

桥巩水电站发电机转子的装配与吊装

顾建伟,刘 翱

(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 介绍桥巩水电站发电机转子的现场装配工艺和质量控制过程,据此总结出适用于类似水电站发电机转子现场装配的工序和方法,可为同类型的发电机转子装配提供参考。

关键词 桥巩水电站;发电机转子;现场安装;质量控制

中图分类号 TM312 **文献标识码** B **文章编号** 1006-764X(2008)S2-0042-02

桥巩水电站厂房安装了 8 台 57 MW 灯泡贯流水轮发电机组,总装机容量为 456 MW。发电机总体结构为双支点双悬臂结构,发电机与水轮机共用一根轴,额定容量为 61.96 MVA,额定电压为 10.5 kV,额定电流为 3 407 A,转子励磁电流为 547 A,功率因数 $\cos\varphi=0.92$ (滞后),额定转速为 83.33 r/min,额定频率为 50 Hz,相数为 3。发电机冷却方式为密闭自循环强迫空气冷却,励磁方式为可控硅自并励,制动方式为机械制动。发电机主要由定子、转子、组合轴承、通风冷却系统及制动系统组成。

1 转子基本结构

桥巩水电站发电机的转子主要由转子支架、磁轭、磁极等组成。转子支架为圆盘式钢板焊接结构,磁轭分 5 段由优质钢板焊接而成。支架筋板斜向设置,以利径向通风。支架中心体直接与水轮机主轴法兰相接,利用 8- $\varnothing$ 105/ $\varnothing$ 195 销套传递扭矩,在转子支架上游侧设有可拆的多块制动环。磁极铁芯采用 1.0 mm 厚的薄硅板冲片叠压而成,磁极线圈为带散热匝的异形铜带扁绕而成,为 F 级绝缘。磁极上设有纵、横阻尼绕组,采用螺栓把合的方式固定在转子支架上。

2 转子装配的技术特点

桥巩水电站 1 号发电机转子由中国东方电机股份有限公司制造,转子支架整体到货,转子磁轭在制造厂里预压后与转子支架焊接而成,现场不进行磁轭叠片及拉紧螺杆预压。转子磁轭设有 4 层通风槽及上下 2 层螺栓孔,用于把合固定磁极。转子支架

到货后,利用集电环及平尺进行转子磁轭圆度检查,磁轭圆度符合规范要求。1 号发电机转子共有 72 个磁极,每个磁极加工有 6 个 M42 螺栓孔。磁极挂装完成后,进行磁极中心高程、磁极圆度及磁极上下弦距调整。

3 转子装配程序

桥巩水电站的转子通过制动环安装、磁极挂装、磁极引线安装等工序现场组装而成,其装配流程如图 1 所示。

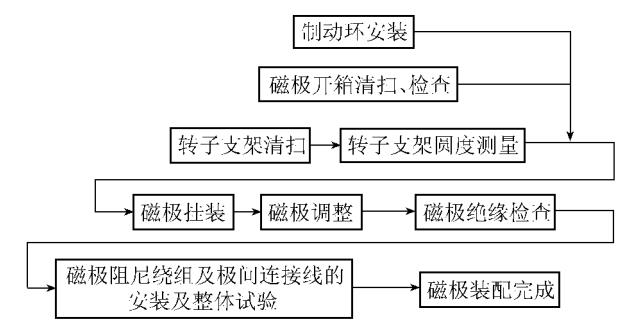


图 1 转子装配流程示意图

由于转子采用无轴结构,因此转子支架应具有足够的强度和刚度。转子安装前应在安装间适当位置布置转子支架支墩基础,预埋基础钢板,找水平小于或等于 0.05 mm/m 后浇筑混凝土。用吊转子工具起吊转子支架并固定于转子支墩上(下游侧朝下放置)。调整转子支架中心圆盘水平,偏差小于或等于 0.03 mm/m。以转子支架中心圆盘下法兰面为准,测量上下止口同心度。清理磁轭及螺孔边缘的毛刺,检查磁轭圈外圆,如果有个别高点或划痕,需要修磨处理。

制动环采用耐磨、耐热性能良好的材料制造,制

作者简介:顾建伟(1983—),男,江西上饶人,助理工程师,从事水电站机电安装与施工技术管理工作。E-mail: gujianwei1983@163.com

动环布置在转子上游侧,以便于检修和维护。制动环闸板在安装前仔细清扫检查,清理毛刺、高点,按照环片的编号对应放置在转子支架上,把合闸板上的螺栓。在制动环每个螺孔的上方放适当厚度的调整垫片,用2个千斤顶将制动环顶起,就位后稍微拧紧,调整好后再用套筒扳手拧紧压紧螺母。按机组旋转方向检查制动闸板的接缝,后一块不得高于前一块。制动环径向水平偏差应在0.5 mm内,沿整个圆周波浪度不大于1.5 mm。

转子不需要进行叠片,只进行磁极挂装,因此工艺相对比较简单。磁极铁芯应使用薄硅钢板冲片,采用螺栓压紧。磁极绕组应采用符合国家标准或IEC标准的F级绝缘,由铜带扁向绕制而成。磁极线圈、绝缘托板采用整体一次热压成形工艺制造。磁极运至安装间要开箱检查,进行全面的清扫。清理磁轭上鸽尾槽表面,检查磁极鸽尾的垂直度,清理磁极上极间连接线表面及阻尼环连接表面。按要求测量磁极的直流电阻、交流阻抗、绝缘电阻。进行磁极挂装前做交流耐压试验,其交流耐压值为5400 V。按照磁极编号挂装磁极,挂装时要注意励磁引出线方位。为保证磁极线圈与磁轭接触良好,磁极挂装时,在磁极下托板与磁轭环间根据其间隙情况加垫浸透792室温固化胶或793室温固化胶的适形毛毡。待毛毡完全固化后,将线圈缺口处的毛毡割去,使其不影响通风。磁极挂装完成后,进行磁极中心高程、磁极圆度及磁极上下弦距调整。首先进行基准磁极的调整,以转子上法兰面为基准,进行转子磁极中心高程调整,符合要求后,再用挂钢琴线的方法检查基准磁极的周向垂直度,用圆度测量工具进行圆度检查,符合要求后,用风动扳手打紧磁极把合螺栓,在把合过程中要监视磁极周向垂直度及圆度的变化情况,改变磁极把合螺栓的顺序以满足磁极调整要求。用上述方法进行相邻磁极中心高程、圆度的调整,以基准磁极为基准并用卷尺调整相邻磁极与基准磁极的上下弦长,使之符合规范要求。磁极调整完成后,进行磁极阻尼环、连接片及励磁母线的安装,为保证转子重量平衡,在励磁母线的对侧焊有80 kg的平衡块。把紧磁极螺栓前,在螺栓和螺母的螺纹段涂抹1277厌氧型螺纹锁固密封胶,把合螺母的把紧扭矩为 $1\,100 \pm 55\text{ N}\cdot\text{m}$ 。磁极把紧后,将螺母和把合筋搭焊。用转子外圆圆度测量的方法测量磁极外圆圆度,各半径与平均半径之差小于或等于设计空气间隙的 $\pm 4\%$ (约为 $\pm 0.4\text{ mm}$)。测量磁极的绝缘电阻和交流阻抗,按照规程要求对磁极进行挂装后单个磁极的交流耐压试验,试验电压为4900 V。

以磁极阻尼环上的把合孔为样板,配钻其阻尼

环连接片把合孔。阻尼环连接片接头的接触面用0.05 mm塞尺检查,其最大塞入深度不应超过5 mm。阻尼环连接片如突出转子外圆应进行配磨处理,阻尼环连接片的锁定应牢固,如果接触面超差应进行整形处理。安装磁极上、下游侧连接线时以磁极线圈引线头把合孔为样板,在磁极连接线上配钻把合孔。极间连接线与引线头接触面应保持良好接触,用0.05 mm塞尺检查,其最大塞入深度不应超过5 mm。对转子进行整体耐压试验,试验交流电压为3900 V。转子励磁引线与转子引线接头把合后,用0.05 mm塞尺检查,其最大塞入深度不应超过5 mm,励磁引线与电缆与其接头间应用银铜焊焊牢。转子励磁引线条位置应按现场实际情况合理布置,其垫铁应搭焊牢固,线夹锁定应牢固。所有转子励磁引线装入线夹时均应用浸透793室温固化胶的涤纶毛毡进行适形。检查转子所有裸露铜排对地距离,小于10 mm的应进行加包绝缘处理。用2500 V兆欧表测量转子绕组的绝缘电阻,其绝缘值不应小于5.0 M Ω ,否则应进行干燥处理。若需进行干燥处理,在转子绕组通电干燥前,应彻底清扫转子磁极和转子。在转子绕组中通以不超过额定励磁电流的直流电流,在干燥过程中,线圈表面温度不应超过85℃,温度上升率不应超过5℃/h。当绝缘电阻稳定6 h左右后,即可降温停止干燥。当转子绕组温度降至40℃以下时,对绕组进行交流耐压试验,试验前后均应测量转子整体交流阻抗并进行比较和记录存档。

4 转子吊装

转子装配完成后,除安放转子吊具的2个磁极外,所有锁片均应锁定牢固以防松动。应全面清理转子,仔细清扫主轴、转子法兰面及止口,在转子表面除法兰面外喷一层188聚酯红瓷漆。转子吊装前应复测转子下法兰止口及销孔与水轮机主轴法兰的配合尺寸,其配合间隙应符合设计要求。将销套按标记插入主轴法兰销孔,为防止转子吊装时与主轴法兰相碰撞,转子吊装前应在水轮机主轴法兰面罩上保护软垫。转子吊装时,在转子中心体上安装起吊柱,拆除转子上安装翻身靴及吊装工具位置处的磁极,安装翻身靴及吊装工具。吊装工具应用螺栓固定,翻身工具应把合在转子磁轭环上,然后进行转子翻身。在起吊柱上挂好钢丝绳,调整好长度。水平吊起转子并放置于地面上,拆除起吊柱及钢丝绳,将钢丝绳挂在起吊工具上。慢慢将转子翻身至垂直位置,拆除翻身靴。将转子吊入基坑,缓慢靠近主轴。调整转子中心体下法兰止口中心高程,使其与主轴法兰基本对中,撤除主轴法兰(下转第53页)

面通报等形式提出限期整改要求 ,并跟踪督促整改落实。

d. 积极做好工程防洪度汛工作。自工程开工建设以来 ,每年汛前监理部积极配合业主督促各承建单位认真做好防汛预案的制定和检查落实 ,组织开展防汛安全大检查 ,发现问题及时督促整改。2 年多内桥巩水电站围堰大坝经受住了多次较大洪峰的考验 ,不仅确保工程的安全度汛 ,还保证了工程建设的顺利进行。

通过做好上述各项工作 ,工程安全生产状况逐年改观 ,违章行为大大减少 ,施工环境整洁有序 ,安全生产形势平稳发展 ,重大安全事故得到了有效的预防和控制。

2.2.6 关系协调

在工程施工监理过程中 ,监理工程师始终本着对业主负责、维护业主利益、严格履行合同的宗旨 ,及时向业主汇报工程的施工质量、进度、安全情况 ,分析影响工程质量、进度、安全的因素 ,并向业主提出解决办法和建议 ,当好业主的参谋 ,为业主正确决策提供参考意见。

监理工程师始终把自己当作工程建设有关各方联系的桥梁 ,充分尊重设计意见 ,督促承建单位按合

同、设计图纸和有关规程规范施工。施工图纸中出现的问题及时通过业主向设计方反映 ,将施工现场情况及时通过《监理月报》向参建各方和有关部门反馈。施工过程中出现的问题及时与业主、设计代表、施工人员共同研究处理 ,必要时召开专题会议讨论确定处理方案。

在工程施工监理过程中 ,监理工程师尊重承建单位的意见和施工经验 ,听取对工程的改进意见 ,维护业主利益 ,不损害承建单位的正当权益 ,强调以解决现场实际问题为着眼点 ,以大局为重 ,以业主的重大节点目标为目标 ,主动协调承建单位与有关各方的关系。通过协调解决施工中的实际问题 ,使工程质量、进度达到预期目标。

3 结 语

广西红水河桥巩水电站 1 号机组已于 2008 年 7 月 27 日通过了 72h 并网试运行 ,工程质量全面优秀。这表明工程建设和工程建设监理工作是切实可行的 ,工程建设的进度控制、质量控制、投资控制、安全管理、信息管理和关系协调方法可以为后续工程建设监理提供借鉴。

(收稿日期 2008-12-15 编辑 骆超)

(上接第 43 页)保护软垫 ,清洗法兰面。在对称方向上穿入 4 根拉紧螺杆 ,将转子往主轴上拉靠 ,同时注意对准销钉孔。穿入所有销钉 ,对称冷态打紧把合螺栓。检查组合面 ,如无间隙 ,对称拉伸把合螺栓。拆除吊具 ,并安装吊具处的磁极、垫条及极间连接线 ,安装后挡风板。

5 转子装配质量控制

转轮吊装质量的好坏直接关系着水轮发电机组能否正常运行 ,因此需要精心控制好预装的每一个步骤和工序 ,需要所有参与施工的操作人员、技术人员、质检人员、测量人员共同进行。转轮吊装严格执行项目部内部“三检制”(施工班组自检制、技术人员复检制、项目部质检部门终检制) ,各级检验人员对自己检验的质量结果负责 ,工序未按质量要求或缺陷未处理完善前不得移交下道检验。内部三检合格后 ,将检验资料报现场监理工程师进行检查验收。转子组装后质量控制尺寸如表 1 所示。

表 1 转子组装后质量控制尺寸

序号	检查项目	允许偏差
1	转子支架水平	≤0.03 mm/m
2	制动环径向水平	≤0.5 mm
3	制动环波浪度	≤1.5 mm
4	挂装后磁极外圆圆度	±0.4 mm

6 结 语

转子的安装质量直接影响着发电机的安装质量 ,转子安装的每个环节都要严格按照规程规范来执行。在桥巩水电站转子安装工作中 ,1 号机组采用的是中国东方电机股份有限公司的安装工艺 ,安装质量有所提高 ,节约了工期 ,获得了较好的经济效益。

(收稿日期 2008-11-15 编辑 方宇彤)

