对矩形截面试件,则其抗弯强度用下式计算:

$$f_m = \frac{3F_{\max}L}{2bh^2}$$

也有时在跨度的三分点上作用两个相等的集中荷载,其抗弯强度要用下式计算:

$$f_m = \frac{F_{\max}L}{bh^2}$$

式中 f_m ——抗弯强度,MPa;
 F_{\max} ——弯曲破坏时最大荷载,N;
 L ——两支点的间距,mm;
 $b、h$ ——试件横截面的宽及高,mm。

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,使材料的强度也有较大的差异。一般孔隙率越大的材料强度越低,其强度与孔隙率具有近似直线的比例关系。如图 2-1-6(a)所示。砖、石材、混凝土和铸铁等材料的抗压强度较高,而其抗拉及抗弯强度很低。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。因此,砖、石材、混凝土等多用在房屋的墙和基础,钢材则适用于承受各种外力的构件。现将常用材料的强度值列于表 2-1-2。

常用材料的强度(MPa)

表 2-1-2

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(顺松)	30 ~ 50	80 ~ 120	60 ~ 100
建筑钢材	240 ~ 1500	240 ~ 1500	—

大部分建筑材料是根据其强度的大小,将材料划分为若干不同的等级(标号)。将建筑材料划分为若干标号,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。

3. 弹性与塑性

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称为弹性。这种完全恢复的变形称为弹性变形(或瞬时变形)。

在外力作用下材料产生变形,如果取消外力,仍保持变形后的形状和尺寸,并且不产生裂缝的性质称为塑性。这种不能恢复的变形称为塑性变形(或永久变形)。

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,则表现为塑性变形。建筑钢材就是这样。有的材料在受力后,弹性变形及塑性变形同时产生图 2-1-(a)。如果取消外力,则弹性变形 ba 可以恢复,而其塑性变形 ob 则不能恢复。混凝土材料受力后的变形就属于这种类型。

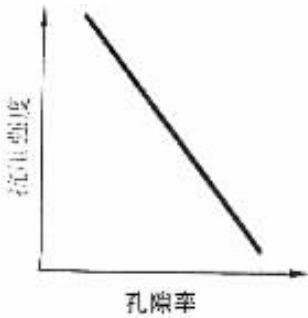


图 2-1-(a) 材料强度与孔隙率的关系

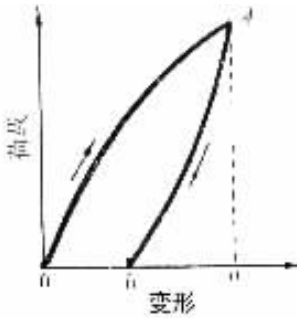


图 2-1-(b) 弹塑性材料的变形曲线

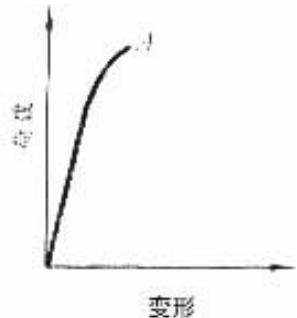


图 2-1-7 脆性材料的变形曲线

4. 脆性与韧性

当外力达到一定限度后,材料突然破坏,而破坏时并无明显的塑性变形,材料的这种性质称为脆性。脆性材料的变形曲线如图 2-1-7 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。脆性材料的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。砖、石材、陶瓷、玻璃、混凝土、铸铁等都属于脆性材料。

在冲击、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(软钢)、木材等属于韧性材料。用作路面、桥梁、吊车梁以及有抗震要求的结构都要考虑到材料的韧性。

2-1-2-4 材料的耐久性

耐久性是材料在长期使用过程中,抵抗其自身及环境因素长期破坏作用,保持其原有性能而不变质、不破坏的能力。

处在建筑物不同部位的各种建筑材料,不仅要受到各种外力的作用,同时还将受到其自身和环境因素的破坏作用。这些破坏因素往往是复杂多变的,它们或单独或交互作用于材料,形成化学的、物理的和生物的破坏作用。由于各种破坏因素的复杂性和多样性,使得耐久性又是一综合性概念。因而针对具体的工程环境条件下的某种材料,还须研究其具体的耐久性特征性质。

耐久性及其破坏因素关系见表 2-1-3。

耐久性及其破坏因素关系

表 2-1-3

名称	破坏因素分类	破坏因素种类	评定指标
抗渗性	物理	压力水	渗透系数,抗渗标号
抗冻性	物理化学	水、冻融作用	抗冻标号,抗冻系数
冲磨气蚀	物理	流水、泥砂	磨蚀率
碳化	化学	CO ₂ 、H ₂ O	碳化深度
化学侵蚀	化学	酸碱盐及溶液	*
老化	化学	阳光、空气、水	*
锈蚀	物理化学	H ₂ O、O ₂ 、Cl ⁻ 、电流	锈蚀率
碱集料反应	物理化学	R ₂ O、活性集料	膨胀率
腐朽	生物	H ₂ O、O ₂ 、菌	*
虫蛀	生物	昆虫	*
耐热	物理	湿热、冷热交替	*
耐火	物理	高温、火焰	*

注:*表示可参考其强度变化率、开裂情况、变形情况等进行评定。

材料的耐久性是材料的一项重要技术性质。高耐久性材料,可长期在使用条件下保持工程所需的物理、化学、力学及结构性质,抵抗各种破坏作用、延长建筑物的使用寿命,使之坚固稳定、经久耐用。

材料的耐久性还具有明确的经济意义。使用高耐久性材料,虽然会使原材料价格提高,或施工费用及难度增大,但因其使用寿命延长,建筑物有效使用期可大大延长,降低维修费用,最终使建筑的综合费用降低,利用率增高,收益增大,从而获得显著的综合经济效益。

2-1-3 建筑材料的名称及代号

1. 材料基本性质名称及代号

常用建筑材料基本性质、名称及代号

表 2-1-4

名称	代号	公式	单位	说明
实际密度	ρ	$\rho = \frac{m}{V}$	g/cm ³ 或 kg/m ³	m —材料的质量 ^① (g 或 kg) V —材料在绝对密实状态下的体积, (cm ³ 或 m ³)
视密度	ρ'	$\rho' = \frac{m}{V'}$	g/cm ³ 或 kg/m ³	m —干燥状态下材料的质量(g 或 kg) V' —包括封闭孔隙在内的颗粒体积(cm ³ 或 m ³)
表观密度	ρ_0	$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$	kg/m ³	m —材料的质量(kg) V_0 —材料表观体积(自然状态下的体积) (m ³)
堆积密度	ρ_0'	$\rho_0' = \frac{m}{V_0'}$	kg/m ³	m —材料的质量(kg) V_0' —材料的堆积体积(m ³)
密实度	D	$D = \frac{V}{V_0}$	%	V —材料在绝对密实状态下的体积(m ³) V_0 —材料表观体积(m ³)
孔隙率	P	$P = \frac{V_0 - V}{V_0}$	%	
吸水率	W_m	$W_m = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\%$	%	$m_{\text{湿}}$ —材料吸水饱和后的质量(g) $m_{\text{干}}$ —材料烘干至恒重时的质量(g)
含水率	$W_{\text{含}}$	$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\%$	%	$m_{\text{含}}$ —材料含水时的质量(g) $m_{\text{干}}$ —材料干燥至恒重时的质量(g)
耐水性	$K_{\text{软}}$	$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}}$		$f_{\text{饱}}$ —材料在饱和水状态下的抗压强度 (MPa) $f_{\text{干}}$ —材料在干燥状态下的抗压强度 (MPa)
抗冻性	D			材料在 -15℃ 以下冻结,反复冻融后质量 损失 ≤ 5% 强度降低 ≤ 25% 的冻融次数
抗渗性	S	$S = 10H - 1$		H —六个试件中三个渗水时的水压力 (MPa)
导热系数	λ	$\lambda = \frac{Q \cdot a}{A \cdot Z(t_2 - t_1)}$	W/m·k	Q —传导热量(J) a —材料厚度(m) A —传热面积(m ²) Z —传热时间(h) $t_2 - t_1$ —材料传热时两面的温度差(K)

2 建筑材料的性能和应用

续表

名称	代号	公 式	单 位	说 明
比 热	C	$C = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$	J/g·k	Q —材料吸收或放出的热量(J) m —材料的质量(g) $t_2 - t_1$ —材料受热或冷却前后的温差(K)
抗拉、压、 剪 抗弯	f	$f = \frac{F}{A}$	MPa	F —材料受拉、压、剪破坏时荷载(N) A —材料受力面积(mm ²) F —受弯时破坏荷载(N) L —两支点间的距离(mm) b 、 h —材料截面宽、高度(mm)
	f_m		MPa	
		$f_m = \frac{3FL}{2bh^2}$		

注 ① 即材料重量,按国际制定义,应改称为质量。

2. 几种常用材料性质比较见(表 2-1-5)

几种常用材料性质比较

表 2-1-5

材料名称	密 度 (g/cm ³)	表观密度或堆积密度 (kg/m ³)	抗压强度 (MPa)	导 热 系 数 (W/m·k)
普通粘土粘	2.5	1800~1900	7.5~20	0.81
粘土空心砖	2.5	900~1450	7.5~20	0.47
素混凝土	2.7	2200~2400	10~50	1.28~1.51
泡沫混凝土	3.0	600~800	0.4~1.5	0.12~0.29
水 泥	3.1	1250~1450	27~71	
生石灰块		1100		
生石灰粉		1200		
花 岗 岩	2.7	2500~2700	120~250	2.91
砂 子	2.6	1400~1700		
膨胀蛭石		80~200		0.05~0.07
膨胀珍珠岩		40~130		0.03~0.05
松 木	1.55	400~700	30~45	0.17~0.35
钢 材	7.85	7850	380~450	58.15
水(4℃)	1.00	1000		0.58

3. 常用建筑材料质量见(表 2-1-6)

常用建筑材料参考质量

表 2-1-6

名 称	表观密度 (kg/m ³)	名 称	质 量
砂子(干、粗砂)	1700	灰 板 条 (2000×45×6)mm	100 根 35kg
砂子(干、细砂)	1400	挂 瓦 条 (2000×20×30)mm	50 根 47.1kg
卵石(干)	1600~1800	人 造 板 (900×900×10)mm	每块 8.43kg
粘土夹卵石(干)	1700~1800	木 丝 板	400~500kg/m ³
砂夹卵石(干)	1500~1700	刨花板	600kg/m ³
砂夹卵石(温)	1890~1920	胶合三夹板(杨木)	1.9kg/m ²
碎 石	1400~1500	胶合三夹板(椴木)	2.2kg/m ²

续表

名 称	表观密度 (kg/m ³)	名 称	质 量
毛 石	1700	胶合三夹板(水曲柳)	2.8kg/m ²
浮石(干)	600~800	胶合五夹板(椴木)	3.4kg/m ²
红 松	600	胶合五夹板(水曲柳)	3.9kg/m ²
白 松	500	胶合五夹板(杨木)	3.0kg/m ²
硬杂木	700	钢 材	7850kg/m ³
杉 杆	600	生 铁	6600~7400kg/m ³
铝	2700	水泥石灰焦渣砂浆	1400kg/m ³
铝合金	2800	石灰焦潭砂浆	1300kg/m ³
铸 铁	7250	灰土(3:7)三合土 (灰、砂、卵石)	1750kg/m ³
石膏粉	900	石灰锯末1:3	340kg/m ³
粘 土	1350~1800	水泥蛭石砂浆	500~800kg/m ³
砂土(干、松)	1220	膨胀珍珠岩砂浆	700~1500kg/m ³
生石灰粉	1200	石棉水泥浆	1900kg/m ³
生石灰块	1100	石膏砂浆	1200kg/m ³
熟石灰膏	1350	素混凝土	2200~2400kg/m ³
水泥(普通硅酸盐)	1200~1300	矿渣混凝土	2000kg/m ³
矿渣水泥	1450	焦渣混凝土	1600~1700kg/m ³
水泥砂浆	2000	铁屑混凝土	2800~6500kg/m ³
白灰水泥混合砂浆	1700	浮石混凝土	900~1400kg/m ³
		沥青混凝土	2000kg/m ³
浮石混凝土	900~1400	水泥瓦 380×235×15	3.25kg/块
无砂大孔混凝土	1600~1900	水泥脊瓦 455×165×15	4.4kg/块
水玻璃耐酸混凝土	2000~2350	小青瓦 190~175×165×8	0.375kg/块
陶粒混凝土	400~1800	小波石棉瓦 1820×720×6	22kg/块
碎砖混凝土	1850	小波石棉瓦 2800×994×8	48kg/块
加气混凝土	550~750	石棉水泥脊瓦 780×(180×2)×8	4kg/块
泡沫混凝土	400~600	聚氯乙烯板	1350~1600kg/m ³
钢丝网水泥	2500	聚苯乙烯泡沫塑料	50kg/m ³
膨胀珍珠岩混凝土	600~1200	石 棉 板	1300kg/m ³
硅酸盐砌块	1600~1700	石油沥青	900~1050kg/m ³
粉煤灰陶粒混凝土	1950	玛蹄脂(石油沥青)	1280kg/m ³
粘土瓦 380×240×20mm	3kg/块	煤 沥 青	1340kg/m ³
粘土脊瓦 380×240×20mm	3.5kg/块	乳 化 沥 青	980~1050kg/m ³
		汽 油	709~788kg/m ³
煤 油	800~840	工业酒精	600kg/m ³
柴 油	830~920	水(4℃时)	1000kg/m ³
机 油	930~960	海 不	1027kg/m ³
纯酒精	785	润 滑 油	740kg/m ³

2 建筑材料的性能和应用

4. 各种砖的规格与表观密度(表 2-1-7)

表 2-1-7

名 称	规格(mm)	表观密度 (kg/m ³)	备 注
红 砖	240 × 115 × 53	1600 ~ 1800	684 块/m ³
矿 渣 砖	240 × 115 × 53	1850	684 块/m ³
灰 砂 砖	240 × 115 × 53	1850	684 块/m ³
粉煤灰砖	240 × 115 × 53	1450 ~ 1500	684 块/m ³
焦渣空心砖	290 × 290 × 140	1000	85 块/m ³
粘土空心砖	290 × 290 × 140	1100 ~ 1450	85 块/m ³
粘土空心砖	290 × 290 × 140	900 ~ 1100	不能承重
水泥空心砖	290 × 290 × 140	980	85 块/m ³
水泥空心砖	300 × 250 × 110	1030	121 块/m ³
水泥花砖	200 × 200 × 24	1980	1042 块/m ³
缸 砖	230 × 110 × 65	2100 ~ 2150	609 块/m ³
耐 火 砖	230 × 110 × 65	1900 ~ 2200	609 块/m ³
耐酸瓷砖	230 × 113 × 65	2300 ~ 2500	590 块/m ³
瓷 面 砖	150 × 150 × 8	1780	5556 块/m ³
陶瓷锦砖(马赛克)	厚 5		12kg/m ²

2-2 气硬性胶凝材料——石灰、石膏、水玻璃、菱苦土

气硬性胶凝材料是指无机化合物为主要成分,调制适量的水以后,经过一定的物理化学变化以后,它只能在空气凝结硬化,产生一定强度,并可将松散材料粘结成整体。如石灰、石膏、水玻璃、菱苦土均是此类材料。气硬性胶凝材料在建筑上有广泛运用。

2-2-1 石灰

1. 石灰的烧制

石灰的烧制原理,是将石灰石(以碳酸钙为主,也有部分碳酸镁)加热分解的过程:



因为生产时把石灰石破碎成 6—20cm 块状煅烧,为使其分解充分故实际生产煅烧温度为 1000—1100℃。

烧制石灰温度不宜过高、也不宜过低。温度过高,不仅浪费煤,而且会出现“过火石灰”。使用“过火石灰”,因其消解速度很慢,用于砌墙或抹面,短时间没有问题,但过了几个月或更长时间,就会出现胀裂事故。温度过低,就会出现“欠火石灰”,即没有充分分解反应的石头块,造成浪费。碳酸镁含量高时要降低煅烧温度。

按照其成分,生石可分类为:钙质石灰—— $\text{MgO} < 5\%$;镁质石灰—— $\text{MgO} 5-20\%$;高镁石灰(也称白云石质石灰) $\text{MgO} > 20\%$ 。钙质石灰比镁质石灰消费速度,常用的多属钙质石灰。

烧成的块状生石灰为白色多孔结构,其比重为 3.1—3.4,容重为 800—1000kg/m³。

生石灰技术性质指标

表 2-2-1

技术指标	钙质石灰			镁质石灰		
	一等	二等	三等	一等	二等	三等
Δ 有效 CaO、MgO 含量 \leq %	85	80	70	80	75	60
Δ 未消解颗粒、残渣含量 \geq	7	11	17	10	14	20

注:硅、铝、铁氧化物含量之和 $> 5\%$ 的生石灰,有效 CaO、MgO 含量:一等 $\geq 75\%$,二等 $\geq 70\%$,三等 $\geq 60\%$;未消解颗粒残渣含量,其指标要求与镁质石灰相同。

2 建筑材料的性能和应用

消石灰粉技术性质指标

表 2-2-2

技术指标	钙质消石灰			镁质消石灰		
	一等	二等	三等	一等	二等	三等
有效 CaO、MgO 含量 \leq %	65	60	55	60	55	50
含水率 \geq %	4	4	4	4	4	4
细度 $\Delta 0.71\text{mm}$ 方孔筛筛余 \geq %	0	1	1	0	1	1
$\Delta 0.125\text{mm}$ 方孔筛筛余 \geq %	13	20	—	13	20	—

2. 石灰的消解和硬化

生石灰 (CaO) 加水消解 (熟化) 后即可得消石灰 (熟石灰) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应如下:

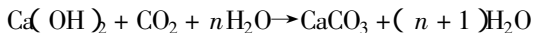


生石灰消解时具有两个同时发生的特点,即放出大量热,并体积膨胀。生石灰放热量大,1kg 生石灰可放热约 1160J。生石灰消解放热速度也很快,其最初一天的放热量是半水石膏的 10 倍,相当硅酸盐水泥一天水化热的 9 倍。生石灰消解时的体积膨胀也剧烈,约膨胀 1—2.5 倍。

由于生石灰消解中的以上特点,其浆体难于和石膏、水泥那样水化过程中形成的凝胶——结晶结构。生石灰使用时往往要预先消解,这样即需加水量多,使其胶体颗粒膨胀,硬化后粘结力小,强度低,孔隙率大,硬化时间长。

消石灰有消石灰粉和消石灰膏两种。石灰产浆(膏)量,通常为 1kg 生石灰可产 1.5—31 的石灰浆(膏)。澄清后的石灰浆(膏)含水量约 50%,容重为 1300—1400kg/m³。石灰质量高,则产浆(膏)也多。

消石灰的硬化,也同时包括两方面的硬化作用,即结晶作用和碳化作用。结晶作用是石灰硬化产生强度的主要来源。注意,即使结晶硬化以后的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 仍然具有溶解于水的特性。碳化作用虽然有,但十分缓慢、十分微弱,其反应为:



3. 石灰的应用

石灰在建筑工程中有广泛的应用,包括:墙体砌筑砂浆,抹面砂浆,石灰乳涂料,基础的灰土垫层,三合土垫层,生产灰砂砖,石灰碳板,以及硅酸盐制品的材料。

石灰体积重量换算表

表 2-2-3

石灰组分 (块:粉)	密实状态下每米 ³ 石灰重量 kg	每米 ³ 消石灰用生 石灰数量 kg	每米 ³ 石灰膏用生 石灰数量 kg	每吨生石灰消解后 的体积 m ³
10:0	1470	355.4	—	2.814
9:1	1453	369.6	—	2.706
8:2	1439	382.7	571	2.613
7:3	1426	399.2	602	2.505
6:4	1412	417.3	636	2.396

续表

石灰组分 (块:粉)	密实状态下每米 ³ 石灰重量 kg	每米 ³ 消石灰用生 石灰数量 kg	每米 ³ 石灰膏用生 石灰数量 kg	每吨生石灰消解后 的体积 m ³
5:5	1395	434.0	674	2.304
4:6	1379	455.6	716	2.195
3:7	1367	475.5	736	2.103
2:8	1354	501.5	820	1.994
1:9	1335	526.0	—	1.902
0:10	1320	557.7	—	1.793

2-2-2 石膏

1. 天然石膏

天然石膏有天然二水石膏(也叫软石膏)和天然无水石膏(也叫无水石膏)。我国石膏资源丰富,已探明的天然石膏储量为50多亿吨。生产建筑石膏一般多用天然二水石膏。天然二水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)理论化学组成为:CaO32.56%, SO_3 46.51%, H_2O 20.93%。

按照 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 含量多少,天然二水石膏可分为四等:

一等: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \geq 95\%$ 纯净洁白无杂色,可直接用于装饰石膏或高级石膏雕塑。

二等: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \geq 85\%$ 可用于生产普通建筑石膏、高强建筑石膏、普通模型石膏以及生产水泥的原料。

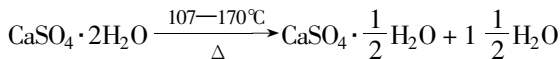
三等: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \geq 75\%$ 可用于生产普通建筑石膏和生产水泥的原料。

四等: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \geq 65\%$ 其用途近似于三等的用途。

除天然石膏外,我国还有可观的化学石膏可供建筑上使用。化学石膏是化学工业副产物的石膏废渣(如磷石膏、氟石膏、硫石膏、铬石膏、硼石膏、钛石膏及盐田石膏等)。

2. 建筑石膏

建筑石膏也称熟石膏,它是由天然二水石膏(也称生石膏)经过烘干和107—170℃温度的煅烧,脱水生产的 β 型半水石膏,再经磨细制成一定细度的粉料。其反应为:



其中 $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 即为建筑石膏(熟石膏)。在此应注意,不同煅烧温度处理,将会使各种石膏的性质有很大差别。

建筑石膏为白色粉末,比重为2.60—2.75,松散容重为800—1000kg/m³。

建筑石膏具有以下特性:

(1)凝结时间快:一般20—30分钟即凝结,室内一周即可完全硬化,硬化后不收缩、无裂缝,并有微小膨胀(约1%的膨胀)。故使用时应根据需要随配制随用,每次配制量不宜多。

2 建筑材料的性能和应用

(2)建筑石膏($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$)理论水化的需水量很少约为 18.6% ,但考虑操作方便实际用水量则为 60—80% ,故多余水分的蒸发 形成石膏硬化后内部构造有很大的孔隙率 ,这是石膏具有轻质高强的重要原因 ,也是具有吸声、保温绝热性质的重要原因。

(3)吸湿性强 :由建筑石膏比表面积很大 ,吸湿性高 ,故存放要注意防潮 ,如一般存放三个月 ,其强度可降低约 30% 。硬化后石膏的多孔构造也有很强的吸湿性 ,用于房间有一定的调节湿度的作用。

(4)建筑石膏 $\beta\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 经 1.3 大气压的蒸压处理 ,可转换 $\alpha\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 高强石膏 ,其实际需水量约 35—40% 较 $\beta\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 实际需水量少得多 ,且结晶较粗大 ,故 7 天强度可达 15—40MPa。高强石膏可用于高级装修 ,掺防水剂可制作高级防水石膏。

(5)建筑石膏也是生产硅酸盐制品重要原料之一。

(6)生产石膏板需用大量建筑石膏。石膏板是一种新型建筑材料 ,有广阔发展前景。

熟石膏技术指标

表 2-2-4

技 术 指 标	建筑石膏			模型石膏	高强度石膏
	一等	二等	三等		
凝结时间 :初凝 不早于 (分钟) 终凝 不早于 终凝 不迟于	5	4	3	4	3—5
	7	6	6	6	7
	30	30	30	20	30
细 度 $\phi 4$ 筛孔/ cm^2 (筛余量%) $\phi 00$ 筛孔/ cm^2	2	8	12	0	
	25	35	40	10	
抗压强度 :养护 1 天后 (MPa) 养护 7 天后	5—8	3.5—4.5	1.3—3	7—8	15—20
	8—12	6—7.5	2.5—5	10—15	18—30
抗压强度 :养护 1 天后 \geq (MPa) 养护 7 天后 \geq	0.8	0.6	0.5	0.8	1.8—3.3
	1.5	1.2	1.0	1.6	2.5—5

2-2-3 水玻璃

水玻璃也叫泡花碱 ,是一种能溶于水的硅酸盐 ,是由碱金属氧化物 Na_2O 或 K_2O 和二氧化硅 SiO_2 按不同比例组成的 ,因此分为硅酸钠水玻璃 $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ 和硅酸钾水玻璃等 ,而前者是最常见的。

1. 水玻璃成品的种类

(1)固体水玻璃 这是从熔炉的硅酸钠冷却后而得的 ,它不含水分。

(2)液体水玻璃 这是固体水玻璃溶解于水而得的 ,但这种液体水玻璃的模数、浓度和比重各有不同。常见的有① $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2.4\text{SiO}_2$ 溶液 ,浓度有三种波美度 ,即 40° 、 50° 、 56° ,水玻璃模数在 3.2—2.5 之间 ;② $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2.8\text{SiO}_2$ 溶液 ,浓度波美度为 45° ,水玻璃模数在 2.6—2.9

之间 ;③ $\text{Na}_2\text{O} : 3.3\text{SiO}_2$ 溶液 ,浓度波美度为 40° ,水玻璃模数在 3—3.4 之间 ;④ $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3.6\text{SiO}_2$ 溶液 ,浓度波美度为 35° ,水玻璃模数在 3.5—3.7 之间。这是常见的产品。

(3) 含有化合水的水玻璃 ,也叫水化水玻璃 ,它在水中的溶解度比无水水玻璃要大。

2. 水玻璃的技术性质

(1) 水玻璃模数 n 越大 ,则粘度越大 ,粘结力越强 ,比重也大 ,但溶解湿度也高。

(2) 同一模数的水玻璃 ,浓度越大 ,则比重越大 ,粘结力也大。温度高则水玻璃粘度降低 ,反之 ,温度低水玻璃粘度增大 ,温度变化与水玻璃粘度之间为线性关系。

(3) 水玻璃总的固体含量增多 ,则水玻璃冰点降低 ,性能变脆。冻结后的水玻璃溶液 ,融化后其性质不变。

(4) 根据需要 ,水玻璃可任意加水稀释 ,也可以加热脱水使之浓缩。还可以调节 Na_2O 与 SiO_2 的分子比 ,如将低模数水玻璃掺入高模数水玻璃溶液中 ,或掺入苛性钠 ,均可降低水玻璃模数 ,掺入适量氯化铵溶液 ,中和碱性水玻璃 ,或采取煮沸情况下缓慢加入适量硅胶粉 ,均可适当提高水玻璃模数。

3. 水玻璃的应用

(1) 用于加固地基或土壤

将水玻璃溶液 $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ 和 CaCl_2 溶液交替压入地基或土壤中 ,使之产生化学反应 ,生成硅胶和氢氧化钙。灌浆后沉淀凝胶 ,由于经常处于潮湿状态 ,故可使之结构膨胀致密 ,提高强度 ,增强抗渗能力。

灌浆用的 CaCl_2 溶液 ,其比重为 1.24—1.28 ,溶液最低含量 27—30%。

(2) 作为涂料涂刷或浸渍材料表层

直接用水玻璃溶液加 5 倍水稀释 ,涂刷或浸渍材料表层 ,如对砖、水泥混凝土、硅酸盐制品等 ,可提高强度 ,增强密度 ,提高耐水和耐久性。但要注意 ,水玻璃溶液不得涂刷于石膏材料表面 ,否则两者会反应生成硫酸钠——具有破坏性的结晶膨胀作用。

如将水玻璃与聚乙烯醇溶液按 1:1—1:2 的比例掺配 ,再加适当碳酸钙等填料、色浆、稳定剂、助剂 ,可配制建筑涂料。如将聚乙烯醇缩甲醛化处理 ,或掺入少量尿素、氯化铵和有机胶 ,可改善涂料的耐水性和耐久性 ,可进一步扩大涂料的运用范围。

(3) 用作粘结材料使用

水玻璃溶液可以直作为粘结剂 ,用于粘结性能要求不太高的条件 ,如粘结饰面材料 ,或少量掺入水泥砂浆提高其粘结性能。

(4) 可配制耐酸砂浆和耐酸混凝土

水玻璃能够抵抗大多数无机酸的作用 ,故常用以配制耐酸砂浆和耐酸混凝土。但注意 ,水玻璃溶液不耐氢氟酸、大于 300°C 热磷酸、高级脂肪酸、油酸。可用于制作耐酸地面、酸洗槽、储酸槽、贮油器等。

(5) 使用水玻璃时 ,不加硬化剂 ,只靠吸收空气中 CO_2 ,逐渐干燥硬化 ,生成无定形的硅胶 ,而这一过程是极其缓慢的。这在实际上是无法应用的。因而 ,必须掺入氟硅酸钠以加速其硬化过程 , Na_2SiF_6 掺量一般为水玻璃重量的 12—18%。

2 建筑材料的性能和应用

名称		重量配合比					强度 MPa	初凝时间	终凝时间
		水玻璃	氟硅酸钠	铸石粉 (石英粉)	细集料	粗集料			
胶泥	1	100	15—18	255—270	—	—	抗拉 > 2.5	大于 3min	大于 8h
	2	100	15—18	(220—240)	—	—	抗拉 > 2.5		
	3#	100	14—15	(100)	—	—	抗拉 > 2.5		
砂浆	1	100	15—17	200—220	250—270	—	抗压 > 10.5		
	2	100	15—17	(200—220)	250—260	—	抗压 > 10.5		
混凝土	1	100	15—16	200—220	230	320	抗压 > 20		
	2	100	15—16	(180—200)	240—250	320—330	抗压 > 20		

注 ①3# 用于打底胶泥。

②养护时间 :10—20℃时 12 天 ,21—30℃时 6 天 ,31—35℃时 3 天。

③施工养护完毕 ,可用中等浓度硫酸或盐酸作几次表面酸性处理 ,促使水玻璃分解出二氧化硅凝胶 ,使表面硬化密实 ,减少表层的可溶性钠盐 ,提高其耐水性、耐酸性。

2 - 2 - 4 菱苦土

1. 菱苦土的生产

菱苦土是由天然菱镁矿($MgCO_3$)或蛇纹石($3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$)经煅烧、粉磨等工序,得以 MgO 为主要成分的粉末材料。其反应为



加热至 400℃时 $MgCO_3$ 开始分解,至 600—650℃时分解剧烈,生产实际煅烧温度为 750—850℃。煅烧温度和时间是生产菱苦土控制质量的一个关键。

2. 菱苦土的性质

菱苦土也叫“苦土粉”、“镁质水泥”、“氧化镁”。它是一种白色或稍淡黄色的粉末材料。它是一种气硬性胶凝材料,调制后它只能在空气中凝结、硬化,硬化快,强度高,性脆;耐水、耐温性差,呈弱碱性,它与纤维材料有良好的粘结能力。

菱苦土物理、化学性质

表 2-2-6

项 目	指 标
比 重	3.1—3.4
松散容重	800—900kg/m ³
细 900 孔/cm ²	筛余量 < 5%
度 4900 孔/cm ²	筛余量 < 25%
初凝时间	> 40 分钟
终凝时间	< 7 小时
24 小时净浆抗拉强度 MPa	> 1.5
3 天抗压强度 MPa	> 1.5
20℃时用 $MgCl_2$ 溶液拌合时的安定性	合 格

化 学 成 分 %	
项 目	含 量
MgO	> 65
CaO	< 45
烧失量	< 18

3. 菱苦土应用

菱苦土材料在建筑上有广泛的应用,它可制作菱苦土地面、烟道、木屑板、木丝板、人造大理石、门窗框和菱苦土混凝土等等。

特别注意,如菱苦土单独调水,其凝结硬化的速率极其缓慢,且强度很低,根本无法使用。故使用必须掺入适量的盐类溶液,促其硬化。一般常用的为 $MgCl_2$ 溶液,也可用卤水代替。

菱苦土地面(板)配比参考表

表 2-2-7

项次	重 量 配 合 比 28天强度 MPa								
	菱苦土	锯末	骨料	滑石粉	地板黄	红土	氯化镁	抗拉	抗压
底层	1	0.6	0.33	—	—	—	0.55—0.6	>1.2(固)	>5
面层	1	0.4	0.32	0.13	0.07	0.12	(固)	>3	>10

400#(C40)菱苦土混凝土配比参考表

表 2-2-8

编号	重 量 配 合 比					骨料种类粒径 mm	每 m ³ 菱苦土混凝土中的菱苦土和砖粉用量	
	菱苦土砖粉	砂	石子	卤水	砂率%		菱苦土	砖粉
1	1	2	3	0.65	40	5—20 碎石	菱苦土 75—85%	300—350kg
2	1	2.2	4.1	0.7	34.9	5—20 碎石	砖粉 25—15%	
3	1	1.95	2.77	0.83	41.3	5—20 硬矿渣		

菱苦土门窗框配比参考表

表 2-2-9

配方	重 量 配 合 比					
	菱苦土	砖粉	砂	木屑	滑石粉	卤水
1	1	0.3	3.9	—	—	1.0
2	1	—	—	0.375	—	1.16
3	1	—	—	0.236	0.184	1.2
4	1	—	—	0.5	—	1.3

注:卤水比重为 1.2

菱苦土门窗框强度要求

表 2-2-10

配方	容重 kg/m ³	抗压强度 MPa			抗折强度 MPa	
		3天	7天	28天	7天	28天
1	2091	26.8	30.7	58	2.3	2.9
2	1295	13.5	—	25.5	3.3	3.5
3	1470	21.4	21.9	28	—	—
4	1450	—	—	20.8	—	—

2-3 水 泥

水泥呈粉末状,与水混合后,经过物理化学反应过程能由可塑性浆体变成坚硬的石状体,并能将散粒状材料胶结成为整体,所以水泥是一种良好的矿物胶凝材料。就硬化条件而言,水泥浆体不但能在空气中硬化,还能更好地在水中硬化,保持并继续增长其强度,故水泥属于水硬性胶凝材料。

水泥是最重要的建筑材料之一。随着我国现代化建设的高速度发展,它在国民经济中的地位日益提高,获得了越来越广泛的应用。它不但大量应用于工业与民用建筑,还广泛应用于公路、铁路、水利、海港和国防等工程,制造各种形式的混凝土、钢筋混凝土及预应力混凝土构件和构筑物。所以,水泥及其制品工业高速度发展对保证国家建设计划顺利进行起着十分重要的作用。我国建筑工程中目前常用的水泥主要有硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥。在一些特殊工程中,还使用高铝水泥、膨胀水泥、快硬水泥、低热水泥和耐硫酸盐水泥等。由于水泥的科学技术及生产不断发展,满足各种特殊性能要求的新品种水泥正在逐渐增多,例如膨胀硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥和膨胀硫铝酸盐水泥等。

璃耐酸材料对于硫酸、盐酸、硝酸等无机酸具有耐腐蚀能力。

2-3-1 水 泥

1. 常用水泥的性能及使用范围

(1) 水泥软练、硬练强度(标号)的相互关系

在从硬练法向软练法逐渐过渡的几年中,不少水泥工作者曾试图摸索它们之间的相关关系式,但由于影响水泥标号的因素太多,太复杂,故始终未能(也不可能)建立一个普遍认可的、通用的软、硬练强度互换关系式。为使读者对水泥软硬练标号之间的近似关系有一个大体的了解,特列出下表,仅供参考。

(2) 水泥硬练标号与软练标号比较(表 2-3-1)

表 2-3-1

硅 酸 盐 水 泥		普通硅酸盐水泥		矿渣、火山灰质、粉煤 灰硅酸盐水泥	
软练标号	硬练标号	软练标号	硬练标号	软练标号	硬练标号
		225	250	225	300
		275	300	275	350
		325	400	325	400

续表

硅酸盐水泥		普通硅酸盐水泥		矿渣、火山灰质、粉煤灰硅酸盐水泥	
软练标号	硬练标号	软练标号	硬练标号	软练标号	硬练标号
425	500	425	500	425	500
525	600	525	600	525	600
625	700	625	700		

(3)五大品种水泥的主要特性及适用范围

表 2-3-2

品种	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	矿渣水泥	火山灰水泥	粉煤灰水泥
组成	不掺混合材	以硅酸盐水泥熟料为主允许加 15% 以下混合材	在硅酸盐水泥熟料中,掺 20 ~ 70% 矿渣	在硅酸盐水泥熟料中加 20 ~ 50% 火山灰质混合材	在硅酸盐水泥熟料中加 20 ~ 40% 粉煤灰
密度	3.00 ~ 3.16	3.00 ~ 3.15	2.90 ~ 3.1	2.80 ~ 3.00	2.80 ~ 3.00
表观密度	1000 ~ 1600	1000 ~ 1600	1000 ~ 1200	1000 ~ 1200	1000 ~ 1200
标号	425 525 625	225 275 325 425 525 625	225 275 325 425 525	225 275 325 425 525	225 275 325 425 525
主要特性	1. 快硬早强 2. 水化热高 3. 耐冻性好 4. 耐腐蚀性较差 5. 耐热性较差	1. 早强 2. 水化热较高 3. 耐冻性较好 4. 耐热性较差 5. 耐腐蚀性较差	1. 早强低,后期强度增长较快 2. 水化热较低 3. 耐热性较好 4. 抗硫酸盐类侵蚀和抗水性较好 5. 抗冻性较差 6. 干缩性较大	耐热性较差 抗渗性较好 其它和矿渣水泥相同	干缩性较小 抗碳化能力较差 其它和矿渣水泥相同
适用范围	适用快硬早强工程,配制高强度混凝土	适用于地上、地下及水中的混凝土,包括受冻融循环的结构及早期强度要求较高的工程,配制建筑砂浆	1. 适于大体积工程 2. 配制耐热混凝土 3. 适于蒸汽养护构件 4. 适用一般地上、地下及水中混凝土 5. 配制建筑砂浆	1. 适于有抗渗要求的混凝土 2. 适于大体积混凝土及蒸汽养护混凝土 3. 适用于一般钢筋混凝土 4. 配制建筑砂浆	1. 适于地上地下及大体积混凝土 2. 适用于蒸汽养护的混凝土构件 3. 适宜于一般混凝土工程 4. 配制砌筑砂浆
不适用范围	1. 不宜用大体积混凝土工程 2. 不宜用于受化学侵入及压力水作用的结构	和硅酸盐水泥相同	1. 不适宜用于早期强度要求较高的混凝土工程 2. 不宜用于严寒地区和水位升降范围内混凝土工程	1. 不适用于干燥环境的混凝土工程 2. 不宜用于耐磨性要求的工程 其它同矿渣水泥	1. 不宜用于抗碳化要求的工程 2. 其它同矿渣水泥

(4)常用的三种水泥抗压强度增长速度(表 2-3-3)

2 建筑材料的性能和应用

表 2-3-3

水泥品种	抗压强度增长率(%) (假定 28 天抗压强度为 100%)					
	3d	7d	28d	3 个月	6 个月	12 个月
普通硅酸盐水泥	67 ~ 71	84 ~ 93	100	112 ~ 118	116 ~ 118	118 ~ 120
火山灰水泥	47 ~ 64	72 ~ 84	100	107 ~ 129	115 ~ 142	125 ~ 146
矿渣水泥	24 ~ 62	45 ~ 78	100	110 ~ 142	112 ~ 160	122 ~ 168

注 本表摘自北京市第六建筑公司试验资料。

2. 其他品种水泥的技术性质及用途

(1) 快硬硅酸盐水泥

快硬硅酸盐水泥的标号,以三天抗压强度来表示,分为 325 号、375 号和 425 号三个品种。

快硬水泥品质指标

表 2-3-4

项 目	指 标 要 求	项 目	指 标 要 求
熟料中氧化镁含量	< 5% (若经压蒸安定性试验合格,允许放宽到 6%)	凝结时间	初凝不早于 45min 终凝不迟于 10h
水泥中三氧化硫含量	< 4.0%	安定性	沸煮法必须合格
细度(0.08mm 方孔筛筛余)	< 10%		

(2) 快凝快硬硅酸盐水泥

快凝快硬硅酸盐水泥的标号系按 4h 强度而定,分为双快—150、双快—200 两个标号。按 GB177—77 强度试验方法检验,各龄期强度均不得低于表 2-3-5 数值,其他品质指标见表 2-3-6。

表 2-3-5

水泥标号	抗压强度(MPa)			抗折强度(MPa)		
	4h	1d	28d	4h	1d	28d
双快—150	15.0	19.0	32.5	2.8	3.5	5.5
双快—120	20.0	25.0	42.5	3.4	4.6	6.4

表 2-3-6

项 目	指 标 要 求	项 目	指 标 要 求
氧化镁	熟料中的含量不得超过 5.0%	凝结时间	初凝不得早于 10min
三氧化硫	不得超过 9.5%		终凝不得迟于 60min
细 度	比表面积不得低于 4500cm ² /g	安定性	用沸煮法检验,必须合格

(3) 明矾石膨胀水泥

明矾石膨胀水泥分 525、625 两个标号。

明矾石膨胀水泥适用于补偿收缩混凝土结构工程,防渗混凝土工程,补强和防渗抹面工程,以及接缝、梁柱和管道接头、固结机器底座和地脚螺栓等。

① 强度

各龄期强度均不得低于下表数值:

表 2-3-7

水泥标号	抗压强度(MPa)			抗折强度(MPa)		
	3d	7d	28d	3d	7d	28d
525	25.0	35.0	52.5	4.2	5.4	8.0
625	30.0	4.0	62.5	5.0	6.2	9.0

②其他品质指标

表 2-3-8

项 目	指 标 要 求
水泥中三氧化硫含量	不得超过 8.0%
比表面积	不得低于 4500cm ² /g
凝结时间	初凝不得早于 45min 终凝不得迟于 6h
水泥净浆试体在水中养护时,其自由膨胀率	1d 不得小于 0.15% 28d 不得小于 0.35% ,但不得大于 1.00%
不透水性	1:3 软练胶砂试体水中养护 3d 后,在 1.0MPa 水压下恒压 8h,应不透水

注 1. 若该水泥不用于防渗工程,可不作透水性试验。

2. 内容引自 JC311 ~ 313—82。

(4)钢渣矿渣水泥

钢渣矿渣水泥分为 225、275、325 三个标号。它具有与矿渣硅酸盐水泥同样的物理力学性能,并具有后期强度高、耐磨、耐腐蚀、抗冻、大气稳定性能好、微膨胀和水化热低等特点。主要用于一般工业与民用建筑、地下工程和防水工程、大体积混凝土工程以及要求抗渗、抗硫酸盐侵蚀和耐磨性有一定要求的混凝土工程。钢渣水泥的品质指标见表 2-3-9。

表 2-3-9

项 目	指 标 要 求
水泥中三氧化硫含量	不得超过 4%。如水浸安定性合格,允许放宽到 6%
细 度	比表面积不得小于 3500cm ² /g 0.080mm 方孔筛筛余不得超过 3%
凝结时间	初凝不得早于 45min 终凝不迟于 24h
安 定 性	用沸煮法必须合格。用氧化镁含量大于 13% 的钢渣制成的水泥,经压蒸法检验,必须合格。钢渣中的氧化镁含量为 5 ~ 13% 时,如粒化高炉矿渣掺加量大于 40% ,制成的水泥可不作压蒸法检验。

(5)白色硅酸盐水泥

①分级:

表 2-3-10

标 号	分 325、425 二个标号
白 度	分一级、二级、三级、四级四个等级

②用途:

2 建筑材料的性能和应用

主要用于建筑装饰,可配成彩色灰浆或制造各种彩色和白色混凝土如水磨石、斩假石等。

③品质指标:

- A. 熟料氧化镁的含量不得超过 4.5%。
- B. 水泥中三氧化硫的含量不得超过 3.5%。
- C. 0.080mm 方孔筛筛余不得超过 10%。
- D. 初凝不得早于 45min,终凝不得迟于 12h。
- E. 用沸煮法检验,必须合格。
- F. 各等级白度均不得低于表 2-3-11 数值。

表 2-3-11

等 级	一 级	二 级	三 级	四 级
白度(%)	84	80	75	70

(6) 硫铝酸盐早强水泥

该水泥以 3d 抗压强度分为 425、525 两个标号。

适用于配制早强、较高标号混凝土,抗冻耐寒砂浆及混凝土,补偿收缩混凝土,玻璃纤维混凝土等,抢修、抢险、负温施工、防渗堵漏、框架节点浆锚、构件拼装接缝、喷锚支护、地质固井、预应力锚杆锚头、抗硫酸盐侵蚀等特殊需要的工程以及水泥制品和一般建筑工程。

品质指标:

- ①比表面积不小于 $4000\text{cm}^2/\text{g}$ 。
- ②初凝不得早于 25min,终凝不得迟于 3h(允许按使用单位要求作适当变动)。
- ③用沸煮法检验必须合格。

3. 水泥主要掺合料

(1) 粉煤灰质量标准(表 2-3-12)

表 2-3-12

项 目	拌制水泥混凝土和砂浆时作混合材者	水泥生产中作混合材者
烧 失 量 含 水 量 SO ₃ 含量	不得超过 8% 不得超过 1% 不得超过 3%	不得超过 8% 不得超过 1% 不得超过 3%
细 度	0.08mm 方孔筛 筛余不得超过 8%	—
需水量比	不得超过 105%	—
三个月抗压强度比	—	不得低于 115%

注 1. 允许以 70℃蒸汽养护的抗压强度比作为日常质控,但比值不得低于 120%。若结果与三个月的有矛盾,仍以三个月抗压强度比为准。

2. 本表内容引自 GB1596—79《用于水泥与混凝土中的粉煤灰》。

(2) 粉煤灰适用范围

粉煤灰适用于混凝土、砂浆、硅酸盐制品以及水泥的混合材料。

4. 水泥运输、保管中应注意的问题

(1) 水泥运输、贮存时要防潮、防水

水泥属水硬性胶凝材料,受潮后即产生水化作用,凝结成块,严重时全部结块就不能使用,所以运输和贮存中应保持干燥,贮存水泥的仓库的屋顶,外墙不得漏水,袋装水泥时,地面垫板要离地 30cm,四周离墙 30cm,堆放高度一般不超过 10 袋。存放散装水泥时,地面要抹水泥砂浆。

(2) 注意分类贮存

不同品种,不同标号的水泥应分别贮存不得混杂。

(3) 水泥贮存期的规定

水泥贮存期过长,由于空气中的水汽,二氧化碳的作用而降低水泥强度。在一般条件下,三个月后的强度约降低 10~20%,时间越长强度降低越多。所以大部分水泥的贮存期国家规定为三个月,贮存三个月以后的水泥使用时必须经过试验,并按重新试验的标号使用,因此工地使用的水泥应坚持先到先用的原则。

水泥的贮存时间和贮存条件与水泥品种有关,对不同品种的水泥,贮存期有不同要求(表 2-3-13)。

(4) 注意袋装水泥的净重

极大部分水泥每袋净重为 $50 \pm 1\text{kg}$,但以下品种的水泥每袋净重略有不同:

表 2-3-13

水 泥 品 种	贮存期规定(月)	过期水泥处理
快硬硅酸盐水泥	一个月	必需重验,按重验标号使用
高铝水泥	两个月	必需重验,按重验标号使用
硫铝酸盐早强水泥	两个月	必需重验,按重验标号使用
地方生产的“小水泥”	一个月	必需重验,按重验标号使用

① 快凝快硬硅酸盐水泥

每袋净重为 $45 \pm 1\text{kg}$ 。

② 砌筑水泥

每袋净重为 $40 \pm 1\text{kg}$ 。

③ 硫铝酸盐早强水泥

每袋净重为 $46 \pm 1\text{kg}$ 。

注意袋装水泥的净重,以保证水泥的合理运输和掺量。

2-3-2 硅酸盐水泥

1. 硅酸盐水泥生产概念及其矿物组成

凡由硅酸盐水泥熟料、0~5% 石灰石或粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶

凝材料,称为硅酸盐水泥(波特兰水泥)。硅酸盐水泥分两种类型,不掺加混合材料的称Ⅰ型硅酸盐水泥,其代号为P·Ⅰ。在硅酸盐水泥熟料粉磨时掺加不超过水泥质量5%石灰石或粒化高炉矿渣混合材料的称Ⅱ型硅酸盐水泥,其代号为P·Ⅱ。

(1) 硅酸盐水泥生产

硅酸盐水泥的原料主要是石灰质原料和粘土质原料两类。石灰质原料主要提供CaO,它可以采用石灰石、白垩、石灰质凝灰岩等。粘土质原料主要提供 SiO_2 、 Al_2O_3 及少量 Fe_2O_3 ,它可以采用粘土、黄土等。如果所选用的石灰质原料和粘土质原料按一定比例配合不能满足化学组成要求时,则要掺加相应的校正原料,校正原料有铁质校正原料和硅质校正原料。铁质校正原料主要补充 Fe_2O_3 ,它可采用铁矿粉、黄铁矿渣等;硅质校正原料主要补充 SiO_2 ,它可采用砂岩、粉砂岩等。此外,为了改善煅烧条件,常常加入少量的矿化剂、晶种等。

硅酸盐水泥生产的大体步骤是:先把几种原材料按适当比例配合后在磨机中磨成生料,然后将制得的生料入窑进行煅烧,再把烧好的熟料配以适当的石膏(和混合材料)在磨机中磨成细粉,即得到水泥(图2-3-1)。

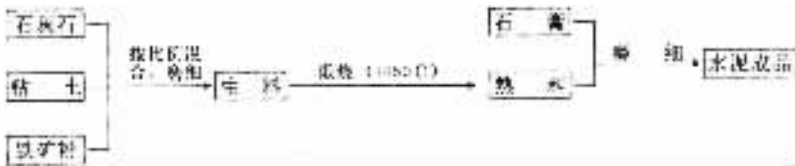


图 2-3-1 硅酸盐水泥生产的主要工艺流程

水泥生料在窑内的烧成(煅烧)过程,虽方法各异,但都要经历干燥、预热、分解、熟料烧成以及冷却等几个阶段。在不同的阶段其反应大致如下:

100~200℃左右,生料被加热,自由水逐渐蒸发而干燥。

300~500℃,生料被预热。

500~800℃,粘土质原料脱水并分解为无定形的 Al_2O_3 和 SiO_2 ;在600℃以后,石灰质原料中的 CaCO_3 开始少量分解成CaO和 CO_2 。

800℃左右生成铝酸一钙,也可能有铁酸二钙及硅酸二钙开始形成。

900~1100℃,铝酸三钙和铁铝酸四钙开始形成。900℃ CaCO_3 进行大量分解,直至分解完毕。

1100~1200℃,大量形成铝酸三钙和铁铝酸四钙,硅酸二钙生成量最大。

1300~1450℃,铝酸三钙和铁铝酸四钙呈熔融状态,产生的液相把CaO及部分硅酸二钙溶解于其中,在此液相中,硅酸二钙吸收CaO化合成硅酸三钙。这一过程是煅烧水泥的关键,必须有足够的时间,以保证水泥熟料的质量。

烧成的水泥熟料经迅速冷却,即得到水泥熟料块。

(2) 水泥熟料矿物组成

硅酸盐水泥的主要熟料矿物的名称和含量范围如下:

硅酸三钙 $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$,简写为 C_3S ,含量37%~60%;

硅酸二钙 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$,简称为 C_2S ,含量 $15\% \sim 37\%$;

铝酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$,简称为 C_3A ,含量 $7\% \sim 15\%$;

铁铝酸四钙 $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$,简称为 C_4AF ,含量 $10\% \sim 18\%$ 。

在以上的主要熟料矿物中,硅酸三钙和硅酸二钙的总含量在 70% 以上,铝酸三钙与铁铝酸四钙的含量在 25% 左右,故称为硅酸盐水泥。除主要熟料矿物外,水泥中还含有少量游离氧化钙、游离氧化镁和碱,但其总含量一般不超过水泥量的 10% 。

(3) 水泥熟料矿物的水化特性

硅酸盐水泥的性能是由其组成矿物的性能决定的。水泥具有许多优良建筑技术性能,主要是由于水泥熟料中几种主要矿物水化作用的结果。因此,要了解水泥的性质必须了解每种矿物的水化特性。

熟料矿物与水发生的水解或水化作用统称为水化,水泥单矿物与水发生水化反应,生成水化物,并放出一定的热量。

① 硅酸三钙

C_3S 在常温下的水化反应,可大致用下列方程表示:



上式表明其水化产物是水化硅酸钙与氢氧化钙。

硅酸三钙水化很快,生成的水化硅酸钙几乎不溶于水,而立即以胶体微粒析出,并逐渐凝聚而成为凝胶。水化硅酸钙的尺寸很小($10 \times 10^{-10}\text{m} \sim 1000 \times 10^{-10}\text{m}$)相当于胶体物质,其组成并不是固定的,且较难精确区分,所以统称为 C-S-H 凝胶或 C-S-H。水化生成的氢氧化钙在溶液中的浓度很快达到饱和,呈六方晶体析出。

水化硅酸钙凝胶(C-S-H)由于具有巨大的比表面积和刚性凝胶的特性,凝胶粒子间存在范德华力和化学结合键。因此,具有较高的强度。而氢氧化钙晶体生成的数量比水化硅酸钙凝胶少,通常只起填充作用。但因其具有层次构造,层间结合较弱,在受力较大时是裂缝的策源地。

② 硅酸二钙

C_2S 的水化和 C_3S 极为相似。其水化反应可用下式表述:

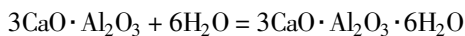


硅酸二钙与硅酸三钙比较,其差别是水化速度特别慢,并且生成的氢氧化钙较少。

③ 铝酸三钙

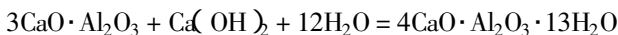
C_3A 与水反应迅速,水化放热放大,水化产物的组成结构受水化条件影响很大。

在常温下,铝酸三钙依下式水化:



生成的水化铝酸三钙为立方晶体。

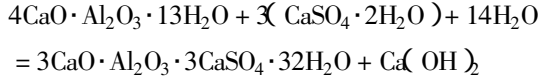
在液相中的氢氧化钙浓度达到饱和时,铝酸三钙还依下式水化:



生成的水化铝酸四钙为六方片状晶体。在室温下,它能稳定存在于水泥浆体的碱性介质中,其数量增长很快,据认为是使水泥浆体产生瞬时凝结的一个主要原因。因此,在

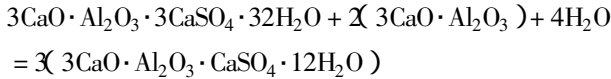
水泥粉磨时,需掺入石膏,调节凝结时间。

在有石膏存在时,铝酸三钙开始水化生成的水化铝酸四钙还会立即与石膏反应,如下式:



生成的高硫型水化硫铝酸钙($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$),又称钙矾石,是难溶于水的针状晶体,它包围在熟料颗粒周围,形成“保护膜”,延缓水化。

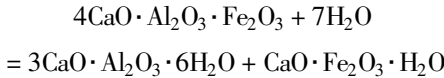
当石膏耗尽时,铝酸三钙还会与钙矾石反应生成单硫型水化硫铝酸钙:



单硫型水化硫铝酸钙($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)为六方板状晶体。

④ 铁铝酸四钙

C_4AF 的水化与铝酸三钙极为相似,只是水化反应速度较慢,水化热较低。铁铝酸四钙单独与水反应时,按下式水化:



反应生成水化铝酸三钙晶体和水化铁酸一钙($\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)凝胶体。

在有氢氧化钙或石膏存在时,铁铝酸四钙将水化形成水化铝酸钙和水化铁酸钙的固溶体或水化硫铝酸钙与水化硫铁酸钙的固溶体。

由以上水泥熟料中几种主要矿物的水化特性可知,不同熟料矿物与水作用所表现的性能是不同的。对水泥的性能要求主要是强度、凝结硬化速度、水化放热的大小及收缩大小等。各种水泥熟料矿物水化所表现的特性见表 2-3-14 和图 2-3-2 所示。

水泥是几种熟料矿物的混合物,改变熟料矿物成分间的比例时,水泥的性质即发生相应的变化。例如提高硅酸三钙的含量,可以制得高强度水泥;又如降低铝酸三钙和硅酸三钙含量,提高硅酸二钙含量,可制得水化热低的水泥,如大坝水泥。

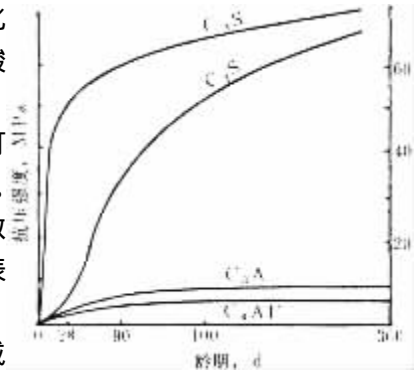


图 2-3-2 各种熟料矿物的强度增长

各种熟料矿物单独与水作用时表现出的特性

表 2-3-14

名 称	硅酸三钙	硅酸二钙	铝酸三钙	铁铝酸四钙
凝结硬化速度	快	慢	最 快	快
28d 水化放热量	多	少	最 多	中
强 度	高	早期低、后期高	低	低

2. 硅酸盐水泥的凝结硬化

水泥加水拌和后,成为可塑的水泥浆,水泥浆逐渐变稠失去塑性,但尚不具有强度的过程,称为水泥的“凝结”。随后产生明显的强度并逐渐发展而成为坚强的人造石——水

泥石,这一过程称为水泥的“硬化”。凝结和硬化是人为地划分的。实际上是一个连续的复杂的物理化学变化过程。

(1) 硅酸盐水泥的水化

硅酸盐水泥是多矿物、多组分的物质,它与水拌和后,就立即发生化学反应,各个组分开始溶解,水泥颗粒间的纯水很快变为含多种离子的溶液,溶液中的主要离子有钙离子、钾、钠离子和硅酸根离子,铝酸根离子,硫酸根离子。因此,水泥的水化作用开始后,基本上是在含碱的氢氧化钙、硫酸钙的饱和溶液中进行,在溶液中 SO_4^{2-} 耗尽后,水化则在饱和氢氧化钙溶液中进行。

根据目前的认识,硅酸盐水泥加水后,铝酸三钙立即发生反应,硅酸三钙和铁铝酸四钙也很快水化,而硅酸二钙则水化较慢。如果忽略一些次要的和少量的成分,则硅酸盐水泥与水作用后,生成的主要水化物有:水化硅酸钙和水化铁酸钙凝胶、氢氧化钙、水化铝酸钙和水化硫铝酸钙晶体。在充分水化的水泥石中,C-S-H凝胶约占70%, $Ca(OH)_2$ 约占20%,钙矾石和单硫型水化硫铝酸钙约占7%。

(2) 硅酸盐水泥的凝结硬化过程

硅酸盐水泥的凝结硬化过程自从1882年雷·查特理(Le Chatelier)首先提出水泥凝结硬化理论以来,至今仍在继续研究。下面按照当前一般的看法作简要介绍。

水泥加水拌和,未水化的水泥颗粒分散在水中,成为水泥浆体(图2-3-3(a))。

水泥颗粒的水化从其表面开始。水和水泥一接触,水泥颗粒表面的水泥熟料先溶解于水,然后与水反应,或水泥熟料在固态直接与水反应,形成相应的水化物,水化物溶解于水。由于各种水化物的溶解度很小,水化物的生成速度大于水化物向溶液中扩散的速度,一般在几分钟内,水泥颗粒周围的溶液成为水化物的过饱和溶液,先后析出水化硅酸钙凝胶、水化硫铝酸钙、氢氧化钙和水化铝酸钙晶体等水化产物,包在水泥颗粒表面。在水化初期,水化物不多,包有水化物膜层的水泥颗粒之间还是分离着的,水泥浆具有可塑性(图2-3-3(b))。

水泥颗粒不断水化,随着时间的推移,新生水化物增多,使包在水泥颗粒表面的水化物膜层增厚,颗粒间的空隙逐渐缩小,而包有凝胶体的水泥颗粒则逐渐接近,以至相互接触,在接触点借助于范德华力,凝结成多孔的空间网络,形成凝聚结构(图3-3-3(c))。这种结构在振动的作用下可以破坏。凝聚结构的形成,使水泥浆开始失去可塑性,也就是水泥的初凝,但这时还不具有强度。

随着以上过程的不断进行,固态的水化物不断增多,颗粒间的接触点数目增加,结晶

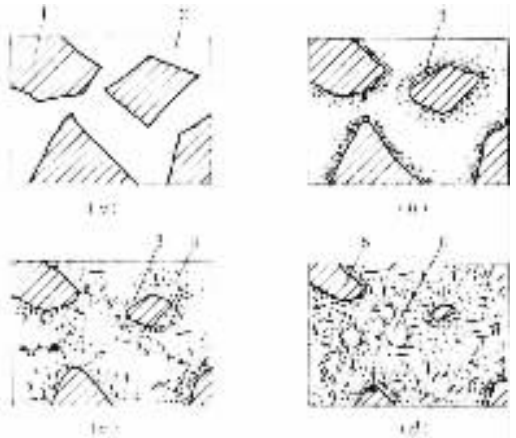


图2-3-3 水泥凝结硬化过程示意
(a) 分散在水中未水化的水泥颗粒 (b) 在水泥颗粒表面形成水化物膜层 (c) 膜层长大并相互连接(凝结);
(d) 水化物进一步发展,填充毛细孔(硬化)
1—水泥颗粒 2—水分 3—凝胶 4—晶体;
5—水泥颗粒的未水化内核 6—毛细孔

体和凝胶体互相贯穿形成的凝聚——结晶网状结构不断加强。而固相颗粒之间的空隙(毛细孔)不断减小,结构逐渐紧密。使水泥浆体完全失去可塑性,达到能担负一定荷载的强度。水泥表现为终凝,并开始进入硬化阶段(图 2-3-3(d))。水泥进入硬化期后,水化速度逐渐减慢,水化物随时间的增长而逐渐增加,扩展到毛细孔中,使结构更趋致密,强度相应提高。

根据水化反应速度和物理化学的主要变化,可将水泥的凝结硬化分为表 2-3-15 所列的几个阶段。

水泥凝结硬化时的几个划分阶段

表 2-3-15

凝结硬化阶段	一般的放热反应速度	一般的持续时间	主要的物理化学变化
初始反应期	168J/g·h	5~10min	初始溶解和水化
潜伏期	4.2J/g·h	1h	凝胶体膜层围绕水泥颗粒成长
凝结期	在 6h 内逐渐增加到 21J/g·h	6h	膜层增厚,水泥颗粒进一步水化
硬化期	在 24h 内逐渐降低到 4.2J/g·h	6h 至若干年	凝胶体填充毛细孔

注:初始反应期和潜伏期也可合称为诱导期。

水泥的水化和凝结硬化是从水泥颗粒表面开始,逐渐往水泥颗粒的内核深入进行。开始时水化速度较快,水泥的强度增长快,但由于水化不断进行,堆积在水泥颗粒周围的水化物不断增多,阻碍水和水泥未水化部分的接触,水化减慢,强度增长也逐渐减慢,但无论时间多久,水泥颗粒的内核很难完全水化。因此,在硬化水泥石中,同时包含有水泥熟料矿物水化的凝胶体和结晶体、未水化的水泥颗粒、水(自由水和吸附水)和孔隙(毛细孔和凝胶孔),它们在不同时期相对数量的变化,使水泥石的性质随之改变。

(3) 影响水泥凝结硬化的因素

水泥的凝结硬化过程,也就是水泥强度发展的过程。为了正确使用水泥,并能在生产中采取有效措施,调节水泥的性能,必须了解水泥水化硬化的影响因素。

影响水泥凝结硬化的因素,除矿物成分、细度、用水量外,还有养护时间、环境的温湿度以及石膏掺量等。

① 养护时间

水泥的水化是从表面开始向内部逐渐深入进行的,随着时间的延续,水泥的水化程度在不断增大,水化产物也不断地增加并填充毛细孔,使毛细孔孔隙率减少,凝胶孔孔隙率相应增大(图 2-3-4)。水泥加水拌和后的前 4 周的水化速度较快,强度发展也快,4 周之后显著减慢。但是,只要维持适当的温度与湿度,水泥的水化将不断进行,其强度在几个月、几年、甚至几十年后还会继续增长。

② 温度和湿度

温度对水泥的凝结硬化有明显影响。当温度升高时,水化反应加快,水泥强度增加也较快,而当温度降低时,水化作用则减缓,强度增加缓慢。当温度低于 5℃ 时,水化硬化大大减慢,当温度低于 0℃ 时,水化反应基本停止。同时,由于温度低于 0℃,当水结冰时,还会破坏水泥石结构。

潮湿环境下的水泥石,能保持有足够的水分进行水化和凝结硬化,生成的水化物进一步填充毛细孔,促进水泥石的强度发展。

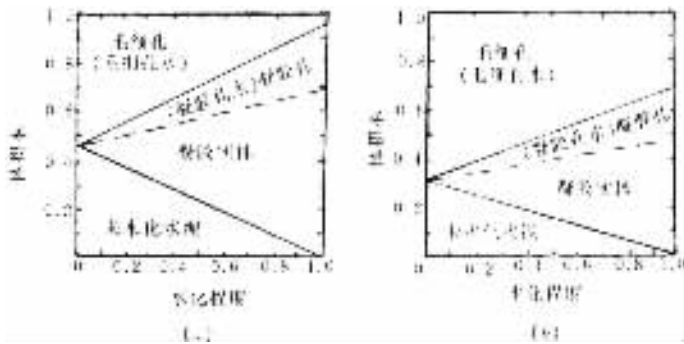


图 2-3-4 不同水化程度水泥石的组成
(a) 水化程度(水灰比 0.4) (b) 水化程度(水灰比 0.7)

保持环境的温度和湿度,使水泥石强度不断增长的措施,称为养护。在测定水泥强度时,必须在规定的标准温度与湿度环境中养护至规定的龄期。

③石膏掺量

水泥中掺入适量石膏,可调节水泥的凝结硬化速度。在水泥粉磨时,若不掺石膏或石膏掺量不足时,水泥会发生瞬凝现象;这是由于铝酸三钙在溶液中电离出三价离子(Al^{3+}),它与硅酸钙凝胶的电荷相反,促使胶体凝聚。加入石膏后,石膏与水化铝酸钙作用,生成钙矾石,难溶于水,沉淀在水泥颗粒表面上形成保护膜,降低了溶液中 Al^{3+} 的浓度,并阻碍了铝酸三钙的水化,延缓了水泥的凝结。但如果石膏掺量过多,则会促使水泥凝结加快。同时,还会在后期引起水泥石的膨胀而开裂破坏。

3. 硅酸盐水泥的技术性质

根据国家标准《硅酸盐、普通硅酸盐水泥》(GB175—92)对硅酸盐水泥品质要求有细度、凝结时间、安定性和强度。实际工程有时还需了解水化热,故一并简述如下。

(1) 细度

水泥颗粒的粗细对水泥的性质有很大影响。水泥颗粒粒径一般在 $7 \sim 200\mu m$ ($0.007 \sim 0.2mm$)范围内,颗粒愈细,与水起反应的表面积就愈大,因而水泥颗粒细、水化较快而且较完全,早期强度和后期强度都较高,但在空气中的硬化收缩性较大,成本也较高。如水泥颗粒过粗则不利于水泥活性的发挥。一般认为水泥颗粒小于 $40\mu m$ ($0.04mm$)时,才具有较高的活性,大于 $100\mu m$ ($0.1mm$)活性就很小了。在国家标准中规定水泥的细度可用筛析法和比表面积法检验。

筛析法是采用边长为 $80\mu m$ 的方孔筛对水泥试样进行筛析试验,用筛余百分数表示水泥的细度。

比表面积法是根据一定量空气通过一定空隙率和厚度的水泥层时,所受阻力不同而引起流速的变化来测定水泥的比表面积(单位质量的粉末所具有的总表面积),以 m^2/kg 表示。

比表面积法与筛析法相比,能较好地反映水泥粗细颗粒的分配情况,是较为合理的方法。按照国家标准《硅酸盐、普通硅酸盐水泥》(GB175—92)规定,硅酸盐水泥比表面积应大于 $300m^2/kg$ 。

一般出厂水泥如符合国家标准的要求,使用单位可不检验水泥的细度。

(2) 凝结时间

凝结时间分初凝和终凝。初凝为水泥加水拌合时至标准稠度净浆开始失去可塑性所需的时间,终凝为水泥加水拌和起至标准稠度净浆完全失去可塑性并开始产生强度所需的时间。为使混凝土和砂浆有充分的时间进行搅拌、运输、浇捣和砌筑,水泥初凝时间不能过短。当施工完毕,则要求尽快硬化,具有强度,故终凝时间不能太长。

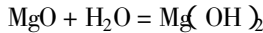
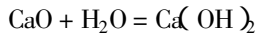
国家标准规定,水泥的凝结时间是以标准稠度的水泥净浆,在规定温度及湿度环境下用水泥净浆凝结时间测定仪测定。硅酸盐水泥标准规定,初凝时间不得早于45min,终凝时间不得迟于6h3min。

水泥凝结时间的影响因素很多:①熟料中铝酸三钙含量高,石膏掺量不足,使水泥快凝;②水泥的细度愈细,水化作用愈快,凝结愈快;③水灰比愈小,凝结时的温度愈高,凝结愈快;④混合材料掺量大,水泥过粗等都会使水泥凝结缓慢。

(3) 体积安定性

如果在水泥已经硬化后,产生不均匀的体积变化,即所谓体积安定性不良,就会使构件产生膨胀性裂缝,降低建筑物质量,甚至引起严重事故。

体积安定性不良的原因,一般是由于熟料中所含的游离氧化钙过多。也可能是由于熟料中所含的游离氧化镁过多或掺入的石膏过多。熟料中所含的游离氧化钙或氧化镁都是过烧的,熟化很慢,在水泥已经硬化后才进行熟化:



这时体积膨胀,引起不均匀的体积变化,使水泥石开裂。当石膏掺量过多时,在水泥硬化后,它还会继续与固态的水化铝酸钙反应生成高硫型水化硫铝酸钙,体积约增大1.5倍,也会引起水泥石开裂。

国家标准规定,用沸煮法检验水泥的体积安定性。测试方法可以用饼法也可用雷氏法。有争议时以雷氏法为准。饼法是观察水泥净浆试饼沸煮(3h)后的外形变化来检验水泥的体积安定性,雷氏法是测定水泥净浆在雷氏夹中沸煮(3h)后的膨胀值。沸煮法起加速氧化钙熟化的作用,所以只能检查游离氧化钙所起的水泥体积安定性不良。由于游离氧化镁在压蒸下才加速熟化,石膏的危害则需长期在常温水中才能发现,两者均不便于快速检验。所以,国家标准规定水泥熟料中游离氧化镁含量不得超过5.0%,水泥中三氧化硫含量不超过3.5%,以控制水泥的体积安定性。

体积安定性不良的水泥应作废品处理,不能用于工程中。

(4) 强度

硅酸盐水泥的强度决定于熟料的矿物成分和细度。如前所述,四种主要熟料矿物的强度各不相同,因此,它们的相对含量改变时,水泥的强度及其增长速度也随之改变(图2-3-5)。从水泥凝结硬化过程中的物理化学变化不难理解,粉磨较细的水泥,水化进行较快,而且水化较完全,所以强度增长较快,最终强度也较高。

根据国家标准《硅酸盐、普通硅酸盐水泥》(GB175—92)和《水泥胶砂强度检验方法》(GB177—85)的规定,水泥和标准砂按1:2.5混合,加入规定数量的水,按规定的方法制成

试件,在标准温度(20±2℃)的水中养护,测定其3d、7d和28d的强度。按照测定结果,将硅酸盐水泥分为425、525、625和725等四个标号。525和625标号按早期强度分为两种类型。各标号、各类型硅酸盐水泥的各龄期强度不得低于表2-3-16中的数值。

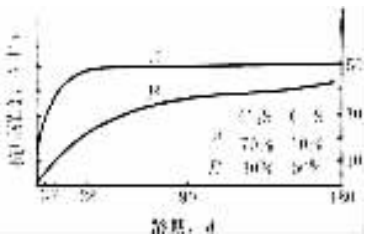


图 2-3-5 矿物成分含量不同的水泥强度增长曲线示意图

(5)水化热

水泥在水化过程中放出的热称为水泥的水化热。水化放热量和放热速度不仅决定于水泥的矿物成分,而且还与水泥细度、水泥中掺混合材料及外加剂的品种、数量等有关。水泥矿物进行水化时,铝酸三钙放热量最大,速度也快,硅酸三钙放热量稍低,硝酸二钙放热量最低,速度也慢。水泥细度越细,水化反应比较容易进行,因此,水化放热量越大,放热速度也越快。

硅酸盐水泥各龄期的强度要求(GB175—92)

表 2-3-16

标 号	抗压强度(MPa)		抗折强度(MPa)	
	3d	28d	3d	28d
425R	22.0	42.5	4.0	6.5
525	23.0	52.5	4.0	7.0
525R	27.0	52.5	5.0	7.0
625	28.0	62.5	5.0	8.0
625R	32.0	62.5	5.5	8.0
725R	37.0	72.5	6.0	8.5

注:R—早强型。

鲍格(Bogue)研究得出,对于波特兰水泥(即硅酸盐水泥),1~3d龄期内水化放热量为总放热量的50%,7d为75%,6个月为83%~91%。由此可见,水泥水化放热量大部分在早期(3~7d)放出,以后逐渐减少。

大型基础、水坝、桥墩等大体积混凝土构筑物,由于水化热积聚在内部不易散热,内部温度常上升到50~60℃以上,内部温度差所引起的应力,可使混凝土产生裂缝,因此水化热对大体积混凝土是有害因素。在大体积混凝土工程中,不宜采用硅酸盐水泥。

在进行混凝土配合比计算和储运水泥时,需要知道水泥的密度和堆积密度。硅酸盐水泥的密度为3.0~3.15g/cm³。平均可取为3.10g/cm³。其堆积密度按松紧程度在1000~1600kg/m³之间。

4. 水泥石的腐蚀与防止

硅酸盐水泥在硬化后,在通常使用条件下,有较好的耐久性。但在某些腐蚀性液体或气体介质中,会逐渐受到腐蚀。

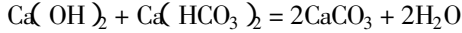
引起水泥石腐蚀的原因很多,作用亦甚为复杂,下面介绍几种典型介质的腐蚀作用。

(1) 软水的侵蚀(溶出性侵蚀)

雨水、雪水、蒸馏水、工厂冷凝水及含重碳酸盐甚少的河水与湖水等都属于软水。当水泥石长期与这些水分相接触时,最先溶出的是氢氧化钙(每升水中能溶氢氧化钙1.3g以上)。在静水及无水压的情况下,由于周围的水易为溶出的氢氧化钙所饱和,使溶解作

用中止,所以溶出仅限于表层,影响不大。但在流水及压力水作用下,氢氧化钙会不断溶解流失,而且,由于石灰浓度的继续降低,还会引起其他水化物的分解溶蚀。使水泥石结构遭受进一步的破坏,这种现象称为溶析。

当环境水中含有重碳酸盐时,重碳酸盐与水泥石中的氢氧化钙起作用,生成几乎不溶于水的碳酸钙:



生成的碳酸钙积聚在已硬化水泥石的孔隙内,形成密实保护层,阻止外界水的浸入和内部氢氧化钙的扩散析出。如环境水中含有一定数量的重碳酸盐时,这种“自动填实”作用可以制止溶出性侵蚀的继续进行。

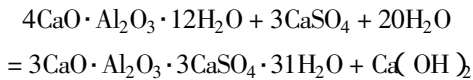
将与软水接触的混凝土事先在空气中硬化,形成碳酸钙外壳,可对溶出性侵蚀起到保护作用。

(2) 盐类腐蚀

① 硫酸盐的腐蚀

在海水、湖水、盐沼水、地下水、某些工业污水及流经高炉矿渣或煤渣的水中常含钠、钾、铵等硫酸盐,它们与水泥石中的氢氧化钙起置换作用,生成硫酸钙。

硫酸钙与水泥石中的固态水化铝酸钙作用生成高硫型水化硫铝酸钙:



生成的高硫型水化硫铝酸钙含有大量结晶水,比原有体积增加 1.5 倍以上,由于是在已经固化的水泥石中产生上述反应,因此对水泥石起极大的破坏作用。高硫型水化硫铝酸钙呈针状晶体,通常称为“水泥杆菌”,如图 2-3-6 所示。

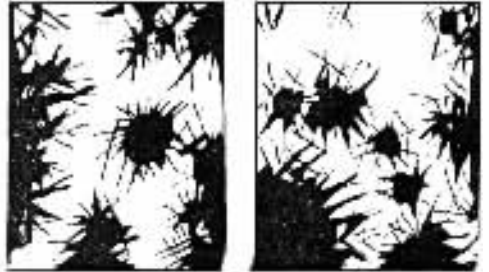
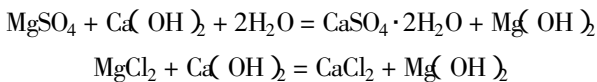


图 2-3-6 水泥石中的针状晶体

当水中硫酸盐浓度较高时,硫酸钙将在孔隙中直接结晶成二水石膏,使体积膨胀,从而导致水泥石破坏。

② 镁盐的腐蚀

在海水及地下水中,常含大量的镁盐,主要是硫酸镁和氯化镁。它们与水泥石中的氢氧化钙起复分解反应:



生成的氢氧化镁松软而无胶凝能力,氧化钙易溶于水,二水石膏则引起硫酸盐的破坏作用。因此,硫酸镁对水泥石起镁盐和硫酸盐的双重腐蚀作用。

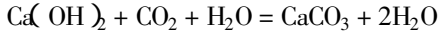
(3) 酸类腐蚀

① 碳酸腐蚀

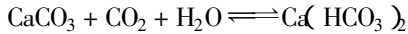
在工业污水、地下水中常溶解有较多的二氧化碳,这种水对水泥石的腐蚀作用是通过

下面方式进行的：

开始时二氧化碳与水泥石中的氢氧化钙作用生成碳酸钙：



生成的碳酸钙再与含碳酸的水作用转变成重碳酸钙，是可逆反应：

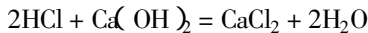


生成的重碳酸钙易溶于水。当水中含有较多的碳酸，并超过平衡浓度，则上式反应向右进行。因此水泥石中的氢氧化钙，通过转变为易溶的重碳酸钙而溶失。氢氧化钙浓度降低，还会导致水泥石中其他水化物的分解，使腐蚀作用进一步加剧。

②一般酸的腐蚀

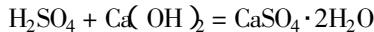
在工业废水、地下水、沼泽水中常含无机酸和有机酸，工业窑炉中的烟气常含有氧化硫，遇水后即生成亚硫酸。各种酸类对水泥石都有不同程度的腐蚀作用。它们与水泥石中的氢氧化钙作用后生成的化合物，或者易溶于水，或者体积膨胀，在水泥石内造成内应力而导致破坏。腐蚀作用最快的是无机盐中的盐酸、氢氟酸、硝酸、硫酸和有机酸中的醋酸、蚁酸和乳酸。

例如，盐酸与水泥石中的氢氧化钙作用：



生成的氯化钙易溶于水。

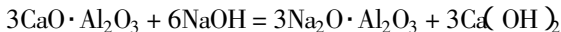
硫酸与水泥石中的氢氧化钙作用：



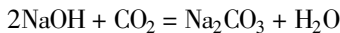
生成的二水石膏或者直接在水泥石孔隙中结晶产生膨胀，或者再与水泥石中的水化铝酸钙作用，生成高硫酸型水化硫铝酸钙，其破坏性更大。

(4)强碱的腐蚀

碱类溶液如浓度不大时一般是无害的。但铝酸盐含量较高的硅酸盐水泥遇到强碱（如氢氧化钠）作用后也会破坏。氢氧化钠与水泥熟料中未水化的铝酸盐作用，生成易溶的铝酸钠：



当水泥石被氢氧化钠浸透后又在空气中干燥，与空气中的二氧化碳作用而生成碳酸钠：



碳酸钠在水泥石毛细孔中结晶沉积，而使水泥石胀裂。

除上述腐蚀类型外，对水泥石有腐蚀作用的还有一些其他物质，如糖、氨盐、动物脂肪、含环烷酸的石油产品等。

实际上水泥石的腐蚀是一个极为复杂的物理化学作用过程，它在遭受腐蚀时，很少仅有单一的侵蚀作用，往往是几种同时存在，互相影响。但产生水泥腐蚀的基本原因是：①水泥石中存在有引起腐蚀的组成成分氢氧化钙和水化铝酸钙；②水泥石本身不密实，有很多毛细孔通道，侵蚀性介质易于进入其内部；③腐蚀及通道的相互作用。

干的固体化合物对水泥石不起侵蚀作用，腐蚀性化合物必须呈溶液状态，而且浓度须

在某一最小值以上。促进化学腐蚀的因素是较高的温度、较快的流速、干湿交替和出现钢筋的锈蚀。

(5) 腐蚀的防止

根据以上腐蚀原因的分析,使用水泥时,可采用下列防止措施:

①根据侵蚀环境特点,合理选用水泥品种。例如采用水化产物中氢氧化钙含量较少的水泥,可提高对软水等侵蚀作用的抵抗能力;为抵抗硫酸盐的腐蚀,采用铝酸三钙含量低于5%的抗硫酸盐水泥。

可提高硅酸盐水泥对多种介质的抗腐蚀性。这将在以后讨论。

②提高水泥石的紧密程度。硅酸盐水泥水化只需水(化学结合水)23%左右(占水泥质量的百分数),而实际用水量较大(约占水泥质量的40%~70%),多余的水蒸发后形成连通的孔隙,腐蚀介质就容易透入水泥石内部,从而加速了水泥石的腐蚀。在实际工程中,提高混凝土或砂浆密实度的各种措施如合理设计混凝土配合比,降低水灰比,仔细选择骨料,掺外加剂,以及改善施工方法等,均能提高其抗腐蚀能力。另外在混凝土或砂浆表面进行碳化或氟硅酸处理,生成难溶的碳酸钙外壳,或氟化钙及硅胶薄膜,提高表面密实度,也可减少侵蚀性介质渗入内部。

③加做保护层。当侵蚀作用较强时,可在混凝土及砂浆表面加上耐腐蚀性高而且不透水的保护层,一般可用耐酸石料,耐酸陶瓷、玻璃、塑料、沥青等。

对具有特殊要求的抗侵蚀混凝土,还可采用聚合物混凝土。

5. 硅酸盐水泥的应用与存放

硅酸盐水泥标号较高,主要用于重要结构的高强度混凝土和预应力混凝土工程。

硅酸盐水泥凝结硬化较快、耐冻性好,适用于要求凝结快、早期强度高,冬季施工及严寒地区遭受反复冻融的工程。

水泥石中有较多的氢氧化钙,耐软水侵蚀和耐化学腐蚀性差,故硅酸盐水泥不适用于经常与流动的淡水接触及有水压作用的工程;也不适用于受海水、矿物水等作用的工程。

当受热温度为100~250℃时,由于尚存的游离水的影响,此时发生的额外水化作用,以及脱水后水泥凝胶体与部分氢氧化钙的结晶对水泥石所起的增密作用,水泥石强度将会有所提高。受热到250~300℃时,水化物开始脱水(水化硅酸钙160℃时就可能开始脱水)水泥收缩,强度开始下降。当受热温度达400~600℃时,强度明显下降,700~1000℃时强度降低很多,甚至完全破坏。氢氧化钙在547℃以上将脱水分解成氧化钙,如果受到潮湿和水的作用,又将引起氧化钙水化膨胀,破坏水泥石结构,故硅酸盐水泥的耐高温性能低于高铝水泥,使用时应注意选用,水泥的选用见表2-3-18。

硅酸盐水泥在水化过程中,水化热的热量大,不宜用于大体积混凝土工程。

运输和贮存水泥要按不同品种、标号及出厂日期存放,并加以标志。散装水泥应分库存放,袋装水泥一般堆放高度不应超过10袋,平均每平方米堆放1t,并应考虑先存先用。即使在良好的贮存条件下,也不可贮存过久,因为水泥会吸收空气中的水分和二氧化碳,使颗粒表面水化甚至碳化,丧失胶凝能力,强度大为降低。在一般贮存条件下,经3个月后,水泥强度约降低10%~20%;经6个月后,约降低15%~30%;1年后,约降低25%~40%。

受潮水泥多出现结块,并增加烧失量,可通过重磨恢复受潮水泥的部分活性。轻微结块,能用手指捏碎的,烧失量为4%~6%,强度降低约10%~20%,以适当方法压碎后,可用于次要工程。

6. 硅酸盐膨胀水泥

硅酸盐膨胀水泥是硅酸盐水泥熟料、膨胀剂按适当比例共同磨细制成。其膨胀大小可通过改变膨胀剂数量获得。这种水泥水化时生成三硫型水化硫铝酸钙(钙矾石),其晶体膨胀作用而使得水泥具膨胀性。

这种水泥可用于补偿收缩混凝土;用于刚性屋面防水屋;当增大膨胀剂含量时,可制自应力水泥用于自应力钢筋混凝土压力管道及其配件。

7. 其他特种水泥性能和应用(见表2-3-17)

表 2-3-17

名称	性能	应用
白水泥	它与硅酸盐水泥性质相同	用于建筑装饰工程粉刷、雕塑,加入耐碱颜料可制成彩色水泥、彩色水磨石、人造大理石
彩色水泥	彩色水泥有烧成的和用白水泥配出来的。产品有供涂刷用的和抹面用的,或两者兼用的。烧成的彩色水泥比配制的彩色水泥性能好,颜色稳定性也好	用于各种室内外装修,制造彩色大理石、水磨石、洗石子
抗硫酸盐硅酸盐水泥	抗硫酸盐腐蚀能力较强;抗冻融性较强;水化热较低	用于受硫酸盐腐蚀、冻融作用、干湿作用的海港工程、地下工程等
塑化水泥	在水泥中加入适量塑化剂,配制砂浆、混凝土,可降低用水量,节约水泥,提高强度耐久性,仍有良好的可塑	可广泛用于一般建筑工程或预制构件厂
自应力水泥	抗渗性好;不收缩,有一定膨胀率,可张拉钢筋产生预应力	用于压力管、刚性管道拉头,油库,补修漏水接缝,预制件接触,纺透砂浆等。
油井水泥	根据不同井深油井水泥标号是不一致的。在净浆较大的水灰比条件下,2天的抗折强度较高,且流动性好,凝结时间合适	用于油井、气井封堵井壁与套管之间的环形空间的固井工程,以及用于管洞防渗漏工程
低钙高铝耐火水泥	其耐火度达1650℃以上,与耐高温骨料(高铝砖块)可配制耐火混凝土。切勿与其他水泥混合	用于高温熏炉内衬耐火砖,长期受大气雨水侵蚀的高温工程,绝缘隔热制品
石膏矿渣水泥	对淡水、软水、海水、矿物水均有较强抵抗力;抗渗性好;早强低;水化热低;抗冻性差	用于一般工程,地下水中工程,大体积工程
石灰矿渣水泥	早强低,硬化慢;抗冻性差;但保证温湿度条件强度可以逐渐增长。	用于蒸汽养护构件,地面,砌筑、抹面砂浆等。

2 建筑材料的性能和应用

续表

名 称	性 能	应 用
石灰火山灰质水泥	早强低 ;硬化慢 ;抗冻性差 ;抗水性好 ;干缩大 ;应注意精心养护	用于潮湿环境基础、垫层、砌筑、抹面砂浆 ;大型砌块、水泥瓦等
硅酸盐大坝水泥	水化热低 ;抗渗性好 ;抗冻性好 ;收缩小 ;耐磨性较高 ;抵抗淡水、硫酸盐腐蚀介质的侵蚀性强	用大坝要求水化热低、有一定抗冻耐磨性部位、大坝溢流面、水位变化区域面层
矿渣大坝水泥		

水泥选用参考

表 2-3-18

混凝土特点或所处环境	优先选用	可以使用	不得使用
普通混凝土： ①处于一般环境 ②处于干燥环境 ③处于高温环境中或长期水下 ④厚大体积	普通水泥 普通水泥 矿渣水泥、火山灰水泥 矿渣水泥、火山灰水泥	矿渣水泥、火山灰水泥 矿渣水泥 普通水泥 普通水泥	不宜用火山灰水泥
有特殊要求混凝土： ①有快硬高强要求 ② $\geq C50$ 以上 ③露天严寒地区和水位升降范围 ④有抗渗要求 ⑤有耐磨要求 ⑥受侵蚀性水或气体作用	硅酸盐水泥、普通水泥 高级水泥 ≥ 425 普通水泥 普通水泥、火山灰水泥 ≥ 425 普通水泥	硅酸盐水泥、快硬水泥 ≥ 425 矿渣水泥 ≥ 425 矿渣水泥	火山灰水泥 不宜用矿渣水泥 火山灰水泥
	应根据侵蚀性介质种类、浓度、速度等因素按规定选用		

2-3-3 掺混合材料的硅酸盐水泥

1. 水泥混合材料

在生产水泥时,为改善水泥性能,调节水泥标号,而加到水泥中去的人工的和天然的矿物材料,称为水泥混合材料。水泥混合材料通常分为活性混合材料和非活性混合材料两大类。

(1) 水泥混合材料的类别

① 活性混合材料

混合材料磨成细粉,与石灰或与石灰和石膏拌合在一起,并加水后,在常温下,能生成具有胶凝性的水化产物,既能在水中,又能在空气中硬化的,称为活性混合材料。属于这类性质的有粒化高炉矿渣、火山灰质混合材料和粉煤灰。

A. 粒化向高炉矿渣 粒化高炉矿渣是将炼铁高炉的熔融矿渣,经急速冷却而成的松

软颗粒,颗粒直径一般为0.5~5mm。急冷一般用水淬方法进行,故又称水淬高炉矿渣。成粒的目的在于阻止结晶,使其绝大部分成为不稳定的玻璃体,储有较高的潜在化学能,从而有较高的潜在活性。

粒化高炉矿渣中的活性成分,一般认为是活性氧化铝和活性氧化硅,即使在常温下也可与氢氧化钙起作用而产生强度。在含氧化钙较高的碱性矿渣中,因其中还含有硅酸二钙等成分,故本身具有弱的水硬性。

B. 火山灰质混合材料 火山喷发时,随同熔岩一起喷发的大量碎屑沉积在地面或水中成为松软物质,称为火山灰。由于喷出后即遭急冷,因此含有一定量的玻璃体,这些玻璃体是火山灰活性的主要来源,它的成分主要是活性氧化硅和活性氧化铝。火山灰质混合材料是泛指火山灰一类物质,按其化学成分与矿物结构可分为:含水硅酸质、铝硅玻璃质、烧粘土质等。

含水硅酸质混合材料有:硅藻土、硅藻石、蛋白石和硅质渣等。其活性成分以氧化硅为主。

铝硅玻璃质混合材料有:火山灰、凝灰岩、浮石和某些工业废渣。其活性成分为氧化硅和氧化铝。

烧粘土质混合材料有:烧粘土、煤渣、煅烧的煤矸石等。其活性成分以氧化铝为主。

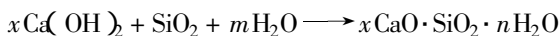
C. 粉煤灰 它是发电厂锅炉以煤粉做燃料,从其烟气中收集下来的灰渣,又称飞灰。它的颗粒直径一般为0.001~0.05mm,呈玻璃态实心或空心的球状颗粒,表面致密者较好。粉煤灰的活性主要决定于玻璃体含量,粉煤灰的成分主要是活性氧化硅和活性氧化铝。粉煤灰中未燃的碳应在规定范围(1%~2%)以内。

②非活性混合材料

磨细的石英砂、石灰石、粘土、慢冷矿渣及各种废渣等属于非活性混合材料。它们与水泥成分不起化学作用(即无化学活性)或化学作用很小,非活性混合材料掺入硅酸盐水泥中仅起提高水泥产量和降低水泥标号、减少水化热等作用。当在工地用高标号水泥拌制砂浆或低强度等级混凝土时,可掺入非活性混合材料以代替部分水泥,起到降低成本及改善砂浆或混凝土和易性的作用。

(2)活性混合材料的作用

粒化高炉矿渣、火山灰质混合材料和粉煤灰都属于活性混合材料,它们与水调和后,本身不会硬化或硬化极为缓慢,强度很低。但在氢氧化钙溶液中,就会发生显著的水化,而在饱和的氢氧化钙溶液中水化更快。其水化反应一般认为是:



式中 x 值决定于混合材料的种类、石灰和活性氧化硅的比例、环境温度以及作用所延续的时间等,一般为1或稍大。 n 值一般为1~2.5。

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 SiO_2 相互作用的过程,是无定形的硅酸吸收了钙离子,开始形成不定成分的吸附系统,然后形成无定形的水化硅酸钙,再经过较长一段时间后慢慢地转变成微晶体或结晶不完善的凝胶。

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与活性氧化铝相互作用形成水化铝酸钙。

当液相中有石膏存在时,将与水化铝酸钙反应生成水化硫铝酸钙。这些水化物能在

空气中凝结硬化,并能在水中继续硬化,具有相当高的强度。可以看出,氢氧化钙和石膏的存在使活性混合材料的潜在活性得以发挥,即氢氧化钙和石膏起着激发水化,促进凝结硬化的作用,故称为激发剂。常用的激发剂有碱性激发剂和硫酸盐激发剂两类。一般用作碱性激发剂的是石灰和能在水化时析出氢氧化钙的硅酸盐水泥熟料。硫酸盐激发剂有二水石膏或半水石膏,并包括各种化学石膏。硫酸盐激发剂的激发作用必须在有碱性激发剂的条件下,才能充分发挥。

2. 普通硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料、6%~15%混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为普通硅酸盐水泥(简称普通水泥),代号P.O。水泥中混合材料掺加量按质量百分比计:掺活性混合材料时,不得超过15%,其中允许用不超过5%的窑灰或不超过10%的非活性混合材料来代替;

掺非活性混合材料时,不得超过10%。

普通水泥按照国家标准《硅酸盐、普通硅酸盐水泥》(GB175—92)的规定分为325、425、525和625四个标号,其中425、525和625标号按早期强度分两种类型。各标号、各类型水泥的各龄期强度不得低于表2-3-19中的数值。普通水泥的初凝不得早于45min,终凝不得迟于10h。在0.8mm方孔筛上的筛余不得超过10%。沸煮安定性必须合格。

普通硅酸盐水泥各龄期的强度要求(GB175—92)

表2-3-19

标号	抗压强度(MPa)		抗折强度(MPa)	
	3d	28d	3d	28d
325	12.0	32.5	2.5	5.5
425	16.0	42.5	3.5	6.5
425R	21.0	42.5	4.0	6.5
525	21.0	52.5	4.0	7.0
525R	26.0	52.5	5.0	7.0
625	26.0	62.5	5.0	8.0
625R	31.0	62.5	5.5	8.0

普通硅酸盐水泥中绝大部分仍为硅酸盐水泥熟料,其性能与硅酸盐水泥相近。但由于掺入了少量混合材料,与硅酸盐水泥相比,早期硬化速度稍慢,其3d、7d的抗压强度稍低,抗冻性与耐磨性能也稍差。在应用范围方面,与硅酸盐水泥也相同,广泛用于各种混凝土或钢筋混凝土工程,是我国主要水泥品种之一。

3. 矿渣硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料和粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为矿渣硅酸盐水泥(简称矿渣水泥),代号P.S。水泥中粒化高炉矿渣掺加量按质量百分比计为20%~70%。允许用石灰石、窑灰、粉煤灰和火山灰质混合材料中的一种材料代替矿渣,代替数量不得超过水泥质量的8%,替代后水泥中粒化高炉矿渣不得少于20%。

按照国家标准《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥与粉煤灰硅酸盐水泥》(GB1344—92)水泥熟料中氧化镁的含量不得超过5.0%。如水泥经压蒸安定性试验合格,则水泥熟料中氧化镁的含量允许放宽到6.0%。水泥中三氧化硫的含量不得超过

4.0%。

矿渣硅酸盐水泥分为 275、325、425、525、625 五个标号,其中 425、525 水泥按早期强度分两种类型。各标号、各类型水泥的各龄期强度不得低于表 2-3-20 中的数值。矿渣硅酸盐水泥对细度、凝结时间及体积安定性的要求均与普通硅酸盐水泥相同。这种水泥的密度通常为 $2.8 \sim 3.1 \text{g/cm}^3$ 。堆积密度约为 $1000 \sim 1200 \text{kg/m}^3$ 。

矿渣水泥、火山灰水泥及粉煤灰水泥各龄期的强度要求(GB1344—92) 表 2-3-20

标 号	抗压强度(MPa)			抗折强度(MPa)		
	3d	7d	28d	3d	7d	28d
275	—	13.0	27.5	—	2.5	5.0
325	—	15.0	32.5	—	3.0	5.5
425	—	21.0	42.5	—	4.0	6.5
425R	19.0	—	42.5	4.0	—	6.5
525	21.0	—	52.5	4.0	—	7.0
525R	23.0	—	52.5	4.5	—	7.0
625R	28.0	—	62.5	5.0	—	8.0

矿渣水泥的凝结硬化和性能 相对于硅酸盐水泥来说有如下主要特点：

(1) 矿渣硅酸盐水泥中熟料矿物较少而活性混合材料(粒化高炉矿渣、火山灰和粉煤灰)较多,就局部而言,其水化反应是分两步进行的。首先是熟料矿物水化,此时所生成的水化产物与硅酸盐水泥基本相同。随后是熟料矿物水化析出的氢氧化钙和掺入水泥中的石膏分别作为矿渣的碱性激发剂和硫酸盐激发剂,与矿渣中的活性氧化硅、活性氧化铝发生二次水化反应,生成水化硅酸钙、水化铝酸钙、水化硫铝酸钙或水化硫铁酸钙,有时还可能形成水化铝硅酸钙等水化产物。而凝结硬化过程基本上与硅酸盐水泥相同。水泥熟料矿物水化后的产物又与活性氧化物进行反应,生成新的水化产物,称二次水化反应或二次反应。

(2) 因为矿渣水泥中熟料矿物含量比硅酸盐水泥的少得多,而且混合材料中的活性氧化硅、活性氧化铝与氢氧化钙、石膏的作用在常温下进行缓慢,故凝结硬化稍慢,早期(3d、7d)强度较低,但在硬化后期(28d以后),由于水化硅酸钙凝胶数量增多,使水泥石强度不断增长,最后甚至超过同标号普通硅酸盐水泥,如图 2-3-7 所示。

还应注意,矿渣水泥二次反应对环境的温湿度条件较为敏感,为保证矿渣水泥强度的稳步增长,需要较长时间的养护。若采用蒸汽养护或压蒸养护等湿热处理方法,则能显著加快硬化速度,并且在处理完毕后不影响其后期的强度增长。

(3) 矿渣水泥水化所析出的氢氧化钙较少,而且在与活性混合材料作用时,又消耗掉大量的氢氧化钙,水泥石中剩余的氢氧化钙就更少了。因此这种水泥抵抗软水、海水和硫

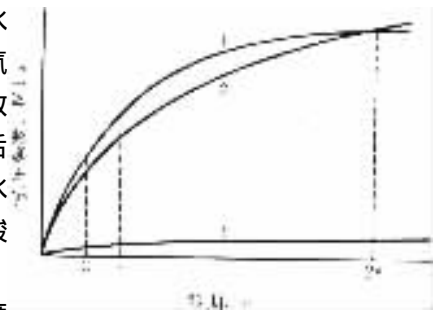


图 2-3-7 矿渣水泥与普通水泥强度增长情况的比较

1—普通水泥 2—矿渣水泥 3—粒化高炉矿渣

酸盐腐蚀能力较强,宜用于水工和海港工程。

(4)这种水泥还具有一定的耐热性,因此可用于耐热混凝土工程,如制作冶炼车间、锅炉房等高温车间的受热构件和窑炉外壳等。但这种水泥硬化后碱度较低,故抗碳化能力较差。

(5)矿渣水泥中混合材料掺量较多,且磨细粒化高炉矿渣有尖锐棱角,所以矿渣水泥的标准稠度需水量较大,但保持水分的能力较差,泌水性较大,故矿渣水泥的干缩性较大。如养护不当,就易产生裂纹。使用这种水泥,容易析出多余水分,形成毛细管通路或粗大孔隙,降低水泥石的匀质性,因此矿渣水泥的抗冻性、抗渗性和抵抗干湿交替循环的性能均不及普通水泥。

矿渣水泥应用较广泛,也是我国水泥产量最大的品种之一。

4. 火山灰质硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料和火山灰质混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为火山灰质硅酸盐水泥(简称火山灰水泥)。代号P.P,水泥中火山灰质混合材料掺加量按质量百分比计为20%~50%。

按照国家标准《矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥与粉煤灰硅酸盐水泥》(GB1344—92)规定,对于火山灰水泥熟料中氧化镁的含量不得超过5.0%,如果水泥经压蒸安定性试验合格,则熟料中氧化镁的含量允许放宽到6.0%。火山灰水泥中三氧化硫的含量不得超过3.5%。

火山灰质硅酸盐水泥的标号和类型及在各龄期的强度数值与矿渣水泥相同,见表3-5。

对其细度、凝结时间及体积安定性的要求与普通硅酸盐水泥相同。这种水泥的密度较小,通常为 $2.8 \sim 3.1 \text{g/cm}^3$,堆积密度约为 $900 \sim 1000 \text{kg/m}^3$ 。

火山灰质硅酸盐水泥的凝结硬化与矿渣水泥大致相同。首先是水泥熟料矿物水化,所生成的氢氧化钙再与混合材料中的活性氧化物进行二次水化反应,形成以水化硅酸钙为主体水的水化产物,其他还有水化硫铝酸钙和水化铝酸钙。特别要指出的是,火山灰质硅酸盐水泥的水化产物和水化速度常常由于具体的混合材料、熟料矿物以及硬化环境的不同而有所变化。

与普通硅酸盐水泥比较,火山灰质硅酸盐水泥具有下列特性:

(1)火山灰水泥硬化较慢,早期强度较低,但后期强度可以赶上,甚至超过普通硅酸盐水泥。混合材料的活性愈高和水灰比愈小,则赶上的时间将愈短,后期强度增长将愈快。在混凝土工程中用这种水泥时,宜尽量选用小的水灰比,以发挥其强度增长率大的特性。这种水泥湿热敏感性大,蒸汽养护、压蒸养护等湿热处理可大大加速水泥强度增长,因此这种水泥不宜用于有早强要求的工程及低温施工的工程,但特别适宜于采用蒸汽养护的工程。

(2)火山灰水泥的水化热较小,一般5d内的水化热仅为同标号普通水泥的70%左右。故这种水泥宜用于大体积混凝土工程。

(3)当处在潮湿环境或水中养护时,火山灰质硅酸盐水泥中的活性混合材料吸收石灰而产生膨胀胶化作用,并且形成较多的水化硅酸钙凝胶,使水泥石结构致密,因此有较高

的紧密度和抗渗性,故宜用于抗渗要求较高的工程。

(4)因火山灰质硅酸盐水泥水化后的水泥石中氢氧化钙含量很低,水泥石结构又比较致密,故有很强的抗淡水侵蚀的能力,一般对硫酸盐腐蚀也有较强的抵抗力。但要注意,这种水泥中掺有烧粘土质混合材料时,则不耐硫酸盐腐蚀。

(5)当处在干燥空气中时,水化生成胶体的反应就会中止,强度也停止增长,而且已经形成的水化硅酸钙凝胶还会逐渐干燥,产生较大的体积收缩和内应力而形成微细裂纹。在表面,由于碳化作用能使水化硅酸钙凝胶分解成为碳酸钙和氧化硅的粉状混合物,因此使已经硬化的水泥石表面产生“起粉”现象。所以,对于处在干燥环境(或干热地区)中的地上结构物,不宜采用火山灰质硅酸盐水泥。

此外,这种水泥需水量大,收缩大,抗冻性差,抗碳化能力差,使用时应予以注意。

5. 粉煤灰硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料和粉煤灰、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为粉煤灰硅酸盐水泥(简称粉煤灰水泥)。代号P.F。水泥中粉煤灰掺加量按质量百分比计为20%~40%。

按照国家标准《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥与粉煤灰硅酸盐水泥》(GB1344—92),对粉煤灰硅酸盐水泥的品质要求同火山灰质硅酸盐水泥。各种标号、各种类型的粉煤灰硅酸盐水泥在各龄期的强度数值与矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥相同,见表2-3-20。对细度、凝结时间及体积安定性的要求与普通硅酸盐水泥相同。

粉煤灰硅酸盐水泥的凝结硬化与火山灰质硅酸盐水泥很相近,主要是水泥熟料矿物水化,所生成的氢氧化钙通过液相扩散到粉煤灰球形玻璃体的表面,与活性氧化物发生作用(或称为吸附和侵蚀),生成水化硅酸钙和水化铝酸钙;当有石膏存在时,随即生成水化硫铝酸钙晶体。

与普通硅酸盐水泥比较,粉煤灰硅酸盐水泥具有如下特性:

粉煤灰中的玻璃体与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应是产生水硬性的主要物质,但粉煤灰的球形玻璃体比较稳定,表面又相当致密,不易水化。故这种水泥硬化较慢,早期强度较低,但后期强度可以赶上,甚至超过普通硅酸盐水泥。粉煤灰的活性愈高和细度愈细,则这种水泥的强度增长愈快。对于承受荷载较迟的工程,使用粉煤灰水泥特别有利。

这种水泥水化热较小,其数值与火山灰质硅酸盐水泥相近,故宜用于大体积混凝土工程。

由于粉煤灰内比表面积较小,吸附水的能力较小,因而这种水泥干缩性小,抗裂性较高。如在矿渣硅酸盐水泥中掺入适量的粉煤灰,不仅能保持矿渣硅酸盐水泥的早期强度不变,而且能明显地改善其干缩性和脆性。

这种水泥耐硫酸盐腐蚀能力较强,但次于矿渣硅酸盐水泥。

这种水泥耐冻性较差,并随粉煤灰掺量的增加而降低。同时,由于粉煤灰水泥石中碱度较低,故抗碳化性能较差。

粉煤灰水泥混凝土初始析水速度快,制品表面易产生收缩裂纹,故施工时应予以注意。

6. 复合硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥、两种或两种以上规定的混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝

材料称为复合硅酸盐水泥(简称复合水泥)。水泥中混合材料总掺加量按质量百分比应大于 15%,不超过 50%。允许用不超过 8%的窑灰代替部分混合材料,掺矿渣时混合材料掺量不得与矿渣硅酸盐水泥重复。

按照国家标准《复合硅酸盐水泥》(GB12958—91)的规定,复合硅酸盐水泥熟料中氧化镁的含量不得超过 5.0%。如水泥经压蒸安定性试验合格,则熟料中氧化镁的含量允许放宽到 6.0%。水泥中三氧化硫的含量不得超过 3.5%。

复合硅酸盐水泥分为 325、425、525 三个标号,其中 425、525 水泥按早期强度分两种类型。各标号、各类型水泥的各龄期强度不得低于表 2-3-21 中的数值。对细度、初凝时间及体积安定性的要求与普通硅酸盐水泥相同,终凝时间应不迟于 12h。

复合硅酸盐水泥各龄期的强度要求

表 2-3-21

标 号	抗压强度(MPa)			抗折强度(MPa)		
	3d	7d	28d	3d	7d	28d
325	—	18.5	32.5	—	3.5	5.5
425	—	24.5	42.5	—	4.5	6.5
425R	21.0	—	42.5	4.0	—	6.5
525	—	31.5	52.5	—	5.5	7.0
525R	26.0	—	52.5	5.0	—	7.0

复合硅酸盐水泥的特性取决于所掺两种混合材的种类、掺量及相对比例,与矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥有不同程度的相似,其使用应根据所掺入的混合材料种类,参照其他掺混合材料水泥的适用范围和工程实践经验选用。

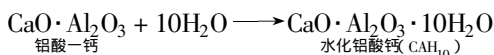
2-3-4 高 铝 水 泥

高铝水泥是以铝矾土和石灰石为原料,经煅烧(熔融状态)得到以铝酸钙为主、氧化铝含量约 50%的熟料,磨制的水硬性胶凝材料。它是一种快硬、高强、耐腐蚀、耐热的水泥。高铝水泥以前称为矾土水泥。

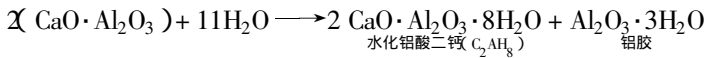
高铝水泥的主要矿物成分为铝酸一钙(CaO·Al₂O₃简写 CA),及其他的铝酸盐,如 CaO·2Al₂O₃(简写 CA₂), 2CaO·Al₂O₃·SiO₂(简写 C₂AS), 12CaO·7Al₂O₃(简写 C₁₂A₇)等,有时还含有很少量 2CaO·SiO₂等。

高铝水泥的水化和硬化,主要就是铝酸一钙的水化及其水化物的结晶情况。一般认为其水化反应随温度的不同而水化产物不相同。

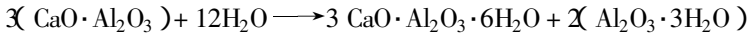
当温度小于 20℃时,其反应:



当温度在 20~30℃时,其反应:



当温度大于 30℃ 时 ,其反应 :



在一般条件下 ,CAH₁₀ 与 C₂AH₈ 同时形成 ,一起共存 ,其相对比例则随温度的提高而减少。但在较高温度(30℃ 以上)下 ,水化产物主要为 C₃AH₆。

高铝水泥中 CA₂ 的水化与 CA 基本相同 ,但水化速度较慢。C₁₂A₇ 的水化作用很快 ,也生成 C₂AH₈。而 C₂AS 与水作用则极为微弱 ,可视为惰性矿物 ,C₂S 则生成 C-S-H 凝胶。

水化物 CAH₁₀ 或 C₂AH₈ 都属六方晶系 ,具有细长的针状和板状结构 ,能互相结成坚固的结晶连生体 ,形成晶体骨架。析出的氢氧化铝凝胶难溶于水 ,填充于晶体骨架的空隙中 ,形成较密实的水泥石结构。同时水化 5 ~ 7d 后 ,水化铝酸盐结晶连生体的大小很少改变 ,故高铝水泥初期强度增长很快 ,而以后强度增长不显著。硅酸二钙的数量很少 ,在硬化过程中不起很大作用。

高铝水泥的普通硬化条件下 ,水泥石中不含铝酸三钙和氢氧化钙 ,同时密实度也较大 ,因此对矿物水和硫酸盐的侵蚀作用具有很高的抵抗能力。

高铝水泥常为黄或褐色 ,也有呈灰色的。高铝水泥的密度和堆积密度与普通硅酸盐水泥相近。按国家标准 GB201—81 要求 :

细度 0.080mm 方孔筛筛余不得超过 10%。

凝结时间 :初凝不得早于 40min ,终凝不得迟于 10h。

强度 :各龄期强度不得低于表 2-3-22 所列数值。

高铝水泥的标准稠度用水量不大 ,但水化时需要较多的结合水 ,可达水泥质量的 50% 左右 ,几乎为硅酸盐水泥的两倍 ,这是硬化后有较高的密实度和不透水性的另一原因。

高铝水泥的水化放热量大 ,一般与高标号硅酸盐水泥大致相同 ,但其放热速度特别快 ,高铝水泥在一天内即可放出水化热总量的 70% ~ 80% ,而硅酸盐水泥放出同样的热量则需要 7d。故使用高铝水泥时应特别注意 ,更不宜用于大体积混凝土工程。

高铝水泥各龄期强度要求

表 2-3-22

水 泥 标 号	抗压强度(MPa)		抗折强度(MPa)	
	1d	3d	1d	3d
425	35.3	41.7	3.9	4.4
525	45.1	51.5	4.9	5.4
625	54.9	61.3	5.9	6.4
725	64.7	71.1	6.9	7.4

高铝水泥最适宜的硬化温度为 15℃ 左右 ,一般不得超过 25℃。如温度过高 ,水化铝酸二钙的结晶连生体会转变成高碱度的水化铝酸三钙 ,固相体积只有原体积的一半 ,孔隙体积大大增加 ,强度降低甚多 ,在湿热条件下最为剧烈。因此用高铝水泥调制的混凝土不

能进行蒸汽养护,且不宜在高温季节施工。

高铝水泥与硅酸盐水泥或石灰相混不但产生闪凝,而且由于生成高碱性的水化铝酸钙,使混凝土开裂,甚至破坏。因此,施工时除不得与石灰和硅酸盐水泥混合外,也不得与尚未硬化的硅酸盐水泥接触使用。

高铝水泥有较高的耐热性,如采用耐火粗细骨料(如铬铁矿等)可制成使用温度达 $1300 \sim 1400^{\circ}\text{C}$ 的耐热混凝土。

高铝水泥主要用于工期紧急的工程。如国防、道路和特殊抢修工程等;也可用于冬季施工的工程。

当高铝水泥与碱性溶液接触,或者甚至在混凝土骨料内含有少量碱性化合物,也会引起不断的侵蚀。高铝水泥抗碱性极差,不得用于接触碱性溶液的工程。

国内外对高铝水泥的研究表明,其长期强度及其他性能有降低的趋势。强度降低可能是由于晶体转化造成的。因此,高铝水泥不宜用于长期承重的结构及处在高温高湿环境的工程中。

采用小水灰比、降低养护温度、掺加粒化高炉矿渣等措施,能在一定程度上改善长期强度降低等不良性能。

另外,在高铝水泥中掺加石膏或无水石膏,可有效地克服长期强度降低的现象,这是因为 CAH_{10} 或 C_2AH_8 等水化物能与石膏反应生成稳定的水化硫铝酸钙之故。

在自然条件下,高铝水泥长期强度下降有一个最低稳定值。应用时,以高铝水泥混凝土最低稳定强度设计。按国家标准(GB201—81),其最低稳定强度值以试体脱模后放入 $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 水中养护,取龄期为7d和14d强度值之低者来确定。

2-4 有色金属材料

2-4-1 铜

1. 铜棒的机械性能(见表 2-4-1)

表 2-4-1

制造方法	状态	直径 mm	抗拉强度 σ_b MPa	伸长率 δ_{10} (%)
拉 制	硬	5—40	270	6
		> 40—60	250	8
		> 60—80	210	13
挤 制	软	5—80	200	38
	—	14—120	200	30

2. 铜板机械性能(见表 2-4-2)

表 2-4-2

名 称	状 态	抗拉强度 σ_b MPa	伸长率 δ (%)
冷轧铜板	软	≥ 200	≥ 30
	硬	≥ 300	≥ 3
热轧铜板	—	≥ 20	≥ 30

3. 黄铜板机械性能(见表 2-4-3)

表 2-4-3

材料状态	牌 号	抗拉强度 σ_b MPa 不小于		伸长度 % 不小于	
		热 轧	冷 轧	热 轧	冷 轧
软	H80	—	270	—	50
	H68	—	300	—	40
	H62	300	300	35	40
	H59	300	300	25	25
	H59-1	350	—	20	—

2 建筑材料的性能和应用

续表

材料状态	牌 号	抗拉强度 σ_b MPa 不小于		伸长率 % 不小于	
		热 轧	冷 轧	热 轧	冷 轧
半硬	H68	—	350	—	25
	H62	—	350	—	20
	H68	—	400	—	15
	H62	—	420	—	10
	H59	—	420	—	5
	H59	—	400	—	5

冷轧铜板厚、长、宽度 mm

表 2-4-4

厚 度	0.4 ; 0.45 ; 0.5 ; 0.6 ; 0.7 ; 0.8 ; 0.9 ; 1.0 ; 1.1 ; 1.2 ; 1.35 ; 1.5 ; 1.65 ; 1.8 ; 2.0 ; 2.25 ; 2.5 ; 2.75 ; 3.0 ; 3.5 ; 4.0 ; 4.5 ; 5.0 ; 5.5 ; 6.0 ; 6.5 ; 7.0 ; 8.0 ; 9.0 ; 10.0
宽 × 长	600 × 1200 ; 700 × 1430 ; 800 × 1500 ; 1000 × 2000

注 冷轧铜板牌号有 T₂、T₃、T₄ 及 TUP

热轧铜板规格

表 2-4-5

厚 度 mm	宽 度 mm							
	600 × 900	1000—2000	1300—1500	1600—1800	1900—2200	2300—2500	2600—2800	2900—3000
	最 大 长 度 mm							
5.0	3500	4000	6000	6000				
5.5	3500	4000	6000	6000				
6.0	3500	4000	6000	6000				
6.5	3500	4000	6000	6000				
7.0	3500	4000	6000	6000				
7.5	3500	4000	6000	6000				
8.0	4000	5000	6000	5500	4800	4200	3700	3500
9.0	4000	5000	6000	5000	4200	3700	3300	3100
10.0	4000	5000	5500	4500	3800	3300	3000	3000

注 热轧铜板牌号有 T₂、T₃、T₄ 及 TUP

热轧铜板厚度最大到 25mm

冷轧黄铜板厚、长、宽度 mm

表 2-4-6

厚 度 mm	0.2 ; 0.3 ; 0.35 ; 0.4 ; 0.45 ; 0.5 ; 0.6 ; 0.7 ; 0.8 ; 0.9 ; 1.0 ; 1.1 ; 1.2 ; 1.35 ; 1.5 ; 1.65 ; 1.8 ; 2.0 ; 2.25 ; 2.5 ; 2.75 ; 3.0 ; 3.5 ; 4.0 ; 5.0 ; 5.5 ; 6.0 ; 6.5 ; 7.0 ; 7.5 ; 8.0 ; 9.0 ; 10.0
厚度 mm	200—800 以上
长度 mm	长度必须大于厚度 ; 一般为 500—2000

热轧黄铜板规格

表 2-4-7

厚度 (mm)	宽 度 mm								
	200—500	600—900	1000—1200	1300—1500	1600—1800	1900—2200	2300—2500	2600—2800	2900—3000
	最大长度 mm								
5—6	3000	3500	4000	6000	6000				
65—75	3200	3500	4000	6000	6000				
8	3500	3500	5000	6000	5500	4800	4200	3700	3500
9	3500	4000	5000	6000	5000	4200	3700	3300	3100
10	3500	4000	5000	5500	4500	3800	3300	3000	3000

注 热轧黄铜板供应状态为“软(M)”状态

热轧黄铜板供应牌号 H62、H59、HSn62-1

热轧黄铜板厚度最大到 25mm

铜板、黄铜板理论重量 kg/m^2

表 2-4-8

厚 度 mm	理论重量		厚 度 mm	理论重量	
	铜板	黄铜板		铜板	黄铜板
0.20	1.78	1.70	1.80	16.02	15.30
0.22	1.96	1.87	2.00	17.80	17.00
0.25	2.23	2.13	2.25	20.03	19.13
0.30	2.67	2.55	2.50	22.25	21.25
0.35	3.12	2.98	2.75	24.48	23.38
0.40	3.56	3.40	3.00	26.70	25.50
0.45	4.01	3.83	3.5	31.15	29.75
0.5	4.45	4.25	4.0	35.60	34.00
0.6	5.34	5.10	4.5	40.05	38.20
0.7	6.23	5.95	5.0	44.50	42.50
0.8	7.12	6.80	5.5	48.95	46.75
0.9	8.01	7.65	6.0	53.40	51.00
1.0	8.90	8.50	6.5	57.85	55.25
1.1	9.79	9.35	7.0	62.30	59.50
1.2	10.68	10.20	7.5	66.75	63.75
1.35	12.02	11.48	8.0	71.20	68.00
1.5	13.35	12.75	9.0	80.10	76.50
1.65	14.69	14.03	10.0	89.00	85.00

注 计算理论重量时,铜板比重为 8.9,黄铜板比重为 8.5

2-4-2 铝及铝合金

1. 工业纯铝种类和性能(见表 2-4-9)

表 2-4-9

工业纯铝		化学成分%		种 类
牌 号	代号	铝 \geq	杂质和 \leq	
三号工业纯铝	L3	99.5	0.5	板、管、棒、型(带)线材
四号工业纯铝	L4	99.3	0.7	板、管、棒、型(带)线材
五号工业纯铝	L5	99	1.0	板、管、棒、型(带)线材
六号工业纯铝	L6	98.8	1.2	板材
七号工业纯铝	L7	98	2.0	板材

工业纯铝性能:具有优良的塑性、耐蚀性、导热导电性,但强度较低、切削加工性不佳。工业纯铝用途:适用于受荷载很小,而耐蚀、导热或导电性能要求高的部件(零件)。

工业纯铝产品有退火的和冷作硬化的两种,前者强度稍低些,但塑性稍好。

2. 铝合金种类和性能

(1) 铝合金种类(见表 2-4-10)

表 2-4-10

铝合金化学成分%							种 类
牌 号	代号	铜	镁	锰或(铬)	其它元素	杂质	
2号防锈铝	LF2	—	2.0—2.8	0.15—0.35 (0.15—0.35)	—	0.8	板、管、型、线材
21号防锈铝	LF21	—	—	1.0—1.6	—	1.75	同上
11号硬铝	LY11	3.8—4.8	0.4—0.8	0.4—0.8	—	1.8	同上
12号硬铝	LY12	3.8—4.9	1.2—1.8	0.3—0.9	—	1.5	同上
2号锻铝	LD2	0.2—0.6	0.45—0.9	0.15—0.35 (0.15—0.35)	硅 0.5—1.2 铬	0.8	板、管、型材
4号超硬铝	LC4	1.4—2.0	1.8—2.8	0.2—0.6	0.1—0.25 锌 5—7	—	同上

(2) 铝合金性能和用途(见表 2-4-11)

表 2-4-11

铝合金代号	性 能 和 用 途
LF2	退火状态塑性高;可焊性好;切削加工性软态时不佳,冷作硬化时良好;耐蚀性高;疲劳强度比其他铝合金高。适用于液体中的焊接件、管道容器、中等荷载的构件。线材用于焊条、铆钉。
LF21	退火状态下塑性高;可焊性好;切削加工性不佳;耐蚀性高。适用于焊接零件、管道、容器、需要深延伸和弯曲等加工制作的其它低荷载的构件。
LY11	退火和新淬火时塑性中等;可焊性好;切削加工性在时效状态下良好;遇火时降低,耐蚀性中等。适用于中等强度的构件、零件、铆钉(铆钉应在淬火二小时内铆接)。

续表

铝合金代号	性能和用途
LY12	热状态和淬火状态塑性中等,可焊性好,切削加工性在时效状态下良好,退火时降低;耐蚀性中等。用于高荷载构件、零件(不包括冲压件和锻件)。
LD2	热状态和退火状态塑性高,时效状态中等,可焊性好,切削加工性软态时不良,时效状态良好,耐蚀性高。适用于中等荷载的构件、零件。
LC4	退火和新淬火状态塑性中等,切削加工性良好,耐蚀性中等;点焊性不良。适用于受力构件、高荷载零件。

(3) 冷轧铝板的机械性能(见表 2-4-12)

表 2-4-12

牌号	供应状态	厚度 mm	抗拉强度 MPa	伸长率 $\delta\%$ $l = 11.3\sqrt{F}$	
LA、L6	退火	0.5—0.8	≥ 110	20	
		> 0.8—10	≥ 110	25	
	冷作硬化	0.5—10	110	6	
LF21	退火	0.5—3	110—150	20	
		> 3—6	110—150	18	
	半冷作硬化	0.5—3	150—220	6	
	冷作硬化	0.5	190	1	
> 0.5—0.8		190	2		
> 0.8—1.2		190	3		
> 1.2—1.4		190	4		
LF2	退火	0.5—3	≥ 230	16	
	半冷作硬化	0.5—3	240	4	
	冷作硬化	0.5—0.8	270	3	
> 0.8—4		270	4		
LD2	退火	0.5—5	≥ 150	20	
		0.5—0.6	200	18	
			> 0.6—3	200	20
			> 3—5	200	18
	> 5—10		180	16	
	淬火和人工时效	0.5—5	300	10	
> 5—10		300	6		
LY12	退火	0.5—2.5	≥ 230	10	
		2.6—10	≥ 240	10	
	0.5—2.5	415	13		
		2.6—6	435	11	
		6.1—10	435	10	
	淬火和时效后冷作硬化	0.8—2.5	435	10	
2.6—6.5		465	8		
LY11	退火	0.5—3	≥ 230	12	
		3.1—10	≥ 240	12	
	淬火和自然时效	0.5—2.5	370	15	
2.6—10		380	15		

2 建筑材料的性能和应用

续表

牌号	供应状态	厚度 mm	抗拉强度 MPa	伸长率 $\delta\%$ $l = 11.3\sqrt{F}$
LY12	不包铝退火	0.5—3	≥ 240	12
		3.1—10	≥ 240	11
	不包铝淬火和自然时效	0.5—1.5	450	14
		1.6—6	450	13
		6.1—10	450	12
	不包铝淬火和冷作硬化	0.8—1.5	485	11
1.6—3		485	10	
3.1—6.5		485	9	
LC4	退火	0.5—10	≥ 250	10
	淬火和人工时效	0.5—2.5	490	7
		2.6—10	500	7

(4) 铝型材机械性能 (见表 2-4-13)

表 2-4-13

牌号	供应状态	规格 (缘板厚度) mm	性能 (不小于)		
			抗拉强度 σ_b MPa	屈服点 $\sigma_{0.2}$ MPa	伸长率 $\delta\%$
LC4	淬火后人工时效	≤ 10	510	440	6
		10.1—20	540	450	6
		20.1—40	570	470	6
> 40		580	500	6	
	退火	所有尺寸	≤ 280	—	10
LY11	退火后自然时效	≤ 10	360	220	12
		10.1—20	380	230	12
		> 20	410	250	10
	退火	所有尺寸	≤ 250	—	12
LY12	淬火后自然时效	≤ 5	400	300	10
		5.10—10	420	300	10
		10.1—20	430	310	10
		20.1—40	450	320	10
		> 40	490	360	10
	退火	所有尺寸	≤ 250	—	12
LD2	淬火后自然时效	所有尺寸	180	—	14
	淬火后人工时效	所有尺寸	300	230	10
LF2	热挤压 (R) 或退火 (M)	所有尺寸	≤ 230	—	12
LF21	热挤压 (R) 或退火 (M)	所有尺寸	≤ 170	—	16
LA, L6	热挤压 (R) 或退火 (M)	所有尺寸	≤ 110	—	20

注 Δ 伸长率规定 壁厚 $\leq 10\text{mm}$ 时 $l_0 = 11.3\sqrt{F}$

壁厚 $> 10\text{mm}$ 时 $l_0 = 5d$

铝型材横向机械性能

表 2-4-14

牌 号	供应状态	取样部位	性 能 (不小于)		
			抗拉强度 σ_b MPa	屈服点 $\sigma_{0.2}$ MPa	伸长率 $\delta\%$
LY12	淬火后自然时效	横 向	400	290	6
		高 向	350	290	4
LC4	淬火后人工时效	横 向	500	—	4
		高 向	480	—	3

(5) 铝及铝合金板规格、重量(见表 2-4-15)

表 2-4-15

厚 度 mm	理论重量 kg/m ²	厚 度 mm	理论重量 kg/m ²	厚 度 mm	理论重量 kg/m ²
0.5	1.40	4.0	11.20	20.0	56.0
0.6	1.68	5.0	14.00	22.0	61.6
0.8	2.24	6.0	16.80	25.0	70.0
1.0	2.80	7.0	19.60	30	84.0
1.2	3.36	8.0	22.40	35	98.0
1.5	4.20	9.0	25.2	40	112.0
1.8	5.04	10.0	28.0	50	140.0
2.0	5.60	12.0	33.6	60	168.0
2.5	7.00	14.0	39.2	70	196.0
3.0	8.40	16.0	44.8	80	224.0
3.5	9.80	18.0	50.4		

尺寸 mm			截面面积 (cm ²)	理论重量 kg/m	尺寸 mm			截面面积 (cm ²)	理论重量 kg/m
H	B	δ			H	B	δ		
25	35	1.5	0.890	0.254	35	35	4.0	2.713	0.773
25	40	2.0	1.280	0.365	35	40	2.0	1.468	0.418
25	45	2.5	1.726	0.492	38	44	5.0	3.910	1.114
25	48	1.5	1.082	0.308	38	50	3.5	3.026	0.862
25	50	2.0	1.499	0.427	38	50	4.8	3.990	1.137
25	50	2.5	1.851	0.527	40	45	3.0	2.479	0.706
27	70	2.0	1.920	0.547	40	45	4.0	3.274	0.933
29	38	1.6	1.055	0.301	40	68	3.0	3.300	0.940
30	40	1.5	1.041	0.296	45	40	2.2	1.860	0.530
30	40	2.0	1.370	0.391	51	51	2.4	2.443	0.696
30	45	3.0	2.150	0.613	54	68	3.0	3.608	1.028

2 建筑材料的性能和应用

槽形铝材

表 2-4-18

尺寸 mm				截面面积 (cm ²)	理论重量 kg/m	尺寸 mm				截面面积 (cm ²)	理论重量 kg/m
H	B	δ	δ ₁			H	B	δ	δ ₁		
17.5	8.0	1.75	3.0	0.747	0.213	20	30	2.0	2.0	1.375	0.380
13.0	13.0	1.60	1.6	0.561	0.160	88	31	2.5	5.0	5.769	1.644
34.0	13.0	3.50	3.5	2.573	0.735	25	32	1.8	1.8	1.437	0.409
12.0	19.0	4.00	3.0	1.307	0.372	25	32	2.5	2.5	1.925	0.549
15.0	20.0	1.30	1.3	0.620	0.177	20	35	2.5	2.5	1.770	0.504
28.0	21.0	4.00	4.0	2.868	0.818	50	35	5.0	5.0	6.560	1.870
27.0	22.0	2.00	3.0	1.660	0.473	18	40	2.0	2.0	1.453	0.414
25.0	23.0	1.80	3.0	1.521	0.433	18	40	2.5	2.5	1.795	0.511
15.0	25.0	1.50	1.5	0.795	0.226	18	40	3.0	3.0	2.129	0.607
20.0	25.0	2.50	2.5	1.520	0.433	25	40	2.5	2.5	1.730	0.493
13.0	25.0	2.4	2.4	1.134	0.323	25	40	3.0	3.0	2.549	0.726
18.0	25.0	1.5	1.5	0.870	0.235	30	40	3.5	3.5	3.250	0.925
18.0	25.0	2.0	2.0	1.140	0.194	32	40	3.0	3.0	2.378	0.849
20.0	25.0	4.0	4.0	2.280	0.650	50	40	4.0	4.0	5.280	1.500
46.0	27.5	2.5	4.5	3.381	0.964	20	45	3.0	3.0	2.370	0.675
15.0	30.0	1.5	1.5	0.960	0.274	40	45	3.0	3.0	3.638	1.037
30	50	4.0	4.0	4.131	1.177	40	100	6.0	6.0	10.080	3.079
30	50	7.5	6.0	6.600	1.880	48	100	6.3	6.3	11.550	3.240
25	55	5.0	5.0	4.819	1.373	50	100	5.0	5.0	9.580	2.730
30	55	3.0	3.0	3.299	0.940	52	110	12.0	15.0	21.400	6.100
30	50	2.0	2.0	1.560	0.445	34	118	6.5	4.0	8.880	2.530

(6) 铝合金型材 (见表 2-4-16)

等边等壁角形铝材

表 2-4-16

尺寸 mm		截面面积 cm ²	理论重量 kg/m	尺寸 mm		截面面积 cm ²	理论重量 kg/m
H = B	δ			H = B	δ		
12.0	1.0	0.234	0.067	16.0	1.6	0.429	0.122
12.0	2.0	0.440	0.125	16.0	2.4	0.726	0.207
12.5	1.6	0.377	0.107	18.0	1.5	0.524	0.149
15.0	1.0	0.294	0.084	18.0	2.0	0.680	0.194
15.0	1.2	0.353	0.101	19.0	1.6	0.585	0.167
15.0	1.5	0.434	0.124	19.0	2.4	0.861	0.245
15.0	2.0	0.564	0.161	19.0	3.2	1.125	0.321
15.0	3.0	0.820	0.234	20.0	1.0	0.397	0.113
20.0	1.2	0.473	0.135	30.0	4.0	2.240	0.640
20.0	1.5	0.584	0.166	32.0	2.4	1.494	0.426
20.0	2.0	0.764	0.218	32.0	3.2	1.957	0.551
20.0	4.0	1.475	0.420	32.0	3.5	2.131	0.607
22.5	1.5	0.633	0.179	32.0	6.5	3.728	1.062
25.0	1.5	0.734	0.209	35.0	3.0	2.005	0.571
25.0	1.6	0.777	0.221	35.0	4.0	2.657	0.757
25.0	2.0	0.964	0.275	38.0	2.4	1.773	0.605
25.0	2.5	1.189	0.339	38.3	3.5	2.562	0.732
25.0	3.0	1.410	0.403	38.3	5.0	3.590	1.025
25.0	3.2	1.509	0.430	38.3	6.3	4.444	1.266
25.0	4.0	1.857	0.529	40.0	20	1.564	0.446
25.0	5.0	2.424	0.639	40.0	2.5	1.944	0.544
25.0	1.2	0.597	0.170	40.0	3.0	2.320	0.661
25.0	3.5	1.641	0.468	40.0	3.5	2.671	0.762
27.0	2.0	1.049	0.299	46.0	4.0	3.057	0.871
30.0	1.5	0.884	0.252	45.0	4.0	3.457	0.985
30.0	2.0	1.164	0.332	45.0	5.0	4.277	1.219
30.0	2.5	1.441	0.411	50.0	4.0	3.857	1.099
30.0	3.0	1.721	0.490	50.0	5.0	4.777	1.361

等壁 T 字形铝材

表 2-4-17

尺寸 mm			截面面积 cm ²	理论重量 kg/m	尺寸 mm			截面面积 cm ²	理论重量 kg/m
H	B	δ			H	B	δ		
15	25	1.0	0.405	0.115	32	45	3.0	2.259	0.622
20	20	2.0	0.760	0.216	32	48	2.4	1.874	0.534
20	30	1.5	0.740	0.211	32	50	3.0	2.423	0.691
22	48	1.4	0.960	0.273	35	32	1.5	1.000	0.285
25	35	1.5	0.890	0.254	35	35	4.0	2.713	0.773
25	40	2.0	1.280	0.365	35	40	2.0	1.468	0.418
25	45	2.5	1.726	0.492	38	44	5.0	3.910	1.114
25	48	1.5	1.082	0.308	38	50	3.5	3.026	0.862
25	50	2.0	1.499	0.427	38	50	4.8	3.990	1.137
25	50	2.5	1.851	0.527	40	45	3.0	2.479	0.706
27	70	2.0	1.920	0.547	40	45	4.0	3.274	0.933
29	38	1.6	1.055	0.301	40	68	3.0	3.300	0.940
29	58	2.5	2.180	0.622	42	64	4.0	4.100	1.169
30	40	1.5	1.041	0.296	45	40	2.2	1.860	0.530
30	40	2.0	1.370	0.391	51	51	2.4	2.443	0.696
30	45	3.0	2.150	0.613	54	68	3.0	3.608	1.028

槽形铝材

表 2-4-18

尺寸 mm				截面面积 cm ²	理论重量 kg/m	尺寸 mm				截面面积 cm ²	理论重量 kg/m
H	B	δ	δ ₁			H	B	δ	δ ₁		
17.5	8.0	1.75	3.0	0.747	0.213	20	30	2.0	2.0	1.375	0.380
13.0	13.0	1.60	1.6	0.561	0.160	88	31	2.5	5.0	5.769	1.644
34.0	13.0	3.50	3.5	2.573	0.735	25	32	1.8	1.8	1.437	0.409
12.0	19.0	4.00	3.0	1.307	0.372	25	32	2.5	2.5	1.925	0.549
15.0	20.0	1.30	1.3	0.620	0.177	20	35	2.5	2.5	1.770	0.504
28.0	21.0	4.00	4.0	2.868	0.818	50	38	5.0	5.0	6.560	1.870
27.0	22.0	2.00	3.0	1.660	0.473	18	40	2.0	2.0	1.453	0.414
25.0	23.0	1.80	3.0	1.521	0.433	18	40	2.5	2.5	1.795	0.511
15.0	25.0	1.50	1.5	0.795	0.226	18	40	3.0	3.0	2.129	0.607
20.0	25.0	2.50	2.5	1.520	0.433	25	40	2.5	2.5	1.730	0.493
13.0	25.0	2.4	2.4	1.134	0.323	25	40	3.0	3.0	2.549	0.726
18.0	25.0	1.5	1.5	0.870	0.235	30	40	3.5	3.5	3.250	0.925
18.0	25.0	2.0	2.0	1.140	0.194	32	40	3.0	3.0	2.378	0.849
20.0	25.0	4.0	4.0	2.280	0.650	50	40	4.0	4.0	5.280	1.500
46.0	27.5	2.5	4.5	3.381	0.964	20	45	3.0	3.0	2.370	0.675
15.0	30.0	1.5	1.5	0.960	0.274	40	45	3.0	3.0	3.638	1.037
30	50	4.0	4.0	4.131	1.177	40	100	6.0	6.0	10.080	3.079
30	50	7.5	6.0	6.600	1.880	48	100	6.3	6.3	11.550	3.240
25	55	5.0	5.0	4.819	1.373	50	100	5.0	5.0	9.580	2.730
30	55	3.0	3.0	3.299	0.940	52	110	12.0	15.0	21.400	6.100
30	50	2.0	2.0	1.560	0.445	34	118	6.5	4.0	8.880	2.530
38.3	63	4.8	4.8	6.275	1.789	38	118	6.5	8.0	13.615	3.880
48	56	3.0	5.0	5.490	1.563	40	128	9.0	9.0	17.100	4.870
25	60	4.0	4.0	4.131	1.177	80	140	6.0	6.0	17.100	4.870
3.5	60	5.0	5.0	6.000	1.710	80	240	11.5	11.5	44.00	12.58

2 建筑材料的性能和应用

续表

尺寸 mm				截面面积 cm ²	理论重量 kg/m	尺寸 mm				截面面积 cm ²	理论重量 kg/m
H	B	δ	δ ₁			H	B	δ	δ ₁		
40	60	4.0	4.0	4.480	1.279	50	160	8.0	8.0	16.20	4.40
25	70	3.0	3.0	3.449	0.894						
26	70	3.2	3.2	3.700	1.054						
30	70	4.0	4.0	4.931	1.405						
30	70	3.5	3.0	4.030	1.148						
40	70	5.0	5.0	7.080	2.018						
30	80	4.5	4.5	6.010	1.715						
35	80	4.5	4.5	6.414	1.828						
40	80	4.0	4.0	6.131	1.747						
60	80	4.0	4.0	7.480	2.138						
50	90	6.0	6.0	10.680	3.038						

工字形铝材

表 2-4-19

尺寸 mm				截面面积 cm ²	理论重量 kg/m	尺寸 mm				截面面积 cm ²	理论重量 kg/m
H	B	δ	δ ₁			H	B	δ	δ ₁		
28	38	1.2	1.2	1.178	0.336	57	93	8.0	7.0	17.789	5.070
26	34.5	3.5	3.5	3.157	0.900	60	70	5.0	3.0	8.661	2.468
30	30	2.0	1.5	1.616	0.460	68	38	2.5	2.5	3.509	1.000
35	30	2.5	2.0	2.140	0.610	86	60	6.0	6.0	11.600	3.310
40	50	3.5	2.0	4.239	1.208	86	95	8.0	9.0	21.539	6.139
50	50	4.0	2.5	5.153	1.469	102	38	2.1	1.8	3.361	0.958
57	48	8.0	8.0	11.000	3.140	120	75	10.0	8.0	23.000	6.560

工字形铝材

表 2-4-20

尺寸 mm			截面面积 cm ²	理论重量 kg/m	尺寸 mm			截面面积 cm ²	理论重量 kg/m
H	B	δ			H	B	δ		
12.7	15.9	1.6	0.688	0.196	34.0	25.0	3.5	2.764	0.788
20.0	15.0	1.2	0.587	0.167	36.0	26.0	2.5	2.075	0.592
20.0	15.0	1.5	0.721	0.205	36.0	31.5	3.2	2.960	0.844
25.0	18.0	1.5	0.885	0.252	38.0	25.0	3.0	2.613	0.745
25.0	23.0	3.5	2.267	0.646	44.0	25.0	4.0	3.600	1.026
31.0	25.0	2.5	1.900	0.542	50.0	19.0	2.5	2.102	0.599
32.0	14.0	1.9	1.090	0.311					

2-5 混 凝 土

混凝土是由胶凝材料、水和粗、细骨料按适当比例配合、拌制成拌合物,经一定时间硬化而成的人造石材。

混凝土常按照表观密度的大小分类,一般可分为:

重混凝土 表观密度(试件在温度为 $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的条件下干燥至恒重后测定)大于 $2600\text{kg}/\text{m}^3$ 。是用特别密实和特别重的骨料制成的。如重晶石混凝土、钢屑混凝土等,它们具有不透 x 射线和 γ 射线的性能;

普通混凝土 表观密度为 $1950 \sim 2500\text{kg}/\text{m}^3$ 。是用天然的砂、石作骨料配制成的。这类混凝土在土建工程中最常用,如房屋及桥梁等承重结构、道路建筑中的路面等。

轻混凝土 表观密度小于 $1950\text{kg}/\text{m}^3$ 。它又可以分为三类:①轻骨料混凝土,其表观密度范围是 $800 \sim 1950\text{kg}/\text{m}^3$,是用轻骨料如浮石、火山渣、陶粒、膨胀珍珠岩、膨胀矿渣、煤渣等配制成。②多孔混凝土(泡沫混凝土、加气混凝土),其表观密度范围是 $300 \sim 1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。泡沫混凝土是由水泥浆或水泥砂浆与稳定的泡沫制成的。加气混凝土是由水泥、水与发气剂配制成的。③大孔混凝土(普通大孔混凝土、轻骨料大孔混凝土),其组成中无细骨料。普通大孔混凝土的表观密度范围为 $1500 \sim 1900\text{kg}/\text{m}^3$,是用碎石、卵石、重矿渣作骨料配制成的。轻骨料大孔混凝土的表观密度范围为 $500 \sim 1500\text{kg}/\text{m}^3$,是用陶粒、浮石、碎砖、煤渣等作骨料配制成的。

此外,还有为满足不同工程的特殊要求而配制成的各种特种混凝土,如高强混凝土、流态混凝土、防水混凝土、耐热混凝土、耐酸混凝土、纤维混凝土、聚合物混凝土和喷射混凝土等。

混凝土具有许多优点,可根据不同要求配制各种不同性质的混凝土;在凝结前具有良好的塑性,因此可以浇制成各种形状和大小的构件或结构物;它与钢筋有牢固的粘结力,能制作钢筋混凝土结构和构件;经硬化后有抗压强度高与耐久性良好的特性;其组成材料中砂、石等地方材料占 80% 以上,符合就地取材和经济的原則。但事物总是一分为二的,混凝土也存在着抗拉强度低,受拉时变形能力小,容易开裂,自重大等缺点。

由于混凝土具有上述各种优点,因此它是一种主要的建筑材料,无论是工业与民用建筑、给水与排水工程、水利工程以及地下工程、国防建筑等都广泛地应用混凝土。因此,它在国家基本建设中占有重要地位。

一般对混凝土质量的基本要求是:具有符合设计要求的强度;具有与施工条件相适应的施工和易性;具有与工程环境相适应的耐久性。

2-5-1 普通混凝土的组成材料

普通混凝土(简称为混凝土)是由水泥、砂、石和水所组成。为改善混凝土的某些性能还常加入适量的外加剂和掺合料。

1. 混凝土中各组成材料的作用

在混凝土中 ,砂、石起骨架作用 ,称为骨料 ;水泥与水形成水泥浆 ,水泥浆包裹在骨料表面并填充其空隙。在硬化前 ,水泥浆起润滑作用 ,赋予拌合物一定和易性 ,便于施工。水泥浆硬化后 ,则将骨料胶结成一个坚实的整体。混凝土的结构如图 2-5-1 所示。

2. 混凝土组成材料的技术要求

混凝土的技术性质在很大程度上是由原材料的性质及其相对含量决定的。同时也与施工工艺(搅拌、成型、养护)有关。因此 ,我们必须了解其原材料的性质、作用及其质量要求 ,合理选择原材料 ,这样才能保证混凝土的质量。

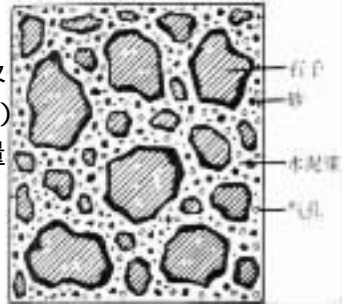


图 2-5-1 混凝土结构

(1) 水泥

① 水泥品种选择

配制混凝土一般可采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥。必要时也可采用快硬硅酸盐水泥或其他水泥。水泥的性能指标必须符合现行国家有关标准的规定。

采用何种水泥 ,应根据混凝土工程特点和所处的环境条件选用。

② 水泥标号选择

水泥标号的选择应与混凝土的设计强度等级相适应。原则上是配制高强度等级的混凝土 ,选用高标号水泥 ;配制低强度等级的混凝土 ,选用低标号水泥。

如必须用高标号水泥配制低强度等级混凝土 ,会使水泥用量偏少 ,影响和易性及密实度 ,所以应掺入一定数量的混合材料。如必须用低标号水泥配制高强度等级混凝土时 ,会使水泥用量过多 ,不经济 ,而且要影响混凝土其它技术性质。

(2) 细骨料

粒径在 0.16 ~ 5mm 之间的骨料为细骨料(砂)。一般采用天然砂 ,它是岩石风化后所形成的大小不等、由于不同矿物散粒组成的混合物 ,一般有河砂、海砂及山砂。配制混凝土时所采用的细骨料的质量要求有以下几方面 :

① 有害杂质

配制混凝土的细骨料要求清洁不含杂质 ,以保证混凝土的质量。而砂中常含有一些有害杂质 ,如云母、粘土、淤泥、粉砂等 ,粘附在砂的表面 ,妨碍水泥与砂的粘结 ,降低混凝土强度 ;同时还增加混凝土的用水量 ,从而加大混凝土的收缩 ,降低抗冻性和抗渗性。一

些有机杂质、硫化物及硫酸盐,它们都对水泥有腐蚀作用。砂中杂质的含量一般应符合表 2-5-4 中规定。重要工程混凝土使用的砂,应进行碱活性检验,经检验判断为有潜在危害时,在配制混凝土时,应使用含碱量小于 0.6% 的水泥或采用能抑制碱—骨料反应的掺合料,如粉煤灰等;当使用含钾、钠离子的外加剂时,必须进行专门试验。在一般情况下,海砂可以配制混凝土和钢筋混凝土,但由于海砂含盐量较大,对钢筋有锈蚀作用,故对钢筋混凝土,海砂中氯离子含量不应超过 0.06% (以干砂重的百分率计)。预应力混凝土不宜用海砂。若必须使用海砂时,则应经淡水冲洗,其氯离子含量不得大于 0.02%。有些杂质如泥土、贝壳和杂物可在使用前经过冲洗、过筛处理将其清除。特别是配制高强度混凝土时更应严格些。当用较高标号水泥配制低强度混凝土时,由于水灰比(水与水泥的质量比)大,水泥用量少,拌合物的和易性不好。这时,如果砂中泥土细粉多一些,则只要将搅拌时间稍加延长,就可改善拌合物的和易性。

② 颗粒形状及表面特征

细骨料的颗粒形状及表面特征会影响其与水泥的粘结及混凝土拌合物的流动性。山砂的颗粒多具有棱角,表面粗糙,与水泥粘结较好,用它拌制的混凝土强度较高,但拌合物的流动性较差;河砂、海砂,其颗粒多呈圆形,表面光滑,与水泥的粘结较差,用来拌制混凝土,混凝土的强度则较低,但拌合物的流动性较好。

③ 砂的颗粒级配及粗细程度

砂的颗粒级配,即表示砂大小颗粒的搭配情况。在混凝土中砂粒之间的空隙是由水泥浆所填充,为达到节约水泥和提高强度的目的,就应尽量减小砂粒之间的空隙。从图 2-5-2 可以看到,如果是同样粗细的砂,空隙最大[图 2-5-2(a)];两种粒径的砂搭配起来,空隙就减小了[图 2-5-2(b)];三种粒径的砂搭配,空隙就更小了[图 2-5-2(c)]。由此可见,要想减小砂粒间的空隙,就必须有大小不同的颗粒搭配。

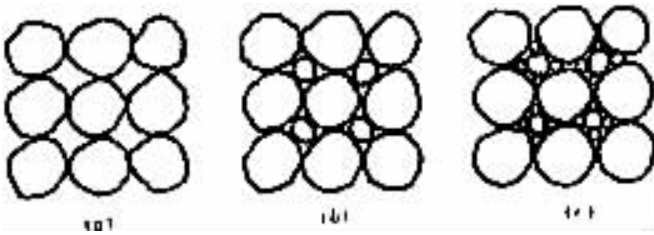


图 2-5-2 骨料颗粒级配

砂的粗细程度,是指不同粒径的砂粒混合在一起的总体的粗细程度,通常有粗砂、中砂与细砂之分。在相同质量条件下,细砂的总表面积较大,而粗砂的总表面积较小。在混凝土中,砂子的表面需要由水泥浆包裹,砂子的总表面积愈大,则需要包裹砂粒表面的水泥浆就愈多。因此,一般说用粗砂拌制混凝土比用细砂所需的水泥浆为省。

因此,在拌制混凝土时,这两个因素(砂的颗粒级配和粗细程度)应同时考虑。当砂中含有较多的粗粒径砂,并以适当的中粒径砂及少量细粒径砂填充其空隙,则可达到空隙率及总表面积均较小,这样的砂比较理想,不仅水泥浆用量较少,而且还可提高混凝土的密实性与强度。可见控制砂的颗粒级配和粗细程度有很大的技术经济意义,因而它们是评

2 建筑材料的性能和应用

定砂质量的重要指标。仅用粗细程度这一指标是不能作为判据的。

砂的颗粒级配和粗细程度,常用筛分析的方法进行测定。用级配区表示砂的颗粒级配,用细度模数表示砂的粗细。筛分析的方法,是用一套孔径(净尺寸)为5、2.50、1.25、0.63、0.315及0.16mm的标准筛,将500g的干砂试样由粗到细依次过筛,然后称得余留在各个筛上的砂的质量,并计算出各筛上的分计筛余百分率 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 和 a_6 (各筛上的筛余量占砂样总量的百分率)及累计筛余百分率 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 和 A_6 (各个筛和比该筛粗的所有分计筛余百分率相加在一起)。累计筛余与分计筛余的关系见表2-5-1。

累计筛余与分计筛余的关系

表 2-5-1

筛孔尺寸(mm)	分计筛余(%)	累计筛余(%)
5	a_1	$A_1 = a_1$
2.50	a_2	$A_2 = a_1 + a_2$
1.25	a_3	$A_3 = a_1 + a_2 + a_3$
0.63	a_4	$A_4 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$
0.315	a_5	$A_5 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5$
0.16	a_6	$A_6 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6$

细度模数 μ_f 的公式:

$$\text{细度模数}(\mu_f) = \frac{(A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6) - 5A_1}{100 - A_1}$$

细度模数(μ_f)愈大,表示砂愈粗。普通混凝土用砂的粗细程度按细度模数分为粗、中、细三级,其细度模数范围: μ_f 在3.7~3.1为粗砂, μ_f 在3.0~2.3为中砂, μ_f 在2.2~1.6为细砂。

根据0.63mm筛孔的累计筛余量分成三个级配区(表2-5-2),混凝土用砂的颗粒级配,应处于表2-5-2中的任何一个级配区以内。砂的实际颗粒级配与表中所列的累计筛余百分率相比,除5mm和0.63mm筛号外,允许有超出分区界线,但其总量百分率不应大于5%。以累计筛余百分率为纵坐标,以筛孔尺寸为横坐标,根据表2-5-2规定画出砂1、2、3级配区的筛分曲线,如图2-5-2所示。砂过粗(细度模数大于3.7)配成的混凝土,其拌合物的和易性不易控制,且内摩擦大,不易振捣成型;砂过细(细度模数小于0.7)配成的混凝土,既要增加较多的水泥用量,而且强度显著降低。所以这两种砂未包括在级配区内。

砂颗粒级配区

表 2-5-2

筛孔尺寸(mm)	级配区		
	1区	2区	3区
	累计筛余(按质量计)(%)		
10.000	0	0	0
5.00	10~0	10~0	10~0
2.50	35~5	25~0	15~0
1.25	65~35	50~10	25~0
0.63	85~71	70~41	40~16
0.315	95~80	92~70	85~55
0.16	100~90	100~90	100~90

注 1. 允许超出 $\geq 5\%$ 的总量,是指几个粒级累计筛余百分率超出的和,或只是某一粒级的超出百分率。

2. 摘自《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》JGJ52-92。

从筛分曲线也可看出砂的粗细,筛分曲线超过第 1 区往右下偏时,表示砂过粗。筛分曲线超过第 3 区往左上偏时则表示砂过细。

如果砂的自然级配不合适,不符合级配区的要求,这时就要采用人工级配的方法来改善。最简单的措施是将粗、细砂按适当比例进行试配,掺合使用。

为调整级配,在不得已时,也可将砂加以过筛,筛除过粗或过细的颗粒。

配制混凝土时宜优先选用 2 区砂;当采用 1 区砂时,应提高砂率,并保持足够的水泥用量,以满足混凝土的和易性要求;当采用 3 区砂时,宜适当降低砂率,以保证混凝土的强度。对于泵送混凝土,宜选用中砂。

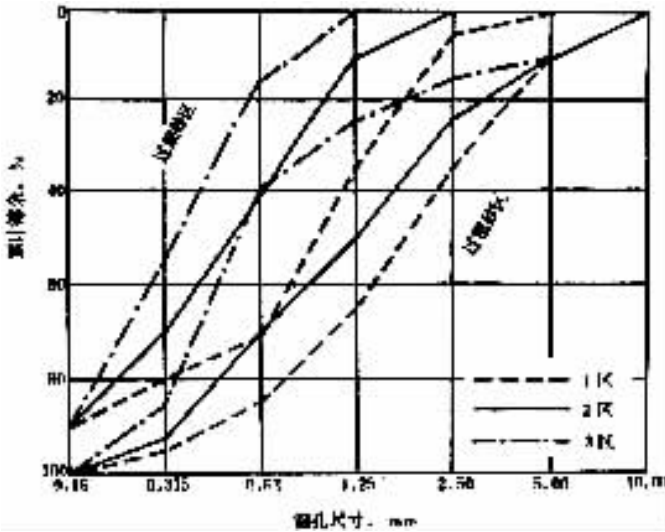


图 2-5-3 砂的 1、2、3 级配区曲线

④砂的坚固性

砂的坚固性是指砂在气候、环境变化或其它物理因素作用下抵抗破裂的能力。按标准 JGJ52-92 规定,砂的坚固性用硫酸钠溶液检验,试样经 5 次循环后其质量损失应符合表 2-5-3 规定。有抗疲劳、耐磨、抗冲击要求的混凝土用砂或有腐蚀介质作用或经常处于水位变化区的地下结构混凝土用砂,其坚固性质量损失率应小于 8%。

砂的坚固性指标

表 2-5-3

混凝土所处的环境条件	循环后的质量损失(%)
在严寒及寒冷地区室外使用并经常处于潮湿或干湿交替状态下的混凝土	≤ 8
其它条件下使用的混凝土	≤ 10

(3)粗骨料

普通混凝土常用的粗骨料有碎石和卵石。由天然岩石或卵石经破碎、筛分而得的,粒径大于 5mm 的岩石颗粒,称为碎石或碎卵石。岩石由于自然条件作用而形成的,粒径大

2 建筑材料的性能和应用

于 5mm 的颗粒,称为卵石。

配制混凝土的粗骨料的质量要求有以下几个方面:

①有害杂质

粗骨料中常含有一些有害杂质,如粘土、淤泥、细屑、硫酸盐、硫化物和有机杂质。它们的危害作用与在细骨料中的相同。它们的含量一般应符合表 2-5-4 中规定。当粗骨

砂、石子中杂质含量及石子中针、片状颗粒含量 表 2-5-4

项 目		质 量 标 准	
		高于或等于 C30 的混凝土	低于 C30 的混凝土
含泥量 按质量计,不大于(%)	碎石或卵石	1.0	2.0
	砂	3.0	5.0
泥块含量 按质量计,不大于(%)	碎石或卵石	0.50	0.70
	砂	1.0	2.0
硫化物和硫酸盐含量 (折算为 SO ₃)按质量计,不大于(%)	碎石或卵石	1.0	
	砂	1.0	
有机质含量(用比色法试验)	卵石	颜色不得深于标准色 如深于标准色 则应配制成混凝土进行强度对比试验 抗压强度比应不低于 0.95	
	砂	颜色不得深于标准色 如深于标准色 则应按水泥胶砂强度的方法 进行强度对比试验 抗压强度比不应低于 0.95	
云母含量 按质量计,不宜大于(%)	砂	2.0	
轻物质含量 按质量计,不宜大于(%)	砂	1.0	
针、片状颗粒含量 按质量计,不大于(%)	碎石或卵石	15	25

注 1. 摘自《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》(JGJ52-92)和《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》(JGJ53-92)。

2. 对有抗冻、抗渗或其他特殊要求的混凝土用砂,其含泥量不应大于 3%。
3. 对 C10 和 C10 以下的混凝土用砂,根据水泥标号,其含泥量可酌情放宽。
4. 对有抗冻、抗渗或其它特殊要求的混凝土用砂,其泥块含量应不大于 1%。
5. 对 C10 和 C10 以下的混凝土用砂,根据水泥标号,其泥块含量可予以放宽。
6. 对有抗冻、抗渗要求的混凝土,砂中云母含量应不大于 1%。
7. 砂中如含有颗粒状的硫酸盐或硫化物,则要求经专门检验,确认能满足混凝土耐久性要求时方能采用。
8. 对有抗冻、抗渗或其它特殊要求的混凝土,其所用碎石或卵石的含泥量不应大于 1%。
9. 碎石或卵石中如含泥基本上是非粘土质的石粉时,其总含量可由 1.0% 及 2.0% 分别提高到 1.5% 和 3.0%。
10. 对 C10 和低于 C10 的混凝土用碎石或卵石,其含泥量可放宽到 2.5%。
11. 有抗冻、抗渗和其他特殊要求的混凝土,其所用碎石或卵石的泥块含量不应大于 0.50%。
12. 对于 C10 和 C10 以下的混凝土用碎石或卵石,其泥块含量可放宽到 1.00%。
13. 碎石或卵石中如含有颗粒状硫酸盐或硫化物,则要求经专门检验,确认能满足混凝土耐久性要求时方能采用。
14. 对 C10 及 C10 以下的混凝土,其粗骨料中的针、片状颗粒含量可放宽到 40%。

料中夹杂着活性氧化硅(活性氧化硅的矿物形式有蛋白石、玉髓和鳞石英等,含有活性氧化硅的岩石有流纹岩、安山岩和凝灰岩等)时,如果混凝土中所用的水泥又含有较多的碱,就可能发生碱骨料破坏。这是因为水泥中碱性氧化物水解后形成的氢氧化钠和氢氧化钾

与骨料中的活性氧化硅起化学反映,结果在骨料表面生成了复杂的碱—硅酸凝胶。这样就改变了骨料与水泥浆原来界面,生成的凝胶是无限膨胀性的(指不断吸水后体积可以不断肿胀),由于凝胶为水泥石所包围,故当凝胶吸水不断肿胀时,会把水泥石胀裂。这种碱性氧化物和活性氧化硅之间的化学作用通常称为碱骨料反应。重要工程的混凝土所使用的碎石或卵石应进行碱活性检验。经检验判定骨料有潜在危害时,则应遵守以下规定使用:①使用含碱量小于0.6%的水泥或采用能抑制碱—骨料反应的掺合料;②当使用含钾、钠离子的混凝土外加剂时,必须进行专门试验。目前最常用的检验方法是砂浆长度法,这种方法是含活性氧化硅的骨料与高碱水泥制成1:2.25的胶砂试块,在恒温、恒湿中养护,定期测定试块的膨胀值,直到龄期12个月。如果在6个月中,试块的膨胀率超过0.05%或1年中超过0.1%,这种骨料就认为是具有活性的。若骨料中含有活性碳酸盐,应用岩石柱法进行检验,经检验判定骨料有潜在危害时,不宜作混凝土骨料。另外粗骨料中严禁混入煅烧过的白云石或石灰石块。

② 颗粒形状及表面特征

粗骨料的颗粒形状及表面特征同样会影响其与水泥的粘结及混凝土拌合物的流动性。碎石具有棱角,表面粗糙,与水泥粘结较好,而卵石多为圆形,表面光滑,与水泥的粘结较差,在水泥用量和水用量相同的情况下,碎石拌制的混凝土流动性较差,但强度较高,而卵石拌制的混凝土则流动性较好,但强度较低。如要求流动性相同,用卵石时用水量可少些,结果强度不一定低。

粗骨料的颗粒形状还有属于针状(颗粒长度大于该颗粒所属粒级的平均粒径^①的2.4倍)和片状(厚度小于平均粒径的0.4倍)的,这种针、片状颗粒过多,会使混凝土强度降低。针、片状颗粒含量一般应符合2-5-4中规定。

③ 最大粒径及颗粒级配

A. 最大粒径

粗骨料中公称粒级的上限称为该粒级的最大粒径。当骨料粒径增大时,其比表面积随之减小。因此,保证一定厚度润滑层所需的水泥浆或砂浆的数量也相应减少,所以粗骨料的粒径应在条件许可下,尽量选用得大些。由试验研究证明,最佳的最大粒径取决于混凝土的水泥用量。在水泥用量少的混凝土中(每 1m^3 混凝土的水泥用量 $\geq 170\text{kg}$),采用大骨料是有利的。在普通配合比的结构混凝土中,骨料粒径大于40mm并没有好处。骨料最大粒径还受结构型式和配筋疏密限制。根据《混凝土结构工程施工及验收规范》GB50204—92的规定,混凝土粗骨料的粒径不得超过结构截面最小尺寸的 $1/4$,同时不得大于钢筋间最小净距的 $3/4$ 。对于混凝土实心板,可允许采用最大粒径达 $1/2$ 板厚的骨料,但最大粒径不得超过50mm。石子粒径过大,对运输和搅拌都不方便。

为减少水泥用量、降低混凝土的温度和收缩应力,在大体积混凝土内,也常用毛石来填充。毛石(片石)是爆破石灰岩、白云岩及砂岩所得到的形状不规则的大石块,一般尺寸在一个方向达30~40mm,质量约20~30kg左右。因此,这种混凝土也常称为毛石混凝土。

^① 指一个粒级下限和上限粒径的平均值。

B. 颗粒级配

石子级配好坏对节约水泥和保证混凝土具有良好的和易性有很大关系。特别是拌制高强度混凝土,石子级配更为重要。

石子的级配也通过筛分试验来确定,石子的标准筛有孔径为 2.5、5、10、16、20、25、31.5、40、50、63、80 及 100mm 等 12 个筛子。普通混凝土用碎石或卵石的颗粒级配应符合表 2-5-5 的规定。试样筛分所需筛号,应按表 2-5-5 中规定的级配要求选用。分计筛余百分率和累计筛余百分率计算均与砂的相同。

碎石或卵石的颗粒级配范围

表 2-5-5

级配情况	公称粒级 (mm)	累计筛余 按质量计(%)											
		筛孔尺寸(圆孔筛) (mm)											
		2.50	5.00	10.00	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0	50.0	63.0	80.0	100
连续粒级	5~10	95~100	80~100	0~15	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	5~16	95~100	90~100	30~60	0~10	0	-	-	-	-	-	-	-
	5~20	95~100	90~100	40~70	-	0~10	0	-	-	-	-	-	-
	5~25	95~100	90~100	-	30~70	-	0~5	0	-	-	-	-	-
	5~31.5	95~100	90~100	70~90	-	15~45	-	0~5	0	-	-	-	-
	5~40	-	95~100	75~90	-	30~65	-	-	0~5	0	-	-	-
单粒级	10~20	-	95~100	85~100	-	0~15	0	-	-	-	-	-	-
	16~31.5	-	95~100	-	85~100	-	-	0~10	0	-	-	-	-
	20~40	-	-	95~100	-	80~100	-	-	0~10	0	-	-	-
	31.5~63	-	-	-	95~100	-	-	75~100	45~75	-	0~10	0	-
	40~80	-	-	-	-	95~100	-	-	70~100	-	36~60	0~10	0

注 1. 摘自《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》(JCJ53-92)。

2. 公称粒级的上限为该粒级的最大粒径。单粒级一般用于组合成具有要求级配连续粒级,它也可与连续粒级的碎石或卵石混合使用,以改善它们的级配或配成较大粒度的连续粒级。
3. 根据混凝土工程和资源的具体情况,进行综合技术经济分析后,在特殊情况下,允许直接采用单粒级,但必须避免混凝土发生离析。

④强度

为保证混凝土的强度要求,粗骨料都必须是质地致密、具有足够的强度。碎石或卵石的强度可用岩石立方体强度和压碎指标两种方法表示。当混凝土强度等级为 C60 及以上时,应进行岩石抗压强度检验。在选择采石场或对粗骨料强度有严格要求或对质量有争议时,也宜用岩石立方体强度作检验。对经常性的生产质量控制则可用压碎指标值检验。

用岩石立方体强度表示粗骨料强度。是将岩石制成 5cm×5cm×5cm 的立方体(或直径与高均为 5cm 的圆柱体)试件,在水饱和状态下,其抗压强度(MPa)与设计要求的混凝土强度等级之比,作为碎石或碎卵石的强度指标,根据 JCJ53-92 规定不应小于 1.5。但在一般情况下,火成岩试件的强度不宜低于 80MPa,变质岩不宜低于 60MPa,水成岩不宜低于 30MPa。

用压碎指标表示粗骨料的强度时,是将一定质量气干状态下 10~20mm 的石子装入一定规格的圆筒内,在压力机上施加荷载到 200kN,卸荷后称取试样质量(m_0),用孔径为 2.5mm 的筛筛除被压碎的细粒,称取试样的筛余量(m_1)。

$$\text{压碎指标}(\delta_0) = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\%$$

式中 m_0 ——试样的质量 g ;

m_1 ——压碎试验后筛余的试样质量 g 。

压碎指标表示石子抵抗压碎的能力,以间接地推测其相应的强度。压碎指标应符合表 2-5-6 和表 2-5-7 的规定。

⑤ 坚固性

有抗冻要求的混凝土所用粗骨料,要求测定其坚固性。即用硫酸钠溶液法检验,试样经五次循环后,其质量损失应不超过表 2-5-8 的规定。

碎石的压碎指标值

表 2-5-6

岩石品种	混凝土强度等级	碎石压碎指标值(%)
水成岩	C55 ~ C40	≤ 10
	≤ C35	≤ 16
变质岩或深成的火成岩	C55 ~ C40	≤ 12
	≤ C35	≤ 20
火成岩	C55 ~ C40	≤ 13
	≤ C35	≤ 30

卵石的压碎指标值

表 2-5-7

混凝土强度等级	C55 ~ C40	≤ 35
压碎指标值(%)	≤ 12	≤ 16

碎石和卵石的坚固性指标

表 2-5-8

混凝土所处的环境条件	循环后的质量损失(%)
在严寒及寒冷地区室外使用,并经常处于潮湿或干湿交替状态下的混凝土	≤ 8
在其它条件下使用的混凝土	≤ 12

注:有腐蚀性介质作用或经常处于水位变化区的地下结构或有抗疲劳、耐磨、抗冲击等要求的混凝土用碎石或卵石,其质量损失应不大于 8%。

(4) 骨料的含水状态及饱和面干吸水率

骨料一般有干燥状态、气干状态、饱和面干状态和湿润状态等四种含水状态,如图 2-5-4 所示。骨料含水率等于或接近于零时称干燥状态,含水率与大气湿度相平衡时称气干状态,骨料表面干燥而内部孔隙含水达饱和时称饱和面干状态,骨料不仅内部孔隙充满水,而且表面还附有一层表面水时称湿润状态。

在拌制混凝土时,由于骨料含水状态的不同,将影响混凝土的用水量和骨料用量。骨料在饱和面干状态时的含水率,称为饱和面干吸水率。在计算混凝土中各项材料的配合比时,如以饱和面干骨料为基准,则不会影响混凝土的用水量和骨料用量,因为饱和面干骨料既不从混凝土中吸取水分,也不向混凝土拌合物中释放水分。因此一些大型水利工

程常以饱和面干状态骨料为基准,这样混凝土的用水量和骨料用量的控制就较准确。而在一般工业与民用建筑工程中混凝土配合比设计,常以干燥状态骨料为基准。这是因为坚固的骨料其饱和面干吸水率一般不超过 2%,而且在工程施工中,必须经常测定骨料的含水率,以及时调整混凝土组成材料实际用量的比例,从而保证混凝土的质量。当细骨料被水湿润有表面水膜时,常会出现砂的堆积体积增大的现象。砂的这种性质在验收材料和配制混凝土按体积定量配料时具有重要意义。

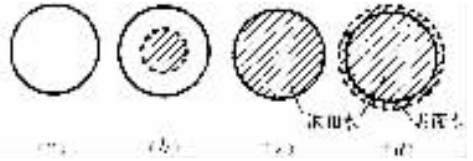


图 2-5-4 骨料的含水状态
(a)全干状态 (b)气干状态;
(c)饱和面干状态 (d)湿润状态

(5) 混凝土拌合及养护用水

混凝土拌合用水按水源可分为饮用水、地表水、地下水、海水以及经适当处理或处置后的工业废水。

对混凝土拌合及养护用水的质量要求是:不得影响混凝土的和易性及凝结;不得有损于混凝土强度发展;不得降低混凝土的耐久性、加快钢筋腐蚀及导致预应力钢筋脆断;不得污染混凝土表面。当使用混凝土生产厂及商品混凝土厂设备的洗刷水时,水中物质含量限值应符合表 2-5-9 的要求。在对水质有怀疑时,应将该水与蒸馏水或饮用水进行水泥凝结时间、砂浆或混凝土强度对比试验。测得的初凝时间差及终凝时间差均不得大于 30min,其初凝和终凝时间还应符合水泥国家标准的规定。用该水制成的砂浆或混凝土 28d 抗压强度应不低于蒸馏水或饮用水制成的砂浆或混凝土抗压强度的 90%。海水中含有硫酸盐、镁盐和氯化物,对水泥石有侵蚀作用,对钢筋也会造成锈蚀,因此不得用于拌制钢筋混凝土和预应力混凝土。

水中物质含量限值

表 2-5-9

项 目	预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土
pH 值	> 4	> 4	> 4
不溶物 (mg/L)	< 2000	< 2000	< 5000
可溶物 (mg/L)	< 2000	< 5000	< 10000
氯化物 (以 Cl ⁻ 计) (mg/L)	500 ^①	< 1200	< 3500
硫酸盐 (以 SO ₄ ²⁻ 计) (mg/L)	< 600	< 2700	< 2700
硫化物 (以 S ²⁻ 计) (mg/L)	< 100	-	-

①使用钢丝或经热处理钢筋的预应力混凝土氯化物含量不得超过 350mg/L。

注:本表摘自《混凝土拌合用水标准》(JCJ63-89)。

2-5-2 混凝土的基本性能

1. 混凝土及其分类

混凝土是以胶凝材料、水、细骨料、粗骨料,必要时掺入化学外掺剂和矿物质混合材料,按适当比例配合,经过均匀拌制、密实成型及养护硬化而成的人工石材。

混凝土按胶凝材料分有:无机胶凝材料混凝土,如水泥混凝土、石膏混凝土、水玻璃混凝土等;有机胶凝材料混凝土,如沥青混凝土、聚合物混凝土等。

混凝土按容重分有:特重混凝土(容重大于 $2700\text{kg}/\text{m}^3$,含有重骨料如钢屑、重晶石等);普通混凝土(容重 $1900\sim 2500\text{kg}/\text{m}^3$,以普通砂石为骨料);轻混凝土(容重 $1000\sim 1900\text{kg}/\text{m}^3$);特轻混凝土(容重小于 $1000\text{kg}/\text{m}^3$,如泡沫混凝土、加气混凝土等)。

混凝土按使用功能分主要有:结构混凝土、保温混凝土、耐酸混凝土、耐碱混凝土、耐硫酸盐混凝土、耐热混凝土、防水混凝土、水工混凝土、海洋混凝土、防辐射混凝土等。

混凝土按施工工艺分主要有:普通浇筑混凝土、离心成型混凝土、喷射混凝土、泵送混凝土等。

混凝土按配筋情况分有:素(即无筋)混凝土、钢筋混凝土、劲性钢筋混凝土、钢丝网水泥、纤维混凝土、预应力混凝土等。

混凝土按拌合料的流动度分有:干硬性混凝土、半干硬性混凝土、塑性混凝土、流动性混凝土、大流动性混凝土等。

2. 混凝土拌合料的基本性能

混凝土的各种组成材料,按一定比例,经搅拌后尚未凝结硬化的材料,称为混凝土拌合料,也可称为新拌混凝土。它具有一定的弹性、粘性和塑性,一般可使用‘和易性’或‘稠度’来综合说明混凝土拌合料在这方面的性能。

(1) 和易性和稠度

和易性是指混凝土拌合料是否适合于施工操作的性能,也称为工作度。它是混凝土的流动性、粘聚性、保水性等各项性能的综合反映。通常用以表示混凝土和易性的方法是混凝土的坍落度。

影响混凝土和易性的因素很多,主要是水泥的性质,骨料的粒形和表面性质,水泥浆与骨料的相对含量,外掺剂的性质和掺量,以及施工环境(温度、湿度)、工艺条件(搅拌程度、静定过程、运输方法、浇筑时间)等等。

混凝土的稠度,一般是指它的流动度。稠度大的拌合料,其流动度也大,浇筑时容易捣固,便于施工。稠度的大小,主要取决于混凝土的用水量。稠度也以坍落度测定表示。

(2) 离析和泌水

混凝土拌合料的均匀性一旦受到破坏,就会产生混凝土拌合料各种组合成分之间的分离现象,称之为离析。而砂石骨料的颗粒粗细和比重大小都不一致是引起离析的主要因素,故离析是难以完全避免的。但在施工中应通过采用适当的配合比和合理的操作工

艺,尽可能做到减少离析。

混凝土拌合料的离析可分为两类。一类是粗骨料与砂浆的离析,由于两者的比重不同,粗细骨料的粒径过于悬殊,都可造成石子与砂浆的分离;另一类是水泥浆和粗细骨料之间的离析,表现为水泥浆从拌合料中淌出。这主要出现在流动性大的混凝土拌合料中,致使混凝土浇筑后会出现跑浆、蜂窝、麻面等情况。

混凝土拌合料浇筑之后到开始凝结期间,由于骨料和水泥浆下沉,水分上升,在已浇筑构件的表面析出水分的现象称为泌水。泌水的结果,使混凝土表面拌合料的含水量增加,产生大量的浮浆,硬化后使面层的混凝土强度低于内部的混凝土强度,并产生大量容易剥落的“粉尘”。在混凝土采用分层施工浇筑工艺时,必须清除这些泌水和浮浆,以免严重影响上下层混凝土之间的粘结能力。此外,一些上升的水还会聚积在粗骨料或钢筋底部,硬化后成为空隙,影响钢筋和混凝土的握裹强度。

(3) 振捣的工艺特性

混凝土拌合料在搅拌、浇筑入模之后,必须经过振动捣固、密实成型的工艺。振捣成型的目的在于使混凝土拌合料按要求成型并达到结构密实。振捣是混凝土工艺的中心环节之一,它是通过机械或其他方式的振动,使拌合料的颗粒之间以不同的振动加速发生液化,破坏初始颗粒之间的不稳定平衡状况,骨料颗粒依靠自重达到稳定位置,游离水分挤压上升,气泡逸出表面,混凝土最终逐渐变成密实状态。合理的振捣成型方法能使混凝土达到很高的密实度,从而大大提高混凝土结构物的耐久性。振捣的效果与所采用的振捣方法和振捣工具的性能有很大的关系。混凝土捣实的难易程度取决于混凝土拌合料的和易性、容重、砂率、空气含量及骨料的颗粒大小和形状等因素。和易性好,砂率恰当及加入减水剂的混凝土振捣比较容易,轻骨料混凝土、碎石混凝土则较卵石混凝土相对困难一些。

3. 混凝土在凝结硬化中的性能

混凝土的凝结硬化过程实质上是混凝土胶凝材料的凝结硬化过程。由于胶凝材料的性能不同,因而混凝土在凝结硬化过程中对施工也提出了一系列不同的要求。了解混凝土在凝结硬化中的性能,对于更好地选择施工方法,控制质量等是很有必要的。

(1) 凝结

混凝土浇筑入模直到硬化的这段时间,由流动性很大的状态逐渐丧失可塑性,转化为固体状态,这种变化叫做凝结。混凝土的凝结按硬化程度分成初凝和终凝两个阶段,混凝土拌合物由流动状态变为初步硬化状态叫初凝;完全变成固体状态,具有一定强度叫终凝。在初凝和终凝之间,混凝土常常发生表面泌水,骨料下沉,并出现初期收缩和水化升温等现象。

混凝土的凝结时间决定了混凝土施工工艺全过程的时间,即任何混凝土的运输、浇筑、振捣,必须在混凝土初凝以前完成。混凝土的凝结时间主要决定于水泥的凝结时间,同时也和外掺剂、混凝土配合比、气候条件和施工条件等有关。高温、干燥、曝晒、刮风等都会加快混凝土凝结速度,其中以温度的影响最为敏感。

(2) 初期体积变化和裂缝

混凝土的初凝到终凝大约从2h到9h左右(20℃)。由于水泥浆在水化过程中要发生体积收缩,这期间混凝土的体积将发生急剧的初期收缩。

混凝土浇筑后不久发生的裂缝,一般称作初期裂缝。大致有材料沉陷裂缝和初期干缩裂缝(塑性收缩裂缝)。

(3) 水化升温

混凝土在凝结过程中,由于水泥的水化作用释放出的热量称为水泥的水化热。因此混凝土在凝结硬化过程中,会出现水化升温现象,这有助于促使混凝土强度的增长。但在体积较大的混凝土结构中,由于混凝土的导热性能差,其外部的的水化热量散失较快,而积聚在结构物内部的水化热则不易散失,造成混凝土各部位之间的温度差和温度应力,从而产生温度裂缝,给工程带来不同程度的危害。因此,在大体积混凝土施工时,要进行温度和温度应力计算,在浇筑完成以后的一段时间内,要妥加养护,特别使表面温度不致降低过快,以防止发生温度裂缝。

就材料本身的特点而言,凡具有早强性能的水泥,其水化热也较高,收缩较大。

(4) 初期强度

混凝土在凝结后,初步具有抵抗外部荷载作用的强度,叫做混凝土的初期强度。混凝土的初期强度与所取用的水泥品种、掺用的外掺剂和施工环境有很大的关系。如采用快硬性水泥,或掺用早强剂,或在气温较高的气候条件下施工,混凝土的早期强度都将大大提高。

4. 混凝土硬化后的性能

(1) 抗压强度

混凝土具有较高的抗压强度,因此,抗压强度是施工中控制和评定混凝土质量的主要指标。标准抗压强度系指按标准方法制作和养护的边长为150mm立方体试件,在28d龄期,用标准试验方法测得的强度总体分布的0.05分位数。

凡可利用混凝土后期强度的工程,也可按设计要求采用60d或90d龄期的抗压强度。

(2) 其他强度

① 抗拉强度

混凝土抗拉强度相当低,在钢筋混凝土结构中是假定混凝土不承受拉应力的。但是抗拉强度对混凝土的抗裂性却起着重要的作用。抗拉强度一般与同龄期抗压强度的拉压比有关,拉压比的变化范围大致为6~14%左右。在其他条件不变时,拉压比主要随着抗压强度的增高而减小,即混凝土的抗压强度越高,拉压比就越小。

② 抗剪强度

混凝土的抗剪强度一般较抗拉强度为大。由于测试上的困难,混凝土的抗剪强度不易准确测定。经验表明,直接抗剪强度约为抗压强度的15~25%,为抗拉强度的2.5倍左右。

③ 握裹强度

钢筋混凝土是以钢筋和混凝土作为一个整体承受荷载的结构,因此钢筋与混凝土之间必须具有充分的粘结强度。埋入混凝土中的钢筋在拉出一定滑动量时所产生的抵抗力称为握裹力(或粘接力),单位面积钢筋上所受的握裹力称为握裹强度。构成握裹力的主要因素是:钢筋与水泥净浆之间在滑动前的纯粘接力,钢筋与混凝土之间由于混凝土硬化收缩而存在的侧压力在钢筋表面产生的摩擦抗力,钢筋表面凹凸不平产生的机械抗力。握裹强度的大小是随钢筋的种类、混凝土中钢筋的位置与方向、混凝土保护层的厚度、混

凝土的性能而改变的。

④疲劳强度

混凝土承受小于静力强度的应力,经过几次,甚至几百万次反复作用而发生破坏,称为疲劳破坏,抵抗疲劳破坏的强度就是疲劳强度。混凝土是一种典型的脆性材料,疲劳引起破坏的原因,主要是由于混凝土中细微裂缝发展。试验表明,普通混凝土对于 $10^6 \sim 10^7$ 次反复荷载的抗压疲劳强度,为静力抗压强度的50%~60%,轻骨料混凝土约为40%~50%。

(3)弹性模量

混凝土不是一种完全弹性体材料,应力与应变成为曲线关系,在荷载较小的初期阶段,曲线近似直线,随着荷载的增加,曲线的曲率也随之增加,当卸除荷载后会有残留应变产生。总应变减去残留应变就称为弹性应变。普通混凝土的应力越低,残留应变所占总应变之比越小,应力达到破坏强度的50%,其比值约为10%左右。

弹性模量是根据应力—应变曲线而得出的。弹性模量通过抗压强度及单位体积重量的关系来表达。一般在结构计算中采用应力—应变图形中相当于 $1/3 \sim 1/4$ 极限实力的割线弹性模量。

混凝土的强度越大,弹性模量也越高。但是混凝土弹性模量和强度的关系,在不同的情况下,也有所不同。如潮湿混凝土试件的弹性模量较干燥试件为高,而对混凝土强度的影响恰好相反,骨料对弹性模量的影响是:骨料的弹性模量越大,混凝土的弹性模量一般也越高。混凝土的弹性模量还与配合比和试件的龄期有关,后期其弹性模量增长较强度为快,在相同强度的情况下,早期养护温度较低的混凝土具有较高的弹性模量。因此,蒸气养护混凝土的弹性模量较具有相同强度的正常养护混凝土约低10%,轻骨料混凝土的弹性模量往往只有相同强度的普通混凝土的40%~80%。

(4)耐久性

混凝土在使用过程中抵抗各种破坏作用的能力叫混凝土的耐久性。混凝土耐久性的好坏决定混凝土工程的寿命,是一个很重要的性能,因此长期以来受到人们的高度重视。影响混凝土耐久性的因素主要有以下几种:冻融循环作用、碳化作用、环境水作用、风化作用、钢筋锈蚀作用和碱—骨料反应作用,其中最主要的是冻融循环作用和碳化作用。

混凝土受冻后,其游离水分会膨胀,使混凝土的组织结构遭到破坏。当混凝土再次受冻后,其残留的膨胀部分又再吸入水分,使冻害进一步加剧,这样就形成了恶性循环,使混凝土的破坏越来越严重。因此,有些国家把混凝土的抗冻性作为评定混凝土的主要指标,尤其是用于露天结构更为重要。

混凝土失去碱性的现象叫做碳化。碳化的结果将使混凝土强度降低,并且失去保护钢筋不受锈蚀的能力。

2-5-3 轻混凝土

轻集料混凝土按粗集料种类可划分为 ①工业废料轻集料混凝土,如粉煤灰陶粒混凝土;②天然轻集料混凝土,如浮石混凝土;③人造轻集料混凝土,如膨胀珍珠岩混凝土。轻集料混凝土若按细集料品种可划分为全轻混凝土和砂轻混凝土,前者全部粗细集料均采用轻集料,而后的细集料部分或全部采用普通砂。

随着建筑不断向高层和大跨度的方向发展,以及建筑业的工业化、机械化和装配化程度的不断提高,轻集料混凝土获得了相应发展,并显示出优越的技术经济效果。它可降低钢筋混凝土结构的质量 30%~50%,减少结构基础处理费用,增大装配式构件的尺寸,改善建筑物的保温和抗震性能,同时还可降低工程造价。

1. 轻集料的种类、制造方法及性质

轻集料可分为轻粗集料和轻细集料(或称轻砂)。凡粒径大于 5mm,堆积密度小于 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 的轻质集料称为轻粗集料;凡粒径不大于 5mm,堆积密度小于 $1200\text{kg}/\text{m}^3$ 的轻质集料称为轻细集料。

轻集料按其来源可分为三类:

(1)工业废料轻集料——以工业废料为原料,经加工而成的轻集料,如粉煤灰陶粒、自燃煤矸石、膨胀矿渣珠、煤渣及其轻砂。

(2)天然轻集料——天然形成的多孔岩石,经加工而成的轻集料,如浮石、火山渣及其轻砂。

(3)人造轻集料——以地方材料为原料,经加工而成的轻集料,如页岩陶粒、粘土陶粒、膨胀珍珠岩及其轻砂。

轻粗集料按其粒型可分为三类:

(1)圆球型的——原材料经造粒工艺加工而成的、呈圆球状的轻集料。

(2)普通型的——原材料经破碎加工而成的、呈非圆球状的轻集料。

(3)碎石型的——由天然轻集料或多孔烧结块经破碎加工而成的、呈碎石状的轻集料。

轻集料的制造方法基本上可分为烧胀法和烧结法两种。烧胀法是将原料破碎、筛分后经高温烧胀(如膨胀珍珠岩)或将原料加工成粒再经高温烧胀(如粘土陶粒、圆球型页岩陶粒)。由于原料内部所含水分或气体在高温下发生膨胀,形成了内部具有微细气孔结构和表面由一层硬壳包裹的陶粒。烧结法是将原料加入一定量胶结料和水,经加工成粒,在高温下烧至部分熔融而成的呈多孔结构的陶粒,如粉煤灰陶粒。

按《轻集料混凝土技术规程》(JGJ51-90)规定,轻集料的技术性质除了耐久性、体积安定性和有害成分含量应符合技术要求外,对轻粗集料必须检验其堆积密度、颗粒级配、筒压强度和吸水率,对轻砂必须检验其堆积密度和细度模数。

轻粗细集料按其堆积密度(kg/m^3)分别划分为八个密度等级,见表 2-5-10

2 建筑材料的性能和应用

轻集料的密度等级

表 2-5-10

密度等级		堆积密度范围 (kg/m^3)
轻粗集料	轻砂	
300	-	210 ~ 300
400	-	310 ~ 400
500	500	410 ~ 500
600	600	510 ~ 600
700	700	610 ~ 700
800	800	710 ~ 800
900	900	810 ~ 900
1000	1000	910 ~ 1000
-	1100	1010 ~ 1100
-	1200	1100 ~ 1200

轻粗集料的筒压强度及强度标号

表 2-5-11

密度等级	筒压强度 f_d (MPa)		强度标号 f_{ak} (MPa)	
	碎石型	普通和圆球型	普通型	圆球型
300	0.2/0.3	0.3	3.5	3.5
400	0.4/0.5	0.5	5.0	5.0
500	0.5/1.0	1.0	7.5	7.5
600	0.8/1.5	2.0	10	15
700	1.0/2.0	3.0	15	20
800	1.2/2.5	4.0	20	25
900	1.5/3.0	5.0	25	30
1000	1.8/4.0	6.5	30	40

注 碎石型天然轻集料取斜线以左值,其他碎石型集料取斜线以右值。

轻粗集料的强度对混凝土强度影响很大,所以对它有一定的要求。在国家标准 GB2842-81 中,规定采用“筒压法”测定轻粗集料的强度。它是将轻集料装入— $\phi 115\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的带底圆筒内,上面加 $\phi 113\text{mm} \times 70\text{mm}$ 冲压模(图 2-5-5),取冲压模压入深度为 2cm 时的压力值,除以承压面积 (100cm^2),为轻粗集料的筒压强度值。对不同密度等级的轻粗集料,其筒压强度应符合表 2-5-11 规定。

轻粗集料的筒压强度是比较低的,但却能配制出强度比它高好几倍的混凝土。这是因为筒压法测定轻粗集料强度时,荷载通过集料颗粒间的接触点传递,应力集中。而在混凝土中,集料埋在砂浆内,被砂浆所包裹,处于周围受硬化砂浆约束的状态下受力,加上轻粗集料表面一般比较粗糙,与水泥浆的粘结较好,以及围绕轻粗集料周边的水泥砂浆能起拱架作用。这些原因使得在混凝土中的轻粗集料的承压强度要比其筒压强度高很多。

从上可见,筒压强度的测定方法虽然比较简便,但不能反映轻粗集料在混凝土中真实强度。因此,在 GB2842-81 中,还推荐了试验其配制的混凝土和砂浆的强度的方法,来求得混凝土中陶粒的真实强度,并以“混凝土合理强度值”作为陶粒的强度指标。因为不同强度的陶粒,并不是都适宜于配制任何强度的混凝土,而是对于各种强度的陶粒来说,配制的混凝土的强度各有一个合理的范围(即陶粒的“混凝土合理强度值”)。如欲配制的混

凝土强度高于陶粒的“混凝土合理强度值”的话,由于受到陶粒本身强度的限制,必须较大幅度地提高砂浆组分的强度,才能获得要求的混凝土强度,结果将使水泥用量大大增加,混凝土的成本提高。如果用这种陶粒来配制更高强度的混凝土的话,则即使砂浆强度再提高,而混凝土强度也不再增加,或者增加甚微,陶料的强度越高,其混凝土合理强度也越高,它们之间有良好的相关关系。因此,在BG2842-81中,规定直接以“混凝土合理强度值为陶粒强度的指标,并且将陶粒按“混凝土合理强度值 f_c (MPa)的大小,划分为若干“强度标号”。陶粒的“强度标号”也可以作为配制陶料混凝土时合理选用陶粒的依据。

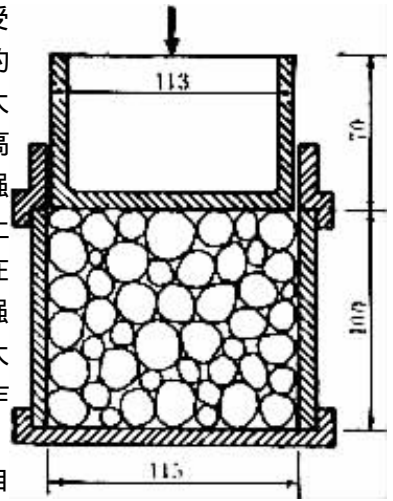


图 2-5-5 筒压强度测定方法示意图

轻粗集料的级配应符合表 2-5-12 要求,并且其自然级配的空隙率不应大于 50%。轻砂的细度模数不宜大于 4.0,其大于 5mm 的累计筛余量不宜大于 10%(按质量计)。

轻粗集料的级配

表 2-5-12

筛孔尺寸		d_{min}	$\frac{1}{2}d_{max}$	d_{max}	$2d_{max}$
圆球型的及单一粒级	累计筛作	≥ 90	不规定	≤ 10	0
普通型的混合级配	(按质量	≥ 90	30~70	≤ 10	0
碎石型的混合级配	计,%)	≥ 90	40~60	≤ 10	0

轻集料的吸水率一般都比普通砂石大,因此在施工中,它将使混凝土拌合物的和易性不断变化,并且影响到混凝土的水灰比和强度发展。在配合比设计时,如果采用干燥集料,则必须根据集料吸水率大小,再多加一部分被集料吸收的附加水量。国家标准对轻集料 1h 的吸水率的规定是:粉煤灰陶粒不大于 22%,粘土陶粒和页岩陶粒不大于 10%。

2. 轻集料混凝土的技术性质

轻集料混凝土的强度等级与普通混凝土的强度等级相应,按立方体抗压强度标准值划分为 CL5.0、CL7.5、CL10、CL15、CL20、CL25、CL30、CL35、CL40、CL45、CL50。

轻集料混凝土按期表观密度分为十二个等级,见表 2-5-13

轻集料混凝土的密度等级

表 2-5-13

密度等级	干表观密度的变化范围 kg/m ³	密度等级	干表观密度的变化范围 kg/m ³
800	760~850	1400	1360~1450
900	860~950	1500	1460~1550
1000	960~1050	1600	1560~1650
1100	1060~1150	1700	1660~1750
1200	1160~1250	1800	1760~1850
1300	1260~1350	1900	1860~1950

2 建筑材料的性能和应用

轻集料混凝土按其用途可分为三大类,见表 2-5-14

轻集料混凝土按用途分类

表 2-5-14

类别名称	混凝土强度等级的合理范围	混凝土密度等级的合理范围	用途
保温轻集料混凝土	CL5.0	800	主要用于保温的围护结构或热工构筑物
结构保温轻集料混凝土	CL5.0 CL7.5 CL10 CL15	800 ~ 1400	主要用于既承重又保温的围护结构
结构轻集料混凝土	CL15 CL20 CL25 CL30 CL35 CL40 CL45 CL50	1400 ~ 1900	主要用于承重构件或构筑物

影响轻集料混凝土强度的因素很多,除了与普通混凝土相同的以外,轻集料的性质(强度、堆积密度、形状、吸水性等)和用量也是重要的影响因素。尤其当混凝土的强度高时,混凝土破坏是由于骨料本身先遭到破坏,则轻集料的性质和用量对混凝土的强度影响更大。如用轻砂代替普通砂,虽然可以降低混凝土的表现密度,但强度将显著下降。

低、中等强度等级的轻集料混凝土的抗拉强度与强度等级相同的普通混凝土非常接近,当强度等级高时,抗拉强度要比后者为低。但必须注意,轻集料混凝土气干后,抗拉强度会明显降低。一般认为这是由于轻集料混凝土的干燥收缩值较大,在干燥条件下表层产生较大的收缩应力所造成。

轻集料混凝土的应变值比普通混凝土大。其弹性模量一般为同强度等级普通混凝土的 50% ~ 70%。增加混凝土组分中普通砂的含量,可提高轻集料混凝土的弹性模量。若用轻砂代替普通砂,则降低弹性模量。

根据一般试验结果,轻集料混凝土的收缩和徐变约比普通混凝土相应地大 20% ~ 50% 和 30% ~ 60%。轻集料混凝土的热膨胀系数比普通混凝土低 20% 左右。

许多轻集料混凝土具有良好的保温性能。当其表观密度为 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 时,导热系数为 $0.28\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,当表观密度为 1400 和 $1800\text{kg}/\text{m}^3$ 时,导热系数相应为 0.49 和 $0.87\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 。当含水率增加时,导热系数也将随之增大。

综上所述,轻集料混凝土具有许多优良的技术性能。而弹性模量低,也并不完全是一个不利因素。例如,当建筑构件处于温差较大的条件下,弹性模量低有利于控制裂缝的发展。再者弹性模量低,极限应变较大,也有利于改善建筑物的抗震性能或抵抗动荷载的作用。

3. 轻集料混凝土配合比设计

由于轻集料种类繁多,性质差异很大。即使是同一种类,因产地不同其性质也有不少

差别。此外 轻集料本身的强度对混凝土强度有较大影响 ,而目前尚无象普通混凝土那样的强度计算公式。所以当前对于轻集料混凝土的配合比设计 ,大多是参考普通混凝土配合比设计的方法 ,并考虑到轻集料混凝土某些特点 ,依靠经验和通过实验试配来确定。

轻集料混凝土的配合比设计主要应满足抗压强度、表观密度和和易性的要求 ,并以合理使用材料和节约水泥为原则 ,必要时尚应符合对混凝土性能(如弹性模量、抗冻性等)的特殊要求。

轻集料混凝土的配合比应通过计算和试配确定。为了使所配制的混凝土具有必要的强度保证率 ,混凝土试配强度应按下式确定 :

$$f'_{cu} = f'_{cu \cdot k} + 1.645\sigma$$

式中 f'_{cu} ——轻集料混凝土的试配抗压强度 ,MPa ;

$f'_{cu \cdot k}$ ——轻集料混凝土强度标准值(即强度等级) ,MPa ;

σ ——轻集料混凝土强度的总体标准差 ,MPa。无资料时 ,可按表 4-33 取用。

σ 取值表

表 2-5-15

强度等级	CL5.0 ~ CL7.5	CL10 ~ CL20	CL25 ~ CL40	CL45 ~ CL50
σ (MPa)	2.0	4.0	5.0	6.0

配制轻集料混凝土用的水泥品种和标号可参照表 4-5-16 选用。当配制低强度等级的混凝土而采用高标号水泥时 ,应掺入混合材料 ,其掺量可通过试验确定 ,以满足其和易性要求。

轻集料混凝土合理水泥品种和标号的选择

表 2-5-16

混凝土强度等级	水 泥 标 号	水 泥 品 种	
CL5.0 CL7.5	275	火山灰质硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥	
CL10 CL15 CL20	325		
CL20 CL25 CL30	425		
CL30 CL35 CL40 CL45 CL50	525 或 625		矿渣硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥 硅酸盐水泥

不同试配强度的轻集料混凝土的水泥用量可参照表 2-5-17 选用。

2 建筑材料的性能和应用

轻集料混凝土的水泥用量(kg/m³)

表 2-5-17

混凝土试配强度 (MPa)	轻 集 料 密 度 等 级						
	400	500	600	700	800	900	1000
< 5.0	260 ~ 320	250 ~ 300	230 ~ 280				
5.0 ~ 7.5	280 ~ 360	260 ~ 340	240 ~ 320	220 ~ 330			
7.5 ~ 10		280 ~ 370	260 ~ 350	240 ~ 320			
10 ~ 15			280 ~ 350	260 ~ 340	240 ~ 330		
15 ~ 20			300 ~ 400	280 ~ 380	270 ~ 370	260 ~ 360	250 ~ 350
20 ~ 25				330 ~ 400	320 ~ 390	310 ~ 380	300 ~ 370
25 ~ 30				380 ~ 450	370 ~ 440	360 ~ 430	350 ~ 420
30 ~ 40				420 ~ 500	390 ~ 490	380 ~ 480	370 ~ 470
40 ~ 50					430 ~ 530	420 ~ 520	410 ~ 510
50 ~ 60					450 ~ 550	440 ~ 540	430 ~ 530

- 注 1. 表中横线以上为采用 425 号水泥时的水泥用量值, 横线以下为采用 525 号水泥时的水泥用量值。
 2. 表中下限值适用于圆球型和普通型轻粗集料, 上限适用于碎石型轻粗集料及全轻混凝土。
 3. 最高水泥用量不宜超过 550kg/m³。

轻集料混凝土的水灰比以净灰比表示, 净灰比系指不包括轻集料 1h 吸水量在内的净用水量与水泥用量之比。配制全轻混凝土时, 允许以总灰比表示, 总灰比系指包括轻集料 1h 吸水量在内的总用水量与水泥用量之比。

轻集料混凝土的净用水量可根据施工要求和和易性参照表 2-5-18 选用。

轻集料混凝土用水量

表 2-5-18

轻集料混凝土用途	稠 度		净用水量 (kg/m ³)
	维勃稠度 (s)	坍 落 度 (mm)	
预制混凝土构件			
(1) 振动台成型	5 ~ 10	0 ~ 10	155 ~ 180
(2) 振捣棒或平板震动器振实	-	30 ~ 50	165 ~ 200
现浇混凝土(大模、滑模)			
(1) 机械振捣	-	50 ~ 70	180 ~ 210
(2) 人工振捣或钢筋较密的	-	60 ~ 80	200 ~ 220

- 注 1. 表中值适用于圆球型和普通型轻粗集料, 对于碎石型轻粗集料需按表中值增加 10kg 左右的用水量。
 2. 表中值适用于砂轻混凝土, 若采用轻砂时, 需取轻砂 1h 吸水量为附加水量, 若无轻砂吸水率数据时, 也可适当增加用水量, 最后按施工稠度的要求进行调整。

轻集料混凝土最大水灰比和最小水泥用量应符合表 2-5-19 的规定。

轻集料混凝土的最大水灰比和最小水泥用量

表 2-5-19

混凝土所处的环境条件	最大水灰比	最小水泥用量 (kg/m ³)	
		配筋的	无筋的
不受风雪影响的混凝土	不作规定	250	225
受风雪影响的露天混凝土,位于水中及水位升降范围内的混凝土和在潮湿环境中的混凝土	0.7	275	250
寒冷地区位于水位升降范围内的混凝土和受水压作用的混凝土	0.65	300	275
严寒地区位于水位升降范围内的混凝土	0.60	325	300

注:1. 严寒地区指最寒冷月份的月平均温度低于-15℃者;寒冷地区指最寒冷月份的平均温度处于-5~15℃者。

2. 水泥用量不包括掺合料。

轻集料混凝土的砂率应以体积砂率表示,可按表 2-5-20 选用。

轻集料混凝土的砂率

表 2-5-20

轻集料混凝土用途	细集料品种	砂率 (%)
预制构件用	轻砂	35~50
	普通砂	34~40
现浇混凝土用	轻砂	-
	普通砂	35~45

注:1. 当细集料采用普通砂和轻砂混合使用时,宜取中间值,并按普通砂和轻砂的混合比例进行插入计算。

2. 采用圆球型轻粗集料时,宜取表中值下限;采用碎石型时,则取上限。

轻集料混凝土配合比的设计方法,砂轻混凝土宜采用绝对体积法,全轻混凝土宜采用松散体积法。

采用绝对体积法时,按下式计算粗细集料的用量:

$$V_s = \left[1 - \left(\frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_{wn}}{\rho_w} \right) \div 1000 \right] \times S_p$$

$$m_s = V_s \times \rho_s \times 1000$$

$$V_a = \left[1 - \left(\frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_{wn}}{\rho_w} + \frac{m_s}{\rho_s} \right) \div 1000 \right]$$

$$m_a = V_a \times \rho_{ap}$$

式中 V_s ——每立方米混凝土的细集料体积, m³;

m_s ——每立方米混凝土的细集料用量, kg;

m_c ——每立方米混凝土的水泥用量, kg;

m_{wn} ——每立方米混凝土的净用水量, kg;

2 建筑材料的性能和应用

S_p ——密实体积砂率(%) ;

V_a ——每立方米混凝土的轻粗集料体积 m^3 ;

m_a ——每立方米混凝土的轻粗集料用量 kg ;

ρ_c ——水泥的相对密度 ,可取 $\rho_c = 2.9 \sim 3.1$;

ρ_w ——水的密度 ,可取 $\rho_w = 0.1$;

ρ_s ——细集料的密度 ,采用普通砂时 ,为砂的近似密度 ,可取 $\rho_s = 2.6$;采用轻砂时 ,为轻砂的颗粒表观密度(ρ_{sp} 单位为 g/cm^3) ;

ρ_{ap} ——轻粗集料的颗粒表观密度 kg/m^3 。

根据净用水量和附加水量的关系 ,按下式计算总用水量 :

$$m_{wt} = m_{wa} + m_w$$

式中 m_{wt} ——每立方米混凝土的总用水量 kg ;

m_{wa} ——每立方米混凝土的附加水量 kg ,附加水量的计算参见表 2-5-21。

附加水量的计算方法

表 2-5-21

项 目	附加水量(m_{wa})
粗集料预湿 ,细集料为普砂	$m_{wa} = 0$
粗集料不预湿 ,细集料为普砂	$m_{wa} = m_a \cdot \omega_a$
粗集料预湿 ,细集料为轻砂	$m_{wa} = m_s \cdot \omega_s$
粗集料不预湿 ,细集料为轻砂	$m_{wa} = m_a \cdot \omega_s + m_s + \omega_s$

注 1. m_a, ω_s 分别为粗、细集料的 1h 吸水率。

2. 当轻集料含水时 ,必须在附加水量中扣除自然含水量。

按下式计算混凝土表观密度(ρ_{cd})并与设计要求的表观密度进行对比 ,如其误差大于 3% ,则应重新调整和计算配合比。

$$\rho_{cd} = 1.15m_c + m_a + m_s$$

采用松散体积法时 ,按表 2-5-22 确定粗细集料总体积为基础进行计算 ,然后按设计要求的混凝土干表观密度为依据进行校核 ,最后通过调整得出配合比。

粗 细 集 料 总 体 积

表 2-5-22

轻粗集料粒型	细 集 料 品 种	粗细集料总体积 (m^3)
圆 球 型	轻 砂	1.25 ~ 1.50
	普 通 砂	1.20 ~ 1.40
普 通 型	轻 砂	1.30 ~ 1.60
	普 通 砂	1.25 ~ 1.50
碎 石 型	轻 砂	1.35 ~ 1.65
	普 通 砂	1.30 ~ 1.60

注 1. 当采用膨胀珍珠岩砂时 ,宜取表中上限值。

2. 混凝土强度等级较高时 ,宜取表中下限值。

4. 轻集料混凝土施工中应注意的问题

轻集料混凝土的施工基本上与普通混凝土相同,但由于轻集料具有表观密度小,孔隙率大,吸水性强等性能,故在施工时应注意以下几方面的问题:

轻集料混凝土施工时,可以采用干燥集料,也可以预先将轻粗集料润湿处理。预湿的轻集料拌制出的拌合物其和易性和水灰比比较稳定,而采用干燥集料则可省去预湿工序。当集料露天堆放时,其含水率变化较大,施工中必须及时测定含水率并调整加水量。

由于轻集料混凝土拌合物中轻集料易上浮,不易拌均匀,因此宜选用强制式搅拌机。外加剂应在轻集料吸水后加入。

拌合物的运输距离应尽量缩短,若出现坍落度损失或离析较严重时,浇筑前宜采用人工二次拌合。

轻集料混凝土拌合物应采用机械振捣成型,对流动性大者,也可采用人工插捣成型,对干硬性拌合物,宜采用振动台和表面加压成型。

浇筑成型后,应避免由于表面失水太快引起表面网状裂纹,所以早期应加强潮湿养护,养护时间视水泥品种等不同应不少于7~14d。若采用蒸汽养护,则升湿速度不宜太快,但若采用热拌工艺,则允许快速升温。

2-5-4 大孔混凝土

大孔混凝土是以粗集料、水泥和水配制而成的一种轻混凝土,又称无砂混凝土。在这种混凝土中,水泥浆包裹粗集料颗粒的表面,将粗集料粘结在一起,但水泥浆并不填满粗集料颗粒之间的空隙,因而形成大孔结构的混凝土。为了提高大孔混凝土的强度,有时也加入少量细集料(砂),这种混凝土又可称为少砂混凝土。

大孔混凝土按其所用集料品种可分为普通大孔混凝土和轻集料大孔混凝土。前者用天然碎石、卵石或重矿渣配制而成,表观密度在 $1500 \sim 1950\text{kg}/\text{m}^3$ 之间,抗压强度为 $3.5 \sim 10\text{MPa}$,主要用于承重及保温外墙体。后者用陶粒、浮石、碎砖等轻集料配制而成,表观密度在 $800 \sim 1500\text{kg}/\text{m}^3$ 之间,抗压强度 $1.5 \sim 7.5\text{MPa}$,主要用于自承重的保温外墙体。

大孔混凝土的强度和表观密度除与集料品种有关外,还与集料级配有关。采用单一粒级集料配制的大孔混凝土,与混合粒级的相比较,前者表观密度较小,强度较低,但均质性较好。因此,用于保温外墙体的大孔混凝土大多采用单一粒级的集料。

大孔混凝土的导热系数小,保温性好,吸湿性较小。收缩一般比普通混凝土要小 $30\% \sim 50\%$ 。抗冻性可达 $15 \sim 25$ 次。由于大孔混凝土不用砂或少用砂,故水泥用量较低。每 m^3 混凝土的水泥用量仅 $150 \sim 200\text{kg}$ 。

2-5-5 多孔混凝土

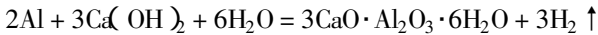
多孔混凝土是内部均匀分布着大量微小气泡的轻质混凝土。多孔混凝土按其气孔形成的方式不同可分为加气混凝土和泡沫混凝土两大类。多孔混凝土按其表观密度和强度可分为两类,一类为结构用多孔混凝土,其标准抗压强度在 3MPa 以上,表观密度大于 500kg/m³;另一类为非承重多孔混凝土,标准抗压强度低于 3MPa,表观密度在 500kg/m³ 以下。

多孔混凝土可制成砌块、屋面板、内外墙板等制品,用于工业及民用建筑及保温工程。

1. 加气混凝土

加气混凝土是用含钙材料(水泥、石灰)含硅材料(石英砂、尾矿粉、粉煤灰、粒化高炉矿渣、页岩等)和加气剂作为原材料,经过磨细、配料、搅拌、浇注、切割和压蒸养护(8 或 15 大气压下养护 6~8h)等工序生产而成。

一般是采用铝粉作为加气剂,它加在加气混凝土料浆中,与含钙材料中的氢氧化钙发生化学反应放出氢气,形成气泡,使料浆形成多孔结构,其化学反应过程如下:



除铝粉外,也可采用双氧水、碳化钙和漂白粉等作为加气剂。

加气混凝土制品的生产也可以采用常压蒸汽养护的方法,但其性能不如压蒸加气混凝土。

加气混凝土的抗压强度一般为 0.5~1.5MPa。

压蒸加气混凝土的性能随其表观密度和含水率不同而变化。在干燥状态下,它的主要物理力学性能见表 2-5-23。

压蒸加气混凝土的物理力学性能

表 2-5-23

表观密度 kg/m ³	抗压强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	弹性模量 (MPa)	导热系数 (W/m·K)
500	3.0~4.0	0.3~0.4	1.4×10 ³	0.12
600	4.0~5.0	0.4~0.5	2.0×10 ³	0.13
700	5.0~6.0	0.5~0.6	2.2×10 ³	0.16

加气混凝土制品有砌块和条板两种。条板均配有钢筋,钢筋宜加工或点焊成网片,而且必须预先经过防锈处理。

加气混凝土屋面板可用于工业和民用建筑,作承重和保温合一的屋面板。在墙体结构中,可采用砌块或条板,用于承重的或非承重的内墙和外墙。

由于加气混凝土能利用工业废料,产品成本较低,能大幅度降低建筑物自重,生产率

较高,保温性能好,因此具有较好的经济技术效果。

2. 泡沫混凝土

泡沫混凝土是将水泥浆与泡沫剂拌和后经硬化而成的一种多孔混凝土。

泡沫剂是泡沫混凝土中的主要成分。它在机械搅拌作用下,能够形成大量稳定的泡沫。通常采用松香胶泡沫剂及水解性血泡沫剂。松香胶泡沫剂系用烧碱加水溶入松香粉(一般可按重量比,碱:水:松香=1:2:4),再与溶化的胶液(皮胶或骨胶)搅拌制成浓松香胶液,使用时再用温水稀释,用力搅拌即形成稳定的泡沫。水解性血系用动物血加苛性钠、盐酸、硫酸亚铁、水等制成,使用时经稀释搅拌成稳定的泡沫。

配制自然养护的泡沫混凝土,水泥标号不宜低于325号,否则强度太低。在制品生产中,常采用蒸汽养护或压蒸养护,这样可缩短养护时间和提高强度,而且还能掺用粉煤灰、炉渣或矿渣等工业废料,以节省水泥。甚至可以全部利用工业废料代替水泥。如压蒸泡沫、硅酸盐,是用粉煤灰、石灰和石膏作为胶凝材料,经过压蒸养护而成的一种泡沫混凝土。

2-5-6 特种混凝土

2-5-6-1 防水混凝土

混凝土防水是依靠混凝土本身的憎水性和密实性来达到防水目的,用于工程上可兼起结构物的承重、围护、防水三重作用。与采用卷材防水相比,具有工序少、操作简单、施工速度快、改善劳动条件、材料来源广、造价低等优点。适用于形状不规整、结构刚度较大及表面温度不高($< 100^{\circ}\text{C}$)的整体式钢筋混凝土结构和构筑物,如水塔、水池、沉淀池、泵房及设备基础、地下室等。对长期受到设备冲击荷载和反复振动作用的结构(如锻锤基础等)不宜采用。

防水混凝土的主要技术指标之一是混凝土的抗渗性指标(B),它是根据最大水头与最小壁厚之比,由计算确定,当设计无规定时,可参考表2-5-24选用。

抗渗标号选择参考表

表 2-5-24

最大计算水头(米)与 混凝土相应厚度(米)之比	< 15	15 ~ 25	25 ~ 35	> 35
设计抗渗标号(公斤/厘米 ²)不小于	8	12	16	20

注 1. 地下结构应以设计最高地下水位作为最大计算水头。

2. 储水结构应以建筑物的蓄水高度或最高水位作为最大计算水头。

防水混凝土一般有三种(1)集料级配的防水混凝土(2)掺外加剂的防水混凝土(3)采用特种水泥(如加气水泥、塑化水泥、无收缩水泥、膨胀水泥等)配制的防水混凝土。国

2 建筑材料的性能和应用

内应用较多的为前二种。

1. 材料要求

(1) 水泥 标号不应低于 425 号。在不受侵蚀性介质和冰冻作用时,宜采用火山灰水泥、粉煤灰水泥或普通水泥;掺用外加剂时可采用矿渣水泥;在受冻融作用时,应选用普通水泥;在受侵蚀性介质作用时,应按设计要求选用。

(2) 粗细骨料 粗细骨料的技术要求见表 2-5-25。当天然砂中小于 0.15 毫米的颗粒不足时,可以外加砂石总重量 2~6% 的磨细石英砂、天然细粉砂、火山灰、粉煤灰,或提高水泥用量,以改善混凝土的抗渗性。

防水混凝土所用砂、石的技术要求

表 2-5-25

砂		筛孔尺寸(毫米)	5.00	2.50	1.25	0.63	0.315	0.16	
子		累计筛余(%)	0~10	0~25	10~50	41~70	70~92	90~100	
石		公称粒级(毫米)	筛孔尺寸(毫米)	2.5	5	10	15	20	40
子		5~15	累计筛余(%)	95~100	90~100	30~60	0~10	0	
		5~20		95~100	90~100	40~70	-	0~10	
		5~40		-	95~100	75~90		30~65	0~5

(3) 水 饮用水或无侵蚀性的洁净水。

(4) 外加剂 宜根据具体情况采用加气剂、密实剂、防水剂、减水剂、微膨胀剂等。各种外加剂的特性及掺量参见表 2-5-26。

防水混凝土用外加剂性能及掺量参考表

表 2-5-26

类别	名称	性能	掺量(占水泥重)	掺入混凝土后的性能	备注
加气剂	松香酸钠	深绿色液体,易溶于水	0.03 ~ 0.05%	拌合时产生大量均匀微小的封闭气泡,破坏了毛细管作用,改善混凝土的和易性、泌水性,因而提高了混凝土的抗渗性、抗冻性。抗渗标号:松香酸钠防水混凝土可达 B10~25,掺松香热聚物可达 B7~15	使用时控制含气量在 3~5%,使容重降低不超过 6%,强度降低不超过 25%
	松香热聚物	微透明胶体,易溶于水	0.005 ~ 0.015%		

续表

类别	名称	性能	掺量(占水泥重)	掺入混凝土后的性能	备注
密实剂	氢氧化铁防水剂	粘性胶状物质,不溶于水	2%	能生成一种胶状悬浮颗粒,填充混凝土中微小孔隙和毛细通路,因而有效地提高混凝土的密实性和不透水性。抗渗标号可达 B15 ~ 35	参加后对凝结时间及钢筋锈蚀无显著变化
	氯化铁防水剂	深棕色液体,比重大于 1.4, $\text{FeCl}_2 : \text{FeCl}_3 = 1 : 1 \sim 1.3$, $\text{FeCl}_3 + \text{FeCl}_2$ 含量大于 400 克/升, $\text{PH} = 1 \sim 2$, 硫酸铝含量为溶液重的 5% ~ 10%	2.5 ~ 3.0%		
早强剂	三乙醇胺	无色或淡黄色透明油状液体,比重 1.12 ~ 1.13, $\text{PH} = 8 \sim 9$, 工业纯度 70 ~ 80%, 无毒、不易燃、易溶于水,呈碱性	0.02 ~ 0.05%	能促使水泥胶体极端活泼性,加快水化作用,水化生成物增加。水泥石结晶变细,结构密实,因而提高混凝土的抗渗性和不透水性。抗渗标号可达 B24 ~ 40	常与氯化钠复合使用,冬期施工时还常加入亚硝酸钠。其掺量:氯化钠 0.5%, 亚硝酸钠 1% (占水泥重)
减水剂	M 型减水剂(木质素磺酸钙)	黄褐色粉末状固体,易溶于水,比重 0.54, $\text{PH} = 5$	0.2 ~ 0.3%	对水泥有分散作用,因而显著改善混凝土拌合物和易性,可降低水灰比,减少用水量,同时具有加气作用,导致混凝土泌水率减少,提高抗渗性。其抗渗标号可达 B30 以上	使用时注意掌握掺量,控制含气量 3.5% 左右
减水剂	MF 型减水剂(次甲基 α 甲基萘磺酸钠)	褐色粉末或棕蓝色液体, $\text{PH} = 7 \sim 9$, 易溶于水,有一定吸湿性,无毒、不燃	0.3 ~ 0.7%	对水泥有极好的扩散效应,因而改善混凝土拌合物的和易性,减少用水量,减少由于多余水分蒸发而留下的毛细孔体积,且孔径变细,结构致密,同时水化生成物分布均匀,因而提高混凝土的密实性和抗渗性,其抗渗标号可达 B40 以上	使用时可根据对混凝土的不同要求,与早强剂、加气剂、消泡剂复合作用,效果更好
	NNO 减水剂(亚甲基二萘磺酸钠)	米棕色粉末或棕黑色液体, $\text{PH} = 7 \sim 9$, 耐酸、钙,无毒,不燃,易溶于水	0.5 ~ 1.0%		

2. 配合比

根据设计要求的强度、抗渗标号和现场实际使用的材料进行试配确定。选择配合比时应考虑实际施工条件,按设计要求的抗渗标号适当提高 2 ~ 4 公斤/厘米²。配合比一般采用“实体积法”进行设计,设计中的三个基本参数为:

2 建筑材料的性能和应用

(1)水灰比和水泥用量 水灰比宜在 0.50 ~ 0.60 ,最大不超过 0.60 ;水泥用量不小于 300 公斤/米³。

(2)砂率 宜在 28 ~ 38% ,灰砂比保持在 1.5 ~ 2.5 之间 ,砂石混合容重应大于 2000 公斤/米³。

(3)外加剂掺量 根据外加剂品种而定 ,参见 2-5-26。参引气型外加剂的防水混凝土 ,其含气量应在 3 ~ 5% ,含量过多 ,则强度降低。防水混凝土施工参考配合比见表 2-5-27 和表 2-5-28。

集料级配防水混凝土配合比

表 2-5-27

混凝土 标号	水泥品 种、标号	石子规 格(毫米)	坍落度 (厘米)	砂率 (%)	配合比(公斤/米 ³)				抗渗 标号
					水	水泥	砂	石子	
300	普通 425	5 ~ 25	4 ~ 6	38	207	390	664	1082	S4
200	普通 425	5 ~ 40	3 ~ 5	36	185	360	659	1172	S6
300	普通 425	5 ~ 40	3 ~ 5	35	186	380	634	1177	S8
200	普通 425	5 ~ 40	3 ~ 5	41	189	310	794	1144	S10
200	普通 425	5 ~ 20 20 ~ 40		41	190	360	800	415 735	S12

掺外加剂的防水混凝土配合比

表 2-5-28

混凝土 标号	水泥 标号	石子 规格 (毫米)	坍落度 (厘米)	砂率 (%)	配 合 比 (公斤/米 ³)										抗渗标号
					水	水泥	砂	石子	松香 酸钠 (%)	氯化钙 (%)	氯化铁 (%)	三乙醇 胺(%)	木质素 磺酸钙 (%)	氯化钠 (%)	
150	425	5 ~ 40	3 ~ 5	-	160	300	540	1238	0.05	0.075	-	-	-	-	S6
200	425	5 ~ 40	3	35	170	340	640	1210	0.05	0.075	-	-	-	-	S8
300	525	5 ~ 40	-	36	195	350	665	1182	-	-	3	-	-	-	> S12
400	525	5 ~ 40	-	-	201	437	830	1162	-	-	2	-	-	-	> S30
250	425	5 ~ 40	-	-	180	300	879	1062	-	-	-	0.05	-	-	> S20
250	425	5 ~ 40	-	-	200	334	731	1169	-	-	-	0.05	-	-	> S35
300	525	5 ~ 40	1 ~ 3	35	190	400	640	1170	-	-	-	0.05	-	0.5	> S12
300	425	5 ~ 40	3 ~ 5	38	168	330	744	1214	-	-	-	-	0.25	-	S8

注:外加剂掺量均为水泥重量百分比(%)计。

3. 施工要点

(1)防水混凝土应用机械搅拌。先将砂、石、水泥一次倒入搅拌筒内搅拌 0.5 ~ 1.0 分钟 ,再加水搅拌 1.5 ~ 2.5 分钟。如掺外加剂则最后加入。搅拌前外加剂应用拌合水稀释均匀 ,搅拌时间可适当延长至 3 分钟。但搅拌掺加气剂防水混凝土时 ,因其含气率与搅拌时间有关 ,不可过长 ,以免气泡消失 ,搅拌时应控制在 1.5 ~ 2.0 分钟。

(2)模板要求表面平整 ,拼缝严密 ,吸湿性小 ,结构坚固。两侧模板如用对拉螺栓固定时 ,应在螺栓中间加止水片(图 2-5-6a) ,管道、套管等埋设件应设止水铁板(图 2-5-6b)。

(3)厚度大于或等于 25 厘米的结构 ,混凝土坍落度宜为 1 ~ 3 厘米 ,厚度小于 25 厘米及钢筋稠密的结构宜为 3 ~ 5 厘米。拌好的混凝土要及时浇灌 ,常温下应在半小时内运至

现场,于初凝前浇灌完毕,如运距较远或气温较高时,宜掺缓凝减水剂。

(4)混凝土自落高度超过 1.5 米时,应用串桶、溜槽、溜管或开门子下料,进行分段分层均匀连续浇灌,分层厚度为 25~30 厘米,相邻浇灌面必须均衡,不留垂直高低槎,必须留槎时,应作成斜面,其坡度不大于 1/7。

(5)防水混凝土应采用机械振捣,插入式振捣器插点间距不应超过 50 厘米,振动到表面泛浆无气泡为止,表面再用铁锹拍平拍实,待混凝土初凝后用铁抹子抹压以增加表面致密性。

(6)浇灌中应尽量不留或少留施工缝,必须留设时,可选择图 2-5-7 所示之施工缝留法。继续浇灌时,施工缝处应凿毛、扫净、浇水湿润,用相同标号减半石子混凝土或去石子砂浆先铺 20~25 毫米厚一层,然后继续浇筑混凝土。

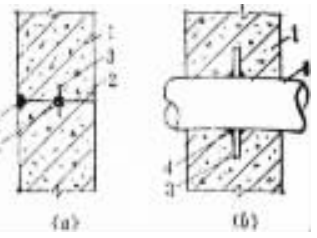


图 2-5-6 埋设件处理

(a) 模板穿墙螺栓处理;

(b) 穿墙管道处理

1—防水结构 2—穿墙螺栓;

3—止水片(板) 4—焊缝;

5—迎水面抹防水砂浆或涂刷

沥青胶 6—管道

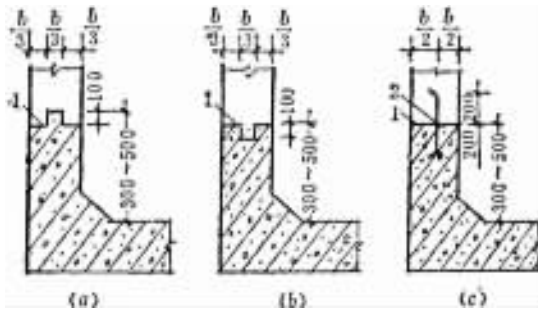


图 2-5-7 施工缝留设

(a)(b) 企口式施工缝(适于壁厚 30 厘米以上的结构);

(c) 止水片施工缝(适于壁厚 30 厘米以下的结构)

1—施工缝 2—2~4 毫米厚钢板

(7)防水混凝土初凝后,应覆盖浇水养护 14 天以上,凡掺早强型外加剂或微膨胀水泥配制的防水混凝土,更应加强早期养护。冬期施工不宜采用蒸汽养护法或电热养法。地下构筑物应及时回填分层夯实,不使长期暴露,以避免因干缩和温差产生裂缝,并有利于混凝土后期强度的增长和抗渗性提高。

(8)防水混凝土结构须在混凝土强度达到 40% 以上时方可在其上面继续施工,达到 70% 以上时方可拆模。拆模时,混凝土结构表面的温度与周围气温的温差不得超过 20℃。

2-5-6-2 耐热(火)混凝土

耐热混凝土是一种能长期经受高温作用,并保持所需要的物理力学性能(如耐火度、热稳定性、荷重软化点以及较小的收缩等)的特种混凝土。它是由耐火骨料与适量的胶结

2 建筑材料的性能和应用

料和水按一定比例配制而成,用于热工设备和受高温作用的结构,如炉墙、炉坑、烟囱内衬及基础等。

建筑工程使用的耐热混凝土,按其胶结料的不同,主要有水泥耐热混凝土和水玻璃耐热混凝土等。

1. 材料要求

(1)胶结料 配制水泥耐热混凝土所用的水泥,可用普通水泥、矿渣水泥或矾土水泥,水泥标号应不低于 325 号。普通水泥中不得掺有石灰岩类的混合材料;矿渣水泥中的水渣含量不得大于 50%(用于极限使用温度 900℃ 以上);配制水玻璃耐热混凝土所用的水玻璃和氟硅酸钠,其技术性能要求与水玻璃耐酸混凝土相同。

(2)粗细骨料 可用普通粘土砖、耐火粘土砖、高铝砖等碎块、高炉重矿渣、粘土熟料、矾土熟料、冶金镁砂或镁砖碎块、玄武岩、安山岩、辉绿岩等。冶金镁砂和镁砖,使用前应经碳化处理。粗骨料粒径一般 5~25 毫米,细骨料粒径为 0.15~5 毫米。

(3)掺合料 用粘土砖粉、粘土熟料、矾土熟料、高炉水渣、粉煤灰和冶金镁砂、镁砖粉等粉料,其细度要求通过 4900 孔/厘米² 筛不少于 70%,含水率不得大于 1.5%,掺入量为水泥重的 30~100%。极限使用温度在 350℃ 及 350℃ 以下的水泥耐热混凝土可不加掺合料。

2. 配合比

耐热混凝土配合比的选择,应根据强度、极限使用温度和使用条件、材料来源以及经济效果等综合考虑。各种耐热混凝土的材料组成、极限使用温度和适用范围,见表 2-5-29。混凝土坍落度,用机械振捣时应不大于 2 厘米,用人工捣固时不大于 4 厘米。极限使用温度 700℃ 以下的普通水泥和矿渣水泥耐热混凝土的施工参考配合比见表 2-5-30。

耐热混凝土的材料组成、极限使用温度和适用范围

表 2-5-29

种 类	极限使用温度 (℃)	组成材料及用量(公斤/米 ³)			混凝土最低标号	适用范围
		胶 结 料	掺 合 料	粗 细 骨 料		
普通水泥 (矿渣水泥) 耐热混凝土	700	普通水泥 (矿渣水泥) 300~400 (350~450)	水渣、粉煤灰、 粘土熟料 150~300 (0~200)	高炉矿渣、红砖、 安山岩、玄武岩 1300~1800 (1400~1900)	150	温度变化不剧烈, 无酸碱侵蚀的工程
	900	普通水泥 (矿渣水泥) 300~400 (300~400)	耐火度不低于 1610℃的粘土熟料、 粘土砖 150~300 (100~200)	耐火度不低于 1610℃的粘土熟料、 粘土砖 1400~1600 (1400~1600)	150	无酸碱侵蚀的工程
	1200	普通水泥 300~400	耐火度不低于 1670℃的粘土熟料、 粘土砖、矾土熟料 150~300	耐火度不低于 1670℃的粘土熟料、 粘土砖、矾土熟料 1400~1600	200	

续表

种类	极限使用温度(℃)	组成材料及用量(公斤/米 ³)			混凝土最低标号	适用范围
		胶结料	掺合料	粗细骨料		
矾土水泥耐热混凝土	1300	矾土水泥 300~400	耐火度不低于1730℃的粘土熟料、矾土熟料 150~300	耐火度不低于1730℃的粘土熟砖、矾土熟料、高铝砖 1400~1600	200	宜用于厚度小于400毫米的结构,无酸碱侵蚀的工程
水玻璃耐热混凝土	600	水玻璃 300~400 加氟硅酸钠 (占水玻璃重量的)12~15%	石英石、粘土熟料、粘土砖 300~600	安山岩、辉绿岩、玄武岩 1500~1650	150	可用于同时受酸(氢氟酸除外)作用的工程,但不得用于经常有水蒸汽及水作用的部位
	900		耐火度不低于1670℃的粘土熟料、粘土砖 300~600	耐火度不低于1610℃的粘土熟料、粘土砖 1200~1300	150	
	1200		一等冶金镁砂或镁砖 500~600	一等冶金镁砂或镁砖 1700~1800	150	

注:1.表中所列极限使用温度为平面受热时的极限使用温度,对于双面受热或全部受热的结构,应经过计算和试验后确定。

2.用镁质材料配制的混凝土宜制成预制砌块,并在40~60℃的温度下烘烤后使用。

3.耐热混凝土的标号以100×100×100毫米试块的烘干抗压强度乘以系数0.9而得。

4.表中括号内的数字为以矿渣水泥为胶结料的材料用量。

耐热混凝土配合比

表2-5-30

混凝土标号	配合比(公斤/米 ³)					
	水	水泥		耐火砖砂 (红砖砂) (0.15~5毫米)	耐火砖砂 (红砖砂) (5~25毫米)	粉煤灰
		标号	用量			
150	220	矿渣325	345	586	999	
150	400	普通425	350	(484)	(591)	150
150	350	矿渣325	370	630	(770)	80
150	250	矿渣325	406	585	877	
200	232	矿渣425	340	850	918	
200	300	矿渣425	350	810	990	
200	236	矿渣425	393	707	983	
200	383	矿渣325	450	740	(910)	

注:表中配合比适用于极限使用温度700℃以下。

3. 施工要点

(1)耐热温度宜用机械搅拌。先将水泥、粗细骨料与掺合料搅拌2分钟,再按配合比

加入水(或水玻璃)搅拌 2~3 分钟至颜色均匀为止。

(2)耐热混凝土灌筑应分层进行,每层厚度为 25~30 厘米。

(3)水泥耐热混凝土浇筑后宜在 15~25℃的潮湿环境中养护不少于 7 昼夜,矿渣水泥不少于 14 昼夜,矾土水泥耐热混凝土要加强初期养护管理,时间不少于 3 昼夜,水玻璃耐热混凝土宜在 15~30℃的干燥环境中养护 10~15 天,并需防止直接曝晒,避免脱水过快而龟裂。

(4)水泥耐热混凝土在气温低于 +7℃和水玻璃耐热混凝土在低于 +10℃的条件下施工时,应按冬期施工要求采用蓄热、电热或蒸汽加热等方法(水玻璃耐热混凝土不得采用蒸汽加热法)。加热温度不得超过 60℃,矾土水泥耐热混凝土不得超过 30℃,并不得掺用化学促凝剂。

(5)当用于热工设备衬里时,必须在混凝土强度达到 70% 后进行烘烤。烘烤制度见表 2-5-31。

耐热混凝土衬里的热处理规定

表 2-5-31

烘烤温度(℃)	常温~250 (升温)	250~300 (恒温)	300~700 (升温)	700~使用 温度(降温)
升温速度(℃/时)	15~20		150~200	
加热时间占总烘烤 时间的百分率(%)	45	40	10	5

2-5-6-3 抗油渗混凝土

抗油渗混凝土是在普通混凝土中掺入外加剂氢氧化铁、三氯化铁或三乙醇胺复合剂等配制而成。抗油渗标号一般可达到 B₈~B₁₂(抗渗中间体为工业汽油或工业煤油)。常用于建造贮存轻油类、重油类的油罐及地面工程。

1. 材料要求

(1)水泥 用标号 425 号及 425 号以上的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,要求无结块。

(2)粗细骨料 粗骨料采用 5~40 毫米的符合筛分曲线的碎石,空隙率不大于 43%,石料应坚实、组织致密、吸水率小,砂宜采用中砂,平均粒径控制在 0.35~0.38 毫米,不含泥块杂质。砂石混合后的级配空隙率应小于 35%。

(3)水 一般洁净水。

(4)外加剂 常用外加剂有以下三种:

①氢氧化铁 它是一种不溶于水的粘性胶状物质,渗入混凝土中后可以堵塞混凝土中的毛细孔隙,并有加速混凝土硬化作用,从而达到提高抗渗性的效果。配制方法为将固体三氯化铁溶解于水中,待冷却至室温后再将氢氧化钠和氢氧化钙徐徐加入三氯化铁溶液中,并用木棒搅拌,使两者充分中和,直至用试纸测定 PH 值为 7~8 为止。按计算,每 1 公斤纯三氯化铁加入 0.74 公斤纯氢氧化钠(或 0.68 公斤生石灰),可以制得 0.66 公斤纯

氢氧化铁。制得的氢氧化铁含有较多的食盐,须用六倍于总配制量的清水分三次清洗、沉淀、滤净,达到使食盐含量小于 12%。

②三氯化铁混合剂 为三氯化铁溶液掺加含有一定量木质素的木醋浆(固体含量为 33~37%)而成。三氯化铁溶液的配制方法为将固体三氯化铁(固定含量 95%以上)溶解于水(三氯化铁:水=1:2),再按其重量 10%的明矾(明矾敲碎后先溶解于水,明矾:水=1:5)徐徐倒入三氯化铁溶液,以木棒搅拌均匀即成。木醋浆与水溶解(木醋浆:水=1:2),使用时严禁将三氯化铁与木醋浆事先混合,搅拌时也应分别加入。

③三乙醇胺复合剂 其性能参见防水混凝土一节。

2. 配合比

抗油渗混凝土的施工参考配合比见表 2-5-32。外加剂的掺量,一般氢氧化铁掺量(按固定物质计)为水泥重量的 1.5~3.0%;三氯化铁掺量(以固体含量折算)为水泥用量的 1.5%;木醋浆(以固体含量计)为 0.15%;三乙醇胺掺量为水泥重量的 0.05%,氯化钠为 0.5%。

抗油渗混凝土(砂浆)配合比

表 2-5-32

名称	混凝土 标号	配合比 (公斤/米 ³)									抗渗 标号	
		水	水泥	砂	石子 (白石子)	三氯化 铁 (%)	明矾 (%)	木醋浆 (%)	三乙 醇胺 (%)	氢氧 化铁 (%)		氯化钠 (%)
混凝土	300	195	355	613	1143	1.58	0.1					S8
混凝土	300	189	350	608	1233	1.58	0.1	0.43				S8
混凝土	300	203	370	644	1190	1.5		0.15				S12
混凝土	300	153	390	626	1020				0.05		0.5	S24
混凝土	300	200	370	640	1190					2		S12
水磨石子浆		326	814		(1521)	1.58		0.43				S20
砂浆		275	550	1100		1.5		0.15				S12
砂浆		275	550	1100						2		S6

注:1. 外加剂的掺量均以水泥重量的百分比(%)计。

2. 水磨石子浆用于水磨石地坪。
3. 抗油渗砂浆用于油罐抹面层。

3. 施工要点

(1)所采用的原材料必须符合规定要求,称量准确,并严格控制水灰比。材料中含水量应在配合比中扣除。外加剂应测定其固体含量和纯度。

(2)混凝土应采用机械搅拌,如用 400 公升自落式搅拌机,搅拌时间一般不少于 2~3 分钟,以保证搅拌均匀一致。运输、卸料要防止混凝土离析和分层。

(3)混凝土浇灌应分层进行,下料均匀,用振捣器振捣时要插点均匀,振捣密实,并将表面刮平压光。

(4)加强混凝土的养护,适当延长养护时间,冬期施工时要及时做好保温措施,夏期施工在混凝土浇捣整平 12 小时后,须在表面覆盖草袋浇水养护不少于 14 昼夜,使水泥在水化过程中产生的胶层以充分发展,同时可以防止混凝土产生裂纹。

(5)如作地下结构,应预先处理好地下水,避免混凝土在养护期间受地下水侵入。

2-5-6-4 抗冻混凝土

抗冻混凝土是在普通级配混凝土中掺入少量松香酸钠泡沫剂配制而成。由于泡沫剂在混凝土中产生大量的细小而较为稳定的微泡,能填充混凝土的空隙并堵塞毛细管通路,使外部水分不易渗入。当微泡周围混凝土毛细管中水分受冻膨胀时,微泡又能起一定的缓冲作用,免除或减少水泥石因冰冻出现裂缝和裂缝继续扩大,因而提高了混凝土的抗冻、抗渗性能。多用于制冷设备基础工程。

1. 材料要求

(1) 水泥 标号不低于 325 号的硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥。

(2) 粗细骨料 砂用中砂,含泥量小于 3%,粗骨料用经 15 次冻融循环试验合格(总重损失小于 5%)的坚实级配花岗岩或石英岩碎石,不应有风化颗粒,含泥量小于 1%。

(3) 泡沫剂 用不加胶质的松香配钠泡沫剂。

2. 配合比

抗冻混凝土施工参考配合比见表 2-55-33。

MP150 抗冻混凝土(砂浆)配合比

表 2-5-33

项次	配合比 (公斤/米 ³)						性能		
	水	水泥	砂	碎石		泡沫剂 (占水泥重) (%)	抗压强度 (公斤/厘米 ²)	冻融 150 次 强度损失(%)	抗渗标号 (公斤/厘米 ²)
				规格 (毫米)	用量				
1	184	368	578	20~40	1229	0.037	219	16.0	8
2	192	384	603	5~15	223	0.038	238	14.5	12
				20~40	898				
3	190	380	619	5~25	228	0.038	315	9.6	12
				20~40	912				
4	173	385	681	5~15	243	0.289	327	10.0	8~12
				15~20	366				
				15~40	604				
5	271	590	1180			0.118	320	1.2	

注 1. 按试验方法规定,混凝土冻后强度降低值不大于 25%,即认为合格。MP150 表示冻融循环 150 次。

2. 抗渗试验按每八小时递增一个水压进行。

3. 抗冻砂浆用于基础表面抹面。

3. 施工要点

(1) 搅拌顺序为先加 50% 的水和泡沫剂搅拌 1 分钟,再加水泥搅拌 1 分钟,最后加入砂、石和其余 50% 水,共搅拌 3~4 分钟。

(2) 灌筑方法和养护要求与松香酸钠防水混凝土相同。

2-5-6-5 耐低温混凝土

耐低温混凝土又称膨胀珍珠岩混凝土、珠光砂混凝土。用水泥、膨胀珍珠岩砂和泡沫剂加水搅拌而成。具有容重轻、导热性低、耐火、隔热、隔音、耐冻、断冷等性能,广泛用于工业建筑,特别是深冷(0~ -196℃)工程中,作隔热保温材料,以及管道、屋面、隧道等的隔热、保温、吸音、减噪等工程上使用。

1. 材料要求

(1)水泥 尽量采用早期强度较高、掺合料少的高标号(525号或625号)硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,要求无结块,夏期施工时,宜选用水化热较低的水泥,如矿渣硅酸盐水泥。

(2)膨胀珍珠岩砂 白色或灰白色砂状物质,平均粒径0.33~0.44毫米,比重为0.04~0.2,一般用三级品,容重以160~220公斤/米³为合适,其物理性能、化学成分和粒度组成见表2-5-34。

膨胀珍珠岩砂物理性能、化学成分和粒度组成

表2-5-34

物理性能		容重 (公斤/米 ³)	导热系数 (千卡/米·时·度)	比热 (千卡/公斤·度)	吸水率 (%)	吸湿率 (%)	使用温度 (℃)
		160~300	0.033~0.053	0.16	220	0.05	-196 ~1200
化学成分(%)		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O + Na ₂ O
		69~75	12~16	2~5	3	2	5~9
粒度 组成	筛孔尺寸(毫米)	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
	累计筛余(%)	0	0.5	10	24	95	99

注:本表为大连耐火材料厂试验资料。

(3)泡沫剂 用松香、碱和动物胶配制而成。

2. 配合比

耐低温混凝土施工参考配合比及物理力学性能见表2-5-35。

耐低温混凝土配合比

表2-5-35

水泥 膨胀 珍珠岩砂 (体积比)	水泥用量 (公斤/米 ³)	膨胀珍珠 岩砂用量 (公斤/米 ³)	泡沫剂掺量 (占水泥重) (%)	性 能			
				湿容重 (公斤/米 ³)	导热系数 (千卡/米·时·度)	抗压强度 (公斤/厘米 ²)	
						R ₂₃	-196℃
1:2	647	205	0.05	1100	0.265	119	142
1:2.5	520	206	0.06	990	0.216	84	98
1:2.5	550	217	0.05	1100	0.232	110	84
1:3	480	228	0.05	700~800	0.151	66	
1:3	440	209	0.05	936	0.182	78	74
1:3	405	192	0.03	879(干)	0.230	107	102
1:3.5			0.05	600~1000	0.12~0.18	25~120	
1:4	360	228	0.05				

2 建筑材料的性能和应用

注 水灰比以混合时加水,可用手握成球蛋时为宜,一般在 0.7~0.8。

混凝土的物理力学性能与膨胀珍珠岩砂颗粒容重、水泥和泡沫剂用量有密切关系。膨胀珍珠岩砂干容重愈大,制得的混凝土容重愈大,抗压强度愈高,导热系数也随之增大;水泥用量多,混凝土容重增大,泡沫剂用量多,混凝土容重减小。膨胀珍珠岩混凝土的导热系数还与含水率有关,含水率愈高,导热系数愈高,反之愈低(表 2-5-36),而超低温冻融的混凝土抗压强度随含水率的提高而降低。

耐低温混凝土不同含水率的导热系数

表 2-5-36

含水率 (%)	0	10	20	28	38	50
导热系数(千卡/米·时·度)	0.179	0.239	0.301	0.340	0.397	0.423

3. 施工要点

(1)采用混凝土或砂浆搅拌机搅拌,一次搅拌量为搅拌机容量的 80%。投料顺序为先把一定量的水和泡沫剂同时倒入搅拌筒内搅拌 1 分钟,使其发泡,然后将水泥倒入再搅拌 1 分钟至水泥团散开为止,最后倒入膨胀珍珠岩砂,搅拌约 2~3 分钟使均匀颜色一致,圆锥体稠度为 3~5 厘米即可使用。拌好的混凝土应立即进行浇灌,以保证混凝土内有充足的汽泡存在。

(2)混凝土应分层浇灌,每层厚度不大于 30 厘米。用人工捣固,每灌完一层,在表面用方锹、括尺或木抹轻轻拍实并划毛,浇完最后一层后用抹子抹平,如有护面层,则应抹成粗糙面。

(3)混凝土应连续施工一次捣完,不宜留施工缝。

(4)捣好的混凝土待终凝后立即用湿草袋覆盖进行潮湿养护,防止干燥裂缝,最后再进行风干做护面层,风干天数根据气候条件经试验确定。

2-5-6-6 防辐射混凝土

防辐射混凝土属于重混凝土,用于防护来自各种同位素、加速器或反应堆等原子能装置的原子辐射,如 x 、 α 、 β 、 γ 以及中子射线等,其中 x 、 γ 、中子射线比 α 、 β 射线强得多。混凝土防辐射的能力随容重(密度)的增大而增强,一般防辐射混凝土的容重要求在 3000~4500 公斤/米³。

1. 材料要求

(1)水泥 用标号不低于 325 号的硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥,最好采用矾土水泥、钡水泥等。

(2)粗细骨料 应选用容重大、含铁量高、级配良好的赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿或重晶石等制成的矿石和矿砂,其技术性能要求见表 2-5-37。配制不同容重的防辐射混凝土对骨料块状容重的要求如表 2-5-38。当矿石的容重较小,不能配出所要求的单位容重的混凝土时,可掺入一定数量的金属块,如金属废块、铸件或碎片、钢板切边、螺母和

铸铁块(规格 $20 \times 25 \times 35$ 毫米)、钢棒、钢筋头(80 毫米以内)等。

防辐射混凝土所用骨料的技术性能要求

表 2-5-37

骨料名称	骨料容重(吨/米 ³)		卵石容重 (吨/米 ³)	质量要求
	细骨料 (0.15~5 毫米)	粗骨料 (5~80 毫米)		
赤铁矿 (Fe ₂ O ₃)	1.6~1.7	1.4~1.5	3.2~4.0	Fe ₂ O ₃ 含量:细骨料中不低于 60%,粗骨料中不低于 75%,仅含少量杂质
磁铁矿 (Fe ₃ O ₄ ·H ₂ O)	2.3~2.4	2.6~2.7	4.3~5.1	Fe ₂ O ₃ 含量:细骨料中不低于 60%粗骨料中不低于 75%,仅含少量杂质
褐铁矿 (Fe ₂ O ₂ ·3H ₂ O)	1.6~1.7	1.4~1.5	3.2~4.0	Fe ₂ O ₃ 含量不低于 70%,仅含少量杂质
重晶石 (BaSO ₄)	3.0~3.1	2.6~2.7	4.3~4.7	BaSO ₄ 含量不低于 80%,内含石膏或黄铁矿的硫化物及硫酸化合物不超过 7%
废铅渣			2.4~3.5	细废铅渣比重 4.0

注 1. 骨料容重应在试验室振动台振动 30 秒钟以后的干燥状态下确定,振动台的振幅为 0.35 毫米,频率为 3000 次/分钟(额定值)。

2. 按重量含 0.25% 蛋白石和 5% 玉髓以上的重晶石,只能与低碱性水泥配合使用,因这些杂质易与高钙性水泥发生反应使混凝土裂缝。

不同容重的混凝土对骨料块状容重的要求

表 2-5-38

混凝土设计容重(吨/米 ²)	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
骨料块状容重要求达到(吨/米 ³)	3.6~3.8	3.7~3.9	3.8~4.0	4.0~4.1	4.1~4.2	4.3~4.4	4.4~4.5

(3) 水 一般洁净水,PH 值不小于 4。

2. 配合比

防辐射混凝土施工参考配合比见表 2-5-39。

2 建筑材料的性能和应用

防辐射混凝土施工配合比

表 2-5-39

项次	名 称	容 重 (吨/米 ²)	配合比(重量计)	用途	
1	普通混凝土	2.1~2.4	硅酸盐水泥:砂:碎石:水 = 1:3:6:0.6	抗 x 、 α 、 β 、 γ 以及 中子辐射	
2	赤铁矿混凝土	3.2~3.5	1)水泥:普通砂:赤铁矿 砂:赤铁矿碎石:水 = 1:1.43:2.14:6.67:0.67 1:1.22:2:7.32:0.68 2)水泥:普通粉:赤铁矿 碎石:水 = 1:2:8:0.66		
3	磁铁矿混凝土	3.3~3.8	水泥:磁铁矿砂:磁铁矿 碎石:水 = 1:4:4.4:0.17 1:1.36:2.64:0.56 1:1.7.3.3:0.55		
4	褐铁矿混凝土	2.6~2.8	水泥:褐铁矿砂:褐铁矿碎 石:水 = 1:2.8:3.7:0.8		
5	褐铁矿加废钢块混凝土	2.9~3.0	水泥:褐铁矿砂:废钢块:水 = 1:2:4.3:0.4		
6	重晶石混凝土	3.2~3.8	1)水泥:重晶石砂:重晶 石碎石:水 = 1:3.4:4.54:0.5 1:4.5:4.5:0.55 1:3.35:5.46:0.5 2)水泥:重晶石粉:重晶 石砂:重晶石碎石 水 = 1:0.26:2.6:3.4:0.48		
7	重晶石砂浆	2.5~3.2	1)水泥:重晶石砂 = 1:5.96 2)水泥:重晶石粉: 重晶石砂:黄沙 = 1:0.25:2.5:1 3)水泥:重晶石粉:石灰 膏 = 1:3.89:0.11 1:4:0.25		
8	加硼混凝土	2.6~4.0	1)水泥:砂:碎石:碳化硼 :水 = 1:2.54:4:0.15:0.73 2)水泥:硬硼酸钙砂:重 晶石:水 = 1:0.5:4.9:0.38		抗中子辐射
9	加硼砂浆	1.8~2.0	1)水泥:重晶石粉:硬硼 酸钙粉:石灰 = 1:3.44:0.44:0.11		
10	铅渣混凝土	2.4~3.5	矾土水泥:废铅渣: 水 = 1:3.7:0.6		

为改善混凝土的和易性,减少用水量,提高密实度,可加入适量亚硫酸盐纸浆或苇浆废液塑化剂。

3. 施工要点

(1) 配制混凝土应严格掌握配合比,由于混凝土中的几种材料比重相差较大,要严格控制坍落度,以免振捣时引起骨料的不均匀下沉,影响重混凝土的防护性能,坍落度一般以 2~4 厘米为佳,如要求坍落度大,应考虑掺用减水剂。

(2) 混凝土要振捣密实,骨料分布要均匀。浇灌层厚度以 20~25 厘米为宜,插入式振捣器振捣时,每层浇灌厚度为 15 厘米,人工插振每层厚度为 12 厘米。振捣时间一般为 15 秒左右,以表面出浆即可,时间过长会引起骨料不均下沉。混凝土自搅拌至浇灌完不得超过 2 小时。

(3) 浇灌混凝土应连续进行,一般不准留设水平施工缝,必要时应留出凹凸形施工缝(图 2-5-8a、b)。垂直施工缝必须使防辐射混凝土伸进普通混凝土内 5 厘米,并与普通混凝土锯齿形相接(图 2-5-8c)。

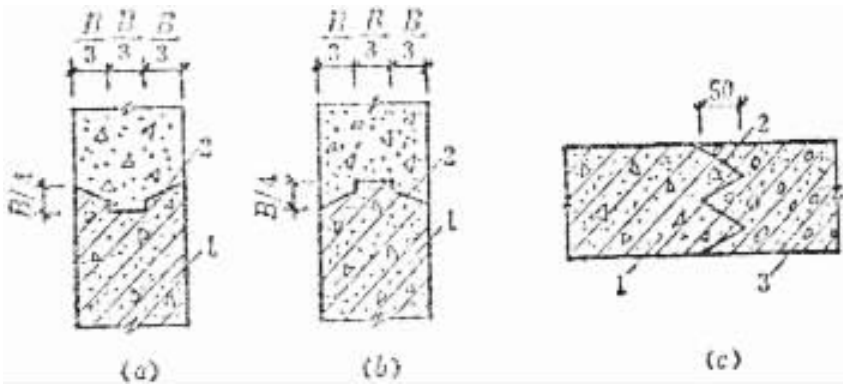


图 2-5-8 施工缝设置

(a)(b) 凹凸形水平施工缝 (c) 垂直施工缝(平面)

1—防辐射混凝土 2—施工缝 3—普通混凝土 B—墙厚

(4) 如条件许可,混凝土亦可采用预填灌浆法施工,可大大提高混凝土的均匀性。

(5) 重晶石砂浆抹面前,墙面必须清理干净,并浇水湿润,抹平厚度一般为 20~25 毫米,应分 8~10 次抹成,收水后用铁板压浆抹平,以免开裂。

(6) 混凝土的养护方法与普通混凝土相同。冬期可用蓄热兼加热法养护并经常保持混凝土一定的温度。

2-5-7 普通混凝土的配合比设计

普通混凝土的配合比,应根据工程特点、原材料的质量、施工方法等因素,通过理论计算和试配确定,使混凝土组成材料之间用量的比例关系符合设计要求的强度和耐久性,施

2 建筑材料的性能和应用

工要求的和易性,同时还应符合合理使用材料、节约水泥等经济原则。有的还应满足对混凝土的特殊要求(如抗渗性、抗冻性、耐热性等)。混凝土一般常用的设计标号为75号、100号、150号、200号、250号、300号、400号、500号、600号等。

1. 配合比设计方法、步骤

(1) 计算出要求的试配强度

混凝土试配强度,应考虑到现场实际施工条件的差异和变化,按混凝土标号参照下式进行计算:

$$R_{\text{试}} = R_{\text{标}} + \sigma_0$$

式中 $R_{\text{试}}$ ——混凝土的试配强度(kg/cm^2);

$R_{\text{标}}$ ——混凝土标号;

σ_0 ——施工单位的混凝土标准差的历史统计水平(kg/cm^2),可按下式求得:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i^2 - nR_n^2)}{n-1}}$$

式中 R_i ——第*i*组的试块强度;

R_n ——*n*组试块强度的平均值。

如施工单位无历史统计资料时 σ_0 可按表 2-5-40 取值。

σ_0 取值表

表 2-5-40

$R_{\text{标}}$	100~200	250~400	500~600
σ_0	40	50	60

(2) 确定水灰比

根据水泥标号、混凝土的试配强度和骨料种类由下式或表 2-5-41 求水灰比。

混凝土水灰比选用表

表 2-5-41

水泥 标号	混 凝 土 标 号						
	75	100	150	200	250	300	400
325	0.95~0.90	0.85~0.80	0.70~0.65	0.55~0.50			
425		0.95~0.90	0.80~0.75	0.65~0.60	0.55~0.50		
525			0.90~0.85	0.75~0.70	0.65~0.60	0.55~0.50	
625					0.75~0.70	0.65~0.60	0.55~0.50

注 本表上限用于碎石混凝土;下限用于卵石混凝土。

$$\frac{W}{C} = \frac{K_1 R_c}{R_{\text{试}} + K_1 K_2 R_c}$$

式中 $\frac{W}{C}$ ——混凝土所需水灰比;

K_1 ——系数,用碎石时为 0.46,用卵石时为 0.48;

K_2 ——系数,用碎石时为 0.25,用卵石时为 0.61;

R_c ——水泥的实际强度(公斤/厘米²),如无实际强度时,可用下式代入

$$R_c = K_c R_c^b$$

R_c^b ——水泥标号；

K_c ——水泥的标号富余系数，一般取 $K_c = 1.13$ 。施工单位亦可在试验数据充分的条件下自定；

$R_{试}$ ——混凝土试配强度。

(3) 选择用水量

根据不同结构物 and 不同振捣方法，施工时和易性的要求，参考表 2-5-42 选定坍落度，然后根据坍落度和石子品种、规格参考表 2-5-43 选定用水量。

混凝土烧筑时的坍落度

表 2-5-42

项次	结构种类	坍落度 (厘米)
1	基础或地面等的垫层、无配筋的厚大结构(挡土墙、基础或厚大的块体等)或配筋稀疏的结构	1~3
2	板、梁和大型及中型截面的柱子等	3~5
3	配筋密列的结构(薄壁、斗仓、筒仓、细柱等)	5~7
4	配筋特密的结构	7~9

注 1. 本表系指采用机械振捣的坍落度，采用人工捣实时可适当增大。

2. 需要配置大坍落度混凝土时，应掺用外加剂。

3. 曲面或斜面结构的混凝土，其坍落度值，应根据实际需要另行选定。

4. 轻骨料混凝土的坍落度，宜比表中数值减少 1~2 厘米。

混凝土(塑性的或流动性的)单位用水量(公斤/米³)

表 2-5-43

所需坍落度 厘米	卵石			碎石		
	最大粒径(毫米)			最大粒径(毫米)		
	10	20	40	15	20	40
1~3	190	170	160	205	185	170
3~5	200	180	170	215	195	180
5~7	210	190	180	225	205	190
7~9	215	195	185	235	215	200

注 1. 表中数值系细骨料采用中砂，当用细砂时，用水量增加 5~10 公斤/米³；当用粗砂时，用水量减少 5~10 公斤/米³。

2. 掺用各种外加剂或掺合料时，可相应增减用水量。

3. 混凝土的坍落度小于 1 厘米时，用水量按各地现有经验或经试验取用。

4. 表中数值不适用于水灰比小于 0.4 或大于 0.8 的混凝土。

(4) 计算水泥用量

根据用水量及水灰比计算水泥用量。

$$\text{每立方米混凝土水泥用量} = \frac{\text{每立方米混凝土用水量}}{\text{水灰比}} (\text{kg})$$

为保证混凝土的耐久性和一定的密实度，采用的水灰比和水泥用量还应满足表 2-5-44 最大水灰比和最小水泥用量的要求，如不能满足时，则应采用 2-5-44 中规定的数值，此时，在不影响操作的情况下，用水量可不减。但配制普通混凝土的水泥用量不应大

2 建筑材料的性能和应用

于 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 。

混凝土的最大水灰比和最小水泥用量表

表 2-5-44

项次	混凝土所处的环境条件	最大水灰比	最小水泥用量(公斤/米 ³)			
			普通混凝土		轻骨料混凝土	
			配筋	无筋	配筋	无筋
1	不受雨雪影响的混凝土	不作规定	225	200	250	225
2	(1)受雨雪影响的混凝土 (2)位于水中及水位升降范围的混凝土 (3)在潮湿环境中的混凝土	0.70	250	225	275	250
3	(1)寒冷地区水位升降范围内的混凝土 (2)受水压作用的混凝土	0.65	275	250	300	275
4	严寒地区水位升降范围内的混凝土	0.60	300	275	325	300

- 注 1. 本表所列水灰比,普通混凝土系指水泥与水泥(包括外掺混合材料)用量之比,轻骨料混凝土系指水与水泥的净水灰比(水不包括轻骨料 1 小时吸水量,水泥不包括外掺混合材料)。
2. 表中最小水泥用量(普通混凝土包括外掺混合材料,轻骨料混凝土不包括外掺混合材料);当用人工捣实时应增加 $25\text{kg}/\text{m}^3$,当掺用外加剂,凡能有效地改善混凝土的和易性时,水泥用量可减少 $25\text{kg}/\text{m}^3$ 。
3. 标号为 ≤ 100 号的混凝土,其最大水灰比和最小水泥用量可不受本表限制。

(5) 计算砂率

砂率是指砂的重量占砂、石总重量的百分率。可根据本单位对所用材料的使用经验选用,如无使用经验,可按骨料品种、规格及混凝土的水灰比参照表 2-5-45 选用,或按下式计算。

混凝土砂率选用表

表 2-5-45

水灰比 ($\frac{W}{C}$)	碎石最大粒径(毫米)			卵石最大粒径(毫米)		
	15	20	40	10	20	40
0.4	30~35	29~34	27~32	26~32	25~31	24~30
0.5	33~38	32~37	30~35	30~35	29~34	28~33
0.6	36~41	35~40	33~38	33~38	32~37	31~36
0.7	39~43	38~43	36~41	36~41	35~40	34~39

- 注 1. 表中值为中砂的选用砂率,对细砂或粗砂,可相应地减少或增加砂率;
2. 本砂率表适用于坍落度为 1~6 厘米的混凝土,如坍落度大于 6 厘米或小于 1 厘米,应相应地增加或减少砂率;
3. 只用一个单料级粗骨料配制混凝土时,砂率值应适当增加;
4. 掺用外加剂及掺合料者,可经试验或按有关标准定出合理砂率值。

$$\text{砂率} = K \frac{\text{砂子容重}^{\text{①}} \times \text{石子空隙率}^{\text{②}}}{\text{砂子容重} \times \text{石子空隙率} + \text{石子容重}} (\%)$$

式中——K 系数 机械振捣时为 1.0 ~ 1.2, 手工振捣时为 1.2 ~ 1.4。

(6) 计算每立方米混凝土的砂石用量

$$\text{砂石总重量} = \text{混凝土容重} - \text{水重量} - \text{水泥重量} (\text{kg})$$

$$\text{砂的重量} = \text{砂石总重量} \times \text{砂率} (\text{kg})$$

$$\text{石子的重量} = \text{砂石总重量} - \text{砂子重量} (\text{kg})$$

(7) 试配和最后确定施工配合比

根据计算的配合比, 用施工所用的原材料进行试配, 检验其和易性, 测定其坍落度和容重, 对计算结果作初步调整, 适当增减水泥浆量或调整砂率, 再作试块测定其强度, 如强度不符合要求, 则需调整水灰比, 用水量不变, 重做试验直至符合要求为止。

【例】某钢筋混凝土梁, 采用 300 号混凝土, 使用原材料为 525 号矿渣水泥, 中砂, 容重 1400kg/m^3 , 砂石最大粒径为 40 毫米 (容重 1430kg/m^3 , 空隙率 45%), 自来水。施工采用机械搅拌, 插入式振捣器振捣。要求混凝土坍落度为 3 ~ 5 厘米。混凝土平均强度预定为 340kg/m^2 。试设计混凝土配合比。

【解】

$$(1) \text{计算水灰比 } \frac{W}{C} = \frac{0.46 \times 1.13 \times 252}{340 + 0.46 \times 0.52 \times 1.13 \times 525} = 0.56$$

(2) 用水量 根据表 5-81 选定为 180kg/m^3 ;

$$(3) \text{水泥用量 } C = \frac{180}{0.56} = 321 \text{kg/m}^3 ;$$

以上水灰比和水泥用量均符合表 5-82 的规定 ;

$$(4) \text{砂率} = 1.1 \times \frac{1400 \times 0.45}{1400 \times 0.45 + 1430} = 0.34 ;$$

(5) 每立方米混凝土砂石用量。

$$\text{砂石总重} = 2400 - 180 - 321 = 1899 (\text{kg/m}^3)$$

$$\text{砂用量} = 1899 \times 0.34 = 645 (\text{kg/m}^3)$$

$$\text{碎石用量} = 1899 - 645 = 1254 (\text{kg/m}^3)$$

经以上计算, 初步确定的每立方米混凝土材料用量为 : 水泥 : 砂 : 碎石 : 水 = 321 : 645 : 1254 : 180。

① 容重 材料在自然状态下单位体积 (包括颗粒本身的孔隙在内) 的重量, 要通过试验确定。容重 = $\frac{\text{重量}}{\text{自然状态下体积}} (\text{kg/l})$ 或 (kg/m^3)

一般情况下, 常用材料容重大致为 : 水的容重 = 1000kg/m^3 , 水泥容重 = $1100 \sim 1300 \text{kg/m}^3$, 砂的容重 = $2400 \sim 1300 \text{kg/m}^3$, 石的容重 = $1300 \sim 2500 \text{kg/m}^3$, 石子容重 = $1400 \sim 1500 \text{kg/m}^3$, 混凝土容重 = $2400 \sim 2450 \text{kg/m}^3$ 。

② 空隙率 材料在自然状态下单位体积中颗粒之间的空隙占总体积 (包括空隙的百分率)。石子空隙率可根据测得的石子比重和容重计算得到。

$$\text{石子空隙率} = \left(1 - \frac{\text{石子容重}}{\text{石子比重}} \right) \times 100 (\%) ;$$

计算要求准确到 0.5%。

(6)根据上述配合比,用现场原材料进行试配。在试配时,应根据现场砂石含水率求出湿料的实际用量,并在加水量中扣除砂石的含水量。如已测出砂子的含水率为2%,碎石的含水率为0.5%,则:

$$\text{砂实用量} = 645 \times (1 + 0.02) = 658 (\text{kg}/\text{m}^3)$$

$$\text{碎石实用量} = 1254 \times (1 + 0.005) = 1260 (\text{kg}/\text{m}^3)$$

$$\text{水实用量} = 180 - (658 - 645) - (1260 - 1254) = 161 (\text{kg}/\text{m}^3)$$

然后称取10升混凝土的用料进行试拌,如发现砂浆过多或过少时,应调整砂率;如坍落度不符合要求时,则应在保证水灰比条件下,调整用水量;如拌合物的容重与设计容重的偏差在2%以上时,则应将每立方米混凝土的各种材料用量相应按比例增减。以上各项经调整并再试拌符合要求后,则制作试块检验抗压强度,如强度不符合要求,则须调整水灰比。一般为了加快工作进程,在计算试拌配合比时,采用几组不同的配合比(不少于3组),其中一组为上述基准配合比,另两组配合比的水灰比值,应较基准配合比分别相应增减0.05。以便从中选择强度合适的配合比作为施工配合比。现场配料时,还要根据当时砂、石含水率对配合比作适当调整。

2-5-8 混凝土的搅拌

混凝土工程是钢筋混凝土工程中的重要组成部分。现浇混凝土工程质量的好坏,直接影响钢筋混凝土结构的承载能力、耐久性与整体性,因此,在施工中必须认真抓好每一施工环节,以保证混凝土工程的质量。

混凝土工程的施工过程有混凝土的拌制、混凝土的运输、混凝土的浇筑和混凝土的养护等。

1. 混凝土的拌制

混凝土的拌制包括原材料的加工与贮存、原材料的计量和混凝土的搅拌等工序。在合理使用和节约原材料的原则下,拌制好的混凝土除应保证硬化后具有设计所要求的物理力学性能外,还应具有良好的工作性(又称和易性)以满足施工的要求。因此,在拌制混凝土过程,应注意原材料的选择和使用,严格控制原材料的计量精度,正确选择搅拌制度,加强混凝土拌制质量的检验,以保证拌制好的混凝土符合质量要求。

混凝土拌制的工艺流程分单阶式和双阶式两种。单阶式工艺就是将材料贮仓设置在搅拌设备的上方,材料经一次提升送到贮仓中后,依靠重力自动落入计量装置和搅拌机中,最后拌制成混凝土。双阶式工艺则是材料贮仓与搅拌机位置大致处于相同标高,材料被提升至贮仓后,经过计量,需再经一次提升才送入搅拌机。单阶式工艺的优点是:搅拌楼占地面积小,工艺布置紧凑,效率高,便于实现自动控制。但厂房高度高,一次投资大,故一般适用于大型固定式的商品混凝土工厂。双阶式工艺的优点是:土建结构简单,建筑物高度低,投资少,但辅助设备较多,一般适用于中小型和拆装式混凝土搅拌站。

目前,混凝土的生产方式有现场分散搅拌和集中预拌生产两种。采用分散在各施工

现场设置混凝土搅拌站的现场搅拌生产方式,由于施工点分散、搅拌设备迁移频繁、设备利用率低、计量装置精度不高,故混凝土强度的离散性较大,原材料的浪费较严重,工人劳动生产率较低,且占用较大的施工场地,易造成施工现场的混乱。而混凝土的集中预拌生产,由于生产的专业化和集中化,混凝土的生产过程能实现高度自动化,工人劳动条件好,劳动生产率高,原材料消耗低,设备利用率高,经济效益好。特别是原材料计量精确,采用电子技术控制的自动化装置,不仅能精确控制各种材料的用量,配合比变换方便,而且还能根据骨料中含水量的变化,自动调整加水量和骨料用量,混凝土质量得到保证。此外,还可节省现场施工用地,有利于现场的文明施工,减少对环境的污染。因此,混凝土的生产方式正逐步向集中预拌生产,供应商品混凝土的方向发展。

(1) 原材料的计量

原材料的计量是混凝土拌制过程中的重要环节。只有计量的精确度得到保证,才能使所拌制的混凝土的强度、耐久性和工作性等能满足设计和施工所提出的要求。

根据有关试验资料,水计量波动 $\pm 1\%$ 时,混凝土强度将相应波动约 $\pm 3\%$;水泥计量波动 $\pm 1\%$ 时,则混凝土强度波动约 $\pm 1.7\%$ 。若计量时,水和水泥误差各为 $\pm 2\%$ 和 -2% 时,由于水灰比的变化,混凝土强度将降低 8.9% ;当水和水泥误差各为 $+5\%$ 和 -10% 时,混凝土强度将降低 31.4% 。因此,为了保证混凝土的质量,原材料的计量应以重量计,骨料中的含水率应经常测定,特别是雨天施工时更应增加测定次数,以调整加水量,各种衡器应定期校验,经常保持准确,所用衡器的精度不应超过其最大称量的 $\pm 0.5\%$ 。

各种原材料计量(按重量计)的允许偏差不得超过表 2-5-46 的规定。

混凝土原材料计量的允许偏差

表 2-5-46

材 料 名 称	允许偏差(以重量计)
水泥、外掺混合材料	$\pm 2\%$
粗、细骨料	$\pm 3\%$
水、外加剂溶液	$\pm 2\%$

(2) 混凝土的搅拌

① 混凝土的搅拌机理

混凝土的搅拌的目的是使混凝土中的各组分混合成一种各物料颗粒相互分散、均匀分布的混合物。搅拌好的混凝土是否质地均匀,可通过从混凝土中随机取出一定数量的试样进行分析来评定。如果各试样的配合比基本相同,便可认为该混凝土已混合均匀了。

为了使混凝土中各组分混合均匀,必须在搅拌过程中使每一组分的颗粒能扩散到其它各种组分中去。因此,必须设法使各组分颗粒或液滴都产生运动,并使它们的运动轨迹相交。相交的次数愈多,混凝土愈易混合均匀。根据迫使各组分颗粒或液滴产生相交运动轨迹的方法不同,普通混凝土搅拌机设计时所依据的搅拌机理基本上有下列两种:

A. 自落式扩散机理 它是将物料提升到一定高度后,利用重力的作用,自由落下。由于各物料颗粒下落的时间、速度、落点和滚动距离不同,从而使物料颗粒相互穿插、渗透、扩散,最后达到均匀混合的目的。由于物料的扩散过程主要是利用重力的作用,故又称重力扩散机理。自落式混凝土搅拌机就是根据这种机理设计的。

B. 强制式扩散机理 它是利用运动着的叶片强迫物料颗粒朝各个方向(环向、径向、竖向)产生运动,由于各物料颗粒运动的方向、速度不同,相互之间产生剪切滑移以致相互穿插、扩散,从而使各物料均匀混合。由于物料的扩散过程主要是要利用物料颗粒相互间的剪切滑移作用,故又称剪切扩散机理。强制式混凝土搅拌机就是根据这种机理制成的。

②混凝土搅拌机的类型

普通混凝土搅拌机根据其设计时所依据的搅拌机理,可分为自落式搅拌机和强制式搅拌机两大类。

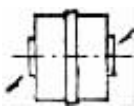
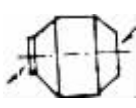
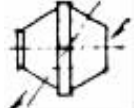

搅拌机一般由搅拌筒、进料装置、卸料装置、传动装置和配水系统等主要部分所组成。

搅拌机的容量有三种表示方式,即出料容量、进料容量和几何容量。所谓出料容量,就是指搅拌机每次可拌出的最大混凝土量。进料容量是指搅拌前搅拌筒可能装的各种松散材料的累积体积。几何容量则是指搅拌筒内的几何容积。其中出料容量与进料容量的比值称为出料系数,一般为0.60~0.70,通常取0.67。进料容量与几何容量的比值称为搅拌筒的利用系数,一般为0.22~0.40。按我国规定,以搅拌机的出料容量(m^3) $\times 1000$ 来标定其规格。

A. 自落式搅拌机 自落式搅拌机按搅拌筒的形状和出料方式的不同,可分为鼓筒式、锥形反转出料式和双锥形倾翻出料式(表2-5-47)。

自落式搅拌机的分类

表 3-5-47

鼓筒式	反转出料式	双锥形式	
		倾翻出料	梨形
			

鼓筒式搅拌机的搅拌筒呈鼓形。由于它是只靠物料的自然落作用进行拌和,搅拌作用不甚强烈,对于坍落度小于3cm的混凝土不易搅拌均匀,且易产生粘罐和出料困难现象,故一般只适用于搅拌流动性较大的混凝土。鼓筒式搅拌机工作时,物料一般要提到相当的高度(约为筒径的0.7处)才落下,所以,搅拌筒筒径不能太大。否则,物料下落时,大粒径骨料易将叶片、筒壁砸坏。因此,鼓筒式搅拌机不能做成大型的,也不宜用它来搅拌含有大骨料(粒径大于80mm)的混凝土。此外,它还存在卸料时间长、搅拌筒利用系数低(一般仅0.22~0.25)等缺点。但由于它结构简单,耐用可靠,制造与维修容易,在我国施工现场仍得到广泛应用。

锥形反转出料式搅拌机如图2-5-9所示。其搅拌筒为双锥形,搅拌叶片按一定的角度呈交叉布置。搅拌时,物料一方面被叶片提升自落作垂直位移,另一方面又被叶片迫使沿轴向作左右窜动,故搅拌作用比较强烈。它不但能搅拌流动性较大的混凝土,也能搅拌低流动性混凝土。搅拌筒正转时进行搅拌,反转时靠搅拌筒出料端的螺旋出料叶片将混凝土推出进行卸料。由于搅拌筒正、反转交替进行,叶片正反面都能受到物料的撞击,因而不产生粘罐现象。这种搅拌机构造简单,重量轻,搅拌效率较高,出料干净、方便。但

搅拌筒利用系数低,反转出料时,是在负载的情况下启动,功率消耗大,故这种机型一般只适用于中、小容量的搅拌机。

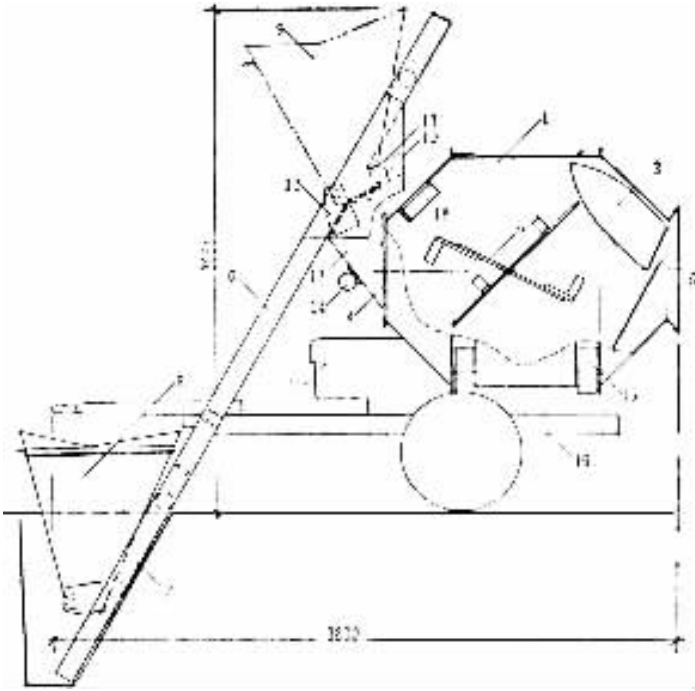


图 2-5-9 锥形反转出料式混凝土搅拌机

- 1- 鼓筒 2- 正、副搅拌叶片 3- 螺旋出料叶片;
 4- 进料口 5- 出料口 6- 斜轨 7- 斜轨下伸部分 8- 上料斗;
 9- 上料斗处于顶部时的情况; 10- 上料斗底部轮子; 11- 斜轨的岔道;
 12- 上料斗的底门; 13- 固定进料斗; 14- 进料振动器; 15- 驱动轮;
 16- 底盘; 17- 动力装置及传动机构; 18- 进料叶片

双锥形倾翻出料式搅拌机的搅拌筒由两个截头圆锥组成。两圆锥筒内装有向内倾斜的叶片。搅拌筒转动时,由于叶片向内倾斜,故物料被左右两圆锥筒上的叶片提升不甚高时便沿叶片滑下。从左右叶片上滑下的物料相向运动,在搅拌筒中部形成交叉料流。搅拌筒每转一周,物料的搅拌可循环多次。因此,这种搅拌机搅拌效率高,可以搅拌流动性和低流动性混凝土。由于物料在搅拌筒内提升的高度不大,所以,叶片不易撞坏,可以制成大容量的搅拌机,搅拌含有大粒径骨料的混凝土。它卸料时是依靠使搅拌筒倾翻的装置,使搅拌筒倾斜,将料卸出。


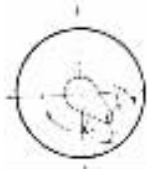



B. 强制式搅拌机 强制式搅拌机按其构造特征可分为立轴式和卧轴式两类(2-5-48)。

立轴式强制搅拌机的搅拌筒是一个水平放置的圆盘。搅拌叶片绕立轴旋转,强迫搅拌盘内物料颗粒作多方向运动,形成复杂的交叉料流,将物料搅拌均匀。这类搅拌机按搅拌盘和叶片的旋转方式不同可分为涡桨式和行星式。涡桨式是搅拌盘固定,叶片绕盘中

心的立轴旋转。行星式又分为定盘式和转盘式。定盘式是搅拌盘固定,搅拌叶片除绕位于盘中心的主立轴旋转外,还绕它本身的立轴旋转。转盘式则是搅拌盘绕盘中心旋转,而搅拌叶片立轴的位置固定,叶片的旋转方向与搅拌盘的旋转方向或者相反,或者同向。

强制式搅拌机的分类

表 2-5-48

立 轴 式			卧 轴 式	
涡桨式	行 星 式		单卧轴式	双卧轴式
	定 盘 式	转 盘 式		
				

卧轴式强制搅拌机可分为单卧轴式和双卧轴式。单卧轴式的水平搅拌轴通过机壳中心,轴上装有螺旋搅拌叶片和铲刮叶片。工作时,两种叶片迫使物料作强烈地对流运动,使物料在短时间内便搅拌均匀。双卧轴式有两个相连的圆槽形搅拌筒,两根水平搅拌轴相互作用反向旋转。两轴上的叶片搅拌作用半径是相互交叉的,叶片与轴中心线成一定的角度。故当叶片转动时,它不仅使物料在两个搅拌筒内轮番地作圆周运动,而且还使它们沿轴向作往复窜动,因而有很好的搅拌效果。

各种类型的强制式搅拌机与自落式相比,其搅拌作用强烈,搅拌时间短,生产效率高,适宜于搅拌坍落度在 3cm 以下的普通混凝土与轻骨料混凝土。

③ 搅拌机的选用及搅拌制度

不同类型的混凝土搅拌机都有其最适用的范围。在选用搅拌机时,应综合考虑所需拌制的混凝土的总数量和同时所需的最大数量、混凝土的品种、混凝土的流动性要求、骨料的粒径、混凝土的运输方法和搅拌机的容量与性能等各种因素。否则,混凝土的质量不易保证,机械的使用寿命也受到影响。表 2-5-49 为使用不同容量的自落式搅拌机搅拌混凝土时,混凝土中骨料所适宜的最大粒径的参考值。

自落式搅拌机容量与骨料适宜的最大粒径的关系

表 2-5-49

搅拌机的出料容量(m^3)	骨料最大粒径(mm)
0.35 以下	60
0.75	80
1.00	120
1.50	150
3.00	250

为拌制出均匀优质的混凝土,除合理地选择搅拌机的类型外,还必须正确地确定搅拌制度。其内容包括:一次投料数量、搅拌时间与投料顺序等。

A. 一次投料数量 不同类型的搅拌机都有一定的进料容量。如果装料的松散体积超过额定进料容量的一定数值后(例如对自落式搅拌机超过 10%),就会影响混凝土的均

匀性。故一次投料数量应控制在搅拌机的额定容量以下。但数量也不宜过少,否则,会降低搅拌机的生产率。

B. 搅拌时间 从原材料全部投入搅拌筒时起到开始卸出时止所经历的时间称为搅拌时间。为获得混合均匀、强度和工作性都能满足要求的混凝土所需的最短搅拌时间称为最小搅拌时间。这个时间随搅拌机的类型与容量、骨料的品种与粒径以及对混凝土的工作性要求等因素的不同而异。一般情况下,混凝土的匀质性是随着搅拌时间的延长而增加,因而混凝土的强度也随着提高。但搅拌时间超过某一限度后,混凝土的匀质性便无显著的改进了,混凝土的强度也增加很少(图 2-5-10)。故搅拌时间过长,不但会影响搅拌机的生产率,而且对混凝土强度的提高也无益处。甚至由于水分的蒸发和较软弱骨料颗粒被长时间的研磨而破碎变细,还会引起混凝土工作性的降低,影响混凝土的质量。不同类型搅拌机对不同混凝土的最小搅拌时间见表 2-5-50。

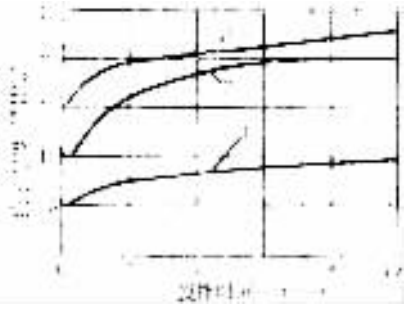


图 2-5-10 混凝土强度与搅拌时间的关系
1-混凝土 7 天强度 2-混凝土 28 天强度
3-混凝土两个月强度

C. 投料顺序 确定原材料投入搅拌筒内的先后顺序应综合考虑到能否保证混凝土的搅拌质量、提高混凝土强度,减少机械的磨损和混凝土的粘罐现象、减少水泥飞扬、降低电耗以及提高生产率等多种因素。按原材料加入搅拌筒内的投料顺序的不同,混凝土的搅拌方法可分为:一次投料法、二次投料法和水泥裹砂法等。

普通混凝土的最小搅拌时间(s)

表 2-5-50

混凝土的坍落度 (cm)	搅拌机类型	搅拌机容量 (l)		
		小于 250	250 ~ 500	大于 500
小于及等于 3	自落式	90	120	150
	强制式	60	90	120
大于 3	自落式	90	90	120
	强制式	60	60	90

注 掺有外加剂时,搅拌时间应适当延长。

(a)一次投料法。这是目前最普遍采用的方法。它是将砂、石、水泥和水一起同时加入搅拌筒中进行搅拌。为了减少水泥的飞扬和水泥的粘罐现象,对自落式搅拌机常采用的投料顺序是先倒砂子(或石子),再倒水泥,然后倒入石子(或砂子),将水泥夹在砂、石之间。最后加水搅拌。

(b)二次投料法。它又分为预拌水泥砂浆法和预拌水泥净浆法。

预拌水泥砂浆法是先将水泥、砂和水加入搅拌筒内进行充分搅拌,成为均匀的水泥砂浆后,再加入石子搅拌成均匀的混凝土。国内一般是用强制式搅拌机拌制水泥砂浆约 1 ~ 1.5 分钟。然后再加入石子搅拌约 1 ~ 1.5 分钟。国外对这种工艺还设计了一种双层搅拌机(称为复式搅拌机),其上层搅拌机搅拌水泥砂浆,搅拌均匀后,再送入下层搅拌机与石子一起搅拌成混凝土。

预拌水泥净浆法是先将水泥和水充分搅拌均匀的水泥净浆后,再加入砂和石搅拌均匀成混凝土。国外曾设计一种搅拌水泥净浆的高速搅拌机,其不仅能将水泥净浆搅拌均匀,而且对水泥还有活化作用。

国内外的试验表明,二次投料法搅拌的混凝土与一次投料法相比较,混凝土强度可提高约 15%。在强度相同的情况下,可节约水泥约 15~20%。

(c)水泥裹砂法。此法又称为 SEC 法。采用这种方法拌制的混凝土称为 SEC 混凝土,又称造壳混凝土。

水泥裹砂法的搅拌程序是先加一定量的水,将砂表面的含水量调节到某一规定的数值后,再将石加入与湿砂拌匀,然后将全部水泥投入,与润湿后的砂、石料拌和,使水泥在砂、石表面形成一层低水灰比的水泥浆壳(此过程称为“成壳”),最后将剩余的水和外加剂加入,搅拌成混凝土。其工艺流程如图 2-5-11 所示。

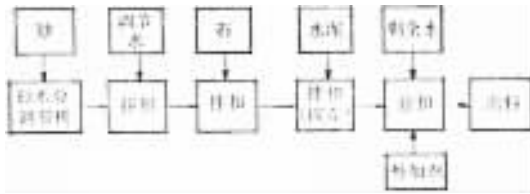


图 2-5-11 SEC 法工艺流程图

为使砂颗粒表面形成一层低水灰比的水泥浆壳而在搅拌时不会脱落,砂颗粒表面的适宜含水量可通过试验确定,一般为 15~25%。因此,自然状态下的砂,先经过砂水分调节机处理,使其表面含水量保持为一定值,然后再加入适量的调节水,即可使其表面含水量保持在 15~25% 的范围内。采用 SEC 法制备的混凝土与一次投料法相比较,强度可提高 20~30%,混凝土不易产生离析现象,泌水少,工作性好。

④混凝土的热拌工艺

在混凝土搅拌过程中通入蒸汽以对混凝土进行加热的方法称为混凝土的热拌工艺。所拌制成的混凝土称为热拌混凝土。

混凝土的热拌工艺在预制构件厂和施工现场应用的目的是有所不同。前者是为了加速混凝土的硬化,缩短预制构件的养护时间以提高模板和养护室的周转率;后者是在冬期施工中用以制备热混凝土,防止混凝土早期受冻。

拌制热拌混凝土必须采用专用的热搅拌机。这种搅拌机在结构上类似于普通的强制式搅拌机,但增加了蒸汽供应系统和喷射系统等设备。图 2-5-12 所示为将普通强制式搅拌机改装成的热搅拌机。它是将搅拌机的中轴 4 钻空,蒸汽由底部经过蒸汽连接器 6 向上进入中轴,再通过蒸汽管 7 引到装在搅拌叶片 9 背后的喷嘴 8。蒸汽喷出的方向与叶片前进的方向相反。在搅拌机的电动机上加装功率表,以测定搅拌机的负荷。当预先通过试验,测定出搅拌机搅拌混凝土时其功率表上的负荷读数随混凝土温度和稠度的不同而变化的相互关系后,则搅拌混凝土时通过负荷的变化便可掌握混凝土的稠度变化情况。混凝土的温度是通过在搅拌盘底部安装三个无惰性热电偶传感器来测定。

搅拌混凝土时,喷入的蒸汽在加热混凝土的过程中,本身将凝结成水。这部分凝结水

应计入混凝土搅拌用水量内,以保证混凝土的水灰比符合要求。在热拌过程中,必须对混凝土的温度和稠度进行严格的控制。将一定量的混凝土加热到规定的温度所需的搅拌时间和通入的蒸汽量应通过试验确定。一般 1kg 非过热的低压饱和蒸汽(压力约 100kPa,温度约 100℃)能使 1m³ 普通混凝土温度升高约 1℃。混凝土的加热速度一般为 0.8~1.5℃/s。

热拌混凝土的温度愈高,混凝土的凝结速度和水分的蒸发愈快,混凝土坍落度随时间而降低的现象将愈显著,以致造成施工操作困难。因此,混凝土从搅拌机中卸出后,应尽快完成运输、浇筑工作。一般混凝土从卸料到浇筑完毕的允许操作时间对于 60℃的混凝土大致为 15~20min;50℃的混凝土约为 20~25min;40℃的混凝土约为 25~30min。为了不致使允许操作时间过短,热拌混凝土的温度在预制构件生产中以 40~60℃为宜,现场冬期施工所用热拌混凝土的温度一般为 10~20℃。

(3) 现场混凝土搅拌站的布置

现场混凝土搅拌站由于使用期限不长,一般采用简易型式,以便减少投资。为了减轻工人的劳动强度,改善劳动条件,提高生产效率,现场混凝土搅拌站也正逐步向机械化和自动化的方向发展。

图 2-5-13 为一个简易的现场混凝土搅拌站示意图。它结构简单,制作方便,不需专用设备,易于装拆搬运。砂、石运到工地堆场后,用卷扬机牵动手扶拉铲将砂、石送至卸料斗内。在卸料斗下方设有计量斗,砂、石、水泥经计量后卸入搅拌机上料斗内,然后被提升送至搅拌筒内搅拌。砂、石装料和计量工作能自动进行。整个搅拌站只需四人操作,就能完成各项工作。

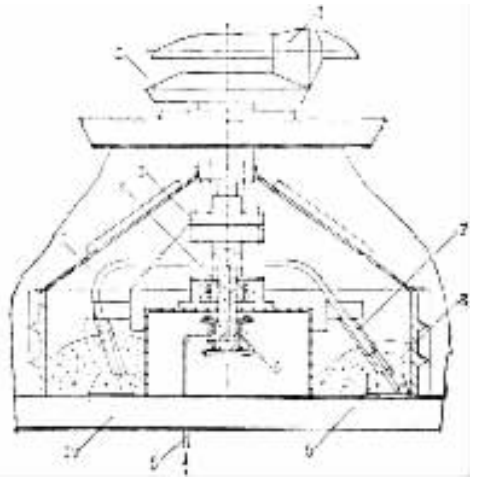


图 2-5-12 改装的热搅拌机示意图

- 1、2-传动伞齿轮 3-联轴节 4-中轴;
5-蒸汽进管 6-蒸汽连接器 7-蒸汽管;
8-喷嘴 9-搅拌叶片 10-机架

2-5-9 混凝土的养护

混凝土成型后,为保证水泥水化作用能正常进行,应及时进行养护。养护的目的是为混凝土硬化创造必需的湿度、温度条件,防止水分过早蒸发或冻结,防止混凝土强度降低和出现收缩裂缝、剥皮起砂等现象,确保混凝土质量。

混凝土养护常用方法主要有自然养护、加热养护和蓄热养护。其中蓄热养护多用于冬季施工,而加热养护除用于冬季施工,常用于预制构件养护。

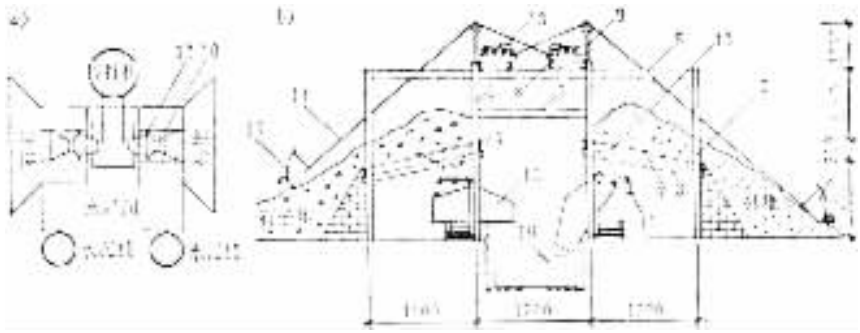


图 2-5-13 混凝土搅拌站布置示意图

a) 平面布置图 ; b) 搅拌机组构造示意图

- 1 - 中柱 (10 号槽钢, 长 3.04m) 2 - 边柱 (10 号槽钢, 长 2.5m);
 3 - 斜梁 (12 号槽钢, 长 2.04m) 4 - 边柱梁 (14 号槽钢, 长 3.07m);
 5 - 中连梁 (12 号槽钢, 长 2.02m) 6 - 上连梁 (12 号槽钢, 长 5.0m);
 7 - 斗梁 (12 号槽钢, 长 1.94m) 8 - 卷扬机梁 (14 号槽钢, 长 3.72m);
 9 - 龙门架 (10 号槽钢, 长 2.6m) ;10 - 卸料斗 ;11 - 磅秤 ;12 - 计量斗 ;
 13 - 卷扬机 ;14 - 钢丝绳 ;15 - 手扶拉铲 ;16 - 搅拌机上料斗

1. 自然养护

自然养护是指在自然气温条件下(高于 $+5^{\circ}\text{C}$),对混凝土采取的覆盖、浇水润湿、挡风、保温等养护措施。自然养护又分为覆盖浇水养护和塑料薄膜养护两种。

(1) 覆盖浇水养护

根据外界气温一般应在混凝土浇筑完毕后 3 ~ 12h 内用草帘、芦席、麻袋、锯末、湿土和湿砂等适当材料将混凝土予以覆盖,并经常浇水保持湿润。混凝土浇水养护日期,对硅酸盐水泥、普通水泥和矿渣水泥拌制的混凝土不得少于 7 昼夜,掺用缓凝型外加剂或有抗渗性要求的混凝土,不得少于 14 昼夜,当用钒土水泥时,不得少于 3 昼夜。每日浇水次数以能保持混凝土具有足够的湿润状态为宜,一般气温在 15°C 以上时,在混凝土浇筑后最初 3 昼夜中,白天至少每 3h 浇水一次,夜间也应浇水两次;在以后的养护中,每昼夜应浇水 3 次左右,在干燥气候条件下,浇水次数应适当增加。

对大面积结构,如地坪、楼屋面板等可采用蓄水养护;对于贮水池一类工程可于拆除内模,混凝土强度达到一定强度后注水养护;对于一些地下结构或基础,可在其表面涂刷沥青乳液或用土回填以代替洒水养护。

(2) 塑料薄膜养护

此方法以塑料薄膜为覆盖物,使混凝土与空气隔绝,水分不再被蒸发,水泥靠混凝土中的水分完成水化作用而凝结硬化。塑料薄膜养护有两种作法。

① 直接覆盖法 是将塑料薄膜直接覆盖在混凝土构件上,最好是用两层薄膜,下层用黑色,上层用透明的,周围压严,以达到不用浇水也能保持湿度并提高养护温度的目的。这种方法较覆盖浇水养护混凝土可提高 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

② 喷洒塑料薄膜养护剂法 是将塑料溶液喷洒在混凝土表面上,待溶液挥发后,在混凝土表面结合成一层塑料薄膜,使混凝土表面与空气隔绝,封闭混凝土中的水分不再被蒸

发,而完成水化作用。这种养护方法一般适用于表面积大的混凝土施工或浇水养护困难的情况。

常用塑料薄膜养护剂有氯乙烯—偏氯乙烯养护剂和过氯乙烯树脂塑料薄膜养护剂。前者为市售成品;后者为多种原料现用现配,有两种配方:

A. 粗苯作溶剂(重量比)粗苯 80% ,过氯乙烯树脂 9.5% ,苯二甲酸二丁脂 4% ,丙酮 0.5% ;

B. 溶剂油作溶剂(重量比):溶剂油 87.5% ,过氯乙烯树脂 10% ,苯二甲酸二丁脂 2.5%。

上述两者配合比,可根据材料性质及喷洒工具作适当调整。苯二甲酸二丁脂用量夏季可酌量少加,冬季可多加;若粗苯和树脂质量好,可以不加丙酮。配制时,先将溶剂倒入容器内,然后边加过氯乙烯树脂边搅拌,加完后每隔半小时搅拌一次,直到树脂完全溶解为止,最后加苯二甲酸二丁脂,边加边搅拌均匀,即可使用。

喷洒主要设备有空压机、高压容罐,喷具可用喷漆枪或农药枪。喷洒时压力以空压机工作压力 $0.4 \sim 0.5\text{N/mm}^2$ 、容罐压力 $0.2 \sim 0.3\text{N/mm}^2$ 为宜。压力过小不易形成雾状,过大则会破坏混凝土表面,喷洒时喷头应离混凝土表面 50cm 为宜。

喷洒时间应视混凝土泌水蒸发情况而定,以表面不见浮水,手指轻按无指痕时即可喷洒。若过早喷洒,会影响塑料薄膜与混凝土表面结合,过迟则会影响混凝土强度。喷洒厚度以 $2.5\text{m}^2/\text{kg}$ 为宜,厚度要均匀一致。薄膜形成后严禁在上面行走或划破表面薄膜,如有损坏应立即补救。

喷洒塑料薄膜养护的缺点是 28 天混凝土强度偏低 8% 左右;同时由于成膜很薄,起不到隔热防冻的作用。故夏季薄膜成型后要加防晒设施(不少于 24h),否则易发生丝状裂缝。

自然养护成本低、效果较好,但养护期长。为了缩短养护期,提高模板的周转率和场地的利用率,一般生产预制构件时,宜用加热养护。

2. 加热养护

加热养护是通过对混凝土加热来加速其强度的增长。加热养护方法很多,常用的有蒸气室养护、热模养护,其它方法可参见冬季施工。

(1) 蒸气室养护

蒸气室养护就是将混凝土构件放在充有蒸气的养护室内,使混凝土在较高温湿度条件下,迅速达到要求的强度。

蒸气养护过程分为静停、升温、恒温 and 降温四个阶段。

静停阶段:是将浇筑成型的混凝土放在室温条件下静停 2~6h(干硬性混凝土为 1h),以增强混凝土对升温阶段结构破坏作用的抵抗力,避免蒸气养护时在构件表面出现裂缝和疏松现象。

升温阶段:通入蒸气,使混凝土原始温度上升到恒温温度。升温速度不宜太快,以免混凝土内外温差过大产生裂缝。升温速度一般为 $10 \sim 25^\circ\text{C/h}$ (干硬性混凝土为 $35^\circ \sim 40^\circ\text{C/h}$)。

恒温阶段:升温至要求的温度后,保持温度不变的持续养护时间。恒温阶段是混凝土

强度增长最快的阶段。恒温的温度与水泥品种有关,对普通水泥一般不超过 80°C ,矿渣水泥、火山灰水泥可提高到 $90\sim 95^{\circ}\text{C}$ 。如温度再高,虽然可使混凝土硬化速度加快,但会降低其后期强度。恒温时间一般为 $5\sim 8\text{h}$,应保持 $90\%\sim 100\%$ 的相对湿度。

降温阶段:是指混凝土构件由恒温温度降至常温的时间。降温速度也不宜过快,否则混凝土会产生表面裂缝。一般情况下,构件厚度在 100mm 左右时,降温速度每小时不大于 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$,构件出室时的温度与室外气温相差不得大于 40°C ;当室外气温为负温时,不得大于 20°C 。

目前,常用蒸气养护室形式有坑式、折线形隧道式和立式等几种。

坑式蒸气养护其构造如图 2-5-14,可间歇式进行生产,其设备简单,但生产效率低,能源浪费大。

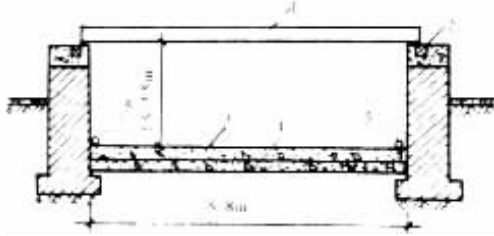


图 2-5-14 坑式蒸气养护室示意图

1-坑盖 2-水封 3-混凝土地面 4-白灰炉渣 5-蒸气管

折线形隧道式养护室构造如图 2-5-15。由于饱和蒸气轻,自然聚积在中部形成恒温区,两边斜坡分别为升温区和降温区。此方法可连续生产,即构件可一批接一批连续不断地从一个区移动 to 另一区进行养护。

立式养护如图 2-5-16,它是利用蒸气比空气轻、高温饱和蒸气聚积于上部,自然形成窑内温度由下而上逐渐升高的温热环境,构件在上升、横移及下移的过程中,完成了升温、恒温、降温的过程,同时也实现了机械化连续生产。

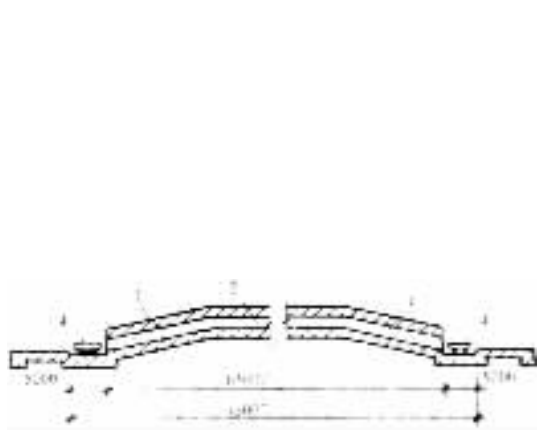


图 2-5-15 折线形隧道式养护室示意图

1-升温 2-恒温区 3-降温区 4-运模车

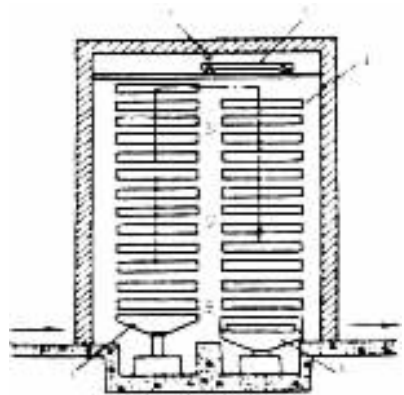


图 2-5-16 立式蒸气养护室示意图

1-升降机 2-蒸气管 3-横移机;
4-带有构件的模板 5-升降机

(2) 热模养护

热模养护也属蒸气养护,蒸气不与混凝土接触,而是喷射到模板上加热模板,热量通过模板与刚成型的混凝土进行热交换。此法养护用气少,加热均匀,既可用于预制构件,又可用于现浇墙体。图 2-5-17 即为大模板蒸气热模养护示意图。采用热模养护施工时,模板采用特制的空腔式或排管式模板,宜采用热拌混凝土(见混凝土冬季施工),提高混凝土的入模温度。这样可省去静停时间,缩短升温时间,能较快进入高温养护,因而可大大缩短养护周期。同时,为减少热损失,模板背面应设保温层。拆模时,应严格控制降温速度,防止混凝土骤然遇冷产生裂缝。对大模板拆模,模板内可继续通气,先使模板离开墙体 10~20mm,过半小时再离开 30~40mm,再过 1.5h 拆除。

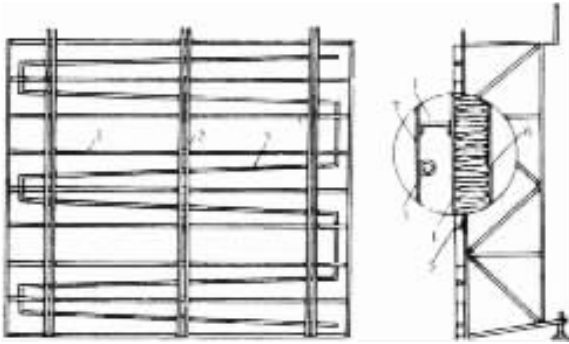


图 2-5-17 蒸气热模构造示意图

1—横肋 2—竖肋 3—蒸气管 4—0.5mm 铁皮;
5—8mm 厚矿棉 6—1mm 铁皮 7—大模板面

2-5-10 混凝土质量检查和评定

1. 施工中检查

混凝土在拌制和浇筑过程中,应按下列规定进行检查:

- (1) 检查混凝土组成材料的质量和用量,每一工作班至少二次;
- (2) 检查混凝土在拌制地点及浇筑地点的坍落度或工作度,每一工作班至少二次;
- (3) 在每一工作班内,如混凝土配合比有变动时,应及时检查。
- (4) 混凝土的搅拌时间应随时检查。

2. 试块制作和强度检验

(1) 试块制作

检查混凝土质量应做抗压强度试验,在设计上有特殊要求时,尚须做混凝土的抗冻性、抗渗性等试验。试块应用钢模制作。

① 混凝土的抗压极限强度,应以边长为 15cm 的立方体试块为标准,在温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度为 90% 以上的潮湿环境或水中的标准条件下,经 28d 养护后试压确定。试

2 建筑材料的性能和应用

块必须在浇筑地点制作。蒸气养护的混凝土结构和构件,其试块应随同结构和构件养护,再转入标准条件下养护共 28d。共试验结果作为评定结构或构件中的混凝土是否能达到设计强度等级的依据。

②当采用非标准尺寸的试块时,应将抗压极限强度折算成 15cm 立方体的标准试块强度,其折算系数见表 2-5-51。

试块的最小尺寸应根据骨料的最大粒径,按表 2-5-52 规定选定。

非标准试块折算系数 表 2-5-51

试件尺寸(mm)	折算系数
100×100×100	0.95
150×150×150	1.0
200×200×200	1.05

表 2-5-52

骨料的最大粒径(mm)	试件尺寸(mm)
≤30	100×100×100
≤40	150×150×150
≤60	200×200×200

③标准养护的试块的留置数(一组三块),应在浇筑地点随机抽取,并根据工程量的大小,按下列要求留置:

- A. 每工作班取样不少于 1 组;
- B. 每拌制 100 盘且不超过 100m³ 混凝土取样不少于 1 组;
- C. 现浇楼层,每层取样不少于 1 组。

一次连续浇筑的工程量小于 100m³ 时,也应留置 1 组试块,此时,如配合比有变换,则每种配合比均应留置 1 组试块。

注:预拌混凝土应在预拌地点按上述规定取样,混凝土运到施工现场后,尚应按本条规定抽样检验。

④施工需要时,应多留几组与结构或构件相同条件养护的试块,为确定构件的拆模、出池、出厂、吊装、张拉、放张和施工期间临时负荷等之用,试块的组数可根据需要确定。

认真做好工地试块的管理工作,从试模选择、试块取样、成型、编号以至养护等要指定专人负责,以提高试块的代表性,正确的反映混凝土结构和构件的强度。

(2) 强度检验

①按《混凝土强度检验评定标准》检验

A. 统计方法评定

(a)当混凝土的生产条件在较长时间内能保持一致,且同一品种混凝土的强度变异性能保持稳定时,应由连续的三组试件组成一个验收批,其强度应同时满足下列两式:

$$m_{f_{ou}} \geq f_{ou,k} + 0.7\sigma_0$$

$$f_{ou,min} \geq f_{ou,k} - 0.7\sigma_0$$

当混凝土强度等级高于 C₂₀ 时,强度最小值尚应满足下式:

$$f_{ou,min} \geq 0.85f_{ou,k}$$

当混凝土强度等级低于或等于 C₂₀ 时,强度最小值尚应满足下式:

$$f_{ou,min} \geq 0.90f_{ou,k}$$

式中 $m_{f_{ou}}$ ——同一验收批混凝土强度的平均值(N/mm²);

$f_{ou,k}$ ——混凝土立方体标准抗压强度(N/mm²);

σ_0 ——验收批混凝土强度的标准差(N/mm²) ;

$f_{ou \min}$ ——同一验收批混凝土强度的最小值(N/mm²)。

(b)验收混凝土强度的标准差 ,应根据前一个检验期间的同一品种混凝土试件的强度数据 ,按下式确定 :

$$\sigma_0 = \frac{0.50}{m} \sum_{i=1}^m \Delta f_{ou \ i}$$

式中 $\Delta f_{ou \ i}$ ——第 i 批试件强度中最大值和最小值之差 ;

m ——用以确定该验收批混凝土强度标准差的数据的总批数。

注 :上述检验期不应超过三个月 ,且在该期间内强度数据的总批数不得少于 15。

(c)当混凝土的生产条件在较长时间内不能保持基本一致 ,混凝土强度变异性不能保持稳定时 ,或由于前一个检验期内的同一品种混凝土没有足够的混凝土强度数据藉以确定验收批混凝土强度的标准差时 ,应由不少于 10 组的试件组成一个验收批 ,其强度应同时符合下列两式的规定 :

$$m_{f_{ou}} - \lambda_1 S_{f_{ou}} \geq 0.9 f_{ou \ k}$$

$$f_{ou \ min} \geq \lambda_2 f_{ou \ k}$$

式中 $S_{f_{ou}}$ ——同一验收批混凝土强度的标准差(N/mm²) ,如 $S_{f_{ou}}$ 的计算值小于 $0.06 f_{ou \ k}$ 时 ,则取 $S_{f_{ou}} = 0.06 f_{ou \ k}$;

$S_{f_{ou}}$ 可按下式计算 :

$$S_{f_{ou}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{ou \ i}^2 - n m_{f_{ou}}^2}{n - 1}}$$

式中 $f_{ou \ i}$ ——第 i 组混凝土试件的强度(N/mm²) ;

n ——一个验收批混凝土试件的组数 ;

λ_1, λ_2 ——合格判定系数 ,按表 2-5-53 取用。

混凝土强度合格判定系数

表 2-5-53

试 件 组 数	10 ~ 14	15 ~ 24	≥ 25
λ_1	1.70	1.65	1.60
λ_2	0.9	0.85	

B. 非统计方法评定

按非统计方法评定混凝土强度时 ,其强度应同时满足下列两式 :

$$m_{f_{ou}} \geq 1.15 f_{ou \ k}$$

$$f_{ou \ min} \geq 0.95 f_{ou \ k}$$

注 :预拌混凝土厂、预制混凝土构件厂和采用现场集中搅拌混凝土的施工单位 ,应定期对混凝土强度进行统计分析 ,控制混凝土质量 ,确定混凝土生产质量水平。

(a)混凝土生产质量水平 ,可依据统计周期内混凝土强度标准差和试件强度等于或高于要求强度等级的百分率按下表划分。

混凝土生产质量水平

评 定 指 标		优 良		一 般		差	
		低于 C ₂₀	≥ C ₂₀	低于 C ₂₀	≥ C ₂₀	低于 C ₂₀	≥ 20
混凝土强度标准差 σ (N/mm ²)	预拌混凝土和预制混凝土构件厂	≤ 3.0	≤ 3.5	≤ 4.0	≤ 5.0	> 4.0	> 5.0
	集中搅拌混凝土的施工现场	≤ 3.5	≤ 4.0	≤ 4.5	≤ 5.5	> 4.5	> 5.5
强度等于或高于要求强度等级的百分率 (%)	预拌混凝土厂、预制混凝土构件厂及集中搅拌混凝土的施工现场	≥ 95		> 85		≤ 85	

预拌混凝土厂和预制混凝土构件厂的统计周期可取一个月,在现场集中搅拌混凝土的施工单位,其统计周期可根据实际情况确定。

(b)在统计周期内混凝土强度标准差及等于或高于规定强度等级的百分率,可按下列两式计算;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N f_{cu,i}^2 - N\mu_{fu}^2}{N-1}}$$

$$P = \frac{N_0}{N} \times 100\%$$

式中 $f_{ou,i}$ ——统计周期内第 i 组混凝土试件的强度(N/mm²);
 N ——统计周期内相同强度等级的混凝土试件组数, $N \geq 25$;
 μ_{fu} ——统计周期内 N 组混凝土试件强度的平均值;
 N_0 ——统计周期内试件强度等于和高于规定等级的组数。

(c)盘内混凝土强度的变异系数不宜大于 5%,其值可按下式确定:

$$\delta_b = \frac{\sigma_b}{\mu_{f_{cu}}} \times 100\%$$

式中 δ_b ——盘内混凝土强度的变异系数;
 σ_b ——盘内混凝土强度的标准差(N/mm²)。

(d)盘内混凝土强度的标准差可按下列规定确定:

在混凝土搅拌地点连续从 15 盘混凝土中分别取样,每盘混凝土试样各成型一组试件,根据试件强度按下式计算:

$$\sigma_b = 0.04 \sum_{i=1}^{15} \Delta f_{cu,i}$$

式中 $\Delta f_{ou,i}$ ——第 i 组三个试件强度中最大值与最小值之差(N/mm²)。

当不能连续从 15 盘混凝土中取样时,盘内混凝土强度标准差可利用正常生产连续积累的强度资料进行统计,但试件组数不应少于 30 组,其值可按下列式计算:

$$\sigma_b = \frac{0.59}{n} \sum_{i=1}^n \Delta f_{ou,i}$$

式中 n ——试件组数。

②按《钢筋混凝土工程施工及验收规范》(GBJ204-83)检验

评定标准条件下养护 28d 的同批试块的抗压极限强度其合格条件如下：

A. 原材料和配合比基本一致的混凝土才能组成同一验收批。同一验收批的混凝土强度 应以同批内全部标准试块的强度代表值来评定；

B. 重要结构的混凝土 应用数理统计方法按下述条件评定：

$$\bar{R}_n - K \cdot S_n \geq 0.85 R_{\text{标}}$$

$$R_{\text{小}} \geq 0.85 R_{\text{标}}$$

式中 \bar{R}_n —— n 组试块强度的平均值；

K ——合格判定系数 按表 2-5-54 取值；

S_n —— n 组试块强度的标准差；

$R_{\text{小}}$ —— n 组试块强度中最小一组的值。

合格判定系数

表 2-5-54

n	10 ~ 14	15 ~ 24	≥ 25
K	1.70	1.65	1.60

C. 一般结构的混凝土 当验收批的试块少于 10 组时 可用非统计方法按下列条件进行评定：

(a) 同批混凝土试块强度的平均值 不得低于 $1.05 R_{\text{标}}$ ；

(b) 同批混凝土试块强度中最小一组的值不得低于 $0.9 R_{\text{标}}$ 。

D. 每组(三块)试件在同一盘混凝土中取样制作 其强度代表值按下述规定评定：

(a) 取三个试块试验结果的平均值 作为该组试块强度代表值 其单位为 N/mm^2 ；

(b) 当三个试块中的过大或过小的强度值 与中间值相比超过 15% 时 以中间值代表该组混凝土试块的强度；当三个试块中的过大和过小值强度均与中间值之差超过 15% 时 该组试件的强度不应作为评定依据；

(c) 试块外形或试验方法不符合标准要求者 其试验结果不应采用。

E. 混凝土强度按单位工程同一验收批评定 但单位工程中仅有一组试块时 其强度不应低于 $1.15 f_{\text{cu,k}}$ (或 $1.05 R_{\text{标}}$)。在特殊情况下还必须符合抗渗标号等要求。

F. 如果根据试验确定的混凝土强度不能符合要求 还可以采用非破损检验或从结构中钻取混凝土试样的检验方法进行检查 并查明原因 采取措施 如继续浇筑时 对混凝土的配合比作适当的修正 对已完成的结构 应推迟加荷日期 并按实际条件验算结构的安全度 或采取必要的补强措施。

3. 外观检查及允许偏差

(1) 外观检查

混凝土结构构件拆模后 应从其外观上检查其表面有无麻面、露筋、裂缝、蜂窝、鼠洞等缺陷情况 预留孔道是否通畅无堵塞 如有类似情况 应加以修正。

(2) 允许偏差

① 整体结构的允许偏差

2 建筑材料的性能和应用

表 2-5-55

项次	项 目	允许偏差(mm)	项次	项 目	允许偏差(mm)	
1	轴线位移：		4	截面尺寸	+ 8	
	(1)基础	15			- 5	
	(2)独立基础	10	5	表面平整(用 2m 直尺检查)	8	
	(3)墙、柱、梁	8				
(4)大型墙板	5					
2	垂直度(1)层间：	8	6	预埋设施中心线位移：		
	5m 及 5m 以下				(1)预埋件	10
	5m 以上	10			(2)预埋螺栓	5
(2)全高	H/1000 但不大于 30		(3)预埋孔	5		
3	标高(1)层高	± 10	7	预留洞中心线位移	15	
	(2)全高	± 30				

注 1. H 为全高；

2. 摘自《钢筋混凝土工程施工及验收规范》(GBJ204-83)。

② 设备基础的允许偏差

表 2-5-56

项次	项 目	允许偏差(mm)	项次	项 目	允许偏差(mm)	
1	坐标位置(纵横轴线)	± 20	6	预埋地脚螺栓		
2	不同平面的标高	- 20		(1)标高(顶端)	+ 20	
3	平面外形尺寸	± 20	7	预埋地脚螺栓孔：		
	凸台上平面外形尺寸	- 20			(1)中心位置	+ 20
	凹穴尺寸	+ 20			(2)深 度	10
4	平面的不水平度(包括地坪上需安装设备的部分)：		8	预埋活动地脚螺栓锚板：		
		(1)每 米			(1)标 高	+ 20
		(2)全 长			(2)中心位置	± 5
	(3)不水平度(带槽的锚板)	5				
5	垂直度(1)每 米	5		(4)不水平度(带螺纹孔的锚板)	2	
	(2)全 长	10				

注 摘自《钢筋混凝土工程施工及验收规范》(GBJ204-83)。

③ 装配式结构构件允许偏差

表 2-5-57

项次	项 目		允许偏差 (mm)	项次	项 目		允许偏差 (mm)								
1	截 面 尺 寸	(1)长度 板、梁 柱 块 体 薄腹梁 桁架	+10	3	预埋件	中心线位移	10								
			-5			螺栓位移	5								
			+5			螺栓外露长度	+10 -5								
			-10	4	预留孔	中心线位移	5								
			±5	5	预留洞	中心线位移	15								
		+15	(2)宽度 :板、梁、柱、块体、 薄腹梁、桁架	±5	6	保护层 厚度	板	+5 -3							
		-10					梁、柱、块体、薄腹梁、桁 架	+10 -5							
		±5					(3)高度 :板、梁、柱、块体、 薄腹梁、桁架	7	对角线差	板、块体	10				
		+4								(4)肋 宽	-2	8	表面平整	板、块体	5
		-2												(5)厚 度	+4 -2
2	侧向弯曲	梁、柱	$L/750$ 且不 大于 20	9	预应力构件 预留孔道位置	梁、块体、薄 腹梁、桁架	3								
3		板、块体、薄腹梁、桁架	$L/1000$ 且不 大于 20												

注 :1. 受力钢筋保护层的偏差 ,仅在必要时进行检查。

2. L 为构件长度(mm)。

3. 本表摘自《钢筋混凝土工程施工及验收规范》(GBJ204-83)。

2-6 建筑砂浆

建筑砂浆在建筑工程中,是一项用量大、用途广泛的建筑材料。在砖石结构中,砂浆可以把单块的粘土砖、石块以至砌块胶结起来,构成砌体。砖墙勾缝和大型墙板的接缝也要用砂浆来填充。墙面、地面及梁柱结构的表面都需要用砂浆抹面,起到保护结构和装饰的效果。镶贴大理石、水磨石、贴面砖、瓷砖、马赛克以及制做钢丝网水泥等都要使用砂浆。根据不同用途,建筑砂浆主要可分为砌筑砂浆和抹面砂浆。此外,还有一些绝热、吸声、防水、防腐等特殊用途的砂浆以及专门用于装饰方面的装饰砂浆。

按胶凝材料不同砂浆又可分为水泥砂浆、石灰砂浆和混合砂浆。混合砂浆有水泥石灰砂浆、水泥粘土砂浆和石灰粘土砂浆等。

2-6-1 砌筑砂浆

用于砌筑砖、石等各种砌块的砂浆称为砌筑砂浆。它起着粘结砌块、构筑砌体、传递荷载的作用,因此是砌体的重要组成部分。

1. 砌筑砂浆的组成材料

(1) 水泥

普通水泥、矿渣水泥、火山灰质水泥等常用品种的水泥都可以用来配制砌筑砂浆。为了合理利用资源、节约原材料,在配制砂浆时要尽量采用低标号水泥和砌筑水泥。严禁使用废品。水泥对于一些特殊用途如配制构件的接头、接缝或用于结构加固、修补裂缝,应采膨胀水泥。

(2) 石灰

有时为了改善砂浆的和易性和节约水泥还常在砂浆中掺入适量的石灰或粘土膏浆而制成混合砂浆。

为了保证砂浆的质量,需将石灰预先充分“陈伏”熟化制成石灰膏,然后再掺入砂浆中搅拌均匀。如采用生石灰粉或消石灰粉,则可直接掺入砂浆搅拌均匀后使用。

有时还利用一些其他工业废料或电石灰等作为代用材料,但必须经过砂浆的技术性质检验合格,保证不影响砂浆质量,才能够采用。

(3) 砂

砌筑砂浆用砂应符合混凝土用砂的技术性要求。由于砂浆层较薄,对砂子最大粒径应有所限制。对于毛石砌体所用的砂,最大粒径应小于砂浆层厚度的 $1/4 \sim 1/5$ 。对于砖

砌体以使用中砂为宜,粒径不得大于 2.5mm。对于光滑的抹面及勾缝的砂浆则应采用细砂。

砂的含泥量对砂浆的强度、变形性、稠度及耐久性影响较大。对 M5 以上的砂浆,砂中含泥量不应大于 5%;M5 以下的水泥混合砂浆,砂中含泥量可大于 5%,但不应超过 10%。

若采用人工砂、山砂、炉渣等作为集料配制砂浆,应根据经验或经试配而确定其技术指标。

(4)水

砂浆拌合水的技术要求与混凝土拌和水相同。应选用无杂质的洁净水来拌制砂浆。

2. 砌筑砂浆的性质

对新拌砂浆主要要求其具有良好的和易性。和易性良好的砂浆容易在粗糙的砖石底面上铺抹在均匀的薄层,而且能够和底面紧密粘结。使用和易性良好的砂浆,既便于施工操作,提高劳动生产率,又能保证工程质量。砂浆和易性包括流动性和保水性两个方面。

硬化后的砂浆则应具有所需的强度和对底面的粘结力,并应有适宜的变形性。

(1)流动性

砂浆的流动性也叫做稠度。是指在自重或外力作用下流动的性能。

施工时,砂浆铺设在粗糙不平的砖石表面上,要能很好地铺成均匀密实的砂浆层,抹面砂浆要能很好地抹成均匀薄层,采用喷涂施工需要泵送砂浆,都要求砂浆具有一定的流动性。

砂浆的流动性和许多因素有关。胶凝材料的用量、用水量、砂粒粗细、形状、级配,以及砂浆搅拌时间都会影响砂浆的流动性。

砂浆的流动性一般可由施工操作经验来掌握,也可在实验室中,用砂浆稠度仪测定其稠度值(即沉入量)来表示砂浆的流动性,试验方法参阅砂浆试验部分。

砂浆流动性的选择与砌体材料及施工天气情况有关。对于多孔吸水的砌体材料和干热的天气,则要求砂浆的流动性要大些。相反对于密实不吸水的材料和湿冷的天气,可要求流动性小些。一般情况可参考表 2-6-1 选择砂浆的流动性。

建筑砂浆流动性(沉入量:mm)

表 2-6-1

砌块种类	干燥气候	寒冷气候	抹灰工程	机械施工	手工操作
砖砌体	80~100	60~80	准备层	80~90	110~120
普通毛石砌体	60~70	40~50	底层	70~80	70~80
振捣毛石砌体	20~30	10~20	面层	70~80	90~100
炉渣混凝土砌块	70~90	50~70	石膏浆面层	-	90~120

(2)保水性

新拌砂浆能够保持水分的能力叫做保水性。保水性也指砂浆中各项组成材料不易分离的性质。新拌砂浆在存放、运输和使用的过程中,都必须保持其中水分不致很快流失,才能形成均匀密实的砂浆缝,而最后保证砌体具有良好的质量。如果使用保水性不好的砂浆,在施工过程中就很容易泌水、分层、离析或是由于水分流失而使流动性变坏,不易铺

成均匀的砂浆层。同时在砌筑时水分容易被砖石迅速吸收,影响胶凝材料的正常硬化,降低砂浆本身强度,而且与底面粘结不牢,最后会降低砌体的质量。凡是砂浆内胶凝材料充足,尤其是掺用塑性混合材料(石灰膏浆或粘土膏浆)的砂浆,其保水性都很好。砂浆中掺入适量的加气剂或塑化剂也能改善砂浆的保水性和流动性。通常可掺入些减水剂或微沫剂以改善新拌砂浆的性质。

砂浆的保水性用分层度表示。将搅拌均匀的砂浆,先测其沉入量,装入分层度测定仪,静置 30min 后,去掉上部 200mm 厚的砂浆,再测其剩余部分砂浆的沉入量,先后两次沉入量的差值称为分层度。保水性良好的砂浆其分层度是较小的,砂浆的分层度以在 30mm 为宜。分层度大于 30mm 的砂浆,容易产生离析,不便于施工。分层度接近于零的砂浆,容易发生干缩裂缝。

(3) 砂浆的强度

砂浆强度等级是以边长为 70.7mm × 70.7mm × 70.7mm 的立方体试块,按标准条件养护至 28d 的抗压强度的平均值并考虑具有 95% 强度保证率而确定的。砂浆的强度等级共有 M2.5、M5、M7.5、M10、M15、M20 等六个等级。对特别重要的砌体,对有较高耐久性要求的工程,宜采用 M10 以上的砂浆。

影响砂浆抗压强度的因素较多。其组成材料的种类也较多,因此很难用简单的公式准确地计算出其抗压强度。在实际工作中,多根据具体的组成材料,采用试配的办法经过试验来确定其抗压强度。对于普通水泥配制的砂浆可参考下列公式计算其抗压强度。

用于不吸水底面(如密实的石村)的砂浆的强度,与混凝土相似,主要取决于水泥强度和灰水比。计算公式如下:

$$f_{m,0} = 0.29f_{ce} \left(\frac{C}{W} - 0.4 \right)$$

式中 $f_{m,0}$ ——砂浆 28d 抗压强度,MPa;

f_{ce} ——水泥实测强度,MPa;

$\frac{C}{W}$ ——灰水比。

用于吸水底面(如砖或其他多孔材料)时,即使砂浆用水量不同。但因砂浆具有保水性能,经过底面吸水后,保留在砂浆中的水分几乎是相同的。因此,砂浆的强度主要取决于水泥标号及水泥用量,而与砌筑前砂浆中的灰水比没有关系。计算公式如下:

$$f_{m,0} = A \cdot f_{ce} \cdot Q_c / 1000 + B$$

式中 Q_c ——每立方米砂浆的水泥用量,kg;

$f_{m,0}$ ——砂浆 28d 抗压强度,MPa;

A、B——经验系数,根据表 2-6-2 选用;

f_{ce} ——水泥实测强度,MPa。

A、B 系数选用表

表 2-6-2

砂浆品种	A	B
水泥混合砂浆	1.50	-4.25
水泥砂浆	1.03	3.50

(4) 粘结力

砖石砌体是靠砂浆把许多块状的砖石材料粘结成为一坚固整体的。因此要求砂浆对于砖石必须有一定的粘结力。一般情况下,砂浆的抗压强度越高其粘结力也越大。此外,砂浆的粘结力与砖石表面状态、清洁程度、湿润情况以及施工养护条件等都有相当关系。如砌砖要事先浇水湿润,表面不沾泥土,就可以提高砂浆与砖之间的粘结力,保证墙体的质量。

(5) 砂浆的变形

砂浆在承受荷载或在温度条件变化时,容易变形,如果变形过大或者不均匀,都会降低砌体的质量,引起沉陷或裂缝。若使用轻骨料(如炉渣)拌制砂浆或是混合材料掺量太多也会造成砂浆的收缩变形过大。

3. 砌筑砂浆的配合比

砌筑砂浆要根据工程类别及砌体部位的设计要求来选择砂浆的标号。再按所要求的砂浆标号确定其配合比。

确定砂浆配合比,一般情况可以查阅有关手册或资料来选择。如需计算,应先确定水泥、石灰膏和砂的用量。然后再加入适量的水进行搅拌。达到施工所需的稠度。计算步骤如下。

为了保证砂浆具有 95% 的强度保证率,计算配合比时应先确定其配制强度:

$$f_{m,o} = f_{m,k} + t\sigma_o$$

式中 $f_{m,o}$ ——砂浆试配强度,MPa;

$f_{m,k}$ ——砂浆的设计强度标准值,MPa;

t ——概率度,强度保证率为 95% 时, $t = -1.645$;

σ_o ——砂浆强度标准差,见表 2-6-3。

砂浆强度标准差与施工水平关系

表 2-6-3

砂浆强度等级		施工水平				
		M2.5	M5.0	M7.5	M10	M15
优	良	0.50	1.00	1.50	2.00	3.00
一	般	0.62	1.25	1.88	2.50	3.75
较	差	0.75	1.50	2.25	3.00	4.50

确定水泥用量 配制水泥砂浆和混合砂浆时,每 $1m^3$ 砂中水泥用量为

$$Q_c = \frac{100(f_{m,o} - B)}{A f_{ce}}$$

确定混合材料的用量:

$$D = (300 \sim 500) - Q_c$$

式中 D ——每 1m^3 砂中石灰膏或粘土膏用量 kg ;

$300 \sim 500$ ——统计系数,砂浆中胶结料总量 kg 。

$$\text{确定砂用量 } S = 1 \cdot \rho_{0\text{干}}$$

式中 S ——每 1m^3 砂浆的砂用量 kg ;

$\rho_{0\text{干}}$ ——砂干燥状态的堆积密度 kg/m^3 。

至此已得出混合砂浆的初步配合比。无论是查表或是按计算所得的配合比都应该经过试配,然后进行必要的调整。最后在砂浆各项技术指标符合要求时,将所用各种材料用量换算成比例数值。

砂浆强度等级的选择:一般按工程设计要求确定砂浆的强度等级,也可根据经验确定砂浆强度等级。如办公楼、教学楼及多层商店多采用 M2.5 ~ M10 砂浆;平房宿舍、商店多采用 M2.5 ~ M5 砂浆;食堂、仓库、锅炉房、变电站、地下室、工业厂房及烟囱等多用 M2.5 ~ M10 砂浆;检查井、雨水井、化粪池等可用 M5 砂浆。特别重要的砌体可用 M10 ~ M20 砂浆。

2 - 6 - 2 抹 面 砂 浆

凡涂抹在建筑物或建筑构件表面的砂浆,可统称为抹面砂浆。根据抹面砂浆功能的不同,一般可将抹面砂浆分为普通抹面砂浆、装饰砂浆、防水砂浆和具有某些特殊功能的抹面砂浆(如绝热、耐酸、防射线砂浆)等。

对抹面砂浆要求具有良好的和易性,容易抹成均匀平整的薄层,便于施工。还要有较高的粘结力,砂浆层要能与底面粘结牢固,长期使用不致开裂或脱落等性能。

抹面砂浆的组成材料与砌筑砂浆基本上是相同的。但为了防止砂浆层的开裂,有时需加入一些纤维材料;有时为了使其具有某些功能需要选用特殊骨料或掺合料。

1. 普通抹面砂浆

普通抹面砂浆对建筑物和墙体可起保护作用。它可以抵抗风、雨、雪等自然环境对建筑物的侵蚀,并提高建筑物的耐久性。经过砂浆抹面的墙面或其他构件的表面又可以达到平整、光洁和美观的效果。

抹面砂浆通常分为两层或三层进行施工。各层抹灰要求不同,所以每层所选用的砂浆也不一样。

底层抹灰的作用是使砂浆与底面能牢固地粘结。因此要求砂浆具有良好的和易性及较高的粘结力,其保水性要好,否则水分就容易被底面材料吸掉而影响砂浆的粘结力。底面表面粗糙些有利于与砂浆的粘结。中层抹灰主要是为了找平,有时可省去不用。面层抹灰要达到平整美观的表面效果。

用于砖墙的底层抹灰,多用于石灰砂浆或石灰炉灰砂浆;用于板条墙或板条顶棚的底

层抹灰多用麻刀石灰灰浆,混凝土墙、梁、柱、顶板等底层抹灰多用混合砂浆。用于中层抹灰多用混合砂浆或石灰砂浆。用于面层抹灰多用混合砂浆、麻刀石灰灰浆或纸筋石灰灰浆。

在容易碰撞或潮湿的地方,应采用水泥砂浆。如墙裙、踢脚板、地面、雨棚、窗台以及水池、水井等处一般多用 1:2.5 水泥砂浆。

在硅酸盐砌块墙面上做抹面砂浆或粘贴饰面材料时,最好在砂浆层内夹一层事先固定好的钢丝网,以免日后发生剥落现象。

普通抹面砂浆的配合比,可参考表 2-6-4。

普通抹面砂浆参考配合比

表 2-6-4

材 料	体 积 配 合 比	材 料	体 积 配 合 比
水泥:砂	1:2~1:3	石灰:石膏:砂	1:0.4:2~1:2:4
石灰:砂	1:2~1:4	石灰:粘土:砂	1:1:4~1:1:8
水泥:石灰:砂	1:1:6~1:2:9	石灰膏:麻刀	100~1.3~100:2.5(质量比)

2. 装饰砂浆

涂抹在建筑物内外墙表面,能具有美观装饰效果的抹面砂浆通称为装饰砂浆。装饰砂浆的底层和中层抹灰与普通抹面砂浆基本相同。主要是装饰砂浆的面层,要选用具有一定颜色的胶凝材料和骨料以及采用某种特殊的操作工艺,使表面呈现出各种不同的色彩、线条与花纹等装饰效果。

装饰砂浆所采用的胶凝材料有普通水泥、矿渣水泥、火山灰质水泥和白水泥、彩色水泥,或是在常用水泥中掺加些耐碱矿物颜料配成彩色水泥以及石灰、石膏等。骨料常采用大理石、花岗石等带颜色的细石碴或玻璃、陶瓷碎粒。

外墙面的装饰砂浆有如下的常用工艺做法:

拉毛 先用水泥砂浆做底层,再用水泥石灰砂浆做面层,在砂浆尚未凝结之前,用抹刀将表面拍拉成凹凸不平的形状。

水刷石 用颗粒细小(约 5mm)的石碴所拌成的砂浆做面层,在水泥初始凝固时,即喷水冲刷表面,使其石碴半露而不脱落。水刷石多用于建筑物的外墙装饰。具有一定的质感,经久耐用。

水磨石 用普通水泥、白色水泥或彩色水泥拌合各种色彩的大理石石碴做面层。硬化后用机械磨平抛光表面。水磨石多用于地面装饰,可事先设计图案和色彩,抛光后更具其艺术效果。除可用做地面之外,还可预制做成楼梯踏步、窗台板、柱面、台度、踢脚板和地板等多种建筑构件。水磨石一般都用于室内。

干粘石 在水泥浆面层的整个表面上,粘结粒径 5mm 以下的彩色石碴小石子、彩色玻璃碎粒。要求石碴粘结牢固不脱落。干粘石的装饰效果与水刷石相同,而且避免了湿作业,施工效率高,也节约材料。

斩假石 又称为剁假石。制做情况与水刷石基本相同。它是在水泥浆硬化后,用斧刃将表面剁毛并露出石渣。斩假石表面具有粗面花岗岩的效果。

假面砖 将普通砂浆用木条在水平方向压出砖缝印痕,用钢片在竖面方向压出砖印,

再涂刷涂料。亦可以平面上画出清水砖墙图案。

装饰砂浆还可采取喷涂、弹涂、辊压等新工艺方法。可做成多种多样的装饰面层,操作很方便,施工效率可大大提高。

3. 防水砂浆

制作防水层的砂浆叫做防水砂浆。砂浆防水层又叫刚性防水层。这种防水层仅适用于不受振动和具有一定刚度的混凝土或砖石砌体工程。对于变形较大或可能发生不均匀沉陷的建筑物,都不宜采用刚性防水层。

防水砂浆可以用普通水泥砂浆来制作,也可以在水泥砂浆中掺入防水剂来提高砂浆的抗渗能力。

常用的防水剂有氯化物金属盐类防水剂和金属皂类防水剂等。

氯化物金属盐类防水剂,主要有氯化钙、氯化铝和水按一定比例配成的有色液体。其配合比大致为氯化铝:氯化钙:水 = 1:10:11。掺加量一般为质量的 3% ~ 5%,这种防水剂掺入水泥砂浆中,能在凝结硬化过程中生成不透水的复盐,起促进结构密实作用,从而提高砂浆的抗渗性能。这种防水剂一般用于水池和其它地下建筑物。由于 Cl^- 会引起钢筋锈蚀作用,故采用氯化物金属盐类防水剂,应注意在使用环境中长期工程部位钢筋锈蚀情况。

金属皂类防水剂是由硬脂酸、氨水、氢氧化钾(或碳酸钠)和水按一定比例混合加热皂化而成。这种防水剂主要也是起填充微细孔隙和堵塞毛细管的作用,掺加量为水泥质量的 3% 左右。

防水砂浆的配合比,一般采用水泥:砂 = 1:2.5 ~ 3,水灰比应在 0.5 ~ 0.55 之间。水泥应选用 325 号以上的普通硅酸盐水泥。砂子最好使用中砂。

防水砂浆的施工对操作技术要求很高,配制防水砂浆是先把水泥和砂干拌均匀后,再把称量好的防水剂溶于拌合水中与水泥、砂搅拌均匀后即可使用。涂抹时,每层厚度约为 5mm 左右,共涂抹 4 ~ 5 层,约 20 ~ 30mm 厚。在涂抹前先在润湿清洁的底面上抹一层纯水泥浆,然后抹一层 5mm 厚的防水砂浆,在初凝前用木抹子压实一遍,第二、三、四层都是同样的操作方法,最后一层要进行压光。抹完后要加强养护。总之,刚性防水层必须保证砂浆的密实性,对施工操作要求高,否则难以获得理想的防水效果。

2 - 6 - 3 保温砂浆

1. 膨胀珍珠岩砂浆

膨胀珍珠岩砂浆的应有喷涂法、上铺法、叠合法。

(1) 喷涂法 这是一项新的方法,它是将配好的水泥和膨胀珍珠岩干拌均匀,然后与水分别经泵压入喷枪,在枪口混合后喷射到工作面上。此法效率高,节约水泥。喷射压力 2—3kg/m²。

膨胀珍珠岩砂浆性能

表 2-6-5

体积配合比		容重 kg/m^3	抗压强度 MPa	导热系数 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$
水泥	膨胀珍珠岩			
1	2.5	842	5.52	0.200
1	6.0	542	16.4	0.119
1	8.0	530	19.4	0.109
1	10.0	430	11.3	0.080
1	12.0	359	10.4	0.074
1	14.0	352	10.8	0.071
1	16.0	306	8.4	0.064
1	18.0	305	6.5	0.060
1	20.0	296	6.9	0.055

注 ①水泥为 425# 硅酸盐水泥 ;二级膨胀珍珠岩容重 135—150 kg/m^3 ;

②试件强度为经 65℃ 恒温养护 36h 后的强度。

应用配合比

表 2-6-6

组 成	水 泥	膨胀珍珠岩	说 明
体积配合比	1	15	用于墙面
	1	12	用于平屋面

(2) 叠合法 :即先将膨胀珍珠岩砂浆铺成一定厚度的预制屋面板底模 ,再连续浇注混凝土板 ;也可将膨胀珍珠岩砂浆预制成板或块 ,来作预制板的底模。其应用配合比和性能如下表 :

表 2-6-7

体积配合比				容重 kg/m^3	抗压强度 MPa	导热系数 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$
水泥	石灰	石膏	膨胀珍珠岩			
1	—	—	8	—	0.8—1.2	0.091
1	1	0.05	12	478	0.72	—

(3) 上铺法 :即将膨胀珍珠岩砂浆铺屋面上 ,干燥后再作防水层。其应用配合比和性能如下表 :

表 2-6-8

体积配合比			容重 kg/m^3	抗压强度 MPa	导热系数 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$
水	水泥	膨胀珍珠岩			
2.1	1	13—14.5	< 300	0.25—0.5	< 0.081

2 建筑材料的性能和应用

2. 膨胀蛭石砂浆

应用配合比

表 2-6-9

编号	体积配合比				备注
	水泥	石灰膏	膨胀蛭石	水	
1	1	—	4—8	1.4—2.6	蛭石为粉末, 粒径似中砂
2	1	1	5—8	2.33—3.76	
3	—	1	2.5—4	0.962—1.8	
4	1	1	10	10	用于喷石灰水表面
5	2	1	15	15	用于砖墙混凝土墙面

膨胀蛭石砂浆性能

表 2-6-10

技术性能	1 号配比	2 号配比	3 号配比
容重 kg/m^3	638—509	749—636	497—405
28 天抗压强度 MPa	1.17—0.36	2.13—1.22	0.19—0.16
抗折强度 MPa	0.74—0.19	0.94—0.58	0.21—0.19
粘结强度 MPa	0.37—0.23	0.24—0.12	0.015—0.014
吸湿率 %	4—2.54	1.01—0.78	1.56—1.54
吸水率 %	88.4—137	62—87	114—133.5
线收缩 %	0.397—0.311	0.398—0.318	1.427—0.981
平衡含水率 %	0.41—0.6	0.37—0.45	0.57—1.27
导热系数 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$	0.183—0.152	0.914—0.160	0.153—0.163

2-6-4 水玻璃防水砂浆

水玻璃防水剂配制

表 2-6-11

原 材 料	重量比	配 制
重铬酸钾(红矾钾) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	1	水加热至 100°C , 将前 5 种原料加入, 继续加热搅拌到全部溶解, 冷却至 55°C , 再加水玻璃, 拌到均匀颜色一致, 约半小时。
硫酸铜(铜矾) $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1	
硫酸亚铁 FeSO_4	1	
钾铬矾(兰矾) $\text{Cr}_2\text{K}_2(\text{SO}_4)_4\cdot 24\text{H}_2\text{O}$	1	
硫酸铝钾(明矾) $\text{Al}_2\text{K}_2(\text{SO}_4)_4\cdot 24\text{H}_2\text{O}$	1	
水玻璃 Na_2SiO_3 波美度 $40^\circ\text{—}55^\circ$	400	
水	60	

应用 ①水池、水塔、地下室和地下、地上渗漏修补；

②要严格控工施工质量。自配防水剂性质一样, 且便宜。

水玻璃防水砂浆配制

表 2-6-12

层次	灰浆	重量配合比				厚度 mm
		水泥	砂	防水剂	水	
1	素灰	1	—	0.01	适量	2—3
2	砂浆	1	2.5	0.01	0.5	≥5
3	素灰	1	—	0.01	适量	2
4	砂浆	1	2.5	0.1	0.5	≥5
5	保护层	1.5	—	0.01	1.0	—

说明 水泥应选 > 325[#] 粗砂通过 4mm 筛孔, 基层必须清洁, 浇水湿润。使用时, 水与防水剂先拌匀, 每次拌 20kg 水泥为宜, 随拌随用。加水量以满足操作为宜。操作第二层应紧随第一层后进行。相距 50—100cm, 第二层硬化后将表面抹粗糙可停 12—24h 再做第三层, 第四层紧随第三层后进行, 相距 50—100cm, 用铁抹子压光, 第五层紧随第四层后进行, 相距 50—100cm, 刷后用铁抹子压光数遍, 洒水养护 20 天(2 天后池内灌水养护也可)。

2-6-5 其它砂浆(灰浆、石子浆)配合比 (每立方米材料用量)

表 2-6-13

编号	名称	每米 ³ 材料用量
1	纸筋石灰浆	生石灰 624kg, 纸筋 48.6kg
2	麻刀石灰浆	生石灰 624kg, 麻刀 12.1kg
3	石灰麻刀浆	生石灰 334kg, 麻刀 15.1kg
4	水泥石灰麻刀浆	325 [#] 水泥 134kg, 石灰 139kg, 麻刀 16.6kg
5	石灰锯水屑浆	石灰 287kg, 水屑 1m ³
6	水泥石灰炉渣浆	275 [#] 水泥 219kg, 石灰 82kg, 炉渣 1.2m ³
7	水泥石浆 1:1	325 [#] 水泥 937kg, 白(麻)石子 1020kg
	(水磨石、洗石子) 1:1.5	325 [#] 水泥 795kg, 白(麻)石子 1296kg
	1:2	325 [#] 水泥 689kg, 白(麻)石子 1500kg
	1:2.5	325 [#] 水泥 585kg, 白(麻)石子 1590kg
8	水泥水屑浆 1:2	325 [#] 水泥 689kg, 白(麻)石子 1500kg
	(剁假石) 1:1.5	325 [#] 水泥 795kg, 白(麻)石子 1296kg
9	铁屑砂浆 1:0.3:1.5	325 [#] 水泥 1089kg, 铁屑 1660kg, 砂 0.22m ³
10	水泥硅藻土 1:0.3:4	325 [#] 水泥 302kg, 硅藻土 0.08m ³ , 防水粉 15.1kg, 砂 1.01m ³
	防水粉砂浆 1:0.5:4	325 [#] 水泥 302kg, 硅藻土 0.13m ³ , 防水粉 15.1kg, 砂 1.01m ³
11	水泥防水粉 砂浆	325 [#] 水泥 635kg, 防水粉 30.3kg, 砂 1.01m ³
		325 [#] 水泥 543kg, 防水粉 26.8kg, 砂 1.01m ³
		325 [#] 水泥 472kg, 防水粉 23.7kg, 砂 1.01m ³
		325 [#] 水泥 402kg, 防水粉 20.2kg, 砂 1.01m ³

2-6-6 砂浆外加剂

外加剂的研制和推广应用,是近30年来世界混凝土技术具有重大突破性成就,对混凝土性能的改善和扩大应用范围,有十分显著的技术经济效益,被共认为混凝土的第五组分材料。

外加剂种类很多,根据其作用可分为减水剂、塑化剂、加气剂、发泡剂、消泡剂、早强剂、促新颖缓凝剂、缓凝剂、防冻剂、防水剂、膨胀剂和防锈剂等等。

常用外加剂名称、性能、用途

表 2-6-14

名 称	性 能 和 用 途
木质素磺酸钙	又名 M 型减水剂,简称 M 剂。它是由提取酒精后的木浆废液,经蒸发、碳化浓缩、喷雾干燥后制得棕黄色粉状物。主要成分木质素磺酸钙 60%,PH 值 4.5—5.5。适宜掺量(水泥重量)0.2—0.3%。效果:减水 10% 左右;或用水量不变,可提高坍落度约 10cm;R28 强度可提高 10—20%;或保持强度不变,可节约水泥 10%。但一般缓凝 1—3 小时。为常使用的减水剂品种,价格也较别的品种便宜。
MF 减水剂 (这类减水剂还有 NF、NNO、FDN、UNF、建 1、JN、HN 等)	属萘系高效减水剂,它是甲基萘,经磺磺磺化,再经甲醛缩合,再经 NaOH 中和而制得的产品有棕褐色粉末状和浓稠状液体两种。掺量 0.25—0.5% 效果 掺 0.3% 0.5% 0.7% 1% △ 减水率 15% 18% 21% 22%(普通水泥) 10% 15% 17% 18%(矿渣水泥) △ 提高强度 R28 增长 12—20% △ 坍落度增加 14—20cm,可配制高流态泵送混凝土。 MF 的 PH 7—9 呈现弱碱性,对酸、碱、硬水的稳定性好,易溶于水,无毒,不燃,有一定缓凝作用。点的效果比木质素型好,但价格也高。
树脂型减水剂	我国 SM 产品即是。它是由三聚氰胺、甲醛、亚硫酸钢(1:3:1 克分子比)经一定反应缩聚而成的水溶性聚合物。主要成分为三聚氰胺甲醛缩合物,简称密胺树脂。SM 的分散性、减水性和增强效果比萘系还好些,此外,混凝土的弹性模量、抗渗、抗冻与钢筋粘结力等均有提高。但目前因价较高,仅在特殊工程中选用,可配制 C100(1000#)耐 1200℃混凝土。
糖密系减水剂	糖密系减水剂是以糖厂废液(糖渣、废糖)为原料,以石灰中和成盐的物质,为棕褐色粉末物或糊状物,含厚糖和转化糖较多,PH 值 9—10,国内产品有 3FG、TF、ST 等,属非离子型表面活性剂。掺量 0.2—0.3%。减水率 6—10%。R28 提高 15—20%(或节约 10%水泥);改善混凝土弹性模量、抗渗、抗冻性能;水化热低。但有一定缓凝作用。我国南方工程、水利工程用的较多。
腐植酸减水剂	又名胡敏酸。它是以草酸、泥碱(或褐煤)等提取胡敏酸,它是一种天然高分子化合物。可制成早强型和缓凝型两种。国内产品有长城牌、天山 I 型等。掺量 0.3%。减水率 8—15%,节约水泥 15%。价格低,可在一般混凝土工程选用。

续表

名 称	性 能 和 用 途			
氯化钙 CaCl ₂ 或食盐 NaCl	它是无机电解质盐,为白色,是最早用于混凝土工程廉价的早强剂,应用广泛。掺量1—2% ,R3 强度可提高40—100% ,R7 强度可提高25%。但 Cl ⁻ 离子对钢筋有锈蚀作用,根据规范规定:在钢筋混凝土中 CaCl ₂ 掺量 ≤ 1% ;在无筋混凝土中 ≤ 3% ;在冷加工的钢筋混凝、预应力混凝土、钢丝网水泥结构、港工结构中,不允许掺 CaCl ₂ 。为了消除 CaCl ₂ 对钢筋锈蚀的影响,通常加入适量 NaNO ₂ 。NaCl 作用与 Ca-Cl ₂ 相似,但比 CaCl ₂ 稍差一些。			
三乙醇胺 N C ₂ H ₄ OH] ₃	是非离子型表面活性剂,呈无色或淡黄色透明油状液体,易溶于水,呈碱性,无毒,不易燃。可单掺,但不如复合掺用效果好。			
复合早强剂	配 方	三乙醇胺 0.05% , NaCl 0.5% ;	三乙醇胺 0.05% CaSO ₄ ·2H ₂ O 2% NaNO ₂ :1%	三乙醇胺 0.05% NaNO ₂ 0.5% NaCl 0.5%
	效 果	R28 提高 达到 70% 的 R28 缩短时间 对钢筋锈蚀影响	10% 1/2 轻微锈蚀不宜用 矿渣水泥	10% 1/4 抑制锈蚀 基本不锈蚀
水泥速凝剂 (代号 711)	掺量(占水泥重量) 3—5% ,初凝 5 分钟,终凝 10 分钟,具有早强,抗渗性好等特性,用于矿山、井巷、隧洞、硐喷射、滑模、快速抢修等工程。注意保潮。			
红星一型 水泥速凝剂	产品为白色粉末,为 NaNO ₃ :NaAlO ₃ :CaO = 1:1:0.5 磨细制成。掺量 25—4% ,1—5 分钟初凝。10min 内终凝。具有仲凝早强,减少回弹量等特性,用于硐喷射、模板、抢修等工程。			
NC 复合 早强剂	以硫酸钠 60%、糖钙 2%、青砂 38% 共同混磨制得。掺量 2—4%。效果:可减少 10—20% ,R2 提高 70% ,R28 提高 20% ;节约水泥 10—15% ;可在 -20℃ 下施工,故广泛适用于寒冷地区施工。			
三乙醇胺 N C ₃ H ₆ OH] ₃ 复合早强剂	配方:三乙醇胺 0.03—0.05% ,硫酸亚铁 0.3—0.5%。具有凝得快、早强、提高强度等特性。R3 提高 10% ,R7 提高 20% ,R28 提高 40% ,R360 提高 30%。用法用三乙醇胺。			
草酸 促凝剂	一般化工商店可买到。掺量为水泥重量的 1.8% 的草酸溶液,初凝和终凝均可缩短 43% 左右,还可以提高抗弱酸侵蚀能力,防止因混凝土因蒸汽养护强度有些下降的弱点。			
长城牌 加气剂	掺入混凝土中可改善和易性、抗冻性、抗蚀性;但强度有一定降低,如加气量增加 1% ,强度降低 3—4.5%。适用于和易性、抗冻性、抗蚀性要求较高的混凝土工程			
柠檬酸 缓凝剂	无臭、无毒晶体。掺量为水泥重 0.03—0.1%。缓凝效果,可使凝结时间延长几小时到十几小时,降低水化热;有一定减水、节约水泥、提高强度作用,但也有缺点,即增大泌水性,降低粘聚性和抗渗性,故使用时应当加大砂率或掺入加气剂。			
锌盐缓凝剂	为氧化锌:硫 = 10:1 配制而成。掺量为水泥重的 0.2—0.3%。效果:初凝延长 7—10h,终凝延长 12h 以上,R3 提高 10—20% ,R7 提高 10% ;节约水泥 4—9% ;干缩可减少 5%。			
氯化钠	化工商店有售。掺量为水泥重量的 0.1—0.5% ,具有使水泥速凝的效果。			

2 建筑材料的性能和应用

硫酸钠复合早强剂不同温度条件下的选用

表 2-6-15

水泥品种	养护时间	早强剂品种	早强剂组成和掺量 (以占水泥重%计)
矿渣水泥 硅酸盐水泥	养护温度 为 0℃ 以上	甲型-1	硫酸钠 2—3, 食盐 0.5—1, 重铬酸钾 0—0.1
		乙型-1	硫酸钠 2—3, 亚砂酸钠 1—1.5, 石膏 2—3
		乙型-2	硫酸钠 2—3, 三乙醇胺 0—0.05, 石膏 2—3
		乙型-3	硫酸钠 2—3, 三乙醇胺 0—0.05, 亚砂酸钠 1.5—2
硅酸协水泥	养护初期 温度可在 -3—-5℃	甲型-1	硫酸钠 2—3, 食盐 1.5—2, 重铬酸钾 0.05—0.1
		甲型-2	硫酸钠 2—3, 食盐 1—1.5, 亚砂酸钠 1—2
		乙型-1	硫酸钠 2—3, 石膏 2—3, 亚砂酸钠 1—2
		乙型-3	硫酸钠 2—3, 三乙醇胺 0.05, 亚砂酸钠 1—2
硅酸盐水泥	养护初期 温度可在 -5—-8℃	甲型-2	硫酸钠 2—3, 食盐 1.5—2, 亚砂酸钠 1.5—2
		乙型-1	硫酸钠 2—3, 石膏 2—3, 亚硝酸钠 3—4
预应力混凝土结构	—	乙型	硫酸钠 2—3, 亚肖酸钠 1—2, 石膏 2—3
		乙型	硫酸钠 2, 亚肖酸钠 1—2, 三乙醇胺 0.05

2-6-7 砂浆在砖砌体中的应用

1. 砂浆配合比的计量方法

目前国内各地在拌制砌筑砂浆中,还有很多地方仍习惯于凭经验配料,有的地方名义上采用体积比计量,但实际上粗估毛算,计量极不准确。而规范要求的是砂浆的配合比应采用重量比。

石灰膏的掺量对砂浆强度的影响是比较明显的。虽然掺石灰膏的砂浆比水泥砂浆的和易性好,对砌体强度有利,但是,砂浆强度将随着石灰膏(其它塑化剂也相同)掺量的增加而下降。某单位做的实验结果是,当石灰膏掺量与水泥用量之比由 0.3 增加到 1.1 时,砂浆试块强度将降低 30% 左右。

2. 砂浆使用时间的限制

水泥或水泥石灰砂浆随着水泥水化作用的进展,而逐渐失去其流动性而逐渐凝结硬化,当再加水后拌合使用时,其强度会降低。所以砂浆应该在其初凝以前使用完。

规定砂浆应随拌随用,水泥砂浆和水泥混合砂浆必须分别在拌成后 3 小时和 4 小时内使用完毕,如施工期间最高气温超过 30℃,必须分别在拌成后 2 小时和 3 小时内使用完。

3. 砖的湿润程度

常用的粘土砖在砌筑前,砖要先浇水湿润,这是在一般情况下必不可少的一道工序,

因为它直接影响砌体的质量和砌筑的效率。砖湿润后,能使灰缝中砂浆的水份不会很快地被砖吸去,从而使砂浆的强度能正常地增涨。它同时可以增强砖面与砂浆之间的粘结力。另外还可以使砂浆在砌筑过程中,能保持一定的流动性,因而便于操作,有利于保证砌体的砂浆饱满度。

规范中规定,粘土砖的含水率宜为10—15%,而砖的饱和含水率是20%。灰砂砖及粉煤灰砖一般不需要进行浇水湿润即可获得较高的砌体强度。这两种砖在砌筑时的理想含水率为5%—8%。而自然状态下一般即为5%—7.5%。如在干旱的高温暑期,需要进行湿润时,必须提前浇水。

4. 砂浆的饱满程度

砖砌体中灰缝砂浆的饱满程度,是影响砌体强度的一个重要因素。当砌体中水平灰缝砂浆不饱满,砖块将处于局部受压,而且同时受弯、受剪及受拉的复杂应力状态。而砖的抗弯、抗剪及抗拉强度都大大低于其抗压强度,因此,对砌体的抗压强度产生了极为不利的影响。规定砖砌体中水平灰缝的砂浆饱满程度不得低于80%。

竖缝的砂浆饱满度一般对砌体的抗压强度影响不大,但对砌体的抗剪度影响较为明显。并对砌体的使用功能透风、漏水及保温有影响。

尽管现行砖石设计规范考虑到在施工中通常是不饱满的,从而略去竖缝砂浆的使用。但是,综合考虑在施工中仍然规定竖向灰缝宜采用挤浆或加浆方法,使其砂浆饱满。

5. 砌体水平灰缝厚度的规定

根据我国砖的规格尺寸及施工实践,水平灰缝一般为10mm,但不应小于8mm,也不应大于12mm。其上限确定为12mm是考虑到砌体强度不因灰缝的加大而降低过多,控制在5%以内,同时考虑它的沉降量不要过大。其下限8mm的确定,一是考虑我国现行砖标准的规定,其弯曲允许值为5mm。如灰缝过薄,砖面不平处就不易被砂浆填满,结果砌体反而会降低。所以砖的弯曲值越大,水平灰缝也应相应加大。二是考虑到砌体中的配筋要求为6mm,灰缝太薄,又加砖不平,钢筋有个别处即成为了硬支点。三是便于根据楼层高度和结构件的尺寸,合理安排皮数杆。同时考虑施工方便,砌筑效率及底灰容易饱满的情况,灰缝也不能太薄了。

6. 临时间断处高差的规定

临时间断处是指在一个施工段内,因不能同时砌筑时出现的留槎处。现规定它不得超过一步脚手架的高度,这比以前的规定要严格。现在提出的要求,主要是考虑到下列几方面的因素。一是给留斜槎创造了有利的条件,按规定留斜槎的长度不应小于高度的2/3,也就是说,如一步架高1.2m时,留斜槎的长度就不得小于80cm。而如留槎的长度超过90cm,将会给施工运输带来较大的困难。二是有利于保证墙体的稳定性。这样规定可以适当减少墙砌体有连续砌筑高度。如连续砌筑高度过大,由于下面砂浆尚未凝结,墙身晃动得较厉害,特别是灰砂砖砌体更为明显。三是如留槎高度过高会影响接槎的质量,因为先砌的墙体灰缝已大部分压缩完,在接槎时,砖块是按已留槎的灰缝接砌的,新砌部分灰缝再压缩时,先砌的部分灰缝不再压缩,会使接槎处接缝不牢。所以其高度越低则影响越小。四是有利于施工的流水作业,当瓦工砌完一步架之后,即可接着砌留槎的那一部

分,这时架子工就可以翻已砌完那一部分的脚手架,这样流水作业就不会窝工了。

除了留槎高度有了规定之外,为了保证砌体质量还做了其它的一些规定。如砖砌体的转角处应同时砌砖,对不能同时砌筑而又必须留置的临时间断,应砌成斜槎,并在全高范围内都应是斜槎。并明确规定如临时间断留斜槎确有困难时,除转角处外,也可以留直槎,但必须做成阳槎,并应加设拉结筋。但是在抗震设防地区的建筑物的临时间断处不得留直槎。在留斜槎'确有困难'的一定要有正确理解,决不能出现为避免操作时怕麻烦而任意留直槎的现象。

2-7 墙体材料

2-7-1 砌体材料

砌体主要由块材和砂浆组成,其中,砂浆作为胶结材料将块材结合成整体,以满足正常使用要求及承受结构的各种荷载。因此,块材及砂浆的质量是影响砌体质量的首要因素。

1. 砖

砌筑用砖分为实心砖和承重粘土空心砖两种。根据使用材料和制作方法的不同,实心砖又分为烧结普通砖、蒸压灰砂砖、粉煤灰砖和炉渣砖等。实心砖的规格为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ (长 \times 宽 \times 高),即4块砖长加4个灰缝、8块砖宽加8个灰缝、16块砖厚加16个灰缝(简称4顺、8丁、16线)均为1m。承重粘土空心砖的规格为 $\text{mm}:190 \times 190 \times 90$ 、 $240 \times 115 \times 90$ 、 $240 \times 180 \times 115$ 三种。

烧结普通砖的强度等级有 MU30、MU25、MU20、MU15、MU10 等 MU7.5,相应的强度指标见表 2-7-1。

烧结普通砖的强度指标

表 2-7-1

强度等级	抗压强度 (MPa)		抗折强度 (MPa)	
	五块平均值不小于	单块最小值不小于	五块平均值不小于	单块最小值不小于
MU30	30	21	6.0	3.9
MU25	25	18	5.0	3.3
MU20	20	14	4.0	2.6
MU15	15	10	3.1	2.0
MU10	10	6.0	2.3	1.3
MU7.5	7.5	4.5	1.8	1.1

注:若试验结果数值中,有一项达不到强度等级要求的四个指标之一者,应予降级。

烧结普通砖的外观等级见表 2-7-2。

2 建筑材料的性能和应用

烧结普通砖的外观等级 (JC149—73)

表 2-7-2

项 目	指 标 (mm)	
	一 等	二 等
(1) 尺寸允许偏差不大于：		
长 度	±5	±7
宽 度	±4	±5
厚 度	±3	±3
(2) 二个条面的厚度相差不大于	3	5
(3) 弯曲不大于	3	5
(4) 完整面不得少于	一条面和一顶面	一条面或一顶面
(5) 缺棱、掉角的三个破坏尺寸不得同时大于	20	30
(6) 裂纹和长度不大于：		
大面上宽度方及其延伸到条面上的长度	70	110
大面上长度方向其延伸到顶面上的长度和条顶面上的水平裂纹的长度	100	150
(7) 杂质在砖面上造成的凸出高度不大于	5	5
(8) 混等率(指本等级中混入该等以下各级产品的百分数)不得超过	10%	15%

注：凡有下列缺陷之一者，不能称为完整面；

1. 缺棱掉角在条顶面上造成的破坏面同时大于 10mm×20mm 者；
2. 裂缝宽度超过 1mm 者；
3. 有黑头、雨淋及严重沾底者。

烧结普通砖的抗冻性由冻融试验鉴定，若试验后任何一块试件的干重量损失不超过 2%，且其裂纹长度不大于外观等级表中第(6)项内对二等砖的规定时，可认为抗冻性合格。

承重粘土空心砖的强度等级有 MU20、MU15、MU10、MU7.5，相应的强度指标见表 2-7-3。

承重粘土空心砖的强度指标

表 2-7-3

强度等级	抗压强度 (MPa)		抗折荷重 (kN)	
	五块平均值 不小于	单块最小值 不小于	五块平均值 不小于	单块最小值 不小于
MU20	20	14	9.45	6.15
MU15	15	10	7.35	4.75
MU10	10	6.0	5.30	3.10
MU7.5	7.5	4.5	4.30	2.60

注：横列四项指标，有一项达不到时，应予降级。

承重粘土空心砖的外观等级见表 2-7-4。

承重粘土空心砖外观等级指标(JC196—75)

表 2-7-4

项 目	指 标 (mm)	
	一 等	二 等
(1)尺寸允许偏差不大于:		
a. 尺寸为 240、190、180mm	±5	±7
b. 尺寸为 115mm	±4	±5
c. 尺寸为 90mm	±3	4
(2)完整面不得少于	一条面和一顶面	一条面或一顶面
凡有下列缺陷之一者,不能称为完整面:		
a. 缺棱、掉角在条顶面上造成的破坏面同时大于 20×30mm		
b. 裂缝宽度超过 1mm,其长度超过 70mm		
c. 有严重的焦花沾底		
(3)缺棱、掉角的三个破坏尺寸不得同时大于	30	40
(4)裂纹的长度不大于:		
a. 大面上深入孔壁 15mm 以上的宽度方向裂纹	100	140
b. 大面上深入孔壁 15mm 以上的长度方向裂纹	120	160
c. 条顶面上的水平裂纹	120	160
(5)杂质在砖面上造成的凸出高度不大于	5	5
(6)混等率(指本等级中混入该等以下各等级产品的百分数)不得超过	10%	15%

承重粘土空心砖的抗冻性由冻融试验鉴定,若试验后任何一块试件不出现明显分层、剥落等冻坏现象,且冻后强度不低于设计要求强度等级的相应指标,则抗冻性合格。

(1)普通粘土砖

我国二千多年以前即掌握了生产粘土砖的技术,目前粘土砖产量居世界首位。普通粘土砖是我国建筑工程墙体、基础、管道砌体、烟囱的主要材料。在今后一个相当长时期,这种局面仍然会如此。生产和使用普通粘土砖的最大问题是需要大量粘土,即需占用或损坏大量耕地。应积极采取多种途径来逐渐解决此问题。普通粘土砖的标准尺寸为 240×115×53 毫米,每立方米砌体为 512 块砖。粘土砖的吸水性较大,约为 16—18%。粘土砖多为红色(即氧化气氛生产的),也有少量青砖(即还原气氛生产的)。

普通粘土砖的主要性能

表 2-7-5

砖的标号	抗压强度 MPa		抗折强度 MPa	
	五块平均值不小于	单块最小值不小于	五块平均值不小于	单块最小值不小于
200	20	14	4.0	2.6
150	15	10	3.1	2.0
100	10	6	2.3	1.3
75	7.5	4.5	1.8	1.1
50	5	3.5	1.6	0.8

注 ①试验的 4 个指标如有一项达不到,应当降低标号使用。

②常用的为 100 号。50 号仅于手工砖使用的次要部位。

2 建筑材料的性能和应用

普通粘土砖的外观等级

表 2-7-6

项 目	指 标 (mm)	
	一 等	二 等
①尺寸允许偏差规定 :长度	±5	±7
宽度	±4	±5
厚度	±3	±3
②二个条面的厚度相差不大于 :	3	5
③弯曲不大于 :	3	5
④完整面不得少于	一条面和一顶面	一条面或一顶面
⑤缺棱、掉角的三个破坏尺寸不得同时大于 :	20	30
⑥裂纹长度不得超过		
a. 大面上宽度方向及其延伸到条面上的长度	70	110
b. 大面上长度方向及其延伸到顶面上的长度和条顶面上水平裂纹长度	100	150
⑦杂质在砖面上造成的凸出高度不大于	5	5

注 :有下列情况者为不完整面 :①缺棱掉角在条面上造成的破坏面同时大于 $10 \times 20\text{mm}$;②裂纹宽度超过 1mm ;③有黑头、雨淋、严重沾底的。

(2) 粘土空心砖

粘土空心砖分竖孔与水平孔两种。空心粘土砖具有容重轻(减轻自重)、减小墙厚、改善隔声、绝热等性能,它是有发展前途的墙体材料。还可以节省大量粘土资源。

承重空心粘土砖主要规格

表 2-7-7

代 号	长(毫米)	宽(毫米)	厚(毫米)
KM ₁	190	190	90
KP ₁	240	115	90
KP ₂	240	180	115

承重空心粘土砖主要性能

表 2-7-8

标 号	抗压强度 MPa		抗折荷载 kg	
	五块平均值不小于	单块最小值不小于	五块平均值不小于	单块最小值不小于
200	20	14	945	615
150	15	10	735	475
100	10	6	530	310
75	7.5	4.5	430	260

注 ①试验数据有任一项达不到指标,应降低标号使用;

②空心砖标号不得低于 75 号。

(3) 轻质大砖

轻质大砖是由粘土、锯末为原料,成型后经高温煅烧而制成的一种轻质、高强、保温、吸声等良好性能的墙体材料,同时还有较好的抗冻、防湿性能。轻质大砖还可以切割。

轻质大砖规格和性能

表 2-7-9

规格(mm)	容重 kg/m ³	强度(MPa)		孔隙率(%)	吸水率(%)	耐热度(℃)
		抗压	抗折			
480×240×60	500—700	5—7	0.7—1.0	80—85	3—4	750—950
480×240×120						
1000×500×300						

(4) 陶土薄壳空心砖

陶土薄壳空心砖也称拱壳砖或钩子砖,其钩的作用可以承受砖体临时悬挂的自重,并保持壳体曲面尺寸。砌拱或砌双曲薄壳时,只要有拱曲模样板即可直接砌筑。这种空心砖可以约显著的节约三材,造价也不增加,在西安等地应用较多。

陶土薄壳空心砖有 100 号(顺孔)和 50 号(垂直孔),规格可按需要生产。

建筑材料

表 2-7-10

规格(长×宽×高)mm	孔洞率%	容重 kg/m ³	单块重量 kg
210×110×105	—	—	—
120×70×120	21	—	1.4
90×80×60(90,120)	35	1150	1.1
120×120×120	15.6	1500	—
180×120×70(90)	27	1275	—

(5) 楼板和楼枕空心砖

楼板和楼枕空心砖是普通粘土空心砖的变化形式如下图表示:

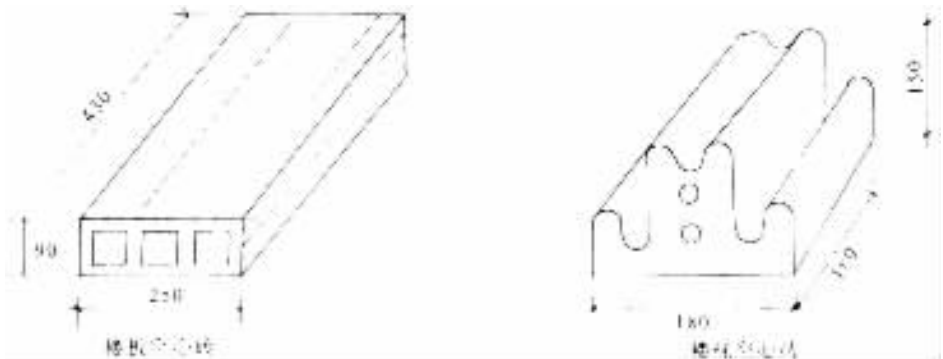


图 2-7-1

2 建筑材料的性能和应用

楼板空心砖可做成 3.4 米跨度,孔洞率 21%,空重 $1250\text{kg}/\text{m}^3$,单块重 12kg。楼枕空心砖单块重 3.7kg。

(6) 灰砂砖

灰砂砖是由石灰和砂子为原料,经成型和高压蒸汽养护硬化而成的砖。其规格有 $240 \times 115 \times 53$ 毫米, $175 \times 115 \times 53$ 毫米(相当 7 分头)。强度标号分 200、150、100 号三级。本身强度较高,但表面较光滑,其粘结强度较差些。呈灰白色,较美观。按外观分一等与二等。灰砂砖浸水 24 小时后,其强度标号应符合下表规定。

灰砂砖标号和主要性能

表 2-7-11

标 号	抗压强度 MPa		抗折强度 MPa	
	五块平均值不小于	单块最小值不小于	五块平均值不小于	单块最小值不小于
200	20	15	3.8	2.8
150	15	11.5	3.0	2.1
100	10	7.5	2.2	1.4

注 ①灰砂砖软化系数 0.92;单块重 2.85kg;

②试验数据有任一项达不到指标要求,应降低标号使用。

(7) 粉煤灰砖

火力发电厂排出的粉煤灰,是我国重点工业废渣之一,数量很大。利用粉煤灰和部分粘土成型、烧制成砖有重大经济的社会效益。粉煤灰砖强度可达 100 号、150 号,容重为 $1400\text{—}1500\text{kg}/\text{m}^3$,吸水率为 20% 左右,颜色处于淡红与深红之间,尺寸同普通粘土砖。它可以代替普通土砖使用。

(8) 煤矸石砖

煤矸石是洗煤时剔除的废石,但还有一定热值,它是我国最大宗的工业废料。生产煤矸石砖除须粉碎工艺外,其他工序与生产粘土砖基本相似。烧结煤矸石砖规格也同于普通粘土砖。煤矸石砖颜色较粘土砖略浅,声击时清脆,抗压强度达 $10\text{—}15\text{MPa}$,抗折强度达 $2.3\text{—}5\text{MPa}$,抗冻性可经受 15 次冻融循环而不破坏,容重为 $1400\text{—}1650\text{kg}/\text{m}^3$ 。它可以代替普通粘土砖使用。

(9) 煤渣砖

煤渣是烧锅排出的废渣。利用煤渣,电石渣,石膏渣(炼铝厂的废渣),按 75—80% : 18—22% : 2—3% 的比例,混合碾压成型,经蒸汽养护硬化以后,即可制成煤渣砖。其规格一般同于普通粘土砖,吸水率 13.5—14.5%,软化系数为 0.895,强度可以达到 100—150 号,它可以代替普通粘土砖使用。

(10) 硅酸盐砌块

硅酸盐砌块,可以充分利用各种工业废料、工业尾矿,来生产各种规格的硅酸盐砌块,增加墙体材料新品种,代替部分粘土砖使用。还可以制成空心的硅酸盐砌块。推广硅酸盐砌块具有十分重要的经济效益和社会效益。

我国南方一些地区推广中小型砌块,已经取得可喜成绩。

各地砌块规格参考

表 2-7-12

	济南	青岛	上海	常州	广州	福建	山西
主规格	1185 × 385 × 200	1080 × 380 × 180	880 × 380 × 190	880 × 380 × 190	880 × 385 × 200	1180 × 380 × 180	880 × 380 × 240
副规格	885 × 385 × 200	1080 × 580 × 240	588 × 380 × 190	780 × 380 × 190	580 × 385 × 200	980 × 380 × 180	580 × 380 × 240
	685 × 385 × 200	780 × 780 × 180			430 × 385 × 200	880 × 380 × 180	430 × 380 × 240
	485 × 385 × 200	580 × 380 × 180			280 × 385 × 200	780 × 380 × 180	280 × 380 × 240
	385 × 385 × 200	480 × 380 × 180			185 × 385 × 200	580 × 380 × 180	
	285 × 385 × 200	280 × 380 × 180			880 × 290 × 200	380 × 380 × 180	
						280 × 380 × 180	

(11) 水泥花阶砖

利用白水泥或普通掺适量颜色配制生产。产品尺寸精确,花样品种多,色泽鲜艳,光洁耐磨,是较好铺地面装饰材料。规格为 200 × 200 × 18 毫米,抗折强度 2.8MPa,每块重 1.7kg。

2. 石

砌筑用石分为毛石、料石两类。毛石又分为乱毛石和平毛石。乱毛石指形状不规则的石块,平行石指形状不规则,但有两个平面大致平行的石块。毛石的中部厚度不小于 150mm。

料石按其加工面的平整程度分为细料石、半细料石、粗料石和毛料石四种。料石各面的加工要求应符合表 2-7-13 的规定。

料石各面的加工要求

表 2-7-13

项次	料石种类	外露面及相接周边的表面凹入深度	叠切面和接砌面的表面凹入深度
1	细料石	不大于 2mm	不大于 10mm
2	半细料石	不大于 10mm	不大于 15mm
3	粗料石	不大于 20mm	不大于 20mm
4	毛料石	稍加修整	不大于 25mm

注 1. 相接周边的表面系指叠砌面、接砌面与外露面相接处 20 ~ 30mm 范围内的部分。

2. 如设计对外露面有特殊要求,应设计要求加工。

因石材的大小和规格不一,通常用边长为 70mm 的立方体试块进行抗压试验,取 3 个试块破坏强度的平均值作为确定石材强度等级的依据。石材的强度等级划分为 MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20、MU15 和 MU10。

石材抗冻性指标用冻融循环次数表示,在规定的冻融循环次数(15、20 或 50 次)时,无贯穿裂缝,重量损失不超过 5%,强度减少不大于 25% 时,则抗冻性合格。

3. 砌块

砌块按用途分为承重砌块与非承重砌块(包括隔墙砌块和保温砌块);按有无孔洞分为实心砌块和空心砌块(包括单排孔砌块和多排孔砌块);按使用的原材料分为普通混凝土砌块、粉煤灰硅酸盐砌块、煤矸石混凝土砌块、蒸压加气混凝土砌块、浮石混凝土砌块、火山渣混凝土砌块等;按大小分为小型砌块(块高小于 380mm)和中型砌块(块高 380 ~

940mm)。

由于我国地域辽阔,资源情况各异,而且各地的自然条件相关悬殊,对墙体的要求也不一致,因此砌块的品种规格很多。在民用建筑及小型工业建筑中广泛采用的粉煤灰中型实心砌块的规格(长×宽×高)有 mm :880×190×380、580×190×380、430×190×380、280×190×380 四种。目前采用的混凝土小型空心砌块的高度为 180~350mm,块体尺寸比普通粘土砖大得多,因而可节省砌筑砂浆和提高砌筑效率。除若干主规格砌块外,一般还需要采用多种辅助规格的砌块配合使用。

空心砌块可以有贯通的孔洞、半封顶及封顶的孔洞,后两种空心砌块便于铺设砂浆,半封顶的孔型还有利于抓拿。当采用竖向配筋时,需要将封顶的薄板凿去。

砌块的强度等级有 :MU15、MU10、MU7.5、MU5 和 MU3.5。

砌块生产单位供应砌块时,必须提供产品出厂合格证,写明砌块的强度等级和质量指标等。施工单位应按规定的质量标准及出厂合格证进行验收,必要时可在施工现场取样检验。

2-8 防水材料

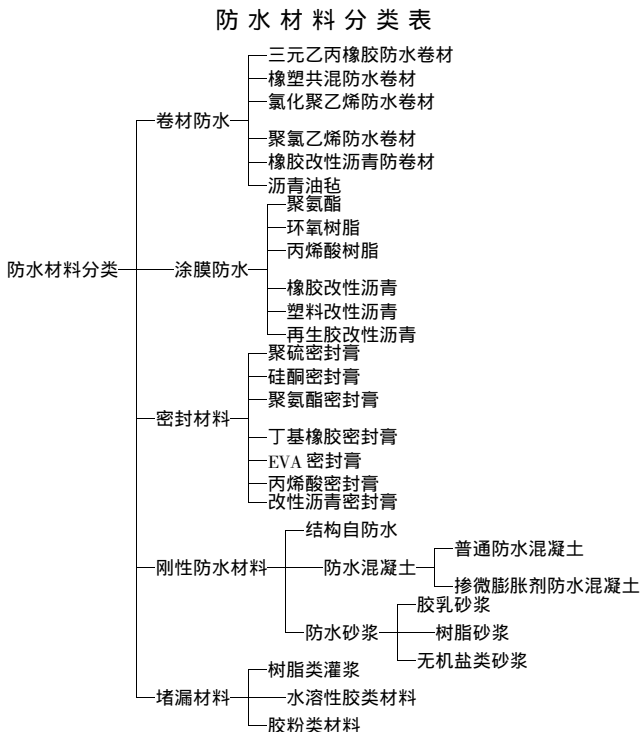
2-8-1 防水材料的分类

防水技术依防水材料的不同,可分为柔性防水和刚性防水两大类。柔性防水是采用柔性防水材料,主要包括各种卷材、防水涂料、密封材料等。这些材料经过施工形成整体防水层,附着在建筑构件表面,达到防水目的。

刚性防水采用的主要是防水混凝土或防水砂浆等无机材料。用这些材料浇注成的底板、墙体、顶板等依靠材料自身的密实性及某些构造措施,如坡度、伸缩缝等来达到防水目的。而在一些防水要求较高的地下工程及屋面工程,经常采用刚柔结合的方法提高防水的可靠性和建筑物的使用寿命。

按照建筑工程不同的部位,又可分为屋面防水、厕浴间防水、地下防水、墙体防水及构筑物防水。构筑物防水包括水池、水塔、冷库、油库、游泳池等。

防水材料的分类见表 2-8-1。



2-8-2 石油沥青

石油沥青是石油原油经蒸馏等提炼出各种轻质油(如汽油、柴油等)及润滑油以后的残留物,或再经加工而得的产品。它是一种有机胶凝材料,在常温下呈固体、半固体或粘性液体,颜色为褐色或黑褐色。

通常石油沥青又分成建筑石油沥青、道路石油沥青和普通石油沥青三种。建筑上主要使用建筑石油沥青制成各种防水材料制品或现场直接使用。

1. 石油沥青的组成与结构

(1) 石油沥青的组分

石油沥青是由许多高分子碳氢化合物及其非金属(主要为氧、硫、氮等)衍生物组成的复杂混合物。因为沥青的化学组成复杂,对组成进行分析很困难,同时化学组成还不能反映沥青物理性质的差异。因此一般不作沥青的化学分析,只从使用角度,将沥青中化学成分及性质极为接近,并且与物理学性质有一定关系的成分,划分为若干个组,这些组即称为组分。在沥青中各组分含量多寡,与沥青的技术性质有着直接关系。沥青中各组分的主要特性简述如下。

①油分 油分为淡黄色至红褐色的油状液体,是沥青中分子量最小和密度最小的组分,密度介于 $0.7 \sim 1\text{g}/\text{cm}^3$ 之间。在 170°C 较长时间加热油分可以挥发。油分能溶于石油醚、二硫化碳、三氯甲烷、苯、四氯化碳和丙酮等有机溶剂中,但不溶于酒精。油分赋予沥青以流动性。

②树脂(沥青脂胶) 沥青脂胶为黄色至黑褐色粘稠状物质(半固体),分子量比油分大($600 \sim 1000$),密度为 $1.0 \sim 1.1\text{g}/\text{cm}^3$ 。沥青脂胶中绝大部分属于中性树脂。中性树脂能溶于三氯甲烷、汽油和苯等有机溶剂,但在酒精和丙酮中难溶解或溶解度很低,它赋予沥青以良好的粘结性、塑性和可流动性。中性树脂含量增加,石油沥青的延度和粘结力等品质愈好。另外,沥青树脂中还含有少量的酸性树脂,即地沥青酸和地沥青酸酐,颜色较中性树脂深,是油分氧化后的产物,具有酸性。它易溶于酒精,氯仿而难溶于石油醚和苯,能为碱皂化,是沥青中的表面活性物质。它改善了石油沥青对矿物材料的浸润性,特别是提高了对碳酸盐类岩石的粘附性,并有利于石油沥青的可乳化性。沥青脂胶使石油沥青具有良好的塑性和粘结性。

③地沥青质(沥青质) 地沥青质为深褐色至黑色固态无定形物质(固体粉末),分子量比树脂更大(1000 以上),密度大于 $1\text{g}/\text{cm}^3$,不溶于酒精、正戊烷,但溶于三氯甲烷和二硫化碳,染色力强,对光的敏感性强,感光后就不能溶解。地沥青质是决定石油沥青温度敏感性、粘性的重要组成部分,其含量愈多,则软化点愈高,粘性愈大,即愈硬脆。

另外,石油沥青中还含 $2\% \sim 3\%$ 的沥青碳和似碳物,为无定形的黑色固体粉末,是在

高温裂化、过度加热或深度氧化过程中脱氢而生成的，是石油沥青中分子量最大的，它能降低石油沥青的粘结力。

石油沥青中还含有蜡，它会降低石油沥青的粘结性和塑性，同时对温度特别敏感（即温度稳定性差）。所以蜡是石油沥青的有害成分。蜡存在于石油沥青的油分中，它们都是烷烃，油和蜡的区别在于物理状态不同，一般讲，油是液体烷烃，蜡为固态烷烃（片状、带状或针状晶体）。采用氯盐（如 AlCl_3 、 FeCl_3 、 ZnCl_2 等）处理法、高温吹氧法、减压蒸提法和溶剂脱蜡法等处理多蜡石油沥青，其性质可以得到改善。如多蜡沥青经高温吹氧处理，蜡被氧化和蒸发，从而提高了石油沥青的软化点，降低了针入度，使之达到使用要求。

（2）石油沥青的胶体结构

在石油沥青中，油分、树脂和地沥青质是石油沥青中的三大主要组分。油分和树脂可以互相溶解，树脂能浸润地沥青质，而在地沥青质的超细颗粒表面形成树脂薄膜。所以石油沥青的结构是以地沥青质为核心，周围吸附部分树脂和油分，构成胶团，无数胶团分散在油分中而形成胶体结构。在这个分散体系中，分散相为吸附部分树脂的地沥青质，分散介质为溶有树脂的油分。在胶体结构中，从地沥青质到油分是均匀的逐步递变的，并无明显界面。

石油沥青中性质随各组分数量比例的不同而变化。当油分和树脂较多时，胶团外膜较厚，胶团之间相对运动较自由，这种胶体结构的石油沥青，称为溶胶型石油沥青。溶胶型石油沥青的特点是，流动性和塑性较好，开裂后自行愈合能力较强，而对温度的敏感性较强，即对温度的稳定性较差，温度过高会流淌。

当油分和树脂含量较少时，胶团外膜较薄，胶团靠近聚集，相互吸引力增大，胶团间相互移动比较困难。这种胶体结构的石油沥青称为凝胶型石油沥青。凝胶型石油沥青的特点是，弹性和粘性较高，温度敏感性较小，开裂后自行愈合能力较差，流动性和塑性较低。

当地沥青质不如凝胶型石油沥青中的多，而胶团间靠得又较近，相互间有一定的吸引力，形成一种介于溶胶型和凝胶型二者之间的结构，称为溶凝胶型结构。溶凝胶型石油沥青的性质也介于溶胶型和凝胶型二者之间。

随着对石油沥青研究的深入发展，有些学者已开始摒弃石油沥青胶体结构观点，而认为它是一种高分子溶液。在石油沥青高对发子溶液里，分散相地沥青质与分散介质地沥青脂（树脂和油分）具有很强的亲和力，而且每个地沥青质分子的表面上紧紧地保持着一层地沥青脂的溶剂分子，而形成高分子溶液。石油沥青高分子溶液对电解质具有较大的稳定性，即加入电解质不能破坏高分子溶液。高分子溶液具有可逆性，即随地沥青质与地沥青脂相对含量的变化，高分子溶液可以是较浓的或是较稀的。较浓的高分子溶液，地沥青质含量就多，相当于凝胶型石油沥青，较稀的高分子溶液，地沥青质含量少，地沥青脂含量多，相当于溶胶型石油沥青，稠度介于二者之间的为溶凝胶型。

2. 石油沥青的技术性质

（1）防水性

石油沥青是憎水性材料，几乎完全不溶于水，而且本身构造致密，加之它与矿物材料表面有很好的粘结力，能紧密粘附于矿物材料表面，同时，它还具有一定的塑性，能适应材料或构件的变形，所以石油沥青具有良好的防水性，故广泛用作建筑工程的防潮、防水材料。

料。

(2) 粘滞性(粘性)

石油沥青的粘滞性是反映沥青材料内部阻碍其相对流动的一种特性,以绝对粘度表示,是沥青性质的重要指标之一。

各种石油沥青的粘滞性变化范围很大,粘滞性的大小与组分及温度有关。地沥青质含量较高,同时又有适量树脂,而油分含量较少时,则粘滞性较大。在一定温度范围内,当温度升高时,则粘滞性随之降低,反之则随之增大。

绝对粘度的测定方法因材而异,并较为复杂。工程上常用相对粘度(条件粘度)来表示。测定相对粘度的主要方法是用标准粘度计和针入度仪。对于粘稠石油沥青的相对粘度是用针入度仪测定的针入度来表示。它反映石油沥青抵抗剪切变形的能力。针入度值越小,表明粘度越大。粘稠石油沥青的针入度是在规定温度 25°C 条件下,以规定重量 100g 的标准针,经历规定时间 5s 贯入试样中的深度,以 $1/10\text{mm}$ 为单位表示。

对于液体石油沥青或较稀的石油沥青的相对粘度,可用标准粘度计测定的标准粘度表示。标准粘度是在规定温度(20 、 25 、 30 或 60°C)、规定直径(3.5 或 10mm)的孔口流出 50cm^3 沥青所需的时间秒数,常用符号为“ C_d^t ”表示, d 为流孔直径, t 为试样温度, T 为流出 50cm^3 沥青的时间。

(3) 塑性

塑性指石油沥青在外力作用时产生变形而不破坏,除去外力后,则仍保持变形后的形状的性质。它是沥青性质的重要指标之一。

石油沥青的塑性与其组分有关。石油沥青中树脂含量较多,且其他组分含量又适当时,则塑性较大。影响沥青塑性的因素有温度和沥青膜层厚度,温度升高,则塑性增大,膜层愈厚则塑性愈高。反之,膜层越薄,则塑性越差,当膜层薄至 $1\mu\text{m}$,塑性近于消失,即接近于弹性。在常温下,塑性较好的沥青在产生裂缝时,也可能由于特有的粘塑性而自行愈合。故逆性还反映了沥青开裂后的自愈能力。沥青之所以能制造出性能良好的柔性防水材料,很大程度上决定于沥青的塑性。沥青的塑性对冲击振动荷载有一定吸收能力,并能减少摩擦时的噪声,故沥青是一种优良的道路路面材料。

石油沥青的塑性用延度(伸长度)表示。延度愈大,塑性愈好。

沥青延度是把沥青试样制成 ∞ 字形标准试模(中间最小截面积 1cm^2)在规定的速度 $5\text{cm}/\text{min}$ 和规定温度(25°C)下拉断时的长度,以 cm 为单位表示。

(4) 温度敏感性

温度敏感性是指石油沥青的粘滞性和塑性随温度升降而变化的性能。因沥青是一种高分子非晶态热塑性物质,故没有一定的熔点。当温度升高时,沥青由固态或半固态逐渐软化,使沥青分子之间发生相对滑动,此时沥青就象液体一样发生了粘性流动,称为粘流态;与此相反,当温度降低时又逐渐由粘流态凝固为固态(或称高弹态),甚至变硬变脆(象玻璃一样硬脆称作玻璃态)。在此过程中,反映了沥青随温度升降其粘滞性和塑性的变化。在相同的温度变化间隔里,各种沥青粘滞性及塑性变化幅度不会相同,工程要求沥青随温度变化而产生的粘滞性及塑性变化幅度应较小,即温度敏感性应较小。建筑工程宜选用温度敏感性较小的沥青。所以温度敏感性是沥青性质的重要指标之一。

通常石油沥青中地沥青质含量较多,在一定程度上能够减小其温度敏感性。在工程使用时往往加入滑石粉、石灰石粉或其他矿物填料来减小其温度敏感性。沥青中含蜡量较多时,则会增大温度敏感性。多蜡沥青不能用于建筑工程就是因为该沥青温度敏感性大,当温度不太高(60℃左右)时就发生流淌;在温度较低时又易变硬开裂。

沥青软化点是反映沥青的温度敏感性的重要指标。由于沥青材料从固态至液态有一定的变态间隔,故规定其中某一状态作为从固态转到粘流态(或某一规定状态)的起点,相应的温度为沥青软化点。

沥青软化点测定方法很多,国内外一般采用环球法软化点仪测定。它是把沥青试样装入规定尺寸(直径约16mm,高约6mm)的铜环内,试样上放置一标准钢球(直径9.5mm,重3.5g),浸入水或甘油中,以规定的升温速度(每分钟5℃)加热,使沥青软化下垂,当下垂到规定距离25.4mm时的温度,以摄氏度(℃)单位表示。

(5)大气稳定性

大气稳定性是指石油沥青在热、阳光、氧气和潮湿等因素的长期综合作用下抵抗老化的性能。

在阳光、空气和热的综合作用下,沥青各组分会不断递变。低分子化合物将逐步转变成高分子物质,即油分和树脂逐渐减少,而地沥青质逐渐增多。实验发现,树脂转变为地沥青质比油分变为树脂的速度快很多(约50%)。因此,使石油沥青随着时间的进展而流动性和塑性逐渐减小,硬脆性逐渐增大,直至脆裂,这个过程称为石油沥青的“老化”。所以大气稳定性可以抗“老化”性能来说明。

石油沥青的大气稳定性常以蒸发损失和蒸发后针入度比来评定。其测定方法是:先测定沥青试样的重量及其针入度,然后将试样置于加热损失试验专用的烘箱中,在160℃下蒸发5h,待冷却后再测定其重量及针入度。计算蒸发损失重量占原重量的百分数,称为蒸发损失;计算蒸发后针入度占原针入度的百分数,称为蒸发后针入度比。蒸发损失百分数愈小和蒸发后针入度比愈大,则表示大气稳定性愈高,“老化”愈慢。

此外,为评定沥青的品质和保证施工安全,还应当了解石油沥青的溶解度、闪点和燃点。

溶解度是指石油沥青在三氯乙烯、四氯化碳或苯中溶解的百分率,以表示石油沥青中有效物质的含量,即纯净程度。那些不溶解的物质会降低沥青的性能(如粘性等),应把不溶物视为有害物质(如沥青碳或似碳物)而加以限制。

闪点(也称闪火点)是指加热沥青至挥发出的可燃气体和空气的混合物,在规定条件下与火焰接触,初次闪火(有蓝色闪光)时的沥青温度(℃)。

燃点或称着火点,指加热沥青产生的气体和空气的混合物,与火焰接触能持续燃烧5s以上时,此时沥青的温度即为燃点(℃)。燃点温度比闪点温度约高10℃。沥青质组分多的沥青相差愈多,液体沥青由于轻质成分较多,闪点和燃点的温度相关很小。

闪点和燃点的高低表明沥青引起火灾或爆炸的可能性的,它关系到运输、贮存和加热使用等方面的安全。例如建筑石油沥青闪点约230℃,在熬制时一般温度为185~200℃为安全起见,沥青还应与火焰隔离。

2 建筑材料的性能和应用

3. 石油沥青分类标准及选用

根据我国现行石油沥青标准,现将道路石油沥青、建筑石油沥青和普通石油沥青的质量指标要求列于表 2-8-2 中。

道路石油沥青、建筑石油沥青和普通石油沥青技术标准

2-8-2

质量指标	道路石油沥青 (SH1661—92)							建筑石油沥青 (GB494—85)		普通石油沥青 (SY1665—77)		
	200	180	140	100 甲	100 乙	60 甲	60 乙	30	10	75	65	55
针入度(25℃, 100 克) $d/10\text{mm}$	201 ~ 300	161 ~ 200	121 ~ 160	91 ~ 120	81 ~ 120	51 ~ 80	41 ~ 80	25 ~ 40	10 ~ 25	75	65	55
延度(25℃), 不小于(cm)	—	100	100	90	60	70	40	3	1.5	2	1.5	1
软化点(环球法), 不低于(℃)	30 ~ 45	35 ~ 45	38 ~ 48	42 ~ 52	42 ~ 52	45 ~ 55	45 ~ 55	70	95	60	80	100
溶解度(三氯乙烯、四氯化碳或苯)不小于(%)	99	99	99	99	99	99	99	99.5	99.5	98	98	98
蒸发损失(160℃, 5h)不大于(%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	—	—
蒸发后针入度比, 不小于(%)	50	60	60	65	65	70	70	65	65	—	—	—
闪点(开口), 不低于(℃)	180	200	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230

从表 2-8-2 看出,三种石油沥青都是按针入度指标来划分牌号的,而每个牌号还应保证相应的延度和软化点。以及溶解度、蒸发损失、蒸发后针入度比、闪点等。

(1) 道路石油沥青

道路石油沥青有七个牌号,牌号越高,则粘性越小(即针入度越大),塑性越好(即延度越大),温度敏感性越大(即软化点越低)。

道路石油沥青主要用于道路路面或车间地面等工程,一般拌制成沥青混凝土、沥青拌合料或沥青砂浆使用。道路石油沥青的牌号较多,选用时应注意不同的工程要求,施工方法和环境温度差别。

道路石油沥青还可作密封材料和粘结剂以及沥青涂料等。此时一般选用粘性较大和软化点较高的道路石油沥青,如 60 甲。

(2) 建筑石油沥青

建筑石油沥青针入度较小(粘性较大),软化点较高(耐热性较好),但延伸度较小(塑

性较小),主要用作制造油纸、油毡、防水涂料和沥青嵌缝膏。它们绝大部分用于屋面及地下防水、沟槽防水防腐及管道防腐等工程。使用时制成的沥青胶膜较厚,增大了对温度的敏感性。同时黑色沥青表面又是好的吸热体,一般同一地区的沥青屋面的表面温度比其他材料的都高,据高温季节测试沥青屋面达到的表面温度比当地最高气温高 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$;为避免夏季流淌,一般屋面用沥青材料的软化点还应比本地区屋面最高温度高 20°C 以上。例如武汉、长沙地区沥青屋面温度约达 68°C ,选用沥青的软化点应在 90°C 左右,低了夏季易流淌,过高冬季低温易硬脆甚至开裂,所以选用石油沥青时要根据地区、工程环境及要求而定。

(3) 普通石油沥青

普通石油沥青含有害成分的蜡较多,一般含量大于 5% ,有的高达 20% 以上,故又称多蜡石油沥青。以化学结构讲,蜡为固态烷烃,正构烷烃称为石蜡,多为片状或带状晶体;异构烷烃称为地蜡,常为针状晶体。石油沥青中的蜡往往同时含有正构烷烃和异构烷烃,确定它为石蜡基石油沥青或地蜡基石油沥青是按它们的比例而定的。

普通石油沥青由于含有较多的蜡,故温度敏感性较大,达到液态时的温度与其软化点相差很小;与软化点大体相同的建筑石油沥青相比,针入度较大即粘性较小,塑性较差。故在建筑工程上不宜直接使用。

普通石油沥青可以采用吹气氧化法改善其性能,该法是将沥青加热脱水,加入少量(约 1%)的氧化锌,再加热(不超过 280°C)吹气进行处理的。处理过程以沥青达到要求的软化点和针入度为止。

2-8-3 新型防水卷材

1. 三元乙丙橡胶防水卷材

三元乙丙橡胶防水卷材(简称 EPDM)主要是以乙烯、丙烯、双环戊二烯共聚成的三元乙丙橡胶为主体,掺入适量丁基橡胶,并加入硫化剂、促进剂、软化剂、补强剂等,经过配料、密炼、拉片、过滤、挤出或压延成形、硫化、检验、分卷、包装等工序加工制成的高弹性防水卷材。属高档防水材料。卷材宽度一般为 1.0m ,长度 20m ,厚度分别为 0.8mm 、 1.0mm 、 1.2mm 、 1.5mm 、 2.0mm 。

(1) 性能特点

①耐老化性能好,使用寿命长:由于三元乙丙橡胶分子结构中的主链上没有双键,当受到臭氧、紫外光、湿热的作用时,主链上不易发生断裂,这是它的耐老化性能比主链上含有双键的橡胶或塑料等高分子材料优异得多的根本原因。根据实验和公式推算,三元乙丙橡胶防水卷材的使用寿命为 53.7 年。

②抗拉强度高、延伸率大:三元乙丙橡胶防水卷材的抗拉强度高,延伸率大,因此它的抗裂性好,能适应结构及防水基层变形的需要。

③耐高、低温性能好:三元乙丙橡胶防水卷材冷脆温度低,耐热性能好,可在较低的气

2 建筑材料的性能和应用

温条件及酷热的气候环境长期应用。

④可采用单层防水作法,冷贴施工:三元乙丙橡胶防水卷材可单屋、冷贴防水施工,改变了过去多叠层和热施工的传统作法,简化了施工工序,提高了施工效率。

(2)主要技术指标:三元乙丙橡胶防水卷材主要技术指标见表 2-8-3。

三元乙丙橡胶防水卷材技术指标

表 2-8-3

项目名称	保定第一橡胶厂产品		辽阳橡胶防水材料厂产品		北京橡胶六厂产品		包头橡胶二厂产品	
	标准规定指标	实测结果	标准规定指标	实测结果	标准规定指标	实测结果	指 标	
拉伸强度(MPa)	7.36	11.37	7.36	11.38	7.36	9.8	7.5	
断裂伸长率(%)	450	548	300	330	400	466	450	
300%定伸强度(MPa)	2.94	5.29	2.94	10.69	2.94	8.04	3	
撕裂强度(kN/m)	24.53	27.44	24.53	33.16	19.62	53.9	25	
脆性温度(℃)	-45	-46.7	-40	-44	—	—	-40	
不透水性(Pa×h)	$2.94 \times 10^5 \times 10$	合格	$1.47 \times 10^5 \times 0.5$	合格	—	—	$2.94 \times 10^5 \times 10$	
臭氧老化	42±2℃, 伸长 100%, 1000pphm, 168h 静态无裂纹	合格	42±2℃, 伸长 20%, 48pphm, 168h 无裂纹	合格	42±2℃, 伸长 100%, 1000pphm, 168h 无裂纹	合格	40℃, 伸长 50%, 200pphm, 168h 无裂纹	
热空气老化后	拉伸强度	≥80	105	≥80	100	80~100	>100	≥70
保持率(%)	断裂伸长率	≥70		≥70	94	≥70	>80	≥50
80℃×168h	撕裂强度	≥50		≥50	88	50~80	—	≥80

(3)适用范围:三元乙丙橡胶防水卷材最适用于工业与民用建筑高档工程的屋面单屋外露防水工程,也适用于有保护层的屋面、地下室、贮水池、隧道等土木建筑防水工程。

2. 氯化聚乙烯—橡胶共混防水卷材

氯化聚乙烯—橡胶共混防水卷材是以氯化聚乙烯树脂和合成橡胶为主体,加入适量的硫化剂、促进剂、稳定剂、软化剂和填充剂等,经过配料、素炼、混炼、压延或挤出成形、硫化、检验、分卷、包装等工序加工制成的高弹性防水卷性,属高档防水材料。卷材宽度为 1.0m,长度 20m,厚度 1.0mm、1.2mm、1.5mm、1.8mm、2.0mm。

(1)性能特点

①经共混改性提高了技术性能:氯化聚乙烯树脂和橡胶两种材料经共混改性后其综合技术性能有了显著提高,用这种共混材料制成的防水卷材,不但具有氯化聚乙烯所特有的高强度和优异的耐老化性能,而且还具有橡胶所特有高弹性、高延伸以及良好的耐低温性能,这种合成高分子的共混体系,在工业上称为高分子“合金”。

②卷材的粘结性及阻燃性好:采用含氯量 30%~40%的氯化聚乙烯树脂作为共混体系的主要原料,由于氯原子的存在,提高了共混卷材的粘结性和阻燃性。卷材的粘结强度

可达 0.2MPa(剪切强度)。

(2)主要技术指标 :氯化聚乙烯—橡胶共混防水卷材的主要技术指标见表 2-8-4。

氯化聚乙烯—橡胶共混防水卷材技术指标

表 2-8-4

项 目	指 标
抗拉强度	7.36MPa
延伸率	450%
300% 定伸强度	2.94MPa
撕裂强度	24.53kN/m
脆性温度	-40℃
耐臭氧老化性	40℃ ,1000pphm ,168h ,无裂纹
不透水性	0.3MPa ,10h ,不透水(动水压)
热空气老化	拉伸强度 ≥ 80%
保持率	断裂伸长率 ≥ 80%
	300% 定伸强度 ≥ 80%
(80℃ ,168h)	撕裂强度 ≥ 75%

注 北京橡胶十厂产品。

(3)适用范围 :氯化聚乙烯—橡胶共混防水卷材适用于屋面、地下室、贮水池、隧道等防水工程。

3. LYX-603 防水卷材

LYX-603 防水卷材是以氯化聚乙烯为基料,以玻璃网格布为胎(骨架)经压延制成的防水卷材。

卷材宽 90cm,长 20m,厚 1.2mm。配套粘结剂有三种。采取单层施工,冷作业,施工简便不污染环境。属中、高档防水材料。

(1)性能特点 :LYX-603 防水卷材具有耐老化、耐湿热、耐酸碱、耐燃等优点。突出的优点是增加了胎体,提高了抗拉强度,耐高低温(-40~+100℃)性能优异。

(2)技术指标 :LYX-603 防水卷材的技术指标见表 2-8-5。

LYX-603 防水卷材技术指标

表 2-8-5

项 目	指 标
抗拉强度	≥9.8MPa
延伸率	夹层纤维 ≥ 10% , 胶 层 ≥ 40%
直角撕裂强度	50kN/m
脆性温度	-24℃
不透水性	0.3MPa ,2h 不透水
耐臭氧老化	40℃ ,1000pphm ,24h ,无裂纹
耐热性	100℃
粘接强度(剥离)	卷材与卷材 :浸水前 60N/2.5cm 浸水后 52N/2.5cm(90d) 卷材与水泥 :浸水前 41N/2.5cm 浸水后 19N/2.5cm(22d)

注 浙江绍兴防水材料厂产品。

(3)适用范围 :LYX - 603 防水卷材适用于屋面、地下室、贮水池、隧道等防水工程。

4. 聚氯乙烯(PVC)防水卷材

聚氯乙烯防水卷材是以聚氯乙烯树脂为主要原料,以红泥(炼铝废渣)或经过特殊处理的粘土类矿物粉料为填充剂,并加入适量的改性剂、增塑剂、抗氧剂和紫外线吸收剂等,经过捏和、混炼、造粒、挤出压延、冷却、分卷、包装等工序加工制成的弹塑性防水卷材。这种卷材拉伸强度高,延伸性好,低温柔性好。可在较低气温下施工。热熔性好,卷材接缝时既可以用胶粘剂粘结,又可以采用热熔焊接工艺进行接缝施工,确保接缝严密。

聚氯乙烯防水卷材属中档防水材料,在我国已广泛应用。其技术性能见表 2-8-6。

聚氯乙烯防水卷材技术指标

表 2-8-6

项目名称	北京市油毡厂产品 指标	江苏武进防水材料厂产品指标	
		一级品	合格品
拉伸强度(MPa)不小于	4.91	12	8
断裂伸长率(%)不小于	150	250	150
撕裂强度(kN/m)不小于	20	40	30
热老化性 80±20℃×168h 保持率(%)	拉伸强度	70~100	80~120
	断裂伸长率	80	80~120
	撕裂强度	60~80	80~120
柔度(-20℃时,绕φ20mm圆棒) 温度线性尺寸变形率(%)	无裂纹 ≤2	无裂纹 ≤2	无裂纹 ≤2

5. TPO 防水卷材

TPO 防水卷材是将三元乙丙橡胶和聚乙烯或聚丙烯等原料按一定比例配合,用机械共混和动态硫化的方法制成的具有热塑性弹性体防水材料。具有优异的综合性能,属中档防水材料,适宜冷贴施工。

TPO 防水卷材宽 1.0m,长 20m,厚 1.0mm、1.2mm、1.5mm。

(1)性能特点

①耐老化性能好 :TPO 防水卷材含有一定量的三元乙丙橡胶,因此具有良好的耐臭氧及耐老化性能,使用寿命长。

②低温柔性好 :在 -30℃条件下,卷材仍具有柔韧性,可在较低气温环境下使用。

(2)技术指标 :TPO 防水卷材的技术指标见表 2-8-7。

TPO 防水卷材技术指标

表 2-8-7

项 目	指 标
拉伸强度	≥3.92MPa
断裂伸长率	≥200%
撕裂强度	19.62kN/m
不透水性	0.3MPa,120min,不透水(动水压)
耐臭臭性	1000pphm,40℃,168h,无龟裂
脆性温度	-30℃
热老化保持率	抗伸强度≥90%
(80℃,168h)	断裂伸长率≥70%

注 安徽蚌埠市塑料建材厂产品。

(3)适用范围 :TPO 防水卷材适用于屋面工程作单层外露防水 ,也适用于有保护层的屋面或地下室、贮水池等防水工程。

6. BI - 701 橡胶防水卷材

BX - 701 橡胶防水卷材是选用优质轮胎再生橡胶为主要原料 ,加入其他高分子聚合物改性剂、适量的防老化剂 ,经硫化而制成的。它是以氯丁橡胶为粘结剂 ,冷施工操作 ,属低档橡胶防水卷材。

BX - 701 橡胶防水卷材宽 1.0m ,长 20m ,厚 1.4mm。这种防水卷材不宜用于外露工程 ,适用于地下工程或表面有刚性保护层的上人屋面防水工程。BX - 701 橡胶防水卷材的技术性能见表 2 - 8 - 8。

BX - 701 橡胶防水卷材技术指标

表 2 - 8 - 8

项 目	指 标
拉伸强度	$\geq 3.5\text{MPa}$
断裂伸长率	$\geq 300\%$
直角撕裂强度	$\geq 15\text{kN/m}$
脆性温度	$- 30^{\circ}\text{C}$
不透水性	0.1MPa ,30min ,不透水
热老化保持率	拉伸强度 80 ~ 150
(80°C ,168h)	断裂伸长率 $\geq 50\%$
	直角撕裂强度 80% ~ 150%

注 北京市橡塑制品一厂产品。

7. BX - 702 橡胶防水卷材

BX - 702 橡胶防水卷材是以氯丁橡胶为主要原料 ,加入适量碳黑制成的。加入碳黑不仅能起补强作用 ,还是紫外线遮蔽剂。该种卷材有较好的耐候性 ,可冷贴施工 ,属中档防水材料。

BX - 702 防水卷材宽 1.0m ,长 20m ,厚 1.4mm。适用于一般工业与民用建筑的屋面、地下室等防水工程。其主要技术指标见表 2 - 8 - 9。

BX - 702 橡胶防水卷材技术指标

表 2 - 8 - 9

项 目	指 标
拉伸强度	$\geq 5.5\text{MPa}$
断裂伸长率	$\geq 350\%$
直角撕裂强度	20kN/m
耐臭氧性能	50pphm ,168h ,不龟裂
脆性温度	$- 30^{\circ}\text{C}$
不透水性	0.1MPa ,30min ,不透水
热老化保持率	抗伸强度 $\geq 80 \sim 150\%$
(80°C ,168h)	断裂伸长率 $\geq 65\%$
	直角撕裂强度 80% ~ 150%

2 建筑材料的性能和应用

注 北京市橡塑制品一厂产品。

8. 化纤胎改性沥青卷材

化纤胎改性沥青卷材(油毡)是以聚酯纤维无纺布为胎体,以再生橡胶改性石油沥青为浸渍涂层,以塑料薄膜为隔离层,经过配料、浸渍、冷却、包装等工序加工制成的防水卷材。

石油沥青经过再生橡胶的共熔混合改性后,它的耐热性、耐低温性和延伸性能均有明显改善,因此化纤胎改性沥青卷材可在较低气温下施工,可冷作业施工,工序简单、工效高。

化纤胎改性沥青卷材属中低档防水卷材,适用于一般屋面、地下室等防水工程。其主要技术指标见表 2-8-10。

化纤胎改性沥青油毡主要性能指标

表 2-8-10

项 目	指 标
单位面积重	3.0kg/m ²
不透水性	0.2MPa 30min 不透水(动水压)
吸水性	2%
耐热度	85℃ 2h 无变化
拉伸强度	纵向 2.5MPa
延伸率	30%
撕裂强度	15kN/m
低温柔度	-10℃, φ20mm 棒绕无断裂

注 保定市东郊建材橡胶制品厂产品。

9. 禹王牌 沥青基防水卷材

禹王牌 沥青防水卷材,属于改性沥青卷材。它是由辽宁省盘锦市新型防水材料厂引进西班牙泰克斯萨公司(Texsa)的设备和技術,开发试制成功的新型防水卷材。它根据不同的沥青胶和胎体,不同的组成形式和规格,可分为 18 种或更多种的产品型号。

(1)产品组成:禹王牌 沥青防水卷材因采用的石油沥青基料不同,分为三个档次。催化氧化沥青是在优质石油沥青中加入适量增塑剂、催化剂,采用独特的氧化工艺而制得,改性氧化沥青是在催化氧化沥青中再加入橡胶类改性材料进一步改性而成,聚合物改性沥青是利用 API(无规聚丙烯)或其他高分子聚合物对石油沥青进行改性而成。

禹王牌 沥青防水材料胎体采用高密度聚乙烯膜、无纺聚酯毡和玻纤毡等。高密度聚乙烯膜除自身具有防水作用外,还有良好的延伸性,玻纤布有较强的耐化学性和耐微生物腐蚀性,无纺聚酯毡具有较高的机械强度。胎体的优良性能,为生产优质防水卷材提供了可靠的基础。

卷材覆面主要采用顶面和底面均为高密度的聚乙烯膜,也可采用顶面为压纹铝箔,底面为高密度聚乙烯膜。采用聚乙烯膜作覆面在施工方面的优点是既易于热熔粘结,也便

于利用改性沥青胶粘剂冷施工。压纹铝箔覆面卷材,用于屋面防水,不需另作保护层,对阳光有较强的反射能力,有利于夏季屋面降温。

采用不同的沥青基料、胎体和覆面进行组合,可生产 18 种不同的防水卷材。

(2)性能特点

①抗老化性能好,使用寿命长:用于有保护层的上人屋面,使用寿命为 30 年;用于地下防水,使用寿命可达 50 年。

②具有良好的低温柔韧性:催化氧化沥青卷材为 0℃,改性沥青卷材为 -5℃,聚合物改性沥青为 -10℃时绕半径 12.5mm 的圆棒折 90°不产生裂纹。

③耐高温性能好:将卷材垂直悬置于恒温箱内,持续 2h,催化氧化沥青在 80℃时、改性沥青在 85℃时、聚合物改性沥青在 90℃时,卷材表面不起泡、不流淌。

④断裂延伸率大:聚乙烯膜胎体防水卷材的断裂延伸率大于 300%,无纺聚酯毡和玻纤毡胎体防水卷材的断裂延伸率大于 30%。对防水基层有较大的变形适应能力。

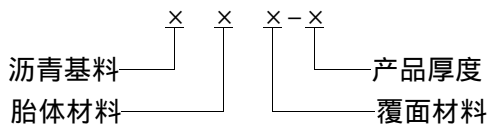
⑤具有良好的不透水性:新型防水卷材在 0.3MPa 的压力下,持续 90min 不渗漏,因此单层使用就有足够的耐水压能力。

⑥耐腐蚀性能好:聚乙烯膜覆面的各种防水卷材,用 40% 的 NaOH、33% 的 H₂SO₄、25% 的 HCl 溶液,分别浸泡 90d 后,其外观、抗拉强度、抗高低温性能与浸泡前相比,仅有微小变化。

⑦具有较高的自燃点:由于沥青基料在改性过程中掺入无机物,使产品不易自燃,如催化氧化沥青防水卷材,自燃点达 265℃。

⑧施工方便、减少污染:施工时,卷材搭接采取热熔自粘,卷材与基层之间既可采用热熔自粘,也可采用改性沥青胶粘剂冷贴,不仅施工简便,而且减少了对环境的污染。

(3)产品型号:禹王牌 防水卷材产品型号表示方法如下:



其产品材料代号见表 2-8-11。

产品材料代号

表 2-8-11

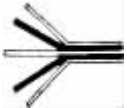


代 号	材 料
O	催化氧化沥青
M	改性氧化沥青
P	聚合物改性沥青
E	聚乙烯膜
F	玻纤布
W	无纺聚酯毡
AL	压纹铝箔

2 建筑材料的性能和应用

产品型号举例见表 2-8-12。

禹王牌 防水卷材产品型号举例

表 2-8-12

举 例	材 料	图 示
<p>[例 1] JOEE-3 :为催化氧化沥青、聚乙烯膜胎体、聚乙烯膜覆面、产品厚度 3mm</p>	<p>聚烯烃膜 催化氧化沥青 聚乙烯膜 催化氧化沥青 聚乙烯膜</p>	
<p>[例 2] PWEE-4 :为聚合物改性沥青、无纺聚酯毡和聚乙烯膜双胎体、聚乙烯膜覆面,厚 4mm</p>	<p>聚乙烯膜 聚合物改性沥青 无纺聚酯毡 聚合物改性沥青 聚乙烯膜 聚合物改性沥青 聚乙烯膜</p>	
<p>[例 3] MEAL-3 :为改性氧化沥青、聚乙烯膜胎体、压纹铝箔顶面、聚乙烯膜底面,厚 3mm</p>	<p>压纹铝箔 改性氧化沥青 聚乙烯膜 改性氧化沥青 聚乙烯膜</p>	

(4)性能指标：禹王牌 防水卷材的主要技术性能指标见表 2-8-13。

(5)适用范围：禹王牌 防水卷材适用于屋面、地下室、地下隧道、水池、高速公路、各类储库等的防水、防潮工程。

10. 新型沥青防水卷材

新型沥青防水卷材是北京一奥克兰建筑防水材料有限公司生产的防水卷材。该公司从德国引进一条多品种油毡生产线,可以按德国 DIN、美国 ASTM、欧洲议会 AFNOR 等国际准 按不同面料、不同胎基、不同覆盖材料、不同厚度、不同功能、不同施工方法生产出各种产品,规格品种达 200 余种。

(1)新型沥青防水卷材的种类:共分两大类,即优质氧化沥青类及聚合物沥青类。其各类卷材的品种见表 2-8-14。

不同类型的新型沥青防水卷材的规格尺寸见表 2-8-15。

(2)产品型号的标志:新型沥青防水卷材产品材料代号见表 2-8-16。

禹王牌 防水卷材的主要技术指标

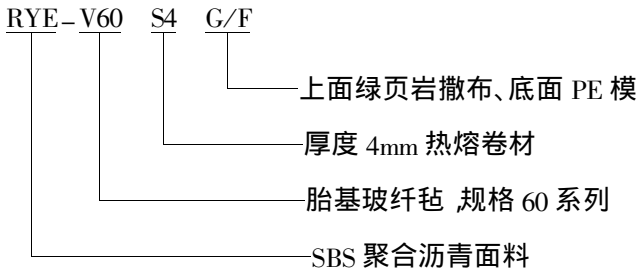
表 2-8-13

性能指标	卷材类型	聚乙烯膜覆面 聚乙烯膜胎体	压纹铝箔覆面 聚乙烯膜胎体	压纹铝箔 覆面无胎体	聚乙烯膜覆面 无纹聚酯毡和 聚乙烯膜双胎体	聚乙烯膜覆面 玻纤毡胎体	聚乙烯膜覆面 无纹聚酯毡胎体
	低温柔韧性：						
催化氧化沥青		0℃不裂	0℃不裂	0℃不裂	0℃不裂	0℃不裂	0℃不裂
改性氧化沥青		-5℃不裂	-5℃不裂	-5℃不裂	-5℃不裂	-5℃不裂	-5℃不裂
聚合物改性沥青		-10℃不裂	-10℃不裂	-10℃不裂	-10℃不裂	-10℃不裂	-10℃不裂
耐高温性能：							
催化氧化沥青		>80℃	>80℃	>80℃	>80℃	>80℃	>80℃
改性氧化沥青		>85℃	>85℃	>85℃	>85℃	>85℃	>85℃
聚合物改性沥青		>90℃	>90℃	>90℃	>90℃	>90℃	>90℃
断裂延伸率		>300%	>29%	>29%	>30%	>30%	>30%
纵向拉伸强度		>70N/2.5cm	>110N/2.5cm	>110N/2.5cm	>260N/2.5cm	>140N/2.5cm	>200N/2.5cm
横向拉伸强度		>60N/2.5cm	>110N/2.5cm	>110N/2.5cm	>235N/2.5cm	>90N/2.5cm	>180N/2.5cm
不透水性		0.3MPa90min 不透水		同 左	同 左	同 左	同 左
耐化学腐蚀性		抗酸碱盐 性能良好	耐酸碱盐 性能差	耐酸碱 盐性能差	抗酸碱盐 性能良好	同 左	同 左
抗老化能力		极好(加保 护层)	良 好	良 好	用于加保护层屋面和地下防水 抗老化性能极好。		
每卷长度(m)		10 ^{+0.2} -0.1	10 ^{+0.2} -0.1	20 ^{+0.2} -0.1	10 ^{+0.2} -0.1	10 ^{+0.2} -0.1	10 ^{+0.2} -0.1
卷材宽度(m)		1.08±0.02	1.08±0.02	0.98±0.01	1.02±0.02	1.03±0.02	1.03±0.02
卷材厚度(mm)		2~5	3	1.6	2~5	2~5	2~5

注：盘锦市防水材料厂产品。

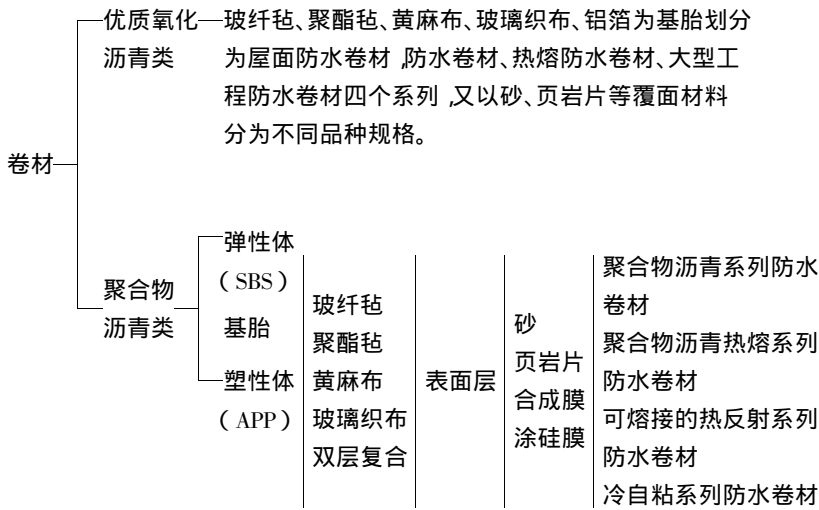
如：聚合物热熔沥青卷材代号如下：

2 建筑材料的性能和应用



新型沥青防水卷材分类表

表 2-8-14



新型沥青防水卷材的规格

表 2-8-15

长度 (mm)	幅宽 (mm)	厚度 (mm)	适用产品
≥10	1000	3	沥青和聚合物沥青防水卷材厚度 3mm 热熔卷材
≥7.5	1000	4	沥青和聚合物沥青热熔卷材
≥5.0	1000	>3	聚酯毡基胎的各类卷材

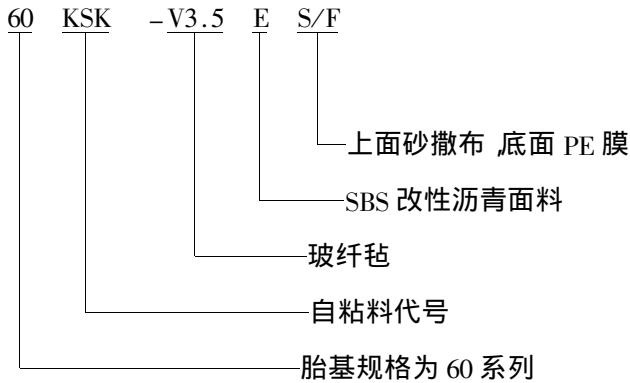
新型沥青防水卷材产品代号

表 2-8-16

胎基材料		覆面材料		沥青基料	
代号	材料	代号	材料	代号	材料
R	原纸	S	砂	SDM	普通沥青
V	玻纤毡	G	绿页岩	PYE	SBS 改性沥青
PV	聚酯毡	F	PE 膜或涂硅膜	PYP	APP 改性沥青
G	玻纤织布	T	石粉	KSK	冷自粘卷材
J	黄麻织布				
Al	铝箔				

冷自粘卷材代号如下：

带有 KSK 的都是冷自粘卷材



(3) 新型沥青防水卷材的技术性能

① 沥青类防水卷材的技术指标见表 2-8-17。

沥青类防水卷材技术指标

2-8-17

产品分类		沥青防水卷材		沥青热熔防水卷材		
指标		V60	J300	V60	PV200	
基胎组成		LV60	G200	J300	PV250	
		AL01	PV200	G200		
单位面积重量 (g/m ²)	砂	≥2500	≥3100	≥4400		
	页岩	≥3600	≥4400	≥5500		
可溶物含量 (g/m ²)	砂	≥1300	≥2100	≥3200		
	页岩	≥1500				
耐热度(℃)	I 型	70	70	70		
	II 型	85	85	85		
	III 型	85	85	85		
冷弯性(℃)	I 型	0	0	0		
	II 型	5	5	5		
	III 型	10	10	10		
基胎组成		V60	G200	J300	PV200/250	
抗拉强度 (N)	纵向	I 型	≥400	≥1000	≥600	≥800
		II、III 型	≥280	≥800	≥500	≥550
	横向	I 型	≥300	≥1000	≥600	≥800 对角 ≥800
		II、III 型	≥200	≥800	≥500	≥500
断裂伸长率 (%)	纵向	≥2	≥2	≥2	≥40	
	横向	≥2	≥2	≥2	≥40	
	对角				≥40	
不透水性(动水压)		0.1MPa24h 不透水				

2 建筑材料的性能和应用

注 北京—奥克兰防水材料公司产品。

② 聚合物沥青类防水卷材技术指标见表 2-8-18。

聚合物沥青类防水卷材技术指标

2-8-18

分 类		弹性体(SBS) 聚合物沥青类			塑性体(APP) 聚合物沥青类		
		防水 卷材	热熔卷材 4mm	冷自粘 卷 材	防水 卷材	热熔卷材 4mm	冷自粘 卷 材
基胎组成		PV200 J300 G200	PV200 PV250 J300 G200 V60	V60 PV200	PV200 J300 G200	PV200 J300 G200 V60	V60 PV200
单位面积重 (g/m ²)	砂 页岩	≥3400 ≥4200	≥4400 ≥5500	≥3700 ≥4800	≥3400 ≥4200	≥4400 ≥5500	>2500
可溶物含量(g/m ²)		≥2100	≥3600	≥3000	≥2100	≥3600	>2300
耐热度(℃)	I 型	100	100	100	100	100	100
	II 型	95	95	95	95	95	95
	III 型	90	90	90	90	90	90
冷弯性(℃)	I 型	-25	-25	-25	-25	-25	-25
	II 型	-20	-20	-20	-20	-20	-20
	III 型	-15	-15	-15	-15	-15	-15
基胎组成		V60 J300 G200 PV250/200					
抗拉强度 (N)	纵 向	I 型 II、 III 型	≥400 ≥280	≥600 ≥500	≥1000 ≥800	≥800 ≥550	
	横 向	I 型 II、 III 型	≥300 ≥200	≥500 ≥500	≥1000 ≥800	≥800 对角 ≥800 ≥500	
断裂伸长率 (%)		纵向 横向 对角	≥2 ≥2 ≥2	≥2 ≥2 ≥2	≥2 ≥2 ≥2	≥40 ≥40 ≥40	
不透水性(动水性) (MPa)		0.2MPa 24h 不透水					

注 :1. V60—60 系列玻纤毡 ,J300—300g/m² 黄麻布 ,G200—200g/m² 玻璃织物 ,PV200—200g/m² 聚酯毡 ,PV250—250g/m² 聚酯毡 ,AL01—厚 0.1mm 铝箔。

2. 系为北京—奥克兰防水材料公司产品。

(4) 适用范围 新型沥青防水卷材适用于各类建筑的屋面、厕浴间、地下室等防水工程。

11. 长空牌 改性沥青防水卷材

长空牌改性沥青防水卷材是沈阳蓝天新型防水材料公司从意大利引进生产设备和技术,以 APH(无规聚丙烯)改性沥青为基料,以聚酯胎和玻纤胎为胎体,制成的新型改性沥青防水卷材。该卷材符合国际标准(欧洲协议会 UEAtcM.O.A.TMO80—1984、意大利 UN18629/2、BRAIS·P 等)。

卷材的规格是:长 10m,宽 1.0m,厚度 2、3、4、5mm,卷重 20、30、40、50kg。

(1)性能特点:长空牌 沥青防水卷材由于使用 APP 将沥青改性,将沥青包在网状结构中,并形成弹性键,从而达到提高软化点和低温柔性的目的。这种改性沥青具有良好的橡胶质感,再加上用优质的聚酯布或玻纤布做胎体,提高了卷材的抗拉强度。该防水卷材具有耐热、耐寒、耐腐蚀、抗老化、粘结性好等特点。用热熔方法施工,施工简便,无污染,易修补,使用寿命长。尤其在热带或高寒地区使用,更能显示出优越性。弥补了传统沥青防水材料遇冷脆裂、受热流淌的弊病。是一种较为实用的防水材料。

(2)性能指标:长空牌 改性沥青防水卷材的技术性能指标见表 2-8-19。

长空牌 改性沥青防水卷材技术指标

2-8-19

项 目 产 品 系 列	指 标	
	聚酯纤维胎体	玻璃纤维胎体
成分	APP 树脂 + 沥青	APP 树脂 + 沥青
厚度(mm)	2、3、4、5	2、3、4、5
沥青针入度(1/10mm)	27、28、25、30、40	27、28、25、30、40
沥青软化点(℃)	150、150、15、155、155	150、150、155、155、155
低温柔度绕 $\phi 20\text{mm}$ 棒	0、-5、-10、-15、-20	0、-5、-10、-15、-20
施工后使用温度(℃)	150 ~ -50℃	150 ~ -50℃
抗拉强度纵向(N/5cm)	800、50、300	800、500、200
横向(N/5cm)	700、450、250	650、400、100
延伸率 纵向(%)	50、20、35	7、7、3
横向(%)	50、20、35	6、6、3
耐热度(120℃, 2h)	不流淌	不流淌
吸水性(%)	0.1	0.1
不透水性(0.3MPa, 30min)	不透水	不透水

注 沈阳蓝天防水材料厂产品。

(3)适用范围:长空牌 沥青防水卷材适用于各种建筑屋面、地下室、隧道、水池等防水工程,也可用于管道、桥梁、船舶、海上钻井平台的防水、防腐工程。

12. 海狮牌 防水卷材

海狮牌防水卷材是武汉油毡厂用从奥地利引进的多功能油毡生产线和技术生产的,有八大类 200 多个品种,属中、高档防水卷材。该防水卷材采用不同的胎基材料,如:玻纤薄毡、玻纤布、无纺聚酯布、黄麻布等。涂盖材料除采用优质氧化沥青外,还采用高分子材料—SBS 改性沥青及 APP 改性沥青。覆面材料有各种色彩的矿物粉料、铝箔等。这些卷材防水性能优良,适用范围广,使用寿命长。特别是改性沥青卷材可以用作单层屋面防水

2 建筑材料的性能和应用

施工 施工简便,耐低温性能好,在 -20°C 的气温下仍可开卷施工,并能适应建筑物的各种变形。改性沥青卷材一般采用热熔施工。

(1)塑性体沥青防水卷材:是由沥青或热塑性材料改性的聚合物沥青(APP改性沥青)浸渍胎基,使其两面涂有APP改性沥青涂盖层,然后在表面均匀撒布矿物材料或覆盖PE膜(低压高密度聚乙烯膜)而制成的防水卷材。

①产品性能:塑性体沥青防水卷材具有温度适应范围宽($-15\sim 130^{\circ}\text{C}$)及优良的耐紫外线老化和抗穿刺性能。其抗拉强度高、延伸性好、使用寿命长。产品按胎体可分为玻纤胎和聚酯胎两类。按卷材的标称重量(即每卷卷材重量)分为25号、35号、45号、55号等几种,进行热熔施工的卷材应达到35号以下。

②产品标记示例:

防水卷材 B—G—PE—25

25号PE膜面玻纤胎(G)塑性体沥青(B)防水卷材。

防水卷材 B—G—T—35 可热熔

35号粉面(T)玻纤胎塑性沥青热熔防水卷材。

B—Py—S—45 可热熔

45号砂面(S)聚酯胎(Py)塑性体沥青热熔卷材。

③适用范围:塑性体沥青防水卷材适用于各种单层、多层工业厂房、民用住宅和桥梁、水库、水坝等防水工程。特别适用于高温地区的各种建筑防水工程。

④卷材规格:幅宽1.0m,长10m。

玻纤胎塑性体卷材规格见表2-8-20。

玻纤胎塑性体卷材规格

表2-8-20

标 号		25 号	35 号	45 号
标称重量(kg)		25	35	45
最低重量 (kg)	砂 面	—	34	44
	粉 面	22	32	42
	PE膜面	—	30	40
最小厚度(mm)		—	2.8	3.8

聚酯胎塑性体卷材规格见表2-8-21。

聚酯胎塑性体卷材规格

表2-8-21

标 号		35 号	45 号	55 号
标称重量(kg)		35	45	55
最低重量 (kg)	砂 面	34	44	54
	粉 面	32	42	52
	PE膜面	30	40	50
最小厚度(mm)		2.8	3.8	4.8

⑤技术指标 :不同胎体的塑性体沥青防水卷材技术指标见表 2-8-22。

塑性体沥青防水卷材技术指标

表 2-8-22

产品标记	玻纤胎			聚酯胎		
	S D—G—T— PE			S B—PY—T— PE		
标 号	25 号	35 号	45 号	35 号	45 号	55 号
可溶物含量(g/m ²)不小于	1400	2100	3000	2200	3100	4000
不透水性 0.2MPa 保持时间(h)不小于	2	2.5	3	24		
耐热度 130±2℃ 2h	涂盖层应不滑动					
抗拉强度(N/5cm)不小于	纵向	250	300	320	800	
	横向	180	200	210		
断裂延伸率(%)不小于	纵向	2			30	
	横向	3				
柔度 φ30mm(°C)	-5			-10		

(2)弹性体沥青防水卷材 弹性体沥青防水卷材是由沥青或热塑性弹性体材料改性的聚合物沥青(简称 SBS 改性沥青)浸渍胎基,两面涂以 SBS 改性沥青涂盖层,并在表面均匀撒布矿物材料或覆盖 PE 膜而制成的一种优质防水卷材。

①产品性能 弹性体沥青防水卷材具有优异的低温柔性,较高的弹性、耐老化性能。产品按胎体可分为玻纤胎和聚酯胎两类。按卷材的标称重量分为 25 号、35 号、45 号、55 号等几种。

②产品标记示例:

防水卷材 C—G—PE—25

25 号 PE 膜玻纤胎(G)弹性体沥青(C)防水卷材。

防水卷材 C—G—T—35

35 号粉面(T)玻纤胎弹性沥青热熔防水卷材。

防水卷材 C—P—Py—45

45 号砂面(S)聚酯胎(Py)弹性体沥青热熔防水卷材。

③适用范围 弹性体沥青防水卷材具有优异的低温柔性,适用于各种单层、多层工业厂房、民用建筑和桥梁、水库、水坝及冷库的防水工程。特别适用于寒冷地区的各种建筑和冷库的防水工程。

④产品规格 弹性体沥青防水卷材幅宽 1.0m,长 10m。

2 建筑材料的性能和应用

玻纤胎弹性体卷材规格见表 2-8-23。

玻纤胎弹性体沥青卷材规格

表 2-8-23

标 号		25 号	35 号	45 号
标称重量(kg)		25	35	45
最低重 (kg)	砂 面	—	34	44
	粉 面	22	32	42
	PE 膜面	—	30	40
最小厚度(mm)		—	2.8	3.8

聚酯胎弹性体卷材规格见表 2-8-24。

聚酯胎弹性体沥青卷材规格

表 2-8-24

标 号		35 号	45 号	55 号
标称重量(kg)		35	45	55
最低重量 (kg)	砂 面	34	44	54
	粉 面	32	42	52
	PE 膜面	30	40	50
最小厚度(mm)		2.8	3.8	4.8

⑤技术指标:弹性体沥青防水卷材的技术指标见表 2-8-25。

弹性体沥青防水卷材技术指标

表 2-8-25

产 品 标 记	玻 纤 胎			聚 酯 胎		
	S C—G—T— PE			S D—Py—T— PE		
标 号	25	35	45	35	45	55
可溶物含量(g/m ²)不小于	1500	2200	3100	2300	3200	4100
不透水性: 0.2MPa 保持时间(h)不小于	2	2.5	3	24		
耐热度 100±2℃ 2h	涂盖层应不滑动					
抗拉强度 N/5cm 不小于	纵向	250	300	320	800	
	横向	180	200	210		
断裂延伸率(%) 不小于	纵向	2			30	
	横向	3				
柔度(℃)	-15			-20		

13. 自粘型彩色三元乙丙防水卷材

主要是以彩色三元乙丙橡胶为面层,以改性胎面再生胶为底层,经过压延、复合、硫化而制成的一种新型防水卷材。该防水卷材面层具有三元乙丙橡胶的优异性能,又复合了

性能较好、价格较低的再生橡胶为基材粘结层,因而大大降低了成本。

自粘型彩色三元乙丙防水卷材的特点是能冷贴、自粘,只要撕开卷材背面的隔离纸就可以将卷材粘贴于基层,施工方便,工效高,可减少对环境的污染。由于卷材面层具有色彩,增加了建筑物美观,因而具有防水、装饰双重效果。

自粘型彩色三元乙丙橡胶卷材宽 1m,长 20m,厚度 1.2mm(面层 0.4mm,底层 0.8mm)。该防水卷材适用于屋面、地下室等防水工程。主要技术指标见表 2-8-26。

自粘型彩色三元乙丙防水卷材技术指标

表 2-8-26

项 目	指 标
抗拉强度	$\geq 2.75\text{MPa}$
延伸率	$\geq 300\%$
低温柔性	-30°C , $\phi 10\text{mm}$ 棒绕,无裂纹
弯曲疲劳	6 万次不裂
臭氧老化	1000pphm, 40°C , 168h, 不裂
耐碱性:饱和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$	抗拉强度 97%
水溶液浸泡 168h 后保持率	延伸率 98%
耐酸性:10% H_2SO_4	抗拉强度 91%
溶液浸泡 168h 后保持率	延伸率 91%
热老化 80°C , 168h	抗拉强度 115%
保持率	延伸率 101%

注 温州橡胶总厂产品。

2-8-4 防 水 涂 料

马牌建筑胶油涂料

表 2-8-27

组 成 种 类	马 牌 胶 油	汽 油	云 母 粉
	底 漆	30	70
面 漆	70	30	20
性 能	粘结力强,耐水性、抗老化性能好,不起泡,不脱落变质,耐碱性强,耐温性好,在 $-40\sim 80^{\circ}\text{C}$ 不脆裂,不流淌		
应 用	胶油使用时用汽油、松节油等稀释,操作时一般二底二面涂刷,如加在面漆中 20% 的蛭石粉(或云母粉)可提高抗老化性能。广泛用地面屋面		

2 建筑材料的性能和应用

上海油膏稀释防水涂料

表 2-8-28

配方 重量比 (%)	底 层		中 层		面 层	
	配方 1	配方 2	配方 1	配方 2	配方 1	配方 2
上 海 油 膏	50	50	60.5	58.5	59.5	59
氧化铁颜料	—	—	5.3	8.6	5.7	8.1
云 母 粉	—	—	5.9	7.9	掺 6.37 撒 4	掺 6.5 撒 3.5
铝 粉	—	—	1.7	—	1.9	—
汽油(松节油)	50	50	26	25	27.2	25.5

注 ①耐热性 50—85℃ 8h 烘烤涂膜无变化,恢复到常温,反复 14 次,涂料不粘、不脱皮、不起泡、不流淌。耐热度达 103℃。

②耐冷热循环 75—85℃ 3h,立即用 5—8℃ 水淋至室温,反复 12 次,涂料完好。

③抗冻性: -12—-15℃ 冻 8h,再常温溶化,反复 26 次,涂膜无变化。

④全能老化 经 500h 以上,涂膜无变化。而 6511 涂料经 350h,聚酯酸乙烯乳液涂料经 300h,即出现发白现象。

⑤抗裂性: 十分优良

⑥抗渗性: 十分优良

⑦粘结力: 很强。经对施工四年后的屋面用小刀刮涂料都不易刮下。

⑧韧性好: 1cm 圆棒卷测无裂纹,无折断。

薄质防潮油涂料

表 2-8-29

材 料	重 量 比 (%)		备 注
	方案 1	方案 2	
石油沥青	茂名 5# :100	兰州 5# :100	用轻柴油量减半
重柴油	12.5	8	
桐 油	1.5	1.5	

注 耐热性、耐冻性良好。各地多年工程实例效果好。

苯乙烯防水涂料配方

表 2-8-30

材 料	配 方		
	屋面涂料	墙面涂料	地面涂料
苯乙烯清漆	100	100	100
重晶石粉(320H)	40	10	—
滑石粉(320H)	10	10	10
氧化铁红(119A)	4	—	15
碳 黑	1	0.4	—
钛青兰	—	0.05	—
立德粉或氧化锌	—	50	—
石英粉(120H 以上,含水率小于 1%)	—	—	10
溶 剂	10—20	20—30	10—20

注 外墙面应选氧化锌。

苯乙烯防水涂料性能

表 2-8-31

性能指标	屋面涂料	墙面涂料	地面涂料
1 外观色泽	光亮平整	光亮平整无粗粒	光亮平整无粗粒
2 流平性	无刷痕	无刷痕	无刷痕
3 涂膜 25℃ , < 80% 相对湿度表面 4 干燥性 25℃ , 同上	15min 4h	15 分钟 4h	15min 4h
4 附着力 划格法 1mm 格合格率(%)	100	100	100
5 抗冲击 (kg/cm)	25	40	50
6 耐热度 :70℃ 5 小时	涂膜不发粘	涂膜不发粘	涂膜不发粘
7 耐磨性 :Taber 仪 , 砂轮 1000 转	—	—	0.04
8 不透水性 20 毫米水柱 10 昼夜	不透水	不透水	不透水
9 粒度 :β36 杯 25℃(秒)	80—90	40—50	80—90

氯丁橡胶防水涂料配方

表 2-8-32

材 料	配合比	备 注
氯丁橡胶 (GNA 型)	100	基料
邻苯二甲酸二丁酯	2	增塑剂
防老剂 IX (苯基乙胺)	0.25—2	防老化作用
氧化镁	4	起硫化作用 , 改善稳定性
氧化锌	1.25	改善防老化和耐热性
硬脂酸	1.0	改善塑性和热稳定性
硫 磺	0.8	

氯丁橡胶防水涂料性能

表 2-8-33

项 目	性 能 指 标
① 表面干燥时间(涂在水泥制品上)	约 10 分钟
② 实际干燥时间(涂在水泥制品上)	约 1.5 小时
③ 附着力(涂在水泥制品上)	优良
④ 粘结力(对水泥制品)	0.25MPa
⑤ 冲击强度	5.0MPa
⑥ 涂膜硬度	0.1
⑦ 涂膜弹性	在 1mm 轴径上弯曲无变化
⑧ 涂膜相对延伸率	1300%
⑨ 耐一般酸、碱、盐性	良好
⑩ 耐油性	差

“6511”防水防腐涂料性能

表 2-8-34

2 建筑材料的性能和应用

项 目	性 能
耐寒性	-40℃6小时无变化
耐热性	60—70℃烘6小时无变化,取由盖上砂布,压100克法码再烘2小时不粘;升温至80℃压500克法码再烘2小时不粘,在100℃水中放入7分钟不泛白
冷热循环	60—70℃烘1小时后,立即放入20℃水中半小时,10次循环良好
浸水	20℃蒸馏水中泡24小时无变化,20℃自来水中泡72小时重量没增加
抗渗	水头3—4米,36小时无渗水
耐磨蚀	浓度1%的盐酸、硫酸、硝酸、氢氧化钠、氨水、放24小时,尚好
全能老化	经200,240,350小时全自动万能老化机试验,情况良好,抗紫外线能力和抗候性能良好
干燥时间	指干12小时,硬干48小时
附着力	划圈法1—2级
柔软性	弯曲 φ 2mm通过

过氯乙烯防水涂料配方

表 2-8-35

涂 层	过氯乙烯	稀释剂		邻苯二甲酸二丁酯	硬脂酸钙	填料	
		丙酮	苯			煤焦油	铝粉
底层	1	4	5	0.2	0.01		
弹性层	1	4	4	0.2	0.01	2	
防老化层	1	4	4	0.2	0.01	2	0.1

过氯乙烯防水涂料性能

表 2-8-36

涂层	稠度(秒)	干燥时间(分)	柔韧性(mm)	冲击性(cm)	抗冻性(℃)	耐热性(℃)	与混凝土粘结力(MPa)	抗渗性(天)	抗老化(循环次数)	延伸率(cm)
底层	34	5	1	>50	-25	100	>2	360	20	—
弹性层	130	16	1	>50	-25	100	>2	—	20	3
防老化层	35	6	1	>50	-25	100	>2	—	20	—

2-8-5 建筑密封材料

建筑密封材料是能承受位移以达到气密、水密目的而嵌入建筑接缝中的定形和非定形的材料。定形密封材料是具有一定形状和尺寸的密封材料;非定形密封材料(密封膏)又称密封胶、剂,是溶剂型、乳液型、化学反应型等粘稠状的密封材料。建筑密封材料按性能分为弹性密封材料和塑性密封材料,按使用时的组分为单组分密封材料和多组分密封材料,按组成材料分为改性沥青密封材料和合成高分子密封材料

为保证防水密封的效果,建筑密封材料应具有水密性和气密性,良好的粘结性,良好的耐高低温性和耐老化性能,一定的弹塑性和拉伸——压缩循环性能。密封材料的选用,

应首先考虑它的粘结性能和使用部位。密封材料与被粘基层的良好粘结,是保证密封的必要条件,因此,应根据被粘基层的材质、表面状态和性质来选择粘结性良好的密封材料;建筑物中不同部位的接缝,对密封材料的要求不同,如室外的接缝要求较高的耐候性,而伸缩缝则要求较好的弹塑性和拉伸——压缩循环性能。

目前,常用的密封材料有:沥青嵌缝油膏、塑料油膏、丙烯酸类密封膏、聚氨脂密封膏、聚硫密封膏和硅酮密封膏等。

1. 沥青嵌缝油膏

沥青嵌缝油膏是以石油沥青为基料,加入改性材料、稀释剂及填充料混合制成的密封膏。改性材料有废橡胶粉和硫化鱼油,稀释剂有松焦油、松节重油和机油,填充料有石棉绒和滑石粉等。

沥青嵌缝油膏主要作为屋面、墙面、沟和槽的防水嵌缝材料。

建筑防水沥青嵌缝油膏的技术性能应符合部颁标准《建筑防水沥青嵌缝油膏》(JC207—76)的要求,见表2-8-37。

油膏的技术性能要求

表 2-8-37

项次	指标名称		标号					
			701	702	703	801	802	803
1	耐热度	温度(℃)	70			80		
		下垂值(mm),不大于	4					
2	粘结性(mm),不小于		15					
3	保油性	渗油幅度(mm),不大于	5					
		渗油张数(张),不多于	4					
4	挥发率(%),不大于		2.8					
5	施工度(mm),不小于		22					
6	低温 柔性	温度(℃)	-10	-20	-30	-10	-20	-30
		粘结状况	合格					
7	浸水后粘结性(mm),不小于		15					

使用沥青油膏嵌缝时,缝内应洁净干燥,先涂刷冷底子油一道,待其干燥后即嵌填油膏。油膏表面可加石油沥青、油毡、砂浆、塑料为覆盖层。

2. 聚氯乙烯接缝膏和塑料油膏

聚氯乙烯接缝膏是以煤焦油和聚氯乙烯(PVC)树脂粉为基料,按一定比例加入增塑剂(邻苯二甲酸二丁脂、邻苯二甲酸二辛脂)、稳定剂(三盐基硫酸铝、硬脂酸钙)及填充料

2 建筑材料的性能和应用

(滑石粉、石英粉)等,在 140℃ 温度下塑化而成的膏状密封材料,简称 PVC 接缝膏。

塑料油膏是用废旧聚氯乙烯(PVC)塑料代替聚氯乙烯树脂粉,其它原料和生产方法同聚氯乙烯接缝膏。塑料油膏成本较低。

PVC 接缝膏和塑料油膏有良好的粘结性、防水性、弹塑性,耐热、耐寒、耐腐蚀和抗老化性能也较好。按我国部颁标准 EBQ24001—85,其技术性能要求列于表 2-8-38。

聚氯乙烯嵌缝接缝膏技术要求

表 2-8-38

性 能		802	703
耐 热 性	温度(℃)	80	70
	下垂值(mm),小于	4	4
低温柔性	温度(℃)	-20	-30
	柔 性	合 格	合 格
粘结延伸率(%) ,大于		250	
浸水粘结延伸率(%) ,大于		200	
回弹率(%) ,大于		80	
挥发率(%) ,小于		-3	

这种密封材料可以热用,也可以冷用。热用时,将聚氯乙烯接缝膏或塑料油膏和文火加热,加热温度不得超过 140℃,达塑化状态后,应立即浇灌于清洁干燥和缝隙或接头等部位。冷用时,加溶剂稀释。

这种密封材料适用于各种屋面嵌缝或表面涂布作为防水层,也可用于水渠、管道等接缝,用于工业厂房自防水屋面嵌缝,大型墙板嵌缝等的效果也好。

3. 丙烯酸类密封膏

丙烯酸类密封膏是丙烯酸树脂掺入增塑剂、分散剂、碳酸钙、增量剂等配制而成,有溶剂型和水乳型两种,通常为水乳型。

丙烯酸类密封膏在一般建筑基底(包括砖、砂浆、大理石、花岗石、混凝土等)上不产生污渍。它具有优良的抗紫外线性能,尤其是对于透过玻璃的紫外线。它的延伸率很好,初期固化阶段为 200% ~ 600%,经过热老化、气候老化试验后达到完全固化时为 100% ~ 350%。在 -34 ~ 80℃ 温度范围内具有良好的性能,在美国和加拿大寒冷地区使用 17 年以上,还保持令人满意的性能。

丙烯酸类密封膏主要用于屋面、墙板、门、窗嵌缝,但它的耐水性不算很好,所以不宜用于经常泡在水中的工程,如不宜用于广场、公路、桥面等有交通来往的接缝中,也不用于水池、污水厂、灌溉系统、堤坝等水下接缝中。

接部颁标准《丙烯酸酯建筑密封膏》(JC484—92),水乳型丙烯酸密封膏的技术性能应

符合表 2-8-39 的要求。

丙烯酸酯建筑密封膏技术性能

表 2-8-39

序号	项 目		技术要求		
			优等品	一等品	合格品
1	密度(g/cm^3)		规定值 ± 0.1		
2	挤出性(mL/min)	不小于	100		
3	表干时间(h)	不大于	24		
4	渗出性指数	不大于	3		
5	下垂度(mm)	不大于	3		
6	初期耐水性		未见浑浊液		
7	低温贮存稳定性		未见凝固、离析现象		
8	收缩率(%)	不大于	30		
9	低温柔性($^{\circ}\text{C}$)		-20	-30	-40
10	拉伸粘结性	最大拉伸强度(MPa)	0.02~0.15		
		最大伸长率(%)	不小于	400	250
11	恢复率(%)	不小于	75	70	65
12	拉伸—压缩 循环性能	级 别	7020	7010	7005
		平均破坏面积(%)	不大于	25	

丙烯酸类密封膏比橡胶类便宜,属于中等价格及性能的产品。

丙烯酸类密封膏一般在常温下用挤枪嵌填于各种清洁、干燥的缝内,为节省材料,缝宽不宜太大,一般 9~15mm。

4. 聚氨酯密封膏

聚氨酯密封膏一般用双组分配制,甲组分是含有异氰酸基的预聚体,乙组分含有多羟基的固化剂与增塑剂、填充料、稀释剂等。使用时,将甲乙两组分按比例混合,经固化反应成弹性体。

聚氨酯密封膏的弹性、粘结性及耐气候老化性能特别好,与混凝土的粘结性也很好,同时不需要打底。所以聚氨酯密封材料可以作屋面、墙面的水平或垂直接缝。尤其适用于游泳池工程。它还是公路及机场跑道的补缝、接缝的好材料,也可用于玻璃、金属材料的嵌缝。

聚氨酯密封膏的流变性、低温柔性、拉伸粘结性和拉伸—压缩循环性能等,应符合部颁标准《聚氨酯建筑密封膏》(JC483—92)的规定。

5. 硅酮密封膏

硅酮密封膏是以聚硅氧烷为主要成分的单组分和双组分室温固化型的建筑密封材料。目前大多为单组分系统,它以硅氧烷聚合物为主体,加入硫化剂、硫化促进剂以及增强填料组成。硅酮密封膏具有优异的耐热、耐寒性和良好的耐候性;与各种材料都有较好的粘结性能,耐拉伸—压缩疲劳性强,耐水性好。

根据《硅酮建筑密封膏》(GB/T14683—93)的规定,硅酮建筑密封膏分为 F 类和 G 类两种类别。其中, F 类为建筑接缝用密封膏,适用于预制混凝土墙板、水泥板、大理石的

外墙接缝,混凝土和金属框架的粘结,卫生间和公路接缝的防水密封等;G类为镶装玻璃用密封胶,主要用于镶嵌玻璃和建筑门、窗的密封。

硅酮密封胶的流动性、低温柔性、定伸性能和拉伸压缩循环性能应符合 GB/T14683—93 的有关规定。

单组分硅酮密封胶是在隔绝空气的条件下将各组分混合均匀后装于密闭包装筒中;施工后,密封胶借助空气中的水分进行交联反应,形成橡胶弹性体。

6. 有机硅橡胶密封胶

有机硅橡胶密封胶分单组分型和双组分型两种。单组分型是以有机聚硅氧烷为主要成分,在隔绝空气的条件下,把填料、硫化剂及其他添加剂等与主剂一起混合均匀后,装于密封的包装筒中,施工后密封胶吸收空气中的水分进行交联反应,从表面开始固化形成橡胶弹性体。双组分有机硅密封胶是以有机聚硅氧烷为主要成分,与填料、助剂、催化剂混合后,作为一组分包装于一个容器中,交联剂包装于另一个容器中,施工时按比例将两个组分混合在一起,内部和表面均匀固化,形成橡胶弹性体。

目前采用单组分有机硅橡胶密封胶较多,采用双组分的较少。

(1) 性能特点

①有机硅密封胶用于与其化学结构相似的被粘结物(玻璃、陶瓷等)时,具有优良的粘结性,此外,与其他被粘结物粘结时,应使用特定的底涂料。

②单组分有机硅密封胶随着温度、湿度上升而硫化速度加快;双组分有机硅密封胶在高温高湿条件下,硫化进行不完全,因此应避免被粘结物表面温度高于 70℃时施工。

③有机硅橡胶密封胶贮存性能稳定,耐候性好,硫化后的密封胶在 -50 ~ +250℃ 范围内长期保持弹性。

④有机硅密封胶的分类、特点见表 2-8-40。

种类和特点

表 2-8-40

种 类	优 点	缺 点	
单 组 分 型	醋酸型	橡胶强度大,透明性好	由于生成醋酸有刺激臭味,对金属有腐蚀
	肟基型	基本无臭味	对铜等特殊金属有腐蚀
	醇 型	无臭、无腐蚀性,对水泥砂浆粘结性好	固化稍慢
	氨基型	无腐蚀,对水泥砂浆粘结性好	有氨基臭味
	氨络物型	无腐蚀性	有氨络物臭味
	膏状型	不需打底,粘结力强,涂装后可用	因是溶剂型有收缩
双组分型	低模量,撕裂强度大,粘结性好	在高温或密封状态下固化不充分	

(2) 技术指标:单组分及双组分有机硅橡胶密封胶的技术指标见表 2-8-41、表 2-8-42。

单组分有机硅密封胶技术指标

表 2-8-41

性能	高模量		中模量	低模量
	醋酸型	醇型	醇型	氨基型
颜色	透明、白、黑、棕、银灰	透明、白、黑、棕、银灰	白、黑、棕、银灰	
稠度	不流动、不坍塌	不流动、不坍塌	不流动、不坍塌	
操作时间(h)	7~10	20~30	30	
指触干燥时间(min)	10~30	30~60	120	
完全硫化(h)	7	7	2	
拉伸强度(MPa)	2.5~4.5	2.5~4.0	1.5~2.5	1.5~2.5
伸长率(%)	100~200	100~200	200~600	
硬度(邵氏A)	30~60	30~60	15~45	
永久变形率	<5	<5	<5	

注 本表为成都有机硅应用研究中心产品性能。

双组分有机硅密封胶技术性能

表 2-8-42

性能	QD231	QD233	X-1
外观	无色透明	白(可调色)	白(可调色)
流动性	流动性好	不流动	不流动
抗拉强度(MPa)	4~5	4~6	1.2~1.8
伸长率(%)	200~250	350~500	400~600
硬度(邵氏A)	40~50	50	
模量	高	高	低
粘结性	良好	良好	良好

注 本表为北京化工二厂产品性能。

(3)适用范围:高模量有机硅密封胶主要用于建筑物的结构型密封部位,如高层建筑的玻璃幕墙、隔热玻璃粘结密封以及建筑门窗密封等;中模量有机硅密封胶除了具有极大伸缩性的接缝不能使用外,在其他部分均可使用;低模量的有机硅密封胶主要用于建筑物的非结构型密封部位,如预制混凝土板、水泥板、大理石板、花岗石等外墙接缝及混凝土与金属框架的粘结,卫生间、高速公路接缝的防水密封等。

(4)使用注意事项

①单组分密封胶使用注意事项:由于醋酸型有机硅密封胶在固化时放出醋酸,因此不宜直接用于铁、铜、铅等的接缝施工,也不宜用于混凝土、硅酸钙等碱性物质的粘结密封;由于指触干燥时间短、施工时在嵌填后应尽快刮平;单组分密封胶必须密封贮存在室内,温度要严格控制在35℃以下。

②双组分有机硅密封胶使用注意事项:施工时,要根据不同的基层,选择不同的底涂料;

施工前,基料与固化剂要搅拌均匀,防止混入气泡。每次混合量不宜过多,随配随用;当用酒精清洗基层时,要待酒精完全挥发后才能施工。

7. 聚硫密封胶

聚硫密封胶分为双组分型和单组分型。双组分型密封胶由主剂和固化剂组成,主剂以液态聚硫橡胶、填充料为主要原料,固化剂为金属过氧化物,多数是以二氧化铅作为固

化剂的。如 XM-38 密封膏即为聚硫型双组分密封膏。

单组分型密封膏实际上是单包装形式的双组分聚硫密封膏,它是将主剂与固化剂按比例封装于有自混装置的塑料容器中,采用隔离剂把主剂与固化剂隔开。施工过程中密封膏吸收大气中的水分,促使聚硫橡胶交联固化。如 DB-XM 密封膏即为聚硫型单组分密封膏。

(1)性能特点

①聚硫密封膏具有良好的耐候性、耐油性、耐湿热性、耐水性和耐低温性等,使用温度范围宽,可在 -55 ~ +100℃长期使用。

②该密封膏无溶剂,使用安全、可靠、无毒。

③聚硫密封膏对钢、铝等金属及多种建筑材料有良好的粘结性、耐水性。

④双组分聚硫密封膏粘度底,两种组分极易混合均匀,施工性能好;单组分型聚硫密封膏施工操作简便,免除了配料、装胶等烦杂的工序。

(2)技术指标:双组分及单组分聚硫密封膏的技术指标见表 2-8-43。

聚硫密封膏技术指标

表 2-8-43

项 目	双组分聚硫密封膏	单组分聚硫密封膏
	(XM-38)	(DB-XM-II型)
密 度	1.7 ~ 1.8g/cm ³	1.6g/cm ³
热老化失重	< 5%	< 10%
低温柔性	-55℃,不断裂	-55℃,不断裂
抗拉强度	1.0MPa	1.4MPa
延伸率	> 150%	> 150%
剥离强度	> 2.0kN/m	> 2.4kN/m
使用温度	-55 ~ +100℃	-55 ~ +100℃
永久变形		< 10%
活性期	1 ~ 8h	0.5 ~ 12h
硫化时间	23℃ 相对湿度 45% ~ 55% ,15d	室温 ,7d
贮存期	9 个月	9 个月
配合比	主剂:固化剂 = 100:(重量)	—

注 航空工业部 621 所产品。

(3)适用范围:聚硫密封膏适用于高层建筑的混凝土墙板、天然石材、石膏板、瓷砖等材料的防水密封,也适用于厕所、卫生间、各种楼板、管道密封以及钢窗、铝合金门窗等的

密封。

8. 氯磺化聚乙烯密封膏

氯磺化聚乙烯密封膏是以耐候性优异的氯磺化聚乙烯橡胶为主体材料,加入适量助剂、填充剂,经过配料、混炼、研磨、包装、检验等工序加工制成的单组分膏状密封材料。

(1) 性能特点

- ①弹性好,能适应一般基层伸缩变形的需要。
- ②耐候性好,使用寿命在 15 年以上。
- ③耐高低温性能好,可在 $-20 \sim +100^{\circ}\text{C}$ 的温度长期保持柔韧性。
- ④粘结强度高,耐水、耐酸碱性能好。

(2) 技术指标:氯磺化聚乙烯密封膏的技术指标见表 2-8-44。

氯磺化聚乙烯密封膏技术指标

表 2-8-44

项 目	指 标
外 观	粘稠膏状物
拉伸强度	$\geq 0.6\text{MPa}$
扯断伸长率	$\geq 150\%$
撕裂强度	$\geq 5\text{kN/m}$
粘结强度	$\geq 0.4\text{MPa}$
耐热性	90°C 2h,下垂值不大于 2mm
低温柔性	-30°C , $\phi 20\text{mm}$ 绕棒,无裂纹
表干时间	24 ~ 28h
固化时间	30 ~ 60d
使用温度	$-20 \sim +100^{\circ}\text{C}$

注:保定橡胶二厂产品

(3) 适用范围:适用于混凝土、金属、木材、天然石料、水泥砂浆、砖、玻璃等基层的防水密封。

9. 水乳型丙烯酸密封膏

水乳型丙烯酸密封膏是以丙烯酸酯乳液为主要原料,掺以少量表面活性剂、增塑剂、改性剂以及填充料、颜料等配制而成的单组分水乳型建筑密封材料。固化是靠一部分水分蒸发,另一部分水分被接缝结构材料吸收,失水后而固化形成弹性体。

(1) 性能特点

- ①无溶剂污染,无毒,不易燃,贮运安全可靠。
- ②具有良好的粘结性、延伸性、施工性、耐低温、耐热性及耐老化性能。

③可在潮湿基层施工,操作简便。

④丙烯酸密封膏为水乳型,故施工温度应在 5°C 以下。贮存温度也应在 5°C 以上。

⑤因丙烯酸密封膏含水约15%左右,施工固化后有体积收缩,在接缝设计与施工时应考虑部位的适应性。

(2)技术指标 水乳型丙烯酸密封膏技术指标见表2-8-45。

水乳型丙烯酸密封膏技术性能

表2-8-45

项 目	指 标
挤出性(s)	5~10
下垂度(mm)	0~3
抗拉粘结强度(MPa)	
水泥砂浆	0.4~0.63
铝合金	0.26~0.49
镀锌板	0.33~0.77
玻璃板	0.24~0.40
塑料板	0.32~0.40
指触干燥时间(min)	30~60
密度(g/cm^3)	1.40~1.60
固含量(%)	75~85
收缩率(%)	15~20
耐热性($^{\circ}\text{C}$)	70~80
低温柔性($^{\circ}\text{C}$)	-30~-40
延伸率(%)	300~600

注 冶金部建筑研究总院材料实验厂产品。

(3)适用范围 水乳型丙烯酸密封膏适用于钢、铝、混凝土、石膏板、玻璃、陶瓷等基层的防水密封,也适用于加气混凝土、多孔材料及吸水性大的材料构成的接缝防水密封。

10. 改性EVA建筑密封膏

EVA为乙烯-醋酸乙烯型树脂,该树脂有良好的粘结性、耐候性,但弹性、防水性稍差。用弹性高、低温性能及防水性能好的高分子聚合物对EVA进行改性,以提高密封材料的弹性、延伸性、耐水性。

改性EVA建筑密封膏是以高聚物改性EVA树脂为主要原料,加入适量增塑剂、填料、颜料等制备而成的单组分、水乳型防水密封材料。

(1)性能特点

①改性EVA建筑密封膏粘结性好,与混凝土、石材基层有良好的粘结性。

②经改性后的EVA建筑密封膏比一般树脂密封膏的低温柔性、回弹性、延伸性等均

有显著提高。该密封膏贮存温度 0℃ 以上,施工温度应在 5℃ 以下。

(2) 技术指标:改性 EVA 建筑密封膏的技术指标见表 2-8-46。

JD1103B 改性 EVA 建筑密封膏技术指标

表 2-8-46

项 目	指 标
挤出性	$\geq 2\text{g/s}$
表干时间	0.4 ~ 0.5h
密 度	1.4 ~ 1.42g/cm ²
固体含量	75% ~ 78%
垂 度	0 ~ 3mm
体积收缩	不大于 25%
回 弹 性	60% ~ 70%
低温柔性	-15℃
抗拉强度	8 ~ 9MPa
延 伸 率	400% ~ 550%
耐 候 性	耐候试验 100h 无变化

注 北京市建材材料所试验厂产品。

(3) 适用范围:改性 EVA 建筑密封膏适用于一般建筑工程混凝土、天然石材、人造石材、水泥砂浆等基层的接缝防水密封。允许伸缩率 $\pm 70\%$ 。

11. XM-43 丁基密封腻子

XM-43 密封腻子是以丁基橡胶为主要成分,加入增塑剂、填料、溶剂及其他助剂配制而成的单组分溶剂型密封材料。靠溶剂挥发而固化。

(1) 性能特点

① XM-43 密封腻子为非硫化型粘弹性体。由于能长期保持粘弹性和可塑性,因此可随结构变形和热胀冷缩产生可逆的塑性流动,从而保证建筑物结构的密封性。

② 该密封腻子耐高低温性能好,能在 -40 ~ +100℃ 的温度范围使用。

③ 该密封腻子具有优异的水密性、气密性、耐老化性能好。

(2) 技术指标:XM-43 丁基密封腻子的技术指标见表 2-8-47。

XM-43 丁基密封腻子技术指标

表 2-8-47

项 目	指 标
密 度	$\leq 1.6\text{g/cm}^3$
耐热性	100℃, 50h, 表面不结皮, 保持棱角
低温柔性	-40℃, 2h, 弯曲 180°, 不断裂
剪切强度	常温 $\geq 0.02\text{MPa}$ 100℃, 50h, $\geq 0.03\text{MPa}$
耐水性	25℃, 自来水浸泡, 15d, 增重不大于 6%, 表面不脱粘、不开裂
可塑性	25℃, 3 ~ 15/s
耐水粘合性	25℃, 自来水浸泡, 24h, 与水泥混凝土基层不脱粘

注 航空工业部 621 所产品。

(3)适用范围：

XM-43 密封腻子适用于一般建筑工程水泥混凝土、橡胶、塑料、陶瓷、金属等基层接缝的防水密封。也可用于汽车、电冰箱、铁路隧道等各种气密、水密结构的密封。

12. JFX-1 型氯化丁基弹塑防水胶

JFX-1 型氯化丁基弹塑防水胶是用耐老化性能优越,对各种材料具有良好粘附力的氯化丁基橡胶为主体,加入适量助剂而制成的自然硫化型的防水密封材料。该材料具有优良的耐候性、耐水性、粘结强度高、耐高低温性能好。该材料为单组分溶剂型,施工操作简便。

JFX-1 型氯化丁基弹塑防水胶适用于外墙板缝空腔构造与材料复合防水施工和外墙板缝修漏施工。

2-8-6 防水胶结料

冷底子油、配制、用途

表 2-8-48

石油沥青(重量%)			溶 剂(重量%)		用 途
10# 或 30#	60#	软化点 50—70℃煤沥青	轻柴油	苯	
40	—	—	60	—	喷涂在终凝前的水泥基层上
—	55	—	45	—	
—	—	50	50	—	
50	—	—	50	—	喷涂在终凝后的水泥基层上
—	60	—	—	40	
—	—	55	—	45	
30	—	—	70	—	涂刷在金属配件的表面上
35	—	—	65	—	
45	—	—	—	45	
—	—	40	60	—	
—	—	45	—	55	
45	—	—	—	55	

注:当无轻柴油时,可用煤油代替。如果使用汽油溶剂,则汽油为 70%,30 号石油沥青为 30%。

沥青胶(沥青玛蹄脂)

表 2-8-49

技术指标	石油沥青胶						焦油沥青胶		
	S-60	S-65	S-70	S-75	S-80	S-85	J-55	J-60	J-65
耐热度	用 2mm 厚的沥青胶粘两油纸,不低于下列温度下,在 45°角的坡板上停放 5 小时,沥青胶不应流出,油纸不滑动								
	60	65	70	75	80	85	55	60	65
柔韧性	涂在沥青油毡上的 2mm 厚沥青胶层,在 $18 \pm 2^\circ\text{C}$ 时,绕下列直径 mm 圆棒以 5S 均衡速度弯成半圆,沥青胶不应有裂纹								
	10	15	15	20	25	30	25	30	35
粘结力	将两张沥青胶粘贴在一起,沥青纸揭开时,若被撕开的面积超过粘贴面积的 1/2 时,则认为粘结力不合格,否则合格。								

乳化沥青配比、技术性质

表 2-8-50

重量比 (%)	方案 1	方案 2	方案 3
10# 石油沥青	25	30	—
60# 石油沥青	70	70	100
肥皂	1.1	1.1	—
洗衣粉	1.0	0.9	—
火碱 (NaOH)	0.4	0.4	—
水玻璃	0.4	—	—
石灰膏	—	—	45
自来水	100	97.6	105

技术性质	指标要求
①耐热度(45°角)	> 80℃
②粘结力(18±2℃)	粘结面积 > 50%, 粘结强度 > 0.1Mpa
③抗裂性 (5±2℃) (18±2℃)	混凝土基层开裂 ≥ 0.1mm, 防水层不裂 混凝土基层开裂 ≥ 0.2mm, 防水层不裂
④韧性(18±2℃)	绕 φ30mm 圆棒 180°时不裂
⑤不透水性(15cm 水柱)	7 昼夜不渗透

注 ①粘结力指标中满足一项即合格。

②乳化沥青与冷底子油,都是冷操作,方便,且比冷子油节省溶剂材料。两者都是打底子使用。两者粘结力均不及沥青胶。

2 建筑材料的性能和应用

建筑防水沥青嵌缝油膏

表 2-8-51

技术指标		标 号					
		701	702	703	801	802	803
①耐热度：	温度(℃)	70			80		
	下垂值(mm),不大于	4					
②粘结性(mm),不小于		15					
③保油性：	渗油幅度(mm),不大于	5					
	渗油张数(张),不多于	4					
④挥发率(%) ,不大于		2.8					
⑤施工度(mm),不小于		22					
⑥低温韧性	温度(℃)	10	-20	-30	-10	-20	-30
	粘结状况	合格					
⑦浸水后粘结性(mm),不小于		15					

注 ①沥青油膏主要用于屋面、墙面、沟槽的防水嵌缝,弹性、韧性,允许较大变开而不裂纹。

②若组成中不掺成膜剂,可配成密封油膏,其弹性较差,可以适应较小的结构变形,多用于装配式壁板的接缝。

南方油膏、北方油膏配方

表 2-8-52

油膏	配方	油 料				填 料		填料与油料之比	
		石油沥青		松节油	硫化鱼油	重松节油	石棉绒		滑石粉
		软化点 70℃	软化点 60℃						
南方油膏(上海地区)		100	—	10	20	60	40%	60%	1:1.5
北方油膏(沈阳地区)		—	100	15	30	60	30%	70%	1:0.8

南方油膏、北方油膏性能

表 2-8-53

性能指标		南方油膏	北方油膏
①稠度	20±30℃(mm)	21.1	31
②重度	24h, 50±3℃(mm)	1.3	—
	35±3℃(mm)	—	0.4
③粘结性	:15天, 20±3℃(%)	226	—
	0±3℃(%)	—	208
④硬化率	:15天, 20±3℃(%)	17	14.6
⑤收缩率	:15天, 20±3℃(%)	4.0	4.0
⑥保油性	:15天, 20±3℃	2	2
	渗油幅度(mm)	0.1	0.1
⑦裂缝	:15天, 20±3℃	合格	合格
⑧耐碱性	:15天, 20±3℃	合格	合格

聚氯乙烯胶泥配方(重量比%)

表 2-8-54

煤焦油	聚氯乙烯	二丁酯	硬脂酸钙	滑石粉
①100	10	10	1	10
②100	15	15	1	15

聚氯乙烯胶泥性能

表 2-8-55

性能指标	方案①	方案②
①耐热度(℃)	110	110
②延伸度 25℃ (cm)	16	16.4
- 20℃(cm)	2.3	2.8
③与混凝土的粘结力 25℃ (MPa)	0.20	0.14
- 20℃(MPa)	2.9	3.02
④抗拉强度 25℃ (MPa)	0.11	0.27
- 20℃(MPa)	0.41	1.35
⑤吸水性 (%)	0.39	0.37
⑥抗老化性(循环次数)	20	无变化

2-8-7 刚性防水材料

1. UEA 混凝土膨胀剂

UEA 混凝土膨胀剂是用硫铝酸盐熟料或硫酸铝熟料与明矾石、石膏等一起粉磨而成的白色粉末。在水泥内掺 12% ~ 14% ,可拌制成补偿收缩混凝土。UEA 掺入混凝土中可增加抗裂性。当配筋率为 0.2% ~ 1.0% 时,限制膨胀为 0.031% ~ 0.063% ,在混凝土中导入自应力值为 0.2 ~ 0.7MPa ,对强度影响不大。

UEA 膨胀混凝土的主要技术性能见表 2-8-56。

UEA 膨胀混凝土技术指标

表 2-8-56

项 目	指 标
掺量(占水泥量的)	12% ~ 14%
初 凝	4h 25'
终 凝	6h 25'
抗压强度	
3d	19MPa
7d	29MPa
28d	34MPa
抗 渗	≥P30
与钢筋粘结力	比空白混凝土提高 20% ~ 30%
膨胀率($\mu = 0.24 \sim 1.50$)	0.031% ~ 0.063%

2. 氯丁胶乳防水砂浆

阳离子氯丁胶乳是合成橡胶胶乳系列中的最佳品种,它具有氯丁橡胶的特性,耐候、耐热、抗燃、气密性好。将氯丁胶乳掺入水泥砂浆中,具有优良的抗裂、抗弯、粘结、防渗、防腐等性能。该材料适用于地下室、卫浴间、水池、水塔等防水、抗渗,也可在形状复杂潮湿的基层抹涂施工。主要技术指标见表 2-8-57。

阳离子氯丁胶乳防水砂浆技术指标

表 2-8-57

项 目	指 标
抗拉强度(28d)	5.3~6.7MPa
抗弯强度(28d)	8.2~12.5MPa
抗压强度(28d)	34.8~40.5MPa
粘结强度(28d)	3.6~5.8MPa
抗渗标号(28d)	1.5MPa 以上
吸水率(28d)	2%~2.9%
干缩值(28d)	$(7.0\sim 7.3)\times 10^{-4}$
抗冻性	抗拉强度 4.4~5.6MPa
(冻融 50 次、冻 -20℃,融 20℃,均为 4h)	抗弯强度 8.3~10.4MPa 抗压强度 33.4~40.0MPa

3. 有机硅防水剂

有机硅防水剂主要成分是甲基硅醇钠。它具有高效防水作用。

(1) 主要技术指标

有机硅防水剂无毒、无味、不挥发、不易燃,有优异的防水性、防腐性。主要技术指标见表 2-8-58。

有机硅防水剂主要技术指标

表 2-8-58

项 目	指 标
外 观	浅黄色溶液
固体含量	34%左右
硅 含 量	3%~5%
总 碱	$\leq 18\%$
氯化钠	$\leq 2\%$
抗 渗 性	$\geq 1.4\text{MPa}$
贮存温度	110~-45℃
贮存时间	1.5~2a

(2) 应用范围

①作为混凝土和砂浆的外加剂,有显著防水效果。如地下室、人防工程、水池等。

②用于浸渍下列材料有显著防水、防潮、防污染、防菌类生长效果。

如:屋面瓦、水泥瓦、面砖、陶瓷地板、珍珠岩、石棉、保温材料、木材、纤维板等。

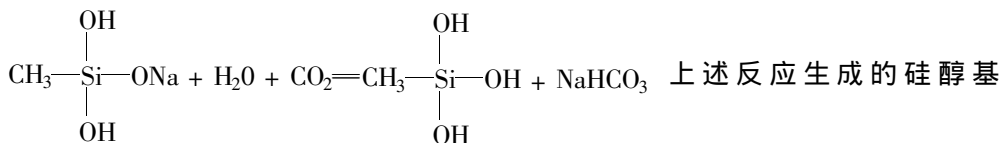
③用于处理天然石材和人造石材,能防风化、提高耐候能力。

④用于乳胶漆、水玻璃、107 胶的添加剂,使其具有明显的憎水性,从而保持稳定的粘

结强度。

(3) 防水机理

有机硅防水剂的主要成份是甲基硅醇钠。它在水和二氧化碳作用下,生成甲基硅醇。反应如下:



(甲基硅醇)

($\equiv\text{Si}-\text{OH}$)很活泼,一方面能进一步反应,缩合成高分子化合物—网状有机硅树脂膜(体型结构具有憎水性)。另一方面由于硅酸盐建筑材料表面的硅醇基与防水剂的硅醇基反应脱水交联,而使表面键合上羟基,使结构完全同于有机硅树脂,降低表面张力,使水的接触角增大(105° 左右),实现“反毛细管效应”即形成所谓憎水层,这就是有机硅防水剂具有高效防水作用的原因。而且不损坏建筑材料多孔结构,也不妨碍透气性。

4. 无机铝盐防水剂

无机铝盐防水剂外观为黄色油状液体,无毒、无味。该防水剂与水泥砂浆混合后,与水泥中的硅酸二钙、硅酸三钙、铝酸三钙、铁铝酸四钙等在水化过程中结合成复盐和胶体化合物,这些微小的晶体和胶体粒子填充在水泥、混凝土孔隙内,提高了水泥砂浆的密实性,起到防水抗渗的作用。适用于地下室、卫浴间、人防工程、贮水池等防潮、防渗及维修工程。施工时掺量为水泥量的5%~10%,配在1:2的水泥砂浆抹涂施工。无机铝盐防水砂浆的主要技术指标见表2-8-59。

无机铝盐防水砂浆主要技术指标

表 2-8-59

项 目	指 标
密度(20℃)	不小于 1.30
砂浆不透水性	$\geq 1.2\text{MPa}$
混凝土抗渗性	$\geq 1.2\text{MPa}$
砂浆抗压强度	28d, $\geq 25\text{MPa}$
砂浆耐腐蚀性	合 格
pH4~7 酸液	
pH7~13 碱液	
$\leq 2\%$ MgSO_4 液	
砂浆凝结时间	终凝不大于 4h
混凝土收缩性	90d 与普通混凝土无差异

5. M1500 水泥密封防水剂

M1500 水泥密封防水剂是引进美国技术而生产的一种具有良好渗透性的防水剂,外观为水基溶液。最大特点是可以渗透到水泥混凝土内部,并和碱性物质起化学反应,在水泥内部生成乳胶体以填充堵塞水泥内的毛细管道而起到防水作用。它还具有抗吸水、抗

2 建筑材料的性能和应用

风化、防污染及易于清洗的特性。

M1500 水泥密封防水剂喷涂于背水面可提高试体抗渗压力 0.3MPa,涂在迎水面可提高抗渗压力 0.4MPa。该防水剂适用于混凝土和砖石墙面、屋面、楼面的防潮、防渗和防水。主要技术指标见表 2-8-60。

M1500 防水剂技术指标

表 2-8-60

项 目	指 标
外 观	无色透明液体
pH	8.5
表面张力	0.000362N/cm
未涂 M1500 抗渗性	0.3MPa
涂刷后抗渗性	0.7MPa
碱 度	45.7 (1mL 相当于 KOH 的毫克数)

6. 确保时(COPROX)

确保时是引进美国粉状无机防水剂,配以国产白水泥、石英砂等制成的无机高效多功能防水材料。外观为白色粉状,可作为防水抹面材料,也可作为堵漏材料,具有防水、装饰双重作用。

确保时适用于工业与民用建筑地下防水工程,但不宜用于结构变形、位移部位的防水。主要技术指标见表 2-8-61。

确保时技术指标

表 2-8-61

项 目	指 标
抗压强度	净浆 25MPa 砂浆 22MPa
抗折强度	净浆 6MPa 砂浆 5MPa
粘结力	$\geq 1.7\text{N}/\text{mm}^2$
遮盖率	$\leq 300\text{g}/\text{m}^2$
耐碱性	10% NaOH 溶液,无变化
耐高温	100℃沸水 5h,无变化
凝结时间	终凝 小于 6h
冻融循环	50 个循环, -13 ~ +30℃,无变化
抗渗强度	砂浆 > 1.5MPa 涂膜 0.5MPa
低温抗裂	-40℃
吸水率	0.7% ~ 1%

7. 龙宫牌防水胶粉

龙宫牌防水胶粉是引进日本先进技术开发的渗透性无机粉状防水材料。外观为白色

粉料,使用时只需加水调合均匀即可涂刮于基层,施工极为方便。龙宫牌防水胶粉是渗透性防水材料,它所含的特殊活性剂能以水作媒介渗透到混凝土内部产生晶体使混凝土密实,起到防水作用。

龙宫牌防水胶粉适用于各种新旧建筑物的防水工程,如屋面、地下室、楼地面、墙面、厕浴间、隧道、贮水池等的堵漏、抗渗、防潮。

龙宫牌防水胶粉分 A 型、B 型、C 型三个型号。A 型为刚性渗透型,B 型为柔性防水层,C 型为堵漏专用。各型号既可单独使用,也可根据工程具体情况复合使用,起到最佳防水效果。主要技术指标见表 2-8-62。

龙宫牌防水胶粉技术指标

表 2-8-62

项 目	A 型料指标	C 型料指标
抗 压	$\geq 22\text{MPa}$	$\geq 22\text{MPa}$
抗 折	$\geq 3.5\text{MPa}$	$\geq 3.5\text{MPa}$
粘 结 力	$\geq 1.4\text{MPa}$	$\geq 1.2\text{MPa}$
抗 渗 性(涂膜)	$\geq 0.5\text{MPa}$	$\geq 0.5\text{MPa}$
(混凝土试块)	$\geq 1.5\text{MPa}$	$\geq 1.5\text{MPa}$
初 凝	$\geq 25\text{min}$	$\geq 30\text{min}$
终 凝	$\leq 2.5\text{h}$	$\leq 10\text{min}$

8. 建筑拒水粉

建筑拒水粉是一种新型憎水、松散的防水材料。它是以脂肪酸钙为主体,经过特定结构形式组成的复合型无机粉状物。

建筑拒水粉耐老化、不变质、耐热、抗冻、不受基层裂缝影响,施工不受季节限制。只要将干粉铺于基层 5~7mm 厚就可起到防水作用,被称之为“神奇的粉末”。

建筑拒水粉适用于平屋面防水工程,也可用于地面防潮、水池水塔防渗漏。主要技术指标见表 2-8-63。

建筑拒水粉技术指标

表 2-8-63

项 目	指 标
密 度	650~750kg/m ³
含 水 率	$\leq 3\%$
不透水性(静水压 30~100cm 水柱)	不透水
导热系数	0.16W/m·K
耐老化性(紫外线照 90d)	不变质
耐碱性(饱和 Ca(OH) ₂ 浸泡)	不变质
耐 热 度	80~150℃
耐 冻 性	-40℃

2-8-8 修漏材料

1. 水溶性聚氨酯注浆材料

该堵漏剂为单液型注浆材料,与水有良好的混溶性,浆液遇水会自行分散、乳化,立即进行聚合反应。诱导时间可通过配比调整。聚合后的固体有良好的延伸性、弹性及抗渗性。在水中永久保持原形,并具有低温性能。主要技术指标见表 2-8-64。

TZS 水溶性聚氨酯技术指标

表 2-8-64

项 目	指 标
粘 度	100 ~ 400Pa·s (22℃)
密 度	1.03 ~ 1.10g/cm ³
外 观	淡黄色、琥珀色透明液体
诱导凝固时间	数十秒 ~ 数十分钟
与混凝土粘结强度	≥ 1.0MPa
固结体抗压强度	≥ 1.5MPa
固结体渗透系数	≥ 10 ⁻⁶ ~ 10 ⁻⁸ cm/s
固结体抗渗性	≥ 1.0MPa
对水质适应性	P3 ~ 13

2. M131 快速止水剂

M131 快速止水剂,外观黄绿色液体。将水泥掺入有水稀释的 M131 调成稠浆,制作料球,可在 1min 初凝,2 ~ 3min 发硬。此外加剂是近于无色腐蚀性液体,操作时应戴橡皮手套,并保护眼睛和脸。

M131 可用于止水、封裂缝和堵洞。其凝结时间见表 2-8-65。

M131 快速止水剂凝结时间

表 2-8-65

水 泥	外 加 剂	水	凝 结 时 间	
			初 凝	终 凝
硅酸盐	1	2	54"	1'10"
水 泥	1	4	1'	1'30"
适 量	1	6	5'	19'11"

3. “堵漏灵”

“堵漏灵”是用 HU847 和水泥等辅料经特殊工艺制成的无机粉状防水材料。

“堵漏灵”抗盐碱、耐高低温、耐候性强、粘结力强,能与混凝土、砂浆、砖、石整体粘结,可在潮湿基层带水堵漏。各项技术指标均达到或超过国际同类产品“确保时”的水平。用水调合后即可涂抹于基层,施工简便。

“堵漏灵”适用于混凝土、砂浆、砖石等结构的地下室、地下仓库、坑道、人防工程、贮水池、游泳池、污水池等防水堵漏、抗渗防潮，也可以粘贴瓷砖、马赛克、大理石等。

“堵漏灵”分“03”、“02”两种；“03”堵漏；“02”防渗。

主要技术指标见表 2-8-66。

堵漏灵技术指标

表 2-8-66

测 试 项 目		堵漏灵 02 型	堵漏灵 03 型
抗 压 (MPa)	净 浆	20.8	36
	砂 浆	38.3	
抗 折 (MPa)	净 浆	4.7	6
	砂 浆	5.4	
抗 渗 (MPa)	净 浆	> 1.5	1.5
	涂 膜	> 0.5	
粘结力(MPa)		> 1.6	2
遮盖力(g/m ²)		≤300	
耐高温(200℃)		8h 涂膜 无变化	
冻融循环(-20~+20℃)		20 次涂膜 无变化	50 次涂膜 无变化
凝结时间 (30℃,h)	初 凝	1.0	0.34
	终 凝	1.5	0.43
附着率(%)		100	
抗冲击(kg·cm/cm ²)		1.35	
人工老化试验(1000h)		涂膜无变化	
耐水性(室温自来水中浸泡 18 个月以上)		涂膜无变化	
耐碱性(室温饱和 Ca(OH) ₂ 溶液浸泡 18 个月以上)		涂膜无变化	
耐盐性(室温饱和食盐水中浸 18 个月以上)		涂膜无变化	
耐海水性(pH8.05 天然海水浸 18 个月)		涂膜无变化	