

研究论文

DOI: 10.63221/ecsp.v2i01.1-6

亮点:

- 融合 BIM、IoT 等多源数据, 支撑工地智能分析与决策
- 构建数字孪生体, 实现施工现场全景可视化监控
- 通过智能感知与预警, 全面提升安全与质量管理效能
- 借力 BIM 与 AI 算法, 精准优化施工进度与成本控制

*通讯作者邮箱:

18836604825@163.com

英文引用: Liu Shuai, Wang Zhikang, Li Honglu, et al., 2026. Research Status and Prospects of Data-driven Information Management Platform for Smart Construction Sites. Evidence in Engineering Science and Practice, 2(01), 1-6.

中文引用: 刘帅, 王志抗, 李红炉等, 2026. 数据驱动的智慧工地信息化管理平台研究现状与展望. 工程科学与实践, 2(01), 1-6.

稿件处理节点:

接收	2025 年 12 月 22 日
修订	2025 年 12 月 25 日
接受	2026 年 01 月 06 日
发表	2026 年 01 月 10 日

基金资助:

本研究未受到基金资助。

版权:

本作品原创内容可依据《知识共享署名 4.0 国际许可协议》条款使用。任何对本作品的后续分发须标明原作者及作品标题、期刊引用及 DOI 信息。

数据驱动的智慧工地信息化管理平台研究现状与展望

刘帅^{1,*}, 王志抗¹, 李红炉¹, 李建伟², 董小飞²¹ 河南省水利第二工程局集团有限公司, 郑州市 450047² 河南迅景科技有限公司, 郑州市 450000

摘要 随着数字孪生、物联网、人工智能等技术的深度渗透, 智慧工地技术已成为工程建设领域转型升级的核心引擎。数据驱动的智慧工地信息化管理平台通过整合多源异构数据, 实现工程全要素、全流程、全参与方的协同管控, 为工程建设提质增效、降本减耗提供了关键支撑。本文围绕智慧工地集成管理平台的构建与应用, 系统梳理其在安全管理强化、施工进度与质量控制、建设成本优化等三个维度的研究现状, 深入剖析当前技术融合路径、实践成效及面临的主要挑战, 对推动智慧工地从“碎片化应用”迈向“体系化集成应用”具有一定意义。研究表明, 尽管智慧工地信息化管理平台已在多技术协同与业务全覆盖方面取得显著进展, 但仍存在初期投入高、标准体系不统一等问题。未来发展方向应聚焦于统一数据标准构建、数字孪生融合、智能化决策的方向突破。

关键词: 智慧工地; 信息化管理平台; 数据驱动; 集成系统

Research Status and Prospects of Data-driven Information Management Platform for Smart Construction Sites

Liu Shuai^{1,*}, Wang Zhikang¹, Li Honglu¹, Li Jianwei² and Dong Xiaofei²¹ Henan Provincial Water Conservancy Second Engineering Bureau Group Co., Ltd² Henan Xunjing Technology Co., Ltd

Abstract With the in-depth penetration of technologies such as digital twin, Internet of Things (IoT), and artificial intelligence (AI), smart construction site technology has become the core engine for the transformation and upgrading of the engineering construction industry. The data-driven information management platform for smart construction sites integrates multi-source heterogeneous data to achieve collaborative management and control of full factors, full processes, and all participants in engineering projects, providing key support for improving quality and efficiency, reducing costs and consumption in engineering construction. Focusing on the construction and application of the integrated management platform for smart construction sites, this paper systematically sorts out the research status in three dimensions: strengthening safety management, construction schedule and quality control, and construction cost optimization, and conducts an in-depth analysis of the current technology integration paths, practical effects, and main challenges faced. Research shows that although the information management platform for smart construction sites has made remarkable progress in multi-technology collaboration and full business coverage, there are still problems such as high initial investment and lack of unified standard systems. Future development directions should focus on breakthroughs in the establishment of unified data standards, digital twin integration, and intelligent decision-making, promoting the transformation of smart construction sites from "fragmented applications" to "systematic integrated applications."

Keywords: Smart construction site; Information-based management platform; Data-driven; Integrated system

1. 引言

新一轮科技革命与产业变革加速演进背景下，建筑行业正从传统粗放式管理向数字化、智能化、精细化模式转型。智慧工地信息化集成管理平台通过深度融合 BIM、物联网、大数据、人工智能等新技术，构建覆盖“人、机、料、法、环”全要素的统一数据底座与协同管理体系，成为推动工程建设高质量发展的关键支撑。

相较于早期孤立部署的视频监控、门禁考勤等单项系统，当前智慧工地已转向平台化集成管理。这种集成不仅实现技术层面多源感知设备互联与异构系统数据融合，还推动业务贯通及参建各方协同。例如，杨房沟水电站项目构建覆盖全工程、全要素、全过程及全参建方的智慧工地管理平台，实现设计、施工至运维的全流程数字化管控^[1]；白龙湾引黄涵闸项目^[2]依托“BIM+GIS”搭建 L3 级数据底板，打通感知层、网络层、支撑层、业务层与用户层五级架构，有效破解传统监管分散、效率低下的痛点。在实现多源数据融合技术的基础上，通过汇聚项目施工现场的海量实时数据，结合 AI 算法深度分析，能够进一步凸显集成管理平台的价值与优势^[3]。

智慧工地信息化管理平台优势明显，但受限于前期投入较高，行业数据规范不统一，目前单项系统应用较多，体系化的集成平台仍未大规模应用。本文旨在系统梳理目前数据驱动的智慧工地信息化管理平台的构建与应用，对其进行应用效益分析，包括安全管理水平提升，施工进度及质量保证，建设成本优化三个方面，在此基础上对智慧工地的未来发展方向提出建议。对推动智慧工地从“碎片化应用”迈向“体系化集成应用”具有重要理论与实践价值。

2. 数据驱动的智慧工地信息化管理平台研究现状

2.1. 智慧平台系统的搭建方法

2.1.1 顶层设计的目标与架构

智慧工地平台顶层设计的核心目标在于构建一个以工程建设全生命周期管理需求为导向、以提升管理效能与安全质量，优化建设成本为核心的集成化智能管控体系。其根本宗旨是通过融合建筑信息模型（BIM）、物联网（IoT）、大数据及人工智能等

新一代信息技术，在 EPC 等复杂工程管理模式下，实现对施工现场关键要素的全过程、全方位、精细化监管，支撑设计、进度、质量、安全与成本的协同闭环管理。

智慧工地平台在架构设计上普遍采用分层、模块化的系统工程方法，以实现感知、传输、处理与应用的有机协同。主流研究将其划分为四个层级：现场感知层、网络传输层、支撑服务层和业务应用层^[4]。感知层通过部署视频监控、环境传感器、智能安全帽及定位终端等物联网设备，实现全面数据采集^[3]；网络传输层依托有线、4G/5G、WiFi 及无线自组网等通信技术，保障数据在复杂施工环境下的稳定回传^[5]；支撑服务层作为技术中枢，集成 BIM 模型、GIS 地理信息系统、云计算资源与大数据分析引擎，提供统一身份认证、时空数据管理等共性服务能力^[6]，白龙湾引黄涵闸项目^[2]通过构建基于 BIM+GIS 的数字孪生底座与统一数据中台，集成多源感知数据，实现进度、安全、环境等业务的智能分析与实时预警；业务应用层则面向人员实名制、安全监控、质量验评、进度管控等具体管理场景，通过 Web 端、移动端等多终端实现业务协同^[7]。

为进一步强化数据治理能力并契合“数据驱动决策”的数字化转型要求，部分研究在四层架构基础上将支撑服务层解构为数据层与平台服务层，形成五层架构体系。其中，数据层专注于多源异构数据的汇聚、清洗、标准化、存储与共享，构建覆盖工程全生命周期的统一数据资源池；平台服务层则聚焦于提供 BIM/GIS 引擎、AI 算法平台、微服务框架及标准化 API 接口等通用技术服务^[8]。该五层架构通过厘清数据治理与技术服务的功能边界，确保从物理现场感知到数字空间智能决策的完整闭环，为智慧工地的高效、可靠运行提供了坚实的体系保障。

2.1.2 数据集成底座

数据集成底座是智慧工地信息化平台实现多源信息融合、支撑智能分析与决策的核心基础。其构建以 BIM 为载体，通过集成物联网（IoT）、地理信息系统（GIS）、工程管理业务系统等多维数据，形成统一数字底板。张建平^[9]较早提出基于 4D-BIM 的施工资源动态管理框架，将 WBS 工作分解结构、工程量清单与三维模型关联，实现了进度、资源消耗与成本数据的动态集成，为后续精细化管控提供了结构化数据支撑。在此基础上，白龙湾引黄涵闸项目^[2]中构建了 L3 级数据底板，不仅包含构件级几何信息，

还集成了进度状态、质量验评记录及安全监测数据，支持基于 BIM 模型的进度可视化比对与偏差预警。

技术演进推动数据集成底座向多源异构数据融合治理拓展。施工现场环境传感器、人员定位终端、视频监控设备及大型机械监测装置产生海量实时感知数据；同时，合同管理、设计变更、材料进场、验收资料等业务流程数据亦需纳入统一框架。构建含数据采集规范、通信协议、交换格式及元数据定义的统一标准体系，是实现数据汇聚互操作的关键。标准化数据层经异构数据清洗转换，可形成高质量数据资产，支撑智慧工地上层平台运行^[1]。在此基础上在环北部湾广西水资源配置工程^[8]采用 1+2+n 等分级集成模式，构建统一数据标准体系（1 个库）、工程级与标段级两级监管平台（2 级平台）、24 个子系统（n 个子系统），实现宏观管控与精细化管理的结合，有效解决多标段协同难题。

2.2. 智慧平台形态

智慧工地平台是一个集“全面感知、智能分析、协同管控与科学决策”于一体的综合性数字治理系统。其核心形态特征体现为高度集成化、可视化与智能化。

首先平台通过标准化接口与数据中台，打通人员管理、视频监控、环境监测、塔机安全、进度跟踪等专业子系统，提升协同效率。其次，依托 BIM、GIS 与物联网技术的融合应用，构建物理施工现场实时映射的数字孪生体。管理者可通过三维可视化界面直观掌握工程整体进展、关键部位状态及资源分布情况。例如，珠江三角洲水资源配置工程^[10]通过电子沙盘集成倾斜摄影实景模型与 BIM 设计模型，实现了对长距离线性工程的全景动态监控。第三，基于大数据与 AI 智能算法，系统可自动识别未戴安全帽、区域越界、扬尘超标等异常行为或状态，并触发预警与处置流程^[3]。在进度与成本管理方面，结合挣值分析、偏差预测等方法，为管理者提供前瞻性决策支持^[9,11]。

综上所述，现代智慧工地平台已发展成为一个以数据为驱动、以模型为载体、以智能为核心、以协同为目标具有 BIM+GIS 的数字孪生底座，以及统一数据中台与微服务架构的典型技术特征的数字化管理生态系统。不仅提升了现场监管的精细化水平，更成为推动工程建设管理模式向科学化、规范化、智慧化转型的关键基础设施。

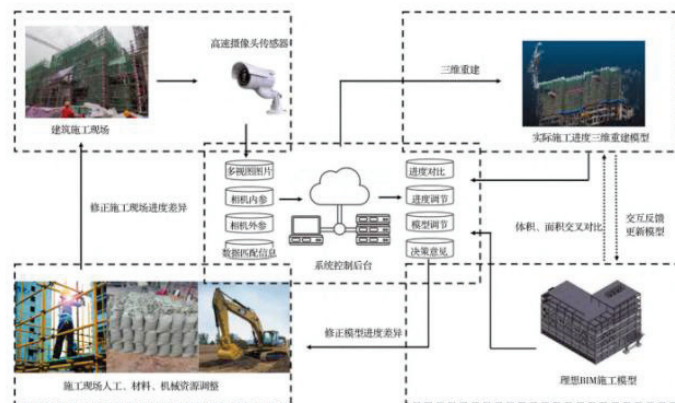


图 1 智慧工地系统结构

3. 应用效益分析

3.1. 安全管理水平提升

3.1.1 人员安全管理

人员安全管理以实名制为基础，通过人脸识别、一卡通技术，实现人员信息登记、考勤管理、安全教育记录等多功能结合，进行风险防控^[12]。朱码节制闸拆除重建工程^[13]结合 BIM 系统、智能安全帽、人脸识别闸机，建立劳务实名制系统，实现人员进出记录的可追溯。东庄水利枢纽^[5]为施工人员配置含北斗定位功能的智能安全帽，结合 UWB 定位技术，实现隧洞内人员的精准定位与轨迹追踪。安全教育方面，采用 VR&AR 技术模拟危险场景，进行安全教育，提高安全意识^[14]。大幅度减少人员安全隐患。

3.1.2 危险源管理

针对危险性较大的危险源，通过 BIM 模型进行“四口五临边”的危险源分析，生成三维动态安全交底报告^[12]。对于高支模、深基坑、隧洞等重大危险源，朱码节制闸拆除重建工程^[13]平台通过部署高支模支架安全监测系统，实时监控立杆轴力、模板沉降等参数，避免安全事故发生。环北部湾广西水资源配置工程^[8]针对隧洞施工，开发隧洞气体监测、结构安全监测、应急广播等子系统，全方位防控地质风险。

3.1.3 环境与设备安全监测

对于环境监测方面，张传君^[15]提出的环境监测系统，当 PM2.5 超标时，自动开启喷淋设备洒水降尘。在设备安全检测方面，对塔吊、脚手架等大型设备进行实时监控，防止超载、碰撞等安全事故。大幅度减少机械安全事故的发生^[14]。

3.2. 施工进度及质量管理

3.2.1 施工进度管理

基于 4D-BIM 技术,通过构建融合建筑构件、施工进度、WBS 及资源成本的 4D 施工资源信息模型,实现工程量动态查询、资源计划自动生成与调整,并支持施工进度的可视化对比与偏差预警^[9]。苏阳^[16]提出了利用 MVSNet 深度学习模型,通过高速摄像头实时采集施工现场图像,自动识别进度差异并生成资源调整建议。此外,智能算法在人力配置、材料选型、机械租赁等成本要素优化中的应用,进一步实现了资源最优组合与施工成本精细化管控^[11]。

通过人员与机械实时定位、多源数据采集,智慧工地系统可快速响应施工突发情况、提升应急处置效率,同时间接优化整体施工流程,为进度管控提供保障^[6]。

智慧工地系统的成效已在多项工程实践中得到验证,主要体现在关键节点提前完成、返工现象减少及施工方案优化三大维度:在境外大型水电工程^[17]的智慧工地建设中,无人值守地磅称重智能系统的应用显著提升了施工物料运输与管控效率,最终使大坝填筑封顶节点提前 92 天完成。应用 BIM 技术开展三维碰撞检查与设计方案优化,能够在施工前期精准识别设计隐患与管线冲突,从源头减少施工过程中的设计变更与返工现象,同时提升设计变更的响应效率,设计变更响应速度较传统模式提升,大幅降低了返工对工期的影响^[11, 18]。在某建筑施工项目^[18]中,通过 BIM 技术贯穿工程勘察、设计、施工全流程,结合施工模拟对方案进行反复推演与优化,制定出了更具科学性、可行性的施工方案,有效提升施工效率、缩短建设周期,为施工进度优化提供了有力支撑。

3.2.2 质量管理

智慧工地信息化管理平台作为质量管理的核心工具,可对质量数据与缺陷问题进行多维度分类统计、深度分析及动态可视化呈现,实现关键缺陷自动预警与质量管控全流程电子化(如隐患巡查、实测实量、资料共享),显著提升管理效率。依托 BIM 技术,质量管控关键环节可实现完整数据留痕,满足水利工程质量终身责任制的追溯要求,为质量问题溯源与责任界定提供有力支撑^[7]。

3.3. 建设成本管理

3.3.1 成本优化

智慧工地成本优化中,技术赋能聚焦材料、人工、机械三大核心成本维度,实现精准管控与效益提升。

材料成本方面。通过 BIM 技术开展设计方案优化与管线综合排布,有效减少浪费,提升材料利用效率。某工程项目^[11]应用该技术后,项目总成本节约率可达 2.8%,节约金额约为 3672 万元。

人工成本方面。通过大数据分析产值与用工关系,优化人员配置,提升劳动效率。

机械成本优化则受益于智能调度。在境外大型水电工程^[17]的智慧工地建设中,所采用的柴油发电机组智能集中供电系统,相较于传统分散供电模式,显著降低采购、运维与能耗成本。

3.3.2 风险成本降低

智慧工地全生命周期管控中,技术赋能实现风险前置防控,通过质量管控、技术风险预判的智能化升级,有效降低质量修复及风险应对等隐性成本。

工程质量保障方面。境外大型水电工程中,坝体填筑智能碾压系统实现质量全过程管控,7 个分部工程优良率 100%,避免额外的修复成本^[17]。

技术风险规避方面。技术风险规避方面,大数据分析可精准识别、量化评估风险,通过分析风险指标预判隐患、制定应对策略,实现风险成本管控;相关研究^[19]借助 C-OWA 算子赋权完成风险成本定量评估,支撑风险规避与决策优化。

4. 总结与展望

4.1. 现存挑战

当前,智慧工地信息化管理平台的推广与深度应用仍面临多重现实制约。首要问题在于前期建设投入成本较高。平台涉及 BIM 建模、物联网设备部署、云平台搭建、系统集成开发等多个环节,软硬件投资规模大,且后期运维与升级也需持续资金保障。然而,现阶段多数工程项目难以将此类数字化投入有效纳入传统造价体系,导致企业尤其是中小型施工主体推进意愿不足,投入产出周期长、效益显现滞后进一步削弱了市场动力^[19]。

其次,行业层面缺乏统一的数据标准体系,成为制约平台互联互通与价值释放的关键瓶颈。不同项

目、不同参建单位乃至不同软件系统之间，在数据采集格式、接口协议、编码规则、模型精度等方面存在显著差异，造成数据难以有效整合与互认。这种标准缺失不仅增加了系统对接与数据治理的复杂度，也限制了跨项目、跨区域的经验复用与智能分析能力的提升，阻碍了智慧工地从局部试点向规模化、标准化应用演进。

此外，部分平台功能仍停留在数据可视化与基础监控层面，智能化决策能力薄弱，未能充分挖掘数据资产的深层价值。

4.2. 未来创新

为突破上述瓶颈，推动智慧工地迈向高质量、可持续发展，亟需从制度、标准与生态协同发力。

首先，应加快构建覆盖全行业的统一数据标准体系。由住建、水利等部门牵头，联合行业协会、龙头企业与科研机构，制定涵盖数据采集、传输、存储、交换与应用全链条的《智慧工地数据采集与接口规范》等细分标准，明确 BIM 模型交付标准、物联网设备通信协议、业务数据元定义等关键要素，实现“一次采集、多方共享、全程可用”，并在重点领域开展试点，为平台间高效协同奠定基础。其次，强化政府政策引导与制度保障。建议将智慧工地建设纳入工程建设强制性或鼓励性政策框架，设立专项补贴，并在招投标、资质管理、评优评先等环节予以倾斜；探索设立专项扶持资金或税收优惠，降低企业初期投入压力；同时，推动将智慧化投入合理计入工程造价，建立长效投入机制，激发市场主体内生动力。此外，还需深化人工智能、数字孪生等前沿技术与工程管理场景的融合，提升平台从“感知记录”向“预测预警”和“智能决策”的跃升能力。唯有标准先行、政策护航、技术赋能多措并举，方能真正实现智慧工地从“碎片化工具”向“体系化基础设施”的转型。

参考文献

[1] 曾婷, 翟海峰. EPC 模式下大型水电工程智慧工地建设管理创新探索与实践[J]. 水利水电快报, 2024, 45(07):105-109+115.

- [2] 王颖, 邓祥文. 智慧工地管理平台研究与应用——以白龙湾引黄涵闸项目为例[J]. 建筑经济, 2022, 43(12):48-55.
- [3] 种法同, 刘兴燕, 王颖. 一种基于 AIoT 背景下的水利工程智慧工地系统设计[J]. 中国科技信息, 2025, (13):112-115.
- [4] 秦成龙. 建筑工程智慧工地的构建探讨[J]. 智能建筑与智慧城市, 2020, (03):59-61.
- [5] 王普. 东庄水利枢纽工程智慧工地建设探析[J]. 中国水能及电气化, 2022, (10):47-51+57.
- [6] 马凯, 王子豪. 基于“BIM+信息集成”的智慧工地平台探索[J]. 建设科技, 2018, (22):26-30+41.
- [7] 张泽玉, 韩鸿雁, 张伟, 等. 水利工程“智慧监管+标准化工地”建设路径、方法探索与实践[J]. 水利水电技术(中英文), 2024, 55(S2):101-106.
- [8] 李达兵, 李俊林. 智慧工地在环北部湾广西水资源配置工程中的应用[J]. 广西水利水电, 2025, (04):105-107+114.
- [9] 张建平, 范喆, 王阳利, 等. 基于 4D-BIM 的施工资源动态管理与成本实时监控[J]. 施工技术, 2011, 40(04):37-40.
- [10] 刘智超, 苏兆景. 珠江三角洲水资源配置工程智慧工地信息化系统设计[J]. 黑龙江水利科技, 2022, 50(08):180-183.
- [11] 张润鹏. 智慧建造背景下工程项目施工成本精细化管控研究[J]. 新城建科技, 2024, 33(09):10-12.
- [12] 杨建基, 赖伟山, 孙宗瑞. 基于“智慧工地”管理系统和 BIM 技术的建筑施工安全生产管理深度协同[J]. 广州建筑, 2019, 47(04):38-44.
- [13] 蒋一波, 高艳, 孙君, 等. BIM+智慧工地在水利工程建设中的应用——以涟水县朱码节制闸拆除重建工程为例[J]. 江苏水利, 2022, (11):4-8.
- [14] 张传君, 莫言迟, 李文元, 等. 基于 BIM 技术的绿色智慧工地建设[J]. 建筑技术, 2024, 55(05):547-551.
- [15] 程海. 信息化技术在水利水电工程安全管理中的应用[J]. 四川建材, 2021, 47(12):221-222.
- [16] 苏阳, 毛超, 郭鹏飞. 基于深度学习三维重建技术的建筑施工进度管理自动化系统构建[J]. 土木与环境工程学报(中英文), 2024, 46(01):173-181.
- [17] 杨丹涛. 境外大型水电工程智慧工地建设技术研究与实践[J]. 云南水力发电, 2023, 39(07):261-265.
- [18] 李冉, 赵元鹏. 基于 BIM 技术的智慧建筑在超高层施工中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2020, (10):87-89.
- [19] 杜涤非. 智慧工地的成本与效益分析[D]. 东南大学, 2021.