



新型干法水泥 生产工艺读本

第三版

王君伟 编著

XINXING GANFA SHUINI SHENGCHAN GONGYI DUBEN



化学工业出版社

本书详细阐述了新型干法水泥生产工艺流程，从原料制备到熟料煅烧，再到水泥粉磨和包装，涵盖了整个生产过程。本书可作为水泥行业工程技术人员、管理人员和相关专业学生的参考教材。本书共分六章，第一章介绍水泥工业的发展概况，第二章介绍原料制备工艺，第三章介绍熟料煅烧工艺，第四章介绍水泥粉磨工艺，第五章介绍水泥包装工艺，第六章介绍水泥的检验与质量控制。本书图文并茂，语言通俗易懂，是一本实用性很强的专业书籍。



新型干法水泥 生产工艺读本

第三版
王君伟 编著



 **化学工业出版社**
· 北京 ·

为普及水泥新型干法生产工艺知识,传播近年来水泥生产工艺方面技术新进展,本书比较系统地介绍了水泥新型干法生产工艺中原燃料、石灰石破碎、生料均化、物料粉磨、熟料煅烧方面的基本知识;并以第二代新型干法生产线技术创新和研发为核心,重点介绍了节能减排和水泥窑炉协同处置废弃物等方面的内容,展示了水泥行业在科技方面的新进展和新概念。

本书可作为生产一线人员培训读物,也可供水泥专业院校学生参考。

水泥干法生产

工艺读本

图书在版编目(CIP)数据

新型干法水泥生产工艺读本/王君伟编著.—3版.

北京:化学工业出版社,2017.6

ISBN 978-7-122-29561-3

I. ①新… II. ①王… III. ①水泥-干法-生产工艺
IV. ①TQ172.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第088857号

责任编辑:韩霄翠 仇志刚
责任校对:王静

文字编辑:李玥
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:北京市振南印刷有限责任公司

装订:北京国马印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张15¼ 字数377千字 2017年9月北京第3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:68.00元

版权所有 违者必究



前言

《新型干法水泥生产工艺读本（第二版）》出版至今已六年了，时值实施国民经济“十二五”规划，在这期间水泥工作者为推进水泥技术进步做出不懈努力，引领我国水泥行业用新技术、新设备提升生产效率，节能减排取得明显效果。在“十三五”规划起始之年，水泥行业要继续为缓解社会资源紧张、改善环境以及为水泥行业“从大到强”等方面，做出新贡献。为此，本书在第二版基础上，采纳企业读者反馈意见，删除了某些内容，如窑、磨操作等，并对六年间的工艺新技术、新设备、科技创新，以新版形式进行增补和修正，以满足基层读者了解新知识、新动态的渴望，具体如下。

① 节能减排是一项利国、利民、利企业的举措。水泥企业要扭转“高污染、高排放”的社会形象，在节能减排方面要有所作为，故新版中增设“节能减排”篇幅。

② 废物的循环使用与低品位原燃材料的综合利用是缓解自然资源匮乏、持续生产和企业履行社会责任的表现之一。故以“消纳处置废渣、废物资源化利用”为题，突出介绍“水泥窑炉协同处置固体废物”在减量化、资源化和无害化中的优势和处置技术路线。

③ 为增强操作者在生产中的预见性，利于科学操作，增添了“水泥窑生产操作中常用计算公式”内容。

④ 近年来，政府为配合“十二五”规划实施，制定和颁布了一系列政策、法规和标准，对水泥行业的能耗限额和环保限值的标准，以“新”刷“旧”进行补录。结合“十二五”期间科研实施成果，在“新技术”“新设备”“新概念”方面进行全新介绍，赋予新的思路进行扩展阐述。

第三版依然是一本献给水泥企业职工的科普读物，让读者在阅读中感受到时代跳动的脉搏。希望能为读者打开水泥知识门窗，开阔视野，活跃思维，为“十三五”规划实施立新功！

本书得以出版到第三版，特别感谢读者对本书的厚爱以及化学工业出版社的大力支持。另外，本书在编写过程中参考了一些文献和《水泥》《水泥技术》《水泥工程》《新世纪水泥导报》等专业杂志，在此向原作者和这些杂志的编辑们再次表示衷心感谢！同时对为本书编写提供建议的企业和为书稿顺利完成提供技术信息的水泥粉磨实践专家邹伟斌先生以及尧柏特种水泥公司蒲城分公司副经理王俊高工、陕西声威建材公司杨新社高工等的帮助致以谢意！笔者还要感谢李薇、隋建平、张小芬、郑丽珠、李志龙、李志、兰建成、王莉薇、丁玲

玲、杨林、任建新、周其峰、赵桂珍等对书稿完成给予的帮助！

由于编者技术水平有限，技术资料掌握不全，取舍不一定合适，书中如有疏漏和不妥之处，恳请水泥同行、读者赐教指正。



编著者

2016年8月

言 明

“十二”卷是系列丛书的第四卷，也是本系列丛书的最后一卷。本系列丛书自出版以来，受到了广大读者的热烈欢迎，许多读者来信要求增加篇幅，扩大内容。为了满足广大读者的要求，编者经过反复论证，决定在原有基础上，增加篇幅，扩大内容，将本系列丛书由原来的“十二”卷增加到“十五”卷。本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。

本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。

本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。

本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。

本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。

本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。

本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。

本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。

本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。

本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。

本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。

本系列丛书的出版，得到了许多领导和专家的关心和支持，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。本系列丛书的出版，得到了许多水泥同行的关心和帮助，特别是中国水泥协会的领导，给予了极大的帮助。



第一版前言

这是一本以“读书笔记”方式编写的“科普读物”，也是一本面向广大水泥生产一线职工的读本。市场需求变化推动技术进步，科技进步促进生产发展；技术形势发展，需要综合技能型的操作人才和科技人才。我国正处于工业转型的重要时期，发展中的新生事物来势迅猛，人的认识也要跟随时代不断刷新和前进。知识具有共享性，人们会在反复应用中验证前人所给予的知识，从浩瀚的知识海洋中得到启示并消化、吸收，从而更新、发展、创造具有更高价值的技术产品，这种继往开来的“知识”演变为后人认识自然、改造自然、开拓未来的能力。

波特兰水泥自 1824 年诞生以来，生产技术和装备经历了多次重大变革，特别是 20 世纪 70 年代出现的预热预分解技术（新型干法技术），符合现代水泥工业时期所要求的“生产规模扩大、生产效率提高、物耗能耗下降、环保功能增强”。世界各国水泥科技工作者、生产者与时俱进，为之奋斗，取得令人瞩目的成就。我国水泥新型干法技术虽然起步晚，但在老一辈水泥工作者的关怀和重视下，新生代努力拼搏，相继开发出具有自主知识产权和我国特色的新型干法技术和设备，现已成为我国水泥工业结构调整的主导方向。

为了让读者更多地、更轻松地了解水泥工业发展的现状和趋势，本书以 2000t/d 及以上规模新型干法水泥生产线为主线，从原燃料、破碎、均化、粉磨、煅烧、环保和科技进展等方面，本着“工艺为主、兼顾设备，着重现在、展示发展”的意图进行编写，较系统地介绍了新型干法水泥生产工艺的基本知识。本书系采撷于浩瀚的书本、专业杂志和生产经验，经过取舍、加工整理出的一本反映水泥行业最新研究成果和成熟技术的读物，奉献给我国水泥企业工作者，希望以其知识性、普及性、新颖性和实用性能对水泥专业人员积累知识、更新知识有所帮助；也希望通过阅读本书，在获得新知识，开阔眼界的同时，能为企业腾飞插上知识飞翔的翅膀。

在此向所有被本书所引用和摘引资料的作者以及提供信息的专业杂志编辑们致以谢意！本书在编写中，得到原陕西秦岭水泥股份公司高级技术顾问李祖尚的指导；有关预分解窑操作部分，得到了陕西秦岭水泥股份公司 7 号窑分厂副厂长、总工程师王俊的帮助，在此一并表示感谢！作者还要感谢李薇、隋建平、杨林、赵桂珍、林莹、张小芬对书稿的顺利完成给予的热情帮助。

本书编写的初衷是希望能为企业一线人员提供水泥生产基本知识，但由于作者长期在生产企业从事技术管理和技术服务工作，对生产实际操作知识的掌握不如一线人员，加上资料很欠缺，书中观点仅供参考，不足和疏漏之处恳请读者指出，以便修正、补充。

编著者

2006 年 12 月



第二版前言

《新型干法水泥生产工艺读本》问世至今已有3年多，在这期间，我国水泥工业在生产、科研等方面有很大进展。为了反映水泥工业技术进步的新成就、新内容，笔者在第一版基础上对相关内容进行补充和修订，重点有以下三方面。

一是根据新发布的标准、规范和产业政策，对相关内容作了必要论述和数值修正。

二是除保留硅酸盐水泥生产基础知识外，新融入了3年多来日产熟料5000t规模新型干法生产线的新信息、新实践和新数据。

三是补充了近年来我国和世界水泥工业在生产、科研等方面的新举措、新成果和新概念，目的是希望读者通过阅读本书，获得水泥技术发展的“新思维、新趋势、新热点”等信息。如：第一章补充了可以享受增值税即征即退政策的废渣目录、中国煤炭编码总表；第五章对使用水泥助磨剂时应注意的问题作了进一步补充；第六章对篦式冷却机和低温余热发电作了补充修正；第九章介绍了水泥工业协同处置废弃物的技术途径、节能减排技术和低碳经济的知识。

第二版仍然是一本适合水泥企业职工的专业科普读物。在进入21世纪的今天，需要“用科学头脑去思考，用科学方法去工作”，希望本书能为水泥生产一线职工提供一些简明信息，供实践中参考和验证。

本书在编写过程中参考了一些文献资料和《水泥》《水泥技术》《水泥工程》《新世纪水泥导报》《中国水泥》等专业杂志，在此向原作者和这些杂志的编辑致以真诚的谢意。本书的编写也得到了陕西秦岭水泥股份公司和陕西声威建材集团有限公司的帮助，在此一并表示感谢！笔者还要感谢李薇、隋建平、杨林、赵桂珍、林莹、张小芬等对书稿顺利完成给予的热情帮助。

由于笔者水平有限，书中如有疏漏和不妥之处，请水泥同行和读者指正。

编著者

2010年9月



目 录

绪论	1
第一章 原燃料	3
第一节 石灰质原料	4
一、天然石灰质原料	4
二、工业废渣	5
第二节 硅铝质原料	5
一、天然硅铝质原料	6
二、工业废渣和尾矿	7
第三节 铝质及硫质原料	8
一、铝质原料	8
二、硫质原料	9
第四节 校正原料和水泥混合材料	10
一、校正原料	10
二、混合材料	10
第五节 燃料煤	13
第六节 原燃料的综合要求	15
一、对石灰质原料矿山的的要求	15
二、原材料选择上的注意要点	16
附表 1-1 不同水泥熟料品种对水泥原料质量的一般要求	21
附表 1-2 中国煤炭分类简表	22
附表 1-3 水泥生产常用原料（或外加剂）种类简表	23
附表 1-4 水泥生产常用的硅酸盐、碳酸盐、铝酸盐、硫酸盐矿物	23
参考文献	24
第二章 原料的配合	25
第一节 硅酸盐水泥熟料矿物组成计算	25
第二节 预分解窑烧制的熟料率值范围	27
第三节 生料配料计算	28
一、配料工作主要任务	28

二、水泥熟料率值的选择	28
三、生料配料计算	29
第四节 配料的自动控制及岩相观察	33
一、配料的生产自动控制	33
二、岩相观察	34
附表 2-1 水泥熟料中矿物组成与成分的技术要求	35
附表 2-2 物料成分、用量、配比基准换算表	35
附表 2-3 煤基准换算表	36
参考文献	36
第三章 石灰石破碎	37
第一节 破碎的基本概念	37
一、破碎机分类	37
二、粒度及破碎比	37
三、矿石的破碎性能	38
第二节 单段锤式破碎机	39
一、概述	39
二、锤式破碎机使用时的注意事项	40
第三节 其他物料的破碎机	41
一、常用破碎机	41
二、专用破碎机	42
参考文献	43
第四章 原燃料预均化堆场和生料均化库	44
第一节 衡量均化程度指标	44
第二节 预均化堆场	45
一、预均化堆场的形式	45
二、堆场的堆料和取料方式	46
第三节 堆料机和取料机	47
一、堆料机	47
二、取料机	47
第四节 生料均化库	48
一、生料均化库的作用	48
二、连续式生料均化库形式	48
三、影响均化效果的主要因素	52
参考文献	52
第五章 物料粉磨	53
第一节 生产工艺控制参数和物料的粉磨性能指标	53
一、物料粉磨性能测试指标及粉体物理性能	53
二、细度	58
三、粉粒体的粒度分布	63
四、粉磨系统产量	65

第二节	粉磨工艺流程	68
一、	粉磨系统	68
二、	预粉碎	68
三、	辊式磨流程	69
四、	辊压机流程	70
第三节	磨机简介	71
一、	钢球磨	71
二、	辊式磨	72
三、	辊压机	74
四、	筒辊磨	75
五、	高细磨	77
第四节	选粉设备	77
一、	选粉性能评价	77
二、	选粉机	78
三、	打散分级机	80
第五节	研磨体	81
一、	研磨体的种类和作用	81
二、	级配	84
三、	配球方案和调整	85
第六节	水泥粉磨厂(站)	88
一、	对水泥熟料质量要求	88
二、	水泥终粉磨方式	89
三、	下游产品对水泥性能的要求	90
附表 5-1	钢球钢段基本技术参数	94
附表 5-2	公制筛(孔数/cm ²)和英制筛(孔目数/in)筛面尺寸	95
附表 5-3	硅酸盐水泥熟料性能	95
附表 5-4	水泥性能	96
附表 5-5	部分活性混合材料简要性能	98
附表 5-6	混凝土对水泥技术性能要求	99
	参考文献	101
第六章	熟料煨烧	102
第一节	预分解窑系统技术特点	103
一、	系统工艺技术特点	103
二、	发挥预分解窑技术优势以提高系统产量	103
三、	预分解窑系统流程	104
第二节	旋风预热器	106
一、	预热器的工作参数	106
二、	旋风预热器	107
第三节	分解炉	108
一、	评价分解炉工作性能的主要参数	108

80	二、分解炉中煤粉燃烧的特点和对策	109
80	三、分解炉结构形式	112
80	第四节 回转窑	117
80	一、生料煨烧性能指数	117
80	二、回转窑的特点	118
80	三、窑内工艺带的划分	119
80	四、窑头燃无烟煤的技术措施	120
80	第五节 煤粉燃烧器	121
80	一、燃烧器各风道作用简介	121
80	二、结构形式	121
80	第六节 篦式冷却机	123
80	一、冷却机评价	124
80	二、推动式篦式冷却机	124
80	第七节 低温余热发电技术	126
80	一、余热回收	126
80	二、低温余热发电系统	128
80	第八节 煨烧生产操作中常用算式	129
80	一、需要的烧成温度 T_{sh}	129
80	二、物料停留时间 T	130
80	三、质量检测合格率 K	130
80	附表 6-1 回转窑内耐火材料配置 (参考)	131
80	附表 6-2 硅酸盐水泥熟料颜色对应烧成状况的初步判断	134
80	参考文献	135
80	第七章 水泥包装和散装	136
80	第一节 水泥包装	136
80	一、回转式包装机	136
80	二、数控水泥包装机	136
80	第二节 水泥散装	138
80	一、我国散装水泥的发展	138
80	二、推广散装水泥的好处	138
80	三、水泥散装率	139
80	第三节 水泥的存储性	139
80	一、长期储存强度下降	139
80	二、水泥结块现象	140
80	三、常用水泥包装袋的防潮性能	140
80	四、熟料露天存放后对质量的影响	140
80	参考文献	140
80	第八章 节能与环保	142
80	第一节 节能	142
80	一、节能意义	142

二、节能方向	143
三、节能途径	145
四、能耗指标	147
第二节 减排	150
一、废气量减排	150
二、温室气体 CO ₂ 减排	152
三、大气污染物减排	155
第三节 环境保护	155
一、强化治理环境排放力度	155
二、颗粒物减排治理	157
三、烟气中有害成分的污染与防治	158
四、噪声	163
五、削减重金属污染	165
六、除尘	166
第四节 消纳、处置废渣、废物的资源化利用	170
一、水泥行业消纳和处置废渣、废物的“优势”	171
二、水泥生产线消纳处置中的“短板”	173
三、水泥窑协同处置固体废弃物方式	174
四、我国水泥窑协同处置废弃物推广难点	184
五、消纳和处置废弃物时需注意的问题	185
六、建筑垃圾在水泥行业资源化利用	188
附表 8-1 水泥工业利用废弃物作为替代原燃材料示例	189
附表 8-2 水泥企业消纳废弃物部分品种、替代项目简介	189
附表 8-3 水泥生产中粉尘产生系数及粒径分布	191
参考文献	191
第九章 新技术、新设备、新概念	192
第一节 新技术	192
一、捕集 CO ₂ 技术及应用	192
二、富氧煅烧技术	194
三、第二代新型干法水泥技术与装备创新研发	196
四、ORC 技术	199
五、生产信息化、智能化控制技术	200
六、高固气比预热预分解技术	201
第二节 新设备	206
一、新型选粉机	206
二、无漏料棒式篦式冷却机	207
三、热盘炉	208
第三节 新概念	210
一、淘汰落后产能	210
二、绿色低碳战略	211

三、水泥窑协同“处理废物”的概念澄清	213
四、错峰生产	214
五、精细化管理	216
六、“工业 4.0”和“中国制造 2025”	217
七、标准体系改革	219
参考文献	219
附录 标准、规范、政策	220
附录一 《水泥单位产品能源消耗限额》(GB 16780—2012)	220
附录二 《水泥工业大气污染物排放标准》(GB 4915—2013)	222
附录三 我国利用水泥窑协同处置固体废物现行的污染控制标准及控制目标	223
附录四 水泥行业规范条件(2015 年本)	225
附录五 《产品质量国家监督抽查不合格产品生产企业后处理工作规定》摘录	227
附录六 中国建材联合会提出淘汰落后产能的六大措施	228
附录七 《关于水泥企业用电实行阶梯电价政策有关问题的通知》摘录	228



绪 论

20世纪50~70年代出现的悬浮预热和预分解技术（即新型干法水泥技术）大大提高了水泥窑的热效率和单机生产能力，以其技术先进性、设备可靠性、生产适应性和工艺性能优良等特点，促进水泥工业向大型化进一步发展，也是实现水泥工业现代化的必经之路，成为当今世界水泥工业的主导技术。

我国水泥行业采用预热预分解技术装备进行生产，虽然起步晚、起点低，但在“引进、消化、改造、创新”过程中，水泥工作者不懈努力，取得实质性效果，如今继续向高层次的“第二代新型干法水泥生产研发技术”进军。从“八五”以来，以提高新型干法回转窑生产水泥熟料比例、调整结构、转型升级为具体目标，提出“上大改小”和“限制、淘汰、改造、提高”的方针，“十二五”期间“转方式、调结构、拓功能、促和谐”，以及近年来在“淘汰落后、优化存量、产业结构重组”的产业政策指导下，大大提升了预热预分解窑生产线结构比例。据介绍，截至2015年我国预热预分解生产线比例达到97%和集中度（集中度是按前十大集团熟料产能占全国熟料总产能的比例计算的）达到54%。

新型干法水泥生产是以悬浮预热和预分解技术装备为核心，以先进的环保、热工、粉磨、均化、储运、在线检测、信息化、自动化等技术装备为基础；采用新技术和新材料；节约资源和能源，充分利用废料、废渣，促进循环经济，实现人与自然和谐相处的现代化水泥生产方法。协同处置社会废物、废渣时，水泥生产主体工艺流程差别不大，因需要增加预处理设置，故在细部的生产工艺流程上有差异。至于应用“第二代新型干法水泥”的科研成果和实现“水泥工业4.0智能工厂”后，随着工艺设备配置改变、过程控制技术和两化融合，水泥生产工艺流程有何变化，作为后话。

(1) 常规式 水泥生产主要工艺过程简要概括为“两磨一烧”或“三磨一烧”。按主要生产环节论述为：矿山采运（自备矿山时，包括矿石开采、破碎、运输、预均化等）、生料制备（包括物料破碎、原料预均化、原料的配合、生料的粉磨和均化等）；熟料煅烧（包括煤粉制备、熟料煅烧和冷却等）；水泥的粉磨（包括粉磨站）与水泥包装（包括散装）、余热发电等。如图0-1所示。

(2) 协同处废时 利用水泥窑协同处置固体废弃物时，因废弃物种类颇多，形态多样，来源复杂，其有害成分含量比传统原料高且类别多，影响烧成系统生产，故需增加“原燃料预处理”设施。其工艺路线是“预处理+水泥窑、炉焚烧处置，或生料配伍、或水泥消纳”。工艺流程详见本书第八章第四节“三、水泥窑协同处置固体废弃物

方式”中所述。

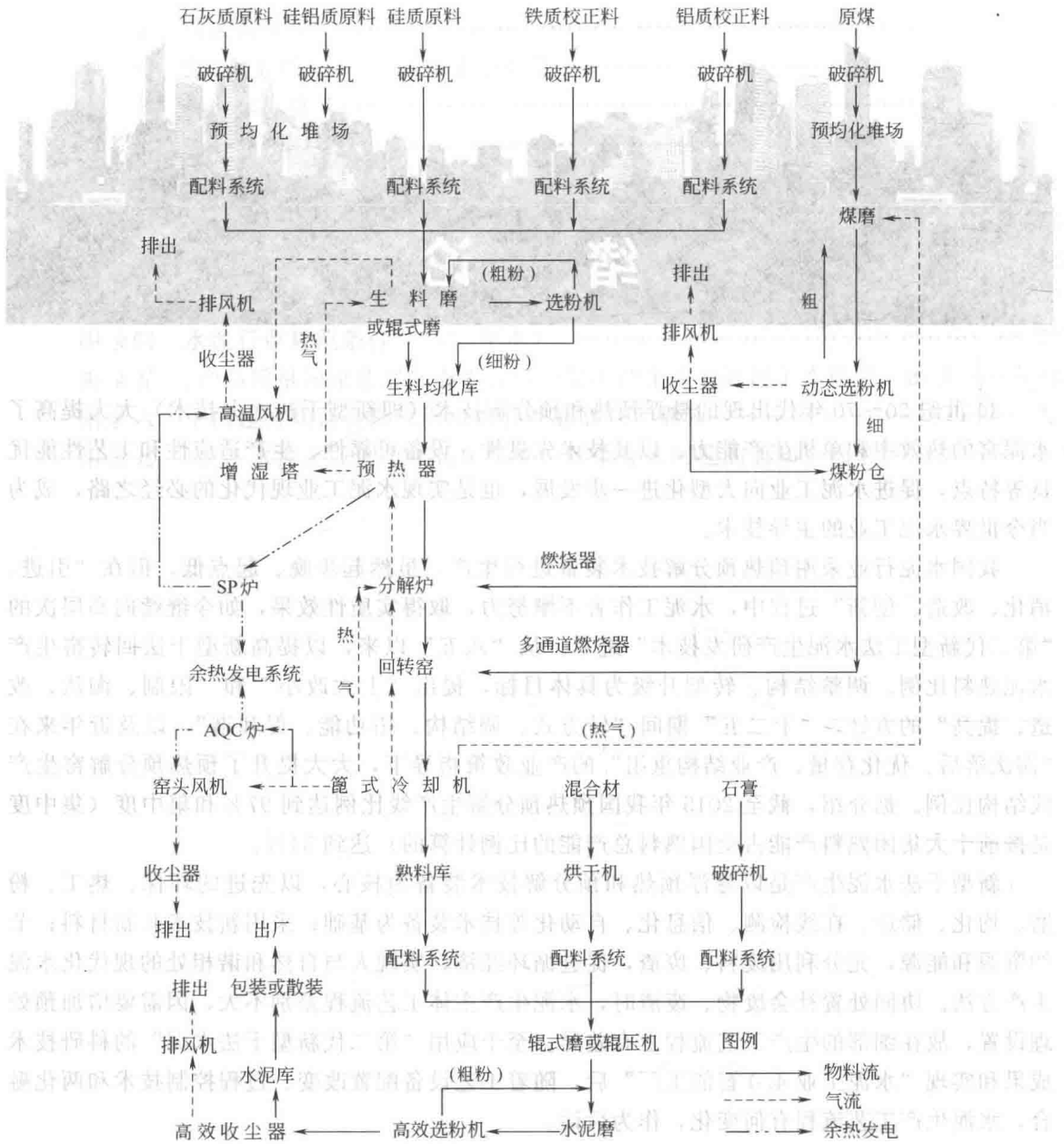


图 0-1 新型干法水泥生产工艺流程



第一章 原燃料

众所周知，水泥生产对原燃料依赖性很大，原料的优劣是决定产品质量好坏的重要因素。预分解窑系统对原燃料中的有害成分（碱、 Cl^- 、 SO_3^{2-} 等）很敏感，因此在新型干法水泥生产线筹建初期，除需获得原料矿山的地质勘探报告并要查明储量外，对其中有害成分的含量、放射性物质和微量元素情况应有所了解，作为资源可行性依据；在生产线的建设中，必须重视对原燃料性能的研究，根据其质量和物理性能，来选择或设计相应的预热预分解和粉磨生产系统；工厂投产后，除对进厂原料进行批次成分分析外，也要经常对其品质进行检验，掌握其质量和波动情况，为生产操作提供依据和制备出优质的水泥、熟料产品满足用户要求。

硅酸盐水泥熟料的基本化学成分是钙、硅、铁、铝的氧化物，主要原料是石灰质原料和硅铝质原料（或黏土质原料）。石灰质原料主要提供氧化钙成分，硅铝质原料主要提供氧化硅、氧化铝成分。当成分中氧化硅、氧化铁、氧化铝含量偏低时，需补充硅质原料、铁质原料和铝质原料参与配料。我国回转窑、分解炉普遍采用煤粉作为燃料，所以配料中还需考虑煤灰掺入量和成分。制备水泥时，除水泥熟料外，还需掺入缓凝剂，有的还掺加混合材料、外加剂等。从环保和利用资源角度出发，水泥生产用的原燃料结构，已从传统使用天然矿石资源，向低品位化、岩矿化、废渣化和当地化发展，尽最大可能降低对自然资源和能源的索取。

国家鼓励企业开展资源综合利用，推动循环经济发展，政府给予在税收增值税减免方面的优惠。2015年6月12日中华人民共和国财政部和国家税务总局联合发布了《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》的通知（财税〔2015〕78号），明确了以42.5及以上水泥原料掺加20%以上来自所列资源，其他水泥的原料40%以上来自所列资源可享受70%的退税比例。实施该通知，采用了“扶持高等级水泥生产和环保达标企业”的政策，体现了“扶优扶强”和“强化环保”战略，鼓励提高熟料强度，使原先不能享受优惠政策的42.5及以上水泥，获得实质受益。同时也更严格地明确能获优惠的企业条件是：企业排放必须达标；必须有信用等级纳税、不得使用《产业结构调整指导目录》中的禁止类、限制类的项目，否则不能享受优惠政策，还要受到处罚。

各体系水泥熟料的主要原料及水泥组分简介见表1-1。

表 1-1 各体系水泥熟料的主要原料及水泥组分简介

水泥熟料种类	主要原料或组分
硅酸盐水泥熟料	石灰质原料、硅铝质原料、校正原料
铝酸盐水泥熟料	石灰质原料、铝质原料(铝矾土)
硫铝酸盐水泥熟料	石灰质原料、铝质原料(铝矾土)、硫质原料(石膏)
铁铝酸盐水泥熟料	石灰质原料、铝质原料(铁矾土)、硫质原料(石膏)
氟铝酸盐水泥熟料	石灰质原料、铝质原料(铝矾土)、萤石(有的还加石膏)
抗硫酸盐水泥熟料	石灰质原料、铁质原料、高硅质原料
防辐射水泥熟料	钡或锶的碳酸盐(或硫酸盐)、硅铝质原料
道路水泥熟料	石灰质原料、硅铝质原料、铁质原料或少量矿化剂
白水泥熟料	石灰质原料、硅铝质原料(如高岭土)、少量矿化剂和增白剂
生态水泥熟料	固体废弃物(如城市垃圾焚烧灰或下水道污泥或工业废渣等)、石灰石、黏土
土聚水泥熟料	高岭土(活化后)、碱性激发剂、促硬剂
彩色水泥熟料	直接煅烧法:石灰质原料、硅铝质原料、金属氧化物着色原料、校正原料及矿化剂
彩色水泥	混合着色法:白水泥、白石膏、颜料及少量外加剂
无熟料水泥	工业废渣(矿渣、钢渣等)、激发剂、石膏
少熟料水泥	工业废渣(煤矸石、粉煤灰等)、少量水泥熟料、石膏、激发剂
通用水泥	水泥熟料、石膏、混合材(生产 P·I 型不加)
膨胀水泥	硅酸盐水泥熟料或铝酸盐水泥熟料、石膏
低热微膨胀水泥	粒化高炉矿渣或沸腾炉渣、适量硅酸盐水泥熟料和石膏
砌筑水泥	活性混合材(如矿渣)加适量硅酸盐水泥熟料和石膏
碱-胶凝材料	工业废渣、尾矿、黏土类物质和碱激发剂
磷石膏制联产水泥	磷石膏(或硬石膏)、硅质原料、焦炭末(还原剂)
海工硅酸盐水泥	由硅酸盐水泥熟料和天然石膏、矿渣粉、粉煤灰、硅灰粉磨制成

第一节 石灰质原料

凡是以氧化钙为主要成分的原料〔天然的或工业废渣中含 CaO 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 或 CaCO_3 成分〕都称为石灰质原料。水泥企业采用的石灰质原料主要是石灰石。因石灰石矿产资源不可再生(意味着需要亿年以上,短期内无法形成),所以水泥生产企业在对待矿石原料上,一要搭配开采使用,适度贫化,以延长矿山服务年限;二要加强管理,避免乱开采所造成的浪费;三要采用先进开采技术,提高开采利用率、回采率;四要尽可能多利用工业废渣和低品位岩石、尾矿,以减轻对天然石灰石资源的压力。

一、天然石灰质原料

常用的天然石灰质原料有石灰岩、泥灰岩、白垩和贝壳等,我国大部分水泥厂使用石灰岩和泥灰岩,它们均属于不可再生资源,应珍惜。

1. 石灰岩

石灰岩是由碳酸钙所组成的化学与生物化学沉积岩,纯石灰石是白色的,性脆;按钙、