

# 水利工程中泵站安装与调试施工技术研究

柯文涛 张友诚

阳新县富池电排站 湖北黄石 435299

DOI: 10.12238/ems.v7i11.16002

**[摘要]** 此次研究重点放在水利工程泵站的安装调试技术上, 联系实际工程状况, 针对设备安装时的精度控制、施工工艺的改善处理以及调试阶段各个参数的校核问题展开研究。通过对水泵、电机以及管路系统等主要部件的安装工艺进行细致分析, 利用 BIM 技术协同的施工计划以及动态监测的设计, 从而解决此前安装时经常出现的定位错误、密封性不足等问题。在调试过程中采取模拟及负载试验的方式, 对机组的振动情况、流量数据、扬程大小等关键指标实施即时监测并作出判断, 以保证它们能够符合既定的设计标准, 并且在整个时期里一直维持连续运转状态。经过实验所得到的结论表明这种办法确实能够在提升总体水平方面产生非常明显的成果效果, 在此领域中的技术改进具有非常积极的影响意义。

**[关键词]** 水利工程; 泵站安装; 调试技术; BIM 技术; 精度控制

## 引言

泵站属于水利工程的重要基础设施, 肩负着防洪排涝、农田灌溉、水资源调配等诸多功能, 安装质量和调试精准度直接关系到整个工程的状况。随着水利建设朝着大型化、智能化方向迈进, 传统的凭借经验的粗放型施工方式已经无法符合高精度和高效能的要求。近年来, 在南水北调、城市防洪这类大型工程里, 泵站设备的安装工艺标准一直在提高, 迫切需要依靠技术创新来完成施工流程的规范化和细致化操作。深入挖掘泵站安装和调试的技术体系, 可以优化水利工程质量, 也能为水资源的安全保障增添助力。

## 1. 泵站核心设备安装工艺

### 1.1 水泵机组安装技术

水泵机组是泵站工程的核心部分, 安装质量的好坏直接影响水泵机组全寿命周期内运行的可靠性。在基础施工环节, 建议使用 C40 无收缩灌浆料进行二次灌浆, 分层浇筑振捣密实, 使基础表面平整度误差控制在 0.5mm/m 以内。施工过程中要同步开展强度监测工作, 待基础强度达到设计强度的 85%且同条件试块抗压强度达标后方可进行设备定位安装。水泵轴线定位可以利用 TrimbleS9 全站仪结合极坐标法实施三维坐标放样, 保证进出口法兰面与管道中心线偏差不得超过 ±1mm。设备水平度用框式水平仪和精密水准仪联合检测, 偏差不能超过 0.1mm/m。叶轮装配之前, 要用精度等级为 G2.5 的高精度动平衡检测设备对叶轮执行动平衡校准, 消除质量偏心, 将剩余的不平衡量严格控制在 5g·mm 以内。装配完毕之

后, 采用手动盘车的方式来查看运转情况, 务必不让卡滞或者异响等情况发生。

### 1.2 电机与轴系对中工艺

电机和水泵轴系的对中是否准确是消除机组振动的关键。传统的百分表对中存在着操作繁琐、容易产生人为误差等缺点, 本研究使用 LeicaAT960 激光对中仪进行改进, 该设备具有 ±0.001mm 的测量精度, 能够实时读取径向和轴向偏差。通过调节不锈钢垫片 (厚度为 0.05~2mm, 公差为 ±0.02mm) 达到动态对中的效果, 并且要求联轴器法兰端面平行度不超过 0.05mm/m, 径向位移小于 0.03mm。当对中完成后, 使用智能扭矩扳手按照十字交叉的方式拧紧螺栓, 然后通过传感器检测预紧力, 使偏差保持在设计值正负 5%之内, 最后使用防松标记法防止螺栓松动。

### 1.3 管路系统安装与密封技术

管路系统安装按压力管道施工规范, 焊接工艺采用氩电联焊, 打底焊采用钨极氩弧焊, 保证根部熔透性, 填充和盖面采用电弧焊, 提高效率。焊接前进行工艺评定, 焊接完成后进行 X 射线探伤 (RT) 和超声波探伤 (UT) 双探伤, 保证焊缝无损检验合格率 100%, 且控制焊接变形量 ≤3mm/m。法兰连接时, 使用液压扭矩扳手按照“十字对称法”, 分三次对螺栓进行预紧力, 每次递增 30%, 用千分表观察, 保证法兰面平行度偏差 ≤0.2mm, 垫片压缩量在设计值的 25%-30%。密封性能测试采用气密性检测, 试验压力设为工作压力的 1.15 倍, 而且要维持 30 分钟, 要求压降小于 0.02MPa。利用超声

波检漏装置对疑似泄漏处开展初步判断,针对细小的泄漏点,依靠着色渗透检测技术来进行精确识别与修理。

## 2. 施工精度控制与监测技术

### 2.1 三维扫描与BIM协同施工

基于BIM技术的施工精度管控体系包含三维建模、施工仿真、实时监控这三大核心部分。依靠Revit软件创建泵站全专业三维模型,精度达LOD400标准,把设备参数、管道分布、土建结构等全部信息融入进去。借助Navisworks软件执行4D施工模拟,把BIM模型同进度计划联系起来,利用碰撞检测功能,重点针对管线交叉、设备安装空间冲突等情况,保证检测覆盖率高于95%。实际施工期间,采用FAROFocusS70三维激光扫描仪做精确度达正负0.1毫米的测量,依靠点云数据同BIM模型开展动态比较分析,一旦出现偏差超出预定范围就自动形成偏差报告,并且传送给管理层的终端设备。

### 2.2 激光测量与误差修正

对于传统测量方式效率低下、精度不足的问题,提出“激光跟踪+数据反馈”闭环控制策略。在水泵基座处设置3个固定测量控制点,利用GNSS-RTK技术建立平面精度 $\pm 0.5\text{mm}$ 、高程精度 $\pm 1\text{mm}$ 的施工基准网。设备安装时,每隔2小时用LeicaAT960激光跟踪仪测取水泵水平度、电机轴线偏差等关键参数,并用卡尔曼滤波算法对误差进行动态补偿,自动调整支座垫片厚度,精确控制螺栓预紧力,确保累计误差 $\leq 0.1\text{mm}$ 。

### 2.3 焊接变形控制技术

管路焊接变形控制,从很多技术方案开始。在焊前,要对碳钢管材执行局部预热,用到电加热装置加红外测温仪,将预热温度调控至150摄氏度至200摄氏度的区间范围,预热范围做到焊缝两侧各100毫米。焊接时,提倡采用多层多道焊法,每层焊道厚度不要超出2到3毫米,层间温度也要维持在80到120摄氏度。针对大型管件,可以采用对称焊接法,先做纵向焊缝,再做环向焊缝,还要联手刚性约束手段来限制变形,把总变形量控制在设计允许值的80%以内。

## 3. 泵站调试技术与参数校验

### 3.1 空载试运行调试

空载试运行是评价设备安装质量的重要部分,要按照标准的程序来实施。在开始试运行前,要用5000V兆欧表检测电机的绝缘情况,首先开启接线端子,继而去除外部表层,

随后开展兆欧表的短路与开路试验检测。检测时将L端接到绕组上,E端接地壳体,用120r/min的速度摇动,如果1分钟后数值小于 $500\text{M}\Omega$ ,就要用热风干燥或者铁损烘干法来处理。

润滑系统油循环冲洗前,先检查油位及油质状况,再按需加入合适的润滑油。开启油泵之后,连续运转24小时,此期间每隔4小时按照NAS1638油液洁净度标准判定油液的洁净程度,并且要让油压处在0.2到0.3MPa,从而考察管路的密封情况以及过滤器是否被堵塞。

电磁流量计显示冷却系统流量超过设计值的90%,就要全面检查管路布置情况和冷却塔工作状况,把供水温度控制在30到40摄氏度范围内。开启流程按“控制柜通电—辅助设备开启—电机点动试验—开始运转”顺序来进行,送电前要检查电源参数和开关状态,在辅助系统开始工作以后还要继续观察设备动态表现。用频闪仪检测电机转动方向,在1到2秒内就可以作出判断,如果方向不对就要改变相序设置。连续运行2个小时,用振动和测温仪器每隔15分钟记录一次轴承温度(不大于75摄氏度)、振动速度(不大于4.5毫米每秒)以及电流值(不能超出额定电流的30%),确保各项指标均符合GB/T50275-2010这个标准的要求。要是出现不正常的现象就要立刻停止下来解决问题然后再做一遍。

### 3.2 负载测试与性能验证

本研究用改变电动调节阀开度来模拟50%到120%的设计工况范围,开始实验之前会校准测试设备以保证数据准确无误。流量检测用到的是多普勒超声波流量计,得安装在符合上游直管段长度至少10倍于管径、下游直管段长度至少5倍于管径的地方,而且不能接近焊缝或者阀门。扬程测量时把压力传感器放在水泵进出水管上,靠数据采集系统记录压力变化,算出进出口压力差就能得到扬程数值,这个数值的精确度要控制在正负2%以内,流量误差应控制在正负5%以内。效率评价采用输入—输出法,分别测出电机输入功率和水泵实际输出功率,后者可以借助流量和扬程来推导得出。在50%到120%设计流量区间内按每10%为一个梯度取样,在每个工况条件下连续运转30分钟后才开始采集参数,最后形成机组效率曲线图,高效区域(大于等于85%)里包含目标工况的80%以上。

振动和噪声监测系统大多依靠三轴加速度传感器和高精

度声级计来获取数据。三轴加速度传感器靠磁性支架装在水泵轴承座上,声级计放在距离设备1米远、高度为1.2米的地方,用来量A声级。在额定工况下,轴承振动速度得少于2.8mm/s,机组噪声也要维持在85dB(A)之内,符合GB10069.3-2008标准。要是检测数值超出限值范围,就得赶紧看机组的对中情况、轴承间隙和叶轮的平衡情况,再做对应的调整。

### 3.3 故障诊断与优化调整

故障诊断系统开发过程中要调试形成多源数据融合架构,这样才能明显提升设备故障检测准确度和反应速度。振动频谱分析依靠BentlyNevada3500监测系统展开,要想保障数据采集可靠度,就得定时对该系统开展校准。完成振动信号采集之后,用预处理技术加FFT变换获得重要特征参数。要是1倍频振幅超出正常范围的200%,则表明是叶轮不平衡故障,这种现象大概由叶轮磨损、叶片沉积物堆积或者安装误差造成,最好是借助专门仪器对叶轮状态评定并实施平衡调整;当2倍频分量占比超过30%时,这就表明轴系存在不对称情况,务必重新校准轴系位置。

针对电机润滑油的铁谱分析,借助在线式铁谱仪按照周期性去搜集油样样本,一旦磨粒浓度超出100ppm或者出现异常大尺寸颗粒,就要立即停下机器查看轴承损伤情况,并用拆卸检修办法全面评定滚道和滚动体的磨损程度,必要时替换受损部分,这样才能确保设备安全运行。

就叶轮气蚀问题而言,用CFD仿真技术对叶片型线开展优化设计,先构建叶轮的三维几何模型,再合理设定边界条件,接着实施数值模拟分析,深入探究气蚀现象产生的具体位置及产生原因。通过改变叶片进口安装角度或者增添前置诱导轮等方式,有效地改良气蚀余量(NPSH),使其超过设计标准的110%。当参数被优化以后,在实际设备上执行试验检测,全方位考察气蚀改良的效果,保障机组安全稳定地运行。

### 4. 工程实例应用

本研究以某大型灌溉泵站工程(设计流量 $50\text{m}^3/\text{s}$ ,扬程18m)为例,选用4台3500ZLB-70型轴流泵,配1600kW同步电机进行系统设计,所提的安装与调试技术方案在项目中得以应用,施工工期为180天,比传统工艺节省约25天。

从施工质量评价的角度来看,水泵机组的水平度偏差为

0.08mm/m,电机轴系的对中误差控制在0.02mm左右,管道系统的焊接合格率达到98.5%。调试完成之后,在额定工况下,设备的流量达到 $49.8\text{m}^3/\text{s}$ ,扬程达到17.8m,综合效率达到89.2%,超出预期。长时间运行监测表明,可以连续运行6个月不出现问题,轴承的温度一直保持在 $65^\circ\text{C}$ 上下,振动速度数值稳定在3.2mm/s,整体表现尚可。

技术应用之后效益明显:施工成本减少,用BIM技术把材料浪费缩减了12%;运维费用下降,设备故障率减少15%,每年维修费用省了8万元;能源利用率变高,机组运行效能增强3%,年节约用电量达12万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ,电费大概要花掉6.8万元。

### 5. 结论

围绕水利工程泵站安装与调试技术来展开研究工作,将重点放在核心设备安装工艺改良、施工质量与检测技术改进、调试参数校验、故障诊断这些方面,创建起技术框架体系。通过在工程项目上执行验证后显示,能加快泵站施工进度并提升安装精准度,极大地改善了设备运行期间出现故障的可能性,明显改进了能源使用效能,存在显著的经济收益和社会效果,为水利工程泵站创建给予必要的技术支持,有益于推进国内水利工程项目中的技术创新进程。展望未来,智能、数字技术不断发展,水利工程泵站安装和调试技术朝着更精确、更好性能、更新颖的方向前进,必须深入这方面理论与实际方面的探寻。

### [参考文献]

- [1]尚晓君,张宇,刘红伟,等.基于信息化的水利工程泵站机组健康管理研究[J].四川水利,2024,45(06):139-142.
- [2]施江峰,黄桂平,姚斌,等.水利工程泵站建设中施工管理措施研究[J].水上安全,2024,(22):145-147.
- [3]杨慧鹰.简析水利泵站中泵站建设的施工质量管理[J].中华建设,2023,(05):64-66.
- [4]施冷恒.水利工程中泵站机电设备安装和检修措施研究[J].内蒙古水利,2023,(01):74-75.
- [5]杨风乐.水利工程泵站机电设备的规范化安装与检修[J].居舍,2020,(10):52.