

# 一种分阶段递进式 BIM 构建方法

余芳强<sup>1</sup>, 张建平<sup>2</sup>

(1. 上海建工四建集团有限公司, 上海 201103; 2. 清华大学土木工程系, 北京 100084)

**摘 要:** 近十年来, BIM 技术得到了快速发展。但由于建筑业的多参与方特性, 目前跨阶段的信息传递仍难以实现, 包括建筑全生命期各阶段信息的完整 BIM 仍无法构建。针对以上问题, 提出一种分阶段递进式 BIM 构建方法, 包括协同建模的基本协议和基本流程, 支持各参与方在统一的框架下协同构建 BIM。应用表明, 分阶段递进式 BIM 建模方法可有效避免 BIM 构建过程中的重复建模、信息不一致等问题, 逐步构建完整、一致的 BIM, 支持面向建筑全生命期的 BIM 应用。

**关 键 词:** 建筑全生命期; 建筑信息模型; BIM 构建; 信息集成; BIM 数据库

中图分类号: TU 17

DOI: 10.11996/JGJ.2095-302X.2017010097

文献标识码: A

文 章 编 号: 2095-302X(2017)01-0097-05

## A Phased and Progressive Modeling Method of BIM

YU Fangqiang<sup>1</sup>, ZHANG Jianping<sup>2</sup>

(1. Shanghai Construction No. 4 (Group) Co., Ltd, Shanghai 201103, China;

2. Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** BIM technology has been rapidly developed over the past 10 years. However, it's still difficult to deliver information smoothly between different phases due to that there are many participants involved in a building project. Consequently, a completed BIM still can't be constructed. To address this problem, this paper proposes a phased and progressive modeling method (PPMM) of BIM, together with a basic agreement for cooperative modeling among all participants, and modeling procedures. The method supports various participants to cooperatively create BIM under a unified framework. Being verified by a real project, the PPMM is effective for preventing from repetitive modelling and inconsistent data, and is helpful for generating a completed and consistent BIM in BIM database, which is a foundation of building lifecycle-oriented BIM application.

**Keywords:** building lifecycle; building information modeling; BIM construction; information integration; BIM database

建筑信息模型(building information model, BIM)是“基于三维数字技术, 包括建筑项目各种信息的数字化模型, 是对建筑项目的物理特性和功能特性的数字化表达”<sup>[1]</sup>。BIM 技术(building information

modeling)旨在构建面向建筑全生命期的 BIM, 支持跨阶段的信息无损传递和各参与方之间的信息共享与协同工作<sup>[2]</sup>。近十年来, BIM 技术得到了飞速发展。国际上, BuildingSmart 发布了 IFC 标准, 为

收稿日期: 2016-01-14; 定稿日期: 2016-09-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(51278274); 上海市青年科技英才扬帆计划项目(15YF1405700); 上海市浦东新区社会领域信息化资金项目(PSX-2016-09)

第一作者: 余芳强(1987-), 男, 江西上饶人, 高级工程师, 博士。主要研究方向为 BIM 信息平台 and 施工 BIM 应用技术。E-mail: fqyu007@163.com

通信作者: 张建平(1953-), 女, 湖北武汉人, 教授, 博士。主要研究方向为 BIM 理论与系统、4D-CAD。E-mail: zhangjp@tsinghua.edu.cn

BIM 数据交换提供了开放、中性的标准和格式,近百款软件支持基于 IFC 的数据交换<sup>[3]</sup>;美国发布了国家 BIM 标准 NBIMS 用于指导 BIM 的实际应用<sup>[1]</sup>。国内,住建部 2015 年发布《关于推进建筑信息模型应用指导意见》,明确提出要大力推进 BIM 技术应用<sup>[4]</sup>;上海中心、昆明新机场、广州东塔等大型重点工作已经全面试点应用 BIM 技术。

然而,目前 BIM 技术应用仍局限在某一阶段或局部业务点上,跨阶段的信息无损传递和集成应用仍未能实现<sup>[5]</sup>,只能建立某一阶段或业务的 BIM 子模型(完整 BIM 的一个子集),这极大影响了 BIM 潜在价值的发挥。调研表明,由于建筑业的多参与方和多阶段特性,实现跨阶段信息共享和集成的难点在于:①同一信息可能由多个不同参与方创建,从而导致信息不一致;②各阶段建立的 BIM 独立存储在不同的文件中,易造成不同阶段信息之间的工程逻辑关系缺失,难以形成完整的 BIM;③不同阶段采用不同的应用软件建立的工程信息,格式不一致,难以融合;④同一阶段中可能存在多个不同参与方并行建模,易导致数据冲突等问题。

以设计和概预算 BIM 应用为例,设计阶段首先建立设计模型 M1,包括构件定义 A 及其几何信息 B、材料信息 C 和数据之间的关联关系。招投标阶段,施工方根据设计图纸再在预算软件中重新定义构件 A',并计算构件的成本信息 D,形成预算信息模型 M2<sup>[6]</sup>。可见,M1 和 M2 中构件定义信息存在重复,且由不同软件创建,同一构件的 ID 等信息不一致,从而导致扩展的成本信息 D 难以附加到 M1,不能形成包含设计和预算信息的完整模型。在后续施工等阶段,若同时需要之前创建的所有信息 A、B、C、D,则难以从已有的 M1 和 M2 中直接获取,这影响了信息的共享和 BIM 潜在价值的发挥。

针对以上问题,本文提出一种分阶段递进式 BIM 构建方法,包括各参与方协同建模的基本协议、各阶段 BIM 创建的基本流程以及支撑技术和软件,支持多参与方在统一的框架协议下协同创建、共享和应用 BIM,最终在 BIM 数据库中形成包括各阶段工程信息的 BIM,支持面向建筑全生命期的 BIM 应用。

## 1 分阶段递进式 BIM 构建方法

### 1.1 多参与方协同建模的基本协议

为构建面向建筑全生命期的 BIM,本研究认为各参与方应在统一的框架下协同建模,将分散、无

序的 BIM 创建过程整合为有序的协作过程,贯穿建筑全生命期的各个阶段。因此,针对上述 BIM 构建过程中存在的 4 大难点问题,提出了 4 个基本协议,作为各参与方协同建模的应遵守的基本原则。详细描述如下。

(1) 各阶段 BIM 建模必须在已有 BIM 基础上,通过扩展信息创建。要求用户在创建当前阶段的 BIM 子模型时,必须从已有 BIM 中提取和共享相关信息,避免信息的重复创建;然后在已有信息基础上,添加新信息,修改已有信息,并建立新信息与已有信息的工程逻辑关系,最终形成本阶段的 BIM 子模型。该协议是 BIM 技术“信息共享”基本宗旨的体现,因此不影响当前 BIM 应用流程。

(2) 必须将各阶段创建的 BIM 集成到统一的 BIM 数据库。通过 BIM 数据库技术实现各阶段建立的 BIM 的集成存储,是形成完整、统一 BIM 的基础,可避免当前基于文档进行模型存储和共享存在的信息不一致、不安全、访问效率低等问题,已被认为是 BIM 应用的未来趋势<sup>[7]</sup>。

(3) 以中性、标准格式存储 BIM,便于交换和共享。为便于不同应用系统之间的信息交换,建议采用 IFC 等被广泛采纳的中性、标准格式存储工程信息;如此,不同应用系统方能便捷地访问 BIM 数据库中信息<sup>[8]</sup>,实现信息共享。

(4) 并行建模前应尽量先完成公有信息的创建。并行建模前,完成公有信息创建,可避免各参与方重复创建公有信息,导致信息的不一致。该协议要求对现有的工作流程进行略微修改,需要相关参与方紧密协作。若无法实现公有信息的提前建模,则在信息模型集成到 BIM 数据库前,各参与方应将并行建立的所有 BIM 子模型全部导入到冲突处理平台中,进行冲突分析和处理,形成本阶段统一、无冲突的信息模型后,再集成到 BIM 数据库,避免造成 BIM 中存在信息不一致。

### 1.2 各阶段 BIM 子模型创建的基本流程

基于以上协议,各阶段 BIM 子模型创建的基本流程,如图 1 所示,包括以下 3 步:

(1) 从已有 BIM 中提取该阶段需要的工程信息,实现信息共享;如,工程算量阶段,提取已有 BIM 设计模型中的构件定义信息 A 及其几何信息 B;

(2) 在提取的信息模型基础上,根据当前业务需求添加新信息或修改已有信息,从而建立当前阶段的 BIM;如,新增工程量信息 D 及其与构件定义 A 的关联关系,建立扩展的 BIM 算量模型;

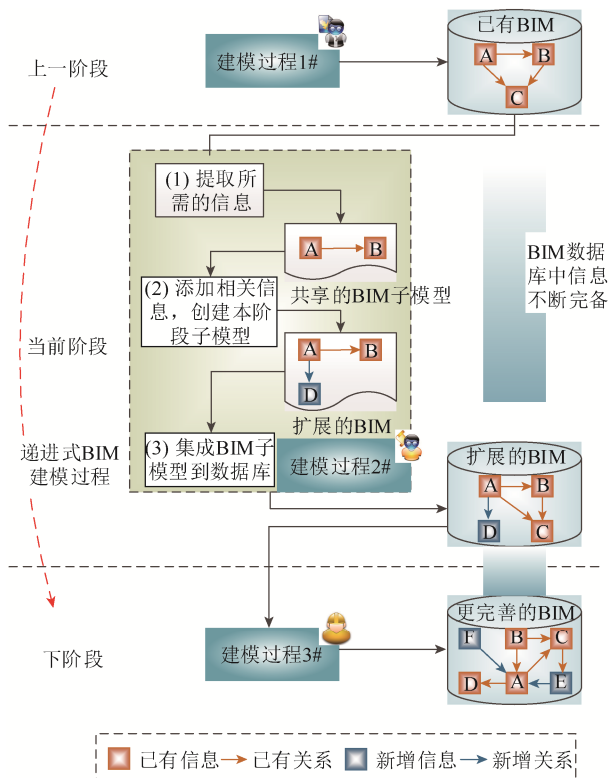


图1 协同建模的基本流程

(3) 将本阶段 BIM 子模型集成到 BIM 数据库, 形成包括已有信息、新增信息的 BIM, 实现 BIM 的逐步完善。

若在建筑全生命期的各个阶段均采用以上流程建立和集成 BIM 子模型, 则可将各阶段的工程信息逐步融合到 BIM 数据库, 从而形成统一、完整的 BIM。并且, 该方法通过共享已有信息, 将各个建设过程与 BIM 紧密结合, 有助于应用 BIM 技术辅助各阶段工作的完成和多参与方的协作, 更大程度上发挥 BIM 技术的潜在价值。

对于同一阶段中存在多个参与方并行工作的情况(如, 电气、暖通、给排水等专业同步进行深化设计), 提出了协同建模流程如图2所示, 包括公有信息创建、同步建模和模型集成3个阶段。分阶段递进式建模方法的并行建模流程与传统应用 Revit 和 Navisworks 进行 MEP 多专业协同建模流程基本类似; 但传统方法采用不同文件存储不同专业的模型, 通过文件链接进行集成, 难以建立跨文件的构件间关联信息, 且信息共享必须以文件为基本单元, 效率低、存在数据安全问题, 而本方法要求将最终形成的多专业 BIM 模型集成到 BIM 数据库, 可解决以上问题。

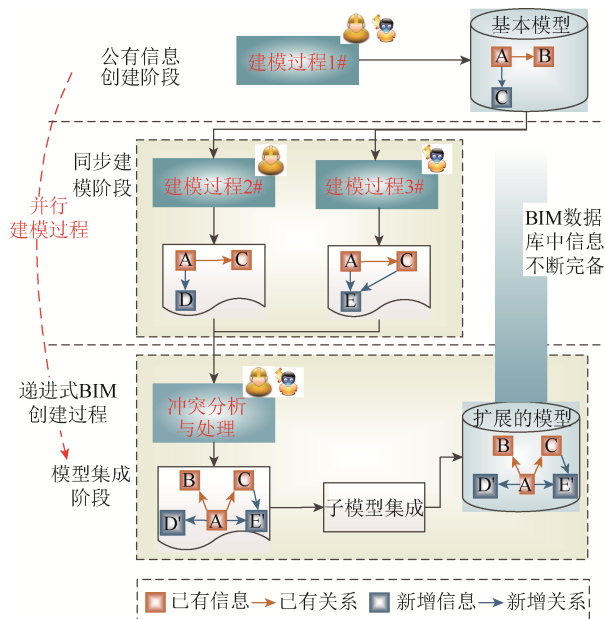


图2 多参与方并行工作中的协同建模流程

## 2 分阶段递进式 BIM 构建方法的支撑技术和软件

从各阶段 BIM 创建的基本流程中不难发现, 实现分阶段递进式 BIM 构建需要 BIM 数据存储技术、BIM 子模型提取和 BIM 子模型集成技术的支持, 目前相关研究成果如下。

(1) BIM 数据存储技术。实现统一存储建筑全生命期各阶段构建的 BIM 子模型, 并支持高效、便捷的数据写入和提取, 如 BIMServe<sup>[9]</sup>、半结构化 BIM 数据存储技术<sup>[10]</sup>。

(2) BIM 子模型提取技术。支持从已有 BIM 中根据数据共享需求提取 BIM 子模型, 如基于 MVD 的 BIM 子模型提取方法<sup>[2]</sup>、根据 IFC 模型内部结构提取子模型的方法<sup>[7]</sup>。

(3) BIM 子模型集成技术。支持将各阶段创建的 BIM 子模型集成到 BIM 数据库, 并保证集成后 BIM 的一致性和完整性, 如张洋<sup>[2]</sup>提出的基于 MVD 的子模型集成技术。

分阶段递进式 BIM 的构建需要相关平台和支持, 包括 BIM 平台、各阶段的 BIM 建模软件和冲突分析软件等。其包括:

(1) BIM 平台: 用于统一存储和管理完整的 BIM, 并支持用户提取 BIM 子模型, 将各阶段创建的 BIM 子模型集成到 BIM 数据库, 如 BIMServer<sup>[8]</sup> 和 BIMDISP<sup>[2,10]</sup>。

(2) BIM 建模软件：用于各参与方在已有模型基础上建立本阶段的 BIM 子模型，其可以标准格式导入，并将建立的 BIM 子模型导出为标准格式文件（至少支持 IFC 格式）；导出的信息应该满足相关标准的要求，支持后续阶段的应用。

(3) 冲突分析软件：用于分析两个或更多 BIM 子模型之间的冲突分析和处理，如 Naviswork 和 Solibri Model Checker 等。

3 实例验证

以昆明新机场航站楼为例，阐述分阶段递进式 BIM 建模方法的应用过程和效果。该航站楼单体总建筑面积 435 400 m<sup>2</sup>，包括地下三层、地上四层，分为 A~G 7 个区<sup>[11]</sup>。昆明新机场航站楼工程具有庞大、复杂等特点，且设计、施工等阶段由不同企业负责，具有一定的代表性，可用于验证本研究提出的分阶段递进式 BIM 建模方法。

本项目在 BIM 建模过程中各阶段共享和扩展的信息如表 1 所示。全过程采用 IFC 标准格式进行数据传递和交换，采用清华大学研发的基于 IFC 的半结构化 BIM 数据库<sup>[10]</sup>进行数据集成存储，采用 BIMDISP 平台<sup>[11]</sup>进行子模型提取和集成，具体技术说明参见相关文献。

其中，房间信息模型从设计、施工到运维的信息无损传递、扩展和应用过程如图 3 所示，包括 3 个阶段的 8 个步骤。首先，在设计阶段应用

Revit 建立包括房间信息的建筑模型，并应用子模型集成技术将 IFC 格式建筑模型存入 BIMDISP 平台。然后，施工阶段应用子模型提取技术从 BIMDISP 平台提取房间信息，避免信息重复创建；在此基础上添加房间的供电、供水等机电设备深化信息以及施工单位、进度、质量等信息，用于宏观的施工管理；并将扩展后的施工模型集成到 BIMDISP 平台。最后，运维管理阶段，从 BIMDISP 平台提取所有房间设计和深化设计信息，导入运维管理系统；再添加使用信息，支持基于 BIM 的运维管理；并定时将动态的运维信息模型集成到 BIMDISP 平台，形成包括设计、施工和运维的完整信息模型。

与传统采用文件进行信息存储和共享的方式对比分析发现<sup>[12]</sup>，本方法具有以下优势：①不同开发商开发的软件，如清华大学开发的运维管理系统，可以通过 BIM 数据库提供的统一接口方便地共享各种 BIM 软件创建的 BIM 模型，支持跨阶段、跨部门的信息传递和共享；②实现根据需求提取和共享已有信息，而非直接共享整个文件，提高 BIM 应用安全性和效率，如房间运维管理可只提取房间设计和深化设计信息，过滤施工进度、质量等信息，减少信息传递；③可在 BIM 数据库中形成包括各阶段信息的统一、完整 BIM，为面向建筑全生命期的分析、管理和决策提供数据支持，而传统模式需要从大量异构文件中获得各阶段、各专业信息，难度大、效率低。

表 1 昆明新机场航站楼工程分阶段递进式 BIM 构建过程

| 阶段   |            | 共享的信息          | 扩展的信息                                  | 参与方        |
|------|------------|----------------|----------------------------------------|------------|
| 设计阶段 | 创建建筑设计模型   | —              | 建筑设计模型、房间布局                            | 咨询团队       |
|      | 机电系统初步设计   | 建筑设计模型         | 室内给排水、电力照明系统的初步设计模型                    | 咨询团队       |
|      | 重点区域详细设计   | 相应区域的建筑和机电设计模型 | 值机岛、电力监控中心等重点区域的详细机电设计模型               | 所有施工方、咨询团队 |
| 施工阶段 | 制定进度计划     | 模型空间结构、构件类型划分  | 室内排水等系统的整体进度计划，值机岛等重点区域的详细计划           | 所有施工方、咨询团队 |
|      | 构建 4D 信息模型 | 设计模型<br>进度计划   | 室内排水等系统的宏观 4D 模型，<br>值机岛等重点区域的精细 4D 模型 |            |
|      | 实际施工       | 4D 信息模型        | 实际施工进度信息等施工信息                          |            |
| 运维阶段 | 房间运维准备     | 建筑设计信息         | 房间使用信息                                 | 运维管理方、咨询团队 |
|      | 设备运维准备     | 机电设备设计信息       | 设备资产及其性能要求、检测计划等属性定义                   |            |
|      | 实际运维       | 房间与机电设备运维信息    | 房间实际使用信息、设备资产的检测信息以及维修记录等信息            | 运维管理方      |



图 3 BIM 中房间信息的跨阶段的无损传递、扩展和应用

## 4 结 论

本文针对当前面向建筑全生命期 BIM 构建的难点问题, 提出了一种分阶段递进式 BIM 构建方法, 支持各参与方在统一的框架协议下协同构建完整的 BIM。应用验证表明, 通过采用分阶段递进式 BIM 构建方法, 各参与方在已有模型基础上协同创建各阶段的 BIM 子模型, 并将所有 BIM 子模型集成到 BIM 数据库, 从而逐步形成完整的 BIM, 支持跨阶段的无损信息传递和面向建筑全生命期的 BIM 应用, 促进 BIM 技术的深度应用; 并减少各阶段建模的工作量和跨阶段信息交付的成本, 提高 BIM 的价值。

## 参 考 文 献

- [1] SCIENCES N I O B. United states national building information modeling standard version 1-part 1: overview, principles, and methodologies [EB/OL]. [2011-04-13]. [http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1\\_p1.pdf](http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1_p1.pdf).
- [2] 张洋. 基于 BIM 的建筑工程信息集成与管理研究[D]. 北京: 清华大学土木工程系, 2009.
- [3] 施平望, 林良帆, 邓雪原. 基于 IFC 标准的建筑构件表达与管理方法研究[J]. 图学学报, 2016, 37(2): 249-256.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 关于推进建筑信息模型应用的指导意见[EB/OL]. (2015-06-16) [2016-11-02]. [http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201507/t20150701\\_222741.html](http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201507/t20150701_222741.html).
- [5] 马智亮. 我国建筑施工行业 BIM 技术应用的现状、问题及对策[J]. 中国勘察设计, 2013(11): 39-42.
- [6] 常建梅, 冯怀平. 基于 BIM 和挣值法的地铁车站 5D 应用探讨[J]. 图学学报, 2016, 37(2): 249-256.
- [7] WON J S, LEE G, CHO C Y. No-schema algorithm for extracting a partial model from an IFC instance model [J]. Journal of Computing in Civil Engineering, 2013, 27(6): 585-592.
- [8] 陈立春, 赖华辉, 邓雪原, 等. IFC 标准领域层实体扩展方法研究[J]. 图学学报, 2015, 36(2): 282-288.
- [9] VAN BERLO L. BIM server documentation of version 1.0 [EB/OL]. [2015-10-12]. <http://bimserver.googlecode.com/svn/documentation/bimserver-1.0-documentation.pdf>.
- [10] 余芳强, 张建平, 刘强. 基于云计算的半结构化 BIM 数据库研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(6): 1-6.
- [11] 余芳强. 面向建筑全生命期的 BIM 构建与应用技术研究[D]. 北京: 清华大学土木工程系, 2014.
- [12] 胡振中, 彭阳, 田佩龙. 基于 BIM 的运维管理研究与应用综述[J]. 图学学报, 2015, 36(5): 802-810.