

桥巩水电站水轮机尾水管安装

陈元国,何建

(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 桥巩水电站灯泡贯流式机组尾水管里衬由于尺寸大、分瓣安装,在吊装、组装、焊接和浇筑混凝土过程中容易发生变形。提出在吊装过程中加装内部支撑和外部支撑,降低吊在空中的时间,可以减小吊装变形。焊接中采用分段、对称、退步焊接工艺,加强焊接质量控制可减少焊接变形。浇筑混凝土过程中,采取内撑外拉注重浇筑速度,分层浇筑并适当延长养护时间,同时注意监控尾水管里衬特别是进口法兰的变形,可以大幅度降低温度变形带来的尾水管里衬变形。

关键词 灯泡贯流式水轮机 尾水管里衬 锥管变形 桥巩水电站

中图分类号 :TK730.3+14 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2008)S2-0031-03

灯泡贯流式水轮机由于机组适用水头低,流量大,所以尾水管尺寸一般较大,尾水管里衬的尺寸自然也大,这给尾水管里衬的安装带来许多困难。

1 尾水管里衬

桥巩水电站是我国目前单机容量最大的灯泡贯流式机组,其尾水管里衬进口直径为 7.58 m,法兰外环直径为 8.10 m,出口直径为 9.948 m,其尺寸在我国目前安装的卧式水力机组里居第一位。

1.1 尾水管里衬的结构

桥巩水电站尾水管里衬分为前段、中前段、中后段和后段共 4 段。前段法兰是整个机组的安装基准,其法兰面和水轮机转轮室相连接,安装精度要求高,安装调整难度大。尾水管结构图见图 1。尾水管里衬的安装流程见图 2。

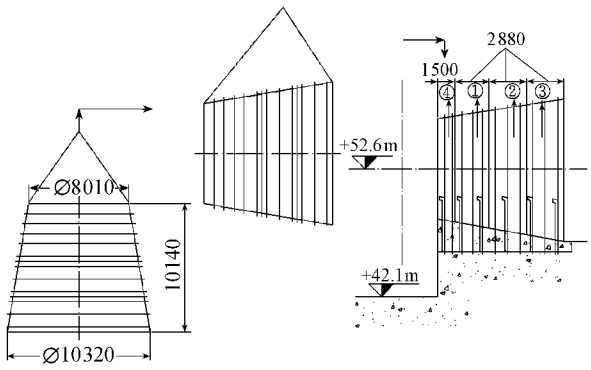


图 1 尾水管结构示意图

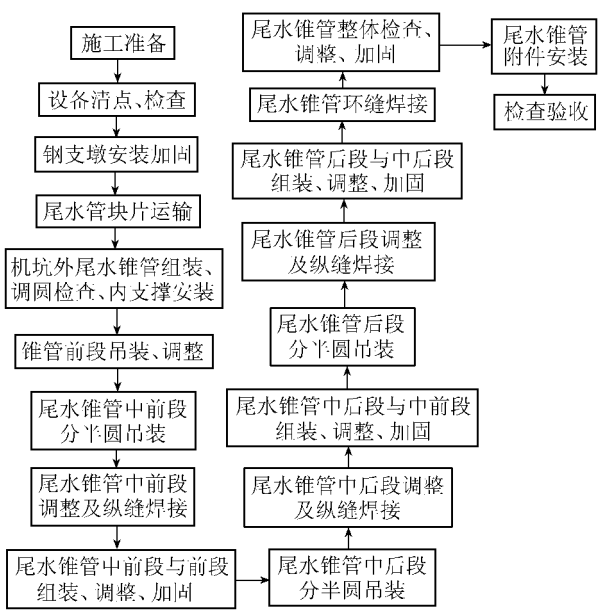


图 2 尾水管里衬安装流程

1.2 尾水管里衬安装中变形及处理

1.2.1 尾水锥管坑外组装

- a. 在组装场内的组装平台上利用 20 t 龙门吊进行尾水锥管前段和中前段的组装、调圆、内支撑安装、纵缝焊接。
- b. 在施工现场尾水门机覆盖范围内的空地上利用枕木设置 1 个组装平台,利用 25 t 汽车吊进行尾水锥管中后段和后段的组装、调圆、内支撑安装以及 2 条纵缝焊接。组装工作完成后将单节锥管分为 2 个半圆,再利用 30 t 门机进行坑内的吊装工作。

c. 使用吊装设备将同一单节的 4 块片吊放在组装平台上,用导链、拉紧器进行组合。

d. 使用楔子板或调整螺栓调整各块片的高度,并分 8 个点对锥管上、下管口的直径进行检查、调整 尾水锥管拼装时其直径调整应考虑纵缝收缩量,拼装间隙为 2~3 mm,V 形坡口纵缝应预留反变形值。

e. 尾水锥管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。

f. 纵缝对装、压缝完毕后,每隔 300 mm 焊接一个 200 mm×80 mm×20 mm 的拉板,以防止纵缝焊接变形。

g. 锥管单节组装后用钢卷尺、水准仪、钢板尺检查管口直径、周长、平面度、圆度、管节高度、弦长和腰长。

h. 纵缝焊接。纵缝焊接时,焊缝上、下端部留 200 mm 暂时不焊接,以便于单节对装时的环缝调整;纵缝为 V 形坡口,纵缝焊接 2 遍后进行清根,根据弧度变形情况调整焊接顺序和焊接工艺 纵缝焊接完后须根据图纸及规范要求进行焊缝检查(采用磁粉探伤),检查合格后调整管口圆度和上下管口的同心度,然后根据管节大小在管节内装焊防变形支撑。

i. 锥管对装时必须注意相邻单节的纵焊缝不得重合。

1.2.2 尾水锥管安装与加固

a. 检查基础板表面是否平整,无凸起点。

b. 将调整用的钢支墩提前放在尾水锥管安装位置的底板上,钢支墩的高程低于锥管下管口安装高程 5 mm。

c. 安装测量控制点。根据施工图纸用水准仪、全站仪将安装高程、中心线和里程线设置在角钢线架上,线架上的控制点设置好后再根据机组中心高程基准点进行复核。

d. 利用处于厂房的尾水 30t 门机和进口 60t 门机吊装尾水管锥管,为起吊方便,尾水锥管由小头往大头安装,即先装前段→中前段→中后段→后段。

e. 将前段吊装放在已初步调好高程中心的钢支墩上,挂好钢琴线,利用千斤顶、拉紧器和楔子板调整里衬的中心和高程。

f. 精确测量水轮机转轮中心线、机组轴线,用于调整尾水管法兰至水轮机中心的距离,确保尾水锥管前段法兰面与转轮中心线平面的平行度以及尾水中心与机组中心的同轴度满足规范要求。

g. 尾水锥管前段调整完毕,用型钢、拉紧器、拉锚加固,吊装尾水锥管中段的下半节块片就位,调整其大致高程、中心,并在焊缝上焊接临时拉板,用拉

紧器将锥管下半节临时加固。再将尾水锥管中段的上半节块片就位,与下半节压缝、组装、焊接。

h. 纵缝组装焊接。

i. 环缝对装应先将管节上 X、Y 线 2 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 2~5 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 500 mm 间距焊接一个 200 mm×80 mm×20 mm 的拉板。

j. 尾水后段安装与中段相同。

k. 锥管整体安装调整 ①尾水锥管组装成整体后进行检查,通过标高中心线架的缺口挂 0.3~0.5 mm 钢琴线,两端栓重锤以保证钢琴线的平直;利用拉紧器、千斤顶等工具调整锥管进出口中心、高程,使其符合图纸和规范要求 ②在尾水锥管前后沿轴线方向挂机组中心线,用钢卷尺测量尾水锥管前段法兰面至转轮中心的距离,同时检查法兰面与转轮中心线平面的平行度及同轴度是否符合图纸和规定的规定。锥管安装调整完并经检查合格后用拉紧器、拉锚、型钢进行电焊固定,在锥管外周加焊锚钩。

l. 尾水锥管的加固。根据尾水锥管分瓣数量以及锥管块片的内部加固情况可知,锥管块片的内支撑主要是为了防止运输变形,但不能完全防止混凝土浇筑对锥管造成的变形。为了确保二期混凝土浇筑后尾水锥管的最终质量,避免混凝土浇筑过程中对尾水管造成的影响,采取外拉、内撑的加固方式,在厂家原有加固的基础上增设加固点和加固材料。

m. 锥管整体调整加固完毕后进行环缝焊接。环缝焊接完毕必须进行探伤检查。

n. 尾水锥管安装完毕后,(移交土建单位)安装尾水测压管等其他附件,并进行检查、试验。

o. 将封板点焊于 $\varnothing 100$ mm 的灌浆孔上,点焊应牢固,待灌浆完毕后(由土建单位)封焊、磨光。

p. 尾水锥管二期混凝土浇筑完后对管口的中心、高程、平面度、同轴度进行复查。

1.2.3 防止尾水锥管焊接中的变形

为了确保尾水锥管的施工质量,避免外界环境因素的影响,在尾水锥管施工中必须加强对施工现场环境的监控,如出现下雨、施焊场地风速大于 5 级或相对湿度大于 90% 等情况时均应采取有效防护后,方可焊接。

a. 出现下雨或风速大于 5 级(8 m/s)的天气时,应搭设满足施工需要的防雨篷,确保尾水锥管安装工作顺利进行。

b. 为防止出现相对湿度大于 90% 的情况,需在尾水锥管焊接前对工件进行加热处理。

c. 焊接坡口边缘不小于 50 mm 范围内的油、

漆、垢、锈等应除净,水汽应烤干。

d. 每层焊前必须将上一层的焊渣彻底清除,层间接头错开 30 ~ 50 mm。

e. 焊缝装配间隙为 2 ~ 5 mm,当局部大于 5 mm 时应先进行堆焊,符合要求后再进行封底焊接。

f. V 形坡口纵缝焊接 2 遍后进行清根,再根据角变形情况调整焊接顺序和焊接工艺。

g. 环缝应根据焊缝长度确定焊工人数,采用对称、分段、退焊以控制焊接变形。

h. 吊装使用的吊耳必须特别注意焊接质量控制。

i. 焊缝应进行外观检查和内部质量探伤。

1.2.4 防止混凝土浇筑变形

a. 混凝土下料点应对称、均匀分布。

b. 混凝土浇筑上升速度不应超过 300 mm/h。

c. 每层浇筑混凝土的高度应不超过 2.5 m。

d. 混凝土浇筑之前,应测量法兰面处的 8 点水平值,并做好记录。

(上接第 23 页)

2.2 桥巩水电站转轮安装新工艺

灯泡贯流式机组转轮常规装法在现地安装前转轮体、叶片、叶片轴、连接体要进行预装,预装后要进行静平衡试验,重心位置应略高于转轮中心线,这样流道冲水后转轮上浮正好与重心重合(理想状态);还要进行动作试验:传动机构灵活,叶片转动平稳,测定叶片在转动过程中转轮活塞上、下腔的油压值和接力器行程;叶片密封漏油试验:油压 0.5 MPa,试验时间 16 h,试验过程中每小时叶片应操作转动 2 ~ 3 次,每个叶片每小时漏油量应不大于 7.5 mL;转轮接力器活塞组合密封漏油试验:油压 6 MPa,测量漏油量;转轮叶片在最大转角 + 37° 位置时 5 个叶片间的转角相对误差应不大于 $\pm 25'$ 。

预组装后,在现地安装时要将预组装的桨叶从转轮体至少拆下 3 个,然后转轮体和剩下的 2 个叶片整体吊入安装位置,将转轮体和导水机构把合后再吊入其余叶片。但是桥巩水电站转轮体质量达 80 t,每个叶片质量达 8.27 t,整体吊入风险太大,而且给桥机带来更高的要求,同时,机坑的空间几何尺寸无法满足转轮带叶片整体吊装的条件。工程技术人员创新性地采用桨叶不预组装,直接用密封无损伤法现地分体吊装转轮体和叶片的方法,由于没有进行预组装,所以转轮体现地安装后叶片没有安装,没有油压,无法进行动作试验,工程技术人员又创新性地利用吊车拉动操作机构完成动作试验,这样既大幅度节约了工期,而且吊装的荷载量和风险都降

e. 当混凝土浇筑第 1 个 2.5 m 高度时,测量尾水管法兰的水平,做好记录,并根据水平的变化情况调整各位置的浇筑量。

f. 当混凝土浇筑上升到第 2 个 2.5 m 高度时,第 2 次测量尾水锥管法兰的水平,做好记录,并根据水平的变化情况调整混凝土浇筑方位、速度和浇筑量,以此类推,直至尾水锥管二期混凝土浇筑完毕。

2 结 语

桥巩水电站灯泡贯流式水轮机机组是我国目前单机容量最大的灯泡贯流式机组,也是世界第二大灯泡贯流式机组,其尾水管里衬进口法兰面是整个机组的安装基准,其安装质量的好坏直接影响到整个机组的机电安装质量。因其尺寸大、分瓣多,在安装过程中容易发生各种变形。桥巩水电站尾水管里衬的成功安装,标志着我国在低水头、特大型灯泡贯流式机组尾水管里衬设计安装方面已处在世界领先地位。

(收稿日期 2008-11-15 编辑 方宇彤)

低了。新安装工艺的重点是:转轮体现地吊入后和导水机构把合。满足安装质量要求后,预估操作力矩,利用桥机拉动动作机构,试验检查动作机构的行程和运行的灵活性,切记控制桥机的拉力不能超出动作机构实际运行时的力矩。动作试验完成后,转轮体吊入机坑与主轴连接。转轮连轴工作完成后进行叶片安装:首先要保持每个叶片安装时转轮体的轴孔保持水平(处于 + Y 位置),叶片密封的工作面必需仔细研磨清扫,确保密封面无任何划痕和毛刺,仔细检查叶片密封(材质为优质橡胶)工作位置无任何损伤,再将叶片密封按图组成整体套入叶片法兰,临时固定,叶片法兰进入转轮体时要确保密封不产生局部受力,至安装位置后,螺钉对称、退步、分期把合。确保密封无损伤。

3 结 语

桥巩水电站一共装设了 8 台特大型灯泡贯流式机组,采用叶片和转轮体不预装、转轮体和内部操作机构机坑外组装、利用吊具拉动桨叶控制机构、吊入机坑后再利用密封无损伤法安装桨叶并进行桨叶密封试验的安装工艺,此安装工艺一次安装成功,工程技术人员总结和固定此工法,并应用到后续机组的安装上,降低了吊装的荷载量和吊装风险,节约了工期,为我国以后特大型灯泡贯流式机组的安装提供了宝贵的经验和借鉴的工法。

(收稿日期 2008-11-28 编辑 高建群)