

智能建造驱动建筑工程管理升级的路径探析

牟雪峰

浙江江南工程管理股份有限公司 浙江 杭州 310013

【摘要】：智能建造正推动建筑行业管理方式向数字化和精细化方向转变。随着信息技术、物联网、大数据、人工智能等技术深度融入工程全生命周期，建筑工程管理的组织模式、决策机制与执行方式呈现系统性变革。本文围绕数据驱动的全过程协同管理这一核心，探讨智能建造对工程计划管理、质量安全控制、资源配置优化以及风险预测预控等方面的赋能路径。研究指出，智能建造可通过构建统一数据平台实现信息实时采集、传输与共享，促进设计、施工、运维各环节的协同衔接，同时依托算法模型提升项目管理的预测性、精准性与可视化水平。本文进一步总结智能建造在工程管理升级中的关键实现机制，并提出面向行业推广的技术应用策略与管理模式创新方向，为建筑企业提升管理能力与项目绩效提供参考。

【关键词】：智能建造；建筑工程管理；全过程协同；数据驱动；管理升级

DOI:10.12417/2705-0998.26.01.003

引言

建筑行业正处于由传统管理向数字化智能化管理深度转型的关键阶段。面对工程项目规模扩大、管理链条复杂、资源投入高企以及质量安全要求提升等挑战，传统管理模式的局限性日益凸显。智能建造的出现为行业提供了提升效率与降低风险的新技术路径，通过物联网、大数据和人工智能等技术构建数据驱动的管理体系，使工程全过程的感知、分析与决策更加精准高效。本研究旨在探讨智能建造如何促进建筑工程管理体系的升级，以及其在计划执行、质量控制、资源调度和风险管理等方面的具体作用机制，为推动行业管理创新提供理论支撑与实践启示。

1 智能建造背景下工程管理模式的演进表现

智能建造的快速发展推动了建筑工程管理模式由经验导向逐步转向数据驱动与智能协同，管理体系的结构和运行方式发生深层变革。在这一背景下，项目组织方式由传统线性流程迈向全生命周期一体化，设计、采购、施工与运维之间的界限不断弱化，信息在多参与方之间的流动更加顺畅。BIM、物联网感知系统与移动终端的普及，使施工现场能够实现实时数据采集与反馈，管理者借助可视化建模和动态监控工具对工程进度、资源配置和质量状况进行精准掌握。这种由静态记录向动态监管的转变，使工程管理具备更高的透明度和可控性。

在管理流程层面，智能建造推动了计划管理机制从人工编排走向智能模拟。基于多源数据的进度推演、工序仿真和资源匹配模型，使计划编制具备预测功能，施工组织更加贴合现场实际。在风险控制方面，智能感知与算法分析技术可提前识别结构变形、材料异常和作业环境变化等潜在隐患，使风险应对从被动处理转变为主动预警。在质量管理方面，基于数字化检验系统与自动化测量设备的应用，提高了检测数据的精度与可溯源性，减少人为干预造成的偏差。

管理协同模式同样出现转变。以平台为载体的数字协同机

制强化了跨专业、跨阶段的信息共享，减少信息断点造成的误判与返工。项目管理团队能够在统一数据环境中开展决策分析，形成基于共识的数据逻辑，从而提高各方协同效率。智能建造还促使管理权限配置更加精细化，通过对施工现场的实时监测和进程数据的自动汇总，使管理者基于事实进行快速响应，提升管理链条的敏捷性。总体而言智能建造引导建筑工程管理从粗放式逐步迈向精准化、可视化与智能化，管理体系由经验依赖向技术赋能转型，呈现出数字贯通、实时响应与决策优化的综合演进特征。

2 建筑项目数字化推进中的瓶颈因素

建筑项目在推动数字化转型过程中面临多维度的制约因素，瓶颈的形成既涉及技术基础的不足，也与组织管理体系、行业运行机制和人员能力结构相关。在技术载体方面，部分项目的信息化基础设施建设水平偏低，数据采集设备、传感网络和数字平台之间存在兼容性弱、数据传输不稳定等问题，导致现场信息难以实现高质量汇集。数据格式标准不统一、系统间接口缺乏开放性，使信息孤岛长期存在，严重影响数字化成果在项目不同阶段的贯通与复用。

在组织层面，数字化建设缺乏整体规划也是制约项目推进的重要因素。部分项目以单点应用代替体系化布局，导致数据管理平台、施工管理软件和协同工具之间难以形成统一框架，工程管理者难以依托数字化信息开展系统性管理。此外，企业内部的管理流程与数字工具的匹配度不足，传统审批模式、沟通方式和信息传递机制与数字化的实时性要求不协调，使技术潜力无法真正转化为管理效能。

从人员能力角度来看，管理团队和作业人员的数字素养差异较大，技术适应速度偏慢。大量人员仍依赖经验判断，缺乏数据分析能力，对智能平台的使用不够熟练，使数字化技术难以在项目中形成规模化应用。部分管理层对数字化转型的成本投入与效益产出存在疑虑，导致战略定力不足，无法在企业层

面形成持续投入的动力。行业环境同样影响数字化推进的深度。建筑项目参与主体多、专业划分复杂,各方在数据权属、协同责任和信息安全方面的界定不够清晰,使数据共享意愿不足。部分项目的合同机制仍以传统交付模式为主,缺乏鼓励数字化成果应用的制度支撑。在此背景下,BIM模型共享、实时进度数据交换和质量检测信息互联等操作往往难以落实,阻碍了全链条数字化体系的构建。综合来看建筑项目数字化推进的瓶颈带有技术、管理、人员与制度多重属性,其特点是结构性、长期性和系统性。如果这些制约不被有效破解,数字化无法成为工程管理的核心动力,智能建造在实际场景中的应用深度也会受到明显限制。

3 工程管理提效的智能化路径构建

工程管理提效的智能化路径在于以数据为核心,通过构建贯通全生命周期的技术体系,将感知、分析与决策能力嵌入工程管理链条,使项目运行具备更高的透明度与可控性。在这一路径中,智能感知系统承担基础支撑作用,通过布设传感器、视频监控装置和移动采集终端形成多源数据输入,将结构状态、施工进度、设备运行和作业环境等信息实时记录,确保工程现场处于可量化、可追踪的动态监控中。稳定可靠的数据采集机制是智能管理的起点,也是后续分析模型准确运行的前提。

基于数据的分析能力是智能化路径的关键。工程管理需要依托BIM模型、数字孪生平台和算法引擎构建可模拟、可预测的分析体系,使管理者能够通过模型推演识别进度偏差、资源冲突和风险苗头。以工序仿真、资源优化算法和环境自适应分析为支撑的决策系统,可在复杂工程条件下提供更合理的施工组织方案,为管理提升提供直接的数据依据。管理者不再依赖静态报表,而是通过可视化界面与动态模型掌握项目变化趋势,从而实现管理的前瞻性。智能化路径还体现在管理流程的数字协同中。依托统一数据平台,各参与方能够在共享环境中完成信息提交、任务部署、质量核验与审批流转,减少信息滞后导致的管理断点。数字化的权限控制体系与流程引擎可自动推动关键节点运行,保证施工计划按照既定节奏执行,并在出现偏差时自动触发预警与干预建议。协同平台使工程管理具备更高的组织效率,减少沟通成本与返工风险。

在资源配置层面,智能调度系统运用数据分析结果对劳务投入、机械布置与材料供应进行动态优化,使资源使用更加契合施工节奏。系统可根据实时数据自动调整资源投放强度,提高利用率并减少浪费。在安全与质量管理环节,智能识别技术与自动化检测手段可替代部分人工巡检,实现对关键工点的全天候监测,对异常行为或质量偏差及时进行判断并提供处置方案。整体来看,工程管理智能化路径的构建本质上是通过数字底座、算法模型与协同平台形成一套完整的技术闭环,使管理方式从经验驱动转向智能推演,从分散操作转向系统协同,从

静态记录转向动态优化。通过这一体系,工程项目在效率、质量与风险控制方面均可实现质的提升,为智能建造全面落地奠定坚实基础。

4 数据驱动条件下管理成效的实践呈现

数据驱动条件下的管理成效主要体现在工程项目运行效率、质量稳定性、资源利用率和风险控制能力的整体提升上。随着多源数据的实时汇集,项目的进展状态能够以量化形式呈现,使管理者对关键节点的掌握不再依赖人工汇报,而是根据动态数据判断任务执行是否偏离计划。这种以数据为基础的进度监管方式明显提高了计划执行的准确性,使工程逻辑关系得以及时校正。施工节奏的调整、工序衔接的优化和瓶颈环节的识别都变得更加迅速,项目整体推进效率得到有效改善。

在质量管理方面,数据驱动带来了更高的精细化水平。自动化检测设备采集的结构几何参数、材料性能数据和施工环境指标,可与设计要求和规范阈值进行系统比对,形成数字化质检流程。管理者能够通过平台查询各检验环节的原始数据和核验记录,实现质量追踪的可视化。数据化质检手段降低了人为主观判断带来的误差,同时提升了质量问题的可追溯性,使工程实体的质量状态更加透明。基于历史数据进行趋势分析,还能够识别质量隐患的形成规律,支持提前采取防控措施。资源管理的成效也在数据驱动下得到显著强化。施工现场的机械运行时长、劳务投入强度和材料消耗量通过数字化系统形成完整记录,平台可依据数据模型对资源配置进行动态分析,从而避免机械闲置、劳务堆积或材料供应不均等状况。资源调度的精细化提高了使用效率,为控制成本、缩短工期提供了有力支持。数据驱动还使材料管理更加规范,库存数量、到货时间和使用节奏均能通过系统直观呈现,减少浪费风险。

在风险防控方面,数据分析的作用尤为突出。智能监测设备采集的结构变形、围护稳定、设备振动等异常信号能够在系统中快速识别,并通过阈值判断触发预警,使潜在风险在萌发阶段就得到关注。基于大规模历史数据的预测模型可对不同施工场景的风险概率进行运算,为管理者提供决策参考,使风险处置从经验判断转向数据推演。应急处置也因信息流的高效传递而更加及时,管理链条的响应速度显著提升。

5 建筑工程智能化管理的未来发展方向

建筑工程智能化管理的未来发展将呈现体系化、深度化和自主化的趋势,技术融合程度不断提高,管理范式也将随之重构。随着数据资源的规模不断扩大,行业将更加重视构建统一的数据底座,使设计、施工和运维阶段的数据能够实现标准化整合与跨平台流通。数据治理机制将持续完善,通过明确数据分类分级、质量校核和权限控制规则,推动行业在共享环境下开展协同管理,减少信息壁垒带来的效率损失。数据资源作为新型生产要素的价值将进一步凸显,为全过程管理提供更加坚

实的支撑。

智能化技术的自主运行能力将成为未来管理创新的重点。算法模型将从辅助分析阶段迈向自主推演阶段，通过深度学习和规则引擎实现对复杂场景的自动识别、自动决策与动态优化，使工程管理由“人为驱动技术”逐步发展为“技术驱动管理”。智能调度系统能够在多约束条件下自动计算最优的资源配置方案，智能风控模型可通过持续学习项目运行数据提升预警的准确性，使项目管理具备自我判断和自我修复的能力。随着施工装备智能化水平不断提高，自动化机械、机器人作业系统与数字平台的融合将更为紧密，使现场管理模式向自主协作与柔性调控方向演进。行业管理机制也将随智能化加深而重塑。未来的工程项目将更依赖于多主体协同，通过协同平台实现 workflow 透明化、责任链清晰化和过程监管精细化。智能平台将承担部分过程监管职能，通过对进度、质量和安全数据的实时分析自动生成判断依据，使管理行为更加规范和可审计。同时，智能化管理的推广将推动合同机制、验收制度以及绩效评价体系的更新，使管理方式与数字成果相适应，促进建设全过程的透明、公正与高效。

绿色建造理念也会在智能化背景下进一步强化。依托智能感知和模拟技术，可对能源消耗、碳排放、材料利用率等指标

进行量化管理，形成以数据为基础的绿色评估体系。工程项目能够在规划阶段就通过算法模拟验证绿色方案的可行性，在施工阶段通过数据监测调节消耗行为，使绿色建造从理念层面转向可量化、可验证的实践模式。随着行业对可持续发展要求的提升，智能化管理将在绿色化治理中承担核心角色。总体来看，建筑工程智能化管理未来将在技术体系完善、管理制度创新、行业协同深化和绿色目标驱动等多重力量的作用下持续扩展其边界，使工程建设向着更高效、更安全、更低耗和更可持续的方向发展。

6 结语

智能建造推动的工程管理工作正展现出深层次的结构优化与效能提升趋势。随着数字技术的持续融合，项目全过程逐步实现透明化、精细化与智能化，管理方式由经验主导转向数据驱动，组织协同能力显著增强。智能感知、算法分析和数字平台在进度控制、质量保障、资源调度和风险防控中的作用日益凸显，为工程建设提供了稳定可靠的技术支撑。未来，随着数据治理体系、智能装备和协同机制的不断完善，建筑工程管理将向自主化、绿色化与可持续方向深化发展。智能建造将在行业升级中发挥核心引领作用，为工程建设质量与效率的全面提升奠定更坚实的基础。

参考文献:

- [1] 刘春浩.智能建造技术在建筑工程管理中的应用研究[J].建筑经济,2022,43(7):45-50.
- [2] 陈若凡.基于数字化协同的建筑施工管理模式创新探讨[J].施工技术,2023,52(5):112-118.
- [3] 孙雅宁.建筑业信息化转型背景下智能建造发展路径研究[J].建筑科学,2021,37(4):89-95.
- [4] 何志凯.大数据驱动下的工程项目管理优化策略[J].工程管理学报,2022,36(2):72-79.
- [5] 郑启晨.建筑产业智能化发展的趋势与挑战[J].中国建筑,2023,45(3):33-38.