

XIANDAI SHUINI ZHIZAO JISHU

现代水泥制造技术

彭宝利 朱晓丽 编著
王仲军 刘大成

中国建材工业出版社

普通高等院校材料工程类规划教材

现代水泥制造技术

彭宝利 朱晓丽 编著
王仲军 刘大成

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代水泥制造技术/彭宝利等编著. —北京: 中国建材工业出版社, 2015. 8

普通高等院校材料工程类规划教材

ISBN 978-7-5160-0653-5

I. ①现… II. ①彭… III. ①水泥—生产工艺—高等学校—教材 IV. ①TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 137944 号

内 容 简 介

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及所涉及的生产设备, 反映了国内外水泥工业的最新进展、最新技术成果应用及水泥标准等。本书对水泥品种及性能和应用、制造水泥所用原燃材料及配料、水泥熟料矿物组成等也进行了介绍, 内容丰富, 翔实可靠, 实用性强。

本书适合作为普通高等院校无机非金属材料工程、材料工程技术类专业及相关专业的教学用书, 也可供水泥企业工程技术人员、管理人员、岗位操作人员阅读和企业职工培训、继续教育的教学用书。

本书有配套课件, 读者可登录我社网站免费下载。

现代水泥制造技术

彭宝利 朱晓丽 王仲军 刘大成 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 17

字 数: 425 千字

版 次: 2015 年 8 月第 1 版

印 次: 2015 年 8 月第 1 次

定 价: 46.00 元

本社网址: www.jcbs.com.cn 微信公众号: zgjcgycbs

本书如出现印装质量问题, 由我社网络直销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

现代水泥生产是以预分解技术为核心,把现代科学技术和工业生产最新成果广泛应用于水泥生产的全过程之中,使水泥生产具有高效、优质、节约资源、清洁环保和大型化、集约化、自动化、科学管理特征的现代水泥生产方法,是当代水泥工业发展的主流和最先进的工艺。进入21世纪以来,我国新型干法水泥生产的发展驶入了快车道,逐步淘汰落后生产工艺及设备的同时,加快了新工艺、新技术、新设备的产业化进程,代表着先进工艺技术水平1000t/d、2000t/d、2500t/d、3000t/d、5000t/d的窑外分解生产线已全部实现国产化,从工艺设计到生产控制等各主要技术指标都达到发达国家水平。在此基础上,我国又采取自主研发与引进吸收相结合的方式,进一步开发了8000t/d、10000t/d级的新型干法水泥生产成套技术装备。大型设备国产化率的提高,大大增强了企业的竞争力,实现了水泥工业“由大变强、靠新出强”的历史性跨越。

现代水泥工艺技术的发展需要有一支强有力的工程技术人员、生产管理人员、岗位一线操作人员所构成的团队作支撑,同时也随着工艺技术的不断提高、生产设备的不断升级和生产规模的现代化、大型化发展趋势,对从业人员的知识结构和技能要求也越来越高,需要不断更新知识,以适应现代水泥生产工艺技术和先进技术装备应用的需求。然而传统的水泥专业课程模式和教材内容,已经滞后于当今水泥工业的发展步伐,不能满足教学和企业职工培训的需要。为此,我们根据多年的教学及生产实践经验,集中了水泥生产工艺技术的最新成果,推出了《现代水泥制造技术》一书。本书从基础知识到实用技术对现代水泥工艺过程进行了全面的阐述,在每一章节中还插入了大量翔实的生产工艺流程图及生产设备的立体图和局部剖视图,直观地展现了现代水泥工艺过程及设备构造,让读者有一种身临其境之感,是一本集知识性、新颖性、普及性、实用性于一身且具有鲜明特色的全新教科书,对水泥专业的在校学生及水泥企业的岗位技工人员积累和更新知识有很大帮助。

本书由唐山学院彭宝利、朱晓丽、王仲军、刘大成编写,在编写中得到了冀东发展集团、中联水泥集团等多家现代化水泥企业的支持和中国建材工业出版社的热情指导,在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中的不足和疏漏之处恳请从事水泥事业的广大同仁和学子们给予批评指正,以便今后修正和补充、完善。

作者

2015.7

目 录

1 现代水泥概述	1
1.1 胶凝材料与水泥	1
1.2 水泥的起源与发展	1
1.3 水泥产业具有的特点	1
1.4 我国水泥工业发展概况	2
1.5 现代水泥生产工艺现状及发展方向	3
1.6 现代水泥生产工艺流程	3
1.7 水泥的国家标准	4
1.8 水泥的种类、性能及适用范围	13
2 生料制备	20
2.1 制造水泥的原料及燃料	20
2.2 石灰石破碎	30
2.3 原料预均化	36
2.4 原料配合	44
2.5 生料粉磨	60
2.6 生料均化	100
2.7 生料制备系统中的物料输送	111
2.8 生料制备系统的除尘与通风	121
2.9 压缩空气站	133
3 熟料煅烧	137
3.1 熟料煅烧工艺技术的发展	137
3.2 分解炉及其预分解系统	143
3.3 回转窑	169
3.4 熟料的冷却	186

3.5	煤粉燃烧器	204
3.6	增湿塔	213
3.7	煤粉制备	216
3.8	熟料煨烧系统主机配置及工艺流程	221
4	水泥制成	225
4.1	水泥材料组成及要求	225
4.2	矿渣烘干	234
4.3	水泥粉磨	238
4.4	水泥储存与装运	259
	参考文献	266

1 现代水泥概述

从鳞次栉比的高楼，到充满温馨的小屋；从气势磅礴的大坝，到机声隆隆的厂房，水泥作为国民经济发展的支柱产业和基本建设中最重要建筑材料，在我国现代化工业发展和实现中国梦的进程中，永远离不开它！

1.1 胶凝材料与水泥

凡能在物理、化学作用下，从浆体变成坚固的石状体，并能胶结其他物料且具有一定机械强度的物质，统称为胶凝材料（又称胶结料）。胶凝材料分为有机和无机两大类，沥青和各种树脂属于有机胶凝材料；无机胶凝材料按硬化条件分为水硬性和非水硬性（气硬性胶凝材料，只能在空气中硬化而不能在水中硬化，如石灰和石膏）两类。水硬性胶凝材料拌水后既能在空气中又能在在水中硬化，通常称为水泥。

我们这样来给水泥下定义：凡细磨成粉末状，加入适量水后成为塑性浆体，既能在空气中硬化，又能在在水中硬化，并能将砂、石等散粒或纤维材料牢固地胶结在一起的水硬性胶结材料，通称为水泥。

1.2 水泥的起源与发展

水泥（英文 cement，由拉丁文 caementum 发展而来，是碎石及片石的意思）起源于胶凝材料。很早以前，人类就已经使用黏土或将一些纤维材料混合在一起，加水拌合后用来建造简易的房屋居住，这是最早的胶凝材料，它具有一定的可塑性，干硬后具有一定的强度，但是强度很低，而且经不起雨水冲刷的考验。

大约在公元前 3000~公元前 2000 年，石膏岩和石灰石被人类所利用，开始用通过煅烧所得的石膏和石灰来调制砌筑砂浆用作胶凝材料，例如古埃及的金字塔、我国的万里长城等，就是用这些胶凝材料建造的。

随着人类生产力的发展，胶凝材料也在不断进化。1824 年，英国人阿斯普丁（J. Aspdin）以石灰石和黏土为原料，按一定比例配合后，在类似于烧石灰的立窑内煅烧成熟料，再磨成细粉，加水拌合后能硬化成人工石块，具有较高的强度，这就是早期的水泥，它的外观颜色与英格兰岛上波特兰城用于建筑的石灰石相似，因此被称之为波特兰水泥，我国称为硅酸盐水泥。

1.3 水泥产业具有的特点

水泥产业属于原材料工业，具有以下特点：

(1) 市场的区域性

水泥产品属于体重、量大、低质类产品，产品销售受到销售半径（与运输方式有关）的限制，不宜远距离输送。

(2) 产品的同质性

水泥产品是国家标准化产品，在品种、等级相同的情况下，用户选择产品时，价格取向明显。控制不好，可能会出现杀价竞争的局面。

(3) 水泥消费需求与经济发达的密切相关性

水泥产品的需求量取决于建设发展速度和产销饱和度，同时各区域经济发展和水泥消费水平程度相差也很大，影响布局。

(4) 对资源的依赖性

水泥产业对资源的依赖性非常大，一般生产 1t 水泥熟料需要 1.5~1.6t 原料、0.15~0.20t 原煤；生产 1t 水泥需要消耗 80~110kW·h 电能。尤其建设大型项目时，必须要有可靠的资源保证。

(5) 水泥保存期有限

水泥的活性高，易受潮，在吸潮和碳化后，使性能下降，保存期较短。在不受潮、水淋的条件下，一般硅酸盐水泥存放期在三个月内，铝酸盐水泥和快硬水泥的储存期更短。

(6) 具有处理废渣能力

水泥的主要化学成分是氧化钙、二氧化硅、三氧化二铝和三氧化二铁等，而很多工业（钢铁、化工、火力发电、炼铝、制糖等）所排出的大量的废渣以及煤炭开采中筛选出的煤矸石中，也具有水泥中含有的相同的化学成分及活性或部分活性，因此可以利用这些工业废渣替代部分自然资源生产水泥的原料，也可以作为混合材料与水泥熟料掺合在一起磨制水泥，减少了环境污染，提高了经济效益。

1.4 我国水泥工业发展概况

我国的水泥工业起步较晚，其发展经历大致如下：

1886 年，英国商人在澳门青州岛建立的英泥青州厂，是我国第一个由外国人兴办的水泥厂，但已于 1936 年关闭。

1889 年创办的唐山细绵土厂，是我国第一个由国人自己开办的采用立窑生产的水泥厂，1906 年改组为启新洋灰股份有限公司（今冀东水泥集团唐山启新水泥有限公司），并引进丹麦史密斯公司的干法中空窑（回转窑），形成了具有现代意义的中国水泥工业。

新中国成立前，全国只有 38 家水泥厂，设备均为国外进口。由于大部分厂受到战乱破坏，水泥产量只有 66 万 t，是生产能力的 20.97%，而且只能生产普通水泥、矿渣水泥和少量白水泥。

新中国成立以来，随着社会主义建设高潮的掀起，水泥工业得到了很大发展，并注意学习和借鉴世界先进水泥技术，在 20 世纪 50~60 年代，开始研制湿法窑和半干法窑生产线成套设备，并进行预热器窑试验研究，在这期间，先后扩建了 30 多个大中型的湿法回转窑和半干法立波尔窑水泥企业，同时也建了一批立窑企业。在 70~80 年代，我国自行研制的

700t/d、1000t/d、1200t/d 和 2000t/d 熟料的预分解窑生产线分别在新疆、江苏、上海、辽宁和江西等地建成投产，水泥产量大幅度增长。

改革开放以来，我国水泥工业发展进入了由量的增长转到质的提高方面上来，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、开发和走出国门阶段。1978 年开始，我国相继从国外引进了一批的 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，当前已有 1100 多条预分解窑生产线投产，设计年产熟料量 9.6 亿 t，水泥工艺技术朝着现代化方向迈进。

1.5 现代水泥生产工艺现状及发展方向

在硅酸盐水泥问世后的一个半世纪中，生产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，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，使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、通讯技术、控制技术和屏幕显示技术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。

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，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，以保证水泥工业的可持续发展。

1.6 现代水泥生产工艺流程

现代水泥生产流程是在改进和提高传统工艺及设备的基础上发展起来的，它运用现代化的热工操作、在线监测和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（如 5000t/d 生产线数据采集点超过 4000 个），由中央控制室集中监视，将每道工序中各点的过程参数、设备运行情况等全面迅速的反映出来，并实现及时、准确地判断和自动控制。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。

(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，所得以硅酸钙为主要成分的水泥熟

料，称之为熟料煅烧。这道工序也包括煅烧用煤的粉磨和出窑熟料的冷却、储存。

(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，称之为水泥制成。

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、采用的生产主要设备和工厂规模来确定，图 1-6-1、图 1-6-2、图 1-6-3 是几种典型的现代水泥生产工艺流程图，其主要区别在于生料（原料）粉磨系统、分解炉类型和水泥制成系统不同，原料预均化和水泥发运基本相同，因此图 1-6-1 展示的是从原料进厂预均化到水泥出厂整个流程，图 1-6-2 和图 1-6-3 去掉了原料预均化和水泥出厂过程，展现的是生料（原料）粉磨、熟料煅烧和水泥粉磨这三个主要阶段。

1.7 水泥的国家标准

我国的水泥标准经过多次修订，逐渐与国际标准接轨。国家标准《通用硅酸盐水泥》（GB 175—2007）经国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会批准发布，自 2008 年 6 月 1 日起正式实施，自实施之日起代替《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》（GB 175—1999）、《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》（GB 1344—1999）、《复合硅酸盐水泥》（GB 12958—1999）三个标准。与原标准相比，在技术要求、混合材料品种和掺量、合格判定等方面做了较大的变动，特别是在水泥品种划分、混合材料种类、取消 P·O 32.5、增加氯离子限量的要求、选择水泥组分试验方法的原则、水泥组分定期校核要求及水泥出厂合格证等方面较原标准都有较大的修改。新标准不仅对硅酸盐水泥的制造技术和工艺做了较为详细规定，强化了生产过程控制，而且还在交货与验收中增加了安定性仲裁检验时间，以及包装标志等方面都作出了规定。

《通用硅酸盐水泥》（GB 175—2007）规定了通用硅酸盐水泥的定义与分类、组分与材料、强度等级、技术要求、试验方法、检验规则和包装、标志、运输与贮存等，该标准的实施对进一步规范水泥企业生产、提高水泥质量、保证建筑工程质量以及推动水泥产业结构调整发挥重要的作用。

1.7.1 定义与分类

(1) 定义

通用硅酸盐水泥（Common Portland Cement）是由硅酸盐水泥熟料和适量的石膏及规定的混合材料制成的水硬性胶凝材料。

(2) 分类

本标准规定的通用硅酸盐水泥按混合材料的品种和掺量分为硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。各品种的组分和代号应符合表 1-7-1 的规定。

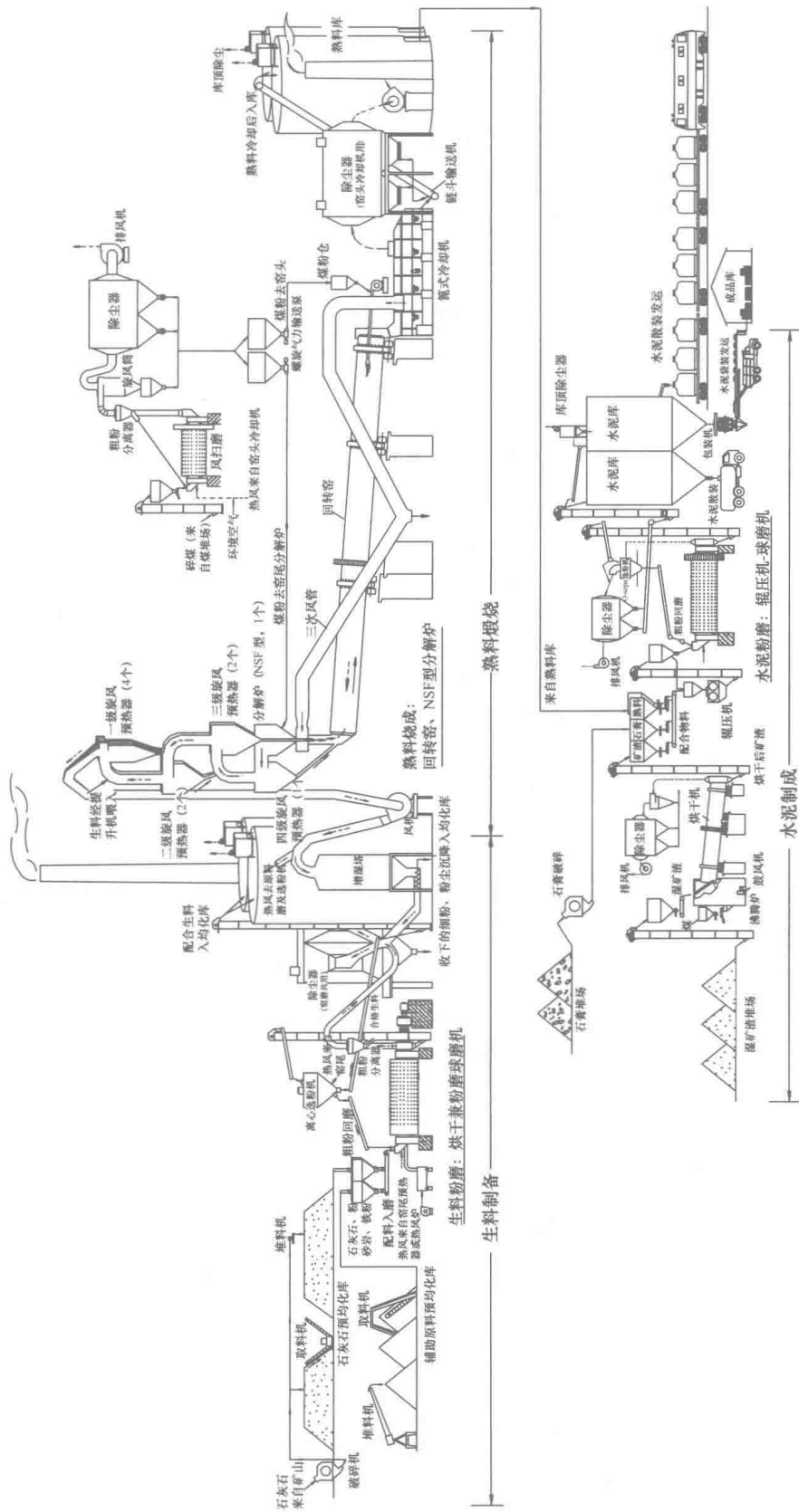


图1-6-1 现代水泥工艺流程之一(从原料进厂、预均化到水泥出厂整个生产过程)

生料(原料)粉磨: 烘干兼粉磨球磨机

熟料煨烧: 回转窑、NSF型分解炉

水泥粉磨: 辊压机-球磨机

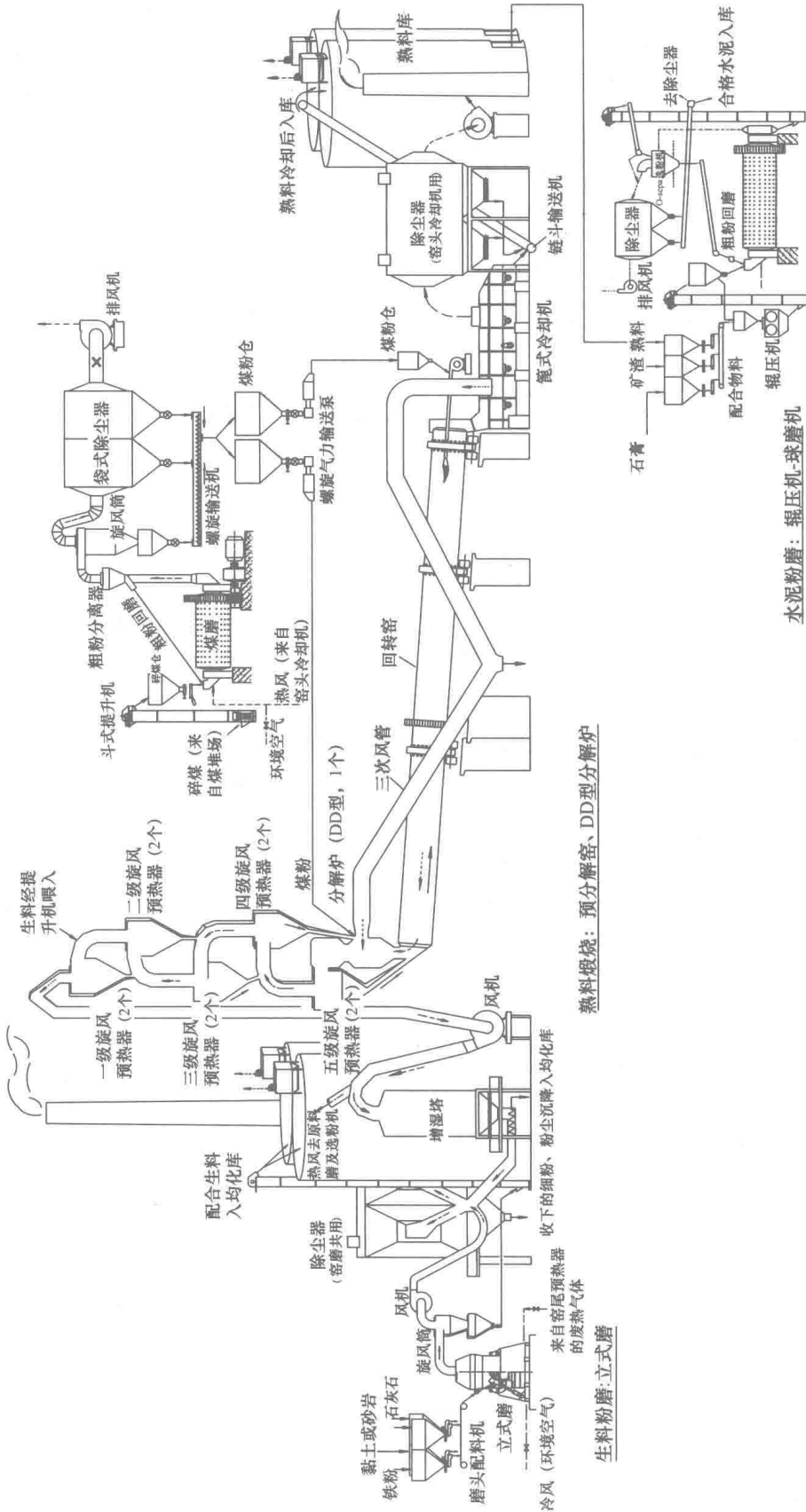


图1-6-2 现代水泥工艺流程之二(去掉了原料预均化、水泥出厂过程, 展现的是生料制备、熟料煨烧和水泥制成三个主要阶段)

生料(原料)粉磨: 立式磨

熟料煨烧: 回转窑、DD型分解炉

水泥粉磨: 辊压机-球磨机

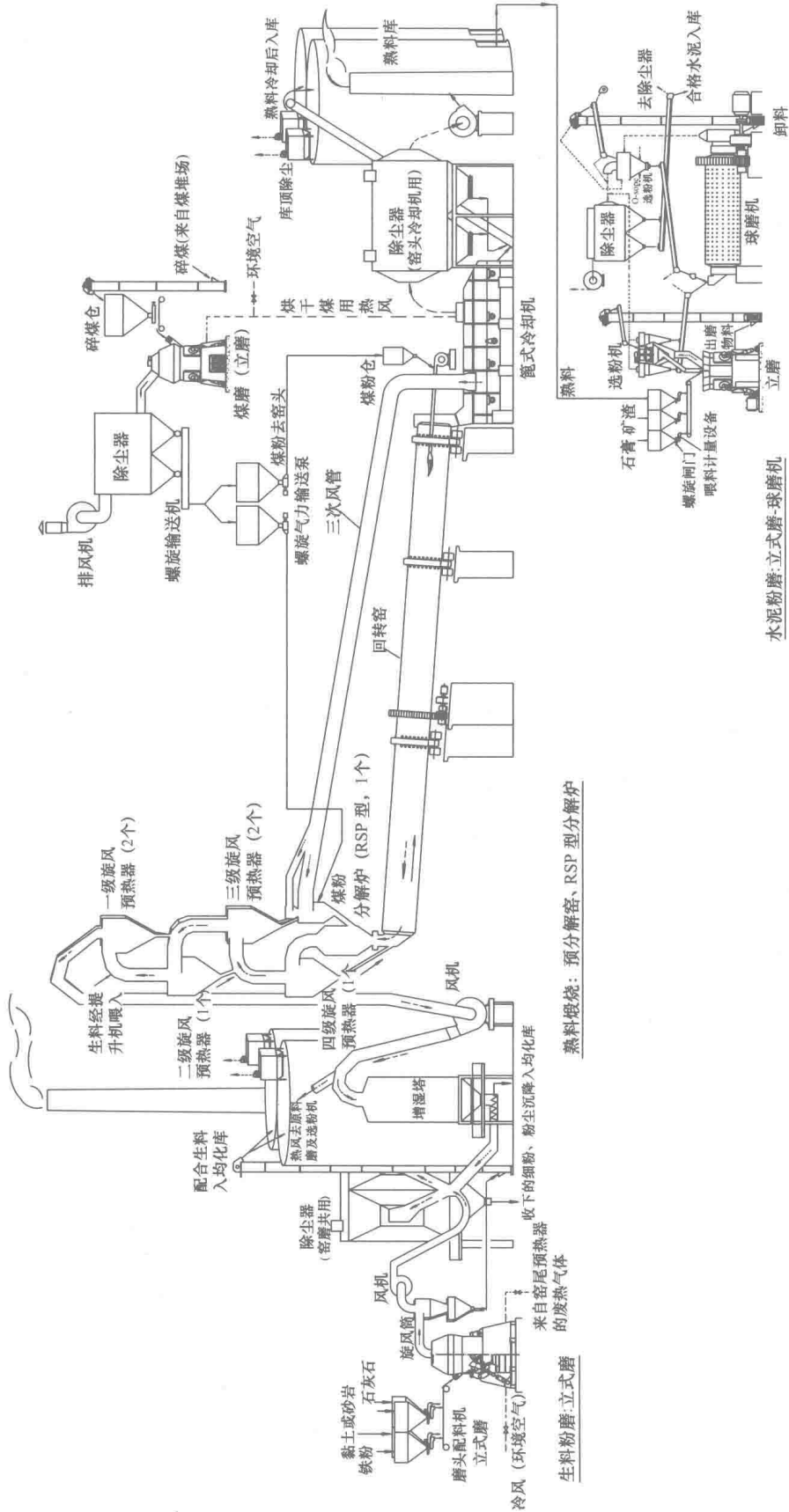


图1-6-3 现代水泥工艺流程之三 (去掉了原料预均化和水泥出厂过程, 展现的是生料制备、熟料煨烧和水泥制成三个主要阶段)

生料(原料)粉磨: 立式磨
 熟料煨烧: 回转窑、RSP型分解炉
 水泥粉磨: 立式磨-球磨机

1.7.2 组分与材料

1. 组分

通用硅酸盐水泥的组分应符合表 1-7-1 的规定。

表 1-7-1 通用硅酸盐水泥的组分 (%)

品种	代号	组分 (质量分数)				
		熟料+石膏	粒化高炉矿渣	火山灰质混合材料	粉煤灰	石灰石
硅酸盐水泥	P·I	100	—	—	—	—
	P·II	≥95	≤5	—	—	—
		≥95	—	—	—	≤5
普通硅酸盐水泥	P·O	≥80 且 <95			>5 且 ≤20 ^a	
矿渣硅酸盐水泥	P·S·A	≥50 且 <80	>20 且 ≤50 ^b	—	—	—
	P·S·B	≥30 且 <50	>50 且 ≤70 ^b	—	—	—
火山灰质硅酸盐水泥	P·P	≥60 且 <80	—	>20 且 ≤40 ^c	—	—
粉煤灰硅酸盐水泥	P·F	≥60 且 <80	—	—	>20 且 ≤40 ^d	—
复合硅酸盐水泥	P·C	≥50 且 <80	>20 且 ≤50 ^e			

a 本组分材料为符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 第 (3) 条的活性混合材料, 其中允许用不超过水泥质量 8% 且符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 第 (4) 条的非活性混合材料或不超过水泥质量 5% 且符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 第 (5) 条的窑灰代替。

b 本组分材料为符合 GB/T 203 或 GB/T 18046 的活性混合材料, 其中允许用不超过水泥质量 8% 且符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 第 (3) 条的活性混合材料或符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 第 (4) 条的非活性混合材料或符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 第 (5) 条的窑灰中的任一种材料代替。

c 本组分材料为符合 GB/T 2847 的活性混合材料。

d 本组分材料为符合 GB/T 1596 的活性混合材料。

e 本组分材料为由两种 (含) 以上符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 第 (3) 条的活性混合材料或/和符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 第 (4) 条的非活性混合材料组成, 其中允许用不超过水泥质量 8% 且符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 第 (5) 条的窑灰代替。掺矿渣时混合材料掺量不得与矿渣硅酸盐水泥重复。

2. 材料

(1) 硅酸盐水泥熟料

由主要含 CaO、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃ 的原料, 按适当比例磨成细粉烧至部分熔融所得以硅酸钙为主要矿物成分的水硬性胶凝物质。其中硅酸钙矿物不小于 66%, 氧化钙和氧化硅质量比不小于 2.0。

(2) 石膏

① 天然石膏: 应符合 GB/T 5483 中规定的 G 类或 M 类二级 (含) 以上的石膏或混合石膏。

② 工业副产石膏: 以硫酸钙为主要成分的工业副产物。采用前应该经过试验证明对水泥性能无害。

(3) 活性混合材料

符合 GB/T 203、GB/T 18046、GB/T 1596、GB/T 2847 标准要求的粒化高炉矿渣、粒化高炉矿渣粉、粉煤灰、火山灰质混合材料。

(4) 非活性混合材料

活性指标分别低于 GB/T 203、GB/T 18046、GB/T 1596、GB/T 2847 标准要求的粒化高炉矿渣、粒化高炉矿渣粉、粉煤灰、火山灰质混合材料；石灰石和砂岩，其中石灰石中的三氧化二铝含量应不大于 2.5%。

(5) 窑灰

符合 JC/T 742 的规定。

(6) 助磨剂

水泥粉磨时允许加入助磨剂，其加入量应不大于水泥质量的 0.5%，助磨剂应符合 JC/T 667 的规定。

1.7.3 强度等级

① 硅酸盐水泥的强度等级分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R 六个等级。

② 普通硅酸盐水泥的强度等级分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R 四个等级。

③ 矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥的强度等级分为 32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R 六个等级。

1.7.4 技术要求

1. 化学指标

化学指标应符合表 1-7-2 规定。

表 1-7-2 通用硅酸盐水泥的化学指标 (%)

品种	代号	不溶物 (质量分数)	烧失量 (质量分数)	三氧化硫 (质量分数)	氧化镁 (质量分数)	氯离子 (质量分数)
硅酸盐水泥	P·I	≤0.75	≤3.0	≤3.5	≤5.0 ^a	≤0.06 ^c
	P·II	≤1.50	≤3.5			
普通硅酸盐水泥	P·O	—	≤5.0	≤4.0	≤6.0 ^b	
矿渣硅酸盐水泥	P·S·A	—	—		—	
	P·S·B	—	—	≤3.5	≤6.0 ^b	
火山灰质硅酸盐水泥	P·P	—	—			
粉煤灰硅酸盐水泥	P·F	—	—	≤3.5	≤6.0 ^b	
复合硅酸盐水泥	P·C	—	—			

a 如果水泥压蒸试验合格，则水泥中氧化镁的含量（质量分数）允许放宽至 6.0%。

b 如果水泥中氧化镁的含量（质量分数）大于 6.0% 时，需进行水泥压蒸安定性试验并合格。

c 当有更低要求时，该指标由买卖双方协商确定。

2. 碱含量（选择性指标）

水泥中碱含量按 $\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$ 计算值表示。若使用活性集料，用户要求提供低碱水泥时，水泥中的碱含量应不大于 0.60% 或由买卖双方协商确定。

3. 物理指标

(1) 凝结时间

硅酸盐水泥初凝不小于 45min，终凝不大于 390min。

普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥初凝不小于 45min，终凝不大于 600min。

(2) 安定性

沸煮法合格。

(3) 强度

不同品种、不同强度等级的通用硅酸盐水泥，其各龄期的强度应符合表 1-7-3 的规定。

表 1-7-3 通用硅酸盐水泥的强度指标 (MPa)

品 种	强度等级	抗压强度		抗折强度	
		3d	28d	3d	28d
硅酸盐水泥	42.5	≥ 17.0	≥ 42.5	≥ 3.5	≥ 6.5
	42.5R	≥ 22.0		≥ 4.0	
	52.5	≥ 23.0	≥ 52.5	≥ 4.0	≥ 7.0
	52.5R	≥ 27.0		≥ 5.0	
	62.5	≥ 28.0	≥ 62.5	≥ 5.0	≥ 8.0
	62.5R	≥ 32.0		≥ 5.5	
普通硅酸盐水泥	42.5	≥ 17.0	≥ 42.5	≥ 3.5	≥ 6.5
	42.5R	≥ 22.0		≥ 4.0	
	52.5	≥ 23.0	≥ 52.5	≥ 4.0	≥ 7.0
	52.5R	≥ 27.0		≥ 5.0	
矿渣硅酸盐水泥 火山灰质硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥 复合硅酸盐水泥	32.5	≥ 10.0	≥ 32.5	≥ 2.5	≥ 5.5
	32.5R	≥ 15.0		≥ 3.5	
	42.5	≥ 15.0	≥ 42.5	≥ 3.5	≥ 6.5
	42.5R	≥ 19.0		≥ 4.0	
	52.5	≥ 21.0	≥ 52.5	≥ 4.0	≥ 7.0
	52.5R	≥ 23.0		≥ 4.5	

(4) 细度 (选择性指标)

硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥以比表面积表示，不小于 $300\text{m}^2/\text{kg}$ ；矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥以筛余表示， $80\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于 10% 或 $45\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不大于 30%。

1.7.5 试验方法

(1) 组分

由生产者按 GB/T 12960 或选择准确度更高的方法进行。在正常生产情况下，生产者应至少每月对水泥组分进行校核，年平均值应符合本标准第“1.7.2 组分与材料”中的“(1) 组分”中的规定，单次检验值应不超过本标准规定最大限量的 2%。

为保证组分测定结果的准确性，生产者应采用适当的生产程序和适宜的方法对所选方法

的可靠性进行验证,并将经验证的方法形成文件。

(2) 不溶物、烧失量、氧化镁、三氧化硫和碱含量

按 GB/T 176 进行试验。

(3) 压蒸安定性

按 GB/T 750 进行试验。

(4) 氯离子

按 JC/T 420 进行试验。

(5) 标准稠度用水量、凝结时间和安定性

按 GB/T 1346 进行试验。

(6) 强度

按 GB/T 17671 进行试验。但火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥和掺火山灰质混合材料的普通硅酸盐水泥在进行胶砂强度检验时,其用水量按 0.50 水灰比和胶砂流动度不小于 180mm 来确定。当流动度小于 180mm 时,须以 0.01 的整倍数递增的方法将水灰比调整至胶砂流动度不小于 180mm。

胶砂流动度试验按 GB/T 2419 进行,其中胶砂制备按 GB/T 17671 进行。

(7) 比表面积

按 GB/T 8074 进行试验。

(8) 80 μm 和 45 μm 筛余

按 GB/T 1345 进行试验。

1.7.6 检验规则

(1) 编号及取样

水泥出厂前按同品种、同强度等级编号和取样。袋装水泥和散装水泥应分别进行编号和取样。每一编号为一取样单位。水泥出厂编号按年生产能力规定为:

① $10 \times 10^4 \text{t}$ /年以下,不超过 200t 为一编号。

② $10 \times 10^4 \text{t} \sim 30 \times 10^4 \text{t}$,不超过 400t 为一编号。

③ $30 \times 10^4 \text{t} \sim 60 \times 10^4 \text{t}$,不超过 600t 为一编号。

④ $60 \times 10^4 \text{t} \sim 120 \times 10^4 \text{t}$,不超过 1000t 为一编号。

⑤ $120 \times 10^4 \text{t} \sim 200 \times 10^4 \text{t}$,不超过 2400t 为一编号。

⑥ $200 \times 10^4 \text{t}$ /年以上,不超过 4000t 为一编号。

取样方法按 GB 12573 进行。可连续取,亦可从 20 个以上不同部位取等量样品,总量至少 12kg。当散装水泥运输工具的容量超过该厂规定出厂编号吨数时,允许该编号的数量超过取样规定吨数。

(2) 水泥出厂

经确认水泥各项技术指标及包装质量符合要求时方可出厂。

(3) 出厂检验

出厂检验项目为化学指标、凝结时间、安定性、强度。