

精益建造与绿色建造协同发展的理论耦合机制与影响因素分析

蒋黎晖

(东南大学土木工程学院, 江苏 南京 211189)

摘要: 建筑业作为国民经济支柱产业, 同时也是资源高消耗、碳排放高集聚的重点领域, 传统粗放式建造模式已无法适配双碳战略与建筑业高质量发展的核心要求。精益建造以消除全过程浪费、最大化项目价值为核心, 绿色建造以全生命周期资源节约与生态环境保护为导向, 二者在理论逻辑、实施流程与资源配置层面具备高度契合性与互补性。本文采用文献研究法与理论分析法, 系统界定精益建造与绿色建造的理论内涵及核心主张, 梳理二者协同发展的理论契合逻辑与应用价值, 从目标、过程、资源三大维度深度剖析二者的理论耦合机制。同时, 从外部环境、组织能力、技术支撑三个层面, 识别精益建造与绿色建造协同发展的关键影响因素, 厘清各因素的作用机理与制约关系。研究发现, 目标趋同是协同发展的基础, 过程互嵌是协同落地的核心载体, 资源优化配置是协同增效的内在内核; 政策制度、市场环境、企业组织管理能力、多方协同水平、数字化技术体系是决定二者协同成效的关键要素。本研究完善了精益建造与绿色建造一体化发展的理论体系, 可为建筑工程绿色精益化施工实践、建筑业转型升级提供理论支撑与实践参考。

关键词: 精益建造; 绿色建造; 协同发展; 耦合机制; 影响因素; 建筑业转型

中图分类号: TU-023 **文献标识码:** A **文章编号:** 3134-9803(2026)04-0016-03

1.1 精益建造的理论内涵与核心主张

精益建造源于制造业精益生产, 由Koskela引入工程建设领域, 颠覆传统碎片化管理, 形成覆盖全生命周期的精细化管理体系。其核心在于“价值创造、消除浪费、持续优化”, 将工程流程视为动态价值流, 剔除无效环节, 实现效益最大化。

浪费涵盖七大类: 过量生产、等待延误、搬运浪费、过度加工、库存积压、返工返修、人才浪费, 并重视隐性管理浪费。主要工具包括最后计划者系统、价值流图、准时配送、5S管理和PDCA循环, 推动流程标准化与动态管控。

其中, 最后计划者系统吸纳一线人员参与计划编制, 提升执行适配性; 价值流图区分增值与非增值活动, 支撑流程优化; 准时供应减少现场堆积与损耗。

精益建造三大主张: 客户价值导向, 聚焦业主需求避免无效工作; 全流程去浪费化, 持续削减非增值环节; 动态持续改进, 通过复盘优化提升综合效益。其虽以经济效率为核心, 但去浪费逻辑本身具备绿色低碳潜力。

1.2 绿色建造的理论内涵与核心主张

绿色建造基于可持续发展与“双碳”战略, 覆盖工程全生命周期, 包括策划、设计、施工、运维、拆除等阶段, 强调科学管理与技术创新, 在保障质量安

全基础上节约资源、减少污染、保护生态, 实现经济、社会、生态效益统一。

依据《绿色建造技术导则》, 实施内容涵盖五方面: 资源节约, 控制建材、水、能源、土地消耗, 优先选用绿色材料; 生态环保, 管控扬尘、噪声、污水、固废等环境影响; 品质提升, 优化通风、采光、保温等使用性能; 技术适配, 选用成熟适用的绿色技术; 以人为本, 保障作业安全与使用舒适度。

绿色建造三大主张: 全生命周期管控, 从设计源头落实低碳约束; 生态效益优先, 平衡开发与保护; 综合效益均衡, 拒绝环保极端化, 追求三重效益动态平衡。目前绿色建造多依赖政策强制推动, 管理手段不足, 需精益体系赋能提升效率与效果。

1.3 协同发展的理论契合与价值逻辑

精益建造与绿色建造源头不同——精益侧重流程优化与经济效益, 绿色关注生态保护与低碳发展, 但二者高度互补, 具备天然协同基础。

首先, “反浪费”为核心契合点。精益针对管理浪费(返工、等待、搬运、库存等), 绿色针对资源和环境浪费(能耗、排放、材料损耗等)。两类浪费相互关联, 管理浪费常引发资源浪费, 反之亦然, 二者可形成“精益降本—绿色减碳”双向促进。

其次, 二者均强调全流程系统化思维, 拒绝碎片

化管控,要求统筹各阶段、各主体与要素,为协同融合提供理念支撑。

最后,二者均追求综合效益最大化。精益优化工期、成本、质量三角关系,绿色兼顾经济、社会与生态目标。协同发展可避免偏废,推动建造提质增效降碳,实现多维升级。

2 理论耦合机制

2.1 目标层面的耦合

目标耦合是二者协同的逻辑起点。精益建造重在消除管理浪费、优化流程与客户价值;绿色建造重在节约资源、降低排放、保护生态。两者主目标各有侧重,但次级目标高度重合——减少材料损耗、降低返工、优化工序、提升资源利用率等,既是精益管控要求,也是绿色降碳路径。同时,两者互为约束:精益导向防止绿色技术堆砌导致的投资浪费,绿色导向防止片面压缩成本而忽视环保风险。

目标耦合实质是将传统“工期—成本—质量”三维体系,升级为“工期—成本—质量—资源—生态”五元体系,使生态要求内化为项目价值的一部分,并在策划阶段同步植入、同步考核,从源头避免目标冲突与管理割裂。

2.2 过程层面的耦合

过程耦合是协同落地的载体,强调两大体系在建设各环节深度融合。策划设计阶段,精益优化剔除冗余设计,绿色介入落实低碳节能方案,实现设计双重优化;采购施工阶段,精益规范物料配送与工序,减少浪费,绿色同步管控污染与资源循环,实现效率与减排同步推进;验收运维阶段,精益复盘管理漏洞,绿色复盘能耗与生态成效,形成综合改进方案。

过程耦合使两者从“阶段叠加”转向“全程融合”,贯穿工程全链条。

2.3 资源层面的耦合

资源耦合是协同增效的内核。两者共同管控人力、物力、财力、设备、技术等要素,精益重在减少闲置和错配,绿色重在降低总耗与推动循环。物力资源方面,精准使用与循环利用结合,减少建材浪费和固废产出;人力与设备方面,优化分工与作业计划,降低空转能耗和排放;技术资源方面,精益管理为绿色技术落地提供支撑,绿色技术为精益升级提供低碳方向。

资源耦合实现要素最优配置,是二者产生“1+1>2”协同效果的核心驱动。

3 协同发展的关键影响因素

3.1 外部环境因素

外部环境因素是精益建造与绿色建造协同发展的

宏观驱动与约束条件,主要包含政策制度、市场环境、行业标准三大核心要素,为二者协同融合提供制度保障与发展导向。

政策制度因素是核心驱动要素。国家及地方出台的双碳政策、绿色建造扶持政策、建筑业转型升级政策,直接决定企业推进绿色精益协同建造的主动性与规范性。完善的政策激励机制,如绿色工程评优、税收优惠、补贴扶持等,可有效降低企业协同改造成本,提升企业实施积极性;严格的环保管控、质量管控政策,可倒逼企业摒弃粗放建造模式,主动推进精益化、绿色化融合建设。反之,政策体系不完善、激励约束机制失衡,会导致企业协同建设动力不足、落地流于形式。

市场环境因素是重要导向要素。当前建筑市场的招投标规则、业主需求、行业竞争格局,直接影响协同建造模式的推广应用。随着建筑市场升级,业主对工程品质、绿色低碳、精细化管理的需求持续提升,倒逼企业融合精益与绿色建造模式,提升项目综合品质;同时,市场竞争从价格竞争转向品质、绿色、效率综合竞争,推动企业主动升级管理体系。但部分市场仍存在重成本、轻环保、重进度、轻管理的不良导向,严重制约二者协同发展。

行业标准因素是基础保障要素。目前我国绿色建造、精益建造均形成了初步的规范标准,但二者融合的专项标准、实施指南、评价体系尚不健全,导致项目协同建设缺乏统一的实施依据与考核标准,容易出现落地不规范、管控标准不统一等问题,制约协同发展的规模化推广。

3.2 组织能力因素

组织能力因素是精益建造与绿色建造协同落地的内部核心支撑,聚焦建筑企业与项目管理团队,主要包含组织管理体系、多方协同能力、人员专业素养三大维度,直接决定协同建设的落地质量。

组织管理体系是基础支撑。企业是否建立完善的绿色精益协同管理制度、岗位职责、考核激励机制,是二者协同落地的前提。具备完善管理体系的企业,可实现精益管控与绿色施工的制度化、常态化融合;而多数中小建筑企业缺乏专项管理制度,精益管理与绿色施工分部门独立管控,权责划分模糊、考核机制缺失,导致二者融合流于表面,无法形成协同合力。

多方协同能力是关键保障。工程建设涉及建设单位、施工单位、设计单位、监理单位、供应商等多方主体,精益与绿色建造的协同发展需要全参与方联动配合。设计单位的绿色精益化设计能力、施工单位的落地执行能力、建设单位的统筹管控能力、监理单位

的监督考核能力,共同决定协同成效。若各方主体各自为战、沟通不畅、协同脱节,会导致方案与施工脱节、绿色措施落地滞后、精益管控无法赋能绿色建设。

人员专业素养是核心内核。当前行业内兼具精益管理能力与绿色建造专业知识的复合型人才稀缺,多数管理人员仅掌握单一管理体系,对二者的耦合逻辑、融合路径认知不足,导致协同建设过程中出现方案不合理、管控不到位、优化不彻底等问题,严重制约协同发展成效。

3.3 技术支撑因素

技术支撑因素是精益建造与绿色建造协同增效的核心动力,数字化技术、绿色施工技术、精益管控技术的融合应用水平,直接决定二者协同发展的深度与精度。

数字化技术是核心赋能手段。BIM技术、大数据、物联网、智慧工地等数字化技术,可实现工程全流程可视化、精细化、智能化管控。依托BIM技术可完成绿色精益化设计、施工模拟、碰撞检测,提前规避施工浪费与环保问题;物联网与智慧工地可实时监测施工能耗、扬尘、噪声、物料消耗数据,实现精益化管控与绿色环保监测同步推进。数字化技术的应用水平,直接决定协同管控的精准度与高效性。

绿色施工技术是低碳落地支撑。装配式施工、模

块化建造、建筑垃圾循环利用、节能降耗施工等绿色技术,是绿色建造的核心落地载体,而精益管理技术可优化绿色技术的施工流程、降低实施成本、提升应用成效。绿色技术与精益管控的适配融合,可有效解决绿色技术落地成本高、效率低的痛点。

4 结束语

精益建造与绿色建造具备天然的协同适配性,二者深度耦合可实现管理效率、经济效益、生态效益的多维提升,有效破解传统建造模式效率低、浪费大、污染重的痛点难题。未来行业发展需从多维度发力,完善协同建造行业标准与政策激励体系,强化企业组织管理能力建设,培育复合型专业人才队伍,推动数字化技术、绿色技术与精益管控技术的深度融合,全方位破除协同发展瓶颈,推动精益-绿色一体化建造模式落地普及,为建筑业高质量、可持续、低碳化发展提供坚实支撑。

参考文献:

- [1] 王要武.建筑工程项目精益管理[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [2] 住房和城乡建设部.绿色建造技术导则[Z].2021.
- [3] 刘贵应,陈凯,胡晓丽.精益建造与绿色建造的协同机理及实施路径[J].土木工程与管理学报,2020,37(04):112-117.

Theoretical Coupling Mechanism and Influencing Factors of the Synergistic Development Between Lean Construction and Green Construction

Jiang Lixuan

(School of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing Jiangsu 211189)

Abstract: As a pillar industry of the national economy, the construction industry is also a key field with high resource consumption and high carbon emissions. The traditional extensive construction model can no longer meet the core requirements of the carbon peaking and carbon neutrality strategy and the high-quality development of the construction industry. Lean construction focuses on eliminating whole-process waste and maximizing project value, while green construction is oriented by whole-life-cycle resource conservation and ecological environmental protection. The two have high compatibility and complementarity in theoretical logic, implementation process and resource allocation. Adopting the methods of literature research and theoretical analysis, this paper systematically defines the theoretical connotation and core propositions of lean construction and green construction, sorts out the theoretical compatibility logic and application value of their collaborative development, and deeply analyzes their theoretical coupling mechanism from three dimensions of goal, process and resource. At the same time, it identifies the key influencing factors of the collaborative development of lean construction and green construction from the perspectives of external environment, organizational capability and technical support, and clarifies the action mechanism and restriction relationship of each factor. The research shows that goal convergence is the foundation of collaborative development, process embedding is the core carrier of collaborative implementation, and optimal resource allocation is the internal core of collaborative efficiency improvement. Policy system, market environment, enterprise organization and management capability, multi-party collaboration level and digital technology system are the key factors determining the collaborative effect. This study improves the theoretical system of the integrated development of lean construction and green construction, and provides theoretical support and practical reference for the green and lean construction practice of construction projects and the transformation and upgrading of the construction industry.

Keywords: lean construction; green construction; collaborative development; coupling mechanism; influencing factor; construction industry transformation