

# 水电站机组导水机构日常运维故障排查及现场处置举措

韩薛宁

新疆维吾尔自治区塔里木河流域乌鲁瓦提水利枢纽管理中心

DOI:10.32629/hwr.v10i5.6996

**[摘要]** 水电站机组导水机构作为调节水流与转换能量的核心部件,其运行状态直接影响电站安全与效益。本文针对导水机构在日常运行维护中出现的典型故障问题,系统地探讨了从现象识别到现场处置的全过程技术路径。文章首先阐释了导水机构的基本原理与结构特征,为故障分析奠定理论基础。随后构建了涵盖巡检、监测与保养的日常运维体系框架。核心部分深入剖析了常见故障的生成机理,提出了基于多源信息融合的异常识别方法与分层递进的诊断逻辑,并重点阐述了适用于现场条件的应急处置关键技术举措。通过对处置流程中安全控制与技术应用的综合验证,形成了一套具有可操作性的故障排查与现场处置方案,旨在提升水电站运行的可靠性与稳定性。

**[关键词]** 水电站; 导水机构; 运维; 故障排查; 现场处置

**中图分类号:** TV74 **文献标识码:** A

## Troubleshooting and on-site disposal measures for daily operation and maintenance of the water guiding mechanism of hydropower station units

Xuening Han

Wuluwati Water Conservancy Hub Management Center in Tarim River Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region

**[Abstract]** As the core component for regulating water flow and converting energy, the water guiding mechanism of hydropower station units directly affects the safety and efficiency of the power station. This article systematically explores the technical path of the entire process from phenomenon recognition to on-site disposal for typical faults that occur in the daily operation and maintenance of water guiding mechanisms. The article first explains the basic principles and structural characteristics of the water guiding mechanism, laying a theoretical foundation for fault analysis. Subsequently, a daily operation and maintenance system framework covering inspection, monitoring, and maintenance was constructed. The core part deeply analyzes the generation mechanism of common faults, proposes an anomaly recognition method based on multi-source information fusion and a hierarchical progressive diagnostic logic, and focuses on the key technical measures for emergency response applicable to on-site conditions. Through comprehensive verification of safety control and technical application in the disposal process, a set of operable fault diagnosis and on-site disposal plans has been formed, aiming to improve the reliability and stability of hydropower station operation.

**[Key words]** hydropower station; Water guiding mechanism; Operation and maintenance; Troubleshooting; on-site disposal

### 引言

水能资源开发要依靠水机组的高效、稳定运行来实现。导水机构是水轮发电机组的重要部分,它起到引导水流、调节流量、最终将水能转变成机械能的作用。它的结构精密,并且长时间处在复杂的水力和机械载荷的作用之下,容易产生各种影响性能和安全的故障<sup>[1]</sup>。因此,对导水机构开展日常运维时进行深入的故障查找并制定出相应的现场处置方案,这是保证水电站持续可靠供电的一项基础性的技术工作。本文以该机构的日常

运行维护实际情况为出发点,对故障征兆的发现、现场技术干预的全流程进行梳理,给现场解决实际问题提供一个思路和方法指导。

### 1 导水机构基本结构功能解析

导水机构基本的结构可以分为执行部件和传动部件两个部分。执行组件主要是活动导叶和与其相配合的轴颈、轴承、密封装置。导叶翼型设计好坏直接影响到水力效率和空化特性,制造精度要求很高。传动组件为空间连杆机构,将接力器活塞直

线运动转化为控制环的圆周运动,再通过各个导叶连杆和拐臂传给每一个导叶,从而达到同步启闭的目的。该传动链上任何一个部分出现磨损、变形或者卡滞都会造成导叶开度不一致,造成水流不对称,最终引起机组振动。此外为了保证调节过程中或者紧急停机时能够可靠切断水流,导水机构上设有剪断销或者摩擦装置等保护装置,在传动链受到异常力矩时首先破坏特定部件来保护更核心的导叶和主轴。这就要求对这一结构功能有深刻的认识,即可以从物理上了解故障出现的位置和表现方式,给后面的准确排查指明方向。

## 2 日常运维管理机制构建

### 2.1 常规巡检标准和流程制定

常规巡检是运维人员利用感官和简单的工具,直接获取设备状态信息的最基本的手段。制定标准化的巡检程序非常重要,它的目的就是保证检查具有全面性、一致性、可追溯性。流程应当对巡检路线、检查点位、观察内容、判断标准、记录格式作出规定。对导水机构巡检主要为目视检查导水机构外观有无渗漏、结构件有无明显变形或者裂纹、监听机构在动作时是否有异常撞击、摩擦或者啸叫声、触摸主要轴承部位的温度是否处于正常范围内、各连接部位的紧固情况,如连杆销轴、螺母等是否松动、检查接力器及油压管路是否漏油。标准流程还要规定不同的运行工况下巡检的次数,在开机、停机和负荷调整等重要操作前后必须做有针对性的检查。流程的制定要参照设备图纸、以前的故障记录和安全规范,保证每一条巡检路线可以全面地覆盖到高危处所。更关键的是要对标准流程做出规定,即对巡检过程中产生的异常信息立即上报,并给出初步的处理办法,从而保证巡检时出现的问题能及时地进入诊断、处置等环节中去,防止造成信息的积压或者错误判断<sup>[2]</sup>。

### 2.2 状态监测信号特征提取

状态监测就是利用传感器技术获取设备运行参数,对设备的健康水平进行量化评价。对于导水机构,重要的监测信号有导叶开度反馈信号、接力器油压和行程信号、控制环摆动或振动信号、导水机构操作过程中的油压脉动信号等。状态监测的主要工作就是从各种各样的信号流中找出能够反映设备状态的特征量。特征提取不是简单的对数值的采集,而是一个包含信号处理和析的过程。通过对导叶开度反馈信号和接力器位移信号进行比较,可以检测出传动链间存在间隙或者卡滞的情况,分析接力器操作油压波形以及波动幅度,能够判定液压系统内漏或者负载异常等问题,对于控制环区域振动信号的频谱剖析,可能会出现与导叶过流不均匀或零部件松动相关联的特征频率部分。提取出的特征值要同历史基线数据或者标准阈值加以对比,看它是否处在正常的范围内。建立良好的状态监测和特征提取体系,可以将潜伏性故障以数据的变化来反映出来,起到早期预警的作用,给预防性维护决策提供科学的依据。

### 2.3 维护保养周期内容确定

维护保养就是为了保证设备达到规定的性能而采取的有计划的清洁、润滑、调整和更换等活动。确定导水机构的维护保

养周期和内容时要综合考虑设备制造厂家建议、实际运行环境、累计运行时间、历史故障统计数据等。保养内容一般有高低两级。日常保养包含活动部件的外部清洁,润滑点加油,检查并紧固可见的连接件。周期性保养更加深入一些,定期检查导叶轴套的磨损间隙,测量连杆机构的配合间隙,校验导叶开度传感器的精度和线性度,对液压系统中的滤油器进行更换,检测油质。对重要保护元件如剪断销要经常检查其是否完好、装配扭矩是否合适。维护周期的确定要保证设备可靠性和维护成本<sup>[3]</sup>。频繁的保养会造成不必要的停机和人力物力浪费,而长时间的保养会加大突然发生故障的可能性。所以基于状态的预测性维护思想越来越被人们所重视,用状态监测数据来动态调节维护时间,使设备在性能即将劣化但是还没有到失效的时候进行干预。无论采取哪种方式,一个清楚详细的保养和维修规程都是保证工作质量、防止人为失误的基础。

## 3 典型故障排查与现场处置举措研究

### 3.1 导水机构异常现象识别方法

异常现象是故障的外在反映,正确判断是排查工作的第一步。导水机构出现的异常现象多种多样,需要创建起一个多角度的识别手段系统。首先就是直接感官识别,即运行人员报告的异常声响、可见的泄漏、明显的振动等。其次就是仪表参数识别,监控系统给出的导叶开度不一样、接力器油压忽上忽下、机组振动摆度过大等情况。深层次的识别要联系运行工况展开关联分析,有的异常只在某一个负荷区间或者某一台次的导叶开度上产生,还和开机、停机等过程有很强的相关性。一种有深度的识别方法就是区别现象的本质和表象。机组振动增大直接表现为摆度超标,但是它所对应的真正原因其实是导水机构内水流分布不均。这就需要把水力、机械、电气等各种系统参数结合起来比较,从很多现象当中找出由导水机构的问题直接或者间接引起的根本迹象。建立基于历史案例的异常现象特征库,能够把各种现象分门别类地划分,而且会对这些现象加以等级化的标记,并且还会把它们之间存在着哪些联系。识别方法还要具有主动性的特点,即通过有计划的状态监测、趋势分析,在现象变得明显或者引起保护动作之前,就能够发现参数的细微劣化趋势,实现故障的预测。

### 3.2 故障诊断技术路径分析

在找出异常现象之后,要沿着一条合理的线路来完成故障的诊断工作,从而找到造成故障的根本原因。诊断路径一般是按从外而内、由浅入深、由表及里这样的顺序来安排的。第一部分为现象复核与信息收集,对异常现象的真实性、稳定性、复现条件进行确认,同时对某一时间段内的所有运行数据、巡检记录和历史维护信息进行收集。第二步是初步分析和范围划定,根据现象结合结构原理,大致确定故障所在的子系统,即机械传动部分、液压控制部分、传感器反馈部分或者水力设计匹配问题。第三步就是检查并测试验证,要用到相应的方法。对于怀疑传动链卡涩或者间隙过大引起的故障,可以做导水机构的手动操作试验,检测各个导叶的同步性;对液压系统问题做测试保压,检

查阀件动作,用振动分析仪对某一部件做振动频谱采集,找到故障特征频率<sup>[4]</sup>。诊断路径应该有逻辑树状结构,每一个测试或者检查的结果都可以看成一个判断节点,把技术人员引导到最有可能的分支上,最终找到具体的故障点。该过程注重逻辑的严密性,不能盲目的进行拆解。还要考虑到多故障并发或者因果链式的故障情况,一个部件的磨损会引起连锁反应,造成多个地方出现参数异常。

### 3.3 现场应急处置流程梳理

当故障清楚或者虽然没有完全确定但已经对机组安全构成威胁的时候,就应当立刻执行现场应急处程序。该流程的主要目的就是保证人身和设备的安全,在保证人身和设备安全的情况下,迅速隔离故障或者使设备处于相对安全的状态。第一步为风险判定与决定,依据故障的严重程度来判定应该采取怎样的紧急停机或者削减负荷手段。第二步为执行标准安全措施,即把有关设备切换到检修状态、验电、挂标示牌、做好机械和液压系统能量隔离。第三步就是具体的技术处置。根据故障类型来调用事先制定好的处置方案。对于确认为单导叶卡涩的,则要用专用工具活动该导叶,在隔离该导叶的操作机构的情况下维持机组低负荷运行,对于液压系统严重泄漏无法正常操作导水机构的,需要启动备用油泵或者手动操作旁通阀组进行关机。处置流程要对每一个操作步骤的指令、执行者、所用工具和安全事项进行规定。流程的整理要囊括故障产生,警报产生,最后到达处理完成并发回备用为止的所有过程,重点看各个环节之间及信息交流情况。一个高效的、有条理的应急处程序可以最大程度地减少故障造成的损失,也为之后的彻底修复提供基础<sup>[5]</sup>。

### 3.4 关键技术举措应用探究

现场处置成功要依靠一系列关键技能的应用。这些技术手段都是为了处理某种类型的故障而发明的专门的方法。对于由于导叶轴颈或者轴套的磨损而造成的漏水增大问题,一种有效的处理方法就是采用特种复合材料在不停机或者短时间停机的情况下进行在线快速修复和封堵。该技术要对材料特性、粘接工艺和水下固化环境有详细的了解,从而保证修复的耐久性。又如,对由于控制环水平度误差所引起的导叶不同步现象,精确的现场测量及调节技术十分重要。需要用高精度激光跟踪仪或者电子水平仪来建立整个导水机构操作环的空间基准,然后用计算的方法对各个导叶连杆长度做微米级的精细调整,以恢复其运动的同步精度。对于由于异物卡入造成导叶关闭不严的情况,

如何在不扩大拆卸范围的前提下,使用水力反冲、专用抓取工具或者内窥镜探查技术将它安全地取出,也是需要现场智慧的技术。探究这些关键技术措施的时候,不能只知道怎样操作,还要明白它适用的条件、技术原理以及可能存在的风险。有深度的探究会关注到技术背后的力学、材料学或者流体力学原理,进而根据现场情况对标准方法做出针对性的调整和改善,使处理措施更加有效可靠。

## 4 结束语

水电站机组导水机构稳定运行,是保证电力生产安全、高效运转的前提。本文对导水机构的组成原理进行了阐述,为故障分析奠定了物理基础;构建了日常运维管理体系,突出了预防性维护的地位;主要部分是从异常发现、诊断分析、现场应急处程序和效果验证等全过程的技术链路进行系统的分析研究。通过研究可知,有效的故障排查需要对现象特征有敏锐的察觉,并且要按照科学的诊断途径进行判断,成功的现场处程序也需要依靠具体的、针对性的技术措施,在整个过程中还需要对安全实施严格的管控。本文所整理并探究的内容,是希望形成一个有条理、具有可操作性的技术方法体系,给水电站运维人员应对导水机构复杂的故障给予系统的理论参照和行动引领。未来由于状态监测技术不断进步和智能诊断技术不断发展,导水机构的运维工作会越来越向预测性和精确化方向发展,但是本文所论述的系统性思维和安全规范的基本原则将会一直具有基本的指导意义。

## [参考文献]

- [1]陈志元.水电站混流式机组导水机构一次安装工艺可行性分析[J].水电站机电技术,2025,48(11):4-5+39.
- [2]胡会,李晓峰,刘鹏,等.某大型水电站机组停机原理分析[J].云南水力发电,2025,41(09):136-140.
- [3]王政鼓.桥巩水电站机组导水机构弹簧连杆脱落分析及处理[J].中国高新科技,2025,(06):28-29+32.
- [4]邓永贵,谢飞谊,周涛.灯泡贯流式水轮机导水机构连杆结构优化设计[J].装备制造技术,2024,(06):121-124.
- [5]索朗旺姆.三机式抽水蓄能机组调速器在某水电站的应用[J].小水电,2024,(03):24-27.

## 作者简介:

韩薛宁(1991--),女,汉族,陕西渭南人,本科,工程师,研究方向: 水利水电。