

# 水文水资源监测现状及对策研究

吴涛

新疆维吾尔自治区水利水电规划设计技术中心 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:** 在全球气候变化加剧、人类活动影响日益显著的背景下,水资源短缺、水环境污染与水生态退化等问题已成为制约经济社会可持续发展的关键瓶颈。科学、精准、高效的水文水资源监测体系是实现水资源优化配置、保障水安全、支撑生态文明建设的核心基础。本文系统梳理了我国水文水资源监测体系的发展历程与当前技术现状,深入剖析了在站网布局、技术装备、数据融合、管理机制及人才队伍等方面存在的突出问题。在此基础上,结合智慧水利、数字孪生流域等国家战略导向,从顶层设计、技术创新、数据治理、体制机制和能力建设五个维度,提出了构建现代化水文水资源监测体系的系统性对策建议。研究表明,唯有通过全方位、深层次的改革与创新,方能建成“空天地”一体化、智能感知、精准预报、科学决策的现代水文监测网络,为国家水安全保障提供坚实支撑。

**关键词:** 水文监测; 水资源; 监测体系; 智慧水利; 数字孪生; 对策研究

## 引言

水是基础性、战略性资源,其可持续利用关乎国家多领域安全与高质量发展。21世纪全球面临前所未有的水危机,近四分之一人口生活在高度缺水国家,气候变化加剧极端水文事件,恶化缺水局面。我国人多水少、时空分布不均,“四水”问题叠加,对水治理提出挑战。水文水资源监测是认识水循环、掌握动态、预警灾害、评估生态的科学途径,健全的监测体系能为水资源管理提供依据。当前,水文监测技术正从传统向“空天地”一体化智能感知变革,但面对新时代治水思路转变,现有监测体系在覆盖广度、感知精度、响应速度和智能水平上仍有不足。因此,全面审视现状、精准识别短板、提出优化对策,具有重大理论价值与现实紧迫性。本研究旨在深度剖析现状,为构建现代化监测体系提供智力支持。

## 1 水文水资源监测体系的发展历程与内涵

### 1.1 发展历程回顾

我国的水文监测事业可追溯至古代的水则碑等简易观测设施。新中国成立后,水文工作进入系统化、规模化发展阶段:(1)奠基阶段(1949-1978年):以服务防洪抗旱和大型水利工程建设为核心,初步建立了覆盖主要江河湖库的水文站网,形成了以人工观测为主的传统监测模式。(2)发展阶段(1978-2000年):随着改革开放和经济社会发展,监测范围逐步拓展至水质、地下水、墒情等领域,自动化、信息化技术开始引入,实现了部分水文要素的自动采集与传输。(3)提升阶段(2000-2011年):国家防汛抗旱指挥系统、国家水资源监控能力建设等重大项目实施,极大地推动了水文信息采集、传输、

处理和应用的自动化、网络化水平,初步形成了较为完整的监测业务体系。(4)智慧化转型阶段(2011年至今):“互联网+”、大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术深度融合于水文领域。特别是近年来,随着“智慧水利”和“数字孪生流域”建设的全面推进,水文监测正朝着全域感知、智能分析、精准模拟和科学决策的方向加速演进。

### 1.2 现代水文水资源监测体系的内涵

现代水文水资源监测体系已超越了单一的数据采集功能,演变为一个集“感、传、知、用”于一体的复杂巨系统,其核心内涵包括:(1)全要素感知:不仅涵盖传统的水位、流量、降水、蒸发、泥沙等水文要素,还扩展至水质(物理、化学、生物指标)、水生态(水生生物、栖息地)、地下水、土壤墒情、冰情、咸潮等多维要素。(2)全空间覆盖:构建由地面固定/移动监测站、空中无人机/卫星遥感、地下传感器网络共同组成的“空天地”一体化立体监测网络,实现对流域、区域乃至全国尺度的无缝隙、无盲区覆盖<sup>[1]</sup>。(3)全过程协同:覆盖从数据采集、质量控制、传输汇聚、存储管理、融合分析到产品服务、决策支持的全业务流程,强调各环节的高效协同与闭环反馈。(4)智能化驱动:利用AI算法进行异常数据识别、缺失值插补、多源数据融合、水文过程模拟与预测,实现从“被动记录”到“主动认知”和“智能预警”的跃升。

## 2 我国水文水资源监测现状分析

### 2.1 监测站网布局与覆盖能力

目前,全国已建成各类水文测站,包括国家基本水文站、水质站、地下水监测站、墒情站等。然而,站网

布局仍存在结构性矛盾：(1)空间覆盖不均衡：站点主要集中于大江大河干流及重要支流、城市周边和经济发达地区，而广大中小河流、山洪沟道、偏远山区、跨界河流以及生态敏感区的监测站点严重不足。这导致在应对局地强降雨引发的山洪灾害或评估特定生态区域的水文情势时，缺乏有效的数据支撑。(2)要素监测不全面：大多数站点仍以水位、流量、雨量等常规水文要素为主，对水质、水温、水生态等反映水资源质量和生态系统健康的关键要素监测能力薄弱。特别是对于新兴污染物（如抗生素、微塑料）的监测，几乎处于空白状态。(3)代表性与时效性不足：部分站点因历史原因或地形限制，其代表性受到质疑。同时，许多站点的数据报送频次较低（如日值、旬值），难以捕捉水文过程的瞬时变化，无法满足精细化管理和应急响应的需求。

## 2.2 监测技术与装备水平

尽管自动化、信息化水平已有长足进步，但技术装备层面仍面临挑战：(1)核心技术受制于人：高端在线水质分析仪、高精度ADCP（声学多普勒流速剖面仪）、特种传感器等核心设备仍大量依赖进口，成本高昂且维护困难，制约了监测网络的普及和升级。(2)设备稳定性与适应性差：部分国产自动化设备在野外复杂恶劣环境下（如高寒、高湿、强电磁干扰）的长期运行稳定性不足，故障率高，数据连续性难以保证。针对特殊水体（如高含沙、高藻类）的专用监测设备研发滞后。(3)新技术应用深度不够：卫星遥感、无人机、激光雷达（LiDAR）等新型技术虽已在局部地区试点应用，但尚未形成标准化、业务化的监测能力。多源异构数据的有效融合与校验技术尚不成熟，限制了其在大范围、高精度水资源评估中的应用潜力。

## 2.3 数据管理与共享应用

数据是监测体系的价值所在，但当前的数据管理与应用存在明显短板：(1)“数据孤岛”现象突出：水文、水利、生态环境、气象、自然资源等部门均建有各自的监测系统，但由于管理体制分割和技术标准不一，数据壁垒森严，难以实现跨部门、跨区域的互联互通与共享共用，造成巨大的资源浪费<sup>[2]</sup>。(2)数据质量参差不齐：自动化设备产生的海量数据中，包含大量因设备故障、环境干扰等原因导致的异常值或缺失值。缺乏统一、高效、智能的数据质控体系，使得下游的数据分析和模型应用结果可靠性存疑。(3)数据价值挖掘不足：当前的数据服务多停留在原始数据或简单统计产品的层面，缺乏基于大数据和AI的深度挖掘与知识发现。未能有效将数据转化为服务于水资源调度、洪水预报、生态修复等具体

场景的决策知识。

## 2.4 管理体制机制与人才队伍

支撑体系的软环境同样不容乐观：(1)管理体制条块分割：水文工作实行流域与区域相结合的管理体制，但在实际运行中，流域机构与地方水行政主管部门之间、不同层级水文部门之间协调联动不足，难以形成合力。中央事权与地方事权划分不清，导致投入不足、重复建设等问题并存。(2)投入保障机制不健全：水文基础设施建设和运行维护经费主要依赖财政拨款，投入总量不足且稳定性差。特别是对于新技术、新设备的更新换代，缺乏持续稳定的资金支持。(3)专业人才队伍断层：一方面，基层水文队伍老龄化严重，新生力量补充不足；另一方面，现有人员的知识结构偏重于传统水文学，普遍缺乏大数据、人工智能、遥感等新兴交叉学科的知识和技能，难以适应智慧水文发展的新要求。

## 3 构建现代化水文水资源监测体系的对策建议

面对上述挑战，必须以系统思维和创新驱动，从顶层设计到基层实践进行全方位改革，构建与新时代治水目标相匹配的现代化监测体系。

### 3.1 强化顶层设计，优化站网科学布局

一是制定国家水文站网中长期发展规划：基于国家水网、重大国家战略（如京津冀协同发展、长江经济带、黄河流域生态保护和高质量发展）以及水安全保障需求，运用空间分析和优化算法，科学评估现有站网效能，明确未来站网建设的重点方向、空间布局 and 要素构成。二是推进“三网”融合：打破水文、水质、水生态监测网络的界限，推动三者在线站选址、设施建设、数据采集上的深度融合，建设一批集水文、水资源、水环境、水生态多功能于一体的综合监测站。三是补齐监测空白：重点加强中小河流、山洪灾害易发区、地下水超采区、重要水源地、河口海岸带、跨境河流等关键区域的监测能力建设。探索利用低成本物联网传感器、公民科学等手段，织密监测网络末梢。

### 3.2 推动技术创新，提升智能感知能力

一是加快核心装备国产化与自主可控：设立国家级专项，集中攻关高端水文水资源监测传感器、分析仪器的核心技术，降低设备成本，提升可靠性和适应性。建立产学研用协同创新平台，加速科技成果转化。二是深化“空天地”一体化技术应用：建立常态化的卫星遥感水资源监测业务，利用高时空分辨率影像反演地表水面积、水储量变化、水质参数等。推广无人机在应急监测、地形测绘、水生态调查中的应用。发展基于5G/6G和低轨卫星的物联网通信技术，保障偏远地区数据稳定回传<sup>[3]</sup>。三是

构建智能监测终端：研发具备边缘计算能力的智能水文站，使其能在前端完成数据初步清洗、质控和特征提取，减少无效数据传输，提升系统整体效率。

### 3.3 打通数据壁垒，构建统一数字底座

一是建立国家水文水资源数据湖/仓：在国家层面，由权威机构牵头，整合各部门、各地区的水文水资源监测数据，按照统一的数据标准、元数据规范和质量控制体系，构建逻辑集中、物理分布的国家级数据资源池。二是推行强制性数据共享制度：出台相关法规或政策，明确涉水监测数据的共享责任、范围、方式和安全边界，打破部门壁垒。建立基于区块链等技术的数据确权与交易机制，激发数据共享活力。三是发展数据智能治理技术：应用机器学习、深度学习等AI技术，开发智能化的数据质控、融合、插补和同化模型。将监测数据与水文模型、水动力模型深度耦合，构建高保真度的数字孪生流域，实现对物理流域的实时映射、精准模拟和滚动预报。

### 3.4 深化体制改革，完善协同保障机制

一要理顺管理体制：进一步明晰流域管理机构与地方水行政主管部门在水文工作中的职责边界，强化流域机构在跨省河流、重要湖泊水文监测中的统筹协调作用。探索建立“中央主导、地方协同、社会参与”的多元化投入机制。二要创新运维模式：在保障数据安全和核心业务的前提下，鼓励采用政府和社会资本合作（PPP）、购买服务等模式，引入专业化公司参与监测设施的建设、运维和数据处理，提升运营效率<sup>[4]</sup>。三要健全法规标准体系：修订《中华人民共和国水文条例》，将智慧监测、数据共享、信息安全等内容纳入法制化轨道。加快制定和完善水文监测新技术、新方法的技术标准和操作规程。

### 3.5 加强人才引育，夯实事业发展根基

一是实施人才强测战略：加大对水文专业高等教育和职业教育的支持力度，增设智慧水文、水信息学等交叉学科方向。设立专项人才引进计划，吸引大数据、AI、

遥感等领域的高层次人才加入水文队伍。二是构建终身学习体系：建立常态化、系统化的在职培训机制，利用线上线下相结合的方式，对现有从业人员进行知识更新和技能提升，重点培养复合型、创新型人才。三是营造创新文化氛围：鼓励基层水文职工开展技术革新和小发明创造，建立容错和激励机制，激发全行业的创新活力。

## 4 结语

水文水资源监测是国家水安全的基石，其现代化水平直接决定了我们认识水、利用水、保护水的能力。当前，我国水文监测体系正处于从传统模式向智慧化、数字化转型的关键窗口期。虽然已取得显著成就，但在站网布局、技术装备、数据应用、体制机制和人才队伍等方面仍面临诸多挑战。面向未来，我们必须以更高的站位、更宽的视野和更强的担当，将水文水资源监测体系建设融入国家“双碳”目标、生态文明建设和数字中国等宏大战略之中。通过强化顶层设计引领、驱动核心技术突破、打通数据共享壁垒、深化管理体制变革、筑牢人才发展根基，系统性地构建一个覆盖全域、感知精准、传输高效、分析智能、服务多元的现代化水文水资源监测体系。唯有如此，才能为科学应对水风险、高效利用水资源、系统修复水生态、有效保护水环境提供坚实、可靠、智慧的决策支撑，最终实现人水和谐共生的美好愿景。

## 参考文献

- [1]张志斌.伊犁水文水资源监测现状及应对措施[J].能源与节能,2022(4):203-205.
- [2]艾力帕尔·阿合买提.简述水文水资源监测现状及数据维护管理[J].中国科技纵横,2022(10):46-48.
- [3]罗光明.水文监测在水资源可持续利用中的重要性[J].能源与节能,2022(1):156-158.
- [4]孟莹.水资源开发利用与水文水资源监测关系探讨[J].世界有色金属,2020(22):151-152.