

探究BIM技术在装配式建筑设计中的应用

刘强

元经（上海）设计顾问有限公司湖南分公司

摘要：随着先进技术的不断发展，BIM技术在建筑领域中的应用也越来越普遍，为了解决传统装配式建筑工程设计的不完善问题，本文以实际工程项目为例，对装配式建筑工程设计中BIM技术的应用进行了研究，分析了BIM技术的优势特征，提出了其具体的应用方向，包括施工场地平面设计、施工图纸与方案设计、施工构件设计等，同时也提出了工程设计的实践做法。

关键词：装配式建筑；模拟性；BIM

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.19.096

引言：现代装配式建筑具有“集成化”特点，而BIM技术可以协助实现良好“集成”，其能够站在整体角度优化装配式建筑设计，也能使设计环节与生产施工环节有效衔接，做好全生命周期的管理工作，从而提高装配式建筑的质量。

一、BIM技术在装配式建筑设计中的应用优势

（一）模拟性优势

装配式建筑工程的规划设计是重要工作，其主要是编制工程推进计划，为业主方提供可参考的、全面的以及准确的建设施工方案，也能为工程管理提供依据。而现代许多装配式建筑工程都是基于工程量清单设计规划施工各环节进度，某种程度上来说，工程量是否准确决定了其设计规划水平，但工程量计算往往凭借设计人员的经验和对工程情况信息的掌握，若是使用BIM技术软件，则可以将每个施工工作日后建筑工程的完成情况以虚拟形式呈现出来，从而保证工程量计算的相对准确，这也体现出该项技术的模拟功能。与此同时，工程的监理人员和管理人员能够提前通过施工模拟对比任意阶段的施工效果，避免其与实际施工产生过大差距，像是实际施工效果超出了预期效果，就表示目前施工进度颇快，设计也较为合理，若其分项工程品质通过监理审核，则表示可以同时保证施工进度与施工质量，若实际施工效果未达到预期效果，则意味着工程施工进度被拖慢，其质量也可能受到影响，则需尽快重新设计管理机制和组织安排^[1]。总之，在装配式建筑工程中通过BIM技术的模拟性优势，能够有效提高工程管理方面的设计水平。

（二）可视化优势

装配式建筑工程的基本施工流程为，安排特定生产商在厂房批量生产建筑所需构件，再将规格达标的预制构件运送到施工场地，经过技术人员确认无质量问题和尺寸偏差后，由施工作业人员基于设计图纸要求拼装

构件，组成整体建筑结构。由此可见，传统施工都是参考二维平面设计图纸，但这种图纸有着明显的局限性缺点，就算设计师从正面、侧面以及立面等多个视角绘制了施工内容，但带来的效果立体性也比较差，需要在施工前做好技术交底，否则会无法保证工程质量。若施工人员领会能力差，也可能无法把控施工全貌，在后续作业时也容易遇到一些细节问题，给施工造成不良影响。但若是使用BIM技术软件，就能够将装配式工程二维设计图纸转换为三维立体模型，其能直观呈现在施工人员眼前，各种细节也较为清晰，实际上这是利用了该项技术的可视化功能以另类方式展示了“施工图纸”，施工人员通过观察模型来安装构件，不仅可以规避许多问题，还能够有效提高施工作业效率，保证在期限内完成施工任务^[2]。

（三）协调性优势

装配式建筑工程施工中可能遇到各种突发状况，像是按步骤施工时发现实际情况与施工图纸内容不相符，为了规避这些状况会开展施工组织协调设计，由工程管理人员联系设计单位、施工单位以及业主方共同协商沟通，找到问题出现的原因，明确责任主体并尽快确定解决问题的做法，通常来说可能会调整施工图纸内容，或直接更改施工方案，在没有运用BIM技术的情况中，多方主体协商或不同专业设计人员常常会遇到沟通协调不到位现象，比如说在不同专业施工中都会利用一定施工空间，而空间划分不合理会带来矛盾，致使突发问题的解决被拖延，像是装配式建筑施工中关于暖通管道的布置，相关设计人员与价值结构整体设计师沟通容易出现矛盾，管道布设时也可能和梁结构相互干扰，造成施工方案设计质量下降，而若是共同采用BIM技术模型，就能够协调各专业设计内容，使相互干扰的情况出现概率下降，也能够提高施工组织协调设计水平。

二、BIM技术在装配式建筑设计中的应用方向

装配式建筑是目前常见的环保型建筑，其与传统建筑相比最大的不同就在于许多作业部分都转移到工厂中开展，主要是预制构件，现场则是按照要求将构件可靠连接，随着科学技术的发展，越来越多的装配式建筑项目中开始应用BIM技术，该项技术能够帮助装配式建筑优化设计，其具体应用方向可以围绕着下述几点。

（一）施工场地平面设计

装配式建筑的设计工作中，关于施工场地平面设计颇为重要，其决定了后续装配作业的效率和质量。在以

往方案中,该部分设计往往是依靠设计者的经验来手工测算实际土方量,并依据已有的二维图纸,再利用一些简单的计算软件,如CASS、HTCAD等来完善设计,计算方法虽然具有一定多样性,但计算所获得的数据精准度不足,同时,数据筛选与相关三维模型的兼容性方面也存在缺点,在部分公共建筑项目中,施工场地设计还要考虑到周围地下管网状况,综合考虑环境来设计场地管网,但以往设计中很容易出现重复设计、漏缺设计以及设计周期过长等问题,再加上地下管网十分复杂会牵扯到许多专业,信息协同性不强。而在装配式建筑工程的场地设计中应用BIM技术,则可借助Civil平台,运用Revit、GIS以及CAD等先进软件功能,就可以生成用于场地平面设计更为完善的计算模型,同时其也可以直观生成数字化地形模型,便于深入分析挖填的土方量,计算结果也更加精准,BIM技术也能基于现场情况变化随时调整设计方面,通过动态关联来尽量减少施工工作量,提高施工效率,部分工程的地下管网综合设计中则是可借助管道模型构建、三维数字地形来优化设计,产生多种设计结果再从中选择,也方便将各专业联动起来,充分协调以防止作业中出现矛盾。另外,施工现场的运输车道设计也能基于BIM技术的动态视觉原理开展模拟工作,保证规划的合理性,也能够有效防止施工中出现不良碰撞问题,满足施工需求^[3]。

(二) 施工图纸与方案设计

在整个装配式建筑设计体系中,施工图纸设计可以说是较为重要的部分,图纸设计的走向都会成为现场施工的依据,因此,在设计流程中,施工图纸设计也会耗费较长时间,在传统装配式建筑施工图纸设计中,主要围绕着结构、预制构配件以及机电等部分,这些设计的详细图纸都是由设计人员直接绘制,关键节点会在绘图人的脑海里形成三维形式,之后转化成二维表达形式呈现出来,而这个过程过于依赖设计人员主观意识,导致图纸可能会出现误差或设计错误,并且具有较大的设计工作量,但若是应用BIM技术的三维信息模型就可直接将详细施工图纸转化为二维图纸,且图纸中各数据的精准度较高,获得人工设计很难比拟的效果,且三维模型与二维图纸之间存在紧密联系,若施工二维图纸的节点表达准确性增强,后续也能转化为更客观的三维模型,BIM技术的快捷性也能在施工发生变更后及时调整关键数据,从而使整个施工图纸得到调整,对于修改建筑信息来说十分便捷,使施工推进更加顺利。

在施工图纸完善的情况下,施工方案设计也能够提高质量,尤其是构件预埋安装的施工部分,按照图纸要求全面检测后,可预防碰撞问题出现,BIM技术能够充分搜集各项施工流程的数据信息,再使其得到优化整合,深入分析之后规划各个作业区域,使人员组织更为

合理,满足协调配合的相关要求,BIM技术还能基于流体力学原理来模拟装配式建筑室内外气流、温度等情况,模拟后获得的特征参数可以调整建筑施工各部分尺寸,最终得到最优的施工方案^[4]。

(三) 施工构配件设计

针对装配式建筑施工构配件的深化设计较为关键,装配式建筑物就是将各种预制构配件组合连接,从而形成整体建筑。在应用BIM信息技术之后,该项设计可通过三维软件来完成,从模块化设计入手,同时要确保各个专业的设计良好协同,构配件设计通常是在建立模型初期时,设计人员基于施工方案中构件设计的功能要求及造型要求来调整,可以从以往构件库中查询是否有可以参考的构件数据,若符合要求直接调取使用即可,其实际设计流程为:提取构件数据库中信息—获得预制构件中心线位置参数—生成装配式预制构配件—修正构件参数—划分构件不同施工环节的模拟施工视图。若没有可匹配数据,则要针对性开展个性化设计,之后将构配件拼到整体建筑模型中验证适宜性。构配件的个性化设计也能够对BIM标准化构件库信息进一步扩充,不过在设计时需考虑到构件本身的模块化与通用化要求,许多要求装配式建筑构件结构具有新意或整体繁杂的工程都有必要开展构件个性化设计,设计人员通常会采用分段与分层次的优化设计手段,比如先是生成初始化构件轮廓模型,再设计加工生产的构件详细图纸,包括构件的透视图、拼装图以及不同剖面的设计图等,最后是完善图形等级并使其以三维模型形式呈现出来,帮助施工技术人员理解^[5]。

三、BIM技术在装配式建筑设计中的应用实例

(一) 工程概况

此次研究的工程项目为装配式节能建筑,该建筑日后会作为综合性写字楼来使用,实际建筑总面积达到9623m²,装配施工共有7层,其中地下1层,地上6层,该建筑设定地震防烈度为7度,归为丙类建筑范畴,框架等级为三级,预计使用寿命50年左右。建筑装配的预制结构量共包含3种尺寸,其分别为350mm×450mm、400mm×750mm、400mm×600mm,预制层叠合板厚度约为85mm,其中屋面板及现浇层部分设计为120mm厚度。

(二) 搭建BIM模型

此次研究的装配式建筑项目中,核心构件包括柱、梁以及板等,因此可围绕这几项搭建BIM模型,各专业部门之间确保交流通畅,同步设计建筑结构与管线部分。建筑物内外部装修也可提前使用PKPM渲染器模拟出效果图,在设计建筑结构过程中,综合分析施工方案,可以采用两种不同形式搭建结构模型:第一,将最原始的BIM模型上传到软件平台后,基于建筑工程要求来优化调整模型参数;第二,在相关设计软件中通过PM模块

应用进行建立动态交互模型。本次研究的装配式工作，办公楼的结构模型中各项荷载参数按要求取值，同时设计雪压值约为 0.02kN/m^2 ，风压值则为 0.55kN/m^2 ，建筑阻尼比设计为 0.05 ，设计其结构抗震烈度标准为7度，在施工场地中相关特征的周期设计为 0.95s 。将此建筑物各结构参数控制性目标导入进PKPM软件当中，基于现浇混凝土要求进行计算，再进一步得到配筋相关信息，调整结构模型。搭建出BIM模型后，使用SATWE软件进一步分析构配件稳定性，计算获得各种数据并使其通过简化图呈现出来，若发现存在不符合要求问题，则可基于控制指标来进一步调整。

（三）拆分构件

该装配式建筑工程可以将构件部分拆分为叠合梁部分、预制柱部分以及预制楼梯部分等。建筑内外墙施工也可拆分为两个结构，譬如内墙可以选用轻质墙板直接安装连接，而外墙则是使用大型砌块来搭建，基于PKPM软件的应用，保证各预制构件采用复制方式获取，能够保证基本符合规定要求。该软件也能够从参数化构件数据库中提取信息，还能将本工程项目信息单独存储到数据库当中，后续可以在企业间的不同项目中分享，自定义调整构件数据。

（四）进行深化设计

在工程拆分方案确定之后，设计人员可以将预制构件信息和对应材料信息从软件中导出，再计算该建筑工程的预制率指标，详细分析装配式建筑后，通过计算获得模型预制特性，便于施工技术人员把控作业，比如说预制构件的现浇节点可以进一步优化设计，并标注出特定尺寸。国内针对BIM处理的PKPM软件相较于国外来说，将工程施工特征融入进去，再通过少量数据信息就能分析构件，使其拆分更为细致，而部分拆分构件若已经完成规划，则可利用BIM技术搭建的模型补充预埋件、吊件的特性信息，尤其是连接节点处的信息，需设置出单独的钢材构件，对于焊接位置也要针对微小形态进行精准化检测。除此之外，许多节点连接位置都会全面检测预应力构件的端头形态，保证其达到施工要求，若构件需单独实施拆分处理，则会在检测时采用交互式方式调整计算参数，在相关图形当中，可借助交互界面对节点设计辅助定位，确保其结构的灵活性。

（五）实施碰撞检查

装配式建筑的设计在优化调整之后，也要开展碰撞检查工作，其主要是针对钢筋、构件进行检测，确认设计结构的科学合理，这两个部位也是结构中很容易出现构件碰撞问题的位置，以往采用二维设计方法时，会利用大量时间处理钢筋与钢筋之间、钢筋与构件之间以及不同构件之间的碰撞问题，设计者也需投入较多精力，而装配式建筑基于BIM模型开展设计，能够通过PKPM软

件全面实施碰撞检测工作，比如说通过模拟分析管线与周围构件间是否存在碰撞情况，也可模拟分析各梁柱节点位置预制柱、预制梁底之间外伸纵向钢筋是否存在碰撞情况，对于预制梁箍筋和外伸分布筋之间的碰撞问题也能模拟检测，设计中发现存在碰撞隐患，就能对纵向钢筋、箍筋之间的距离加以调整，使整体设计方案得到优化。

（六）施工详细图的导出

装配式建筑设计完成后，可以调整出图参数再使用PKPM软件绘制所有施工详细图并将其导出，施工详细图的构件钢筋统计、预制构件编号以及结构平面图等都是生成的重点信息内容。该软件能够自动编辑成二维施工设计详图，还能保证其与BIM模型达成统一，不会出现偏差，同时也支持在线重新编辑二维设计图数据。导出图纸后，还需基于实际装配式建筑工程的施工要求进行作业模拟，尤其是部分工程施工部分需按照特殊步骤进行，相关本次研究项目的结构一层施工当中，需先进行基础底板部分施工，主要采用钢筋混凝土材料，随后定位柱预留插筋位置，再针对柱斜撑部分进行布置，进行柱的混凝土灌浆施工作业，布置好叠合梁部分并将梁柱节点连接好，再将叠合板支撑布置安装，最后按要求安装叠合板即可。在推进模拟施工时，许多关键节点可以采用预制钢材焊接处理，也可运用混凝土浇筑连接方式，在BIM技术作用下，各种施工的数据文件与方案都能够传送到Autodesk拼图中，使用Navisworks软件绘制出施工动画，模拟施工过程，使设计人员直观看到，确认施工方案的设计是否合理。

结论：综上所述，装配式建筑工程设计中可以运用BIM技术的模拟性、可视化以及协调性优势，提高施工方案的设计水平，为后续施工奠定良好基础。由本文分析可知，BIM技术在装配式建筑设计中的应用方向包括：施工场地平面设计、施工图纸与方案设计、施工构配件设计。

参考文献

- [1] 鲍仙君. BIM技术在装配式建筑增量成本计算中的应用[J]. 贵阳学院学报(自然科学版), 2022, 17(04): 53-57.
- [2] 杨召波, 麻希孟, 周程, 张廷甫. BIM技术在装配式建筑建设过程中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022, (11): 66-68.
- [3] 李乙. BIM技术在装配式建筑设计中的应用分析[J]. 工程与建设, 2022, 36(05): 1295-1297.
- [4] 胡秀俊, 方鲁兵, 魏晋晋. BIM技术在某高层装配式建筑深化设计与施工中的应用分析[J]. 工程与建设, 2022, 36(05): 1450-1453.
- [5] 耿君. BIM技术在装配式建筑深化设计中的应用[J]. 佛山陶瓷, 2022, 32(10): 54-56.