

# 大型立式水泵机组安装关键技术

田 忠

中国水利水电第九工程局有限公司 贵州 遵义 550008

**摘 要:** 大型水泵机组具有扬程高、流量大、轴系长的特点, 安装难度大, 安装精度要求高, 且机组安装是泵站安装中最核心的施工, 是关系工程能否正常发挥效益的关键, 本文以山西小浪底引黄工程地下泵站3#~6#机组安装为例, 重点论述总结其安装工艺、施工难点以及质量控制方法, 对其它类似工程机组安装具有借鉴意义。

**关键词:** 水泵、电动机、安装、质量控制

## Key technology for the installation of large-scale vertical water pump unit

Tian Zhong

Sinohydro Ninth Engineering Bureau Co., LTD., Guizhou Zunyi 550008

**Abstract:** The large water pump unit has the characteristics of high elevation, large flow, long shaft system. It is difficult to install and requires high installation accuracy, and the unit installation is the core construction in the installation of the pump station, which is the key to the normal performance of the project. This paper to Shanxi Xiaolangdi Yellow Diversion engineering underground pump station 3 # ~6 # unit installation as an example, focuses on the summary of the installation process, construction difficulties and quality control method. It has reference significance for other similar engineering unit installation.

**Key words:** water pump, motor, installation, quality control

### 引言

山西省小浪底引黄工程是山西大电网“两纵十横”中第九横的骨干性大型引调水工程, 也是省重点工程。工程由引水干线、灌区工程、城镇和工业供水工程三部分组成。工程设计年总供水量2.47亿 $m^3$ , 其中农业灌溉1.16亿 $m^3$ , 工业和城镇生活供水1.16亿 $m^3$ , 生态用水0.15亿 $m^3$ , 设计引水流量20 $m^3/s$ , 设计灌溉面积63.58万亩。

### 1 工程概况

引水干线工程由1#引水隧洞、地下泵站、2#输水隧洞、板涧河水库组成。其中地下泵站二期安装4台水泵电动机机组(3#~6#), 水泵为单吸两级立式蜗壳式离心泵, 单机设计流量5 $m^3/s$ , 设计扬程236m, 配套电动机为立式同步电动机, 功率15.5MW, 600rpm。水泵和电动机采用柔性连接, 水泵轴通过中间轴和联轴器直接与电动机轴连接。

水泵为整体吊装, 出厂前组装完成, 厂家运输至施工现场由我方负责卸车开箱检查以及保管和整体安装。

### 2 安装前准备工作

机组安装前必须确保中拆行车可以正常使用; 熟悉图纸以及设备随机资料; 编制合理可行的施工方案, 以及详细的作业指导书; 做好现场人员施工技术交底工作, 特别是工长和小组长, 交底过程中突出所有安装难点和质量控制点; 安

装过程中所有测量工作做好记录。

### 3 水泵安装

#### 3.1 水泵基础安装

水泵基础环为分瓣结构, 安装前进行基础板预装配, 检查水泵基础环平整度及变形情况以及复核尺寸, 如不符合图纸要求, 应校正后方可进行下一步工序<sup>[1]</sup>。

根据确定的基础中心及轴线, 在安装间组装好基础环, 紧固基础环连接螺栓, 满足要求后, 用厂房桥机将基础环从吊物孔吊运至210高程水机室平台上, 吊车脱钩退出, 使用中拆行车运输至安装位置, 再用桥机起吊配合安装, 对照图纸调整使中心、高程及轴线满足设计要求后进行加固, 加固完成后检查各部位尺寸, 检查符合设计要求后采用彩条布及胶带对加工结合面进行保护, 然后移交土建进行二期混凝土浇筑, 混凝土强度满足要求后可进行后续工序。

#### 3.2 肘管安装

肘管安装前做好高程、轴线、中心测量与放样, 采用线锤吊线和水平仪高程测量配合, 确保肘管中心轴线与肘管安装中心轴线重合。

在204高程地面布置运输台车轨道, 在肘管方向安装吊具梁, 吊具梁主要用于肘管运输、安装及调整, 安装在210高程楼板底面。

安装时先用主厂房桥机把肘管首节从吊物孔吊至204高程运输台车上,运输至肘管安装轴线位置,再通过吊具梁起吊至安装位置,调整并进行支撑固定,再用同工序依次安装肘管中间节及第三节(马蹄管),调整时控制高程、轴线、里程坐标做好记录,全部调整满足设计要求后支撑固定。肘管节间采用法兰连接连接,保证法兰螺栓紧固后止水密封性满足设计要求。

### 3.3 扩散段安装

检查并记录扩散段基座和现有的管接口中心、高程、轴线,然后根据基础环的测量控制点安装吊具梁,吊具梁中心与水泵基础中心重合并作记录,吊具梁安装于219高程楼板底部,采用化学螺栓锚固。

吊具量安装完成后将扩散段钢管整体采用桥机从吊物孔吊装至210高程台车上,并运输至吊具梁中心位置,通过吊具梁将扩散段吊至安装位置,放置在基座上,根据图纸对齐扩散段钢管,调整切割后与工作球阀进水侧钢管焊接连接,焊接完成后将扩散段与基座固定,按要求做好安装过程中各项检查并记录,最后移除吊具梁。

### 3.4 水泵安装

#### 3.4.1 水泵吊装

厂房桥式起重机起升高度不足,导致不能实现翻身工作,水泵体积大、重量约70吨,通过分析并结合现场条件,可采用200t吊车与厂房桥机配合进行翻身,水泵翻身通过厂房桥机将水泵(含翻身架)放置在6#电动机机坑内,移除水泵翻身架。翻身完成后吊车退场。

#### 3.4.2 水泵安装

拆除中拆行车中间节轨道,通过桥机将水泵吊装至210高程运输台车上,将手拉葫芦一端挂在运输台车上,另一端挂在预埋牵引基础装置上,缓慢将水泵牵引到水泵机组中心,再通过桥机主钩吊起水泵,将运输台车移除后降落水泵,缓慢将水泵落入基础环上,调整后紧固基础螺栓,完成后恢复中拆行车中间节轨道。水泵就位完成,对水泵各部位进行质量检查验收,所有连接螺栓紧固拉伸力符合设计要求,移交土建进行扩散段及蜗壳基础进行二期混凝土浇筑<sup>[2]</sup>。

## 4 电动机安装

主要工作有定子、转子吊装及试验,主轴、推力轴承和导轴承、上、下机架、滑环与电刷、引出线、机座埋件和基础以及附属设备、盘柜、管路。电动机采用一段轴结构。设有2个导轴承和1个推力轴承。

### 4.1 下机架安装

下机架安装前应对机架整体进行清扫与尺寸检查,以及复核预埋基础板中心及高程。

下机架的预装可在水泵基础环安装后进行。此时以水泵基础环中心为基准对下机架进行中心调整,其偏差 $\leq 1\text{mm}$ ,以水泵基础环为基准对下机架进行高程调整,其偏差 $\leq \pm 1.5\text{mm}$ ;在下机架四个轴线方向进行水平测量,其偏

差 $\leq 0.1\text{mm/m}$ <sup>[3]</sup>。

下机架预装符合要求后,进行下机架基础螺栓钻孔固定并进行二期混凝土浇筑,在混凝土强度达到要求后,复测下机架中心、高程、水平,合格后吊出机坑。待水泵部件吊装完成后,再正式安装,过程同预装。

下机架安装符合要求后,进行制动器的安装及制动管路的装配。制动器安装前应进行分解、清扫、检查,并按要求进行严密性耐压试验,持续30min其压力下降不应超过3%。制动系统管路严密性耐压试验持续30min无渗漏现象。制动器顶面安装高程偏差,不应超过 $\pm 1\text{mm}$ ,与转子制动环的间隙偏差,应控制在设计值的 $\pm 20\%$ 范围内。

### 4.2 定子安装

定子吊入机坑前先在铁芯处划出水平等高线及铁芯平均中心线,并测量该水平等高线与铁芯平均中心线的距离。

定子进行安装时,在靠近机座的基础支墩位置布置千斤顶,用水准仪测量定子铁芯水平等高线高程,使标记的水平等高线在要求的高程上,调整合格后将定子重量转移至调整楔形板上,打紧楔形板,重新检查定子水平及高程。

当定子中心、高程调整符合要求后,便可二期混凝土浇筑,待混凝土强度达到要求后,对称紧固基础螺栓,完成后复查定子的中心、高程。定子铁芯与水泵中心的同心度决定定子安装质量,直接影响电机空气间隙和水泵止漏环间隙的均匀程度,决定着机组摆度、振动的大小。因此该项工序必须严格把关。

### 4.3 上机架安装

按照设计方位将上机架吊至定子机座上。以下机架中心为基准挂钢琴线,调整上机架中心,偏差在1mm以内,上机架的中心测量部位为上机架中心体下镗口内壁或上镗口内壁。上机架高程以水泵主轴上法兰面为基准,测量部位为抗重螺栓中心线或上镗口法兰顶面,高程偏差应 $\leq \pm 1.5\text{mm}$ ;高程、水平不符合要求时,配刨下基础板厚度来保证上机架水平、高程。上机架中心、高程、水平合格后将上下基础板与定子点焊,再次检查中心、高程,确认合格后,进行上下基础板的满焊,焊接时编制焊接顺序图,严格按焊接顺序图施焊,直到满足要求为止。上机架安装符合要求后,安装加固上机架支臂的支撑基础埋件。

### 4.4 转子安装

转子吊装前先将每块闸板调到同高程,其偏差应 $\leq \pm 1\text{mm}$ ,高程应满足转子吊入后比设计安装高程高4~8mm,同时考虑转子重量加上后下机架的下沉量。调整好后将制动器锁定好。

使用专用吊具进行转子的吊装。在转子吊装过程中应缓慢平稳,在吊入机坑前须进行找正,并用合适的木条插入空气间隙处,在转子下落的过程中随时抽动木条,根据木条的松紧度对转子中心进行调整,以免转子和定子发生碰撞而损坏。当转子落到风闸上后,对空气间隙进行检

查,看其是否大致均匀,如果偏差较大,则应重新进行调整,使其大致均匀。

#### 4.5 推力头安装

推力头安装前,应按要求安装镜板。镜板安装好后,将镜板涂抹透平油并用塑料薄膜进行遮盖。推力头采用电炉加热,加热时将推力头用千斤顶支撑,在推力头与千斤顶之间用石棉纸垫隔热,推力头表面覆盖石棉布保温,推力头温度不超过100℃为宜。当推力头内孔膨胀量达到要求后,撤出电炉和石棉布,吊起推力头,用框式水平仪找平,水平偏差控制在0.15~0.20mm/m以内。套装时键和键槽要准确对位,以防相互碰撞损坏配合面。套装好后,待温度降至室温时,装上卡环,用塞尺检查卡环的轴向间隙应符合要求。推力头套装符合要求后,即可进行推力头与镜板的连接,之后将转子重量转移至推力轴承上<sup>[4]</sup>。

### 5 机组总装

#### 5.1 中间轴安装

电机主轴与水泵主轴连接时,检查对正定位螺孔,符合要求后穿入连接螺栓。对称均匀紧固四个定位螺栓,经塞尺检查两法兰面结合处无间隙后,再初紧其余螺栓,当各螺栓预紧力基本一致后,按照要求对联轴螺栓进行拉伸紧固,并用0.02mm塞尺检查法兰组合面间隙,符合要求后,将螺母锁定。

#### 5.2 机组盘车、轴线调整

机组盘车视情况可采用机械盘车或电动盘车。通过盘车

确认机组轴线满足要求后,根据各部轴承处的摆度值,计算出需要调整的瓦间隙,然后对各部轴承间隙进行调整。

#### 5.3 各部导轴承安装:

根据盘车计算出各轴承处的摆度值,对各部轴承轴瓦间隙进行调整,并进行其它部件的安装。

#### 5.4 机组附件安装:

按照设计要求对机组各附件进行安装。

### 6 结束语

小浪底引黄工程地下泵站3#~6#水泵为整体到货,无法利用座环中心为基准进行机组中心调整,现场安装时通过水泵基础环中心和水泵主轴上法兰面来作为基准进行中心调整,机组轴系长(水泵主轴长度4454mm,电动机主轴长度6925mm,中间轴长3841mm),对安装提出更高的要求,现场通过布置多个基准点进行组网,缩小放样工作距离,对误差来源进行消除或减弱,最终累计误差在允许范围内,满足规范设备安装要求。

### 参考文献

- [1]SL400-2007,水利水电工程金属结构与机电设备安装安全技术规程[S].北京:中国水利水电出版社,2007(3):18-19
- [2]张正禄.工程测量学[M].武汉大学出版社,2005(2):25-26
- [3]周隽,余成江,杜伟.大型设备安装基准点高精度放样技术[J].施工技术.2017,12(46):1410-1413.
- [4]马罗扣,申林.大型水利泵站机电设备安装与检修措施分析[J].江苏科技信息,2018,35(22):46-48.