

抽水蓄能电站土建工程数字化施工技术应用研究

张子优

江西水利电力大学, 江西 南昌 330200

摘要: 抽水蓄能电站作为新型电力系统的关键调节设施, 其土建工程具有结构复杂、施工难度大、安全要求高的显著特点。传统施工模式存在信息割裂、管控粗放等问题, 难以适配高质量建设需求。本研究立足数字化施工理念, 梳理抽水蓄能电站土建工程数字化施工的核心技术, 分析当前数字化施工应用中的现存困境, 探讨BIM技术的应用场景与实施路径, 提出针对性优化策略, 为抽水蓄能电站土建工程数字化转型、提升施工质量与效率提供理论支撑和实践指引, 助力新型电力系统构建与能源绿色发展。

关键词: 抽水蓄能电站; 土建工程; 数字化施工; BIM技术; 施工管控

DOI: 10.64649/yh.shfzykjcx.issn3078-8994.202604014

0 引言

在“双碳”目标引领下, 抽水蓄能电站作为清洁能源体系的重要组成部分, 其建设规模持续扩大。抽水蓄能电站土建工程涵盖上水库、输水系统、地下厂房等核心构筑物, 具有空间结构复杂、施工环境特殊、质量安全要求严苛等特点。传统施工模式依赖人工管控, 存在信息传递滞后、资源配置不合理、风险预判不足等短板, 难以满足规模化、精细化建设需求。数字化施工技术的应用, 为破解上述难题提供了有效路径, 其中BIM技术作为核心支撑, 实现了施工过程的可视化、协同化与智能化。本文聚焦抽水蓄能电站土建工程数字化施工, 分析现存问题, 探索优化路径, 推动施工模式从经验驱动向数据驱动转型, 助力抽水蓄能电站高质量建设。

1 抽水蓄能电站土建工程数字化施工核心技术体系

1.1 BIM核心技术应用

BIM技术作为数字化施工的核心载体, 通过构建三维参数化模型, 整合土建工程全生命周期的各类信息, 实现设计、施工、运维的全流程协同^[1]。在抽水蓄能电站土建工程中, BIM模型可精准呈现地下厂房、输水隧洞、坝体结构等核心构筑物的空间关系, 清晰标注构件尺寸、材质、施工工艺等关键信息, 为多专业协同作业提供统一的信息基准。通过BIM模型可提前模拟施工流程, 预判空间冲突、工序衔接等问题, 避免施工返工, 同时为工程量计算、进度管控、质量监督提供精准的数据支撑, 打破传统二维图纸的局限性, 实现施工过程的可视化管控。

1.2 物联网与大数据技术

物联网技术通过在施工现场布设各类智能传感器, 实时采集施工全流程关键数据, 实现对工程建设全过程的动态监测与精准管控。传感器可同步捕捉施工人员定位、机械设备运行状态、施工环境参数等多维度信息, 构建起人员、设备、环境一体化的全方位感知体系。依托实时数据采集与传输, 实现现场工况可视化监管, 为安全预警、进度管控和施工决策提供可靠支撑, 有效提升工程数字化管理水平。大数据技术则对采集的海量数据进行深度分析, 挖掘数据背后的规律, 为施工方案优化、风险预警、资源配置提供科学依据, 破解传统施工中信息滞后、管控粗放的难题, 推动施工模式从经验驱动向数据驱动转变, 提升施工效率与安全管控水平, 为抽水蓄能电站土建工程高质量推进提供技术支撑。

1.3 数字孪生与智能管控技术

数字孪生技术通过构建物理工程与数字模型的精准映射, 实现施工过程的实时同步与动态仿真, 将BIM模型与施工现场数据深度融合, 打造抽水蓄能电站土建工程数字孪生体, 可实时呈现施工进度、结构状态、设备运行等核心信息, 便于管理人员精准掌握施工动态^[2]。智能管控技术依托自动化设备与智能算法, 实现施工工序的自动化控制, 通过智能监测、自动预警等功能, 减少人工干预, 涵盖自动碾压、智能灌浆等关键环节, 提升施工效率, 保障施工质量与安全, 同时推动数字孪生与智能管控深度融合, 以工程实体为对象搭建实时映射场景, 整合施工全过程数据资源, 构建“模型+数据+管控”一体化体系。实现施工动态模拟、风险预判与智能调度, 为抽水蓄能电站土建工

程施工提供全流程智能支撑。

2 抽水蓄能电站土建工程数字化施工现存困境

2.1 长效机制不健全，数字化应用缺乏持续性

部分项目的数字化施工仅停留在阶段性应用，缺乏系统性长效机制支撑。数字化施工规划与工程建设全生命周期衔接不紧密，导致施工前的数字化设计、施工中的现场管控与施工后的运维管理相互脱节，未能形成完整的闭环管理。同时部分施工单位对数字化施工重视不足，未将数字化应用纳入常态化管理，存在“重形式、轻实效”的问题，数字化技术的核心价值未充分发挥，难以实现数字化施工的持续推进与优化，制约了数字化施工模式的长效落地。

2.2 BIM技术应用浅层化，深度融合不足

当前，部分抽水蓄能电站土建工程中，BIM技术的应用多停留在表面，未能实现深度落地。其应用多局限于三维建模与可视化展示，未能深度融合施工全流程，在复杂工序模拟、施工方案优化、质量管控等核心环节的应用不足。BIM模型与物联网、大数据等技术的融合不够深入，数据共享不顺畅，未能充分发挥其在施工模拟、进度管控、质量追溯等方面的核心价值，且模型精细化程度不足，难以适配复杂工程的精细化施工需求，未能形成“模型+数据+管控”的一体化体系，制约了数字化施工效能的充分发挥^[3]。

2.3 技术人才短缺，数字化应用能力不足

数字化施工需掌握抽水蓄能电站土建工程专业知识，熟悉BIM、物联网、大数据等信息技术的复合型人才。行业内此类人才供给短缺，部分施工人员数字化素养偏低，对BIM软件操作、数据解读、智能设备运维等技能掌握不熟练，难以运用数字化技术解决施工中的实际问题。缺乏系统的人才培训机制，现有人员的数字化应用能力无法适配技术发展需求，难以推动数字化施工向深度落地，直接制约了数字化技术在工程中的充分应用，影响数字化施工效能的充分发挥。

2.4 数据管理不规范，信息共享存在壁垒

数字化施工过程中会产生设计、施工、监测等各类数据，涵盖设计数据、施工参数、安全监测数据等多种类型，但部分项目缺乏统一的数据标准与管理规范，导致数据格式不统一、质量参差不齐。不同专业、不同环节的数据相互独立，难以实现高效共享与协同利用。数据安全管理体系不完善，未建立健全的数据备份

与加密机制，部分敏感施工数据存在泄露、丢失或篡改的风险，影响施工决策的科学性，制约数字化施工效能的充分发挥，不利于数字化技术在工程中的深度应用。

3 抽水蓄能电站土建工程数字化施工优化策略

3.1 健全长效机制，推动数字化应用常态化

将数字化施工全面融入抽水蓄能电站土建工程全生命周期，构建“设计-施工-运维”一体化数字化管理体系，打破各阶段信息割裂的局面。制定明确的数字化施工实施细则，明确各环节责任分工、操作流程及考核标准，推动数字化应用从阶段性试点向常态化、规范化转变。建立数字化施工评价体系，将数字化应用成效与施工单位、管理人员绩效考核深度绑定，通过考核倒逼数字化技术落地，确保数字化施工贯穿工程设计、现场施工、质量管控、运维管理全流程。

加快完善数字化应用长效保障机制，建立健全制度规范、运维体系与安全管控流程，为数字化施工稳定运行提供坚实支撑^[4]。定期开展技术复盘、效果评估与迭代优化，及时破解应用堵点与技术难点，持续提升数字化施工整体效能。推动数字化技术深度融合勘察设计、施工管控、安全质量、进度成本等工程建设全流程，强化数据归集、分析与应用，充分释放数据驱动决策、优化管理的核心价值，促进数字化施工模式常态化运行，实现工程建设提质增效与高质量可持续发展。

3.2 深化BIM技术应用，推动多技术融合

突破BIM技术浅层应用瓶颈，推动其深度融合抽水蓄能电站土建工程全流程，构建覆盖设计、施工至运维的全链条应用体系。聚焦地下洞室、高边坡、混凝土浇筑等复杂施工场景，精细优化BIM模型精度，强化关键工序仿真模拟与方案优化，重点提升地下洞室开挖、混凝土浇筑等核心环节的模型适配性与指导性。推进BIM与物联网、大数据、数字孪生等技术深度融合，实现施工全过程动态模拟、实时质量管控及跨专业协同作业，有效打破专业信息壁垒，以数字化手段提升工程建设精细化管理水平，为抽水蓄能电站安全高效建设提供坚实技术支持。

建立BIM协同管理平台，整合设计、施工、监理、运维等多方主体，实现多专业、多参与方的高效协同与信息共享。同步完善BIM模型动态更新机制，依托现场施工数据与设计变更信息及时迭代模型内容，确保模型与现场进度、

技术方案、变更调整高度一致。充分发挥BIM技术在施工方案优化、关键节点管控、质量安全追溯等方面的核心作用,以数字化手段实现全过程可视化管理^[5]。通过数据驱动与智能决策,推动数字化施工由粗放式管理向精细化、智能化管控升级,全面提升工程建设质量与施工效率,为工程高质量建设筑牢技术支撑。

3.3 加强人才培养,提升数字化应用能力

构建“培养+引进”双轮驱动的人才队伍建设体系,为抽水蓄能工程数字化建设提供坚实人才保障。深化与高校、科研机构的务实合作,开设定向培养课程,紧密结合抽水蓄能工程建设特点,定向培育兼具土建专业功底、BIM技术应用与物联网操作能力的复合型人才,持续优化人才队伍结构。建立常态化、阶梯式培训机制,面向一线施工人员与管理人员,分层开展BIM软件实操、工程数据解读、智能设备运维等专项技能培训,全面提升从业人员数字化应用水平,打造一支适配智慧工程建设需求的专业人才队伍^[6]。

健全人才激励与引进机制,依托专项扶持政策,精准吸纳行业内优秀数字化技术人才,充实工程数字化建设队伍。构建科学合理的人才考核评价体系,打通专业化、阶梯式晋升通道,将数字化技术创新、现场实践成效作为重要评价依据,充分激发技术人员创新活力与应用动力。通过激励引导与制度保障,形成“培育—使用—提升”的人才发展良性循环,持续提升队伍数字化素养与技术应用能力,为抽水蓄能工程数字化施工技术深度推广应用筑牢人才根基,保障数字化施工模式稳步落地、高效运行。

3.4 规范数据管理,打破信息孤岛

建立统一的数据标准与管理规范,明确设计、施工、监测、运维等各环节数据的采集范围、

格式要求及流转流程,确保各类数据格式统一、质量可控,从源头解决数据杂乱、无法高效利用的问题。搭建一体化数据管理平台,整合设计图纸、施工参数、监测数据、运维记录等全环节数据,实现数据集中管理与高效共享,彻底打破不同专业、不同环节的数据壁垒,破解信息孤岛难题。完善数据安全管理体系,建立数据加密、定期备份、访问权限管控等安全措施,防范数据泄露、丢失或篡改风险,保障数据安全。

运用大数据分析技术深度挖掘工程数据价值,对施工过程中的进度、质量、安全、设备等多维度数据进行整合分析与精准研判,为施工方案优化、进度动态调整、质量全过程管控提供科学决策依据。充分发挥数据驱动在工程管理中的核心作用,推动传统施工管控向精细化、智能化转型,提升管理效率与风险预判能力。依托数据赋能,持续完善数字化施工体系,为抽水蓄能电站土建工程高质量、标准化、数字化发展提供坚实可靠的数据支撑。

4 结语

数字化施工是抽水蓄能电站土建工程高质量发展的必然选择,通过BIM、物联网、大数据等技术的融合应用,可有效破解传统施工的粗放弊端,提升施工效率与质量。当前,数字化施工仍面临长效机制不健全、BIM应用浅层化、人才短缺、数据管理不规范等困境,制约了技术价值的充分发挥。通过健全长效管理机制、深化BIM应用、加强复合型人才培养、规范数据管理,可推动数字化施工落地。未来,随着数字技术的迭代,抽水蓄能电站土建工程将实现更智能、高效的施工管控,助力新型电力系统建设,为能源结构优化与“双碳”目标实现提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 林嘉祺. 土建施工深化设计中BIM技术应用与工序协调探究[J]. 新城建科技, 2024, 33(07): 164-166.
- [2] 张燕秋. 基于BIM技术的土建施工效率提升研究[C]// 广东省国科电力科学研究院. 第五届电力工程与技术学术交流会议论文集. 朝阳市中心医院; 2024: 237-238.
- [3] 刘伟. BIM技术在土建工程中的应用分析[J]. 科学与信息化, 2024(17): 52-54.
- [4] 王斌. BIM技术在土建现场施工管理工作中的应用[J]. 工程学研究与应用, 2024, 5(2).
- [5] 张颖. 数字化建筑信息技术在土建工程中的应用研究[J]. 中国战略新兴产业, 2024(3): 74-76.
- [6] 李浩洋, 莫玉, 唐诗尧. 云教学平台在高职土建类专业数字化人才培养中的教学管理应用探究[C]// 北京大学出版社. 北京大学出版社2023年教育数字化转型与智能教育发展研讨会论文集. 四川水利职业技术学院; 2023: 55-62.

作者简介: 张子优(2006.12—), 女, 汉族, 山东枣庄人, 本科, 学生, 研究方向: 土木工程(水利水电)。