

数字化在工程项目管理领域的应用研究

金 琰 夏熙尧 金晓州 邓再筠 陈兆捷

广西地产集团 广西南宁 530000

摘要：本文以广西地产集团智慧工程系统为实证案例，系统研究数字化技术在工程项目管理中的应用路径，提出“制度变流程-流程引行为-行为变数据-数据出评价”的闭环管理模型，通过业务标准数字化固化、场景重构与数据穿透，实现进度、成本、质量、资料管理等多维管理提升成效。研究揭示了数字化转型中数据治理困境、技术适配障碍与组织文化惯性等多维挑战，并提出应对策略，通过人工智能、机器学习等技术展望未来发展方向。该研究为工程管理从经验驱动向数据驱动转型提供了可复制的理论框架与实践路径。

关键词：工程项目管理；智慧工地；工程管理创新；AI运用

引言

随着新基建浪潮推进，数字化转型已成为提升工程管理效能的战略选择。尽管已有学者提出通过实证验证BIM技术在高速公路项目中的全生命周期管理价值（马世俊，2023）、通过案例研究探索物联网技术在建筑工程项目管理中的实际应用情况（李耀业等，2023）等聚焦技术单点突破的方案。然而现有研究存在局限：一是聚焦技术工具创新，缺乏“制度-流程-数据”的系统整合，导致执行偏差率高；二是忽视组织文化对技术采纳的阻滞作用，数字化工具达标率低的困境未解。

本研究提出管理规则算法化、业务流程穿透化、组织行为数据化的多维转型路径。通过将企业制度转化为系统逻辑规则，构建“标准即代码、合规即流程”的刚性约束机制，填补了制度落地“最后一公里”的研究空白，为工程管理数字化转型提供了兼具理论与实践的参考思路。

一、工程项目管理痛点与数字化机遇

在工程项目传统管理模式中，进度失控、成本超概、质量难把控等现象屡见不鲜。项目进度管理方面，项目各阶段、项目各职能间及项目各标段工序间的衔接易脱节，易致项目交付时间频繁延后。成本管理方面，事后核算的成本控制方式易造成实际成本超预算，从而压缩项目的利润空间。在质量管理方面，质量检查与监督的严格性与全面性不足，容易出现“质量不合格，发现不到位，整改不及时”等相关质量风险。

作者简介：金琰，女，汉族，广西柳州人，研究生学历，副高级工程师，主要从事房地产管理方面的研究工作。

然而，数字化技术兴起为工程项目管理带来新机遇。云计算提供强大数据处理能力，实现信息集中管理与共享。大数据分析通过挖掘历史数据预测趋势，为决策提供科学依据（谭博，2022）。人工智能自动化处理常规任务，辅助决策，提升效率（罗迅，2025）。物联网实现设备资产实时监控管理，及时发现并解决问题（叶晓，2023）。这些技术应用有望助力突破传统困境，实现高效精确管理。

二、数字化在工程项目管理中的应用路径

在工程项目管理领域，数字化应用遵循“制度转化为流程、流程引导行为、行为转化为数据、数据生成评价”核心理念。该理念通过系统流程逻辑控制制度的执行；通过精细化的流程设计，引导业务人员执行相应业务规范化行为，辅助业务提质增效；业务人员的行为在线化进而自动沉淀为数据，驱动决策与管理；最终，这些数据为客观评价外部单位及内部员工履职尽责结果提供依据。

1. “制度变流程”的业务标准固化，实现系统刚性约束

企业制度标准体系建设普遍趋于完善，然而制度未能转化为高效管理成效，其根本原因是制度与执行断裂。因此，数字化在工程项目管理中应用的第一步是固化企业业务标准，将其转化为系统刚性约束，确保制度从纸面要求变为系统逻辑，从而提升工程管理的规范化和标准化水平，减少管理过程中的随意性和不确定性。例如通过规则引擎做风险判定、流程控制、强制校验数据规范三大手段，将双重预防体系（风险分级管控+隐患排查治理）转化为可执行的数字化逻辑链，内置风险分级提醒，业务人员通过系统处理隐患，达成输入标准化、过程强约束、结果可追溯的闭环管理。

2. “流程引行为”的业务场景重构，辅助业务提质增效

通过项目进度、成本、质量、资料管理等关键业务场景中实施数字化重构，有效地牵引和引导业主单位、监理单位、施工单位以及其他相关方的作业标准，确保整个项目流程的高效和规范。

(1) 项目进度智能监控与预警

在传统管理模式下，工程项目进度管理面临各岗位计划执行关联性弱、绩效节点预警缺失、工序交接透明度不足等痛点，导致一线计划检视工作负担加重。依托数字化的可视化动态监控、智能提醒预警、一键汇报替代人工统计三大核心能力，上述业务痛点得以有效解决：首先，利用BIM与项目管理软件结合，通过甘特图、横道图或4D进度模型模拟展示项目施工阶段及工序进度，可视化呈现多项目计划与实际进展，使管理者精准定位滞后项目。其次，通过系统预设关键节点和预警阈值，当项目实际进度临近或偏离时，通过App、微信等推送预警，触发管理人员介入资源协调，避免工期延误连锁影响；另外，通过主项计划、报建计划、形象进度数据打通，解决以前各部门间计划独立，数据口径在汇报时要反复核对的问题，实现一键汇报功能。这些实践验证了数字化技术在复杂工程计划管理中的显著优势，从静态计划编制向“数据驱动-智能推演-动态优化”的转型，正在重构工程项目进度管理的技术内核。

(2) 项目成本动态监控与预警

成本控制在非数字化管理模式下呈现出明显滞后性。以项目变更为例，项目变更需经多环节审批且进度无法实时追踪，施工、监理、业主方独立记录签证变更信息，易造成记录缺失或不匹配引发争议及“变更黑洞”风险。通过数字化在预测、监控预警及在线协同三方面实现优化：一是通过大数据分析历史项目数据并结合当前项目的特性，更精确地进行成本预测，从而实现成本的优化适配。二是通过系统实现对动态成本的实时监控，一旦发现成本偏差超出特定比例，即可发出预警提示或阻止审批流程的发起。三是通过在线协同提升成本信息获取时效性，现场签证遵循“事前申请-完工确认-完工价款确认”流程，由施工单位在系统发起申请，监理单位及业主单位成本管理人员在线审核签发；设计变更由甲方经办工程师发起并将单据同步推送至相关方，实现审批进度实时追踪、成本信息在线留痕及统一管理。通过三大环节数字化管控，提升成本管理时效性和精确性，降低成本超支风险。

(3) 施工现场管理与质量控制

数字化技术应用正推动工程施工现场管理与质量控制范式变革。在样板管理环节，通过系统每月提报下月样板计划，内嵌验收时间并自动预警实施节点，同时实施拉闸强控机制（样板未验收则关联工序不可验收），结合在线交底-施工-点评全流程管控确保质量合格，并利用样板比对指导后期施工，避免货不对板。材料验收环节通过唯一身份标签识别每批次材料，并关联质量证明文件电子文档，从源头上把控材料质量，实现从进场通知、初验、送检、复验到合格入库的全流程线上规范化管理。过程验收环节则依托系统内嵌全周期验收项，区分重点/一般项统一执行标准，实时登记问题并反馈至施工单位。经过“标准可视化→数据精准化→问题显性化→整改闭环化”全链条数字化重塑，广西地产集团智慧工程系统在23个项目中取得显著成效：现场问题整改率跃升至86%以上，整改超时率有效控制控制在15%以内，质量管理水平得到显著提升。

(4) 资料归档自动化及规范化

工程项目档案管理中，因项目周期长、档案收集与业务融合不足，导致档案数据完整性差、数据流失等合规风险频发。尤其在项目竣工的档案移交与审计环节，传统模式不仅耗时耗力，还易因档案不完整引发审计失败风险。数字化技术促进了工程项目档案的自动归档与规范管理，主要体现在：一是在档案准备环节，规范上传标准，内置各类标准及学习文档供学习使用，并能智能提醒不同时段需上传的资料。二是在档案收集环节，随着业务流程的线上办理，将散落在各专业线的工程项目档案随业务发生自动归集，各部门也可随时将已收集资料录入到相应的资料类型目录下。三是在档案使用管理环节，档案完整度一目了然，可视化管理，检索查询快捷，并能一键移交资料包提升审计效率。

3. “行为变数据”的执行结果反馈，实现用数据管理

在传统模式下，信息传递不及时、不准确，导致工程项目管理的决策滞后且缺乏科学性。通过数字化技术实时收集和分析业务执行数据，一方面为管理者提供全面、准确的信息，使其能够迅速了解业务执行情况。另一方面为管理者提供业务执行结果分析，找出存在的问题和潜在的风险，基于数据分析结果，及时调整管理策略和行动计划，实现对业务的动态修正。例如，通过系统实时跟踪项目进展，偏差时自动预警，管理者据此调整资源与计划，确保项目按时完成。通过对各项成本数据的监控，清晰、直观地了解成本构成和变化情况，提前发现成本超支风险并采取相应措施进行控制。通过数

数字化记录及分析各项目质量安全数据，总结出不同项目、不同施工阶段常见质量安全问题及规律，有计划地指导各项目提前做好预防措施，实现质量持续改进。

4. “数据出评价”的数据利用，支撑履职尽责客观评价

传统管理模式由于业务监控存在一定的滞后性，集团对于项目参与各方人员的职责履行情况难以形成客观评价。通过数字化手段对业务场景进行重构，并实现项目参与各方业务流程的在线化处理，积累有效数据资源。例如，通过智慧工程管理系统自动收集并整理相关人员的工作数据，如进度履约的情况、处理质量问题的效率、参与质量会议的次数、协同配合的指标等，这些数据为评价人员（包含项目人员及监理方、施工方等参建单位）的履职尽责情况提供了有力的支撑，根据履职责任清单，形成对履职尽责情况的扫描，将现场人员的实际行为与责任清单进行对比，快速识别出存在的偏差或不足。利用这些数据资源，为项目参与各方的职责履行情况提供客观的评价依据。

三、实施挑战与突破路径

1. 实施挑战

推进工程项目管理数字化面临多重挑战。首先，数据质量缺陷是数字化效能发挥的关键瓶颈。例如，数据来源多样导致格式不统一，清洗需大量资源投入，同时，参建单位在使用智慧工程系统时，应付式资料提交和造假风险也对数据质量构成了考验。其次，软硬件兼容性障碍已成为效能提升的制约因素。由于多项目多硬件的服务厂商不同，不同硬件与软件的对接将涉及多个接口规范问题。同时，数字化变革过程中业务人员的适应度、参建单位的协同配合度也成为制约因素之一。根据广西地产集团2024年智慧工程系统数据发现，部分功能使用达标率不足50%，部分项目的过程验收存在明显的节点停滞现象，这反映了业务人员在数字化转型过程中的适应性问题，以及参建单位间协同配合度问题。此外，数字化系统在动态场景中应对能力有限，尤其在复杂工程项目中，突发变化频繁，需大量人工干预确保数据准确性，增加了管理成本和工作负担。

2. 应对策略

为应对上述系统性挑战，采用多维协同策略体系：首先，在数据质量治理方面，实施“采集-清洗-建模-应用”全链条优化，构建跨项目知识图谱，提升历史数据利用率和决策响应速度。其次，采取“技术赋能+机制驱动”双轨策略提高业务人员适应度和参建单位协同度，将

数字化技能纳入岗位考核和供应商评价，倒逼生态链协同升级，保障流程处理及时性。再次，参照行业标准制定企业实施细则，建立统一接口、协议和安全认证标准解决硬件兼容性问题。最后，在提高系统适应性能力方面，通过引入AI和机器学习技术，自动学习动态场景并根据场景变化自动调整数据处理和分析逻辑，辅助数据录入和审核，减少人工偏差和滞后性，提高准确性和效率（吴芊凝，2022）。这些策略的协同实施，可望破解数字化转型中的核心瓶颈，推动工程管理向智能化、韧性化方向演进。

结语

本研究系统分析了数字化技术在工程项目管理领域的应用路径，数字化技术在业务标准固化、业务标准执行、执行结果反馈、履职尽责评价等方面发挥了重要作用，有效解决了传统管理中的进度失控、成本超概等痛点。同时，提出了实施过程中面临的数据质量、技术兼容、人力资源制约等多方面挑战以及应对策略。

展望未来，数字化技术将不断发展创新，与工程项目管理的融合将更加深入，人工智能、大数据、物联网等技术将进一步优化，实现更精准的预测和决策。同时，数字化系统的环境适应性和动态场景应对能力将不断提升，为工程项目管理提供更全面、高效的支持，向智能化、精细化方向发展。

参考文献

- [1] 马世俊. 数字化项目管理技术在高速公路建设管理中的应用研究——以某高速公路项目为例[J]. 项目管理技术, 2023, 21(7): 6-11. DOI: 10.3969/j.issn.1672-4313.2023.07.002.
- [2] 李耀业, 王鹏, 张银博, 等. 物联网技术在项目管理领域研究综述[J]. 建筑经济, 2023, 44(3): 72-78. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.202303072.
- [3] 谭博. 大数据技术在建筑工程项目管理过程中的应用研究[J]. 中国建筑金属结构, 2022(3): 127-129. DOI: 10.3969/j.issn.1671-3362.2022.03.050.
- [4] 叶骁. 物联网技术在建筑工程项目管理中的应用与研究[J]. 江西建材, 2023(11): 377-379. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2890.2023.11.153.
- [5] 罗迅. 人工智能在房地产开发与房建项目管理中的应用分析[J]. 城市开发, 2025(5): 113-115.
- [6] 吴芊凝. 人工智能在智慧工地中的应用研究[D]. 江苏: 东南大学, 2022.