

# 第一章

<p>第一章</p> <p>第一节</p> <p>建筑概论的内容与任务</p>	<p>绪论</p>	<p>建筑材料</p>	<p>金属材料</p>	<p>非金属材料</p>	<p>木材</p>
<p>《建筑概论》是设备安装专业的一门专业基础课。课程内容包括建筑材料和房屋建筑构造两大部分。</p>	<p>绪论</p>	<p>建筑材料</p>	<p>金属材料</p>	<p>非金属材料</p>	<p>木材</p>

《建筑概论》是设备安装专业的一门专业基础课。课程内容包括建筑材料和房屋建筑构造两大部分。

建筑材料是建筑工程的物质基础，材料的性能、质量、价格，直接影响到建筑的使用、安全、经济和美观，而且在建筑工程造价中，建筑材料的费用占到了总费用的50%以上，因此，正确选择和合理地使用建筑材料是提高工程质量、加快施工速度和节约投资的重要措施。

设备安装专业与房屋建筑的关系密切。设备安装必然与房屋的基础、墙体、地面、屋顶等有联系，因此，设备安装专业的技术人员必须了解房屋的构造组成及各组成部分的构造原理和构造方法。

通过本课程的学习，学生应掌握建筑材料的基本知识和使用方法，了解房屋建筑构造，并能在此基础上，协调处理设备与建筑各组成部分的关系。

## 第二节 建筑材料的分类

建筑材料品种繁多，为便于学习、记忆和掌握建筑材料的基本知识和基本理论，一般按材料的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，见表1-1。

表1-1 建筑材料分类

材料类别		举 例
无机材料	金属材料	黑色金属 钢、铁
		有色金属 铝、铜及其合金

续表

材料类别			举 例	
无机材料	非金属材料	天然石材	砂、石子、花岗岩、石灰岩等	
		烧结及熔融制品	砖、瓦、陶瓷、琉璃制品	
		胶凝材料	水硬性胶凝材料	水泥
			气硬性胶凝材料	石灰、石膏、水玻璃等
		混凝土	水泥混凝土、轻集料混凝土	
		硅酸盐制品	灰砂砖、加气混凝土	
有机材料	植物材料	木材、竹材、植物纤维及其制品		
	沥青材料	石油沥青、煤沥青及其制品		
	合成高分子材料	塑料、涂料、胶粘剂、合成高分子防水材料		
复合材料	无机材料基复合材料	钢筋混凝土、钢纤维增强混凝土、水泥刨花板、聚苯乙烯泡沫混凝土等		
	有机材料基复合材料	沥青混凝土、聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料、胶合板、纤维板彩色夹心复合钢板、塑钢门窗材料		

### 第三节

## 建筑物的分类及分级

### 一、建筑分类

在建筑工程中通常把供人们生活、学习、工作、居住以及从事生产和各种文化娱乐活动的房屋称为建筑物；而把为人们生活、生产服务配套的设施建筑物称为构筑物，如烟囱、水塔、水池、管沟、堤坝等。

建筑物的分类方法很多，常见的有以下几种。

#### 1. 按使用性质分类

##### (1) 民用建筑

民用建筑是指供人们生活、居住、工作、学习、娱乐等类型的建筑。民用建筑分为两大类。

1) 居住类建筑 如住宅、宿舍等。

2) 公共类建筑 如办公类建筑、文教类建筑、商业类建筑、体育类建筑、交通类建筑、医疗福利建筑、邮电通信建筑、旅馆类建筑、园林建筑以及市政公用设施类建筑等。

##### (2) 工业建筑

工业建筑是指供人们从事工业生产和为生产服务的建筑。如各类厂房、仓库等。

### (3) 农业建筑

农业建筑是指供人们从事农林畜牧业生产使用的建筑。如温室大棚、育种站、粮仓、库房、农机具站、水泵房、牲畜棚、鱼池等。

## 2. 按建筑规模和数量分类

### (1) 大量性建筑

大量性建筑是指建筑规模不大而建造数量多的建筑物。如学校、住宅、医院、商场、中小型工厂等。

### (2) 大型性建筑

大型性建筑是指建筑规模大，而修建数量小的建筑物。如航空港、大型体育场馆、大型影剧院、大型工业厂房等。

## 3. 按建筑物的层数分类

### (1) 低层建筑

1~3层的住宅建筑。

### (2) 多层建筑

4~6层的住宅建筑。

7~9层的住宅建筑。

10~30层的住宅或总高度超过24m的公共建筑。

高度超过100m的住宅或公共建筑。

高度超过100m的住宅或公共建筑。

高度超过100m的住宅或公共建筑。

高度超过100m的住宅或公共建筑。

## 4. 按承重结构的材料分类

### (1) 砖木结构

砖木结构是指以木屋架和砖墙（柱）为主要承重结构的建筑。

### (2) 砖混结构

砖混结构是指用砖墙（柱）、钢筋混凝土楼板和屋顶承重构件为主要结构的建筑。如民用多层住宅常采用此结构。

### (3) 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构指主要的承重构件全部采用钢筋混凝土结构的建筑。多用于大型公共建筑和多、高层建筑中。

### (4) 钢结构

钢结构是指主要承重构件全部采用型钢制作的建筑称为钢结构建筑。钢结构强度高、自重轻、力学性能好，制作安装方便，适用于高层、超高层建筑和大跨度建筑。

## 5. 按建筑物的抗震要求分类

房屋建筑按其遭受地震破坏后的经济损失、社会影响程度以及在抗震救灾中的作用划分不同的设防类别。按《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)，建筑物分为：

### (1) 甲类抗震建筑

甲类抗震建筑是指有特殊要求的重大建筑和地震时可能发生严重次生灾害的建筑，其建造必须经国家规定批准权限批准。如永久性建筑、纪念性建筑等。

## (2) 乙类抗震建筑

乙类抗震建筑是指地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的建筑。如交通、通信、医疗卫生类建筑等。

## (3) 丙类抗震建筑

丙类抗震建筑是指甲、乙、丁类以外的一般建筑。

## (4) 丁类抗震建筑

丁类抗震建筑是指次要建筑。如遇地震破坏不易造成人员伤亡和较大经济损失的仓库等建筑。

## 二、建筑分级

建筑的等级包括耐久等级和耐火等级两部分。

### 1. 按耐久年限分级

建筑耐久等级的指标为使用年限。影响使用年限的主要因素是结构构件的选用材料和结构体系。

按耐久年限分为四级：

(1) 一级耐久年限：100 年以上，适用于重要的建筑物和高层建筑。

(2) 二级耐久年限：50~100 年，适用于一般性建筑。

(3) 三级耐久年限：25~50 年，适用于次要建筑，如大量性建筑。

(4) 四级耐久年限：15 年以下，适用于临时性建筑。

### 2. 按耐火性能分级

根据我国 GBJ 16—1987《建筑设计防火规范》规定，建筑的耐火等级分为四级。耐火等级的划分是根据房屋主要构件的燃烧性能和耐火极限确定的，见表 1—2。

表 1—2 建筑物构件的燃烧耐火极限

构件名称		耐火等级			
		一级	二级	三级	四级
		燃烧性能和耐火极限 (h)			
墙	防火墙	非燃烧体 4.00	非燃烧体 4.00	非燃烧体 4.00	非燃烧体 4.00
	承重墙、楼梯间、电梯井的墙	非燃烧体 3.00	非燃烧体 2.50	非燃烧体 2.50	难燃烧体 0.50
	非承重墙、疏散走道两侧的隔墙	非燃烧体 1.00	非燃烧体 1.00	非燃烧体 0.50	难燃烧体 0.25
	防火隔墙	非燃烧体 0.70	非燃烧体 0.50	难燃烧体 0.50	难燃烧体 0.50
柱	支撑多层的柱	非燃烧体 3.00	非燃烧体 2.50	非燃烧体 2.50	难燃烧体 0.50
	支撑单层的柱	非燃烧体 2.50	非燃烧体 2.00	非燃烧体 2.00	燃烧体
梁		非燃烧体 2.00	非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00	难燃烧体 0.50
楼板		非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00	非燃烧体 0.50	难燃烧体 0.25
屋顶承重构件		非燃烧体 1.50	非燃烧体 0.50	燃烧体	燃烧体
疏散楼梯		非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00	非燃烧体 1.00	燃烧体
吊顶 (包括吊顶搁栅)		非燃烧体 0.25	难燃烧体 0.25	难燃烧体 0.15	燃烧体

### (1) 建筑构件的燃烧性能

建筑构件的燃烧性能是指组成建筑物的主要构件在明火或高温作用下燃烧与否，以及燃烧或碳化的难易程度。可分为非燃烧体、难燃烧体和燃烧体。

1) 非燃烧体 指用非燃烧材料做成的建筑构件，如天然石材、人工石材（砖、混凝土等）、金属材料。

2) 难燃烧体 指用不易燃烧的材料做成的建筑构件，如沥青混凝土、经防火处理的木材。

3) 燃烧体 指用易燃烧的材料做成的建筑构件，如木材等。

### (2) 建筑构件的耐火极限

建筑构件的耐火极限是指从建筑构件受到火的作用时起，到建筑物失去支持能力或完整性破坏，或失去隔火能力时为止，所需的时间（小时）。

一个建筑物的耐火等级属于几级，取决于该建筑物的层数、长度和面积。《建筑设计防火规范》（GBJ 16—1987）中作了详细规定，见表1—3。

表 1—3 民用建筑的耐火等级、层数、长度和面积

耐火等级	最多允许层数	防火分区间		备注
		最大允许长度 (m)	每层最大允许 建筑面积 (m <sup>2</sup> )	
一、二级	1. 9层和9层以下的住宅（包括底层带商店的住宅） 2. 建筑高度不超过24m的其他民用建筑和总高度超过24m的单层公共建筑	150	2 500	1. 体育馆、剧院等长度和面积可以放宽 2. 托儿所、幼儿园的儿童用房不应设在4层及4层以上
三级	5层	100	1 200	1. 托儿所、幼儿园的儿童用房不应设在3层及3层以上 2. 电影院、剧院、食堂不应超过2层 3. 医院、疗养院不应超过3层
四级	2层	60	600	学校、食堂、菜市场、托儿所、幼儿园、医院等不应超过1层

注：1. 防火分区间应采用防火墙作分隔，如有困难，可采用防火卷帘和水幕分隔。

2. 建筑内设有自动灭火系统时，每层最大允许建筑面积可按本表增加1倍。

### 复习思考题

1. 按使用性质，建筑物可分为哪几类？
2. 按承重结构的材料，建筑物可分为哪几类？
3. 根据建筑层数，建筑物可分为哪几类？
4. 根据抗震要求，建筑物可分为哪几类？
5. 房屋的耐火等级分为几级？
6. 什么是燃烧性能？什么是耐火极限？

# 第二章

建筑材料 (1)

建筑材料 (2)

建筑材料 (3)

建筑材料 (4)

建筑材料 (5)

## 建筑材料

建筑材料 (6)

建筑材料 (7)

建筑材料 (8)

### 第一节

### 建筑材料的基本性质

建筑材料 (9)

表 2-1

建筑材料品种繁多,性质各异,材料的基本性质通常是指大多数材料共同具有的性质,如物理性质、化学性质和力学性质。本节仅介绍常用建筑材料的物理性质和力学性质。

#### 一、材料的物理性质

##### (一) 与质量有关的性质

##### 1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。用下式表示:

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

式中  $\rho$ ——密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$m$ ——干燥材料的质量,  $\text{g}$ ;

$V$ ——材料在绝对密实状态下的体积,  $\text{cm}^3$ 。

材料在绝对密实状态下的体积是指不包括材料孔隙在内的材料的实体体积。实际上,除个别材料(如玻璃、钢材、沥青)外,绝大多数材料都存在孔隙。

密度是材料的重要属性,是材料物质结构的反映,每种材料都有确定的密度值。

##### 2. 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量。表观密度的计算式如下:

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

式中  $\rho_0$ ——表观密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$  或  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$m$ ——材料的质量,  $\text{g}$  或  $\text{kg}$ ;

$V_0$ ——材料在自然状态下的体积,  $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ 。

材料在自然状态下的体积是指包括孔隙在内的体积。即包括材料实体、开口孔隙(材料间的空隙、材料本身的开口、裂口及裂纹等能被液体填充)、闭口孔隙(封闭孔或空洞等不能被液体填充)。

当材料含有水分时，其质量增加，将影响材料的表观密度。在这里所说的表观密度是指材料在干燥状态下单位体积的质量，也称为干表观密度。当材料含水时，所得表观密度，称为湿表观密度。

### 3. 堆积密度

砂、石子等散粒材料，在自然堆积状态下，单位体积的质量称为堆积密度。若紧密堆积（如加以振动）时单位体积的质量，则称为紧密密度。

密度、表观密度、堆积密度，是材料的主要物理性质。在建筑工程中，常用来计算材料的密实度、孔隙率、材料用量、构件自重、运输量、堆放空间等。其中，材料的表观密度与材料的其他性质（如强度、吸水性、导热性等）存在着密切的关系。

几种常用材料的密度、表观密度见表 2—1。

表 2—1 几种常用材料的密度、表观密度

材料	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	表观密度 (kg/m <sup>3</sup> )	材料	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	表观密度 (kg/m <sup>3</sup> )
花岗岩	2.6~2.9	2 500~2 800	松木	1.55	380~700
砂子	2.6~2.65	1 450~1 650	建筑钢材	7.85	7 850
普通黏土砖	2.5~2.8	1 500~1 900	水泥	3.0~3.15	1 250~1 600
普通混凝土	2.5~2.8	2 200~2 400	水 (4℃)	1.00	1 000

### 4. 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度。即材料的绝对密实体积与自然状态下的体积之比。密实度的计算式如下：

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% \quad (2-3)$$

将公式 2—1 及 2—2 代入公式 2—3 得  $D = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\%$

即材料的密实度也可用材料的干表观密度与密度之比来表示。

对于绝对密实材料，因  $\rho_0 = \rho$ ，故密实度  $D = 100\%$ ，大多数材料，因  $\rho_0 < \rho$ ，故密实度  $D < 100\%$ 。

材料的很多性质，如强度、吸水性、耐水性、导热性等都与密实度有关。

### 5. 孔隙率

孔隙率是指材料体积内的孔隙体积与材料在自然状态下体积的比率。孔隙率的计算式如下：

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} = 1 - D \quad (2-4)$$

可见： $P + D = 1$

材料的孔隙率和密实度是从两个不同方面反映材料的同一种性质。通常用孔隙率来反映材料的密实程度。

工程中对有保温隔热要求的部位，选用孔隙率较大的材料，而对于要求强度高且不透水的部位，则要选用孔隙率较小的材料。

**【例 2—1—1】** 普通黏土砖的密度  $\rho = 2.5 \text{ g/cm}^3$ ，干表观密度  $\rho_0 = 1 850 \text{ kg/m}^3$ ，求其

密实度、孔隙率分别是多少？  
 【解】将干表观密度化为  $1.85 \text{ g/cm}^3$ ，代入公式 2-3 得密实度：

$$D = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% = \frac{1.85}{2.5} \times 100\% = 74\%$$

由于  
 故孔隙率

$$P + D = 1$$

$$P = 1 - D = 1 - 74\% = 26\%$$

## (二) 与水有关的性质

### 1. 亲水性与憎水性

材料与水接触时，根据材料表面被水润湿的情况，分为亲水材料和憎水材料两大类。

在材料、水和空气三相的交点处沿水滴表面所引切线与材料表面所成的夹角叫做润湿角  $\alpha$ ，如果  $\alpha < 90^\circ$  时，这种材料属于亲水性材料；如果  $\alpha > 90^\circ$  时，这种材料属于憎水性材料。如图 2-1 所示。

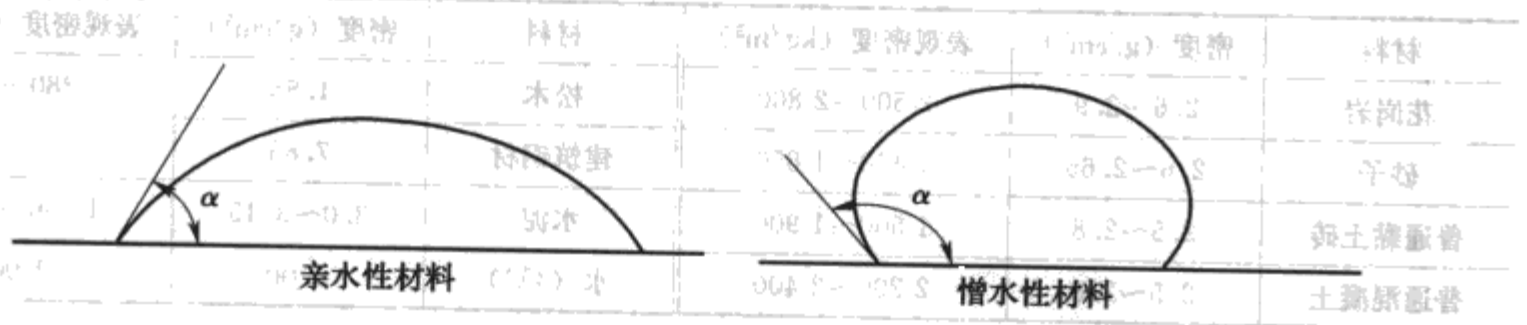


图 2-1 亲水性材料和憎水性材料

大多数建筑材料，如石材、砖、混凝土、木材等都属于亲水材料。沥青、石蜡、某些高分子材料等属于憎水材料。憎水材料可作为防水材料或做亲水材料的表面，以降低材料的吸水性，提高材料的防水、防潮性能。

### 2. 吸水性

吸水性是指材料在水中吸收水分的性质。吸水性的用吸水率表示。

吸水率有质量吸水率和体积吸水率两种表达方式。

质量吸水率是指材料所吸收水分的质量与材料干燥质量的比率。

质量吸水率的计算式如下

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (2-5)$$

式中  $W$ ——材料的质量吸水率，%；

$m$ ——材料质量（干燥），g；

$m_1$ ——材料吸水饱和后质量，g。

体积吸水率是指材料体积内被水充实的程度。即材料吸收水分的体积与材料在自然状态下的体积之比。

体积吸水率的计算式如下：

$$W_0 = \frac{m_1 - m}{V_0} \times 100\% \quad (2-6)$$

式中  $W_0$ ——材料的体积吸水率，%；

$V_0$ ——材料在自然状态下的体积， $\text{cm}^3$ ；

$m_1 - m$ ——所吸水质量，g，即相当于所吸水的体积， $\text{cm}^3$ ，因为水在标准大气压下，

4℃时的密度为  $1 \text{ g/cm}^3$ 。

通常所说的吸水率，常指材料的质量吸水率。

不同材料的吸水率相差很大。强花岗岩的吸水率仅为  $0.2\% \sim 0.7\%$ ，普通混凝土为  $2\% \sim 3\%$ ，普通黏土砖为  $8\% \sim 20\%$ ，而木材及其他轻质材料的吸水率常大于  $100\%$ 。

### 3. 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。吸湿性的大小用含水率来表示。材料含水率是材料含水质量与材料的干质量之比，其计算式如下：

$$W = \frac{m' - m}{m} \times 100\% \quad (2-7)$$

式中  $W$ ——材料的含水率，%；

$m$ ——材料干重，g；

$m'$ ——材料湿重，g。

材料吸水或吸湿后，使材料的表观密度提高、强度降低、导热性增大、保温性和吸声性下降，并使材料受到冻害和腐蚀等的程度加剧。

### 4. 耐水性

材料在吸水饱和状态下，不发生破坏，强度也不显著降低的性能，称为材料的耐水性。耐水性用软化系数表示：

$$K_R = f_1 / f_0 \quad (2-8)$$

式中  $K_R$ ——材料的软化系数；

$f_0$ ——材料在干燥状态下的强度，MPa；

$f_1$ ——材料在吸水饱和状态下的强度，MPa。

材料的软化系数在  $0 \sim 1$  范围内。对经常受潮或位于水中的工程，所选用材料的软化系数应不低于  $0.85$ 。软化系数在  $0.80$  以上的材料，称为耐水性材料。

### 5. 抗冻性

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下，能经受反复的冻融作用而不破坏、强度无显著降低的性能。

抗冻性以试件在冻融后的质量损失、外形变化（破裂）或强度降低不超过一定限度时所能经受的冻融循环次数表示，或称抗冻等级。

材料的抗冻实验，通常采用在  $-15^\circ\text{C}$  以下冻结，然后再在  $20^\circ\text{C}$  的温水中融化，这一过程称为一个循环。

材料的抗冻等级可分为 F15、F25、F50、F100、F200 等。

材料的抗冻性与材料的强度、孔结构、耐水性和吸水饱和程度有关。

抗冻性良好的材料，对于抵抗温度变化、干湿交替等风化作用的能力也较强。

对处于冬季最低气温高于  $-10^\circ\text{C}$  的地区，一般可不考虑材料的抗冻性。但为抵抗大气的风化作用，确保其耐久性，对材料往往也提出一定的抗冻性要求。

### 6. 抗渗性

抗渗性是材料在压力水作用下抵抗水渗透的性能。材料的抗渗性用渗透系数表示。渗透系数的计算式如下：

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (2-9)$$

式中  $K$ ——渗透系数,  $\text{cm}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{h})$ ;

$Q$ ——渗水量,  $\text{cm}^3$ ;

$A$ ——渗水面积,  $\text{cm}^2$ ;

$d$ ——试件厚度,  $\text{cm}$ ;

$H$ ——静水压力水头 (考察点引出的测压管的水面高度),  $\text{cm}$ ;

$t$ ——渗水时间,  $\text{h}$ 。

抗渗性的另一种表示方法是试件能承受逐步增高的最大水压而不渗透的能力, 通称材料的抗渗等级, 如 P8 表示试件能承受 0.8 MPa 的水压而不渗透。

### (三) 与热有关的性质

#### 1. 导热性

当材料两面存在温度差时, 热量从材料温度高的一面通过材料传导至温度低的另一面的性质, 称为材料的导热性。导热性用导热系数表示。导热系数的计算式如下:

$$\lambda = \frac{Qd}{FZ(t_2 - t_1)} \quad (2-10)$$

式中  $\lambda$ ——导热系数,  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;

$Q$ ——传导的热量,  $\text{J}$ ;

$d$ ——材料厚度,  $\text{m}$ ;

$F$ ——热传导面积,  $\text{m}^2$ ;

$Z$ ——热传导时间,  $\text{h}$ ;

$t_2 - t_1$ ——材料两面的温度差,  $\text{K}$ 。

在物理意义上, 导热系数为单位厚度的材料, 两面温度差为 1 K 时, 在单位时间内通过单位面积的热量。

导热系数的大小, 与材料内部的孔隙特征有关。由于空气的导热系数很小 [ $\lambda = 0.023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ], 当材料密度一定时, 孔隙率越大, 其导热系数就越小。孔隙的大小和连通程度对导热系数也有影响。材料吸水、受潮或冰冻后, 导热系数明显增大。这是因为水和冰的导热系数较高 [ $\lambda = 0.58$  和  $2.20 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ]。所以, 工程中对保温材料应采取适当措施, 防止材料受潮。

几种典型材料的导热系数见表 2—2。

表 2—2 几种典型材料的导热系数和比热

材 料	导热系数 [ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ]	比热 [ $\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ ]
花岗岩	2.9	0.80
钢	55	0.48
普通混凝土	1.8	0.92
烧结普通砖	0.55	0.88
松木 (横纹)	0.15	1.63
水	0.58	4.18
冰	2.20	2.05
密闭空气	0.023	1.00

## 2. 热容量和比热

材料在受热时吸收热量，冷却时放出热量的性质称为材料的热容量。热容量大小用比热（也称为热容量系数）表示。比热的计算式如下：

$$C = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \quad (2-11)$$

式中  $C$ ——材料的比热， $J/(g \cdot K)$ ；

$Q$ ——材料吸收或放出的热量， $J$ ；

$m$ ——材料质量， $g$ ；

$(t_2 - t_1)$ ——材料受热或冷却前后的温差， $K$ 。

比热表示单位质量材料温度升高或降低  $1 K$  所吸收或放出的热量。

比热与材料质量的乘积 ( $C \cdot m$ ) 称为材料的热容量值，它表示材料温度升高或降低  $1 K$  所吸收或放出的热量。

材料的热容量值对保持建筑物内部温度稳定有很大意义，热容量值大的材料，能在热流变动或采暖、空调工作不均衡时，保持房间温度的稳定。

几种典型材料的比热（热容量系数）见表 2—2。

## 3. 耐燃性与耐火性

材料抵抗燃烧的性质称为耐燃性，它是影响建筑物防火和耐火等级的重要因素。建筑材料按其燃烧性质分为四级，见表 2—3。

材料抵抗高热或火的作用，保持其原有性质的能力称为材料的耐火性。金属材料、玻璃等虽属于不燃性材料，但在高温或火的作用下，在短时间内就会变形、熔融，因而不属于耐火材料。建筑材料或构件的耐火极限通常用时间值来表示，即按规定的方法，从材料受到火的作用时间起，直到材料失去支持能力、完整性被破坏或失去隔火作用所经历的时间，以  $h$  或  $min$  计。

对耐火材料的要求是：材料能长期抵抗高温或火的作用，具有一定的高温力学强度、高温体积稳定性和抗热震性等。

表 2—3 建筑材料的燃烧性能分级 (GB 8624—1988)

等级	燃烧性能	燃烧特征
A	不燃性	在空气中受到火烧或高温作用时不起火、不燃烧、不碳化的材料。如金属材料及无机材料等
B <sub>1</sub>	难燃性	在空气中受到火烧或高温作用时难起火、难微燃、难碳化，当离开火源后，燃烧或微燃立即停止的材料。如沥青混凝土、水泥刨花板等
B <sub>2</sub>	可燃性	在空气中受到火烧或高温作用时立即起火或微燃，且离开火源后仍继续燃烧或微燃的材料。如木材、部分塑料制品
B <sub>3</sub>	易燃性	在空气中受到火烧或高温作用时立即起火，并迅速燃烧，且离开火源后仍继续迅速燃烧的材料。如部分未经阻燃处理的塑料、纤维织物等

## 二、材料的力学性质

### (一) 强度

材料的强度是指材料在外力作用下抵抗破坏的能力。

根据外力作用方式不同，材料的强度有抗压、抗拉、抗剪、抗弯强度等。如图 2—2 所示。

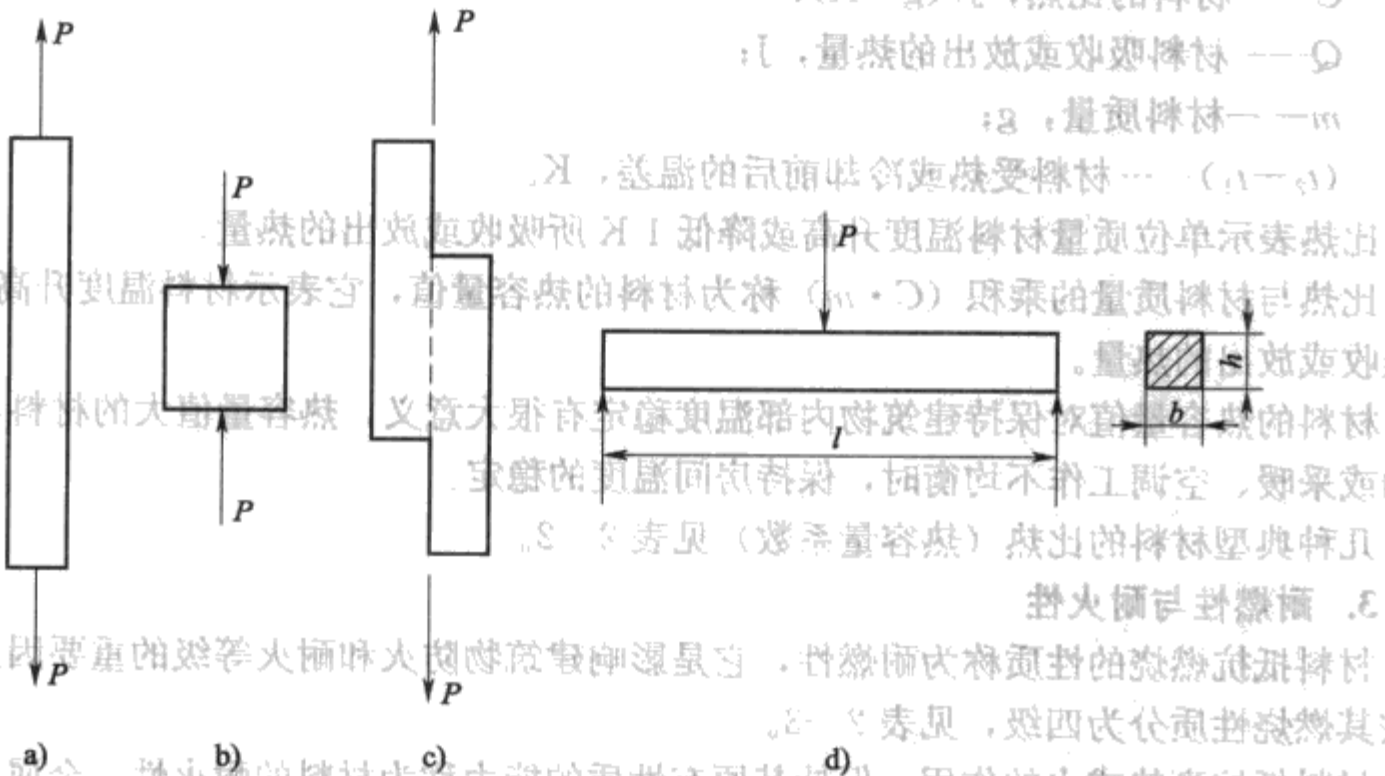


图 2—2 材料承受外力示意图

a) 抗拉 b) 抗压 c) 抗剪 d) 抗弯

材料的抗拉、抗压及抗剪强度的计算式如下：

$$f_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} \quad (2-12)$$

式中  $f_{\max}$ ——材料的极限强度，MPa；

$F_{\max}$ ——材料破坏时最大荷载，N；

$A$ ——试件受力面积， $\text{mm}^2$ 。

材料的抗弯强度（也称为抗折强度）与材料的受力情况有关。试验时，将矩形截面的试件（矩形截面小梁）放在两支撑点上，中间作用一集中荷载。抗弯强度可按下式计算：

$$f_m = \frac{3F_{\max}l}{2bh^2} \quad (2-13)$$

式中  $f_m$ ——材料的抗弯极限强度，MPa；

$F_{\max}$ ——弯曲破坏时的最大集中荷载，N；

$l$ ——两支撑点的间距，mm；

$b$ 、 $h$ ——分别为受弯试件截面的宽和高，mm。

材料的强度与它的化学成分及构造有关。不同种类的材料，强度差异很大，即使同种材料因孔隙率及构造特征不同或受力形式不同，强度也不相同。一般情况下，表观密度越小，孔隙率越大的材料，强度越低。

强度是材料主要技术指标之一。在工程中，主要结构的材料可按规定的标准试验方法通

过试验确定的强度值作为划分强度等级的标准。例如，烧结普通砖按抗压强度分为 MU30、MU25、MU20、MU15 等强度等级；普通混凝土有 C15、C20、C30、C40 等强度等级。

## （二）弹性和塑性

材料在外力作用下产生变形，外力去除后，变形消失，材料恢复原有形状的性质称为弹性。这种可恢复的变形称为弹性变形。

如材料在外力作用下产生变形，外力去除，变形不能恢复，并且不产生裂缝，这种性质称为塑性，这种不能恢复的变形，称为塑性变形。

## 第二节 无机胶凝材料

工程中，粉末材料与水或水溶液拌和后，以自身的物理、化学作用，由浆体逐渐凝结成具有一定强度的石状体并能将散粒或块状材料黏结成一个整体的材料称为胶凝材料。根据化学成分，胶凝材料分为无机胶凝材料与有机胶凝材料两大类。前者如水泥、石膏、石灰等，后者如沥青、树脂等。其中，无机胶凝材料在建筑工程中应用更为广泛。

无机胶凝材料按硬化条件不同，又可分为气硬性胶凝材料和水硬性胶凝材料。

气硬性胶凝材料只能在空气中硬化，并在空气中保持、发展其强度，如石灰、石膏、水玻璃等；水硬性胶凝材料不仅能在空气中，而且能在水中更好地硬化，保持并发展其强度，如各种水泥。

气硬性胶凝材料一般只适用于地上或干燥环境，不宜用于潮湿环境，更不可用于水中；而水硬性胶凝材料既可以用于地上，也可以用于水中或地下潮湿环境的建筑物。

### 一、石灰

石灰是一种使用较早的气硬性胶凝材料。由于其生产原料广泛、工艺简单、成本低廉，所以被广泛使用。

石灰的原料是以碳酸钙（ $\text{CaCO}_3$ ）为主要成分并含有少量碳酸镁（ $\text{MgCO}_3$ ）的石灰岩。

#### （一）石灰的生产

将石灰岩在石灰窑内经高温煅烧，即可得到以氧化钙（ $\text{CaO}$ ）为主要成分的生石灰。

生石灰呈白色或灰色块状。根据生石灰中氧化镁（ $\text{MgO}$ ）含量的多少，生石灰可分为钙质生石灰（ $\text{MgO}$  含量  $\leq 5\%$ ）和镁质生石灰（ $\text{MgO}$  含量  $> 5\%$ ）。

石灰岩在石灰窑内煅烧时，若煅烧时温度过低或煅烧时间不足，在生石灰中残留有少量欠火石灰，降低了生石灰的有效成分含量，使生石灰的质量等级降低。若煅烧温度过高或煅烧时间过长，将会产生过火石灰，使其熟化十分缓慢，因此，当使用这种生石灰时，应注意正确的熟化方法，以免影响工程质量。

若将块状生石灰磨细，可得生石灰粉。

根据建材行业标准《建筑生石灰》(JC/T 479—1992)和《建筑生石灰粉》(JC/T 480—1992)的规定,按有效氧化钙和氧化镁含量及杂质的相对含量,将生石灰及生石灰粉划分为3个等级。具体指标见表2—4及表2—5。

表 2—4 建筑生石灰技术指标 (JC/T 479—1992)

项 目	钙质生石灰			镁质生石灰		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
CaO+MgO 含量, 不小于 (%)	90	85	80	85	80	75
CO <sub>2</sub> 含量, 不大于 (%)	5	7	9	6	8	10
未消化残渣含量 (5 mm 圆孔筛余), 不大于 (%)	5	10	15	5	10	15
产浆量, 不小于 (L/kg)	2.8	2.3	2.0	2.8	2.3	2.0

表 2—5 建筑生石灰粉技术指标 (JC/T 480—1992)

项 目	钙质生石灰粉			镁质生石灰粉			
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	
CaO+MgO 含量, 不小于 (%)	85	80	75	80	75	70	
CO <sub>2</sub> 含量, 不大于 (%)	7	9	11	8	10	12	
细度	0.90 mm 筛的筛余, 不大于 (%)	0.2	0.5	1.5	0.2	0.5	1.5
	0.125 mm 筛的筛余, 不大于 (%)	7.0	12.0	18.0	7.0	12.0	18.0

## (二) 生石灰的熟化

生石灰在使用前应先加水进行熟化, 即得熟石灰, 也称之为消石灰。

生石灰在熟化过程中, 放热量大, 具有较强的水化能力, 体积膨胀。成分较纯且煅烧良好的生石灰熟化时, 体积增大 3~3.5 倍, 含杂质且煅烧不良的生石灰熟化时, 体积增大 1.5~2 倍。

将生石灰中淋以 70% 左右的水, 使之充分熟化, 再经磨细, 筛分制得的颗粒细小、分散的干粉称为熟石灰粉或建筑消石灰粉。

据我国建材行业标准《建筑消石灰粉》(JC/T 481—1992) 规定, 建筑消石灰粉按氧化镁含量不同分为钙质消石灰粉 (MgO 含量 < 4%)、镁质消石灰粉 (MgO 含量: 4%~24%) 和白云石消石灰粉 (MgO 含量: 24%~30%)。其技术指标见表 2—6。

表 2—6 建筑消石灰粉的技术指标 (JC/T 481—1992)

项 目	钙质生石灰粉			镁质生石灰粉			白云石消石灰粉			
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	
CaO+MgO 含量, 不小于 (%)	70	65	60	65	60	55	65	60	55	
游离水 (%)	0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2	
体积安定性	合格	合格	—	合格	合格	—	合格	合格	—	
细度	0.9 mm 筛筛余, 不大于 (%)	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0.5
	0.125 mm 筛筛余, 不大于 (%)	3	10	15	3	10	15	3	10	15

### (三) 石灰的特性

(GB 9776—1988) 建筑石膏

表 2-7

1. 保水性和可塑性好。利用这一性质，将石灰掺入水泥砂浆中，配制成混合砂浆，可显著提高砂浆的保水性。
2. 吸湿性强，耐水性差。因此，石灰不宜用于潮湿环境。
3. 硬化慢，强度低。
4. 硬化后体积收缩较大。
5. 放热量大，腐蚀性强。

### (四) 石灰的应用

1. 拌制灰土或三合土。

灰土是将消石灰粉和黏土按一定比例拌和均匀，夯实而成。

三合土是将消石灰粉、黏土和骨料按一定比例混合均匀并夯实。

2. 配制水泥石灰混合砂浆、石灰砂浆等，用于砌筑、抹灰工程中。

3. 生产硅酸盐制品。如粉煤灰砖及砌块、加气混凝土等，主要用作墙体材料。

### (五) 石灰的储运

生石灰吸水性、吸湿性极强，应分类、分等级储存在干燥的仓库内，不宜储存太久。如需长期存放，应将生石灰熟化成石灰膏。

生石灰受潮熟化要放出大量的热，且体积膨胀，所以，在运输中应有防雨措施并且不得与易燃、易爆品同时运输，以免发生火灾引起爆炸。

## 二、石膏

石膏也是一种使用较广泛的气硬性胶凝材料。

石膏主要成分是硫酸钙。在自然界中，硫酸钙以两种稳定形态存在，一种是未水化的，叫做天然无水石膏，另一种是水化程度最高的，叫做生石膏。

生石膏即二水石膏（又称天然石膏），是含有两个结晶水的硫酸钙（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ），微溶于水，具有较低导热率。

熟石膏是将生石膏加热至  $107 \sim 170^\circ\text{C}$  时，部分结晶水脱出，即成半水石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ ）。若温度升高至  $190^\circ\text{C}$  以上，可失去全部水分而变为硬石膏，即无水石膏（ $\text{CaSO}_4$ ）。半水石膏与无水石膏统称为熟石膏。熟石膏品种很多，建筑上常用的有建筑石膏、模型石膏、地板石膏、高强度石膏 4 种。

建筑石膏是将天然二水石膏等原料在一定温度下煅烧成熟石膏，再经磨细而成的白色粉末状物。

纯净的建筑石膏为白色粉末，密度为  $2.60 \sim 2.75 \text{ g/cm}^3$ ，堆积密度为  $0.8 \sim 1.1 \text{ t/m}^3$ 。国家标准《建筑石膏》（GB 9776—1988）规定：建筑石膏按照其强度、细度、凝结时间分为优等品、一等品和合格品 3 个等级，见表 2-7。

建筑石膏具有如下技术性质：

凝结硬化快、微膨胀性、孔隙率大、耐火性好、耐水性、抗冻性差。

建筑石膏在建筑工程中可用作室内抹灰、粉刷、制造各种建筑制品以及水泥制品中的外加剂。

表 2—7

建筑石膏技术性质 (GB 9776—1988)

封禁的次百 (三)

技术指标		优 等 品	一 等 品	合 格 品
强度 (MPa)	抗折强度, 不小于	2.5	2.1	1.8
	抗压强度, 不小于	4.9	3.9	2.9
细度	0.2 mm 方孔筛筛余 (%), 不超过	5.0	10.0	15.0
凝结时间 (min)	初凝时间, 不早于	6		
	终凝时间, 不迟于	30		

### 三、水泥

水泥是水硬性胶凝材料, 是建筑工程中最主要的材料之一。它不仅可用于地上工程而且适用于水中或潮湿环境中的工程。

水泥按矿物组成可分为硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、铁铝酸盐水泥等。

水泥按其性质和用途可分为通用水泥、专用水泥和特种水泥。

通用水泥是建筑工程中应用最为广泛的水泥, 它包括硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥等六大品种。

专用水泥是以所用工程的名称来命名的, 如砌筑水泥、道路水泥等。

特种水泥是具有某种突出特性的水泥, 如膨胀水泥、快硬水泥等。

建筑工程中使用最多的水泥为硅酸盐类水泥, 本节重点介绍此类水泥的性质及应用, 在此基础上, 对其他水泥作一般性的介绍。

#### (一) 硅酸盐水泥

国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB 175—1999)对硅酸盐水泥的定义为: 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, 也称波特兰水泥。

硅酸盐水泥分为两种类型, 不掺混合材料的称为Ⅰ型硅酸盐水泥(代号: 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为Ⅱ型硅酸盐水泥(代号: P.Ⅱ)。

硅酸盐水泥熟料指的是以适当成分的生料烧至部分熔融, 所得以硅酸钙为主要成分的产品, 简称熟料。

生料是指未经煅烧但已磨细的水泥原料。

#### 1. 硅酸盐水泥的原料及生产

##### (1) 硅酸盐水泥的原料

硅酸盐水泥的原料主要是石灰质(如石灰石、白垩、石灰质凝灰岩等, 是CaO的主要来源)和黏土质(如黏土、黄土等, 是SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的主要来源)两类。有时为调整化学成分, 还需加入少量辅助原料, 如用铁矿粉等铁质原料补充氧化铁的含量; 以砂岩等

硅质原料增加氧化硅的成分等。此外，为了改善煅烧条件，提高熟料质量，还常加入少量矿化剂，如萤石等。为调整硅酸盐水泥的凝结时间，在生产的最后阶段还要加入石膏。

### (2) 硅酸盐水泥生产的简要过程

硅酸盐水泥的生产工艺流程：生料的制备、磨细→煅烧形成熟料→熟料与适量石膏混合磨细得到硅酸盐水泥成品。概括起来，称为“两磨一烧”（磨细生料、磨细水泥、生料煅烧成熟料）。如图 2—3 所示。

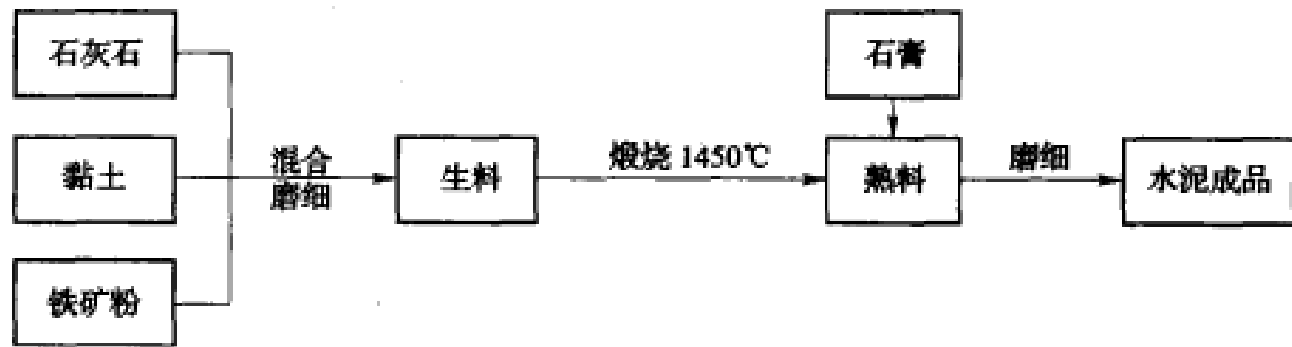


图 2—3 硅酸盐水泥生产过程示意图

生料在煅烧过程当中，发生一系列的化学物理变化，形成一定矿物组分的熟料。首先，生料在煅烧过程中分解成  $\text{CaO}$  和  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。随着温度的升高， $\text{CaO}$  与  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  结合，形成以硅酸钙为主要成分的水泥熟料。

### 2. 硅酸盐水泥的矿物成分

硅酸盐水泥熟料的主要矿物成分及含量见表 2—8。

表 2—8 硅酸盐水泥熟料的主要矿物成分及含量

矿物名称	化学分子式	缩写	含量 (%)
硅酸三钙	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	37~60
硅酸二钙	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	15~37
铝酸三钙	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	7~15
铁铝酸四钙	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	10~18

其中，硅酸钙含量为 75%~82%，而  $\text{C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF}$  仅占 18%~25%。除了表中所列这四种主要成分外，水泥中还存在着少量的有害成分，如游离氧化钙 ( $\text{CaO}$ )、氧化镁 ( $\text{MgO}$ )、硫酸盐（折合  $\text{SO}_3$  计算）等。若这些成分含量过多将会降低水泥的质量，国家标准中对此有严格限制。

水泥是几种矿物熟料的混合物，工程中使用水泥时，首先要用水拌和，产生水化反应并放出一定热量。不同矿物成分的水化反应是不同的。

硅酸三钙 ( $\text{C}_3\text{S}$ ) 是 4 种矿物成分中最主要部分。其水化热较高，强度增长很快，是决定水泥强度最重要的矿物成分。与水作用生成的水化物为水化硅酸钙和氢氧化钙。

硅酸二钙 ( $\text{C}_2\text{S}$ ) 水化速度较慢，水化热很少，早期强度很低，但后期强度高。与水作用生成的水化物为水化硅酸钙和氢氧化钙。

铝酸三钙 ( $\text{C}_3\text{A}$ ) 水化速度最快，水化热最高，强度值不高，后期增长甚微。与水作用生成的水化物为水化铝酸三钙。