

# 三维激光扫描技术在大自然崖居文物数字化保护中的应用

谈宇先 黄承亮

重庆市勘测院

DOI:10.32629/gmsm.v2i4.232

**[摘要]** 本文介绍了三维激光扫描技术和相关点云处理软件,应用三维激光扫描技术对大自然崖居文物保护工程进行了数据采集、数据预处理和精细三维模型建立,该项目的实施对三维激光扫描技术在岩洞文物保护方面的应用具有典型的代表意义和社会经济价值。

**[关键词]** 三维激光扫描; 点云数据; 文物保护; 三维模型

## 引言

文物作为特殊的文化信息载体,延续了历史文脉,是人类文明的重要标志,对它们的继承和保护是当代义不容辞的责任。然而由于当前经济快速发展以及城市现代化建设的加速,使得许多文物同程度的变形和破坏,历史文化遗产保护面临着严峻的形势。

大自然崖居是重庆市永川区重点文物保护单位,又名董家岩洞,建于清代同治三年。该崖居占地面积约700平方米,依山傍水、植被繁茂,保存情况较好。据现场勘查,室内开凿有排水沟、床台、单间居室、水缸、灶台、烟囱、排污通道等设施,外壁开凿有射击孔。此崖居构造完善、设施齐备,为生产生活提供了足够的物质条件。该崖居群的发现对于了解与研究永川地区当时的崖居文化、社会背景、时局动乱等相关史学问题,提供了重要的实物资料,具有较为重要的历史价值。如何精细完整的保存大自然崖居的现状资料是急需解决的问题。

近年来,随着计算机、测绘、地理信息系统等相关技术学科的迅猛发展,以数字图像与近景摄影测量、虚拟现实、三维激光扫描测量等技术为基础的文物数字化管理与保护工作正逐渐成为人们关注的焦点。其中,三维激光扫描技术的快速发展使高精度三维点云模型的获取更加快捷,海量点云数据驱动的计算机图形学在智慧城市建设、历史文物保护、逆向工程制作等重要领域的应用越来越广阔。

三维激光扫描技术不同于传统测量技术的单点定位方式,而是利用激光测量单元进行全方位、全自动、高精度同步测量,进而得到完整的、全面的、连续的、关联的全景点的三维坐标。该技术具有点位测量精度高、采集空间点的密度大、速度快、不需要建立控制点等特点。因此从数据质量、作业效率和数据处理复杂度方面比较其他方法,都具有相当优势。本文采用三维激光扫描技术对大自然崖居进行三维扫描测量,获取建筑物点云数据,并对点云数据进行相关处理,制作大自然崖居的数字化三维模型,为大自然崖居文物保护留下宝贵的数字化资料。

## 1 三维激光扫描仪和相关软件介绍

1.1 三维激光扫描仪。本文采用的是FARO公司的最新一代激光扫描仪: FOCUS 350<sup>S</sup>三维激光扫描仪。该仪器由高精度、长距离三维激光扫描仪和高分辨率的内置相机组成。FOCUS 350<sup>S</sup>三维激光扫描仪最远扫描距离可到350m,采用脉冲式激光头,测量精度优于1mm,扫描范围达到水平方向360°,垂直方向300°,每秒最多可采集一百万点,该设备体积小,重量轻,设站灵活,非常适用于岩洞环境测绘。

1.2 相关软件介绍。(1)FARO PointSense。FARO PointSense是FOCUS 350S三维激光扫描仪系列的自带软件。用户可以用PointSense软件配置传感器参数、进行数据获取、数据显示、数据处理和数据存档等操作。(2)Trimble Realworks。该软件是天宝公司开发的点云处理软件,该软件用于点云数据的自动拼接,通过该软件可以将获取的点云数据,在没有控制点情况下,实现全自动的拼接,获取高精度配准的点云数据。(3)Geomagic Studio。由美国Raindrop(雨滴)公司出品的逆向工程和三维检测软件Geomagic Studio可轻易地从扫描所得的点云数据创建出完美的多边形模型和网格,并可



图1 大自然崖居

自动转换为NURBS曲面。通过该软件可以实现岩洞这种不规则曲面的三维建模。

## 2 大自然崖居测绘技术路线

运用三维激光扫描技术对大自然崖居进行保护测绘的具体技术路线如下图2所示:

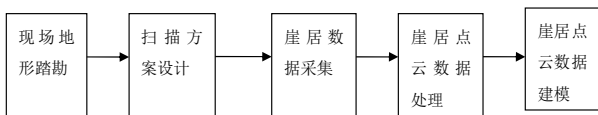


图2 三维激光扫描技术路线

对大自然崖居进行三维激光扫描,经过数据后处理,建立溶洞模型。主要工作内容如下:

2.1 三维激光扫描仪数据采集。采用三维激光扫描仪和相关扫描设备,对崖居内部进行三维扫描,根据崖居内部不同位置的特征采用最佳的扫描方式和参数设置,获取溶洞内部的优质点云数据。

2.2 影像数据采集。采用高分辨率的单反相机对崖居内部的表面纹理信息进行获取。

2.3 点云数据处理。运用相关点云数据处理软件对点云数据进行预处理,后处理和空间分析等,使点云能满足项目的需求。

2.4 点云数据建模。将处完成的点云数据,使用相关的点云建模软件,建立大自然崖居的三维模型。

## 3 大自然崖居数据采集方法

运用三维激光扫描仪对大自然崖居进行三维数据采集。由于大自然崖居数据内部构造复杂,数据获取困难,因此需要进行多站扫描,为了全面制作大自然崖居数据相关成果,需要对大自然崖居数据内部进行全面扫描。

数据采集主要包括作业前设备检验、扫描站点和标靶布设、点云数据采集参数设置、影像采集和数据检查几个方面:

3.1 作业前对检查仪器主机各部件及附件匹配、齐全和外观情况;并通电检验三维激光扫描仪能否正常运转、能否获取数据、电源容量是否充足、内存容量是否充足、同轴相机能否同步获取影像等。

3.2 根据大自然崖居内部构造合理布设站点,并保证在每站点云数据采集的重叠率达到30%,为了提高每站点云数据拼接精度,在个别测站中加入了扫描标靶,在采集崖居数据同时采集标靶数据见图3:



图3 崖居点云数据采集

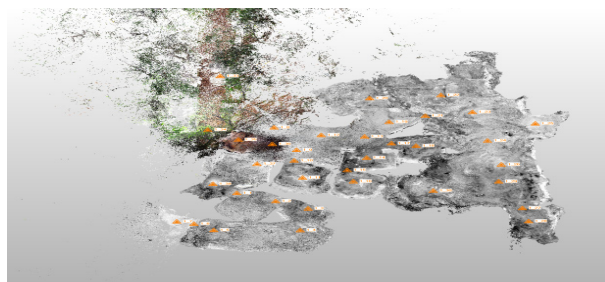


图4 崖居扫描测站分布情况

3.3 当对崖居进行扫描时,采用一般密度的点云扫描分辨率,即10米处5mm米,采集点云数据;针对建筑的特殊部分或需要详细表达的部分采用高密度的点云扫描分辨率进行数据采集,即10米处2mm米,采集点云数据如图3。采用不用扫描方式相结合的作为方式,保证了扫描数据满足工程精度要求,同时尽可能提高了工作效率。本次共扫描35站、花费时间为1个工作日,见图5:

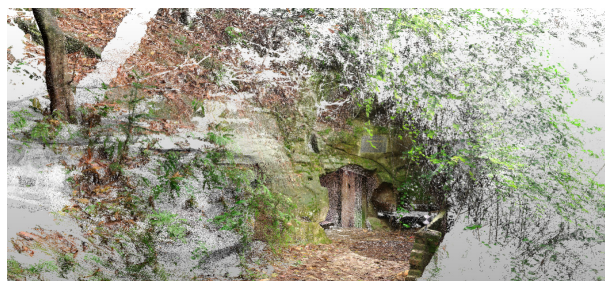


图5 部分扫描数据

3.4 为了使建立的三维模型真实及纹理清楚,在三维点云数据获取时,同时对大自然崖居采集影像数据。

## 4 点云数据处理方法

点云数据处理应包括点云数据拼接、点云数据裁剪,影像数据预处理,彩色点云数据处理、三维数字模型建立。

### 4.1 点云数据拼接和裁剪

采用FARO三维激光扫描仪配套数据处理软件FARO PointSense和Trimble Realworks,对多次扫描数据进行拼接,拼接采用标靶数据和点云数据交互方式进行点云拼接,拼接时间共花费1个工作日,其拼接精度达到5mm。由于大自然崖居周边环境比较复杂,其他环境要素多,整体浏览和处理都不方便,为了更快捷、清楚的对数据进行处理,需要对历史建筑整体点云数据进行裁剪。通过Realworks软件的裁剪功能对点云数据的裁剪,得到大自然崖居的独立点云数据,如图6所示:

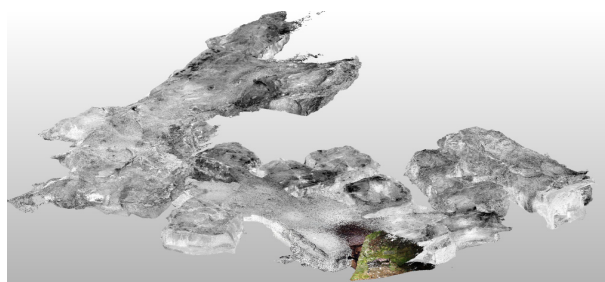


图6 大自然崖居点云数据

4.2 点云数据影像匹配。由于原始扫描的点云数据没有颜色信息,浏览和处理并不直观,仅仅依靠激光点云对物体进行三维建模是不够的,缺乏对表面纹理特征的有力表达,因此采用影像匹配技术对点云赋予颜色。

4.3 三维模型制作。点云数据三维模型制作包括点云分割、模型制作、纹理映射几个步骤,对大自然崖居这种不规则曲面建立三维模型主要采用建立三维 TIN 网格的方式建模。运用 Geomagic Studio 软件的不规则曲面建模功能实现三维模型的制作。

(a)通过点云构建三角网模型,并应采用孔填充、边修补、简化、细化、光滑处理等方法优化三角网模型;

(b)表面为光滑曲面的,可采用曲面片划分、轮廓线探测编辑、曲面拟合等方法生产曲面模型。

最终通过构建三角网模型得到大自然崖居三维数字模型,通过模型可以对大自然崖居整体、内部结构、细节特征等区间进行全方位三维浏览。

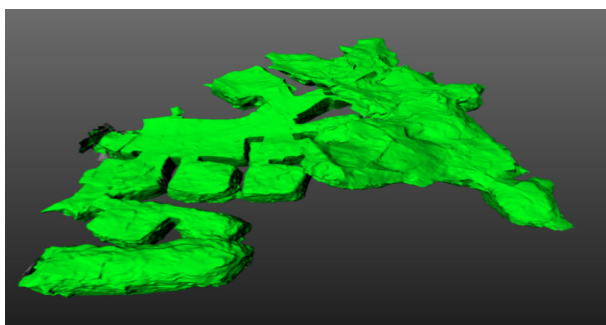


图7 大自然崖居整体三维模型

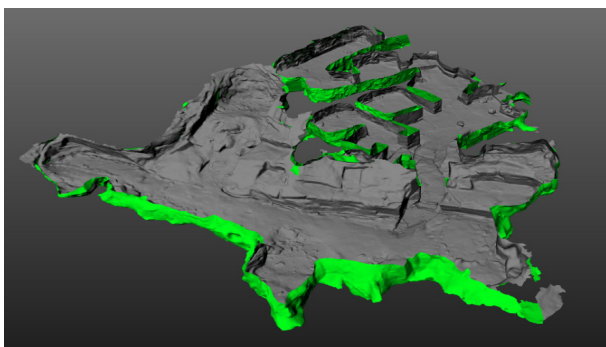


图8 大自然崖居内部三维模型

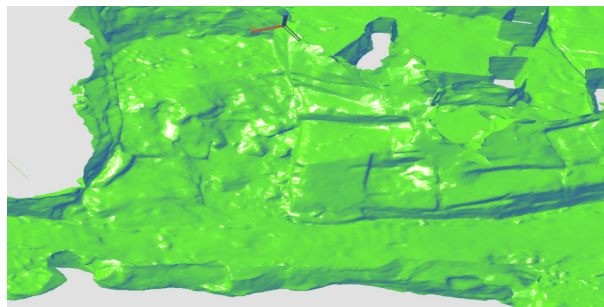


图9 大自然崖居细部特征三维模型

## 5 结语

本文主要采用三维激光扫描技术应用于大自然崖居文物保护测绘工程,通过外业数据采集,内业数据处理,对大自然崖居构建精细三维模型,为文物留下了宝贵历史档案,为后期维护和管理等工作提供了依据。通过该项目的实施为三维激光扫描技术对岩洞类型文物的三维数字化保护探索了一条可行的技术路线。

## 【参考文献】

- [1]吴育华,张玉敏.文化遗产三维数字化保护应用规范化研究[J].遗产与保护研究,2016,1(2):1-5.
- [2]杨永.古建筑数字化保护关键技术研究[D].开封:河南大学,2010:51-56.
- [3]余明,丁辰,刘长征.北京故宫修复测绘研究[J].测绘通报,2004,(4):11-13.
- [4]刘旭春,丁延辉.三维激光扫描技术在古建筑保护中的应用[J].测绘工程,2006,15(1):48-49.
- [5]吴玉涵,周明全.三维扫描技术在文物保护中的应用[J].计算机技术与发展,2009,(9):173-176.
- [6]尚涛,孔黎明.古代建筑保护方法的数字化研究[J].武汉大学学报:工学版,2006,39(1):72-75.
- [7]刘宏光,王鑫森,高超.三维激光扫描技术在文物建筑建档保护工作中的应用探讨[J].测绘与空间地理信息,2017,(6):127-129.

## 作者简介:

谈宇先(1987--),男,湖北鄂州人,本科学位,工程师,主要从事工程测量、规划核实测量等相关工作。