

无机非金属材料专业面向工业过程教材

◎主 编 张雪芹
副主编 石常军 张瑞红

水泥生产质量 控制与管理

SHUINI SHENGCHAN
ZHILIANG
KONGZHI YU GUANLI

中国建材工业出版社

无机非金属材料专业面向工业过程教材

水泥生产质量控制与管理

主 编 张雪芹
副主编 石常军 张瑞红

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水泥生产质量控制与管理/张雪芹主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2006.6

无机非金属材料专业面向工业过程教材

ISBN 7-80227-069-3

I. 水... II. 张... III. ①水泥-生产过程-质量控制-高等学校-教材②水泥-生产管理: 质量管理-高等学校-教材 IV. TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 038945 号

水泥生产质量控制与管理

主 编 张雪芹

副主编 石常军 张瑞红

出版发行: **中国建材工业出版社**

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 15.5

字 数: 385 千字

版 次: 2006 年 6 月第 1 版

印 次: 2006 年 6 月第 1 次

定 价: 24.00 元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

水泥是基本建设不可或缺的建筑材料,以目前的世界技术水平来看,还很难找到一种能在近期内替代水泥的建筑材料。

百年大计,质量为本。水泥产品质量的优劣,关系到建(构)筑物的质量,体现了一个企业的技术和管理水平。在构建和谐社会的今天,提高水泥产品质量,降低水泥生产成本,不仅是提高企业效益、增强市场竞争力的需要,更是落实科学发展观、建设节约型社会的需要。随着全球经济一体化进程的加快,以及加入 WTO 后我国市场经济地位的全面确立,我国国民经济运行平稳并快速增长,固定资产投资和工业生产均保持较快的增长速度,与国民经济密切相关的水泥工业也加快了结构调整的步伐,新型干法水泥生产快速增长,使整个行业保持了良好的发展态势。但同时也暴露了水泥工业技术力量缺乏的结构性矛盾,建材院校无机非金属材料(硅酸盐)及相关专业人才供不应求、缺口巨大已经成为不争的事实。如何尽快提高水泥工业从业人员的技术水平,如何稳定和提高水泥实物质量,是当前水泥工业迫切需要解决的重大课题。为了适应生产、教学、职工培训和科研的需要,我们编写了这本《水泥生产质量控制与管理》。

本书是《质量管理学》和《水泥工艺学》的边缘部分,同时具有较强的专业性,重点讲述了生产中出现的质量问题,并对其进行了分析,对质量控制检验和水泥工艺知识也进行了适当的介绍,力求建立一个科学的、合理的水泥生产质量控制与管理的基本理论体系和实用技术系列。本书立足研究和应用需要,编写内容采用了最新的国家标准和规范,突出了水泥生产质量控制与管理的基本概念和体系建立,在充分叙述现代质量管理的基本理论与技术特点的基础上,重点介绍水泥质量控制与管理的理论与技能。因此,本书具有注重实用、由浅入深、循序渐进的编写特色,贯彻了《无机非金属材料专业面向工业过程教材》的编写思想,便于读者在充分了解现代企业管理理论、技术和方法的基础上,熟练掌握现代水泥生产质量控制与管理技术。

本书是系统阐述现代水泥生产质量控制与管理技术的专业书籍。全书针对水泥生产的特点,将现代质量管理技术与水泥生产工艺有机地结合起来。为便于读者理解和使用,本书在第 1 章对质量与质量管理进行了较为全面的介绍,第 2 章简要介绍了硅酸盐水泥生产概述,第 3 章重点介绍了硅酸盐水泥生产原料、燃料的质量要求,第 4 章介绍了水泥生产质量控制图表,从第 5 章至第 12 章分别介绍了硅酸盐水泥生产原料,燃料的质量控制,混合材的质量控制,硅酸盐水泥的率值、配料及配料计算,水泥生产过程中的均化链,生料的质量控制,硅酸盐水泥熟料的质量控制,硅酸盐水泥制成的质量控制与管理,出厂水泥的质量控制等内容。鉴于水泥的主要应用是配制成水泥砂浆、水泥混凝土及其各种制品,本书第 13 章、第 14 章、第 16 章分别介绍了硅酸盐水泥的性能、硅酸盐水泥的耐久性、混凝土和砂浆等方面的理论知识,第 15 章还就硅酸盐系列其他水泥品种及目前广泛应用的特种水泥品种进行了简要介绍。根据科学发展观和建材工业可持续发展的要求,本书第 17 章重点介绍了水泥生产中的环境保护问题。

本书的绪论由河北建材职业技术学院石常军编写,第 1 章由大庆石油学院杨桂芳编写,第

2章由冀东水泥厂王贺编写,第4章由浅野水泥厂贾凤芹编写,第17章由河北建材职业技术学院张瑞红编写,第6章由河北建材职业技术学院张玉萍编写,第12章由河北建材职业技术学院张向红编写,其余几章由河北建材职业技术学院张雪芹编写。

本书可供高等院校硅酸盐(无机非金属材料)专业师生和水泥厂质量控制人员、工程技术人员使用,也可供科研院所、水泥营销及相关人员参考。

本书在编写过程中得到了河北建材职业技术学院、冀东水泥厂、浅野水泥厂等单位众多同行的支持和帮助,参阅了许多业内专家、学者和生产一线作者的文献资料,在此一并表示感谢。

由于编者水平及知识面有限,虽然尽了较大努力,但由于现代质量控制与管理,以及水泥生产涉及内容实在太多,且其技术发展迅速,因此本书在编写内容及相关技术处理上仍难免有局限性,书中的疏漏甚至谬误恐难避免,竭诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

2006年4月

目 录

绪 论	1
1 胶凝材料及水泥工业概述	1
1.1 胶凝材料的定义及分类	1
1.2 胶凝材料发展简史	1
1.3 水泥在国民经济中的地位与作用	2
1.4 世界水泥工业发展简史及趋势	3
1.5 中国的水泥工业概况	5
2 水泥生产质量控制与管理概述	7
2.1 重大措施综述	8
2.2 水泥生产过程的质量控制	10
2.3 掌握水泥生产质量控制与管理技术,为提高水泥实物质量而努力	13
第1章 质量与质量管理	15
1.1 质量管理的意义和基本特点	15
1.2 质量管理的基本知识	17
思考题	20
第2章 硅酸盐水泥生产概述	21
2.1 水泥的分类及命名	21
2.2 硅酸盐水泥生产的基本技术要求	22
2.3 硅酸盐水泥的生产方法	27
2.4 硅酸盐水泥的生产过程	29
思考题	32
第3章 硅酸盐水泥生产原料、燃料的质量要求	34
3.1 石灰质原料	34
3.2 黏土质原料	37
3.3 校正原料	40
3.4 燃料	41
3.5 低品位原料和工业废渣的利用	42
思考题	45

第4章 水泥生产质量控制图表	46
4.1 质量控制点、控制项目、控制指标的确定	46
4.2 取样方法	46
4.3 取样次数与检验次数	46
4.4 检验方法	47
4.5 生产流程质量控制图表	47
思考题	50
第5章 硅酸盐水泥生产原料、燃料的质量控制	51
5.1 石灰石控制指标及检测方法	51
5.2 黏土质原料的控制指标及检测方法	52
5.3 铁质校正原料、萤石和石膏的控制指标及检测方法	53
5.4 燃料的控制指标及检测方法	54
思考题	59
第6章 混合材的质量控制	60
6.1 混合材的分类	60
6.2 混合材的质量控制指标及检测方法	60
思考题	62
第7章 硅酸盐水泥的率值、配料及配料计算	63
7.1 熟料的率值	63
7.2 熟料矿物组成的计算	66
7.3 配料方案的设计	71
7.4 配料计算	74
思考题	78
第8章 水泥生产过程中的均化链	79
8.1 物料的均化	79
8.2 原、燃料的预均化	81
8.3 生料的均化	86
思考题	95
第9章 生料的质量控制	96
9.1 生料制备过程中的质量要求	96
9.2 出磨生料控制项目及检测方法	97

9.3 入窑生料的质量控制	107
思考题	110
第 10 章 硅酸盐水泥熟料的质量控制	111
10.1 熟料的控制指标及检测方法	111
10.2 熟料的质量管理	117
思考题	118
第 11 章 硅酸盐水泥制成的质量控制与管理	119
11.1 水泥制成控制指标及检测方法	119
11.2 出磨水泥的管理	129
思考题	130
第 12 章 出厂水泥的质量控制	131
12.1 出厂水泥的质量要求	131
12.2 出厂水泥的管理	131
思考题	134
第 13 章 硅酸盐水泥的性能	135
13.1 凝结时间	135
13.2 强度	140
13.3 体积变化	144
13.4 水化热	145
13.5 泌水性和保水性	147
13.6 粉磨细度	148
思考题	150
第 14 章 硅酸盐水泥的耐久性	151
14.1 抗渗性	151
14.2 抗冻性	152
14.3 环境介质的侵蚀	153
思考题	160
第 15 章 其他水泥	161
15.1 矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥	161
15.2 高铝水泥	162
15.3 早强及快硬水泥	168

15.4	抗硫酸盐水泥	174
15.5	油井水泥	176
15.6	大坝水泥	180
15.7	白色和彩色水泥	182
15.8	道路水泥	183
15.9	砌筑水泥	184
15.10	防辐射水泥	185
15.11	耐酸水泥	186
15.12	耐高温水泥	189
	思考题	191
第 16 章	混凝土和砂浆	193
16.1	混凝土的组成材料	193
16.2	混凝土拌和物的和易性	197
16.3	混凝土的强度	201
16.4	混凝土的耐久性	204
16.5	混凝土的配合比设计和工艺控制	206
16.6	混凝土外加剂	210
16.7	特种混凝土	212
16.8	砂浆	216
	思考题	217
第 17 章	水泥生产中的环境保护	218
17.1	环境与环境保护的基本概念和基本知识	218
17.2	水泥生产中的环境污染	220
17.3	水泥生产中环境污染的防治与控制	221
17.4	水泥工作者的责任及对策	229
	思考题	231
附录一	水泥工业大气污染物排放标准	232
附录二	工业企业厂界噪声标准 GB 12348—90	238
	参考文献	239

绪 论

1 胶凝材料及水泥工业概述

1.1 胶凝材料的定义及分类

凡能在物理、化学作用下,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(又称胶结料)。可分为有机和无机两大类别。沥青和各种树脂属于有机胶凝材料。无机胶凝材料按照硬化条件的不同,分为水硬性和非水硬性两种。水硬性胶凝材料是在拌水后既能在空气中硬化又能在在水中硬化的材料,通常称之为水泥,如硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥等。非水硬性胶凝材料只能在空气中硬化,不能在水中硬化,故又称之为气硬性胶凝材料,如石灰、石膏、耐酸胶结料等。

1.2 胶凝材料发展简史

胶凝材料的发展,有着悠久的历史。按照时间跨度,可粗略将其分为天然胶凝材料时期、石灰-石膏时期、石灰-火山灰时期、水硬性石灰-天然水泥时期、硅酸盐水泥时期、多品种水泥大发展时期等六个阶段。

1.2.1 天然胶凝材料时期

远在新石器时代,由于石器工具的进步,劳动生产力的提高,挖穴建室的建筑活动已经兴起。人们逐渐使用黏土来抹砌简易的建筑物,有时还掺入稻草、壳皮等植物纤维来加筋增强。但未经煅烧的黏土并无抗水能力,而且强度很低。另外,在我国新石器时代的遗址中,还发现用天然姜石夯实而成的柱础以及铺埋的地面和四壁等,其质地光滑坚硬。经测定,姜石是由两种二氧化硅含量较高的石灰质原料组成,是黄土中的钙质结核。在当时的建筑活动中,能有意识地将黄土中的姜石挑选出来,捣碎成粉后应用于特定场合,不能不说是当时居室建筑的一大进步。

1.2.2 石灰-石膏时期

随着火的发现及利用,大约在公元前 2000 ~ 公元前 3000 年,中国、古埃及、古希腊以及古罗马等就已开始利用经过煅烧所得的石膏或石灰来调制砌筑砂浆。例如古埃及的金字塔,我国著名的万里长城以及其他许多宏伟的古建筑,都是用石灰、石膏作为胶凝材料砌筑而成的。我国有关石灰的文字记载,最早可以上溯到公元前 7 世纪的周朝。从以前考古发掘的材料分析来看,至迟在汉朝(公元 2 世纪),人工烧制石灰已经达到相当高的水平了。

1.2.3 石灰-火山灰时期

随着生产发展的需要,逐渐要求有强度较高并能防止被水侵蚀和冲毁的胶凝材料。到公元初,古希腊人和古罗马人都已经发现,在石灰中掺加某些火山灰沉积物,不仅强度能提高,而且能抵御淡水或含盐水的侵蚀。例如古罗马的庞贝城以及古罗马圣庙,法国南部里姆斯附近的加德桥等著名古建筑都是用石灰、火山灰材料砌筑而成的。又由于当时较多应用的是普佐里(Pozzoli)附近所产的火山凝灰岩,因此在意大利文中就将“Pozzolana”作为火山灰的名称,以后又扩大为凡是属于这类的矿物材料都称做“Pozzolana”,并沿用至今。在我国古代建筑中大量应用的“三合土”,即石灰与黄土的混合物,或另加细砂等,实际上也是一种石灰-火山灰材料。随后,人们又进一步发现,将碎砖、废陶器等磨细后,可以代替天然的火山灰,与石灰混合,同样能使其具有水硬性。从而使火山灰质材料由天然发展到人工制造,即煅烧过的黏土和石灰混合可以获得一定抗水性的胶凝材料。

1.2.4 水硬性石灰-天然水泥时期

18世纪后半期,又先后出现了水硬性石灰和罗马水泥,都是将含有适量黏土的黏土质石灰石经过煅烧而得。在此基础上,发展到用天然水泥岩(黏土含量在20%~25%左右的石灰石)煅烧、磨细而制得天然水泥。之后,逐渐发现可以用石灰石与黏土按一定比例共同磨细混匀,经过煅烧制成由人工配料的水硬性石灰,这实际上可以看成是近代硅酸盐水泥制造的雏形。

1.2.5 硅酸盐水泥时期

19世纪初期(1810~1825年),用人工配合的原料,再经煅烧、磨细以制成水硬性胶凝材料的方法,已经开始生产,并通过高温煅烧至烧结程度,以获得烧块(熟料)作为提高质量的措施。因为这种胶凝材料凝结后的外观颜色与当时建筑上常用的英国波特兰岛出产的石灰石相似,故称之为波特兰水泥(Portland Cement,我国称为硅酸盐水泥)。英国泥瓦匠阿斯普丁(J. Aspdin)于1824年首先取得了该项产品的专利权。由于该产品含有较多的硅酸钙,不但能在水中硬化,而且能长期抗水,强度甚高,其首批大规模使用的实例是1825~1843年修建的泰晤士河隧道工程。

1.2.6 多品种水泥大发展时期

硅酸盐水泥出现后,应用日益普遍,对于工程建筑起了很大的推动作用。但随着现代工业的发展,仅仅硅酸盐水泥、石灰、石膏等几种胶凝材料已远远不能满足工业建设和军事工程的需要。到20世纪初,就逐渐发展、衍生出各种不同用途的硅酸盐水泥,如快硬水泥、抗硫酸盐水泥、低热水泥以及油井水泥等等,而在1907~1909年发明的以低碱性铝酸盐为主要成分的高铝水泥,具有早强快硬的特性。以后又出现了硫铝酸盐水泥、氟铝酸盐水泥、铁铝酸盐水泥等水泥品种,当今世界各国都在研究和发展专用水泥及特种水泥,从而使水泥从单一的含硅酸盐矿物的品种发展到各种化学成分矿物组成、性能与应用范围不同的品种。可以相信,随着社会生产力的不断提高,胶凝材料还将有较快的发展,以满足日益增长的各种工程建设和人民生活的需要。

1.3 水泥在国民经济中的地位与作用

水泥是极其重要的建筑材料和工程材料,它是建筑工业三大基本材料之一。随着国民经济的发展,水泥的应用越来越广,因此素有建筑工业的粮食之称。水泥不但可以用于民

用、工业、水利交通、军事等工程,还可以制造轨枕、坑木、水泥船和石棉水泥制品等,以节省大量的钢材和木材。生产水泥虽需较多能源,但是水泥与砂、石等集料所制成的混凝土则是一种低能耗型建筑材料,其单位质量的能耗只有钢材的 $1/5 \sim 1/6$,铝合金的 $1/25$,比红砖还低 55%。根据预测,21 世纪的主要建筑材料依然是水泥和混凝土,对水泥的生产和研究仍然极为重要。

水泥粉末与水拌和后,表面的熟料矿物立即与水发生水化反应放出热量,形成一定的水化产物。由于各种水化产物的溶解度很小,因此就在水泥颗粒周围析出。随着水化作用的进行,析出的水化产物不断增多,以致相互结合。这个过程的进展使水泥浆体稠化而凝结,随后变硬,并能将拌在一起的砂、石等散粒胶结成整体,逐渐产生强度。因此,水泥或水泥混凝土的强度是随龄期延长而逐渐增长的,其特点是早期增长特别快,之后逐渐减缓。但是,只要维持适当的温度和湿度,其强度在几个月、几年后,还会进一步有所增长。另一方面,也可能在几十年后尚有未水化的残留部分,仍具有继续进行水化作用的潜在能力。

作为胶凝材料,除水硬性外,水泥还有许多优点:水泥浆有很好的可塑性,与砂、石拌和后仍能使混合物具有必要的和易性,可浇筑成各种形状尺寸的构件,以满足设计上的不同要求。水泥的适应性强,可用于海上、地下、深水或者严寒、干热地区,以及耐侵蚀、防辐射核电站等特殊要求的工程。水泥硬化后可以获得较高强度,并且通过改变水泥的组成,可以适当调节其性能,满足某些工程的不同需要。水泥还可与纤维或者聚合物等多种无机、有机材料匹配,制成各种水泥基复合材料。与普通钢铁相比,水泥制品不会生锈,也没有木材这类材料易于腐朽的缺点,更不会有塑料年久老化的问题,具有耐久性好、维修工作量小等特点。因此,水泥不但大量应用于工业与民用建筑,还广泛应用于交通、城市建设、水利以及海港等工程,被制成各种形式的混凝土、钢筋混凝土的构件和构筑物。而水泥管、水泥船等各种水泥制品在“代钢”、“代木”方面,也越来越显示出技术经济上的优越性。同时,也正是由于钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土和钢结构材料的混合使用,才使高层、超高层、大跨度等以及各种特殊功能的建筑物、构筑物的出现有了可能。此外,宇航工业、核工业以及其他新兴工业的建设,也需要各种无机非金属材料,其中最为基本的都是以水泥基为主的新型复合材料。因此,水泥工业的发展对保证国家建设计划的顺利进行和人民生活水平的提高,具有十分重要的意义。而且,其他领域的新技术,也必然会渗透到水泥工业中来,传统的水泥工业势必随着科学技术的迅猛发展而带来新的工艺变革和品种演变,应用领域必将有新的开拓,从而使其在国民经济中起到更为重要的作用。

1.4 世界水泥工业发展简史及趋势

1.4.1 世界水泥工业发展简史

自 1824 年水泥诞生并实际应用以来,水泥工业历经多次变革,工艺和设备不断改进,品种和产量不断扩大,管理与质量水平不断得到提高。人类最早是利用间歇式土窑(后发展成土立窑)煅烧水泥熟料,首批大规模使用水泥的实例是 1825 ~ 1843 年修建的泰晤士河隧道工程。1877 年回转窑烧制水泥熟料获得了专利权,继而出现了单筒冷却机、立式磨机以及单仓钢球磨机等,从而有效地提高了水泥产量和质量。1905 年湿法回转窑出现,1910 年土立窑得到了

改进,实现了立窑机械化连续生产,1928年德国的立列波博士和波利休斯公司在对立窑、回转窑的综合分析研究后创造了带回转炉篦子的回转窑,为了纪念发明者与创造公司,将其取名为“立波尔窑”。1950年悬浮预热器窑的发明与应用使熟料热耗大幅度降低,与此同时,熟料的冷却设备也有了很大的发展,其他的水泥制造设备也不断更新换代。20世纪60年代初,日本将德国的悬浮预热器窑技术引进后,于1971年开发了水泥窑外分解技术,从而揭开了现代水泥工业的新篇章,并且很快地在世界范围内出现了各具特点的预分解窑,形成了新型干法水泥生产技术。随着原料预均化、生料均化、高性能破碎与粉磨、环境保护技术和X射线荧光分析等在线检测方法的配套发展与逐步完善,加上电子计算机和自动化控制仪表等技术的广泛应用,使新型干法水泥生产的熟料质量明显提高,能耗明显下降,生产规模不断扩大。新型干法水泥生产工艺正在逐步取代湿法、老式干法和立窑等落后的生产工艺。2003年世界水泥产量突破了18.2亿t。

1.4.2 水泥工业发展趋势

当今世界水泥工业发展的总体趋势是向新型干法水泥生产技术方向发展,并具有如下特征:

1. 水泥装备大型化

新型干法水泥生产技术提供了提高水泥设备的单机生产能力和功能的可能性,而追求高效率、高性能、低成本促进了水泥生产装备大型化的进程。国外发达国家水泥生产线的建设规模20世纪70年代为1 000~3 000t/d,80年代为3 000~5 000t/d,90年代达到4 000~10 000t/d,目前5 000t/d以上的生产线已成主流,在建最大生产线规模为12 000t/d。全世界目前总计有10条日产万吨熟料生产线。伴随着水泥熟料烧成系统的大型化,用于生料粉磨的600t/h以上的辊式磨已经问世,形成了年产水泥数百万吨乃至千万吨的水泥厂,大型水泥集团的生产能力甚至高达1亿t以上。

2. 生产工艺节能化

现代辊式磨机、辊压机和辊筒磨机三种新型挤压粉磨装置显示了巨大的节能潜力,显示了比传统的磨机实现概率破碎的粉磨技术更大的优越性。在生料粉磨中采用带磨外循环的辊式磨机已成为首选方案,在水泥粉磨工艺中采用料间挤压粉磨设备逐步取代直到完全取代球磨机已经成为一种必然的趋势,而与之配套的各种高效节能的新型选粉机使生产效率提高,系统电耗进一步降低。采用6级旋风预热器系统和改进型分解炉、新型多通道燃烧器及第三代篦式冷却机可实现高效冷却并高效热回收,熟料热耗显著降低。在过去的20年中,世界水泥生产线平均生产规模提高了5倍以上,水泥熟料热耗可达到2 800kJ/kg,水泥综合电耗达到85kW·h/t。

3. 操作管理自动化

由于计算机控制技术、通讯技术和图形显示技术的飞速发展,DCS这种分散控制、集中管理的集散型控制系统已经在世界水泥行业中得到广泛应用,管理信息系统(MIS)作为全厂的生产、财务、营销、节资、备品备件、预检修计划制订与实施的管理并把DCS作为生产子系统纳入其中,从而形成了自下而上的过程控制层、系统监控层、调度协调层、计划管理层和经营决策层。操作管理的自动化使操作控制方便、管理科学化,具有无可比拟的优越性。通过运用信息技术开发各种工艺过程的专家系统和数字神经网络系统,可实现大型化水泥企业远程诊断和操作,保证水泥生产稳定,产品质量良好。

4. 环保措施生态化

近 20 年来,国际水泥界不断完善以预分解技术为中心的新型干法水泥生产工艺,日益重视以节能化、资源化、环境保护为中心,实现清洁生产和高效集约化生产,在保证水泥产品功能的前提下,逐步降低天然资源和能源的消耗,减少环境污染和最大限度地接收消纳工业废弃物和城市垃圾等,以达到与生态环境完全相容、和谐共处。当前,世界水泥工业的环保工作已开始从被动治理转向主动治理。各种运行可靠,收尘效率在 99.9% 以上的电收尘器和袋式收尘器及其辅助设备已普遍采用,工业发达国家对废气粉尘的排放标准已控制到 $50 \sim 30\text{g}/\text{m}^3$ 以下,并全面控制高温废气中的 SO_2 、 CO 、 NO_x 等气体含量,以及某些重金属(如 Hg 、 Pb 等)、剧毒物二噁英等,以保护生态环境免受污染。改善水泥工业与生态环境的相容性,先进国家的水泥工业都采用了更为严格的水泥厂污染物排放标准,水泥厂逐步做到与其周围环境完全相容、和谐共处,向无污染靠近。展望未来,水泥工业也将从仅为人类提供低价、高性能的建筑材料发展和过渡到对生态环境友好的工业之一。

1.5 中国的水泥工业概况

我国水泥工业自 19 世纪 80 年代创立工厂迄今为止已有 120 多年的历史。在这期间,水泥工业先后经历了萌芽与早期发展阶段、衰落阶段、大发展阶段及结构调整等阶段,谱写了中国水泥工业漫长、曲折和多彩的历史。

1.5.1 萌芽与早期发展阶段

1882 ~ 1883 年,广东香山县人余瑞云投资 10 万两白银,在湾仔河道靠近澳门一侧,在香山县的青州岛建青州英泥厂(水泥厂)。1888 年,清政府天津军械局试用青州英泥厂的水泥,并做力学试验,水泥质量达到英国名牌希敦水泥的技术指标。唐山细棉土厂(后改组为启新洋灰公司,现为启新水泥有限公司)1889 年建于河北省唐山,并于 1892 年建成投产。之后,又相继建成了大连、上海、中国、广州等水泥厂,并根据英文“Cement”的音译及其外观特征将这些工厂的产品称之为“细棉土”,或者称之为“土敏土”、“水门汀”及“洋灰”,20 世纪 30 年代初根据其和水拌和后成泥状物的特性改称为“水泥”并沿用至今。自 19 世纪 80 年代至 1937 年的近 50 年间,我国水泥工业发展极其缓慢,最高水泥年产量仅 114.4 万 t。这是我国水泥工业的萌芽及早期发展阶段。

1.5.2 衰落阶段

抗日战争时期,先后建设了哈尔滨、本溪、小屯、抚顺、锦西、牡丹江、工源、琉璃河及重庆、辰溪、嘉华、昆明、贵阳、泰和等水泥厂,解放前夕投产了华新、江南水泥厂。这些厂大多数是外国人一手操办的,设备来自国外,没有完整的建设水泥工业的机制,因连年战乱,许多水泥厂难于持续生产,水泥工业处于衰落阶段。1949 年全国解放时,水泥年总产量仅 66 万 t,占当时总生产能力的 16.3%。此时的全国水泥工业处于奄奄一息的境地。

1.5.3 大发展阶段

1949 年新中国成立后,水泥工业迅速发展。20 世纪 50 年代中期,我国就开始试制湿法回转窑和半干法立波尔窑生产线成套设备,迈出了我国水泥生产技术发展的重要一步。从 20 世纪 50 ~ 60 年代,我国依靠自己的科研设计力量进行预热器窑的试验,先后新建、扩建了 32

个重点大中型的湿法或半干法立波尔窑生产企业,同期的立窑小型水泥企业发展迅速。在 20 世纪 70~80 年代,我国自行开发日产 700t、1 000t、1 200t、2 000t 熟料的预分解窑生产线分别在新疆、江苏邳县、上海川沙、辽宁本溪和江西水泥厂投产,从 1978 年起,相继从国外引进了一批年产 2 000~4 000t 熟料的预分解窑生产线成套设备,建成了冀东、宁国、柳州、云浮等大型厂,不仅改善了水泥生产结构,而且在我国工厂设计、管理与设备改造等方面提供了很好的借鉴作用,迅速提高了我国的新型干法生产技术水平。这期间,还开发了一批低投资的提高型日产 300~600t 熟料的生产线用于湿法厂和立窑厂改造。与此同时,我国的水泥品种已由建国初期的 3~4 个发展到现在的 100 多个品种,经常生产的品种有 30 个左右,约占水泥总产量的 25%,如道路水泥、大坝水泥、快硬水泥、油井水泥、膨胀水泥、自应力水泥、耐高温水泥及白水泥等。水泥科技工作者结合中国经济建设各方面的需要,在水泥及制品的研究开发中取得许多独具特色、具有自主知识产权的重要成果。在煅烧、粉磨、熟料形成、水泥新矿物系列、水泥硬化、混合材、外加剂、节能技术等有关的基础理论以及测试方法的研究和应用方面,也取得了较好的成绩。改革开放以来,中国水泥生产年平均增长 12.4%,进入 20 世纪 80 年代后,中国水泥在国际上的地位迅速攀升,水泥年产量在 1985 年之后一直雄踞世界首位,我国水泥的人均消费量正在向发达国家的先进水平看齐。2000 年中国水泥产量和消费量占世界的 34%,占亚洲的 57%。2002 年,在水泥工业“控制总量、调整结构、淘汰落后”的大气候下,我国水泥年产量还突破了 7 亿 t。随着 2002 年 6 月铜陵海螺 5 000t/d 熟料国产化示范线的全线投产,我国水泥生产技术、大型设备研发制造技术已经具备了与国外技术、设备竞争的能力和实力。2004 年我国水泥产量 9.7 亿 t,其中新型干法水泥达 3.15 亿 t,占总产量的 32.5%。至 2004 年年底,我国拥有新型干法生产线 499 条,熟料总生产能力达到 32 884 万 t,此生产能力位居世界榜首。2005 年预计投产的新型干法生产线 134 条,新增熟料生产能力 13 228t,预计 2005 年水泥产量增速将在 9%左右,水泥总产量将达 10.5 亿 t,新型干法所产水泥的比例将上升到 46%。目前,安徽海螺集团已拥有 4 条 10 000t/d 水泥熟料预分解窑生产线,其水泥年生产能力已接近 6 000 万 t,居世界前五位,标志着我国水泥工业正在向世界先进水平挺进。此外,浙江三狮、济南山水集团水泥生产能力也都超过 2 000 万 t,另外立窑等落后生产能力淘汰的速度明显加快,浙江、湖南的湿法窑基本停产,浙江湖州地区 20 万 t 以下规模的立窑企业也基本停产,广东东莞已淘汰了所有立窑企业。行业结构调整总体上朝着预期方向发展。

我国是名副其实的水泥生产大国,但总体水平不高。主要表现在:一是水泥工业的快速发展主要依靠立窑生产技术为主的水泥生产线来实现,地方水泥工业的发展在我国水泥工业的发展中占有重要的地位。但以立窑为主的地方水泥企业由于技术改造投入不足和管理上的问题以及立窑自身固有的特点,仍然存在着能源消耗高、粉尘和废气污染严重、产品质量不稳定、劳动生产率低等问题以及企业规模小形不成规模经济等问题。二是技术进步步伐虽然加快,但总体技术水平与世界先进水平差距较大。新型干法生产技术装备的科研、开发虽然取得了长足的进步和发展,但无论是在设备的大型化方面,还是在技术性能,特别是能耗指标以及机电一体化水平、设备的材质和结构、成套性、可靠性方面都有明显的差距。三是产业结构不合理。大中型企业数量少,高性能水泥产量比例低,生产工艺线数量多但企业规模普遍较小,职工队伍庞大而技术力量不足,人才缺乏。

1.5.4 结构调整阶段

我国水泥工业正面临调整产业结构,实现由大变强的艰巨任务。“十五”以来,我国水泥工业结构调整取得了令人瞩目的成绩,特别是 2004 年水泥工业结构调整取得了突破性的进展。其标志是新型干法水泥生产对水泥工业的影响,实现了由“量变”到“质变”的转变,这个转变对中国水泥工业发展具有里程碑的意义,新型干法水泥生产开始主导水泥工业的发展方向,中国水泥工业已经进入了一个崭新的发展阶段。我们要以改造扩建为主,大力发展新型干法水泥生产技术和具有经济规模的大中型水泥项目,对以立窑为主的地方水泥工业实行限制、淘汰、改造、提高的方针,逐步减小立窑水泥的比重,增大新型干法水泥窑的比重,到 2010 年使回转窑水泥生产比重达到 50% 左右。

2 水泥生产质量控制与管理概述

产品质量的好坏关系到每个人的切身利益,关系到整个社会的发展。随着全球经济一体化的发展,以质量取胜已成为企业生存发展、国家增强综合国力和国际竞争力的必然要求。当前,我国经济已进入一个新的发展阶段,正面临结构调整的关键时期,提高质量水平,即满足市场需求、扩大出口、提高经济运行质量和效益是关键,是增强综合国力和竞争力的必然需要。

水泥作为一种建筑材料,是直接关系到国家利益、人身、财产安全的重要产品,因此我国对水泥生产的要求非常严格。水泥生产企业必须获得国家相关部门颁发的生产许可证才能生产制造水泥。生产产品必须符合相应的强制性国家标准,并接受相关质量监督部门的监督。我国统一的水泥标准诞生于 1953 年,1956 年进行了第一次修订,产生了以前苏联“硬练法”为基础的我国三大水泥标准,即普通硅酸盐水泥、矿渣水泥和火山灰水泥标准;1977 年组织了第二次修改,制定了我国水泥强度检验方法“软练法”,以此为基础产生了我国五大水泥标准,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、粉煤灰硅酸盐水泥标准,促进了我国水泥质量的提高,使全国水泥质量普遍提高了一个标号;改革开放后,随着我国水泥出口、水泥生产技术出口的日益增加,我国水泥产品质量与国际先进水平相比存在的差距越来越受到人们重视,因此对五大通用水泥产品标准和水泥胶砂强度检验标准进行了修订,1985 年颁布实施了五大水泥修订标准。此后,随着我国水泥出口量的增加,以及国外水泥进入中国市场,为了同国际接轨,提高我国水泥产品质量,提高国际竞争力,1991 年对水泥标准进行了修订,GB 175—1992《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》将硅酸盐水泥分为 I 型和 II 型, I 型水泥的各项指标参照美国 ASTM 标准, II 型水泥指标参照英国 BS 标准,此次的标准修订使我国通用水泥产品标准达到了国际先进水平。然而由于我国水泥强度仍沿用“软练法”,使我国水泥强度数值与国外标准没有可比性,因此 1996 年我国开始了强度检验方法等同采用 ISO 标准的研究,1999 年颁布了以新强度检验方法标准(GB/T 17671—1999《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》)为核心的六大通用水泥标准(GB 175—1999《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》、GB 1344—1999《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥》、GB 12958—1999《复合硅酸盐水泥》),2001 年 4 月 1 日六大通用水泥新标准正式实施,这标志着我国水泥标准已完全与国际接轨。在不断提高我国水泥产品技术标准水平的同时,为了保证和提高水泥产品质量,国家

相关部门相继采取了一系列重大措施。

2.1 重大措施综述

2.1.1 颁布实施了《水泥企业质量管理规程》

产品质量是通过生产过程的各环节工序质量来保证的,因此为了强化水泥生产的过程控制,原国家建材部(局)从 20 世纪 50 年代就开始在国有大中型水泥企业中贯彻实施“水泥企业质量管理规程”(旋窑),为确保出厂水泥质量,该规程从原燃材料、半成品到成品的各工艺过程都有明确的质量控制要求。20 世纪 60 年代以后我国兴起立窑水泥,为此 20 世纪 70 年代原国家建材部(局)又颁布实施了“水泥企业质量管理规程”(立窑),随着立窑企业生产质量管理走上正规,1996 年两项管理规程合并为《水泥企业质量管理规程》(下称管理规程)。“管理规程”对水泥生产企业科学管理,指导水泥生产,制定严于国家标准的内部质量控制要求,确保出厂水泥产品质量方面起着重大作用。1999 年随着我国与国际标准接轨的强度检验方法标准的颁布实施,相应地对通用水泥产品标准进行了修订,原国家经济贸易委员会重新组织修订了“管理规程”,于 2002 年 1 月 14 日颁布、同年 4 月 1 日实施。修改后的“管理规程”明确了厂长(经理)是企业产品质量第一责任人;规定了质量管理机构的设置、职责以及作为质量管理机构的化验室的基本条件等;规定了包括产品对比验证检验和抽查对比管理要求在内的质量管理制度;规定了原燃材料、半成品、出厂水泥(熟料)的质量管理。同时考虑到“管理规程”虽是水泥行业遵循的行业规章,但中国水泥企业有 7 000 多家,技术水平、规模、人员素质差别很大,因此为了使“管理规程”既对企业有普遍的指导意义,又具有可操作性,修订后的“管理规程”对生产过程中的一些规定给予了企业自主权,企业可以根据自身的规模、技术条件等制定相应的程序和控制指标。无论监督检查还是生产许可证发放、产品认证、体系认证等,只需检查确定企业制定的程序、指标是否科学、合理、有效即可。

2.1.2 建立健全了水泥企业化验室

在 20 世纪 80 年代初,为了整顿小水泥企业产品质量,国务院 1981 年颁发了 125 号文,提出了整顿小水泥企业产品质量的基本要求,即必须建立健全水泥厂化验室,明确不合格的水泥严禁出厂。为了进一步完善水泥企业的检验条件,通过提高检测水平确保出厂水泥产品质量,原国家建材工业局于 1989 年 10 月 19 日颁布实施了《水泥企业化验室基本条件》(下简称《基本条件》),《基本条件》1996 年进行第一次修订,2002 年原国家经贸委组织了第二次修订,并于 2002 年 1 月 14 日颁布、同年 4 月 1 日实施。对水泥化验室的环境条件、检验人员、检验设备及设备检定均做了明确规定。

2.1.3 建立健全了质量监督检验机构

由于水泥性能检测方法是采用模拟方法,因此目前世界上对水泥性能检验的准确性大都依靠对比来维持,这样,水泥试验操作和周围条件的变化会直接影响检验结果,这些操作和条件的正确与否需靠实验室间的对比来发现和验证。因而要确保水泥企业产品质量和产品质量检验的统一性,就必须使水泥企业化验室的操作和条件纳入到一个比对系统,以使其处于经常受监控的状态。在“管理规程”中明确提出了产品对比验证检验和抽查对比的管理相应要求,1981 年原国家建材工业局以(81)建材水字 350 号文颁布实施了《大中型水泥企业产品质量监