

桥巩水电站水轮机转轮安装新工艺

韩 强 沙海龙

(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 总结特大型灯泡贯流式机组转轮安装特点,安装难度大,精度要求高,桨叶与转轮体结合面密封要求高,桨叶转动机构要求操作灵活。介绍桥巩水电站特大型灯泡贯流式机组安装工艺: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,调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。该安装工艺一次安装成功,大幅度降低了吊装荷载量和吊装风险,节约了工期。

关键词 灯泡贯流式水轮机 转轮体 桨叶 控制机构 密封 安装工艺

中图分类号 :TK730.3⁺25 文献标识码 :B 文章编号 :1006-7647(2008)S2-0022-02

灯泡贯流式机组转轮的安装难度较大,主要原因如下:①转轮叶片数一般为奇数,没有绝对对称,这样要求安装精度高,而且不容易满足转动不平衡和重心落在旋转轴线上;②转轮体内充满油,转动体外充满水,而且桨叶角度可调,所以对密封要求十分高;③流道充满水后转轮体和桨叶会上浮,而转轮室会下沉,在此情况下如果安装精度或水导轴承间隙调整不当则极易造成转轮扫膛或桨叶卡阻现象,影响机组的正常运行。

1 转轮安装的一般程序

由于灯泡贯流式机组安装难度大,试验、调试工作复杂,所以其安装程序一般为3个步骤:①桨叶预装配,试验并检查转动不平衡和重心、桨叶与转轮体把合后的渗漏情况,以及桨叶操作机构行程及有无卡阻现象;②转轮体装配前的工作,包括转轮室下半部分吊入机坑与导叶外环临时把合就位、导叶内环延伸段下半部分吊入机坑临时放置与导叶外环流道底部适当位置、检修密封盖及检修密封座依次套装入主轴(主要考虑圆环部件);③转轮正式安装,包括拆下预装中的桨叶、转轮体翻身、转轮体吊装、对称吊装转轮叶片以及油压检查试验。

2 桥巩水电站转轮安装

2.1 转轮结构

桥巩水电站是我国目前单机容量最大的灯泡贯

流式机组,转轮直径达 7.45 m,仅次于广西长洲水电站 7.5 m 的转轮直径,位居我国目前已装机组和在装机组的第二。转轮体质量约 80 t,转轮体上面呈星形布置安装 5 个叶片,每个叶片质量约 8.27 t。桨叶操作机构采取缸动法。由于桥巩水电站共装有 8 台机组,所以对安装工期要求非常紧,安装间场地有限,传统的安装工艺方法不能满足工期要求,而且转轮体和桨叶在安装间预装后再整体吊入安装位置,吊装荷载量大、难度大、风险高。桥巩水电站转轮的安装创新地采用新工艺方法:叶片密封无损伤直接吊入法,不在安装间进行预组装和试验检查,直接将转轮体吊入,然后吊装叶片,利用吊具试验检查桨叶操作机构的行程及有无卡阻情况,大幅度缩短了转轮的安装时间并降低了吊装风险。转轮结构及安装见图 1。

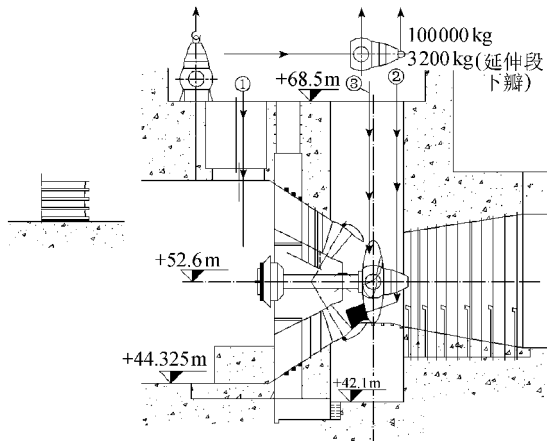


图 1 转轮结构及安装示意图

2.1.1 转轮安装程序

桥巩水电站转轮安装程序如图 2 所示。

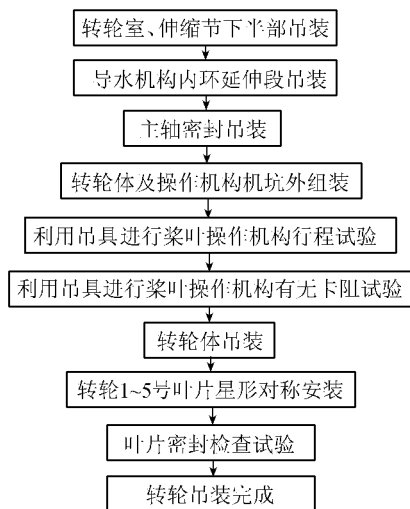


图 2 转轮安装程序

2.1.2 转轮体翻身

把转轮翻身吊具、转轮起吊吊具安装在转轮体上,垂直起吊转轮,利用 250 t 桥机的主钩和副钩配合翻身。主钩起吊转轮体,副钩提升把合在转轮体叶片位置的吊具,将转轮体倾斜 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$,从而确保转轮内操作油管在整个翻身过程中不受力,然后利用硬杂木将转轮体离地面较近的位置垫好,通过桥机小车和主钩配合,完成转轮体翻身工作(不能够空翻的原因是副钩额定起质量 50 t,无法满足要求)。

2.1.3 转轮体吊装

a. 转轮体质量约 80 t,翻身后水平吊装。桥机主钩提转轮体叶片位置的吊耳,在主钩上挂 2 台 10 t 手动葫芦,用于提升转轮体泄水锥段和进行转轮体水平调整。转轮体平行厂房方向吊入机坑,进入转轮室后摆正转轮体,拉动 2 台 10 t 手动葫芦,提升泄水锥段使转轮体水平。

b. 在主轴法兰上安装 $\varnothing 8$ 耐油橡胶圆条,在外操作油管法兰上安装 $\varnothing 6$ 耐油橡胶圆条,在密封槽内涂上黄干油固定橡胶圆条。拆除主轴内操作油管的临时固定及转轮体内外操作油管的临时支架。

c. 利用临时高压顶起装置手动打油,确保轴承润滑,利用 10 t 导链和 32 t 千斤顶配合,让主轴转动至主轴内操作油管与转轮体中的操作油管法兰上孔全对正,然后把紧两操作油管。

d. 吊起转轮体,缓慢靠近主轴法兰,利用 2 台 10 t 手动葫芦调整两法兰平行,控制两法兰距离约为 10 mm 时,利用临时高压顶起装置手动打油,让主轴转动直至主轴法兰面上 $\varnothing 70$ 销钉孔与转轮体上的对正。

e. 对称安装 4 颗联轴螺栓 M110 $\times$ 4,均匀把合

4 颗联轴螺栓,将转轮止口均匀拉入主轴配合止口,直至两法兰面距离在 1 ~ 3 mm。精细调整主轴使主轴销钉孔与转轮销钉孔没有错牙,将 6 颗 $\varnothing 70$ 圆柱销(4S23055)按编号装入销钉孔,把紧 4 颗联轴螺栓,检查法兰面间隙,用 0.05 mm 塞尺不能通过。

f. 装入其余 20 颗螺栓,安装带棘轮液压扭矩扳手(3S13241),对联轴螺栓进行预紧,预紧分 2 次进行,第 1 次拉伸设计拉伸值的 40% ~ 50%(设计拉伸值 0.40 mm,允许偏差 ± 0.03 mm),第 2 次拉伸到设计拉伸值。

g. 联轴螺栓预紧合格后,测量两法兰面组合缝间隙,间隙应小于 0.05 mm。焊止动垫块(4S23051),拆掉转轮翻身吊具和转轮起吊吊具。

2.1.4 转轮叶片吊装

a. 首先安装 +Y 侧的叶片。解除转轮体上 +Y 侧叶片的 $\varnothing 100$ 圆柱销的临时固定封板,调整主轴使叶片轴法兰面水平,在叶片轴法兰配合面及相应的转轮体配合面、 $\varnothing 100$ 圆柱销上涂润滑油。

b. 安装叶片吊装工具,吊起叶片调整其法兰水平,对正 $\varnothing 100$ 圆柱销缓慢落下。

c. 当叶片法兰下落至台阶约 4 mm 时(即叶片法兰与转轮体 $\varnothing 1280$ 圆柱面配合深度为 4 mm),依次把套在叶片法兰上的支撑环、密封圈、垫块压紧在转轮体上,把压环压在垫环上。

d. 松掉叶片吊装工具,安装带棘轮液压扭矩扳手,对叶片螺栓进行预紧,预紧分 2 次进行,第 1 次拉伸设计拉伸值的 40% ~ 50%,第 2 次拉伸到设计拉伸值。

e. 安装叶片螺栓止动块、叶片螺栓盖板,等做完转轮漏油试验后进行封焊。

f. 测量并调整压环与叶片法兰面的间隙在 0.50 ~ 0.70 mm 内,间隙应均匀。安装内六角螺钉 M20 $\times$ 45,测量叶片根部与转轮体、压环、导叶延伸段之间的间隙。

g. 第 1 个叶片安装完成后处于关闭位置,将直径大于或等于 21.5 mm 的钢丝绳缠绕在轮毂上,利用桥机 50 t 副钩缓慢提升,带动转轮体转动。在整个转动过程中临时高压顶起装置一直处于工作状态,确保轴承润滑,当转动安装位置时临时高压顶起应立即停止。根据第 1 个叶片的安装方法安装第 2 ~ 4 个叶片。由于第 5 个叶片结构在安装过程中,叶片安装处在不对称状态,因此在转动过程中要注意转轮惯性转动。当转到安装位置后,应对转轮进行锁定,确保安全施工。

h. 转动主轴各个角度测量充油前的叶片根部与转轮体、压环、导叶延伸段之间的间隙,检查导叶内环下沉量。

(下转第 33 页)

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)