

水利工程管理中水闸安全运行措施研究

袁帅帅¹ 王柏晶² 陆秋³

1. 南通市海门区青龙港船闸管理所 江苏 南通 226100

2. 南通市海门区常乐闸管理所 江苏 南通 226100

3. 南通市海门区常乐镇水利服务站 江苏 南通 226100

摘要: 本文围绕水利工程管理中水闸安全运行展开研究,以常乐闸为典型研究对象,首先剖析水闸核心结构组成、功能定位及安全运行的技术标准与管理规范,进而识别结构安全、水文与环境、人为操作与管理三类核心风险。在此基础上,从日常巡检与隐患排查、结构维护与加固、水文调度优化、智能化监测系统建设、管理体系优化五个维度,提出针对性保障措施。研究旨在构建全方位、多层次的水闸安全运行管理体系,为提升常乐闸及同类水闸运行稳定性、防范安全风险、延长工程使用寿命提供理论参考与实践指导,助力水利工程安全高效发挥综合效益。

关键词: 水利工程; 管理; 风险识别; 水闸安全运行措施; 常乐闸。

引言: 水闸作为水利工程的关键控制性建筑物,承担着防洪、排涝、灌溉等多重核心功能,其安全运行直接关系到水资源合理利用与区域经济社会稳定。常乐闸作为南通海门区域水利体系的重要组成部分,承担着常乐镇及周边区域防洪排涝、农田灌溉及水资源调控的核心职责,其运行状态直接影响区域水利安全与农业生产稳定。当前,受结构老化、水文环境变化、管理机制不完善等因素影响,常乐闸及同类水闸运行面临诸多安全风险,给水利工程管理带来严峻挑战。因此,以常乐闸为切入点,深入研究水闸工程结构特性与安全运行要求,系统识别潜在风险,探索科学有效的安全运行保障措施,具有重要的现实意义。本文基于常乐闸及区域内水闸运行管理实际,全面梳理相关技术与管理要点,为破解水闸安全运行难题、提升水利工程管理水平提供支撑。

1 水闸工程结构特性与安全运行核心要求

1.1 水闸工程核心结构组成与功能定位

水闸是水利工程的关键控制性建筑物,核心结构由闸室、闸门、启闭设备、防渗排水系统、消能防冲设施及附属建筑物构成,各单元功能协同形成完整运行体系。常乐闸闸室采用高强度钢筋混凝土浇筑,闸门选用耐腐蚀钢制材料,启闭设备配备高效液压驱动系统,防渗排水与消能防冲设施适配区域水流特性,各结构单元协同实现水流精准调控。常乐闸兼具防洪、排涝、灌溉、供水等多重功能,是协调区域水资源分布、抵御局部水文灾害、支撑常乐镇农业生产与周边经济社会可持续发展的重要基础设施,其结构设计与功能实现紧密契合区域水利规划、水文特征及工程总体目标。

1.2 水闸安全运行的技术标准与管理规范

水闸安全运行的技术标准与管理规范是工程稳定运行的制度基础和技术依据,具有强制性、科学性与实用性。技术标准覆盖结构安全、运行性能、水文适配等维度,明确工程材料强度、结构变形限值、闸门启闭精度、防渗防冲指标等关键参数,为设计、施工、运维提供统一技术准则。管理规范聚焦全流程运行管理,涵盖岗位职责划分、操作规程制定、巡检维护频次、隐患处置流程等内容,界定各参与主体责任边界与工作要求。相关标准与规范基于水利工程实践经验,结合水文水资源特性、工程结构原理及安全风险防控需求修订完善,其严格执行是防范安全风险、延长工程寿命、保障水闸功能有效发挥的重要前提^[1]。

2 水利工程管理中水闸运行安全风险识别

2.1 结构安全风险

结构安全风险是水闸运行过程中最直接的隐患来源,源于结构自身性能衰减或受力失衡。闸室作为核心承载构件,可能因长期承受水压力、地基沉降等因素,出现结构整体性下降、应力分布不均等问题;闸门作为水流控制关键部件,易受材质老化、机械磨损等影响,导致密封性能弱化、结构强度不足;启闭设备长期处于动态运行状态,其机械传动系统、动力供应部件可能出现衔接故障、性能退化等情况,影响操作的精准性与可靠性。防渗排水系统、消能防冲设施等辅助结构的功能失效,也会间接加剧结构安全风险,威胁水闸整体运行稳定性,这类风险具有隐蔽性与累积性特征,需通过系统性监测与评估及时发现。

2.2 水文与环境风险

水文与环境风险源于外部自然条件的动态变化,对

水闸运行构成持续性影响。水文方面,极端水量变化可能超出水闸设计承载能力,引发过载运行风险;水流状态的不规则波动会加剧对结构表面的冲击与磨损。环境因素中,泥沙淤积会改变水闸周边水流形态,增加结构受力负担,同时影响闸门启闭灵活性;各类腐蚀性介质会侵蚀工程材料,破坏结构表层防护体系,降低材料耐久性与结构承载力;温度变化、风化作用等自然现象也会逐步削弱结构性能,这类风险具有突发性与不可逆性,受区域自然环境与气候特征影响显著。

2.3 人为操作与管理风险

人为操作与管理风险贯穿水闸运行全流程,与管理体制、人员行为直接相关。操作层面,缺乏规范指导的违规作业、操作流程不规范等行为,可能导致设备误操作、结构受力异常;管理层面,维护保养工作的缺失或不及时,会使潜在隐患无法及时处置,逐步发展为显性风险;岗位职责划分不清晰、协同机制不完善,会导致运行过程中的问题处置滞后;人员专业能力不足、安全意识薄弱,难以应对复杂运行场景,增加风险发生概率^[2]。

3 水闸安全运行核心保障措施

3.1 水闸工程日常巡检与隐患排查措施

日常巡检与隐患排查需建立标准化、全覆盖实施机制,从指标、频次、流程到处置形成完整闭环,及时防范潜在风险。(1)构建全面化巡检指标体系,明确覆盖闸室、闸门、启闭设备、防渗排水系统、消能防冲设施及附属建筑物的核心检查内容,细化各部位外观状态(裂缝、锈蚀、变形等)、运行参数、连接情况(螺栓紧固度、焊缝完整性等)的关键判断标准,制定区分必查项与选查项、标注关键风险点的统一可量化巡检清单,确保巡检无遗漏、无盲区且便于执行。(2)制定差异化巡检频次方案,结合水闸服役年限、运行工况(汛期、灌溉期等)、区域水文环境风险等级,划分日常巡检、定期巡检与专项巡检(极端天气后、设备检修后),明确各类巡检周期、责任主体及要求,对闸底止水、启闭机齿轮箱、防渗墙等高风险部位加密专项检查,强化动态管控。(3)规范全流程作业与闭环管理,明确巡检人员从闸室顶部至闸底、主体结构至附属设施的有序巡查路线,采用目视观察、工具测量、仪器检测相结合的检查方法,以文字+影像形式留存真实可追溯的巡检资料;建立一般、较大、重大三级隐患分级分类标准,按严重程度划定处置优先级,明确现场即时上报与每日汇总上报渠道,规范技术人员核实、专家论证的评估流程,划分整改责任并设定验收时限,重大隐患实行挂牌督办,整改后需双人复检验收,确保隐患清零。

3.2 水闸工程结构维护与加固技术措施

结构维护与加固坚持“预防为主、防治结合”原则,结合结构老化程度、病害类型及运行需求选取适配技术,兼顾安全与经济性,保障结构长期稳定。(1)开展常态化结构养护,制定季度计划,定期清理混凝土结构表面浮尘与杂草,采用压力灌浆、密封胶封堵细微裂缝,强化渗漏部位防渗处理;对钢闸门、启闭机轴等金属结构按周期除锈打磨、分层涂刷底和面漆,紧固并防锈处理连接螺栓与销轴;为启闭设备加注专用润滑油,校验限位开关、力矩保护装置等安全部件,及时更换磨损严重的钢丝绳、轴承等易损件,维持结构与设备基础性能。(2)强化关键系统专项维护,每半年检查防渗帷幕、止水带、伸缩缝等防渗设施完整性,更换老化破损止水构件,清理排水廊道、渗沟、集水井内泥沙杂物,保障排水畅通;每年排查消力池、护坦、挑流鼻坎等消能防冲设施,用聚合物砂浆、喷射混凝土修补冲刷坑与剥蚀面,清理河道内影响水流平顺的淤积物、漂浮物及障碍物,减轻水流冲击与空蚀破坏。(3)实施针对性加固改造,对结构强度不足或性能衰减的闸室闸墩、闸门主梁等,结合受力分析采用外包钢板、粘贴碳纤维布、增大截面法等加固技术;对地基沉降引发的结构倾斜、裂缝,通过高压注浆、换填垫层、桩基托换等改善地基承载能力;建立完整技术档案,详细记录施工方案、材料参数、过程数据及效果评估报告,为后续工作提供依据^[3]。

3.3 水闸运行过程中的水文调度优化措施

水文调度优化基于实时数据与工程实际,统筹安全运行与水资源利用,实现常规与应急调度有机结合,提升决策科学性与灵活性。(1)搭建多源水文数据共享平台,整合流域水文站、雨量站、水位站实时数据,接入气象部门短期预报与中长期气候预测,同步采集水闸闸门开度、上下游水位差等运行参数,建立实时传输、自动汇总与智能分析机制,消除数据孤岛,为调度决策提供精准全面支撑。(2)制定动态化调度方案体系,结合水闸设计过流能力、防洪标准及流域水利规划,运用水文模型构建常规调度模型,明确不同时段、来水条件下闸门启闭幅度、时机与顺序,避免骤开骤闭;针对洪水、枯水、台风等极端情况,制定专项应急预案,划定防洪优先、兼顾供水灌溉的调度优先级,明确应急响应启动条件、操作流程及部门协同职责,确保极端情况下运行安全。(3)建立调度效果动态评估机制,定期复盘调度方案实施情况,结合水闸结构受力变化、河道冲淤情况及水资源利用效率研判合理性;根据流域水文特性、工程状态及用水需求变化优化调度策略,避免结构

受力突变、水流冲刷加剧或水资源浪费,实现安全与效益动态平衡。

3.4 水闸安全运行智能化监测系统建设

智能化监测系统实现“监测-传输-预警-运维”一体化,依托物联网、大数据技术提升安全管控精准性与高效性,为安全运行赋能。(1)科学配置监测指标与设备,聚焦结构安全、运行状态、环境条件三大维度,选取结构应力、应变、沉降、倾斜、振动、渗流量、渗压、水位、流量、闸门开度及启闭设备运行参数等关键指标,在闸室、闸门、地基、上下游河道等关键部位合理布设应变计、位移计、渗压计、流量计等传感器,选型兼顾精度、稳定性与环境适应性,安装避开恶劣环境,确保数据代表性与准确性。(2)构建稳定高效传输与预警平台,采用光纤有线传输为主、4G/5G及LoRa无线传输为辅的混合网络,保障数据实时稳定传输;搭建边缘计算+云端存储的智能数据处理与预警平台,设置指标分级安全阈值,通过数据比对实现异常自动报警,采用平台弹窗、短信、APP推送等方式通知,明确预警等级对应的响应流程与责任主体,为应急处置争取时间。

(3)完善系统运维管理机制,制定传感器半年一次现场校准、传输设备年度全面检修及软件定期升级计划,建立设备故障快速处置流程;规范数据加密存储与分级访问机制,实现与水利管理部门、运维单位的数据共享,确保数据完整可用,为安全分析与决策提供技术支持。

3.5 水闸安全运行管理体系优化措施

管理体系优化从责任、流程、人员、协同发力,构建权责清晰、流程规范、人员专业、协同高效的管理机制,保障各项措施落地。(1)健全分级责任体系,按“谁主管、谁负责”原则,明确各级管理人员、技术人员与操作人员岗位职责与权限,建立“单位负责人-部门负责人-现场管理人员-操作人员”四级责任体系,将安全责任层层落实到人;将安全指标纳入绩效考核,与薪酬、评优挂钩,对责任落实不到位引发安全问题的人员问责。(2)规范标准化作业流程,针对巡检、维护、启

闭操作、应急处置等关键环节,编制详细操作规程与作业手册,明确操作步骤、安全要求、质量标准及注意事项,确保通俗易懂可操作;定期组织培训与交底,确保人员熟练掌握要求,严格依规作业。(3)强化人员队伍建设,制定常态化培训计划,涵盖水闸结构原理、专业技术、安全知识、操作技能及法律法规,采用线上线下结合方式,每年至少2次集中培训;建立考核激励机制,定期考核专业能力与工作绩效,不合格者暂停上岗,对表现突出者表彰奖励,打造专业化队伍。(4)完善协同联动机制,加强与水利、气象、应急管理、流域管理等部门沟通,建立定期联席会议、线上工作群等常态化渠道,实现信息实时共享;联合制定突发灾害、工程故障联动处置预案,明确职责分工、信息路径及操作流程;每年至少组织1次跨部门联合应急演练,检验优化协同机制^[4]。

结束语:本文通过对水闸安全运行相关问题的系统研究,以常乐闸为研究重点,明确了水闸结构特性、安全运行要求及核心风险点,构建了涵盖技术、管理、监测等多维度的安全运行保障措施体系。这些措施相互协同、层层递进,为常乐闸及同类水闸安全稳定运行提供了全面支撑。然而,水闸安全运行管理是一项长期动态的工作,随着智慧水利技术发展与水文环境变化,常乐闸安全运行管理仍需持续优化完善。未来可进一步加强智能化技术与管理的深度融合,强化风险预判与动态管控,不断提升常乐闸安全运行的科学性与高效性。

参考文献

- [1]冯恬.水利工程施工管理中水闸安全运行措施研究[J].工程建设与技术,2025,3(9).
- [2]孙源,接冠文.水利工程施工管理中水闸安全运行措施研究[J].数字化用户,2024(46):85-86.
- [3]王永田.水利工程施工管理中水闸安全运行管理措施[J].工程学研究与应用,2025,6(18):12-13.
- [4]麦麦提艾力.浅谈水利工程中的水闸安全运行与管理的探讨[J].建筑与施工,2024,3(2):127-129.