

预分解窑水泥 生产技术与操作

李斌怀 主编



武汉理工大学出版社

预分解窑水泥生产技术与操作

主 编 李斌怀

主 审 黄从运

武汉理工大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍日产 1000~12000t 熟料预分解窑水泥生产技术与操作。即窑外分解窑在实际生产中的原料配料、粉磨装备选择、磨机钢球级配方案,中控参数的控制与生产质量检测方法及其控制指标,工艺技术设备的结构原理与操作维护及故障处理方法。其方案与参数及故障处理实用性强,具有较强的可操作性。另采用新的通用硅酸盐水泥国家标准编写,新增第四代篦冷机、低温余热发电技术等。

编写此书的主要目的:一是使工厂员工较系统地掌握预分解窑水泥生产线的基础知识,提高员工的操作技术水平;二是进一步提高产品质量和企业的经济效益与社会效益。

本书可作为水泥新型干法预分解窑生产线的职工培训教材,亦可作为本科、专科、高职、中专等学校材料专业水泥方向的课程教材以及水泥专业技术人员和管理人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

预分解窑水泥生产技术与操作/李斌怀主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2010.12
ISBN 978-7-5629-3376-2

I. 预… II. ①李… III. ①水泥—原料—分解—生产工艺 ②水泥—悬浮预热窑—生产工艺 IV. TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 236562 号

项目负责人:吴正刚

责任编辑:吴正刚 陈昌敏

责任校对:陈昌敏

装帧设计:艺 枫

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:32.5

字 数:832 千字

版 次:2011 年 1 月第 1 版

印 次:2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1—2000 册

定 价:60.00 元

本社购书热线电话:027-87394412 87383695 87384729 87397097(传真)

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。

• 版权所有 盗版必究 •

前言

《预分解窑水泥生产技术与操作》是根据现代水泥产业需要和企业未来的发展而编写的,主要适用于新型干法预分解窑水泥生产的技术管理与操作指南,也可作为高等院校及职业技术学院材料专业水泥方向的课程教材,还可供相关技术人员参考。

预分解窑水泥工艺是现代水泥生产最先进的技术,是我国水泥工业发展的方向。其高效、优质、低耗、利于文明生产和环境保护、实现企业大型化与现代化的生产方式,符合国家“九五”计划以来“上大改小、以新促强”的产业政策。编写这本书基于以下设想:①坚持理论为实践服务,注重将实践成功的经验归纳为理论,并在生产中扩展应用。②所演算、寻找的技术方案、中控参数、生产质量检测与控制指标、工艺设备结构原理与操作维护及管理规程,都要随具体生产情况做调整、修正,以求相对的稳定,在实践中优化完善,力求源于正在生产的实际,在理论支持下探索这种新工艺的规律性。③本书以 $Y \cdot ZH$ 、 $Y \cdot DW$ 、 $E \cdot HX$ 、 $G \cdot YD$ 、 $G \cdot GX$ 、铜陵 HL、天瑞郑州等水泥公司日产 1000~12000t 熟料 MSP、NSP、KSV、RSP、TDF 的新型干法预分解窑为主线,分类按工段编写,以便技术员及岗位工对照使用。④全书共分 4 篇 36 章(含绪论),可归纳为技术方案、中控参数、技术设备、操作实例与故障处理。具体对预分解窑的原燃材料配料、磨内钢球级配、生产控制指标等方案,三磨一烧一均化一冷却的中控参数及工艺线上的物料破碎与预均化、贮存、原料烘干兼粉磨、生料均化,熟料形成系统的筒、管、炉、窑、篦冷机、水泥粉磨、收尘环保、微机控制等设备的结构原理与故障处理做了必要的实例阐述。为便于学习和巩固知识,每章内容均配有相应的思考题,可以进行练习。该书内容覆盖面宽,实用性强。

另外,采用新的通用硅酸盐水泥国家标准(GB175—2007)编写,新增第四代篦冷机、低温余热发电技术等。

本书由湖北第二师范学院李斌怀担任主编,武汉理工大学黄从运教授担任主审。

本书编写的具体分工为:李斌怀统稿并编写绪论、第 1 章至第 25 章、第 27 章至第 35 章;武汉理工大学陈学军编写第 26 章。

本书在编写过程中得到了湖北第二师范学院及武汉理工大学有关专家及领导的大力支持,得到了 $Y \cdot ZH$ 、 $E \cdot HX$ 、 $G \cdot GX$ 等水泥公司办公室、化验室、技术部、中控室及各车间负责人与工人师傅的帮助。武汉理工大学郭俊才、张华新,湖北第二师范学院王超、万治华、殷仲海、张绍明,湖北建材研究设计院姚大喜、杨红曦、黄琰,华新水泥集团冯东光,中国葛洲坝集团老河口水泥公司彭明亮,荆门水泥公司杨清平,天瑞郑州水泥公司张辞,江西现代职业技术学院贾江涛等专家提供了宝贵的资料,在此一并表示衷心的感谢。

由于时间紧迫,加之编者的水平有限,书中难免有许多疏漏和不足之处,恳请读者批评指正。

李斌怀

2010 年 6 月于武汉

目 录

绪论	(1)
----	-----

第一篇 技术方案

第1章 通用硅酸盐水泥国家标准及预分解窑水泥生产工艺流程	(5)
1.1 通用硅酸盐水泥国家标准	(5)
1.2 通用硅酸盐水泥性能特点及其使用范围	(9)
1.3 预分解窑水泥生产工艺流程与主机装备	(11)
1.3.1 预分解技术是国家产业政策	(11)
1.3.2 4000~12000t/d 预分解窑技术控制指标	(11)
1.3.3 预分解窑水泥生产工艺流程	(12)
1.3.4 1000~12000t/(d·台)预分解窑水泥生产线主机装备及 技术经济指标	(16)
思考题	(18)

第2章 硅酸盐水泥熟料的组成与原燃材料配料方案	(19)
2.1 熟料的组成	(19)
2.2 熟料的率值	(23)
2.3 原燃材料品质指标及有关工厂原料来源	(26)
2.3.1 原燃材料品质指标	(26)
2.3.2 有关水泥厂原料来源与应用	(28)
2.4 配料综述与配料方案	(30)
2.4.1 预分解窑配高强熟料三点归纳与配料方案综述	(30)
2.4.2 四种配料方案	(32)
2.5 配料计算过程	(34)
2.5.1 配料计算过程中的几个技术问题	(34)
2.5.2 配料计算实例	(36)
思考题	(40)

第3章 原料磨工艺流程与钢球级配方案	(41)
3.1 概 述	(41)
3.2 $\phi 3.5\text{m} \times 10\text{m}$ 中卸烘干原料磨工艺流程(Y·ZH公司)	(41)
3.2.1 $\phi 3.5\text{m} \times 10\text{m}$ 中卸烘干原料磨生料制备工艺流程图	(41)
3.2.2 $\phi 3.5\text{m} \times 10\text{m}$ 中卸烘干原料磨工艺流程叙简述	(41)
3.3 $\phi 3.5\text{m} \times 10\text{m}$ 中卸烘干原料磨钢球级配方案	(44)
3.4 $\phi 3.5\text{m} \times 10\text{m}$ 中卸烘干原料磨钢球级配计算过程	(45)
3.4.1 磨机空间及相关性能参数	(45)

3.4.2	钢球级配计算过程·····	(45)
3.4.3	同类型磨机钢球级配比较·····	(47)
3.5	$\phi 5.0\text{m} \times 11.5\text{m}$ 闭路烘干生料磨钢球级配方案·····	(48)
3.6	$\phi 5.8\text{m} \times 11.5\text{m}$ 生料磨钢球级配方案·····	(49)
	思考题·····	(50)
第4章	水泥磨工艺流程与钢球级配方案·····	(51)
4.1	水泥粉磨、输送及储存的工艺流程图·····	(51)
4.2	水泥制备工艺流程简述·····	(53)
4.3	水泥磨钢球级配方案·····	(55)
4.4	水泥磨钢球级配方案计算过程·····	(56)
4.4.1	原始数据·····	(56)
4.4.2	钢球级配计算过程·····	(56)
4.5	与钢球级配相关的图表·····	(59)
4.6	水泥磨综合技术改造方案·····	(62)
4.6.1	$\phi 3.5\text{m} \times 12\text{m}$ 磨改造前后的工艺流程和主机设备系统·····	(62)
4.6.2	技改工艺设备方案·····	(62)
4.6.3	运行情况·····	(64)
4.6.4	水泥预粉磨设备生产规格选型·····	(65)
4.6.5	$\phi 3.0\text{m} \times 11\text{m}$ 水泥磨技改与钢球级配方案·····	(66)
	思考题·····	(67)
第5章	研磨体的磨损与补充·····	(68)
5.1	影响研磨体磨损的因素与补球周期·····	(68)
5.2	补充研磨体的方法·····	(69)
5.3	合理配球的判断方法·····	(70)
	思考题·····	(72)
第6章	辊式磨(立磨)方案选择·····	(73)
6.1	几种生料烘干磨的比较·····	(73)
6.2	辊式磨(立磨)原理及中控参数·····	(76)
6.2.1	辊式磨(立磨)结构、原理、种类、规格及性能·····	(76)
6.2.2	立式磨系统的自动控制及中控参数·····	(79)
6.2.3	立式磨的操作要点·····	(80)
	思考题·····	(83)

第二篇 技术参数(中控参数与质量检测及其指标)

第7章	原燃料粉磨系统计算机控制·····	(84)
7.1	原料粉磨系统计算机控制·····	(84)

7.1.1	$\phi 3.5\text{m} \times 10\text{m}$ 中卸烘干原料磨计算机控制系统图与中控参数	(84)
7.1.2	江西水泥公司 $\phi 3.5\text{m} \times 10\text{m}$ 中卸烘干原料磨系统工艺流程与中控参数	(84)
7.1.3	$\phi 4.6\text{m} \times (10+3.5)\text{m}$ 中卸烘干原料磨系统(规模 2500t/d)	(88)
7.1.4	辊式磨中控参数(见第 6 章中 6.2.2)	(91)
7.2	煤磨系统计算机控制	(91)
7.2.1	$\phi 2.4\text{m} \times (2+4)\text{m}$ 风扫煤磨系统计算机控制图与中控参数	(91)
7.2.2	$\phi 2.8\text{m} \times (5+3)\text{m}$ 风扫煤磨系统	(91)
第 8 章	生料均化库系统计算机控制	(93)
8.1	$\phi 15\text{m} \times 30\text{m}$ 多股流生料均化库计算机控制图	(93)
8.2	均化库控制系统中控室控制	(944)
第 9 章	水泥磨系统计算机控制与中控参数	(95)
第 10 章	预分解窑炉篦冷机系统计算机控制	(98)
10.1	日产 1000t MSP 预分解窑炉篦冷机系统控制	(98)
10.1.1	日产 1000t MSP 预分解窑炉篦冷机系统控制工艺流程	(98)
10.1.2	日产 1000t MSP 预分解窑炉篦冷机系统中控参数	(98)
10.1.3	日产 1200t KSV 预分解窑炉篦冷机系统工艺流程	(98)
10.2	日产 2000t 窑炉篦冷机系统计算机控制	(103)
10.2.1	日产 2000t 窑炉篦冷机系统工艺图与中控参数(黑龙江浩良河)	(103)
10.2.2	日产 2000t RSP 窑炉系统中控参数(江西万年)	(106)
10.2.3	日产 2000t SLC-S 预分解窑炉系统中控参数	(110)
10.2.4	高海拔地区日产 2000t 熟料 TDF 预分解窑水泥生产技术	(112)
10.3	日产 2500t TSD 预分解窑炉篦冷机系统计算机控制	(115)
10.3.1	日产 2500t 窑炉篦冷机系统工艺图及设备规格	(115)
10.3.2	日产 2500t TSD 窑炉篦冷机系统中控参数	(118)
10.4	日产 3200t 熟料预分解窑炉系统计算机控制	(120)
10.5	日产 4000t 预分解窑炉系统计算机控制	(124)
10.5.1	E·HX 水泥公司日产 4000t 窑炉篦冷机工艺图与中控参数	(124)
10.5.2	G·YD 水泥公司日产 4000t 熟料窑炉篦冷机系统控制参数	(126)
10.6	日产 5000t 预分解窑系统计算机控制	(126)
10.6.1	Y·ZMD 水泥公司日产 5000t 窑炉篦冷机系统工艺图	(126)
10.6.2	铜陵 HL 水泥公司主机设备配置与系统运行参数	(128)
10.6.3	同种规模的 5000t/d 烧成系统比较	(130)
10.7	日产 9000t、10000t 熟料预分解窑炉系统计算机控制	(131)
10.7.1	韩国三星 9100t/d 预分解窑生产线简介	(131)
10.7.2	4000~10000t/d 级别回转窑参数比较及典型装备配置	(133)
10.7.3	日产 10000t 熟料预分解窑系统工艺流程与中控参数	(135)

第 11 章 预分解窑水泥厂化验室生产质量检测与控制指标	(143)
11.1 分析样品的采取与制备	(143)
11.1.1 平均样品的采取	(143)
11.1.2 平均样品的制备	(143)
11.2 化学性能检测及常用仪器	(144)
11.2.1 烧失量的测定	(144)
11.2.2 水泥物料碳酸钙的测定	(145)
11.2.3 水泥熟料中游离氧化钙的测定	(148)
11.2.4 氧化硅的测定(氯化铵凝聚质量法)	(149)
11.2.5 氧化硅的测定(氟硅酸钾容量法)	(151)
11.2.6 氧化铁的测定(配位滴定法)	(153)
11.2.7 氧化铝的测定(配位滴定法)	(154)
11.2.8 氧化钛的测定(二安替比林甲烷比色法)	(156)
11.2.9 氧化钙、氧化镁的测定(配位滴定法)	(157)
11.2.10 水泥中三氧化硫的测定	(160)
11.2.11 不溶物的测定	(164)
11.2.12 氧化钾、氧化钠的测定(火焰光度法)	(165)
11.2.13 水泥中氯离子测定	(167)
11.2.14 X-荧光分析	(169)
11.3 水泥物理性能检测及常用仪器	(173)
11.3.1 密度、容积密度的测定	(173)
11.3.2 细度(筛余量)的测定——筛析法	(175)
11.3.3 比表面积的测定——透气法	(178)
11.3.4 颗粒级配测定——激光衍射法	(184)
11.3.5 标准稠度用水量、凝结时间、安定性的测定	(186)
11.3.6 胶砂流动度的测定	(196)
11.3.7 强度的检验	(198)
11.4 预分解窑水泥厂质量控制指标	(207)
思考题	(210)

第三篇 技术设备与结构原理及操作维护

第 12 章 石灰石破碎与贮运及其系统操作	(211)
12.1 石灰石堆场	(211)
12.2 石灰石破碎	(212)
12.3 石灰石破碎、输送、贮存及预均化	(214)
12.4 石灰石破碎与贮运系统开停车操作	(218)
思考题	(220)

第 13 章 生料的均化	(221)
--------------------	-------

13.1	概述	(221)
13.2	均化库类型	(222)
13.2.1	间歇式生料均化库	(222)
13.2.2	三种连续式均化库	(222)
	思考题	(223)
第 14 章	带分解炉和旋风预热器的窑	(227)
14.1	带分解炉和旋风预热器窑的组成与类型	(227)
14.2	旋风预热器的发展与换热效率	(230)
14.3	旋风筒的规格、构造及换热原理	(231)
14.3.1	旋风筒规格	(231)
14.3.2	旋风预热器的构造及换热原理	(231)
14.4	分解炉	(232)
14.4.1	分解炉的构造	(232)
14.4.2	预分解窑炉分类	(233)
14.4.3	分解炉热工特点及分解率	(245)
14.4.4	分解炉工艺技术要求与规格	(248)
14.5	几种窑炉系统中单位质量物料的传热面积	(250)
14.6	各种分解炉综合对比与分析	(251)
	思考题	(257)
第 15 章	生料的预热与分解	(258)
15.1	概述	(258)
15.2	生料在旋风筒连接管预热及在分解炉分解	(258)
15.3	熟料在预热器和分解炉内形成过程的优点	(259)
15.4	预分解窑系统结皮、堵塞的原因	(260)
	思考题	(265)
第 16 章	窑尾气流与物料运动	(266)
16.1	概述	(266)
16.2	窑尾气流与物料运动	(266)
	思考题	(268)
第 17 章	一、二、三次风	(269)
17.1	概述	(269)
17.2	一次风及其作用	(269)
17.3	二次风及其作用	(270)
17.4	三次风及其作用与调节控制	(270)
	思考题	(271)

第 18 章 快速运转的旋窑	(272)
18.1 概述	(272)
18.2 快转旋窑内工艺带划分与物理化学反应	(272)
18.2.1 快转旋窑内工艺带的划分	(272)
18.2.2 快转窑内物料的物理化学反应	(272)
18.3 快转旋窑内的热工性能	(274)
18.3.1 高温带(烧成带)长度与燃料的燃烧	(274)
18.3.2 快转窑热负荷	(275)
18.3.3 快转窑内的物料运动	(276)
18.4 预分解窑的发热能力及产量指标	(277)
18.4.1 新建预分解窑与预热器窑的对比	(277)
18.4.2 湿法窑改建为预分解窑前后的对比	(277)
18.4.3 热负荷比较与注意要点	(278)
18.4.4 预分解窑热利用系数与产量	(278)
18.5 预分解窑的操作特点	(279)
思考题	(280)
第 19 章 窑内耐火材料	(281)
19.1 窑内衬料的作用	(281)
19.2 衬料的质量要求	(281)
19.3 干法快转窑的特点及其对耐火砖的影响	(282)
19.4 快转窑各带窑衬材料的选择	(282)
19.5 窑衬与不定型浇注料施工	(283)
思考题	(284)
第 20 章 多风道燃烧器	(285)
20.1 概述	(285)
20.2 三通道、四通道喷煤管结构、工作原理及使用情况	(285)
20.2.1 三通道、四通道喷煤管的结构及工作原理	(285)
20.2.2 相关工厂使用多风道燃烧器的情况	(286)
20.3 多风道燃烧器的技术特点	(287)
20.3.1 多风道燃烧器的五个技术特点	(287)
20.3.2 使用多通道喷煤管应注意的几个问题	(289)
思考题	(290)
第 21 章 熟料冷却与冷却机结构及其内部物料运动	(291)
21.1 熟料冷却的目的和急冷熟料的优点	(291)
21.2 篦式冷却机的结构性能	(292)
21.2.1 篦冷机设备的发展	(292)
21.2.2 篦式冷却机的性能	(292)

21.2.3 第二、三、四代篦式冷却机的结构·····	(293)
21.3 篦冷机内物料运动·····	(297)
21.3.1 冷空气与熟料的换热·····	(297)
21.3.2 第三、四代篦冷机工作原理·····	(297)
21.3.3 篦冷机内物料运动·····	(298)
思考题·····	(299)
第22章 熟料链斗输送机与熟料贮存 ·····	(300)
22.1 概述·····	(300)
22.2 链斗输送机规格型号、性能·····	(300)
22.3 新型干法线熟料链斗输送机的使用·····	(301)
22.4 熟料贮存方式与外运·····	(303)
22.4.1 熟料贮存方案比较·····	(303)
22.4.2 几家预分解窑水泥厂对熟料圆库的选型·····	(304)
思考题·····	(306)
第23章 原煤预均化与破碎储存及输送 ·····	(307)
23.1 概述·····	(307)
23.2 预均化原理——平铺直取法·····	(307)
23.3 燃料预均化效果·····	(310)
23.4 预均化的五种基本堆料方法·····	(310)
23.5 几家干法水泥生产线的原煤储存与输送·····	(312)
思考题·····	(313)
第24章 煤粉制备及其对窑炉的供应 ·····	(314)
24.1 概述·····	(314)
24.2 磨机的结构、规格型号、性能·····	(314)
24.3 预分解窑炉的煤粉制备系统流程选择·····	(315)
24.4 煤磨开停车操作与维护及常见故障处理·····	(323)
思考题·····	(331)
第25章 窑炉两把火 ·····	(332)
25.1 概述·····	(332)
25.2 两把火对燃料的要求·····	(332)
25.3 回转窑窑头一把火的煤粉燃烧·····	(334)
25.4 分解炉中一把火的煤粉燃烧·····	(335)
25.5 窑炉两把火的加煤比例·····	(336)
思考题·····	(336)
第26章 中央控制室及控制系统 ·····	(337)

26.1	中央控制室简况	(337)
26.2	中央控制室的控制系统	(338)
26.3	集散控制系统(DCS)	(343)
26.4	水泥生产主要控制回路	(348)
26.5	日产 1000t 窑外分解窑计算机控制实例	(349)
	思考题	(350)
第 27 章	环保设施	(351)
27.1	袋收尘器与电收尘器简介	(351)
27.2	Y·ZH 水泥公司窑外分解窑生产线除尘系统	(359)
	思考题	(361)
第 28 章	XWX35 选粉机	(362)
28.1	XWX35 选粉机结构原理及性能	(362)
28.2	选粉机的试运转	(364)
28.3	XWX35 选粉机的操作、维护及检修	(364)
	思考题	(367)
第 29 章	粗粉分离器	(368)
29.1	粗粉分离器的结构原理及性能	(368)
29.2	粗粉分离器的操作和维护要点	(369)
	思考题	(370)
第 30 章	粉磨系统技术标定	(371)
30.1	技术标定的重要性及必要性	(371)
30.2	物料性能测定方法	(374)
30.3	粉磨系统筛分析标定	(376)
	思考题	(380)

第四篇 操作控制实例与故障处理

第 31 章	原料立磨操作控制实例	(381)
31.1	实例工艺流程与主要设备表及参数	(381)
31.2	生料立式磨系统试生产操作控制	(388)
	思考题	(393)
第 32 章	原料球磨操作控制实例	(394)
32.1	实例工艺流程概述与主要设备表	(394)
32.2	原料磨系统空载与负荷运转的检测操作及常见故障排除方法	(398)
	思考题	(417)

第 33 章 水泥粉磨操作控制实例	(418)
33.1 实例流程概述及主要设备表	(418)
33.2 水泥粉磨系统开停车操作	(420)
33.3 水泥磨常见故障处理及日常维护	(424)
思考题	(425)
第 34 章 预分解窑正常窑况的操作与故障处理	(426)
34.1 预分解窑系统操作规程	(426)
34.1.1 工艺流程(煅烧系统)	(426)
34.1.2 开车顺序	(426)
34.1.3 停车顺序	(426)
34.2 预分解窑的点火操作方法及实例	(428)
34.2.1 旋流式(SF、NSF、FCB)分解炉与窑的点火方法	(428)
34.2.2 旋流—喷腾(RSP)式分解炉与窑的点火方法	(428)
34.2.3 旋流—喷腾 KSV 预分解窑炉的点火实例	(431)
34.2.4 日产 4000t MFC 分解炉窑的点火方法	(435)
34.3 预分解窑炉的正常操作与控制	(436)
34.3.1 预分解窑炉正常操作原则	(436)
34.3.2 系统温度的调节与控制	(439)
34.3.3 燃料需要量的控制	(443)
34.3.4 通风及喂料量的调节与控制	(446)
34.3.5 系统各参数的综合控制	(448)
34.4 预分解窑炉煅烧 33 种异常情况操作	(457)
34.4.1 来料突然中断故障处理	(457)
34.4.2 后续工艺断电故障处理	(459)
34.4.3 生料饱和比过高故障处理	(460)
34.4.4 生料饱和比过低故障处理	(461)
34.4.5 冷却机篦板掉落故障处理	(462)
34.4.6 燃煤热值急剧下降故障处理	(463)
34.4.7 燃煤细度偏细故障处理	(464)
34.4.8 分解炉喷煤偏多故障处理	(465)
34.4.9 分解炉喷煤偏少故障处理	(465)
34.4.10 四级旋风筒下料管堵塞故障处理	(466)
34.4.11 五级旋风筒下料管堵塞故障处理	(467)
34.4.12 分解炉下部堵塞故障处理	(467)
34.4.13 冷却机内冷风不足故障处理	(468)
34.4.14 生料喂料量不足故障处理	(469)
34.4.15 生料喂料量过多故障处理	(470)
34.4.16 分解炉断火故障处理	(471)

34.4.17	窑后结圈故障处理	(471)
34.4.18	窑内结大蛋故障处理	(472)
34.4.19	烟室结皮故障处理	(473)
34.4.20	跑生料故障处理	(473)
34.4.21	篦冷机“堆雪人”故障处理	(473)
34.4.22	红窑故障处理	(474)
34.4.23	分解炉或最下一级旋风筒出口气温过高故障处理	(474)
34.4.24	一级或二、三级筒出口气温过高故障处理	(475)
34.4.25	分解炉或最下级旋风筒出口气温过低故障处理	(475)
34.4.26	窑尾出口气温过高故障处理	(475)
34.4.27	窑尾气温过低故障处理	(475)
34.4.28	最下级旋风筒内有大量火花故障处理	(476)
34.4.29	窑尾负压增高故障处理	(476)
34.4.30	窑尾负压过低故障处理	(476)
34.4.31	增湿塔出口气温升高故障处理	(476)
34.4.32	入窑物料分解率降低故障处理	(476)
34.4.33	预分解窑几种疑难故障的处理	(477)
34.5	22 个典型故障处理的操作步骤简表	(477)
34.6	预分解窑系统主要岗位职责	(481)
	思考题	(483)

第 35 章	附 录	(485)
35.1	附录一 预分解窑调试主要操作事项	(485)
35.1.1	概述	(485)
35.1.2	调试操作前的准备工作	(485)
35.1.3	操作安全	(487)
35.1.4	设备的日常维护工作	(487)
35.1.5	常见故障及处理	(487)
35.2	附录二 水泥预分解窑低温余热发电技术	(490)
35.2.1	低温余热发电技术原理	(490)
35.2.2	纯低温余热发电技术的主要参数	(490)
35.2.3	低温余热利用方式及电站建设模式	(492)
35.2.4	低温余热发电效益测算	(494)
35.2.5	水泥窑低温余热名优炉实践中几个问题	(495)
35.3	附录三 预分解窑水泥生产技术与操作模拟试题 A、B 卷	(497)

参考文献	(503)
------------	-------

绪 论

(1) 胶凝材料的定义和分类

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,且有一定机械强度的物质,称为胶凝材料。

胶凝材料按分子结构可分为有机(高分子)胶凝材料(如沥青、树脂粘剂等)、无机胶凝材料(如水泥、石灰、石膏等)、复合材料(如钢筋混凝土、玻璃钢、石棉瓦等)。

无机胶凝材料又分为两种:①水硬性胶凝材料——与水拌和后的浆体既能在空气中硬化又能在水中硬化,并产生机械强度的,常称水泥。②非水硬性胶凝材料(也称气硬性胶凝材料)——拌水之后的浆体不能在水中硬化(在水中溃散、悬浮而失去强度),只能在空气中硬化产生强度,如石灰、石膏、耐酸胶结料。

(2) 胶凝材料的发展历程

胶凝材料是随人类生产力的发展而发展的,有着极为悠久的历史。大致经历了以下四个阶段:

①远古时期(距今 4000—10000 年):新石器时期。如用黏土、稻草加壳皮抹砌简易建筑物。

②公元前 3000—公元前 2000 年:石膏—石灰时期。当时,中国、埃及、希腊以及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,我国的万里长城以及其他许多宏伟的古建筑,都是用石膏或石灰作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。目前考古资料分析,在汉朝(公元 2 世纪)人工烧制石灰已经达到相当高的水平。

③公元初:石灰—火山灰时期。如古希腊人和罗马人开始用石灰掺火山灰的砂浆,即具有水硬性的材料来兴建建筑物。如古罗马的“庞贝”城、罗马神庙及法国南部里姆斯附近的加德桥等著名的古建筑都是用石灰—火山灰砌筑的。在我国古代建筑中所用的“三合土”,实际也是一种石灰—火山灰材料。现仍用三合土碾压密实做路基,三合土比例为石灰:黏土:炉渣=1:2:3。

④1824 年:由英国 J. 阿斯普丁(J. Aspdin)于 1824 年首先设厂制造水泥成功,获得产品专利权。19 世纪初期(1810—1825 年),用人工配合原料,再经高温煅烧至烧结熟料,然后磨细制造出了水硬性胶凝材料。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)。由于含有较多的硅酸钙,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。

(3) 广义的水泥定义和分类

凡细磨成粉末状,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,并能将砂、石等散粒或纤维材料牢固地胶结在一起的水硬性胶凝材料,通称为水泥。

水泥的种类很多,按其用途和性能可分为:通用水泥、专用水泥以及特性水泥三大类。通用水泥为用于大量土木建筑工程一般用途的水泥,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和粉煤灰硅酸盐水泥及复合硅酸盐水泥等。专用水泥则指有专门用途的水泥,如油井水泥、砌筑水泥等。而特性水泥是某种性能比较突出的一类水泥,如快硬硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥、抗硫酸盐硅酸盐水泥、膨胀硫铝酸盐水泥、自应力铝酸盐水泥等。也可按其组成为硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、氟铝酸盐水泥、铁铝酸盐水泥以及少熟料或无熟料水泥等几种。目前水泥品种已达 100 余种。

(4) 水泥在国民经济中的重要性

水泥是建筑业三大基本材料之一,使用广、用量大,素有“建筑业的粮食”之称。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 35%。根据预测,21 世纪的主要建筑材料,将还是水泥和混凝土,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,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加,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、石等散料胶结成整体,逐渐产生强度。因此,水泥或水泥混凝土的强度是随硬化龄期而逐渐增长的。早期增长甚快,往后逐渐减缓。但是,只要维持适当的温度和湿度,其强度在几个月、几年后还会进一步增长。另一方面,也可能在几十年后尚有未水化的部分残留,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,可浇筑成各种形状及尺寸的构件,以满足设计上的不同要求;适应性强,还可用于海上、地下、深水或者严寒、干热的地区以及耐侵蚀、防辐射等特殊要求的工程;硬化后可以获得较高强度,并且改变水泥的组成,可以适当调节其性能,满足某些工程的不同需要;尚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,有效发挥材料潜力;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,更不会有年久老化的问题,耐久性好,维修工作量小,等等。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、农林、水利以及海港等工程,能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上、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,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,其中最基本的则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,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。

(5) 水泥窑的发展

第一阶段是 1824 年出现的土立窑,即硅酸盐水泥在第一次产业革命中问世。当时,用间歇式的土窑烧成水泥熟料。随着以冶炼技术为突破口的第二次产业革命的兴起,推动了水泥生产设备的更新。第二阶段是 1885 年出现的回转窑,1877 年用回转窑烧制水泥熟料获得专利权,继而出现单筒冷却机、立式磨以及单仓钢球磨等,有效地提高了水泥的产量和质量。第三阶段是 1910 年出现的机立窑,实现了机械化连续生产。第四阶段是 1928 年出现的立波尔窑,使窑的产量明显提高,热耗降低较多。第五阶段是 1950 年出现的悬浮预热器窑,更使热耗

大幅度降低,其他的水泥制造设备也不断更新换代,第二次世界大战后,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,水泥工业又相应发生了深刻的变化。第六阶段是1971年出现的水泥窑外分解技术,即预分解窑技术,从而带来了水泥生产技术的重大突破,熟料质量高,能耗低,这个阶段是以电子计算机为代表的新技术在水泥工业中应用的成果。

(6) 水泥预分解窑

水泥预分解窑技术是在旋窑窑尾设置悬浮预热器和分解炉,将碳酸盐分解过程从窑内移到窑外的煅烧技术,是一种新型的干法熟料生产。新型干法是以窑外分解技术为核心,集中现代科学技术和工业成就,如原料预均化、生料气力均化、烘干粉磨,各种新型耐热、耐磨、耐火材料以及电子计算机、自控技术等广泛应用于水泥生产行业中,使水泥生产具有高效、优质、低耗、符合环保要求和大型化、自动化特征的现代化水泥生产方法。

干法是指生产中的生料以干粉形式入窑,即将原料同时烘干与粉磨或先烘干再粉磨成生料粉,而后经调配均化,符合要求后喂入干法窑内煅烧成熟料的生产方法。如果将干生料粉调配均匀并加12%~15%的水成球入窑煅烧称半干法。如果将黏土质原料先淘制成黏土浆,然后与石灰质原料、铁质原料和水按一定比例配合喂入磨机制成生料浆,含水32%~40%,搅拌均匀,符合要求后入湿法窑煅烧成熟料的方法称为湿法。

(7) 现代化水泥生产方法的特征

现代化水泥生产主要具备四方面特征:装备大型化、工艺节能化、管理自动化、环保生态化。它与普通湿法旋窑生产时的窑内传热效率差,单产低、高温废气热损失大、熟料热耗高、扬尘点多且大、自控程度低等形成鲜明的对比。

①水泥装备大型化。2009年天瑞集团在河南省荥阳建成的日产12000吨熟料生产线投产(同规模的生产线有美国李岛、国内安徽芜湖繁昌与铜陵等),是目前世界上单机规模最大的水泥生产线。2006年及以前有10000 t/d的水泥熟料烧成系统(如日本伊佐水泥厂,泰国暹罗京都水泥公司),国内水泥工业设计院设计的5000 t/d、10000 t/d熟料生产线已达标生产(如铜陵·HL公司3号线、安徽枞阳HL公司等)。按国家的产业政策,即上大改小、以新促强的方针,今后新型干法水泥窑至少为2500 t/d熟料及以上规模,大型化是必然趋势。用于生料磨的600 t/h辊式磨正在制造。与这些主机相配套的其他工艺环节的机械装备,如大型破碎机、预均化设备、输送设备、收尘设备等,也要相应进行大型化和现代化,以简化流程,提高效率。设备大型化的成果是大大提高水泥生产效率,为水泥进入国际市场创造条件。

②生产工艺节能化。

a. 预热器:在不增加总的预热器压力损失(或略有增加)的前提下,采用6级旋风预热器,使系统熟料热耗小于2827 kJ/kg(700 kcal/kg),热效率提高到60%。

b. 分解炉:改进结构或采取各种措施提高生料在炉中的停留时间,确保燃料在炉中的充分燃烧,以便在不提高炉温的前提下,提高入窑物料分解率。

c. 窑:为了减轻窑体质量,简化结构,支承长径比达11左右的短窑(如我国台湾亚泥集团),已经在工业生产中显示出优越性。另一种取消大点圈转动的由托辊支持点直接进行传动的窑已经问世,从而使回转窑运行更平稳,耐火砖的使用寿命更长。

d. 喷煤管:为了适应低性能的燃烧条件,各国竞相开发新型的多通道燃烧器(窑头和分解炉)以进一步强化和控制燃烧。

e. 冷却机:史密斯公司现已研制并投入使用“可控气流”式第四代篦式冷却机。第四代篦冷机全面考虑从回转窑进入篦冷机之后的料层纵向、横向的阻力和料温的分布规律,既沿纵向