

浅谈水工钢闸门的运行检查与维护

李维聪

四川省都江堰水利发展中心黑龙滩灌区管理处李家沟水库管理站 四川 眉山 620000

摘要:水利工程是国民经济的重要基础设施,水工钢闸门作为控制水流的核心设施,其运行状态直接关系工程安全与效益。本文围绕水工钢闸门的运行检查与维护展开研究。概述了水工钢闸门的分类、结构组成及工作原理。阐述了运行检查内容,涵盖外观检查、结构性能检查和运行状态检查三大方面;介绍了目视检查法、仪器检测法及无损检测技术等运行检查方法;系统分析了防腐维护、结构修复与加固、启闭设备维护等维护核心技术。研究表明,通过科学的检查方法与针对性维护技术,可有效保障水工钢闸门的结构完整性和运行可靠性,为水利工程安全稳定运行提供技术支持。

关键词:水工钢闸门;运行检查方法;维护技术

引言:水利中程中,水工钢闸门的运行长期受水压力、腐蚀、机械磨损等因素影响,闸门易出现变形、锈蚀、启闭故障等问题。目前对闸门运行检查与维护的系统性研究仍需深化。本文立足工程实践,从闸门基本概述出发,系统探讨运行检查的内容与方法,详解防腐、结构修复及启闭设备维护技术,旨在为提升水工钢闸门运维水平提供实用参考,保障水利工程长效运行。

1 水工钢闸门的基本概述

1.1 水工钢闸门的分类与结构组成

水工钢闸门作为水利工程的关键控制性设施,依据不同的分类标准可划分为多种类型。按工作性质可分为工作闸门、检修闸门和事故闸门:工作闸门承担日常挡水和泄水任务,需在动水中启闭;检修闸门用于工程检修时短期挡水,多在静水中操作;事故闸门则在紧急情况下快速关闭,以防止事故扩大。按闸门平面形状可分为平面闸门、弧形闸门、人字闸门等,其中平面闸门因结构简单、制造安装方便而应用最广,弧形闸门则凭借受力条件好、启闭力小的优势适用于大跨度工程。

从结构组成来看,水工钢闸门主要由门叶结构、埋件和启闭设备三部分构成。门叶是闸门的主体,由面板、梁格、横向联结系、纵向联结系及支承装置等组成,面板直接承受水压力并将荷载传递给梁格;梁格包括主梁、次梁等,起到增强门叶刚度的作用。埋件安装在闸墩、闸底板等部位,包括主轨、侧轨、反轨、止水座板等,为闸门运行提供导向和密封基础。启闭设备则是驱动闸门运动的动力装置,常见的有卷扬式启闭机、液压式启闭机等,其性能直接影响闸门的运行可靠性。

1.2 水工钢闸门的工作原理

水工钢闸门的工作原理基于力学平衡与机械传动的

协同作用。当闸门关闭时,门叶在启闭设备的驱动下与埋件紧密贴合,利用门叶自重和水压力形成的密封面阻挡水流,通过调整闸门开度控制过闸流量;开启时,启闭设备克服闸门自重、水压力及摩擦力等荷载,将闸门提升至指定高度,使水流按设计要求通过闸孔。闸门的运行状态通过支承装置与轨道的相对运动实现,止水装置则通过弹性压缩确保闸门与埋件之间的水密性,减少渗漏损失^[1]。

2 水工钢闸门运行检查的内容

2.1 外观检查

外观检查主要针对闸门可见部位的表面状态进行全面查看。检查门叶面板时,关注是否存在明显的凹凸变形、划痕或局部损伤,同时查看面板表面的涂层状况,包括涂层是否完整、有无起皮、剥落、粉化等现象。对于门叶边缘及连接部位,检查焊缝外观是否平整,有无裂纹、气孔、夹渣等焊接缺陷,以及螺栓、铆钉等连接件是否存在松动、缺失或锈蚀情况。埋件的外观检查需重点关注主轨、侧轨、反轨等轨道表面,查看是否有磨损、变形、锈蚀或附着物堆积,轨道与闸体连接部位的混凝土是否存在裂缝、剥落等损坏。止水装置的外观检查包括止水带是否完好、有无撕裂、老化或错位,止水座板表面是否平整、清洁,以及止水橡皮与座板的贴合情况是否良好。

2.2 结构性能检查

结构性能检查旨在评估闸门主体结构的承载能力和稳定性。对门叶结构的检查要测量关键部位的尺寸偏差,验证其是否在设计允许范围内,同时检查梁格系统的整体刚度,查看主梁、次梁是否存在弯曲、扭曲等变形。连接节点的检查重点包括节点处的受力状态,是否

存在过度变形或应力集中现象,以及连接螺栓的预紧力是否符合要求,有无松动或断裂迹象。埋件的结构性能检查要测定轨道的直线度、平面度及间距偏差,检查轨道固定螺栓的受力状况和锚固可靠性。对于闸门的支承装置,检查滚轮、滑道等部件的结构完整性,测量其磨损量和间隙尺寸,评估其承载能力是否满足运行要求。

2.3 运行状态检查

运行状态检查主要针对闸门启闭过程中的动态表现进行监测。检查闸门启闭时的运行平稳性,观察是否存在卡阻、振动、异响等异常现象,记录启闭过程中的速度变化是否均匀,有无明显的顿挫或停滞情况。对启闭设备的运行状态检查包括电机、减速器等部件的工作温度、噪声水平,以及传动系统的运行协调性。闸门的密封性能检查要在挡水状态下进行,测量闸门与埋件之间的渗漏量,检查止水装置的密封效果是否符合设计标准。同时检查闸门的限位装置是否灵敏可靠,包括全开、全关位置的限位准确性,以及过位保护装置的工作状态。此外还要检查闸门运行相关的电气控制系统、监测仪表等是否工作正常,数据显示是否准确^[2]。

3 水工钢闸门运行检查的方法

3.1 目视检查法

目视检查法通过检查人员的直接观察实现对闸门状态的初步判断,具体方法如下:(1)检查前要做好准备工作,包括清理闸门表面的污垢、积水和附着物,确保检查视野清晰;同时准备必要的辅助工具,如手电筒、望远镜、反光镜等,以应对光线不足或视线受阻的区域。检查人员需按照预定路线沿闸门结构依次查看,从门叶顶部开始,逐步向下检查面板、梁格、连接节点等部位,再转移至埋件和启闭设备。(2)在检查过程中,注重细节观察。对门叶表面的涂层状况进行全面扫视,识别起皮、剥落、粉化等缺陷的分布范围和严重程度;观察焊缝表面是否存在不连续的纹路或凹陷,螺栓、铆钉等连接件是否有松动迹象。对于埋件,需沿轨道全长查看表面磨损和锈蚀情况,关注轨道与混凝土结合部位是否存在缝隙。检查止水装置时,需近距离观察止水带的完整性和贴合状态,查看止水座板表面是否有异物或损伤。(3)检查结束后,需对观察到的现象进行详细记录,包括缺陷位置、形态和范围,为后续检查和维护提供基础数据。

3.2 仪器检测法

仪器检测法借助专业测量工具和设备,对闸门的物理参数和运行状态进行定量检测,具体如下:(1)尺寸偏差检测要使用全站仪、水准仪、百分表等测量仪器,

对门叶的平面度、垂直度、跨度等关键尺寸进行测量,将数据与设计值对比,评估偏差是否在允许范围内。对于轨道等埋件,需使用轨道尺、激光准直仪等设备测量其直线度、平面度及间距,确保符合运行要求。(2)力学性能检测主要通过应力应变仪、测力计等设备实现,在闸门运行过程中对关键结构部位的应力分布和受力状态进行监测,记录不同工况下的应力变化数据。磨损检测需使用磨损量测量仪、游标卡尺等工具,对滚轮、滑道等支承部件的磨损深度和间隙尺寸进行测量,评估其磨损程度。(3)启闭设备的检测要借助温度传感器、振动分析仪等仪器,监测电机、减速器等部件的工作温度、振动频率和振幅,判断设备运行是否稳定。检测数据需进行现场记录和整理,建立检测数据档案,为闸门状态评估提供量化依据。

3.3 无损检测技术的应用

无损检测技术在水工钢闸门检查中用于在不损伤结构的前提下探测内部缺陷,其应用如下:(1)超声波检测技术通过发射超声波并接收反射信号,对门叶焊缝、梁格连接等关键部位进行内部缺陷检测,可识别焊缝内部的裂纹、气孔、夹渣等缺陷的位置和尺寸,检测时需根据被检测部位的厚度和材质选择合适的探头频率和检测工艺,确保检测精度。(2)磁粉检测技术适用于铁磁性材料表面及近表面缺陷的检测,通过施加磁场使被检测部位磁化,再喷洒磁粉,利用缺陷处磁粉的聚集现象显示表面裂纹等缺陷。检测前需对被检测表面进行清理,去除油污、锈蚀和涂层,根据检测部位的形状选择磁轭法、触头法等磁化方式。(3)渗透检测技术则通过将渗透剂施加于被检测表面,利用毛细作用使渗透剂渗入表面缺陷,再通过显像剂显示缺陷痕迹,适用于非磁性材料和难以磁化部位的表面缺陷检测。(4)涡流检测技术可用于检测闸门涂层厚度和金属表面的腐蚀状况,通过电磁感应原理识别材料表面的均匀性变化^[3]。

4 水工钢闸门的维护技术

4.1 防腐维护技术

防腐维护技术是根据闸门所处环境条件制定系统的防腐方案,具体方法如下:(1)表面处理。首先要对闸门金属表面的锈蚀、氧化皮、旧涂层等进行彻底清理,常用方法包括机械除锈和化学除锈。机械除锈通过角磨机、喷砂设备等工具去除表面附着物,使金属表面达到一定的粗糙度,增强涂层附着力;化学除锈则采用酸洗等方式溶解锈蚀层,处理后需进行中和与钝化处理,防止二次锈蚀。(2)涂层防腐技术。根据使用环境选择合适的涂料类型和涂装体系,通常采用底漆、中间漆和面

漆的多层涂装结构。底漆需具备良好的防锈性能和与金属表面的附着力,常用环氧富锌底漆等;中间漆主要起增加涂层厚度和屏蔽作用,可选用环氧云铁中间漆;面漆则需具备耐候性、耐水性和装饰性,根据需求选择氯化橡胶面漆、聚氨酯面漆等。(3)涂装过程中要控制涂料粘度、涂装厚度和涂装间隔时间。确保涂层均匀连续,无漏涂、针孔等缺陷。对于水下部位或潮湿环境中的闸门,还可采用阴极保护技术作为涂层防腐的补充,通过牺牲阳极或外加电流的方式,减缓金属腐蚀速率。

4.2 结构修复与加固技术

结构修复与加固技术用于处理闸门在运行过程中出现的结构损伤和性能退化问题,恢复其承载能力和稳定性,其应用如下:(1)对于门叶面板的局部变形,可采用机械矫正法,使用千斤顶、压力机等工具施加反向作用力,逐步恢复面板平整度;矫正过程中需避免过度矫正导致材料塑性变形加剧。当面板出现裂纹或穿孔时,需进行焊接修复,根据裂纹长度和位置选择合适的焊接方法和焊条型号,焊接前需清理缺陷部位并进行预热,焊接后需进行热处理以消除焊接应力,防止裂纹扩展。(2)对于梁格系统的损伤,如主梁弯曲变形或焊缝开裂,需进行针对性修复。轻微变形可通过冷矫正或热矫正方法修复;严重变形或结构损伤时,需采用加固技术,如在主梁上下翼缘增设补强板,或采用粘贴纤维复合材料等方式增强梁体刚度和强度。(3)连接节点的修复需重点检查螺栓松动、断裂或铆钉松动等问题,对松动的螺栓进行紧固或更换,断裂螺栓需采用同规格高强度螺栓替换,更换过程中需控制预紧力;对于铆钉连接部位的松动,可采用焊接加固或更换为螺栓连接。埋件轨道的磨损或变形修复可采用堆焊补平后再进行机加工的方法,恢复轨道表面平整度和尺寸精度,严重损坏的轨道需进行局部更换或整体更换。

4.3 启闭设备维护技术

启闭设备维护技术旨在保障闸门启闭系统的正常运行,具体技术如下:(1)机械传动系统的维护。定期对卷扬式启闭机的卷筒、齿轮、轴承等部件进行检查和保养,定期清理传动部件表面的油污、灰尘和杂物,检

查齿轮啮合情况,查看齿面是否有磨损、点蚀或断齿现象,发现问题及时进行修复或更换。轴承部位需定期加注润滑脂,根据使用环境和轴承类型选择合适的润滑脂型号,确保轴承润滑良好,减少摩擦磨损;润滑周期需根据运行频率和工作环境确定,同时需及时更换变质的润滑脂。(2)液压启闭设备的维护。重点包括液压系统的油液管理、密封件检查和液压元件维护。需定期检测液压油的油质和油位,油质劣化时需进行过滤或更换,更换时需彻底清洗油箱和管路,防止污染物残留;油位需保持在规定范围内,不足时及时补充同型号液压油。

(3)检查液压系统的密封件。包括油缸密封圈、管路接头密封等,发现老化、破损或泄漏时及时更换,更换密封件时需选择与原型号匹配的产品,确保密封性能。

(4)电气控制系统的维护。定期检查控制柜内电气元件的工作状态,清理接触器、继电器等部件的触点灰尘,检查接线端子是否松动,导线绝缘层是否完好;对限位开关、编码器位置检测元件进行校准,确保其动作准确可靠,避免因位置检测误差导致启闭设备运行异常^[4]。

结束语:本文通过对水工钢闸门运行检查与维护的系统研究,明确了外观、结构性能及运行状态的检查要点,梳理了目视、仪器及无损检测的实操方法,构建了涵盖防腐、结构修复与启闭设备的维护技术体系。这些成果为闸门运维提供了清晰技术路径,可有效降低故障风险,延长设备寿命。实践中,需结合工程实际灵活应用相关技术,强化日常管理与定期检修的协同。研究成果对提升水利工程运维规范化、科学化水平具有现实意义,为同类工程提供借鉴。

参考文献

- [1]王海峰. 水利水电工程闸门的控制方法与运行维护[J]. 水利电力技术与应用,2024,6(9):18-19.
- [2]王豪斌,竺凯洁,高海峰,等. 某水库水工钢闸门的安全检测与评估[J]. 小水电,2024(4):75-77,85.
- [3]陈金. 浅谈水工钢闸门的防腐及维修养护[J]. 清洗世界,2024,40(6):186-188.
- [4]赵玉花. 水工钢闸门防腐体系的构建与完善[J]. 河南水利与南水北调,2024,53(9):76-77.