

水利工程中安全监测自动化系统的运用

张 伟

广州南方测绘科技股份有限公司济南分公司 山东 济南 250014

摘 要：水利工程作为国家基础设施建设的核心组成部分，承担着防洪、供水、发电等重要职能，其安全运行直接决定着人民生命财产安全和社会经济发展。随着全球气候变化加剧和极端水文事件频发，水利工程面临的地质风险、结构安全问题日益复杂。传统人工监测方式存在效率低、周期长、数据精度不足等缺陷，难以满足现代工程安全管理的精细化需求。在此背景下，安全监测自动化系统应运而生，通过集成物联网、大数据、人工智能等先进技术，实现了对水利工程全生命周期的实时动态监测与智能分析。基于此，本文探讨了水利工程中安全监测自动化系统的运用，旨在推动该技术在水利领域的广泛应用，为工程安全运维与可持续发展提供理论支持与技术参考。

关键词：水利工程安全监测；自动化系统；运用

引言：水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，对社会发展起着举足轻重的作用。水利工程的首要任务是调节水资源的时空分布，解决水资源供需不平衡的问题。随着科技的不断进步，安全监测自动化系统应运而生，为水利工程的安全运行提供了有力保障。安全监测自动化系统能够实时、准确地监测水利工程的运行状态，及时发现潜在的安全隐患，并通过数据分析和预警机制，为工程管理和维护提供科学依据。安全监测自动化系统的应用，不仅提高了水利工程安全管理的效率和准确性，也为水利工程的可持续发展奠定了坚实基础。

1 水利工程中安全监测自动化系统的价值

首先，安全监测自动化系统极大地提升了监测效率。传统的人工监测方式，不仅耗费大量的人力和时间，而且监测频率有限。如，在大型水库的监测中，人工巡查可能只能做到每日一次甚至数日一次，对于一些突发的状况难以及时察觉。而自动化系统能够实时采集数据，以秒或分钟为单位进行高频次监测。像大坝的变形、渗流等关键数据，都能不间断地被获取，使管理人员可以随时掌握工程的运行状态，为及时决策提供有力依据。

其次，该系统为水利工程的安全提供了坚实保障。水利工程一旦出现安全问题，如大坝决堤、水闸故障等，将会对下游地区的人民生命财产安全造成巨大威胁。自动化系统凭借其精准的传感器和智能分析技术，能够快速识别异常情况^[1]。利用对大坝位移数据的实时分析，一旦发现位移超出正常范围，系统会立即发出警报，启动应急预案，从而有效避免事故的发生，将损失降到最低。

此外，从成本角度来看，安全监测自动化系统降低

了长期的人力成本。虽然初期建设和设备投入较大，但从长远来看，减少了大量人工巡查和数据处理的人力需求。以一个中型水利工程为例，采用自动化系统后，可减少一半以上的监测人员。这些节省下来的人力可以投入到更有价值的工程维护和管理工作中，进一步提高了整体的运营效率。

最后，自动化系统所积累的大量数据，为水利工程的优化运行和后续建设提供了宝贵的参考。通过对多年监测数据的分析，可以总结出工程在不同工况下的运行规律，为工程的调度方案优化、维护计划制定提供科学依据。更重要的是，在新的水利工程规划设计时，这些历史数据也能为设计参数的选取和结构形式的确定提供有力支持。

2 水利工程安全监测自动化系统概述

水利工程安全监测自动化系统是一个精密的智能网络，其核心构成包括监测仪器系统、数据采集系统以及数据处理分析与监控管理系统。这些部分紧密协作，共同确保水利工程的安全运行。

2.1 监测仪器系统

监测仪器系统主要由各类传感器组成。这些传感器遍布水利工程的各个关键位置，能够敏锐地捕捉到工程的物理状态变化，并将其转化为便于传输和处理的信号形式，如电信号或光信号。随着科技的不断进步，传感器的种类日益丰富，性能也得到了显著提升。其中，光纤传感器凭借其体积小、重量轻、灵敏度高以及抗电磁干扰能力强等独特优势，在水利工程中得到了广泛应用，能够更准确地捕捉大坝的细微变化。

2.2 数据采集系统

数据采集系统作为连接监测仪器与后续处理环节的

“桥梁”，负责收集、转换和初步处理传感器采集到的原始信号。它按照设定的时间间隔或触发条件，定时或实时地采集传感器输出的信号，并将这些模拟信号转换为数字信号，以便于后续的数据传输和处理。目前，国内的数据采集系统主要分为集中式、分布式和混合式三类^[2]。集中式采集系统结构简单、易于管理，但对中央采集单元的性能要求较高；分布式采集系统可靠性高、扩展性强，某个采集模块出现问题不会影响其他部分的工作；混合式采集系统则结合了集中式和分布式的优点，实现了更灵活、高效的数据采集。

2.3 数据处理分析与监控管理系统

该系统作为安全监测自动化系统的“大脑”，基于网络平台运行，支持实时多任务处理，集成数据管理、安全评估、分级报警及通信等功能。其核心流程包括数据预处理、深度分析与智能决策三阶段：

2.3.1 数据处理与优化

传感器采集的原始信号经数据采集系统转换后传输至管理系统，通过滤波、插值等算法消除噪声与异常值，提升数据质量。针对不同监测目标（如变形、渗流），采用数学模型（如时间序列分析、机器学习）挖掘数据规律，预测工程运行趋势。

2.3.2 实时监控与预警

系统对关键指标（位移、应力等）进行动态可视化展示，并与预设安全阈值自动比对。一旦数据超限（如位移速率异常），立即触发分级报警（声光提示、短信/邮件推送），同步生成应急预案建议，辅助管理者快速响应。如，渗压骤增时自动启动泄洪调度预案，降低溃坝风险。

2.3.3 智能决策支持

依托历史数据与实时监测结果，系统构建风险评估模型，为工程调度、维护周期优化提供量化依据。例如，通过分析大坝变形趋势，动态调整蓄水水位，延长结构使用寿命。

3 安全监测自动化系统应用面临的挑战

第一，技术方面，数据传输稳定性是一大挑战。由于水利工程多分布在偏远或复杂地形区域，信号易受山体阻挡、电磁干扰等因素影响，导致数据传输中断或丢包。此外，恶劣自然环境如暴雨、雷电等也会对数据传输设备造成损害。传感器精度和耐久性同样关键，但部分传感器在复杂多变的水利工程环境中，易受温度、湿度、振动等环境因素影响，导致测量精度下降或出现故障。同时，水利工程所处环境的复杂性对系统的环境适应性提出了考验，如地震多发地区需具备较强的抗震能

力，水流湍急地区需承受强大水流冲击力和水压力。

第二，管理方面，工程招标环节存在技术短板和低价恶性竞争现象。调查发现，一些设计单位仅提供设计方案和工程量清单，详细设计由中标后的施工单位承担，但许多施工单位在水利和自动化技术方面存在短板，难以胜任工程任务。一些不具备相关技术能力的单位中标后，可能会出现设备选型不合理、安装不规范等问题^[3]。再加上施工过程中，部分承包企业为了中标而压低价格，中标后偷工减料、服务不到位，也导致工程质量下降。另外，一些承包单位缺乏水利专业技术人才，服务质量难以保证。

第三，在运行管理方面，部分水利工程管理单位对安全监测自动化系统的重视程度不够，投入资金和人力不足，导致系统维护和升级滞后。一些小型水库管理单位因资金有限，无法及时更换老化设备或培训技术人员，使系统运行效率和监测精度下降。更糟糕的是，相关管理人员和技术人员的专业素质和技术水平有待提高，对系统操作和维护不够熟练，对监测数据的分析和判断能力不足，无法及时发现和处理系统运行中的问题，继而增加了水利工程的安全风险。

4 应对策略

4.1 技术层面优化

4.1.1 提升数据传输稳定性

针对水利工程所处偏远或复杂地形区域信号受干扰问题，可采用多种通信技术融合的方式。除传统的4G、5G通信外，还可引入卫星通信作为备用通信链路。在信号易受阻区域，可合理设置信号中继站，增强信号强度，尽可能确保数据稳定传输。在此基础上，对数据传输设备进行防护升级，采用具备抗电磁干扰、防水、防雷击功能的设备，并为设备安装接地保护装置，降低恶劣自然环境对设备的损害风险。

4.1.2 提高传感器性能

加大对传感器研发的投入，鼓励科研机构和企业合作，研发适应复杂水利工程环境的高精度、高耐久性传感器。采用新型材料和先进制造工艺，提高传感器对温度、湿度、振动等环境因素的耐受性。定期对传感器进行校准和维护，建立传感器故障预警机制，通过数据分析预测传感器可能出现的故障，及时进行更换或维修，确保测量精度和稳定性。

4.1.3 增强系统环境适应性

在系统设计阶段，充分考虑水利工程所处环境特点，进行针对性设计。对于地震多发地区的水利工程，安全监测自动化系统的设备和安装结构应具备抗震设

计,采用抗震支架和缓冲材料,以提高系统的抗震能力。在水流湍急地区,设备外壳应采用高强度、耐冲刷材料,确保系统能够承受强大水流冲击力和水压力。通过模拟不同环境条件下的系统运行情况,进行反复测试和优化,最终提高系统的整体环境适应性。

4.2 管理层面改进策略

4.2.1 规范工程招标流程

一是完善工程招标制度,在招标环节明确对投标单位的技术能力要求,不仅要求提供设计方案和工程量清单,还需对投标单位的水利和自动化技术实力进行详细评估。二是建立技术能力审查小组,由水利工程专家、自动化技术专家等组成,对投标单位的技术团队、过往项目经验、技术研发能力等进行全面审查。对于技术能力不足的单位,取消其投标资格。同时,采用综合评标法,避免单纯以价格作为中标依据,将技术方案的合理性、设备质量、售后服务等纳入评标指标体系,确保中标单位具备足够的技术实力和良好的信誉。

4.2.2 加强施工过程监管

建立严格的施工质量监管机制,加强对施工单位的现场监督。监理单位应配备专业的水利和自动化技术监理人员,对施工过程中的设备选型、安装调试等环节进行严格把关^[4]。对于设备选型不合理的情况,及时要求施工单位进行整改;对于安装不规范的行为,责令立即纠正。建立施工质量追溯制度,对施工过程中的每一个环节进行记录,一旦出现质量问题,能够追溯到具体的责任人和施工环节。并且,加大对违规施工行为的处罚力度,对偷工减料、服务不到位的承包企业,依法依规进行严肃处理,提高其违规成本。

4.3 运行管理层面强化策略

4.3.1 加大投入与重视程度

水利工程管理单位应提高对安全监测自动化系统的重视程度,将系统维护和升级资金纳入年度预算,确保有足够的资金用于设备更新、技术培训等方面。对于小型水库管理单位,政府部门应给予一定的资金支持和政策扶持,帮助其解决资金短缺问题。建立系统维护和升

级的长效机制,定期对系统进行全面检查和维护,根据技术发展和工程实际需求,及时对系统进行升级改造,确保系统始终处于良好的运行状态。

4.3.2 提升人员专业素质

第一,加强对水利工程管理人员和技术人员的培训,定期组织专业技术培训课程和学术交流活动,邀请行业专家进行授课和指导。培训内容包括但不限于安全监测自动化系统的操作、维护、数据分析等方面的知识和技能。第二,鼓励管理人员和技术人员参加相关的职业资格考试和技能认证,提高其专业水平和职业素养。建立人才激励机制,对在系统运行管理中表现优秀的人员给予表彰和奖励,激发其工作积极性和主动性。第三,引进具备水利和自动化专业知识的复合型人才,充实水利工程管理队伍,提高整体技术水平。以上综合应对策略的实施,能够有效解决水利工程安全监测自动化系统应用面临的挑战,提高系统的可靠性和稳定性,为水利工程的安全运行提供有力保障。

结束语

综上所述,水利工程中安全监测自动化系统在提升监测效率、保障工程安全、降低成本以及为工程优化提供数据支持等方面都具有不可替代的价值,是现代水利工程发展不可或缺的关键技术手段。在未来的水利工程建设和管理中,应持续关注技术发展和管理需求,不断完善和优化应对策略,推动水利工程安全监测自动化水平的进一步提升。

参考文献

- [1]谭理则.水利工程中安全监测自动化系统的应用方法[J].智能城市,2021,7(16):167-168.
- [2]王振华.水利工程中安全监测自动化系统的应用研究[J].智能城市,2021,7(22):165-166.
- [3]薛广文.水利工程中安全监测自动化系统的应用方法探讨[J].自动化应用,2023,64(3):105-107+110.
- [4]王梦如.水利工程中安全监测自动化系统的应用方法探讨[J].长江技术经济,2022,6(S01):62-64.