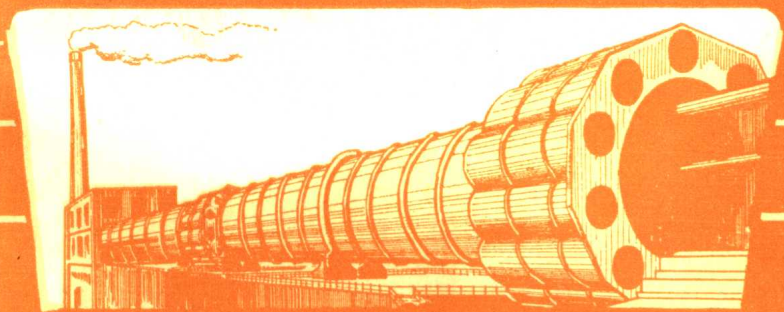


水泥烧成工艺

(修订版)

首都水泥工业学校 主编



中国建筑工业出版社

水泥烧成工艺

(修订版)

首都水泥工业学校 主编

中国建筑工业出版社

本书比较系统地介绍了水泥生产中烧成工艺的基础知识。内容包括：水泥生产基本知识；回转窑及其附属设备的构造、操作和维护；回转窑烧制水泥熟料的基本原理和看火操作；生产中使用的仪表和信号装置的一般常识；立窑的构造、生产原理、简易工艺计算和操作技术等。

本书可供水泥厂工人和技术人员阅读参考，也可供水泥技工学校师生参考。

水泥烧成工艺

(修订版)

首都水泥工业学校 主编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：12 3/4 字数：276 千字

1961年4月第一版

1974年5月修订第二版 1976年3月第二次印刷

印数：18,456—32,455册 定价：0.80元

统一书号：15040·3121

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

认识从实践始，经过实践得到了理论的认识，还须再回到实践去。认识的能动作用，不但表现于从感性的认识到理性的认识之能动的飞跃，更重要的还须表现于从理性的认识到革命的实践这一个飞跃。

修 订 版 说 明

在毛主席制定的鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线的指引下，我国水泥工业得到了迅速的发展。特别是在无产阶级文化大革命和批林整风运动的推动下，许多现代化大型水泥厂相继投产，中小型水泥厂如雨后春笋般建设起来。为了适应水泥工业日益发展的需要，满足广大职工学习有关专业知识的要求，现将以首都水泥工业学校为主，会同首都水泥厂、大同水泥厂和小屯水泥厂有经验的生产工人和技术人员共同编写的水泥技工学校教材《水泥工业烧成工艺》（原中国工业出版社1961年出版）加以修订，作为一般参考书出版。

根据十多年来水泥工业的发展情况，这次修订对书中技术数据作了校订，在技术革新、操作经验和简易计算方面充实了一些内容，对立窑部分进行了全面的修改补充，力求切合生产实际。

这次修订得到了首都水泥工业学校和首都水泥厂的大力支持。全书的修订工作由杨树森同志执笔。

中国建筑工业出版社

1973年10月

目 录

第一篇 水泥生产基本知识

第一章 概述	1
第一节 水泥的定义、性质及用途	1
第二节 水泥的标号与品质标准	3
第三节 水泥的生产方法及工艺流程	5
第四节 特种水泥简单介绍	13
第二章 烧制硅酸盐水泥熟料用的原料及生料制备	17
第一节 烧制水泥熟料用的原料	17
第二节 生料的制备	22
第三章 水泥的制成	32
第一节 制成水泥用的物料	32
第二节 水泥熟料的贮存	34
第三节 水泥的制成	34

第二篇 回转窑及其附属设备

第一章 回转窑的种类	36
第二章 回转窑的结构	36
第一节 窑体	36
第二节 滚圈与托轮装置	44
第三节 回转窑的传动装置	48
第四节 窑头、烟室和密闭装置	53
第三章 回转窑附属设备	60
第一节 喂料装置(下料机)	60
第二节 喂煤装置	66

第三节	冷却装置	70
第四节	通风与收尘设备	76
第五节	输送设备	85
第四章	回转窑热交换装置和余热利用装置	93
第一节	链条及其悬挂方法	93
第二节	料浆过滤加热器	115
第三节	格子式热交换器与屏蔽式热交换器	117
第四节	料浆蒸发器(料浆浓缩器)	119
第五节	余热锅炉	121
第六节	立波尔加热机	121
第七节	悬浮预热器	129
第五章	机械润滑及窑与托轮的维护	132
第一节	润滑的重要意义及润滑材料的性质与选择	132
第二节	窑与托轮的操作和维护	139
第三节	简要规程	145

第三篇 回转窑烧制水泥熟料的原理

第一章	硅酸盐水泥熟料的烧制原理	148
第一节	硅酸盐水泥熟料的组成	148
第二节	率值与配料的意义	154
第三节	回转窑内硅酸盐水泥熟料形成过程的基本概念	163
第四节	水泥熟料的液相量	176
第二章	物料与气体在回转窑内运动原理	179
第一节	物料在回转窑内的运动	179
第二节	回转窑内气体的流动	180
第三章	燃料燃烧及传热基础知识	182
第一节	燃料	183
第二节	燃烧的基本概念	184
第三节	烧制水泥熟料用的燃料及选择	189

第四节	煤粉的制备过程及使用注意事项	194
第五节	回转窑内煤粉的燃烧	197
第六节	传热的基本概念及回转窑内的传热	203
第四章	提高回转窑热利用的方法	210
第一节	窑的热效率	210
第二节	提高回转窑热效率及产量、质量措施	215

第四篇 回转窑看火操作

第一章	开窑与停窑	223
第一节	点火开窑前的准备工作——设备检查	223
第二节	试车	227
第三节	点火	228
第四节	挂窑皮	234
第五节	停窑	238
第二章	回转窑正常运转时的看火操作	240
第一节	记回转窑操作记录的重要意义	240
第二节	回转窑操作入门知识	241
第三节	引起窑内热工制度变化的主要因素	248
第四节	怎样控制回转窑内的煨烧情况	249
第五节	窑温不正常时的操作法举例	257
第六节	立波尔窑的看火操作	262
第七节	回转窑长期安全运转	264
第三章	回转窑内结圈及其处理	268
第一节	泥浆圈、硫酸盐圈、前结圈的形成及处理方法	269
第二节	熟料圈的形成、类型、防止及处理方法	271
第三节	引起窑结圈的几个因素	276
第四章	回转窑用耐火材料	283
第一节	回转窑用耐火材料的种类和选择	283
第二节	回转窑内耐火砖的镶砌	288

第三节 耐火砖的运输、保管和验收	296
------------------------	-----

第五篇 常用的仪表和信号装置

第一章 安装仪表和信号装置的意义	298
第二章 测量温度的仪表	299
第一节 水银温度计	299
第二节 热电高温计	300
第三节 光学高温计	305
第三章 测量压力的仪表	308
第一节 气体压力测量单位和仪器	308
第二节 曲管压力计（U形压力计）	311
第三节 斜管压力计（微压计）	312
第四节 测速管与风量的测量	314
第四章 废气分析仪器和常用信号装置	323
第一节 废气分析仪器（奥氏气体分析器）	323
第二节 烧成车间的几个主要信号装置	328

第六篇 立窑及其操作

第一章 立窑	331
第一节 概述	331
第二节 立窑对原料、燃料的要求	334
第三节 普通立窑结构	338
第四节 机械化立窑结构	341
第五节 立窑的简易工艺计算	355
第二章 立窑烧制熟料的过程与操作	360
第一节 立窑中熟料的烧制原理	360
第二节 立窑的通风	369
第三节 烘窑及点火	371

第四节	正常煅烧时的操作	372
第五节	不正常情况下的操作	377
第六节	机械化立窑的操作	384
第七节	立窑熟料质量不佳的处理方法	385
参考文献		392

第一篇 水泥生产基本知识

水泥工厂烧成车间的工作人员，不但要熟悉本车间的生产情况、掌握生产中的规律性，同时还要了解水泥生产的全过程。只有对水泥生产过程各工序之间的关系有了比较清楚的了解，才能更正确地认识本部门工作在整个水泥生产中的作用，有目的地进行设备革新和改进操作技术，不断地提高产品质量，降低原、燃料消耗，提高设备的运转率，降低水泥生产的成本。本篇的主要任务就是对水泥生产的全过程，作一总体介绍。

第一章 概 述

第一节 水泥的定义、性质及用途

建筑工程中常用的建筑材料有钢材、木材、水泥、石灰、石膏、砖瓦、石块等。这些材料因性质不同，其使用方法也不一样。如石块、木材只要将其外形加工后，就可用于建筑中；砖瓦则可直接用来砌筑建筑物；水泥、石灰、石膏是矿物质粉末，须掺加砂、石和水，制成砂浆或混凝土后才能用于建筑中。

石灰、石膏和水泥的共同特点是，和水制成的净浆（或砂浆）具有粘结性和可塑性，能粘结与它们拌和在一起的砂石，凝结硬化后象岩石一样坚硬，根据这些特点，称这些材料为矿物性胶凝物质。这些矿物性胶凝物质又具有不同的特

点，石膏、石灰的粉末加水后，只能在空气中硬化和产生强度，而水泥不但能在空气中硬化，并且能在水中继续硬化和产生强度。凡具有前一特点的，称为气硬性胶凝物质；具有后一特点的，称为水硬性胶凝物质。上述特点，决定了气硬性胶凝物质只适用于干燥地区的地上建筑或室内工程中；水硬性胶凝物质除用于地上建筑外，还能用于地下或水中建筑。还有一类胶凝物质，它们能在盐类或酸溶液的作用下继续凝结硬化并发挥强度，称为耐酸胶凝物质。矿物性胶凝物质按性质不同分类如表1-1所列。

(无机) 胶凝物质分类

表 1-1

水硬性胶凝物质	气硬性胶凝物质	耐酸胶凝物质
水硬性石灰 罗马水泥 硅酸盐水泥 膨胀水泥 带微晶填料水泥 火山灰质水泥 矿渣水泥 矾土水泥	气硬性石灰 石膏胶凝材料 镁质胶凝材料	耐酸水泥 补牙水泥

水泥是水硬性胶凝物质，它的种类很多，仅硅酸盐类水泥目前就有十几种。水泥具有良好的粘结性和可塑性，凝结硬化后有很高的机械强度，硬化过程中体积变化小，能和钢筋配合制成钢筋混凝土预制构件或用于其他混凝土工程中。由于水泥具有上述可贵的性质，使它成为基本建设中不可缺少的重要建筑材料，广泛应用于工业建筑、民用建筑、道路桥梁建筑、水利工程、地下工程以及国防工程中。

我国生产的水泥品种很多，而大量生产的有：普通硅酸盐水泥（简称普通水泥）、火山灰质硅酸盐水泥（简称火山灰质水泥）、矿渣硅酸盐水泥（简称矿渣水泥）等。

根据国家标准 GB175-62 规定，普通硅酸盐水泥的定义是：凡以适当成分的生料，烧至部分熔融，所得以硅酸钙为主要成分的熟料，加入适量的石膏，磨成细粉，制成的水硬性胶凝材料，称为普通硅酸盐水泥（简称普通水泥）。在熟料粉磨时，允许按水泥成品重量均匀地加入不超过15%的活性混合材料（火山灰质的物质或粒状高炉矿渣）；或不超过10%的填充性混合材料（例如石英砂、石灰岩等）；或同时加入不超过总数15%的活性与填充性混合材料，但填充性混合材料不得超过10%，成品名称不变，仍称普通硅酸盐水泥。

火山灰质硅酸盐水泥与矿渣硅酸盐水泥，是由掺入的混合材料而得名；掺入20~50%火山灰质混合材料的称为火山灰质硅酸盐水泥；掺入20~85%粒状高炉矿渣的称为矿渣硅酸盐水泥。

第二节 水泥的标号与品质标准

不同的工程，对水泥强度的要求也不同。生产的水泥有多种标号，如普通水泥有六个标号（即200号、250号、300号、400号、500号、600号）；矿渣水泥与火山灰质水泥各有五个标号。标号越高，强度越大，质量也越好。

水泥标号是按国家标准 GB177-62 “水泥物理检验标准方法”进行试验，测得的28天抗压强度而定。

水泥的品质，在国家标准 GB175-62 中规定了物理性质

和化学成分两方面的标准。

水泥的物理性质应符合下列规定：

1. 细度：4900孔/厘米²标准筛筛余不得超过15%。
2. 凝结时间：初凝不得早于45分钟，终凝不得迟于12小时。如因需要，经使用部门要求和制造部门同意，凝结时间的规定可以变动。
3. 体积安定性：用汽蒸及沸煮法试验，试体体积变化必须均匀。
4. 强度：按国家标准 GB177-62 规定的强度检验方法试验，各龄期强度均不得低于表1-2中数值。

抗压、抗拉强度数值表

表 1-2

水泥标号	硅 酸 盐 水 泥			火 山 灰 质 硅 酸 盐 水 泥		矿 渣 硅 酸 盐 水 泥	
	3 天	7 天	28天	7 天	28天	7 天	28天
抗压强度(公斤/平方厘米)							
200	—	100	200	90	200	90	200
250	—	140	250	110	250	110	250
300	—	180	300	140	300	140	300
400	160	260	400	190	400	190	400
500	220	350	500	270	500	270	500
600	260	420	600	—	—	—	—
抗拉强度(公斤/平方厘米)							
200	—	12	18	11	18	11	18
250	—	12	18	11	18	11	18
300	—	15	22	14	22	14	22
400	15	19	24	18	24	18	24
500	19	23	27	22	27	22	27
600	21	27	32	—	—	—	—

水泥的化学成分应符合下列规定：

1.烧失量：普通硅酸盐水泥不得超过5%，火山灰质硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥不作规定，立窑制造的普通硅酸盐水泥的烧失量允许达到7%。

2.氧化镁 (MgO)：制造水泥所用熟料中氧化镁的含量不得超过4.5%。

3.三氧化硫 (SO_3)：水泥中三氧化硫含量不得超过3%。

在标准中规定：当水泥的强度低于该品种所规定的最低标号，或物理性质和化学成分中，有任何一项不符合国家标准规定时，称作废品；当水泥其他物理性质和化学成分均符合规定，仅强度低于该标号的标准，但在该品种水泥最低标号以上时，称为不合格品。

第三节 水泥的生产方法及工艺流程

一、水泥的生产方法

制造水泥因条件的不同，生产方法也有所不同，从目前情况来看，按窑的结构可分为以下三类：

- 1.立窑 { 普通立窑
 机械化立窑
- 2.回转窑 { 湿法生产回转窑
 半干法生产回转窑[●]
 干法生产回转窑
- 3.烧结格条式窑

● 国外目前把这类窑划在干法回转窑之列。

二、立窑生产水泥的工艺流程

立窑生产水泥，一般都是将磨细的生料粉与燃料（焦炭末或无烟煤粉）按一定比例配合，加水拌和制成料球，然后从立窑的上端加入窑中进行煅烧。上述这种加料方法称为混入法。除此，尚有一种分层加料法，即将生料和燃料一层间一层地加入窑中。

立窑有普通立窑和机械化立窑两种。机械化立窑加料和卸料都是连续的，且生产过程完全是通过机械操纵，而普通立窑的卸料却是间歇的，但它们的生产过程基本上是一样的。图1-1所示，为立窑生产硅酸盐水泥的工艺流程。

三、湿法回转窑生产水泥的工艺流程

湿法回转窑生产硅酸盐水泥的工艺流程如图1-2所示。

由矿山开采出来的石灰石，根据硬度和粒度的不同，经过一次、二次或三次破碎，而后与淘泥机制成的粘土泥浆、铁粉等按一定比例配合，送入生料磨中，并加入适量的水，磨制成料浆（水分一般在32~34%，亦有的高达40%；细度要求4900孔/厘米²筛筛余在10%以下）。然后用泵将料浆打入料浆库中，按成分要求进行调配，合格后即可送入窑内煅烧。

经破碎、干燥过的煤块，送入煤磨中粉磨（或不经干燥，直接送入干燥与粉磨同时进行的磨中）。磨好的煤粉送入窑前的煤粉仓中，经喂煤绞刀、喷煤管用高压鼓风机将煤粉吹入窑中燃烧。

回转窑是一个斜置在数对托轮上的金属回转筒，窑内镶砌耐火材料，一般直径为2~5米，长为60~180米。现在国外已有直径达7.6米，长达232米，日产熟料3600吨的大型回转窑。在湿法生产中，为了使料浆充分干燥，因此湿法窑

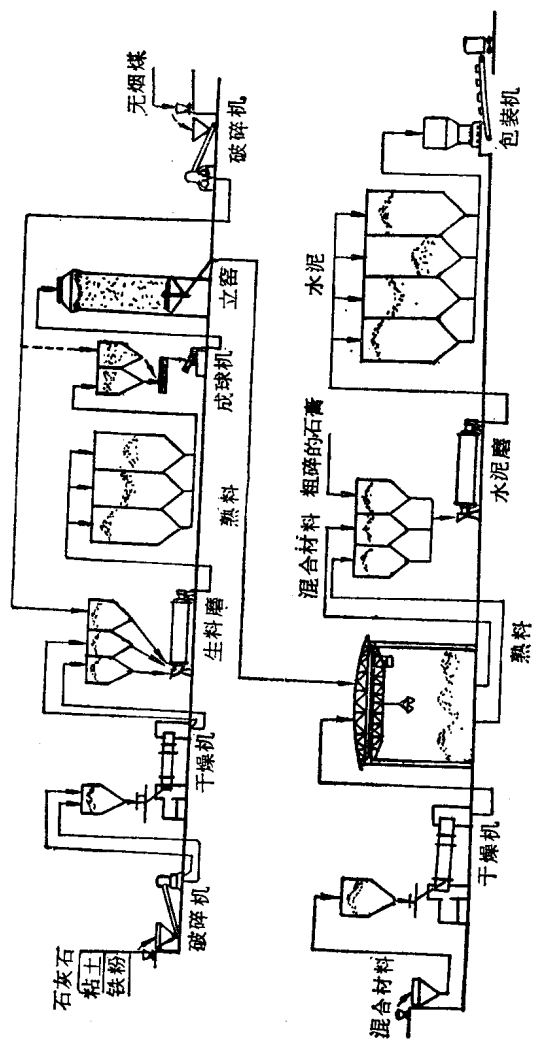


图 1-1 立窑生产硅酸盐水泥流程图