

水利工程运行管理中远程监控技术的有效应用

张煜坤 朱森森

中国南水北调集团中线有限公司渠首分公司 河南 南阳 473000

摘要：随着科技进步，传统管理模式面临实时性不足、人力成本高、数据反馈滞后等挑战，远程监控技术的应用成为突破瓶颈的关键。本文聚焦水利工程运行管理中远程监控技术的有效应用。首先阐述其在降本增效、增强安全性、实现科学决策方面的重要性；接着介绍在水库大坝安全监测、闸门泵站运行监控、水质监测与预警等场景的应用；然后分析技术应用存在技术设备与系统稳定性不足、数据管理与分析能力薄弱等问题；最后提出升级技术设备、强化数据管理、完善网络安全防护、加强人才培养等优化策略，以推动水利工程远程监控技术更好发展。

关键词：水利工程；运行管理；远程监控技术；有效应用

引言：水利工程作为国家基础设施建设的关键部分，对保障水资源合理利用、防洪减灾等有着意义重大。随着科技飞速发展，远程监控技术凭借其高效、精准、实时等优势，在水利工程运行管理中得到日益广泛的应用。远程监控技术打破了传统管理方式在时间和空间上的限制，使管理人员能够及时掌握设备环境和运行状态，快速做出决策，有效应对各类突发状况。然而，在实际应用过程中，远程监控技术也面临诸多挑战和问题。深入探讨其有效应用，对于提升水利工程运行管理水平、保障工程安全稳定运行具有紧迫且重要的现实意义。

1 远程监控技术在水利工程运行管理中的重要性

1.1 提高管理效率

远程监控技术借助先进的传感器、通信网络和自动化系统，能实时、全面地采集水利工程运行数据，如水位、流量、设备运行状态、渗流压力等。传统管理方式需人工定时巡查记录，耗时费力且易出错，而远程监控可实现数据的自动采集与传输，让管理人员在监控平台就能迅速获取准确信息。同时，系统能对数据进行快速分析处理，自动生成报表和预警信息，减少了人工分析的繁琐流程。

1.2 增强安全性

水利工程安全至关重要，关乎人民生命财产和生态环境。远程监控技术可对水利工程的关键部位和设备进行24小时不间断监测，如边坡的变形、渗流情况，闸门、泵站的运行状态等。一旦监测数据超出安全阈值，系统会立即发出警报，提醒管理人员及时采取措施，将安全隐患消除在萌芽状态。而且，远程监控还能记录工程运行的历史数据，为事故分析和责任认定提供有力依据。

1.3 实现科学决策

远程监控技术积累了大量水利工程运行数据，这些

数据是科学决策的重要依据。通过对历史数据和实时数据的深度挖掘与分析，管理人员可以了解工程的运行规律、性能变化趋势等。例如，根据水位和流量的长期数据，可合理规划水资源的调配；依据设备的运行参数和故障记录，制定科学的维护保养计划。同时，借助模拟仿真技术，还能对不同的决策方案进行预演和评估，选择最优方案^[1]。

2 远程监控技术在水利工程运行管理中的应用场景

2.1 水库大坝安全监测

2.1.1 坝体变形监测

在水利工程中，水库大坝坝体变形是威胁工程安全的关键因素之一。远程监控技术通过在坝体关键部位布设高精度全球导航卫星系统（GNSS）接收器、全站仪等设备，构建起全方位的变形监测网络。这些设备能够实时采集坝体水平位移、垂直位移等数据，并借助无线通信技术将数据传输至监控中心。一旦坝体出现异常变形，系统可迅速捕捉到毫米级甚至亚毫米级的位移变化，通过数据分析模型，及时发出预警信息。管理人员据此能够快速判断坝体变形趋势，评估大坝安全状况，采取加固或维修措施，有效避免因坝体变形引发溃坝等严重事故，保障下游地区人民生命财产安全与生态环境稳定。

2.1.2 渗流监测

渗流问题若未及时发现和处理，会对水库大坝结构安全造成严重损害。远程监控技术运用渗压计、测压管等传感器，深入坝体内部与周边区域，实时监测渗流压力、渗流量等关键参数。传感器将采集到的渗流数据转化为电信号，通过物联网传输至数据分析平台。平台利用专业算法对数据进行处理和分析，绘制渗流场分布图，直观呈现渗流路径与变化趋势。一旦渗流出现异

常，如渗流量突然增大、渗流压力异常波动等，系统会立即触发预警机制。这使得管理人员能够精准定位渗流隐患位置，及时采取防渗加固措施，防止渗流破坏持续扩大，保障大坝结构完整性与运行安全性。

2.1.3 应力应变监测

水库大坝和水渠边坡在水荷载、自重等多种外力作用下，内部应力应变状态复杂多变。远程监控技术采用振弦式应变计、光纤光栅传感器等先进设备，对坝体混凝土、土石等材料的应力应变进行长期、连续监测。传感器将应力应变变化转化为物理信号，通过通信网络传输至监控系统。系统对大量应力应变数据进行整合分析，构建大坝应力应变模型，模拟不同工况下大坝的受力情况。当监测到应力应变超过设计阈值时，系统会自动报警，提示管理人员大坝可能存在结构损伤风险。借助该技术，管理人员可提前掌握大坝和水渠边坡的结构健康状况，优化运行调度方案，预防因应力集中、材料疲劳等问题导致的大坝、水渠边坡结构破坏，延长使用寿命。

2.2 水闸泵站运行监控

2.2.1 设备设施状态监测

在水闸泵站运行过程中，设备状态直接影响水利工程的正常运转。远程监控技术通过在水泵、闸门启闭机、光缆等关键设备设施上安装振动传感器、温湿度传感器、电流电压传感器等设备，构建起全面的设备状态监测体系。这些传感器能够实时采集设备的振动频率、温度变化、电流电压波动等数据，将设备设施运行的细微异常转化为可量化的信号。数据经无线网络传输至监控中心后，系统利用故障诊断算法对设备状态进行分析评估，一旦检测到轴承磨损、设备间温度过高等潜在故障，便会立即发出预警。管理人员可据此及时安排检修，避免设备突发故障导致水量无法控制、调节，保障水利工程供水、排水等功能的稳定实现。

2.2.2 运行参数监控

水闸泵站的运行参数是反映其工作效能与安全状况的重要指标。远程监控技术借助流量传感器、水位传感器、压力传感器等装置，对泵站的流量、水位、压力等关键运行参数进行实时、精准监测。传感器将采集到的数据以数字信号形式传输至数据处理平台，平台对数据进行整合与分析，生成直观的运行参数曲线和图表。通过对这些数据的动态跟踪，管理人员能够清晰掌握水闸泵站的运行效率，判断其是否处于最佳工作状态。当水位超过警戒值、流量异常波动等情况发生时，系统可迅速发出警报，并提供相应的运行调整建议，确保水闸泵

站在安全、高效的参数范围内稳定运行，实现水资源的合理调配。

2.2.3 远程控制操作

远程控制操作是远程监控技术在水闸泵站运行监控中的核心应用之一。借助网线光缆、物联网等通信技术，管理人员无需亲临现场，便可通过监控中心的操作平台对水闸泵站设备进行远程控制。当遭遇突发洪水、水质污染等紧急情况时，操作人员能够根据实时监测数据和调度指令，远程控制闸门的升降、水泵的启停，及时调节水量，满足防洪、抢险等需求。远程控制操作不仅提高了管理效率，还能在恶劣环境或危险工况下保障工作人员安全，提升水利工程运行的灵活性与可靠性。

2.3 水质监测与预警

2.3.1 实时水质数据采集

在水利工程水质监测中，实时获取准确的水质数据是开展后续工作的基础。远程监控技术通过在河流、湖泊、水库等水域部署多参数水质传感器，如pH传感器、溶解氧传感器、浊度传感器、重金属离子传感器等，构建起覆盖广泛的水质监测网络。这些传感器可实时采集水体的酸碱度、溶解氧含量、浊度、重金属浓度等多项关键指标数据，并通过无线通信技术，如NB-IoT、LoRa等，将数据实时传输至水质监测中心。确保水质数据及时、稳定上传，为水质监测与管理提供可靠的数据来源。

2.3.2 水质变化分析与预警

基于实时采集的大量水质数据，远程监控技术运用大数据分析、机器学习等算法，对水质变化趋势进行深度挖掘与分析。系统能够自动建立水质数据模型，通过对历史数据与实时数据，识别水质参数的异常波动。一旦发现某项指标超出正常阈值，如氨氮含量突然升高、溶解氧含量急剧下降等，系统会立即触发预警机制，以短信、邮件、平台弹窗等多种方式通知相关管理人员。同时，系统还能结合气象条件、周边污染源等因素，对水质变化进行动态预测，帮助管理人员提前制定应对措施，有效防范水污染事件的发生，保障水环境安全。

2.3.3 污染溯源与防控决策支持

当水质出现污染问题时，远程监控技术可利用分布式水质监测数据和地理信息系统（GIS），实现污染源的快速溯源。通过分析不同监测点水质污染物浓度变化的时空分布特征，结合水流方向、地形地貌等信息，系统能够精准定位污染源所在区域。此外，技术还可整合周边企业排污数据、农业面源污染数据等，综合评估污染来源与污染程度。基于这些分析结果，系统能够为管理人员提供科学的防控决策支持，如制定针对性的污染源

治理方案、调整水资源调度计划等，从而提高水污染防治的精准性与有效性，助力水资源的可持续利用^[2]。

3 水利工程运行管理中远程监控技术应用存在的问题

3.1 技术设备与系统稳定性不足

水利工程多建于复杂环境，远程监控技术设备易受高温、潮湿、电磁干扰等影响，导致传感器精度下降、通信模块故障频发。部分老旧系统兼容性差，与新型设备对接困难，常出现数据传输中断、系统崩溃等问题。设备与系统稳定性不足，使得监测数据可靠性降低，无法为工程管理提供持续有效的数据支撑。

3.2 数据管理与分析能力薄弱

水利工程远程监控产生海量数据，当前多数单位缺乏高效的数据管理体系，数据存储分散、格式不统一，检索调用困难。在数据分析层面，专业分析工具匮乏，技术人员难以挖掘数据深层价值，多停留在简单数据统计层面，无法精准预测工程运行趋势，难以为科学决策提供有力依据。

3.3 网络安全防护体系不完善

随着水利工程远程监控系统与网络深度融合，网络安全风险加剧。部分系统缺乏有效的身份认证、数据加密和入侵检测机制，易遭受黑客攻击、病毒感染，导致监测数据泄露、篡改或被恶意操控，威胁水利工程安全运行，甚至引发严重的社会与生态危机^[3]。

4 水利工程运行管理中远程监控技术应用的优化策略

4.1 升级技术设备与系统

针对技术设备与系统稳定性不足问题，需全面升级硬件与软件。硬件方面，选用具备耐高温、防潮、抗电磁干扰特性的传感器与通信设备，提升设备在复杂环境下的适应性；淘汰老旧系统，引入兼容性强、扩展性好的新型监控系统，确保设备与系统无缝对接。同时，定期对设备进行维护与检测，及时更新系统补丁，保障数据传输稳定、系统运行可靠，为水利工程管理提供坚实的数据基础。

4.2 强化数据管理与分析能力

为解决数据管理与分析薄弱问题，应构建统一的数据管理平台，规范数据存储格式与标准，实现数据集中管理与高效检索。引入大数据分析、人工智能等先进技术和专业分析工具，对海量数据进行深度挖掘与分析，

建立科学的数据模型，精准预测工程运行趋势。通过培养专业数据分析师团队，提升数据处理能力，为水利工程科学决策提供有力的数据支持。

4.3 完善网络安全防护体系

鉴于网络安全风险，需建立健全网络安全防护体系。加强系统漏洞扫描与修复，采用多因素身份认证、高强度数据加密技术，防止数据泄露与篡改；部署入侵检测与防御系统，实时监控网络攻击行为。制定网络安全应急预案，定期开展应急演练，提升应对网络安全事件的能力，确保水利工程远程监控系统安全稳定运行，保障国家水资源安全。

4.4 加强人才培养与运维管理

针对专业人才短缺与运维管理不足，一方面，通过取证考试、内部培训等方式，提升安全监测人员及自动化管理人员的远程监控技术水平；另一方面，制定标准化运维管理流程，明确设备巡检、维护周期与规范。建立绩效考核机制，激励管理人员和运维人员提升技术水平与工作积极性，确保设备故障及时修复，保障远程监控系统长期稳定运行，充分发挥其在水利工程管理中的效能^[4]。

结束语

远程监控技术为水利工程运行管理带来革新机遇，同时也面临诸多挑战。随着技术设备升级、数据管理强化、网络安全完善及人才队伍建设推进，其应用效能将持续提升。未来，通过融合物联网、人工智能等前沿技术，远程监控将更深度融入水利工程管理，实现全流程智能化与精细化，为水资源合理调配、工程安全运行提供更坚实保障，推动水利行业向数字化、智慧化转型，助力构建安全高效的现代化水利工程体系。

参考文献

- [1]刘卜菲.水利工程运行管理中远程监控技术的有效应用[J].居舍,2021,(7):159-160
- [2]马玉龙.工程运行管理中的远程监控技术[J].中国水运,2021,(6):276-277.
- [3]任恒谊,丁仕龙.水利工程运行管理中远程监控技术的有效应用[J].南方农机,2021,48(2):119-120
- [4]许建.视频监控技术在水利工程运行管理中的应用[J].水利信息化,2021,(S1):160-162.