

论数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用

李海奔

浙江大禹信息技术有限公司, 浙江 杭州 310002

[摘要] 近些年, 随着国民经济发展与社会进步, 构建智慧水利工程已经成为必然。而数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用可以较好延长水利工程各项基础设施的服役年限, 同时优化配置水利工程资源, 增强水利工程管理的现代化、智能化性能。基于此, 本篇文章简介了数字孪生技术的内涵和目前我国水利工程运行管理中存在的问题, 分析了数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用特征与应用方向, 指出了具体应用, 以供相关人员参考。

[关键词] 数字孪生技术; 水利工程运行管理; 应用特征; 方向; 具体应用

DOI: 10.33142/hst.v7i7.12876

中图分类号: TV698

文献标识码: A

Discussion on Application of Digital Twin Technology in the Operation and Management of Water Conservancy Projects

LI Haiben

Zhejiang Dayu Information Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310002, China

Abstract: In recent years, with the development of the national economy and social progress, building smart water conservancy projects has become inevitable. The application of digital twin technology in water conservancy project operation and management can effectively extend the service life of various infrastructure of water conservancy projects, optimize the allocation of water conservancy project resources, and enhance the modernization and intelligence performance of water conservancy project management. Based on this, this article briefly introduces the connotation of digital twin technology and the problems currently existing in Chinese water conservancy project operation and management, analyzes the application characteristics and directions of digital twin technology in water conservancy project operation and management, and points out specific applications for reference by personnel.

Keywords: digital twin technology; water conservancy engineering operation management; application features; direction; specific application

水利工程是关系到我国国计民生, 具有蓄水、防洪、抗灾、灌溉等强大综合功能的惠民性工程。将先进数字孪生技术应用到水利工程运行管理中, 本质就是将水利工程建设、运行维护和检测维修等不同环节工作与现代信息手段密切结合, 增强水利工程管理资源的节约性和运行的可靠性。同时明显提高水利工程项目的现代化管理水平, 充分发挥水利工程利国利民的重要作用。不断研究数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用具有深刻的现实意义。

1 数字孪生技术的内涵

数字孪生技术又被称为数字镜像技术与数字映射技术, 最早由美国航空航天局在 2011 年提出。主要是利用物理模型, 传感器更新以及运行历史等参考数据, 在虚拟信息空间展开对物理实体的映射, 充分呈现对应实体装备的全生命周期过程。

作为一种将现实物理世界和虚拟空间数据实时交互, 有机融合的数字化手段, 数字孪生技术的基本原理就是借助在物理空间中安置的较多传感器, 构建一个同物理实体性能高度一致的信息化、动态化物理仿真模型(即克隆孪生体), 建立相应的数字映射系统。在具体体系架构中, 相关映射系统对象并非独立存在, 而是相互依赖, 紧密联

系, 共同形成一种超现实空间的虚拟化建模概念^[1]。

而数字孪生水利工程则主要以水利工程为物理单元, 围绕数字模型这个中心, 利用专业水利知识, 数字映射与智能模拟物理水利工程的各要素与施工运行全过程。通过与物理水利工程的同步仿真运行, 虚实交互连接, 实现对物理水利工程的全面实时监控, 及早发现物理水利工程运行管理中的潜在问题, 不断优化物理水利工程管理资源与管理效果。

2 水利工程运行管理中存在的问题

2.1 管理内容复杂

水利工程运行管理的内容繁多而复杂。比如常见的水利工程检测观测、定期养护维修、闸门启动关闭, 堤防管理、灌溉工程管理等, 都属于水利工程运行管理范畴。而且由于水利工程类型的差异, 具体的管理特点也明显不同。这就需要工作人员在水利工程运行管理中, 充分结合外界环境因素与水利工程自身特点, 不断改进管理形式与管理方法。

2.2 管理难度大

水利工程大多属于规模大、建设周期长, 具有防洪、灌溉、抗旱、发电等多种基本功能的综合性工程。工程管理整体技术要求高, 系统性强。且由于不同区域、不同行

业与不同部门的用水需求差异,水利工程运行管理中还需要充分协调各方关系,有效解决各方利益冲突,实践管理难度比较大。需要工作人员采用科学适宜的运行管理机制,制定整体管理规划,合理调配水利工程中的水资源,满足各方用水需求,实现水利工程经济效益与社会效益的统一^[2]。

2.3 运行管理水平低

虽然目前自动化技术、现代信息技术、物联网技术、仿真技术、智能技术等已经被广泛应用到水利工程运行管理中,有效拓展了水利工程的信息化管理范围,加快了水利工程信息化建设步伐,较好推动了我国水利工程的数字化、现代化、智能化发展。但就水利工程的整体运行管理情况而言,运行管理水平仍然偏低,存在一些缺陷。一方面,各地区水利信息化基础设施并不完善,很难在第一时间获取比较精准的水利工程信息。另一方面,水利数据信息共享困难。目前我国的水利数据整合水平不高,且不同管理部门所采集的水利资源数据存在较大差异,不利于构建统一的水利信息资源共享体制,实现水利信息数据的有效利用。此外,水利工程运行管理制度不完善,目前的相关规章制度,很难科学指导水资源的具体调度工作,严重阻碍水资源的合理配置。

2 数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用特征

2.1 数据集成性

数字孪生技术可在水利工程运行管理中的应用主要是利用计算机终端设备构建立体化模型,同时借助自动感知技术与智能化推理手段确保良好的运用效果。这样就能够切实增强水利工程运行管理过程中的数据集成性,促使水利工程运行管理工作能够打破时空限制,密切融合与充分呈现出多种来源、多种特点性质以及多种格式的数据信息。将真实的历史数据与真实的当下数据资源高度集成,科学预测水利工程未来的运行状况。

2.2 全息可视性

将数字孪生技术应用于水利工程建设及运行管理中,可以基于多种先进技术,采用全机交互的新模式,有效叠加虚拟现实和物理场景,实现对物理实体相关特征的精准表达,增强水利工程建设与运行管理全过程的可视性。即基于物理世界与虚拟数字模型一致原则,借助现代智能技术展开数据深度挖掘、积累,构建一种虚实互动的协调映射情境,深入分析相关数据信息,有效解决水利工程运行管理中的各种真实问题。特别是在工作条件恶劣、风险因素较高的工作环境中,数字孪生手段能够直接取代人工现场勘察,在一种高仿真全息孪生工作场景内展开相应管理工作,并能够全面监控水利工程运行状况,实时了解水利工程运行数据,确保水利工程安全、高效运行^[3]。

2.3 业务融合性

将数字孪生技术应用于水利工程运行管理中,能够有效打破不同部门、不同行业、不同等级的管理业务壁垒,

借助政务云、大数据技术以及云计算技术,加强同水利工程相关的各项业务融合。并通过创建集水利信息数据、管理知识、应用模型等多种资源于一体的可视化服务平台,展开水利工程安全智能分析预警、生产运营管理、日常管理维护以及防洪智能调度等多项业务。

3 数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用方向

3.1 辅助水利工程运行管理

我国水利工程项目数量众多,因为工程类型、运行环境以及工程主要功能存在差异,不同水利工程在运行管理方面也各具特点。在实践管理过程中,需要工作人员参照水利工程的主要社会职责针对性调度运用。

在具体管理中,因为水利工程具有农田灌溉、蓄洪抗灾、抗旱、发电等多种综合作用,不同水利工程对水资源的要求也存在区别。所以水利工程管理部门工作人员需要及早创建完善的水利工程运行管理机制,科学统筹各种水利工程运行工作。依据水利工程项目自身运行特征,采用数字孪生技术,展开数字孪生模拟,构建相关管理任务。通过深入分析各种模拟数据,全面掌握水利工程运行情况,及早发现和有效解决水利工程潜在的运行问题,充分实现水利工程与水资源的最大效能^[4]。

3.2 助力水利工程维护体系建设

水利工程的日常管理与维护任务比较复杂而繁重,一旦工作人员疏忽大意,就有可能留下巨大安全隐患,造成难以挽回的重大损失。所以工作人员可以充分利用数字孪生技术,采集水利工程实时监测数据。并基于历史数据,架构相应的数字模型,深入分析相关水利设施、设备运行状况。依据水利工程相关设施、设备的具体运行状态,采取针对性解决措施。既提高了水利工程的维护水平与维护效率,又减少了水利工程养护过程中的人力资源投入与物力资源投入,十分有助于推进水利工程的精细化管理。

3.3 加快水情监测体系的构建

在水利工程运行管理中,水情监测的主要目的就是详细掌握不同区域的水资源分布状况,明晰上游降水规律。采用先进技术展开科学分析与进一步验证,促进水资源的保护性开发与可持续利用。而数字孪生技术在水利工程运行管理中的有效应用能够为各地区水情监测工作提供先进技术支持与可靠信息参考。

一方面,工作人员可以借助水情监测,充分了解当地的洪涝状况与干旱信息,针对性制定解决方案,工作人员基于智能应用平台,采用孪生信息技术,可以精准掌握当地水情数据,孪生模拟防汛度汛、水资源调度运行等工作,高效调度区域内水资源。有效减少洪涝灾或干旱灾害引起的各种损失,切实解决区域内水资源分布不均匀问题。另一方面,工作人员通过实时监测水利工程运行状态,能够深入分析水情,更精准掌握当地水资源运行规律。同时科学预测

洪涝、干旱等自然灾害的发生时间、波及范围与相应影响。主动规避可能出现的自然灾害,全生命周期管理水利工程运行状态,提升水利工程运行管理水平和水资源利用率。

3.4 促进水资源保护

在水利工程运行管理中,确保水资源绿色清洁,避免多种因素造成的水污染问题,推动水资源生态化、节约化、均衡化发展至关重要。所以在进行水资源开发利用时,相关部门与工作人员必须基于可持续利用原则,采用大数据、人工智能技术以及云计算技术等数字手段,有效降低水资源损耗,较好满足社会各领域用水需求^[5]。

4 数字孪生技术在水利工程运行管理中的具体应用

4.1 智能模拟规划状态中的水利工程

水利工程建设的的主要目的是适度改变各地区的地表径流与水文状况,合理调配水资源,解决区域内的水资源分布不均匀、突发洪涝灾害等问题,充分满足区域内的农田灌溉需求与水力发电需求。

在规划设计大型水利工程时,一方面,工作人员可以基于相关物联感知设备,采用数据采集技术,模型分析技术等,结合多种异构关键数据,有效应用数字孪生分层分支嵌套技术,全要素数字映射水利工程对当地水文环境、土壤结构、区域生态环境等的多种影响。并智能模拟水利工程竣工后的运行状态,前瞻性预演水利工程储水、防洪、灌溉、发电功能。以便深入了解规划中的水利工程未来对地域生态环境的综合影响,制定最优工程设计方案,确保水利工程的良好生态效益。另一方面,工作人员还应该同步仿真模拟水利工程周边配套项目的设计与施工,不断提高水利工程规划方案的科学性,避免水利工程建设成后对周边环境产生巨大不良影响^[6]。

4.2 全过程管理在建设水利工程项目

在水利工程施工期间,工作人员可以基于全生命周期管理模式,采用数字化技术,有效确保水利工程施工安全与建设质量达标。一方面,工作人员可以对施工现场的人、物以及施工环境等物理实体展开高精度、仿真性同步映射。充分利用现代化灵境技术(比如AR、VR、MR等),完成建设管理、安全监测以及施工文档管理等工作,全过程监管水利工程建设期间的人力资源、机械设备、施工材料等建设要素,充分保障工程建设安全。另一方面,工作人员还可以将先进的传感设备、人工智能设备以及虚拟现实设备植入施工现场的人、机、物、料中,成功构成一个施工“物联网”,并有机连接“互联网”,实现水利工程施工管理中人与施工现场的高度结合。采用更智慧,更先进方法调整水利工程施工期间各部门与相关工作人员的交互方法,切实增强整个水利工程施工管理效率与施工管理质量。

此外,工作人员还可以基于虚拟现实环境,对相关工

程信息数据进行深度挖掘与科学分析。明晰水利工程建设的主要趋势,有效预测建设过程中潜在的问题。并提前制定相关处理预案,推动施工问题的高效处理。进而提高水利工程施工的智能化管理水平,实现水利工程的低碳环保建设^[7]。

4.3 智慧化管理竣工水利工程

智慧水利工程是水利工程高质量发展的显著标志。而将数字孪生技术应用于水利工程运行管理过程中,通过创建水情、雨情等水利工程运行数据共享平台与共治机制,可以实现水利工程水资源调度、大坝安全监测、日常维护管理以及电力生产等多项业务的集成和融合。有效构建具有良好“预报、预警、预演、预案”四预功能的智慧化水利工程,充分发挥水利工程的防洪、减灾、水资源调度作用。在自然灾害来临前,主动采取规避措施,防患于未然,最大化减少自然灾害对当地人民生活与经济发展的不良影响^[8]。

5 结语

总之,数字孪生技术作为一种将现实物理世界和虚拟空间数据实时交互,有机融合的先进技术手段在水利工程运行管理中的应用意义重大。不但可以高精度模拟水利工程运行管理过程,辅助水利工程全生命周期管理和智慧化管理工作,还可以构建科学的水情监测体系,促进水资源保护。多方面提高水利工程运行管理质量,推动我国水利工程的绿色化、节约化、智能化、生态化发展。

[参考文献]

- [1]孙伟.数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用[J].山西水利,2023,39(5):51-53.
 - [2]郑子斌.数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用[J].数字化用户,2024(4):75-76.
 - [3]吴根仙.数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用研究[J].数字化用户,2024(3):15-16.
 - [4]胡明明,郑云,孟海南.研究数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用[J].国际援助,2022(31):138-140.
 - [5]申振,姜爽,聂麟童.数字孪生技术在水利工程运行管理中的分析与探索[J].东北水利水电,2022,40(8):62-65.
 - [6]彭金波.浅谈数字孪生技术在水利工程运行管理中的现状分析与前景展望[J].城市建设理论研究(电子版),2022(33):166-168.
 - [7]方超群.水利工程数字孪生技术研究[J].建筑工程技术与设计,2023,11(26):145-147.
 - [8]吕海乐,朱小霞.数字孪生技术在某水利工程的应用研究[J].中国战略新兴产业,2023(18):134-136.
- 作者简介:李海奔(1990.11—),男,毕业院校:山东农业大学,所学专业:水利工程,当前就职单位:浙江大禹信息技术有限公司,职务:所长,职称级别:中级。