

运行与管理

取水泵房机组在运行中出现的问题及解决方法

范 骏¹, 邓 晓², 郑全兴³

(1. 江苏开放大学 信息与机电工程学院, 江苏 南京 210019; 2. 西南电力设计院有限公司, 四川 成都 610021; 3. 江苏长江水务股份有限公司, 江苏 扬州 225009)

摘 要: 扬州头桥水厂取水泵房一期安装了4台立式混流泵, 水泵机组供水规模为 $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 自2010年5月投产以来, 平均半年就要大修一次, 水泵在运行过程中表现为喘振、震动、噪声, 每次检修都要更换赛龙轴承。2015年3月开始对水泵叶片、基础、轴承等进行优化改造, 2016年4月改造完成。现在, 每台水泵连续运行时间超过了5 000 h, 运行平稳, 达到了预期的目的。

关键词: 取水泵房; 机组改造; 检修

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)08-0119-04

Operation of the Water Pump Station Unit: Problems and Solution

FAN Jun¹, DENG Xiao², ZHENG Quan-xing³

(1. School of Information Mechanical & Electrical Engineering, Jiangsu Open University, Nanjing 210019, China; 2. Southwest Electric Power Design Institute Co. Ltd., Chengdu 610021, China; 3. Jiangsu Yangtze River Water Co. Ltd., Yangzhou 225009, China)

Abstract: Four vertical mixed flow pumps with total designed water supply capacity of $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ were installed in the first phase of water intake pump station of Yangzhou Touqiao Waterworks. Since the pump station was put into operation in May 2010, it has undergone several overhauls, once half a year on average. During operation, the water pump was characterized by surge, vibration and noise, and it was necessary to replace the thordon bearing at every overhaul. The water pump blade, foundation and bearing were optimized and transformed since March 2015 until the project was completed in April 2016. Up to now, each pump has run smoothly for over 5 000 hours, so that the anticipated goal has been achieved.

Key words: water pump unit; unit transformation; overhaul

扬州第五水厂现已更名为扬州头桥水厂, 其取水泵房位于南水北调(东线)长江入口上游1.5 km处, 土建规模按远期设计为 $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用河床式取水, 两根自流管, 单根进水管长度分别为459、454 m, 管径均为DN1 800。泵房平面尺寸为19.90 m \times 22.86 m, 底板标高为-6.800 m, 泵房平台浇筑高度为6.820 m, 地砖平面标高为6.900 m, 排水口的中心标高为1.900 m, 高程为国家85高程, 泵房

有6个泵基坑。水泵机组按一期供水规模设计为 $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 安装了4台水泵, 其中2#、5#水泵基坑安装了2台水泵, 参数: $Q=4\ 556 \sim 5\ 850 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=100 \sim 150 \text{ kPa}$, $N=280 \text{ kW}$; 3#、4#水泵基坑安装了2台水泵, 参数: $Q=2\ 540 \sim 3\ 300 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=100 \sim 150 \text{ kPa}$, $N=160 \text{ kW}$ 。4台水泵采用了双壳体立式混流泵, 维修时可抽出转子部件而无需将整台水泵吊起。水泵为固定式叶片结构形式^[1]。

1 水泵运行存在问题分析

4台水泵自2010年5月投产供水以来,平均半年就大修一次,主要更换水润滑赛龙轴承,而且每台水泵5座轴承一次全部更换。2014年10月,由公司成立课题组,分析存在的问题,着手进行优化改造。2015年3月开始检修3台水泵,先拆装检修一台,安装调试,正常生产后再进行下一台改造。报废3#水泵,重新安装了一台与原参数相同的新泵。2016年4月完成改造。在依次改造过程中发现主要存在的问题如下:

1.1 5#水泵叶片大小不一

2015年—2016年5#水泵检修两次,第一次检修后,调试运行时噪声大,震动也大,分析可能是水泵叶轮转动不平衡所致。5#、6#水泵基坑在同一个流道,在6#水泵检修松开固定外壳螺栓,同时拆卸5#水泵吸水喇叭口时,看到5#水泵不锈钢叶轮凸显,而正常情况下看不到水泵叶轮。因为以前维修时可抽出转子部件而无需将整台水泵吊起,无需松开固定外壳螺栓,所以一直没有发现这个问题。

1.2 水泵基础存在问题

水泵基础存在的问题,一是由于泵房不均匀沉降,导致水泵底座平面不水平;二是4#水泵底座下面二次灌浆时没有填实。

泵房自投产以来没有进行沉降观测,每座水泵基坑尺寸为2.6 m×2.5 m,4台水泵底座平面一致向泵房的东北角倾斜,最大相差约2 mm,经测算东北角不均匀沉降约11 mm,导致泵轴与底座平面不垂直。由此产生的危害,一是泵轴的倾斜使机组的垂心发生变化,增大了离心惯性力,在运转时对推力轴承将产生周期性的不均匀负载,引起机组的振动;二是使主轴和导轴承四周间隙不均匀,恶化了导轴承的工作条件,使其运行受到影响;三是严重的可能引起固定部分和转动部分碰撞,导致机组不能正常运行。

1.3 导轴承磨损

由于水泵的泵轴较长,每根轴长为12.7 m,每台水泵安装了5座水润滑导轴承。

水润滑导轴承损坏的原因:①径向荷载过大,超过轴承承载能力;②轴承材料承载能力低;③轴向开槽截面小;④水中硬质沙粒嵌入轴承材料中,磨损轴颈,而表面被磨毛糙的轴颈反过来又进一步磨损轴承,形成恶性循环。

轴承磨损的原因:夏季长江水浊度较高,含沙量大,轴向槽截面偏小,水流轴向流动时不能有效排除嵌入轴承材料中的沙粒。

2 解决问题的对策

2.1 5#水泵叶轮重新加工

抽出转子部件,委托扬州某水泵厂检测,检测结果:不锈钢叶轮外径维度误差为4.8 mm,做平衡试验偏差为869 g。经车加工后,静平衡误差为130 g,动平衡误差为4.5 g。

2.2 水泵基础改造

依次拆除4台水泵机组,凿除基础混凝土,重新浇筑基础。泵房施工浇筑基础混凝土时,已预埋20 mm厚钢板,钢板宽为48 cm,清除预埋钢板上的砂浆,为焊接基础螺母做准备。螺栓的下螺母焊接在预埋钢板上,加工基础螺栓时有要求;螺栓直径 $\varnothing 36$ mm,长为425 mm,两头都带有螺纹,下螺母上大小,高为50 mm,呈圆锥形,便于与钢板焊接,而且牢固。

2.2.1 固定基础螺栓

用红外线经纬仪测定排出管套管中心线,在基础面上划出与现场相对应的水泵中心线,利用桥式起重机吊底座临时就位,确定基础螺栓的位置,固定基础螺栓时,为了防止基础螺栓与底座螺栓孔的偏移,先把螺栓插入底座上的孔内后旋上螺母,将底座吊起,对照好基础螺栓的位置在预埋钢板上点焊基础螺栓的下螺母,便于调整位置,紧固上螺母时,旋入到螺栓上的螺纹露出3~5圈为好,事先在底座螺栓孔与基础螺栓接触的外围部位缠绕以后便于拆除的纸或者胶带,以消除底座螺栓孔与基础螺栓之间的活动间隙,浇筑混凝土或二次灌浆时不影响螺纹。基础螺栓下螺母位置确定后,吊起水泵底座,焊接下螺母,焊满为止。

2.2.2 浇筑水泵基础

浇筑水泵基坑时,已预埋基础钢板,预埋钢板的标高为6.560 m,水泵排出口中心标高为1.900 m,基础标高为6.820 m。安装基准面确定后,第一次浇筑用普通混凝土基础,厚度为17 cm,混凝土强度不低于C30,为使混凝土和灰浆能够良好结合,要将原基础面粗糙化,同时要完全去除浮浆。

2.2.3 底座的安装

第一次浇筑混凝土基础后保养15 d,水泥已固化,靠近基础螺栓的两侧放置衬垫木模,木模尺寸为

240 mm × 50 mm × 100 mm,共32个,用无收缩灌浆料搅拌制作而成,衬垫成形后去除木模。衬垫是固定垫铁的基础,要保证衬垫完整。垫铁应尽可能靠近基础螺栓的两侧设置,并且设置时靠近底座内径以加大其自身承压面积,使其能够支撑底座。垫铁的尺寸为240 mm × 70 mm × 32 mm,把平行垫铁的上面水平调整到每1 m误差在5/100 mm以内,在衬垫固化过程中,调整其他平行垫铁,使其保持到同一高度,确定衬垫固化后,在临时垫铁上再次放置底座,然后在平行垫铁上面插入楔铁。吊起底座,初次安装在底座上面放置平尺,使用水平仪把水平调至每1 m误差在5/100 mm以内,并随时进行确认,同时钉入垫铁调整底座的高度,反复校正其水平,然后紧固基础螺栓,底座固定后,在底座与第一次浇筑的基础上进行第二次灌浆,灌浆采用特种水泥基灌浆料,这种材料以特种水泥作为结合剂,选用高强度材料为骨料,辅以高流态、微膨胀、防离析等物质配制而成,具有良好的流动性,微膨胀性,早强、高强度和抗油渗性能,一天强度最高可达30 MPa以上,同时确保底座下面不留间隙。

2.3 水润滑导轴承的优化改造^[2,3]

课题组委托同一家水泵厂对水润滑赛龙轴承进行了改造:一是将赛龙轴承材料合成树脂和合成橡胶的配比重重新进行调整;二是对轴向开槽也进行改造,轴向槽尺寸由原来的4 mm × 6 mm改为现在的10 mm × 10 mm。

① 重新调整后的赛龙材料比原来的柔软,韧性更好,在污浊、含沙和杂质质量大的环境下具有良好的耐磨性能,是专门为极度高浊的环境而设计的。这种改造后的水润滑赛龙轴承具有良好的耐腐蚀性,承载能力满足泵轴运转时径向荷载的要求,考虑到浸水后体积膨胀性,水膨胀会使轴承内径减缩,紧度增大,所以在设计安装水润滑赛龙轴承时必须考虑水膨胀的影响,在加工赛龙材料时,内径留有一定的余度。

② 为了保证轴承能够充分润滑与散热,往往需对水润滑轴承开轴向水槽,开槽的尺寸与水膜厚度有关系。开槽轴承由于水槽的存在,导致水槽处水膜无法形成,轴承表面的润滑区域出现间断区域,这个区域的分布位置和大小由水槽数目与宽度来决定。

轴承开槽后,对水膜的形成产生影响,同时,由

于水槽的存在使得轴承的承载力变大,这就要平衡槽宽与承载力的关系,通过计算确定开槽尺寸。

3 水泵安装

正式安装水泵之前,再次确认排水管的高度以协调方向。

3.1 水泵安装

① 在底座上横放专用支架,将解体的水泵吊下,此时专用支架之间用支撑螺栓固定。安装方向垂直于水泵的出口方向。将下外套管组件(包括吸入锥管、下外套管、中间套管)在专用支架上进行组装,然后组装上外套管及排出水管,组装一节吊起进入水泵井一节,全部组装完成后吊起整体水泵进入泵井。

② 起吊整套水泵外壳的组件,抽去支架,下落至水泵座上,调整整个组件的中心,复查各部件的连接螺栓,把水泵本体紧固到底座上,外壳按图纸要求固定在墙壁上。

③ 转动泵轴的安装,水泵转动轴套安装的赛龙轴承要编号,顺序不能有误,赛龙轴承安放在轴承支架上,轴承支架固定在水泵外壳上。支架的孔径下小而上大,水泵转动轴套就像截头的圆锥体,叶轮和下方的赛龙轴承刚好穿过支架,本位赛龙轴承就落座在本位支架上。

3.2 调心

电动机安装在架台上,应详细参照联轴器图纸施工,从而在水泵正式安装时能使膜片联轴器的膜片部件面之间的尺寸与图纸的指定值达到一致。在架台上面放置平尺,用水平仪把水平调至每1 m误差在5/100 mm以内,并随时进行确认,架台上面同时钉入垫铁,调整架台的高度,然后紧固基础螺栓。

在对水泵电动机调心时,先把膜片联轴器电动机侧的联轴器上的膜片拆除,将中间联轴器直接安装在电动机联轴器上,然后以中间联轴器的下侧部位和水泵侧的联轴器为基准进行确认。调整电动机上的4处机械螺栓,使千分尺读取的差值达到5/100 mm以内,轴心的偏移是千分尺所读取差值的一半。在读取千分尺数据时,手应该离开驱动轴以及联轴器。

泵轴安装时对轴承双边间隙等一些参数进行了检测,水泵安装和调心后,在试运行前对水泵的底座水平度和联轴器中心误差,检测数据见表1,满足国家现行相关规范要求。

表 1 水泵安装检测值

Tab. 1 Installation test value of water pump

mm

编号	底座水平				联轴器中心				轴承双 边间隙	泵轴总 窜动量	泵轴提 升量
	出水方向 0°	右 90°	后 180°	左 270°	出水方向 0°	右 90°	后 180°	左 270°			
2#	-0.01	0	-0.02	-0.01	0	0	0	0	0.45	11.8	5.6
3#	0.01	0	0	0.01	0	0	0	0.01	0.45	12.0	5.9
4#	0.01	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0.50	12.0	6.1
5#	0	0	-0.02	-0.01	0	0	0.01	0	0.45	12.5	6.2

4 结 论

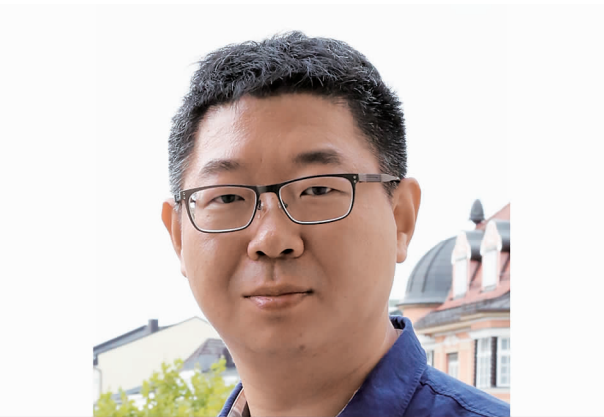
2016 年 4 月完成水泵的优化改造工作,自投产以来,水泵运行噪声很小,振动不超过现行国家机械行业标准《泵的振动测量与评价方法》(JB/T 8097—1999)振动烈度 C 级的规定。经过 2 个高温供水季节,每台水泵运行均已超过 5 000 h,运行平稳,状态良好,证明这次水泵改造达到了预期的目标,保障了安全供水。

参考文献:

[1] 周岩. 海水直流冷却系统中立式混流泵选型和防腐问题研究[J]. 给水排水,2012,38(9):101-104.
Zhou Yan. Probe into vertical mixed-flow pump selection and anticorrosion in the sea water direct-flow cooling system[J]. Water & Wastewater Engineering,2012,38(9): 101-104(in Chinese).

[2] 王优强,李鸿琦. 水润滑赛龙轴承及其润滑性能综述[J]. 润滑与密封,2003,(1):101-104.
Wang Youqiang,Li Hongqi. Characteristics and outline of the water-lubricated thordon bearings [J]. Lubrication Engineering,2003,(1):101-104(in Chinese).

[3] 毛福考,陈俐,陈万宏. 轴向槽对水润滑轴承承载能力的影响[J]. 广东造船,2016,35(4):42-44.
Mao Fukao,Chen Li,Chen Wanhong. Effect of axial water groove on load capacity of water-lubricated journal bearings based on COMSOL[J]. Guangdong Shipbuilding, 2016,35(4):42-44(in Chinese).



作者简介:范骏(1979-),男,江苏扬州人,硕士,讲师,研究方向为机械设备及过程控制。
E-mail:fan_jun@sohu.com
收稿日期:2017-09-07

像保护眼睛一样保护生态环境，
像对待生命一样对待生态环境