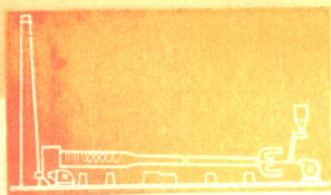


水泥工人技术丛书

# 湿法回转窑



中国建筑工业出版社

水泥工人技术丛书

---

# 湿法回转窑

江南水泥厂

中国建筑工业出版社

本书介绍湿法水泥回转窑的结构、设备操作维护、托轮调整、检修等方面的经验。重点介绍窑及其附属设备的故障处理，托轮的调整，窑及其附属设备的完好条件，计划检修，大中小修内容、要求及注意事项等。

中国、上海、江山、湘乡、柳州、水城、昆明、峨眉、重庆等水泥厂为本书提供了宝贵的经验和资料。

水泥工人技术丛书  
湿法回转窑  
江南水泥厂

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：5 1/2 字数：124千字

1978年11月第一版 1978年11月第一次印刷

印数：1—8,420册 定价：0.36元

统一书号：15010·3499

## 出版说明

建国以来，我国水泥工业有了很大的发展，水泥厂不断增加，职工队伍迅速扩大，群众性技术革新、技术改造活动蓬勃开展。为总结交流水泥生产的技术经验，促进水泥生产水平的提高，我们组织编写了这套《水泥工人技术丛书》，供水泥厂岗位工人和维修工人阅读参考。

这套丛书着重总结水泥工人在生产工艺和设备操作、维修等方面的实践经验，同时介绍有关的技术革新成果，以及设备的构造、工作原理等基本知识。为便于岗位工人阅读，这套丛书将分册陆续出版。

这套丛书是由工人、干部和技术人员三结合编写组编写的，书稿写成后，又进行了三结合审查。编审人员在书稿的编审过程中以马列主义、毛泽东思想为指导，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，贯彻执行党的方针、政策，力求理论与实践相结合，使丛书内容实用、通俗易懂，切合广大水泥工人的需要。

组织编写这套丛书，得到了国家建筑材料工业总局和各省、市、自治区有关主管部门的大力支持。有关工厂、设计单位、学校为本丛书提供了技术资料和宝贵意见。

中国建筑工业出版社编辑部

一九七六年五月

# 目 录

第一章 概述	1
第一节 湿法回转窑发展概况	1
第二节 湿法回转窑的工作原理	4
第二章 回转窑的结构	8
第一节 筒体	8
第二节 支承装置	13
第三节 传动装置	33
第四节 窑衬	43
第五节 窑内热交换装置	48
第六节 多筒式冷却机	59
第七节 窑头、烟室及窑两端密封装置	66
第八节 燃煤装置	73
第九节 喂料装置	80
第三章 回转窑的使用与维护	89
第一节 开窑前的准备工作	89
第二节 运转中的检查与维护	91
第三节 停窑注意事项	97
第四节 辅助传动装置的开停	98
第五节 设备的润滑	99
第六节 故障处理	103
第四章 托轮调整	108
第一节 为什么要调整托轮	108
第二节 窑中心线的检查方法	113
第三节 托轮调整方法	134
第四节 怎样做好托轮调整工作	142

第五节	调整托轮处理故障实例 .....	145
第五章	回转窑的检修 .....	151
第一节	检修工作的重要意义 .....	151
第二节	回转窑设备完好条件 .....	152
第三节	回转窑及其附属设备计划检修 .....	154
第四节	回转窑大、中、小检修范围的划分 .....	168
第五节	回转窑检修过程中转窑的安全注意事项 .....	170

# 第一章 概 述

水泥厂的整个生产工艺可概括为一句话：“两磨一烧”。两磨，就是生料制备的粉磨工艺和水泥制备的粉磨工艺；一烧，就是把经过粉磨配合好的生料通过回转窑这一设备，在高温作用下，经过一系列的物理、化学变化而成为熟料（水泥的半成品）的工艺过程。由此可知，回转窑是整个水泥生产工艺中，联系前后两个粉磨工艺的桥梁和枢纽。回转窑是水泥生产过程中的主机，它的造价占全厂总投资的10~15%，其金属消耗量占全厂设备重量的30~40%。不仅如此，它的技术性能和运转情况，在很大程度上决定着水泥的质量、产量和成本。因此，水泥工人把它看做水泥厂的“心脏”。

我国现在拥有的回转窑有：干法短窑（窑内不挂链条的中空窑），立波尔窑，带悬浮预热器的窑，湿法短窑（如带料浆蒸发机的窑），湿法长窑（窑内挂有链条或装有热交换器的窑）。本书主要介绍湿法长窑的构造、维护检修等的基本知识。

## 第一节 湿法回转窑发展概况

制造水泥的方法，早已在世界范围内形成了干法与湿法两大类。所谓干法生产和湿法生产只是在从立窑发展到回转窑煅烧熟料以后才出现的，其实质是生料制备方法的改变。

干法生产是在粉磨生料时先将原料烘干，磨制成生料粉入窑煅烧；湿法生产是在粉磨与调和生料时加适量的水，制成含一定水分的生料入窑煅烧。

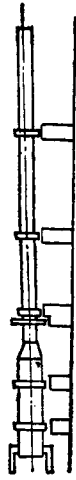
从干法演变到湿法，起初是从干法短窑变为湿法短窑。但湿法短窑存在热耗大、产量低等缺点。于是便考虑采取两种补救办法：一是延长窑的筒体，同时在窑内进料端装设链条或其他热交换器，提高对物料的干燥预热能力；一是采用各种浓缩料浆的措施，或装设降低料浆水分的蒸发器，利用窑尾的废气通过蒸发器，将料浆水分从35~40%降低到5~10%后入窑煅烧。蒸发机的作用和湿法长窑中链条带的作用是相同的。

湿法窑的料浆蒸发器是煅烧熟料的预热装置，从某种意义上说，也是余热利用的装置，而且是将窑尾余热用于工艺过程本身。料浆蒸发器是改进湿法短窑的产物。带料浆蒸发器的湿法短窑，比单一的湿法短窑的热耗可降低5~10%，产量可增加15~20%；但它在生产工艺上，增加了一个环节，而且构造较复杂，是多故障的比较薄弱的环节，这恰恰与人们所追求的生产环节愈少愈好的愿望相反。

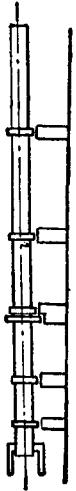
从目前发展情况看，国际上在建设新的湿法水泥厂时，一般地都采用构造较简单，生产环节少，在窑内尾端安装有链条、热交换器等湿法长窑，不大用带蒸发器式的短窑。目前我国湿法生产中，尚有几个厂用料浆蒸发器，而绝大部分厂是采用装置链条或热交换器的湿法长窑。

从回转窑的外形看，也是不断变化发展的，由起先的直筒型发展到一端扩大、两端扩大型。目前我国的湿法回转窑有直筒型、热端扩大型（烧成带扩大）、冷端扩大型（干燥预热带扩大）和两端扩大型（哑铃型），参见图1-1。

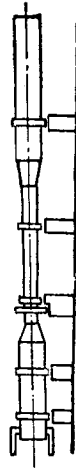




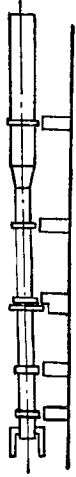
(a) 直筒型



(b) 热端扩大型



(c) 冷端扩大型



(d) 两端扩大型

图 1-1 湿法回转窑的空型

## 第二节 湿法回转窑的工作原理

湿法回转窑是一个带有3~6%斜度安放在支承装置上的细而长的钢质圆筒，在其中部由传动装置带动以每分钟0.5~1.5转的慢速旋转。为了保护筒体和加强热交换，在筒体内部镶有耐高温的衬料、隔热材料及链条等内部装置。料浆从其高端（一般称作窑尾）通过下料管进入窑内，在回转和倾斜这两个因素的作用下，缓缓地流经整个筒体，经过复杂的物理、化学变化，由生料变成熟料，从其低端（一般称作窑头）卸出。燃料（煤、油或燃气）则从窑头喷入窑内的高温区燃烧，并在窑尾的自然或机械通风的作用下，燃烧气流与物料逆向地流经全窑，最后通过烟囱排入大气中。

湿法回转窑，从窑尾开始，大致可分为五个带，即干燥预热带、碳酸盐分解带、放热反应带、烧成带及冷却带。现将各带简要叙述如下。

### 1. 干燥预热带；

料浆进入窑内后，在高温气流的作用下，温度逐渐升高。当温度达到70~80°C后，料浆中的水分（入窑的水分一般在30~40范围内）开始大量蒸发。当温度达到150°C左右时，料浆已成为夹有球状小粒的灰黄色粉末。继续升高温度达500°C左右，物料中的有机质和结晶水开始挥发、分解，至600~700°C，这一过程基本结束，而碳酸钙开始微弱的分解。

湿法窑在这一带内，都挂有大量的链条及各种热交换器，其作用是增加气流与物料的热交换面积，加强物料的热热作用。某些链条的挂法，如花环斜挂法，还具有强烈的推动物料前进和成球的作用。

由此可知，物料在干燥预热带内，主要是起物理变化，它为物料在窑内其他各带中发生化学变化，创造了不可缺少的条件。

此带长度占整个窑长的50~60%。

## 2. 碳酸盐分解带：

该带的物料温度为750~1200°C。

物料中的碳酸盐在750°C左右开始缓慢地分解，随着温度的提高，分解速度逐渐加快，当达1100°C左右时，分解反应表现得最激烈，至1200°C分解过程基本结束。

碳酸盐的分解速度及该带在窑中占有的长度和位置，对回转窑的煅烧操作和熟料产量、质量，都有很大的影响。如分解速度慢，分解不完全，该带所占的比例过大或距窑头过近，则以后形成熟料的化学反应就要不完全，烧成温度就不易提起来，热工制度波动大，熟料的产质量受到影响；反之，则给下一步烧成，创造良好的条件。

该带长度约占窑长的25%。

## 3. 放热反应带：

物料在这一带的开始还都呈粉末状，但在其细小颗粒的相互接触表面之间，已开始发生化学反应，形成一些低钙性和低熔点的矿物。这就是所谓固相反应。伴随这些反应，放出大量的热量，放热反应带的名称即由此而来。随着反应的进行，粉末状的物料开始聚结，在该带末端出现球状的黄色粒子。

放热反应带的物料温度为1200~1300°C，但长度很短，仅占窑长5%左右，这就是由于此带中发生激烈的放热反应的缘故。

## 4. 烧成带：

烧成带，又称烧结带，亦称石灰吸收带。物料温度在1300~1450°C范围内。由于燃料在该带中燃烧，产生大量的热量，物料温度被迅速提高，使物料中的一些低熔性矿物，如铁酸四钙、铝酸四钙及氧化镁等熔融成液相。在放热反应带已形成的硅酸二钙，与大量的游离氧化钙，熔入在这些液相中，起形成硅酸三钙的反应。随着温度的升高，反应逐渐加快，最后，绝大部分的游离氧化钙都被硅酸二钙吸收，余下的极少部分，残留在熟料内。

烧成带是回转窑内的主要工艺带。它的任务是保证游离的氧化钙尽可能地被吸收而形成硅酸三钙，以期在合理的配料前提下，煅烧出高质量的熟料。

此带长度一般为窑长的10~15%。

#### 5. 冷却带：

物料进入冷却带的温度为1300°C左右，离开冷却带（即出窑进冷却机）的温度约为1000°C。

物料在冷却带中，因迅速的冷却，其中的液相部分被固化成玻璃体，最后，成为坚固的灰黑色料粒，即所谓熟料。

冷却带的长度仅占窑长的2~4%。

湿法回转窑的生产工艺流程，各厂略有不同，主要按喂料机的布置和窑灰回收处理方式的不同，大体可分为下面两种。

一种是料浆库离窑尾较近，喂料机安放在料浆库的顶上，然后，料浆通过具有5°~6°斜度的溜槽，流入窑尾下料管内入窑。从窑尾烟室和收尘设备收下的窑灰，通过输送设备在窑中（接近链条带出口处）重新喂入窑内，如图1-2所示。

另一种是喂料机安放在窑尾烟室的顶上，从喂料机出来的料浆直接进入下料管进窑。窑灰通过输送设备从窑尾或窑中喂入窑内（图1-3）。

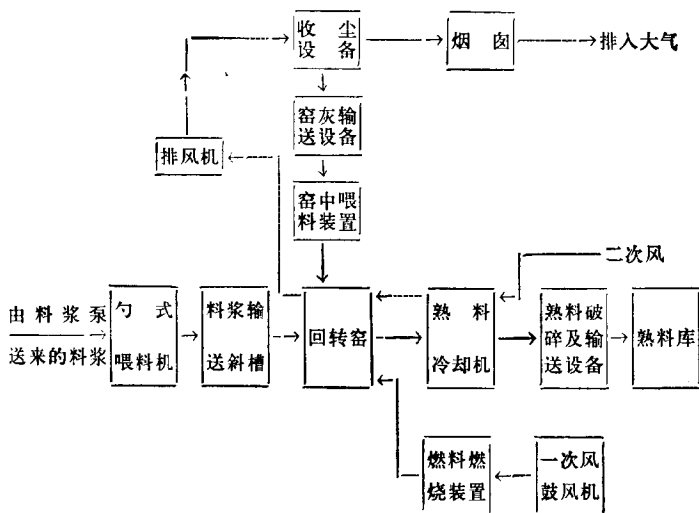


图 1-2 湿法回转窑生产工艺流程之一

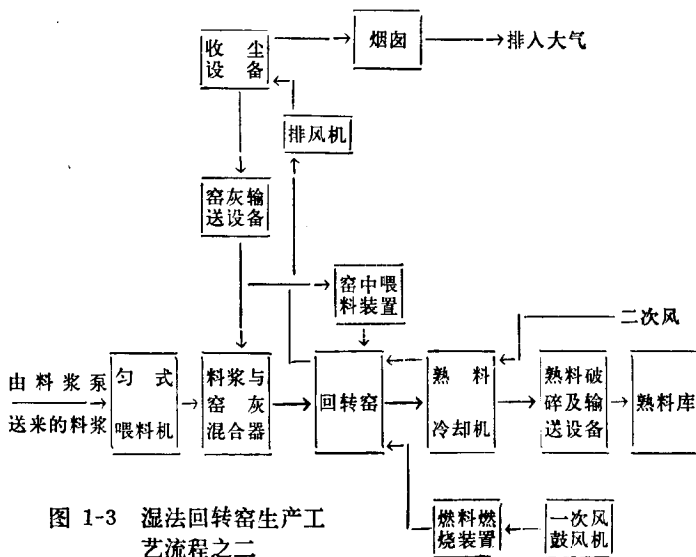


图 1-3 湿法回转窑生产工艺流程之二

## 第二章 回转窑的结构

回转窑是一个细长的圆筒，筒内衬有耐火材料及热交换装置，筒体靠套装上的几个轮带，倾斜安放在数挡支承装置之上，借传动装置带动，在托轮上慢速回转。

回转窑是由筒体以及支承、传动、密封、窑头、燃烧、喂料装置等部分组成的。

### 第一节 筒 体

筒体是回转窑的主体，是最重要最基本的组成部分。筒体本身既是一个进行化学反应和热交换过程的容器，又是一个燃烧室和一般烟道，此外它还具有混合和输送物料的作用。把生料转化为熟料是在筒体内高温下进行的。

生产实践表明，回转窑运转率高低，运转周期长短，主要决定于耐火砖（也称窑衬）寿命，而窑衬寿命的长短除取决于耐火砖及其镶砌质量，原料性能，挂好、保护好窑皮外，还与筒体的弯曲变形和径向变形（特别是径向变形）有直接的关系。另外，就回转窑发生的轮带断裂、托轮断轴、掉砖红窑、传动装置运转不平稳以及电机过负荷等故障来看，主要是由于筒体不“直”和不“圆”所引起的。

回转窑的筒体靠数个轮带支承在托轮上。由于回转窑筒体在自重、物料、耐火砖等重量作用下，两挡轮带之间的筒体会产生轴向弯曲，轮带处的筒体会产生横截面的径向变形。

为使筒体具有一定的强度和刚度,确保筒体“直”而“圆”,因此要求筒体钢板应有足够的厚度。

为了保证回转窑长期安全运转,提高运转率,降低功率消耗,在机械结构方面,首要的条件是要保持筒体“直”而“圆”的几何形状。

### 一、筒体的材质与组合

回转窑的筒体一般是用不同厚度的普通3号(A<sub>3</sub>)钢板,先卷制成一段一段的圆筒段节,然后再把各段连接成圆而直的长圆筒。钢板的厚度,由窑的规格大小和钢板材质而定,通常采用18、20、25、28、32毫米等。为了增强筒体刚性,减少径向变形,在支承轮带处,窑头一段等受力较大的部位用较厚的钢板,甚至有达40、50、60、65、75毫米厚的。在支承轮带处筒体除用厚钢板外,还在圆周上加装有数十块均布的垫板,为筒体提供了较好的散热条件,同时防止筒体被轮带磨损。垫板与筒体连接一般采用焊接,也有用铆钉或螺栓固定的。为使筒体能自由膨胀,垫板的中间一段或一端与筒体焊接,垫板的两端或另一端是自由的。采用一端焊接的垫板,焊接是交替的。如垫板与筒体全部焊死,影响筒体自由膨胀,往往会产生焊缝或筒体开裂。

至于窑筒体钢板的接合方法,有铆接和焊接两种。铆接筒体在高温带内铆钉容易过热而伸长,失去了初拉力,造成铆接缝的松动,降低筒体的稳定性,筒体回转时在反复弯曲作用下产生严重的径向和纵向弯曲变形,加速窑内火砖的损坏,易导致掉砖红窑事故。铆接筒体有连接板,受热后内外层钢板膨胀不均,特别是在烧成带容易产生“缩颈”现象,影响窑筒体和火砖的寿命。焊接筒体却可避免这种现象,而且筒体内壁光滑,火砖可以镶砌得更牢固,有益于延长火砖

和筒体的寿命。此外焊接还比铆接筒体具有重量轻、结构简单、工料省、工人的劳动条件好、效率高等优点。所以，焊接比铆接优越，近代回转窑筒体的接合均以焊接代替铆接。

## 二、加固圈

加固圈，是用来增强窑筒体刚度，以减少筒体的径向变形，提高筒体的稳定性。最常见的是竖立地焊在筒体上的矩形截面的加固圈（图 2-1），加固圈安设的位置，有的在整個窑的纵长上均布，有的在只在轮带两侧安装 1~2 个，有的在轮带两侧装设特大断面而在其他部位装设较小断面的矩形加固圈，或“I”形断面加固圈。加固圈在筒体上的固定方法也不尽相同，一种是直接焊接在筒体上，焊接方式有竖立地焊在筒体外表上的（图 2-1 b），也有将加固圈内径两侧面经机械加工后嵌焊在筒体二段节之间的（图 2-1 a），这样既起加固作用，又起筒体连接作用，便于窑筒体安装找正；另一种是加固圈不直接焊牢在筒体上，而采用预留膨胀缝隙的松套固定（图 2-2）。加固圈通常用钢板或扁钢做成。

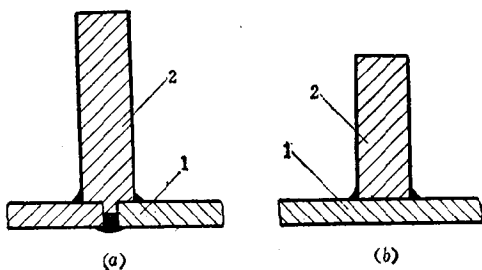


图 2-1 窑筒体加固圈

1—窑筒体；2—加固圈

加固圈大多数是在冷态下焊在窑筒体上的，和窑筒体之



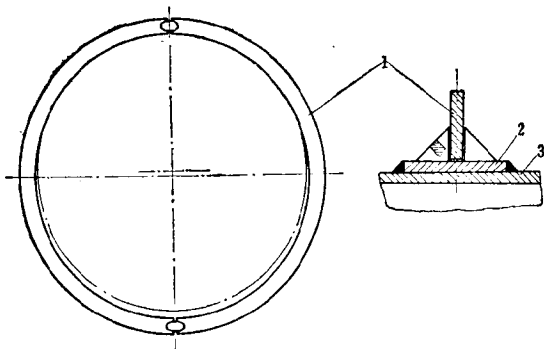


图 2-2 加固圈的松套固定

1—松套加固圈；2—垫圈；3—窑筒体

间不留间隙，窑体被加热后，窑筒体与加固圈因受温不一样而产生温度差，两者圆周膨胀量不一样，产生应力，由于加固圈强度大，象腰带一样束着，阻止窑筒体按受热情况伸长，所以在加固圈处窑筒体易产生“缩径”和裂缝现象，尤其在烧成带温度较高、温度变化较大或受高负荷等部位更易产生。虽然有的加固圈是松套的，与窑筒体之间留有一定的间隙，但因窑筒体上的温度变化较大，各段温度不同，这个间隙很难配准，若配得过松，就起不到加固筒体的作用。据“筒体变形仪”的测定分析表明，筒体的径向变形主要是轮带所产生的径向变形传递给筒体的。就产生变形和变形传递规律来看，加固圈只有安装在轮带附近时才会起到加固筒体的作用，而加固圈的刚性比轮带的刚性要小得多，所能起到的加固筒体作用是很微小的。因此，我国新设计的回转窑不再采用加固圈。

### 三、卡砖圈

为了防止耐火砖在窑内发生轴向窜动，在筒体内壁上每