



高等职业教育“十二五”规划教材
——道路桥梁工程技术专业系列规划教材

道路建筑材料

◎ 付巧云 主编



DAOLU JIANZHU CAILIAO



免费提供
电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等职业教育“十二五”规划教材

道路桥梁工程技术专业系列规划教材

道路建筑材料

主 编 付巧云

副主编 曾健华 张晓燕

参 编 丁文霞 杨 明 贾春燕

主 审 田 文



YZLI0890169817



机械工业出版社

本书共 5 个学习情境, 内容包括: 钢筋混凝土材料性能的检测、砌体工程材料性能的检测、半刚性基层材料性能的检测、沥青路面面层材料性能的检测、土工合成材料和高分子材料性能的检测。本教材以真实的工作内容和工作过程为依据, 理论知识的选取紧紧围绕工作任务完成的需要来进行, 充分考虑了高等职业教育对理论知识学习的需要, 并融合了相关职业资格证书对知识、技能和态度的要求, 同时创建相应学习情景并结合工程典型案例, 切实做到知识和技能一体化。

本书可作为高职高专道桥专业、市政专业及相关专业的教材, 也可供相关专业技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

道路建筑材料 / 付巧云主编. —北京: 机械工业出版社, 2013. 2

高等职业教育“十二五”规划教材. 道路桥梁工程技术专业系列规划教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 40754 - 6

I. ①道… II. ①付… III. ①道路工程 - 建筑材料 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 013798 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张荣荣 责任编辑: 张荣荣

责任印制: 张楠

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2013 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14.75 印张 · 365 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 40754 - 6

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

出版说明

近年来,随着国家经济建设的迅速发展,道路桥梁的发展规模不断扩大,建设速度不断加快,对道桥专业具备高等职业技能的人才需求也随之不断加大。为了贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的精神,我们通过深入调查,组织了全国二十余所高职院校的一批优秀教师,编写出版了本套教材。

本套教材编写中注重培养学生的实践能力,基础理论贯彻“实用为主、必需和够用为度”的原则,基本知识采用广而不深、点到为止的编写方法,基本技能贯穿教学的始终。在教材的编写中,力求文字叙述简明扼要、通俗易懂。本套教材结合了专业建设、课程建设和教学改革成果,在广泛的调查和研讨的基础上进行规划和编写,在编写中紧密结合职业要求,力争能满足高职高专教学需要并推动高职高专道桥类专业的教材建设。

本系列规划教材共16本,包括《基础工程》、《桥涵工程施工技术》、《道路CAD》、《道路建筑材料》、《道路工程测量》、《工程力学》、《路基路面工程》、《桥梁工程》、《土质学与土力学》、《公路工程造价》、《公路工程施工监理》、《道路工程制图》、《道路工程制图习题集》、《公路勘测设计》、《结构设计原理》、《公路工程检测技术》。

本系列规划教材适用于高职院校、成人高校及二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的道桥类专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

机械工业出版社

前言

本教材内容以工程需求为导向,以真实工作内容和过程为依据,突出对高职高专学生职业能力的训练。理论知识的选取紧紧围绕工作任务完成的需要来进行,充分考虑了高等职业教育对理论知识学习的需要,并融合了相关职业资格证书对知识、技能和态度的要求,同时创建相应学习情景并结合工程典型案例,切实做到知识和技能一体化。

本教材有以下特点:

(1)适应路桥专业人才培养的要求。本教材采用了国家及行业最新技术标准和技术规范,选编新材料、新工艺,适用交通类高职高专院校的人才培养,并可作为道路桥梁工程技术及其相关专业的岗位培训教材。

(2)内容突出,层次分明,针对性强。本教材共有五大教学情境,18个单元任务,图文并茂,课后配有习题,便于学生更好地掌握教材核心内容。

(3)突出了对职业能力的培养。本教材每个任务都包括基础知识和职业技能两部分内容,理论实际一体化,强调学生对仪器设备的调试、试验操作技能,注重实操能力的提高。

本教材由湖北交通职业技术学院付巧云制定编写大纲并担任主编,湖南工程技术学院曾健华、山东交通职业学院张晓燕担任副主编,参编人员有黄河水利职业技术学院贾春燕、湖北交通职业学院丁文霞、杨明。具体编写情况如下:付巧云编写学习情境一的单元任务1、2,以及单元任务4的职业技能部分;曾健华编写学习情境一的单元任务4的基础知识部分、单元任务5及学习情境二;张晓燕编写学习情境四的单元任务1、2;杨明编写学习情境三;丁文霞编写学习情境一的单元任务3和学习情境四的单元任务3、4;贾春燕编写学习情境五。全书由付巧云统稿。本教材由湖北交通职业技术学院田文担任主审。

本教材在编写过程中参考和引用了大量的文献资料,在此对原作者表示感谢。

由于时间仓促及编者水平有限,书中疏漏和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

目 录

出版说明

前言

学习情境一 钢筋混凝土材料性能的检测	1
单元任务1 水泥质量的检测	1
一、基础知识	1
二、职业技能	9
单元任务2 集料性能的检测	19
一、基础知识	19
二、职业技能	23
单元任务3 钢筋质量的检测	36
一、基础知识	36
二、职业技能	42
单元任务4 水泥混凝土性能的检测	47
一、基础知识	47
二、职业技能	76
单元任务5 工程案例	80
习题	85
学习情境二 砌体工程材料性能的检测	89
单元任务1 岩石质量检测	89
一、基础知识	89
二、职业技能	96
单元任务2 建筑砂浆质量的检测	103
一、基础知识	103
二、职业技能	108
单元任务3 工程案例	111
习题	112
学习情境三 半刚性基层材料性能的检测	114
单元任务1 无机结合料石灰性能的检测	114
一、基础知识	114
二、职业技能	119
单元任务2 无机结合料粉煤灰性能的检测	121
一、基础知识	121

二、职业技能	122
单元任务3 基层混合料性能的检测	123
一、基础知识	123
二、职业技能	127
单元任务4 工程案例	133
习题	135
学习情境四 沥青路面面层材料性能的检测	138
单元任务1 沥青质量的检测	138
一、基础知识	138
二、职业技能	160
单元任务2 矿质组成材料质量的检测	166
一、基础知识	166
二、职业技能	174
单元任务3 沥青混合料性能的检测	176
一、基础知识	176
二、职业技能	185
单元任务4 工程案例	198
习题	203
学习情境五 土工合成材料和高分子材料性能的检测	208
单元任务1 土工合成材料质量的检测	208
一、基础知识	208
二、职业技能	213
单元任务2 高分子材料质量的检验	216
一、基础知识	216
二、职业技能	222
习题	227
参考文献	229

学习情境一 钢筋混凝土材料性能的检测

学习目标:

- (1)掌握硅酸盐水泥各项性质指标和标准,了解其他品种水泥特性。
- (2)知道集料的物理性质、力学性质,会级配计算。
- (3)熟悉钢筋的性质和技术标准。
- (4)掌握水泥混凝土的技术性质和技术标准。
- (5)会本情境的职业技能操作和混凝土的配合比设计。

任务描述:

通过老师课堂讲解及相关的多媒体资源,学生可以熟悉和掌握水泥、集料、钢筋、混凝土的各项技术性质,并能完成相应的试验项目和混凝土的配合比设计。

学习引导:

本学习情境按以下程序进行:学习水泥并会进行质量检测→学习集料并会进行质量检测→学习钢筋并会进行质量检测→学习混凝土并会进行质量检测→熟悉工程案例,会混凝土配合比设计。

单元任务1 水泥质量的检测

一、基础知识

(一)水泥的基本概念

水泥是一种既能在水中又能在空气中凝结硬化的水硬性胶凝材料,它能胶结砂石等适当材料。

水泥的品种很多,按其化学成分可以分为硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、铁铝酸盐水泥等系列,其中以硅酸盐水泥系列应用最广。按其性能和用途,又可分为通用水泥、专用水泥和特性水泥。

通用水泥是指土木建筑工程中大量使用的具有一般用途的水泥,即硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。本单元重点介绍硅酸盐水泥的成分和主要性能,其他品种水泥仅作一般介绍。

(二)硅酸盐水泥

根据我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)的规定,硅酸盐水泥是以硅酸盐水泥熟料和适当石膏,及规定的混合材料制成的水硬性胶凝材料。硅酸盐水泥分两种类型,一种是不掺加混合材料,全部用硅酸盐水泥熟料和石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称Ⅰ型硅酸盐水泥,代号为P·I;另一种是掺加不大于5%的粒化高炉矿渣或石灰石,与硅酸盐水泥熟料和石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称Ⅱ型硅酸盐水泥,代号为P·II。

1. 硅酸盐水泥生产工艺概述

1) 硅酸盐水泥生产工艺分为三个阶段。

①生料制备：以石灰石、铁矿粉为主要原料(有时需加校正原料)，按适当比例配合在磨机中磨成生料。

②煅烧：将制备好的生料入窑进行煅烧，至 1450°C 左右生成以硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥“熟料”。

③熟料粉磨：为调节水泥的凝结速度，在烧成的熟料中加入 3% 左右的石膏共同磨细，即为硅酸盐水泥。

其生产设备示意图如图 1-1-1 所示，生产出的装袋水泥如图 1-1-2 所示。

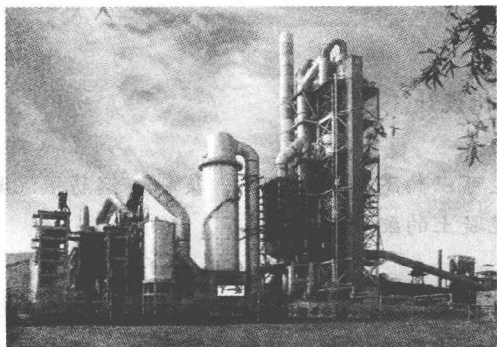


图 1-1-1 水泥生产设备示意图



图 1-1-2 袋装水泥

2) 硅酸盐水泥熟料的矿物组成。硅酸盐水泥熟料是由主要含 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 的原料，按适当比例磨成细粉烧至部分熔融所得以硅酸钙为主要矿物成分的水硬性胶凝物质。其中硅酸钙矿物含量(质量分数)不小于 66%，氧化钙和氧化硅质量比不小于 2.0。经过高温煅烧后， CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 四种成分化合为熟料中的主要矿物组成：

硅酸三钙($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ，简式为 C_3S)；

硅酸二钙($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ，简式为 C_2S)；

铝酸三钙($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ，简式为 C_3A)；

铁铝酸四钙($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ，简式为 C_4AF)。

除以上四种主要熟料矿物外，水泥中还含有少量游离氧化钙、游离氧化铝和碱，国家标准明确规定其总含量一般不超过水泥量的 10%。

2. 硅酸盐水泥的技术性质和技术标准

(1) 技术性质 按照我国现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 规定，硅酸盐水泥的技术性质包括下列项目。

1) 化学性质。水泥的化学指标主要是控制水泥中有害的化学成分含量，若超过最大允许限量，即意味着对水泥性能和质量可能产生有害或潜在的影响。

①氧化镁含量。在水泥熟料中，常含有少量未与其他矿物结合的游离氧化镁，这种多余的氧化镁是高温时形成的方镁石，它水化为氢氧化镁的速度很慢，常在水泥硬化以后才开始水化，产生体积膨胀，可导致水泥石结构产生裂缝甚至破坏，因此它是引起水泥安定性不良的原因之一。我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 规定，水泥中氧化镁的含量(质量分数)应不大于 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(质

量分数)允许放宽到 6.0%。

②三氧化硫含量。水泥中的三氧化硫主要是在生产时为调节凝结时间加入石膏而产生的。石膏超过一定限量后,水泥性能会变坏,甚至引起硬化后水泥石体积膨胀,导致结构物破坏。我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定,水泥中三氧化硫的含量(质量分数)应不大于 3.5%。

③烧失量。水泥煅烧不佳或受潮后,均会导致烧失量增加。烧失量测定是以水泥试样在 950~1000℃ 下灼烧 15~20min 冷却至室温称量。如此反复灼烧,直至恒重计算灼烧前后质量损失百分率。我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定,Ⅰ型硅酸盐水泥中烧失量(质量分数)不得大于 3.0%,Ⅱ型硅酸盐水泥中烧失量(质量分数)应不大于 3.5%。普通硅酸盐水泥中烧失量(质量分数)应不大于 5.0%。

④不溶物。水泥中不溶物是用盐酸溶解滤去不溶残渣,经碳酸钠处理再用盐酸中和,高温灼烧至恒重后称量,灼烧后不溶物质量占试样总质量比例为不溶物。我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定,Ⅰ型硅酸盐水泥中不溶物(质量分数)应不大于 0.75%;Ⅱ型硅酸盐水泥中不溶物(质量分数)应不大于 1.50%。

⑤氯离子。水泥中的氯离子含量过高,其主要原因是掺加了混合材料 and 外加剂(如工业废渣、助磨剂等)。同时氯离子又是混凝土中钢筋锈蚀的重要因素,所以我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定:水泥生产中允许加入 $\leq 0.5\%$ 的助磨剂、水泥中的氯离子的质量分数必须 $\leq 0.06\%$ 。

(2)物理性质

1)细度。是指水泥颗粒粗细的程度。细度愈细,水泥与水起反应的面积愈大,水化愈充分,水化速度愈快。所以相同矿物组成的水泥,细度愈大,早期强度愈高,凝结速度愈快,早期强度高。但是,水泥细度提高,在空气中的硬化收缩也较大,使水泥发生裂缝的可能性增加。所以,对水泥细度必须予以合理控制。水泥细度有两种表示方法:

①筛析法:以 80 μm 和 45 μm 方孔筛上的筛余量百分率表示,按 GB/T 1345 进行试验。

②比表面积法:以每千克水泥总表面积(m^2)表示,其测定采用勃氏透气法。

我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定,硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥细度以比表面积表示,其不小于 300 m^2/kg 。

2)水泥净浆标准稠度。为使水泥凝结时间和安定性的测定结果具有可比性,在此两项测定时必须采用标准稠度的水泥净浆。我国行业标准《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30 T0505—2005)规定,水泥净浆标准稠度的标准测定方法为试杆法,以标准试杆沉入净浆,并距离底板 6mm $\pm$ 1mm 的水泥净浆稠度为“标准稠度”,其拌和用水量为该水泥标准稠度用水量 P ,按水泥质量的百分比计。以试锥法(调整水量法和不变水量法)为代用法,采用调整水量法测定标准稠度用水量时,拌和水量应按经验确定加水量;采用不变水量法测定时,拌和水量为 142.5mL,水量精确到 0.5mL。如发生争议时,以调整水量法为准。

3)凝结时间。水泥的凝结时间是从加水开始到水泥浆失去可塑性所需时间,分为初凝时间和终凝时间。

初凝时间是指水泥全部加入水中至初凝状态所经历的时间,用 min 计。初凝状态是指试针自由沉入标准稠度的水泥净浆,试针至距底板 4mm $\pm$ 1mm 时的稠度状态。终凝时间是指由水泥全部加入水中至终凝状态所经历的时间,用 min 计。终凝状态是指试针沉入试体

0.5mm，即环形附件开始不能在试体上留下痕迹时的稠度状态。

水泥的凝结时间对水泥混凝土的施工有重要意义。初凝时间太短，将影响混凝土拌和料的运输和浇筑；终凝时间过长，则影响混凝土工程的施工进度。我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定，硅酸盐水泥初凝不小于45min，终凝不大于390min。

4) 体积安定性。水泥体积安定性是反映水泥浆在凝结、硬化过程中，体积变化的均匀程度。各种水泥在凝结硬化过程中，如果产生不均匀变形或变形太大，使构件产生膨胀裂缝，就是水泥体积安定性不良，影响工程质量。影响体积安定性的因素主要为：熟料中氧化镁含量；水泥中三氧化硫含量。按现行行业标准《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30—2005)规定：检验水泥体积安定性的标准法为雷氏法，以试饼法为代用法，有矛盾时以标准法为准。

5) 强度。是水泥技术要求中最基本的指标，也是水泥的重要技术性质之一。水泥强度除了与水泥本身的性质(熟料矿物成分、细度等)有关外，还与水胶比、养护条件和时间有关。按现行行业标准《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30—2005)规定，用水泥胶砂强度法作为水泥强度的标准检验方法。此方法是以1:3的水泥和中国ISO标准砂，水灰比为0.5，用标准制作方法，制成40mm×40mm×160mm的标准试件，达到规定龄期(3d, 28d)时，测其抗折强度和抗压强度，按现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定的最低强度值来评定其所属强度等级。

在进行水泥胶砂强度试验时，要用到中国ISO标准砂。此砂的粒径为0.08~2.0mm，分为粗、中、细三级，各占三分之一。其中粗砂为1.0~2.0mm；中砂为0.5~1.0mm；细砂为0.08~0.5mm。ISO标准砂颗粒分布见表1-1-1。

表 1-1-1 ISO 标准砂颗粒分布

方孔边长/1mm	累计筛余/%	方孔边长/mm	累计筛余/%
2.0	0	0.5	67 ± 5
1.6	7 ± 5	0.16	87 ± 5
1.0	33 ± 5	0.08	99 ± 1

①水泥强度等级。按规定龄期抗压强度和抗折强度来划分，硅酸盐水泥各龄期强度不低于表1-1-2数值。在规定各龄期的抗压强度和抗折强度均符合某一强度等级的最低强度值要求时，以28d抗压强度值(MPa)作为强度等级，硅酸盐水泥强度等级分为42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R六个强度等级。水泥28d以前强度称为早期强度，28d及其以后强度称为后期强度。

表 1-1-2 硅酸盐水泥的强度指标

品种	强度等级	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
		3d	28d	3d	28d
硅酸盐水泥	42.5	≥17.0	≥42.5	≥3.5	≥6.5
	42.5R	≥22.0		≥4.0	
	52.5	≥23.0	≥52.5	≥4.0	≥7.0
	52.5R	≥27.0		≥5.0	
	62.5	≥28.0	≥62.5	≥5.0	≥8.0
	62.5R	≥32.0		≥5.5	

②水泥型号。为提高水泥早期强度，我国现行标准将水泥分为普通型和早强型（或称 R 型）两个型号。早强型水泥 3d 的抗压强度较同强度等级的普通型强度提高 10% ~ 24%；早强型水泥的 3d 抗压强度可达 28d 抗压强度的 50%。在供应条件允许时，水泥混凝土路面应尽量优先选用早强型水泥，以缩短混凝土养护时间，提早通车。

为了确保水泥在工程中的使用质量，生产厂在控制出厂水泥 28d 的抗压强度时，均留有一定的富余强度。在设计混凝土强度时，可采用水泥实际强度。通常富余强度系数为 1.00 ~ 1.13。

3. 技术标准

硅酸盐水泥的技术标准，按我国现行标准《通用硅酸盐水泥》（GB 175—2007）的有关规定列于表 1-1-3。

表 1-1-3 硅酸盐水泥的技术标准

技术标准	细度(比表面积 /m ² /kg)	凝结时间 /min		安定性 (煮沸法)	强度 /MPa	不溶物(质量 分数, %)		MgO (质量 分数, %)	SO ₃ (质量 分数, %)	烧失量 (质量分数, %)		碱含量 Na ₂ O + 0.658 K ₂ O 计(质量 分数, %)	氯离子 (质量 分数, %)
		初凝	终凝			P · I	P · II			P · I	P · II		
指标	≥300	≥45	≤390	必须合格	见表 1-1-2	≤0.75	≤1.5	≤5.0	≤3.5	≤3.0	≤3.5	≤0.60	≤0.60
试验方法	GB/T 8074	GB/T 1346		GB/T 750	GB/T 17671	GB/T 175							JC/T 420

我国现行国家标准《通用硅酸盐水泥》（GB 175—2007）规定：检验结果符合不溶物、烧失量、氧化镁、三氧化硫、氯离子、初凝时间、终凝时间、安定性及强度的规定为合格品；检验结果不符合上述规定中的任何一项技术要求为不合格品。

4. 水泥的运输与贮存

水泥在运输与贮存不得受潮和混入杂物，不同品种和强度等级的水泥在贮运中避免混杂。

(三) 掺混合材料的硅酸盐水泥

为了改善硅酸盐水泥的某些性能，同时达到增加产量和降低成本的目的，在硅酸盐水泥熟料中掺加适量的各种混合材料与石膏共同磨细的水硬性胶凝材料，称为掺混合材料的硅酸盐水泥。

1. 混合材料

(1) 活性混合材料 磨成细粉掺入水泥后，其成分能与水泥中的矿物成分起化学反应，生成具有胶凝能力的水化产物，且既能在水中又能在空气中硬化的称为活性混合材料。常用的活性混合材料有粒化高炉矿渣、粒化高炉矿渣粉、火山灰质混合材料和粉煤灰。

1) 粒化高炉矿渣及粒化高炉矿渣粉。将高炉炼铁矿渣在高温液态卸出时经冷淬处理，使其成为颗粒状态，质地疏松、多孔，称为粒化高炉矿渣，细粉为粒化高炉矿渣粉，其主要化学成分为 CaO、SiO₂ 和 Al₂O₃，它们的总含量约在 90% 以上，此外还有 MgO、FeO 和一些硫化物。其中 CaO 和 SiO₂ 含量均可高达 40% 或更高，自身具有一定水硬性。

2) 火山灰质混合材料。火山灰、凝灰岩、硅藻石、烧黏土、煤渣、煤矸石渣等都属于火山灰质混合材料。这些材料都含有活性氧化硅和活性氧化铝，经磨细后，在 Ca(OH)₂ 的碱性作用下，可在空气中硬化，尔后在水中继续硬化增加强度。

3) 粉煤灰。火电厂的燃料煤粉燃烧后收集的飞灰称为粉煤灰。粉煤灰中含有较多的 SiO₂、Al₂O₃ 与 Ca(OH)₂，化合能力较强，具有较高的活性。

(2)非活性混合材料 经磨细后加入水泥中不具有或只具有微弱的化学活性,在水泥水化中基本上不参加化学反应,仅起提高产量、调节水泥强度等级、节约水泥熟料的作用,因此又称为填充性混合材料。不符合技术要求的粒化高炉矿渣、粒化高炉矿渣粉、粉煤灰及火山灰质混合材料,以及石灰石和砂岩,其中石灰石中的 Al_2O_3 , 含量不大于 2.5%。

2. 矿渣硅酸盐水泥

(1)矿渣硅酸盐水泥的组分 矿渣硅酸盐水泥(简称矿渣水泥),我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定:矿渣硅酸盐水泥分两种类型,一种熟料和石膏 $\geq 50\%$ 且 $< 80\%$,掺加 $> 20\%$ 且 $\leq 50\%$ 的粒化高炉矿渣,其中允许用不超过水泥质量的 8%的其他活性混合材料、非活性混合材料或窑灰中的任一种材料代替,代号为 P·S·A;另一种熟料和石膏 $\geq 30\%$ 且 $< 50\%$,掺加 $> 50\%$ 且 $\leq 70\%$ 的粒化高炉矿渣,其中允许用不超过水泥质量的 8%的其他活性混合材料、非活性混合材料或窑灰中的任一种材料代替,代号为 P·S·B。

(2)矿渣硅酸盐水泥的性能和应用 由于矿渣硅酸盐水泥中水泥熟料含量比硅酸盐水泥少,并掺有大量的粒化高炉矿渣,因此与硅酸盐水泥相比,矿渣硅酸盐水泥的性能及应用具有以下特点。

1)抗软水及硫酸盐腐蚀的能力较强。矿渣硅酸盐水泥适用于要求耐淡水腐蚀和耐硫酸盐侵蚀的水工或海港工程。

2)水化热低。

3)早期强度低,后期强度高。矿渣硅酸盐水泥不宜用在温度太低、养护条件差的工程。

4)耐热性较强。矿渣硅酸盐水泥中适用于受热(200°C 以下)的混凝土工程。还可掺入耐火砖粉等配制成耐热混凝土。

5)干缩性较大。

3. 火山灰质硅酸盐水泥

(1)火山灰质硅酸盐水泥的组分 火山灰质硅酸盐水泥(简称火山灰水泥),代号为 P·P。我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定:火山灰质硅酸盐水泥中熟料和石膏 $\geq 60\%$ 且 $< 80\%$,掺加 $> 20\%$ 且 $\leq 40\%$ 的火山灰质活性混合材料。

(2)火山灰质硅酸盐水泥的性能和应用

1)火山灰水泥凝结硬化缓慢,早期强度低,后期强度高。火山灰水泥的凝结硬化过程对环境温度、湿度变化较为敏感,故火山灰水泥宜用蒸汽或压蒸养护,不宜用于有早强要求及低温工程中。

2)火山灰水泥具有良好的抗渗性、耐水性及一定的抗腐蚀能力。火山灰水泥在硬化过程中形成了大量的水化硅酸钙凝胶,提高了水泥石的致密程度,从而提高了抗渗性、耐水性及抗硫酸盐性,且由于氢氧化钙含量低,因而有良好的抗淡水侵蚀性。故火山灰水泥宜用于抗渗性要求较高的工程。但是当混合材料中活性氧化铝含量较多时,则抗硫酸盐腐蚀能力较差。

3)火山灰水泥保水性差,在干燥环境中将由于失水而使水化反应停止,强度不再增长,且由于水化硅酸钙凝胶的干燥将产生收缩和内应力,使水泥石产生很多细小的裂缝。在表面则由于水化硅酸钙抗碳化能力差,使水泥石表面产生“起粉”现象。因此,火山灰水泥不宜用于干燥环境中的地上工程。

4)火山灰水泥具有较低的水化热,适用于大体积工程。

此外,这种水泥需水量大、收缩大、抗冻性差,使用时需引起注意。火山灰水泥是我国常用水泥品种之一。

4. 粉煤灰硅酸盐水泥

(1)粉煤灰硅酸盐水泥的组分 粉煤灰硅酸盐水泥(简称粉煤灰水泥),代号为P·F。我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定:粉煤灰硅酸盐水泥中熟料和石膏 $\geq 60\%$ 且 $<80\%$,掺加 $>20\%$ 且 $\leq 40\%$ 的活性粉煤灰。

(2)粉煤灰硅酸盐水泥的性能和应用

1)粉煤灰水泥的凝结硬化慢,早期强度低,后期强度高甚至可以赶上或明显超过硅酸盐水泥。粉煤灰活性愈高,细度愈细,则强度增长速度愈快。因此,这种水泥宜用于承受荷载较迟的工程。

2)粉煤灰内比表面积较小,吸附水的能力较小,因而这种水泥干缩小,抗裂性较强。

3)粉煤灰水泥泌水较快,易引起失水裂缝,故应在硬化早期加强养护,并采取一定的工艺措施。另外,粉煤灰水泥还有一些与火山灰水泥类似的特性,如水化热小、抗硫酸盐腐蚀能力强及抗冻性差等特点。因此,粉煤灰水泥除同样能用于工业与民用建筑外,还非常适用于大体积水工混凝土以及水中结构、海港工程等。

粉煤灰硅酸盐水泥也是我国常用水泥品种之一。粉煤灰水泥水化产物的碱度低,不宜用于有抗碳化要求的工程。

5. 复合硅酸盐水泥

复合硅酸盐水泥(简称复合水泥),代号P·C。我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定:复合硅酸盐水泥中熟料和石膏 $\geq 50\%$ 且 $<80\%$,掺加两种或两种以上的活性或非活性混合材料,掺加量 $>20\%$ 且 $\leq 50\%$,其中允许用不超过水泥质量8%的窑灰代替,掺矿渣时混合材料掺量不得与矿渣硅酸盐水泥重复。

复合硅酸盐水泥的特性取决于其所掺的两种或两种以上混合材料的种类、掺量及相对比例。其特性与矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥有不同程度的相似之处,其适用范围可根据其掺入的混合材料的种类,参照上述三种水泥适用范围选用。

按我国现行标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)规定:矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥的技术要求都是相同的。其强度等级分为32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R六个。其各龄期强度值和技术指标见表1-1-4、表1-1-5。

表 1-1-4 矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥及复合硅酸盐水泥强度

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		≥ 3.5	
42.5	≥ 15.0	≥ 42.5	≥ 3.5	≥ 6.5
42.5R	≥ 19.0		≥ 4.0	
52.5	≥ 21.0	≥ 52.5	≥ 4.0	≥ 7.0
52.5R	≥ 23.0		≥ 4.5	

表 1-1-5 矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥及复合硅酸盐水泥技术指标

技术性能	细度		凝结时间		安定性 (沸煮法)	强度 /MPa	水泥中 MgO (质量分数,%)		水泥中 SO ₃ (质量分数,%)		碱含量 Na ₂ O + 0.658K ₂ O 计 (质量分数,%)	氯离子 (质量 分数,%)
	8μm 方孔筛 筛余量 (%)	45μm 方孔筛筛 余量 (%)	初凝 /min	终凝 /min			P·S·B	P·S·A P·P P·F P·C	P·S·A P·S·B	P·P P·F P·C		
指标	≤10	≤30	≥45	≤600	必须合格	见表 1-1-4		≤6.0	≤4.0	≤3.5	供需 双方商定	≤0.06
试验方法	GB/T 1345		GB/T 1346		GB/T 750	GB/T 17671	GB/T 175					JC/T 420

通用硅酸盐水泥中的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥等五种水泥是在土建工程中的应用最广的品种。此五种水泥的特性见表 1-1-6，适用范围列于表 1-1-7。

表 1-1-6 五种水泥的主要特性

名称		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
简称		硅酸盐水泥		普通水泥	矿渣水泥	火山灰水泥	粉煤灰水泥
		I 型	II 型				
代号		P · I	P · II	P · O	P · S	P · P	P · F
密度/(g/cm ³)		3.00 ~ 3.15		3.00 ~ 3.15	2.80 ~ 3.10	2.80 ~ 3.10	2.80 ~ 3.10
堆积密度/(kg/m ³)		1000 ~ 1600		1000 ~ 1600	1000 ~ 1200	900 ~ 1000	900 ~ 1000
特性	1. 硬化	快		较快	慢	慢	慢
	2. 早期强度	高		较高	低	低	低
	3. 水化热	高		高	低	低	低
	4. 抗冻性	好		好	差	差	差
	5. 耐热性	差		较差	好	较差	较差
	6. 收缩性				较大	较大	较小
	7. 抗渗性	较好		较好	差	较好	较好
	8. 耐蚀性	较差		较差	较强	除混合材料含氧化铝较多者、抗硫酸盐腐蚀性较弱外，一般均较强	
	9. 泌水性	较小		较小	明显	小	小

表 1-1-7 五种水泥的适用范围

名称	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
简称	硅酸盐水泥		普通水泥	矿渣水泥	火山灰水泥	粉煤灰水泥
	I 型	II 型				
代号	P·I	P·II	P·O	P·S	P·P	P·F
适用条件	1. 一般地上工程, 无腐蚀、无压力水作用的工程 2. 要求早期强度较高和低温施工无蒸汽养护的工程 3. 有抗冻性要求的工程		1. 一般地上、地下和水中工程 2. 有硫酸盐侵蚀的工程 3. 大体积混凝土工程 4. 有耐热性要求的工程 5. 有蒸汽养护工程		除不适于有耐热性要求的工程外, 其他与矿渣水泥相同	同火山灰水泥
不适用条件	1. 大体积混凝土工程 2. 有腐蚀作用和压力水作用的工程		1. 要求早强高的工程 2. 有耐冻性要求的工程		1. 与矿渣水泥各项相同 2. 干热地区和耐磨性要求较高的工程	1. 与矿渣水泥各项相同 2. 有抗碳化要求的工程

二、职业技能

(一) 水泥的取样方法 (T 0501—2005)

1. 目的和适用范围

本方法规定了水泥取样的工具、部位、数量及步骤等, 适用于硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰质硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥、道路硅酸盐水泥及指定采用本方法的其他品种水泥。

2. 仪器设备

- 1) 袋装水泥取样器。
- 2) 散装水泥取样器。

3. 取样步骤

- 1) 取样数量应符合各相应水泥标准的规定。
- 2) 分割样。

袋装水泥: 每 1/10 编号从一袋中取至少 6kg。

散装水泥: 每 1/10 编号在 5min 内取至少 6kg。

3) 袋装水泥取样器: 采用取样管取样。随机选择 20 个以上不同的部位, 将取样管插入水泥适当深度, 用大拇指按住气孔, 小心抽取出样管。将所取样品放入洁净、干燥、不易受污染的容器中。

4) 散装水泥取样器: 采用槽形管式取样器取样, 通过转动取样器内管控制开关, 在适当位置插入水泥一定深度, 关闭后小心抽出。将所取样品放入洁净、干燥、不易受污染的容器中。

4、样品制备

(1)样品缩分 样品缩分可采用二分器，一次或多次将样品缩分到标准规定的量。

(2)试验样及封存样 将每一编号所取水泥混合样通过 0.9mm 方孔筛，均分为试验样和封存样。

(3)分割样 每一编号所取 10 个分割样应分别通过 0.9mm 方孔筛，不得混杂。

5. 样品的包装与贮存

1)样品取得后应存放在密封的金属容器中，加封条。容器应洁净、干燥、密闭、不易破损、不与水泥发生反应。

2)封存样应密封保管 3 个月。试验样与分割样也应妥善保管。

3)在交货与验收时，水泥厂和用户共同取实物试样，封存样由买卖双方共同签封。以抽取实物试样的检验结果为验收依据时，水泥厂封存样保存期为 40d；以同编号水泥的检验报告为验收依据时，水泥厂封存样保存期为 3 个月。

4)存放样品的容器应至少在一处加盖清晰、不易擦掉的标有编号、取样时间、地点、人员的密封印，如只在一处标志则应在器壁上。

5)封存样应贮存于干燥、通风的环境中。

6. 取样单

样品取得后，均应由负责取样操作人员填写如试表 1-1-8 所示的取样单。

表 1-1-8 水泥厂取样单

水泥编号	水泥品种及强度等级	取样人签字	取样日期	备注

(二)水泥比表面积测定方法(勃氏法) (T 0504—2005)

1. 目的、适用范围

本方法规定采用勃氏法进行水泥比表面积测定，适用于硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥、道路硅酸盐水泥以及指定采用本方法的其他粉状物料。本方法不适用测定多孔材料及超细粉状物料。

2. 仪器设备

1)Blaine 透气仪：由透气圆筒、压力计、抽气装置等三部分组成，如图 1-1-3 所示。

2)透气圆筒：由不锈钢制成。

3)穿孔板：由不锈钢或其他不受腐蚀的金属制成。在其面上，等距离地打有 35 个直径 1mm 的小孔，穿孔板应与圆筒内壁密合，穿孔板两平面应平行。

4)捣器：用不锈钢制成，插入圆筒时，其间隙不大于 0.1mm。捣器的底面应与主轴垂直，侧面有一个扁平槽，宽度 (3.0 ± 0.3) mm。捣器的顶部有一个支持环，当捣器放入圆筒时，支持环与圆筒上口边接触，这时捣器底面与穿孔圆板之间的距离为 $15.0\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 。

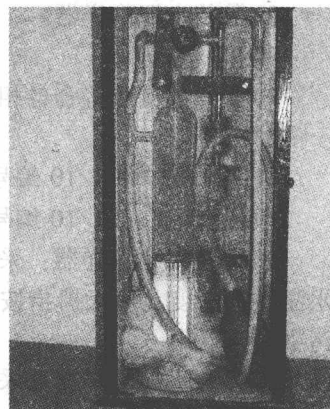


图 1-1-3 Blaine 透气仪

5)压力计：由外径为 9mm 的具有标准厚度的玻璃管制成。压力计一个臂的顶端有一锥