

数字化技术在安全环保风险识别与管控中的应用研究

张玉霞

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.32629/jpm.v7i8.9008

[摘要] 伴随水利水电工程规模的不断增大，安全环保的风险也变得越来越复杂、动态。数字化技术依靠物联网、大数据、人工智能、BIM以及数字孪生等技术手段，达成对风险的及时察觉、自动辨识、精确剖析并加以联合管理的目的。本文主要针对数字化技术在安全环保风险识别和控制体系中应用的研究展开论述，建立多源数据融合、智能预警、协作治理以及数字化应急管理体系，以期改善工程安全环保管理水平。

[关键词] 数字化技术；安全环保风险；识别；管控

Research on the Application of Digital Technologies in the Identification and Management of Safety and Environmental Risks

Zhang Yuxia

China Water Resources and Hydropower Engineering Bureau No.11 Co., Ltd.

[Abstract] As the scale of water resources and hydropower projects continues to expand, safety and environmental risks have become increasingly complex and dynamic. Digital technologies—utilizing tools such as the Internet of Things (IoT), big data, artificial intelligence, Building Information Modeling (BIM), and digital twins—enable the timely detection, automatic identification, precise analysis, and integrated management of risks. This paper focuses on investigating the application of digital technologies within safety and environmental risk identification and management systems, aiming to establish a multi-source data fusion framework, intelligent early-warning mechanisms, collaborative governance approaches, and a digital emergency management system, thereby enhancing the overall safety and environmental management capabilities of engineering projects.

[Key words] digital technologies; safety and environmental risks; identification; management and control

水利水电工程具有建设周期长、施工环境复杂、风险因素多等特性，传统的安全环保管理模式已经不能适应全过程动态控制的要求。伴随数字化技术的飞速发展，物联网、大数据、人工智能以及数字孪生灯技术，被应用到工程风险管理工作当中。建立以数据为驱动的风险识别与控制体系，可以达到对风险动态监控的目的，并且能够对潜在的问题做出准确的判定，进而改进相关管理决定。

1. 数字化技术在安全环保风险识别中的应用

1.1 物联网技术实现风险动态感知

水利水电工程具有施工区域分散、作业环境复杂、风险因素动态变化等特点，传统的依靠人工巡检的方式很难达到全过程、持续性的风险监测。物联网技术利用传感器、智能终端以

及数据传输网络，搭建工程状态感知体系，从而达成对安全环保风险要素展开动态收集并剖析的目的。在工程建设期间，要依照工程特性布置智能监测设备，主要针对大坝、边坡、隧洞、厂房等重要区域布设。通过安装位移监测仪、渗压监测设备、应力传感器等，获取坝体沉降、水平位移、裂缝变化、围岩变形等重要参数的变化情况，从而给结构安全风险识别提供数据支撑。而施工环境风险，可以设置水质检测、扬尘检测、噪声检测等设备，对施工区的污染物排放以及生态状况实施动态监测。物联网采集的数据经由工业互联网平台加以集中管理，借助数据清洗、分类保存以及智能分析手段，达成各个监测系统数据融合的目的。当监测指标大于预先设定的阈值或者发生异常变化时，系统会产生风险预警信息，帮助管理人员迅速找到

风险区域^[1]。

1.2 BIM 技术提升风险可视化识别能力

水利水电工程涵盖建筑结构、机电设备、施工组织、地质环境等诸多专业范畴,工程信息相互联系,传统的二维管理模式很难体现复杂的施工情况。BIM 技术依靠创建工程三维信息模型,达成设计信息、施工信息以及风险信息的整合管理,并且给安全环保风险识别赋予可视化的技术支持。在 BIM 模型当中,整合施工图纸、地质资料、设备参数以及施工方案等信息,从而塑造包含工程实体和空间联系的数字模型。结合危险源、风险等级、控制措施与模型构件,更加精准的识别风险。以高边坡施工区为例,利用 BIM 模型分析开挖范围、支护结构和施工顺序三者间的关系,提前找出边坡失稳、施工干扰等隐患;在隧洞施工时,根据地质信息模型分析不同的围岩条件下的支护需要,从而提高风险预估的能力。BIM 技术还可以整合施工进度、四维管理模型,从而完成对施工过程的动态模拟,提前发现交叉作业冲突、施工组织不合理的状况。从环保管理角度出发,BIM 模型可以整合弃渣场、水土保持设施、施工道路等信息,进而开展施工布局及生态影响剖析,以改良环保措施^[2]。

1.3 大数据技术强化风险分析能力

水利水电工程安全环保风险有长期累积、多种因素相互影响的特点,依靠大量的数据分析,可以发现风险的变化规律。大数据技术可以结合历史风险资料、现场监测数据、设备运行数据以及环境数据,从而达成风险要素的综合分析,并开展趋向预测。搭建统一的数据资源库,录入隐患排查记录、事故案例、监测参数、施工记录、气象水文信息等。经由数据标准化处理后,可以提升数据的完备程度以及可操作性,进而给风险模型创建赋予根基。利用数据挖掘可以剖析各种风险因素之间存在的相关性,通过对边坡变形数据、降雨量、地下水变化、支护情况等进行分析,获得边坡失稳的发展规律,根据设备运行参数的变化,判断机械设备出现异常情况,达到对故障风险预测的目的。同时创建多指标风险评价模型,在综合体系中,纳入人员行为、设备状况、施工环境以及管理要素,并借助数据运算得出风险等级,从而达成风险量化的分析目的。根据以往的数据以及目前的监测情况,可以预测危险的发展趋向。

1.4 人工智能技术辅助风险智能识别

人工智能技术依靠机器学习、深度学习以及图像识别等手段,可以达成对复杂数据展开自动剖析的目的,并且加快安全环保风险识别的速度。在水利水电工程施工期间,人工智能技术可以在现场的行为识别、设备的状态分析以及环境的风险预估等领域应用。施工安全管理工作当中,AI 视觉识别技术可以处理现场视频数据,对人员没有戴好防护用品、进入危险区域、设备运转出现异常等情况实施自动识别,从而达到施工隐患自

行显现的效果。对于大型的机械设备,可以采用机器学习的方法对温度、振动、压力等运行参数进行分析,预测出设备的状态变化趋势,从而提前发现可能存在的故障。从环保风险控制的角度出发,可以借助人工智能算法剖析环境监测数据,搭建污染变动预估模型,进而对水质,扬尘,噪声等指标的变化走向实施预测。当环境指标发生异常波动时,系统可以辅助判断风险的原因,给环保措施的调整给予支持^[3]。

1.5 数字孪生技术实现风险动态映射

数字孪生技术依靠创建工程实体和数字模型之间实时对应的关系,达成工程状况的动态模拟以及风险预测分析,属于水利水电工程数字化安全环保管理的主要技术趋向。数字孪生系统建立要融合 BIM 模型、物联网监测数据、大数据剖析成果和运行管理资讯,塑造包含结构状况、设备运行以及环境变动的全方位数字模型。实时更新模型数据可以体现工程的实际状况,达到风险信息可视化的目的。数字孪生技术可以开展多场景模拟分析,根据不同的降雨情况、水位变化和地质参数,对洪水的风险、边坡的稳定性以及工程的运行状况实施模拟预测,从而提前发现可能存在的安全问题。并且利用风险动态地图展现各个区域的风险等级的变化状况,从而帮助管理人员制订相应的控制方案^[4]。

2. 数字化技术在安全环保风险管控中的应用体系构建

2.1 构建多源数据融合管理平台

水利水电工程安全环保风险包含施工组织、设备运转、人员行为、环境状况等诸多方面,其数据来源是多种多样、复杂变化的。传统管理模式存在业务系统互相隔离的现象,造成数据分散、信息无法共享、风险分析滞后等现象的发生。因此应该依靠数字化技术搭建多源数据融合管理平台,从而达成安全环保数据的统一收集、集中管理以及综合运用目的。平台建设要围绕工程全生命周期管理的需求,整合施工管理、设备监测、人员定位、环境监测、隐患排查等各种系统的数据。通过接入现场的传感器、智能终端,得到大坝变形、边坡位移、设备运行参数、水质指标、扬尘浓度等各方面的数据,从而达到对工程状态全方位感知的目的。为了提高数据的应用效率,应该建立统一的数据接口和标准的管理机制,对不同的数据进行编码、分类、清洗处理,使系统之间可以互联互通。利用数据融合分析,关联结构安全数据、施工行为数据和环境监测数据,为综合风险分析提供基础。将边坡位移监测数据和降雨量、施工扰动等要素关联起来,可以加强边坡失稳危险评判精确度;污染物检测数据和施工活动信息关联,可以快速察觉环保风险变动情况。在平台功能上,要增强风险展现、数据剖析和辅助决定的能力,利用安全环保管理驾驶舱直观表现风险分布状况、隐患存在情形、监测走向以及整改状况,从而达成风险信

息可视化的管理目的。建立数据追溯体系，对发现的风险、处理的过程、复查的结果要形成完整的记录数据，形成一个闭环的管理流程，从而提高安全管理的精细化程度^[5]。

2.2 建立智能风险预警机制

水利水电工程的风险不仅动态变化，而且非常隐蔽，一些风险因素在前期很难被人工检查出来。因此应该依靠数字化监测数据以及智能分析模型，构建风险识别、预警和处理的一体化体系，从而加强风险防控的主动性。智能预警体系要以危险源辨识和风险评价的结果为依据，形成包含施工安全与生态环保两方面的风险指标体系。根据工程部位、施工阶段设定相应的监测参数及预警阈值。在大坝施工期主要关注沉降、位移、渗流压力等结构安全指标，在高边坡施工期主要检测变形速率、裂缝发展、地质变化等情况，在环保管理上主要关注废水排放、水质改变、扬尘和噪声指标。在风险分析时，利用大数据分析、机器学习等手段创建风险预估模型，对实时监测的数据展开动态剖析。当监测指标发生异常波动或者接近控制阈值时，系统会发出风险提示信息，并且按照风险等级实行分级管理。一般风险采用跟踪监测和专项检查的方式进行处理，较大风险立即开展技术分析并改进施工方案，重大风险启动应急预案，实施停工、加固或者风险隔离等措施^[6]。

2.3 推进安全环保协同管控

水利水电工程的安全风险和环保风险是相互联系、相互影响的，施工活动会同时给人员安全、工程结构以及生态环境带来危害。因此应该打破安全管理与环保管理脱离的局面，搭建安全环保协同管控体系，从而达成对风险的全面剖析并加以协调掌控的目的。协同管控体系要依靠数字平台，整合危险源信息、环境影响要素以及施工状况数据，从而塑造统一的风险管理数据库。河道施工、围堰修建等环节要从施工机械运转、高空作业等方面入手分析安全风险，并且还要考虑水体污染、水土流失等环保风险，进而经由综合评判决定控制手段。在施工组织管理中采用数字技术，改善资源分配以及风险控制计划。根据风险地图划分各个区域的风险等级，合理地安排施工顺序及作业范围。对于生态敏感区要根据环境监测数据改变施工工艺以减小对周围生态环境的影响，在高危作业区要实行人员定位、设备监控、现场警报等措施，提高作业安全性^[7]。

2.4 强化数字化应急管理能力

在水利水电工程施工期间，面临洪水灾害、边坡塌方、设备故障、结构异常以及环境污染等突发事件，传统的应急管理手段很难及时掌握现场情况。以数字化技术驱动的智能应急管理体系，可以加快突发事件应对的速度并提升应对的水平。根据工程特点实施事故模拟，生成应急演练模型，将BIM模型和GIS空间信息、监测数据以及历史事件资料结合，从而对洪水

的影响范围、危险区分布状况、人员疏散路线以及救援资源分配展开模拟分析，并展现可视化的应急场景。一旦发生突发事件，数字平台可以迅速收集到现场的监测数据，进而对风险的范围、影响的程度以及发展趋向实施剖析，给应急指挥给予参考。监测系统检测边坡位移异常时，可以借助三维模型快速找出危险区域，帮助制订人员撤离、设备转移、加固处理等计划；在发生环保污染事件时，可以依靠环境数据分析，确定污染扩散范围，从而引导污染控制措施的执行。另外还要设立数字化应急资源管理模块，以动态管控救援人员、设备、物资以及交通路线，从而加快应急资源调配的速度。事件处置完毕后，经由平台实施数据回溯工作，探究风险缘由，梳理响应进程，评判处置成效，进而改进应急预案。

结束语：

综上所述，数字化技术给水利水电工程安全环保风险管理工作赋予了新途径，将物联网感知、大数据分析、人工智能识别、数字孪生模拟等技术综合应用，可以达到对风险全过程动态监管和精确控制的目的。在后续的工作中，要不断加强数字化管理平台建设，提升数据融合以及智能剖析的能力，促使安全环保管理工作朝着智能化、协同化和精细化的方向前进。

【参考文献】

- [1]黄佳华. 基于经济可持续性的建筑施工国企安全环保与应急管理体系构建[J]. 企业改革与管理, 2026, (13): 21-23.
- [2]伍昌明. 化工生产全过程污染防控与环保安全一体化的现实挑战与管理方法[J]. 化纤与纺织技术, 2026, 55(6): 110-112.
- [3]贾亮. 检验检测技术赋能轻工塑料制品安全生产风险精准防控[J]. 轻工标准与质量, 2026, (3): 47-49.
- [4]何映婕. 新能源技术创新对能源安全的影响机制——基于气候风险、环保投入与环保水平的调节效应研究[J]. 科技管理研究, 2025, 45(21): 186-197.
- [5]张英俊. 环保设施安全风险评估与应急管理机制研究——基于新形势下环境安全部门监管实践[J]. 化工安全与环境, 2025, 38(8): 113-115+120.
- [6]陈章瑞, 彭远春, 金雪梅, 等. 基于AHP层次分析法的钻井专业关键岗位人员安全环保履职能力评价体系构建与实施[J]. 现代职业安全, 2025, (1): 72-75.
- [7]王惠, 揭昌亮. 经济政策不确定性感知与企业绿色行为——基于环保责任与“漂绿风险”双重视角[J]. 企业经济, 2024, 43(12): 132-142.

作者简介：张玉霞（1988年12月），毕业院校：华北水利水电大学，所学专业：工程管理，职务：安全环保部，职称级别：高级工程师。