

绪 论

一、本课程的任务

建筑材料课程的任务，是以掌握常用建筑材料性能为核心的基本知识进行教学。其主要内容为：工业与民用建筑中常用建材及制品的品种、规格、性能及应用，材料的组成、结构和构造与性能的关系，主要建材及制品的原料和生产工艺对性能的影响，节约材料、改善性能及防护处理的有关措施，材料的质量标准和检验方法等。可见，课程涉及的方面虽宽，但都是围绕材料性能这一核心的。

建筑材料课，是学习建筑技术的重要组成部分，是培训建筑企业管理人员的必修内容。鉴于本教材的教学对象为材料员、质量检查员和预算员，为此除确保关于建材性能所必备的基本知识外，对材料的规格品种、贮运保管、检验评定等内容，均要显著增强。但在教学时，应按各自岗位的要求不同，有所侧重。

二、建筑材料的重要性

任何一项建筑工程的落成，总是要取决于人力、机具和材料这三大要素。其实，贯穿在整个施工过程中的人力组织、机具调配，多旨在合理地组合起各种建材及制品，构成所需的建筑实体。总之，没有建筑材料作为物质基础，就不能有建筑成品。

建筑材料的费用，一般占工程总造价的 50% 以上。大部分建材的生产，多属于国家的重要原材料工业。因此，建筑材料是否合理运用，不仅关系到建筑造价，也影响到整个国民经济。

建筑材料的品种、性能和质量，在很大程度上决定着房屋建筑的坚固、适用和美观；又在很大程度上影响着结构型式和施工速度。因此，建筑设计和施工方法的革新，建筑材料必须先行。

节约能源，已成为经济建设中日益急迫的课题。建筑业耗能很大，约占国家总能耗的 25% ~ 40%。这包括生产建材用能、施工现场用能和建成使用中的用能三个方面。这些无不与建筑材料的改造更新及合理选用密切相关。

保护环境、治理污染，也为当务之急。随着工业的发展，越来越多的工业废渣急待利用，这有赖于制造建材和工程直接使用作为重要途径。同时要限制某些建筑材料使用中可能形成的污染，大力倡导和发展“环境标志”产品，以保护人体健康和大气环境。

建筑材料工业，正本着合理开发原料资源、积极开展综合利用、尽量利用工业废料、大力降低能源消耗及合理利用能源的方针，改善现有的产品结构，开发新品种，发展新型建筑材料，以满足现代化建设和城乡人民生活日益增长的需要。

三、建筑材料的分类

建筑工程使用的材料品种繁多，用途不一，按其基本成分可分为金属材料、非金属

材料、复合材料三大类。详见表 1 所列。

表 1 建筑材料的分类

金属材料	黑色金属 有色金属	铁、碳素钢、合金钢 铝、锌、铜等及其合金
非金属材料	无机材料	天然石材：砂子、石子、各种岩石加工的石材 烧土制品：粘土砖、瓦、陶瓷 胶凝材料：石灰、石膏、菱苦土、水玻璃、水泥 以胶凝材料为基料的人造石材：混凝土、水泥制品、硅酸盐制品 玻璃：平板玻璃、安全玻璃、装饰玻璃、玻璃制品
	有机材料	植物质材料：木材、竹材、植物纤维及其制品 沥青材料：石油沥青、煤沥青、沥青制品 高分子材料：塑料、涂料、胶粘剂
复合材料	无机—有机材料 非金属—金属材料 其他复合材料	玻璃纤维增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土 钢筋混凝土、钢丝网水泥、塑铝复合板、铝箔面油毡 水泥石棉制品、不锈钢包覆钢板

所谓复合材料，是两种或两种以上不同性能的材料，经恰当组合为一体的材料。复合材料，可以克服单一材料的弱点，而发挥其综合的复合特性。通过复合手段，材料的各种性能，都可以按照需要进行设计。复合化已成为当今材料科学发展的趋势。

四、材料检验与标准

对所用建筑材料进行合格检验，是确保建筑工程质量的重要环节。在加强建筑工程质量管理的规定中，明确地提出，对于无出厂合格证明和没有按规定复试的原材料，一律不准使用。施工现场配制的材料，均应由试验室确定配合比，制定出操作方法和检查标准后，方能使用，各项材料的检验结果，是施工及验收必备的技术依据。可见，在整个施工活动中，材料检验工作，是一项经常化的、责任性很强的工作。

建筑材料的检验对象，主要是购进的原材料或制品和现场加工、配制的材料。对于购进的原材料或制品，如水泥、砖和油毡等，作为商品供给我们，必须进行验收检验；对于现场加工、配制的材料，如冷拉钢筋、混凝土和砂浆等，属于本企业的加工品或产品，尤其要进行质量控制和检验。

总括建筑材料检验的内容，通常有下列几大方面：检验出厂合格证明、核对及检查规格型号、外观指标测定和试验室试验等。在进行各项检验时，必须严格按规定抽取试样，一批材料总是要抽取少量试样，如果不得法，检验结果将丧失其代表性。

建筑材料检验的依据，是各项有关的技术标准、规程、规范和技术规定。这些经国家批准颁发的技术条令，是材料检验必须遵守的法规。

目前主要建筑材料都有统一的技术标准。标准的主要内容，包括材质和检验两大方面，有的将这两个方面合订在同一个标准中；有的则分成两个或几个标准。现场配制的一些材料，它们的原材料要符合相应的建材标准，制成成品的检验，往往包含于施工验收规范和规程之中。由于标准的分工越来越细和相互引用渗透，一种材料的检验，经常要涉及到多个标准、规程和规定。

我国的技术标准，过去曾分为国家标准、部标准和企业标准三级。后来由于将部标准向专业标准过渡，已增颁了专业标准。同时，又提倡并颁发了内控标准。目前，又重

新划分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。原有的部标准、专业标准相当行业标准。各种标准规定的代号见表 2。

表 2 各种标准的代号

标准种类		代 号		表示顺序 (例)
1	国家标准	GB	GB 强制性标准 GB/T 推荐性标准 GBn 内控标准	代号、标准编号、颁布年代 (GB12958—91)
2	行业标准 (部标准)	按原部 标准代号*	如: JC 建材行业强制性标准 JC/T 建材行业推荐性标准 YB 冶金行业强制性标准 YB/T 冶金行业推荐性标准	代号、标准编号、颁发年代 (JC/T479—92)
	专业标准	ZB	ZB	代号、专业类号、标准号、颁发年代 (ZBQ15002—89)
3	地方标准	DB	DB 地方强制性标准 DB/T 地方推荐性标准	代号、行政区号、标准号、颁发年代 (DB14 323—91)
4	企业标准	QB	QB	代号/企业代号、顺序号、发布年代 (QB/203 413—92)

注：*原部标准代号，按规定的汉语拼音字母表示，如化工部为 HG、林业部 LB、交通部 JT 等，未逐一标出。

第一章 建筑材料的基本性质

选择、运用、分析和评价建筑材料，都应熟知它们的各种性质。常用材料各自的具体性质，将在后面分章讨论，本章先行讲述通常的、共有的主要物理力学性质，即所谓基本性质。

本章所列的基本性质，都是针对建筑物或构筑物处于不同使用环境时，对所用材料及制品，通常须考虑的最根本项目。学习中，要求掌握各项性质的涵义，影响（导致）这些性质的因素，它们彼此间的关系，并能联系工程中的应用去加深理解。

第一节 几项最基本的物理参数

一、材料的密度

1. 密度

材料在绝对密实状态下单位体积的质量，称为密度。密度用下式表示：

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

式中 ρ ——密度， g/cm^3 ；
 m ——材料干燥时的质量， g ；
 V ——材料的绝对密实体积， cm^3 。

2. 表观密度

材料在自然状态下单位体积的质量，称为表观密度。表观密度用下式表示：

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

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 ——材料自然状态下的体积， cm^3 或 m^3 。

表观密度值通常取气干状态下的数据，否则当注明是何种含水状态。

3. 堆积密度

散粒状材料在一定的疏松堆放状态下，单位体积的质量，称为堆积密度。堆积密度用下式表示：

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0}$$

式中 ρ'_0 ——堆积密度， kg/m^3 ；
 m ——材料的质量， kg ；
 V'_0 ——散粒状材料的堆积体积， m^3 。

散粒材料的堆积体积，会因堆放的疏松状态不同而异，必须在规定的装填方法下取值。因此，堆积密度又有松堆密度和紧堆密度之分。

二、孔隙率和密实度

材料中孔隙的体积占材料总体积的百分率，称孔隙率。仍用前述的代表符号，孔隙率 P ，可写作下式：

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\%$$

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

对于绝对密实体积与自然状态体积的比率，即式中的 V/V_0 ，定义为材料的密实度。密实度表征了在材料体积中，被固体物质所充实的程度。同一材料的密实度和孔隙率之和为 1。

将 $V = m/\rho$ ， $V_0 = m/\rho_0$ 代入并简化，孔隙率可由下式表示：

$$P = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\%$$

材料孔隙率的大小、孔的粗细和形态等，是材料构造的重要特征，它关系到材料的一系列性质，如强度、吸水性、保温性、吸声性等等。

三、空隙率和填充度

散粒状材料，在一定的疏松堆放状态下，颗粒之间空隙的体积，占堆积体积的百分率，称为空隙率。空隙率 P' 可写作下式：

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\%$$

$$\text{即 } P' = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\%$$

式中的 V_0/V'_0 ，即填充度，表示散粒材料在某种堆积体积中，颗粒的自然体积占有率。

将 $V_0 = m/\rho_0$ ， $V'_0 = m/\rho'_0$ 代入并简化，空隙率可由下式表示：

$$P' = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho'_0}\right) \times 100\%$$

空隙率或填充度的大小，都能反映出散粒材料颗粒之间相互填充的致密状态。

本节所列入的几项基本的物理参数，既是判别、推断或改进材料性质的重要指标，又是在材料的估算、贮运、验收和配料等方面，直接使用的数据。应牢固掌握它们的定义，并熟悉具体的计算方法。

常用材料的基本物理参数约值，如表 1-1 所示。

表 1-1 常用材料的基本物理参数约值

材料名称	密度, g/cm ³	表观密度, kg/m ³	堆积密度, kg/m ³	孔隙率, %	空隙率, %
普通粘土砖	2.5 ~ 2.7	1 700 ~ 1 900	—	20 ~ 40	—
花 岗 岩	2.6 ~ 2.9	2 500 ~ 2 800	—	0.5 ~ 1.0	—
普通混凝土	2.7	2 200 ~ 2 400	—	5 ~ 20	—
松 木	1.55	400 ~ 700	—	55 ~ 75	—
钢 材	7.85	7 850	—	0	—
石灰岩碎石	2.6	—	1 400 ~ 1 700	—	35 ~ 45
砂 子	2.6	—	1 450 ~ 1 650	—	37 ~ 55
水 泥	3.1	—	1 200 ~ 1 300	—	55 ~ 60

第二节 材料的力学性质

一、强度

材料因承受外力（荷载），所具有抵抗变形不致破坏的能力，称作强度。破坏时的最大应力，为材料的极限强度。

外力（荷载）作用的主要形式，有压、拉、弯曲和剪切等，因而所对应的强度有抗压强度、抗拉强度、抗弯（折）强度和抗剪强度。图 1-1 中，例举了几种强度试验时的受力装置，对于视别外力的作用形式和所测强度的类别，是相当直观的。

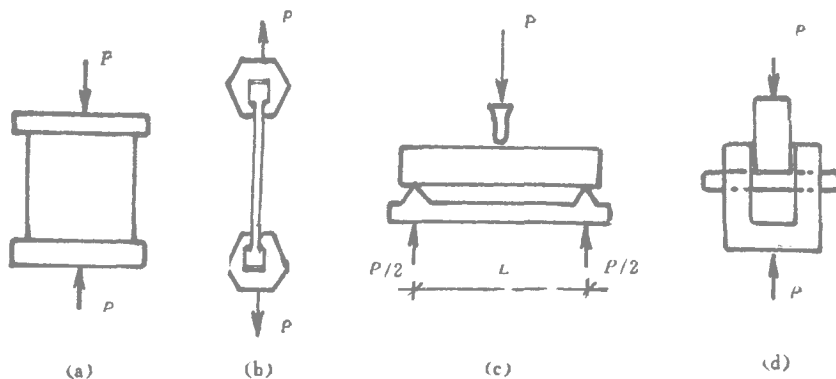


图 1-1 几种强度试验装置

(a) 抗压 (b) 抗拉 (c) 抗弯 (d) 抗剪

材料的抗拉、抗压和抗剪强度，可用下式计算：

$$f = \frac{P}{A}$$

式中 f ——抗拉、抗压或抗剪强度，MPa；
 P ——拉、压或剪切的破坏荷载，N；

A ——承受该荷载作用的面积, mm^2 。

抗弯(折)强度的计算,则按受力情况、截面形状等不同,方法各异。如当跨中受一集中荷载的矩形截面的试件,其抗弯强度按下式计算:

$$f_f = \frac{3PL}{2bh^2}$$

式中 f_f ——抗弯(折)强度, MPa;
 P ——破坏荷载, N;
 L ——两支点间距离即跨度, mm;
 b ——试件截面的宽度, mm;
 h ——试件截面的高度, mm。

在工程应用中,许多材料按其具有的强度值,划分档次,确定为若干强度级别,作为合理选用及质量评定的依据。为此,强度的计算和单位,必须十分熟练掌握。

材料的成分、结构和构造,决定了它所具备的强度性质。不同的材料,或同一种材料所表现的各项强度性能,都会有很大差异,必须研究和掌握这些规律,才能充分发挥材料的强度效能。

在检测材料的强度时,试件的尺寸、施力速度、含水状态和环境温度等影响,使测值产生偏差。因此必须严格按检验方法的统一规定进行,强度的测值才能准确可靠,且具有可比性。

几种常用材料的强度约值,如表 1-2 所列。

表 1-2 几种常用材料的强度约值

材 料 名 称	抗压强度, MPa	抗拉强度, MPa	抗弯强度, MPa
花 岗 岩	100 ~ 250	5 ~ 8	10 ~ 14
普通粘土砖	7.5 ~ 20	—	2 ~ 4
普通混凝土	7.5 ~ 60	0.4 ~ 5	0.7 ~ 9
松 木*	30 ~ 50	80 ~ 120	60 ~ 100
低 碳 钢	240 ~ 1 500	240 ~ 1 500	—

注: *松木的抗压强度、抗拉强度约值,均为顺纹时。

二、变形性质

材料在外力作用下产生变形,当解除外力后,变形能完全消失,这种变形称为弹性变形;如不能恢复原有形状,仍保留的变形,称为塑性变形。

材料的变形性能,同样取决于它们的成分、结构和构造。材料在不同的受力阶段,有的分阶段发生弹性变形和塑性变形,有的则同时发生。如低碳钢,从加载初始到某限度前,即发生弹性变形,继后又表现出塑性变形。而混凝土受力后,则弹性变形和塑性变形同时产生。

材料处于弹性变形阶段时,其变形与外力成正比。工程上常用弹性模量表示材料的弹性性能,用作衡量材料抵抗变形性能的指标。弹性模量是应力与应变的比值,其值越

大,说明材料越不易变形。

第三节 材料与水有关的性质

一、吸水性和吸湿性

1. 吸水性

材料吸入水分的性质称为吸水性。衡量材料的吸水性,多以吸水率作为指标。吸水率通常指材料在水中所能吸足水的质量,占材料干燥时质量的百分率。这种以质量计的吸水率,可按下式计算:

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

式中 w ——以质量计的吸水率, %;

m_1 ——材料吸水饱和时的质量, g;

m ——材料干燥状态下的质量, g。

有些轻质材料,按上式计算吸水率时,由于 m_1 可能是 m 的若干倍,其结果要大于 100%。这些材料的吸水率,当以体积计:

$$w_v = \frac{m_1 - m}{V_0} \times 100\%$$

式中 w_v ——以体积计的吸水率, %;

m_1 、 m ——同前式, g;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, cm^3 。

材料的吸水性,除取决于所组成的物质外,还与它含有的孔隙多少、孔的结构类型紧密相关。一般来说,孔隙率大吸水性强。但封闭的孔隙,水分不易进入;粗大开口的孔隙,又难以吸足水分。孔隙率大,具有微细、联通、开口孔隙的材料,吸水性才是最强的。

材料在吸水后,原有的许多性能会发生改变,如强度降低,表观密度加大,保温性变差等。甚至有的材料会因吸水发生化学反应而变质。

2. 吸湿性

材料在潮湿环境中,吸收水分的性质,叫吸湿性。吸湿性常以含水率表示,即材料含有水的质量,占干燥时材料质量的百分率。可用下式计算含水率:

$$w' = \frac{m'_1 - m}{m} \times 100\%$$

式中 w' ——含水率, %;

m'_1 ——材料中含有水后的质量, g;

m ——材料干燥状态下的质量，g。

材料的含水率，同样取决于材料的成份、结构和构造。含湿状态，也会导致材料性能的多种变化。

在实际工作中，在已知含水率之后，时常要求对材料干、湿两种状态下质量的相互换算。这种换算应该从含水率的定义出发，才能准确熟练地完成。

二、耐水性、抗渗性和抗冻性

1. 耐水性

材料长期受饱和水作用，能维持原有强度的能力，称为耐水性。耐水性常以软化系数表示：

$$K = \frac{f_1}{f}$$

式中 K ——软化系数；

f_1 ——材料在饱水状态下的抗压强度，MPa；

f ——材料在干燥状态下的抗压强度，MPa。

软化系数 K 值，可由 0~1，接近于 1，说明耐水性好。通常认为， $K > 0.8$ 的材料，就具备了相当的耐水性。处于水浸和高湿度下的构筑物，尤其要考虑所用材料的耐水性。

2. 抗渗性

材料抵抗有压力水的渗透能力，称为抗渗性。材料抗渗性的指标，通常用抗渗等级提出，如 P6、P8、P12……等。抗渗等级中的数字，系在特定的条件下，对试件施以水压，并逐级升高，待达到最高水压规定时，该水压的 MPa 值乘 10。另外，抗渗性也常用渗透系数表示，其值越小，材料的抗渗性越好。

地下建筑、水工建筑和防水工程所用的材料，均要求有足够的抗渗性。根据所处环境的最大水头差，提出不同的抗渗指标。

3. 抗冻性

材料饱水后，经受多次冻融循环，保持原有性能的能力，称为抗冻性。将饱水的试件所能抵抗的冻融循环数，作为评价抗冻性的指标，通称抗冻等级。如 F15、F50、F100……，分别表示抵抗 15 个、50 个、100 个冻融循环，而未超过规定的损失程度。

对于冻、融的温度和时间，循环次数，冻后损失的项目和程度，不同的材料均有各自的具体规定。

材料遭受冻结破坏，主要因浸入其孔隙的水，结冰后体胀，对孔壁产生的应力所致。另外，冻融时的温差应力，亦产生破坏作用。抗冻性良好的材料，其耐水性、抗温度或干湿交替变化能力、抗风化能力等亦强，因此抗冻性也是评价材料耐久性的综合指标。

μÚËÄ½Ú;¡²ÄÁĬμÄÄÍ¾ÄÔ

[illegible][illegible]Đi $\frac{1}{2}$ á
$$\begin{aligned} & \pm^3 \tilde{\mathcal{O}} \tilde{\mathcal{O}} \tilde{\mathcal{I}}^a \tilde{\mathcal{E}} \tilde{\mathcal{A}}_2 \tilde{\mathcal{U}} - \tilde{\mathcal{O}} \tilde{\mathcal{A}} \tilde{\mathcal{I}} \tilde{\mathcal{O}} \tilde{\mathcal{A}} \tilde{\mathcal{U}} \tilde{\mathcal{E}}_2 \tilde{\mathcal{O}} \tilde{\mathcal{B}} \tilde{\mathcal{A}} \tilde{\mathcal{I}} \tilde{\mathcal{U}} \tilde{\mathcal{A}} \gg \pm^3 \tilde{\mathcal{D}} \tilde{\mathcal{O}} \tilde{\mathcal{E}} - \tilde{\mathcal{U}} \tilde{\mathcal{A}} \tilde{\mathcal{X}} \tilde{\mathcal{I}} \tilde{\mathcal{O}} - \tilde{\mathcal{O}} \tilde{\mathcal{U}} \tilde{\mathcal{I}} \tilde{\mathcal{A}} \tilde{\mathcal{I}} \tilde{\mathcal{D}} \tilde{\mathcal{O}} \tilde{\mathcal{E}} \tilde{\mathcal{C}} \tilde{\mathcal{A}} \tilde{\mathcal{I}} \tilde{\mathcal{N}} \tilde{\mathcal{S}} \tilde{\mathcal{D}} \\ & \tilde{\mathcal{O}} \tilde{\mathcal{E}}_4 \tilde{\mathcal{A}} \tilde{\mathcal{I}}_4 \tilde{\mathcal{U}} \tilde{\mathcal{O}} \tilde{\mathcal{E}} \tilde{\mathcal{A}} \tilde{\mathcal{D}} \tilde{\mathcal{E}} \tilde{\mathcal{O}}_4 \tilde{\mathcal{U}} \tilde{\mathcal{O}} \tilde{\mathcal{E}} \tilde{\mathcal{I}} \tilde{\mathcal{E}} - \tilde{\mathcal{E}} \tilde{\mathcal{N}} \tilde{\mathcal{S}}^{\circ} \pm^3 \tilde{\mathcal{E}} \tilde{\mathcal{I}}^3 \tilde{\mathcal{U}} \tilde{\mathcal{A}} \tilde{\mathcal{U}} \tilde{\mathcal{I}} \tilde{\mathcal{J}} \end{aligned}$$
[illegible][illegible][illegible]

ÄÍ¾ÄÏÇ»ÖÖÛï ÐÄÛ-Òª®ì Õæ»ÅÄî£

$$\int_{\mathbb{R}^n} |\nabla u|^2 dx = \int_{\mathbb{R}^n} |\nabla v|^2 dx + \int_{\mathbb{R}^n} |\nabla w|^2 dx$$

- [illegible]

9. 计算下列材料的强度为多少 MPa?

(1) 边长 10cm 的混凝土正立方体试块, 抗压破坏荷载为 125kN。 (2) 直径为 10mm 的钢材拉伸试件, 破坏时的拉力为 25kN。 (3) 普通砖的抗折试验, 试件宽 12cm、高 5.3cm、跨 度 20cm, 跨中施一集中荷载, 折断力为 8.2kN。

10. 解释下列名词符号:

软化系数, 耐久性, P6, F50。

11. 收到含水率 5% 的砂子 500t, 实为干砂多少 t? 需要干砂 500t 应进含水率 5% 的砂子多少 t?

第二章 气硬性无机胶凝材料

气硬性无机胶凝材料，是指以无机矿物为主要成分的，能单独的或与其他材料混合成塑性浆体，在空气中硬化成为具有一定强度的胶结料。本章仅介绍建筑工程中多用的四个品种。

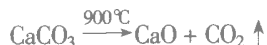
第一节 石 灰

石灰的应用历史悠久，原料分布广泛，制造工艺简单，造价低廉，属于量大面广的地方性材料。

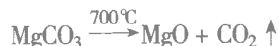
一、石灰的烧制与品质的关系

石灰的原料多用石灰岩。石灰岩的主要成分是碳酸钙，并含有不同程度的粘土、碳酸镁和硅石等杂质。原料越纯，即所含碳酸钙越高，得到的有效成分氧化钙越多。石灰岩中的杂质，都会使石灰的品质降低。如杂质少的石灰岩，会烧成有效成分高的钙质石灰；含碳酸镁多的石灰岩，会烧成镁质石灰；含粘土、硅石过多的石灰岩，会烧成有效成分很低的硅质石灰。因此评价石灰的品质，首先要看产地石料的优劣。

石灰岩经过煅烧分解，放出二氧化碳气，就得到了生石灰。其反应式为：



石灰岩中含有的碳酸镁，也随着在较低的温度下分解。其反应式为：

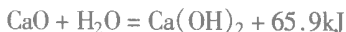


但实际煅烧石灰时，要根据窑的类型、石灰岩的密实度和块度等多种因素去掌握分解的温度，通常窑内温度达 $1\,000 \sim 1\,200^\circ\text{C}$ 。碳酸镁因分解温度较低，因此很容易过烧，形成消解能力很低的氧化镁。

当石灰的原料和窑炉的型式确定后，煅烧就成为影响品质的关键因素。窑内温度不均或其他因素，会产生欠火的石灰，是未充分分解的石灰岩。欠火石灰是不能消解使用的废品。在窑内的温度过高区，杂质与石灰会熔结，产生过火石灰。过火石灰在熟化时十分缓慢，往往在已硬后的制品中形成崩裂或隆起。品质好的石灰，火度均匀，质地较轻，容易熟化，产生的灰膏较多。

二、石灰的熟化与硬化

生石灰的熟化或消解，是氧化钙与水反应，生成熟石灰的过程。其反应式为：



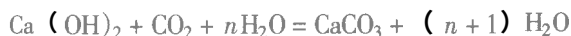
生石灰的熟化或消解过程，要放出很大的热量，形成蒸气，因此在化灰时要注意劳动保护。生石灰化为熟石灰后，其体积膨胀 2~3.5 倍，对于估计灰膏的贮器、换算熟化前后的体积等，当引起充分注视。

熟化石灰时，要根据石灰的品质不同，采取措施，以加快熟化的速度和力求熟化的彻底。石灰的理论用水，为石灰质量的 32.13%，实际加水为理论用水的 2~3 倍。水少时会引起过热，生成浆层，影响继续消解；水多时放出的热量不足以变成蒸气，亦影响继续消解。因此，加水量和加水的程序，要因石灰的品质而异。

为提高石灰的熟化速度，用机械将块灰粉碎，并加强化灰时的搅拌，都是有效的措施。为彻底熟化，要提前化灰，以使石灰在化灰池中“陈伏”一段时间，这样既能提高产浆量，又能消除过火石灰在使用中的不良作用。

采用磨细生石灰粉，可省去化灰的工序。混入料浆里的生石灰粉，自行消解时产生热量，尚能促进硬化，消解后的体胀，会因受到约束而使其致密。同时，原来石灰中的过火状颗粒，会因磨细而加快了消解；欠火状颗粒，也因磨细混匀，起改善料浆和易性的有益作用。因此在可能的条件下使用生石灰粉，是有效利用石灰的好措施。

熟石灰的硬化，是由于氢氧化钙的碳化和结晶作用。碳化，是指熟石灰和空气中的二氧化碳化合，生成碳酸钙，析出的水分被蒸发。其反应式如下：



结晶，是氢氧化钙溶液随水分的蒸发，逐渐变浓，析出晶体。氢氧化钙结晶连生体与碳酸钙结晶互相交织，使硬化的石灰浆具有强度。

由于空气中二氧化碳很稀薄，况且石灰浆体被先行碳化的表层，妨碍二氧化碳透入内部和水分的向外析出，因此碳化过程相当缓慢。而氢氧化钙的结晶过程，比其碳化过程要快得多。在拌制灰浆时，加入少量水泥、石膏，可促使快硬。

硬化后的石灰浆体会产生很大的收缩，为此料浆中须掺入骨料、纤维料，以防止硬化后收缩干裂。

三、石灰的标准与检测

已经形成标准的有三种产品，即 JC/T479—92 《建筑生石灰》、JC/T480—92 《建筑生石灰粉》和 JC/T481—92 《建筑消石灰粉》三个标准所规定，其中对材质的要求，分别如表 2-1、表 2-2 和表 2-3 所示。

表 2-1 建筑生石灰的技术指标

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
未消化残渣含量 (5mm 圆孔筛筛余), %, 不大于	5	10	15	5	10	15
CO ₂ 含量, %, 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

表 2-2 建筑生石灰粉的技术指标

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 ₂ 含量, %, 不大于		7	9	11	8	10	12
细 度	0.90mm 筛的筛余, %, 不大于	0.2	0.5	1.5	0.2	0.5	1.5
	0.25mm 筛的筛余, %, 不大于	7.0	12.0	18.0	7.0	12.0	18.0

表 2-3 建筑消石灰粉的技术指标

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
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	0.9mm 筛的筛余, %, 不大于	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0.5
	0.125mm 筛的筛余, %, 不大于	3	10	15	3	10	15	3	10	15

建筑石灰、生石灰粉和消石灰粉，都是按所含氧化镁的限量，划分的钙质、镁质、白云石质，再按各自规定的项目和技术指标，每类石灰产品，都分有“优等品”、“一等品”和“合格品”三个等级。对氧化镁的限量值，如表 2-4 所示。

表 2-4 各类石灰产品的分类界限

石灰产品名称	钙 质	镁 质	白云石质
	氧化镁含量 %		
建筑生石灰	≤5	>5	—
建筑生石灰粉	≤5	>5	—
建筑消石灰粉	<4	≥4 ~ <24	≥24 ~ <30

每批石灰产品出厂时，应向用户提供质量证明书。证明书上应标明厂名、商标、产品名称、等级、试验结果、批量编号和出厂日期等。施工部门应按质量证明书验收，对产品发生异议时，可进行复验。按标准规定的抽样法和试验方法检测，该等级产品要求的各项指标，全部达到时，判定为合格。若有一项技术指标低于“合格品”要求时，判为不合格品。

四、石灰的应用及贮运

建筑石灰的应用，主要有三个途径。一为工程现场直接使用，如配制石灰土和石灰砂浆等；二是作为某些保温材料、无熟料水泥的重要组成材料；三是制造石灰碳化制品和硅酸盐制品的主要原料。

石灰土，是将消石灰和粘土按比例拌和，分层摊布后夯实，多用作基础垫层。质量好的石灰土，其抗压强度可达 4~5MPa，且长期强度尚有提高。石灰碳化制品，是在磨细的石灰中按比例加入骨料或纤维料，在水湿条件下湿拌压型，经干燥后进行人工碳化而成。目前已有碳化砖、瓦、管，以及石灰碳化板等产品。硅酸盐制品，是以石灰和硅质材料为基料，必要时加入适量石膏、骨料和外加剂，加水拌和成型，经湿热处理硬化而成的制品统称。发展硅酸盐制品，对节约能源，利用工业废料，都有重大意义。

石灰在运输时要采取防水措施，不准与易燃、易爆及液体物品同时装运。运到现场的石灰产品，应分类、分等存放在干燥的仓库内，不宜长期存贮。石灰存放时间过长，会从空气中吸收水分而消解，再与二氧化碳作用，形成碳化层，失去熟化作用和胶结性，造成浪费。贮运中的石灰遇水，不仅会自行消解冲失，还会因体胀破袋，因放热导致易燃物烧着。熟化好的石灰膏，也不宜长期暴露在空气中，表面应加好覆盖层，以防碳化硬结。

第二节 石膏及其制品

石膏是具有许多优良特性的气硬性矿物胶凝材料，石膏制品作为高效节能的新兴材料，已得到迅速发展。我国石膏矿分布很广，储量很大，有良好的开发应用前景。

一、石膏的烧制

石膏的原料，主要是天然二水石膏，通称石膏石。将二水石膏加热到适当温度，能部分或全部失去水分，会因加热的条件和程度不同，可得到不同性能的各种石膏，如建筑石膏、高强石膏、无水石膏等。

建筑石膏，是由天然二水石膏在 $107 \sim 175\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下，结晶水以蒸气状态折出，得到含 β 型半水硫酸钙为主要成分，经磨细制成的粉状胶结料。其反应式为：



还可以利用富含硫酸钙的工业副产物或废渣制造化学石膏，如磷石膏、氟石膏等。

二、建筑石膏的性质

建筑石膏为白色细粉，密度为 $2.52 \sim 2.75\text{ g/cm}^3$ ，松堆密度为 $800 \sim 1\ 100\text{ kg/m}^3$ 。

半水石膏极易溶于水，并很快达饱和状态，生成溶解度小得多的二水石膏，因此原半水石膏溶液下降为非饱和状态，则加速又一批半水石膏的溶解、饱和，生成新的二水石膏。如此反复，也加速了二水石膏晶体的生成，相互交织，很快硬化。建筑石膏的凝结过快，往往加入硼砂、动物胶、亚硫酸盐纸浆废液等，以降低其溶解度，起缓凝作用。

建筑石膏硬化后，体积膨胀达 1% 左右，因此充满模型的能力好，可得到形状复杂、表面光洁的制品。

硬化后的半水石膏，呈微孔构造。因为半水石膏水化的理论用水量仅为 18.6% ，而实际调浆时，需加水 $60\% \sim 80\%$ ，多余的水蒸发后，形成的气泡为封闭的微孔。由于半水石膏硬化后的微孔构造，使制品具有一定的隔热、隔声效果，并能起到调解环境内小气候的作用。

硬化后的石膏制品，有较好的防火性。因为硬化后为二水石膏的主要成分，遇火时结晶水蒸发能夺取热量，表面生成的无水物，为良好的热绝缘体。

此外，石膏的着色容易，制成品的加工性能好，都是工程应用中的有益性质。但是

建筑石膏对潮湿反应灵敏，强度还不高，以及怕水等缺点，不仅使用范围尚受局限，还给贮运、安装带来诸多不便。然而这些缺点正被努力克服，在石膏制品的增强和抗水方面，已经取得很多成效。

三、建筑石膏的技术要求、检验和贮运

建筑石膏按强度、细度和凝结时间三项技术要求，分为优等品、一等品及合格品三个等级，各项指标，如表 2-5 所示。产品出厂前必须进行出厂检验，检验项目包括细度、标准稠度用水量、抗折强度和凝结时间四项。生产厂应对每批石膏提供试验报告，作为供货时的产品质量依据。

表 2-5 建筑石膏的技术要求

项 目	等 级		
	优等品	一等品	合格品
抗折强度, MPa, 不小于	2.5	2.1	1.8
抗压强度, MPa, 不小于	4.9	3.9	2.9
细度, 0.2mm 方孔筛筛余%, 不大于	5.0	10.0	15.0
凝结时间	初凝应不小于 6min 终凝应不大于 30min		

使用部门可在收货 10 天内对产品质量复检。复检时从每批建筑石膏的 10 袋中等量抽取试样，其总量至少 15kg，分为三等份。其中一份由试验室按 GB9776—88 进行试验，其余两份在室温下保存三个月，必要时用作仲裁试验。复检结果，有一个以上指标不合格，即判为该批产品不合格；若只有一个指标不合格时，可用所留两份试样对不合格项目重检，如仍有一个试样不合格，则该批产品按不合格论。

建筑石膏一般采用袋装，可用具有防潮的及不易破损的纸袋或其他复合袋包装。包装袋上应清楚标明产品标记、制造厂名、生产批号和出厂日期、质量等级、商标和防潮标志。在运输和贮存时，不得受潮和混入杂物，不同等级的应分别贮运，不得混杂。建筑石膏自生产之日算起，贮存期为三个月，三个月后应重新进行质量检验，以确定其等级。

四、石膏制品

用于建筑的石膏制品，主要有各种板材和砌块。目前我国以石膏板的发展最快，形成标准的石膏板，已有三个品种。砌块和空心石膏条板，也正在生产和应用。

1. 纸面石膏板

纸面石膏板，是以建筑石膏为主要原料，加入适量填加料和外加剂制成芯材，表层牢固粘结护面纸的建筑板材，是与龙骨相配合构成墙面或吊顶的轻质薄板。该板按用途不同，分为普通纸面石膏板、耐水纸面石膏板和耐火纸面石膏板三种，其产品标记代号分别为 P、S 和 H。三种板芯材的填加料，均有纤维增强材料，但耐火纸面石膏板须采用无机耐火纤维；除耐水纸面石膏板外，均加入适量轻集料。三种板芯材所加外加剂和表层护面纸，也应为保证其不同的使用特性而有别。