

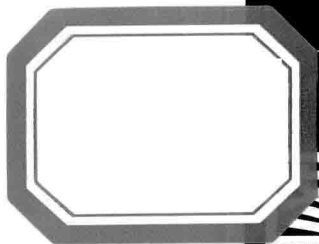
图解

新型干法水泥 生产工艺及设备

彭宝利 朱晓丽 王仲军 编著



化学工业出版社



图解

新型干法水泥 生产工艺及设备

彭宝利 朱晓丽 王仲军 编著



化学工业出版社

·北京·

本书以新型干法水泥生产为主线，系统阐述了原料的破碎及预均化、生料粉磨及均化、熟料煅烧、水泥制成、水泥储存及发运的整个工艺过程所涉及的生产设备，以直观形象的立体图、内部结构图、真实的生产工艺流程图展现出来，并对其构造、工作原理、用途等作出文字说明。反映了国内外新型干法水泥生产设备的最新进展，内容丰富，翔实可靠，实用性强。

本书可作为高等院校无机非金属材料工程专业的专业课教学、水泥厂实习及毕业设计的教学用书；也可作为职业技术教育材料工程技术及相关专业的专业课教学、水泥厂实习及毕业设计等各环节的教学用书；还可作为水泥企业工程技术人员、管理人员、岗位操作人员阅读参考材料和企业职工培训、继续教育的教学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

图解新型干法水泥生产工艺及设备/彭宝利等编著.
北京: 化学工业出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-122-24251-8

I. ①图… II. ①彭… III. ①水泥-干法-生产工艺-图解②水泥-干法-生产设备-图解 IV. ①TQ172.6-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 126170 号

责任编辑: 王文峡

文字编辑: 颜克俭

责任校对: 王素芹

装帧设计: 尹琳琳

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: 北京永鑫印刷有限公司

装订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13½ 字数 303 千字 2015 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: 69.00 元

版权所有 违者必究



前言

水泥生产从原料开采到生料制备、熟料煅烧，再到水泥制成，直至水泥出厂，需要用到上百种设备，生产过程十分复杂。随着现代水泥科技水平的不断提高、生产设备的不断升级，以预分解技术为代表的新型干法水泥生产进入了大型化和集约规模化快速发展时期，目前已成为现代水泥工业发展的主流和最先进的工艺，但也增加了人们对水泥生产过程与生产设备之间的内在规律认识的难度。能否为读者提供一本与新型干法水泥生产工艺相辅相成的生产设备读物，以搭起一座理论与实践、抽象与形象之间的桥梁呢？为此，我们深入到多家新型干法水泥厂生产一线，与厂里的工程师、岗位技术工人们一起摸爬滚打，获得了大量的、最新最先进的生产设备第一手资料，我们把这些资料进行了加工整理，对国内外最先进的辊压机、各种类型的球磨机及立式磨、各种类型的旋风预热器及分解炉、各种类型的熟料冷却机以及各种类型的辅助设备，从抽象到形象、从局部到整体，详尽描绘，以直观形象的立体图、内部结构图、真实的生产工艺流程图展现出来，并对其构造、工作原理、用途等作出文字说明，形成《图解新型干法水泥生产工艺及设备》一书让读者清楚地了解到各种设备的结构与功能、主机与辅机之间的联系、物料和气流的走向等，从而轻松地学到专业知识，收到事半功倍的效果。

本书具有很强的针对性和广泛的实用性：

1. 本书可作为高等院校无机非金属材料工程专业的专业课教学、水泥厂实习及毕业设计的教学用书；
2. 本书可作为职业技术教育材料工程技术及相关专业的专业课教学、水泥厂实习及毕业设计等各环节的教学用书；
3. 本书可作为水泥企业工程技术人员、管理人员、岗位操作人员阅读参考和企业职工培训、继续教育的教学用书。

本书由唐山学院彭宝利、朱晓丽、王仲军编著，冀东发展集团、中联水泥集团等多家现代化水泥企业和化学工业出版社对本书的编写和出版给予了大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中的不足之处恳请从事水泥事业的广大同仁和读者给予批评指正，以便今后修订和补充、完善。

编著者

2015年4月4日

1 概述 /1

1.1 水泥及水泥品种	1
1.2 新型干法水泥技术	2
1.3 新型干法水泥生产设备	2
1.4 新型干法水泥生产工艺流程	4

2 生料制备工艺及设备 /12

2.1 破碎机	12
2.1.1 颞式破碎机	12
2.1.2 锤式破碎机	15
2.1.3 反击式破碎机	17
2.2 原料预均化设备	21
2.2.1 预均化库	21
2.2.2 悬臂式堆料机	21
2.2.3 卸料车式堆料机	25
2.2.4 桥式刮板取料机	25
2.3 喂料计量设备	26
2.3.1 调速定量电子皮带秤	27
2.3.2 除铁器	28
2.3.3 冲板式流量计	29
2.3.4 溜槽式流量计	29
2.3.5 失重秤	30
2.3.6 电磁振动喂料机	30
2.4 生料粉磨设备（球磨机系统）	31
2.4.1 球磨机	31
2.4.2 分级设备	43
2.4.3 球磨机系统配置及典型粉磨工艺流程	47

2.5	生料粉磨设备（立磨系统）	50
2.5.1	立磨构造及主要部件	50
2.5.2	立磨系统配置及典型粉磨工艺流程	61
2.6	生料均化设备	63
2.6.1	生料均化库的类型及均化原理	63
2.6.2	生料均化库的构成	64

3

熟料煅烧及冷却工艺及设备

/67

3.1	悬浮预热器	67
3.1.1	单元组成	67
3.1.2	悬浮预热器的分类	68
3.2	预分解技术	69
3.2.1	预分解窑的分类	69
3.2.2	分解炉系列	70
3.3	回转窑	89
3.3.1	构造及工作原理	89
3.3.2	主要部件	90
3.4	煤粉燃烧器	97
3.4.1	煤粉燃烧器中的名词术语及其含义	97
3.4.2	三风道煤粉燃烧器	100
3.4.3	四风道煤粉燃烧器	102
3.5	熟料冷却机	103
3.5.1	第一代和第二代算式冷却机	104
3.5.2	第三代算式冷却机	108
3.5.3	第四代算式冷却机	116
3.6	增湿塔	118
3.6.1	构造及工作原理	118
3.6.2	增湿塔给水（喷雾）自控系统	120
3.7	煤磨	121
3.7.1	风扫磨	121
3.7.2	立式煤磨	124
3.8	熟料煅烧系统主机配置及工艺流程	124

4

水泥制成工艺及设备

/128

4.1	矿渣烘干设备	128
4.1.1	回转式烘干机	128
4.1.2	沸腾燃烧室	130

4.2	水泥粉磨设备	130
4.2.1	辊压机	130
4.2.2	打散分级机	132
4.2.3	V形选粉机	134
4.2.4	球磨机	136
4.2.5	O-Sepa 选粉机	139
4.2.6	球磨机系统配置及典型的粉磨工艺流程	141
4.2.7	立磨	144
4.3	水泥储存与装运设备	147
4.3.1	袋装水泥发运工艺流程	147
4.3.2	回转式水泥包装机	147
4.3.3	散装水泥发运设备	153

5

生产辅助设备

/155

5.1	机械输送设备	155
5.1.1	带式输送机	155
5.1.2	螺旋输送机	162
5.1.3	斗式提升机	164
5.1.4	链式输送机	169
5.2	气力输送设备	177
5.2.1	流态化技术与气力输送系统	177
5.2.2	空气输送斜槽	178
5.2.3	气力提升泵	180
5.2.4	螺旋气力输送泵	181
5.2.5	仓式气力输送泵	183
5.2.6	管道及阀门	185
5.3	除尘设备	187
5.3.1	主要尘源点的除尘	188
5.3.2	旋风除尘器	190
5.3.3	袋式除尘器	192
5.3.4	电除尘器	195
5.4	风机	199
5.4.1	离心通风机	199
5.4.2	罗茨风机	201
5.5	空气压缩机	202
5.5.1	空压机站的组成	203
5.5.2	空气压缩机	203

参考文献

/209



材料统称为水泥。

1.2 新型干法水泥技术

在硅酸盐水泥问世后的一个半世纪中,生产工艺技术经历了多次变革:由最初的土立窑到回转窑、机械化立窑生产工艺,再到20世纪50~70年代悬浮预热和预分解技术的出现,以及20世纪80年代以后计算机信息化和网络化技术在水泥工艺过程中的应用等。水泥工业进入了大型化、现代化阶段。

以悬浮预热和预分解技术为核心,集工艺、机械、电气、仪表为一体,运用计算机技术(computer)、通信技术(communication)、控制技术(control)和屏幕显示技术(CRT)的新型干法水泥工艺技术应用用于水泥生产的全过程,代表了现代水泥发展的基本方向和主流,具有生产能力大、自动化程度高、水泥质量优良,节能、环保、降耗、工业废弃物利用量大等一系列优点,已成为当今世界现代化水泥生产的重要标志。

1.3 新型干法水泥生产设备

水泥生产工艺技术的进步,有赖于生产设备的革新和工艺技术的开发创新,有赖于世界经济发展趋势和我国国情(国产配套和部分引进),这给现代水泥生产工艺过程赋予了新的内容,使每一道生产工序都综合利用新技术、新工艺、新设备,并大力实施循环经济和清洁生产(如低温余热发电以及废渣、废料的综合利用等),以保证水泥工业的可持续发展。

我国新型干法水泥生产线设计和设备配套经历了引进、消化、吸收、开发阶段,1978年开始,我国相继从国外引进了一批2000~4000t/d熟料新型干法水泥生产技术和成套设备,先后建成了冀东、宁国、柳州、云浮等大型水泥企业。如今已实现了4000t/d、5000t/d和10000t/d熟料国产化设计及设备配套,以烘干球磨机或立式磨的生料粉磨、预分解窑熟料煅烧、空气梁或交叉推力棒算冷机的熟料冷却、辊压机及球磨机的水泥粉磨等大型现代化生产设备,承担着1100多条预分解窑的运转,工艺技术朝着现代化方向迈进。表1-1是日产熟料5000t预分解窑生产线技术装备的基本配置。

表 1-1 5000t/d 预分解窑生产线技术装备的基本配置

序号	工序	主机名称	性能指标	生产能力	台数
1	石灰石破碎	锤式破碎机	进料粒度: $<1.5\text{m}$ 出料粒度: $<10\%R70\text{mm}$	700~800t/h	1
2	石灰石预均化	堆料机	圆形库储量:52000t	顶部小车或悬臂式堆料机 1000t/h 或 800t/h	1
		取料机	矩形库储量: $2\times 40000\text{t}$	桥式刮板取料机 500t/h	1



续表

序号	工序	主机名称	性能指标	生产能力	台数
3	原料粉磨 (球磨机 或立式磨)	中卸烘干磨 (球磨)	规格/数量: $\phi 4.6\text{m} \times 13\text{m}$ 入磨粒度: $\leq 15\% R25\text{mm}$ 入磨水分: $\leq 6\%$ 成品细度: $12\% \sim 14\% R80\mu\text{m}$ 装机功率: 3550kW	190t/h	2
		立式 烘干磨	入磨粒度: $\leq 10\% R75\text{mm}$ 入磨水分: $\leq 6\%$ 成品细度: $12\% \sim 14\% R90\mu\text{m}$ 装机功率: 约 3500kW	380t/h	1
4	生料 均化库	MF 或 CP 或 IBAU	规格: $\phi 22.5\text{m}$ 储量: $15000 \sim 20000\text{t}$		1
5		五级旋风 预热器 (双系列)	$C_1: 4-\phi 4.5\text{m}$ $C_2: 2-\phi 6.4\text{m}$ $C_3: 2-\phi 6.6\text{m}$ $C_4: 2-\phi 6.6\text{m}$ $C_5: 2-\phi 6.8\text{m}$		1
		分解炉	$\phi 7.4\text{m}$		1
		回转窑	$\phi 4.8\text{m} \times 72\text{m}$		1
		算式 冷却机	算床有效面积: 124.7m^2 出料温度: $65^\circ\text{C} + \text{环境温度}$		1
6	窑尾废气 处理	袋式除尘器 (与原料磨共用)	过滤面积: 16960m^2 正常温度: $100 \sim 150^\circ\text{C}$ 最高温度: 260°C 进口含尘浓度: $< 100\text{g}/\text{m}^3$ (标准状况) 出口含尘浓度: $< 30\text{mg}/\text{m}^3$ (标准状况)	处理烟气量: $960000\text{m}^3/\text{h}$	1
7	窑头废气 处理	电除尘器	电场截面积: 229.4m^2 烟气温度的: $220 \sim 250^\circ\text{C}$ 最大烟气温度的: 400°C 进口含尘浓度: $< 30\text{g}/\text{m}^3$ (标准状况) 出口含尘浓度: $< 30\text{mg}/\text{m}^3$ (标准状况)	处理烟气量: $640000\text{m}^3/\text{h}$	1
8	煤粉制备 (风扫磨 或立式磨)	风扫磨	规格: $\phi 3.6\text{m} \times 9\text{m}$ 入磨粒度: $\leq 25\text{mm}$ 入磨水分: $\leq 8\% \sim 10\%$ 成品细度: $10\% R80\mu\text{m}$ 装机功率: 900kW	38t/h	1
9		立式磨	入磨粒度: $\leq 50\text{mm}$ 入磨水分: $\leq 10\%$ 成品细度: $12\% \sim 14\% R80\mu\text{m}$ 成品水分: $\leq 1\%$ 装机功率: 约 560kW	45t/h	1



续表

序号	工序	主机名称	性能指标	生产能力	台数
10	水泥粉磨 (辊压机配 球磨系统)	辊压机	TRP140/100, 喂料粒度: $\leq 20\% R30\text{mm}$	130t/h	2
		球磨机	管磨规格: $\phi 4.2\text{m} \times 11.5\text{m}$ 装机功率: 2800kW		2

1.4 新型干法水泥生产工艺流程

新型干法水泥工艺技术是在改进和提高传统水泥生产工艺及设备的基础上发展起来的现代水泥工艺技术，它运用上百种现代化生产设备及现代化的热工操作、在线监测、质量控制等技术手段，对整个生产过程中庞大的数据进行采集和处理，由中央控制室集中监控，将每道工序中各点的过程参数、设备运行情况等全面迅速地反映出来，并实现及时、准确的判断和自动控制。生产工艺流程主要分为生料制备、熟料煅烧、水泥制成三个阶段。

(1) 生料制备

生料制备是指将制造水泥所用的石灰石原料、黏土质原料与少量校正原料（铁质、硅质等）经过破碎、均化后，按照一定比例配合、磨细、再均化使之成为成分合适、质量均匀的生料，以满足下一道工序——熟料煅烧的要求，包括入窑前对原料的一系列加工过程，如图 1-1（球磨机系统）和图 1-2（立磨系统）。

(2) 熟料煅烧

将制备好的合格生料送入水泥窑内煅烧至部分熔融，经过一系列复杂的物理变化和化学变化后所得以硅酸钙为主要成分的水泥熟料，称为熟料煅烧。这道工序包括生料预热、碳酸盐分解、熟料煅烧及冷却过程及煤粉制备，如图 1-3。

(3) 水泥制成

冷却后的熟料，加入适量的石膏、混合材共同磨细至粉末状的水泥，经储存和均化后，采用包装或散装出厂，称为水泥制成，包括矿渣烘干、水泥粉磨、储存、均化、水泥发运各道工序，如图 1-4。

把上面的三个阶段连接起来，构成一个完整的水泥制造过程，即：

石灰石开采→原料破碎及预均化→生料粉磨→生料均化→熟料煅烧及冷却→水泥粉磨→水泥储存及均化→水泥发运

现代水泥生产流程主要根据资源情况、原料种类和性质、采用的主要生产设备和工厂规模来确定，图 1-5~图 1-7 是几种典型的现代水泥生产工艺流程。

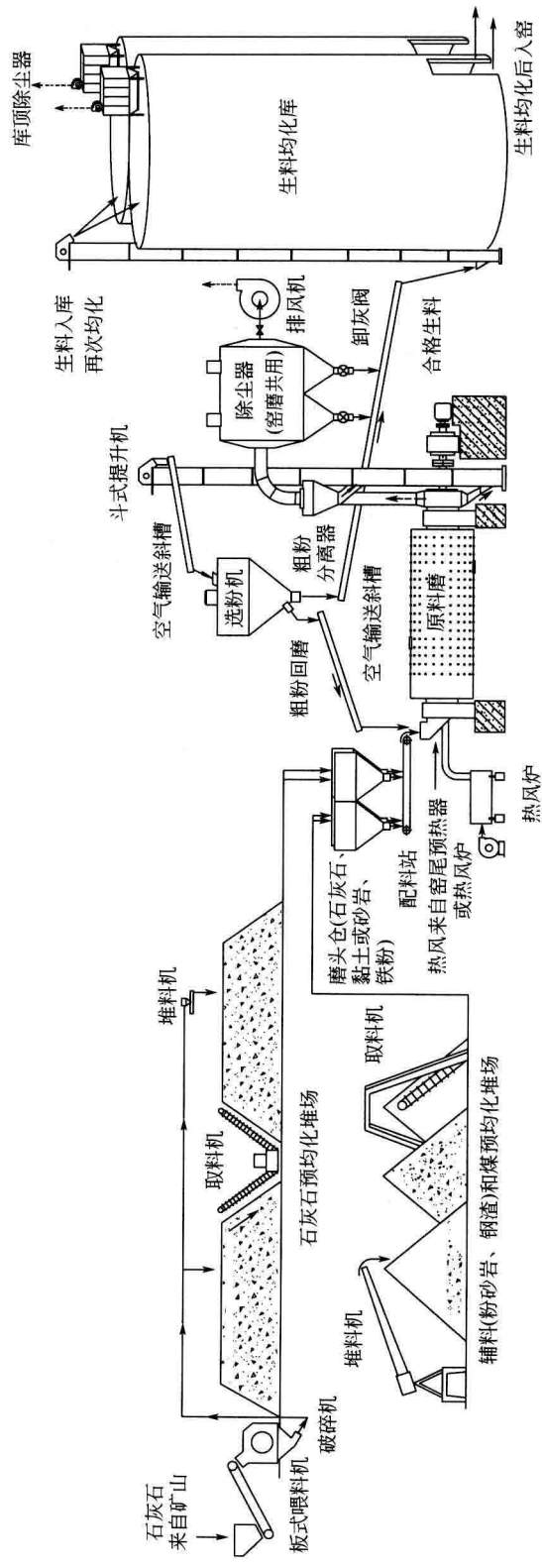


图 1-1 水泥生料制备工艺流程(球磨机系统)

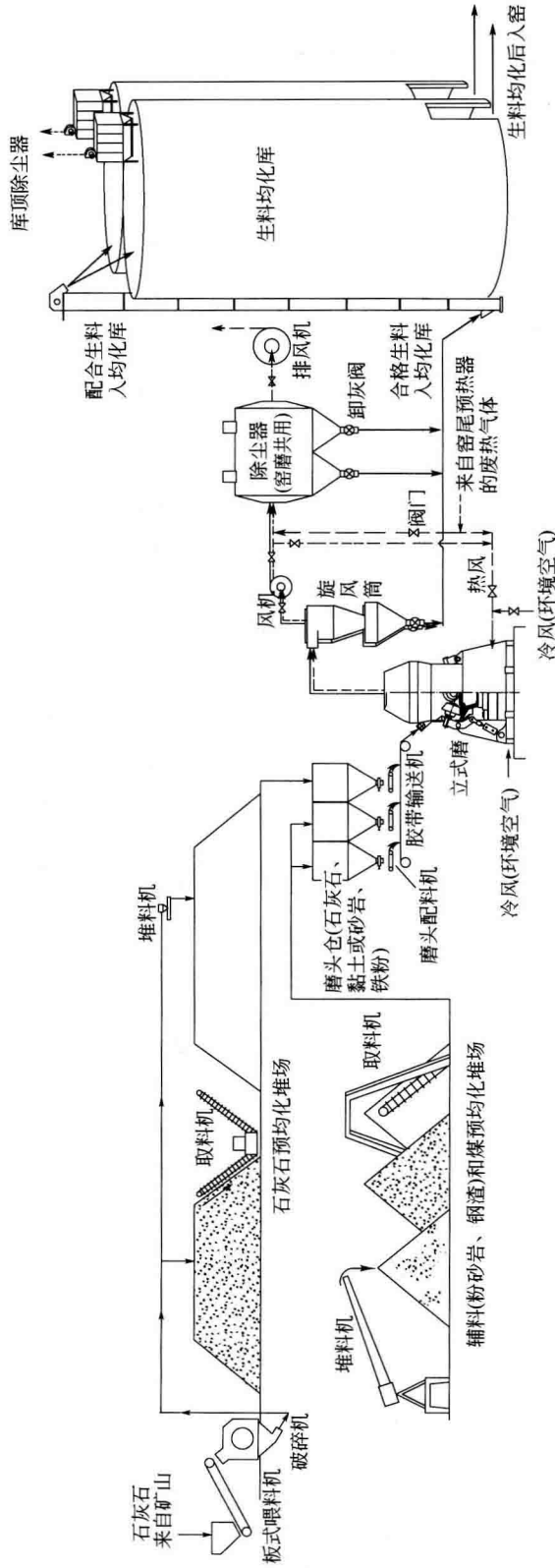


图 1-2 水泥生料制备工艺流程(立磨系统)

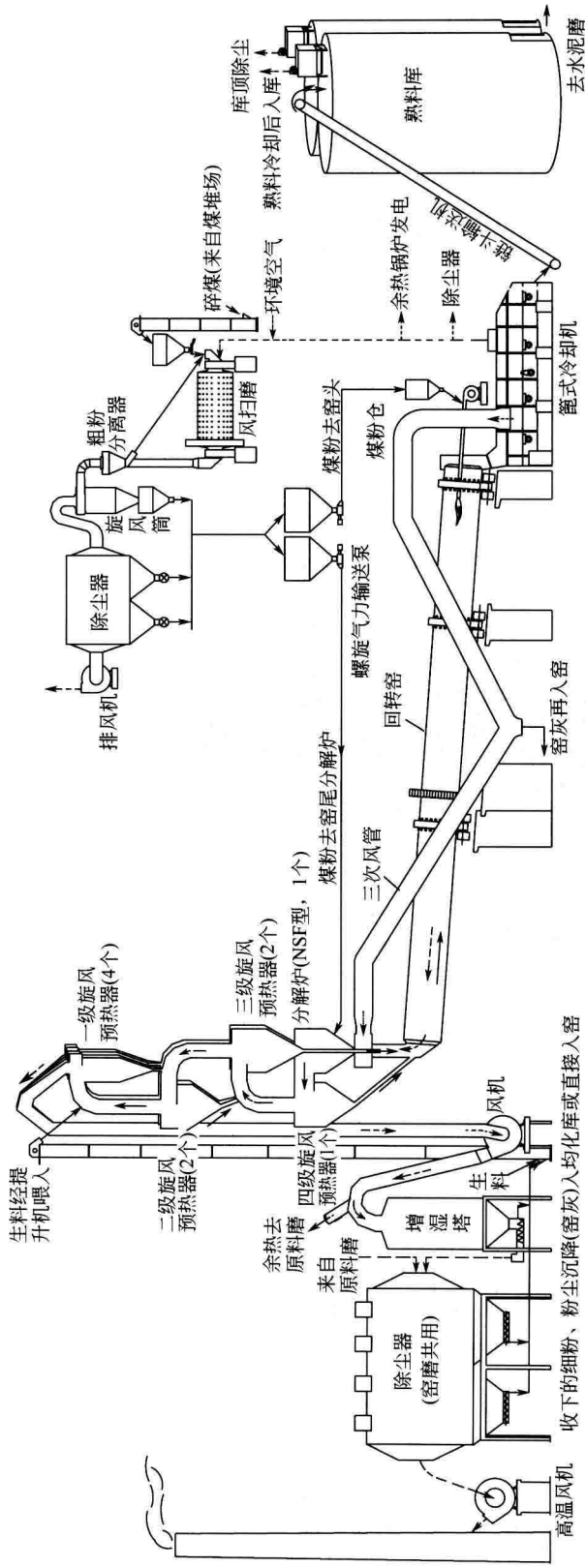


图 1-3 熟料煅烧工艺流程

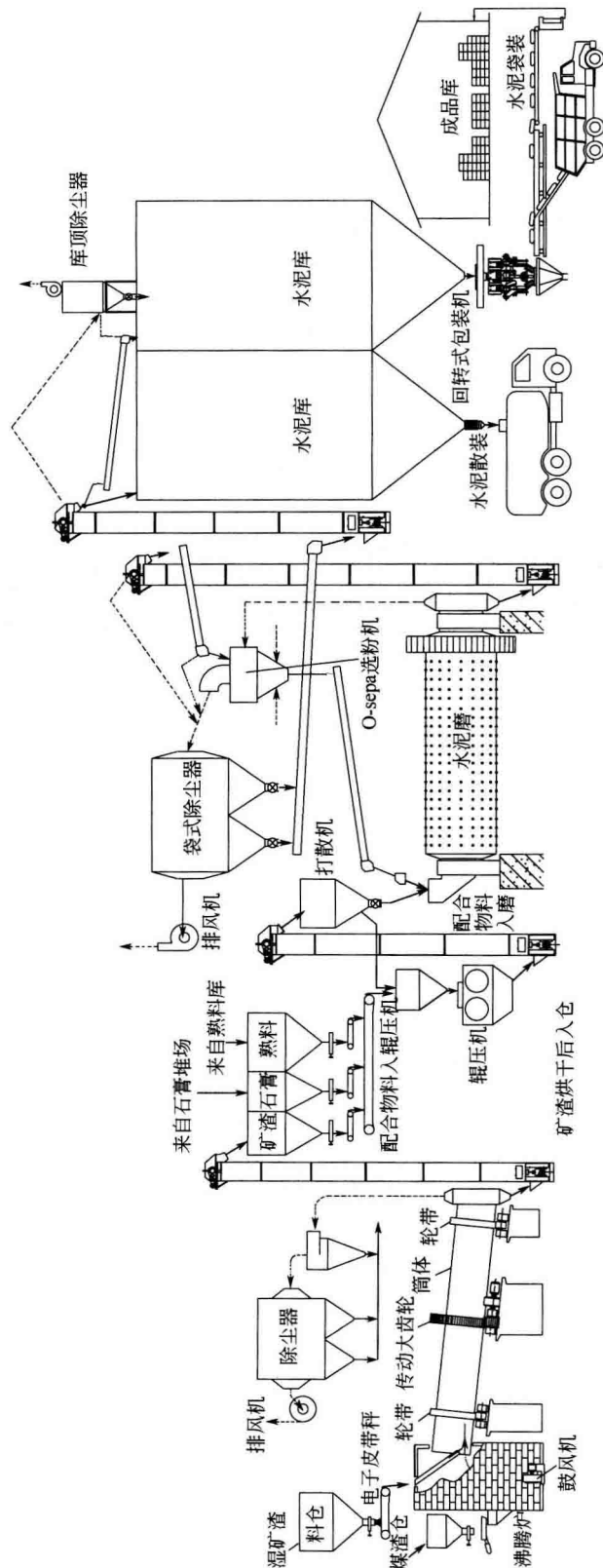


图 1-4 水泥制成工艺流程(球磨机系统)

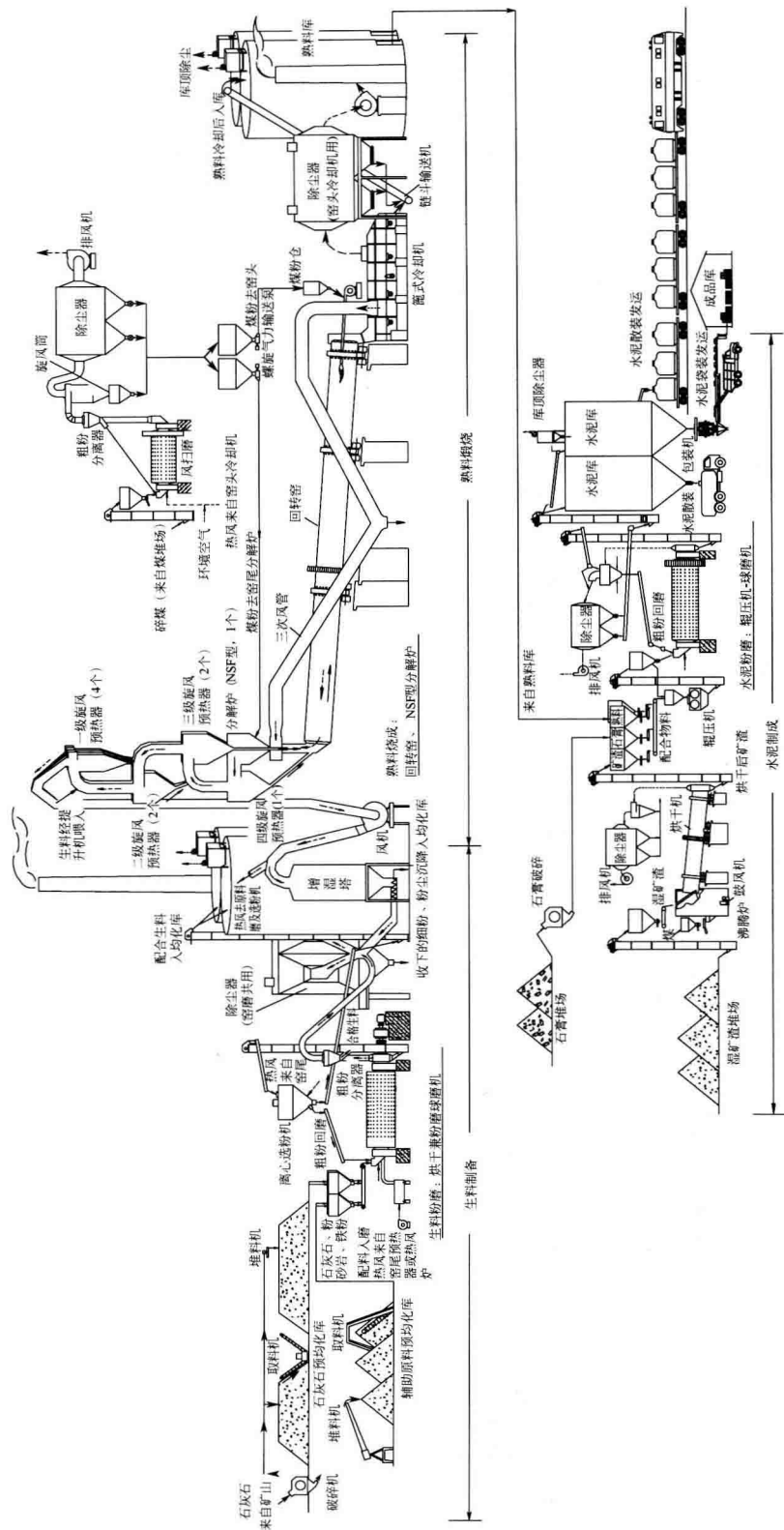


图 1-5 现代水泥工艺流程之一(从原料进厂、预均化到水泥出厂整个生产流程)

生料(原料)粉磨: 烘干窑、NSF型分磨炉
 熟料烧成: 回转窑、NSF型分磨炉
 水泥粉磨: 辊压机-球磨机

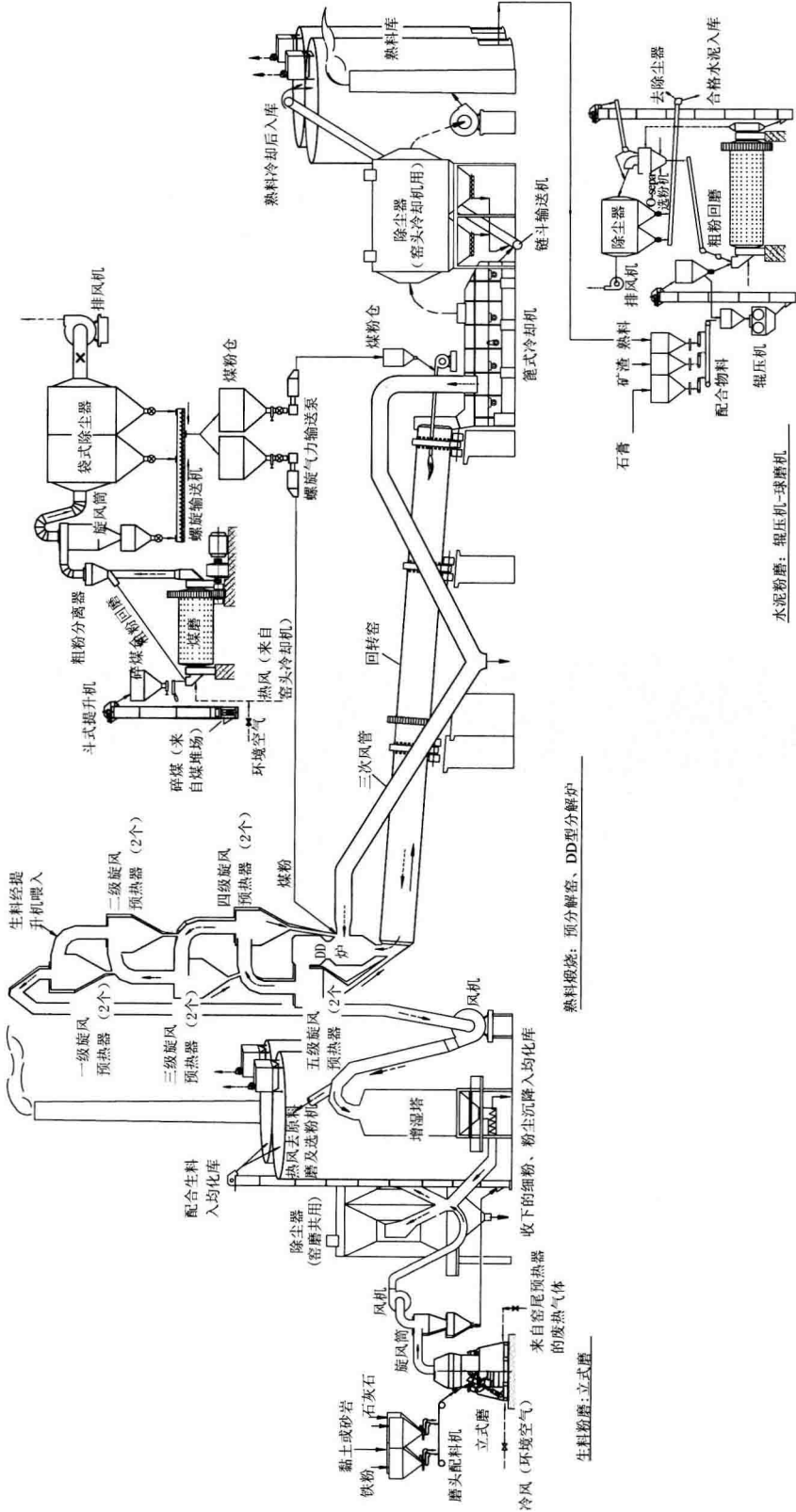


图 1-6 现代水泥工艺流程之二(去掉了原料预均化、水泥出厂过程, 展现的是生料制备、熟料煨烧和水泥制成三个主要阶段)

生料 (原料) 粉磨: 立式磨

熟料煨烧: 预分解窑、DD型分解炉

水泥粉磨: 辊压机-球磨机

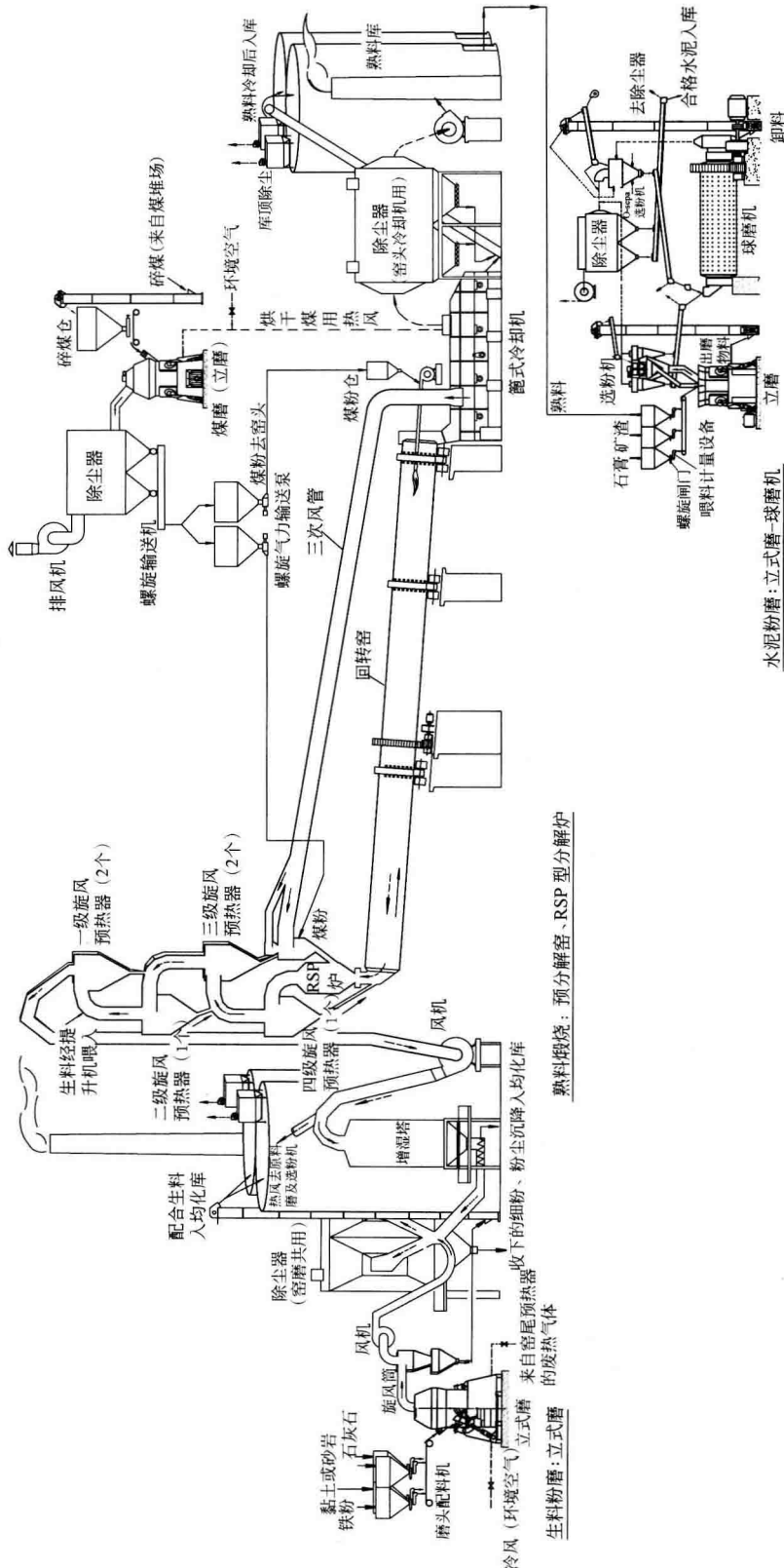


图 1-7 现代水泥工艺流程之三(去掉了原料预均化和水泥出厂过程, 展现的是生料制备、熟料煅烧和水泥制成三个主要阶段)

- 生料(原料)粉磨: 立式磨
- 熟料煅烧: 预分解窑、RSP型分解炉
- 水泥粉磨: 立式磨-球磨机