

高炉无料钟炉顶布料装置使用与改进

张春茂

(首钢机动部 北京 100043)

摘要 根据首钢高炉无料钟炉顶布料装置改为水冷气密箱后出现的问题,介绍使用维护及改进工作。

关键词 高炉 水冷气密箱 维护改进

1 水冷气密箱工作原理和结构特点

首钢在 1999 年设计、制造了具有自主知识产权的 3 台水冷气密箱,主要由行星差动减速机、溜槽、倾动减速机、中心喉管、气密箱体、布料溜槽、传动电动机、检测系统及水系统组成。其传动系统结构与原气冷气密箱基本相同,不同的主要是新增加了由上下水槽和蛇形水管组成的水冷却系统。

传动系统中布料溜槽由行星差速机构传动,使布料溜槽既能绕高炉中心线旋转(旋转角称 β 角),又能绕布料溜槽吊挂轴摆动,布料溜槽与高炉中心线形成不同的夹角称 α 角。 α 角和 β 角传动互不干涉,即旋转运动与摆动可以单独运转,也可以同时运转。 α 角和 β 角灵活组合传动形成高炉单环、多环、螺旋、定点、扇形等多种布料方式,以满足高炉冶炼工艺的要求。

水冷却系统结构主要是在气密箱内上部和下部各设 1 个环形水槽,中间由蛇形水管连接,外部设开路供排水系统。上水槽随转动件旋转,下水槽固定于气密箱底部。冷却水经上水槽、蛇形管流入下水槽,又经下水槽侧面的排水管排出气密箱,同时将吸收的热量带出。水在蛇形管内的流动靠上、下水槽的位差。气密箱冷却水取自高炉炉体冷却水,水质是温度为 35℃ 左右的净工业水。外部水系统回水采用 U 形管自平衡结构,用 U 形管中水的压力平衡气密箱内的气体压力。在水系统进、出水端设有流量、温度检测仪表,随时监测系统中水量、水温变化。在供水端设有电动调节阀,可以在高炉主控室调节供水量。在 U 形管底部设有排污阀组,定期排放管路内的沉积物。

水冷气密箱采用水冷却、氮气密封的工艺。设计冷却水最大用量 20t/h,密封用氮气量 1000m³/h。水冷却是为降低气密箱内转动件的温度而进行的热交换,密封的目的是封住气密箱中转动件和固定件之间与高炉相通的两个环形间隙,防止高炉炉顶煤气进入气密箱内。气密箱内温度规定不能超过 60℃。

2 水冷气密箱的使用维护和故障原因分析

1999 年 6 月首钢在 4 号高炉上首次使用水冷却式气密箱。随后在 1 号高炉、3 号高炉上相继使用了水冷却式气密箱。2 号高炉是在汲取前 3 台水冷气密箱使用经验基础上加以改进完善后,在 2002 年 5 月结合高炉大修更换使用

了水冷气密箱。

4 号高炉水冷气密箱仅使用了 1 个多月,即发生了因水冷气密箱 β 角大齿圈与旋转套筒定位螺栓 M24×195 脱落 1 条,卡在上水槽与大齿圈之间,造成 β 角卡死不动的故障。尔后又相继发生了水冷气密箱下水槽法兰盘密封不严漏气、冷却水水量逐渐减小、 β 角运行电流偏高、 β 角堵转等直接影响气密箱正常运行和高炉正常生产的情况。

通过对发生故障的水冷气密箱进行解体检查,发现造成以上故障的主要原因:①水冷气密箱 β 角大齿圈与旋转套筒间固定采用 40 条 8.8 级 M24×195 高强螺栓,其中的 4 条定位螺栓制作尺寸、公差均不符合标准要求,造成了定位螺栓脱落。②水冷气密箱下水槽法兰盘密封石棉垫选用不当,造成了泄漏。③水冷气密箱内冷却蛇形水管 $\phi 36$ 内径选择偏小,工业水易结垢,使水管内径变小。润滑系统与上水槽密封结构存在缺陷,使上水槽内进入润滑油,造成水槽、水管过水量逐渐减小直到堵塞水路的情况发生。冷却水量的减少直接影响了水冷气密箱的冷却效果。为防止因设备温度上升而影响设备的正常运行不得不使用氮气密封进行冷却,加大了氮气用量。④直径为 3200mm 的下水槽与旋转套筒径向间隙设计为 5mm,明显偏小,对加工、装配精度要求较高,且易受温度影响。解体检查发现此径向间隙处下水槽与旋转套筒均发生严重磨痕,所以 β 角运转电流偏高,堵转是因为固定不转的下水槽与旋转套筒间发生摩擦所致。2002 年 9 月 28 日 3 号高炉水冷气密箱在运行 1a 多时,发生 β 角卡死不能转动的故障。经过解体检查发现造成 β 角卡阻不转的原因是中心喉管磨漏,炉料进入旋转套筒与固定喉管间隙中,导致卡死不转。⑤水冷气密箱润滑系统油管和加油制度设置不合理,造成润滑油管脱落、加油量短时间内偏大的情况发生,不利于设备的正常运行。

3 水冷气密箱的改进措施和维护

3.1 改进措施

(1)水冷气密箱下水槽法兰盘密封由石棉垫改为不锈钢密封垫,装配完成后进行 215.7kPa 的水压实验,合格后将法兰盘及连接螺栓一次性焊固。增强了水冷气密箱整体结构强度,保证了气密箱的密封严密性。

(2)水冷气密箱内连接上、下水槽的水管直径由 $\phi 36$ 改为 $\phi 43$,上水槽出水孔直径由 $\phi 20$ 改为 $\phi 30$ 。上水槽、下水槽、

冷却水管内壁刷涂防腐涂料。上水槽密封改为迷宫形密封结构,增大了冷却水过水能力,防止水管结垢、润滑油进入上水槽,使冷却效果明显提高。

(3)将下水槽与旋转套筒间的径向间隙由 5mm 改为 8mm,避免了因间隙过小引起的下水槽与旋转套筒间的摩擦,从根本上解决了 β 角运行电流偏高、堵转的故障。

(4)改进水冷气密箱润滑系统和加油制度,利用具有自动控制程序的集中加油设备,合理定点、定时、定量加油。

(5)外部供水控制系统增设流量调节控制装置,实现对供水的微量调节。进水旁路增加减压阀、电磁流量计后可作为备用供水。

通过采取以上技术措施,高炉水冷气密箱氮气用量较原高炉使用的 SGWZ-1000 型气密箱有所下降,在用的水冷气密箱运行情况基本稳定。考虑到水冷气密箱仍处于不断完善阶段,且高炉冶炼工艺的特殊性,对其技术经济指标没有做更高的要求,有些问题还需做进一步的改进和完善,如设计冷却水最大用量 20t/h、正常用量在 12~16t/h,实际用水量平均在 6~8t/h,而且不稳定。设计用于密封的氮气量 1000m³/h,实际氮气用量平均在 2500~3000m³/h(原高炉使用的 SGWZ-1000 型气密箱氮气用量平均在 4000~5000m³/h),主要是随季节变化,由于水的冷却能力不足,高温季节氮气用量增加。水冷气密箱设计使用寿命应在 4a 以上,目前实际使用寿命均不足 2a。

3.2 维护

①使用中必须保证气密箱内的温度正常(小于 60℃)。②保证干净的冷却水进入气密箱内,做到定期清洗水冷系统。③保证气密箱内氮气压力大于炉内煤气压力,防止煤气进入,影响正常运转。④保证气密箱内齿轮、轴承润滑状况良好,高炉检修时按规定进行清理检查。

水冷气密箱的正常运行与炉顶煤气压力、温度,氮气压力,冷却水量及气密箱本身运转等各个方面均有关系,目前仍然存在的问题是在高炉停风的静态时冷却水过水量可以达到 16t/h 以上,而在高炉正常生产动态时冷却水过水量明显减小,并有向炉内漏水的现象。这说明水冷气密箱内开放式冷却水路中冷却水流量与炉顶煤气压力、氮气压力、流量存在某种动态匹配关系,水冷气密箱内的水、煤气、氮气 3 种介质压力、温度的最佳匹配点需要在高炉生产操作中继续探索实践,目前是冷却水流量必须达到 15t/h 以上才能保证各种条件下的基本冷却效果。

从首钢高炉水冷气密箱几年来的使用状况看,与设计目标尚有一定差距,但是在降低高炉氮气耗用,综合成本方面还是取得了较明显的效果,为今后的推广应用积累了宝贵的经验。对于水系统开路平衡和水质问题,可以参考卢森堡 P. W 公司闭环水系统结合我们的实际情况进行改进。

(2003—06—19 收稿)

(上接第 12 页)取最大峰值的平均值。用相对误差表示应力的实测值与理论值的误差。

表 1 理论计算结果与现场实测结果比较

补测点	理论值 σ /MPa	实测值 σ /MPa	误差/%
左侧板	6.542	9.035	7.01
右侧板	6.542	6.35	-3.02
主横梁左	3.61	3.32	-8.73
主横梁右	13.084	11.49	-13.87

3.2.2 误差分析

从表 1 可看出,被测点侧板的相对误差为 7.0%,被测点侧板右的相对误差为 3.02%,主横梁左、右两端测点的相对误差分别为 8.73%,13.87%。4 个被测点的相对误差都小于 15%。由此可见,有限元计算值与实测值比较吻合,证明了进行三维有限元分析的合理性及有限元计算结果的正确性。

通过实测和有限元分析可知,振动筛在两侧筛板裂纹处及附近,应力在 3.5~16.7MPa 之间。虽不是最大主应力处,但其主应力方向在随时发生变化,在侧板裂纹处完全可

能出现主应力方向相反的情况,其载荷即为交变载荷;从而在主横梁两侧端部产生了弯曲交变载荷。所以,引起筛体产生裂纹的主要原因是交变载荷产生的疲劳破坏。

4 结论

(1)振动筛筛体应力的三维有限元计算结果与实测结果基本吻合,证明了有限元分析结果的可靠性。

(2)通过实测和有限元分析可知,振动筛在两侧筛板裂纹处及附近的应力在 3.5~16.7MPa 之间,虽不是最大主应力处,但其主应力方向在发生变化,在侧板裂纹处完全可能出现主应力方向相反的现象,载荷为交变载荷;主横梁两侧端部产生了弯曲交变荷载,引起筛体产生裂纹的主要原因是交变载荷所产生的疲劳破坏。

(3)筛体两侧板振动不同步,筛板受以某个部位为对称的弯曲交变载荷,使筛体在对称部位上极易产生裂纹。

(4)振动筛主梁断裂、侧板裂纹等故障在整个故障停机时间中所占比例较大,对生产效率和经济效益的影响也较大,故在振动筛设计、制造和使用时应重点考虑。

(2003—06—02 收稿)