

BIM技术在水利工程全生命周期设计中的应用与实践研究

王百乐

洛阳水利勘测设计有限责任公司 河南 洛阳 471000

摘要: BIM技术作为集成化管理系统,在水利工程全生命周期设计各阶段应用成效显著。规划阶段助力布局与可行性分析,设计阶段提供高效平台提升图纸质量,施工阶段实现进度动态管理与质量把控,运维阶段成为设备管理信息平台并助力安全监测。但目前存在技术标准与规范不完善、专业人才短缺、应用成本较高等问题,需完善标准规范、加强人才培养、降低应用成本,以推动其广泛应用。

关键词: BIM技术;水利工程;全生命周期设计;应用与实践

引言

水利工程是国家基建的关键支撑,其设计质量与效率关乎工程安全与效益。在信息技术日新月异的当下,BIM技术凭借三维可视化呈现、参数化灵活设计、多专业协同工作平台等显著优势,在水利工程全生命周期设计里潜力凸显。不过,目前该技术在水利工程领域的应用尚在发展期,存在技术标准规范不健全、专业人才匮乏、应用成本居高不下等挑战,深入研究其应用实践对推动水利设计创新意义重大。

1 BIM技术概述及在水利工程设计中的优势

1.1 BIM技术概述

BIM (Building Information Modeling) 技术,即建筑信息模型技术,是一种基于数字化三维模型的集成化管理系统。它不仅包含了建筑或工程对象的几何信息、物理信息,还集成了工程全生命周期各阶段的相关数据和信息,通过参数化设计、可视化展示、协同工作平台等功能,实现对建设工程项目的高效管理。在水利工程领域,BIM技术可以构建包括大坝、渠道、水闸、泵站等各类水工建筑物的三维模型,并将水文、地质、机电设备等相关信息融入模型中,形成一个完整的工程信息数据库。

1.2 BIM技术在水利工程设计中的优势

BIM技术能够将水利工程设计方案以三维可视化的形式呈现出来,设计人员和业主可以直观地查看工程的整体布局、结构形态和空间关系。与传统二维图纸相比,三维可视化模型更易于理解和沟通,能够帮助设计人员及时发现设计中的问题,优化设计方案^[1]。在某大型水电站设计中,通过BIM技术构建的三维模型,设计人员可以清晰地看到厂房内部机电设备的布置情况以及各设备之间的连接关系,提前发现设备安装空间不足、管线碰撞

等问题,并进行调整,避免了施工阶段的设计变更。BIM技术的参数化设计功能允许设计人员通过修改参数来快速调整设计方案,模型中的相关部分会自动更新,大大提高了设计效率。BIM协同工作平台支持多专业设计人员在同一模型上进行实时协作,各专业设计信息实时共享,当一个专业的设计方案发生变更时,其他专业能够及时获取信息并进行相应调整,有效减少了设计冲突和重复劳动。在某城市防洪工程设计中,防洪堤专业对堤身断面进行优化调整后,给排水专业和电气专业能够立即在BIM协同平台上看到变更信息,并对堤身内的给排水管道和电气线路进行相应修改,确保了各专业设计的一致性和协调性。BIM技术可以整合水利工程全生命周期各阶段的信息,形成一个完整的工程信息数据库。从规划阶段的项目可行性研究、方案论证,到设计阶段的详细设计、施工图绘制,再到施工阶段的进度管理、质量控制,以及运维阶段的设备维护、安全监测,所有信息都可以存储在BIM模型中。这使得各阶段的参与方能够方便地获取所需信息,实现工程全生命周期的高效管理。

2 BIM技术在水利工程全生命周期设计各阶段的应用实践

2.1 规划阶段的应用

在水利工程规划阶段,BIM技术可以帮助设计人员快速构建工程的初步模型,对工程的布局、规模和可行性进行分析。通过将地形、地质、水文等基础数据导入BIM模型,设计人员可以直观地展示工程与周边环境的关系,进行方案比选。在某跨流域调水工程规划中,利用BIM技术构建了不同调水线路的三维模型,结合地形地貌和水资源分布情况,对各调水线路的工程量、投资成本、施工难度以及对生态环境的影响进行分析和比较,

为项目决策提供了科学依据。BIM模型还可以进行洪水模拟、水流分析等，评估工程的防洪、灌溉等功能，优化工程规划方案。

2.2 设计阶段的应用

在方案设计阶段，BIM技术为设计人员提供了一个更加灵活、高效的设计平台。设计人员可以利用BIM软件快速创建水利工程的三维模型，通过对模型的不断修改和优化，探索不同的设计方案。在大坝设计中，设计人员可以通过调整BIM模型中的坝体参数，如坝高、坝坡坡度、坝体结构形式等，直观地展示不同设计方案下大坝的外观形态和结构性能，进行多方案比选，选择最优设计方案。BIM模型还可以与建筑性能分析软件相结合，对大坝的受力情况、渗流情况进行模拟分析，为设计方案的优化提供数据支持。在施工图设计阶段，BIM技术能够提高图纸的准确性和完整性。利用BIM软件的出图功能，可以直接从三维模型生成二维施工图，避免了传统二维绘图中因人为因素导致的图纸错误^[2]。BIM模型中的信息可以直接标注在施工图上，使图纸信息更加丰富、准确。在水闸施工图设计中，通过BIM技术生成的施工图不仅包含了水闸的几何尺寸、结构配筋等信息，还能直观地展示水闸各部件之间的连接关系和安装顺序，方便施工人员理解和施工。BIM技术还可以进行碰撞检查，提前发现各专业之间的设计冲突，如管道与结构构件的碰撞、设备与管线的碰撞等，并及时进行调整，减少施工阶段的设计变更。

2.3 施工阶段的应用

(1) 施工进度管理，将BIM模型与施工进度计划相结合，利用BIM-4D技术（三维模型+时间维度）可以实现对施工进度的动态管理。通过在BIM模型中为每个施工任务赋予时间参数，创建施工进度模拟动画，施工管理人员可以直观地看到施工过程中各阶段的进度安排和资源配置情况，提前发现潜在的进度风险，并及时调整施工计划。在某大型水利枢纽工程施工中，利用BIM-4D技术对大坝混凝土浇筑进度进行模拟，发现由于混凝土供应不足可能导致浇筑进度滞后，施工管理人员及时调整了混凝土生产计划和运输方案，确保了施工进度按计划进行。(2) 施工质量控制，BIM技术可以为施工质量控制提供有力支持。在施工过程中，施工人员可以通过移动终端查看BIM模型中的施工工艺要求、质量验收标准等信息，确保施工过程符合设计要求。利用BIM模型进行施工质量检查，将实际施工情况与BIM模型进行对比，及时发现质量问题并进行整改。在水利工程钢筋绑扎施工中，施工人员可以通过手机APP查看BIM模型中钢筋的布

置位置和绑扎要求，避免出现钢筋错位、漏绑等问题。质量管理人员可以利用BIM模型对已完成的钢筋绑扎工程进行检查，通过三维可视化对比，快速发现质量缺陷，并要求施工人员进行整改。

2.4 运维阶段的应用

在水利工程运维阶段，BIM模型可以作为设备管理的信息平台。将设备的型号、规格、安装位置、技术参数、维护记录等信息录入BIM模型中，运维人员可以通过BIM模型快速查询设备信息，制定设备维护计划。在泵站运维管理中，运维人员可以通过BIM模型查看每台水泵的运行状态、维护周期和维修历史，及时对设备进行维护和保养，提高设备的可靠性和使用寿命。BIM模型还可以模拟设备的故障情况，帮助运维人员制定应急预案，提高应对突发事件的能力。结合传感器技术和BIM技术，可以实现对水利工程的实时安全监测与评估。将大坝位移、渗流、应力等监测数据与BIM模型相结合，通过可视化的方式展示工程的安全状态。当监测数据超过预警值时，BIM模型会自动报警，并定位到具体的位置，为运维人员提供准确的安全隐患信息。

3 BIM 技术在水利工程应用中存在的问题与挑战

3.1 技术标准与规范不完善

目前，我国BIM技术在水利工程领域的应用尚处于发展阶段，缺乏统一的技术标准和规范。不同软件之间的数据格式不兼容，导致各参与方在信息传递和共享过程中存在困难。设计单位使用的BIM软件与施工单位、运维单位使用的软件可能不同，在数据转换过程中容易出现信息丢失或错误，影响了BIM技术的应用效果^[3]。对于水利工程BIM模型的建模标准、信息存储标准、应用流程等方面也缺乏明确的规定，使得各项目在申请BIM技术时缺乏统一的指导，难以实现工程全生命周期的有效管理。

3.2 专业人才短缺

BIM技术是一种跨学科、综合性的技术，需要既懂水利工程专业知识，又掌握BIM软件操作和信息化管理的复合型人才。然而，目前我国水利行业从事BIM技术应用的专业人才相对较少，大部分水利工程技术人员对BIM技术的了解和掌握程度有限。一方面，我国水利行业从事BIM技术应用的专业人才较为匮乏。虽然如今部分大学生和研究生具备BIM软件的应用能力，但他们往往缺乏工程实践经验，难以将BIM技术与工程实际应用有效结合，另一方面，企业对员工的BIM技术培训投入不够，导致现有水利工程技术人才难以适应BIM技术应用的要求。专业人才的短缺严重制约了BIM技术在水利工程领域的推广和应用。

3.3 应用成本较高

BIM技术在水利工程全生命周期的应用需要投入大量的成本。首先,软件购置成本较高,专业的水利工程BIM软件价格昂贵,对于一些中小型水利企业来说,难以承担。其次,硬件设备升级成本也不容忽视,运行BIM软件需要高性能的计算机硬件设备,企业需要投入资金对现有硬件进行升级。BIM技术应用过程中还需要聘请专业的BIM咨询团队进行技术指导和培训,增加了项目的成本支出。

4 推动BIM技术在水利工程全生命周期设计中应用的策略

4.1 完善技术标准与规范体系

在建模标准方面,应明确水利工程BIM模型的精度要求。不同阶段对模型精度的需求不同,设计阶段需要较高精度的模型以准确表达设计意图,而施工和运维阶段则可根据实际需求适当降低精度。规范几何信息和非几何信息的表达,几何信息涵盖建筑物的尺寸、形状等,非几何信息包括材料属性、施工进度、成本数据等,确保信息的完整性和准确性。信息存储和交换标准的制定也至关重要。水利工程涉及多个参与方,使用的软件种类繁多,数据兼容性问题突出。通过制定统一的信息存储和交换标准,如采用国际通用的数据格式(如IFC格式),可实现不同软件之间的数据无缝对接,避免信息孤岛的出现,要规范BIM技术在水利工程全生命周期各阶段的应用流程。从项目规划、设计、施工到运维,每个阶段都有其特定的任务和目标,明确各阶段BIM技术的应用流程,可确保各参与方之间信息传递的准确性和及时性,提高项目整体效率。

4.2 加强专业人才培养

人才是推动BIM技术应用的关键因素。高校应加强水利相关专业与BIM技术的融合,在课程设置中增加BIM技术相关课程。开设BIM建模课程,让学生掌握如何利用专业软件创建水利工程BIM模型;开设BIM协同设计课程,培养学生的团队协作能力和多专业协同设计思维;开设BIM施工管理课程,使学生了解如何将BIM技术应用于施工进度控制、质量管理等方面^[4]。通过这些课程的学习,让学生在在校期间就掌握BIM技术的基本原理和操作方法,为未来的职业发展打下坚实的基础。企业也应加大

对员工的BIM技术培训力度。定期组织内部培训和外部学习交流交流活动,邀请BIM技术专家进行授课和指导。内部培训可根据企业的实际项目需求,有针对性地开展BIM技术应用培训;外部学习交流交流活动可让员工了解行业最新动态和先进经验。

4.3 降低应用成本

应用成本是制约BIM技术在水利工程领域广泛应用的重要因素之一。政府可以出台相关政策,对采用BIM技术的水利工程项目给予财政补贴、税收优惠等支持。对应用BIM技术进行设计和施工的企业给予一定比例的资金补贴,降低企业的前期投入成本;对购买BIM软件和相关设备的企业给予税收减免,鼓励企业积极应用BIM技术。企业应加强成本管理,通过合理选择BIM软件、优化硬件设备配置、提高BIM技术应用效率等方式,降低BIM技术应用成本。在选择BIM软件时,应根据企业的实际需求和项目规模,选择性价比高的软件产品;优化硬件设备配置,避免过度投资;通过培训员工,提高其BIM技术应用水平,减少因操作不当导致的成本增加。

结语

综上,BIM技术贯穿水利工程全生命周期设计,从规划至运维各环节均作用显著,有力提升了设计质量、施工效率与运维管理水平,为水利工程带来变革。不过,当前其发展仍受技术标准规范缺陷、人才短缺、成本较高等因素制约。未来,随着技术进步与政策扶持,BIM技术有望在水利工程领域广泛应用。通过完善标准、培育人才、降低成本等举措,推动二者深度融合,可保障水利工程安全、高效、可持续发展。

参考文献

- [1]朱毅,孙立鹏,孙文彬.BIM技术在水电工程机电设计中的应用[J].大电机技术,2022(6):78-85.
- [2]王卫,朱晨辉,周金晶,等.基于BIM技术的新型大闸工程全生命周期质量安全预警系统研究与应用[J].江苏水利,2025(5):53-58.
- [3]杨清科,杨长明,汪军.BIM技术在水利工程档案管理中的应用[J].科技创新与应用,2022,12(13):177-180.
- [4]陈慧萍.基于BIM的水利工程工程量清单计价研究[D].华北水利水电大学,2024.33-36.