

加快推进水文高质量发展的思考与建议

刘志雨

(水利部水文司, 100053, 北京)

摘要: 围绕为推动水利高质量发展、保障国家水安全提供有力的水文支撑, 阐述了加快推进水文高质量发展的必要性、重要性、迫切性, 简要总结了近年来水文工作在水文监测站网体系建设、水文监测自动化技术装备研发、洪水预测预报技术发展、雨水情监测预报“三道防线”应用、水文支撑服务能力提升等方面取得的成效, 分析了贯彻新发展理念、推动新阶段水利高质量发展对水文工作提出的新要求, 极端天气事件增多给水文监测预报工作带来的新挑战, 以及发展新质生产力给水文现代化建设带来的新机遇, 谋划了未来水文高质量发展的总体思路和目标任务, 提出了构建现代化国家水文站网体系、健全“天空地水工”水文精准测报体系、完善“短中长”递进式预测预报预警业务、提升面向社会需求的水文公共服务、增强水文科技自主创新能力、深化水文行业体制机制改革、建设高水平水文人才队伍等重点工作建议, 为各地科学编制“十五五”水文发展规划提供业务指导和参考。

关键词: “十五五”规划; 高质量发展; 水文现代化; 水文站网; 监测预报; 信息服务; 科技创新; 对策建议

Thoughts and suggestions on accelerating high-quality development in hydrology//LIU Zhiyu

Abstract: To provide strong hydrological support for promoting high-quality development in water resources management and ensuring national water security, this paper elaborates on the necessity, importance, and urgency of accelerating high-quality development in hydrology. It briefly summarizes the achievements in recent years in areas such as the construction of hydrological monitoring station networks, the development of automated hydrological monitoring technologies and equipment, advancements in flood forecasting techniques, the application of the “three defense lines” for rainfall and flood monitoring and forecasting, and the enhancement of hydrological support service capabilities. It analyzes the new requirements for hydrological work arising from the implementation of the new development philosophy and the promotion of high-quality development in water conservancy in the new stage, the new challenges posed by the increasing frequency of extreme weather events to hydrological monitoring and forecasting, and the new opportunities brought by the development of new quality productive forces to the modernization of hydrology. The paper outlines the general approach and target tasks for future high-quality hydrological development, and proposes key measures such as building a modern national hydrological station network system, improving a precise hydrological monitoring and forecasting system integrating “sky-space-earth-water-project”, enhancing a progressive forecasting and warning service covering short-term, medium-term and long-term periods, strengthening public hydrological services to meet social needs, improving independent innovation capabilities in hydrological science and technology, deepening reforms in hydrological institutions and mechanisms, and building a high-level hydrological talent team. These efforts aim to provide technical guidance and reference for the scientific formulation of hydrological development plans under the 15th Five-Year Plan.

Keywords: 15th Five-Year Plan; high-quality development; hydrological modernization; hydrological

收稿日期: 2025-07-30

作者简介: 刘志雨, 司长, 正高级工程师, 主要从事水文水资源、防汛抗旱、水利信息化等专业领域研究与管理。

基金项目: 国家重点研发项目(2021YFB3900605)。

station network; monitoring and forecasting; information service; scientific and technological innovation; countermeasures and suggestions

中图分类号: TV11+TP39 文献标识码: B 文章编号: 1000-1123(2025)15-0006-06

DOI: 10.3969/j.issn.1000-1123.2025.15.002

水文是研究水循环时空演变规律的基础学科,也是支撑民生水利和经济社会发展的关键技术行业。水文工作通过对水位、流量、降水量、泥沙、蒸发、地下水水位及水质、墒情等水文要素的监测和分析,对水资源量质及其时空变化规律的研究,以及对洪水和干旱的监测预报,为国民经济建设、防汛抗旱减灾、水资源管理、河湖生态复苏和水环境治理、水利工程建设运行等提供基本信息和科学数据。

实现高质量发展是新发展阶段的核心主题。水文高质量发展是水安全、水资源、水生态、水环境、水文化统筹治理的基石。水文高质量发展意味着水文工作要全面提升标准,全面提升水文监测预警、预测预报和服务支撑能力,成为各项涉水工作的“侦察兵”“尖兵”“耳目”“参谋”,成为经济社会高质量发展和江河安澜、人民幸福的有力保障。

近年来,全球频发超历史纪录的暴雨、洪水、干旱等极端事件,传统水文监测预警体系响应不足,洪水预见期短、预报精准度不够。习近平总书记强调,要加强雨情水情监测预报预警,补好灾害预警监测短板,科学精准预测预报。要在水灾害防御中赢得先机,亟须升级水文监测预报预警能力。传统水资源监测和预测能力已难以满足“精打细算用好水资源、从严从细管好水资源”的精准水资源管理需求,亟须通过水文高质量发展支撑水资源优化配置。面对河流断流、湿地萎缩、地下水超采等问题,亟须通过精准化水文监测与生态水文模型科学模拟预报预演,支撑生态修复。

《中共中央办公厅 国务院办公厅关于全面推进江河保护治理的意见》明确要求,要构建雨情水情监测预报体系,以数字孪生流域为重点,系统谋划推进数字孪生水利体系建设。推动实现水文数据实时化、监测自动化、模型智能化,亟须升级现有水文监测预报体系。

加快水文高质量发展是统筹发展和安全、促进人与自然和谐共生的基础性工程,既是当前防汛抗旱减灾的迫切需求,更是长期保障国家水安全、支撑经济社会可持续发展的战略需求,需从技术、政策、机制、

投入等多维度协同推进,并充分体现在“十五五”规划中。

一、近年来我国水文工作取得的成效

党的十八大以来,特别是“十四五”期间,我国水文事业在体系完善、技术革新、能力提升、服务拓展等方面实现了跨越式发展,成为推动水利高质量发展、保障国家水安全的重要基础。

1. 建成了世界上规模最大的水文监测站网体系

我国现有各类水文测站 13.3 万处,涵盖降水量、水位、流量、泥沙、地下水、水质、水生态、墒情、蒸发等近 20 项水文要素,基本实现了大江大河及其主要支流、有重点防洪任务的中小河流水文监测全覆盖,水文测报正在向立体化、智能化转型升级。近年建成国家地下水监测一期工程,布设 2.4 万多处地下水监测点,实现对超采和水质实时监控。

2. 水文监测自动化技术装备研发应用取得重大突破

加快高分卫星遥感、合成孔径微波雷达(SAR)、相控阵雷达、光纤传感、量子探测,以及声学多普勒流速剖面仪(ADCP)、时差法超声波测流仪、雷达测速仪、视频测流、光电测沙仪、量子点光谱测沙仪、多波束测深无人船、搭载光谱传感器和激光雷达的无人机、两栖无人机、机器狗、水下机器人等自动监测新技术装备研发应用,“天空地水工”一体化监测感知体系不断发展。在线光电测沙仪实测最大含沙量突破 1030 kg/m^3 ,技术水平世界领先。冰期流量智能在线监测系统解决了黄河稳封期流量在线监测问题。

3. 洪水预测预报位居国际领先水平

将气象数值降雨预报与洪水预报进行充分耦合,有效延长预报预见期。利用多模型、多方法、多输入和多情景开展集合预报,降低预报不确定性。充分利用现有信息化手段,完善业务系统,大幅缩短预报时间。实现全国近 2000 条河流 4300 余个断面洪水作业预报常态化,洪水预见期从 3 d 提高到 10 d 以上,南北方预报精度分别超过 90% 和 70%。

4. 雨水情监测预报“三道防线”建设及应用成效突出

以流域为单元,由气象卫星和测雨雷达、雨量站、水文站及相应的“降雨—产流—汇流—演进”预报模型组成的雨水情监测预报“三道防线”建设加快推进,“三道防线”耦合贯通的业务应用成效突出,有效支撑应对长江、淮河、太湖、松花江等流域性洪水,以及2021年黄河罕见秋汛、2022年北江大水和长江大旱、2023年海河流域性特大洪水、2024年26次大江大河编号洪水及重大水旱灾害事件的应急处置。

5. 水文支撑服务民生水利和经济社会发展的能力不断提升

从以防洪抗旱为主拓展到水灾害、水资源、水生态、水环境“四水”问题系统治理,水文为水工程建设运行、水旱灾害防御、水资源管理、水生态保护等提供支撑服务,为国家水网、长江经济带高质量发展、黄河流域生态保护和高质量发展、京津冀协同发展、粤港澳大湾区建设等国家重大战略实施提供科学的基础依据,并通过互联网、电视、公报等向社会发布实时雨水情信息、洪水和干旱预报预警、水文水资源信息等,为政府决策部门和社会公众提供水文信息服务。

二、水文高质量发展面临的形势与挑战

1. 新的形势要求与挑战

新的经济社会发展形势与新阶段水利高质量发展对水文工作提出了更高要求,必须深刻认识当前面临的形势与任务,加快推进水文高质量发展和水文现代化建设。

(1) 贯彻新发展理念对水文工作提出新需求

实现高质量发展要求水文工作要全面提升标准,全面提升水文基础设施自动化和标准化水平,建设具有预报、预警、预演、预案“四预”功能的智能化业务系统。要以改革创新为驱动力,大力发展水文新质生产力,助推水文现代化建设,加快智慧水文建设,构建水文现代化发展体系;要以协调发展为原则,将水文行业发展与国家区域发展战略相结合,在与多部门多地区的联动中打牢发展基础;要以绿色发展为底色,充分发挥水文在水资源节约集约、水环境保护和水生态修复中的重要作用;要以开放发展为催化剂,坚持解放思想与实事求是相统一,促进水文与社会事业深度融合;要以共享发展为目标,强化共享服务理念和主动服务意识,建立健全水文大数据共享服务机制与方式,着力

提升信息服务能力。

(2) 新阶段水利高质量发展对水文工作提出新要求

推动我国新阶段水利高质量发展的六条实施路径要求水文要完善立体监测体系,提升预报预警能力,推动业务体系和管理体制改革发展。在完善防洪工程体系方面,以流域为单元补充完善洪水易发区等水文监测网络,加快构建“天空地水工”一体化水文立体监测感知体系;在实施国家水网重大工程方面,建立与之相匹配的现代化国家水文站网,补好预警监测短板,提升水文监测能力,满足水工程运行管理和水资源调度配置等需要;在复苏河湖生态环境方面,要着重开展生态流量、行政区界和重要控制断面水资源、地下水动态、水质水生态监测分析;在推进数字孪生水利建设方面,要协同构建数字孪生流域,实时更新水文监测信息,构建成熟实用的水文模型库,强化“四预”支撑能力。

(3) 极端天气事件增多给水文监测预报工作带来新挑战

近年来突破历史纪录、颠覆传统认知的洪水、干旱灾害事件频繁出现,特别是山区中小河流洪水突发性、致灾性强。传统监测预报手段预见期短、预报精准度不够的短板愈发突出。部分中小河流存在监测空白,水文测站防洪、测洪标准偏低,通信方式单一,韧性不足。要善用现代化的水文监测技术装备,在确保职工生命安全的前提下,保证在防汛关键期断路、断网、断电“三断”等恶劣条件下“测得到、测得准、报得出、报得及时”。为前瞻、及时、准确、全面获取雨水情监测预报信息,赢得洪水灾害防御先机,保障人民群众生命财产安全,亟须建设气象卫星和测雨雷达网、雨量站网、水文站网和“降雨—产流—汇流—演进”模型组成的雨水情监测预报“三道防线”,加快构建以流域为单元的“三道防线”耦合贯通的现代化雨水情监测预报体系,实现延长洪水预见期和提高洪水预报精准度的有效统一。

(4) 发展新质生产力给水文现代化建设带来新机遇

当前新一轮科技革命和产业变革加速演进,跨领域技术深度交叉融合,遥感、物联网、并行计算、人工智能等技术应用创新迭代加速,为水文现代化建设提供了强劲推动力和支撑力。我国在高寒、高海拔、复杂地形及高含沙量、感潮河段等特殊环境下的水文监测技术仍需突破,“气象—水文”耦合模型、数据驱动和机理驱动相结合的建模方法有待创新发展,水文关键技术装备国产化率低,国家层面尚未建立功能全面、

通用共享的水文综合业务平台,严重制约了水文业务能力和社会化服务水平。亟须大力发展水文新质生产力,全力推进水文现代化建设。要面向信息采集全覆盖、立体化,监测全要素、全量程、自动化,预测预报精准化和服务智能化,强化数字孪生、人工智能、无人装备、量子探测、机器狗等高新技术装备应用;要提升水文监测感知、水文预测预报、水资源监测评价等能力,建设互联互通、实用先进的水文综合业务系统。

2. 存在的差距和不足

目前相比气象、自然资源、生态环境等同类行业,水文事业高质量发展仍存在一定的差距和不足,在推进过程中面临诸多挑战,主要体现在以下四方面。

(1) 国家水文监测站网体系有待完善,应急测报响应能力亟待提高

水文监测站网覆盖不足,中西部等偏远地区、中小河流和地下水站点稀疏,难以满足水旱灾害防御、水资源精细化监测管理需求。农村、偏远地区的水文监测能力较弱,难以完全满足工程调度和防灾减灾需求。与防汛关键期应对极端条件下“测得到、测得准、报得出、报得及时”要求相比,水文测报能力尚有很大差距。

(2) 水文监测预报新技术研发应用仍显滞后,高素质、复合型人才匮乏

人工智能、遥感、大数据、物联网、区块链等新技术与水文业务深度融合应用尚处于起步阶段,高寒、高海拔、复杂地形及高含沙量、非接触式测深、变动河床、感潮河段、极小流量等特殊环境下的水文监测技术仍需突破,气象卫星、测雨雷达等技术的耦合应用有待加强,耦合“气象-水文”模型、数据与机理融合建模的方法有待突破。水文人才总量不足与结构性短缺并存,新兴领域的高素质、复合型人才紧缺,基层具备新技术应用能力的专业人员不足。

(3) 水文技术装备国产化率偏低,科技自主创新能力亟待提升

水文关键技术装备国产化率低,如水文信息高精度传感器、信息传输处理设备、数据处理算法、应用系统平台等目前仍以进口为主,存在较大数据风险和安全隐患。水文新设备创新不足、升级迭代缓慢、适用性有待提升。产学研沟通协作、促进国产替代和创新升级的内生机制激活力度不够。

(4) 水文基础研究工作亟须加强,面向社会需求的水文服务有待拓展

受气候变化与人类活动影响,水文节律发生显著

变化,原有水文站网监测数据代表性下降,“降雨—产流—汇流—演进”水文规律发生变异,水文序列的一致性受到挑战,传统水文测验手段、水文计算方法面临失效风险,水文实验站建设、水文规律和水文模拟预报理论方法研究等基础工作亟待加强,洪水频率分析计算、生态流量核算、预测预报预警等现行水文规范未充分考虑气候变化和国家经济社会发展新需求,亟须修订完善。水文服务支撑水资源管理、水生态保护、城市内涝防治等民生水利领域的能力仍需提升,面向公众的社会化服务能力和影响力亟待拓展,水文信息高质量全方位服务涉水事务的水平需不断提高。

此外,还存在水文现代化建设经费投入严重不足、水文政策法规保障连续性不强、全国水文统一管理亟须优化完善等问题,对于以上问题必须高度重视、认真研究、深化改革,切实加以解决。

三、对“十五五”时期水文高质量发展的思考

1. 总体思路

坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,深入贯彻落实习近平总书记“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”治水思路和关于治水的重要讲话指示批示精神,统筹高质量发展和高水平安全,践行“两个坚持、三个转变”防灾减灾救灾理念,聚焦监测预报主责主业,以对标世界一流标准为出发点,以雨水情监测预报体系和能力现代化建设、水资源水生态监测分析评价能力提升为抓手,大力构建现代化国家水文站网体系、“天空地水工”一体化水文精准测报体系、短中长期无缝衔接的水文科学预报体系、支撑水利和经济社会高质量发展的水文精细服务体系、高水平自立自强的水文科技创新体系、科学高效和规范有序的水文行业管理体系,加快实现水文现代化,为推动水利高质量发展、保障国家水安全提供有力支撑。

2. 预期目标

到2030年,现代化雨水情监测预报体系基本建成;与国家水网、防汛抗旱调度、水资源管理与调配等相匹配的现代化国家水文站网体系加快形成,基本实现有监测需求的河流水文监测全覆盖;“天空地水工”一体化水文监测感知体系基本形成,水文精准测报能力大幅提升;短中长期无缝衔接的水文科学预报体系加快完善,中小河流预报预警能力显著提升;水文精细服务体系基本完善,水文业务管理和面向社会需求的服务能力明显提升,形成与基本实现社会主义现代化相适

应的水文基础设施布局与功能,基本实现水文监测预报体系和能力现代化。到2035年,建成现代化雨水情监测预报体系、完善的水文监测预报业务体系和基层工作体系,全面实现水文监测预报体系和能力现代化。

3. 重点任务

(1) 构建现代化国家水文站网体系

对标国家重大战略实施以及水利高质量发展六条实施路径对水文工作的需求,统一水文站网规划。按照现代化雨水情监测预报“三道防线”、全国水资源监测体系建设要求,以流域为单元开展国家水文站网评价,统筹站网结构、密度、功能,本着“应设尽设,应测尽测”原则,全面覆盖暴雨洪水集中来源区、山洪灾害易发区、水利工程防洪影响区以及生态敏感区、跨界河流、省界水体,实现全国有监测需求的河流水文监测全覆盖,构建与国家水网和防汛抗旱调度、水资源调配与管理等国家安全保障相匹配的现代化国家水文站网。积极推进水利测雨雷达组网建设。开展现代化水文站典型设计和建设。加快实施大江大河及其主要支流、中小河流重点洪水易发区、省界和重要控制断面、西南诸河等水文站网建设。推进国家地下水监测二期工程建设。完善水质、水生态监测站网体系。建设“国家水文站网一张图”数据管理系统,持续优化完善水文监测站网布局 and 分类分级管理体系。

(2) 健全“天空地水工”水文精准测报体系

充分应用卫星遥感、视频解析、声呐、人工智能等新技术及其他智能监测感知手段,实现雨水情、流域下垫面及水下地形等水文信息采集的多源互补,构建水量-水质-水生态综合监测体系。推进攻克流量、泥沙、冰情、水深、水质等要素自动监测“卡脖子”难题,着力提升高洪、低枯水测验能力和精度。大力提升水文装备的稳定性与复杂环境适应性。加强水文监测机理与数据模型构建,强化多源数据融合。本着“应在线尽在线”原则,统筹“软在线”“硬在线”两条路径,全面提升水文站“全要素、全量程、全自动、全天候”监测能力和极端条件下信息传输能力,强化水文测站视频信息级联汇聚及应用。完善巡测基地和应急监测中心布局,配齐配强应急监测和通信装备,强化北斗卫星通信备份,加强水文应急机动测验与通信保障能力,提高“三断”极端条件下水文监测和信息报送能力。加大国产化“安全可靠”的信息通信和底层系统应用,基本形成感知端与各级监测中心全方位安全可靠的互联互通。

(3) 完善“短中长”递进式预测预报预警业务

建设国家水文模型库、中国水模型系统。强化中小河流预报预警技术研发应用。以流域为单元,实现从“落地雨”监测预报向“云中雨”监测预报转变、从本站洪水测报向全河系洪水演进传导预报转变,建立雨水情监测预报“三道防线”耦合贯通技术体系。贯通监测预报,加强气象水文预报耦合,推进数字孪生流域“四预”功能建设,通过多源数据同化、跨尺度模型交互和智能决策引擎,实现从短临、短期到中长期尺度预测预报预警的无缝衔接,实现延长洪水预见期与提高洪水预报精准度的有效统一,增强洪水预报预警、旱情咸情预测、水资源水质水生态预测预警能力,为水利决策提供前瞻性、科学性、精准性、安全性支持。

(4) 提升面向社会需求的水文公共服务能力

在做好流域防洪、水资源管理与调配等水利服务的基础上拓展服务领域,为统筹水安全、水资源、水环境、水生态提供全面支撑。围绕水旱灾害防御决策、水资源、水生态及社会民生需求,加快研究和推进拓展水文服务能力,构建全链条、分场景、分对象的靶向定制决策服务,强化水文服务产品供给,完善水文信息社会化发布工作机制。推动建设国家水文数据库,建设全国统一的水文信息服务平台,向各类涉水事务以及社会公众日常生产生活提供及时优质的信息服务。

(5) 增强水文科技自主创新能力

优化整合水文科技创新协作联盟或平台,打造全国统一的水文创新平台,将需求侧和供给侧有效对接,将业务需求、技术装备与应用推广高效融合。支持和鼓励相关高校、科研机构和企业开展水文新技术新设备产学研结合,加强水文科技创新、基础理论研究和高精技术装备研发,加快水文领域新技术产品和装备的推广应用,强化人工智能技术在水文业务、管理、服务中的融合应用。在科研组织方式、要素配置、成果推广应用机制等方面积极探索创新,加快创新链、转化链、产业链、应用链精准对接、融合发展。以操作系统国产替代为切入点,打造自主可控、安全智能的新一代水文监测体系,优先对国家重要报汛站、国际河流水文测站进行国产化改造,确保数据测报安全可靠。加强数字孪生水利框架下的水文技术标准制修订工作,建设国家水文技术标准库。充分发挥我国在水文科技领域的引领作用,积极筹建联合国教科文组织二类中心“国际水文循环研究中心”,进一步强化政府间水文计划(IHP)的支撑作用,

强化国际交流合作,推动水文科技创新。

(6) 深化水文行业体制机制改革

推动中央层面出台加强水文高质量发展的指导意见,组织做好水文条例修改相关工作,科学谋划编制“十五五”水文发展规划,推进水文基础设施建设实施方案印发实施,加快水文现代化建设。推动水文测报方式与服务供给改革,推进水文发展保障长效化,改革创新管理体制和运行机制。支持流域机构与地方开展水文测站共建共管。全面推进水文监测自动化,构建驻测、巡测、应急监测相结合的基层水文监测体系,加强“以算补测”“以测补报”技术手段,探索“监测即服务、监测预警一体化”,建立“天空地水工”一体化监测预报新模式。推进水文业务管理精细化,发展水文新质生产力,支撑水利治理管理数字化、网络化、智能化水平提升。探索运用数字化、智能化手段,开发水文数据公共服务平台,满足不同需求的数据应用。加大中央财政资金对水文设施运维经费的补助支持力度。充分发挥各级水情教育基地作用,提升水文科普效能。加强水文历史资料管理,深入挖掘与保护水文文化遗产,宣传优秀水文文化。

(7) 建设高水平水文人才队伍

从教育、政策、技术等多维度协同发力,构建适应现代水文事业发展的质量人才梯队。培养“一专多能”行业管理人才,配强水文监测预报等业务人才,引进人工智能、数字孪生等新一代信息技术人才,因地制宜建立首席监测预报员等专家制度,加强与高校、科研院所合作,积极推进水文领域学用结合,加强水文学科建设,推动高校与水文机构联合培养人才,强化在职人员技能和业务培训。丰富完善水文行业技能竞赛结构,在原有勘测技能竞赛基础上,积极争取新增设置水文预报专项竞赛。通过技术升级提高基层水文工作效率,让人才更多转向数据分析、预报服务与决策支持。建立水文技术创新联盟,鼓励和引导水文科研人员到基层交流挂职,加速先进实用技术落地。

四、结 语

水文是一个既传统又现代的行业,面临着难得发展机遇,也面临着应对复杂变化环境影响和深化行业改革发展的诸多挑战,亟须提高政治站位,统一思想行动,以奋发进取的行动自觉,大力发展水文新质生产力,加快推进水文高质量发展,实现水文现代化建设。

展望“十五五”时期,通过加快构建现代化国家

水文站网体系、“天空地水工”一体化水文精准测报体系、短中长期无缝衔接的水文科学预报体系、支撑水利和经济社会高质量发展的水文精细服务体系、高水平自立自强的水文科技创新体系、科学高效和规范有序的水文行业管理体系,以前瞻性、及时准确的水文信息高质量服务经济社会发展、防汛抗旱减灾、水资源管理、生态保护和气候变化应对,为推动水利高质量发展、保障国家水安全提供坚实的水文支撑。

参考文献:

- [1] 国务院. 中华人民共和国水文条例[A].2007.
- [2] 李国英.建设数字孪生流域 推动新阶段水利高质量发展[N].学习时报,2022-06-29(1).
- [3] 李国英.为以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴提供有力的水安全保障[N].人民日报,2023-07-26(11).
- [4] 李国英.推进我国防洪安全体系和能力现代化[J].求是,2024(17):67-72.
- [5] 李国英.为以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业提供有力的水安全保障——在2024年全国水利工作会议上的讲话[N].中国水利报,2024-01-13(1).
- [6] 李国英.进一步全面深化水利改革 为推动水利高质量发展、保障我国水安全作出新的贡献——在2025年全国水利工作会议上的讲话[N].中国水利报,2025-01-18(1).
- [7] 水利部水文司.2024年全国水文统计年报[A].2024.
- [8] 刘志雨,张同强.水旱灾害防御雨水情监测预报技术研究[J].水利发展研究,2025,25(1):48-55.
- [9] 刘志雨.雨水情监测预报“三道防线”耦合贯通建设应用与探讨[J].中国水利,2025(10):1-7.
- [10] 蔡阳,刘志雨,孙春鹏,等.2020年大洪水科学防御的实践与思考[J].水利信息化,2021(1):1-5.
- [11] 魏向阳.2021年黄河秋汛洪水防御成效与启示[J].中国水利,2022(4):1-3+10.
- [12] 王立新.防御“22·6”北江特大洪水经验启示[J].中国水利,2022(22):8-10.
- [13] 林祚顶,李兰涛.海河“23·7”流域性特大暴雨洪水水文测报成效、存在问题及对策[J].中国水利,2023(18):5-8.
- [14] 蔡阳.数字赋能海河“23·7”流域性特大洪水防御[J].中国水利,2023(18):13-18.
- [15] 火传鲁,王恺,高龙.2024年全国汛(下转第5页)

生态补水、“点”上人工回补的协同策略,有效遏制了地下水水位持续下降态势。但面对剩余超采量治理难度大、回补成本高、生态问题依然突出等现实挑战,需进一步强化政策保障与科技赋能。建议持续加大专项经费投入,深化数字孪生等智能技术应用,完善回补效果评估体系,总结推广可复制的技术模式与管理经验,推动深层地下水修复工作制度化、规范化开展,最终实现“压采有效、补给充分、回灌高效、生态改善”的治理目标,支撑华北地区水资源可持续利用与高质量发展。

参考文献:

[1] 习近平.论坚持人与自然和谐共生[M].北京:中央文献出版社,2022.
 [2] 曾令武.我国华北片区城市水生态环境特征问题解析及质量提升对策研究[D].北京:北京林业大学,2023.
 [3] 崔志清.贯彻新发展理念 坚持综合施策 全力推进河北省地下水超采综合治理[J].中国水利,2021(7):40-42+39.
 [4] 赵勇,陆垂裕,何鑫,等.华北地区地下水超采治理

十问——地下水,河湖复苏下的涌动[J].中国水利,2023(4):19-25.
 [5]《华北地区地下水超采综合治理行动方案》印发实施[J].中国水利,2019(4):5.
 [6] 陈飞,丁跃元,李原园,等.华北地区地下水超采治理实践与思考[J].南水北调与水利科技(中英文),2020,18(2):191-198.
 [7] 史文龙,马若绮,陈飞.华北地区深层地下水修复思路与对策[J].中国水利,2024(10):36-41.
 [8] 陈飞,丁跃元,唐世南,等.华北地区河湖生态补水与地下水回补的实践及效果分析[J].中国水利,2021(7):36-39.
 [9] 李新旺,马素英,刘森,等.河北省深层地下水回补研究[J].中国水利,2024(7):28-33.
 [10] 王英虎,郭世娟.河北省地下水超采综合治理河湖地下水回补试点做法及成效[J].中国水利,2020,(13):35-36.
 [11] 赵婧彤.地下水人工补给过程中的促渗技术研究[D].长春:吉林大学,2021.

责任编辑 李博远

(上接第11页)情旱情和水旱灾害防御工作[J].中国防汛抗旱,2024,34(12):1-4+8.
 [16] 仲志余.加快发展水利新质生产力 保障国家水安全[J].中国水利,2024(24):1-6+25.
 [17] 钱峰,王琳,赵占锋,等.对“水利测雨雷达”的新质生产力研究[J].中国水利,2024(18):1-7.
 [18] 李国英.黄河调水调沙关键技术[J].前沿科学,2012,6(1):17-21.
 [19] 刘志雨,刘玉环,孔祥意.中小河流洪水预报预警问题与对策及关键技术应用[J].河海大学学报(自然科学版),2021,49(1):1-6.
 [20] 刘春蓁,巢清尘,王守荣,等.水文气象学领域的水文循环研究进展[J].气候变化研究进展,2023,19(1):1-10.
 [21] 刘志雨.提升数字孪生流域建设“四预”能力[J].中国水利,2022(20):11-13.

[22] 刘玉环,刘志雨,李致家,等.华北地区分布式蓄超空间动态组合TOKASIDE-D模型研究[J].河海大学学报(自然科学版),2021,49(2):105-112.
 [23] 舒全英,马媛,陈亮,等.数字孪生水利建设中的人工智能大模型应用探索[J].中国水利,2025(6):14-30.
 [24] 刘志雨,侯爱中.洪水影响预报和风险预警理念与业务实践[J].水文,2020,40(1):1-6.
 [25] 李新华,贺海涛.“矿鸿”操作系统在神东矿区智能化建设中的探索[J].中国煤炭,2021,47(S1):7-13.
 [26] MORLOT M,RIGON R,FORMETTA G.Hydrological digital twin model of a large anthropized italian alpine catchment: The Adige river basin[J].Journal of Hydrology,2024,629:130587.

责任编辑 熊 璠