

冶勒水电站发电机定子装配

覃国茂

(中国水利水电第七工程局机电安装分局,四川 彭山 620860)

摘要 介绍冶勒水电站发电机定子现场装配工艺过程 组装准备工作→定子机座组装焊接→定位筋和托板安装→定子铁芯叠装和压紧→定子铁芯磁化试验→定子吊装调整→定子下线连接及试验→定子耐压试验→定子喷漆。定子安装完成后对铁芯的高度、圆度和波浪度以及铁芯的压紧程度进行检查,结果表明,各项指标均满足技术要求。同时介绍安装过程中的重点环节,总结了冶勒水电站发电机定子装配的程序和方法。

关键词 发电机定子 现场装配 装配工艺 冶勒水电站

中图分类号 :TM312 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2006)S2-0024-03

冶勒水电站发电机由法国 ALSTOM 公司供货,为带上止推和导轴承及下导轴承的立式悬吊式机组。定子传递整个机组转动部分的重量至混凝土基础。主要技术参数如下 额定容量 133.33 MVA,额定电压 13.8 kV,电压允许偏差范围为 $\pm 5\%$,额定频率 50 Hz,额定功率因素为 0.9(滞后),绝缘等级为 F 级。

1 发电机定子主要参数

定子机座为焊接结构正八边形,对边尺寸为 6 280 mm,高 3 085 mm。机座分 4 瓣运至工地,现场组装、焊接和叠片、下线。机座壁开有空气冷却器窗,主、中引出线孔及测温引线孔。定子铁芯内径 4 200 mm,高 2 340 mm。

2 发电机定子组装流程

冶勒水电站定子组装流程为 组装准备工作→定子机座组装焊接→定位筋、托板安装→定子铁芯叠装、压紧→定子铁芯磁化试验→定子吊装调整→定子下线连接及试验→定子耐压试验→定子喷漆。

定子组装是一项工序复杂、安装调试要求高的系统工程,组装的质量好坏直接关系到机组的安装质量,其控制关键因素主要包括定位筋装焊尺寸、定子铁芯叠装圆度、高度和波浪度、定子中心测圆架准确性的检测和控制、定子半径测量工具准确性的控制以及定子各部件焊接变形的控制等。

3 定子机座组装、焊接

3.1 定子机座组装

定子机座分 4 瓣到货,每瓣质量为 4.75 t。定子主引出线开孔位于 $-y$ 轴线,中心点引出线开孔位于 $-x$ 轴线。

定子组装前,首先清扫定子机座表面的污物,将所有需焊接的合缝表面(焊缝周围 50 mm 左右)的油漆、锈渍打磨清扫干净。根据定子机坑就位的最最终方位放好支墩。分别在安装间地面的基础板均布 8 个支墩,并用角钢等将 8 个支墩连成一体,防止倾。根据土建工期和设备到货的情况可采取组合后的定子机坑进行叠片的方案,也可采取在机坑外进行定子组合叠片完成后吊入机坑调整的方案。冶勒水电站 1 号机组采取在机坑外定子组合后吊入机坑进行叠片工作的方案,2 号机组采取机坑外定子组合叠片完成后整体吊入机坑安装调整的方案。

利用厂房桥机将分瓣定子 1 号吊放在 $-y$ 方向的支墩上,用千斤顶调整定子大致水平,吊放分瓣定子 2 号在 $+x$ 方向的 2 个支墩上,把合 2 瓣合缝定位螺栓,组成半圆。分别吊放 3 号、4 号分瓣定子于 $+y$ 和 $-x$ 方向的支墩上,把合 3 号、4 号合缝定位螺栓成半圆,将 2 个定子半圆组成整圆,并把合定位螺栓。

安装并初步固定中心测圆架,要求中心架转臂重复测量圆周上任意点的误差不大于 0.02 mm,旋转

1 周测头上下跳动不大于 0.05 mm。

利用测圆架测量机座内圆环板,调整定子机座使各环板内圆半径与相应环板平均半径之差小于 ± 1.5 mm。符合要求后,拧紧定位螺栓。

定子组合完成后,为了保证定子焊接和叠片时对环境的要求,应搭设专门的防护棚。

3.2 定子合缝焊接

定子合缝焊接由 4 名焊工同时进行,焊条必须确保干燥。焊接过程中应有专人进行变形监测,如果变形超标,应立即调整焊接顺序和焊接速度。

环板为单面焊接双面成型的纵缝。环板纵缝焊接前要先在环板合缝处各焊接几块拉板,防止焊接产生的变形。进行环板焊接时,由 4 名焊工在同一环的 4 条组合缝上同时对称施焊。4 人焊接方向应一致。封底焊接(焊缝深度 1/3)方式采用分层分段多道退步焊接的方式,焊接顺序如图 1 所示。

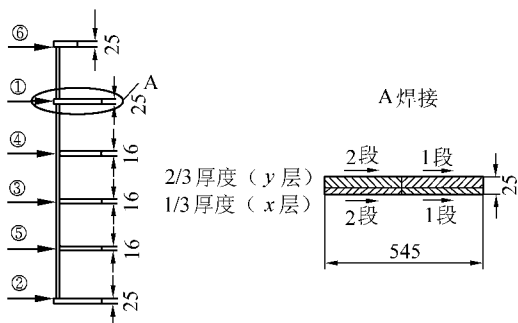


图 1 定子合缝焊接示意图(单位:mm)

①,②,③条组合缝焊完 1/3 以后,检查④和⑤条组合缝的错牙情况,并进行相应的压缝调整,然后进行④,⑤,⑥条合缝的封底焊接。所有合缝的 1/3 高度焊接完毕后,检查定子机座的水平、圆度变化情况,并根据检查情况调整焊接方位和焊接速度。在确认机座水平和圆度无大的变化后,进行焊缝的另外 2/3 高度焊接,焊接顺序和方法同封底焊,焊接仍然采用分层分段多道退步焊接的方式进行。

焊接过程中,每焊完 1 层即应将焊渣清理干净,环板焊接完毕应对焊缝进行 PT 检查。机座焊接完毕后检查各环板圆度和半径绝对尺寸,要求符合相关技术规范。

定子合缝焊接完成后可以采用吊装工具将组合定子吊入机坑进行叠片下线工作,也可以在安装间进行定子叠片工作,叠片完成后整体吊入机坑调整下线。

4 定位筋安装焊接

定位筋作为定子铁芯叠片的基准,其安装质量的好坏直接关系到定子最终的安装质量,必须严格保证其安装精度。定位筋固定在托板上,托板与定

位筋调整完毕后焊接在定子机座环板上。先焊接托板与环板的焊缝,再焊接定位筋与托板的焊缝。焊接过程中,必须制定详细的焊接方案防止焊接变形。

4.1 托板安装定位

定子共分 5 圈环板,每圈环板上安装由 7 段托板组成 1 圈的托板,最下圈托板上开有用于安装下端齿压板螺栓的孔。安装前检查托板表面质量,如有毛刺,用锉刀进行处理,并打磨托板及定子各层环板上焊接部位的油漆,然后清扫干净。

将调整合格的测圆架支臂测杆旋转到基准定位筋位置,在定子机座最下层环板上放置第 1 块定位筋托板,调整托板径向及周向位置,使基准定位筋槽中心偏差不大于 1 mm。放置定子其余 4 层环板上的第 1 块托板,向上滑动测杆,用同样的方法调整上面各层托板的位置,用专用夹具进行固定。按顺序放置其余各层托板,利用测圆架支臂调整各托板位置,并分别固定牢靠。

4.2 定位筋安装定位

定位筋运抵现场后应首先清除表面的保护层、污垢和毛刺等,检测其径向和切向的平直度,要求符合厂家的技术要求,否则应进行校直处理。检查和校直工作应在专门的校直工具上进行。

划出定位筋面的中心线,在机座上预装所有定位筋,以确定定位筋在机座上的高程、圆周分布半径以及定位筋与托板、托板与机座环板之间的对应位置。用专门的固定夹具将定位筋夹固在机座上,定位筋在预装时各尺寸应符合厂家的规范及技术要求。

定位筋安装使用中心测圆架和大、小弦距样板进行。定位筋共 42 根,将 42 根定位筋 7 等分,先进行第 1 组 7 根定位筋安装时,第一大组定位筋安装完毕后,进行 2 根定位筋之间的其他定位筋安装。定位筋安装时要求径向和周向垂直度偏差不大于 0.1 mm/m,同一根定位筋在同一高度上因表面扭斜而造成的半径偏差不大于 0.10 mm,定位筋径向扭斜 $|R_1 - R_2| \leq 0.1$ mm。

首先安放基准定位筋(+x 轴线上),用 U 形夹将其固定在托板槽内。调整基准筋高程、半径、径向和周向垂直度,扭曲符合要求后,用 U 形夹对其进行固定。然后安装其他定位筋。

按 7 等分弦距安装第 1 组中的第 2 根定位筋,将其固定在托板槽内,利用厂家供货 7 等分弦距样板确定与基准筋的弦距,反复调整定位筋,使其符合要求,然后对其进行固定。

按上述方法与要求顺序安装调整第 1 组的其余 5 根定位筋。单根调整完成之后,对第 1 组定位筋进行全面复查,包括高程、半径、径向和周向垂直度

等,符合要求后,在固定状态下将托板点焊在各环板上,托板在环板上的点焊顺序与环板组合缝焊接顺序相同,点焊在定位筋附近的托板径向中心长孔位置进行,点焊长度 10 ~ 15 mm。

在固定状态下将定位筋焊接在托板上,定位筋与托板上的焊接顺序同环板组合缝焊接,焊角高度符合设计图纸或厂家代表要求,定位筋在单层托板上的焊接顺序见图 2。

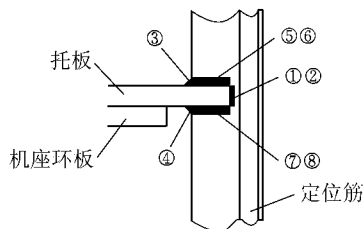


图 2 定位筋在托板上的焊接顺序

利用厂家提供的单弦距样板,安装调整大等分区间内的各定位筋。以第 1 根基准定位筋为基准,顺序调整 1,2 根定位筋大等分区间内的 5 根定位筋,使它们均满足要求。重复第一大组定位筋调整方法,调整其余大等分区间内的所有各环定位筋,并进行加固。

安装 1 组定位筋后,分别将托板与机座环板、托板与定位筋进行点焊固定,然后依次对其他组定位筋进行点焊固定。

4.3 托板和定位筋的焊接

对调整点焊完成的托板和定位筋的焊接,先对托板和定子环板进行焊接,然后进行定位筋与托板的焊接。焊接时做好对定位筋的监测。焊接时同样需要 4 名焊工同时采用相同的顺序焊接。

定位筋托板与机座焊接前应复测校核测圆架的准确性,并校核 1 号定位筋的绝对半径。焊接过程中不能拆除定位筋在各环板处的固定工具,而且应使其继续受力。

焊完 1 层再进行下一层托板的焊接,每焊完一遍都应该检查定位筋的内径和垂直度是否发生变化,必要时应进行调整。

托板与定子环板、定位筋与托板的焊接采用 CO₂ 气体保护焊进行,焊接顺序由机座中心向外焊接,先焊接径向焊缝,再焊接周向焊缝,4 个焊工均匀布置,按照相同的焊接顺序进行。同一环板上的各托板同层焊缝应一次焊接完成,同一机座各环板的同层焊缝均焊完后方可开始下一层焊缝的焊接。定位筋的焊接逐根进行。对定位筋的焊接必须采用测圆架和百分表进行监测。

各环板与定位筋托板焊缝第 1 层全部焊接完成后,应逐根检查定位筋半径和弦长,观察变化的趋

势,合格后方可继续焊接第 2 层。所有施焊的焊工对称布置在定子周向的几个工作面同时进行焊接,且相互间的焊接速度应一致。

焊接过程中用测圆架监视定位筋的半径和弦距的变化。定位筋满焊工作结束后,在冷状态下检查质量控制要点应符合制造厂家的规范和技术要求。

5 定子铁芯叠装

5.1 铁芯叠装准备工作

定位筋安装完成后,开始搭设定子铁芯叠装平台,平台的制作要确保施工平台的牢靠性和叠片方便。冶勒水电站定子铁芯总高度为 2 340 mm,内径 4 200 mm,铁片为高等级、不老化的冷拉硅钢片制成,整圈由 21 张铁片组成,材料为 M270-50A,每片厚度为 0.5 mm。铁芯共 49 段,最下段和最上段各有一定厚度的短齿铁片,各段间由通风槽片隔开。

5.2 下端压板和下齿压板安装

首先挂装下端压板,利用 M24 螺栓顶丝分别调整所有下端压板的高程和水平,考虑到铁芯叠装的影响,下端压板内侧略高于外侧(坡度 0.5%)。下端压板的内径、高程和水平调整完毕后,拧紧连接螺栓,锁定调整顶丝。将连接螺栓与机座环板点焊,并与螺母点焊。下端压板安装合格后,将下齿压板置于其上。

将齿压板外侧定位筋槽紧靠定位筋,调整齿压板的圆周位置,使各齿压板的相互高差不大于 2 mm,相邻 2 块齿压板压指高差不大于 1 mm。

5.3 铁片叠装与压紧

冶勒水电站定子叠片共分 4 次进行叠片和压紧。第 1 次压紧时铁芯叠装高度(包括通风槽片)大约为 664 mm,第 2 次压紧时铁芯高度大约为 1 213 mm,第 3 次压紧时铁芯高度大约为 1 763 mm,最下段和最上段各有一定厚度的短齿铁片。铁芯叠装按 1/2 铁片宽度交错搭接叠装。

刚开始叠片时先叠至高度 80 mm 左右,在铁芯线槽中插入槽样棒,用木支墩支撑槽样棒,对铁芯表面进行矫形,保证其绝对垂直。用测圆架检查铁芯的圆度是否满足要求(不超过 $\pm 3\%$ 设计空气间隙),然后进行后续叠装工作。

在叠片过程中,铁芯每叠完一段,按照要求放置 1 层通风槽片,通风槽片高 6.5 mm。使用橡胶锤敲打铁片靠近定位筋位置的表面,每一段叠片应敲打 2 ~ 3 次,使铁片间的间隙尽量小、铁芯内外保持水平,但不应敲打铁片定位筋槽边,以防铁片边缘被折弯。

槽样棒应随着铁芯叠装的升高而不断升高,并在叠装过程中随时使用整形棒进行(下转第 37 页)

位置的准确性。控制油管路在投运前要用工作油(L-TSA AR32 汽轮机油)进行冲洗。

4 蝶阀的试验

蝶阀只有全开和全关两个位置,需投入活门液压锁定装置,检修时还需投入接力器机械锁定,以免误操作。在水轮机、球阀正常运行时,蝶阀活门应停留在全开位置,不允许停留在其他位置作调节流量用。蝶阀的试验有以下步骤:

- a. 油压装置调试。蝶阀调试前,应确保油压装置系统完善、压缩空气系统正常、压力油罐保压合格、自动补气系统完善、主备用油泵切换可靠等。
- b. 蝶阀后闭时间调整。蝶阀静水后闭时间调整为 100 s,动水关闭时间为 90 s,通过调节节流片流通面积对蝶阀的后闭时间进行调整。
- c. 蝶阀开启程序模拟调试。人为给定蝶阀前后平压信号,蝶阀开启程序为:开启令→电动旁通阀开启→平压信号(给定)→活门液压锁定拔出→接力器开→全开信号→活门液压锁定投入→电动旁通阀关闭→结束。
- d. 蝶阀关闭程序模拟调试。蝶阀关闭程序为:关闭令→活门液压锁定拔出→接力器关闭→全关信

(上接第 26 页)整形,以保证铁芯槽齿的几何尺寸。每叠完一段,在压紧状态下沿圆周测量其高度,偏差不得超过设计值的 $\pm 0.5\text{ mm}$,堆积过程中高度偏差超过设计值时应进行调整补偿。当分段铁片叠装完毕时,用整形棒对铁芯进行整形,在铁片上放置 1.5 mm (3 层)废铁片和大扇形压板,在压板上装 2 根压紧管,压紧管上安放小扇形压板,安装上端压板、拉紧螺栓和螺帽,调整拉紧螺栓的垂直度,并拧紧拉紧螺栓上的螺帽。在上端压板的顶丝(M42 螺栓)、垫片上涂抹二硫化钼,并用其调整上端压板大致水平。同时使用 2 把扭力扳手从圆周上对称的 2 个螺栓开始同方向拧紧拉紧螺栓。用扭力扳手分 4 次拧紧拉紧螺栓,每次将扭力扳手的扭力预设值增加 $1/4 \times 2160\text{ N}\cdot\text{m}$ 直至额定力矩,从各自的起始点开始依次拧紧所有螺栓。测量铁芯的圆度、波浪度和断面内外实际高度(各 12 个点),与理论高度进行比较,并决定是否在后续叠片中加入调整垫片进行调整。各项检查调整工作完成后,拆除废铁片、临时压板以及压紧钢管,准备后续叠片。后续叠片工作重复以上叠片程序并压紧。

铁芯全部叠装完成后,安装并调整上齿压板,检查其圆周位置使符合要求。更换铁芯的永久螺栓、螺帽等紧固件,根据图纸调整螺栓位置。

号→活门液压锁定投入。

e. 渗漏试验。蝶阀前压力隧道充水后,同时关闭蝶阀旁通管上的 $\varnothing 300$ 电动蝶阀和手动蜗轮蜗杆楔式闸阀,打开厂房球阀前的放空阀,在排水管出口检测蝶阀的漏水量,约为 1 l/min ,小于设计值 2 l/min 。

f. 静水后闭试验。在机组前压力钢管充水后,进行蝶阀的静水后闭试验。

经校核,由于蝶阀空气阀的最大补气量不能满足 1 台机组额定负荷运行时的动水关闭要求,因此蝶阀动水关闭试验取消,蝶阀不作为机组调速器和球阀全闭拒动的后备保护。

5 结 语

蝶阀在水电站引水系统中的应用比较多,冶勒水电站中蝶阀安装于调压井后压力钢管上,具有自身的特点,由于运输通道受到限制和安装场地没有桥式起重机,蝶阀安装在施工及调试过程中遇到了不少困难,走过一些弯路。最后按照以上方法进行施工,圆满地完成了任务。

(收稿日期 2006-07-06 编辑 骆超)

6 结 语

冶勒水电站定子叠片共分 4 次进行叠片和压紧。第 1 次压紧时铁芯叠装高度(包括通风槽片)大约为 664 mm,第 2 次压紧时铁芯高度大约为 1213 mm,第 3 次压紧时铁芯高度大约为 1763 mm,最下段和最上段各有一定厚度的短齿铁片。铁芯叠装按 $1/2$ 铁片宽度交错搭接叠装。定子安装完成后,经检查,铁芯的高度、圆度和波浪度和铁芯的压紧程度均满足技术要求。

(收稿日期 2006-07-06 编辑 高建群)

