

# 南水北调台儿庄泵站机组大修实施浅析

仇勇 王晓辉

南水北调江苏泵站技术有限公司

**[摘要]** 本文介绍南水北调台儿庄泵站概况, 总结机组运行过程中存在的主要问题, 分析研究机组大修中机组解体、主机各部件维修及质量检验方法, 总结大型泵站机组大修质量控制措施, 希望为工程技术人员提供必要的参考。

**[关键词]** 南水北调; 台儿庄泵站; 机组大修

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2020.02.1871

南水北调是我国重要的战略性工程, 包括东线、中线、西线, 可为沿线河流实施生态补水, 并可减少地下水采集量, 有效解决沿线居民用水问题。南水北调东线一期工程共包含13个梯级泵站, 34座泵站, 共装机水泵160台, 装机功率达36.6万kW。泵站的安全稳定运行可影响调水任务的完成效果, 为此需定期进行泵站机组大修, 及时处理各类异常, 以确保南水北调工程发挥应有作用。

## 一、南水北调台儿庄泵站概况

台儿庄泵站处于南水北调东线工程范围内, 依据泵站分级标准属于第七级泵站, 是南水北调工程进入山东省内的首级泵站。台儿庄泵站于2005年12月开工建设, 2009年11月试运行达标, 2018年9月达到竣工验收标准, 其设计站下水位为20.56m, 站上水位为25.09m, 调水流量为125m<sup>3</sup>/s, 泵站设计扬程与平均扬程分别为4.53m、3.73m。台儿庄泵站内部共安装全调节立式轴流泵5台, 单机流量为31.25m<sup>3</sup>/s, 总装机容量为12000kW, 配套电机功率为2400kW。

## 二、南水北调台儿庄泵站机组存在的主要问题分析

为确保泵站安全稳定运行, 需在机组运行一定年限后进行全面系统的检查, 及时更新易损部件, 更换损坏部件, 修理磨损部件, 较长及调整机组摆渡、垂直度、同轴度、高程、间隙、中心等指标, 清除机组运行过程中存在的各类安全隐患, 确保各项技术指标均处于正常范围内。依据国家相关标准要求, 泵站主电机大修周期为3-8年, 机组传动机构、主水泵大修周期为3-5年, 为此工程技术人员需依据相关规定要求及时完成机组大修。南水北调台儿庄泵站1号主机组运行时间为10年, 符合大修周期要求, 且设备老化问题严重, 存在诸多安全隐患, 运行过程中摆渡、振动明显增大, 叶调机构可靠性及稳定性降低, 调节灵敏度下降, 设备密封元件老化严重, 存在渗漏等问题, 主机电绝缘结构老化, 需定期进行喷漆、干燥及清理。为有效解决上述问题, 需对机组实施大修<sup>[1]</sup>。

## 三、南水北调台儿庄泵站机组大修及质量检验方法分析

### (一) 机组解体处理方法

机组解体操作中, 工程技术人员需测定并准确记录空气间隙、导瓦间隙、叶片间隙、定转子磁场中心区域高层、摆渡、汽蚀、磨损等数据, 校验核对机组固定部件的高程, 并计算分析机组各项原始数据, 分析研究机组大修前运行状态是否存在异常, 进而确定后续维修及组装方案。工程技术人员于2018年8月对台儿庄泵站1号机组实施解体, 操作中遵循先外后内、先电机后水泵、先部件后零件的基本原则, 通过综合检查及测量, 确定机组存在的主要问题。

台儿庄泵站机组解体检查的具体情况如下, 第一, 原机组转动中心偏移、摆渡过大。第二, 机组电气修前试验项目包括定子绕组直流耐压试验、泄漏电流试验、绕组绝缘电阻与吸收比、绕组直流电阻等。第三, 机组固定部件高程校验及复核结果显示, 高程符合相关标准要求。第四, 机组运行过程中推力瓦温度偏高。第五, 机组主轴中两道轴颈存在严重磨损, 下轴挡区域轴颈锈蚀及偏磨问题严重, 磨损最大深度为1.85mm。上轴挡区域存在深度为2mm, 宽度为10mm的磨损构造。产生此类问题的主要原因为机组轴颈材料为铜合金, 耐磨性不佳, 硬度较低, 表面过于

粗糙, 需返厂加工处理<sup>[2]</sup>。

### (二) 主机组部件维修与质量检验

工程技术人员将推力瓦、推力头、定转子、叶轮室、叶片、镜板、水泵轴径作为维修的重点部件, 妥善完成部件耐压试验, 并对定转子干燥机实施绝缘处理, 完成维修后进行质量检验, 以确保维修质量达到标准要求。

主机组部件维修及质量检验的具体操作方案如下, 第一, 为解决主机组水泵轴颈严重磨损的问题, 需返厂加工轴承。生产常见依据图纸及材料特点, 对周颈部实施堆焊不锈钢加工处理。水导轴承返厂加工处理过程中依据厂家说明书标准确定加工尺寸, 使其与主轴轴径向匹配。同时, 反差加工处理过程中, 增加精面加工工序, 以提高测量结果的精确度。第二, 工程技术人员清理干燥主机组转子与电机定子, 并进行绝缘测试。主机组转子、定子除尘处理后需采用专用清洗剂实施清洗, 并利用直流电流法分别干燥转子与定子。转子干燥过程中需进行绝缘处理, 搭建转子专用烘房, 完成转子加热及除湿后需喷涂适量绝缘漆, 配合实施加热烘干。完成上述操作后需进行绝缘测试, 测试过程中需采取有效的保温措施, 确保绝缘电阻符合相关标准要求, 并喷涂适量专用绝缘漆。测试接触后对绝缘电阻实施复测, 结果显示且绝缘性能达到相关标准要求。第三, 重点部件耐压试验。工程技术人员对冷却器等部件实施压力试验, 试验过程中采用清水作为介质, 控制试验压力为0.4MPa, 维持压力30min未发现渗漏。第四, 瓦架、导瓦、推力瓦处理。原机组运行期间推力瓦温度偏高, 将其拆除后检查发现推力瓦表面磨损严重, 接触面受力不均匀, 偏磨问题突出。推力透镜板面存在不平量, 需将相关部件返厂处理, 上导瓦架也需实施返厂处理。返厂处理过程中, 技术人员增加进油口面积, 调节透平油循环, 研刮推力瓦与导瓦, 机组运行缺陷得到有效修复。

### (三) 主机组安装

主机组安装过程中, 需有效控制固定部位的高程与同心度, 控制转动部分轴线水平度、垂直度、摆渡, 妥善完成间接装配与调整。主机组安装过程中, 工程技术人员重点完成以下工作内容。第一, 妥善处理机组摆渡。拆除机组后, 检查结果显示机组摆渡偏大, 转动中心偏移总量过大, 机组运行过程中电机导轴承偏磨、水道轴承偏磨等问题突出。为此, 工程技术人员采取有效的措施调整机组轴线摆渡、转动中心摆渡、水平摆渡, 使摆渡数值符合标准要求。第二, 调节上架水平。以轴承座水平为基准控制上架水平, 使水平偏差低于0.02mm/m<sup>[3]</sup>。第三, 复核机组固定部分高程, 以便于叶片间隙、机组磁场中心高程的调整, 确保导叶体、上架、定子、上盖等固定部分高程达到相关标准要求。第四, 间隙的测定与调节。工程技术人员采用外径千分尺与专用塞尺测定转子、定子间存在的空气间隙尺寸, 测定机组磁场中心高度, 综合计算分析相关数据。同时, 依据摆渡测量结果及设计方案要求, 计算各瓦调整间隙, 配合采用塞尺及专用扳手测定上方与下方导轴瓦间隙。采用推轴法完成水导轴瓦间隙的测定, 准确安装水导轴瓦。完成上述操作后将抱轴千斤顶拆除, 主轴自由状态下安装叶轮室。选择0°方向测定调整叶轮外壳及叶

(下转第3285页)

减轻静止零部件与转动零部件的摩擦与碰撞,规避启动过程对转动轴的不利影响,减轻水泵机组运行状态下热量所致零部件变形等问题。第三,针对水泵机组中水润滑滑动轴承,需在启动过程中加入足量润滑水,出水后方可停止注水,不得干启动。第四,为有效控制水泵机组振动幅度,需利用测量分析设备动态监测水泵运行工作参数,及时处理各类异常,以确保水泵机组处于最佳运行状态<sup>[6]</sup>。

#### 四、泵站水泵机组振动处理实例分析

##### (一) 泵站水泵机组概况

某泵站为簸箕形进水流道,采用拍门断流及井筒出水的形式,泵站水泵机组运行过程中,3台水泵产生较大异响,异响具有周期性特点,泵房内部机组井筒盖存在震感,中间泵组振动强度高于两端泵组。技术人员吊出水泵机组后仔细观察,结果显示叶片迎水面存在较多凹点,推测认为该区域有涡产生,并伴有空化现象。

##### (二) 泵站水泵机组振动处理措施

针对该泵站水泵机组实际情况,技术人员将采取如下处理措施,并取得良好效果。第一,改造后壁距。该泵站水泵机组后壁面周边区域水流速度较低,后壁边缘区域存在回流、脱流等问题,流态紊乱等问题突出。为此,技术人员填充原有半圆面后壁,填充范围达到距离后壁1200mm。经上述处理后,进水流道水力损失显著减小,转轮与进水流道交界区域流速分布均匀,填充后半圆区域旋涡等问题消失,流态显著改善,但流道尾部存在的大面积旋涡仍未完全消失。第二,技术人员选择进水流道适宜区域增设隔离墩,其厚度为216mm,左端区域与转轮中心线距离为4300mm。处理后水流状态恢复平转,水流聚集于喇叭口区域,无

显著性回流等问题,侧壁脱流等问题得到不同程度改善,后壁区域未产生显著旋涡。第三,技术人员对隔离墩的长度与厚度进一步优化调整,使中间隔离墩厚度降低至116mm,并控制隔离墩的整体长度。将上述处理后,泵站水泵机组振动的问题得到显著改善,振动噪声低于80分贝,泵房内部无显著振动感。

##### 结语:

泵站水泵机组振动的原因包括支架与基础、电机、水泵叶轮、联轴器等,振动可对水泵机组的安全性稳定性产生较大影响,为此需采取有效的处理措施。针对泵站水泵机组产生振动的原因,需加强水泵机组设计制造监管,高质量完成安装及维护,规范完成水泵选型及操作,以有效降低振动发生率。

##### 参考文献:

- [1] 郑源, 佟晨光, 须伦根, 等. 基于小波包分析的水泵机组振动信号去噪[J]. 排灌机械, 2008, 26(6): 55-57, 62.
- [2] 黄澄, 朱雪明, 肖泽. 设备在线振动监测与故障分析诊断技术在大型水泵机组中的应用[J]. 给水排水, 2010, 36(5): 53-57.
- [3] 刘俊. 分析330MW火电机组立式凝结水泵振动大的故障与处理[J]. 数字化用户, 2019, 25(31): 221.
- [4] 董浩勤. 燃煤机组电动给水泵振动故障原因分析与整改措施[J]. 发电技术, 2019, 40(z1): 73-77.
- [5] 陈卫军. 火力发电厂330MW机组电动给水泵振动的分析和处理[J]. 科技与企业, 2013(16): 322-322.
- [6] 宋媛, 彭利鸿, 赖冠文, 等. 基于小波包和样本熵的水泵机组振动特征提取[J]. 中国农村水利水电, 2017(3): 146-152.

#### (上接第3283页)

片出水边、进水边、中心区域间隙。第五,调节转动参数。安装导轴瓦后,需测量调整转动轴线摆渡、中心、水平,使其满足安装标准要求。完成上述参数调整后,需测定空气与机组磁场中心间隙,依据测定结果适当调整。第六,电气试验。工程技术人员在完成大修后开展电气试验,具体项目包括绕组交流耐压试验、定子绕组直流耐压试验、泄漏电流、绕组直流电阻、绕组电阻及吸收比、定子绕组极性、电气外观及绝缘情况、定子绕组连接与接地情况等。电气试验结果显示,上述项目均符合标准要求,机组可试运行<sup>[4]</sup>。

#### 四、南水北调台儿庄泵站机组大修质量控制措施

##### (一) 组建机组大修团队

为确保台儿庄泵站机组大修质量,泵站组建大修团队,明确团队内部成员分工,并将检修管理、质量监督、指挥决策、安全管理等作为重点工作内容。同时,结合实际情况制定完善的大修计划,工作质量标准,并对工程技术人员进行培训教育,以提高其工作能力。

##### (二) 机组大修过程的质量控制

机组大修前,工程技术人员分析机组运行过程中参数变化情况,评估设备运行状态,并在解体前测定各项数据,整理收集动态数据与静态数据,妥善准备大修所需各类工具,以此来为机组大修营造有利条件。机组大修过程中,需加强机械部分质量控制,拆卸机组部件过程中需详细记录整理各类数据,分析可能存在的问题及问题成因。拆卸过程中需避免损坏或碰撞精密部件,完成拆卸后将部件摆放至安全位置,并妥善保管。同时,工程

技术人员需利用各种技术手段检测分析机组存在的问题,坚持应修尽修及修必修好的基本原则,及时更换或修复各类部件,关键部件处理后需进行多次质量检验,以确保处理效果达到相关标准要求。

##### (三) 试运行质量控制

机组复装后需进行试运行,工程技术人员需熟练掌握试运行的操作规范,准确评估机组性能,判断机组及附属设备是否符合运行标准要求。

##### 结语:

南水北调台儿庄泵站机组大修取得良好效果,工程技术人员准确把握大修的关键要素,科学制定大修方案,其成功经验值得借鉴。为有效监管水泵机组运行状态,需加强日常巡视检查及维护保养,及时处理各类问题,以确保水泵机组安全稳定运行。

##### 参考文献:

- [1] 邵明猛. 南水北调东线泵站机组站内叶片全调节优化研究[J]. 商品与质量, 2019(36): 76, 95.
- [2] 仇宝云, 冯晓莉, 袁寿其, 等. 南水北调东线工程梯级泵站机组变工况方式选择[J]. 水力发电学报, 2006, 25(3): 121-124, 129.
- [3] 赵伟民. 南水北调惠南庄泵站机组轴线调整方法的分析[J]. 工程技术研究, 2019, 4(21): 115-116.
- [4] 刘军, 黄海田, 刘丽君. 江苏南水北调一期工程泵站选用贯流泵机组的探讨[J]. 南水北调与水利科技, 2004, 2(5): 15-16.