



装配式混凝土建筑的增量成本与降低措施

朱文斌

(中冶长天置业有限公司, 湖南 长沙 410205)

摘要: 目前,装配式建筑得到政府的大力推广,但其较高的增量成本是妨碍其发展的主要障碍。因此,研究并降低其增量成本至关重要。文章以中冶长天置业有限公司在长沙市完成的A、B两个项目为例,统计了增量成本的具体数据,分析了增量成本的构成,并提出了增量成本的降低措施。研究表明:政府制定并完善装配式建筑生命周期各环节的规范与标准体系、加强装配式建筑设计标准化、推行一体化的装配式工程承包模式、加强装配式建筑构件深化设计、生产、运输、安装全流程的管理水平等措施,可以有效地降低装配式建筑的增量成本。

关键词: 装配式建筑; 装配式构件; 增量成本; 降低措施

中图分类号: TU973⁺. 23

文献标识码: A

文章编号: 1673-8993(2024)10-0095-06

doi:10.13402/j.gcjs.2024.10.140

Incremental cost and reduction measures of prefabricated concrete buildings

ZHU Wenbin

(MCC Changtian Property Co., Ltd., Changsha 410205, Hunan, China)

Abstract: At present, the prefabricated building has been vigorously promoted by the government, but its high incremental cost is the main obstacle to its development. Therefore, it is very important to study and reduce its incremental cost. Taking the example of two projects completed by MCC Changtian property Co., Ltd. in Changsha city, the author counts the specific data of incremental cost, analyzes the composition of incremental cost, and puts forward the measures to reduce incremental cost. The study shows that the incremental cost of prefabricated buildings can be effectively reduced by the following measures: the government should formulate and improve the norms and standards system of each link in the life cycle of prefabricated buildings, strengthen the standardization of prefabricated building design, implement the integrated contracting mode of prefabricated projects, and strengthen the management level of the whole process of design, production, transportation and installation of prefabricated building components

Key words: prefabricated buildings; prefabricated components; incremental cost; reduction measures

随着我国城市化建设步伐的加快,生产力水平大幅提高,绿色环保可持续发展的理念深入人心,装配式建筑的发展不断迎来崭新的契机。

2016年9月27日,国务院办公厅印发了《关于大力发展装配式建筑的指导意见》,全面、系统地阐述了推动装配式建筑发展的目标、任务和策略。湖南省和长沙市根据这一指导意见的精神,

相继出台了《湖南省人民政府办公厅关于加快推进装配式建筑发展的实施意见》、《长沙市人民政府办公厅关于进一步推进装配式建筑发展的通知》和相关优惠政策,装配式建筑在我省获得了迅猛的发展。

目前,在我省的新建建筑中,装配式建筑所占的份额相对较少。调查发现,很多施工单位不

收稿日期: 2024-05-23

作者简介: 朱文斌(1975—),男,高级工程师,副总经理,从事工程成本优化、动态监控与干预方面的研究。

愿意推行装配式建筑，究其原因，主要是与现浇混凝土建筑相比，装配式建筑的增量成本(下文简称“增量成本”)较高。

近年来，国内学者对装配式建筑的增量成本也有很多研究。王广明等^[1]对建筑增量成本有深入研究，并提出了一些降低增量成本的对策；刘骞^[2]深入研究了装配式夹心保温密肋复合墙结构增量成本的分析及控制；赵亮等^[3]从装配式建筑全寿命周期的角度分析了增量成本的影响因素并提出了控制对策。

本文通过对长沙市多个住宅小区装配式楼栋的增量成本进行分析，揭示引发增量成本的原因，并为合理降低增量成本提供一些建议，希望能为装配式建筑在我省的推行提供一些参考与借鉴。

1 增量成本统计分析

2020 年以来，施工完成的装配式建筑项目与现浇混凝土项目，其增量成本构成如表 1 所示。

这两个项目的结构形式均为剪力墙结构、建筑高度均为 18 层、施工时间相近、施工地点相近。A 项目主要的装配式建筑构件包括 ALC 墙板、叠合楼板、阳台板、空调板等，B 项目为全现浇结构。

这两个项目均位于长沙市岳麓区，抗震设防烈度均为 6 度，同是高层住宅项目，设计单位都是长沙市著名设计院，施工单位都是具有特级施工资质的长沙本地国企。

表 2 体现的是 2020 年—2021 年施工完成的两个建筑图纸相同的项目，差别只在于：C[#]栋楼采用的是叠合楼板，D[#]栋楼采用的是现浇楼板。其他部分都相同。

对比表 1 的两个项目可知，当抗震设防烈度为 6 度、建筑层数均为 18 层时，装配式混凝土建筑项目的增量成本约为 200 元/m²。

由上表可知，装配式建造方式与现浇建造方式的成本差异，主要体现在建筑安装工程费中的钢筋工程、砌筑工程、混凝土工程、模板工程措

表 1 装配式项目与现浇混凝土项目的增量成本统计

序号	类别	A 装配式项目/(元·m ⁻²)	B 现浇项目/(元·m ⁻²)	(A - B)差值/(元·m ⁻²)
1	钢筋工程	218. 17	182. 70	35. 47
2	砌筑工程(装配式)	121. 44	0	121. 44
3	砌筑工程(现浇)	19. 60	95. 50	- 75. 90
4	现浇混凝土工程	238. 55	175. 97	62. 58
5	装配式混凝土工程	169. 43	0	169. 43
6	模板工程	159. 49	188. 68	- 29. 19
7	综合脚手架工程	34. 61	46. 55	- 11. 94
8	垂直运输费	27. 66	65. 18	- 37. 52
9	超高施工增加费	6. 69	30. 13	- 23. 44
10	抹灰工程费	2. 38	22. 45	- 20. 07
11	合计	998. 02	807. 16	190. 86

表 2 叠合楼板的增量成本统计

序号	类别	C [#] 栋叠合楼板/(元·m ⁻²)	D [#] 栋现浇楼板/(元·m ⁻²)	(C - D)差值/(元·m ⁻²)
1	有梁板	87. 09	106. 10	- 19. 01
2	叠合楼板施工	28. 69	1. 92	26. 77
3	叠合楼板甲供材	115. 94	11. 34	104. 60
4	脚手架	55. 30	58. 06	- 2. 76
5	模板工程	56. 07	111. 58	- 55. 51
6	垂直运输费	8. 14	16. 19	- 8. 05
7	天棚抹灰	2. 08	20. 83	- 18. 75
8	合计	353. 31	326. 02	27. 29

施费、综合脚手架工程措施费、垂直运输费、超高施工增加费、抹灰工程费等方面。

另外，装配式建筑在结构形式、受力特征、装配率、项目所在地地质条件和气候条件、建筑规模、建筑高度、抗震设防烈度等方面的差异，都会在很大程度上影响增量成本的具体数值；不同的管理模式、相关参建单位参差不齐的管理水平，对增量成本也有很大的影响。

2 增量成本组成分析

装配式建筑各分项工程的建造成本相比现浇方式，有增有减。现将成本增加部分和成本减少部分总结如下。

2.1 成本减少部分

2.1.1 施工现场的部分钢筋工程和部分混凝土工程

装配式建筑工程中，ALC 墙板、阳台板、空调板等构件的钢筋工程和混凝土工程施工，都在构件厂中进行；叠合楼板的钢筋工程和部分混凝土工程的施工，也在构件厂中进行。这种施工组织形式，减少了施工现场的钢筋工程费用和混凝土工程费用。

2.1.2 砌筑工程

A 项目采用装配式墙板（ALC 墙板，厚度为 200 或 100 mm）方式施工，不便采用 ALC 墙板的地方才使用砌体砌筑方式施工，因此其砌筑工程量远低于现浇方式下的砌筑工程量。

2.1.3 抹灰工程

装配式建筑构件是在工厂使用模具制作，其平整度高于现浇混凝土的相应构件。因此，施工过程中只需要对安装好的装配式构件（如 ALC 墙板、叠合楼板等）拼缝处进行简单填充或者修补，无需整体找平即可移交下一道工序，这大幅降低了抹灰工程成本和脚手架措施费成本。

2.1.4 措施费

叠合楼板等装配式建筑构件，可以代替水平方向的模板。所以，现场模板及其支撑的支、拆工作量大幅减少，模板工程措施费降低。

2.1.5 其他减少的费用

部分管道（管线）的预留预埋；建筑垃圾清运

工程量减少；混凝土泵送费减少；现场所需人工费减少；等。

2.2 成本增加部分

2.2.1 装配式建筑构件深化设计成本增加

装配式建筑的设计一般分为两个阶段：1）根据现阶段的设计规范和技术准则等进行整体建筑设计，明确使用装配式构件的位置和工程量等；2）将装配式建筑构件进行深化设计，将构件拆分和专业集成之后的加工图进行详细地整合。

目前的装配式建筑构件深化设计程序如下：

（1）负责整体建筑设计的单位一般不具备装配式构件深化设计能力，因此，建设单位一般会邀请某一装配式建筑构件供应商，在招投标阶段前参与标书制作。

（2）受邀的装配式建筑构件供应商在参与标书制作时，往往会承诺如果中标，将会免除设计费用。

（3）参与招标文件制作的构件供应商，在进行构件深化设计时，往往倾向于使用自己擅长的、独有的拆分方式和结构节点，从而达到排除其它竞争者、方便自己中标的目的。

尽管构件供应商会承诺一旦中标，将会免除深化设计费用。但是，这笔费用最终还是会体现在装配式构件成本中。

2.2.2 装配式建筑构件的生产、运输、安装等成本增加

（1）装配式建筑构件的生产成本增加。

装配式建筑构件的生产成本主要包括人工费、主材费、辅材费、模具摊销费、管线与预埋件设置费、蒸汽养护费等。该部分成本远高于现浇构件。如果装配式构件设计为非标模数，通用性差，则生产成本还要增加。

装配式建筑构件中的主材费主要是混凝土和钢筋，这两部分也比对应的现浇构件要高。

1）装配式建筑构件中的混凝土用量较之现浇构件会增加，其原因是：现浇混凝土楼板厚度，一般厚度为 120 mm，而叠合楼板一般厚度为 130 mm（下部装配式叠合楼板一般厚度为 60 mm，上部现浇板一般厚度为 70 mm）。

2）装配式建筑构件中的钢筋用量较之现浇构

件会增加,其原因:各类装配式建筑构件与现浇构件连接节点处需增加钢筋,如底板连接筋、附加通长构造钢筋、抗剪钢筋等;装配式建筑构件为满足起吊要求,需增加相关构造钢筋;叠合楼板需增加桁架钢筋等。

(2) 装配式建筑构件运输成本增加。

装配式建筑构件运输时,需要精心堆放、谨慎驾驶;如果装配式建筑构件需要在工地临时堆放,那么还需要增加堆放场地和堆放货架;如果施工道路和堆场地面地质条件不佳,还可能不存在施工道路加固、堆场地面加固的费用。

(3) 装配式建筑构件吊装费用增加。

主要是构件垂直运输费、构件安装费、专用工器具摊销费用等。

装配式建筑构件的尺寸和重量较大,其吊装所需的塔吊型号,一般要比现浇混凝土项目所需的塔吊大一到两个型号,这种需求提高了塔吊设备的租赁成本。

(4) 增加墙、板临时钢支撑。

(5) 墙板和楼板拼缝处理及相关费用:用于对 ALC 墙板和叠合楼板等构件进行拼缝处理的胶结材料、填充材料等材料费和相应的人工费、措施费等。

(6) 外墙缝防水处理。

(7) 叠合楼板间的缝隙也可能采用后浇的方式闭合,并且底部会进行抹灰处理,这增加了部分费用。

3 降低增量成本的措施

3.1 政府制定并完善装配式建筑生命周期各环节的规范和标准体系

装配式建筑的成本控制,首先需要政府根据装配式建筑推行过程中的实际情况,制定、完善并有力地推进装配式建筑在设计、生产和运输、安装、运营、维护、造价等整个生命周期各环节的规范和标准体系建设,推行模数化设计,为装配式建筑的成本控制提供依据,从根本上降低装配式建筑的建造成本。

3.2 加强装配式建筑设计的标准化

显而易见地,如果建筑形式、外立面、建筑

模数存在较大差异,那么其建造成本的差别可能会非常显著。同样地,在建筑设计中,如果采用的装配式构件种类繁多、模数各异,并且结构较为复杂,那么所需的配套模具数量将会增加很多,从而导致成本增加。

因此,在方案策划和方案设计阶段就应全面、系统、深入地考虑建筑方案对结构设计、构件生产和运输、安装环节的影响。建筑方案设计时应尽量采用常规建筑模数,建筑形式和外立面不要过于复杂,方便装配式构件供应商采用标准化模具。只有大幅度减少模具种类并提高周转次数,才能从源头上降低装配式构件的生产成本。

3.3 推行一体化的装配式工程承包模式

目前,装配式建筑构件的深化设计、生产和运输通常由构件供应商完成,构件安装通常由总承包单位完成,这使得装配式构件的优势没有充分发挥,甚至可能导致成本增加、工期延长、推诿扯皮等问题。

因此,在施工组织形式上,应当推行构件深化设计、生产和运输、安装一体化的装配式工程承包模式,由一体化装配式承包商负责装配式建筑构件的深化设计、生产和运输、安装等相关工作内容,这种模式既能够避免装配式构件被当做甲供材料来看待,也能够很大程度上减少实施过程中的摩擦和纷争。

目前阶段,建设单位在进行招标采购时,应尽量选择构件深化设计、生产和运输能力比较强的大型装配式构件供应商,从而获得更具性价比的产品。

3.4 加强装配式构件深化设计、生产、运输、安装全流程的管理水平

在进行装配式建筑构件深化设计时,应坚决响应国家号召,使用 BIM 技术,达到设计标准模数化、生产工厂精细化、施工装配机械化、装修一体化、信息化和智能化的运营管理模式,并以此协同上下游产业链的发展。

推广 BIM 技术的优点:

(1) 三维模型清晰直观。BIM 技术采用建筑信息模型与现实工程进行三维建模。在三维模型视图下,可以直观地展示构件的钢筋配置、预埋

件设置和预留管道设置,清晰地显示各组件之间的相对位置,并且能够标注出构件的材质信息。BIM 技术既能提高图纸设计的精确度,也使得整个建筑物的可视化程度大为提高、清晰直观,还能大幅减少工程师的工作量。

(2) 可以同步进行信息修改。二维制图模式下,每次修改某张图纸或某个构件的参数,就要求工程师必须自行修改与之相关的其他视图下的相关参数。在 BIM 软件中,一旦模型发生修改,各个视图就会发生联动修改,从而保持信息的一致性,大幅降低了工程师的繁琐工作和出错概率,提高了设计效率。

(3) 可以多专业协作。在设计阶段,需要进行多专业协作,既要对接装配式建筑的模型进行整体的技术优化,又要通过接口连接、节点构造和模块化组合等方法,实现装配式构件部品、部件的一体化集成设计,还要提前发现和妥善协调各个专业之间的碰撞、空间冲突、净空要求、防火布置、构件重叠等问题。借助于 BIM 技术,就能轻松实现各专业之间的信息共享和数据集成。

(4) 方便进行碰撞检测。在施工时,管线可能与结构梁、柱、墙、板等构件发生空间碰撞;当管线穿过墙、板时,也有可能和结构件里面的钢筋发生碰撞;管线还有可能与结构件或者别的管线存在空间冲突、净空要求不足、防火布置不当等各种问题。

在以往的施工经验里,都是被动地等到现场发生了这些碰撞,再根据实际情况进行调整,为此经常造成返工、纠纷。采用 BIM 技术后,就可以采用碰撞检测,提前进行纠偏,不至于引起工期延误和经济损失。

(5) 完整输出信息。BIM 软件不仅能在图纸中描述建筑物的三维几何信息,同时还能够添加包括材质、供应商、技术参数等在内的工程信息。

3.4.1 深化设计阶段的增量成本控制措施

(1) 深化设计阶段,推行 BIM 软件,尽量提高集成化管理水平。装配式建筑构件在深化设计阶段会涉及到建筑、结构、给排水、电气、采暖、通风、保温、装饰、节能、管线等多种专业,在这种情况下,为避免考虑不周、诉求不一、协同

不力等各种问题,应尽量利用 BIM 设计软件能多专业协同的优点,或者以多召开设计协调会的方式,使得装配式建筑参与各方积极参与、群策群力,实现高效协同配合,加强各参建单位和各专业一体化集成设计效率,降低返工的概率。

(2) 建立装配式构件标准化设计体系。在装配式建筑工程中,如果构件的标准化程度不高,则供应商需要针对每个特定构件定制模具。在成本核算时,整套模具的成本将被单独计入一个项目,这会导致装配式建筑构件的生产成本和生产时间显著上升。因此,提升装配式建筑构件的通用性和模块化设计能力至关重要,这推动着装配式构件供应商构建以标准化部品、部件为核心的深化设计体系。

3.4.2 生产阶段的增量成本控制措施

(1) 提高模具周转次数。模具周转次数越多,则模具的摊销成本越低。假设,某叠合楼板模具的成本约 20 000 元/套,按单块叠合楼板混凝土体积 0.5 m^3 计算,如果该模具使用 20 次报废,则模具成本为 2 000 元/ m^3 ;如果该模具使用 200 次报废,则模具成本为 200 元/ m^3 。

因此,装配式构件标准化程度越高,则模具周转次数越多,摊销成本也越低;另外,装配式构件厂也应对模具进行统一养护,尽量延长其使用寿命,提高其周转次数。

(2) 提高模具的深化设计水平和制作精度。装配式构件设计部门应与构件制造厂紧密配合,以提升模具设计和构件生产之间的匹配程度。构件设计部门在进行深化设计时,应尽量使用构件制造厂现有的模数化模具,减少定制化模具的使用。其目标是提高模数化模具的周转率,降低模具的废弃率,同时减少因异型构件造成的模具浪费,从而降低生产成本。

另外,模具制作精度在装配式建筑构件的生产过程中至关重要,而且直接决定了装配式建筑构件的品质。因此,模具本身的制作精度需要引起高度重视,保证其强度、刚度、稳定性、平整度等各项指标都要达标。

3.4.3 运输阶段的增量成本控制措施

(1) 制定合理的装载方案。在装配式建筑构

件的运输方案中,应根据构件的尺寸选择合适的运输车辆,最大程度地保证装载量,提升运输效率,同时合理选定卸载点或临时堆放区域,以减少二次搬运。为防止构件在运输中因碰撞而损坏,应在构件之间放置木条或混凝土垫块作为隔离。在临时堆叠构件时,应遵循“小件在上,大件在下”的原则,堆叠层数不宜超过7层,以防止运输过程中的倾覆。对于构件可能出现裂缝的区域,应进行加固和设置保护措施。

(2) 选择合适的运输路线。在装配式建筑构件运输前,必须提前掌握城市主干道、高架桥和桥梁的限高、限宽以及事故多发区域等信息;同时,也必须了解运输车辆所经过的城市道路的拥堵状况、通行时间和路况等细节。然后,根据这些情况,选择合适的运输路线,以防止由于道路管制或颠簸等异常情况导致构件交付时间延迟、构件损坏或工程进度延误。

3.4.4 安装阶段的增量成本控制措施

(1) 项目管理人员应选用经验丰富的工程师,在施工组织设计阶段就进行合理的施工准备,掌握一体化施工的全流程,制定合理的施工计划,全过程机械化吊装,减少吊装设备的使用台班、充分发挥吊车的使用效率。

(2) 编制合理的施工组织设计。尽量将装配式建筑构件安装作业,分解为若干个流水线施工工序同时进行,以提高装配式建筑构件的安装效率,缩短工期,减少人工费、材料费、机械费和措施费。

只要施工组织设计编制得合理,是可以避免在施工阶段出现人员窝工、设备闲置等问题的,也能尽量减少工种、专业、工序之间发生矛盾的现象。

(3) 施工单位应建立、健全从业人员的培养机制,培育一批专业性强的复合型人才,定期进

行学习和总结经验,从而避免现场安装人员经验不足导致构件安装进展缓慢。

3.4.5 精装修住宅项目适合推行装配式建筑

装配式建筑与现浇建筑相比,工期缩短的工序主要有:墙钢筋绑扎、墙模板安装及拆除、墙混凝土浇筑、板模板安装及拆除、板混凝土浇筑、墙体砌筑、墙面抹灰、天棚抹灰等;增加了工期的工序主要有:ALC墙板吊装、板间接缝处修补、叠合楼板吊装等。总体来看,结构施工的总工期相差不大。

但是,如果该装配式建筑项目同时推行精装修,那么建设单位可以提前安排精装修单位进场作业,从而缩短总工期,实现提前交房。这将会大幅节省房地产开发项目的资金成本。

4 结 语

本文以装配式建筑增量成本为切入点,着重研究了引发增量成本的原因,并提出了政府制定并完善装配式建筑生命周期各环节的规范与标准体系、加强装配式建筑设计的标准化、推行一体化的装配式工程承包模式、加强装配式建筑构件深化设计、生产、运输、安装全流程的管理水平等措施,可为装配式建筑的进一步发展提供一些思路。

参考文献:

- [1] 王广明,武振. 装配式混凝土建筑增量成本分析及对策研究[J]. 建筑经济,2017(1):15-21.
- [2] 刘骞. 装配式夹心保温密肋复合墙结构增量成本的分析及控制[D]. 新疆:新疆农业大学,2021.
- [3] 赵亮,李思贤,滕俊杰. 装配式建筑全寿命周期增量成本影响因素及控制对策[J]. 建筑经济,2021(11):98-104.