

# 水利工程闸门安全运行管理措施

董晨 张显

江苏省灌溉总渠管理处 江苏 淮安 223200

**摘要：**随着水利工程建设规模不断扩大，其在防洪、灌溉、发电及供水等方面发挥着愈发关键的作用。本文围绕水利工程闸门安全运行管理展开研究，首先阐述其在防洪、供水、农业灌溉及水力发电等方面的重要性，进而分析当前运行管理中存在的设备老化与损坏、管理制度不完善、人员素质不高、技术保障不足等问题。针对这些问题，从制度建设、设备维护、人员培训、技术保障四个维度提出具体措施，包括建立健全责任制、完善操作规程、加强设备检查与防腐处理、开展专业培训与应急演练、引入先进监测设备及信息化管理系统等，旨在为提升水利工程闸门安全运行管理水平提供参考，保障水利工程整体功能的有效发挥。

**关键词：**水利工程；闸门安全；运行管理；措施

## 引言

水利工程闸门作为控制水流、调节水位的关键设施，其安全运行直接关系到人民生命财产安全、社会经济发展及生态环境稳定。随着水利事业的不断发展，闸门运行环境日趋复杂，运行管理难度逐渐加大，各类安全隐患时有显现，对其管理工作提出了更高要求。并立足水利工程闸门运行实际，结合当前管理现状，深入探讨闸门安全运行的重要意义，剖析现存问题，并针对性地提出系统化管理措施，以期规范闸门运行管理流程、提高安全保障能力提供理论支持与实践指导，推动水利工程持续发挥防洪减灾、水资源调配等重要作用。

## 1 水利工程闸门安全运行的重要性

### 1.1 保障防洪安全

在汛期，水利工程闸门是抵御洪水的第一道防线。通过科学调控闸门开启高度和流量，能够有效分流超额洪水，降低河道水位，避免洪水漫溢引发城市内涝、农田被淹等灾害。若闸门运行出现故障，可能导致洪水宣泄不畅，加剧堤坝防洪压力，甚至引发溃坝风险，威胁沿岸群众生命财产安全。

### 1.2 保障供水安全

闸门通过调节水库、河道水位，为城市生活用水、工业生产用水提供稳定水源。在枯水期，闸门可拦截上游来水，保证水库蓄水量满足供水需求；在水质敏感期，能控制水体流速，减少污染物扩散。一旦闸门运行失常，可能造成供水量骤减或水质恶化，影响居民正常生活和企业生产秩序。尤其在水资源紧张地区，闸门的精准调控是实现水资源合理分配、保障供水持续性的核心保障。

### 1.3 保障农业灌溉

农业灌溉依赖稳定的水源供给，闸门通过控制灌溉渠道流量，确保农田得到适时适量的水分补给。在作物生长关键期，闸门可根据土壤墒情调节水量，避免干旱或内涝影响作物生长。若闸门出现渗漏、启闭失灵等问题，会导致灌溉水量失衡，出现部分农田缺水减产、部分区域积水成灾的情况。对于农业主产区而言，闸门的安全运行是保障粮食生产稳定、维护农业经济发展的重要基础。

### 1.4 保障水力发电

水力发电依赖水流的势能转化，闸门通过调节水位差控制发电流量，直接影响发电机组的稳定运行和发电量。稳定的闸门运行能保证机组在设计水头下高效发电，避免因水量波动导致机组负荷骤变，减少设备损耗和故障风险。若闸门调控失效，可能造成发电量骤降，影响电力系统供电稳定性，甚至因水流冲击引发发电机组损坏，造成重大经济损失<sup>[1]</sup>。

## 2 水利工程闸门运行管理中存在的问题

### 2.1 设备老化与损坏

部分水利工程闸门投用时间长，长期受水流冲刷、泥沙磨损及水体腐蚀影响，设备老化现象突出。金属构件锈蚀剥落，闸门止水带开裂漏水，启闭机齿轮磨损、电机效率下降等问题普遍存在。部分工程因资金投入不足，未能及时更换老化部件，导致闸门启闭卡顿、密封性能下降，甚至出现运行中突发故障，严重影响闸门正常功能发挥，增加安全运行隐患。

### 2.2 管理制度不完善

当前闸门运行管理制度存在诸多漏洞，部分单位未建立系统的责任体系，导致管理职责模糊，出现问题时相互推诿。操作规程缺乏针对性和细化标准，对不同类

型闸门的运行参数、操作流程规定笼统,难以有效指导实际工作。安全检查制度执行不到位,检查频次不足、内容片面,对隐蔽性隐患排查不彻底,且缺乏隐患整改跟踪机制,使问题长期积累。

### 2.3 人员素质不高

闸门运行管理人员专业能力参差不齐,部分人员未接受系统的专业培训,对闸门结构原理、运行特性及操作规范掌握不足,易因操作不当引发设备故障。安全意识淡薄,对运行中的风险点认识不足,存在侥幸心理,日常巡检流于形式,未能及时发现异常情况。应急处置能力欠缺,面对突发故障时手足无措,无法快速有效采取应对措施,加剧事故影响范围。此外,人员流动性较大,也影响管理队伍的稳定性和专业性。

### 2.4 技术保障不足

现有闸门监测技术较为落后,多依赖人工巡检和简单仪器测量,难以实现对闸门运行状态的实时、精准监测,无法及时捕捉微小变形、应力变化等潜在问题。信息化管理水平低,缺乏统一的数据分析平台,闸门运行数据分散、共享困难,难以实现科学调度和预测预警。新兴技术应用滞后,数字孪生、智能传感等先进技术在闸门管理中普及率低,技术支撑能力与复杂运行环境的适配性不足<sup>[2]</sup>。

## 3 水利工程闸门安全运行管理措施

### 3.1 加强制度建设,完善管理体系

#### 3.1.1 建立健全安全运行责任制

构建覆盖决策层、管理层、执行层的三级安全运行责任体系,明确各级主体的具体职责。决策层负责审批安全管理规划、保障资金投入;管理层承担日常监督、制度落实检查职责;执行层需严格遵守操作规程,做好设备巡检记录。将闸门安全运行纳入单位年度绩效考核体系,实行“一票否决”制,对因责任落实不到位引发安全事故的,逐级追究责任。同时,设立安全管理专员岗位,负责统筹协调责任落实工作,定期召开责任复盘会议,分析责任履行中的薄弱环节并及时整改,确保责任链条无断点。

#### 3.1.2 制定完善的操作规程和维护制度

结合闸门型号、运行环境及技术参数,编制分类型、分场景的操作规程手册,细化启闭操作的步骤、力度、时间等关键参数,明确特殊天气(如暴雨、冰冻)下的操作禁忌。针对维护工作,制定“日常保养—季度检修—年度大修”三级维护制度,日常保养侧重清洁、润滑等基础工作;季度检修重点检查机械传动、电气控制等核心系统;年度大修则全面拆解设备,检测构件磨

损度、精度等指标。操作规程和维护制度需经专业技术委员会审核后发布,并根据设备更新、环境变化每两年修订一次,保证制度的时效性和可操作性。

#### 3.1.3 加强安全检查和隐患排查治理

建立“日常巡检+专项检查+突击抽查”的立体检查机制。日常巡检由值班人员每日执行,重点记录闸门运行声音、振动频率、密封情况等数据;专项检查在汛期前、枯水期及重大节假日开展,组织技术骨干对启闭机负荷能力、闸门结构强度等进行全面检测;突击抽查随机进行,主要检验值班人员应急响应和隐患识别能力。对排查出的隐患,按照“风险等级—整改难度—影响范围”分类建档,实行“一隐患一方案一责任人”管理模式。轻微隐患要求24小时内整改完毕,一般隐患限期7天整改,重大隐患立即停机整改并上报主管部门,整改完成后需经第三方机构验收合格方可重新投入运行,形成“排查—整改—验收—销号”的闭环管理流程。

### 3.2 加强设备维护,确保设备正常运行

#### 3.2.1 定期进行设备检查和维修

制定覆盖全生命周期的设备检查维护计划,结合闸门运行频率、环境湿度、水流含沙量等因素,差异化设定检查周期:小型闸门每月1次常规检查,中型闸门每半月1次,大型闸门每周1次。常规检查重点包括启闭机电机温度、齿轮啮合间隙、钢丝绳磨损程度、闸门止水带密封性等;每季度开展1次深度维护,对液压系统油液进行过滤净化,校准电气控制系统传感器精度,测试应急启闭功能。建立电子维护档案,详细记录每次检查数据、维护内容及处理结果,通过数据对比分析设备性能变化趋势,提前预判潜在故障,将被动维修转为主动保养。

#### 3.2.2 及时更换老化和损坏的设备部件

建立关键部件“健康台账”,记录启闭机轴承、闸门连接螺栓、限位开关等易损件的安装日期、累计运行时长、耐受阈值等参数,运用磨损计算公式预判更换时间。当部件出现以下情况时立即更换:金属构件锈蚀深度超过厚度的1/5,电气元件响应延迟超过0.5秒,止水带出现长度超3厘米的裂纹。采购更换部件时,优先选择原厂配件或经认证的替代产品,更换前进行尺寸精度、材质强度检测,更换后进行3次以上空载及负载试运行,确保新部件与设备整体适配,避免因配件不兼容导致二次损坏。

#### 3.2.3 加强设备的防腐和防锈处理

实施“表面预处理—涂层防护—长效监测”的三级防腐体系。表面预处理采用喷砂除锈工艺,将金属构件表面粗糙度控制在Sa2.5级以上,去除氧化皮、旧涂层及

附着杂质；根据运行环境选择防腐材料：淡水区域采用环氧玻璃鳞片涂料，海水区域使用聚脲弹性体涂层，涂层干膜厚度不低于200微米，且需进行电火花检测确保无针孔。对闸门支铰、启闭机轴瓦等活动部件，每季度涂抹特种防锈润滑脂，形成油膜保护层。

### 3.3 加强人员培训，提高人员素质

#### 3.3.1 开展专业知识和技能培训

构建“理论授课+实操训练+跟岗学习”的三阶培训体系。理论培训邀请水利工程专业教授、闸门设备厂家技术人员授课，内容涵盖闸门结构原理、启闭机机械传动系统、电气控制系统构成等专业知识，配合三维动画演示加深理解。实操训练在模拟操作平台进行，重点训练闸门启闭参数设定、设备日常检查、常见故障判断等技能，每人累计实操时长不少于80小时。安排新入职人员跟岗学习3个月，由资深操作员一对一带教，通过“观察—模仿—独立操作”的流程逐步掌握岗位技能。

#### 3.3.2 进行安全教育和应急演练

每月开展一次安全教育活动，通过播放闸门事故案例纪录片、分析事故原因、解读安全法规等形式，强化人员“安全第一”的意识，重点强调违规操作可能引发的设备损坏、人员伤亡等后果。每季度组织一次应急演练，模拟闸门卡阻、电机过载、突发洪水等10种常见险情，演练内容包括应急启动流程、故障排查步骤、人员疏散路线等。演练前制定详细方案，明确各岗位人员职责；演练后召开复盘会，分析操作漏洞并优化应急处置流程。

#### 3.3.3 建立人员考核和激励机制

实行“日常考核+季度评估+年度总评”的考核制度。日常考核由班组长记录员工操作规程遵守情况、设备检查记录完整性、隐患上报及时性等；季度评估侧重实操技能测试，如在30分钟内完成闸门启闭机故障排查；年度总评结合理论考试、同事互评、工作业绩等综合评分。设立“安全标兵”“技术能手”等荣誉称号，对考核优秀者给予奖金奖励、优先参加外出培训等激励；对连续两次考核不合格的人员，安排离岗再培训，培训后仍不达标者调整岗位。

### 3.4 加强技术保障，提升管理水平

#### 3.4.1 引入先进的监测设备

在闸门关键部位部署智能化监测设备，构建全方位

感知网络。在闸门主梁、支臂等安装光纤光栅传感器，实时监测应变、温度，精度达 $\pm 2\mu\epsilon$ ，捕捉微小结构变形；在启闭机电机、减速器加装振动传感器和红外测温仪，采集振动频率、温升速率，采样频率不低于1kHz，及时发现机械故障前兆。在止水部位装渗漏监测仪，识别0.1mm以上缝隙渗漏。设备接入数据终端，设多级预警阈值，超限时自动声光、短信报警，实现从“人工巡检”向“智能感知”转变，提升隐患发现及时性与准确性。

#### 3.4.2 建立信息化管理系统

搭建集数据采集、分析、决策于一体的闸门信息化管理平台，整合设备台账、运行记录等资源。系统有三大功能：实时监控模块展示运行状态与数据曲线，支持远程调阅；智能分析模块用大数据算法预测参数趋势，自动生成检修建议；流程管理模块将规程转化为数字化流程，实现管理闭环。采用云架构，支持多终端访问，助管理人员掌握动态，为决策提供支撑，提高管理效率。

#### 3.4.3 推进数字孪生技术应用

构建与实体闸门1:1映射的数字孪生模型，实现物理与虚拟实时交互。通过三维激光扫描结合BIM模型建基础框架，接入传感器数据驱动更新。系统可模拟不同工况运行状态，预测结构应力、能耗等指标。利用模型虚拟调试，优化操作方案，如验证启闭速度对设备寿命的影响。导入历史故障数据机器学习，提升诊断准确性，为全生命周期管理提供工具，推动管理向“预测性维护”升级<sup>[1]</sup>。

### 结束语

综上所述，水利工程闸门安全运行管理需从制度、设备、人员、技术多维度协同发力。完善制度体系筑牢管理根基，强化设备维护延长使用寿命，提升人员素质保障操作规范，引入先进技术实现智能管控。通过四方联动，可有效防范安全风险，确保闸门在防洪、供水、灌溉、发电中持续发挥关键作用。

### 参考文献

- [1]杨涌.基于现代化技术的水利工程闸门安全运行管理研究[J].水利科学与寒区工程,2021,4(4):125-128.
- [2]缪慧丽,陈华,田磊磊.以管理创新和技术创新助力智慧水闸建设[J].水利建设与管理,2021,41(3):165-171.
- [3]孔令敏,马振斌.水工闸门及启闭机养护与维修研究[J].工程技术研究,2021,6(1):243-244.