

水利工程数字孪生技术研究与探索

孙迪武

绍兴市汤浦水库有限公司 浙江 绍兴 312364

摘要: 数字孪生作为现实物理环境与虚拟世界之间信息互动、整合的一个有效手段,受到人们普遍的关注与重视。利用数字双胞胎技术,对数字双胞胎与水利运营管理的技术结合研究,形成水利运营的数学双胞胎体系,可以提高水利的数据系统认知水平、深度研究水平、科学决策水平和有效实施水平,提升水利的现代化运营水平。

关键词: 水利工程; 数字孪生技术; 应用研究

引言: 随着互联网技术与信息技术水平的不断提高与完善,云计算技术和建模仿真等新技术也相继问世,并在各个领域中得到迅速合理运用,目前,我们已经对水利工程的服务品质有了更多要求,为提高水利运营的稳定性和可靠性,也为实现对自然资源的可持续使用,正不断推动着水利运营与管理系统的数字化、智能化建设。由于在水利工程运营技术上科学性的运用了孪生技术可以有效的理解和把握水利项目建设的真实情况,进而提升水利运维能力,所以,有关人员将进一步探讨水利运营的数据双胞胎系统建设。

1 数字孪生概述

所谓数字孪生,即在一个数据的现实社会“物理实体”的基础上,创造一个数字版的“虚拟模型”城市,而所谓信息双胞胎城市则是指通过信息的双胞胎网络技术,在网络空间上建立一种数据和现实社会物理世界充分融合的信息孪生城,并以数据为依据,对城市的建设做出了经营、决定。今天的计算能力已经超过了能够将整座城市,而不仅仅是工厂,还有整个我们的工业集群,全部架到了这个数字空间里的水平,并且许多城市都早已进行了数据双胞胎城的设计^[1]。通过对城市信息建模以及叠加到模型上的多元信息整合,可以形成精准、生动、可视化的数据双胞胎城大脑,并且通过智能计算、模型仿真,洞察了人类所不能发现的城市复杂运行机制、环境与城市问题间的交互关联、对城市自生隐性秩序的影响机理等,提供了城市全局的最优方案,进而解决了城市交通中各种顽疾,并形成了城市全局的统筹调度与协同机制。采用了智能大屏、城市仪表盘、企业领导驾驶舱、大数据沙盘、立体投影等手段,以一幅幅图片全面呈现了城市的各方面综合运行状况,同时也通过对各种主题进行分类展示,让企业的决策层、管理人员、以及普通用户可以从多个角度观察和感受城市的情况,了解城市发展规律。

2 水利工程数字孪生技术的架构设计

水利工程数字孪生技术就基本部分而言,大致包括二方面,物理体与虚拟体。物理实体是水利工程的真实工作形态的虚体,物理实体提交水利工程的真实工作情况给虚拟体,然后虚拟体再以物理实体的真实情况为初始条件以及边界约束条件,进行决策模拟仿真。而经过决策模拟验证后的管理运行方案,就会反映给物理实体的自动化管理系统,以便进行对物理实体(如闸、泵等设备)的管理运行。

物理实体从广义上讲分为数字化体系和数字质量管理体系。自动化监控技术主要分为气闸泵监测、水情监控、建筑安全监控、空气质量检测等技术。物理实体的状态数据主要来自于智能化网络的监控采集数据,但因为传感器异常、网络失效等问题,过程中通常都会发生监控采集数据的异常,使得即使监控采集数据正确也无法表达物理体的真正状况资料,这就会造成对虚体的判断误差^[2]。所以,物理实体也应该包括专业的数字内容管理,可以对异常信息进行过滤、清除,并可以进行人机交互的信息修正工作。

虚拟体在广义上来说,就是数字模型的决策方法。数字模式主要分为产汇流模式、河网水动模式、水质模拟等,还有黑盒模式,包括神经网络模拟、时间序列模拟等。不过,仅用数字模式并不够支持对工程的调度决策,所以对于虚拟体而言,也需要有决策计算机的支持。

3 数字孪生技术应用于水利工程运行管理的意义

物联网、云计算、大数据分析等多种先进信息技术的引入,以及聚类分析、机器学习等设计方法的广泛应用,促进了孪生体设计理论研发和应用多元化发展,其实际应用范围已由设计领域扩展至生产制造和运营控制等领域。水利工程运营和管理工作中,必须同时进行一系列活动,包括维修、预警、调度、监控信息,水利的现代化也对水利信息规模有较高需求,要细致、全面规

划主体信息的收集、传递、使用等事项^[3]。为确保规划施工的持续、有序实施,还需要建立水利工程数据模型,动态模拟工程的各种情况,同时进行动态整合工程物理实体和信息空间数据信息,以确保水利工程在长寿命运营和控制过程中,各种数据信息的即时收集、保存、发布和共享。由此可见,数字孪生的概念和水利工程数字化建设有更多共同点,并在信息技术的支持下,进行水利精细化控制。

4 数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用研究

4.1 对水利工程数字孪生技术的理解

在信息工程应用领域,数字孪生技术并不是一项崭新的技术,它作为技术模拟和仿真技术的主要方式,它在物联网技术中提供了方便的和安全数据传输功能、大数据处理技术中提供了海量信息的计算功能、在云计算技术中提供了巨大的能力、人工智能研究带来了人类巨大的推理能力的新语境下,系统模型和仿真等应用技术蓬勃发展的一个时代。数据双胞胎技术利用数字化的方法构造出一种和物理世界类似的虚拟体,以此完成对物理实体的认识、研究、检测、调整、管理决策。就运维中的水利工程数据双胞胎技术而言,信息化技术展示了工程的运行状况数据,比如闸阀的情况、气象水情数据、结构应力应变数据、水质情况等,这些数据在一定程度上,反应了真实世界中的工程的运作情况。而根据实际工程中的建筑设计数据,比如水工结构设计图、水闸泵站构造设计图,通过运用典型的水文、水利、水质分析理论,可在计算机中搭建物理实体对应的虚拟体^[4]。而通过虚拟体,可对物理实体的变化规律进行预测,并验证、优选调度等运行决策。

4.2 强化数据整合,促进信息共享

利用数据双胞胎技术,将水利管理运行、施工维修保养、工程调度管理、生产安全管理、科技档案管理等在水利数据双胞胎体上进行了信息映射,并以水利数据双胞胎体为关键信息源,对管理运动进中的状态、活动、物理参数等信息实施控制,以达到对水利运营管理整个生命周期的有效协同^[5]。水利工程数据孪生体记录了任务从设计到实施再到完成的全过程,对工作中的所有环节都可以实现的可视化显示,既可以协助工程管理人员更有效的控制、完善水利的控制流程,也可以对整个水利工程业务范围的主体及信息资源收集、管理、传递与使用过程进行全面规划,并最终通过统一的信息资源管理服务平台,给用户提供更加便捷、可靠的信息服务。

4.3 助力运行管理和工程维护体系建设

水利工程的建筑形式不同,工作条件与实现能力又

各有不同,但是在运营管理方面都有其各自优势,并按照其具体承担的社会使命灵活的调配使用。这项工程可能兼具了防汛和度汛、发电与供水、农田灌溉、城乡供水以及改善条件等多种的功能,有很大的综合性,各种水利工程因对水资源的需求不同,既相互配合而又互相干扰^[6]。所以,要形成有效的水利运营机制来实现统筹管理,使得有限的自然资源尽可能地发挥最大作用。水利运营的组织根据水利自身的特点,从数字孪生虚拟体上仿真各项运行工作的进行,通过解析仿真运行资料,准确了解运营过程的各项状况,揭示项目运营不足与困难^[3]。同时,根据外部环境情况,对运营工作进行有效的进行,实时监控工程运营安全,实现水利工程的智能化运营。

水利工程的维修作业是一个极其重要而工作量繁多的日常工作,需要保质保量的进行,如果疏忽大意会造成难以收回的经济损失。运营维护中要保证足够的经费和装备,确保所有维修任务圆满完成。但是,因为水利工程信息化体系尚未健全,信息资料收集功能尚且欠缺,使得水利工程的维护运行责任大、复杂度高、工作效率低下。数字孪生科技在水利工程系统的维修保养运行中,通过收集信息安全检测资料、数字孪生信息,并以历史数据为基础、以数据模型为框架对水利工程施工设备问题加以大数据分析,从而提出正确的解决办法,这样既能提升工程维护能力,也能极大地提高生产效率,并利用信息数据对问题和事故进行快速反应,从而大大减少了水利运营管理单位的人力、物力、财力投资,使水库运行的维修保养科学化、高效化控制,确保了水利工程的安全平稳运转。

4.4 为建设流域水情监测体系提供支持

数字孪生技术也为水情监控业务提供了有效的数据提供与支持。水情调查的任务之一就是了解水资源分配状况和上游降水变化规律的数据,经过研究验证进而实现水资源可持续发展应用。土壤条件的收集整理对于“防汛抗旱”项目的研究作用很大,通过水情监测及早掌握洪涝及早情情况,可以提前制定“防汛抗旱”的工作计划,并实现更有效的水资源调节^[1]。同时,经过系统分析和了解土壤条件,可以掌握当地的自然资源运行变化规律,预报洪旱灾害的时机和带来的风险与效果,达到预报、预警、预演、预案作用,提升自然资源的科学管理与使用能力。

在以往的水文、水利、环境模型等建模的关键数据上,因为技术条件不够,所无法掌握或得到的建模信息也不准确,但仍可利用历史数据等有关行业标准以及系统的深度学习方法进行替代。这个数据在长时间的积累

中,主要针对一些频发的,可以做出体验性评估,也达到很高的目标。但是深度学习模型存在其本身问题,针对曾经发生过的现象,在现有的知识数据学习效果良好的前提下,就能够控制突发现象,但一旦新发现的情况超出了经验信息范围时,所得出的结论就不能有效把控制,也就不能对流域内的水情过程进行精确预测。

数字孪生技术通过智能应用平台,能够准确掌握水情数据,针对防洪度汛、调节方案进行了模拟预演并编制出了最优计划,以协调实施对流域内水利工程的调节,以缓解水资源分布不均现象^[2]。对水利的运营状态进行全面监控,对可能发生的事件进行合理规避并实施事故预测,以达到对水利运营管理的有效分析与管理。通过数字孪生技术利用卫星导航定位系统、卫星测高等信息技术实现三维动态分析,使水资源数据的测量更宏观、更完整、实施数字孪生流域工程,使各项工程协调配套,综合发力,推动形成一体化数字信息土壤条件检测系统。

4.5 提升水利工程运行中水资源科学管理水平

在工程的运营阶段,应进行水资源调查研究,并采取水资源的合理分配以及发电机组合理调整、建设扩容等方式发掘其节水潜力,以降低对水资源的消耗与损失。同时,加强对水库勘察,以及时发现水库安全隐患和饮用水短缺情况,同时对涉及水利有效运营管理的有关事项处理,提高水利运营管理工作的效率和运行品质^[3]。为此,必须实施水质精细化管理,根据出现的不同现象,确定水资源的利用标准和节水指标,促进生产效益、自然资源效率进一步提高,水利运行制度更为有效、更为科学合理。

水利的运营活动中自然资源的调节主要依靠规章、规范和传统方法,不能实现资源分配的最大化,运营成本相应增加。数字孪生水利工程建设主要是以稳定调度、有效调节等为基础,而以算据、算法、算力建设为基础,实施有效调度精细化建模,从而最大限度提升流域的水资源效益^[4]。而在有效调度的过程中,水利工

程、水利系统设备状况以及水情数据信息,会真实的反馈到数据双胞胎信息系统中,软件系统采用大数据形式的综合运算,通过信息整合与运算,根据真实的防洪库容状况、水库实际水位、进入出库等数据,精准决策与分析,从而实现了一个孪生虚拟体和实体工程间的衔接性、交互性,对水资源调节方案做出正确分析与决策,从而实现了有效数据支持。通过运行模拟后,可以将最优设计结果传递给水利工程内的物理实体,并以此不断优化迭代调整、同频同步融合,完成了流域的防汛和度汛、发电供水、农田灌溉、城乡给排水和生产生活条件等重要自然资源的合理运用和社会资源配置的全面调整。

结语

综上所述,水利工程作为国民经济发展基础设施,对于管理的多变性、复杂性问题,可应用数字孪生技术构建运行管理体系,全过程监管水利工程运行,从而为统一调度、管理决策提供支持,推动水利工程发展。

参考文献

- [1]张凤.数字孪生技术在水利水电工程地质的应用分析[J].商品与质量,2021(21):389.
- [2]蒋亚东,石焱文.数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用[J].科技通报,2019,35(11):5-9.
- [3]石焱文,蔡钟瑶.基于数字孪生技术的水利工程运行管理体系构建[C]2019(第七届)中国水利信息化技术论坛.2019.
- [4]刘占省,邢泽众,黄春,杜修力.装配式建筑施工过程数字孪生建模方法[J].建筑结构学报,2021,42(07):213-222.
- [5]李晓波.基于高架快速路施工的BIM技术及数字孪生应用探索[J].土木建筑工程信息技术,2021,13(02):132-138.
- [6]唐文虎,陈星宇,钱瞳,刘刚,李梦诗,李立涅.面向智慧能源系统的数字孪生技术及其应用[J].中国工程科学,2020:1-160.