

基于BIM技术的建筑产业链自动化流程研究*

刘旭红^{1,2}, 武飞²

(1.广东工业大学低碳生态城乡研究中心, 广东 广州 510090; 2.广东工业大学建筑与城市规划学院, 广东 广州 510090)

摘要: 以设计-生产-施工-运维的建筑产业链流程为主线, 通过分析国内外BIM理论与实践经验, 从建筑工业化角度, 归纳BIM技术在建筑产业链自动化中的应用流程框架, 总结出BIM技术在自动化设计、预制构件生产、装配式施工、信息化运维中的自动化应用举措, 推动建筑行业走向智能化与自动化。

关键词: BIM; 建筑产业链; 自动化; 智能化

中图分类号: F407.9 文献标识码: A 文章编号: 1002-851X(2018)12-0101-05

DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.201812101

Research on Automation Process of Construction Industry Chain Based on BIM Technology

LIU Xuhong^{1,2}, WU Fei²

(1.Low Carbon Ecological Urban and Rural Research Center, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China;
2.School of Architecture and Urban Planning, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: Based on the design-production-construction-operation and maintenance process of the complete construction industry chain, by analyzing the theory and practice of BIM at home and abroad, this paper summarizes the process framework of BIM technology in the automation of construction industry chain from the perspective of construction industrialization. Then, expounds the automated application measures in automation design, prefabricated component production, assembly construction, and information operation and maintenance with BIM technology, in order to promote the construction industry to become intelligent and automated.

Keywords: BIM; construction industry chain; automation; intelligence

1 引言

BIM、GIS、大数据、物联网、云计算与人工智能等技术的快速发展与成熟应用, 为建筑全产业链及全生命周期内信息数据的集成、传递、共享创造了有利条件, 也为建筑全产业链自动化的构建提供了无限可能。实现项目设计、生产、施工、运维全过程自动化的先决条件是封闭的数字信息链, 建筑全产业链的数字信息将集成在BIM系统中为全过程的信息交互提供基础数据支持, 进

而实现标准化设计、工厂化生产、装配化施工、信息化管理、智能化应用, 并通过标准化来实现信息化, 促使建筑行业走向自动化与智能化。

建筑产业自动化不仅涉及预制构件生产过程, 也涉及建筑生命周期所有阶段。本文针对我国建筑业信息化发展的不足, 提出基于BIM技术完成建筑全流程自动化的流程框架, 根据框架内容总结出BIM系统在自动化设计、自动化预制构件生产、装配式智能施工、信息化运维全过程的具体应用点, 并提出运用云计算技术以解决建筑数据信息传递难题, 进而实现建筑全产业链的自动化(如图1)。

2 自动化设计

创建自动化设计的集成云平台, 有效识别融合 Revit、Green Building Studio、Onuma Planning System

*基金项目: 广东省大学生科技创新培育专项资金项目(pdjh2017b0162);

广东省高等教育教学改革项目(粤教高函[2016]236号文)。

作者简介: 刘旭红, 女, 生于1964年, 广东广州人, 教授, 硕士生导师, 主要从事高等建筑教育, 建筑与城市规划设计及其相关研究。

收稿日期: 2018-06-08

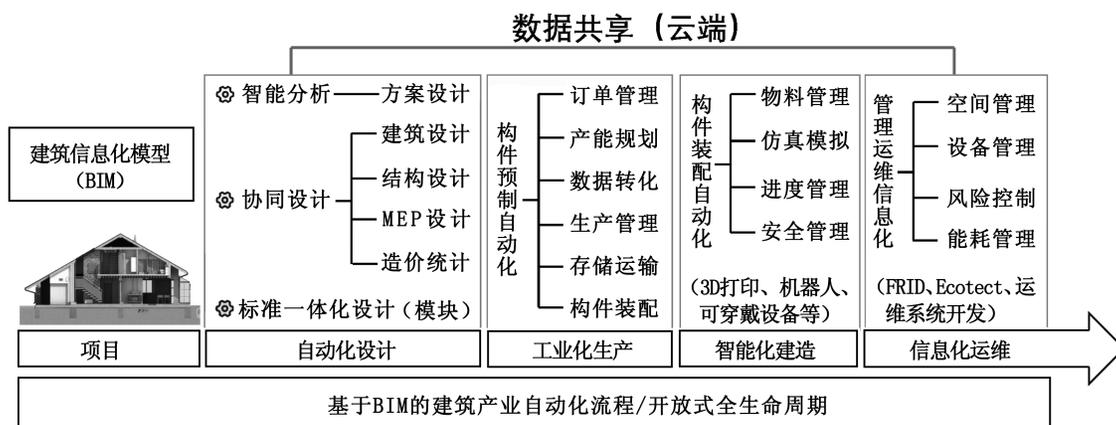


图1 基于BIM的建筑产业链自动化流程框架

等多种方案生成软件，并利用人工智能机器学习与信息检索的能力实现平台数据的互通与自动化执行，并在此基础上实现多学科综合设计优化。设计自动化主要体现在三个方面：(1) 智能化概念设计；(2) 数字化协同设计；(3) 标准一体化设计。

2.1 智能化概念设计

建筑环境规划可基于BIM与GIS系统对场地空间数据、历史信息、采光通风、景观视野、声学色彩等进行自动模拟分析，迅速生成最佳解决方案。此阶段自动化设计可提高成本效益以及项目的生命周期价值，并实现项目生命周期信息数据之间的互操作性。因此，基于BIM的三维设计、建模分析、仿真模拟技术为创建真正集成的自动化设计环境提供了绝佳机会。同时，虚拟现实（VR/AR）技术可与BIM无缝对接，支持模型的虚拟漫游，达到仿真效果；且AR/VR技术基于BIM数据基础生成虚拟场景可进行方案优化、计算分析。考虑到建筑师在依赖任何模拟结果之前必须确信模型的准确性，可采用基于离散事件的VR方法来测试用户交互能力来验证复杂的仿真模型。

2.2 数字化协同设计

不同角色之间常常因为互操作性不足、冗余数据输入以及低效的业务流程导致工程建设效率低下，进而成本增加。基于BIM的数字化协同可将项目各种信息高度集成，转向基于云计算的实时共享，以确保跨层级、时间、地理边界的人员通过信息共享与网络协同访问最新状态信息。BIM为信息系统之间的互操作性涉及应用程序间数据的传输提供基础支撑，避免了重新创建或冗余输入的过程。同时，全专业模型建成后可进行MEP碰撞检测与工程量自动统计快速生成最佳设计与施工方案，并可将真实构件与相应的3D模型进行协调，进而提

高设计质量与效率，缩短项目周期，降低项目成本。

2.2.1 自动化MEP配置与碰撞检测

MEP是机械、电气与管道系统的首字母缩写，用于调节内部环境，如能源分配、废物传输、防火等。建筑师将MEP协调作为检测与消除错误的重要手段，确保所有系统符合设计、施工与运维标准。各专业往往信息不能实时共享，难以发现、解决冲突，造成工时延宕与不必要的重建。创建基于云计算的BIM协调系统允许参与者随时随地访问虚拟模型，各专业的图纸可集成到单个MEP模型中，从而轻松检测冲突并生成碰撞报告，大大提高工作效率并且节约项目成本。Building System Planning公司基于Revit开发了一款插件（Gen MEP），利用机器学习来探索解决问题的所有可能方案，并可自动配置建筑物模型内电气系统，同时兼顾设计规范与空间复杂性。

2.2.2 工程量统计自动化

设计阶段的BIM计量统计目标是创建一个成本动态分析系统，为制定早期成本决策提供准确透明框架，动态成本分析必须能够随着模型信息进行实时修改与分享。施工阶段模型将变得更加详细，项目造价统计、变化估值、变更单与进度付款过程变得更加准确，且为运维管理奠定基础。模型计量信息在概念设计阶段、成本计划阶段、详细估算/工程量清单阶段、竣工验收阶段之间会有较大差异，利用自动化计量软件将大大缩短时间及减少不一致性（如表1）。

2.3 标准一体化设计

标准一体化设计是将设计、生产、施工各阶段在时间进度及技术节点上进行统筹安排，通过设计标准化，实现预制构件的批量生产，施工的高效装配。从预制装配式建筑设计阶段开始就可考虑建筑模块化分割、室内精装修等，将设计元素（墙、柱、门窗等）属性与预制构

表1 基于BIM的土石方开挖量及土建工程量清单统计流程

概念设计前期(土石方开挖量计算)	深化设计后期(土建工程量清单统计)
①利用无人机航拍及点云三维成像技术形成模型数据;	①将建筑构件清单名称、属性特征等信息录入模型;
②将影像资料通过软件处理形成模型原材料数据;	②建立全专业BIM模型,进行MEP碰撞检测,优化模型;
③把数据导入Revit软件之中生成原始地貌模型;	③根据计价规范、合同清单设置计算规则、构件分类、构件属性以及对应清单子目;
④在原始地貌模型基础上绘制基坑开挖模型,两模型之间的差异体量即为土石方开挖量模型,利用Revit导出报表则得出土石方开挖量。	④BIM软件按照设置规则自动汇总计算,输出工程量计算结果。

件生产、装配建造过程进行自动对应。在建筑项目实施过程中BIM提供了一体化信息集成平台,在设计阶段统一空间基准规则、标准化模数协调规则、标准化接口规则,并输入精确的构件属性与制造参数信息(尺寸、材料、防火等级、编号等),制造参数与工厂自动化生产设备相对接,以实现模块的批量生产,进而完成建筑、结构、机电、装修的一体化装配。

3 构件预制自动化(自动化仓储)

生产厂家可采用制造业革命化的理念结合BIM、AI等技术,开发高性能、低成本和可充分集成到BIM的自动化仓储管理系统。系统功能包括订单与生产管理、AI构件生产、数据转化、智能物流等;并可统计生产数据,货车自动装载运输,识别跟踪组件,监测物料确切位置与状态。BIM包含建筑构件的所有数字信息,构件加工之前将BIM模型信息整理归档交付至构件生产厂家,厂家通过自动化仓储管理系统进行订单处理,利用

机器人生产设备完成产品加工,最后通过构件条形码统计验收(如图2)。

4 施工装配自动化(数字建造)

BIM与数字化建造系统的结合将实现建筑施工流程的自动化。BIM数字化建造系统可对构件与装配数据进行智能分析,包括勘察数据、设计数据、施工数据的汇总、整理、量化、编排、组合、再生,进而实现施工物料管理、进度管理、组织管理、安全管理的智能化。

4.1 基于RFID技术的物料管理

无线电频率识别(RFID)是使用无线电波自动识别人员或物体的技术。施工人员可使用RFID追踪构件位置,获取材料数据,并改善施工现场的物料管理水平。施工场地通常环境复杂,收集与输入的物料信息可能随施工进度而改变。RFID无线传输系统可动态传输与接收信息,即使在“无光”的情况下也能识别对象,且存储在标签中的信息可以修改,方便管理。

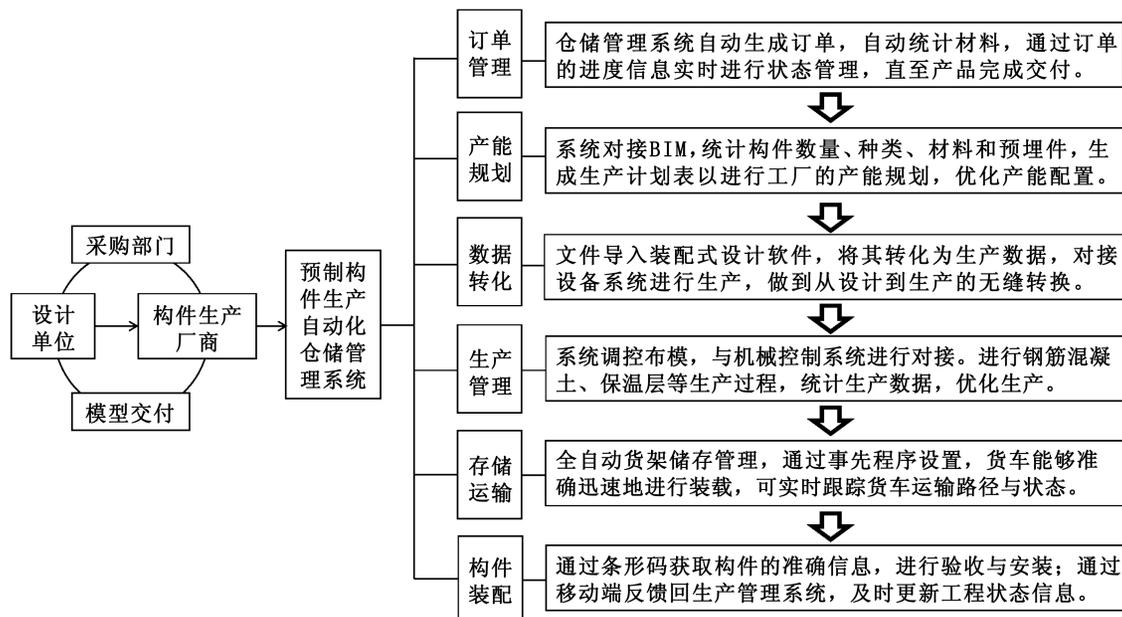


图2 预制构件自动化生产流程

RFID物料状态信息与BIM信息的结合是收集、传输构件与设备数据的最佳途径。在完成BIM深化设计后对预制构件进行模块化拆分,借用预制元件编码系统原理,对每个预制单元进行RFID标码(如图3)。通过基于“BIM+RFID”的场地物料管理动态模型来优化采购材料的数量、时间与位置,为施工模拟、进度管理奠定基础。

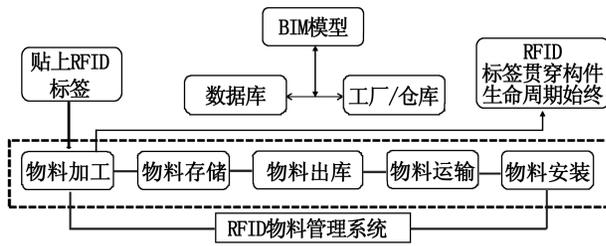


图3 基于RFID技术的物料管理模式

4.2 施工进度模拟(4D-BIM)

建筑施工涉及元素众多,进度难以把控,管理较为复杂;二维(2D)静态信息往往无法充分解决施工问题。将BIM组件与时间组成第四维集成的四维(4D)模型可评估施工问题,进一步促进施工的时间-空间管理。BIM模型与项目时间表(代表时间的第四维)结合形成动态4D模型,可进行建设条件的输入,运行模拟的激活并输出模拟结果;系统根据结果生成施工进度表,并与BIM构件关联进行仿真模拟。利用施工进度的可视化进行建筑检测、现场布局优化、工作区拥堵分析、进度差异监测、结构安全问题检测、空间相关危害的发现以及施工进度表的生成;从而精确掌握施工进度,优化施工管理。

4.3 施工组织模拟

基于BIM的施工管理系统可根据工地情况进行施工模拟,包括物料管理、人员配备、进场次序等。同时,借助BIM仿真模型对复杂构件接口进行模拟装配及优化现场布局,从而解决施工难点,提高效率与安全性。BIM为场地布局规划提供了虚拟环境,以加强对场地设施的识别以及它们之间的相互关系。系统对材料、人员与设备在现场移动情况进行实时监测,以确保安全高效的工作环境。建筑施工模拟是预测、规划与安排施工计划的过程,通过提供建筑模型、工程量清单、框架计划、交货日期等虚拟综合信息的BIM存储库,估算与组织不同的施工方案,提高施工可行性,降低风险与成本。

4.4 施工风险管控

建筑安全是一个全球性的问题,建筑安全的失

效不仅导致施工进度延迟,更会造成生命财产损失; BIM、传感器与物联网的应用将有助于降低施工现场风险。施工单位可开发基于BIM的风险管控系统,系统接入施工设备终端,识别与防止潜在的安全问题,以提高施工现场的安全性。例如远程操控无人机与探勘机器人代替工人进入危险区域进行扫描作业;利用影像辨识系统随时检测潜在危险;系统连接穿戴设备监测施工人员的位置、心率与体温;远程获取、传输、处理施工设备损耗信息;同时可创建基于BIM的防坠落预案提高现场安全性。美国建筑技术公司Pillar Technologies开发了一种基于传感器的数据处理软件,可实现各种事故的实时预警,并纵向分析现场风险水平。

5 智能化运维管理

运维阶段所用时间、能耗与成本在建筑全生命周期中占比最大,为了提高运维效率,必须利用数据来设计、构建和操作建筑物的运维流程。BIM可为所有运维系统提供可靠的设施信息数据库和综合视图,以实现空间管理、资产管理信息化,并为灾害预防、能耗分析提供数据基础与技术支撑(如图4)。

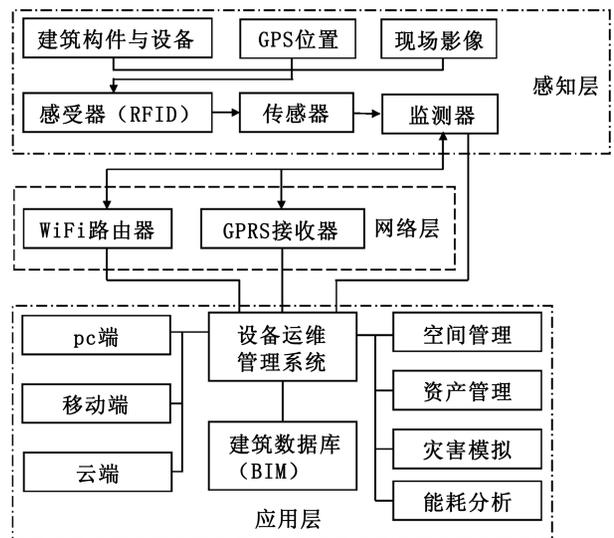


图4 智能化运维管理系统

5.1 空间管理系统

空间管理是业主为节省空间成本、有效利用空间、为最终用户提供良好工作生活环境而对建筑空间所做的管理。开发基于BIM的空间管理系统不仅可以有效管理建筑设施及资产等资源,并且业主可直接了解在建筑资产内发生的业务操作。系统将建筑设备(照明、暖通、消防)的工作影像、现场照片、状态信息通过网络链接到运维控制中心系统,然后将BIM与建筑区域中的空间

名称与空间性能相互映射匹配,利用BIM-VR的交互式环境实现每个空间的实时和历史性能的可视化。管理者可基于BIM进行适当的空间分类以及空间标准调整,使空间规划者能够利用其可视化和协调能力预测空间需求及进行空间分析,确保空间资源利用的最大效益。

5.2 资产管理系统

BIM将建筑信息有效集成,为管理提供有效依据,形成可视化的资产管理云平台。基于知识辅助与BIM视觉分析的检测系统可通过置入的RFID标签芯片对所有构件信息进行定位追踪。同时,管理者可在云端查看设备信息,直接点击三维视图中的某设备,系统会自动显示该设备的详细属性,包括合同、文档、图纸等信息;设备文档信息可通过云端随时随地检索、添加、更新等。云计算平台提供的报表功能可对比设备管理标准来检测设备运行情况是否处于正常范围内,从而更加直观有效地反映建筑资产的运行状态。并且系统可自动统计设备使用备件情况,为后期设备购置与维护计划提供指导。

5.3 能源分析与节能管理

建筑运维阶段的能耗在全生命周期能耗中占比最大,所以建立有效的建筑能源与节能管理系统至关重要。创建基于BIM的可持续能耗分析系统,整合建筑资产生命周期中的能源相关信息,实时监测与分析建筑照明、采暖、通风、碳排放、热舒适度等各种能源消耗的详细数据,自动生成设备能耗评估报表,根据评估结果及用户需求自动调整为最佳运行状态,从而提高整个建筑能源的可持续性,降低能耗与运营成本。比如将包含材料属性和热舒适度定义的BIM模型导入Ecotect(能量分析软件),并加载当地当时的天气数据(温度、湿度等),并针对不同条件进行能量模拟。Ecotect模拟冷却与加热负荷,再将负荷转换为电力消耗量,然后转换为能源消耗量。

5.4 智能灾害预防系统

在紧急情况下管理人员首要责任是减轻危及生命的风险并配合相关部门的紧急工作。利用BIM及相应灾害分析模拟软件,可模拟灾害发生过程,分析潜在灾害发生因素,提前制定防护措施以及灾后疏散、救援的应急预案。创建基于BIM的应急系统,提供实时双向信息流,根据用户的位置创建疏散路线。基于BIM的智能防火和救灾系统包括五个模块:(a)环境感知;(b)火灾预警;(c)定位疏散;(d)定位消防救援;(e)远程控制。该系统可用于早期检测与警告,实时规划和指导疏

散救援路线,与火灾事件相关的动态三维视图进行人机交互,以提高整体疏散救援工作的有效性。

6 基于云计算技术的数据共享

云计算可被视为配置计算网络资源的共享池,其通过最少的工作来远程快速读取、存储、配置和发布信息;云计算是解决BIM数据传输及处理的最佳技术手段。实现建筑数据的共享需将基于网络的集成BIM数据库存储至云端,集成模型通过BIM服务器实现项目参与者实时协作,在各种便携式与固定式设备软件上实地实时访问BIM模型。云端的BIM数据信息可脱机使用,如果发生任何更改,它将自动上传较新的更新文件并用它替换旧文件,实现BIM状态的实时同步和BIM数据的快速检索。基于云端的BIM共享模型使项目设计、生产、施工、运维连接起来,实现建筑信息数字化与流程自动化。

7 结 语

建筑产业链自动化的最终目标是降低项目成本,提高建筑业生产力。自动化技术类型(BIM、机器人、装配式、云计算、物联网等)紧紧围绕建筑全产业链进行,包含设计、生产、制造与运维的全生命周期。与其他行业一样,数字技术正在迅速重新定义基础设施与建筑行业,并加速行业本来缓慢而稳定的现代化进程,将推动建筑业进入一个全新的智能化、数字化时代。未来建设者将会以日益成熟的信息与自动化技术来提高生产力,实现真正意义上的智能建筑与智慧城市。▲

参考文献

- [1] 住房和城乡建设部城市轨道交通工程BIM应用指南[S].2018.
- [2] 赵林,修龙,蒋德英.对装配式建筑发展的认识与思考[J].建筑技艺,2016(8):92-94.
- [3] 叶浩文.装配式建筑一体化建造方式-2018中国建设行业年度峰会[EB/OL].(2017-06-23) <http://www.aecichina.com/Home/News/detail/id/175.html>.
- [4] 彭书凝,王凤起,江兆尧.BIM在建筑产业现代化进程中的应用[J].施工技术,2017(6):56-59.
- [5] 江林.基于BIM的智能楼宇集成管理系统设计与研究[D].重庆:重庆大学,2017.
- [6] Eissa Alreshidi.Requirements for cloud-based BIM governance solutions to facilitate team collaboration in construction projects[J].Requirements Engineering, 2018(23).