

猴子岩水电站定子安装技术优化与应用

张 森

(中国葛洲坝集团机电建设有限公司,四川 成都 610000)

摘要:猴子岩水电站定子安装通过精心周全的技术准备,解决各项技术难题,四台机组定子从机座组装、定位筋安装、叠片到铁损试验均一次性通过验收,其中,定位筋验收数据多达3 456个,优良率100%,铁芯圆度均小于0.75 mm(优良标准为 $\pm 3.5\%$ 设计空气间隙即 ± 1.26 mm),定子带负荷运行稳定。

关键词:定子安装;机座基础;定位筋;定子叠片

中图分类号:[TM622];U464.331+.2;TV547.3

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)05-0128-03

1 概 述

猴子岩水电站共安装四台 SF425-48/13500 水轮发电机组,由哈尔滨电机厂有限责任公司提供,单机容量 425 MW。定子机座分 5 瓣到货,机座外径 $\varphi 15\ 240$ mm,机座高度 4 295 mm,铁芯内径 $\varphi 12\ 550$ mm,高度 2 750 mm。1#机组定子机座在安装间组焊成整圆,在机坑进行定位筋调整、叠片;2#~4#机组定子机座在机坑组圆、定位筋调整及叠片。

2 定子机座基础优化

猴子岩水电站定子共 14 个支腿,其中,基础板与定子机座安装间组合后分瓣吊入机坑,在机坑进行组圆调整,机座支腿为斜立筋结构,机座拼装完成后整体重量约 125 t,每个基础受力载荷约 900 kN。图纸设计每个定子机座由 4 个 M42 支撑调整螺杆进行支撑,受力于 200 mm × 300 mm (宽 × 高)混凝土支墩上,见图 1,根据原土建设计图纸,混凝土支墩无钢筋网加强,且无预埋件,支墩浇筑完成后需进行凿毛处理,支墩表面平整度难以保证,对定子机座高程、水平及中心调整增加了很大的难度。

在此问题的基础上,通过仔细审阅设计图纸,对其开展深入研究与探讨,在定子基础垫板混凝土支墩浇筑前在顶丝螺杆受力点预埋 20a 工字钢,且与底部钢筋网加固牢靠,见图 2,混凝土浇筑完成后凿除表面混凝土,即保证了支墩平整度,同时也为定子机座基础加固有了着力点,增强机座运行的稳定性。

通过对四台机组定子基础增加工字钢预埋工序,不仅节省了定子机座调整时间,而且增强了定子基础的稳定性,定子安全稳定运行有了可靠保障。

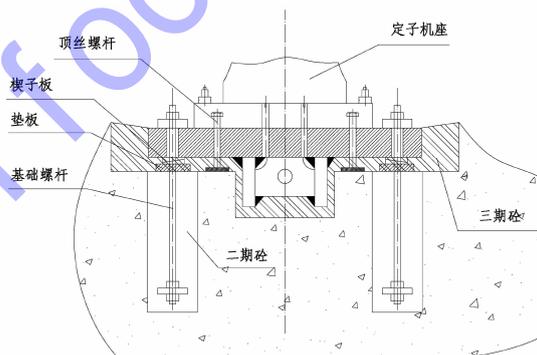


图 1 设计定子机座基础布置

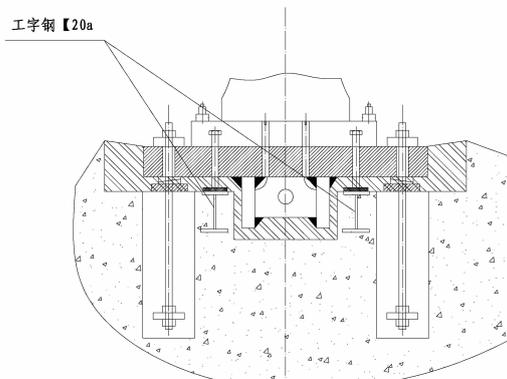


图 2 更改后定子机座基础布置

3 定位筋安装调整措施与质量控制重点

随着科学技术的发展,定子铁芯冲片加工精度已经达到很高的水平,定位筋作为定子叠装的基准,其安装质量决定定子铁芯的叠装质量。

收稿日期:2018-07-31

3.1 基准筋安装

猴子岩水电站定子定位筋共 108 根,为双鸽尾筋,第一根基准筋安装方位尤为重要,其方位偏差直接影响绕组引出线方向,如图纸无说明,一般选取能够便于直接定位的一根筋作为基准定位筋(如轴线方向)。

打磨清扫定子机座各环板(共 8 环)上油漆及污物,采用样冲在下环板上定位出基准筋位置(测量队打点方式)。选取一根直线度、平面度较好的定位筋作为基准定位筋,检查定位筋托块,对接触面毛刺等进行清理,完成后将基准筋立于安装位置,注意定位筋方向,不能上下倒置,依次穿入托块;同时,采用托块顶柱、托块 C 型夹对基准筋进行固定,调整基准筋位置与环板方位对正。

采用机械电测法方式对基准筋切向倾斜进行粗调,完成后检查测圆架垂直度,调整其 ≤ 0.02 mm/m,用内径千分尺测出第二环定位筋内径的绝对值,调整定位筋搭焊内径满足设计要求,同时调整定位筋径向扭斜 < 0.1 mm,各环均调整完成后复测定位筋切向倾斜值,调整定位筋切向倾斜 < 0.05 mm/m,对基准筋各环处半径、扭斜进行复测,调整直至符合要求。定位筋调整检查合格后,将第一根筋的全部托块对称搭焊在机座环板上,对所有数据进行复测,合格后进行验收检查。注意定位筋内径偏差不能超过 0.05 mm/m,做好半径测量基准点。

3.2 大等分定位筋安装

为确保定子定位筋安装精度,增加定位筋调整效率,采用大等分法进行定位筋调整,将 108 根定位筋大跨距 9 等分,选择 8 根直线度、平面度较好的定位筋作为大跨距定位筋,按基准筋安装方法将 8 根定位筋安装到机座环板上,预紧 2 环、7 环托块顶柱,防止倾覆,采用卷尺粗调定位筋间弦距,同时以第一根基准筋为基准,用测圆架、对楔调整定位筋半径、扭斜达到要求范围后,安装弦距测量工具,并保证在同一高度,用内径千分尺均分各跨上下弦距,各跨距允差应 < 0.10 mm,同一跨距内上下弦距允差应 < 0.05 mm,半径、弦距、扭斜达到要求后对称点焊托块四个点,搭焊 $\blacktriangle 3 \sim \blacktriangle 5$ mm 焊缝,长度约 4~6 mm,完成后对所有数据进行复测,如有不合格点数则采用角向磨光机进行铲除,重新进行调整搭焊。

3.3 小等分定位筋安装

检查其余定位筋、托块外观质量,采用细砂纸去除毛刺,清理机座各环油漆、杂物,将所有定位筋装入大跨距定位筋跨内,两根大等分定位筋内各 11 根筋,采用托块顶柱撑紧第二环、第七环托块,防止倾覆。小等分定位筋安装顺序建议从布置有基准点的定位筋相反方向逐跨进行调整,防止通过双头顶柱调整弦距时导致基准点发生变化。复测测圆架垂直度,同时校核基准点绝对半径,将调整跨各环板托块顶柱全部安装并预紧,在第二环、七环安装定位筋样板(定位筋样板为厂家提供),上下同时使用,每次可调 3 根定位筋,将样板一端固定于基准筋上,另一端固定在第 3 根定位筋上,先调整第 3 根定位筋二、七环半径、扭斜符合图纸设计要求,拧紧二、七环托块顶柱,固定定位筋样板,用框式水平仪调整其水平 < 0.08 mm/m,将其余定位筋装入样板卡槽内固定,拧紧托块顶柱,最后拆除样板。调完一跨后用弦距双头顶柱调整机座二、七环内定位筋的弦距达到要求,同时用测圆架调整两环内定位筋的内径扭斜达到范围,检查托块与环板间隙(如果间隙 > 1 mm,则需要进行处理),搭焊这两环定位筋托块。利用定位筋弦距双头顶柱、定位筋 C 型夹、小钢楔、托块顶柱及定位筋弦距检查样板等调整检查工具,依次调整定位筋在机座第 1、3、4、5、6、8 环板位置的弦距和半径,符合要求后搭焊各环托块。

在每个等分大跨距内,用定位筋搭焊样板搭焊最后一根定位筋时,若定位筋弦距偏差大于 ± 0.10 mm 时,根据偏差值大小磨除托板与定子环板定位焊接点,重新搭焊以将偏差均分开。

3.4 定位筋托块焊接

定位筋调整验收合格后进行定位筋托块焊接工序,定位筋满焊采用 CO₂ 气体保护焊接。为了减少焊接变形影响定位筋内径与弦距尺寸,焊接顺序应尽量避免热应力集中,一方面应采用分层、分道焊接,托块焊角 12 mm,托块焊接分层分道见图 3,先焊径向焊缝,所有分层焊接完成后再进行焊周向焊缝焊接。

另一方面调整环板焊接顺序,通过焊接工艺来控制焊接变形,猴子岩水电站定子机座共八环,焊接顺序为 4 环-6 环-3 环-5 环-7 环-2 环-8 环-1 环。见图 4,按分层、分道顺序,所有机

座各环径向焊缝均焊完第一层后才可以焊接第二层径向焊缝,所有周向焊缝均焊完第一层后才可以焊接第二层周向焊缝。

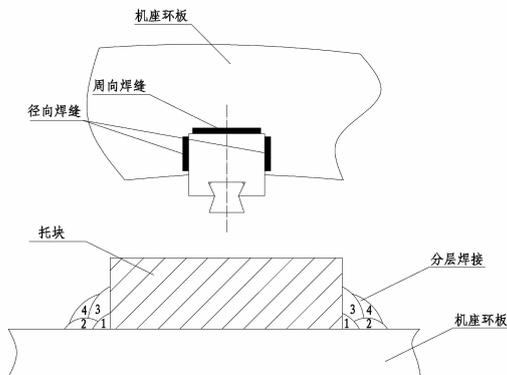


图3 托块分层分道焊接示意图

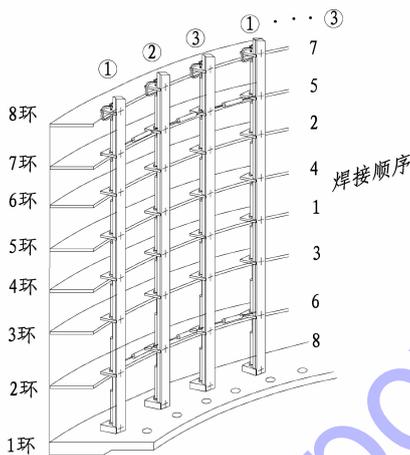


图4 定位筋焊接编号及焊接顺序示意图

托块按环进行焊接,首先需对待焊定位筋进行可靠固定,将托块顶柱及弦距双头顶柱安装到第二环、七环定位筋上整圈固定,测量调整这两环定位筋半径、扭斜及弦距,符合要求后在环板上做出焊接顺序标记,如扭斜偏差较大则大的从外往里,小的从里往外焊接。定子定位筋共108根,圆周分布4名焊工沿圆周同一方向同步施焊。先焊第4层环板定位筋托块,开始焊接前,将108根定位筋均分成4组,每组27根,按1、2、3顺序编号,焊接时为减小相互定位筋温差带来的影响,4组均同时将编号1定位筋托块焊完后再从2开始焊接,最后焊接编号3,见图4。托块第一层径向焊缝冷却至室温后,拆除定位筋弦距双头顶柱,托块千斤顶等临时工具,换装到下一环调整及固

定定位筋,依此类推。定位筋全部满焊结束后,全面检查定位筋弦距及径向尺寸,并对超差点做相应处理。

4 定子叠片质量控制重点

猴子岩水电站定子铁芯共69段,其中上下段为项号片,采用硅钢片胶粘接成整体,定子铁芯叠片采用整圆搭1/2叠片方式,通过在施工过程中不断实践与总结,为保证叠片质量,应从以下几个方面着手:

(1) 防尘。定子叠片需在一个绝对无尘空间进行,猴子岩水电站为地下式厂房,尘烟较大,定子机坑进行叠片,通过自制全密闭防尘棚,在棚内布置除尘、除湿设备和抽排设备,达到良好的防尘效果,同时为保证冲片整洁,在叠片过程中安排专人用白布对冲片进行清洁。

(2) 槽形。定子叠片过程中,需采用槽样棒、槽楔槽样棒、整形棒、通槽棒等进行定位、整形、通槽工具,防止铁芯左右错片或前后错片,随着铁芯堆叠的升高,需将槽样棒、槽楔槽样棒相应沿轴向提升,以确保叠片槽形公差;同时,铁芯每隔500 mm、1 000 mm、1 500 mm、2 000 mm、2 500 mm左右各预压一次,在预压过程中需将槽样棒、槽楔槽样棒穿入铁芯槽中,防止因压紧扭力变化导致槽形错片。

(3) 重片、漏片。猴子岩水电站定子叠片采用手工叠片,人工堆叠,在叠片过程中极易导致叠入重片及漏片,因此应安排专人对已叠冲片进行巡视检查,发现重片及漏片及时进行处理。

(4) 波浪度。为确保叠片波浪度尺寸,打开定子冲片包装箱时,采用外径千分尺抽测每堆5~10张冲片厚度,每张冲片测量6个值,取平均值作为这堆冲片厚度,叠片过程中将厚度相同的冲片均分在圆周支架上,以保证每层叠入厚度均匀。

根据铁芯第一次预压测量高度,确定铁芯叠片至下一次预压周向补偿位置或不用叠入周向补偿片。根据测量尺寸平均值,确定每单段铁芯应叠入的是轭部或齿部径向补偿片或不加补偿片。

注意:铁芯上、下两段阶梯项号片不能叠入径向补偿片。补偿片必须放在单段铁芯的中部,在两层同样冲片间只允许安装一层补偿片,相同径

(下转第133页)

为48 h。

采取上述措施取得了十分明显的效果,灌注结束孔段及灌后检查孔均未出现涌水现象,质量检查满足设计防渗要求。

3.5 山体外漏的处理

猴子岩水电站右岸趾板第29—31单元(高程为1 743.94 m~1 790.33 m)帷幕灌浆施工过程中,30 m以内浅层区域多次出现趾板边坡山体漏浆现象。前期,针对趾板边坡山体外漏孔段,按照规范及设计技术要求采取低压、限流、浓浆、间歇、待凝复灌等处理措施,均达到灌浆结束标准。但灌后检查浅层区域孔段均不满足设计防渗要求。

参建各方对此进行了分析讨论,发现检查孔岩芯裂隙以陡倾角裂隙为主,裂隙内水泥结石充填饱满,但结石普遍呈现“叠层”现象,证明同一条裂隙经过灌浆进行了多次充填,说明浅层岩体易产生灌浆劈裂,无法承受较大压力。为此采取了如下处理措施:

右岸趾板第29—31单元靠山体侧增加一排浅层帷幕补强孔,孔深为入岩30.0 m。为避免浅层区域岩体承受高压而产生劈裂,灌浆施工工艺由“孔口封闭、自上而下分段、孔内循环高压灌浆法”改为“自上而下分段阻塞、段内循环高压灌浆法”;同时在满足蓄水后承受水头压力的前提下,

适当降低浅层区域孔段的检查孔水压。通过处理后,未再出现山体漏浆现象且灌后复检均满足设计防渗要求。

4 结语

防渗体系的建立对保证水工建筑物安全运行有着非常重要的作用,而帷幕灌浆又是建立防渗体系的主要手段,一直以来得以广泛应用。帷幕灌浆是将浆液灌入岩体或土层的裂隙、孔隙,形成连续的阻水帷幕,以减小渗流量和降低渗透压力的灌浆工程,其专业性和隐蔽性都比较强,在施工过程中经常会遇到很多特殊情况。猴子岩水电站帷幕灌浆施工过程中遇到的特殊情况都是比较常见的,在处理过程中除了采用常规处理措施外也根据地质及现场实际情况摸索出了一些特有的处理措施,这些措施与常规措施形成有效的互补,让帷幕灌浆达到理想的防渗效果,对其他类似帷幕灌浆工程特殊情况处理具有借鉴意义。

作者简介:

朱强(1982-),男,四川遂宁人,高级工程师,从事水电工程监理工作;

丁加原(1987-),男,四川绵阳人,工程师,从事水电工程监理工作;

谢华(1989-),男,四川宜宾人,助理工程师,从事水电工程监理工作。
(责任编辑:卓政昌)

(上接第130页)

向宽度的补偿片不允许安装在沿铁芯高度方向连续的两段铁芯段内,沿铁芯高度方向补偿片应按径向宽度阶梯循环布置。

(5)压紧。为保证铁芯紧度,每隔500 mm左右按设计压力各预压一次,压紧采用压紧工装进行,需多次对称均匀压紧,不可一次压紧到设计压力,防止将来铁芯出现波浪翘曲变形。每次压紧完成后用紧量刀片检查冲片齿部紧量,单手用力推入深度 <3 mm。定子铁损试验后需对铁芯再次进行压紧,保证铁芯具备更好的紧度。

5 结论

定子安装工序质量的重要性不言而喻,整个定子安装工序环环相扣,只要一步出现问题会导致部分返工或全部返工,增加资源成本投入,影响整个发电工期,甚至为后期机组稳定运行埋下隐患。猴子岩水电站定子通过精心周全的技术准

备,解决各项技术难题,四台机组定子从机座组装、定位筋安装、叠片到铁损试验均一次性通过验收,其中,定位筋验收数据多达3456个,优良率100%,铁芯圆度均小于0.75 mm(优良标准为 $\pm 3.5\%$ 设计空气间隙即 ± 1.26 mm),定子带负荷运行稳定。

参考文献:

- [1] 中国标准出版社. GB/T 8564-2003 水轮发电机组安装技术规范. 北京, 2004.
- [2] 林亚一. 水轮发电机组的安装与检修. 中国水利水电出版社, 2000.
- [3] 电力行业职业技能鉴定指导中心. 水轮发电机安装第2版. 中国电力出版社, 2013.
- [4] 王玲花. 水轮发电机组振动及分析. 黄河水利出版社, 2011.

作者简介:

张森(1990-),男,云南曲靖人,学士,助理工程师,从事水电工程建设技术与管理工作。
(责任编辑:卓政昌)