

# 水电站水轮机调速器的检修与维护

刘继平

新疆水发电力能源（伊犁）有限公司

DOI:10.32629/hwr.v9i12.6680

**[摘要]** 水轮机调速器是水电站水轮机的核心组成部分,其运行稳定性直接决定水电站能否安全高效供电。本文研究旨在为提升调速器运行可靠性、延长使用寿命、保障水电站稳定运转提供技术参考,对推动水力发电事业持续健康发展具有重要意义。

**[关键词]** 水电站; 水轮机调速器; 常见故障; 检修调试; 日常维护

**中图分类号:** TV547.3 **文献标识码:** A

## Maintenance and Overhaul of Turbine Governors in Hydroelectric Power Plants

Jiping Liu

Xinjiang Shuifa Electric Power Energy (Yili) Co., Ltd.

**[Abstract]** The turbine governor is the core component of the water turbine in hydropower stations, and its operational stability directly determines whether the hydropower station can provide safe and efficient power supply. This article provides technical reference for improving the reliability of speed controllers, extending their service life, and ensuring the stable operation of hydropower stations, which is of great significance for promoting the sustainable and healthy development of hydropower industry.

**[Key words]** hydropower station; Water turbine governor; Common faults; Maintenance and debugging; routine maintenance

### 前言

随着传统能源储量的减少, 清洁环保的水力发电在我国能源结构中的地位日益凸显, 水电站作为水力发电的核心载体, 其稳定运行对保障电力供应至关重要。水轮机调速器作为水轮机的关键控制部件, 承担着并网调节、转速控制等重要职能, 其运行状态直接影响水轮机乃至整个水电站的工作效能。一旦调速器出现故障, 不仅会导致设备停机, 还可能造成重大经济损失, 因此加强水轮机调速器的检修与维护, 及时排查故障隐患, 确保其始终处于最佳运行状态, 是水电站管理工作的重中之重, 对提升水电站运营效益、保障电力系统稳定具有重要现实意义。

### 1 水电站水轮机调速器基本概述

#### 1.1 核心功能

水电站要实现稳定发电, 离不开水轮机调速器的有效控制, 其核心工作机制包含电网匹配与运行参数调整两个环节。水轮机持续运转阶段, 工作人员发出运行控制指令后, 并网功能由调速器自主启动, 实现水力机组运行状态的精准控制, 实现机组与电网的无缝衔接, 实现水轮机高效稳定的持续运转。水轮机调速器的调节性能可兼容多样化的工作条件, 基于电力输出需求及运行约束, 对机组转速、水流流量及功率输出等变量实施智能调控, 将关键参数调节至正常水平, 最终实现水轮机及水电站整体

运行的安全平稳。随着科学技术的发展, 我国水电站已广泛应用网络技术, 实现了调速器并网功能和自动调节功能的远程操控, 进一步提升了调速器的运行效率和控制精度, 为水电站的智能化运行提供了有力支撑<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 主要特点

水轮机调速器之所以能成为水轮机系统的核心部件, 除了具备强大的自动化性能外, 还拥有三个显著特点。其一, 具备强大的操作力。水轮机作为水电站的重型机械设备, 体积庞大、重量可观, 运行时会有大量水流通过, 产生巨大的压力和冲击力, 而调速器凭借强大的操作力能够有效控制进水闸门, 调节水流速度, 缓解水流对水轮机的冲击, 保障水轮机不受损伤。其二, 组件多且操作复杂。调速器控制的是一个复杂的能量转换体系, 由多个功能各异的组件组合而成, 加之水体惯性大、涉及范围广, 使得调速器的控制系统难以维持稳定, 运行操作过程更为复杂, 需要技术人员全面掌握各个组件的工作原理和操作方法, 综合考虑多种影响因素, 才能实现有效控制。其三, 功能繁多且实用性强。除了核心的水流调节功能外, 调速器还具备开机、停机等多种操作功能, 能够满足水电站不同运行阶段的需求。随着技术的不断升级, 调速器的功能得到进一步拓展, 自动化和智能化水平持续提升, 在水电站的稳定运行中发挥着越来越重要的作用<sup>[2]</sup>。

## 2 水电站水轮机调速器的常见故障

### 2.1 系统运行不稳定故障

水轮机调速器在运行过程中, 系统不稳定是较为常见的故障类型, 其中最突出的表现是过水压系统不稳定引发的水压波动。由于水轮机运行时水流流量大、压力变化复杂, 过水压系统若出现密封不严、压力调节机构异常等问题, 会导致油压数值频繁波动, 无法维持稳定的工作压力, 进而影响调速器对水流和转速的控制精度。这种波动不仅会降低水轮机的运行效率, 还可能对调速器的其他组件造成冲击, 引发连锁故障, 严重时甚至会影响水轮机的正常启停, 威胁水电站的整体运行安全。

### 2.2 电气系统相关故障

电气系统是调速器自动控制功能的基础支撑, 若发生故障, 调速器的控制功能将无法正常发挥, 电源对接和供电失效现象多发, 若交直流电源的接线操作存在失误, 导致电源板接口匹配失败, 若电源板质量未达要求, 输出电压将出现显著偏差, 引发设备操作失灵。控制模块与信号传输屡现故障, 若信号发生设备或发电机出现故障, 调速器将无法正确响应控制指令, 若导叶及桨叶的控制单元出现异常, 造成频率协调性丧失, 伴随孤网/电网频率的交互波动, 引发调速器持续转换运行模式及调节动作, 不仅造成机械结构磨损, 加速部件老化, 最终会反映为调速精度下降和稳定性减弱。

### 2.3 机械部件损坏故障

机械部件的损坏是调速器故障的主要诱因之一, 且涉及范围较广。长期运行后, 调速器的部分组件会出现老化现象, 同时由于水轮机运行环境复杂, 调速器内部容易积累油污、灰尘等污染物, 导致运行效率显著降低。导叶和桨叶作为关键执行部件, 容易出现多种问题, 导叶可能因选材、制造工艺或安装质量问题, 在运行中出现漏油、配阀卡阻等异常情况, 桨叶的进水边和出水边可能发生翻卷, 水轮机运行时桨叶扫膛会引发振动, 导致连杆连接螺栓的锁定块焊接处松动, 进而造成六角柱、锁定块脱落, 甚至出现螺栓断头现象, 而桨叶连杆连接螺栓强度不足也会直接影响桨叶的运行稳定性。此外, 调速器部分组件灵敏度下降, 无法及时响应控制指令, 也会导致操作滞后或控制失效<sup>[3]</sup>。

### 2.4 辅助系统运行故障

辅助系统的正常运行是调速器发挥功能的重要保障, 其故障同样会影响调速器的整体运行状态。油路系统不畅通是较为典型的辅助系统故障, 由于长期使用过程中油污积累、杂质堵塞, 或油管老化破损, 会导致油路输送受阻, 进而引发调速器操作困难, 无法及时完成导叶开度调整、紧急关闭等关键操作。同时, 油压装置的密封性能下降、油量不足或油温异常等问题, 也会影响其提供稳定压力的能力, 间接影响调速器的控制效果, 这些辅助系统故障若不能及时处理, 会逐步扩大影响范围, 导致调速器出现更严重的运行问题。

## 3 水电站水轮机调速器的检修与维护

### 3.1 检修调试操作

#### 3.1.1 静态试验

静态试验主要用于检测调速器的转速相关性能, 操作需在水轮机未充水的状态下进行。试验前, 技术人员必须全面熟悉调速器的工作原理, 明确各个组件的连接关系和功能作用, 确保在试验过程中能够及时应对突发情况。试验时, 通过专业检测设备对调速器的转速控制精度进行测试, 模拟不同运行指令下的转速响应情况, 记录相关数据并与标准值进行对比。若发现转速调节存在偏差, 需及时排查传感器、控制模块等相关组件, 调整参数设置, 确保调速器在静态状态下能够准确响应转速控制指令, 为后续动态运行奠定基础。

#### 3.1.2 动态试验

动态试验的进行需满足水轮机充水要求, 核心任务是分析调速器的综合品质与运行可靠度, 由多个核心试验组成, 检测导叶开关操作的灵活可靠性是本次试验重点。确认开度开限显示值与接力器动作行程相符, 以及锁锭装置在导叶关闭状态下的操作有效性。试验开始前将调速器切换至手动控制档位, 抬起接力器锁锭部件, 通过手动操作将导叶开度逐步调整至25%、50%、75%及全开状态, 核查物理开度与电子读数是否对齐, 出现读数偏差需重新标定传感器零点, 保证传感器与接力器安装到位后继续试验, 直到实测数据与设定开度一致。测量导叶紧急关闭时间前, 需校验油压是否达标, 脱开接力器的锁定部件, 配备一套主用和一套备用的自动压油泵电源系统, 安排专职人员值守, 导叶全开后, 测量开度从全开状态降至25%所需的关闭时长, 关机时间取实测值的两倍, 若记录值不达标, 则需调节螺母进行修正, 若耗时偏长则需向下旋调, 若偏短则朝上方校准, 调校后做好螺母固定。

进行压紧行程试验前, 需将导叶接力器彻底关闭, 在表座底部放置两套接力器, 完成指针零位校准, 将主控油路阀门切换至关闭位, 接通阀门至接力器下端的前后腔室。该时刻, 百分表读数直接反映压紧行程大小, 若测量值偏离3-6mm规范区间, 需改变推拉杆与控制环间偏心销的周向位置进行校准。该试验主要考察空载参数设定下机组甩负荷时的动态表现与稳定水平, 分析保护参数的设定精度。测试按额定负荷从小到大分级实施, 实施25%容量甩负荷时, 需采集接力器启动延迟、蜗壳增压率和系统恢复时间。通过甩75%及全负荷试验追踪调速器参数演变趋势。针对满负荷甩载工况, 转速提升率、关机时间长度和过渡区间需与计算参数及国家标准一致<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 日常维护操作

##### 3.2.1 油压装置数据检测

油压装置是调速器的核心辅助组件, 其数据检测是日常维护的重点工作。技术人员需实时记录油压装置内的油压、温度、油量等基础数据, 建立完善的运行档案, 为后续维护提供依据。检测实施阶段, 初始阶段需启动压油罐排气阀, 实现水轮机压力释放, 待油罐压力参数下降至0.2MPa以下, 调整排油阀实施油液排放; 若压力数值跌至谷值, 分阶段降低排油阀开度; 若捕捉到排气声频, 迅速关闭排油阀后再次开启排气阀, 待压力油罐读数降至零时结束, 应定期核查油压装置的密封完整性, 查看是否发生

油料泄漏,保障油泵可靠运行,若油压、油温或油量读数偏离正常区间,需及时识别诱因并纠正,维持油压设备长期可靠工作。

### 3.2.2 调速器油污清洗

水轮机运转过程中,调速器会与石油等燃料密切接触,内部容易积累油污和杂物,影响运行效率并造成资源浪费,因此需定期进行油污清洗。清洗前需做好充分的安全准备,工作人员佩戴好防护用品,确保操作环境通风良好,并安排专人全程监护,做好防火准备。清洗时采用专业的清洗工具和清洁剂,对调速器内部的油箱、油管、阀门等部件进行全面清理,去除油污、杂质和沉淀物,确保油路畅通。清洗完成后,需仔细检查油箱内是否残留异物,确认无问题后安装滤网,盖上盖板,避免后续运行中再次受到污染。

### 3.2.3 内部零件润滑保养

调速器高速运行时,内部零件之间不可避免会产生摩擦,长期摩擦会导致零件磨损,影响设备使用寿命和运行效率,因此需定期对各个零件进行润滑保养。技术人员需先对零件的磨损情况进行检查,根据零件材质和运行工况选择匹配的润滑剂,避免因润滑剂不适用导致润滑效果不佳或零件损坏。润滑过程中,确保每个摩擦部位都能得到充分润滑,重点关注导叶、桨叶、接力器等关键运动部件,同时控制润滑剂的用量,避免过多积累造成油污堵塞。定期润滑不仅能减缓设备损坏速率,减少零件更换的时间和金钱成本,还能保证设备运行的流畅性,提升调速器的工作效率。

### 3.2.4 固件和电气插件检查

固件和电气插件的紧固程度直接影响调速器的正常运转,因此需将其纳入定期维护范围。技术人员定期检查各接头处的钢丝绳卡是否存在松动现象,对螺栓、螺母等固件进行全面排查,若发现松动或脱落情况,及时进行紧固处理,确保固件连接牢固。同时,检查电气插件的连接状态,排查是否存在接触不良、氧化锈蚀等问题,对插件进行清洁处理,必要时更换老化损坏的插件。这项工作是水轮机工作前的必要检查事项,只有确保固件和电气插件稳固可靠,才能避免运行过程中因连接问题引发故障,保障调速器的稳定运行。

### 3.2.5 全流程维护监管

调速器的维护管理工作须贯穿作业全过程三个阶段,需配

置专职人员全环节跟踪,全面筛查调速器的关键参数及部件运行状态,待确认设备无安全隐患后即可启动设备;实时反馈调速器运转动态,基于参数指标的实时变化,及时察觉异常状况并进行修正,实现设备运行效能最大化;完成调速器全机检查及污垢清除,分析运行阶段记录的不足,补充保养日志,针对调速器所处环境中潜在的灰尘及虫类侵扰问题,按既定周期安排专业清洁保养,配合实施杀虫处理程序,拦截灰尘及飞虫进入设备内部引起器件损坏或运行紊乱,以实现调速器的长期平稳运行<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

水轮机调速器作为水电站水轮机的核心控制部件,其运行稳定性直接关系到水电站的供电安全和运营效益,是水力发电系统中不可或缺的重要组成部分。做好调速器的检修与维护工作,不仅能有效延长设备使用寿命,减少故障发生概率,降低水电站的运营成本,更能保障水电站的稳定高效运行,为社会提供可靠的电力资源。相关技术人员应不断提升自身专业技能,严格按照维护规范开展工作,持续优化检修维护策略,充分发挥设备的最大效能,为我国水力发电事业的持续健康发展提供坚实的技术保障。

## [参考文献]

- [1]温钦钰,刘振琦,施威俊.水轮机调速器电气系统可靠性研究与故障诊断优化研究[J].江西电力,2025,49(05):72-75.
- [2]周涛,李兼伐,梁光强.水轮机调速器液压系统常见故障分析处理[J].装备制造技术,2023,(10):163-165+170.
- [3]程爱民.水轮机调速器调试与维护措施分析[J].集成电路应用,2022,39(12):180-181.
- [4]姬钊,邹磊.水电站水轮机调速器的调整与维护[A].Proceedings of 2022 Shanghai Forum on Engineering Technology and New Materials(ETM2022)(VOL.3)[C].上海筱虞文化传播有限公司、中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会,上海筱虞文化传播有限公司,2022:2.
- [5]朱晓黎.水电站水轮机调速器的检修与维护[J].设备管理与维修,2022,(10):70-71.

## 作者简介:

刘继平(1975--),男,河南省淮阳区人,大专,电气自动化技术。