

BIM技术在装配式建筑施工中的应用

佟丽美 高广岩 张哲

中铁十九局集团有限公司济南分公司

摘要:分析装配式建筑施工过程中,利用BIM技术解决优化施工过程中存在的施工策划、质量管理、安全管理等问题,为施工管理创造效益。

关键词:装配式建筑; BIM技术; 建筑工业化; 建筑模型信息

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.01.014

一、项目概况

双山街道办事处改造项目二期贺套村绣水大街沿街南涧溪旧村改造项目位于济南市章丘区贺套南涧溪安置房项目在绣水大街以西与鲁宏大道以南交叉路口处,总用地面积104500m²,总建筑面积323572.5m²。住宅建筑共计13栋,结构形式为装配整体式剪力墙结构。

该项目装配率为20%。混凝土预制构件类型涵盖预制楼梯,预制叠合板。

二、装配式施工阶段BIM应用目标

(一) 项目实施难点

(1) 装配式建筑为新型结构形式,我公司在施工前期无相关的施工经验参考,劳务班组无相关技术经验以及相关安全防护意识。

(2) 工期紧张,主体施工近半安排在冬季,装配式施工工艺施工质量是否受到季节影响有待考证,无法准确把握施工进度。

(3) 构件生产厂家单一。生产单位、运输单位及施工单位间协调工作压力大。

(4) 施工现场大。场地策划、大型机械设备选择及安装定位需严谨可靠。

(二) 项目实施目标

(1) 精细化施工,方案先行。利用BIM技术对施工现场进行分阶段布置。根据预制构件吊装所需的条件对塔式起重机的选用与布置进行科学的策划,合理布置构件存放区域,保证施工顺利进行。

(2) BIM具有信息完整性、对象参数化、有可视化的3D模型、导出成果多元化等特征,利用BIM的可视化将二维的图纸转化为更立体的三维模型,将该三维模型应用到技术交底上,加强管理人员及施工人员对装配式工艺的理解。

(3) 协调各单位工作。通过可视化3D模型会发现施工过程中可能发生的质量安全隐患,通过模型找到发生隐患的原因,并协调建设单位、监理单位、施工单位及预制构件生产厂家,找出解决隐患的办法,抑或做出相应的补救措施。

(4) 优化施工方案。通过模型优化装配式施工方案,提高施工效率。

三、BIM技术应用特点

(一) 项目族库的建立

利用BIM技术制作项目构件库。构件库作为预制建筑的核心组成部分,集成了基本的项目信息,利用模型对信息进行汇总、分析,有利于施工资源的优化配置。

(二) 碰撞检查

利用BIM技术,通过三维模型发现相邻装配式构件存在外露锚固钢筋碰撞现象,以及因构件钢筋位置及吊装顺序错误导致构件无法顺利安装的情况。叠合板上敷设预埋穿线管交叉过多导致区域混凝土板超厚和混凝土保护层不足的情况。

针对BIM技术发现的问题,及时向设计单位及生产厂家反馈。针对吊装顺序错误导致构件无法吊装的问题,通过施工模拟对顺序进行合理优化,分析各作业班组、工作面等情况,有效提高施工效率,保证施工进度。

(三) 施工场地策划

对施工场地进行合理的规划和布置,重点考虑装配式施工阶段的构件运输、吊装、存放等工序,结合各阶段的施工控制点,通过BIM技术对施工场地进行策划分析,确定最佳的场地布置方案。

根据预制构件承运单位提供的车辆参数,确定施工道路布置方案、预制构件堆放场地、现场回停车场等,并进行运输车辆行车分析,保证13栋单体同时施工时预制构件在场内正常运输。

(四) 基于BIM技术安全技术管理

根据装配构件存放位置、构件安装位置、构件重量及吊具自重,利用BIM技术进行塔式起重机占位分析,综合考虑各项因素确定塔式起重机的定位、爬升、附着方案。

13栋主体建筑同时施工,造成现场塔式起重机的平面布置交叉重叠,塔式起重机布置密集,塔身与塔臂旋转半径彼此影响极大,为防止塔式起重机的交叉碰撞,塔式起重机配备在满足施工进度的前提下,允许重叠。

平面布置分析水平方向低位塔式起重机起重臂与高位塔式起重机塔身、在建建筑物之间防碰撞、低位塔式起重机的起重臂与高位塔式起重机起重钢丝绳之间的碰撞、起重臂与下垂的钢丝绳同待建结构及脚手架防碰撞等,利用BIM技术辅助编制多塔作业防碰撞专项最优方案。

(五) 施工阶段影响

在装配式建筑的施工管理中,BIM技术可以对预制构件的进度、质量和成本进行管理。

1. 施工准备阶段

(1) 深化设计

深化设计是装配式建筑施工过程中的重要一环。只有通过深化设计,让工程项目的各参与方都能得到精准的图纸数据信息,才能有效减少钢筋和构件的错误埋放

问题。

(2) 模拟施工方案

深化设计方案完成后，还需要通过BIM模型对施工方案进行不断的验证、更正、优化，最终比选出最优方案，交付给施工单位。这样做，可以提前模拟出施工过程中会产生问题，通过模型的预警，进行解决，确保施工的顺利进行。

2. 构件管理阶段

(1) 精确获取生产信息

通过BIM技术进行预制构件的三维设计，并生成详细的构件参数，使管理人员可以在模型中随时查找构件的相关信息。

(2) 模具数字化设计

装配式建筑构件是由模具设计人员设计出模具后，才可以组织规模化生产。根据建立好的装配式构件模型来进行模具的设计，能够尽可能确保构件模具制作的精细度。

3. 现场装配阶段

(1) 质量验收

预制构件在出厂时会经过第一道质量检验，在施工现场时，由于模型的参数随时在变，所以还会对构件进行第二次质量检验，主要是通过对构件的RFID标签进行扫描，以获取构件的相关质量管理信息。

(2) 装配过程质量控制

装配过程的质量直接影响着装配式建筑结构的整体性。在装配预制构件时，施工人员可以通过手持终端扫描构件上的标签，获取关键节点装配的具体操作流程以及装配质量控制要点，并借助GPS对构件进行定位，以此来判断装配是否到位。

(六) 基于BIM技术质量管理

1. 基于构件的质量监控

(1) 构件材料的质量监控

利用 BIM 技术的构件材料质量监控可以按照时间、空间及构件类别三大维度对质量进行监控。时间维度及空间维度的监控方法主要是依照施工进度进行动态的质量信息确认；在构件类别维度上，通过在 BIM 模型中添加相关的质量信息，如规范标准规定的材质要求、构件产品合格编号、构件质量审查员工编号、质量审查时间等信息，从而在材料进场验收和拼装的过程中保证材料的质量要求。同时，可将材料的相关质量信息上传到质量管理信息系统中，以便在验收的时候及时的查看与调用。

(2) 构件施工的质量监控

构件施工的质量监控通常是在 BIM 模型的特定构件中添加附属施工质量要求信息（如施工标准规范等），该模型标注在施工现场的管理过程中可以作为标准参考，为现场管理人员提供可视化的参照，特别是尺寸偏差问题。规范规定的尺寸偏差标准较多、易混淆，如果只在最后的验收阶段进行测量检验，一旦发现不合格的现象需要重新返工整改，大大浪费了时间，降低了效率，同时有可能因此影响到下一道工序的施工。在施

工之前及施工的过程中，施工人员能够按照 BIM 模型对模型的施工质量扩展信息属性进行对照和参考，施工完成后进行逐项自检，将构件材料质量信息与施工质量信息汇总集成，可以形成构件的质量信息数据库，大大提高了施工质量水平，避免出现技术性的失误而降低工程质量。

(2) 质量信息整理与反馈

在施工过程中，作业人员、旁站人员、监理人员全程实名制登记，保留作业影像作业温度实时监控，进场材料合格检验等信息录入信息平台生成二维码，及时收集在施工过程中产生的数据，形成大数据的平台后生成二维码。施工单位可主要关注材料、设备质量及施工记录的信息；监理单位主要关注验收质量信息的整理与统计；建设单位从整体关注工程质量。项目各参与主体将自己所关注的质量信息录入数据库之中，其中涵盖了工程施工状况、时间、施工进度、问题处理状况等，同时将现场所采集到的实时信息列进其中，从而打造出健全、完善的质量信息系统。通过对数据的不断更新，使之相关联的BIM 模型中的信息也进行不断地处理与更新。通过计算机系统相关软件开发，提供精准的质量分析报告，监督质量问题。

(七) 工程量统计

根据可视化3D模型可得出工程量的特性分析统计现浇部分混凝土用量，生成明细表，结合实际施工材料用量进行动态分析，及时掌握和纠正工程量中的偏差，加强对工程材料管理和控制。

四、课题研究过程中碰到的技术难题和解决的方法

(一) BIM模型的建立

在此工程项目中，BIM建模软件采用的是Revit，对施工进度进行模拟控制的软件是Navisworks，两个软件相结合，对整个项目的设计和施工进行了指导控制。同时，在此项目中还利用vasari软件对该项目实际使用时的室内外温差情况进行模拟。在进行建模时，先利用Revit软件进行预制装配式建筑BIM模型的建立，并对建立好的模型进行全面深化，为后期不同专业和施工内容的碰撞检查提供便利。在检查完毕之后，对出现错误的地方，进行修改和调整，建立完善的模型。之后，利用vasari软件对建筑的性能进行分析，并对其耗能情况进行模拟对比，为设计施工选择最合适、最节能的设计施工方案。在装配式建筑的深化设计中，首先要应用BIM技术进行建模，为项目各参与方的决策提供参考依据。与传统建筑设计过程中采用二维CAD出图的方式不同，利用BIM模型进行出图，可以解决图纸与实际情况在细节处存在偏差的问题，从而节约工期，提升建筑质量。各参与方也可以利用BIM模型参数化设计的特点进行各专业的沟通协同、设计优化等工作，减少因设计变更产生的工作量。同时，在装配式建筑三维模型的创建中，需要按照具体的建筑参数，利用系统，快速、自动进行模块配置，明确安装步骤，有效缩短建筑施工工期，提高整体效率。

(二) 创建建筑信息数据库

装配式建筑在设计过程中，通常会产生大量的数据信息，设计人员需根据相应的数据信息完成对建筑的整体设计。但是，由于建筑设计的数据信息相对繁多，并且较为复杂，若采用人工的方式对数据进行整理，会产生较大工作量，在人工数据统计中还会出现误差，影响方案设计的准确性。因此，在数据信息的应用中，应当采用BIM技术创建建筑信息数据库，通过数据库系统，有效收集装配式建筑工程的各类信息，并自动将其进行整理，便于设计人员对数据信息进行有效分析，提高数据的使用效率。BIM技术还具有自动化的功能，可以精准计算装配式建筑的实际工程量，进而对建筑工程整体进行预算，能够有效把控成本。同时，在实际的建筑施工过程中，通过BIM技术创建的数据库能够将数据信息进行充分保存，便于工作人员在后期施工过程中对数据信息进行全面分析，进一步提高装配式建筑工程的质量。

（三）工程量统计

在建筑项目工程结束后，可以根据装配式建筑深化设计BIM模型中的数据，统计出每个预制构件总体数量、总混凝土量、钢筋明细等信息，并将需要对整个项目进行统计的工程量在轻量化转换过程中集成到构件库中，实现整个项目的工程量统计。

（四）装配式建筑工程成本管控

装配式建筑项目涉及策划设计、构件生产、装配施工等阶段，由总承包商全方位把控整个建筑项目的成本、质量、进度、安全等事项。现阶段，成本高已成为影响装配式建筑发展的重要因素，故以此为切入点，从装配式建筑项目的建设全过程出发，深入分析设计阶段、预制构件的采购阶段、安装施工阶段的成本类型及管控难点，为下文提出解决措施奠定基础。

设计阶段。沿用传统图纸设计方法，增加设计成本。装配式建筑区别于传统建筑显著特征是由构件拼接组成，预制构件的拆解图纸涵盖水电管线、门窗、构件模板、保温构造、结构、预埋管线等，并通过预埋预设详图、连接节点图、构件的剖切图予以展现，图纸设计复杂且工作量庞大。然而现实情况是，绝大多数预制构件的图纸设计仍沿用传统图纸设计方法，构件个性化图纸设计，加重设计人员工作负担的同时也对设计人员专业能力提出了较高要求。单独设计预制构件并对其拆分，导致所产生的设计成本远高于传统现浇建造成本。

不合理的项目设计方案，造成项目建造成本增加。设计阶段不仅包括图纸设计，还涉及装配式建筑项目设计方案的确定，如装配率及建造指标的选取、预制构件的选择、建筑材料的选择、建筑整体结构等具体事项。每个事项的明确均需要相关部门及人员的协调和沟通，并直接影响整个装配式建筑项目设计方案的合理性。不合理的项目设计方案会造成后续施工难度大等问题，延误整个装配式建筑项目施工进度，导致项目前期建造成本增加，加重总承包企业的经济负担。

采购生产阶段。市场行情、工程不确定性以及采购准时性等因素，直接影响采购成本。采购价格的波动并不是一成不变，其波动变化与自然灾害、运输条件、供

需关系以及对市场走向判断有关，并且材料设备供应商的选择、工程的不确定性也会引发采购风险，进而影响装配式建筑项目的采购成本。外部市场供不应求，材料设备价格抬升，将增加项目的采购成本；内部因素如设计变更、图纸变动问题，也会造成原材料及设备的规格、数量采购计划产生变化，进而引发采购成本风险。此外，采购准时性也是影响装配式建筑项目成本的重要因素，材料及设备采购过早会占用一定的库存空间，会产生材料二次搬运费用和存储保管费用，一旦后期产生项目材料需求变更将造成部分材料及设备不同程度的浪费。

预制构件生产成本和运输成本偏高。1) 装配式建筑项目构件质量与生产周期依赖于人工，而构件尺寸规格类型繁多，对人工技术水平要求较高。与机械化生产相比，人工的操作精准度和质量难以保证，如后期混凝土浇注振捣和钢筋的绑扎，一旦出现构件不匹配现象，延误项目工程进度的同时，构件的返工生产也造成生产成本的浪费。规格种类繁多、复杂异形的构件生产以前期设计图纸为依据，个性化构件较多导致模具周转次数偏低，再加之人工生产导致构件生产人工费用较高。2) 装配式建筑构件运输费用受多方面因素的影响，如运输环境、构件装载性、装载方案、运输路径、运输距离等，再加之，装配式构件具有重量大、体积大、规格类型多等特征，装运顺序不合理、道路条件差、运输距离过长等，降低运输效率的同时，还会出现构件损坏问题，增加装配式构件运输成本。

安装施工阶段。组装预制构件形成建筑实体，是装配式建筑项目施工阶段的主要工作，构件安装成本占整个预制构件单方成本的40%左右，涉及嵌入式部件的材料成本、后置预埋件、构件垂直运输费、人工安装费等。

五、结束语

装配式建筑在施工管理上相比较于传统现浇结构需要更加细致，只有在施工管理、成本管理、进度管理控制好，在质量、安全上严格把关，才能把装配式项目管理做到利益最大化。

BIM技术对于装配式施工来说会解决很多技术难题，因BIM可视化3D模型能解决多种技术交底难题及方案中有不明确的问题，通过模型虚拟建造，并提早发现技术问题，提高工程的进度及质量和安全文明施工问题，有序的组织管理和模拟，更利于排出事故隐患，降低事故发生率，提高施工安全系数，在BIM技术的支撑下，也会减少一些不必要的投入及需返工处理的局部工程，减少资源的浪费，有效提升项目的管理效益。

参考文献

- [1] 孙少辉,董龙峰,孙岩波等.BIM技术在装配式剪力墙结构施工中的应用[J].建筑技术,2017(8):826-829.
- [2] 崔乃夫,杨慧冉.BIM技术在装配式建筑设计中的应用实践分析[J].建筑技术开发,2018,45(17):60-61.