

瀑布沟水电站发电机转子磁轭热打键加温技术

何兴国, 青绍林, 邓小云

(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 介绍瀑布沟水电站发电机组转子磁轭加热前的条件、准备以及加热设备的选取,并提出了相应的布置方案及各项措施。

关键词 转子磁轭 热打键 瀑布沟水电站

中图分类号 :TM303.3

文献标识码 :B

文章编号 :1006-7647(2011)S2-0042-02

瀑布沟水电站的 600 MW 水轮发电机组转子主要由转子中心体、圆盘式分瓣转子支臂、转子磁极及其他附件组成。转子上部与上端轴连接,下部与发电机主轴连接,转子支架下部设 52 块制动闸板。现场组装时先将转子中心体与圆盘式分瓣转子支臂把合成整体并按专门的工艺焊接成一体,转子磁轭由 2.5 mm 厚的高强度冲片现场叠压而成,并通过热打键的方式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 转子磁轭加热前具备的条件

转子磁轭加热前具备的条件:①磁轭冷打紧检查合格;②转子的圆度检查合格;③磁轭与转子支架同心度检查合格;④磁轭垂直度检查合格。

2 加温前的准备

a. 清点加温设备的到货情况,检查加热片是否有损坏、松动现象。

b. 对转子磁轭进行全面清扫,测量各立筋板处间隙,并做好记录。

c. 检查加热片、温控柜等设备是否运行正常。

d. 检查测温热偶,确保输出回路与测温点在同一回路。

e. 安装保温毯,所有连接线在接缝处引出。

f. 通风、散热设备的准备。

3 加热设备的选取及布置方案

3.1 加热设备的选取

a. 加热器。在磁轭铁芯的通风沟(5 mm ×

109 mm × 680 mm)布置功率为 500 W 的超薄型硅晶片加热器(4.5 mm × 90 mm × 600 mm),整圆 12 片 48 个极点成组,每片布置超薄硅晶片加热器 176 片(每个极点 44 片),共均匀布置超薄硅晶片加热器 2 112 片。在转子底部磁轭一圈平均布置功率为 10 kW 的磁性加热器 12 片,各加热器用 $\varnothing 16 \times 20$ m 耐高温电线输入,加热总功率为 1 200 kW。

b. 温度测量。测量热电偶(0 ~ 8 000 °C)108 支,在磁轭铁芯中均匀布置,用 K 型测温补偿导线连接到温控制柜。

c. 磁轭保温。磁轭用耐高温加强防火保温毯包裹,一定注意包裹的严密性,防止有风进入,造成热量损失。

d. 温控系统。选用 4 台自动控温系统,每台功率为 300 kW,控温精度为 $\pm 5^\circ\text{C}$,手动设定自动检测,数码显示。

3.2 加热准备

由于转子磁轭加温容量大,且时间较长,故需要使用单独的变压器或将施工变压器的负荷切除,以保证转子磁轭加温。

3.3 加热布置

将转子磁轭圆周方向按 90°进行 4 等分,分别为 I 区、II 区、III 区、IV 区,每台变压器与 2 台自动控温温控仪连接,每台温控仪功率为 300 kW,负责 1 个区的加热,加热总功率为 1 200 kW。

3.4 通风散热布置

为了防止转子磁轭与立筋在加热过程中热量传递过快,形成磁轭、立筋和转子中心体的整体膨胀,特在转子支架 16 个支臂处布置 16 台轴流风机对立

筋表面进行散热。另在转子支架下面布置 8 台风机,把外面冷空气吸入中心体内对转子立筋、中心体进行内部冷却。

3.5 热胀量的测量

在磁轭上压板上焊接一小块钢板,它与立筋加热前的间隙为零,当磁轭加热到一定温度时,用塞尺迅速测量立筋与钢板间的间隙。

4 保温方案

a. 为提高磁轭加热时的保温效果,在保温毯的外面安装 4 套保温棚,保温棚由保温棚支架、阻燃篷布等组成。保温棚架支撑管主要采用 $\phi 70$ mm 普通钢管、50 mm $\times$ 5 mm 扁铁和 $\phi 20$ mm 圆钢等部件组成,如图 1 所示。

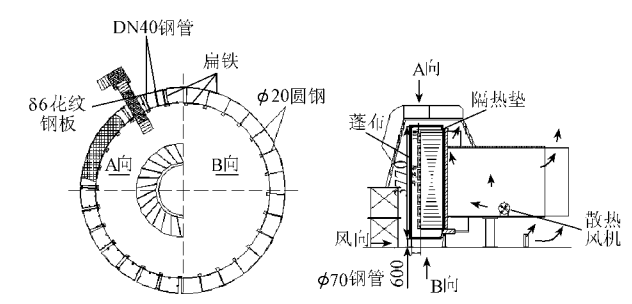


图 1 保温棚布置示意图(单位:mm)

b. 现场安装时先将转子叠片平台拖离磁轭外表面约 500 mm,按立筋键槽位置把棚架顶部构件摆放调整好,临时固定,然后把主撑管立上,调整主撑管的位置且顶部构件搭焊。

c. 参照附图位置在主撑管外侧、主立筋挂钩下部围焊 2 圈扁铁,扁铁之间用圆钢固牢。

d. 棚架安装好后,由电气人员开始布置加热器并接线。加热片铺设且通电调试完成后,在棚架外面沿磁轭表面铺设篷布(双层折叠)。注意在磁轭内侧的篷布尽量保证敷严,减少加热时热空气对转子支架的影响。

e. 在磁轭键槽上、中、下对应位置的篷布上开出豁口,便于加热时能够用红外线测温仪测量磁轭表面温度,通风沟处均匀放置一定数量的酒精温度计,以定时检查铁芯内部温度。

5 磁轭加热

a. 加热顺序:按从下至上的顺序对转子磁轭加热。

b. 加温控制:在加热的过程中,应注意控制磁轭的温升以及磁轭与转子支架之间的温差,并对转子磁轭及支架立筋间的温差进行定期检测、记录。当磁轭不同点温差大于 10°C 时,应适当降低高温点

的升温速度,使温升基本一致,磁轭加热时间不得超过 12 h,加热过程中每 30 min 记录一次温度,温差小于或等于 10°C 。并按照规定温升曲线要求加热磁轭。当温度达到要求(环境温度 + 55K)时,控制系统自动恒温。

c. 当磁轭与立筋及支臂温差较小时,开启轴流风机对转子支架进行冷却。

d. 当热胀量达到 4 mm(设计值)后,即可停止加热,并按照转子磁轭热打键前做好的标记,对称均匀地将主键打到标记刻度位置。

e. 关闭温控柜电源,将磁轭下部和内圈保温毯打开,其余部分保持,每 30 min 记录一次温度。

f. 转子磁轭冷却至自然温度后,拆除全部保温毯,加热器、热电偶、电线分类存放。

g. 转子磁轭冷却后,按要求用扭矩扳手全面核查磁轭压紧螺杆扭矩值,合格后,按要求点焊所有磁轭压紧螺杆螺母。检查中心测圆架转臂,测量圆周上任意点的半径误差不得大于 0.02 mm,旋转一周测头的上下跳动量不得大于 0.20 mm。对测量结果进行整理,提交验收资料。

6 质量保证措施

质量保证措施如下:

a. 按照技术要求进行加温,保持磁轭温度上升均匀。

b. 每隔 30 min 测量磁轭温度并记录。

c. 温度每上升 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 测量并记录磁轭与立筋间隙。

d. 转子磁轭冷却必须缓慢而均匀,达到室温的时间不少于 48 h,冷却过程要与加温一样进行监控,防止温度陡降和局部吹风冷却过快,以免磁轭温度骤然降低而使转子中心体变形。待磁轭冷却到室温后,方可揭开保温篷布。

7 安全措施

安全措施如下:

a. 施工现场应设安全警示标志,施工区域设有值班人员,闲杂人员一律不得入内,合闸前必须检查确认无人后方可合闸。

b. 加热时加热器要绑紧,所有接头要绝缘良好,不许有裸露接头存在,进入保温棚检查人员要防止触电、烫伤。

c. 加热过程中应随时监视铁芯温度,非工作人员不许靠近。

(下转第 47 页)

根 清理焊缝 用 PT 检查焊缝根部。根据变形的情况交替焊接 ,直到焊完整条焊缝。焊接工艺参数见表 2。

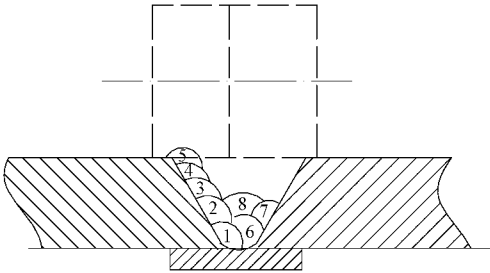


图 11 带背面垫板的对接焊缝的焊接示意图

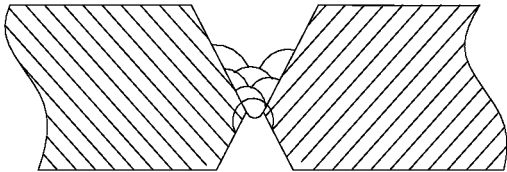


图 12 X 形对接焊缝的焊接示意图

表 2 焊接工艺参数

焊条直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V
3.2	80 ~ 120	23 ~ 25
4.0	150 ~ 180	25 ~ 28

2.3 监控项目

为控制焊接变形尺寸 ,在中心体的上法兰面 4 个方向打上标记 ,并在标记处装上合象水平仪 ,监控中心体水平 ,在底部架设水准仪监测制动闸板的水平和倾斜度 ,在径向合缝处做好标记 ,监控径向收缩量。当完成下述每道工序时 ,要对各项数据进行测量并作好记录。①转子支架中心体和外环组件组装后 ,定位板焊前 ;②定位板全部焊完 ;③制动闸板焊接 1/3 2/3 ,清根、背缝焊接 ;④上环缝焊接 1/2 , 2/3 3/3 ;⑤下环缝焊接 1/2 2/3 3/3 ;⑥中环缝焊接 1/3 2/3 3/3 ;⑦转子支架径向缝焊接 ;⑧转子支架立缝焊接 ;⑨转子支架所有焊缝焊完后冷却。

发机班和焊工班需配合好 ,每次测量后数据及时反映到监控负责人处 ,及时根据变形情况调整焊接顺序。

2.4 转子支架焊接后检查结果

所有一类、二类焊缝采用 UT 检查 ,一次合格率为 99.89%。

3 结 语

a. 转子支架组装焊接质量直接影响转子的整体组装质量。通过本工艺的有效控制 ,转子支架组装焊接后 ,各项焊后技术要求均达到了设计及规范标准 ,不仅为转子整体组装创造了良好条件 ,同时也

为机组的安全运行奠定了基础。

b. 加强焊接过程的监控力度 ,所有参与人员配合好 ,根据变形情况及时调整焊接顺序 ,转子支架的焊接变形控制在技术要求范围内。

c. 对焊接人员的要求 ,既要控制好焊接变形 ,还得控制好焊缝内部质量。如果一次合格率低于 95% ,局部返修 ,直接影响整体变形控制效果。

(收稿日期 2011-08-12 编辑 :方宇彤)

(上接第 10 页)

座环平面加工时 ,水平面倾斜或波浪度达不到设计要求。分析原因主要是由于机床本身以及其他振动的影响。因此 ,要随时跟踪检查加工进刀量的变化情况 ,并且每加工完一遍必须检查加工面的水平情况并进行相应的处理。

4 结 语

通过加工前的精确调整和加工中的跟踪控制、及时分析和工艺调整 ,瀑布沟电站 6 号机组座环最终的加工质量达到了优良标准 ,表面粗糙度也完全满足设计图纸的要求。加工工期比原计划提前了 15 d ,并且为后期的机组安装提供了良好的基础 ,大幅度减小了机组运行的振动。

(收稿日期 2011-07-10 编辑 :高建群)

(上接第 43 页)

d. 加热过程中应有足够的钳工、电工、消防人员值班。

e. 高处作业应遵守有关规定 ,上下层交叉作业必须有良好的防护措施 ,严禁上下抛掷工具、杂物等。

8 环境保护措施

a. 工作地点及通道必须保持整洁通畅 ,物件堆放必须整齐、稳固 ,每天下班前应清扫场地 ,保持场地清洁 ,做到工完、料尽、场地清。

b. 避免使用石棉制品等对人体有害的物质。

c. 施工中应注意对环境的保护 ,施工垃圾应集中处理。

d. 地下厂房临时通风设备应连续运行。

9 结 语

瀑布沟电站的 6 号、5 号、4 号、3 号机组转子磁轭热打键的热胀量均匀 ,所用时间均在 8 ~ 10 h 以内 ,笔者认为瀑布沟水电站转子磁轭加温的技术比较成熟 ,值得推广。

(收稿日期 2010-08-12 编辑 :方宇彤)