

唐雪静. BIM 技术在震后灾区居民装配式建筑设计中的应用[J]. 华南地震, 2019, 39(3): 114–120. [TANG Xuejing. Application of BIM Technology in the Design of Residents Assemblage Architecture After Earthquake[J]. South China journal of seismology, 2019, 39(3): 114–120]

# BIM 技术在震后灾区居民装配式建筑设计中的应用

唐雪静

(天津大学建筑设计研究院, 天津 300073)

**摘要:** 为解决震后灾区地形复杂, 建筑建设困难问题, 将 BIM 技术应用在震后灾区居民装配式建筑设计中, 基于 BIM 体系框架设计震后灾区居民装配式建筑建造流程, 通过设计阶段、工厂预制阶段、运输阶段以及安装阶段完成震后灾区居民装配式建筑项目的构建, 采用 Revit 软件和 Tekla 软件构建装配式建筑的建筑模型和结构模型, 利用 BIM 技术的可视化、参数化以及高合作性优势, 优化模型以及构件, 再通过 Navisworks 软件依据建筑模型实现建筑工程的碰撞检测, 减少施工过程中的变更, 降低建筑工程施工成本; 通过基于 BIM 的震后建筑进度管理模型, 实现建筑进化计划编制以及进度控制; 利用 Lumion 软件输入工程材质实现建筑项目的实时漫游, 直观了解装配式建筑效果。

**关键词:** BIM 技术; 震后灾区; 居民; 装配式建筑; 碰撞检测; 实时漫游

**中图分类号:** TU311      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-8662(2019)03-0114-07

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2019.03.017

## Application of BIM Technology in the Design of Residents Assemblage Architecture After Earthquake

TANG Xuejing

(Tianjin University Research Institute of Architectural Design, Tianjin 300073, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of complex terrain and difficult building construction in earthquake-stricken areas, BIM technology is applied to the design of assembled building for residents in earthquake-stricken areas. Based on the framework of BIM system, the construction process of assembled building for residents in earthquake-stricken areas is designed. The construction of assembled building projects for residents in earthquake-stricken areas is completed through design stage, factory prefabrication stage, transportation stage and installation stage, and Revit soft is adopted. Components and Tekla software are used to construct the building model and structure model of assembled building. The visualization, parameterization and high cooperation advantages of BIM technology are utilized to optimize the model and components. Then the collision

**收稿日期:** 2019-03-19

**作者简介:** 唐雪静(1979- ), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事建筑设计研究。

**E-mail:** maimai20192019@126.com.

detection of building projects is realized by Navisworks software according to the building model, which reduces the changes in the construction process and reduces the construction cost of building projects. The BIM-based post-earthquake construction schedule pipe is used to realize the collision detection of building projects. The physical model is used to compile the evolutionary plan and control the progress of the building. The Lumion software is used to input engineering materials to realize real-time roaming of the building project and intuitively understand the effect of the assembled building.

**Keywords:** BIM technology; Post-earthquake disaster area; Residents; Assembly buildings; Collision detection; Real-time roaming

0 引言

我国是地震灾害频发的国家，震后灾区重建是政府极为重视的保障灾区人民权益的重要体现<sup>[1]</sup>。近年来我国建筑行业发展突飞猛进，人们已经不仅仅满足于建筑的安全性与舒适性，更加重视建筑的创新性。传统图纸已不能满足复杂的建筑项目需要，将 BIM 技术引入建筑设计中已成为目前建筑行业的重要趋势<sup>[2]</sup>。BIM 技术是指通过 BIM 软件将建筑有关数据与信息实施三维仿真，BIM 技术广泛应用在建筑行业中，我国已经成功通过 BIM 技术完成了多项大型建筑的设计与施工<sup>[3]</sup>。

为使震后受灾人员可以早日拥有自己住所，震后灾区重建较重视施工的效率，并且震后灾区地形复杂，给施工过程增加了一定的难度。装配式建筑是一种新兴的建筑形式，因其具有环保、高效等优点已经渐渐取代传统建筑施工方式<sup>[4]</sup>。装配式建筑是指将建筑中预制构件加工完成后运输至建筑场地中进行拼装构建完整的建筑，装配式建筑需要预先将构件施工完成。震后灾区居民装配式建筑能够快速解决灾区居民的居住问题。装配式建筑的设计过程尤为重要，在设计过程中需要考虑全面，在施工过程中出现变更会造成严重后果，装配式建筑要求施工人员具有较高的技术水平，重视整体配合。而 BIM 技术作为一种可视性软件，预制建筑构件在 BIM 软件中进行模拟可实现预制建筑构件间的完美配合，提高工程施工质量，避免施工过程中出现失误情况<sup>[5]</sup>。将 BIM 技术应用在震后灾区居民装配式建筑设计中对于提高建筑效率与质量具有重要意义<sup>[6]</sup>。

1 震后灾区居民装配式建筑设计

1.1 BIM 总体设计研究

基于 BIM 技术的震后灾区居民装配式建筑设

计应与施工的建筑公司管理体系观念相同，装配式建筑对建筑技术性要求较高，设计时应将 BIM 技术与装配式建筑的生产流程相结合进行合理设计<sup>[7]</sup>。建筑企业功能依据装配式建筑的生产流程可以分为建筑构件设计、建筑构件生产、建筑构件运输与建筑构件装配四个部分。安全是评价建筑性能的重要指标，质量管理在建筑施工过程中占有重要地位，为实现 BIM 技术与震后灾区居民装配式建筑的良好结合，需要有可供 BIM 技术良好发挥的网络系统与数据库系统<sup>[8]</sup>。

基于 BIM 技术的震后灾区居民装配式建筑系统按照系统功能可分为分系统与支撑系统，其中分系统中包含建筑设计系统、质量控制系统、预制生产系统、物流保障系统；支撑系统主要包括工程数据管理系统以及计算机网络系统，其整体体系框架图见图 1。

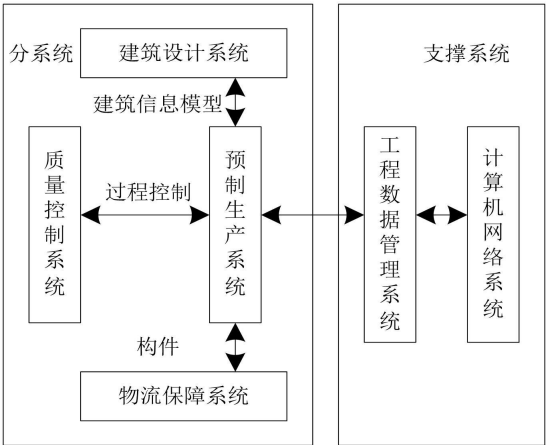


图 1 BIM 体系框架  
Fig.1 BIM architecture framework

基于 BIM 技术的震后灾区居民装配式建筑建造流程可通过优化 BIM 体系框架获取，具体建造流程图如图 2 所示。

从图 2 基于 BIM 的装配式建筑建造流程可以看出，通过设计阶段、工厂预制阶段、运输阶段

以及安装阶段，实现震后灾区居民装配式建筑项目的构建，项目在招投标完成后通过 BIM 建筑设计系统对建筑项目进行设计与计算机仿真，对仿真后的最终构件进行生产、运输与装配实现装配式建筑的构建<sup>[9]</sup>。

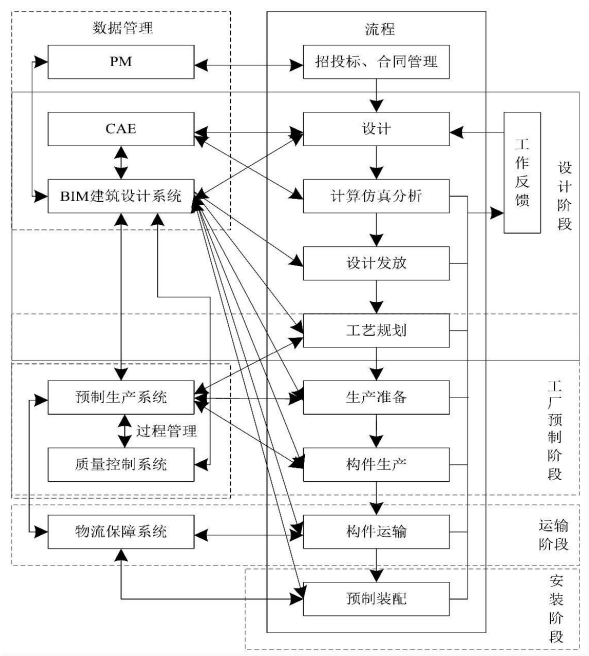


图 2 基于 BIM 的装配式建筑建造流程

Fig.2 BIM-based assembly building construction process

1.2 建筑模型创建

BIM 技术应用于装配式建筑的软件主要有 Revit 软件、Sketchup 软件、Bentley 软件等，建模软件的最优适用范围见表 1。

表 1 BIM 软件适用范围

Table 1 Application scope of BIM software

BIM 软件	适用范围
Revit	民用建筑模型
Rhinoceros	复杂异形建筑模型
Bentley	工业建筑模型、基础设施模型
Sketchup	建筑规划模型
Tekla	民用建筑模型

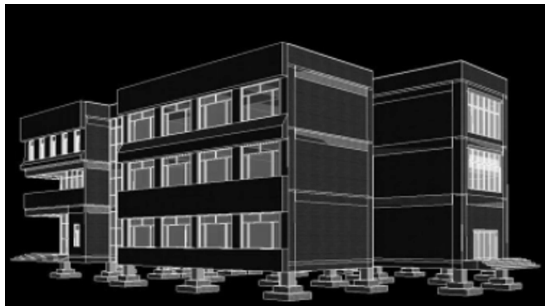
将 BIM 技术应用在震后灾区居民装配式建筑设计中首先需要确定建筑建模的 BIM 软件，确定了 BIM 建模软件后才能继续开展接下来的工作<sup>[10]</sup>。通过对多种软件进行不同对比后，选取真实性较高且适用于民用建筑的 Revit 软件和 Tekla 软件。

利用 Revit Architecture 软件构建震后灾区居民装配式建筑的建筑模型；利用 Revit MEP 软件构建震后灾区居民装配式建筑的水电模型；采用 Tekla

Structures 软件构建震后灾区居民装配式建筑的结构模型<sup>[11]</sup>。为保证震后灾区居民装配式建筑构建的标准化，在进行 BIM 建模过程中需要将所有构件实施参数化处理<sup>[12]</sup>。建模人员在通过各软件完成各项专业的模型构建后，利用 Revit 软件将建筑模型与水、电模型变换成 IFC 格式文件，传送至 Tekla Structures 软件中输出最终 BIM 建筑模型，图 3 为 Revit 模型转化为 Tekla 模型输出结果。



(a) Revit 模型



(b) Tekla 模型

图 3 Revit 模型转化为 Tekla 模型

Fig.3 Revit model transformed into Tekla model

由于装配式建筑需要预先加工完成预制构件再进行拼装，因此模型中构件参数是震后灾区居民装配式建筑设计最重要的一步，建筑中的所有构件设计均通过参数决定，参数间具有相关性，改变任何参数时都要随之改变所有相关参数<sup>[13]</sup>。施工过程中也可以通过 BIM 模型进行施工前模拟，在施工发现困难时可通过 BIM 模型模拟分析寻找解决途径<sup>[14]</sup>。

1.3 模型深化

装配式建筑的设计需要建筑、结构、水、电各专业的配合，对协作程度以及精细化程度要求较高，并且由于装配式建筑需要在施工前完成所有构件生产，对构件生产规格要求较高，注重每一细节的成本控制<sup>[15]</sup>。BIM 技术具有可视化、参数化以及高合作性的优点，适用于装配式建筑，可满足装配式建筑拆分构件、组合构件、修改参数

等需要。

将工程的楼层标高、墙板与楼板厚度、门窗洞口标高等各项建筑参数输入软件,即可呈现立体的三维模型,图4为BIM软件所设计的欧式建筑三维模型。

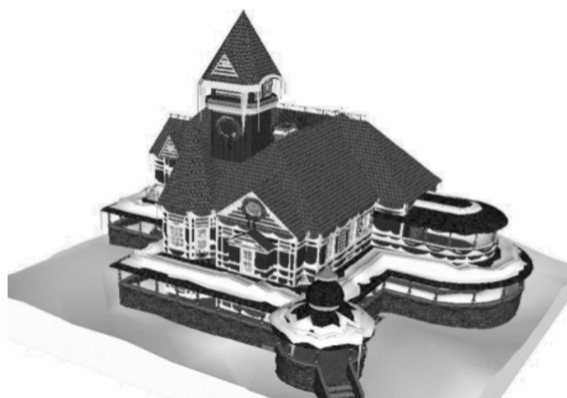


图4 欧式建筑三维模型

Fig.4 Three-dimensional model of European architecture

#### 1.4 构件优化

拆分BIM三维建筑模型时,通过机电管线综合布局、钢筋深化、运输等方向优化预制构件,具体优化步骤主要包括以下几个方面。

**管线优化:**利用BIM技术定位机电以及给排水管线,在相关位置上预留水、电穿线的孔洞。装配式建筑安装过程过于复杂,各专业管路众多,水、电两个专业的设计需要分开进行。因此设计过程中容易发生碰撞,水、电管线发生碰撞引起布置不当会造成材料浪费、影响安装、加长工期等后果。在水、电的设计过程中需要两个专业进行配合。BIM模型中的管线优化可解决这一难题,将建筑模型与水、电各专业模型在BIM软件中整合,碰撞信息在模型中可清晰显示,依据各专业相关规范对碰撞管路进行调整,实现各专业完美配合。在建筑设计时应将各管路的规格、型号考虑完全,保证预留孔洞的准确,避免施工时出现问题。

**连接方式优化:**选取标准化方法设计相关构件的连接方式。通常情况下装配式建筑的预制外墙竖向连接部位为高低缝形式,可选取预埋套管灌浆方式进行连接。选取支承滑动铰制作方式连接装配式建筑的预制楼梯与平台间的水平部位。

**钢筋优化:**安装装配式建筑的预制构件过程中,利用BIM技术对装配式建筑的预制构件、构件吊装以及现场布置等信息进行三维整合可极大

提高装配式建筑的安装效率。BIM平台中具有钢筋碰撞检测功能,能够提前检测出预制钢筋碰撞,在安装前先在三维模型中进行模拟安装,解决钢筋碰撞问题,依据模拟软件中的最优钢筋安装数量以及位置信息进行实际现场安装,提高安装速度,并保证了安装质量。

#### 1.5 碰撞检测

BIM相关软件中一般都具有检测碰撞功能,Navisworks软件检测碰撞性能较高,不仅可以准确检测碰撞点所在位置,还可直观反映产生碰撞具体原因,因此本文选取Navisworks软件,依据1.2小节构建的建筑模型和结构模型进行装配式建筑工程的碰撞检测。

震后灾区居民装配式建筑的信息模型不仅包括建筑、结构等专业信息,还包括水暖、机电等专业的管线信息,因此模型中包含大量构件数据信息。同时检测整个模型的碰撞信息会加大检测与修改难度,容易出现漏检情况,可在碰撞检测时候以楼层为单元分别进行检测,图5为某工程以楼层为单位进行碰撞检测的检测结果。

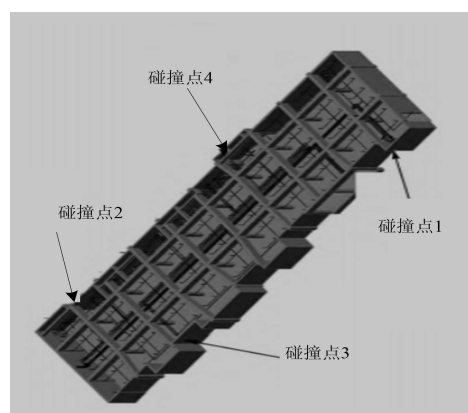


图5 楼层碰撞检测情况

Fig.5 Floor collision detection

Navisworks软件在完成碰撞检测时将检测结果展示至结果输出框,点击选取的碰撞点,软件会展示碰撞点位置信息以及碰撞原因,碰撞检测结果会以图片或者表格的形式输出。

输出的图片或表格形式碰撞检测结果需经技术人员检查是否真实存在。若真实存在,技术人员依据不同专业碰撞信息将碰撞报告发送至各专业设计人员,设计者依据碰撞信息对建筑模型碰撞部位进行修改,修改碰撞节点的过程也是再次优化模型的过程。修改结束时需要再次导入Navisworks软件进行新的碰撞检测,碰撞检测结果

为 0 时，代表所设计装配式建筑无碰撞问题，结束碰撞检测。碰撞检测过程为施工过程提供了有力依据，减少施工过程中的变更，降低建筑工程施工成本，提升工程的施工进度。

1.6 震后灾区建筑进度管理模型

震后灾区居民装配式建筑需要考虑灾民住处问题，因此工程进度是需要重视的部分。将 BIM 技术和精益管理理念结合，通过挣值分析方法计算施工计划成本与实际成本，利用计算结果改进震后灾区建筑进度管理模型。基于 BIM 的震后建筑进度管理模型如图 6 所示，该模型将施工计划与施工方案通过 BIM 平台进行相关模拟，通过 BIM 平台对建筑进度进行相关管理。

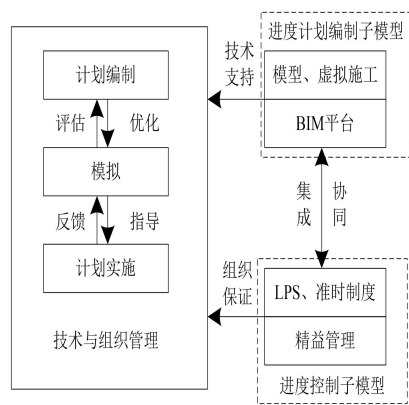


图 6 基于 BIM 的震后建筑进度管理模型  
Fig.6 Construction schedule management model after earthquake based on BIM

基于 BIM 的震后建筑进度管理模型主要可分为施工计划编制、施工进度模拟和施工计划实施三部分，以上三个部分组成的结构链为进度管理模型的核心部分。通过 BIM 平台的可视化功能模拟施工过程获取施工进度进行评估，利用评估结果优化需改进部分，依据编制的施工计划安排建筑施工的各项工作，并将施工进度实时上传至震后建筑进度管理模型，有助于建筑后续施工安排。震后灾区建筑进度管理模型内包含进度计划编制与进度控制两个子模型。

1.6.1 进度计划编制子模型

一个建筑工程的完成需要众多部门共同合作，每一个专业与部门都是建筑工程中不可缺少的一部分。在本文设计的进度计划编制子模型中，为保证装配式建筑的顺利建成，将震后建筑施工计划编制人员和建筑施工人员组成一个互相沟通与协作的团队，进度计划编制子模型如图 7 所示。

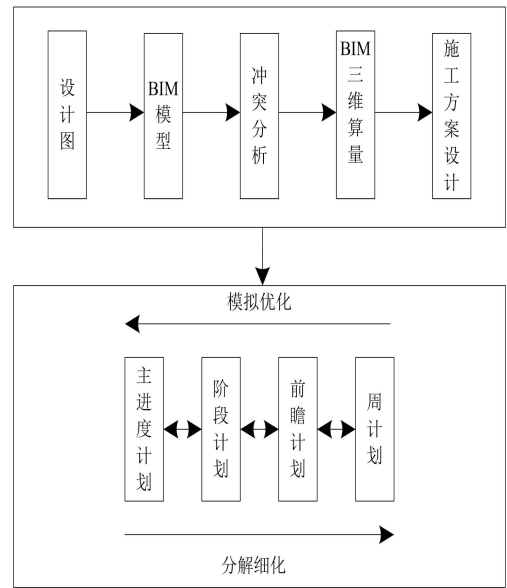


图 7 进度计划编制子模型  
Fig.7 Scheduling sub-model

通过装配式建筑的施工图建立 BIM 建筑模型后，在保证建筑模型不存在碰撞后，通过 BIM 平台运算建筑工程量，将获取的工程量与建筑要求相结合制定建筑进度计划。震后灾区装配式建筑的施工特点与规律利用精益管理中的 LPS 原理进行分析，最终将建筑施工进度分为里程碑阶段、前瞻阶段与周计划。实际装配式建筑施工过程中，依据施工过程中的施工意见以及工程材料的使用情况优化周计划。

1.6.2 进度控制子模型

震后灾区居民装配式建筑施工进度控制受众多因素影响，为保证建筑施工进度高效进行，需要经常检测施工过程中存在的问题并及时进行解决。建筑进度控制子模型如图 8 所示。以周计划为实施单元，包括虚拟施工和现场施工两部分，虚拟施工为利用 BIM 技术模拟三维施工状态，并在 BIM 模型中模拟后续施工进度，BIM 建筑模型可以将施工进度时间信息与施工过程相连接，有效的实现虚拟施工。现场施工以制定进度计划为开始，依次进行精益采购、材料供应、精益施工直至施工完成。虚拟施工过程不仅可以实现整个施工过程的模拟与监督，也可模拟一些复杂的施工方案，在 BIM 平台中记录复杂施工方案模拟过程的数据，在实际施工中按照模拟的工程数据信息进行施工，节约了施工成本以及施工时间。

选取精益管理方法通过精益采购与精益供应提高建筑质量，节省建筑成本，完成建筑进度与施工质量以及造价的最优化。通过 BIM 平台查看

与精益管理相结合的虚拟施工过程，遇见问题在提出解决方案后在 BIM 平台中进行实时更新，依据最优解决方案进行施工，提高施工效率。

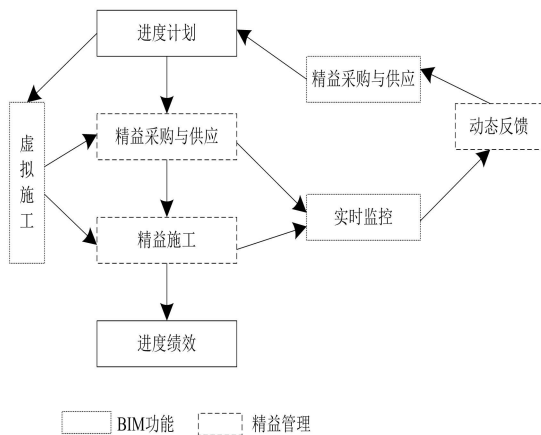


图 8 进度控制子模型  
Fig.8 Schedule control submodel

1.7 图纸问题梳理及施工图纸交底

通过 BIM 软件对灾区居民装配式建筑建模过程实际上也是对图纸进行再次检查，一些细微、不容易发现的问题在建模过程中可以清晰展现出来，提前发现图纸中存在的问题可避免施工过程中出现停工现象，节约建筑成本，增加现场施工效率。

BIM 技术可实现装配式建筑的图纸交底，在建模过程中将图纸存在问题汇总后与设计人员进行沟通，由建筑设计人员答疑问题。一些难以解决的问题通过 BIM 平台三维模型中进行模拟寻找最优解决办法，施工技术人员通过可视化模拟更加了解施工过程与建筑细节，为建筑施工现场提供方便。

传统建筑方式需要建筑项目部工程人员依据图纸具体位置到现场对应位置进行检查与沟通，浪费建筑人员大量时间并且无法以整体建筑布局解决问题。而 BIM 模型通过 BIM 平台模拟建筑所有部位，从整体角度看待问题与解决问题，使整体建筑保持统一，并且可将装修材料与效果考虑进模型内，减少后续因装修而造成的大面积改动等问题。

1.8 实时漫游

在建筑设计结束后，将所有构件材质输入到 BIM 最终信息模型中，通过动画模式展示建筑总体信息的过程即是建筑实时漫游。表 2 为各种软件的实施漫游性能对比。

表 2 软件漫游性能对比					
Table 2 Software roaming performance comparison					
软件名称	硬件要求	渲染效果	操作难度	渲染时间	动态模型
Lumion	较低	清晰	简单	短	有
Sketchup	较低	一般	简单	短	无
Navisworks	较低	一般	简单	短	无
3D Max	高	清晰	困难	长	无

通过表 2 中不同软件的漫游性能对比可以看出 Lumion 软件不仅操作方便，并且对电脑硬件要求较低，漫游渲染效果好、具有动态模型，选取 Lumion 软件实施 BIM 建筑模型的实时漫游。

利用 Lumion 软件实时漫游需要先将 Revit 软件的 .fbx 格式 BIM 建筑模型文件导入至 Lumion 软件内，利用 Lumion 软件中的材质库对 BIM 建筑模型进行修改或添加材质，添加或修改材质结束后制作 BIM 建筑模型的漫游动画，完成 BIM 建筑模型的实时漫游。图 9 为添加材质后的 BIM 建筑模型漫游效果图。



图 9 BIM 建筑模型漫游效果图  
Fig.9 Roaming effect of BIM building model

1.9 质量安全管理

质量问题是建筑中最重要的问题，安全问题重于泰山。在现场施工过程中，巡视人员检查出与安全或质量有关的问题，利用拍照设备留底并存档。调取 BIM 平台中 BIM 建筑模型的对应位置信息，对模型进行模拟整改，优化至最佳结果后将拍照的问题照片、问题描述、位置信息以及优化方法发送至现场有关负责人邮件中，相关负责人在规定时间内快速进行整改，实现高效的质量安全问题处理。

相关管理人员应将施工过程中出现的所有质量与安全问题进行统计与汇总，依据问题类别进

行分类统计并进行分析,找出出现质量与安全问题的具体原因。针对问题原因提出预防措施并实际应用至建筑施工中,避免再次发生类似安全与质量问题。也可通过 BIM 系统对各专业人员实施专项问题交底,以保障总体震后灾区居民装配式建筑工程在确保工程质量以及保证安全生产的前提下顺利完成。

## 2 结语

BIM 技术应用于建筑行业中已取代传统依靠二维图纸进行建筑施工的方式。将 BIM 技术应用在震后灾区居民装配式建筑设计中,利用 BIM 软件通过模型构建以及深化、碰撞检测、进度管理、实时漫游等过程,实现震后居民装配式建筑的整体建设,为建筑工程的高效建设提供了基础,节省了建筑施工时间,节约了施工成本,对震后灾区居民装配式建筑的实际施工具有较高的应用价值。

### 参考文献:

- [1] 刘燕萍,董伟,黄毕双,等. 基于两阶段支持向量机的群体建筑物震害预测方法[J]. 华南地震, 2016, 36 (2):107-113.
- [2] 占昌宝,罗川,丁振坤,等. 高层建筑抗震性能预测仿真研究[J]. 计算机仿真, 2016, 33(8):397-402.
- [3] 张爱林,张艳霞,赵微,等. 可恢复功能的装配式预应力钢框架拟动力试验研究[J]. 振动与冲击, 2016, 35(5):207-215.
- [4] 张爱林,张振宇,姜子钦,等. 可修复的装配式钢框架梁柱节点非线性静力分析[J]. 建筑科学与工程学报, 2017, 34(4):1-8.
- [5] 杨天青,席楠,张翼,等. 基于离散灾情信息的地震烈度分布快速判定方法研究[J]. 地震, 2016, 36(2):48-59.
- [6] 贾明明,李方慧,陆斌斌. 采用碳纤维包裹约束的装配式防屈曲支撑试验[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2016, 48(6):98-104.
- [7] 刘航,王胜,王海深,等. 预应力自复位装配式混凝土框架节点抗震性能研究[J]. 建筑技术, 2018, 49(1):50-53.
- [8] 陈启浩,聂宇靓,李林林,等. 极化分解后多纹理特征的建筑物损毁评估[J]. 遥感学报, 2017, 21(6):955-965.
- [9] 徐丰,孙维东,杨杰. 利用相干系数辅助震后倒塌建筑物快速评估[J]. 遥感信息, 2016, 31(6):51-55.
- [10] 杨庆峰,林大帖,路军. BIM 技术在建筑设计中的应用及推广策略[J]. 建筑技术, 2016, 47(8):733-735.
- [11] 高成,赵学鑫,高世昌,等. BIM 技术在中国尊建筑工程施工中的应用研究[J]. 钢结构, 2016, 31(6):88-91.
- [12] 李志成,王飞龙,吉久茂,等. BIM 技术在建筑工程设计中的应用[J]. 铁道科学与工程学报, 2016, 13(6):1179-1185.
- [13] 赵钦,田庆,刘云贺,等. 绿色建筑评价新标准下 BIM 技术在施工管理中的应用研究[J]. 西安理工大学学报, 2017, 33(2):211-219.
- [14] 李天,丁庆瑞,樊嘉. BIM 技术在工业钢结构建筑改造设计中的应用研究[J]. 建筑科学, 2017, 33(11):90-94.
- [15] 郑铭,巧蕊,魏炜,等. BIM 技术在多灾害领域中的应用研究综述[J]. 图学学报, 2018, 39(05):36-41.