

BIM 技术在水利枢纽工程设计施工中的应用研究

李倩

安徽安冉水利工程有限公司, 安徽 淮北 235100

[摘要]水利枢纽工程本身结构特别复杂、建设周期特别长、质量标准又特别严,传统用二维图纸设计、人工管理的老办法,容易出现信息零散不连贯、各部门配合效率低、图纸出错遗漏多等不足。BIM 技术有三维直观可视、全流程整合工程信息、多专业一起高效协作等优势,能有效解决信息不畅通的问题,让工程数据实现统一管理、智能管控。文中阐述了 BIM 技术在水利枢纽设计和施工阶段的实际应用,搭建可落地的应用效果评价标准,分析现在推广使用中遇到的难题并给出改进策略,给水利工程实现数字化转型、精细化管理提供理论支持与参考。

[关键词]BIM 技术;水利枢纽工程;工程设计;施工管控;数字化应用

DOI: 10.33142/hst.v9i5.19894

中图分类号: TV642.4

文献标识码: A

Research on the Application of BIM Technology in the Design and Construction of Water Conservancy Hub Projects

LI Qian

Anhui Anran Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Huaibei, Anhui, 235100, China

Abstract: The structure of water conservancy hub projects is particularly complex, the construction period is particularly long, and the quality standards are particularly strict. The traditional method of using two-dimensional drawings for design and manual management is prone to scattered and disjointed information, low coordination efficiency among departments, and many errors and omissions in drawings. BIM technology has advantages such as three-dimensional visualization, full process integration of engineering information, and efficient collaboration among multiple disciplines. It can effectively solve the problem of information blockage and enable unified management and intelligent control of engineering data. The article elaborates on the practical application of BIM technology in the design and construction stages of water conservancy hubs, establishes practical application evaluation standards, analyzes the difficulties encountered in promoting its use, and provides improvement strategies, providing theoretical support and reference for the digital transformation and refined management of water conservancy projects.

Keywords: BIM technology; water conservancy hub project; engineering design; construction control; digital application

引言

水利枢纽工程是防洪、发电、灌溉等多种功能的关键基础设施,随着建筑工程的扩大,结构复杂,涉及专业多、交叉多,管理和控制难度都很高。传统用二维 CAD 画图、靠人工管理,存在信息不直观、各部门配合不顺畅、数据对不上等问题,容易出现施工返工等情况。BIM 技术以三维数字模型为基础,将工程全周期信息整合。住房城乡建设部、水利部也一直在大力推广 BIM 在水利工程中的应用,助力智慧水利建设。文中系统研究 BIM 在水利枢纽设计和施工全过程中的主要应用场景和落地要点,分析目前存在的问题并给出改进办法,为智慧水利建设提供

理论依据。

1 水利枢纽工程特性及 BIM 技术应用优势

1.1 水利枢纽工程建设核心特性

水利枢纽工程具备极强的专业性与复杂性,核心特性主要体现在四个方面。一是结构体系复杂,水利枢纽包含大坝、发电厂房、导流建筑物等多种构筑物,不同结构尺寸跨度大、空间布局复杂、异形结构较多,二维图纸难以精准表达空间结构关系。二是专业交叉性强,工程建设融合地质、水文、结构、机电、水利水电、安全防护等多个专业,各专业设计内容相互关联、相互制约,传统分专业独立设计模式极易产生设计冲突。三是施工环境复杂,工

程多建设于河道、山谷等野外区域,受水文气象、地形地质、季节汛期等自然因素影响极大,施工组织与进度管控难度较高。四是质量安全标准严苛,水利枢纽属于永久性民生工程,关系流域防洪安全与水资源安全,对结构稳定性、防渗性、耐久性、施工精度的要求远高于普通工程,精细化管控需求迫切。

1.2 BIM 技术在水利工程中的应用优势

BIM 技术应用在水利枢纽工程中,将平面图纸转换为立体模型,工程结构与空间布局清晰直观,模型里可集成材料、施工工艺、各项参数等全部资料,集中存储并支持同步更新,借助共享平台实时互通数据,打破信息壁垒,减少不同专业间的设计矛盾,可对施工进度、构件碰撞、水文情况进行模拟,可以提前排查施工过程中存在的风险,制定针对性的优化处理方案,减少返工带来的损失。

2 BIM 技术在水利枢纽工程设计阶段的应用

2.1 多专业三维协同设计

工程设计是水利枢纽工程建设的核心前置环节,设计质量直接决定工程施工效果、建设成本与运行安全。传统二维设计模式存在设计精度低、专业协同差、方案优化难度大、工程量核算不准等问题,将 BIM 技术应用于设计全流程,可实现设计工作的精细化、标准化、智能化升级。水利枢纽设计涵盖多个专业,以往各专业分开设计,容易出现参数对不上、构件空间互相冲突的问题。借助 BIM 协同平台,所有专业共用一个模型同步开展设计、随时核对外问题,修改参数后相关内容也会自动同步更新,真正实现联合设计。再加上参数化建模功能,改动一处就能联动更新整套数据,有效提升设计效率和准确率。

2.2 工程方案可视化优化

水利枢纽的整体规划和结构设计直接关系工程造价和运行安全,传统二维图纸很难直观判断方案是否合理。利用 BIM 搭建三维模型,能完整还原工程全貌,清晰呈现各类构筑物的位置关系,方便从多个角度对比、优化方案。同时结合地形地质模型仔细核对适配情况,提前避开设计漏洞,选出最合适的设计方案。

2.3 全维度碰撞检测校核

设计中常出现错项、漏项、构件相撞等问题,空间矛盾要是没能及时查出,到施工阶段就会造成返工。传统人工核对不仅效率低,还很难发现隐蔽位置的冲突。BIM 自带自动碰撞检测功能,能全面检查结构、管线、设备等各类碰撞问题,自动标出问题并生成报告。设计人员可以精准找到问题并修改,从根源上规避设计缺陷,减少返工情况。

2.4 工程量精准计算

工程量统计是把控工程造价的关键,过去主要依赖二维图纸进行人工算量,不仅步骤繁琐、误差偏大,工作效率低下,数据更新也不及时。依托 BIM 参数化模型,每一构件均附带了尺寸、材质等详尽属性信息,系统能按照设定规则自动统计混凝土、钢材、土石方等各类用量。在设计发生变更的同时,相关数据也会实时联动更新,依托 BIM 参数化模型无需再进行重复的人工核算,可以避免人工核算的失误,促进造价工作效率以及准确度的提高,也能为招投标、成本预算提供可靠的数据。

2.5 设计成果标准化出图

传统的二维图纸都要手动绘制,不仅标准不统一,出图速度效率低下。通过运用 BIM 一体化模型,模型和图纸可以相互联动,能自动生成平面、剖面、立面以及细部详图,还会一并做好尺寸标注和参数说明。配合现成的标准模板,能统一图纸样式和标注要求,让设计成果更加规范。只要改动模型,对应的图纸就会自动更新,大幅加快出图速度、提升图纸质量。

3 BIM 技术在水利枢纽工程施工阶段的应用

施工阶段是水利枢纽工程落地建设、开展管理的关键环节,以往单纯依靠人工和经验管理,容易出现施工方案不实用、进度管理粗糙、安全隐患发现不及时、人材机安排不合理等问题。而 BIM 技术能对整个施工过程做到直观可视、精细把控、动态调整,全方位提升现场管理能力。核心应用场景如下。

3.1 施工方案模拟与优化

水利枢纽施工工序繁杂,多工种、多作业面交叉施工情况普遍,传统方案没法提前预判工序矛盾和施工难点。借助 BIM 四维模型能全程仿真模拟施工过程,早早查出工序打架、场地狭小、设备相互干扰等问题,再优化施工流程和现场布局,选出最合适的方案,确保施工顺利推进。

3.2 施工进度动态管控

水利枢纽工程施工时间长、干扰因素多,传统靠静态图纸管进度,未能实时掌握现场动态,通过运用 BIM 四维模型(3D 模型+时间进度),把施工计划和三维构件直接绑在一起,就能实现可视化动态管理:实时对照计划进度和实际施工情况,精准找出拖后腿的工序和负责区域,及时采取针对性的改善措施。碰到汛期、雨季这些关键时段,还能通过模拟提前预判工期风险,及早调整计划、优化工序衔接,有效避免工期耽误,保证工程按时完工。

3.3 施工质量与安全精细化管理

质量和安全是施工管理的重中之重,传统靠人工现场

巡查,经常出现隐患查不全、整改落实不到位、难追责等情况。运用 BIM 就能实现全程数字化管控。质量上,质检人员用手机/平板对着模型现场记录问题、精准定位、跟踪整改、闭环销号,全过程可查可追溯。安全上,用模型把危险源、高风险区域标注清晰,再通过施工模拟提前预判作业风险,将防护措施做到前面,大大降低了事故发生率。

3.4 施工资源优化调配

水利枢纽施工建设会涉及大量的劳动力、建筑材料、机械设备的投入,但在以往设计过程中通常主要凭借个人经验去调配资源,这种缺乏精确数据的支持容易导致物资大量囤积或出现物资短缺的情况。通过借助 BIM 模型中已核算的工程量与施工进度信息,可以精准地计算出各个施工阶段所需的用工人数、材料数量以及机械的台数,从而制定科学合理的资源配置方案,通过对材料采购与消耗的精细化管理在一定程度上可以避免物质超出或断供的情况。另外能够对人员和机械的排班安排进行优化调整,在提高资源使用效率的同时控制施工成本。

3.5 可视化技术交底

水利枢纽工程里奇形怪状的结构多、施工工艺特别复杂、埋在地下的隐蔽工程也多,传统采用纸质图纸及口头、书面交底模式,信息传递模糊、表述不够明确,施工人员无法准确理解技术标准,很容易造成施工偏差。通过运用 BIM 三维可视化模型,复杂结构、关键工序及隐蔽工程的施工工艺与技术标准均可直观、清晰地呈现。通过三维动画、虚拟演示做可视化技术交底,便于施工人员快速理解、准确掌握施工要点和质量标准,彻底解决传统交底看不懂、理解错、落实不到位的老问题,从源头上保证施工

精度和工程质量。

4 BIM 技术应用效果评价指标体系

结合水利工程建设管控标准与数字化建设要求,从设计效率、施工管控、成本控制、质量安全四个维度,构建 BIM 技术应用效果评价指标体系,具体指标体系如表 1 所示。

5 BIM 技术应用现存问题与优化策略

5.1 现存应用问题

现阶段, BIM 技术在水利枢纽工程领域的应用规模持续扩大,已成为行业主流应用方向,但还存在四个明显短板,一是行业标准不统一、不健全,没有统一的建模、数据交换和验收规矩,模型格式繁杂,跨平台数据共享难度较大;二是技术融合不够深入,大多只停留在建模、碰撞检查这些基础应用上,跟人工智能、数字孪生这些新技术结合得太少,技术应用维度单一,未能充分挖掘使用价值;三是复合型人才不够用,既懂水利专业又会 BIM 技术的人缺口很大,满足不了精细化、高水平应用的需求;四是模型重复利用率太低,工程竣工验收后,相关模型数据未按规范完成归档与妥善保存,难以应用到运维阶段,造成数字化资源闲置浪费。

5.2 针对性优化策略

针对目前水利工程设计中 BIM 技术推广应用所面临的突出问题,结合实际情况,制定针对性的改进措施。首先对行业的标准体系进行完善与统一,对 BIM 建模、数据交换、成果验收的具体规范进行明确,通过这种改进策略可以确保各参建单位各阶段之间的数据可以实时共享。与此同时,推动 BIM 与人工智能、数字孪生等前沿技术的深度整合,通过深化多技术集成应用,丰富风险预警、

表 1 BIM 技术应用效果评价指标体系

一级指标	二级量化指标	指标说明
设计效率指标	设计周期缩短率	对比传统设计模式, BIM 协同设计缩短的整体设计周期比例,反映设计工作效率提升效果
	设计错漏碰缺发生率	统计设计阶段未排查出、流入施工阶段的设计问题数量,体现设计精度提升效果
	图纸修改频次	工程全设计周期图纸调整、修改的总次数,反映设计方案的稳定性与合理性
施工管控指标	施工计划履约率	各施工阶段实际进度与计划进度的匹配程度,体现进度管控水平
	工序衔接合格率	各施工工序有序衔接、无冲突、无滞后的达标比例,反映施工组织合理性
	技术交底达标率	施工人员精准掌握施工工艺、技术标准的达标比例,体现交底工作质量
成本控制指标	工程量核算误差率	BIM 算量数据与工程实际用量的偏差比例,反映造价核算精度
	工程返工率	因设计、施工问题导致的返工工程量占总工程量的比例,体现成本节约效果
	资源利用率	人力、材料、机械设备等施工资源的有效利用比例,反映资源管控水平
质量安全指标	工程质量合格率	各分项工程施工质量验收达标比例,体现整体施工质量水平
	安全隐患整改闭环率	施工现场安全隐患整改完成、闭环落实的比例,反映安全管控成效
	施工安全事故发生率	工程施工周期内安全事故发生频次,体现施工安全保障能力

智能运维等实用化功能场景。通过与高校与企业之间的合作,设置专业课程体系,注重人才的培养,增加实操训练,打造水利与数字化兼备的专业队伍;四是建立全生命周期模型复用机制,完善数字化存档制度,串联设计、施工、运维各环节数据,构建完整数据链条,实现模型复用,充分挖掘数据价值。

6 结语与展望

作为水利基础设施的核心骨干项目,水利枢纽工程的建设质量,直接关系到整个流域的用水安全和地方经济发展。BIM 技术凭借三维直观展示、信息统一整合、多方协同模拟等优势,彻底革新了传统工程建设模式,有效破解了信息割裂、施工精度不足、管理粗放滞后等行业长期存在的痛点难题。在设计阶段,依托 BIM 技术可实现多专业协同联合作业、优化设计方案、还能精准算出工程量;施工阶段,能实时掌控工程进度、精细管控工程质量与施工安全,科学调配人力、材料、机械设备等资源,明显降低成本、减少风险。当前,国内水利行业 BIM 技术整体仍处于推广转型、逐步落地的过渡阶段,存在标准不健全、

新技术融合不够深入、专业人才少、模型重复利用率低等现实问题。未来 BIM 会和人工智能、大数据深度结合,实现工程从设计到运维全生命周期的智能化管理,助力智慧水利实现高质量发展。

[参考文献]

- [1]原斌斌,秦亚峰.BIM 技术在大型水利枢纽工程施工仿真中的应用研究[J].中国信息化,2025(6):43-44.
- [2]李能淼,卢元伟.2024 中国水利学术大会论文集[C].西安:中国水利学会,2024.
- [3]范海平,姜海,马志远,等.BIM 技术在牛塘水利枢纽工程钢闸门吊装中的应用[J].江苏水利,2023(4):17-19.
- [4]傅志浩,李能淼,吕彬.2022 中国水利学术大会论文集[C].西安:中国水利学会,2022.
- [5]张李荪.三维 BIM 技术在水利工程管理中的应用研究[J].水利规划与设计,2020(11):3.

作者简介:李倩(1988—),女,安徽淮北人,就职安徽安冉水利工程有限公司,从事水利工程项目施工,技术负责人、项目负责人等工作。