



# 新型干法水泥实用技术全书

(上册)

主 编：于兴敏

中国水泥协会 中国水泥杂志社编

中国建材工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

新型干法水泥实用技术全书(上、下册)/中国水泥协会编. —北京:  
中国建材工业出版社, 2006. 8

ISBN 7-80227-108-8

I. 新... II. 中... III. 水泥—干法—生产工艺 IV. TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 064783 号

## 新型干法水泥实用技术全书(上、下册)

主 编: 于兴敏

中国水泥协会 中国水泥杂志社编

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: 北京市燕鑫印刷有限责任公司

开 本: 880mm×1230mm 1/16

印 张: 127

字 数: 3600 千字

版 次: 2006 年 8 月第 1 版

印 次: 2006 年 8 月第 1 次

定 价: 400.00 元(上、下册)

---

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)88376778

# 新型干法水泥实用技术全书

编委会主任:雷前治(中国水泥协会会长、教授级高工)

副主任:曾学敏(中国水泥协会常务副会长、教授级高工)

孔祥忠(中国水泥协会秘书长、教授级高工)

主编:于兴敏(天津水泥工业设计研究院院长、教授级高工)

副主编:庄春来(中国水泥协会副秘书长、中国水泥杂志社社长)

蔡玉良(南京水泥工业设计研究院技术中心主任)

包玮(合肥水泥工业研究设计院总工程师)

崔素萍(中国水泥协会新型干法研究会秘书长、

北京工业大学副教授)

张富(天津水泥工业设计研究院余热发电室主任)

委员:(以姓氏笔画为序)

于玉川 王惠兴 王焕忠 方玉萍 田 楨 吕桂新

齐 欣 刘作毅 刘春华 孙 梅 张建新 李齐炯

李涛平 李 彤 季尚行 武洪明 邵 俊 胡芝娟

胡幼奕 胡如进 俞为民 徐德复 徐凤娟 顾志玲

唐光荣 聂纪强 常 亮 崔星太 崔源声 隋同波

谢 泽 韩仲琦 韩翠林 蒋尔忠 蔡玉良 廖正光

出版策划:庄春来 张建新 武洪明 齐 欣 李 彤 邵 俊

执行主编:张建新(中国水泥杂志社总编辑)

执行副主编:李彤(中国水泥杂志社编审)

广告总监:齐欣(中国水泥杂志社副社长)

终审:(以姓氏笔画为序)

方德瑞	王仲春	王惠兴	庄春来	刘启元
刘理	齐欣	张富	张建新	李涛平
陈汉民	陈友德	宓振军	俞坚	贾月英
唐光荣	鲁幼勤	蒋尔忠	蔡玉良	

撰稿:(以姓氏笔画为序)

王仲春	王晨光	王瑶	王亚丽	王宁
方婉	石常军	邓小林	包玮	庄春来
刘后启	刘寿绵	刘继芊	孙金亮	成庚生
朱晓彬	沈欣	宋子新	张万利	张为民
张建新	张再宏	张福滨	李雄波	李茂林
李彤	谷湖江	吴红	罗立波	陈友德
陈晓东	陈小林	周昌华	孟军	孟德宏
武洪明	郑青	倪永明	梁朝明	郝汝铤
唐光荣	唐来勇	聂纪强	柴星腾	涂玉波
崔素萍	常捷	葛立武	韩仲琦	鲁有
温志德	董兰起	廖正光	熊会思	

编辑:吴承杰 庞以训 田悦 王宁 于丽芬  
董跃军 屈交胜 付立娟 吴旭东 王晴  
刘琼



# 序 言

进入 21 世纪后,中国的水泥工业步入了一个快速、健康发展的崭新阶段,其主要特征:一是新型干法水泥高速发展。在新世纪的头五年中,共建成新型干法生产线近 500 条。“国产化、低投资”,这个水泥人多年的夙愿,已经变成了现实。此期间所建的新型干法生产线绝大多数都是先进的大型化的生产线,日产 4000 吨及以上规模生产线已占新型干法线总规模的 1/3 以上。新型干法的发展不仅是数量的增长,而且在质的方面有了很大的提高。二是大型水泥集团的迅速成长。在 2001 年以前,我国还没有一个水泥集团生产规模能达到 1000 万吨。新世纪短短几年,水泥产业结构调整就取得了突破性进展,通过兼并重组和产能的扩张,我们目前已经拥有了近 10 个规模超过或者接近 1000 万吨的大型水泥集团。三是水泥装备走出国门,参与国际竞争。“十五”期间,我国具有自主知识产权的水泥技术装备的制造能力迅速提高,出口交货值以 20% 的速度增长,在国际市场上出现了一支具有一定竞争力、能承揽大型水泥工程建设的“中国军团”,从工程设计、装备制造、建筑安装到生产调试,可以实行“交钥匙”工程的集成服务。中东两条万吨水泥生产线建设工程的中标,足以证明中国的水泥装备、设计和工程服务诸方面已经达到了国际先进水平。据统计,仅 2005 年及 2006 年上半年签订的合同额近三十亿美元,项目遍及欧美亚非等 20 多个国家。

中国水泥工业快速发展带来的问题是创新能力、科学管理和人才培养跟不上。我们水泥工作者还面临着资源、能源、环保、管理、技术等多方面的巨大挑战,这就需要我们不断学习、学习、再学习。

《新型干法水泥实用技术全书》是由中国水泥协会、中国水泥杂志社组织编写,于兴敏同志担任主编的一部大型工具书,它是水泥行业集体智慧的结晶。编写该书的目的在于适应新型干法水泥的高速发展形势,满足广大水泥工作者对新型干法水泥生产技术和装备等多方面的需要。

该书可以说是我国第一部新型干法水泥实用技术大型专业工具书,它全面反映了我国新型干法水泥技术的发展现状,集中展示新型干法水泥生产线各类机械设备,填补我国新型干法水泥技术大型工具书的空白,对推动我国水泥产业结构调整,促进企业生产管理水平的提高,提高专业技术知识,为新型干法水泥企业管理者和各类技术人员提供智力支持将会起到积极作用。该书无论对于从事水泥工业研发、设计、生产及设备制造、工程承包等单位的管理和技术人员,均是一本极好的工具书。

该书在编写过程中,天津水泥工业设计研究院、南京水泥工业设计研究院、合肥水泥水泥研究设计院、成都建材工业设计研究院、南京凯盛水泥工业设计研究院和部分水泥企业近百名专家学者、工程技术人员参与了辛苦工作,耗时 3 年有余,全面、系统地将新型干法水泥生产技术装备等内容,汇集到这部 360 余万字的大型工具书中。在此,我代表中国水泥协会、代表《新型干法水泥实用技术全书》编委会向所有参加本书策划、撰稿、审稿、编辑、出版的同仁表示衷心感谢!

科学技术日新月异,新型干法水泥技术装备涉及的面非常广,本书难免有疏漏和错误之处,敬请广大读者批评指正!

中国水泥协会会长 **雷前浩**

二〇〇六年七月十八日

# 编者的话

水泥自发明以来,经历了土窑、立窑、中空回转窑、湿法窑、立波尔窑、预热器窑,新型干法窑的发展过程,其生产工艺技术经历了多次的重大技术创新。上世纪中叶,悬浮预热和预分解技术的发明把水泥工业推上了一个新的阶段,经过半个世纪,中外水泥科技人员不断研究、开发、创新,以悬浮预热和预分解技术装备为核心的新型干法水泥技术得到了广泛应用,新型干法水泥生产技术成为当今水泥工业发展的最新先进工艺和主流技术。目前我国新型干法水泥比重已经达到40%,国家八部委在“关于加快水泥工业结构调整的若干意见”中提出:到2010年新型干法水泥比重提高到70%。

由于新型干法水泥的快速发展,大批新的生产线建成投产,数量众多的工程技术人员进入到新型干法水泥行列,老的技术人员知识需要更新提高,新的技术人员需要学习掌握。为此中国水泥协会、中国水泥杂志社编辑了这部大型工具书《新型干法水泥实用技术全书》。

该书为上下两册,共分4篇、34章、175节。第一篇是概论,主要介绍了水泥的发明、应用、分类;水泥工业的发展过程;新型干法水泥生产技术的现状与展望;水泥工业的可持续发展问题。第二篇是工艺技术篇,从矿山开采技术到熟料、原燃料特性与生料制备技术;从熟料煅烧和冷却技术到水泥成品制备技术;从收尘技术、散装、袋装工艺技术到工艺过程控制与自动化技术;从水泥窑余热利用技术、废物及其处理利用到质量体系建立与生产过程质量控制,都进行了详细讲解和论述。第三篇是装备与材料篇,从矿山设备与工程机械到粉磨及辅助设备;从煅烧和冷却设备到预均化堆场与均化设备;从输送、给料与计量设备到废气处理设备;从散装袋状水泥设备到余热利用设备;从耐磨、耐火、隔热材料的选择到设备润滑的管理与应用,都进行了一一介绍和详尽说明。第四篇是建设篇,主要介绍了水泥企业基本建设的程序及前期工作;建设项目的设计工作与主要内容;工程施工、监理与验收工作;建设项目管理方式的选择与投资控制;生产线的投产调试与中小型回转窑的技术改造。

为了方便广大水泥企业管理人员和工程技术人员,《全书》还将国家有关法律、行业管理法规、规章;水泥品种标准、检测方法标准、混合材标准、用煤标准、环保标准及相关标准,以及一些常用的资料数据尽收在附录中,可谓是一书在手,新型干法水泥技术装备应有尽有。

我们要向在本书策划、选题、组稿、撰稿、编辑、审核、校对、排版过程中,所有给予过指导、帮助的业内同仁再次表示衷心感谢!本书在出版过程中,得到了中国建材工业出版社社长董振群的大力支持,侯力学副总编辑给予了具体的指导和帮助,我们也表示衷心感谢!

因于本书从策划到编辑出版时间长达三年多,而且参加编写和审核工作的人近百人,文字多达360多万字,在统稿和审稿过程中存在很大困难,书中难免有疏漏和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编者

二〇〇六年七月一日于北京百万庄

# 目 录(上册)

## 第一篇 概 述

第一章 历史陈述	2	3.1 机遇与挑战	14
第一节 水泥的产生和形成	2	3.2 我国水泥工业发展的环境预测	15
1 什么是水泥	2	3.3 我国水泥工业的发展趋势	15
2 罗马水泥的发明	2	第二章 新型干法水泥生产技术现状与展望	16
3 波特兰水泥的发明	2	第一节 新型干法水泥所需的资源与能源	16
4 水泥的定义	2	1 制造水泥所需的传统原料和燃料	16
第二节 水泥的应用和分类	3	1.1 原料	16
1 水泥的应用	3	1.2 燃料	16
1.1 浇筑混凝土	3	1.3 石膏和混合材料	17
1.2 水泥制品	3	2 再生资源 and 再生资源的利用	17
2 水泥的分类	3	2.1 节约资源的必要性和可能性	17
2.1 我国水泥品种的分类	3	2.2 再生资源,再生资源的利用	17
2.2 水泥品种的发展	3	第二节 破碎与粉磨	18
第三节 世界水泥工业的发展历程	5	1 粉碎工程的进展	18
1 水泥工业的产生	5	2 破碎与粉磨工艺	18
2 水泥制造方法的演变	5	3 关于料层粉碎理论	18
2.1 水泥熟料烧成法的进步	5	4 关于粉碎节能问题	19
2.2 水泥回转窑的大型化	6	4.1 立磨(立式辊磨)在水泥厂中的应用	19
2.3 破碎与粉磨技术的进步	6	4.2 水泥预粉磨技术的发展	19
2.4 系统集成技术的变化	7	4.3 粉磨前景	20
3 自动化技术	7	第三节 烧成工程	20
4 水泥生产技术的突破	8	1 烧成技术的进步	20
5 清洁生产与可持续发展	8	1.1 预分解技术	20
6 世界水泥工业的发展现状	8	1.2 两支点窑	21
6.1 生产线能力的大型化	8	1.3 新传动结构	21
6.2 生产与管理信息化	8	1.4 多通道燃烧器	21
6.3 水泥生态化技术的发展	9	1.5 第三代篦冷机	21
第四节 我国新型干法水泥工业的发展过程	9	1.6 余热利用	21
1 中国水泥工业的发展史	9	2 关于烧成工艺的理论	21
2 中国水泥工业的发展现状	10	2.1 悬浮预热器	21
2.1 中国水泥工业综观	10	2.2 分解炉	22
2.2 新型干法技术飞速发展	10	2.3 悬浮预热预分解系统的数学模型	22
2.3 技术进步	11	2.4 烧成系统的集成技术	22
2.4 水泥生产的地理分布与水泥贸易	12	3 流化床烧成水泥新技术	22
2.5 控制水泥总量,进行产业结构调整	14	第四节 自动化与信息技术	23
3 中国水泥工业的发展趋势	14	1 自动化与信息技术的发展	23





2	检测技术	23	2.1	生态工业理论	35	
	2.1	计量装置和光机电一体化	23	2.2	循环经济理论	35
	2.2	生料质量控制系统	24	2.3	产品生命周期理论	35
	2.3	游离氧化钙在线检测仪	24	2.4	绿色制造理论	35
	2.4	水泥细度在线检测系统	24	2.5	简要评述	36
	2.5	水泥回转窑筒体温度检测与保护	24	3	水泥工业可持续发展的评价指标体系	36
	2.6	其他	24	3.1	指标体系的价值和作用	36
3	水泥生产过程控制系统	25	3.2	建立指标体系的基本原则	37	
4	信息管理系统	25	3.3	指标体系模型的建立	38	
	4.1	水泥厂生产管理信息系统	25	3.4	指标体系的基本构成	38
	4.2	水泥厂电子商务平台系统	25	第三节	我国水泥工业可持续发展的成就与挑战	40
<b>第三章</b>	<b>水泥在国民经济中的地位和作用</b>	26	1	我国水泥工业可持续发展的主要行动和实绩	40	
第一节	水泥是不可替代的基础性原材料	26	1.1	积极调整水泥工业结构	40	
1	水泥的性能	26	1.2	严格达标排放,加大水泥工业污染源治理	41	
2	水泥在国民经济中的地位和作用	26	1.3	实施技术改造,推行清洁生产	41	
第二节	水泥工业对国民经济增长的拉动作用	27	1.4	狠抓节能降耗,整顿矿业秩序	41	
1	我国水泥市场分析	27	1.5	提高“三废”综合利用率	41	
2	水泥技术装备的出口情况	27	2	中国水泥工业可持续发展面临的问题与挑战	41	
3	水泥产业结构调整	27	2.1	水泥工业发展中的环境约束依然严峻	42	
第三节	新型干法是水泥技术的创新技术	28	2.2	水泥工业资源的保障程度低与消耗浪费并存	42	
第四节	发展新型干法水泥是历史的必然	29	2.3	技术推广与投入对水泥工业可持续发展的支撑乏力	43	
1	水泥制造业是人类文明的产物	29	第四节	我国水泥工业可持续发展的战略思路与途径	44	
2	必须解决水泥制造业存在的问题	29	1	实施水泥工业可持续发展的战略思路	44	
3	水泥工业的可持续发展	30	1.1	调整产业结构、提高水泥工业增长的质量水平	44	
4	世界高新技术的发展支持了新型干法水泥的发展	30	1.2	建立循环经济体系,实现水泥工业发展与资源环境协调发展	44	
<b>第四章</b>	<b>水泥工业的可持续发展</b>	31	1.3	加快技术进步步伐,促进资源的有效利用和环境质量的改善	45	
第一节	我国水泥工业可持续发展综观	31	1.4	加速高效节能、环保设备的开发,提高装备水平	45	
1	我国水泥工业不可持续发展问题	31	2	实现水泥工业可持续发展的主要途径和措施	45	
1.1	资源问题	31	2.1	实现我国水泥工业可持续发展的主要途径	45	
1.2	能源问题	31	2.2	实现我国水泥工业可持续发展的主要措施	45	
1.3	环境问题	31				
2	水泥工业可持续发展的理论渊源与产生的背景	31				
2.1	传统的水泥发展观与工业化模式	31				
2.2	水泥工业可持续发展的提出	32				
2.3	研究中国水泥可持续发展的目的和意义	32				
第二节	水泥工业可持续发展理论	34				
1	水泥工业可持续发展的概念及内涵	34				
1.1	水泥工业可持续发展的概念	34				
1.2	水泥工业可持续发展的内涵	34				
2	水泥工业可持续发展的有关理论	35				

## 第二篇 新型干法水泥生产技术

第一章 水泥原料矿山及开采技术	50	3 露天矿采剥方法	62
第一节 水泥用石灰岩分布和储量	50	3.1 纵向采剥方法	62
第二节 水泥原料矿山开采技术发展方向	51	3.2 横向采剥方法	62
1 水泥矿山开采规模日益大型化	51	4 陡帮开采	62
2 选用大型、高效、耐用的工艺设备	51	4.1 陡帮开采的适用条件	62
3 开拓方式、采矿工艺多样化	51	4.2 陡帮开采工艺结构特点	62
4 矿产资源开发利用和地质生态协调发展	52	4.3 采用陡帮开采工艺的露天矿的优点	63
5 矿山生产不断溶入新科技	52	4.4 技术要点	63
6 矿山辅助作业机械化	52	4.5 陡帮开采作业方式	63
第三节 矿山地质勘探	52	5 露天矿边坡	64
1 矿山地质勘探简述	52	第五节 水泥原料矿山设计实例	66
1.1 矿床地质报告研究与验审	52	1 嘉新京阳水泥有限公司矽锅底石灰石矿山设计	66
1.2 矿山环境地质调查	52	1.1 项目概况	66
1.3 工程地质系统调查	53	1.2 矿山地质概况	66
2 生产勘探	53	1.3 矿山规划设计	67
2.1 生产勘探目的	53	1.4 结束语	70
2.2 生产勘探任务	53	2 哈尔滨水泥厂新明矿西矿区转入凹陷露天开采规划设计	70
2.3 勘探工程布设原则	53	2.1 项目概况	70
2.4 矿山地质取样	54	2.2 矿床地质	71
2.5 矿山地质编录	54	2.3 矿床开采	71
2.6 矿产资源储量	54	2.4 矿床开拓与运输	74
2.7 矿石质量管理	54	2.5 矿山转入凹陷开采时的技术方案	74
2.8 矿石损失贫化管理	55	2.6 结论与建议	77
2.9 矿山水文地质	55	第二章 熟料、原燃料特性与生料制备技术	79
第四节 矿山开采	55	第一节 原料工作程序	79
1 露天开采境界的确定	55	1 地质找矿	79
1.1 确定水泥原料矿山露天开采境界的原则	55	1.1 目的	79
1.2 露天开采境界剥采比的确定	55	1.2 步骤	79
1.3 露天采场境界的确定	55	1.3 重要性	79
1.4 圈定露天矿底平面周界	56	2 原燃材料工艺性能试验	79
2 露天矿的开拓	56	2.1 水泥原料磨蚀性试验(TR3.1-92,天津水泥工业设计研究院标准)	80
2.1 影响开拓方案选择因素	56	2.2 易磨性试验(GB9964-88)	81
2.2 开拓系统选择原则	56	2.3 煤的燃尽试验	85
2.3 公路运输开拓	56	2.4 可磨性试验(GB/T2565-1998)	86
2.4 平硐溜井开拓	58		
2.5 公路—破碎站—带式输送机运输开拓	60		



2.5 立磨试验	87	4.8 有机质	113
2.6 易烧性试验(GB9965-88)	87	4.9 其他	113
2.7 有害组分挥发性试验(TR3.2-92)	92	第四节 燃料	113
3 设备选型与工艺设计	93	1 燃料分类	113
4 生产调试	93	1.1 煤炭分类	114
第二节 硅酸盐水泥熟料的组成与特性	94	1.2 煤炭质量的分级	116
1 化学组成	94	2 煤质分析	118
2 熟料的矿物组成、液相量、晶体结构	94	2.1 煤的工业分析	119
2.1 硅酸三钙(C <sub>3</sub> S)	96	2.2 煤的元素分析	121
2.2 硅酸二钙(C <sub>2</sub> S)	97	3 煤燃烧特性和发热量计算	122
2.3 中间相	98	3.1 煤的燃烧特性	122
2.4 游离氧化钙	99	3.2 发热量计算	124
2.5 方镁石(fMgO)	100	4 煤灰的成分分析及煤灰的熔融性和煤灰的黏度	126
2.6 碱(K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O)	101	4.1 煤灰的成分分析	126
3 熟料率值表示方法	101	4.2 煤灰的熔融性及煤灰的黏度	127
3.1 水硬率(Hydraulic Modulus)	101	5 各项煤质指标间的相互关系	128
3.2 硅酸率(Silica Modulus)	101	5.1 挥发分和发热量的关系	128
3.3 铝氧率(Alumina ratio)	101	5.2 灰分 A <sub>d</sub> 和发热量 Q <sub>gr,d</sub> 的关系	128
3.4 石灰公式	101	5.3 灰分和挥发分的关系	128
3.5 率值作为矿物组成的函数	103	5.4 水分(M <sub>f</sub> 及 M <sub>ad</sub> )和发热量的关系	128
4 熟料矿物组成的测定与计算	103	5.5 固定碳 FC <sub>d</sub> 和发热量的关系	128
4.1 石灰饱和系数法	104	6 对水泥生产工艺过程有影响的煤的其他性质	129
4.2 代数法	105	6.1 煤的可磨性	129
第三节 水泥原料	105	6.2 煤的磨损性	130
1 钙质原料	105	6.3 煤的可磨性指数与磨损性指数的关系	130
1.1 天然钙质原料	106	7 煤粉的制备	130
1.2 工业废物	107	7.1 我国水泥工业以煤为主要燃料	130
2 硅铝质原料	107	7.2 新型干法水泥生产在燃煤使用方面所面临的新课题	131
2.1 天然黏土	107	第五节 配料设计与计算	136
2.2 工业废渣	108	1 原料选择	136
3 校正料	108	1.1 钙质原料	136
3.1 硅质校正料	108	1.2 硅铝质原料	138
3.2 铝质校正料	110	1.3 原料之间的协调性	139
3.3 铁质校正料	110	2 易烧性	139
4 原料中各元素论述	111	2.1 从原料切入	139
4.1 CaO	111	2.2 从熟料矿物相切入	140
4.2 SiO <sub>2</sub>	111	2.3 计算烧成温度	140
4.3 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 和 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	112	2.4 试验求得	140
4.4 MgO	112		
4.5 SO <sub>3</sub>	112		
4.6 K <sub>2</sub> O与 Na <sub>2</sub> O	112		
4.7 Cl <sup>-</sup>	112		

3 化学成分	140	第三章 新型干法水泥熟料煅烧和冷却技术	186
3.1 主要化学成分	140	第一节 新型干法水泥熟料煅烧技术的发展	
3.2 次要化学成分	141		186
3.3 矿物与颗粒组成	141	第二节 旋风预热器技术	187
4 新型干法窑生料配料理念和配料设计	142	1 洪堡旋风预热器	187
4.1 配料理念	142	2 德国伯利休斯公司多波尔旋风预热器	188
4.2 配料计算	143	3 维达格型旋风预热器	188
5 提高水泥熟料质量的配料方案案例分析	147	4 旋风预热器研究与设计	188
第六节 原料均化与生料制备	148	4.1 旋风筒研究	188
1 均化链概念	149	4.2 旋风筒间连接风管设计	203
2 石灰石搭配开采配矿效果	150	4.3 卸料管设计	204
3 原料破碎与储存的均化作用——预均化堆场	151	第三节 预分解工艺技术	207
4 生料粉磨的均化作用	151	1 分解炉型式及其特点	207
4.1 常规的生料成分控制方式	151	2 筒式分解炉	207
4.2 后置生料成分在线控制系统	151	2.1 日本石川岛 SF 分解炉和悬浮预热器窑系统	207
4.3 前置生料成分在线控制系统	151	2.2 日本川崎重工 KSV 炉系列	212
第七节 生料粉磨	155	2.3 DD 型分解炉	214
1 生料粉磨的概念和发展趋势	155	2.4 RSP 分解炉系列	219
1.1 粉磨目的	155	2.5 丹麦史密斯分解炉系列	224
1.2 影响生料粉磨的原料物性	156	3 流化床式分解炉	230
1.3 生料粉磨系统的发展	157	3.1 原始型 MFC 分解炉	230
2 烘干兼粉磨球磨系统	158	3.2 改进型 MFC 炉	231
2.1 系统阐述	158	3.3 N-MFC 分解炉	231
2.2 废热利用	163	3.4 各型 MFC 分解炉比较	232
2.3 磨机选型计算	164	3.5 MFC 分解炉的操作监控	234
2.4 球磨系统生产的优化	166	4 烟道式分解炉	235
3 立磨粉磨系统	168	4.1 洪堡公司的 Pyroclon 分解炉	235
3.1 历史沿革	168	4.2 伯利休斯公司 Prepol 分解炉	239
3.2 工作原理、结构特征及与球磨的对比	169	4.3 我国烟道分解炉发展情况	241
3.3 立磨工艺参数	171	第四节 回转窑烧成工艺技术	242
3.4 选型计算	173	1 回转窑设计的原始数据	242
3.5 粉磨系统	174	1.1 回转窑的基本要求	242
3.6 操作要点	178	1.2 回转窑规格	242
4 辊压机粉磨系统	179	2 窑内物料负荷	246
4.1 发展进程	179	3 耐火砖负荷	247
4.2 粉碎机理	179	3.1 耐火材料要求及特性	247
4.3 选型计算	179	3.2 耐火材料试验	247
4.4 工艺系统	182	3.3 耐火材料种类	248
4.5 增产节能效果	184	3.4 耐火砖选择	249
5 筒辊磨粉磨系统	184	3.5 窑皮负荷	250
		3.6 应用实例	252



第五节 煤粉燃烧器	255	2.4 石膏在水泥中的适宜掺入量	313
1 煤的成分和热值	255	2.5 磷石膏	313
2 煤的燃烧反应	255	3 混合材料的种类和特性	314
3 确定燃烧空气量是否过剩	255	3.1 六大通用水泥混合材料的掺加量	315
4 火焰	257	3.2 几种常用的混合材料的定义及技术 要求	315
4.1 燃料燃烧(开始着火)	257	第二节 水泥粉磨	319
4.2 火焰长度	258	1 工艺简述	319
4.3 火焰特性	259	1.1 开流粉磨	320
4.4 火焰形状	260	1.2 圈流粉磨	320
4.5 火焰方向	260	2 粉磨设备	322
4.6 调整火焰方向	260	2.1 磨机分类	322
4.7 火焰温度	261	2.2 开流钢球磨	322
5 回转窑用煤粉燃烧器	262	2.3 康比丹磨	323
5.1 窑用单风道煤粉燃烧器	262	2.4 国产筛分磨	325
5.2 三风道煤粉燃烧器	263	2.5 圈流钢球磨系统	325
5.3 窑用四风道煤粉燃烧器	267	2.6 立磨	326
6 分解炉用煤粉燃烧器	272	2.7 辊压机	332
7 煤粉燃烧器的选用	273	2.8 筒辊磨(HORO磨)	333
第六节 新型干法水泥厂熟料冷却装置	274	3 选粉机	333
1 单筒冷却机	275	3.1 干法圈流粉磨系统的主要设备	333
2 新型干法生产用篦式冷却机	279	3.2 选粉机的种类	334
2.1 第二代篦冷机进口布料方法	279	3.3 选粉机的评价	335
2.2 第三代篦式冷却机进口装置	281	第三节 矿渣粉磨	337
3 篦式冷却机篦板及篦床结构	284	1 矿渣是水泥的重要混合材	337
3.1 第一代篦式冷却机篦板	284	2 现有的矿渣粉磨系统	337
3.2 第二代篦式冷却机篦板	285	2.1 管磨系统	337
3.3 第三代篦式冷却机篦床	287	2.2 辊压机预粉磨系统	339
4 篦床的供风系统	295	2.3 辊压机终粉磨系统	339
5 往复推动篦式冷却机设计计算	296	2.4 立磨系统	340
5.1 雇主对篦式冷却机要求	296	2.5 国产立磨矿渣粉磨技术进展	341
5.2 确定篦式冷却机篦床规格	296	第四节 水泥助磨剂	343
5.3 篦下室分室及风机参数选择	298	1 水泥助磨剂发展及重要性	343
6 SF型推动棒式篦冷机生产实践	303	2 水泥助磨剂的选择	344
6.1 基本情况介绍	303	2.1 水泥助磨剂的类型	344
6.2 SF型推动棒式篦冷机的特点	304	2.2 明确使用助磨剂的目的	344
6.3 主要问题及解决办法	306	2.3 选择标准及方法	345
第四章 水泥成品制备技术	309	3 水泥助磨剂的应用	345
第一节 水泥组分	309	3.1 助磨剂的助磨机理及效果	345
1 熟料是构成水泥的主要组分	309	3.2 助磨剂对水泥性能的影响	346
2 石膏的分类及在水泥中的作用	310	3.3 助磨剂的使用方法	346
2.1 石膏的分类	310	4 使用助磨剂的效益	347
2.2 用于水泥的石膏和硬石膏	311	4.1 降低电耗	347
2.3 石膏在水泥水化过程中的缓凝机理	312		

4.2 增加产量	347	3 间接燃烧系统	361
4.3 减少运行时间	347	第五节 煤磨操作及安全生产	362
4.4 改善水泥的可操作性	348	1 煤粉制备的安全要求	362
4.5 改善水泥的性能	348	2 煤粉制备系统的安全防护	363
4.6 经济性	348	3 试生产及生产中的注意事项	364
第五节 提高磨机产质量的措施	349	3.1 煤磨慢转	364
1 提高管磨机产质量的措施	349	3.2 单机试车	364
1.1 物料的性质	349	3.3 联动试车	364
1.2 磨机结构	350	3.4 磨机无负荷试车	364
1.3 操作控制	350	3.5 带负荷试车	365
2 提高立磨产质量的措施	351	3.6 生产中的注意事项	365
2.1 物料的性质	351	4 煤粉制备系统的自动控制	365
2.2 保持料床的稳定	351	第六章 新型干法生产线的收尘技术	367
2.3 控制磨内风速	351	第一节 水泥厂的收尘	367
2.4 采用合理的辊压	351	第二节 水泥厂的粉尘	369
第五章 煤粉制备技术	352	1 粉尘的来源	369
第一节 原煤性质	352	2 粉尘的类别和性质	369
1 原煤分类	352	第三节 主要工艺生产设备收尘的技术参数	371
2 煤粉制备的意义	352	1 回转窑	371
3 煤的有关参数对易磨性的影响	353	2 烘干兼粉碎磨机	372
3.1 水分	353	3 烘干机	373
3.2 灰分	353	4 熟料篦式冷却机	374
3.3 入料粒度	353	5 管磨机	375
3.4 含矸率	353	5.1 磨机含尘气体的主要技术参数	375
4 无烟煤燃烧特点与工艺对策	353	5.2 管磨机粉尘颗粒分散度的一例	375
4.1 采用大推力短火焰型多通道煤粉 燃烧器	354	5.3 水泥磨圈流系统各部分粉尘颗粒分散 度一例	376
4.2 降低煤粉细度,保证入窑、炉煤粉成分 的稳定性	355	5.4 管磨机含尘气体性质的另一例	376
4.3 保证提供较高的二、三次风温	355	6 国外水泥厂主要工艺生产设备与收尘有关 的技术参数	376
4.4 采用离线型的分解炉,优化分解炉的 结构	355	6.1 德国《水泥工程师手册》中与收尘有关 的技术参数	376
第二节 煤磨机分类	355	6.2 德国鲁奇(Lurgi)公司与收尘有关的 技术参数	377
1 钢球磨机	355	第四节 辅助生产设备收尘的主要参数	379
2 立磨	356	1 辅助生产设备收尘的参数	379
3 煤磨机设备的选择	357	1.1 辅助生产设备气体的含尘浓度	379
第三节 煤粉计量	358	1.2 辅助生产设备的收尘风量	380
1 煤粉计量精确度的意义	358	2 不同物料的扬尘程度	380
2 科里奥质量流量计	358	第五节 收尘系统的设计原则	381
3 环状天平型流量计重机	359	1 收尘系统的设计总则	381
第四节 粉磨流程	359	2 收尘系统设计的一般技术规定	382
1 直接燃烧系统	359		
2 半直接燃烧系统	360		





第六节 主要生产工艺设备的收尘	384	17 螺旋输送泵喂料仓的收尘	418
1 回转窑窑尾的废气处理	384	18 螺旋输送泵向储库输送物料收尘	418
1.1 废气量的计算	384	19 仓式输送泵的收尘	418
1.2 窑尾废气处理系统中的收尘	387	20 仓式泵向储库输送物料的收尘	419
1.3 窑尾废气处理系统中采用袋式收尘器有增多的趋势	391	21 储库和料仓的收尘风量 $Q$	419
1.4 采用袋式收尘器应重视的问题	392	22 破碎机的收尘	419
1.5 选用窑尾袋式收尘器时应考虑的问题	393	22.1 辊式破碎机的收尘	419
1.6 窑尾废气处理系统中选用袋式收尘器和电收尘器的比较	395	22.2 颚式破碎机的收尘	419
2 烘干机的收尘	399	22.3 锤式破碎机的收尘	420
3 烘干兼粉碎磨机的收尘	400	22.4 圆锥式破碎机的收尘示意图和收尘风量	423
4 熟料篦式冷却机	401	第八节 干法水泥生产窑尾烟气的调质	424
5 水泥磨	404	1 增湿塔的基本功能	424
5.1 收尘风量的确定	404	2 增湿塔的类型	425
5.2 水泥磨的收尘	404	3 增湿塔的构造和型式	425
6 煤磨的收尘	405	3.1 增湿塔的构造	425
6.1 煤磨收尘是水泥厂收尘的主要课题之一	405	3.2 增湿塔的型式	426
6.2 煤磨收尘器燃烧和爆炸的三要素——可燃物质、足够的氧气和火源	407	4 增湿塔主要参数的确定	427
6.3 煤磨收尘器的设计要点	408	4.1 增湿塔的有效容积	427
6.4 完善监测装置	409	4.2 增湿塔的内径 $D_i$	428
6.5 操作的注意事项	410	4.3 增湿塔的有效高度 $H_i$	428
第七节 辅助生产工艺设备的收尘	410	4.4 喷水量的计算	429
1 气力提升泵的收尘	411	4.5 烟气露点温度 $\tau$ 的计算	431
2 气力提升泵向储库输送物料的收尘	411	5 喷嘴的选型	434
3 链斗输送机的收尘(吸尘点在进料端和卸料端)	412	5.1 单流体压力式喷嘴	434
4 斗式提升机的收尘	412	5.2 双流体喷嘴	437
5 裙板喂料机的收尘	413	6 增湿塔在窑尾废气处理系统中的布置方案	438
6 螺旋输送机的收尘	413	7 喷水系统的自动调节	438
7 空气输送斜槽的收尘	414	7.1 控制系统的组成及工作原理	438
8 拉链机的收尘	414	7.2 水路构成及工作原理	438
9 回转筛的收尘	415	7.3 温度检测及控制	440
10 振动筛的收尘	415	7.4 水泵的选型	440
11 电磁振动给料机的收尘	415	第九节 新型干法窑生产线常用的收尘器	441
12 包装机系统的收尘	416	1 电收尘器	441
13 水泥散装头的收尘	416	1.1 鲁奇型电收尘器的选型计算	441
14 胶带犁式卸料器的收尘	416	1.2 电收尘器的改造	442
15 胶带输送机的收尘	417	1.3 影响电收尘器性能的主要环节	444
16 圆盘给料机的收尘风量	418	1.4 电收尘器腐蚀原因和预防措施	447
		2 袋式收尘器	452
		2.1 我国水泥工业袋式收尘器技术的发展概况	453
		2.2 袋式收尘器性能的评价	454

2.3 引进富乐(Fuller)公司袋式收尘器技术简介	459	2.4 散装水泥中转库结构类型	490
2.4 大布袋式收尘器的设计要点	464	3 铁路中转贮库的罐车卸车工艺	490
2.5 袋式收尘器结构形式的确定	468	4 水路中转贮库的卸船工艺	490
2.6 袋式收尘器的滤料	470	4.1 散装水泥专用船的卸船工艺	490
2.7 低气布比和高气布比袋式收尘器的比较	473	4.2 散装水泥普通货船的卸船工艺	491
<b>第七章 水泥散装、袋装工艺技术</b>	476	<b>第三节 散装水泥计量工艺</b>	491
<b>第一节 散装水泥发放工艺</b>	476	1 公路运输散装水泥的交货贸易计量	491
1 散装水泥贮库工艺	476	1.1 电子汽车衡计量	491
1.1 散装水泥贮库类型	476	1.2 车载称重计量	492
1.2 散装水泥贮库(发放)工艺要求	476	2 铁路运输散装水泥的交货贸易计量	493
1.3 散装水泥集中发放工艺	476	2.1 火车轨道衡计量	493
1.4 分散各库发放工艺	477	2.2 装车计量系统	493
1.5 散装水泥库底与库侧发放贮库工艺	477	3 水路运输散装水泥的交货贸易计量	493
2 散装水泥发放贮库工艺设计	479	3.1 装船计量系统	493
2.1 单个散装水泥贮库有效容量确定方法	479	3.2 吃水深度计量	494
	479	4 集装运输散装水泥的交货贸易计量	494
2.2 散装水泥贮库总容量	479	4.1 吊钩秤计量	494
2.3 散装水泥贮库数量	480	4.2 灌装计量机组计量	495
2.4 散装水泥贮库工艺设计计算	480	<b>第四节 国外水路运输散装水泥卸船及储存工艺技术</b>	495
2.5 散装水泥贮库结构型式	480	1 H·W 卡尔森 AB 公司产品及卸船工艺	495
2.6 散装水泥装车作业位置的净空高度和净空宽度	482	1.1 DR 型卡尔森泵	495
2.7 散装机安装位置的工艺参数	482	1.2 连续式抽吸泵—CSP	496
3 散装水泥贮库发放工艺设计方案中须考虑的其他问题	483	1.3 用于卸运货船/驳船的 CSP Compact 小型转运站	497
4 散装水泥水路发放(装船)工艺	483	2 富乐——科瓦科 B·V 产品及卸船工艺技术	497
4.1 散装水泥装船计量	484	2.1 路用移动式卸船机	497
4.2 散装水泥均化贮库工艺设计	485	2.2 大型卸船机	497
4.3 散装水泥水路发放(装船)工艺设计计算实例	485	3 临时贮存的平房式储库工艺	497
5 国外散装水泥贮库发放工艺实例	485	3.1 平房储存的设施设备	498
5.1 2 500t/d 熟料的水泥装车工艺	485	3.2 水泥低投资出口的解决方案	500
5.2 3 000t/d 熟料散装水泥装车工艺	485	3.3 三个平房式储库实例及有关指标	501
5.3 4 000t/d 熟料的水泥厂散装装车	485	3.4 各类储存系统比较	502
5.4 其他形式的装车系统	485	4 散装水泥专用卸船工艺技术	502
<b>第二节 散装水泥中转工艺</b>	488	4.1 散装专用船	502
1 散装水泥中转贮库选址要求	488	4.2 普通驳船的卸载系统	502
2 中转贮库工艺设计要求	488	<b>第五节 散装水泥质量控制</b>	503
2.1 中转贮库有效贮量的确定	488	1 生产散装水泥的质量管理	503
2.2 散装水泥中转供应量	488	1.1 生产散装水泥的工艺条件	503
2.3 散装水泥中转库的数量	489	1.2 生产散装水泥的质量管理	504
		2 中转散装水泥质量管理	506



3 使用散装水泥质量管理	506	第四节 水泥工厂常用控制系统	527
第六节 包装水泥工艺技术	507	1 西门子公司 PCS 7 系统	527
1 水泥包装纸袋	507	1.1 干法水泥厂 PCS 7 系统组成	527
1.1 水泥包装袋分类及规格	507	1.2 现场 I/O 站	528
1.2 水泥包装袋标记、命名和版面印刷内容	508	1.3 主控制器 AS 站	528
1.3 水泥包装袋的制袋材料	510	1.4 操作员站(OS)和工程师站(ES)	528
1.4 水泥包装袋性能指标	510	2 广州海德堡水泥公司的 DCS 系统	528
1.5 水泥包装袋检验规则	510	3 ABB 的 Freelance2000 系统	531
1.6 水泥包装袋标志和包装	511	3.1 系统配置框图及过程控制站	531
1.7 水泥包装袋运输、贮存和使用	511	3.2 输入/输出模件	531
2 水泥贮存作用	511	3.3 操作员站/工程师站	532
3 包装水泥工艺	511	3.4 通讯网络(Digi Net S)	532
3.1 包装机的选型计算	511	3.5 系统组态语言	532
3.2 包装工艺设计	512	3.6 现场总线控制器 AC800F	532
3.3 水泥包装成品库面积确定	512	4 Honeywell(霍尼威尔)的 Plant Scape 系统	532
3.4 包装系统工艺布置的要求	513	4.1 系统综述	532
3.5 纸袋厂房(库)设计要求	513	4.2 系统硬件组成	532
3.6 固定式包装机工艺布置	514	4.3 网络通讯	533
3.7 回转式包装机工艺布置	516	5 施耐德(Schneider)的 Quantum, Premium 系统	533
第八章 工艺过程控制与自动化技术	519	6 国产 DCS 系统	534
第一节 现代水泥工业自动化控制与管理的控制模式	519	7 系统调试	534
第二节 新型干法水泥厂的工艺特点和控制要求	520	第五节 自动化仪表	534
1 新型干法水泥厂的控制要求	520	1 干法水泥厂自动化仪表的特点	534
2 PID 控制回路	521	2 自动化仪表的发展趋势	535
2.1 窑头罩负压控制回路	521	2.1 智能化仪表的发展和应用	535
2.2 分解炉出口温度控制回路	521	2.2 一体化仪表	535
2.3 增湿塔出口温度控制回路	521	2.3 现场总线仪表	535
2.4 均化库内小仓料位控制回路	521	3 水泥厂常用的现场仪表	535
2.5 磨系统主要 PI 回路	522	3.1 温度仪表	535
第三节 新型干法水泥厂的控制系统	522	3.2 压力仪表	536
1 工业 PC	522	3.3 流量仪表	537
2 DCS 系统	522	3.4 新型差压式均速管流量计	538
3 PLC 的发展	523	3.5 物位仪表	539
4 水泥厂控制系统的策略和结构特点	523	第六节 新型干法水泥厂专用控制和交流调速装置	540
5 现场总线控制	524	1 生料质量控制和在线分析仪	540
6 工业以太网(Ethernet)	524	2 气体分析装置	541
6.1 工业以太网的特点	525	3 电动执行器	541
6.2 工业以太网的通信模型和网络设备	526	3.1 电动执行器选型	541
6.3 选用工业以太网的考虑因素和应用前景	527	3.2 智能电动执行器	542
		3.3 智能电动执行器的发展趋势	543