

水利工程安全管理的隐患闭环治理体系构建与应用

邓航 张爽

中国水利水电第十二工程局有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i8.4913

[摘要] 为提升水利工程安全管理水平,构建隐患闭环治理体系并探讨其应用。通过阐释隐患闭环治理体系概念、剖析构成要素、解读运行机制,提出针对大型、中小型水利工程及信息化支撑、标准化建设的体系构建策略。审视应用现状,评估应用效果,从定性与定量角度分析体系对安全管理流程的优化及事故发生率等指标变化,提出优化改进举措。结果表明,该体系可有效提升水利工程安全管理水平,降低事故风险,保障工程安全稳定运行。

[关键词] 水利工程; 隐患闭环治理; 体系构建; 标准化建设

中图分类号: TV698.2 文献标识码: A

Construction and Application of Hidden Hazard Closed-Loop Management System for Hydraulic Engineering Safety Management

Hang Deng Shuang Zhang

Sinohydro Bureau 12 Co., Ltd.

[Abstract] To improve the safety management level of hydraulic engineering, a hidden hazard closed-loop management system is constructed and its application is discussed. By explaining the concept of the hidden hazard closed-loop management system, analyzing its constituent elements, and interpreting its operation mechanism, strategies for system construction are proposed for large and medium-small hydraulic engineering projects, as well as for information technology support and standardization construction. The application status is examined, application effects are evaluated, and the optimization of safety management processes and changes in indicators such as accident rates are analyzed from both qualitative and quantitative perspectives. Improvement measures are proposed. The results show that this system can effectively improve the safety management level of hydraulic engineering, reduce accident risks, and ensure the safe and stable operation of projects.

[Key words] hydraulic engineering; hidden hazard closed-loop management; system construction; standardization construction

引言

水利工程安全管理的风险识别与动态控制,是保障工程全生命周期稳定运行的核心要素。随着水利工程规模扩大与功能复合化,传统安全管理模式已难以应对系统性风险,隐患闭环治理体系作为基于风险动态演化理论的管理框架,通过构建“识别-评估-控制-反馈”的闭环控制机制,可实现安全隐患的全程追踪与精准治理。现有研究表明,水利工程安全管理体系存在要素割裂、响应滞后等缺陷,而隐患闭环治理体系通过强化信息反馈机制与持续改进机制,能够有效弥补传统管理模式的不足。智能化监测技术的应用为隐患信息实时采集提供了技术支撑,结合大数据分析技术可实现风险预警模型的动态优化,进一步提升了隐患治理的时效性与精准性。因此,构建适用于不同规模水利工程的隐患闭环治理体系,已成为提升工程安全管理水平的迫切需求。

1 隐患闭环治理体系基础认知

1.1 概念阐释

隐患闭环治理体系作为水利工程安全管理的核心方法论,其本质是基于系统论和过程控制理论构建的动态管理模型。该体系通过整合隐患识别、风险评估、控制措施制定与效果验证等环节,形成“识别-评估-处置-反馈”的完整管理闭环。从控制理论视角分析,该体系实现了开环控制向闭环控制的转变,通过持续的信息反馈机制确保管理活动的动态优化。水利工程安全风险评价系统表明,隐患闭环治理能够显著降低风险演化概率,其核心价值在于构建了预防为主、持续改进的安全管理范式。

1.2 构成要素剖析

该体系由基础管理模块和支撑保障模块构成。基础模块包

含隐患识别系统(采用FMEA失效模式分析)、风险评估矩阵(基于LEC法构建)、控制措施库(涵盖工程技术措施与管理措施)和隐患消除验证机制。支撑模块包括信息反馈系统(建立隐患数据库实现数据追溯)和持续改进机制(运用PDCA循环优化管理流程)。各模块间存在强耦合关系,例如风险评估结果直接决定控制措施等级,而控制效果反馈又反向修正评估参数。这种动态交互机制确保了体系对水利工程全生命周期安全状态的实时响应能力。

1.3 运行机制解读

体系运行遵循“信息驱动-决策支持-行动实施-效果评估”的逻辑链条。在信息收集阶段,通过物联网传感器网络实现结构应力、渗流压力等关键参数的实时监测,结合人工巡检数据形成多源异构数据流。数据分析环节采用贝叶斯网络模型进行风险概率计算,生成三维风险热力图。决策支持系统基于预设阈值触发不同等级的响应预案,包括即时预警、限期整改和工程加固等措施。效果评估通过对比治理前后风险指标变化率(ΔR)和隐患复发率(λ)进行量化验证。智能化管理策略则利用现代信息技术手段,实现水利工程的远程监控、数据分析与智能决策,提高维护效率和管理水平。该机制的创新性在于将传统静态管理转化为动态自适应系统,通过机器学习算法持续优化风险评估模型参数,形成具有自我进化能力的智能治理体系。

2 隐患闭环治理体系的构建策略

2.1 大型水利工程体系构建

大型水利工程因其规模宏大、结构复杂且功能多样,其隐患闭环治理体系构建需具备全面性与系统性。从风险评估环节来看,需运用系统工程理论,综合考虑工程所在地的地质条件、水文特征、气象因素等,对工程结构、设备设施、运行管理等方面进行全方位风险识别与评估。通过建立风险评估模型,量化风险指标,明确不同风险等级对应的隐患类型与影响程度。监测预警环节则要依托先进的传感器技术与自动化监测系统,对工程的位移、应力、渗流等关键参数进行实时监测,并设置合理的预警阈值。一旦监测数据超出阈值,系统立即发出预警信号,为应急响应争取宝贵时间。应急响应与事故处理环节需制定详细的应急预案,明确各部门职责与响应流程,配备必要的应急物资与设备,定期组织应急演练,提高应对突发事件的能力。在事故处理过程中,要遵循科学处置原则,运用先进的工程技术手段,确保事故得到妥善处理,减少损失与影响。通过构建包含风险评估、监测预警、应急响应与事故处理等环节的完整隐患闭环治理体系,可实现对大型水利工程全方位、全过程的安全管理。

2.2 中小型水利工程体系构建

中小型水利工程具有规模较小、管理资源有限等特点,其隐患闭环治理体系构建需突出重点、注重实效。在隐患识别环节,要充分发挥基层管理人员与一线工作人员的作用,通过定期巡查、日常检查等方式,及时发现工程存在的隐患。同时,可借助简单的检测设备与技术手段,如水准仪、测斜仪等,对工程的变形、裂缝等情况进行初步检测,提高隐患识别的准确性。针对中

小型水利工程管理资源有限的现状,在构建隐患闭环治理体系时,需着重强化隐患识别与快速响应能力。简化治理流程,减少不必要的环节与手续,提高管理效率。建立快速响应机制,明确隐患发现后的报告流程与处理时限,确保隐患能够得到及时处理。在中小型水利工程隐患闭环治理体系中,信息反馈与持续改进环节同样重要。通过建立信息反馈渠道,及时收集基层管理人员与一线工作人员在隐患治理过程中的意见与建议,了解体系运行中存在的问题与不足。根据反馈信息,对隐患识别方法、治理流程、响应机制等进行持续改进,不断优化体系运行效果。

2.3 信息化支撑体系构建

信息化技术在隐患闭环治理体系中的应用,为水利工程安全管理带来了新的机遇与挑战。利用传感器技术,可实现对水利工程隐患信息的高效采集。通过在工程关键部位布置各类传感器,如位移传感器、应力传感器、渗流传感器等,实时获取工程的运行状态信息,为隐患识别与评估提供准确的数据支持。大数据技术则可对采集到的海量隐患信息进行精准存储与智能处理。通过建立大数据平台,对隐患信息进行分类整理、挖掘分析,发现隐患之间的内在联系与变化规律,为隐患预测与预警提供科学依据。

2.4 标准化建设路径规划

隐患闭环治理体系标准化建设是保障体系规范运行、提高管理质量的重要举措。标准化建设的重要性体现在多个方面,一方面,统一的管理流程与操作规范可避免因人员差异、管理方式不同等因素导致的管理混乱,确保隐患治理工作的有序进行;另一方面,标准化建设有助于提高管理效率,降低管理成本,提升水利工程安全管理的整体水平。隐患闭环治理体系标准化建设的主要内容包括制定统一的管理流程、操作规范、质量标准等。管理流程应明确隐患识别、评估、控制、消除等各个环节的工作步骤与责任主体,确保各项工作有序衔接;操作规范要详细规定各项工作的具体操作方法与要求,为管理人员提供明确的操作指引;质量标准则要明确隐患治理的质量要求与验收标准,确保隐患得到有效治理。

3 隐患闭环治理体系的应用实践

3.1 应用现状审视

当前,隐患闭环治理体系在水利工程安全管理中的应用已取得一定进展,但整体执行效果仍存在显著差异。从体系执行层面分析,部分水利工程单位对隐患闭环治理的认知仍停留在理论层面,缺乏系统化的实践操作能力,导致隐患识别、评估、控制与消除等环节存在脱节现象。例如,隐患识别环节多依赖人工巡查,缺乏智能化监测设备的辅助,导致隐患发现不及时、不全面;评估环节则因缺乏统一的风险评估标准,导致评估结果主观性较强,难以形成科学的风险等级划分。此外,信息化程度的参差不齐也是制约体系应用效果的关键因素。部分大型水利工程虽已引入信息化管理系统,但系统功能单一,仅能实现基础数据录入与简单查询,无法满足隐患闭环治理的动态需求;而中小型水利工程则因资金与技术限制,信息化水平普遍较低,仍依赖传

统纸质记录与人工传递，导致隐患信息传递效率低下，治理响应滞后。

3.2 应用效果评估

隐患闭环治理体系的应用效果评估需从定性优化与定量指标两个维度展开。定性优化方面，该体系通过构建系统化的隐患管理流程，实现了从隐患识别到消除的全过程闭环控制，显著提升了水利工程安全管理的规范化与科学化水平。例如，通过引入风险评估机制，体系能够根据隐患的严重程度与发生概率，科学划分风险等级，为治理资源的优化配置提供依据；通过建立信息反馈与持续改进机制，体系能够及时发现治理过程中的薄弱环节，并针对性地进行优化调整，形成“识别-评估-控制-消除-反馈-改进”的良性循环。这种闭环控制模式不仅提高了隐患治理的针对性与有效性，也增强了水利工程单位对安全风险的主动防控能力。定量指标方面，隐患闭环治理体系的应用效果可通过事故发生率、隐患消除率等关键指标进行量化评估。事故发生率是衡量体系应用效果的核心指标之一，其下降幅度直接反映了体系对安全风险的防控能力。通过对比体系应用前后的事故统计数据，可直观评估体系在降低事故发生风险方面的成效。隐患消除率则是衡量体系治理效率的重要指标，其提高意味着隐患得到更及时、更彻底的处理，从而减少了隐患累积引发的安全风险。此外，还可引入隐患发现率、治理响应时间等辅助指标，进一步细化评估体系的应用效果。

3.3 优化改进举措

针对隐患闭环治理体系应用中存在的体系执行不到位、信息化程度参差不齐等问题，需从强化人员培训、加大信息化投入、推进标准化建设等方面提出优化改进举措。首先，人员培训是提升体系执行能力的关键。水利工程单位应定期组织隐患闭环治理相关培训，内容涵盖风险评估方法、隐患识别技巧、信息化系统操作等，确保管理人员与一线员工能够熟练掌握体系要求与操作技能。同时，应建立培训效果考核机制，将考核结果与员工绩效挂钩，激发员工参与培训的积极性与主动性，形成“培训-考核-应用”的闭环管理模式。

其次，加大信息化投入是提升体系应用水平的重要途径。水利工程单位应结合自身规模与需求，合理规划信息化系统建设方案，引入先进的传感器、大数据、人工智能等技术，实现隐患

信息的实时采集、智能分析与动态预警。例如，通过部署物联网传感器，可实现对水利工程关键部位的实时监测，及时发现异常数据并触发预警；通过构建大数据分析平台，可对海量隐患数据进行深度挖掘，发现潜在风险规律与趋势，为治理决策提供科学依据。

最后，推进标准化建设是保障体系规范运行的基础。水利工程单位应参照行业规范与最佳实践，制定统一的隐患闭环治理标准，明确各环节的操作流程、责任分工与验收标准，确保体系构建与执行的规范化与一致性。例如，可制定《水利工程隐患闭环治理操作手册》，详细规定隐患识别、评估、控制与消除的具体步骤与方法；建立隐患治理档案管理制度，确保隐患信息的完整性与可追溯性。同时，应加强标准化建设的监督与考核，定期对体系运行情况进行检查评估，及时发现并纠正不符合标准的行为，推动体系持续优化与改进。

4 结论

水利工程安全管理隐患闭环治理体系依托系统安全工程理论与风险动态演化机制，构建全流程闭环控制模型，实现安全隐患全生命周期管理。体系融合风险矩阵与PDCA循环模型，借助智能化监测技术完成隐患信息采集与预警，提高风险治理的精准性和时效性。实践验证了该体系的科学性与应用有效性。未来应加强物联网与大数据分析在隐患预测中的应用，推动治理体系向智能化标准化发展，适配水利工程规模化与功能复合化的管理需求。

[参考文献]

- [1]罗丽金.智能化监测技术的应用与管理体系构建水利工程[J].智能建筑与工程机械,2025(8):95-97.
- [2]李兰平.水利工程监理中安全管理体系的构建与实施路径[J].门窗,2025(14):130-132.
- [3]欧阳永强.水利工程施工质量管理体系构建与优化研究[J].行车指南,2024(2):0126-0127.
- [4]王翔,郑淇文.多维多时间-空间尺度水利工程安全风险评价系统及其应用[J].长江科学院院报,2023(12):169-175.
- [5]付耀敏.水利工程安全生产隐患排查治理信息化平台构建研究[J].数码设计(电子版),2023(12):0671-0673.