

水利工程中的现代监测技术与数据分析应用

赵朝阳

411122*****2558

摘要: 水利工程是国民经济的重要基础设施,其安全运行与高效管理关乎人民生命财产安全及水资源可持续利用。传统监测模式在精度、实时性和覆盖范围上的不足,已无法满足现代水利工程智能化发展需求。本文聚焦水利工程场景,梳理物联网、遥感、无人机等现代监测技术的特性与应用,探讨数据分析在数据处理、风险预判及决策支持中的实践路径。通过整合技术应用与数据价值挖掘的关联,阐明二者融合对提升工程管理效能、保障工程安全的意义,为水利工程智能化升级提供参考。

关键词: 水利工程; 现代监测技术; 数据分析; 物联网; 安全管理

DOI: 10. 69979/3060-8767. 25. 12. 084

引言

水利工程承担防洪、灌溉、供水等多重功能,是维系生态与社会经济稳定的关键。随着工程规模扩大和运行年限增加,结构老化、极端水文事件等因素对监测管理提出更高要求。传统人工巡检和单点监测易受人为干扰,难以实现全生命周期动态感知,数据滞后可能导致风险处置不及时。现代监测技术迭代与数据分析发展,为监测管理提供了新方案。

1 水利工程监测的发展需求与现代技术支撑

1.1 监测核心需求

新时代水利工程监测首要满足全要素覆盖需求。工程结构的稳定性、水文情势的变化以及周边环境的影响,都是决定工程安全的重要因素,需要实现对这些多维度指标的同步监测,避免因单一指标监测遗漏潜在风险。其次,实时动态感知能力不可或缺。水利工程运行中,各类指标可能出现突发异常波动,只有及时捕捉这些变化,才能为应急处置预留充足时间,降低事故发生概率。

1.2 传统模式局限

传统监测模式以人工巡检为主要手段,存在明显的局限性。人工巡检的监测频率相对较低,往往是定期进行,难以实时捕捉工程运行中的瞬间变化,且数据记录依赖巡检人员的主观判断,易受个人经验和责任心影响,导致数据主观性强,无法真实反映工程运行的实时状态。单点仪器监测虽然在精度上有一定保障,但覆盖面有限,对于大型水利工程而言,很容易形成监测盲区,无法全面掌握工程整体的安全状况,可能使部分隐患被忽视。

1.3 现代技术革新价值

现代技术的发展为水利工程监测体系带来了革命性变化。自动化、智能化监测设备的应用,打破了传统监测的时空限制,能够实现 24 小时不间断运行,无需人工值守,极大提升了数据采集的连续性与可靠性,确保不会因人为因素导致监测中断。网络通信技术的融入,使得监测数据能够实时传输,从采集终端快速送达管理中心,让管理人员及时掌握工程运行动态,为快速决策提供支持。

2 水利工程中的主流现代监测技术及应用

2.1 物联网技术应用

物联网技术在水利工程监测中的应用日益广泛,其核心是通过部署大量传感器节点构建起全面的监测网络。这些传感器能够精准采集坝体位移、渗流、应力等关键结构指标,实时捕捉工程结构的细微变化,为判断坝体稳定性提供基础数据。在数据传输方面,借助无线通信模块,能够完成监测数据的远距离传输,有效解决了水利工程多位于偏远地区、地形复杂导致的布线难题,降低了施工成本与后期维护难度。

2.2 遥感与无人机监测

遥感技术凭借其大范围、非接触式的独特优势,在水利工程监测中发挥着重要作用。通过卫星遥感设备,能够对流域水文情势、水库库容等宏观指标进行长期动态监测,获取的大范围数据有助于从整体上把握流域水资源变化规律。无人机技术则专注于精细化监测,通过搭载高清相机、红外传感器等设备,能够对工程边坡、堤岸等重点区域进行低空巡检,其灵活机动的特点使其能够到达人工难以涉足的区域,精准捕捉局部结构损伤,如裂缝、侵蚀等问题。将遥感技术与无人机技术相结合,

构建起“空-天-地”立体监测体系，实现了宏观把控与微观监测的有机统一，大幅提升了监测工作的全面性与精度。

2.3 自动化设备部署

自动化监测设备根据水利工程不同场景的需求进行定制化部署，确保监测的针对性与有效性。在大坝监测中，光纤传感设备因其灵敏度高、抗干扰能力强的特点被广泛应用，能够实现对坝体内部应力的分布式监测，精准反映坝体内部受力情况，避免因局部应力集中引发安全事故。在水文监测领域，雷达水位计、超声波流量计等设备取代了传统的人工测量方式，能够自动采集水位、流量等水文数据并实时记录，极大提升了水文监测的效率与准确性。在渠道监测中，视频监控与图像识别技术相结合，能够对渠道渗漏、淤积等问题进行实时监测，及时发现并预警渠道运行异常，保障灌溉、供水等功能的正常发挥。

3 水利工程监测数据的特征与分析技术框架

3.1 监测数据特征

水利工程监测数据具有鲜明的核心特征，首先体现在多源性上。监测数据涵盖工程结构、水文情势、周边环境等多个维度，既包括传感器采集的数值型数据，也包括视频监控获取的图像数据等，数据类型复杂多样，需要采用多元化的处理方式。其次，数据呈现强时序性特点。水利工程的运行状态随时间不断变化，监测数据也随之动态更新，只有通过连续不间断的监测，才能完整捕捉数据的变化规律，为分析工程运行趋势提供依据。

3.2 数据预处理与质控

数据预处理与质量控制是水利工程监测数据分析工作的关键环节，直接影响后续分析结果的可靠性。在数据预处理阶段，首要任务是通过去噪算法消除无效数据。监测设备运行过程中，会受到设备自身误差、环境电磁干扰等多种因素影响，产生大量噪声数据，通过滤波、平滑等去噪算法，能够有效剔除这些无效数据，提升数据准确性。针对监测过程中出现的数据缺失问题，需采用数据补全技术进行处理，常用的插值、拟合等方法能够基于已有数据的变化规律，还原数据序列的完整性，避免因数据缺失导致分析偏差。建立完善的数据质量评价标准至关重要，从数据的精度、一致性、完整性等多个维度进行校验，确保进入分析环节的数据能够满足实际应用需求。

3.3 数据分析技术框架

数据分析技术在水利工程监测中的应用构建起“基础统计-特征挖掘-决策支持”的层级化框架，各层级紧密衔接，形成完整的数据分析体系。基础统计分析作为底层支撑，主要实现对监测数据的汇总、分类与趋势描述，通过计算数据的均值、方差、极值等统计量，以及绘制趋势图等方式，为后续深度分析提供清晰的数据基础。特征挖掘是中间核心环节，借助机器学习、数据挖掘等先进算法，深入挖掘数据内部的隐藏规律，识别不同监测指标之间的异常关联，比如通过算法发现某一区域位移与渗流数据的异常耦合关系，为隐患排查提供方向。决策支持层则是分析成果的应用出口，结合水利工程相关规范标准与历史监测数据，将挖掘出的特征规律转化为具体的管理建议与处置方案，直接服务于工程决策。

4 数据分析在水利工程管理中的核心应用场景

4.1 安全风险预判预警

数据分析在水利工程安全风险预判与预警中发挥着核心作用。通过对实时监测数据的持续分析，结合工程结构特性与历史风险数据，构建起科学的风险预警模型。该模型能够实时比对监测指标与预设阈值，当指标超出安全范围时，自动触发不同等级的预警信号，第一时间传递给管理人员，为风险处置争取宝贵时间。在风险预判方面，通过整合历史故障数据与实时监测数据，运用回归分析、神经网络等算法，能够精准预测风险的发展趋势，判断风险可能蔓延的范围与造成的影响，实现从“事后处置”到“事前预防”的管理模式转变。针对不同类型、不同等级的风险，制定差异化的预警方案与处置流程，明确各部门职责与操作规范，显著提升预警工作的针对性与有效性。

4.2 运行状态评估优化

基于监测数据的动态分析，能够实现对水利工程运行状态的全面评估与优化。通过实时采集设备运行参数、结构应力变化等数据，运用综合评价模型对工程运行状态进行动态打分，精准分析设备运行效率、结构稳定性等关键指标，及时发现设备老化、结构疲劳等潜在问题，为预防性维护提供依据。结合工程的实际运行需求，如灌溉期、汛期的不同功能侧重，以及数据分析结果，对工程运行参数进行优化调整。例如在供水高峰期，通过分析供水量与管网压力数据，优化水泵运行组合，提升供水效率。同时，通过长期积累监测数据，为每一项工

程构建完整的健康档案,详细记录工程从建设到运行的各项数据变化,为工程大修、技术改造等重大决策提供全面、可靠的数据支撑。

4.3 水资源调度决策支持

数据分析为水利工程水资源调度提供了科学的决策支持,有效提升水资源利用效率。通过整合流域内各监测站点的水文数据、工程自身的运行数据以及气象部门的预测数据,构建起精准的水资源调度模型。该模型能够综合考虑降水、蒸发、用水需求等多种因素,实现对流域水资源的精准配置。借助模型分析,能够预测不同调度方案下的水资源供需平衡情况,比如对比不同灌溉面积、不同供水优先级下的水资源缺口,为制定科学合理的调度计划提供量化依据。同时,模型具备动态调整能力,能够根据实时用水需求变化、气象条件突变等情况,及时优化调整调度策略,确保在满足生活、生产、生态用水需求的前提下,最大限度提升水资源利用效率,保障区域供水安全。

5 现代监测与数据分析融合应用的挑战与对策

5.1 技术融合挑战

现代监测技术与数据分析在水利工程中融合应用时,面临着诸多核心挑战。技术标准不统一是首要问题,目前不同监测设备、不同技术提供商采用的标准存在差异,导致监测数据格式、接口互不兼容,极大增加了数据融合的难度,需要额外投入大量精力进行数据转换与适配。大规模监测数据带来的存储、传输与计算压力也不容忽视,水利工程监测产生的数据量巨大,对硬件设备的存储容量、网络带宽的传输速度以及计算设备的处理能力都提出了较高要求,同时还需兼顾成本控制,这一矛盾较为突出。此外,复杂的工程场景对监测设备稳定性影响较大,水利工程多处于野外环境,高温、高湿、强电磁干扰等因素易导致监测设备出现故障,影响数据采集的稳定性与可靠性。

5.2 人才与保障体系

应对技术融合挑战,构建完善的人才与技术保障体系至关重要。加强复合型人才培养是核心举措,水利工程监测与数据分析需要既掌握水利工程专业知识,熟悉工程结构与运行规律,又具备监测技术操作能力和数据分析技能的复合型人才,可通过高校专业设置优化、企业内部培养等方式打造此类人才队伍。建立常态化技术培训机制不可或缺,定期组织管理人员开展设备操作、

数据处理、模型应用等方面的培训,及时更新知识储备,提升专业操作能力。同时,积极与科研机构、技术企业开展合作,引入先进的监测技术与数据分析理念,借助外部力量攻克技术难题,不断完善技术保障体系,为技术融合应用提供有力支撑。

5.3 标准化发展方向

推进现代监测与数据分析的标准化、规范化发展,是实现二者在水利工程中高效融合应用的关键方向。首先,应加快制定统一的监测技术标准,由行业主管部门牵头,联合科研机构、企业共同参与,明确不同监测指标的采集规范、精度要求以及数据格式标准,实现不同设备、不同系统之间的数据互通共享,降低数据融合成本。其次,建立完善的数据分析流程规范,对数据预处理、模型构建、结果验证、成果应用等各个环节制定明确的操作标准与评价体系,确保数据分析过程的规范性,提升分析结果的可靠性与公信力。在此基础上,积极推进监测与数据分析成果的标准化应用,总结成功实践经验,形成可复制、可推广的应用模式,推动整个行业的技术应用水平提升。

6 结论

现代监测技术与数据分析的融合应用,为水利工程管理带来了全方位革新,是推动水利工程智能化发展的核心动力。本文通过系统探讨发现,物联网、遥感、无人机等现代监测技术,有效弥补了传统监测模式的不足,实现了对水利工程的全方位、实时化监测,为数据应用提供了坚实基础。数据分析技术则通过对海量监测数据的处理与挖掘,实现了工程安全风险的精准预判、运行状态的动态优化以及水资源的科学调度,显著提升了工程管理效能。

参考文献

- [1]曹雪梅.现代水利工程测绘领域中GNSS技术的应用初探[J].河南水利与南水北调,2016,(03):84-85.
- [2]王杰.水利水电工程中智能监测技术的优化研究[J].科技创新与生产力,2025,46(10):73-75+80.
- [3]王国相.基于声波监测技术的水利工程施工建设管理方法[J].电声技术,2025,49(09):69-71.
- [4]乔晶旭.水利工程建设中信息化技术应用探析[J].邯郸职业技术学院学报,2025,38(03):45-48.
- [5]张绍池,李春瑜.声纹AI监测技术在智慧水利工程中的运用[J].张江科技评论,2025,(08):47-49.