

数字化水文水资源监测模式探讨

宋 意

黑龙江省水文水资源中心黑河分中心 黑龙江 黑河 164300

摘 要：传统水文水资源监测模式受人工操作、设备局限与技术体系制约，存在监测时效弱、覆盖范围有限、数据精度不足等问题，难以适配现代水资源精细化管理需求。本文立足水文监测实际工作场景，界定数字化水文监测核心理论，系统梳理想能感知、数据传输、数据管理等关键核心技术，拆解数字化监测平台的整体架构与功能模块。结合当前行业发展现状，从技术融合、业务流程、跨域协同三个维度提出监测模式优化路径。研究旨在完善数字化水文监测应用体系，为区域水资源监测、防汛抗旱、水生态治理工作提供实操参考。

关键词：数字化；水文水资源；监测模式；平台架构；技术优化

引言：水资源是区域生态保护与经济社会发展的核心基础性资源，水文监测数据是水资源管控、水灾害防控的核心依据。随着水环境治理、水资源调度工作精细化要求不断提升，传统人工监测模式的短板逐步凸显，无法满足全域、实时、精准的水文管控需求。数字化、智能化转型成为水文水资源监测行业的必然发展趋势。本文结合基层水文监测工作实践，围绕数字化监测的理论、技术、平台架构展开系统分析，探究适配基层应用的数字化监测模式，助力智慧水文体系建设落地实施。

1 数字化水文水资源监测的理论基础

1.1 水文水资源监测核心概念界定

水文水资源监测是水资源管理、水灾害防治、水生态保护的基础性工作，核心是对区域水文水资源要素进行系统性、常态化观测与统计。其监测范畴不再局限于传统水量观测，已形成多维度监测体系，主要涵盖河道、水库、地下水等各类水体的水量动态监测，地表水、地下水的水质指标检测，以及水域生态植被、水体环流、水土保持等水生态要素监测。全面界定相关核心概念，明确监测核心要素与工作范畴，能够为数字化监测模式的研究、应用与优化提供清晰的概念依据，夯实整体研究的理论根基。

1.2 传统与数字化监测模式对比

两种监测模式在实际应用中差异显著。传统监测以人工定点观测、周期性采样为主，监测精度易受人为操作、天气环境影响，数据更新滞后、时效性差，且需要投入大量人力物力，监测范围有限、数据完整性不足。而数字化监测依托智能终端与信息技术，可实现全域、实时、高频次监测，有效提升数据精准度与完整性，大幅降低人工运维成本。通过多维度对比可明确，数字化监测模式更适配现代水资源精细化、智能化管理需求，

具备极强的应用价值与推广必要性^[1]。

2 数字化水文水资源监测关键技术

2.1 智能感知与数据采集技术

智能感知与数据采集的核心是依托各类自动化监测设备、航天航空监测手段，替代传统人工巡测、定点采样模式，实现水文水资源要素的全域、高精度、不间断采集，从源头保障监测数据的真实性与准确性，目前已广泛应用于河道、水库、灌区、地下水、水生态等各类监测场景，核心技术设备主要分为三类。（1）高精度水文传感器。作为地面定点监测的核心设备，涵盖水位、雨量、流速、流量、水质多参数传感器等。水位雨量传感器采用脉冲雷达、压电感应等原理，不受暴雨、大雾、低温等恶劣天气影响，可实现毫米级精度数据采集；流速流量传感器依托声学多普勒原理，能够适配明渠、管道等不同水体形态，精准测算断面水流数据；水质传感器可实时捕捉pH值、溶解氧、氨氮、浊度等指标，实现水体水质动态常态化监测。（2）无人机移动监测技术。多用于河道岸线巡查、中小流域应急监测、偏远水域数据采集。通过搭载高清摄像头、水质采样模块、小型传感设备，可快速完成区域性水文摸排，弥补固定监测站点覆盖盲区，尤其适用于汛期洪涝、山体滑坡、河道堵塞等突发场景的应急数据采集，具备灵活性强、作业成本低、响应速度快的特点。（3）卫星遥感监测技术。依托水文气象专用卫星，实现大范围、全域化水文要素监测。可精准捕捉流域水体面积、河湖水位变化、土壤墒情、植被覆盖度等宏观数据，适配大江大河、大型湖泊、流域片区的常态化监测，解决地面监测站点分布稀疏、全域监测难度大的行业痛点。

2.2 数据传输与通信技术

水文监测站点多分布于野外山区、偏远流域、河湖

沿岸等复杂区域,环境地形复杂、通信条件受限,稳定、高效的数据传输技术是打通监测数据从前端设备到后台平台的核心枢纽。当前水文监测领域已形成多通信方式融合的传输体系,适配不同场景的传输需求。(1) 5G移动通信技术。作为主流近距离、高速传输方式,具备低时延、高带宽、大容量的技术优势。可支撑水质高频监测、视频实时回传、高密度传感数据同步传输,有效解决传统4G网络传输卡顿、数据延迟、批量数据传输受限等问题,适配城市水系、灌区、重点水库等通信条件良好区域的常态化数据传输。(2) 光纤有线通信技术。具备传输稳定、抗干扰能力强、数据安全性高的特点,不受天气、电磁环境影响。主要应用于省级、市级核心水文监测站点、大型水库枢纽、重要闸站等固定点位,用于传输高精度、高涉密的核心水文数据,保障主干数据传输链路的稳定性。(3) 卫星通信技术。是野外偏远监测站点的核心传输保障。针对无移动网络覆盖的山区流域、偏远河湖、边境水域,通过北斗卫星、海事卫星实现数据短报文传输,可稳定上传水位、雨量、水流等基础监测数据,填补偏远区域通信空白,保障全域监测数据传输无断点^[2]。

2.3 数据存储与管理技术

现代水文监测具备高频次、多维度、全域化特点,日均产生海量结构化、非结构化数据,包含实时监测数据、视频影像、遥感影像、历史台账数据等。传统本地服务器存储模式存在容量有限、数据易丢失、调取效率低、难以共享等问题,云存储与分布式数据库技术成为当前水文数据管理的核心技术。(1) 云端存储技术。依托公有云、私有云搭建水文专属存储平台,可实现存储容量弹性扩容,满足不同时段海量水文数据的存储需求,尤其适配汛期高频次监测产生的激增数据。同时具备数据自动备份、异地容灾功能,可有效规避硬件损坏、自然灾害导致的数据丢失问题,保障水文数据长期留存。(2) 分布式数据库技术。相较于传统集中式数据库,该技术可将海量水文数据拆分存储于多个节点,实现数据分类归档、分区管理。能够精准区分水量、水质、水生态、遥感影像等不同类型数据,大幅提升数据检索、调取、统计的速度,为水文数据分析、水资源调度、水旱预警等后续工作提供高效数据支撑。(3) 数据标准化管理技术。依托数据库管理系统,对各类监测数据进行格式统一、降噪清洗、分类归集,剔除异常数据、冗余数据,构建标准化水文数据资源库,实现水文数据的规范化管理、便捷化调取与跨区域共享,契合智慧水文建设的标准化发展需求。

3 数字化水文水资源监测平台架构设计

3.2 平台总体架构规划

结合现阶段水文水资源监测业务的实际运行需求,本次数字化监测平台采用行业通用的四层分层架构体系,整体分为感知层、传输层、数据层与应用层。(1) 感知层。作为平台最前端的数据来源层级,主要覆盖全域各类水文监测终端设备。包含河道、水库、地下水固定监测站点的水位、雨量、水质、流量传感器,以及无人机移动监测设备、卫星遥感接收终端等。该层级负责全域水文要素原始数据的常态化采集,为平台运行提供基础数据支撑,是整个架构的数据源头。(2) 传输层。承担各监测终端与平台后台的数据交互工作,整合5G移动通信、光纤专网、北斗卫星通信等多种传输链路。针对城区、灌区等通信条件良好的区域采用5G传输,核心站点依托光纤专网保障稳定性,偏远无网络区域启用北斗短报文传输,构建多链路融合的传输体系,保障数据不间断上传。(3) 数据层。为平台核心支撑层级,以分布式数据库、云端存储为基础,集中归集各类水文监测数据。主要负责数据的清洗、分类、归档、备份与统一管理,区分结构化监测数据、影像数据、台账数据等不同类型,完成数据标准化处理,为上层业务应用提供合规、可用的数据资源。(4) 应用层。面向水利管理部门一线业务场景,是平台功能落地的核心层级。依托底层数据资源,对接各类水文监测、管控业务,实现数据可视化、业务智能化操作,直接服务于水资源调度、防汛抗旱、水生态管控等实际工作^[3]。

3.2 功能模块设计

基于水文水资源监测的实际业务流程,平台聚焦实用性与落地性,搭建四大核心功能模块,各模块相互独立又数据互通,形成完整的业务运行体系,适配日常运维、应急处置、业务管理等各类工作场景。(1) 实时监测模块。该模块为平台基础核心模块,对接全域所有监测终端设备。可实时接收、展示辖区内河道、水库、地下水、灌区的水量、水质、雨情、水生态等监测数据,支持站点定位、数据实时刷新、历史数据查询、异常数据标记等操作,同时搭载视频监控画面联动功能,实现水文工况可视化监控。(2) 预警预报模块。依托预设水文阈值参数与行业研判模型运行。针对水位超限、雨量超标、水质异常、流量突变等情况,系统可自动识别异常数据,分级触发预警信号,通过平台弹窗、后台推送、短信提示等方式告知管理人员,同时结合历史水文数据完成短期水文趋势预报,支撑汛期应急防控工作。(3) 数据分析模块。对归集的海量水文数据进行系统

化统计与分析。支持按日、周、月、年生成水文数据报表,可完成流域水量变化、水质波动、水资源损耗等数据的对比分析、趋势分析,自动生成标准化业务报表,替代传统人工统计汇总工作,提升数据整理效率。(4) 决策支持模块。整合监测数据、分析报表、预警信息等多类资源,对接水资源调度、防汛管控、水生态治理等业务场景。结合区域水文现状,为管理人员提供水资源优化配置、防汛调度、水环境整改等参考依据,实现从数据监测、数据分析到业务决策的全流程支撑。

3.3 平台兼容性与拓展性考量

本次平台设计坚持兼容适配、可拓展、可迭代的原则,贴合水利行业系统一体化建设要求,保障平台长期稳定运行与持续升级。(1) 设备兼容适配设计。平台采用标准化设备通信协议,适配市面主流水文监测传感器、自动化终端、遥感设备等硬件设施,可直接对接区域内已建成的各类监测站点设备,无需大规模更换硬件,有效降低平台升级改造成本,实现新旧设备数据统一归集。(2) 跨系统数据兼容设计。针对水利部门现有水资源管理系统、防汛调度系统、水生态监测系统等存量平台,设置标准化数据对接端口,支持跨系统数据互通、资源共享,打破各部门数据孤岛,实现区域水文数据一体化管控。(3) 模块化拓展设计。平台整体采用模块化架构,各功能模块独立部署、互不干扰。系统预留功能拓展接口与数据扩容端口,后续可根据业务需求新增水土保持监测、用水统计、智慧调度等功能模块,同时可适配新增监测站点、新增监测指标的数据接入,满足长期业务迭代升级需求^[4]。

4 数字化水文水资源监测模式的优化与创新路径

数字化水文水资源监测模式的长效发展需依托技术革新、流程优化与跨域协同的多维升级。(1) 技术融合创新方向:推进人工智能与分布式水文模型、水动力模型的深度耦合,依托多源异构数据融合算法整合站点实测、遥感影像、环境气象等数据,统一数据计算口径与分析标准,提升水文要素研判、趋势推演、异常识别

的精准度,推动传统监测技术向智能化、精细化方向迭代。(2) 业务流程优化举措:依托数字化平台的一体化数据优势,重构水文监测、数据校核、分析归档、成果应用的全业务链条,删减人工重复录入、层层报备等冗余环节,建立部门数据同步、业务联动机制,规范监测作业与数据管理流程,整体提升水文监测业务的运行效率与管控精度。(3) 跨领域合作与协同发展策略:搭建水利、生态环境、气象、自然资源等多部门常态化联动机制,统一监测指标、数据标准与共享规范,同时推进产学研深度合作,依托科研机构与技术企业开展监测技术、平台算法的迭代研发,拓宽数字化监测应用场景,实现水资源监测、水旱防御、水生态保护多领域协同提质^[5]。

结束语:本文通过梳理数字化水文水资源监测的理论基础与关键技术,完成监测平台架构与功能模块的系统性设计,针对性提出模式优化与创新路径。研究明确了数字化技术在提升水文监测精度、效率与全域覆盖能力上的核心优势,有效解决了传统监测模式的诸多短板。现阶段数字化水文监测仍存在技术融合不足、部门协同不畅等问题,后续需持续推进技术迭代、流程革新与跨领域联动,持续完善智慧化水文水资源监测体系。

参考文献

- [1]徐波,毛旸.基于功能分析的水文水资源数字化监测技术研究[J].移动信息,2025,47(10):343-345.
- [2]全占东.基于水文水资源数字化监测模式研究[J].黑龙江水利科技,2022,50(7):205-207.
- [3]张玉明.数字化水文水资源监测模式结构及功能分析[J].珠江水运,2023,(13):86-88.
- [4]周玉瑾,丁书耘.基于水文水资源数字化监测模式研究[J/OL].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2022,(10):282-285.
- [5]王璐,臧冬伟.水文水资源监测数据的自动化整编技术探究[J/OL].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025,(1):033-036.