

水文水资源信息化建设分析

彭 冲

济源水文水资源勘测报分中心 河南 济源 459000

摘 要: 随着全球气候变化加剧、水资源供需矛盾日益突出以及国家水网建设的深入推进,水文水资源管理面临着前所未有的挑战与机遇。信息化作为提升水文水资源管理现代化水平的核心驱动力,已成为实现水资源科学配置、高效利用与可持续管理的关键支撑。本文系统梳理了水文水资源信息化建设的内涵、发展历程与核心构成,深入分析了当前建设过程中存在的主要问题,包括数据孤岛、标准体系不统一、技术融合不足、安全风险加剧以及人才结构失衡等。在此基础上,结合新一代信息技术发展趋势,提出了以“数据驱动、平台赋能、智能决策、安全可控”为原则的高质量发展路径,并从顶层设计、标准规范、技术融合、安全保障、人才建设等方面提出了具体对策建议。研究表明,推进水文水资源信息化建设不仅是技术升级,更是治理体系和治理能力现代化的重要体现,对于保障国家水安全、支撑生态文明建设和实现高质量发展具有重大战略意义。

关键词: 水文水资源; 信息化建设; 智慧水利; 数据融合; 数字孪生; 网络安全

引言

水文作为水利工作的基础和国民经济建设的先行,其核心任务是通过监测、分析、预测水文要素,为水资源规划、防洪抗旱、生态保护、工程建设等提供科学依据。传统水文工作主要依赖人工观测、纸质记录和经验判断,存在数据获取慢、处理效率低、预测精度差、响应不及时等弊端,难以满足新时代精细化、智能化管理的需求。信息化建设,即利用现代信息技术对水文水资源信息进行采集、传输、存储、处理、分析和应用的全过程,是破解上述难题的关键路径。自20世纪90年代以来,我国水文信息化建设经历了从自动化监测到网络化传输,再到智能化应用的演进过程。特别是进入“十四五”时期,随着“智慧水利”战略的提出和国家水网建设的加速,水文水资源信息化建设被提升到前所未有的战略高度。然而,在快速发展的同时,也暴露出一系列深层次问题,亟需系统梳理、深入剖析并提出科学对策。

1 水文水资源信息化建设的内涵与发展历程

1.1 内涵界定

水文水资源信息化建设,是指综合运用物联网(IoT)、大数据、云计算、人工智能(AI)、地理信息系统(GIS)、数字孪生等新一代信息技术,构建覆盖全域、全要素、全过程的水文水资源信息感知、传输、处理、服务与决策支持体系^[1]。其核心目标是实现水文水资源信息的“全量感知、全域共享、全程管控、全景展现、全维决策”,最终服务于水资源的科学配置、高效利用、有效保护和风险防控。

1.2 发展历程

我国水文水资源信息化建设分三个阶段:(1)1990s-2005年:自动化与初步网络化。建自动监测站点,实现水文要素自动化采集;依托工程建初步传输网络,远程报送数据,提高水情时效性。(2)2006-2015年:系统集成与业务应用深化。重大工程推动从单点监测向系统集成转变,建成专业应用系统,形成信息化支撑体系,数据共享与业务协同理念萌芽。(3)2016年至今:智慧化与融合创新。新一代信息技术推动进入智慧化阶段,“智慧水利”成国家战略,相关概念付诸实践,建设重点转变,构建新型水治理体系。

2 水文水资源信息化建设的核心构成

一个完整的水文水资源信息化体系通常包含以下核心层次:

2.1 感知层:构建全域智能感知网络

感知层是信息化体系的“神经末梢”,负责采集各类水文水资源信息。主要包括:(1)传统水文站网:雨量、水位、流量、泥沙、水质、墒情、地下水等自动监测站。(2)新型感知设备:利用雷达、卫星遥感(如Sentinel、Landsat)、无人机、无人船等进行大范围、高精度、动态化的监测。(3)社会感知数据:整合来自社交媒体、移动终端等的社会化数据,作为传统监测的有益补充。目标是构建“空-天-地”一体化的立体感知网络,实现对流域水循环全过程的动态、精准、连续监测。

2.2 网络与基础设施层:打造高速可靠的传输与计算底座

该层负责数据的传输、存储与计算。包括:(1)通信网络:4G/5G、北斗短报文、光纤专网等多种通信方式

融合,确保在各种复杂环境下的数据稳定传输。(2)云数据中心:采用云计算技术,提供弹性、可扩展的计算和存储资源,支撑海量数据的处理与分析。(3)边缘计算节点:在靠近数据源的站点部署边缘计算设备,实现数据的本地预处理和快速响应,减轻中心节点压力。

2.3 数据与平台层:实现数据资产化与服务化

这是信息化体系的“心脏”。核心任务是打破数据壁垒,实现数据的汇聚、治理、融合与服务。(1)数据湖/数据仓库:建立统一的数据存储架构,汇聚来自不同来源、不同格式的原始数据。(2)数据治理:通过元数据管理、数据质量管理、数据标准制定等手段,提升数据的准确性、一致性和可用性^[2]。(3)数据共享服务平台:提供标准化的API接口,实现数据的按需、安全、高效共享,支撑上层应用。

2.4 应用与智能层:驱动业务智能化决策

该层是信息化价值的最终体现,直接服务于各项业务。(1)专业模型库:集成水文预报模型(如新安江模型、HEC-HMS)、水资源优化配置模型、水质扩散模型、洪水演进模型等。(2)智能分析引擎:运用AI技术(如深度学习、机器学习)对历史数据进行挖掘,提升模型的预测精度和泛化能力。(3)数字孪生平台:构建流域或水网的数字孪生体,实现物理世界的实时映射、过程推演、方案预演和风险预警。(4)业务应用系统:如智慧防汛、智慧水资源管理、河湖长制信息化平台、灌区智能调度系统等,将智能分析结果转化为具体的业务指令和决策建议。

3 当前水文水资源信息化建设面临的主要问题

尽管取得了显著成就,但水文水资源信息化建设仍面临诸多挑战:

3.1 “数据孤岛”现象依然突出

不同业务部门(如水文、水资源、水政、防汛)之间,不同层级(国家、流域、省、市、县)之间,甚至同一部门内部不同系统之间,数据标准不一、接口封闭、共享机制缺失,导致大量数据被“锁”在各自的系统中,无法有效汇聚和融合,严重制约了数据价值的释放。

3.2 标准规范体系尚不健全

虽然已有一些行业标准,但在数据格式、元数据定义、接口协议、模型算法、安全等级等方面,缺乏统一、权威、强制性的标准体系。这导致系统建设各自为政,互操作性差,难以形成全国“一盘棋”的格局。

3.3 新技术融合应用深度不足

许多地方的信息化建设仍停留在“+互联网”阶段,即简单地将线下业务搬到线上,对大数据、AI、数字孪生

等新技术的应用多为概念性或试点性,未能真正与核心业务流程深度融合,实现业务模式的根本性变革。模型的智能化水平不高,对复杂水系统的模拟能力有限。

3.4 网络与数据安全风险日益加剧

随着系统联网程度加深、数据价值凸显,水文水资源信息系统已成为网络攻击的重点目标。关键信息基础设施的防护能力不足,数据泄露、系统瘫痪等风险不容忽视。同时,对数据主权、隐私保护等新问题也缺乏完善的法规和技术保障。

3.5 人才结构与复合型人才短缺

信息化建设需要既懂水利业务又精通信息技术的复合型人才。目前,水利系统普遍存在IT人才总量不足、高端人才匮乏、业务人员信息化素养不高的问题,导致系统建设与业务需求脱节,运维和创新能力受限。

4 高质量发展路径与对策建议

面向未来,水文水资源信息化建设应遵循“数据驱动、平台赋能、智能决策、安全可控”的原则,走高质量发展之路。

4.1 强化顶层设计,构建一体化发展格局

水文水资源信息化建设是一项系统性、全局性工程,必须强化国家层面的统筹协调。建议由水利部牵头,联合发改、财政、自然资源、生态环境等部门,制定《国家水文水资源信息化高质量发展行动纲要(2025—2035)》,明确“智慧水利”框架下水文信息化的总体目标、阶段性任务和技术路线图。重点推动“全国一盘棋”格局,打破流域、区域、部门之间的数据孤岛和业务壁垒,建立“统一标准、分级管理、协同共享、动态更新”的一体化运行机制。同时,将信息化建设深度融入国家水网、数字中国等重大战略工程,纳入各级水利“十五五”规划及重大项目前期论证,确保资金投入、政策配套和组织保障同步到位,形成“规划引领、项目支撑、机制保障”的良性发展格局。

4.2 完善标准规范体系,夯实互操作基础

标准是信息化互联互通的“通用语言”。当前,水文数据格式不一、接口混乱、模型难以复用等问题严重制约了系统集成与智能应用。亟需加快构建覆盖“采集—传输—存储—处理—共享—应用”全链条的标准体系。重点制定水文数据元标准、时空编码规范、API接口协议、模型服务标准及数据安全分级指南。推动标准从“推荐性”向“强制性”过渡,对新建系统实行“标准准入制”,确保“生来就标准”;对存量系统制定三年改造路线图,分批实现标准化对接^[3]。同时,建议设立国家级水文水资源信息标准验证与认证中心,开展标准符合性测试、互操

作性评估和最佳实践推广,为跨区域、跨平台业务协同提供技术支撑。

4.3 深化技术融合创新,打造智能核心引擎

技术创新是高质量发展的核心驱动力。一是全面推进数字孪生流域建设。以长江、黄河等重点流域为试点,构建集物理感知、数字映射、仿真推演于一体的高保真数字孪生体,实现对水文过程的“预报—预警—预演—预案”闭环管理,提升极端水旱灾害应对能力。二是推动水文模型智能化升级。融合人工智能、大数据与传统水文学理论,发展“物理机理+数据驱动”的混合建模方法,提升对短历时强降雨、突发性水污染、冰凌洪水等复杂事件的模拟能力和预测精度。三是探索构建“水利大模型”。借鉴通用大模型技术路径,基于数十年积累的水文、气象、遥感、社会经济等多源异构数据,训练面向水利行业的专业大模型,为洪水调度、水资源配置、生态流量保障等场景提供通用智能底座,降低基层单位AI应用门槛。

4.4 筑牢网络安全防线,保障体系安全可靠

随着信息化深度应用,水文系统已成为国家关键信息基础设施的重要组成部分,安全风险日益突出。必须严格落实网络安全“三同步”原则——同步规划、同步建设、同步运行。构建覆盖“云—网—端—数—用”的纵深防御体系,强化边界防护、入侵检测、日志审计和应急响应能力。对水文自动测报系统、水库调度平台、水资源监控平台等关键系统,实施等级保护2.0要求,定期组织红蓝对抗演练和第三方风险评估^[4]。同时,完善数据分类分级管理制度,对涉及国家水安全、生态红线、敏感区域的数据实行严格管控。积极探索隐私计算、联邦学习、区块链等新技术在数据安全共享中的应用,在“可用不可见”前提下促进跨部门数据融合,实现安全与发展并重。

4.5 加强人才队伍建设,激发内生创新动力

高质量发展最终依靠人才支撑。当前,水文系统普遍存在“懂水利不懂IT、懂IT不懂水文”的结构性矛盾。应实施“双轮驱动”人才战略:一方面,通过“智慧水利英才计划”等专项,引进人工智能、大数据、网络安全等领域的高端技术人才;另一方面,大规模开展“水利+数字”复合型人才培养,将信息化课程纳入水利院校核

心课程体系,并对基层水文职工开展常态化数字技能培训。同时,建立跨学科协同创新平台,鼓励水利、计算机、地理信息、环境科学等多领域专家联合攻关重大技术难题。此外,设立“水文信息化微创新基金”,支持基层单位开发轻量化、实用化的小程序、小工具,营造“人人参与、人人创新”的浓厚氛围,让基层智慧成为推动高质量发展的源头活水。

5 结语

水文水资源信息化建设是新时代水利高质量发展的必然要求和核心引擎。经过多年的探索与实践,我国已初步构建了覆盖广泛的信息化基础设施和业务应用体系。然而,面对日益复杂的水问题和更高的治理要求,必须正视并着力解决“数据孤岛”、标准缺失、技术融合不足、安全风险和人才短板等深层次问题。未来的发展,应以构建数字孪生流域为总抓手,以数据要素为核心,以智能模型为驱动,以安全可控为底线,全面推进水文水资源信息化向更高质量、更深层次、更广领域发展。这不仅是技术层面的升级换代,更是治水理念、管理体制和运行模式的深刻变革。唯有如此,才能真正实现“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”的科学治水方略,为保障国家水安全、建设美丽中国提供坚实有力的支撑。

参考文献

- [1]关磊.水文水资源信息化建设的发展现状与优化分析[C]//河海大学,浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院),浙江省水利学会.2024(第十二届)中国水生态大会论文集.黄河水利委员会上游水文水资源局,;2024:76-82.
- [2]范莹莹.水文水资源信息化建设的要点分析[J].工程技术研究,2021,6(16):255-256.
- [3]苟晓宇,贺宇博.简析如何优化水文水资源信息化建设[C]//河海大学,浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院),浙江省水利学会.2024(第十二届)中国水生态大会论文集.黄河水利委员会上游水文水资源局,;2024:62-68.
- [4]王兆涵.水文水资源信息化建设现状及优化策略探析[N].山西科技报,2023-11-02(B07).