

装配式建筑“设计－生产－施工” 一体化协同管理研究综述

李耀鹏

天津市龙建建筑工程有限公司，天津 301600

DOI:10.61369/ERA.2026090012

摘 要： 装配式构筑被当作现代营造技艺的重要体现形式，和以往现浇筑造相比，它拥有节约能源、碳排放低、效率高、资源集约以及环境友好等鲜明特性，推动着营造行业得以革新和演进。为了实现双碳目标，需要开展多条途径的实施工作。目前国内预制构件仍旧面临着设计、制造以及施工环节衔接方面存在不足、数据流通不顺畅、协作模式不太成熟等问题，这就阻碍了工业化、规范化以及智能化的推进工作，本文系统梳理国内外装配式建筑“设计－生产－施工”一体化协同管理相关研究成果，界定一体化协同管理的核心内涵与体系框架，从技术协同、多维度地对目前研究以及实践的情形开展梳理工作；去辨析当前阶段所面临的突出障碍，并且结合建筑工业新型化以及建造数字化的发展趋势来开展讨论，未来的研究方向可以从几个方面来深入开展。在这个领域当中，有很多课题需要去处理。致力于来实现装配式建筑供应链一体化管理模式的创新，凭借这个来应对目前条块分割的状况，提高组装建筑工程的运作效率，并且推动行业完成转型升级。

关 键 词： 装配式建筑；设计－生产－施工；一体化；协同管理；数字建造；全产业链

A review of Research on Integrated Collaborative Management of "Design Production Construction" in Prefabricated Buildings

Li Yaopeng

Tianjin Longjian Construction Engineering Co., Ltd., Tianjin 301600

Abstract： Prefabricated construction is regarded as an important manifestation of modern construction techniques. Compared with traditional cast-in-place construction, it has distinct characteristics such as energy conservation, low carbon emissions, high efficiency, resource intensity, and environmental friendliness. It promotes the innovation and evolution of the construction industry to achieve the dual carbon goal, and requires the implementation of multiple approaches. At present, prefabricated components in China still face problems such as insufficient connection in design, manufacturing, and construction processes, unsmooth data flow, and immature collaboration models, which hinder the promotion of industrialization, standardization, and intelligence. This article systematically reviews the research results on the integrated collaborative management of "design production construction" in prefabricated buildings at home and abroad, defines the core connotation and system framework of integrated collaborative management, and conducts a review of the current research and practice situation from the perspectives of technical collaboration and multi-dimensional approaches; To analyze the prominent obstacles faced at the current stage and discuss them in conjunction with the development trends of the new and digital construction industries, future research directions can be explored in depth from several aspects. In this field, there are many issues that need to be addressed. Committed to innovating the integrated management mode of modular construction supply chain, we aim to address the current situation of fragmented construction, improve the operational efficiency of modular construction projects, and promote the transformation and upgrading of the industry.

Keywords： prefabricated building; design production construction; integrated; collaborative management; digital construction; entire industrial chain

引言

传统建造模式的弊端得以凸显，资源消耗十分突出，施工周期显得冗长，环境影响较为显著，人力开支呈现得昂贵，它已经没有足够的能力来应对建筑行业当代发展方面的优化需求了。建筑业转型升级的核心方向，已经转向了借助工厂预制以及现场装配来开展的建造模式。这个模式得以实现了建筑构件的标准化生产以及模块化组装，同时还确保了精细化管理方面的工作开展，多地陆陆续续颁布了新规，装配式建筑的推广力度有了明显的加强。建筑行业所追求的工业化、数字化以及绿色化等方面的方向已经得到了确认。装配式建筑的核心优势在于全产业链的集成化与高效化，其建造流程贯穿建筑设计、构件工厂生产、现场装配施工三大核心环节，涉及设计单位、施工项目的质量、速度以及开销，会受到多方参与者的配合情况所影响。在建筑工程当中，使用“独立设计、分散施工”这种流程，往往会引发信息不畅通的问题，使得构件生产和现场施工出现脱节，这样一来，方案和工艺就难以契合了，极易引发构件尺寸偏差、返工返修、工期延误、成本超支等工程问题，严重制约装配式建筑产业化发展进程。

一、装配式建筑一体化协同管理核心体系

（一）信息协同：全链条数据互通核心

装配式建筑是一种新型的建造方式，也是建筑工业化的必经之路，它具有提高生产效率、提高建筑质量、减少环境污染、节约人力成本等优势。^[1] 信息协同是一体化协同管理的基础，核心目标是打破各环节、各主体的信息孤岛，实现设计、生产、施工数据的标准化、无缝化、实时化流转，在传统模式当中，设计、生产以及施工开展沟通工作，依靠的是人工交底以及纸质材料，这种传递方式往往会带来信息滞后、失真以及内容遗漏的问题，是造成各环节衔接不畅的关键缘由。所谓装配式建筑信息化，即通过在装配式建筑中实施信息化技术深度应用，有效发挥信息共享和集成优势，促进装配式建筑各专业、各环节、各参与方的协同工作，实现建筑工业化与信息化的深度融合。^[2] 在实践方面，多项研究表明，标准化信息交互机制会借助 BIM 技术，从而成为信息协同实施的核心渠道，开展构建整合式建筑信息化模型系统的工作，把建筑规划、结构变量、部件规格、工艺准则、施工指导等综合数据纳入同一个模型当中，让所有参与方运用基础共享信息。设计师所构建的 BIM 蓝图，可以马上联动工厂的生产线，把人工二次输入的环节省去，从而让设计数据得以精准地转换为生产指令；建筑构件加工动态以及质检参数可以马上传输到施工方，给施工方开展作业时序规划和吊运预案的制定工作提供信息基础；装配数据在施工阶段，它的现场工况、装配差异以及验收结果，能够逆向传递给设计以及生产环节，这样促使全流程的数据闭环进行动态刷新。构件从生产到装配的整个流程当中，它的信息可以借助物联网并且结合 RFID 来实现溯源，这样能够让信息协同的精准性和时效性得到提高。

（二）技术协同：全环节工艺适配支撑

开展技术标准的统一工作，进行工艺流程的适配以及优化工作，这样保障了一体化得以实现的协同机制。通过 BIM 技术对信息的识别和分析，能够合理地选择埋件的内嵌组和吊钩形状。结合实际的墙体建筑对梁结构的大小和形状进行设计，使梁结构的参数与建筑预留洞口的设计更加相符，避免开洞不良导致墙面结构被破坏，有效地提高梁结构设计的质量和准确度。^[3] 设计环节

所具备的可生产性以及可施工性，生产环节当中对设计标准进行适配，并且施工环节的技术保障，共同来支撑各环节的顺畅衔接面对工程构建的实际需求，工程技术会与之相契合，来确保构建结果的质量得以维持。技术协作的根本之处在于开展设计过程的前置优化工作，来实现方案与具体需求的适配协同，一体化设计模式力求在方案开始的初期阶段，就开展工厂工艺与模具参数方面的整合工作，同时兼顾运输环节以及现场拼装所面临的现实约束，对构件拆分方式进行优化，对节点构造开展调整，对接口设计加以改进。我国倡导绿色建筑设计，要求相关建设部门积极对建筑结构模式进行创新改进，并以绿色、环保、节能的理念对建筑物结构进行设计。^[4] 同时，开展多专业的协同碰撞检测工作，来预判管线冲突、构件干涉这类状况，把工程返工从源头上避免掉。

（三）组织协同：多主体高效联动保障

组织协同作为开展一体化运作的制度保障，关键之处在于去界定不同主体所拥有的权责，对沟通路径进行优化，并且增强合作的动力，开展针对装配式建筑设计、制作、施工、建设以及监理工作所涉及的诸多主体，它们的利益差异以及独立边界，容易导致协同工作开展不足并且出现责任推卸的情况，完整的协作链路当中，它的成效会受到钳制。当下的研究大多认为，EPC 总承包模式是最为适宜的组织协同模式，总承包方开展工程整体进程的全面协调工作，把规划、制造以及装配这三大环节进行融合，消除以往分段承揽所造成的机构隔阂，清晰地界定各单位对应的权限、任务范围以及协作义务。

（四）流程协同：全流程闭环管控载体

协同流程重构聚焦于全面的工作链，把阶段性、零散化的传统格局进行突破，搭建起设计、生产以及施工融通的无缝闭环，传统模式下，设计、生产、施工依次开展，上一环节完成后移交下一环节，缺乏交叉联动与动态调整，流程冗余、效率低下。协同模式当中把流程一体化，凭借介入前置化、交叉型协同以及动态迭代，来实现了流程的优化，项目实施的前期，生产以及施工团队提前参与到图纸探讨这个环节当中。针对工艺方案与施工场地适应性调整的诉求，来系统性地开展整体规划蓝图的精进工作；开展深度设计的推进工作时，生产预备工作、施工方案的拟

定工作以及场地规划的筹备工作同时铺开，项目全周期能够得以有效缩短；由于预制构件的种类太多了，设计人员进行设计工作之前，必须要设计出来图纸才可以继续后面的工作。^[5]

二、现存研究与实践痛点

（一）标准化体系不完善，协同基础薄弱

现阶段，装配式建筑领域方面还没有完整地确立起统一规范，全国范围内的设计、生产以及建造环节当中，依然缺少一致的标准框架，那么构件标准出现了分化，其规格尺寸以及接口规范存在不尽相同的情况，这样就导致了方案适配开展得不好、部件兼容性有限，开展规模化以及标准化的产出工作途径多有艰难，极大程度上加剧了协作方面的负荷；各个环节的数据格式存在着差异，BIM 平台、生产系统以及施工管理系统之间开展信息交互的标准并不统一，这样便可能会导致数据对接工作失败以及信息传递出现偏差，信息协同的实际成效会受到多重隐性以及显性条件的限制来产生影响。某些地域开展基建扩张工作往往优先于规范的确立，行业整体在标准统筹方面存在着管理工作的弱化，这样就使得跨环节协作的障碍变得愈发显著。

（二）数字化协同深度不足，技术赋能有限

当前行业数字化协同存在“重建模、轻应用”“重单一环节、轻全链联动”的问题，通常来讲，项目只是局限在进行建模或者简单地去做碰撞检查等 BIM 基础运用方面，它们没办法贯穿策划、制造以及建造的整个链条。进行模型设计时难以直接开展转化，使其成为与生产参数以及施工场景相匹配的内容，智能水准方面比较有限，仍然大量地依靠人工来参与，这样信息传递的整体速率就不高；先进技术以及物联网网络，还有数据分析和智慧认知没能进行深入的融合，对于生产状态的即时监控、施工环境的风险推演以及动态调适没办法得以实现，协同运作的智能层级有明显的滞后。在数字化转型的道路当中，中小企业开展转型工作步履维艰。在资源以及技术的双重制约之下，各个企业所达到的协作水准很难实现均等。

（三）专业人才匮乏，协同管理能力不足

完善培训制度，通过培训向管理人员传输最先进的管理理念，根据管理工作实际开展需要，确定培训的形式与内容，正确认知自身工作重要性，积极配合工程管理工作开展。^[6]这个领域当中的从业人员能力需求很突出，要求他们同时具备多领域的专业知识以及数字化实践能力，当下行业当中，拥有传统技术能力的从业者数量比较多，设计岗位大多对构件具体的制造步骤以及现场安装条件不太熟悉，一线制作人员对设计规范以及装配需要满足的条件了解得并不清楚，现场作业人员运用数字化工具的水平也不够充分，延续跨领域的界域分化情况，开展弥散整合的趋向有所欠缺；重视人才培养：高校开设“智能建造”学科；职高开设模块化施工技能课程；同时我们也应该开展企业个性化培训，从而培养出既懂工厂生产流程又懂绿色工艺的技术人才。^[7]更侧重于专业化的演绎，而对统筹透析的视域有所弱化。高校专业设置表现出明显的滞后性，对于行业需求难以做到及时地响应，复合

型人才的供应在长时间内处于乏力状态，各类缺口问题持续不断地加剧，协同管理模式难以在广泛范围内开展推行。

三、研究展望

（一）完善全链条标准化协同体系

在施工开始之前，需要先对施工过程中可能出现的难点和问题进行明确，项目管理部的工作人员应当做好前期的勘探工作，制定合理的解决措施、方案和预案。^[8]应当把力量集中到行业标准化所存在的短板方面，开展全链条的标准化体系研究工作，制定建筑构件也就是把建筑构件当作对象来开展装配标准的制定工作，统一它的分解方式、尺寸规格、接口节点以及生产工艺，推进施工装配方面的行业规范的开展，提高构件的互换性以及兼容适配性能；开展了数字化信息的交互标准确立工作，让 BIM 模型格式得以统一；对数据流动路径进行了明确界定，破除了平台间对接的障碍；实现了跨环节信息的兼容共享，极大程度上提高了互操作性以及协作效率；标准化协同管控体系所适配的对象涵盖到了各类建筑以及它的区域特色，全链条运行开展了协同基础的奠定工作，覆盖了设计、生产、施工以及信息管理这些方面，协作屏障得以进行彻底的拆解。

（二）深化数字技术融合，构建智能协同体系

随着数字化以及智能化建造潮流的兴起，对于 BIM、物联网、大数据、人工智能以及数字孪生等多项技术的整合运用方面的探讨在不断地深化，在应用 BIM 技术时，也会应用到云计算技术，在这其中会增加 BIM 技术三维虚拟系统，能够对已经建造的模型进行纠错，自动地筛选出不同专业之间的设计摩擦，帮助不同专业人员及时发现问题，并早日找到解决问题的契合点。^[9]在数字孪生框架当中，一套把设计、生产以及施工环节全囊括的综合性协同平台来实现了建立。这个平台可以让项目的全流程虚拟仿真成为现实，动态监测功能会持续开展运行，并且得以实现智能化的前瞻判断以及自动化优化；借助开展设计到制造的参数智能关联的探索工作，来实现设计构想向制造命令的无缝切换，从而摆脱人为操作的限制；风险预警模型借助大数据算法来开展资源调度以及进度调控机制的建立工作，在智能化的过程当中，精细化协同水平得以提升，人工协同转向数字整合智能协同”的升级。当前建筑设计工作的信息化集成要求较高，在装配式建筑设计工作中信息化软件的应用能够有效提升设计工作参数检验的效果，通过可视化手段展示设计成果，并对设计中的碰撞、不科学问题进行检验，保证装配式建筑总体设计工作的科学性与可靠性。^[10]

四、结束语

开展设计生产以及施工的协同管理工作，是推动装配式建筑整体发展的关键路径，凭借信息与技术手段，来实现各环节的衔接在开展组织策略实施进程的交互并共同作用的过程当中，就可以有效地去处理原有模式里环节衔接不充分、信息流动阻滞、效率表现不足以及潜在的质量风险等方面的工作，并且来实现工程

品质的提升、成效的增加以及成本的优化绿色发展的多重目标。本文对现有的研究进展开展了详尽的整合工作，明确了协同管理这个方面的根本概念以及理论支撑，建立了由四方面所构成的管理框架，揭示了当前工作所面临的比如标准缺失、技术融合不畅等问题数字化协同深度不足、组织机制不健全、专业人才匮乏等

痛点难点，并结合行业发展趋势，提出了标准化体系完善、数字智能协同升级、协同机制量化优化、绿色发展的未来可以循着三个维度来进行延伸，其中涵盖了开展全周期协同的体系设计、进行资源优化配置方面的路径探索，以及开展效益均衡模式的创新研究。

参考文献

[1] 王晓刚, 韩雪莹, 刘昭, 等. 装配式建筑设计 - 生产 - 施工协同度评估研究 [J]. 铁道标准设计, 2023, 67(10): 208-213. DOI: 10.13238/j.issn.1004-2954.202305310010.

[2] 粟剑波, 孙志庭, 陈东升, 等. 装配式建筑设计、生产、施工一体化信息系统研究与应用 [J]. 工程质量, 2021, 39(5): 53-58.

[3] 丛巍横. 基于 BIM 技术的装配式建筑设计与建造研究 [J]. 砖瓦, 2021, (1): 51-52. DOI: 10.16001/j.cnki.1001-6945.2021.01.019.

[4] 朱文俊. 装配式建筑的结构设计与施工要点 [J]. 居舍, 2021, (26): 89-90.

[5] 武生龙. BIM 技术在装配式建筑设计中的应用 [J]. 建材与装饰, 2020, (20): 93-94.

[6] 吕勇辉. 影响装配式建筑工程管理的因素与对策研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (2): 37-39. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202502013.

[7] 李驰. 装配式建筑施工技术在绿色建筑中的应用研究分析 [C]// 江西省汽车工程学会. 工程技术创新发展学术研讨会论文集 (第一册). [出版者不详], 2026: 555-558. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2026.011363.

[8] 梁鹏. 装配式建筑构件设计与现场施工管理 [J]. 居舍, 2021, (34): 106-108.

[9] 阮建林, 张岭如. BIM 技术在装配式建筑中的应用 [J]. 城市建筑, 2019, 16(33): 129-131. DOI: 10.19892/j.cnki.csjz.2019.33.049.

[10] 荆宝安. 装配式建筑设计要点及相关问题研究 [J]. 住宅与房地产, 2020, (3): 74.