

某核电站常规岛主给水泵电动机振动问题分析

段元锋

(辽宁红沿河核电有限公司 辽宁 大连 116319)

摘要: 国内某核电站常规岛主给水泵电动机正常运行工况下, 多次出现电动机非驱动侧水平振动较以往正常运行时有振动上涨问题。本文通过对电动机解体检查及各项数据分析, 确定造成给水泵电动机振动高的根本原因为轴瓦绝缘垫材质偏软, 导致转子有轻微的偏移, 最终导致电动机异常振动。这些问题导致电动机长期处于不可靠的运行状态, 对核电站主给水泵稳定运行造成影响。通过对设备检修情况及各基地经验反馈等方面进行分析, 后续对其他机组电动机绝缘垫片进行替代, 有效地解决了电动机振动高异常的缺陷。

关键词: 主给水泵电动机; 振动; 绝缘垫片; 动平衡

1 设备基本信息

国内某核电站常规岛主给水泵系统, 每台机组有三台容量为 50% 的电动给水泵组, 正常工况下两台运行, 一台备用; 每台电动给水泵组由前置泵、电动机、耦合器及压力级泵通过膜片联轴器连接组成。主给水泵组将除氧器的水抽出并升压, 经高压加热器送至蒸汽发生器; 同时压力级泵通过耦合器的转速调节后, 能快速响应变速要求, 以保证蒸汽发生器在不同工况下的用水量^[1]。

常规岛主给水泵组驱动电动机为三相鼠笼式异步电动机, 卧式安装, 额定功率为 10000kW, 额定转速 1496r/min, 电动机总重量 33.4t; 电动机两端轴承采用径向轴瓦结构, 由独立油系统供油润滑; 电动机转子的轴向位置通过电动机的电磁力进行轴向定位, 电动机冷却器采用空-水冷却结构, 冷却水由闭式冷却水系统提供。

2 问题描述

2019年5月24日, 机械人员设备巡检时发现常规岛主给水泵电动机振动偏大, 第一时间汇报主控并建议技术处进行测振分析。技术处测振人员 10:55 就地实测电动机最大值为非驱动端水平向 6.1mm/s (报警值 4.5mm/s, 停机值 7.1mm/s), 较 2019年5月18日连轴再鉴定时振动数据 (1.73mm/s) 出现明显上涨。技术处人员 13:26 再次对电动机采集振动数据为前置泵侧垂直 6.62mm/s, 电动机振动存在上涨现象, 具体振动数据如表 1 所示。

表 1 振动数据 (14:23 测得数据)

| Location | Pos | Direction | Filter | Magnitude | Unit | Meas.Time |
|----------|-----|------------|---------|-----------|--------|-----------------|
| BTND-H | 1 | Horizontal | 10-1kHz | 3.2 | mm/sec | 2019/5/24 10:50 |
| BTND-V | 1 | Vertical | 10-1kHz | 3.89 | mm/sec | 2019/5/24 10:51 |
| BTND-A | 1 | Axial | 10-1kHz | 1.91 | mm/sec | 2019/5/24 10:52 |
| BTD-H | 2 | Horizontal | 10-1kHz | 3.81 | mm/sec | 2019/5/24 10:53 |
| BTD-V | 2 | Vertical | 10-1kHz | 5.61 | mm/sec | 2019/5/24 10:54 |
| BTD-A | 2 | Axial | 10-1kHz | 2.76 | mm/sec | 2019/5/24 10:54 |
| MBND-H | 3 | Horizontal | 10-1kHz | 6.62 | mm/sec | 2019/5/24 13:26 |
| MBND-V | 3 | Vertical | 10-1kHz | 1.87 | mm/sec | 2019/5/24 13:27 |
| MBND-A | 3 | Axial | 10-1kHz | 5.63 | mm/sec | 2019/5/24 13:27 |
| MBD-H | 4 | Horizontal | 10-1kHz | 6.53 | mm/sec | 2019/5/24 13:28 |
| MBD-V | 4 | Vertical | 10-1kHz | 4.19 | mm/sec | 2019/5/24 13:29 |
| MBD-A | 4 | Axial | 10-1kHz | 3.92 | mm/sec | 2019/5/24 13:30 |
| GBD-H | 5 | Horizontal | 10-1kHz | 2.42 | mm/sec | 2019/5/24 11:00 |

2019年5月25日, 处理电动机振动问题; 先执行润滑油取油样化验, 各项指标均合格; 拆卸电动机两侧联轴器, 进行空载试验, 振动最大为前置泵侧水平 2.8mm/s (检修平台空载振动标准: ≤ 2.3 mm/s), 电动机空载不合格。技术处进行在线动平衡处理, 在前置泵侧风扇叶相位 (300°) 进行加重 182g、相位 (330°) 进行加重 210g, 在耦合器侧风扇叶相位 (300°) 进行加重 173g、相位 (330°) 进行加重 217g; 电动机再次启动空载测量振动, 前置泵侧: 水平 0.58mm/s、垂直 0.23mm/s、轴向 0.83mm/s, 耦合器侧: 水平 0.42mm/s、垂直 0.16mm/s、轴向 0.79mm/s。2019年5月26日, 连轴后进行泵组整体再鉴定合格, 电动机最大振动为 1.2mm/s (报警值为

4.5mm/s, 停机值为 7.1mm/s)。

3 主给水泵电动机振动问题分析

3.1 振动可能原因

本次电动机振动方向主要为电动机两端水平向和轴向, 各方向频谱成分主要为转频和两倍频, 并伴有多次谐波, 如图 1 所示。引起此现象可能原因分析如下:

(1) 受电动机内部转子部件松动、不平衡块移位、电动机轴系热弯曲等因素引发的转子轴系不平衡量发生变化;

(2) 绝缘垫存在偏软现象, 运行中轴瓦状态可能发生变化;

(3) 电动机轴承温度、载荷发生变化;

(4) 轴系热态对中精度发生变化。

经查询, 2019年5月18日泵组再鉴定期间泵组振动良好; 2019年5月23日泵组带载升功率期间电动机振动开始上涨, 期间电动机未进行相关检修工作, 除电动机功率随着泵组负荷的变化相应增加外, 电动机轴瓦温度、泵流量等参数均未见明显异常。本次电动机振动处理过程中对电动机两端可视部位进行目视检查未发现松动情况, 复查电动机两端联轴器中心未见明显超标, 化验润滑油油样各项指标正常。综合上述分析, 轴瓦损坏、过热, 电动机对中变化, 转子部件松动等原因基本

可排除。

3.2 电动机轴承结构分析

该电动机转子径向由两侧径向轴瓦支撑定位, 轴向由磁力中心定位, 无轴向定位推力轴瓦。电动机轴瓦室加工为球面, 径向轴瓦背面也加工为球面, 轴瓦与轴瓦室球面相互配合, 该球面配合可实现轴瓦随转轴状态微调功能, 使轴瓦和转轴随时处于最佳配合工作状态。为避免轴电流损伤轴瓦, 在轴瓦与轴瓦室之间还安装有一张厚度为 0.5mm 的球面聚四氟乙烯 (PTFE) 绝缘垫片, 如图 2 所示。

该型号所有电动机安装调试以来轴向振动普遍偏高, 而其他基地配置不同绝缘方式的同类型给水泵电动机从未发生过振动高问题。该电动机径向轴瓦底部球面与绝缘垫配合, 该绝缘垫材质为聚四氟乙烯材料, 材质偏软, 当承受强力挤压后容易变形。电动机运输过程中及电动机带载运行一段时间后, 只有绝缘垫的状态受力发生变化^[2]。该电动机转子轴向由磁力中心定位, 无推力轴瓦, 轴向稳定性较差。当绝缘垫发生微量变形、轴瓦与轴承座配合不实、对中状态变差 (微观)、转子发生偶动不平衡, 转子转动临时弯曲, 电动机出现振动偏高。当通过对电动机在线动平衡消除偶动不平衡量时, 振动减少。

综合以上分析, 将造成 H1APA101MO 发生振动高的原因归纳如表 2 所示。

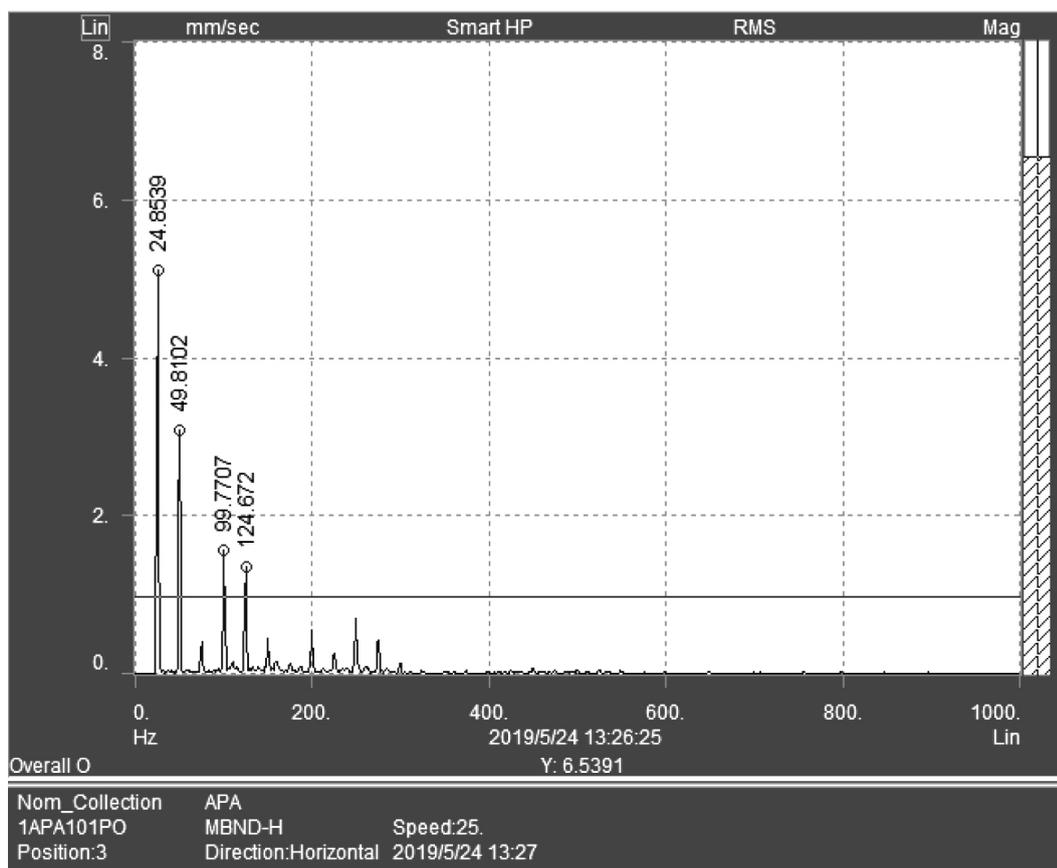


图 1 振动频谱

3.3 扩展分析

目前, 此主给水泵电动机振动高为同类型电动机共性问题, 偶尔出现振动高情况进行重新动平衡处理, 可解决振动高的问题。

3.4 电动机振动高异常原因总结

综合以上各种情况的分析可得知, 造成主给水泵电动机振动高的直接原因是微量变化在肉眼观察下无法发现, 造成转子支撑有位移。主给水泵电动机振动高的根本原因是绝缘垫材质为 PTFE (聚四氟乙烯), 两侧轴承下部绝缘垫偏软并非刚性支撑, 当承受强力挤压后容易变形, 最终导致电动机振动^[3]。

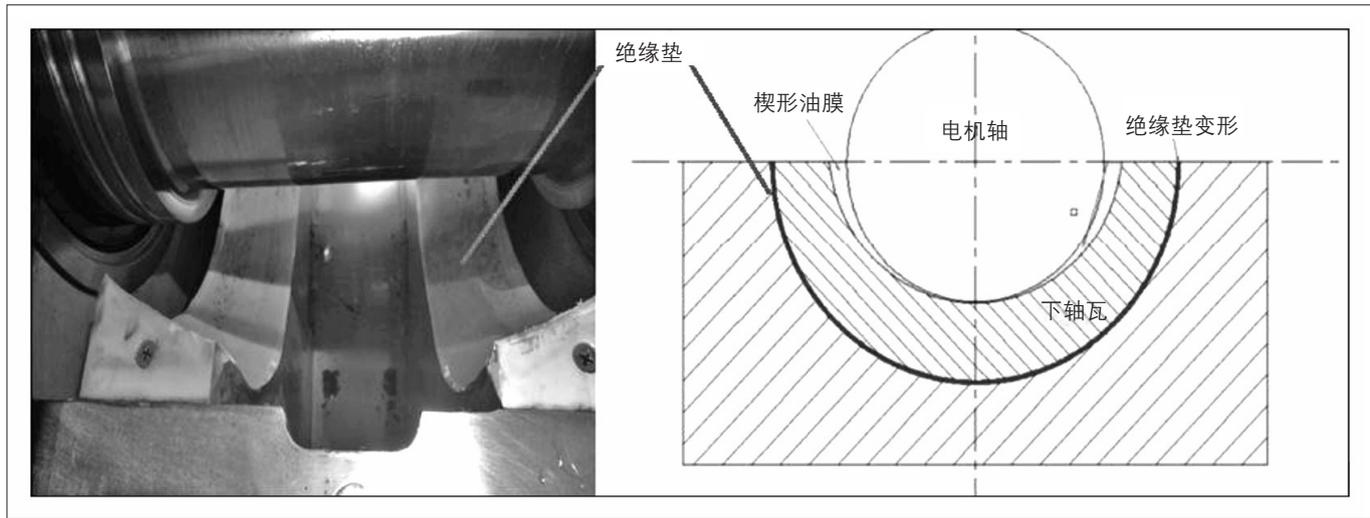


图2 APA 电机轴瓦绝缘垫

表2 H1APA101MO 故障原因分析表

| 序号 | 可能原因 | 支持的理由 | 反对的理由 | 可能性 |
|----|----------------------|---|---|-----|
| 1 | 两侧轴承下部绝缘垫偏软造成转子支撑有位移 | 1、绝缘垫材质为 PTFE（聚四氟乙烯），并非刚性支撑 2、微量变化在肉眼观察下无法发现 | H4APA301MO 振动高，外观见证未发现异常 | 高 |
| 2 | 电机轴承损坏 | 轴承如损坏，使转子支撑不稳定 | 化验油样颗粒度合格，未见异常磨损 | 排除 |
| 3 | 电机地脚连接刚度不足 | 电机地脚平面度如不满足要求，将导致电机存在虚脚，使电机连接刚度降低，电机振动偏高 | 检查地脚未见松动、缺脚现象 | 排除 |
| 4 | 润滑油不合格 | 润滑油内如有杂质，会使轴瓦与轴颈的接触不稳定引起振动 | 化验油样各参数合格 | 排除 |
| 5 | 部件松动 | ①部件有松动，会使某部件接触不良造成振动高 ②转子不见有松动会造成转子质量不平衡 | ①动平衡前检查端盖各连接螺栓未发现异常 ②技术人员分析未发现转子有松动的成分 | 排除 |
| 6 | 轴弯曲 | 轴弯曲使转子质量有偏移引起振动 | 轴出现弯曲动平衡处理不会出现当前的明显效果 | 排除 |
| 7 | 联轴器中心超标 | 联轴器同心度偏差，会使各转子不同心引起振动 | 本次热态复查对中未见明显超标 | 排除 |

4 常规岛主给水泵电动机振动高问题的解决方案

针对该电厂常规岛主给水泵电动机的两侧轴承下部绝缘垫偏软，造成电动机振动高的问题。现给出的解决方案为：

- (1) 换型改造，确定绝缘片替代方案，将原绝缘垫片替代成材质强度较硬的垫片；
- (2) 编写常规岛主给水泵电动机振动高动平衡处理预案，电动机振动高时进行动平衡处理。

5 结语

核电站电动机振动相关问题长期存在，需要不断的在实践中探索，通过对运行设备在线振动监测和振动频谱分析、设备改造等措施，不断优化现场设备的运行状态，避免设备故障，保障电站设备的稳定运行^[4]。

参考文献：

- [1] 汪飞鹏，李娜，曾国靖. 冷冻水循环泵电机振动原因分析及处理 [J]. 电工技术, 2021(15): 186-187+191.
- [2] 靳晓乐，郑广新，刘伟. 某核电厂辅助冷却水泵电机振动故障诊断 [J]. 噪声与振动控制, 2020, 40(06): 140-143+152.
- [3] 杜召瑞，林沁，李宏. 重要厂用水泵电机振动故障分析与处理 [J]. 化学工程与装备, 2019(07): 199-203.
- [4] 陈响亮，倪永生，张雷. 某核电厂辅助给水泵电机振动故障诊断 [J]. 噪声与振动控制, 2018, 38(S2): 704-707.

作者简介：段元锋（1983.09-），男，汉族，安徽淮南人，本科，工程师，研究方向：电动机故障诊断。