

瀑布沟水电站发电机定子组装技术

赵汉阳 张锦昊 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 介绍瀑布沟水电站定子组装技术,总结瀑布沟水电站发电机定子定位筋调整、定子铁芯圆度、波浪度调整,以及技术要求提高采取相应措施,为同类发电机定子组装技术提供参考。

关键词 定子组装技术;发电机定子;施工进度;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)S2-0030-02

1 定子组装相关技术参数

定子组装技术参数:机组为立轴半伞式,额定转速 额定容量为 611 MVA,额定功率为 550 MW,发电机型号为 SF600-48/14800,机组额定转速为 125 r/min;额定电压为 20 kV,额定功率因数为 0.9;定子铁芯高度为 3050 mm;定子铁芯外径为 14200 mm,内径为 13180 mm,鸽尾筋半径为 7090 mm;铁芯最终把紧力矩为 1600 N·m;定子冲片槽形尺寸为宽 $26.5_{-0.30}^{0}$ mm,长 $210_{-0.30}^{0}$ mm,定子绕组形式为条形线棒、叠绕;发电机冷却方式为双路密闭自循环端部回风空气冷却。

2 定子结构及组装主要工艺特点

发电机定子主要由定子机座、铁芯和绕组组成。定子机座分 4 瓣制造和运输,在工地组圆焊接,外侧设 16 个外挂式空冷器,机座基础板有 16 块,为径向销钉浮动式结构。定子铁芯采用浮动双鸽尾筋结构的固定方式,鸽尾筋机座托板之间设计有 1.5 mm 间隙,大齿压板直接安放于定子下环板上不与机座焊接,铁芯由 0.5 mm 厚高导磁、低耗、优质硅钢片叠压而成,铁芯全长 3050 mm,全圆由 45 张冲片叠成,其设计内径为 $\varnothing 13180$ mm,外径为 $\varnothing 14200$ mm;为减少附加损耗,铁芯两端叠成阶梯形,并采用非磁性压指以及非磁性端箍,两端叠成阶梯形(阶梯粘胶片厂内已粘成整体),叠装采用分段压紧工艺,其铁芯采用穿心螺杆进行压紧,穿心螺杆采用高强度非磁性钢 40MnCr18 制成,在穿心螺杆上端采用蝶形弹簧结构,定子上、下 2 段铁芯冲片采用刷胶粘接方式,整体压紧后进行铁损试验,试验后再进行热态压紧。

3 定子定位筋调整技术

a. 定位筋装焊准备:在定位筋校直平台上对 90 根定位筋进行检查和校正,定位筋周向、径向直线度小于 0.10 mm,扭曲度小于 0.10 mm。定子机座大齿压板上的穿心螺杆孔位置和下齿压板的压指位置,在定子大齿压板上等份划出相应定位筋所在位置的圆心线并编号,在定子机座各环板上划出定位筋托块所在位置圆心线并编号,并用定子冲片进行检查。划出所有定位筋托板的径向圆心线,将大等份筋所需的托板分别安放到第 1~5 层定子机座环板的相应位置上。检查各定位筋托板与下层托板间的间隙,局部间隙大于或等于 0.5 mm 时,则加垫或修磨平整。

b. 定位筋安装:为减少定位筋装焊的累积误差,定位筋装焊采用 9 等分弦距法。在定子大齿压板上确定出 9 根大等分筋的方位,选用 9 根直线度和扭曲度较好的筋作为基准筋,划出 9 根大等分定位筋鸽尾中心线,并选用其中 1 根大等分筋作为基准筋。调整基准定位筋,使基准筋鸽尾中心线与定子下齿压板的位置圆心线周向偏差小于或等于 1 mm,且定位筋下端面距大齿压板约 5 mm,用中心测圆架以及悬挂钢琴线的方法测量并调整基准定位筋。基准定位筋的轴向及周向垂直度偏差为 0.05 mm/m,用中心测圆架测量基准定位筋在各托块处的内圆半径,其绝对半径偏差为 +0.30 mm, -0.20 mm。基准定位筋的向心度为 0.05 mm。

c. 大等份定位筋的安装:基准定位筋轴向及周向垂直度、绝对半径偏差以及向心度检查合格后,将大等份定位筋分别吊穿入其相应位置的托板内。初

步调整各大等份定位筋,使其鸽尾中心线与定子大齿压板上的位置中心线偏差为 1 mm,且定位筋下端面距大齿压板约 5 mm,按要求在大等份定位筋背部与定位筋托块之间垫入垫块,并用专用工具将各大等份定位筋托板初步固定在定子机座环板上。用中心测圆架以及内径千分尺在中间部位的两托块处测量并调整 $n = 2$ 位置处大等份定位筋的内径以及其与基准定位筋的弦距。反复调整 $n = 2$ 位置处大等份定位筋。大等分点上相邻两定位筋同一横切面上的弦距偏差为 $\pm 0.30 \text{ mm}$;检查 $n = 2$ 位置处大等份定位筋托板与其下层托板之间的接触面,间隙大于或等于 0.50 mm 时,进行加垫或修磨处理。用同样方法调整 $n = 3, 4, \dots, 9$ 位置处的大等份定位筋。

d. 定位筋焊接 托板焊接前,用双头千斤顶周向固定定位筋,将定位筋周向顶牢,检查相邻定位筋弦距偏差在 $\pm 0.20 \text{ mm}$ 以内,然后进行施焊(图 1);托板每层焊缝焊后冷却至室温时方可拆除千斤顶(图 2)。

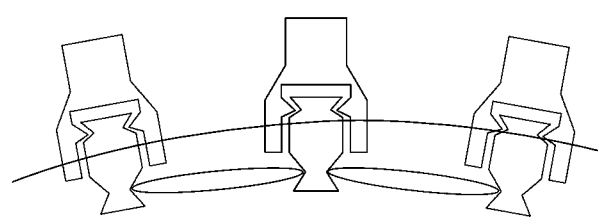


图 1 定位筋周向固定

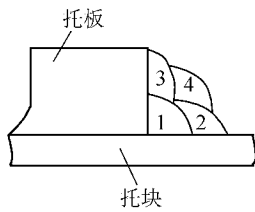


图 2 托板焊缝焊层

焊接每个定位筋托板的同层焊缝,焊接时,首先将定子机座第 4 层环板上的各托板同层径向焊缝对称从内向外一次焊完。定子机座第 4 层环板上的各托板同层径向焊缝焊完后,焊接第 3 或第 5 层径向焊缝,然后进行第 2 或第 6 机座环板上各托板同层径向焊缝的焊接,再进行第 1 或第 7 机座环板上各托板同层径向焊缝的焊接(图 3)。

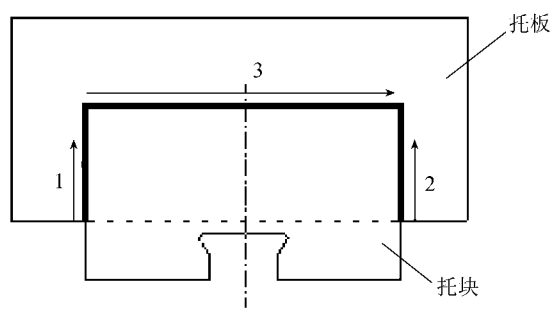


图 3 托板焊缝焊接方向

焊接时,焊工可以在对称的几个工作面上同时施焊,相互间焊接速度应一致。每一环层托块第 1 层径向焊缝全部焊完后,应检查每根定位筋的半径和相邻定位筋的弦距,观察变化的趋势,合格后方可继续焊接第 2 层。定位筋托块全部满焊结束后,在冷态下检查和测量定位筋。

4 定子铁芯控制技术

首段定子铁芯叠片时,按先后顺序应分别叠装。第 1 段定子铁芯叠完后,应用整形棒进行定子铁芯整形。沿圆周均匀地塞入槽样棒,以固定定子冲片,每张冲片至少 2 根,同时,槽楔槽样棒应与槽样棒相间置入,注意槽样棒不应紧靠槽底放置。定子冲片叠装过程中注意:邻层定子冲片之间应错开 6 个槽距进行叠放。所叠装冲片应清洁,无油污与灰尘,有裂纹、漆膜不均等缺陷的冲片不得叠入。铁芯叠片时,定子冲片应紧靠定位筋。铁芯叠片过程中,可根据实际情况,利用 0.5 环氧酚醛层压布板 3240 的无齿片,调整定子铁芯波浪度。其一般是在定子铁芯首次预压后,根据定子铁芯首次预压后铁芯波浪度以及铁芯齿部张度,在叠装后继铁芯段时,用 0.5 环氧酚醛层压布板 3240 的无齿片进行相应位置处的定子铁芯波浪度以及铁芯齿部张度调整。每叠完一段铁芯时,用专用工具沿定子铁芯圆周测量其铁芯段长,其偏差不超过设计值的 0.50 mm 。堆积过程中,注意每段高度偏差的相互补偿。堆积过程中要随时用整形棒整形,但不允许用铁锤敲打铁芯和整形棒,每迭完一段,还要统一整形 1 次。随着堆积高度的增加,槽样棒和槽楔槽样棒逐渐上移,保证定子槽形的几何尺寸。各段定子铁芯通风槽片的小工字钢,在高度方向应上下对齐,并防止通风槽片边缘突出定子铁芯槽。每段定子铁芯叠装完成后,叠装 1 层通风槽片。定位筋背后的 1.5 mm 垫片应在定子铁芯铁损试验完成后拔出。在铁芯叠装过程中,将所叠冲片种类及其数量进行逐一记录,确定定子铁芯实际叠片总重量。

首次预压结束再次进行冲片叠装时,根据上述测量记录,用绝缘调整垫片进行定子铁芯波浪度调整,保证定子铁芯最终压紧后的高度和波浪度。铁芯分段压紧时注意下列各项:每次预压前必须将铁芯全部整形 1 次。定子铁芯首次预压时,使用上齿压板进行压紧。每次预压过程中,应以定子铁芯圆周方向上波浪度较大的位置为起点,采用顺时针、反时针相结合的把紧方式进行多次对称压紧。槽样棒与槽楔槽样棒不得露出铁芯。每次预压时,用专用液压扳手,按 50%、75%、100% 逐渐(下转第 33 页)

引线安装根据定子安装工艺要求,厂内需预装,因此有利于铜环引线整体摆放到位后再进行调节。施工步骤:①将铜环引线支撑基础定位,将基础角钢点焊2点,不满焊,便于后续调整。②根据施工图纸,将全部铜环摆放到位,用 $\varnothing 5\text{ mm}$ 玻璃丝绳临时固定,避免铜环掉落。③先将中性点汇流板定位,将每相各个分支逐一进行对装调节,调节好一分支便可以安排专业焊工对铜环引线接头进行焊接,前提是做好防护工作。对装顺序是先从汇流板往引线头方向对装,预留最后一节铜环引线暂时不对装,便于后续调整。主引出线汇流盒采用同样的方法进行对装调节,对装和焊接人员可同时连贯作业,大幅度缩短了施工时间。

e. 下端绝缘盒灌注采用耐温橡胶条固定。绝缘盒灌注方法有很多,如用千斤顶调节、制作临时支撑等。但这些方法都比较繁琐,很难保证绝缘盒的整齐美观。采用耐高温橡胶条就可以解决这个问题,根据下端并头块焊接完后的宽度,以及绝缘盒底部的宽度,算出间隙大小来选择橡胶条规格,将选好的橡胶条截成120 mm左右(2根),待绝缘盒灌入合适灌注胶后,将2根橡胶条放置在绝缘盒开口处两端,再将绝缘盒慢慢往上套,直至并头块接近绝缘盒底部。

4 施工中遇到的主要问题分析及处理方法

根据3台机组定子槽电位数据显示,定子上层线棒与下层线棒相比较,上层线棒局部槽电位大于10 V,超出了估计,下层线棒符合规范要求。针对此现象分析可能存在以下因素:①J301 半导体腻子不均匀。刮J301 半导体腻子厚薄是凭个人经验,在涂刮过程中难免会出现不均匀现象,使之在线棒嵌入槽内后有间隙。②槽衬纸破裂。在线棒嵌入槽内

过程中,采用人力使线棒上下端部受力,受力不均匀,同时线棒在嵌入过程中产生轴向窜动,以及槽内喷涂槽底漆厚薄不一致、定子叠片质量、J301 腻子厚薄度等,都会使槽衬纸产生破裂。③下层线棒紧靠槽底部,底部先放置半导体玻璃布板,下层线棒与之接触相对较为光滑,间隙小,靠上层线棒的是层间垫条,当下完下层线棒后,J301 腻子溢出、槽衬纸局部重叠,使层间垫条与上层线棒不能完全紧靠在一起,间隙较大。④线棒嵌装完毕后下坠。下线过程采用流水线作业,即线棒的嵌装—斜边垫块塞放—绑扎—取压线工具。由于压线工具数量有限,需循环使用,因此在绑扎完毕后就把压线工具拆掉,J301 腻子未能及时固化,线棒难免会有下坠现象。

处理方法:用塞尺检查线棒侧面与铁芯的间隙,若间隙大于0.25 mm、长度超过100 mm、且深度大于线棒径向厚度时,在相应位置画出记号,根据间隙大小选择塞半导体垫条,再用低电阻半导体漆涂刷在发电机铁芯壁与线棒之间的间隙内,以保证线棒与铁芯壁严密结合。通过这样处理后,可以消除槽电位不合格而带来的线棒电晕问题,降低发电机定子铁芯槽电位减弱甚至消灭发电机定子槽内电晕腐蚀,延长发电机定子线棒运行寿命,保证发电机运行安全的效果。

5 结 语

瀑布沟水电站4台机组定子下线交、直流耐压均一次性通过,工期时间大幅度缩短,现3台水轮机发电机组也投入商业运行,实际运行效果良好,证明瀑布沟水电站定子下线工艺不仅在技术上是可行的,而且效果是显著的。

(收稿日期 2011-08-12 编辑 方字形)

(上接第31页)加大穿心螺杆的压紧力矩,使其最终的压紧力矩分别达到设计扭力值。每次使用穿心螺杆端部螺纹均应涂上二硫化钼,同时,严禁铁芯压紧过程中使用风动扳手。在叠装过程中,每大段定子铁芯叠装完成后,在压紧状态下,应测量定子铁芯轭部背部高度及槽底、槽口铁芯高度尺寸和定子铁芯的半径和圆周波浪度。铁心预压检查:第1次预压:铁心波浪度小于或等于5 mm,高度公差为 $-1 \sim +5\text{ mm}$,最终的压紧力矩分别达到设计值;第2次预压:铁心波浪度小于或等于5 mm,高度公差为 $-1 \sim +6\text{ mm}$,最终的压紧力矩分别达到设计值;第3次预压:铁心波浪度小于或等于6 mm,高度公差为 $-1 \sim +6$

mm,最终的压紧力矩分别达到设计值;第4次预压:铁心波浪度小于或等于6 mm,高度公差为 $-1 \sim +7\text{ mm}$,最终的压紧力矩分别达到设计值;第5次预压:铁心波浪度小于或等于6 mm,高度公差为 $-2 \sim +8\text{ mm}$,最终的压紧力矩分别达到设计值。

5 结 语

瀑布沟水电站6号发电机定子叠装完成后,经检查铁芯圆度、高度、波浪度和铁芯压紧程度均满足技术要求。6号发电机定子组装为同类机组积累了丰富的经验,对其他发电机定子组装有一定参考价值。

(收稿日期 2011-08-12 编辑 方字形)