

电厂大型风机的故障诊断和整机平衡

(浙江大学) 贺世正

摘要: 叙述了离心式风机常见机械故障的类型, 频谱特征和诊断及治理的方法, 介绍了风机现场整机平衡技术, 并通过实例说明此法的具体应用。

关键词: 风机; 机械故障; 诊断; 动平衡

中图分类号: TH432

1 引言

风机在火电厂应用很广, 特别是大型送引风机更是电厂的重要设备。这些设备的稳定、安全、可靠的运行直接关系到整个电厂生产正常与否, 所以能及时发现风机的故障, 诊断故障原因及排除故障是十分有意义的研究工作。

2 风机常见机械故障的分析

根据调查统计离心式风机常见机械故障是风机叶轮失衡、对中不良、滚动轴承失效和内外圈配合过松而引起的“跑动”。现对这些故障产生的原因, 故障特征分析如下:

2.1 失衡

失衡是离心式风机最常见和最主要的故障。失衡不仅会造成机组的振动, 而且会导致轴承受力情况恶化。失衡的原因大体有四个: (1) 叶轮是在动平衡机上平衡的, 而叶轮在平衡用的芯轴上的配合条件不同于叶轮在风机上的配合条件, 因此会引起平衡精度的变化。大量实测证明, 在平衡机上已经达到了规定的精度等级, 装到风机上后, 其平衡精度差不多要下降一个等级。(2) 叶轮由轮盘、叶片和轮盖等焊接而成, 制造厂由于生产批量很大, 往往不再进行消除焊接应力的热处理, 因而使用一段时间后, 叶轮会发生明显的变形, 导致产生新的失衡。(3) 叶轮被腐蚀和表面积灰失衡。(4) 叶轮叶片有破裂。

风机失衡的诊断方法常采用频谱分析法。图 1 为风机失衡的典型频谱图, 其特征是工频分量的振动能量很大。在确认风机存在不允许的失衡后, 可采

用以下措施解决: 首先对上述 (1)、(2) 两种原因引起的失衡, 可重新进行平衡来解决。用整机平衡法是最方便和有效的方法 (见后述)。其次上述第 (3)、(4) 种原因引起的失衡, 如是腐蚀引起的且腐蚀严重, 已影响到风机的性能或强度, 则要更换叶轮; 若腐蚀不严重, 可通过重新平衡来消除失衡。至于积灰引起的失衡, 应在停工检修时消除积灰, 不宜采用重新平衡的方法。对于叶轮叶片破裂的情况, 若是轻微破损, 可用现场补焊, 然后进行整机平衡来修复, 情况严重的则必须及时更换叶轮。

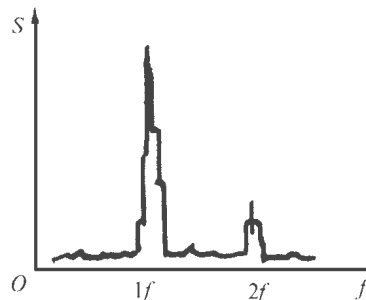


图 1 失衡的典型频谱

2.2 对中不良

如图 2 所示的风机, 由于种种原因, 在轴承座发生变形或基础沉降不均匀, 均会造成联轴器对中的变化, 导致联轴器联接螺栓产生交变应力, 发生剧烈的振动。

联轴器对中不良的频谱如图 3 所示, 其特点一般是产生二倍频振动及工频振动, 这类故障如不采用状态监测是很难察觉的, 因为故障并非是由于零件损坏引起的。

2.3 轴承失效

目前国内外均把滚动轴承的故障预测和诊断技术作为一项重点课题来研究。滚动轴承润滑不良, 超载过大或安装不良等, 均会造成工作条件的恶化。当滚动轴承元件有剥落、裂纹等一类缺陷出现时, 会激发各

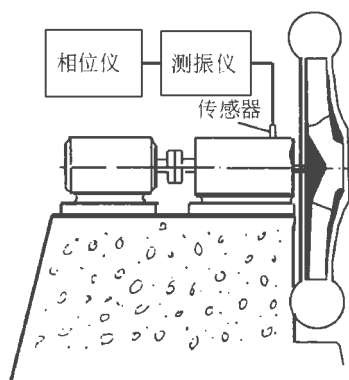


图 2 风机机组

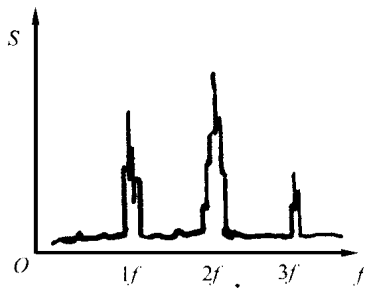


图 3 对中不良频谱

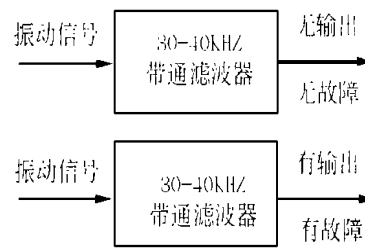
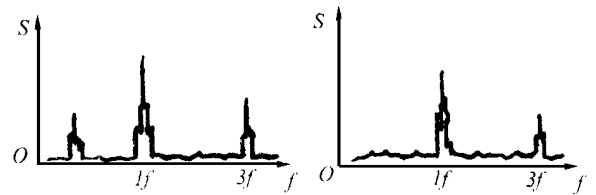


图 4 谐振信号接收法

个元件以其固有频率振动。由于各轴承元件的固有频率取决于元件本身的材料、外形和质量,因而这类振动与轴的旋转频率无关。各轴承元件的特点是刚度大、质量小,其固有频率大大高于轴的旋转频率。根据这些特性,提出了一种用谐振原理进行分析的谐振信号接收法,其基本原理如图 4 所示。

用压电晶体加速度传感器测得的振动,其中包括转子系统的振动、加速度传感器的磁座、机壳及其邻近零件的谐振等。这些振动的频率同轴承元件的谐振频率相比是相当低的,当其通过 30~30 kHz 的带通滤波器时,将被完全滤除,而只剩下轴承元件谐振的信号能通过,由此可用来检测在振动信号中是否含有轴承元件的谐振信号。如有较强的监测信号出现,说明轴承存在故障;如无,说明轴承工作正常。美国路易斯安娜公司采用此方法检查运行中的滚动轴承运行情况,其准确率高达 99%。我国目前市场上销售的轴承监测器,基本上也是用此种原理。

另一种轴承的故障是所谓“跑内圈”和“跑外圈”,这类故障虽不是轴承元件的损坏而引起,但会造成轴承产生裂纹,导致停车事故。图 5(a) 为某电厂的一台锅炉引风机存在故障时的频谱图。在录制此图前,发现两个异常现象,一是振幅增加的速度很快,在 5 天内,从 22_m 增大到 72_m;二是轴承上明显地有温升,从图 5(a) 与正常状态下的频率图 5(b) 比较,在 1/3~1/2 工频内出现了一个振动,此振动的大小和频率都是不断地在变化。由此可判断这是由于轴承外圈与座孔配合太松或轴承内圈同轴颈配合太松,在运行中引起相对运动造成的。在对风机轴承检查时,发现轴承外圈同座孔的间隙太大,造成“跑外圈”。将此情况改正后,运行恢复正常,其正常频谱图如图 5(b) 所示。



a. 轴承故障频谱

b. 轴承正常频谱

图 5

3 故障治理的方法和步骤

为了能及时发现故障以便治理,常用定期(如一周)测量风机振动的方法,并作成运动趋势图。趋势图上一般会有三个阶段,第 I 个阶段,振动基本上没有什么变化,处于正常工作状态;第 II 个阶段,振动明显呈上升趋势,说明风机已出现萌芽状态的故障,应采取相应的措施。在计划停工检修期间将其排除。如果不能予以排除,则会很快进入第 III 阶段。第 III 个阶段,振动呈急剧上升的趋势,事故随时有可能发生,必须及时采取措施。

根据运行趋势图已断定风机存在故障后,应进一步迅速确定是什么故障,以便能“对症下药”。根据实践经验,第一步要做的是检查轴承是否正常,也用图 4 所示的方法,以轴承监测仪检查轴承是否存在故障,若确认轴承有故障,则在排除故障后检查风机是否恢复正常运转。若振动仍然很大,说明还存在其它故障。

4 整机平衡

由于机器失衡是引起振动的最主要原因,发现转子失衡后,可对风机进行整机平衡。在图 2 中给出了进行风机整机平衡的测试装置。下面是对某厂一台风机进行现场整机平衡的过程。

把传感器固定在靠近叶轮的前轴承座上,将测得的振动信号送至现场动平衡仪,测得其振动值。同时,根据此风机的具体情况,把叶轮的圆周分成 16 等分,并在每等分位置上作出标记,用闪光灯直接照在叶轮上即可测得相对相位角。由于该风机不平衡量过大,使工作转速下的振动十分剧烈,因此需分两步对风机进行整机平衡。

第一步采用在 1/2工作转速即 12.6 Hz下作低速平衡。

在低速下共开车三次,第一次测得由原始不平衡量所引起的振动为 10.3 μm;相位 11.3°。第二次在 5.4°处加试重 574 g,开车后测得振幅为 6.8 μm,相位 11°。通过计算,确定应在相位 5°处加平衡重 1144 g。第三次先除掉试重 574 g,再在相位 5°处加重 1144 g,开车后测得振幅为 2.7 μm,相位 2.5°,由此可见,通过低速平衡,使 12.6 Hz下的振幅由 10.3 μm降至 2.7 μm,降低率达 73.8%。

第二步采取在工作转速即 24.4 Hz下进行平衡。

在工作转速下,振幅由原低速下的 2.7 μm增至 39 μm,可见若按低速下已产生的降低率推算,如果不在低速下进行平衡,则在工作转速下的振动会超过 150 μm。这同原测试情况相符。经过试重和配平衡重后,工作转速下的振幅由 39 μm降低至 5.5

μm,降低率达 86%,见表 1

表 1

项 目	振幅 (μm)	相位 (°)	加 重
原 始	39.0	3.8	在相位 12°处加试重 350g 后,将试重 350g移至相位 1°
试 重	29.8	0.5	
配平衡量	5.5		

综合低速和工作转速下的两次平衡,总的振动降低率已达到 96.3%。经过整机平衡后,从整机上测到的振动烈度已大大地优于国家标准和国际标准规定的优等品水平,在轴承座上手试已感受不到振动。站在风机旁的强烈振感已完全消失。

(何静芳 编辑)

(上接 375页)

图 3是使用参数化绘图方式自动完成的烟道安装图(主视图)。

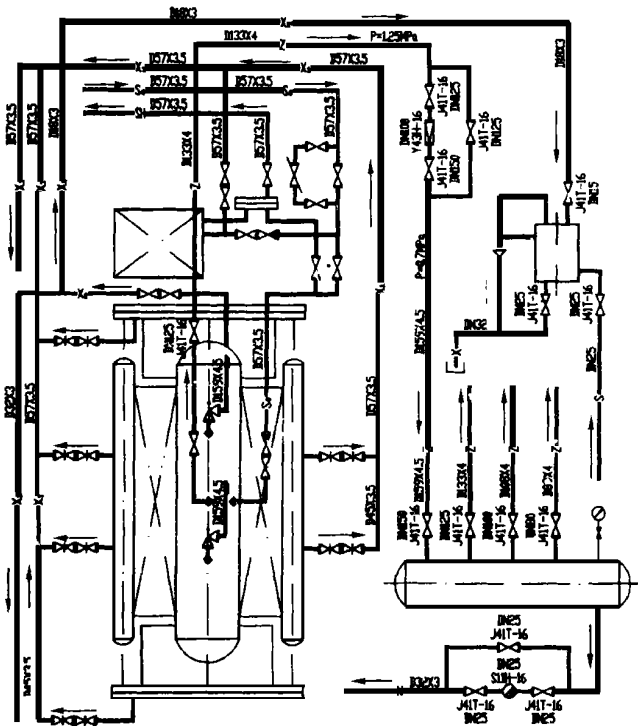


图 2 热力系统图(部分)

5 结束语

工业锅炉房工艺设计 CAD系统,采用分立模块、系统集成的设计指导思想,适合于边使用边扩充的实用目的,可以在使用过程中不断积累、补充和修改完善。目前本系统尚处于完善阶段,但从实际工程应用看,已基本达到了提高工效、缩短工期的预期目标。

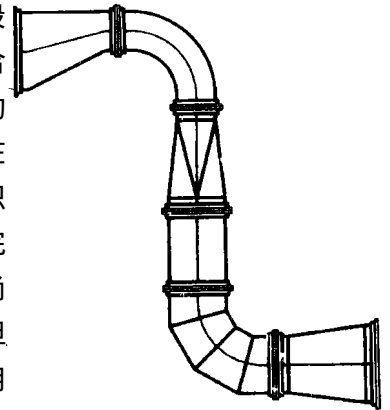


图 3 烟道安装图(主视图)

参考文献

- [1] 甘特等. Auto LISP 12.0程序设计. 学苑出版社, 1993, 12.
- [2] 王国泉译. Auto LISP 10.0版实用程序设计方法与实例. 中国科学院希望高级电脑公司, 1991, 5.
- [3] Kurt Hampe. Auto CAD应用开发工具大全. 清华大学出版社, 1994, 9.

(何静芳 编辑)

series boilers with standard elliptical heads. Discussed is the difference of perature stress variation among the above-cited boilers, KZL and arch-shaped tube plate boilers. Also presented are the basic structural parameters of DZL series boilers, in the belief that they can be helpful for the further study and development of such boilers. **Key words** boiler, structure, elliptical head, design

回转式空气预热器非接触式漏风控制系统 = **Non-contact Air-Leakage Control System for Rotary Air Heaters** [刊,中] / Dong Yong, Lu Zhaoda, et al (Harbin Institute of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1999, 14(5). - 371~ 373

This paper describes a non-contact automatic control system of seal clearance containing fan-shaped plates. It employs Chinese-made high-temperature resistant eddy-current displacement sensors, suitable for use in power stations. Programmable logic controllers are installed to carry out all control functions. In conclusion, given are some results of the system's practical use on work-site. **Key words** air heater, fan-shaped plate, high-temperature displacement sensor, PLC

CAD在工业锅炉房工艺设计中的开发应用 = **The Application and Development of CAD Technology in the Technological Design of Industrial Boiler Houses** [刊,中] / Wang Yongzheng, et al (Shandong Polytechnic University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1999, 14(5). - 374~ 375, 378

A detailed description is given in this paper of the composition and application of a computer-aided technological design system for industrial boiler houses. **Key words** computer-aided design, application, engineering design

电厂大型风机的故障诊断和整机平衡 = **Failure Diagnosis and Full-Scale Machine Balancing of Power Station Large-sized Air Blowers** [刊,中] / He Shizheng (Zhejiang University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1999, 14(5). - 376~ 378

This paper covers the common types of centrifugal fan mechanical failures, frequency spectrum characteristics and the methods used for their diagnosis and correction. A full-scale machine balancing technology is presented with specific examples cited to illustrate its practical engineering applications. **Key words** fan, mechanical failure, diagnosis, dynamic balancing

DEB的新认识——增益调度控制 = **A New Understanding of DEB- Gain Scheduling Control** [刊,中] / Yu Daren (Harbin Institute of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1999, 14(5). - 379~ 381

DEB (Direct Energy Balance) coordinated control system was first initiated by Leeds & Northrup Co. of U. S. A. It represents a kind of coordinated control strategy widely used in China for boiler-turbine monoblock units. After an analysis of the design philosophy and control mechanism of the DEB coordinated control system the authors explained that the DEB system by incorporating the idea of gain scheduling effectively eliminates the variation of dynamic characteristics of a monoblock unit during operating load changes. Hence, it can enhance the monoblock performance under various operating loads. This constitutes a new understanding of the DEB system. Meanwhile, such an understanding is deemed to have great significance for the setting of parameters in the course of DEB system commissioning test. The design philosophy proposed in the present paper may as a useful experience benefit the design of control systems for some relatively complicated nonlinear units. **Key words** monoblock unit, nonlinearity, DEB coordinated control system, gain scheduling control

振动故障诊断系统中的征兆获取 = **Symptom Acquisition in a Vibration Fault Diagnostic System** [刊,中] / Ruan Yue (Envada Co. under the North China Electric Power Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1999, 14(5). - 382~ 384

An analysis is conducted of the types of symptoms in a vibration fault diagnostic system and the principles of symptom acquisition are proposed. Discussed also are the methods for calculating the symptom cred-