

基于数字孪生技术的水土保持 业务信息管理与应用

赵永军

(水利部水土保持监测中心, 北京 100053)

摘要: [目的] 探析全国统一、高效、安全的智慧水土保持体系建设实践路径, 落实数字中国和智慧水利建设任务, 以为提升水土保持业务的数字化和智慧化水平提供依据。[方法] 系统梳理水土保持信息化建设历程及现有工作基础, 分析总结出目前困扰水土保持信息管理与应用, 新质生产力发展所存在的信息系统整合不足, 智能化应用水平不高, 数据共享不畅, 基础设施薄弱和数据资源体系不完善问题。[结果] 基于智慧水利顶层设计, 构建了包含以下内容的综合框架: ①构建以物联感知网、数据底板、模型平台和知识平台为基础的技术、数据、网络、安全架构; ②围绕水土保持数字门户、水土保持综合视图、水土流失状况预报预警、人为水土流失风险预警、水土流失综合治理智能管理、规划实施过程精细管理、水土保持示范创建、社会公众服务等8个业务方向示范应用; ③开发出涵盖数据采集、汇聚治理、智能分析、可视化展示和决策支持等水土保持监督管理完整链条的数字孪生水土保持业务信息管理与应用方案。[结论] 在新的历史条件和科技背景下, 结合管理需要, 认为智慧水土保持必将随着信息化的浪潮, 在统计、决策方面进一步向精细化、个性化、实用化、智能化发展, 形成一个“需求共商, 技术共研, 场景共建”的开放协同的生态系统, 有效提升水土保持数据资产价值, 真正实现以信息化驱动现代化。

关键词: 水土保持信息化; 智慧水利; 大数据; 数字孪生

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2026)01-0115-07

中图分类号: S157.1

文献参数: 赵永军. 基于数字孪生技术的水土保持业务信息管理与应用[J]. 水土保持通报, 2026, 46(1): 115-121. Zhao Yongjun. Digital twin-based operational information management and application for soil and water conservation [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2026, 46(1): 115-121.

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2026.01.040

CSTR: 32312.14.stbctb.2026.01.040

Digital twin-based operational information management and application for soil and water conservation

Zhao Yongjun

(Monitoring Center of Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China)

Abstract: [Objective] A practical path for building a nationally unified, efficient, and secure smart soil and water conservation system was explored, and the construction tasks of digital China and the smart water conservancy were implemented, in order to provide a basis for advancing the digital and intelligent development of soil and water conservation practices. [Methods] The evolution of informatization in soil and water conservation and its existing foundation were systematically reviewed, and the key challenges currently hindering the development of new quality productive forces in information management and application were analyzed and summarized. These challenges included insufficient integration of information systems, low levels of intelligent applications, poor data sharing mechanisms, weak infrastructure, and an incomplete data resource system. [Results] Based on the top-level design of smart water conservancy, a comprehensive framework was constructed, integrating: ① a technical, data, network, and security architecture based on the Internet of Things (IoT) perception networks, data platform, model platforms, and knowledge platforms; ② demonstration applications across eight operational

收稿日期: 2025-09-03

修回日期: 2025-12-24

采用日期: 2025-12-31

资助项目: 国家自然科学基金项目“面向数字孪生黄河的黄土高原土壤侵蚀预测预报模型及集成系统”(U2443212-04)

第一作者: 赵永军(1969—), 男(汉族), 河北省晋州市人, 博士, 教授级高级工程师(二级), 主要从事水土保持技术管理方面的工作。Email: yongjun_zhao@163.com。

directions, including the digital portal for soil and water conservation, integrated visualization of soil and water conservation, forecasting and early warning of soil erosion conditions, risk early warning of human-induced soil erosion, intelligent management of comprehensive soil erosion control, refined management of planning implementation process, creation of demonstration projects for soil and water conservation, and public services; ③ full-process digital twin-based operational information management and application solutions for soil and water conservation supervision, encompassing data collection, convergence and governance, intelligent analysis, visualization, and decision-making support. [Conclusion] Under new historical conditions and technological context, and in line with management needs, smart soil and water conservation inevitably evolves toward refined, personalized, practical, and intelligent development in statistics and decision-making. It forms an open and coordinated ecosystem characterized by ‘demand co-consultation, technology co-research, and scenario co-construction’, effectively enhancing the value of soil and water conservation data assets and driving modernization through informatization.

Keywords: informatization of soil and water conservation; smart water conservancy; big data; digital twin

1 研究背景

1.1 政策要求

《国民经济和社会发展“十四五”规划和2035年远景目标纲要》将“加快数字化发展,建设数字中国”单独成篇,明确提出“构建智慧水利体系,以流域为单元,提升水情测报和智能调度能力”。中国共产党第二十届三中全会做出的《进一步全面深化改革,推进中国式现代化的决定》中提出要健全重大水利工程建设、运行、管理机制。2021年,水利部印发《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》《智慧水利建设顶层设计》《“十四五”智慧水利建设规划》,明确按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”的要求,以数字化、网络化、智能化为主线,以数字化场景、智慧化模拟、精准化决策为路径,全面推进算据、算法、算力建设,构建数字孪生流域,加快构建具有预报、预警、预演、预案等“四预”功能的智慧水利体系^[1-2]。2024年,水利部印发《关于推进水利工程建设数字孪生的指导意见》,对水利工程普遍开展信息化基础设施体系、数字孪生平台和业务应用体系建设提出了目标要求。

2022—2025年的年度全国水利工作会议均对数字孪生水利工作进行了安排部署,要求大力推进数字孪生流域、数字孪生水网、数字孪生工程建设,推进流域防洪、水资源管理与调配两项重点业务以及农村供水、水土保持等9项水利智能业务应用。水土保持业务系统作为9项水利智能业务应用的一个重要方向,要结合水土保持业务管理实际需求,构建水土保持数字化场景,完善建立水土保持预报预警模型,依托“水利一张图”,结合水土保持智慧化管理需求,健全水土保持数据库,形成“水土保持一张图”,服务水土保持智慧化模拟和精准化决策。

中国共产党第二十届四中全会审议通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》,为“十五五”时期水土保持高质量发展锚定了时代坐标,水土流失防治在该时期进入从“减量降级”向“提质增效”再向“生态增值”转型的攻坚阶段^[3]。这就要求必须加强新质生产力在水土保持中的应用,提高水土保持数字化、网络化、智能化水平。

1.2 技术发展需求

近年来,中国在数字技术的核心链上取得了显著进步。中国物联网产业规模全球领先,海量的传感器和智能终端为数字孪生提供了丰富、实时的数据源^[4]。建筑信息模型(BIM)技术在建筑领域已广泛应用,成为城市和设施数字孪生的基础,城市信息模型(CIM)正在成为智慧城市的数字底座。当前,数字中国建设处于加速推进阶段,中国先后出台《数字中国建设整体布局规划》《“数据要素×”三年行动计划(2024—2026年)》等战略性政策^[5]。在软硬件建设方面,国内厂商积极开发图形引擎技术、人工智能(AI)技术,特别是计算机视觉和机器学习,被深度用于数字孪生体的数据分析、模式识别和智能决策,中国在AI应用层面非常活跃^[6]。

数字孪生技术是一项能够在现实世界实现信息数字化、网络智能化、产品服务化等先进理念的一项重要技术^[7]。在水土保持行业领域,数字孪生技术可以在数字空间虚拟再现真实流域的水土保持工程系统,通过物联网、大数据、人工智能、虚拟仿真等技术,对实体流域的水土保持工程全要素和全生命周期进行模拟,实现数字流域水土保持工程与实体水土保持的同步仿真运行^[8]。数字孪生技术的不断成熟为水土保持行业走向高质量发展提供了基础,也成为当前提升水土保持决策管理能力的最优路径。

1.3 现有工作基础

2003年,水利部建成全国水土保持应用信息系统以及水土保持基础数据库,实现了全国水土保持信息的采集、管理、传输与交换,制定了相关技术标准,开展了技术培训、推广与学术交流,为全国水土保持信息化网络平台建设奠定了基础^[9]。

2009年,水利部启动了全国水土保持信息化暨监测网络二期工程。建成一批高标准、自动化的水土保持基础监测站点,对既有站点进行升级改造,实现监测点观测数据的自动化采集与远程传输,构建全覆盖、较为完善的水土保持监测站网体系;开发和完善由水土保持监督管理、综合治理和监测预报三大系统构成的全国水土保持管理信息系统,依托全国水利信息网,建成完善、安全、快捷的国家、流域、省区、市、县五级节点组成的全国水土保持信息网络,建成国家水土保持基础信息平台^[10]。

此后,连续十多年开展了系统运行和开发性维护工作,建成了全国水土保持信息管理平台,涵盖水土保持监测系统、水土保持监督管理系统、综合治理图斑精细化管理系统、生产建设项目水土保持遥感监管系统以及相应APP。数据库包含了历年各级水行政主管部门批复的水土保持方案项目信息100多万个,历次遥感普查数据及2017年以来全国水土流失动态监测数据,2010年以来中央投资的2万多个综合治理项目信息,2019年以来全国生产建设项目水土保持遥感监管解译判别与处理信息100多万条,违法违规图斑15万多个,还有832个监测站点以及相关规划等信息,数据总量超过100 TB。

截至2025年8月,全国7个流域机构和19个省区分别建成区域级水土保持信息管理系统,并实现与全国水土保持信息管理平台的互联互通和数据共享,基本实现了水行政主管部门在预防监督、生态治理、监测评价等主要业务的辅助管理,并向社会公众提供了有关法律法规、技术标准和有关工作要求的问询答疑。

1.4 存在的主要问题

相较于水土保持高质量发展和培育新质生产力对信息化的需求,水土保持信息化方面还存在不足。①系统整合还未完成。现有的监督管理系统、生产建设项目水土保持遥感监管系统、综合治理图斑精细化系统和动态监测系统已经按“一张图”的要求完成初步整合,但规划管理系统等还未完全整合。同样,APP也较为零散,还未完全整合。②应用智慧化程度不高。智能监测感知网络不完全适应水土保

持业务发展和行政管理的需要,现有水土保持模型多数还不完全成熟,不足以支撑智能化模拟和精准化决策,业务智能化应用不能满足高质量发展需求。③数据共享不畅。各流域机构和相关省区的系统在与全国水土保持信息管理平台交互时,尽管设立了数据标准和交换池,但仍存在系统字段等基础信息不一致等问题,使得系统用户在录入或导入导出数据时不仅增加了工作量,还容易出错。④基础保障条件薄弱。信息存储、计算、传输等设施算力设备落后,信创适配度不够,网络安全防护体系仍有不足,现有资源无法满足大模型训练的需要,数据备份速度慢。⑤数据资源体系不完善。数据基础不全面、不完整,数字化基础不扎实,一些业务缺乏空间矢量化数据,内部数据资源整合程度不高。

2 总体思路

智慧水利体系按照大系统设计的总体思路,由物联感知网、水利信息网和水利云构建基础设施层,由模型平台和数据底板形成智能中枢,支撑流域防洪、水资源管理与调配两项重点业务和包括水土保持在内的等9项专业业务。

水土保持分系统作为其中的一个专业领域,按照规划的统一思路进行建设。水利部专门印发《水土保持“十四五”实施方案》《“十四五”时期智慧水土保持建设工作方案》,按照“急用先行,成熟先行,分步推进”的思路,结合数据基础、业务模型和保障机制等有序推进智慧水土保持建设。水土保持业务系统由基础设施平台、数字孪生平台以及业务应用3个核心模块构成。其中,基础设施平台模块主要涉及数据采集、加工处理和传输存储,最终连同空间属性导入数字孪生平台。数字孪生平台是心脏,由数据底板和模型平台两部分组成。数据底板包括规划计划等基础数据、自然地理及空间管控等空间数据、物联网接入的监测数据、预防监督及生态治理等业务数据和跨行业共享数据等多维多时空尺度数据,形成不同层级的“一张图”。模型平台包括算法管理、模型管理、运行管理等模型管理模块,也包括满足知识推理所需的知识资源库、知识服务平台以及知识应用系统等。业务应用模块调取数字孪生平台的数据底板作边界条件。根据不同业务功能的外部信息输入相应模型,得出相应结果供用户决策参考,支撑监测评价、监督管理、生态治理、社会公众服务等业务应用,最终呈现给用户层,供水行政主管部门、水土保持从业单位以及社会公众使用(图1)。

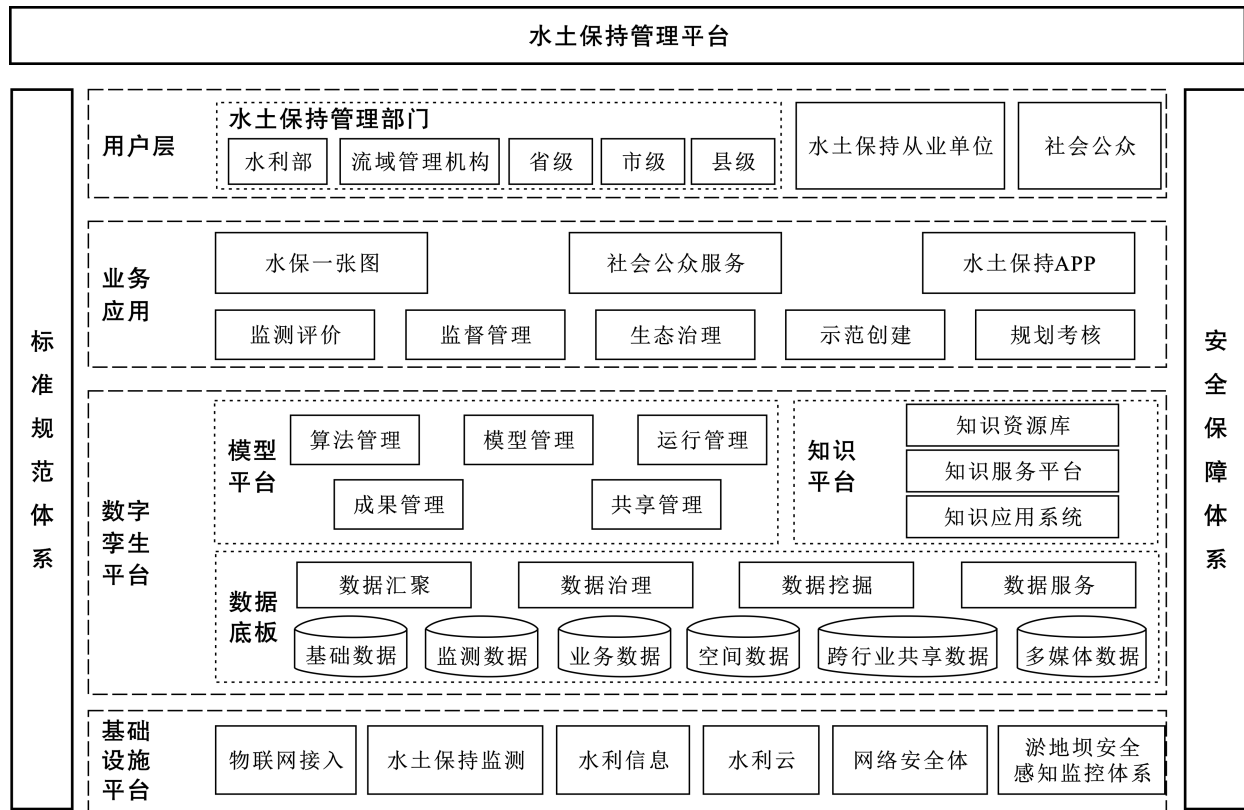


图 1 智慧水利体系水土保持业务系统建设总体思路

Fig.1 Overall approach for construction of soil and water conservation operational system in smart water conservancy system

2.1 总体架构

遵循数字孪生水利顶层设计,构建先进成熟、融合兼容的水土保持系统框架。集约化利用基础设施,由物联网、水土保持监测网、水利信息网、水利云、淤地坝安全监测感知体系和网络安全体系构成基础设施平台。经过数据汇聚、数据统计、数据挖掘等专门处理,调用算法管理、模型管理、成果管理等模型平台和知识资源库、知识服务平台,面向水利部、流域管理机构、省级、市级、县级用户,实现监测评价、监督管理、生态治理、示范创建、规划考核等业务应用。依托数据资源层、数据处理层、应用服务层等架构完备的数据底板搭建数据驱动的水土保持数据汇聚治理、智能分析、高效服务等功能的数字孪生平台,支撑水土流失状况预报预警、人为水土流失风险预警、水土流失综合治理智能管理、淤地坝安全度汛管理“四预”,提供预警与处置建议、实施效果评估等功能,支持水土保持工作的科学决策和高效管理。此外,针对当前大模型发展趋势,利用知识图谱、知识建模、智能推荐算法等关键技术,开发智能检索、知识推送、水土保持方案智能查重查错、水土保持方案辅助智能评审、水土保持验收复核、水土保持监测与治理数据智能分析、示范创建智能评审、公众咨询智能问答等多元化服务功能。

2.2 技术架构

平台采用五层技术架构设计,涵盖基础设施层、数据采集传输层、数据存储处理层、应用支撑层以及决策支持层。其中,数据存储处理层由数据存储、数据共享和数据底板模块组成。在数据底板的基础上,对接入的数据进行清洗,去除重复、错误或不完整的数据记录;在决策支持层,以数字门户作为PC端的统一入口,通过“一张图”和仿真系统进入各业务领域。基于模型算法和大数据分析等技术,对处理后的数据进行深度挖掘与分析,揭示水土保持规律与趋势,为管理用户提供业务管理的量化依据,助力制定合理的防治与管理措施,模拟可能的效果,供其决策参考。

2.3 数据架构

根据水土保持数据及关联数据资源的特点,数据存储架构逻辑上划分为时序数据仓库、关系型数据库、非关系型数据库和非结构化数据存储,采用混合存储的方式建设。对上层应用提供高性能的存储结构,实现对水土保持信息管理平台所有数据统一存储和管理,对外提供统一的数据视图和数据访问服务。在水利一张图基础上,搭载水土保持监测、监督、治理等数据,经抽取、加载、转换等加工成元数据库、全量数据库、核心数据库、主题数据库,明确数据

的基础属性、业务属性、空间特征、时序特征、关系特征,通过调用知识平台和模型平台,生成模型计算结果,为水土保持主体业务和数据共享提供服务。纵向上看,将省级数据节点、流域数据节点通过API接口等方式,将各类业务数据与部信息中心的数据共享交换平台实现交换。横向上看,通过水利部政务服务平台,与国家发展改革委、自然资源部等行业部委进行数据交换共享。

2.4 网络架构

平台网络充分依托水利政务网现有的网络基础,利用无线网络、北斗卫星通信、宽带传输和数据专线保障水土保持信息传输网络覆盖全面、安全可靠。部信息中心、流域管理机构和省级节点,通过水利骨干网进行连接。部信息中心网络划分为对外提供服务的服务器缓冲区和水利政务外网两个区域,在两个区域之间设置网闸对政务外网与对外提供服务的服务器缓冲区之间进行安全隔离。

2.5 安全架构

依据《中华人民共和国数据安全法》《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》等相关要求,平台等保定级采用整体定级模式,按等保三级进行建设。对水土保持数据进行分类分级管理,原则上不存储和处理涉密数据。在组织管理上,建立三级责任体系,对于核心级(L₃)的遥感影像、数字高程模型、土地利用现状图等基础地理信息数据,采用国密算法SM4加密存储,访问需双因素认证(生物识别+动态令牌);对于重要级(L₂)的土壤侵蚀模数、植被覆盖度、水文监测记录等自然资源调查数据实施字段级加密,建立数据血缘追踪系统;对于普通级(L₁)业务管理数据基于RBAC模型实现角色化权限动态分配,通过技术防护(加密)与管理措施(权限)的协同,满足信息安全等级保护三级(等保三级)要求。

3 业务应用

业务应用系统以数据底板、模型平台和数据平台为基础,以对各业务模块升级与优化为抓手,以提升水保业务智慧化水平为目标,主要在水土保持数字门户、水土保持综合视图、水土流失状况预报预警、人为水土流失风险预警、水土流失综合治理智能管理、实施过程精细管理、水土保持示范创建、社会公众服务等8个方向进行建设并开展示范应用。目前,8个业务方向应用已开发完成,并在2025年底部署试运行。

3.1 水土保持数字门户

建设水土保持数字门户,满足用户对水土保持基本情况、业务知识的获取需求,利用水利部统一身

份认证系统实现浏览访问。需根据用户的角色赋予相应的浏览、查询、调用和下载权限,建设内容涵盖水土保持新闻、相关政策文件、空间数据、业务数据、在线办公等信息。

3.2 水土保持综合视图

针对5级用户的工作职责,设置相应的数据权限。当用户登录系统后,系统会根据用户角色匹配相应的数据权限,并根据工作职责和近年关注重点,形成相应内容的常用表格数据和图形信息。初始页面涵盖水土保持监督管理、生态治理、监测评价、示范创建、信用管理等内容。系统还可根据需要,将数据库中存储的不同时段相关信息提取出来,形成特殊定制表格。当用户想了解进一步信息时,点击详细的地址可进入更为详尽的页面或设置自定义条件进行组合查询,满足信息了解、进度管理和变化分析等需求。对选定的区域或项目,通过数据底板进行三维可视化表达,可以计算扰动面积、弃土弃渣量、沟壑密度等信息。

3.3 水土流失状况预报预警

主要包括监测站点数据管理、水土流失动态监测及移动端升级和优化集成,新增监测站网管理、监测评价“四预”、专项调查数据管理等功能,并预留重大水土流失事件监测、案件查处监测、特定区域监测等接口。在监测站点数据管理模块功能优化和升级中,对数据汇聚、分级审核、资料整编、数据管理等既有功能升级,新增图层管理、多维查询、综合统计、数据分析、自动观测数据接入、智能预警等功能。在水土流失动态监测模块,对数据管理、任务下发、协同解译、模型计算、统计分析、成果审查、专题分析与数据重构等既有功能升级,新增特定区域水土流失动态变化及危害预报、重点区域水土流失生态安全预判及预警等功能。新增的监测站网管理模块包括站点布局、日常观测、运行管理、设备设施计量、统计上报、站点管理、数据可视化等功能。新增的平台集成或数据接入模块将接入侵蚀沟监测数据、黄土高原淤地坝淤积情况调查数据、黄河中游粗泥沙集中来源区水土流失与入黄泥沙专项调查数据、长江经济带重点区域坡耕地水土流失调查数据、崩岗调查数据、典型暴雨水土流失数据。监测评价“四预”模块涵盖全国不同行政区及重点区域水土流失状况智能评价、全国不同行政区及重点区域水土流失发展演变趋势分析、流域区域水土流失趋势方向预测、流域暴雨产流产沙预报等内容。

3.4 人为水土流失风险预警

该模块主要是优化生产建设项目全周期水土保

持管理,新增人为水土流失风险预警、水土保持信用管理、人为水土流失行为监控等功能。对生产建设项目水土保持全过程管理模块进行功能优化与升级:对数据上报、方案管理等既有业务进行升级。新增统计与展示、空间管控、扰动图斑识别等功能,按照季相固定的原则加密卫星遥感数据更新频次,实现疑似违法违规行为快速发现判定,人为扰动图斑智能解译识别模型,疑似违法图斑自动下发查处回传,查处情况分类查询等功能,开展人为扰动发生发展过程分析与回溯。新增的人为水土流失风险预警模块中,开发人为水土流失风险预警模型,实现区域人为水土流失风险识别,重点项目人为水土流失风险评价,重点部位人为水土流失风险预警等功能,实现全方位实时监管。还将接入气象数据,对风险图斑进行预警推送;接入遥感影像日新图,实现重点区域卫星遥感盯防监管。

3.5 水土流失综合治理智能管理

主要实现图斑精细化管理、淤地坝安全度汛管理、水土保持重点工程全过程智慧管理等功能,新增规划设计辅助、效益评估与评价等功能。在全生命周期智慧管理模块中,对项目前期管理、计划管理、实施管理和检查验收等既有业务进行升级,新增全链条电子化、一项目一代码的档案管理功能,新增多组合途径搜索、查询统计导出的统计查询功能,新增问题统计分析、招标决策支持和信用评价功能。对其中的移动端应用,对数据下载、现场复核、结果上传等既有业务进行升级,新增项目实施和档案管理的定位查询功能,新增监督检查信息、监理监测验收等信息的辅助管理功能。新增规划设计辅助模块,精准识别水土流失重点预防区和治理区的位置与边界;开发设计辅助功能,在小流域一张图基础上,初拟建设规模、措施布局、投资估算、效益分析等设计报告主要内容;开发辅助决策功能,利用小流域数据底板,对治理规划、措施布局、建设规模、投资估算和效益分析等进行复核,辅助专家审查,支持快速做出科学且合理的决策。新增评估与评价智能管理模块中,研发水土流失综合治理智能管理模型,对实施重点治理的紧迫性或优先序进行评估,指导或复核国家水土保持重点工程的建设布局,并从水土保持率、植被覆盖率、蓄水保土能力、粮食产量、碳汇能力、生态产品价值等方面,对小流域治理成效进行评价。

3.6 规划实施过程精细管理

优化升级全国水土保持规划实施情况信息管理模块,规范实施情况信息填报,对实施情况进行趋势分析,实现对规划目标和任务的高效管理分析;优化

管理流程,完善县级抽样、图斑抽样和点式工程的抽样工作,支撑第3方评估单位对复核任务分配、进度复核和成果管理,提高核查的科学性和工作效率;自动生成相关数据要素,对评估指标进行赋分,并对全国各级的评估结果进行管理分析。新增流域水土保持协同规划管理模块,规范空间数据、统计数据、文档数据等基础数据的填报,做好数据支撑;将流域规划范围、重点工作区域、规划目标与任务叠加到水利一张图上,做好与全口径治理工作的协同规划和协作共享;借助汇水面分析、空间计算、叠加分析等工具,对空间数据进行加工分析、综合管理,实现决策支持功能。

3.7 水土保持示范创建

开发水土保持示范创建活动智慧管理模块,实现全流程信息化管理。在申报与审核阶段,在线提交申报材料,利用系统进行必要条件审核和形式审查;在评比入库阶段,系统对规划建设方案进行实施效果评估,辅助专家进行不见面评审,按比例抽取初评结果进行现场复核;在创建阶段,实现信息化监管、阶段评估等功能,对发现的问题进行推送整改,对创建过程和达标情况进行跟踪评估,辅助开展动态化管理;在评定阶段,综合过程管理情况,利用无人机或高分辨率影像开展智能化分析,进行初步评估排序为专家提供决策支持;在后期维护阶段,做好宣传和信息化展示工作,向社会推介先进理念、主要做法、工作成效、示范价值,并根据相关政策做好后评估的决策支持工作。实现国家水土保持示范创建工程的全过程信息化、数字化、智慧化管理。

3.8 社会公众服务

在社会公众服务模块,主要提供政策法规查询、技术标准查询、水土保持新闻、基础地理空间数据查询、水土保持空间管控查询、水土保持重点区域查询、水土流失情况查询、生产建设项目水土流失防治责任范围查询、水土保持行业基础信息查询等功能,并与科普基地、示范创建场成果、国际国内水保相关平台相链接,同时也为社会公众提供基础数据发布服务功能。

4 结论

遵循数字孪生水利顶层设计,基于全国水土保持信息管理系统,经现有信息系统整合、业务功能建设与升级、数据资源治理、数据共享交换、安全防护和系统硬件资源管理等6方面建设,构建数字水土保持系统,平台采用5层技术架构设计,涵盖基础设施层、数据采集传输层、数据存储处理层、应用支撑层

以及决策支持层,实现对水土保持信息管理平台所有数据统一存储和管理,对外提供统一的数据视图和数据访问服务。在业务应用方面,系统实现了水土保持数字门户、水土保持综合视图、水土流失状况预报预警、人为水土流失风险预警、水土流失综合治理智能管理、实施过程精细管理、水土保持示范创建、社会公众服务等8个方向的综合应用,为支撑水土流失状况预报预警、人为水土流失风险预警、水土流失综合治理智能管理、淤地坝安全度汛管理“四预”,提供预警与处置建议和实施效果评估等功能,支持了水土保持工作的科学决策,提升水土保持业务管理智慧化水平,为国家生态文明建设和经济社会发展等提供了有力支撑。

5 展望

在新的历史条件和科技背景下,基于数字孪生技术的水土保持业务信息管理与应用必将随着数字经济发展的浪潮而进一步发展。秉持创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念,围绕数字经济发展核心要素的建设,结合业务发展需求,仍需围绕算据、算力、模型优化、标准建设等方面发力。

(1) 加强算据和算力基础建设,推进新一代物联网和信息技术的融合应用,推动水土保持信息化基础设施建设,加密“天空地水工”一体化感知网络节点,实现水土流失因子的动态采集和监测数据的高效实时传输。

(2) 持续完善算法模型,推进水土流失模型应用的迭代与智能管理平台的升级,通过区域水土流失状况、人为水土流失过程、水土流失治理效果等方面的实际案例与数字孪生预演结果动态比对,提升水土保持规划实施评估和水土流失监管的精准度。

(3) 引导社会各界共同构建“需求共商,技术共研,场景共建”的协同生态,做好数据真实交换,成果共享,信息互联互通,提升水土保持数据实用价值,并在此过程中不断凝练,制定水土保持数字孪生的中国标准。

参考文献 (References)

[1] 蔡阳,成建国,曾焱,等.大力推进智慧水利建设[J].水利发展研究,2021,21(9):32-36.
Cai Yang, Cheng Jianguo, Zeng Yan, et al. Vigorously promote the construction of smart water conservancy [J]. Water Resources Development Research, 2021, 21(9): 32-36.

[2] 蔡阳.数字孪生水利建设中应把握的重点和难点[J].水利信息化,2023(3):1-7.
Cai Yang. Key points and difficulties to be grasped in the development of digital twin water conservancy [J]. Water Resources Informatization, 2023(3):1-7.

[3] 莫沫.“十五五”时期水土保持总体思路与重点举措[J].中国水利,2025(22):4-10.
Mo Mo. Overall approach and key measures of soil and water conservation in the 15th Five-Year Plan period [J]. China Water Resources, 2025(22):4-10.

[4] 刘大同,郭凯,王本宽,等.数字孪生技术综述与展望[J].仪器仪表学报,2018,39(11):1-10.
Liu Datong, Guo Kai, Wang Benkuan, et al. Summary and perspective survey on digital twin technology [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2018, 39(11): 1-10.

[5] 郑彬睿.数字中国建设的现实挑战、战略内涵和实现路径[J].财经理论与实践,2024,45(3):109-116.
Zheng Binrui. The real challenges, strategic connotations and pathways to achieving a digital China [J]. The Theory and Practice of Finance and Economics, 2024, 45(3):109-116.

[6] 罗雄.“人工智能+”驱动中国式产业现代化:理论逻辑与模式创新[J].经济学家,2025(11):47-56.
Luo Xiong. “AI +” drives Chinese-style industrial modernization: Theoretical logic and model innovation [J]. Economist, 2025(11):47-56.

[7] Hazeleger W, Aerts J P M, Bauer P, et al. Digital twins of the Earth with and for humans [J]. Communications Earth & Environment, 2024, 5:463.

[8] 谢明霞.数字孪生水利内涵及应用场景研究[J].人民长江,2024,55(2):245-251.
Xie Mingxia. Connotation and application scenarios of digital twin water conservancy [J]. Yangtze River, 2024, 55(2):245-251.

[9] 水利部水土保持司.水土保持信息化建设现状及基本思路[J].中国水利,2004(4):49-51.
Department of soil and water conservation, Ministry of Resources. Present situations of introducing water and soil conservation information system and main considerations [J]. China Water Resources, 2004(4):49-51.

[10] 郭索彦.深入贯彻新水土保持法 扎实推进水土保持监测与信息化工作[J].中国水利,2011(12):67-69.
Guo Suoyan. Further push forward the implementation of new *Water and Soil Conservation Law* and promote the monitoring and informationization work of water and soil conservation [J]. China Water Resources, 2011(12):67-69.