

中等专业学校教学用书

非金属材料

高婉言 魏淑敏 编

煤炭工业出版社

中等专业学校教学用书

非金属材料

高婉言 魏淑敏 编

煤炭工业出版社

(京)新登字 042 号

内 容 提 要

本书系统介绍煤矿常用非金属材料。以建筑材料、木材、爆破材料、石油产品、橡胶及制品等为重点,对其组成、结构、性能、品种、规格表示、质量标准、计量单位、选材与代材,运输与保管等作了详尽的阐述,并对塑料及其它非金属材料作了知识性介绍。每章附有思考题。书后附有教学查阅资料。

本书是中等专业学校物资管理专业的通用教材,也可作为在职培训教材,或供自学人员参考。

责任编辑:姚 美 华

中等专业学校教学用书

非 金 属 材 料

高婉言 魏淑敏 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平门北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092mm¹/16 印张18¹/16

字数 441千字 印数1--9,435

1991年9月第1版 1991年9月第1次印刷

ISBN 7-5020-0557-9/TD·512

书号 3332

定价 4.45元

前 言

本书是煤炭中等专业学校物资管理专业的骨干教材。它是根据1989年包头会议讨论通过的课程大纲编写的。

参加本书编写的有秦皇岛煤炭工业管理学校高婉言（第一、二、六、七章）和大同煤炭工业学校魏淑敏（第三、四、五章）。由高婉言任主编。

本书在编写过程中得到了中国矿业大学、开滦矿务局、井陉矿务局、大同、秦皇岛煤炭工业学校的支持和帮助。在此谨致谢意。

由于编者水平所限，在教材的选材和内容方面，尚存不少不足之处，希望读者给予批评指正。

编 者

1991年3月

目 录

第一章 建筑材料	1
第一节 建材的基本性能	1
第二节 水泥	10
第三节 混凝土	30
第四节 玻璃	40
第五节 沥青及制品	47
第六节 保温隔热材料	56
第七节 煤矿常用的其它建材	64
复习思考题	72
第二章 木材	75
第一节 概述	75
第二节 木材的构造与结构	78
第三节 木材的主要物理及力学性能	84
第四节 树种的识别	90
第五节 木材的材种和规格标准	97
第六节 木材的尺寸检量和材积计算	101
第七节 木材缺陷的检量与计算	104
第八节 木材的质量标准与等级评定	115
第九节 木材的选用、保管及防腐	119
复习思考题	123
第三章 爆破材料	125
第一节 炸药	125
第二节 起爆材料	141
第三节 爆破材料的运输与保管	145
复习思考题	149
第四章 石油产品	150
第一节 概述	150
第二节 石油产品的主要质量指标	154
第三节 石油燃料	163
第四节 润滑油	171
第五节 润滑脂	185
第六节 液压支架用乳化液	193
第七节 液压油	196
第八节 电器用油	202
第九节 石油产品的贮存和运输	203
复习思考题	204
第五章 橡胶及制品	205

第一节 橡胶	205
第二节 橡胶制品的骨架材料	208
第三节 橡胶的配合剂	209
第四节 生产橡胶制品的基本工艺过程	210
第五节 煤矿常用橡胶制品	211
第六节 橡胶制品的保管	228
复习思考题	229
第六章 塑料	230
第一节 塑料的组成、分类及通性	230
第二节 通用塑料	233
第三节 工程塑料	239
第四节 特种塑料	242
第五节 常见的塑料制品	246
第六节 塑料的简易识别、保管及利用	250
复习思考题	252
第七章 煤矿常用的其它材料	254
第一节 煤矿常用的化工产品	254
第二节 涂料	263
第三节 粘合剂	276
复习思考题	281
附 录	283
一、工业用润滑油新旧牌号对照参考图	283
二、 L 、 D 和 H 的运动粘度值表(常用部分)	284
三、原木材积表	287

第一章 建筑材料

建筑材料是使用在建筑工程中所有材料的总称。建筑材料可分为金属建筑材料与非金属建筑材料两类。本教材主要介绍非金属建筑材料，简称建材。

建材是基本建设的重要物资，它在基本建设中起着先行作用，因此，建材工业的发展直接影响着国民经济的发展。

建材的品种繁多，煤矿主要用于井建与土建，它在煤矿生产中的用量较大。主要品种有水泥、平板玻璃、沥青及防水制品、保温及隔热制品等。

第一节 建材的基本性能

建材在工程中要承受各种力的作用，还要受空气、水分及其他物质的作用。为了保证工程坚固、耐久、美观、实用等多方面的要求，除设计正确、结构合理、认真施工外，根据工程要求选购、储备、供应性能匹配的建材，是物资供应部门的职责之一。为此，必须了解、掌握建材的基本性质，如物理性质、力学性质、热工性能、耐蚀性及与水有关的性质等。

一、建材的物理性能

1. 密度

干燥材料在绝对密实状态下、单位体积的质量称为密度。常用符号“ ρ ”表示，密度可按下式计算：

$$\rho = \frac{G_p}{V_p}$$

式中 ρ ——材料的密度， g/cm^3 ；

G_p ——材料干燥时的质量， g ；

V_p ——绝对密实状态下的体积， cm^3 。

材料绝对密实状态下的体积是指不包括材料内部孔隙在内的体积。根据材料结构不同，其测量方法有三种：

规则而密实的材料：直接按其几何体积测定；

孔隙和散状材料：应磨细、干燥后用比重瓶测定；

不规则而密实的材料：用排水法测定绝对密实体积，这时的密度可以用材料的质量与同体积水的质量比来表示，称为“视密度”，或称为“相对密度”。

每种材料的密度是一个固定不变的数值，它只取决于材料的组成、物质结晶、结构状态，而与材料的孔隙状态无关。因此，在物资管理中常用来作质量指标，此外，用来作密实材料体积与重量的换算依据，也用来判断某些材料的性质，如水泥变质后其密度就发生改变等。

2. 重力密度

重力密度在旧计量单位制中称为容重。它是指材料在自然状态下，单位体积材料所受的

重力,简称重度,以:“ γ_0 ”表示。

$$\gamma_0 = \frac{G}{V_0}$$

式中 γ_0 ——材料的重度, N/m^3 ;

G ——材料所受的重力, N ;

V_0 ——材料在自然条件下的体积, m^3 。

重度是一个变值,通常是指材料在气干状态下单位体积材料所受的重力。

散状材料的重度,常用堆积体积来作自然状态下的体积,数量较少时,也可用容器来计算体积。

重度在物资管理中常用来作重力与体积换算的依据。

3. 孔隙率与密实度

孔隙是指材料内部的空隙。根据它的特征,可分为连通孔与封闭孔两种。连通孔又称为开口孔,其孔隙与材料体外连通。封闭孔是指孔隙与材料体外相隔绝的。

根据孔径的大小,孔隙又可分为粗孔、细孔与微细孔3种。粗孔孔径在1mm以上;细孔孔径在1mm以下;微孔孔径在1/100mm以下。孔径大小和孔的特征,对材料的性能影响很大。

衡量孔隙的指标为孔隙率与密实度。

孔隙率:孔隙率是指材料在自然堆积状态下,颗粒间孔隙体积占材料总体积的百分率。其计算公式为

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) \times 100\%$$

式中 P ——材料的孔隙率,用%表示。

密实度:密实度是指材料体积内充实固体物质占总体积的百分率。其计算公式为

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\gamma_0}{\gamma} \times 100\%$$

式中 D ——材料的密实度,用%表示。

孔隙率和密实度的大小,对材料性能影响较大。一般情况下,强度与孔隙率成反比,但和密实度成正比;保温性能与孔隙率成正比,而与密实度成反比;孔形特征、孔隙率与材料的抗冻性有关,连通孔、孔隙率大的材料抗冻性差。

二、建材的力学性能

材料在外力的作用下,材料内部质点的平衡被破坏,从而产生了平衡外力的抵抗力,称为材料的内力。单位面积的内力称为材料的应力。材料抵抗外力作用的性能统称为材料的力学性能。

建材中常见的力学性能主要有:

1. 强度与比强度

材料在外力作用下抵抗破坏的性能称为强度。建材的强度一般是以材料试样被破坏时的极限应力值来表示。强度因外力种类不同而分为抗压强度、抗拉强度、抗弯抗(折强)度与抗剪强度。还因加荷速度不同又分为静力强度与冲击强度。

建材的抗压、抗拉、抗弯(抗折)、抗剪的试验示意图见图1-1。

材料抗压、抗拉与抗剪强度可按下述公式计算:

$$R = \frac{P}{F} \text{ 或 } \frac{P}{F} \times 10^{-2}$$

式中 R ——材料的抗压、抗拉、抗剪强度, N/cm^2 ;

P ——破坏时最大荷载, N ;

F ——受力截面积, cm^2 。

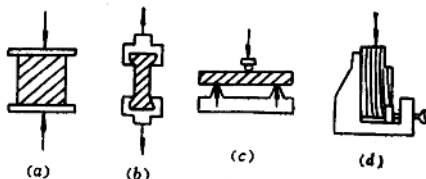


图 1-1 材料承受各种外力示意图

a—抗压; b—抗拉; c—抗弯; d—抗剪

材料的抗弯(抗折)强度与受力情况有关。一般试验方法是將試件放在两个支点上,中间用一集中荷载,这时试件的变形是一个综合变形。对矩形截面试件,其抗弯(抗折)强度用下面公式计算:

$$R_{\text{抗弯(抗折)}} = \frac{3PL}{2bh^2} \text{ 或 } \frac{3PL}{2bh^2} \times 10^{-2}$$

式中 L ——两支点间的距离, cm ;

b 、 h ——试件横截面的宽及高, cm 。

强度是建材力学性能中一个重要指标,几乎所有用于构造的材料都需要一定的强度,所以,建材中某些材料采用它作为材料的“标号”(例如水泥)、或强度等级(例如普通粘土砖等)。

比强度是指按单位重量计算的强度。其值等于材料的强度和其重度的比值,它是用来衡量材料轻质高强的指标。它与建筑物的自重有着密切的关系,是高层建筑必须考虑的指标。

2. 弹性与塑性

材料在外力的作用下产生变形,当外力除去后,变形完全恢复,材料的这种性能称为弹性。相反,当外力除去时,材料仍然保持全部或部分变形,这种性能称为材料的塑性。

单纯表现出弹性或塑性的材料是很少的。在外力作用时,材料的弹性与塑性变形往往是先后或同时出现的。

大多数建材弹性较小,只有沥青具有一定弹性,而具有塑性的材料则较多,如水泥、沥青、粘土等都具有较好的塑性。

3. 韧性与脆性

韧性与脆性是材料力学性能中两个相对的性质。如在冲击力作用下,只使材料产生很大变形而不至破坏的性能,称为材料的韧性,反之,材料无明显变形而突然破坏,这种性能称为材料的脆性。在建材产品中,很多都属于脆性材料,典型的是玻璃,其次如砖、石、混凝土等也为脆性材料。

材料的脆性与韧性取决于材料的组成与结构,但同时也受温度、湿度、受力条件及材料缺陷的影响。一般情况下,温度低、湿度大、快速增加荷载及缺陷等,均能使材料增加脆性。

4. 硬度

材料抵抗较硬物质压入的性能称为材料的硬度。通过硬度大致可以推断材料的强度与耐磨性能。

表 1-1 莫氏硬度表

序号	矿物	注 释
1	滑石	易为指甲所刻划
2	石膏	能为指甲所刻划
3	方解石	易为钢刀所刻划
4	萤石	在不大的压力下能为钢刀刻划
5	石灰石	在大压力下能为钢刀所刻划
6	长石	不容易刻划
7	石英	
8	黄玉	
9	刚玉	
10	金刚石	

硬度的表示方法较多, 建材的硬度常用莫氏硬度表示。它是利用刻划法来测定的。几种常见非金属矿的莫氏硬度见表1-1。

5. 变形性

材料在外力的作用下, 其质点的距离要发生改变, 材料就会产生变形。材料的变形随着材料的结构与外力作用不同而改变, 主要有弹性变形、塑性变形、徐变及松弛。

(1) 弹性变形与塑性变形。材料在外力的作用下产生变形, 当外力消除后即能完全恢复原来状态的变形称为弹性变形; 当外

力消除后不能完全恢复原来状态的变形, 称为塑性变形或永久变形。

弹性变形是由于外力对材料质点的作用, 但其没有超过质点间的相互吸引力, 当外力消除后, 各质点仍回到原来的位置, 变形消失。这种变形与外力成正比。

塑性变形是由于外力超过了质点间相互吸引力, 使部分质点不能回到原来位置, 产生了部分破坏, 使变形不能消失。力与变形不能成比例关系。

(2) 徐变与松弛。材料在长期受到不变的外力作用下, 其变形会随着时间的加长而不断增大, 这种现象称为徐变, 或称为蠕滑变性。徐变作为一种不可恢复的塑性变形, 主要因为在材料中含有某些非晶体的胶体物质, 它们具有粘稠液体流动性而形成的。另外, 当材料中的晶体结构存在着缺陷时, 也会产生徐变。徐变的产生和发展与材料的应力有关, 当应力未超过极限强度时, 徐变会随着时间的增加而减少, 最后材料变形停止; 当应力超过极限强度时, 徐变会随着时间的增加而增大, 直到材料破坏时为止。徐变还受温度、湿度的增加而加大。徐变决定了材料抵抗长期外力作用的性能, 它对建材的使用有很大的影响。

材料在荷重作用下, 其总的变形不变, 而塑性变形增加使弹性变形减少, 因而引起应力降低的现象称为松弛。由于材料的松弛性质使所负担的应力分布发生了变化, 在材料使用时应考虑松弛性能。

在非金属材料中, 木材与无机胶凝材料受徐变和松弛的影响较大, 使用时必须考虑。

三、建材与水的有关性能

各种建材在使用过程中都要和水接触, 材料由于水的作用, 性能也会有所改变, 尤其对材料的强度、耐久性的影响更为突出, 这在选材过程中更应注意。

建材与水有关的性能, 分为下列几部分:

1. 亲水性和憎水性

建材在使用过程中经常要与水接触, 当材料在空气中与水接触时, 如果水分子之间的互相作用力小于材料与水分子之间的作用力, 则水就会浸润材料表面, 这时在空气、水和材料表面的夹角 θ 愈小, 其浸润性愈好, θ 角称为润湿边角。一般认为, 当 $\theta \leq 90^\circ$ 时

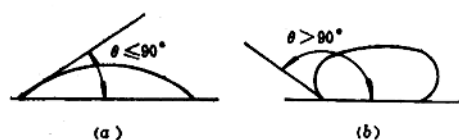


图 1-2 亲水性与憎水性材料的示意图

(图1-2a), 材料对水的亲水性好, 称为亲水性材料。亲水性材料毛细管中的水分形成凹形液面, 并随着毛细管直径与 θ 角的大小而进到一定的深度。当水分子之间互相作用力大于水分子与材料之间的作用力时, 水滴在材料的表面尽力保持球形。即 $\theta > 90^\circ$ (图1-2b), 材料对水表现憎水性, 称为憎水性材料。憎水性材料毛细管中的水分形成凸形液面, 除在有压力的情况下, 一般水不会进入材料内部, 表面不会被水所浸润。

在建材中, 常见的亲水材料有砖、瓦、混凝土等; 憎水材料有沥青。

2. 吸水性与吸潮性

亲水性材料浸入水中或在空气中, 其毛细孔都会吸收水分, 材料从水中吸收水分的性能称为吸水性, 在空气中吸收水分的性能为吸潮性。一般用吸水率和含水率表示。其计算公式为

$$B = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\%$$

式中 B ——材料的吸水率或含水率, %;

$G_{\text{湿}}$ ——材料吸致饱和水时的重量, g;

$G_{\text{干}}$ ——材料干燥时的重量, g。

吸水性与吸潮性的大小主要取决于润湿边角的大小, θ 角愈小其吸水性愈大。吸水性与吸潮性的大小还受孔隙率大小与孔隙特征的影响, 一般情况下, 孔隙率大, 且其孔的特征为细微连通孔时, 吸水率也大。除此以外, 材料的吸水性与吸潮性还受温度、湿度的影响, 特别是吸潮性, 温度低、湿度大时, 吸潮性也大。

吸水率是建材的一个重要指标。材料吸水后会改变其某些性能, 例如烧结材料吸水后强度下降, 而导热性与导电性则增加。所以, 某些孔隙性材料常用吸水率来衡量其质量的好坏。

3. 耐水性

材料长期在饱和水的作用下不受破坏, 其强度也不明显下降的性质, 称为耐水性。

任何材料吸收水分后都会降低分子间的结合力 (产生化学反应的例外), 强度会有不同程度的下降, 耐水性好的材料强度下降较少。材料的耐水性用软化系数表示, 其计算公式为

$$K_P = \frac{R_w}{R_D}$$

式中 K_P ——材料的软化系数;

R_w ——材料在吸收水饱和时的抗压强度;

R_D ——材料在干燥情况下的抗压强度。

K 值愈小, 材料吸水后的抗压强度下降愈多, 其耐水性愈差。故软化系数常成为建材用在潮湿或水下工作时的主要指标。软化系数波动在0~1之间。 K 值大于0.85的材料称为耐水材料, 可用于潮湿及水下的重要结构。0.75~0.85之间的材料可用于受潮较轻的次要结构中。用于干燥结构中的材料, 可以不考虑其软化系数。

4. 抗渗性

抗渗性又称不透水性。材料在压力水的作用下, 其抵抗水透过的性能称为材料的抗渗性。抗渗性的好坏与材料的孔隙率、孔径及孔的特征有关。孔隙率大、孔径大而连通时其

抗渗性差、抗渗强度低。通常用渗透系数表示:

$$K_s = \frac{\theta}{At} \times \frac{d}{H}$$

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

θ ——透水量, cm^3 ;

A ——透水面积, cm^2 ;

t ——透水时间, h ;

d ——试件厚度, cm ;

H ——压力水头, cm 。

渗透系数是指在单位时间内在单位压力水头作用下, 试件单位面积渗透的水量。渗透系数大的材料其抗渗性差。

如果每隔一定时间, 对试件增加0.1MPa的压力, 直至其透水时为止, 这时, 试件所承受的水压力, 称为材料的抗渗标号, 以 B_1 、 B_2 ...等表示。如 B_{10} 说明试件在1MPa以上的水压力下产生渗水。抗渗标号常为材料防水结构的重要指标。

5. 抗冻性

材料在饱和水的状态下, 抵抗多次冻融作用而不破坏, 也不严重降低其强度的性能, 称为抗冻性。

水在结冰时其体积增大9~10%, 材料孔隙中的水分结冰时, 由于体积膨胀, 对孔壁产生压力, 经过多次冻融就会使孔壁的破坏, 使材料内部结构疏松、强度下降。

材料抗冻性的好坏用抗冻标号表示。抗冻标号是将材料浸水饱和作冻融试验, 直到强度降低不大于20~25%, 重量损失不大于5%时所经受的冻融次数, 通常用 M_5 、 M_{10} 、 M_{25} 、 M_{50} 、 M_{100} 、 M_{200} 等表示。

材料的抗冻性受材料的强度、吸水性、耐水性、孔隙率及孔形特征的影响, 同时还受外界条件的影响, 如冻结温度、冻结速度、冻融周期等影响。在选用材料时必须根据使用环境与气候条件选择, 并按标准冻结条件检测材料的抗冻性。在实验时, 冻结温度一般要求低于 -15°C 。

四、建材的热工性能

建材在建筑物中, 除了要求强度等性能外, 还要求维持室内温度, 为生产和工作及生活创造适宜条件, 因此, 建材还要考虑热工性能。建材的热工性能主要有导热性、热容量、耐热性及耐燃性。

1. 导热性

热量由材料一面传到另一面的性质称为材料的导热性。导热性的大小用导热系数表示, 均质材料的导热系数为

$$\lambda = \frac{Qa}{(t_1 - t_2)F\tau}$$

式中 λ ——导热系数;

Q ——传热量;

a ——材料的厚度, m ;

$t_1 - t_2$ ——材料两侧温差, $^\circ\text{C}$;

F ——传热面积；

τ ——传热时间。

材料的导热系数愈小，其保温性愈好，习惯上把导热系数低于 $0.2\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的材料称为保温隔热材料。

导热系数和材料内部孔隙结构有着密切的关系。由于空气的导热系数很小 $[\lambda=0.02\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$ ，所以材料孔隙率愈高，导热系数愈小，但孔径粗大或贯通的孔隙，由于增大空气的对流作用，材料的导热系数则随着孔隙率的增大而增大。材料吸水后提高材料的导热性能，如果吸水后又冻结，其导热性提高更大，所以对于保温隔热材料，要注意选择抗水性和抗冻性好的材料。

2. 比热和热容量

材料加热时吸收热量、冷却时放出热量的性质称为热容量。热容量的大小用比热 c 来表示：

$$c = \frac{Q}{G(t_2 - t_1)}$$

式中 c ——材料的比热， $\text{J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ；

Q ——加热 G 公斤材料，使其温度由 t_1 升到 t_2 所消耗的热量；

G ——材料的重量， kg 。

比热的物理意义是指 1kg 材料温度升高 1 度时所需要的热量。比热大的材料，为较好的保温材料。

3. 耐热性与耐火性

材料在温度不太高的范围内抵抗温度的性能，称为耐热性。如油毡耐热性达几十摄氏度，而石棉耐热性达几百摄氏度，因此，耐热性常用作衡量某些材料的指标。

耐火性是指材料在高温（ 1000°C 以上）下抵抗高温作用而不被破坏的性能。如在钢铁工业和玻璃工业中用的炉衬，它们就长期经受很高的温度，这些材料的质量指标就是耐火度。

4. 耐燃性

耐燃性是指材料在火焰的作用与氧气产生氧化反应而燃烧的难易程度，称为耐燃性。耐燃性可分为3种情况：

（1）耐燃性好的不燃材料。这种材料在火焰与高温的作用下不起火、不阴燃、不炭化。如水泥、砖、瓦、石棉等。

（2）耐燃性较好的难燃材料。这种材料在上述情况下不起火或起火后在火源撤离后就立即停止燃烧。如聚氯乙烯、氯丁橡胶等。

（3）耐燃性差的易燃材料。这种材料见火就燃烧。如木材、沥青等。

了解和正确区分各种材料的耐燃性，对物资在使用、储运、保管中均有重要作用。

五、材料的耐蚀性

材料抵抗各种侵蚀物质破坏作用的性能称为材料的耐蚀性。

侵蚀物质对材料的侵蚀破坏，是由于它与材料产生了化学反应、物理变化及综合的物理与化学变化的结果。如果以化学侵蚀为主，材料抵抗化学侵蚀的性质则称为化学稳定性；在高温下抵抗化学侵蚀的性质称为热化学稳定性；耐火材料在高温下耐侵蚀的性能称

为抗渣性。

衡量材料耐蚀性的方法较多，常用酸、碱失量表示耐酸、耐碱性，即将试件浸在一定浓度的酸或碱溶液中加热或煮沸，然后测定其重量损失，以衡量其对酸、碱的抵抗性能。硫酸盐的侵蚀不是溶解作用，而是改变材料的成分结构，使强度或体积发生了变化。测定方法是將试件浸入硫酸盐溶液中，一定时期后，测定其强度或体积，并以强度下降值或体积膨胀值来衡量耐蚀能力。

六、材料的组成、结构与构造对材料的性质的影响

从上述材料性能中看到，材料的很多性能与材料的组成、结构与构造有关，且受其很大的影响。

1. 材料组成的影响

材料的组成是指材料的化学成分、矿物成分，这些成分不但决定着材料的力学性能，而且还影响材料的耐蚀性和耐燃性。在 cement 中如硅酸三钙的含量大，则水泥的强度就高，但耐蚀性低；如硅酸二钙含量大，则水泥的早期强度低而后期强度增长快、耐蚀性好。又如在玻璃生产中，如增大氧化铝的含量，则玻璃的化学稳定性与强度就增大，但同时也会增大玻璃熔化时的粘度等等。企业在选材时只有很好地考虑到材料的组成，才能达到预期的使用效果。

2. 材料结构的影响

材料结构是指材料的微观构造，它对材料的力学性能与物理性能有着很大的影响。材料的结构一般可分为 3 类：

(1) 晶体结构。在固体中，原子、分子或离子作三维空间排列的为晶体结构。

晶体的性质因其组成的原子、分子或离子等的结合形式不同而有差异，晶体结合形式与材料性能的关系见表 1-2。

表 1-2 晶体结合形式与材料性质

结合形式 材料性质	离子晶体	共价键晶体	金属晶体	分子晶体
电学性能	导电性一般较小	导电性小	导电性大	导电性小
热学性能	熔点高	熔点高	熔点范围大，热传导性大	熔点低
强度与硬度	硬度大 强度大	硬度大 强度大	强度与硬度变化范围大	强度小 质软
构造	方向性小，密度中等	方向性大，密度小	方向性小，密度大	方向性小

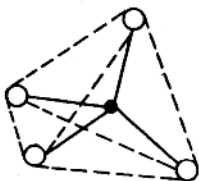


图 1-3 硅氧四面体构造

● — 硅原子
○ — 氧原子

建材中的晶体结构主要是硅酸盐晶体结构，形成硅酸盐晶体骨架的基本构造单位为硅氧四面体。它是以硅原子为中心与 4 个氧原子，以共价键结合而成的四面体。如图 1-3 所示。

在硅氧四面体中，硅最外层有 4 个电子，氧最外层有 6 个电子，都未能达到饱和，因此硅可以和氧共用 1 个电子达到饱和，而氧尚各缺 1 个电子才能达到饱和，总有俘获 1 个电子的趋势，因而称之为活性氧。硅氧四面体以 4 个顶角为活性氧，

具有较强的化学活性，它可以俘获 4 个电子带有负电，通过离子键和阳离子相联，形成离子型化合物；也可以通过共用电子对形成共价键；也可以在硅氧四面体之间共用顶角（共用氧）。硅氧四面体既可以独立存在，也可以顶角相互联接，即每个硅氧四面体既可以与 1~4 个硅氧四面体相连，形成复杂的络阴离子，这就导致硅酸盐晶体结构的复杂性和多样性。硅酸盐晶体结构有下列几种连接方式：

岛状结构：硅氧四面体孤立存在，络阴离子为 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ ，氧所剩余的一个负价与阳离子结合；或两个硅氧四面体以一个公共氧连接，该公共氧的电荷为 2 个硅所中和，另外 6 个活性氧可用来联系其它阳离子的络阴离子为 $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ ，以上两种结构称为岛状结构。如未水化的硅酸三钙和硅酸二钙等。该结构活性氧较多，具有较活泼化学性能。

链状结构：链状结构可分为单链和双链两类。单链结构络阴离子的化学式可写成 $[\text{SiO}_3]_n^{2n-}$ ，即络离子中每个硅氧四面体以 2 个顶角分别与相邻的 2 个硅氧四面体连接沿一个方向延伸的连续链。如温石棉。双链结构络阴离子的化学式可以写成 $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_n^{6n-}$ ，即硅氧四面体中有 2 个角顶共用氧和 3 个顶角的共用氧连接而成一向延伸的连续双链，如透闪石石棉。该结构链间为共价键结构，比较稳定，因此顺链的抗拉强度大，而链间为离子结构，稳定性差，其强度较低，故纤维性强。

层状结构：每个硅氧四面体的顶角与相邻的 3 个硅氧四面体相连接，形成两向延伸的单面层，层与层之间靠金属阳离子联系，在层状硅氧四面体中，每个相邻单位中有 4 个硅和 10 个氧，活性氧总和为 4，其络阴离子的化学式为 $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_n^{4n-}$ 。该结构的特点是构造较疏松，硬度小、比重小、层间结合力小、易分层。如滑石、云母等。

架状结构：每个硅氧四面体的顶角均与其它四面体相连，形成向三度空间无限扩展的骨架。在这种结构中，由于硅氧四面体的全部顶角都用来和相邻的四面体连接，四面体中氧的电价都被中和，均为惰性氧，该结构的特点为整体性能好，比较坚硬，强度大，刚性较好。如石英等。

(2) 玻璃体结构。熔融物在冷却时，如冷却速度很快，使质点来不及按规则排列成为晶体，就已凝成固体，这种结构称为玻璃体结构。

玻璃体结构为无定形体，其特点为没有固定的几何特征，没有固定的熔点，加热时先软化后熔化；具有各向同性，破坏时无解理面等。这种结构虽是无定形体，但它也是由许多极微小的微晶集合而成，质点间的能量仍然存在，从而有化学不稳定性，某些材料还具有化学活性。如具有玻璃体结构的粒状高炉矿渣、火山灰、粉煤灰等，常利用其化学活性作为水泥的活性掺料。

(3) 胶体结构。胶体是一些细小分散粒子（直径 1~100μm）分散在介质中的结构。由于胶体的质点很微小，其表面积很大，具有很大的表面能，因此具有很强的吸附能力，这是胶体具有很大粘结力的原因。胶体由于脱水作用或质点的凝聚力作用而产生凝胶，凝胶体属于固体与液体的混合物，具有固体的性质。由长链状分子构成的固体骨架称为弹性凝胶，而具有三维网状构造的固体骨架则称为刚性凝胶。前者有明胶与沥青等，后者有硅胶与硅酸盐类水泥的水化产物水化硅酸钙等。

胶体虽具有固体性能，但胶体在长期应力作用下，又具有粘性液体的流动性质。胶体固体微粒外层的吸附膜越厚，则流动性越大，膜越薄则刚性越大。混凝土结构的徐变就是由水泥胶体所产生的。

一般说来,晶体结构材料的性质随其结构而改变,在使用中常设法改变晶体的粗细、结构等,以便更符合要求。非晶体的形态和性质变化均较大,有的是脆性固体,有的是塑性胶体,而且这类材料在使用中,大多能同时产生弹性变形与塑性变形,并受环境温度的影响。

七、材料构造对材料使用的影响

材料的宏观组织状态统称为材料的构造。材料的各种性能除受组成及结构的影响外,还与材料的构造有着密切的关系。例如同一类材料,构造越均匀、密实,强度越高;构造呈层状、纤维状时,具有各向异性;构造疏松、多孔时,除降低材料的强度、密度外,还影响其导热性、保温性、耐久性、耐冻性等。这说明材料的构造状态常决定着材料的使用性能和使用方法,如选择不当,会造成很大的损失与浪费。

综上所述,这些性能是选用材料的主要参数。

第二节 水 泥

水泥是一种粉状物质,当它与适量的水拌合后,生成具有塑性的浆体,并随着时间的增加,逐渐凝结硬化为坚硬的石状体,并能在凝结硬化过程中将散状材料粘合成型,因此水泥是一种很好的胶凝材料。

胶凝材料有两类,一类为链状固体骨架胶体结构的有机胶凝材料,如沥青等材料;另一类为三维状固体骨架的刚性胶体结构的无机胶凝材料,如水泥、石灰等材料。无机胶凝材料按硬化的条件不同又分为两种,一种是只能在空气中硬化而不能在水中硬化,即只能在空气中保持或继续增长强度的气硬性无机胶凝材料;另一种是在水中和空气中均能硬化并能保持或继续增长强度的水硬性无机胶凝材料。水泥则是最好的水硬性无机胶凝材料。而石灰则属于气硬性胶凝材料。

水泥除有水硬性外,还具有较好的塑性,可按不同技术要求制成各种水泥制品。水泥也能粘结廉价的砂、石等散状材料,制成各种混凝土;水泥还能和钢筋、纤维及某些高分子材料等增强材料组成各种复合材料。所以,水泥不但是基本建设中的一种重要的建筑材料,而且也是建筑工业中不可缺少的生产原料及维修材料。在基本建设领域中,水泥、木材、钢材一直被并列为三大材料。我国由于木材资源缺乏,加之钢材生产能力有限,因而,水泥对木材、钢材还起着间接代材的作用。当前,水泥已成为保证国家建设计划顺利进行、促进国民经济发展的必备材料之一。

我国水泥品种较多,现已发展到60余种,使用范围也从土建工程扩大到石油、冶金、化工、机械等部门。水泥的分类方法逐渐统一,基本上有两种分类方法。

一、水泥的分类

1. 按矿物成分分类法

按矿物成分不同,水泥可分为以下4种:

(1) 硅酸盐系水泥。这类水泥以硅酸钙为主要矿物成分,包括一般硅酸盐水泥和特殊硅酸盐水泥。

(2) 铝酸盐系水泥。这类水泥以铝酸盐为主要矿物成分,包括高铝水泥、石膏矾土膨胀水泥等。

(3) 硫酸盐系水泥。这类水泥以硫酸盐及硫铝酸盐为主要矿物成分,包括硫铝酸盐水泥。

(4) 磷酸盐系水泥。这类水泥以磷酸盐为主要矿物成分。

2. 按产品管理方法分类

这种分类方法是按水泥的性质、用途等混合分类, 它可将水泥分为以下 7 种:

(1) 一般水泥。它包括硅酸盐水泥、普通水泥、矿渣水泥、火山灰质水泥、粉煤灰水泥等。

(2) 快硬高强水泥。它包括高级水泥、快硬水泥、特快硬水泥、高铝水泥、磷酸盐水泥等。

(3) 水工及耐侵蚀水泥。它包括抗硫酸盐水泥、大坝水泥、防潮硅酸盐水泥、耐酸水泥等。

(4) 膨胀水泥。它包括硅酸盐膨胀水泥、石膏矾土膨胀水泥等。

(5) 装饰水泥。它包括白水泥、彩色水泥。

(6) 油井水泥与耐高温水泥。它包括油井水泥与耐火水泥。

(7) 地方性水泥。它包括石膏矿渣水泥、石灰矿渣水泥、石灰火山灰质水泥、赤泥硫酸盐水泥等。

在煤炭工业中, 使用最多的为一般水泥。

二、硅酸盐系水泥

硅酸盐系水泥的熟料主要由氧化钙 CaO 、三氧化二铝 Al_2O_3 、二氧化硅 SiO_2 、三氧化二铁 Fe_2O_3 、4 种氧化物组成, 其含量为

CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
62~67%	20~24%	4~7%	2~5%

其次, 在硅酸盐系水泥熟料中还含有少量的氧化镁 MgO 、三氧化硫 SO_3 和极少量的氧化钛 TiO_2 、三氧化二锰 Mn_2O_3 、五氧化二磷 P_2O_5 、氧化钠 Na_2O 及氧化钾 K_2O 等, 其中氧化镁和三氧化硫对水泥有害。水泥中的氧化镁含量不得超过 5%, 三氧化硫的含量不得超过 3.5%。

(一) 硅酸盐系水泥的原料组成

为保证其化学成分, 生产硅酸盐系水泥的原料有石灰质原料、粘土质原料和辅助材料。

1. 石灰质原料

主要化学成分为碳酸钙 CaCO_3 的原料称为石灰质原料, 其主要品种为石灰石, 其次为白垩土、贝壳岩等。石灰质原料为水泥生产中提供了氧化钙 CaO 。

2. 粘土质原料

主要化学成分为三氧化二铝 Al_2O_3 、二氧化硅 SiO_2 的原料称为粘土质原料, 其主要品种为粘土、粘土质岩、黄土等。粘土质原料在水泥生产中提供了三氧化二铝 Al_2O_3 、二氧化硅 SiO_2 与少量的三氧化二铁 Fe_2O_3 。

3. 辅助原料

水泥生产过程中, 为调节化学成分、增加水泥产量、改善水泥性能, 经常要加入一些原料, 这些原料称为辅助原料。如为调节三氧化二铁的含量加入铁矿粉, 为改善水泥性能与增加产量要加入粒化高炉矿渣、火山灰质材料及粉煤灰等材料。

(二) 硅酸盐系水泥生产工艺