

技工学校教材

适用于初中程度

# 水泥工业 烧成工艺

全国技工学校教材编审委员会建筑工程部教材编审小组审定

中国工业出版社

技工学校教材

适用于初中程度

---

水泥工业  
烧成工艺

全国技工学校教材编审委员会建筑工程部教材编审小组审定

中国工业出版社

本书是在总结以往教学经验的基础上，结合生产操作经验，就有关水泥工业烧成工艺中的基础知识作了比较系统、完整且又浅显的介绍。本书包括水泥生产基本知识、迴轉窑及其附属设备、迴轉窑烧制水泥熟料的原理、迴轉窑看火操作、常用的仪表和信号装置、立窑及其操作等六篇。

本书适用于具有初中程度的三年制或二年制技工学校的教材，也可供水泥厂职工阅读参考。

## 水泥工业烧成工艺

(适用于初中程度)

全国技工学校教材编审委员会建筑工程部教材编审小组审定

建筑工程部琉璃河水泥技工学校主编

\*

建筑工程部编辑部编辑 (北京西郊百万庄)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本 $787 \times 1092\frac{1}{32}$ ·印张 $10\frac{3}{8}$ ·字数243,000

1963年4月北京第一版·1963年10月北京第二次印刷

印数1,691—2,218·定价(8-3) 0.95元

\*

统一书号: K15165·1412 (建工-190)

## 前 言

在社会主义建設总路綫的光輝照耀下，在党的教育为无产阶级政治服务，教育与生产劳动相結合的方針指导下，我部系統的技工学校工作也有了很大的进展，并已初步取得了一些成績。为了进一步的改进技工学校的教学工作，提高教学质量，目前极需一套比較定型的、符合教学計划和教学大綱要求的統一教材。

为此，我部技工学校教材編审小組，在全国技工学校教材編审委员会的統一领导下，組織本部系統內办校历史較久、基础較好的技工学校，編写了一批专业教材。这些教材是按照培养全面发展的中級技术工人的要求进行編写的；同时也照顧到了学生毕业后进一步提高的需要。

这本教材适宜于学制二年招收初中毕业生或学制三年招收高小毕业生，經過一年文化学习基本上具备有初中文化水平，同时在講授前学生对水泥工业烧成設備和操作方面需要有初步的感性認識，以便帮助学生对本書的理解。各校选用时可根据主管部門批准的教学計划与教学大綱，作必要的刪減或增添。

由于時間短促和缺乏經驗，編审工作定會存在不少缺点，希望使用单位和有关同志提出意見，以便今后作进一步修改。

本書是由建筑工程部水泥局組織以琉璃河水泥工业学校为主，会同琉璃河、大同和小屯水泥厂技术人員与有經驗的

生产工人共同編写的。由于学校党組織的大力支持，以及参与編审工作的同志們的努力，因而能在极短的时间內順利地完成了編审工作。本書由楊树森同志主編。在此一併表示謝忱。

全国技工学校教材編审委员会  
建筑工程部教材編审小组

1961年8月

# 目 录

## 第一篇 水泥生产基本知识

第一章 概述 .....	7
第一节 水泥的定义、性质及用途 .....	7
第二节 水泥的标号与品质标准 .....	9
第三节 水泥的生产方法及工艺流程 .....	11
第四节 特种水泥简单介绍 .....	18
第二章 烧制硅酸盐水泥熟料用的原料及生料制备 .....	22
第一节 烧制水泥熟料用的原料 .....	22
第二节 生料的制备 .....	24
第三章 水泥的制成 .....	29
第一节 制成水泥用的物料 .....	29
第二节 水泥的制成 .....	31

## 第二篇 迴轉窯及其附屬設備

第一章 迴轉窯的种类 .....	32
第二章 迴轉窯的結構 .....	32
第一节 窯体 .....	32
第二节 滾圈与托輪裝置 .....	41
第三节 迴轉窯的传动裝置 .....	45
第四节 窯头、烟室和密閉裝置 .....	51
第三章 迴轉窯附屬設備 .....	59
第一节 喂料裝置(下料机) .....	59
第二节 喂煤裝置 .....	65
第三节 冷却裝置 .....	69
第四节 通风与收尘設備 .....	75
第五节 輸送設備 .....	85
第四章 迴轉窯热交換裝置和余热利用裝置 .....	93

第一节	鏈条及其悬挂方法 .....	93
第二节	料浆过滤加热器 .....	98
第三节	格子式热交换器与屏蔽式热交换器 .....	100
第四节	料浆蒸发器(料浆浓缩器) .....	101
第五节	余热鍋爐 .....	103
第六节	立波尔加热机 .....	105
第七节	立式加热机、悬浮层煅烧机、旋风預热器 .....	111
第五章	机械潤滑及窑与托輪维护 .....	115
第一节	潤滑的重要意义及潤滑材料的性质与选择 .....	115
第二节	窑与托輪的操作和维护 .....	123
第三节	簡要規程 .....	129
<b>第三篇 迴轉窑烧制水泥熟料的原理</b>		
第一章	硅酸盐水泥熟料的烧制原理 .....	131
第一节	硅酸盐水泥熟料的組成 .....	131
第二节	率值与配料的意义 .....	135
第三节	迴轉窑内硅酸盐水泥熟料形成过程的基本概念 .....	139
第四节	水泥熟料的液相量 .....	150
第二章	物料与气体在迴轉窑内运动原理 .....	153
第一节	物料在迴轉窑内的运动 .....	153
第二节	迴轉窑内气体的流动 .....	154
第三章	燃料燃烧及传热基础知识 .....	156
第一节	燃料 .....	157
第二节	燃烧的基本概念 .....	158
第三节	烧制水泥熟料用的燃料及选择 .....	160
第四节	煤粉的制备过程及其使用时的注意点 .....	165
第五节	迴轉窑内煤粉的燃烧 .....	168
第六节	传热的基本概念及迴轉窑内的传热 .....	174
第四章	提高迴轉窑热利用的方法 .....	180
第一节	窑的热效率 .....	180

第二节	提高迴轉窯熱效率及產質量措施 .....	186
-----	----------------------	-----

#### 第四篇 迴轉窯看火操作

第一章	開窯與停窯 .....	193
第一节	點火開窯前的准备工作——設備檢查 .....	193
第二节	試車 .....	197
第三节	點火 .....	198
第四节	掛窯皮 .....	203
第五节	停窯 .....	206
第二章	迴轉窯正常運轉時看火操作 .....	209
第一节	記迴轉窯操作記錄的重要意義 .....	209
第二节	迴轉窯操作入門知識 .....	210
第三节	引起窯內熱工制度變化的主要因素 .....	217
第四节	怎樣控制迴轉窯內的煅燒情況 .....	218
第五节	窯溫不正常時的操作法舉例 .....	225
第六节	立波爾窯的看火操作 .....	230
第七节	迴轉窯長期安全運轉 .....	232
第三章	迴轉窯內結圈及其處理 .....	236
第一节	泥漿圈、硫酸鹽圈、前結圈的形成及處理方法 .....	237
第二节	熟料圈的形成、類型、防止及處理方法 .....	239
第三节	引起窯結圈的幾個因素 .....	244
第四章	迴轉窯用耐火材料 .....	251
第一节	迴轉窯用耐火材料的種類和選擇 .....	251
第二节	迴轉窯內耐火磚的鑲砌 .....	255
第三节	耐火磚的運輸、保管和驗收 .....	263
<b>第五篇 常用的儀表和信號裝置</b>		
第一章	安裝儀表和信號裝置的意義 .....	264
第二章	測量溫度的儀表 .....	265
第一节	水銀溫度計 .....	265
第二节	熱電高溫計 .....	266



第三节	光学高温计 .....	271
第三章	测量压力的仪表 .....	274
第一节	气体压力测量单位和仪器 .....	274
第二节	曲管压力计 (U形压力计) .....	277
第三节	斜管压力计 (微压计) .....	278
第四章	废气分析仪器和常用信号装置 .....	281
第一节	废气分析仪器 (奥氏气体分析器) .....	281
第二节	烧成车间的几个主要信号装置 .....	285
<b>第六篇 立窑及其操作</b>		
第一章	立窑 .....	288
第一节	立窑概述 .....	288
第二节	立窑对原、燃料要求 .....	291
第三节	普通立窑的结构 .....	294
第四节	机械化立窑的结构 .....	298
第五节	立窑的简易工艺计算 .....	301
第二章	立窑烧制熟料的过程与操作 .....	307
第一节	立窑中熟料的烧制过程 .....	307
第二节	立窑的通风 .....	308
第三节	烘窑及点火 .....	310
第四节	正常煅烧时的操作 .....	312
第五节	不正常情况下的操作 .....	316
第六节	机械化立窑操作 .....	322
第七节	立窑熟料质量不佳的处理法 .....	324

# 第一篇 水泥生产基本知識

## 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鋼材、水泥、石灰、石膏、砖瓦、石块、木材等，这些材料因性质不同，其用途和使用方法也不同。如石块、木材只要将外形稍加工后，就可用于建筑物中；砖瓦可以直接用于建筑中；而作建筑材料用的石膏、石灰、水泥是矿物质粉末，須掺砂、石和水制成砂浆或混凝土才能用于建筑中。

石膏、石灰和水泥的共同特点是，和水制成的淨浆（或砂浆）具有粘結性和可塑性；同时能粘結与它們拌和在一起的砂石，凝結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也各有不同特点；如石膏、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，并且能在水中繼續硬化和产生强度。凡具有前一特点的，称作气硬性胶凝物质；具有后一特点的，称作水硬性胶凝物质。以上的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物或室内工程中。水硬性胶凝物质除能用于地上建筑外，还能用于地下或水中建筑。除此还有一类物质它們能在盐或酸的作用下繼續凝結硬化，并发揮强度，則称它們为耐酸胶凝物质。矿物性胶凝物质按性质不同可分为下述几类。

表 1-1

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

水泥的种类很多，仅硅酸盐类水泥目前就不下数种。水泥的种类虽然很多，但它们都共同具有良好的粘結性和可塑性，硬化后有很高的机械强度，硬化过程中体积变化小，它能和鋼筋配合制成鋼筋混凝土預制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，使它成为建筑工程中不可缺少的重要建筑材料；广泛的应用于各项建設事业中，如工业建筑、民用建筑、水利工程、交通 运输以及 国防工程等。

目前我国已能生产的水泥种类很多，而大量生产的水泥有：硅酸盐水泥（简称普通水泥）、矿渣硅酸盐水泥（简称矿渣水泥）、火山灰质硅酸盐水泥（简称火山灰质水泥）、混合硅酸盐水泥等。

根据国家建筑材料标准 101-56 規定，硅酸盐水泥的定义是：凡以适当成份的生料烧至部分熔融，所得以硅酸鈣为主要成份的熟料，加入适量的石膏，磨成細粉，制成的水硬性胶凝材料，称为硅酸盐水泥（即普通水泥）。在熟料粉磨时，允許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爐矿渣）；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%；成品名称不变仍称硅酸盐水泥。

火山灰质水泥与矿渣水泥是由掺入的混合材料而得名；掺入火山灰质混合材料为20—50%的称作火山灰质水泥，掺入粒状高炉矿渣量为20—85%的称作矿渣水泥。

## 第二节 水泥的标号与品质标准

由于工程上对水泥强度要求不同，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、40<sup>0</sup>号、500号、600号）；而矿渣水泥与火山灰质水泥各有五种标号（即200号、250号、300号、400号、500号）。标号越高，强度越大，质量也越好，

水泥的标号系按标准规定的强度检验方法，测得的28天耐压强度而定。

水泥的品质标准，在国家建筑材料标准101-56中规定了物理性质和化学成份两个方面。

在物理性质方面要求水泥符合下列规定：

1. 细度：在4900孔/平方厘米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：按国家建筑材料标准103-56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。

表 1—2 抗压（耐压）、抗拉强度数值表

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	—	—	—	—

在化学成份方面要求水泥符合下列规定：

1. 烧失量：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，立窑制造的硅酸盐水泥烧失量不得超过 7%；

2. 氧化镁（ $MgO$ ）：制造水泥所用熟料中的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份中，有任何一项不符合国家标准规定时称作废品；而当水泥其他物理性质和化学成份均符

合規定，仅强度低于該标号的标准，但在該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，生产方法也不所不同。从目前看来按窑的结构可分下述三类：

1. 立窑 { 普通立窑  
          机械化立窑
2. 迴轉窑 { 湿法生产迴轉窑。  
              半干法生产迴轉窑。  
              干法生产迴轉窑。

#### 3. 燒結格条式窑。

#### 二、立窑生产水泥的工艺流程

立窑生产水泥有非机械化立窑与机械化立窑之分。生产时一般是將磨細的生料粉与燃料（焦炭末或无烟煤末）按比例混合加水制成球（或不成球撒烧），然后从立窑的上端加入窑中。上述这种加料法又称之混入法。除此，尚有一种分层加料法，即將生料和燃料分別先后加入窑中。

机械化立窑的加、卸料都是連續的，且生产过程完全是通过机械操縱。而非机械化立窑的卸料却是間歇的，但它們的生产过程基本上是一致的。下面介紹一立窑生产流程图供参考。

#### 三、湿法迴轉窑生产水泥的工艺流程

由矿山开采下来的石灰石，根据硬度和粒度的不同，經過一次，二次或三次破碎。而后与由粘土制成的泥浆、鉄粉

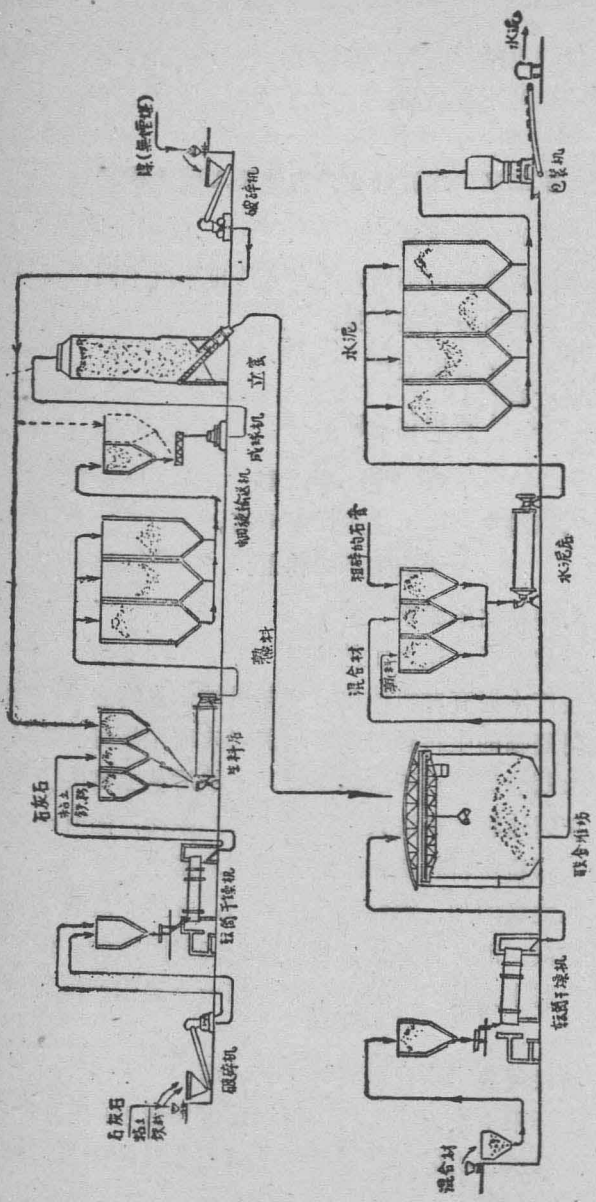


图 1-1 立窑生产硅酸盐水泥流程图

等按一定的比例配合，送入生料磨中，并加适量的水磨制成料浆（水份一般在32—34%，細度要求4900孔篩篩余在10%以下）。然后用泵打入料浆仓中，按成分要求进行調配，合格后即可送入窑內煨烧。

經破碎、干燥过的煤块，送入煤磨中粉磨（或送入干燥与粉磨同时进行的磨中）。磨好的煤粉送入迴轉窑前的煤粉仓中，經噴煤管用高压鼓风机将煤粉吹入窑內。

迴轉窑是一个斜置在数对托輪上的金属迴轉筒，窑內鑲砌耐火材料，一般直径为2~4米，长为60~180米。在湿法生产中，为了使料浆充分干燥，因此湿法窑窑长与直径比一般都大于30。現在已有直径为5米，长达180米的湿法大窑。为了提高湿法窑的热效率，在窑內尾端安装有鍊条，热交換器等；或者在窑尾外部加料浆蒸发机和真空过滤机等。

生料浆由窑尾送入窑內，随窑体不断迴轉而緩緩前进。随一次空气入窑的煤粉与由冷却机入窑的二次空气混合燃烧。料浆受热后渐渐失去水份，进而預热、分解起化学变化。当进到烧成带（此带物料溫度約在1450°C左右），生料已逐渐变成部分熔融状态而烧結。出窑的熟料，經冷却机，輸送設備入熟料堆場。废气則由窑尾經烟囱排出。

出窑熟料在堆場中，一般約放置一个星期，然后經破碎（如料块都小于30毫米可不必破碎），再与干燥过的混合材和破碎过的石膏，按适当比例送入水泥磨，粉磨后即為水泥。将水泥送入水泥仓中貯存，經檢驗合格后，即可由仓內卸出包装出厂。其生产流程見图1—2。

#### 四、半干法迴轉窑水泥生产的工艺流程

由矿山开采下的石灰石，根据粒度和硬度不同通过一次、二次或三次破碎，然后与干燥过的粘土、鉄粉等按适当的比



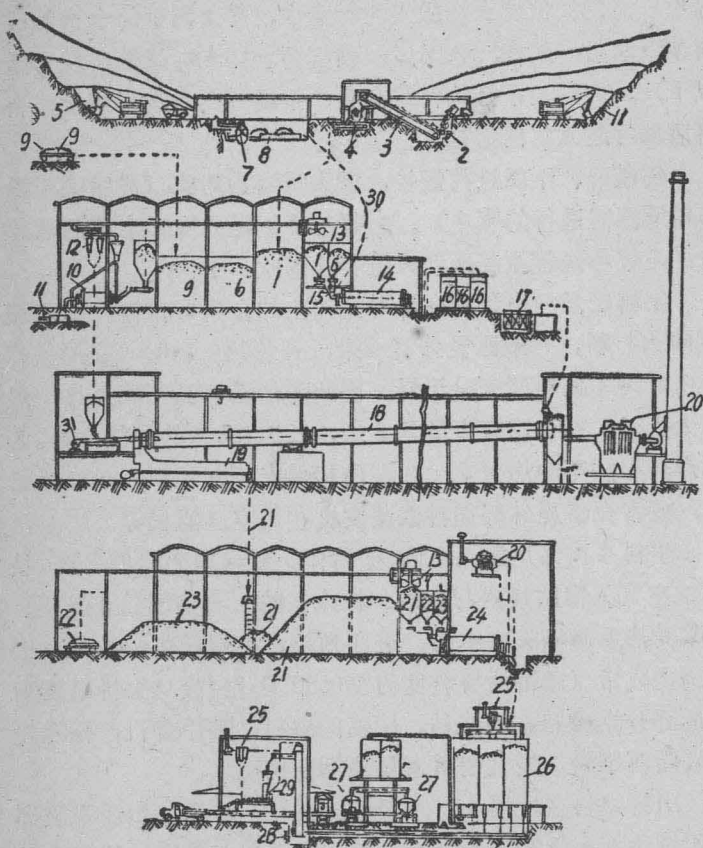


图 1—2 湿法迴轉窑生产硅酸盐水泥流程图

1—石灰石；2—顎式破碎机（第一次破碎）；3—薄板式输送机；4—锤式破碎机（第二次破碎）；5—粘土；6—辅助原料；7—滚式破碎机；8—淘泥机（制浆池）；9—煤；10—煤磨；11—燃烧室；12—旋风收尘器；13—吊車抓斗；14—原料磨；15—水；16—校准用的料浆池；17—臥式料浆池；18—迴轉窑；19—篦条式冷却机；20—电器收尘器；21—熟料；22—石膏；23—水硬性混合材；24—水泥磨；25—袋式收尘器；26—水泥倉；27—散装水泥发送站；28—斗式提升机；29—包装设备；30—粘土浆；31—鼓风机