

水利工程管理中水闸安全运行措施分析

徐 亮

沭阳县章集水利站 江苏 宿迁 223600

摘 要：本文系统梳理影响水闸安全运行的三类核心因素，覆盖结构本体老化损伤、机电设备性能劣化、运维管理人为偏差三个维度，针对性构建从分级巡检、重点排查到隐患闭环处置的全链条隐患管控体系，配套形成结构常态化养护、机电设备精细化运维、标准化操作与人员能力提升的完整技术管理框架，可为水利工程管理单位建立系统化水闸安全运行管控体系提供标准化技术参考，全面提升水闸工程长期运行的稳定性与安全性。

关键词：水利工程；水闸；安全运行；运维管理；风险防控

引言：水闸是流域防洪调度、水资源配置、灌区供水保障的核心控制性水利工程，其长期安全稳定运行直接关系到下游区域的防洪安全与供水保障能力。当前国内大量建成运行多年的水闸工程，受长期水流侵蚀、自然环境老化与运维管理短板影响，逐步暴露出各类安全隐患，传统碎片化的运维管理模式已无法适配现阶段水闸工程的安全管控要求。本文从影响水闸安全运行的核心因素切入，系统构建全流程可落地的安全运行管控技术体系，为水利工程管理单位规范水闸运维管理提供实操性指引。

1 水闸安全运行核心影响因素

1.1 结构本体损坏因素

水闸主体结构主要包括闸室、底板、翼墙、护岸等混凝土构筑物，长期运行过程中，持续的水流冲刷、空蚀作用会对结构表层造成磨损、剥落、开裂等损伤。水流中携带的泥沙、杂物会不断撞击闸体结构，日积月累会破坏混凝土保护层，导致结构内部骨料裸露，降低结构整体强度与稳定性。同时，自然环境中的温度干湿交替、冻融变化，会引发混凝土结构收缩膨胀不均，产生细微裂缝，裂缝逐步拓展后会造成结构渗水、漏浆等问题，严重影响闸体承载能力，形成永久性安全隐患。此外，闸基长期受水浸泡，易出现土体软化、不均匀沉降等问题，会导致闸体倾斜、变形，直接威胁水闸运行安全^[1]。

1.2 机电设备故障因素

水闸启闭系统、电气控制系统、传感监测设备等机电设施，是保障水闸正常启闭、精准调控水流的核心设备。启闭机、卷扬机、丝杆等机械部件长期反复运作，会出现零部件磨损、锈蚀、松动、润滑失效等问题，导致启闭卡顿、启闭不到位、受力不均等运行异常。电气

设备长期处于潮湿、多水汽的水利环境中，易出现线路老化、绝缘层破损、触点氧化、短路等故障，造成设备断电、控制系统失灵。各类监测传感器长期服役后，会出现精度偏移、数据失灵、设备失效等问题，无法精准反馈水位、位移、结构应力等关键运行数据，导致运维人员无法准确判断水闸运行状态，引发盲目操作风险。

1.3 运维管理人为因素

人为操作与管理不规范是引发水闸安全运行问题的重要因素。部分运维人员专业能力不足，对水闸设备结构、运行原理、操作流程掌握不熟练，在启闭操作、水位调控、应急处置过程中易出现操作失误，引发水流突变、设备过载、闸体受力异常等问题。同时，日常运维工作落实不到位，存在隐患排查不全面、设备养护不及时、运行记录不规范等问题，导致各类微小隐患无法及时发现、及时处置，逐步演变为重大安全风险。此外，运维人员责任意识薄弱，常态化巡检、值守工作流于形式，无法及时捕捉水闸运行中的异常状态，大幅提升水闸故障运行概率。

2 水闸日常安全巡检与隐患排查措施

2.1 制定常态化分级巡检制度

结合水闸工程的结构受力特点、机电设备分布特征与不同时段运行工况，建立常态化、分级化的巡检工作机制，明确各层级巡检的执行频次、覆盖范围、核查内容与岗位责任分工，从制度层面消除巡检管理的模糊地带。（1）将水闸巡检体系划分为日常常规巡检、阶段性专项巡检与特殊工况重点巡检三个层级。日常常规巡检每日定时开展，重点核查闸体外观完整性、机电设备空载与带载运行状态、闸门启闭动作灵活性、上下游水流流态等基础运行参数。（2）阶段性专项巡检按月度、季

度周期定期开展,针对闸体结构深层裂缝、传动部件磨损量、电气线路绝缘老化、闸基不均匀沉降等常规巡检难以覆盖的隐蔽性隐患进行精细化排查。在水位骤升骤降、强风、极端高低温等特殊工况下,立即启动重点巡检模式,加密巡检频次,对关键部位运行参数开展连续动态监测。同步规范全流程巡检作业标准,要求巡检人员逐项核查参数、精准留存原始记录,从执行层面杜绝漏检、虚检问题^[2]。

2.2 聚焦重点部位专项排查

针对水闸长期运行过程中易出现结构损伤、设备故障的高风险重点部位,开展靶向性专项隐患排查,全面提升隐患识别的精准度与排查深度,避免常规巡检出现遗漏盲区。(1)在水工结构层面,重点对闸室底板、闸墩、翼墙、下游护坦等核心受力与过流部位开展精细化排查,逐一核查各部位是否存在结构性裂缝、表层混凝土剥落、渗透水析出、不均匀沉降、侧向位移倾斜等异常现象,对结构伸缩缝、沉降缝的止水密封状态进行重点核验,彻底排查止水失效引发的漏水、漏浆隐蔽隐患。(2)在机电设备层面,重点检查启闭机械主体、传动连接部件、安全制动装置、动力电气线路、现地控制机柜等核心设施,逐一排查部件磨损超限、表面锈蚀、连接螺栓松动、润滑脂失效、线路绝缘层破损等典型问题。在安全监测系统层面,逐台校验水位、扬压力、结构位移、钢筋应力等监测传感器,排查设备元件失灵、监测数据偏差、信号传输链路异常等问题,保障监测设备运行稳定、采集数据精准有效。

2.3 建立隐患闭环处置机制

针对巡检与专项排查过程中发现的各类安全隐患,建立全流程台账化、闭环式的处置管理模式,从隐患识别到最终销号实现全链条可追溯管控。(1)对排查出的所有隐患第一时间进行分类分级登记,详细记录隐患精准位置、隐患所属类型、实际损伤程度、现场发现时间等核心信息,严格按照水利工程隐患风险分级标准划分为一般隐患与重点隐患,针对性制定对应整改方案,明确整改完成时限与直接责任人员。(2)对于轻微、不影响主体运行安全的一般性隐患,立即组织运维人员开展现场整改,快速消除运行风险。对于结构性损伤、机电设备重度故障等直接威胁水闸运行安全的重点隐患,第一时间暂停对应区域的运行操作,划定安全管控范围,组织技术人员编制专项整改修复方案,按程序分步推进整改工作。(3)隐患整改全部完成后,安排具备相应资质的专业人员进行复检验收,验收合格后方可恢复水闸正常运行,形成“排查-登记-整改-复核-销号”的完整管

理闭环,彻底杜绝隐患遗留与反复出现的问题。

3 水闸结构与机电设备养护措施

3.1 主体结构常态化养护

针对水闸混凝土主体结构,开展常态化养护作业,延缓结构老化,修复轻微损伤。(1)定期对闸体表面的杂物、淤泥、附着生物进行清理,避免杂物长期附着腐蚀结构表层,减少水流杂物对闸体的持续冲刷磨损。(2)针对结构表面出现的细微裂缝、表层剥落、麻面等轻微损伤,及时采用专用修补材料进行封堵、抹平处理,防止裂缝持续拓展、损伤扩大。定期检查闸体止水、防渗设施状态,对老化、变形、破损的止水条、防渗层及时更换修复,保障水闸防渗、止水效果。同时,定期清理闸前闸后淤积泥沙,减少泥沙堆积对闸基的压力,避免闸基土体软化、沉降变形,保障闸体结构稳定性^[3]。

3.2 机械设备精细化养护

对水闸启闭机、传动机构、制动系统等机械设备实施精细化养护,保障设备运行稳定性。(1)建立设备定期养护台账,按照设备运行频次与服役时长,定期对各类机械传动部件、转动部位加注专用润滑油、润滑脂,减少部件运行磨损,避免设备卡顿、异响等问题。定期对启闭设备的螺栓、连接件、紧固件进行全面检查紧固,对锈蚀严重的零部件及时除锈、防腐处理,无法修复的及时更换。(2)定期调试制动系统、限位装置,校验设备启闭行程、启闭速度,确保设备启停平稳、限位精准,杜绝启闭过载、超行程运行等问题。设备停运期间,做好防尘、防潮、防锈防护工作,避免设备长期闲置出现故障。

3.3 电气与监测设备专项养护

针对水闸电气控制系统与监测设备,开展专项养护作业,保障设备精准可靠运行。(1)定期对电气机柜、线路、开关、接触器等电气设施进行除尘、除湿处理,清理线路表面水汽、灰尘,检查线路绝缘层完整性,修复破损线路,紧固松动接线端子,杜绝短路、漏电、接触不良等问题。(2)定期对控制系统程序、运行参数进行核对校准,清理系统缓存,排查程序运行异常,保障控制系统稳定运行。对各类监测传感器、数据传输设备进行定期校验、维护,清理传感器表面杂物、水垢,校准监测精度,更换老化失效的监测设备,确保实时采集的水位、结构形变、设备运行参数等数据真实准确,为水闸运行调控提供可靠依据。

4 水闸运行操作与人员管控措施

4.1 规范标准化运行操作流程

结合水闸机电设备实际性能、不同工况下的运行边界条件与流域水资源调度的精准水流调控需求,制定覆盖闸门启闭、水位动态调控、机电设备启停全环节的标准化操作流程,从制度层面杜绝无依据随意操作、超规程违规操作的行为。(1)要求所有持证运维人员严格按照审定的标准化流程开展作业,水闸正式启闭前,提前完成机电设备空载试运转检查、闸体关键结构状态核验、上下游水流流态与水位差核查,确认全系统无安全隐患后方可启动操作。(2)启闭作业过程中,严格遵循平缓调控、循序渐进的操作准则,避免闸门快速启闭造成下游水流突变、机电设备短时过载、闸体结构承受剧烈冲击荷载,从操作层面防止引发结构疲劳损伤与突发性设备故障。运行操作全程同步做好实时运行记录,详细登记启闭起始时间、闸门开度变化过程、上下游水位动态变化、机电设备电流振动等运行状态参数,形成完整可追溯的运行台账,为后续运维检修、隐患溯源分析提供可靠的数据支撑^[4]。

4.2 强化运维人员专业管控

搭建体系化、专业化的水闸运维人员全流程管理体系,全面提升运维队伍的专业技术能力与岗位安全意识,从人的核心要素层面筑牢水闸安全运行的基础防线。(1)定期组织在岗运维人员开展分层分类专业技能培训,培训内容系统覆盖水闸水工结构受力原理、机电设备日常养护规范、全流程标准化操作细则、不同类型隐患精准识别方法、突发异常工况应急处置技能等核心模块,配套开展现场实操演练,全面提升人员现场实操能力与潜在风险识别能力。(2)建立明确的岗位责任划分制度,细化各岗位人员对应的日常巡检、定期养护、运行操作、24小时值守等具体职责,将水闸运行安全责任逐层落实到具体岗位与个人,从制度层面杜绝岗位责任推诿、履职不到位等管理漏洞。同步常态化开展岗位实操技能与安全规程考核,建立考核结果与岗位履职挂钩的管理机制,倒逼运维人员熟练掌握各项岗位工作技能,规范日常岗位履职行为,从人员管控层面系统性规避人为操作失误引发的各类安全运行风险。

4.3 优化异常工况应急管控

针对水闸全生命周期运行过程中可能出现的闸门设

备卡滞、启闭系统失灵、闸体结构渗透水、上下游水位异常陡变等各类突发异常工况,建立覆盖事前预判、事中处置、事后复盘的全链条完善应急管控机制。(1)提前系统梳理各类异常工况的诱发机理、风险演化特征与影响范围,针对性编制对应的专项应急处置流程,明确异常触发后的设备紧急关停、风险区域隔离、故障溯源排查、现场安全管控的标准化操作步骤,形成可直接落地的应急处置作业指引。(2)要求在岗运维人员熟练掌握不同场景下的应急处置方法,在发现水闸运行异常征兆时,第一时间暂停常规调度运行操作,快速排查异常核心诱因,采取科学合规的处置措施,第一时间控制风险扩散、消除故障根源,避免异常工况持续扩大引发重大工程安全事故。(3)同步按季度定期开展不同场景的应急实操演练,持续提升运维人员应急处置熟练度与临场研判能力,保障异常工况下能够快速、规范、高效完成全流程处置工作^[5]。

结束语

水闸安全运行管控是一项覆盖结构、设备、人员全要素的长期性系统性工作,不能仅依靠单次隐患排查实现长效安全。只有将分级巡检、精准养护、规范操作、人员能力建设各项措施深度融入日常运维全流程,形成常态化、闭环化的管理机制,才能从根源上延缓工程老化进程,及时识别并消除各类潜在风险,避免小隐患演变为重大安全事故,保障水闸工程在全生命周期内持续稳定发挥防洪、供水、调度的核心功能,为区域水利安全提供坚实的工程支撑。

参考文献

- [1] 余杰. 水利工程管理中水闸安全运行措施研究 [J]. 水上安全,2026,(4):136-138.
- [2] 黄晓阳,刘璐. 水利工程管理中水闸安全监测与智能化运维技术研究 [J]. 科技与创新,2026,(13):166-168.
- [3] 代方翔. 水利工程建设安全生产及运行标准化管理措施 [J]. 低碳世界,2026,16(4):80-82.
- [4] 蒋风良,文森. 中小型水利工程安全管理现存问题及改进措施研究 [J]. 河北安全生产,2026,(4):94-96.
- [5] 李波,郑侃. 水利工程监理安全管理风险的分析与应对措施 [J]. 大众标准化,2026,(11):57-59.