

# 基于建筑信息模型的建筑多专业协同设计流程分析

王巧雯<sup>1</sup>, 张加万<sup>1,2</sup>, 牛志斌<sup>2</sup>

(1. 天津大学 建筑学院, 天津 300072; 天津大学 软件学院, 天津 300354)

**摘要:** 基于建筑信息模型(BIM)技术的协同设计是建筑行业未来发展的趋势. 针对协同设计中易出现的及时性、完整性、准确性等信息交换问题, 聚焦 BIM 技术下的文件链接和工作集两种协同设计方式之优势, 结合模块化住宅设计案例, 梳理 BIM 平台下设计协作的集成技术路线, 总结专业内和专业间高效协同模式及工作特点. 从软件应用和项目管理两方面, 探索构建 BIM 一体化多专业协同设计流程框架, 为建筑设计阶段多专业的高效协同提供有益的方法借鉴.

**关键词:** BIM 技术; 协同设计; 流程方法; 案例应用

**中图分类号:** TU17

**文献标志码:** A

## Architecture Multi-Disciplinary Collaborative Design Process Based on Building Information Model

WANG Qiaowen<sup>1</sup>, ZHANG Jiawan<sup>1,2</sup>, NIU Zhibin<sup>2</sup>

(1. School of Architecture, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. School of Computer Software, Tianjin University, Tianjin 300354, China)

**Abstract:** A collaborative design based on building information model (BIM) technology is the orientation of architecture, engineering and construction industry. This paper focuses on the information exchange problems in collaborative design, such as timeliness, completeness and accuracy. Based on the advantages of two kinds of collaborative design methods, such as document linkage and working set of building information model (BIM) technology, and the case study of modular housing design, an analysis is made of the design collaboration technology roadmap, at last, an efficient collaborative model and working characteristics within profession and inter-profession are obtained. From the prospects of software applications and project management, the process framework of BIM multi-disciplinary collaborative design is explored, so as to provide a useful method for multi-

disciplinary and efficient coordination in the architectural design stage.

**Key words:** building information model (BIM) technology; collaborative design; process; practical application

信息媒介的广泛普及使计算机技术被推到一个新的高度, 能够利用计算机技术解决问题的领域越来越多, 同时也带来了诸多便利. 比如在建筑行业, 随着 BIM 技术的问世, 传统工程领域的许多问题与不足都得到了缓解、控制及解决. 可以说, BIM 是建筑行业的转折点. 而与此同时, 单纯的利用计算机技术无法与建筑行业建立联系、提供服务, BIM, 作为一种面向建筑设计的新软件技术, 正是其中的关键纽带. BIM 的出现也推动了计算机软件技术的应用与发展.

在建筑行业, 随着建筑项目设计愈发复杂, 建设速度日趋加快, 对协同设计的要求越来越高. 单纯利用平面二维图纸进行各专业间协同设计的方式, 已不能满足信息化进程不断发展的趋势<sup>[1]</sup>. 自 2003 年 Laiserin 将建筑信息模型 (building information model, BIM) 在业界推广, 引起普遍关注和讨论以来, BIM 技术已越来越多地运用到建筑项目的设计、施工、运维等各个环节中, 带来了建筑设计思维模式与技术应用的变革<sup>[2]</sup>. 其中, 多专业协同设计是 BIM 技术革新的一个重要方面, 也是 BIM 价值的集中体现<sup>[3]</sup>.

## 1 BIM 技术与协同设计

### 1.1 BIM 技术概述

BIM 起源于 20 世纪 70 年代中期. 美国乔治亚

收稿日期: 2017-09-15

基金项目: 浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室开放课题(A1824)

第一作者: 王巧雯(1988—), 女, 博士生, 主要研究方向为 BIM 与建筑数字技术. E-mail: qiaowen88@hotmail.com

通讯作者: 张加万(1975—), 男, 教授, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为计算机辅助设计与图形学、可视化与可视分析等.

E-mail: jwzhang@tju.edu.cn

理工大学建筑与计算机学院的查克·伊斯曼(Chuck Eastman)博士提出的“建筑物计算机模拟系统(building description system)”<sup>[4-5]</sup>理念,是 BIM 的雏形. 20 世纪 80 年代后,欧洲部分学者称这种方法为“product information models”. 随后 2002 年欧特克公司(Autodesk)副总裁 Phil G. Bernrstein 在收购 RTC 公司(Revit Technology)后正式提出 BIM 这一术语. 而 BIM 不是一个简单的定义,它涵盖的内容非常丰富、范围涉及也十分广泛. 2009 年,美国麦克劳-希尔建筑信息公司(McGraw-Hill Construction)在“BIM 的商业价值(The Business Value of BIM)”调研报告中率先给出了 BIM 的定义,将其描述为创建、应用数字化模型对项目进行设计、施工和运营的过程. 经过几十年的发展,BIM 技术在实际工程中应用也愈发广泛,其定义也在不断丰富与完善. 目前较为完整的是美国国家标准与技术研究院(National Institute of Standards and Technology)对 BIM 的定义: BIM 是一种对工程项目物理特性和功能特性的数字化表达,并且可以为建筑全生命周期里的决策提供可靠信息共享知识资源库<sup>[6]</sup>. 通俗的说, BIM 可以理解为利用三维可视化仿真软件将建筑物的三维模型建立在计算机中,这个三维模型包含建筑物的各类几何信息和非几何信息,是一个建筑信息数据库. 同时,从互联的角度, BIM 也是基于开放性标准的、协同模式下的共享数字模型,具有可视化、模拟性、协同性和现实化的应用特点<sup>[7]</sup>. 通过在 BIM 模型中进行添加、提取、修改和更新模型信息等操作,建筑生命周期的每个阶段各项目参与方可在工作平台环境上协同作业,实现了设计信息的集成和整合,也使得协调、交流、沟通和决策过程更加顺畅、高效.

21 世纪前,因受计算机发展水平的限制, BIM 仅能作为学术研究的对象,难以在实际应用中发挥作用. 进入 21 世纪后,随着计算机技术的不断成熟, BIM 技术在全球范围内迅速得到发展. 美国、新加坡、英国、韩国、日本、北欧等国家和地区先后制定了规范标准,并在工程项目中得到广泛的应用. 在中国自 2004 年引入 BIM 以来,一直方兴未艾,到 2013 年左右,开始进入一个快速发展的时期,很多省市陆续发布了各自的 BIM 指南及相关文件, BIM 迎来了全面发展的时期.

## 1.2 BIM 协同设计

协同设计是实现信息储存、转换和共享过程,不仅包括设计各个专业之间、项目上下游参与方之间

的协同,还包括二维与三维设计之间的配合以及项目全生命周期的信息传递<sup>[8]</sup>. 建筑工程领域中,协同设计一般分为二维协同设计和三维协同设计. 二维协同设计是以计算机辅助绘图软件的外部参照为基础的文件级协同,是一种基于二维图纸的定期更新的阶段性协同方式<sup>[9]</sup>; 三维协同设计是在同一环境下,各专业人员基于三维模型进行的平行设计,通过信息共享、沟通协作完成同一项目的一种协同模式.

BIM 技术的发展为目前的三维协同设计提供了全新运作轨迹, BIM 协同设计是一种新的设计表达范式,也是一种设计、交流、组织和管理的新方式,利用 BIM 的三维可视化技术和信息的交互共享特点,使建筑、结构和设备专业人员在统一数字化模型上进行协同设计,使 BIM 技术下的协同设计成为建筑设计过程本身的一部分,不再是一种设计外的附属技术或缝缝补补的加载技术. 比较 BIM 技术下的协同设计(以下简称 BIM 协同设计)与传统三维协同化设计,可以发现,在协同设计的内容、效率,模型信息以及与二维图纸的关联性上都较具明显优势,如表 1 所示.

表 1 BIM 协同设计与传统三维协同设计对比  
Tab.1 BIM collaborative design compared with traditional 3D collaborative design

对比项目	传统三维协同设计	BIM 协同设计
参数化模型	几何信息	几何、物理、拓扑信息等
模型数据	否	是
协同的内容	效果图	效果图、管理、分析等
设计阶段参与方	设计人员	设计人员、承包方、施工方等
模型与二维图纸关系	无对应关系	联动关系

## 2 BIM 协同设计工具及模式分析

### 2.1 BIM 平台的选择

BIM 协同设计应用,在建筑项目的不同专业、不同阶段,需要多种相关软件配合. 根据具体设计项目需求,正确选择合适的软件平台,对协同设计至关重要. 在 BIM 平台的选择上,不仅要考虑实际工程项目设计需求、设计人员的软件应用水平,还要注重软件供应商的支持力度以及后续的培训指导,同时,同系列下不同软件之间的信息共享及双向交互的能力也是选择时需要关注的问题. 目前多家公司基于建筑信息模型理念的核心共识,致力于研发、推广 BIM 设计软件及应用平台,常用的 BIM 软件平台主要来自 4 家: 欧特克(Autodesk)、Bentley、达索系统(Dassault Systems)和 Graphisoft,这些软件产品各

自有 BIM 设计特性及数据交换接口。其中, Autodesk Revit 系列软件作为较成熟的三维参数化 BIM 平台,目前在建筑设计市场中占据最大份额,应用较为广泛,不仅拥有独立协同设计平台,还兼具全专业的多项功能集成。从软件应用上看,Revit 系列软件包括 Revit 建筑、Revit 结构和 Revit 机电,分别用于建筑设计、结构设计以及设备(给排水、采暖、空调、电气)设计的专业建模。其技术逻辑在于通过参数化建模方式,采用数据库集成平台,为设计项目在各阶段提供实时、准确的设计信息。构建的 BIM 模型携带丰富的对象信息,可自动生成二维平面图纸,支持自动更新,支持符合 IFC 标准的文件格式载入与输出,支持文件链接、共享和参照引用,从而为建筑项目持续设计和多专业协同工作提供了技术保障。目前,最新版本 Revit 2018 已推出,新功能中实现 NWD/NWC 文件的链接,可更加方便地进行多软件的设计协调。故本文主要采用 Autodesk 公司的 Revit 系列软件作为信息模型的构建平台,并以此对 BIM 协同设计的协同模式进行分析。

## 2.2 基于 Revit 的协同模式分析

BIM 技术下的协同设计一般可分为专业内与专业间两种协同模式,通常采用工作集方式或文件链接方式。

(1)工作集方式是一种“工作共享”的工作模式,即采用同一 BIM 数据模型的实时协同设计方式。该方式利用工作集的形式对中心文件进行划分,工作组成员在本地终端对服务器中的同一个 BIM 模型同步并行设计,并将各自的设计内容及时同步到文件服务器上的中心文件中,成员之间可以根据权限相互借用,既可以相互参看双方的设计进程与最新成果,也可以进行某些建筑图元的交叉设计,实现成员间的实时信息传递与数据共享。该方式可实现多人按照项目不同专业、不同区域同步创建模型的需求,也可满足多人针对同一模型同时编辑的需求。但是,该模式在设计较大工程项目时,由于中心文件将承载所有设计信息,其响应速度、整体稳定性都较弱,占用的硬件资源比文件链接模式多且要求高,且需建立权限管理机制,在软件平台上实现繁琐有余,所以一般适用于关联性小的专业之间,或者专业内部的协同设计。

(2)文件链接方式,即在设计之初各专业统一项目模板文件,采用统一轴网、标高系统,各专业建立各自的 BIM 模型文件,最后在同一场地模型或者主体项目模型上链接组装,合并为一个模型。该方式相

对简单、便捷,可依据需要随时加载模型文件,响应速度快,对软硬件的需求也相对较低。但数据相对分散且链接后的 BIM 模型没法进行编辑,只能作为空间定位参考及可视化展示,同步协作性与及时性较低,一般更适宜于专业间的协同设计。

从既往经验看,建筑项目的 BIM 协同设计实践,一般需根据项目的规模、类型、难度以及团队人员结构、硬件平台等实际情况,选择其中一种工作方式,要么工作集方式,要么文件链接方式。随着建筑项目的日趋复杂,尤其面对大型建筑项目,单一的协同工作方式难以完成协同设计任务,且建筑项目设计本身也是多专业协同作业的产物。面对建筑行业发展的新特点、新挑战,积极探讨、验证工作集和文件链接两种方式的有机组合与联动协同,构建通用数据环境(CDE),实现建筑信息转换的及时性、完整性及准确性,形成基于 Revit 的集成协同新方法。

## 3 BIM 多专业协同设计流程与工作框架构建

BIM 协同设计是一种点与中心的信息交流模式,各参与方之间的信息交流具有唯一性与连续性<sup>[10]</sup>,该信息沟通模式将来自不同方面的数据整合在一个平台上,实现了专业内、专业间的数据交流以及建筑全生命周期中信息最大化共享与转换,从而保证了建筑设计的高效率、高质量和低返工。BIM 技术的核心是建筑信息的共享与转换,而协同设计水平的关键在于建筑数据共享度和工作协调度的高低。BIM 协同设计的实现,离不开一个好的协同技术平台,而一个科学的设计工作流程也同等重要。本研究针对协同设计中信息交换及时性、完整性及准确性等问题,以实现专业内及专业间设计信息的高效共享为导向,探索现有协同模式的有机组合,形成集成协同方法及技术路线,构建一体化协同设计方法与流程。

Revit 集成协同方法聚集了工作集方式和文件链接方式的优点,实现了两种方式的优缺点互补。原则上专业内协同设计多采用工作集方式、专业间的协同设计多采用文件链接方式,有时两种工作方式并用。整个协同设计流程以 BIM 模型为核心,基于 Revit 平台,在设计阶段的每个过程进行双向的信息协同,设计人员实现了在同一平台、同一标准、同一环境下进行设计,各专业实时共享数据、信息,并在工作集平台上交流沟通,共同完成设计,实现了同步

与共享,如图 1 所示.这种模式区别于“时间顺序”的传统设计模式,各专业内、专业间实行并行设计,缩

短了设计周期,提高了团队设计的无缝对接程度,优化了项目整体设计效率和质量.

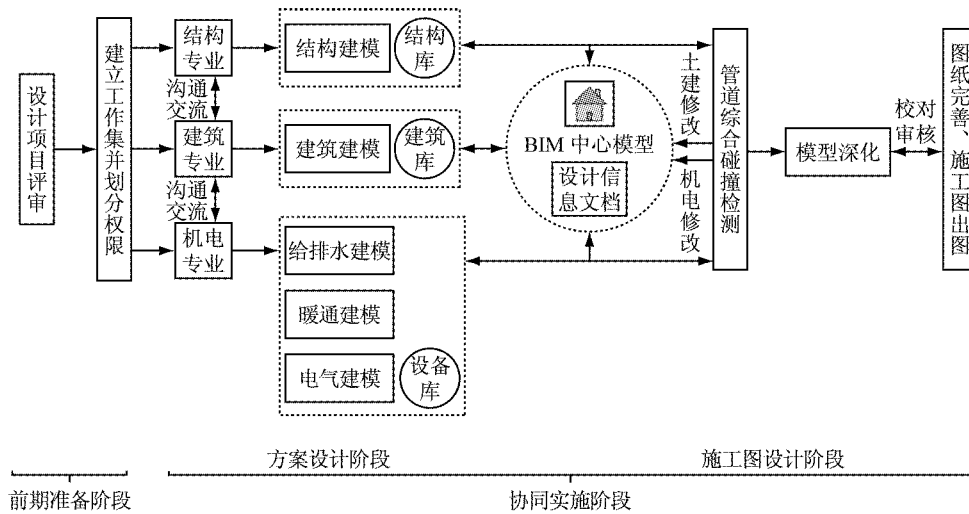


图 1 BIM 多专业协同设计流程框架

Fig.1 Process framework diagram of BIM multi-professional collaborative design

**前期准备阶段:**该阶段作为协同设计的基础,首先对设计项目进行定位评审,通过审批后,主要工作有两项,一是完成 BIM 模型质量交付标准、建模精确度的选定工作以及确定 Revit 软件中坐标、样板等技术准备事宜;二是建立 BIM 模型平台,包括统一各专业模板文件,统一轴网、标高系统,建立各专业 BIM 模型文件及链接组装;在同一专业 BIM 模型中建立中心文件夹,根据需求划分工作集并设定相关权限,本流程构架按照建筑、结构、机电三种专业来进行划分,建立 BIM 平台、中心文件、地方文件链接,各设计人员应严格按照 BIM 设计流程进行设计,实现共同设计建模及后续流程.

**协同实施阶段:**在方案设计阶段,设计单位按户主需求进行建筑方案设计,主要以建筑专业设计人员专业内协同设计为主,同时结构、机电等其他专业设计人员即时参与,也存在专业之间的设计,在方案设计中,结构设计师、机电设计师在建筑设计师建立的建筑 BIM 模型基础上,根据各自专业的需求进行设计,完成各专业 BIM 模型,共同完成初期协同过程.协同方式以工作集协同方式为主,兼有文件链接方式;在施工图阶段,以多专业协同设计为主,主要工作是对各专业的碰撞冲突等问题进行处理及优化,不断修改完善专业设计,完成专业间的协调作业.将建筑 BIM 模型相对应的结构 BIM 模型、设备 BIM 模型进行组合,完成各专业的整体模型,并以满足相应专业规范为前提,在 BIM 协同设计平台上将多专业模型组合成一个全信息中心 BIM 模型,进行

碰撞检测及优化,生成 BIM 施工模型与二维施工图纸,指导后续的生产、施工过程.此阶段协同方式以文件链接方式为主,并含有地方文件信息微调的工作集方式.

## 4 BIM 多专业协同设计应用实践——以模块化住宅项目为例

项目为小型模块化住宅(简称模块房)设计建造,50 m<sup>2</sup> 规格,共两种户型,即 A1(集中式)和 A2(两段式),设有客厅、起居室、卧室、卫生间 4 种功能. A1 和 A2 模块房均为木板样板房,采用欧松板作为预制构件,板材尺寸为 1.22 m×1.22 m 方形,以 1.22 m 为模数,卧室与卫生间的尺寸均为 1.22 m 的倍数,以便于工厂模数化生产及建造施工,减少材料损耗.该项目为 BIM 多专业集成设计项目,以 Revit 软件作为设计平台,采用基于 Revit 的集成协同方法.在设计过程中,建筑、结构与水暖电专业采用统一数据模型开展协同设计工作,并通过协同化的管理,有效避免了专业间的冲突,实现了基于 Revit 的 BIM 多专业协同设计,如图 2 所示.

### 4.1 建筑与结构专业协同设计

在设计初始阶段,建筑师与结构设计师首先根据协同管理的权限设置和时间分配,通过建筑工作集和结构工作集来实现单独作业和协同工作,形成各自的 BIM 模型,并通过文件链接方式开展进一步设计协同工作.在本例的模块化住宅中,所有的模块

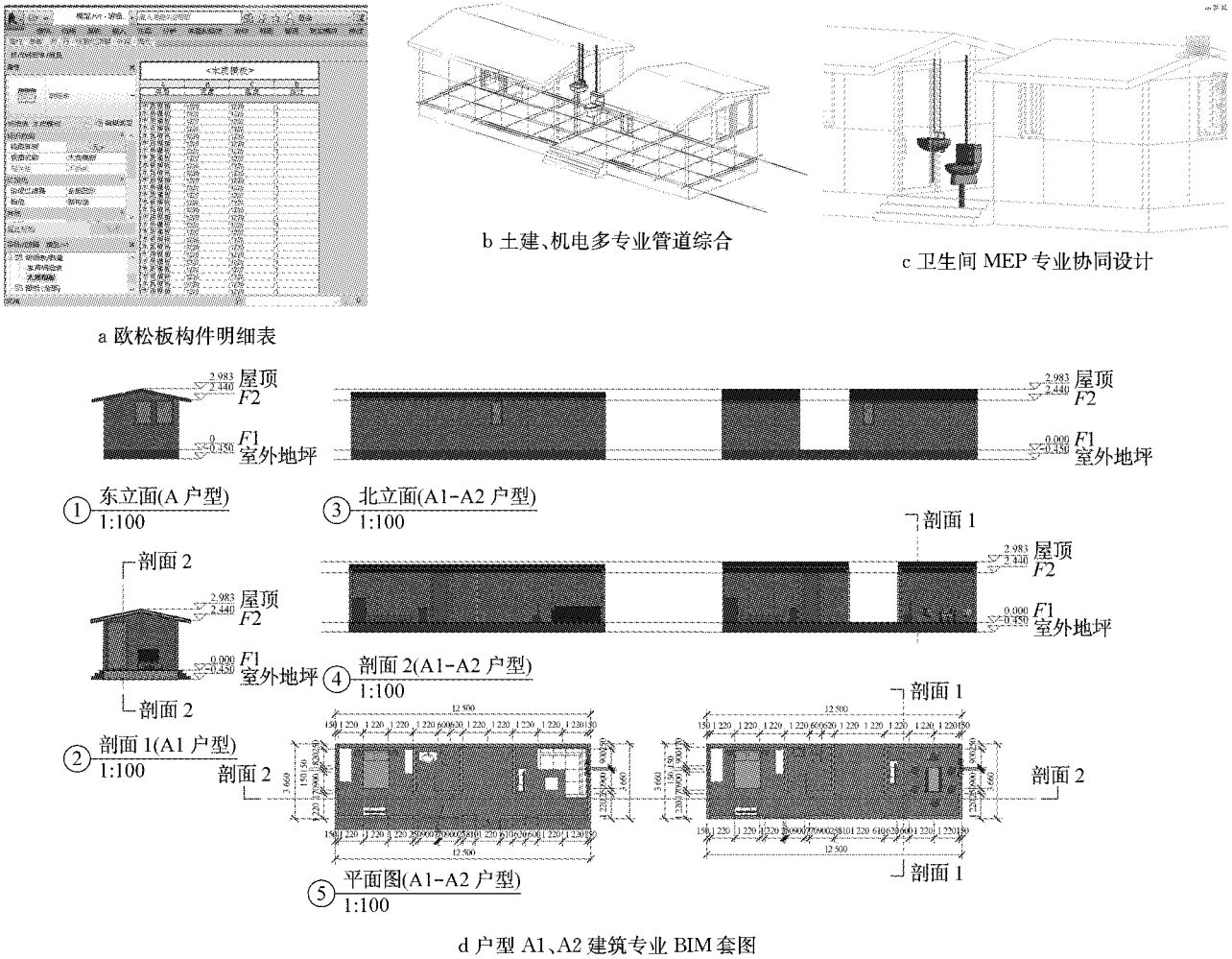


图 2 BIM 多专业协同设计在小型模块化住宅项目中的应用

Fig.2 Application of BIM multi-disciplinary collaborative design in small modular residential project

化住宅构配件(欧松板)均以单元部品的形式存储在各个专业的 BIM 族库文件中,相同型号的欧松板建筑、结构部品模型在尺寸造型、承担荷载等方面均可完美匹配.针对每一块木板情况,各专业设计人员均可使用各专业软件进行文字编码和设计修改,使得建筑师与结构师可以共同完成从设计到施工土建一体化的模块组装过程,便于后续在现场装配,提高了设计效率,降低了出错率.

#### 4.2 建筑与 MEP 专业协同设计

建筑与 MEP (Mechanical/Electrical/Plumbing 统称为 MEP,即机电、暖通、给排水等专业)的协同同样涉及到一个二度协同的问题,管道综合设计本身就是一个基于工作集方式协同的过程,并通过文件链接方式进行后续设计协同工作.在模块化住宅中,首先建筑专业为水、暖、电等专业设定吊顶参考图和制定高度(2.44 m);其次,MEP 各个专业之间在设计中要相互协调,在保证设计意图的前提下,确保各专业管线布置、预留位置等问题之间互不冲突,

并将统一的修改意见整合到全信息中心设计 BIM 模型上;最后,经过反复协同,将修改变更意见同步反馈到建筑、结构专业模型上,并集成存储在全信息中心施工 BIM 模型中.

#### 4.3 模块化设计、施工及后期协同作业

模块化设计是标准生产在工业化时代的集中表现,是区别于传统工业生产方式的新模式.建筑 BIM 协同设计可实现统一设计标准、规范化的模块数据接口、标准模块按需输入与输出以及模块多样化组合设计等要求,具有独特的优势.在该例中,全信息中心 BIM 模型包括设计 BIM 模型,还包括工厂预制加工所需的生产制造 BIM 模型,首先利用各类分析模拟软件对 A1 和 A2 模块化住宅的性能及预制构件的属性进行评估和分析,将结果信息反馈到建筑设计以及工厂制造中.随后在对 BIM 模型中的文字、图形等进行二次的优化和完善,并通过 Revit 导出与建造专业软件相连,指导预制生产,协同整个模块化住宅设计建造过程.在后续施工以及运维阶段,

各专业人员将装配建造以及后期运维的动态实施数据载入到信息模型中,生成建筑施工 BIM 模型及运维 BIM 模型,形成模块住宅 BIM 模型组<sup>[11]</sup>,并统一存储在 BIM 模型数据库中,从而实现基于 BIM 的建筑协同设计以及后期的建筑管理应用。

#### 4.4 案例小结

建筑信息模型是 BIM 协同设计的核心,该项目小组围绕模型建立展开 BIM 协同设计研究,其成果主要体现在多专业信息模型和设计、建造一体化的 Revit 集成协同工作方式上。经过总结整理,有 3 点反思:

(1)该案例是一种基于模块化设计建造的试验性研究,基于 Revit 平台从设计向施工的推进中,深刻体会到综合运用工作集、文件链接方式是设计、建造高效协同的有效手段。

(2)Revit 集成协同方法的应用主要在设计阶段多专业的协同配合上,改变了传统的设计流程及协作模式,在设计成本和建造工期的控制上,效果明显,但同时也在操作过程中也发现,尽管 Revit 有 Revit Structure 及 Revit MEP 的专业系列软件,但多个专业在同一个平台上操作从项目信息利用、设计效率以及协同程度上仍与预期有一定差距,期待进一步探索研究。

(3)在 Revit 集成协同方法运用中,也暴露出 Revit 应用局限性与协同设计潜在问题。以下两方面的研究,有助于进一步提高 BIM 协同设计的效益最大化:建立统一数据标准,完善上、下游数据的承接与共享,可降低各专业之间信息传递中数据缺失和出错现象。合理设定各部门各专业使用权限、分工职责、设计时间、工作流程等细节问题,以便更加合理、高效地发挥 BIM 协同优势,进一步提高协同设计的配合度。

## 5 结语

BIM 协同设计是建筑协同设计上的一次革新,但目前尚处于起步阶段,面临不少挑战,在信息、工程以及管理层面上都存在一些应用问题和技术短板,同时建筑行业各专业之间的协同也需要一个相互接受和适应的过程,设计组织架构上仍需细化,信息的传递和共享途径也有待进一步标准化。相信随着 BIM 技术应用及软件平台的不断深化,各专业族库的不断完备,BIM 协同设计的流程体系和相关标

准将日趋规范。BIM 也将逐步改变以“建模为主”的单一技术应用方式,逐步形成以“协同应用”为导向多维发展模式,成为建筑行业新的动能增长点。

#### 参考文献:

- [1] 何关培,李刚.那个叫 BIM 的东西究竟是什么[M].北京:中国建筑工业出版社,2011.  
HE Guanpei, LI Gang. What is that thing of what is called BIM [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2011.
- [2] LAISERIN J. Laiserin's explanation of why BIM should be an industry standard-term[EB/OL]. [2017-08-20]. <http://www.laiserine.com/features/issue5/feature01.php>.
- [3] EASTMAN C, TEICHOLZ P, SACKS R, *et al.* BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors [M]. Hoboken: Wiley, 2011.
- [4] EASTMAN C M. An outline of the building description system [M]. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, 1974.
- [5] EASTMAN C M. The use of computers instead of drawings in building design[J]. AIA Journal, 1975, 63(3).
- [6] National Institute of Building Sciences. United States national building information modeling standard version1—part1 [S]. Washington D C: National Institute of Building Sciences, 2007.
- [7] 清华大学 BIM 课题组.设计企业 BIM 实施标准指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2013.  
Tsinghua BIM Project Group. Guidelines of BIM implementation standard for design enterprise [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2013.
- [8] 张德海,韩进宇,赵海南,等. BIM 环境下如何实现高效的建筑协同设计[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013(6): 43.  
ZHANG Dehai, HAN Jinyu, ZHAO Hainan, *et al.* How to achieve efficient architecture cooperative design under the BIM environment[J]. Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture, 2013(6): 43.
- [9] 秦军. 建筑设计阶段的 BIM 应用[J]. 建筑技艺, 2011(1): 19.  
QIN Jun. BIM application in architectural design [J]. Architecture Technique, 2011(1): 19.
- [10] 王磊,余深海. 基于 Revit 的 BIM 协同设计模式探讨[C]//第 14 届全国现代结构工程学术研讨会论文集.天津:天津大学,天津市钢结构协会,2014: 4-5.  
WANG Lei, YU Shenhai. Discussion on BIM collaborative design mode based on Revit[C]//The 14th National Symposium on Modern Structural Engineering Proceedings. Tianjin: Tianjin University, China Steel Structure Association, 2014: 4-5.
- [11] 王巧雯. 基于 BIM 技术的装配式建筑协同化设计研究[J]. 建筑学报学术论文专刊, 2017(1): 21.  
WANG Qiaowen. Study on collaborative design of prefabricated building based on BIM technology [J]. Architectural Journal Academic Issue, 2017(1): 21.