

新标准



建筑工程施工现场专业人员
岗位资格培训教材

材料员 专业基础知识

Cailiaoyuan Zhuanye Jichu Zhishi



主 编 ◆ 盛 良
副主编 ◆ 李宁宁



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

材料员

专业基础知识

Cailiaoyuan Zhuanye Jichu Zhishi

主 编 盛 良
副主编 李宁宁
参 编 陈卫平

内 容 提 要

本书紧扣“材料员岗位职业标准”，既保证教材内容的系统性和完整性，又注重理论联系实际、解决实际问题能力的培养；既注重内容的先进性、实用性和适度的超前性，又便于实施案例教学和实践教学。本书包括建筑工程材料、建筑工程施工图识读、建筑力学基本知识、建筑工程施工工艺、工程建设项目管理、建筑工程预算基本知识等。本书既能满足建设行业材料管理岗位人员培训和持证上岗的需求，又可满足建筑类职业院校毕业生顶岗实习前的岗位培训，充分兼顾职业岗位技能培训和职业资格考试培训需求。

图书在版编目 (CIP) 数据

材料员专业基础知识/盛良主编. —北京: 中国电力出版社, 2016. 3

建筑工程施工现场专业人员岗位资格培训教材

ISBN 978-7-5123-8620-4

I. ①材… II. ①盛… III. ①建筑材料—技术培训—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 287538 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: juanhua Zhou@163.com

责任印制: 蔺义舟 责任校对: 常燕昆

北京博图彩色印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2016 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·15.5 印张·378 千字

定价: 38.00 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

2011年8月,住房和城乡建设部颁布了《建筑与市政工程施工现场专业人员职业标准》(JGJ/T 250—2011),自2012年1月1日起实施。为了做好建筑行业施工现场专业人员的岗位培训工作,我们组织相关职业培训机构、职业院校的专家、老师,参照最新颁布的新标准、新规范,以岗位主要工作职责和所需的专业技能、专业知识为依据编写了《材料员专业基础知识》,以满足培训工作和施工现场材料管理工作的需求。

本书紧扣“材料员岗位职业标准”,既保证教材内容的系统性和完整性,又注重理论联系实际、解决问题能力的培养;既注重内容的先进性、实用性和适度的超前性,又便于实施案例教学和实践教学。本书包括建筑工程材料、建筑工程施工图识读、建筑力学基本知识、建筑工程施工工艺、工程建设项目管理、建筑工程预算基本知识等。本书既能满足建设行业材料管理岗位人员培训和持证上岗的需求,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,充分兼顾职业岗位技能培训和职业资格考核培训需求。

本书由中国建筑五局教育培训中心、长沙建筑工程学校组织编写,由盛良担任主编、李宁宁担任副主编,参与编写的人员有陈卫平。由于时间较仓促和水平有限,不足之处还请各位有关培训单位、职业院校及时提出宝贵意见。

在本书编写过程中,得到编者所在单位、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 建筑工程材料	1
1.1 土建工程材料	1
1.2 常用水暖卫工程材料.....	50
1.3 常用建筑电气工程材料.....	57
第 2 章 建筑工程施工图识读	69
2.1 建筑工程图概述.....	69
2.2 建筑施工图识读.....	75
2.3 结构施工图识读.....	85
2.4 设备工程图识读.....	95
第 3 章 建筑力学基本知识	114
3.1 力的基本概念与性质	114
3.2 杆件的强度、刚度及稳定性	123
3.3 杆件变形的基本形式	125
3.4 材料力学试验基本知识	130
第 4 章 建筑工程施工工艺	137
4.1 土石方工程	137
4.2 地基与基础工程	137
4.3 砌体工程	149
4.4 混凝土结构工程	154
4.5 高层建筑主体结构工程	165
4.6 防水工程	186
4.7 装饰装修工程	198
第 5 章 工程建设项目管理	211
5.1 工程建设程序	211
5.2 工程建设的主要管理制度	213
5.3 工程建设项目的管理	220
5.4 施工项目管理	222
第 6 章 建筑工程预算基本知识	229
6.1 工程造价管理概述	229

6.2	建筑工程概预算分类	230
6.3	工程造价的含义及特点	230
6.4	现行建设工程造价的构成	231
6.5	现行建筑安装工程费用的组成	232
6.6	建筑工程量计算	235
参考文献		241



建筑工程材料

1.1 土建工程材料

1.1.1 建筑材料概述

1. 建筑材料的定义与分类

建筑材料是用于建筑工程中所有材料的总称。按材料所使用的不同工程部位，一般可分为建筑材料和建筑装饰装修材料。

建筑材料的种类繁多，而且性能和组分各异，用途不同，可按多种方法分类。通常有以下几种分类方法。

(1) 按化学成分分类。根据建筑材料的化学成分，可分为有机材料、无机材料和复合材料三大类（见表 1-1）。

表 1-1 建筑材料按化学成分分类

分 类		实 例	
非金属材料	无机材料	天然石材	砂、石及石材制品等
		烧土制品	烧结砖瓦、陶瓷制品等
		胶凝材料及制品	石灰、石膏及制品、水泥及混凝土制品、硅酸盐制品等
		玻璃	普通平板玻璃、装饰玻璃、特种玻璃等
	无机纤维材料	玻璃纤维、矿棉纤维、岩棉纤维等	
	有机材料	植物材料	木材、竹、植物纤维及制品等
		沥青类材料	石油沥青、煤沥青及制品等
有机合成高分子材料		塑料、涂料等	
金属材料	黑色金属	铁、钢及合金等	
	有色金属	铜、铝及合金等	
复合材料	有机与无机非金属材料复合	聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等	
	金属与无机非金属材料复合	钢筋混凝土、钢纤维混凝土等	
	金属与有机材料复合	PVC 钢板、有机涂层铝合金板等	

(2) 按用途分类。根据建筑材料的用途，可分为结构材料、墙体材料、屋面材料、地面材料以及其他用途的材料等。

1) 结构材料。结构材料是构成建筑物受力构件和结构所用的材料，如梁、板、柱、基



础、框架及其他受力构件和结构等所用的材料。对这类材料的主要技术性质要求是强度和耐久性。常用的主要结构材料有砖、石、水泥、钢材、钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土。随着工业的发展,轻钢结构和铝合金结构所占的比例将会逐渐加大。

2) 墙体材料。墙体材料是建筑物内、外及分隔墙体所用的材料。由于墙体在建筑物中占有很大比例,因此正确选择墙体材料,对降低建筑物成本、节能和提高建筑物安全性有着重要的实际意义。目前,我国大量采用的墙体材料有砌墙砖、混凝土砌块、加气混凝土砌块以及品种繁多的各类墙用板材,特别是轻质多功能的复合墙板。复合轻质多功能墙板具有强度高、刚度大、保温隔热性能好、装饰性能好、施工方便、效率高等优点,是墙体材料的发展方向。

3) 屋面材料。屋面材料是用于建筑物屋面的材料的总称,已由过去较单一的烧结瓦,向多种材质的大型水泥类瓦材和高分子复合类瓦材发展,同时屋面承重结构也由过去的预应力钢筋混凝土大型屋面板向承重、保温与防水三合一的轻型钢板结构转变。屋面防水材料由传统的沥青及其制品,向高聚物改性沥青防水卷材、合成高分子防水卷材等新型防水卷材发展。

4) 地面材料。地面材料是指用于铺砌地面的各类材料。这类材料品种繁多,不同地面材料铺砌出来的效果相差也很大。

2. 建筑材料的基本性质

建筑物由各种建筑材料建筑而成,这些材料在建筑物的各个部位要承受各种各样的作用,因此要求建筑材料必须具备相应的性质。如结构材料必须具备良好的力学性质;墙体材料应具备良好的保温隔热性能、隔声吸声性能;屋面材料应具备良好的抗渗防水性能;地面材料应具备良好的耐磨损性能等等。一种建筑材料要具备哪些性质,这要根据材料在建筑物中的功用和所处环境来决定。一般而言,建筑材料的基本性质包括物理性质、化学性质、力学性质和耐久性。

1.1.2 胶凝材料

建筑上能将散粒状材料(如砂、石等)或块状材料(如砖、石块、混凝土砌块等)粘结成为整体的材料,称为胶凝材料。

胶凝材料按其化学成分可分为无机胶凝材料和有机胶凝材料两大类。无机胶凝材料按其硬化条件的不同,可分为气硬性胶凝材料和水硬性胶凝材料,主要有石灰、石膏、水泥等,这类胶凝材料在建筑工程中的应用最广泛;有机胶凝材料有沥青、树脂等。

气硬性胶凝材料是指只能在空气中凝结硬化的胶凝材料,如石灰、石膏、水玻璃和菱苦土等。水硬性胶凝材料是指不仅能在空气中凝结硬化,而且能更好地在水中硬化,保持和发展其强度的胶凝材料,如各种水泥。因此,气硬性胶凝材料只适用于干燥环境中的工程部位;水硬性胶凝材料既适用于干燥环境,又适用于潮湿环境及水中的工程部位。

1. 气硬性胶凝材料

(1) 石灰和石膏。石灰是最早使用的矿物胶凝材料之一。石灰是不同化学成分和物理形态的生石灰、消石灰、水硬性石灰的统称。水硬性石灰是以泥质石灰石为原料,经高温煅烧后所得的产品,除含 CaO 外,还含有一定量的 MgO 、硅酸二钙、铝酸一钙等而具有水硬性。建筑工程中的石灰通常指气硬性石灰。由于原材料资源丰富,生产工艺简单,成本低



廉，石灰在建筑工程中的应用很广。

1) 生石灰的生产。生石灰是以碳酸钙为主要成分的石灰石、白垩等为原料，在低于烧结温度下煅烧所得的产物，其主要成分是氧化钙。煅烧反应如下：



2) 生石灰的熟化。生石灰的熟化（又称消化或消解）是指生石灰与水发生化学反应生成成熟石灰的过程。其反应式如下：



生石灰遇水反应剧烈，同时放出大量的热。生石灰的熟化反应为放热反应，在最初 1h 所放出的热量几乎是硅酸盐水泥 1d 放出热量的 9 倍。

生石灰熟化后体积膨胀 1~2.5 倍。块状生石灰熟化后体积膨胀，产生的膨胀压力会致使石灰块自动分散成为粉末，应用此法可将块状生石灰加工成为消石灰粉。

熟化后的石灰在使用前必须进行“陈伏”。这是因为生石灰中存在着过火石灰。过火石灰结构密实，熟化极其缓慢，当这种未充分熟化的石灰抹灰后，会吸收空气中大量的水蒸气，继续熟化，体积膨胀，致使墙面砂浆隆起、开裂，严重影响工程质量。为了消除过火石灰的危害，生石灰在使用前应提前化灰，使石灰浆在灰坑中储存两周以上，以使生石灰得到充分熟化，这一过程称为“陈伏”。陈伏期间，为了防止石灰碳化，应在其表面保留一定厚度的水层，用以隔绝空气。

3) 石灰的硬化。石灰的硬化速度很缓慢，并且硬化体强度很低。石灰浆体在空气中逐渐硬化，主要是干燥结晶和碳化这两个过程同时进行来完成的。

石灰的硬化主要依靠结晶作用，而结晶作用又主要依靠水分蒸发速度。由于自然界中水分的蒸发速度有限，因此石灰的硬化速度很缓慢。

4) 石灰的特性、应用及储存。

①石灰的特性。

a. 凝结硬化缓慢，强度低。石灰浆在空气中的碳化过程很缓慢，而且结晶速度主要依赖于浆体中水分蒸发的速度，因此，石灰的凝结硬化速度是很缓慢的。生石灰熟化时的理论需水量较小，为了使石灰浆具有良好的可塑性，实际熟化的水量是很大的，多余水分在硬化后蒸发，会留下大量孔隙，使硬化石灰的密实度较小，强度低。

b. 可塑性好，保水性好。生石灰熟化为石灰浆时，能形成颗粒极细（粒径为 0.001mm）呈胶体分散状态的氢氧化钙粒子，表面吸附一层厚厚的水膜，使颗粒间的摩擦力减小，因而具有良好的可塑性。

c. 硬化后体积收缩较大。石灰浆中存在大量的游离水，硬化后大量水分蒸发，导致石灰内部毛细管失水收缩，引起显著的体积收缩变形。这种收缩变形使得硬化石灰体产生开裂，因此，石灰浆不宜单独使用，通常工程施工中要掺入一定量的骨料（砂子）或纤维材料（麻刀、纸筋等）。

d. 吸湿性强，耐水性差。生石灰具有很强的吸湿性，传统的干燥剂常采用这类材料。生石灰水化后的产物其主要成分是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，能溶解在水中，若长期受潮或被水侵蚀，会使硬化的石灰溃散，因此它是一种气硬性胶凝材料，不宜用于潮湿的环境中，更不能用于



水中。

②石灰的应用。石灰是建筑工程中面广、量大的建筑材料之一，其常见的用途如下：

a. 广泛用于建筑室内粉刷。石灰乳是一种廉价的涂料，并且施工方便，颜色洁白，能为室内增白添亮，因此在建筑中应用十分广泛。

b. 用于配制建筑砂浆。石灰和砂或麻刀、纸筋配制成石灰砂浆、麻刀灰、纸筋灰，主要用于内墙、顶棚的抹面砂浆。石灰与水泥和砂可配制成混合砂浆，主要用于墙体砌筑或抹面之用。

c. 配制三合土和灰土。三合土是采用生石灰粉（或消石灰粉）、黏土和砂子按 1 : 2 : 3 的比例，再加水拌和，经夯实后而成。灰土是用生石灰粉和黏土按 1 : 2~4 的比例加水拌和，经夯实后而成。经夯实后的三合土和灰土广泛应用于建筑物的基础、路面或地面垫层。三合土和灰土经强力夯打之后，其密实度大大提高，且黏土颗粒表面少量的活性 SiO_2 和 Al_2O_3 与石灰发生化学反应，生成水化硅酸钙和水化铝酸钙等不溶于水的水化产物，因而具有一定的抗压强度、耐水性和相当高的抗渗能力。

d. 制作碳化石灰板。碳化石灰板是将磨细生石灰、纤维状填料（如玻璃纤维等）或轻质骨料（如矿渣等）经搅拌、成型，然后人工碳化而成的一种轻质板材。这种板材能锯、刨、钉，适宜作非承重内墙板、顶棚等。

e. 生产硅酸盐制品。以石灰和硅质材料（如石英砂、粉煤灰等）为原料，加水拌和，经成型，蒸养或蒸压处理等工序而制成的建筑材料，统称为硅酸盐制品。如粉煤灰砖、灰砂砖、加气混凝土砌块等。

f. 配制无熟料水泥。将具有一定活性的混合材料按适当比例与石灰配合，经共同磨细，可得到水硬性的胶凝材料，即为无熟料水泥。

③石灰的储存。生石灰具有很强的吸湿性，在空气中放置太久，会吸收空气中的水分而消化成消石灰粉而失去胶凝能力。因此，储存生石灰时一定要注意防潮防水，而且存期不宜过长。另外，生石灰熟化时会释放大量的热且体积膨胀，故在储存和运输生石灰时，还应注意将生石灰与易燃易爆物品分开保管，以免引起火灾和爆炸。

5) 石膏。我国的石膏资源极其丰富，分布很广，自然界存在的石膏主要有天然二水石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，又称生石膏或软石膏）、天然无水石膏（ CaSO_4 ，又称硬石膏）和各种工业废石膏（化学石膏）。以这些石膏为原料可制成多种石膏胶凝材料，建筑中使用最多的石膏胶凝材料是建筑石膏，其次是高强石膏。建筑石膏及其制品具有许多优良性能，如轻质、耐火、隔声、绝热等，是一种比较理想的高效节能的材料。石膏的应用如下：

①用作室内粉刷和抹灰。石膏洁白细腻，用于室内粉刷、抹灰，具有良好的装饰效果。经石膏抹灰后的内墙面、顶棚，还可直接涂刷涂料、粘贴壁纸。但在施工时应注意：由于建筑石膏凝结很快，施工时应掺入适量的缓凝剂，以保证施工质量。

②制作石膏制品。建筑石膏制品的种类较多，我国生产的石膏制品主要有纸面石膏板、空心石膏条板、纤维石膏板、石膏砌块和其他石膏装饰板等。建筑石膏配以纤维增强材料、胶粘剂等，还可以制作各种石膏角线、线板、角花、雕塑艺术装饰制品等。

③生石膏可作为水泥生产的原料。水泥生产过程中必须掺入适量的石膏作为缓凝剂，不掺、少掺或多掺都会导致水泥无法正常使用或根本无法使用。

(2) 水玻璃。俗称泡花碱，是由碱金属氧化物和二氧化硅结合而成的能溶于水的一种水



溶性硅酸盐物质。根据碱金属氧化物种类不同,水玻璃又主要分为硅酸钠水玻璃(简称钠水玻璃, $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$)、硅酸钾水玻璃(简称钾水玻璃, $\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$)。在工程中最常用的是钠水玻璃,以液态供应使用。

1) 水玻璃的特性。粘结力强,强度较高,耐酸性、耐热性高。

2) 水玻璃的应用。根据水玻璃的特性,在建筑工程中水玻璃的应用主要有以下几个方面:

①配制耐酸、耐热砂浆和混凝土。水玻璃具有很高的耐酸性和耐热性,以水玻璃为胶结材料,加入促硬剂和耐酸、耐热粗细骨料,可配制成耐酸、耐热砂浆或混凝土。

②作为灌浆材料,加固地基。使用时将模数为2.5~3.0的液体水玻璃和氯化钙溶液交替灌入地下,两种溶液发生化学反应,析出硅酸凝胶,将土包裹并填充其孔隙,使土固结,从而大大提高地基的承载能力,而且还可以增强地基的不透水性。

③作为涂刷或浸渍材料。将液体水玻璃直接涂刷在建筑物的表面,可提高其抗风化能力和耐久性。而用水玻璃浸渍多孔材料后,可使其密实度、强度、抗渗性均得到提高。

2. 水硬性胶凝材料

水泥是水硬性胶凝材料的通称。水泥加水拌和成具有良好可塑性的浆体后,经一系列物理化学作用,不仅能在空气中凝结硬化,而且能更好地在潮湿环境及水中硬化,保持和发展其强度。

水泥是建筑工程中最重要的建筑材料之一。随着我国现代化建设的高速发展,水泥的应用越来越广泛,不仅大量应用于工业与民用建筑,而且广泛应用于公路、铁路、水利、电力、海港和国防等工程中。

目前水泥的品种多达130多种。按主要水硬性物质,水泥可分为硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、铁铝酸盐水泥、氟铝酸盐水泥等系列,其中以硅酸盐系列水泥的应用最广。按用途和性能,又可将其划分为通用水泥、专用水泥和特性水泥三大类。

通用水泥是指用于一般土木工程的水泥,主要包括硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥和石灰石硅酸盐水泥七大品种;专用水泥是指具有专门用途的水泥,如道路水泥、大坝水泥、砌筑水泥等;特性水泥是指在某方面具有突出性能的水泥,如膨胀硅酸盐水泥、快硬硅酸盐水泥、白色硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥和抗硫酸盐硅酸盐水泥等。

(1) 硅酸盐水泥。

1) 硅酸盐水泥的定义、类型及代号。按国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定: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(即国外通称的波特兰水泥)。硅酸盐水泥分两种类型,不掺混合材料的称为Ⅰ型硅酸盐水泥,其代号为P·Ⅰ。在硅酸盐水泥粉磨时掺加不超过水泥质量5%的石灰石或粒化高炉矿渣混合材料的,称为Ⅱ型硅酸盐水泥,其代号为P·Ⅱ。

2) 硅酸盐水泥的技术性质和应用。根据国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007),对硅酸盐水泥的技术性质要求如下:

①细度。细度是指水泥颗粒总体的粗细程度。水泥颗粒越细,与水发生反应的表面积越大,因而水化反应速度较快,而且较完全,早期强度也越高,但在空气中硬化收缩性较大,成本也较高。如水泥颗粒过粗则不利于水泥活性的发挥。一般认为水泥颗粒小于 $40\mu\text{m}$



(0.04mm) 时,才具有较高的活性,大于 $100\mu\text{m}$ (0.1mm) 活性就很小了。

硅酸盐水泥细度用比表面积表示。比表面积是水泥单位质量的总表面积 (m^2/kg)。国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 规定,硅酸盐水泥比表面积应大于 $300\text{m}^2/\text{kg}$ 。

②凝结时间。凝结时间分为初凝时间和终凝时间。初凝时间是指从水泥全部加入水中开始至水泥净浆开始失去可塑性的时间;终凝时间是指从水泥全部加入水中开始至水泥净浆完全失去可塑性的时间。为使混凝土和砂浆有充分的时间进行搅拌、运输、浇捣和砌筑,水泥初凝时间不能过短。当施工完毕,则要求尽快硬化,具有强度,故终凝时间不能太长。

水泥凝结时间是以标准稠度的水泥净浆,在规定温度及湿度环境下用水泥净浆凝结时间测定仪测定。国家标准规定:硅酸盐水泥初凝不得早于 45min,终凝不得迟于 6.5h。

③体积安定性。水泥体积安定性是指水泥在凝结硬化过程中体积变化的均匀性。如果水泥硬化后产生不均匀的体积变化,即为体积安定性不良,安定性不良会使水泥制品或混凝土构件产生膨胀性裂缝,降低建筑物质量,甚至引起严重事故。

引起水泥安定性不良的原因有很多,主要有以下三种:熟料中所含的游离氧化钙过多、熟料中所含的游离氧化镁过多或掺入的石膏过多。熟料中所含的游离氧化钙或氧化镁都是过烧的,熟化很慢,在水泥硬化后才进行熟化,这是一个体积膨胀的化学反应,会引起不均匀的体积变化,使水泥石开裂。当石膏掺量过多时,在水泥硬化后,它还会继续与固态的水化铝酸钙反应生成高硫型水化硫铝酸钙,体积约增大 1.5 倍,也会引起水泥石开裂。

国家标准规定:水泥安定性经沸煮法检验 (CaO) 必须合格;水泥中氧化镁 (MgO) 含量不得超过 5.0%,如果水泥经压蒸安定性试验合格,则水泥中氧化镁的含量允许放宽到 6.0%;水泥中三氧化硫 (SO_3) 的含量不得超过 3.5%。

安定性不合格的水泥应作废品处理,不能用于工程中。

④标准稠度用水量。测定水泥标准稠度用水量是为了使测定的水泥凝结时间、体积安定性等性质具有准确可比性。在测定这些技术性质时,必须将水泥拌和为标准稠度水泥净浆。

标准稠度水泥净浆是指采用标准稠度测定仪测得试杆在水泥净浆中下沉至距底板 (6 ± 1) mm 时的水泥净浆。标准稠度用水量,用拌和标准稠度水泥净浆的水量除以水泥质量的百分数表示。

⑤水泥的强度与强度等级。根据国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 和《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》(GB/T 17671—1999) 的规定,测定水泥强度,应按规定制作试件,养护并测定在规定龄期的抗折强度和抗压强度值,来评定水泥强度等级。

硅酸盐水泥按规定龄期的抗压强度和抗折强度划分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R 六个强度等级。水泥的各龄期的强度值不得低于表 1-2 所示的数值。

表 1-2 硅酸盐水泥的强度要求

强度等级	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
	3d	28d	3d	28d
42.5	17.0	42.5	3.5	6.5
42.5R	22.0	42.5	4.0	6.5



续表

强度等级	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
	3d	28d	3d	28d
52.5	23.0	52.5	4.0	7.0
52.5R	27.0	52.5	5.0	7.0
62.5	28.0	62.5	5.0	8.0
62.5R	32.0	62.5	5.5	8.0

注：R——早强型（主要是3d强度较同强度等级水泥高）。

⑥实际密度、堆积密度。硅酸盐水泥的实际密度主要取决于其熟料矿物组成，一般为 $3.05\sim 3.20\text{g}/\text{cm}^3$ 。硅酸盐水泥的堆积密度除与矿物组成及细度有关，主要取决于水泥堆积时的紧密程度，一般为 $1000\sim 1600\text{kg}/\text{m}^3$ 。

⑦碱及不溶物含量。国家标准规定：水泥中碱含量按 $\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$ 计算值来表示。若使用活性骨料，用户要求提供低碱水泥时，水泥中碱含量不得大于 0.60% 或由供需双方商定。I型硅酸盐水泥中不溶物不得超过 0.75% ；II型硅酸盐水泥中不溶物不得超过 1.50% 。

水泥中的碱含量过高，在混凝土中遇到活性骨料，易产生碱—骨料反应引起开裂现象，对工程造成危害。

⑧烧失量。烧失量是指水泥在一定灼烧温度和时间，烧失的量占水泥原质量的百分数。国家标准规定：I型硅酸盐水泥中烧失量不得大于 3.0% ，II型硅酸盐水泥中烧失量不得大于 3.5% 。

⑨水化热。水泥在水化过程中放出的热称为水化热。水化放热量和放热速度不仅取决于水泥的矿物组成，而且还与水泥细度、水泥中掺混合材料及外加剂的品种、数量等有关。硅酸盐水泥水化放热量大部分在早期放出，以后逐渐减少。

大型基础、水坝、桥墩等大体积混凝土构筑物，由于水化热聚集在内部不易散热，内部温度常上升到 $50\sim 60^\circ\text{C}$ ，内外温度差引起的应力可使混凝土产生裂缝，因此水化热对大体积混凝土是有害因素。在大体积混凝土工程中，不宜采用硅酸盐水泥这类水化热较高的水泥品种。

(2)普通硅酸盐水泥。凡由硅酸盐水泥熟料、 $6\%\sim 15\%$ 混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料，称为普通硅酸盐水泥（简称普通水泥），代号P·O。掺活性混合材料时，最大掺量不得超过 15% ，其中允许用不超过水泥质量 5% 的窑灰或不超过水泥质量 10% 的非活性混合材料来代替；掺非活性混合材料时，最大掺量不得超过水泥质量的 10% 。

普通水泥按照国家标准《通用硅酸盐水泥》（GB 175—2007）的规定：普通水泥按规定龄期的抗压强度和抗折强度划分为32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R六个强度等级，各强度等级水泥的各龄期强度不得低于表1-3中的数值。普通水泥的初凝不得早于45min，终凝时间不得迟于10h。在 $80\mu\text{m}$ 方孔筛上的筛余不得超过 10.0% 。安定性用沸煮法检验必须合格。其他如氧化镁、三氧化硫、碱含量等均与硅酸盐水泥的规定相同。



表 1-3

普通硅酸盐水泥各龄期的强度要求

强度等级	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
	3d	28d	3d	28d
32.5	11.0	32.5	2.5	5.5
32.5R	16.0	32.5	3.5	5.5
42.5	16.0	42.5	3.5	6.5
42.5R	21.0	42.5	4.0	6.5
52.5	22.0	52.5	4.0	7.0
52.5R	26.0	52.5	5.0	7.0

普通硅酸盐水泥的组成与硅酸盐水泥非常相似，因此其性能也与硅酸盐水泥相近。但由于掺入的混合材料量相对较多，与硅酸盐水泥相比，其早期硬化速度稍慢，3d 的抗压强度稍低，抗冻性与耐磨性能也稍差。在应用范围方面，与硅酸盐水泥也相同，广泛用于各种混凝土或钢筋混凝土工程，是我国主要的水泥品种之一。

(3) 矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥。凡由硅酸盐水泥熟料和粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料，称为矿渣硅酸盐水泥（简称矿渣水泥），代号 P·S。水泥中粒化高炉矿渣掺加量按质量百分比计为 20%~70%。允许用石灰石、窑灰、粉煤灰和火山灰质混合材料中的一种材料代替矿渣，代替数量不得超过水泥质量的 8%，替代后水泥中粒化高炉矿渣不得少于 20%。

凡由硅酸盐水泥熟料和火山灰质混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料，称为火山灰质硅酸盐水泥（简称火山灰水泥），代号 P·P。水泥中火山灰质混合材料掺加量按质量百分比计为 20%~50%。

凡由硅酸盐水泥熟料和粉煤灰、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料，称为粉煤灰硅酸盐水泥（简称粉煤灰水泥），代号 P·F。水泥中粉煤灰掺加量按质量百分比计为 20%~40%。

按国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 规定：矿渣水泥中三氧化硫含量不得超过 4.0%，火山灰质水泥和粉煤灰水泥中三氧化硫含量不得超过 3.5%。而其他技术性质，这三种水泥的要求与普通水泥的要求一样：氧化镁含量不宜超过 5.0%，如果水泥经压蒸安定性试验合格，则熟料中氧化镁的含量允许放宽到 6.0%。水泥细度以 80 μ m 方孔筛上的筛余计不得超过 10.0%。初凝不得早于 45min，终凝不得迟于 10h。水泥安定性经沸煮法检验必须合格。这三种水泥按规定龄期的抗压强度和抗折强度划分为 32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R 六个强度等级，各强度等级水泥的各龄期强度不得低于表 1-4 中的数值。



表 1-4 矿渣水泥、火山灰质水泥及粉煤灰水泥的强度要求 (GB 175—2007)

强度等级	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
	3d	28d	3d	28d
32.5	10.0	32.5	2.5	5.5
32.5R	15.0	32.5	3.5	5.5
42.5	15.0	42.5	3.5	6.5
42.5R	19.0	42.5	4.0	6.5
52.5	21.0	52.5	4.0	7.0
52.5R	23.0	52.5	4.5	7.0

与硅酸盐水泥和普通水泥相比,三种水泥的共同特性和各自特性如下:

1) 三种水泥的共同特性是:凝结硬化速度较慢,早期强度较低,后期强度增长较快;水化热较低;对湿热敏感性较高,适合蒸汽养护;抗硫酸盐腐蚀能力较强;抗冻性、耐磨性较差等。

2) 三种水泥各自特性为:矿渣水泥和火山灰质水泥的干缩值较大,矿渣水泥耐热性较好,粉煤灰水泥的干缩值较小,抗裂性较好。

(4) 复合硅酸盐水泥。凡由硅酸盐水泥、两种或两种以上规定的混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为复合硅酸盐水泥(简称复合水泥),代号P·C。水泥中混合材料总掺加量按质量百分比应大于15%,不超过50%。允许用不超过8%的窑灰代替部分混合材料;掺矿渣时混合材料掺量不得与矿渣硅酸盐水泥重复。

根据国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)的规定,复合硅酸盐水泥中氧化镁含量、三氧化硫含量、安定性、细度、凝结时间、强度等级及各龄期的强度要求均与普通硅酸盐水泥相同。

复合硅酸盐水泥的特性取决于所掺混合材料的种类、掺量及相对比例,与矿渣水泥、火山灰质水泥、粉煤灰水泥有不同程度的相似。由于复合水泥中掺入了两种或两种以上的混合材料,其水化热较低而早期强度高,使用效果更好,适用于一般混凝土工程。

(5) 石灰石硅酸盐水泥。凡由硅酸盐水泥熟料和石灰石、适量石膏,经磨细制成的水硬性胶凝材料,称为石灰石硅酸盐水泥,代号P·L。水泥中石灰石的掺量按质量百分比计应大于10%,不超过25%。要求所掺的石灰石含CaCO₃含量不低于75%,Al₂O₃含量不超过2.0%。

按照标准《石灰石硅酸盐水泥》(JC/T 600—2010)规定:石灰石硅酸盐水泥中氧化镁、三氧化硫含量、凝结时间、体积安定性的要求与普通水泥的要求相同。石灰石硅酸盐水泥细度以80μm方孔筛上的筛余计不得超过10.0%,且水泥比表面积应大于350m²/kg。该水泥分为32.5、42.5、42.5R、52.5、52.5R五个强度等级。

(6) 通用水泥特性与应用。通用水泥是建筑工程中用途最广、用量最大的水泥种类。通用水泥的成分、特性、应用范围见表1-5。



表 1-5

通用水泥的成分及特性

水泥品种	主要成分	特 性	
		优点	缺点
硅酸盐水泥	以硅酸盐水泥熟料为主, 0~5%的石灰石或粒化高炉矿渣	1. 凝结硬化快, 强度高 2. 抗冻性好, 耐磨性和不透水性强	1. 水化热大 2. 耐腐蚀性能差 3. 耐热性较差
普通水泥	硅酸盐水泥熟料、6%~15%的混合材料, 或非活性混合材料10%以下	与硅酸盐水泥相比, 性能基本相同仅有以下改变: 1. 早期强度增进率略有减少 2. 抗冻性、耐磨性稍有下降 3. 抗硫酸盐腐蚀能力有所增强	
矿渣水泥	硅酸盐水泥熟料、20%~70%的粒化高炉矿渣	1. 水化热较小 2. 抗硫酸盐腐蚀性能较好 3. 耐热性较好	1. 早期强度较低, 后期强度增长较快 2. 抗冻性差
火山灰质水泥	硅酸盐水泥熟料、20%~50%的火山灰质混合材料	抗渗性较好, 耐热性不及矿渣水泥, 其他优点同矿渣水泥	缺点同矿渣水泥
粉煤灰水泥	硅酸盐水泥熟料、20%~40%的粉煤灰	1. 干缩性较小 2. 抗裂性较好 3. 其他优点同矿渣水泥	缺点同矿渣水泥
复合水泥	硅酸盐水泥熟料、16%~50%的两种或两种以上混合材料	3d 龄期强度高于矿渣水泥, 其他优点同矿渣水泥	缺点同矿渣水泥

(7) 水泥的保管。水泥进场后的保管应注意以下问题:

1) 不同生产厂家、不同品种、强度等级和不同出厂日期的水泥应分别堆放, 不得混存混放, 更不能混合使用。

2) 水泥的吸湿性大, 在储存和保管时必须注意防潮防水。临时存放的水泥要做好上盖下垫; 必要时盖上塑料薄膜或防雨布, 要垫高存放, 离地面或墙面至少 200mm 以上。

3) 存放袋装水泥, 堆垛不宜太高, 一般以 10 袋为宜, 太高会使底层水泥过重而造成袋包装破裂, 使水泥受潮结块。如果储存期较短或场地太狭窄, 堆垛可以适当加高, 但最多不宜超过 15 袋。

4) 水泥储存时要合理安排库内出入通道和堆垛位置, 以使水泥能够实行先进先出的发放原则。避免部分水泥因长期积压在不易运出的角落里, 造成受潮而变质。

5) 水泥储存期不宜过长, 以免受潮变质或引起强度降低。储存期按出厂日期起算, 一般水泥为三个月, 铝酸盐水泥为两个月, 快硬水泥和快凝快硬水泥为一个月。水泥超过储存期必须重新检验, 根据检验的结果决定是否继续使用或降低强度等级使用。

水泥在储存过程中易吸收空气中的水分而受潮, 水泥受潮后多出现结块现象, 而且烧失量增加, 强度降低。对水泥受潮程度的鉴别和处理可按表 1-6 所示。



表 1-6 受潮水泥的简易鉴别和处理方法

受潮程度	水泥外观	手感	强度降低	处理方法
轻微受潮	水泥新鲜, 有流动性, 肉眼观察完全呈细粉	用手捏、碾无硬粒	强度降低不超过 5%	使用不改变
开始受潮	水泥凝有小球粒, 但易散成粉末	用手捏、碾无硬粒	强度降低 5% 以下	用于要求不严格的工程部位
受潮加重	水泥细度变粗, 有大量小球粒和松块	用手捏、碾, 球粒可成细粉, 无硬粒	强度降低 15%~20%	将松块压成粉末, 降低强度用于要求不严格的工程部位
受潮较重	水泥结成粒块, 有少量硬块, 但硬块较松, 容易击碎	用手捏、碾, 不能变成粉末, 有硬粒	强度降低 30%~50%	用筛子筛去硬粒、硬块, 降低强度用于要求较低的工程部位
严重受潮	水泥中有许多硬粒、硬块, 难以压碎	用手捏、碾不动	强度降低 50% 以上	不能用于工程中

1.1.3 常用建筑骨料

1. 细骨料 (砂)

(1) 砂的分类。砂是混凝土中的细集料, 是指粒径在 0.15~4.75mm 以下的颗粒。其分类方法如下:

1) 按产源分, 砂分为天然砂和人工砂两大类。

天然砂是由自然风化、水流搬运和分选、堆积形成的、粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒, 但不包括软质岩、风化岩石的颗粒。天然砂包括河砂、湖砂、山砂和淡化海砂, 山砂和海砂含杂质较多, 拌制的混凝土质量较差; 河砂颗粒坚硬、含杂质较少, 拌制的混凝土质量较好, 工程中常用河砂拌制混凝土。

人工砂是经除土处理的机制砂和混合砂的统称。机制砂是由机械破碎、筛分制成, 粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒, 但不包括软质岩、风化岩石的颗粒。混合砂是由机制砂和天然砂混合制成的砂。

2) 按技术要求分, 将其分为 I 类、II 类、III 类。I 类宜用于强度等级大于 C60 的混凝土; II 类用于强度等级为 C30~C60 及抗冻、抗渗或其他要求的混凝土; III 类宜用于强度等级小于 C30 的混凝土和建筑砂浆。

(2) 砂的技术要求与应用。

1) 颗粒级配和粗细程度。砂的颗粒级配是指各级粒级的砂按比例搭配的情况; 粗细程度是指各粒级的砂搭配在一起总的粗细情况。砂的公称粒径用筛分时筛余颗粒所在筛的筛孔尺寸表示, 相邻两公称粒径的尺寸范围称为砂的公称粒级。

颗粒级配较好的砂, 颗粒之间搭配适当, 大颗粒之间的空隙由小一级颗粒填充, 这样颗粒之间逐级填充, 能使砂的空隙率达到最小, 从而可减少水泥用量, 达到节约水泥的目的, 或者在水泥用量一定的情况下, 可提高混凝土拌和物的和易性。砂颗粒总的来说越粗, 则其总表面积较小, 包裹砂颗粒表面的水泥浆数量可减少, 也可减少水泥用量, 达到节约水泥的