

中等专业学校试用教材

工程材料

天津铁路工程学校 王果然 主编

中国铁道出版社

内 容 简 介

本书是根据铁道部中等专业学校《工程材料》课程教学大纲编写的。适用于铁道工程、铁道桥梁、铁路隧道、工业与民用建筑等专业。

主要内容包括材料的基本性质, 气硬性胶结材料, 水泥, 混凝土及建筑砂浆, 建筑钢材, 木材, 砖、石, 沥青等防水材料以及装饰材料, 保温吸声材料, 建筑玻璃和建筑塑料等。为了加深对材料性质的了解, 书中还编入各种工程材料的试验。

中等专业学校试用教材

工 程 材 料

天津铁路工程学校 王果然 主编

*

中国铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

责任编辑 李云国 封面设计 翟达

中国铁道出版社发行 各地新华书店经销

中国铁道出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \text{ mm}^1/16$ 印张: 10.25 字数: 253千

1990年11月 第1版 第1次印刷

印数: 1—12000 册

ISBN 7-113-00821-6/TU·188 定价: 1.90元

前 言

本书是根据铁道部批准的中等专业学校《工程材料》课程教学大纲进行编写的。适用于“铁道工程”、“桥梁与隧道”、“工业与民用建筑”等专业，也可供土木建筑专业的技术人员参考。本书共十章，内容涉及面较广，文字通俗，为初中毕业的学生所能阅读；理论联系实际，深入浅出，更突出地介绍了铁道各专业所应用的特殊材料；为了加强实践性教学，提高对材料品质的识别能力，编入了工程材料试验。

本书的绪论、第一、二、三章、第七章第二节及第十章，由天津铁路工程学校王果然编写；第四章、第七章第一、三节由衡阳铁路工程学校邝为民编写；第五、六、八章由包头铁路工程学校吴久征编写；第九章由成都铁路工程学校朱丽君编写。全书由王果然主编，成都铁路工程学校杨邦治主审。

编 者

一九八八、十二

目 录

绪 论	1
第一章 材料的基本性质	3
第一节 物理性质	3
第二节 力学性质	8
第三节 化学性质	10
第二章 气硬性胶凝材料	11
第一节 石 灰	11
第二节 石 膏	14
第三节 水玻璃	16
第三章 水 泥	18
第一节 硅酸盐水泥	18
第二节 特种水泥	26
第四章 混凝土及建筑砂浆	31
第一节 普通混凝土	31
第二节 轻混凝土	55
第三节 防水混凝土	60
第四节 建筑砂浆	61
第五章 建筑钢材	67
第一节 概 述	67
第二节 建筑钢材的技术性质	69
第三节 钢材的技术标准和应用	74
第四节 钢的腐蚀与防锈	83
第六章 木 材	84
第一节 木材的分类与构造	84
第二节 木材的性质	86
第三节 木材的干燥与防腐	92
第四节 木材的综合利用	93

第七章 砖、石.....94

第一节 砖.....94

第二节 天然石材.....98

第三节 砌块和墙板103

第八章 防水材料106

第一节 沥 青106

第二节 沥青的应用及其制品110

第九章 其它建筑材料115

第一节 装饰材料115

第二节 保温、吸声材料119

第三节 建筑玻璃123

第四节 建筑塑料125

第十章 工程材料试验129

第一节 材料基本性质试验129

第二节 水泥试验133

第三节 混凝土试验141

第四节 石油沥青试验150

第五节 钢材试验153

绪 论

一、工程材料在土建工程中的作用

土建工程中所使用的各种材料均称工程材料，或称建筑材料。它为土建工程的基础，它的品种、规格、本质，都直接影响工程的使用与坚固。一般工程的材料费占总建筑费用的60~80%，所以材料的适当选择，节约用量以及合理的施工均对工程建设有很大的经济价值。

二、《工程材料》课程在专业中的重要性及学习方法

工程材料的内容是很广泛的，它包括：制造各种材料所使用的原料，工艺过程，制品的成分和其所起的作用与特性，施工过程中材料本身的性质转化与防止措施，材料的种类、技术标准、应用范围、品质鉴定方法等。我们的目的是研究、掌握这些内容，更好地在工程实践中应用它，从而可以提高设计水平与施工质量。所以这门学科是土建各专业所必设的技术基础课，是从事土建工程的人员所必须具备的基础知识。

本课程为叙述性课程，但也有它的系列理论，为了取得事半功倍的学习效果，应注意以下几点：

1. 要理解材料的主要性质，便于结合客观环境选用材料的适当品种，根据材料的特性采用正确的施工方法而保证工程质量。
2. 要运用已学的物理、化学、力学等基础知识，来分析其品质转变的原因，便于采取相应措施来提高工程的质量。
3. 要掌握品质鉴定方法，辨别材料的质量以决定是否适用。
4. 随时注意新材料的信息，多阅读专业的书刊，了解材料发展的动态及新材料的生产情况。
5. 献身实践掌握材料的真实情况，从中取得应用的经验。
6. 要掌握材料各种性质间的内在联系，可得举一反三的效果。

三、工程材料的发展方向

随着社会生产力与自然科学的进一步发展，推动了各种工业的迅速发展，各项工程需要大量的新材料，所以工程材料工业必须急速发展才能满足四个现代化建设的要求。材料的发展方向是：

1. 轻质高强 提高材料强度减轻材料的自重，不仅能保证构件承担设计荷载，还可以缩小构件的断面尺寸，降低材料的使用量与运输量，所以轻质高强为材料发展的主要方向。
2. 预制大型 材料如按工程的要求在工厂预制成构件，运到工地进行安装。一可减少工地堆存材料的场地；二可进行机械化施工节省大量人力；三可缩短施工期，使工厂可提早投产，对人民可迅速改善居住条件，对城市的美化也能作出贡献；在运输与安装的可能条件

下,尺寸越大则优越性越强,附属配件越完全施工越方便。如房屋建筑的预制钢筋混凝土大板,桥梁上整跨的钢筋混凝土板梁,都有一定标准规格可大量生产,促进了建设速度。

3. 坚固耐久 一切建筑物均是人力物力积累的结晶,希望能延长使用寿命,我国万里长城、西安的大雁塔、赵州石拱桥、都江堰水利工程等都是一、两千年前的建筑物,中间虽有些维修,但流传至今仍然无恙,这是我们祖辈在材料选择与施工技术上作出无比优越的成绩。现在我国对各种材料制定了国家标准,应当在国家规定的基础上精益求精,生产的材料则更加坚固、耐久和适用。

4. 利用废料及使用复合材料 工矿企业产生的大量废料(如矿渣、炉灰、煤矸石等),如能将其转变成工程材料,则变废为宝一举两得。还有单一材料的本身,在性能上有其优缺点,优点总满足不了工程上的要求,缺点也难于克服,如掺入其它材料综合使用,不仅能提高建筑性能,还可互补其缺点。凡使用两种或两种以上的材料综合成一种新的材料时即称为复合材料。例如钢筋混凝土,用钢筋承受拉力,就可以充分利用混凝土的抗压强度,而混凝土又提高钢筋的刚性,综合成的构件能承受各样外力,发挥了它的建筑性能,扩大应用面。这是工程材料使用上的发展方向。

5. 美化 随着国民经济的发展和人民生活水平的不断提高,我国现有的建筑形式已不能满足人民审美的要求。同时所有建筑物应与其邻近环境配合好,造型美观、色彩协调,这与材料的选择有密切关系,所以现代装饰材料的发展较其它材料为快。

第一章 材料的基本性质

第一节 物理性质

主要论述工程材料的状态与结构特征。

一、密度与容重

物体是由物质的实体及其孔隙体积所组成。密度是表示物质在一定体积内实有的数量，其定义为单位体积物质的质量称为密度。其单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 。

密度有两种可能性：一种是绝对密实状态下单位体积的质量，另一种是自然状态下单位体积的质量，因之密度随物质所含孔隙体积的多少不同而不同。当绝对密实时其密度可称为“密实密度”，代表符号为 ρ ，计算式如下：

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

式中 m —— 物质的质量 (g 或 kg)；

V —— 密实体积 (cm^3 或 m^3)。

如带有孔隙体积时的密度应称为“自然密度”，其计算式如下：

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

式中 V' —— 带孔隙的体积 (或自然体积)。

绝对密实是理想的，但在自然界中，绝对密实物质很少，而绝大部分物质为“自然密实”或比较密实的物质。

如求整体物质的密实密度时，可先将物质砸碎接近粉末状，表示体内的孔隙已砸碎，凹面向外，这些小颗粒本体已接近密实，再用李氏比重瓶利用排开同体积水的方法，测得小颗粒物质的绝对体积，将质量除以密实体积而得密实密度；如求松散颗粒（砂子、石子等）的密实密度时，其颗粒小我们认为是够密实的（当颗粒中孔隙不影响使用时），也是用排开同体积水的方法求得体积，其质量除以体积，此时所得的密实密度称为表观密度，以资与真正的密实密度相区别。在试验室常用 ρ 及 ρ' 计算密实度和孔隙率。

任何物质均有重力，重力是由物质本身的质量与重力加速度所组成。

容重的定义是：自然状态下单位体积物质的重力称为容重，其计算式为：

$$\gamma = \frac{W}{V'}$$

式中 γ —— 容重 (kg/m^3)；

W —— 重力 (N 或 kN)；

V' —— 自然体积 (m^3)。

影响容重的因素很多，如密实情况、含水量，材料结构等。
如砂石等颗粒材料间是带有空隙的、其容重称“松散容重”。
质量与重力有其本质上的区别，根据牛顿第二定律知道

$$m = \frac{W}{g} \quad g \text{ 代表重力加速度}$$

可引出 $\rho = \frac{\gamma}{g} \quad \text{此处的 } \rho \text{ 代表密度}$

在实验室用天平或磅秤所称的重量实为质量，因物质与砝码同时均受重力加速度，双方消去重力加速度，则物质实质与砝码的实质相同，故所称的重量为质量，单位为g或kg；如用弹簧秤称重量时，只有物质本身受重力加速度，没有砝码，无从消去重力加速度，其重量应为重力，单位为N或KN。在建筑中各构件所承受的力即承担的各物质的总重力，它们都具有重力加速度，故应称为承受多少N的力。

容重适用于工程构件上，运输与储存上。

二、密实度与孔隙率

密实度为整体物质中物质实体充实的程度。孔隙率是物体中孔隙体积占总体积的百分率。两者意义相同，说法不一，两者之和应为1或100%。

密实度的计算式为：

$$D = \frac{V}{V'}$$

当 $\rho = m/V$ 换算为 $V = m/\rho$
 $\rho' = m/V'$ 换算为 $V' = m/\rho'$

代入上式则得

$$D = \frac{\rho'}{\rho}$$

式中 D ——密实度；
 ρ' ——自然密度；
 ρ ——密实密度。

一般材料的密实度均小于1或100%。

孔隙率的计算式为：

$$P = (1 - D) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'}{\rho}\right) \times 100\%$$

式中 P ——孔隙率。

因孔隙的形状不同分为：开口与闭口，封闭与贯通，孔隙个大与个小等，它们对材料性质的影响情况不一样。

松散颗粒之间有空隙，这些空隙的总体积占材料自然体积的百分率称为空隙率。空隙率与孔隙率的意义相同，其算法也一样。

三、亲水性与憎水性

材料吸附水的能力不同，当水分子的内聚力大于水分子对材料的吸附力时，水在材料表

面形成水珠状可以滚动而不吸附成一薄层，此种现象为憎水性；当水分子的内聚力小于水分子对材料的吸附力时，水滴在材料表面不成水珠，而扩大成一薄层水在材料表面上，此种现象称亲水性。在图 1—1 中可看出，从空气，水滴与材料三者的接触点上沿水珠的弧线作切线，此切线与水及材料的接触面形成的夹角称润湿角，其夹角 $\alpha < 90^\circ$ 者为亲水性材料， $\alpha \geq 90^\circ$ 者为憎水性材料。



图 1—1 润湿角
(a) 亲水材料；(b) 憎水材料。

四、吸水性与吸湿性

把材料放在水中，它能吸收水分的性能称吸水性。在吸水饱和时水的质量占干燥材料质量的百分率称为吸水率。当材料接触地面，因微细管现象吸引地表水，或在空气中吸收水蒸气的性能称吸湿性。材料体内水的质量占干燥材料质量的百分率称含水率。吸水率及含水率的计算式相同：

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

$$W_{\text{体}} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{V'} \times 100\%$$

式中 $W_{\text{质}}$ ——以质量计的吸水率或含水率；

$W_{\text{体}}$ ——以体积计的吸水率或含水率；

$m_{\text{湿}}$ ——湿材料的质量；

$m_{\text{干}}$ ——干燥材料的质量；

V' ——自然体积。

注意： $W_{\text{体}}$ 的公式中，因水的质量数值(g)与水体积的数值(cm^3)相等，故以其体积数值代替质量数值进行计算。

当憎水性材料其孔隙为闭口及封闭的孔隙时，其吸水性及吸湿性小，抗渗性强；当亲水性材料的孔隙为开口、贯通及细管道孔隙率大时，它的吸水性及吸湿性强；如孔隙粗大时，水不易保持而流失，则吸水性反变小，吸湿性亦小。

木材为亲水性材料，又由管状细胞组成，孔隙率大，孔隙为开口与贯通，所以它的吸湿性很强，它的含水率随气候的变化而变化。

五、抗渗性与抗冻性

抗渗性 液体物质常因水位高低或水压大小而渗入材料本体的孔隙或裂隙中，通过孔道从对面流出，抵抗液体穿过材料本体的性能称抗渗性。地下工程或水下工程所用的材料都要考虑它的抗渗性。如地下室的地面材料及墙壁材料的抗渗性不好，地下水很容易因水压而渗入室内，使地下室潮湿或积水不适使用。一般防水材料可通过水压试验测其抗渗性

能。表示抗渗程度的符号为 S_1 、 S_2 、 S_4 、 S_6 、 S_8 等， S_4 表示在 0.4MPa 的水压下不能透水，或说它的最大抗渗性能为 0.4MPa 水压下不能透水。

材料的抗渗性能与材料的孔隙特征及孔隙率有关，如孔隙为开口、贯通、孔大与孔隙率大者抗渗性差。有时孔隙率虽大而孔隙为闭口及封闭时，其抗渗性也好。

水渗入材料内，气温降至冰点以下时，水结冰而体积膨胀，将材料本体胀裂。凡材料饱和后抵抗多次冻融而破坏的性能称为抗冻性。寒冷地区及严寒地区和水位变化部位的工程都要考虑材料的抗冻性，温度越低的地区对抗冻性要求越高。材料的抗冻性能好坏以“冻融循环”次数表示之。

材料的遭受破坏不是一下就能达到破坏的程度，当材料受第一次外力时，表面虽未显破坏，但其内部已产生微小的裂隙，再受外力时，其应力集中于裂隙的两端点，使裂隙顺长向延长，宽向加深，如是裂隙逐渐扩大，经多次外力后上下裂隙连接起来造成了全面的断裂，形成破坏。冻裂材料也是这样发展的，冻融循环一次表示材料冻结复融化一次，材料内部受扩张一次，冻融循环次数多才破坏。如冻融循环多一次加大裂隙的程度小，表示材料的抗冻性好。故以材料受破坏时，经受冻融循环次数多少来评定其抗冻性能高低。一般是根据地区的温度不同，施工规范规定的冻融循环次数不同，越寒冷地区冻融循环次数越多。试验时，在规定的冻融循环次数后，其质量损失不超过 5%，强度损失不大于 25% 者，认为抗冻性合格。抗冻标号多写为 D_{25} 、 D_{60} 、 D_{130} 等， D_{25} 表示冻融循环 25 次后，其抗冻性应合格。

六、耐 水 性

材料分子间有连接力，常因外来水的浸入而削弱了它的连接力；还有材料中含有容易被水软化的成分，遇到水就使其强度降低。凡抵抗因水浸而强度降低的性能称为耐水性。以软化系数 ($K_{\text{软}}$) 表示其耐水程度，其值在 0 ~ 1 之间。计算式如下：

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

式中 $R_{\text{饱}}$ ——材料饱和水时的抗压强度；

$R_{\text{干}}$ ——材料干燥时的抗压强度。

如粘土的软化系数为 0，因它容易被水所软化；玻璃、钢材等的软化系数为 1，因其体内不含有任何能被水软化或溶解的成分。在水中及受潮的工程中，所使用的材料均应考虑其软化系数，一般软化系数在 0.80 以上的材料即认为是耐水材料。实际工程中所使用的岩石质密实，如石灰岩、花岗岩、硅质砂岩等的软化系数均在 0.95 以上。用于干燥环境的材料则不必考虑之。

七、热膨胀系数

物质的热胀冷缩是一自然规律（除水外），我们以 0℃ 时物质体积或长度为标准，在常温下温度变化的大小与物质体积或长度的胀缩有一定的规律，是按一定比值进行变化，此比值称热膨胀系数。例如 0℃ 时 1m 长的混凝土，每升高 1℃，它的长度即增长 0.01mm，其比值 $0.01/1000 = 0.00001$ ，这 0.00001 就是该混凝土的线向热膨胀系数。简称线膨胀系数，或写为 $10 \times 10^{-6}/K$ 。为了便于测定，其计算式如下：

$$\alpha_1 = \frac{l_t - l_0}{l_0}$$

式中 α_1 ——线膨胀系数 ($1/K$) ;

l_t —— 0°C 时的长 (mm) ;

l_0 —— $t^\circ\text{C}$ 时的长 (mm) 。

如钢筋的线膨胀系数为 $(10\sim12) \times 10^{-6}/K$; 骨料的岩石线膨胀系数为 $(6.3\sim12.4) \times 10^{-6}/K$; 混凝土线膨胀系数为 $(5.8\sim12.6) \times 10^{-6}/K$ 。

当计算材料因温度变化所产生的应力时,都以线膨胀系数为依据。如混凝土路面在一定长度内要留一接缝,这与两根钢轨的连接处要留一个缝隙的道理一样,这都是给胀缩留有余地。

八、热 容

欲使物质温度升高时,物质本身先吸足自己所应具有的热量以后,才能升高温度;温度降低时,也是随着热量放出温度才降低。所吸收的热量或放出热量多少的性能称热容 (J/K)。热容的大小用比热容表示之 ($J/kg \cdot K$)。凡一千克的物质每升高 $1K$ 或降低 $1K$ 时,它应吸收的热量或放出的热量即其比热容。其算法如下:

$$Q = mC(K_2 - K_1)$$

式中 Q ——吸收或放出的热量 (kJ) ;

m ——材料的质量 (kg) ;

C ——比热容 ($J/kg \cdot K$) ;

$K_2 - K_1$ ——温度变化 (K) 。

欲求比热容时可将上式移项得出:

$$C = \frac{Q}{m(K_2 - K_1)} J/kg \cdot K$$

建筑房屋所用的材料,如比热容大时,对建筑物先给予大量的热,室内温度才能上升,这样室内温度升高较慢;当室外温度降低时,建筑物放出的热量也多,放热的时间长,使室内温度降低缓慢。室内温度较为稳定不会骤冷骤热,使人感觉舒适。在我们安装暖气时,气暖就是变化快,水暖室内温度变化较缓慢,因为水的比热容较气体的比热容为大。又如我国东北地区住房多用火墙取暖,其目的是比热容较大,使室内温度变化缓慢。

九、导 热 性

建筑物的构件两面温度不同时,高温面的热要经过构件本体传导至低温面上,这种性能称导热性。房屋建筑是维护人的正常工作与生活的,应能保持一定的室温,不因日晒而室内过于炎热,也不因风雪而室内寒冷,这就要求建筑材料具有较低的导热性能。凡导热性能低的材料称保温材料。导热性能的大小用导热系数表示之,称为热导率。如材料传导热的面积越大,时间越长,材料两对面的温度差越大,其传导过去的热量越多,成正比关系;当材料本体越厚,传导过去的热量越少,成反比关系。各种材料传导热的性能不一样,其计算公式如下:

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{A \cdot t \cdot (K_2 - K_1)} W/m \cdot K$$

式中 Q ——热量 (kg) ;

d ——材料厚度 (m) ;

A ——材料的导热面积 (m^2) ;

t ——材料的导热时间 (s) ;

$K_2 - K_1$ ——材料两对面的温度差 (K) 。

为了使室内温度少受室外气候的影响, 就要求墙体与屋顶材料的导热性能小, 就是 λ 值低。通常 λ 值 $< 0.29 \text{W/m} \cdot \text{K}$ 的材料称为保温材料。真空的热导率最低, 静止的空气热导率仅次于真空为 $0.023 \text{W/m} \cdot \text{K}$ 。凡是干燥多孔隙的物质当中静止的空气多, 保温的性能强。

材料的热导率 ($\text{W/m} \cdot \text{K}$)

表 1-1

名 称	热导率(λ)	名 称	热导率(λ)
矿渣棉	0.044~0.047	软木板	0.047~0.070
火山岩棉	0.041~0.050	木丝板	0.128~0.151
普通玻璃棉	0.052~0.054	毛毡	0.045~0.048
普通超细玻璃棉	0.035~0.038	普通粘土砖	0.70
膨胀蛭石	0.065~0.080	粘土空心砖	0.40
膨胀珍珠岩	0.052~0.076	密闭空气	0.023
泡沫玻璃	0.042~0.049	水	0.60~0.56
聚氨酯泡沫板	0.042~0.044	冰	2.33
泡沫混凝土	0.12~0.29	钢	58.20

第二节 力学性质

材料在外力作用下, 能使材料变形甚至遭到破坏, 凡能抵抗外力避免过大变形或防止破坏的各种性能称力学性质或机械性质。

一、变形与破坏

强度与变形的理论是, 一切物质是由分子组成的, 各分子间具有一定的吸引力与排斥力, 形成正常内力的平衡状态。当外力给予拉伸(或压缩), 分子间的吸引力(或排斥力)产生抵抗外力的本性, 继续加大外力超过分子间的吸引力(或排斥力)时, 强使分子间的距离加大(或缩小), 外形变长(或缩短), 所加的外力不再变化时, 分子间吸引力与排斥力又得到新的平衡。当外力消除后, 分子间恢复到原始平衡的状态, 材料外形也恢复了原来的长度, 此现象称弹性变形; 如消除外力后, 不能恢复原来的长度, 分子间仍保持变形后新的平衡, 此现象称为塑性变形。

材料的破坏理论及疲劳现象: 材料内部存在有缺陷, 如微小的裂纹、气孔、杂质、分子排列不匀等, 受外力时应力集中于这些缺陷的周围, 扩大缺陷的严重性, 直至材料遭受破坏为止。如果材料受反复作用力, 这低于其极限强度即遭破坏, 其原因是: 内在的微小裂纹因反复作用而扩大, 弹性因频率而降低使缺陷更易扩大促进了破坏, 此现象称为疲劳现象, 经受疲劳后的强度称疲劳强度。

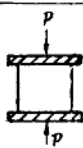
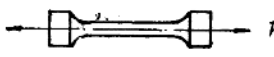
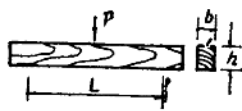
二、强 度

当材料受外力破坏时, 每单位受力面积上所能承受的最大外力, 即为此材料的强度。因受力方向不同, 分为压、拉、弯、剪四种形式, 在机器上还常受扭转力, 材料抵抗外力破坏

的强度可称为抗压强度、抗拉强度、抗弯强度或抗折强度、抗剪强度等。这些强度是通过静力试验测定的，故称静力强度。表1—2说明各种强度的受力形式及计算公式。所说的静力强度并没有引入明显的动能作用，其静力强度的大小主要决定于材料的成分、结构、构造。不同种类的材料强度不同，就是同种类的材料因构造不均匀，缺陷的程度不同，就是同一物体内其位置不同有时强度也不同。又如孔隙率大，有效的受力面积小，应力集中在缺陷的周围，因之强度降低；晶体结构，当晶体质点间距离越小强度越高，细晶者常比粗晶者强度大；其他因素也不同程度的影响强度，如受力面积相同，正立方体者较柱形的强度高，受压面积小的正立方体的强度比尺寸大的高；当外力增加的速度越快，显示的强度越高，或方向性不同其强度也不同。

静力强度分类

表1—2

强度类别	受 力 形 式	计 算 式	附 注
抗压强度 (R_y)		$R_y = \frac{P}{A}$ (1—14)	P ——破坏荷载(N) A ——受荷面积(m^2) L ——跨度(m) b ——断面宽度(m) h ——断面高度(m)
抗拉强度 (R_L)		$R_L = \frac{P}{A}$	
抗剪强度 (R_z)		$R_z = \frac{P}{A}$	
抗弯强度 (R_w)		$R_w = \frac{3PL}{2bh}$ (1—15)	

三、冲击韧性与脆性

冲击韧性是表示材料在动荷载的冲击下抵抗破坏的性能。凡冲击韧性较好的材料受较大外力时，先发生较大变形之后才破坏，如木材、低碳钢等均为韧性材料，这些材料大多是抗拉强度大于抗压强度。测定韧性的大小可用冲击试验机确定之，使试件破坏时所消耗的“功”越多表示韧性越好。凡承受动荷载的构件均需用冲击韧性好的材料。

脆性是材料受外力不易变形，加大外力还没有明显变形时就骤然破坏的性质。如岩石、玻璃、混凝土、粘土砖瓦等，一般是抗压强度大于抗拉强度，此种材料不能用于承受动荷载的构件。

四、硬度与耐磨性

材料抵抗外物压入本体的性能称为硬度。各种材料的硬度不一样，由它的成分、结构、构造所决定。滑石与石英的硬度就不一样。材料中有能溶于水的成分时，其硬度随含水量的

增加而降低,粘土干燥时较坚硬,遇水则软化。硬度与其他力学性质均有内在关系,有时可根据硬度值推知其强度大小和抵抗磨损的性能高低。测定硬度的方法多用压痕法(压入的深浅),刻痕法(能否刻画出痕迹),回弹法(回弹力的大小)等。

耐磨性为材料抵抗外物的摩擦而遭受损失的性能。硬度大强度高的材料耐磨性好。凡用于路面、地面、桥面、阶梯等部位的材料都要考虑其耐磨性。

第三节 化学性质

一、抗 蚀 性

材料处于介质之中,当材料的成分遇到酸碱盐等介质时,能起化学变化使材料变质遭受破坏并失去应用的价值,此现象是材料被浸蚀坏,凡抵抗外物因化学作用而被浸蚀的性能称抗蚀性。设计时对建筑物的客观环境要给予考虑,如海水中的工程、盐碱地的工程、化工厂的建筑物等都应选择适当的材料,避免介质的浸蚀。

二、耐 腐 性

是指植物材料不易腐朽的性质,一般植物多由木质素及木纤维组成,木质素与木纤维均能被菌类分泌出的酵素分解成简单的糖类,成为养料供菌类营养与繁殖,还有一些昆虫也是将木质素及木纤维为养料而蛀蚀,总之使植物组织破坏失去强度或钻成孔洞失去美观性,这也是经过化学变化造成的损失。

三、老 化

有机材料在使用过程中受介质的影响而起着很复杂的变化,其中包括化学变化及物理变化,其变化内容也不一样,总之使材料在空气中及日光下起氧化及其他复杂的复杂作用而逐渐变硬变脆,最后产生裂纹致使材料失去应起的作用,此现象称为老化。如沥青材料、油漆、塑料、橡胶等材料的变质。

四、风 化

材料在大气中受风吹、雨淋、日晒、尤其水的破坏作用,使材料逐渐产生剥落、揭层、粉化等现象称为风化,多表现在天然岩石、粘土砖、灰砂砖、混凝土等无机材料上。

以上所讲的这些性质都有它们的内在联系,互为因果,归纳起来可以得到一些自然规律。如孔隙率大时,自然密度小,强度小、隔音保温性能强,当孔隙为开口贯通时抗渗性、抗蚀性、抗冻性、耐水性差;如为亲水性材料、孔隙小、开口贯通时,孔隙率大的吸水性及吸湿性大、易风化,耐久性差。又如一般材料多为越硬越脆,耐磨性好,在一定范围内强度高,冲击韧性差,不适用于承受动荷载的构件。这些性质的规律仅仅是一些通性,同时各种材料还有其特性,也应注意。

了解这些性质及其内在的关系,主要是知其一种性质而能推知其他性质,便于适当的选择材料及合理的使用材料,使建筑工程达到满意的要求。

第二章 气硬性胶凝材料

建筑物主体多由小块或粒状材料胶结成为整体,凡起胶结作用的材料称胶结材料。因它初时为塑性好的浆状物质,逐渐凝固硬化而成为具有一定强度的固体物质,故也称为胶凝材料。

胶凝材料种类很多,根据化合物种类不同分为:有机胶凝材料和无机胶凝材料。

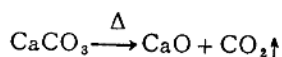
无机胶凝材料又根据硬化条件不同分为:气硬性胶凝材料与水硬性胶凝材料。

气硬性胶凝材料只有在空气中凝结硬化,并继续提高其强度,如石灰、石膏、水玻璃等。

第一节 石 灰

一、分 类

将石灰石入窑焙烧至1000℃左右而成的白色块状物质,即为石灰,也称生石灰。有时呈浅灰色或浅红色,其化学反应式如下:



石灰石 生石灰

石灰石的蕴藏量大、分布广,生产程序简单、成本低廉。在制造过程中,当窑内温度不均匀时,形成欠火,正火,过火现象。将石灰块打断,其断面内硬边软的为欠火石灰,其中心所以硬是因为没烧透,内部石灰石未变成石灰,使用时未烧成部分不能起石灰的作用,降低了石灰利用率,其断面内外均较软时为正火,这是好石灰;其断面边硬中软时为过火石灰,其表面的杂质被焙烧成为玻璃物质,质硬较密实,不易与水作用,待石灰浆硬化后才渐渐水化体积膨胀,胀裂了工程的表面。

石灰石的杂质较多,故石灰中也常含有杂质。在石灰中含氧化镁 $\leq 5\%$ 时称钙质石灰; $> 5\%$ 时称镁质石灰;含硅、铝及铁等的氧化物总含量超过5%时,称硅质石灰。各种石灰根据品质分为三个等级,其技术指标见表2—1。

生石灰主要技术指标

表 2—1

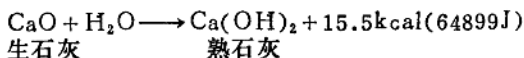
项 目	指 标								
	钙石灰			镁石灰			硅质石灰		
	一等	二等	三等	一等	二等	三等	一等	二等	三等
活性氧化钙与氧化镁的含量(%) $\geq$	85	80	70	80	75	65	75	70	60
未消化残渣含量(5mm圆孔筛余)(%) $\leq$	7	11	17	10	14	20	10	14	20

注:凡达不到三等品中任一项指标者为等外品。

二、石灰的熟化及凝固硬化

(一) 熟化作用

生石灰与水化合产生氢氧化钙，此化学变化称熟化作用，氢氧化钙也称熟石灰。



熟化过程中，体积胀大约1.5~2.5倍，放热量也很大。石灰的熟化速度不同分为：

1. 快熟石灰 在10min内绝大部分石灰熟化完了。在熟化石灰时应先放水后加入石灰，使其熟化时的温度降低，促其熟化速度，因温度过高易起逆反应。
2. 中熟石灰 在10~30min间熟化完了，熟化石灰时先放灰，再大量放入水，使其进行正常的熟化作用。
3. 慢熟石灰 在30min后才发现熟化现象，总之熟化速度缓慢，应提高温度使其熟化作用，可先放灰于拌灰池，后逐渐用少量水泼在石灰表面上，使少量石灰水化提高温度，同时水少不会损失其温度，这样提高温度以促其熟化速度。

石灰浆施工前必须将石灰彻底熟化完了，因其多含有熟化慢的石灰颗粒，如在搅拌灰浆时未熟化，施工后石灰浆硬化完了才开始吸收空气中水分进行熟化作用，因体积膨胀而使硬化了的石灰层产生裂纹，或抹好的石灰墙面产生很多凸泡，降低施工质量并失去美观性。

石灰熟化的方法，在地面上砌筑拌灰池，其旁的地下挖一个坑，避免石灰浆脏污，其内壁及坑底码一薄层砖，从地面的拌灰池经过一个闸门通向地下滤灰池，此闸门有一个铁丝网，将石灰浆中的颗粒状渣滓留在拌灰池中，流入滤灰池的石灰浆都是细腻的石灰汁。其中的水逐渐渗入池底及四壁的土壤中，剩余的为粘稠的石灰浆称为石灰膏。此浆应放置两周以上，使其石灰颗粒均能彻底熟化，再也没有未熟化的颗粒。放置时期称“陈伏”时期。此种石灰浆用于建筑不会产生有渣滓抹不平或抹后产生凸泡或裂纹的现象。

(二) 石灰浆凝固硬化

其凝固硬化过程分为两部分：石灰浆的内部因石灰与水作用而自动分散成很微细的胶状体颗粒，具有塑性及粘结性，由于水分挥发或被吸收逐渐浓缩，呈氢氧化钙的过饱和溶液而析出针状结晶，此针状结晶穿插于胶状颗粒间，提高其强度，此为结晶过程；石灰浆的表面与空气中二氧化碳气接触，产生碳酸钙为矿物质使其硬化。此碳酸钙组织致密遮蔽二氧化碳气的深入发展，又因空气中二氧化碳含量少，故碳化速度很慢，同时向深度发展更不容易，此为碳化部分；内部石灰浆的水分被基底吸收外，同时碳酸钙阻挡了内部水分的挥发，使石灰浆硬化缓慢，强度增加也慢，故施工后的工程较长时间处于潮湿状态，其硬化后强度也不高。时常用加入水泥的方法来提高其强度。

三、石灰的特性及其应用范围

(一) 石灰中氧化钙有效成份的含量决定石灰的等级。氧化钙与水结合成为氢氧化钙而固相体积膨胀，石灰的产浆量越多表示石灰的氧化钙含量越大。

(二) 生石灰在空气中极易吸收水分，转变成氢氧化钙，因体积膨胀变成粉状，购买石灰时块状越多越好，分为“二八灰”乃八成块二成粉，“三七灰”乃七成块三成粉。尤其氢氧化钙遇空气中二氧化碳，当非活性的氧化钙量多时，石灰的作用降低，品质差，这等于石灰在空气中自行消失其作用，所以购进石灰不可放置过久，应及时熟化沉淀成石灰膏使用。

(三) 石灰浆不适用于潮湿环境中，长期受潮降低强度或粉化或剥落，如被水浸还能因溶解而溃散。还有石灰浆硬化后强度低，不能用于多层楼房的承重墙或基础。只适用于平房