

工程管理系统搭建与协同管理路径研究

裴锡源 侯俊辉

中粮科工（北京）工程管理有限公司，北京，100069；

摘要：工程建设领域普遍存在系统割裂、流程冗余与协同效率不足的问题，需构建具备统一数据体系与可计算协同逻辑的工程管理系统。研究围绕系统架构设计、关键技术链构建与协同机制落地展开，通过分层架构、事件驱动控制、资源动态调度与绩效回写等技术手段形成可闭合的管理路径。结果表明，流程再造、资源整合与协同控制机制的引入，使管理链条在结构化数据支持下获得连续性与可追踪性，为大型工程的全过程组织与信息协同提供了可实施的技术框架。

关键词：工程管理系统；协同管理；流程再造；资源整合

DOI： 10.69979/3029-2727.26.05.040

引言

工程建设项目在高并发任务、跨主体协同及数据密集运行环境下，既有管理模式因系统割裂与流程耦合失衡而呈现效率下降与决策滞后等结构性矛盾。工程管理系统的搭建在以统一的数据框架、可编排的业务流程及可计算的协同机制重构管理逻辑，使进度、质量、资源与执行链条在同一技术体系内实现贯通。以架构分层设计、关键技术链部署与协同管理路径优化为主要方法，通过流程再造、资源整合与绩效评估构建可闭合的管理结构，期望为工程项目的全过程组织与协同控制提供具有可实施性的技术框架。

1 工程管理系统现状分析

当前工程建设领域的管理体系呈现典型的“多系统割裂”特征，进度、质量、安全与成本等模块由不同平台分别支撑，数据结构、采集接口与管理逻辑缺乏统一规范，形成难以贯通的信息孤岛，使管理者无法基于一致性数据进行全局判断^[1]。工程业务链条跨越设计、采购、施工、监理与业主多方主体，各环节的任务耦合高度依赖信息传递，但现有系统缺少统一的事件驱动机制，设计调整、材料到场、工序变更等关键事件无法在系统间自动触发联动，导致返工增多、计划偏移扩大。数据采集仍以人工录入和断点上报为主，实时性不足，且缺乏基于传感器与智能识别的自动采集手段，难以支撑精准分析与过程控制。进一步而言，行业尚未形成跨单位可复用的工程数据标准和接口规范，使系统集成成本长期居高不下，扩展性受限。协同管理机制亦存在不足，

职责边界模糊、审批链条冗长、过程监督断层，使管理行为无法形成闭环。这些结构性矛盾表明，构建统一、标准化、可协同的工程管理系统已成为行业发展的迫切需求。

2 工程管理系统搭建路径

2.1 系统架构设计

工程管理系统需在解决既有碎片化系统难以贯通的问题基础上，通过统一架构实现数据、流程与协同逻辑的集中式组织。如图1所示，系统以“四层一体”结构展开：感知层、数据层、业务层与协同控制层在统一接口规范下形成可扩展的技术体系。架构设计过程从数据要素梳理开始，对进度、质量、安全、材料、机械与合同等核心对象构建统一标识体系，采用工程构件编号、工序节点编号与资源编码的绑定方式，使跨模块调用能够在同一元数据框架中执行^[2]。数据层采用分布式时序数据库与关系型数据库组合构建双存储体系，前者用于记录高频动态数据，后者支撑结构化业务信息，二者通过数据映射规则与ETL管线实现一致性维护。业务层以模块化设计方式组织工序计划、现场签证、进度填报、验收流转与物资管理等功能，通过服务编排实现跨任务链的连续处理。协同控制层设置事件触发引擎，对构件状态变化、工序进度偏移与资源占用冲突进行实时解析，并依据规则库动态生成任务推送、流程转接与权限校验。系统架构的部署过程进一步纳入API网关配置、消息队列参数设定与节点负载均衡策略，通过统一网关实现多系统接入与协议转换。

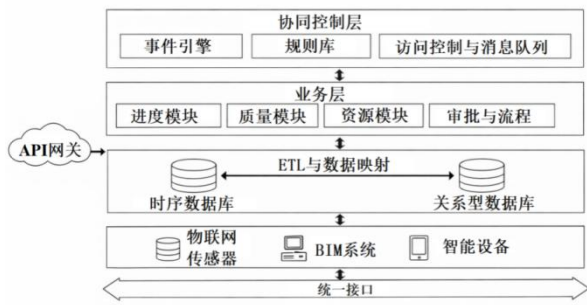


图1 系统架构图

2.2 关键技术实现

关键技术的实现以系统架构的分层组织方式为执行框架，将数据采集、数据处理、服务编排与协同控制的技术链条按功能依序落地。数据采集环节通过IoT节点、BIM构件模型与移动终端设备形成多源输入，以统一编码建立数据绑定关系。采集端设置时间戳、版本号与构件标识字段，确保入库数据在后续流程中的可追溯性。数据入库过程采用双通道策略，动态数据写入时序数据库，结构化记录写入关系型数据库；二者之间通过ETL脚本执行字段映射、异常值剔除与维度补齐。处理流程中引入规则引擎与实时计算模块，规则引擎根据工序节点编号与资源占用状态触发处理逻辑，实时计算模块基于滑动窗口算法解析进度偏移、资源冲突或材料到场异常^[3]。业务服务通过服务编排器连接进度管理、物资管理与流程审批模块，各服务以REST接口对外提供可被统一调用的功能节点。协同控制技术以消息队列为传输载体，队列内事件按优先级和类型分类排队，再由事件解析器根据规则库自动分配到对应业务处理线程。系统接口统一由API网关管理，执行协议转换、访问限流与身份校验，使外部系统在接入时保持数据结构与调用逻辑的一致性。

2.3 协同管理机制

协同管理机制的构建以事件触发链、任务协同链与数据一致性链三条技术路径并行展开。事件触发链通过对构件状态字段、工序节点编号与资源占用表的持续监测，在数据层触发事件包生成；事件包包含事件类型、

关联对象ID、优先级与处理指针，由消息队列按规则排序后交由协同引擎解析。协同引擎根据规则库建立的“事件—动作”映射表向业务模块下发指令，如重新计算关键路径、生成物资补充任务或自动推进审批节点^[4]。任务协同链围绕跨部门流程设计，通过统一的流程标识符将设计变更、物资签收、验收任务与进度调整等环节绑定在同一任务流中。任务流在服务编排器内按顺序执行，系统在每个节点记录执行时间戳、责任人与版本号，当任一节点产生偏移时自动回溯至前一关键节点并重构后续流转路径。数据一致性链通过双层校验机制运行：首次校验在API网关进行，对外来数据执行字段校对与权限验证；二次校验在协同控制层执行，通过比对构件版本号、资源锁状态与未完成任务列表防止并发写入冲突。所有协同任务执行过程生成过程日志，日志内容经序列化后存入审计库。

3 协同管理优化路径

3.1 流程再造

在协同链运行过程中，大量跨部门任务因节点冗余与触发条件分散而形成流程阻滞，因此需对既有流程进行结构化重组。如表1所示，优化工作从流程结构扫描开始，系统以任务日志与节点依赖关系为输入，自动提取各环节的触发点、数据引用路径与责任主体，并据此构建可量化的流程依赖图。依赖图生成后，对其中的重复节点、串联冗余段以及无效人工确认点进行压缩，将其拆分为由最小执行单元构成的可调度节点集。每个节点在编排器中配置运行参数，包括输入字段格式、触发判定表达式与输出数据绑定规则，使其成为可被流程引擎调用的独立处理块。在执行阶段，节点依据状态机进行状态迁移，由“待触发—执行—校验—完成”四段式结构控制执行顺序，并通过版本号校验避免并发写入冲突。后续动作由规则引擎依据节点输出自动派发，如当验收节点生成“不通过”状态时，系统自动触发返工任务并重新计算关键路径。流程重组完成后，由监控模块记录节点执行时延、阻塞次数与回溯触发点，为下一轮流程裁剪与路径优化提供可量化依据。

表1 流程拆解与节点重构示例

原流程环节	拆解后执行单元	关键输入	触发条件	输出对象
设计变更审核	变更信息校验	变更单号、构件ID	字段校对完成	校验结果
	影响范围计算	BIM构件模型	校验有效	影响构件列表
材料到场确认	材料信息比对	送货单、材料编码	到场扫描完成	比对记录
工序验收	验收参数记录	工序节点ID	验收数据上传	验收记录

3.2 资源整合

各类资源因分散记录、重复调度与状态不可视导致配置效率受限,资源整合工作由此以跨模块数据统一与调度逻辑重构为主线展开。具体过程中,系统首先对材料、设备与劳动力三类资源的原始记录执行字段标准化处理,将规格参数、数量、位置、可用时间窗等信息转换为结构化字段,并以多维属性向量为输入生成资源唯一标识,确保资源在不同业务模块间可被准确检索^[5]。随后构建资源主索引表,通过增量同步机制持续接入来自物资管理、机械调度与劳务系统的更新记录,使资源状态保持实时一致。在调度执行阶段,系统接收来自流程引擎的任务包,将任务需求解析为数量约束、时间约束与空间约束三类条件,并调用资源选择模块按约束规则生成候选资源组。候选组形成后,通过距离矩阵与作业时间窗计算最小代价组合;若出现重叠占用,调度程序依据资源锁状态、任务优先级与可替代性参数触发冲突重排逻辑。调度结果以指令形式推送至责任人,同时在资源索引表中写入锁定量、执行时段与预期释放时间,实现资源状态在调度前、中、后的连续记录,使资源整合过程具备可计算、可回溯的执行链条。

3.3 绩效评估

绩效评估模块以过程化数据为输入,通过指标解析、评分链构建与偏差回写三个步骤形成闭环控制。指标解析阶段由系统从进度、质量、资源与协同链的过程日志中抽取关键字段,按照节点时延、工序合规率、资源利用率与协同时差等类别生成度量向量,并对异常值进行区间截断与时间序列平滑处理,使指标具备可比性。评分链构建过程中,将各类指标按其关联的任务类型与责任主体映射至评价矩阵;矩阵中每个元素由权重系数、归一化函数与得分区间构成。权重由层次分析结果写入配置表,归一化函数根据指标类型选择线性映射或分段函数,使不同量纲的指标能在统一得分尺度内计算。得

分计算完成后,系统基于构件 ID、任务 ID 与责任人 ID 生成绩效记录,并在记录中附带时间戳、版本号与触发源信息。偏差回写阶段,系统对得分低于阈值的指标触发偏差解析流程,通过比对历史执行轨迹定位偏差源,如识别某一节点的反复阻塞、某类资源持续超占用或某环节的长期延时。解析结果写入任务链与资源索引表,并触发规则引擎更新后续调度逻辑或流程节点参数,使绩效评估结果在系统内部形成可直接驱动调整的技术链条。

4 结论

工程管理体系的构建以数据统一、流程联动与协同机制的体系化设计为核心,通过架构分层、关键技术链条与协同控制逻辑的贯通,实现从信息采集到资源调度、从流程执行到绩效回写的技术闭环结构。随着工程项目规模扩大与现场数据密度持续增长,系统在多源数据融合、高频事件处理与智能调度策略方面仍具拓展空间。未来的管理体系将在动态规则生成、跨阶段全周期关联及复杂场景下的自适应协同控制等方向延伸,以形成可持续演进的工程管理技术框架。

参考文献

- [1]张军. 基于管理要素的工程量贯通系统搭建方法研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(20): 169-172.
- [2]孙义超. 东淝闸信息化系统驱动的水利工程管理效能优化路径研究[J]. 新潮电子, 2025(24): 244-246.
- [3]杨洁. 企业财务风险管理与战略控制系统的耦合机制研究——基于动态能力视角的整合路径与协同效应分析[J]. 知识经济, 2025(23): 133-135.
- [4]周皓方, 咏秋. 多军种协同背景下军工工程项目管理模式的创新路径研究[J]. 中国军转民, 2025(16): 34-35.
- [5]唐伟明. 多电压等级电力工程协同建设中的项目管理优化路径研究[J]. 消费电子, 2025(23): 80-82.