

桥巩水电站水轮机管形座安装

陈元国 莫斌伟 杨健康

(中国水利水电第七工程局有限公司机电安装分局 四川 彭山 620860)

摘要:针对桥巩水电站大型灯泡贯流式水轮发电机组管形座尺寸大,安装过程易发生吊装变形、焊接变形、浇筑混凝土变形等问题,提出应缩短管形座吊在空中的时间、革新焊接工艺、控制混凝土的浇筑速度、采用内撑外拉加固等措施可保证变形在许可范围内。

关键词 灯泡贯流式水轮机 管形座 焊接变形 桥巩水电站

中图分类号:TK730.3

文献标识码 :B

文章编号 :1006-7647(2008)S2-0027-04

桥巩水电站装设了 8 台灯泡贯流式水轮发电机组,总装机容量为 $8 \times 57 \text{ MW}$ 。机组支撑采用管形座为主支撑,发电机侧设辅助支撑。

1 管形座结构

管形座由内环、外环、外环里衬、上部竖井和下部竖井、上下导流板等组成。内环 $X-X$ 方向分上下两瓣结构到货,外环和外环里衬为分瓣结构到货。管形座与混凝土接触面设有锚具及拉杆,下部竖井支撑与基础之间设有安装调整装置。管形壳底部开一定数量的混凝土浇筑孔和灌浆孔,并带堵板。管形座结构及安装如图 1 所示。

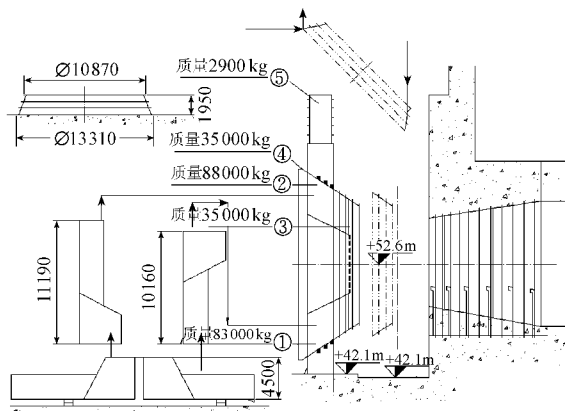


图 1 管形座结构及安装示意图

管形座由普通钢材(Q235A/B)焊接而成,总重量约为235 t。管形座外环直径分别为 $\varnothing 10\,870\text{ mm}$ 和 $\varnothing 12\,806\text{ mm}$,上、下梯形柱柱端面相距21 350 mm。管形座分为12大件运至工地进行组装和焊接。上下梯形柱各一件,内环分为2瓣,外环分为4瓣,外环

里衬分为4瓣。内环与上下梯形柱采用螺栓组合,并焊接组合焊缝。2瓣内环组合缝采用螺栓连接,并封焊组合缝。4瓣外环组合缝采用螺栓连接结构封焊组合缝。4瓣外环里衬组合缝及与外环连接的环缝均采用焊接结构。外环及外环里衬在安装时采用支撑钢管固定在内环上。管形座安装流程如图2所示。

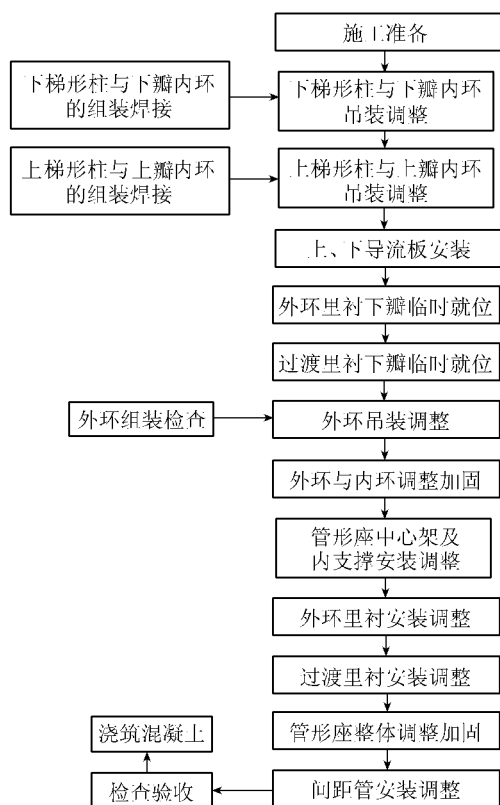


图2 管形座安装流程

2 管形座吊装

a. 外环在安装间组装完成后,重量约 34 t,采取整体吊装方式,桥机主钩提外环 + Y 方向的 2 个吊耳,副钩提外环 - Y 方向的 2 个吊耳,一起提升至 6 m 左右高度后,2 个主钩停止提升,将副钩落下直至松钩,从而将外环由平放翻身至立放状态。然后利用副钩调整外环法兰面的垂直度后,吊入机坑进行安装。

b. 上梯形柱与上瓣内环在安装间组装焊接后,重量约 90 t,利用桥机主钩直接吊入机坑进行安装。

c. 下梯形柱与下瓣内环在安装间组装焊接后,重量约 85 t,利用桥机主钩直接吊入机坑进行安装。

d. 其他部件单件重量均在 10 t 以下,按照施工程序进行吊装。

3 安装间组装

3.1 下梯形柱与内环下瓣组装

根据下梯形柱的结构尺寸在安装间适当位置放置 4 个钢支墩或钢垫板,相应配置 4 对楔子板,利用水准仪将楔子板的高程调整一致。根据机坑内的安装方位,吊装下梯形柱落于临时钢支墩上,利用楔子板以及千斤顶配合调整,保证下梯形柱上平面的 4 个方位水平,利用 16 号槽钢沿梯形柱 4 个方向进行支撑,临时稳固。根据制造厂标记吊装内环下瓣于下梯形柱上,利用组合螺栓把合,并使用 16 号槽钢(或 $\varnothing 219$ mm 钢管)沿上下游方向设置 4 点支撑,临时稳固。检查组合缝的错牙,过流面侧的错牙应小于 2 mm,利用锁板、斜楔等工具调整。利用挂线锤检查内环与下梯形柱组合面是否在同一垂直平面,检查座环下支柱的垂直度应在 2 mm/m 以内,并根据检查记录进行调整。组合面检查合格后,在 4 个组合面各焊接 2 块拉板,即可进入焊接程序。

3.2 上梯形柱与内环上瓣组装

根据内环的结构尺寸在安装间适当位置放置 4 个钢支墩或钢垫板,相应配置 4 对楔子板,利用水准仪将楔子板的高程调整一致。根据机坑内的安装方位,吊装内环下瓣落于临时钢支墩上,利用楔子板以及千斤顶配合调整,保证内环上下游法兰面垂直。根据制造厂标记,吊装上瓣下梯形柱落于内环组合面上,利用组合螺栓把合,并使用 16 号槽钢沿梯形柱 4 个方向进行支撑,临时稳固。检查组合缝的间隙及错牙是否满足规范及厂家技术要求,利用挂线锤检查内环与下梯形柱组合面是否在同一垂直平面,并根据检查记录进行调整。组合面检查合格后,在 4 个组合面各焊接 2 块拉板,即可进入焊接程序。

3.3 外环组装

在安装间适当位置标记外环吊装基准中心,根据外环进水口尺寸和机坑安装方位,在 $\varnothing 12\ 806$ mm 的外环上摆放 6~8 个临时钢支墩,组装时每瓣外环至少摆放 3 个钢支墩。钢支墩上需布置调整用的楔子板。钢支墩在布置时应错开外环分瓣面,以免影响外环的组装、焊接。外环组装采取先 2 瓣组成半圆,再由 2 个半圆组成整圆的方式。按顺序吊装 1 个分瓣外环落于临时钢支墩上,利用楔子板和千斤顶进行调整,使用水准仪测量外环法兰面的两端和中心 3 点水平,并在内圆方向设置 1 个钢支撑,临时稳固。根据制造厂的标记吊装另一瓣外环,利用组合螺栓将 2 瓣外环把合,并临时加以稳固。利用水准仪检查 2 瓣外环法兰水平面是否满足规范要求,根据测量数据进行调整,利用刀口尺检查法兰组合面的错牙是否满足规范要求,以上项目检查调整合格后,拧紧组合螺栓并安装全部定位销钉。外环组合面间隙一般不应超过 0.05 mm,局部间隙不允许超过 0.30 mm。组合螺栓及销钉周围不应有间隙,组合面缝的安装面错牙一般不应超过 0.10 mm。外环组合完毕后,沿圆周方向测量 16 点,检查外环法兰水平度是否满足规范要求,并做记录,根据厂家的标记设置中心线,利用钢卷尺测量外环的圆度(不少于 8 点),并做记录。按照装配图纸的加固方式,结合测量记录,对外环内部进行调整加固,防止吊装变形。

4 管形座安装

4.1 下梯形柱和内环下瓣吊装就位

首先将 4 块 600 mm × 600 mm × 60 mm 的管形座基础板顶面清扫干净,根据图纸将调整用的钢板及 M56 mm 的螺栓安装好,在基础板的合适位置放置 4 对调整用的楔子板,将楔子板的顶面高程调整为 42.44 m。下梯形柱和内环下瓣吊装前,在安装间将支柱末端临时固定。利用桥机将下梯形柱和内环下瓣吊装就位,下梯形柱落在管形座基础板及楔子板上,挂钢琴线检查调整内环下瓣的中心、高程、距尾水管法兰的距离,利用全站仪检查法兰面的垂直平面度。利用 M56 mm × 200 mm 螺栓、M56 mm × 240 mm 螺栓及调整加固设备精确调整座环内环下游侧法兰面到尾水管法兰面的距离(7 195 ± 3.0 mm 以内),调整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(2 mm 以内),调整座环内环组合法兰面至基本水平(0.05 mm/m 以内),测量座环内环下游侧法兰面的垂直平面度,并记录测量结果。调整合格后,根据工地的实际情况自制工具对座环下支柱进行必要的加固以避免在座环上半部分

组装过程中座环下支柱产生位移和变形。

4.2 上梯形柱和内环上瓣吊装就位

上梯形柱和内环上瓣吊装前在安装间将支柱末端临时固定,根据装配图纸安装 45° 以上内环外表面的支撑管。清扫内环的组合面以及螺栓孔和销钉孔,对高点和毛刺进行处理。利用桥机将上梯形柱和内环上瓣吊装就位,穿入销钉及连接螺栓,调整控制内环外表面的错牙及内环法兰面的错牙。将内环的组合螺栓拧紧,检查组合面间隙(一般不应超过 0.05 mm ,局部不超过 0.30 mm),组合螺栓及销钉周围不应有间隙,法兰面的错牙一般不应超过 0.10 mm 。对座环内环上、下游侧法兰面的圆度进行调整,若圆度大于 2 mm ,则应根据厂家技术指导的调整方法及工地的实际情况制做专用工具调整座环内环上、下游侧法兰面的圆度。挂钢琴线调整内环法兰的中心、高程以及距尾水管法兰的距离,同时使用全站仪检查内环法兰的水平及波浪度是否符合规范要求,并利用调整螺栓、楔子板、 50 t 千斤顶和拉紧器进行调整,如有问题,需松开连接螺栓重新组装调整。合格后在上梯形柱顶部适当加固,并作好测量记录。

4.3 外环整体吊装就位

外环吊装前应根据装配图纸将靠下游侧的2个外环钢支撑安装完毕,钢支撑顶面高程控制在 47.60 m ,应先将外环里衬和过渡里衬的下瓣吊入机坑,临时固定。外环在安装间翻身后再吊入机坑,利用内支撑与内环连接,并通过内部支撑调整外环法兰的圆度和内环法兰的同心度,初步调整外环法兰与内环法兰的平行距离,然后进行纵向焊缝的焊接工作。在外环安装调整的同时进行上下支柱末端的安装调整工作。外环初步调整完毕后,外侧应进行临时加固。

4.4 外环里衬和过渡里衬安装

外环组装完毕后,即可进行外环里衬的组装、安装工作。首先将前期吊入机坑的下瓣瓦片提起,以外环进水口为基准,按照厂家的标记进行组装。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 且不能校正的,按不小于错牙量3倍的宽度长焊平滑过渡。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。外环里衬下瓣组装完毕后,依次吊装外环里衬上瓣进行组装。外环与外环里衬环缝对装应先将管节上 X,Y 线两点对正,然后向两边压缝,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。为了防止焊接变形,在环缝上每隔 $1\ 000\text{ mm}$

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,拉板才能割除。外环里衬组装完毕后,用钢卷尺、水准仪、钢板尺检查进水管口直径、周长、垂直度、圆度、管节高度是否符合图纸的要求。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。

4.5 管形座法兰面焊后处理

法兰面位置的焊缝焊接完毕后,应打磨光滑并将密封槽钳修处理,然后利用刀口尺对打磨后的法兰进行检查,允许下凹 0.05 mm ,但不允许凸起。

4.6 管形座整体调整

管形座在机坑内组装完毕后,采用水准仪、全站仪及挂钢琴线等进行测量、调整。调整工作分内环调整和外环调整。

a. 内环调整。①重新复测、检查内环的中心、高程、水平是否满足规范要求,并作好记录;②根据测量数据,利用下梯形柱下的调整螺栓及楔子板、千斤顶进行调整,确保内环上下游两侧法兰面中心高程在规范要求的范围内;③利用下梯形柱下部左右两侧的调整螺栓在上下梯形柱两侧与边墙之间安装间距管,调整内环的中心;④利用下梯形柱下部前后两侧的调整螺栓或千斤顶调整内环法兰至尾水法兰的距离,用全站仪检测内环法兰的垂直度,等分16点测量法兰面的波浪度并进行调整。

b. 外环调整。①外环调整以内环为基准,保证机组中心及导水机构安装;②利用外环下部的金属支墩及千斤顶调整外环法兰的中心高程;③使用型钢及外环两侧墙预埋的基础调整外环法兰的中心方位;④利用外环与尾水管间的间距管调整外环法兰与尾水法兰的距离及法兰波浪度;⑤以内环为中心,利用内、外锥体之间的支撑管调整外环的圆度;⑥在进行外环调整时同时监测内环法兰垂直度的变化。

4.7 管形座加固

根据图纸将下梯形柱与前期预埋的基础板焊接加固在一起,安装内外环之间的所有钢管支撑并焊接牢固,安装外环法兰与尾水管之间的9根间距管并焊接牢固,利用前期在管形座侧墙上埋设的基础板对外环进行支撑加固,根据图纸在管形座上下梯形柱及外环外侧焊接锚钩,根据图纸及提供的材料,在内环、外环、外环里衬、过渡里衬内部进行支撑加固,根据现场实际情况,在适当位置利用厂家提供的材料对管形座进行加固,在进行管形座加固焊接时,应监测内环法兰面、外环法兰面的变形情况。

5 管形座焊接

管形座在组装、安装过程中很多部位需现场焊

接,内环与梯形柱的焊接,导流板与梯形柱、内环的焊缝,外环组装焊缝等。

5.1 内环与梯形柱焊接

管形座梯形柱为梯形板式焊接结构,其截面靠上游(上底边)2000 mm,靠下游(下底边)1291.3 mm,梯形的高度为2320 mm(图3)。梯形柱与内环组合后的焊接坡口形式见图4。

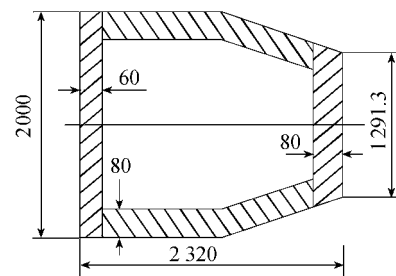


图3 梯形柱截面(单位:mm)

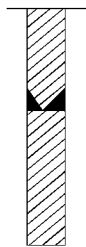


图4 梯形柱与内环焊缝结构示意图

a. 焊接准备。①焊前必须将坡口两侧油污、油脂、潮气、铁锈、油漆或其他任何影响焊接质量的杂物清理干净,坡口内的氧化皮、铁锈必须打磨显露出金属光泽;②焊条在焊前必须在焊条烘干箱内进行350℃烘焙2 h后使用,工作面使用时需使用保温筒;③焊接方法为手工电弧焊;④焊接材料为 $\varnothing 3.2$ mm、 $\varnothing 4$ mm和 $\varnothing 5$ mm的3种J507焊条;⑤焊接人员4人,焊工必须持有合格证书,并经监理工程师认可挂牌上岗;⑥采用远红外加热装置进行加热。

b. 梯形柱与内环焊缝定位焊。①定位焊、梯形柱装配点焊使用焊条应与正式焊接的焊条相同,点焊长度应控制在60~80 mm范围内,点焊厚度控制在5 mm以内;②焊接前根据厂家焊接工艺要求进行预热(60~80 mm钢板一般采取在焊缝两侧大于或等于200 mm位置设置履带加热片进行加热,加热温度控制在120℃范围内);③焊接过程中如层间温度下降,还需在焊接的外侧加热,最高层间温度控制在280℃。

c. 梯形柱与内环焊缝正式焊接。①焊接工序:焊前预热120℃,首先进行封底焊,检查合格后,继续焊接到50%内坡口深度;外侧碳弧气刨进行清根,并使用砂轮修整,作100%磁粉探伤;外侧焊接至坡口50%深度为止,然后使用砂轮修整,作100%磁粉探伤;内、外侧焊缝对称、平衡、交替焊接,将焊缝坡口焊满。②焊接方式:焊接采用分段、跳焊、退步方式进行。③焊接工艺要求:焊缝焊接采用多层、多道焊,封底和盖面使用 $\varnothing 3.2$ mm焊条,其余各层采用 $\varnothing 4.0$ mm和 $\varnothing 5.0$ mm焊条,各层焊接厚度控制在5~7 mm,上、下层焊道的接头应错开50 mm以上,焊条摆动的宽度不得大于12 mm,根部2层焊道方向

一致,其余各层交替相反,焊缝盖面时须从坡口的一侧开始,最后一条焊道不允许与母材相接,焊接过程中须有技术人员和质检员监测焊接变形。④焊后去应力退火:梯形柱与内环对接焊缝焊后都必须进行去应力退火处理,退火时加温应缓慢均匀,温度达到560~590℃范围,保温2 h后缓冷;加热及冷却时最大速度为150℃/h,隔热体宽度必须是加热区域宽度的2倍以上,整条焊缝必须同时进行热处理。

⑤焊缝检查:梯形柱与内环对接焊缝应做100%的UT和100%的PT。

5.2 外环里衬和过渡里衬的纵缝、环缝焊接

a. 外环里衬和过渡里衬的钢板厚度均在20 mm以下,焊接时不需要预热,可以按照厂家焊接技术要求和常规的焊接工艺要求进行焊接。

b. 焊缝焊接2遍后在背面进行清根。

c. 应根据焊缝长度确定焊工人数,采用对称、分段、退步焊以控制焊接变形,加固装的拉板应在焊缝焊接完毕后割除。

d. 外环里衬和过渡里衬的纵缝、环缝应进行100% PT和10%的UT检查。

6 结 语

灯泡贯流式机组一般以管形座为主支撑,上游侧与发电机定子通过法兰联结,下游侧与导水机构的内外环通过法兰联结,安装精度要求高。由于管形座尺寸一般较大,又分为内外环,内外环又分瓣,所以吊装焊接中极易发生变形。同时管形座安装完后在周围还要浇捣混凝土,这样也易造成管形座的变形,对管形座安装中的吊装滞空时间长,焊接中易变形以及浇捣混凝土易变形等问题应进一步研究。

(收稿日期:2008-11-15 编辑:方宇彤)

·简讯·

河海大学有4种期刊再次入选 中国科技论文统计源期刊

经过多项学术指标综合评定及同行专家评议推荐,由河海大学主办的《河海大学学报(自然科学版)》、《水利水电科技进展》、《水资源保护》、《水利经济》继续被收录为中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)。《2008年版中国科技期刊引证报告(核心版)》(CJCR)共收录中国科技论文统计源期刊1765种。这些被收录的期刊都是经过严格的定量和定性分析选取的各个学科的重要期刊。河海大学主办的这4种期刊已连续多年被收录,标志着我校期刊继续保持着较好的发展势头,这对提升学校学术声誉、促进学科建设将起到有力的推动作用。(本刊编辑部供稿)