

# 灯泡贯流式机组关键部位安装质量控制技术

丛熙航

中国水利水电第一工程局有限公司

DOI:10.12238/jpm.v2i4.4396

**[摘要]** 温寨航电枢纽工程发电厂房安装2台13.5MW灯泡贯流式水轮发电机组,总装机容量为27MW。本文主要阐述贯流式机组关键部位安装控制技术,通过对发电组合轴承和水轮机径向轴承间隙控制,使发电机受力能够有效传达到双支点、双悬臂的主轴位置,避免因接触部位承载能力差而失稳;同时为充分发挥基础埋件传递力和支撑的作用,对尾水管里衬、管型座、导水机构吊装以及混凝土浇筑引起的尾水管里衬、管型座变形问题的施工和控制变形工艺进行研究;最后本文对机组中重大部件安装技术进行了描述,采取有效的精度控制措施,减小了对周围部件的扰动。温寨航电枢纽工程机组的成功运行,是对本项成果的充分肯定。

**[关键词]** 灯泡贯流式; 水轮发电机组; 安装

**中图分类号:** TM923.3 **文献标识码:** A

## Quality Control Technology for Installation of Key Parts of Bulb Tubular Hydroelectric Generator Units

Xihang Cong

Sinohydro Bureau 1 Co., Ltd

**[Abstract]** Two 13.5 MW bulb tubular hydroelectric generator units with a total installed capacity of 27MW are installed in the power house of Wenzhai navigation power junction project. This paper mainly expounds the installation control technology of key parts of tubular unit. Through the gap control of generator combined bearing and hydraulic turbine radial bearing, the force of generator can be effectively transmitted to the main shaft position of double fulcrum and double cantilever, so as to avoid instability due to poor bearing capacity of contact parts. At the same time, in order to give full play to the role of transmission force and support of foundation embedded parts, the construction and deformation control technology of the deformation of draft tube liner and tubular seat caused by the hoisting of draft tube liner, tubular seat and water guide mechanism and concrete pouring are studied. Finally, this paper describes the installation technology of major components in the unit, and takes effective accuracy control measures to reduce the disturbance to the surrounding components. The successful operation of the unit of Wenzhai navigation power hub project is a full affirmation of this achievement.

**[Key words]** bulb tubular; hydroelectric generator units; install

### 前言

温寨航电枢纽工程位于贵州省黔东南州从江县境内,是都柳江12个梯级开发方案中的第7个梯级。上游与永福电站尾水衔接,下游与郎洞航电枢纽正常蓄水位衔接。温寨航电枢纽工程开发任务是以航运为主、结合发电,通航建筑物按IV级船闸设计和建设,最大通过船舶吨级为500t级,发电厂房安装2台13.5MW灯

泡贯流式水轮发电机组,总装机容量为27MW。

### 1 灯泡贯流式机组安装控制要点

灯泡贯流式机组具有双支点、双悬臂的主轴为主要受力点的特点,对发电组合轴承与水轮机径向轴承间隙控制要求较高。

尾水管里衬、管型座作为基础埋件

为灯泡贯流式机组重要组成部分,其安装质量对机组其他部件的安装和使用质量有很大影响,尤其是管型座,在整个机组中发挥传递力和支撑的作用,因此尾水管里衬、管型座的安装中心、高程、水平以及其法兰面的平面度和垂直度等控制尤为重要。

机组流道盖板作为流道密封的关键部件,其基础预埋的要求较高,为保证其

密封性以及为保证其他附属设备安装质量的要求,应严格要求安装时的水平度、高程及中心。

## 2 灯泡贯流式机组安装质量控制技术

### 2.1 发电机组轴承和水轮机径向轴承间隙调整控制

#### 2.1.1 推力轴承安装

吊装推力环,注意上下瓣装配记号,止口处涂润滑脂。检查推力环上下组合和主轴配合面是否清洁和有毛刺高点等。合拢组合面,打入表面涂有一层极薄黄油(或其它润滑剂)的销钉。调整组合面无错牙,将组合螺栓对称地从外侧至内侧分2-3次均匀拧紧,螺栓应达到设计的伸长值。

用0.05mm塞尺检查组合面后,外侧应无间隙。用样板尺检查工作面接触处应平整,错牙值应不大于0.02mm,且按机组转动方向检查,后一块应低于前一块,否则用研磨膏和金相砂纸修磨成一斜面。

检查推力环与主轴轴线垂直,用内径千分尺测其与主轴法兰面间的距离,偏差不得超过0.05mm。

对要求研刮正反推力瓦时应按在推力环正式组装前按规定要求进行。推力环工作面应无划痕,锈斑,否则用研磨剂研磨。

在安装场将清扫干净的轴承壳和轴瓦,不允许残留铁屑和杂物,并用压缩空气检查正确和畅通,用丝堵和盖板堵上孔口。配合尺寸要符合图纸和要求。

轴承壳(连轴瓦)水平放置,安装反推力相罩环(托板),用塞尺按与轴瓦之间隙调整位置,使其间隙大致相等,环分半面与轴承壳分半面一致。

轴承壳直立放置,按制造厂规定的轴瓦编号和顺序安装反向推力瓦安装后检查推力瓦能在一定范围内摆动自如但不能被取下。

推力轴承壳在大轴处进行组合,先将壳下部用方木支撑,后吊上部壳组合面无高点,杂物,按图加以密封,要求密封条高出两端组合面。槽底0.5-1mm,靠内侧涂耐油的密封胶。定位后组合螺栓按要求分次均匀紧固至设计值。

装上合适的推力轴承壳与大轴间隙的填隙环后,采取密封措施防止灰尘污物进入轴承内,一般除对出入口采取封堵外还要用塑料薄膜将其整体包起来。

#### 2.1.2 径向轴承安装

径向轴瓦组装前,检查轴瓦合金瓦面质量及其与轴颈的接触情况,轴瓦与轴颈的接触角一般为60°,沿轴瓦长度应全部接触且每平方米应有1~3个接触点。

在清理干净的主轴轴颈上热喷润滑脂和透平油的混合液,将轴瓦下半部分吊放在主轴的相应部位,用千斤顶或其它工具顶起下半部分轴瓦,使瓦面紧贴轴颈,起吊轴瓦的上半部分并与下半部分轴瓦组合。组合时,用螺尾锥销定位找正来调整组合面的错牙,把紧组合螺栓后,测量检查组合面的错牙和间隙,各测量值应满足要求。

轴瓦组装合格后,松开轴瓦顶起工具,用长塞尺检查轴瓦与轴颈的总间隙,调整轴瓦的位置,使上下游端轴瓦左右间隙相等(左右间隙相差不大于0.05mm),顶部间隙为0,底部间隙应在设计总间隙之间。否则应重新刮瓦,直至满足接触点要求和轴瓦间隙要求。

发电机组轴承及水轮机径向轴承作为整个机组运行的支撑点,且轴承间隙对机组运行的振动值有很大影响,通过对轴承依据设计值研刮方法的研究,来保证轴承优良的间隙值。

### 2.2 尾水管里衬、管型座、导水机构吊装变形控制

根据安装特点,在尾水管里衬、管型座安装过程中时间较长,吊装物件的时间较长,在大型设备长时间的吊装过程中设备难免产生变形,尤其是如果法兰面产生变形这对设备后期安装造成较大的影响,因此,需要对吊装设备进行支撑加固以保证设备在长时间吊装、安装过程中不产生明显变形。

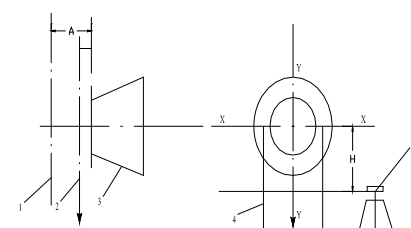
为了防止导水机构吊装过程中,导叶内外环发生相对位移和变形,根据实际情况自备必要的支撑将导叶内环与导叶外环进行径向支撑固定和轴向支撑固

定。支撑要牢固可靠,要能够防止导水机构变形。另外,控制环和导叶都需要在导水机构翻身前固定可靠。

#### 2.2.1 尾水管拼装

根据施工现场场地的限制,将尾水管逐瓣吊入安装机坑位置,进行分段分瓣进行拼装。利用25T汽车吊配合载重汽车将尾水管安装部件分节运输至安装位置,利用30T门机首先将尾水管下游侧分节的下半部分(以下简称段II下)吊至尾水管安装基础支墩上,初步调整此瓣尾水管安装的中心位置和标高,然后利用锚筋、螺旋套与事先预埋完成的锚杆对此尾水管进行初步的紧固拉紧。下一步将尾水管下游侧分节的上半部分(以下简称段II上)利用土建30T门机吊至初步安装的尾水管“段II下”进行对接拼装,用连接螺栓紧固号使用拉紧器将“段II上”进行稳固。在根据图纸要求对尾水管下游侧段进行圆度的调整,调整合格后对此节尾水管纵缝进行点焊,在此过程中保证尾水管圆度符合要求。在运用同样的方式将尾水管上游侧段进行拼装固定,待对圆度进行复核合格后,对此段尾水管纵缝进行点焊。再通过拉紧器和管子千斤顶对尾水管上游侧段和下游侧段的管口中心、方位、标高至要求范围内以及对接环缝的圆度、直径以及之间的错牙进行整体的调整,符合要求后进行环缝的点焊,并焊接各拉筋,采用分段对称焊接法焊接两段尾水管之间的环缝,在焊接过程中注意监视上游管口尺寸及位置的变化情况,随时调整焊接方法和顺序。

尾水管组装成整体后测量调整上游管口圆度、中心、方位和标高,见图1。



1—转轮中心线 2—测量控制线  
3—尾水管 4—钢卷尺 5—水准仪  
图1 尾水管里衬测量示意图

表1 首节尾水管管口安装要求

序号	测量位置	设计值(mm)	允许偏差(mm)	备注
1	机组中心线与厂房中心线差	1#: 0+045.62 2#: 0+58.60	±3.0	见水轮机安装作业指导书
2	管口法兰至转轮中心距离	1780	±2.5	GB/T8564-2003
3	高程	209.7	±2.0	GB/T8564-2003
4	法兰面垂直平面度	\	1.0	GB/T8564-2003
5	管口法兰最大与最小直径差	\	4.0	GB/T8564-2003

表2 管型座安装控制指标

序号	测量位置	设计值(mm)	允许偏差(mm)	备注
1	管型座法兰面垂直度与基准面的平行度	\	1.0 0.6	见水轮机安装作业指导书
2	方位及高程	209.7	±3.0	GB/T8564-2003
3	法兰面与转轮中心线距离	\	±2.5	GB/T8564-2003
4	最大尺寸法兰面垂直平面度	\	1.0	GB/T8564-2003
5	圆度	\	1.5	GB/T8564-2003
6	下游侧内、外法兰面间的距离	550	1.0	GB/T8564-2003
7	流道盖板竖井孔中心及位置(框架中心线与设计中心线偏差)	\	±3.0	GB/T8564-2003
8	基础框架高程	215.355	±5.0	GB/T8564-2003
9	基础框架四角高差	\	5.0	GB/T8564-2003

尾水管各环缝焊接后再进行整体调整,用全站仪及水平仪测量尾水管里衬的中心、高程、里程以及运用钢琴线对尾水管法兰面的垂直度和扭曲度进行测量监控,使之符合厂家的标准及水轮发电机组安装技术规范国家标准的要求。全面调整完毕后首节尾水管管口安装标准,见表1。

### 2.2.2管型座拼装及安装

根据施工现场场地,我部需利用坝顶门机与主厂房桥机和电动平车配合将管型座内外壳体及上下立柱分部吊入安装间,分瓣进行拼装。①下立柱吊装就位,用基础螺栓初步稳固,进行下立柱中心和高程初步调整后加固;②管型座外壳体下瓣吊至安装支墩上,利用螺旋套等拉紧部件进行调整加固;③管型座内壳体下瓣吊至安装支墩上,利用管子千斤顶进行临时加固,并与下立柱上端面对接口进行调整焊接;④管型座内壳体上瓣吊装,对内壳体下瓣进行组合面对接并用螺栓连接,调整后将连接螺栓紧固;⑤上立柱的吊装,上立柱调整后与内壳

体对接焊缝进行焊接;⑥管型座外壳体上瓣吊装,利用螺栓扣及管子千斤顶对外壳体进行稳固调整使其与外壳体下瓣组合面对接符合要求;⑦管型座上下立柱对接焊缝做MT(磁粉探伤)、UT(超声波探伤);MT检查按JB/T6061-2007 II级执行;UT检查按JB/T11345-2013 B级执行。

### 2.2.3管形座调整

①管形座调整,按以下步骤进行中心测量用经纬仪测量,将经纬仪立在尾水管,按基准中心线测量内壳体及外壳体法兰面上厂家的Y-Y线中心标记,调整用千斤顶拉紧器等使中心符合厂家要求;高程以测放的中心高程为基准,测量内壳及外壳体下游法兰面组合缝处X-X线;法兰面里程以测放的里程为基准,用钢卷尺测量;法兰面波浪度测量将经纬仪立在测量基准线上正倒镜4次测得综合值,中心、方位、高程、法兰面波浪度均要满足厂家要求和规范要求,内壳调整借助于支撑柱处的油压千斤顶及支柱调整螺栓,楔字板,专用支墩等工具进行,每次调整均记录中心、标高、法兰面

位置等数值。前锥体调整用调整钢管、中心定位工具及调整螺栓等工具进行。法兰面的垂直度和平面度可用经纬仪或拉钢琴线的方法测量。②调整完毕即进行支撑、加固件的焊接固定,焊接固定时注意控制变形,同时监测管形座法兰面的变化。随后进行框架的安装及与基础的加固。

### 2.2.4流道盖板及框架的吊装

①流道盖板框架现场组装机合缝螺栓的连接紧固;②利用现场支架和手拉葫芦将框架存放至安装支墩上,并进行框架安装中心、高程的初步调整;③调整完成验收合格的流道盖板框架进行加固支撑,保证安装的精度;④流道盖板框架基础螺栓的安装以及护板的安装及点焊;⑤流道盖板框架安装尺寸复核,交付土建单位进行二期混凝土浇筑。

管型座及流道盖板和框架安装完成后,用全站仪及水平仪测量管型座的中心、高程、里程以及运用钢琴线对管型座法兰面的垂直度和扭曲度、流道盖板框架的安装中心及高程等数据进行测量,使之符合厂家的标准及水轮发电机组安装技术规范国家标准的要求。全面调整完毕后管型座应达到表2要求。

### 2.3机组中重大部件吊装方法

安装吊装用的轴承支架,并在轴承端盖与轴颈之间塞入软铜片,将轴承相对主轴固定,确保主轴在吊装过程中轴承装配不旋转不滑动。根据主轴吊装工具图安装主轴吊具,并将主轴支撑和调整所需要的支撑和千斤顶准备就绪并就位。主轴吊装前,首先在安装间对主轴进行试吊,调整钢丝绳长度,以使主轴中心基本水平。

清除水导轴承底座法兰、径向轴承支座及导叶内环法兰面油脂、污物、毛刺以确保水导轴承底座与导叶内环接触良好。主轴吊入机坑后,慢慢移动吊钩使主轴向下游移动,待吊钩移动至管形座上支柱时,利用千斤顶和支撑将主轴顶起,然后将主轴吊钩转换到法兰端部吊点上,继续移动吊钩,直至水导轴承底座法兰与导叶内环配合法兰面约5mm左右。调整主轴的中心和高程,直至水导轴承

底座法兰与导叶内环配合法兰面的圆柱销孔不错牙。然后移动主轴直至与轴承底座法兰与导叶内环接触,装入定位圆柱销。

调整主轴的水平,用水平仪在发电机侧导轴承与主轴配合处测量主轴的水平,水平应小于0.02mm/m。

水导轴承安装后,用置于主轴下方的液压千斤顶顶起主轴,使其离开水导轴承下瓦面,且不接触上瓦面。用内径千分尺测量管形座内环下游侧法兰内圆至主轴的距离,测量水平和垂直方向各4点,了解主轴实际调整情况。

按照发电机安装说明书安装发电机径向导轴承。发电机径向导轴承安装合格后,将主轴的所有重量转移到两部轴

承上。

主轴卸载后,即转轮,转子安装后,用高压油泵向水导轴承打压(严防污物打入轴承),待主轴顶起后迅速卸压。同法2~3次。水导轴承应能随主轴轴线移动而调整位置。

### 3 结语

温寨航电枢纽工程首台机组已于2019年正式启动,本文对灯泡贯流式机组关键部位施工控制措施进行了简要描述,包括对发电组合轴承和水轮机径向轴承间隙调整控制,尾水管里衬、管型座、导水机构吊装变形控制,机组中重大部件吊装工艺的描述,针对本工程特点的机组结构特点,研究高效的机电设备主要部件安装的关键性技术,对于类似

工程具有重大借鉴意义,并带来了一定的经济效益。

### [参考文献]

[1]国家标准局文件复《水轮发电机组安装技术规范》国家标准局编号发布的函[J].水电站机电技术,1988,(02):3.

[2]康留臣.探析水电站灯泡贯流式机组的安装技术[J].电力设备管理,2020,(02):130-131+118.

[3]王磊,念妮妮.大型灯泡贯流式机组总装工艺分析[J].技术与市场,2021,28(11):59-61.

### 作者简介:

丛熙航(1995--),男,汉族,吉林省吉林市,大学本科,助理工程师,研究方向:水利工程机电安装技术。

## 中国万方数据库简介:

万方数据成立于1993年。2000年,在原万方数据(集团)公司的基础上,由中国科学技术信息研究所联合中国文化产业投资基金、中国科技出版传媒有限公司、北京知金科技投资有限公司、四川省科技信息研究所和科技文献出版社等五家单位共同发起成立——“北京万方数据股份有限公司”。

万方数据是国内较早以信息服务为核心的股份制高新技术企业,经过20年来快速稳定的发展,万方数据目前拥有在职员工近千人,其中硕士以上学历约占25%,专业技术人员占70%,已经发展成为一家以提供信息资源产品为基础,同时集信息内容管理解决方案与知识服务为一体的综合信息内容服务提供商,形成了以“资源+软件+硬件+服务”为核心的业务模式。

万方数据以客户需求为导向,依托强大的数据采集能力,应用先进的信息处理技术和检索技术,为决策主体、科研主体、创新主体提供高质量的信息资源产品。在精心打造万方数据知识服务平台的基础上,万方数据还基于“数据+工具+专业智慧”的情报工程思路,为用户提供专业化的数据定制、分析管理工具和情报方法,并陆续推出万方医学网、万方数据企业知识服务平台、中小学数字图书馆等一系列信息增值产品,以满足用户对深层次信息和分析的需求,为用户确定技术创新和投资方向提供决策支持。

在为用户提供信息内容服务的同时,作为国内较早开展互联网服务的企业之一,万方数据坚持以信息资源建设为核心,努力发展成为中国优质的信息内容服务提供商,开发独具特色的信息处理方案和信息增值产品,为用户提供从数据、信息到知识的全面解决方案,服务于国民经济信息化建设,推动全民信息素质的提升。