

数字孪生技术在水库防洪调度中的应用

张金堂

新疆乌鲁瓦提水利枢纽管理局

DOI:10.12238/hwr.v8i7.5620

[摘要] 洪水作为常见的自然灾害,其对于社会经济、民众生命财产安全等方面的威胁非常大,而水库作为水工建筑防洪调度的重要设施,其安全可靠运行有助于当地社会和谐稳定以及促进当地经济发展。并且基于水库功能诸多的优势(比如防洪调度、水力发电、农田灌溉、水产养殖等方面),因此必须充分利用先进技术以提升水库运行管理水平。随着人工智能与虚拟现实等技术的全方位进步,促进了现代信息技术的快速发展,使得数字孪生技术应用变得日趋广泛,比如在水库防洪调度中应用数字孪生技术。并且由于数字孪生技术具有“先行先试”(先进行仿真,然后在现实中试用)优势,使其在相关决策中的试错成本得到有效减少。而把数字孪生技术应用于水库防洪调度中,有助于提升水库防洪调度的智能化水平以及保障水库安全运行。然而在实际的水库防洪调度过程中,由于影响因素多,增加了水库防洪调度的困难度,因此为了确保水库防洪调度的科学合理,需要充分应用数字孪生技术的相关功能来保障水库防洪调度工作的顺利开展,以达到防洪目的。

[关键词] 数字孪生技术; 水库防洪调度; 原则; 应用; 重要性; 要点; 措施

中图分类号: TV62 文献标识码: A

The application of digital twin technology in reservoir flood control operation

Jintang Zhang

Xinjiang Uruwati Water Conservancy Hub Management Bureau

[Abstract] Floods, as a common natural disaster, pose a great threat to social and economic safety, as well as the safety of people's lives and property. As an important facility for flood control scheduling in hydraulic structures, the safe and reliable operation of reservoirs can contribute to local social harmony and stability, as well as promote local economic development. And based on the many advantages of reservoir functions (such as flood control scheduling, hydropower generation, farmland irrigation, aquaculture, etc.), it is necessary to fully utilize advanced technology to improve the level of reservoir operation and management. With the comprehensive progress of artificial intelligence and virtual reality technologies, the rapid development of modern information technology has been promoted, making the application of digital twin technology increasingly widespread, such as in reservoir flood control scheduling. And due to the advantage of "trial and error" (simulation first, then trial in reality) of digital twin technology, its trial and error costs in relevant decision-making are effectively reduced. Applying digital twin technology to reservoir flood control scheduling can help improve the intelligence level of reservoir flood control scheduling and ensure the safe operation of the reservoir. However, in the actual process of reservoir flood control scheduling, due to multiple influencing factors, the difficulty of reservoir flood control scheduling has increased. Therefore, in order to ensure the scientific and reasonable flood control scheduling of reservoirs, it is necessary to fully apply the relevant functions of digital twin technology to ensure the smooth progress of reservoir flood control scheduling work and achieve flood control objectives.

[Key words] Digital twin technology; Reservoir flood control scheduling; Principles; Application; Importance; Key points; measure

水库是防洪抗旱的主要水工建筑,并且在防洪调度、水力发电、农田灌溉、水产养殖等方面也发挥着重要价值,所以需要充

分运用先进技术来加强水库运行管理。传统水库防洪调度形式一般是通过统筹的调度形式(比如集中调度和区域协调调度、上

下游配合调度等),同时应用相关技术(比如洪水预警与监测技术等)来了解洪水实际,为水库防洪调度提供数据参考,以达到水库科学防洪调度目的。随着人工智能与虚拟现实等技术的全方位进步,促进了现代信息技术的快速发展,使得数字孪生技术应用变得日趋广泛。其中水库防洪调度中应用数字孪生技术的相关功能,有助于保障当地社会和谐稳定以及民众生命财产安全,所以对其进行分析具有重要意义。

1 数字孪生技术的相关概述

数字孪生技术是各种先进技术融合而成,并通过智能化输出形式的综合技术。数字孪生又称信息映射或信息镜像等,涉及到诸多学科知识,比如物理学、电子学以及概率学等,其是利用物理模型、传感设施以及历史信息等,在数字领域中构建与物理实体一样的孪生体,数字孪生结合了不同的实时数据与历史信息,不仅可以达到动态模拟,还可以开展趋势预测与分析。而数字孪生技术在水库防洪调度工作中的应用,能够做好洪水预报预警等相关工作,并且可以增强水库防洪能力、保障水生态以及实现水库防洪调度的可视化,而且有助于增强水库防洪调度工作成效以及提升水库运行信息化管理能力。

2 水库防洪调度要求、原则及其策略

2.1 水库防洪调度要求。(1)要求考虑整个水库流域的相关因素,从而结合国家规定、水库实际以及当地经济条件等,科学制定防洪调度方案;(2)要求充分收集水库防洪调度相关信息,以达到科学构建三维模型目的,确保水库防洪调度工作成效;(3)要求合理应用数字孪生技术,以实现水库防洪调度工作的自动化、数字化、模型化以及可视化;(4)要求加强相关从业人员的培养,从业人员是决定水库防洪调度有效性的重要因素,所以必须培养从业人员的防洪调度专业技能、掌握操作规范以及了解国家规定要求等。

2.2 水库防洪调度原则。主要有:(1)安全原则。水库防洪调度必须保障民众生命财产安全、水库运行安全、水库结构及其设施安全等;(2)科学原则。水库防洪调度必须遵循科学原则,结合洪水的水情、水库运行实际、地形、水文等,科学制定防洪调度方案,确保防洪调度工作开展的可行性与合理性。(3)效益原则。水库防洪调度工作需要结合效益原则进行开展,比如水库防洪调度时,需要最大化的保障民众生产生活用水、农田灌溉、水力发电等方面的正常运行。

2.3 水库防洪调度策略。实际的水库防洪调度策略比较多,常见的有做好水文水情的预报预警工作,为防洪调度给予数据支持;充分利用水库蓄水容量,确保防洪调度的经济效益及其合理性;结合整个水库流域统筹开展防洪调度工作,实现防洪调度工作的科学性;合理选择泄洪方式以及合理控制水库的放水量,降低下游防洪压力,来提高防洪调度成效。此外还可以通过加固防洪设施以及对其做好维护工作,来提升水库防洪能力,从而达到防洪目的。

3 数字孪生技术在水库防洪调度中应用的目标及其重要性

3.1 应用目标。数字孪生技术在水库防洪调度中的应用目标为提高水库防洪调度智能化水平、合理构建水库防洪调度的数字化孪生平台以及完善水库防洪调度管理的基础设施等。具体而言为:第一,提高水库防洪调度智能化水平。其主要是利用数字孪生技术来模拟水库防洪调度的数字化场景,以流域调度与水库为中心,对水库防洪调度过程中的预警预报与涉及的相关区域(比如库区、上下游以及坝区等)管理等方面实施模拟,以达到提高水库防洪调度智能化目的。第二,构建水库防洪调度的数字化孪生平台。主要是应用数字孪生技术合理构建洪水预警、水流监控等调度模型以及构建可视化的大坝结构安全监控模型等,此外还包括建设相关的数据库(比如洪水预报与调度方案、水库防洪调度安全知识以及历史洪水资料等)。第三,完善水库防洪调度管理的基础设施。为了保障水库防洪调度工作的顺利开展以及发挥数字孪生技术的应用价值,必须完善水库防洪调度管理的基础设施,目标是实现水库防洪调度的智能化。比如包括增加监测点,以实现对上下游的水流、水库进水口以及库区四周等的即时监测;完善水库的老旧设施,并及时升级水库防洪调度信息化系统,同时完善远程监控设施等。

3.2 应用重要性。数字孪生技术在水库防洪调度中的应用,主要是通过先进的智能技术(包括大数据技术、云计算技术等)综合应用来实现水库防洪调度的建模与模拟,从而开展对洪水的预测以及预警等工作。其重要性表现为实现水库防洪调度的自动化、数字化、模型化以及可视化等方面:第一,水库防洪调度的自动化。水库防洪调度应用数字孪生技术,能够实现对水库运行自动化控制、洪水变化的自动化监控等,从而为防洪调度提供依据。第二,水库防洪调度的数字化。水库防洪调度应用数字孪生技术,可以有效构建水库防洪调度的数字化平台,保障相关数据的即时收集、传输以及分析(比如水流、水位等参数),以达到水库防洪调度的科学合理。第三,水库防洪调度的模型化。水库防洪调度应用数字孪生技术能够构建合理的模型,实现水库防洪调度整个过程的监控与分析,以保障水库防洪调度的可行性。第四,水库防洪调度的可视化。水库防洪调度应用数字孪生技术,通过其可视化功能,可以实现水库防洪调度时的相关功能(比如预警、预报等功能),从而帮助防洪调度工作的顺利实施,并且能够在洪水造成破坏前进行防范,而且通过可视化技术的应用,能够让相关从业人员了解自身的真实工作场景,从而为水库防洪调度工作的有效开展提供支持。

4 数字孪生技术在水库防洪调度中的应用要点及其措施

4.1 应用要点。数字孪生技术在水库防洪调度中的应用,是利用智能化技术实现水库防洪调度与数字孪生的有效结合,为科学实施防洪调度提供相关参数(包括水位、水情、水工建筑运行状态以及淹没区域的动态变化等),并实现实时监控水库防洪调度的全过程。其应用要点主要包括洪水预报、洪水预警、防洪预演以及调度预案等,(1)洪水预报。数字孪生技术在水库防洪调度中的应用,可以通过构建洪水预报模型以及结合相关水

库遇到洪水的历史数据资料,依据相关水库的实际参数(包括防洪能力、库容、水文、气象等),实时做好洪水入库与出库水流、洪峰抵达期间等方面的预报工作。(2)洪水预警。充分应用数字孪生技术,结合水库相关参数(包括降雨临界值、水位警戒等)及其监测的趋势等进行预警。并且结合历史监测的入库水流量,合理设置水流量预警(比如设置三十年一遇、五十年一遇等级别),通过应用数字孪生技术构建水流量模型,及时对相应等级进行预警。(3)防洪预演。应用数字孪生技术对水库防洪调度工作的开展进行模拟,比如对水库水位及水流量的预报预警、流域防洪调度运行以及突发事件处理等工作开展模拟预演,从而为科学的水库防洪调度决策提供数据支持。并且做好历史出现的洪水灾害及其处理过程开展反演,以达到科学防洪与正确调度目的。(4)调度预案。实际的水库防洪调度应用数字孪生技术时,需要依据水库运行实际、当地经济发展、历史洪水数据资料与气候变化状况等条件,在前面叙述的防洪预演前提下开展合理评价,结合不同的预警等级,通过数字孪生技术中的数据库构建、智能算法、数字模拟等功能,科学制定调度预案(包括水资源调度、水库设施运行调度、人员转移调度、防洪物资调度等预案),以保障调度预案的科学性与可行性,以达到水库防洪目的。

4.2应用措施。结合笔者实践工作经验,认为数字孪生技术在水库防洪调度中的应用措施主要有科学收集水库防洪调度的相关信息、合理构建水库流域的三维模型、加强孪生场景系统建设等。(1)科学收集水库防洪调度的相关信息。为保障水库防洪调度的合理性,现阶段要求充分应用数字孪生技术科学收集水库防洪的相关信息,并通过数字孪生技术的相关功能,对数据信息实施分析处理,为科学预判水库防洪调度结果提供依据。在实际收集水库防洪调度信息时,必须应用数字孪生技术,结合相关条件(包括水库监测点、防洪调度要求等),收集相关信息(包括水库水位水流、人员物资等),从而为防洪调度给予科学的数据信息支持,确保水库防洪调度的科学合理。(2)合理构建水库流域的三维模型。通过构建合理的水库流域三维模型,有助于达到水库防洪调度成效目的。在应用数字孪生技术构建水库流域三维模型时,需要充分应用收集到的水库防洪调度相关信息(包括河道信息、水库水位信息、水情监测信息以及水库流域实际状况等),从而确保水库流域三维模型的科学性。然后再利用水库流域三维模型,合理制定防洪调度方案。并且需要应用数字孪生技术对可能发生的突发事件制定应急预案,对防洪调度的影响因素要求采取对应措施进行防范。(3)加强孪生场景系统建设。在水库防洪调度时,为了直观的呈现其成效,必须应用数字

孪生技术,来达到水库防洪调度的孪生场景系统建设目的,并且完善与水库防洪调度相关的机制。同时通过构建的三维模型来拓展孪生场景系统相关功能,从而为水库防洪调度方案的制定给予支持。所以为了确保水库运行过程中的防洪调度成效,需要合理利用数字孪生技术加强孪生场景系统建设。

5 结束语

综上所述,水库是防洪抗旱的主要水工建筑,其具有防洪调度、水力发电、农田灌溉、水产养殖等方面的功能,所以加强水库运行管理非常重要。而基于数字孪生技术具有“先行先试”的功能优势,其合理应用能够有效减少相关决策中的试错成本,因此把数字孪生技术应用于水库防洪调度中,不仅能够保障水库防洪调度的科学合理,还可以保障当地民众生命财产安全,同时对于提升水库防洪调度的智能化水平以及保障水库安全运行等方面也具有重要意义。所以为了确保水库防洪调度成效,必须加强对数字孪生技术在水库防洪调度中的应用进行分析。

[参考文献]

- [1]李欣.数字孪生应用及安全发展综述[J].系统仿真学报,2019(03):385-392.
- [2]王建民.数字孪生技术关键应用及方法研究[J].数字技术与应用,2020(12):44-46.
- [3]张社荣,姜佩奇,吴正桥.水电工程设计施工一体化精益建造技术研究进展——数字孪生应用模式探索[J].水力发电学报,2021(01):1-12.
- [4]王国岗,赵文超,陈亚鹏,等.浅析数字孪生技术在水利水电工程地质的应用方案[J].水利技术监督,2020(05):309-315.
- [5]杜壮壮,高勇,万建忠,等.基于数字孪生技术的河道工程智能管理方法[J].中国水利,2020(12):60-62.
- [6]张露巍.水库管理现状及提高水库管理水平策略探讨[J].科技风,2017(20):242.
- [7]蒋亚东.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(11):5-9.
- [8]蔡阳.以数字孪生流域建设为核心构建具有“四预”功能智慧水利体系[J].中国水利,2022(20):2-6+60.
- [9]詹全忠.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.
- [10]刘昌军,吕娟,任明磊,等.数字孪生淮河流域智慧防洪体系研究与实践[J].中国防汛抗旱,2022(01):47-53.

作者简介:

张金堂(1992--),男,硕士研究生,工程师,长期在基层一线从事水库运行管理工作。