

文章编号:1001-4179(2012)16-0071-03

潘口水电站定子结构特点及铁芯装配工艺研究

王建海,徐新民,余劲野

(汉江水电开发有限责任公司,湖北 十堰 442200)

摘要:潘口水电站水轮发电机组的定子采用了新颖的结构,即将临时方钢导向键作为定位筋,并采用了特型的拉紧螺杆,这些新型结构的运用,使定子铁芯的装配施工流程和施工方法得到了优化。简要介绍了潘口水电站水轮发电机组定子结构的特点,简述了定子铁芯的装配工艺,可为其他电站水轮发电机组定子结构设计及铁芯装配提供指导和借鉴。

关键词:导向键;定子;拉块;带鸽尾拉紧螺杆;潘口水电站

中图分类号:TV734.21 **文献标志码:**A

1 水电站概况

在潘口水电站地面厂房内共布置2台水轮发电机组,单机容量为250 MW。发电机采用立轴半伞式结构形式,其主要参数如下:发电机型号为SF250-52/13400;额定电压为15.75 kV;额定电流为10 182.5 A;额定转速为115.4 r/min;飞逸转速为240 r/min;机组飞轮力矩为70 000 t/m²。

2 定子主要参数

定子机座为正十六边形,采用无上环、下环的结构,环间采用盒型结构,且沿圆周等距离地布置加强立筋及贯通管。定子机座为分瓣结构,共有4瓣,在现场拼装焊接而成。定子高度为2 058 mm,定子铁芯内径为12 610 mm,铁芯外径为13 400 mm,铁芯高度为1 902 mm。铁芯共分为53段,每段高度为36 mm。

3 定子结构特点

3.1 浮动式定子机座

潘口水电站的定子放置在16个基础板上,基础板埋入混凝土内,定子机座与基础板之间通过把合螺栓进行连接固定。安装时,螺栓与定子机座不可拧紧,螺栓与机座单侧间隙大于3 mm,且在定子机座与基础板

的接触面上需涂二硫化钼润滑剂。定子机座采用定位销钉定位,销钉采用径向布置方式,如图1所示。

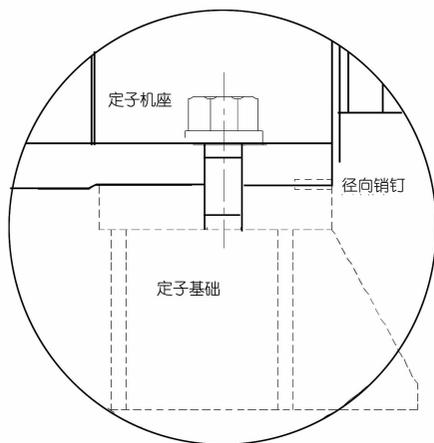


图1 销钉布置示意

定子机座与基础板之间连接的结构设计形式,使定子更能适应发电机在运行期间铁芯与机座的热膨胀。当定子机座因铁芯发热膨胀而产生膨胀时,只需要克服机座与基础板之间的摩擦力,定子机座就可以径向变化,加上二硫化钼的润滑作用,机座更能随铁芯而自由膨胀,这样能够保证机组中心不发生变化,且能保持定子的圆度,以有效防止定子铁芯发生翘曲变形^[1-2]。

3.2 定位筋及拉紧螺杆结构设计

定子叠片时,采用临时导向键作为定位筋,导向键无鸽尾,为方钢结构。在导向键上对应定子的各环板处均布设有螺孔,通过焊接在定子机座各环板上的角钢对导向键进行固定。通过导向键与角钢之间的连接螺栓,对导向键的垂直度进行调整,如图2所示。一旦导向键的设计结构发生改变,则也会对铁芯装配流程实施局部变化。定子铁芯叠片最终全部完成后,拔出临时导向键,并对导向键孔实施盖板封焊。定子铁芯拉紧螺杆有2种,其结构完全不同:一种为常规结构的拉紧螺杆,另一种为带鸽尾的拉紧螺杆。布置在铁芯一侧的拉紧螺杆呈圆形,而布置在机座一侧的为鸽尾形,两头均有压紧用的螺纹,如图2所示。定子铁芯冲片的外侧设置有定位槽及圆槽,叠片时,冲片通过定位槽和导向键进行定位。铁芯压紧后,用定位板将螺杆向外楔紧,再将拉块焊接在机座的环板上。

3.3 叠片方式及碟形弹簧结构

铁芯冲片采用8片作为一组,1/2搭接的叠片方式。叠片时,可以同时放置8张冲片,这样既可以提高叠片的效率,还可以减少叠片所需的人手。采用多次预压紧方式,以确保铁芯在各种工况下均能做到无异常振动和响声。铁芯最终压紧后,在铁芯拉紧螺杆的上端加设一组高强度的碟形弹簧,以使定子铁芯漆膜收缩后,铁芯仍能保持一定的安全面压,而且在运动过程中,铁芯始终会保持压紧状态,同时碟形弹簧也能起到减振和降低噪音的作用。

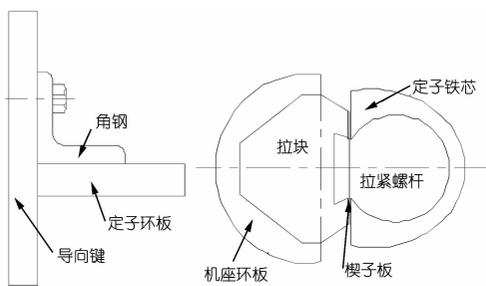


图2 拉紧螺杆布置示意

4 定子铁芯装配工艺

目前,在定位筋安装时常采用3种方法:①先焊接定位筋后叠片;②先预叠片后焊接定位筋;③焊接定位筋和叠片交错进行。潘口水电站定子铁芯的定位筋为临时方钢导向键,导向键的调整比较方便,对此,在安装时宜采用先焊接定位筋后叠片的方法。下面简要介绍先焊接定位筋后叠片的工艺程序。

4.1 导向键安装

将导向键临时作为定子铁芯叠片的基准,其安装

工作非常重要,必须严格保证其安装精度。导向键的安装质量直接关系到定子铁芯的圆度、中心偏差等,同时又是保证铁芯叠片安装进度的关键。

首先,在定子的下环板上确定布置8根大等分导向键的方位,整圈共布置96根。挑选8根垂直度合格的导向键,选用其中1根大等分导向键作为基准键,在机座环板处的导向键上安装角铁;使导向键紧靠环板,并对下环板角铁的两处实施对称点焊,用框型水平仪检测导向键的垂直度,其垂直度应小于 0.10mm/m ,半径、垂直度等参数经检测合格后,对上环、中环处的角铁实施点焊,点焊应牢靠。焊接冷却后,对导向键的半径、垂直度进行复测,以防止由于焊接引起导向键变形。基准键调整工作完成后,对测圆架中心柱的垂直度进行复查,复查合格后,用内径千分尺测量基准键的上、中、下3点绝对值。以基准键上、中、下3点为零点,借助于测圆架百分表均匀对称地调整其余导向键的半径,导向键半径应控制在 $+0.10\sim 0.20\text{mm}$ 范围内,导向键径向和周向的垂直度偏差不得大于 0.05mm/m ,其半径绝对尺寸为 $R6690\pm 0.2\text{mm}$ 。8等分导向键安装经检测合格后,依次对其他等分导向键进行安装。在对其他等分导向键进行调整的过程中,应把误差均分到各等分中,预防误差累计。

4.2 铁芯叠压

4.2.1 叠装准备

定子铁芯由定子冲片、端板、通风槽板、绝缘片组成,铁芯整圆由48片组成,高度方向共53段,第3~51段的叠片方法一样,冲片为8片一叠,第1、2、52、53冲片进行10片一叠。导向键安装经检测合格后进行试叠片,整圆叠4层冲片。检查冲片与导向键两侧的间隙是否合格,间隙应为 0.10mm ,压指应在齿中,用整形销检查拉紧螺杆孔与衬口环是否会影响拉块的安装。叠装工序之前应校核中心测圆架,注意应使测圆架旋转一周,旋转时测头的上下跳动不得大于 0.5mm 。检查机座压指的轴向水平度,该水平度不得大于 0.5mm ,否则应立即进行校正。

4.2.2 叠片过程

第1段铁芯有定子冲片53层、端板3层、绝缘垫4层及通风槽板1层。叠装端板时,应紧靠导向键,接缝对准小压指,并调整好端板与压指中心的位置。在端板的上表面涂抹环氧胶,往上叠一层绝缘片,即在绝缘片的上表面齿部涂抹环氧胶;以半叠压方式叠第2层端板,如此反复直至叠完3层绝缘片。重复上述过程,进行53层定子冲片的叠片工作,最后叠一层绝缘片和一层通风槽板。其他各段与第1段的叠片过程类似,

在叠片过程中,应注意铁芯的整形,应使压紧螺杆与压指相对应,同时还应检查拉紧螺杆和衬口环的位置是否会影响拉块的安装工作。

4.2.3 铁芯压紧

在对潘口水电站的定子进行安装的过程中,共实施了 4 次压紧工作,分别是在铁芯叠完第 2 段、第 27 段、第 51 段时进行压紧以及最终的一次压紧。在每次压紧之后,即对铁芯圆度进行测量。测量时,分为上、中、下 3 个断面,在每个断面上设 16 个测量点;铁芯的内径为 12 610 mm,其允许偏差为 0.85 mm,最终测量结果见表 1。铁芯的最终高度为 1 902 mm,其允许偏差为 $-1 \sim 5$ mm,在圆周方向设 96 个测量点。在最后一次实施压紧时,安装上齿压板,并对压指的中心与冲片齿的中心进行调整,使其重合,测量各齿压板压指的内圆,尺寸应为 6 321 mm,且不得有明显错位。

表 1 定子铁芯内径 R 测量记录 mm

部位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
上	3.34	3.62	2.79	3.28	3.77	3.48	3.60	3.19	3.42	3.37	3.72	3.22	2.85	3.37	3.56	3.69
中	3.57	3.15	3.42	3.67	2.90	3.62	3.87	3.34	3.39	3.75	3.54	2.64	3.25	3.38	3.47	3.21
下	3.65	3.27	2.69	3.76	3.81	3.64	3.21	3.67	3.39	2.76	3.58	3.39	3.57	3.74	3.61	3.35

注:设计值 $R_0 = 6305$ mm,要求 $R + R_0 \leq \pm 0.85$ mm;内径值为 $R + 6302$, + Y 为 1 号点,顺时针方向依次类推。

在安装碟形弹簧、调整螺栓和临时螺杆等压紧装置时应小心谨慎,不要损坏拉紧螺杆的螺纹和铁芯片间的表面,并尽可能使螺杆向外靠紧冲片的圆孔,使铁芯和拉紧螺杆保持一定的间隙。装上拉紧螺杆上端的螺母,借助于油压千斤顶给铁芯表面逐步加压至 46 MPa。压紧后测量铁芯的高度和内径及松紧度。拧紧全部拉紧螺杆下端的螺母,拆除所有的临时压紧装置。铁损试验完成后,对拉紧螺杆实施预紧,利用扳手分 3 次、对称地将拉紧螺杆拧紧,其预紧力为 168 535 N。直到碟形弹簧压缩到指定的高度,即 64.2 mm,偏差为 $-0.2 \sim 0$ mm,并将止动条靠紧螺母,将其焊接于上齿压板上。

4.3 焊接拉块

在拉块与铁芯之间打入楔子板,使拉块胀紧。焊接时,应做好防护措施,不得使焊渣溅上铁芯。

将拉块点焊在机座的环板上之后,先点焊中环位置的拉块,再对上下环的拉块进行对称焊接。在对拉块进行点焊时,应先对拉块的端部进行点焊,再对拉块两侧的位置进行点焊,焊接时应注意观察焊缝的收缩偏移情况。

拆下导向键与角钢的连接螺栓,拔出导向键,同时取出导向键与机座之间的调整垫片和角钢。对拉块进行满焊,满焊顺序与拉块的点焊顺序一致,同时监测铁芯内径的变化情况。拉块焊接完成后,对铁芯的高度、半径、不平度以及铁芯叠压的紧实度进行测量。如果压紧度 $\delta \leq 0.26$ mm 时,表示铁芯叠压较紧;如果 $0.26 \text{ mm} \leq \delta \leq 0.30$ mm,表示压紧度适中;如果 $\delta > 0.3$ mm,则表示铁芯叠压的较松,需要重新处理。直至各参数经检测符合要求后才能进行下一道工序:对定子铁芯进行喷漆、做铁损试验^[3]。

5 结语

随着我国水电事业的飞速发展,水轮发电机的结构设计、制造水平和工艺也得到了快速地发展,不仅机组的容量达到了世界先进水平,一些结构也采用了新颖独特的设计,使结构设计更合理,为机组的安装带来了方便,提高了安装工艺,降低人工成本,同时机组的各项参数性能和稳定性也得了提高。从潘口水电站水轮发电机组定子近段时间的运行状况来看,各项参数均符合要求。

参考文献:

- [1] 单文培. 水轮发电机组安装与维修[M]. 北京:中国电力出版社, 2008.
- [2] DL/T5420-2009, 水轮发电机定子现场装配工艺导则[S].
- [3] 唐鹏程,王致安. ELCID 铁芯损耗试验在水电机组检测中的应用[J]. 人民长江, 2011, 42(21): 90-92, 99. (编辑:赵秋云)

Study of characteristics of stator structure and assembling technique of core of Pankou Hydropower Station

WANG Jianhai, XU Xinmin, YU Jingye

(Hanjiang River Hydropower Development Co., Ltd, Shiyan 442200, China)

Abstract: The structure of stator of hydro-turbine of Pankou Hydropower Station is new, in which, the feather key of temporary square steel is adopted as position bar and the particular rigging screw is adopted as well. The assembling process and construction method of core are optimized by the application of these new structures. The characteristics of stator structure of hydro-turbine of Pankou Hydropower Station is introduced in brief, so is the assembling technique of stator core, which provides reference for design of stator structure and assembling of core of hydro-turbines.

Key words: feather key; stator; tension block; rigging screw with dovetail; Pankou Hydropower Station