

S HUINI JI HUNNINGTU JIANYANYUAN
CHANGYONG BIAOZHUN HUIBIAN

水泥及混凝土检验员 常用标准汇编

主 编 刘冬梅 邹凌彦
副主编 刘长恒 张红丽 马修辉
主 审 隋良志

中国建材工业出版社

水泥及混凝土检验员 常用标准汇编

主 编 刘冬梅 邹凌彦
副主编 刘长恒 张红丽 马修辉
主 审 隋良志

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

水泥及混凝土检验员常用标准汇编 / 刘冬梅, 邹凌彦

主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2016. 1

ISBN 978-7-5160-1273-4

I. ①水… II. ①刘… ②邹… III. ①水泥-混凝土-质量检验-标准-汇编-中国 IV. ①TU528.45-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 202860 号

内 容 简 介

本汇编主要依据水泥和混凝土企业检验员常用的国家与行业标准进行编写, 便于职业院校学生和从业者的查找和学习。本汇编共分水泥类、骨料类、掺合料类、混凝土外加剂类、混凝土用水标准、混凝土等六部分共计 32 个标准、规程。

此外, 本书附有课件, 内容包括水泥、混凝土检验员所用的主要产品标准、试验方法标准、工程检测试验、工程施工及验收规范等标准, 图像、视频素材库, 专家学者报告 (PPT 稿) 等。

本汇编可作为职业院校材料工程技术专业的学生学习的辅助资料, 也可作为相关技术人员的参考资料。

水泥及混凝土检验员常用标准汇编

主 编 刘冬梅 邹凌彦

副主编 刘长恒 张红丽 马修辉

主 审 隋良志

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: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 27.75

字 数: 686 千字

版 次: 2016 年 1 月第 1 版

印 次: 2016 年 1 月第 1 次

定 价: 84.00 元

本社网址: www.jcbs.com.cn 微信公众号: zgjcgycbs

广告经营许可证号: 京海工商广字第 8293 号

本书如出现印装质量问题, 由我社网络直销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前言

《水泥及混凝土检验员常用标准汇编》是按照教育部对职业技术教育培养目标“要逐步建立以能力培养为基础的、特色鲜明的专业课教材和实训指导教材”的建设思想，以职业技术教育能力本位教育理念为立足点，围绕高等职业教育特点、培养方向及目标定位而编写的。

本汇编立足在校的材料工程技术专业学生，面向在水泥、混凝土企业工作的检验技术人员，将现有的国家与行业最常用标准进行编写，便于初学者和有一定工作经验的从业者的查找和学习。汇编共分水泥类、骨料类、掺合料类、混凝土外加剂类、混凝土用水、混凝土类等六部分标准。此外，本书附有课件资料（登录 www.jccbs.com.cn 课件专区下载），内容包括水泥、混凝土检验员所用的各种产品、试验方法、工程检测试验、工程施工及验收规范等标准，图像、视频素材库，专家学者报告（PPT 稿）等，供学习、使用者参考并开拓视野。

本汇编由黑龙江建筑职业技术学院刘冬梅、邹凌彦主编。具体编写分工为：刘冬梅编写了绪论、1.3、第四部分混凝土外加剂类及第五部分混凝土用水标准；邹凌彦编写第二部分骨料类；田文富编写了第一部分水泥类的 1.1、1.2 和 1.4 三部分；纪明香编写了 1.5、1.6 和 1.7 三部分；林甄编写了 1.8、1.9 及图像视频材料的收集及制作；刘长恒编写了第三部分掺合料类及课件的制作；张红丽编写了第六部分混凝土类 6.1、6.2 和 6.3；马修辉编写了 6.4、6.5 和 6.6；刘畅编写了 6.7、6.8 和 6.9；贵珊编写了 6.10、6.11 和 6.12。

本书在编写出版过程中得到了中国建材工业出版社的大力支持，北京耐尔得仪器设备有限公司和石家庄赞皇预拌混凝土有限公司为本书出版提供了帮助，书中引用了中国建筑工业出版社、中国质检出版社和中国计划出版社出版的相关标准、行业会议相关专家的 PPT 以及专家提供的图像和视频，在此一并表示诚挚的谢意！

在本书付梓之际，获悉《通用硅酸盐水泥》GB 175—2007 第 2 号修改单自 2015 年 12 月 1 日开始执行，旨在取消 P·C32.5 水泥，正文已更新。针对此类情况，书后随附“标准规范变更清单”白页，方便读者对相关标准变更信息及时记录整理。

本汇编由黑龙江建筑职业技术学院隋良志院长主审。

本汇编虽力求完美，但由于编者水平有限，加之时间仓促，难免存在疏漏错误之处，竭诚欢迎读者批评指正。

编者
2015 年 12 月



中国建材工业出版社
China Building Materials Press

我们提供

图书出版、图书广告宣传、企业/个人定向出版、设计业务、企业内刊等外包、代选代购图书、团体用书、会议、培训，其他深度合作等优质高效服务。

编辑部
010-88385207

宣传推广
010-68361706

出版咨询
010-68343948

图书销售
010-88386906

设计业务
010-88361706

邮箱：jccbs-zbs@163.com

网址：www.jccbs.com.cn

发展出版传媒 服务经济建设

传播科技进步 满足社会需求

(版权专有，盗版必究。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。举报电话：010-68343948)

目 录

0 绪 论

0.1 水泥	1
0.2 混凝土	10

第一部分 水 泥 类

(一) 产品标准类	17
1.1 通用硅酸盐水泥 GB 175—2007	18
1.2 硅酸盐水泥熟料 GB/T 21372—2008	24
(二) 检验与试验方法分类	28
1.3 水泥化学分析方法 GB/T 176—2008	29
1.4 水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法) GB/T 17671—1999	74
1.5 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法 GB 1346—2011	87
1.6 水泥比表面积测定方法 勃氏法 GB/T 8074—2008	94
1.7 水泥胶砂流动度测定方法 GB/T 2419—2005	98
1.8 水泥细度检验方法 筛析法 GB/T 1345—2005	100
1.9 水泥企业质量管理规程	104

第二部分 集 料 类

2.1 建设用砂 GB/T 14684—2011	113
2.2 建设用卵石、碎石 GB/T 14685—2011	139
2.3 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准 JGJ 52—2006	162

第三部分 掺 合 料 类

3.1 用于水泥和混凝土中的粉煤灰 GB/T 1596—2005	214
3.2 用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉 GB/T 18046—2008	218
3.3 砂浆和混凝土用硅灰 GB/T 27690—2011	223

第四部分 混凝土外加剂类

4.1 混凝土外加剂 GB 8076—2008	226
4.2 混凝土外加剂定义、分类、命名与术语 GB/T 8075—2005	237
4.3 混凝土外加剂应用技术规范 GB 50119—2013	242
4.4 聚羧酸系高性能减水剂 JG/T 223—2007	259

第五部分 混凝土用水标准

5.1 混凝土用水标准 JGJ 63—2006	267
-------------------------------	-----

第六部分 混 凝 土 类

(一) 产品标准类	270
6.1 预拌混凝土 GB/T 14902—2012	271
6.2 轻骨料混凝土技术规程 JGJ 51—2002	281
(二) 检测与试验方法类	300
6.3 普通混凝土拌合物性能试验方法标准 GB 50080—2002	301
6.4 普通混凝土力学性能试验方法标准 GB/T 50081—2002	316
6.5 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法 GB/T 50082—2009	326
6.6 混凝土耐久性检验评定标准 JGJ/T 193—2009	364
6.7 混凝土强度检验评定标准 GB/T 50107—2010	367
6.8 混凝土质量控制 GB 50164—2011	371
(三) 工程建设类	384
6.9 普通混凝土配合比设计规程 JGJ 55—2011	385
6.10 混凝土泵送施工技术规程 JGJ/T 10—2011	399
6.11 回弹法检测混凝土抗压强度技术规程 JGJ/T 23—2011	407
6.12 大体积混凝土施工规范 GB 50496—2009	415

附录

附录 1 水泥及混凝土检验员常见标准汇编（见课件）	425
附录 2 数值修约规则与极限数值的表示和判定 GB/T 8170—2008	428
附录 3 标准规范变更清单	434

0 绪 论

0.1 水泥

0.1.1 水泥发展史

水泥,是指一种细磨材料,加入适量水后成为塑性浆体,既能在空气中硬化,又能在水中硬化,并能把砂、石等材料牢固地粘结在一起,形成坚固的石状体的水硬性胶凝材料。水泥是无机非金属材料中使用量最大的一种建筑材料和工程材料,广泛用于建筑、水利、道路、石油、化工以及军事工程中。

水泥按化学组成可分为硅酸盐水泥、铝酸盐水泥和硫铝酸盐水泥三大类,其中硅酸盐水泥,又分为硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥六类;铝酸盐水泥和硫铝酸盐水泥为特种水泥。

水泥的发明是人类在长期生产实践中不断积累的结果,是在古代建筑材料的基础上发展起来的,经历了漫长的历史过程。

1. 西方古代的建筑胶凝材料

在水泥发明的数千年岁月中,西方最初采用黏土作胶凝材料。古埃及人采用尼罗河的泥浆砌筑未经煅烧的土砖,为增加强度和减少收缩,在泥浆中还掺入砂子和草。用这种泥土建造建筑物不耐水,经不住雨淋和河水冲刷,但在干燥地区可保存多年。

大约在公元前3 000~2 000年间,古埃及人开始采用煅烧石膏作建筑胶凝材料,埃及金字塔的建造中使用了煅烧石膏。

古希腊人与古埃及人不同,在建筑中所用胶凝材料是将石灰石经煅烧后而制得的石灰。罗马人将石灰加水消解,与砂子混合成砂浆,然后用此砂浆砌筑建筑物。采用石灰砂浆的古罗马建筑,其中有些非常坚固,甚至保留到现在。

古罗马人对石灰使用工艺进行改进,在石灰中不仅掺砂子,还掺磨细的火山灰,在没有火山灰的地区,则掺入与火山灰具有同样效果的磨细碎砖。这种砂浆在强度和耐水性方面较“石灰-砂子”的二组分砂浆都有很大改善,用其砌筑的普通建筑 and 水中建筑都较耐久。有人将“石灰-火山灰-砂子”三组分砂浆称为“罗马砂浆”。罗马人制造砂浆的方法得到广泛的传播,在古代法国和英国都曾普遍采用这种三组分砂浆,用它砌筑各种建筑。

2. 中国古代的建筑胶凝材料

中国建筑胶凝材料的发展有着自己的一个很长的历史过程。

(1) 白灰面

早在公元前5 000~3 000年的新石器时代的仰韶文化时期,就有人用“白灰面”涂抹山洞、地穴的地面和四壁,使其变得光滑和坚硬。“白灰面”因呈白色粉末状而得名,它由天然姜石磨细而成。姜石是一种二氧化硅含量较高的石灰石块,常夹在黄土中,是黄土中的钙质结核。“白灰面”是至今被发现的中国古代最早的建筑胶凝材料。

(2) 黄泥浆

公元前16世纪的商代,地穴建筑迅速向木结构建筑发展,此时除继续用“白灰面”抹

地以外,开始采用黄泥浆砌筑土坯墙。在公元前 403~221 年的战国时代,出现用草拌黄泥浆筑墙,还用它在土墙上衬砌墙面砖。在中国建筑史上,“白灰面”很早就被淘汰,而黄泥浆和草拌黄泥浆作为胶凝材料则一直沿用到近代社会。

(3) 石灰

公元前 7 世纪的周朝出现了石灰,周朝的石灰是用大蛤的外壳烧制而成。蛤壳主要成分是碳酸钙,将它煅烧到碳酸气全部逸出即成石灰。《左传》中有记载:“成公二年(公元前 635 年)八月宋文公卒,始厚葬用蜃灰”。蜃灰就是用蛤壳烧制而成的石灰材料,在周朝就已发现它具有良好的吸湿防潮性能和胶凝性能。到秦汉时代,除木结构建筑外,砖石结构建筑占重要地位。

砖石结构需要用性能优良的胶凝材料进行砌筑,这就促使石灰制造业迅速发展,纷纷采用各地都能采集到的石灰石烧制石灰,石灰生产点应运而生。那时,石灰的使用方法是先将石灰与水混合制成石灰浆体,然后用浆体砌筑条石、砖墙和砖石拱券以及粉刷墙面。

(4) 三合土

在公元 5 世纪的中国南北朝时代,出现一种名叫“三合土”的建筑材料,它由石灰、黏土和细砂所组成。到明代,有石灰、陶粉和碎石组成的“三合土”。在清代,除石灰、黏土和细砂组成的“三合土”外,还有石灰、炉渣和砂子组成的“三合土”,“三合土”也就是以石灰与黄土或其他火山灰质材料作为胶凝材料,以细砂、碎石炉渣作为填料的混凝土。“三合土”与罗马的三组分砂浆,即“罗马砂浆”有许多类似之处。“三合土”自问世后一般用作地面、屋面、房基和地面垫层。“三合土”经夯实后不仅具有较高的强度,还有较好的防水性,在清代还将其用于夯筑水坝。

(5) 石灰掺有机物的胶凝材料

中国古代建筑胶凝材料发展中一个鲜明的特点是采用石灰掺有机物的胶凝材料,如“石灰-糯米”,“石灰-桐油”,“石灰-血料”,“石灰-白芨”以及“石灰-糯米-明矾”等。

据民间传说,秦代修筑长城中,采用糯米汁砌筑砖石。考古发现,南北朝时期的河南邓县的画像砖墙是用含有淀粉的胶凝材料衬砌;河南登封县的少林寺,北宋宣和二年、明代弘治十二年和嘉靖四十年等不同时代的塔,在建造时都采用了掺有淀粉的石灰作胶凝材料。明代修筑的南京城是世界上最大的砖石城垣,以条石为基,上筑夯土,外砌巨砖,用石灰作胶凝材料,在重要部位则用石灰加糯米汁灌浆,城垣上部用桐油和土拌和结顶,非常坚固。采用桐油或糯米汁拌和明矾与石灰制成的胶凝材料,其粘结性非常好,常用于修补假山石,至今在古建筑修缮中仍在沿用。中国古代建筑胶凝材料的发展,到达石灰掺有机物的胶凝材料阶段后就停止不前,而西方古代建筑胶凝材料则在“罗马砂浆”的基础上继续发展,朝着现代水泥的方向不断提高,最终发明水泥。

3. 现代水泥的发明

(1) 水硬性石灰

18 世纪中叶,英国航海业已较发达,但船只触礁和撞滩等海难事故频繁发生。为避免海难事故,采用灯塔进行导航。由于材料在海水中不耐久,所以灯塔经常损坏,船只无法安全航行,迅速发展的航运业遇到重大障碍。为解决航运安全问题,寻找抗海水侵蚀材料和建造耐久的灯塔成为 18 世纪 50 年代英国经济发展中的当务之急。

1756 年,史密顿在建造灯塔的过程中,研究了“石灰-火山灰-砂子”三组分砂浆中不同

石灰石对砂浆性能的影响,发现含有黏土的石灰石,经煅烧和细磨处理后,加水制成的砂浆能慢慢硬化,在海水中的强度较“罗马砂浆”高很多,能耐海水的冲刷。史密顿使用新发现的砂浆建造了举世闻名的普利茅斯港的漩岩(Eddystone)大灯塔。

用含黏土、石灰石制成的石灰被称为水硬性石灰。史密顿的这一发现是水泥发明过程中知识积累的一大飞跃,不仅对英国航海业做出了贡献,也对“波特兰水泥”的发明起到了重要作用。然而,史密顿研究成功的水硬性石灰,并未获得广泛应用,当时大量使用的仍是石灰、火山灰和砂子组成的“罗马砂浆”。

(2) 罗马水泥

1796年,英国人派克(J. Parker)将称为 Sepa Tria 的黏土质石灰岩,磨细后制成料球,在高于烧石灰的温度下煅烧,然后进行磨细制成水泥。派克称这种水泥为“罗马水泥”(Roman Cement)。“罗马水泥”凝结较快,可用于与水接触的工程,在英国曾得到广泛应用,一直沿用到被“波特兰水泥”所取代。

约在“罗马水泥”生产的同时期,法国人采用 Boulogne 地区的化学成分接近现代水泥成分的泥灰岩也制造出水泥。这种与现代水泥化学成分接近的天然泥灰岩称为水泥灰岩,用此灰岩制成的水泥则称为天然水泥。美国人用 Rosendale 和 Louisville 地区的水泥灰岩也制成了天然水泥。在 19 世纪 80 年代及以后的很长一段时间里,天然水泥在美国得到广泛应用,在建筑业中曾占很重要的地位。

(3) 英国水泥

英国人福斯特(J. Foster)是一位致力于水泥的研究者。他将两份重量白垩和一份重量黏土混合后加水湿磨成泥浆,送入料槽进行沉淀,置沉淀物于大气中干燥,然后放入石灰窑中煅烧,温度以料子中碳酸气完全挥发为准,烧成产品呈浅黄色,冷却后细磨成水泥。福斯特称该水泥为“英国水泥”(British Cement)。

“英国水泥”由于煅烧温度较低,其质量明显不及“罗马水泥”,所以售价较低,销售量不大。这种水泥虽然未能被大量推广,但其制造方法已是近代水泥制造的雏型,是水泥知识积累中的又一次重大飞跃。

4. 波特兰水泥(硅酸盐水泥)

1824年10月21日,英国利兹(Leeds)城的泥水匠阿斯谱丁(J. Aspdin)成为流芳百世的水泥发明人。“波特兰水泥”制造方法是:“把石灰石捣成细粉,配合一定量的黏土,掺水后以人工或机械搅和均匀成泥浆。置泥浆于盘上,加热干燥。将干料打击成块,然后装入石灰窑煅烧,烧至石灰石内碳酸气完全逸出。煅烧后的烧块在将其冷却和打碎磨细,制成水泥。使用水泥时加入少量水分,拌和成适当稠度的砂浆,可应用于各种不同的工作场合。”

该水泥水硬化后的颜色类似英国波特兰地区建筑用石料的颜色,所以被称为“波特兰水泥”。

由于阿斯谱丁未能掌握“波特兰水泥”确切的烧成温度和正确的原料配比,因此他的工厂生产出的产品质量很不稳定,甚至造成有些建筑物因水泥质量问题而倒塌。

1845年,英国的强生在实验中一次偶然的机会发现,煅烧到含有一定数量玻璃体的水泥烧块,经磨细后具有非常好的水硬性。另外还发现,在烧成物中含有石灰会使水泥硬化后开裂。根据这些意外的发现,强生确定了水泥制造的两个基本条件:第一是烧窑的温度必须高到足以使烧块含一定量玻璃体并呈黑绿色;第二是原料比例必须正确而固定,烧成物内部

不能含过量石灰,水泥硬化后不能开裂。这些条件确保了“波特兰水泥”质量,解决了阿斯谱丁无法解决的质量不稳定问题。从此,现代水泥生产的基本参数已被发现。

18 世纪的欧洲发生了人类历史上第一次工业革命,推动了西方各国社会经济的迅猛向前,建筑胶凝材料的发展步伐也随之加快。西方国家在“罗马砂浆”的基础上,1756 年发现水硬性石灰;1796 年发明“罗马水泥”以及类似的天然水泥;1822 年出现“英国水泥”;1824 年英国政府发布第一个“波特兰水泥”专利。当代建筑“粮食”——“波特兰水泥”(硅酸盐水泥)就这样在西方徐徐诞生,同时踏上了不断改进的征途。

水泥的发明是一个渐进的过程。水泥生产技术随着社会生产力发展,也有一个不断进步、成熟和完善的过程。今天,人们把水泥的生产过程形象的概括为“二磨一烧”,即按一定比例配合的原料,先经粉磨制成生料,再在窑内烧成熟料,最后通过粉磨制成水泥。在这个过程中,窑是核心设备,所以人们在研究水泥技术发展史的时候,往往以窑为代表。

回顾过去的近二百年,水泥生产先后经历了仓窑、立窑、干法回转窑、湿法回转窑和新型干法回转窑等发展阶段,最终形成现代的新型干法预分解窑。

0.1.2 世界水泥发展现状

美国地质调查局 2015 年 1 月矿产摘要数据显示,2014 年全球水泥产量为 41.8 亿吨,较 2013 年增长 1 亿吨;熟料产量 35.7 亿吨,较 2013 年增长 1 亿吨。水泥熟料厂约 2 300 家,粉磨站数量超过 2 600 座。水泥产能集中在中国、西欧、南亚、中东、非洲和东南亚。

美国水泥产量及消费量:2014 年美国国内水泥产量增长,34 个洲 97 家水泥厂共生产波特兰水泥 8 050 万吨,砌筑水泥 220 万吨。水泥产量继续维持在 2005 年 9 900 万吨的峰值之下,数家水泥厂持续保持停窑状态,许多其他水泥企业产能不能完全发挥,近几年有一些水泥厂已经停业。2014 年水泥销量显著提高,但低于 2005 年最高纪录约 4 100 万吨,总体销售额大约为 89 亿美元。大部分水泥用于制作混凝土,混凝土价值至少有 480 亿美元。近几年,大约 70% 的水泥销量流向预拌混凝土企业,11% 流向混凝土制品企业,9% 流向建筑承包商(主要是路面建设),4% 流向油井和天然气井建设,4% 流向建材经销商,2% 流向其他用途。德克萨斯州、加利福尼亚州、密苏里州、佛罗里达州和密歇根依次为美国水泥产量前五大区域,合计产量占美国总产量的 53%。美国近几年水泥产量及消费量情况见表 1。

表 1 美国近几年水泥产量及消费量情况

项目 \ 年度	2010	2011	2012	2013	2014
波特兰水泥及砌筑水泥/万吨	6 644.7	6 889.5	7 415.1	7 680.4	8 270
熟料/万吨	5 980.2	6 124.1	9 717.3	6 939.4	7 230
销量(包括出口)/万吨	7 116.9	7 340.2	7 995.1	8 329.1	8 910
进口水泥/万吨	601.3	581.2	610.7	628.9	720
进口熟料量/万吨	61.3	60.6	78.6	80.6	82
出口水泥及熟料量/万吨	117.8	141.4	174.9	167	130
消费量/万吨	7 120	7 220	7 790	8 170	8 910
均价/(美元/吨)	92	89.5	89.5	95	98.5
年末存量/万吨	618	627	692	658	610
水泥消费中进口比例/%	8	7	7	7	7

亚洲 (78%) 是世界水泥生产集中地, 欧洲水泥协会国家 (7%)、非洲 (5%) 和南美洲 (3%) 分列其后。中国占世界水泥总产量的 58%, 印度占 6.2%, 日本占 1.4%, 亚洲其他国家占 12.9%。2014 年全球各国水泥产量及产能见表 2。

表 2 世界各国水泥产量及产能

万吨

国家	水泥产量		熟料产能	
	2013 年	2014 年	2013 年	2014 年
中国	242 000	250 000	190 000	200 000
印度	28 000	28 000	28 000	28 000
美国	7 740	8 330	10 430	10 430
伊朗	7 200	7 500	8 000	8 000
俄罗斯	6 640	6 900	8 000	8 000
越南	5 800	6 000	8 000	8 000
土耳其	7 130	7 500	6 850	6 900
巴西	7 000	7 200	6 000	6 000
日本	5 740	5 800	5 500	5 500
沙特阿拉伯	5 700	6 300	5 500	5 500
印度尼西亚	5 600	6 000	5 100	5 000
泰国	4 200	4 200	5 000	5 000
韩国	4 730	4 770	5 000	5 000
埃及	5 000	5 000	4 600	4 600
意大利	2 200	2 200	4 600	4 600
巴基斯坦	3 100	3 200	4 340	4 400
墨西哥	3 460	3 540	4 200	4 200
德国	3 100	3 100	3 100	3 100
其他国家	53 600	52 500	34 800	34 900
全球	408 000	418 000	347 000	357 000

Global Cement Magazine 在 2012 年 12 期发布了全球产能最大的 20 个水泥企业名单, 除六大跨国公司外, 中国有九家企业上榜, 此外还有两家印度企业, 爱尔兰、巴西和俄罗斯各一家 (表 3)。

表 3 世界水泥产能前 20 大企业 (2011 年)

排名	集团	总部	产能/百万吨	工厂数/个
1	拉法基 Lafarge	法国	225	166
2	豪瑞 Holcim	瑞士	216	149
3	中国建材 CNBM	中国	200	69
4	安徽海螺	中国	180	34
5	海德堡 Heidelbergcement	德国	118.4	71
6	冀东	中国	100	100

续表

排名	集团	总部	产能(百万吨)	工厂数(个)
7	西迈克斯 Cemex	墨西哥	95.6	59
8	华润	中国	89	16
9	中材	中国	87	24
10	山水	中国	84	13
11	意水 Italcementi	意大利	74	54 (另有 10 座粉磨站)
12	台泥	中国台湾	70	—
13	Volorantim	巴西	57	37
14	CRH	爱尔兰	56	11
15	UltraTech	印度	53	12
16	华新	中国	52	51
17	Buzzi Unicem	意大利	44.5	33 (另有 67 座粉磨站)
18	Eurocement	俄罗斯	40	16
19	天瑞	中国	35	11
20	Jaypee	印度	34	16

0.1.3 我国水泥工业发展现状

我国经济正处于高速发展期,基础设施建设成为国内投资最主要的方式。因此,水泥作为最主要的原材料之一,必然也处于扩张阶段。据相关资料统计,改革开放时,我国水泥产量仅为 6 524 万吨,经过 30 年的发展,到 2014 年,我国的水泥总产量已达到了 247 619.36 亿吨,与 2013 年相比增长 1.8%。

从 2010~2014 年中国水泥产量数据来看,连续五年增加,但增长幅度放缓。从增长率来看,2011~2012 以及 2013~2014 波动较大,尤其是 2013~2014 年增长率下降了 7.9%。2014 年 10 月上旬,由国家发改委、外交部、商务部牵头编制的“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”总体规划上报国务院。这将掀起基建热潮,加快中西部地区的基础建设,将有利于水泥企业找到出路,此外,还将缓解国内水泥产能过剩的矛盾。

1. 我国水泥面临的问题

(1) 产能过剩

当前我国水泥行业结构性产能过剩问题较为突出,水泥行业的产品结构目前仍是低标号普通水泥占主导地位,中、低档水泥产品过剩,而高档、优化的水泥产品却存在较大的缺口。目前,我国的水泥生产企业有两大类:一类是传统的小生产企业,这类企业由于采用的生产线设备、技术、工艺和配套环保设备等相对落后,导致水泥跑漏量较大、大气污染物排放量等无法满足当前国家对大气污染物限值排放标准的要求,而这部分小、多、散、弱的落后水泥产能将是国家“十二五”规划中“淘汰落后产能,加快产业整体升级”的重点;另一类是新型的现代化大型水泥集团,这类生产企业主要采用新型干法水泥熟料生产线、余热发电等先进技术,实现了产业技术的升级,其已建、在建和新建的水泥行业生产线需要配置的除尘设备一直是袋式除尘设备企业的主要目标市场之一。

淘汰落后产能是近年水泥行业政策的重点之一,是国家加快行业结构调整、实现节能减

排的重要手段。根据《水泥工业“十二五”发展规划》,“十二五”期间完成2.5亿吨落后产能(主要指水泥熟料)淘汰任务。到2015年,基本淘汰落后产能。2012年7月、9月、2013年7月、9月,工信部公告了四批工业行业淘汰落后产能企业名单,其中,涉及水泥企业共1647家,合计淘汰落后产能3.77亿吨/年(主要包括粉磨机组及窑线、熟料及磨机等)。

(2) 行业集中度低 产业布局不合理

水泥是国民经济建设的重要基础原材料。近年来,我国水泥工业发展速度快,但存在行业集中度偏低,产业布局不合理的状况。水泥工业产业集中度低,不仅造成了严重的环境污染和市场混乱,而且制约了企业自主创新和竞争力的提高。

水泥产业布局不合理是中国水泥行业诸多结构性矛盾中比较突出的一个重要方面。水泥具有产品附加值低,保质期有限,不宜远距离运输等特点,因此水泥市场具有很强的区域性特征。我国由于中、东部地区经济相对发达,水泥工业已形成较大规模,且存在区域性过剩;西部地区经济相对落后,自实施西部大开发以来,西部地区基础设施建设取得了实质性的进展,大批重大项目相继开工,西部地区全社会固定资产投资幅度增加,水泥需求相对旺盛。

2. 我国水泥生产的现状

(1) 全面进入新型干法水泥时代

实现“低投资、国产化”是中国全面进入新型干法水泥时代的关键,海螺、山水等集团是实践这一过程的先行者。我国新型干法水泥的飞速发展,源于对新型干法水泥工艺技术的研究和装备的开发、设计、制造取得的重大进展。在过去开发和研制2000 t/d成套技术装备的基础上,采取自行研制与引进吸收相结合的方式,进一步开发了5000 t/d、8000 t/d、10000 t/d级的新型干法水泥生产成套技术装备。大型设备国产化率的提高,大大增强了企业的竞争力。新型干法水泥生产工艺和装备在“工艺过程节能化、技术装备大型化、生产环境清洁化、控制管理信息化”等方面取得了突出的成绩。由于技术的先进、成熟、可靠,使得新型干法水泥生产线的各项主要技术经济指标达到国际同类生产线的先进水平,制造成本明显下降,企业竞争力显著增强。

前瞻产业研究院发布的《2014—2018年中国水泥行业产销需求与投资战略规划分析报告》显示,2012年,我国新增投产水泥熟料生产线124条,全年新增水泥熟料年设计产能16000万吨;2013年我国新增投产水泥熟料生产线72条,全年新增水泥熟料年设计产能9430万吨,新增产能较2012年有所减少;2014年底,新投产56条新型干粉生产线点火,新增熟料产能7254万吨,较2013年全年新增的8906.3万吨减少1600万吨;截止到2014年已建成的新型干法生产线1758条,设计熟料产能17.7亿吨。

从水泥产量来看,近年来,我国水泥产量呈现逐年增长趋势,2009年我国水泥产量为16.3亿吨,同比增长17.27%,为近年来最大增幅,2012年我国水泥产量达到21.8亿吨,到2013年我国水泥产量为24.1亿吨,同比增长10.55%。

单线产能正向大型化发展,继海螺几条10000 t/d生产线投产后,河南天瑞荥阳12000 t/d生产线也已投入正常运行。

(2) 新增产能不断回落、行业集中度提高

近年来,大型水泥企业集团的扩张推动了兼并重组步伐,并提高了大型企业集团在水泥

工业中的集中度。统计数据显示,我国水泥企业集中度逐年提升,CR10 由 2007 年的 12% 上升至 2013 年的 46%。与国际比较来看,我国水泥企业的平均规模仍然偏小,未来存在进一步整合的空间。

2014 年国家经济转型促使水泥市场需求明显趋缓,部分地区甚至出现负增长,低迷的市场正考验着企业的经营,劣势企业与优势企业的差距进一步扩大。对产业布局优秀、现金流充裕的强势企业而言,市场下行是收购的最好时机,不但能够降低收购成本,且洽谈对象的意愿也较为强烈。2014 年行业并购活跃程度较 2012、2013 年明显减弱,按新闻及上市公司财报披露的信息统计,2014 年全国仅发生并购案例 30 余起。

(3) 节能减排成效显著

数据显示,2014 年,全国水泥行业实现销售收入 9 792.11 亿元,比 2013 年增长 0.92%;实现利润总额 780 亿元,同比增长 1.4%,为历史第二高位;利润率达 7.97%。

“2014 年,水泥行业在困境中仍能取得这样的成绩实属不易。”乔龙德认为,在经历了高速增长之后,水泥行业从过往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。

3. 我国水泥发展趋势

(1) 行业重组,市场集中度进一步提高

产业集中度将进一步提升,在(2009)国 38 号与(2010)国 7 号两个文件的双重作用下,水泥行业落后产能未来两三年内绝大部分将退出市场。同时,水泥企业兼并重组的质量和力度也将加快升级,从原先的大企业有点“饥不择食”的兼并,演变成大企业集团有选择性地并购区域龙头,企业数量将大大减少,产业集中度将大幅度得到提升,水泥行业集中度提高到一定水平后,区域内的优势企业对市场价格的主导作用、企业的盈利能力和抵御市场风险的能力将会显著增强。有业内人士预判:到 2015 年,前 10 名大企业集团的水泥熟料产量有望达到总产量的 50%以上。

(2) 节能减排,低碳高质绿色可持续发展

“中国制造 2025”规划和出台的增强制造业核心竞争力三年行动计划,从水泥产品的原材料、燃料的开采与选用、制造生产过程、产品运输与储存、产品的消费使用到产品寿命的结束的全生命周期的各个环节,全面贯彻低碳高质绿色理念,采用政策引导、法规标准、先进技术、科学管理等有效措施,对水泥行业全产业链的各个环节进行审视,进行全面规划、分步实施,力争使水泥行业从资源、能源消耗大、污染物排放量多的原材料制造业向原材料及成品制造和生产服务业转型。

水泥工业是单位 GDP 排放 CO_2 比较高的行业,原因有三:一是水泥能耗高附加值低;二是水泥熟料煅烧主要是用煤作燃料;第三个原因,也是最重要的原因,是用石灰石作原料。每吨熟料大约排放 0.8 t CO_2 。因此,如何加大节能减排的力度,将水泥单位产值的 CO_2 排放量降下来,是水泥工业面临的一大课题。

现在水泥行业正在寻求各种途径降低 CO_2 排放。例如:(1)采用先进的节能技术及工艺,提高水泥窑炉的能量利用率以减少 CO_2 排放;(2)通过实施节电技术及采用节电设备降低电耗,减少与发电相关的 CO_2 排放;(3)通过集约化、规模化生产减少 CO_2 的排放;(4)使用替代原料作为生产熟料的原料;(5)使用磨细的矿渣、粉煤灰、天然火山灰或石灰石细粉来替代部分熟料;(6)大量使用某些可燃废弃物作为水泥窑炉的二次替代燃料;(7)提高

水泥的品质,延长水泥、混凝土的使用寿命,以减少水泥的用量;(8)捕集回收窑尾 CO_2 加以综合利用,生产衍生产品等。

推进窑炉等热工设备节能改造,继续推广大型新型干法水泥生产线,推进水泥粉磨、熟料生产等节能改造,加强粉尘回收利用。要大力推广纯低温余热发电等窑炉余热梯级利用技术,全国约有1700条水泥生产线,其中约1130条生产线进行了技术改造,安装了余热发电装置,总装机容量达740万千瓦,可满足企业生产线三分之一的用电需求。

(3) 走出去、走进去、走上去

面对国际水泥贸易市场萎缩及发展中国家大兴水泥项目工程建设的局面,我国水泥(含熟料)出口量呈下降趋势。在国家鼓励水泥企业“走出去”战略的支持下,中国中材集团、中国建材集团在水泥成套装备出口和工程总承包方面已做出了骄人的业绩。承包的工程项目,不但有5000 t/d、6000 t/d,还有10000 t/d。与外国承包商相比,中国承包的海外水泥厂工程,其造价低25%~35%,工期短20%~30%,具有很强的竞争力,目前中国企业在国际水泥建设工程承包市场所占份额已达40%以上。

我国水泥行业近年来在工艺技术、装备制造、工程建设、生产管理等方取得的巨大进步都有力地促使建材的优势产能“走出去”开展广泛的国际产能合作,迈出更大更坚实的步伐,形成水泥行业新的经济增长点和产业优化升级的重要举措。在优势产能“走出去”、“走进去”和“走上去”的过程中促进企业的国际化进程和竞争力的全面提高。未来的10年到20年,中国企业的国际化发展将迎来黄金时代。我们要在水泥企业国际化战略的实践中成长一批国际化企业。

(4) 由单一的水泥生产向多元产业发展初见端倪

“大家办水泥”在过去是司空见惯的现象,例如煤炭、钢铁、化工、电力、轻工、农垦以及建筑、房地产开发等行业,早已涉足办水泥产业。而“水泥办大家”却是近些年才出现的新事物。例如:北京金隅集团,是在原先琉璃河水泥厂、北京水泥厂基础上发展起步的,现已成为集水泥、新型建材、房地产开发、物业投资及管理为核心产业的大型企业集团;再如内蒙古蒙西高新技术集团,是从一家名不见经传的水泥企业起家,目前产业已涉及水泥、高岭土、纳米材料、二氧化碳全降解塑料、粉煤灰提取氧化铝、技术开发等多个领域。最近从冀东水泥集团更名为“冀东发展集团”可知,新的冀东集团除继续做大做强水泥产业外,重点加强水泥装备制造、风电装备制造和工程承包建设,做大商品混凝土业务,并涉足房地产开发行业。

由此可见,水泥产业由单一的水泥生产向多元产业发展,不但对企业由小变大、由大变强有重要意义,而且对延伸产业链,推进建材、建筑、房地产开发三业联动发展,实现经济增长方式转变有重要意义,尤其对面临矿山资源即将枯竭的水泥企业转型更具有战略意义。

(5) 水泥的行业“低碳高质绿色发展”

在2015年中国国际水泥峰会发改委环资司副司长马荣做了“发展循环经济是水泥工业的必然选择”演讲。

循环经济可从源头和生产过程解决我国可持续发展面临的资源环境约束,是建设生态文明的必由之路。实现全面建成小康社会和现代化建设目标,破解资源环境约束的最佳路径是绿色发展、循环发展、低碳发展,其中循环发展与绿色、低碳发展有很高的协同效应。循环

发展就是通过发展循环经济,最有效节约和利用资源,实现“资源—产品—废弃物—资源”的闭合式循环,变废为宝,化害为利,少排放或不排放污染物,其基本理念是没有废物,废物是放错地方的资源,实质是实现资源永续利用,解决资源消耗过程中引起的环境污染问题。可以说,如果整个经济实现了循环发展,绿色发展、低碳发展的水平会大大提高。

水泥行业是废弃物产生和排放的重要行业,据测算,水泥行业消耗的石灰石占我国物质总消耗量的20%以上,水泥行业的颗粒物排放占全国总排放量的20%~30%;二氧化碳排放占全国总排放量的5%~6%;二氧化氮占全国总排放量的12%~15%。由于总量基数大,其污染物总排放量也较大。同时,水泥行业也是消纳废弃物的重要行业,据行业协会测算,中国水泥行业利用了全国50%以上的工业废渣,同时还有一些城市垃圾、污泥以及可替代原料的利用,行业发展循环经济的前景乐观。水泥行业应从以下几方面继续加强相关工作。

① 加强节能降耗

要推进窑炉等热工设备节能改造,继续推广大型新型干法水泥生产线,推进水泥粉磨、熟料生产等节能改造,加强粉尘回收利用。要大力推广纯低温余热发电等窑炉余热梯级利用技术,全国约有1700条水泥生产线,其中约1130条生产线进行了技术改造,安装了余热发电装置,总装机容量达740万千瓦,可满足企业生产线三分之一的用电需求,但还存在运行率不足等问题。

② 推动利废建材规模化发展

推进利用矿渣、煤矸石、粉煤灰、尾矿、工业副产石膏、建筑废弃物和废旧路面材料等大宗固体废物生产水泥等建材产品。在大宗固体废物产生量、堆存量大的地区,优先发展高档次、高掺量的利废新型建材产品。培育利废建材行业龙头企业。把推广绿色建材产品放到重要位置,提高高标号水泥及高性能混凝土的应用比例,推进水泥及混凝土用量的减量化。

③ 推进水泥窑协同资源化处理废弃物

鼓励水泥窑协同资源化处理城市生活垃圾、污水厂污泥、危险废物等,替代部分原料、燃料,提高我国废弃物无害化处理能力,推动建立相关技术标准和规范,探索建立企业与政府在协同资源化处理废弃物方面的合作机制。推进水泥行业与相关行业、社会系统的循环链接,促进产业融合发展。

④ 构建循环经济产业链

把建材行业作为循环链接的关键行业,发挥水泥行业消纳废弃物的特性,推动水泥行业成为园区循环化改造的重要内容,按照“布局优化,企业集群、产业成链、物质循环、集约发展”的要求,推动各类产业园区实施循环化改造,构建工业生产—废渣—建材,建筑废弃物、路面材料—建材、水泥,水泥—粉尘—水泥等产业链,实现企业、产业间的循环链接,提高产业关联度和循环化程度,促进园区绿色低碳循环发展。

0.2 混凝土

0.2.1 混凝土发展简史

波特兰水泥的发明开创了现代混凝土的历史,混凝土材料在发展初期,因为科学技术水平较低,质量很差。1850年发明的钢筋混凝土弥补了混凝土抗拉性能较低的缺陷,这是在混凝土发展史上产生的第一次飞跃。