

BIM技术在装配式建筑施工成本管控中的应用

□ 崔玉 彭来 陈钰婷

[摘要] 本文从BIM技术运用于预制装配式建筑施工成本控制的优势出发,剖析影响预制装配式工程施工成本核算管理的关键因素,以实际工程项目案例深入研究,以实例印证BIM技术与装配式施工过程中成本管控的融合运用,为实际工程项目施工成本核算管理问题提供借鉴。

[关键词] BIM技术; 装配式建筑; 施工成本; 成本管控

随着新时代的发展和科技进步,我国建筑工业化与信息化也迎来快速发展,建筑行业迎来新的机遇和挑战。然而传统建筑生产方式过于粗放而导致的社会资源浪费严重、环境污染严重问题,成为发展绿色建筑的绊脚石,也在一定程度上阻碍国民经济可持续发展。因此,预制装配式建筑工程凭借着损耗较少、工期短等多项特点而受到许多专家学者和工程师的广泛关注。目前,我国已经积极引进预制装配式建筑物,并大力推广装配式建筑,通过生产设备制造好构件后将运送到施工现场进行安装,有效缩短工期、降低成本,减少对环境、节约材料,实现社会资源优化配置^[1]。但是,我国当下装配式建筑施工成本居高不下,严重制约施工企业应用发展,如何以最低的施工成本提供最优质的建筑,是装配式建筑发展的根本动力。作为中国建设信息化产业革命的主要推动力,BIM信息技术必须具备高度可视化、协同化、仿真化、标准化、精细化等特点,为降低装配式建筑施工成本提供有效的信息化手段,促进装配式建筑施工成本控制水平的提升,有利于推动我国绿色建筑的发展^[2]。本文的研究内容针对装配式施工成本管控管理,并为建筑施工公司开展式施工成本管控的精细化管理工作提供了参考,也拓宽BIM应用领域,具有广阔的发展空间和推广前景。

1 影响装配式建筑施工成本的关键因素

预制建筑物,是在施工现场由预制部件制成的建筑物^[3],工厂生产并向施工现场提供标准的预制部件,组

织工人进行现场安装,并构造结构部件。常见的预制建筑物类型包括砌块建筑物、板式建筑物、箱形建筑物、骨架板式建筑物以及立管。影响装配式建筑施工成本的关键因素包括预制构件的标准化、现场布置的最优化、进度管理的高效化、成本管理的精细化、数据信息的集成化。

预制组件的标准是工业化生产的先决条件,在工业化生产条件下没有不同形状和大小各异的建筑模块,这不可避免地导致因模具和后续机械设备的多样化而生产困难,并且严重影响建筑物的结构。合理布局施工区域,可以极大提高施工效能,保证施工质量,减少工程建设风险。在施工过程中,要进行动态控制调整,制订施工进度表,分阶段进行施工,调整施工方案,以便协调过程可以同时进行多个工作面,确保施工质量和安全管理。从预制零件的定价到建筑图纸的预算,从工人和机械的组织到现场,以及临时施工和建筑措施的实施,WBS方法用于对预制建筑成本进行精细管理分类,并分解预制建筑成本的管理内容。由此可见,预制房屋的建设离不开各方的合作,信息渠道的畅通是各方合作的基础,数据信息的整合将带来各种专业壁垒和隔墙。

2 BIM信息技术在装配式建筑施工成本管理中的优势

2.1 图纸优化设计

BIM的实际应用始于模具车锁,即根据现有图纸构建BIM模型。建筑物、构筑物、给水和污水、暖通空调、电力等专业根据现有图纸(尤其是管道的综合布

[基金项目] 广西壮族自治区教育厅2020年度广西高校中青年教师基础能力提升项目“基于‘BIM+F-AHP’的工程施工安全评价体系应用研究”(编号:2020KY34025)研究成果。

[作者简介] 崔玉,广西交通职业技术学院,工程造价专业骨干教师、双师型教师,高级工程师,专职教师,讲师,硕士。
彭来,广西交通职业技术学院,工程造价专业骨干教师、双师型教师,专职教师,讲师、工程师,硕士。
陈钰婷,广西交通职业技术学院,工程造价专业骨干教师、双师型教师,讲师、工程师,硕士。

置)在不同阶段生成BIM模型,而工作集方法允许相互独立的模型互换位置和属性,BIM3D软件基于2D图纸创建3D模型,以实现图纸的处理和加深,及时发现图纸中的问题,并向设计机构反馈,且还可通过BIM 3D可视化实现更多操作^[4]。通过BIM建模,使用碰撞检查功能解决所有碰撞问题,除了实际的碰撞问题,还可以检查由于工作面不足而导致的安装错误问题。

2.2 施工强化管理

创建BIM施工现场模型,可优化施工道路,确保施工机械和运输车辆顺利进入施工现场;合理堆放物料,以免发生火灾;合理安排各功能区,使现场运输经济合理高效,接近服务目标。根据每个阶段的建筑特点,合理划分建筑面积,有效管理各种职业和工作面的协调运作。

2.3 成本精细管控

使用BIM核心建模软件的统计功能—进度表,可准确计算工程量。基于BIM技术的施工物料动态管理模式实现物料信息全面管理,综合BIM轻量级模型集成,通过二维代码和网页实现对关键物料的跟踪,始终关注物料进度和物料交付时间并建设工地资料。BIM5D模型可以随时识别资源需求并提供数据支持,以制订未来的材料使用计划和配额选择,同时跟踪项目开发,将计划数量与实际数量进行比较,并直观、清晰地读取差异,采取及时纠正措施,以实现有效的成本控制。

3 BIM技术在装配式建筑施工成本管控中的应用

3.1 工程概况

项目为广西柳州某装配式宿舍楼(1#、2#),2#地上6层,整体面积为4448.91m²,安装率高达73.4%,为A类预制装配式建筑物。该建筑物所使用的部品配件包含预制柱、预制叠合梁、预制叠合板、钢筋预制台阶、游戏外挂楼板、预先准备的沉箱、轻量化隔墙等,工期为20周,预算成本2500万元,其中2#楼预算成本约1200万元。本文以2#楼地上结构作为研究对象,结合Revit、博奥、Navisworks软件进行全面的成本分析,达到成本管理控制要求的目的。

3.2 基于BIM技术装配式建筑施工成本管控应用

3.2.1 场地布置

合理场地布置可实现高效施工。项目前期通过场地设计,Revit建立场地模型,将办公区、生活区、施工区独立分开,绘制施工现场布置三维效果图,对施工区内的材料堆场、加工棚、塔吊位置进行合理优化,提升施工效率。同时,施工道路根据车辆运输现场情况进行

合理布置,满足道路宽度不小于4m,转弯半径不小于15m,确保车辆能正常行驶。

3.2.2 安全管理

借助Revit的三维可视化技术实现施工现场的安全标准化建设,在施工前期统一安全标识,贴附指定位置,在“五洞口”“四临边”危险地带设置防护围栏。定期开展安全动员培训,通过三维可视化操作,让施工人员对工作中碰到的危险做到心中有数^[5]。实施过程中对大型机械、车辆进行加载,利用明细表功能进行数量统计,更新维修日志,确保机械设备运转正常。通过Revit实现的施工现场安全管理以及三维科学与计算的可视化安全性培训,可以提升安全管理效率,增强施工人员的安全意识,从而减少安全事故的发生率,进而降低建筑施工生产成本。

3.2.3 技术交底

无论是Revit模型还是Navisworks模型,项目部都可通过可视化交底会议,对叠合梁吊装模拟进行深度分析,实现三维技术交底,有效地指导施工人员作业,避免因施工人员盲目作业而造成返工、停工等情况。通过动态的视频播放,可以让施工人员清晰直观地了解具体构件,如柱底灌浆的供需模拟,使其生动、形象,便于理解和操作(如图1)。同时,项目还需做预先准备的柱吊、游戏外挂地下室壁板吊、叠合梁、模板、沉箱的吊装和现浇部分的模拟等多个录像组。各施工队长与施工管理人员通过手机观看录像了解施工方式,进一步加强工程项目管理,提高施工人员对施工方法的正确理解,从而有效减少返工现象的产生,大大提高工程建设效果和服务质量^[6]。

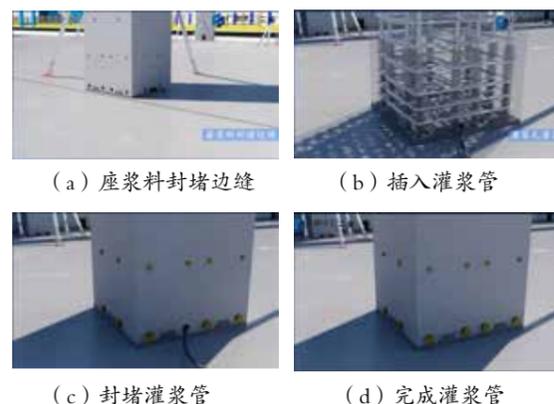


图1 柱底灌浆工序模拟

3.2.4 模型算量

点击“Quantification”命令,创建“项目目录”和“资源目录”,关联清单项目与模型构件,设置特征映射,建立算量模型。在关联的过程中,可以点击“隐藏算量”,实现关联一个模型,同时取消一个模型,保证构件不重复、不遗漏。以其中一个标准层为例,可以显示主体构件的统计工程,如图2所示。

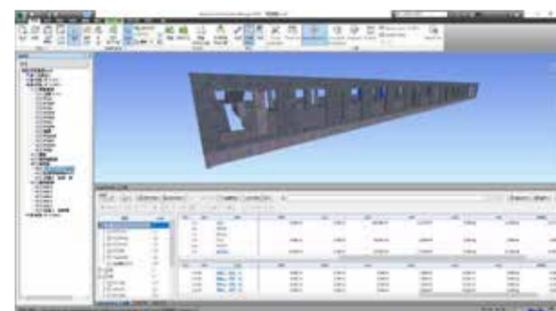


图2 3F柱的工程量统计

计算统计标准层主要预制构件用量,如表1所示。工程主要预制构件工程量统计如表1所示,通过Navisworks模型算量,快速生成预制构件工程量,结合企业广联达软件计算进行对比,发现误差较小,具有指导施工意义。

表1 标准层主要预制构件工程量统计

类型	种类	数量	方量(m ³)/面积(m ²)
梁	DHL1	6	8.644
	DHL2	7	6.581
	DHL3	6	4.297
	DHL4	7	7.745
	DHL5	7	8.935

3.2.5 物料管理

项目前期对图纸进行深化拆分,建立装配式建筑构件标准族库,并通过二维码生成器,生成每个构件的二维码,放置word文档中,与Navisworks模型以添加链接的方式相关联,并将二维码打印贴在实体构件表面。构件在施工的过程中,通过扫描二维码快速找到构件并获取位置信息,以便实施吊装就位。在本次施工过程中,虽然前期二维码制作相对烦琐,但后期施工人员在调取信息时却十分方便,总体上确保施工有效进行,提升施工效率。

3.2.6 进度管理

打开Navisworks模型,点击“TimeLiner”命令,对工程进度进行添加任务,也可通过Project工程文件导入,自动生成,其后还需要编辑该任务的对象与模型构件相关联,即可开始进度模拟。还可以对不同类型的外观颜色进行设置,“结束外观灰色,提前外观绿色,延后外观红色”,即可在动态的模拟中显示工程进度情况;绿色表示提前施工,红色表示滞后,给施工管理提出预警;也可重新制订施工方案,调配人力、物力控制进度和管理进度,保证施工有序进行,确保工程能够如期交付业主。

3.2.7 动态成本控制

动态成本费用管理主要通过挣的值法对成本费用加以管理,达到总体掌控成本费用的目的,动态成本控制如图3所示。采用BIM5D模型,将物料消耗量、生产成本、费用等生产成本关键数据,再利用公式编辑的方法注入实际模块中(通过广联达对比发现,工程量相差不大),将生产成本数据细化至具体构件,再利用BIM计价软件计算出准确的项目预算生产成本(BCWS=计划实现实际作业数量×项目预算单价),如表2所示。已实现实际管理工作的项目预算生产成本(BCWP=现实达成作业数量×项目预算单价)和现实达成管理工作的现实生产成本(ACWP=现实达成作业数量×实际价格),对比三者,利用比较结果分析现实管理工作时间和生产成本之间的偏差,并及时纠偏,实现过程中动态成本控制^[7]。

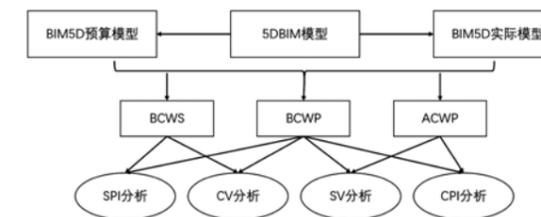


图3 动态成本控制

随着项目工作进度的持续更新,项目的进度信息也在不断变化,不同的进度信息可以同时进行相对应的节点物资消耗量和实际成本调查。根据项目的资金计划(BCWS),结合第实际成本(ACWP)和已完工程预算成本(BCWP),进行案例项目1—18周的三算对比,如表3所示,绘制出成本分析曲线如图4所示。

表2 预算生产成本 (BCWS)

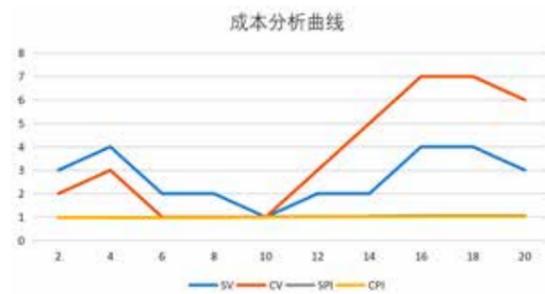
序号	工程名称	计划投资 (元)
柳州某装配式建筑 2#楼—建筑装饰		
1	分部分项工程和单价措施项目清单计价合计	3642034.94
1.1	其中: 暂估价	
2	总价措施项目清单计价合计	264689.77
2.1	其中: 安全文明施工费	242002.07
3	其他项目清单计价合计	
4	税前项目清单计价合计	123315.20
5	规费	287494.61
6	增值税	431753.45
7	工程总造价=1+2+3+4+5+6	4749287.97
柳州某装配式建筑 2#楼—装配式构件		
1	分部分项工程和单价措施项目清单计价合计	4912593.37
1.1	其中: 暂估价	
2	总价措施项目清单计价合计	387743.40
2.1	其中: 安全文明施工费	354508.25
3	其他项目清单计价合计	
4	税前项目清单计价合计	
5	规费	96819.97
6	增值税	539715.67
7	工程总造价=1+2+3+4+5+6	5936872.41
柳州某装配式建筑 2#楼—安装工程		
1	分部分项工程和单价措施项目清单计价合计	1091345.44
1.1	其中: 暂估价	
2	总价措施项目清单计价合计	59024.08
2.1	其中: 安全文明施工费	33584.13
3	其他项目清单计价合计	
4	税前项目清单计价合计	
5	规费	82885.57
6	增值税	135658.06
7	工程总造价=1+2+3+4+5+6	1368913.15

表3 案例项目1—18周三算对比 (单位/万元)

周数	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
BCWS	122	121	120	119	119	119	118	121	122	123
BCWP	119	117	118	117	120	121	120	125	126	126
ACWP	121	120	119	118	119	118	115	118	119	120
SV	3	4	2	2	1	2	2	4	4	3
CV	2	3	1	1	1	3	5	7	7	6
SPI	0.98	0.98	0.99	0.99	1.01	1.03	1.04	1.06	1.06	1.05
CPI	0.98	0.97	0.98	0.98	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.02



(a) BCWS、BCWP、ACWP成本分析



(b) SV、CV、SPI、CPI成本分析

图4 成本分析曲线图

从成本分析观察可知,项目在前8周进度相对落后且出现费用超支的情况,项目管理人员通过软件分析落后和超支的原因,根据调查得知,出现此原因是因为基础部分材料上涨、预留不足而导致出现碰撞、设计错误,应采用新技术、新分析方法等新方案,重新加快施工进度,节约成本。随着新技术的使用,从第9周开始,项目管理人员通过该方法及时分析出原因与解决方案,此时费用开始出现节约,进度开始加快,证明所采取控制措施切实有效。

3.2.8 碰撞检查

用Revit软件创建机电管综模型,导入NWC格式,

并用Navisworks打开文件(如图5),开展机电管综的碰撞冲突问题检查。先选择检查专业内的碰撞检测,如供水管与消防管道以及大桥梁与电缆套管之间,并形成撞击检查报告,才能更进一步证实其检测的准确性;其后检查专业间的碰撞检测,如大桥与风管间以及管道与大桥间等(如图6),提前发现设计中存在的错误,进一步优化模型,对一些施工关键节点进一步深化,指导施工,从而有效减少施工现场返工现象。在优化管综的过程中,充分利用天花板下的空间,实现有限空间的合理布局,提升内部净高,节省管线材料,以降低施工成本。本案例一共发现重大碰撞77处,经保守测算挽回经济损失30万元。

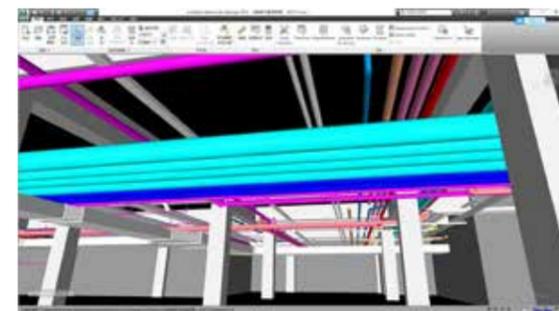


图5 机电管综模型 (Navisworks模型)

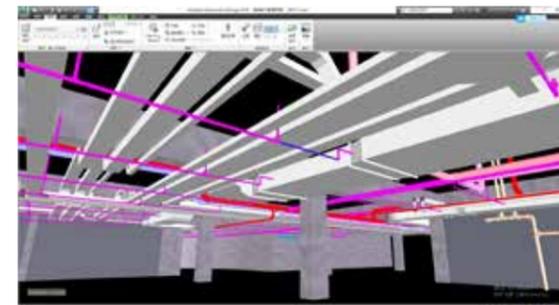


图6 喷淋管道与桥架的冲突问题

4 效果评价

通过对某装配式建设工程项目的运用,能够达到BIM施工对其在施工的控制,利用Revit的三维可视化技术实现场地布置、安全管理和技术交底,通过Navisworks软件实现模型算量、进度管理、工艺模拟和碰撞检查,对施工阶段成本管控具有一定促进作用。在装配式建筑施工成本控制方面,BIM技术的优点与实际

使用效果,可概况为以下几个方面。

(1) BIM模型信息丰富全面,且由Revit模型数据导入Navisworks模型无数据缺失,保障信息完整性、关联性。

(2) BIM模型的三维可视化技术清晰直观,便于理解,可以开展技术交底、安全培训等技术指导,以及因不理解技术要点而盲目施工所导致的返工,以及不必要的材料浪费和工期拖延,降低施工成本。

(3) BIM技术解决了施工中多项技术难点,对复杂的工艺可以通过简单动画展示,优化复杂的施工节点、降低施工难度,促进施工正常进行。

(4) 标准化构件可以多次使用,快速计算模型工程量,便于编制每月物资计划表,结合施工进度,构建5D管理,提升工作效率。

5 结语

高昂的成本问题一直是阻碍建筑装配式技术发展的重要因素,而能否解决成本问题直接影响着装配式建筑工程的规模、质量、周期以及普及程度。随着中国科技的发展和管理水平的提高,BIM技术应用在建筑装配式领域已然成为一种趋势。目前我国BIM技术在装配式建筑方面应用还比较新,存在许多方法不系统、不合理的现象,本文通过查阅大量国内外相关文献,针对装配式建筑在施工过程中出现的成本控制问题,研究利用BIM技术对装配式建筑实现动态成本把控。

[参考文献]

- [1]秦鸿波.基于BIM技术的装配式建筑成本控制研究[D].郑州:郑州大学,2018.
- [2]赵洪岩,李秋风,王浩.BIM在施工成本管理中的应用[J].建筑经济,2020,41(1):91-94.
- [3]高国国.装配式建筑PC构件的计价研究与成本预测[D].鞍山:辽宁科技大学,2019.
- [4]刘敬敏,黄宝添,秦康,等.BIM技术在装配式混凝土框架结构项目施工质量管理中的应用[J].建筑施工,2019,41(12):2257-2259.
- [5]郝小杨,李昊,张园.基于BIM技术地下车库管线综合应用研究[J].呼伦贝尔学院学报,2021,29(2):83-90.
- [6]韦永丽,张倩倩.装配式混凝土结构梁柱节点连接方式分析[J].四川水泥,2018(2):305.
- [7]王颖.基于BIM的某装配式建筑工程项目建造成本控制研究[D].济南:山东建筑大学,2018.