

Research on the Technical System for the Whole Process Supervision of Water Use under the Rigid Constraint System of Water Resources

Fan Zhou Lei Zhang

Hydrological and Water Resources Survey Bureau of Shiyan City, Hubei Province, Shiyan, Hubei, 442000, China

Abstract

In the context of the comprehensive implementation of the rigid water resource control system, establishing a complete technical system for the entire process of water use and withdrawal is a key measure for implementing total water resource control, improving water resource utilization efficiency, and ensuring water ecological security. It has significant practical significance in resolving the contradiction between water supply and demand and standardizing water use behaviors. This paper focuses on the core needs of water use and withdrawal supervision, systematically elaborating on the important value of the technical system construction in strengthening rigid constraints and achieving refined management. From the aspects of establishing an integrated monitoring network, improving the entire process supervision technical chain, promoting the integration of technology and system, and strengthening scientific research and talent development, targeted optimization strategies are proposed. The aim is to fill the existing regulatory gaps, achieve full and seamless control of the entire process of water use and withdrawal before, during, and after, promoting the transformation of the regulatory model to digitalization, intelligence, and standardization, and providing solid technical support for the implementation of the rigid water resource control system.

Keywords

Water resources; Constraint system; Water use; Process supervision

水资源刚性约束制度下取用水全过程监管技术体系研究

周帆 张雷

湖北省十堰市水文水资源勘测局, 中国·湖北 十堰 442000

摘要

在水资源刚性约束制度全面推行的背景下, 构建完善的取用水全过程监管技术体系, 是落实水资源总量管控、提升水资源利用效率、保障水生态安全的关键举措, 对破解水资源供需矛盾、规范取用水行为具有重要现实意义。本文围绕取用水监管的核心需求, 系统阐述了技术体系构建在强化刚性约束、实现精细化管控中的重要价值。从搭建一体化监测网络、完善全流程监管技术链条、推动技术与制度协同融合、加强科研攻关与人才队伍建设四个方面, 提出针对性优化策略, 旨在补齐现有监管短板, 实现取用水事前、事中、事后全环节无死角管控, 推动监管模式向数字化、智能化、规范化转型, 为水资源刚性约束制度落地实施提供坚实技术保障。

关键词

水资源; 约束制度; 取用水; 过程监管

1 引言

随着我国水资源供需矛盾日益突出, 水资源刚性约束制度成为强化水资源管控、推动节水优先的核心制度安排。规范取用水行为、实现全流程精细化监管, 是落实刚性约束要求的关键环节。当前传统监管模式存在监测覆盖不足、技术链条不完整、技管协同性弱等问题, 难以适配现代化管控需求。本文立足水资源刚性约束制度要求, 探究取用水全过

程监管技术体系的构建意义与优化路径, 为提升水资源监管效能、保障水资源可持续利用提供理论与技术支撑。

2 取用水全过程监管技术体系构建的重要性

构建科学完善的取用水全过程监管技术体系, 是落实水资源刚性约束制度的核心支撑, 更是实现水资源集约节约安全利用、推动经济社会高质量发展的关键路径。习近平总书记强调“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”, 这一重要指示为监管技术体系建设指明了方向, 而技术体系正是将“四水四定”要求转化为实操路径的重要载体。

从生态安全维度看, 该技术体系能有效破解水资源过

【作者简介】周帆(1985-), 女, 中国湖北十堰人, 本科, 工程师, 从事水文水资源研究。

度开发、生态流量不足、地下水超采等突出问题，通过精准监测与动态管控，实现“还水于河、还水于地下”，推动河湖生态系统复苏，如永定河连续3年全线有水、海河流域水生态状况根本性扭转，均离不开全过程监管技术的支撑。从资源配置维度讲，技术体系可精准掌控区域用水总量、效率与结构，为用水权初始分配、市场化交易提供数据支撑，助力全国统一用水权交易市场建设，激发节水内生动力。从政策落地维度而言，监管技术体系是落实水资源刚性约束考核的重要手段，通过量化监测数据与智能分析，将考核指标转化为可追溯、可核查的监管成果，强化考核“指挥棒”作用，确保区域发展与水资源承载能力相适配。同时，在全球气候变化背景下，该体系能提升极端水文事件应对能力，为水旱灾害防控、水资源应急调度提供技术保障，筑牢水资源安全底线。

3 取用水全过程监管技术体系优化策略

3.1 构建一体化监测网络，强化数据核心支撑

以破解监测短板、夯实数据根基为目标，构建全域覆盖、智能协同、精准高效的一体化监测网络，为取用水全过程监管提供核心数据支撑。在水文站网布局优化上，打破传统单一监测模式，聚焦地下水超采区、河湖生态敏感区、高耗水工业园区、重要饮用水水源地等关键区域，科学增设智能化监测站点，补全城市河段、乡村灌溉区、跨境流域等监测盲区，实现地表水、地下水、再生水、微咸水等非传统水源的水量、水质、水位、流速多维度全方位监测，形成“点线面”结合的立体监测格局。同时，推动现有监测站点功能升级，强化站点间协同联动，确保监测数据能精准捕捉水资源动态变化，为监管决策提供第一手资料。

全力推进监测设备国产化与智能化迭代升级，破解核心技术“卡脖子”问题，重点研发适配不同场景的高精度传感器、快速污染源溯源算法及智能数据采集终端，提升监测数据精度与实时性。广泛推广无人值守自动化水文站、移动监测车、无人机遥感监测等技术装备，结合卫星遥感大数据，构建“空天地”一体化监测体系，实现对偏远区域、复杂地形的无接触式监测，减少人工干预带来的误差，大幅提升监测效率^[1]。针对中小型灌区、水库等薄弱环节，专项配备简易式智能计量监测设备，推动监测覆盖从骨干工程向末端用户延伸，打通监测“最后一公里”。建立全国统一的水资源数据标准体系，明确数据采集、传输、存储、分析的规范要求，统一水文、气象、环保、农业、水利等多部门数据口径，从源头破解数据“孤岛现象”。搭建基于区块链技术的水资源数联网平台，依托区块链去中心化、不可篡改的特性，实现跨部门数据分布式存储、可信共享与实时交互，同时运用大数据、人工智能技术开展数据耦合分析，深度挖掘用水总量、效率、水质等数据关联规律，精准识别异常用水行为与潜在风险，实现从数据采集到决策支撑的全链条赋能，切实提升

数据利用率与监管决策的科学性、精准性。

3.2 完善全流程技术链条，实现监管无死角覆盖

聚焦取用水全周期管控短板，构建“源头严控—过程细管—末端闭环”的全链条技术体系，打通监管断点、填补覆盖盲区，实现从取水许可到排水回用、从合法管控到违规查处的全方位监管，筑牢水资源刚性约束的技术防线。源头环节以规划水资源论证为核心，融合水文模型模拟、承载力精准核算技术，结合一体化监测网络的基础数据，科学划定区域用水总量红线、强度底线，精准核定各行业、各用水户的取水许可额度，从源头杜绝超承载取水、无序取水行为。同时，建立取水许可数字化备案系统，对取水工程建设、取水设施运行等情况实时追踪，实现取水许可审批、监管、注销全流程可追溯，从源头夯实监管基础。

过程环节针对不同行业用水特点，差异化部署精准管控技术，破解工业、农业等重点领域监管难题。工业领域推广工业用水数字化管控平台，集成用水设备物联网监测、管网漏损智能诊断、水循环利用率实时核算等功能，实现生产用水全流程动态监控，对超定额用水、异常漏损等情况自动预警，推动高耗水企业节水改造与循环用水。农业领域聚焦灌溉用水精细化监管，完善田间智能计量设施，搭配水肥一体化监测、灌溉调度智能终端，精准记录灌溉用水量、水肥配比等数据，为灌溉用水权确权、交易及定额考核提供精准支撑，破解传统农业“粗放灌溉、计量缺失”的监管困境^[2]。此外，针对城镇供水管网，推广管网漏损监测与修复技术，通过压力波监测、流量异常分析等手段，精准定位漏损点位，提升管网输水效率，减少水资源浪费。末端环节强化排水回用全流程监管，重点研发再生水、微咸水等非传统水源利用监测技术，建立水质达标在线监测、回用效益精准核算体系，对非常规水源的收集、处理、回用全环节实时管控，确保回用水质符合标准，推动非常规水源规模化利用。同时，健全违规取水问题排查常态化机制，依托水资源数联网平台的跨部门数据资源，通过多维度数据交叉检验、人工智能异常识别算法，自动排查无证取水、超许可取水、私搭乱接等违法行为，实现问题线索自动推送、部门联动核查、整改结果闭环管理，形成“技术监测—智能预警—快速处置”的违规监管链条，真正实现取用水全过程监管无死角、全覆盖。

3.3 推动技术与制度深度融合，提升协同监管效能

以“技术赋能制度、制度规范技术”为核心，推动监管技术体系与水资源管理制度深度耦合，破解“技术悬浮、制度空转”难题，构建权责清晰、运转高效、协同联动的监管新格局，最大化释放监管综合效能。紧扣用水权改革与水资源刚性约束考核两大核心制度，升级优化全国一体化取用水管理平台，将前文构建的一体化监测网络数据、全流程管控数据与用水权初始分配、交易备案、定额考核、奖惩兑现等制度环节深度融合，打通“数据采集—技术分析—制度落地—成效反馈”的闭环管理链条，让技术数据成为制度执行

的核心依据,让制度要求为技术应用指明方向^[3]。

深化数字孪生水利技术与监管制度的融合应用,针对重点河湖、大型灌区、高耗水工业园区等关键区域,构建高精度数字孪生模型,整合水文、气象、取用水、工程运行等多源数据,实现取用水全过程的动态模拟、风险预测与智能调度,将模型运行结果与取水许可审批、生态流量管控、应急调度等制度要求挂钩,推动监管从“事后核查”向“事前预警、事中管控”转型。同时,依托数字孪生平台搭建刚性约束考核数字化模块,自动核算考核指标完成情况,生成可追溯、可核查的考核报告,强化考核结果与地方政绩、用水指标分配的挂钩机制,让考核制度更具实操性和权威性。健全技术推广与制度激励联动机制,破解技术落地“最后一公里”难题。培育专业化节水技术服务队伍,推行“技术服务+制度保障”模式,为企业提供定制化监管技术方案与合同节水管理服务,明确合同节水项目的节水量核算标准、交易流程及激励政策,将节水量纳入用水权交易范畴,通过市场化机制激发企业应用先进监管技术的内生动力。

3.4 强化科技研发与人才支撑,夯实技术创新基础

科技研发与人才队伍是取用水全过程监管技术体系迭代升级的核心驱动力,唯有筑牢技术创新根基、建强专业人才梯队,才能破解核心技术“卡脖子”难题,为水资源刚性约束制度落地提供长效技术保障。聚焦监管技术体系建设痛点,精准加大核心技术研发投入,将资金向关键领域倾斜,重点突破智能监测设备国产化、多源数据耦合分析、污染源快速溯源、数字孪生模拟等核心技术瓶颈,着力提升高精度传感器、智能数据终端、核心算法的国产化替代水平,摆脱对进口技术与设备的依赖,降低监管技术应用成本与安全风险。

健全产学研用深度融合的协同创新机制,打破高校、科研机构与企业的创新壁垒,构建“需求导向—研发攻关—成果转化—实践迭代”的闭环创新链条。推动科研院所与水利企业、地方水利部门共建创新平台,针对不同区域水文特征、不同行业用水特点,定向研发适配性强的监管技术与设备,如针对西北干旱区研发高效节水监测技术,针对南方水

网区研发河湖水质精准溯源设备,确保技术成果能快速落地应用、适配实际监管需求^[4]。同时,鼓励企业牵头组建创新联合体,整合产业链上下游资源,加速技术成果的工程化转化与规模化推广,让创新技术真正服务于取用水监管实践。强化人才队伍建设,打造兼具水资源管理专业素养与数字化技术能力的复合型人才梯队。优化人才培养体系,支持高校增设水资源智能监管相关专业方向,深化校企合作育人,通过实训基地建设、订单式培养等模式,定向输送基层急需的技术应用型人才。加强现有人员培训,定期开展数字化监管技术、智能设备操作、数据分析应用等专题培训,提升基层监管人员的技术实操能力与应急处置水平。完善人才激励机制,畅通人才引进、晋升通道,对核心技术研发、技术成果转化领域的优秀人才给予政策扶持与物质奖励,凝聚起技术创新与监管实践的人才合力。

4 结语

在水资源刚性约束持续强化的时代背景下,构建并完善取用水全过程监管技术体系,是实现水资源集约安全利用、落实节水优先方针的必然选择。健全的技术体系既能筑牢取水管控的技术防线,也能为制度落地提供精准支撑。未来需持续推进监测网络一体化、监管链条全流程化、技管融合深度化,同时加强科研创新与人才培养,不断补齐监管短板,提升智能化、精细化监管水平,从而切实发挥水资源刚性约束作用,助力水资源可持续利用与生态文明建设。

参考文献

- [1] 宁磊,夏伟,陈述,肖雪.水资源刚性约束制度下的长江流域水资源管理思考[J].长江技术经济,2025,9(06):16-20.
- [2] 雷洪成,蒋华波,洪昌红,王艺霖.水资源刚性约束制度下的广东省“十四五”中期取用水评价[J].广西水利水电,2025,(05):60-63+77.
- [3] 黄军,徐国敏,秦万利.水资源刚性约束制度下水资源综合规划应用与实践[J].水利规划与设计,2025,(07):18-22+55.
- [4] 李明良,许明家,张俊芝,郝林,李春辉,李雅卓.水资源刚性约束制度下的平原区地下水资源计算研究探索[J].河北水利,2025,(04):18-21.