

数字孪生水利工程信创软件适配策略探究

邬舒静 饶随云

汉江水利水电(集团)有限责任公司 武汉 430010

摘要:近年来,水利部将推进自主产权关键技术研究及加快科技成果转化应用作为提升数字孪生水利建设保障能力的重点建设任务,开展关键信息技术自主创新,提升自主可控能力是提升水利数据安全保障能力的重要举措。本文通过对水利数字孪生系统进行成熟信创产品的选型测试,开展水利数字孪生系统信创软硬件适配策略研究,为水利数字孪生项目建设提供信创产品应用参考,提升水利数字孪生系统建设自主可控能力。

关键词:水利数字孪生;信创;软硬件适配;水利数据安全

引言

将数字孪生技术应用于国家智慧水利建设,是新阶段国家水利工程建设的重要内容,也是推动水利高质量发展的强大引擎。^[1]2021年,水利部党组对新阶段水利高质量发展提出了更高要求,把数字孪生水利工程建设作为实现“五利俱全”水利工程的六条实施路径之一进行决策部署,从流域建设、智能业务应用体系建设、网络安全建设、保障体系建设等方面制定了清晰的实施路径,形成数字孪生水利工程建设技术导则,对数字孪生水利工程建设进行了详细诠释和总体规划。

根据导则界定,数字孪生水利工程是以物理水利工程为单元、时空数据为底座、数据模型为核心、水利知识为驱动,对物理水利工程全要素和建设运行全过程进行数字映射、智能模拟、前瞻预演,实现对物理水利工程的实时监控、发现问题、优化调度的新型基础设施^[2]。数字孪生水利工程承载着对国家重大水利工程、重要大中型水库调度运行系统、防汛抗旱指挥系统和水资源信息监控、引调水工程运行调度信息库等关键信息基础设施的数字映射和自动化模拟,以及同水利工程相关的数据采集感知网络、信息传输网络、云存储等信息化基础设施。其自动化水平的提升必然将协同无可避免的安全风险。因此,对数字孪生水利工程的合理规划和建设,必须高度重视对系统安全风险的把控,规避潜在安全风险,搭建自主可靠的网络安全体系,是实现数字孪生水利工程平稳运行的重要建设内容^[3]。

根据中共中央、国务院对加快构建国家水网的重大战略部署,在《国家水网建设规划纲要》中明确提出构建“系统完备、安全可靠,集约高效、绿色智能,循环通畅、调控有序”的国家水网。2023年,水利部将推进自主产权关键技术研究及加快科技成果转化应用作为提升数字孪生水利建设保障能力的重点建设任务,开展关键

信息技术自主创新实践迫在眉睫。

按照长江委关于加快推进数字孪生长江试点建设的工作要求,由H集团参与的水利枢纽及水库群聚力开展流域数字孪生系统试点项目建设。该系统聚焦水利职能,深入整合流域范围内水利枢纽、电站及库区的相关水利要素信息,构建起流域水资源镜像化数字环境,实现流域防洪、供水安全的数字映射场景,智能模拟,并自动形成精准化自主决策。在项目建设过程中,项目团队积极探索适配水利数字孪生场景的信创落地可行性技术服务,重点聚焦基础设施及基础软件领域,应用我国已有信创生态链,对原有技术方案进行国产替代实践,探索水利数字孪生信创建设策略可行性。

1 水利数字孪生信创技术现状

1.1 水利数字孪生系统信息化基础设施

网络链接与信息化关键技术的自主可控,是数字孪生水利工程平稳运行的必要条件。水利数字孪生系统建设具有技术密集、技术难度大、技术要求高、专业性强等特点,在性能上对数据处理资源池及高性能计算集群均有高技术要求,需要密切保障模型高速计算和信息及时响应。目前,水利数字孪生建设领域的信创应用尚处于探索阶段,在对于通用软件或专业软件的应用方面,办公系统的自主化推进较为显著,对于公文编辑、OA、门户、邮箱、档案等在线化管理的软硬件基础设施实现全面替换,另一方面,对于较复杂的水利业务应用场景,以信创技术适配尚存在诸多问题,主要表现在场景支撑力不足,要求满足个性化需求、模型差异化、与行业现有软硬件的适配兼容及与软硬件厂商的业务整合等问题,如何满足水利业务人员进一步智能高效应用水利数字孪生系统是水利数字孪生信创策略重点研究问题。已有研究表明,聚焦网络架构、虚拟化技术、并行计算等关键技术,发展自主可控、信任度高的云原生高性能

计算能力,能够较好破解现有信息化应用算力“卡脖子”的难题。在此基础上,积极探索卫星遥感、DS-R1等人工智能新技术,坚持“需求牵引、数字赋能”,纵深推进算据、算法、算力建设,逐步将“自主可控”由办公自动化向水利智慧化拓展推进,重点推动数字孪生水利工程涉及的控制系统更新,逐步实现控制系统的全自主可控,解决系统不透明、漏洞隐患多、存在恶意外联甚至可被操纵破坏等痛点问题^[4]。

1.2 数字孪生水利工程信息安全风险

数字孪生水利工程是新阶段水利行业高质量发展的重要引擎,承载着大坝、水库、引调水等国家重要基础设施数据及水资源调配战略,具备较强的数据敏感性,数字孪生水利工程信息的泄露不仅可能导致国家水资源调配安全,影响灾害预警应急响应,甚至可能威胁国家安全,引发跨境河流数据争端,数字孪生水利工程的信息安全对行业发展及国家稳定具有重要意义。

信息化基础设施是数字孪生水利工程架构的底座,包括数据存储、算法计算、网络通信、安全防护等基础设施。在此基础上,深度利用物联网、人工智能、算法模型、知识图谱、5G通信等技术,从数据、算法、智慧应用场景等方面进行宏观建设,搭建起数据底板、模型库和知识库以及模拟仿真引擎,实现对水利枢纽、引调水、河道整治等实体水利工程物理架构及工程运行等生产要素的数字化映射和智能辅助决策,搭建数字可视化、管理智能化、精确完整的水利数字孪生应用平台。

将水利工程以数字孪生形式进行表达,通过梳理构建数据底板,汇聚地理空间数据、基础数据、监测数据、业务管理数据和外部共享数据,数据体量大,数据价值高,数字孪生系统是水利工程数据流动的“血管”,系统在互联网的支撑下,通过云进行数据虚拟化通信、交互和存储,打通了智慧水利所需的数据流动,因此,数字孪生水利工程既面临着传统的网络安全风险,又面临着网络安全技术防护风险。数字孪生平台通过如何进行合理配置和设计,关乎水利工程重要数据的安全保障^[5]。

1.3 水利数字孪生信创应用

在“十四五”规划和《数字中国建设整体布局规划》对数字基础设施进行系统布局背景下,国家高度重视信息技术应用创新(简称“信创”)产业发展,实现对关键基础设施的网络安全保护。

信创是我国破除技术壁垒,完成信息技术自立自强的“必经之道”,对维护国家数据信息安全和实现经济独立自主具有举足轻重的意义。信创的本质是以信息技

术创新为驱动,实现涉及网络基础设施、信息系统、数据产品、智能应用等技术软硬件国产化、底层架构自主开发,从而获得对信息工程全周期生态体系的有效把控,解决“卡脖子”技术问题,为未来信息技术发展奠定坚实基础^[6]。

当前,国内网络安全“新基建”正在稳步推行,实现多数涉及网络基础设施、信息系统、数据产品、智能应用等技术软硬件的“自主可用”,并逐步建立拥有自主知识产权的国产信息技术体系生态。诸多国产芯片、国产操作系统、数据库等基础软件产品,如申威、飞腾、龙芯、鲲鹏等已达到自主可控的评价标准,正在从“可用”向“好用”发展,并已在众多重要领域和重大项目中获得成功应用。未来,自主可控测评将逐步制度化,并顺应客观形势的需求继续完善^[7]。

2 水利数字孪生信创产品选型测试要求

数字孪生水利工程网络安全治理的目标是保障业务不中断、数据不出事、合规不踩线。因此,水利数字孪生信创建设的目标是建立起符合信创要求的自主可控和安全的技术底座与技术体系,并基于这样的技术底座和技术体系实现水利数字孪生系统“升级替代”和数字化创新与转型。

(1) 系统稳定性要求:支持集群部署,保证应用集群中任意一台宕机后,应用可继续对外提供服务;任意一台机器中服务终止,应用可继续对外提供服务。

(2) 安全性要求:充分考虑整个系统运行的安全策略和机制,保障系统安全、稳定、高效的运行,保证用户敏感数据在传输、存储过程中的保密性;系统须具有严谨且灵活的权限管理与校验机制,能够满足各类数据应用的权限需求。

(3) 可扩展性和开放性要求:系统设计需考虑扩展性,包括系统的扩展性和应用的扩展性,系统的扩展性包括系统应用节点的扩展性;应用扩展性主要为应用框架的扩展性,便于后续其他功能集成与扩展。

(4) 性能要求:要求系统响应时间在3秒以内。

3 水利数字孪生信创策略

为确保该流域数字孪生系统稳定高效运行,满足水利部在数字孪生流域建设先行先试任务中关于保障项目国产化应用的技术要求,项目组根据采购方案需求,全面梳理了行业内先进成熟的国产化软硬件产品,逐一开展了国产化软硬件测试工作,以确保配置方案在满足系统运行要求基础上,进一步提升项目软硬件国产化应用程度。

(1) 终端替换。基础设施层的计算、存储、网络及

网络安全、数据中心配套设施和办公周边外设等各类终端设备是基础软件及应用软件的载体,终端替换是推动信创建设工作的重要切入点。系统应用了银河麒麟高级服务器操作系统V10。银河麒麟嵌入式操作系统V10是面向物联网及工业互联网场景的安全实时嵌入式操作系统,具备信息安全、多域隔离、云边端协同、多样性算力支持等特点,可满足嵌入式场景对操作系统小型化、可靠性、安全性、实时性、互联性的需求。系统V10版本以Linux为基础,采用“分域虚拟化+多域隔离”的架构,通过实时和非实时操作系统的混合部署,兼得Linux的富生态和RTOS的硬实时,实现流域数字孪生系统对物联网及工业互联网应用的泛化支持。

(2) 基础软件替换。系统数据库采用了达梦数据库企业版本(DM Database Enterprise Edition(企业版)),达梦数据库管理系统是达梦公司推出的具有完全自主知识产权的高性能数据库管理系统,采用全新的体系架构,在保证大型通用的基础上,针对可靠性、高性能、海量数据处理和安全性做了大量的研发和改进工作,提升了产品的性能、可靠性、可扩展性。此外,系统还应用了国产3D CAT 管理软件、超图地理信息系统Iserver+Idesktop系统、东方通负载均衡TongHttpServer V6.0软件、东方通分布式数据缓存中间件TongRDSV2.2软件(企业版)等成熟的国产化软件,及全面兼容龙芯、飞腾、鲲鹏、海光、兆芯等芯片架构的服务器虚拟化软件,提供虚拟机的创建、开关机、暂停、重启、休眠、删除、克隆、快照、备份、迁移、导出等资源生命全周期管理,提供HA高可用、DRS资源动态调整、监控等企业级虚拟化功能,满足系统业务需求。

(3) 高性能服务器集群替换。为满足多用户云渲染并发使用的业务需求,系统采用了分布式存储技术,支持GIS、高分辨率卫星遥感影像、视频、音频、图片、文档等各类型数据的高速存储和读取,并有效确保数据安全。根据系统运行和维护需要,采用了新华三H3C服务器、新华三H3C管理交换机、新华三H3C业务数据交换机,搭建服务器集群,为流域数字孪生平台运行提供必

要的基础支撑环境。

4 适配成果

该流域数字孪生系统在信创环境运行下,对系统功能性、性能效率、兼容性、易用性、可靠性、信息安全性、维护性、可移植性进行了充分运行测试,测试结果显示,系统稳定性、安全性、可扩展性和开放性方面均较好满足了系统运行要求,其中,系统执行其功能时,系统打开界面单用户平均事务响应时间为0.161秒,处理时间及吞吐率满足小于3秒的应用需求;软件支持Google Chrome120.0.6099.110和MicrosoftEdge 120.0.2210.61等主流浏览器,在与杀毒软件或文本编辑器等其他产品共享通用的环境和资源条件下,产品能够有效执行其所需的功能并且不会对其他产品造成负面影响。系统在8小时正常运行情况下,未出现明显故障、死机或失效。

结论

经测试发现,银河麒麟高级服务器操作系统V10、达梦数据库、新华三服务器、国产3D CAT管理软件、超图地理信息系统、东方通负载均衡软件、东方通分布式数据缓存中间件软件等国产化软件可以完全实现对国外软件的替代、支撑系统稳定运行。

参考文献

- [1]. 王超,李韡,陈竹青.国家水网智能调度总体框架与关键问题认识和思考[J].中国水利,2025,(03):1-13.
- [2]. 中华人民共和国水利部.数字孪生水利工程建设技术导则[A].北京:水利部信息中心,2022:4.
- [3]. 詹全忠,陈真玄,张潮,邹希.《数字孪生水利工程建设技术导则(试行)》解析[J].水利信息化,2022(04):1-5.
- [4]. 张潮.数字孪生水利建设中筑牢数字安全屏障的思考[J].中国水利,2024(07):62-66.
- [5]. 徐波,王昕.数字孪生水利工程网络安全风险分析和保障体系[J].人民长江,2023,54(11):242-250.
- [6]. 张钧.信创背景下的港口信息基础设施国产化替代策略[J].水运管理,2024,46(06):24-28.
- [7]. 倪光南.自主可控是网络安全的“基石”[J].中国科技奖励,2020(07):6-7.