

# 智慧建造背景下VR与BIM融合技术在建筑工程中的应用

李 蓉

陕西工商职业学院, 陕西 西安 710009

**摘要:** 随着新型城镇化建设与数字基建战略的深度推进, 智慧建造已成为建筑行业转型升级的核心方向, 传统建筑工程粗放式设计、碎片化施工、滞后化运维的发展模式逐渐难以适配现代工程高质量建设需求。BIM技术具备建筑全生命周期数字化建模、信息集成与协同管理优势, VR技术依托沉浸式虚拟仿真、三维可视化交互特性, 二者深度融合能够打破建筑工程各阶段信息壁垒, 实现建筑设计可视化推演、施工过程模拟管控、运维场景虚拟仿真的全流程落地。本文立足智慧建造发展大背景, 梳理VR与BIM融合技术的核心内涵与技术契合点, 分析当前两项技术融合在建筑工程应用中的现实价值与现存痛点, 从多维创新视角提出应用路径, 旨在为建筑行业数字化转型、工程建设提质增效以及智慧建造体系完善提供理论参考与实践借鉴。

**关键词:** 智慧建造; VR技术; BIM技术; 技术融合; 建筑工程; 工程应用

DOI: 10.64649/yh.shygl.issn3105-0085.202605017

## 0 引言

建筑行业作为国民经济的支柱产业, 长期以来面临设计方案落地偏差大、施工现场管控难度大、安全隐患排查不及时、后期运维成本居高不下等行业痛点。传统工程建设模式依赖二维图纸开展设计与施工, 信息传递存在损耗, 各参与方协同沟通效率低下, 难以实现工程全生命周期的精细化管理。在大数据、人工智能、虚拟现实、数字孪生等数字技术迭代升级的驱动下, 智慧建造理念应运而生, 其核心是以数字化、智能化技术为支撑, 重构建筑工程设计、施工、监理、运维全流程管理模式, 推动建筑业从劳动密集型向技术密集型转型。

BIM与VR作为智慧建造体系中的两大核心技术, 各自具备独特的技术优势, 同时也存在单一应用的局限性。BIM技术可构建建筑工程参数化三维信息模型, 集成建筑结构、机电设备、管线布局等全维度数据, 但模型展示形式固化, 直观交互性不足, 非专业人员难以快速理解工程构造; VR技术能够搭建沉浸式虚拟场景, 实现人机自由交互, 却缺乏建筑工程精细化数据支撑与全生命周期信息集成能力。将两项技术深度融合, 既能借助BIM为VR虚拟场景提供精准的数据模型基底, 又能依托VR赋予BIM模型沉浸式可视化体验, 实现数据与场景、静态建模与动态仿真的有机结合。

## 1 智慧建造视域下VR与BIM融合技术核心概述

### 1.1 智慧建造的内涵与发展特征

智慧建造是以新一代信息技术为核心载体, 融合建筑工程专业技术、现代管理理念形成的新型工程建设模式, 贯穿建筑规划、设计、施工、

竣工、运维拆除全生命周期。相较于传统建造模式, 智慧建造具备数字化建模、智能化管控、协同化作业、绿色化发展、全周期运维五大核心特征, 强调以数据驱动工程管理决策, 打破参建各方信息孤岛, 通过虚拟仿真预判工程风险、优化建设方案, 在保障工程质量与施工安全的基础上, 压缩建设工期、降低资源消耗、控制工程成本。

在行业政策引导与市场需求双重推动下, 智慧建造已从概念普及逐步走向规模化落地, 装配式建筑、绿色建筑、超高层建筑等重大工程均将数字化技术应用作为核心建设标配, 也为VR、BIM、物联网、数字孪生等技术的融合应用搭建了广阔场景。

### 1.2 BIM与VR技术的核心原理及技术优势

BIM即建筑信息模型, 是基于建筑工程全要素构建的参数化数字模型, 涵盖建筑几何形态、材料属性、结构参数、施工工艺、运维信息等海量数据, 具备可视化、协调性、模拟性、优化性、可出图性五大核心特性。在建筑工程中, BIM可实现二维图纸向三维立体模型的转化, 支持多专业协同设计、管线碰撞检测、施工进度模拟、工程量精准核算, 为工程全流程管理提供数据支撑。

VR即虚拟现实技术, 依托计算机硬件、传感设备、三维建模软件构建沉浸式虚拟环境, 使用者可通过VR设备置身虚拟建筑场景中, 实现全方位视角浏览、空间尺度感知、场景交互操作。该技术突破了平面展示的局限, 能够还原建筑真实空间氛围, 即便在工程未施工建设的前提下, 也可提前呈现建筑整体效果、内部户型布局、景观配套设计, 具备极强的直观性与交互性。

## 2 VR与BIM融合技术在建筑工程应用中的价值与现存问题

### 2.1 VR与BIM融合技术在建筑工程中的应用价值

#### 2.1.1 优化工程设计方案,减少后期变更损耗

建筑设计是工程建设的源头环节,设计方案的合理性直接决定工程质量与建设成本。传统设计依靠各专业设计师独立绘制二维图纸,管线布局、结构构件、机电设备之间极易出现碰撞冲突,往往在施工阶段才暴露问题,不得不进行设计变更,造成工期延误与资源浪费。VR与BIM融合模式下,设计师可依托BIM完成多专业整合建模,通过VR沉浸式场景全方位审视建筑空间布局、户型结构、外立面设计,直观检测管线碰撞、空间尺度不合理等问题,在设计阶段提前完成方案优化。同时,建设单位、业主可借助VR设备沉浸式体验建筑建成效果,及时提出修改意见,从源头减少设计变更,降低工程额外损耗。

#### 2.1.2 规范施工现场管理,提升工程建设效率

建筑施工现场工序繁杂、参建人员众多、物料设备流转频繁,传统现场管理依赖人工巡查,难以精准把控施工进度、工序衔接与资源调配。VR与BIM融合技术可搭建施工全流程虚拟仿真场景,将施工进度计划与BIM模型绑定,通过VR模拟各工序施工流程、场地布置、机械行进路线,提前规划施工动线、优化场地物料堆放布局。管理人员可依托融合模型实时比对实际施工进度与计划进度,及时发现滞后工序并调整施工安排;各参建方可通过云端共享VR-BIM融合场景,实现远程协同沟通,无需频繁现场踏勘,大幅提升施工管理与多方协同效率。

#### 2.1.3 强化安全风险管控,筑牢施工安全防线

建筑工程中高空作业、深基坑施工、起重吊装等高危工序集中,安全隐患具有隐蔽性、突发性特征,传统安全教育以文字宣讲、图片展示为主,培训效果薄弱,人员安全意识难以有效提升。VR与BIM融合可复刻施工现场高危作业场景,模拟坍塌、高空坠落、管线破损、火灾等安全事故全过程,组织施工人员佩戴VR设备进行沉浸式安全演练,直观感受违规操作带来的安全危害。同时,可基于BIM模型标注施工现场安全风险点位,结合VR场景实现风险点位可视化预警,帮助管理人员精准排查隐患,实现从事后处置向事前预防、事中管控的安全管理模式转变。

### 2.2 当前VR与BIM融合技术应用存在的主要问题

#### 2.2.1 技术融合深度不足,应用场景较为局限

目前多数建筑工程对两项技术的应用仍停

留在表层拼接,仅将BIM模型简单导入VR设备用于效果展示,未能实现数据实时联动、模型动态更新、全流程深度嵌入。应用场景多集中于建筑设计展示与简单施工模拟,在装配式构件安装、智慧工地管控、老旧建筑改造、建筑能耗模拟等细分场景的应用覆盖不足,技术融合的多元价值未能充分挖掘。

#### 2.2.2 软硬件适配性偏低,技术落地成本偏高

VR设备型号繁杂、BIM软件版本不统一,不同软件构建的BIM模型格式存在差异,导入VR系统时常出现模型失真、数据丢失、格式不兼容等问题,增加了技术调试难度。同时,高精度VR专业设备、云端数据存储平台、专业建模软件采购成本较高,中小型建筑企业资金实力有限,难以承担全套软硬件投入,导致技术融合难以在中小项目中普及推广。

#### 2.2.3 专业复合型人才短缺,应用实操能力薄弱

VR与BIM融合应用要求从业人员同时掌握建筑工程专业知识、BIM建模技术、VR场景调试、虚拟仿真操作等多项技能,属于复合型技术岗位。当前建筑行业从业人员多只精通传统施工或单一软件操作,既懂工程建设又掌握数字化融合技术的专业人才缺口较大。企业缺乏系统的人才培训体系,一线施工人员、管理人员对新技术认知不足,实操能力薄弱,制约技术落地效果。

#### 2.2.4 行业标准体系不完善,规范管控缺乏依据

国内针对VR与BIM融合技术的行业规范、数据标准、应用流程尚未完全统一,模型建模标准、数据传输格式、场景应用规范、成果验收要求缺乏统一界定。不同企业、不同项目的技术应用方式参差不齐,模型数据无法跨项目、跨企业共享流转,也难以形成标准化的应用流程与评价体系,不利于智慧建造背景下技术的规模化、规范化推广。

## 3 智慧建造背景下VR与BIM融合技术在建筑工程中的应用路径

### 3.1 构建设计协同仿真路径,实现建筑方案前置优化

打破传统单向独立设计的固有模式,以VR与BIM融合技术为纽带搭建多方协同设计平台,成为智慧建造下建筑方案优化的全新路径。依托BIM技术整合建筑、结构、机电、景观等多专业设计模型,完成管线碰撞、结构受力、空间尺度的数字化检测,再将整合后的完整模型接入VR虚拟系统,搭建1:1还原的建筑虚拟实景。设计师可在沉浸式场景中动态调整建筑户型布局、外立面造型、内部管线走向,实时比对不同设计方案的落地效果;建设单位、业主、监理单位无需依赖专业图纸,通过VR设备即可直观研判设计合理性,在线提出优化建议,

实现多主体同步参与、多方案仿真比对、全细节前置优化。这种协同仿真模式彻底改变了传统设计事后整改的被动局面,以虚拟推演替代实物试错,从工程源头把控设计质量,为后续施工建设奠定坚实基础。

### 3.2 搭建施工全维模拟路径,实现现场工序智能管控

依托VR与BIM融合技术赋能施工现场全流程管控,构建全维度施工模拟与动态调度路径,适配智慧建造精细化管理需求。结合工程施工进度计划、场地规划方案、机械配置方案,利用BIM建立施工阶段分部分项精细模型,同步关联施工工艺、工期节点、物料消耗等核心数据,借助VR技术还原施工现场全空间环境,模拟土方开挖、主体施工、装配式吊装、装饰装修等各工序的衔接流程。施工管理人员可通过虚拟场景提前规划施工机械行进路线、物料堆放区域、人员作业动线,规避场地拥堵、工序冲突等问题;同时将每日实际施工进度录入BIM模型,联动VR场景实时更新施工建设状态,精准比对计划进度与实际进度的偏差,动态调整施工资源配置与工序安排。通过全维施工模拟,实现施工现场从人工粗放管控向数字化智能管控转型,有效压缩工期、减少工序冲突、提升现场管理规范化水平。

### 3.3 开辟安全沉浸式实训路径,实现风险隐患源头防控

立足建筑工程安全管理痛点,依托VR与BIM融合技术开辟沉浸式安全实训与风险预警全新路径,筑牢智慧建造安全防护体系。基于BIM模型精准复刻施工现场地形地貌、建筑结构、高危作业区域,标注深基坑、高空作业、脚手架搭设、起重机械等安全风险点位,结合VR虚拟仿真技术模拟高空坠落、基坑坍塌、触电火灾、管线泄漏等典型安全事故场景。企业可定期组织施工人员、新入职员工开展VR沉浸式安全实训,让参训人员直观体验违规操作引发的事故后果,熟练掌握安全防护规范、应急处置流程与逃生自救方法;管理人员可依托融合模型建立安全风险动态数据库,通过VR

场景实时巡查现场风险点位,对隐患区域进行可视化标记、分级管控,形成隐患排查—仿真预判—实训教育—闭环整改的全链条安全管理模式,从思想层面强化人员安全意识,从管理层面实现风险源头防控。

### 3.4 打造全周期运维智慧路径,实现建筑资产长效管理

聚焦建筑后期运维管理碎片化、低效化难题,依托VR与BIM融合技术打造建筑全生命周期智慧运维路径,契合智慧建造长效化发展理念。在工程竣工阶段,整合设计、施工、设备安装全部数据,构建完整的BIM运维信息模型,录入建筑各类机电设备、管线系统的型号参数、安装位置、保修期限、检修记录等信息,通过VR技术搭建可自由漫游的建筑虚拟运维场景。运维工作人员可佩戴VR设备自由穿梭于建筑室内外空间,精准定位隐蔽管线、地下管网与设备安装位置,随时调取设备运维档案与维修方案,无需翻阅海量纸质图纸即可完成故障排查与日常养护。针对大型商业建筑、公共场馆、住宅小区等综合体建筑,还可依托融合技术模拟建筑能耗运行、设备老化损耗、灾害应急疏散等场景,提前制定运维预案与应急方案,实现建筑运维从经验化人工管理向数字化智慧管理升级,有效降低运维成本,实现建筑资产的长效化、精细化管理。

## 4 结语

随着数字技术的持续迭代与智慧建造体系的不断完善,VR与BIM融合技术将进一步与物联网、人工智能、数字孪生等技术深度融合,拓展应用场景、提升融合效能,逐步实现从“虚拟仿真”向“智能管控”的跨越。后续研究可聚焦技术融合的实操难点、行业标准制定、复合型人才培养等方面展开深入探究,推动VR与BIM融合技术在建筑工程中实现规模化、规范化应用,助力建筑行业全面迈入智慧建造新时代,为新型城镇化建设与数字基建发展提供更加强有力的技术支撑与实践保障。

### 参考文献:

- [1] 李晓丹. BIM全景图虚实融合技术在建筑工程中的集成应用研究[J]. 建筑技术开发, 2026, 53(03): 47-50.
- [2] 莫霖, 王辉, 刘哲榕. “BIM+3D打印”融合技术在建筑工程中的应用[J]. 房地产世界, 2025, (17): 167-169.
- [3] 张力. BIM与物联网技术在建筑工程智慧管理中的融合应用研究[J]. 绿色建造与智能建筑, 2025, (09): 93-95+114.
- [4] 陈虎, 朱家昆. BIM+GIS融合技术在建筑工程领域的革新应用与展望[J]. 山西建筑, 2025, 51(13): 23-28.
- [5] 朱洪震. BIM技术在建筑工程建造中的融合创新应用——以广州市某国际会议中心项目为例[J]. 房地产世界, 2023, (18): 17-21.

**作者简介:** 李蓉(1984.06—), 女, 汉, 宝鸡, 本科, 副教授, 研究方向: 工程造价。