

# 混流式机组上导轴承漏水原因分析及处理

田波

四川华电宝珠寺水力发电厂, 四川 广元 628000

[摘要] 水轮发电机上导轴承作为水轮发电机重要组成部分在机组运行中发挥着至关重要的作用。它不仅能够承受机械和电磁不平衡力, 还能够约束轴线位移、防止主轴摆动确保机组在轴承间隙范围内稳定运行。通过高精度制造、良好润滑性能和易于维护检修等技术特点与优势, 上导轴承为水轮发电机的安全、高效运行提供了有力保障。上导轴承的正常运行依赖于良好的润滑系统, 轴承漏水会导致润滑油被稀释, 润滑效果下降, 轴承在运行过程中产生大量的热量得不到及时冷却散热, 使得轴承温度升高, 严重导致轴承烧毁。因此, 确保导轴承的密封性能对于保障水轮发电机的安全运行和延长使用寿命至关重要。文中主要以上导轴承冷却器法兰渗漏为例, 分析可能产生的原因, 提出有效的解决办法及预防措施, 以保证机组的安全稳定运行。

[关键词] 上导轴承; 润滑; 漏水

DOI: 10.33142/ect.v2i10.13676

中图分类号: TK730.3

文献标识码: A

## Analysis and Treatment of Water Leakage in Upper Guide Bearing of Mixed Flow Units

TIAN Bo

Sichuan Huadian Baozhushi Hydroelectric Power Plant, Guangyuan, Sichuan, 628000, China

**Abstract:** The upper guide bearing of a hydroelectric generator plays a crucial role as an important component in the operation of the unit. It can not only withstand mechanical and electromagnetic unbalance forces, but also constrain axis displacement, prevent spindle swing, and ensure stable operation of the unit within the bearing clearance range. Through the technical characteristics and advantages of high-precision manufacturing, good lubrication performance, and easy maintenance and repair, the upper guide bearing provides strong guarantees for the safe and efficient operation of hydro generators. The normal operation of the upper guide bearing depends on a good lubrication system. Bearing leakage can cause the lubricating oil to be diluted, resulting in a decrease in lubrication effect. The bearing generates a large amount of heat during operation, which cannot be cooled and dissipated in a timely manner, causing the bearing temperature to rise and seriously leading to bearing burnout. Therefore, ensuring the sealing performance of the guide bearing is crucial for ensuring the safe operation and extending the service life of the hydroelectric generator. The article mainly takes the flange leakage of the guide bearing cooler as an example to analyze the possible causes and propose effective solutions and preventive measures to ensure the safe and stable operation of the unit.

**Keywords:** upper guide bearing; lubrication; water leakage

### 1 工程概述

DG 电站整体结构为立轴混流式机组, 装机容量 165MW × 4。水轮机型号为 HL-LJ-552, 最大水头 78m, 额定水头 65m, 最小水头 57m, 额定转速 115.4r/min, 发电机由东方电气集团东方电机有限公司生产, 发电机型号 SF165-52/12000, 技术供水采用独立内循环方式, 技术供水每台机组配备 2 台技术供水泵, 两台技术供水泵一主一备, 技术供水泵型号为 500JC900\*3, 额定流量 900m<sup>3</sup>/h, 额定电压 380V, 额定转速 1460, 扬程不小于 60m。

表 1 技术供水泵参数

型号	500JC900×3	流量	Q=900m <sup>3</sup> /h
扬程	H≥60m	额定电压 (V)	380V
生产厂家	水泵盖州水泵厂电机 ABB	转速 (r/min)	1460
水泵效率	≥75%	台数	8 台
电机绝缘等级	F 级	电机防护等级	IP54

### 2 事件经过

#### 2.1 机组振摆二级保护动作

2023 年 8 月 13 日 22:40 分 DG 电站 1 号、2 号、3 号、4 号机运行, 全厂总负荷 470MW。其中 1 号、2 号、3 号机组各带 120MW 负荷, 4 号机组带 110MW。22:47 分 DG 电站 3 号机组上位机报出振摆 2 级保护动作, 22:58 分运行值守人员申请机组负荷降至 0, 23:11 分 3 号机组停机。

图 1 振摆二级警告动作

## 2.2 现场检查情况

3号机组上位机报出振摆装置二级动作保护后,值守人员检查3号机组上导轴承振摆500 $\mu$ m,引起机组发出二级动作保护,维护人员立即到现场进行检查发现3号机组上导轴承油槽透平油已全部溢出并通过上机架流至定转子、下机架、水车室等位置。维护人员将上导油槽积水、透平油排尽后拆卸上导接触式密封盖板,检查上导轴瓦、轴颈无异常磨损。启动3号机组技术供水泵上导轴承冷却器进水管路压力指示0.3MPa,检查上导冷却器及连接管路无渗漏。3号机组技术供水泵停泵上导油槽处听见吸气声音。再次启动3号机组技术供水泵检查发现10号上导冷却器出口弯管连接法兰出现渗漏现象,将上导冷却器出口弯管法兰拆除,发现法兰密封垫完好。



图2 漏油渗漏现场



图3 法兰密封垫

## 3 原因分析

**机械原因:**初步判断原因为机组检修过程中上导冷却器法兰螺栓未对称把紧,导致橡胶密封垫受力不均匀且DG电站技术供水为内循环冷却方式技术供水泵流量大,上导轴承安装在发电机层上导冷却器高程最高,每次停泵时上导冷却器水流突然中断,当上导冷却器冷却水得不到补充管路内部迅速形成真空由于橡胶法兰垫不均匀

受力局部存在微小间隙随着外部空气通过微小间隙进入管路内部平衡内外压力将受力不均匀的法兰密封垫吸入管路内部导致橡胶垫密封垫密封截面减小法兰之间产生间隙进而导致冷却器法兰漏水。

**电气原因:**3号机组上导轴承设置一套YHX油混水装置用于监测上导油槽混水或积水量,该装置采用电容式原理电容式传感器由内外电极组成,当油槽中混水后内外电极介电常数相差很大,内外电极构成的电容值发生显著变化,油混水装置发出的方波发生变化,经过信号放大器的处理输出响应的报警信号提醒值守、维护人员及时检查系统确保发电机组安全稳定运行。但事故发生至处理结束,3号机组上导油混水装置均未发出报警信号导致维护人员第一时间未发现上导油槽进水防止事态进一步扩大。事后检查3号机组油混水装置接线错误油混水装置一直处于故障状态,在上导轴承冷却器法兰漏水后未及时报警。

## 4 处理办法

### 4.1 优化冷却器法兰密封形式

DG电站上导冷却器法兰密封形式为全平面结构,法兰平面光滑,结构简单,安装过程中密封垫不宜放置,且密封面与橡胶密封垫之间所需的压紧力大,受制于安装空间部分螺栓预紧力可能偏小。为了避免上述问题的产生,法兰密封形式优化为密封槽结构,法兰密封槽密封是一种常用的密封技术,主要用于管道系统中法兰连接处的密封,以确保系统在运行过程中不会发生泄漏。结合图纸设计我们在上导冷却器弯管法兰上加工槽宽6.5mm,深4mm环形密封槽,通过O型密封槽形成法兰端面密封面保证内封水外封油。上导冷却器弯管法兰O型密封槽加工完毕后检查O型密封槽光滑无毛刺,检查密封槽无凸起缺口缺陷。

### 4.2 优化冷却器管路密封安装工艺

DG电站3号机组上导冷却器更换管路密封施工人员直接拆开冷却器连接管路更换橡胶密封垫且未注意机组安装期间使用的密封垫厚度与现在检修使用的密封垫厚度存在差异,导致部分法兰螺栓在上紧过程中存在憋劲现象,同时由于密封垫厚度差异导致密封面密封效果受到一定影响,在上述原因的叠加影响下导致了3号机组上导轴承冷却器在检修后不久即出现了冷却器法兰漏水情况。在本次技改中考虑到上导轴承冷却器弯管法兰更换法兰密封面形式及密封后可能对管路整体长度造成影响,所以安装密封时首先要将上导轴承冷却器底座固定螺栓全部拆卸保证上导轴承冷却器本体处于完全自由状态。在上导轴承冷却器本体弯管法兰预装6mm耐油O型橡胶圆,将弯管法兰内六角紧固螺栓螺纹均匀涂抹螺纹锁固剂并将其对称把紧,紧固过程中检查弯管法兰面间隙应均匀并注意观察橡胶O型密封圆无脱槽,螺栓紧固后用0.05mm塞尺检查冷却器弯管法兰密封面不能通过,检查冷却器弯管法兰错牙不超过1mm。用同样的方法将所有上导冷却器管路密

封安装完毕后,调整上导冷却器本体与本体底座螺栓孔相对位置并将底座两颗螺栓全部旋入螺纹后方可进行紧固,否则需要对相对位置进行调整,如果上导冷却器本体与本体底座螺栓孔相对位置偏差过大,则需要对底座内螺纹螺栓孔进行重新钻孔制作。上导冷却器底座紧固螺栓安装后再次检查上导冷却器弯管法兰面内六角螺栓紧固情况,防止安装上导冷却器底座过程中对内六角螺栓受力产生影响发生部分螺栓松动情况。上导冷却器法兰螺栓紧固检查确认无误后进行第一次上导冷却器整体严密性耐水压试验,耐压过程中检查压力不低于上导轴承冷却器正常运行压力 1.25 倍且不小于 0.4Mpa 耐压时间 8 小时。第一次静态整体严密性耐水压试验合格后通过 3 号机组技术供水系统对机组上导油槽冷却器开展充水试验,在启动 3 号机组技术供水泵前首先分别将上导轴承冷却器进水阀、排水阀全开,然后启泵后检查上导轴承冷却器进水压力,如果压力过低则通过调整排水阀开度的方式将上导冷却水压力调整至正常运行压力 0.3Mpa。充水试验 30min 检查上导冷却器各部无渗漏,然后停技术供水泵在上导油槽冷却器处检查冷却器管路法兰密封之间无吸气异响,重复 2 次启停技术供水泵过程,检查冷却器管路法兰均无异响无渗漏。

#### 4.3 优化油混水装置

因水比透平油密度大,在机组停机状态下积水会沉淀在油槽底部,在油槽顶部安装的油混水装置由于油混水装置结构特点测量探头距油槽底部有一定距离大概会产生 15cm 左右的测量盲区。为提高设备可靠性,减小设备测量盲区, DG 电站检修过程中决定将上导轴承油槽顶装油混水装置改成侧装集成油混水装置,侧装油混水装置主要由油混水监测装置、集油箱、上下引油管组成。安装位置以油混水监测装置底部高度不超过上导油槽底部距离为准,现场测量高度后在上导油槽底部 2cm、12cm 处分别钻孔焊接直径 16 的引油管,引油管分别与油混水装置集油箱接头连接,上导油槽引油管出口安装 DN16 球阀方便后续检修维护,油混水装置接线调试,检查各功能完整,取下油混水监测装置模拟混水试验,上位机发出报警信号。上导轴承油槽油混水装置优化后可提升监测精度,提高设备可靠性,为机组运行提供有力保障。

经过上述处理,3 号机组长时间运行上导轴承摆度、瓦温、油温均稳定。

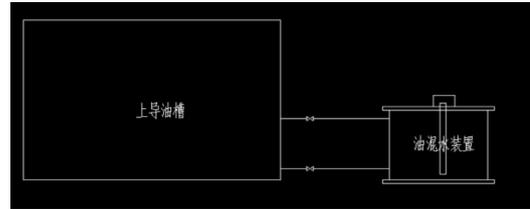


图 4 油混水装置改造示意图

## 5 结语

3 号机组上导轴承摆度、瓦温、油温运行稳定,从结果看初步达到了预期效果。更重要的是为今后的检修改进积累了经验。为了确保机组不再出现类似故障我们在今后的工作中还要做好以下措施:

### 5.1 加强日常设备维护管理

加强设备管理针对重点监测设备应确保功能完整禁止设备带病运行,定期对电测设备、热工仪表进行校验检查。维护人员应加强重点设备巡回力度,日常工作中应完整记录各导轴承油温、瓦温、振摆数据,值守人员重点关注设备运行参数、重要报警信息及光字等工作。

### 5.2 提升设备可靠性

结合机组水轮机、发电机、调速系统、技术供水运行方式检查设备可靠性,对于不符合要求的应尽快制定技改计划或变更运行方式。如 1 号、2 号、4 号机组上导轴承冷却器法兰未进行更换,应尽量避免机组频繁开停机防止技术供水管路真空对密封件的影响。

### [参考文献]

[1]张诚.陈国庆.水电厂检修技能丛书水轮发电机组检修[J].中国电力出版社,2012(4):34.  
 [2]中华人民共和国国家标准.水轮发电机组安装技术规范 GB/T8564-2003[S].北京:中华人民共和国质量监督检验检疫总局,2003:1-2.  
 [3]陈造奎.水利机组安装与检修[M].北京:中国水利水电出版社,2013.  
 作者简介:田波(1976.5—),毕业院校:成都电力职工大学,发电厂及变电站,当前就职单位:宝珠寺水力发电厂,职务:无,职称级别:助理工程师。