

炼铁设备状态监测及故障诊断技术的研究与应用

谢静

(河钢集团承钢公司炼铁事业部 河北 承德 066502)

摘要: 承钢炼铁事业部自2018年设立设备状态监测以来,通过对设备状态定期监测以及精确地故障诊断分析,明确设备运行状态和故障原因及其劣化趋势,为计划维修、购买备件及停机检修做好准备,从而大大提高经济效益。

关键词: 设备状态监测; 故障诊断; 预知性维修; 振动分析

0 引言

炼铁事业部现有3台360 m²烧结机,均于2009年投产运行,3台烧结机主抽风机均由英国豪顿华公司制造,配备6500kW、10kV高压同步电机。为百叶窗式挡板调节风量模式,其中1#烧结机1#主抽风机自2021年6月以来连续出现振动高、波动大,连续几次超过6.5mm/s(风机报警设置为5.5mm/s),甚至出现风机跳车事故。为了稳定生产,自2018年开始,炼铁事业部引进设备动态监测技术,使用至今取得了不小的成绩,节约了备件成本费用,为高炉顺产稳产提供了保障。

1 设备维护的发展趋势

冶金行业的设备维护,无论是理论知识还是实践经验,发展到今天已经取得了巨大的成果。在实际生产中,主要有两种主流的维护理念。传统的设备维护理念主要是故障后维修、计划性维修。随着科技生产的进步,新的设备维修理念已发展为预知性维修。

1.1 故障后维修

故障后维修也被称为事故后维修,它表现为设备工作到故障损坏后停止运行,没有采取预防性维护措施。其优点是不会因过度维修而降低设备功能;缺点是突发性的停机故障会导致相关设备继发性停机,严重的甚至影响生产。

1.2 计划性维修

计划性维修也被称为预防性维修,即停工前的维修,有计划、有目的地维修,其最大优点在于能准确预测设备的使用寿命,并根据设备实际使用情况预测设备失效前进行计划性检修。其优点是:可减少机械设备故障意外发生,能较好地避免灾难性故障而产生的事故造成的生产中断;其缺点是:状态良好的设备因被频繁地检修拆卸,极大的损伤机器设备的初始功能。

1.3 预知性维修

预知性维修是利用技术手段对机器设备进行状态监

测,它需要在故障风险和监测手段之间保持平衡,是现代设备维护理念发展的必然趋势。其主要优点:可延长设备的使用寿命,可增加设备的功能可靠性,减少设备的故障及链式损伤,降低维护费用等。

2 应用状态监测及故障诊断技术所取得的效果

承钢炼铁事业部需要监测和诊断的主要设备主要是各种风机电机,包括热风机、除尘风机、主抽风机和高压电机等。根据工作记录不完全统计,截至目前,状态监测与故障诊断人员发现现场故障55起,并及时地解决,这无疑为炼铁事业部的安全生产、高炉顺产稳产发挥了至关重要的作用。

2.1 现场风机动平衡

据不完全统计,2018年以来利用动平衡仪进行现场动平衡53次,借停机、检修之际进行处理,不仅延长了设备的使用寿命,而且节约成本400多万元。以下以烧结机(360m²)为例。

炼铁事业部现有3台360m²烧结机,均于2009年投产运行,3台烧结机主抽风机均由英国豪顿华公司制造,配备6500kW、10kV高压同步电机。为百叶窗式挡板调节风量模式,其中1#烧结机1#主抽风机自2021年6月以来连续出现振动高、波动大,连续几次超过6.5mm/s(风机报警设置为5.5mm/s),甚至出现风机跳车事故。由于叶轮衬板磨损,在2021年8月更换叶轮。新叶轮运行至2021年10月份,状态一直比较稳定,在2021年11月14日检修后再次启动风机,风机振速驱动端垂直2.8mm/s、水平3.5~5.1mm/s、轴向振动在5.6~6.2mm/s,非驱动端垂直3.9mm/s、水平2.5~5.0mm/s、轴向振动在7.2~8.0mm/s振速不稳定,且有随着风机入口废气温度和风门挡板开度升高而出现逐渐升高的趋势。

为了确保生产及风机安全运行,被迫采取了定风门、定废气温度的生产方式,给生产带来很大的困难,成为

制约烧结机高效运行的重大设备问题。在 2 个月的生产过程中,炼铁对 1# 主抽风机进行重点监控,查找相关资料。经过多次对主抽风机进行检测及数据进行分析,认为 1# 主抽风机振动是由于风机转子受热后应力释放变形不均导致动平衡不好引起的。

按照动平衡的振动特征对 1# 主抽风机进行频谱及相位分析,风机非驱动端垂直相位为 110.25° 、水平相位为 230° ,垂直与水平的相位接近 90° ,如图 1 和图 2 所示。风机两个轴承水平相位驱动端水平相位 342.15° 、非驱动端水平相位 146.55° ,相位差接近 180° 。怀疑风机振动是偶不平衡引起的,同时怀疑轴瓦有磨损。

为了彻底解决风机振动问题 2022 年 1 月 15 日检修对 1# 主抽风机各处进行检查调整。

对风机驱动端及非驱动端轴瓦开盖检查发现风机驱动端轴瓦磨损、非驱动轴瓦磨损严重判断轴瓦报废,如图 3 和图 4 所示。更换新轴瓦,按英国豪顿华公司标准重新装配,调整对中,分析认为轴瓦磨损是由于轴向振动大形成对止推面敲击而造成的,更换轴瓦后又进行动平衡校正,彻底解决了风机振动难题。

2.2 滚动轴承故障

2019 年 7 月 31 日,设备定期巡检过程中发现 3# 烧结机机尾除尘风机轴承振动值 3V、3H 与之前相比明显升高,已超过振动标准。振动值如表 1 所示。

该风机主要技术参数为:电机功率 355kW,转速 1480r/min,风机轴承型号 23218。

已知转频 $f_2 = n_2/60 = 1480/60 \text{ Hz} = 24.67 \text{ Hz}$,根据轴承尺寸(查轴承资料)计算的故障特征频率如下:

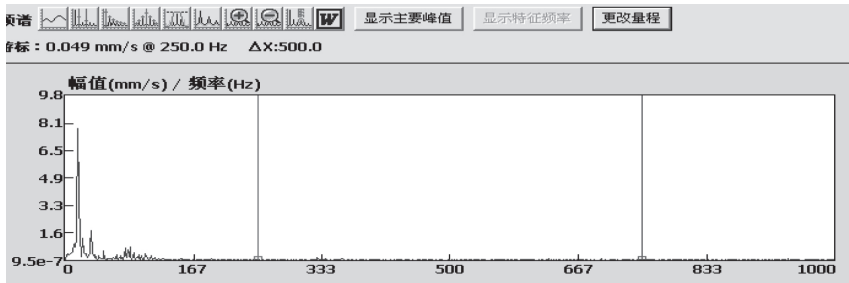


图 1 风机非驱动端轴向(频谱)



图 2 风机非驱动端垂直(频谱)

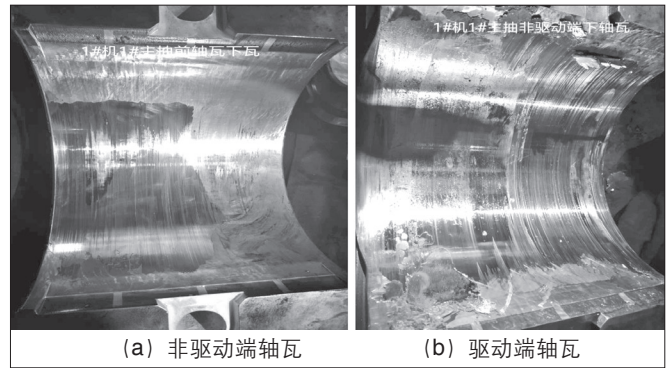


图 3 正常状态的风机轴瓦

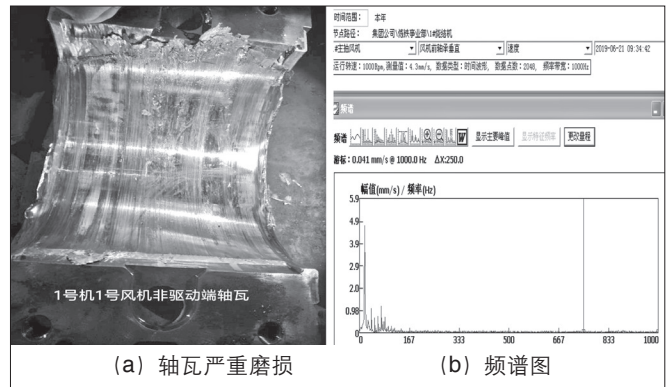


图 4 严重磨损的轴瓦及其频谱图

内圈故障特征频率:

$$f_i = \frac{z}{2} (1 + \frac{d}{D} \cos \alpha) f_2 = 175.6 \text{ Hz}$$

外圈故障特征频率:

$$f_o = \frac{z}{2} (1 - \frac{d}{D} \cos \alpha) f_2 = 120.4 \text{ Hz}$$

滚动体故障特征频率:

$$f_r = \frac{D}{2d} [1 - (\frac{d}{D})^2 \cos^2 \alpha] f_2 = 63.85 \text{ Hz}$$

保持架故障特征频率:

$$f_c = \frac{1}{2} (1 - \frac{d}{D} \cos \alpha) f_2 = 10.03 \text{ Hz}$$

图 5 所示为风机驱动端轴承垂直方向频谱图,在 $0 \sim 1000 \text{ Hz}$ 范围内,轴承内圈故障特征频率 175.6 Hz (实测为 172.5 Hz ,与计算数值非常接近),其 $2X$ 谐波十分明显,且内圈故障特征频率与其高频谐波两侧均有明显转频边带。后观察此轴承水平方向振动频谱中的故障特征频率与垂直方向基本相同。结合轴承噪声综合考虑,判断该轴承内圈出现故障,为避免故障扩大损坏设备应予以及时更换。

拆开轴承后,发现内圈滚道有明显点蚀,个别滚动体有大小不均的麻点(图 6)。

表 1 承钢烧结系统某除尘风机滚动轴承故障振动数据

	测点 1	测点 2	测点 3	测点 4
V/ (mm/s)	3	5	14.3	3.7
H/ (mm/s)	6	6	7.6	4.2
A/ (mm/s)	5.2	5.4	4.3	0.4

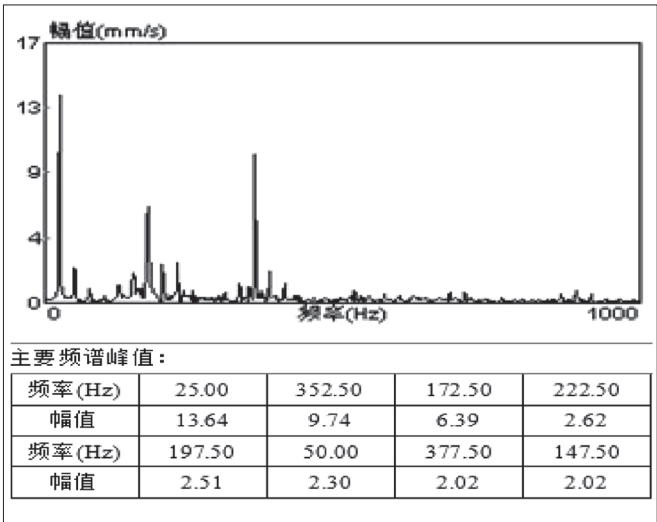


图 5 故障轴承垂直方向频谱图



图 6 故障轴承内圈滚道图

更换轴承后，开启设备，现场噪声减小，振动值回归正常范围。更换轴承后测量数据见表 2。

表 2 承钢烧结系统某除尘风机滚动轴承振动数据（更换轴承后）

	测点 1	测点 2	测点 3	测点 4
V/ (mm/s)	3.3	3.4	3.2	2.3
H/ (mm/s)	4.9	3.8	4.9	2.2
A/ (mm/s)	3.9	2.8	2.0	2.0

3# 烧结机机尾除尘风机滚动轴承故障及 2# 烧结机环境除尘风机轴承故障均是利用频谱分析及时发现故障隐患并及时处理。据统计，2018 年以来共发现轴承故障 16 次，通过跟踪监测、故障诊断，都极大地延长了轴承使用寿命。其中较为严重的轴承故障有 6 次。分析人员利用频谱分析，结合相位测试与润滑油分析及红外成像仪分析，故障诊断人员利用正向推理方法，找出了故障所在。

3 结语

2018 年以来，承钢炼铁事业部通过设备状态监测与故障诊断，发现和解决的故障现象有：不平衡、不对中、机械松动、基础松动、滚动轴承故障、滑动轴承故障、共振、喘振及流体引起的振动故障等。隐患的发现与排除，不仅保证了生产的顺利运行，而且带来了巨大的经济效益，为炼铁事业部长周期安全稳定运营作出了重大贡献。

参考文献：

[1] 张钰. 基于人工智能的工程机械故障诊断技术 [J]. 智能城市, 2019, 5(12): 192-193.
[2] 邓华伟. 人工智能在机械设备故障检测中的应用 [J]. 内燃机与配件, 2020(11): 237-238.
[3] 毛三华, 余峰岗, 史振帅, 等. 工程机械运行状态自动化监测研究 [J]. 现代制造技术与装备, 2020(5): 76-78.

作者简介：谢静（1985.02-），女，河北秦皇岛人，本科，工程师，研究方向：炼铁设备管理。