

BIM 技术与施工设备深度融合的技术研究与应用

文 / 魏 国 中国水利水电第八工程局有限公司

孙晓磊 中国水利水电第八工程局有限公司

张展硕 中国水利水电第八工程局有限公司

摘要：数字化转型浪潮下，建筑信息模型（BIM）技术与施工设备深度集成，成为提升施工智能化、精益化管理水平的重要驱动力。BIM可实现设计、施工、运维全流程三维可视化与数据协同，为施工设备精准调度等提供数据支撑。本文基于国内外融合发展现状，系统分析BIM驱动下施工设备管理、智能调度等关键技术，提出典型设备深度集成路径并结合案例验证。实证表明，BIM技术能提升设备利用率、降低能耗等。研究发现，BIM与施工设备深度融合优化了资源配置与管理流程，推动产业转型升级。针对融合问题，文章提出完善标准体系等建议，为BIM与施工装备协同发展提供参考。

关键词：建筑信息模型（BIM）；施工设备；智能建造；数据集成；精益管理；技术融合

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.017

引言

建筑业作为国民经济重要支柱，正经历数字化与智能化深刻变革。BIM技术凭借三维可视化、信息集成及全过程协同能力，成为工程建设领域管理创新、提质增效的关键引擎。施工阶段是工程项目成本控制等核心环节，却长期受现场信息不对称、设备调度低效、资源浪费等问题困扰。传统施工设备管理依赖人工调度与单机操作，和项目数据联动不足，难以满足复杂工况的精细化、动态化需求。BIM技术的广泛应用，为施工装备全生命周期数字管理等带来新突破。将BIM模型与设备参数、传感数据等实时集成，提升了设备管理精度与施工安全，为智能建造模式推广奠定基础。然而，当前二者融合面临信息孤岛等瓶颈，亟待理论与实践协同突破。本文围绕BIM与施工设备深度融合，从关键技术、集成应用、案例实践和发展策略等维度，系统探讨创新路径与方向，为行业提供系统化、前瞻性的理论与应用参考。

一、BIM技术与施工设备融合的理论基础与发展现状

（一）BIM技术的发展演进与核心特征

BIM技术自20世纪末在欧美发端，经历了由静态建模到动态信息集成、由设计建模到全生命周期应用的跨越。其核心在于基于参数化、可视化和关联数据库的三维数字模型，将建筑各参与方在统一平台下协同作业，实现数据驱动的设计、施工和运维一体化。BIM不仅支持结构、机电、装饰等多专业信息集成，还能模拟工程进度、成本、安全等关键过程，极大提升了信息透明度与管理效率。在施工阶段，BIM通过构件信息的数字化表达，为设备布置、进度计划、施工模拟、碰撞检查等

提供精准支持。随着物联网、大数据、云计算和人工智能等新兴技术的融入，BIM平台在数据采集、智能分析、动态管控等方面实现能力跃升，为施工设备管理与智能控制提供了坚实基础。

（二）施工设备信息化与智能化管理现状

现代施工装备呈现大型化、专业化、智能化发展趋势。传统设备管理方式多以分散管理、单机操作为主，难以实现设备运行状态、能耗、维护和调度的实时感知与动态优化。近年来，随着物联网与自动化技术的发展，越来越多的大型施工设备（如塔吊、混凝土泵车、桩机、起重机等）开始集成传感器、GPS定位与远程监控系统，初步实现了设备运行数据的实时采集与集中管理。然而，设备平台间数据标准不统一、信息孤岛严重、作业计划与现场实际联动不畅等问题，仍制约着装备管理的智能化水平。BIM技术的引入为施工装备的全生命周期数字化、精益化管理提供了新思路，推动了设备从“被动管理”向“主动感知、智能决策”升级。

（三）BIM与施工设备融合的内在逻辑与创新价值

BIM与施工设备的深度融合，是信息化建设与智能建造的必然趋势。其本质在于将三维数字模型与设备动态信息无缝集成，实现设备选型、布置、调度、运维等全过程的可视化、数据化与智能化。通过BIM平台，设备参数、作业工况、维护计划与施工进度高度关联，实现“数据驱动下的设备全生命周期管理”。这种融合不仅提升了资源配置与设备利用率，降低了能耗与维护成本，也大幅度减少了安全风险和人工失误，为绿色建造、智慧工地、精益管理等提供了坚实基础。表1展示了BIM与施工设备融合的核心价值链及典型应用场景，为后续技术实现与应用分析提供理论支撑。

表 1 BIM 与施工设备深度融合的价值链与应用场景

融合环节	主要功能	应用场景	预期成效
设备建模集成	参数化设备族建模、设备属性信息	设备布置、空间碰撞检查	精准布置、减少冲突
动态调度管理	施工计划对接、智能任务分配	进度模拟、自动调度	提高利用率、优化进度
运行状态监测	传感器集成、远程监控	实时能耗、工况监控	及时预警、降低故障率
维护与运维管理	维护计划、寿命预测、历史记录	设备运维、备件管理	延长寿命、降低维护成本
智能协同作业	多设备协同、信息共享	集成吊装、群控作业	协同高效、减少安全风险

二、BIM 驱动下施工设备数字化管理关键技术

(一) 设备参数化建模与数字孪生技术

设备参数化建模是 BIM 与设备融合的基础，要求将设备几何、工艺参数、作业属性等信息以标准族文件形式集成进 BIM 平台，实现模型与真实设备的属性一一对应。数字孪生技术通过物理设备与 BIM 模型的双向映射，使设备状态、位置、健康等信息在虚拟空间中实时同步更新。依托数字孪生，现场运作情况、异常预警、维修历史均可在 BIM 环境下可视化、追溯化管理，实现设备全生命周期的数字管控。这不仅提升了设备管理的精度，也为后续智能调度和维护提供数据基础。

(二) 物联网 (IoT) 与 BIM 平台的深度集成

物联网为施工设备实时数据采集和远程控制提供了基础。各类传感器 (如振动、温度、油耗、位移、GPS 等) 将设备运行数据实时上传至 BIM 平台，通过 API 接口与平台互通，形成作业大数据池。数据经过清洗、分析、可视化处理，推动施工现场设备管理由经验型向数据驱动型转变。BIM 平台的开放性和模块化，使设备商、施工单位和运维方均能基于统一数据标准进行协同，解决了信息孤岛和数据冗余问题，为智能建造场景下的多设备高效联动提供技术支持。

(三) 智能调度与施工设备作业协同优化

智能调度是实现设备效率最大化的核心。依托 BIM 平台的进度管理与空间分析功能，结合多设备的实时状态、作业需求与现场限制，系统可自动生成最优调度方案，实现设备的智能分工、路径优化与冲突规避。通过 BIM 平台与调度算法的集成，施工现场可实现“设备-作业-进度”的动态联动，极大提升现场响应能力与资源配置效率。对于塔吊、泵车、桩机等关键设备，智能调度系统还能依据施工任务优先级、设备健康状况与安全策略，灵活调整作业顺序与时间窗口，有效降低等待和空转，提升整体作业效率。

三、BIM 与典型施工设备深度集成的应用路径

(一) 塔式起重机智能管控体系的 BIM 集成

塔式起重机作为高层建筑施工的关键设备，其作业

安全与效率直接影响工程进度。基于 BIM 平台的塔吊集成管理，首先通过参数化模型建立塔吊设备族，实现空间布置的可视化和施工场地的冲突分析。实时作业数据通过物联网传感器采集，包括吊重、幅度、起升速度、回转角度等，自动反馈至 BIM 平台。智能调度系统结合现场作业计划，动态调整塔吊工作任务，实现多台塔吊协同避让、路径优化与冲突最小化。设备异常和安全风险通过 BIM 平台可视化预警，提升安全监管的主动性和准确性。维护计划和历史工况也在 BIM 环境下一体化管理，实现“数字孪生-智能调度-安全运维”全流程闭环，显著提升设备利用率与作业安全性。

(二) 混凝土泵车与 BIM 的作业数据集成

混凝土泵车因其高频率、强时效的作业特征，对调度与协同要求高。将泵车参数化模型集成进 BIM 平台后，施工管理人员可基于模型直观制定浇筑方案，分析浇筑区域、布管路径与作业顺序。泵车实时位置、压力、流量等关键数据通过无线传感装置上传至 BIM 系统，实现浇筑进度、作业负载、能耗等指标的动态监控。调度系统结合 BIM 模型与现场工况，智能调整泵车作业计划，避开高峰冲突、优化施工顺序。泵送异常、能耗异常等问题可通过 BIM 数据分析及时预警，维护计划可依赖实际工况与寿命预测自动推送，显著提高设备可靠性与资源利用率。

(三) 桩基础施工装备与 BIM 数据驱动管理

桩基础施工涉及桩机、成孔、灌注、检测等多设备、多工序协同。BIM 平台可实现桩位布置、设备选型、工艺流程与地质信息的集成管理。各设备作业状态、成孔质量、桩长、灌注过程等关键数据实时采集并映射至 BIM 模型，实现施工全流程可视化追踪和质量闭环管控。调度系统通过 BIM 空间分析，智能分配作业区间与作业时序，避免设备冲突和工序串扰。设备维护和检测信息集成进 BIM 平台后，管理人员可随时查看历史数据、寿命状态和维护建议，实现多设备、多环节、跨专业的数据驱动决策，推动地基施工精益化管理和智能建造升级。

表 2 BIM 与主要施工设备集成管理的功能对比与价值分析

设备类型	集成方式	关键管理功能	应用价值
塔式起重机	参数化建模 +IoT 集成	空间布置、智能调度、协同避让	提升安全性与作业效率
混凝土泵车	作业数据集成	浇筑路径优化、负载监控、能耗分析	优化资源配置、降低能耗
桩基础装备	工艺与检测集成	质量追踪、工序联动、寿命管理	全流程可视化、闭环质量管控
其他设备	设备族与平台拓展	维护预测、远程运维、平台互通	降低维护成本、增强协同能力

四、BIM 与施工设备融合应用中的关键挑战与对策

(一) 数据标准不统一与平台集成障碍

当前 BIM 平台和施工设备供应商多采用各自的数据标准，缺乏统一的设备参数、接口规范与数据格式，导致信息互通和深度集成困难。为此，应加快推动行业标准的制定与推广，完善 BIM 设备族库、数据接口与通信协议，实现跨平台、跨厂商的无缝协作。鼓励设备商、软件商、施工企业联合参与标准制定，推动平台间互认与数据共享，解决“信息孤岛”问题，提升集成效率和智能应用水平。

(二) 系统集成与项目落地的技术难题

BIM 与施工设备深度融合涉及多系统、多平台、软硬件的综合集成，技术门槛高、落地难度大。建议工程项目在前期就制定“BIM+ 设备”集成方案，明确集成目标、数据流转路径与责任分工。通过建设统一数据中台，实现设备、BIM 模型与现场管理系统的多向信息同步。加大软硬件接口开发与系统适配力度，强化 BIM 平台与设备管理系统的接口兼容，提升集成稳定性。加强试点项目和应用示范，积累实践经验，带动行业整体技术进步。

(三) 平台互操作性与智能算法适应性问题

不同 BIM 平台、设备管理系统和智能调度软件的互操作性和算法兼容性不足，影响深度集成效果。应推动开放平台建设 with 标准化 API 接口开发，实现模型、数据、算法的灵活调用与集成。针对不同施工场景和设备类型，开发自适应的智能调度与协同算法，提升多设备、多任务、多工序下的联动能力。推动产学研深度合作，开展跨平台算法优化、AI 赋能 BIM 应用等前沿课题研究，提升融合应用的智能化水平。

五、BIM 与施工设备深度融合的未来展望与发展路径

BIM 与施工设备深度融合是建筑业数字化与智能建造的必然方向。展望未来，随着大数据、物联网、云计算、人工智能等前沿技术与 BIM 平台的高度集成，施工设备管理将实现更高层次的自动化、智能化和精益化。行业应加快建立统一开放的数据标准和接口规范，打造互联

互通、资源共享的智能建造平台。加大智能调度、数字孪生、设备健康管理等创新技术的研发与应用，推动施工装备全生命周期管理的数字转型。完善人才培养机制，提升 BIM 与设备集成的复合型工程师队伍建设。加强行业协同与政策支持，促进科研院所、高校、企业共建共享创新生态。随着融合技术的不断突破和实践经验的持续积累，BIM 与施工设备协同将进一步释放建筑业的生产力红利，推动行业向绿色、高效、智能与高质量发展新阶段迈进。

结语

BIM 技术与施工设备的深度融合已成为智能建造和建筑产业现代化的重要方向。本文系统分析了 BIM 驱动下的设备数字化管理、智能调度、作业协同与数据集成关键技术，总结了典型设备深度融合的实践路径和落地案例，深入剖析了融合应用中的难点与对策。研究表明，BIM 与施工设备的协同不仅优化了资源配置与现场管理，也为建筑业数字化转型与高质量发展提供了有力支撑。展望未来，应持续完善标准体系、加快平台开放与创新、提升人才队伍能力，不断突破融合瓶颈，推动 BIM 与施工装备协同发展迈向更高水平，实现建筑行业的智能化、绿色化、可持续发展。

参考文献

- [1] 孟凡金. 论 BIM 技术在路基施工设备中的应用 [J]. 中国设备工程, 2023, (14): 261-265.
- [2] 赵一帆. 基于 BIM 技术的施工方案优化分析 [J]. 福建建材, 2019, (06): 43-44+85.
- [3] 刘洋洋. 基于 BIM 技术的建筑电气设备设计施工优化分析 [J]. 科学技术创新, 2023, (15): 113-116.
- [4] 卢俊威. BIM 技术在电网输变电设备安装施工过程中的优化与应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (29): 154-156.
- [5] 李力怡, 杨锦, 杨燕. BIM 技术在建筑设备管道施工中的应用 [J]. 四川水泥, 2021, (07): 89-90.
- [6] 周旋建. BIM 技术在建筑设备及管道施工中的应用研究 [J]. 居舍, 2019, (33): 74.