



职业技术教育国家规划教材

水泥生产工艺概论

Shuini Shengchan Gongyi Gailun

周国治 彭宝利 主编

*Shuini
Shengchan Gongyi
Gailun*

武汉理工大学出版社

职业技术教育国家规划教材

水泥生产工艺概论

主 编 周国治 彭宝利
参 编 盛晋生 孟小明 牛分中

武汉理工大学出版社

Wuhan University of Technology Press

林涛侯殿章周国治彭宝利主编
【内容简介】

本书从硅酸盐水泥生产工艺角度,系统地介绍了生产方法、原料和配料、熟料的组成和形成过程,煅烧、粉磨、生产控制、检验和水泥工艺试验的方法;硅酸盐水泥的水化、硬化与腐蚀;对其他通用水泥、高铝水泥、专用水泥和特性水泥的组成、性能、用途也作了一般性介绍,并附有水泥企业质量管理规程。

本书可作为水泥专业各类职业教育、技能鉴定培训教材,也可作为从事水泥生产的工程技术人员和技术工人学习参考。

水泥生产工艺概论

图书在版编目(CIP)数据

水泥生产工艺概论/周国治,彭宝利主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2005.4
ISBN 7-5629-2214-4

- I. 水…
- II. ①周… ②彭…
- III. 水泥-生产工艺
- IV. TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 029519 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市珞狮路 122 号 邮政编码:430070)

<http://www.techbook.com.cn>

E-mail:tiandq@mail.whut.edu.cn

印 刷:湖北省通山县九宫印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:18.5

字 数:459 千字

版 次:2005 年 4 月第 1 版

印 次:2005 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

定 价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87394412

版权所有,盗版必究。

前 言

从鳞次栉比的高楼,到充满温馨的小屋;从气势磅礴的大坝,到机声隆隆的厂房……,水泥,作为国民经济发展的支柱产业、基本建设中最重要建筑材料,在现代化工业发展和奔向小康社会的进程中,我们离不开它。本书是根据“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划”中的硅酸盐专业指导性教学大纲,为水泥专业各类职业教育培训而编写的教学用书。在编写过程中考虑到职业教育的特点,力求简明、实用、重点突出、通俗易懂,并辅有形象的立体工艺流程图,让学习者直观地看到生料制备、熟料煅烧、水泥制成以及水泥生产制造的全过程,以加深感性认识,为水泥《粉磨工艺及设备》、《水泥煅烧工艺及设备》等专业课的学习及生产运行操作、设备维护、故障的诊断排除等奠定基础。

本书由周国治、彭宝利主编,盛晋生、孟小明、牛分中参加编写。

由于编者水平有限,谨请水泥专业的同仁们批评指正。

编 者

2005.1

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》的精神,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部“要加强学生实践能力、技术运用能力的培养,充分反映新兴技术、新兴产业对技能培养的要求,满足经济结构战略性调整、技术结构优化升级和高科技产业迅猛发展对人才培养的要求”的职业技术教育培养目标,建材行业职业教育教学指导委员会组织有关院校的专家、教师就《硅酸盐工艺及工业控制专业》和《建筑与工程材料专业》的课程开发进行了认真的行业调研、深入细致的改革方案论证及课程大纲审定工作。武汉理工大学出版社根据教育部对职业技术教育教材“要逐步建立以能力培养为基础的、特色鲜明的专业教材和实训指导教材”的教材建设要求,组织全国近 30 所院校和企业单位的专家、教师编写了职业技术教育《硅酸盐工艺及工业控制专业》和《建筑与工程材料专业》国家规划教材。

职业技术教育《硅酸盐工艺及工业控制专业》和《建筑与工程材料专业》国家规划教材开发的理念是,突破传统职业教育的课程体系,突破传统行业以产品定位专业的界限,立足以材料生产工艺的共性、以相关学科和产业的衔接为教材开发目标;注重推广行业产品的国家标准,注重现代教育技术的开发和使用;突出职业技术教育能力本位的教育观念,以知识和能力单元为基本模块组织教材开发,使教材内容可以根据高等职业技术教育和中等职业技术教育的教学目标进行教学基本模块的组合;部分教材的开发,结合行业岗位培训、职业(岗位)资格的鉴定规范组织编写,可以作为企业岗位培训、职业资格鉴定的培训教材。

建材行业职业技术教育国家规划教材的出版,对于行业人力资源开发与提高行业从业人员的素质,必将起到积极的促进作用。但是,随着我国加入 WTO 和现代企业制度的逐步建立与完善,产业技术进步和技术岗位重组力度的加大,职业技术教育国家规划教材的不断更新与完善将是我们今后的一个长期工作。因此,我们殷切地希望广大读者在使用本教材的过程中,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

武汉理工大学出版社

目 录

0 绪论	(1)
0.1 胶凝材料的定义和分类	(1)
0.2 胶凝材料发展简史	(1)
0.3 水泥的定义和分类	(2)
0.3.1 水泥的定义	(2)
0.3.2 水泥的分类	(2)
0.4 水泥在国民经济中的作用	(2)
0.5 水泥工业发展概况	(3)
1 硅酸盐水泥生产概述	(5)
1.1 硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥的国家标准	(5)
1.1.1 定义与代号	(5)
1.1.2 材料要求	(5)
1.1.3 强度等级	(6)
1.1.4 技术要求	(6)
1.1.5 废品与不合格品	(7)
1.2 硅酸盐水泥的生产方法	(8)
1.2.1 生产方法	(8)
1.2.2 主要生产方法的特点	(9)
1.3 硅酸盐水泥生产工艺流程	(10)
1.3.1 干法回转窑生产工艺流程	(11)
1.3.2 湿法回转窑生产工艺流程	(12)
1.3.3 半干法回转窑生产工艺流程	(13)
1.3.4 机立窑生产工艺流程	(14)
1.4 硅酸盐水泥的性能和使用范围	(15)
1.4.1 硅酸盐水泥的性能和使用范围	(15)
1.4.2 普通硅酸盐水泥的性能和使用范围	(15)
1.4.3 矿渣硅酸盐水泥的性能和使用范围	(15)
1.4.4 火山灰质硅酸盐水泥的性质和使用范围	(16)
1.4.5 粉煤灰硅酸盐水泥的性能和使用范围	(16)
思考题及习题	(16)
2 硅酸盐水泥熟料的组成	(17)
2.1 硅酸盐水泥熟料的矿物组成	(17)
2.1.1 硅酸三钙	(17)
2.1.2 硅酸二钙	(17)

2.1.3	铝酸三钙	(18)
2.1.4	铁铝酸四钙	(19)
2.1.5	玻璃体	(19)
2.1.6	游离氧化钙和方镁石	(19)
2.2	硅酸盐水泥熟料的化学成分	(21)
(1)	2.2.1 氧化钙	(21)
(1)	2.2.2 二氧化硅	(21)
(1)	2.2.3 三氧化二铝	(21)
(5)	2.2.4 三氧化二铁	(22)
(5)	2.2.5 氧化镁	(22)
(5)	2.2.6 碱(K_2O+Na_2O)	(22)
(5)	2.2.7 三氧化硫	(22)
(6)	2.2.8 烧失量	(22)
(2)	2.2.9 氧化钛	(22)
(6)	2.2.10 氧化磷及其他	(22)
(2)	2.3 硅酸盐水泥熟料的率值	(22)
(2)	2.3.1 硅酸率	(23)
(3)	2.3.2 铝氧率	(23)
(3)	2.3.3 石灰饱和系数(KH)	(23)
(V)	2.3.4 石灰饱和率(L. S. F)	(25)
(8)	2.4 硅酸盐水泥熟料矿物组成的计算及换算	(25)
(8)	2.4.1 熟料矿物组成的计算	(25)
(9)	2.4.2 水泥熟料化学组成、矿物组成与率值的换算	(27)
(10)	思考题及习题	(29)
3	硅酸盐水泥的原料、燃料及配料	(30)
(9)	3.1 石灰质原料	(30)
(8)	3.1.1 种类	(30)
(11)	3.1.2 石灰质原料的质量要求	(31)
(8)	3.1.3 石灰质原料的化学成分	(32)
(6)	3.2 粘土质原料	(32)
(7)	3.2.1 种类与特性	(32)
(8)	3.2.2 粘土质原料的质量要求	(34)
(8)	3.2.3 粘土质原料的化学成分	(34)
(8)	3.3 校正原料、矿化剂及缓凝剂	(35)
(8)	3.3.1 校正原料	(35)
(V)	3.3.2 矿化剂	(36)
(V)	3.3.3 缓凝剂	(38)
(V)	3.4 水泥工业用燃料	(39)
(V)	3.4.1 固体燃料	(39)

3.4.2	液体燃料和气体燃料	(42)
3.5	工业废渣的利用	(42)
3.5.1	赤泥	(43)
3.5.2	电石渣	(43)
3.5.3	煤矸石、石煤	(43)
3.5.4	粉煤灰	(44)
3.6	硅酸盐水泥的配料	(44)
3.6.1	熟料矿物组成的选择	(45)
3.6.2	配料计算	(46)
	思考题及习题	(62)
4	硅酸盐水泥生产工艺过程	(64)
4.1	生料制备	(64)
4.1.1	原料的采掘与运输	(64)
4.1.2	物料的破碎	(68)
4.1.3	物料的储存与原、燃料的预均化	(68)
4.1.4	物料烘干与生料粉磨	(80)
4.1.5	生料的均化	(94)
4.2	熟料煨烧	(111)
4.2.1	煨烧过程中的物理化学变化	(111)
4.2.2	回转窑熟料煨烧工艺	(119)
4.2.3	立窑熟料煨烧工艺	(128)
4.3	水泥制成	(135)
4.3.1	水泥粉磨过程	(135)
4.3.2	粉磨产品的细度要求	(136)
4.3.3	石膏	(139)
4.3.4	混合材	(139)
4.3.5	水泥的储存与装运	(140)
	思考题及习题	(145)
5	硅酸盐水泥生产控制与检验	(146)
5.1	生产控制	(146)
5.1.1	石灰石、粘土质矿山的控制	(146)
5.1.2	原、燃料的质量控制	(146)
5.1.3	生料的质量控制	(147)
5.1.4	熟料的质量控制	(150)
5.1.5	出磨水泥的质量控制	(151)
5.1.6	出厂水泥的质量控制	(153)
5.1.7	生产控制图表	(154)
5.2	水泥物理性能	(159)
5.2.1	密度与容积密度	(159)

(83)	5.2.2	细度	(159)
(84)	5.2.3	需水性(稠度、流动度)	(160)
(84)	5.2.4	凝结时间	(160)
(84)	5.2.5	水泥体积安定性	(161)
(84)	5.2.6	水泥强度	(161)
(84)	5.2.7	保水性和泌水性	(162)
(84)	5.2.8	抗渗性	(162)
(84)	5.2.9	干缩性	(162)
(88)	5.2.10	耐热性	(162)
(88)	5.2.11	水化热	(163)
(88)	5.2.12	抗冻性	(163)
(88)	5.3	测定水泥主要物理性能的方法	(164)
(88)	5.3.1	水泥胶砂强度检验方法(ISO法)	(164)
(88)	5.3.2	水泥细度检验	(172)
(88)	5.3.3	标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法	(174)
(88)	5.3.4	水泥胶砂流动度测定方法	(177)
(88)	5.3.5	水泥容积密度的测定	(178)
(88)	5.3.6	水泥密度的测定	(179)
(88)	5.3.7	用透气法测定水泥比表面积	(180)
(88)	5.3.8	水泥比表面积测定方法(勃氏法)	(185)
(88)	5.3.9	入磨物料附着水分的测定	(189)
(88)	5.3.10	熟料升重的测定	(190)
(88)	5.4	水泥生产控制中的主要化学分析项目	(190)
(88)	5.4.1	水泥熟料分析	(190)
(88)	5.4.2	水泥生料的分析	(194)
(88)		思考题及习题	(201)
6		硅酸盐水泥的水化、硬化与腐蚀	(202)
(88)	6.1	熟料矿物的水化	(202)
(88)	6.1.1	水泥的水化作用	(202)
(88)	6.1.2	硅酸钙的水化作用	(202)
(88)	6.1.3	铝酸钙的水化作用	(203)
(88)	6.1.4	铁铝酸四钙的水化	(203)
(88)	6.1.5	硅酸盐水泥的水化作用	(203)
(88)	6.2	水化速度	(204)
(88)	6.2.1	单矿物与水泥熟料矿物的水化速度	(204)
(88)	6.2.2	影响水化速度的因素	(205)
(88)	6.3	水泥的凝结	(207)
(88)	6.3.1	凝结过程的变化	(207)
(88)	6.3.2	影响凝结速度的因素	(208)

6.3.3	凝结时间的调节	(208)
6.4	水泥的硬化	(210)
6.4.1	水泥的硬化过程	(210)
6.4.2	水泥的硬化速度	(211)
6.4.3	硬化过程的系统体积变化和结构	(212)
6.5	水泥的腐蚀	(216)
6.5.1	腐蚀的类型及原因	(216)
6.5.2	防止腐蚀的方法	(218)
	思考题及习题	(219)
7	其他通用水泥	(220)
7.1	工业副产品综合利用的意义	(220)
7.2	粒化高炉矿渣	(220)
7.2.1	高炉矿渣的化学成分	(220)
7.2.2	高炉矿渣的矿物组成及其结构	(221)
7.2.3	高炉矿渣的活性激发	(222)
7.2.4	用于水泥中的粒化高炉矿渣的国家标准(GB/T 203—1994)	(223)
7.2.5	用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉的国家标准	(224)
7.2.6	高炉矿渣综合利用的新进展	(225)
7.3	矿渣硅酸盐水泥	(226)
7.3.1	矿渣硅酸盐水泥国家标准	(226)
7.3.2	矿渣硅酸盐水泥的生产	(226)
7.3.3	矿渣硅酸盐水泥性能与使用范围	(228)
7.4	火山灰质混合材料	(228)
7.4.1	火山灰质混合材料的分类	(229)
7.4.2	火山灰质混合材料的技术要求和活性鉴定	(229)
7.5	火山灰质硅酸盐水泥	(230)
7.5.1	火山灰质硅酸盐水泥的定义	(230)
7.5.2	火山灰质硅酸盐水泥的生产	(231)
7.5.3	火山灰水泥的水化硬化	(231)
7.5.4	火山灰水泥的性质和使用范围	(231)
7.6	粉煤灰硅酸盐水泥	(232)
7.6.1	粉煤灰	(232)
7.6.2	粉煤灰硅酸盐水泥	(234)
7.7	复合硅酸盐水泥	(235)
7.7.1	复合硅酸盐水泥国家标准(GB 12958—1999)	(235)
7.7.2	启用新开辟的混合材料的规定(国家标准 GB 12958—1999 的附录)	(237)
	思考题及习题	(237)
8	铝酸盐水泥	(238)
8.1	化学成分和矿物组成	(238)

8.1.1	化学成分	(238)
8.1.2	熟料的矿物组成	(239)
8.2	铝酸盐水泥的原料	(240)
8.2.1	矾土	(240)
8.2.2	石灰石	(240)
8.3	铝酸盐水泥生产方法	(240)
8.3.1	熔融法	(241)
8.3.2	烧结法	(241)
8.4	铝酸盐水泥生产控制系数	(241)
8.4.1	铝酸盐碱度系数 A_m	(242)
8.4.2	铝硅比系数	(243)
8.4.3	铝钙比系数	(243)
8.5	铝酸盐水泥的配料计算	(243)
8.6	铝酸盐水泥的水化和硬化	(244)
8.7	铝酸盐水泥的性能与用途	(245)
8.7.1	铝酸盐水泥的性能	(245)
8.7.2	铝酸盐水泥的应用	(246)
8.8	铝酸盐水泥-65(耐火水泥)	(247)
	思考题及习题	(248)
9	专用水泥和特性水泥	(249)
9.1	快硬、高强类水泥	(249)
9.1.1	快硬水泥	(249)
9.1.2	高强水泥	(254)
9.2	膨胀水泥和自应力水泥	(254)
9.2.1	膨胀水泥分类	(255)
9.2.2	自应力水泥类	(256)
9.3	白水泥和彩色水泥	(257)
9.3.1	白水泥	(257)
9.3.2	彩色水泥	(260)
9.4	抗硫酸盐硅酸盐水泥	(260)
9.4.1	抗硫酸盐硅酸盐水泥的分类	(260)
9.4.2	标号	(261)
9.4.3	技术要求	(261)
9.4.4	废品	(261)
9.4.5	不合格品	(261)
9.5	中热硅酸盐水泥和低热矿渣硅酸盐水泥	(262)
9.6	油井水泥	(264)
9.7	砌筑水泥	(267)
9.8	水玻璃型耐酸水泥	(269)

9.8.1 粘结剂	(269)
9.8.2 填充料	(269)
9.8.3 凝固和硬化促进剂	(269)
9.9 道路水泥	(270)
9.10 低热微膨胀水泥.....	(271)
9.10.1 定义.....	(271)
9.10.2 组分材料.....	(272)
9.10.3 技术要求.....	(272)
思考题及习题.....	(272)
附录 水泥企业质量管理规程.....	(274)
参考文献.....	(281)

0 绪 论

0.1 胶凝材料的定义和分类

凡在物理、化学作用下,能从浆体变成坚固的石状体,并能胶结其他物料而具有一定机械强度的物质,统称为胶凝材料。胶凝材料分为水硬性和非水硬性两大类。

非水硬性胶凝材料是只能在空气或其他条件下硬化,而不能在水中硬化的材料,如无机的石灰、石膏及有机的环氧树脂胶结料等。

水硬性胶凝材料是在拌水后不仅能在空气中硬化又能在水中硬化的材料,如硅酸盐水泥、铝酸盐水泥等无机材料。

0.2 胶凝材料发展简史

胶凝材料是人类在生产实践中,随着社会生产力的发展而发展起来的。粘土以及粘土添加一些纤维材料是人类使用最早的一种胶凝材料,但粘土不耐水且强度低。

大约在公元前 3000~2000 年,人们开始用石灰、石膏来调制砌筑砂浆用作胶凝材料。我国的万里长城、古埃及的金字塔、狮身人首石像建筑,就是由这种胶凝材料建造的。

随着生产的发展,人们注意到在石灰砂浆中掺入火山灰使砂浆具有一定抗水性。我国很早就使用的“三合土”建筑物等都用的是石灰火山灰材料。随着陶瓷生产的发展,人们用废陶器、碎砖磨碎后混合石灰作胶凝材料时,发现它的砂浆可以在水中硬化,具有较高的强度和较好的抗水性。由此,进一步发现可用石灰和煅烧的粘土来制成胶凝材料。

18 世纪到 19 世纪初期,在历史上是探求真理成为一种潮流的时代,化学和物理学被广泛地用于解释自然现象。在这样一个时期内,许多学者、工程师注意到了水泥的神秘。于 1756 年和 1796 年先后制成了水硬性石灰和罗马水泥。在此基础上,进而又用含适量(20%~25%)粘土的石灰石(天然水泥)经煅烧磨细,制得天然水泥。

19 世纪初期(1810~1825 年)已经将石灰石和粘土细粉按一定比例配合,在类似石灰窑的炉内经高温烧成块(熟料),再进行粉磨制成水硬性胶凝材料。因为这种水硬性胶凝材料,具有与英国波特兰城建筑岩石相似的颜色,故称之为波特兰水泥(我国称为硅酸盐水泥)。

硅酸盐水泥出现后,应用日益普遍。100 多年来,由于各国的科学家和水泥工作者的不断研究、探索及生产工艺的改进,使硅酸盐水泥生产不断提高和完善。同时水泥制品也相应得到发展。

由于工业不断发展,以及军事工程和特殊工程的需要,先后制成了各种特殊用途的水泥,如高强快硬水泥、矾土水泥、膨胀水泥、抗硫酸盐水泥、油井水泥等。

0.3 水泥的定义和分类

0.3.1 水泥的定义

加水拌和成塑性浆体,能胶结砂、石等适当材料并能在空气和水中硬化的粉状水硬化性胶凝材料。

0.3.2 水泥的分类

(1) 水泥按其用途及性能分为三类:

- 通用水泥——一般土木建筑工程采用的水泥。例如: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。
- 专用水泥——专门用途的水泥。例如:G级油井水泥,425道路硅酸盐水泥。
- 特性水泥——某种性能比较突出的水泥。例如:快硬硅酸盐水泥,低热矿渣硅酸盐水泥,膨胀硫铝酸盐水泥。

(2) 水泥按其主要水硬性物质名称分为:

- 硅酸盐水泥,即国外通称的波特兰水泥;
- 铝酸盐水泥;
- 硫铝酸盐水泥;
- 铁铝酸盐水泥;
- 氟铝酸盐水泥;
- 以火山灰质或潜在水硬性材料以及其他活性材料为主要组分的水泥。

(3) 水泥按需要在水泥命名中标明的主要技术特性分为:

- 快硬性:分为快硬和特快硬两类;
- 水化热:分为中热和低热两类;
- 抗硫酸盐腐蚀性:分中抗硫酸盐腐蚀和高抗硫酸盐腐蚀两类;
- 膨胀性:分为膨胀和自应力两类;
- 耐高温性:铝酸盐水泥的耐高温性以水泥中氧化铝含量分级。

0.4 水泥在国民经济中的作用

水泥是基本建设中最重要建筑材料。随着现代化工业的发展,它在国民经济中的地位日益提高,应用也日益广泛。

现在水泥已广泛应用于工业建筑、民用建筑、水工建筑、道路建筑、农田水利建设和军事工程等方面。由水泥制成的各种水泥制品,如坑木、轨枕、水泥船和石棉水泥制品等广泛应用于工业、交通等部门,在代钢、代木方面,也越来越显示出技术经济上的优越性。

由于钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土和钢结构材料的混合使用,才有高层、超高层、大跨度以及各种特殊功能的建筑物。新的产业革命,又为水泥行业提出了扩大水泥品种和扩大应用范围的新课题。开发占地球表面71%的海洋是人类进步的标志,而海洋工程的建造,如海洋

平台、海洋工厂,其主要建筑材料就是水泥。此外,如宇航工业、核工业以及其他新型工业的建设也需要各种无机非金属材料,其中最为基本的是以水泥为主的复合材料。因此水泥的发展对保证国家建设计划的顺利进行起着十分重要的作用。

0.5 水泥工业发展概况

硅酸盐水泥出现后的一个半世纪,水泥生产技术经历多次变革。硅酸盐水泥是在第一次产业革命中问世的,开始是间歇作业的土立窑。随着以冶炼技术为突破口的第二次产业革命,推动了水泥生产设备的更新,1885年出现了回转窑,继而出现了单筒冷却机、立式磨和单仓球磨,使水泥生产质量有所提高。到19世纪末至20世纪初,水泥工业一直进行不断的改造与更新,1910年立窑实现了机械化连续生产,1928年出现立波尔窑,使回转窑产量有明显提高,热耗降低。

以原子能、合成化工为标志的第三次产业革命达到了高度工业化阶段。水泥工业也出现变革,1950年悬浮预热器的应用,使热耗大幅度降低;60年代初,以电子计算机为代表的新技术在水泥工业中开始应用;1971年开发了窑外分解技术,是水泥生产技术的重大突破。同时,随着原料预均化及生料均化等多种生产技术的不断完善,以及X射线检测方法及计算机自动控制技术在水泥生产过程中的应用,使干法窑的产量和质量明显提高,在节能方面取得极大进展,使新型干法工艺逐步取代湿法、老式干法、半干法及立窑生产,将水泥工业推向一个新的阶段。

1876年我国在河北唐山首先建立启新洋灰公司(即今唐山启新水泥厂)。以后又相继在大连、上海、广州建立其他一些水泥厂。但在解放前水泥工业也与其他工业一样,发展一直非常缓慢。旧中国水泥工业不仅产量低而且品种少,历史上水泥最高年产量仅229万吨(1942年),只能生产普通硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥两个品种。1949年前我国水泥年产量只有66万吨。

建国初期的1950年,我国水泥总产量仅为141万吨,之后,随着国民经济建设的提高,水泥产量逐年提高,至1960年和1970年,我国的水泥产量分别增长到1565万吨和2575万吨。

改革开放以来,中国坚持以经济建设为中心,坚持改革开放,大力推进经济体制改革和结构调整,保持了经济的持续增长。国民经济的快速增长,带来了全社会固定资产投资规模的不断增长,也带来了人民生活水平的提高,城乡住宅建设得到稳步发展,这就带动了水泥工业的快速发展。1980年至2002年,中国水泥产量年平均增长率为10.6%,水泥总量由7986万吨提高到了72500万吨。从1985年起,我国水泥实际产量已连续18年位居世界第一。

在我国水泥发展过程中,我国水泥企业始终注意加强对世界先进水泥技术的学习和借鉴。我国在20世纪50年代已进行过悬浮预热器的研究;60年代初太原水泥厂的四级旋风预热器回转窑通过了技术鉴定。1969年又在杭州水泥厂建成第一台带立筒预热器回转窑。1976年在石岭建成第一台窑外分解窑,随着对这一新型干法水泥技术的不断创新和技术的不断成熟,以其质量好、消耗低、污染少、自动化程度高等优势,得到了社会和市场的认可,并得以蓬勃发展。中国是水泥生产工艺的博物馆,拥有预分解窑、预热器窑、立筒预热器窑、立波尔窑、湿法窑、带余热发电的回转窑、干法中空窑、立窑等多种生产工艺。

改革开放以后,特别是“九五”以来,中国水泥的发展由量的增长转到质的提高的新阶段,

即“发展高强度等级的优质水泥、促进结构优化和产业升级”的新阶段。1980年以前,我国水泥工业以湿法回转窑为主要生产工艺,湿法水泥比重占60%;1980年至1997年期间,由于经济高速增长,水泥供求矛盾十分突出,立窑水泥得到高速发展,至后期立窑水泥比重高达81%以上。1997年以后,我国的水泥工业进入了结构调整期,以淘汰落后的生产能力为主,发展新型干法窑外分解水泥,促进大型企业发展,改善水泥结构。目前,已投产的新型干法窑外分解生产线规模达7200~10000t/d。

我国水泥品种以6大通用水泥为主(硅酸盐水泥、普通、矿渣、火山灰、粉煤灰、复合硅酸盐水泥)为主,其余为特性和专用水泥,有中热、低热、快硬、油井、抗硫酸盐、道路、自应力、白色等硅酸盐水泥系列;硫铝酸盐水泥系列;铁铝酸盐水泥系列;膨胀、钢渣、高铝、型砂等。目前我国特性水泥和专用水泥已达60多个品种,特性水泥和专用水泥产量约1200万吨(不含砌筑水泥)。

伴随世界新型干法水泥生产技术的发展,我国水泥工作者历经30多年的研究开发和实践探索,在推动我国新型干法水泥技术发展上取得了骄人的成绩,主要表现在:在原材料利用方面,对低品位原料的处理和利用、粉煤灰等工业废弃料的再利用等积累了丰富的经验;在原材料的预均化技术方面,已研究开发了圆形、长形、露天原料预均化堆场等多种技术;国产化和大型化机械装备已趋成熟,在生料制备系统设备方面,其单机生产能力已达400~1400t/h,有带组合式高效选粉机的风扫磨、尾卸磨、中卸磨及立式磨等多种粉磨系统。目前国产化的烧成系统装备(包括烧成窑尾、窑中和窑头),第三代空气梁篦冷机,均已成功应用于各种规格的生产线上。水泥粉磨系统配置,目前有带组合式高效选粉机的国产化圈流管磨系统、国产辊压机+管磨系统、引进CKP+国产管磨系统等多种方案。还有多项专有技术得到成功开发和应用,如新型干法回转窑燃无烟煤技术、环保技术、低温发电技术等都有重大突破。

就我国水泥现状而言,产业结构还不合理,新型干法水泥比例太低;水泥生产技术与世界先进技术相比差距正在缩小,但在大型机械设备的制造加工和材料加工上还需要进一步研究开发;从节约资源、节约能源、减少污染的角度出发,我们不应该一味地扩大水泥生产规模来满足经济发展的需要,而应该提高技术水平、生产优质水泥来减少混凝土中水泥用量,或利用高炉矿渣、粉煤灰等工业废渣生产水泥或在混凝土中替代水泥来降低水泥消耗量;环境保护和高效利用资源方面要引起高度重视,才能保证可持续发展。因此,水泥科技工作者重任在肩,应立足本职,奋发学习,为实现水泥工业现代化和水泥科学技术现代化而努力奋斗。

我国水泥工业在20世纪80年代初期,由于湿法水泥生产线的数量增加,水泥产量迅速增长,1980年至1997年期间,水泥产量由1.01亿吨增加到3.2亿吨,增长了2.2倍。1997年以后,我国水泥工业进入了结构调整期,以淘汰落后的生产能力为主,发展新型干法窑外分解水泥,促进大型企业发展,改善水泥结构。目前,已投产的新型干法窑外分解生产线规模达7200~10000t/d。

我国水泥品种以6大通用水泥为主(硅酸盐水泥、普通、矿渣、火山灰、粉煤灰、复合硅酸盐水泥)为主,其余为特性和专用水泥,有中热、低热、快硬、油井、抗硫酸盐、道路、自应力、白色等硅酸盐水泥系列;硫铝酸盐水泥系列;铁铝酸盐水泥系列;膨胀、钢渣、高铝、型砂等。目前我国特性水泥和专用水泥已达60多个品种,特性水泥和专用水泥产量约1200万吨(不含砌筑水泥)。

伴随世界新型干法水泥生产技术的发展,我国水泥工作者历经30多年的研究开发和实践探索,在推动我国新型干法水泥技术发展上取得了骄人的成绩,主要表现在:在原材料利用方面,对低品位原料的处理和利用、粉煤灰等工业废弃料的再利用等积累了丰富的经验;在原材料的预均化技术方面,已研究开发了圆形、长形、露天原料预均化堆场等多种技术;国产化和大型化机械装备已趋成熟,在生料制备系统设备方面,其单机生产能力已达400~1400t/h,有带组合式高效选粉机的风扫磨、尾卸磨、中卸磨及立式磨等多种粉磨系统。目前国产化的烧成系统装备(包括烧成窑尾、窑中和窑头),第三代空气梁篦冷机,均已成功应用于各种规格的生产线上。水泥粉磨系统配置,目前有带组合式高效选粉机的国产化圈流管磨系统、国产辊压机+管磨系统、引进CKP+国产管磨系统等多种方案。还有多项专有技术得到成功开发和应用,如新型干法回转窑燃无烟煤技术、环保技术、低温发电技术等都有重大突破。

就我国水泥现状而言,产业结构还不合理,新型干法水泥比例太低;水泥生产技术与世界先进技术相比差距正在缩小,但在大型机械设备的制造加工和材料加工上还需要进一步研究开发;从节约资源、节约能源、减少污染的角度出发,我们不应该一味地扩大水泥生产规模来满足经济发展的需要,而应该提高技术水平、生产优质水泥来减少混凝土中水泥用量,或利用高炉矿渣、粉煤灰等工业废渣生产水泥或在混凝土中替代水泥来降低水泥消耗量;环境保护和高效利用资源方面要引起高度重视,才能保证可持续发展。因此,水泥科技工作者重任在肩,应立足本职,奋发学习,为实现水泥工业现代化和水泥科学技术现代化而努力奋斗。

1.1 硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥的国家标准

1.1.1 定义与代号

1.1.1 定义与代号

根据国家标准 GB 175—1999《硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥》的规定,其定义如下:

(1) 硅酸盐水泥

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:不掺加混合材料的称为 I 型硅酸盐水泥,代号 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,代号 P·II。

(2) 普通硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料、6%~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。

1.1.2 材料要求

(1) 石膏

天然石膏:应符合 GB/T 5483 中规定的 G 类或 A 类二级(含)以上的石膏或硬石膏。

工业副产石膏:工业生产中以硫酸钙为主要成分的副产品。采用工业副产石膏时,必须经过试验,证明对水泥性能无碍。

(2) 活性混合材料

符合 GB/T 203 的粒化高炉矿渣,符合 GB/T 1596 的粉煤灰,符合 GB/T 2847 的火山灰质混合材料。

(3) 非活性混合材料

活性指标低于 GB/T 203、GB/T 1596、GB/T 2847 标准要求的粒化高炉矿渣、粉煤灰、火山灰质混合材料以及石灰石和砂岩。石灰石中的三氧化二铝含量不得超过 2.5%。

(4) 窑灰

应符合 JC/T 742 的规定。

(5) 助磨剂

水泥粉磨时允许加入助磨剂,其加入量不得超过水泥质量的 1%,助磨剂须符合 JC/T 667 的规定。