

新标准



建筑工程施工现场专业人员
岗位资格培训教材

施工员 专业基础知识

Shigongyuan Zhuanye Jichu Zhishi

第2版



主编 ◆ 万东颖



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



建筑工程施工现场专业人员
岗位资格培训教材

施工员 专业基础知识

Shigongyuan Zhuanye Jichu Zhishi

第2版

主编 万东颖

参编 尚敏 高英台 孙翠兰

董学军 侯欣



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书紧扣《建筑和市政工程施工现场专业人员职业标准》(JGJ/T 250—2011),以够用、实用为目标,教材内容浅显易懂,采用丰富的图片、图样,使表达直观化。全书共7章,包括建筑材料、建筑力学知识、建筑工程图识读、民用建筑构造、建筑工程施工工艺、工程建设项目管理基本知识、工程预算基础知识等。

本书既能满足建设行业施工管理岗位人员持证上岗培训需求,又可满足建筑类职业院校毕业生顶岗实习前的岗位培训需求,充分兼顾了职业岗位技能培训和职业资格考核培训需求。

图书在版编目(CIP)数据

施工员专业基础知识/万东颖主编. —2版. —北京:中国电力出版社,2015.7
建筑工程施工现场专业人员岗位资格培训教材
ISBN 978-7-5123-7580-2

I. ①施… II. ①万… III. ①建筑工程—工程施工—技术培训—教材 IV. ①TU74
中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第078129号

中国电力出版社出版、发行

北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:周娟华 E-mail: juanhuazhou@163.com

责任印制: 蔺义舟 责任校对: 常燕昆

北京市同江印刷厂印刷·各地新华书店经售

2011年9月第1版·2015年7月第2版·第5次印刷

787mm×1092mm 1/16·18.5印张·451千字

定价: 46.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

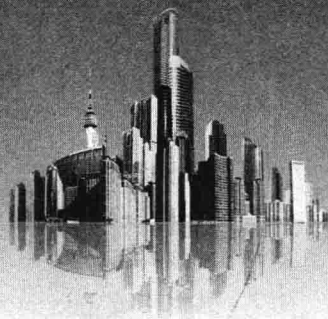
根据住房和城乡建设部颁布的《建筑 and 市政工程施工现场专业人员职业标准》(JGJ/T 250—2011)要求和有关部署,为了做好建筑工程施工现场专业人员的岗位培训工作,提高从业人员的职业素质和专业技能水平,我们组织相关职业培训机构、职业院校的专家和老 师,参照最新颁布的新标准、新规范,以岗位所需的专业知识和能力编写了这套《建筑工程施工现场专业人员岗位资格培训教材》,涉及施工员、质量员、安全员、材料员、资料员等关键岗位,以满足培训工作的需求。

本书紧扣《建筑 and 市政工程施工现场专业人员职业标准》,以够用、实用为目标,教材内容浅显易懂,采用丰富的图片、图样,使表达直观化。全书共 7 章,包括建筑材料、建筑力学知识、建筑工程图识读、民用建筑构造、建筑工程施工工艺、工程建设项目管理基本知识、工程预算基础知识等。本书既能满足建设行业施工管理岗位人员培训持证上岗需求,又可满足建筑类职业院校毕业生顶岗实习前的岗位培训需求,充分兼顾了职业岗位技能培训和执业资格考试培训需求。

本书由河北城乡建设学校万东颖老师担任主编,参与编写的人员有尚敏、高英台、孙翠兰、董学军、侯欣老师。由于时间较仓促,更由于水平有限,不足之处敬请各位读者提出宝贵意见,以便进一步完善。

在本书编写过程中,得到编者所在单位及中国电力出版社有关领导、编辑的大力支持,同时还参阅了大量的参考文献,在此一并致以由衷的感谢。

编 者



目 录

前言

第 1 章 建筑材料	1
1.1 建筑材料的基本性质	1
1.2 气硬性胶凝材料	5
1.3 水泥材料	9
1.4 普通混凝土.....	15
1.5 砂浆及墙体材料.....	34
1.6 建筑钢材.....	41
1.7 木材.....	46
1.8 防水材料.....	49
1.9 建筑装饰材料.....	56
1.10 建筑塑料	61
本章练习题	62
第 2 章 建筑力学知识	64
2.1 力的基本知识和平面力系的应用.....	64
2.2 杆件内力分析.....	71
本章练习题	78
第 3 章 建筑工程图识读	81
3.1 熟悉建筑制图标准.....	81
3.2 形体的投影.....	82
3.3 剖面图和断面图.....	87
3.4 建筑识图基本知识.....	91
3.5 建筑施工图识读.....	95
3.6 结构施工图识读	111
本章练习题.....	134
第 4 章 民用建筑构造	135
4.1 民用建筑构造概述	135
4.2 基础构造	138
4.3 墙体构造	141

4.4	楼地层构造	152
4.5	楼梯构造	162
4.6	屋顶构造	168
4.7	其他构造	177
	本章练习题	189
第 5 章	建筑工程施工工艺	190
5.1	土方工程	190
5.2	地基加固	199
5.3	基础施工	201
5.4	砌筑工程	205
5.5	钢筋混凝土工程施工	213
5.6	防水工程	240
5.7	装饰装修工程	257
	本章练习题	267
第 6 章	工程建设项目管理基本知识	271
6.1	工程建设项目的组成及分类	271
6.2	工程建设项目管理	272
	本章练习题	274
第 7 章	工程预算基础知识	275
7.1	建筑安装工程费用项目的组成	275
7.2	工程量计算方法	280
7.3	工程量清单计价的基本概念	281
	本章练习题	287
	参考文献	288



建筑材料

1.1 建筑材料的基本性质

建筑要承受各种作用，因此要求建筑材料具有所需要的基本性质。如建筑受到外力（拉力、压力、弯曲、剪力等）作用，材料应有相应的力学性质；受到自然界中阳光、空气和水的作用、虫菌等影响，材料应能承受温湿度变化、反复冻融等破坏；建筑不同部位使用中要求防水、绝热、隔声、吸声等；工业建筑可能要求耐热、耐腐蚀。所以，在施工中必须充分了解 and 掌握材料的性质和特点，才能正确、合理地选择和使用建筑材料。

建筑材料的主要性质和指标见表 1-1。

表 1-1 建筑材料的主要性质和指标

建筑材料的基本性质	物理性质	与质量有关的性质	三大密度	ρ 、 ρ_0 、 ρ'_0	
			密实度和孔隙率	D 、 P	
			填充率和空隙率	D' 、 P'	
		与水有关的性质	亲水性和憎水性	θ （润湿角）	
			吸水性	$W_{质}$ 、 $W_{体}$	
			吸湿性	$W_{含}$ （含水率）	
			耐水性	$K_{软}$ （软化系数）	
			抗冻性	抗冻等级	
		与热有关的性质	抗渗性	抗渗等级	
			导热性	λ （导热系数）	
			热容量	c （比热）	
		力学性质	抗破坏能力	强度	f （拉、压、弯、剪）
			变形表现	弹性与塑性	
		耐久性	综合性质	抗冻性、抗渗性、抗蚀性、大气稳定性、耐磨性、抗老化性、耐热性	抗冻等级等

1.1.1 材料的物理性质

在建筑工程中，计算材料用量、构件的自重，配料计算以及确定堆放空间时，经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等数据。



1. 表观密度

表观密度是指多孔固体材料质量与其表观体积 (包括孔隙的体积) 之比。
孔隙体积是指材料本身的开口孔、裂口或裂纹以及封闭孔或空洞所占的体积。

2. 实际密度

实际密度是指材料质量与其绝对密实体积 (无孔隙的体积) 之比。
测试方法是磨细粉 (粒径小于 0.2mm) 装入比重瓶排出的液体, 即密实体积 V 。
注意: 绝对密实状态下的体积, 不包括孔隙体积, 指材料内固体物质所占体积。

3. 堆积密度

堆积密度是指松散颗粒状、粉末状、纤维状材料在自然堆积状态下, 单位堆积体积的质量。

研究对象: 散粒状 (粉末、颗粒、纤维) 材料。表 1-2 为三大密度对比。

表 1-2 三大密度对比

名称	符号	定义 (状态)	体 积	测 法	公式
表观密度	ρ_0	多孔固体、自然状态	固体体积+内部孔隙体积, 即 $V_0 = V + V_{\text{孔隙}}$	规则: 计算 不规则: 蜡封排水法	$\rho_0 = m/V_0$
实际密度	ρ	绝对密实状态	固体的实体积 V	磨细成粉再排水	$\rho = m/V$
堆积密度	ρ'_0	容器内堆积	固体+内部孔隙+粒间空隙体 积, 即 $V'_0 = V + V_{\text{孔隙}} + V_{\text{空隙}}$	容器的容积	$\rho'_0 = m/V'_0$

4. 密实度与孔隙率 (见表 1-3)

表 1-3 密实度与孔隙率对比

性质	定 义	公 式	两者关系	对性质的影响
密实度 D	材料体积内被固体物质所充实的程度	$D = V/V_0 = \rho_0/\rho$	(1) $D + P = 1$ (2) 反映密实程度 (通常采用孔隙率来表示), 分析的是多孔固体	P 越大, 越疏松, 强度越低, 保温性能越好
孔隙率 P	材料体积内孔隙体积占总的表观体积的比例	$P = (V_0 - V)/V_0 = 1 - \rho_0/\rho$		

[例 1-1] 已知烧结普通砖 $\rho_0 = 1850\text{kg/m}^3$, $\rho = 2500\text{kg/m}^3$, 求 D 、 P 。

解 $D = \rho_0/\rho = 74\%$, $P = 1 - \rho_0/\rho = 1 - 74\% = 36\%$

D 越接近 1, 材料越密实。

孔隙按构造又分为开口孔隙和闭口孔隙两种。

(1) 开口孔隙率。是指常温下能被水所饱和的孔隙体积与材料表观体积之比的百分数。

(2) 闭口孔隙率。指总孔隙率 P 与开口孔隙率 P_k 之差。其计算式为

$$P_b = P - P_k$$

孔隙率与孔隙特征对材料性质的影响如下:

- (1) 孔隙率越大, 材料越疏松, 强度越低, 保温绝热性能越好。
- (2) 开口孔隙为主, 吸水性、透水性好, 抗冻性、抗渗性、耐久性差。
- (3) 微孔好。



5. 填充率与空隙率

填充率是指颗粒（如砂子或石子）或粉状材料在堆积体积内，被颗粒材料所填充的程度。空隙率是指颗粒（如砂子或石子）或粉状材料在堆积体积内，颗粒之间的空隙体积所占总体积的百分率。空隙率可作为控制混凝土骨料级配与计算含砂率的依据。其计算式为

$$P' = 1 - \rho'_0 / \rho'$$

6. 导热性

导热性是指当材料两面存在温差时，热量由一面传至另一面的性质。对于外墙、屋盖等围护结构，希望尽量减少热量的传导，夏季要防止室外热量进入室内可以称为隔热，冬季防止室内热量的散失可以称为保温。导热性用导热系数 λ 表示。导热系数小，保温隔热性好。

导热性的好坏首先与材料成分有关。例如，泡沫塑料的导热系数 λ 为 $0.035\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，冬季手感温热；大理石的导热系数 $\lambda=3.5\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，冬季手感凉。一般情况下，材料的导热系数为 $0.035\sim 3.5$ 。通常将 λ 小于 0.23 的材料称为绝热材料。钢筋混凝土剪力墙外需要另加保温层（钢筋混凝土的 λ 比砖大）。其次，导热性好坏还与孔结构特征、表观密度、含水率等有关。例如，同是烧结砖，多孔砖 P 大，保温性比实心砖好。原因是 P 大，空气的影响显著，而空气的 λ 为 $0.0233\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，所以材料总的导热系数就小，保温隔热性好。所以一般的做法是给材料引入大量均匀分布的微小的封闭孔隙，这样可以获得保温隔热材料。

绝热材料一定要防止受潮、受冻，这是因为水的导热系数 $\lambda=0.58\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，冰的导热系数 $\lambda=2.3\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，材料的含水率增大，材料的 λ 也增大，导热性增强。

7. 热容量

热容量是指材料加热时吸收热量，冷却时放出热量的性质。指标是比热（容），用 c 来表示。比热是指单位质量（ 1kg ）的材料，温度每升高（或降低） 1K 所吸收（或放出）的热量。比热大的材料有利于建筑物内部温度稳定。水的 c 大，冬季采暖常用水作介质。木材 c 大，适宜作为装饰装修材料，在冷气开放和采暖供热导致室内出现温度波动时，能缓和温度变化。

8. 热变形性

材料的热变形性是指温度升高或降低时材料的变化，用线膨胀系数来表示。线膨胀系数是指在一定温度范围内材料由于温度上升或下降 1K 所引起的长度增长或缩短值，与其在 0K 时长度的比值，可用于计算材料在温度变化时引起的变形以及温度应力等。例如，长度较大的建筑物，为了避免热胀冷缩引起破坏，要设置变形缝。

1.1.2 材料与水有关的性质

1. 亲水性材料与憎水性材料

与水接触时，能被水润湿的材料为亲水性材料，不能被水润湿的材料为憎水性材料。用润湿角 θ 表示（ $\leq 90^\circ$ 为亲水性，否则为憎水性）。水在亲水性材料表面可以铺展开，且能通过毛细管作用自动将水吸入材料内部；憎水性材料则相反，可以利用憎水性材料作为防水防潮材料或保护亲水性材料。如SBS防水卷材，可以用于屋面防水，也可用于厨房、卫生间的防水；打蜡可以保护木地板、地砖；油漆可用于保护木器等。



2. 吸水性

吸水性是指材料在水中能吸收水分的性质,用吸水率来表示,包括质量吸水率 $W_{质}$ 、体积吸水率 $W_{体}$ 。对于轻质材料,如软木、加气混凝土、膨胀珍珠岩等,质量吸水率大于1时,往往采用体积吸水率。一般情况下,采用质量吸水率。两者关系是: $W_{体} = W_{质} \rho_0$, ρ_0 单位必须是 g/cm^3 。例如,膨胀珍珠岩表观密度 $\rho_0 = 0.075g/cm^3$,质量吸水率 $W_{质} = 400\%$,则体积吸水率 $W_{体} = 30\%$ 。

3. 吸湿性

吸湿性是指材料在潮湿的空气中,吸收空气中水分的性质。吸湿性大小用含水率 $W_{含}$ 表示。在温度、湿度一定的情况下,含水率越大,吸湿性越大。含水质量 $m_{含} = m_{干} \times (1 + W_{含})$ 。

影响材料含水率大小的因素有材料的成分、组织构造、周围环境的温湿度。材料的含水率随环境变化,温度降低,湿度增加,含水率增大。材料既能吸收水分,也能向外界蒸发水分,最后与空气湿度达到平衡。吸湿和还水是可逆的。

4. 耐水性

耐水性是指材料长期在水作用下不被破坏,强度也不显著降低的性质。用软化系数 $K_{软}$ 来表示, $K_{软} = f_{饱} / f_{干}$,软化系数大于0.85的材料,通常可以认为是耐水材料。

5. 抗冻性

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下,经多次冻结和融化作用(冻融循环)而不破坏,同时也不严重降低强度的性质。用抗冻等级表示,如混凝土分为D25、D50、D100、D150、D200、D250、D300七个等级,D25的含义是材料能承受25次冻融循环。

材料吸水饱和, $-15^{\circ}C$ 冻结,再在 $20^{\circ}C$ 水中融化,称为一次冻融循环。经过规定次数的反复循环后,质量损失不大于5%,强度损失不超过25%,符合以上条件的材料通常被认为是抗冻材料。

开口孔隙率越大,透水性越大,抗冻性越差。常处于水位变化的季节性冰冻地区的建筑,尤其是冬季气温达到 $-15^{\circ}C$ 的地区,所用材料一定要进行抗冻性试验。

6. 抗渗性

抗渗性是指材料抵抗水、油等液体压力作用渗透的性质。抗渗性用抗渗等级 P 来表示,如 $P8$ 表示能承受0.8MPa水压而无渗透。抗渗性与材料的孔隙率和孔隙特征有关。例如,混凝土抗渗等级有 $P4$ 、 $P6$ 、 $P8$ 、 $P10$ 、 $P12$ 五级,密实和具有封闭孔隙的材料就不易产生渗透现象。

1.1.3 材料的力学性质

1. 材料的强度及强度等级

强度是指在外力(荷载)的作用下材料抵抗破坏的能力。对应于常见四种作用形式有抗拉强度、抗压强度、抗剪强度和抗弯强度。其计算式为 $f_{拉压剪} = F/A$ 。

抗拉、抗压、抗剪强度都是用破坏前能承受的最大力除以受力面积。抗弯强度公式比较复杂,与截面形状、支点类型、荷载有关。

强度的大小与材料的成分、构造有关。主要因素是成分,如钢筋一定强于普通砖;也与孔隙特征及构造有关,一般情况下,孔隙率 P 越大,材料越疏松,实际受力的面积就小,



测得的强度越低。材料一般都要按强度值的大小来划分强度等级或标号，使生产者和使用者有据可依，各类标准中对测法以及如何评定分级都有明确规定。

2. 材料的变形性能

材料的变形性能包括弹性和塑性。材料做试验，万能试验机的记录装置就会记录下力—变形之间的关系曲线。弹性是指材料在外力作用下产生变形，当取消外力后，能完全恢复原来形状的性质。能完全恢复的变形叫弹性变形（或瞬时变形），如在受力不大的情况下橡皮筋、弹簧、钢筋的变形。

塑性是指材料在外力作用下产生变形，当取消外力后，仍保持变形后的形状和尺寸且不产生裂纹的性质。这种不能恢复的变形叫塑性变形（或永久变形），绝大部分材料表现为塑性变形，如橡皮泥、混凝土等。

自然界是否有材料在任何时候都表现为弹性？答案是否定的。单纯的弹性材料是不存在的。例如，皮筋如果温度升高并拉长，或外力大，变形不能完全恢复。一般规律是：荷载小时，表现为弹性；荷载大时，表现为塑性。温度高时，表现为塑性；温度低时，表现为弹性。

1.1.4 材料的耐久性

材料的耐久性是指材料在使用条件下，受各种内在或外来自然因素及有害介质的作用，能不破坏、长久地保持原有使用性能的性质。

1. 材料承受的作用

物理作用包括干湿变化、温度变化及冻融变化等，如砖、混凝土等材料的冻融破坏。化学作用包括大气、环境水以及使用条件下酸、碱、盐等液体或有害气体对材料的侵蚀作用，如钢筋容易被氧化生锈，所以要有保护层。生物作用包括菌类、昆虫等的作用而使材料腐朽、蛀蚀而破坏，如木材易被虫蛀且易腐朽，所以要做防腐处理。力学（机械）作用，如钢筋的拉力、混凝土的压力。

2. 耐久性包括的方面

耐久性包括抗渗性、抗冻性、抗化学侵蚀性、抗碳化性、大气稳定性、耐磨性等。抗渗性好坏是根本原因，而抗冻性最具有表征作用，很多材料的耐久性往往直接用抗冻性表示，尤其是混凝土、砖等无机非金属材料。

3. 提高材料耐久性的措施

(1) 从材料本身入手。提高材料的密实度，适当改变成分等，如改变水泥品种。

(2) 改变环境。设法减轻大气或周围介质对材料的破坏作用，如降低湿度、排除侵蚀性物质。

(3) 从两者的关系入手。增加屏障，增设保护层来保护主体材料免受侵蚀，如木材刷漆，地板砖为了耐磨，表面应施釉、打蜡等。

1.2 气硬性胶凝材料

只能在空气中硬化、保持或继续发展强度的胶凝材料，称为气硬性胶凝材料。与水泥等水硬性胶凝材料相比，只是发生凝结硬化的环境不同。气硬性胶凝材料只能在干燥环境中凝



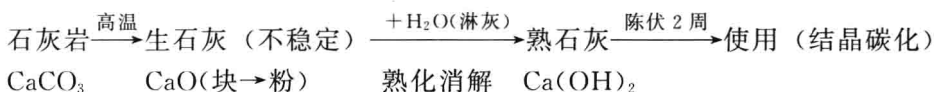
结硬化,而硬化后的石状物质只能在干燥环境中使用,如石灰、石膏、菱苦土等(水玻璃除外)。菱苦土的主要矿物成分为氧化镁。使用菱苦土时,一般不用水调而多用氯化镁溶液。

1.2.1 石灰

石灰在我国应用历史悠久,如古建筑长城的青砖白缝,应用范围广泛。

1. 生产与用途

全过程如下:



石灰的熟化、陈伏与硬化含义如下:

(1) 工地上使用石灰时,通常将生石灰加水,使之消解为消(熟)石灰,即氢氧化钙,这个过程称为石灰的“消化”,又称“熟化”,放出大量热,其体积膨胀2~3.5倍。

(2) 为了消除过火石灰的危害,生石灰熟化形成的石灰浆应在储灰坑中放置两周以上,这一过程称为石灰的“陈伏”。“陈伏”期间,石灰浆表面应保有一层水分,与空气隔绝,以免干裂和碳化。

(3) 石灰浆体在空气中逐渐硬化,是由下面两个同时进行的过程来完成的:

1) 结晶作用:游离水分蒸发,氢氧化钙逐渐从饱和溶液中结晶。

2) 碳化作用:氢氧化钙与空气中的二氧化碳反应生成碳酸钙结晶,释放出水分并被蒸发。

2. 石灰的分类

(1) 按形状分为块状石灰和粉状石灰。

(2) 按火候分为欠火灰、正火灰和过火灰。欠火灰:表面上是CaO,内部是CaCO₃,产浆量少,利用率低;过火灰:熟化过慢,如果不充分熟化,用于抹灰、砌筑上会造成质量问题,产生崩裂、鼓泡等现象。所以,石灰在使用前应在储灰坑中放置两周,进行陈伏。

(3) 按含量分类。石灰岩的成分除含有CaCO₃外,还含有部分MgCO₃。MgCO₃产生MgO、Mg(OH)₂(MgO是有效成分,但反应慢)。建筑石灰、生石灰粉按MgO划分钙质、镁质(界限5%)。消石灰粉按氧化镁的含量来划分钙质、镁质和白云石质的(界限4%、24%)。钙质生石灰MgO≤5%,镁质生石灰MgO>5%;钙质消石灰粉MgO≤4%,镁质消石灰粉MgO>4%,白云石质消石灰粉MgO≥24%。

(4) 按反应快慢分为快熟、中熟、慢熟。快熟:不到10min就熟化;中熟:10~30min熟化;慢熟:大于30min熟化。

(5) 按CaO+MgO含量(即有效成分的多少)分为优等品、一等品和合格品。

(6) 按熟石灰状态分类:生石灰加适量水生成的是熟石灰粉(消石灰粉),生石灰加大量水生成的是石灰膏。

3. 石灰的特性

(1) 凝结硬化慢,强度低。硬化慢是因为石灰表面碳化作用形成紧密外壳,不利于水分的蒸发和碳化的深入,所以要掺砂子、纸筋、麻刀、土形成连通孔隙,便于硬化。石灰的硬化只能在空气中进行,硬化后的强度也不高。如石灰砂浆(1:3)28d强度仅为0.2~0.5MPa。



(2) 吸湿性强,耐水性差。石灰是传统的干燥剂,受潮后会溶解,强度更低,在水中还会溃散。所以,石灰不宜在潮湿的环境下作用,也不宜用于重要建筑物基础。

(3) 保水性好。生石灰熟化为石灰浆时,能自动形成颗粒极细(直径约为 $1\mu\text{m}$)的呈胶体分散状态的氢氧化钙,表面吸附一层厚的水膜。在水泥砂浆中掺入石灰浆,可使可塑性显著提高。

(4) 石灰硬化后有较大体积收缩。石灰硬化后容易开裂,所以除调成石灰乳作薄层涂刷外,不宜单独使用。常掺入砂子、纸筋、麻刀、土抑制收缩。

(5) 放热量大,腐蚀性强。块状类石灰放置太久,会吸收空气中的水分而自动熟化成消石灰粉,再与空气中二氧化碳作用而还原为碳酸钙,失去胶结能力。所以,储存生石灰,不但要防止受潮,而且不宜储存过久。最好运到后即熟化成石灰浆,将储存期变为陈伏期。由于生石灰受潮熟化时会放出大量的热,而且体积膨胀,所以,储存和运输生石灰时,还要注意防水、防潮和安全。

4. 应用

(1) 刷白。将消石灰粉或熟化好的石灰膏加入多量的水搅拌稀释,成为石灰乳,是一种传统的涂料,主要用于内墙和顶棚刷白,增加室内美观和亮度。

(2) 配制三合土和灰土。石灰与黏土混合中生成具有水硬性的物质,适于在潮湿环境中使用。如建筑物或道路基础中使用的石灰土、三合土、二灰土(石灰、粉煤灰或炉灰)、二灰碎石(石灰、粉煤灰或炉灰、级配碎石)等。

(3) 配制砂浆。可配制石灰砂浆、水泥石灰混合砂浆。

(4) 做硅酸盐制品。石灰与天然砂或工业废料混合均匀,加水搅拌,经压振或压制形成硅酸盐制品。如灰砂砖、硅酸盐砖、硅酸盐混凝土制品等。

1.2.2 石膏

石膏是以硫酸钙为主要成分的矿物,当石膏中含有结晶水不同时,可形成多种性能不同的石膏。

1. 石膏的分类

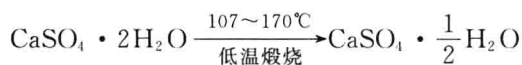
根据石膏中含有结晶水的多少不同,可分为:

(1) 无水石膏(CaSO_4)。也称硬石膏,它结晶紧密、质地较硬,是生产硬石膏水泥的原料。

(2) 天然石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。也称生石膏或二水石膏,大部分天然石膏矿为生石膏,是生产建筑石膏的主要原料。

(3) 半水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$)。它是由生石膏加工而成的,根据其内部结构不同,可分为 α 型半水石膏和 β 型半水石膏。

半水石膏通常是由天然石膏经压蒸或煅烧加热而成的。常压下煅烧加热到 $107\sim 170^\circ\text{C}$,可产生 β 型建筑石膏, 124°C 条件下压蒸(1.3大气压)蒸炼、磨细加热可产生 α 型半水石膏,也称高强石膏。





模型石膏是杂质少、细度小的 β 型半水硫酸钙。

另外, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{高温煅烧}]{600\sim 900^\circ\text{C}}$ 地板石膏, 耐磨。

2. 石膏的特性

(1) 凝结硬化速度快。一般石膏的初凝时间仅为 10min 左右, 终凝时间不超过 30min, 几天即可硬化, 在工程中经常被用作线条的找直。另外, 可加入适量的缓凝剂, 如硼砂、动物胶、亚硫酸盐、酒精废液等。

(2) 凝结硬化时的膨胀性。建筑石膏凝结硬化体积不仅不会收缩, 而且还稍有膨胀 (1%左右), 这种膨胀能使石膏的表面较为光滑、饱满, 棱角清晰、完整, 避免了开裂。

(3) 硬化后的多孔性, 质量轻, 但强度低。建筑石膏在使用时, 加入的水分比水化所需的水量多, 造成内部的大量微孔, 使其质量减轻, 抗压强度也因此下降。通常, 石膏硬化后的表观密度为 $800\sim 1000\text{kg}/\text{m}^3$, 抗压强度为 $3\sim 5\text{MPa}$ 。

(4) 良好的隔热、吸声和呼吸功能。

(5) 防火性好, 但耐水性差。硬化后石膏的主要成分是二水石膏, 当受到高温作用时或遇火后会析出 21%左右的结晶水, 在表面蒸发形成水蒸气幕, 可有效阻止火势的蔓延, 无水 CaSO_4 本身不燃烧, 具有良好的防火效果, 但由于部分二水石膏溶解而产生局部溃散, 所以建筑石膏硬化体的耐水性较差。

(6) 有良好的装饰性和可加工性。石膏表面光滑、饱满, 颜色洁白, 质地细腻, 具有良好的装饰性。微孔结构使其脆性有所改善, 硬度也较低, 所以硬化石膏可锯、可刨、可钉, 具有良好的可加工性。

3. 建筑石膏的应用

(1) 石膏砂浆及粉刷石膏。

(2) 建筑石膏制品: 石膏板、石膏砌块等。

(3) 制作建筑雕塑和模型。

建筑石膏自生产之日起储存期为 3 个月, 过期应复验。

1.2.3 水玻璃

水玻璃俗称泡花碱, 最常用的是硅酸钠水玻璃, 硅酸盐模数应在 $2.5\sim 3.0$ 之间。

1. 水玻璃的硬化

液体水玻璃在空气中吸收二氧化碳 (浓度较低), 形成无定形硅酸凝胶, 并逐渐干燥而硬化得很慢。为了加速硬化和提高硬化后的防水性, 常加入氟硅酸钠 (Na_2SiF_6) 作为促硬剂 (其适宜用量为 $12\%\sim 15\%$)。

2. 水玻璃的技术性质

(1) 粘结力强。水玻璃硬化后具有较强的粘结强度、抗拉强度和抗压强度。水玻璃硬化析出的硅酸凝胶还有堵塞毛细孔隙而防止水分渗透的作用。

(2) 耐酸性好。硬化后的水玻璃, 其主要成分是 SiO_2 , 具有较强的耐酸性能, 能抵抗大多数无机酸和有机酸的作用, 但其不耐碱性介质侵蚀。

(3) 耐热性高。水玻璃不燃烧, 硬化后形成 SiO_2 空间网状骨架, 在高温下硅酸凝胶干燥得更加强烈, 强度并不降低, 甚至有所增加。



3. 水玻璃的应用

(1) 用作涂料。直接将液体水玻璃涂刷在建筑物表面,或普通砖、硅酸盐制品、水泥混凝土等多孔材料表面,可使材料的密实度、强度、抗渗性、耐水性得到提高。

(2) 配制防水剂。以水玻璃为基料,配制防水剂。例如,四矾防水剂是以蓝矾(硫酸铜)、明矾(钾铝矾)、红矾(重铬酸钾)和紫矾(铬矾)各1份,溶于60份的沸水中,降温至 50°C ,投入到400份水玻璃溶液中,搅拌均匀而成的。可以在1min内凝结,适用于堵塞漏洞、缝隙等局部抢修。

(3) 加固土壤。将模数为 $2.5\sim 3$ 的液体水玻璃和氯化钙溶液通过金属管交替向地层压入,两种溶液发生化学反应,可析出吸水膨胀的硅酸胶体,包裹土颗粒并填充其空隙,阻止水分渗透并使土固结。用这种方法加固的砂土,抗压强度可达 $3\sim 6\text{MPa}$ 。

(4) 配制水玻璃砂浆。将水玻璃、矿渣粉、砂和氟硅酸钠按一定比例配合成砂浆,可用于修补墙体裂缝。

(5) 配制耐酸砂浆、耐酸混凝土、耐热混凝土。

1.3 水泥材料

水泥是粉末状水硬性胶凝材料,加水拌和后,成为塑性浆体,能将砂、石子等松散材料胶结成一个整体,既能在潮湿的空气中,又能在水中凝结硬化。而气硬性胶凝材料只能用于干燥环境中。

水泥按主要熟料矿物成分分为硅酸盐系水泥(常用)、铝酸盐系水泥、铁铝酸盐系水泥、硫铝酸盐系水泥等。

硅酸盐系水泥按应用分为:①通用水泥(产量占水泥总产量95%以上)。用于一般工程,如硅酸盐水泥、普通水泥、矿渣水泥、火山灰质水泥、粉煤灰水泥、复合水泥、石灰石水泥;②专用水泥。专用工程,如道路、砌筑、大坝;③特性水泥。满足环境的特殊要求,如海洋工程防腐蚀水泥、核电站防辐射水泥、接缝工程膨胀水泥。

1.3.1 硅酸盐水泥技术要求、特点及应用

将成品水泥装袋为袋装水泥,散装在库房或装入水泥罐为散装水泥。散装是发展趋势。

1. 硅酸盐系水泥的成分

硅酸盐系水泥是由硅酸盐水泥熟料、适量石膏和混合材料组成的。硅酸盐系水泥生产的过程可以概括为两磨一烧。生料磨细后 1450°C 煅烧成熟料,加石膏和混合材料后再磨细成水泥成品。

(1) 熟料。煅烧得到的硅酸盐水泥熟料是关键成分,含有四种矿物成分。提高硅酸三钙 C_3S 的含量可以制得高强水泥,降低硅酸三钙 C_3S 和铝酸三钙 C_3A 的含量可以制得低水化热的大坝水泥。硅酸三钙是决定硅酸盐水泥早期强度的矿物。硅酸二钙 C_2S 是决定硅酸盐水泥后期强度的矿物。表1-4为水泥熟料四种矿物成分分别与水反应时的特点。



表 1-4 水泥熟料四种矿物成分分别与水反应时的特点

矿物名称	符号	水化产物	反应快慢	水化热	强度发展	后期强度	收缩	耐蚀性
硅酸三钙	C ₃ S	水化硅酸钙凝胶、 氢氧化钙晶体	快	高	快	高	中	差
硅酸二钙	C ₂ S		慢	低	慢	高	小	好
铝酸三钙	C ₃ A	水化铝酸钙晶体	最快	高	快	低	大	差
铁铝酸四钙	C ₄ AF	水化铝酸钙晶体和 水化铁酸钙凝胶	较快	中等	中	中	小	较好

正常使用时,水泥还未完全反应,所以硬化后的水泥石是由晶体、胶体、未完全水化的水泥颗粒、游离水分和气孔等组成的不均质结构体。

影响硅酸盐水泥凝结硬化的主要因素有:

- 1) 水化与硬化过程的快慢与熟料矿物成分、含量及各成分的特性有关。
- 2) 温度、湿度的影响。保证湿度的前提下,温度升高,水化速度、凝结硬化、强度增长加快。水泥石在完全干燥情况下,水化不能进行,硬化停止、强度不再增长。所以,混凝土浇筑后要洒水养护。温度低于 0℃ 时,水化基本停止,所以冬期施工时,要采取保温措施。

3) 养护龄期的影响。时间延长,强度不断增长。水化反应速度是先快后慢。完成水泥水化、水解全过程需要几年、几十年的时间,一般水泥在 3~7 天内水化速度快,强度增长快。28 天可完成水化过程的基本部分,以后发展缓慢,强度增长也极为缓慢。

4) 细度的影响。越细,与水接触面积越大,反应越快,水化越彻底。

(2) 石膏。加入石膏,是为了消除 C₃A 的危害,控制快凝现象,延缓水泥凝结时间,方便施工。石膏与 C₃A 产物水化铝酸钙得到钙矾石。

(3) 混合材料。活性混合材料的活性是指能被激活,本来不能与水反应,但是如果遇到石灰或石膏等就被激活,与水反应。如粒化高炉矿渣、火山灰质混合材料、粉煤灰。非活性混合材料掺入水泥,不与水泥成分起化学反应或很弱,主要起填充作用,可调节水泥强度,降低水化热及增加水泥产量等。如磨细石英砂、石灰石、黏土、缓冷矿渣等。

2. 硅酸盐水泥技术要求

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。硅酸盐水泥在国际上分为两种类型:不掺混合材料的称 I 型硅酸盐水泥,其代号为 P. I;在硅酸盐水泥熟料粉磨时掺入不超过水泥质量 5% 的石灰石或粒化高炉矿渣混合材料的称 II 型硅酸盐水泥,其代号为 P. II。主要技术要求如下:

(1) 强度及其等级 (ISO 胶砂强度测定法)。水泥的强度是按照《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》(GB/T 17961—1999) 的标准方法制作的水泥胶砂试件,在 20℃ ± 1℃ 的水中,养护到规定龄期时检测的强度值。标准试件尺寸为 40mm × 40mm × 160mm,标准试验龄期分别为 3d 和 28d,分别检验其抗压强度和抗折强度。按照测定结果,将硅酸盐水泥分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R 六个强度等级。硅酸盐水泥强度等级整体偏高。

《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 等级中的数字的含义,与 28d 试件抗压强度一致。四个指标同时都达到才能合格。R 代表早强型。水泥净浆硬化时收缩严重,不能做成大体积



构件，必须掺加砂、石等抑制收缩。

试验中的配合比例为水泥：标准砂：水=1：3：0.5，每锅胶砂成型3条试件，需450g水泥，1350g标准砂，225g水。

(2) 细度（筛分法、比表面积法）。水泥颗粒粗了，反应慢，反应不彻底；过细，反应过快容易产生干缩开裂，粉磨能耗大，成本也高。所以，要合理控制细度。细度的判断：硅酸盐水泥用比表面积来表示，要求大于或等于 $300\text{m}^2/\text{kg}$ 。比表面积是指单位质量的水泥粉末所具有的表面积的总和（ m^2/kg ）。比表面积足够大，颗粒才足够细。其他水泥品种用筛余来表示，要求 $80\mu\text{m}$ 方孔筛余百分率不大于10%或 $45\mu\text{m}$ 方孔筛余不大于30%。

(3) 标准稠度用水量。标准稠度用水量是水泥浆达到规定的稀稠程度时的需水量，用于检验水泥的凝结时间和体积安定性。标准稠度是人为规定的稠度，其用水量采用维卡仪测定，有调整水量法和不变水量法，水泥量均为500g。调整水量法是调整水的用量凑成标准稠度，不变水量法所用水量为142.5mL，直接在标尺上读数，两者有矛盾时以前者为准。硅酸盐水泥的标准稠度用水量一般在21%~28%。

(4) 凝结时间。水泥从开始加水到失去流动性，即从液体状态发展到较致密固体状态的过程称为水泥的凝结。这个过程所需要时间称为凝结时间，分初凝时间（开始失去流动性）和终凝时间（完全失去流动性）。以标准稠度的水泥净浆，在规定温度及湿度环境下用维卡仪测定。

初凝时间不宜过早，以便有足够的时间进行搅拌、运输、浇筑、振捣等施工作业。如果初凝时间过早，习惯上称为废品水泥，严禁在工程上使用。终凝时间不宜过迟，以便尽快进行下一道工序施工，以免拖延工期。硅酸盐水泥的初凝时间不得早于45min，终凝时间不得迟于6.5h。

(5) 体积安定性。水泥浆体硬化后体积变化的均匀性称为水泥的体积安定性，即水泥石能保持一定形状，不开裂、不挠曲变形、不溃散的性质。安定性不良的水泥做废品处理，不得应用于工程中，否则将导致严重后果。

导致水泥安定性不良的主要原因一般是由于熟料中的游离氧化钙、游离氧化镁或掺入石膏过多等造成的，其中游离氧化钙是最常见、影响最严重的因素。国家标准规定，水泥的体积安定性用沸煮法检验，这仅体现游离氧化钙的危害。沸煮法包含雷氏法（精确）、试饼法（粗略），出现矛盾时以前者为准。

熟料中所含游离氧化钙或氧化镁都是过烧的，结构致密、水化很慢，在水泥已经硬化后才熟化，生成晶体，体积膨胀97%以上，从而导致不均匀体积膨胀，使水泥石开裂。硅酸盐水泥氧化镁的含量控制在5%以内，如果通过了压蒸试验可以放宽至6%。其他水泥MgO大于6%时，需进行压蒸安定试验并合格。石膏掺量过多时，水泥硬化后残余石膏与水化铝酸钙继续反应生成钙矾石，体积增大约1.5倍，从而导致水泥石开裂。石膏通过 SO_3 含量的3.5%来控制，矿渣水泥放宽至4%。

硅酸盐水泥的特性和适用范围包括：

(1) 早期强度发展快，等级高。适用于快硬早强性工程（如冬期施工、预制、现浇等工程）、高强度混凝土工程（如预应力钢筋混凝土、大坝溢流面部位混凝土）。

(2) 水化热大。不宜用于大体积工程（如水坝），但有利于低温季节蓄热法施工。

(3) 抗冻性好。适用于严寒地区工程、水工混凝土和抗冻性要求高的工程。