

# 探究水利水电工程中的大坝工程安全监测控制

张广勇\*

商河县水务局 山东 济南 251600

**摘要:** 在水利水电施工项目中, 大坝安全监测技术一直是影响水电工程建设管理质量的关键内容。随着科技的发展, 一些新型监测技术被研发运用于水电工程建设管理中, 使得管理质量得到了明显提升。本文主要探讨了水利水电工程中的大坝安全监测控制, 以期对促进水利项目建设管理质量的提升有所帮助。

**关键词:** 水利水电施工; 大坝安全监测技术; 使用方法; 管理质量

**DOI:** <https://doi.org/10.37155/2717-5189-0402-69>

## 引言

目前, 随着云计算、物联网(IOT)、大数据、人工智能等技术的深入应用, 大坝安全监测正在向多源信息融合、智能模型分析、实时在线评价、三维可视化展示、智慧辅助决策等方向发展。监测自动化是实现以上目标的必要途径, 能实现监测数据的自动采集、传输和存储, 为监测数据实时分析提供信息平台<sup>[1]</sup>。

## 1 监测自动化关键技术

### 1.1 采集控制

测量控制单元(MCU)是监测系统的核心设备, 其主要功能是传感器信号采集、测点切换、A/D转换, 数据通信、数据传输、数据存储、电源管理和时钟等。测量通道的复用性(能采集电流、电压、电容、电感、振弦、差阻等信号)、测值稳定性、采集时间、采集方式(单点测量、选点测量、定时测量)、电源管理等直接关系到自动化系统的运行状态。南瑞的DAU3000数据采集单元可混合接入各类电测传感器, 全并行系统架构, 具有设备状态、供电电源和运行环境在线监控功能。

### 1.2 通讯传输

通讯传输是连接测量控制单元与管理系统的枢纽, 包括有线传输和无线传输。有线传输采用双绞线、光纤为介质, 无线传输采用移动网络、通讯卫星、wifi、网桥等。对一个具体工程, 通常是综合应用多种通讯手段, 组成通讯网络。三峡工程内观自动化系统采用光纤环网, DAU之间采用RS485通讯、NMU之间、NMU到监测中心站采用光纤通讯。苗尾水电站外观自动化系统采用以太网星型结构, 基准站点采用无线网桥通讯; 机器人测站采用双绞线到光端机, 再通过光纤传输至中心站。

### 1.3 管理系统

管理系统是监测自动化面向用户的窗口, 用户通过监测管理系统实现采集控制、数据管理、模型分析和预测预警。针对工程不同建设时期, 监测管理系统的侧重点不同。当然, 即时采集、自动触发、报告自动生成、三维可视、模型分析与预警预报是管理系统的重要功能<sup>[2]</sup>。

## 2 监测自动化系统特征

### 2.1 水电工程安全监测的多维感知体系

多维感知体系包括立体采样、远程管控、灵活组网和信息协同4部分。区别于传统的仅依赖于内部埋设传感器的物理测量方法, 立体采样是指多层次、立体化的多维动态感知技术, 既有对物理特征的直接测量, 也有物理变化过程引发的声光电等特征的间接探测, 以扩大信息来源。传统的离散布置的单测点或阵列式的多测点设备一般只能用来监测局部形变或相对形变情况, 对空间全景的探测感知不足。三维激光扫描、分布式光纤、形变监测雷达、微震监测、

\*通讯作者: 张广勇, 男, 汉, 1972.04.15, 山东省济南市, 本科, 中级, 副科长, 大连理工大学, 研究方向: 水利工程施工与管理。

大坝CT等技术的出现,拓展了信息获取手段,丰富了信息资源。如三峡大坝、河南省宝泉抽水蓄能电站等成功进行了三维激光扫描数据及与三维重建的虚拟现实应用。锦屏一、二级水电站都采用了微震监测的手段应用于深埋水工隧洞岩爆监测及枢纽区边坡的稳定性监测。这些新型采集设备工作原理及数据形式多样,为协调系统有序运作,实时的远程管控必不可少。通过远程管理端对监测频率、触发条件、监测范围等参数进行远程定义及操作,完成不同设备间的互补及协作,形成系统的有机统一。灵活组网类似于“即插即用”功能,系统具有较强的动态配置和自动识别能力。无线传感网络作为一种全新的信息获取平台,以其节点数量多、分布密度大,分布式的拓扑结构和自组织性强的鲜明特点提供了一个可行的实现途径。其中,分布式的拓扑结构使无线传感器网络中不需要固定的网络基础设施,实现节点的地位平等,利用分布式协议协调各个节点协作完成任务。现有的无线通信技术有蓝牙、WiFi、ZigBee、4G(5G)和新型的LoRa技术等<sup>[3]</sup>。

## 2.2 智能监测的系统诊断

一个完备的智能监测系统应具备多个物理量间的基于大数据比对的相互验证诊断功能。完整的数据有效性评价体系不仅仅是要求数据准确无误差,而是要从综合应用的角度考虑,对监测数据的采集、存储和展现进行全面的考察和评价,评价内容包括准确性、及时性、一致性、完整性、规范性及唯一性等。借助现代数值分析手段,还可以通过工况模拟对不同来源数据间的相互关系进行分析,以验证数据的可靠性及提高对某些隐藏信息的认识。

## 2.3 智能监测系统的数据整合

实测数据中包括大量有效和无效的信息,在对具体项目进行分析时,不需要调用所有的监测数据,只需要调取一部分设备及一部分时段的监测数据进行抽取操作,以实现数据降维,提高分析的效率。数据预处理或称数据清洗的主要目的就是去除原始数据库中不符合规范的数据,并对数据进行删除、修正、填补或去重,使其达到数据质量的标准并存入整编数据库,最终提供给用户准确、可靠、有价值的信息。监测资料整编是对采集到的庞杂原始资料(包括数据、文字、图像等)进行审查和核实的过程,以综合整理成系统化、逻辑化和图表化的监测成果,并汇编成易于保存的方式。整编工作应包括监测阶段的平时资料整理以及按规定时段对监测资料进行全面整理、汇编和分析。

## 2.4 监测信息特征值的提取

在整合监测数据的基础上,需对监测信息进一步凝练,利用数据挖掘的方法提取其特征值,辨识监测信息的时间及空间分布规律,以实现监测对象的动态建模及趋势预测。数据挖掘是把数据表层的分析提升到业务理解层的应用,通过关联规则、机器学习算法等方式从数据中获取深层次的有效信息和隐藏信息。对于安全监测领域,数据挖掘多应用于日常运营管理、安全决策支持、预报预警响应及动态发展趋势预测等方面,以提升数据价值的最大利用度。

动态建模是在对比历史实测数据的基础上,对新产生数据进行分析判断,将监测数据的趋势预测结论加入到报警功能中,识别可能存在的风险。由于监测物理量会随着时间的推移及边界条件的变更而不断变化,监测过程是一个随时间动态演化的过程,需要建立考虑动态因果关系、序列相似性以及因子相关性等多维关联分析模型,合理选用或组合以BP神经网络、遗传算法(GA)、自组织映射算法(SOM)、GM灰色理论模型和模糊神经网络等为代表的动态神经网络,并结合实际工程背景下得到的监测数据,计算出各预测模型的预测数据,如利用改进的IAGA-BP预测模型权衡多因素对大坝水平位移的非线性变形预测,或组合多个预测模型提高大坝沉降值的预测精度<sup>[4]</sup>。

大部分的工程事故总是最先由局部损伤扩展到其他部位。因此,局部损伤往往隐含整体破坏的先兆信息,空间变异特征可能是识别工程失稳前兆的突破口。这种变异性不同于监测数据中的异常值,异常值可能是非真实的数据,而变异性代表着某监测物理量在被监测对象中分布的不均匀性,这种不均匀性可能是局部存在缺陷的一种表象。变异性识别与数据清洗中粗差与离群值的区别在于粗差为单个测点数据的无规则突变,变异性往往为同部位多个测点的同步突变,这种差异是识别变异性与粗差的主要特征。

# 3 监测自动化系统展望

## 3.1 监测数据采集、传输与处理智能化

作为物联网的“触手”,传感器在当今信息时代发挥着至关重要的作用。大坝安全监测周期长,特别是埋入式仪器,需要服役30a以上,因此,其耐久性和稳定性必须得到保证。未来研发的安全监测传感器除了需要具备一般消费类传感器的低功耗、低延迟、数据采用率高、易于集成、存储、无线传输等性能外,还需要具备传统工业类传感器的

高可靠性和耐久性<sup>[5]</sup>。此外,将来甚至可以研究低功耗、高续航能力的埋入式传感器无线传输技术,减少电缆牵引工作,大大提高传感器成活率。传感器的智能化必将带来采集系统的智能化,采集系统可以根据传感器的自身属性,进行智能化数据处理,对监测物理量变化过大的可自动重测或报警,减少人工参与数据处理,提高数据采集与处理的效率和可靠性。

### 3.2 基于BIM技术的监测成果可视化

目前多数大坝安全监测自动化系统仅限于数据采集、传输、保存、处理及初步分析,在监测成果与结构信息的可视化交互方面的功能不完善,不能及时反映监测成果所代表的结构健康状态。近年来,BIM应用越来越广泛,以建筑对象的各项相关信息数据作为基础,建立三维数字化模型,为众多建筑从业部门处理繁多数据提供了一个信息交互与共享平台。引入BIM技术实现监测信息的三维可视化,使得监测成果更容易、更直观理解,提高监测自动化系统的交互性和效率。

### 3.3 变形监测智能化

大坝外部变形监测自动化技术(包括测量机器人、GNSS)已经在土石坝中成功应用,数据处理一般采用极坐标法、单基线向量进行位移计算,所采集的数据精度能满足规范、规程的要求,但应用于精度等级要求较高的混凝土坝及岩质边坡变形监测时,变形监测精度还需要进一步提高。因此有必要研究精度更高的外部变形监测自动化观测方法和开发智能化数据处理软件,以满足混凝土坝、岩质边坡等监测对象变形监测的要求。

## 4 结语

综上所述,新一代的智能化安全监测体系将显著提升监测系统的技术水准,拓展监测技术人员的分析手段,实现工程健康信息的透明化和业务决策的精准化。

### 参考文献:

- [1]赵志仁,徐锐.国内外大坝安全监测技术发展现状与展望[J].水电与抽水蓄能,2020,34(5):52-57.
- [2]潘琳,陈宏伟.智能化大坝安全监测系统综述[J].水电与抽水蓄能,2020,37(2):58-60.
- [3]范秀江.水电站大坝安全监测自动化的现状及发展[J].江西建材,2020,25(23):117.
- [4]周连江,刘兴何.浅谈大坝安全监测自动化技术新发展与展望[J].科学时代,2015(1):35-36.
- [5]袁宏昌.大坝变形监测自动化技术的运用与研究[J].农业科技与信息,2017(1):116-117.