工程与管理科学
Engineering and Management Science
第 8 卷◆第 9 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

现代工程建设系统化协同管理与集成应用研究

何瑞祥
中石化第四建设有限公司　天津　300270

DOI：10.32629/ems.v8i9.22109

［**摘　要**］当前工程项目建设体量大、涉及范围广，在这种背景下传统的分块割裂式的管理方式已经不能满足工程建设高质量发展的需求。本文运用系统论、协同学相关知识对新时期工程建设项目系统化协同管理理念进行了阐述，并就如何构建系统化的协同管理体系从信息化协同办公、BIM 技术综合运用以及协同参与度三个方面做了初步研究。“工程建设项目系统化协同管理模式”的本质是以技术、组织、过程的系统集成为主线，以信息资源的全面共享为核心，以信息化系统平台建设为主要手段，以工程项目全过程综合效益的最大化为最终目标的一种集成管理系统模式。在对中海油数字化协同工作模块搭建经验总结及 BIM 应用背景下多方协同关系研究基础上，探讨了基于系统动力学的工程建设项目多方协同策略，以期对其他项目开展管理创新、数字化升级具有一定的参考价值。

［**关键词**］建设工程；整体联动管控；综合运用；BIM；信息化

工程建设项目作为国民经济的基础性行业，具备项目体量大、涉及单位广、建设时间久、技术含量高等特点，特别是近年来伴随工程项目建设量增长及专业化细分程度加深，原有粗放式零散管理已暴露出数据壁垒、沟通成本高、资源利用率低等一系列弊端，在此背景下，如何以系统的协同管理和集成应用提升工程建造效率是学界和业界关注的热点问题。从国外发展情况来看，在 20 世纪 90 年代，欧美发达国家就提出了工程项目建设的集成管理理念，并在 2011 年英国政府要求所有的公共工程都使用 BIM 技术进行建设，美日等国也都制定了比较完整的工程项目建设数字协同标准体系。相比之下，我国工程建设项目信息化发展相对滞后，虽然近些年在 BIM 应用、数字化学术交流平台搭建等领域取得了长足进步，但仍多为“单点突破”，缺乏真正意义上的全面协同管控，其理论体系及实施方法亟待进一步探索完善。本文基于系统科学及协同学理论，从组织协同、信息集成以及过程再造三方面对现代工程建设项目系统化协同管理和集成运用的理论依据、核心技术、运作方式和方法进行分析，旨在为加快实现我国现代工程建设项目管理贡献力量。

1 系统化协同管理的理论基础与内涵特征

1.1 系统化协同管理的理论溯源

协调管理系统化的理论依据主要是系统论和协同学。系统论认为应将被研究的对象看成是由多个相互关联、互相影响的部分组成的统一体，并强调宏观上表现出的整体性；协同学是 20 世纪 70 年代德国物理学家赫尔曼·哈肯提出的，研究的重点是开放系统的各子系统间通过非线性的耦合作用而形成的有序结构的自组织机理。

工程建设系统正是一个典型的开放性复杂巨系统，从系统论的角度加以考察，一个完备的工程建设系统由多类协同主体构成包括决策主体、设计主体、管理主体、施工主体、供货主体、运营主体以及监管主体等，这些主体之间存在错综复杂的物质、能量和信息的传递与交换关系，系统整体效能的实现依赖于各主体能否建立起高效的协同运作机制。而基于耗散结构理论对工程建设协同系统的演化机理则有更深入的研究结论：一个远离平衡态的非封闭系统，在与外部环境发生物质、能量及信息交流的过程中，一旦其内禀的控制参量发生变化到一定临界点，就会产生自组织现象，由无序到有序的突变和跃迁。工程建设协同系统满足耗散结构的四个基本条件，即系统处于远离平衡态、具有开放性、内部存在非线性作用、存在涨落作用，这为通过系统动力学方法研究协同效应提升路径提供了理论依据。

1.2 协同管理的内涵与层次结构

工程建设系统化协同管理是指以协同思想为指导，以信息技术协作平台为基础，以管理的方法和手段为工具，促使建设系统中人、财、物、技术、信息、知识等资源按照协同方式进行整合，从而达到资源的最优配置，并最终形成一种在结构、功能上大于原来各个组织之和的协同。其本质就是“1+1>2”的非线性叠加效应。

按照层次性来划分，工程建设系统化协同管理可以分为三类层次，一是信息协同层，即实现信息的一体化收集、储存、传输以及交流，避免出现信息壁垒或者信息鸿沟的情况；

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

二是流程协同层，即对于整个工程项目的决策环节、计划环节、采购环节、施工环节、运行维护环节等进行协调；第一层次为过程整合，即在工程建设全过程中实现无缝衔接；第二层次为价值整合，即各个协同主体形成共同的价值追求，围绕工程建设整体目标最大化的合作而达到多方共赢的状态。

系统化协同管理与集成应用是相互依存、相互促进的辩证关系，协同管理是目标导向，关注组织结构、工作机制等层面的优化，集成应用是技术支撑，关注信息系统、数据标准等层面的建设，前者指引后者方向，后者赋能前者实现，二者相辅相成，共同构成现代工程建设管理现代化的核心驱动力。

2 工程建设数字化协同工作模块的设计与实现

2.1 业务架构与功能架构设计

工程建设数字化协同工作模块的研发，首要前提是对业务架构进行科学合理的设计。

以中海油能源发展装备技术有限公司的实践为样本，通过引入波特价值链方法，对二级单位的总体业务流程及管理活动类别进行顶层梳理和划分，将企业整体的生产经营活动拆分为 6 类支撑性活动（战略管理、人力资源管理、财务资产管理、科研管理、符合性管理、信息管理）以及 9 类核心活动（市场跟踪、投标报价、设计方案制定、合同签订、立项、采购施工准备、施工、完工管理、利润管理），从而实现对企业从市场销售到生产执行两大阶段的全面覆盖。基于价值链的业务架构设计是将原来分散在各个职能部门、业务环节中的活动看作一个整体的价值链，并通过对各个环节之间关系以及相互依存性的分析找出协同关键点及瓶颈所在，为下一步的功能模块划分和数据流设计打下良好的基础。

基于业基架，在数字化工建协同模块中按照“两条主线、三级组织、多阶段闭环管理”的原则构建功能架构，即以生产管理和成本管理为主线，以公司、中心、作业部为组织层级，围绕项目市场开发、生产立项、预算编制、进度管理、成本控制及完工管理开展全流程管控。建立“计划—实施—检查—处理”的质量控制环。

2.2 功能模块划分与技术架构实现

数字协同作业包括企业资质、市场销售、生产立项、进度管理、预算结算、成本控制、需求管理、采办管理、物资仓储、生产组织、人员管理、设备机具、门户系统等 13 个子模块，并非简单的功能堆砌，而是基于统一的数据标准、流程引擎进行连接，构建了贯穿企业生产经营全过程的一体化管理体系，达到信息一录多用、信息共享的效果。数字化协同工作模块采用 SOA 思想与 J2EE 分层体系，相结合并以 B/S 模式构建，层与层之间按照严格依赖关系进行交互，通过组件化技术将界面控制、业务处理以及数据映射进行解耦，从而在系统内部形成松散耦合结构。服务器端整体划分为表现层、业务组件层、服务整合层、消息服务层、持久化层和数据资源层等多个层次，这样的分层设计保证了系统在高并发访问和海量数据处理场景下依旧能够保持稳定和高效运行，有力破解了传统信息系统“烟囱式”建设导致的数据孤岛、资源重复投入等问题。模块建成后，不仅支撑数据资产化进程，推动企业长期健康发展，还为数据挖掘和价值创新提供了基础条件，各类审批流程平均办理时间由 7 天压缩到 2 天，充分体现了数字化协同管理带来的显著效益。

3 在BIM应用情境中提升工程建设多方主体协同效能的路径

3.1 协同主体识别与系统框架构建

工程建设项目涉及多阶段、多专业、多参与方，准确识别关键协同主体是研究协同效应的前提。基于 Freeman 的利益相关者理论，结合工程建设项目全生命周期的阶段划分，可将 BIM 情境下的协同主体划分为七类：决策协同主体、设计协同主体、管理协同主体、施工协同主体、供货协同主体、运营协同主体和监管协同主体，这七类主体共同构成了工程建设协同主体系统。由此可建立“BIM-协同主体”模型体系，该模型是以 BIM 为核心的信息集成点，各个协同主体围绕 BIM 平台进行信息的交互传递，在协同主体间发生耦合作用，而 BIM 技术具有可视化、协同性、可模拟、可优化及可出图等特点。可以有效地降低各协同主体间的矛盾冲突及重复工作和消耗，提高协同工作效率。因此 BIM 不仅是工具和技术，而且也是各协同主体系统实现自发有序演化的一种“序参量”。

3.2 系统动力学模型分析与关键影响因子

为揭示 BIM 情境下工程建设多主体协同效应的形成机理，可采用系统动力学方法构建因果回路图和系统流图，系统动力学擅长处理具有多变量、非线性、多反馈回路特征的复杂动态问题，与工程建设协同系统的特征高度契合。根据因果回路图分析得到对协同效应有重要影响的几个反馈回路：激励制度越完善则能减少道德风险、增加协同主体协同度进而提高协同效应，协同效应越高又能进一步完善激励制

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

度的正反馈回路为最重要反馈回路；BIM 效益期望水平的增加能够提高协同主体管理意识，并同样会带来激励性力量，由此形成“管理意识强化→管理能力加强→BIM 协同支撑水平提高→效益预期再升”的良性循环。

因果树图分析进一步表明，协同主体协同效应水平是协同效应水平变化量的积分函数，而影响速率变量的因子包括 BIM 协同支持对协同效应因子、协同主体协同度因子、协同主体协同效应因子以及协同主体权重系数，其中协同主体权重系数的合理分配至关重要——在信息就是效益的时代，各协同主体实现信息共享最大化与综合效益最大化的协同，是实现协同效应最大化的核心途径。基于上述分析，提升协同效应的关键路径包括：提升 BIM 协同支持水平，从技术和管理两方面持续提高 BIM 成熟度和协同主体管理水平；优化协同主体间的关系机制，建立完善的激励制度，提高信息对称程度，降低道德风险率；充分发挥各协同主体的权重效应，动态把握各主体的重要程度，实现信息共享最大化与综合效益最大化的统一。

4 现代工程建设系统化协同管理与集成应用的实施策略

4.1 +组织协同机制的构建

首先，在系统化协同管理中应建立满足协同需求的组织体系。传统的工程建设组织方式是以职能划分和等级控制为主，部门之间的分割以及层级之间的隔离限制了信息交流及协同工作。因此，需在以下方面进行组织变革：构建矩阵式的协同组织体系，在维持原有的职能管理线基础上，成立跨部门、跨专业的项目协同工作组，形成“职能保障+项目推进”的矩阵化组织，确保专业上的纵深发展及项目维度上资源协调、高效执行的能力；健全利益分享、激励考核制度，构建协同贡献基础上的绩效评价体系，在进行利益分配时对积极提供信息、配合协同工作的部门及个人给予正面鼓励，并通过对各个协同主体的权限、责任以及信息披露的要求予以明晰，减少信息不对称现象的发生，遏制机社会主义行为；培育协同文化和共享意识，通过培训宣贯、标杆示范和制度引导，形成组织内“共享互利、协同共赢”的价值共识，让协同由他律变为自律。

4.2 信息集成架构的建设与系统化流程再造

信息集成是系统化协同管理的技术基础，其核心是构建统一、共享、安全的信息集成架构。一是统一数据标准及信息模型，参照国际通用 IFC 标准以及国内 BIM 国家标准制定企业级工程信息模型规范，统一数据分类编码、存储格式、交换接口；二是建设集成化协同管理平台，围绕 BIM 构建物联感知、云计算、大数据于一体的工程建设全过程集成化协同管理平台，具有数据集成存储、流程协同管理、可视化管理、智能决策等功能；实现信息安全及数据质量控制，形成严格的数据采集审核机制、权限管理机制和容灾备份机制。同时，系统化协同管理还应重新考虑和设计工程建过程，进行系统的流程再造：站在整个工程建设全周期的角度，对各个阶段的业务流程进行全面梳理分析，找出其中不必要的环节以及信息孤岛，用“端到端”的协同理念来重构业务流程，把传统意义上的“串联审批”改为“并联协同”。依托信息化管理系统形成 PDCA 循环管理模式，使所有工作均能朝着总目标前进；制定科学有效的评价标准对协作管理情况进行系统性评价，不断引入先进的管理理念和技术工具，推动协同管理水平螺旋式上升。

5 结论

现代工程建设系统化协同管理与集成应用是应对工程建设日趋大型化、复杂化的必然选择，也是推动工程建设行业高质量发展的核心引擎。未来，随着人工智能、数字孪生、区块链等新技术不断完善并深度融入工程建设领域，工程建设的系统化协同管理将进一步向智能化、效率化方向演进，数字化协同平台也将由单纯的“流程信息化”升级为“智能决策化”，BIM 的应用将从“模型可视化”拓展为“全要素可计算”，多主体参与协作则会从“流程层面的协同”迈向“价值层面的共创”。在这一过程中，持续推进系统化协同管理的理论创新和实践探索，对于推动我国由“建造大国”向“建造强国”跨越具有深远意义。

[参考文献]

[1]段溥健.模块化施工技术在绿色建筑快速建造中的应用[J].建材发展导向,2026,24(07):136-138.

[2]田堃.超高空吊顶体系模块化建造技术研究[J].建筑施工,2026,48(02):113-117.

[3]李瑞彤,张茜,唐健,等.模块化设计的核心概念与工程应用实践研究[J].油气田地面工程,2026,45(02):69-76.

[4]吴慧琼,左斌峰,王文璟,等.模块化装配式工业建筑的应用探索[J].四川建材,2026,52(02):93-96.

作者简介：何瑞祥（1989—），男，汉族，河北衡水，本科，研究方向：施工技术（管道专业）。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.