

古田溪水电厂三级2号机组尾水管改造

童敦龙

(华电福新能源股份有限公司古田溪水力发电厂 福建 352258)

摘要 本文介绍了古田溪水力发电厂三级电站2号机组尾水管改造工程, 改造内容主要包括: (1) 尾水管局部更新; (2) 尾水进人门更新; (3) 尾水管基础灌浆。

关键词 尾水管; 改造

Transform for Draft Tube of Unit 2 in the Third Power Station of Gutianxi Hydropower Plant

TONG Dun-long

(Gutianxi Hydropower Plant of Huadian Fuxin Energy Corporation Limited, Gutian 352258, China)

Abstract This paper introduces the improvement project for draft tube of Unit 2 in the third power station of Gutianxi Hydropower Plant, it includes: the partial reconstruction of draft tube, renewal of draft tube manhole door, the base of draft tube Grouting.

Keywords draft tube; transform

1 引言

华电福新能源股份有限公司古田溪水力发电厂(以下简称电厂)是由我国自行设计、施工、安装的水电厂,也是国家第一个五年计划重点工程项目。电厂由4个梯级电站组成,共12台机组,现总装机容量280 MW。

电厂三级电站2号机组为轴流转浆式机组,额定出力为21 MW,额定工作水头28.5 m,转轮型号为ZZ(K407780)-LJ-330。该机组于2000年完成增容改造,机组出力从16 MW增容至21 MW。机组改造过程中,转轮由原有的6叶片结构改为5叶片结构,新转轮投运后转轮下方汽蚀区明显下移,主要汽蚀区集中在转轮室与尾水管锥段组合缝至组合缝下方60 cm区域。

该机组在增容改造时,其转轮室及尾水管钢衬已运行达30多年,转轮室与尾水管锥段组合缝已多次出现过局部裂纹。2000年增容改造后,由于转轮运转特性的变化,转轮汽蚀区下移至转轮室与尾水管锥段组

合缝处,该处的汽蚀破坏也明显加剧,汽蚀裂纹深度和长度都明显加大。2010年10月16日,该机组运行中尾水管直锥段靠近转轮室处被撕裂,撕裂部位(弧长2.5 m,高度40 cm)向转轮中心方向弯曲,导致机组无法带满负荷。因机组还未到大修周期,为此本次故障只对尾水管直锥段汽蚀开裂部位40 cm高度内进行切除,并采用厚度为8 mm的A3钢板分段拼装焊接,并在每块钢板中心位置打入2根加强筋。在故障排除时发现,尾水管钢衬汽蚀严重部位厚度已由设计值12 mm变为6 mm不到,而长时间的汽蚀淘空加剧了运行中钢衬的振动。

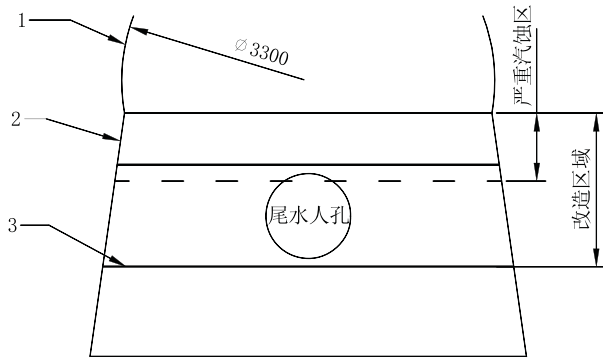
为提高机组尾水管壁的抗汽蚀能力,保证机组的安全稳定运行,电厂于2012年2月结合机组A级检修完成了尾水管壁直锥段钢衬的更新改造工作。

2 改造方案

2.1 改造范围

三级2号机组尾水管汽蚀严重区域主要集中在转

轮室与尾水管锥段组合缝至组合缝下方 60 cm 区域，而该区域已越过尾水进入门的上沿，而组合缝下方 1360 mm 位置恰为第二条环形筋板的位置，且已越过进入门的下沿。为方便施工和保证改造后设备的安全稳定运行，遂确定设备更新范围为转轮室与尾水管直锥段组合缝下方 1360 mm 范围内的尾水管壁，包括尾水进入门（详见图 1）。



1-转轮室钢衬 2-尾水管直锥段里衬 3-尾水管直锥段第二层环筋
图1 尾水管里衬改造示意图

2.2 设备材料选择

新尾水管里衬的材料为 1Cr18Ni9Ti，壁厚为 16 mm。尾水进入门制作材料为 A3 钢。

2.3 尾水管制造

(1) 要求尾水管钢衬的环形和纵向加强筋均应留有足够的流浆孔，便于尾水管基础灌浆过程水泥浆的流动。

(2) 要求尾水管钢衬出厂时预先加工好相应的灌浆孔。

(3) 要求尾水管钢衬分三瓣制造，运输过程采取有效的防变形措施。

3 施工过程

3.1 旧尾水管拆除

根据原尾水管设计图纸计算，以转轮安装中心高程为“0”基准，确定拆除旧尾水管钢衬顶高程为 -0.6925 m，底边最低处高程为 -2.0475 m 左右。

在拆除旧钢衬锥管段上部 -0.6925 m 高程附近时，不得破坏转轮室下部法兰及基础，对 -2.0475 m 高程附近旧锥管段修磨够安装新锥管尺寸即可。

拆除钢衬时，先将尾水管进入孔周围混凝土凿除，根据现场的施工条件，在尾水管内使用气刨将人孔附近的钢衬切割成人力能及的若干小块，对于原钢衬的肋板可采用切割或局部凿除的方法。依此

类推，直至将原尾水管第二条环形筋板以上的钢衬全部拆除。

2.2 旧尾水管基础开挖

为避免破坏法兰及基础的稳定，混凝土开挖从 -0.7425 m 高程开始，混凝土开挖厚度为 150 mm，钢衬肋板外侧至混凝土开挖面留有一定的间距，开挖至钢衬下方 -2.0525 m 高程，底部与尾水管原表面开挖成斜口过渡。

开挖过程中，根据尾水管体型边线，保证周边最小空间为 150 mm，原混凝土的凿除厚度不应大于 200 mm。原基础中暴露的钢筋均保留原样。

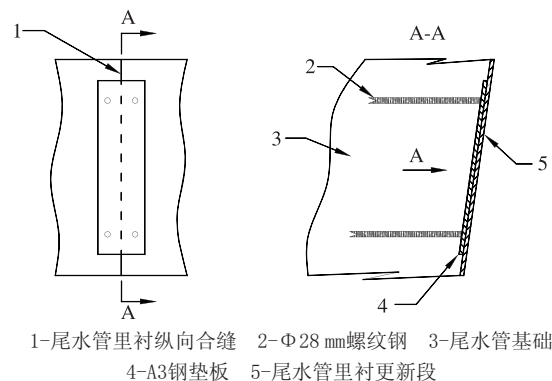
旧混凝土基面开挖基本到位后，对基面进行清理、凿毛、去掉松动混凝土或骨料，并用高压水冲洗。开挖过程中，尾水作业平台应铺垫帆布，确保凿下的混凝土不落入尾水管内，以免堵塞尾水管排水管路或影响尾水闸门下落。

在开挖过程中发现原尾水管壁基础内预埋的环形尾水管真空度测压管路已完全腐烂并堵塞，经与福建省电力试验研究院相关专家沟通，认为环形测压改为单点测压不会有太大影响。遂决定取消环形测压管，在尾水进入门左上方尾水管壁处加装一根单点测压管，管路采用不锈钢材料并与新尾水管壁内壁焊接。

3.3 加强筋敷设

混凝土开挖后，对原露出的钢筋进行适量的搭接焊接，力求四周强度均匀，补筋采用 $\Phi 12$ mm 圆钢材料即可。

新尾水管里衬分三瓣进行预装定位后，将 3 条组合缝位置标记好，吊开新尾水管。以组合缝为中心线，在基础上、下各对称敷设 1 对 $\Phi 28$ mm 螺纹钢拉筋，对称拉筋中心距为 80 mm，其底孔中心轴向位置与新尾水管里衬上下组合缝的距离均为 300 mm。为保证新敷设螺纹钢拉筋与原基础的连接强度，各拉筋底孔深度均不小于 800 mm；每根拉筋埋入基础端均加工一



1-尾水管里衬纵向合缝 2- $\Phi 28$ mm 螺纹钢 3-尾水管基础
4-A3 钢垫板 5-尾水管里衬更新段

图2 尾水管里衬合缝加强筋敷设示意图

条宽4 mm的燕尾槽,在安装时燕尾槽内嵌入金属楔子板。

为保证新尾水管里衬与新敷设的加强筋的有效连接,在每条尾水管里衬纵向组合缝处,分别利用一块厚度10 mm、宽120 mm、长1300 mm的A3钢垫板与4根螺纹钢拉筋焊接牢固。而在新尾水管的正式安装过程,其分瓣组合缝则与该连接板进行焊接,详见图2。

新尾水管里衬安装过程中,除新敷设的加强筋外,在可操作的情况下,尽可能将原基础外露的钢筋与新尾水管背面进行有效焊接,最大程度的提高新尾水管的抗震能力。

3.4 新尾水管里衬安装

(1) 确定安装基准

新尾水管里衬安装中心确定:以机组座环上环内沿的轴向中心线为基准,确定新尾水管里衬的轴向安装中心。

新尾水管里衬安装高程确定:以机组座环顶面高程为标准基准面,根据尾水管单线图可知新钢衬上法兰顶面设计高程,利用水准仪在圆周方向逐点测定新钢衬顶面安装位置高程,根据测量的实际距离,配割新尾水管里衬。

(2) 尾水管里衬及进人门预装

新尾水管里衬分瓣吊装至尾水工作平台,以座环固定导叶为吊点,利用手链葫芦和钢丝绳对钢衬进行位置调整。首先吊装带尾水人孔门的一瓣,安装位置必须保证尾水进人门能够正常开闭,接着分别进行另外两瓣钢衬的吊装工作。预装定位完成后,对钢衬组合缝、尾水管真空测压管的取水口、回填灌浆口、接触灌浆口位置做好详细的标记。

(3) 正式安装

在新尾水管里衬组合缝处加强筋、尾水管真空测压管、回填灌浆口、接触灌浆口等均布置到位后,方可进行正式安装。

将尾水管里衬重新吊回尾水工作平台,利用手链葫芦初步定位后,再利用三角斜铁对钢衬进行精确定位,对分瓣钢衬进行组合焊接。新尾水管里衬组焊定位过程,严格按照《水轮发电机组安装技术规范》(GB/T 8564-2003)^[1]要求,确保锥管上管口中心偏差不得超过6 mm,锥管管口直径最终尺寸偏差不得超过16.5 mm。

新尾水管里衬所有纵缝及环缝均采用手工堆焊方式焊接,其中新钢衬之间采用A132焊条进行焊接,新钢衬与下部旧钢衬、转轮室钢衬之间焊接采用A302焊

条焊接。新钢衬与旧转轮室焊接过程中,由于合缝处转轮室钢衬已严重汽蚀,采用手工堆焊过程始终存在较严重的咬边现象,焊缝靠转轮室钢衬侧始终存在明显凹陷,后利用氩弧焊对凹陷处填补完整。尾水管组焊结束后,用手持砂轮机打磨焊缝及其他凸出部分,使管壁合缝处平滑过渡。尾水管焊缝验收整改严格按照《电站钢结构焊接通用技术条件》(DL/T 678-1999)^[2]要求进行,因尾水管焊缝属于二类焊缝,为此要求焊缝余高不超过3 mm;使用超声波探伤进行焊缝内部质量检验,检验长度不少于焊缝总长度的30%,质量标准按照《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》(GB 11345-89)^[3]执行。

3.5 尾水管壁灌浆

3.5.1 细石混凝土浇筑

由于原尾水管钢衬基础凿除厚度达到150 mm,总容积约2.6 m³,为保证凿空部分新基础的强度,决定在回填灌浆之前先进行细石混凝土浇筑。在新尾水管钢衬上均匀布置6个Φ110 mm混凝土浇筑孔,浇筑孔通过Φ100 mm塑料管连接发电机层的漏斗,利用发电机层相对浇筑孔11 m的高程差进行混凝土的输送。在混凝土浇筑过程时,施工人员通过锤子敲击等方式使混凝土灌注的尽量均匀。

考虑到施工工期限制及设备工作环境要求,混凝土浇筑材料的选择上,细石要求直径不大于2 cm,水泥采用42.5普通硅酸盐水泥,回填灌浆则采用相同标号的水泥。

3.5.2 回填灌浆

细石混凝土浇筑工作完成7天后,对新尾水管进行回填灌浆工作。回填灌浆开始前,先将6个细石混凝土浇筑孔用钢板焊接封堵。灌浆孔的开设,在新钢衬底部对称开设3个Φ25 mm灌浆孔,新钢衬上部对称开设3个Φ25 mm排气孔。浆液的水灰比按0.6配置,灌浆压力控制在0.2 MPa左右。灌浆孔灌浆完后用丝堵临时封孔。

回填灌浆结束一个月后,对尾水管灌浆情况进行检查。通过使用榔头敲击等方法,未发现较大面积的空谷现象。因此,后续未再进行接触灌浆。检查完毕,对所有灌浆孔进行焊接封堵,并用砂轮机磨平焊道。

4 试运行

电厂三级2号机组尾水管改造投运9个月以来,机组运行稳定,尾水管外围未见漏浆现象。

5 总 结

古田溪水力发电厂建厂已达60年之久，水下预埋部件经过多年的冲刷、腐蚀，目前安全隐患已逐渐显现。本次尾水管钢衬更新改造工作的圆满完成，为今后类似预埋件的更新工作积累了宝贵的经验，也希望

能为同行开展此类工作有所帮助。

参 考 文 献

- [1] GB/T 8564-2003 水轮发电机组安装技术规范 [S].
- [2] DL/T 678-1999 电站钢结构焊接通用技术条件 [S].
- [3] GB 11345-89 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级 [S].