

水闸运行安全风险管控对策

韵建丽

新疆维吾尔自治区玛纳斯河流域水利管理中心, 中国·新疆 石河子 832000

摘要: 水闸作为调节水位、控制流量的关键水利工程设施, 其运行安全直接关系流域防洪度汛、农业灌溉与城乡供水。近年来, 受设施老化、极端天气频发及运维机制不完善等影响, 水闸运行安全事故呈多发态势, 暴露出风险防控的系统性短板。本文在剖析水闸运行风险多源成因与动态演化特征基础上, 构建“设备—结构—环境—管理”四维识别与量化评估框架, 并从责任体系、监测预警、隐患治理、应急能力、智慧管控与队伍建设等维度提出系统性、可落地的管控对策, 为提升水闸安全运行管理水平提供理论支撑与实践参考。

关键词: 水闸; 运行安全; 风险管控

Countermeasures for Risk Management of Water Gate Operation Safety

Yun Jianli

Water Conservancy Management Center of Manas River Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China Xinjiang Shihezi 832000

Abstract: Water gates, as key engineering facilities for regulating water levels and controlling flow rates, their operational safety directly affects flood prevention and control in river basins, agricultural irrigation, and urban and rural water supply. In recent years, due to factors such as aging facilities, frequent extreme weather events, and inadequate operation and maintenance mechanisms, water gate operation accidents have occurred frequently, revealing systematic shortcomings in risk prevention and control. Based on an analysis of the multi-source causes and dynamic evolution characteristics of water gate operation risks, this paper constructs a four-dimensional identification and quantitative assessment framework of "equipment - structure - environment - management", and proposes systematic and implementable control countermeasures from dimensions such as responsibility system, monitoring and early warning, hazard governance, emergency response capabilities, intelligent management, and team building, providing theoretical support and practical references for improving the safety operation management level of water gates.

Keywords: Water gate; Operation safety; Risk management

0 引言

水闸在江河堤防、灌区渠首和蓄滞洪区都有分布, 是水利工程体系中的“咽喉”节点, 水闸的启闭调度直接关系到上下游防洪、供水和生态安全。随着大量水闸进入运行中后期, 工程老化和功能衰减问题越来越突出, 再加上气候变化背景下暴雨、洪水、冰冻等极端天气事件频发, 水闸运行所面临的安全风险也变得愈加复杂且相互交织。目前的管控实践还存在着重建设轻管理、重处置轻预防、责任落实不到位、信息化水平不高这些短板, 事故教训十分深刻。因此, 对水闸运行安全风险管控对策进行系统的研究, 既是对水利工程安全运行的现实需求, 又是水利工程管理现代化、韧性化发展的必然要求。

1 水闸运行安全风险的成因与特征

1.1 风险的多源性成因

水闸运行风险并非单一因素所致, 而是工程本体、自

然环境与人为管理三类因素耦合作用的结果。工程本体上, 我国许多水闸建于二十世纪六七十年代, 经过几十年的运行, 混凝土碳化、金属结构锈蚀、启闭设备老化等问题普遍存在, 部分闸门止水失效、门体变形、基础淘空, 安全裕度不断降低, 一些早期工程存在标准低、抗震设防不足等先天缺陷。自然环境方面, 暴雨洪水、地震、滑坡、冰冻等灾害直接危及闸体安全, 以新疆为代表的西北干旱区, 春季冰雪消融引起的凌汛、冬季极端低温造成的闸门冻结卡阻、山洪携带大量泥沙淤积闸室、磨损止水和门槽等, 是具有地域特点的风险源。人为管理上, 基层管护力量薄弱、操作培训不够、规程执行不到位、巡检流于形式, 造成小隐患变成大事故, 此种风险不能忽视。另外, 新疆大型灌区实行水定地、按轮次集中供水, 水闸启闭频繁、负荷集中, 超负荷运行和设备疲劳损伤相叠加, 使闸门和启闭机构的失效概率增大, 运行调度和工程能力错配的矛盾

更加明显。

1.2 风险的动态演化特征

水闸风险具有很强的时变性和累积性。一方面,风险随服役年限增长缓慢累积,呈“渐进退化—临界突变”演化规律,日常看似平稳,一旦遇到设计工况以外的荷载就会瞬间失稳,所谓灰犀牛式风险更要引起重视;另一方面,风险随着季节和调度工况的剧烈波动而变化,汛期行洪、灌溉高峰引水、冬季封冻停机等阶段的风险水平相差很大,凌汛期冰塞壅水甚至可以在数小时内改变安全格局。另外,单一设备缺陷可通过水流、结构与电气耦合引发连锁反应,局部失效升级为系统性险情,这种非线性传播特征决定了管控必须关口前移、全程盯防,而非事后补救。值得注意的是,部分水闸地处偏远、通信不畅,风险暴露与信息传递存在时差,导致处置窗口被压缩,这对管控的自动化水平与前置预警能力提出了更高要求。

2 水闸运行安全风险的识别与评估

2.1 风险识别的维度框架

科学的识别才能有效的控制。应创建“设备—结构—环境—管理”四维识别架构,设备方面主要针对启闭机、电气设备、监控系统这些运行状况和保护效能展开考察;结构层面重点考察闸室、翼墙、底板以及地基的渗流、变形和裂缝情况;环境范畴包含气象水文、地质和上下游工况的变化;管理方面侧重制度、人员、预案和演练的执行情况。根据新疆灌区渠首水闸季节性、引水集中、冰沙交叠等特点,需加强冰情、泥沙淤积和渠道冲刷的专项识别,注意跨闸交通、非法采砂等外部干扰,防止漏判区域性、突发性风险。还要创建风险识别清单库以及典型案例库,把以往发生的险情和同行事故变成可以被反复运用的识别项目,从而加强基层识别的规范性以及敏锐度。

2.2 风险评估的方法路径

在识别基础上,采用定性与定量结合方式量化风险。可引入风险矩阵法,从“发生可能性”与“后果严重性”两个轴面将风险划分为重大、较大、一般和低四个等级,确定出管控优先级以及响应级别。对重点水闸宜推广层次分析法与模糊综合评价,赋权打分形成风险指数;对老旧或地质复杂闸址,可借助数值仿真模拟超标准洪水、地震、冰推作用下结构的响应情况,找出薄弱部位和失效模式。评价结果应尽快进行更新,录入安全台账,用作隐患排查、维修改造和资金安排的依据,真正实现“一闸一档、一险一策”的精准治理。评估成果还应以风险四色图直观呈现,上墙公示、动态刷新,使管理者和一线人员对各个闸的风

险点位一目了然,从而给差异化管控提供直观的指引。对于跨行政区的界河闸应当建立上下游会商评价制度,统一标准、共享结果,防止由于口径不同而造成的管理盲区。

3 水闸运行安全风险管控对策

3.1 压实全链条安全责任体系

明确管理边界,根据“谁主管、谁负责”的原则确定行政、技术、巡查三级责任人,将责任细化到闸、到岗、到人,签订安全责任书并向社会公示,接受监督。创建“业主单位日常管护、水管单位专业运维、监管部门监督考核”三者之间的协同机制,对交叉环节的衔接进行明确,消除管理真空和推诿的空间。把安全运行绩效纳入地方政府和主管部门年度考核,对失职渎职、瞒报漏报严肃追责问责,用责任闭环倒逼各项措施落地见效,从根本上解决有人建、无人管的顽疾。同时推行安全承诺和信用管理,把运维单位的履约情况纳入水利建设市场信用评价,用经济和声誉约束来促使运维单位尽责,创建多方共治的责任生态。对处于生态敏感区或者城乡供水咽喉位置的水闸,应加强管控标准,实行提级管理、双重巡查,保证重点部位的安全^[1]。

3.2 构建智能监测预警网络

为了解决人工巡检存在盲区、滞后的问题,创建“空—天—地”一体化智能监测系统。在闸体关键部位布置位移、沉降、渗压、应力和高清视频感知设备,闸门加装开度、启闭力和电机电流传感器,形成设备健康画像,同时接入气象、水文、冰情和上游来水数据,对水位、流量、结构状态和设备工况进行实时感知和趋势分析。设置蓝、黄、橙、红四级预警阈值,当超过阈值时立即向责任人移动终端和管控平台发出告警信息,实现险情早发现、早研判、早处置。在新疆等冰冻多发地区,应该增加闸前冰厚、冰压力 and 气温监测,提前预防凌汛壅水和冻结卡阻。监测数据要统一到省级水利一张图上,实现区域、层次之间数据的汇聚和对比分析,用大模型找出异常模式,减少误报漏报,提高预警的科学性、预见性。对于通信不好的偏远闸站,应该增设卫星电话或者北斗短报文做为备用信道,保证在极端情况下预警信息不会中断。

3.3 健全隐患排查治理闭环

实行“日常巡查、定期体检、专项检查”三查制度,日常巡查每天不少于两次,做好记录,汛期、引水期增加次数;定期安全鉴定严格按照规范周期进行,重点闸址适当缩短周期;汛前、凌汛前、冬灌前组织专项检查,突出启闭灵活性和防冰冻措施。建立隐患台账,实行“发现—

登记-整改-验收-销号”闭环管理,一般隐患即查即改,重大隐患挂牌督办、限期清零并上报。对鉴定为病险的水闸,果断采取降等使用、限制水位、空库度汛或者应急除险措施,严禁带病运行、超标准运用,守住安全底线。鼓励引入第三方专业机构参与安全鉴定和隐患排查,用独立的角度来弥补自查的盲区,排查结果同时录入平台,形成可以追溯、可以统计、可以考核的治理档案。整改完毕之后进行“回头看”,杜绝隐患再度出现,把隐患发生率以及整改及时率当作考核标准,塑造起一个不断改善的管理闭环^[2]。

3.4 提升应急处置实战能力

修订完善防汛抢险、设备事故、凌汛冰灾、触电火灾等专项应急预案,细化指挥机构、通讯保障、抢险路线和人员撤离程序,同流域防办、气象、应急、交通部门建立联动机制,确定信息共享和增援程序。按照险情等级足额储备砂石料、编织袋、发电机组、抽排水设备和融冰破冰装备,在新疆等偏远灌区实行前置储备、协议代储、流动保障车的模式,解决物资调运问题。每年开展一次实战化、无脚本的演练,检验预案的可操作性和队伍之间的配合,保证关键时刻能够拉得出、顶得上、打得赢。创建抢险队伍分级备案和跨区域调配体系,持续开展技能竞赛和装备实战演练,保证凌汛、汛情叠加这些复合型险情时也能有条不紊地加以应对,从而尽可能削减灾害造成的损失。

3.5 推进智慧化管控平台建设

以数字孪生为方向,创建水闸三维可视化模型,把监测、视频、调度、巡检、档案数据融合起来,实现运行态势“一屏统览”和历史工况追溯。开发智能诊断模块,用历史运行数据和物理机理模型来预测设备劣化趋势和结构损伤的发展,为制定维养和改造方案提供依据;推广区域远程集控,对分散的小型水闸实行中心集中监视和远程启闭,缓解基层人手不足的矛盾。依托平台不断积累的数据资产,实现全生命周期的管理以及更新改造的规划,使管理由原来的“经验驱动”变为现在的“数据驱动”。探索与水文预报、气象预警模型耦合,进行洪水演进和闸门调度联合仿真,优化启闭时序和控泄方案,把平台由“看得见”变成“算得准、控得好”的决策中枢。加强网络安全、数据保护工作,落实等保要求,防范监测平台被攻击、数据失真的风险,保证管控中枢的安全可靠^[3]。

3.6 强化运维保障与队伍建设

将维养经费列入同级财政预算,建立稳定的增长机制,保证日常保养、大修、除险的资金需求;推行专业化、社会化维养,采用政府购买服务的方式,由具有相应资质的单位承担岁修和抢修工作,用合同来约束服务质量。加强一线人员的培训工作,对闸门操作、电气维修、焊接探伤、应急处置等技能进行认证,培养出懂原理、会操作、能排障的复合型管护队伍,在新疆等边远地区探索“县管乡用、定向培养”的人才供给模式。创建技术帮扶和专家会诊机制,对复杂的病害进行诊断并给出解决办法,从根源上提高运维保障和自主可控水平。创建维养质量后评价和绩效评定制度,定时回溯典型病害处置成果,回馈到标准规程更新当中,而且同步推进标准化管理达标创建,以标杆带动整体管护水准提升。探索“保险+服务”的模式,用工程保险转移极端灾害的风险,引入保险机构参与安全巡查,形成风险共担、多方参与的治理格局。

4 结语

水闸运行安全风险管理属于一项系统工程,必须将工程措施同管理手段结合起来,促使从被动应对转向主动防控,由依靠经验管理转向依靠数据治理。本文从成因特征、识别评估、管控对策形成完整的逻辑链条,提出责任压实、智能监测、隐患治理、应急提升、智慧管控和队伍保障六个方面的对策,形成闭环管理体系。未来要继续推进数字孪生、物联网、人工智能等技术的应用,根据区域气候和工程的特点分类施策,不断加强管控的准确性、韧性,特别重视新疆等西北寒旱区冰沙交错、凌汛频发的特殊风险,因地制宜地制定出适合的措施,切实筑牢水利工程的安全防线。

参考文献:

- [1] 李兰平. 水利工程管理中水闸安全运行措施研究[J]. 中国科技纵横, 2025(22):134-136.
- [2] 武文祥. 水闸工程运行期安全隐患排查与管理机制研究[J]. 城市建筑空间, 2025,32(S1):375-376.
- [3] 林森. 水利工程管理中水闸安全运行措施分析[J]. 水上安全, 2025(3):173-175.

作者简介: 韵建丽(1987.09-),女,汉族,甘肃兰州人,大学本科,研究方向:水利工程运行与管理。