

装配式建筑BIM正向一体化设计应用研究

□ 梁承龙 刘 芳 彭 来

[摘 要] 本文对某学校实训基地装配式大楼项目采用BIM技术正向一体化设计应用进行研究。该项目以“装配式BIM数据集成应用”作为信息化实施重点,开展了预制构件参数化设计、绿色建筑指标分析、安全疏散设计等10余项BIM集成应用。其应用结果表明,利用BIM技术对装配式建筑开展多专业协同正向设计、参数化设计、预制构件三维可视化设计,能较大幅度提高装配式建筑的设计精度。BIM设计数据的集成,还有利于进行装配式建筑的建筑性能分析、装配施工现场的精细化管理。由此可见,BIM技术在装配式项目正向一体化设计过程中的应用,为建筑工业化、信息化的推进提供了精细化设计的实施保障。

[关键词] 装配式建筑; BIM; 正向设计; 参数化设计; 装配式深化设计

2020年12月,中央经济工作会议提出了“二氧化碳排放力争2030年前达到峰值,力争2060年前实现碳中和”的清晰目标。目前我国建筑业总产值约占GDP的25%,建筑业碳排放量约占全国总量的40%,未来可实现减排节能的绿色建筑大有可为,将带来生产方式、业务模式革新。

2016年国务院颁布《关于大力发展装配式建筑的指导意见》,提出“要因地制宜发展装配式混凝土结构、钢结构和现代木结构等装配式建筑,力争用10年左右的时间,使装配式建筑占新建建筑面积的比例达到30%”。装配式建筑的发展已上升到国家战略。装配式建筑可通过工厂集约化生产、现场机械化安装实现节约资源、降低能耗,明显减少碳排放量,随着碳减排政策持续推进,预计装配式建筑将成为节能减排的重要实施载体,中长期发展趋势有望得到强化。

BIM技术(Building Information Modeling 建筑信息模型,简称BIM技术)通过多种计算机三维软件模拟建筑物所具有的真实信息,并实现信息数据流的传递和各种性能的模拟与优化,得到众多工程师和学者的青睐^[1-4]。BIM技术应用于装配式建筑正向设计,可实现对预制构件的参数化设计、模数化拆分、信息化出图,可较大幅度提高装配式建筑的设计质量,减少返工,提高施工管理效率。

正向设计,是以BIM模型作为出发点和数据源,其通常包含方案设计到施工图纸设计全过程。同传统的二维设计相比,BIM正向设计质量相对比较高,非常强调

专业的协调性,表达内容也相对比较丰富,在各类工程中都有应用。通过在建筑设计当中开展正向设计,可以有效减少劳动力和信息交换。通过开展正向设计,还可以让设计人员充分对自己的设计意图进行表达,避免在绘图的过程中浪费大量的时间^[5]。

1 项目概况

1.1 工程项目概况

该项目地处南宁市兴宁区昆仑大道东段,总投资1亿元,总建筑面积63000m²。设计以“绿色职教”为理念,根据地形采用“U”型庭院建筑造型,外立面采用棕红色饰面砖,使建筑在青山环抱中凸显热情暖意。主楼顶部设置全玻璃幕墙的大学生空中活动中心,增强远眺视野及通风效果,起到顶层隔热的作用。具体如图1所示。



图1 交通运输实训基地综合实训大楼项目效果图

为响应国家号召,该项目采用了“三板体系”预制装配式结构,运用“BIM正向设计+信息化施工管理”

[作者简介] 梁承龙,广西交通职业技术学院土木建筑工程学院,讲师、工程师。

刘 芳,广西交通职业技术学院土木建筑工程学院,教授、工程师。

彭 来,广西交通职业技术学院土木建筑工程学院,讲师、工程师,硕士。

的方式进行项目的信息化管理。装配率达到自治区要求
的30%。

该实训大楼项目分为3个分区，主楼共6层。全楼采
用框架结构体系，每层设8个A类教室、2个B类教室，AB
两类教室均满足3米的建筑模数。模数化的建筑设计，最
大化地实现了装配式构件的标准化程度，也为标准构件
库的使用创造了基础。

1.2 实施体系

为保障项目信息化工作的高效开展，该项目组建了
BIM技术团队、编制了《装配式交通实训基地大楼项目
BIM实施标准》，综合运用revit、斯维尔、Pathfinder等
一系列BIM软件，使建筑信息数据在项目设计、生产、
施工管理过程中得到充分应用。该项目将“装配式BIM
数据集成应用”作为信息化实施重点，开展了预制构件
参数化设计、绿色建筑指标分析、安全疏散设计等10余
项BIM集成应用。

2 实施过程

2.1 设计方案效果审核

利用lumion渲染引擎，导入实训大楼BIM模型，方
便快捷地渲染效果图及视频动画，从而进行项目BIM模
型的实时动态浏览，便于甲方进行设计方案讨论和设计
效果检查。同时配合VR眼镜，在虚拟实训大楼广场进行
沉浸式行人视角体验，可身临其境地体验竣工效果，增
强业主体验，辅助进行项目决策。体验视角如图2所示。

经测试3Dmax与lumion两款渲染引擎，得到以下应
用结论：（1）两种渲染引擎与revit模型的兼容性方面，
lumion兼容性更高，模型不会出现缺少面、材质重叠闪
烁的情况。（2）渲染效果方面，3Dmax引擎灯光及场
景效果更佳。（3）渲染速度方面，lumion完成渲染的
速度更快，对硬件的要求更低。



图2 项目沉浸式体验视角

2.2 绿色建筑分析

采用斯维尔绿色建筑分析软件对该项目BIM模型进

行节能、日照、采光等建筑性能指标分析，以达到人员
舒适度分析、运维管理分析、建筑可持续发展分析等目
的，快速出具分析报告，辅助项目报建，如图3、图4所
示。利用设计BIM模型直接进行建筑性能分析，可使建
筑性能分析更加准确、高效。绿色建筑经过十多年的发
展，已经成为现代建筑设计必不可少的环节，绿色建筑
分析软件也趋于成熟。该项目采用的斯维尔体系绿色建
筑分析软件，能够很好地满足主管部门对绿色建筑计算
的要求，实现设计模型的集成应用。

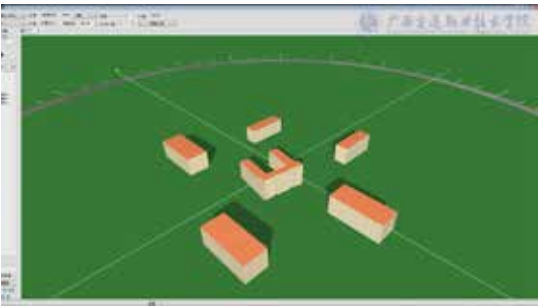


图3 日照环境分析

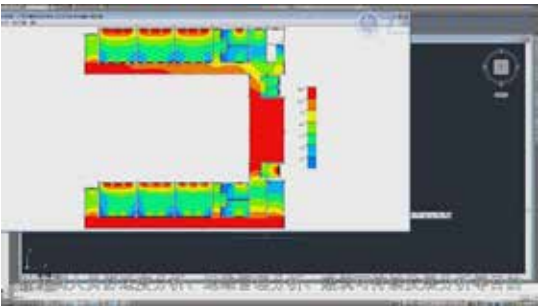


图4 建筑采光分析

2.3 疏散方案设计

学校教学楼是人员密集场所，突发事件情况下的疏
散速度直接关系到师生的生命安全。因此，安全疏散设
计也是项目正向设计的重要内容。项目采用Pathfinder
软件导入BIM模型，对不同人群逃生能力进行预设，模
拟整个教学楼在紧急情况下的人员疏散情况，也可以模
拟各种预先设置的疏散路线，通过模拟结果分析应急通
道设计的合理性，得出最优疏散方案。

传统的人员疏散计算采用的是公式法，这种方法只
能简单地通过火灾探测时间、预动作时间、人员疏散运
动时间等，计算出安全疏散时间。但是这忽略了建筑空
间设计对人员造成的阻塞因素、发生突发事件时人员逃
生路线的个别随机性等，这样的计算对建筑设计未能起

到直观的指导作用。采用Agent-base模型的疏散模拟软
件，可更加真实地模拟出突发情况下的逃生数据，为建
筑设计提供参考，如图5所示。

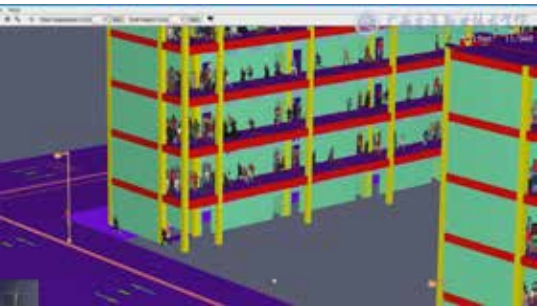


图5 人员疏散分析

2.4 全专业协同设计

该项目通过建立中心文件的方式进行全专业协同设
计，一旦发现碰撞问题，各专业设计师能够实时对方案
进行讨论和修正。在机电管线设计方面，该项目选择适
用于装配式建筑的管线分离技术，严格按照管线综合排
布的基本原则，达到满足规范、节约成本、排布美观、
使用方便的目标。将配电桥架设置在入户一侧以减少桥
架转弯，并与消防及给水专用管线保持400mm的安全
距离及检修空间。按模数使用共用支吊架，最大限度节
省材料成本。

该项目主要从业务流程标准、文件格式标准、深
化设计原则、存储规则、出图标准、成果同步规范等方
面，深入研究了协同设计实施标准。测试后发现，设计
人员素质及激励方式改革成为标准实施的关键，只有主
观因素与客观因素协同发展，才能保证全专业协同设计
的高效开展。而协同设计标准化的探索，将在人工智能
设计领域起到关键性作用，如图6所示。

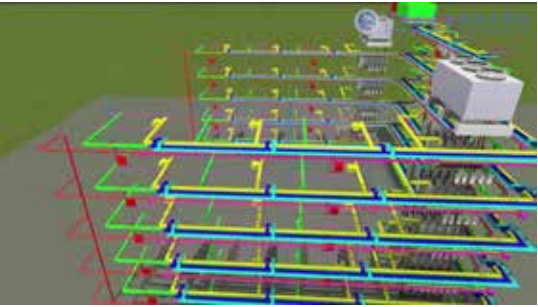


图6 全专业协同设计

2.5 预制构件参数化设计

依据装配式建筑“通用化、模数化、标准化、少规

格、多组合”的原则，进行装配式构件及铝模体系深化
设计。采用LOD400标准，结合规范图集，创建参数化
构件库，涵盖叠合板、预制楼梯、轻质隔墙、预埋件及
模具等通用标准族库，实现构件的系列化、多样化。同
时，基于Revit平台二次开发构件库管理插件，便于管理
和查询，如图7所示。进行装配式项目深化设计时，充
分利用参数化构件库，减少重复工作，高效生成该项目
的构件信息，进行模型预处理、预留孔洞设计、构件拆
分、构件编号、装配单元参数化配置、复杂节点钢筋碰
撞检查、精细化模具设计、BIM出图^[6]。

通过BIM正向一体化装配式构件预留预埋深化设
计，做出了设计优化6处，优化内容涉及叠合板递料孔
缺漏、止水节与钢筋碰撞、胡子筋位置碰撞等。这些
设计缺陷的发现，避免了预制构件返厂处理的风险，预
计使项目节约工期10天，控制成本30万元。

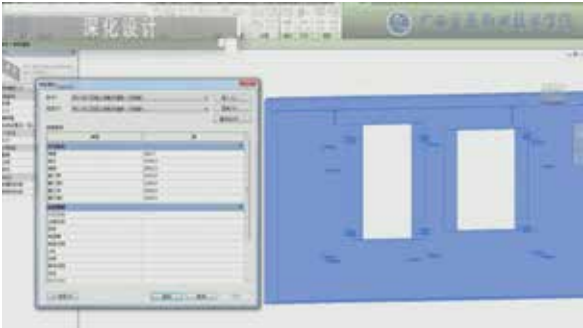


图7 参数化预制构件管理插件

2.6 BeePC平台装配式深化设计

采用BeePC平台开展“三板”构件BIM深化设计，
精确定义构件尺寸、钢筋位置、预留预埋信息。按照模
数快速进行建筑构件的拆分设计，并按照规定生产构件
加工图，导出构件工程量信息，实现了基于BIM环境的
装配式构件深化设计、出图流程，如图8所示。

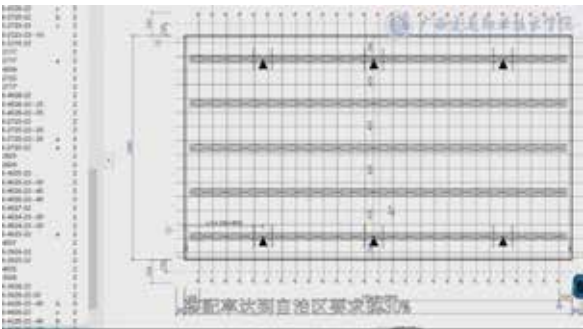


图8 BeePC装配式深化设计平台

该项目通过安排不同的深化设计人员，分别使用CAD平台与BeePC平台同时进行装配式构件拆分设计，对设计时长、设计精度、出图规范度、承载信息量等维度进行了对比分析，对比结论如表1所示。

表1 CAD、BeePC进行装配式深化设计对比情况表

序号	对比指标	CAD平台	BeePC平台
1	设计时长	3天	1.5天
2	设计精度	预留洞缺失	构件齐全
3	出图规范	标注不规范	统一出图标准
4	承载信息	仅尺寸、位置信息	尺寸、位置、构件工程量、三维构件详图

通过两个平台的设计结果对比可知，传统CAD平台仅靠二维图形对构件进行表达，缺乏直观的三维演示，容易使设计人员对细节考虑不周，导致设计缺陷。BeePC平台自带的装配式构件库、出图模板，可快速生成预制构件模型，自动进行钢筋布置及直观三维调整，最终输出PC构件混凝土工程量、钢筋下料单、构件三维示意图等。总设计时长方面，BeePC平台比CAD平台速度提升一倍。由此可见，利用BIM深化设计软件进行装配式构件拆分设计，能大幅度提高效率。

2.7 BIM工程量计算

项目组依托校企合作研发基础，与广西同泽工程项目管理股份有限公司、深圳市斯维尔科技有限公司组成联合研究团队，共同开展BIM工程量计算的项目实战研究。团队基于斯维尔BIM算量平台，总结了能高效实现构件映射的revit命名规则，并编制了建模标准，最终实现revit模型与斯维尔算量模块数据的无缝对接，完成国标算量，如图9所示。

该项目通过对斯维尔工程算量for revit和广联达BIM算量两款软件的测试，得到以下结论：（1）两款软件对常规形状构件的工程量计算结果基本一致，计算时间相差不大；（2）对于异性构件，两款软件计算结果及手算结果都存在一定偏差；（3）使用revit插件的算量软件，对构件命名规则要求较为敏感，比如命名悬挑板时必须专门制定命名规则，否则会将工程量计算到普通有梁板中，而广联达软件划分了“悬挑板”类别，建模时选择相应类别创建模型即可。综上所述，BIM工程量计算软件的算法已经取得了较好的发展，但是计算结果一般需根据行业及合同约定而定，计算规则也要随着计算能力的提高而做出调整。这就需要各软件平台优化用户体验，相关主管部门做好计算规则的更新，才能打通

BIM一体化算量的“最后1公里”。



图9 斯维尔BIM算量

2.8 BIM5D

通过分析场地布置与施工进度之间、各种施工设施之间、材料供给与需求之间等诸多复杂的依存关系，研究施工资源的“时间—空间—数量”关系，将revit模型与施工进度、工程量信息链接起来，建立项目5D模型，可动态模拟施工过程和任意时间的场地施工状态。当施工进度发生变化，可自动计算出任意时间段、任意施工状态的工程量和人力、材料、机械等资源需求以及场地空间状况，为场地布置提供准确、直观的依据，如图10所示。

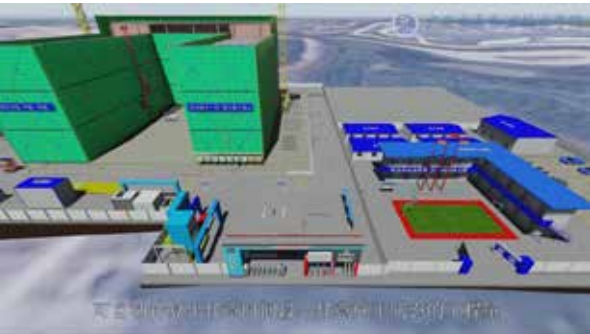


图10 装配式施工场地布置

通过科学的施工流水设计及装配式总装优化，采用斯维尔BIM5D软件进行项目施工进度的优化与管理，最终达到5天一层、31天封顶的总目标，如图11所示。

施工项目管理，是一个复杂而动态的过程，采用现有的软件平台仅能从施工计划和实施结果两个维度判断工期与成本的偏差度，并不能灵活地关联所有事件变量，进行综合计算分析，得出最优解决方案。但是通过施工过程关键因素的实践积累，必将能够逐步建立起一套数据采集要点及关联的算法逻辑，相信在不远的将来，必将能够通过AI排产，真正实现“智慧工地”。

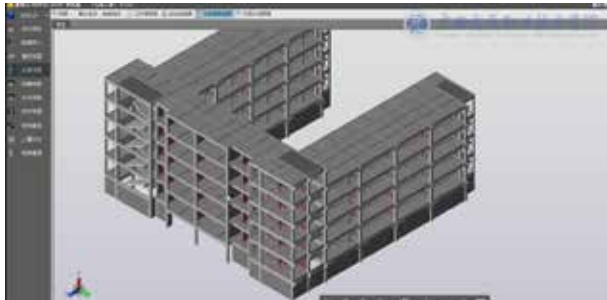


图11 BIM5D项目管理

3 应用价值分析

该项目通过采用BIM技术进行装配式建筑的正向设计实施，从建筑性能分析、全专业协同设计、预制构件精细化设计、施工现场信息化管理的全过程开展BIM数据集成应用，提高了设计质量，提升了建造过程中的信息化水平，设计团队也进一步提升了技术和管理水平，为智慧建造的实施打下了较好的基础。该项目的实施具有一定的应用成效，具体表现如下。

（1）通过该装配式项目BIM正向设计的实施，培养了一支优秀的BIM正向设计实施团队，为单位BIM发展奠定人才基础。

（2）探索了利用BIM技术进行装配式项目建筑性能分析的解决方案，使设计信息能够与绿色建筑分析集成应用。助力实现建筑运行阶段的“碳达峰、碳中和”目标。

（3）探索了全专业协同设计的正向一体化设计工作模式，使建筑、结构、暖通、电气、给排水与智能化等专业高效联动，最大限度提高设计质量，减少生产过程中30%以上的设计变更。

（4）实施了基于BeePC平台的装配式深化设计技术路线，较传统CAD平台的装配式深化设计效率提升50%，三维可视化的设计环境可最大限度表达各预制构件空间关系，在深化设计过程尽可能避免构件生产缺陷。

4 实施意见与项目展望

开展装配式建筑正向设计，是建筑工业化发展的必由之路，通过该项目的探索，为正向设计模式的推广提出以下建议：

（1）组建一支既熟悉传统设计理念又精通BIM体系理论与技能的设计师团队，培养核心设计师正向设计的理念，提升设计标准化能力。

（2）建立正向一体化设计的实施流程标准，使各专业设计协同开展、有效穿插。

（3）创建“模数化、标准化、少规格、多组合”的装配式部品部件库，通过参数化驱动，使正向设计更加高效。

（4）打通“设计—生产—施工”各环节建筑信息数据传导标准，使业务流程、生产设备、现场作业等环节实现数据无缝传导。

交通运输实训基地综合教学大楼项目装配式建筑BIM正向设计的综合应用，是BIM与装配式技术深度融合的一次大胆尝试，为装配式建筑的发展提供了信息技术的支持，对促进广西建筑工业化的跨越式发展具有重要意义。

[参考文献]

[1]辛蕾.BIM技术在装配式建筑中的应用[J].中华建设,2021(2):134-135.
[2]刘聃,鹿毅.浅谈BIM与CAD在建筑工程制图中的联系与区别[J].广西城镇建设,2021(2):56-57+68.
[3]Azhar S, Behringer A. BIM for Facilitating Construction Safety Planning and Management at Jobsites[J].Association of Researchers in Construction Management,2013(3):82-92.
[4]赵笑男.BIM技术在建设项目中的应用[J].项目管理技术,2019,17(6):75-79.
[5]周磊鑫.BIM正向设计存在的问题和思考[J].装饰装修天地,2020,22.
[6]梁承龙,彭来,刘芳.基于BIM技术某建筑现代工业园区项目综合应用研究[J].广西城镇建设,2021(4):57-59.