

智能化技术在水利水电工程监测中的应用

崔帅

610425*****1759

摘要: 水利水电工程是国计民生的核心基础设施,其安全稳定运行离不开高效精准的监测体系。传统监测技术在响应滞后、数据处理效率低、覆盖范围有限等不足,难以适配现代工程规模化、复杂化发展需求。智能化技术凭借感知全面、分析智能、预警及时的优势,为监测升级提供新路径。本文立足工程监测实际需求,梳理智能化技术应用现状,剖析应用机制与适配场景,探讨关键问题及优化策略,为推动两者深度融合、提升工程安全保障能力提供参考。

关键词: 智能化技术; 水利水电工程; 工程监测; 安全预警; 数据融合

DOI: 10.69979/3029-2727.25.07.082

引言

水利水电工程在防洪减灾、水资源调配、清洁能源供给等领域作用突出,工程结构完整性与运行稳定性直接关系到区域经济社会发展和生态安全。监测是掌握运行状态、预判潜在风险的核心手段,是保障工程安全运行的关键环节。随着工程建设规模扩大,复杂地质条件与极端气象灾害对监测的精准度、实时性和全面性提出更高要求。传统监测模式依赖人工与单一传感设备,存在数据采集不及时、分析维度单一等问题,难以满足智能化、精细化需求。物联网、大数据等智能化技术的渗透,推动监测体系转型,本文就此展开探讨以明晰应用逻辑与优化方向。

1 应用基础

1.1 监测核心需求与发展趋势

水利水电工程监测的核心需求围绕工程安全保障展开,涵盖结构状态、水文情势、地质环境等多方面的动态掌控。工程长期运行过程中,结构老化、水文变异等因素易引发安全隐患,因此需实时捕捉各项监测指标的细微变化,为风险预判提供依据。同时,水资源优化配置需求推动监测工作向多维度、一体化方向发展,需实现水利、水电相关指标的协同监测。从发展趋势来看,传统分散式监测逐渐向全域协同监测转型,人工辅助监测逐步被智能化自主监测替代,监测数据从单一记录向深度分析应用延伸,形成覆盖工程全生命周期的监测闭环。

1.2 智能化技术核心特征与适配性

智能化技术具备感知智能化、分析自主化、响应实时化等核心特征。感知智能化依托各类智能传感设备,

实现对监测对象的全方位、无接触式数据采集,减少人为干扰。分析自主化借助算法模型,自动完成数据的筛选、整理与深度挖掘,精准识别隐藏的风险信号。响应实时化通过数据传输网络,实现监测数据的即时上传与处理结果的快速反馈。其适配性主要体现在能够应对水利水电工程复杂的监测环境,适配不同监测场景的差异化需求,有效弥补传统监测技术在恶劣环境下作业能力不足、数据处理效率低下等短板,为监测工作的高效开展提供技术支撑。

1.3 智能化监测体系构成与运行逻辑

智能化监测体系主要由数据采集层、数据传输层、数据处理层和应用服务层构成。数据采集层负责通过各类智能传感设备获取工程结构、水文、地质等相关数据。数据传输层借助无线通信、卫星通信等技术,将采集的数据安全、稳定传输至数据处理中心。数据处理层利用大数据、人工智能等技术,对多源数据进行融合分析与风险评估。应用服务层为用户提供监测预警、状态评估、决策支持等多样化服务。其运行逻辑以数据为核心,通过各层级的协同配合,实现从数据采集到服务应用的全流程自动化处理,形成“感知 - 传输 - 分析 - 应用”的闭环运行模式。

2 主流智能化技术应用机制

2.1 物联网技术全域感知应用

物联网技术通过在水利水电工程关键区域部署感知节点,构建全域感知网络,实现对工程运行状态的全方位监测。感知节点集成多种传感器,能够同步采集结构变形、水位变化、渗流量等多项指标数据。通过无线传感网络将各节点数据汇聚至网关,再经远程传输技术

上传至监测中心。其应用机制强调节点的协同工作与数据的同步传输,可实现监测区域的无死角覆盖。同时,物联网技术支持传感器的远程控制与状态自检,便于及时发现设备故障并进行维护,保障监测工作的连续性与稳定性,为工程全域状态感知提供可靠技术保障。

2.2 大数据技术数据处理应用

大数据技术在水利水电工程监测中的应用机制以数据融合处理为核心。监测过程中产生的多源异构数据,包括结构化的监测指标数据和非结构化的图像、视频数据等,经收集后进入大数据处理平台。平台通过数据清洗技术剔除无效数据,借助数据集成技术实现不同来源数据的标准化整合。利用数据挖掘算法对整合后的数据进行深度分析,挖掘数据背后的关联规律与变化趋势。通过数据可视化技术将分析结果以直观的形式呈现,为监测人员掌握工程运行状态、制定决策提供数据支撑,有效提升监测数据的利用价值。

2.3 人工智能技术风险预警应用

人工智能技术在监测风险预警中的应用机制主要依托机器学习、深度学习等算法模型。通过对历史监测数据和典型风险案例数据的学习,模型能够构建风险识别与评估体系。在实时监测过程中,模型对传入的监测数据进行实时分析,与预设的安全阈值和风险特征进行比对。当监测数据出现异常波动或符合风险特征时,模型自动发出预警信号,并推送至相关管理平台与工作人员。同时,人工智能技术具备自我优化能力,随着监测数据的不断积累,模型的预警精度和响应速度持续提升,实现对工程风险的精准预判与及时预警。

3 关键监测场景实践应用

3.1 大坝结构安全监测应用

在大坝结构安全监测中,智能化技术通过部署智能传感设备,实现对大坝沉降、位移、应力应变等关键指标的实时监测。传感器将采集到的结构数据实时传输至数据处理中心,经人工智能算法分析处理,精准判断大坝结构的健康状态。当监测数据超出安全范围时,系统立即发出预警,提醒工作人员采取应对措施。同时,借助三维建模技术构建大坝数字孪生模型,将监测数据与模型融合,实现对大坝结构变化的可视化模拟与预测。这种应用模式有效提升了大坝结构安全监测的精准度与时效性,为大坝的安全运行提供全面保障。

3.2 水库水位与水流监测应用

在水库水位与水流监测中,智能化技术通过水位传

感器、流速传感器等设备实现数据的自动采集。传感器具备高精度测量能力,能够实时捕捉水位变化和流速的动态信息。数据经无线传输技术上传至监测平台,大数据技术对水位、水流数据进行整合分析,结合流域水文特征,预测水位变化趋势。同时,系统可根据预设的水位阈值,实现超警戒水位的自动预警。这种智能化监测模式替代了传统的人工观测,提高了监测数据的准确性与实时性,为水库的水量调度、防洪调度提供科学依据。

3.3 边坡稳定性监测应用

在边坡稳定性监测中,智能化技术综合运用遥感、物联网、人工智能等多种技术手段。通过遥感技术实现对边坡区域的大范围巡查,快速发现潜在的边坡变形隐患。在边坡关键部位部署传感设备,实时采集边坡位移、应力等数据。数据传输至处理中心后,经算法模型分析,评估边坡的稳定性状态。当监测到边坡存在失稳风险时,系统及时发出预警,并提供风险等级评估结果。这种多技术融合的监测模式,有效提升了边坡稳定性监测的全面性与精准度,为边坡灾害的预防与治理提供有力支持。

4 应用关键问题

4.1 多源数据融合精度与协同性问题

多源监测数据的融合精度与协同性是智能化监测应用中的关键问题之一。不同监测设备的型号、测量原理存在显著差异,加上监测环境的动态变化影响,导致采集的数据在格式、精度、时空基准等方面普遍存在不一致性。这使得数据融合过程中易产生累积误差与系统偏差,直接影响融合结果的准确性与可靠性,难以为工程风险评估提供精准的数据支撑。同时,各监测系统多为独立建设,缺乏统一的协同调度机制,数据传输与共享存在明显壁垒,难以实现跨系统、跨维度数据的高效整合与协同分析。部分监测数据因传输链路拥堵或设备响应延迟存在滞后性,进一步降低了数据融合的实时性与协同性,严重制约了智能化监测体系整体功能的有效发挥。

4.2 监测设备环境适应性与稳定性问题

水利水电工程监测环境复杂多样,部分区域长期存在高温、高湿、强辐射、高水压以及地质沉降等恶劣条件,对智能化监测设备的环境适应性与耐用性提出了严峻挑战。部分设备在这类极端环境下易出现传感器灵敏度衰减、电子元件老化、数据传输中断等问题,故障频发,直接影响监测数据的连续性、完整性与准确性。同

时,设备的长期稳定运行高度依赖可靠的供电与通信保障,而在偏远山区、无人区域等特殊场所,往往面临供电线路铺设困难、太阳能供电受天气影响大、通信信号薄弱甚至无覆盖等突出问题,进一步降低了设备运行的稳定性。

4.3 监测体系标准化与运维管理问题

智能化监测体系的标准化建设滞后是当前面临的重要问题。不同厂商的监测设备、软件系统缺乏统一的技术标准与接口规范,导致系统间兼容性差,难以实现互联互通与集成应用。监测数据的采集、存储、分析等环节也缺乏统一的标准规范,影响数据的共享与复用,甚至出现数据冗余与信息孤岛现象。在运维管理方面,智能化监测体系涉及多种技术与设备,对运维人员的专业能力要求较高,不仅需要掌握设备操作知识,还需具备数据处理与系统维护技能。目前,部分工程的运维团队专业素养不足,难以有效应对设备故障、系统优化等复杂问题,运维管理的规范化水平和应急处置能力有待提升。

5 应用优化策略

5.1 构建多维度数据融合校准机制

建立统一的数据标准规范,明确各类监测数据的采集口径、存储格式与传输协议,对不同来源、不同类型的监测数据进行标准化处理,确保数据格式、精度、时空基准的一致性。采用先进的数据融合算法,结合数据的权重分配与误差修正方法,有效降低数据干扰因素带来的影响,提升数据融合精度。搭建一体化数据共享平台,打破各监测系统之间的信息壁垒,实现数据的实时共享与协同分析。建立数据质量评估体系,定期对融合数据进行校验与修正,及时剔除异常数据,保障数据的可靠性与有效性。

5.2 强化设备定制研发与适应性改造

为提升设备的环境适应性与稳定性,需强化监测设备的定制化研发与适应性改造。根据水利水电工程不同监测场景的环境特征,结合工程实际运行需求,针对性研发具备耐高温、高湿、抗辐射、抗腐蚀等高性能的专用监测设备。对现有设备进行适应性改造,优化设备的结构与防护性能,增设环境自适应调节模块,提升设备在恶劣环境下的运行稳定性。完善设备的供电与通信保障系统,采用太阳能供电、卫星通信等成熟可靠的

技术,解决偏远区域的供电与通信难题。建立设备全生命周期管理机制,加强设备的日常维护与定期检修,建立故障预警与快速响应机制,及时发现并处理设备故障。

5.3 完善标准体系与运维保障体系

完善智能化监测的标准体系与运维保障体系是推动技术有效应用的重要支撑。加快制定统一的技术标准与接口规范,从设备研发、系统集成到数据应用全链条进行规范约束,规范监测设备、软件系统的研发与应用,提升系统间的兼容性与互联互通能力。建立涵盖数据采集、存储、分析、应用全流程的标准规范,明确各环节的技术要求与质量标准,保障数据的规范性与共享性。加强运维团队建设,组建专业的运维队伍,开展系统性的专业技能培训,提升运维人员的技术水平与管理能力。建立规范化的运维管理制度,明确运维职责与流程,引入智能化运维管理工具,实现运维工作的标准化、精细化管理,保障智能化监测体系的长期稳定运行。

6 结论

智能化技术为水利水电工程监测的升级发展提供了有效路径,其在应用基础、技术机制、场景实践等方面的探索与应用,显著提升了工程监测的精准度、实时性与全面性。物联网、大数据、人工智能等主流智能化技术在全域感知、数据处理、风险预警等环节发挥重要作用,适配大坝结构、水库水文、边坡稳定等关键监测场景的需求。当前,智能化监测应用仍面临多源数据融合、设备环境适应性、标准体系建设等关键问题。通过构建数据融合校准机制、强化设备定制研发、完善标准与运维体系等优化策略,可有效提升智能化技术的应用效果。未来,随着技术的不断创新与完善,智能化技术与水利水电工程监测的深度融合将进一步推进,为工程安全稳定运行提供更坚实的保障。

参考文献

- [1] 戚洪鹏. 水利工程灌溉系统节水技术优化研究[J]. 山西建筑, 2025, 51(23): 182-185.
- [2] 姜晓蕾. 水利水电工程坝基灌浆施工质量智能控制分析[J]. 建材发展导向, 2025, 23(16): 4-6.
- [3] 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.
- [4] 许林春. 智能化技术在水利水电工程施工管理中的应用与研究[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(10): 257-259.