

水利水电工程数字化交付现状与发展研究

刘 飞 刘 攀

湖北瑞洪工程管理有限公司, 湖北 荆门 430074

[摘要]信息技术发展迅速,数字化交付成提升水利水电工程全生命周期管理水平的关键手段。文章讲数字化交付基本概念,说它在水利水电工程领域的应用意义,从技术应用、标准规范、实施模式、管理机制等方面分析当下发展状况。研究发现,我国水利水电工程数字化交付刚开始,有数据标准不一、技术集成差、管理机制缺等问题。为此,文章给出关键技术发展走向、标准体系完善办法和管理机制优化提议,还展望未来发展趋势,推动行业数字化转型和高质量发展。

[关键词]水利水电工程;数字化交付;标准体系;数据集成

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17750

中图分类号: TV21

文献标识码: A

Research on the Current Situation and Development of Digital Delivery in Water Resources and Hydropower Engineering

LIU Fei, LIU Pan

Hubei Ruihong Engineering Management Co., Ltd., Jingmen, Hubei, 430074, China

Abstract: With the rapid development of information technology, digital delivery has become a key means to improve the overall lifecycle management level of water conservancy and hydropower projects. The article discusses the basic concepts of digital delivery and its application significance in the field of water conservancy and hydropower engineering. It analyzes the current development status from the aspects of technical application, standard specifications, implementation mode, and management mechanism. Research has found that the digital delivery of water conservancy and hydropower projects in China has just begun, with problems such as inconsistent data standards, poor technology integration, and lack of management mechanisms. To this end, the article provides key technological development trends, methods for improving standard systems, and suggestions for optimizing management mechanisms, which also looks forward to future development trends, promoting digital transformation and high-quality development of the industry.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; digital delivery; standard system; data integration

水利水电工程属于国家基础设施建设当中的重要部分,它的建设以及运营管理的水平,和水资源的高效利用还有能源安全保障有着直接关联。传统的工程交付模式主要依靠二维图纸以及纸质文档,存在着信息分割开来、协同效率不高、数据利用率不够高等问题,很难契合现代化工程精细化管理方面的需求。近些年来,随着建筑信息模型、物联网、大数据等相关技术得到广泛运用,数字化交付慢慢变成了工程领域里的研究热点所在。借助构建起统一的数据平台以及信息模型,数字化交付可达成工程全生命周期数据完整的传递以及高效的利用,能给项目的决策、建设管理、运营维护给予有力的支撑。当下,我国的水利水电工程数字化交付还处在探索以及试点的阶段,迫切需要对发展现状加以系统地梳理,对存在的问题予以剖析,并且明确未来的方向,以此来为推动行业的数字化转型给予理论方面的参考以及实践层面的指导。

1 水利水电工程数字化交付概述

1.1 数字化交付的内涵

数字化交付也称数字化移交,《石油化工工程数字化交付标准》(GB/T51296—2018)将数字化交付定义为以工厂对象为核心,对工程项目建设阶段产生的静态信息进

行数字化创建直至移交的工作过程。数字化交付涵盖了工程项目设计、采购、施工、运维等各个阶段的全生命周期数据、文档、模型。与传统以纸质介质为主体的交付方式最根本的区别在于,数字化交付需要通过数字化集成平台,以标准数据格式将相关设计成品提交给业主。综上,本文将数字化交付界定为:通过数字化集成平台,将纸质文件为主体的传统交付物,以三维数字化的形式进行表达和传递的交付过程。

1.2 数字化交付在水利水电工程中的意义

水利水电工程往往呈现出规模颇为可观、建设周期相对较长、涉及的参与方数量众多以及技术层面较为复杂等诸多特点。而数字化交付这一应用手段,在很大程度上可对传统交付模式之下所存在的信息断层状况以及协同方面的诸多障碍予以有效的改善。具体来讲,它的意义主要在三个方面有所体现。其一,它能够提升工程质量以及管理的水平^[1]。借助统一的数据标准以及信息模型,便可以达成设计阶段、施工阶段还有运营阶段数据的一致性,进而减少由于信息出现误解或者被遗漏等情况而导致的质量方面的缺陷。其二,它可对项目决策以及资源配置加以优化。凭借数字化平台将多源且异构的数据加以集成,从

而能够为管理者给予全景式的数据视图以及智能分析方面的有力支持,由此促使工程效率得以提高,并且带来良好的经济效益。其三,它推动着行业的可持续发展。数字化交付给工程后期的运营维护、改造升级以及跨项目的知识复用都打下了十分坚实的基础,这与智慧水利以及绿色水电的发展方向是相契合的。

2 水利水电工程数字化交付的现状

2.1 技术应用现状

就技术层面而言,水利水电工程数字化交付主要依靠建筑信息模型、地理信息系统、云计算以及大数据等关键技术来实现。建筑信息模型的应用已经从单纯进行三维建模朝着多维度、多专业协同的方向不断发展,在部分大型项目当中,还尝试把水文、地质、结构等专业的模型加以整合,进而形成具有一定完整性的数字孪生体。地理信息系统主要用来获取、管理以及分析空间数据,可以为工程选址、环境评估以及灾害预测给予重要的支撑^[2]。根据中国水利水电出版社所发布的行业技术发展报告来看,当下超过百分之六十的大型水利水电项目已经开展了 BIM 技术应用试点,不过整体上仍然处在模型展示与简单分析的阶段,并且还没有达成全流程数据的贯通。物联网和传感器技术在数据采集以及实时监测方面起到了十分重要的作用,但是因为设备兼容性以及数据精度方面的问题,其在数字化交付当中的深度融合依旧面临着一定的阻碍。

2.2 标准与规范建设现状

标准以及规范在数字化交付得以顺利实施的过程中起着极为关键的保障作用。就当下而言,我国已经初步构建起了一套和水利水电工程数字化有关的标准体系。国家标准化管理委员会与中国水利水电勘测设计协会携手合作,共同发布了水利水电工程信息模型的应用标准,由此明确指出了在模型构建、数据交换以及交付验收等方面所应遵循的基本要求。并且,像中国长江三峡集团有限公司这样的行业龙头企业还制定了企业级别的数字化交付指南,比如其项目全生命周期数据管理规范,这无疑为具体的实践操作给予了相应的依据。不过即便如此,现有的这些标准依旧存在着诸多问题,像是覆盖面不够广泛、兼容性较差以及强制执行力偏弱等等情况,进而使得不同项目之间、不同地区之间开展数据交互与集成工作时依旧面临重重困难。尤其是在数据语义描述、分类编码以及质量控制这些方面,到目前为止还没有形成统一且详细的规定,这也直接导致数字化交付所能达到的深度以及涉及的广度都受到了一定程度的限制。

2.3 实施模式与管理机制现状

水利水电工程数字化交付的实施模式主要涵盖建设单位主导这一种形式、设计单位协同这样一种形式以及第三方专业服务这种形式。当下,多数项目都采取由建设单位来牵头,并且让各个参建方各自分工协作这样的模式。

不过因为权责的界定不够清晰明确,协作机制也存在诸多不完善之处,所以在实际执行的过程当中,往往会频繁地出现数据责任变得模糊不清、移交流程显得额外冗长等一系列的情况。从管理机制的角度来讲,数字化交付需要项目各方都具备比较高的数据管理以及协同方面的能力。然而就当前的情况而言,许多单位依旧在沿用传统的管理思维模式,而且普遍缺乏专门负责数据管理的部门,技术人员也相对匮乏。与此数字化交付还涉及到知识产权方面的问题、数据安全方面的难题以及隐私保护方面的顾虑等诸多法律层面的问题,而与之相关的管理框架以及政策支持到目前为止还没有完全搭建起来,这在很大程度上对数字化交付的大规模推广形成了制约作用。依据中国水利网所发布的相关报道来看,在整个行业内普遍都有这样的看法,那就是管理机制方面的创新才是推动数字化交付能够真正落地实施最为关键的核心要素所在。

3 水利水电工程数字化交付的发展策略

3.1 关键技术发展方向

未来水利水电工程数字化交付的技术发展主要聚焦于数据集成、智能应用以及平台构建这三个关键领域,进而形成技术协同创新体系。就数据集成技术而言,得攻克多源异构数据融合以及语义一致性方面的难题,要开发出适用于水利水电领域的数据中间件以及交换协议,达成从数据采集直至应用的无缝连接。其重点攻关的方向涵盖基于本体的数据语义互操作技术、多尺度数据融合的方法还有跨平台数据交换机制,这些技术一旦取得突破,将会大幅提升数据的利用效率^[3]。在智能应用方面,需要强化人工智能以及机器学习技术在数据分析、异常检测以及决策支持当中的运用,比如说借助深度学习算法来实现工程图像的自动识别与分类,依靠自然语言处理技术提取并归类工程文档里的关键信息。在平台构建方面,得依靠云计算以及边缘计算,去建设开放且可扩展的工程数据平台,以此支持多方协同以及全生命周期的数据管理。这些技术相互深度融合之后,会明显提升数字化交付的自动化程度以及实用价值,给工程智慧化运营打下稳固的技术根基。依照工信部和水利部联合公布的行业技术路线图来看,到2025年将会建成一批行业级的数据平台,并且突破十项以上的关键核心技术。

3.2 标准体系完善路径

完善数字化交付标准体系需要从顶层设计、行业协同以及国际接轨这三个层面协同推进,进而构建具有中国特色的标准生态。在顶层设计层面,建议由国家行业主管部门来牵头,制定能够涵盖水利水电工程所有专业的通用数据标准以及模型规范,要明确数据格式、精度要求、交付内容还有验收准则等方面的内容。着重去编制像工程分类与编码标准、数据字典标准、模型轻量化标准等一系列基础标准,以此为行业应用提供统一的遵循依据。在行业协

同层面,需要鼓励设计方、施工方、设备制造方等各方参与到标准制定以及修订工作当中,形成具有较强共识性且可操作性较高的标准簇。建立起标准的动态更新机制,及时反映出技术的进步以及行业需求的变化情况。在国际接轨层面,应当积极地去借鉴国际先进的标准,比如 ISO19650 系列,推动国内标准和国际标准相互认可,以此增强我国水利水电工程在国际上的竞争力。还要强化标准的宣贯以及培训工作,提升全行业对于标准化工作的重视程度以及执行力度。借助标准试点示范、应用评估等方式,推动标准切实落地实施,真正发挥出标准对于行业发展的引领作用。

3.3 管理机制优化建议

管理机制方面的优化,乃是保证数字化交付得以有效施行的一项重要保障举措,其需从组织架构、流程制度以及人才培养等诸多不同维度去展开系统的推进工作。得要清晰明确项目各个阶段当中数据的责任主体以及数据移交流程,同时建立起以数据质量评价作为依据的激励机制,以此来促使各方在参与数字化交付事宜时能够有更高的积极性。还要推行有关数据资产管理的制度,把数字化交付所取得的成果归入到工程竣工验收的范围之内,进而强化制度所具有的约束作用力。接着,推动组织方面的变革,于工程建设单位以及运营单位分别设立专门用于数据管理的岗位或者部门,由其负责数字化交付工作的规划、协调以及监督等相关事宜。构建起跨部门、跨单位的数据协同工作的机制,借此打破信息孤岛的状况,推动数据实现共享。要强化政策方面的支持以及法规建设方面的工作,制定出专门针对工程数据产权、安全以及共享等方面的管理办法,从而给数字化交付提供相应的制度层面的保障。要着重关注人才培养以及能力提升方面的事情,借助校企合作、在职培训等多种方式来提高从业人员在数据素养以及技术能力方面的水平,构建起能够适应数字化转型需求的人才队伍。尤其要十分重视那种既了解工程技术又熟悉信息技术的复合型人才的培养工作,因为这可是数字化交付成功实施的关键要素所在。

4 水利水电工程数字化交付未来发展趋势

水利水电工程数字化交付在未来的发展态势将会呈现出平台化、智能化以及生态化这三大主要趋势,并且这些趋势彼此之间相互推动着,朝着融合发展的方向迈进,一同助力于行业的数字化转型进程。其中,平台化这一趋势具体表现在,凭借云原生架构所构建起来的工程数据平台,很可能会成为数字交付的关键核心载体,其能够充分支持多个不同项目的协同开展工作,同时也可助力多个参与方达成协同作业以及实现数据的重复利用。这样的平台会把项目管理、设计协同、施工监控、运营维护等一系列贯穿全流程的各项功能都集成到一起,进而能够为用户提供一站式的数字化服务,由此使得工作效率得以大幅度地

提升。智能化这一趋势则体现为,人工智能技术会全方位地融入到数据采集、处理以及分析等诸多环节当中,进而达成对工程数据的自动校验、智能检索以及知识挖掘等目的,从而能够为工程决策给予更为深层次的有力支撑。尤其是在设备的预测性维护、工程安全预警以及优化调度等相关方面,人工智能将会逐渐发挥出愈发重要的作用。而生态化这一趋势指的是,数字化交付会促使产业链上下游的企业共同形成一种数据共享、价值共创的合作生态系统,以此来推动工程管理模式方面的创新举措,进而促使整个行业的整体效率获得提升。与此伴随着数字孪生技术不断趋向成熟,水利水电工程数字化交付也会一步步地从原本的静态模型朝着动态仿真以及实时调控的方向去发展,最终达成物理工程和数字空间的深度融合与相互间有效的交互^[4]。这样的一种融合情况,其不仅仅在技术层面上有所体现,而且还将会推动组织架构、业务流程以及商业模式等方面都产生深刻的变革,进而开创出水利水电工程建设运营全新的范式。

5 结束语

水利水电工程数字化交付乃是行业数字化转型不可或缺的要求,同时也是提高工程品质以及运营效率极为重要的途径,对于国家水安全以及能源安全而言有着不容小觑的战略意义。当下我国在这一领域已经获得了初步的进展,在技术应用、标准制定、项目管理等诸多方面也积累了颇为宝贵的实践经验,然而依旧面临着技术层面、标准方面以及管理环节等多方面的诸多挑战,这就需要去进行系统地谋划并且统筹协调推进相关工作。在未来应当着重加强技术研发以及集成创新方面的努力,尤其要在数据集成、智能分析等关键技术瓶颈上力求突破;要不断完善标准规范体系,建立起能够涵盖全流程以及全专业的标准生态;还要对项目管理机制加以优化,创新组织模式以及人才培养机制。依靠政府、企业、科研机构等各方主体的共同协作,构建起协同创新体系,从而推动数字化交付在更为广泛的范围以及更深的层次得以应用。

【参考文献】

- [1]肖诗凡.城镇燃气地上管道 VR 数字化交付的应用[J].煤气与热力,2025,45(4):37-40.
 - [2]徐亚男,刘纯甫,姜天凌,等.BIM+GIS 在既有水务设施数字化交付项目中的应用[J].中国给水排水,2025,41(8):71-76.
 - [3]苏杰,王亚震,赵航.工程数字化交付实施路径探索与应用[J].中国市政工程,2025(2):105-108.
 - [4]梁昊.环北部湾广西水资源配置工程数字化交付系统建设[J].广西水利水电,2025(4):108-114.
- 作者简介:刘飞(1988.6—)男,汉族,毕业院校:三峡大学,专业:工程管理,工程师。