

瀑布沟水电站发电机转子的特点及其组装

吕玉忠 李传法 李顺风

(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 介绍转子组装技术 根据转子结构特点和现场实际情况 进行施工工艺优化 优化后转子组装顺利 且提高了组装质量。

关键词 转子支架 磁轭定位 切向主键 瀑布沟水电站

中图分类号 :TM303.3 文献标识码 :B 文章编号 :1006-764X(2011)S2-0039-03

瀑布沟水电站发电机转子是东方电机股份有限公司制造 转子在施工现场通过转子支架组焊、立筋加工、磁轭叠装、磁极挂装等工序组装成整体。转子组装后总质量为 1 120 t ,高度为 3 310 mm ,直径为 131 110 mm。转子支架由转子中心体和 4 瓣扇形支臂(圆盘式)组成整体,共设有 16 根立筋,立筋在现场进行加工。转子磁轭分上、下 2 段叠装,每段由 2.5 mm 厚的高强度冲片现场叠压而成,2 张磁轭冲片为 1 层,采用变极距错位叠装。磁轭与转子支架采取磁轭弹性键、切向主键和加强键等多种键联合固定方式,通过热打键使磁轭与转子支架形成一个整体,48 个转子磁极挂装于磁轭外侧。

1 转子主要结构特点

1.1 转子支架

瀑布沟水电站转子支架为多层圆盘式转子支架,分转子中心体和 4 瓣支臂到货,在现场组装成整体。该结构与支臂式、斜立筋圆盘式等转子支架相比,转子支架刚度是最大的一种,详细刚度性能比较见表 1。该结构具有重量轻、刚度大、稳定性好等优点,特别适用于采用径向通风的水轮发电机组。

表 1 不同结构转子支架刚度比较

项目	轴向刚度	切向刚度	径向刚度
工字型支臂式转子支架	小	小	小
盒式支臂转子支架	稍大	稍大	一般
圆盘上转子支架	大	大	大
斜立筋圆盘式转子支架	适中	适中	适中
理想设计	大	大	适中

1.2 转子磁轭

瀑布沟水电站转子磁轭是分段磁轭,分上、下

2 段磁轭叠装,2 段磁轭之间采用间隔块分开,这种磁轭结构对磁轭的压紧和整体性起到良好的效果。

每段磁轭由 2.5 mm 厚的磁轭冲片、通风槽片、拉紧螺杆、定位销、磁轭上下压板及磁轭键等组成,在第 1 段 780 mm 以下(A 段)采用的 3 张磁轭冲片为 1 层,采用变极距错位叠装方式,而 780 mm 以上(B 段)高度的磁轭则是由 2 张磁轭冲片为 1 层变极距错位叠装而成,叠片示意图见图 1。

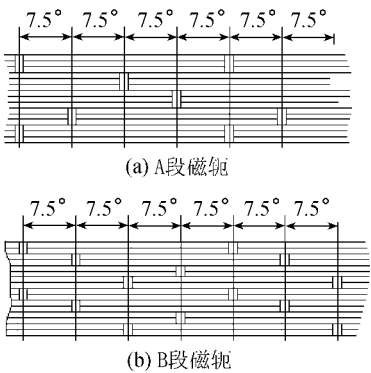


图 1 磁轭叠片示意图

瀑布沟水电站转子磁轭采用变极距叠方式,不仅使每单元扇形磁轭冲片得到最大的搭接面积,增加冲片间摩擦力,减少冲片间滑移,有利于保持磁轭的整体性,而且螺杆所受的平均剪应力变小。

转子磁轭与转子支架固定采用径向键(磁轭弹性键)、切向键、加强键布置不在同一立筋上的多种联接键固定方式。瀑布沟水电站转子支架与转子磁轭固定最初选用的是三峡左岸电站的结构,这种结构紧量完全通过加热磁轭后在磁轭键槽与转子支架的立筋间加垫产生。由于瀑布沟水电站转子立筋较长,在工地组焊成整圆时焊接量大,容易引起焊接变

形。工地虽然可以通过调节键弥补焊接变形,但调节键本身在与立筋焊接时也会变形,导致磁轭弹性键与调节键的面接触变成线接触,接触部分屈服变形形成假紧量。另外磁轭的残余变形属于不可恢复变形,从而使实际紧量小于设计值。为解决这一问题,改成整体打磁轭键结构,见图2。

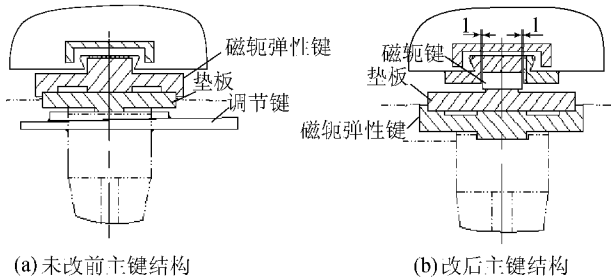


图2 磁轭键结构改版前后对比

取消调节键,转子支架在现场组焊后再进行立筋加工。这一结构的优点如下:①转子支架在工地组圆后再加工,可以精确保证立筋的直线度、垂直度、至中心距离;②磁轭弹性键与立筋加工面直接接触,接触面积大;③可以通过传统冷打键,在磁轭热打键前冷打将磁轭调圆,消除磁轭部分残余变形。

2 施工工艺优化

2.1 转子支架组装

转子磁轭与转子支架连接键由调节键和弹性键结构更改成弹性键和成对磁轭键的结构,转子支架立筋由原本在制造厂内加工完成更改为在施工现场进行加工。为有效控制转子支架组装尺寸,转子支架组装控制尺寸也相应更改,见表2。这样不仅保证转子支架组装关键尺寸,还减少了焊接完后挂钩处理量,避免了由于挂钩与压板搭接量不足导致压板进行扩孔处理现象,合理节约了转子组装的直线工期,其中3号、4号、5号机组比6号机组在转子支架组装上就节约工期近4d。

2.2 转子支架焊接

由于转子中心体和圆盘式支臂的接焊缝是环形焊缝,焊接量比较大,焊接变形不易控制,焊接时很容易影响推力头把合面水平变化以及容易引起挂钩上翘,由于瀑布沟水电站推力轴承是液压支柱式的,若推力头把合面水平变化比较大,将直接影响镜板跳动值的大小,因此转子支架焊接关键是控制环缝

焊接的焊接变形。主要从以下几个方面进行监测和控制 ①焊接顺序。对于环缝焊接采用对称、多层多道、分段退步焊接顺序。②焊接电流大小。严格控制焊接电流、预热温度、层间温度以及焊接热输入量。③监测点布置。焊前在各焊缝两侧打上测量焊接变形(收缩)的参考点(洋冲点,用游标卡尺测量);挂钩的上翘可在每瓣支臂挂钩底部安装3个百分表监测,在转子中心体下法兰面架设百分表以及监测点,监测转子中心体下法兰面水平变化情况。④及时根据监测数据进行焊接顺序和人员调整。其中6号机组焊接后中心体下法兰水平在0.04mm内,挂钩水平在1.5mm内,虽不满足1mm水平要求,但挂钩打磨处理量比较小,6号机机组盘车时镜板跳动值只有0.07mm。

2.3 磁轭定位方式

瀑布沟水电站转子磁轭叠装在厂家安装工艺说明书中采用叠片导键和定位销起周向和径向定位作用。而转子支架设有16根立筋,若在每个立筋位置布置1根叠片导键,这样磁轭冲片上的键槽就无法直接嵌入叠片导键上,必须从叠片导键上部向下穿入才能进行叠片。瀑布沟水电站转子磁轭高度为3310mm,所有的磁轭冲片都由上向下叠片,这样所占用的直线工期比较长。为解决这一定位问题,方案大概以下3种:①将部分叠片导键后面的垫板去掉,让该导键仅起到周向定位的作用,径向则靠临时叠片销钉定位;②将叠片导键两边各加工10mm,让叠片导键仅起到径向定位作用;③只均匀布置8根叠片导键,调整叠片导键起周向和径向定位作用,并用定位销钉做辅助定位。

根据现场实际情况,第3种方案比较合适,但转子磁轭每层整周布置12张冲片,而叠片导键只有8根,这样每张冲片位置不一定有叠片导键,而厂家到货的销钉只能稍微起到改善叠片形状的作用,根本就起不到定位作用。另外厂家又没有提供其他定位工具,因此磁轭叠装定位比较困难。

根据现场实际情况和以往安装经验,将磁轭定位工艺进行优化,在500mm高度以下,采用磁轭导键和加工临时定位销钉进行定位,在500mm以上取消临时销钉,换成永久螺栓进行定位。临时定位销钉有3种规格,一种是阶梯销,保证压板和磁轭冲片同心,每张磁轭冲片布置2个阶梯销;另外2种分别

表2 转子支架组装控制尺寸改前和改后对比

项目	立筋垂直度	各立筋弦距	立筋半径	制动闸板基础板水平	挂钩水平
设计更改前	1 mm	± 1 mm	5 308 ± 3 mm	3 mm	3 mm
设计更改后	不要求	组合缝弦距差不大于 2 mm	立筋半径为 5 318 mm,调整时虽以立筋半径为基准,兼顾挂钩半径,必须保证立筋焊接完后有加工量	1.5 mm	焊接完后 1 mm

是 200 mm 和 500 mm 长度临时定位销钉,每张冲片均布 4 个。为方便磁轭叠装,在调整叠片导键时,也只是对称调整 2 根叠片导键周向和径向垂直度在 0.10 mm 以内,并且这 2 根叠片导键中心对准键槽中心,其他叠片导键随组叠片高度进行调整。这一定位方式的更改不仅有效保证叠片质量,而且还缩短了转子叠片工期。其中 6 号机就是采用这一定位方式,但在第 1 段 500 mm 高度压紧前换成永久螺杆时,遇到这样的一个难题:将临时定位销钉换成永久螺杆后,个别位置磁轭圆度偏差较大,并且在第 1 段 500 mm 高度叠装过程中,整形比较困难。但在 500 mm 以上高度叠装过程中,就比较顺利且基本上不用调圆,主要原因是下部基础圆度比较好,加上全部用永久螺栓来定位,调整量比较小。所以后续机组在磁轭定位上又进一步优化,在 300 mm 以下高度用临时销钉和叠片导键定位,压板定位后将临时定位销钉换成永久螺栓。这一改进使后续机组比 6 号机组叠装工期提前。

2.4 下部切向键安装

厂家安装工艺说明书中要求切向键安装径向垂直度在 0.05 mm/m,且切向键和键槽紧靠,由于现场空间受限,无法直接用内径千分尺测量切向键径向垂直度。6 号机组只是与键槽紧靠在一起,在焊接过程中,由于焊接变形,切向键上部向键槽方向倾

斜,导致后期圆度调整困难,个别切向键通过打磨后才能保证磁轭圆度,在一定程度上延缓了转子组装机工期。在后续机组安装时,将这更改为在切向键上部预留 0.20 mm 左右的间隙,并且焊接方向由外向内焊接。改进后,后续 3 台机组磁轭叠装时就没出现因焊接变形导致叠片困难的现象。

2.5 增设转子支架清扫孔

转子支架下环板靠近磁轭位置只有 2 个 $\varnothing 300$ mm 孔,这样中间位置是否有杂物根本无法检查到,更谈不上清扫彻底,给机组安全启动带来安全隐患。后征得厂家现场代表同意在中间位置割 $\varnothing 300$ mm 的孔,有效解决了清扫问题,又基本上影响不到转子支架强度,杜绝了机组启动以及运行安全隐患。

3 结 语

瀑布沟水电站转子结构虽然比较复杂,但对其结构了解清楚后,结合现场状况,进行施工工艺优化后,转子组装非常顺利,且组装质量远远优于整体磁轭的叠装,其中 5 号、6 号机组转子组装后磁极圆度不大于 0.70 mm,远小于国家规范标准要求,其中 5 号机组就磁轭叠装一项比 6 号机组节约转子组装机工期近 15 d,确保了 2009 年底机组双投目标。

(收稿日期 2011-08-12 编辑:方字形)

(上接第 38 页)并参考定子铁芯的实际平均中心高程,确定出磁极挂装中心高程。

b. 磁极挂装:①检查成对磁极键在压紧状态下的厚度尺寸,除去磁极键上毛刺、尖角,并在磁极键之间涂抹二硫化钼。②利用磁极吊装工具挂装磁极,先将磁极副键插入到位,后插入主键,以下法兰面为基准测量磁极中心高程符合设计要求后,用 18 磅大锤打紧磁极键,注意第 1 号磁极与第 48 号磁极挂装位置要与转子引线的位置相对应,按照图纸焊接磁极键挡块,焊接完毕后检查焊缝应无飞溅、裂纹等,检查合格后将磁轭清扫干净。③所有磁极的磁极键打紧后,测量单个磁极的绝缘电阻、交流阻抗及进行挂装后的耐压试验。④复测转子磁极的挂装高程,各磁极挂装高程与平均高程之差不应大于 ± 2 mm,其质量要求为:磁极圆度不大于 0.7 mm;磁极半径偏差不大于 1 mm;磁极偏心不大于 0.2 mm;磁极垂直度不大于 0.66 mm。

6 结 语

在完成上述工序后,安装转子其余附件,如阻尼

环、极间支撑、极间连接线等。转子装配完毕后,应检查各个部件是否按要求装配并可靠固定,并检查各焊缝外观应满足设计要求,全面清扫转子,清扫干净后并按要求对转子喷 188 漆。

根据瀑布沟水电站发电机转子的结构特点和施工现场实际情况,安装过程中对转子支架焊接、立筋加工、磁轭定位等工艺进行了改进,不但提高了工作效率,而且保证了转子装配的质量。运行表明,机组的运行指标均符合或优于设计及相关规程规范技术文件要求,实现了主要机电设备运行稳定、安全、可靠的预期目标。

(收稿日期 2011-07-10 编辑:马敏峰)

