

水工建筑物现行维护方案隐患及对策

王巍

北京市南水北调大宁管理处

DOI:10.12238/etd.v6i10.17220

[摘要] 水工建筑物承担挡水、泄水等重要功能,其安全稳定运行意义重大。但现行维护方案存在技术、管理、执行层面隐患,如检测技术滞后、责任体系不健全、日常巡检流于形式等。隐患由自然环境、工程自身及人为因素共同导致。本文通过构建风险评估模型、识别重点隐患领域,提出技术创新、管理机制优化、应急能力提升、政策与标准完善等优化对策,为水工建筑物维护提供参考。

[关键词] 水工建筑物; 维护方案; 隐患分析; 风险评估; 优化对策

中图分类号: TV698.2 **文献标识码:** A

Hidden Dangers and Countermeasures in Current Maintenance Schemes for Hydraulic Structures

Wei Wang

Beijing South-to-North Water Diversion Daning Management Office

[Abstract] Hydraulic structures undertake critical functions such as water retention and discharge, making their safe and stable operation highly significant. However, current maintenance schemes face hidden dangers at technical, management, and implementation levels, such as outdated detection technologies, inadequate responsibility systems, and perfunctory daily inspections. These risks are caused by a combination of natural environmental factors, structural issues, and human factors. By constructing a risk assessment model and identifying key risk areas, this study proposes optimization strategies including technological innovation, management mechanism improvements, enhanced emergency response capabilities, and policy and standard refinements, providing valuable references for the maintenance of hydraulic structures.

[Key words] Hydraulic Structures; Maintenance Schemes; Risk Analysis; Risk Assessment; Optimization Strategies

引言

水工建筑物作为水利工程核心,其安全稳定关乎下游人民生命财产与社会经济可持续发展。然而,受水流冲刷、地质活动及人为因素等影响,建筑物易出现裂缝等病害。当前维护方案虽涵盖多个环节,但在技术、管理、执行层面存在诸多隐患,影响维护效果。深入分析这些隐患的成因,构建风险评估模型,识别重点隐患领域,并提出针对性优化对策,对保障水工建筑物安全运行十分必要。

1 水工建筑物维护相关概述

水工建筑物作为水利工程的核心组成部分,承担着挡水、泄水、输水、发电、航运等重要功能,其安全稳定运行直接关系到下游地区人民生命财产安全及社会经济的可持续发展。由于长期受水流冲刷、泥沙磨损、温度变化、冻融循环、地质活动以及人为因素等影响,水工建筑物易出现裂缝、渗漏、混凝土碳化、钢筋锈蚀、结构变形等病害,若不及时维护,将严重影响其结构

安全与使用功能。水工建筑物维护工作涵盖日常巡查、定期检测、安全评估、病害修复及预防性养护等多个环节^[1]。日常巡查通过目视、简易工具检测等方式,及时发现建筑物表面缺陷及异常现象;定期检测借助专业设备与技术手段,对建筑物结构性能进行全面检测与评估;针对发现的问题,依据病害类型与严重程度,采用裂缝修补、渗漏处理、混凝土表面防护、结构加固等修复技术进行整治;同时,通过优化运行调度、改善周边环境等预防性措施,延缓建筑物老化进程,延长其使用寿命。随着科技发展,智能化监测技术、新型修复材料及绿色维护理念不断应用于水工建筑物维护领域,推动维护工作向精准化、高效化、可持续化方向发展,为水利工程安全运行提供坚实保障。

2 水工建筑物现行维护方案的主要隐患

2.1 技术层面隐患

水工建筑物现行维护方案在技术层面存在明显隐患,首先体现在检测技术滞后于工程实际需求,部分老旧工程仍依赖人

工肉眼观察和简单工具测量,难以发现混凝土内部空洞、坝体深层滑动面等隐蔽病害,即使采用专业设备的工程,也因设备更新不及时,导致检测数据精度不足,无法准确反映结构真实状态。其次,修复技术针对性不强,面对不同地质条件和病害类型,常采用统一的修复模式,如对所有裂缝均采用普通水泥注浆,未根据裂缝宽度、深度及所处环境选择专用注浆材料,导致修复后短期内再次出现病害。再者,技术适配性不足,部分新建工程引入的先进维护技术,因与原有工程结构、材料不兼容,无法充分发挥作用,例如自动化监测系统与传统人工监测数据无法有效融合,导致数据解读出现偏差。另外,防灾技术储备不足,针对极端暴雨、强震等突发灾害,缺乏有效的预判和应对技术,维护方案中未纳入专项防灾维护措施,当灾害发生时,建筑物易出现结构性破坏,且灾后修复技术缺乏系统性,难以快速恢复工程功能。

2.2 管理层面隐患

水工建筑物现行维护方案在管理层面存在诸多漏洞,首先是责任体系不健全,维护工作常由多个部门分工负责,但部门间职责划分不清晰,出现问题时相互推诿,例如日常巡检由运维部门负责,定期检测由技术部门负责,当巡检发现的问题未及时传递给技术部门时,导致检测重点遗漏^[2]。维护计划缺乏科学性,多数工程仅按照固定周期制定维护计划,未结合建筑物运行年限、水文条件变化及病害发展趋势进行动态调整,对于运行年限超过30年的老旧工程,未增加维护频次和检测深度,而对于新建工程则过度维护造成资源浪费。人员管理存在短板,维护人员专业培训不足,部分人员缺乏混凝土结构、岩土工程等专业知识,无法准确判断病害类型,同时考核机制不完善,未将维护质量与绩效挂钩,导致人员工作积极性不高。

2.3 执行层面隐患

水工建筑物现行维护方案在执行层面存在显著落实不到位问题,首先是日常巡检执行流于形式,部分巡检人员为缩短工作时间,未按规定路线全面检查,仅对易观察区域进行简单查看,对坝体背水坡、渠道边坡等隐蔽区域忽略不计,导致裂缝、渗漏等初期病害未被及时发现,逐渐发展为重大隐患。检测数据处理不规范,检测人员未严格按照操作规程记录数据,存在数据篡改、遗漏等情况,且数据审核环节缺失,错误数据直接用于维护决策,导致修复方案制定偏离实际需求。修复施工质量把控不严,施工单位为赶工期、降成本,未按设计方案使用合格材料,如用劣质水泥替代专用灌浆材料,同时施工过程中缺乏全程监督,混凝土浇筑、注浆等关键工序未达到技术标准,造成修复后结构稳定性未得到根本提升。维护成果验收不严格,验收人员未对照维护方案逐项核查,对未达标的修复部位未要求返工,且验收后未建立跟踪监测机制,无法及时发现修复部位出现的新问题,导致维护工作陷入“修复—损坏—再修复”的恶性循环。

3 隐患成因与风险评估

3.1 隐患形成的多因素分析

水工建筑物维护隐患由自然环境、工程自身及人为因素共同导致。自然环境中,长期水流冲刷会磨损泄水建筑物表层,水

位周期性涨落降低坝体抗滑稳定性,极端天气加剧渗漏或直接造成结构损伤。工程自身方面,老旧建筑物因建设时技术标准低、材料性能退化,易出现贯穿性裂缝;设计缺陷也会埋下隐患,如输水隧洞转弯处未做抗冲刷耐磨处理,运行后出现孔洞。人为因素中,维护资金不足致检测设备滞后,难以及时发现隐蔽病害;施工偷工减料降低工程质量,影响整体承载能力;运行违规操作,如超水位运行使坝体承压过大,加速隐患发展。

3.2 风险评估模型构建

风险评估模型构建需科学实用,涵盖指标体系建立、权重确定、风险等级划分三环节。指标体系从结构安全、运行环境、维护状况三个维度选取,结构安全含混凝土强度等定量指标,运行环境有年降水量等指标,维护状况含巡检频次等定性指标。权重确定采用层次分析法与熵权法结合,前者靠专家打分定主观权重,后者依历史数据算客观权重,两者加权避免偏差^[3]。风险等级划分用模糊综合评价法,分低、中、高、极高四个等级,通过隶属度函数计算各指标隶属度,结合权重得综合风险值。模型还设动态修正模块,每季度收集新数据调整指标权重和评价标准,确保评估精准,为维护决策提供支撑。

3.3 重点隐患领域识别

重点隐患领域识别需综合工程类型、运行年限、环境条件等因素。挡水建筑物中,运行超30年的土石坝是重点,坝体填土易管涌、滑坡,下游坡脚易形成渗漏通道。泄水建筑物中,溢洪道闸室和泄洪洞进口段隐患大,闸室闸门锈蚀卡阻、启闭机构老化,泄洪洞进口段受高速水流冲刷易混凝土淘空。输水建筑物中,长距离渠道伸缩缝和隧洞围岩段是关键,伸缩缝密封材料老化渗漏,隧洞围岩受地质应力影响易掉块、坍塌,断层穿越段更不稳定。金属结构如闸门、启闭机的防腐和力学性能衰减,以及电气控制系统老化故障,也是重点隐患领域,失效易引发连锁事故。

4 水工建筑物维护方案优化对策

4.1 技术创新对策

技术创新对策需聚焦检测、修复、监测三大环节提升核心能力。检测技术方面,推广无人机航拍结合红外热成像技术,实现坝体、渠道等大面积结构的快速扫描,精准识别表面裂缝和渗漏点;应用地质雷达和声波透射法,对混凝土内部缺陷和坝体防渗墙完整性进行无损检测,提高隐蔽病害检出率。修复技术方面,研发并应用新型材料,如采用环氧树脂基灌浆材料替代传统水泥,增强裂缝修复后的抗渗和抗老化性能;对渗漏坝体采用高压喷射注浆技术构建防渗帷幕,结合土工合成材料复合衬砌提升防渗效果。监测技术方面,构建智能化监测系统,在关键部位布置光纤传感、无线传感等设备,实时采集应力、应变、渗流等数据,通过5G网络传输至数据中心;开发数据可视化平台,整合监测数据进行趋势分析,当指标超出阈值时自动报警,实现从“定期监测”到“实时预警”的转变,提升维护技术的前瞻性和有效性。

4.2 管理机制优化

管理机制优化需从责任、计划、人员、资金四个维度构建闭环体系。责任体系方面,建立“分级负责、定岗定责”机制,明确运维、技术、施工等部门职责,签订责任状,将隐患排查、修复验收等任务落实到个人,实行“谁负责、谁签字、谁追责”制度,避免推诿扯皮。计划管理方面,推行“动态化维护计划”,结合风险评估结果和运行数据,对老旧工程增加巡检频次和检测项目,对新建工程精简冗余维护环节,每半年根据水文变化和病害发展调整计划。人员管理方面,建立“常态化培训+考核激励”机制,定期开展混凝土检测、设备运维等专业培训,邀请专家现场授课;将维护质量、隐患检出率与绩效奖金挂钩,设立专项奖励,提升人员专业能力和工作积极性。资金管理方面,实行“专项核算+全程监管”,按重点隐患领域优先级分配资金,建立资金使用台账;引入第三方审计,对材料采购、施工费用等进行核查,确保资金专款专用、高效利用。

4.3 应急能力提升

应急能力提升需围绕预案、物资、演练、联动四个方面构建保障体系。应急预案方面,编制针对性专项预案,针对坝体渗漏、闸门卡阻、洪水漫溢等不同险情,明确应急响应流程、处置措施和责任分工,细化现场指挥、人员疏散、设备抢修等环节操作规范,并每年结合实际情况修订完善。应急物资方面,建立“分级储备+动态补充”机制,在坝体、泄洪口等关键部位设置应急物资库,储备灌浆设备、防渗土工膜、抢险沙袋、发电机组等物资,定期检查物资完好率,及时补充损耗或过期物资。应急演练方面,实行“常态化演练+实战化考核”,每季度开展不同类型的应急演练,模拟险情发生后人员集结、设备操作、协同处置等流程,邀请专业机构评估演练效果,针对薄弱环节整改提升。联动机制方面,与气象、水文、消防、交通等部门建立信息共享和协同联动机制,提前获取暴雨、洪水等预警信息,险情发生时快速调动外部救援力量,形成应急处置合力。

4.4 政策与标准完善

政策与标准完善需从顶层设计支撑维护工作。政策上,出台鼓励技术创新的扶持政策,对采用新设备、材料项目给予补贴或税收减免,引导企业加大研发投入;建立“隐患终身追责”政策,

对违规操作引发险情的单位和个人依法追责。标准体系方面,修订完善维护技术标准,明确不同类型建筑物的检测指标、修复工艺、质量验收等技术要求,细化关键指标量化标准;制定智能化监测标准,规范传感设备等技术参数,实现数据标准化共享。同时,建立“行业监管+社会监督”机制,行业主管部门定期专项检查并公布结果,畅通社会监督渠道,鼓励公众参与隐患举报,营造良好环境。水工建筑物维护隐患由自然环境、工程自身、人为因素等多方面共同作用形成。自然环境因素中,长期水流冲刷磨损泄水建筑物表层结构,水位周期性涨落降低坝体抗滑稳定性,极端天气加剧渗漏,强震造成结构裂缝或位移^[4]。工程自身因素方面,老旧建筑物因建设时期技术标准低、材料性能退化,易出现裂缝;设计缺陷也会留下隐患,如输水隧洞转弯处未做抗冲刷处理,运行后出现孔洞。人为因素中,维护资金投入不足致检测设备更新滞后,难以及时发现隐蔽病害;施工阶段偷工减料降低工程质量,影响整体承载能力;运行过程中违规操作,如超水位运行,加速隐患发展。这些因素相互叠加,隐患不断累积,威胁建筑物安全运行。

5 结束语

水工建筑物维护隐患的形成是多因素共同作用的结果,现行维护方案存在诸多不足。通过构建科学的风险评估模型,精准识别重点隐患领域,并从技术创新、管理机制优化、应急能力提升、政策与标准完善等方面提出优化对策,能够有效提升水工建筑物维护水平,保障其安全稳定运行,为水利工程的可持续发展提供坚实支撑,促进社会经济稳定发展。

[参考文献]

- [1]张跃强.水工建筑物现行维护方案隐患及对策[J].河南水利与南水北调,2021,50(2):69-70.
- [2]张斌.水工建筑物现行维护方案隐患及对策[J].商品与质量,2021(43):139-140.
- [3]刘针,程永舟,戈龙仔,等.三亚新机场工程海岸侵蚀补沙措施效果研究[J].海岸工程,2021,40(2):121-130.
- [4]张秀霞.水工建筑物混凝土结构施工技术难点[J].中国高新科技,2022(15):111-113.