

数字屏障护江河安澜

■ 吉蕾蕾

“水利一号”遥感卫星实施洪涝全局监测；无人机巡河，实时传回流域动态；堤坝、闸站、水库中数千个传感器不间断运转，水位、流量等数据秒级更新；数字孪生系统精准推演洪峰演进，为调度决策提供“智慧大脑”……“十四五”期间，各级水利部门按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”要求，系统推进数字孪生流域、数字孪生水网、数字孪生工程建设，为流域安全、水资源调配、工程安全筑牢数字屏障，不断将创新成果转化为摸得着的民生福祉。

感知网络越织越密

“数字孪生水利不是简单的数字复刻，而是打造一个能监测、会分析、可预报的‘虚拟水利系统’。”浙江省水利厅厅长李锐举例，以水库为例，数字孪生体不仅能同步水位、库容等实时数据，还能给出汛期暴雨、干旱缺水等场景下的调度方案，为防洪调度、供水保障提供科学依据。今年6月，梅雨叠加台风“蝴蝶”，钱塘江中上游出现强降雨，浙江省提前24小时准确预报兰溪洪峰流量，为富春江、分水江等水库错峰调度提供决策支持。

变幻莫测的水沙条件，如同一道复杂的考题，要精准解题离不开强大的“智慧大脑”。

受近期陕西降雨影响，黄河中游泾河、渭河出现明显涨水过程，统筹考虑洪水防御和排沙减淤，9月8日9时起，水利部黄河水利委员会联合调度三门峡、小浪底等水库实施2025年黄河第二次调水调沙。

“我们统筹运用卫星遥感影像、无人机、测雨雷达、‘智能石头’，利用光电测沙仪等监测设备及水沙动力学、水工程调度模型，动态监测调控水库排沙与下游水沙变化情况，精准预测工程可能出现的险情及河势演变趋势，迭代优化调度方案。”水利部黄河水利委员会主任祖雷鸣介绍，根据数字孪生小浪底系统推演结果，此次调水调沙预计下泄水量约15亿立方米，可对黄河下游河道进行有效冲刷，为河道减淤和提升行洪能力提供有力保障。

如果说数字孪生是水利工程的“智慧大脑”，感知网络便是连接物理世界与数字空间的“神经末梢”。“以前山洪预警要等30分钟，现在15分钟就能精准推送，为群众转移抢出宝贵时间。”浙江省水文管理中心副主任童增来介绍，提升预警时效，核心在于加快数据采集传输速度。这些年，浙江对69个山洪灾害防治县的1.15万个重点村落逐一摸排，升级改造水文测站遥测终端，基本实现“镇镇有水位、村村有雨量”。

建设数字孪生水利体系是实现“推动水利高质量发展、保障我国水安全”的必由之路。目前，我国已基本形成涵盖31颗遥感卫星、100多部测雨雷达、4800多架无人机、13.3万处地面水文报汛站、30多万处工程安全监测点的“天空地水工”一体化监测感知系统。

“今年‘七下八上’防汛关键期，我们将充分发挥‘天空地水工’一体化监测感知



“水利一号”遥感卫星在太原卫星发射中心成功发射。 ■ 资料图

体系作用，建成了覆盖72类2600万水利对象的数字孪生平台数据库，生成10米格网精度的全国数字流域水系，多维度掌握河道、水库、蓄滞洪区等流域下垫面、淹没面积、工程险情等动态变化数据，为水旱灾害防御决策提供了有力数据支撑。”水利部信息中心主任付静说。

水资源调配能力提升

9月13日23时，随着西辽河干流补水头成功抵达安乐屯，与下游既有水面衔接，西辽河干流年内再次实现全线过流，流域生态环境持续向好。

在这场河流复苏行动中，最大程度发挥每立方米水资源的作用，水利部松辽水利委员会将持续完善“天空地水工”一体化监测感知网，进一步优化数字孪生西辽河功能，实现了对复杂水资源调度过程的实时感知、动态模拟、智能研判和精准决策。“数字孪生西辽河平台可实时汇集1.7万多处降水、地表、地下、取用水等监测站点的数据，滚动预演河道水流传播时间、组合流量、演进过程，优化调度水库蓄水、雨洪水、外调水和再生水，以求得调水最优解。”水利部松辽水利委员会总规划师林岚说。

数字孪生水利体系为水网调度提供了有力的数据保障。浙江省宁波市布设了超1.4万个监测感知点位，覆盖水库、供水等七大类水利工程，海量数据实时汇聚支撑中枢。在此基础上，宁波构建了“库群互联、三网协同”智慧水网体系，建成数字孪生水网系统，结合供水、雨水、污水“孪生三网”，实现“源头—水厂—龙头”全链条监管。

从“人防”到“技防”，从“间断巡查”到“实时监控”……当前，我国数字孪生水利建设已由积极探索、先行先试，进入全面深化推进和强化应用的新阶段。

一方面，“水利一号”遥感卫星组网并持续开展洪水、冰碛湖等监测工作，100多部水利测雨雷达组网运行。无人机搭载红外相机、激光雷达等，初步实现对

水源启用。”浙江省宁波市水资源管理中心主任周阳婧介绍，2024年抗旱期间，宁波通过数字孪生水网统筹水库蓄水、协调跨区域引水，累计向城区增供原水2100万立方米，将城区供水保证率稳定在99.8%。

在水资源管理领域，智慧化监测技术还在持续延伸应用触角。今年2月28日，南水北调工程安全度过了第11个冰期输水阶段，其中南水北调中线工程计划向京津冀多调水0.41亿立方米。

“以往调度多依赖经验判断与人工计算，如今依托智能调度业务应用平台，可实现输水能力自动评估与供水方案动态优化。”中国南水北调集团有限公司总经理孙志禹介绍，数字孪生南水北调中线系统构建了数理与机理相结合的水温及冰凌预报模型，融合了水力学、热力学等多学科算法，成功实现动态输水工况下冰盖消融演进的精准模拟。

如今，数字孪生水利体系通过统筹流域和区域生活、生产、生态用水，实现水资源精准预报、预警与调度，在不同来水与需水情境下优化配置方案，真正实现“精打细算用好水资源、从严从细管好水资源”。

科技成果加速应用

从“人防”到“技防”，从“间断巡查”到“实时监控”……当前，我国数字孪生水利建设已由积极探索、先行先试，进入全面深化推进和强化应用的新阶段。

一方面，“水利一号”遥感卫星组网并持续开展洪水、冰碛湖等监测工作，100多部水利测雨雷达组网运行。无人机

搭载红外相机、激光雷达等，初步实现对

堤坝等水利工程风险隐患的外部检测；机器狗、机器人加速应用于工程裂缝、渗漏等异常情况排查。

另一方面，研发应用水平持续提升，已研发“云—雨”降水预报模型、分布式洪水预报模型、水动力学洪水传导演进模型，进一步延长洪水预见期、提高预报精准度，为抵御流域性洪水提供了有力支撑。自主研发的太湖风浪模型在台风“竹节草”期间预测湖面最大倾斜与实测数据基本一致。甘肃、江西等地研发作物需水、渠系动态优化配水等模型，实现灌区作物高效节水灌溉。

付静介绍，今年“七下八上”防汛期间，通过研发短临降水预报模型、气象水文耦合模型和知识图谱，提前预测汛情。

流域防洪方面，初步建成七大流域防洪“四预”决策支持系统，主要江河关键期洪水预报准确率达90%以上。水资源管理与调配方面，在确保防洪安全的前提下科学拦蓄、调度雨洪资源，为太湖流域抗旱保供、珠江流域压咸补淡，以及京杭大运河生态补水等工作赢得主动。工程管理调度方面，通过在线监测和智能分析，在确保工程安全的前提下充分发挥工程综合效益。

建设数字孪生水利体系重在应用与实效。水利部部长李国英表示，要准确把握数字孪生水利体系建设面临的新形势新任务新要求，按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”原则，加快构建“天空地水工”一体化监测感知系统，加强数据采集与归集共享，加快监测技术装备研发应用，加大科技支撑力度，对水利治理管理对象实施全覆盖、全空间、全要素、全天候监测感知，确保精准性、同步性、及时性。

“喜马拉雅山区烟花秀”追踪

近日，在西藏自治区江孜县热龙乡，由户外品牌“始祖鸟”赞助艺术家蔡国强举办的烟花秀，引发争议。人们担忧，位于高海拔地区的西藏生态环境脆弱，一旦遭到破坏会造成不可逆转的伤害。

9月21日，日喀则市发布情况通报称，已成立调查组第一时间赶赴现场核查，后续将根据核查结果依法依规处理。“始祖鸟”也就此事发布致歉信，表示诚恳接受所有的批评和建议，称“有责任在政府部门监管下，配合艺术家团队对该项目全过程的环境生态影响进行复核，邀请第三方专业环保机构，开展严谨而透明的评估工作。”蔡国强工作室也向公众致歉，表示“确实存在很多考虑不周之处”。

面对“生态破坏风险”的质疑，主办方

回应称，使用的烟花彩色粉均为生物可降解材料，排放符合环保标准，且燃放等级为最低风险，此外还制定了预防、监测和恢复的全链条方案，包括转移牲畜、引导小型动物离开以及燃放后的清洁等措施。

但据了解，青藏高原年均温较低，生物活性较低，限制生物降解能力。尽管主办方宣称使用“生物可降解彩色粉”，但相关专家表示，实验表明，这类材料在高寒环境中的分解时间比平原更长，残留的化学物质可能长期污染土壤和水源。

视频显示，烟花沿山脊“贴地燃放”，形成连片裸露区域。燃放点附近的热龙乡马玉村村民尼玛多吉告诉记者：“我们的切身感受是，这不仅影响环境，也惊扰了村民，而且味道很浓，大家担心可能会影响周围的动植物。”

记者采访了多位青藏高原生态环境专家。专家认为，烟花表演区域海拔为4500~5500米，属于青藏高原高寒草甸与流石滩

过渡带，区域生态保护具有显著脆弱性。

植物学家顾有容说，当地土壤结构不稳定，地表仅覆盖10厘米左右的草毡层，由密集交织的草根与有机质构成，起到固碳、保水和防止风蚀的作用。草毡层下方是几乎不含微生物的贫瘠母质层，一旦被破坏，植被恢复需数十年至百年，并且爆破产生的冲击波可能导致草甸土层松动，引发小规模滑坡或泥石流。

中国林学会自然教育师杨旭介绍，当地植被生长周期漫长，高寒草甸植物每年生长期很短。爆破产生的冲击波可能直接破坏植物根系，导致无法结籽，带来不可逆的影响。她还认为，项目方声称的“翻土修复”可能将污染物埋入深层土壤，反而加剧生态恶化。

热龙乡烟花表演区域地处青藏高原生态屏障区，是多种高原物种的栖息地和觅食地。

在西藏从事高原生物研究的相关专家

介绍，雪豹是青藏高原顶级捕食者，对声、光刺激极度敏感。烟花产生的噪音可能导致其听力受到影响，出现应激反应。而当地的鼠兔与旱獭等小型动物是雪豹的重要食物来源，项目方试图用盐砖引导鼠兔等物种离开，但实际效果可能很有限，而爆破可能直接摧毁小型动物巢穴，破坏整个食物链。

众所周知，青藏高原是我国重要的生态安全屏障，其生态系统具有完整性、稳定性与脆弱性的特点，任何人类活动都必须以“最小干扰”为前提。青藏高原生态保护法规定，禁止破坏自然景观和草原植被、猎捕和采集野生动植物。

多位受访专家和当地干部群众表示，保护西藏生态环境，必须坚持高标准、严要求、硬措施，决不能允许任何人打着“艺术表达”的旗号破坏自然，更容不得任何人突破生态红线。

新华社拉萨9月21日电

侯一凡 李珊

日前发布的《中国国家公园发展报告》显示：第一批国家公园整合各类自然保护地120余处，统筹实施山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，全面提升国家公园自然生态系统多样性、稳定性、持续性，实现了野生动植物种群数量的稳步增长。我国坚持系统观念，统筹山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，科学开展大规模国土绿化行动，不断增强生态系统的多样性稳定性持续性，取得了显著成效。

山水林田湖草沙各生态要素相互关联、互为依托，共同维系着生态系统的结构完整与功能稳定，每一个生态系统的退化或缺失都会引起其他生态系统的连锁反应。以山区为例，植被破坏会导致土壤侵蚀，大量泥沙流入河流，影响河流的水质和生态，甚至威胁下游的农田和城市。治理这类跨要素、跨区域的系统性生态问题，须整体施策、多要素协同，才能实现生态系统的正向演替和可持续循环。

实践证明，山水林田湖草沙一体化系统治理，是应对复合型生态问题的必然选择。通过系统治理、整体协同的生态治理模式，可以有效改变过去条块分割的治理思维，解决部分地区生态修复存在的“头痛医头、脚痛医脚”问题，有望从根本上阻断生态退化链条。自然资源部不久前在全国生态日发布的数据显示，我国已实施52个山水林田湖草沙一体化保护和修复工程，完成保护修复超过830万公顷。此外，我国森林覆盖率和森林蓄积量连续30多年保持“双增长”，是全球森林资源增长最多和人工造林面积最大的国家，贡献了全球新增绿化面积的四分之一。

也要看到，一些顽固的症结仍未彻底消除。比如，跨区域、跨部门的协同机制尚不健全，“条块分割、多头管理”导致规划衔接不畅、目标不一、生态资金分散，难以形成合力；流域上下游生态补偿机制不完善，影响地方保护积极性；在技术支撑上，生态监测网络覆盖有限，数据共享不足，天空地一体化感知能力薄弱；现有修复工程多侧重单一技术，缺乏多技术协同的系统解决方案，智慧化决策和精准评估能力也有待提升。此外，生态保护与经济发展之间的张力在欠发达地区尤为突出，这些地区承担重要生态功能，但面临经济增长和产业转型压力，传统生产经营方式转型困难，绿色产业培育缓慢，生态保护与民生改善难以协同，亟待探索生态优先、绿色发展的高质量路径。

强化顶层设计和制度创新。完善跨区域生态补偿、联合河湖长制等协同机制，推动形成“一盘棋”治理格局。加强国土空间规划中的生态安全布局，将“三区三线”作为硬约束落实到省县各级规划中。应推动建立跨省界、流域、生态功能区的协同立法与联合执法机制，探索设立区域性生态管理局，统筹重大生态工程建设、生态流量管控与生物多样性保护。健全生态产品价值实现机制，推进自然资源资产产权制度改革，开展GEP核算试点并推动核算结果在财政转移支付、绿色金融等政策中的应用，实现保护者受益、使用者付费、破坏者赔偿。

突出科技赋能。构建天空地一体化监测体系，推动大数据、人工智能等技术在生态评估、模拟预测和修复决策中的应用，提升治理的精准化和智慧化水平。加快建设生态感知物联网和生态云脑平台，整合卫星遥感、无人机、地面传感器等多源数据，实现对山水林田湖草沙系统变化的实时监测与智能预警。推动人工智能技术在物种识别、生态灾害预测、修复方案模拟等方面的应用，构建智慧决策支持系统。加强生态系统模拟与数字孪生技术研发，开展生态修复工程效果定量评估与风险研判，为适应性管理提供科学依据。

加快生态产业融合发展。积极探索生态产品价值实现路径，将生态优势转化为发展优势。推广“生态+农业”“生态+旅游”“生态+能源”等模式，发展生态种养、林下经济、碳汇交易等新业态。积极探求生态环境导向的开发模式，推动生态环境治理与产业运营深度融合。创新绿色金融产品，鼓励社会资本参与，构建政府、市场、社会多元协同的可持续发展模式。

第十届库布其国际沙漠论坛达成共识

全力构建人沙和谐共生新格局

科学导报讯 9月17日，为期两天的第十届库布其国际沙漠论坛在内蒙古自治区鄂尔多斯市闭幕。论坛期间，国内外专家学者分享了全球和区域研究成果，展示了不同类型荒漠化土地的治理技术和创新应用实践，分析了当前荒漠化防治的科学技术难题及其解决之道，探讨了推动产业融合和政策协同的现实需求，共商全球携手应对之策。与会各方达成《第十届库布其国际沙漠论坛共识》。

共识强调，防治荒漠化不仅是对生态的恢复，更关乎人的尊严。主张尊重自然，科学防治，坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，将保护自然生态系统、修复退化沙化土地与合理利用生态资源相结合，坚持以水定绿、因地制宜、分类施策，坚持以人为本、因害设防、精准治理，坚持治沙与致富协同，大力推进产业生态化、生态产业化，实现生态、经济、民生共赢，全力构建人沙和谐共生新格局。

共识倡议科学划分封禁保护区、系统修复区和合理利用区，治沙治水治沙治沙。加强基础科学研究和应用技术攻关，大力推广机械化、数字化高效治沙和林草建设装备，推动荒漠化防治从经验治理向智慧治理转变。呼吁加强全球行动，将草原保护修复纳入全球生态治理核心议程，推动草原生态修复技术合作与经验交流，倡议成立国际草原联盟，支持设立国际草原日。欢迎全球企业界响应“土地友好型商业发展”倡议，加大绿色投资、创新商业模式，注重发挥青年企业家作用，助力实现土地退化零增长等可持续发展目标。

此外，在闭幕式上，中国—中亚荒漠化防治中心联合中国科学院中亚生态与环境研究中心、中国科学院新疆生态与地理研究所共同发布了《中国—中亚荒漠化防治伙伴关系倡议》；联合国防治荒漠化公约秘书处、中国可持续发展大数据中心和地球观测组织—土地退化零增长旗舰计划联合发布了《全球荒漠化监测与数字治理倡议》。

姚亚奇