

基于 BIM 的装配式建造信息系统研究

张金辉¹ 张其林^{1, 2} 刘金典²

(1. 上海同磊土木工程技术有限公司, 上海 200092; 2. 同济大学 土木工程学院, 上海 200092)

【摘要】 BIM 技术天然契合装配式建筑, 本文由此提出观点: BIM 的价值源自于其三维实体模型为管理协同提供了基础数字对象。而后围绕此观点, 讨论了 BIM 的技术特征和应用方向, 包括版本迭代、构件识别、模型操控等。并据此探究了关键技术问题和解决办法, 包括: 依托数据形态的轻量化策略、数据库混合应用、Web 中显示控制模型和关联管理信息、二维条码和 RFID 识别管理等。最后开发原型系统, 在工程实践中获得应用验证。

【关键词】 BIM; 装配式; 建造信息系统; 版本迭代; 轻量化; 数据库; WebGL

【中图分类号】 TU17 **【文献标识码】** A

【版权声明】 本文被《土木建筑工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库 (CPCD) 收录上网, 未经授权严禁登载。

引言

装配式体系是指采用装配建造方式的项目, 既适用于预制装配式混凝土体系、钢结构体系和装配式混合结构体系的建筑项目, 也适用于装配式工业项目。装配式体系的建造方式为统一现场装配, 从而具有了短周期、高效率及环保性好的优点, 逐渐成为了研究和应用推广的热点^[1]。发展装配式体系是建造方式的重大变革, 可以提升建筑业与工业化的融合能力、解决过剩产能并为建筑行业进入工业 4.0 阶段提供基础^[2]。装配式体系近年来在我国快速发展, 钢结构、装配式建筑的产业支持政策不断出台, 业界也纷纷推广装配式体系的结构性能研究与实际工程应用。

不过, 装配式体系建造也带来对装配构件要求较高的问题, 往往会出现实际装配结果误差较大或现场无法安装的情况, 使得整个项目的建造管理难度上升, 限制了装配式体系的进一步推广。装配式体系的建造过程主要划分为生产、仓储、运输和安装四个阶段, 其中由于中转、转驳等原因, 仓储和运输操作可能会发生多次, 不过每次的操作都是差不

多的, 因此系统功能是一样的。目前, 这四个阶段基本是相互分离的, 各阶段之间并无相互协作和配合。这使得很多问题直到现场安装才被发现, 不仅问题的产生原因难以找到, 也会导致工期拖延和资源浪费, 最终会影响整个项目的进度和质量。同时, 各阶段之间的建筑信息传递依然采用二维的图档^[3-4], 虽然二维图档可以传输一定的几何信息, 但对于复杂结构或项目信息较多时, 图档的传递会造成信息的缺失, 或者是理解上的缺失, 增加了建造过程管理的难度。

BIM (Building Information Modeling) 作为一种新的建筑信息化思想逐渐成为行业应用的热点, 且 BIM 实际价值逐渐被业界所认可^[5]。BIM 将基于互联网思维的信息化、协同化和数字化的建造思路带入建筑行业^[6]。BIM 的价值源自于其三维实体模型为组织、管理、协同提供了基础的、直观的数字对象。相比二维图纸, 每一张平、立、剖设计图纸中, 都包含了很多建筑组件、构件、零件的信息; 而每一个组件、构件、零件, 其不同层面、视角的信息又分散在不同的图纸中。BIM 中组件、构件、零件是实体数字对象, 其平、立、剖面图是附属于实体数字对象

【基金项目】 国家土建结构预制装配化工程技术研究中心—沈祖炎专项基金资助项目 (编号: 2018CPCCE - K01)

【作者简介】 张金辉 (1974 -), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 建筑信息模型 BIM、建筑物联网; 张其林 (1962 -), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 空间结构、建筑信息模型 BIM、结构健康监测等; 刘金典 (1993 -), 男, 博士研究生, 主要研究方向: 建筑信息模型 BIM。

的不同图视,各种管理信息仅需要关联实体数字对象,可以完全打通建造过程信息化管理,彻底改变传统二维图纸、现场实际工程、管理信息脱节的情况,为装配式体系建造提供新的运行模式,也为基于 BIM 的管理信息系统提供了新的交互操作方式。

目前针对装配式体系,国内 BIM 应用主要还是集中在设计阶段,包括装配构件深化设计和整体三维建模;在建造阶段应用 BIM 比较少,还处于初期的尝试阶段。胡振中等为了实现基于信息的综合施工管理,开发了一个名为 4D - GCPSU 2009 的集成式原型系统,通过实例,验证了集成解决方案能够在施工期间协助施工管理人员或业主分析管理过程冲突^[7]。满庆鹏等将普适计算和 BIM 结合,确定协同施工对信息的处理规则和要求,建立不同类型的施工动态信息模型,最后构建了协同施工的系统架构^[8]。胡振中针对预制管段、支架及管组等深化设计的具体需求,引入 BIM 技术,实现了管道辅助划分、支架半自动设计和管组智能拼装,研发了一个通用的管道预制构件智能设计系统^[9]。张贵忠以沪通长江大桥为依托以各参建单位需求为核心,搭建了参建各方共享信息的 BIM 建设管理平台,搭载 GIS 漫游、基础信息、可视化交底、进度管理、报表中心、安全质量、施工日志、文档管理、系统集成 9 个基础应用模块^[10]。宋战平等初步提出了 BIM 全生命周期意义上的隧道工程协同管理平台,并从阶段、维度、功能、技术和用户多个层面详细阐述了 BIM 隧道协同理平台的初步架构体系^[11]。

这些 BIM 系统的研究为 BIM 思想在桥梁隧道等建筑生命周期中的应用和后续 BIM 平台的开发提供了思路和借鉴。然而,针对装配式体系建造过程,还缺乏完整的、可操作性强的 BIM 系统解决方案。本文在分析装配式体系建造过程的基础上,针对系统管理的关键点、难点,提出技术解决方案,并开发出原型系统投入工程实践,为装配式体系建造过程 BIM 系统研发提供新的解决办法。

1 基于 BIM 的技术特征

1.1 三维实体数字对象

装配式体系的建造过程是以零件、构件,尤其是构件为管理单元的。在二维图纸中,通过多面的投影、透视来抽象地表达建筑、构件、零件的三维形体数据,再通过编码和列表表达材质、性能等技术

参数。数据被分散到各图纸中,按投影视角、或类型来组织图纸。因此图纸信息难以和管理信息结合,中间需要大量人工判断干预,导致管理效能低下。

BIM 中建筑、构件、零件用三维实体直接表达,还可在实体数字对象中直接存储参数信息,更为重要的是能够关联管理信息,把模型和管理信息组织为一个有效的整体。进一步,可利用模型和参数信息分析计算,来辅助管理、判断决策,比如自动获得生产所需钢板原材的尺寸数量、自动分配装车清单、自动安排码放顺序等等,大大提高了管理效能。BIM 唯一的缺点可能就是不便于完整地打印到静态纸张上,查看不够便捷。不过随着移动、平板等电子设备的普及,已不再是问题。

1.2 分层次版本迭代

建筑行业与其他普通工业生产行业相比有个独特之处,就是每一个建筑工程都是特例,因而没有普通工业生产的技术冻结概念。直白地说就是在建设的过程中,设计可能会因建设过程的实际情况,而发生变化,比如局部地基异常未勘探到而补充、为加快进度而更换工艺等等。因此在具体项目的建设过程中,图纸需要持续版本修订。

局部的变更修订,在二维图纸中有广泛的影响,平面、立面、剖面、表格、说明都要做相应的修改,因此通常是累积一定的变更后,整个图纸作版本迭代;而 BIM 中,只需要迭代局部的实体数字对象,就足以表达变更。虽然整个 BIM 也会在积累一定局部变更后作整体版本迭代,但与二维图纸的版本迭代意义不同,而是一种分层次的版本迭代,其原理简化说明如表 1 两层次版本迭代所示。

表 1 两层次版本迭代

顺序版本号	1	2	3	4	5	6	7
构件 1	1		3	4			
构件 2	1	2	3	4			
构件 3	1	2			5		
整体版本号		A	B		C		

其中以构件为单位的顺序进行版本迭代,按提交时间统一编号,因此局部看起来版本不连续。整个 BIM 的版本则通过定义一套全体构件版本的组

合来表达。这样不同的整体版本可以很容易地找出局部的差异。

更进一步,基于 BIM 实体模型建立的任务、计划、以及相关的文档(比如工程签证)也可作相关的、分层次的版本迭代。这些分层次的版本迭代,可以为合同变更、工程索赔、以及工作审计等提供依据,也可以给工程组织协调,提供准确、直观的信息支持。

1.3 构件的识别

装配式体系的建造过程中,对构件的识别是工作的基础,BIM 三维实体为识别提供了基础数字对象。识别工作主要分为以下四个方面:

(1)人对图形的识别

在二维图纸方式下,平、立、剖设计图纸对于设计师来说,那就是建筑信息的描述,但需要专业识图的技能才能读懂。就好比五线谱,对于作曲家,那就是音乐的描述,但普通人则完全没有感觉。而 BIM 直接用三维模型来描述设计师对建筑的构想,没有专业识图的技能,也可基本获得建筑构想的全面信息,不需要训练出空间想象力,去补充二维图纸难以表达的细节。BIM 可类比于作曲大师软件,把作曲者捕获的旋律,记录为数字乐谱(如 MIDI),用乐器模拟器演奏了出来,普罗大众都可以接受欣赏。BIM 消除了专业壁垒,极大降低了沟通协调的成本。

(2)机器对图形的识别

概括地说,就是电脑通过各种“看”构件的设备,获取实际构件外形信息,并与构件设计信息对比,使得实际构件与设计的构件匹配和对应起来。

目前主流的技术方向有两个:一个是激光扫描的“看”,获取构件三维外形尺寸与参数;二是多角度照相,在计算机图像识别的基础上,重建三维模型来“看”,也是获取构件三维外形尺寸与参数(附带可生成构件的外表纹理,方便显示)。这两种技术目前还没有成熟,还在迭代发展中,并且只能和三维的 BIM 匹配识别。

(3)人对构件编码的识别

理论上任意字符、数字组合构成字符串,都可作为构件的唯一识别编码。不过为方便人员记忆、区分,一般都按一定的方式、规则来编码。

典型的方式是助记符+编码分段。助记符通常有英文缩写,比如 F 代表地板、W 代表窗;或拼音

缩写,比如 Z 代表柱、L 代表梁等。编码分段,则是将编码,按工作时的需要,人为分割成几个赋予意义的段,方便识别应用,比如“轴线—楼层—循序号”方式,加上之前的助记符,L-C1-2-03 就代表 C1 轴线处第二层的第三根梁。

在二维图纸中,这种编码是标注在构件上、或在构件附近;在 BIM 中,这种编码是记录在实体数字对象中的,可有多种方式显示出来,包括标注、属性对话框、甚至构件纹理贴图等等。

(4)机器对构件编码的识别

编码若采用人工识别,数量大了以后,难免易出错,尤其是手写状态下,比如 0 和 D、5 和 S 等等。当前常用的机器自动编码识别技术,条码(包括二维码)和 RFID 最为普及。一维条码、二维码、RFID 电子标签都可运用到构件的自动识别中去,通过手持式 PDA,可很方便地追踪构件从生产到安装,乃至以后的维护全过程信息。

在二维图纸中,编码只是显示在图形附近或表格中,与图形缺少紧密关联,不方便被计算机所识别使用。在 BIM 中基于三维实体数字对象,编码和对象直接关联,甚至就存储在对象中,识别出编码就能够联动操作三维实体,需要时,条码还可在构件的三维实体中显示出来,RFID 也可显示出图例和编码。

1.4 模型操作控制

二维图纸可直接呈现其全部信息,因此方便打印出来查看使用,即便在有限的电脑屏幕上,也仅需要放缩放、平移两个操作;但缺点也很明显,需要看的人有专业识图技能,空间状态需要人脑处理、构建和判断。

BIM 的三维实体无法直接呈现全部信息,需要各角度旋转才能看清全貌、需要沉浸到模型中去才能看清各细节,可以局部投影打印,但全部信息只有看三维实体模型;优点是看的人不需要专业技能,直观易懂,方便建设工程的各参与单位之间,各层次人员之间沟通协调。由此在 BIM 中,模型的操作功能很重要,除了缩放、平移,常用的还有旋转、漫游、剖切、分解、显隐等等。更重要的是模型需要和管理信息结合起来,交互联动,才能直观、便捷地操作;同时利用模型参数,分析计算,辅助管理,更进一步发挥三维实体模型的价值。

常见的管理信息界面是平面平铺化的,以文

字、图表为基础,嵌入图片、语音、视频等多媒体信息,结合文本框、下拉框、按钮等等操作控件,构成人机对话界面。加入三维实体模型后,界面操作方式、乃至程序编制的思路,都会有根本性的变化。比如在平面界面中选取或框选界面中对象,只需要简单对比平面坐标,甚至很多已有的控件模块,都已经封装有这样的逻辑,可直接利用;同样操作在三维实体模型中,需要考虑视角、掩隐、透视等的组合,以及不同精细程度、不同类型级别模型的切换。因此操作用户的简捷、直观,需要开发人员更为复杂、精细、及更多的努力。

1.5 虚拟施工与装配

在以上优势的基础上,还可开发出二维图纸条件下所难以实现的功能,比如虚拟过程,这是装配式建造领域常用到的,包括施工与装配,主要有三个方面:

一是根据进度计划,按时间轴顺序,压缩时间,把关联的模型逐次显示出来,模拟施工的过程,建筑从无到有、到完成的逐渐变化;

二是静态碰撞检查,检查建筑最终完成状态的模型,包含各专业内容,以发现各部分存在的重叠冲突之处,预先调整,把设计矛盾引起的返工、无用功减到最小;

三是动态碰撞检查,模拟装配工作顺序,确认建筑建造的中间状态中,结构受力合理,装配空间充足,构件运送无碍、堆放有序,整个施工现场排布科学合理等。

其中后两方面有专业的处理软件可以利用,只需做好系统与现有专业处理软件的应用程序接口(API),以便系统集成利用。

2 关键技术研究

基于 BIM 的装配式建造信息系统可充分利用 BIM 的技术优势。其核心是将模型分解为构件,乃至零件,以此为管理的基本单元、颗粒对象,在装配式建造过程的方方面面,得到贯穿运用。由此需要突破以下几个技术关键点:

2.1 模型数据形态与轻量化策略

BIM 在系统屏幕中显示出来是三维的模型(或投影打印出来是二维图形),而在系统内部,不论是点、线、面、实体,还是参数化模型的参数,都表达为一组有规则的数据集合。该数据集合在系统中有

三种存在形态:

第一种是内存对象形态,表现为内存块结构,信息技术的专业称谓——数据结构,这是 BIM 数据集合的主要工作状态。程序根据结构去使用数据,包括设置、读取、转换、查找、排序、遍历、计算等等,实现对模型的操作、分析、及显示等运用。例如 REVIT 软件打开模型文件,读入文件的模型数据,在内存中完整构建出模型的数据结构,而后显示出模型来,该数据结构即为内存对象形态。通过 Autodesk 公司提供的二次开发接口,用户可以编程访问到它。它包含整个文件的所有模型数据,因此会给内存和显卡带来很大的负荷,当模型足够庞大和复杂时,高性能的工作站都会难以承受。

第二种是数据流形态,表现为报文格式,其专业称谓叫数据格式,包括磁盘中的文件形态和网络传输中的数据流形态,这是 BIM 数据集合的存储和传输的状态,不便于操作使用,不适合作为工作状态。例如 REVIT 软件保存模型为 rvt 文件,再被提交到协作中心服务器共享,其他用户需要取下 rvt 文件,打开为内存对象才能操作使用。该形态用作管理的信息单元使用较为不便,主要原因有三:一是不能直接访问,需要接收或读取(IO 操作),存于内存,才能运用;二是颗粒度难以足够细致,难以精细管理;三是相互之间难以建立关联、与管理信息关联操作也不方便。

第三种是数据库形态,表现为关系型数据库的表、或非关系型数据库的数据集等,称为数据库结构,这是 BIM 数据集合的存储状态,也可以用于工作。例如 CATIA 软件就部分采用了这种方式,精细模型存储于文件,但相互之间的关联关系存储于数据库,通过数据库系统自带的增、删、改、查等操作来统一操控管理,支持多用户并发操作。数据库另一个特点是可非常精细地操控外存(当前主要是磁盘)中的数据,比如可按条件仅读取构件表中某一个构件的长度,而不是载入整个模型文件再来找出某一个构件的长度。数据库通常还有缓存策略,把最频繁使用的或最近使用的数据缓存在内存中,需要时可快速获取。因此数据库可操纵和管理远大于内存的数据,并让这些数据时刻准备着投入工作。由此不妨把数据库形态看作是存储与预备工作状态。

模型轻量化的根本目的,是让模型的显示与操作尽可能少地消耗资源,包括数据传输、内存容量

与显卡性能,使得普通的 PC、乃至资源有限的平板、手机等亦可顺畅地查看大型的复杂模型,进而模型三维操作可推广到各终端平台。由此模型轻量化可采用的策略基本有以下几种:

一是压缩策略,就是对模型数据做无损压缩。比如 IFCXML 这种标记型文本,模型文件或报文体量大,压缩效果明显,能有数量级的压缩率。不过压缩策略只适合存储和传输的状态,服务于数据流形态;在工作状态时,压缩和解压过程会明显消耗计算资源,对性能影响明显,且若做整体压缩则不利于精细地操作局部数据。

二是局部策略,就是只显示用户当前需要的局部模型。比如当前结构工程师在查看模型,则仅显示模型的结构部分;若暖通工程师在检查二楼的设备,则可仅显示二楼的设备;用户当前的关注点总是有限的。还有极端的做法,把当前视角不可见的,也从内存和显存中释放掉,待转过角度可见时,再作加载。

三是层次策略,就是按层次显示不同精细度的模型,这也可算是局部策略的延伸。比如用户选择看总体效果时,仅显示粗略的模型,但显示出模型全部,还显示其附属环境,以便查看整个建筑的形态布局;而用户选择看局部细节时则显示局部精细模型,方便查看精巧的细部设计;还可以组合,视角的有限范围内显示局部精细模型,远处则显示粗略的模型,方便用户定位、识别、判断。目前 BIM 已经划分了 5 级模型精细度层次 LOD1 ~ LOD5。

后面两个策略适合工作和预备工作状态,尤其适合数据库形态,加载、切换、释放方便。

2.2 数据库混合存储、与管理信息关联交互

根据上文模型数据形态与轻量化分析,在建造信息系统中,模型的核心形态应当是数据库形态,里面保存有 BIM 的全部信息,包括不同精细层次模型以及不同版本,还保存有与 BIM 关联的管理信息,其它形态围绕核心形态展开工作。工作时,按条件过滤,把需要的模型相关数据调入内存,内存对象形态方便操作与显示。传输备份时,则生成数据流,网络收发或输出输入到文件,传输或备份也可以是按条件过滤的一部份数据。

BIM 中构件模型一种有复杂层次的对象形式的数据,比如构件模型某一位置坐标 x ,数据存于[构件] - > [位置] - > [局部坐标系 1] - > [顶点 1]

- > [x]。数据若存于关系型数据库,将是多张复杂的关联关系表,操作繁琐;更加难以克服的困难是:不同类型的构件模型需要的关联关系表组合还不一样,难以用一组统一的表结构来容纳。因此经过尝试后选用对象文档型(NoSQL 型之一)数据库 MongoDB,存模型可以不受二维表的字段约束,多层次深入的属性依旧可以做索引,方便数据检索。而对于项目和企业管理的信息,关系型数据库对其存储管理已经有成熟的模式,因此保留关系型数据库,用 MySQL 存储管理,也方便与其它管理系统做交互协同,同时通过 ID 与属性数组关联 MongoDB 中构件模型。这是种不同类型数据库混合工作模式。

2.3 版本迭代与差异对比

数据库中有足够的空间保存不同版本的模型数据。当构件模型被更新提交到系统保存,系统不会覆盖之前的构件模型数据,而是创建一条新纪录来保存,并登记上最新的顺序版本号。模型被使用时,一般是根据整体版本的指定来选用构件对应的顺序版本,或者默认选用最新顺序版本。而与构件模型关联的管理信息,可采用构件编号与版本双重关联方式,需要时可更新关联的构件模型版本。

在构件模型更新、版本迭代时,应先作模型数据比较,有差异时才作版本迭代。较容易实现的一个比较方法是:对模型内存对象作属性排序,而后序列化对象为字符串,比较字符串即可。形成的顺序字符串也可显示出来,方便用户确认,做人工复核。同时迭代构件的前后版本模型还可以并列三维显示,以及操作动作同步,方便用户查看差异。

进一步,关联的管理信息也可按模型整体版本,作对应的版本更迭,更迭的信息还可用作合同变更、工程索赔、以及工作审计等的依据。

2.4 基于 WEB 的模型显示与操控

WebGL 是一种三维的绘图协议。也可以看作是一种基于 WEB 的图形引擎,其英文全称是 Web Graphics Library。它将 OpenGL 图形功能引入了 JavaScript 引擎,为 HTML5 的 Canvas 提供了硬件三维加速渲染,并提供 JavaScript 的 API,使绝大多数 WEB 开发人员都能够使用它,并不再需要给浏览器开发、维护、安装专门的三维渲染插件。

当前 WebGL 被最广泛地应用到各种平台,不论是 PC 端的 windows、linux、MacOS 等,还是移动端的

Android、iOS 等,只要有浏览器能支持 HTML5,或应用程序嵌入的浏览器控件支持 HTML5,就可以运行 WebGL。这也实现了另一种意义的轻量化,图形引擎不再是一种专有的、高深的、重型的技术资产了。

WebGL 提供的是底层技术平台,Three.js 作为中间件,它封装了 WebGL 中大量基于数学、图形学的底层接口,将复杂的底层接口简单化为一组基础对象及其操作方法,如几何体、灯光、相机等等,极大地方便了图形开发。

BIM 有其特定的行业场景应用,不少是动画、游戏等其他行业用不到的,比如透视相机与正交相机切换、标注轴线、模型剖切、模型分解、构件实体框选等等,通过进一步开发,已将这些模型操作标准化,封装打包为 JavaScript 的控件,运用到了建造信息系统中。

JavaScript 中的模型内存对象,可方便地转换为 JSON 格式报文,比较版本变化,或作为应用服务 API 的交换数据,或保存为备份文件;也可方便地转换为 BSON 格式,存储于 MongoDB 数据库中;反之亦然。其中根据轻量化策略,可依据专业、区域、版本、精细度层次等条件,过滤出当前用到的局部数据,加载到工作用的模型内存对象中;传输或存储用的 JSON 格式报文也可根据需要,采用过滤出的局部数据,同时采用压缩策略,来轻量化。

2.5 构件识别与追踪管理

基于 WebGL 技术,BIM 可被推广应用到各种终端平台,方便用户查看识别模型,不过效率更高的还是编码自动识别技术,目前被广泛应用的有一维条码、二维条码和 RFID。其中二维条码和 RFID 能存更多的数据;二维条码可喷打、印刻、贴标签,使

用方便,成本低廉;而 RFID 不需要直视条件,在一定距离范围内就行,自动识别更易。因此在系统中,首先选二维条码为自动识别标识,后续还会加入 RFID 方便实现无人状态下的自动识别。

通过固定式扫描器、手持式扫描器、以及手持式无线 PDA 可快速识别出编码,记录下工作状态;在 PC 端的管理界面,则反映为计划状态变更为实际进展;在 BIM 中,这种变化可表达为构件模型的颜色变化。压缩时间,在 BIM 中回放这个变化过程,可以追踪实际状态,帮助总结项目实施的经验教训;而压缩时间,在 BIM 中将实施计划播放出来,可模拟计划过程,查漏补缺,帮助计划完善。比如对某一紧急运输批次构件模型,按进度计划着色,可发现是否错排了非紧急的构件;或对某一构件堆场,按进度计划着色,可发现是否有顺序优先的构件被压在堆下部,不便于吊装使用等。

3 原型实现与工程实践

3.1 原型采用的技术

本原型系统包含有五个可独立运行的部分,分别是:后台服务端、PC 建模客户端、PC 应用客户端、平板客户端、及手持式 PDA(手机)端。

其中后台服务端用 Node.JS 开发,基于面向服务的架构(SOA),主要提供模型数据与管理信息的接口服务,服务通过 HTTP 协议以 WebService 的形式发布给各客户端。后台服务端包含有关系型 MySQL 和非关系型 MongoDB 数据库,分别存储管理信息和模型数据。图 1 给出了数据库结构示例。

PC 建模客户端以 Auto-CAD + 3D3S 设计软件为基础,用 C + + 实现了模型导出功能,模型导出存

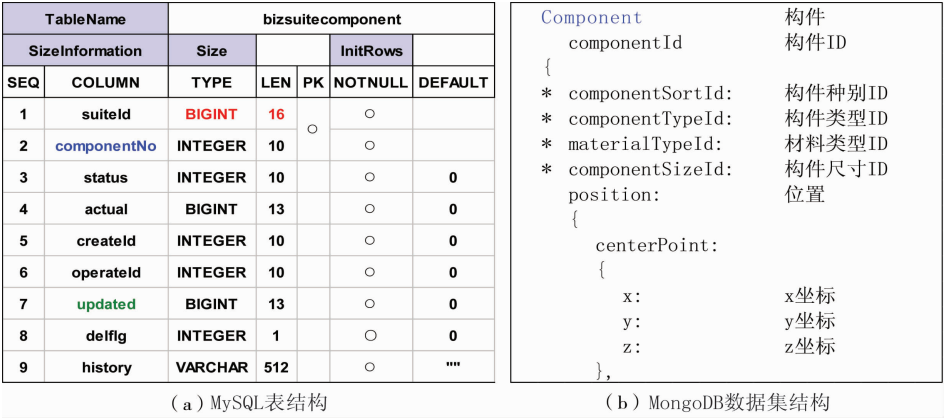


图 1 数据库结构示例

储于 JSON 格式的文件,或直接提交 JSON 报文给 Webservice。

PC 应用客户端以 Node-Webkit 为基础,采用 Node. JS + HTML5 开发,主要实现模型查看、操控、及与管理信息关联交互的操作,并使用 AJAX(Asynchronous JavaScript and XML) 技术,远程调用后台服务端的 Webservice 服务。

平板客户端和手持式 PDA 端都是 Android 应用,主要采用 JavaScript + HTML5 开发,小部分底层功能用 java 实现,也都采用 AJAX(Asynchronous JavaScript and XML) 技术,远程调用后台服务端的 Webservice 服务。平板客户端实现 PC 应用客户端的主要功能,方便工地现场携带使用;手持式 PDA 端实现编码自动识别和状态记录功能,方便工地现场操作。

3.2 原型主要功能

装配式体系的建造过程主要划分为生产、仓储、运输和安装四个阶段过程,整个建造过程主要的管理对象是建筑结构构件:基础、梁、板、柱等。本原型系统围绕这些阶段过程,结合实际企业调研和自行开发的实践,梳理装配式建造信息系统的主要功能,如图 2 系统主要功能所示。

其中项目管理、系统管理部分是普通的信息管理功能,有关于项目、人员角色、系统设备、接口、及其相互操控关系等信息的管理;模型转换与 ID 管理对接模型数据并编码生成标签,为管理准备模型数据;进度追踪和实时状态虽然没有涵盖建造管理的所有领域,但贯穿了整个建造过程,包括计划编排、数据收集、状态转换、实时监控,可综合展示模型包括管理信息,以及建造状态评估。

3.3 原型工程实践

工程实践应用某锅炉厂工程项目的实际数据,

对装配式建造信息系统原型进行了实际部署和运行。该项目属于典型的装配式建筑体系,同时其构造复杂、装配件数量较多,具备了装配式建造项目的代表性。通过该案例应用,对基于 BIM 的装配式建造信息系统,以及其中关键技术的实际应用效果,进行了验证分析。

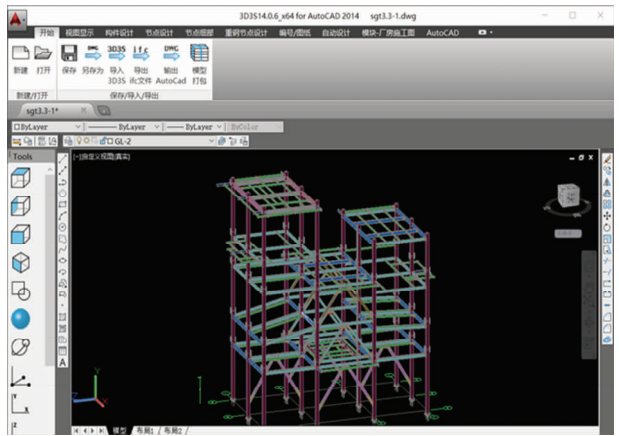


图 3 某锅炉厂钢结构模型

项目中使用的 BIM 模型来源于 3D3S 设计软件,模型如图 3 所示。3D3S 将模型内存对象转化为 JSON 格式文件,如图 4(a)所示,PC 客户端解析文件,提交到服务器;也可直接将之转化的 JSON 格式流,通过进程间通信传给 PC 客户端,再提交服务器。本项目采用了 JSON 格式文件方式,通过其 PC 客户端读入模型数据,解析后发送至服务器端。服务器端接收到模型数据后,作为项目模型初始版本,并启动对数据的自动处理,包括对模型构件进行编号和为每个装配构件生成标签信息等,最后分解保存入数据库。

此后以装配构件为单元编排计划,分配操作人员任务。依轻量化策略,藉任务需要,模型只需部



图 2 系统主要功能



图 4 模型数据的接收与显示

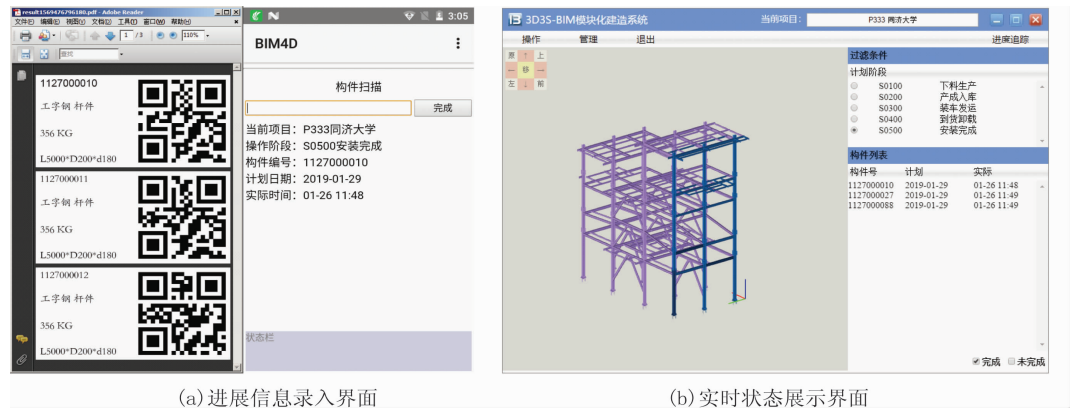


图 5 构件扫码与模型状态响应

分取出,与计划列表信息关联显示如图 4(b)所示,左上角九宫格控制盘,方便鼠标操作模型。项目的实际进展情况通过手持式 PDA 扫码录入,如图 5(a)所示。二维码标签作为本工程中构件的标示,工厂生产人员和现场建造人员均可使用普通移动设备,扫码识别查看信息,极大地方便了管理。服务器更新进度信息后,各方亦可实时查看状态变化,图 5(b)展示建造过程中的模型状态,已完成的部分颜色变为蓝色,右侧则关联显示具体完成的构件列表及相关时间。

最后,当出现模型修改时,将变更模型上传服务器,服务器检测出更新部分,同步到自身数据库,作新版本迭代,从而令模型与实际相符,方便工程顺利推进。

4 展望

本文总结了 BIM 的技术特征与应用方向;梳理了基于 BIM 的装配式建造信息系统的关键技术问题,并针对问题研究了切实有效的技术方向和解决

办法;最后形成比较完整的指导思想和技术方案,藉此开发了基于 BIM 的装配式建造信息系统原型,并通过实际工程案例的测试,印证了技术方案与原型的可行性与实用性。后续将会在原型基础上迭代开发出完善、实用的系统,推向行业应用市场。

不过从行业角度考虑,还有很多的工作有待推进,比如 WebGL 技术方面,Three.js 解决了开发便利的问题,但性能是否可以优化,参考底层的 OPENGL 效果,性能应该还有较大的提升空间;再如信息系统方面,BIM 技术如何与信息系统更好地结合,以便更有效地推广,提高建筑行业整体信息化水平;又如新兴的云计算、大数据可以帮助 BIM 技术大规模并行扩展,人工智能可以在三维构件识别、处理方面大显身手等等。因此 BIM 技术的应用研究不应局限于建筑行业内,应尽快展开行业交叉研究,更多引入信息技术领域、管理科学领域的力量,共同推进 BIM 技术的发展和运用。

参考文献

[1] 刘康宁,张守健,苏义坤. 装配式建筑管理领域研究

- 综述[J]. 土木工程与管理学报, 2018, 35(6): 163 – 70 + 77.
- [2] 郝际平, 孙晓岭, 薛强, 等. 绿色装配式钢结构建筑体系研究与应用[J]. 工程力学, 2017, 34(1): 1-13.
- [3] 王勇, 张建平. 基于建筑信息模型的建筑结构施工图设计[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2013, 41(3): 76-82.
- [4] 王勇, 张建平, 李久林. 基于 IFC 的建筑结构施工图设计信息模型描述[J]. 土木建筑工程信息技术, 2014, 6(4): 30-35.
- [5] DOSSICK C S, NEFF G. Organizational Divisions in BIM-Enabled Commercial Construction [J]. Journal of Construction Engineering and Management-Asce, 2010, 136(4): 459-67.
- [6] ZHANG J P, LIU Q, HU Z Z, et al. A multi-server information-sharing environment for cross-party collaboration on a private cloud [J]. Automation in Construction, 2017, 81(1): 80-95.
- [7] HU Z Z, ZHANG J P. BIM-and 4D – based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction; 2. Development and site trials [J]. Automation in Construction, 2011, 20(2): 167-80.
- [8] 满庆鹏, 李晓东. 基于普适计算和 BIM 的协同施工方法研究[J]. 土木工程学报, 2012, 45(S2): 311-5.
- [9] 胡振中, 陈祥祥, 王亮, 等. 基于 BIM 的管道预制构件设计技术与系统研发[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2015, 55(12): 1269-75.
- [10] 张贵忠. 沪通长江大桥 BIM 建设管理平台研发及应用[J]. 桥梁建设, 2018, 48(5): 6-10.
- [11] 宋战平, 史贵林, 王军保, 等. 基于 BIM 技术的隧道协同管理平台架构研究[J]. 岩土工程学报, 2018, 40(S2): 117-21.

Research on BIM-Based Information System for Prefabricated Construction

Zhang Jinhui¹, Zhang Qilin^{1,2}, Liu Jindian²

- (1. Shanghai Tonglei Civil Engineering Technology Co., Ltd., Shanghai 200092, China;
2. College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: BIM agrees with prefabricated building naturally. Thus this paper puts forward a view point that the value of BIM embodies in the fact that its 3D entity model provides the basic digital object for management collaboration. Around this viewpoint, this paper discusses the technical characteristics and application direction of BIM, including the version iteration, component recognition, model manipulation, and etc. Then, based on the discussion above, the key technical problems and solutions are explored, including the lightweight strategy based on data form, hybrid application of database, model display and control and associated management information on Web, QR code and RFID, and etc. At last, the prototype system is developed, and its effectiveness is verified through the actual engineering case.

Key Words: BIM; Prefabricated Building; Building Information System; Version Iteration; Lightweight; Database; WebG