

大坝安全监测新技术在水利水电工程中的实践

郭佳佳

密山盛合工程材料检测有限公司 黑龙江密山

【摘要】随着水利水电工程规模的扩大和复杂性的增加,传统的大坝安全监测方法已难以满足现代工程的需求。新技术的应用为大坝的安全监测提供了新的解决方案。本文探讨了几种在水利水电工程中应用的大坝安全监测新技术,包括高精度定位技术、无人机巡检、物联网传感器网络及大数据分析等,并分析了这些技术在提升大坝安全监测效率和准确性方面的优势。通过综合运用这些新技术,可以显著提高对大坝运行状态的监控能力,及时发现潜在的安全隐患,从而保障水利水电工程的安全稳定运行。

【关键词】大坝安全监测; 新技术; 水利水电工程; 安全隐患

【收稿日期】2025 年 1 月 23 日

【出刊日期】2025 年 2 月 26 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250066

Practice of new technologies for dam safety monitoring in water resources and hydropower projects

Jiajia Guo

MiShan ShengHe Engineering Material Testing Co. Ltd, Mishan, Heilongjiang

【Abstract】 With the expansion of the scale and the increase of the complexity of water resources and hydropower projects, traditional dam safety monitoring methods have been difficult to meet the needs of modern projects. The application of new technologies provides new solutions for dam safety monitoring. This paper explores several new technologies for dam safety monitoring applied in water resources and hydropower projects, including high-precision positioning technology, drone inspections, Internet of Things (IoT) sensor networks, and big data analysis, etc., and analyzes the advantages of these technologies in improving the efficiency and accuracy of dam safety monitoring. By comprehensively applying these new technologies, the monitoring ability of the dam's operation status can be significantly improved, potential safety hazards can be detected in a timely manner, thus ensuring the safe and stable operation of water resources and hydropower projects.

【Keywords】 Dam safety monitoring; New technologies; Water resources and hydropower projects; Potential safety hazards

引言

在面对日益复杂的水利水电工程建设需求时,如何有效提升大坝的安全性成为了一项重要课题。传统的大坝安全监测手段因受限于技术条件,往往无法实现对大坝运行状况的全面、实时监控。随着科技的进步,一系列新型监测技术应运而生,它们不仅提高了监测的精确度,还拓展了监测的范围。这为解决传统方法中的难题提供了新思路。深入探讨这些新技术的应用现状及其在水利水电工程中的实践,对于促进该领域的发展具有重要意义。

1 水利水电工程中传统大坝安全监测方法面临的挑战

在水利水电工程的实施过程中,传统的大坝安全监测方法面临着多方面的挑战。随着工程规模和复杂性的增加,传统的测量手段如水准仪、经纬仪等设备难以满足对大坝结构进行全面监控的需求。这些工具虽然在精度上能够达到一定标准,但受限于操作环境和条件,往往无法实现对大坝全生命周期内各阶段状态变化的持续跟踪。特别是在极端天气条件下,人工实地测量不仅效率低下,而且存在

一定的安全隐患。传统监测方式的数据处理速度慢,难以实时反映大坝的安全状况,对于突发情况的预警能力有限。在面对现代水利水电工程高标准的安全要求时,传统方法显得力不从心。

传统的大坝安全监测还面临着数据集成与分析能力不足的问题。由于缺乏有效的信息整合平台,不同类型的监测数据(如变形、渗流、应力应变等)往往分散存储,难以进行综合分析。这导致了对大坝整体健康状况评估的片面性,无法全面准确地把握大坝的实际运行状态。传统技术手段在数据采集过程中容易受到外界干扰,如温度、湿度等因素的影响,造成数据的不准确性和不可靠性^[1]。这些问题的存在,严重制约了水利工程安全管理的有效性,使得及时发现并解决潜在风险的能力大打折扣。为了解决这些问题,寻找更加高效、精准的监测手段成为了行业发展的必然趋势。

随着信息技术的发展,一些高新技术开始被引入到大坝安全监测领域,如物联网传感器网络、高精度定位技术等。这些新技术不仅能克服传统方法中的诸多不足,还能提供更为丰富和精确的数据支持。通过部署一系列智能传感器,可以实现实时动态监测,极大地提高了数据采集的频率和准确性。利用大数据分析技术对收集到的信息进行处理,能够更深入地挖掘数据背后的规律,为预测大坝可能遇到的风险提供了科学依据^[2]。尽管新技术展现出了巨大潜力,但在实际应用中仍需考虑成本效益比以及技术兼容性问题,确保其能够在不同的工程环境中得到有效实施。

2 应用于大坝安全监测的新技术解析

在现代水利水电工程中,大坝安全监测引入了一系列高新技术,为提高监测效率和准确性提供了强有力的支持。高精度定位技术是其中一项关键技术,它通过全球导航卫星系统(GNSS)等手段实现对大坝结构微小变形的精确测量。这种技术不仅能够提供毫米级的定位精度,还能实现实时动态监控,极大地增强了对大坝位移变化的感知能力^[3]。该技术结合地理信息系统(GIS),可以将监测数据与地理位置信息相结合,生成直观的三维模型,便于工程技术人员进行分析和决策。这使得即使是细微的结构变动也能被及时捕捉到,从而提高了大坝安全评估的准确性和可靠性。

无人机巡检作为另一项重要的技术创新,在大坝安全监测中也展现了其独特的优势。传统的地面监测方法受限于地形条件,难以覆盖大坝的所有区域,尤其是对于一些险峻或难以接近的位置。而无人机则不受这些限制,它可以灵活地穿越各种复杂地形,对大坝进行全面细致的检查。搭载高清摄像头和其他传感器的无人机,能够获取高质量的图像资料,并实时传输回控制中心。通过对这些图像和数据的分析,可以快速识别出潜在的安全隐患,如裂缝、渗漏点等。无人机巡检还具有成本效益高、操作简便的特点,能够在减少人力投入的同时大幅提升工作效率,为大坝的安全管理提供了新的视角和技术支持。

物联网传感器网络的发展,也为大坝安全监测带来了革命性的变化。通过在大坝及其周边环境中部署大量的智能传感器节点,可以实现对多种物理量(如应力应变、温度、湿度等)的连续监测。这些传感器节点之间以及与中央处理系统之间形成一个庞大的网络,实现了数据的自动采集、传输和处理。基于物联网技术的大坝安全监测系统不仅能大幅提高数据采集的速度和精度,还能通过大数据分析技术挖掘数据中的潜在信息,为预测和防范风险提供科学依据^[4]。利用机器学习算法对历史数据进行训练,可以建立有效的预警模型,提前发现并应对可能出现的问题。

3 新技术在提升大坝安全性能中的实际案例分析

在实际工程应用中,新技术对提升大坝安全性能发挥了重要作用。以某大型水利水电项目为例,该项目位于地质条件复杂的山区,传统的监测手段难以全面覆盖大坝及周边环境的安全状况。工程团队采用了高精度定位技术结合地理信息系统(GIS),实现了对大坝结构微小变形的精确监控。通过部署一系列GNSS监测站,实时收集大坝各部位的位移数据,并利用GIS平台进行三维建模和分析。这些措施不仅大幅提升了监测数据的准确性,还能够直观展示出大坝结构的变化趋势,使得技术人员可以及时发现潜在风险并采取相应措施^[5]。该系统还能与其他监测设备集成,形成一个综合性的安全评估体系,进一步增强了大坝的安全管理能力。

在某水电站的大坝维护过程中,由于部分区域

地形险峻，传统的人工检查方法难以实施。引入无人机巡检后，技术人员得以对大坝进行全面细致的检查。无人机配备了高清摄像头和红外热成像仪，能够获取高质量的图像资料，并实时传输回控制中心。通过对这些图像的分析，可以快速识别出大坝表面的裂缝、渗漏点以及其他异常情况^[6]。这种方法不仅提高了检测效率，还降低了人员作业的风险。特别是在应对突发自然灾害时，无人机能够迅速到达现场，提供第一手的灾情信息，为应急响应提供了强有力的支持。这一实践证明了无人机巡检技术在复杂环境下具有显著优势，为大坝安全管理开辟了新的路径。

在一个具体案例中，工程团队在大坝及其周边区域部署了大量的智能传感器节点，用于监测应力应变、温度、湿度等多种物理量。这些传感器节点与中央处理系统相连，形成了一个庞大的物联网监测网络。该系统实现了数据的自动采集、传输和处理，大大提高了工作效率。通过对海量数据的分析，不仅可以及时掌握大坝的运行状态，还能预测可能出现的问题。采用机器学习算法对历史数据进行训练，建立了有效的预警模型，提前预报了几次可能危及大坝安全的重大事件。这种基于物联网技术的综合监测方案，显著提升了大坝的安全管理水平，为保障水利水电工程的安全稳定运行奠定了坚实基础。

4 新技术整合方案及其对大坝安全管理的影响评估

在现代水利水电工程中，将多种新技术整合应用于大坝安全管理已经成为一种趋势。通过集成高精度定位技术、无人机巡检以及物联网传感器网络等先进手段，可以构建一个全方位、多层次的监测体系，从而实现对大坝安全状况的全面掌握和精准评估。这种整合方案不仅提高了数据采集的频率和准确性，还能够实现不同类型数据之间的有效融合与分析。在某一具体项目中，通过 GNSS 监测站获取的大坝位移数据与物联网传感器收集的应力应变信息相结合，技术人员能够更深入地了解大坝结构的动态变化情况。利用大数据分析平台处理这些综合数据，可以挖掘出更多有价值的信息，为科学决策提供依据。

新技术整合方案对大坝安全管理的影响是深远且多维度的。它显著提升了大坝安全预警的能力。

借助于先进的数据分析工具，如机器学习算法，系统能够从海量的历史数据中学习并识别潜在的风险模式，从而提前预测可能出现的安全隐患^[7]。这对于及时采取预防措施至关重要，有助于避免重大安全事故的发生。新技术的应用也改变了传统的管理模式，推动了管理流程的优化和效率提升。以某大型水电站为例，通过引入智能监控平台，实现了对大坝运行状态的实时监控和自动化管理，大大减少了人工干预的需求。

新技术整合方案的成功实施依赖于多个因素的共同作用。需要确保各技术间的兼容性和数据共享机制的有效性，这要求建立统一的标准和协议。技术应用过程中的人才培养和技术支持同样不可忽视，只有具备足够的专业知识和技能，才能充分发挥新技术的优势，保障系统的稳定运行^[8]。考虑到成本效益问题，合理的资源配置和长期规划显得尤为重要。尽管初期投入可能较大，但从长远来看，新技术整合方案能够显著降低运维成本，并带来更高的经济效益和社会价值。

5 结语

新技术在大坝安全监测中的应用不仅提升了监测的精度和效率，还为大坝的安全管理带来了革命性的变化。通过整合高精度定位技术、无人机巡检及物联网传感器网络等多种先进技术，实现了对大坝运行状态的全面、实时监控，有效预防潜在风险。这种综合监测体系不仅增强了预警能力，优化了管理流程，还推动了水利水电工程向智能化方向发展。随着技术的进步和经验的积累，这些解决方案将为保障大坝安全提供更加坚实的基础，并促进水利水电行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 马浩然.水利工程大坝的安全监测技术分析[J].水上安全,2024,(22):40-42.
- [2] 魏昌明.自动化检测系统在大坝安全监测中的应用[J].科技资讯,2024,22(16):128-130.
- [3] 颜彦,曹金鑫.大坝安全监测体系构建及其在水利工程中的应用探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2024, (17): 205-207.
- [4] 张皓.水利水电工程中大坝项目如何进行安全监测控制

- [J].湖南水利水电,2024,(03):42-44.
- [5] 巩庆涛.水利水电工程中的大坝安全监测技术探讨[J].水上安全,2024,(08):53-55.
- [6] 王治科.水库大坝安全监测技术标准相关问题分析[J].大众标准化,2023,(05):131-133.
- [7] 王翔,郑淇文,张志勇,等.高质量发展阶段中国水利工程安全监测现状及提升策略[J].水利水电快报,2023,44(03): 76-83+88.
- [8] 张斌,史波,陈浩园,等.大坝安全监测自动化系统应用现状及发展趋势[J].水利水电快报,2022,43(02):68-73.
- 版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

