

APPLIED TECHNOLOGY OF  
HIGH PERFORMANCE  
CEMENT-BASED MATERIALS

# 高性能 水泥基材料 应用技术

张 伟 © 著

中国建材工业出版社

APPLIED TECHNOLOGY OF  
HIGH PERFORMANCE  
CEMENT-BASED MATERIALS

# 高性能 水泥基材料 应用技术

张 伟 © 著

中国建材工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

高性能水泥基材料应用技术/张伟著. —北京: 中国  
建材工业出版社, 2017. 8

ISBN 978-7-5160-1984-9

I. ①高… II. ①张… III. ①水泥基复合材料—研究  
IV. ①TB333

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 193156 号

## 内 容 简 介

本书主要介绍了水泥助磨剂、预拌混凝土行业发展现状及趋势; 水泥助磨剂应用技术、湿拌砂浆技术、高性能混凝土应用技术及海洋高性能混凝土抗腐蚀外加剂技术。本书既有行业发展宏观概论、混凝土理论研究, 也有工程实践应用的章节。

本书可作为水泥 (集团) 企业、商品混凝土 (砂浆) 企业管理人员及工程技术人员参考用书, 也可供建筑工程、水利工程、港口工程、桥梁工程、市政工程等专业的设计、施工人员借鉴, 还可供从事相关专业的科研人员及大专院校师生阅读参考。

高性能水泥基材料应用技术

张 伟 著

出版发行: **中国建材工业出版社**

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京中科印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 22

字 数: 540 千字

版 次: 2017 年 8 月第 1 版

印 次: 2017 年 8 月第 1 次

定 价: 118.00 元

---

本社网址: [www.jccbs.com](http://www.jccbs.com) 微信公众号: zgjcgycbs

本书如出现印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

# 前 言

岁月如梭，光阴似箭。自1995年8月参加工作以来一晃就是22年。作者大学时期所学专业为硅酸盐工程（水泥），毕业后到江苏省建材工业总公司与日本秩夫小野田公司合资成立的江苏小野田混凝土有限公司从事混凝土生产技术支持工作，从那时起就与混凝土结下了不解之缘。三年半的预拌混凝土工厂一线工作经历，让作者受益匪浅，特别是在日方混凝土专家内田文成、吉野裕及志田三夫等先生指导下作者获得了很多专业知识，他们认真严谨的工作态度令作者深感敬佩。自1999年4月到2007年8月，作者有幸在江苏省建筑科学研究所属江苏博特新材料有限公司工作了八年多的时间，这期间主要是做混凝土外加剂配方的调整及高性能混凝土工程应用推广工作。这期间接触更多的是全国各地重大工程混凝土外加剂的配制与生产应用工作，积累了较丰富的实践经验。自2007年9月到2013年9月，作者主要从事水泥助磨剂技术开发工作，经历了水泥助磨剂产业从小到大，从低端产品到高端产品，从无序竞争到竞合发展的新阶段。2013年10月初，作者有幸来到著名革命老区山东省临沂市，成为了临沂大学土木工程与建筑学院的一名大学教师，主要讲授《土木工程材料》与《工程化学》两门课程，从此踏上了新的征途。

二十多年来，作者长期奋战在工程实践中的第一线，工作之余针对水泥及混凝土行业的发展状况也写下来一些心得体会，同时撰写了部分科技论文。基于对建材行业的热爱，作者拟把部分论文编辑成册，把作者的观点、理念及工作心得介绍给同行读者参考，也算对行业做一些力所能及的贡献，这就是作者编写本书的初衷。

本书共包括六部分内容：第一部分是水泥及混凝土产业发展漫谈，第二部分是水泥助磨剂技术，第三部分是湿拌砂浆技术，第四部分是高性能混凝土技术，第五部分是海工高性能混凝土抗腐蚀外加剂研究，第六部分为附录。本书主要介绍了水泥助磨剂、混凝土行业发展现状及趋势；水泥助磨剂应用技术、

湿拌砂浆技术、高性能混凝土应用技术及海洋高性能混凝土抗腐蚀外加剂技术。本书既有行业发展概论、混凝土理论研究，也有工程实践应用。本书可作为水泥企业、预拌混凝土（砂浆）企业的管理人员及工程技术人员参考用书，也可供建筑工程、水利工程、港口工程、桥梁工程、市政工程等专业的设计、施工人员借鉴，还可供从事相关专业的科研人员及大专院校师生阅读参考。

本书在编写过程中，得到了中国建筑卫生陶瓷协会名誉会长丁卫东教授级高级工程师，南京工业大学材料科学与工程学院严生教授、姚晓教授及黄世伟高级工程师，济南大学材料科学与工程学院陈绍龙教授、刘福田教授，河南理工大学材料科学与工程学院张战营教授，山东宏艺科技股份有限公司董事长赵洪义教授、冯恩娟高级工程师、朱孔赞高级工程师，山东日照港湾建设集团有限公司丁兆宽研究员、来永刚高级工程师、章雪涛高级工程师，徐州巨龙新材料有限公司黄文朝总经理，山东国元新材料有限公司王广才总经理，日照市天衣新材料有限公司孙广利董事长，广州浪淘砂建材有限公司陈均侨总经理，南京神和新材料科技有限公司王国平经理，临沂大学土木工程与建筑学院朱文玉书记、院长付厚利教授、徐世君副教授、刘丹副教授等专家同仁的大力支持，在此一并表示诚挚的感谢。

由于作者专业技术水平有限，书中难免存在某些缺点或者错误等不当之处，恳请广大同仁及读者提出宝贵意见和批评指正，以便再版时更正。谢谢！

张伟

临沂大学土木工程与建筑学院 副教授  
山东宏艺科技股份有限公司博士后科研工作站  
河南理工大学矿业工程博士后流动站

2017.06.26

## 作者简介

张伟，男，1972年3月生，籍贯江苏徐州，中共党员。武汉理工大学（原武汉工业大学）材料工程系工学学士，南京工业大学材料科学与工程学院工程硕士、工学博士，高级工程师。南京市中青年行业学科技术带头人，江苏省委组织部“省333人才培养工程”第三层次培养人才，江苏省人力资源与社会保障厅第十批“省六大人才高峰项目资助人才”。



目前任临沂大学土木工程与建筑学院土木工程系副教授。本人主要研究方向：水泥工艺及水泥化学、高性能混凝土、水泥助磨剂、混凝土外加剂、商品预拌砂浆等，发表建材类期刊论文累计五十余篇，并获国家发明专利二十多项。

社会兼职：中国硅酸盐学会会员，中国水泥协会助磨剂分会专家委员会委员，中国水泥质量标准化委员会委员，中国硅酸盐学会固废分会理事，中国混凝土与水泥制品协会教育与人力资源委员会委员，全国高等学校建筑材料学科研究会委员，中国建筑学会建筑材料分会防护与修复材料专业委员会委员，山东省硅酸盐学会建筑化学品专家委员会副主任委员，山东省硅酸盐学会助磨剂及外加剂专家委员会副主任委员，中国水泥网高级顾问等。

### 学习工作经历

1991年9月—1995年7月，武汉理工大学（原武汉工业大学）材料工程系硅酸盐工程专业，学士；

1995年8月—1999年3月，江苏小野田混凝土有限公司试验室技术员；

1999年4月—2007年8月，江苏省建筑科学研究院下属江苏博特新材料有限公司研发中心工程师，主要从事混凝土外加剂和高性能混凝土技术研究；

期间：2003年9月—2005年7月，南京工业大学材料科学与工程学院，材料学，工程硕士；

2007年9月—2010年1月，南京永能建材技术有限公司工程师，水泥助磨剂研究；

2007年9月—2012年12月，南京工业大学材料科学与工程学院，材料学，工学博士；

2010年2月—2013年9月，南京神和新材料科技有限公司，高级工程师，总工程师；

2013年10月至今，临沂大学土木工程与建筑学院副教授。

# 目 录

## 第一部分 水泥及混凝土产业发展漫谈

|                                                   |      |
|---------------------------------------------------|------|
| 从高性能混凝土的技术需求谈中国水泥产品结构调整·····                      | (3)  |
| 利用颜料外加剂技术为水泥增加靓丽色彩·····                           | (8)  |
| 浅谈高校无机非金属材料专业课程的设置与改革·····                        | (11) |
| 浅议水泥混合材与混凝土掺合料·····                               | (14) |
| 世界著名水泥集团公司及其研发机构介绍·····                           | (17) |
| 水泥助磨剂国内外发展现状与展望·····                              | (22) |
| 水泥助磨剂与混凝土外加剂企业实施“走出去”战略的思考·····                   | (25) |
| “住房城乡建设部工业和信息化部关于推广应用高性能混凝土的若干意见”政策解读<br>与体会····· | (29) |

## 第二部分 水泥助磨剂技术

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| 多元醇类助磨剂在高炉矿渣粉磨中的比较试验研究·····      | (35) |
| 磺酸盐聚合物水泥助磨剂的合成与性能研究·····         | (40) |
| 基于工业甘油蒸馏残液合成的聚合甘油对水泥粉磨效果的分析····· | (47) |
| 矿渣的活性激发技术发展概述·····               | (52) |
| 水泥中水溶性 Cr(VI) 控制技术研究现状·····      | (59) |
| 水泥助磨剂产品概况及其在水泥企业中的应用·····        | (65) |
| 助磨剂作用下的混合矿粉活性增强试验研究·····         | (71) |

## 第三部分 湿拌砂浆技术

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 不同外加剂对湿拌砂浆性能的影响·····      | (77) |
| 搅拌站转型生产湿拌砂浆的条件及可行性探讨····· | (84) |
| 浅谈湿拌砂浆的发展之路·····          | (86) |
| 生产湿拌砂浆简约指导书·····          | (90) |

## 第四部分 高性能混凝土技术

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| 粉煤灰矿渣激发剂三组分体系在高性能混凝土中的应用研究····· | (95) |
|---------------------------------|------|

混凝土弹性模量与混凝土配合比相关性探讨..... (101)

混凝土灌浆堵漏材料及施工简述..... (106)

混凝土裂缝控制的关键因素是人——高素质的技术工人..... (113)

碱-掺合料对铁铝酸盐水泥基自流平修补砂浆性能的影响 ..... (118)

建筑垃圾作掺合料对混凝土性能影响的研究..... (128)

聚羧酸系外加剂在高铁客运专线工程中的应用..... (135)

硫铝酸盐水泥基自流平砂浆性能的研究..... (140)

磨细钼尾矿粉用作混凝土掺合料的性能研究..... (149)

偏高岭土对水泥基胶凝材料耐久性能的影响..... (155)

浅谈公路桥梁工程混凝土裂缝成因及防治措施..... (163)

水泥混凝土配合比基础设计的案例教学与实践..... (170)

提高机制砂石的颗粒球形度是混凝土用骨料高品质化的关键..... (178)

铁尾矿粉-粉煤灰-矿渣粉复合掺合料对混凝土性能的影响 ..... (184)

第五部分 海工高性能混凝土抗腐蚀外加剂研究

第一章 绪论..... (195)

第二章 混凝土双效复合外加剂试验设计..... (214)

第三章 海工混凝土双效复合外加剂的优选..... (224)

第四章 微观结构分析及协同作用机理探讨..... (244)

第五章 海工抗腐蚀混凝土的性能评价..... (265)

第六章 基于氯离子扩散的海工混凝土寿命预测模型..... (281)

第七章 结论与展望..... (288)

第六部分 附 录

绿色建材评价技术导则..... (303)

关于印发《预拌混凝土绿色生产评价标识管理办法（试行）》的通知 ..... (337)

预拌混凝土绿色生产评价标识管理办法（试行） ..... (338)

从农村到城镇上的水泥需求谈

水泥及混凝土产业结构调整



## 第一部分

# 水泥及混凝土产业发展漫谈





# 从高性能混凝土的技术需求谈 中国水泥产品结构调整

我国经济发展经历了 20 多年的高速增长,开始步入增长缓速稳定的新常态。新常态下,经济增长下行,水泥产能过剩加剧,产品需求萎缩,竞争非常激烈,企业利润大幅降低。水泥行业也在从过往的以速度和增量为主导,转向以创新提升,提高资源能源利用率,提高品种质量和效益为发展主旋律的新阶段。针对水泥产品淘汰落后产能、标准创新问题,中国建材联合会乔龙德会长在西北地区水泥市场高层论坛会上强调<sup>[1]</sup>,对取消 32.5 水泥的工作分为调整税率、扩大范围和取消标准三步实施,即第一步把 PC32.5 的税收补贴调整到 42.5 水泥的税收补贴中;第二步要扩大到取消 32.5R 水泥,从政策上全面取消 32.5 的税收补贴;第三步在征得国家标委会、住房和城乡建设部同意的基础上,从标准上取消 32.5 等级水泥。目前,依据《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007),水泥产品有 32.5 级、42.5 级、52.5 级、62.5 级四个强度等级,按混合材料的品种和掺量分为硅酸盐水泥、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六个品种。据笔者预计,32.5 等级水泥市场销售量(容量)目前约为全国水泥总产量 24 亿吨水泥的 40%,也就是在 10 亿吨/年左右。取消 32.5 等级水泥对混凝土产业特别是高性能混凝土产业有没有影响?当代混凝土结构的普遍裂缝现象与水泥质量到底是怎么样的关系?中国水泥混凝土工业的强国之路在哪里?这些问题都值得我们建材人去深入探讨。

## 1 明确 62.5 等级以上水泥没有必要规模化生产

我国东部、中部大中小城市商品预拌混凝土的普及率已经很高,使用的水泥品种主要为 P·O42.5 等级;高强度等级商品混凝土及预制构件混凝土 C50~C120 等级,主要使用 52.5 等级水泥。从混凝土科学的角度和混凝土减水剂的角度看,42.5 等级和 52.5 等级的水泥已经足够满足国家建设的需要,目前世界上在具体工程上已经实现应用的混凝土强度等级为 C10~C120。2014 年,上海建工材料公司成功将 C100 高强高性能混凝土泵送至上海中心大厦 620 米新高度,创造了混凝土超高泵送新的世界纪录。同时,中国建筑总公司广州东塔项目部也联合混凝土专家在东塔实验泵送了 C120 的超高强度绿色多功能混凝土,成功将这种混凝土从首层泵送至东塔塔顶 510 米的高度;2015 年 7 月,中建一局联合三一重工、清华大学建材研究所等单位依托深圳平安金融中心成功试验了 C100 高强高性能混凝土可泵送至 1000 米的高度,这些都标志着上海建工和中国建筑总公司乃至中国的混凝土技术已经达到国际一流水平。无论 C100 还是 C120 高性能混凝土,使用 52.5 等级水泥足够可以胜任,另外还有混凝土掺合料(粉煤灰、矿渣微粉及硅灰)和高效高性能的减水剂(萘系和脂肪族减水剂的减水率可达 15%~25%;氨基磺酸盐减水剂减水率可达 25%~30%;聚羧酸减水剂的减水率可以达到 30%~35%)起重要作用,水泥只是水泥基混凝土的一个重要原料。62.5 等级以上水泥有名无大的市场,是必然的客观事实。但为了水泥标准的先进性,建议

保留 62.5 等级水泥品种。

## 2 32.5 等级水泥的去与留

### 2.1 32.5 等级水泥市场在哪里

32.5 等级水泥的市场：农村和中小规模乡镇房屋及道路的建设，生产 C10~C40 等级的现场搅拌混凝土和现场搅拌抹面砂浆和砌筑砂浆；城市用建筑砂浆，包括预拌砂浆或干混砂浆；城市或农村小规模装饰装修用水泥。

大中小城市商品预拌混凝土搅拌站，当然可以使用 32.5 级水泥来生产 C10~C30 混凝土，但是在市场经济高度行业竞争的今天，企业家都是需要算经济账的。全国各地原材料包括水泥、砂（河砂及机制砂）、碎石、粉煤灰、矿粉及混凝土外加剂等原料价格差异较大，同一强度等级混凝土单方成本差异也较大，务必需要使用当地生产的 42.5 级和 32.5 级水泥同条件试验混凝土性能并比较单方混凝土生产成本，根据性价比和混凝土施工性能来确定最佳配合比。同一强度等级 C10~C30 混凝土，有的区域使用 32.5 等级水泥更经济，有的区域使用 42.5 等级水泥可能更经济，即使相差 2 元/m<sup>3</sup> 的原材料成本也很可观。使用 32.5 级水泥生产 C10~C30 商品混凝土，由于该水泥混合材较多而成分复杂，其与混凝土外加剂的适应性问题更难调整，给商品混凝土生产企业带来生产质量控制难度的增大和成本上升。一般说来，根据单方混凝土中胶凝材料的多寡，针对 C30~C50 混凝土，使用 42.5 等级水泥生产的混凝土单方成本更具有优势；针对 C50~C100 混凝土，使用 52.5 等级水泥生产的混凝土单方成本更具有优势。经过多地调研，目前国内市场上商品混凝土生产企业很少使用 32.5 等级水泥来生产商品混凝土。为加快推广应用高性能混凝土，住房和城乡建设部和工业和信息化部联合发文（建标〔2014〕117 号）“住房城乡建设部工业和信息化部关于推广应用高性能混凝土的若干意见”，文件要求：“十三五”末，C35 及以上强度等级的混凝土占预拌混凝土总量 50% 以上。这就意味着 32.5 等级的水泥今后更没有在商品混凝土行业存在大量利用的可能性。

### 2.2 取消 32.5 强度等级的水泥，市场如何应对

农村和中小规模乡镇的建设，生产 C10~C40 等级的现场搅拌混凝土和现场搅拌抹面砂浆和砌筑砂浆，42.5 等级水泥代替 32.5 等级水泥的结果是，要么适当减少水泥用量，要么提高了混凝土的强度等级，农村房屋寿命延长，更加坚固，特别是对地震多发地区更加有利。城市砂浆，包括预拌砂浆或干混砂浆的市场，使用 42.5 等级水泥代替 32.5 等级水泥，水泥用量可降低，但掺合料（粉煤灰或石粉）用量增加，技术上操作不存在问题。城市或农村小规模装饰装修，42.5 等级水泥代替了 32.5 等级水泥，利弊均有。《混凝土用复合掺合料》（JG/T 486—2015）建筑工业行业产品标准自 2016 年 4 月 1 日起在全国实施，更是为大中小型水泥粉磨站企业提供了难得的发展机遇，混凝土用复合掺合料也可供应给农村城建市场。

### 2.3 建议 32.5 等级水泥可以转为普通砂浆（抹面砂浆和砌筑砂浆）专用水泥

如果国家层面一定要取消 32.5 等级水泥，笔者建议：可以把 32.5 等级水泥转变成普通

砂浆专用水泥在市场上存在,既然是普通砂浆专用水泥,就必须专用于生产普通砂浆。把普通砂浆专用水泥列为特种水泥品种。这样,普通砂浆专用水泥仍然可以大量消纳低品位工业废渣,让它继续为环保产业做贡献。

### 3 混凝土掺合料工业的兴起

高性能混凝土最主要的特点之一是混凝土掺合料成为必需组分。《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596—2005)、《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046—2008)、《石灰石粉在混凝土中应用技术规程》(JGJ/T 318—2014)、《用于水泥和混凝土中的粒化电炉磷渣粉》(GB/T 26751—2011)、《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》(GB/T 20491—2006)、《用于水泥和混凝土中的锂渣粉》(YB/T 4230—2010)及《混凝土用复合掺合料》(JG/T 486—2015)等国家或行业标准为混凝土掺合料工业提供了机遇,混凝土掺合料的生产,仍然是建材工业中的大中小水泥粉磨站来生产,来供应市场。混凝土掺合料实际上已经是资源型产业,前途光明。

### 4 现代混凝土的普遍裂缝现象与水泥质量的关系

张大康高级工程师<sup>[2]</sup>认为:中国半个世纪以来,水泥熟料中 $C_3S$ 含量在增加、水泥强度在增加、水泥细度变细、碱含量增加,同时混凝土的开裂也普遍的增加,混凝土耐久性下降。工程实践中,特别是当代混凝土产生裂缝的原因很多,有变形引起的裂缝,如温度变化、收缩、膨胀、不均匀沉陷等原因引起的裂缝;有外载作用引起的裂缝;有施工马虎、养护措施不当和化学作用引起的裂缝等等,本文不再赘述。近20多年来,中国土木工程建设需要的混凝土强度等级从C20~C40等级提高到了C30~C100等级,中国的摩天大楼数量将稳居世界第一。水泥强度等级提高是市场的需要,提高水泥强度等级意味着熟料 $C_3S$ 含量相对增加、水泥早期强度增加、水泥磨得相对更细。水泥是水泥基混凝土的一个重要原材料,并对混凝土抗压强度起主要作用,水泥基浆体在硬化过程中的化学收缩是其本身特性,水泥细度变细会导致水泥基浆体在早期塑性阶段收缩加大、水化反应加速、早期水化热增大,因此,混凝土裂缝概率增加是必然。《高性能混凝土应用技术指南》指出<sup>[3]</sup>:硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥的比表面积不宜大于 $350\text{m}^2/\text{kg}$ 。尽管如此,人类依然可以发挥主观能动性,控制混凝土裂缝的关键还是要依靠人的因素<sup>[4]</sup>。全国有上百名混凝土科学家,有数万名混凝土专业工程师,全世界混凝土科研及应用论文已经发表数十万篇,但是混凝土裂缝问题依然十分普遍。笔者认为:关键的关键还是混凝土的施工管控和养护没有得到足够的重视,高素质高度责任心的混凝土工人变得越来越屈指可数。这里列举出新旧混凝土施工方法的对比。

旧建筑施工方法:混凝土现场搅拌,人工半机械化搬运,混凝土砂率相对低,混凝土坍落度较小,一般入模坍落度30~90mm,施工仔细认真,混凝土很少有裂缝,结构耐久。

新建筑施工方法:商品预拌混凝土,机械化运输,混凝土泵送施工,混凝土砂率高,水泥基浆体丰富,混凝土坍落度大,一般入模坍落度160~220mm,施工快,混凝土抹面工序操作马虎,养护差,裂缝多,混凝土裂缝现象已经司空见惯。

问题的症结:混凝土科研与应用技术进步很快,关键是混凝土的施工管控与养护作业跟不上,建筑工人素质跟不上,责任心缺乏。需要强调,普通型泵送混凝土入模板施工的黄金坍落度为140~160mm,如钢筋特别密集,可减小碎石粒径,适当增加坍落度到180~

200mm。入模坍落度从 140mm 到 220mm，特别是混凝土的现浇墙板，混凝土收缩裂缝出现的概率可从 30% 提高到 90%。混凝土面层的裂缝，通过混凝土终凝前多次抹面、及时塑料布覆盖、终凝后的保湿养护充分，完全可以大幅度降低混凝土开裂的概率。混凝土墙板的裂缝，可以通过降低入模坍落度，混凝土中加入聚丙烯纤维，降低施工速度，加强振捣，及早浇水保湿养护等办法来降低开裂概率。

提高钢筋混凝土结构耐久性的关键是减少结构混凝土裂缝，减少混凝土裂缝的关键是在混凝土施工和养护上多下工夫，提高工人责任心比什么都重要。混凝土不可能是十全十美的材料，从原材料到配合比设计，从搅拌运输到泵送施工，从振捣抹面作业到保湿养护，每一步都要操心、用心、精心，才可以切实减少混凝土开裂，最后再通过混凝土的裂缝修补措施，从而提高钢筋混凝土结构的耐久性。

中央城市工作会议提出力争 10 年左右的时间“装配式建筑占新建建筑比例达到 30%”，装配式建筑是指把传统建造方式中的大量现场作业工作转移到工厂进行，在工厂加工制作好建筑用构件和配件（如楼板、墙板、楼梯、阳台等），运输到建筑施工现场，通过可靠的连接方式在现场装配安装而成的建筑。大力发展装配式建筑，为混凝土预制构件企业的发展提供良好的机遇，混凝土构件工厂化预制，更是要求混凝土要尽量早强高强快凝，加快模板周转周期，也要求我们水泥产品一定要在 42.5 等级以上，由于这种施工方式的混凝土坍落度相对较小，也有利于减少混凝土构件裂缝概率。

### 5 高性能混凝土需要什么样的水泥

20 多年来，随着预拌混凝土产业的兴起，高性能混凝土在我国的工业与民用建筑、水利大坝、铁路、高速公路桥梁、海洋工程、核电站工程等领域得到了广泛的应用。高性能混凝土需要的水泥所应具备的基本性能应如下：

- (1) 水泥的标准稠度用水量尽量小，一般控制在 25%~28% 之间；
- (2) 水泥品质稳定，强度波动小，水泥早后期强度增长稳定；
- (3) 水泥助磨剂掺量参照国外同类产品，一般控制在 0.1% 及以下，对混凝土外加剂的作用和影响小；
- (4) 水泥强度等级应在 42.5 等级、52.5 等级；
- (5) 不建议使用矿渣硅酸盐水泥，特别是高炉矿渣作为混合材和熟料一起粉磨生产的矿渣水泥，由于其中矿渣粒度粗，造成混凝土容易泌水，严重时混凝土容易离析，不利于混凝土的施工和质量。支持符合国家或行业标准的矿渣微粉做混凝土掺合料，在生产高性能混凝土时掺入，用以提高混凝土耐久性及降低混凝土成本；
- (6) 水泥细度不宜超过  $350\text{m}^2/\text{kg}$ ；
- (7) 混合材品种及用量要满足国家标准要求，水泥粉体颜色均匀稳定；
- (8) 部分高性能混凝土需要使用特种水泥，如：核电站用水泥、海工用水泥、大坝用水泥及早强快硬的硫铝酸盐水泥等。

### 6 中国水泥混凝土工业的强国之路

水泥产业是典型的传统制造业，目前国内还有 3000 家左右的水泥生产企业，面临转型和升级的重要任务。落后就要被淘汰，强者才可以生存于市场，这是市场竞争的规律。当前

水泥年产 24 亿吨左右,行业大而不强,又面临资源、能源、环境的巨大压力。国家工信部作为行业主管部门,要鼓励、支持大水泥集团公司加快企业兼并重组的步伐,除西藏及少数偏远地区外,对于 2500t/d 以下的各类干法窑各地区要因地制宜制定淘汰时间表。国家质监和环境保护部门严格执法,坚决执行最新颁布的《水泥工业大气污染物排放标准》(GB 4915—2013)和《水泥单位产品能源消耗限额》(GB 16780—2012)标准,坚决关停淘汰一批落后产能。水泥工业首先治理好粉尘污染问题,然后考虑废气的脱硝、脱硫,最后考虑 CO<sub>2</sub> 的扑捉、收集、净化、回收利用;加大力度研究建筑废弃物的回收利用、特种水泥研究及应用、特种混凝土研究及工程应用、水泥窑热能回收高效利用及混凝土修补材料等。水泥及混凝土工业,理应是环境友好型企业,不仅不应造成环境污染,通过处置消纳工业废渣、废弃危险品、城市生活垃圾、污泥等社会公益行为,成为环保产业中的重要成员。希望我国有社会作为和影响力的大水泥集团公司加强自己企业的科技创新,从装备一流、工艺先进、智能化控制、环保突出、高效节能到绿色发展等领域赶超世界先进水平。水泥工业通过科技创新、完善产业链发展(从矿山骨料—熟料基地—粉磨站—预拌商品混凝土—预制建筑混凝土构件—绿色建筑),完全可以为人类环保事业作出更大的贡献,我国的水泥及混凝土工业也完全可以实现强大之梦、绿色之梦。

#### 参考文献

- [1] <http://www.concrete365.com/news/content/7970372098809.html>. 中国水泥协会, 2015, 6.
- [2] 张大康. 对半个世纪水泥质量发展道路的反思 I [J]. 水泥, 2015 (5).
- [3] 建设部标准定额司, 工信部原材料司编. 高性能混凝土应用技术指南 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [4] 张伟, 徐世君, 崔玉理. 混凝土裂缝控制的关键因素是人 [J]. 商品混凝土, 2014 (7).

# 利用颜料外加剂技术为水泥增加靓丽色彩

近年来，彩色水泥在城镇建设中的应用领域不断扩大，品种在增多，用量也呈增势。因此，业内人士看好它的市场前景，预测后市会渐旺。彩色水泥瓦、彩色水泥广场砖、道路砖、地砖以及彩色水泥装饰外墙，已经在全国各大中城市相继得到应用。著名的昆明世博会工程，北京的“银街”、西单商业区、前门商业区，上海的外高桥保税区、环球乐园等地方的建筑中，彩色水泥都有较大量的应用，其使用效果和装饰效果都颇佳，社会效果也不错。城市建设规划及设计部门把彩色水泥作为能体现审美观念及城市色调、风格的建材之一，足以证明彩色水泥具有一定的市场潜力。

生产彩色水泥有两种方案，一种是直接烧成彩色水泥熟料然后加石膏粉磨而成，二是以白色硅酸盐水泥熟料和优质白色石膏，掺入颜料、外加剂共同磨细而成。目前大部分彩色水泥是用白水泥与“种子颜料”均匀混合制得，在白水泥中掺入耐碱色素外加剂可制成彩色水泥和彩色混凝土构件。白色水泥是一种价廉的建筑装饰材料，白水泥白度分为特级、一级、二级、三级。其理化性能和普通硅酸盐水泥相似，主要用于建筑装饰工程如：水磨石、地花砖、斩假石、水刷石、雕塑及各种建筑工程表面装饰等。常用的彩色掺加颜料有氧化铁（红、黄、褐、黑）、二氧化锰（褐、黑）、氧化铬（绿）、钴蓝（蓝）、群青蓝（靛蓝）、孔雀蓝（海蓝）、炭黑（黑）等。砂浆或者混凝土的颜色与化学颜料对照表见表1。

表 1 砂浆或者混凝土的颜色与化学颜料对照表

| 水泥品种 | 色调         | 化学颜料         | 备注                         |
|------|------------|--------------|----------------------------|
| 白色水泥 | 灰至黑        | 氧化铁黑 矿物黑 碳黑  | 化学颜料对砂浆或者混凝土的<br>凝结及强度影响不大 |
|      | 蓝          | 绀青蓝 钛化青蓝     |                            |
|      | 浅红至深红      | 氧化铁红         |                            |
|      | 棕          | 氧化铁棕 天然赫土    |                            |
|      | 象牙色 奶油色 浅黄 | 氧化铁黄 铬酸铝 铅铬黄 |                            |
|      | 绿          | 氧化铬 钛青绿      |                            |
|      | 白          | 二氧化钛 硫酸钡     |                            |
|      | 金色         | 硫化锡          |                            |

目前国内彩色水泥产品大部分可以做到具有早强、快硬、防潮、防水、不褪色、耐老化、颜色鲜艳均匀、可塑性好等特点。彩色水泥主要是用来配制彩色水泥浆，用于工业建筑和仿古建筑的饰面刷浆，另外还多用于室外墙面装饰，具有特殊的装饰效果，可以呈现各种色彩、线条和花样，并可掺配白色、浅色或彩色的天然砂、石屑（由大理石、花岗岩加工而成的）、陶瓷碎粒或特制的塑料色粒等形成装饰表面或加入云母片、玻璃碎片等产生一种闪光的效果。通过对装饰表面进行各种艺术处理，制成水磨石、水刷石、斧剁石、拉毛、喷