

冶勒水电站立轴冲击式机组安装程序

赵显忠¹,程云山²,覃国茂¹

(1. 中国水利水电第七工程局机电安装分局,四川 彭山 620860; 2. 河海大学水利水电工程学院,江苏 南京 210098)

摘要 介绍冶勒水电站机组埋设部件、机组固定部分和机组转动部分的安装流程,用图表和文字的形式着重介绍各个埋设部件的安装顺序、方法和注意事项,阐述了机组安装基准的确定、中心的确定、高程的确定和圆度的调整方法。该电站机组经过近 1 年的运行,各项参数指标正常,表明机电安装质量优良。

关键词 冲击式水轮机组安装;安装流程;冶勒水电站

中图分类号 TK735 **文献标识码** B **文章编号** 1006-7647(2006)S2-0059-04

冶勒水电站为 6 喷嘴立轴冲击式机组,电站总装机容量 $2 \times 120 \text{ MW}$,其水轮机单机最大出力 136 MW ,设计最大水头 644.8 m ,额定转速 375 r/min ,额定流量 $23.62 \text{ m}^3/\text{s}$,转轮最大直径 3.346 m ,射流切圆直径 2.6 m ,有 21 个水斗。发电机为悬吊式结构形式,上机架为承重机架,推力轴承采用无支柱螺栓刚性支承。冲击式机组安装流程如图 1 所示,冲击式机组结构如图 2 所示。

1 埋件安装及中心确定

冶勒水电站水轮机埋件安装工作包括基础板和锚环的安装、平水栅的组装和安装、转轮室下部中间部分组装和安装、配水环管安装、配水环管打压试验、转轮室上部组装和安装、中心锥体安装、管路等附件安装、混凝土浇筑中的保压、机坑里衬组装和安装。其中重点控制的部位为配水环管安装与调整,以及焊接变形的控制、中心锥体的安装调整。预埋部件安装流程为平水栅安装—下部、中部转轮室安装—基础混凝土浇筑—配水环管安装—上部转轮室安装—混凝土浇筑—中心锥体安装—机坑里衬安装—混凝土浇筑。

1.1 平水栅基础及轨道安装

安装质量要求以平水栅轨道顶部高程 $2\,002.20 \text{ m}$ 进行控制,允许误差 $\pm 3 \text{ mm}$,中心以平水栅的支腿和中间轨道的圆圈中心进行控制,允许误差 $\pm 5 \text{ mm}$ 。先由测量人员放出机组 X、Y 轴线,基准

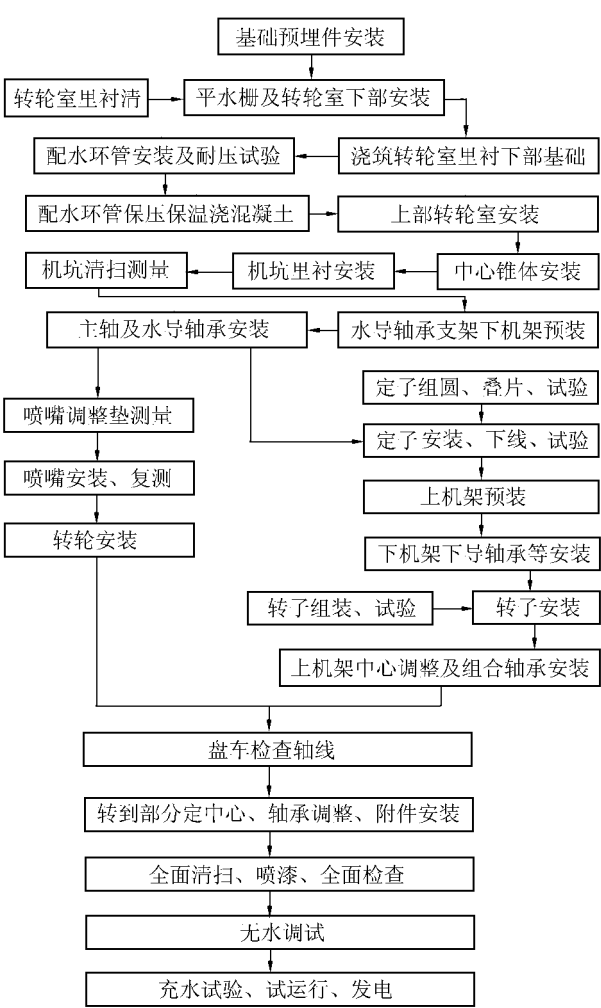
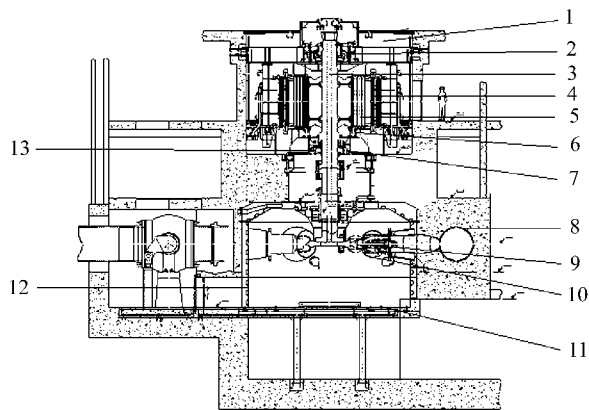


图 1 冶勒水电站冲击式机组安装流程

作者简介 赵显忠(1962—),男,重庆永川人,高级工程师,从事机电安装工作。
本文中“配水环管打压试验”已经申请国家实用新型专利(专利号 200620069460.0)



1-上机架;2-上导轴承;3-发电机大轴;4-定子;5-转子;
6-风闸;7-联结法兰;8-配水环管;9-喷嘴;10-转轮;
11-平水栅;12-转轮室里衬;13-推力轴承

图2 冶勒水电站结构总图

高程点,并设标志于混凝土面不易破坏的部位,确定平水栅的基础板方位及高程,然后安装平水栅的4条支腿和平水栅框架。该基准应方便其他埋件安装时使用。调整方法为:先高程、后中心,最后复核高程和水平。调整结束后与预埋基础进行加固,并点焊调整螺栓。

1.2 下部、中部转轮室安装

质量要求:高程(2 006.326 m)控制允许误差 ± 3 mm,圆度允许误差 ± 5 mm 即 $|R_i - R_o| < 5$ mm ($R_o = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_i) / i$),转轮室设计尺寸内径 $R = 4\,079$ mm,各合缝错牙不大于2 mm,方位偏差小于或等于50 mm。以平水栅安装的中心基准进行转轮室测量点线的布置,测量点线于机组上游、下游、左、右4个90°方向,放线高程比转轮室上口稍高,将细齿锯条的锯齿磨薄,在线架上准确地锯出小口,布置 $\varnothing 0.25$ 钢琴线,挂适当重物拉紧。调整定位顺序为先高程再方位中心,然后复核上口高程和水平波浪度,以及转轮室相对于机组中心线的圆度。

1.3 配水环管安装

配水环管安装是埋件安装过程中的一个重点,其安装质量直接关系到机组最终的安装质量,配水环管法兰面应控制各点的高程、中心距、间距(即三维坐标值)以及法兰面的垂直度。配水环管分4节运输到工地现场。其安装技术要求如下:配水环管设计中心高程误差不得超过 ± 2 mm,中心误差不得超过 ± 3 mm。两喷嘴法兰间距误差不得超过 ± 3 mm,法兰垂直度最大不得超过 ± 2 mm,连接合缝内部错牙不超过2 mm。喷嘴相邻两法兰间距设计尺寸为3 412.3 mm,喷嘴法兰面到机组中心为3 412.3 mm。在喷嘴正式安装前采用加工调整垫的方式对配水环管安装误差进行调整。配水环管安装的测量基准线包括:

a. 进水口法兰调整基准线2条,1条与配水环

管进水口法兰面平行的平行线用以检查法兰面到机组X轴线的距离、法兰面与轴线的平行度及法兰面的高程;1条纵轴线用以检查进口法兰到机组Y轴线的距离偏差,保证与今后球阀的安装、压力钢管的安装在同一轴线。

b. 机组的X、Y轴线:于转轮室内壁焊4个线架,测量并布置机组钢琴线,该线用以检查每个喷嘴法兰到机组中心的距离,定位每个喷嘴法兰的X值和Y值。

c. 法兰的垂直度检查线:每个法兰的垂直度用线锤检查,在法兰左右分别布置两个线锤,以保证法兰面的垂直。

d. 机组中心线:于平水栅正中间制作塔型支撑架,高6 m、顶部400 mm×400 mm,4根立柱要避开机组的X和Y轴线。中心线布置于支撑架上,用以测量喷嘴法兰到机组中心的距离。

e. 喷嘴法兰平面的中心点。在每个喷嘴法兰内的同一平面上焊接1个角钢或6 mm钢板,找出法兰的中心点(O点)并做好标志。该点作为调整测量的基准点。调整时先调第1节,同时调第3、第2节,两条合缝焊接,最后进行第4节的调整和焊接。调整顺序为先高程,再调整机组的中心距,然后调相互的间距,最后调整法兰的垂直度。配水环管安装完成后按要求进行压力试验并进行保压混凝土浇筑,待中锥安装完成后,需要以中锥为基准安装主轴,然后以主轴为基准采用假喷嘴测量确定喷嘴调整垫的加工尺寸,确保最终喷嘴的安装质量。

1.4 上部转轮室安装

技术要求组装内口圆度 $\delta_D \leq 4$ mm ($\delta_D = |D_i - D_o|$),合缝错牙小于或等于2 mm;高程误差不超过 ± 3 mm,中心误差不超过2 mm ($R = |R_i - R_o|$),与中部、下部转轮室的同轴度误差不超过3 mm,水平小于1 mm/m。安装中注意喷嘴测量安装时吊具要安装在上部转轮室内部,各尺寸要求做到精益求精。配水环管安装完成后,先将机组轴线升高到转轮室上方,调整上部转轮室方位、中心及其与中部和下部转轮室的同轴度。合格后对中、上转轮室对接焊缝进行焊接。

1.5 中心锥体安装

因为中心锥体与水导轴承支撑面相连,因此中心锥体的中心水平调整至关重要。技术要求:高程误差不超过 ± 2 mm,中心误差不超过0.50 mm,水平最大误差不超过0.04 mm/m。在安装间调整中心锥体法兰与中心锥体下部与主轴密封面同在一个中心,误差小于0.10 mm。用32颗M27的螺栓连接中心体法兰与中心锥体,然后整体进行中心锥体安装。

对中心锥体的中心调整应根据已经安装完成的配水环管 6 个喷嘴法兰的中心进行调整。先调整其方位,再用 4 个支腿上的调整螺栓(M24)调整其高程、水平,用内径千分尺、耳机测量调整中心高程 2007.013 m(轴承支撑面)。当方位、中心、高程、水平平均调好后,对中心锥体与上部机座的环缝进行点焊,焊长约 50 mm,间隔 600 mm。点焊时应监视以上参数不发生变化,拧松支腿上的调整螺栓。中心锥体安装焊接完成之后,中心锥体的中心就成了配水环管调整垫加工调整的基准,并且该中心也成了机组安装的中心基准,而且后续机组安装的中心以安装后的中心锥体为基准。

1.6 机坑里衬的安装

机坑里衬上口内径为 4 100 mm。拼装圆度要求 $\delta_D \leq 10 \text{ mm} (\delta_D = |D_i - D_o|)$,合缝错牙不大于 2 mm;安装高程误差不超过 $\pm 5 \text{ mm}$,中心误差不超过 $\pm 5 \text{ mm}$,方位误差小于 $30'$ 。机坑里衬上口的安装高程设计值为 2009.710 m,上口内径 3 600 mm,下口内径 4 100 mm。对机坑里衬中心的调整以安装完成的中锥中心为基准进行调整。

2 机组部件的安装及中心确定

2.1 水导轴承支架及下机架预装

如果工期紧张,特别是定子需要现场组装的时候,为避免定子组装工期对整个施工工期的影响,可以先进行下机架的预装,定子以预装过的下机架为基准进行调整。视工期和设备的情况也可以下机架和定子进行预装。冶勒水电站采用下机架与水导轴承支架同时预装的方式。首先清扫机坑工作面,先按照图纸方位将组装成整体的水导瓦与水导支架及下机架吊装就位,采用钢琴线和重锤配合球心器挂出机组的中心线,然后利用耳机和内径千分尺对大轴密封工作面进行中心确认,误差要求在 $\pm 0.05 \text{ mm}$ 以内,然后以此钢琴线为基准采用耳机和内径千分尺仔细检查水导轴承筒式瓦的上、中、下 3 个断面的半径尺寸,中心要求偏差不得超过 0.04 mm。合乎要求后开始对水导轴承支撑和上部转轮室中心体的支架组合面进行配钻销钉定位。

对于下机架的预装,必须先将下机架的 4 个基础与机架通过连接螺栓及径向方向的定位柱销连接成一个整体,掉入机坑后,利用均布在机架周向上 4 对楔子板先初调下机架高程、水平,然后以水导瓦与水导支架相同的中心为基准调整下机架的中心,最后通过中心、高程、水平的联合调整以达到厂家要求。然后对机架基础进行加固,再复测机架的水平、中心、高程,待混凝土回填且保养期过后,松开机架

的基础螺栓,将下机架吊出机坑。待下机架与水导轴承支架预装完成后,将其分别吊出机坑,进行下一步主轴与水导轴承的安装。在主轴吊入机坑后进行下导轴承的正式安装。

2.2 水轮机主轴与水导轴承的安装

由于喷嘴的测量安装需要以安装定位后的主轴进行测量及中心确定,机组正式回装的第 1 个部件为水轮机主轴。由于水导轴承采用整体筒式瓦结构形式,主轴与水导轴承必须整体吊入机坑。主轴和水导轴承转动油盆在安装间组装后,整体吊入机坑,用支撑架固定,然后调整主轴的高程、中心和垂直度,中心以水导瓦架为准(并在中心体大轴密封处复测检查),垂直度要求小于或等于 0.05 mm/m (测量法兰的水平),垂直度满足要求后,于主轴上、下端用支撑和楔子将其定位。然后进行喷嘴的测量、安装等,轴承的回装和轴承间隙分配在盘车之后,根据轴线情况进行调整。

2.3 喷嘴法兰测量及喷嘴安装

水轮机主轴安装定位后,对水机部分可以进行喷嘴调整垫的测量加工,对发电机部分可以进行定子、转子、上下机架等安装工作。因厂家在设计中考考虑配水环管在浇筑混凝土时可能会引起配水环管法兰的变化,因此在配水环管法兰与喷嘴法兰之间配有 70 mm 厚的调整垫板,在安装喷嘴前,以安装好的大轴下法兰为基准通过厂家提供的假喷嘴进行中心、高程的测量,然后现场加工调整垫板来调整喷嘴水平面和垂直面的位置,以实现喷嘴与转轮斗叶的对中,各转轮节圆相切以及控制喷嘴与转轮水斗的距离。各喷嘴的相互间距靠配水环管法兰的间距来保证,喷嘴安装时不做调整。安装好测量工具后,利用测杆配合千分尺进行测量(如图 3 所示)。测量控制要求中心 $B = (1\,166 \pm 1) \text{ mm}$,喷嘴中心高程 $A = 2005.20 \text{ m} \pm 1 \text{ mm}$ 即 A ,与转轮节圆距离 $C = 1\,625 \pm 2 \text{ mm}$ 。喷嘴的安装调整如图 3 所示。

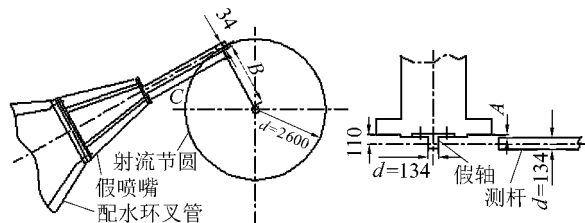


图 3 喷嘴的安装(单位:mm)

2.4 定子安装

冶勒水电站定子安装以预装过的下机架为基准进行中心调整,定子高程及中心的调整至关重要,关系到机组的最终安装质量。调整时首先进行定子高程调整,然后进行定子中心调整,对定子中心调整采

用对上、下两个端面各 12 个点进行检查,检查合格后拧紧定子基础螺栓,浇筑二期混凝土,浇筑过程中监测定子变形情况。水导轴承为筒式瓦结构,转子吊入后对中心的调整量很小,因此定子的中心调整要求达到空气间隙的 3%。

2.5 上机架及推力轴承的预装与正式安装

冶勒水电站发电机为悬吊式机组,上机架位于定子上方。待定子安装混凝土完成后开始上机架与推力轴承的预装。将在安装间组装、焊接为整体的上机架吊入定子上环板上基础板,利用安装完成的下机架为基准进行调整。首先进行上机架的高程和水平的调整,由于冶勒水电站的推力轴承位于上机架内部,为悬吊式结构,且推力轴承结构形式为刚性支柱式推力轴承,所以上机架的高程直接影响着最终喷针与转轮斗叶的中心偏差,安装时需要考虑所有转动部件的实际制造尺寸和转动重量转移至推力轴承上以后的挠度,ALSTOM 厂家给出的挠度值为 2 ~ 3.5 mm,1 号机实测的上机架挠度变形为 2.9 mm。水轮机喷针尖部的高程与转轮斗叶的高程误差要求在 ± 1 mm 以内,以减小水力不平衡因素对机组稳定运行的影响。高程与水平的检查都是以上机架推力轴承油槽底部为基准。当高程与水平调整合格后,即开始采用与定子调整中心一样的方法进行上机架的中心调整,以预装过的下机架为基准确定机组中心线,上机架的中心调整对挡油圈进行上、下两个端面的检查。上机架预装完成后,进行推力轴承预装,推力轴承受力检查合格且高程、水平和中心合格后,拧紧上机架与定子环板的连接螺栓,开始对上机架与定子环板配钻 16 个 $\varnothing 40$ 的锥销钉,并架设 X 和 Y 方向的百分表对上机架进行监测。销钉配钻完成后复测所有尺寸,然后将上机架吊出机坑,进行转子安装调整工作。转子吊入以后进行上机架的正式安装及各轴承的组装、调整工作。

2.6 转子吊装

当发电机转子吊入机坑,并参照水轮机大轴法兰调整中心和两法兰的平行度之后,进行两法兰的连接,并对连接螺栓采用液压拉伸器进行拉伸长。转子与定子的空气间隙为 25 mm,因为水导轴承为筒式瓦结构形式,而且单边间隙为 0.25 mm,所以对定子与转子空气间隙的可调整量不大,因此在预装定子与上机架的时候必须仔细地调整中心。

2.7 机组盘车

该机组设计有高压油顶起装置系统,因此盘车方式选择为手动盘车。根据盘车数据对轴线进行处理和导轴瓦间隙调整。水轮机导轴承为筒式瓦结构形式,转子空气间隙的精度远低于水导瓦间隙。转动部分按照盘车数据确定水导轴承中心,然后对上导轴承平均分配瓦间隙,下导轴承根据盘车数据确定。盘车过程中用百分表监测大轴的位置。对冲击式机组在盘车完成后,应对喷针射流中心与转轮的中心线误差进行校核,防止水力不平衡因素对机组的影响。

3 结 语

冶勒水电站已经于 2005 年 10 月建成发电,经过启动试运行和 72 h 不间断运行,测得机组各项安装技术指标均满足法国 ALSTOM 的验收标准,并同时达到我国国家标准,机组运行稳定可靠。冶勒水电站是我国第 1 次引进 6 喷嘴冲击式机组,其机组机电安装程序和调试调整方法可以为今后同类型机组机电安装提供宝贵的经验。

参考文献:

[1] 陈造奎. 水力机组安装与检修[M]. 北京: 中国水利水电出版社. 出版年不详.
[2] 刘大恺. 水轮机[M]. 北京: 中国水利水电出版社.

(收稿日期 2006-07-06 编辑 高建群)

· 简讯 ·

中国高等学校电力系统及其自动化专业第 22 届学术年会召开

中国高等学校电力系统及其自动化专业第 22 届学术年会于 2006 年 10 月 12 ~ 14 日在河海大学举行。会议就以下专题进行交流和研讨 ①电力系统规划与可靠性 ;②电力系统稳态分析与控制 ;③电力系统暂态分析与控制 ;④高压直流输电及灵活交流输电技术 ;⑤能量管理系统及配电网自动化 ;⑥电力系统继电保护 ;⑦电力系统自动化及运动技术 ;⑧电力设备监测与故障诊断 ;⑨人工智能在电力系统中的应用 ;⑩电力市场 ;⑪理论电工 ;⑫教学研究。

(本刊编辑部供稿)