

# 建筑工程中施工方法对成本的影响分析

李磊

南宁师范大学

**摘要：**为了解决建筑工程中可持续性以及绿色发展问题，提出了预制和模块化的场外施工方法，场外施工方法与传统的现浇方法相比提高了可持续性和生产力。运用多案例研究方法，对我国实施场外施工与传统施工方法的支出成本进行了深入分析。研究表明，场外施工方法在预制构件生产、运输和设计咨询等过程支出较高，在砌体、抹灰和测量工程上的支出较低，实施场外施工方法的总成本明显高于传统施工方法。此外，从现场施工向工厂化室内预制的转变减少了所需的工人数量和项目交付时间，从而有助于节约成本。本研究通过对场外施工方法与传统施工方法成本之间的差异进行分析与研究，得出了场外施工方法在未来的建筑工程中应用前景广大。

**关键词：**建筑工程；施工方法；成本

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.23.037

## 一、引言

传统现场施工方法存在着一定的不足，比如生产力、物流、安全、污染、浪费、质量，以及对环境和天气的主观性等方面的问题，而基于预制和模块化<sup>[1]</sup>等场外施工方法可以克服这些不足。对于全球建筑工程来说，预制并不是一种新的建筑工艺，而是一种多年来被广泛使用的工艺。在公共住房项目中广泛采用预制构件、可重复使用的模板以及模块化设计和组装。鉴于实施场外施工的诸多好处，场外施工在建筑行业的普及率越来越高<sup>[2]</sup>。

香港采取了一项政策，要求在公共住房建设中进行预制，在公共住房项目中广泛采用预制构件、可重复使用模板以及模块化设计和组装；香港的私人住宅部门也在努力跟上这一趋势为了减少对资源和进口劳动力的依赖，新加坡是第一个颁布法定条款的国家，其中可建造性、质量和生产力是建筑公司必须达到的三项强制性要求。预制房屋在商业上并不成功，因为人们认为存在障碍，例如高昂的成本和客户和设计师个性化的空间减少。然而，最近完成的预制酒店、公寓、房屋和庇护住宿项目自过去十年以来有所增加，这预示着在不久的将来会有更广泛的应用。

美国建筑工程行业在实施场外流程方面取得了重大进展，通过系统预制、模块化和镶板化，建造和交付更复杂的设施类型，随着技术的进步客户开始转向多层木结构、钢架结构、医疗设施、教育结构和大型军事项目的场外方法。中国建筑业正在经历从传统的低端劳动密集型项目向高端技术密集型项目的转变。

中国建筑业继续在国民生产总值中占很大比例<sup>[3]</sup>。因此，中国中央政府通过提高建筑创新能力，将建筑业转移到更高附加值和知识密集型水平的重点已经转移到了更高质量、创新的产品和既定的业务流程上<sup>[4]</sup>。我国建筑工程的可持续性和环境影响正引起广大人民的关注，基于中国在建筑行业的专业知识，有望利用场外施工方法解决这一问题。中国使用场外施工方法存在以下几个方面问题：凭借技能、经验和知识实现可施工性；社会气候和态度，如市场接受度和需求；建筑性能，包括设计多样性、美学、维护复杂性和质量印象；与初始成本、资本成本和资本回收期相关的成本计算；供应链问题；缺乏规范、标准和政府激励措施；以及战略政策和法规。高初始成本可以通过提高生产力、减少劳动力、提前完成和无缺陷交付以及使用新材料来抵消，如预制钢筋混凝土板和预制砖面板。

目前，场外施工方法的认知主要存在以下几个方面

(1) 场外施工成本的概念模糊性，(2) 场外解决方案的实际或感知成本高于传统方案的成本，(3) 缺乏关于场外施工方法的成本数据和信息，(4) 降低建设成本但提高效率的技术未知。在此前提下，本研究概括了场外施工方法的主要问题：施工阶段植根于场外施工方法的特殊成本核算项目；与传统施工方法相比，场外施工方法可以在多大程度上降低成本，以及可能的理由。由于预制混凝土在我国拥有广阔的市场份额，本文主要研究对场外施工方法与传统施工方法成本的差异，对其进行展开研究与讨论。

## 二、场外施工方法的概念

与传统的现场施工方法类似，场外施工方法可用于建造各种建筑，包括住宅、商业建筑以及基础设施等。场外施工方法通常在专门为制造模块化单元制造工厂中实施。如表1所示，场外施工方法有几个的术语和解释见表1。场外施工方法的“预组装”分为四类。第一类是部件制造和分装，典型的部件如砖块和瓷砖。第二类是非体积预装配，通过包括半成品组件，如预制混凝土板、结构隔热板、预制轻钢和预制混凝土系统。第三类是体积预装配，这种技术包括一个预先组装好的单元，如浴室隔间、厨房隔间等，一旦交付到现场，只需要安装到钢结构或混凝土框架结构中；第四类是模块化建筑，指的是大部分建筑工作都集中在工厂外。构成建筑实际结构和结构的预组装模块随后在现场简单地运输、组装并连接在一起，如，活动板房。

表1 场外施工方法的几个术语及定义

术语	定义
预制	预制是一种制造和预装配过程，在不同于最终组装点的地方，使用不同的材料在专业设施下生产预制结构和生产设施
预组装	对于给定的工件，很大一部分的最终组装工作是在安装到最终位置之前组织和完成的。它包括许多形式的子组件。它可以在现场或场外进行，通常涉及标准化
场外制造	非现场生产用于描述预制建筑的制造。制造好的建筑或建筑部件随后被运送到现场，并在其最终位置进行组装。

三、场外施工方法的成本差异

场外施工方法并不是一个新概念，因其具有可持续性发展引起诸多学者的广泛研究。Cigolini等<sup>[5]</sup>提出了一个定量模型来确定模块化建筑和棒式建筑之间的成本差异。其他研究已经确定了全面的标准，以帮助利益相关者在场外施工方法方面做出决策。Dainty等<sup>[6]</sup>制定了50多个基于价值的决策标准，并量化了它们对系统评估建筑技术的相对重要性。Landolfo等<sup>[7]</sup>确定了选择模块化建造的关键因素。

这些全面的工作或多或少地帮助了项目利益相关者的决策。然而，这些工作大多针对战略层面，而少数工作则针对更具体和战术的决策层面，例如如何选择预制构件作为经济投资组合，以及在某些限制下为客户提供合适的预制量。同时，施工成本与传统施工相比有所不同，具体取决于项目。Jaillon等<sup>[8]</sup>认为由于更高的运输成本和额外的绿色功能，成本可能会增加，而这些功能不会被纳入传统建造的房屋中。对于成本与传统建筑相同或更多的预制项目，长期的节约，如能源效率和最低限度的维护，将很快抵消任何不平衡然而，仅考虑直接的材料和劳动力成本可能不够令人信服，相反，应该考虑结构的整个寿命成本。

四、场外施工方法的成本分析

场外施工方法成本的分析基Haram等<sup>[9]</sup>制定的通用框架，如图1所示。资本成本是使项目达到商业可操作状态所需的总成本。资本成本通常指与项目设计和施工相关的支出总和。鉴于不同设计和施工方法的资本成本波动很大，深入调查中国最先进的施工实践很重要，尤其是在特定领域，如专业设计咨询、预制供应商采购以及预制产品和模块的现场安装。还讨论了运营阶段的成

本；对于场外施工方法项目，这些成本包括运营、维护和更换成本。然而，本研究旨在评估施工模式变化导致的成本变化。由于场外施工方法在中国的发展缓慢，很少有建筑达到使用寿命并被拆除。因此，收集成本数据是困难的。本研究中采用的关键成本核算主要与设计成本（如建筑师、工料测量师和工程师的专业费用）、招标成本和施工成本有关（图1中以黄色突出显示）；它不包括其他成本，如土地征用成本、佣金和移交成本、客户管理费用、设施管理成本（包括运营、维护和更换成本）和处置成本。表2列出了场外施工方法和传统施工方法之间仔细审查的成本项目的详细明细，黄色代表场外成本与常规成本之间的差异。

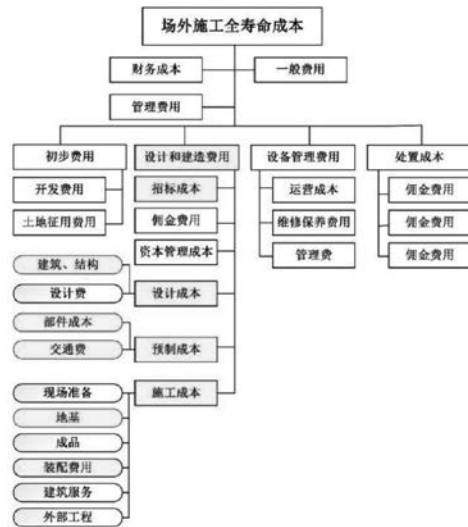


图1 场外施工方法项目寿命成本框架

表2 场外施工与传统方法之间的成本比较

阶段	成本项目	详细说明	两种成本比较	
简报	土地流转费用、开发费用	土地收益、开发补助金、规划收益、通行权和地役权	○	○
设计和建造	设计费	结构设计、工料测量	△	△
		预制件的拆分	△	N/A
	投标费用	总承包商/分包商/供应商	△	△
		预制制造商	△	N/A
	施工成本	现场准备	○	○
		地基、上层结构、成品	△	△
	预制成本	预制组件、交通费	△	N/A
	委托和移交	测试操作	○	○
	其他费用税收	法定费用	○	○
设施管理	维护和更换	装饰、定期维护和部件更换活动	△	△
	FM管理成本、FM开销、其他		○	○
处置	拆除和现场清理、拆除管理费用、拆除间接费用		○	○

注：“○”两种施工方法中相同的成本；“△”施工方法的现有成本；“N/A”指施工方法中的非现有成本

采用传统的成本核算方法分析场外施工成本时，确定了建筑中各个部分的成本，如投标成本、基础成本、地面施工成本、装饰成本和预制混凝土组件成本。然而，很难确定传统项目和场外施工方法成本变化的原因。预制成本和传统成本也没有分类。所提出的成本核

算体系能够更好地反映传统项目和场外施工方法之间的成本差异，包括成本类型和变化波动。

预制构件成本主要是指材料成本、人工成本、机械成本以及工厂、土地、管理成本和模型成本。与传统的施工方法不同，预制构件生产过程需要特殊的材料来确

保性能和组装,包括预埋件、防水塑料和聚乙烯塑料条。预埋件包括调节构件、套筒和环。调整件和调整环是装配过程中的辅助材料。套筒的数量受分体式设计的影响,不同的分体式程序可能会导致套筒数量的巨大差异。防水塑料和聚乙烯塑料带主要用于预制构件的防水。砖和砖石墙被用于传统的墙壁,它们的成本比混凝土墙低。场外施工方法项目规模较小,导致预制构件的标准化程度较低,对预制构件的需求也较少。此外,预制工厂无法形成规模经济。除了增加材料外,生产过程中还需要一套预制构件模型。鉴于对预制构件的需求较低,模型成本的摊销也增加了场外施工方法的成本。

装配成本是场外施工方法成本高于传统建筑的主要原因之一。这种较高的成本主要是由于以下五个因素造成的:机械成本、PC安装成本、连接成本、内置和支持成本以及其他费用。塔式起重机的使用频率增加,从而增加机械成本。在传统的施工模式中,塔式起重机进入施工现场一次,使用时间约为九个月。在场外住宅施工中,塔式起重机进入施工现场两次,使用时间约为八个月。虽然塔式起重机的使用时间减少,但在相同的单价下,塔式起重机的成本增加。传统建筑中不考虑PC部分的安装费,但由于预制(混凝土)构件数量众多,PC安装费是非现场住宅建筑中的重要组成部分。此外,安装包括许多接头;因此,它必须处理接头,并且接头的成本进一步增加。与传统模式不同,场外施工方法使用广泛的嵌入式连接预制混凝土构件,而不是整体现浇。因此,需要预先设置内置配件。其他费用包括翻斗车、卸货人工费、吊装结构铁和外墙保护膜。

运输成本是增加成本的重要组成部分。对于传统建筑,交通费用主要包括将原材料运到施工现场的直接运输费。然而,场外施工方法增加了运输部分,即将原材料运输到预制场地,将预制(混凝土)构件运输到施工现场。由于运输成本的增加,总成本进一步增加。因此,场外施工方法需要比传统模式更多的卡车来运输相同数量的物体。当价格不变,卡车数量增加时,总成本就会增加。设计成本在项目总成本中所占比例较低,因此对场外施工方法项目成本的影响不大。场外施工方法设计费用包括设计和咨询费用。对于额外的拆分设计,场外施工方法中的详细设计增加了图纸的类型和数量以及设计成本。然而,场外施工方法设计在中国还不够成熟,开发商需要咨询有经验的国内外设计公司,从而导致咨询费用增加。

由于整个建筑阶段的方法不同,场外施工方法的成本与传统建筑相似,但不限于传统建筑。因此,应考虑特殊成本,即专业设计咨询费(特别是为预制构件的制造和组装以及设计过程中的物流整合而设计的)、预制供应商的采购以及预制产品和模块的现场安装。半预制的总成本明显高于中国目前的常规施工。主要贡献成本与预制构件的生产、运输和设计咨询有关。相比之下,砌体、抹灰和测量工程的成本,以及从节省劳动力和减少时间中间接受益的成本,都大幅下降。

## 五、总结

为了解决建筑工程中可持续性以及绿色发展问题,

提出了预制和模块化的场外施工方法,场外施工方法与传统的现浇方法相比提高了可持续性和生产力。本文运用多案例研究方法,对我国实施场外施工与传统施工方法的支出成本进行了深入分析。首先阐述了场外施工方法的概念及其相关术语,其次,为了更清晰的描述场外施工方法的成本,研究场外施工方法与传统施工方法之间的成本差异。在此基础上,进一步对场外施工方法的成本进行分析,并对场外施工方法独有成本进行展开分析。分析结果表明,场外施工方法的成本与传统施工成本基本持平,但随着场外施工方法技术的不断成熟以及相关企业的发展,会进一步较减少场外施工方法的成本。

## 参考文献

- [1]王晓玲.模块化建筑与模块化施工[J].施工企业管理,2015(08):24-25.
- [2]Arif M, Egbu C. Making a case for offsite construction in China[J]. Engineering, Construction and Architectural Management, 2010, 17, 536-548.
- [3]雷子尧.房地产业对中国宏观经济影响分析[J].中小企业管理与科技,2022(20):122-124.
- [4]Wang J, Yuan H. Factors affecting contractors' risk attitudes in construction projects: Case study from China[J]. International Journal of Project Management, 2011, 29(2): 209-219.
- [5]Cigolini R, Castellano A. Using modularization to manage construction of onshore process plants: A theoretical approach and a case study[J]. Project Management Journal, 2002, 33(2): 29-40.
- [6]Pan W, Dainty A R J, Gibb A G F. Establishing and weighting decision criteria for building system selection in housing construction[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2012, 138(11): 1239-1250.
- [7]Landolfo R, Fiorino L, Corte G D. Seismic behavior of sheathed cold-formed structures: physical tests[J]. Journal of Structural Engineering, 2006, 132(4): 570-581.
- [8]Jaillon L, Poon C S. The evolution of prefabricated residential building systems in Hong Kong: A review of the public and the private sector[J]. Automation in construction, 2009, 18(3): 239-248.
- [9]El -Haram M A, Marenjak S, Horner M W. Development of a generic framework for collecting whole life cost data for the building industry[J]. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2002, 8(2): 144-151.