

# 基于历史建筑全生命周期BIM技术创新应用研究

史波 魏琼 肖炳科 刘雨卿  
江苏城乡建设职业学院 江苏常州 213147

**摘要:** 本项目通过BIM技术应用, 创新性与历史建筑全生命周期(测绘、修缮设计、施工及传承)修缮相结合, 通过大量软件与硬件设施, 从智慧建造的角度上解决困扰行业多年的历史建筑修缮问题, 解决三维测绘、设计施工模拟及全过程控制、营造技艺传承等重大难题, 为焦溪地区历史建筑修缮及江南古镇申遗工作提供了重要的技术支持。

**关键词:** 历史建筑; BIM技术; 全生命周期; 焦溪地区

## Research on the application of BIM technology innovation based on the whole life cycle of historic buildings

Bo Shi, Qiong Wei, Bingke Xiao, Yuqing Liu  
Jiangsu Urban and Rural Construction Vocational College, Changzhou, Jiangsu, 213147

**Abstract:** This project through the application of BIM technology, innovative and whole life cycle of historical building surveying and mapping, repair (design, construction and inheritance) repair, through a large number of software and hardware facilities, solve the hotspots on from the Angle of intelligent building industry for many years the restoration of historical buildings, solve the three dimensional mapping, design and construction process simulation and control, construction craft, inheritance and other major problems, It provides important technical support for the renovation of Jiaoxi historic buildings and the application of Jiangnan ancient town as a world heritage.

**Keywords:** Historic buildings; BIM technology; Full life cycle; JiaoXi region

### 引言:

历史建筑是经市、县(区)人民政府确定公布的具有一定保护价值,能够反映历史风貌和地方特色的建筑物、构筑物,是历史文化遗产的一个重要组成部分<sup>[1]</sup>,也是一种不可再生的文化资源,具有重要的科学研究、历史研究和艺术观赏价值。我国地域辽阔,各地区、各

时代、各民族的文化传统、历史背景、生活习惯等各有特色,形成了丰富多彩的地方文化特色。

### 一、江南地区历史建筑修缮技术现状

随着人们对生活品质的要求不断上升,随之而来对自然资源的需求也越来越多,生活环境随之发生重大变化,加上人为的恶意破坏,很多历史建筑变得面目全非,已无法进行修缮,当务之急最需要作的事情就是进行科学、有效的保护历史建筑,复原其原有的历史面貌。江南地区由于特定的历史原因,保留下来大量的明清历史建筑,在东南大学建筑设计院遗产保护研究院朱光亚老师为首的国内顶尖专业团队领导下,技术层面上对历史建筑修缮的探索一直在前进摸索,总体修缮原则上需尊重建筑原有风貌,遵守“不改变文物原状”的原则,采用原材料、原尺寸、原营造工艺进行修缮。前期的三维扫描技术、无人机倾斜摄影技术已大量取代现场人工测绘的工作,但修缮设计还是采用传统的CAD制图、

### 基金项目:

江苏省高校优秀科技创新团队资助项目传统营造绿色技术集成应用创新团队(苏教科【2021】1号);2021年度省建设系统科技项目(指导类):江苏历史建筑全生命周期BIM技术创新应用研究2021ZD20。

**作者简介:** 史波(1985-),男,江苏常州人,江苏城乡建设职业学院古建筑专业教研室主任;职称:建筑师、讲师;研究方向为建筑设计、BIM协同设计、古建筑修缮设计、古建筑营造技艺传承。

Sketch up草图大师建模、3Dmax效果图制作等进行方案文本的制作及施工图成果输出,随着施工过程中的新遗迹或者新问题的出现,进行二次、三次的深化修缮设计的调整,重要的历史建筑项目必须委派专业设计师进行驻场,对修缮施工进行及时调整及指导,以免一些重要的历史信息被遗漏或新发现的技术问题被错误对待,再加上招投标的市场化体制,真正传统的古建筑工相对比较缺乏,大多是现代建筑工去修缮,导致出现了大量的现场施工问题被不专业的进行处理,验收时出现了很多匪夷所思的弊端,很多重要的国家级、省级、市级不可移动文物被修错甚至被修毁,导致当地的传统文化断根,触目惊心。

## 二、BIM技术于历史建筑测绘阶段创新应用

### 1.项目简介

明代姚文灏:东吴泄水之大道,三江之外,苏有三十六浦,松有八滙,常有运河十四渚<sup>[2]</sup>,焦溪即是常州十四渚水系的古镇代表,其位于常州、无锡和江阴交界处,因完整保留了1200余年前的江南古村风貌,被列入第六批中国历史文化名村,入选第三批中国传统村落名录,现联合江南古镇群申报世界文化遗产。承越故居是清咸丰年间举人承越的旧时居所,营建于清末,距今已有100余年历史,现为常州市级不可移动文物,承越是晚清举人,官至知府,是当之无愧的焦溪乡绅。

承越故居属于焦溪典型的传统民居样式,合院式的形态和粉墙黛瓦的色彩特征与其他江南水乡建筑同出一脉,这些特征与江南地区多水潮湿、植被丰富的自然环境相关。其特殊之处,在于黄石的利用,因地处黄石传统产区,焦溪至清至民国时期的传统建筑外墙大量使用黄石砌筑,其色彩尺寸与传统建筑石材差别巨大,反应了焦溪地区人、地、建造之间密切的关系。焦溪地区传统木构架与江南水乡其他地区做法类似,多为边贴穿斗正贴内四界抬梁的组合屋架形式,其特殊之处在于檩条、梁柱等构件尺寸较其他地区普通偏小,疑为黄石墙体刚度较大,对木构架形成一定的支撑作用所致。在小木作装修方面承越故居的檐口部分较其他地区有特殊的处理手法,具体为飞椽末端有弯曲收分,封檐板为木雕花板,图案丰富,并在焦溪其他传统民居上均有体现。基于焦溪古镇申遗工作中不进行大规模修缮与整治工作的原则性要求,本次保护修缮工程范围至承越故居前三进——西至南下塘、东至第三进建筑后墙、南北至相邻民宅外墙,占地面积约475平方米。

### 2.三位激光扫描BIM技术应用

三维激光扫描设备主要适用于三脚架与无人机搭设两种,常规来说站立式三位激光扫描的绝对精度更强,安全性更高,更适合建筑测绘建模,可让建筑测绘更加经济和高效,但在古建筑测绘的实践应用中,考虑到古建筑屋架的复杂情况,架立式和无人机三维扫描混合应用更为合适。本次测绘的扫面分为古建筑室外和室内两个部分,相邻采集点之间需要保证有共同的参照,对承越故居的空间进行位置选择,兼顾所有的位置信息以及避免建筑周围移动物体对建筑造成遮挡的风险,本项目共分三进院落,每一个院落单独进行测绘,每一栋建筑共设置15个测绘点,室外10站,室内5站,确定站点之后使用扫描器,连接电脑,精确扫描角度为 $0.015^{\circ}$ ,通过Riscanpro专业软件,得到局部点云坐标数据(见图1)。

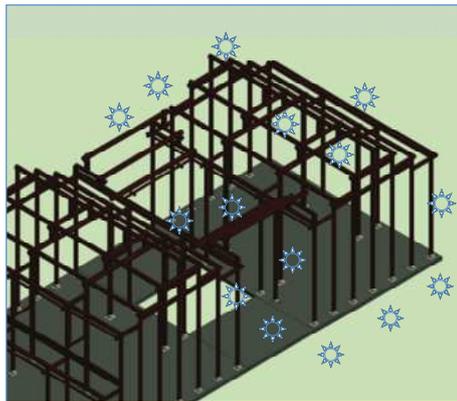


图1 承越故居三进后厅测绘站点

### 3.无人机倾斜摄影BIM技术应用

在三维激光扫描之外,且需要利用无人机进行数据采集补充来配合,才能实现承越故居外表面数据点的采集,完善整体项目的三维坐标点云数据信息。无人机倾斜摄影运行过程中必须遵循以下四点规则:(1)设计航线前需确定测绘区地面采样点与周边历史建筑之间的有效距离;(2)设计合理的航行路线,计算出满足航拍要求的技术参数;(3)综合无人机的飞行方式,满足内部庭院的综合需求;(4)综合现场测绘的问题,完善数据采集飞行计划。通过这四步骤,补充采集剩余的承越故居三进建筑外表面坐标点数据,形成完整的模型信息(见表1)

## 三、BIM技术于历史建筑修缮设计阶段创新应用

参数化是BIM技术赋予历史建筑价值的关键所在,首先确认的是族的参数和族类别,根据测量所得的数据,需要制定有效的历史建筑模型参数标准,而其两者共同

表1 测绘站点数据分类整理

	明间	次间1	次间2	梢间	进深	步架	柱径	檩径	梁径	椽径	椽距
一进 门厅	3190mm	2830mm	2860mm	2580mm	6600mm	1100mm	120/ 140mm	150/ 200mm	150/ 100mm	80mm	210mm
	9丈 9尺	8丈 8尺	8丈 9尺	8丈	20丈 1尺	3丈 4尺	4尺/ 4尺4寸	4尺7寸/ 6尺3寸	4尺7寸/ 3尺1寸	2尺5寸	6尺6寸
二进 厅堂	3150mm	2830mm	3100mm	2940mm	7600mm	1040/ 1070mm	120/ 210mm	200mm	200/ 300mm	80mm	210mm
	9丈 8尺	8丈 8尺	9丈 8尺	9丈 2尺	23丈 8尺	3丈 3尺	4尺/ 6尺6寸	6尺3寸	6尺3寸/ 9尺4寸	2尺5寸	6尺6寸
三进 后厅	3200mm	3030mm	3100mm	2635mm	8360mm	1120/ 1150mm	130/ 200mm	180/ 200mm	150/ 100mm	80mm	210mm
	10丈	9丈 5尺	9丈 8尺	8丈 3尺	26丈 1寸	3尺5寸/ 3尺7寸	4尺1寸/ 6尺3寸	5尺6寸/ 6尺3寸	4尺7寸/ 6尺3寸	2尺5寸	6尺6寸

难点在于对于承越故居整体建筑框架的理解。江南古建筑构造特征相对比较复杂，尤以明清斗拱的细部特征为代表，而本项目为晚清民居，等级不高，以3+1开间为主的大木构架为主，配以瓦、石、砖为基本元素。从形制和构造上遵循江南民居的规律，用材的尺寸也遵循《营造法源》的尺寸比例<sup>[3]</sup>。根据此规律，进行承越故居核心族库的建设，从台基——立柱——梁檩屋架——屋顶——外墙——细部，依次遵循设计施工的基本流程进行族库建立，将前期所得资料及各个构件部分的结构信息和尺寸信息输入至Revit模型，创立参数化构件，并把基本构件的用材、尺寸、位置、色彩、位移、强度等信息进行添加，共定制了较为复杂的承越故居族库，其中基础的各类型“柱”族7个，“梁、檩、枋”族12个，“屋顶”构件族21个，其他特色装折图元18个，通过此项目实践建立起了江南地区焦溪古镇第一个BIM历史建筑族库。

#### 四、BIM技术于历史建筑施工运营阶段创新应用

BIM技术对于承越故居的修缮施工阶段有全方位的应用，涵盖历史建筑修缮施工过程中的勘测、鉴定、土建、修缮措施、消防设置安装、机电设备安装、防雷设施安装、室内装饰工程等，通过合理的运用BIM技术，施工难度、现场管理效率将大为改善，成本可以进行上游合理管控，返工的现象可以基本杜绝。

##### 1. 历史建筑BIM技术施工动态模拟

承越故居施工项目部通过BIM软件进行受力模拟，分析屋架荷载受力传递以及结构核查，依照规范规定，第一、三进檩条、第三进二层内四界大梁尺寸偏小，不能满足承载力计算要求。通过模型构建之后与现场实际

情况进行模拟，进行施工方案的优化对比，最终确定局部落架大修方案，通过Naviswork 5D施工进度模拟进行进度控制，并利用BIM技术结合Lumion后期渲染软件进行动画模拟指导现场施工：1) 屋面解体后逐一检查檩条糟朽情况，补齐缺失穿枋，加强穿枋与檩条的连接，尽可能保留原构件；2) 检测木构件及其榫卯节点倾斜、变形、腐朽、损毁程度，依据相关规范要求采取相应修缮措施；3) 需要更换或新增的木构件尽量使用旧木料，含水率不超过18%，需充分干燥并做好防腐处理。

##### 2. 历史建筑BIM技术多专业协同管理

困扰历史建筑运营使用的一大问题是历史文化建筑与现代机电、消防设备之间的结合，古典文化的空间中加入消火栓、喷淋、PVC水管、线管、壁挂式空调等是室内不可调和的外部因素。应用BIM技术在施工模拟中结合各个专业解决各个不同专业之间的协同问题，充分保证承越故居的原真性及功能性，体现在下列几点：1) 结合焦溪古镇整体消防布局，按一个防火分区考虑，与南北相邻院落以封火山墙进行防火分区段，建筑内适当增设埋墙式室内消火栓以应对突发事件，风格保证一致；2) 室内照明系统采用高效节能荧光灯，挑选合适的造型与室内空间相和谐，安装是应首先考虑文物建筑的消防安全，电线全部改为暗线穿铜管埋管或贴墙角与梁下走线，铜管颜色刷木纹色，与木构件形成无色差效果；3) 尽可能保留并修复原院落排水系统，将院落排水系统与外部区域管网相接，未来必须实现雨污分流；4) 空调内机模拟方案置于梁下做梁枋，枋中进行挖空处理，埋内机，出风百页进行木纹处理，管道通过穿木枋外接，个性化功能定制，这样能做到空间内部完全不影响，并通

过各专业协同BIM处理,预先进行管道碰撞检查,以免施工过程中进行大量返工,影响工期,但没在承越故居施工中实现,但这也是未来精细化施工的要求。

#### 五、BIM技术于传统营造技艺传承创新应用

利用承越故居的BIM模型,在此基础上结合先进的信息技术管理平台,构建焦溪民居的全生命周期数据库,从而提供模型的应用效果。第一,实现数据信息的共享:数据库的建立能够把相关构件的信息和施工工艺提供给不同需求的人员,可以分级别分权限来获得相关信息,从而提供专业交流与非物质文化遗产研究的“物质基础”,这些对象可以是测绘、检测、材料供应、维护修缮、监理、设计、文保管理部门等单位,这在另外一个层面上提供了传承的途径。依次类推,把所有的焦溪民居进行BIM模型的搭建,再深一步把江南地区申请世界文化遗产的十四个古镇挑选典型民居进行信息数据库的补充,提高操作的系统化与储存的标准化,加大系统数据的分析能力,从而可以在BIM平台上可以走出一条更具有特色的申遗之路,为江南地区申请世界文化遗产提供开创性技术辅助。

#### 六、总结

总体而言,BIM技术在历史建筑全生命周期中的应用还需要遵守循序渐进的流程,需要耐心的在实践中不断研究与摸索,研究各种器械、软件、平台之间的相互协同,通过更多的江南民居的BIM全过程模型信息的累计,从而建立全面的古建筑民居族库,随着BIM技术的不断发展,为历史建筑的测绘、修缮设计、施工、营造技艺的传承提供更大的作用,而未来BIM技术与3D打印技术的互相协助更是未来历史建筑和建筑业的趋势,希望以承越故居全生命周期BIM技术的应用来打破传统的束缚,并以此为基础得到更多的富有实际意义的创新型结论。

#### 参考文献:

- [1]李晓栋.阮仪三:没有历史记忆的城市是一个毫无文化的城市[J].华人世界,2008(1):31-33.
- [2]陈暉.钦定四库全书[M].上海:上海古籍出版社,1979.
- [3]张泉.苏州传统民居营造探原[M].北京:中国建筑工业出版社,2017.