

水泥生产技术丛书

水泥性能及其检验

颜碧兰 江丽珍 肖忠明 等编著

SHUINI

XINGNENG

JIQI JIANYAN



YZLI 0890092933



化学工业出版社

水泥生产技术丛书

水泥性能及其检验

颜碧兰 江丽珍 肖忠明 等 编著



YZLI 0890092933



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,详细介绍了水泥的分类和生产基础知识、水泥标准化计量基础知识、水泥产品性能及其检验方法、主要检验仪器设备以及水泥混凝土的组成等,尤其全面系统地介绍了近年来受到业内普遍关注的水泥产品标准和检验方法标准、标准历次版本变化的情况等。

本书在内容上,既有必要的理论阐述,也有实践经验总结,既是一本学习水泥性能及其检验专业知识的参考书,也是对我国水泥性能及其检验事业发展变迁的珍贵记载。

本书可供水泥生产、建筑工程应用、研究等领域的技术人员、试验人员、科研工作者和管理人员使用,也可供高校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

水泥性能及其检验/颜碧兰,江丽珍,肖忠明等编著.
北京:化学工业出版社,2010.8
(水泥生产技术丛书)
ISBN 978-7-122-08759-1

I. 水… II. ①颜…②江…③肖… III. ①水泥-物理性能②水泥-检验 IV. TQ172.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 105238 号

责任编辑:常 青
责任校对:蒋 宇

文字编辑:冯国庆
装帧设计:张 辉

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:三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 24¼ 字数 467 千字 2010 年 9 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:98.00 元
京化广临字 2010—24 号

版权所有 违者必究

《水泥生产技术丛书》编委会

主 任：陈益民

副主任：顾惠元

委 员：（按姓氏笔画排列）

丁奇生	王文义	王迎春	王杰曾	刘 龙	江丽珍
李威新	杨华全	肖忠明	辛志军	张大同	张绍周
张朝发	陈绍龙	陈益民	金烈火	赵介山	赵洪义
赵慰慈	袁 林	顾惠元	倪竹君	郭随华	焦永道
曾大凡	颜碧兰				

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水平的逐步提高，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》、《水泥性能及其检验》、《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

水泥物理性能及其检验,在水泥生产、水泥使用和水泥科学研究中是不可缺少的知识和手段。我国众多水泥企业的生产和庞大建筑工程对水泥的选择,都需要了解掌握水泥物理性能知识和检测手段,以保证水泥和混凝土质量、提高工作效率、降低成本;科研部门在开展水泥性能的研究中,也需要准确地检测和评价水泥的物理性能,进而找出其性能特点和差异,为水泥的生产和使用提供理论依据。中国建筑材料科学研究总院从20世纪50年代初开始研究水泥的物理性能和进行标准的制定与修订,经过半个多世纪和几代科研人员的努力,建立了我国较为完整的水泥物理性能检验标准体系。2010年是中国建筑材料科学研究总院成立60周年,60年来,随着我国水泥工业的技术进步和现代化建筑工程需求的变化,水泥物理性能趋于高性能化和多元化,其检验方法标准也在不断地制定、修订和完善,并逐步达到国际先进水平和国内先进水平。为使读者对水泥物理性能及其检验方法有更深入的了解,我们结合历年的研究情况以及最新的进展,编写了此书,旨在为水泥生产、使用、科学研究的从业人员提供参考和帮助,同时为多年从事此项工作的同志献礼,为中国建筑材料科学研究总院成立60周年献礼!

本书全面介绍了水泥的分类、生产基础知识;水泥标准化计量基础知识;水泥物理检验方法、主要仪器设备;水泥使用及基本建筑性能。同时,本书还系统介绍了业界普遍关注的水泥产品标准和性能检验方法标准,以及标准的历次版本变化情况。本书在内容上既有必要的理论阐述,也有实践经验的总结,相信会对广大从事水泥生产、使用、研究和教学等工作的专业人员具有较大的参考价值。

本书由颜碧兰、江丽珍、肖忠明策划,颜碧兰提出编著大纲。

编写人员如下。

第一章:第一节杨基典、江丽珍,第二节、第三节张大同,第四节白显明、张秋英,第五节江丽珍。

第二章:颜碧兰。

第三章:第一节、第四节、第七节、第十三节张大同,第二节、第三节陈萍,第五节、第六节、第十节、第十二节、第十四节江丽珍,第八节张秋英,第九节王昕,第十一节王昕、刘晨、张大同、赵英立、江丽珍。

第四章:第一节至第四节、第六节、第十一节、第十二节肖忠明,第五节、第八节张大同,第七节、第十节刘晨,第九节陈萍,第十三节宋立春,第十四节霍春明,第十五节席劲松。

第五章:王文义。

王幼云、江丽珍、王文义、仇佗、宋立春、刘晨、郭俊萍、肖忠明、王玲、王昕参加了书稿的校核工作。

江丽珍对第一章、第二章、第五章进行了统稿和最终复核，颜碧兰对第三章进行了统稿和最终复核，肖忠明对第四章进行了统稿和最终复核。

本书在编著过程中得到了王幼云、王文义、张大同等水泥界资深专家的指导和帮助，得到了各章节编写和校核人员的合力支持，在此致以诚挚的谢意。

限于水平，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者指正。

编著者
2010年3月

目 录

第一章 水泥的分类、生产基础知识

第一节 概述	1
一、水泥的定义与分类	1
二、水泥的生产、应用与发展概况	2
第二节 硅酸盐水泥熟料的生产	3
一、硅酸盐水泥的生产工艺	3
二、硅酸盐水泥熟料化学成分	5
三、硅酸盐水泥熟料矿物组成	7
四、硅酸盐水泥熟料的率值	9
五、硅酸盐水泥熟料的形成	10
六、硅酸盐水泥熟料矿物的水化及水化产物	14
七、硅酸盐水泥熟料质量的评定	17
第三节 通用水泥的组成与特点	18
一、通用水泥的品种和组成	18
二、通用硅酸盐水泥的水化	20
三、通用硅酸盐水泥的性能特点	20
四、通用水泥标准的技术要求	28
五、国外通用水泥的组成情况	32
第四节 特种水泥的组成、特点及技术要求	35
一、快硬硅酸盐水泥	36
二、中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥	37
三、抗硫酸盐硅酸盐水泥	39
四、铝酸盐水泥	40
五、快硬高强铝酸盐水泥	44
六、特快硬调凝铝酸盐水泥	44
七、硫铝酸盐水泥	45
八、铁铝酸盐水泥	48
九、低热微膨胀水泥	50
十、白色硅酸盐水泥	51
十一、彩色硅酸盐水泥	52

十二、道路硅酸盐水泥	54
十三、砌筑水泥	56
十四、油井水泥	57
第五节 水泥的组分材料	61
一、概述	61
二、缓凝剂	62
三、水泥混合材的分类、特点及品种	63

第二章 水泥标准化及计量基础知识

第一节 标准及标准化	93
一、概述	93
二、标准的分级、属性和分类	93
三、标准的制定、修订与实施	96
第二节 计量基础知识	98
一、概述	98
二、法定计量单位	107
三、测量误差和数据处理	114
第三节 质量管理与质量检验	132
一、质量管理	132
二、质量检验	138
三、质量检验和质量管理、质量监督检验的关系	143

第三章 水泥物理性能检验方法

第一节 水泥取样方法	145
一、水泥取样的目的和名词术语	145
二、水泥取样用工具和取样部位	145
三、水泥取样方法和取样量	146
四、样品的处理方法和贮存	146
第二节 水泥密度和容重	147
一、概述	147
二、水泥密度测定方法	148
三、水泥密度测定方法	150
四、水泥容重测定方法	155
第三节 水泥细度	157
一、概述	157
二、筛分析方法	158

三、透气法测定比表面积·····	162
四、颗粒级配测定方法·····	168
第四节 水泥的需水性·····	172
一、概述·····	172
二、水泥净浆标准稠度用水量的测定·····	173
三、水泥胶砂流动度的测定·····	176
四、水泥的保水性和泌水性·····	176
第五节 水泥的凝结·····	179
一、概述·····	179
二、水泥凝结时间的测定·····	180
三、水泥不正常凝结测定方法·····	181
第六节 水泥的安定性·····	184
一、概述·····	184
二、安定性试验方法·····	185
第七节 水泥强度·····	191
一、概述·····	191
二、劈裂抗拉强度·····	192
三、抗折强度·····	194
四、抗压强度·····	196
五、水泥标准强度·····	197
六、国际上主要的水泥强度方法·····	201
七、水泥强度的快速测定·····	202
八、水泥强度试验的误差·····	204
第八节 水泥水化热·····	204
一、概述·····	204
二、水泥水化热测试方法的选择·····	206
三、水泥水化热标准·····	207
四、水泥水化热测定方法——溶解热法·····	207
五、水泥水化热测定方法——直接法·····	213
六、溶解热方法和直接法水化热之间的关系·····	219
七、有关问题及与国外标准的比较·····	220
八、混凝土绝热温升试验方法·····	221
九、水泥水化热测定方法的评价·····	223
第九节 水泥混合材活性·····	224
一、概述·····	224
二、水泥混合材活性检验方法·····	224

第十节 水泥的其他性能	229
一、膨胀与收缩	229
二、水泥开裂性	234
三、耐磨性	235
四、抗硫酸盐侵蚀性	238
五、抗渗性	244
六、抗冻性	246
七、含气量	248
八、水泥胶砂中剩余三氧化硫含量	251
九、耐热性	253
十、碳化与钢筋锈蚀	255
十一、白度	258
第十一节 水泥物理性能试验用标准样品	260
一、概述	260
二、中国 ISO 标准砂	261
三、水泥细度和比表面积标准样品	262
四、强度检验用水泥标准样品	263
五、粉煤灰细度标准样品	265
六、水泥胶砂流动度标准样品	266
第十二节 水泥包装袋	268
一、概述	268
二、水泥包装袋产品标准介绍	268
三、注意事项	272
第十三节 试验数据处理及检验报告	272
一、概述	272
二、试验数据的记录	273
三、试验结果的处理	273
四、检验报告	275
五、合格判定	276
第十四节 实验室数理统计基本知识	276
一、概述	276
二、与误差有关的术语表述	276
三、高斯正态分布定律及保证率	278
四、直线关系式的建立	281

第四章 水泥物理性能检验主要仪器设备及试验室要求

第一节 行星式水泥胶砂搅拌机	286
----------------	-----

一、概述·····	286
二、基本结构和工作原理·····	286
三、主要技术要求·····	287
四、安装调试·····	288
五、常见故障及维修·····	288
第二节 水泥胶砂试体成型振实台·····	289
一、概述·····	289
二、基本结构和工作原理·····	289
三、主要技术要求·····	290
四、安装调试·····	291
五、常见故障及维修·····	291
第三节 水泥胶砂振动台·····	292
一、概述·····	292
二、基本结构和工作原理·····	292
三、主要技术要求和关键技术参数·····	293
四、安装调试·····	294
第四节 水泥胶砂电动抗折试验机·····	295
一、概述·····	295
二、基本结构和工作原理·····	295
三、主要技术要求·····	296
四、安装调试和使用·····	297
五、常见故障·····	297
第五节 水泥恒应力加荷压力试验机·····	297
一、概述·····	297
二、规定加荷速度的意义·····	298
三、压力机加荷速度的检测及其标准·····	299
四、水泥恒应力加荷压力试验机应满足的条件·····	300
第六节 水泥净浆搅拌机·····	300
一、概述·····	300
二、结构和类型·····	300
三、主要技术要求·····	301
第七节 标准稠度与凝结时间测定仪·····	301
一、概述·····	301
二、基本结构和工作原理·····	302
三、主要技术要求·····	302
四、常见问题·····	303

第八节 负压筛析仪	303
一、概述	303
二、基本结构和工作原理	303
三、主要技术要求和参数	304
四、合格评定	305
第九节 水泥比表面积测定仪	306
一、基本结构和主要技术要求	306
二、仪器标定	307
三、试验步骤	309
四、影响比表面积测定的因素	310
五、试验注意事项	310
第十节 水泥胶砂流动度测定仪	311
一、概述	311
二、基本结构	311
三、主要技术要求	312
四、常见问题	312
第十一节 水泥抗压夹具	313
一、概述	313
二、基本结构和作用	313
三、主要技术要求	314
四、抗压夹具质量的评价方法	315
第十二节 水泥胶砂试体养护箱	316
一、概述	316
二、常见结构和工作原理	317
三、主要技术要求	317
四、安装调试	319
第十三节 水泥胶砂耐磨性试验机	319
一、概述	319
二、基本结构和工作原理	319
三、主要技术要求	320
四、安装调试	321
五、常见故障及注意事项	321
第十四节 水泥水化热测定仪	321
一、概述	321
二、水泥水化热（溶解热法）测定仪	322
三、水泥水化热（直接法）测定仪	324

第十五节 试验温湿度要求	325
一、概述	325
二、温湿度的测量与控制	325

第五章 水泥混凝土

第一节 普通混凝土的组成材料	327
一、普通混凝土中各种组成材料的作用	327
二、普通混凝土的组成材料	327
第二节 普通混凝土拌和物技术性质	336
一、普通混凝土拌和物的和易性	336
二、混凝土拌和物和易性测定	337
三、影响混凝土拌和物和易性的主要因素	339
四、改善混凝土拌和物和易性的措施	342
五、混凝土拌和物的凝结时间	343
第三节 硬化混凝土的性质	344
一、混凝土的强度	344
二、混凝土的变形	350
三、混凝土的耐久性	354
第四节 普通混凝土的质量控制	357
一、混凝土强度概率分布——正态分布	358
二、强度平均值、标准差、变异系数及强度保证率	359
三、混凝土生产管理水平的评定	360
四、混凝土的配制强度	360
五、混凝土强度的检验评定	361
第五节 普通混凝土的配合比设计	363
一、混凝土配合比设计的基本原则	363
二、混凝土配合比设计的准备工作	363
三、混凝土配合比设计的几个基本参数	364
四、混凝土配合比设计的方法与原理	364
五、混凝土配合比设计的步骤	365

参考文献	371
------	-----

第一章 水泥的分类、生产基础知识

第一节 概 述

一、水泥的定义与分类

水泥是一种水硬性的胶凝材料。我国标准对水泥的定义是：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性胶凝材料。水泥的种类很多，通常水泥按其主要的水硬性矿物可分为硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、铁铝酸盐水泥和氟铝酸盐水泥等。水泥也可按其性能和用途分为一般用途水泥和特种用途水泥。一般用途水泥如硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥等。特种用途的水泥如用于快速和抢修工程的快硬水泥；用于大体积混凝土的中热、低热水泥；用于防渗堵漏的膨胀水泥；用于炉衬材料的耐火水泥以及其他特种水泥等。目前水泥品种已达 100 多种。

为了便于命名和分类，从水泥本身的特点和使用角度出发，我国标准按水泥的用途和性能分为三类，即通用水泥，特性水泥和专用水泥。

① 通用水泥——用于一般土木建筑工程的水泥。这类水泥实际上是硅酸盐水泥及其派生的品种。它用量大，使用面广，目前品种有硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥、磷渣硅酸盐水泥、石灰石硅酸盐水泥、硫铝酸钙改性硅酸盐水泥、镁渣硅酸盐水泥。其中普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥是我国水泥市场的主导产品。

② 特性水泥——某种性能比较突出的水泥。这类水泥主要是为满足不同的工程要求，使用面比通用水泥窄。主要品种有用于补偿收缩混凝土工程的膨胀水泥，用于大坝混凝土工程和要求水化热低的结构工程的中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥，用于要求早期强度较高的快硬硅酸盐水泥和硫铝酸盐水泥，用于高温条件的铝酸盐水泥，用于水泥混凝土路面工程的道路硅酸盐水泥，用于装饰工程的白色硅酸盐水泥等。

③ 专用水泥——专门用途的水泥。这类水泥用途单一，如专用于加固油、气井工程的油井水泥，用于砌筑和抹面的砌筑水泥等。

二、水泥的生产、应用与发展概况

水泥是国民经济建设中最重要建筑材料，广泛应用于工业、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、房屋建筑制品等广泛应用于工业、交通等方面。随着现代化水泥生产技术和工程混凝土的技术进步，以水泥为主要胶结材料的水泥基复合材料在经济建设中的作用越来越重要。

硅酸盐水泥在国外称为波特兰水泥，1824年英国人阿斯普丁（J. Aspdin）发明了波特兰水泥后，水泥就成为工程建设的主要材料，迄今问世180多年来，随着生产技术的发展，经历了多次变革。

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，1877年出现了回转窑，继而出现了单筒冷却机、立式磨和球磨，水泥的产量和质量有所提高。19世纪末至20世纪初，水泥工业的生产技术不断改造与更新，1910年立窑实现机械化生产，1928年出现立波尔窑，使水泥回转窑的产量和质量明显提高，而热耗降低。1950年悬浮预热器的应用，使热耗大幅度降低。20世纪60年代开始，以计算机为代表的新技术在水泥工业中的应用，1971年开发了水泥窑外分解技术，是水泥生产技术的重大突破。同时，随着产业革命的发展与调整，可持续发展的需要，对水泥生产中原燃材料的利用与环境保护提出了更高的要求，使水泥工业生产大型化和自动化技术更上一层楼。20世纪80年代以后日产硅酸盐水泥熟料4000t、5000t和10000t的生产线都已投入生产，将水泥工业推向一个新阶段。

1889年我国在河北省唐山市首先建立启新洋灰公司，开启了我国水泥工业的大幕。1906年该公司建成了我国最早的回转窑。1949年新中国成立前，水泥年生产能力约300万吨，水泥产量最高的一年是1942年的229万吨。新中国成立后，水泥工业也和其他工业一样得到迅速发展。老企业开展技术革命和技术革新，并进行改造和扩建；合理布局的新厂逐步发展起来；为满足国家高速发展的急需，在发展各类回转窑水泥的同时，立窑水泥也得到迅速发展。1978年水泥产量为6524万吨，1989年水泥产量突破2亿吨，水泥企业达到6000多家，1995年达到4亿多吨，2001年达到6亿多吨，2008年13.99亿吨，30年间水泥产量净增13.34亿吨。我国水泥工业非常重视发展新技术、新工艺，促使水泥工业的技术不断进步。20世纪60年代初太原水泥厂的四级旋风预热器回转窑通过鉴定投入生产，1969年又在杭州水泥厂建成我国第一台带立筒预热器的回转窑，1976年在吉林省石岭水泥厂建成第一台悬浮烧成工艺线，1983年在江苏邳县水泥厂和新疆水泥厂建成日产700t熟料的窑外分解生产工艺线。此后，我国水泥工业进入以预分解窑为中心的新型干法发展阶段。在引进若干套国外的窑外分解技术和成套、半成套设备的基础上，开发并形成了我国的新型生产设备，加快了我国水

泥工业的发展。到 2009 年我国已建成日产万吨级生产线 5 条, 5000t 级生产线 190 多条, 4000t 级生产线 30 多条。在发展以窑外分解新型干法新工艺生产的同时, 我国机立窑生产也经历了技术提高、单机能力发展、控制水平现代化等几个阶段。但根据我国水泥工业产业结构可持续发展战略的要求, 目前正在由新型干法窑代替, 机立窑正在快速退出我国水泥工业, 在不久的将来将完成它的使命。

第二节 硅酸盐水泥熟料的生产

一、硅酸盐水泥的生产工艺

水泥生产过程分为三个阶段: 石灰质原料、黏土质原料与少量铁质校正原料经破碎后按一定比例配合磨细, 并调配成分合适、质量均匀的生料, 称为生料制备; 生料在水泥窑内煅烧至部分熔融得到以硅酸钙为主要成分的水泥熟料, 称为熟料的煅烧; 熟料添加适量石膏及规定掺量的混合材料等共同磨细成为水泥, 称为水泥的粉磨。生料制备、熟料煅烧和水泥粉磨这三个阶段, 亦可简称为“两磨一烧”的工艺过程。

水泥的生产方式因生料制备方法不同, 可分为湿法、干法和半干法三种。

湿法生产是原料粉磨时加水制成含水分 32%~38% 的料浆, 在旋窑内烧制水泥熟料。其优点是制备生料时扬尘少, 易于调和均匀, 有利于提高熟料质量, 但由于蒸发多余的水分要耗用大量的能源, 所以其熟料热耗比干法要高 2093~2931kJ/kg (500~700kcal/kg)。目前随着能源的紧缺, 湿法生产已逐步被新型干法窑生产工艺取代。

干法生产是原料采用干法粉磨, 回转窑煅烧熟料, 再粉磨制成水泥。由于干法生产热耗低, 质量好, 生产工艺技术发展很快, 它已由原始的中空回转窑发展为带余热锅炉发电的回转窑、立筒预热器回转窑、多级旋风预热器回转窑以及新型干法窑——窑外分解窑。水泥熟料的烧成热耗现已降至 3014~3559kJ/kg (750~850kcal/kg), 单机生产能力亦大幅度提高。先进的干法生产是当代水泥工业的主流, 是水泥工业节能挖潜的主要方向, 有着广阔的发展前景。

半干法生产, 是将干生料加水成球 (水分 12%~15%) 后入窑煅烧。最典型的是 20 世纪 30 年代所广为推行的立波尔窑 (采用炉算加热机预烧), 其特点介于干湿生产之间, 主要优点是单机产量较高而热耗较低。

立窑也属于半干法生产, 由于立窑与回转窑相比有其特殊性, 在 20 世纪 70 年代末期到 2005 年, 近 30 年在我国水泥工业占据相当重要的地位。立窑的特点是:

- ① 与回转窑相比基建投资省, 占地面积小, 金属耗量低, 易于建设, 有利于利用地方的财力、物力发展水泥生产;
- ② 利用就近的廉价劣质燃料, 在交通不方便的边远地区, 就地生产就地使用;