

石羊河数字孪生流域建设探讨

王万祯, 康德奎, 王晓军

(甘肃省水利厅石羊河流域水资源利用中心, 甘肃 武威 733000)

摘要:石羊河流域因水资源短缺引发的生态环境问题,引起党中央、国务院及社会各界的广泛关注。为推进流域治理工作,提升有限水资源的利用效率,石羊河流域不断推进水资源的信息化、智慧化管理,有力支撑了各项水利业务,提高了水利工作效率和管理水平。为积极推动新阶段流域高质量发展,推进数字孪生流域建设,提出数字孪生流域建设的总体框架、建设路线、建设布局等,为石羊河流域对标对表现有信息平台存在的问题和不足,进一步提升管理水平,加快构建现代水治理体系,建设石羊河数字孪生流域提供了参考。

关键词:数字孪生;建设;探讨;石羊河流域

中图分类号:TV72 **文献标识码:**A

王万祯, 康德奎, 王晓军. 石羊河数字孪生流域建设探讨[J]. 中国农村水利水电, 2022(8): 117-120.

0 引言

党的十九大提出建设“网络强国、数字中国、智慧社会”。进入新发展阶段,我国产业数字化、网络化、智能化转型升级加速,智慧化已成为行业发展水平的重要指标,以信息化驱动现代化已成为各行业的必经之路。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出了“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”的明确要求。李国英部长结合目前水利工作实际,在讲话中明确提出,智慧水利建设要按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”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、预案功能的智慧水利体系。

石羊河流域不断推进水资源的信息化、智慧化管理,有力支撑了各项水利业务,提高了水利工作效率和管理水平,也为数字孪生流域建设奠定了较好的基础。但与数字孪生流域建设目标相比也还存在一些不足,主要体现在透彻感知能力不足,信息基础设施“算力”欠缺,整合共享有待提高,模型平台不够全面,网络安全防护能力不足等方面。为巩固好流域重点治理成效,进一步提升管理水平,加快构建现代水治理体系,深入推进流域综合性治理,势必要建设石羊河数字孪生流域。

1 石羊河流域概况

石羊河流域位于甘肃省河西走廊东部,发源于祁连山北

麓,自东向西由8条河流及多条小沟小河组成。流域面积4.16万 km^2 ,涉及甘肃省武威、金昌、张掖和白银4市9县(区),水资源总量16.59亿 m^3 ,其中:地表水15.6亿 m^3 、与地表水不重复的地下水0.99亿 m^3 。2020年总人口184万人,人均水资源量903 m^3 ,为甘肃省平均水平1/2、全国平均水平1/3,属典型的资源性缺水地区。

20世纪80年代到2007年20多年里,石羊河流域人口增加

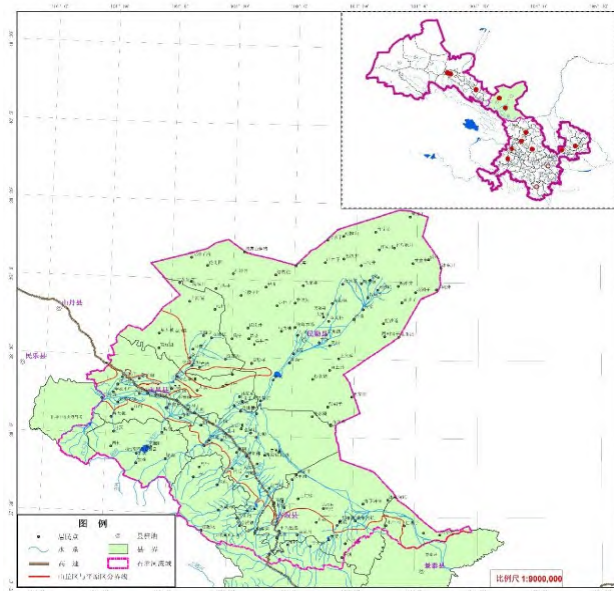


图1 石羊河流域地理位置

收稿日期:2022-03-22

作者简介:王万祯(1985-),男,高级工程师,主要从事水资源管理、水利信息化工作,E-mail:283964435@qq.com。

33%,粮食产量增加了45%,国内生产总值(GDP)翻了6倍,水资源总量反而减少了1%,供水矛盾不断尖锐,上中游大量使用地表水,下游大力开采地下水,地下水采补失衡,生态环境恶化,罗布泊现象不断显现。石羊河流域水资源短缺引发的生态环境恶化问题,引起了党中央、国务院的高度重视。为抢救民勤绿洲、改善石羊河流域生态环境,2007年12月,经国务院同意,国家发改委、水利部批复了《甘肃省石羊河流域重点治理规划》,历经十多年艰苦治理,有效遏制了生态环境恶化的趋势,流域治理实现了经济发展、群众增收、生态环境改善的良好成效,成为甘肃乃至全国内陆河流域治理的典型样板,被中国水利报社组织评出为2020基层治水十大经验之一。流域治理为落实最严格的水资源管理,提升有限水资源的利用效率,不断推进水资源的信息化、智慧化管理,有力支撑了各项水利业务,提高了水利工作效率和管理水平,建立了规范统一的水资源管理体系。

2 石羊河流域数字孪生流域建设的必要性和基础

石羊河流域重点治理是以抢救民勤绿洲为目标,通过抢救性、阶段性和应急性措施,打了一剂“强心针”,初步遏制了流域生态恶化趋势,但受地理位置和自然条件限制,流域生态环境底子差,生态依然十分脆弱,缺水形势严峻,水资源供需矛盾仍然突出,资源型缺水仍是制约流域经济社会发展的主要因素,加快构建现代水治理体系,优化有限资源的高效利用和配置,直接影响着流域经济社会的高质量可持续发展。在水利部“三对标、一规划”专项行动总结大会上,水利部党组书记、部长李国英提出将智慧水利建设作为推动新阶段水利高质量发展的六大实施路径之一以及新阶段水利高质量发展最显著的标志之一。2021年12月,水利部又召开推进数字孪生流域建设工作会,专门安排部署数字孪生流域建设工作,为石羊河流域进一步提升水资源管理水平提供了根本遵循。

石羊河流域率先实行流域所有机电井的取水智能化计量管理,并建设了石羊河流域水资源信息系统等,有效推进了石羊河流域水资源的信息化、智慧化的管理进程。通过不断累积建设,基本建设了涵盖流域地表水水量、地下水取水量、地下水水位、雨情气象等水利要素的基础感知网;实施了凿井机组GPS定位管理,对重要水利工程、重点区域进行视频监控等;搭建了流域水利云平台、大数据平台;开发了流域水利“一张图”;探索进行了预测预报模型开发;建设了调度管理中心等。但与数字孪生流域建设的目标相比,因受建设现状条件下技术及资金限制,还存在一些不足。

3 对标数字孪生流域建设现有信息系统存在的不足

(1)基础信息感知网建设未实现全覆盖。如实现机井取水实时监控2 200眼,仅占流域机井1.9万眼总量的11%;地下水水位监测67处,流域面积4.16万 km^2 ,监测密度不够;地表水引调水量监测仅实现主干渠道的监测,对出入库流量、各取水口、



图2 石羊河流域信息系统软件

泄水口未实现全覆盖监测;无生态环境、天然河道泄补水监测;无流域重点区域航拍影像地理空间数据采集等。

(2)地理空间“一张图”不够全面完善。石羊河流域“一张图”,包括流域水系、渠系、盆地、灌区等大部分水利要素,但也还缺少河湖、地表水功能区等要素,需不断扩充完善;地图基础服务主要依靠谷歌、天地图等公用接口服务,无专业水利要素的GIS底层二维三维地图服务;未建设流域八大水系、石羊河干流、青土湖、上游水源涵养区的数字孪生示范场景等。

(3)与物理流域可仿真运行的模型平台不足。石羊河流域智慧平台项目探索建设了预测预报、水资源调度、视频可视化预警等模型,但与2+N水利各项业务相比,各类模型还不够全面,尚不能全面的支撑起物理流域与数字流域同步仿真运行、虚实交互、迭代优化的智慧化模拟需求。

(4)自优化、自学习的知识平台功能需不断提升。孪生流域建设,要求进一步提升平台系统的智慧化、智能化水平,建设具有结构化、自优化、自学习的知识平台,达到具有机器推理和机器学习等功能,是整个平台智能化运行,实现精准化决策的平台。目前石羊河信息化平台,自优化、自学习、机器推理、机器学习能力欠缺,需不断进行提升。

(5)水利信息网及水利云安全进一步提升。目前云平台、数据平台、网络通道等是基于现有监测及运行数据量搭建,增加相关的监测数据、模型平台运算等,将势必会出现现有存储容量、算力、带宽不足等问题,需升级扩容。另外,随着信息网络的高速发展,关键基础设施网络安全尤为重要。目前平台网络安全防护能力还不强,需不断提升完善,增强防护,满足数字孪生流域平台安全可靠稳定运行要求。

4 石羊河流域数字孪生流域建设需实施内容

根据水利部数字孪生流域建设的目标要求,石羊河流域数字孪生流域建设内容,需实施以下内容。

4.1 增补升级,建设全面可靠的信息基础设施

4.1.1 实现重要水利要素数据的全覆盖监测

(1)对流域1.9万眼机井取水实现全覆盖远程监控;在集成国家地下水监测站网等数据基础上,补充增建地下水水位监测站点,满足覆盖全流域地下水水位变化监测要求。

(2)在已实现部分地表水取引水口、西营河专用输水渠引调水监测的基础上,集成水文部门径流数据,增设8大水系对应



图3 水利部智慧水利建设规划总体框架

水库出入库、取水口、泄水口的引调水监测,实现地表水来水用水的双监测。同时以灌区为单位,进行支斗渠引调水信息化监测,优化灌区灌溉调配,提升用水效率。

(3)共享集成和补充增建雨情、气象监测站点数据,实现可覆盖流域8大水系及上、中、下游的降雨、蒸发、墒情的数据,准确掌握流域不同区域的雨水情等情况。

(4)建设流域重点天然河道、青土湖等生态流量监测站点,实现对河湖生态流量监测。在重点河段共享或建设视频监控站点,监视非法采砂等“四乱”现象。

(5)多种方式收集,在现有部分基础数据的基础上,补充完善流域重要水库、控制性调水工程、重要引调水工程参数数据。集成统计部门用水相关的种植结构、灌溉面积、人口数量、牲畜数量等经济社会数据。

(6)按需无人机航拍采集流域青土湖、石羊河干流、上游水源涵养区重点区域影像地理空间数据;集成生态环境、自然资源部门流域沙漠、绿地、林草、湿地区域影像、航拍地理空间数据。

(7)在已实现各大水库、渠首视频监视的基础上,按需进行重点水利工程、重点闸门、重要区域的视频监控;按照凿井机组数量变化进行GPS定位设备的增减安装等其他所需数据的监测收集。

同时对共享的数据进行规范性和准确性复核,统一坐标、

高程、度量单位等,保证数据的统一、标准、可用。实现对流域水资源、水生态、水环境、水灾害等流域全覆盖水监测体系,构建石羊河流域天空地一体化水利感知网,确保物理流域映射为数字流域的实际数据需求。

4.1.2 升级建设可靠的三级水利信息网及云平台

(1)在现有流域云平台、数据中心的基础上,扩充云平台存储容量,加大带宽,提升运算能力、访问速度,保障孪生流域基础存储、计算能力需求。

(2)在现管理中心的基础上,建立符合系统使用要求的流域机构、市、县三级联动的水利业务网,并预留省级集成联动接口,实现数据功能的三级联动、共享共用。

(3)基于现有网络安全技术体系,完善和增强基础防护,实现安全异地备份、增强关键信息基础设施和重要数据防护能力,建立长效高效的运行和保障机制,确保数字孪生流域网络安全高效运行,符合国家网络安全及系统实际运行的各项标准要求。

4.2 升级扩展,建设全面完善的数据底板。

(1)在现有信息系统“一张图”基础上,升级扩展地图元素,补充河湖划界、地表水功能区等,确保水利要素的全面完善。

(2)在现有数据平台架构下,对新建监测站点、共享数据,进行数据集成,实现各类数据在“一张图”上的汇聚展示,分析和管理的。

(3)结合水利部、省水利厅智慧水利建设,共享搭建石羊河流域基础水利专业要素的GIS底层二三维地图服务,提升流域“一张图”水利要素管理展示的精准性。

(4)建设对流域八大水系、石羊河干流、青土湖、上游水源涵养区和重点水库、水利工程的数字孪生示范场景;对全流域各区域的地下水存储、埋深情况进行三维建模。补充扩展重点区域的精细数据。

(5)开发基础数据和孪生示范场景相结合的二三维一体化交互展示功能。

实现基于基础数据、遥感影像和DEM等数据相结合的流域二三维水利全要素、全景的数字化映射,建设全面完善的流域数据底板。

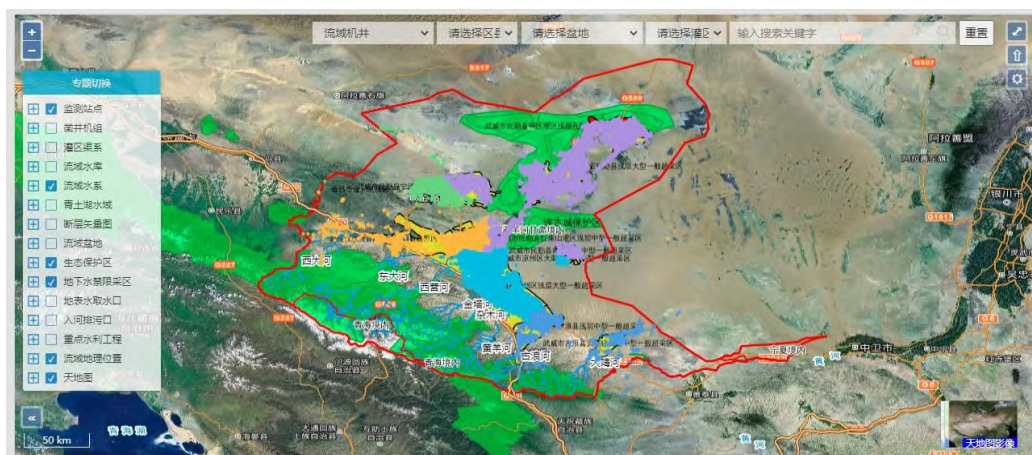


图4 石羊河流域水利“一张图”

4.3 优化提升,建设2+N业务应用支撑模型平台。

按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”原则,在各类监测、集成数据和GIS的二维流域数字化映射的基础上,建立水利专业模型、智能模型、可视化模型,助推2+N业务应用。

(1)建设地下水水资源承载力、预警模型。利用监测的地下水位、水量监测数据,搭建的流域地下水存储、埋深情况三维模型,建设地下水水资源承载力、预警模型。实现地下水取用水量、水位的实时双监管;水位动态变化的二维等值线面、三维降幅模型直观展示;进行超许可量预警、水位持续下降临界值预警;并与已经建设的地下水审批系统、电子证照系统实现数据同步、融合应用。为最严格地下水“双控”管理、超采治理提供支撑。

(2)建设来水预报、需水调配模型。收集梳理流域8大水系长序列径流数据,不断进行参数优化调整,建设来水预报模型;利用多年种植结构、牲畜数量、社会经历等历史计算数据,与实际需水、用水数据比对,建设需水调配模型。实现科学的水预测预报、需水预测模型计算,辅助水资源分配方案、调度方案制定。

(3)建设洪水预报、抗旱防汛模型。利用降雨监测数据,建设流域8大水系分区域洪水预报模型,实现“降雨-产流-汇流-演进”功能,进行区域淹没分析等,实现洪水预报。基于预报模型,利用降雨、蒸发、墒情等数据建设上中下游抗旱防汛模型,实现流域8大水系、上中下游抗旱防汛的降雨预警、洪水预报、指定预案、提前预演的“四预”功能等,提升抗旱防汛的分析研判能力。

(4)建设河湖生态治理生态模型。基于河湖划界、河湖岸线规划、河湖生态监测数据,以河长制行政区划分段,对重点区域河道进行三维建模,构建河湖管理模型。实现生态补水、污水排放、无序采砂等情况不同量级下的河道变化模拟演示、超限预警等。融合河湖长制视频监视、巡查APP数据,推进流域河湖长制工作落实,充分发挥石羊河全国示范河湖引领作用。

(5)建设祁连山冰雪、青土湖湿地变化分析模型。利用建设的数字孪生示范场景,赋予不同数据,模拟不同数值下的冰雪消融、青土湖生态变化等情况,动态掌握祁连山冰雪消融、青土湖湿地变化规律,为守住生态底线提供数据支撑。

(6)建设重点水利工程安全运行模型。对西营河专用输水渠、景电二期调水、引流济金等重点水利工程进行三维模拟仿真运行,接入实时监测或输入模拟数据,模拟运行状态和效果,界定最高调水标准,满负荷调水情况等,辅助重点水利工程的安全运行,并发挥最大效益。

(7)视频监视智能分析模型。充分发挥现具有入侵监测、入侵预警功能的视频建设平台基础,加强后台功能提升,建设视屏智能分析模型平台。并对流域重点渠道枢纽、石羊河干流、采砂河道、重要设备、企业用水大户取水口等补充进行视频监视,提升对重点水利设施工况、工程运行、区域生态、设备安

全、取用水情况的掌控及管理能力。

(8)建设水政监督执法及其他业务模型。基于现有GPS定位凿井机组定位管理,融合无人取证执法,建设水政监督模型,推进水政监测、水政执法的信息化、智慧化水平,提升执法效能。并充分结合其他业务需求,建立支撑水利管理的其他模型平台。

4.4 探索研究,开发支撑精准决策的知识平台。

对以上各类平台的运算数据、运算方式进行融合,重点基于水资源配置和调度,不断探索积累,开发具有结构化、自优化、自学习的知识平台,实现地下水不同区域取用水量与水位升降的直观联系,准确计算流域地下水蓄变量、地下水平衡等。实现来水预测、需水预测、水量调度模型的耦合、融合计算,形成石羊河水资源科学精准的水资源调度方案,实现水资源配置管理的“四预”功能,支撑水资源管理的精准决策。

5 结论

重塑水资源管理秩序,提升水资源管理水平,是落实石羊河流域重点治理任务和巩固治理成效的核心,水生态的健康发展,是可持续发展的坚定要求,石羊河重点治理工作得到水利部和社会各界的高度认可,被誉为“石羊河模式”。2020年11月,石羊河示范河湖建设作为水利部第一批全国创建的示范河湖顺利通过验收,生态治理成效显著。石羊河数字孪生流域建设,将会解决现状条件下,水情信息监测覆盖不全面,分析和共享应用不充分的短板,各类模型的优化提升和补充建设,对促进石羊河流域“水利行业强监管”措施的落实、提升水资源管理效能及推进水生态治理保护发挥重要的作用,知识平台建设将进一步提升水资源的智慧化、智能化管理水平,实现流域水利“四预”管理,数字赋能石羊河流域最严格水资源管理、流域生态复苏、水资源集约节约利用等。为西北干旱地区,水资源严重紧缺的石羊河流域形成长期、良性地水资源管控提供先进科技支撑,推进流域新阶段水利高质量发展,助力流域“五位一体”发展行稳致远。

参考文献:

- [1] 水利部.智慧水利建设顶层设计[R].2021.
- [2] 水利部.“十四五”智慧水利建设规划[R].2021
- [3] 水利部.关于大力推进智慧水利建设的指导意见[R].2021.
- [4] 甘肃省水利厅.甘肃智慧水利建设项目设计-总体设计方案[R].2020.
- [5] 陈子丹.水利信息化工作中若干问题的探讨[J].水利信息化,2012(2):1-4.
- [6] 欧正峰,傅属燕,杨岱庚,等.我国水利信息化建设现状与发展[J].中国水运月刊,2013(10):78-80.
- [7] 陆易.水利信息决策系统的设计与开发[D].苏州大学,2016.
- [8] 武建,高峰,朱庆利.大数据技术在我国水利信息化中的应用及前景展望[J].中国水利,2015(17):45-48.
- [9] 董静.遥感技术在水利信息化中的应用综述[J].水利信息化,2015(1):37-41.