

基于 BIM 技术的古建筑保护云平台研究

杨金晓 郝佳

(山东博宇建筑设计有限责任公司,泰安 271000)

【摘要】古建筑具有不可再生性和脆弱性的特点,是珍贵的文化遗产和历史资料,针对古建筑因保护不当而引发的火灾等灾难以及数据支撑的灾后重建问题,建立古建筑的保护云平台具有重要的意义。以泰山第一行宫为例,从测绘、参数化模型创建到云平台的建立展开研究,总结云平台建立的工作方法,使 BIM 技术在古建筑保护中的应用更深入,为古建筑的三维数字化保护提供参考。首先通过三维激光扫描、无人机航测和高精度正射影像绘图技术对泰山第一行宫进行测绘工作;其次通过 BIM 技术的运用,建立参数化构件、数字模型、3D 打印实体模型、沉浸式虚拟交互系统最后建立轻量化云平台,解决了 BIM 数据文件储存路径单一、操作要求高的问题。并提供多元化协同平台,建立古建筑数据库,不仅包含模型文件、图纸、动画等所有文件都可以通过云平台展示,也为古建筑的数字保护工作提供一种工作方法。

【关键词】数字化;古建筑;保护;BIM 技术;云平台

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1674-7461(2022)04-0091-07

【DOI】10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2022.04.14

引言

2014年1月11日,香格里拉独克宗古城遭遇大火,三分之二的房屋被完全烧毁。独克宗古城具有1300多年的历史,属于历史名城,曾是国内最大的藏族民居。虽然后来进行维修重建,但因为没有进行数字保存,重建也无法恢复原貌。2019年4月15日,800多年历史的巴黎圣母院发生大火,塔尖在火中倒塌,建筑屋顶及内部损毁严重。幸运的是,在2008年哥伦比亚大学 Stephen Murray 教授和瓦萨学院 Andrew Tallon 教授发起了名为 Mapping Gothic France 的项目,对包括巴黎圣母院在内的众多法国哥特建筑进行了系统性的数字化保存,建立了由图表、文字、历史地图构成的数据库^[1]。文物具有不可替代性,再完善的信息采集做的模型都不如保护好现存的古建筑,但是运用数字化技术可以在文物不幸遭遇灾难时,成为对文物进行修缮、保护和研究的重要依据^[2]。

BIM 技术在古建筑保护中的应用在不断发展和

完善,测绘方法在更新,模型也增加了一些附加文件,例如现状信息、动画漫游、VR 交互系统等,但最终的成果仍然储存在单一的路径中,并且打开文件也需要不同的专业软件,这也限制了 BIM 技术在古建筑保护中的应用。因此需要建立轻量化、简单化对成果进行查看的数据平台,而且要建立基于共享的云端的平台。本文以泰山第一行宫为例,从测绘、参数化模型创建到云平台的建立展开研究,总结云平台建立的工作方法,使 BIM 技术在古建筑保护中的应用更深入,为古建筑的三维数字化保护提供参考。

1 BIM 模型储存方式

BIM 模型包含了大量的数据信息,目前的储存方式多为本地或者服务器,这种方式虽然便于文件的整合但不利于文件的传输。通常传输速度受到网速和文件大小的限制,并且在实际中,用户需要在接收或者下载完成后才可以打开模型文件进行查看^[3]。为了实现 BIM 技术的跨领域应用和技术

【第一作者】 杨金晓(1993-),女,工程师,主要研究方向:BIM 技术研究与应用。

【通讯作者】 郝佳(1981-),女,高级工程师,主要研究方向:BIM 技术研究与应用。

推广,建立轻量化云平台是必然的。

2 云平台建立及应用

2.1 项目概况

泰山第一行宫遥参亭位于岱庙以南,双龙池以北。前临通天街,后与岱庙正阳门连通,是重要的历史文化遗产。宋代筑亭,称为“草参亭”,明代建殿围墙,成为现在的二进式庭院。前院为正殿所在位置,正殿两侧置东西配殿。南北长 66.2m,东西宽 52m,面积为 3 442.4m²,现存建筑主要是明清以来的重建和增建物。

2.2 实地测绘

古建筑本身存在易损坏、不稳定等特点,在测绘时应遵循从整体到局部、从高级到低级、先控制后细部的原则,减少与实物的接触并做好保护工作^[4]。传统的古建筑测绘方法主要是运用全站仪和卷尺、钢尺进行测量并运用 CAD 绘制平面图、立面图和剖面图。由于古建筑构造复杂,珍贵又精细,运用传统的测量方法容易对建筑本身造成损坏,所以在泰山第一行宫测绘中运用的是三维激光扫描、无人机航测技术和近景摄影测量技术(如图 1 所示)。

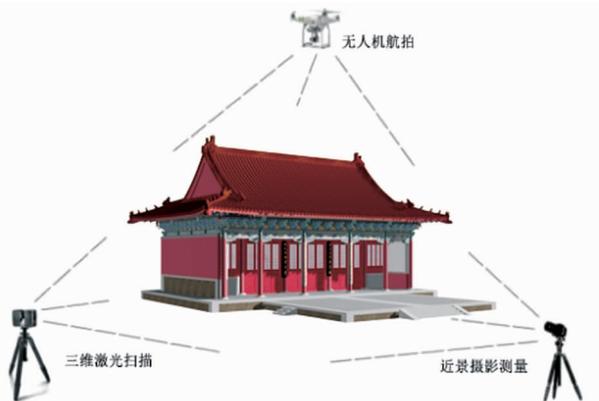


图 1 测量方法

三维激光扫描技术是由全站仪测距测角技术发展而来^[5],与传统方式不同的是,三维激光扫描技术无需频繁的变动测量坐标,与古建筑无接触从而降低了因测绘作业导致的损坏。通过发射连续的激光束快速获取物体表面的密集点云数据^[6],然后通过拼接、去噪和精简等步骤获得预处理后的点云数据,再通过数据格式转换导入软件,如图 2 所示。对于细部构件,使用威布三维 WiiboosReeyee

Pro 手持式扫描仪,扫描精度可达 0.05mm。支持输出 STL 及 OBJ 等标准数据格式,输出模型可导入 3D 打印机等设备,也支持导入大多数三维设计软件,如 Geomagic、CATIA、SolidWorks、Proe、UG、Autodesk。

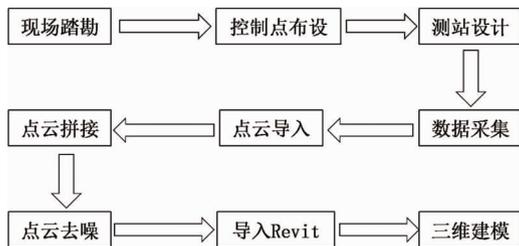


图 2 三维激光扫描工作流程

无人机航测技术具有灵活性、高精度、高效率、低成本和低门槛的特点^[7]。主要应用于对院落和屋顶进行细部测绘。首先,通过精灵 Phantom4RTK 倾斜摄影拍摄少量影像,由大疆智图建立测量区域的粗略模型;其次,在粗略模型上进行三维航线规划,之后精灵自动贴近飞行高清拍摄;最后,将细拍的高清照片导入大疆智图专业版软件进行三维重建。

近景摄影中建筑摄影测量是侧重于古建筑细部尺寸的测量技术,例如内部的梁、瓜柱、角背等构件,三维激光扫描和无人机航测都无法拍摄,所以需要近景摄影来获取。这种方式不仅对拍摄的距离和角度都没有太高要求,也具备很强灵活性,在拍摄时要注意是否获得的是有效的照片^[8]。对于有些复杂的地方应有不同角度和位置的照片,用于建立模型细部时查看和比对。

以泰山第一行宫遥参亭为例,山门为歇山顶建筑,内悬“登泰山起点”匾额,通高 6.95m,面阔三间 10.725m,进深 5.7m。仪门为双柱卷棚悬山顶,柱下施石雕方形滚墩石,面阔 3.50m,通高 4.02m。遥参亭正殿位于石砌台基之上,又名元君殿,高 11.85m,面阔五间 18.9m,进深三间 11.5m。为九脊单檐歇山式建筑,举折为 1:2.86,各步依次为六举、六五举、八举、九举。元君殿屋顶斗拱为单翘单昂五踩斗拱,八等斗口,整体为九檩双步廊式的梁架结构,后廊扩入殿中。元君殿两侧为东西配殿,高 7.9m。面阔三间 10.63m、进深三间 7.5m,七檩前后单步廊式的结构形式,屋顶为无脊硬山顶。配殿北侧各有卷棚硬山顶的廊房一间,面阔 9.10m,进深

5.05m, 通高 5.55m。正殿北侧为二进院, 与元君殿北门相连的是四柱攒尖顶的方亭, 坐落在台基之上, 总高 7.4m。方亭北侧为北山门, 与南山门形制相同。

由于文物保护的重要性, 因此在测量时对于因维护而无法采集的数据采用查阅文献法。遥参亭现存建筑主要为清代以来的重建和增建物, 依据清工部《工程做法则例》, 通过权衡法则计算斗拱各构件尺寸, 以平身科斗拱坐斗的翘和昂的槽口宽度尺寸为核算标准(如图 3 所示)。

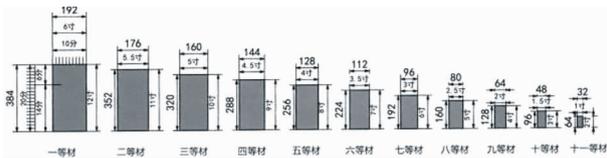


图 3 《工程做法则例》卷二十八

在清《工程做法》中规定建筑的基本计量单位是“斗口”和“檐柱径”。“斗口”是清代斗拱大式建筑中大木做法的模数制尺度, 是作为建筑模数的标准单位。大式建筑的外形尺度、构件大小等都以“斗口”为计量单位; “檐柱径”是清代小式建筑和不带斗拱的大式建筑中大木做法的基本计量单位, 建筑的外形尺度、构件大小等都以“檐柱径”为计量单位。权衡即为“比例”。在清代, 官方将房屋的各部位(面宽、进深、高度、出檐等)尺寸及各种构件的尺寸都在模数的基础上规定了一个比例倍数。在实际应用当中, 有些构件的尺寸与清《工程做法》规定的尺寸略有差别, 只要不影响建筑风格, 都应当认为是正确的。

2.3 建立数字模型

依据测绘数据, 对泰山第一行宫全部建筑构件、建筑和院落创建三维模型。其中包含参数化模型、3D 打印的实体模型和虚拟沉浸式交互系统。

(1) 基于 Revit 建立参数化模型

建立参数化模型的前提是规划并创建古建筑构件族库(如图 4 所示)。根据古建筑权衡法则, 由族库构件组装各科斗拱, 创建第一行宫全部古建筑的数字化模型, 并对每个“构件对象”挂接相对应的构件现状信息、材料材质、修缮做法和其他历史信息等数据信息, 建立数据库, 实现古建筑数字化存档(如图 5 所示), 方便查询使用, 为后续古建筑项目的修缮工作提供数据支撑。最终交付与古建筑

数字孪生的“数字资产”^[9]。

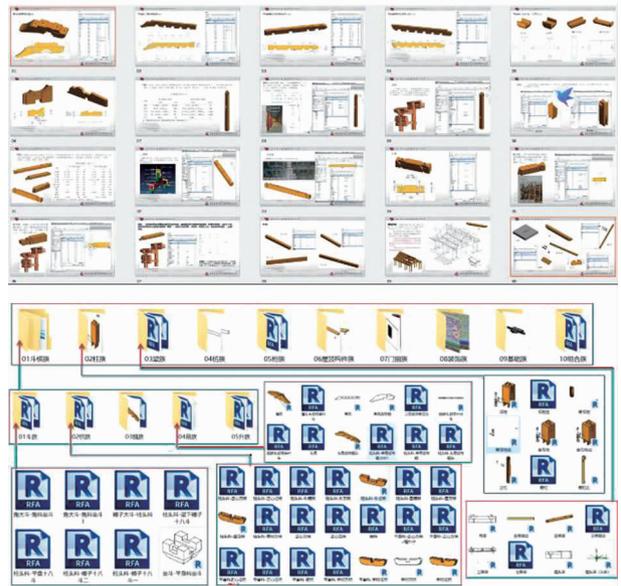


图 4 构件族库

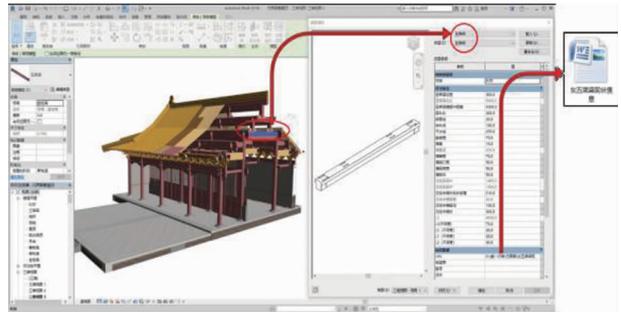


图 5 元君殿的数字化档案

(2) 基于 3D 打印技术打印实体模型

3D 打印技术是运用 3D 打印机将构件分别打印出来, 经过组装来还原古建筑搭建的过程。一方面实体模型可以提供直观的立体化感受, 可以更准确把握建筑结构的做法。另一方面实体模型操作更为简单, 更加大众化^[10]。3D 打印的流程为: 首先创建古建筑构建模型, 然后用动画模拟组装过程进行验证, 验证无误后将模型导出 STL 格式文件, 之后运用 3D 打印软件将 STL 文件做切片处理, 生成 GCODE 格式文件, 上传设备进行打印^[11]。

运用 3D 打印技术可以对构件进行反复的推敲和修正, 由于三维模型创建时各构件搭建是理想化的, 只要参数正确, 在搭建时是不会有硬碰撞的, 然而在实际中并不是这样的结果。在将斗拱构件打印完成后拼装时发现无法顺利安装, 检查模型和

设备后发现参数没有问题,其实原因是构件之间存在摩擦,并且材料本身具有纹路,即使按照准确无误的参数进行打印,在完成后由于没有空隙仍然导致无法安装。在发现这个问题后对构建模型的参数进行了调整,预留拼接缝后重新打印,最终完成方亭的组装(如图6所示)。

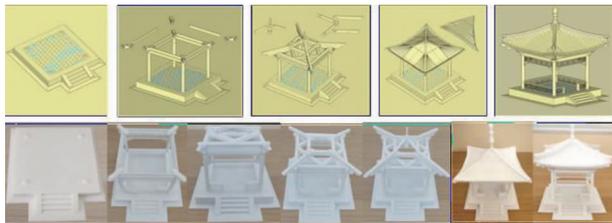


图6 方亭3D打印模型

(3) 基于TWINMOTION建立沉浸式交互系统

利用虚拟现实技术开发《泰山第一行宫沉浸式VR交互体验系统》(如图7所示),实现全年全天候24小时实时沉浸式体验。运用BIM+VR技术,将古建筑物的数字模型,以虚拟现实的方式呈现出来,借助人机交互,实现人们足不出户的参观建筑遗产,提供身临其境的视觉和空间感受,领略人类文明的辉煌成果,为后续古建筑的精确保护和科学研究提供直观的数据支撑。



图7 泰山第一行宫沉浸式VR交互体验系统

创建VR首先需要在Twinmotion中渲染360度的全景照片(如图8所示),打开VR编辑管理系统,新建全景图作品,将素材上传后对现有场景进行预览,可以根据不同位置添加多个场景。

BIM技术的可视化运用于古建筑保护工作的作用尤为重要、效果尤为明显。BIM技术的可视化的思路,使人们将传统的平面式表达的复杂构件空间形式转换成三维的立体实物图形展示在人们面前,也增加了不同构件间的互动性及反馈性,在古建筑



图8 泰山第一行宫全景图

信息模型中,整个空间都是可视的^[12]。可视化不仅可以用于古建筑复建推理及信息记载的一一对应,避免信息的错位及遗漏,更重要的是,古建筑保护中过程的商讨、沟通、决策都是在建筑可视化的状态下进行的,而非传统的纸上谈兵式的方案及意见的商榷。

2.4 建立云平台

2.4.1 云平台的选择

从2019年开始,BIM云平台的建立开始迅速发展,目前很多软件商都推出了自己的云平台产品。目前轻量化产品主要有三类:

(1) BIM模型查看工具

主要侧重于模型的查看,应用比较多的软件有A360、BIM Vision、广联达、鸿业等。

(2) BIM+集成平台

不同点在于增加了业务功能,例如BIM+FM、BIM+智慧园区、BIM装配式建造过程管理等。

(3) 可用于二次开发的引擎

将BIM模型的展示和操作(任意变换角度、大小、剖切、显示模式转换、测量、查看属性信息、调整图层显示等)、BIM数据提取(现状信息、维护信息、任务发布)功能进行整合,操作简单又少占空间。这类产品有品茗CCBIM、Autodesk A360、GL WebGL BIM Engine、广联达-BIM Face和BIM365等^[13]。

如表1所示,对第三类二次开发引擎产品的对比,确定泰山第一行宫BIM云平台选择的是品茗CCBIM。

2.4.2 基于CCBIM建立轻量化云平台

在建立泰山第一行宫云平台时遵循六个原则:

- (1) 支持多终端登录云平台;
- (2) 支持多终端项目文件夹浏览;
- (3) 支持多终端文件上传与下载;

表 1 二次开发引擎产品对比分析

名称	支持格式	合并方式	转换方式	功能特点
1 品茗 CCBIM	rvt nwd skp dwg ifc zip pdf jpg doc xlsx ppt	可单独上传,在线合并;或压缩包上传	本地插件转换,在线转换	PC 与移动端同步,可测量、查看构件属性,任意剖切,查看不同视图
2 Autodesk A360	pdf dwf stl skp ige obj sat	单独上传	同公司产品,无需转换	支持格式最多,三维数据格式较少,无移动端
3 GL WebGL BIM Engine	rvt inventor nwd skp igs 等所有三维数据格式	可单独上传,在线合并	在线转换	渲染效果较好,支持所有三维数据格式
4 广联达 - BIM Face	rvt nwd skp dwg ifc	可单独上传,在线合并	本地插件转换在线转换	与 CCBIM 几乎相同
5 BIM365	PBC	单独上传	本地插件转换	无移动端

(4)全面管理项目文件;

(5)避免打开 Revit 等庞大设计工具而花费更多的时间,可以通过浏览器、手机不受环境的限制、高效的浏览模型;

(6)项目协同。

基于 CCBIM 建立泰山第一行宫古建筑轻量化平台(如图 9 所示),解决项目中的模型图纸轻量化查看、BIM 文件管理、版本对比、图模联动、问题标记和追踪等协同问题。云平台即是 BIM 平台的组成部分又是对平台的延伸,通过“云 + 端”,打破数据孤岛,延续 BIM 文件价值,提高数字资产价值^[14]。BIM 技术在古建筑保护领域的发展不如在工程建设领域完善,尤其是对于平台的建立和维护也没有形成系统,最大的原因在于古建筑保护更多的在于数据的保存和归档,与施工中需要多方协同和运营有很大不同。但是,BIM 技术既要应用于古建筑保护,就需要建立平台来将数据信息公开化和扩大化,以轻量化、通俗化和可移动化等不同方式满足不同的应用需求^[15]。

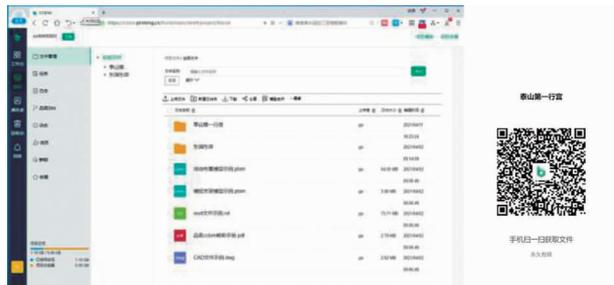


图 9 泰山第一行宫云平台

建立泰山第一行宫 CCBIM 平台,首先需要在 PC 端工作台创建项目文件夹,将模型文件、效果图、动画及其他演示文件分别上传到工作台的子文

件夹中,在分享时可以选择单个模型或者效果图进行分享,也可以选择整个文件夹,将自动生成的二维码和链接转发就可以实现信息的共享,手机端只需扫描二维码,无需手机下载客户端,从而达到轻量化的目的。

2.4.3 应用和推广

在手机端查看模型时,选择任意构件,可以进行查看属性信息,将构件隔离,隐藏构件,对构件发起任务,从质量、安全、进度等方面添加描述信息。在古建筑保护中,这一项通常用于对构件现状信息的统计,还可以对构件进行剖切。在模型结构树中可以通过关闭不同标高的模型及类别来分层查看。视图的底部是对模型整体的设置栏,分别是三维显示、尺寸标高测量、三维剖切、模拟漫游和对模型显示外观、方式、视窗背景的设置(如图 10 所示)。



图 10 手机端查看模型信息

云平台的应用场景有两种。第一种是可以将选择的构件生成二维码发给用户,用户扫描二维码即可定位到该构件,查看该构件的属性,在现场对照模型时发现的问题或需要标注的现状信息,点击构件发起任务,技术人员收到任务,对应模型部位进行修改或添加属性,与任务发起者形成闭环。第

二种是全景 VR 的形式,通过扫描二维码可以从手机端查看 360°全景照片(如图 11 所示)。



图 11 手机端查看全景照片

用手机、电脑和平板三端同步查看泰山第一行宫的全部成果,包括二维图纸、模型文件、效果图和动画漫游等。移动端的主要作用是查看并采集现场信息,实现了实时共享和维护,通过云平台在手机上就可以进行操作,在 PC 端更新后,手机端也同步更新,并且支持离线查看。基于模型的视口保存分享功能,确保双方可以基于模型的同一位置进行交流(如图 12 所示)。

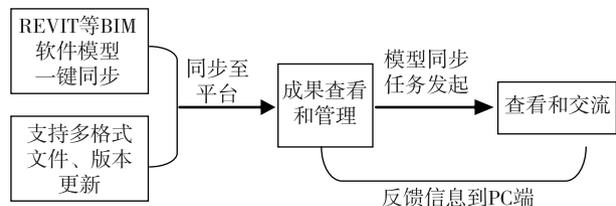


图 12 云平台工作流程

通过云平台的建立,可以使古建筑的保护工作更广泛,也可以通过这种方式让更多人参与进来,对古建筑有更全面、更新颖、更清晰的了解,从而引起人们对古建筑保护工作的重视,起到一定程度的教育意义。

3 结论

一座保存完好的古建筑,既是研究某一阶段历史文化的重要实物资料,又是社会、文化变迁的历史见证。一套与这座古建筑一一对应的“数字资产”既承载着这座古建筑的物理构造形态,又承载

着其内外部真实的数据信息,同样具有很大的保存价值,在常时,通过轻量化 BIM 技术向大众普及结构特点及安全措施,运用 BIM 的轻量化、精细化和受灾动画的 VR 预演技术完善古建筑的保护措施,便于游客的安全管理。古建筑受灾时,通过云平台中的监护系统,运用数据平台,与救灾快速联动,尽最大可能进行抢救。在古建筑受灾后可以应用 BIM 技术对其进行修复和灾后重建工作。

BIM 技术的参数化理念和数据库功能为古建筑的保护和研究注入了新的理念,提供了新的思路,BIM 技术云平台的建立开创了古建筑保护和开发利用的新天地,以古建筑信息模型为触媒,上游打通激光扫描、全景摄影等先进测量技术,实现基础数据的完善采集,在下游对接 VR、AR、3D 打印等高新技术构建古建筑保护平台,充分激发古建筑 BIM 的潜力,极大地推动整个文保产业的数字化,实现古建筑保护领域新的数字技术进步。

参考文献

- [1] 李东. 国内 BIM 在建筑遗产保护的应用研究[J]. 科学技术创新, 2020(01):106-107.
- [2] 方林娜. 古建筑构件数字化保护及其应用[J]. 中国建筑装饰装修, 2021(03):44-45.
- [3] 秦昌锋, 奚蓉, 刘媛媛. 浅析 BIM 轻量化平台的发展[J]. 数字通信世界, 2020(11):103-104.
- [4] 陈铭. 古建筑保护中信息化测绘技术的应用研究[J]. 文物鉴定与鉴赏, 2020(16):92-93.
- [5] 卢其堡. 三维激光扫描技术在古建筑测绘中的应用[J]. 北京测绘, 2020,34(05):623-627.
- [6] 崔晓磊, 杨晓波, 李登科. 三维视野下的古建筑室内外点云配准及建模方法探究——以咸阳钟楼为例[J]. 甘肃科技纵横, 2021,50(03):1-4.
- [7] 陈款, 张小可, 涂峻伦, 等. 融合无人机与相机影像的三维建模方法在古建筑保护中的应用[J]. 科技创新与应用, 2020(26):30-32.
- [8] 刘洋, 廖东军, 王朝刚, 等. 无人机近景摄影支持下的古建筑三维建模[J]. 测绘通报, 2020(11):112-115.
- [9] 王崇恩, 张戎戈, 胡川晋. 基于 BIM 技术的古建筑历史档案建立研究:2020 年全国建筑院系建筑数字技术教学与研究学术研讨会[C]. 长沙, 2020.
- [10] 刘临安, 赵燕鹏, 郎世奇. 3D 打印技术支持下的西直门城楼建筑复原[J]. 遗产与保护研究, 2019,4(02):92-98.
- [11] 刘攀. 基于 3D 打印技术的传统建筑保护研究:2019 年全国建筑院系建筑数字技术教学与研究学术研讨会

- [C]. 中国重庆, 2019.
- [12] 何武林, 宋永星, 邱瑜, 等. 浅谈 BIM + VR 技术在建筑保护中的应用[J]. 价值工程, 2020,39(13): 279-280.
- [13] 刘佳, 张庆彬, 梁秋丽. BIM 模型的轻量化展示平台研究[J]. 建筑技术, 2019,50(07): 791-793.
- [14] 毛旭阳, 李晓东, 李娜. 数字城市三维可视化平台 BIM 模型轻量化技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2020(20):122-128.
- [15] 张萍. BIM 专业模型轻量化处理方法研究[J]. 中国管理信息化, 2020,23(14): 122-123.

Research on the Application of BIM Technology in the Preservation of Historic Buildings in the First Palace of Mount Tai

Yang Jinxiao, Hao Jia

(*Shandong Boyu Architectural Design Co., Ltd., Taian 271000, China*)

Abstract: Historic buildings are non-renewable and fragile, but they have precious cultural heritages and historical data. This paper focuses on problems such as fires and other disasters caused by improper protection of historic buildings, and also focus on how data can support the post-disaster reconstruction. Therefore, it is quite important to establish a cloud platform for the protection of historic buildings. This research is taking the first palace of Mount Tai as an example. First of all, it uses the 3D laser scanning, UAV aerial survey, and high-precision orthograph to take the mapping process of the First Hanging Palace of Mount Tai. Secondly, it uses BIM technology to establish parameterized components, digital models, 3D printing entity models, and immersive virtual interactive systems. Finally lightweight cloud platform is built, which not only provides a solution for storing BIM data in a diversity way, but also reduce the operation difficulties. This provides diversified collaborative platforms, establishes database of historic architecture that includes model files, drawings, animations, etc. All files can be presented via cloud platform. The solution provides a reference for the digital protection of historic buildings.

Key Words: Digital; Historic Architecture; Conservation; BIM Technology; Cloud Platform