

水资源管理中水利信息化技术的应用

李中伟¹ 王雍凯²

1. 南水北调中线信息科技有限公司 北京 100038

2. 中国南水北调集团水网智慧科技有限公司 北京 100038

摘要：全球气候变化和人口增长加剧了水资源短缺与用水需求间的矛盾。本文聚焦水利信息化技术在水资源管理中的应用，阐述其在监测采集、调度管理、水环境保护治理及防洪减灾方面的实践。当前，水利信息化技术存在技术标准不统一、数据安全存隐患、人才短缺、应用系统单一等问题。为推动技术高效应用，提升水资源管理水平，本文提出建立统一标准体系、加强数据安全防护、培养引进人才、优化应用体系等针对性对策，助力水利信息化高质量发展。

关键词：水资源管理；数字孪生；水利信息化；技术应用

引言：水资源作为人类生存和社会发展的基础性资源，其合理管理至关重要。在全球水资源日益紧张背景下，传统水资源管理模式逐渐难以满足需求。水利信息化技术应运而生，为水资源管理带来了新的机遇与变革。它通过先进的信息技术手段，实现对水资源全方位、实时化的监测与管理，极大地提升了管理效率和决策科学性。深入研究水利信息化技术在水资源管理中的应用，对缓解水资源危机、保障社会可持续发展具有重要意义。

1 水资源管理中水利信息化技术的重要性

在水资源管理领域，水利信息化技术的重要性愈发凸显。第一，它显著提升了管理效率。传统的水资源管理依赖人工采集数据、人工分析，过程繁琐且耗时久。而水利信息化技术凭借传感器网络等设备，能够实时、自动地采集海量水资源数据，如水位、水质、流量等信息，大幅缩短数据获取周期，让管理人员能及时掌握水资源动态，快速响应各类变化。第二，水利信息化技术助力科学决策。通过构建复杂的水资源调度模型和管理信息系统，整合多源数据，运用大数据分析、人工智能算法、数字孪生等技术，对水资源的分配、调度进行精准模拟和预测。这为管理者制定科学合理的水资源管理策略提供有力支撑，避免决策的盲目性，实现水资源的优化配置。第三，在水环境保护与治理以及防洪减灾方面，水利信息化技术同样不可或缺。水质监测与预警系统能及时察觉水质异常，为水环境保护提供关键信息；洪水监测与预警技术以及防洪调度信息化，可提前预知洪水风险，为防洪减灾争取宝贵时间，保障人民生命财产安全^[1]。

2 水利信息化技术在水资源管理中的具体应用

2.1 水资源监测与数据采集

2.1.1 传感器网络的应用

传感器网络在水资源监测与数据采集中扮演着关键角色。它由大量分布在水体不同位置的传感器节点构成，这些节点能够实时感知并传输各类水资源数据。例如，压力传感器可精准测量水位高度，通过水压变化转化为电信号传输至数据接收终端。水质传感器则能对水中的酸碱度、溶解氧、化学需氧量等关键指标进行监测，及时反馈水质状况。流速传感器可测定水流速度，为流量计算提供基础数据。其优势在于高频率、高精度的数据采集，能以分钟甚至秒为单位更新数据，满足对水资源动态变化实时掌握的需求。在实际应用中，河流、湖泊、水库等水域广泛部署传感器网络，利用物联网平台作为数据采集平台，对不同协议的传感器进行适配，将采集的数据预处理后提供给上游系统。上游系统将接收到的基础数据整合、分析、利用，为水资源管理部门提供持续且详实的数据支持，助力及时发现水资源异常情况，为后续研判决策做好充分理论依据。

2.1.2 遥感与卫星监测技术

遥感与卫星监测技术为水资源监测带来了宏观视角。卫星搭载的各类传感器可对大面积水域进行周期性观测。光学遥感技术通过分析不同波段的反射光，识别水体范围，监测湖泊、河流面积的变化，对于季节性湖泊干涸或扩张情况能清晰呈现。热红外遥感则可探测水体温度，分析水温分布差异，判断水体热污染状况。微波遥感能穿透云层，在恶劣天气下也能持续监测，且对土壤水分含量敏感，有助于估算地下水资源。其优势在于覆盖范围广，能一次性获取大面积区域数据，不受地理条件限制。在干旱地区水资源评估、跨国界河流监测等方面发挥重要作用，为区域乃至全球水资源管理提供

全面、宏观的数据基础,辅助制定整体水资源规划。

2.2 水资源调度与管理

2.2.1 基于信息化的水资源调度模型

基于信息化的水资源调度模型融合了大数据、数学算法与水利知识。它以实时采集的水资源数据,如水位、流量、流速、水温、水质、用水需求等作为输入,通过构建复杂的数学模型,模拟不同情境下水资源的动态变化。模型运用优化算法,综合考虑水资源的时空分布、用水部门优先级、生态需水等因素,计算出最优的水资源分配方案。其优势在于摆脱了传统经验式调度的局限,实现科学、精准的水资源调配,提高水资源利用效率,减少水资源浪费与不合理分配现象,有力支撑区域水资源的可持续利用。

2.2.2 水资源管理信息系统

水资源管理信息系统是整合水资源各类信息的综合性平台。它集成了地理信息系统(GIS)、数据库技术等,将水资源相关的地形地貌、水系分布、水资源量、用水户信息等数据进行数字化存储、科学化分析与可视化展示。管理者可通过该系统直观查看流域内水资源状况,包括各水源地水量、用水大户用水情况等。系统具备数据分析与决策支持功能,能对历史数据深度挖掘,预测水资源变化趋势,为制定水资源管理政策、规划水利工程提供数据依据。

2.3 水环境保护与治理

2.3.1 水质监测与预警系统

水质监测与预警系统作为水环境保护的前沿防线,通过多类型传感器构建起严密的监测网络。在江河湖库等水域,pH值传感器实时感知水体酸碱度,溶解氧传感器精准测定水中含氧量,重金属传感器敏锐捕捉铅、汞等有害金属浓度。这些传感器如同水下卫士,持续采集数据,并利用物联网技术将数据快速上传至云端数据中心。数据中心运用大数据分析机器学习算法,对长期积累的数据进行深度挖掘,构建水质变化模型。一旦实际监测数据偏离正常范围,触发预设预警机制,系统迅速向相关部门发送警报。例如,某城市饮用水源地的水质监测系统检测到浊度指标异常升高,预警信息即刻推送,促使供水部门及时排查,发现是上游河道施工导致泥沙流入,通过紧急处置,保障了市民用水安全。

2.3.2 水环境治理决策支持

水环境治理决策支持系统集成多项前沿技术,为科学治理水环境提供核心助力。其以地理信息系统(GIS)为基础,将流域地形、水系、土地利用等信息数字化呈现,直观展示水环境现状。借助水文模型模拟水流速

度、流量等动态变化,结合污染物扩散模型,精确预测不同污染物在水体中的迁移轨迹与扩散范围。在制定治理方案时,该系统优势尽显。如针对城市黑臭水体治理,系统模拟截污纳管、清淤疏浚、生态修复等不同组合措施的实施效果,对比水质改善程度、治理成本、工期等因素,为决策者提供最佳治理策略。基于系统提供的精准决策依据,治理工作得以高效开展,切实提升水环境治理的科学性与实效性,助力实现水生态环境的良性恢复。

2.4 防洪减灾

2.4.1 洪水监测与预警技术

洪水监测与预警技术在防洪减灾体系中占据关键地位,是保障人民生命和财产安全的重要防线。在洪水监测环节,多种技术手段协同应用。水文站通过布置雨量计、水位计,实时收集降水量和水位数据,分析降水强度和径流变化。遥感技术则借助卫星和无人机,大范围监测洪水淹没范围,捕捉洪水演进路径。此外,地理信息系统(GIS)能对地形、水系等数据进行空间分析,为洪水模拟和风险评估提供数据支撑。在预警阶段,预警系统会将收集到的信息进行整合分析,一旦监测数据超过预设阈值,便迅速启动预警机制。预警信息通过广播、电视、手机短信、社交媒体等多渠道发布,确保居民能及时收到预警信号,做好转移避险准备。

2.4.2 防洪调度信息化

防洪调度信息化是防洪减灾工作的“智慧大脑”。它依托先进信息技术,搭建起全方位、一体化的智能管控平台。该平台整合了流域内水库、水闸、堤防等各类水利工程设施的详细信息,包括其地理位置、规模参数、运行状态等,实现对防洪资源的全面掌控。借助实时采集的洪水监测数据,结合水文模型、水利工程调度模型,通过数字孪生技术,能模拟不同防洪调度策略下洪水的演进路径与变化趋势。通过对各方案的防洪效果、生态影响、经济成本等多维度评估,为决策者提供科学合理的防洪调度方案。防洪部门依据这些方案,远程精准操控水利工程设施,实现洪水的科学拦蓄与有序疏导,最大程度减轻洪水灾害损失,保障人民生命财产安全与区域经济社会的稳定发展^[2]。

3 水利信息化技术应用中存在的问题与对策

3.1 存在的问题

3.1.1 技术标准不统一

在水利信息化推进进程中,技术标准缺乏一致性。不同地区、不同厂商研发的监测设备、信息系统,在数据接口、通信协议、数据格式等方面存在差异。这导

致各系统间难以实现无缝对接与数据共享,信息流通受阻。如某流域上下游分别采用不同标准的水位监测设备,数据无法直接整合分析,影响洪水预警的及时性与准确性,降低了水利信息化整体效能。

3.1.2 数据安全与隐私保护

水利信息化涉及大量敏感数据,像水资源分布、水利设施运行参数等。一方面,网络攻击手段层出不穷,系统易遭黑客入侵,数据面临被窃取、篡改风险,威胁水利设施安全运行。另一方面,数据收集、存储、传输过程中,若隐私保护机制不完善,可能导致用户信息泄露,如居民用水数据隐私被侵犯,引发公众对水利信息化的信任危机。

3.1.3 人才短缺

水利信息化融合水利工程与信息技术,对人才要求高。当下,既精通水利专业知识,又掌握信息技术的复合型人才匮乏。多数水利工作者信息技术应用能力不足,难以高效操作复杂的信息化系统、分析处理海量数据。同时,高校相关专业设置滞后,人才培养无法满足行业快速发展需求,制约水利信息化技术深入应用与创新。

3.1.4 应用系统体系单一

现有水利信息化应用系统体系单一,多聚焦于数据简单记录与展示,难以满足复杂多变的水利业务需求。在水资源动态管理方面,无法实时模拟分析水资源的调配情况,对水资源的合理利用缺乏有效指导。防洪减灾预警系统预警精度不高,未能结合大数据分析准确预测洪水发生的时间、规模,导致预警信息的可靠性欠佳。同时,系统的兼容性差,无法与新的监测设备和技术手段有效对接,阻碍了水利信息化的进一步发展。

3.2 对策建议

3.2.1 建立统一的技术标准体系

由水利部牵头,联合行业专家、科研机构以及主流厂商,共同制定涵盖数据接口、通信协议、数据格式等方面的统一技术标准。针对监测设备,明确其数据采集频率、精度及传输规范;对于信息系统,统一操作界面风格、功能模块设置标准。同时,设立标准更新机制,定期根据行业发展与技术进步对标准进行修订。通过推广应用统一标准,打破不同系统间的壁垒,实现数据无障碍流通与共享,提升水利信息化系统的兼容性与协同性,为水资源综合管理筑牢技术基础。

3.2.2 加强数据安全与隐私保护措施

在技术层面,部署防火墙、入侵检测系统等网络安

全设备,加密传输数据,防止黑客攻击与数据窃取。对重要数据采用多重备份与异地存储,确保数据完整性与可用性。管理层面,完善数据访问权限制度,严格限定不同人员对数据的操作权限。开展数据安全与隐私保护培训,提高工作人员安全意识。

3.2.3 加强人才培养与引进

高校应优化水利信息化相关专业设置,增加信息技术课程占比,理论与实践结合,培养实用型人才。水利部门与高校、企业联合开展在职人员培训,提升现有水利工作者的信息技术水平。同时,制定优惠政策,吸引外部信息技术人才投身水利行业,如提供住房补贴、科研启动资金等。设立人才激励机制,对在水利信息化工作中有突出贡献的人才给予奖励,营造良好人才发展环境,充实水利信息化人才队伍,推动技术创新应用。

3.2.4 优化升级智慧应用体系

加大对水利信息化应用系统研发的投入,组织专业团队深入调研水利业务的实际需求,结合物联网、大数据、云计算、数字孪生等前沿技术,对现有系统进行全面升级。在水资源管理模块,融入智能化算法,实现对水资源的精准调度与动态分析。优化防洪减灾预警系统,引入人工智能大模型,提高洪水预测的准确性。此外,建立系统的定期更新机制,确保系统能够与新设备、新技术无缝对接,及时适应水利业务的发展变化,充分发挥水利信息化系统在水利工作中的支撑作用^[1]。

结束语

水利信息化技术在水资源管理领域的应用,已成为推动行业变革的关键力量。从水资源监测与数据采集,到调度管理、水环境保护及防洪减灾,其应用贯穿各个环节,极大提升了管理效率与决策科学性。然而,当前仍面临技术标准不统一、数据安全隐患、人才短缺和应用系统功能滞后等挑战。通过建立统一技术标准体系、强化数据安全措施、加强人才培养引进以及优化升级智慧应用体系,这些问题有望逐步解决。

参考文献

- [1]张雪竹.水资源管理中水利信息化技术应用研究[J].内蒙古煤炭经济,2022(8):127-129.
- [2]鞠万泉.水资源管理中水利信息化技术的运用措施[J].农业科技与信息,2021(24):181-193.
- [3]李敏.水资源管理中水利信息化技术的应用[J].农业科技与信息,2021(23):217-218.