

# 工程管理智能化转型的路径与实践探索

文 / 李欣悒 粤规院（广州）建设科技有限公司

**摘要：**本文聚焦工程管理智能化转型的实践路径，构建“技术集成-流程再造-标准重构”三维转型模型。基于BIM、物联网、大数据等技术融合应用，提出全周期智能化管理实施路径，结合典型工程案例验证技术路径可行性，以为行业数字化转型提供可复制解决方案。

**关键词：**工程管理；智能化转型；技术集成；BIM协同；数字孪生；智能决策

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.096

## 引言

随着科技的飞速发展，特别是BIM（建筑信息模型）、物联网、大数据、人工智能等技术的不断成熟，工程管理行业正面临前所未有的变革机遇。传统工程管理方式已难以满足当前复杂多变的项目需求，智能化转型成为提升项目管理效率、降低成本、保障质量的关键路径。本文聚焦工程管理智能化转型的实践路径，旨在构建“技术集成-流程再造-标准重构”的三维转型模型，为行业数字化转型提供可复制的解决方案。

本文采用文献综述、案例分析与实证研究相结合的方法，首先分析工程管理智能化转型的核心驱动力，随后深入探讨关键技术集成路径、管理流程再造路径及标准体系重构路径。通过构建智能化成熟度评估模型，结合典型工程案例验证技术路径的可行性，并提出实施保障体系。

### 一、智能化转型核心驱动力

#### （一）建筑业效率革命需求

建筑行业作为国民经济的支柱产业，其效率直接关系到整体经济的发展质量。智能化转型通过集成先进技术，实现信息共享、流程优化和智能决策，为建筑业效率革命提供强大动力。

#### （二）项目复杂性管理需求

现代工程项目规模庞大、技术复杂、参与方众多，传统管理方式难以应对。智能化转型通过BIM、物联网等技术，实现项目全生命周期的协同管理，提高项目管理的精细化和智能化水平，有效应对项目复杂性挑战。

#### （三）可持续发展目标驱动

在全球气候变化和资源约束日益严峻的背景下，建筑行业面临巨大的可持续发展压力。智能化转型通过优化资源配置、降低能耗排放、提升项目品质，为实现建筑行业的绿色、低碳、可持续发展提供有力支撑。

### 二、关键技术集成路径

#### （一）BIM+GIS的数字化底座构建

BIM技术为工程项目提供了三维可视化模型，GIS（地理信息系统）则实现了空间数据的集成与管理。将BIM与GIS相结合，构建数字化底座，为工程管理提供精准的空间定位和信息支持，实现项目全生命周期的协同管理。GIS技术如图1所示。

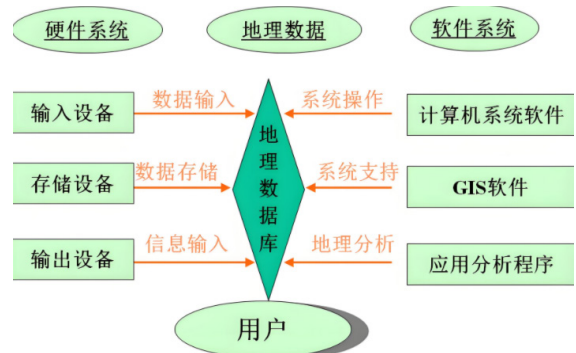


图1 GIS技术

#### （二）物联网驱动的实时数据采集

物联网技术通过深度融合传感器、射频识别（RFID）、无线通信等多种先进技术，构建了一个高度互联、智能化的网络体系，使得工程项目现场的数据采集与传输实现了前所未有的高效与精准。RFID技术则通过无线电信号识别特定目标并读取相关数据，广泛应用于资产管理、人员定位、物料追踪等场景。在工程项目中，RFID标签可以附着于设备、材料或人员上，实现快速准确的身份识别与位置追踪，极大地提高了现场管理的效率和准确性。这些数据通过物联网网络被实时采集并传输至云端或数据中心，经过大数据分析和处理，转化为有价值的信息和知识<sup>[1]</sup>。基于这些实时、准确的数据，智能决策系统能够迅速响应项目变化，优化资源配置，调整施工计划，确保项目按照预定目标顺利推进。超高频 rfid 读写终端如图2所示。



图2 超高频 rfid 读写终端

### （三）大数据驱动的智能决策系统

在项目管理过程中，产生的数据量是庞大的，大数据技术通过数据清洗、整合、分析等一系列流程，将这些数据转化为有价值的信息资产，帮助项目管理者更加清晰地了解项目的现状和未来走向。智能决策系统，基于大数据分析结果，实现了项目计划、资源分配、进度控制等关键环节的智能化决策。在项目计划阶段，智能决策系统能够根据历史项目数据和当前项目特点，自动生成合理的项目计划，确保项目能够按时、按质完成。在资源分配方面，系统能够根据项目需求和资源状况，实现资源的优化配置，提高资源利用效率<sup>[2]</sup>。在进度控制环节，系统能够实时监测项目进度，及时发现偏差并进行调整，确保项目按照预定计划顺利推进。通过大数据技术和智能决策系统的结合应用，项目管理变得更加科学、有效。

### （四）数字孪生技术应用深化

在工程管理过程中，数字孪生技术可以用于模拟项目运行。在项目实施之前，通过数字孪生技术构建虚拟项目模型，可以对项目的设计、施工、运营等全生命周期进行模拟仿真。数字孪生技术通过对虚拟项目模型进行各种场景下的模拟测试，揭示出项目在实际运行中可能遇到的风险和隐患。基于数字孪生技术的预测和分析，项目管理者可以提前制定应对措施，降低风险发生的可能性和影响程度，确保项目的顺利进行。通过数字孪生技术，项目管理者可以对虚拟项目模型中的资源使用情况进行实时监测和分析，找出资源使用的瓶颈和浪费点，进而对资源配置进行优化调整<sup>[3]</sup>。这种优化不仅可以提高资源的利用效率，还可以降低项目的成本支出，提高项目的经济效益。数字孪生技术如图3所示。



图3 数字孪生技术

## 三、管理流程再造路径

### （一）设计 - 施工 - 运维全周期协同

通过BIM、物联网等技术手段，实现设计、施工、运维等阶段的信息共享和协同工作，BIM技术为全周期协同提供了基础平台，物联网和大数据技术为实时数据采集和分析提供了支持，数字孪生技术为虚拟仿真和优化提供了手段，这种全周期协同管理模式有助于提高项目管理的整体效率和质量水平。

### （二）智能预警与风险预控机制

基于大数据和人工智能技术，构建一种全新的智能预警与风险预控机制，为项目管理的安全性和稳定性提供强有力的支撑。通过大数据的分析，可以提前对这些风险进行预判，为项目的风险管理提供科学依据。在实时监测和预警系统方面，结合人工智能技术，建立智能化的风险监测和预警体系，实时对项目现场的各类数据进行采集和分析<sup>[4]</sup>。通过人工智能算法的实时处理，系统能够迅速识别出异常数据或潜在风险事件，并立即触发预警机制，向项目管理者发送预警信息。

### （三）资源动态优化配置模型

利用大数据技术和优化算法的强大能力，构建一种创新的资源动态优化配置模型，为项目管理中的资源配置问题提供智能化的解决方案。收集并整合项目执行过程中的各类数据，作为模型的基础输入，为资源的动态配置提供丰富的信息支撑。运用先进的数学优化理论和方法，结合项目的具体特点和需求，构建资源优化配置的数学模型，通过求解优化问题，得出最优的资源配置方案。在资源动态优化配置模型的应用过程中，实时跟踪项目的进度和需求变化，将最新的数据输入到模型中，通过优化算法的计算和分析，得出新的资源配置方案<sup>[5]</sup>。这一方案能够根据项目的实际情况和需求，灵活地调整资源的分配和使用，确保资源的高效利用和成本的有效控制。

### （四）多方协同工作平台构建

协作平台技术为项目团队提供了一个直观、易用的在线工作环境。通过集成任务管理、日程安排、即时通讯、文件共享等多种功能，平台能够支持项目成员之间的实时沟通和协作。通过平台化管理，不同部门和专业的成员能够跨越组织界限，共同参与到项目中来，形成跨职能、跨领域的协作团队。此外，平台还提供了丰富的数据分析和可视化工具，帮助项目管理者实时监控项目状态，及时发现潜在风险和问题，并采取相应措施进行调整和优化。

## 四、标准体系重构路径

### （一）数据交互标准建设

制定统一的数据交互标准，实现不同系统、不同平台之间的数据互通和共享。这有助于提升项目管理的信息化水平，降低数据孤岛现象的发生概率。

### （二）智能设备接口规范

制定智能设备接口规范，确保不同厂商生产的智能设备能够无缝集成到项目管理系统中。这有助于降低项目集成成本和风险水平。

### （三）数字交付标准体系

建立数字交付标准体系，明确项目交付物的格式和内容要求。这有助于提高项目交付的质量和效率水平，降低后续运维成本。

### （四）安全防护标准框架

构建安全防护标准框架，确保项目管理系统的安全

性和可靠性。这有助于保护项目数据不被非法访问和篡改，保障项目顺利实施。

### 五、实践应用验证

#### (一) 智慧工地示范项目

##### 1. 人员机械智能调度

通过在人员和机械设备上安装物联网传感器或标签，可以实时获取它们的位置信息、工作状态、运行参数等关键数据。大数据技术对收集到的海量数据进行深度挖掘、分析和处理，可以得出工地人员和机械的作业效率、使用频率、故障率等关键指标，以及它们与项目进度、需求变化之间的关联关系。基于这些分析结果，系统能够自动调整人员和机械的配置方案。当项目进度加快或需求发生变化时，系统可以迅速响应，通过智能调度算法，优化人员和机械的分配，确保资源得到最合理的利用。

##### 2. 质量安全实时监控

在工地上，各类传感器被精心布置在关键部位和环节，如建筑结构、施工设备、作业环境等，实时感知并采集着各种与质量安全相关的数据。通过物联网技术，这些传感器与云端服务器紧密相连，形成了一个庞大的数据网络。传感器采集到的数据实时上传至云端，经过高效的数据处理和分析算法，被转化为直观、易懂的质量安全信息。一旦系统监测到任何异常情况，它会立即触发预警机制。

##### 3. 环境能耗智慧管控

基于全面的环境和能源数据，系统能够运用优化算法和预测模型，对工地布局进行智能化调整。同时，系统还能根据环境和能源数据，制定个性化的节能减排方案。在能源使用高峰时段，系统可以调度储能设备或启用备用能源，平衡能源供需，降低能耗成本。

#### (二) 重大基础设施项目

##### 1. BIM+ 进度成本联动

将BIM技术与进度成本管理系统相结合，实现项目进度和成本的联动管理。通过三维可视化模型和数据分析工具，实时掌握项目进度和成本情况，为项目决策提供科学依据。

##### 2. 物料智能追踪系统

利用物联网和RFID技术，建立物料智能追踪系统。对物料的采购、入库、出库和使用过程进行实时跟踪和记录，提高物料管理的效率和准确性。

##### 3. 数字孪生运维平台

构建数字孪生运维平台，实现工程项目的虚拟镜像和实时监控。通过数字孪生技术，模拟项目运行过程并预测潜在风险，为运维决策提供有力支持。

#### (三) 应用成效量化评估

##### 1. 效率提升指标分析

通过对比分析智能化转型前后的项目管理效率指标（如项目进度完成率、资源利用率等），评估智能化转

型对项目管理效率的提升效果。

##### 2. 成本节约实证数据

通过统计智能化转型后的项目成本数据（如人力成本、物料成本等），并与转型前进行对比分析，评估智能化转型对项目成本节约的贡献度。

##### 3. 质量安全提升对比

通过收集智能化转型前后的项目质量安全数据（如质量事故率、安全事故率等），对比分析智能化转型对项目质量安全水平的提升效果。

### 六、实施保障体系

#### (一) 复合型人才培养机制

建立复合型人才培养机制，培养既懂技术又懂管理的复合型人才。通过校企合作、培训教育等方式，提高项目管理的专业素养和综合能力。

#### (二) 技术迭代升级策略

制定技术迭代升级策略，确保项目管理技术始终处于行业领先地位。通过持续跟踪新技术发展动态和市场需求变化，及时调整技术路线和产品研发方向。

#### (三) 组织架构适配调整

根据智能化转型的需求和特点，对组织架构进行适配调整。优化部门设置和职责分工，提高组织运行效率和协同能力。

#### (四) 政策法规配套建议

提出政策法规配套建议，为工程管理智能化转型提供政策支持和法律保障。通过完善相关法律法规和标准体系，推动行业健康有序发展。

### 结语

本文构建了“技术集成-流程再造-标准重构”的三维转型模型，为工程管理智能化转型提供了系统解决方案。通过案例分析和量化评估，验证了技术路径的可行性和有效性。未来，应进一步优化智能化成熟度评估模型，探讨AI技术在进度预测、风险识别中的应用分析，以及区块链技术在工程管理中的应用场景。

### 参考文献

- [1] 金旗. 数字化转型背景下石油地面建设工程管理创新研究[J]. 化工设计通讯, 2024, 50(9): 53-55.
- [2] 刘文君. 建筑工程管理智能化分析[J]. 建材与装饰, 2024, 20(24): 76-78.
- [3] 陈朝阳. 基于信息化、数字化、智能化转型之路[J]. 招标采购管理, 2018, (11): 23.
- [4] 刘占省, 吴震东. 基于数字孪生的装配式建筑构件安装智能化管理模型研究[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(11): 54-60.
- [5] 邓礼云. 建筑工程中的数字化转型与智能化管理[C]. //2024智慧施工与规划设计学术交流会议论文集. 2024: 1-3.