

# 基于智能视觉和 BIM 的建筑装配过程的高精度控制

张俊强

(台州职业技术学院, 浙江 台州 318000)

**摘要:** 为了确保建筑装配过程能实现开发商定义的工业化标准, 需要进行建筑装配过程高精度控制。使用当前方法在建筑装配的过程中对建筑装配成本、质量的控制效果达不到开发商的要求; 为此, 提出一种基于智能视觉和 BIM 的建筑装配过程高精度控制方法; 首先采用 BIM 技术通过计算机虚拟建筑装配场地布置, 建立 BIM 建筑装配模型, 并在 BIM 建筑装配模型中输入建筑配件以及施工项目相关的所有信息, 其次, 在 BIM 建筑装配模型的各个施工构件上加上时间参数和成本计划, 构成 5D BIM 建筑装配模型, 对优化完成的 5D BIM 建筑装配模型进行虚拟建造, 调整进度和成本计划, 进而将 BIM 和智能视觉技术相结合, 实现整个建筑装配过程的三维可视化指导操作; 实验结果表明, 所提方法能够有效提高施工效率, 且建筑装配成本控制精度较高。

**关键词:** 智能视觉; BIM; 建筑装配; 高精度控制

## High Precision Control of Building Assembly Process Based on Intelligent Vision and BIM

Zhang Junqiang

(Taizhou Vocational & Technical College, Taizhou 318000, China)

**Abstract:** In the construction engineering and intelligent visual assembly BIM has been widely used in the assembly process, building BIM for high precision control of assembly cost of construction, in the construction of the assembly process is intelligent vision in order to achieve the high-precision control of the construction process. The assembly quality of the current method is used in the construction of the assembly and assembly cost control of construction. The quality is not up to the requirements of developers. Therefore, a kind of architectural vision and BIM assembly process intelligent control method based on high precision. Firstly using BIM technology through the computer virtual assembly building site layout, building BIM building assembly model, and in the BIM assembly building mode All the information input, construction fittings and construction projects related to the type in the second, plus time parameters and cost plan in each construction member BIM building on the assembly model, assembly model construction 5D BIM, virtual construction optimization of the completion of the 5D BIM building assembly model, adjust the schedule and cost, and then BIM and intelligent the combination of visual technology, 3D visualization instruction operation to achieve the whole building assembly process. The experimental results show that the proposed method of building assembly cost, quality control of high precision.

**Keywords:** intelligent vision; BIM; building assembly; high precision control

## 0 引言

近年来, 可持续发展观念不断地深入, 环境、资源等问题也随之成为社会关注的重点。从减少资源浪费、保护环境方面考虑, 装配式建筑为建筑工程的首选方案。近年来, 很多学者对如何控制成本的前提下提高建筑质量进行研究。然而, 现在使用的方法难以达到低成本高质量的要求<sup>[1]</sup>。为此, 为了有效实现对建筑装配成本及质量的高精度控制, 提出一种基于智能视觉技术与 BIM<sup>1</sup> (building information modeling, BIM) 的建筑装配过程高精度控制方法。智能视觉监控检测技术在建筑装配过程中主要进行建筑装配图像采集, 形成图

像序列, 选取该图像序列中的任意两帧图像或两帧以上图像, 与预存图片进行比对<sup>[2]</sup>。因建筑装配图像序列中的相邻图像之间的相隔时间较短。所以整个动态建筑装配过程表现的较为精确, 由此推断出建筑装配过程中目标图像是否偏离区域值, 没有偏离则说明建筑符合建筑装配质量要求。并同时建立建筑装配的 BIM 虚拟模型, 该模型能够描述建筑装配过程的全部建筑信息, 如建筑装配的成本、以及建筑装配时间等信息<sup>[3]</sup>。通过利用计算机技术对 BIM 模型进行解析, 解析结果可以显示出建筑装配过程中出现的问题, 可及时解决建筑装配中出现的问题, 并对 BIM 虚拟模型进行优化, 在计算机上对优化后的 BIM 虚拟模型进行虚拟构建, 实现建筑装配过程的高精度控制, 是解决上述问题的基本途径, 受到了众多相关专家与学者的高度重视, 由于建筑装配过程高精度控制方法具有深远的发展意义, 目前受到了业内人士研究的热点课题, 同时也获得了许多好的研究成果<sup>[4]</sup>。

现有的建筑装配高精度控制方法有: 文献 [5] 提出一种基于 DEMATEL (决策实验和评价实验方法) 的建筑装配过

收稿日期: 2017-03-21; 修回日期: 2017-04-07。

基金项目: 台州市科技计划项目 (2017); 浙江省建设科研项目 (2014Z156)。

作者简介: 张俊强 (1977-), 男, 河南洛阳人, 硕士研究生, 讲师, 主要从事土木工程、工程管理、工程经济方向的研究。

程高精度控制方法，该方法在计算机上使用 MATLAB 软件对建筑装配过程中所有信息数据进行计算，寻找出影响建筑装配成本的主要因素。并对该因素进行具体分析，以自身对建筑装配的经验，提出具体的方法对建筑装配成本进行调整，达到对建筑装配成本进行控制。在此基础上对建筑装配过程进行分析，确保提出方法的可行性。该方法为建筑装配施工提供了一定的参考价值，但对决策者做出准确判断没有太大的帮助<sup>[6]</sup>。文献 [6] 提出一种基于 RFID（射频识别）的建筑装配过程高精度控制的方法，该方法使用安装建筑装配的机械，将建筑装配组件安装在一起，使建筑装配过程更加符合要求。使用该方法进行建筑装配可以节约材料、减少人工费用，同时还能够有效减少建筑垃圾、扬尘。该方法能够有效减少建筑装配的成本，但对实际建筑装配过程中出现的问题不能够及时解决。文献 [7] 提出一种基于 GIS 系统与三维可视化的建筑装配过程高精度控制方法。该方法从宏观微观控制整个建筑装配过程，使用 GIS 系统对建筑装配过程进行微观处理，使建筑达到开发商的要求，同时使用三维可视化模型对整体建筑进行建模，可以提前了解建筑装配后的整体效果<sup>[8]</sup>。该技术在规划与管理方面起到很大的作用，但在控制建筑装配成本方面没有明显的效果<sup>[9-10]</sup>。

针对上述问题，提出一种基于智能视觉和 BIM 的建筑装配过程高精度控制方法。实验仿真证明，所提方法能够有效提高施工效率，且建筑装配成本控制精度较高。

## 1 基于智能视觉和 BIM 的建筑装配过程高精度控制方法

### 1.1 基于 BIM 技术的建筑装配过程成本控制

在建筑装配过程中采用 BIM 技术可以控制 5D 动态成本、建筑装配过程可视化交底以及建筑装配场地的管理。

1) 采用 BIM 技术对建筑装配过程的施工场地管理方法，使用计算机技术在计算机上建立 BIM 虚拟模型，并对建筑装配过程进行模拟，提前了解整个建筑装配施工面积以及建筑材料的按放位置以及建筑装配使用材料的数量，以免施工材料的二次搬放和施工材料的浪费，因此使整个建筑装配工程的准备工作有条不紊的进行，减少 10% 的人力与 24% 的物力；

2) 基于 BIM 技术对建筑装配过程的 5D 动态成本控制方法。5D 动态成本控制即 5D 建筑装配信息模型，是以 3D 建筑装配模型为基础，在 3D 建筑装配模型上加上建筑装配工程时间、建筑装配工程的成本。在计算机上构建 5D 建筑装配模型后可以及时了解建筑装配工程的进度、建筑材料的使用情况以及投入的成本资金合理与否等问题，并及时解决建筑装配过程中发现的问题，形成完美的 5D 建筑装配模型。如图 1 所示。

建立完美的 5D 建筑装配模型后可进行下一步操作，建立 BIM 虚拟模型，并在 BIM 虚拟模型上输入完整的建筑装配信息，其中包括建筑装配的规格、型号、开发商、供应商以及 5D 建筑装配模型中所有的建筑装配信息。利用计算机技术建立建筑装配的 BIM 虚拟模型，并在计算机上进行虚拟化建筑装配过程，用来检测建筑装配的成本、建筑装配工程时间等各种建筑装配过程中可能出现的问题，并及时解决虚拟化建

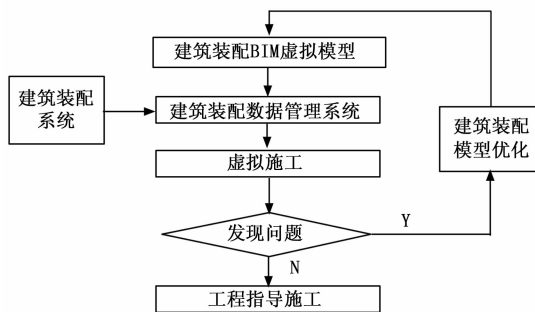


图 1 BIM 模型 5D 建筑装配模型动态图

筑装配出现的问题，同时对 BIM 虚拟模型进行优化，对优化后的 BIM 虚拟模型再次进行虚拟化建造，如果没有发现其它建筑装配问题，就可以在建筑工地进行建筑装配工程的施工。BIM 虚拟模型具有所有建筑装备信息，当建筑装配的过程中有所变更时，代入 BIM 虚拟模型进行信息关联，可同时反映出调整后对应的建筑装配成本、建筑工程时间等建筑装配相关信息；

3) 可视化交底是指使用建立 BIM 虚拟模型时对各个建筑装配工程细节进行三维图像展示，可视化交底可减少因决策者、设计者以及施工者等建筑装配过程中涉及的相关人员的主观意识造成错误的理解。同时使建筑装配过程中所有信息数据更加直观，更加容易理解。如图 2 所示。

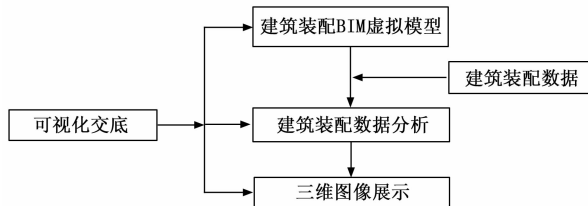


图 2 可视化交底操作流程

建筑装配使一个系统化得建筑工程，需要各个行业之间的相互配合，形成一体化发展。BIM 技术是建筑行业较为重要的技术，BIM 技术有建筑装配全过程的建筑装配信息、系统集成。BIM 技术将信息一体化，并与多方信息化应用系统进行连接，实现建筑装配全过程信息共享、协同工作。随着社会的发展，信息化与工业化将进一步地相融合，BIM 技术推动建筑装配一体化的发展。

### 1.2 智能视觉对建筑装配过程高精度控制

基于智能视觉监控检测技术对建筑装配过程高精度控制，智能视觉监控检测技术是对建筑装配过程中安装行为进行分析。在使用智能视觉监控技术时希望该技术可以不受光线、天气等其它外界因素的影响，为此分别利用背景减法、相邻帧差法和光流法对智能视觉监控检测技术进行优化。背景减法主要对建筑装配过程中负责建筑装配的建筑工人的运动行为进行检测，由建筑工人的行为推断建筑装配是否符合要求。背景减法将实时采集到的建筑装配过程中建筑工人运动的图像与先前储存的标准图像进行相减，如公式 (1)、(2) 所示：

$$B_0(x, y) = I_0(x, y) \tag{1}$$

$$B_t(x,y) = B_{t-1}(x,y) + \text{sgn}(I_t(x,y) - B_{t-1}(x,y)) \quad (2)$$

其中:  $B_0$  为初始化建筑装配工程背景图像, 这里选择不包含在建的建筑装配工程的背景图像  $I_0$ 。  $B_t$  为当前建筑装配工程背景图像,  $I_t$  为当前建筑装配工程图像,  $\text{sgn}()$  为微积分数学中的符号函数。将公式 (1)、(2) 的结果在一定的取值范围内进行图像的二值化, 如公式 (3)、(4) 所示:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 0, & x = 0 \\ 1, & x > 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$B_t = \begin{cases} B_{t-1} + \text{sgn}(I_t - B_{t-1}), & \text{if}(I_t - B_{t-1}) \neq 0 \\ I, & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

其中:  $T$  为取值范围,  $B_{t-1}$  为前一刻建筑装配工程背景图,  $\text{if}()$  为一种判断函数,  $I$  为预存建筑装配工程背景图。判断建筑装配过程中负责装配的建筑工人的运动图像是否偏离区取值范围, 若没有偏离则说明该建筑的质量符合建筑装配工程的要求。反之建筑质量则不符合要求。同时还可以知道建筑装配工程当时的建筑信息。背景减法对建筑装配过程中运动的建筑工人进行检测与信息提取, 并实时更新图像与信息。背景减法对建筑装配过程中的多种变化都可以适应, 尤其在光线变化时可以进行自主的调整, 以减轻光线带来的影响。

相邻帧差法在建筑装配过程中对运动的建筑工人进行图像序列的采集, 取两帧或两帧以上的图像, 进行检测和提取。图像序列中相邻图像之间的时间间隔较短, 所以图像间的动态变化不是很明显, 该方法的适应性强, 但提取相关特征不是很完全, 有空洞现象的发生。因此使用累积图像差分法进行空洞现象的处理。累积图像差分法对历史积累的建筑装配信息图像进行一阶和二阶差分分析。在复杂的情况下, 也可以有效的判断建筑装配过程中负责装配的建筑工人的运动状态。相邻帧差法常在建筑装配工程背景图不运动的情况下使用。当建筑装配工程背景发生运动时需提前对由摄像机引起的背景移动进行补偿。流光法是对建筑装配过程中现实运动目标图像序列检测的方法。流光法显示了建筑装配过程中负责装配的建筑工人运动的像素点、建筑工人运动速度的行为信息。通过计算建筑装配过程中建筑工人运动图像序列得到装配材料运动的特点, 并对其检测。建筑装配工程图像序列中相邻图像之间的时间间隔很小, 小到可以忽略不计的情况。在其他条件不变的前提下进行计算。如公式 (5) 所示:

$$\frac{\partial E}{\partial x}u + \frac{\partial E}{\partial y}v + \frac{\partial E}{\partial t} = 0 \quad (5)$$

其中:  $u, v$  是两个速度分量;  $\partial$  为一个常量;  $E$  为建筑装配过程图像序列,  $t$  为建筑装配过程图像间隔时间。

在仅有的方程中无法计算出两个未知数, 以此借用其他因数的区域值进行求解。使用流光法时经常用到流光场, 流光场是建筑装配物体同时运动引起的, 光流场具有连续性、平滑性, 但流光场具有一定的约束, 全局平滑约束就是流光场的特定约束。全局平滑约束是指在一定的区间里, 以加权最小二乘技术计算建筑装配像素点的相近像素。将计算出的结果与预留像素点进行对比, 对比后你可以直观看出在建筑装配过程中是否有不合理的装配过程。

随着建筑行业的发展, 智能视觉技术与 BIM 技术已广泛的应用到建筑装配的过程中, 在两大技术协同合作的条件下,

不仅做到减少了资源浪费、环境保护, 而且建造出低成本高质量的理想建筑。

## 2 实验结果与分析

为了验证智能视觉和 BIM 对建筑装配成本及质量的高精度控制效果, 需要进行仿真实验, 仿真实验将建立在 Matlab 编程进行建模实验。该实验采用 SketchUp Make 软件对建筑装配工程进行 BIM 虚拟建模, 在 BIM 虚拟模型中输入梁、柱、板、门窗等建筑装配信息。BIM 虚拟建筑装配模型, 可以同时进行多个设计, 包括协同设计、并行设计、异地设计。根据祥瑞小区建筑装配工程计划书, 进行建筑装配工程的数据分析, 同时预估该建筑装配过程需要消耗的材料费用人工费、机械设备费用。为了测试结果准确率, 将同时施工 5 个不同的建筑装配工程。

在进行高精度控制实验过程中, 首先设计 BIM 建筑装配模型, 考虑所有对建筑装配模型控制效果有影响的因素, 如设计、受力分析、可制造性、可装配性, 减少反复、形成高效、优质的建筑模型。通过对建筑装配工质量、效率、成本控制的多目标贴度数学关系图, 得到建筑装配建设中的质量水平、效率水平、单位成本的关联结果如图 3、4 所示。

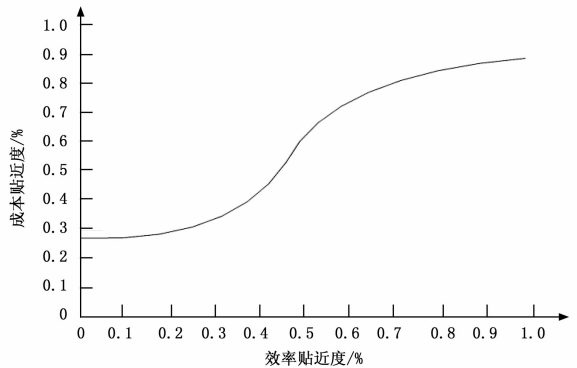


图 3 建筑装配中成本贴度与效率贴度间的关系图

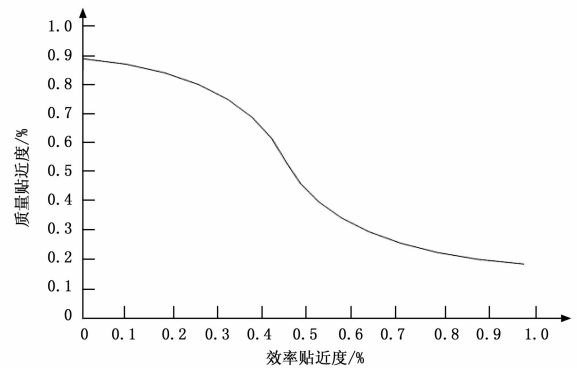


图 4 质量贴度与效率贴度间的关系图

从图 3、图 4 可以看出, 本文使用智能视觉监控检测技术, 在建筑装配过程中质量水平、效率水平、单位成本都得到了高精度的控制。通过 BIM 虚拟模型对建筑装配工程成本预算增长指数时间序列分析, 有效控制建筑装配过程中的建筑成本和工程质量, 使得开发商在相应的建筑成本下建造出



图 8 指令发送与接收界面

帧头为 08 A0 E0、08 A0 C0、08 A0 A0 的三条指令) 构成的遥测数据包, 其内容按照约定协议填充, 包括: 曝光参数、指令计数、电压遥测等; 当发送控制指令时, 相机会判断指令的对错, 如果指令对 (如 30 ms 曝光: 05 20 00 0A 97 1E 01 C0) 则返回指令接收正确 (03 A1 00 3D 97 AA), 如果指令错 (如错误曝光指令: 05 20 00 0A 97 12 01 B4), 则返回指令接收错误 (03 A1 00 3D 97 55)。结合图 8 中其它指令的发送和响应, 可以看出, 指令握手严格、响应及时, 设计完全满足成像系统的控制需求, 具有较高的可靠性。

### 5 结束语

由于 CAN 总线结构简单、通信速率高、可靠性好、连接

(上接第 68 页)

高质量建筑。最后, 利用本文算法和传统算法进行建筑装配工程成本预测和成本控制, 所得到的预算精度如图 5 所示。

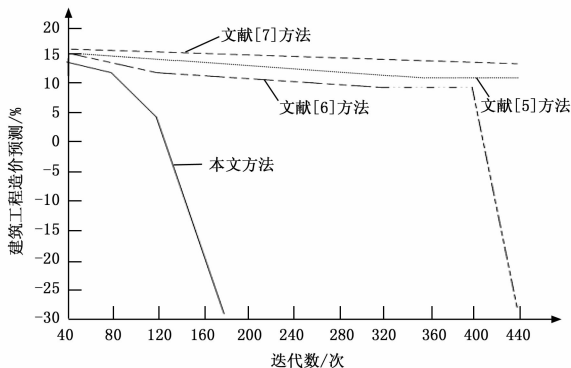


图 5 成本控制模型性能对比

从图 5 可知, 使用智能视觉和 BIM 对建筑装配的成本预算及质量的控制到达了高精度的控制成果, BIM 虚拟模型的预算精准, 大幅度降低成本, 提高了建筑效率, 节约 32% 的成本, 提高 10% 的效率, 而智能视觉监控检测技术提高了建筑装配的质量, 与相同成本的建筑进行对比, 质量提高了 12%。

### 3 结论

针对当前方法在建筑装配的过程中无法显示成本、质量的信息, 决策者无法做出准确的判断问题。提出一种基于智能视

方便、通信协议简单, 且具有统一的国际标准, 被公认为最有前途的现场总线之一, 因此, 工业上得到了普遍的应用, 近些年, 随着对 CAN 总线的认可, 航天应用也越来越普遍。本设计通过 FPGA 控制 SJA1000 实现 CAN 总线通信, 可扩展性好, 稳定性高, 降低了应用系统的重量、体积以及功耗, 同时为了进一步提高 CAN 总线通信系统的可靠性, 设计了基于双 SJA1000 芯片的热备结构, 经过实际工程项目检验, 证明了其良好的效果。目前, 该控制系统已在工程项目中获得了成功的应用。

### 参考文献:

- [1] 赵庆磊, 龙科慧, 韩诚山, 等. 空间 TDICCD 相机的在轨成像参数重注 [J]. 航空学报, 2014, 35 (8): 2271-2278.
- [2] 韩红霞, 孙航, 曹立华. 基于 FPGA 的红外相机时序构造设计 [J]. 液晶与显示, 2014, 29 (3): 370-376.
- [3] 刘鑫, 林兆华, 杜璧秀. CAN 总线分布式自动调焦控制系统设计 [J]. 国外电子测量技术, 2014, 33 (8): 44-48.
- [4] 毛晴, 梁军, 刘赞. 基于 FPGA 的通用开放式星载陀螺模拟器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (5): 160-166.
- [5] 徐木水, 刘金国. 基于 FPGA 的 CAN 总线通信接口的设计 [J]. 电子设计工程, 2010, 18 (18): 96-99.
- [6] 孟磊. 基于 CAN 总线技术的汽车数字仪表的研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2011.
- [7] 关俊强, 左丽丽, 吴维林. 基于 FPGA 和 CAN 控制器软核的 CAN 总线发送系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (3): 281-284.

觉和 BIM 的建筑装配过程高精度控制方法, 仿真实验结果表明, 所提方法能够有效提高施工效率, 且建筑装配成本控制精度较高。

### 参考文献:

- [1] 陈远, 任荣. 基于 BIM 的建筑消防安全管理应用框架研究 [J]. 图学学报, 2016, 37 (6): 816-821.
- [2] 廖哲男, 魏巍, 赵亮, 等. 大体积混凝土 BIM 智能温控系统的研究与应用 [J]. 土木建筑与环境工程, 2016, 38 (4): 132-138.
- [3] 喻钢, 胡珉, 高新闻, 等. 基于 BIM 的盾构隧道施工管理的三维可视化辅助系统 [J]. 现代隧道技术, 2016, 53 (1): 1-5.
- [4] 任继昌, 杨晓东. 基于互信息的高精度双目视觉测距方法研究 [J]. 控制工程, 2015, 22 (1): 199-204.
- [5] 张晓龙, 尹仕斌, 任永杰, 等. 基于全局空间控制的高精度柔性视觉测量系统研究 [J]. 红外与激光工程, 2015, 44 (9): 2805-2812.
- [6] 王耀南, 陈铁健, 贺振东, 等. 智能制造装备视觉检测控制方法综述 [J]. 控制理论与应用, 2015, 32 (3): 273-286.
- [7] 李冠楠. 基于智能视觉的电力网络敏感区设备过热识别 [J]. 电网与清洁能源, 2016, 32 (1): 59-63.
- [8] 汤一平, 韩旺明, 胡安国, 等. 基于机器视觉的乘用车智能采茶机设计与试验 [J]. 农业机械学报, 2016, 47 (7): 15-20.
- [9] 罗威, 周航, 侯云. 基于机器人技术的电能表拆箱机的设计 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (20): 143-146.
- [10] 颜萌. 基于传感视觉智能化的工业污水监测系统的设计 [J]. 现代电子技术, 2016, 39 (14): 143-146.