

DOI:10.3969/j.issn.1004-4701.2017.4.17

界牌电站 2[#] 机组水导轴承与轴颈中心偏差问题分析与处理

郑 龙

(广东省源天工程有限公司,广东 广州 511300)

摘 要:界牌电站 2[#] 机组改造过程中在水导瓦安装就位后发现其中心与轴颈中心出现向上游偏离的情况,通过对各部件尺寸的检查,确定是旧管形座内壳体轴向尺寸与设计图纸尺寸制造时存在偏差的原因导致。2[#] 机组改造过程中采用安装优化处理,在转轮室上游法兰面增加钢垫板给予机组轴向尺寸补偿,消除了设备装配中存在的缺陷,达到了改造增效的目的,取得了成功。

关键词:内壳体;转轮室;导水机构;水导瓦;钢垫;尺寸;焊接;处理

中图分类号:TV734.2+1 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2017)04-0308-05

1 工程概况

界牌航电枢纽是一座以航运为主,兼有发电等效益的建设项目,位于信江干流鹰潭以下 12.5 km 的界牌童家村附近。本电站为江西省第一座灯泡贯流式水轮发电机组电站,1995 年建成投产运行,至今已 20 余年。工程建设规模为:渠化Ⅲ级航道 46 km,1 000 t 级船闸一座,装机容量 2 × 10 000 kW 灯泡贯流式电站,水轮机型号 GZTF08D-WP-560,发电机型号 SFWG10-72/5430,最大水头 7.00 m,额定水头 5.35 m,最小水头 1.80 m,转轮直径 5 600.0 mm,额定转速 83.3 rpm,额定出力 10.417 MW。

2 改造原因

由于设备陈旧、至今未蓄水至额定水头运行多年、效率低等诸多因素,为达到在同等水头下改善运行工况和出力的改造效果,根据赣发改设审〔2015〕93 号及赣发改交通〔2014〕539 号文批准进行电站机组改造工作。机组改造范围为主机和辅助设备部分,土建及管形座、流道盖板框架、尾水管基本不动。水轮发电机组总装图见图 1 所示。

界牌电站 2015 年年底进入正式改造施工期,2016 年 3 月 15 日已完成导水机构安装,主轴系统吊装,水导瓦扇形板与导水机构内环扇形板座把合,轴承支架与管形座内壳体上游面把合,并进入机组轴线调整期。安装

过程中检查发现主轴水导轴颈凸台上游嵌入水导瓦内,主轴水导轴颈凸台下游突出水导瓦内下游法兰,由此判断轴颈中心与水导瓦轴承中心出现偏移,通过测量数据显示偏移 10 mm,如图 2 所示。

3 导致此现象的原因分析

3.1 设备尺寸检查

3.1.1 扇形板尺寸检查

水导瓦本体设计尺寸长为 565.0 mm,中心到端部 282.5 mm,实测水导瓦支撑板中心与水导瓦本体中心为 282.0 mm,基本相符,排除扇形板本体制造问题;

3.1.2 导水机构尺寸检查

排除了水导瓦、扇形板本体制造原因后,如果问题出在导水机构内环、主轴本体上,导致现场排除原因的难度进一步加大,决定对大部件进行尺寸复核。导水机构内环尺寸复核,内环上的扇形板座直接设置在内环法兰上,测量扇形板座厚度 49.5 mm,与图纸 50.0 mm 基本相符。然后在管形座与内环把合缝处水平方向挂设钢琴线,将平尺靠紧内环下游法兰面引出基准面,利用内千分尺测量内环上下游尺寸为 1 510.3 mm,与图纸尺寸 1 510.0 mm 基本吻合。

3.1.3 主轴尺寸检查

检查大轴实际长度,利用校核卷尺,插入主轴内孔,测量发电机侧和水轮机侧法兰之间的距离为 5 891.0 mm,设计尺寸 5 890.0 mm,基本无偏差。

收稿日期:2017-03-28

作者简介:郑 龙(1985-),男,大学本科,助理工程师。

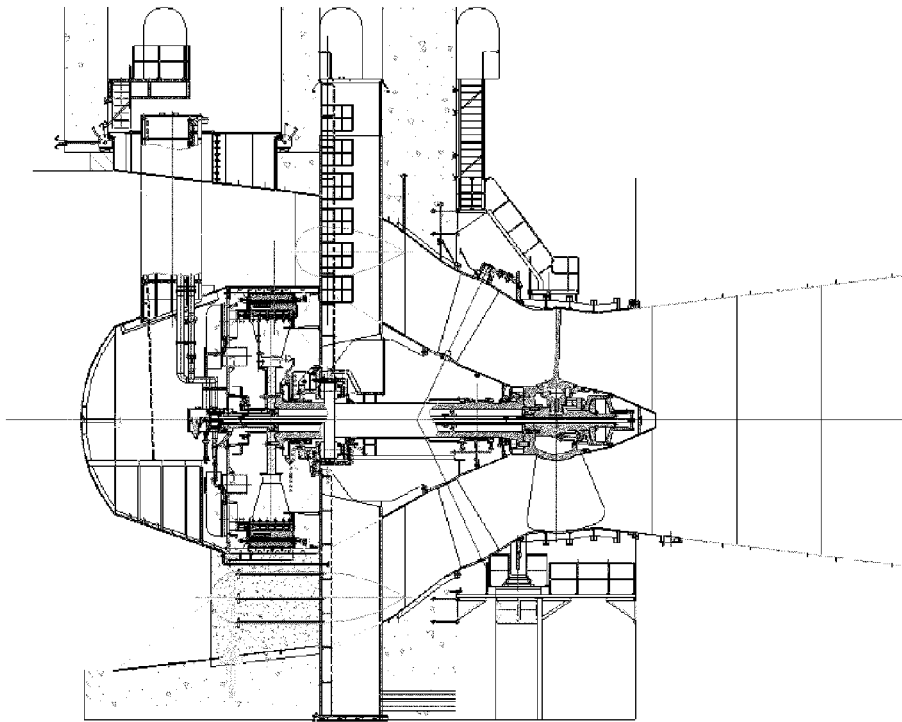


图 1 灯泡贯流式水轮发电机组总装图

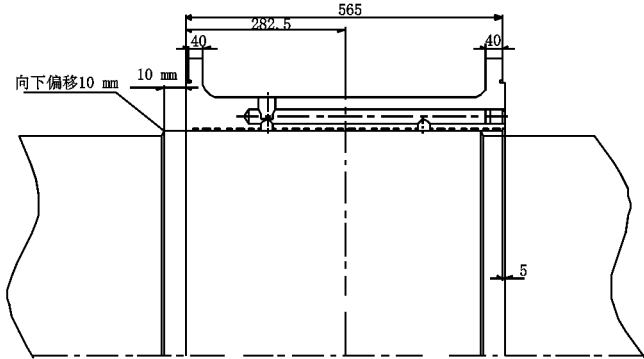


图 2 水导瓦现场安装示意图

3.1.4 水导瓦轴颈检查

拆除水导瓦上半部,测量轴颈凸台下游边与主轴法兰距离为 938.0 mm,凸台长度为 565.0 mm,尺寸与设计值完全相符。如何确定镜板定位的尺寸是否与设计相符,其工作量相对比较大,拆除正推力瓦座,整体退出油槽,此时预留出测量的空间,由于镜板和主轴水轮机法兰的直径比正推力座小,必须借助于平尺将正推镜板面和主轴水轮机法兰面的位置尺寸引出,测量距离为 4 324.0 mm,设计尺寸 4 323.2 mm,镜板厚度 260.0 mm,与设计值无偏差。

3.1.5 组合轴承尺寸检查

测量轴承支撑架上下游法兰高度尺寸,在轴承支撑

架上游法兰面 -y 方向挂垂线,测量垂线与下游法兰距离为 985.0 mm,与图纸尺寸完全相符。径向瓦轴承本体中心距主轴发电机法兰面测量计算距离为 775.0 mm,与图纸尺寸完全相符。反推力轴承瓦面与轴承中心距离实测累计计算值为 531.0 mm,设计值为 531.8 mm,基本相符。

以上所有相关设备制造检验记录进行了查验,制造及出厂验收记录显示所有与设计值无偏差。

3.2 安装工艺检查

3.2.1 设备安装工艺检查

检查主轴系统与管形座、导水机构内环安装把合部位,是否把合紧固存在间隙。通过检查水导瓦与扇形板、扇形板与导水机构内环座、轴承支架与管形座上游面、导水机构内环与管形座内壳体等所有把合面紧密且接触情况良好,初步排除了安装工艺不到位等原因^[1]。

3.2.2 设备安装尺寸检查

进一步测量管形座内外环下游法兰面间距(设计值为 1 075.0 mm)、尾水管法兰至外壳体法兰面间距(设计值为 4 230.0 mm)。但此时导水机构、主轴系统已安装就位,只能通过复测导水机构内外环下游法兰面的距离尺寸的测量来换算管形座内外壳体之间距离。管形座内外环距离实测数据为 -X1 074 mm、+X1 075 mm,不考虑测量误差原管形座安装数据符合设计及安装规范要求,管形座外环与尾水管法兰面实测数据为实

测值 $-X4\ 232\ \text{mm}$ 、 $+X4\ 231\ \text{mm}$ ，符合设计及安装规范要求，说明原安装的管形座及尾水管安装尺寸满足设计及规范要求。

3.3 设计校核与分析

所有新设备与安装方面造成的原因全部排除，天津市天发重型水电设备制造有限公司阐述了机组改造的设计是以管形座内壳体上游与定子把合的法兰面为基准，再依次确定发电机中心线和水轮机中心线的。根据以上设计方案，专家组再次提出了大胆的设想，是否是原管形座内壳体轴向长度出了问题。安装单位立即部署，在内壳体上游法兰面和下游法兰面分别引出钢琴线，利用千分尺测量内壳体实际尺寸，测量数据为 $1\ 540.0\ \text{mm}$ ，原管形座内壳体设计尺寸为 $1\ 550.0\ \text{mm}$ ，比设计尺寸短 $10.0\ \text{mm}$ 。然而管形座安装工艺是以内壳体下游法兰为基准确定外壳体相对位置，复测内外壳体下游法兰面距离安装尺寸满足设计及规范要求。依次判断，最终产生水导瓦中心与轴颈中心偏移原因是原管形座内壳体轴向长度比原设计尺寸短导致。

4 原机组安装的实际情况

4.1 机组实际安装尺寸情况

通过以上问题排查的结果分析，发电机定子、灯泡体、斜向支撑、发电机竖井、流道盖板框架中心、转子中心、推力轴承、导轴承、主轴本体转轮中心线均向下游偏移 $10\ \text{mm}$ ，水导轴承与内导环相对位置满足设计要求；尾水管、管形座、导水机构、转轮室安装相对尺寸满足设计要求。

4.2 机组运行情况

机组实际安装尺寸及运行情况表明转轮中心与转轮室中心线偏移不重合，是导致机组在运行过程中产生振动最重要的原因。改造的机组此缺陷得不到解决，会产生与原机组同样的问题，同时无法达到设备改造的目的。

5 处理方案选择

5.1 处理方案总原则

由于原机组制造单位为天津发电设备厂，新机组制造商为天津市天发重型水电设备制造有限公司，新机组制造单位的前身就是原机组制造单位，原机组和新机组制造厂为一家单位，且原机组设计图纸档案保存完好，所以新设备制造商直接采用原设计图作为基础资料进行新主机设备设计制造。为确保工程进度不受设备处理的影响，并结合电厂8~9月份进入枯水期，计划在枯

水期内完成2#机组改造任务。

5.2 目前现场实际情况

机组设备制造基本完成，现场安装进度导水机构装配、主轴系统装配已吊装就位，转轮组装、转子组装、定子现场叠片下线已在安装组装，转轮室、基础环等部件制造完成运抵现场。

5.3 现场处理方案比选

5.3.1 发电机处理方案

发电机整体轴向向上游移动 $10.0\ \text{mm}$ ，需增加发电机定子、轴承支架轴向尺寸，已制造完成，考虑此两个部件属于发电机主要受力部件，需返厂处理，才能真正彻底解决，此方案实施难度及代价太大。同时会导致发电机斜向支撑与原基础会产生偏移 $10.0\ \text{mm}$ ，发电机竖井与发电机框架中心（埋件位置尺寸无法改变）偏移 $10.0\ \text{mm}$ 。此方案不可行。

5.3.2 水轮机处理方案

(1) 处理方针

根据实际进度考虑，新机组设计基准以管形座内壳体上游法兰面重新制造或现场改变座环或导水机构设备尺寸的方案，现场条件无法满足，制造周期长无法确保工期目标和经济代价太大。

(2) 水导瓦本体处理

重新设计制造水导扇形板，恢复水导瓦与轴颈之间设计的相对位置。原设计水导轴承与主轴轴颈接触长度为 $565.0\ \text{mm}$ ，现在实际接触长度为 $555.0\ \text{mm}$ ，根据设计校核，水导轴承接触面积存在设计余量， $555.0\ \text{mm}$ 的接触量仍然能满足安全运行的要求，可不做调整^[2]。如果单单只对水导瓦相对轴颈的轴向尺寸做调整，转轮与转轮室相对中心线偏差仍未得到解决。

(3) 导水机构本体处理

从导水机构尺寸上做调整，能解决水导瓦与轴颈轴向错位、大轴保护罩伸缩量、甩油环位置、主轴密封衬套错位、下导流锥与转轮法兰面距离、接力器基础中心偏移、转轮与转轮室中心线轴向错位、基础环与转轮室搭接量偏小等多方面的问题。但需拆除主轴系统、导水机构装配，工作量非常大，工程进度无法满足要求；导水机构内外环法兰面面积大，保证其法兰面平面度的处理难度高；同时导水机构本身作为机组结构件非常重要的部件，内环支撑着整个水轮机的稳定运行，不建议现场进行处理。

(4) 转轮室本体处理

直接改变转轮室本身尺寸，只需对转轮室本体、主轴密封衬套、下导流锥、主轴保护罩、甩油环位置、接力器座等小部套进行处理。工作量相对较小，不需要对主要受力部件进行更改确保了设备运行安全，保证了工期

目标。

6 设备缺陷现场处理

6.1 对转轮室本体处理现场处理的方案^[2]

在上游与导水机构法兰面增加与法兰面同大小的9.0 mm 钢板作为调整板,改变整个转轮室轴向中心位置,保证转轮室中心与转轮中心满足原设计要求。调整钢板设计分6块到货,调整板上的螺栓孔同样按转轮室螺栓孔同配。现场装配成上、下半两部分,上下半部各3块,除转轮室上下组合缝外其余接缝采取坡口满焊,打磨平整。与转轮室上下组合缝的处理同样采取坡口满焊,打磨平整后现场开盘根槽,与原转轮室盘根槽衔接一致。最后调整钢板垫与转轮室法兰内外侧焊接成为整体。

6.2 实施过程

6.2.1 工艺难点

调整钢板与转轮室法兰的螺栓全部必须无错位,且每块钢板之间焊缝的平面度满足设计要求;确保焊接过程中钢板无变形;与转轮室下半部组合缝盘根槽衔接一致等关键难点。

6.2.2 处理方法

(1)将转轮室翻身至上游法兰面朝上,调整钢垫与转轮室法兰定位后,分别与转轮室法兰面均匀分布配钻330个M8×20.0 mm 螺栓孔,螺栓采用M8 沉头螺钉,固定在法兰面上,进行每块钢板间衔接缝进行焊接,利用锉刀局部处理焊高,不得采用机械,最终利用平口刀尺检查焊缝平面度。

(2)上下半部组合缝焊接完成后,采用同样方法保证法兰面平面度。下半部焊缝衔接处需开盘根槽,焊缝坡口需比其他衔接坡口大,需深于盘根槽5.0 mm,保证开盘根槽后不影响焊缝密封性,盘根槽处理不使用机械,利用锉刀慢慢修锉,盘根槽尺寸与原转轮室一致。

(3)调整钢垫与转轮室焊接为整体,为确保焊接过程中钢板不变形,将转轮室吊入基坑与导水机构整体把合后进行,且必须保证调整钢垫不与导水机构外环法兰面焊在一起,焊条采用J507Φ2.5 mm 焊条进行,并安排2名焊工分段对称跳焊,焊接完成后进行pt无损检测。焊接完成后拆除转轮,法兰面增加的钢垫板无焊接变形情况,说明本次焊接措施应用成功,如图3所示。

(4)水导轴承下游甩油环根据实际距离向上游调整,确保甩油环与油箱之间的轴向距离。

(5)主轴保护罩伸缩段根据尺寸复核,原设计伸缩量为15.2 mm,水导向上游偏移了10.0 mm,仍然能满足运行要求,不作处理。

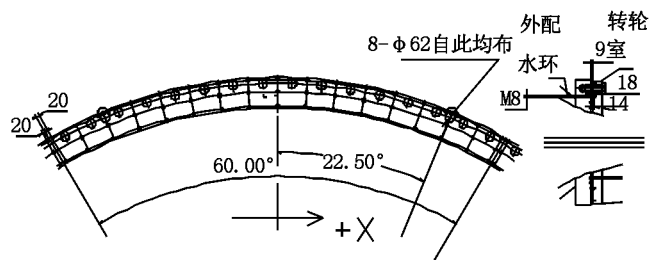


图3 转轮室增加钢垫板安装示意图

(6)主轴密封衬套相对于工作密封向下游偏移10.0 mm,将衬套整体向上游移动10.0 mm,现场再与主轴同钻定位螺钉孔固定,如图4所示。

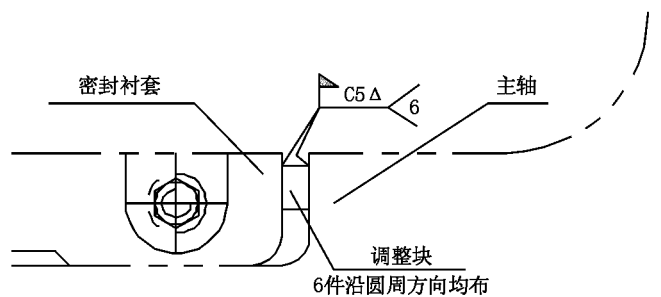


图4 密封衬套处理示意图

(7)下导流锥与转轮法兰面原设计间隙为10.0 mm,经主机厂设计校核,现安装尺寸间隙为20.0 mm,对水流没有影响,不作处理。

(8)伸缩节的基础环法兰轴向尺寸原设计为15.0 mm伸缩间隙,现在转轮室上游侧增加9.0 mm钢垫后,伸缩间隙为6.0 mm,仍满足设计要求,不作处理。

7 处理后机组运行效果

7.1 主轴保护罩运行情况

主轴保护罩伸缩量由原来的15.2 mm变为5.0 mm,运行无异常无漏油现象,这说明大轴保护罩在实际运行过程中并没有产生较大的上下游窜动量。

7.2 水导瓦运行情况

水导瓦温运行最高温度38℃,振动+Y0.01 mm,摆度+X0.02 mm,以上运行数据表明轴瓦的接触面积减少10.0 mm,并未影响水导瓦的正常运行。水导上下游甩油环现场重新装配,保证水导轴承上下游甩油环与油箱之间的间距,并在主轴上重新钻定位螺栓孔,水导轴承油箱无甩油现象。

7.3 主轴密封运行情况

主轴密封抗磨环向上游移动10.0 mm,下游与主轴

接触部位加 10.0 mm 的铁块做为定位块使用,使抗磨环与工作密封安装的相对位置满足原设计要求,运行时工作密封漏水量正常。

7.4 转轮室运行情况

转轮室在安装过程中,与转轮叶片之间的间隙调整数据满足设计要求,充水试验和运行过程中未出现渗水的现象,振动值 +Y0.06 mm、-Y0.10 mm,运行情况良好。机组运行情况可以证明在法兰面增加的钢垫几乎与转轮室本体已经融为一体,并保证了转轮室中心线与转轮中心基本重合。

7.5 机组整体运行情况

原旧设备在未改造前,负荷在 2 500 ~ 5 000 MW 区间内运行时,转轮室振动大,且噪音大,经过多方分析,一直未找到原因。通过本次改造重新将转轮室中心与转轮中心调整一致,并将设备最大缺陷得以消除,为今后电站安全稳定运行奠定了基础。

设备运行的情况说明了改变转轮室本体尺寸的方案在技术上、经济上均可行。

8 结 语

本次改造中出现的管形座内壳体轴向尺寸比设计

尺寸短的缺陷在后期安装过程中得到了解决,2#机组于 2016 年 6 月投入运行,机组各部件及配套设备运行情况良好,达到了改造的预期效果。但改造工作历时 7 个月,机组新老部件结合存在较多的缺陷,给机组安装带来了很多不必要的麻烦,对工期影响较大。国家战略规划对水电站扩容增效的大力支持,很多年代久远的水电站相继进入改造的热潮时期,建议在取得旧设备制造、安装的实际精确尺寸后再进行新设备设计制造,将原设备的缺陷在制造过程中就加以补偿,避免本案例中类似问题出现,大大减少现场安装缺陷处理的工作量,可确保改造工作顺利进行,为业主更快地带来经济效益。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. (GB/T8564-2003)《水轮发电机组安装技术规范》[S]. 中国标准出版社,2004.
- [2] 中国水利水电科学研究院. (SL668-2014)《水轮发电机组推力轴承、导轴承安装调整工艺导则》[S]. 中国水利水电出版社,2014.
- [3] 国家能源局. (DL/T 5038-2012)《灯泡贯流式水轮发电机组安装工艺规程》[S]. 中国电力出版社,2012.

编辑:张绍付

Analysis and treatment of deviation of guide and shaft center of unit 2 in Jiepai power station

ZHENG Long

(Guangdong Yuantian Engineering Co. LTD, Guangzhou 511300, China)

Abstract: The transformation of the center and the journal center in the process of the installation of the water guide tile in the process of transformation of the 2 # unit of the sector power station, by checking the size of each component, it was determined that there is a deviation from the design of the size of the inner shell of the old pipe seat and the size of the design sheet. Installation optimization was used in the transformation process of 2 # unit, increasing the steel plate on the flange side of the wheel chamber gives the unit axial dimension compensation, eliminating the defects in the equipment assembly, to achieve the purpose of transformation efficiency, and achieved success.

Key words: Inner shell; Wheel chamber; Water conducting mechanism; Water guide tile; Steel pad; Size; Welding; Treatment

翻译:郭庆冰