

# 紫兰坝电站机组停机蠕动原因分析

万奇奇

宝珠寺水力发电厂, 四川 广元 628003

**[摘要]**紫兰坝电站3台灯泡贯流式水轮发电机组至2013年以后, 机组停机经常出现蠕动现象, 甚至无法停机, 在后期的检修中也对其蠕动原因进行多次分析及控制环技改。但是, 在检修或技改后, 机组运行一段时间还是会出现停机蠕动现象, 并未从根本上解决此问题。针对此问题, 根据多次检修实际情况分析, 找到了其根本原因。在3号机组大修后机组运行一年时间观察机组停机状态, 效果明显。为以后贯流式机组停机蠕动或者无法停机的问题解决提供参考。

**[关键词]**贯流式机组; 控制环; 夹板; 抗磨板; 停机蠕动

DOI: 10.33142/hst.v8i6.16913

中图分类号: TV73

文献标识码: A

## Analysis of the Reasons for the Shutdown and Creeping of the Units at Zilanba Power Station

WAN Qiqi

Baozhusi Hydroelectric Power Plant, Guangyuan, Sichuan, 628003, China

**Abstract:** After 2013, the three bulb through flow water turbine generator units of Zilanba Power Station often experienced creeping phenomenon when the units were shut down, and even could not be shut down. In the later maintenance, the reasons for creeping were analyzed multiple times and the control ring was modified. However, after maintenance or technical renovation, the unit still experiences shutdown and creeping phenomena after running for a period of time, and this problem has not been fundamentally solved. Based on multiple maintenance analyses, the root cause of this issue has been identified. After the major maintenance of Unit 3, the shutdown status of the unit was observed for one year, and the effect was significant, in order to provide reference for solving the problem of creeping or inability to shut down the flow turbine unit in the future.

**Keywords:** flow-through unit; control loop; splint board; wear resistant plate; shutdown creep

### 引言

紫兰坝水电站坝址位于四川省广元市境内, 是嘉陵江支流——白龙江干流梯级开发规划中的最后一级, 上游距宝珠寺水电站 14km, 下游距虎头寺水电站 6km。电站采用灯泡贯流式机组, 总装机容量 102MW(3×34MW), 由东方电机厂设计制造, 其水轮机型号: GZ(836)-WP-535, 发电机型号: SFWG 34-44/6020, 卧轴悬挂式、两支点、密闭强迫空冷。然而, 自 2017 年以来, 机组在停机过程中经常出现蠕动现象, 严重影响了电站的安全运行和经济效益。针对此问题, 本文进行了深入的研究和分析。

### 1 机组停机蠕动现象及影响

紫兰坝为卧式安装, 紫兰坝电站的灯泡贯流式机组在停机过程中, 接力器控制控制环带动拐臂迅速关闭活动导叶以切断水流, 确保水轮机能够安全停机。然而, 机组在停机时却经常出现蠕动现象, 表现为导叶关闭不严或无法完全关闭, 导致机组无法稳定停机。这种现象不仅影响了机组的正常运行, 还可能导致机组损坏或安全事故的发生。

其中控制环套装在导水机构外配水环下游侧, 在主接力器方向, 安装有重锤, 重锤底部设计专用的活动坑洞, 控制环设计了 32 块对夹立抗磨板及 16 块底抗磨板, 以保证控制环运行平稳。

### 2 检修及技改历程

#### 2.1 控制环技改

紫兰坝电站导水机构投产发电以来未对其进行检修。2017 年 3 台机存出现不同程度无法正常关机的现场。2018 年 4 月对 3F 机组导水机构进行检修, 消除无法正常关机的现象, 但机组运行 2 个月后发现机组出现停机蠕动, 分析原因为控制环底抗磨板和立抗磨板数量不足, 控制环运动不规律。在 2018 年 11 月 2F 机组检修中, 调整检修方案后, 机组运行状况良好。

处理流程:

(1) 控制环拆除: 使用副钩受力, 调整两个手拉葫芦, 用 S46 的敲击扳手将控制环组合面 M30 的螺栓全部松开。副钩继续受力两葫芦配合系上缆风绳。起吊控制环分开 200mm, 检查钢丝绳受力情况良好, 控制环继续起升至比行走通道上最高障碍物高出 200~300mm 即可; 任何人在没有得到指挥人员命令的情况下严禁操作, 起吊作业现场严禁无关人员逗留。将其上半段吊出至安装间下游侧, 先立着放置, 取下两个手拉葫芦, 使控制环单个吊点受力将其放倒。平吊至安装间上游侧检修位置方木上。继续利用副钩和左岸电动葫芦以及导叶外环下部两侧的手拉葫芦, 缓慢的将控制环下半段旋转至导叶外环顶部, 用同样的方法将下半段吊出。

(2) 返回设备制造单位(东方电机厂)处理:控制环运输到场后,拆除控制环并分瓣,由专门大件运输单位负责运输,控制环最大外圆直径 5230mm,控制环总重 8058kg。控制环返厂处理:控制环组圆,控制环安装于龙门铣,并找正、找平,测量控制环 16 对支撑板把合面水平度,如支撑板把合面水平度超标,采用车铣的方式将所有把合面调整到同一水平面上,否则不予处理,在原相邻两对支撑板中间增加一对同尺寸支撑板,新增 14 对,共计 30 对,新增支撑板及支撑板螺栓、销钉由设备制造单位提供,新增支撑板非把合面喷涂控制环本体相同油漆。

(3) 修后效果:通过返厂增加了 14 对导叶控制环限位块,对导叶控制环所有抗磨板进行了更换,确认新的抗磨板厚度为 3mm。将新的抗磨板螺孔逐一用铰子铰出与限位块螺栓孔贴合的凹槽。用新的铜螺丝将抗磨板把合在限位块上。并在两端各焊接一个限位块,限位块厚度不得高于抗磨板。新的非金属抗磨板无刮伤(擦划)和焊渣烧烫坑,磨板紧固、无脱落。将限位块回装于控制环上,复测上下游两侧抗磨板间距为 64mm。检查滑轨光滑无高点,测量滑轨厚度。在抗磨板上均匀涂抹一层二硫化钼,回装控制环,检查抗磨板润滑良好,控制环动作平稳、无摆动、无杂音。

但是机组在运行近一年的时间后,三台机组又出现机组蠕动现象。抗磨板不足不是机组停机蠕动的根本原因。

## 2.2 重锤检修:

在三台机组再次出现停机蠕动后,检修人员每年对机组的导叶间隙及压紧行程进行调整,每次检修后机组停机仅能短时间保持正常,一段时间后,仍会出现停机蠕动现象。

在 2022 年 x 月 x 号机组季节性检修中,检修人员偶然发现重锤底部出现杂物堆积,造成重锤无法全部下落,控制环行程受阻,导叶关闭不严的现象。

### 处理流程:

(1) 控制环拆除:将控制环与导水机构使用挡块焊接,使用副钩受力,调整两个手拉葫芦,将控制环与重锤连接销拆除。

(2) 重锤的吊装与拆除:吊装准备:使用合适的起重设备,如起重机或吊车,确保吊装设备的承载能力大于重锤的重量。吊装操作:将吊钩连接到重锤的吊环上,缓慢起吊,确保重锤平稳上升。拆除固定件:在重锤被吊起后,完全拆除其固定螺栓和其他连接件。缓慢下放:将重锤缓慢下放至地面或其他安全位置,使用脚手架管子将其固定,在防止过程中避免撞击。

(3) 处理:在对重锤底部清理直至可见底部基础,重新调整导叶间隙、压紧行程合格。

(4) 安装重锤:使用副钩受力,调整两个手拉葫芦,将控制环与重锤连接销安装。安装后动作控制环观察重锤

下落后与底部基础应保持较大间隙。调整清理现场:清理拆除后的现场,检查是否有遗留的工具或部件。检查设备:对拆除后的机组相关部件进行检查,确保没有因拆除操作而损坏。

重锤底部清理后,机组停机正常仅保持了两个月时间。可见,重锤无法下落不是其根本原因。

## 2.3 2 号机组 1 号拐臂固定螺栓断裂:

2023 年 6 月,在紫兰坝维护工作中,检修人员发现 2 号机组 1 号套筒固定螺栓断裂,如图 2 所示,查看断裂现象为,固定螺栓发生剪切,从而发生断裂。但是,套筒套装在导水机构套筒底座上,为固定部件,不应发生转动,同时安装时需要近 50T 的压力,即使导叶轴旋转,同样不可能带动套筒旋转。检修时,检修人员将套筒取出,测量套筒内轴套内径公差在正常范围内,同样将其泡在水中,经过今天检查内径未增加。



图 2 套筒螺栓断裂图

检修人员扩大检查范围,发现 15 号套筒固定螺栓已发生变形。分析为连锁反应。检查 1 号、15 号拐臂发现,其磨损部位相同,如图所示,测量上半部拐臂与套筒之间间隙发现局部间隙为 0 但是两侧及底部间隙较大。最终可以确定拐臂出现此现象为连锁反应,可以确定为控制环出现问题。检查控制环与导轨间隙发现上半部为 0,底部为 3.15mm,超出设计间隙 1mm,而控制环底抗磨板抗磨层厚度为 1mm,经过检查和分析,发现拐臂与套筒之间间隙异常,导致拐臂磨损和螺栓断裂。同时,检查控制环与导轨间隙发现超出设计间隙,底抗磨板抗磨层已完全磨损。这表明控制环出现问题导致了机组停机蠕动。

## 2.4 机组停机蠕动原因分析

经过多次检修和技术改造以及长期的观察和分析,我们得出了机组停机蠕动的根本原因:

### (1) 控制环与导轨间隙过大。

控制环与导轨之间的间隙是保证控制环平稳运行的关键因素之一。然而,由于长期运行和磨损,控制环与导轨之间的间隙逐渐增大,超出了设计范围。这导致控制环在运行时产生晃动和不稳定,进而影响了导叶的关闭效果。

### (2) 底抗磨板磨损严重

底抗磨板是控制环的重要组成部分,用于承受控制环运行时的摩擦和磨损。然而,由于长期运行和缺乏维护,底抗磨板磨损严重,抗磨层已完全磨损。这导致控制环在

运行时与导轨之间的摩擦增大,加剧了控制环的不稳定性。

(3) 拐臂与套筒间隙异常拐臂与套筒之间的间隙是保证拐臂正常工作的关键因素之一。然而,由于安装或运行过程中的误差和磨损,拐臂与套筒之间的间隙出现异常。这导致拐臂在运行时产生晃动和不稳定,进而影响了导叶的关闭效果和控制环的稳定性。

(4) 重锤底部杂物堆积重锤底部杂物堆积是导致机组停机蠕动的另一个重要因素。杂物堆积导致重锤无法全部下落,控制环行程受阻,导叶关闭不严。虽然清理杂物后机组停机正常了一段时间,但由于未从根本上解决问题,蠕动现象再次出现。

但是,在本次检修中未对抗磨板进行处理,仅是调整导叶间隙、压紧行程及重锤基坑底部后恢复运行。机组运行一星期后再次出现停机蠕动。

2023年,在3号机组大修中,对机组控制环解体检查,发现上半部底抗磨板抗磨层已磨损,控制环导轨同样出现损伤。经过协商提出最终的处理方案。

### 2.5 针对机组停机蠕动的根本原因,我们提出了以下解决方案

(1) 更换底抗磨板并增加抗磨层为了解决底抗磨板磨损严重的问题,我们决定更换新的抗磨板,并增加抗磨层至3mm,此时抗磨板厚度为5mm。这不仅可以提高底抗磨板的耐磨性,还可以减少控制环与导轨之间的摩擦和磨损。同时,我们对导轨顶部及两侧进行了车床消磨处理,并喷涂了抗磨涂层,以提高导轨的耐磨性和抗腐蚀性。

(2) 调整控制环与导轨间隙为了解决控制环与导轨间隙过大的问题,我们对控制环进行了全面的检查和修复。通过调整控制环与导轨之间的间隙,使其符合设计要求。同时,我们对控制环进行了全面的润滑处理,以减少运行时的摩擦和磨损。

(3) 修复拐臂与套筒间隙异常问题为了解决拐臂与套筒间隙异常的问题,我们对拐臂和套筒进行了全面的检

查和修复。通过调整拐臂与套筒之间的间隙和紧固程度,确保其符合设计要求。同时,我们对拐臂和套筒进行了全面的润滑处理,以减少运行时的摩擦和磨损。

(4) 清理重锤底部杂物并加强维护为了避免重锤底部杂物堆积导致的问题,我们对重锤底部进行了全面的清理和检查。同时,我们加强了机组的日常维护和管理,定期对机组进行检查和维修,以确保其正常运行和安全可靠。

在实施上述解决方案后,我们对机组进行了长期的观察和监测。结果表明,机组停机蠕动现象得到了明显的改善和消除。机组在停机时能够迅速、平稳地关闭导叶并切断水流,确保了水轮机的安全停机。同时,机组的运行效率和稳定性也得到了显著的提高。

### 3 结论与展望

本文通过对紫兰坝电站机组停机蠕动问题的深入研究和分析,得出了机组停机蠕动的根本原因并提出了有效的解决方案。通过实施解决方案并对机组进行长期的观察和监测,我们验证了解决方案的有效性和可靠性。这为解决类似问题提供了有益的参考和借鉴。

展望未来,我们将继续加强对机组的日常维护和管理,定期对机组进行检查和维修。同时,我们将积极引进和应用新技术和新设备,不断提高机组的运行效率和稳定性。我们相信,在全体员工的共同努力下,紫兰坝电站一定能够实现更加安全、高效、稳定的运行目标。

#### [参考文献]

[1]东方电机股份有限公司.(SFWG34-44/6020)紫兰坝灯泡贯流式水轮发电机产品说明书[M].福建:福建九州南平电机厂,2004.

[2]刘国选.灯泡贯流式水轮发电机组运行与检修[M].北京:中国水利水电出版社,2006.

作者简介:万奇奇(1987—),男,宝珠寺水力发电厂工程管理部,大学本科学历,高级工程师,长期从事电力设备检修及管理工作。