

Safety hazard investigation and Prevention and Control System Construction in Water Conservancy Engineering Management

Donglai Lou

Ningbo Longyuan Shenghong Ecological Construction Engineering Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315327, China

Abstract

As fundamental infrastructure for national economic and social development, water conservancy projects play a vital role in ensuring flood control safety, optimizing water resource allocation, and promoting sustainable regional economic growth. In recent years, compounded by extreme climate impacts and aging engineering structures, these projects have encountered multiple safety hazards throughout their design, construction, operation, and maintenance phases, posing significant threats to public safety, property protection, and social stability. Addressing critical issues in current water conservancy safety management—including inadequate hazard identification, imperfect risk warning mechanisms, and lack of systematic hazard mitigation—this paper explores scientific approaches to establishing a comprehensive safety inspection and prevention system. The analysis integrates industry realities with practical management experiences, focusing on technological innovations in hazard detection, digital management solutions, and organizational framework improvements.

Keywords

water conservancy project; safety hazard; investigation mechanism; prevention and control system; intelligent management

水利工程管理中安全隐患排查与防控体系构建

楼东来

宁波龙元盛宏生态建设工程有限公司, 中国·浙江宁波 315327

摘要

水利工程作为国民经济和社会发展的基础性设施,在保障防洪安全、优化水资源配置、推动区域经济可持续发展等方面发挥着重要作用。近年来,受极端气候影响和工程老化等因素叠加,水利工程在设计、施工、运行和维护全过程中存在多种安全隐患,给人民生命财产安全和社会稳定带来较大威胁。针对当前水利工程安全管理中暴露出的隐患排查不到位、风险预警机制不完善、隐患治理缺乏系统性等问题,本文结合行业现状与管理实践,从隐患排查技术创新、信息化管理手段应用、组织制度完善等角度,深入探讨了水利工程安全隐患排查与防控体系的科学构建路径。

关键词

水利工程; 安全隐患; 排查机制; 防控体系; 智能管理

1 引言

水利工程涵盖防洪、灌溉、水资源调配、水电开发等众多领域,工程类型丰富、体量巨大,安全风险管理一直是行业的重中之重。随着技术进步与工程规模提升,水利设施在防灾减灾、农业发展、生态文明建设等方面的支撑作用愈加突出。然而,工程长期运行后,受地质环境、材料老化、结构损伤、运行失误、自然灾害等多重因素影响,安全隐患问题逐渐增多且表现形式日趋隐蔽。近年来,个别水库、堤防、泵站等工程发生溃坝、滑坡、渗漏、设备故障等突发事

故,对社会安全和生态环境造成较大冲击,暴露出安全管理理念、方法和技术手段亟待更新。传统安全管理多侧重于问题事后处理,隐患排查流于形式,缺乏科学的风险识别与评估机制。为应对新形势下的复杂安全挑战,亟需建立以风险预防为核心的安全隐患排查与防控体系,实现工程安全“关口前移”,推动水利工程管理从粗放走向精细,从经验管理走向数据驱动和智能化。本文围绕水利工程安全隐患排查与防控体系构建,系统梳理管理难点与技术突破方向,提出全流程闭环的隐患管控策略,为提升我国水利工程本质安全水平提供理论支持与实践方案。

【作者简介】楼东来(1977-),中国浙江慈溪人,本科,工程师,从事水利水电研究。

2 水利工程安全隐患的类型与表现特征

2.1 结构性与非结构性隐患特征

水利工程安全管理的核心之一，是全面识别和防控各种潜在隐患。水利工程隐患可分为结构性和非结构性两大类。结构性隐患主要指工程实体本身存在的物理缺陷，如大坝混凝土裂缝、管涌渗漏、坝基沉降变形、边坡滑移、闸门及管道设备老化失效等。这类隐患多由设计不完善、地质条件复杂、材料劣化、施工工艺粗糙或后期超载等因素导致。一旦出现结构性失效，往往直接危及工程整体安全，甚至导致溃坝、漫顶、设备瘫痪等灾难性后果。

相比之下，非结构性隐患则体现在管理、运行、维护等环节。比如运行操作规程不规范、人员操作失误、监测手段不完善、预案与应急处置机制缺失、跨部门协同不畅、运维力量薄弱、责任主体不明等。非结构性隐患虽不易直观观测，却极易在极端工况、突发事件或设备老化情况下暴露和放大风险。近年来，随着气候变化加剧，超标洪水、极端干旱、泥石流、山体滑坡等自然灾害日益频发，一些水利工程因长期运行、老旧失修，监测仪器失灵、堤坝渗漏等问题未及时发现，极大地增加了下游区域的安全风险。此外，调度指挥不科学、跨部门信息传递延迟、抢险物资储备不足、应急责任体系不完善等新型管理隐患，成为现代水利工程安全管理的重要难题。

例如，部分小型水库和农村堤防，因运行年限长、产权管理混乱，监测、维护不到位，堤体渗漏、坝基裂缝等问题累积未被及时处置，导致在极端降雨下险情爆发。又如，新建城市水利工程在运行初期，因地下管网布局复杂、工程档案不健全、交接不顺畅，易出现调度混乱和管网阻塞等新型隐患。可以说，结构性与非结构性隐患往往相互关联、交织并存，任何一个环节的薄弱都可能成为系统性风险的诱发点。

2.2 隐患生成的阶段性与区域性特征

水利工程隐患的分布和表现具有明显的阶段性和区域性。工程不同生命周期阶段，隐患类型各异。建设期常见的隐患有设计缺陷、地基处理不当、材料不达标、施工质量问题、工艺流程混乱等，这些隐患容易导致工程实体留下先天不足。进入运行期后，结构性隐患更多表现为材料老化、机械损伤、设备腐蚀、管道堵塞等“慢性病”，以及超载运行导致的结构应力积累和损伤。部分工程在特殊时期（如汛期），隐患则表现为洪水冲击、滑坡、泥石流等极端外力作用下的设施损毁、溃坝等灾害风险。

区域层面，不同地理和气候条件下，水利工程隐患类型也存在显著差异。南方多雨、地质松散地区的水库、堤防等工程，往往易受渗漏、滑坡、溃堤、泥石流等灾害威胁。西北干旱及风沙区的灌溉工程，则更关注渠道渗漏、地基沉降、风蚀破坏等问题。东北等寒冷地区，则需警惕冻胀、冰塞等冬季特殊工况引发的隐患。随着城市化和产业结构升

级，城市排涝、引水、调蓄等新型水利设施逐渐增多，这类工程面临地下管网错综复杂、施工扰动大、地基沉降与周边建筑物相互影响等新类型隐患。

隐患生成的阶段性还表现在工程服役不同年限。新建工程容易因设计变更、施工质量不到位等产生早期隐患；中老年工程则以材料劣化、管线老化、设备失灵为主要问题。特殊时期，如汛期、抗旱期、用水高峰期等，也是隐患集中暴露的高发时段，需要提前进行排查和风险防控。不同区域、不同阶段的隐患防控，需因地制宜、因时制宜，采取有针对性的差异化、精细化排查和治理措施，实现全生命周期、全要素的风险闭环管理。

2.3 隐患风险演化的复杂性与耦合性

现代水利工程多为跨区域、跨部门、跨专业协同运行的复杂系统，隐患风险的演化具有高度复杂性和耦合性。工程隐患往往不是孤立发生的，单一隐患可通过系统内部的结构、管理、环境等多种耦合机制，叠加诱发更为严重的系统性风险。例如，某大坝因基础施工质量导致坝体出现裂缝，遇到极端暴雨时，渗漏加剧，排水系统又因年久失修无法及时分流，结果形成大面积积水。如果此时操作人员因应急响应不及时、信息传递延误，调度不科学，最终可能导致大坝溃决等严重事故。这种“结构性-非结构性-外部自然灾害”耦合的风险模式，在大型、复杂、老旧或多部门共管的水利工程中尤为常见。

隐患风险的演化还受多源多因素交互影响，譬如气候变化下极端天气频发，使得原有工程安全边界频频被突破，设计、管理、应急等多环节的压力显著加大。结构性隐患因管理疏漏而未及时发现，随着时间推移与外部应力叠加，最终导致局部或整体失效。而非结构性隐患如预案缺失、信息传递滞后等，则可能在应急处置过程中放大风险，形成连锁反应。

这种多元、复杂、耦合的风险演化特征，决定了传统依赖经验、定性分析和被动巡查的管理方式，已难以满足现代水利工程安全管理的需求。必须强化多源数据融合、智能风险识别、动态预警、应急联动等能力，借助物联网、大数据、人工智能等现代信息技术，实现对结构、环境、管理全链条的综合感知与智能决策。

3 安全隐患排查体系创新与机制完善

3.1 隐患排查方法的升级与智能化转型

现代水利工程隐患排查已从单一人工巡查向“人工+自动化+智能化”多手段融合转变。常用隐患排查方法包括现场巡视、结构检测、仪器监测、无人机巡检、物联网实时监控、信息化管理平台等。通过高精度传感器、遥感卫星、地质雷达、倾斜仪、自动水位计、视频监控等手段实现工程结构状态和环境变化的全天候、全覆盖感知，有效弥补人工巡查盲区。基于大数据的隐患信息整合平台可对工程运行数

据、历史隐患案例、维修记录、气象水文数据等多源数据集成分析,构建“发现—上报—研判—处置—销号”闭环管理模式。智能化手段不仅提升隐患识别的准确性和时效性,也为后续的风险评估和防控措施决策提供了科学依据。近年来部分先进工程已探索建立智慧水利云平台、数字孪生工程,实现对隐患的主动识别与动态监测,大幅提升了隐患排查的前瞻性和精准性。

3.2 多层次排查体系与分级响应机制

科学构建“项目—流域—区域—国家”多层次隐患排查与管理体系,是提升水利工程本质安全的重要基础。一级为工程运行单位的日常自查与专业技术检测,二级为流域或区域管理部门的定期专项排查,三级为国家层面的重大工程隐患巡查和专家评估。通过分级分层、网格化管理,实现隐患从发现、研判、分级预警到应急处置的全过程监管。对于高风险工程或突发极端事件,建立快速响应、上报、调度和联动机制,保障信息高效传递和资源精准投送。隐患整改和“回头看”制度可有效防止问题反复和隐患反弹,实现隐患治理的持续闭环。

4 防控体系的科学构建与运行机制优化

水利工程安全防控体系的科学构建应遵循全过程、全要素、全员参与的基本原则。体系建设包含风险辨识与评估、隐患动态管理、风险分级管控、应急预案编制、培训与演练、信息公开与社会监督等核心环节。首先,在风险辨识与评估阶段,结合工程实际、地质环境、运行历史和气象趋势,应用科学方法如层次分析法、灰色系统理论、故障树分析等量化风险水平,形成动态隐患清单和风险地图。其次,隐患管理采用“清单化+数字化”模式,建立隐患台账和信息化动态监控系统,确保隐患全过程跟踪与处置。风险分级管控按照“红黄绿”三色分区,重大风险专人专责、实时监控,较低风险常态巡查。应急预案则应结合极端事件推演和实战演练不断完善,提升快速响应与资源调度能力。员工培训和应急演练是体系落实的基础,持续提升全员安全意识和操作技能。信息公开与社会监督机制可增强管理透明度和公众参与度,形成共建共治共享的社会治理格局。

5 信息化与智能化在安全隐患防控中的应用拓展

信息化和智能化是提升水利工程安全管理现代化水平的关键路径。近年来,基于大数据、人工智能、物联网、云

计算的智慧水利系统逐步推广。通过部署各类智能传感器、无人机、地理信息系统和视频监控,实现对工程状态和周边环境的实时、动态、全景感知。基于云平台的数据融合和AI算法,能够对历史隐患、运行工况、环境数据等进行深度学习与智能预警,快速识别异常趋势并推送风险预警。数字孪生技术可实现水利工程的虚实映射,进行风险仿真、隐患推演和应急演练。智能决策支持系统可为工程管理者提供多方案、全局化的风险防控建议。通过构建“感知—分析—预警—响应”一体化信息链,实现工程安全防控的智能化转型。信息化手段还可优化应急管理,实现物资调度、指挥调度和跨部门协同。随着智能技术不断进步,水利工程安全管理将进一步实现预测性、主动性和个性化,显著提升隐患防控效能。

6 结语

水利工程安全隐患排查与防控体系的科学构建,是保障工程本质安全、提升防灾减灾能力、促进社会稳定和经济发展的核心环节。随着工程体量增大和环境不确定性加剧,单靠传统的经验管理和定性巡查难以满足现代安全管理需求。本文从隐患类型、排查机制、体系构建、信息化应用等多维度系统分析了水利工程安全隐患管理的理论基础与实践路径。通过全过程、多层次、全要素的体系化排查和智能化防控,水利工程安全管理正逐步实现由被动响应向主动预警、由单一管控向多元协同、由人工依赖向智能化转型。未来,应加强制度创新和技术研发,推进标准化、智能化、社会化的综合治理体系建设,实现隐患排查与治理的常态化、科学化、精细化。建议行业持续总结经验、加强科技投入、完善信息平台,促进工程管理理念和手段与时俱进,为我国水利工程高质量、安全可持续运行筑牢坚实防线。

参考文献

- [1] 傅良.水利工程施工中安全风险评估与控制策略分析[J].水上安全,2024(24):151-153.
- [2] 刘森.基于信息技术的水利工程建设管理研究[J].水上安全,2024(23):28-30.
- [3] 程佳明.水利工程项目法人标准化管理体系构建[J].中国水运,2024(24):108-110.
- [4] 刘波.水利工程项目法人安全生产标准化创建研究[J].现代工程技术,2024,3(23):121-124.
- [5] 黑蒙,张艳萍.水利工程给排水管道渗漏问题及对策研究[J].现代工程技术,2024,3(22):103-106.