

水利枢纽闸门运行故障诊断与维护方案

蔡淇羽

北京市南水北调团城湖管理处 北京 101400

摘要: 本文聚焦于水利枢纽闸门运行故障诊断与维护方案的研究。首先阐述了水利枢纽闸门的重要性,接着深入分析了常见故障类型及成因,包括机械故障、电气故障、液压系统故障等。详细介绍了多种故障诊断方法,如基于振动分析、油液分析、温度监测以及智能诊断技术等。同时,提出了针对性的维护策略,涵盖日常维护、定期检修、预防性维护等方面。旨在为水利枢纽闸门的安全稳定运行提供科学依据和实用指导。

关键词: 水利枢纽; 闸门; 故障诊断; 维护方案

1 引言

水利枢纽作为国家水资源调配、防洪减灾、发电航运等关键基础设施,其安全稳定运行至关重要。闸门作为水利枢纽的核心控制部件,承担着调节水位、控制水流、防洪排涝等重要功能。以三峡水利枢纽为例,其闸门系统规模庞大,共有各类闸门数千扇,这些闸门协同工作,精准控制着长江水流,确保枢纽发电、航运、防洪等功能的正常发挥。然而,由于长期处于恶劣的工作环境,承受着水流的冲击、泥沙的磨损以及水压的变化等多种因素影响,闸门在运行过程中极易出现各种故障。一旦闸门发生故障,不仅会影响水利枢纽的正常运行,还可能引发严重的安全事故,给人民生命财产带来巨大损失。因此,开展水利枢纽闸门运行故障诊断与维护方案的研究,及时准确地发现并排除故障隐患,确保闸门的安全可靠运行,具有重要的现实意义。

2 水利枢纽闸门运行常见故障类型及成因分析

2.1 机械故障

2.1.1 闸门变形

长期承受水压力和泥沙冲刷,闸门结构可能会发生变形。例如,弧形闸门的面板在高压水流作用下可能出现局部凹陷,平面闸门的门叶可能因受力不均而产生扭曲变形。变形会导致闸门密封不严,出现漏水现象,影响闸门的止水效果,同时也会增加闸门启闭的阻力,严重时甚至无法正常启闭。

2.1.2 连接部件松动与磨损

闸门的各个连接部件,如螺栓、销轴等,在频繁的启闭操作和振动作用下,容易出现松动现象。松动会导致部件之间的配合间隙增大,产生异常振动和噪声,加速部件的磨损。此外,闸门与启闭机之间的传动部件,如齿轮、链条等,长期运行后也会出现磨损,影响传动的精度和可靠性,导致闸门启闭不到位或运行不稳定。

2.1.3 启闭机故障

启闭机是驱动闸门启闭的关键设备,常见的故障包括电机故障、制动器故障、减速器故障等。电机故障可能由于电源问题、过载运行、绝缘老化等原因引起,导致电机无法正常启动或运行;制动器故障会影响闸门的制动效果,使闸门在停止运行时出现下滑现象;减速器故障则主要表现为齿轮磨损、轴承损坏等,导致启闭机传动效率下降,噪音增大。

2.2 电气故障

2.2.1 控制系统故障

闸门的控制系统通常采用PLC(可编程逻辑控制器)或继电器控制等方式,实现对闸门的自动化操作和监控。控制系统故障可能包括程序错误、传感器故障、通信故障等^[1]。程序错误可能导致闸门启闭指令执行错误,传感器故障会使控制系统无法准确获取闸门的运行状态信息,通信故障则会中断控制系统与上位机之间的数据传输,影响对闸门的远程监控和操作。

2.2.2 电气元件老化与损坏

电气元件如接触器、继电器、电阻、电容等,在长期运行过程中,由于受环境温度、湿度、灰尘等因素的影响,容易出现老化现象。老化会导致电气元件的性能下降,绝缘性能降低,甚至发生短路、断路等故障,影响电气系统的正常运行。

2.3 液压系统故障(针对液压启闭的闸门)

2.3.1 液压油污染

液压油是液压系统的“血液”,其质量直接影响液压系统的性能和可靠性。液压油在使用过程中,容易受到水分、灰尘、金属颗粒等污染物的侵入,导致液压油变质。污染的液压油会加速液压元件的磨损,堵塞液压油路,影响液压系统的正常工作,如出现闸门启闭速度不稳定、动作迟缓等现象。

2.3.2 液压泵故障

液压泵是液压系统的动力源,常见的故障有泵的磨损、泄漏、噪音过大等。泵的磨损会导致泵的容积效率下降,输出压力不足;泄漏会使液压系统的压力无法建立或保持,影响闸门的正常启闭;噪音过大则可能是泵内部零件损坏或装配不当的信号。

2.3.3 液压阀故障

液压阀用于控制液压系统的压力、流量和方向,常见的故障包括阀芯卡死、阀口堵塞、泄漏等。阀芯卡死会使液压阀无法正常换向或调节压力流量,导致闸门动作异常;阀口堵塞会影响液压油的流通,使系统压力不稳定;泄漏则会降低液压系统的工作效率,增加能量损耗。

3 水利枢纽闸门运行故障诊断方法

3.1 基于振动分析的故障诊断方法

闸门在运行过程中会产生振动信号,这些信号包含了闸门及其相关设备的运行状态信息。通过在闸门的关键部位,如启闭机的电机、减速器、轴承等安装振动传感器,采集振动信号,并利用信号处理技术和模式识别方法对振动信号进行分析,可以判断闸门是否存在故障以及故障的类型和严重程度。例如,当闸门的连接部件松动或磨损时,振动信号的频率成分会发生变化,出现异常的频率峰值^[2]。正常情况下,启闭机轴承的振动频率主要集中在其固有频率附近,约为50-100Hz。当轴承磨损时,会在高频段(200-500Hz)出现异常峰值,且峰值幅度随着磨损程度的增加而增大。当启闭机的齿轮或轴承出现故障时,振动信号的幅值会增大,且伴有特定的调制现象。齿轮故障时,振动信号的幅值可能比正常时增大2-3倍,同时会出现边频带调制现象,通过分析边频带的频率和幅度,可以判断齿轮的故障类型和位置。

3.2 基于油液分析的故障诊断方法

对于液压启闭的闸门,液压油性能状态关乎液压系统正常运行。基于油液分析的故障诊断方法,通过检测分析液压油中的磨损颗粒、污染物等,判断内部零件磨损情况与故障类型。常用油液分析技术有光谱、铁谱分析和颗粒计数。光谱分析能测液压油中金属元素含量,判断元件磨损部位和程度,如液压泵齿轮磨损,铁元素含量会从正常10-20mg/kg升至50-100mg/kg。铁谱分析将磨损颗粒分离,在显微镜下观察其形态等,确定磨损类型和原因。颗粒计数可准确测量不同粒径颗粒数量,评估液压油污染程度,按国际标准,正常液压油清洁度等级应达16/13以下,超18/15需及时处理。

3.3 基于温度监测的故障诊断方法

闸门在运行过程中,各个部件的温度变化可以反映

其工作状态是否正常。通过在闸门的关键部位,如电机、轴承、液压阀等安装温度传感器,实时监测温度变化情况。当部件出现故障时,如电机过载、轴承磨损、液压阀泄漏等,往往会导致局部温度升高。电机正常工作时,其外壳温度一般在40-60℃之间,当电机过载时,温度可能升高到80-100℃。轴承正常工作温度约为50-70℃,当轴承磨损或润滑不良时,温度可达90℃以上。液压阀正常工作时,其阀体温度与环境温度相差不大,当液压阀泄漏时,阀体温度会升高10-20℃。通过设定合理的温度阈值,当监测到的温度超过阈值时,及时发出报警信号,提示维护人员进行检查和处理。

3.4 智能诊断技术

随着人工智能发展,智能诊断技术在水利枢纽闸门故障诊断中应用渐广,主要包括人工神经网络、专家系统、模糊逻辑等。人工神经网络有自学习、自适应等能力,能识别复杂故障模式,如构建基于BP神经网络的闸门故障诊断模型,用大量样本训练可准确识故障。专家系统将专家知识经验存于计算机,模拟推理过程诊断决策,如建立闸门启闭机故障诊断专家系统,输入故障现象可推理出原因和方案。模糊逻辑能处理故障诊断中的不确定和模糊问题,如判断闸门连接部件松动程度时,可根据特征参数模糊评价。多种智能诊断技术结合,可发挥各自优势,提升闸门故障诊断智能化水平。

4 水利枢纽闸门运行维护方案

4.1 日常维护

4.1.1 清洁保养

定期对闸门及其附属设备进行清洁,清除表面的泥沙、污垢、水草等杂物,防止杂物堆积影响闸门的正常运行。对于平面闸门,每周至少进行一次表面清洁;对于弧形闸门,每两周进行一次清洁。同时,对电气设备的接线端子、控制柜等进行清洁,防止灰尘积聚导致短路等故障^[3]。每月对电气控制柜进行一次全面清洁,使用压缩空气吹除灰尘,并用干净的抹布擦拭。

4.1.2 润滑维护

按照设备润滑要求,定期对闸门的各个运动部件,如螺栓、销轴、齿轮、链条等进行润滑,减少部件之间的摩擦和磨损,延长设备使用寿命。对于螺栓和销轴,每3个月进行一次润滑;对于齿轮和链条,每月进行一次润滑。选择合适的润滑油脂,如对于高温环境下的部件,选用耐高温的润滑油脂;对于高速运转的部件,选用粘度较低的润滑油脂。并注意润滑的量和频率,确保润滑效果,一般每个润滑点每次润滑量为5-10ml。

4.1.3 外观检查

每日对闸门的的外观进行检查,观察闸门是否有变形、裂缝、漏水等异常情况;检查连接部件是否松动,启闭机运行是否正常,电气系统有无异味、异常发热等现象。发现问题及时记录并上报,以便及时处理。对于外观检查中发现的小问题,如轻微的漏水,应在当天进行处理;对于较大的问题,如闸门变形,应及时组织专业人员进行评估和处理。

4.2 定期检修

4.2.1 机械部分检修

定期对闸门的机械结构进行检查和检修,包括闸门的门叶、支铰、臂杆等部件的变形和磨损情况。对于平面闸门,每2年进行一次全面检测;对于弧形闸门,每3年进行一次全面检测。对变形的部件进行矫正或更换,对磨损的部件进行修复或更换。检查启闭机的各个传动部件,如齿轮、链条、轴承等的磨损情况,及时更换磨损严重的部件,调整传动间隙,确保启闭机传动平稳、可靠。每1年对启闭机的传动部件进行一次检修,更换磨损量超过原尺寸20%的齿轮和链条,调整轴承间隙在0.1-0.2mm之间。

4.2.2 电气部分检修

定期对闸门的电气系统进行检修,检查电气元件的性能和状态,如接触器、继电器的触点是否烧蚀,电阻、电容的参数是否变化等。每半年对电气元件进行一次检测,对老化的电气元件进行更换,确保电气系统的安全可靠运行。检查控制系统的程序是否正常,传感器和通信设备是否工作良好,对出现故障的设备进行维修或更换^[4]。每年对控制系统进行一次全面检查和调试,更新程序版本,确保控制系统的稳定性和可靠性。

4.2.3 液压系统检修(针对液压启闭的闸门)

定期对液压系统进行检修,包括液压油的油质检测和更换。按照规定的时间间隔对液压油进行取样检测,每3个月进行一次常规检测,每1年进行一次全面检测。根据检测结果决定是否更换液压油,当液压油的清洁度等级超过18/15或水分含量超过0.2%时,应及时更换液压油。同时,清洗液压油箱和液压油路,更换液压滤芯,防止污染物进入液压系统。每2年对液压油箱和油路进行一次彻底清洗,更换所有液压滤芯。检查液压泵、液压阀等液压元件的工作性能,对出现故障的元件进行维修或更换,确保液压系统正常运行。每1年对液压泵和液压阀进行一次性能检测,维修或更换性能不达标的元件。

4.3 预防性维护

4.3.1 建立设备档案

为每台闸门及其附属设备建立详细的设备档案,记录设备的基本信息、安装调试情况、运行记录、维护检修记录等。通过对设备档案的分析,了解设备的运行状况和维护历史,为制定合理的维护计划提供依据。设备档案应包括设备的型号、规格、生产厂家、安装日期、运行参数、故障记录、维修记录等内容,并定期进行更新和完善。

4.3.2 状态监测与故障预警

采用上述故障诊断方法,对闸门的运行状态进行实时监测,通过分析监测数据,建立设备状态评估模型,预测设备可能出现的故障。当设备状态参数超过预警阈值时,及时发出预警信号,提醒维护人员提前采取措施,进行有针对性的维护和检修,避免故障的发生或扩大。例如,当振动信号的异常频率峰值超过设定值的50%时,或温度超过阈值10℃时,系统自动发出预警信号。

4.3.3 维护人员培训

定期对维护人员进行专业培训,提高其业务水平和能力。培训内容包括闸门的结构原理、运行维护知识、故障诊断方法、安全操作规程等。使维护人员能够熟练掌握闸门的维护技能,及时发现并处理设备故障,确保闸门的安全稳定运行。

结语

水利枢纽闸门的运行安全关系到整个水利枢纽工程的效益和安全。本文通过对水利枢纽闸门运行常见故障类型及成因的分析,介绍了多种故障诊断方法,并提出了全面的维护方案。在实际运行中,应结合具体情况,综合运用多种故障诊断方法,及时发现闸门故障隐患,并按照维护方案进行科学合理的维护,确保水利枢纽闸门的安全稳定运行,为水利事业的发展提供有力保障。同时,随着科技的不断进步,应进一步研究和应用先进的故障诊断技术和维护理念,不断提高水利枢纽闸门运行维护的智能化水平。

参考文献

- [1]温新雷.水利闸门安全运行管理对策[J].河北水利,2024,(10):26-27.
- [2]董传强,周冉,董通.长沟泵站闸门运行故障分析与处理措施[J].山东水利,2024,(01):53-54.
- [3]戴文渊.三角闸门运行过程中主要故障分析及思考——以大治河西枢纽二线船闸为例[J].珠江水运,2022,(17):9-11.
- [4]田多明.水利水电工程闸门的控制方法与运行维护[J].水上安全,2024,(01):179-181.