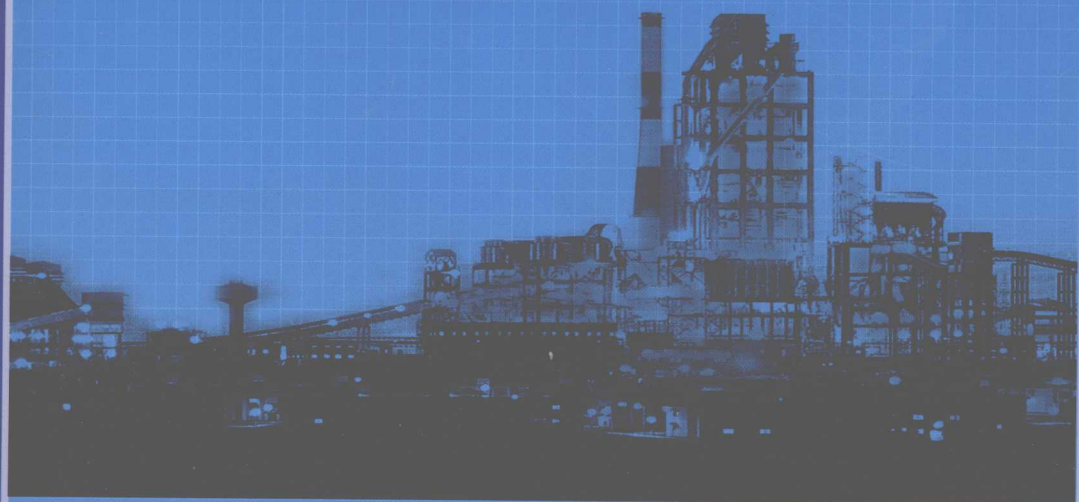


水泥生产技术丛书

水泥熟料 烧成工艺与装备

丁奇生 刘 龙 陈建南 赵介山 等编著

SHUINI SHULIAO
SHAOCHENG GONGYI
YU ZHUANGBEI



化学工业出版社

水泥生产技术丛书

水泥熟料烧成工艺与装备

丁奇生 刘 龙 陈建南 赵介山 等编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是《水泥生产技术丛书》的一个分册,全面介绍了新型干法回转窑和立窑水泥熟料烧成新工艺与新装备的相关知识,包括系统工艺设计方案与设备选型,系统主要设备的类型与结构、工作原理及参数、实际操作方法、日常维护管理、常见故障及排除方法和注意事项等;针对近年来水泥窑低温余热发电技术的迅速推广,介绍了水泥工业余热发电类型及特点,纯低温余热发电系统的主要设备、工程实例以及预分解窑增建纯余热发电系统注意事项;针对新型干法熟料烧成系统处置废弃物的技术优势,介绍了水泥生产线可处理废弃物的种类及处理工艺、应用实例等。书中还列举了新型干法回转窑系统、立窑系统热工标定实例和典型的新型干法回转窑、立窑先进生产企业烧成系统运行实例。

本书可供水泥生产企业的技术人员、管理人员、相关岗位工人使用,也可作为科研开发、工程设计单位技术和管理人员、高校师生等的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水泥熟料烧成工艺与装备/丁奇生等编著. —北京:化学工业出版社, 2007. 11

(水泥生产技术丛书)

ISBN 978-7-122-01390-3

I. 水… II. 丁… III. ①水泥-熟料烧结-生产工艺
②水泥-熟料烧结-装备 IV. TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 168280 号

责任编辑: 常 青 李 胤

装帧设计: 张 辉

责任校对: 王素芹

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 25¼ 字数 487 千字 2008 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 53.00 元

版权所有 违者必究

丛书前言

水泥是社会经济发展最主要的建筑材料之一，在今后几十年甚至上百年之内仍然是无可替代的基础材料，对人类生活文明的重要性不言而喻。我国是水泥生产和消费大国，自 1985 年以来，我国水泥年产量一直居世界首位，目前占世界总产量的比重已近 50%，2005 年的产量已超过 10 亿吨。全国有水泥生产企业数千家，从业人员数百万人。在今后相当长的时期内，我国水泥的产量仍将持续增长，最终稳定在一个较高的水平上。

水泥工业的快速发展，以及水泥生产装备水平和生产技术的逐步提高，使越来越多的工程技术人员投入到水泥行业中。一方面，很多企业规模扩张较快，一些技术人员的专业水平跟不上生产技术的发展；另一方面，由于高等院校对于学生的培养趋于重基础、宽专业，专业授课时数减少，从事水泥生产的专业技术人员需要在生产实践中学习和掌握更多的专业知识。为此我们组织编写了这套水泥生产技术丛书，以期对水泥生产企业的技术人员有所帮助。

本套丛书共有《水泥的原料与燃料》、《水泥熟料烧成工艺与装备》、《水泥生产破碎与粉磨工艺技术及设备》、《水泥化学分析》、《水泥物理检验》、《水泥岩相》、《水泥工业大气污染治理》、《水泥窑用耐火材料》、《水泥混合材和混凝土掺合料》和《水泥工艺外加剂技术》10 个分册，基本上涵盖了水泥生产工艺全过程、产品性能控制、生产装备及其维护保养等各方面的知识。丛书的作者均为长期从事水泥行业科研、教学和生产一线工作的高级专业技术人员，有较高的专业技术水平和丰富的实践经验，丛书中包含了作者们多年的经验积累和部分研究成果。考虑到目前我国水泥工业的生产装备仍然是窑外分解窑和机械化立窑共存的局面，虽然新型干法窑逐步占据主导地位，但是在今后一段时期仍然会有部分机立窑存在，在提高新型干法窑水泥企业技术水平的同时，提高机立窑企业技术人员的技术水平进而提高机立窑水泥质量和降低资源消耗，也有利于经济可持续发展。因此，本套丛书的内容既力求全面系统地反映水泥新型干法生产工艺技术，也兼顾机立窑存在的客观需求。丛书尽可能从实用的角度总结和反映近年来国内外水泥生产技术方面的新进展和新成果，并给出一些生产实例，相信对于水泥生产企业的技术人员及管理人员会有所帮助，对于从事水泥专业研究和教学的科技人员、教师和研究生也会有较好的参考价值。

由于作者的知识水平和掌握的资料有限，丛书所述内容难免有疏漏和不妥之处，我们真诚欢迎读者提出宝贵的意见和建议，以便再版时使其得到改进和完善。

《水泥生产技术丛书》编委会

2006 年 11 月

前 言

水泥是国民经济建设中不可缺少的三大建筑材料之一。水泥熟料烧成是水泥生产中最为关键的环节。在我国,由于各地区在各个历史时期经济技术发展水平不同,资源分布、交通运输条件等建厂基础条件存在差异等原因,不仅形成了多种形式的水泥熟料烧成工艺与装备,而且每种形式都发展了多种规模的生产线。改革开放以来,我国经济发展突飞猛进,交通运输等基础设施不断完善。与此同时,在广大水泥工作者的不懈探求下,并经业内企业家的大力推动,通过引进先进技术和设备、消化吸收及国产化等过程,具有自主知识产权的水泥生产先进工艺与装备已经成熟,其中带预热器和分解炉的回转窑熟料烧成系统更是令人瞩目。在20世纪90年代后期至今的近十年间,水泥新型干法生产技术得到了大力发展,熟料烧成工艺与装备越来越先进和可靠,单套系统的生产能力越来越大,自动化水平越来越高,环保效果越来越好,各项技术经济指标越来越理想,正一步一步顺应着世界水泥工业的发展潮流——大型化、信息化、节能、环保、生态化而迅猛发展。我国建造的大型现代水泥生产线不仅成为国内水泥生产企业的主流,而且已经大量进军国外的水泥行业。

我国的立窑水泥工业是在国家经济实力不强、交通运输不够发达、资金严重短缺,而水泥供需矛盾又十分突出的情况下,为满足地方工农业建设对水泥的急需,由地方或企业以少量投资办起来的,是依靠企业自身的积累而逐步发展壮大的。20世纪90年代,立窑水泥快速发展,立窑熟料烧成工艺与装备取得了较大进步。进入新世纪以来,立窑水泥熟料的烧成工艺与装备在大型化、节能、环保、利废等方面又有新的突破。回顾过去,立窑水泥对我国国民经济建设,尤其是改革开放以来支撑国民经济持续高速发展做出了重大贡献,功不可没。观察现实,立窑水泥仍占全国水泥总量的近一半,立窑水泥将在较长时期与新型干法水泥并存。但是,按照事物的发展规律,立窑像湿法窑、干法中空窑等其他落后熟料烧成工艺与装备一样,正在按自己的轨迹,逐步被先进的新型干法熟料烧成工艺与装备所取代。

为适应我国水泥工业的发展趋势,我们编著了本书,力求全面介绍新型干法窑和立窑熟料烧成系统的最新工艺与装备,尤其介绍了水泥工作者普遍关注的水泥窑余热发电和水泥窑处理废弃物的技术。在内容上,既有必要的理论阐述,同时更注重介绍系统设计选型、实际操作要点和实践经验等实用性知识,以期对广大水泥工作者提供一定的帮助和启发。

本书由赵介山、丁奇生和刘龙策划,丁奇生提出编著大纲。各章编著人员如

下：第一章丁奇生、刘龙，第二章孙德群、陈建南、丁苏东，第三章陈建南，第四章潘炯、丁奇生、陈建南，第五章杨学权、丁奇生，第六章刘龙、丁奇生，第七章程俊武，第八章刘龙，第九章陈新中，第十章贾庆国、郭志伟、陈建南、陈新中、丁奇生。赵介山、陈益民对部分书稿进行了初审。陈建南对第二至五章进行了统稿及部分书稿的复核。全书由丁奇生最终复核和统稿。

本书的编写参考了相关的文献资料，汲取了众多同行的精华思想，在此特向文献的作者致以诚挚的谢意。

本书在编著过程中，得到了蔡玉良、陈益民等水泥界资深专家的指导和帮助，得到了业界同仁的关心并给予文献、资料的鼎力支持，在此深表衷心感谢！

由于编著者水平有限及时间仓促，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评和指正。

编著者
2007年10月

目 录

第一章 我国水泥熟料烧成工艺与装备的技术进步

第一节 水泥熟料烧成工艺与装备的技术进步	1
一、熟料烧成工艺与装备的技术进步	1
二、高能耗、低效率的熟料烧成工艺与装备逐步退出市场	4
第二节 新型干法水泥熟料烧成工艺与装备的技术进步	5
一、现状	5
二、技术进步	7
三、生产能源消耗情况	8
四、发展方向	9
第三节 立窑水泥熟料生产工艺与装备的技术进步	10
一、立窑的发明与技术进步	10
二、立窑水泥在我国的发展	11
三、立窑水泥存在的主要问题	12
四、立窑水泥技术的进步与发展方向	12

第二章 新型干法水泥熟料烧成工艺与装备

第一节 概述	17
第二节 煤粉制备工艺与装备	18
一、原煤	18
二、新型干法水泥生产线对煤粉制备工艺与装备的要求	21
三、煤磨系统的安全运行	30
第三节 新型干法熟料烧成系统工艺与装备	34
一、悬浮预热器、分解炉	34
二、回转窑	57
三、冷却机	63
四、增湿塔	86
五、窑尾烟室、窑头罩及三次风管	89
六、多通道燃烧器（喷煤管）	91
第四节 新型干法熟料烧成系统主机设备配置	98
第五节 耐火材料	100

一、概述	100
二、新型干法窑对耐火材料的要求	101
三、烧成系统内碱性耐火材料的损坏机理	104
四、水泥回转窑用碱性耐火材料的品种和特征	105
五、隔热材料	109

第三章 新型干法水泥熟料烧成系统操作与维护

第一节 烧成系统工艺流程简述	111
一、生料预热与分解（烧成窑尾）	111
二、窑头至分解炉热风管道（三次风管）	112
三、熟料煅烧（烧成窑中）	112
四、熟料冷却和破碎（烧成窑头）	112
第二节 烧成系统耐火材料的烘干	113
一、系统耐火材料烘干的必要性	113
二、衬料烘干前的准备	113
三、预热器、分解炉和回转窑耐火材料的烘干操作要求	114
四、三次风管耐火材料的烘干	115
五、篦式冷却机耐火材料的烘干	116
六、衬料烘干操作的注意事项	116
第三节 烧成系统的操作及要求	117
一、第一次投料运转的操作原则	117
二、投料操作	118
三、正常操作原则	120
四、正常点火操作	121
第四节 烧成系统常见故障及处理方法	122
第五节 烧成系统主机设备的日常维护	128
第六节 熟料质量的控制	129
一、原燃料质量的控制	129
二、烧成系统的操作控制	130
三、熟料的颜色与直观判断	131
第七节 提高熟料产量的措施	131
一、优化设计和设备设施	131
二、优化操作，提高设备可靠性和系统运转率	132
三、选用优质原燃料	133

第四章 水泥窑余热发电

第一节 概述	134
--------------	-----

第二节 余热发电技术在我国的发展	134
一、中空窑余热发电系统的仿制与发展阶段	135
二、中空窑余热发电的发展与提高阶段	136
三、余热回收和补燃相结合发电技术的产生、发展与争议	136
四、中低温纯余热发电系统的快速发展	137
第三节 我国水泥工业余热发电类型及特点	138
一、干法中空窑余热发电	138
二、带补燃炉的中低温余热发电	139
三、纯余热中低温余热发电系统主要设备	140
第四节 纯余热中低温余热发电系统主要设备	141
一、余热锅炉	141
二、汽轮发电机组	142
三、锅炉水处理设备	143
四、循环水冷却系统	144
五、热力系统	144
第五节 纯余热发电系统工程实例	145
第六节 预分解窑增建纯余热发电系统注意事项	149
第七节 水泥窑低温余热发电技术的进展	149
一、2500t/d 熟料生产线建设一套 4500kW 纯低温余热电站方案	151
二、5000t/d 熟料生产线建设一套 9000kW 纯低温余热电站方案	152
三、提高型纯低温余热发电技术	153
四、带补燃锅炉的低温余热发电技术	155

第五章 水泥窑处理废弃物

第一节 概述	157
第二节 城市垃圾焚烧发电	159
一、节能及经济效益	160
二、技术风险	160
第三节 新型干法水泥熟料烧成系统处置废弃物的技术优点	162
一、概述	162
二、技术优点	163
第四节 水泥窑可处理废弃物的种类及处理工艺	166
一、水泥窑可处理废弃物的种类	166
二、水泥窑处理废弃物的工艺	167
三、水泥窑处理废弃物的基本要求	168
第五节 水泥窑处理废弃物应用实例	169

一、电石渣	169
二、太湖污泥	171
三、废树脂渣、废油墨和废溶液等	171
第六节 水泥窑处理废弃物展望	172

第六章 立窑水泥熟料烧成工艺与装备

第一节 立窑的结构	174
一、立窑的窑体	174
二、立窑窑体各部位尺寸的确定	175
三、立窑喇叭口角度对熟料产量的影响	182
第二节 立窑的卸料装置	183
一、中心半球式卸料篦子	184
二、盘鼓形卸料篦子	185
三、棱锥式卸料篦子	186
四、新型大齿高塔篦	188
五、螺旋形高齿卸料塔篦	191
六、双曲面可换齿高效节能塔篦及盘塔篦子	193
七、立窑卸料篦子的选择与应用	194
第三节 卸料密封装置	198
一、卸料密封装置的种类	198
二、料密封装置	198
第四节 立窑的加料装置	201
一、加料装置	201
二、加料升降装置	202
三、加料装置的改进	202
四、改进立窑加料装置的实践	203
第五节 立窑的鼓风	204
一、立窑的鼓风	204
二、立窑腰风控制技术	205
三、立窑鼓风机的类型	209
四、立窑鼓风量的计算	212
第六节 立窑的排气	213
一、窑罩	213
二、烟囱	213
三、用 1Cr18Ni9Ti 钢板制作立窑烟囱的实践	215
第七节 立窑的扩径改造	216

一、扩大窑径提高立窑产量的理论依据	216
二、扩大窑径的前提	217
三、窑体综合改造	217
四、JT 型大直径立窑的生产实践	220

第七章 立窑生料成球工艺与装备

第一节 生料的普通成球	223
一、立窑生料的成球目的与要求	223
二、成球设备	224
三、生料粉在盘中的成球过程	224
四、成球盘边部挂泥的清理办法	226
五、影响料球质量的因素分析	226
六、成球盘的操作控制	228
第二节 生料的预加水成球	229
一、预加水成球的特点	229
二、预加水成球生产过程	231
三、预加水成球主要设备	232
四、预加水成球操作注意事项	236
五、预加水成球常见问题与对策	237
六、提高预加水成球质量的经验	240
第三节 球径与部分参数之间的关系	243
一、球径与阻力	243
二、球径与高温爆破率	243
三、球径与用水量和收缩率	244
四、球径与煅烧速率	245
五、球径与分解率	245
六、球径与传热	245
七、球径与熟料产质量	245
八、料球性能对熟料煅烧的影响	246
第四节 小料球的最佳球径	246
一、小料球的最佳球径理论分析	246
二、推荐最佳的小料球球径	247
第五节 小料球成球工艺	248
一、预湿成球系统的改造	248
二、改造投资及效果	249
三、小料球快速煅烧技术的应用	249

第六节 电石渣浆用于立窑预湿成球	251
一、主要问题及相应对策	251
二、工艺流程	252
三、配料方案	253
四、技术经济指标对比及效果评价	254
第七节 除尘污水用于立窑预湿成球	255
一、工艺流程	255
二、效果	256

第八章 立窑煅烧操作与提高熟料质量的措施

第一节 暗火闭门操作技术	258
一、暗火闭门操作工作原理	258
二、暗火闭门操作的基本要求	259
三、暗火闭门操作的主要经济技术指标	263
四、对暗火闭门操作的正确认识	264
第二节 添加矿化剂及晶种煅烧技术	264
一、熟料煅烧矿化剂	264
二、SO ₂ 和 HF 对环境的影响	272
三、生料添加熟料晶种煅烧	274
四、生料中添加非熟料晶种煅烧技术	279
第三节 加速立窑煅烧的技术措施	284
一、采用矿化剂	284
二、防止对复合矿化剂长期依赖	287
三、采用矿渣配料	288
四、采用“晶种”或非熟料“晶种”	289
五、减小成球球径, 缩短烧成时间	289
第四节 立窑的喷窑及防治	289
一、喷窑形成的原因	289
二、喷窑前后的主要表现	290
三、喷窑原因分析	290
四、避免喷窑事故的技术措施	290
第五节 立窑水泥熟料的质量	293
一、立窑熟料质量分类	293
二、熟料质量表象、差异和影响原因	295
三、立窑熟料质量控制指标	296
第六节 提高立窑水泥熟料质量的综合措施	297

一、按新型干法水泥生产的要求提高立窑生料合格率	297
二、改变配料方案、提高生料的易烧性	299
第七节 提高立窑熟料产质量的实践	302
一、提高立窑熟料产质量的综合改造	302
二、改善立窑熟料性能的措施	304
三、立窑采用高硅低铁配料方案	306

第九章 立窑节能、热平衡和水平衡

第一节 立窑的节能	309
一、概述	309
二、立窑熟料烧成系统的节能途径	309
第二节 立窑节能的技术措施	310
一、窑体保温结构改造	310
二、窑体保温和衬料选择	312
三、强化通风减少化学不完全燃烧损失	312
四、严格控制生料中的含煤量	312
五、采用小料球煅烧	313
六、诊断法降低立窑熟料热耗	313
第三节 立窑的热平衡	317
一、立窑热平衡的重要性	317
二、热平衡范围及测量内容	318
三、立窑热平衡测量项目	319
第四节 计算机在立窑热工测量中的应用	326
一、计算程序的结构	327
二、计算机在热工测量中应用的特点	328
第五节 立窑单项测量及其应用	328
一、烟尘连续监测仪及应用	328
二、压力监测仪及应用	330
三、热电偶测量立窑窑壁温度	330
四、燃料热值的测定	331
五、立窑部分单项测量仪表选型与应用	333
第六节 立窑水泥厂的水平衡及节水	336
一、水泥工厂水平衡	336
二、节水潜力与途径	337

第十章 水泥窑系统热工标定实例与先进生产企业实例

第一节 新型干法窑系统热工标定实例	338
-------------------------	-----

一、2500t/d 熟料生产线热工标定报告实例	338
二、5000t/d 熟料生产线热工标定报告实例	353
第二节 立窑系统热工标定实例	369
一、立窑系统热工标定实例	369
二、“短粗型”立窑系统热工标定实例	373
第三节 新型干法窑先进生产企业实例	376
一、天瑞集团汝州水泥有限公司	376
二、山东水泥集团安丘水泥有限公司	381
第四节 立窑先进生产企业实例	384
一、立窑煅烧技术的重大突破	384
二、新型“短粗型”立窑的节约资源	385
三、新型“短粗型”立窑的节能和环保	385

第一章 我国水泥熟料烧成工艺与装备的技术进步

第一节 水泥熟料烧成工艺与装备的技术进步

在我国，由于不同发展时期的经济技术水平、交通运输条件以及资源分布等方面因素，不仅发展了许多种形式的水泥熟料烧成工艺与装备，而且每种形式的水泥熟料烧成工艺与装备都发展了多种规模的生产线。随着我国经济技术水平的不断提高、交通运输条件的不断改善，以及在广大水泥工作者的不懈努力下，我国水泥工业的熟料烧成工艺与装备越来越先进、单套系统的生产能力越来越大、自动化水平越来越高、环保效果越来越好，各项技术经济指标越来越理想，正一步一步顺应着世界水泥工业新型干法技术的发展潮流——大型化、信息化、节能、环保、生态化。

一、熟料烧成工艺与装备的技术进步

1. 百年中国水泥工业发展史的开端

1889年，清政府在唐山创办土敏土厂（启新水泥厂的前身），最初是采用国外进口的立窑煅烧水泥熟料。该厂于1892年建成投产，成为我国第一个由本国开办的水泥厂。后又从丹麦史密斯公司购进两台 $\phi 2.1\text{m} \times 30\text{m}$ 干法中空回转窑，淘汰了原有的立窑水泥熟料烧成工艺与装备，于1906年建成投产，年产水泥4万吨。

1896年，英国人在澳门附近的青洲岛上开办了一个水泥厂——青洲英坭厂，采用从国外进口的立窑煅烧水泥熟料，它是我国第一个由外国人开办的水泥厂。该厂于1936年关闭。

这就是百年中国水泥工业发展史的开端。

但是，由于外来侵略和内战不断，到1949年新中国成立时，我国水泥生产工艺与装备仍非常落后，主要以湿法回转窑、老式干法回转窑工艺与装备为主，水泥年产量仅66万吨。

2. 1949年后的中国水泥工业

1949年新中国成立以后，作为基础工业的我国的水泥工业得到较快发展：

20世纪50~60年代，主要从东欧国家引进水泥生产工艺技术和设备，采用湿法、半干法回转窑工艺与装备，先后新建和扩建了32个重点大中型企业，同

时中小型立窑水泥企业也较快发展起来,为我国水泥工业的发展奠定了基础。到20世纪60年代末,水泥产量达到了1800万吨。

20世纪70~80年代,尤其是改革开放以后,国民经济的稳步高速发展带动了我国水泥生产工艺与装备的快速进步,国内水泥工作者也具备了一定的研发能力。除了以依靠本国的力量继续新建和扩建湿法回转窑、立窑生产线外,自主开发的以带预热器窑和带预分解窑生产工艺为主的节能型干法水泥生产技术在我国的诞生并得以完善提高,同时开始引进并消化、吸收国外新型干法水泥生产技术;我国建成了多条700~3000t/d熟料的带分解炉的干法水泥生产线和一些自行开发出的300~1000t/d预热器窑生产线;立窑水泥生产工艺与装备已基本成熟,年生产能力居于主导地位。通过反求技术,我国对引进的先进新型干法水泥生产技术和装备形成了较强的学习、消化吸收和研究能力,具备了一定的自主创新能力。

20世纪90年代,在这十年里,我国水泥工业生产工艺与装备技术进步、水泥产量增长的势头依然强劲。1990年开始,全国掀起了推广“立窑节能十四项技术”的高潮,强有力地推动了我国立窑水泥工业生产工艺与装备的技术进步,取得了显著的经济效益、社会效益和环境效益,涌现了一批现代立窑水泥生产企业;同时,我国水泥工业新型干法水泥生产技术厚积薄发,逐渐走向成熟。4000t/d熟料规模的干法分解炉窑国产化示范生产线建成投产;700~2000t/d熟料国产化新型干法分解炉窑生产线在国内形成一定的生产规模,甚至走向国门,出口亚洲、非洲等发展中国家。1990年我国水泥年产量约为2.1亿吨,1994年超过了4亿吨,1997年突破5亿吨,2000年达到6亿吨。而且水泥技术创新的能力也不断强化,为新世纪水泥工业的长足发展奠定了坚实的基础。

3. 进入新世纪以来的中国水泥工业

进入新世纪以后,技术先进、成熟可靠的新型干法水泥生产技术和装备在我国得到前所未有的发展,这要归功于广大水泥工作者的不懈努力,使新型干法水泥的生产技术日臻完善、装备日趋国产化,甚至5000t/d熟料生产线的装备几乎可以完全国产化;生产线的建设周期短,达标达产速度快,单位产量投资大幅下降,技术经济指标越来越先进。新型干法水泥生产技术已经真正被水泥企业所接受,主要体现在:由于市场竞争,落后的水泥生产工艺与装备已陷入真正意义上的被淘汰境地;整个行业已从单纯数量增长型向质量增长型、从技术装备落后型向技术先进型、从劳动密集型向投资密集型、从管理粗放型向管理集约型、从资源能源浪费型向资源能源节约型转变。

1995年以来,我国水泥年产量每年都超过了世界水泥总产量的30%,并且2002年以来的年产量均超过了世界水泥总产量的40%。根据国家统计局发布的《中华人民共和国2006年国民经济和社会发展统计公报》,全国水泥总产量为12.4亿吨,2006年年末全国总人口为13.1448亿人,人均消耗水泥已达到943kg,远远超过了世界人均水泥消耗量。可见,改革开放为我国水泥工业的发

展提供了很好机会,有力地促进了我国水泥熟料烧成工艺与装备的技术进步,同时水泥工业为支撑我国的国民经济高速发展做出了重大贡献。

“十五”期间,我国水泥工业结构调整已取得初步成效,代表先进生产力的新型干法水泥生产技术和装备获得了快速发展,以湿法回转窑为代表的高能耗传统生产工艺大多经过改造或停产,一大批技术落后、质量不稳定、能源消耗高、环境污染严重的小立窑被淘汰,使水泥生产的技术结构发生了可喜的变化。

近年来我国各种生产工艺水泥产量及其占当年总产量的比率见表 1-1。

表 1-1 近年来我国各种生产工艺水泥产量及其占当年总产量的比率

年份	总产量 /万吨	新型干法窑		其他回转窑		立窑	
		产量/万吨	比率/%	产量/万吨	比率/%	产量/万吨	比率/%
1998	53600	4580	8.5	5980	11.2	43060	80.3
1999	57600	5479	9.5	6040	10.5	46081	80.0
2000	57400	5612	9.8	6000	10.4	45788	79.8
2001	64000	7104	11.1	5760	9.0	51136	79.9
2002	72500	10388	14.3	6163	8.5	55949	77.2
2003	86300	18500	21.4	6163	7.2	61637	71.4
2004	97000	31488	32.5	7900	8.1	57612	59.4
2005	106400	47371	44.5	立窑为主的其他窑水泥:产量 59029 万吨,比率 55.5%			
2006	124000	62400	50.3	立窑为主的其他窑水泥:产量 61600 万吨,比率 49.7%			

4. 与世界先进水平的差距

虽然我国水泥熟料的生产工艺与装备水平已取得很大的进步,甚至先进企业的各项技术经济指标已与世界先进水平相接近,但是我国水泥熟料生产技术、装备的整体水平与世界先进水平相比仍有较大差距,尤其是在节能、环保、资源利用、新型干法水泥熟料的比例等方面差距较大。

一方面,目前我国水泥熟料生产线的平均规模较小,水泥熟料生产工艺多样,各种生产工艺与技术装备水平之间差异较大。因此,从突破性转变到实现根本性转变,还要付出长期艰苦的努力,但实现资源能源节约型、技术先进型、管理集约型是水泥工业发展的永恒主题。

另一方面,新型干法水泥熟料的生产工艺中,技术与装备水平参差不齐,既有达到当今世界先进水平的 4000t/d 熟料及以上生产线,也有一批规模较小的 1500t/d 熟料以下的生产线。这些规模较小的生产线其技术装备水平仍然不高,各项技术经济指标也比较落后:熟料烧成热耗在 3344kJ/kg (800kcal/kg) 以上,熟料 28 天抗压强度达不到 60MPa,水泥综合电耗超过 110kW·h/t,窑系统的运转率低于 80%等。

国内外新型干法窑技术经济指标对比见表 1-2。