

# 装配式混凝土建筑成本控制分析

毛宁宁, 蔡彬清

(福建工程学院 管理学院, 福建 福州 350118)

**摘要:** 发展装配式建筑是促进传统建造方式转型升级的重要途径。装配式建筑成本控制是当前装配式建筑发展中关注的重点和热点。通过文献分析对比装配式混凝土建筑(PC建筑)和传统现浇建筑的成本的差异性,系统归纳了影响PC建筑成本的主要因素,分析降低PC建筑成本的措施和方法,提出我国PC建筑成本控制的建议。

**关键词:** 装配式建筑; PC建筑; 成本控制

中图分类号: TU-9

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2017)04-0399-05

## Analysis on the cost control of prefabricated concrete buildings

Mao Ningning, Cai Bingqing

(School of Management, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

**Abstract:** Developing assembly buildings is an important way to promote the transformation and upgrading of the traditional construction. The cost control of prefabricated buildings is the key concern of the current development of the prefabricated buildings. The differences between the prefabricated concrete (PC) buildings and the traditional cast-in-place construction are discussed via a literature review. Factors influencing the cost control of the PC buildings are summarized. Measures and methods to reduce the cost of the PC buildings in China are proposed.

**Keywords:** assembly building; prefabricated concrete building; cost control

## 0 引言

发展装配式建筑可显著提高建筑综合品质和性能、施工安全和工程的质量,可有效地减少用工、缩短工期、提高生产效率,明显减少资源能源消耗、建筑垃圾数量以及控制扬尘的排放,是促进传统建造方式转型升级的重要途径。

装配式建筑是建筑业发展的必然趋势。近年来,国家和地方政府陆续出台了推进装配式发展的政策文件。2016年2月,中共中央、国务院下发《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若

干意见》,提出要发展新型建造方式,大力推广装配式建筑,力争用10a左右时间,使装配式建筑占新建建筑的比例达到30%。2017年福建省人民政府办公厅发布了《关于大力发展装配式建筑的实施意见》,确定了福建省的工作目标:到2020年,全省实现装配式建筑占新建建筑的建筑面积比例达到20%以上。到2025年,全省实现装配式建筑占新建建筑的建筑面积比例达到35%以上。

北欧与美国、日本等国家的装配式建筑体系已经比较成熟,而从我国的建筑市场情况来看,装配式建筑的行业规模受到各方面因素的制约,增长缓慢。尤其是 prefabricated concrete construction

收稿日期: 2017-06-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(71403052);福建省高校新世纪优秀人才计划项目(闽教科2015[54]号);福建省社科规划项目(FJ2015B224)

通讯作者: 蔡彬清(1980-),女,福建宁德人,副教授,博士,研究方向:科技创新管理、技术经济分析与评价。

(PC)建筑成本高于传统现浇建筑,PC 建筑优势不能完全发挥,在目前建筑市场竞争激烈的情况下,阻碍了装配式建筑的快速发展。因此,要发展装配式建筑,首要任务就是研究如何有效地降低装配式建筑的工程成本。装配式建筑包括装配式混凝土结构、钢结构、木结构以及混合结构建筑等,现以装配式混凝土结构建筑,即 PC 建筑为重点进行分析。

## 1 PC 建筑和传统现浇建筑建设成本的差异性分析

目前我国 PC 建筑的成本普遍高于传统现浇式建筑,这是制约装配式建筑推行及普及的重要因素。要有效地控制 PC 建筑工程成本,必须深入分析 PC 建筑成本与传统现浇式建筑成本的差异性。

传统现浇建筑工程成本由直接费(包含人工费、材料费、机械费、措施费)、间接费(含企业管理费、规费)、利润及税金等组成。其中直接费是工程成本的主要组成,是其他各项支出的计费基数,直接费的变化对工程造价变化起决定性作用。在保证质量、进度的前提下,施工企业很难通过压缩直接费来降低传统现浇建筑工程成本,只能调整管理费和利润,在目前竞争激烈的市场环境中,所能降低的空间很有限。

PC 建筑工程成本要素与传统现浇建筑基本一致,但由于技术、工艺、施工措施等的差异性,现阶段 PC 建筑较传统现浇建筑成本上升。闫红樱对 PC 建筑工程成本构成进行了分析。PC 建筑与传统现浇模式建筑在直接费构成上的不同之处主要有:(1)PC 构件的生产费用;(2)PC 构件的运输费用;(3)PC 构件的安装费用;(4)措施费,主要包括脚手架及模具等费用<sup>[1]</sup>。从众多企业实践来看,在工程项目实施阶段,PC 建筑增量成本主要由以下几方面引起:构件差价、结构增量、措施增量。

李丽红等选取了某工程实例,通过计算对比相同楼栋分别在预制装配式建造模式和现浇整体式建造模式下的技术经济指标,详细分析装配式建筑工程成本与现浇式建筑工程成本的变动情况,得出结论:PC 建筑因现场混凝土浇筑量、砌筑量和抹灰工程量的减少,建筑物超高人工、机械降效、措施费及塔吊基础等分项工程及其他方面投

入明显降低。而 PC 建筑成本较高最主要的增加支出因素是 PC 构件的生产费用和安装费用<sup>[2]</sup>。

从建筑工程成本要素上看 PC 建筑与现浇建筑成本差异性不大,但 PC 构件的应用导致 PC 建筑成本要素在总成本中的比重有所改变,两种建造模式成本差异体现在数据上。例如:预制率为 20%~60%的 PC 建筑,人工费较相同条件的现浇建筑节省约 15%~30%,垂直运输机械费节省约 11%,而材料费却因 PC 构件成本高导致大幅上升<sup>[1-3]</sup>。

## 2 影响 PC 建筑成本的主要因素分析

对 PC 建筑成本控制存在的问题和难点,诸多学者都提出了自己的看法,本文运用文献与资料分析的方法,选取了以 PC 建筑成本为主题的 15 篇代表性文献,对影响 PC 建筑成本的主要因素进行归纳,如表 1 所示。

影响 PC 建筑成本的主要因素有人工费、材料费、机械费、措施费、运输费、税收及其他鼓励政策、预制率和装配率等,文中主要分析人工费、材料费、机械费、预制率和装配率。

第一,人工费。近年来我国工程建设量巨大,施工现场用工需求大,同时由于我国劳动年龄人口持续下降等原因,导致施工现场人工费快速上涨,上涨幅度远高于原材料和机械成本。PC 建筑可以有效地减少劳动力需求,提高劳动生产率。预制构件的生产应用,将部分的工作量由工地转移到预制构件工厂,相应地减少了建筑施工现场的部分施工工序和分项工程的工程量,例如减少了混凝土浇捣工作量、砌筑量以及支撑部分的工作量,从而减少人工费用。另外,装配式建筑施工工期缩短、现场施工人员的数量减少,也在一定程度上降低了人工成本。PC 建筑减少现场人工的消耗,但构件厂的人工消耗将增加。因此,需综合分析 PC 建筑构件预制和现场施工等阶段的人工费。相关资料表明,在西欧、北美和东亚的日本,预制装配的生产方式与传统建筑方法相比,可节约人工约 25%~30%<sup>[4]</sup>。

第二,材料费。材料费偏高是现阶段导致 PC 建筑成本居高不下的主要因素。我国建筑工程成本构成中材料或构件费占比很高,对于 PC 建筑来说,材料费上升首先是因为 PC 构件生产成本低。PC 构件的生产成本可以划分为固定成本和

表1 PC建筑成本影响因素的文献分析

Tab.1 Literature analysis of the factors influencing the cost of PC buildings

序号	代表性文献	影响成本的主要因素										
		人工费	材料费	机械费	措施费	运输费/ 运输效率	税收及其他 鼓励政策	预制率/ 装配率	法规/ 标准	工期	生产 规模	建筑质量 及维护费
1	闫红缨 <sup>[1]</sup>	√	√	√	√	√		√	√	√		
2	李丽红 <sup>[2]</sup> 等	√	√	√	√	√	√				√	
3	李洁 <sup>[3]</sup> 等	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√
4	谷明旺 <sup>[5]</sup>	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√
5	吴水根 <sup>[6]</sup> 等	√			√					√		√
6	林金鑫 <sup>[7]</sup> 等	√	√		√	√	√				√	
7	王爽 <sup>[8]</sup> 等	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
8	张程程 <sup>[9]</sup> 等	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
9	陆遥 <sup>[10]</sup>	√	√		√	√			√			
10	万连建 <sup>[11]</sup>	√	√			√	√	√	√		√	
11	夏百松 <sup>[12]</sup> 等			√	√			√		√		
12	李丽红 <sup>[13]</sup> 等	√	√	√	√	√	√		√			
13	皮晓红 <sup>[14]</sup>						√	√		√		
14	沈丽娟 <sup>[15]</sup>	√	√	√	√	√		√	√	√		
15	李颖 <sup>[16]</sup>	√	√	√	√	√	√	√	√		√	
合计		13/15	13/15	13/15	13/15	11/15	11/15	10/15	9/15	8/15	8/15	3/15

可变成本。目前由于生产规模的影响,固定成本在装配式建筑成本中所占的比例偏大<sup>[2]</sup>。其次,与建筑的结构形式、施工工法紧密相关。例如同样是“装配式框架+外墙挂板”的结构,如果采用先主体施工后安装挂板的“日本工法”,会大量增加填缝密封胶材料和人工;深圳万科采用先安装墙板后浇筑结构的“香港工法”,降低了施工难度并节约材料和人工,因此不同的工法造价成本不同<sup>[5]</sup>。研究目前已有的设计标准和图纸可以发现,尽管PC建筑已将部分构件进行“工厂化”生产,却额外增加了预制构件之间,预制构件与现浇结构之间的钢筋、混凝土、各种预埋件、连接件的用量,钢套筒不管是数量上还是价格上均高于现浇建筑的普通套筒。

第三,机械使用费。以垂直运输机械费为例,PC建筑建设过程中一方面减少了混凝土泵送机械费用,且工期缩短减少了机械租赁和使用费的支出,另一方面,预制构件因尺寸和重量大,需要能满足需求的大型机械,增加了现场PC构件的吊装费用,增加了PC建筑安装成本。

第四,预制率和装配率。装配式混凝土建筑

有两个主要指标——预制率和装配率,有实例表明,尚未形成规模化的预制装配式住宅在造价上高于现浇混凝土结构住宅,且与预制率的增高成正比<sup>[14]</sup>。目前,对预制率和装配率的探讨主要有两种意见,一种是要提高预制率,提高预制率是住宅产业化追求的目标,住宅产业化发展可以降低材料、劳动力消耗<sup>[1]</sup>。另一种观点认为不能只看预制率,更要重视装配率。现阶段构件预制率过高,将造成处理构件之间缝隙连接的材料、人工费增高,导致安装成本、运输费及辅料成本过高,不可盲目追求高构件预制率,而应该提高建筑整体的装配化率<sup>[3]</sup>。因此,预制率、装配率和其他影响PC建筑成本的因素一样,会对PC建筑成本构成中的人工、材料、机械等要素产生影响,进而影响总成本。

### 3 PC建筑成本控制的建议

#### 3.1 确定合理的预制率、装配率,应用“合理工时”分析指标

提高预制率可以发挥装配式建筑的优势,但预制率越高,在PC构件成本较高的情况下,会导

致 PC 建筑成本随着预制率的增高而上升。预制率过低将导致现浇和预制两种工法并存,大量现浇不能节省人力,同时又增加了施工机具的投入成本,装配式施工只有提高生产和施工的效率才能降低成本。因此,在设计方案阶段需确定合理的预制率和装配率。同时,设计方案应充分考虑到 PC 构件生产、运输、施工等环节,把握预制率的同时提高构件重复率,合理拆分构件模块,减少模具种类,达到降低构件成本和生产施工难度的目的。合理的预制率和装配率的确定需要综合考虑不同建筑类型不同区域建筑等构件生产、运输、现场安装等环节的成本差异,是装配式建筑成本分析控制的重点和难点。

现阶段我国没有统一的装配式建筑预制率和装配率的计算方法,各省市和地区采用不同的计算公式,相同建筑用不同的计算方法得出的结果不同。这不仅会影响装配式建筑预制率和装配率的合理确定,影响项目经济指标的比较,还会影响政府对装配式建筑工业化程度的科学评价,以及各评价标准下相关政策支持等,影响各参与方的利益,进而影响装配式建筑推广发展。

在国外的装配式建筑发展中,应用了“合理工时”这个分析指标,即分析人工成本在建筑安装总成本中的比例<sup>[17]</sup>。在进行装配式建筑成本分析时,可以考虑采用“合理工时”这一分析指标。工业化的特点之一是用机器替代人工,因此“合理工时”指标更能反映工业化程度,是未来发展的方向。所以比起预制率和装配率,更重要的是装配式混凝土结构技术进步,才能降低用工比,进一步降低 PC 建筑成本。

### 3.2 推动设计、生产、施工一体化,加强产业链各主体合作

我国传统的建设模式是设计和施工分离,导致建筑行业各环节各版块过于分散,设计单位和施工企业的沟通联系不足,互相参与度渗透性减弱。装配式建筑的发展需要系统的全过程的管理模式,因此推行 EPC 建设模式势在必行。PC 建筑的设计单位、PC 构件厂家及施工单位之间相互合作,对装配式混凝土结构体系、技术工艺的选择进行沟通协调,降低构件的生产及施工难度,优化方案以确保获得最合理的经济性。推动设计、生产、施工一体化的建造模式,形成上下游产业的结合,营改增之后通过这种经营方式可大幅度打通

各环节,减少间接费用。

### 3.3 完善技术标准体系

我国还没有形成自己的装配式建筑结构体系,虽然许多省份出台了装配式建筑技术文件或标准,但尚未建立统一的建筑设计模数,未编制通用的住宅产业化标准图集和标准设计方案。装配式建筑体系的发展应符合我国国情,技术标准满足各省市建筑功能和性能的要求,生产设计的装配式建筑部品部件应标准化、系列化、配套化,与产业化建筑结构相统一,让装配式建筑从设计、施工到验收评定均有行业规范和技术标准可依,为进一步推广和发展装配式建筑提供保障。

### 3.4 完善计价体系

各地区需因地制宜完善装配式建筑工程量清单和定额,为装配式建筑合理计量计价提供依据,及时发布各类相关项目的投资估算概算指标、造价指数,便于经验交流和借鉴,利于大规模推广试点成果,逐步形成具有地方特色的装配式建筑计价体系。此外,大力推广装配整体式结构,各地要尽快发布装配式混凝土预制构件、铝模板等市场参考价格,加强预制构件的价格管理,实现价格透明,引导行业健康发展。

### 3.5 发挥生产规模效应

我国的装配式建筑处于起步阶段,与传统建筑工程相比,装配式建筑市场份额小,预制构件生产规模效应尚未出现,未能体现产业化高效优质经济性的明显优势,一定程度上增加了建设单位的投资成本,从而影响了建设单位的积极性。例如受到生产规模的影响,PC 构件固定成本在装配式建筑工程成本中占比偏大,只有装配式建筑工程量的不断增加,PC 构件的土地、设备、模具摊销费用等才能相应下降。因此,各地需健全扶持政策落地实施细则,扩大装配式建筑市场需求,扩大 PC 构件产能,形成规模经济。此外,现阶段宜以试点工程为依托,整合资源,加快培育集部品构件设计、生产、施工一体化的装配式建筑龙头企业和大量的专业化生产施工企业。

### 3.6 注重科技创新和人才培养

目前我国的装配式建筑有很多关键技术需要解决,需开发高强度、抗震性能优的构件连接技术,进一步加强 PC 构件新工艺新材料的研究,提高 PC 构件的各类性能如保温、防水、节能等,提高 PC 构件的制作精细度,提升施工现场安装效

率。政府要重视加强装配式建筑基础研究,鼓励高校、科研机构 and 建筑企业协同解决装配式建筑关键技术和行业发展的困难,加大装配式建筑各项配套新技术的研发力度,推进装配式建筑设计规范、技术标准的编制及检测检验等技术实施,推动全产业链技术创新和理论创新。此外,要注重人才培养,我国装配式建筑的推广相对滞后,一个重要原因就是产业工人培养需要时间,专业技能人才和管理人才欠缺。为解决这一问题,必须建立全产业链系统的人员培养机制,提高装配式建筑从业人员的整体素质,保证建筑产品质量。

### 3.7 加强质量监督,重视现场管理

建筑工程施工现场强调安全第一、质量第一,装配式建筑由于大量的预制构件都是在预制工厂生产,可以降低施工现场人为因素对产品质量的影响,减少安全事故的发生,但前提条件是施工队伍专业化,现场构件安装连接严格遵循技术流程。现阶段由于技术标准、施工规范还未完善,构件质检验收等环节缺乏流程和行业监管机制,监管部门和企业需加强质量监督。此外,企业要重视现

场管理,例如现场堆置构件顺序应与施工吊装顺序相符,堆放位置还需要保证处于相应的垂直运输设备的工作范围内,减少场内二次搬运用费,提高吊装效率;合理安排工期,减少重型吊装设备使用台班。这些措施都可以发挥装配式建筑建造速度快的优势,进而节约成本。

## 4 结语

装配式建筑发展是建筑业的重大变革。装配式建筑的成本控制是装配式建筑研究和实践的重要方面。通过比较分析PC建筑 and 传统现浇建筑成本之间的差异,从工程成本要素角度分析了影响PC建筑成本的主要因素,并提出了从确定合理的预制率、装配率,应用“合理工时”分析指标,推动设计、生产、施工一体化,加强产业链各主体合作,完善技术标准体系,完善计价体系,发挥生产规模效应,注重科技创新和人才培养,加强质量监督,重视现场管理等方面开展装配式建筑成本控制的建议,以期对相关研究和实践提供借鉴和参考。

## 参考文献:

- [1] 闫红缨. 预制装配式体系建造成本的比较分析[J]. 住宅产业, 2012(7): 36-38.
- [2] 李丽红, 耿博慧, 齐宝库, 等. 装配式建筑工程与现浇建筑工程成本对比与实证研究[J]. 建筑经济, 2013(9): 102-105.
- [3] 李洁, 李正茂. 浅析通过建筑工业化技术进步提高装配式建筑经济性[J]. 住宅产业, 2013(8): 19-21.
- [4] 杨晓川, 钱乔峰, 汤朝晖. 国内建筑工业化背景下预制装配式建筑特点及适应性初探[J]. 价值工程, 2015, 34(27): 78-82.
- [5] 谷明旺. 浅谈建筑工业化技术与经济性的关系[J]. 住宅产业, 2013(S0): 15-20.
- [6] 吴水根, 郭睿, 刘匀. 建筑工业化与劳动力成本的关联分析[J]. 建筑施工, 2013(2): 172-175.
- [7] 林金鑫, 李丽红, 栾岚. 沈阳市现代建筑产业发展的成本瓶颈分析与对策[J]. 辽宁经济, 2013(7): 32-33.
- [8] 王爽, 王春艳. 装配式建筑与传统现浇建筑造价对比浅析[J]. 建筑与预算, 2014(7): 26-29.
- [9] 张程程, 刘春梅, 赵永生. 工业化建筑建造成本影响因素探析[J]. 聊城大学学报(自然科学版), 2015(4): 64-68.
- [10] 陆遥. 预制装配式混凝土建筑应用及成本分析研究[J]. 现代经济信息, 2015(12): 112.
- [11] 万连建. 装配式建筑成本控制途径研究[J]. 山西建筑, 2015, 23: 222-223.
- [12] 夏百松, 刘家铭, 侯兴宝, 等. 基于价值工程的装配式建筑与现浇建筑比较分析[J]. 建筑施工, 2015(6): 764-766.
- [13] 李丽红, 肖祖海, 付欣, 等. 装配整体式建筑土建工程成本分析[J]. 建筑经济, 2014(11): 63-67.
- [14] 皮晓红. 预制装配式住宅与现浇混凝土结构住宅造价对比研究[J]. 建材与装饰, 2016(25): 158-159.
- [15] 沈丽娟. 降低装配整体式混凝土结构建造成本的方法[J]. 建筑施工, 2016(7): 993-994.
- [16] 杨晓川, 钱乔峰, 汤朝晖. 国内建筑工业化背景下预制装配式建筑特点及适应性初探[J]. 价值工程, 2015, 34(27): 78-82.
- [17] 付灿华. 住宅工业化之辩[N/OL]. [2013-08-28][2017-08-15]. [http://www.chinajsb.cn/bz/content/2013-08/28/content\\_102795.htm](http://www.chinajsb.cn/bz/content/2013-08/28/content_102795.htm).