



执业资格考试丛书

一级注册建筑师考试辅导教材

第四分册

建筑材料与构造

(第三版)

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 编



中国建筑工业出版社

执业资格考试丛书

一级注册建筑师考试辅导教材

第四分册 建筑材料与构造

(第三版)

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

一级注册建筑师考试辅导教材. 第四分册, 建筑材料与构造/
《注册建筑师考试辅导教材》编委会编. —3 版. —北京: 中国建筑
工业出版社, 2006

(执业资格考试丛书)

ISBN 7-112-07858-X

I. 一… II. 北… III. ①建筑材料-建筑师-资格考试-自学参考
资料②建筑构造-建筑师-资格考试-自学参考资料 IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 157466 号

责任编辑: 张 建

责任设计: 董建平

责任校对: 孙 爽 张 虹

执业资格考试丛书
一级注册建筑师考试辅导教材
第四分册 建筑材料与构造
(第三版)

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京密云红光制版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18¼ 字数: 440 千字

2006 年 1 月第三版 2006 年 1 月第五次印刷

印数: 19001—27000 册 定价: 35.00 元

ISBN 7-112-07858-X

(13812)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

注册建筑师考试辅导教材

编 委 会

主任委员 赵知敬

副主任委员 于春普 翁如璧

主 编 曹伟浚

编 委 (以姓氏笔画为序)

于春普 张思浩 周惠珍 朋改非

赵知敬 贾昭凯 翁如璧 曹伟浚

曾 俊

第三版前言

建设部和人事部自1995年起开始实施注册建筑师执业资格考试制度。

为了帮助建筑师们准备考试,本书的编写教师自1995年起就先后参加了北京市一、二级注册建筑师考试辅导班的教学工作。他们都是本专业具有较深造诣的高级工程师和教授,分别来自北京市建筑设计研究院、北京建筑工程学院、北京工业大学、北京交通大学、中国人民大学、清华大学建筑设计院和原北京市城市规划管理局。作者以考试大纲为依据,以现行规范、标准为基础,为学员们编写了本套考试辅导教材。教材的目的是为了指导复习,因此力求简明扼要、联系实际,着重对规范的理解与应用,并注意突出重点概念。

本教材于2001年正式出版,2003年按新的考试大纲及新的标准、规范对该版教材进行了全面修订;2004年除对部分内容作了增补和替换外,还增加了各章课后习题的光盘;今年再次进行了修订。参加本教材编写的专家如下:第一及第八章,耿长孚;第二章,张思浩;第三章,王其明;第四章,姜中光;第五章,任朝钧;第六及第七章建筑部分,翁如璧;第九章,钱民刚;第十、十二、十三章及第七章结构部分,曾俊;第十一章,林焕枢;第十四章,汪琪美;第十五、十六章,李德富;第十七章,吕鉴、张岩;第十八章及第七章空调部分,贾昭凯;第十九章及第七章电气部分,冯玲;第二十章,朋改非;第二十一章,杨金铎;第二十二章,周惠珍;第二十三章,刘宝生;第二十四章,李魁元。

为方便考生复习,本教材分5个分册出版。第一分册包括第一至第八章,内容为“设计前期 场地与建筑设计”部分;第二分册包括第九至第十三章,为“建筑结构”部分;第三分册包括第十四至第十九章,为“建筑物理与建筑设备”部分;第四分册包括第二十及第二十一章,为“建筑材料与构造”部分;第五分册包括第二十二至第二十四章,为“建筑经济 施工与设计业务管理”部分。

考生在复习本教材时,应结合阅读相应的标准、规范。每章后均附有参考习题,可作为考生检验复习效果和准备考试的参考。此外,我们曾于2001年组织编写了《一级注册建筑师考试模拟试题集》,这几年每年都进行修订,收录了单选题近三千道,每题均提供了答案和解题提示;且书中还特别增加了作图题部分,并提供了参考答案;书后还制作了模拟试题光盘。这本《试题集》对考生备考必定大有好处。

根据《行政许可法》,本书编委会不再冠以注册建筑师管理委员会的名义,但书的内容未变。经过每年的修订补充,书的质量每年都会更上一层楼。

祝各位考生考试取得好成绩!

《注册建筑师考试辅导教材》编委会

2006年1月

第四分册 建筑材料与构造

目 录

第二十章 建筑材料	1
第一节 建筑材料的基本性质.....	1
第二节 气硬性无机胶凝材料.....	8
第三节 水泥	12
第四节 混凝土	22
第五节 建筑砂浆	42
第六节 墙体材料与屋面材料	45
第七节 建筑钢材	50
第八节 木材	59
第九节 建筑塑料	62
第十节 防水材料	66
第十一节 绝热材料与吸声材料	74
第十二节 装饰材料	79
参考习题	85
答案	88
第二十一章 建筑构造	89
第一节 建筑物的分类、等级和建筑模数	89
第二节 建筑物的地基、基础和地下室构造.....	102
第三节 墙体的构造.....	119
第四节 楼板、楼地面、底层地面和顶棚构造.....	150
第五节 楼梯、电梯、台阶和坡道构造.....	166
第六节 屋顶的构造.....	172
第七节 门窗选型与构造.....	195
第八节 建筑工业化的有关问题.....	201
第九节 建筑装饰装修构造.....	208
第十节 高层建筑及老年人建筑和无障碍设计的构造措施.....	228
参考习题.....	258
答案.....	269
附录 1 全国一级注册建筑师资格考试大纲	270
附录 2 全国一级注册建筑师资格考试规范、标准及主要参考书目	273
附录 3 2005 年度全国一、二级注册建筑师资格考试考生注意事项	277
附录 4 谈注册建筑师考试	279

第二十章 建 筑 材 料

建筑材料是指在建筑工程中所应用的各种材料的总称，它所包含的门类、品种极多，就其应用的广泛性及重要性来说，通常将水泥、钢材及木材称为一般建筑工程的三大材料。建筑材料费用通常占建筑总造价的 50% 左右。

建筑材料可从不同的角度进行分类：

一、按材料的化学组成，可分为有机材料和无机材料两大类以及这两类的复合材料。见表 20-1。

建 筑 材 料 的 分 类 表 20-1

分 类			实 例
无 机 材 料	非 金 属 材 料	天然石材	毛石、料石、石板、碎石、卵石、砂
		烧土制品	黏土砖、黏土瓦、陶器、炻器、瓷器
		玻璃及熔融制品	玻璃、玻璃棉、矿棉、铸石
		胶凝材料	石膏、石灰、菱苦土、水玻璃、各种水泥
		砂浆及混凝土	砌筑砂浆、抹面砂浆 普通混凝土、轻骨料混凝土
		硅酸盐制品	灰砂砖、硅酸盐砌块
	金属材料	黑色金属 有色金属	铁、非合金钢、合金钢 铝、铜及其合金
有 机 材 料	植物质材料		木材、竹材
	沥青材料		石油沥青、煤沥青
	合成高分子材料		塑料、合成橡胶、胶粘剂、有机涂料
复 合 材 料	金属—非金属		钢纤混凝土、钢筋混凝土
	无机非金属—有机		玻纤增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土
	金属—有机		PVC 涂层钢板、轻质金属夹芯板

二、按材料的使用功能，可分为建筑结构材料、墙体材料、建筑功能材料及建筑器材等几大类。

建筑材料品种繁多，性能各异，价格相差悬殊，建筑材料的质量与选用，直接影响建筑物的坚固性、适用性、耐久性及经济要求。建筑师应对各种建筑材料的性能具有充分了解，以便能正确选择和使用建筑材料。

第一节 建筑材料的基本性质

本节将简要介绍以下基本性质及其指标，并对其中最重要的指标的测定与计算作扼要叙述。

一、建筑材料的物理性质

(一) 材料的密度、表观密度与堆积密度

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下，单位体积的质量，可用下式表示：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (20-1)$$

式中 ρ ——密度， g/cm^3 ；

m ——材料在干燥状态下的质量， g ；

V ——干燥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，在测定有孔材料的实体体积时，须将材料磨成细粉，干燥后用李氏瓶（排液置换法）测定。

2. 表观密度（原称容重，也称体积密度）

表观密度是指材料在自然状态下，单位体积的质量，可用下式表示：

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (20-2)$$

式中 ρ_0 ——表观密度， g/cm^3 ， kg/m^3 ；

m ——材料的质量， g ， kg ；

V_0 ——材料在自然状态下的体积（指包含内部孔隙的体积）（ cm^3 ， m^3 ）。

材料的表观密度的大小与其含水情况有关，应予以注明，通常材料的表观密度是指气干状态下的表观密度。

3. 堆积密度

仅适用于散粒材料（粉状或粒状材料）的一个指标，为在堆积状态下单位体积的质量。可用下式表示：

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (20-3)$$

式中 ρ'_0 ——堆积密度， kg/m^3 ；

m ——材料的质量， kg ；

V'_0 ——材料在堆积状态下的体积， m^3 。

常用建筑材料的密度、表观密度及堆积密度见表 20-2。

常用建筑材料的密度、表观密度及堆积密度

表 20-2

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 ~ 2800	—
碎石（石灰岩）	2.60	—	1400 ~ 1700
砂	2.60	—	1450 ~ 1650
黏 土	2.60	—	1600 ~ 1800
普通黏土砖	2.50	1600 ~ 1800	—
黏土空心砖	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	—

(二) 孔隙率与空隙率

1. 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积占总体积的比例，可按下式计算：

$$\text{孔隙率 } P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \quad (20-4)$$

材料中固体体积占总体积的比例，称为密实度，密实度 $D = 1 - P$ ，即材料的密实度 + 孔隙率 = 1。

材料的孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。孔隙率的大小及孔隙本身的特征（孔隙构造与大小）对材料的性质影响较大。

通常，对于同一种材质的材料，如其孔隙率在一定范围内变化，则这种材料的强度与孔隙率有显著的相关性，即孔隙率越大，则强度越低。

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占总体积的比例。可按下式计算：

$$\text{空隙率 } P' = \frac{V_{\text{空}}}{V'_0} = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} = 1 - \frac{V_0}{V'_0} = 1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0} \quad (20-5)$$

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。在混凝土中，空隙率可作为控制砂石级配及计算混凝土砂率的依据。

(三) 材料的亲水性与憎水性

材料表面与水或空气中的水汽接触时，产生不同程度的润湿。材料表面吸附水或水汽而润湿的性质与材料本身的性质有关。材料能被水润湿的性质称为亲水性，材料不能被水润湿的性质称为憎水性，一般可以按润湿边角的大小将材料分为亲水性材料与憎水性材料两类。润湿边角指在材料、水和空气的交点处，沿水滴表面的切线与水与固体接触面所成的夹角（ θ ），见图 20-1。

亲水性材料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，表面易被水润湿，且水能通过毛细管作用而被吸入材料内部。建筑材料大多为亲水性材料，如砖、混凝土、木材等；少数材料如沥青、石蜡等为憎水性材料。憎水性材料有较好的防水效果。

(四) 材料的吸水性与吸湿性

1. 吸水性

材料在水中能吸收水分的性质称为吸水性，吸水性的的大小用吸水率表示。吸水率是指材料浸水后在规定时间内吸入水的质量占材料干燥质量或材料体积的百分率。工程用建筑材料一般均采用质量吸水率。

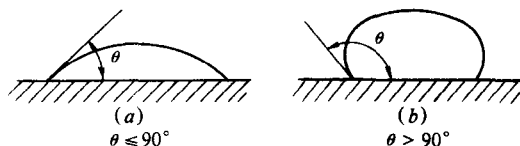


图 20-1 材料润湿示意图

(a) 亲水性材料；(b) 憎水性材料

$$\text{质量吸水率 } W_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (20-6)$$

式中 m_1 ——材料吸水饱和状态下的质量，g；

m ——材料干燥状态下的质量，g。

材料的吸水性与材料的亲水、憎水性有关，还与材料的孔隙率的大小、孔隙特征有关。对于细微连通孔隙、孔隙率愈大，则吸水率愈大。封闭孔隙，水分不能进入，粗大开口孔隙，水分不能存留，吸水率均较小。因此，具有很多微小开口孔隙的亲水性材料，其吸水性特别强。

2. 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。常用含水率表示，可用下式计算：

$$\text{含水率 } W = \frac{m_{\text{湿}} - m}{m} \times 100\% \quad (20-7)$$

式中 $m_{\text{湿}}$ ——材料吸收空气中水分后的质量，g；

m ——材料烘干至恒重时质量，g。

材料的含水率随空气湿度和环境温度变化而变化，也就是水分可以被吸收，又可向外界扩散，最后与空气湿度达到平衡。与空气湿度达到平衡时的含水率称为材料的平衡含水率。

材料的吸水性与吸湿性均会导致材料其他性质的改变，如材料自重增大，绝热性、强度及耐水性等产生不同程度的下降等。

(五) 材料的耐水性

材料长期在饱和水作用下不破坏，其强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料的耐水性用软化系数（K）表示：

$$K = \frac{\text{材料在吸水饱和状态的抗压强度}}{\text{材料在干燥状态下的抗压强度}} \quad (20-8)$$

软化系数的大小表示材料浸水饱和后强度降低的程度，其范围波动在 0 至 1 之间，软化系数愈小，说明材料吸水饱和后的强度降低越多，耐水性则愈差。对于经常处于水中或受潮严重的重要结构物的材料，其软化系数不宜小于 0.85；受潮较轻或次要结构物的材料，其软化系数不宜小于 0.75。

(六) 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）。材料的抗渗性常用渗透系数表示。

$$k = \frac{Qd}{AtH} \quad (20-9)$$

式中 k ——材料的渗透系数，cm/h；

Q ——渗水量，cm³；

d ——试件厚度，cm；

H ——静水压力水头，cm；

t ——渗水时间，h；

A ——渗水面积，cm²。

渗透系数愈大，表明材料渗透的水量愈多，抗渗性则愈差。

抗渗性也可用抗渗等级表示，抗渗等级是以规定的试件、在标准试验方法下所能承受的最大水压力来确定，以符号 P_n 表示，其中 n 为该材料所能承受的最大水压力的 0.1MPa 数，如普通混凝土的抗渗等级为 P_6 ，即表示混凝土能承受 0.6MPa 的压力水而不渗透。

材料抗渗性的好坏，与材料的孔隙率及孔隙特征有关。孔隙率较大且是开口连通的孔隙的材料，其抗渗性较差。

抗渗性是决定材料耐久性的主要指标，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，也属抗渗性。

(七) 材料的抗冻性

材料在吸水饱和状态下，能经受多次冻融循环（冻结与融化）作用而不破坏，强度也无显著降低的性质，称为材料的抗冻性。

材料受冻融破坏是由于材料孔隙中的水结冰造成的。水在结冰时体积约增大 9%，当材料孔隙中充满水时，由于水结冰对孔壁产生很大的压力，而使孔壁开裂。

材料的抗冻性可用抗冻等级“F_n”表示，*n* 为最大冻融次数，如 F25、F50 等。一般规定材料在经受若干次冻融循环后，质量损失不超过 5%，强度损失不超过 25% 时，认为抗冻性合格。对于水工及冬季气温在 -15℃ 的地区施工应考虑材料的抗冻性。

材料的抗冻性的高低，取决于材料孔隙中被水充满的程度和材料对因水分结冰体积膨胀所产生压力的抵抗能力。

抗冻性良好的材料，对于抵抗大气温度变化、干湿交替等风化作用的能力较强，所以抗冻性常作为考查材料耐久性的一项指标。处于温暖地区的建筑物，虽无冰冻作用，为抵抗大气的作用，确保建筑物的耐久性，有时对材料也提出一定的抗冻性要求。

(八) 材料的导热性

在建筑中，除了满足必要的强度及其他性能的要求外，建筑材料还必须具有一定的热工性质，以达到降低建筑物的使用能耗、创造适宜的生活与生产环境。导热性是建筑材料的一项重要热工性质。

导热性是指当材料两侧存在温度差时，热量从温度高的一侧向温度低的一侧传导的性质。材料的导热性通常用导热系数“λ”表示。匀质材料导热系数的计算公式为：

$$Q = \lambda \frac{(t_1 - t_2) \cdot A \cdot Z}{a} \quad \text{从而} \quad \lambda = \frac{Q \cdot a}{(t_1 - t_2) \cdot A \cdot Z} \quad (20-10)$$

式中 λ——材料的导热系数，W/(m·K)；

Q——总传热量，J；

a——材料厚度，m；

(*t*₁ - *t*₂)——材料两侧绝对温度之差，K；

A——传热面积，m²；

Z——传热时间，s。

导热系数的物理意义是：单位厚度的材料，当两侧温度差为 1K 时，在单位时间内通过单位面积传导的热量。它是评定材料保温绝热性能好坏的主要指标。λ 越小，则材料的保温绝热性能越好。影响建筑材料导热系数的主要因素有：

(1) 材料的组成与结构。通常金属材料、无机材料、晶体材料的导热系数分别大于非金属材料、有机材料、非晶体材料。

(2) 孔隙率。孔隙率大，含空气多，则材料表观密度小，其导热系数也就小。这是由于空气的导热系数小的缘故。

(3) 孔隙特征。在同等孔隙率的情况下，细小孔隙、闭口孔隙组成的材料比粗大孔隙、开口孔隙的材料导热系数小，因为前者避免了对流传热。

(4) 含水情况。当材料含水或含冰时，材料的导热系数会急剧增大。

二、建筑材料的力学性质

(一) 材料的强度与等级、标号

材料在外力（荷载）作用下，抵抗破坏的能力称为材料的强度。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。

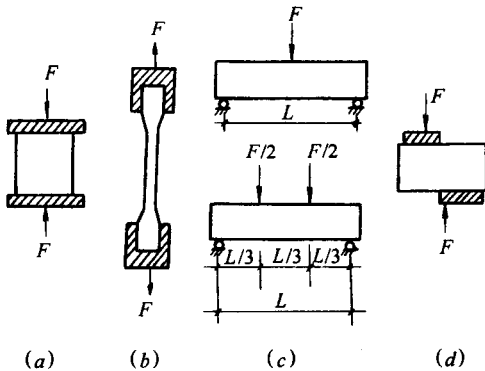


图 20-2 材料受力示意图

(a) 压力；(b) 拉力；(c) 弯曲；(d) 剪切

为三点弯曲，抗弯强度计算式为：

$$f_{tm} = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (20-12)$$

也有时在跨度的三分点上作用两个相等集中荷载，称为四点弯曲，则其抗弯强度计算式为：

$$f_{tm} = \frac{FL}{bh^2} \quad (20-13)$$

式中 f_{tm} ——抗弯强度，MPa；

F ——弯曲破坏时最大荷载，N；

L ——两支点间的跨距，mm；

b, h ——试件横截面的宽及高，mm。

为衡量材料轻质高强方面的属性，还需规定一个相关的性能指标，称为比强度。比强度定义为材料的强度 f 与其表观密度 ρ_0 之比，即 f/ρ_0 ，它描述了单位质量材料的强度，其值愈大，表示该材料具有愈好的轻质高强属性。

各种建筑材料的强度特点差异很大，见表 20-3。为了方便，建筑材料常按其强度高划分若干个标号或等级，例如硅酸盐水泥按抗压和抗折强度分为 6 个强度等级，普通混凝土按其抗压强度分为 12 个强度等级。

(二) 弹性与塑性

在外力作用下，材料产生变形，外力取消后变形消失，材料能完全恢复原来形状的性质

质，称为弹性。这种外力去除后即可恢复的变形称为弹性变形属可逆变形，其数值大小与外力成正比，其比例系数 E 称为材料的弹性模量。在弹性变形范围内， E 为常数，即

几种常用材料的强度 (MPa) 表 20-3

材 料	抗 压	抗 拉	抗 弯
花 岗 岩	100 ~ 250	5 ~ 8	10 ~ 14
普通黏土砖	5 ~ 20	—	1.6 ~ 4.0
普通混凝土	5 ~ 60	1 ~ 9	—
松木 (顺纹)	30 ~ 50	80 ~ 120	60 ~ 100
建筑钢材	240 ~ 1500	240 ~ 1500	—

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \tag{20-14}$$

式中 σ ——材料的应力，MPa；
 ϵ ——材料的应变。

弹性模量 E 是衡量材料抵抗变形能力的一个指标， E 愈大，材料愈不易变形。

材料在外力作用下产生变形，当外力取消后，有一部分变形不能恢复，这种性质称为材料的塑性，这种不能恢复的变形称为塑性变形，属不可逆变形。

实际上纯弹性材料是没有的，大部分固体材料在受力不大时，表现为弹性变形，当外力达一定值时，则呈现塑性变形。有的材料受力后，弹性变形和塑性变形同时发生，当卸荷后，弹性变形会恢复，而塑性变形不能消失（如混凝土），这类材料称为“弹—塑”性材料。

（三）材料的脆性与韧性

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。具有这种性质的材料称为脆性材料，如混凝土、玻璃、砖石等。脆性材料的抗压强度远远大于其抗拉强度，所以脆性材料不能承受振动和冲击荷载，只适于用作承压构件。通常脆性材料的拉压比很小，即抗拉强度明显低于抗压强度。在冲击、振动荷载作用下，材料能够吸收较大能量，同时还能产生一定的变形而不致破坏的性质称为韧性（冲击韧性）。一般以测定其冲击破坏时试件所吸收的功作为指标。建筑钢材（软钢）、木材等属于韧性材料。

在结构设计中，对于承受动荷载（冲击、振动等）的结构物，所用材料应具有较高的韧性。

（四）硬度

材料的硬度是指材料抵抗较硬物质压入其表面的能力，通过硬度可大致推知材料的强度。各种材料硬度的测试方法和表示方法不同。如石料可用刻痕法或磨耗来测定；金属、木材及混凝土等可用压痕法测定；矿物可用刻划法测定（矿物硬度分为 10 个等级，最硬的 10 级为金刚石，最软的 1 级为滑石及白垩石）。

常用的布氏硬度 HB 可用来表示塑料、橡胶及金属等材料的硬度。

三、材料的化学性质

指材料与它所处外界环境的物质进行化学反应的能力或在所处环境的条件下保持其组成及结构稳定的能力，如胶凝材料与水作用，钢筋的锈蚀，沥青的老化，混凝土及天然石

材在侵蚀性介质作用下受到腐蚀等。

四、材料的耐久性

材料在使用过程中抵抗周围各种介质的侵蚀而不破坏的性能，称为耐久性。耐久性是材料的一种综合性质，诸如抗渗性、抗冻性、抗风化性、抗老化性、耐化学腐蚀性、耐热性、耐光性、耐磨性等均属耐久性的范围。

五、材料的性质与材料的内部组成结构之间的关系

材料的性质除与试验条件（如测定材料强度时试件形状、尺寸、表面状况、含水状况及试验时的温、湿度与加荷速度等）有关外，主要是与材料本身的组成及结构有关。

材料的组成包括化学组成及矿物组成等。化学组成是指构成材料的化学元素及化合物的种类与数量；矿物组成则是指构成材料的矿物的种类（如硅酸盐水泥熟料中的硅酸三钙、铝酸三钙等矿物）和数量。材料的组成不仅影响材料的化学性质，也是决定材料物理、力学性质的重要因素。

材料的结构包括微观结构（如晶体、玻璃体及胶体等）、细观结构（如钢材中的铁素体、渗碳体等基本组织）以及宏观结构（如孔隙率、孔隙特征、层理、纹理等）。材料的结构是决定材料性质的极其重要的因素。

原子晶体：中性原子以共价键结合而成的晶体，如石英。离子晶体：正负离子以离子键结合而成的晶体，如 NaCl。分子晶体：以范德华力即分子间力结合而成的晶体，如有机化合物。金属晶体：以金属阳离子为晶格，由金属阳离子与自由电子间的金属键结合而成的晶体，如钢铁。

晶体具有一定的几何外形、各向异性、有固定熔点和化学稳定性等特点，但金属材料如钢材却是各向同性的，因为钢材由众多细小晶粒组成，而晶粒是杂乱排布而成（晶格随机取向）的缘故。

玻璃体特点是各向同性、导热性较低、无固定熔点，其化学活性较高。

例如，高炉炼铁熔融状态的矿渣，经缓慢冷却后即得慢冷矿渣（重矿渣），为化学稳定性材料；但熔融物若经急冷，则质点来不及按一定规则排列，便凝固成固体，即为粒化高炉矿渣，磨细后能与水在石灰存在的条件下起水硬化作用，因此可作为活性混合材料使用。

胶体是由胶粒（粒径 $10^{-7} \sim 10^{-9} \text{m}$ 固体粒子）分散在连续介质中而成。胶体具有良好的吸附力与较强的粘结力；胶体脱水，胶粒凝聚，即成凝胶；凝胶完全脱水即为干凝胶，具有固体性质。如硅酸盐水泥完全水化后，水化硅酸钙凝胶约占 70%，其胶凝能力强，且强度较高（凝胶粒子间存在范德华力与化学结合键）。

材料的宏观结构，如孔隙率与孔隙特征，对材料的强度、吸水性及绝热性等都有密切的关系。

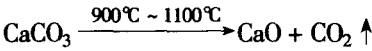
第二节 气硬性无机胶凝材料

胶凝材料能将散粒材料或物体粘结成为整体，并具有所需的强度。胶凝材料按成分分为有机胶凝材料和无机胶凝材料两大类，前者以天然或合成的有机高分子化合物为基本成分，如沥青、树脂等；后者则以无机化合物为主要的成分。无机胶凝材料按硬化条件不

同，也可分为气硬性胶凝材料与水硬性胶凝材料两类。气硬性胶凝材料只能在空气中硬化，也只能在空气中继续保持或发展其强度，如建筑石膏、石灰、水玻璃、菱苦土等。水硬性胶凝材料则不仅能在空气中，而且能更好地在水中硬化，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干燥环境，而水硬性胶凝材料则可在地上、地下或水中使用。

一、石灰

包括生石灰（块灰）、磨细生石灰粉与消石灰粉等，技术指标见表 20-4、表 20-5、表 20-6。生产石灰的原料是以 CaCO_3 为主要成分的石灰石等。石灰石经煅烧分解，即得生石灰（ CaO ）：



建筑生石灰的技术指标 表 20-4

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
$\text{CaO} + \text{MgO}$ 含量（%），不小于	90	85	80	85	80	75
未消化残渣含量（5mm 圆孔筛余，%），不大于	5	10	15	5	10	15
CO_2 （%），不大于	5	7	9	6	8	10
产浆量（L/kg），不小于	2.8	2.3	2.0	2.8	2.3	2.0

建筑消石灰粉的技术要求 表 20-5

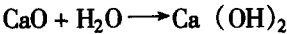
项 目		钙质消石灰粉			镁质消石灰粉			白云石消石灰粉		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
$(\text{CaO} + \text{MgO})$ 含量（%），不小于		70	65	60	65	60	55	65	60	55
游离水（%）		0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2	0.4~2
体积安定性		合格	合格	—	合格	合格	—	合格	合格	—
细 度	0.9mm 筛筛余（%），不大于	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0.5
	0.125mm 筛筛余（%），不大于	3	10	15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

建筑生石灰粉技术指标 表 20-6

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
$\text{CaO} + \text{MgO}$ 含量（%），不小于		85	80	75	80	75	70
CO_2 含量（%），不大于		7	9	11	8	10	12
细 度	0.9mm 筛筛余（%），不大于	0.2	0.5	1.5	0.2	0.5	1.5
	0.125mm 筛筛余（%），不大于	7.0	12.0	18.0	7.0	12.0	18

（一）生石灰的熟化（消解）

在使用时，需将生石灰加水消解成熟石灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$



该过程特点是放热量大 (64.9kJ) 与体积急剧膨胀 (体积可增大 1~2.5 倍左右)。过火石灰熟化慢, 为消除过火石灰的危害 (使抹灰层表面开裂或隆起), 因此必须将石灰浆在贮存坑中放置两周以上的时间 (称为“陈伏”), 方可使用。袋石灰 (消石灰粉) 使用前也需“陈伏”。

(二) 石灰浆的硬化

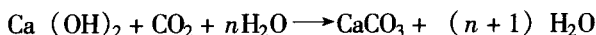
石灰浆在空气中逐渐硬化是由以下两个作用过程来完成的:

1. 结晶作用

游离水分蒸发, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 逐渐从饱和溶液中结晶。

2. 碳化作用

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与空气中的 CO_2 化合生成 CaCO_3 结晶, 释出水分并被蒸发:



硬化石灰浆体的强度一般不高, 受潮后更低, 强度增长慢, 硬化过程中体积收缩大, 通常需加入砂子、纸筋等, 以防止收缩开裂。

3. 石灰的技术指标

生石灰按氧化镁含量分为钙质生石灰 ($\text{MgO} \leq 5\%$) 与镁质生石灰 ($\text{MgO} > 5\%$) 两类。

生石灰与消石灰粉按我国石灰标准 (JC/T 479—92 与 JC/T 481—92) 均各分为优等品、一等品与合格品三个等级。生石灰分等指标有 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 含量、含渣率、 CO_2 含量与产浆量等; 消石灰粉分等指标有 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 含量、游离水含量、体积安定性与细度等。

4. 石灰的应用

(1) 配制石灰砂浆、石灰乳

石灰砂浆可用于砌筑、抹面, 石灰乳可用作涂料。

(2) 配制石灰土、三合土

石灰土 (石灰 + 黏土) 和三合土 (石灰 + 黏土 + 砂石或炉渣、碎砖等填料), 分层夯实, 强度及耐水性均较高, 可用作砖基础的垫层等; 石灰宜用消石灰粉或磨细生石灰, 灰土中石灰用量一般为灰土总重的 6% ~ 12% 左右。

(3) 生产灰砂砖、碳化石灰板

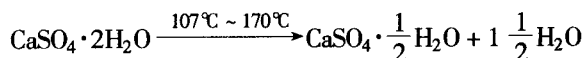
灰砂砖的制作是: 将磨细生石灰或消石灰粉与天然砂配合拌匀, 加水搅拌, 再经陈伏、加压成型和压蒸处理而成。

碳化石灰板是将磨细生石灰、纤维状填料 (如玻璃纤维) 或轻质骨料 (如矿渣) 搅拌均匀, 然后以 CO_2 进行人工碳化 (12 ~ 24h) 制成的一种轻质板材。

另外, 石灰还可用来配制无熟料水泥及生产多种硅酸盐制品等。

二、建筑石膏

生产建筑石膏的主要原料是天然二水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (又称软石膏或生石膏)。二水石膏经煅烧、磨细可得 β 型半水石膏, 即建筑石膏 (熟石膏):



若煅烧温度为 190°C , 可得模型石膏, 其成品细度与白度均比建筑石膏高。若将二水石膏置于具有 0.13MPa、 124°C 的过饱和蒸汽条件下蒸炼, 或置于某些盐溶液中煮沸, 可

获得晶粒较粗、硬化产物较密实从而强度较高的 α 型半水石膏，即为高强石膏。若将生石膏在 400 ~ 500℃ 或高于 800℃ 下煅烧，即得地板石膏，其凝结、硬化较慢，硬化后强度较高，耐磨性及耐水性较好。

(一) 建筑石膏的水化、凝结、硬化

建筑石膏加水后，溶解、水化还原为二水石膏： $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} + 1 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。随着浆体中的自由水分因水化和蒸发而逐渐减少，浆体变稠失去可塑性（凝结），其后，随着二水石膏胶粒凝聚成晶核并逐渐长大，相互交错和共生，使浆体产生强度，并不断增长，直至完全干燥。

在建筑石膏的凝结硬化过程中，称浆体开始失去流动性为初凝，称完全失去可塑性为终凝。

(二) 建筑石膏的技术指标

建筑石膏按标准（GB 9776—88）分为优等品、一等品与合格品三个等级，分等指标有抗折强度、抗压强度、细度及凝结时间等。质量指标见表 20-7。

建筑石膏质量指标

表 20-7

项 目	等 级		
	优等品	一等品	合格品
抗折强度 (MPa)	2.5	2.1	1.8
抗压强度 (MPa)	5.0	4.0	3.0
细度, 0.2mm 方孔筛余 (%) 不大于	5.0	10.0	15.0

(三) 建筑石膏的性质与应用

特性：

1. 凝结硬化快

建筑石膏的凝结，一般初凝时间只有 3 ~ 5min，终凝时间只有 20 ~ 30min。在室内自然干燥条件下，达到完全硬化的时间约需一星期。

2. 硬化后体积微膨胀（约 1%），因此，硬化产物外形饱满，不出现裂纹。

3. 硬化后孔隙率大（可达 50% ~ 60%），因此其强度较低（与水泥比较），表观密度较小，导热性较低，吸声性较强，吸湿性较强。

4. 耐水性与抗冻性较差

建筑石膏硬化后晶体在水中有一定的溶解度，因此耐水性差，软化系数低。吸水后受冻，将因孔隙中水分结冰而崩裂，因此抗冻性差。

5. 硬化后尺寸稳定

最大吸水率时，伸缩率约为千分之一。

6. 硬化后抗火性好

制品本身为不燃材料，同时在遇火灾时，二水石膏中的结晶水蒸发，吸收热量，并在表面形成水蒸气幕和脱水物隔离层，并且无有害气体产生。但制品的使用温度最好不超过 65℃，以免水分蒸发影响强度。

应用：室内抹灰、粉刷；生产各种石膏板与多孔石膏制品；制作模型或雕塑；制作吸