

灯泡贯流式机组停机蠕动原因分析及处理

唐 建

四川华电宝珠寺水力发电厂, 四川 广元 628000

[摘要]随着我国水电资源的不断开发,灯泡贯流式机组作为一种低水头、大流量的水轮发电机组,在水电建设中占据着重要地位。由于其独特的结构设计和运行特性,灯泡贯流式机组在运行过程中可能会出现停机蠕动现象。停机蠕动是指在机组停机过程中,由于各种原因导致的机组转子在水轮机内部缓慢转动,这种现象对机组的正常运行和设备安全构成了潜在威胁。文中旨在探讨灯泡贯流式机组停机蠕动现象的成因、危害及其防治措施。

[关键词]灯泡贯流式机组; 停机蠕动; 分析

DOI: 10.33142/hst.v7i10.13892

中图分类号: TM312.

文献标识码: A

Analysis and Treatment of the Reasons for the Shutdown Creep of the Bulb Through Flow unit

TANG Jian

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

Abstract: With the continuous development of hydropower resources in China, bulb tubular units, as a low head and high flow hydroelectric generator unit, play an important role in hydropower construction. Due to its unique structural design and operational characteristics, bulb through flow units may experience shutdown creep during operation. Shutdown creep refers to the slow rotation of the unit rotor inside the turbine due to various reasons during the shutdown process, which poses a potential threat to the normal operation of the unit and equipment safety. The purpose of this article is to explore the causes, hazards, and prevention measures of the creeping phenomenon during the shutdown of bulb through flow units.

Keywords: bulb through flow unit; shutdown creep; analysis

1 工程概述

紫兰坝电站位于四川省广元市白龙江下游,紫兰坝电站整体结构为灯泡贯流式机组,装机容量 $34\text{MW}\times 3$ 。水轮机型号为GZ(836)-WP-535,转轮叶片数4片,最大水头19.9m,额定水头15.4m,最小水头8.1m。导水机构由奥地利维奥公司设计,该机构主要分活动导叶、内外导水环、拐臂、弹簧式安全连杆、硬直连杆、控制环、接力器、重锤等。其中接力器采用直缸摇摆式接力器,接力器直径为350mm,接力器行程1159mm,在接力器的关闭段设有慢关闭装置。接力器前缸盖耳柄与控制环用柱销连接,接力器后缸盖铰联板与接力器底座通过柱销连接。

2 问题引出

2022年11月紫站2号机组在季节性检修完毕后进行启运试验过程中出现以下现象:上位机发出停机指令后,导叶桨叶在协联状态下均已全关,机组转速降至额定转速25%制动风闸投入,机组耗时65秒转速完全降至零,制动风闸继续保持10~15s后退出复归,机组主轴出现缓慢转动现象,上位机水机保护屏报1#、3#导叶剪断销剪短,现地检查1#、3#弹簧连杆存在压缩现象。贯流式机组在停机过程中,如果出现蠕动现象,可能会对机组产生以下危害:

(1) 机组振动:蠕动会导致机组在停机后仍然存在一定的转动,这可能会引起机组的振动,长期下去可能会

对机组的结构稳定性造成影响。

(2) 轴承磨损:由于机组在停机后仍然转动,轴承等部件会继续承受负荷,这可能会加速轴承的磨损,缩短机组的使用寿命。

(3) 导水机构损坏:如果导水机构未能完全关闭,水流的持续作用可能会对导水机构造成冲击,导致其损坏。

(4) 水力损失:蠕动现象会导致水力资源的浪费,因为水流仍然在推动机组转动,但机组并未产生有效的电能输出。

为了减少这些危害,在机组检修过程中需要对机组蠕动原因进行全面分析进而从引起机组蠕动的原因入手解决蠕动。

3 原因分析

(1) 将机组进水口检修门、尾水检修门落至全关后,流道积水排尽,LCU水机保护剪断销剪短信号消失,全行程动作开关导叶剪断销信号未见报警,流道检查正下方处7#、8#、9#导叶进水边有波浪型变形,全关后测量导叶间隙数据如表1所示。

根据实测数据未见导叶间隙异常。

(2) 导叶全关后在左右侧接力器缸架设百分表测量接力器压紧行程其中左侧接力器压紧行程1.56mm,右侧接力器压紧行程0.78mm,两侧接力器压紧行程未超过1mm,符合规程要求。

表 1 2 号机组导叶间隙测量

导叶端面间隙 (0.01mm)					导叶立面间隙 (0.01mm)			
编号	内配水环侧		外配水环侧		编号	上	中	下
	出水边	进水边	出水边	进水边				
1	35	45	75	75	1-2	0	0	0
2	65	55	75	60	2-3	0	0	0
3	45	30	55	60	3-4	0	0	0
4	30	30	40	45	4-5	0	0	0
5	25	30	40	40	5-6	0	0	0
6	40	30	55	50	6-7	0	0	15 (10cm)
7	30	25	45	40	7-8	0	15 (10cm)	0
8	35	40	50	50	8-9	0	0	10 (10cm)
9	25	30	35	35	9-10	0	0	0
10	30	30	40	40	10-11	0	0	0
11	30	20	55	55	11-12	0	0	0
12	25	25	35	35	12-13	0	0	0
13	35	30	40	35	13-14	0	0	0
14	25	25	35	25	14-15	0	0	0
15	30	30	40	55	15-16	0	0	0
16	30	30	35	40	16-1	0	0	0

(3) 机组停机状态下检查高压油顶起装置, 高压油顶起装置出口压力 8Mpa, 管型座竖井处组合轴承顶起进油压力 7.5Mpa, 水导轴承顶起进油压力 8Mpa, 水导处主轴顶起高度 0.08mm, 组合轴承处顶起高度 0.08mm, 高压油顶起装置投入大轴顶起高度一致符合要求, 高压油顶起装置退出后水导、组合轴承处百分表回零, 高压油顶起装置工作正常。

(4) 上位机开关导叶, 分别在 25%、50%、75%、100% 开度处检查电气开度与导叶实际开度一致, 排除电气开度与接力器开度不一致原因。

(5) 调速系控制方式切换至机手动, 检查导叶接力器偏关, 排除调速器故障原因。

(6) 用力矩扳手检查导水机构拐臂与导叶主轴膨胀套螺栓紧固无松动, 拐臂与导叶之间力矩传递可靠。紫兰坝电站导水机构拐臂与导叶小轴采用铜套涨套的形式配合, 通过涨套内六角螺栓提供预紧力, 如果出现内六角螺栓松动可能导致导水机构拐臂与导叶小轴之间出现较大水流阻力的时候产生打滑现象引起机组导叶关闭不严。

(7) 导水机构连杆由 8 个弹簧安全连杆与 8 个硬直连杆组成, 检查 1-16# 连杆, 发现连杆长度不一, 其中 4#、6#、12# 硬直连杆长度最长。

(8) 由于机组充水运行过程中导水机构 1#、3# 连杆上位机报剪断销剪断信号为检查充水前后配合工况变化情况, 故拆除 1#、3# 导叶连杆拐臂, 检查 1#、3# 套筒上轴套径向间隙配合情况。检查 1#、3# 导水机构套筒上轴

套配合间隙均在设计间隙内, 不存在充水后轴套吸水膨胀抱死且轴套径向间隙均匀不存在偏磨现象。

根据上面检查情况结合 2 号机组季节性检修导叶间隙调整工艺初步确定停机蠕动原因: 在季节性检修调整导叶立面间隙过程中, 因局部导叶进水边存在波浪形磨损, 为将间隙调整至合格范围, 在导叶全关状态下通过调整硬直连杆长度将导叶间隙调整至零导致部分导叶受力过大, 进而导致机组充水后导叶圆周发生变化, 导叶间隙随之变化, 间接引起部分弹簧连杆压缩 LCU 水机保护屏发出剪断销剪断报警。

4 优化导叶立面间隙调整工艺

根据分析结果为彻底解决机组停机蠕动现象, 导叶间隙调整工艺需进行优化, 优化过程如下。

(1) 机组导水机构控制环在全关位置时右侧接力器活套缸处于收缩至最短状态, 左侧接力器活套缸处于伸至最长状态。在导水机构控制环保持在导叶全关状态下通过 5 吨手拉葫芦将控制环位置牢固固定, 防止控制环往开方向移动。逆时针旋转右侧接力器活套缸使活套缸底部与接力器缸底部抵死无间隙, 顺时针旋转左侧接力器活套缸使活套缸底部与接力器上端盖抵死无间隙。

(2) 将机组导水机构控制环与重锤连接销钉松开取下, 使控制环仅仅受左右侧接力器约束。利用桥机副钩悬挂长度 12m 直径 24 的钢丝绳中间对折 4 股与重锤叉头连接, 注意悬挂钢丝绳应错开重锤叉头圆柱销防止影响叉头圆柱销取出。取出圆柱销前可以在圆柱销前后端喷洒松动

润滑剂改善叉头圆柱销与控制环配合减小两者之间阻力,然后利用锤击法使用铜棒大锤沿叉头圆柱销安装相反的方向锤击圆柱销使圆柱销与控制环脱离,在取圆柱销的过程中应时刻留意圆柱销与控制环之间间隙,发现圆柱销卡涩应调整桥机钢丝绳承重重量。重锤与控制环脱离后,将重锤吊出放至安装间。

(3) 取下用于限制控制环动作的 5 吨手拉葫芦,将 5 吨手拉葫芦重新悬挂吊点并通过该手拉葫芦将控制环往开方向动作,此时流道内监视导叶间隙拉开至 1cm 左右停止,将控制环与导水机构点焊牢固,防止控制环位置发生变化。

(4) 将弹簧连杆、硬质连杆叉头锁紧背帽拧松,流道内在间隙调整导叶处及相邻导叶处架设百分表监视导叶位移动作情况,沿顺时针方向调整导叶间隙直至所有间隙调整至零。

(5) 导叶间隙调整完毕后精确测量弹簧连杆、硬质连杆与控制环拐臂连接偏心销中心距离,确定各连杆长度,如表所示。

表 2 2 号机组连杆偏心销中心距离 (mm)

序号		序号	
1#	955	9#	954
2#	953	10#	953
3#	954	11#	955
4#	958	12#	959
5#	955	13#	955
6#	959	14#	953
7#	955	15#	955
8#	956	16#	952

(6) 根据设计图纸连杆偏心销中心距离为 955mm,为此将超标弹簧连杆、硬质连杆长度进行修整。以 6#硬质连杆为例进行调整。在 7#、5#导叶处架设百分表监视 6 号导叶受力情况,然后再后流道内配水环导叶进水边焊接挡块并用千斤顶将 6#导叶抵死至 5#、7#百分表微动 0.01mm。因拐臂与导叶轴颈之间通过膨胀环传递力矩,为此需将 6#导叶膨胀环拆卸取出,然后调整硬直连杆长度至设计长度并锁紧硬质连杆叉头背帽,防止连杆长度发生变化。按照拆卸步骤回装膨胀套并用力矩扳手按照设计力矩进行紧固,以同样的方法调整其他连杆。

(7) 刨除控制环与导水机构的临时焊点,调整左右侧接力器压紧行程,其中接力器活塞杆螺纹螺距 4mm,右

侧接力器顺时针旋转接力器活塞杆 1 圈,左侧接力器逆时针旋转接力器活塞杆 1 圈。

(8) 将重锤与控制环连接可靠后,在接力器无压的情况下重锤会将控制环往关闭方向旋转,控制环禁止后检查重锤应处于自由状态,防止重锤在基坑内触底。

(9) 调速系统减压至额定后手动全行程动作导叶,检查导叶无异响,在 25%、50%、75%导叶开度检查导叶开口一致,全行程动作过程中上位机剪断销信号未报警。

6 取得成效

紫兰坝电站 2 号机组导叶间隙调整完毕后重新进行启运试验,调速器切机手动打开导叶,导叶开度指示正常上位机水机保护屏未见剪断销信号报警,机组转速升至额定后检查导水机构弹簧连杆、硬质连杆长度一致,手动关机流程关闭导叶未见异响,机组转速降至额定转速 25%制动风闸投入,35 秒后机组转速降至零,制动风闸投入 10~15s,风闸回归,导轴承处检查主轴无转动现象,机组停机蠕动现象消失。

7 结语

通过 2 号机组停机蠕动处理结果来看初步达到了预期效果。更重要的是为今后 1 号、3 号机组类似问题积累了经验。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:

(1) 在机组停机过程中定时检查测量导水机构弹簧连杆、硬质连杆长度,对比修前测量数据,及时发现变化趋势掌握机组运行规律。

(2) 对于长时间运行的贯流式机组导叶型线在检修过程中应重点关注,变形严重应及时组织返厂修复。

[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):67.
 - [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:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2003:1-2.
 - [3]田树棠.贯流式水轮发电机组及其选择方法[M].北京:中国电力出版社,2000.
 - [4]郑建锋,朱水丰.高水头混流式机组蠕动的分析与处理[M].上海:电力安全技术,2011.
- 作者简介:唐建(1989.12—),毕业院校:宁夏理工学院,热能与动力工程,当前工作单位:宝珠寺水力发电厂,职务:无,职称级别:工程师。