

基于实时监测的大型水泵电动机故障诊断系统研究

魏协奔¹, 卢旭锦¹, 李童彬²

(1. 汕头职业技术学院机电工程系, 广东 汕头 515000;

2. 揭阳职业技术学院继续教育部, 广东 揭阳 522000)

摘要: 大型水泵的主电动机在机组中占有非常重要的地位, 对其进行必要的实时监测有助于更好地掌握设备的运行状态, 有利于及时进行故障分析、诊断及修复。研究分析了大型水泵的工作特点及监测需求, 明确了对电动机轴振动、轴位移等状态的实时监测需求。根据监测需求结果与传感器技术的特点, 确定了各监测点的布置方案。最后, 通过仿真实验测试, 证明了该监测系统功能达到对主电动机状态实时监测的要求。

关键词: 水泵电动机; 电动机状态; 实时监测; 故障诊断

fault Analysis system design of real-time monitoring of large pump motor state

WEI Xieben¹, LU Xujin¹, LI Tongbin²

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Shantou Polytechnic, Shantou 515000, China;

2. Ministry of Continuing Education, Jieyang Polytechnic, Jieyang 522000, China)

Abstract: The main motor of large-scale water pump plays a very important role in the unit. The necessary real-time monitoring is helpful to better know the operation status of the equipment, and is conducive to timely fault analysis, diagnosis and repair. This paper analyzes the working characteristics and monitoring requirements of large water pump, and defines the real-time monitoring requirements of motor shaft vibration, shaft displacement and other states. Furthermore, according to the results of monitoring requirements and the characteristics of sensor technology, the layout of each monitoring point is determined. Finally, through the simulation test, it is proved that the function of the monitoring system can meet the requirements of real-time monitoring of the main motor state.

Key words: pump motor; motor state; real-time monitoring; fault analysis

0 引言

旋转机械已经进入到各个工业领域当中,

如电力、能源和冶金等^[1-3]。其运转过程中, 由于各种因素不可避免地会出现故障而影响运作性能, 甚至导致生产停滞, 给生产造成巨大损失和带来安全隐患^[4]。对旋转机械进行必要的实时监测, 有助于更好地掌握设备的运行状态, 有利于及时进行故障分析、诊断及修复^[5]。

2020年广东省科技专项资金“大专项+任务清单”项目
(sdzx002)

电动机是旋转机械中一个非常重要的动力部件，对其运作状态监控和故障诊断，是旋转机械诊断技术的一个重要监控对象。但是，电动机的工作原理、环境和结构上的种种特点，使得其状态监测方法和采用的检测技术不同于其他的设备部件。现有的研究中，学者们采用各种传感技术来获取电动机的状态，包括振动、噪声、瞬时角速度、温度、气隙转矩和电流应电动势等^[6-8]。其中，振动是一种较为常见的状态监测，它是通过监测电动机振动信号，并对信号进行各种处理和分析，诊断电动机产生故障原因的办法^[9]。如学者蔡文霞等通过监测矿用重载轴承的振动信号诊断故障^[10]。

本文以大型水泵的主电动机为研究对象，分析了大型水泵的工作特点及监测需求，重点对电动机轴振动、轴位移和温度等状态进行实时监测。根据监测需求结果与传感器技术的特点，确定了各监测点的布置方案。最后，通过仿真实验测试了监测点布置对电动机异常振动的情况，证实了该布置方案的有效性。

1 水泵机电监测系统设计

1.1 监测需求分析

实时监测电动机运行状态参数，包括电动机的振动、温度、电流、电压信号、转速和谐波等，所采集的设备运行状态参数必须准确、可靠，并能做到实时监测，本文以 2 500 kW、10 000 V 和 1 460 r/min 的大型水泵电动机为研究对象。

1.2 传感器选择

测量各种信号需要不同的传感器以达到测量效果，还要注意与工作环境的配合，保证测量的准确性，具体安排如图 1 和表 1 所示。

1) 振动传感器。测量轴的振动需要测量轴的两个方向，由于轴在高速运转，此处选择罗克韦尔 2100 系列的 2106 传感器，接头质材是不锈钢、镀金，配 1 m 电缆线，灵敏度为 200 mV/mil，量程为 80 mil，工作温度为

-40~177 ℃，头部长度为 30 mm。测量轴位移也是两个方向，保证测量准确度。选用罗克韦尔 2100 系列 2113 传感器，接头质材是不锈钢、镀金，配 1 m 电缆线，灵敏度为 100 mV/mil，量程为 180 mil，工作温度为 -40~177 ℃，头部长度为 40 mm，螺纹尺寸为 M15×1.5。

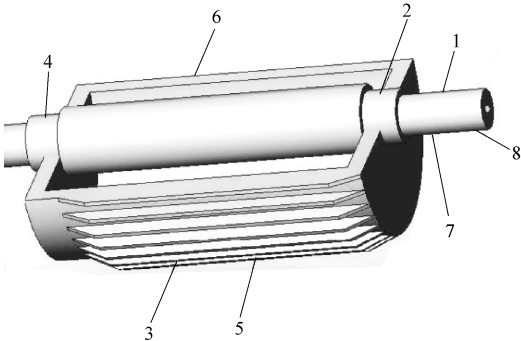


图 1 大型水泵电动机监测点布置

Fig. 1 Layout of monitoring points for large pump motor

1—测点 1 2—测点 2 3—测点 3 4—测点 4
5—测点 5 6—测点 6 7—测点 7 8—测点 8 和 9

表 1 传感器布置及说明
Tab. 1 Sensor layout and description

测点	传感器	诊断故障
测点 1	电涡流传感器 2 个 (两个方向)	轴振动
测点 2	加速度传感器(两端 轴承)	轴承损坏、轴 窜动
测点 3	加速度传感器(机座、 紧固件)	基座不平、紧固 件松动
测点 4	热电偶温度传感器 (轴承座)	轴承异常磨损、 与轴异常磨损
测点 5	热电偶温度传感器 (机座、机身)	定子温度异常
测点 6	电流互感器(定子电 源输入)	转子断条、气隙 偏心等
测点 7	转速传感器	电动机转速
测点 8、9	电涡流传感器	轴位移

2) 电流电压传感器。对电动机的电流监测能及早发现转子断条、气隙偏心等故障。本方案选用钳形电流互感器，安装方便，准确率高。选用南车时代的 tt10-p 电流传感器，分辨率为 1 μA，准确度等级为 0.1，测量范围为 0.1 μA~10 A，工作温度为 -25~70 ℃，输出方式为电流互感输出。

3) 温度传感器。采用一般的温度传感器即可达到要求。本方案采用热电偶温度传感器, 选用分度号为 K, 测量范围为 $-40 \sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的热电偶温度传感器。

2 监测点布置方案

选择什么样的监测点来监测电动机的状态, 以达到正确诊断故障的目的是非常关键的。其中, 监测点包括监测的位置、数量以及方向, 其对结果准确影响极大。此外, 监测点还应考虑选择便于传感器安装、方便拆卸、易于测量及干扰少的位置。

具体安排如下:

1) 电动机的振动也就是轴及机座的振动, 可以通过测轴承的振动监测故障源, 在轴承上或轴上 (非接触式) 布置 3 个振动传感器: 2 个是测径向振动 (水平和垂直方向); 1 个是测轴向振动。在轴同一截面上互成 90° 方向安置两个振动传感器测量径向振动, 在轴向安置振动传感器测量轴向振动。测量机座振动需要安置接触式振动传感器, 监测机座及紧固件的振动。

2) 监视工况及故障判断时, 对温度、电压和电流等工艺参数的监测也非常重要。电动机温度通过监测机壳温度 (监测定子温度)、轴承及轴承座温度 (轴及轴承温度) 得出。监测电动机的电流信号、电压信号通过监测电动机定子电信号来实现电动机故障的监测。

3 仿真测试实验

将在处理器为 Intel® Core(TM) i3-2370 CPU 的个人计算机上, 借助实时在线处理器 (XM 系统)、分析软件 (RSMACC EOL 和 MONIOTR) 进行仿真实验。通过仿真实验检验监测点布局方案的合理性。具体的实验因子及水平设置如表 2 所示, 其中平衡状况通过系统设置在电动机的转子中添加或不添加不平衡块进行改变。

1) 在转子动平衡比较好时, 调节振动实验台的转速为 803 r/min , 约为 15 Hz , 实验结

果如图 2、图 3 所示。

表 2 实验因子及水平设置

Tab. 2 Experimental factors and level setting

实验因子	水平设置
电动机转速 (频率)	803 r/min (15 Hz) $1\ 206\text{ r/min}$ (20 Hz)
平衡状况	平衡性良好 平衡性欠缺

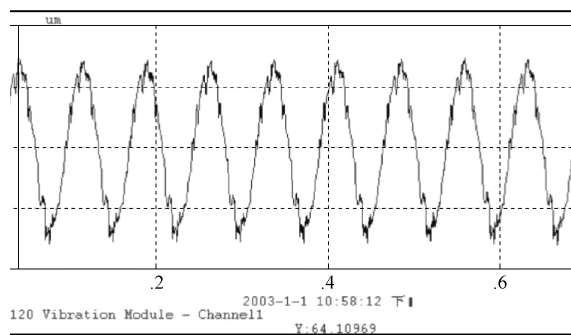


图 2 振动波形图

Fig. 2 Vibration waveform chart

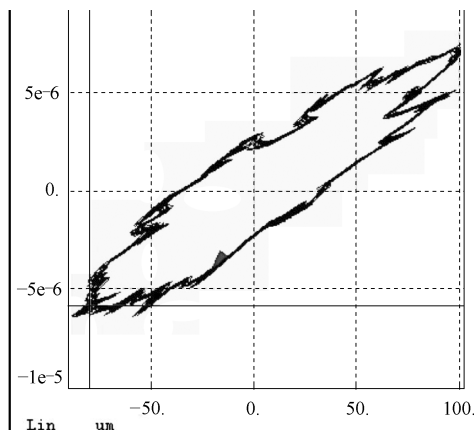


图 3 轴心轨迹图

Fig. 3 Axis locus chart

2) 转速为 803 r/min , 在转子加上不平衡块, 实验结果如图 4、图 5 所示。

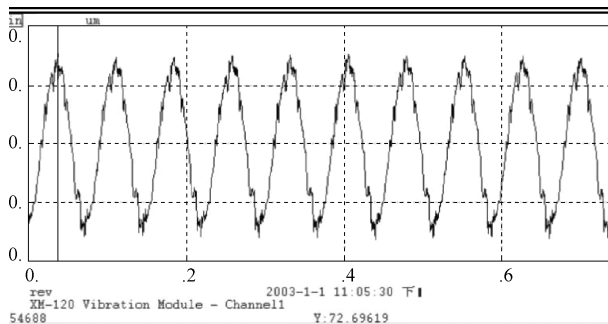


图 4 振动波形图

Fig. 4 Vibration waveform chart

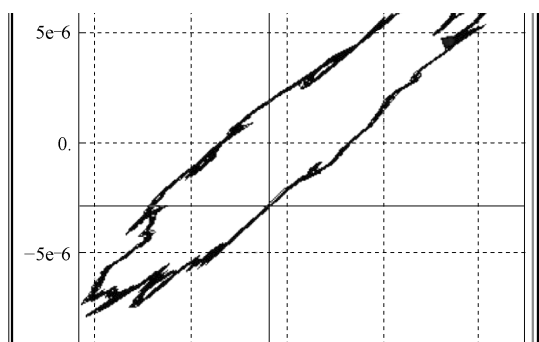


图5 轴心轨迹图

Fig. 5 Axis locus chart

3) 在转子动平衡比较好时, 提高振动转速为 1 206 r/min, 约为 20 Hz, 实验结果如图 6、图 7 所示。

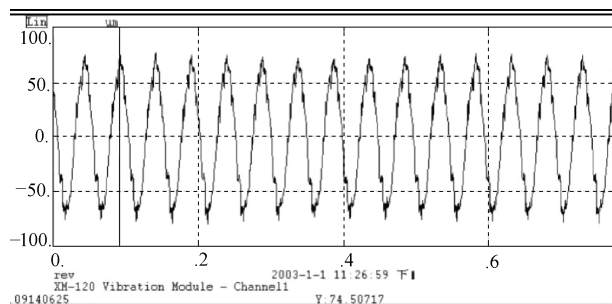


图6 振动波形图

Fig. 6 Vibration waveform chart

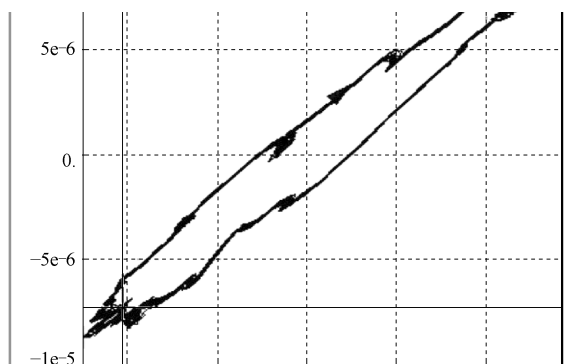


图7 轴心轨迹图

Fig. 7 Axis locus chart

4) 转速为 1 206 r/min, 在转子加上不平衡块, 实验结果如图 8、图 9 所示。

由上述实验结果可知: ①在实验 1、2 中, 转子的转速设置为 803 r/min (约为 15 Hz), 通过 $F=1/T$, 振动测量得到的约为 15 Hz; 在

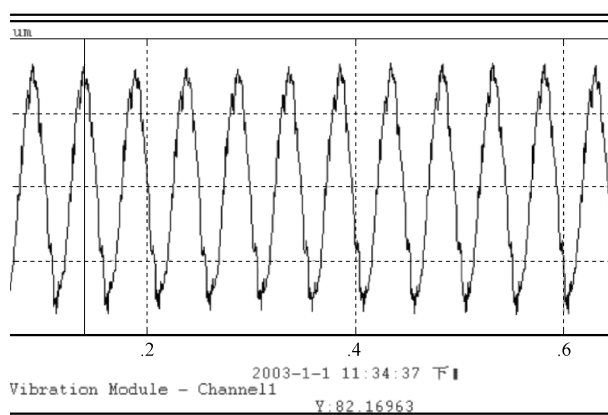


图8 振动波形图

Fig. 8 Vibration waveform chart

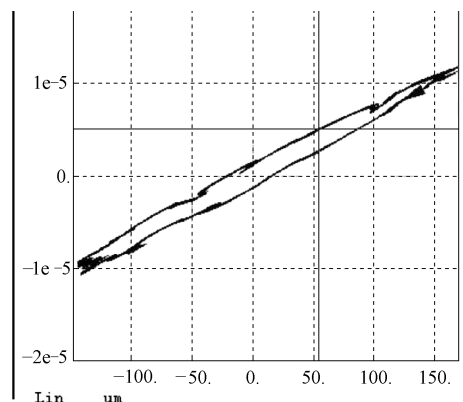


图9 轴心轨迹图

Fig. 9 Axis locus chart

实验 3、4 中, 转子的转速设置为 1 206 r/min (约为 20 Hz), 振动测量得到的约为 20 Hz。②对比实验 1 (转速 803 r/min) 与实验 3 (转速 1 206 r/min), 可以看出轴心轨迹压得更扁, 偏离程度更深, 这也说明了转速严重地影响到转子的振动。③对比实验 1 与实验 2, 得到实验 1 的最大振动幅度为 64.1 μm , 实验 2 的最大振动幅度为 72.6 μm 。从轴心轨迹图直观地看到实验 2 比实验 1 的轨迹图显示出来得更扁, 证明轴心的偏离程度更深。说明了转子上质量不平衡会影响到转子的振动幅度, 但不影响振动的频率; 实验 3 与实验 4 也获得相同的结果。

5 结束语

以大型水泵的主电动机的运转状态监测为研究对象,分析了状态监测的需求。结合大型水泵的运行情况和监测目标,选择了相应传感器,并设计了一种监控点布置方案。最后,通过仿真实验证实了选择的传感器与该监控点布置方案能够按设想监测电动机的运行状态。

参考文献

- [1] 陈雪峰,李继猛,程航,等. 风力发电机状态监测和故障诊断技术的研究与进展[J]. 机械工程学报,2011,47(9): 45-52.
- [2] 苏鹏声,王欢. 电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析[J]. 电力系统自动化,2003(1): 61-65, 82.
- [3] 邓子豪,李录平,刘瑞,等. 大型风电机组电机驱动型主动偏航系统故障诊断技术概述[J]. 太阳能,2020(4): 34-41.
- [4] 陈露,赫广杰. 煤矿大型电机故障预警装置的设计[J]. 设备管理与维修,2020(9): 152-153.
- [5] 赵岩. 故障诊断的重要性及在大型电机上的应用[J]. 科技资讯,2009(3): 136-137.
- [6] 杨明,李广,董传洋,等. 基于电机定子电流的齿轮故障诊断方法[J]. 北京交通大学学报,2015,39(5): 87-91.
- [7] 王晓慧. 大型电机定子铁心故障分析与检测[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2020.
- [8] 史光,欧华权,李岩峰. 应用新技术诊断大型同步电机转子绕组故障[J]. 中国设备工程,2017(12): 12-15.
- [9] 王国彪,何正嘉,陈雪峰,等. 机械故障诊断基础研究“何去何从”[J]. 机械工程学报,2013,49(1): 63-72.
- [10] 蔡文霞,刘佳,孙宏强. 基于振动信号的矿用重载轴承故障诊断[J]. 煤矿机械,2020,41(11): 141-143.

作者简介



魏协奔

魏协奔(1985—),男,硕士,讲师,研究领域:机电一体化技术、电气自动化技术和机电设备故障诊断等。

(收稿日期:2021-03-18)