

水利水电工程闸门运行故障成因及预防对策

吴常宏

大通县北川渠管理所 青海 大通 810100

【摘要】：闸门作为水利水电工程调控水流、保障安全的核心设施，稳定运行直接关联工程效益释放与周边区域安危，运行故障受多重因素作用，易引发水流调控失灵、工程安全隐患，需精准拆解成因并制定适配预防方案。本文立足闸门实际运行工况，拆解故障核心诱因，涉及设备自身性能、施工安装质量、运行操作规范、维护管理水平及环境作用等维度，提出科学适配的预防与管控举措，为强化闸门运行稳定性、降低故障频次、保障水利水电工程安全高效运转提供有力支撑。

【关键词】：水利水电工程；闸门；运行故障；成因；预防对策

DOI:10.12417/2811-0528.26.10.079

引言

闸门作为水利水电工程中控制水流、调节水位、保障防洪灌溉与发电供水的关键设备，运行状态直接决定工程整体功能释放，长期处于复杂水环境下需承受水流冲击、介质腐蚀、荷载波动等多重作用，各类故障时有发生，影响工程正常调度还可能诱发安全事故、造成重大损失，深入拆解闸门运行故障的具体诱因，探寻切实适配的预防方案，是化解闸门运行隐患、提升工程运维效能的关键，立足闸门运行实际梳理故障表现与形成机理，衔接后续故障成因的详细拆解与对策探讨，为水利水电工程长期稳定运转筑牢根基。

1 水利水电工程闸门运行常见故障类型

1.1 闸门启闭动作异常

闸门启闭动作异常是运行过程中最常见的故障，核心表现为启闭阻力偏高、动作滞缓，严重时出现卡死无法运转，这类故障与机械传动部件、导向装置及异物堵塞密切相关，闸门轨道或密封面的泥沙、杂物堆积会直接加大机械运动阻力，造成启闭不畅，活动部位如轴承、齿轮、导向槽等长期缺乏润滑会增大摩擦力，进一步加重启闭阻碍，导向装置变形损坏、传动链条或钢丝绳松弛断裂，也会导致闸门运动失衡，阻碍启闭动作完成，严重时影响闸门精准定位，干扰水流调控成效^[1]。

1.2 闸门密封性能失效

密封性能是闸门实现挡水功能的核心支撑，密封失效会引发水流渗漏，降低工程运行效能还会侵蚀闸门结构与周边设施，其主要表现为闸门与门槽、底槛间出现渗漏间隙，水流从间隙溢出，故障成因具有多样性，密封件长期处于水浸、紫外线照射环境中，易发生老化、龟裂、破损，导致密封间隙扩大，密封面附着的泥沙、藻类等污垢会破坏贴合度，影响密封效果，闸门闭合偏差、密封槽与密封件选型匹配不当，也会导致密封性能下滑引发渗漏，长期渗漏会加剧闸门部件腐蚀，形成恶性

循环。

1.3 闸门结构部件损坏

闸门结构部件长期承受水流冲击、荷载作用及环境侵蚀，易出现各类损坏并影响整体稳定性，常见结构损坏包含门体变形、构件锈蚀、焊缝开裂等多种类型，门体长期承受不均匀水流压力会产生塑性变形，进而无法正常贴合门槽影响挡水效果，金属构件在潮湿、多腐蚀介质的复杂环境中易发生锈蚀现象，这种锈蚀会逐步削弱构件自身强度，严重时还会造成构件断裂，闸门焊接部位若施工质量不佳，或是长期受到振动、冲击作用，会出现焊缝开裂问题，进而破坏闸门结构完整性，此类损坏若未及时处置，会不断加剧并可能引发闸门坍塌等严重安全隐患，威胁水利水电工程整体安全。

2 水利水电工程闸门运行故障的核心成因

2.1 设备自身质量存在缺陷

设备自身质量是闸门运行稳定性的核心根基，闸门设计不合理、材料选用偏差或制造工艺欠缺，都会直接埋下故障隐患，设计阶段未充分结合工程实际工况，诸如水流速度、水位波动、介质腐蚀等相关因素未全面考量，会导致闸门结构强度不足、密封设计疏漏，运行期间易出现变形、渗漏等各类问题，材料选用未契合相关标准，金属材料耐腐蚀能力薄弱、密封材料老化性能欠缺，会缩短闸门服役年限，提升故障发生几率，制造环节中焊接工艺不达标、加工精度偏差，会造成闸门部件装配间隙超标、密封面凹凸不平，进而引发启闭滞缓、密封失效等系列故障。

2.2 施工安装环节不规范

施工安装是闸门投入运行的关键节点，安装流程不规范会直接干扰闸门运行状态，诱发各类故障隐患，安装期间闸门门槽、底槛安装精度不足，出现倾斜、错位等问题，会导致闸门

与门槽贴合不紧密,进而引发启闭卡阻、密封渗漏等现象,闸门吊装作业中操作不当,会造成门体变形、构件破损,破坏闸门结构完整性,密封件安装时存在偏移、错位或固定松动等情况,会直接削弱密封效果,引发渗漏故障,安装完毕后未开展全面调试与检测,未能及时排查安装缺陷,会使故障隐患遗留至运行阶段,逐步显现并干扰闸门正常运转^[2]。

2.3 运行操作流程不规范

运行操作的规范性直接关联闸门运行状态,不规范操作会加速闸门部件损耗,诱发各类故障,操作人员未严格遵循操作规程,闸门启闭过程中盲目作业,诸如启闭速度过快、强行启闭卡死的闸门,会造成机械传动部件受损、门体冲击变形,引发启闭异常问题,未结合实际水位、水流状况合理调节闸门开度,会使闸门长期处于不合理受力状态,加剧结构部件磨损与疲劳损伤,操作过程中未及时记录闸门运行参数,无法及时捕捉运行异常信号,会导致微小隐患逐步发展为重大故障,干扰水利水电工程正常运行。

3 水利水电工程闸门运行故障的辅助成因

3.1 维护管理体系不完善

完善的维护管理是防范闸门运行故障的重要支撑,维护管理体系存在疏漏会导致故障隐患难以及时排查与处置,未构建科学完善的维护管理制度,维护工作缺乏系统性与针对性,多采用事后检修的被动模式,未能实现前瞻性预防性维护,使得微小故障不断累积发展为重大故障,维护人员专业素养不足,对闸门结构特性、运行机理及维护技巧掌握不够娴熟,无法精准识别潜在故障隐患。维护作业流于表面形式,难以达成预期维护成效,维护过程中未详细记录维护内容、设备运行状态等关键信息,缺乏完整规范的维护档案,不利于后续故障溯源与维护方案优化完善,也无法依据闸门实际运行状态制定贴合实际的针对性维护计划,进一步加剧故障发生风险。

3.2 外部环境因素的影响

闸门长期处于户外复杂水环境中,外部环境因素的持续作用会加速部件损耗,诱发各类运行故障,水流冲击是核心环境影响因素,不规则水流、急流会对闸门产生不均匀冲击力,长期作用下会造成门体塑性变形、构件磨损加剧,甚至引发闸门振动现象。进一步诱发焊缝开裂等故障,水中裹挟的泥沙、杂物会不断堆积在闸门轨道、密封面及传动部件处,既会增加启闭运动阻力,又会磨损部件表面精度,干扰闸门正常运转,高温、严寒、潮湿等极端气候条件,会加速金属构件锈蚀、密封件老化破损,高纬度地区冬季水体结冰还可能导致闸门卡死无法运转,多重环境因素叠加进一步提升故障发生几率,缩短闸门使用寿命。

3.3 配套设施运行异常

闸门正常运行依赖启闭机、液压系统、电气控制系统等配套设施,配套设施运行异常会直接干扰闸门运行状态,诱发各类故障,启闭机作为闸门启闭的核心动力装置,电机过热、减速器磨损、制动装置失效等问题,会导致闸门启闭动力不足、定位偏差,引发启闭动作异常^[3]。液压系统若出现油液渗漏、油质变质、管路堵塞等情况,会降低动力传递效率,导致闸门启闭动作滞缓、受力不均衡,电气控制系统出现接线松动、传感器失灵、控制程序异常等问题,会导致闸门操作指令无法正常执行,出现误动作或卡死现象,这类故障若未及时处置,不仅影响闸门正常运行,还可能引发严重安全事故,威胁工程与人员安全。

4 水利水电工程闸门运行故障的预防对策

4.1 严格把控设备质量关

预防闸门运行故障,需从源头严控设备质量,筑牢闸门稳定运行的基础,设计阶段需紧密结合工程实际工况,全面考量水流冲击、介质腐蚀、荷载波动等相关因素,优化闸门结构设计细节,确保结构强度、密封性能均契合实际运行需求,材料选用需严格遵循行业相关标准,优先选取耐腐蚀、耐老化、强度优异的材质,密封件选用适配工程工况的专用类型,切实提升闸门服役年限,制造环节中,严格规范焊接、加工各道工序,强化质量检测力度,确保闸门部件加工精度、装配质量均达到标准,杜绝因制造缺陷埋下故障隐患,设备出厂前开展全面调试作业,逐项检测各项性能指标,确保设备完全符合工程运行标准后再投入使用。

4.2 规范施工安装流程

规范施工安装流程,能够有效减少安装环节各类缺陷,降低闸门运行故障发生几率,施工前期需对参与作业的施工人员开展专业培训,明确安装标准、操作规程及质量要求,全面提升安装人员专业素养与操作能力,安装过程中,精准控制门槽、底槛等核心部件的安装精度,确保安装平整、无倾斜、无错位,保障闸门与门槽贴合紧密无间隙。闸门吊装作业需规范有序,精准控制吊装力度与角度,避免门体变形、构件破损,密封件安装需精准对位,确保固定牢固、贴合紧密,安装完毕后,开展全面调试与检测工作,重点核查闸门启闭动作流畅度、密封性能及配套设施运行状态,及时排查并整改各类安装缺陷,确保闸门安装质量完全符合工程运行要求。

4.3 规范运行操作行为

规范运行操作行为,可有效减少人为因素引发的故障,延长闸门使用寿命,构建完善的运行操作规程,明确闸门启闭流

程、操作标准及各类注意事项,操作人员需严格依照规程开展作业,杜绝盲目启闭、强行操作等不规范行为^[4]。结合实际水位、水流变化情况,科学合理调节闸门开度,确保闸门始终处于合理受力状态,减少结构部件磨损与疲劳损伤,加强操作人员专业培训,提升操作人员对闸门运行原理、操作技巧及异常情况判断处置的能力,确保操作人员能够精准规范操作,及时捕捉运行过程中的异常信号,建立完善的运行记录制度,详细记录闸门运行状态、操作流程、参数变化等信息,为后续维护管理、方案优化提供可靠依据。

5 强化闸门运行管控保障故障防控实效

5.1 完善维护管理体系

完善维护管理体系,落实预防性维护工作,可及时排查各类故障隐患,降低故障发生频次,构建科学规范的维护管理制度,明确维护周期、维护内容及具体标准,推行“预防为主、维护为先、检修为重、安全为本”的维护方针,推动维护模式从事后被动检修向事前预防性维护转变,强化维护人员专业培训,系统提升维护人员对故障隐患的判断、排查及处置能力,确保维护工作不流于形式、切实落地,建立完整规范的维护档案。详细记录维护时间、维护内容、设备运行状态、故障处理细节等关键信息,为后续故障溯源、维护方案优化提供支撑,依据闸门实际运行状态动态调整维护计划,切实提升维护工作的针对性与实效性。

5.2 强化外部环境防控

强化外部环境防控,降低环境因素对闸门运行的干扰,是预防闸门故障的关键举措,定期对闸门周边水域实施清淤作业,清除水中裹挟的泥沙、杂物,避免其堆积在闸门轨道、密封面及传动部件处,减少启闭运动阻力与部件磨损损耗,针对

水流冲击问题,可优化闸门周边水流工况,削弱不规则水流、急流对闸门的冲击力,降低门体变形、构件磨损的可能性^[5]。结合不同气候条件采取适配的防护措施,高温、潮湿环境下强化金属构件防腐处理,严寒地区冬季采取加热、排水等防护手段,防止闸门结冰卡死,有效延长闸门部件服役年限,减少环境因素引发的各类故障。

5.3 加强配套设施管控

加强配套设施管控,保障配套设施稳定运行,为闸门正常运转提供坚实支撑,定期对启闭机、液压系统、电气控制系统等配套设施开展全面检查与维护,重点核查电机、减速器、液压缸、传感器等关键部件的运行状态,及时排查并处置部件磨损、介质泄漏、部件失灵等问题,定期更换液压油、润滑油等消耗品,确保配套设施运转顺畅,避免因耗材老化衰减影响运行效能,建立配套设施运行监测机制。实时监测各项运行参数,及时捕捉运行异常信号,快速采取针对性措施整改,防止配套设施故障传导至闸门,确保闸门与配套设施协同高效、稳定运行。

6 结语

本文围绕水利水电工程闸门运行故障成因及预防对策展开探讨,明确闸门运行常见故障类型,深入拆解故障产生的核心诱因与辅助因素,覆盖设备质量、施工安装、运行操作、维护管理、环境作用及配套设施等多个维度。针对各类诱因,提出严控设备质量、规范施工安装与运行操作、完善维护管理体系、强化环境防控及配套设施管控等适配性预防举措,闸门运行故障防控属于系统性工作,需统筹各环节管控,持续优化防控手段,及时排查整改故障隐患,有效提升闸门运行稳定性,保障水利水电工程安全高效长期运转,充分释放工程防洪、灌溉、发电等综合效能。

参考文献:

- [1] 孙伟.基于水利工程的闸门防腐施工安装验收要点探讨[J].粘接,2026,53(01):254-257.
- [2] 吴育松.水利水电工程金属结构安装施工质量控制对策探析[J].现代工程科技,2025,4(24):189-192.
- [3] 詹海升,唐丽娟.水利工程水闸闸门变形监测的自动化系统构建[J].四川水利,2025,46(05):88-92+184.
- [4] 毛学军,李乐华.水利水电工程闸门启闭机运行参数检测与优化分析[J].水电站机电技术,2025,48(10):166-170.D
- [5] 娄阳光,杨益,李婵娟.闸门在线监测系统在水利水电工程中的应用[J].黑龙江水利科技,2025,53(04):108-112.