

水利工程汛期应急处置措施研究

江晓星 骆伟

南京市江宁区湖熟街道水务管理服务站，江苏省南京市，211100；

摘要：汛期是水利工程的安全运行受到考验的时候。本文以水利工程汛期应急处置为中心，系统地分析了目前存在的各种风险类型以及产生的原因，并对应急处置的主要环节和实施途径做了深入的研究。论文从监测预警体系的建设、应急响应机制的优化、工程调度与抢险技术的应用这三个方面展开论述，提出完善多源监测网络、建立智能预警系统、加强协同指挥机制、优化防洪调度策略、推广先进抢险技术等具体的做法。进一步加强风险防控基本建设、完善法律法规标准体系、加强科技人才支撑等几个方面提出系统的改进意见。经由研究得知，创建起科学完备、反应敏捷、处置高效的现代化应急处置体系，乃是改进水利工程汛期安全保障水平的关键支撑。

关键词：水利工程；汛期安全；应急处置；风险控制

DOI：10.69979/3060-8767.26.02.049

在全球气候变暖、极端天气事件频发的情况下，水利工程在汛期所遭遇的风险变得越发繁杂多样。洪水漫顶、结构渗漏、边坡失稳、设备故障等各种风险交织在一起，对应急处理工作提出了更高的要求。科学有效的应急处置措施可以最大程度的减少灾害造成的损失，保证工程的安全运行。目前应急处置工作还存在着监测预警精度不够、响应协同效率不高、技术支撑能力不强等问题。本文主要对水利工程汛期风险特征进行系统的分析，从监测预警、应急响应、工程抢险等重要环节出发，研究现代化应急处置体系的建立途径。通过完善技术手段、改进工作机制、加强保障措施来提高水利工程应急处置能力，给水利工程应急处置能力的提高提供理论参考和实践指导。

1 水利工程汛期风险识别与评估

1.1 主要风险类型分析

水利工程在汛期运行中会遇到各种风险的挑战。第一种是洪水漫溢风险，由于极端降雨造成入库流量大于工程设计标准，会造成坝顶溢流或者堤防溃决^[1]。其次就是渗透破坏风险，坝体渗漏、坝基管涌等现象在长期高水位运行下容易造成土体结构失稳。第三种就是边坡稳定风险，当遭遇强降雨和水位的较大变化的时候，库岸、坝肩等区域就容易发生滑坡或者崩塌等地质灾害。第四就是设备运行风险，泄洪设施、监测设备、供电系统等在恶劣的环境中很容易出现故障，直接影响工程的安全调控能力。这些风险因素互相联系，会引发风险连锁反应，大大加大应急处置的复杂程度。

1.2 风险形成机制与评估方法

风险形成是由自然因素和工程因素共同造成的。气候条件的变化会增大降雨强度，改变降雨的时空分布情况，直接增加洪水的发生概率。地质构造复杂，岩土体

力学性能变化等工程地质条件都会影响工程结构稳定性。工程设计标准不足、施工质量控制不严、运行维护不到位等人为因素都会降低工程抗风险的能力。风险评估要创建多指标评价体系，把风险出现的可能性，损失的程度，应急处置的难易程度等要素综合起来。使用层次分析法、模糊综合评价法等量化评估方法，根据历史灾情数据和实时监测信息来实现风险等级的科学划分，从而为分级分类的应急处置方案的制定提供依据。

2 监测预警体系现代化建设

2.1 立体化监测网络构建

创建天地水一体化的综合监测体系。在工程结构关键部位布置智能传感器阵列，实时采集变形、渗流、应力等各方面的参数。使用无人机、水下机器人等移动监测平台对工程表面、水下状态做动态巡检和应急探测。结合卫星遥感技术开展大范围的地表形变监测和水文气象观测。利用物联网架构进行监测数据的自动采集、上传和云端汇总，创建数据资源中心。制定统一的数据交互协议来保证不同来源的不同形式的监测数据可以被有效的整合共享，为风险识别提供全面的数据基础。

2.2 智能预警模型构建

研发利用多源数据融合的智能预警模型。建立物理机理与数据驱动方法相结合的混合预警算法，利用深度学习技术挖掘风险演化的规律。创建动态阈值预警机制，依照工程运行状况、环境改变趋向来实施预警指标的即时改善。进行情景模拟开发，对不同等级风险下的工程应对效果作出评价。健全预警分级标准体系，确定各个预警级别所对应的启动条件和处置要求。创建模型训练及改良平台，不断累积预警案例数据，从而持续改善预警模型的准确性以及适应性。

2.3 预警决策支持系统

建立智能化预警决策支持系统。集成监测数据、预警模型、应急预案等各方面信息来建立统一的决策支持系统。开发可视化展示功能,实现监测数据、预警信息、资源分布的三维动态展示。建立智能推送机制,以预警等级为依据来产生处置建议,并把有关责任方推送到相应的地方。完善预警会商研判流程,创建多方参与的在线会商平台。创建预警效果评价模块,用预警准确率、响应时效性等主要指标来定量评估。依靠系统不断改进,改善预警信息的及时性、准确性以及决策支持水平。

3 应急响应机制优化与实施

3.1 协同化指挥体系建设

创建跨部门的应急指挥机构。在政府的统筹下整合水利、应急、气象等多部门力量组成联合指挥部,实行统一指挥、分级负责的运作方式。创建总体预案、专项预案和现场预案三级预案体系,对各种险情的响应流程和处置标准作出规定。创建数字化的指挥平台,使监测预警、资源调度、处置进展等各种信息可以实时共享,并且可以可视化地展示出来。定时做跨部门实战演习,检验预案是否有效,改进协调机制。设立多学科专家咨询委员会,实行重大险情会商制度,给应急决策提供智力支持,使指挥系统科学高效的运转。

3.2 资源保障体系优化

创建多元化的应急资源储备网。创建政府主导、企业配合、社会参与的三级储备体系,改善物资储备的区域分布和结构安排。利用物联网、区块链技术对物资采购、储存、调配、使用等全过程实施追溯、动态管理^[2]。创建智能仓储管理系统,对物资数量、质量状况、有效期实施实时监测,保证重要物资一直处在可用状态。健全社会动员机制,制订应急物资征用补偿标准,调动市场主体参与的积极性。加大专业应急队伍装备投入,更新抢险设备,提高物资供给的准确性、及时性。

3.3 智能调度机制完善

建立智慧化的应急资源调度系统。将地理信息系统、交通路网、资源分布等多源数据融合起来,创建出动态的资源态势图。用人工智能算法创建智能调度模型,按照险情等级、资源需求、交通情况等要素来产生最好的调配方案。创建分级响应调度机制,确定各个响应级别所具有的资源调配权限以及流程。加强应急运输保障能力的建设,规划专门的运输通道,配备特种运输装备。健全调度效果评价机制,对每次应急调度的时效性、经济性进行评价反馈,不断改进调度策略,提高资源调配的效率和准确性。

4 工程调度与抢险技术应用

4.1 精细化的防洪调度策略

创建详细的预见性防洪调度模式。根据水文气象滚动预报来进行调度预演,改善水库群协同调度方案。洪水来临之前进行科学预泄,为拦蓄洪水预留库容。在洪水过程中采用削峰、错峰等调度手段,充分发挥工程体系的防洪作用。创建多目标协同优化模型,平衡防洪、供水、生态等各方面需求。采用数字孪生技术创建调度推演平台,对各种调度方案的效果展开模拟并加以比较。完善上下游协调机制,达到流域防洪统一调度管理目的,在保证防洪安全的基础上提升水资源综合利用率。

4.2 现代化抢险技术体系

健全现代抢险技术体系,就渗漏险情研发速凝膏浆、柔性防渗毯等新质材料,并借助水下机器人实现快速精准封堵。边坡失稳问题推广应用微型桩快速加固法、土工合成材料增强法等。结构故障处推广模块化快速修复、应急启闭装置。推进抢险设备的智能化更新,用无人控制机械、智能投物设备、自动化建筑机械设备等先进设备。制定统一的标准化技术流程,规范不同的险情处理方法,用技术创新提高抢险作业的效率 and 安全性^[3]。

4.3 技术应用与能力建设

加强抢险技术的应用以及专业能力的培养。建立抢险技术标准体系,确定各类险情的处置要点和质量要求。建设抢险技术案例库与专家决策系统来给现场处置提供技术支撑。健全技术培训体系,用实战演练提高人员的技术水平。促进产学研用协同创新,加快科技成果转化应用。建立技术装备维护更新制度,保证抢险装备处于良好状态。加强国际技术交流合作,引进先进抢险技术,不断提高我国水利工程抢险技术水平和应急保障能力。

5 应急处置体系长效机制建设

5.1 法规标准体系的系统完善

健全水利应急法规标准体系,修订完善水利工程安全管理有关法律,明确各方在应急处置中所享有的权利和应承担的责任。制定专项应急管理条例,规范监测预警、应急响应、抢险救援、恢复重建等各个流程的工作。创建包含设计、施工、运行、维护、应急处置全过程的规范标准。推动流域层面应急协同立法,创建跨行政区域、跨职能部门的应急联动以及信息共享机制。完善社会力量参与应急工作的激励机制和保障措施,用加强法规宣传和执行监督的方式来提高应急工作规范化、法治化程度。

5.2 科技支撑体系的创新发展

加大智能感知、精准预警、快速抢险这些关键技术

的研发力度,攻克科技难题,提高应急处置的科技含量。加大大数据、人工智能、物联网等新一代信息技术同应急领域的融合应用。创建应急科技创新平台,加快科技成果的转化与推广。健全专业人才培养体系,支持高校开设相关专业,培养既懂技术又善管理的复合型人才。健全常态化培训机制,通过实战演练来提高从业人员的专业水平。创建国家级应急专家智库,给重大险情的科学处置提供技术决策支持。

5.3 能力建设与协同机制优化

持续推进应急能力系统化建设,建立覆盖各层面的专业培训体系,定期开展技能培训、实战演练。完善跨部门、跨区域的应急协作机制,确定联动流程和责任范围。加强专业队伍建设,配备先进装备,提高现场处置能力。健全应急预案的动态修订、演练评估机制。推进区域性的应急资源共享平台的建设,提高资源调配的效率。加强国际交流合作,学习借鉴先进经验。依靠系统性能力建设与机制改善,塑造起统一指挥、反应迅速、协调有力的应急工作格局,全方位提升应急处置的综合效能^[4]。

6 应急处置体系优化路径

6.1 智慧化建设推进

用数字化转型来提高应急处置的能力。创建水利工程数字孪生系统,达成物理实体同虚拟模型之间的即时交流以及相互影响。以数字孪生为基础做风险模拟、预案推演和效果评价,从而提高应急处置的预见性、准确性。创建智慧应急大脑,集成智能感知、分析决策、指挥调度等各方面功能,达成应急处置全流程可视化、智能化经营。推进应急指挥系统升级改造,达到态势自动感知、方案智能生成、资源最优调配的效果。经由数字化、智能化的改造之后,应急处置就由原先的经验决策转变为数据决策,由以前的被动应对变为主动防控。

6.2 系统化效能提升

从系统工程的角度来提高应急处置的总体效能。改善应急处置程序,创建起风险识别、监测预警、应急响应、灾后恢复的闭环管理机制。加强各部门、各个区域之间工作配合,建立统一指挥、反应迅速、协调有效的应急工作体制。健全应急保障体系,做好物资储备、队伍建设和经费保障工作。健全应急评估体系,定时做应急能力评估和预案实效评估。提高民众的应急能力、应急知识,促进社会参与。创建起全面的、有条理的、运

转高效的应急处置体系,不断提高应急处置的系统性、整体性、协同性。

7 结论与展望

7.1 结论

在气候变化的背景之下,创建起现代化的应急处置体系,是保证水利工程汛期安全的重要途径。创建智能化监测预警系统,可以提前对风险进行识别并准确预测;优化协同响应机制,可以大大提高应急决策的效率和资源调配的水平;完善工程调度与抢险技术体系,有利于有效地控制险情的扩大,并减少灾害造成的损失。健全法规标准、加强科技支撑、培养专业人才,是保证应急管理体系持续有效运转的基础。由传统的经验型为主向数据型、智能型转变,是提高水利工程汛期安全保障能力的必然选择。

7.2 展望

未来要从四个方面不断加强,技术融合方面要强化数字孪生、人工智能同应急管理的融合,攻克复杂环境智能感知、多源数据精准融合等技术难关。从机制创新角度而言,应当创建起高效的跨部门协同治理架构,探寻区块链技术的应用情形下的信任共享制度。韧性建设,流域尺度研究工程和非工程措施的最优组合来提高系统的适应恢复能力。社会参与,健全公众风险教育,发展市场化风险分担工具。通过不断的创新,使体系朝着智慧、协同、韧性这三个方向发展。

参考文献

- [1]刘思佳. 水利工程管理在防汛中的应用研究[J]. 价值工程, 2025, 44 (19): 55-58.
- [2]韩小东. 水利工程汛期施工安全措施的研究[J]. 水上安全, 2025, (10): 49-51.
- [3]杨寅, 严行云, 徐浩, 等. 水利工程建设中安全度汛的风险评估与应对策略研究[J]. 水上安全, 2025, (03): 164-166.
- [4]水利部. 水利部印发《关于加强在建水利工程安全度汛工作的指导意见》的通知[J]. 中华人民共和国水利部公报, 2024, (01): 23-27.

作者简介: 江晓星, 出生年月: 1994.5, 性别: 女, 籍贯: 江苏南通, 学历: 研究生, 职称: 工程师, 研究方向: 水利工程管理、农田水利改革、防汛抗旱。