

智慧水利在水利水电工程管理中的应用研究

闫光远

邯郸市兴禹水务工程有限公司 河北 邯郸 056001

摘要：智慧水利通过物联网、大数据等技术，实现水利水电工程的实时监测、智能调度、精准运维与协同管理。其在工程管理中，以多维度感知网络采集数据，经智能分析提供决策支持，优化资源配置与风险防控。面临技术集成复杂、数据安全风险及专业人才短缺等挑战，需通过标准制定、安全体系建设及人才培养应对。此举推动传统水利模式变革，提升工程管理效率，为可持续发展提供水利支撑。

关键词：智慧水利；水利水电工程管理；应用

引言

随着信息技术飞速发展，传统水利水电工程管理模式渐显不足，难以应对复杂水问题与高效管理需求。智慧水利作为技术驱动的系统性变革，为破解难题提供新思路。本文聚焦智慧水利在工程管理中的应用，分析实时监测、智能调度等具体实践，探讨面临的挑战及对策，旨在阐明其应用价值与实施路径，为推动水利水电工程管理智能化提供参考。

1 智慧水利概述

智慧水利，是将物联网、大数据、云计算、移动互联网、人工智能等新一代信息技术深度融入水利领域的创新性实践。它借助前沿科技之力，对水利对象及其活动进行全方位、深层次的感知与互联，致力于为水安全、水资源、水环境及水生态等核心水利业务，提供精细化管理策略、智能化决策支持以及广泛便捷的服务。在感知层面，通过在江河湖泊、水利工程设施等关键节点部署各类传感器，实现对水位、流量、水质、气象等多维度数据的实时精准采集，如同给水利系统配备了敏锐洞察的探知先锋，让水利工作者能够及时洞察水利环境的动态变化。数据传输环节，运用先进的通信技术，搭建起稳定高效的数据传输网络，确保海量感知数据能够快速、准确地汇聚到数据中心，犹如四通八达且毫无阻滞的数字脉络。进入数据分析与决策阶段，大数据技术深挖数据价值，揭示数据背后隐藏的规律与趋势；人工智能算法模拟人类思维，依据数据分析结果，结合水利业务知识与经验，为水资源调配、防洪减灾、水环境治理等复杂问题，生成科学合理且具有前瞻性的解决方案，仿佛有一套高精尖的智能决策系统在为水利决策精准导航。智慧水利的构建，绝非仅仅是技术的堆砌，而是一场对传统水利模式的系统性变革。它以创新技术为驱动力，打破了以往水利业务中信息孤岛的壁垒，实现

了水利信息的高度共享与业务协同，大幅提升了水利工作的效率与质量，为经济社会的可持续发展筑牢了坚实的水利根基，在应对水资源短缺、水环境污染、洪涝灾害威胁等全球性水问题上，展现出强大的潜力与独特优势。

2 智慧水利在水利水电工程管理中的应用分析

2.1 实时监测与精准预警

(1) 通过在水利水电工程的关键部位，如大坝坝体、溢洪道、输水管道等部署多种类型的传感器，构建起全方位的感知网络。应变片传感器可实时监测坝体应力变化，渗压计能精准测量坝基渗流压力，流速仪则对水流速度进行高效监测。这些传感器如同工程的细微感知触角，将采集到的海量数据，以毫秒级的速度传输至数据处理中心，为后续分析提供坚实的数据基础。(2) 运用先进的数据融合与分析技术，对多源异构的监测数据进行深度挖掘。通过建立复杂的数学模型，结合机器学习算法，能够精准识别出数据中的异常波动，并对潜在风险进行评估。例如，利用深度学习算法对大坝位移数据进行分析，可提前预测大坝可能出现的变形趋势，为工程维护提供充足的预警时间。(3) 构建智能预警系统，依据风险评估结果，通过多种渠道及时发出精准预警信息^[1]。预警信息不仅涵盖风险类型、位置，还包括预估影响范围与程度。通过短信、APP推送、声光警报等方式，将预警信息第一时间传达给相关人员，确保在危险来临前，工程管理团队能够迅速启动应急预案，采取有效应对措施，保障工程安全。

2.2 优化调度与科学决策

(1) 基于实时监测数据与历史运行数据，借助大数据分析与仿真模拟技术，建立水利水电工程的精准运行模型。该模型可模拟不同工况下工程的运行状态，如不同来水流量、水位条件下，对发电、防洪、灌溉等功能的影响。通过对多种运行方案的模拟对比，筛选出最优

调度策略，实现工程综合效益的最大化。（2）引入人工智能算法，如遗传算法、粒子群算法等，对工程调度进行动态优化。这些算法能够根据实时变化的水情、雨情、用电需求等因素，快速调整调度方案，使工程运行始终处于最佳状态。在丰水期，根据实时来水情况，智能算法可自动优化发电调度，提高水能利用率；在枯水期，则优先保障灌溉与生活用水需求。（3）搭建可视化决策支持平台，以直观的图表、三维模型等形式展示工程运行数据、模拟结果与调度方案。决策人员通过该平台，可全面、清晰地了解工程整体情况，快速做出科学决策。平台还具备数据交互功能，决策人员可根据实际需求，对模拟参数进行调整，实时获取新的决策建议，提升决策的灵活性与准确性。

2.3 工程设施智能运维

（1）利用物联网技术，为水利水电工程设施安装智能感知设备，实现对设备运行状态的实时在线监测。智能电表可监测设备用电情况，温度传感器能掌握设备关键部位温度，振动传感器则对设备振动状态进行监测。通过对这些数据的实时分析，可及时发现设备潜在故障隐患，如轴承磨损、电机过热等问题。（2）运用大数据分析与故障预测模型，对设备历史运行数据与实时监测数据进行深度挖掘，预测设备故障发生的时间与概率。例如，通过分析水泵的运行时间、流量、压力等数据，结合设备故障历史记录，建立故障预测模型，提前预估水泵可能出现故障的时间，以便安排维修计划，避免设备突发故障对工程运行造成影响。（3）建立智能运维管理系统，根据设备故障预测结果，自动生成维修工单，并合理安排维修资源。系统可根据维修人员的技能水平、工作负荷等因素，智能分配维修任务，同时调度所需的维修工具与备件。维修过程中，维修人员可通过移动终端实时获取设备维修指导信息，提高维修效率与质量。

2.4 信息共享与协同管理

（1）构建统一的水利水电工程信息共享平台，将工程涉及的设计图纸、运行数据、维修记录、地理信息等各类信息进行整合与集中管理。通过标准化的数据接口，实现不同部门、不同系统之间的数据共享与交互，打破信息孤岛，使工程各参与方能够实时获取所需信息。（2）利用云计算技术，为信息共享平台提供强大的计算与存储能力。工程运行产生的海量数据可存储于云端，各参与方通过网络随时随地访问平台，获取最新信息。云计算的分布式计算能力可对复杂的数据进行快速处理与分析，为协同管理提供有力支持。（3）开发协同管理应用系统，支持工程各参与方在线协同工作^[2]。在工

程建设阶段，设计单位、施工单位、监理单位可通过该系统实时沟通，协同解决设计变更、施工难题等问题；在工程运行管理阶段，运行部门精准规划、维修部门及时响应、调度部门灵活协调，各部门可通过系统协同制定计划、安排任务、协调方案，提高工程管理的整体效率与协同性。

3 智慧水利在水利水电工程管理应用中面临的挑战与对策

3.1 面临的挑战

3.1.1 技术集成难度大

在智慧水利体系搭建过程中，涉及到多种前沿技术的协同运用，如物联网、大数据、云计算、人工智能等。不同技术由不同供应商提供，其接口标准、数据格式、通信协议存在显著差异，导致在集成时困难重重。以传感器设备与数据处理平台的对接为例，各类传感器采集的数据格式多样，有二进制、文本、图像等，而数据处理平台往往只支持特定格式，这就需要复杂的数据转换与适配工作，增加了系统开发与维护成本。不同技术的更新迭代速度不同，物联网技术发展迅速，新的传感器不断涌现，而部分老旧的数据传输与处理系统难以兼容，若要实现技术升级，需对整个集成系统进行大规模改造，这无疑加大了技术集成的复杂性与风险性，严重影响智慧水利系统的构建进度与稳定性，阻碍了水利水电工程管理智能化的推进步伐。

3.1.2 数据安全风险高

水利水电工程运行产生的监测数据、调度数据等，包含工程关键信息与周边环境敏感数据，具有极高的安全价值。随着智慧水利中数据的海量增长与广泛传输共享，数据安全面临诸多威胁。网络攻击手段日益复杂多样，黑客可能通过入侵系统，窃取关键数据，如大坝应力应变数据、水库水位库容数据等，这些数据一旦泄露，将对工程安全造成严重威胁，甚至引发灾难性后果。在数据存储环节，若存储设备出现故障或遭受恶意软件攻击，可能导致数据丢失或损坏，影响工程管理决策的准确性和及时性。在数据共享过程中，由于涉及多个部门与系统，如何确保数据在传输与共享过程中的安全性，防止数据被非法篡改或滥用，成为亟待解决的难题，数据安全风险已成为智慧水利在水利水电工程管理应用中的一大阻碍。

3.1.3 专业人才短缺

智慧水利融合了水利工程专业知识与信息技术，对人才的知识结构与技能水平提出了很高要求。目前，既精通水利工程运行管理，又掌握先进信息技术的复合型

专业人才严重匮乏。传统水利工程专业人员，虽熟悉水利业务流程，但在大数据分析、人工智能算法应用等信息技术方面能力不足，难以有效运用智慧水利系统为工程管理提供精准决策。信息技术专业人才，缺乏水利工程专业背景知识，对水利水电工程的运行原理、业务需求理解不深入，在开发与维护智慧水利系统时，无法精准贴合工程实际需求，导致系统功能与实际应用脱节。人才的短缺限制了智慧水利技术在水利水电工程管理中的深度应用与创新发展，使得工程管理难以充分发挥智慧水利系统的优势，阻碍了水利水电工程管理向智能化、高效化方向迈进。

3.2 对策

3.2.1 加强技术标准制定与集成创新

为攻克技术集成难题，需联合行业内技术专家、科研机构以及技术供应商，共同制定统一的技术标准。在数据层面，规范各类传感器数据采集格式、数据传输协议，确保数据从采集端到处理端的顺畅流通。对于系统接口，制定标准化接口规范，使不同技术系统能够便捷对接，降低集成难度。鼓励技术集成创新，支持企业与科研团队开展产学研合作，研发针对智慧水利的集成技术解决方案。例如，开发通用的数据转换中间件，可自动识别并转换不同格式数据，实现数据的无缝对接；探索基于微服务架构的系统集成模式，将复杂的智慧水利系统拆分为多个独立服务模块，各模块可独立升级与维护，提升系统整体的兼容性与可扩展性，通过技术标准制定与集成创新，为智慧水利系统的稳定高效运行奠定坚实基础。

3.2.2 强化数据安全保障体系建设

构建全方位的数据安全保障体系，从数据采集、传输、存储到应用全流程进行防护。在数据采集端，采用加密传感器，对采集数据进行实时加密，确保数据在源头的安全性^[3]。数据传输过程中，运用VPN、SSL等加密通信技术，搭建安全的数据传输通道，防止数据被窃取或篡改。在数据存储方面，选用高可靠的存储设备，并建立异地灾备中心，定期进行数据备份，即使本地存储设备出现故障或遭受攻击，也能保证数据不丢失。部

署先进的防火墙、入侵检测系统等安全防护设备，实时监测网络流量，及时发现并阻止网络攻击行为。制定严格的数据访问权限管理制度，根据人员职责与业务需求，精细划分数据访问级别，防止数据被非法访问与滥用，通过完善的数据安全保障体系，为智慧水利中的数据安全保驾护航。

3.2.3 加大专业人才培养与引进力度

第一，与高校开展深度合作，推动高校开设智慧水利相关专业课程或联合培养项目。在课程设置上，融合水利工程与信息技术专业核心课程，如水利工程学、大数据分析、人工智能原理等，培养学生跨学科知识体系。鼓励高校与企业建立实习基地，让学生在实践中积累智慧水利项目经验，提升实际操作能力。第二，积极引进外部专业人才，制定具有吸引力的人才引进政策，吸引国内外既懂水利又精通信息技术的复合型人才加入。针对现有员工，定期组织内部培训与技术交流活动，邀请行业专家进行讲座，分享最新技术应用案例，选派员工参加外部专业培训课程，提升员工整体专业素养，通过人才培养与引进双管齐下，充实智慧水利专业人才队伍，为水利水电工程管理智能化发展提供人力支持。

结语

综上所述，智慧水利为水利水电工程管理注入新动能，其在实时监测、智能决策等方面的应用，显著提升了管理效能。尽管技术集成、数据安全等挑战客观存在，但通过标准化建设与创新应对，可逐步克服。未来，随着技术迭代，智慧水利将向更深度协同、更高阶智能演进，持续优化工程管理模式，为构建现代化水利体系、保障水安全提供更坚实的技术支撑与发展动力。

参考文献

- [1]李长青,马宏元.智慧水利在水利水电工程管理中的应用研究[J].水上安全,2025(9):13-15.
- [2]胡汛训,胡婷婷.智慧水利在工程风险管理中的应用探析[J].水电与新能源,2023,37(8):38-41.
- [3]潘凌卉,刘翔,葛菁菁,等.智慧小型水利水电工程关键技术及应用实践研究[J].长江技术经济,2025,9(1):121-128.