

中图分类号: TU54 文献标识码: B 文章编号: 1008-0473(2011)04-0041-06

# 5 000 t/d新型干法水泥厂耐火材料的使用经验

李思营 冯国英 江超

平原同力水泥有限责任公司, 453011

**摘要** 耐火材料的使用效果和使用寿命直接影响到系统的热耗和安全运转周期, 从而影响水泥熟料的生产成本。我公司5 000 t/d熟料生产线已经运行了6年, 在耐火材料的使用上, 我们的经验是: 必须重视回转窑上耐火材料的选择、砌筑和窑皮保护; 重视锚固件的形状和焊接; 重视三次风阀板及预热器、冷却机、燃烧器等处耐火材料的使用与维护; 还必须重视不良工况对耐火材料的寿命的影响。

**关键词** 耐火材料 选择 砌筑 窑皮保护 锚固件

## 0 引言

河南省新乡平原同力水泥有限责任公司5 000 t/d熟料生产线2005年4月18日点火生产。在2005年~2006年的生产中, 篦冷机、窑头罩、三次风管、预热器等部位, 多次发生浇注料脱落导致钢板烧红、烧透, 造成漏风、漏料, 严重时被迫停车检修, 回转窑由于窑皮脱落而产生红窑事故。耐火材料的使用效果和使用寿命直接影响到系统的热耗和安全运转周期, 从而影响水泥熟料的生产成本。本文就近几年来耐火材料在该5 000 t/d熟料生产线上的使用经验进行介绍。

## 1 回转窑上耐火材料的选择、砌筑和窑皮保护

回转窑是水泥厂中带着耐火材料旋转的核心设备。尤其对预分解窑而言, 由于窑速高、热负荷大, 同时承受着较大的机械负荷、化学侵蚀、液相渗透等作用, 窑内耐火砖的工作环境很恶劣; 窑皮的频繁脱落对窑内耐火砖的使用寿命影响也很大。因此, 要想获得较长的耐火砖使用寿命和回转窑安全运转周期, 除了要优化耐火砖的配置、做好耐火砖的砌筑工作, 还要挂好窑皮和保护好窑皮。

### 1.1 优化回转窑耐火材料的配置

耐火材料的优化配置, 可以大大提高回转窑的运转率, 节约维修资金, 提高熟料质量。经过不断摸索, 结合工艺特点, 我们对耐火材料进行了优化配置。

**前窑口:** 由于窑速较高, 出窑熟料温度高、磨蚀严重, 因此前窑口选用耐磨、耐高温且热震稳

定性较好的窑口专用浇注料。

**烧成带前端:** 从窑内可能结大球或窑口圈的工艺环境出发, 前面配置4.6 m尖晶石砖, 热震稳定性好, 耐磨、耐冲刷。

**烧成带:** 从5.6 m到25.6 m选用直接结合镁铬砖, 此种砖耐火度高, 荷重软化温度高, 能承受2 000 ℃左右的高温, 容易黏挂窑皮, 砖与窑皮结合紧密, 不易掉窑皮。

**过渡带:** 从25.6 m~44.6 m选用镁铝尖晶石砖; 44.6 m~54.6 m选用硅莫砖。特别是轮带附近的过渡带内, 温度变化频繁, 窑皮不易挂牢, 时挂时掉, 使该部位窑衬的使用寿命有时比烧成带还短。此处副窑皮频繁变化, 因此此部位应选用耐磨、耐冲刷、抗化学侵蚀性能较好且热震稳定性较高的硅莫砖。

**后过渡带:** 选用抗剥落高铝砖。

**后窑口:** 选用耐碱、耐冲刷的钢纤维浇注料即可。

### 1.2 做好耐火砖的砌筑工作

(1) 砖要及时供到厂里, 避免耐火材料受潮或储存时间过长。砌砖过程中, 对掉角、缺棱、表面有裂缝、形貌不规整的砖材坚决不使用, 最后对砌筑工作进行验收, 保证砌筑质量。

(2) 砌筑前, 窑体必须保持清洁和干燥, 必须清除砂等松散颗粒, 锈蚀的筒体必须打磨干净并烘干。保证窑砖能与窑筒体密实接触, 两者间不能有缝隙。

(3) 砌砖前,利用水平仪在窑轴向每隔3 m的地方找出窑筒体的中心位置。利用墨斗,以两相邻的窑筒体中心为端点,画出窑筒体中心线。以窑头砌砖开始点为基准,每隔1 m作与窑筒体中心线垂直的圆为参考,防止同一圈砖不在同一垂直面上而发生偏斜,为以后砌筑奠定良好的基础。

(4) 砌砖应符合“砖缝直,灰口均,弧面平,接头紧”的要求,严禁耐火砖大小头颠倒或横放,小头灰缝不应大于大头灰缝,缝的最大宽度不能超过1.5 mm。由于直接结合镁铬砖膨胀性大,每圈砖要留2 mm的膨胀缝,可插入纸板来补偿,轴向不留膨胀缝。须用橡皮锤打实,绝不允许用铁锤。

(5) 锁缝铁板厚度不应大于2 mm。如用铁板锁缝,应把它们均匀地分布在整个锁砖区内<sup>[1]</sup>。

(6) 在窑衬砌筑方法上,建议优先选用砌砖机砌砖,回转窑内耐火砖全部更换时可采用两套砌砖机同时作业以缩短砌筑时间;砖的运输采用小叉车进行,小叉车可以很方便地在窑内进出,运输量较大,操作安全(见图1、图2)。



图1 窑内采用砌砖机砌砖



图2 采用小叉车运输砖

### 1.3 挂好窑皮和保护好窑皮

窑皮是窑内耐火砖表面粘附的坚固熟料层,对耐火砖的保护作用非常重要。耐火砖表面上形成较为稳定的窑皮后,砖面温度大大降低(1 000 ℃以下),所承受的热、机械及化学的综合破坏强度大为减轻,因此形成稳定的窑皮对保护烧成带耐火

砖至关重要。反之当窑皮不稳定时,一旦窑皮脱落总要连带“撕掉”一层与窑皮紧密粘附的衬砖,造成衬砖的严重剥落受损,并且当窑皮脱落至砖面(或连带至砖的断面)时,砖面直接裸露于火焰中,温度从700~800 ℃骤然升至1 400 ℃以上,砖的内部在瞬间产生很大的热应力,是造成衬砖进一步分层剥落的主导原因<sup>[2]</sup>。窑内剥落的耐火砖见图3。



图3 窑内剥落的耐火砖

#### 1.3.1 影响窑皮形成的主要因素<sup>[3]</sup>

(1) 耐火砖的烘烤。耐火砖的烘烤,特别是新窑和大面积换砖的窑的升温烘烤,烘干过程至关重要,它将直接影响窑砖寿命。一定要做到“慢升温、不回头”,使耐火砖受热均匀,防止升温过快使耐火砖炸裂或脱落。新内衬砌筑后,从油烤转到油煤混烤时,极易造成升温过程失控,温升过快、温度过高,使砖爆裂或剥落。严格控制升温速度30~50 ℃/h(注:降雨时,时间减半)。在烘窑升温过程中,尤其在砖面温度300~1 000 ℃区域内,升温速度一定要小于60 ℃/h。

(2) 火焰的形状和燃烧器的位置。火焰形状要完整、顺畅,不冲刷窑皮或耐火砖,不顶火烧,防止烧坏窑皮和耐火砖。这样形成的窑皮厚薄一致、坚固。燃烧器的位置应尽量往外拉一点,同时偏料,火焰宜短不宜长。这样高温区较集中,高温点靠前,使窑皮由窑前逐渐往窑内推进。待窑产量增加到正常情况,燃烧器也随之移动到正常生产的位置。

(3) 烧成带的温度。烧成带的温度低,物料形成的液相量少,不易形成窑皮;相反,窑皮容易脱落。

(4) 生料的化学成分。生料中铝质与铁质的成分比较多,熟料烧成液相量就多,容易形成窑皮。铝含量偏高,液相的粘度大,形成窑皮比较困难。铁含量偏高,液相的粘度就比较小,窑皮容易形成,但形成的窑皮也容易掉落。

(5) 喂料量和窑速。挂窑皮期间, 喂料量过大或窑速过快, 窑内温度就不容易控制, 粘挂的窑皮就不平整、不坚固。喂料量适当, 确保熟料的结粒细小均匀, 质量合格, 加快窑皮的形成速度。

### 1.3.2 保护好窑皮的措施

在正常生产中, 要保护窑砖, 实际上就是对窑皮的维护, 应尽一切可能, 维持工况稳定, 保护好窑皮。保护好窑皮的前提是热工制度的稳定, 因为窑内每次较大的温度波动都会对窑皮造成不同程度的伤害。操作稳定是窑衬使用寿命长短的关键。

(1) 加强原材料进厂质量控制, 强化预均化效果, 严控原材料的碱含量。碱含量高, 窑内结圈频繁, 窑皮挂、掉频繁, 耐火砖的磨损、爆裂加重, 影响使用周期。

(2) 稳定配料方案, 控制生料成分。

(3) 控制合适的煤粉细度及水分。

(4) 加强工艺操作, 优化操作参数, 稳定热工制度, 减小波动, 避免系统频繁开停。开停窑过程应依据相关规程, 进行烘窑或冷窑, 不可随意急升或急冷窑, 以免内应力过大且无法释放, 以致损伤窑皮和耐火砖。

(5) 加强机械、电气设备的维护, 加强岗位人员、车间技术人员的巡检, 发现问题及时处理, 以保证设备的完好运转率; 强调预检预修, 尽量减少非计划停窑次数。

(6) 做好系统漏风密封处理, 稳定入窑生料喂料量。

(7) 采用低温煅烧技术, 控制分解炉出口温度在 $870 \sim 880 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 出口废气温度控制在 $300 \sim 330 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(8) 培养优秀的操作员。

(9) 窑皮塌落严重时, 及时补救。生产过程中, 偶有操作不稳或生产故障, 就会有窑皮脱落, 有时部分地方脱落严重, 筒体温度上升很快。此时应以挂窑皮为主, 及时降低窑速, 降低产量, 重新调整系统平衡, 直至窑皮挂好为止<sup>[4]</sup>。

## 2 锚固件的改进

我公司二、三次风都从窑头罩抽取, 窑头罩跨度较大。在2005年的生产中, 多次发生了篦冷机、窑头罩、三次风管、预热器的钢板大面积烧红甚至烧透事故。烧坏后窑系统漏风量增大, 增加了电耗和煤耗; 篦冷机侧墙漏料, 且窑头负压很小, 危及人身安全<sup>[5]</sup>。

试生产时浇注料脱落的原因主要是锚固件焊

接处开焊并脱离钢板所致。停窑检修时进入设备内部检查, 发现有些松动的地方, 把它取下后, 发现浇注料包裹着不锈钢锚固件, 浇注料的磨蚀量很小。说明浇注料脱落的主要原因是锚固件与钢板脱焊而分离。安装施工时, 窑头罩、预热器、篦冷机等处都采用 $\Phi 8 \text{ mm}$  耐热圆钢筋制作的Y型、V型锚固件, 并与钢板直接焊接连接(见图4), 所以焊接接触面面积小, 很容易开焊。另外, 由于试生产初期每台设备都处于磨合期, 故障率较高, 从而影响了回转窑的运转率, 增加了升温、投料及止料的次数和时间。预热器系统的温度波动较大, 浇注料因冷热变化频繁而脱落。窑头罩浇注料脱落情况见图5。窑头燃烧器头部浇注料脱落情况见图6。

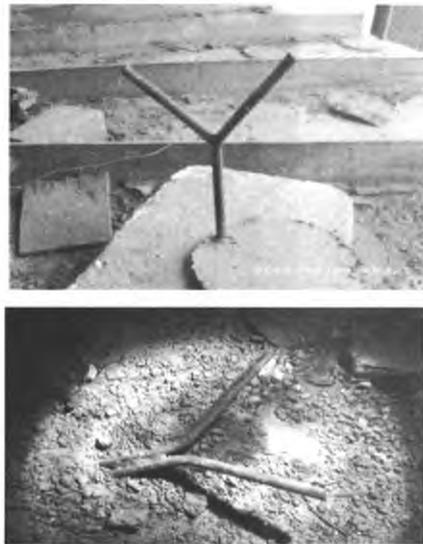


图4 改造前的锚固件

烧坏后有些部位(如侧墙)可以采取临时性的修补措施:(1) 钢板烧红初期可以用压缩空气对着烧红的部位吹, 使其降温, 防止烧透;(2) 用已焊上锚固件的新钢板补焊在烧红的钢板外面(新旧两层钢板之间是锚固件)并填入浇注料, 用振动棒振实。有些部位烧红后很难在不停窑检修的情况下修补, 如窑头罩、三次风管、预热器旋风筒的顶部, 只有等到检修时修补。

为增大锚固件与钢板焊接的接触面面积, 延长锚固件的使用时间, 我们先后在实践中对锚固件的结构和施工方法进行了四次改进。改进后浇注料更加牢固, 使用时间明显延长, 减少了因浇注料脱落而停窑检修的次数和时间。

第一阶段: 将制作侧墙锚固件的耐热圆钢筋尺寸由 $\Phi 8 \text{ mm}$ 更换为 $\Phi 10 \text{ mm}$ ; 将制作顶部锚固件

的耐热钢钢筋尺寸由 $\Phi 8$  mm更换为 $\Phi 12$  mm。更换后锚固件的使用时间没有明显延长。

第二阶段: 制作锚固件时, 将Y型锚固件的尾部做个拐弯(见图7), 拐弯处的长度为40 mm。焊接Y型锚固件时, 拐弯处两边都要焊接, 以增大

锚固件与钢板焊接的接触面面积。更换后锚固件的使用时间比原来延长1个月左右。

第三阶段: 为延长锚固件的使用时间, 我们将锚固件的制作材料由 $\Phi 12$  mm的耐热钢钢棍改成长度为284 mm、宽度为30 mm、厚度为3 mm的耐热



图5 浇注料脱落的窑头罩



图6 燃烧器头部浇注料损坏情况



图7 第二阶段改造的锚固件

钢板, 直接加工而成(见图8), 具体尺寸见图9。采用原来的焊接方法施工, 锚固件的使用时间从原来的两个月提高到四个月, 延长了浇注料的使用时间。

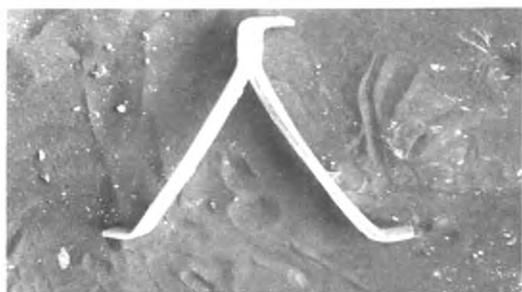


图8 第三阶段改造的锚固件

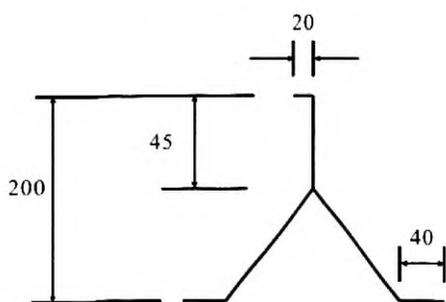


图9 第三阶段锚固件示意图(两腿夹角 $60^\circ$ )

第四阶段: 2006年10月, 在生产中又出现锚固件开焊和浇注料脱落, 为此我们再次对锚固件的焊接方法进行改进。焊接前把钢板割开一个 $40$  mm  $\times$   $20$  mm的小口, 将Y型锚固件的尾部(即垂直部分)挂在钢板上或者钩挂在已经割开的浇注料孔上(浇注料孔的直径为 $200$  mm), 并从外面焊接(见图10)。这样既增加了稳固性, 又方便了施工焊接。每个锚固件的焊接处都要割口(每平方米焊接20个锚固件, 有的锚固件能挂在浇注料进口的圆

孔边上, 可以少割一些小口), 割口多但不会影响构件的强度, 因为构件外部有加强筋。改进后锚固件的使用时间可以提高到四年以上。

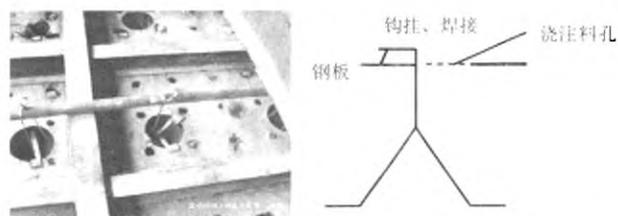


图10 第四阶段的锚固件钩挂及焊接示意图

通过对锚固件的结构和施工方法进行改进, 使锚固件与钢板焊接接触面增大、浇注料更加牢固, 使用时间延长, 减少了因浇注料脱落而停窑检修的次数和时间, 每年为公司节约了几十万元的检修费用, 并提高了窑的运转率和熟料产质量。

### 3 三次风阀板及预热器

#### 3.1 三次风阀板的改造

三次风是分解炉内煤粉燃烧的主要空气来源, 更是分解炉内形成一定的气流场、温度场的主要作用力。当三次风风量不足时, 分解炉就达不到设计能力。三次风在进入分解炉时, 要求温度稳定并且越高越好, 并能保证有足够的风量, 分解炉的用煤量就会大幅度下降, 而且分解炉的性能就能够发挥得更好。由于我公司三次风阀板(通常是阀板底部)烧毁(见图11), 使闸板实际开度比设定开度大, 导致窑内通风与三次风分配平衡被破坏, 窑内通风量明显减少, 从而降低煤粉燃烧速度, 使煤粉后燃, 发生不完全燃烧, 还原气氛下产生“黄心料”; 同时, 三次风量明显增加, 预燃炉风速过大, 由于低挥发分无烟煤易燃性较差, 风速的增加

造成煤粉在预燃炉滞留时间变短,煤粉被带至预燃炉出口处附近煅烧,形成炉中温度较低,而出炉温度较高,温度倒挂使分解炉出口结皮严重,导致分解炉出口与五级下料管负压增高,产量降低。



图11 三次风闸板底部烧毁损坏图

主要采取以下措施:(1)运转期内,采用向三次风管内扔耐火砖的方法,以调节窑炉用风、改变风量分配。但这样就使三次风管内产生了大量的积料。在更换三次风闸后,这些积料加上脱落的浇注料块,如不及时清理出来,就会增大系统的通风阻力,减小分解炉的风量,容易造成分解炉内煤粉燃烧不完全,从而增加热耗。(2)利用检修期,对三次风阀板进行更换,便于操作和调节。(3)对三次风阀板底部进行改造,延长其使用寿命。利用已更换的篦冷机废旧篦板焊接在迎风面的金属框架底部,其余部位正常打上浇注料。使用6个月后,几乎没有发现烧损迹象(见图12)。



图12 改造后的三次风闸板底部

### 3.2 预热器浇注料脱落的预防措施

预热器旋风筒顶部的浇注料脱落造成预热器下料管堵塞,处理难度相当大。多次被迫停窑检修,影响了窑的长期安全运转和熟料产质量,增加了生产成本。我公司发生过几次在停窑后或刚投料时因旋风筒顶部浇注料脱落导致C<sub>3</sub>筒堵塞的工艺事故。C<sub>3</sub>筒的物料温度相对于其他几个旋风筒而言是最高的,料子停留的时间越长越容易粘结,处理的难度就会越大。因此,一旦发现C<sub>3</sub>筒的锥体负压波

动较大甚至正压时,一定要尽早通知现场检查并及时止料,防止物料越积越多。对于浇注料脱落造成预热器下料管堵塞问题,我们在实践中获得了不少经验<sup>[6]</sup>。

#### 3.2.1 防止预热器浇注料因温度急升急降发生脱落

(1)停窑时间在3小时以内,则窑头喷煤不停(喷煤量视温度而定),使分解炉出口气体温度保持750~800℃。

(2)若停窑时间在3小时以上,应停止高温风机和窑尾排风机并关闭烟囱帽。若此时有人检修需要保持足够大的负压则保留窑头排风机运转,否则窑头排风机应停止运转。尽量减小窑和预热器内热气体的流动,保证分解炉出口气体温度在700℃以上。

(3)计划检修时,停窑后的几个小时内,应停止高温风机、窑尾排风机、窑头排风机并打开烟囱帽,让系统温度缓慢降低到安全范围内再开风机进行冷却。

(4)严格按照升温曲线烘烤浇注料。

#### 3.2.2 防止煤粉爆燃产生震动使浇注料脱落

停窑后如需间断保温,窑头喷入煤粉之前应先用辅传转窑。目的是通过转窑把炙热的熟料翻到上面来,提高煤粉的燃烧速度,并观察窑尾烟室、分解炉出口的温度是否上升。投料初期,预热器系统温度较低,窑尾喂煤量的调整幅度要小,防止加煤量过大发生爆燃。

#### 3.2.3 投料前要对各级预热器锥体进行扔砖试验

扔砖试验的目的是检查锥体和下料管内是否有异物、脱落的结皮或浇注料块存在,确保下料通畅。扔砖试验的方法是先待检查的旋风筒下料管翻板阀杆压下,再将半块废旧耐火砖从旋风筒锥体插料小口扔下,数秒后如果感觉不到废旧耐火砖砸动下料管翻板阀,说明预热器锥体、下料管内有异物、脱落的结皮或浇注料块存在,必须尽早处理。否则等到点火升温或投料后再处理,将非常被动,既浪费时间又不安全。

#### 3.2.4 施工质量的保证

对锚固件的焊接、浇注料的施工要严格把关,确保施工质量。

### 4 飞砂料对耐火材料的影响及处理

近期由于篦冷机二段篦板漏料较多,备件不到位且生产任务紧张等原因,采用加快篦冷机一、二段推动速度的方法减少漏料,导致熟料冷却机效

果不佳,而形成飞砂料。大量细颗粒熟料在随二次风、三次风进入回转窑和三次风管的过程中,对篦冷机侧墙浇注料和三次风管内的耐火材料产生强烈的冲刷和磨蚀作用(见图13、图14)。



图13 三次风管内被冲刷和磨蚀的耐火材料



图14 篦冷机内侧墙被冲刷和磨蚀的耐火材料

解决措施有:

(1) 更换损坏的篦冷机篦板。

(2) 增加篦冷机料层厚度,提高二、三次风温度。更换篦冷机篦板后,改变中控操作方法,通过调整篦床运行速度,保持合适的篦板上料层厚度,合理调整篦冷机的高压、中压风机的风量,提高二、三次风温度,使煤粉的燃烧更加充分,烧成带的温度更加集中。

(3) 调整配料:适当增加原料中 $Fe_2O_3$ 、 $Al_2O_3$ 含量,增加液相量以减少飞砂料的形成;

(4) 减少系统的漏风,改善窑系统热工制度。

(5) 及时清理结皮。每次清理结皮时间要短,可以分多次进行。既要减小清理结皮时降温对煅烧的影响,又要防止结皮因清理不及时越结越厚。

### 5 燃烧器头部浇注料被捅捣损坏

正常生产时窑头罩温度控制在 $(1100 \pm 50)^\circ C$ ,三次风温度 $(1000 \pm 50)^\circ C$ 。由于在高温含尘入窑二次风的冲刷下,回转窑燃烧器(尤其头部)的浇注料磨损严重。高温熟料、碱性化合物与浇注料反应产生低熔物,将会在燃烧器头部形成“挂胡须”现象:如果燃烧器伸入窑内煅烧,其头端上部

经常积料(俗称“插蜡烛”现象)。这两种现象都会影响煤粉燃烧和火焰形状,往往需用钢管捅捣处理,会对浇注料造成不同程度的伤害,导致燃烧器头部浇注料开裂或掉块(见图6)。为避免燃烧器头部外风套烧坏,只好停窑更换燃烧器进行浇注料修复,一般6个月左右就得更更换一次。预防燃烧器头部浇注料被捅捣损坏的措施有:

(1) 尽量避免将燃烧器伸入窑内煅烧,防止发生“插蜡烛”现象。如需改变火焰形状和长短,可以采取调节燃烧器内、外风阀门开度以及高温风机的转速等方法。

(2) 控制合适的二、三次风温度,避免烧过高的温度,防止发生“挂胡须”现象。

(3) 在燃烧器头端上部和出风口端面积料影响煅烧时,用钢管捅捣处理过程中要力争“准、稳、轻”,避免人为损坏浇注料。

### 6 结束语

耐火材料的使用效果和使用寿命直接影响到系统的热耗和安全运转周期,从而影响水泥熟料的生产成本。我公司5 000 t/d熟料生产线已经运行了6年,在耐火材料的使用上,我们获得的经验归结起来是:必须重视回转窑上耐火材料的选择、砌筑和窑皮保护;重视锚固件的形状和焊接;重视三次风阀板及预热器、冷却机、燃烧器等处耐火材料的使用与维护;还必须重视不良工况对耐火材料寿命的影响。

#### 参考文献

- [1] 中国耐材之窗网. “华威”牌碱性砖衬在4 000 t/d水泥回转窑上的应用介绍 [EB/OL]. [2004-04-12]. <http://www.fm086.com/Article/Article.asp?id=4797>.
- [2] 中国水泥网. 水泥窑烧成带用砖的粘挂窑皮性能 [EB/OL]. [2010-10-02]. [http://www.cement.com/tech/detail/detail\\_3087.html](http://www.cement.com/tech/detail/detail_3087.html).
- [3] 江超, 李思营, 马海倩. 预分解窑异常窑皮的处理 [J]. 新世纪水泥导报, 2009(5): 41-44.
- [4] 张志勇. 回转窑耐火砖的使用和维护经验 [J]. 新世纪水泥导报, 2008(2): 38-40.
- [5] 江超, 张红芳, 陈海涛. 5 000 t/d生产线窑系统锚固件的改进措施 [J]. 水泥, 2008(12): 65.
- [6] 江超, 高红旗. 水泥企业工艺事故的处理和预防 [J]. 水泥技术, 2009(5): 84-86.

(收稿日期: 2011-05-12)

## 5000t/d新型干法水泥厂耐火材料的使用经验

作者: 李思营, 冯国英, 江超  
作者单位: 平原同力水泥有限责任公司, 453011  
刊名: 新世纪水泥导报  
英文刊名: Cement Guide for New Epoch  
年, 卷(期): 2011, 17(5)

### 参考文献(6条)

1. [中国耐材之窗网 “华威”牌碱性砖衬在4000t/d水泥回转窑上的应用介绍](#) 2004
2. [中国水泥网 水泥窑烧成带用砖的粘挂窑皮性能](#) 2010
3. [江超;李思营;马海倩 预分解窑异常窑皮的处理\[期刊论文\]-新世纪水泥导报](#) 2009(05)
4. [张志勇 回转窑耐火砖的使用和维护经验\[期刊论文\]-新世纪水泥导报](#) 2008(02)
5. [江超;张红芳;陈海涛 5000 t/d生产线窑系统锚固件的改进措施](#) 2008(12)
6. [江超;高红旗 水泥企业工艺事故的处理和预防\[期刊论文\]-水泥技术](#) 2009(05)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_xsjsndb201105013.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xsjsndb201105013.aspx)