

水利工程中的智能化监测系统与数据分析技术

朱建

320821*****0932

摘要：本文围绕水利工程中的智能化监测系统与数据分析技术展开研究。先剖析智能化监测系统的核心组成模块与功能定位，明确硬件、通信、终端控制等系统构建关键方向；再梳理数据分析技术在工程安全评估、水资源调度、灾害预警等场景的应用要点；随后分析当前系统存在的模块兼容性不足、技术与需求适配欠缺等问题；接着提出系统升级、技术对接、质量管控等针对性优化策略；最后探讨人工智能融合、轻量化设备推广等发展趋势，为提升水利工程管理效率与安全性提供参考。

关键词：水利工程；智能化监测系统；数据分析技术；安全评估；调度优化

DOI：10.69979/3060-8767.25.10.091

引言

水利工程作为防洪减灾、水资源调配的核心基础设施，其运行状态与安全稳定性直接关系社会民生与生态安全。传统监测方式依赖人工巡检，存在实时性差、覆盖范围有限、数据处理效率低等问题，难以满足复杂水利工程的精细化管理需求。智能化监测系统结合传感器、物联网等技术，可实现工程状态实时感知；数据分析技术则能深度挖掘监测数据价值，为工程安全决策提供支撑。当前部分水利工程智能化监测系统存在模块衔接不畅、数据分析与实际需求脱节等问题，制约技术效能发挥。

1 水利工程智能化监测系统的核心构成与功能

1.1 水利工程智能化监测系统的硬件设备与传感器模块

水利工程智能化监测系统的硬件设备与传感器模块，是实现工程状态感知的基础。硬件设备涵盖各类传感器、数据采集终端及辅助设备，传感器根据监测需求选型，如监测大坝变形用位移传感器、监测水位用液位传感器、监测水流速度用流速传感器等，这些传感器可直接获取工程关键部位的实时数据。数据采集终端负责接收传感器传输的原始数据，进行初步滤波与格式转换，确保数据可被后续模块识别。辅助设备包括供电装置、防护外壳等，供电装置需适应水利工程野外环境，提供稳定电力支持；防护外壳则能保护传感器与采集终端免受风雨、水流等外界因素损坏，保障硬件模块长期稳定运行。

1.2 水利工程智能化监测系统的通信传输与数据采集模块

水利工程智能化监测系统的通信传输与数据采集模块，承担数据传递与汇聚的关键作用。通信传输模块需根据工程场景选择适配方式，在信号稳定区域可采用无线通信，如 4G/5G 网络，实现数据快速传输；在偏远或信号薄弱区域，可结合卫星通信或微波通信，确保数据传输不中断。数据采集模块通过定时或实时触发方式，从硬件传感器获取数据，同时对多源数据进行分类整理，如将位移、水位、流速等数据按监测部位与时间戳分类。

1.3 水利工程智能化监测系统的终端控制与可视化展示功能

水利工程智能化监测系统的终端控制与可视化展示功能，是实现数据应用与管理决策的核心。终端控制模块可对整个监测系统进行远程操控，如调整传感器采样频率、启动/停止数据采集、校准设备参数等，无需工作人员现场操作，提升管理便捷性。可视化展示功能通过图形、图表等形式呈现监测数据，如用折线图展示水位变化趋势、用热力图展示大坝应力分布、用三维模型还原工程整体状态，让管理人员直观掌握工程运行情况。

2 数据分析技术在水利工程中的主要应用场景

2.1 数据分析技术在水利工程结构安全评估中的应用

数据分析技术在水利工程结构安全评估中，可实现对工程健康状态的精准判断。通过收集大坝、堤防、水闸等结构的长期监测数据，如变形、应力、渗流等数据，运用统计分析、趋势预测等技术，分析数据变化规律，识别异常波动。例如，通过对比不同时间段的大坝位移数据，判断位移是否处于正常范围，若出现异常位移，

可进一步分析是否由地质变化、结构老化等因素导致。同时,结合工程设计参数与历史安全数据,构建安全评估模型,对结构安全等级进行划分,为工程维修加固、隐患排查提供科学依据,避免结构失效引发安全事故。

2.2 数据分析技术在水资源调度与优化配置中的应用

数据分析技术在水资源调度与优化配置中,能提升水资源利用效率。通过采集区域内降水、径流、水库蓄水、用水需求等数据,运用数据挖掘、优化算法等技术,分析水资源供需关系。例如,根据历史降水数据预测未来水资源总量,结合农业、工业、生活用水的实时需求数据,制定动态调度方案,合理分配水库水量。同时,可模拟不同调度方案下的水资源利用效果,如对比“优先满足生活用水”“兼顾农业灌溉”等方案的供水保障率与浪费率,选择最优方案,实现水资源在不同区域、不同用户间的合理分配,缓解水资源供需矛盾。

2.3 数据分析技术在水利工程灾害预警与应急响应中的应用

数据分析技术在水利工程灾害预警与应急响应中,可提前识别风险并指导处置。通过收集气象、水文、工程监测等多源数据,如暴雨强度、洪水流量、堤坝变形等数据,运用机器学习、风险评估等技术,构建灾害预警模型。例如,根据实时暴雨数据与流域水文数据,预测洪水发生时间与影响范围,提前发布预警信息,为人员转移、物资准备争取时间。在灾害发生后,通过分析工程受损数据、水流变化数据,评估灾害影响程度,辅助制定应急处置方案,如判断堤坝险情等级,指导抢险队伍开展加固、分流等作业,降低灾害造成的损失。

3 水利工程智能化监测与数据分析的现存问题

3.1 智能化监测系统各模块兼容性与数据互通性不足问题

当前水利工程智能化监测系统存在各模块兼容性与数据互通性不足的问题。不同模块可能由不同厂商开发,硬件传感器、通信传输、终端控制等模块的技术标准不统一,导致模块间难以直接对接,如某品牌的位移传感器数据无法被另一品牌的数据采集终端识别,需额外进行格式转换。同时,各模块数据存储格式、编码规则存在差异,数据互通时易出现数据丢失、格式错乱等问题,无法形成完整的数据流。这使得监测系统难以实现整体协同运行,管理人员需在不同模块间切换操作,增加工作复杂度,影响监测效率。

3.2 数据分析技术与水利工程实际管理需求适配性欠缺问题

数据分析技术与水利工程实际管理需求存在适配性欠缺的问题。部分数据分析技术过于侧重理论算法,未充分结合水利工程的现场特点与管理痛点,如采用通用的数据模型分析水库调度,未考虑水库所在流域的水文特性、灌溉周期等实际因素,导致分析结果与实际需求脱节。同时,部分分析技术操作复杂,需要专业技术人员解读结果,而基层水利管理人员技术水平有限,难以将分析结果转化为实际管理决策,如复杂的应力分析报告无法直接指导大坝日常维护,使得数据分析技术的实用价值无法充分发挥。

3.3 监测数据质量管控与分析结果可靠性保障不足问题

水利工程智能化监测与数据分析中,存在监测数据质量管控与分析结果可靠性保障不足的问题。监测数据在采集、传输过程中,易受外界干扰,如传感器受温度、湿度影响产生数据偏差,通信传输中因信号波动导致数据失真,而当前缺乏完善的数据质量管控机制,无法及时识别并修正异常数据。同时,数据分析过程中,对数据预处理、模型参数设置等环节的质量把控不足,如未对缺失数据进行合理补全,模型参数未根据工程实际调整,导致分析结果误差较大。

4 水利工程智能化监测系统与数据分析技术的优化策略

4.1 推动监测系统模块化升级与多源数据融合互通

推动监测系统模块化升级与多源数据融合互通,需从技术标准与系统架构两方面发力。统一制定监测系统各模块的技术标准,明确硬件接口、数据格式、通信协议等规范,确保不同厂商的模块可兼容对接,降低模块替换与扩展的难度。同时,优化系统架构,构建集中式数据管理平台,将传感器、通信、终端等模块的数据汇聚到统一平台,通过数据融合技术对多源数据进行清洗、整合与关联分析,消除数据壁垒。

4.2 强化数据分析技术与工程管理需求的精准对接

强化数据分析技术与工程管理需求的精准对接,需以需求为导向优化技术应用。深入调研水利工程不同管理场景的实际需求,如大坝安全管理关注结构稳定性、灌区管理关注水资源分配效率,根据需求定制数据分析

方案,选择适配的算法与模型。同时,简化数据分析流程与结果呈现形式,开发轻量化分析工具,将复杂分析过程自动化,输出简洁易懂的可视化报告与决策建议,如用“安全/预警/危险”等级标注工程状态,附具体处置措施,方便基层管理人员直接应用。此外,建立技术反馈机制,根据管理实践效果调整分析技术,确保技术与需求持续适配。

4.3 完善监测数据质量管控体系与分析结果验证机制

完善监测数据质量管控体系与分析结果验证机制,需构建全流程质量保障链条。在数据采集环节,定期对传感器进行校准与维护,设置数据异常阈值,实时监测数据波动,自动标记超出阈值的数据;在传输环节,采用加密传输与数据校验技术,确保数据完整性。建立数据质量评估标准,从准确性、完整性、时效性等维度对数据进行评级,不合格数据需重新采集或修正。在分析结果验证方面,将分析结果与人工巡检、历史数据进行对比,如将数据分析得出的大坝安全等级与现场勘查结果核对,若存在偏差,及时调整分析模型参数,保障分析结果的可靠性,为管理决策提供可信依据。

5 水利工程智能化监测与数据分析技术的发展趋势

5.1 人工智能与机器学习在数据分析中的深度融合应用

人工智能与机器学习将在水利工程数据分析中实现深度融合应用。人工智能技术可模拟人类思维方式,处理水利工程复杂的多源异构数据,如结合气象、水文、地质等数据,构建智能分析模型,自主学习数据变化规律,提升数据挖掘深度。机器学习算法可实现分析模型的自我优化,如通过不断输入新的监测数据,自动调整模型参数,提高预测精度,如更精准地预测洪水峰值与到达时间。同时,结合深度学习技术,可实现对工程隐蔽性问题的识别,如通过图像识别分析大坝表面裂缝,提前发现结构隐患,推动数据分析从“被动处理”向“主动预测”转变。

5.2 轻量化监测设备与无线传感网络的广泛推广趋势

轻量化监测设备与无线传感网络将在水利工程中广泛推广。轻量化监测设备体积小、重量轻、安装便捷,可适应水利工程复杂的安装环境,如在狭窄的堤坝廊道、偏远的水库岸边轻松部署,减少对工程结构的干扰。这

类设备还具备低功耗特性,可通过太阳能供电,适合长期野外工作。无线传感网络可将大量轻量化设备连接成网,实现大范围、高密度的监测覆盖,如在流域内布设无线传感节点,实时采集各区域水文数据,形成立体监测网络。同时,网络具备自组织、自修复能力,某一节点故障不影响整体运行,提升监测系统的稳定性与灵活性。

5.3 监测 - 分析 - 决策一体化智能管理平台的构建方向

监测 - 分析 - 决策一体化智能管理平台将成为水利工程管理的重要发展方向。该平台整合监测、分析、决策功能,实现数据流程的无缝衔接,监测模块获取的数据实时传输至分析模块,分析模块自动完成数据处理与风险评估,生成决策建议后推送至决策模块,管理人员可在平台上直接查看分析结果、下达处置指令,如远程控制闸门调节水位。平台还具备协同管理功能,可连接不同部门与层级的管理终端,实现信息共享与协同作业,如流域管理部门与地方水利部门实时同步工程数据,共同制定调度方案。

6 结论

本文围绕水利工程中的智能化监测系统与数据分析技术展开研究,明确了智能化监测系统的硬件、通信、终端控制三大核心构成及功能,梳理了数据分析技术在工程安全评估、水资源调度、灾害预警等场景的应用要点,指出当前系统存在模块兼容性不足、技术与需求适配欠缺、数据质量管控薄弱等问题,并提出系统升级、技术对接、质量保障等优化策略,最后探讨了人工智能融合、轻量化设备推广、一体化平台构建等发展趋势。未来,随着技术持续创新,二者将深度融合,推动水利工程管理向更高效、更安全、更智能的方向发展,为保障水利工程长期稳定运行提供有力支撑。

参考文献

- [1]郑文燕.基于智能化监测的水利工程质量检测与评估方法研究[J].水上安全,2025,(16):55-57.
- [2]陈设忠.水利水电工程物联网智能化运行监测系统的构建[J].中国战略新兴产业,2025,(21):122-124.
- [3]刘子轩.汛期水利工程监测系统的智能化管理与应用研究[J].数字农业与智能农机,2025,(02):62-64.
- [4]姜卫平,梁娱涵,余再康,等.卫星定位技术在水利工程变形监测中的应用进展与思考[J].武汉大学学报(信息科学版),2022,47(10):1625-1634.