

# 首钢 504 m<sup>2</sup> 带式焙烧机台车跑偏检测与调整

赵宏森

(首钢京唐钢铁联合有限公司炼铁作业部球团厂,河北唐山 063200)

**摘要:**针对首钢京唐 504 m<sup>2</sup> 带式焙烧机台车跑偏问题,对焙烧机冷态下各部位相关数据进行了检测和分析,根据分析结果重点对头、尾部星轮和头、尾部弯轨进行了调整,并将相关的结构数据进行恢复。对焙烧机正常运行时各工艺段台车两侧温度进行了为期 2 个月的检测,发现温度有规律性差异。对检测数据整理分析表明,由于温度差异导致焙烧机两侧台车累计膨胀量相差 14.7 mm,这也是导致台车跑偏的一个重要因素。之后,结合检修对焙烧机进行了包括热工操作在内的综合优化调整,最终解决了焙烧机台车跑偏问题。

**关键词:**球团;带式焙烧机;台车跑偏;运行监测;跑偏调整

**中图分类号:** TF046.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-8764(2013)02-0043-05

## Measuring and Adjusting the Meandering of Pallet of Shougang 504 m<sup>2</sup> Straight Grate

ZHAO Hong-sen

(Pelletizing Plant of Iron-making Operation Department of Shougang  
Jingtang United Iron and Steel Co., Ltd, Tangshan 063200, Hebei)

**Abstract** In view of the pallet meandering problem for Shougang Jingtang 504 m<sup>2</sup> straight grate, the related data of all parts of the straight grate under cold state were measured and analyzed, the driving and discharge end sprocket and the feed end and discharge end curved guide rail were adjusted in accordance with the analysis result, and the related structure data were recovered. The temperature of the two sides of the pallet of the grate machine at each process section in normal operation has been measured for two months, regular temperature difference has been found. The arrangement and analysis of the measurement data shows that, the accumulated expansion of two sides of the pallet differs by 14.7 mm due to temperature difference, which is also an important factor resulting in meandering of the pallet. After that, the comprehensive optimization and adjustment were made for the grate machine including its thermal operation in combination with the maintenance, and the pallet meandering problem was finally solved.

**Key words** pellet; straight grate; meandering of pallet; operation monitoring; adjustment of disalignment

## 1 前言

首钢京唐炼铁部 504 m<sup>2</sup> 带式焙烧机球团生产线是由首钢国际工程公司与德国奥图泰公司共同研发设计的,其生产能力为 400 万 t/a,是目前国内最大的。

自 2010 年 8 月 8 日投产以来,成品球质量以及设备作业率等多项指标达到国内领先水平。

平。2011 年 3 月,随着公司产量的提高,焙烧机运行速度和操作温度相应提高,台车时常出现跑偏。通过分析原因,制定多种解决处理方案,使跑偏问题得到了有效解决,焙烧机运行恢复正常。

## 2 带式焙烧机的结构及特点

我公司 D-L 型带式焙烧机主要由传动装

收稿日期:2013-01-16

作者简介:赵宏森(1968-),男,冶金机械工程师,现从事炼铁球团设备管理工作。

置、尾部星轮摆架、台车、风箱及密封装置、焙烧炉、风流系统和控制系统等构成。

**焙烧机头部及传动装置:**焙烧机的传动装置由调速马达、减速机和大星轮组成。台车的驱动过程大致如下:马达带动减速机,减速机的输出轴带动小齿轮同时带动大星轮,最后大星轮上的齿板啮住台车轴护套,通过弯道将台车从回车道( $\nabla+3.95\text{ m}$ )送到上行水平轨道( $\nabla+9.5\text{ m}$ )。

**焙烧机尾部及星轮摆架:**由于焙烧机是在热状态下工作,而台车与焙烧机结构架的热胀程度往往是不同的,为了使焙烧机在工作状态能自由伸缩,机尾通常采用摆架形式。摆架的作用之一,就是吸收台车水平方向的线膨胀,防止台车跑偏<sup>[1]</sup>。

### 3 台车跑偏的原因分析及调整措施

#### 3.1 原因初步分析

考虑到台车在一个工作行程中所接触到的零部件状态都对台车跑偏有影响,根据台车运行的轨迹对台车跑偏进行分析。台车运行轨道见图 1、图 2。

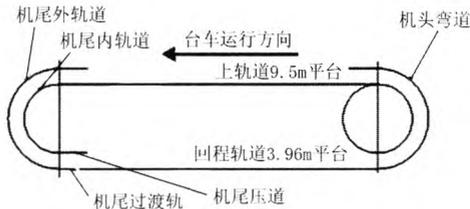


图 1 台车运行示意图

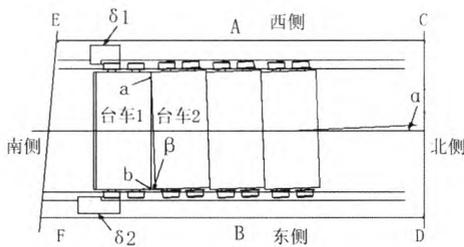


图 2 台车回程运行俯视图

由图 2 可看出,焙烧机台车跑偏时,其东西两侧间隙  $\delta_1 < \delta_2$ 。实质上,是机头机尾中心线 CD 与 EF 在焙烧机两侧的距离  $A < B$ 。这意味着同一个台车在 B 端走的路程比 A 端多。所

以,位于回车道与回车弯道交接处的台车 1 的 a 部先与台车 2 接触,然后 b 部才接触。此时台车既向前运动,又环绕 a 点作弧线运动,形成回转角  $\beta$ ,同时形成焙烧机中心线与台车中心线夹角  $\alpha$ 。 $\alpha$  角的大小由轨道跨距与台车左右轮缘的差值决定,并随着磨损的增大而增大。由于角  $\alpha$  的存在,台车运行时必然“跑偏”。

#### 3.2 数据测量及尺寸调整<sup>[2]</sup>

根据初步分析结果,2011 年 4 月检修时对焙烧机头尾星轮、轨道、头尾弯轨逐一进行了测量调整,使其恢复到初始安装数据。

##### 3.2.1 头、尾星轮轴与中心线垂直度测量

以安装时预留的中心标板为基准,水平、垂直各映射一条基准线,通过测量两侧星轮与这两条基准线的距离确定星轮两侧标高及星轮在水平方向与基准线的垂直度;通过测量星轮两侧齿板与中心线的距离,分析星轮的轴向位移。由于尾部星轮是安装在移动架上的,其垂直度由移动架通过配重自行调节,因此只测量尾部星轮的轴向位移。

##### 1) 头部星轮两侧标高测量

通过测量头部星轮两侧齿板与垂直标准线的距离确定星轮两侧标高,东侧为  $H_1$ 、西侧为  $H_2$ 。通过比较  $H_1$  与  $H_2$  的大小来分析星轮轴的水平度,若  $H_1$  大于  $H_2$ ,即东侧比西侧高,反之则是西侧比东侧高。星轮两侧各有 17 个齿,将每个齿转到相同位置进行测量,并根据测量结果进行调整,如图 3 所示。

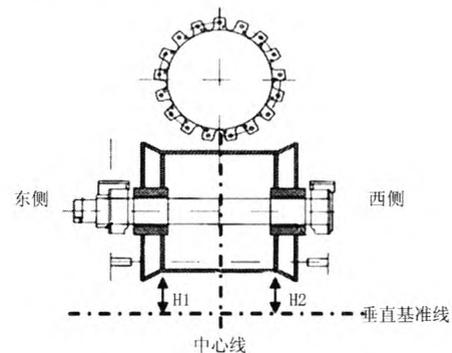


图 3 头部星轮垂直度测量示意图

测量结果显示,头部星轮东侧比西侧高 5

mm。将西侧星轮轴承座垫高,调整后通过预留标板重新映射一条垂直标准线进行测量,星轮东西两侧标高差值在 1 mm,符合安装要求。

### 2) 头部星轮水平方向垂直度测量

测量星轮水平方向与焙烧机中心线的垂直度与测量头部星轮标高的方法相同,在水平方向上映射出一条垂直于中心线的水平基准线,通过测量东西两侧齿板与水平基准线的距离来确定星轮在水平方向的垂直度。东侧距离为 L1,西侧距离为 L2,测量示意图如图 4。

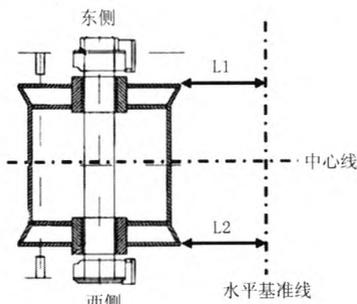


图 4 头部星轮水平垂直度测量示意图

根据测量数据分析,东侧与西侧距离差值为 2.9 mm。机头星轮东侧为驱动端,以东侧为基准,星轮轴西侧轴承座向南偏移,因此用手动扇形阀将西侧轴承座向北调整 2.9 mm,使星轮轴与中心线垂直。

### 3) 头尾星轮的轴向位移测量

通过测量星轮两侧齿板与中心线的距离,确定星轮的轴向位移。S1 代表星轮东侧齿板与中心线的距离,S2 代表星轮西侧齿板与中心线的距离,如图 5 所示。

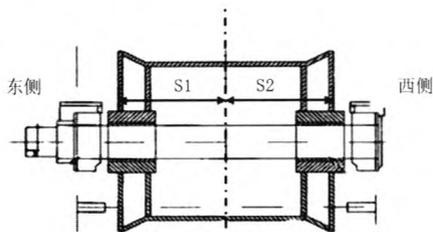


图 5 星轮轴向位移测量示意图

测量数据显示,东侧距离比西侧小,差值为 1.3 mm。说明星轮的轴向位移向西偏移了 0.65 mm,偏移量在允许范围之内,无需调整。

### 3.2.2 直轨道中心距及标高测量

根据初步分析结果,焙烧机  $\nabla + 3.95$  m、 $\nabla + 9.5$  m 轨道不平行及东西两侧轨道高度不同,可能是造成焙烧机跑偏的原因。因此,对直轨道中心距及标高进行测量,如图 6 所示。

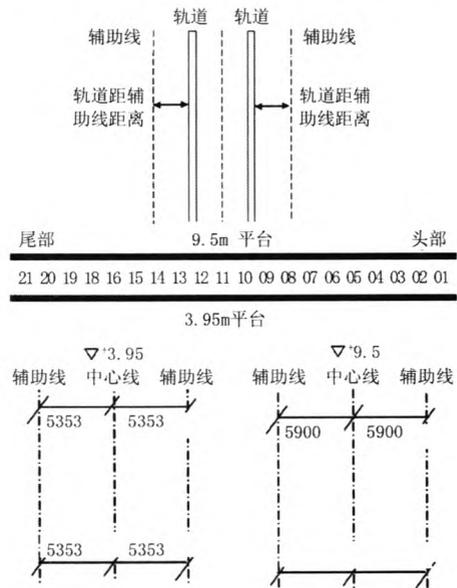


图 6 直轨道中心距及标高测量示意图

通过对 3.95 m 和 9.5 m 平台水平直轨道平行度及两侧轨道相对高度测量发现,轨道中心距误差较小,在允许范围之内,无需对其进行调整。

### 3.2.3 头尾弯轨测量

#### 1) 齿板销到内外轨道的距离

通过测量齿板销到内外轨道的距离,可以确定台车在进入弯轨运行时运行轨迹是否沿着内外轨道中心线。如果台车运行轨迹未与内外轨道中心线重合,将不能保证台车从弯轨进入上下轨道时的运行姿态。

如图 7 所示,测量齿板销到内外轨道的距离,A1 代表 A 点与外轨道的距离,A2 代表 A 点与内轨道的距离,B 点、C 点同 A 点。

测量结果显示,机头 B 点东侧数据大于西侧,说明机头齿板销距东侧弯轨内轨中间处,向南偏移,需向北调整 2 mm;同理,机尾齿板销距东侧弯轨外轨中间处 B/C 点均需向北调整 2 mm。

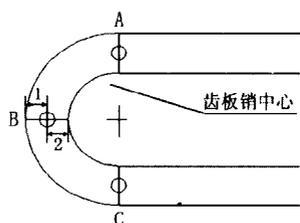


图 7 齿板销到内外轨道的距离测量简图

### 2) 头尾弯轨到齿板距离测量

弯轨道松动和磨损也是导致台车跑偏的一个重要因素。为了避免弯轨道与齿板间隙过大导致台车脱离轨道,对弯轨与齿板的距离  $L$  进行测量调整,将其调整到正确的安装要求范围(85~90 mm)。

测量结果显示:尾部弯轨道检测值大部分已经超出允许范围,最小值为 83 mm,最大值 104 mm;机头内外侧弯轨到齿板的距离检测值相对于机尾而言变化略小,但大部分测量数据也超出了允许范围,而且部分点位东西两侧差值较大。

### 3) 尾部轨道标高测量

由于焙烧机尾部弯轨与直轨道不是直接相连,尾部轨道与直轨道的标高如果相差较大,容易造成台车“卡弯轨”,因此对尾部轨道标高进行测量。以直轨道为基准,在上轨道设立 4 个测量点,下轨道设立 5 个测量点,分别测量其与直轨道的相对高度。

对比机尾上下弯轨道标高测量数据,其误差为 1~2 mm,变化量均在允许误差范围内。因此,只对机尾弯轨的固定螺栓进行了紧固。

基于测量结果,对机头机尾内外弯轨进行彻底调整。首先对头部弯轨进行调整,在台车运转稳定后,再对尾部弯轨进行校正,从而避免台车进入头尾部弯轨过程中由于轨道变形,发生跑偏的现象。

#### 3.2.4 厂房结构沉降测量

焙烧机主厂房结构柱安装时东西两侧分别有 26 个测量点,通过对这 52 个测量点的脚柱板标高进行测量,将实测值与原始测量值进行对比来分析厂房沉降。结果显示,厂房沉降较之

前变化在 0.5~1 mm,在允许范围之内,对设备运行影响不大。

### 3.3 小结

京唐球团利用检修期间,对焙烧机相关安装尺寸进行检测,初步诊断焙烧机台车回程跑偏的主要原因是:头部星轮标高及水平垂直度出现了偏差;头部尾部弯轨出现了偏移;按照设备安装规范对相关尺寸进行了调整,达到了预期效果。

## 4 台车调整后的监控及优化

经过 2011 年 4 月份的调整,焙烧机结构数据恢复到了安装尺寸,跑偏现象得到了有效解决。我们在对焙烧机长期运转监控过程中又发现一个现象,焙烧机在冷运转条件下几乎不发生跑偏,但是在热运转情况下,偶尔还是会出现跑偏情况。为了彻底解决焙烧机台车跑偏的问题,结合焙烧机工艺参数,我们开始监测焙烧机台车运转的温度变化。

### 4.1 焙烧机结构及温度分布

焙烧炉是焙烧机的一部分,采用砌有耐火衬的罩盖将焙烧机覆盖,通过砌有耐火衬的隔墙将焙烧机分成 7 个工艺段:①鼓风干燥段;②抽风干燥段;③预热段;④焙烧段;⑤均热段;⑥冷却段 I;⑦冷却段 II。

### 4.2 焙烧机台车在各工艺段运行时的温度监测

台车在焙烧机内部运行时其篦条上方有铺底料遮盖,内部自动测温点的温度不能如实反映台车本体的温度。因此,我们在台车运行的上轨道设立 18 个测温点,每隔 7 m 设立一个,使用测温枪检测台车两侧端梁中心的温度。

测量结果显示,东侧台车温度(111.1 ℃)比西侧台车温度(101 ℃)高,温差在 8~11 ℃,取平均值为 10.1 ℃。

### 4.3 数据计算及分析

台车在进入上轨道运行时,承载着球团矿进行加热和冷却,在这一过程中受热膨胀。考虑台车南北方向的膨胀量是导致焙烧机跑偏的原因,计算时忽略了台车体东西方向的膨胀;从台车体结构看,台车运行时相邻台车由两侧端

梁接触,因此计算膨胀量时以端梁膨胀量为准,两侧端梁材质为20Mn,对膨胀量计算如下:

(1)台车的热膨胀系数计算<sup>[3]</sup>

根据线热膨胀计算公式:

$$\delta = \alpha \cdot \Delta t \cdot L \quad (1)$$

即: $\delta = \text{热膨胀系数} \times \text{温度变化} \times \text{全长}$

台车的膨胀系数采用合金钢的膨胀系数:

$$\alpha = K/E \quad (2)$$

E为金属键能,K为与金属元素电子构型有关的经验常数。查《金属材料物理性能手册》:

$$K_{\text{铁}} = 1200, E_{\text{铁}} = 99.5, K_{\text{钼}} = 850, E_{\text{钼}} = 157.1$$

$$\alpha_{\text{混}} = \sum \alpha_i \cdot i\% \quad (3)$$

i表示合金中的金属成分,结合式(2)与式

(3)得出:

$$\alpha_{\text{混}} = \sum K_i / E_i \cdot i\% \quad (4)$$

20Mn的成分构成为:含铁99.8%,含钼1%,含碳0.2%。

带入台车材料的百分量及各金属的金属键能和经验常数得出:

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{台车}} &= (K_{\text{铁}}/E_{\text{铁}}) \times 0.988 + (K_{\text{钼}}/E_{\text{钼}}) \times 0.01 \\ &= (1200/99.5) \times 0.988 + (850/157.1) \times 0.01 \\ &= 11.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

(2)台车东西两侧的热膨胀量差值计算

台车在上轨道运行时(设环境温度为24℃),由于东西两侧温差,两侧的膨胀量分别为:

$$\delta_{\text{西}} = \alpha \cdot \Delta t_{\text{西}} \cdot L = 11.9 \times 10^{-6} \times (101 - 24) \times 126000 = 115.9 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{东}} = \alpha \cdot \Delta t_{\text{东}} \cdot L = 11.9 \times 10^{-6} \times (111.1 - 24) \times 126000 = 130.6 \text{ mm}$$

东西两侧膨胀量的差值为:

$$\Delta \delta = \delta_{\text{东}} - \delta_{\text{西}} = 130.6 - 115.9 = 14.7 \text{ mm}$$

计算结果显示,焙烧机正常运转时,整个台车链条东侧比西侧长14.7 mm,因而形成了图2所示的跑偏情况。也就是说,台车体两端膨胀量不同也是造成焙烧机在热工条件下跑偏的一个重要因素。

#### 4.4 焙烧机台车跑偏的热工优化

找到热工条件下焙烧机台车跑偏的原因后,从2011年8月份开始,对热工操作进行了调整。结合10月份设备年修,再一次对焙烧机各部结构尺寸进行校正,对热膨胀进行了补偿性调整。具体措施如下:

(1)匹配焙烧机烧嘴系统温度控制,适当降低东侧温度,优化焙烧机烟罩热工制度,使烟罩内部东西两侧温度均衡。

(2)定期调整焙烧机台车篦条间隙。

(3)调整台车落棒密封,优化焙烧机智能润滑系统。

(4)优化焙烧机台车布料均匀程度。

## 5 结 论

通过在冷运行条件下对带式焙烧机各部位进行检测,恢复安装数据;对热态下台车链条热膨胀进行分析计算,并采取相应的措施进行补偿调整,最终解决了焙烧机台车跑偏的问题。此经验可为今后带式焙烧机的设计、安装及生产运行提供参考。

### 参考文献

- [1] 中国冶金工业协会主编. 最新球团、烧结节能设计与生产新工艺新技术及机械设备维护检修实用手册[M]. 北京:中国冶金出版社,2006.
- [2] 廖宏亮主编. 冶金机械安装与检修手册[M]. 北京:中国知识出版社,2007.
- [3] 李立碑,孙玉福主编. 金属材料物理性能手册[M]. 北京:机械工业出版社,2011.

(上接第19页)

### 参考文献

- [1] 武铁,李睿,熊德怀,等. 进口粉矿粒度变化对其烧结性能的影响[J]. 钢铁研究,2012,40(2):1-3,11.
- [2] 陈东峰,胡夏雨,黄发元,等. 不同厚度和不同部位烧结

矿质量指标变化规律[J]. 中国冶金,2012,22(8):7-10,21.

- [3] 赵志星,安钢,裴元东,等. 京唐大型烧结机料层结构物性参数和混合料性能测定[C]. 2012年全国炼铁生产学术会议暨炼铁年会文集,2012:720-727.