

# 紫坪铺水电厂水轮机组接力器锁锭装置技术改造

陈世程, 邵飞燕, 方戊强

(四川省紫坪铺开发有限责任公司, 四川 成都 610039)

**摘要:** 接力器锁锭装置是水轮机接力器的一个重要部件, 投入接力器锁锭装置常作为一项最重要的安全措施, 在水轮发电机组检修过程中防止机组突然转动, 以达到保障检修工作人员人身安全的目的。接力器锁锭装置的工作可靠性直接威胁检修人员的人身安全。笔者将从紫坪铺水电厂接力器锁锭装置的运行现状、存在缺陷等角度出发, 积极研究对策, 提出技术改造方案, 解决锁锭装置连接管路渗油的问题, 提高接力器锁锭装置的工作可靠性, 有效保障检修人员的生命安全。

**关键词:** 水轮发电机组; 锁锭装置; 渗油; 技术改造

**中图分类号:** [TV734.1]; TV731

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2024)02-0128-03

## Technical Renovation of Locking Ingot Device of Hydraulic Turbine Unit in Zipingpu Hydropower Plant

CHEN Shicheng, SHAO Feiyan, FANG Wuqiang

(Sichuan Province Zipingpu Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610039)

**Abstract:** Locking ingot device is an important component in hydraulic turbine relay, and the locking ingot device is often used as one of the most important safety measures to prevent sudden rotation of hydraulic units during maintenance to achieve the goal of ensuring the personal safety of maintenance personnel. The reliability of locking ingot device directly threatens the personal safety of maintenance personnel. Based on the fact of the running state and defective of locking ingot device in Zipingpu Hydropower Plant, countermeasure are actively researched, and technical renovation plan are proposed in this paper to solve the problem of oil leakage in the connecting pipeline of the locking ingot device, improve the working reliability of the locking ingot device and effectively ensure the life safety of maintenance personnel.

**Keywords:** Hydraulic turbine unit; Locking ingot device; Oil leakage; Technical renovation

## 0 引言

紫坪铺水电厂自 2006 年投产以来, 4 台水轮机组接力器锁锭装置运行中存在诸多问题, 主要如下: 一是机组长期运行振动, 多次导致接力器锁锭装置油缸位置刚性连接油管路接头断裂; 二是电磁阀位置管路设计过于集中, 安装空间有限, 管路接头紧固操作困难, 管路接头紧固不能到位, 管路接头时常出现渗油问题; 三是锁锭装置油缸密封设计不合理, 运行一段时间后, 油缸密封存在渗油现象, 造成现场环境污染。在此背景下, 电厂提出接力器锁锭装置优化改造项目, 组织技术人员认真研究分析, 积极与原设计厂家沟通, 寻求解决措施, 提出优化改造方案, 并利用机组汛前、汛后检修机会逐台加以实施, 从而解决接力器锁锭

装置运行存在的诸多问题。笔者将从接力器锁锭装置的运行现状、存在缺陷角度出发, 积极研究对策, 提出优化改造方案, 解决锁锭装置连接管路渗油的问题, 提高接力器锁锭装置的工作可靠性, 有效保障检修人员的生命安全。

## 1 工程概述

紫坪铺水电厂总装机容量为 760 MW, 安装 4 台单机容量为 190 MW 的混流式水轮发电机组, 每台水轮机装有 2 台直缸式液压接力器, 接力器布置在水车室机坑里衬内, 一个接力器带液压锁锭装置, 一个不带液压锁锭装置, 接力器活塞直径 650 mm, 额定操作油压为 4.0 MPa。

接力器锁锭装置由东方电机股份有限公司设计、制造, 随水轮机设备一同供货, 锁锭装置布置在靠机组左岸侧接力器, 锁锭装置主要由锁锭梁、

收稿日期: 2023-11-27

锁锭油缸、两位四通电磁阀及供排油管路组成,锁锭装置可以通过现场手动或远程控制信号切换电磁阀回路实现投退功能,接力器锁锭装置结构示意图见图1。锁锭装置的工作原理如下:在接力器处于全关位置,现场手动或远程控制信号切入电磁阀投入回路,锁锭装置依靠锁锭梁自身重量,实现锁锭装置投入;现场手动或远程控制信号切入电磁阀退出回路,锁锭装置依靠4.0 MPa工作油压作用油缸内活塞,将锁锭梁整体提升,实现锁锭装置退出。



图1 接力器锁锭装置实物图

## 2 接力器锁锭装置运行现状

紫坪铺电厂自2006年4台机组全部投产发电,运行初期接力器锁锭装置整体运行质量良好,但随着运行时间的增加,锁锭装置运行缺陷逐渐爆发,主要缺陷如下:

(1)接力器锁锭装置油缸供、排油管刚性连接接头断裂。4台机组锁锭装置供、排油管接头位置先后多次出现断裂的情况,影响锁锭装置的可靠运行。原接力器锁锭装置油缸与电磁阀之间均采用刚性连接,共布置两根供、排油管路,电磁阀布置在机坑里衬壁上,具体位置见图1。机组在长期运行过程中,管路接头位置将承受振动所产生的剪切力,由于设计为刚性连接无法有效消除振动所产生的剪切力,随着时间的积累,当达到管路的疲劳极限就产生了管路接头断裂的现象。

(2)接力器锁锭装置电磁阀进、排油管渗油。锁锭装置电磁阀位置供、排油管接头一直存在渗油的问题,一直是电厂难以解决的疑难问题。原接力器锁锭装置二位四通电磁阀布置在机坑里衬壁上,在电磁阀位置集中布置四根DN15供、排管,管路接头操作空间非常狭小,安装、检修操作困难,无法保证接头安装质量。

(3)接力器锁锭装置油缸密封渗油。经过多年的运行实践,4台机组锁锭装置一般在运行5

年左右油缸就会出现密封渗漏,但由于该设计结构,现场无法完成密封更换处理。锁锭装置油缸一旦出现渗油缺陷,必须返厂处理或直接更换新油缸,对现场设备检修、维护存在局限性。

## 3 接力器锁锭装置运行缺陷原因分析

针对接力器锁锭装置运行现状,从设计布局的合理性、密封结构形式以及工作环境出发,对形成上述现象的原因进行剖析<sup>[1-2]</sup>:

锁锭装置为接力器附属部件,属于较早的设计产品,设计理念已过时。锁锭装置油缸、电磁阀采取分开设计形式,油缸布置在接力器前端盖位置,固定相对活动;电磁阀布置、固定在机坑里衬壁上,固定相对牢固。油缸与电磁阀之间连接采用刚性连接设计,在机组振动的作用下,一端固定、一端活动,势必会在活动的位置产生不同频率、不同方向的位移,从而造成锁锭装置油缸刚性连接管接头承受剪切力,最终在时间的积累下导致管接头被破坏、断裂。电磁阀位置管路更是集中布置,在不足1 dm<sup>2</sup>的位置布置有4根DN15管路,设计空间过小,管路安装、检修操作难度巨大,无法保证管路接头紧固质量,从而造成后期运行期间渗油缺陷。原油缸与活塞间采用普通O型密封圈,在油缸运动过程中普通O形密封圈容易被磨损,而且易老化,造成密封失效、漏油,影响周围环境。

综上所述,笔者认为造成锁锭装置运行缺陷的主要原因为设计、布局不合理,为解决上述运行缺陷,需要对锁锭装置进行技术改造。

## 4 应对措施探索

### 4.1 技术改造可行性分析

为进一步探索解决接力器锁锭装置运行中存在缺陷方法,机械班技术人员积极与原设计厂家进行沟通,同时也积极向其它同类型电厂开展调研,了解接力器锁锭装置最新的设计工艺以及运行情况,为紫坪铺电厂接力器锁锭装置技术改造进行可行性分析。

首先,针对刚性连接设计导致管接头断裂问题,咨询原设计厂家目前已有新产品,采用高压金属软管柔性连接设计工艺,可以有效解决因机组振动问题造成管路接头断裂问题,且已在多个电厂投入实践应用,如小湾电厂等,均取得非常好的应用效果;

其次,为解决电磁阀位置管路过于集中的问题,可以考虑优化电磁阀的安装位置或改变管路管径,从而获得更多、更大的操作空间;

最后,活塞密封技术在当前已经相对成熟,组合密封可以实现活塞与缸体之间工作时的动密封要求,保证密封端面紧密贴合,防止密封端面剧烈磨损,提高密封的可靠性和使用寿命;以聚四氟乙烯 PTFE 为代表的密封材料,更兼具优良的自润滑性与耐磨性,与具备良好弹性的橡胶圈结合,使组合密封更具有长效自密封能力,从而解决油缸密封渗油问题。

综合上述分析,接力器锁锭装置改造技术方面完全可行。

#### 4.2 锁锭装置优化设计

结合可行性分析以及调研情况,与原设计厂家多次沟通、共同设计出适用于紫坪铺电厂的接力器锁锭装置,具体优化设计原则如下:一是将油缸与电磁阀集成一体设计,最大限度减少电磁阀位置管路设计,避免空间狭小二造成管路接头安装操作困难,紧固不到位引起的渗油缺陷;二是油缸进、排油管采用高压金属软管设计,两端均采用快速接头形式连接,方便拆装,柔性设计增强对外力的抗性,彻底解决管路断裂问题;三是油缸活塞采用最新的组合式密封设计,采用低摩擦、抗磨性

能优越材料,大大提升了密封的使用寿命<sup>[3-5]</sup>。

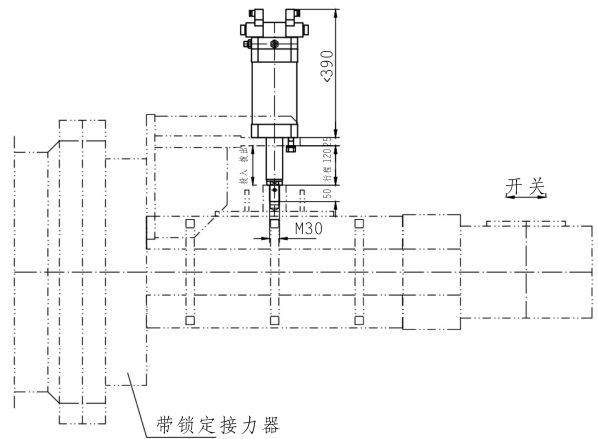


图 2 接力器锁锭装置结构图

#### 4.3 锁锭装置技术改造实施

紫坪铺水电厂在 2021 年至 2022 年期间,利用机组检修机会逐台进行锁锭装置技术改造,截止 2022 年汛后检修完成 4 台机组锁锭装置安装。截止目前,4 台机组锁锭装置技术改造后投入运行已接近一年时间,锁锭装置投入、退出工作灵活,管路、油缸密封良好,供、排油高压金属软管无断裂、裂纹情况,锁锭装置整体运行质量稳定、可靠,设备维护工作量大大减少,设备完好率达到百分百,锁锭装置技术改造取得预期效果。锁锭装置改造后效果图见图 3。



图 3 接力器锁锭装置改造后效果图

## 5 结 语

笔者从紫坪铺水电厂接力器锁锭装置运行现状、运行中暴露的缺陷入手,深入分析原锁锭装置的设计合理性、缺陷成因,寻找相应的解决措施,最终与厂家研究、设计出适用紫坪铺水电厂的新产品,完成锁锭装置技术改造,有效解决

了原锁锭装置存在的运行缺陷。针对原锁锭装置暴露出的主要问题,采取有针对性的措施逐项进行优化设计策略,达到提高产品的现场适用性目的。运行实践中,进一步观察技术改造效果,同时做好后续经验总结,为其它电厂解决类似问题提供经验借鉴。(下转第 135 页)

#### 4 改造后主要完善的问题

改造后的补气装置采用 24 V 直流作为工作电源,将原有电磁阀改为电动阀,电动阀动作时带电,动作到位断电,解决了原来的 220 V 交流电磁阀线圈长期带电严重发热的问题。

改造后的回油箱新增油温传感器,并将温度信号接入控制系统,对回油箱油温进行实时监控,以避免卸载阀故障时油泵反复启动。

新系统程序中增加对补气时压力下降的判断和报警,同时增加对油泵运行时油位下降的判断和报警。

#### 5 结 语

基于 wincc 平台开发的辅控画面是一个良好的人机交互界面,给检修维护和故障追溯带来了很大的便捷。改造后的自动补气装置,解决了电磁阀发热的问题。

新的控制程序逻辑更加完善,给油压装置可靠稳定运行提供了依据,这也为调速系统有功调节提供了有力保障。

#### 参考文献:

- [1] 陈帝伊,卢娜,王玉川,等.水轮机调节系统[M].北京:中国水利水电出版社,2019.
- [2] GB/T 9652.1-2019 水轮机调速系统技术条件[S].
- [3] DL/T 563-2016 水轮机液电调节系统及装置技术规程[S].
- [4] DL/T 792-2013 水轮机调节系统及装置运行与检修规程[S].
- [5] NB/T 35004-2013 水力发电厂自动化设计技术规范[S].

#### 作者简介:

熊 萍(1990-),男,四川攀枝花人,工程师,学士,从事水电站电气设备检修、维护工作;

姜振亚(1989-),男,河南洛阳人,工程师,学士,从事水电站电气设备检修、维护工作。

(编辑:吴永红)

(上接第 19 页)

[3] 张顺利,张娅琴,庞明亮,等.四川省雅砻江孟底沟水电站可行性研究报告 6:工程布置及建筑物[R].成都:中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,2020:546-551.

[4] 水电工程边坡设计规范:NB/T 10512[S].中国水利水电出版社,2021:13.

[5] 漆祖芳,姜清辉,唐志丹,等.锦屏一级水电站左岸坝肩边坡

施工期稳定分析[J].岩土力学,2012,33(2):531-538.

#### 作者简介:

莫如军(1980-),男,广西梧州人,高级工程师,硕士,从事水利水电工程设计与研究工作;

张顺利(1979-),男,河南信阳人,正高级工程师,硕士,从事水利水电工程设计与研究工作。

(编辑:吴永红)

(上接第 130 页)

#### 参考文献:

[1] 马秉林.西洱河三级电站进水阀接力器安装缺陷处理[J].云南水力发电,2006,22(3):103-104.

[2] 李云,杨国庆,蔡朝东.小湾 3 号机导叶接力器锁锭卡涩处理[J].云南水力发电,2016,39(10):70-71.

[3] 叶定奇.组合密封在活塞密封中的应用[J].机械管理开发,2013,2(2):91-92.

[4] 付鹏.往复泵活塞导向环的设计[J].中国新技术新产品,2016(18):36-37.

[5] 刘观华.液压缸的密封结构[J].液压气动与密封,2008,28(2):9-12.

#### 作者简介:

陈世程(1984-),男,四川成都人,工程师,专科,从事水轮发电机组检修与维护研究工作;

邵飞燕(1988-),男,四川成都人,工程师,工学士,从事水轮发电机组检修与维护研究工作;

方戊强(1990-),男,河南开封人,工程师,工学士,从事水轮发电机组检修与维护研究工作。

(编辑:廖益斌)

### 《四川水力发电》编辑部开展学习调研活动

为进一步提高《四川水力发电》期刊质量,坚持开门办刊的指导思想,更好地为会员服务。2024 年 3 月 19 日,编辑部相关人员前往《电讯技术》期刊社开展调研、学习活动。

双方各自介绍了期刊的发展历程、管理模式、稿件来源、“三审三校”工作流程,交流了办刊心得体会等。通过调研学习活动,开阔了眼界,学习了优秀期刊的办刊方式和经验,坚定了进一步办好《四川水力发电》期刊的信心。

《电讯技术》是月刊,创刊于 1958 年,由中国西南电子技术研究所主办,是“全国中文核心期刊、中国科技核心期刊”的双一流期刊。

(秘书处)