

建设工程新技术 新工艺概论 (上册)

主编 王东升 殷涛



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

建设工程新技术新工艺概论

(上册)

主 编	王东升	殷 涛		
副 主 编	窦 骞	王 强	刘明伟	潘 峰
参编人员	类 红	常景国	李虚进	江伟帅
	鲍利珂	邹晓红		

中国海洋大学出版社

· 青 岛 ·

图书在版编目(CIP)数据

建设工程新技术新工艺概论 / 王东升, 殷涛主编. — 青岛:
中国海洋大学出版社, 2013. 5
ISBN 978-7-5670-0273-9

I. ①建… II. ①王…②殷… III. ①建筑工程—工程技术—
新技术应用 IV. ①TU-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 094685 号

出版发行 中国海洋大学出版社
社 址 青岛市香港东路 23 号 邮政编码 266071
网 址 <http://www2.ouc.edu.cn/cbs>
电子信箱 cbslxl@ouc.edu.cn
订购电话 0532-82032573(传真)
责任编辑 李学伦 电 话 0532-85902387
印 制 青岛双星华信印刷有限公司
版 次 2013 年 10 月第 1 版
印 次 2013 年 10 月第 1 次印刷
成品尺寸 185 mm×260 mm
印 张 65.5
字 数 1502 千
总定价(上下册) 180.00 元

山东省建设监理人员业务水平教育培训教材 编审委员会

名誉主任	李兴军			
主任委员	殷涛			
副主任委员	窦骞	王强	刘明伟	潘峰
委 员	殷涛	宋锡庆	窦骞	王强
	刘明伟	潘峰	类红	常景国
	徐友全	李虚进	王东升	马洪涛
	于周军	姜大勇	栾庆超	陈志飞
	任希梅	王泉波	陈忠诚	姜军峰
	马升海	于海波	任加良	宫献玲
	周方玉	徐波	左俊忠	姜龙照

出版说明

为进一步提高建设工程监理人员业务水平,提升建设监理队伍整体素质,保证监理工作质量,按照省住房城乡建设厅《关于进一步规范建设监理行业发展的意见》、《关于进一步加强建设监理工作的意见》和《山东省工程监理专业人员业务水平认定办法》,我们根据《中华人民共和国建筑法》、《中华人民共和国安全生产法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》、《民用建筑节能条例》、《注册监理工程师管理规定》、《建设工程监理规范》及建设监理有关现行法律、法规、规范,编写了这套《山东省建设监理专业人员业务水平教育培训教材》,供各级建设行政主管部门、行业协会和监理企业组织开展监理人员岗前教育及继续教育培训使用。

建设监理专业人员教育培训,旨在使专业人员熟悉国家和山东省有关工程监理的相关法律、法规和规范要求,掌握基本的监理业务知识,增强专业人员的法律法规和责任意识,规范监理行为,提高监理人员业务水平,培养造就一支懂经济、懂技术、懂法律、会管理的建设监理专业人才队伍,确保建设监理工作质量。在编撰过程中,我们本着理论联系实际的原则,着重于解决实际问题的能力,重点体现综合性、实践性、通用性和前瞻性。本套教材与相关学历教育相结合,与监理人员专业水平相结合,与现行工程建设法律法规及标准、规范相结合,与工程建设监理咨询服务需求相结合,以适应现代化建设事业的发展需要。

本套教材共有 26 个分册,在知识体系上由公共课、专业必修课、专业选修课三部分组成。从专业领域上又进一步分为房屋建筑、市政公用、公路、机电、水利等 12 个专业。

本套教材编撰者为高等院校、行政管理、行业协会、监理企业等

方面的专家和学者,可以作为建设监理从业人员的教育培训用书,也可供工程类院校师生教学时参考。

在本套教材编写过程中,得到了山东省住房与城乡建设厅、山东省建设监理协会、清华大学、中国海洋大学、山东建筑大学等单位及部分监理企业的大力支持,在此表示衷心的感谢。

本套教材,虽经反复推敲核证,仍难免有疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

山东省建设监理人员业务水平教育培训教材编委会

2013 年 10 月

前 言

为了我国建设事业又好又快地健康发展,为了提高建设工程管理及技术人员的专业素质,为了推广建设工程的新技术、新工艺、新材料,我们编写了本书。

本书第1章介绍了适应现代建筑工程发展趋势的新型水泥、混凝土防水材料、玻璃、装饰木材以及新型建筑钢材;第2章从现代地基处理和地下结构支护理论出发介绍了各种复杂地质条件下地基的处理、坝基工程以及地下结构问题的简单处理;第3章介绍了现代建筑工程施工中采用的新型墙体材料,包括非烧结砖、加气混凝土砌块、小型混凝土空心砌块、空心玻璃砖以及新型墙板的发展应用及前景;第4章简单介绍了现代建筑工程中发展较快且应用前景非常广阔的轻钢结构,从轻钢结构的屋盖、钢架、轻钢结构制作、轻钢结构施工、防腐蚀以及轻钢低层住宅几个方面对轻钢结构进行了阐述;第5章对现代高层建筑施工中的施工机械和施工新工艺作了比较详尽的论述;第6章从节能意义及技术几方面讲述了节能的实施措施;第7章较全面地论述了预应力技术在建设工程中的应用;第8章讲述钢管混凝土特点及其在施工中的应用与质量控制等;第9章依托建筑设备施工安装的特点对安装工程新技术作了介绍;第10章根据现代建筑业与国际接轨、统一开放、竞争有序的发展特点,对现代工程实行信息管理和实现企业的信息化管理等方面作了通俗易懂的介绍。

本书在编写过程中,始终得到了山东省建设厅、山东省建管局、清华大学、中国海洋大学、山东海大咨询院等单位的大力支持,在此

谨表示衷心的感谢。

本书脱稿后,征求了部分建筑企业和高校有关专家的意见,并进行了多次修改。但由于我们的经验和水平所限,书中难免有疏漏甚或错误,诚挚希望专家和广大读者批评指正。

编 者

2013 年 10 月

目 次

上 册

第 1 章 建设工程新型建筑材料	(1)
1.1 新型水泥	(1)
1.2 新型混凝土	(8)
1.3 新型建筑钢材.....	(91)
1.4 新型玻璃	(137)
1.5 新型防水材料	(148)
1.6 新型建筑装饰木材	(182)
第 2 章 地基及地下结构问题的处理	(187)
2.1 特殊土地基的处理	(187)
2.2 岩溶地基的处理	(195)
2.3 局部地基的处理	(199)
2.4 地基特殊问题的处理	(204)
2.5 基坑支护	(206)
2.6 坝基工程的基础处理	(213)
2.7 地下洞室的支护	(224)
2.8 隧道施工新技术	(228)
2.9 地基基础与地下空间工程技术	(242)
第 3 章 建设工程新型建筑墙体	(323)
3.1 概述	(323)
3.2 非烧结砖墙	(328)
3.3 加气混凝土砌块墙	(337)
3.4 小型混凝土空心砌块墙	(347)
3.5 空心玻璃砖	(358)
3.6 新型墙板	(361)

第4章 建设工程轻型钢结构	(380)
4.1 概述	(380)
4.2 轻钢结构刚架	(388)
4.3 轻钢结构屋盖	(391)
4.4 轻钢结构低层住宅	(397)
4.5 轻钢结构制做特点及要求	(408)
4.6 轻型钢结构施工安装	(415)
4.7 轻型钢结构的防腐蚀	(419)
4.8 钢结构技术	(421)

第5章 高层建筑施工新技术	(466)
5.1 高层建筑及施工技术的发展	(466)
5.2 高层建筑施工机械	(478)
5.3 高层建筑施工新技术	(512)
5.4 模板技术	(527)
5.5 脚手架技术	(581)

下 册

第6章 建筑节能技术	(631)
6.1 建筑节能的含义和意义	(631)
6.2 夏热冬冷地区建筑节能的双重任务	(633)
6.3 门窗节能技术	(633)
6.4 墙体节能技术	(648)
6.5 屋面节能技术	(680)
6.6 绿色施工技术	(687)

第7章 预应力混凝土结构施工	(719)
7.1 预应力混凝土的材料	(719)
7.2 预应力体系	(731)
7.3 安全性	(740)
7.4 无粘结预应力技术	(743)
7.5 有粘结预应力技术	(746)

7.6 索结构预应力施工技术	(749)
7.7 抗震技术	(752)
7.8 加固改造技术	(774)
第8章 现代钢管混凝土结构技术	(807)
8.1 钢管混凝土的特点和技术经济效益	(807)
8.2 钢管混凝土应用实例	(808)
8.3 钢管混凝土制作、施工与质量控制	(827)
8.4 钢管混凝土施工质量事故案例	(833)
第9章 设备安装工程技术	(838)
9.1 管线综合布置技术	(838)
9.2 金属矩形风管薄钢板法兰连接技术	(843)
9.3 变风量空调技术	(854)
9.4 非金属复合板风管施工技术	(872)
9.5 大管道闭式循环冲洗技术	(891)
9.6 薄壁金属管道新型连接方式	(903)
9.7 管道工厂化预制技术	(911)
9.8 超高层高压垂吊式电缆敷设技术	(914)
9.9 预分支电缆施工技术	(924)
9.10 电缆绝缘穿刺线夹施工技术	(927)
9.11 大型储罐施工技术	(930)
第10章 建设工程信息管理及企业信息化	(938)
10.1 建设工程信息管理概述	(938)
10.2 建设工程信息管理流程	(952)
10.3 建设工程信息管理系统	(958)
10.4 建设工程项目管理软件的应用	(978)
10.5 企业信息化基础	(990)
10.6 新经济的特点与信息的作用	(994)
10.7 信息化应用技术	(999)
参考文献	(1019)

第 1 章 建设工程新型建筑材料

1.1 新型水泥

1824 年英国工程师阿斯普丁(Aspdih)获得第一份水泥专利标志着水泥的发明。水泥的发明为建筑工程的发展提供了物质基础,使其由陆地工程发展到水中、地下工程。水泥发明至今已有一百多年的历史,它始终是用途最广、用量最多的一种胶凝材料。水泥呈粉末状,与水混合后,经过物理化学过程能由可塑性浆体变成坚硬的石状体,并能将散粒材料胶结成为整体,是一种良好的矿物胶凝材料。水泥不仅能在空气中硬化,还能更好地在水中硬化,保持并发展强度,所以水泥属于水硬性胶凝材料,它可以用于地上、地下、水中的工程。为了适应不同建筑工程的需要,水泥品种不断增加,已达 200 多种。

1.1.1 铝酸盐水泥

凡是以铝酸钙为主的铝酸盐水泥熟料磨细制成的水硬性胶凝物质称为铝酸盐水泥,代号 CA。根据需要也可在 Al_2O_3 含量大于 68% 的水泥中掺加适量的 Al_2O_3 粉制得。它是一种快硬、高强、耐腐蚀、耐热水泥。

根据 Al_2O_3 含量的高低和水泥性能,铝酸盐水泥分为四类,这四类水泥的耐火度大致分别达到 1500°C , 1600°C , 1700°C , 1750°C , 是工程中常用的耐火胶凝材料铝酸盐水泥的矿物组成。

1. 铝酸盐水泥的矿物组成

铝酸盐水泥的主要矿物成分为铝酸一钙 $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (简写为 CA), 并含有少量其他的铝酸盐, 如 $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ (简写为 CA_2), $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (简写为 C_2AS), $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (简写为 C_{12}A_7) 等。有时还含有很少量 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 等。

水化物 CAH_{10} 或 C_2AH_8 都属六方晶系, 具有细长的针状和板状结构, 能互相结成坚固的结晶连生体, 形成晶体骨架。析出的氢氧化铝凝胶难溶于水, 并填充于晶体骨架的空隙中, 形成较密实的水泥石结构。同时, 水化 5~7 d 后, 水化铝酸盐结晶连生体的大小很少改变, 故铝酸盐水泥初期强度增长很快, 而以后强度增长不显著。在铝酸盐水泥的水化过程中, 产生的水化硅酸钙数量很少, 它在硬化过程中所起的作用也不大。

在普通硬化条件下, 铝酸盐水泥的水泥石中几乎不含水化铝酸三钙和氢氧化钙, 同时密实度也较大。因此, 对硫酸盐等介质的侵蚀作用具有很高的抵抗能力。

2. 铝酸盐水泥的技术要求及特性

(1) 铝酸盐水泥的技术要求 铝酸盐水泥多为黄色或褐色的粉末状材料, 其密度和堆

积密度与普通硅酸盐水泥相近。根据国家标准 GB201—2000 的规定,工程中主要要求细度、凝结时间和强度等技术指标。其中具体指标为:

①细度 比表面积不小于 $300 \text{ m}^2/\text{kg}$ 或 0.045 mm 方孔筛筛余不得超过 20% 。

②凝结时间 采用标准稠度砂浆所测定的不同种类铝酸盐水泥的凝结时间应满足规定要求。

③强度 各龄期强度不得低于的规定要求。

表 1-1 铝酸盐水泥的技术要求

性能指标		水泥种类			
		CA-50	CA-60	CA-70	CA-80
细度		比表面积不小于 $300 \text{ m}^2/\text{kg}$ 或 0.045 mm 方孔筛筛余不得超过 20% 。			
凝结时间	初凝时间(min),不早于	30	60	30	30
	终凝时间(h),不迟于	6	18	6	6
抗压强度 (MPa)	6 h	20	—	—	—
	1 d	40	20	30	25
	3 d	50	45	40	30
	28 d	—	85	—	—
抗折强度 (MPa)	6 h	3.0	—	—	—
	1 d	5.5	2.5	5.0	4.0
	3 d	6.5	5.0	6.0	5.0
	28 d	—	10.0	—	—

(2)铝酸盐水泥的技术特性 铝酸盐水泥通常具有以下技术特性:快凝早强,1 d 强度可达最高强度的 80% 以上;水化热大,且放热量集中,1 d 内放出水化热总量的 $70\% \sim 80\%$,使混凝土内部温度上升较高,故即使在 -10°C 下施工。铝酸盐水泥也能很快凝结硬化;因其水化后无 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及水化铝酸三钙生成而使其抗硫酸盐腐蚀的能力很强;其水化物的耐热性好,可使其水化物结构耐 1400°C 高温;具有后期强度降低的特点,故其长期强度可能有所降低,一般降低 $40\% \sim 50\%$ 。在自然条件下,铝酸盐水泥长期强度下降有一个最低稳定值。使用时铝酸盐水泥混凝土最低稳定强度进行设计。按国家标准 GB201—2000《铝酸盐水泥》的规定,其最低稳定强度值以试件脱模后放入 $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ 水中养护,取龄期为 7 d 或 14 d 强度值的较低者。

关于铝酸盐水泥长期强度降低的原因很复杂,它是由多种因素综合作用的结果。其一是铝酸盐水泥主要水化产物 CAH_{10} 和 C_2AH_8 。为亚稳晶体结构,经过一定时间后,特别是在较高温度及高湿度环境中,易转变成稳定的呈立方体结构的 C_3AH_6 ;而新立方体晶体结构相互搭接差,其骨架强度也较低。其二是在晶形转化的同时,固相体积将减缩约 50% ,使水泥石结构的孔隙率增加。其三是在晶体转变过程中析出大量游离水,进一步降低了水泥石结构的密度,导致强度下降。

3. 铝酸盐水泥的应用

铝酸盐水泥快硬早强的特点使其更适用于某些要求早强快硬的工程结构和临时性结构工程,如各种抢修工程、紧急军事工程;利用其在高温下结构较稳定的特点,可以用于高温环境的结构工程,如高温窑炉的炉体和炉衬、高温车间的部分结构等;利用其耐软水及盐类腐蚀的特点,可以用于某些腐蚀环境中的工程。此外,由于铝酸盐水泥快硬高强、颜色较浅且对颜料的适应性较好、可在表面析出大量氢氧化铝胶体而使表面致密光亮,这些特性又使其适合于制作各种人造石、彩色水磨石等水泥制品。

因为铝酸盐水泥的后期强度增长潜力很小,尤其是在较高温度环境中还可能产生后期强度的部分倒缩现象,所以,它不适合立用于长期承重的结构及高温高湿环境中的工程。当用于长期承载的结构工程时,铝酸盐水泥应采用较低的水灰比,以获得足够的稳定强度。实践证明,当铝酸盐水泥广水灰比 <0.40 时,由于其早期强度较高,即使后期因温度升高而产生晶形转化,并在强度产生部分倒缩后,仍能保持较高的稳定强度。

为获得较高的早期强度,铝酸盐水泥应尽可能避免在高温季节施工,尤其不能进行蒸汽养护,其适宜的施工温度为 15°C ,不宜大于 25°C 。工程实际中,铝酸盐水泥一般不得与硅酸盐水泥或石灰混合使用。铝酸盐水泥不得长期存放,存放时注意防潮防水。也不得混放。

1.1.2 硫铝酸盐水泥

以适当成分的生料,烧成以无水硫铝酸钙 $3(\text{CaO}, \text{Al}_2\text{O}_3)$, CaSO_4 和 β 型硅酸二钙为主要矿物成分的熟料,加入适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为硫铝酸盐水泥。

表 1-2 硫铝酸盐水泥主要指标

水泥 标号	比表面积 (m^2/kg)	凝结时间(min)		抗压强度(MPa)			抗折强度(MPa)		
		初凝	终凝	12 h	1 d	3 d	12 h	1 d	3 d
425	400~500	25	300	29.4	34.4	41.7	5.9	5.4	5.9
525				35.8	44.1	51.5	5.4	5.9	7.4
625				39.2	51.5	61.5	7.4	7.4	7.8

由于硫铝酸盐水泥中的无水硫铝酸钙遇水后水化很快,往往在水泥失去塑性前已经形成了大量的钙矾石和氢氧化铝凝胶;而且水泥中的 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 是在较低温度下($1\,250^{\circ}\text{C}\sim 1\,350^{\circ}\text{C}$)形成的较高活性矿物成分,它的水化速度也较快并很快生成 C-S-H 凝胶。在硫铝酸盐水泥的凝结硬化过程中,水化形成的 C-S-H 凝胶和氢氧化铝凝胶不断填充由钙矾石等结晶体构成的骨架空间结构,逐渐形成致密的水泥石结构,从而使快硬硫铝酸盐水泥获得更高的早期强度。另外, CS 水化析出的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,还能加快与氢氧化铝及石膏的反应,而又进一步增加了钙矾石的数量,也使水泥石结构的早期强度得以很快提高。因此,硫铝酸盐水泥表现出很显著的快硬早强特点,通常也将其称为快硬硫铝酸盐水泥。

由于硫铝酸盐水泥的水化产物对于大部分酸和盐类具有较强的抵抗能力,其内部结构很快被填充密实;因此,硫铝酸盐水泥形成的水泥石结构不仅具有良好的抗腐蚀性,而且还具有较高的抗冻性和抗渗性。

此外,硫铝酸盐水泥水化形成的钙矾石在 150°C 高温环境中容易脱水而发生晶型转

变,并导致其强度大幅度下降,故其耐热性较差。

快硬硫铝酸盐水泥主要用于早强、抗渗和抗硫酸盐侵蚀的混凝土,配制快硬水泥浆用于灌浆、喷锚支护、抢修、堵漏等,也可用于冬季施工。此外,利用快硬硫铝酸盐水泥快凝、早强、不收缩和碱度较低的特点,可用于制作各种水泥制品及玻璃纤维增强材料。

考虑硫铝酸盐水泥碱度低而易使钢筋锈蚀的特点,不得用于普通钢筋混凝土工程,通常可用玻纤增强。此外,钙矾石在 150℃ 以上会脱水,强度大幅度下降,故硫铝酸盐水泥耐热性较差,也不适合于夏季高温施工环境及高温结构中使用。应用于土木工程中的硫铝酸盐水泥应满足相应的技术性能要求。

1.1.3 特殊品种的硅酸盐水泥

土木工程中除了广泛应用通用硅酸盐水泥外,为满足某些工程的特殊性能要求,还常采用部分具有特殊性能的硅酸盐水泥。例如,快硬硅酸盐水泥、白色硅酸盐水泥、彩色硅酸盐水泥、膨胀水泥以及抗硫酸盐硅酸盐水泥等。

1. 白色硅酸盐水泥

凡以适当成分的生料烧至部分熔融,所得以硅酸钙为主要成分且氧化铁含量很少的白色硅酸盐水泥熟料,再加入适量石膏共同磨细制成的水硬性胶凝材料称为白色硅酸盐水泥,简称白水泥。

(1) 白色硅酸盐水泥的生产工艺及要求

通用硅酸盐水泥中通常含有较多的氧化铁而多呈灰色,且随着氧化铁含量的增加而颜色变深,为满足工程对水泥颜色的要求,白色硅酸盐水泥在生产时应严格产制水泥原料的铁含量,并严防在生产过程中混入铁质物质。通常,白色硅酸盐水泥中铁含量只有普通水泥的 1/10 左右。此外,由于钛、锰、铬等的氧化物也会导致水泥白度的降低,故在生产中亦应控制其含量。

表 1-3 水泥中含铁量与水泥颜色的关系

氧化铁含量(%)	3~4	0.45~0.7	0.35~0.4
水泥颜色	暗灰色	淡绿色	白色

显然,白色硅酸盐水泥与通用硅酸盐水泥的生产原理与方法基本相同,但对原材料的要求有所不同。生产白色水泥所用石灰石及黏土原料中的氧化铁含量应分别低于 0.1% 和 0.7%。为此,常用的黏土质原料主要有高岭土、瓷石、白泥、石英砂等,石灰岩质原料则多采用白垩。

为防止有色物质对水泥的颜色污染,生产中还需要采取一些特殊措施,如选用无灰烬的气体燃料(天然气)或液体燃料(柴油、重油或酒精等);在粉磨生料和熟料时,为避免混入铁质,球磨机内壁要镶贴白色花岗岩或高强陶瓷衬板,并采用烧结刚玉、瓷球、卵石等作为研磨体。为提高白色水泥的白度,对白水泥熟料还需经漂白处理。例如,对刚出窑的红热熟料进行喷水、喷油或浸水,使高价色深的三氧化二铁还原成低价色浅的氧化亚铁或四氧化三铁,也可通过提高白色水泥熟料的饱和比(即 KH 值)增加其中游离 CaO 的含量,并使其吸水消解为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,或适当提高水泥的细度,白色硅酸盐水泥所用石膏多采用

高白度的雪花石膏来增强其白度。

(2) 白水泥的技术性质

①强度 根据国家标准《白色硅酸盐水泥》(GB2015—91)规定,白色硅酸盐水泥分为325,425,525,625四个标号,不同标号水泥各龄期的强度不得低于规定要求值。

②白度 白度是反映水泥颜色白色程度的技术参数。将白色水泥样品装入压样器中压成表面平整的白板,置于白度仪中所测定的技术指标,以其表面对红、绿、蓝三原色光的反射率与氧化镁标准白板的反射率比较,所得相对反射百分率即为水泥的白度。白色硅酸盐水泥按其白度可分为特级、一级、二级和三级共四个等级,各等级水泥的白度值不得低于规定的要求值。

③细度、凝结时间及体积安定性 为满足工程使用的技术要求,白色硅酸盐水泥对其细度要求为 $80\mu\text{m}$ 方孔筛筛余量不得超过10%;其初凝时间不早于45min,终凝时间不得迟于12h;为满足对水泥体积安定性的要求,白色硅酸盐水泥熟料中氧化镁的含量不得超过4.5%,水泥中三氧化硫含量不得超过3.5%,其体积安定性以沸煮法检验必须合格。

④白色硅酸盐水泥的产品等级 为满足不同工程对白色硅酸盐水泥综合性能的要求,根据其强度标号和白度的不同,将其划分为优等品、一等品及合格品三个产品等级,各产品等级的白度级别及强度标号应满足规定要求。

2. 彩色硅酸盐水泥

彩色硅酸盐水泥是指除灰色的通用水泥及白色水泥之外的硅酸盐水泥。为获得所期望的色彩,可采用烧成法或染色法生产彩色水泥。其中烧成法是通过调整水泥生料的成分,使其烧成后生成所需要的彩色水泥;染色法是将硅酸盐水泥熟料(白水泥熟料或普通水泥熟料)、适量石膏和碱性颜料共同磨细而制成的彩色水泥,也可将矿物颜料直接与水泥粉混合而配制成彩色水泥。

与烧成法相比,尽管染色法生产的彩色水泥颜料用量大,色泽也不易均匀;但其制作便捷,成本也较低,因此工程中更较常采用。通常,采用染色法生产彩色水泥时,所用颜料应满足一些特殊要求,如不溶于水、分散性好、耐大气稳定性好(通常要求其耐光性在7级以上)、抗碱性强(应具有一级耐碱性)、着色力强、颜色浓,而且不得显著影响水泥的强度及其他性能。为此,彩色水泥用颜料应以无机矿物颜料为主,有机颜料只能作为辅助颜料以使水泥色泽鲜艳。

白色硅酸盐水泥和彩色硅酸盐水泥在各种装饰工程中应用较多,常用来制作彩色仿石材料(人造大理石等),配制彩色水泥浆或彩色砂浆,生产装饰混凝土,它也是制造彩色水刷石及水磨石等各种装饰材料的主要胶凝材料。

3. 道路硅酸盐水泥

依据国家标准《道路硅酸盐水泥》(GB13693—92)规定,凡由适当成分的生料烧至部分熔融,所得以硅酸钙为主要成分,并且铁铝酸钙含量较多的硅酸盐水泥熟料,称为道路硅酸盐水泥熟料。

将道路硅酸盐水泥熟料、0~10%活性混合材料和适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为道路硅酸盐水泥,简称道路水泥。

为满足道路工程对水泥抗折强度和耐磨性较高的要求,国家标准规定,道路硅酸盐水泥中铁铝酸四钙含量不得小于 16.0%,铝酸三钙含量不得大于 5.0%,其他技术指标要求应满足规定的要求。

与其他品种的硅酸盐水泥相比,道路硅酸盐水泥具有抗折强度与早期强度高、耐磨性好、干缩率低,抗冲击性、抗冻性和抗硫酸盐侵蚀能力均较好。它更适用于公路路面、机场道面、车站及公共广场等工程的面层混凝土中应用。

4. 快硬硅酸盐水泥

凡以硅酸钙为主要成分的水泥熟料,加入适量石膏,经磨细制成的具有早期强度增长快的水硬性胶凝材料,称快硬硅酸盐水泥,简称快硬水泥。与通用硅酸盐水泥相比,快硬硅酸盐水泥是通过调整其矿物成分或添加部分促硬成分,使其凝结和硬化速度显著加快的水泥。采用快硬硅酸盐水泥,可以满足土木工程对水泥混凝土高强与早强的要求,如用于早强混凝土工程、紧急抢修工程、低温环境施工的工程和结构物的快速修补等。

目前,我国采用较多的快硬水泥品种主要有快硬硅酸盐水泥和无收缩快硬硅酸盐水泥。此外,还有快硬高强铝酸盐水泥、快硬硫酸盐水泥、快硬铁铝酸盐水泥等。其中快硬硅酸盐水泥的主要技术性能指标应满足规定的要求。

快硬硅酸盐水泥的生产工艺与通用硅酸盐水泥基本相同,只是适当增加熟料中水化、硬化速度较快矿物的含量,其硅酸三钙含量可达 50%~60%,铝酸三钙可达 8%~14%,两者的总量应不少于 60%~65%。此外,还应适当增加石膏主掺量(通常达 8%),并提高水泥的粉磨细度。

快硬水泥的技术性质应满足国家标准的规定,其安定性(可采用沸煮法检验)必须合格。快硬水泥的强度标号应以 3 d 强度来确定,1 d 和 28 d 强度不得低于要求。

5. 膨胀及自应力硅酸盐水泥

通用硅酸盐水泥在空气中硬化时,通常都会产生一定的收缩,这些收缩将使水泥石结构产生内部应力,甚至产生微裂缝,为此,应采用膨胀水泥来消除这些收缩造成的不利影响。工程实际中对于某些后浇部位(如接头、填塞孔洞、修补缝隙等),其体积收缩必然会造成界面开裂,此时必须采用膨胀水泥才能使后浇部位获得密实的结构。

利用水泥硬化过程中较大的膨胀性还可以使其在约束状态下产生自应力。例如在钢筋混凝土中采用膨胀及自应力硅酸盐水泥时,由于混凝土的膨胀将使钢筋产生一定的拉应力,混凝土受到相应的压应力,这种压应力能使混凝土免于产生收缩开裂,当其值较大时,还能抵消一部分因外界因素所产生的拉应力,从而有效地克服混凝土抗拉强度低的缺陷。这种预先产生的压应力来自于水泥本身的水化,故常称之为自应力,并以“自应力值”(MPa)表示其在混凝土中所产生的压应力大小。因此,根据水泥膨胀效果可将其分为两类,即当其自应力值大于或等于 2.0 MPa 时,称为自应力水泥;当自应力值小于 2.0 MPa (通常为 0.5 MPa 左右)时,则称为膨胀水泥。

与通用硅酸盐水泥相比,膨胀及自应力硅酸盐水泥的主要组成成分是以硅酸盐水泥熟料为主,另外掺加了部分煅烧铝酸盐矿物和较多量的石膏。其膨胀源主要来自于在水泥硬化过程中形成的大量钙矾石,从而产生明显的体积膨胀。利用这一原理,可以通过调整膨胀水泥的各组成配比,使其生成所期望的钙矾石数量,以获得不同的膨胀值和满足不