

# 建设工程中的数字化管理体系分析

石晓萍

中国恩菲工程技术有限公司 北京 100038

**摘要：**本文基于EPC总承包模式，深入构建建设工程数字化管理体系的理论框架与实践路径。在构建基础层面，从战略规划、技术架构、数据治理、组织协同等维度搭建体系根基；核心模块方面，创新性提出基于BIM的协同设计平台、智能供应链采购系统、物联网驱动的智慧工地和数字孪生运维系统四个阶段的数字化管理模块；实施路径上，通过“战略-能力-推广”三维模型落地实践。研究表明，该体系可有效实现项目全生命周期的数据贯通与智能决策，显著提升项目综合效率，为工程建设行业数字化转型提供可借鉴的系统化解决方案。

**关键词：**数字化管理体系；EPC总承包；BIM协同；智能供应链；数字孪生

引言：随着新一代信息技术（如BIM、物联网、大数据、人工智能等）的快速发展，工程建设行业正加速向数字化、智能化转型。然而，当前建设工程项目管理仍面临诸多挑战：信息碎片化、管理粗放化、决策滞后化等问题突出。在此背景下，构建适应EPC总承包模式的数字化管理体系，实现项目全生命周期的数据贯通与智能决策，已成为行业高质量发展的关键路径。

## 1 EPC总承包方数字化管理体系的构建基础

### 1.1 战略与顶层设计

数字化转型战略需明确降本增效、风险管控、全生命周期管理等数字化目标，并深度融入企业业务战略。通过大数据分析挖掘市场需求与趋势，如建筑企业可精准识别绿色建筑、装配式建筑等新兴市场机会，调整产品服务方向。同时，建立统一的EPC业务流程标准，遵循ISO19650建筑信息模型标准、采用IFC数据交换标准，并延伸PMBOK等行业规范，确保数字化管理体系与国际标准接轨，实现标准化、规范化运作。

### 1.2 技术基础设施

部署覆盖设计、采购、施工、运维全流程的一体化集成平台，如Autodesk Construction Cloud、Oracle Primavera等，打破信息孤岛，实现各环节数据的无缝流转与协同。强化BIM核心能力，运用三维建模、碰撞检测、4D/5D模拟技术，支持协同设计与施工模拟，提前预见项目难点，优化施工方案。借助物联网与边缘计算技术，通过在设备、材料上安装传感器，利用无人机巡检等方式，实时采集现场进度、质量、安全等数据，为管理决策提供实时、准确的数据支持。采用混合云或行业云架构，如Bentley iTwin，确保算力弹性与数据安全，满足项目不同阶段的计算与存储需求。

### 1.3 数据治理与互操作性

构建统一数据中台，搭建主数据管理（MDM）系统，打通设计图纸、物料清单、工期计划等异构数据，实现数据的统一管理与共享<sup>[1]</sup>。明确数据所有权，制定数据质量规则，如规定BIM模型的LOD等级，建立全流程数据追溯机制，确保数据的准确性、完整性与可追溯性。构建API生态，通过开放接口集成第三方系统，包括供应链金融平台、政府监管系统等，实现数据的互联互通，提升数字化管理体系的开放性与扩展性。

### 1.4 组织与流程重构

建立敏捷型组织架构，设立数字化委员会，配置BIM经理、数据治理专员等专业角色，推动业务与IT深度融合，确保数字化管理体系的有效落地。对传统线性EPC流程进行再造，转变为基于BIM的协同设计-施工闭环等迭代式流程，提高各环节的协同效率。实施变革管理，通过系统的培训与考核机制，消除基层员工对数字化转型的抵触情绪，为传统施工团队赋能，提升其数字化工具应用能力。

### 1.5 风险与合规框架

严格遵循等保2.0或GDPR等网络安全标准，对关键数据进行加密处理，尤其是BIM模型等涉及知识产权的数据，保障数据安全与隐私。在EPC合同中明确数字化交付物要求，包括BIM模型交付标准、数据移交规范等，避免因交付物不明确引发的纠纷。利用AI技术建立动态风险评估机制，基于历史数据进行蒙特卡洛模拟，预测供应链延误、成本超支等风险，提前制定应对策略，降低项目风险。

## 2 数字化管理体系的核心模块

### 2.1 设计阶段数字化管理

设计阶段是数字化管理体系的起点，其核心在于通过技术手段提升设计效率、优化方案并降低后期变更成

本。BIM协同设计作为核心工具，需贯穿多专业协同、冲突检测与工程量统计三大环节。多专业协同依托统一BIM平台，实现建筑、结构、机电等团队的实时协作。参数化建模支持模型动态更新与版本管理，例如建筑师调整墙体后，结构工程师可即时查看荷载变化，机电团队同步优化管线布局，避免信息滞后导致的返工。冲突检测基于BIM模型的几何与属性信息，自动识别管线碰撞、空间占用等硬性冲突，以及施工可行性、维护空间等软性冲突。预设规则库（如管线间距  $\geq 300\text{mm}$ ）生成冲突报告，辅助快速修正。工程量自动统计通过模型与清单规则（如GB50854-2013）关联，自动生成部分分项工程量并同步价格信息，大幅缩短手工算量时间，减少图纸变更导致的偏差。虚拟仿真与方案优化为决策提供数据支撑。4DBIM技术将三维模型与时间维度结合，通过施工模拟动态展示施工顺序、资源投入及场地占用情况。模拟塔吊吊装路径时，可提前识别与脚手架的干涉风险并调整方案。能耗分析基于建筑物理模型与气象数据，模拟不同围护结构、设备选型下的全年能耗，助力选择低碳设计方案。

## 2.2 采购阶段数字化管理

采购阶段以供应链数字化平台为核心，整合供应链管理、物资跟踪与智能决策三大功能。

供应商管理构建动态评价体系，涵盖资质审核、历史履约、价格竞争力等多维度指标，并与外部信用数据库对接，实时更新风险等级。例如，供应商出现重大质量事故时，系统自动触发预警并限制投标资格。物资跟踪依托物联网技术，在关键材料（如钢材、混凝土）中嵌入RFID标签，实现从出厂到现场的全流程监控<sup>[2]</sup>。采购团队可通过移动端实时查看物资位置、温湿度等参数，确保质量可控。智能采购决策通过机器学习算法预测材料价格趋势。例如，基于过去3年钢材价格波动数据及当前宏观经济指标（如PPI、PMI），生成未来3个月价格预测曲线，辅助选择最佳采购时机。系统还可根据BIM模型工程量自动生成采购计划，并与供应商库存数据联动，实现按需采购与零库存管理。成本动态监控与预测构建多层次成本模型。项目级模型关联合同金额、变更签证及付款进度，实时反映成本偏差；分项级模型聚焦专业分包成本，通过对比预算与实际支出，识别超支风险。例如，当机电安装成本超过预算10%时，系统自动触发成本分析报告，提示设计变更或施工效率问题。

## 2.3 施工阶段数字化管理

施工阶段以智慧工地建设为载体，通过物联网设备集成与智能算法应用，实现进度与质量的双重管控。物

联网设备集成覆盖人员、机械、环境三大要素。塔吊倾角传感器监测设备稳定性，智能安全帽记录人员轨迹与安全行为，环境监测站动态采集温湿度、PM2.5等数据。这些设备通过5G网络将数据传输至云端，形成可视化监控大屏，支持远程指挥与应急响应。4D/5DBIM技术是施工进度管控的核心。将三维模型与时间、成本维度融合，生成动态进度模拟，直观呈现资源冲突与工期风险。当某区域同时安排机电安装与装饰施工时，系统自动标红冲突区域并给出调整建议，实现进度精准把控。质量缺陷自动识别基于图像识别与机器学习算法，对现场照片进行缺陷分类（如裂缝、渗漏），并关联责任单位与整改期限，形成质量闭环管理。资源调度优化系统集成BIM模型、人员定位及设备状态数据，自动生成最优施工方案。例如，混凝土浇筑任务下达时，系统根据泵车位置、人员分布及天气情况，推荐最佳浇筑路线与时间窗口，减少等待时间与资源浪费。

## 2.4 运维阶段数字化管理

运维阶段以资产数字化交付为起点，通过竣工BIM模型与运维数据关联，实现设施全生命周期管理。资产数字化交付建立“模型+数据”的交付标准。例如，将BIM模型中的设备参数（如型号、功率）与运维手册、保修信息等文档关联，形成可交互的数字资产包<sup>[3]</sup>。运维团队可通过移动端扫码查看设备信息，并关联维护记录与故障数据，支撑预防性维护决策。设施管理系统（FM）覆盖设备管理、空间管理及能耗管理三大模块。设备管理实现从采购到报废的全流程跟踪，例如通过传感器监测电梯运行参数，预测维保周期；空间管理关联人员动线与设备分布，优化空间利用率；能耗管理构建分项计量体系，对空调、照明等系统进行独立计量，通过数据挖掘识别节能潜力。知识图谱将运维案例、技术标准及专家经验结构化存储，支持智能检索与决策辅助。例如，某设备出现故障时，系统自动推送类似案例及处理方案，缩短故障响应时间。

## 3 数字化管理体系的实施路径

### 3.1 战略规划与顶层设计

数字化战略与企业战略的融合是构建数字化管理体系的基石。企业需将数字化转型置于整体发展战略的核心位置，通过数字化手段赋能市场定位、业务拓展与运营管理。市场定位层面，企业可借助大数据分析挖掘客户需求与市场趋势。例如，建筑企业通过分析历史项目数据与区域经济指标，精准识别绿色建筑、装配式建筑等新兴市场机会，调整产品服务方向，抢占市场先机。业务拓展方面，数字化平台可打破地域限制，如通

过线上招投标系统、远程协作平台承接跨区域项目，扩大业务版图。运营管理中，数字化工具可实现供应链透明化、项目进度可视化与风险预警自动化，提升决策效率。阶段性目标设定与资源投入规划需与企业战略匹配。初期阶段以构建数字化基础架构为目标，如搭建企业级数据中心、部署云计算平台，资源投入侧重于硬件设施与基础软件采购。中期聚焦核心业务流程数字化，如设计、采购、施工等环节的协同平台建设，资源向专业软件定制开发、技术咨询倾斜。后期以提升管理效能为目标，如通过AI算法优化资源配置、利用数字孪生技术模拟项目全生命周期，资源投入重点在于数据分析团队建设与前沿技术研发。

### 3.2 能力建设与人才培养

数字化技能培训聚焦BIM、数据分析、AI应用等核心领域。BIM技能培训从基础建模向高级应用拓展，通过实际项目案例，指导设计人员运用BIM优化管线布局，减少施工冲突；助力施工人员开展进度模拟，提前识别资源瓶颈。数据分析技能培训着重提升数据思维与工具应用能力。借助Python强大的数据处理与分析功能，深入挖掘项目成本数据，精准定位成本偏差；利用PowerBI直观呈现数据可视化报表，动态预测材料价格趋势，为项目决策提供有力数据支撑。AI应用技能培训围绕业务场景落地，将图像识别技术融入质量管控，自动检测混凝土裂缝等质量缺陷，关联责任单位与整改期限，形成质量闭环管理；通过AI算法实现风险预警与智能调度，提升管理效率<sup>[4]</sup>。复合型人才团队构建致力于打破技术、管理与业务边界。招聘时优先选择兼具数字化能力与行业经验的跨界人才，如既精通BIM实施又熟悉施工管理的项目经理。内部培养通过跨部门轮岗、项目实战等方式，推动员工掌握多领域知识，打造高素质人才队伍。

### 3.3 试点与推广策略

典型项目试点需选择高复杂度项目验证可行性。例如，在大型商业综合体项目中全面应用数字化管理体系，通过BIM技术实现多专业协同设计，利用物联网设备构建智慧工地，实时监控施工进度与质量，运用大数据

分析优化资源配置。试点过程中需详细记录数字化工具的应用效果、问题与解决方案。例如，发现BIM模型与施工实际存在偏差时，需分析是建模精度不足还是施工误差导致，并制定针对性改进措施。通过试点验证数字化管理体系在提升效率、降低成本、保障质量等方面的价值，形成可复制的经验。经验复用与持续改进需依托知识库与标准化模板。将试点项目中的成功实践、问题解决方案整理为知识文档，如BIM模型构建标准、智慧工地设备部署方案等，存入企业知识库。制定数字化管理标准化模板，如项目管理流程模板、数据采集与分析模板等，为后续项目提供参考。例如，新项目启动时，可直接调用知识库中的BIM模型标准，快速搭建设计协同平台，减少重复工作。推广过程中需持续收集反馈，优化知识库与模板。例如，发现某数据分析模型在特定场景下效果不佳时，需联合技术团队与业务部门重新设计模型，并通过试点验证改进效果，实现数字化管理体系的迭代升级。

### 结束语

建设工程数字化管理体系是行业发展的必然趋势。通过构建完善的战略规划、技术架构、数据治理等基础体系，结合设计、采购、施工及运维等核心模块的数字化应用，可显著提升项目效率与质量。实施过程中，战略规划、能力建设与试点推广策略至关重要。未来，需持续探索创新，不断完善数字化管理体系，推动建设工程行业迈向智能化、精细化发展新阶段。

### 参考文献

- [1]李鸣.建设工程项目数字化管理的探索与实践[J].中国建设信息化,2024,(04):32-36.
- [2]陈宝璐.数字化背景下建设工程项目管理效能的提升策略研究[J].工程技术研究,2024,9(03):128-130.
- [3]张亚柏.公路建设项目档案数字化管理探究[J].中国公路,2021,(09):92-93.
- [4]陆伟华.基建项目档案数字化管理体系建设探讨[J].城建档案,2021,(07):21-22.