

水轮发电机组中心测量定位辅助调整装置 设计与应用

张桓彬 方 芳

(国网东北分部绿源水力发电公司检修公司)

摘要：主要阐述长甸电站 A 站 2# 发电机新定子、顶盖上止漏环、下止漏环中心和新定子高层测量、调整和定位工作过程机组中心测量定位辅助调整装置的应用情况，分析研究了对老旧水轮发电机组改造过程中，因机组基准定位中心误差较大情况下对安装设备中心、高层测量和定位技术的拓展，可作为同类型老旧机组改造辅助定位机组中心和高层定位、调整工作的应用和借鉴参考。

关键词：辅助定位装置；定子中心；定子高程；顶盖上止漏环；下止漏环

2024.10.DQGY
72

0 引言

太平湾发电厂长甸电站位于辽宁省宽甸县境内，是中朝界河鸭绿江中下游水丰电站的扩建工程。电站为引水式地面厂房，正常高水位 123.30m，死水位 95m，下游与太平湾水库相接，正常尾水位为 30.29m。电站承担系统调峰、调频、备用等任务，电站装有 2 台混流式水轮发电机组，水轮机型号为 HL200-LJ-380，发电机型号为 SF75-40/8540，发电机额定容量为 75MW（改造后为 80MW）。设计水头 70m，最大水头 93.3m，最小水头为 62m。由东北勘测设计院设计，中国水电第六工程局施工，1985 年 9 月 25 日正式开工，1989 年 10 月 14 日第一台机组并网发电。

2019 年 3 月至 2020 年 6 月根据长甸电站 2 号机发电机组改造工作安排，2019 年 3 月至 8 月完成定子

机坑外组装工作，待 9 月正式开始长甸电站 2 号机组分解完成后再进行定子的安装工作。由于 2017 年 3 月至 2018 年 6 月长甸 1 号机组发动机改造及 A 级检修中发现的问题，太平湾发电厂生产技术部决定在 2 号机组发电机组改造和 A 修过程中将导水机构全部返回哈尔滨电机厂加工处理，已全面解决顶盖上止漏环锈蚀严重和导水机构存在的各种缺陷等问题。

由于顶盖返厂处理、运输时间需四个多月，顶盖上止漏环更换、中心调整、焊接过程中不可控因素较多，将严重影响顶盖和新定子的安装及中心和高程调整工作。为保证发电机组定、转子改造和 A 修顺利进行，特创新设计一套新定子中心测量定位辅助调整装置，同时满足定子中心和高层调整工作及对顶盖上新旧止漏环的中心效验工作，保证定子安装和 A 修工期的要求。

1 背景介绍

长甸2号机混流式水轮发电机组的固定部件由上机架、定子、顶盖及上止漏环和下止漏环组成，各固定部件几何中心的连线称为机组中心线。在这些固定部件中，对机组安全、稳定运行起着决定性作用的是发电机的定子和水轮机止漏环的中心。因此，对于混流式机组，机组中心线是发电机定子平均中心与水轮机固定止漏环平均中心的连线。显然，在安装时，最好把发电机定子中心、导轴承中心与水轮机的下止漏环中心调整在同一垂直线上，即混流式水轮发电机组的理想中心线应该是一条铅垂线。

长甸2号机组新定子安装中心调整工作应以座环上的固定止漏环为基准面，但长站一、二号机下止漏环不是固定止漏环，由于转轮下环尺寸大于下止漏环尺寸，转轮出坑时需要将下止漏环拆除吊出，下止漏环由于厚度过于单薄，每次安装后都需要重新调整定位，不能作为新定子中心测量的基准。正常情况下也可以用顶盖上的上止漏环作为基准进行新定子的定位工作，但顶盖上的上止漏环由于长时间运行腐蚀严重，上止漏环表面坑洼不平，也做不了定子中心调整的基准。

为了能更好地定位新定子中心和高层，同时保证检修工作的顺利进行，提出设计一套新定子中心测量定位辅助调整装置，此装置利用十字补气架作为基础设计，采用精加工双法兰可调式结构，在十字补气架上、下各设一套以保证定位精度。该调整装置中心位置确定，需在机组全部分解吊出后，将下止漏环、顶盖按正常要求预装，从旧定子上将球心器钢琴线穿过十字补气架中空后将重锤挂好，测量定子、顶盖上止漏环、座环下止漏环中心，由于顶盖的上止漏环和下止漏环会有偏差，需要根据各部测量数据计算出球心器最合理调整值，保证机组各部中心位置满足安装要求。

2 中心测量定位辅助调整装置设计及应用

2.1 新定子中心测量定位辅助调整装置设计及制作

2.1.1 中心测量定位辅助调整装置设计

通过背景介绍可知，想通过底环的下止漏环和顶盖上的上止漏环对新定子定位都不精确，必须综合考虑以旧定子中心、下止漏环中心和上止漏环中心位置确定机组中心，并设计一套独立于这三处位置的新定子中心测量定位辅助调整装置，这样就能将这三处相对偏差减小到最小，完全能满足机组中心定位的需求。从而保证顶盖上的上止漏环更换、中心加工位置定位和更换后中心位置效验的精度。同时，可以保证在顶盖返厂加工期间对新定子安装和中心调整及高程调整工作的顺利进行，保证机组检修工作按期完成。

1) 位置设计：以十字补气架为基础进行设计，由于十字补气架位置趋近于机组中心（长站十字补气架安装要求中心位置偏差不大于5mm，安装高程偏差不大于2mm），且十字补气架结构强度高、抗振动效果好、不易产生变形、弯曲是安装中心测量定位辅助调整装置的最优位置。同时，为了保证测量精度、避免测量误差，中心测量定位辅助调整装置在十字补气架上、下各设一套，这样也能保证机组部件全部拆除后的定位中心位置不变。

2) 装置设计：设计中心测量定位辅助调整装置要考虑能调整到机组中心线的要求，同时要保证其水平度和定位精度要求，采用可调式双法兰盘结构，既能保证水平调整要求，又能达到精确定位中心的要求。采用可调式法兰盘内口直径400mm，公差保证在 $\pm 0.05\text{mm}$ 之内，这样既保证读数计算的准确性，又减轻了操作人员的疲劳程度。

2.1.2 中心测量定位辅助调整装置制作

1) 设计加工图纸，2套装置分别由四部分组成，包括1个精加工可调式法兰盘 $\Phi 400 \times \Phi 500 \times 15\text{mm}$ 、1个基础法兰盘 $\Phi 450 \times \Phi 550 \times 15\text{mm}$ 、4套调节螺丝

组套和4根固定支座。其中调整螺丝组套由不锈钢M10螺丝做顶丝、M10不锈钢螺母做锁帽和钻M10螺栓孔的30×30×15不锈钢方块做固定架组成。

2) 机械加工厂按技术要求和图纸进行加工,要求可调式法兰盘上、下平面平行度不允许大于0.02mm/m,法兰内圈圆度不大于±0.02mm,加工面光洁度达到6级。要求基础法兰盘上、下平面平行度不允许大于0.02mm/m,加工面光洁度达到6级。创新小组派人负责加工全过程质量监督。

3) 装置加工完成后,按设计要求将调节螺丝组套的固定架焊接在基础法兰上,焊接时要防止基础法兰盘变形,并保证与可调式法兰盘水平和垂直。将固定支座按设计角度焊接到基础法兰盘一侧表面上,并焊接牢固。可调式法兰盘要妥善保管,待机组分解完成后组装。

2.2 安装需要具备条件

1) 尾水管入口门已开启,尾水平台搭建完毕,并验收合格。

2) 机组部件分解完毕,转轮出坑后,吊回下止漏环和顶盖,并装回销钉和螺丝,且固定牢固。

3) 十字补气架上搭建平台,并验收合格。

4) 吊回下部走台,并固定。

5) 旧定子上搭设放置球心器的平台。

2.3 中心测量定位辅助调整装置安装和测量方法应用

1) 中心测量定位辅助调整装置安装:上、下法兰盘固定方式、方法相同。

2) 将基础法兰盘调整到十字补气架中心位置后,用合相水平仪找平基础法兰盘上平面X、Y方向,水平偏差不大于0.02mm/m。

3) 调整完毕后焊接固定支座与十字补气架连接处,焊接过程中要防止焊接变形。

4) 将可调式法兰盘用调节螺丝组套固定在基础法兰盘上。

2.4 中心测量定位辅助调整装置中心测量

1) 在定子上表面安装求心器测量支架并固定,设置导轨放置求心器,并调平。将求心器钢琴线放下至尾水平台(钢琴线从十字补气架中间通过),在尾水平台上放一个装满透平油的油桶,将阻尼重锤挂在钢琴线上,放入水桶内,将钢琴线拉紧,使重锤正好悬浮在水桶中央。

2) 以+X、+Y方向为基点,在定子表面上、中、下圆周方向上每层各均匀分布8个测点,并保证上、中、下层各测点垂直。用专用测尺,测量旧定子中心位置,调整求心器至中心位置,并做好数据记录。

3) 根据求心器钢琴线现有位置,按定子测点位置测量上止漏环(由于上止漏环表面锈蚀严重,需将测点位置处理干净后,用0.50mm塞尺紧密贴合测量表面测量数据)和下止漏环(下止漏环拆装会造成变形,测量数据会偏差较大,只做数据参考)相应中心位置数据。

4) 根据定子、上止漏环和下止漏环三处数据综合分析,由生产技术部确定中心位置数据,根据中心位置数据,调整求心器钢琴线至相对应位置,要求调整偏差小于±0.02mm。

5) 测量中心测量定位辅助调整装置上、下可调式法兰盘与求心器钢琴线距离,调整调节螺丝组套,使可调式法兰盘置于钢琴线中心位置,要求调整偏差不大于±0.05mm,调整完毕后,背紧锁帽,做好数据记录和防护。

2.5 中心测量定位辅助调整装置高程测量应用

1) 在发电机层设一高程测量基准点,设好光学水准仪(水准仪精度为0.01mm),观察精密水准标尺与基准点高度,并记录数据,将精密水准标尺移到旧定子中心位置,用光学水准仪测出其高度,计算出定子与基准点的高度差,并记录数据。

2) 将水准仪移到定子中心位置并校准,将精密水

准标尺移到中心测量定位辅助调整装置可调式法兰盘上平面上，用水准仪测出可调式法兰盘、顶盖与定子中心相对距离，并计算出基准点高程数据，将数据记录好待新定子安装与顶盖上止漏环返厂加工后使用。

2.6 新定子中心高程调整应用

1) 将8组水平高程调整用楔形板布置在定子基础座上，基础座表面应清理干净无高点。设置水准仪找平楔形板上平面，楔形板垫起高度在35~50mm之间就可以，主要要求8组楔形板水平。

2) 将组装完毕符合技术要求（高度、圆度、相同断面垂直度和绝缘强度等符合设计要求）的新定子整体吊入机坑，放置在8组楔形板上。安放新定子时，尽量趋近中心位置，不要磕碰基座上楔形板。

3) 测量定子上平面水平情况，通过调整楔形板使定子水平不大于0.05mm/m。

4) 在新定子吊具上安装求心器，并将重锤按要求挂好。测量中心测量定位辅助调整装置可调式法兰中心位置，调整求心器钢琴线对应拆前中心数据，调整误差不大于±0.02mm。

5) 求心器钢琴线调整完毕符合要求后，测量新定子中心与钢琴线中心相对偏差，计算调整角度，按角度方向平移新定子，重复上述步骤，直至新定子中心和水平偏差符合安装要求。

6) 新定子中心和水平调整合格后，设置同一光学水准仪，测量定子中心与测量基准点高度值，测量定子中心与辅助中心调整装置高度值，效验新定子中心偏差数据，通过计算得出定子8块基础垫板需要加工的数据，绘制加工图纸，送机械加工厂按图纸要求加工，加工全过程设质检人员监督。

7) 新定子基础垫板加工完成后，将新定子同步顶起，抽出调整楔形板，装入基础垫板并与定子支座把紧，平稳落靠新定子，拆除求心器和定子专用吊具，待顶盖返厂加工完成后效验定子中心位置。

3 应用效果及技术要点

1) 中心测量定位辅助调整装置的创新设计应用，创造了一种新的机组部件中心高程调整工具和工艺方法，改变了旧机组改造过程中因底环及下止漏环测量面损伤、变形引起的机组中心定位精度不准等问题。同时为定子高程调整及效验提供新的基准点，为定子高程调整精度提供一种新的验证和调整手段。

2) 中心测量定位辅助调整装置的创新设计应用，解决了因顶盖返厂加工期间，定子中心、工程调整工作停滞，影响检修工期和定子安装进度的问题，保证了定子改造和检修进度的顺利进行。

3) 中心测量定位辅助调整装置的创新设计应用，解决了顶盖上止漏环更换新不锈钢止漏环加工定位不准的问题，为新上止漏环加工前定位和加工完成后效验加工位移偏差提供一种新的手段和方法，保证了顶盖上止漏环加工质量、精度和机组中心调整工作的顺利进行。

4) 中心测量定位辅助调整装置的创新设计应用，通过采用旧定子中心、旧顶盖上止漏环中心和可拆装下止漏环中心效验调整辅助定位装置中心，避免了三处中心不准带来的误差过大的问题，效验保证了机组中心的准确度，为后续新定子中心调整精度、进度提供了保障。

5) 中心测量定位辅助调整装置的创新设计应用，由于新装置外形尺寸小，更容易保证加工、安装和测量精度，使测量人员容易操作和调整，减小了人为和量具测量误差，保证了新定子中心定位的准确性。

6) 中心测量定位辅助调整装置的创新设计应用，为非固定下止漏环中心定位和圆度调整提供新的方法，保证了上、下止漏环同轴度及下止漏环圆度的调整精度，不需要从定子上设置求心器，避免了测尺过长和钢琴线摆动引起的误差过大的问题。

7) 中心测量定位辅助调整装置的创新设计应

用，为相同情况旧机组改造提供一种新的测量定位方法和工艺，特别适用于混流式水轮机机组底环、非固定止漏环和顶盖上止漏环基准面损坏严重，机组中心定位基准损坏的机组。

4 结束语

机组中心测量定位辅助调整装置的创新设计适用于老旧混流式水力机组发电机和水轮机改造工作的中心、高程调整定位工作，对需要将非不锈钢材质顶盖上止漏环更新改造中心定位和效验加工精度提供测量定位基准和方法，对非固定止漏环安装效验中心和圆度提供基准线和效验调整方法。此装置结构简单、易于加工、拆装便利、测量方法简单、测量精度高不需要大量精密仪器和聘请专业的测量团队，施工现场就能

实现制作、加工和安装、测量，便于施工单位操作实施，节约施工成本，保证施工质量，具有广泛的相同类型水电机组实施应用前景，社会和经济价值显著。

参考文献

- [1] DL/T838—2003 发电企业设备检修导则 [S]. 2003.
- [2] QJ/TPW 03.029 ~ 038—2008 长甸电站机械设备检修规程 [S].
- [3] GB/T8564—2003 水轮发电机组安装技术规范 [S].
- [4] DL/T5420—2009 水轮发电机定子现场装配工艺导则 [S].

(收稿日期：2024-04-08)