[电动机]

立式凝结水泵电动机振动故障的诊断与处理

文/中油电能热电一公司　高利军

冷凝水泵是汽轮发电机组的重要辅机，属于火电热力系统中的重要动力源之一。当凝水泵的驱动电动机之一运行时，自由端轴承振动超过标准，严重妨碍汽轮机组的正常运行。通过因素排除分析和试验验证等方法展开原因分析，先后采取试验基础加固、转子动平衡等措施，然而问题仍未得到有效解决。最终发现问题在电动机磁场中心处，电动机振动超标的故障最终得以解决，机组运行的安全性大大提高。

电动机振动会缩短绕组绝缘和轴承寿命，影响滑动轴承的正常润滑，并且振动力加重绝缘间隙，致使水分和粉尘容易趁虚而入，导致绝缘电阻下降与外泄电流增高，引发绝缘击穿等事故。电动机发生振动容易振裂冷却器水管，振开焊接点，加重负载机械的受损，致使工件精度下降，引发部分机械疲劳，引起地脚螺钉松动或断裂等。此外，电动机还会引起碳刷和滑环的磨损异常，甚至因为刷火异常导致集电环绝缘烧毁，致使电动机释放出强烈噪声。所以，有效地做好凝结水泵电动机振动故障的诊断和处理，可合理节省工程成本，提高机组运行安全性。

第一次振动处理情况

1. 振动特征

某公司热电部门某机组凝汽泵电动机自由端南北水平振动高达5.8 mm/s，符合GB/ T6075.3—2001机械振动状态评价标准C区，不适合长期运行。在机组维护期间，冷凝水泵解体并进行了大修。投入运行时，电动机和泵的振动均属正常范畴，电动机自由端后续振动日益增加，自由端南北水平振动高达7.3 mm/s。经判断，不适合长期连续运行。研究发现，在振动分量中，工频占绝大部分，如图1所示。

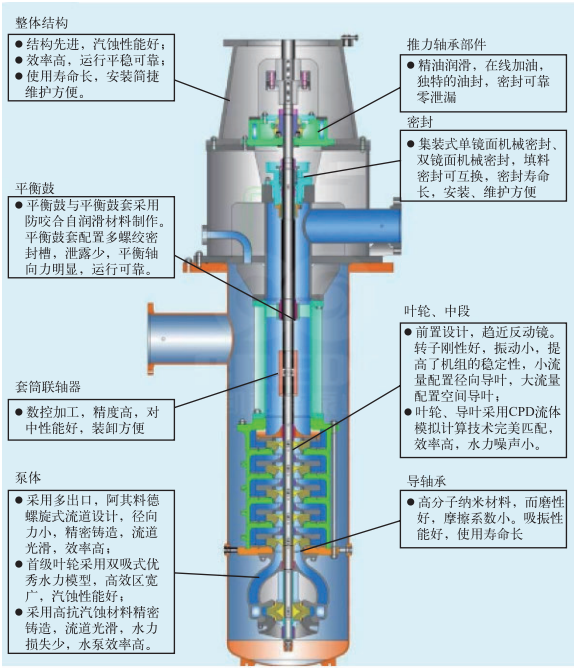

图1　立式凝结水泵结构图

2. 故障诊断

分析频谱得出：电动机自由端轴承振动无高频

分量，经现场检修和验看并配合轴承故障诊断仪测试，并未发现动摩擦和轴承故障。凝水泵轴承无异常振动，且电动机连接凝水泵轴承，由此可判断凝水泵无异常。考虑到工频部件频繁发生振动，初步认定电动机车轮运行两个月后可能出现不平衡，需要对电动机转子平衡进行纠正处理。另外，由于泵组为垂直结构，基础结构不牢，泵与电动机组合面水平度可能出现异常，是造成异常振动的原因之一。但无法将现有数据和频谱作为理论支撑依据，只能再次进行现场测试和测量以消除风险。电动机结构如图2所示。

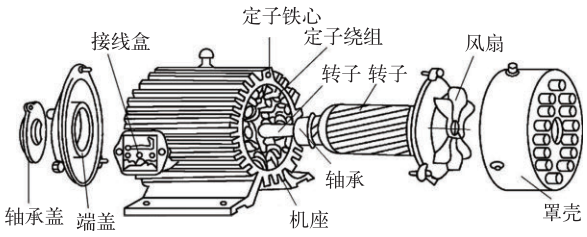

图2　电动机结构图

3. 振动处理

确定好问题方向后，相关维修人员对电动机转子开展了低速动平衡试验。经调整后，转子不平衡质量下降至2 G以下。组装后无须固定，直接进行了降压起动试验。试验旋转2 h，发现电动机各轴承振幅控制在20/μm以下。返厂后，在凝泵座上再次进行降压起动试验，振幅上升至180/μm，仍不符合相关标准，出现功率频值。

凝水泵的地脚螺栓松动，二次注浆筛孔未筛查出其他异常。维修人员再次加强基础刚度，在径向泵座壳内增加底板，再次试验转动，电动机自由端振动不明显，数值仍严重超标。泵座端面、南高北低水平度为0.15 mm/m，西高东低水平度为0.19 mm/m，超过了标准0.05 mm/m，但阀座架与转子端面同时向某一方向水平倾斜。考虑到泵架局部退化，故水平数据有些许偏差，与电动机振动的匹配度差，但泵座端面水平偏差不是电动机振动的直接原因。通过两次试验可以验证，电动机在泵底座上进行测试时，起动后电动机与泵底座的连接螺栓逐渐松动，发现电动机自由端振动未减小。在试验时，于平台接触面侧增加5 mm垫片，仍无振动变化，说明泵的基础刚度和泵基面水平度并非是引发电动机振动的直接原因。

对电动机和凝泵的连接对轮间隙进行检查，发现泵轴的扩张、伸长和电动机转子满足需求。单个测试的运动未连接到泵轴，电动机的自由端振动值超出了标准，深入分析，检修人员认为造成电动机振动的原因是因为电动机自身。因此，检修人员需判断是机械因素还是电磁因素引起。在生产中，常以断电法进行检查，也就是在电动机运转至工作转速后，突然切断电源，若此时的振动数值迅速下降，则是电磁原因；若振动值的降低与速度的降低没有区别，考虑是否为机械原因。

试验表明，在泵座单台进行断电试验时，自由端轴承幅值出现阶梯式大幅下降，证实电动机振动异常的直接原因可能为电磁因素引起。再次复查并作出相应处理如下：

1）绕组检查。以试灯检查，发现无接地故障；定值三相绕组电阻值检查：以万用表测量，无不平衡表现；定值绕组无短路或故障。

2）电源检查。电动机所用电源为6 kV，以6 kV电源试电动机测试三相电流，试转后，发现振动超标，提示不是受到电源的影响。

3）以四点法检查电动机转子的气隙，测量垂直和水平四个气隙，对四组16个数据进行测量后，取平均值，计算误差值低于5%，与电动机图样相关标准相符合。

经各项检查确认电动机定子无缺陷，判断电动机转子有异常，且无法以技术手段筛查出转子上铝排的微小裂缝，故而决定更换电动机转子。

第二次振动处理情况

1. 更换转子后的振动表现

维修人员更换电动机转子后，在试验台上再次进行降压起动试验。试验持续2 h，电动机各轴承振幅不超过20/μm。在凝水泵单次试验中，电动机自由端幅值为20/μm，但呈阶梯式上升。测量断电振动情况，电动机转速由1 500 r/min降低至1 435 r/min，跌幅在4.3%左右，但振动值由46/um跌落至4/um，跌幅为91.30%。具体如图3、图4所示。

2. 故障诊断

随着新转子的更新，在电动机试运转过程中，自由端轴承振动逐渐增高，温度相应增高。再次进行断电试验时，振动幅值仍出现大幅断崖式下降，

且电动机轴承温度升高。经维修人员验看后，否认润滑原因，认为轴负载异常或支承轴功率超负荷，电动机瞬时功率后，振动幅值迅速下降，异常振动与电动机磁力有密切的关系，分析中心称其根本原因是电动机磁场异常。

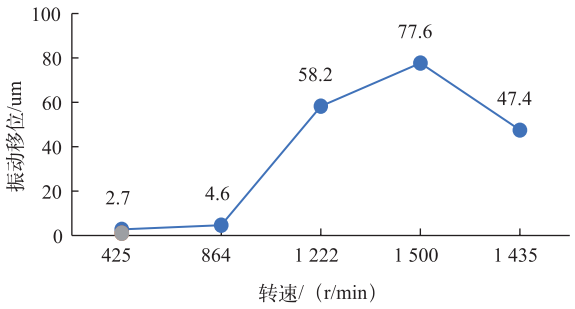

图3　自由端振动

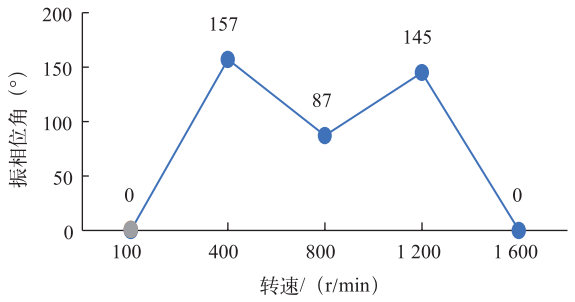

图4　振动相位

3. 故障处理

维修人员现场拆开电动机，执行转子铁心试验，发现定子铁心超标11 mm。在端盖内上轴承，垫片5 mm，可促使转子向下位移5 mm，促使转子和定子的铁心轴保持对称一致。在试验台试运行2 h后，测试后发现：电动机两端轴承振幅低于7/μm，上轴承温度在31 ℃左右。在泵座上单独测试电动机2 h，电动机两端轴承振幅均低于28/μm，振动状态良好。检查电动机和凝水泵副轮，测试重负荷，电动机轴承两端振幅在30/μm以下，自由端轴承温度在34 ℃，无异常。

结束语

本次检修中，以逐个排查法最终确定故障原因为电动机转子和磁场中心异常，并采取对应的检修方式，电动机异常振动得到有效修复。通过本次凝结水泵电动机振动故障的诊断和处理，为处理相关立式电动机振动故障奠定了基础，可合理节省维修成本，提高机组运行安全稳定性。虽然本次采用的方法可能具有一定个例性，但不失为一种处理电动机振动故障的检修思路，为电动机振动处理提供一些操作经验。EA

（收稿日期：2021.08.20）

（上接第38页）

两回带电时地线支架处感应电压值计算结果见表14，两回带电时地线支架处感应电压值为17.9 kV。

表14　两回带电时地线支架处感应电压值

H/m	*a*/m	感应电压/kV
27.0	15.10	17.884 9
30.0	16.18	17.872 8
33.0	17.26	17.863 0

结束语

针对500 kV紧凑型同塔双回垂直排列输电线路带电检修作业场强与感应电，开展了相关的理论分析和数值计算的工作，目前取得成果和结论总结如下：

1）等电位带电作业的场强最为严重，头顶最大场强达到了386 kV/m，超过了规程240 kV/m的限值，同时为了将屏蔽服内的场强限制在15 kV/m，要求屏蔽服的屏蔽效率达到29分贝或以上。

2）检修人员在中间电位作业与杆塔的具体参数关系不大，选取5SCZ1直线塔，假设研究人员距离导线的最小距离为3.2 m，体表最大场强计算结果为140.3 kV/m，在规程240 kV/m的限值以内。为了将屏蔽服内的场强限制在15 kV/m，要求屏蔽服的屏蔽效率达到20分贝或以上。

3）地电位作业人体的最大场强发生在塔头下回线路的A相和B相导线的上方处。在不同杆塔塔型的情况下，地电位作业最大场强均小于200 kV/m，直线塔的情况比转角塔的情况严重，但仍在规程240 kV/m的限值以内。为了将屏蔽服内的场强限制在15 kV/m，要求屏蔽服的屏蔽效率达到23分贝或以上。

4）在下回停电上回带电的情况下，最大的感应电压出现在位置靠近带电线路的A相和B相的停电线路上。类似的，在上回停电下回线路带电的情况下，最大的感应电压出现在位置靠近带电线路的C相的停电线路上。EA

（收稿日期：2021-04-27）