

回转窑轮带间隙测控及筒体温度管控研究

谢晓全

(中铝山东功能材料厂,山东省淄博市,255051)

摘要 本文研究了回转窑轮带间隙测控及筒体温度管控技术。首先,重点探讨轮带与筒体的结构设计。其次,利用冷态与热态下间隙的理论计算与实际测量方法,分析间隙测量误差。再次,介绍高温对筒体运行安全的影响。最后,研究设备维护与管理措施,其中涵盖筒体和垫板的更换标准以及轮带间隙的日常测量与校正。通过综合应用以上管控方法,以期能够提高回转窑设备的运行效率并延长其使用寿命。

关键词 回转窑;轮带间隙测控;筒体温度管控

中图分类号:TQ172.6 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)12-0032-02

回转窑是水泥生产线中的关键设备,其稳定运行直接影响生产效率。轮带与筒体间隙的合理控制至关重要,温差引起的热膨胀使间隙在冷态与热态之间变化,影响窑体刚度。间隙过小会阻碍膨胀,形成高应力区域,加速设备老化;间隙过大会增加滑移量,破坏窑体平衡。此外,筒体温度波动不仅降低设备性能,还增加能耗,甚至威胁窑体安全。因此,分析热传导与膨胀规律,制定有效的测控和温度管理策略,是确保回转窑稳定运行的关键。

1 回转窑轮带与筒体的结构设计

回转窑通常采用活套式轮带安装方式,结合窑筒体、轮带和垫板组成的结构,以适应高温热膨胀,确保运行中受力均衡。轮带内设计为精密加工的圆柱面,与筒体外部的垫板滑动接触,减少热应力集中风险。垫板通过连续焊接和点焊工艺与筒体连接,增强局部强度并保留热膨胀缓冲空间,防止应力变形影响设备稳定性。轮带通过托轮支撑系统承载筒体自重和物料负载,电机和减速机驱动回转运动,保证在高温下均匀受力。活套式安装优化热膨胀补偿能力,提高设备稳定性。

2 轮带与筒体间隙控制

2.1 冷态与热态间隙理论计算

回转窑的轮带与筒体之间的间隙在冷态和热

态下存在差异,主要由于温度变化引起的热膨胀效应。在回转窑工作状态下(热态),轮带内圆与筒体垫板外圆在直径方向上的实际间隙可以表示为: $\Delta_{热}=2\delta_1-2\delta_2$

其中, δ_1 为筒体膨胀后与轮带内圈的理论间隙值, δ_2 为筒体热态运行过程中垫板的压缩量。在理想设计状态下,为了避免轮带与筒体的机械干涉,应满足:

$$\Delta_{热}=2\delta_1-2\delta_2=0$$

即 $\delta_1=\delta_2$,但实际工作中,为了考虑安装工艺的方便性以及热态运行中的热工制度,设计时需在热态下预留2~3 mm的间隙以满足安全运行的需求。因此,设计条件可表达为:

$$\Delta_{热}=2\delta_1-2\delta_2=2\sim 3\text{ mm}$$

结合热态间隙需求,冷态下的预留间隙需满足热膨胀后的补偿要求。冷态间隙值的具体设定如下:

$$\Delta_{冷}=\Delta_{热}+\Delta R$$

其中, ΔR 表示筒体的热膨胀量,取决于材料的线膨胀系数、筒体直径以及运行温度梯度。以 I 挡轮带为例,若筒体外径 $D=4.8\text{ m}$,筒体工作温度 $T_c=350\text{ }^\circ\text{C}$,轮带温度 $T_r=120\text{ }^\circ\text{C}$,钢材的线膨胀系数 $\alpha=12\times 10^{-6}\text{ m/m}^\circ\text{C}$,则热膨胀量为:

$$\Delta R=\alpha\cdot D\cdot (T_c-T_r)=12\times 10^{-6}\cdot 4800\cdot (350-120)=13.248\text{ mm}$$

冷态间隙设计需满足:

$$\Delta_{冷}=\Delta_{热}+\Delta R=(2\text{至}3)\text{ mm}+13.248\text{ mm}$$

最终计算得出,冷态间隙设计范围为:

作者简介:谢晓全(1990~),男,山东泰安人,硕士,工程师,研究方向:机械工程。

$\Delta_{冷}=15.248\sim 16.248\text{ mm}$

设计方案时,实际冷态间隙的取值需在此理论范围内,同时结合窑体结构和运行条件进行优化,以确保热态下间隙符合要求。

2.2 实际间隙测量方法与误差分析

2.2.1 塞尺测量法

在轮带与筒体之间插入不同,方法简单,直观易行。误差范围约 $\pm 0.2\text{ mm}$ 。

2.2.2 滚差法

在轮带侧面和挡圈接触处做标记,记录回转窑转动一周或多圈后的滚差值L。根据滚差值和转数n,计算轮带与筒体垫板外径之间的间隙。精度较高,适用于动态测量。需要专业设备和技术支持。误差范围:视设备精度而定,通常较小。

3 高温对筒体运行安全的影响分析

回转窑筒体在高温环境下因热膨胀效应对几何稳定性和结构完整性产生显著影响。由于筒体材料通常采用Q235-B或20 g钢板,线膨胀系数约为 $11.7\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$,温度升高引发轴向与径向应力,导致局部变形或椭圆化畸变。径向膨胀使筒体与轮带接触不均,增加非线性应力集中效应,加剧磨损风险。此外,高温下物料产生的碱硫熔渣(如 Na_2O 、 K_2O 、 SO_3)侵蚀筒体表面,导致保护层剥落与凹蚀,降低抗疲劳强度。焊缝区域在高温膨胀作用下易因残余应力引发裂纹扩展甚至螺旋状开裂,威胁设备安全。温差应力分析公式 $\sigma=E\cdot\alpha\cdot\Delta T$ 揭示了筒体在温度变化过程中内应力计算的方法,其中E为弹性模量, α 为线膨胀系数, ΔT 为温度差值。当 ΔT 超过 60°C ,内部热应力可达屈服极限80%以上,导致不可逆塑性变形,影响设备运行稳定性。

4 设备维护与管理措施

4.1 筒体和垫板更换条件及标准

筒体更换条件依据壁厚磨损程度与变形量检测结果判定,常规检测采用超声波测厚仪测量筒体壁厚分布,数据分析依据GB/T11345-2013《金属超声波测厚方法》执行。常用材质为Q235-B或20g钢板,原始壁厚20~50 mm,当连续磨损超过设计厚度的15%或最薄处小于16 mm,筒体需更换。局部凹陷深度超壁厚10%或裂纹长超筒体直径10%必须报废;径向圆度偏差超筒体直径1/500需停机处理或

更换。垫板更换依据磨损深度、硬度降低与间隙变化判定。高锰钢或合金铸铁垫板抗压强度 $\geq 600\text{ MPa}$,布氏硬度 $\text{HB}\geq 240$ 。磨损深度超原厚度20%或硬度降超15%需进行更换;垫板与轮带间隙应为0.3~0.6 mm,超0.8 mm需更换或调整。通过塞尺与激光测距仪实时检测接触均匀性和磨损状态,确保设备稳定运行。

4.2 轮带间隙的日常测量与校正

进行轮带间隙的日常测量需采用激光测距仪与数显量规进行数据采集,选取轮带外缘与筒体对应位置作为基准点,逐一记录各测量点的间隙数据。操作人员沿轮带周向均匀布置测量点,确保数据覆盖全面并反映真实间隙状态。测量过程中避免干扰因素,如灰尘堆积或温度波动对仪器精度的影响。进行间隙校正前,技术人员应根据测量数据分析间隙超标位置,明确调整方向与所需间隙量。校正过程中采用专业液压顶推设备配合调整垫板厚度,以改变轮带与垫板接触状态,逐步恢复合理间隙范围。每次调整完成后,需再次测量间隙变化,确保各项数据符合设计标准,避免因调整误差造成新的间隙异常。维护过程中定期开展润滑剂涂覆与轮带部件清洁操作,减少摩擦热积累对间隙的影响。设备运行时实时监测轮带周向温度与振动幅度,通过数据对比分析间隙变化趋势,及时预警可能出现的问题。

5 结语

随着现代科技的不断进步,耐高温、耐磨损的复合材料将成为回转窑设计中的重要突破点,增强设备在高温环境中的耐用性。与此同时,对筒体热膨胀特性、摩擦系数变化等多因素的精确分析,将为合理设计间隙提供更加科学的依据。展望未来,凭借先进的热力学与力学分析手段,回转窑的温控与间隙管控技术将更加精确可靠,为实现高效、安全、节能的生产提供坚实保障。

参考文献

- [1] 林敏,张云.基于STM32的回转窑轮带间隙监测系统[J].数字制造科学,2024,22(04):256-260.
- [2] 姜中毅.回转窑轮带垫板系统改造[J].水泥技术,2024,(06):41-45.
- [3] 胡励农.回转窑窑口筒体烧蚀解决方案[J].水泥,2024,(11):41+44.