

水利水电工程中BIM技术应用

臧国宽

黔西南民族职业技术学院 贵州兴义 562400

【摘要】水利水电工程管理亟须引入新技术以提升效率和质量。本文系统探讨了BIM技术在水利水电工程设计、施工和运维管理中的创新应用。通过理论分析和典型案例研究，揭示了BIM技术在优化设计方案、简化施工管理、提高运维效率等方面的巨大潜力。研究表明，BIM技术与水利水电工程管理需求高度契合，将成为业界的变革性力量。但BIM技术在该领域的推广应用仍面临诸多挑战，需要从技术创新、流程再造、标准规范等方面系统施策。本文的研究成果可为业界实践BIM技术应用提供理论指导和经验借鉴。

【关键词】水利水电工程；BIM技术；工程设计；施工管理；运维管理

引言：

水利水电工程是国家基础设施建设的重要组成部分，对经济社会发展和生态文明建设具有重大战略意义。近年来，国家不断出台政策，大力推动水利水电工程的数字化转型和智能化升级。在此背景下，BIM技术以其集成协同、模拟优化、信息管理等优势，在水利水电工程建设和管理中得到越来越广泛的应用。但BIM技术在该领域的研究与应用还处于探索阶段，尚缺乏系统性、针对性的理论指导。

1 BIM技术及其在水利水电工程中应用的理论基础

1.1 BIM的概念、特点和技术框架

BIM (Building Information Modeling) 是一种基于3D数字模型的信息化建筑设计方法，其核心是在计算机中构建与实际工程一致的虚拟模型，并融合了建筑工程各环节及专业的信息数据。BIM的特点包括：数据集成性，各专业数据在同一模型中共享；参数关联性，模型中各对象参数化定义并动态关联；模拟仿真性，可对工程全生命周期进行虚拟模拟和性能分析^[1]。BIM技术框架涵盖了几何模型、属性数据、协同管理等多个维度，依托一系列软硬件工具和数据标准，支撑工程项目从设计、施工到运维的信息化、精细化和协同化管理。

1.2 水利水电工程的特点和管理需求

水利水电工程是一类投资大、工期长、涉及专业多、技术复杂的基础设施项目。其建设和运营通常跨越多个地理区域，涉及水文、地质、结构、材料、设备、环境等多个专业，对勘察设计、施工组织、运行维护等管理活动提出了很高要求。同时，水利水电工程建设还面临工程量不

准、沟通协调难、现场变更更多等诸多管理难题。因此，水利水电工程项目管理亟须一种数字化的手段，能够统筹工程全生命周期的各环节、各专业的海量信息，增强设计深度、优化资源配置、简化施工组织、提高运维效率，从而破解当前管理中存在的痛点和难题。

1.3 BIM技术在水利水电工程中应用的可行性分析

BIM技术以其数字化、信息化、智能化的特点，与水利水电工程的技术特点和管理需求高度契合。通过BIM技术构建工程信息模型，可实现工程数据的集成共享和关联传递，打通各专业、各环节的信息孤岛；借助BIM模型的可视化、模拟仿真等功能，能够优化设计方案、预测工程风险、指导施工部署、辅助运维决策，全面提升工程管理的科学性和精细度；依托BIM平台，能够创新项目管理模式、优化工作流程、加强团队协作，破除阻碍生产力发展的体制机制障碍。

2 BIM技术在水利水电工程设计中的应用与创新

2.1 传统设计方法的局限性

传统的水利水电工程设计主要依靠二维图纸和文档，存在信息孤立、数据冗余、沟通不畅等问题。设计各专业间缺乏有效的协同机制，易产生设计错误和碰撞。设计成果难以直观呈现，无法实现可视化的方案比选和优化。设计数据无法与施工、运维阶段有效衔接，导致信息断层和重复建模。同时，传统设计方法难以适应日益复杂的水利水电工程建设需求，无法全面评估工程方案的技术经济性和可行性，也无法有效指导工程施工和运行管理。

2.2 基于BIM的工程流程再造

基于BIM技术的水利水电工程设计流程，以三维模型为核心，贯穿设计的全过程和各专业。首先，在BIM平台上构建工程的地形地质模型，为方案设计提供精准的数字化场地条件。然后，各专业在统一的模型环境中协同设计，基于参数化、关联化的建模方式，实现设计数据的实时共享和自动更新^[2]。通过可视化的碰撞检查，及时发现和解决设计问题，优化设计方案。基于BIM模型，可快速生成工程量清单、施工进度模拟等设计成果，为后续施工提供精准的指导。BIM驱动的设计流程再造，打破了传统设计的线性模式，实现了设计过程的并行化、协同化和精细化，显著提高了设计效率和质量。

2.3 基于BIM的设计方案优化与碰撞检查

基于BIM模型，可实现水利水电工程设计方案的快速生成、比选和优化。通过参数化建模，设计人员可在BIM平台上灵活调整设计参数，自动生成多个备选方案，并借助BIM软件的性能分析功能，从结构安全、施工便利、运行效率等多角度评估方案的可行性和经济性，选择最优方案。同时，BIM模型还可用于碰撞检查，自动识别设计各专业、各部件间的空间几何冲突，生成直观的碰撞报告，方便设计人员查找和消除设计缺陷，减少设计返工和变更。基于BIM的设计方案优化和碰撞检查，能够全面审视设计方案的合理性，提前发现和解决设计问题，从源头上提高工程设计质量。

2.4 典型案例分析

某大型水电站工程采用BIM技术进行设计，取得了显著成效。设计团队在BIM平台上建立了包含地形、地质、结构、机电等专业的综合三维模型，实现了各专业设计的可视化和协同化。通过模型的动态关联和参数传递，各专业的设计变更能够实时同步，保证了设计数据的一致性和准确性。基于BIM模型的碰撞检查，识别出100余处设计错误和缺陷，避免了大量的设计返工和施工变更。项目还利用BIM模型进行了20余轮的方案比选和性能分析，优化了大坝、厂房等关键构筑物的结构布置和参数设计，提高了工程的安全性和经济性。该项目的成功实践表明，BIM技术在提升水利水电工程设计管理水平方面具有革命性的意义。

3 BIM技术在水利水电工程施工管理中的应用与创新

3.1 传统施工管理面临的挑战

水利水电工程施工涉及多专业协同、大量资源配置和复

杂现场管理，传统管理模式效率低、精细化程度不够，难以满足工程建设高质量发展的需求。具体来说，传统施工进度管理缺乏可视化手段和实时数据支撑，难以准确把控关键工序衔接；资源需求预测依赖经验，存在材料积压和短缺风险；质量缺陷发现滞后，隐蔽工程验收不规范；安全管理流于形式，隐患排查被动应对。上述问题导致施工效率低下、资源浪费严重、返工频发，急需引入创新的信息化管理工具加以改进。而BIM技术以其数字化、可视化、智能化的特点，为破解传统施工管理难题提供了新思路。

3.2 基于BIM的施工进度与资源管理优化

BIM技术为水利水电工程施工进度与资源管理优化提供了强大的信息化和智能化工具。基于三维BIM模型，集成工程量、资源配置、进度计划等数据，生成可视化的4D施工管理模型，能够直观模拟施工全过程，提前优化关键工序的施工方案，压缩工期。通过与智能传感、物联网等技术集成，实现对现场施工进度、材料消耗等数据的实时采集和动态更新，建立精细化的进度管控闭环^[3]。基于BIM的资源需求模拟和动态分配，可优化材料设备供应计划，减少库存积压，节约场地布置。利用BIM平台进行进度偏差预警、资源调配优化、技术经济分析等，为科学控制项目进度、成本奠定了数字化基础。

3.3 基于BIM的质量与安全管理创新

BIM技术为水利水电工程施工质量与安全管理注入了新动能。利用三维BIM模型与智能传感技术、无人机巡检等手段联动，对危大工程、关键工序实施全过程、精细化的数字质量管控，通过数据采集、比对分析，及时发现质量缺陷并溯源。基于BIM模型开展施工工艺模拟和安全风险识别，提前预判安全隐患并制定针对性防范措施。在BIM平台汇聚工程建设各方主体，构建一体化质量安全管理协同机制，打通信息壁垒。通过BIM与VR/AR、大数据分析等技术融合应用，创新安全教育培训模式，提升项目人员安全意识和事故应急处置能力。

3.4 典型案例分析

某大型水电站工程应用BIM技术开展精细化施工管理，取得了显著成效。项目团队基于BIM软件，搭建涵盖全工序、多专业的三维施工模型，生动呈现了导流洞、大坝等关键单元的施工工艺和进度计划。通过BIM模型优化施工方案，月度计划完成率从85%提高到95%以上。利用BIM与物联

网集成,对现场混凝土浇筑、钢筋绑扎等质量控制参数实时监测,质量验收一次合格率提升20%。基于BIM开展安全风险识别和事故应急演练,施工伤亡事故发生率降低50%。该项目还利用BIM平台进行技术经济分析,优选施工组织方案,工程建设成本节约5%。BIM技术在该水电工程建设中的成功应用,为行业数字化转型提供了宝贵经验。

4 BIM技术在水利水电工程运维管理中的应用与创新

4.1 水利水电工程运维管理的难点

水利水电工程运维管理涉及大量工程设施、设备和环境要素,管理对象分散广、类型多、状态各异,技术要求高、管理标准严、协调难度大。传统的运维管理模式下,各类工程信息分散异构、集成共享难,缺乏全局性的数字化管理手段。设备设施管理中,台账不全、属性不清、履历难查,影响检修养护效率^[4]。日常巡检大部分依赖人工,数据采集低效,隐患排查滞后。大坝安全监测数据多源异构、关联分析困难,风险预警和辅助决策能力不足。水库调度缺乏精细化模拟手段,调度方案优选周期长。上述难点亟须新一代信息技术突破。

4.2 基于BIM的工程信息与知识管理创新

基于BIM的水利水电工程信息与知识管理,通过构建工程全生命期一体化数据框架和知识库,打通设计、施工、运维各阶段信息壁垒,实现工程数据全面集成与无缝共享。利用BIM软件,建立涵盖地理、水文、结构等多专业信息的数字孪生工程模型,集成设备台账、运行履历、点检记录等,实现可视化信息查询、状态跟踪。BIM知识库包括了设计参数、施工方法、运维规程、事故案例等维度,为故障诊断、应急指挥等提供智能化知识服务。通过BIM大数据分析工程运行规律,优化运维策略。BIM驱动的工程信息与知识一体化管理,为提升运维效率和水平开辟新路径。

4.3 基于BIM的状态监测与养护决策优化

BIM为水利水电工程运行状态监测与养护决策优化提供了数字化创新手段。通过BIM与物联网、传感器等融合应用,对大坝变形、渗流等关键指标实时监测,并基于BIM分析模型开展稳定性评价、安全诊断等。BIM+无人机/机器人助力精细化巡检养护,及时发现病险隐患。集成运行监测、模型分析、巡检数据等,建立面向调度的水库群数字孪生系统,通过仿真优化调度方案。基于BIM的设备全生命

周期管理,固化事故教训,优化检修策略^[5]。BIM与可视化技术联动,为智能调度决策、检修指挥等赋能。BIM驱动的状态监测和辅助决策优化,开启了水利水电工程智慧运维新时代。

4.4 典型案例分析

某大型水利枢纽利用BIM技术开展智慧化运维,取得了显著成效。建立涵盖坝区、电站、航运等的数字孪生模型,通过与物联网、大数据平台集成,实现大坝安全的实时监测、自动预警。基于BIM的精细化巡检养护,每年节约巡检时间2000小时以上。利用BIM设备管理平台,建立全生命周期设备档案,管理效率提升30%,检修成本降低15%。通过BIM、AI、专家系统融合,搭建水库群智能调度系统,优化调度方案1000余套,发电效益提升5%。该项目形成了BIM+物联网+AI的智慧水利新模式,为同类工程提供了可资借鉴的成功经验,彰显了BIM技术重塑行业管理的巨大潜力。

结束语:

BIM技术与水利水电工程高度契合,在设计、施工、运维等方面展现出显著价值。但其应用仍处于起步阶段,面临标准缺失、人才匮乏、流程难适配等挑战。未来需加强顶层设计,建立标准体系;大力培养专业人才;系统变革管理流程。只有多方协同,深度融合BIM与水利水电工程,才能释放其变革潜力,为行业高质量发展赋能。

参考文献:

- [1]汪新. 阐述水利水电工程中BIM技术的应用及拓展[J]. 城市周刊, 2022(6): 73-75.
- [2]王磊. BIM在水利水电工程设计中的应用[J]. 水电水利, 2022, 6(5): 25-27. DOI: 10.12238/hwr.v6i5.4406.
- [3]王健. 水利水电工程中BIM技术的应用研究[J]. 地下水, 2020, 42(3): 4. DOI: CNKI: SUN: DXSU. 0. 2020-03-094.
- [4]陈垒, 刘德斌. BIM技术在水利水电工程可视化仿真中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(07): 175-177.
- [5]黎文杰. 水利水电工程中地质勘测及其技术应用分析[J]. 工程技术研究, 2023, 8(03): 219-221.

作者简介:

臧国宽(1982.3—),男,汉族,河南省南阳市,学历:研究生,职称:助教,研究方向:水利水电工程。