

数字化水文水资源监测模式研究

许攀 张政 孙明俊 王宇航

江苏省骆运水利工程管理处 江苏 宿迁 223800

摘要：数字化转型浪潮下，水文水资源监测领域迎来变革契机。研究聚焦监测模式创新，构建由感知层、传输层、应用层组成的数字化监测系统，实现实时监测预警、数据深度整合分析及业务协同决策支持功能。针对技术集成、数据安全、环境适应性等挑战，提出标准完善、安全强化、架构优化等策略，为提升水文水资源监测效率与精准度提供理论支撑与实践路径，推动行业数字化升级。

关键词：数字化；水文水资源；监测模式

引言

随着全球气候变化与水资源管理需求升级，传统水文水资源监测模式已难以满足实时性、精准性与智能化要求。数字化技术的蓬勃发展，为水文水资源监测领域带来革新机遇。本文基于物联网、大数据、云计算等技术，深入探讨数字化水文水资源监测模式，剖析其系统构成、功能实现路径，针对现存挑战提出应对策略，旨在为水资源科学管理、灾害防御及可持续发展提供技术支持与决策依据。

1 数字化水文水资源监测模式概述

数字化水文水资源监测模式，作为科技进步催生的前沿监测方式，融合了多领域先进技术。它借助微电子技术集成技术实现设备的微型化与高效能，以计算机强大的数据处理能力为核心，依托网络数据传输搭建起信息交互桥梁，全面革新传统人工监测预报模式。从系统结构来看，数字化水资源监测站由多个关键子系统协同构成。水位遥测子系统凭借浮子水位传感器、遥测数传终端及电台，自动采集河道断面水位并无线传输数据；流量自动监测子系统利用缆道测流综合控制台、水下信号接收器等设备，实现流量在线自动化测量；气象多参数自动测报子系统整合雨量、蒸发、湿度、风速风向等传感器，完成气象参数的采集、存储与传输；视频监视子系统通过视频服务器、解码器、摄像头等，实时监控河道水位、测流及水势变化并传输图像；中心控制系统则集成各子系统，接收、处理并分析各类信息，成为整个监测体系的中枢；信息发布子系统以交互式网页技术搭建地理信息展示平台，实现水文信息的网络共享与发布；信息查询子系统基于浏览器技术，方便用户便捷访问服务器终端数据；洪水预警子系统通过对多源数据的深度分析，运用多种计算方案实现洪水预警功能。系统组成元素涵盖气象监测仪器、通信网络、水文监测仪器

及监测信息数据中心。气象监测仪器精准采集雨量、气温、湿度等气象信号并转化为数据；水文监测仪器负责获取流量、水位等关键水文数据；通信网络承担数据传输重任，将本地数据库中的数据发送至远程控制中心，以便进行解码处理、数据查询及结果输出。各部分紧密配合，为全面、精准、高效地监测水文水资源状况提供坚实支撑，助力相关领域决策制定与研究分析。

2 数字化水文水资源监测系统构成

2.1 感知层

感知层作为数字化水文水资源监测系统的基础，肩负着实时且精准采集各类关键数据的重任。在这一层面，多种先进监测设备协同作业。水位传感器通过超声波、雷达等技术手段，对河流、湖泊、水库等水体的水位进行持续监测，能敏锐捕捉到水位的细微变化，为洪水预警、水资源调配等工作提供关键依据。雨量计则借助翻斗式、称重式等不同原理，精确测量降雨量，其广泛且合理的布局，使得区域内降雨情况得以全面掌握。流量监测设备，例如电磁流量计、多普勒流速仪等，可对水流速度与流量进行测定，对于了解河流水资源的动态变化意义重大。水质传感器能对水体中的酸碱度、溶解氧、化学需氧量等多项指标展开监测，及时察觉水质异常状况，为水环境保护筑牢防线。这些传感器将采集到的物理信号转换为电信号或数字信号，为后续的数据传输与处理做好准备。

2.2 传输层

传输层在整个系统中扮演着信息纽带的角色，负责将感知层采集的海量数据快速、稳定且准确地传输至应用层。当下，传输层融合了多种通信技术以满足不同场景需求。无线通信技术中的4G、5G网络凭借其高速率、大带宽、低延迟的特性，能够高效传输大量实时数据，适用于信号覆盖良好且数据传输需求紧迫的区域，比如

城市周边的水文监测点。NB-IoT技术则以低功耗、广覆盖见长,在一些偏远地区或对功耗有严格要求的监测设备上发挥着重要作用。卫星通信不受地理条件限制,可实现全球范围内的数据传输,对于偏远山区、海洋等通信基础设施薄弱的区域而言,是保障数据传输的可靠手段。在部分固定监测站点且布线条件允许的情况下,有线通信如光纤、以太网等以其稳定性和高带宽优势,承担着数据传输任务。不同通信方式相互补充,确保数据能够跨越复杂地理环境,及时抵达数据处理中心^[1]。

2.3 应用层

应用层是数字化水文水资源监测系统价值体现的核心层面,主要负责对传输层传来的数据进行深度处理与应用。数据处理模块运用数据挖掘、统计分析、机器学习等算法,对海量水文数据进行清洗、整合与分析,挖掘其中蕴含的规律与趋势,例如预测水位变化、流量波动以及水质演变情况。数据存储模块采用分布式数据库、云存储等技术,安全可靠地存储历史数据与实时数据,为后续的查询、对比分析提供支撑。可视化展示模块借助地理信息系统(GIS)、图表等形式,将复杂的数据以直观易懂的方式呈现给用户,使管理者能清晰洞察区域内水文水资源的整体状况。预警模块则依据设定的阈值,针对水位超限、水质恶化等异常情况及时发出警报,以便相关部门迅速采取应对措施。应用层还为不同用户提供定制化服务,如为水利工程管理者提供决策支持,助力其优化水资源调配方案;为科研人员提供数据资源,支撑相关研究工作的开展。

3 数字化水文水资源监测模式功能的实现

3.1 实时监测与预警

(1) 依托高精度传感器网络和物联网技术构建实时监测体系,将各类水质传感器、水位传感器、流量传感器等部署于江河湖泊、水库等关键水域节点,以分钟级甚至秒级频率采集水温、pH值、浊度、水位高程、流速流量等多维度数据,并借助5G、卫星通信等高速传输通道,实现数据实时回传至监测中心。(2) 智能预警系统基于实时采集数据,通过构建动态阈值模型和算法,结合历史数据规律与模拟预测结果,对可能出现的异常情况进行精准研判。当监测数据触发预先设定的阈值,如水位超过警戒值、水质污染指标超标时,系统自动生成预警信息,并以短信、弹窗、语音播报等多种形式迅速传达至相关人员。(3) 可视化监测平台将实时数据与预警信息进行直观呈现,运用GIS地理信息系统,以地图形式展示各监测点位的实时状态,叠加动态图表和曲线,方便管理人员快速掌握水文水资源变化趋势,为及时采

取应对措施提供有力支撑^[2]。

3.2 数据整合与分析

(1) 采用分布式存储架构和数据仓库技术,将来自不同类型传感器、不同监测站点、不同时间序列的海量异构数据进行统一格式转换与标准化处理,打破数据孤岛,实现多源数据的高效整合与存储。建立数据索引和元数据管理机制,确保数据的完整性、准确性和可追溯性。(2) 运用大数据分析技术和机器学习算法,对整合后的数据进行深度挖掘。通过时间序列分析,揭示水文水资源变化的周期性规律和长期趋势;利用聚类分析和关联分析,发现不同监测指标之间的内在联系和潜在关系;借助预测模型,对未来水文水资源状况进行科学预测,如水位涨落、流量变化、水质演变等。(3) 数据可视化工具将复杂的分析结果以直观易懂的图表、图形和报表形式呈现,包括折线图、柱状图、热力图、三维曲面图等,帮助专业人员和决策者快速理解数据背后的信息,为制定科学合理的水资源调配、水环境保护等方案提供数据依据。

3.3 业务协同与决策支持

(1) 构建一体化的业务协同平台,将水文监测、水资源管理、水环境治理等不同业务环节的工作流程进行整合与优化,实现各业务系统之间的数据共享和业务联动。不同部门和岗位人员可以在同一平台上进行数据交互、任务协作和信息沟通,提高工作效率和协同性。(2) 决策支持系统基于实时监测数据、历史数据和分析结果,结合数学模型和专家知识库,为决策者提供多种决策方案和风险评估报告。针对水资源调度、防洪抗旱、水污染应急处理等实际问题,系统通过模拟不同决策措施的实施效果,对比分析各方案的优缺点和潜在影响,为决策者提供量化的决策依据和建议。(3) 智能交互界面设计方便决策者与决策支持系统进行便捷交互,通过可视化操作,快速调整决策参数和方案,实时查看模拟结果和反馈信息,实现决策过程的动态优化,从而做出更加科学、合理、高效的决策,保障水文水资源的可持续利用和水生态环境的稳定。

4 数字化水文水资源监测模式面临的挑战与应对策略

4.1 面临的挑战

4.1.1 技术集成与标准统一问题

数字化水文水资源监测系统融合传感器技术、通信技术、云计算与大数据分析等多领域技术,各技术模块间的兼容性与协同性成为关键。不同厂商开发的监测设备在数据采集频率、格式及传输协议上存在显著差异,异构系统集成时易出现数据接口不匹配、协议转换效率

低等问题,导致监测数据无法有效整合与共享。数据处理算法的多样性也使得不同监测站点的数据缺乏统一的分析标准,难以构建标准化的数据模型,制约了水文水资源监测的整体效能,无法为水资源科学管理提供准确、统一的数据支撑^[3]。

4.1.2 数据安全与隐私保护风险

数字化监测产生海量数据,涵盖水资源分布、水文变化等敏感信息,数据安全与隐私保护面临严峻考验。在数据传输环节,无线通信网络易遭受恶意攻击,黑客可通过截获、篡改数据干扰正常监测工作;在数据存储阶段,云端存储的集中式数据若缺乏有效加密和访问控制机制,易引发数据泄露。随着人工智能技术在水文数据分析中的应用,算法漏洞可能导致数据被恶意利用,威胁国家水资源安全和公众利益,而现有安全防护手段难以应对日益复杂的数据安全威胁。

4.1.3 复杂环境下的可靠性不足

水文水资源监测站点多分布于偏远山区、河流湖泊等复杂环境,极端天气、地质灾害等因素严重影响监测设备与网络的可靠性。强降雨、雷电、冰冻等恶劣天气可能损坏传感器、通信基站等硬件设备,导致数据采集中断;洪水、泥石流等灾害会破坏传输线路,造成网络瘫痪。复杂地形还会引发信号遮挡与衰减问题,致使数据传输延迟或丢失,难以实现实时、准确的水文信息监测,无法为水资源调度和灾害预警提供及时有效的数据支持。

4.2 应对策略

4.2.1 完善技术标准与生态合作

构建统一的技术标准体系是解决技术集成难题的核心。通过建立涵盖数据采集、传输、存储及处理全流程的标准化规范,明确各环节技术参数与接口要求,确保不同厂商设备和系统的兼容性。推动产学研用多方生态合作,促进监测设备研发、软件开发与数据服务企业间的技术交流与协同创新。企业可基于统一标准开展联合攻关,优化系统架构,开发通用的数据转换与整合工具,提升监测系统的集成度和数据处理效率,形成良性发展的技术生态。

4.2.2 强化数据安全防护体系

针对数据安全风险,需构建多层次、全方位的数据

安全防护体系。在数据传输层面,采用端到端加密技术,对数据进行高强度加密处理,防止传输过程中被窃取或篡改;引入量子加密等新型安全技术,提升数据传输的安全性。在数据存储方面,采用分布式存储架构结合区块链技术,实现数据的多副本存储与去中心化管理,增强数据存储的可靠性和防篡改能力。运用人工智能和机器学习技术建立智能安全监测系统,实时分析数据访问行为,及时发现并阻断异常操作,全方位保障数据的安全与隐私^[4]。

4.2.3 优化设备与网络架构

为提升复杂环境下监测系统的可靠性,需从设备和网络架构两方面进行优化。在设备选型上,选用具备高防护等级、抗恶劣环境能力强的监测设备,采用冗余设计,增加备用电源、备份传感器等模块,降低设备故障概率。在网络架构方面,构建多网融合的通信网络,结合5G、卫星通信、物联网等技术,形成互补式通信链路,避免单一网络故障导致数据传输中断。利用边缘计算技术,在监测现场对数据进行初步处理和分析,减少数据传输量,降低网络压力,确保复杂环境下监测系统稳定运行。

结语

综上所述,数字化水文水资源监测模式通过构建多层次系统架构,实现监测功能的智能化升级,为水资源精细化管理注入新动能。尽管在技术融合、安全防护等方面仍面临挑战,但通过标准完善、技术创新与生态合作,可有效提升系统可靠性与适应性。未来,随着技术持续演进,数字化监测模式将在水资源高效利用、水生态保护等领域发挥更大价值,推动行业向智慧化、可持续发展方向迈进。

参考文献

- [1]宋晓冉,赵喜富,李春强.关于数字化水文水资源监测模式研究[J].数字化用户,2024(23):171-172.
- [2]罗玉阳,马学山.关于数字化水文水资源监测模式研究[J].建筑工程技术与设计,2020(11):2586.
- [3]王英杰.数字化水文水资源监测模式探究[J].垂钓,2022(2):23-25.
- [4]胡晓璐.数字化水文水资源监测模式探究[J].建筑工程技术与设计,2020(30):4045.