

桥巩水电站管形座的安装工艺

邓永贵 李春鸿

(广西方元电力股份有限公司桥巩水电站分公司 广西 来宾 546119)

摘要 :比较了东方电机厂和天津阿尔斯通水电设备公司管形座安装方案 ,详细介绍了天津阿尔斯通水电设备公司 3 号机组管形座的安装方法 ,经安装实践 ,认为天津阿尔斯通水电设备公司内环分瓣方案较优 ,既方便从制造厂到工地的运输 ,又便于在安装间预装 ,避免了大量高空作业 ,提高了安装速度 ,对创优质和保工期极为有利。

关键词 :水轮机 ;管形座 ;机电安装 ;桥巩水电站

中图分类号 :TK730.6 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-764X(2009)S2-0059-04

桥巩水电站水轮机管形座由内环、外环、外环里衬、外环过渡里衬、上部梯形柱竖井和下部梯形柱竖井、上下导流板等组成 ,如图 1 所示。

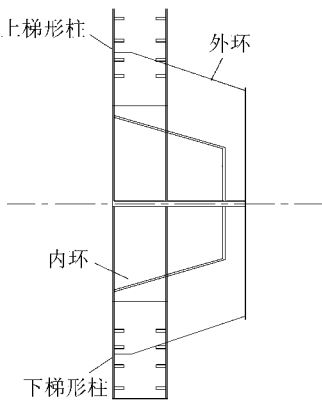


图 1 灯泡贯流式水轮机的管形座结构

东方电机厂(以下简称东电厂)管形座总质量约 235 t ,天津阿尔斯通水电设备厂(以下简称天阿厂)管形座总重约 204 t ,属于运输部门的超限件。为方便运输和安装 ,管形座先在厂内分瓣制作、组装 ,编号后解体 ,运到工地安装现场再进行组圆拼装。这 2 家管形座的质量和尺寸见表 1 和表 2。

表 1 东方电机厂管形座部件尺寸与质量

名称	尺寸/mm	质量/t	数量/件
上梯形柱	长 5915 ,宽 2340	31.30	1
下梯形柱	长 4885 ,宽 2320	25.85	1
外环	∅10878/∅12806/1950	34.00	4
外环里衬	∅12806/∅14900/1613	14.93	4
内环	∅5274/∅4490/10550	117.85	2

表 2 天阿厂管形座部件尺寸与质量

名称	尺寸/mm	质量/t	数量/件
外环	Φ10640/Φ12168/2000	26.383	4
外环里衬Ⅰ	Φ12168/Φ14900/2600	17.943	4
外环里衬Ⅱ	Φ14900/Φ15123/1570	14.016	4
内环	Φ9600/Φ5946/3620	153.830	4

1 号、2 号、5 号、6 号机组为东电厂制造 ,管形座内环由 - X ~ + X 方向分上、下 2 瓣到货(其上各焊有 1 截梯形柱) ;外环和外环里衬均分 4 瓣到货 ,上、下梯形柱竖井各为 1 件。内环及上下梯形柱、外环锥管法兰段的组合缝采用螺栓连接 ,封焊组合缝。外环里衬组合缝及与外环锥管法兰段连接的环缝采用焊接结构。

3 号、4 号、7 号、8 号机组为天阿厂造 ,管形座的内环分上、下、左、右 4 瓣 ,上、下梯形柱竖井在工厂已与上、下 2 瓣焊接完成到货 ,外环和外环里衬均分为 8 瓣。内环、外环锥管法兰段的组合缝同样采用螺栓连接 ,封焊组合缝。外环里衬组合缝及与外环连接的环缝采用焊接结构。

1 管形座安装预装方案比较

1 号机组管形座仅内环上、下 2 瓣分别与上、下梯形柱竖井在安装间完成组装焊接 ,其余安装工序均在基坑完成 ,整个管形座安装工期为 67 d 2 号机组管形座内、外环及上、下梯形柱竖井等 ,不在安装间预装 ,而是逐件吊下基坑安装 ,整个管形座安装工期为 129 d。3 号机组为天阿厂制造 ,内环在安装间预装成

整体,然后,吊下基坑安装。外环锥管段也在安装间组装成整体,吊下机坑与内环组合,调整的工期为65d,3号机管形座安装工期最短。再从预装的难度看,2号机管形座安装高空作业件数多、时间长、难度大。1号机管形座内环与上、下梯形柱竖井的组焊在竖立状态下进行,也存在高空作业,难度次之。3号机管形座内环、外环锥管法兰段均是在安装间卧倒水平状态下组装,避免了1号、2号机管形座多瓣多侧面高调整的难度,内、外环整体吊下基坑进行组装才有高空作业,相比之下难度不大。3号机管形座内、外环整体在安装间预装方案为最佳方案,值得推广。故下面只介绍天阿厂管形座的安装方法。

2 3号机管形座安装主要步骤

2.1 安装流程

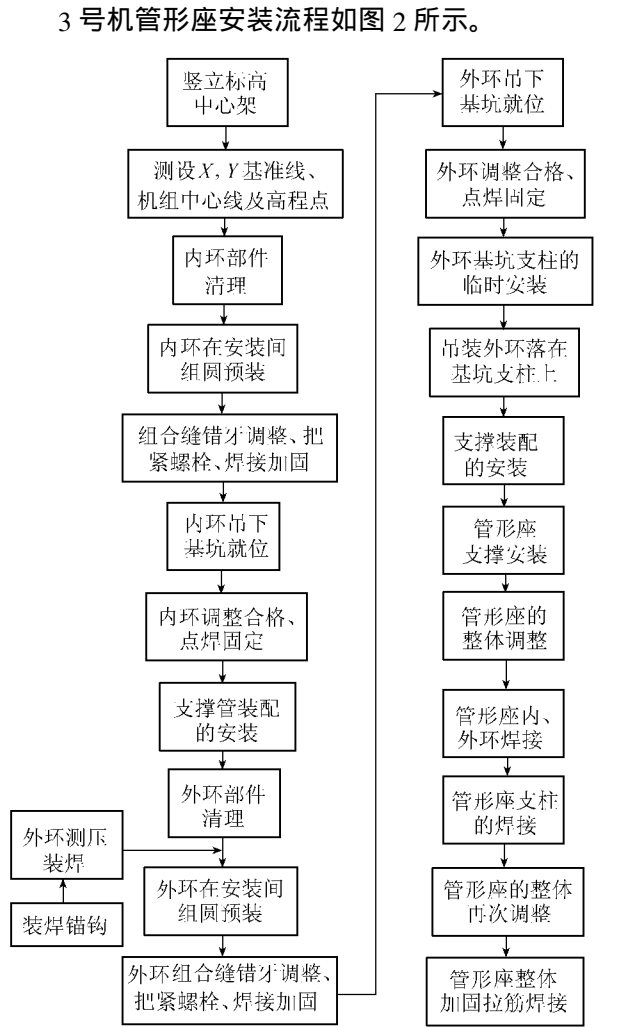


图2 管形座安装流程

2.2 内环安装间预装

彻底清理内环组合面,除去边角毛刺,对照图纸核对尺寸。然后,根据内环直径在安装间放样画圆,沿其圆周均匀布置枕木,并在其上置放楔子板,用水准仪测量楔子板的高程并调整一致。之后,首先将

带有下梯形柱那瓣内环吊放在其上,调整水平,按预装的编号,在其2边摆放不带梯形柱的另外2瓣内环,最后把带有上梯形柱的那瓣内环吊上摆放,把整个内环4瓣组装为一个整体。根据各瓣组合缝把合孔实际的错牙情况,装焊锁板,安装斜楔,利用千斤顶、锁板、斜楔等调整内环各瓣相对位置,当组合缝相应的把合孔基本不错牙时,穿入销钉及连接螺栓,不拧紧,继续精调内环各瓣相对位置,当过流面组合缝的错牙小于2mm时,用定位销找正,将内环的组合缝螺栓拧紧。进一步利用千斤顶、拉紧器、锁板、斜楔等调整、检查组合面间隙和错牙,组合面应贴合紧密,间隙一般不应超过0.05mm,允许局部有0.15~0.30mm的间隙,但其深度不应超过分半面的1/3,长度不超过分半面总长度的1/5,组合螺栓及销钉周围不应有间隙,组合安装面错牙一般不应超过0.10mm。内环上、下游法兰垂直平面度在1mm以内,内环上、下游法兰圆度在2mm以内。在每个组合面各焊接2块拉板,即可焊接封水焊缝。焊后焊缝打磨光滑,进行PT探伤检查。对于法兰面的焊缝打磨后还应用刀口尺检查其平面度,不允许凸起,允许凹下最大不超过0.05mm。检查合格,在上、下梯形柱装焊锚钩,对内环进行加固,以免吊装时产生变形。

2.3 外环锥管段在安装间预装

同样,彻底清理外环组合面,除去边角毛刺,对照图纸核对尺寸。根据外环的直径在安装间放样画圆,沿其圆周均匀布置枕木,并在其上相应位置放楔子板,用水准仪测量楔子板的高程并调整一致。之后,吊其中1瓣放置在枕木的楔子板上,利用楔子板和千斤顶进行调整,用水准仪测量其2端及中心3点水平。根据预装编号,吊装另一瓣与它组合,当瓣与瓣之间的组合缝相应的把合孔基本不错牙时,穿入销钉及连接螺栓,不拧紧,将这2瓣组合成半圆。用同样方法将另外2瓣组装成半圆,最后将这2个半圆组成整圆。利用千斤顶、斜垫铁、水准仪配合边测量边调整、检查外环锥管段下游法兰面的水平度,组合面的错牙满足规范要求,穿入定位销钉,拧紧组合面螺栓。外环锥管段组合完毕后,沿圆周方向均分16点,用水准仪检查外环锥管段下游法兰面水平度在1mm以内,使用千斤顶、锁板、斜楔、拉紧器等,或松开、或收紧外环支撑杆法兰等手段反复调整外环锥管段的圆度,利用钢卷尺测量外环锥管段下游法兰面的圆度,不少于8点,圆度在2mm以内为合格。外环锥管段组合面应贴合严密,间隙一般不应超过0.05mm,局部允许有超过0.30mm的间隙。按照厂家提供的焊接工艺及焊接规范的要求进行焊接。最后,根据厂家的标记设置中心线,按照装配图纸对外环内部进行调整

加固 防止吊装变形 并在其外部装焊锚钩 减少吊下基坑安装后的高空作业的工作量。

2.4 机坑测量放样

a. 在基坑上游侧设机组中心线架 在机组中心线架和尾水管进水口法兰面中心点之间用钢琴线拉出机组中心线 以及 $+Y$ 、 $-Y$ 基准线 在基坑左、右侧混凝土壁上设定管形座外环下游法兰面 $-X$ 、 $+X$ 基准线及高程点。

b. 测设管形座下梯形柱的位置 放置清扫干净的 9 块 $500\text{ mm} \times 300\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 的管形座基础板 并在基础板上放置 9 对调整用的楔子板 调整高程为 42.22 mm 。

2.5 管形座内环吊装

管形座内环质量为 153.83 t 厂房单台桥机的额定起质量为 250 t 用 1 台桥机即可吊运。主钩挂内环上梯形柱的 2 个吊环 副钩挂内环下梯形柱的另外 2 个吊环 主、副钩同速上升 6 m 走至基坑上空 副钩落下空中翻身至垂直 下梯形柱底板坐落在事先测设好的 9 块 $500\text{ mm} \times 300\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 的管形座基础板顶面楔子板上 将调整螺栓 $M48 \times 1500$ 与管形座内环下梯形柱连接好 使管形座内环下游侧法兰面到尾水管法兰面的距离在 $7960 \pm 2.5\text{ mm}$ 以内 调整管形座环内环下游侧法兰面的 X 、 Y 标记与尾水管法兰面上的 X 、 Y 标记之差在 2 mm 以内 平均值不大于 1 mm 测量调整管形座内环上、下游侧法兰的圆度在 1 mm 以内。调整合格后 内环下梯形柱 12 条地脚螺栓 $M48 \times 1250$ 点焊固定。按装配图装焊 $50\text{ mm} \times 300\text{ mm} \times 125\text{ mm}$ 、 $50\text{ mm} \times 200\text{ mm} \times 125\text{ mm}$ 钢板。对内环进行加固 确保内环在外环调整过程中 不产生变形和位移。在内环上安装与外环之间的内支撑管定位工具。

2.6 管形座外环锥管段吊装

外环吊装前 先按装配图纸将外环锥管段 2 个钢支墩和外环里衬 2 个钢支墩安装完毕 钢支墩顶面高程控制在 47.50 mm 略低 $2 \sim 3\text{ mm}$ 。

外环锥管段在安装间组装成整体后 质量约 26.3 t 用 1 台桥机即可吊运 桥机主钩挂外环锥管段 $+Y$ 方向的 2 个吊环 副钩挂外环锥管段 $-Y$ 方向的另外 2 个吊环 同时起升至 6 m 左右高度后 停止起升 副钩落下空中翻身 直至外环锥管段垂直吊下基坑坐落在 2 个外环锥管段钢支墩上。当已安装在内环支撑管与外环相应的支撑管法兰组合孔不错牙后 穿入 $M20 \times 150$ 带上 $M20$ 螺母 将内环与外环连接 并通过内部支撑管调整外环锥管段法兰的圆度与内环法兰的同心度 外环下游法兰面上的 X 、 Y 标记与内环下游法兰面上的 X 、 Y 标记之差 单个值不大于

1 mm 平均值不大于 0.05 mm 且与尾水管进口端面的中心点到转轮中心线的距离偏差的方向一致 挂钢琴线调整外环锥管段法兰面与内环法兰面的平行距离在 $875 \pm 0.05\text{ mm}$ 复测内环中心、高程 复测内环下游法兰面到尾水管法兰面的距离 复测内环上、下游法兰面的垂直度 复测内环上、下游法兰面的圆度。在外环锥管段安装调整的同时 必要时对上、下支柱末端的安装进行调整。外环锥管段调整完毕后 拧紧螺母 并对外侧进行加固。然后安装管形座下游法兰与尾水管上游之间的间距管定位工具 将间距管调整水平 一端焊在座环外环锥管段法兰上 另一端焊在预埋在尾水管混凝土壁的基础板上。

2.7 外环里衬和过渡里衬安装

按厂家标记 以外环锥管段进水口为基准 组装外环里衬下半部。外环锥管段与外环里衬缝对装时 先将管节上 X 、 Y 轴线 2 点对正 然后向两边排缝 相邻管节的周长差应均匀分布在整個周长上 环缝对装间隙为 $2 \sim 5\text{ mm}$ 内壁错牙值应符合规范要求。拼装组合时 过流面焊缝一般不允许有错牙 局部错牙超过 3 mm 且不能校正时 按不小于错牙量 3 倍的宽度平滑过渡。纵缝对装、压缝完毕后 每隔 300 mm 焊接一个 $200\text{ mm} \times 80\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ 的拉板 以防止纵缝焊接变形。外环里衬下半部组装完毕后 依次吊装外环里衬上半部进行组装。为防止焊接变形 在环缝上每隔 1 m 间距焊接一个 $200\text{ mm} \times 80\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ 的拉板 焊缝焊接完毕后 才能割除。

外环里衬组装完毕后 用钢卷尺、水准仪、钢板尺检查进水口直径、周长、垂直度、圆度符合图纸的要求后 按照装配图纸 对外环里衬内外进行加固。

过渡里衬安装与外环里衬安装相同。

2.8 管形座整体调整

管形座在基坑内安装完成后进行整体精细调整工作 采用水准仪、全站仪及挂钢琴线的方法进行测量、调整。调整工作分内环调整和外环调整。

a. 内环调整。重新复测检查内环的中心、高程、水平、垂直度是否满足规范要求。根据测量数据 如果高程有偏差 利用下梯形柱下的地脚螺栓、楔子板、千斤顶进行调整 确保内环上、下游两侧法兰面中心高程符合厂家图纸要求 如果中心偏差 在上、下梯形柱两侧与边墙之间安装拉紧器调整内环中心 使用管形座与尾水管之间的间距管定位工具、千斤顶调整内环法兰与尾水管法兰之间的距离。挂钢琴线或用全站仪检测内环法兰的垂直度 等分内环法兰 16 点 测量法兰面的波浪度并调整。

b. 外环调整。外环的调整以内环为基准 利用外环下部型钢支墩及千斤顶调整外环法兰的中心高程 利用型钢、千斤顶及外环两边侧墙预埋的锚钩、拉

紧器进行调整外环法兰的中心方位 ,利用外环与尾水管之间安装的间距管定位工具调整外环法兰与尾水法兰的距离及法兰波浪度 ,以内环为中心 ,利用内、外环之间的支撑管定位工具调整外环圆度。在进行外环调整的同时还需注意内环法兰垂直度的变化。调整合格后依据厂家图纸进行加固 ,将下梯形柱与地脚螺栓连接焊在一起 ;内、外环之间定位支撑管焊接牢固 ,外环法兰与尾水管法兰之间的间距管焊接牢固 ;利用预埋在管形座侧壁和地面混凝土中的锚钩对外环进行支撑加固 ;在进行管形座加固焊接时 ,边焊接边检测内环法兰面、外环法兰面的变形情况。

3 管形座的焊接

管形座安装有很多部位需要在现场焊接 ,不仅工作量大 ,而且还要考虑焊接后产生收缩变形问题 ,所以焊接时必须严格按照厂家提供的焊接工艺及焊接规范的要求进行焊接。

由于天阿厂管形座内环上、下梯形柱已和内环在工厂焊接完成 ,在现场对封水焊缝进行施焊 ,外环锥管段也只是在现场对封水焊缝进行施焊 ,外环里衬和过渡里衬的钢板厚度均在 20 mm 以下 ,广西桂中地区年平均气温在 20℃ 以上 ,焊接时不需要预热 ,可以按照常规的焊接工艺进行焊接。

根据焊缝长度确定焊工人数 ,对环缝进行同速、同规范镶边多道多层焊接。采用对称、分段方法来控制焊接变形 ,每焊 1/3 焊量全面测量 1 次内径 ,如实测尺寸比放大后名义尺寸大 ,由内往外退步焊 ,如实测尺寸比放大后名义尺寸小 ,由外往内退步焊。打底层焊缝在焊背面时需要进行清根 ,以防夹渣和气孔等问题。工装拉板在焊接完毕后割除。同时在焊接过程中 ,利用百分表监测外环锥管法兰段法兰面的变形情况 ,及时调整焊接工艺。焊完后 ,各焊缝应进行探伤检查 ,处理缺陷 ,并对焊缝进行防腐处理。

4 座环安装的质量控制

- a. 业主与水轮机安装单位签订的承包合同、制造厂的技术说明书、安装图纸、水轮机安装施工与验收规范、施工单位编制的安装措施、监理部编制的监理细则等是控制安装质量的依据。
- b. 施工单位建立、健全施工班组(队)、项目部质量三检制是安装质量的组织保证 ,对质量层层把关 ,整个安装过程 ,质量始终处于受控之中。
- c. 经查 ,安装单位 2004 年曾获得一级计量合格证资质 ,质量计量人员持证上岗 ,计量器具在检定的有效期之内。
- d. 安装过程关键工序有监理工程师监督 ,测量数据经监理工程师审定认可。

e. 当发生偏差 ,监理工程师及时组织厂家驻工地代表、设计、业主等各方人员进行分析研究 ,找出原因 ,提出纠偏措施 ,及时纠偏 ,绝不留隐患。

表 1 是 3 号机管形座在加固后、混凝土浇筑前测量的质量情况记录。

表 1 3 号机安装数据(天阿厂)

检查项目	实测值/ mm	设计值/ mm	允许偏差/ mm	偏差
管形座与尾水管法兰面距离 , 等分 8 点	6981 ~ 6982 (外环) 7961 ~ 7962 (内环)	6980 7960	± 2.5 ± 2.5	允许范围内 允许范围内
中心位置	- X ~ + X 轴线 + Y ~ - Y 轴线	52.600 0 + 405.950	± 4 ± 2	+ 1 , - 0.3 (内环) - 1 , - 3 (内环) - 1 , + 1 (内环) - 0.5 , + 0.5 (内环)
同心度为等分 8 点测量	2563.5 ~ 2564		1	
管形座下游侧内外法兰面的距离等分 8 点	980 ~ 980.5		1.2	
法兰圆度	10400 ~ 10402 (外环) 5594 ~ 5604 (外环)	10400 5600	2 2	达到设计要求 有 4 点不合要求 , 但经分析 , 已平分了偏差值
法兰面垂直度等分 12 点	350 ~ 351 (外环) 31 ~ 32 (内环)		1.2 1	0 ~ 1 0 ~ 1

5 结 语

从机组投运后的情况看 ,机组运行稳定 ,振动在规范允许的范围内。天阿厂机组管形座内环和外环在厂内分瓣 ,方便运输和工地现场安装 ,说明其分瓣方法合理 ;内环和外环锥管段在安装间整体预装的办法切实可行。上、下梯形柱在制造厂与内环内焊接完成 ,简化工地现场安装程序 ,焊接不用预热 ,有利于确保安装质量 ,加快施工进度。桥巩水电站厂房安装 2 台 250 t 桥机 ,完全满足东电厂管形座 (235 t) 和天阿厂管形座 (204 t) 在安装间整体预装后的起重要求。管形座内环和外环在安装间全部整体预装成型后 ,再吊下基坑安装 ,安装质量更容易控制 ,安装速度更快 ,施工企业获得经济效益更高 ,业主投资更早得到回报。

参考文献 :

[1] 闫明俊 ,李洋 . 大容量灯泡贯流式水轮发电机组管形座安装工艺 [J]. 水力发电 , 2009 (1) 83-85.

(收稿日期 2009-12-01 编辑 : 方宇彤)