

## BIM

# 基于BIM的装配式钢结构智慧建造应用研究

文\_朱 丽（通讯作者）（广西生态工程职业技术学院，讲师，硕士）

肖万娟（广西生态工程职业技术学院，副教授，硕士）

王万春（广西生态工程职业技术学院，讲师、一级造价师）

杨 宇（柳州市兴佳房地产开发有限责任公司，技术负责人，工程师）

梁积峰（广西建工第五建筑工程集团有限公司，技术负责人，工程师）

当前，“智慧化”“信息化”“数字化”和“绿色建造”已经成为我国建筑业发展的趋势。随着绿色低碳发展成为全球共识，我国也提出了在2060年实现“碳中和”的目标。在此背景下，智慧建造绿色发展成为建筑业转型的必然选择。装配式建筑作为一种绿色建筑代表成为研究热点，而装配式钢结构是装配式建筑的一个分支，具有工厂化制造、自重轻、安装快捷、施工周期短、环境污染少、可循环利用等综合优势。数字技术能够提高建筑业的信息化程度、提高建造效率，提升建筑质量，成为影响其发展的重要手段。建筑业处于数字化转型发展第三梯队，随着人工费、材料费的上涨，传统的施工组织及管理方式很难获得更好的社会效益和经济效益。因此，建筑行业亟须深度融合数字化信息技术。综上，本文依托实际项目，研究BIM技术在装配式钢结构建造全周期的应用，以期对装配式钢结构建筑的信息化发展和智慧化建造提供参考。

## 一、BIM技术在装配式钢结构智慧建造的应用

### （一）工程概况

该项目为广西首个装配式钢结构住宅项目，位于柳州市鱼峰区，建筑面积137183.96平方米。共9栋高层住宅、1栋多层住宅，上部采用扁钢管混凝土柱结构，地下两层，为常规混凝土框架结构。以7#楼为例，高度39.50米，层数为14层，主框架采用扁平钢管柱加H型钢梁体系，典型柱截面尺寸为200毫米×450毫米。柱脚采用“埋入式柱脚”；楼板采用可拆式钢筋桁架楼承板体系，飘窗、楼梯采用预制PC构件，装配率为60%。

### （二）BIM技术在设计阶段应用

设计在整个建造过程中具有重要地位，设计的品质将影响最终建成的效果。装配式建筑设计包括方案设计、初步设计、施工图设计、深化设计四个阶段。将BIM技术应用到设计中，可以利用其优越的可视性清楚地表达构件信息，大大提高设计效率，特别解决了深化设计阶段的构件拆分、管线碰撞等难题。

#### 1. 建筑设计

首先用Revit软件建立土建模型，模型可进行三维动态观察，将二维CAD图描述不清的地方详细展现出来，在做户型比选的时候更加便捷与直观。如图1所示，方案设计界面有三维可视化窗口，设置完墙、柱等构件后，可快速计算出套内面积等参数，供设计师快速选择符合要求的户型。通过对比几种户型的得房率，最后采用扁钢管混凝土柱—支撑结构体系。与传统的框架结构体系相比，扁钢管混凝土柱—支撑结构体系将钢柱钢梁全部隐藏于墙体内，避免“凸梁凸柱”现象，可增加5%~8%的使用面积，便于装修及使用，提高了居住的舒适性。此外，装修模块可设置各构件的参数信息，通过渲染获得较美观的效果图，三维效果图可以自由切换视角及快速变更装修材质，节约了方案设计 & 比选的时间，成为建筑设计的有力辅助工具。



图1 BIM户型方案可视化比选

## 2. BIM绿色设计

将Revit建立的BIM模型与Ecotect软件搭载，使得建筑的日照、采光、热工分析更为直观立体，从而通过适宜组织空间、合理布局、恰当选材等设计手段，充分利用自然能源，满足节能减排的绿色建造要求。图2为BIM日照采光分析图，在三维视角下，将抽象的环境分析转换成可视化的图表。通过对日照及采光区域的分析，可以巧妙地利用楼栋间的阴影进行遮阳设计，在日照时间长区域规划种植喜光照的绿植，在采光较好区域设计阳台窗户，不仅提高能源利用效率，还便于创造出更加协调、舒适、赏心悦目的绿色居住环境。BIM助力绿色节能设计，以其突出的三维直观性、快速的信息计算能力，节约了时间成本，体现了BIM技术智慧化设计的高效性。

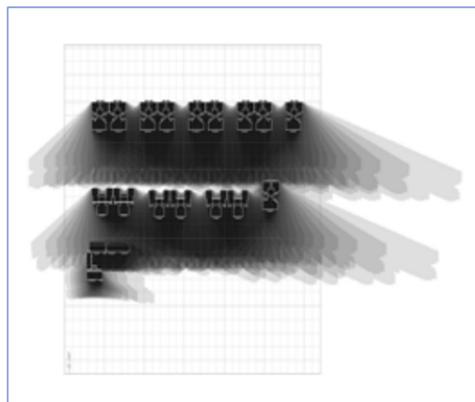


图2 (a) BIM日照分析图

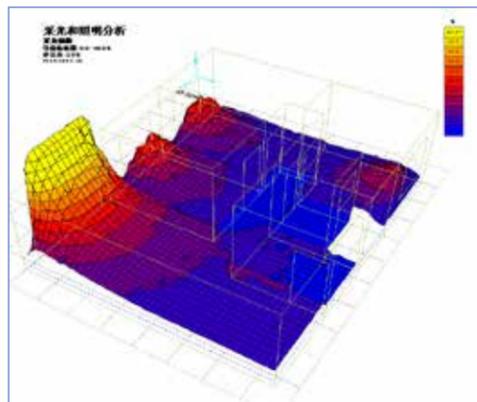


图2 (b) BIM采光分析图

## 3. BIM深化设计

装配式建筑的深化设计主要包括结构深化设计和机电深化设计，结构深化设计重点解决构件拆分、节点优化、钢筋及预埋设计，而机电深化设计指的是给排水、电气、暖通等专业设备的管线碰撞及综合优化。将模型导入Tekla软件可对复杂节点进行深化设计，如图3直观展现构件详细构造，接着通过软件快速将构件拆分为标准化模块，按照BIM的精细化出图将构件在预制厂完成加工，体现了BIM设计的速度、精度。此外Tekla软件还可进行钢筋碰撞检查、埋件干涉调整、预留孔洞整合等深化设计，整个流程快速便捷，可靠安全。管线碰撞检查也是BIM较有价值的应用点。该项目管线的种类复杂、数量庞大，管线综合优化工作十分具有挑战性，得益于BIM搭建的交互设计平台，其将各专业模型导入Navisworks软件中集成并生成碰撞检测报告，为后期调整大大节约了时间。采用这种优化方式实现设计全局统筹，共发现并解决碰撞问题700余处，避免因此造成的后期返工，节省造价约150万元。基于BIM深化设计具备的可视性、集成性、交互性、可出图性、指导性等优势，工作效率得以提高。

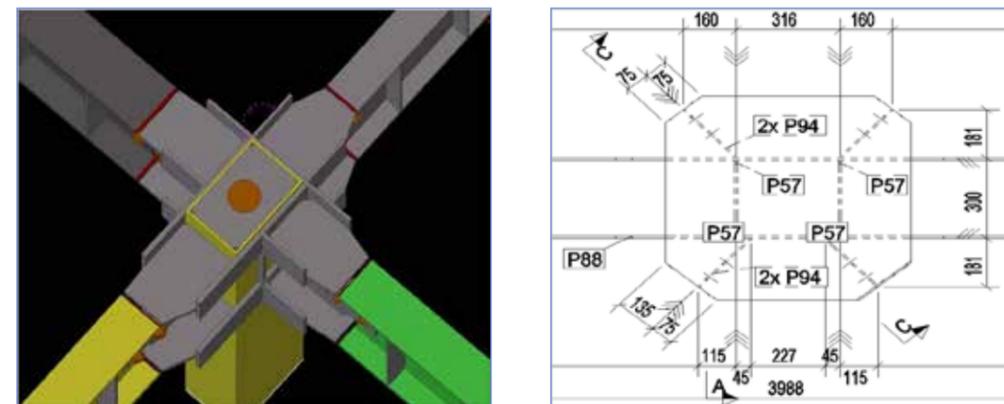


图3 BIM钢结构节点模型及加工图

## (三) BIM技术在施工阶段的应用

### 1. BIM场地布置

通过应用BIM技术进行场地布置，可对照软件内置的安全文明检查项信息进行优化，做到科学高效、分区合理、设施齐全、定位准确，满足安全文明施工的要求，打造智慧工地，并最终输出三维场地布置图、设施清单及规格表、临时设施定位图，指导现场安全文明施工，是打造智慧工地的有效工具。

### 2. BIM安装模拟及技术交底

装配式建筑在施工阶段存在预制构件数量多、安装精度高、工序交叉密、吊装衔接紧、施工机械复杂等难点。项目针对以上问题，对整个吊装流程及构造复杂的节点位置，制作模拟安装动画。演示动画还可用来进行可视化技术交底及安全教育，并在施工现场电子显示屏循环播放以巩固交底效果。BIM安装模拟让技术交底变得清晰具体、一目了然，加强了工人对施工工艺的理解，加强安全教育效果，减少因施工错误而返工的问题，从而节约材料成本、人工成本、时间成本。此外，BIM模拟安装能快速准确选出符合高度及半径要求的吊装机械，进而制定合理吊装方案，提升预制构件安装与现场施工的衔接配合度，降低了事故发生概率并有效进行大型机械设备的资源统筹安排。可以说，BIM技术应用在施工模拟中优化了施工环节，解决了二维图纸难理解、现场吊装混乱、技术交底不够清晰等问题，提高了施工效率和工程质量，增强了安全管理效果，是实现智慧建造的有效手段。

### 3. BIM5D智慧管理

BIM5D即在3D模型上融入时间和成本信息，运用BIM5D技术是实现项目智慧化管理的有效途径。导入时间信息后可先在5D软件上动态模拟进度控制，之后搭载成本信息，通过比较实际成本

收入与目标值的差距，采取有效控制成本的措施。

由于本工程施工难度大且工期较紧张，为按期交付，项目部管理人员采用BIM5D软件对整个项目进行进度管控，制定专项施工进度保障措施。开工前利用平台的模拟功能对进度计划、劳动力分布、物资计划及大型设备进出场安排进行方案优化，做到合理分布、紧凑衔接、物资均衡。项目开工后及时在平台上对比实际进度与计划进度的状态，查看是否有未按照计划完成的目标任务，如有工期滞后的单项，管理人员可根据施工情况对进度计划进行调整，平台也会同步更新进度，安排方便施工人员查看，以便在周工作例会上安排任务并及时按照新的进度安排指导施工。基于BIM技术强大的可视性、模拟性，进行BIM5D虚拟建造，合理划分施工流水段制定进度计划，根据图4所示的工程完成进度情况统计表，可以看到B1层第二个施工段的任务完成时间有所延误，需采取调整后续施工段进度的措施，逐步将延误的工期追赶上来。以此应用BIM5D的实时监控实现进度智能化动态管理，该项目施工速度提高1/3。



图4 BIM5D模拟建造及进度控制

项目的物资管控也十分不易，因为整个项目集聚了种类众多、数量庞大的土工材料、建筑设备、保障措施。传统的物资管控仅依据二维CAD图纸及平面进度计划，统筹物资使用量的工作量庞大、费时费力，易造成物资调配不及时、不合理，导致物资浪费、影响施工节奏。鉴于此，该项目利用BIM5D平台的进度信息可按每天、每周、每月提取物资需求量，制订资源投入计划，还可以详细记录材料进出场时间，及时动态调整物资计划，充分运用现场工作面，有效避免物资配置不合理而导致的工期延误。

使用BIM5D还有益于实现成本精细化管控，模型关联项目清单计价文件后，可按照进度对比实际成本与目标成本的差异，及时采取措施实施成本控制。如图5所示，项目管理人员在平台中能够选择时间、楼层、流水段等参数，快速导出构件或清单工程量，依靠软件可快速编制资金计划，高效精准；生成计划、实际、实际—计划3种资金曲线，利于把控资金流向；可与构件工程量、实际工程量进行对比，最终进行设计概算、施工图预算、竣工决算的“三算”对比，优化成本控制的路径，从而实现精细化的成本管控。

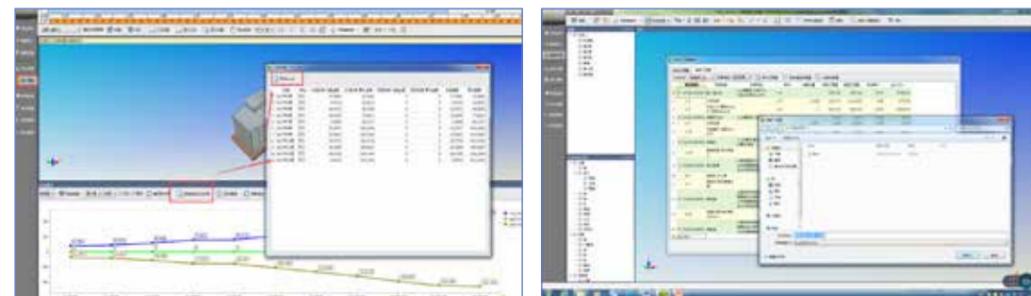


图5 BIM5D资金计划及清单对比

#### （四）BIM技术在运维阶段应用

在运维阶段，BIM搭载物联网技术，形成构件信息集成中心，方便快捷查找构件详细信息，形成全过程追溯模式，实现预制构件现代化生产与管理。而对于建筑内部无法进行肉眼观测的隐蔽工程，通过调取信息平台模型，可直观了解各隐蔽处的详细图像，快速维修定位。BIM与VR技术的结合，开展火灾疏散等紧急演练的虚拟仿真模拟，降低运营管理过程中存在的潜在风险，提高运营单位的应急处置能力。

## 二、存在问题及建议

虽然BIM技术在设计、施工、管理阶段的运用取得很多效果，但是成本偏高是最受关注也是制约装配式建筑发展的关键问题。而构成这一结果的因素主要包括：地方政策不能因地制宜、现行BIM设计标准不够统一、构件厂构件生产和运输管理不够精细等。该项目在应用BIM技术过程中也遇到诸如BIM模型通用性低、预制厂信息沟通不对等、BIM模型搭载其他软件的转换精度有待提高等问题，针对以上问题进行分析，提出以下建议，以期成本增量的合理压缩提供思路。

### （一）实施地方差异化政策

地方政府应因地制宜制定推广政策，如综合技术政策、需求导向政策、财政支持政策、税收政策、金融政策、规划政策、土地政策和绿色建造理念引导政策等，多政策并举，实行和地方政策相辅相成的举措，完善利于装配式建筑高质量发展的政策体系。

### （二）完善相关标准制定

在现行设计规范和标准基础上，加快推进相关标准的制定和实施，根据结构特点、地方政策等完善不同地方区域的结构体系、围护体系、管线分离、装修体系的标准。引领装配式产业的科技成果转换，推进示范引领项目及其成套的关键技术成果形成标准，以此完善装配式建筑的标准体系。

### （三）提高预制厂管理水平

搭建施工方与构件厂信息共享平台，提高构件生产运输过程中信息交互性及协同性，借助BIM平台结合进度计划及物资需求量制定合理的生产、运输计划，避免发生构件库存过多堆积或者构件供不应求影响施工进度的状况，实现对生产运输阶段的质量监控，打造精益的生产供应链。

## 三、结论

本文研究探讨了BIM技术应用到装配式钢结构建造全过程的方法，结果表明，BIM技术的可视性、模拟性、信息集成性、交互协同性，能有效提升装配式钢结构建造设计、结构深化设计、机电碰撞管线综合优化、施工组织管理优化水平，提高了现场信息化精益管理程度，助力绿色设计、绿色施工、智慧管理，是实现智慧建造的有效手段。针对目前应用所遇到问题，可以通过推行地方化差异政策、制定相关标准、提高预制厂管理水平等措施进一步提升装配式建筑智慧建造水平。🏠

注：本文系2021年广西中青年教师科研项目“BIM技术在装配式项目建造全过程的应用研究”（编号：2021KY1211）研究成果。