

# 水车室分解导叶接力器漏油缺陷处理

张华垒, 郑勇

(国电大渡河检修安装有限公司, 四川 乐山 614900)

**摘要:**深溪沟电站突发的接力器后缸盖轴封磨损渗油缺陷, 为设备正常磨损, 缺陷并不会影响机组的正常稳定运行, 但若放任不管, 随着机组频繁的调节, 会让大量的油污和水混合后进入河道造成生态污染, 不仅需要花费大量资金进行后续清理, 还会对整个河道的生态环境造成巨大影响。本文针对该电站水轮发电机组导叶接力器漏油的缺陷, 分析了故障的原因, 探讨了如何在机组不大修的情况下利用水车室狭窄空间分解接力器和更换密封。

**关键词:**水车室; 接力器漏油; 故障原因; 更换密封

**中图分类号:**TK73;TK730.4+3;TQ171.77+1.15 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2020)增 1-0085-04

## Treatment on Oil Leakage Defects during Decomposing Guide Vane Servomotor in the Turbine Chamber

ZHANG Hualei, ZHENG Yong

(Guodian Dadu River Maintenance & Installation Co., LTD, Leshan, Sichuan, 614900)

**Abstract:** The sudden wear and oil leakage of the shaft seal of the servomotor rear cylinder head in Shexigou Hydropower Station is the normal defect which will not affect the normal and stable operation of the generator unit. However, if the unit is ignored, a large amount of oil will mix with water and go into the river, and cause ecological pollution, which will not only cost a lot of money for subsequent cleaning, but will also have a great impact on the ecological environment of the whole river. Aiming at the defect of the guide vane servomotor oil leakage in the hydropower station, this paper analyzes the causes of the fault, and discusses how to use the narrow space of the turbine chamber to decompose the servomotor and replace the seal without overhaul.

**Key words:** turbine chamber; servomotor oil leakage; fault cause; seal replacement

### 0 引言

作为水轮机辅助设备, 导叶接力器在水电厂机组设备中扮演着重要角色, 它负责机组的开、关机、调整活动导叶开度, 以此达到调整机组负荷的目的, 所以其性能和运行工况将直接影响机组的安全稳定运行。导叶接力器按布局方式的不同分为环形接力器、摇摆式接力器和直缸型接力器<sup>[1]</sup>, 这些不同结构的接力器, 又以直缸型接力器广泛运用, 直缸型接力器主要结构为接力器缸体、前后缸盖、活塞及活塞环、活塞杆等零件组成。深溪沟电站安装的接力器在直缸型结构上增加了较为明显的特点: 活塞杆尾部伸出了接力器的后缸盖, 具有活塞杆运动更平稳顺畅, 性能与使用寿命大大改善的优点。同时, 由于活塞杆伸出了后缸盖, 在结构上新增加了一道轴封和压盖, 磨损后会造成

漏油。在安装上, 机坑要留出足够的深度来保证接力器正常行走全行程, 这种结构给接力器的安装、检修和维护带来了新的困难。本文结合深溪沟电站接力器前、后缸盖轴封漏油介绍在机组不大修的情况下利用水车室狭窄空间对接力器进行分解处理的方案。

### 1 现象描述

2018 年 11 月 13 日, 深溪沟电站运行人员发现 4 号机组下游侧接力器坑衬有渗油情况(见图 1), 机坑内排水沟有部分残油。随即检修人员对该接力器进行了检查, 发现漏油点为下游侧接力器法兰与坑衬法兰连接处, 经查阅图纸, 该电站接力器为活塞杆的头、尾部分别伸出接力器的前、后缸盖的直缸型接力器, 初步分析判断其漏油、积油部位在接力器坑衬内部, 由于接力器坑衬总长 2.3 m, 接力器本体有 0.9 m 在坑衬内部, 必须

收稿日期: 2020-07-11

将接力器整体吊出分解才能进行处理(见图2)。



图1 接力器与坑衬渗油图

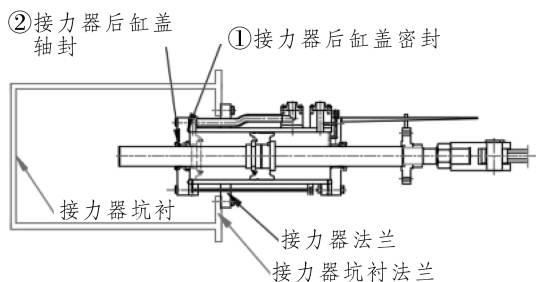


图2 深溪沟水电站直缸型接力器安装示意图

## 2 漏油原因分析

接力器漏油表现在结构漏油、制造漏油和运行检修漏油等诸多方面,结构漏油是因结构间隙引起的漏油,制造漏油是加工装配过程中产生的间隙过大引起漏油,检修漏油是设备安装质量不佳或运行后磨损及修复不当引起的漏油<sup>[2]</sup>。根据深溪沟电站接力器的结构和历史运行情况,基本可确定漏油原因为检修漏油,即运行后磨损造成漏油,具体如下:

(1) 接力器后缸盖“O”型密封①使用年限久,老化失效(见图2),接力器开机腔压力油从后缸盖处渗出,累积在接力器坑衬空间内,最终从接力器法兰和坑衬法兰连接处漏出。

(2) 机组投产多年,接力器活塞杆长年往复动作,造成接力器缸盖轴封②磨损严重、失效(见图2),接力器开机腔压力油从后端轴封处渗出,累积在接力器坑衬空间内,最终从接力器法兰和坑衬法兰连接处漏出。

(3) 接力器坑衬内排油孔堵塞,积油无法排出,最终从接力器法兰和坑衬法兰连接处漏出。

## 3 水车室分解接力器更换密封方案

### 3.1 在水车室拆卸接力器的可行性计算

该电站水轮机导叶接力器布置方式为两台同

侧布置,水车室机坑里衬直径 $\Phi_1$ 为11 600 mm,调速环直径 $\Phi_2$ 为7 300 mm,接力器L全长4 730 mm,最大直径 $\Phi_3$ 为1 300 mm,活塞直径 $\Phi_600$  mm,活塞行程1 373 mm,总重量约7 t。水车室可放置接力器的最大位置为接力器本体长度的中点与调速环相切位置,该位置不仅可放置接力器,还可来回动作部分活塞杆。因此,由垂径定理<sup>[2]</sup>计算可得,水车室可布置接力器位置的最大弦长 $D$ 为:

$$\begin{aligned} D &= 2\sqrt{(\Phi_1 \div 2)^2 - (\Phi_2 \div 2 + \Phi_3 \div 2)^2} \\ &= 2\sqrt{(11\ 600 \div 2)^2 - (7\ 300 \div 2 + 1\ 300 \div 2)^2} \\ &= 8\ 124\ \text{mm} \end{aligned}$$

水车室可布置接力器位置的最大弦长 $D$ 为8 124 mm,超出接力器实际长度4 730 mm,具备水车室吊放接力器的位置条件。若接力器放置在该位置,接力器两端距离水车室的总距离为8 124 mm-4 730 mm=3 394 mm,远远大于接力器活塞全行程1 373 mm,因此,理论上具备接力器水车室抽芯条件。

在实际复核尺寸的过程中,发现现场测量与计算有少许出入,但完全具备水车室拆卸接力器并进行抽“芯”检查的条件。

### 3.2 接力器吊出过程的吊点选择布置

由于水车室内最适合放置接力器位置在调速环切线方向、两个同侧接力器的对侧方位,将接力器吊至该位置,要充分利用水车室顶部的承力部件。深溪沟电站水车室上方为下机架,有部分支腿可直接受力,水车室顶部还安装有电动葫芦,可用于环形搬运。上方无受力部位的电站,可根据吊点自行布置受力件,只需满足受力即可。

(1) 在接力器安装位置中心正上方布置吊点1,主要用于承受接力器重量,同时还需在接力器活塞杆头部附近布置吊点2,挂辅助葫芦,主要用于使接力器两点受力,避免“翻车”。

(2) 由于接力器距离预先设计的摆放位置较远,还需在预先设计的路线上继续布置吊点3、吊点5,辅助吊点4、吊点6,主要用于承上启下,即可将接力器重量由吊点1转移过来,又可将重量下一步转移至电动葫芦。

(3) 在接力器预定放置位置处布置最后一个吊点7和辅助吊点8,用于将接力器吊放到位。

### 3.3 吊装过程

由于深溪沟电站接力器重量为 7 吨,故选择 10 吨纤维吊带和手拉葫芦作为主要起吊工具。在吊点 1、吊点 3、吊点 5 和吊点 7 处分别挂 10 吨手拉葫芦,辅助吊点 2、辅助吊点 4、辅助吊点 6 处分别挂 5 吨纤维吊带和手拉葫芦,5 吨手拉葫芦只用作在活塞杆出调平接力器使用。

深溪沟电站接力器处理时,其重心为前重后轻,故吊点绑在接力器中点偏前端位置。调整好长度后,同时挂在吊点 1 和吊点 3 的 10 吨手拉葫芦上,将活塞杆头部捆绑纤维吊带后挂在辅助吊点 2 的 5 吨手拉葫芦。先使用吊点 1 的 10 吨手拉葫芦将接力器拉起,待纤维吊带明显受力后,停止起升。

使用液压扳手将接力器与机坑里衬的定位销和连接螺栓全部取出,注意先取定位销,后取定位螺栓,连接螺栓先取水平方向两根,用于安装导向杆。导向杆安装完成,所有定位销和螺栓全部取下后,拉升吊点 3 手拉葫芦,使吊点 3 的手拉葫芦受力,同时缓慢下降吊点 1 的手拉葫芦,将其主要重量缓慢由吊点 1 受力,变为吊点 3 受力,吊点 1 和吊点 3 手拉葫芦调节过程中,还要松动导向杆上的螺帽使接力器缓慢向外移出。需要注意的是,两个葫芦拉升和下降时,都要注意吊带受力情况和手拉葫芦的受力情况,还要注意辅助吊点的吊带受力情况,保证不能过松,也不能受力过大。两个吊点同时配合将接力器缓慢移出的过程中,接力器位置由吊点 1 移至吊点 3。

每两个吊点的移动交接方式都相同,通过这种方式,就可将接力器从安装位置吊点 1 移动到检修位置吊点 7。

### 3.4 接力器支架的选择和布置

水车室内的设备非常多,接力器检修位置下方可能有真空破坏阀、导叶拐臂、连杆、顶盖泵等设备,需根据水电站的实际情况自行选择制作接力器支架,推荐使用的支架有“Y”型支架(图 3)和弧形支架。(图 4)

两种支架均需现场制作,相比而言,“Y”型支架受力相对较差,必须保证其焊接质量。为保证其可靠,需在接力器掉在半空中进行制作,风险较高,作业人员安全和接力器下方的设备安全没有保障,其优点在于支架一次性焊接后,可一直使用

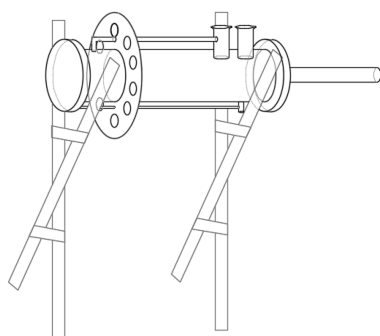


图 3 接力器“Y”型支架

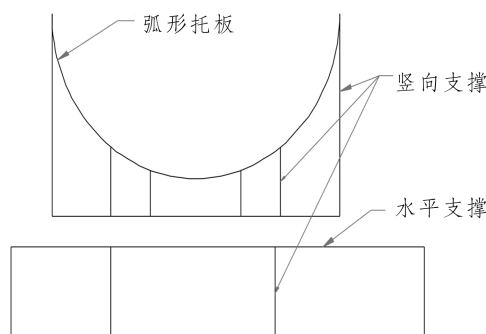


图 4 接力器弧形支架

至接力器完全处理完毕。弧形支架虽分为上下两部分,但制作较为简单,弧形托板可加工卷制,支撑部分选择 10 号槽钢以保证足够强度,可提前在场外将其竖向支撑部分与弧形托板焊接成型,支撑部分也可根据实际情况增加数量以保证强度。下半部分也可在接力器起吊前,检修位置确定后就开始制作焊接。其支撑部分主要根据顶盖上的设备布置和导叶开度情况等利用缝隙使用 10 号槽钢与顶盖进行焊接。同样,其支撑部分也可根据实际情况增加数量以保证强度。两个部分都制作完毕,待接力器吊至上方,然后对两个部分的相对位置进行微调和焊接。这样,既可保证接力器能放置平稳,也可以保证检修作业安全方便。弧形支架的缺点在于,两个弧形托板抱住的位置会挡住了接力器左右腔的排油孔,接力器检查处理完成后,需要吊起略作调整,才可进行充油耐压试验。需要注意的是,无论选用哪种方式,都需要在水车室进行焊接作业,要避免造成各种电缆损伤,还要注意支撑与顶盖的焊接点不宜距支持盖和顶盖的结合缝过近,焊接量如果较大,必须间歇性的焊接,以免造成温度上升损坏支持盖与顶盖之间的密封。

### 3.5 接力器检查及检修

#### 3.5.1 修前、修后数据测量

依据 GB\_T 8564—2003《水轮发电机组安装

技术规范》<sup>[4]</sup>、电站检修规程及图纸要求编制修前、修后数据测量表1,各电站可根据自身需要进行编制。

表1 接力器修前、修后数据测量

项目	位置	修前数据 /mm	修后数据 /mm	技术要求
接力器活塞杆长度	上游侧	709	706	图纸设计要求
	下游侧	705	705	
接力器压紧行程背帽至配合螺纹终点距离	上游侧	33	36	
	下游侧	24	27	
接力器全行程	上游侧	709	708	行程偏差不大于1 mm
	下游侧	705	707	
接力器活塞杆水平度(接力器全开位置)	上游侧	0.1	0.08	接力器安装的水平偏差,在活塞处于全关、中间、全开位置时,测套筒与活塞杆的水平不应大于0.1 m/mm。
	下游侧	0.12	0.04	
接力器活塞杆水平度(接力器50%开度)	上游侧	0.07	0.06	
	下游侧	0.09	0.04	
接力器压紧行程	上游侧	17	15	设计压紧行程为15 mm,两台接力器压紧行程偏差不超过1 mm。
	下游侧	14	14	
导叶立面间隙检查情况	修后里面间隙基本为零,局部0.1 mm 间隙总长0.5 m,小于导叶高度1/4。			要求立面间隙一般为零,局部间隙不大于0.13 mm,其累计高度不大于导叶板体高度的1/4。

#### 3.5.2 检查项目及缺陷处理。

(1) 拆卸接力器后缸盖轴封压盖和后缸盖,检查活塞缸内壁有无划痕,活塞轴有无划痕、拉伤等,检查铜套有无移位、拉伤、磨损等,若有则进行更换。更换接力器后缸盖轴封、防尘圈等密封件。本次深溪沟电站接力器分解后,检查发现接力器漏油的原因为后缸盖轴封磨损严重导致渗油,同时,坑衬内部排油孔堵塞,未能将渗油及时排出,由于接力器法兰和坑衬法兰连接处没有密封,最终从该位置溢出。

(2) 拆卸接力器前缸盖和前缸盖压盖,检查活塞缸内壁有无划痕,活塞轴有无划痕、拉伤等,检查铜套有无移位、拉伤、磨损等,若有则进行更换。更换接力器后端轴封、防尘圈等密封件。

(3) 活塞密封环更换方法。考虑到接力器为平放,活塞杆完全抽芯后安装非常困难,本次处理最终采用“抽一半”的方式分两次对活塞密封环进行检查和更换。即使用手拉葫芦将接力器活塞移动,直至活塞密封环漏出一半数量,检查活塞表面有无划痕、高点,若有,则打磨划痕和高点。若无,则更换活塞密封。更换完成后,使用手拉葫芦将接力器活塞向另一个方向移动,活塞还未更换的密封环全部漏出后,按同样的方式进行处理。

(4) 活塞密封环全部更换后,即可开始接力

器各部回装,回装完成后,安装耐压试验工具,按照1.25倍额定压力进行耐压试验,检查前后缸盖应无渗油,前后缸盖轴封压盖应无渗油,同时接力器活塞串油量应满足设计要求。

(5) 将接力器回装到机坑位置,起吊方法与吊出时相同,测量并调整活塞杆、缸体水平度、导叶立面间隙、压紧行程等满足要求即可。

## 4 结 语

此类型结构的接力器随着使用时间的增加,在活塞轴往复运动过程中,必然会造成前后缸盖轴封的磨损,最终导致漏油,由于其后端部分在埋设部件内,极难处理。本次深溪沟电站突发的接力器后缸盖轴封磨损渗油,为设备正常磨损,缺陷并不会影响机组的正常稳定运行,但如若放任不管,机组频繁的调节,会让大量的油污和水混合后进入河道造成生态污染,不仅需要花费大量资金进行后续清理,还会对整个河道的生态环境造成巨大不利影响<sup>[5]</sup>。因此,在电站建设初期选型时,要尽量避免选择此类接力器。

对已经投运的该类型接力器,可制定密封定期更换计划,利用机组大修机会进行更换,不具备大修条件的电站,也可借鉴本次深溪沟电站接力器在水车室进行分解的处理方式进行密封更换,不仅省时省力,而且提高了检修效率。

(下转第94页)



胶囊充以干燥的氮气至 0.03 MPa 后关闭阀门,对胶囊保压 4 h 后压力未出现降低现象,说明该次胶囊修复效果良好。



图 3 胶囊修复完成后打压

#### 4.1.5 胶囊回装

由于本次为故障处理,绝缘油的数量不满足油枕抽真空注油方式,本次回装胶囊时决定采用“胶囊充气”排尽油枕气体。具体操作如下:

(1) 修补后胶囊内部排尽空气,清洁胶囊表面及油枕内部,确保与绝缘油接触面无异物。

(2) 将胶囊按规定方法安装至油枕内部,对胶囊进行固定后连接好胶囊充气阀门,胶囊固定作业过程中应不损坏胶囊。

(3) 更换油枕人孔盖板密封及油位指示计密封,回装盖板前再次检查确认油枕内部无异物。

(4) 注油前检查油位及密封良好,指针动作灵活无卡涩,从油枕底部注油口将绝缘油注入油枕,操作过程中应时刻关注油枕内部情况,确保无异常情况发生。

(5) 绝缘油注入完毕后用干燥空气(或氮气)对油枕胶囊进行充气,观察油枕顶部排气孔,当有绝缘油溢出时,证明油枕内部排气完毕完善,检查各处无渗漏后,故障处理完成。

实践证明,此次胶囊修复确保了变压器及时恢复投入运行,处理时间仅为 3 天,减小了汛期防汛风险,降低了水电站经济损失。该胶囊修复后,自投入使用至新胶囊更换未出现粘接面脱落现

象,直至新胶囊到位后更换时检查修复位置仍未出现再次破损现象。

一般按规定要求,对运行年限超过 15 年的储油柜胶囊和隔膜应进行更换。可见胶囊式在运行过程中会出现材料老化变形的情况<sup>[5]</sup>。鉴于此次事故的发生给变压器胶囊的检修提供了一种有效的经验。

## 5 结 语

在电力行业中,若变压器停电时间满足新胶囊购买及更换的条件,同时为了确保变压器运行的可靠性,是不建议对胶囊采用修复处理的。但此次胶囊修复是在胶囊更换条件不允许的情况下临时修复,以确保变压器及时恢复运行,待新胶囊到位后再进行更换。

此次油枕胶囊修复工艺及流程相对简单,可操作性性大,但由于之前尚未有过类似胶囊修复的案例,因此此次油枕胶囊的成功修复可为该类类似故障提供一个有效、可靠的临时处理参考方法。胶囊修复的难点在于粘接密封胶的选择与粘接面的处理,且需要确保粘接一次性成功,否则将直接影响修复效果。

### 参考文献:

- [1] 齐大勇,刘明,李成志. 变压器储油柜及其常见问题浅析[C]. 山东电机工程学会第十二届优秀论文汇编:山东省科学技术协会,2011:247-251.
- [2] 李建华. 大型油浸式变压器油枕胶囊破裂的运行分析及注意事项[J]. 山东工业技术,2014(20):169.
- [3] DL 573-2010 电力变压器检修导则.
- [4] 郭哈,郭顺楠,李学良. 一起主变储油柜胶囊破损的共性问题分析[J]. 电气开关,2016,54(04):106-108.
- [5] 徐木桂,章海斌,马凯. 一起大型变压器调补变胶囊破裂分析与处理[J]. 东北电力技术,2020,41(04):44-46+50.

### 作者简介:

唐云武(1990-),男,四川宜宾人,助理工程师,工学学位,国电大渡河检修安装有限公司从事水电站一次设备检修工作;  
李晋(1990-),男,辽宁朝阳人,助理工程师,工学学位,国电大渡河检修安装有限公司从事水电站机械设备检修工作。

(责任编辑:卓政昌)

(上接第 88 页)

### 参考文献:

- [1] 陈秀芝. 水轮发电机机械检修[M]. 2003.
- [2] 曹德康. 水轮机直缸活塞式接力器漏油剖析[J]. 东方电气评论,1999,000(002):114-118.
- [3] 石高安. 数形结合,例谈垂径定理在圆问题中的高效作用[M].《VIP》,2013.
- [4] 中国标准化委员会.GB\_T 8564-2003 水轮发电机组安装技术规范[M]. 2003.
- [5] 李静,任以伟,李勇志,等. 油污泄漏水污染事件的生态

环境损害调查指标体系初探[J]. 三峡生态环境监测,2018,003(004):59-66.

### 作者简介:

张华垒(1987-),男,四川彭州人,大学本科,工程师、水轮机技师,国电大渡河检修安装有限公司从事水轮发电机组的安装检修工作;  
郑勇(1975-),男,四川乐山人,助理工程师、国电大渡河检修安装有限公司从事水轮发电机组的安装检修工作。

(责任编辑:卓政昌)