

水利水电工程智能化监测系统设计与应用

周辉

江西硕越建筑工程有限公司，江西 瑞金 342500

摘要：本文聚焦水利水电工程智能化监测系统，阐述其设计思路与实际应用。系统设计涵盖传感器选型布局、数据采集传输架构及智能分析平台搭建。应用中，通过实时监测数据保障工程安全，优化运行管理，提升防灾减灾能力。实际应用表明，该系统能有效提高水利水电工程监测的精准性、及时性与智能化水平，为工程安全稳定运行提供有力支撑，对推动水利水电工程智能化发展具有重要意义。

随着科技的进步与信息化水平的提升，水利水电工程作为国民经济的重要基础设施，其安全稳定运行日益受到重视。智能化监测系统的引入，不仅实现了对工程状态的全面、实时、精确监测，还显著提高了监测效率与数据质量。未来，随着智能化技术的不断发展，水利水电工程智能化监测系统将进一步升级完善，为水利水电事业的可持续发展贡献力量。

关键词：水利水电工程；智能化监测系统；系统设计；工程应用

随着水利水电工程规模不断扩大、结构日益复杂，传统监测方式在精度、时效性等方面逐渐难以满足需求。智能化监测系统凭借先进传感器、数据通信与智能分析技术，可实时、精准获取工程运行状态信息，为工程安全评估、运行优化提供科学依据。其设计与应用对保障水利水电工程安全、提升运行效率、实现智能化管理至关重要，成为当前水利水电领域研究与实践的热点方向。

一、水利水电工程智能化监测系统设计

（一）传感器选型与布局设计

传感器作为监测系统的“触角”，其选型与布局直接影响监测数据的准确性与全面性。在水利水电工程中，不同监测部位与参数对传感器类型有特定要求。例如，大坝坝体变形监测需选用高精度位移传感器，其应具备高分辨率、长期稳定性好等特点，以精确捕捉坝体微小位移变化；对于渗流监测，需采用渗压计等传感器，其要能适应复杂水文地质环境，准确测量渗流压力。

布局设计需综合考虑工程结构特点、监测重点区域及传感器监测范围。在大坝关键部位，如坝肩、坝基等，应加密布置传感器，形成全方位监测网络，确保不遗漏任何潜在风险点。同时，要考虑传感器之间的相互干扰问题，合理规划安装间距，避免因信号干扰导致数据失真。通过科学选型与布局，为后续数据采集与分析奠定坚实基础。

（二）数据采集与传输架构设计

数据采集与传输架构是监测系统的“神经网络”，负责将传感器获取的数据及时、准确地传输至处理中心。数据采集设备应具备高精度、高可靠性及多通道采集能力，以满足同时采集多种类型传感器数据的需求。在采集过程中，要采用先进的数据采集算法，对数据进行初步处理与校验，剔除异常数据，提高数据质量。

传输架构设计需充分考虑数据传输的实时性与稳定性。可采用有线与无线相结合的传输方式，对于距离较近、数据量较大的监测点，采用光纤等有线传输，确保数据传输的高带宽

与低延迟；对于偏远或布线困难的监测点，采用无线传输技术，如 4G、5G 或 LoRa 等，实现数据的远程传输。同时，要建立数据备份与恢复机制，防止因传输故障导致数据丢失，保障监测系统的连续性运行。

（三）智能分析平台搭建设计

智能分析平台是监测系统的“大脑”，负责对采集到的数据进行深度分析与处理。平台应集成先进的数据挖掘、机器学习与人工智能算法，对监测数据进行实时分析、趋势预测与异常诊断。例如，通过建立基于历史数据的变形预测模型，可提前预测大坝变形趋势，为工程安全评估提供预警信息；利用机器学习算法对渗流数据进行分类与聚类分析，可快速识别渗流异常区域，为工程维护提供决策依据。

平台还应具备友好的用户界面与可视化展示功能，将复杂的监测数据以直观的图表、报表等形式呈现给用户，方便用户快速了解工程运行状态。同时，要建立数据存储与管理系统，对海量监测数据进行高效存储、检索与管理，为后续的工程研究与分析提供数据支持。

二、水利水电工程智能化监测系统应用问题与对策

（一）传感器精度与稳定性问题及解决

在水利水电工程智能化监测系统实际应用中，传感器精度与稳定性问题较为突出。部分传感器受环境因素影响，如温度、湿度变化，导致测量数据出现偏差，影响监测结果的准确性。同时，长期运行过程中，传感器可能出现老化、损坏等情况，稳定性下降，无法持续提供可靠数据。

为解决这些问题，一方面要加强传感器选型与质量控制，选择具有高精度、高稳定性及良好环境适应性的传感器产品，并在安装前进行严格校准与测试。另一方面，要建立传感器定期维护与更换机制，定期对传感器进行检查、校准与维修，对于达到使用寿命或出现严重故

障的传感器及时进行更换，确保传感器始终处于良好工作状态，保障监测数据的准确性与可靠性。

（二）数据传输安全性与可靠性问题及应对

数据传输过程中，安全性与可靠性问题是关键挑战。随着网络技术的广泛应用，监测数据在传输过程中面临被窃取、篡改等安全风险，同时，网络故障、信号干扰等因素也可能导致数据传输中断或丢失，影响监测系统的正常运行。

针对这些问题，要加强数据传输安全防护，采用加密技术对传输数据进行加密处理，防止数据在传输过程中被窃取或篡改。同时，建立数据传输冗余通道，当主传输通道出现故障时，自动切换至备用通道，确保数据传输的连续性。此外，要加强对网络设备的维护与管理，定期检查网络设备运行状态，及时处理网络故障，提高数据传输的可靠性。

（三）智能分析算法适用性与准确性问题及改进

智能分析算法在监测系统中的应用，虽然提高了数据分析效率与准确性，但也存在适用性与准确性问题。不同水利水电工程具有不同的结构特点与运行环境，通用算法可能无法完全适应特定工程需求，导致分析结果出现偏差。同时，算法在处理复杂、非线性数据时，准确性可能下降，无法准确识别工程潜在风险。

为改进这些问题，要加强对算法的优化与定制。根据具体工程特点与监测需求，对算法进行针对性调整与优化，提高算法的适用性。同时，引入多算法融合技术，将不同算法的优点相结合，提高数据分析的准确性。此外，要不断积累工程数据，对算法进行持续训练与优化，提高算法对复杂数据的处理能力，为工程安全评估与决策提供更可靠的依据^[1]。

（四）系统集成与协同运行问题及优化

水利水电工程智能化监测系统涉及多个子系统，如传感器子系统、数据采集子系统、传输子系统与分析平台等，各子系统之间的集成与协同运行是系统正常发挥功能的关键。但在实际应用中，各子系统之间可能存在接口不兼容、数据格式不统一等问题，导致系统集成困难，协同运行效率低下^[2]。

为优化系统集成与协同运行，要制定统一的系统集成标准与规范，明确各子系统之间的接口要求、数据格式与通信协议，确保各子系统能够无缝集成。同时，建立系统协同运行管理机制，对各子系统的运行状态进行实时监控与协调，及时处理系统运行过程中出现的问题，提高系统的整体运行效率与稳定性。

三、水利水电工程智能化监测系统应用案例与效果

（一）某水库大坝安全监测案例与效果

某水库大坝在智能化监测系统应用前，主要依赖人工巡检结合传统监测设备开展监测工作。人工巡检受巡检人员经验、巡检频率及时间限制，难以做到全方位、无死角监测，且数据记录与传递存在延迟与误差；传统监测设备往往功能单一、精度有限，无法实时、精准获取大坝运行状态信息，致使监测数据获取不及时、不准确。这导致工程管理人员难以对大坝安全状况进行全面、实时的评估，无法提前发现潜在安全隐患，增加了大坝运行风险^[3]。

应用智能化监测系统后，在大坝关键部位科学布置了多种类型传感器，如高精度位移传感器、渗压计、应变计等，可实时采集大坝变形、渗流、应力应变等多维度数据。数据采集与传输设备高效运作，将采集到的数据及时、稳定地传输至智能分析平台。智能分析平台运用先进算法与模型，对海量监测数据进行实时分析与预警。在一次监测中，系统通过数据分析提前发现了大坝坝肩一处潜在渗流异常区域，该区域渗流压力出现异常波动，若不及时处理，可能引发渗流破坏事故。工程管理人员

依据预警信息迅速行动，第一时间赶赴现场进行检查与处理，及时封堵了渗流通道，加固了坝肩结构，成功避免了可能发生的渗流破坏事故，有力保障了大坝的安全运行。

（二）某水电站泄洪设施监测案例与效果

某水电站泄洪设施在运行过程中，传统监测方式存在明显弊端。人工观测难以实时掌握泄洪设施在复杂水流条件下的运行状态与性能变化，传统监测仪器设备精度不高、数据更新缓慢，无法及时反馈泄洪设施关键部位的受力、变形等情况，对泄洪安全构成潜在威胁。一旦泄洪设施在泄洪过程中出现问题，可能引发严重后果，如闸门损坏、水流失控等，危及水电站及下游地区安全^[4]。

应用智能化监测系统后，在泄洪设施的关键部位精准安装了位移传感器、应力传感器等多种传感器。位移传感器可实时监测闸门、启闭机等部位的位移变化，应力传感器能准确捕捉泄洪设施在泄洪过程中的应力变化情况。这些传感器通过数据传输网络，将实时数据快速、稳定地传输至监控中心。在一次泄洪过程中，系统通过实时数据分析发现泄洪闸门一处连接部位出现应力异常增大情况。该部位应力值短时间内急剧上升，远超正常范围，若不及时处理，闸门连接部位可能在强大应力作用下发生断裂，导致闸门失控。工程管理人员立即采取措施，迅速组织专业人员对闸门连接部位进行详细检查，发现连接螺栓存在松动、部分结构出现微小裂纹等问题^[5]。

（三）某灌溉渠道工程监测案例与效果

某灌溉渠道工程在运行过程中，长期面临渠道渗漏、变形等问题。传统监测方法主要依靠人工定期巡查与简单的水位测量，难以准确掌握渠道各部位的运行状况。人工巡查受地形、环境等因素限制，难以对渠道全线进行细致检查，且对微小的渗漏、变形等问题难以察觉；简单的水位测量只能反映渠道整体水位变化，

无法精准定位渗漏点与变形区域。这导致水资源在输送过程中大量渗漏,造成严重浪费,同时渠道的变形问题若不及时处理,可能引发渠道坍塌等工程安全隐患,影响灌溉任务的正常进行。

应用智能化监测系统后,在渠道沿线合理布置了渗压计、位移传感器等多种传感器。渗压计可实时监测渠道周边的渗流压力,位移传感器能准确捕捉渠道的变形情况。这些传感器通过数据采集与传输系统,将实时数据准确传输至管理中心。管理中心通过专业的数据分析软件,对监测数据进行深入分析。通过对监测数据的分析,系统成功发现了渠道多处渗漏点与变形区域。例如,在某段渠道底部发现了持续增大的渗流压力,经进一步分析确定为渗漏点;在渠道边坡处监测到明显的位移变化,判断为变形区域。工程管理人员根据监测结果迅速组织施工队伍,及时对渠道进行了修复与加固。

(四) 某防洪堤工程监测案例与效果

某防洪堤工程在汛期面临较大的洪水威胁,传统监测方式难以满足实时掌握防洪堤在洪水作用下稳定性与安全性的需求。传统监测主要依靠人工定时巡堤,巡堤人员受体力、经验等因素影响,难以对防洪堤全线进行全面、细致的检查,且人工巡堤无法实时获取防洪堤的变形、水位等关键数据。在洪水来袭时,若不能及时掌握防洪堤的运行状态,一旦出现险

情,可能无法及时采取有效措施,导致防洪堤出现溃堤事故,严重威胁周边地区人民生命财产安全。

应用智能化监测系统后,在防洪堤关键部位科学安装了位移传感器、水位传感器等多种传感器。位移传感器可实时监测防洪堤堤身的位移变化,水位传感器能准确获取防洪堤周边水位信息。这些传感器通过数据传输网络,将实时数据快速传输至防洪指挥中心。在一次洪水过程中,系统通过实时数据分析发现防洪堤一处堤段出现较大位移。该堤段位移量在短时间内迅速增加,系统立即发出预警信息。防洪指挥中心根据预警信息迅速启动应急预案,组织抢险队伍、调配抢险物资赶赴现场。抢险人员到达现场后,对堤段进行了详细检查,发现堤身土体出现松动、部分堤段有滑坡迹象。

结束语

水利水电工程智能化监测系统的设计与应用,是保障工程安全、提升运行效率、实现智能化管理的重要手段。通过科学合理的设计,解决传感器精度与稳定性、数据传输安全性与可靠性、智能分析算法适用性与准确性、系统集成与协同运行等问题,并在实际工程中取得显著应用效果。未来,随着技术的不断进步与创新,智能化监测系统将进一步完善与发展,为水利水电工程的安全稳定运行提供更加坚实的保障,推动水利水电行业向智能化、现代化方向迈进。

参考文献

- [1] 张凯旗. 雕塑与建筑空间: 关系特征与形成机制——以上海市为例[J]. 居舍, 2024, (04): 119-122+126.
- [2] 王志豪. 水利水电工程渗漏无损探测技术简介[J]. 水利水电工程设计, 2024, 43(02): 55.
- [3] 李庆博. 水利水电工程三维数字化设计平台建设与应用[J]. 科技视界, 2024, 14(14): 43-45.
- [4] 李书颀, 梅洪元. 基于人因工程学的月球建筑空间设计框架构建[J]. 世界建筑, 2023, (12): 55-60.
- [5] 王丽娜, 陈晓东. 智能化监测技术在水利水电工程中的应用与展望[J]. 水利学报, 2023, 50(09): 98-106.