

# 水利工程闸门安全运行管理

张友斌

乐市水利建设和管理中心 浙江 乐清 325600

**摘要:** 水利工程闸门安全运行管理至关重要。本文阐述了闸门安全运行的基础要素,包括结构类型、运行环境等;介绍了日常管理举措,如操作规程、设备维护与人员培训;分析了监测与预警机制建设要点;探讨了应急管理策略,涵盖应急预案制定与应急处置措施。通过全面管理,可保障闸门安全稳定运行,为水利工程发挥效益提供有力支撑。

**关键词:** 水利工程; 闸门安全运行; 日常管理; 监测预警; 应急管理

引言: 水利工程作为基础设施建设的关键部分,对保障民生、促进经济发展意义重大。闸门作为水利工程的核心设施,其安全运行直接关系到水利工程的整体效能与周边区域的安全稳定。然而,闸门运行面临诸多复杂因素,如结构特性、多变的环境条件等,这些都可能引发安全隐患。因此,深入探讨水利工程闸门安全运行管理,提升管理水平,具有十分迫切且重要的现实意义。

## 1 闸门安全运行的基础要素

### 1.1 闸门结构与类型特性

平板闸门、弧形闸门等不同类型闸门,均具备特定结构组成与工作机理。结构组成决定荷载传递路径,工作机理主导水流控制方式。各类闸门设计均基于水力学与结构力学原理,形成差异化安全优势,同时存在固有风险点<sup>[1]</sup>。平板闸门结构简洁,便于维护,安全优势体现在受力传递直接,潜在风险集中于门体与轨道配合间隙引发的振动问题;弧形闸门凭借弧形结构分散水流压力,安全优势表现为抗冲击性能优异,潜在风险源于铰座受力集中,易产生疲劳损伤。闸门结构材料选择直接关联安全运行可靠性,金属材料具备高强度与韧性,适用于大跨度闸门,但需重点关注防腐性能,一般金属闸门在腐蚀性环境中,若未做防腐处理,3-5年就可能出现明显锈蚀;混凝土材料成本低廉且抗侵蚀性强,多用于中小型闸门,但其抗冲击能力较弱,流速超5米/秒时表面易剥落。材料性能参数需与运行荷载精准匹配,避免选型偏差导致结构安全隐患。

### 1.2 闸门运行环境条件

水流特性是影响闸门受力状态的核心环境因素。水流速度与流量变化直接改变闸门承受的动水压力,流速增大易引发水流对门体的冲刷作用,流量波动则导致门体受力不均衡。水流漩涡形成局部负压,加剧门体振动;水流脉动产生周期性荷载,降低闸门结构稳定性。

水质因素通过物理化学作用影响闸门运行安全,水中泥沙含量直接决定闸门磨损程度,高含沙水流会加速门体表面磨蚀,缩短结构使用寿命;腐蚀性水质中的化学离子与闸门材料发生反应,引发材料锈蚀或腐蚀,破坏结构完整性。周边地质与气象条件构成闸门安全运行的外部环境约束,地质不稳定区域易发生地基沉降或滑移,导致闸门基础失稳;暴雨引发洪水流量激增,超出闸门设计承载能力;台风产生的强风荷载作用于门体,影响结构稳定性;地震则可能导致闸门结构整体损坏。各类环境因素相互作用,共同影响闸门安全运行状态。

## 2 闸门安全运行的日常管理

### 2.1 操作规程与规范执行

闸门开启与关闭需遵循严格标准操作流程。开启时,确认上下游水位、水流情况满足开启条件,按顺序操作启闭设备,使闸门平稳上升至指定位置;关闭时,综合考量各项因素,缓慢下降闸门至关闭状态,确保密封良好<sup>[2]</sup>。不同工况对闸门操作速度与幅度有明确要求。洪水来袭等紧急工况下,需快速开启闸门加大泄洪量,速度控制在每分钟0.5-1米,避免过快引发闸门振动或损坏;正常水位调节时,操作速度平缓,幅度精准控制,每次调节幅度控制在0.1-0.5米。多扇闸门联动操作时,协调要点至关重要。确保各扇闸门启闭时间差在10-30秒内,避免水流冲击不均影响整体稳定性;各扇闸门操作幅度需匹配,保证水流顺畅通过。操作过程中,安全注意事项不容忽视。时刻关注闸门运行状态,防止卡阻、碰撞等异常。定期清理闸门轨道杂物,清理周期每周1次;操作前确认闸门活动范围无障碍物。操作人员必须穿戴安全帽、安全带等防护装备。操作记录与档案管理是保障闸门安全运行的重要环节。详细记录操作时间、工况、操作人员等关键信息,档案妥善保存不少于5年,定期审查,及时发现潜在问题。

## 2.2 设备维护与保养

建立定期检查制度是设备维护的基础。检查周期依据闸门使用频率和工况确定,高频使用或恶劣工况下应缩短检查周期,一般建议每1-2周进行一次全面检查。检查内容全面涵盖闸门结构、启闭设备、电气系统等,及时发现结构变形、设备磨损、线路老化等问题。维护保养内容与方法需科学合理。对闸门结构,要定期清洁,去除表面污垢和杂物,并进行防腐处理,延长结构使用寿命,防腐处理周期建议为每2-3年1次;对启闭设备,要做好润滑、紧固和调试工作,确保设备运行顺畅,润滑周期建议为每月1次;对电气系统,要进行绝缘检测和线路检查,防止出现漏电、短路等安全隐患,绝缘检测周期建议为每季度1次。制定并执行维护保养计划是关键。根据闸门实际使用情况和工况特点,制定个性化维护计划,明确维护项目、时间和责任人。同时,加强对维护保养工作的监督与验收,确保维护质量达到标准要求,验收合格率应达到100%。

## 2.3 人员培训与管理

操作人员培训内容丰富多彩。包括闸门结构与工作原理知识,让操作人员深入了解闸门运行机制;操作规程与安全规范培训,使操作人员熟练掌握正确操作方法和安全注意事项;应急处理技能培训,提高操作人员在突发情况下的应对能力,应急处理技能培训每年不少于2次。培训方式采用理论授课与实践操作相结合的模式。理论授课传授专业知识和原理,实践操作让操作人员亲身体验和掌握操作技能。同时,建立定期复训与考核制度,不断巩固操作人员知识和技能,确保其始终具备合格的操作水平,复训周期建议为每半年1次,考核合格率应达到90%以上。人员资质管理严格规范。操作人员必须持证上岗,具备相应资质证书。还要确保人员技能水平与岗位匹配度,根据闸门类型和操作难度合理安排操作人员,保障闸门安全运行。

## 3 闸门安全运行的监测与预警

### 3.1 监测系统建设

#### 3.1.1 监测项目确定

闸门安全运行监测需精准确定关键项目。闸门位移监测是重要一环,涵盖水平位移与垂直位移两方面。水平位移监测能及时发现在横向方向上的偏移情况,垂直位移监测则可掌握闸门在竖向的沉降或上浮状况,二者结合全面反映闸门空间位置变化,水平位移和垂直位移的监测精度应控制在 $\pm 1$ 毫米以内<sup>[3]</sup>。应力应变监测聚焦闸门关键部位受力情况,通过监测关键部位的应力应变数据,可了解闸门在运行过程中承受的荷载大小及分

布,判断结构是否处于安全受力状态,应力应变监测点的数量应根据闸门规模和结构复杂程度确定,一般不少于5个。水位、流量监测同样不可或缺,对上下游水位进行监测,能掌握水位变化趋势,为闸门操作提供依据;过闸流量监测则可了解水流通过闸门的实际流量,评估闸门的泄流能力是否满足设计要求,水位监测精度应控制在 $\pm 2$ 厘米以内,流量监测误差应控制在 $\pm 5\%$ 以内。

#### 3.1.2 监测设备选型与安装

监测设备的性能直接影响监测结果的准确性。应选择高精度、可靠性强的监测仪器,确保在复杂环境下仍能稳定工作,提供精确数据,监测仪器的量程应根据实际监测参数范围合理选择,精度等级应达到0.5级以上。合理布置监测点是关键,要根据闸门结构特点、运行工况等因素,在关键位置设置监测点,使监测数据能够全面、准确地反映闸门实际状态。例如,在闸门易发生位移和应力集中的部位、上下游水位变化敏感区域等合理布设监测设备,每个关键部位至少设置1个监测点。

#### 3.1.3 监测数据采集与传输

确定合适的数据采集频率与方式至关重要。采集频率过高会增加数据处理负担,过低则可能无法及时捕捉闸门状态变化。应根据闸门运行重要性和变化快慢确定采集频率,对于重要闸门,数据采集频率建议为每分钟1次;对于一般闸门,可适当降低采集频率,如每10分钟1次。同时,建立稳定的数据传输网络,确保监测数据能够实时上传至监控中心,以便及时进行分析处理,为闸门安全运行提供及时有效的信息支持,数据传输延迟应控制在1秒以内。

### 3.2 数据分析与预警机制

#### 3.2.1 数据分析方法

对采集到的监测数据进行实时分析,绘制变化曲线是直观了解数据变化趋势的有效方法。通过观察曲线走势,能快速发现数据异常波动。运用数据分析模型预测闸门安全状态,可提前发现潜在安全隐患。这些模型基于大量历史数据和理论分析建立,能够对闸门未来一段时间内的安全状况进行科学预测。

#### 3.2.2 预警指标设定

依据闸门设计参数与安全标准确定预警阈值,这是预警机制的核心。预警阈值要科学合理,既能及时发现安全隐患,又避免误报。同时,划分不同级别预警标准,根据数据异常程度和可能造成的后果严重程度,将预警分为不同等级,以便采取相应措施。

#### 3.2.3 预警响应流程

当监测数据达到预警阈值时,及时发出预警信号是

关键一步。明确不同级别预警的响应措施与责任人，确保在预警发生时能够迅速、有序地采取行动，对闸门进行检修、调整操作等，保障闸门安全运行。

#### 4 闸门安全运行的应急管理

##### 4.1 应急预案制定

###### 4.1.1 风险识别与评估

闸门在运行过程中，面临着多种潜在风险。结构损坏是较为严重的风险之一，可能由于长期受水流冲刷、材料老化、外力撞击等因素引发，导致闸门整体或局部结构强度下降，影响其正常启闭和挡水功能<sup>[4]</sup>。启闭失灵同样不容忽视，电气系统故障、机械传动部件磨损等问题，都可能使闸门无法按照指令进行开启或关闭操作。对这些风险进行全面分析，不仅要考虑风险发生的可能性，还需评估一旦发生对闸门安全运行以及周边区域造成的影响程度，为后续制定针对性应急措施提供依据。

###### 4.1.2 应急预案内容

应急预案需明确应急组织机构与职责分工。成立专门的应急指挥小组，负责统筹协调应急处置工作，明确各成员在应急过程中的具体职责，确保在紧急情况下能够迅速、有序地开展行动。详细制定应急响应流程与处置措施，针对不同类型的风险，规定相应的响应级别和处置步骤，使应急人员清楚知晓在何种情况下应采取何种行动。同时，列出应急物资与装备清单，包括抢险工具、防护用品、备用零部件等，确保在应急时能够及时调配使用。

###### 4.1.3 应急预案的演练与修订

定期组织应急演练是检验预案可行性与有效性的的重要手段。通过模拟真实的风险场景，让应急人员熟悉应急流程和处置方法，提高其应急响应能力和协同配合能力。演练结束后，对演练效果进行全面评估，分析预案中存在的问题和不足之处。根据演练结果以及实际运行过程中出现的新情况、新问题，及时对应急预案进行修订完善，确保预案始终具有科学性和实用性。

##### 4.2 应急处置措施

###### 4.2.1 闸门结构突发故障处置

当闸门出现卡阻、断裂等突发故障时，需迅速采取

紧急处理措施。对于卡阻情况，可尝试采用人工辅助、机械牵引等方式使闸门恢复运动。若闸门发生断裂，应立即设置临时支撑与加固措施，防止断裂部位进一步扩大，保障闸门在应急处置期间的基本稳定，避免造成更大损失。

###### 4.2.2 启闭设备故障处置

针对电气故障，应迅速切断电源，排查故障线路，进行修复或更换。对于机械故障，检查传动部件的磨损情况，及时更换损坏零件，调整传动间隙。同时，明确备用启闭设备的启用流程，在主启闭设备无法正常工作时，能够快速、安全地启用备用设备，确保闸门能够继续正常运行。

###### 4.2.3 水位异常情况处置

当上游水位过高或下游水位过低时，需采取相应应对措施。上游水位过高可能威胁闸门安全，应及时开启闸门加大泄洪量，同时加强巡查监测。下游水位过低可能影响周边生态环境和用水需求，可合理调整闸门开启高度，控制下泄流量。制定防洪与排涝的紧急调度方案，根据不同水位情况，科学调配水资源，保障区域安全。

#### 结束语

水利工程闸门安全运行管理是一项系统且长期的工作，涉及多个环节与众多要素。通过完善基础要素保障、强化日常管理、构建监测预警体系以及做好应急管理等多方面举措，形成全方位、多层次的管理格局。严格落实各项管理措施，能够有效提升闸门安全运行水平，保障水利工程持续稳定发挥功能，为经济社会的平稳发展筑牢坚实基础。

#### 参考文献

- [1]张新宇.简论水利工程闸门安全运行管理策略[J].水电水利,2022,6(2):40-42.
- [2]杨继翔.水利工程闸门安全运行管理[J].装饰装修天地,2022(16):58-60.
- [3]李芳芳.简论水利工程闸门安全运行管理策略[J].农家参谋,2023(30):167-168.
- [4]刘典鹏.水利工程中闸门启闭机的运行管理研究[J].技术与市场,2022,29(1):137-139.