水库大坝安全监测系统中新型传感器的应用与数据分析

窦祖乾

浙江华东工程咨询有限公司　浙江杭州

【摘要】水库大坝安全监测是保障水利设施稳定运行的关键环节。随着技术发展，新型传感器在大坝监测中得到广泛应用。本文探讨新型传感器在水库大坝安全监测系统中的应用，分析其数据处理方法与优势。通过实际案例验证新型传感器的可靠性与精准性，为大坝安全监测提供技术支撑，推动监测技术智能化发展。

【关键词】水库大坝；新型传感器；安全监测；数据分析；智能化

【收稿日期】2025 年 2 月 24 日　　【出刊日期】2025 年 3 月 28 日　　【DOI】10.12208/j.jer.20250127

Application and data analysis of new sensors in reservoir dam safety monitoring system

Zuqian Dou

Zhejiang Huadong Engineering Consulting Co.,Ltd, Hangzhou, Zhejiang

【**Abstract**】Safety monitoring of reservoir and dam is the key link to ensure the stable operation of water conservancy facilities. With the development of technology, new sensors are widely used in dam monitoring. This paper discusses the application of the new sensor in the reservoir dam safety monitoring system, and analyzes its data processing methods and advantages. The reliability and accuracy of the new sensor are verified through actual cases to provide technical support for dam safety monitoring, and promote the intelligent development of monitoring technology.

【**Keywords**】Reservoir dam; New sensor; Safety monitoring; Data analysis; intelligence

引言

水库大坝作为重要的水利基础设施，其安全性直接关系到人民生命财产安全与区域经济发展。传统监测手段存在精度低、实时性差等问题，难以满足现代大坝安全管理需求。新型传感器技术的出现为大坝安全监测带来了新的机遇。本文旨在研究新型传感器在水库大坝安全监测系统中的应用，并探讨其数据处理与分析方法，以期为大坝安全管理提供科学依据，提升监测效率与准确性。

1 新型传感器在大坝监测中的应用

新型传感器技术的快速发展为水库大坝安全监测带来了新的突破。其中，光纤传感器凭借其独特的物理特性脱颖而出。光纤传感器利用光的传输特性，通过光在光纤中的传播变化来感知大坝内部的应力、应变和温度等参数的变化。这种传感器具有抗电磁干扰、高精度、长距离传输等优点，能够实时、准确地获取大坝内部的物理状态信息。无线传感器网络则利用无线通信技术实现数据的传输，具有安装便捷、覆盖范围广的特点[1]。它由多个传感器节点组成，能够灵活布置在大坝的各个部位，实时监测大坝表面的位移、渗流情况以及周边环境的温湿度变化。智能应变传感器则专注于大坝表面及内部应变的精准测量。它采用先进的传感技术，能够高精度地捕捉应变变化，为监测大坝裂缝的发展情况提供有力支持。这些新型传感器的出现，极大地丰富了大坝监测的手段，显著提高了监测数据的精度与实时性，为大坝安全监测提供了更可靠的技术保障。

为了充分发挥新型传感器的优势，必须根据大坝的结构特点和监测需求进行科学合理的布置。在大坝坝体的关键部位，如坝基、坝肩和坝体中部等区域，安装光纤传感器。这些部位是大坝结构的薄弱环节，也是应力和应变变化最为显著的区域。光纤传感器能够实时监测坝体内部的应力与应变分布情况，为评估大坝的整体稳定性提供重要数据支持。在大坝表面及周边环境，布置无线传感器网络。通过这些传感器，可以实时监测大坝表面的位移情况，及时发现大坝表面的变形趋势；还能监测渗流情况，了解大坝内部的渗水动态；

作者简介：窦祖乾（1967-）男，汉族，安徽六安，研究方向为水利水电。

对周边环境的温湿度变化进行监测，有助于分析环境因素对大坝安全的影响。在大坝裂缝易发区域，安装智能应变传感器[2]。裂缝是大坝安全的重大隐患，智能应变传感器能够精准监测裂缝的发展情况，及时捕捉裂缝的扩展趋势，为裂缝的早期预警和处理提供科学依据。

在实际应用中，传感器的布置方案还需要根据大坝的具体情况和监测目标进行优化与完善。需要对大坝进行全面的地质勘察和结构分析，确定关键监测部位和潜在隐患区域。根据监测目标和精度要求，选择合适的传感器类型和数量。在需要高精度监测的区域，可以适当增加光纤传感器的布置密度；在环境复杂的区域，可以优化无线传感器网络的节点分布，确保数据传输的稳定性和可靠性。还需要考虑传感器的长期稳定性、维护成本以及与现有监测系统的兼容性等因素。通过不断优化传感器布置方案，可以进一步提高监测系统的性能和效率，更好地服务于大坝的安全监测和管理。

2 新型传感器数据采集与预处理

构建高效稳定的数据采集系统是确保监测数据准确获取的关键。数据采集系统由传感器节点、数据传输模块与数据采集终端组成。传感器节点是数据采集的源头，负责采集大坝各项监测数据，如应力、应变、位移、渗流等。这些传感器分布在大坝的关键部位，能够实时感知大坝的运行状态。数据传输模块则承担着将传感器节点采集到的数据快速、准确地传输到数据采集终端的任务。为了确保数据传输的实时性与稳定性，数据传输模块采用了先进的无线通信技术[3]。这种技术不仅能够避免传统有线传输中布线复杂、易受环境干扰等问题，还能实现大范围的数据传输，确保监测数据能够及时上传。数据采集终端是数据采集系统的“大脑”，具备数据存储、初步处理与远程传输功能。它能够对采集到的大量数据进行存储，同时对数据进行初步处理，如格式转换、数据筛选等。

采集到的监测数据往往存在噪声干扰、数据缺失等问题，这些问题会严重影响数据的质量和后续分析的准确性。因此，数据预处理是数据采集后不可或缺的重要环节。针对噪声干扰问题，采用滤波算法对数据进行去噪处理。滤波算法能够有效去除高频噪声干扰，保留有效监测信号。高频噪声通常是由于传感器自身的随机波动、外部环境的电磁干扰等因素引起的，这些噪声信号会掩盖真实的监测数据，导致数据失真。通过滤波算法，可以将这些噪声信号过滤掉，使监测数据更加清晰、准确。对于数据缺失情况，利用插值算法进行数据填补。在实际监测过程中，由于传感器故障、通信中断等原因，可能会导致部分数据丢失。数据缺失会影响数据的完整性和连续性，进而影响对大坝状态的准确评估。

数据预处理在水库大坝安全监测中具有极其重要的意义。经过预处理后的数据能够更加真实地反映大坝的实际运行状态，为后续的数据分析和安全评估提供准确的依据[4]。在大坝安全监测中，数据的准确性直接关系到对大坝安全状态的判断是否正确。如果数据存在噪声干扰或缺失，可能会导致误判，从而影响大坝的安全管理决策。噪声干扰可能会使监测到的应力或应变数据出现异常波动，而数据缺失则可能导致对大坝变形趋势的误判。通过数据预处理，可以有效避免这些问题，确保监测数据的质量。

3 新型传感器数据处理与分析方法

数据融合技术是现代水库大坝安全监测系统中不可或缺的关键技术。在实际监测过程中，不同类型传感器采集到的多源数据往往包含大量冗余信息和噪声干扰，而数据融合技术能够有效整合这些数据，提取出更具代表性和价值的特征信息。光纤传感器可以精准监测大坝内部应力的变化情况，而无线传感器网络则能够实时获取大坝表面位移数据。通过建立数据关联模型，将这两类数据进行融合分析，能够更全面地评估大坝的整体稳定性。智能应变传感器监测到的裂缝应变数据与渗流监测数据的关联分析也至关重要[5]。裂缝的扩展可能会对大坝的渗流安全产生重大影响，而通过数据融合技术，可以准确判断裂缝发展是否已经危及大坝的渗流安全，从而为及时采取措施提供科学依据。

构建科学合理的数据分析模型是实现大坝安全预警的核心环节。基于丰富的监测数据，采用统计分析方法建立大坝安全评价指标体系是数据分析的基础。该指标体系通常包括应力应变指标、位移指标、渗流指标等多个关键参数。通过对这些指标之间的相关性进行深入分析，并结合其变化趋势，可以建立大坝安全预警模型。当监测数据超出预设的预警阈值时，模型能够及时发出警报，提醒管理人员迅速采取相应的措施，以防止潜在的安全事故。为了进一步提升大坝安全管理的科学性和前瞻性，利用机器学习算法对历史监测数据进行挖掘分析，建立大坝安全预测模型也显得尤为重要。

数据融合技术和数据分析模型的结合为水库大坝安全监测带来了革命性的变化。数据融合技术通过整

合多源数据，打破了传统监测中单一数据源的局限性，使得监测系统能够从多个角度全面评估大坝的安全状况[6]。而科学合理的数据分析模型则为这些融合后的数据赋予了更深层次的意义，使其能够转化为具体的预警信号和决策依据。这种综合应用不仅提高了监测数据的利用效率，还极大地增强了大坝安全监测的实时性和准确性。在实际应用中，这种技术组合能够有效降低大坝安全事故的风险，保障人民生命财产安全，同时也为水利工程的智能化管理和可持续发展提供了有力的技术支撑。

4 新型传感器应用效果与案例分析

新型传感器在水库大坝安全监测中的应用，显著提升了监测效率与准确性。与传统监测手段相比，新型传感器的监测精度大幅提高，数据采集频率显著提升，能够实时、精准地反映大坝安全状态的细微变化。通过数据融合与分析技术，大坝安全预警准确率大幅提升，有效降低了大坝安全事故的风险。新型传感器的应用还降低了监测成本，减少了人力物力的投入，具有良好的推广应用价值，为水库大坝的安全运行提供了有力的技术保障。

以某大型水库大坝为例，自新型传感器监测系统投入使用以来，成功监测到大坝坝体内部应力的异常变化[7]。通过数据分析模型的精准预测，发现大坝坝体存在局部稳定性隐患。经现场核查与加固处理，及时消除了安全隐患，保障了大坝的安全运行。这一案例充分验证了新型传感器在大坝安全监测中的可靠性与有效性，为其他水库大坝的安全管理提供了宝贵的经验借鉴。

新型传感器在水库大坝安全监测中的应用，不仅在技术上取得了突破，还在实际应用中展现出显著优势。其高精度、高频率的数据采集能力，结合先进的数据融合与分析技术，能够为大坝安全管理提供科学依据[8]。未来，随着传感器技术的不断发展，结合大数据、人工智能等前沿技术，新型传感器在水库大坝安全监测中的应用将更加广泛，有望进一步提升大坝安全监测的智能化水平，为水利设施的安全运行提供更可靠的保障。

5 结语

新型传感器在水库大坝安全监测中的应用为大坝安全管理提供了有力技术支撑。通过科学布置传感器、优化数据采集与处理方法以及构建数据分析模型，有效提升了大坝安全监测效率与准确性。未来，随着传感器技术的不断发展与大数据、人工智能等前沿技术的深度融合，大坝安全监测将朝着智能化、精细化方向发展，为水利设施安全运行保驾护航。

参考文献

[1] 缪淑佳,李满娥.自动化监测系统在水库大坝安全监测中的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2025,48(02):122-124+128.

[2] 李浩楠.基于高精度北斗卫星定位的大坝安全监测系统[J].山西电子技术,2024,(06):55-58.

[3] 钟智勇.GNSS 自动监测系统在松子坑水库大坝安全监测中的应用分析[J].地下水,2024,46(06):280-283.

[4] 海日姑·阿布都热西提.小型水库雨水情测报和大坝安全监测系统设计与实践[J].中国水运,2024,24(06):88-90.

[5] 张楠.大坝变形监测系统在云南水库安全运行中的适用性初探[J].人民珠江,2019,40(S1):138-140+151.

[6] 朱光君.新型传感器技术在环境监测中的应用[J].农村科学实验,2025,(04):63-65.

[7] 冯燕,孟丽明.新型传感器在环境污染物检测中的技术创新与应用研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(02):61-63.

[8] 潘想娣.水环境监测中新型传感器技术的应用及质量保障研究[J].生态与资源,2024,(12):84-86.

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/