

# 装配式建筑工程增量成本测算

陈伟<sup>1</sup>(博士生导师), 江雪<sup>1</sup>, 余杨清<sup>1</sup>, 付红阳<sup>2</sup>(高级工程师)

**【摘要】**发展装配式建筑是促进我国建筑业转型升级的重要途径,然而其相对于传统现浇式建筑所产生的增量成本严重制约了装配式建筑的推广应用。从工程造价管理视角出发,结合装配式建筑的特点,构建其增量成本测算体系,并考虑预制构件年设计产能因素,合理修正预制构件综合单价,实现测算过程的标准化、精简化和系统化;结合特定装配率条件下的项目进行实证分析,发现增量成本主要增项是预制构件的材料费、人工费、管理费和固定摊销费,进而拓展研究不同装配率对增量成本的影响规律;降低增量成本的主要对策为:扩大构件生产规模、优化构件拆分设计、提高产业工人生产效率、提升管理水平、设计合适的装配率。

**【关键词】**装配式建筑; 增量成本; 装配率; 成本测算

**【中图分类号】** F272.2

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1004-0994(2018)06-0075-7

## 一、引言

大力发展装配式建筑是实现我国建筑业由粗放型向集约型转型升级的重要途径。国务院2016年2月发布的《关于进一步加强城市规划建设管理的若干意见》提出,力争在10年内完成装配式建筑面积占新建建筑面积的30%这一战略目标。为实现这一战略目标,各地建设行政管理部门对装配式建筑项目实行了减免专项规费、奖励项目容积率等激励政策,但相较于传统现浇式建筑,其较高的建造成本却严重制约了装配式建筑的推广,因而亟须准确研究并测算其增量成本,系统地分析产生增量成本的关键因素,在此基础上有针对性地寻求降低增量成本的有效途径。

国内外学者对装配式建筑成本管理开展了有代表性的研究。国外学者Barlow(2003)提出,通过标准化设计以及大规模生产可以降低因顾客多样化需求而产生的成本;Anderson(2009)通过实地调查瑞典预制构件成本,研究信息技术在住宅工业化施工中

的应用,提出加强信息管理、降低建造成本的方法;Memon(2010)通过问卷调查收集数据,借助统计学工具进行研究,发现装配式建筑增量成本产生的原因是糟糕的现场管理、产业工人的短缺和承包商调度与计划的不足。国内学者李丽红(2013)以装配式建筑项目投标样本为基础,分析其与现浇式建筑工程的成本差异;郑生钦、王德芳等(2016)应用因子分析法和结构方程模型,提出配件生产成本、建筑施工成本、组织管理投入、预制工厂成本四个因素从小到大影响着装配式建筑的建造成本;王英春(2017)从装配式建筑全生命周期出发,分析和研究项目前期策划阶段、设计阶段、招投标阶段、施工阶段和竣工阶段各个环节的成本控制策略;蔡军(2017)对装配式建筑的成本设计过程进行了研究,通过层次分析法确定装配式建筑的目标成本并结合AHP法评价不同的目标成本方案。

综上所述,国外学者大多侧重于从信息管理、设计管理、项目综合管理等管理层面分析装配式建筑建造成本,国内学者大多侧重于从成本控制和成本

**【基金项目】** 中央高校基本科研业务费专项项目(项目编号:2017-ZY-060); 武汉市城建科技计划项目(项目编号:201605)

影响因素层面剖析装配式建筑增量成本,但这些研究均未构建准确的增量成本测算体系,未从工程造价这个关键层面对装配式建筑增量成本进行系统分析,并从此视角提出降低增量成本的对策。

鉴于此,本文拟从项目造价管理视角,以系统控制装配式建筑增量成本为目的,研究并设计装配式建筑增量成本测算体系。结合特定装配率条件下的典型项目进行增量成本构成分析,进而拓展研究不同装配率下装配式建筑项目增量成本的变化规律,识别增量成本的关键影响要素及其影响程度,最后提出降低增量成本的具体措施。

## 二、测算体系

### (一)增量成本测算方法

从工程造价组成要素来分析,装配式建筑的建设成本主要包括建筑工程费、设备及工器具购置费、安装工程费、工程建设其他费、预备费(基本预备费、涨价预备费)以及建设期贷款利息。为简化测算过程,着重反映增量成本的关键影响因素,作出以下假设:①假设装配式建筑与传统现浇式建筑的工程建设其他费用、预备费以及建设期贷款利息相同;②假设装配式建筑与传统现浇式建筑均采用EPC工程总承包建造模式,设备和工器具相同;③假设预制构件以构件厂的年产量基本达到其设计产能时的综合单价为计算基准。

根据上述假设,在同一对比口径下,以装配式建筑与现浇式建筑的建安成本作为分析对象。因建安成本中土建分项成本占比最大且装配式建筑与传统现浇式建筑的主要差异在于施工现场环节,所以本文重点考虑建安成本中的土建分项成本。现分别对各成本子项进行分析测算。

**1. 劳务分包费(LC)、专业分包工程费(PSC)。**在建造过程中,施工总承包商或专业承包商将其承包工程中的劳务作业发包给劳务企业,施工总承包商将其承接的专业作业分包给专业分包商,二者均以签订固定单价合同的形式支付分包企业相应的报酬,其中固定单价根据招标文件、图纸以及相关技术资料确定,而工程量按实际情况结算。假设劳务分包固定单价为A,劳务作业实际工程量为 $Q_s$ ,专业分包固定单价为E,专业作业实际工程量为 $Q_g$ ,劳务分包费为LC,专业分包工程费为PSC,则有:

$$LC=A \times Q_s \quad (1)$$

$$PSC=E \times Q_g \quad (2)$$

**2. 材料费(MF)。**材料费包括钢筋、混凝土和预制构件等的费用。当进行装配式建筑与现浇式建筑建造成本的对比分析时,将预制构件混凝土工程量还原为现浇混凝土工程量,预制构件的钢筋用量还原为现浇钢筋用量,即得到现浇式建筑的材料费。假设预制构件混凝土用量为 $Q_c$ ,预制构件钢筋用量为 $Q_p$ ,钢筋单价为 $P_p$ ,钢筋用量为 $Q_e$ ,混凝土单价为 $P_c$ ,混凝土用量为 $Q_f$ ,预制构件用量为 $Q$ ,混凝土预制构件综合单价为UC,则有:

$$MF = \begin{cases} UC \times Q + Q_f \times P_c + Q_e \times P_p \\ P_p \times (Q_e + Q_p) + P_c \times (Q_f + Q_c) \end{cases} \quad (3)$$

**3. 周转料具(TF)。**周转料具包括在建造过程中使用的模板、塔吊轨、脚手架等能够多次使用、逐渐转移其价值但不属于固定资产的材料和器具,这里使用分期摊销法进行计算。分期摊销法考虑周转料具的预计使用年限、分期摊入成本和费用。假设周转料具计划成本为JC,残值率为 $\beta$ ,预计使用年限为N,周转料具每期摊销额为TF,则有:

$$TF=JC \times (1-\beta) / N \quad (4)$$

**4. 大型机械费(LMF)。**大型机械费包括进出场费、安拆费和设备基础费。施工现场的大型机械主要为塔吊型起重机,费用因起重机的型号、载重量和功率不同而有所差异。假设某一大型机械的进出场费为CF,安拆费为ACF,设备基础费为BC,大型机械费为LMF,则有:

$$LMF=CF+ACF+BC \quad (5)$$

**5. 现场经费(SF)。**施工现场经费包括现场管理薪酬成本、现场办公费、现场临建费和临时用水用电费。现场办公费和现场临建费二者都属于一次性经费投入;现场管理薪酬成本与现场管理人员数量有关;临时用水用电费与施工现场实际使用量相关。假设现场管理者数量为 $P_m$ ,管理者平均薪酬为S,现场办公费为W,现场临建费为L,水电单价分别为 $P_{水}$ 、 $P_{电}$ ,水电使用量分别为 $Q_{水}$ 、 $Q_{电}$ ,则现场经费SF为:

$$SF=P_m \times S + W + L + P_{水} \times Q_{水} + Q_{电} \times P_{电} \quad (6)$$

**6. 安全文明施工费(SCF)、规费(F)、税金(T)。**安全文明施工费属于不可竞争费,包括环境保护费、文明施工费、安全措施费和临时设施费,一般在直接费用的基础上取费率进行计算,费率在2%~6%之间;规费是在人工费、人工机械费或者直接费的基础上乘以费率计取,这里使用直接费乘以费率进行计算;税金是在土建分项成本的基础上乘以税率计取。

根据上述计算公式,分别计算装配式建筑与现

浇式建筑的土建分项各子项成本,再汇总为土建分项成本C进行对比分析。现浇式土建分项成本C的计算公式如下:

$$C=LC+MF+PSC+TF+LMF+SF+SCF+F+T \quad (7)$$

装配式土建分项成本C'的计算公式如下:

$$C'=LC'+MF'+PSC'+TF'+LMF'+SF'+SCF'+F'+T' \quad (8)$$

则土建分项成本增量为:

$$\Delta C=C'-C \quad (9)$$

## (二)预制构件综合单价修正测算方法

由于全国大部分地区基本处于装配式建筑推广阶段,普遍存在现有产量未达到预制构件厂设计产能的现状,如在项目建造成本中将固定成本按照目前较低的产量进行全部摊销,由此测算的增量成本不能准确反映装配式建筑在规模化推广情况下的实际情况,因此要对预制构件的成本进行分析并进行修正测算。

**1. 预制构件直接费。**预制构件直接费包括人工费、固定资产摊销费、措施费和材料费,当产量由现行年产量变为预制构件厂设计年产能时,预制构件的直接费会发生相应的变化,现分别对各子项费用进行测算分析:

(1)人工费(LF)。市场化下人工资源形态主要由劳务分包作业队呈现,因此人工成本可假定由初始投入和依产量线性增长而增加的成本两部分组成。随着产量的增加,工人生产熟练程度会提高,导致工作效率提升,因而单方人工成本会降低且下降幅度会逐渐减小,最后趋于直线状态,达到最优人工规模。 $L_0$ 表示初始投入劳动力人数,P为市场人工单价, $Q_0$ 表示在初始投入一定的人工作业队下的最大规模产量,Q表示总产量,k为增加人工数和增加产量的比例系数,则单方人工成本为:

$$LF_{\text{单方}} = \begin{cases} \frac{L_0 P}{Q} & Q \leq Q_0 \\ \frac{L_0 P}{Q} + kP \left(1 - \frac{Q_0}{Q}\right) & Q > Q_0 \end{cases} \quad (10)$$

(2)固定资产折旧及摊销费(AF)。固定资产包括土地、厂房和设备。预制构件厂对固定资产的折旧及摊销多采用年限平均法,将固定资产的应计折旧额均衡地分摊到固定资产预计使用寿命内。采用这种方法计算出的每期折旧额均相等。假设月折旧额为MR,固定资产原价为YP,AR为年折旧率/12,预

计净残值率为a,预计使用寿命为Y,则有:

$$MR=YP \times AR=YP \times (1-a)/Y \quad (11)$$

在设计产能一定的条件下,固定资产的月折旧摊销额不变,则单方预制构件的固定资产摊销费 $AF_{\text{单方}}$ 与构件厂的月产能Q呈反比关系:

$$AF_{\text{单方}}=MR/Q \quad (12)$$

(3)措施费(UF)。措施费总费用分为可摊销成本和固定成本两部分,可摊销成本可采用工程量法进行摊销折旧,包括模具摊销费、蒸汽养护费和水电油费;固定成本与产量无关,即成品保护费和试验费。假设可摊销成本为AC,单方构件固定成本为 $f_c$ ,项目的预制构件总生产量为Q,则单方构件措施费为:

$$UF_{\text{单方}}=AC/Q+f_c \quad (13)$$

(4)材料费(MC)。材料费主要包括混凝土、钢筋、保温板及连接件、预埋件和其他材料费用。材料费与预制构件种类相关,因生产过程中制作工艺的不同而产生差异,属于与产量无关的可变成本,因此当产量发生变化时,材料费无须调整。

**2. 间接费及其他费。**间接费及其他费包括管理费(M)、利润(PF)和税金(U)。管理费一般按直接费(人工费、材料费和机械费)的15%左右进行计算;利润一般按直接费的5%~10%进行计算;税金考虑增值税的计费以及主材、辅材、模具的抵扣,一般在直接费、管理费和利润的7%~12%之间。

根据上述分析,将测算修正方法总结如下:假设构件厂现行年产量为Q,设计年产能为 $Q'$ ,预制构件现行综合单价为UC,设计年产能下的综合单价为 $UC'$ ,则有:

$$UC=LF_{\text{单方}}+AF_{\text{单方}}+UF_{\text{单方}}+(MC+M+PF+U)/Q \quad (14)$$

$$UC'=LF'_{\text{单方}}+AF'_{\text{单方}}+UF'_{\text{单方}}+(MC'+M'+PF'+U')/Q' \quad (15)$$

## 三、特定装配率项目实证分析

### (一)样本数据统计与测算

本文选取武汉地区某装配率为51%的典型装配式建筑工程项目,对比其在装配式建造模式与传统现浇建造模式下,项目土建分项成本各项造价指标所发生的变化。该项目一期6栋全为装配式混凝土设计,本文依托装配式混凝土结构图纸进行现浇式结构还原,重新设计对应的传统现浇式设计方案、图纸以及成本预算文件。计算原则为在总工程量不变的前提下,将预制构件工程量还原为混凝土用量、预

制构件中的钢筋还原为现浇钢筋、外墙部分还原为砌体、铝模还原为木模。因此,对照两种方式的建造图纸以及预算文件进行增量成本分析。

由于与该装配式工程项目合作的预制构件厂现行年产量为4万/m<sup>3</sup>,需将其转换为达到设计产能25万/m<sup>3</sup>时的预制构件综合单价进行分析。其中直接费中的人工费调整以目前人工单方市场价400元/m<sup>2</sup>为基准;固定资产以产量扩大到6倍、摊销减少至1/6的直线摊销方式计算;模具考虑工期及周转次数摊销降低50%;材料费价格不随规模化生产而变化;间接费用采用比率进行计算。调整前后的预制构件综合单价对比如表1所示。

**表 1 预制构件调整前后综合单价**

序号	构件种类	当前产量 预制构件 综合单价 (元/m <sup>2</sup> )	设计年产能 下预制构件 综合单价 (元/m <sup>2</sup> )	综合单价 浮动百分比 (以当前综合 单价为基础)
1	预制外墙板	3212.39	2065.58	35.70%
2	预制内墙板	2744.41	1618.44	41.03%
3	叠合梁	3036.71	1952.80	35.69%
4	叠合板	2633.37	1867.40	29.09%
5	预制楼梯	2693.43	1554.86	42.27%
6	预制阳台板	3018.81	1881.58	37.67%
7	预制空调板	3587.47	2593.76	27.70%
8	PCF板	3521.69	2424.86	31.15%
9	预制围墙	2998.79	1655.16	44.81%
10	预制构件平均 综合单价	3049.67	1957.16	35.82%

以表1调整后的预制构件综合单价为计算基础,确定预制构件的生产成本,并与现浇钢筋、混凝土成本构成装配式建筑土建分项的材料费,如表2所示。

**表 2 装配式建筑项目土建分项材料费明细**

名称	现浇式 成本(元)	平米造价 (元/m <sup>2</sup> )	装配式 成本(元)	平米造价 (元/m <sup>2</sup> )	平米价差 (元/m <sup>2</sup> )	差异占 比(%)
现浇钢筋	7185698	89.08	4570068	56.65	-32.43	-10.35
现浇混凝土	10067543	124.81	7048675	87.38	-37.43	-12
预制构件			30913500	383.24	383.24	122.35
合计	17253241	213.89	42532243	527.27	313.38	100

根据表2调整后的材料费,进一步分析装配式建筑项目与传统现浇式建筑项目土建分项成本,如表3所示。由表1~表3对比分析发现,预制构件成本是增量成本的主要增项,而预制构件的成本可以由综合单价反映:

预制构件综合单价=人工费+材料费+固定资产摊销费+措施费+管理费+利润+税金

为真实反映预制构件在生产制造过程中主要增量成本的产生原因,采用未进行规模经济效益处理的原始数据进行分析,进一步分析样本项目预制外墙板、预制内墙板、叠合梁、叠合板、预制楼梯、预制阳台板、预制空调板、PCF板、预制围墙9类主要预制构件的材料费、人工费、管理费和固定资产摊销费等7项费用在增量成本中的占比,如表4所示。将数据绘制成曲线,进一步反映各子项成本间的相互关

**表 3 装配式建筑项目土建分项成本测算分析**

序号	成本项目	现浇式			装配式			平米 价差 (元/m <sup>2</sup> )	差异 占比 (%)
		现浇式	平米造价	成本占比	装配式	平米造价	成本		
		计划成本(元)	(元/m <sup>2</sup> )	(%)	计划成本(元)	(元/m <sup>2</sup> )	占比(%)		
一	劳务分包成本	38278162	474.53	39.00	31395573	389.20	26.36	-85.33	-32.80
二	材料费	17253241	213.88	17.65	42532243	527.26	35.71	313.38	120.60
三	专业分包工程费	19447682	241.09	19.89	20635894	255.82	17.33	14.73	5.67
四	周转料具	5332188	66.10	5.45	4895117	60.68	4.11	-5.42	-2.09
五	大型机械费	5064000	62.78	5.18	4667000	57.86	3.92	-4.92	-2.04
六	现场经费	9511531	117.91	9.73	9834971	121.92	8.26	4.01	1.66
七	安全文明施工费	987400	12.24	1.01	1018420	12.63	0.86	0.39	0.39
八	规费	832537	10.32	0.85	1164199	14.43	0.98	4.11	1.58
九	不含税成本	96706741	1198.85	98.55	116143417	1439.8	97.50	240.95	92.75
十	税金	1438941	17.84	1.50	2957789	36.67	2.50	18.83	7.25
十一	土建小计	98145682	1216.69	100.05	119101206	1476.47	100	259.78	100

注:建筑面积为80666m<sup>2</sup>。

表 4 预制构件综合单价子项明细

序号	构件种类	构件生产成本(元)							总报价 (出厂价)
		人工费	材料费	固定资产 摊销费	措施费	管理费	利润	税金	
1	预制外墙板	730	915.41	300	219	505	213.55	329.44	3212.39
	子项占比	22.72%	28.50%	9.34%	6.82%	15.72%	6.65%	10.26%	100.00%
2	预制内墙板	660	596.53	300	219	505	182.44	281.44	2744.41
	子项占比	24.05%	21.74%	10.93%	7.98%	18.40%	6.65%	10.25%	100.00%
3	叠合梁	664	835.35	300	219	505	201.87	311.49	3036.71
	子项占比	21.87%	27.51%	9.88%	7.21%	16.63%	6.65%	10.26%	100.00%
4	叠合板	390	774.36	300	219	505	175.07	269.95	2633.37
	子项占比	14.81%	29.41%	11.39%	8.32%	19.18%	6.65%	10.25%	100.00%
5	预制楼梯	664	551.12	300	219	505	179.13	275.18	2693.43
	子项占比	24.65%	20.46%	11.14%	8.13%	18.75%	6.65%	10.22%	100.00%
6	预制阳台板	700	784.49	300	219	505	200.68	309.64	3018.81
	子项占比	23.19%	25.99%	9.94%	7.25%	16.73%	6.65%	10.26%	100.00%
7	预制空调板	664	1293.18	300	219	505	238.49	367.79	3587.47
	子项占比	18.51%	36.05%	8.36%	6.10%	14.08%	6.65%	10.25%	100.00%
8	PCF板	730	1172.54	300	219	505	234.12	361.03	3521.69
	子项占比	20.73%	33.29%	8.52%	6.22%	14.34%	6.65%	10.25%	100.00%
9	预制围墙	790	567.76	300	329	505	199.34	307.69	2998.79
	子项占比	26.34%	18.93%	10.00%	10.97%	16.84%	6.65%	10.26%	100.00%

系,如图1所示:

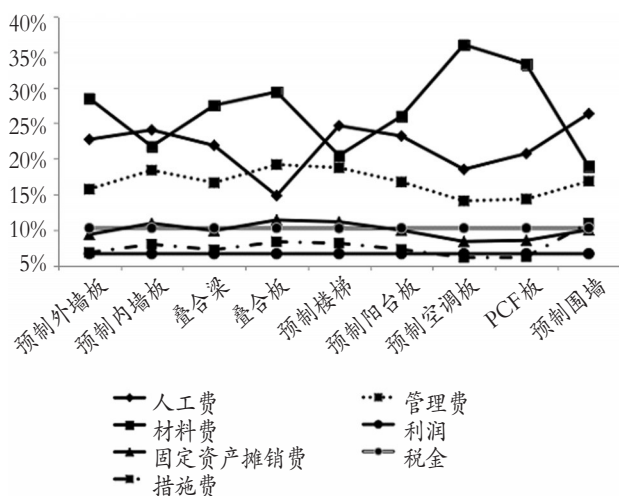


图 1 材料费等7项费用在增量成本中的占比

### (二)测算结果分析

由表1对比分析发现,现行产量摊销下,预制构件的综合单价普遍较高,平均综合单价约为3049.67元/m<sup>2</sup>;在规模经济条件下对预制构件进行修正测算调整后,平均综合单价约为1957.16元/m<sup>2</sup>,变动幅度约为35.82%。

根据表2、表3的测算结果可知,相较于传统现浇式建筑,装配式建筑工程总造价每平米的增量成本为259.78元。其中增量成本的主要增项在于土建工程材料费中的预制构件成本,占比高达122.29%。同时,在专业分包工程费、现场经费、安全文明施工费以及规费上也略有增加。虽然在劳务分包费上略有节约,节约了32.8%,但远不能覆盖因材料费用增加造成的土建分项费用增加。

对图1测算结果进行分析,发现9类主要预制构件的材料费、人工费、管理费和固定资产摊销费4项费用约占

综合单价的80%,其占比分别围绕着30%、25%、15%和10%上下浮动,而税金、措施费和利润三项费用只占综合单价的20%左右。进一步分析费用计算规则和形成原因,结果如表5所示,可得出,需从优化构件拆分设计、提高产业工人生产效率、提高管理者管理水平、扩大构件生产规模等方面降低增量成本。

### 四、不同装配率对增量成本的影响规律分析

不同装配率对增量成本增幅的变化有不同影响,本文通过分析二者之间的函数关系,找出较为经济合理的预制率。

#### (一)数据拟合

本文选取一些国内大型建筑施工企业所完工的装配式住宅建筑项目进行分析,获取的数据列示于表6。

将上述项目的数据整合,进行散点图分布绘制,可以发现增量成本的增幅与装配式建筑项目的装配率存在某种关系。因此,利用Excel软件进行多项式拟合来找出不同装配率下增量成本的变化规律,结果如图2所示。

根据拟合结果,装配式建筑增量成本增幅 $y$ 与

表 5

预制构件综合单价主要构成分析

子项	计算说明	形成原因	解决途径
材料费	材料由砼、钢筋、预埋构件和辅助材料组成。材料增加主要体现在:①预制外墙板的保温、填充和拉结件增加;②空调板的预埋件、机加工理件的增加;③PCF板的预埋件,主要是连接件和机加工理件的增加	预埋构件和辅助材料用于后续设备的固定、PCF板的预埋件,保证预制构件现场安装的连续性	优化构件拆分设计
人工费	人工费在钢筋绑扎、模板支撑、混凝土养护等过程中产生,主要由构件人工费、钢筋加工人工费、辅助工人人工费组成,根据构件种类不同,人工费占比略有不同,具体差异与构件的施工工艺有关	预制构件厂的主要人工为产业工人,存在生产效率不高的问题,导致了预制构件的人工费较高	提高工人生产效率
管理费	管理费是管理预制构件生产制造活动中发生的各项费用,管理费包含工厂管理费和企业管理成本。其中工厂管理费按每月管理总费用除以每月构件产量计算,与固定资产摊销计算方式相同;企业管理成本包含机关管理费、土地使用税和资金利息	预制构件厂存在重复性无效管理活动;预制构件厂的生产制造管理与构件现场安装管理衔接紧密度不高	提高管理水平
固定资产摊销费	固定资产摊销主要由厂房摊销、土地摊销、设备摊销三部分组成,计算方法为依据固定资产类别不同选择摊销年限(厂房摊销年限为8~35年不等,土地摊销年限为35年,设备摊销年限为3~12年不等),进而确定每月摊销额,再用每月摊销额除以每月实际产量得到每立方米摊销成本	厂房、土地、设备属于一次性投入,在年产能达产率不高的情况下,构件的固定摊销费较高	扩大构件生产规模

表 6

不同预制率情况下施工成本增幅对比

序号	项目名称	装配率	预制构件种类	增量成本增幅
1	北京M住宅8#住宅楼	10%	叠合楼板、预制楼梯	11.87%
2	广州东荟城A7A栋产业化项目	10%	预制凸窗构件、预制内墙板	17%
3	W公司某社区2#产业化住宅楼	10%	叠合楼板、预制楼梯	19.17%
4	沈阳市亚泰城项目15#住宅楼	10.71%	叠合板、预制楼梯、预制阳台、预制空调板	24%
5	万科龙华保障房项目	15%	外墙挂板、楼梯梯段板、预制阳台、预制走廊板、预制女儿墙	10%
6	上海建工康桥6号地块4#住宅楼	15%	预制夹心保温外墙	29%
7	深圳市某工业化保障房项目	20%	预制剪力墙、预制阳台叠合板、预制楼梯以及预制花池	36.17%
8	上海万科房产X项目	20%	预制外墙、预制楼梯	32%
9	上海万科房产M项目	30%	预制外墙、叠合楼板、预制楼梯、预制阳台	37.5%
10	沈阳市凤凰新城项目10#住宅楼	37.16%	预制外墙、预制内墙、预制楼梯、叠合楼板、预制阳台、预制空调板	32.8%
11	北京万科中粮假日风景B3、B4楼	50%	预制外墙板、预制内墙板、叠合楼板、预制楼梯、预制空调板、预制女儿墙	41.7%
12	中建·深港新城余集村重建项目	51%	预制外墙板、预制内墙板、PCF板、叠合板、叠合梁、预制楼梯、预制阳台、预制空调板、预制阳台	33.83%
13	名流世家K2地块	72%	预制外墙板、预制内墙板、叠合板、预制楼梯、预制阳台板、PCF板	37.93%
14	哈尔滨市某小区4#楼工程项目	75.5%	预制外墙板、预制内墙板、叠合板、叠合梁、预制楼梯段、预制飘窗板、预制风道	40.32%

装配率  $x$  之间的关系可由一个多项式表示,如式(16)所示:

$$y = -9.84x^5 + 16.78x^4 - 5.80x^3 - 3.66x^2 + 2.64x - 0.06 \quad (16)$$

拟合优度的统计量可决系数  $R^2$  的结果为

0.7312, 接近于1, 说明该曲线拟合结果较好。

## (二) 测算结果分析

从图2中曲线的变化趋势可以看出, 当装配率在10%~30%的区间内时, 曲线呈上升趋势且斜率较大, 即增量成本随装配率的提升有较大幅度的增加;

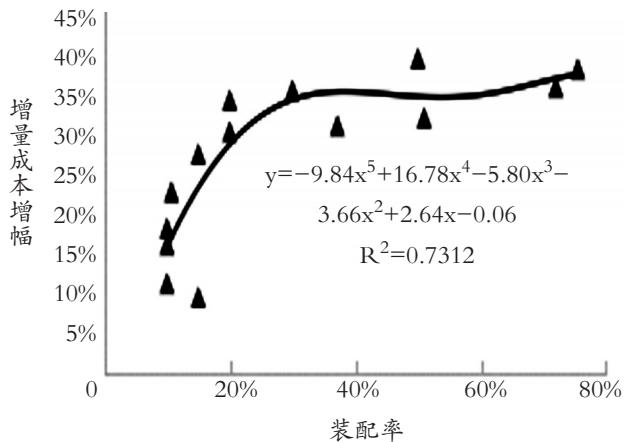


图2 增量成本增幅—装配率变化曲线

当装配率在30%~60%的区间内时,曲线几乎水平,即增量成本增幅稳定,基本保持在35%左右;当装配率在60%~75%的区间内时,曲线再次呈现上升趋势,并在装配率达75%的情况下,增量成本的增幅达到峰值,为40.32%,斜率值较大但小于装配率在10%~30%区间内的斜率值。产生这种变化趋势的内因包括:

首先,装配率在初期提升时由于预制构件的大幅使用,预制构件单方成本高的特点促使初期增量成本增幅变化较大。

其次,当装配率在30%~60%之间时,由于不同装配率的组合形式会有差异,不同预制构件的单价区别较大(例如200mm的预制内墙比三明治外墙板成本低很多,大型预制外墙、PCF板等竖向构件的单价较叠合板、叠合梁的单价高),企业会调整不同预制构件的组合方式,以在提升装配率的情况下尽量降低建造成本,维持增量成本增幅不变。

最后,当装配率大于60%时,在提升装配率的情况下,不同的预制构件均需要大批量地使用在实际项目中,因此增量成本又会提升,增量成本增幅也会继续加大。

## 五、结论

本文基于工程造价管理视角,通过建立装配式建筑增量成本测算体系,应用规模经济理论,结合实证分析,最后得出以下结论:①通过测算分析,装配式建筑较传统现浇式建筑在土建分项成本上产生的

增量成本为259.79元/m<sup>2</sup>,测算结果与市场情况相符,证明了测算的合理性。②装配式建筑增量成本的主要增项为材料费中的预制构件成本。对预制构件综合单价的影响按重要程度从大到小依次是材料费、人工费、管理费、固定资产摊销费,其在增量成本中的占比分别围绕30%、25%、15%和10%上下浮动。③装配式建筑项目的增量成本与装配率呈正相关关系,装配率在30%~60%之间时较为经济合理,此时增量成本增幅随装配率提升基本不变。④建筑业相关企业可从优化构件拆分设计、提高产业工人生产效率、提高管理者管理水平、扩大构件生产规模和确定经济合理的装配率等方面有效降低装配式建筑的增量成本。

### 主要参考文献:

- 陈伟,秦海玲,童明德.多维作业空间下的装配式建筑工程资源调度[J].土木工程学报,2017(3).
- Barlow. Choice and Delivery in Housebuilding: Lessons from Japan for UK Housebuilders[J]. Building Research and Information, 2003(3).
- Memon. Factors Affecting Construction Cost in Mara Large Construction Project: Perspective of Project Management Consultant [J]. International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology, 2010(12).
- 李丽红,耿博慧,齐宝库,雷云霞,栾岚.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).
- 郑生钦,王德芳,左清兰,贺庆.基于SEM的装配式建筑成本影响因素研究[J].项目管理技术, 2016(11).
- 王英春.基于全寿命周期的装配式建筑成本控制研究[J].江西建材,2017(9).
- 蔡军,马丁·斯科特.基于层次法的预制装配式建筑目标成本计算及其AHP评价[J].财会月刊, 2016(12).

作者单位:1.武汉理工大学土建学院,武汉430070; 2.武汉市工程建设标准定额管理站,武汉430015