

# 基于多源数据融合的水利工程质量检测技术创新与应用

李倩倩

山东省水利工程试验中心有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i10.5762

**[摘要]** 多源数据融合技术的核心在于综合利用来自不同传感器、设备及算法的数据,实现信息的集成与分析。这种方法不仅增强了数据的全面性与准确性,还为及时识别和应对潜在风险提供了有力保障。本文将围绕基于多源数据融合的工程质量检测技术特点展开,探讨其创新与应用策略,以期为水利工程的安全评估与管理提供新的思路与解决方案。

**[关键词]** 多源数据融合; 水利工程; 质量检测技术

**中图分类号:** TV **文献标识码:** A

## Innovation and Application of Water Conservancy Engineering Quality Inspection Technology Based on Multi source Data Fusion

Qianqian Li

Shandong Water Conservancy Engineering Testing Center Co., Ltd

**[Abstract]** The core of multi-source data fusion technology is to comprehensively utilize data from different sensors, devices and algorithms to achieve information integration and analysis. This method not only enhances the comprehensiveness and accuracy of data, but also provides strong guarantees for timely identification and response to potential risks. This article will focus on the characteristics of water conservancy engineering quality detection technology based on multi-source data fusion, explore its innovation and application strategies, in order to provide new ideas and solutions for the safety assessment and management of water conservancy engineering.

**[Key words]** multi-source data fusion; Water conservancy engineering; Quality inspection technology

在当今水资源管理日益复杂的背景下,提升水利工程的质量检测技术的应用水平尤为重要。随着城市化进程的加速和气候变化的影响,传统的监测方法难以满足多元化、实时化的需求。基于多源数据融合的技术创新应运而生,利用来自传感器、卫星遥感、无人机等多种渠道的数据,形成一个全面、准确的监测体系。这不仅提升了数据的可靠性和检测精度,还增强了系统的开放性与智能化。

### 1 多源数据融合背景下水利工程质量检测技术的特点

#### 1.1 数据集成与融合的全面性

水利工程质量检测需要集成来自不同传感器、设备或算法等多种数据,包括实时降雨量、河流水位、水库蓄水量、土壤湿度等物理监测数据,以及通过卫星遥感、无人机巡检等方式获取的遥感影像数据。这些数据来自不同渠道、不同类型,共同构成了水利工程质量检测的全面数据基础。利用多传感器数据融合技术,将来自不同来源的数据进行综合分析和处理,消除冗余和矛盾,降低不确定性,获得更加全面、精确、可靠的信息。这种

技术提高了数据的可靠性和准确性,为质量检测提供了有力的数据支持。

#### 1.2 系统的开放性与可扩充性

在多源数据融合背景下,水利工程质量检测技术的系统设计需具备良好的功能模块化特性。这种设计使得系统可以方便地进行扩充和升级,以满足不断变化的检测需求和技术进步。例如,当新型传感器或监测设备问世时,系统可以通过简单的模块替换或添加新功能来集成这些新技术,确保水利工程的检测手段始终处于前沿<sup>[1]</sup>。此外,开放式平台函数库的设计,使得开发人员可以根据项目需要定制和优化系统功能,进一步提升系统的适用性和灵活性。标准化的信息编码和数据库结构是实现系统开放性的重要保证。通过统一的数据格式和标准,多个系统之间可以实现无缝对接,促进数据共享和资源整合。

#### 1.3 检测技术的智能化与自动化

随着人工智能技术的快速发展,多源数据融合技术在水利工程质量检测中越来越注重智能化和自动化。通过构建防汛预警模型、风险评估模型等智能分析工具,系统能够对水利工程的

质量进行精准的研判和预测。这种智能化技术利用机器学习和数据挖掘方法,从海量数据中提取潜在风险信息,帮助管理者及时识别和应对可能出现的问题。例如,通过实时监测数据和历史数据的结合,系统可以智能地评估当前的水文条件,并预警可能发生的洪涝灾害,为决策者提供科学依据。同时,结合物联网和自动化设备,不仅提高了检测的效率,还显著减少了人为因素对检测结果的影响<sup>[2]</sup>。例如,自动化传感器可以24小时不间断地监测水位、流量和水质等关键指标,实时将数据传输至中心系统进行分析 and 处理。

## 2 多源数据融合下水利工程质量检测技术的创新与应用策略

### 2.1 水利工程质量检测中测绘技术的应用

#### 2.1.1 地形测绘技术

在水利工程质量检测中,地形测绘技术是基础且关键的环节,检测人员应采取以下措施以确保其有效应用:首先,检测人员应熟悉多种地形测绘技术,包括航空摄影测量、遥感影像处理和地面三维激光扫描(LiDAR)。他们需要掌握航空摄影测量的原理,通过高空拍摄获取地面高分辨率图像,并运用空间解析技术重建地表特征,以确保提供的大范围、高精度地形数据满足项目需求;应有效利用遥感影像处理技术,获取来自卫星或无人机的多光谱图像。他们应具备图像处理和分析能力,能够提取关键的地形特征和地物信息,从而形成更为详尽的地貌数据<sup>[3]</sup>。同时需要了解其操作流程,以快速生成高密度点云并形成精细的地形模型。在具体应用中,水体边界、计算库容、分析地质构造和规划输水线路等是最为关键的地形测绘任务。例如,在水库建设前期,检测人员应精确测定坝址的地形地貌,以确保坝体设计的合理性。在施工过程中,他们需要进行实时地形测绘,监控土方开挖和填筑的进度与质量,以防止超挖或欠挖现象的发生。

#### 2.1.2 水下地形测绘技术

水下地形测绘在水利工程中至关重要,尤其在水库、航道整治、海底隧道建设和水下结构物检查等领域。为了提升水下测绘技术的效果和应用效率,以下是一些实践路径:

第一,多技术协同应用。鼓励将侧扫声呐、多波束测深系统和单波束测深仪结合使用,形成多层次的数据采集方案。通过在不同场景下灵活选择测绘工具,检测人员可以获得更为全面和高精度的水下地形数据,增强测绘的准确性和可靠性。

第二,智能化数据分析。利用人工智能和机器学习技术,对水下测绘数据进行智能化处理。通过训练算法实时分析声呐数据,检测人员能够及时识别水下障碍物和异常情况,提升水下监测的响应速度与准确性。

第三,自动化与无人系统。使用无人潜水器(ROV)和自主水下航行器(AUV)进行水下测绘。通过自动化设备减少人工干预,提升测绘效率和安全性,尤其在复杂和危险的水域环境中,确保数据采集的持续性和精确性。

第四,构建动态监测系统。在关键水域建立动态监测网络,

利用传感器和物联网技术实现水下地形的长期实时监测。定期分析收集的数据,有助于及时发现潜在的滑坡风险、渗漏通道及其他安全隐患,为工程提供更强的安全保障。

#### 2.1.3 实时动态测量技术

实时动态测量技术(RTK)作为GPS的高级应用,利用载波相位观测实现厘米级定位精度,已成为水利工程中不可或缺的技术。为了进一步提升RTK技术的应用效果,检测人员可以将RTK技术与激光测距、无人机测绘等其他测量技术相结合,促进多源数据的融合与分析,从而提供更全面的现场信息,提升测量精度和可靠性,适应复杂多变的水利工程环境。同时,检测机构应开发基于RTK数据的实时监测和预警系统,利用人工智能算法分析位移数据,及时识别异常变化并发出预警,为工程安全提供动态保障,帮助检测人员迅速应对潜在风险。此外,利用移动应用程序,使检测人员能够在现场实时访问RTK测量数据,并进行数据分析和决策支持,这将提升现场工作效率,减少响应时间。同时,还可以搭建一个集成RTK测量数据的云平台,实现不同项目组之间的数据共享与协同分析,促进跨部门合作,提高整体工程管理水平。通过自动化RTK测量设备,能够降低人为操作错误,提高测量效率,例如,自动化无人机搭载RTK系统能够实现快速、大范围的地形测绘,减少人工干预,提高作业安全性。

### 2.2 高科技检测技术的创新应用

#### 2.2.1 无人机载智能化快速巡检技术

无人机技术和摄影测量技术已在电网巡检、输电线路巡检、桥梁检测和建筑检测等领域取得显著成果。针对南水北调工程等长距离、高跨度和大巡检体量的项目,无人机载智能化快速巡检技术能够高效识别外观破损、渗漏点等问题,极大提升检测效率。

检测机构应研发更智能的无人机操作系统,结合自动飞行、路径规划和实时监控技术,减少对人工操控的依赖,提升在复杂环境中的适应能力,降低对天气条件的敏感性。同时优化无人机载设备,将多功能光电吊舱与先进传感器相结合,实现更多参数的快速采集,如温度、湿度、红外成像等,从而提供更全面的检测数据。开发基于云计算的实时数据分析平台,将无人机采集的数据进行智能化处理,快速生成检测报告和决策支持信息,以便于现场人员及时采取相应措施。同时,要研发防风、防雨的无人机巡检设备,以增强其在恶劣天气条件下的工作能力,确保在多变的环境中仍能完成巡检任务。

#### 2.2.2 水下综合一体化检测技术

在水利工程长期通水运行后,尤其是调水型渠道在高流量调水的情况下,容易出现衬砌面板破损、结构开裂和渗漏等问题,进而可能导致均匀沉降,危害结构安全<sup>[4]</sup>。因此,定期对水下构筑物进行检测与安全评估尤为重要。水下综合一体化检测技术通过将水下机器人与地球物理检测技术相结合,能够高效、精准地完成水下构筑物的检测。然而,在实际应用中,复杂的水域环境对水下机器人及检测设备的协同操作提出了更高的要求,且

该技术在大规模水下检测中的工作效率仍需提高。为此，相关企业应研发自动化水下检测装置，降低人工干预需求，使设备能够独立完成特定区域的检测；集成声呐、激光扫描和图像识别等多种检测手段，形成多层次的检测方案，以提高对水下构筑物的全面性和准确性。同时构建实时水下监测系统，持续跟踪水下构筑物的健康状态，及时预警潜在风险，为工程管理提供动态保障。

### 2.2.3 水下地层精细探测技术

首先，检测人员可以利用电磁波传播特性，评估水下地层的电性参数。这种方法主要依靠电导率测量，能够有效区分不同地层材料的电导率，从而判断泥沙的分布情况。具体操作过程中，探测设备会在水面发射电磁波信号，信号通过水体传播后，与地层相互作用并反射回来。接收器捕捉反射信号后，系统分析信号的变化，从中提取出不同深度和位置的电导率数据。这种方法快速、非破坏性，适合大范围探测；其次，结合弹性波探测，通过发射和接收声波，获取地层的弹性特性，提取多物性参数。具体来说，使用声波发生器产生高频声波，这些声波在水下传播并遇到不同地层时会产生反射和折射。探测设备通过水面接收这些反射波，分析其传播时间和波形特征，以计算地层的弹性模量和密度等参数。这一方法能够提供更为精确的地层结构信息，有助于识别潜在的安全隐患，特别是在检测结构裂缝和潜在滑坡区时显得尤为重要。

此外，水下钻孔取芯技术通过专业的钻探设备在水下土层中钻取样本，获取真实的地层物理性质数据<sup>[5]</sup>。具体操作中，钻机在水面设立，利用钻杆穿过水层，进而钻入底层土壤。取出的土芯样本可以用于实验室分析，以测定其粒径分布、密度、湿度和其他物理化学性质。这些数据不仅可以标定探测成果，还能为

后续的工程设计提供重要依据。在实际应用中，需特别注意在浅水区域的探测，考虑多次波对有效弹性波信号的影响。这种情况下，反射波可能因为水面波动而产生干扰，影响信号的清晰度和准确性。因此，采用滤波技术和数据处理算法来减少噪声干扰，确保获取的数据具有更高的可靠性。

### 3 结束语

在多源数据融合的背景下，水利工程质量检测技术的创新与应用为提升工程安全性与效率提供了强有力的支持。通过综合多种数据来源，采用智能化和自动化手段，检测系统不仅提高了数据的准确性和可靠性，也增强了系统的灵活性与适应性。这些技术的应用，如无人机巡检和 underwater 检测技术，展示了未来水利工程监测的新方向，进一步推动了行业的现代化进程。

### [参考文献]

- [1] 尤林奇, 王小平, 陶玉波, 等. 面向虚拟引擎的水利工程多源数据转化融合技术初探[J]. 水利信息化, 2024, (03): 30-36.
- [2] 李延芳, 杨顺坡. 基于多源数据融合的水利工程测量信息动态更新系统[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(01): 88-90+138.
- [3] 马立平. 水利工程质量检测信息化建设思考[J]. 海河水利, 2023, (11): 123-125+128.
- [4] 万争, 洪岱. 基于物联网和大数据的水利泵站故障诊断解决方案[J]. 通信与信息技术, 2023, (03): 85-88.
- [5] 惠伟伟, 罗小玲. 基于多源数据的水利工程施工复合地基承载力估算研究[J]. 科学技术创新, 2022, (31): 146-149.

### 作者简介:

李倩倩(1987--), 女, 汉族, 山东省济宁市人, 本科, 工程师, 研究方向: 水利工程质量检测。