

水利水电工程建设施工难点及 BIM 技术应用研究

葛友星

江西省南昌市高新技术开发区 江西 南昌 330000

【摘要】水利水电工程作为国家基础设施建设的核心领域，其建设质量直接关系到防洪安全、水资源调配及区域经济发展。然而，受复杂地质条件、水文环境、技术协同需求及环保要求等多重因素影响，工程建设长期面临施工效率低、成本控制难、安全隐患多等挑战。BIM 技术（建筑信息模型）通过三维可视化、多专业协同及全生命周期管理，为破解传统施工痛点提供了创新路径。本文系统分析水利水电工程施工难点，结合 BIM 技术应用案例，探讨其在设计优化、施工模拟、资源管理及运维维护中的实践价值，为提升工程建设质量与效率提供理论支持。

【关键词】水利水电工程；施工难点；BIM 技术；三维建模；协同管理

DOI:10.12417/2705-0998.25.21.021

1 引言

水利水电工程具有投资规模大、技术复杂度高、环境耦合性强等特点，其建设过程需应对地质灾害、水文变化、生态保护等多重约束。传统二维图纸与分散式管理模式难以满足现代工程对精度、效率及可持续性的要求。BIM 技术通过集成建筑、结构、机电等多领域信息，构建数字化三维模型，实现了从设计到运维的全生命周期管理，成为破解施工难题的关键技术手段。本文结合工程实践，深入探讨 BIM 技术在水利水电领域的应用潜力与挑战。

2 水利水电工程施工难点分析

2.1 地质与水文条件复杂性

水利水电工程多选址于地形起伏大、地质结构复杂的区域，常见软弱地基、断层、岩溶等不良地质现象。例如，白鹤滩水电站坝基存在柱状节理玄武岩，需通过灌浆加固与锚固技术确保稳定性；两河口水电站则面临高边坡群稳定性控制难题。此外，水文条件动态变化对围堰设计、基坑降水及防渗处理提出严苛要求，如洪水季节需保障围堰安全，干旱季节需维持施工用水与混凝土养护需求。

2.2 多专业协同与技术整合挑战

工程涉及建筑、结构、机电、水力机械等多领域交叉，传统模式下各专业设计冲突频发。例如，水管与电缆布局可能因空间重叠导致施工返工，水轮机安装需协调运输、吊装与调试精度。缺乏统一信息平台导致沟通效率低下，设计变更频繁引发工期延误与成本超支。

2.3 施工环境与安全风险

工程建设中，露天、高空、深基坑等特定场景挑战多且严峻，易受极端天气影响。高温使露天作业工人中暑，影响效率与健康；低温降低设备性能；雨雪让场地湿滑，增加工人滑倒坠落风险、损坏建材；大风给高空作业带来安全隐患。

同时，这些场景还面临坍塌、坠落、设备故障等安全风险。

如深基坑施工中，围堰渗漏会破坏基坑稳定性，甚至引发坍塌；泥沙冲刷会破坏水下结构稳定性。

2.4 环保与生态约束

如今工程建设需满足水质保护、鱼类洄游通道恢复等生态要求。施工废水排放会污染周边水体，破坏鱼类洄游通道会影响鱼类生存繁衍。

工程建设者要采取措施减少对水生生物的影响，如设计鱼道、人工增殖放流。施工中要严控扬尘、废水、噪声污染，否则会引发环境罚款和舆论压力，影响工程进行。

2.5 社会经济影响

工程建设中征地拆迁、移民安置、土地调配不可避免，需平衡工程效益与居民利益，处理不当会引发社会矛盾，要制定合理补偿方案。

推动就业安置与基础设施重建也很重要，可提高居民生活水平、促进经济发展。解决不好会激化矛盾，影响工程推进，建设中要重视社会经济影响，平衡各方利益。

3 BIM 技术在水利水电工程中的应用优势

3.1 三维可视化与设计优化

在现代工程领域，BIM 技术凭借其强大的功能在项目设计阶段发挥着至关重要的作用。BIM 技术通过三维建模的方式，能够全面且细致地整合地形、地貌、建筑物以及设备等多方面的信息。这种整合并非简单的堆砌，而是将各种数据进行有机融合，从而实现全方位的设计审查。具体来说，在水利工程中，例如水库的设计，BIM 技术可模拟水库柱三角形结构形态。这一模拟过程不仅仅是呈现出水库的外观，更重要的是能够进行深入的分析。它可以开展渗流土壤错动分析，精确地了解土壤在水流作用下的变化情况；进行坡面返围模拟，预测坡面可能出现的各种状况；还能进行防洪设计计算，评估水库在不同洪水情况下的安全性。通过这些模拟和分析，能够提前发现地形稳定性、水流动力学等方面存在的问题。在传统的设计方法中，

这些问题往往要到施工甚至运营阶段才会被发现,而使用BIM技术则可以在设计阶段就将其暴露出来,进而采取相应的措施进行优化,大大减少了后期变更与返工成本。3.2 多专业协同与碰撞检测

大型工程项目涉及建筑、结构、机电等多专业协同,BIM平台为其提供统一数据环境,实现各专业实时协同,如同信息共享大平台,供各专业设计师实时交流协作。如桥梁建设项目,BIM平台碰撞检测功能可精确认别水管、电缆与桥梁的空间冲突,生成含冲突位置、类型及影响的直观报告,助设计师在项目早期优化布局。传统设计流程各专业沟通不及时充分,易致施工矛盾,而BIM平台碰撞检测功能可避免矛盾,提高施工效率和质量。

3.2 施工模拟与进度控制

BIM技术在施工阶段也有着重要的应用,它可以模拟整个施工过程。在施工过程中,天气、地形等因素都会对施工进度产生影响,而BIM技术能够预测这些因素对进度的具体影响。例如,在混凝土浇筑工程中,通过输入混凝土浇筑参数,BIM技术可以模拟分层浇筑与冷却管系统的效果。这一模拟过程可以帮助施工人员了解混凝土在不同浇筑方式和冷却条件下的温度变化情况,从而采取相应的措施防止温度裂缝的产生。同时,BIM技术还结合了进度管理模块,能够实时对比模型与实际施工进度。通过这种对比,可以准确地定位施工过程中出现滞后的环节。一旦发现滞后环节,就可以及时调整资源配置,例如增加施工人员、调整施工设备等,确保施工进度能够按照计划进行。

3.3 成本控制与资源优化

工程项目中,成本控制与资源优化很重要。BIM模型能精确计算工程量,为成本预算提供可靠数据,通过分析可了解项目所需材料和设备数量,如分析材料属性与设备规格能优化采购计划,采购时按需选规格和数量,避免资源浪费。同时,结合进度预测成本变化,BIM技术可动态调整资源分配,在项目各阶段按进度和预算合理分配人力、物力和财力,降低超支风险。传统项目管理中成本控制和资源分配不精准,易致成本超支和资源浪费,BIM技术应用可有效解决这些问题。

3.4 运维管理与安全保障

在工程项目的运维阶段,BIM模型同样发挥着重要的作用。BIM模型集成了设备运行数据,这些数据可以反映设备的实时运行状态。通过对这些数据的分析,能够支持运维阶段的状态监测与预测性维护。例如,通过模拟设备故障场景,运维人员可以提前制定应急预案。在设备出现故障时,能够迅速采取相应的措施,减少故障对项目运行的影响。同时,结合三维扫描技术,BIM模型可以对比实际施工与模型之间的差异。在项目建设完成后,实际施工情况可能会与设计模型存在一定的

差异,通过三维扫描技术获取实际施工数据,并与BIM模型进行对比,能够及时发现这些差异。根据对比结果,可以指导质量整改,确保项目的质量和安全性。

4 BIM技术应用案例分析

4.1 防洪工程:水库结构建模与渗流分析

防洪工程是水利工程重要组成部分,水库作为关键设施,其结构稳定性和渗流情况影响工程安全与经济。某水库工程顺应现代工程技术趋势,应用BIM技术构建精准三维模型,模拟柱三角形结构,该结构在力学和水流特性上优势显著。通过模型分析可追踪渗流路径、评估土壤稳定性,这对了解水流运动、确保水库安全至关重要。工程团队依据分析结果优化坝体防渗设计,成果显著,渗漏量减少30%,保护水资源、降低安全隐患,混凝土用量降低15%,节约成本,提升工程经济性与安全性,为类似工程提供借鉴。

4.2 水电站:引水系统设计与碰撞检测

水电站引水系统设计合理性关乎发电效率与工程运行,某水电站引水隧洞工程利用BIM技术开展水力学计算与模型试验。水力学计算精确分析隧洞水流参数,为优化坡度提供依据;模型试验直观展示水流状态,助于确定压力管道布局,使引水系统设计更科学。此外,该工程发挥BIM碰撞检测功能,在复杂引水系统中精准识别电缆与水管冲突点23处,若施工中发现会致返工,工程团队发现后迅速调整方案,避免约500万元返工损失,缩短工期20天,提高工程效益与进度。

4.3 施工管理:进度模拟与资源调配

某大型水电站项目施工管理难度大,为确保按时高质量完工,积极应用BIM进度管理模块。该模块可精确模拟混凝土浇筑、设备安装等关键路径,建立虚拟施工场景预测问题。施工中实时对比模型与现场进度,及时发现偏差。一次对比发现钢筋绑扎环节滞后3天,若不纠正将严重影响总工期。项目管理团队发现问题后果断增派专业人员、调整相关工序,解决了进度滞后问题,确保总工期按期完成,体现了BIM进度管理模块在大型水电站施工管理中的重要作用。

5 BIM技术应用挑战与对策

5.1 技术标准化与数据互通

在当今水利水电工程领域,BIM软件已成为重要工具,可助工程师高效设计、施工和管理。但当前BIM软件与水利水电行业绘图工具兼容性不足,影响工作效率和工程质量。为解决此问题,需推动统一数据标准应用,如IFC格式,其开放性和互操作性好,能打破数据壁垒,让软件基于统一标准交换共享数据,提高兼容性。同时,要建立跨平台信息共享机制,确保不同平台软件信息交流与协同工作,提升工程整体效率和质量。

5.2 人才短缺与培训体系

当今水利水电行业发展面临严峻问题，极度缺乏既掌握BIM技术又了解水利水电专业的复合型人才。BIM技术在多方面作用关键，水利水电专业复杂且专业，涉及众多领域，但能将二者结合的人才极少，制约行业高效发展与创新进步。

为解决人才短缺问题，建议高校增设相关课程。高校作为人才培养基地，可依行业需求设置课程体系，如开设BIM技术在水利水电工程应用课程，增加实践教学环节，提升学生专业技能与解决实际问题的能力。

企业应担责加强内部培训，定期组织员工参加相关知识培训，邀请专家授课指导，鼓励员工自主学习，营造学习氛围，提升员工业务能力。

引入第三方技术服务机构也是弥补能力缺口的有效途径。其有专业团队与丰富经验，可为企业提供技术支持与解决方案。企业可与其建立长期合作，借助技术优势解决难题，提高核心竞争力。

5.3 成本投入与效益平衡

在当今的建筑行业领域，BIM技术的实施并非一件简单的事情，它需要在软件、硬件以及人力等多个方面进行大量的投入。对于中小企业而言，这样的投入无疑是一个巨大的负担，这也导致了它们对于应用BIM技术的意愿普遍较低。为了有效解决这一问题，可以采取多种方式来降低中小企业应用BIM技术的初期成本。比如，政府可以通过给予补贴的方式，直接为企业减轻资金压力；还可以通过开展试点项目并进行推广，让企业在实践中看到BIM技术的可行性和优势。与此同时，

还应该着重强调BIM技术的长期效益，例如它能够有效减少工程变更，避免因为变更带来的额外成本和时间浪费；还可以显著提升工程质量，为企业树立良好的口碑和形象。

5.4 政策支持与行业协作

为了推动BIM技术在建筑行业的广泛应用和健康发展，需要进一步完善BIM技术的应用规范。这不仅仅是制定一些简单的规则，而是要建立一个涵盖设计、施工以及运维等全链条的标准体系。在设计阶段，规范可以确保设计方案的科学性和合理性；在施工阶段，标准体系能够保障施工过程的顺利进行和质量控制；在运维阶段，有助于提高建筑物的管理效率和使用寿命。此外，还应该积极鼓励行业协会组织各类技术交流活动。这些活动可以为企业提供一个相互学习和交流的平台，让企业能够及时了解行业的最新动态和技术发展趋势。同时，要大力推动龙头企业分享它们在BIM技术应用方面的成功经验。龙头企业通常在技术应用和管理方面具有丰富的经验和优势，它们的成功案例可以为其他企业提供宝贵的借鉴和参考，从而带动整个行业的发展。

6 结论与展望

BIM技术通过三维可视化、多专业协同及全生命周期管理，为水利水电工程施工提供了高效解决方案，显著提升了设计质量、施工效率及运维可靠性。未来，随着5G、物联网及人工智能技术的融合，BIM将向智能化、云端化方向发展，进一步推动水利水电工程建设的数字化转型。行业需持续突破技术瓶颈、完善标准体系、培养专业人才，以充分释放BIM技术的潜在价值，助力国家基础设施高质量发展。

参考文献：

- [1] 水利水电工程建设项目 BIM 技术应用取费研究.敖翔;杨明桃;李谧.建筑经济,2023(10).
- [2] 基于 BIM 技术的水利水电工程逆向设计.潘莹.水利信息化,2021(02).
- [3] 水利水电工程施工中 BIM 技术的应用.张旭;李晓波.居舍,2021(18).
- [4] BIM 在水利水电工程施工中的应用.闫晓虹.工程技术研究,2019(24).
- [5] 水利水电工程施工中 BIM 技术的应用.杨信林.居舍,2021(16).