

BIM技术在水利工程安全管理中的运用研究

葛雯静

南通市通吕运河水利工程管理所 江苏 南通 226300

摘要: 随着水利工程规模扩大、结构日趋复杂,传统安全管理手段在信息整合、风险预判与动态监管方面逐渐显露局限性。本研究聚焦BIM技术在水利工程安全管理中的应用,通过分析其在设计、施工及运维阶段的具体实践,探讨技术应用价值与挑战。研究表明,BIM技术凭借三维建模、碰撞检测、施工模拟及实时监测等功能,可优化水利工程安全管理流程,提升风险评估与预警能力。然而,当前应用面临技术标准不统一、人才短缺、数据安全及成本高等问题。研究提出制定统一标准、加强人才培养、强化数据保护及降低成本等策略,为BIM技术在水利工程安全管理中的深度应用提供理论参考与实践路径。

关键词: BIM技术; 水利工程; 安全管理; 运用研究

引言: 水利工程作为关系国计民生的基础设施,其安全管理涉及设计、施工及运维全周期的复杂系统工程。传统管理模式因信息碎片化、可视化不足等局限,难以满足现代水利工程对安全性与可靠性的高要求。BIM技术以三维模型为载体,集成全生命周期数据,具备可视化分析、协同管理及动态模拟等优势,为水利工程安全管理提供了创新性解决方案。本文基于BIM技术的特点与原理,系统分析其在水利工程各阶段安全管理中的应用场景,深入探讨技术应用瓶颈及解决策略,旨在推动BIM技术与水利工程安全管理的深度融合,提升行业安全管理水平。

1 BIM技术概述

1.1 BIM技术的定义与原理

BIM (Building Information Modeling) 即建筑信息模型,是以三维数字技术为基础,集成工程项目各种相关信息的工程数据模型。在水利工程领域,BIM技术通过对工程实体及设施的几何形状、材料属性、空间关系等信息进行数字化表达,构建包含全生命周期数据的虚拟模型。其原理基于参数化设计与协同工作机制,设计师利用专业软件创建参数化构件,各构件间存在逻辑关联,一处修改可联动更新整个模型。同时,项目各参与方基于同一模型平台共享数据,实现信息实时交互与协同设计。

1.2 BIM技术的特点

BIM技术具有可视化、协同性、模拟性、优化性与可追溯性等显著特点。可视化方面,BIM模型将抽象的二维图纸转化为直观的三维立体模型,便于各方理解工程结构与空间关系,如在水利工程设计阶段,可直观展示渠道走向、建筑物布局等。协同性体现在打破专业壁垒,各专业人员在同一模型上协同工作,减少信息传递

误差。模拟性可对工程建设及运营过程进行仿真,如施工进度模拟、洪水演进模拟,辅助预判风险。优化性则基于模型数据,对设计方案、施工流程等进行优化,提升效率与安全性^[1]。

2 BIM技术在水利工程安全管理各阶段的应用

2.1 设计阶段的安全管理

2.1.1 三维建模与方案比选

在水利工程设计阶段,BIM技术通过三维建模构建精准的工程实体模型,将复杂的水利设施以直观立体的形式呈现。设计师可基于模型对不同设计方案进行可视化对比,例如针对大坝坝型设计,通过BIM模型模拟重力坝、拱坝等多种方案的空间形态、受力分布与工程量,直观评估各方案对地形、地质条件的适应性。同时,结合周边环境要素,如河道走向、居民区分布等,从安全性、经济性、施工便利性等多维度综合比选,筛选出最优设计方案,有效降低因方案不合理引发的安全隐患,为后续工程建设筑牢安全基础。

2.1.2 设计优化与碰撞检测

水利工程涉及多专业协同设计,管线、设备等构件交叉布置易产生冲突。BIM技术利用碰撞检测功能,对各专业模型进行整合分析,自动识别设计图纸中难以察觉的管线碰撞、空间干涉等问题。例如在泵站设计中,通过碰撞检测可发现管道与结构梁柱、电气设备的空间冲突,及时调整设计,避免施工阶段的返工与资源浪费。此外,基于模型的参数化特性,设计师能快速修改设计参数,实时观察设计调整对整体结构与功能的影响,实现设计方案的动态优化,确保水利工程设计的安全性与合理性。

2.1.3 安全风险评估

BIM技术为水利工程设计阶段的安全风险评估提供了数据支撑与分析平台。通过在模型中集成地质勘察、水文气象等数据,结合有限元分析等技术,对工程结构稳定性、洪水冲击、地震响应等风险进行模拟分析。例如,对堤防工程进行洪水漫顶风险评估时,利用BIM模型模拟不同洪水频率下的水位变化与堤防受力状态,识别薄弱环节并量化风险等级。同时,借助可视化展示,将风险评估结果直观呈现给决策者,辅助其制定针对性的安全防范措施,提前规避潜在风险,保障水利工程设计的安全性 with 可靠性。

2.2 施工阶段的安全管理

2.2.1 施工进度控制与资源管理

在水利工程施工阶段,BIM技术可通过将施工进度计划与三维模型关联,形成4D施工进度模型。通过该模型,管理者能够直观查看施工进度与计划的偏差,实时掌握各施工环节的时间节点。例如,在大坝混凝土浇筑施工中,利用BIM技术分析混凝土供应、浇筑设备调配、人员安排等资源需求,提前发现潜在的资源冲突与供应瓶颈,合理调整资源配置。同时,借助模型对施工进度进行动态模拟,预测不同施工方案下的工期变化,优化施工顺序,确保工程按时推进,减少因工期延误引发的安全风险与成本增加。

2.2.2 施工过程模拟与质量控制

BIM技术通过施工过程模拟,能够预演复杂施工工艺与关键环节,提前发现潜在问题并优化施工方案。以深基坑支护施工为例,利用BIM模型模拟基坑开挖、支护结构安装等过程,分析土体应力变化与支护结构受力情况,验证施工方案的可行性与安全性。在质量控制方面,BIM模型可作为施工质量标准的数字化载体,施工人员依据模型中的构件尺寸、材质要求等信息进行精准施工,监理人员通过对比现场施工与模型数据,快速定位质量偏差,及时要求整改。这种可视化、数据化的质量管控方式,有效提升了水利工程施工质量与安全水平。

2.2.3 安全监测与预警

在水利工程施工过程中,BIM技术可整合各类监测数据,构建实时安全监测预警系统。通过在模型中关联传感器采集的基坑位移、边坡变形、结构应力等数据,实现监测数据的可视化展示与分析。当监测数据超出预设安全阈值时,系统自动触发预警机制,通过模型高亮显示、短信通知等方式,及时向管理人员反馈潜在安全隐患位置与风险等级。例如,在河道整治工程中,利用BIM安全监测系统实时监控围堰沉降与渗流情况,一旦发现异常,系统立即预警,管理人员可迅速采取加固措施,

避免安全事故发生,保障施工人员与工程安全。

2.3 运维阶段的安全管理

2.3.1 结构健康监测

在水利工程运维阶段,BIM技术构建的三维模型成为结构健康监测的核心载体。通过集成传感器网络采集的大坝沉降、裂缝扩展、应力应变等实时数据,BIM模型能以可视化形式动态呈现结构状态。例如在大型水库大坝运维中,位移传感器数据实时映射至模型,管理者可直观查看坝体变形趋势,利用模型分析功能预测结构损伤发展。同时,结合历史监测数据建立结构健康评估模型,对潜在安全隐患进行分级预警,辅助制定科学的维护与加固方案,确保水利工程结构长期稳定安全。

2.3.2 水质和环境参数监测

BIM技术为水利工程水质与环境参数监测提供了智能化管理手段。将水质监测站、气象站等设备采集的pH值、浊度、水位、温湿度等数据与BIM模型深度融合,实现监测数据的空间可视化。以饮用水源水库为例,通过模型实时展示库区水质分布,分析污染物扩散路径,及时发现异常区域。同时,结合水文、气象数据模拟极端天气对水质的影响,制定针对性应急预案。这种数据驱动的管理模式,让运维人员快速掌握环境变化,保障水利工程生态安全与供水质量。

2.3.3 运行状态监测与灾害预警

水利工程运行状态监测与灾害预警依托BIM技术实现高效管理。通过将机电设备运行参数、闸门启闭状态等数据接入BIM模型,运维人员可实时监控工程运行情况,一旦设备出现异常振动、电流过载等问题,模型自动定位故障点并高亮提示,便于及时检修。在灾害预警方面,BIM模型整合气象预报、水文分析等数据,模拟洪水、地震等灾害对工程的影响,提前预测灾害发生区域与危害程度,触发分级预警机制,为应急调度与抢险决策提供直观准确的信息支持,最大限度降低灾害损失^[2]。

3 BIM技术在水利工程安全管理应用中面临的挑战及解决策略

3.1 面临的挑战

3.1.1 人才短缺

BIM技术在水利工程安全管理中的应用需要既精通水利专业知识,又熟练掌握BIM技术的复合型人才。然而,目前行业内此类人才严重短缺。一方面,高校相关专业课程体系尚未将BIM技术与水利工程深度融合,毕业生难以快速适应实际工作需求;另一方面,在职人员缺乏系统的BIM技术培训机会,传统水利工程从业人员对BIM软件操作、数据处理及模型应用等能力不足。

3.1.2 数据安全与隐私保护

水利工程安全管理涉及大量敏感数据,包括工程设计图纸、地质勘察资料、实时监测数据等,在BIM技术应用过程中,数据安全与隐私保护面临严峻挑战。一方面,BIM模型需整合多源异构数据并通过网络共享,数据传输与存储环节存在被窃取、篡改或泄露的风险;另一方面,随着水利工程数字化、智能化发展,接入的传感器、智能设备数量激增,其通信协议的安全性参差不齐,容易成为黑客攻击的薄弱点。

3.1.3 成本投入较高

BIM技术在水利工程安全管理中的应用需投入高额成本。软件方面,专业BIM建模、分析软件价格昂贵,且部分软件需按使用时长或功能模块付费,增加了使用成本;硬件方面,运行大型BIM模型对计算机硬件性能要求极高,需配置高性能服务器、图形工作站等设备,采购与维护费用高昂。同时,开展BIM技术应用需投入大量人力进行模型创建、数据处理及人员培训,加之水利工程建设周期长、规模大,进一步推高了整体成本。对于部分资金有限的项目,难以承受高昂的投入,限制了BIM技术的广泛应用。

3.2 解决策略

3.2.1 制定统一的技术标准

由行业主管部门牵头,联合科研院所、高校及企业成立专项工作组,针对水利工程全生命周期BIM应用,制定统一的技术标准与规范。首先,规范数据格式标准,建立水利工程BIM数据字典,统一各软件平台间数据交换格式,如采用IFC(Industry Foundation Classes)等通用标准,确保数据在不同软件间无损传递。其次,制定建模规则与交付标准,明确设计、施工、运维各阶段BIM模型的深度要求、信息集成内容及交付格式,避免因标准差异导致的协同障碍。

3.2.2 加强人才培养

构建“高校教育+企业培训+行业认证”的多层次人才培养体系。高校应优化水利工程专业课程设置,增设BIM技术基础、BIM协同管理等核心课程,引入实际工程项目案例开展教学,提升学生BIM技术应用能力;同时,

鼓励高校与企业合作建立实训基地,让学生参与真实项目实践。企业层面,定期组织BIM技术培训,邀请行业专家开展讲座与实操指导,针对不同岗位人员制定差异化培训方案,如设计人员侧重建模与优化,运维人员侧重数据集成与分析。

3.2.3 强化数据安全与隐私保护

建立健全数据安全管理体系,从制度、技术与管理多维度保障数据安全。制度层面,制定水利工程BIM数据安全管理办法,明确数据采集、存储、传输、使用各环节的安全责任与操作规范;技术层面,采用加密算法对敏感数据进行全生命周期加密,运用区块链技术实现数据操作可追溯,部署入侵检测系统与防火墙抵御网络攻击。针对智能设备通信安全,统一规范设备通信协议,加强设备身份认证与访问控制。

3.2.4 降低成本投入

通过技术创新、资源整合与政策支持降低BIM技术应用成本。在软件方面,鼓励企业研发自主可控的BIM软件,或推广开源软件工具,减少对国外商业软件的依赖;同时,建立行业软件共享平台,降低中小企业软件使用成本。硬件层面,采用云计算技术搭建BIM云平台,实现硬件资源按需租用,避免企业一次性高额硬件投入。

结束语

BIM技术为水利工程安全管理带来了革新性突破,其在全生命周期的应用有效提升了管理的科学性与精准性。然而,技术标准缺失、人才短缺、数据安全隐患与成本压力等问题,仍是制约其广泛应用的关键因素。未来,需通过产学研协同推进标准统一,构建多元人才培养体系,强化数据安全防护,并依托政策与技术创新降低应用成本。

参考文献

- [1]张亚飞,魏兰,李俊豪,等.基于BIM+AR技术在水利工程中施工安全管理的应用研究[J].中国设备工程,2023,(04):129-131.
- [2]尹建部,李振卿,赵香玲,等.浅析BIM技术在水利水电工程施工安全管理中的实践应用[J].中国设备工程,2022,(05):188-190.