

# 基于三维激光扫描技术在建筑工程测量中的应用研究

孙 锋<sup>1</sup>, 韩保轩<sup>2</sup>

(1. 济宁翔宇测绘股份有限公司, 山东 济宁 272000;

2. 山东华潍信息技术有限公司, 山东 潍坊 261205)

**摘 要** 地质测绘与工程测量是建筑企业发展的两大技术难点, 传统逐点式单点测量模式已难以适应日趋复杂的工程需求。为提升空间数据获取的精确性与作业效率, 本文结合某建筑工程测量实践, 围绕扫描方案设计、控制测量实施、外业数据采集、内业数据处理及三维建模等关键环节, 系统阐述三维激光扫描技术在建筑工程测量中的具体应用方法, 以期有效提升测量精度与作业效率提供技术参考。

**关键词** 三维激光扫描; 建筑工程测量; 点云数据; 三维建模

中图分类号: P258; TU198

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.17.012

## 0 引言

建筑工程测量领域, 传统的测量方法普遍存在精度不高、作业效率低、自动化程度不高、环境适应性差、数据处理流程繁杂等各方面的不足。随着建筑形态越来越多样化、复杂化, 常规测量手段对于异形结构、大尺度空间、复杂环境等的测量能力越来越弱。三维激光扫描技术属于一种新兴的测绘手段, 凭借高速采集、高精度、非接触式作业、可视化效果好、环境适应性强等明显优势, 在建筑工程测量领域得到越来越广泛的应用。该技术可以快速得到被测物体大量的三维坐标信息, 生成高密度点云数据, 给后续建模和分析提供丰富的数据基础。深入探究三维激光扫描技术在工程测量方面的应用, 对改善工程质量, 改良设计方案, 削减施工风险, 合理调配施工资源都有着十分重要的实际意义<sup>[1]</sup>。

## 1 三维激光扫描技术基本原理与特点

### 1.1 技术原理概述

三维激光扫描技术是在传统全站仪测量原理的基础上发展起来的自动化测量技术。其主要工作原理就是用激光发射器向目标物体发射激光脉冲, 用传感器接收物体表面反射回来的信号, 根据激光飞行时间或者相位差来计算出扫描仪和目标点之间的距离, 同时结合扫描仪自身的角度编码器记录激光束的水平和垂直方向角, 从而准确地得到目标点的三维空间坐标。

该过程不断重复, 每次测量得到一个点, 连续扫描就得到密集的点云数据。点云实际上就是大量的离散点的集合, 每一个点都有精确的空间位置信息, 当点云密度足够高时, 可以真实地反映被测物体的几何形态和表面特征。

### 1.2 技术发展现状

目前主流的三维激光扫描仪具有全天候作业能力, 扫描范围可以达到 $360^{\circ} \times 300^{\circ}$ 全景覆盖, 扫描距离可以达到数百米甚至数公里。本文所用的 FARO FocusS 系列扫描仪最小扫描距离为 0.6 m, 最大有效距离为 350 m, 测量速度为 97.6 万点/秒, 测距精度为  $\pm 1$  mm。设备集成高动态范围 (HDR) 成像系统, 像素大于 1 亿, 在逆光或者光照条件复杂的环境下, 也能得到清晰的纹理影像<sup>[2]</sup>。另外, 现代扫描仪一般都带有集成的相机, 在采集几何数据的同时可以得到被测物体真实的色彩信息, 从而实现点云和影像的精准融合。

### 1.3 技术优势分析

与传统的测量手段相比, 三维激光扫描技术有如下明显优势: 第一, 非接触式测量, 可以应用于危险区域或者人员难以到达的场所; 第二, 海量点云数据保证了测量结果的全面性、精细化程度; 第三, 自动化程度高, 大大减少了人工干预; 第四, 数据成果形式多样, 既可以生成传统的二维图纸, 也可以创建三维可视化模型, 满足不同的应用需求。

作者简介: 孙锋 (1990-), 女, 专科, 助理工程师, 研究方向: 工程测量。

## 2 工程概况与技术选型

### 2.1 项目基本情况

本文以某大型公共工程为研究对象。该项目处于城市主干道的核心位置,总建筑面积约为 35 万  $\text{m}^2$ ,是集购物中心、写字楼、艺术馆、高端酒店于一体的综合性城市商业综合体。建筑整体采用错落叠置的形式,各个部分的几何线条变化多端,造型繁杂,存在很多异形曲面以及不规则的空间,对于测量工作来说,精度和全面性都比较高。

### 2.2 测量难点分析

该建筑结构特点决定了常规测量手段不能胜任,建筑形体复杂,存在大量非标准几何元素,传统逐点测量方式很难全面捕捉到所有的特征,建筑高度较大,部分测量点位人员不能直接到达,项目地处城市中心,施工环境受限,测量作业时间窗口小。根据以上情况,综合考虑后决定采用三维激光扫描技术作为本工程的主要测量手段。

### 2.3 仪器设备选型

根据工程规模、精度要求、现场情况,本项目使用的是 FARO FocusS 系列三维激光扫描仪。该设备的技术参数有最小扫描距离 0.6 m,最大有效距离 350 m,扫描速度 97.6 万点/秒,测距精度  $\pm 1$  mm,内置 HDR 相机像素大于 1 亿,激光安全等级为 1 级(人眼安全)。该型号扫描仪在复杂光照条件下仍然可以得到较好的影像数据,体积小、携带方便、操作简单,适用于建筑测量、文物保护、工业测绘等各个方面。

## 3 三维激光扫描技术在工程测量中的应用方法

### 3.1 外业数据采集实施要点

#### 3.1.1 扫描方案设计

在正式开始扫描作业前,项目组根据建筑形态特点及现场情况制订了详细的扫描方案。测站布设是方案设计的主要内容,测站布设的好坏直接影响到点云数据的完整性以及配准精度。方案遵循以下原则:测站之间视线上不得有遮挡物,相邻测站采集的数据要有足够的重叠区域;相邻测站之间的扫描重叠度控制在 25% 以上,保证后续点云拼接的可靠性;根据被测目标与扫描仪之间的距离合理设置扫描分辨率,保证精度要求的同时控制数据量规模;重叠区域内不少于 3 个标靶球,作为后期点云配准的控制依据。本工程共布设测站 30 个,建筑物四周布置 22 站,顶部区域布置 8 站,对建筑内外空间进行了全面覆盖<sup>[3]</sup>。

#### 3.1.2 控制测量实施

为了对扫描数据进行空间基准控制,项目在建筑周边布设了 8 个永久性控制点。控制点测量采用实时动态差分技术,接入城市连续运行参考站系统,控制点坐标精度控制在  $\pm 2$  cm 以内。控制点的精确测定为后面点云数据的绝对定向提供了一个可靠的基准,使得扫描成果可以被统一到工程坐标系中。

#### 3.1.3 数据采集流程

数据采集严格按照作业方案进行,按测站顺序依次完成扫描任务。每个测站扫描结束之后,用设备内置相机同步采集场景影像,记录现场实况。标靶球和控制点的扫描作为专项内容单独进行,保证其点云质量满足配准要求。数据采集流程(见图 1)是现场踏勘、方案制定、设备架设、参数设置、扫描实施、质量检查的闭环管理。

### 3.2 内业数据处理方法

#### 3.2.1 点云预处理

外业得到的原始点云数据先导入 FARO Scene 软件做预处理。预处理环节主要包含点云去噪,剔除由于环境干扰或者设备误差造成的孤立点;点云滤波,保留有效目标点云的同时减少数据冗余;点云配准,利用标靶球或者特征点将各个测站的点云数据统一到同一个坐标系下;点云拼接,将配准后的多站点云合并成完整的建筑点云模型。经过预处理的点云数据量得到控制,几何特征的完整性也得到了保证。

#### 3.2.2 特征信息提取

将预处理过的高质量点云数据导入 HDmodeling 软件进行特征提取。该软件可以自动识别并提取建筑轮廓线,可以生成二维线划图并标注关键标高信息。技术人员以二维线划图为依据,得到建筑外墙、门窗洞口、结构边缘等主要轮廓数据,并且记录各个楼层的标高变化情况,从而得到完整的建筑空间关系图谱。这些成果给后继的施工放样、结构复核、装修设计提供准确的数据支撑<sup>[4]</sup>。

### 3.3 三维建模技术路线

#### 3.3.1 模型构建流程

三维建模工作以点云数据为依托,按照提取的二维线划图分步进行。首先用二维轮廓线通过实体拉伸来创建主体结构模型,然后根据线划图中的曲线元素提取建筑造型特征,创建异形构件实体模型,再以建筑特征曲线为引导创建内部空间结构模型,最后利用软件的各项建模功能完成建筑整体三维实体模型的创建。为了使模型更加真实,在使用 3ds Max 等专业软

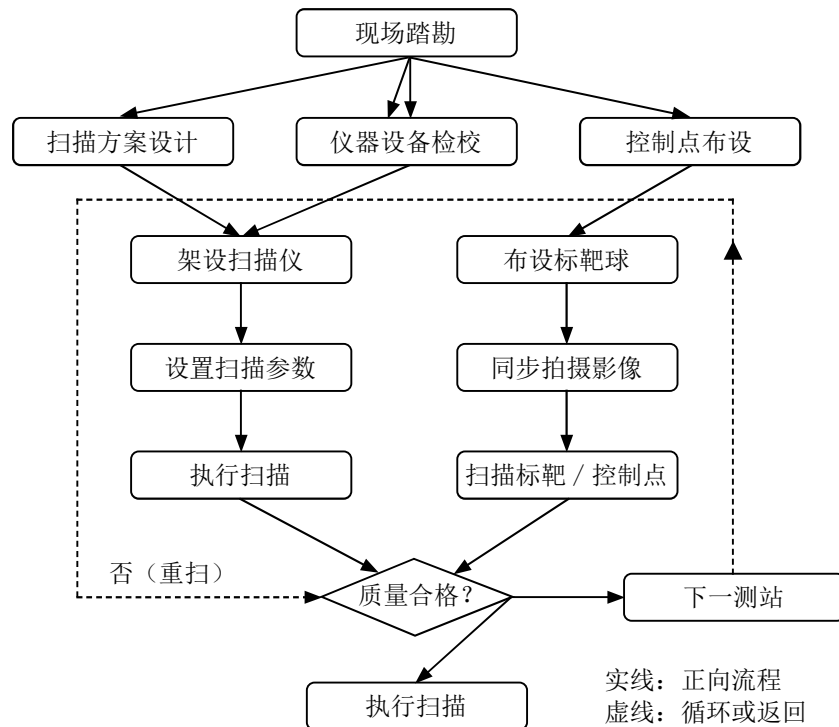


图1 某建筑工程应用三维激光扫描技术采集数据流程图

件的基础上对材质贴图、光影渲染以及细节处理做进一步的修改。

### 3.3.2 模型质量优化

当项目三维建模时出现纹理不清的现象时，利用现场拍摄的照片获取高分辨率的实景影像，把高分辨率的实景影像映射到模型上，从而提高模型的真实感。为了提高建模精度，在外业采集时采用高像素相机，保证拍摄的角度、位置不漏拍。经过上述措施，最终得到的三维模型几何精度满足工程要求，视觉表现也达到了较高的水平。

### 3.4 技术应用效果验证

为验证三维激光扫描技术的测量精度，选取点云模型中13条特征边长与全站仪实测数据进行对比。结果表明，两者误差在0.005 m至0.009 m之间，相对误差均小于千分之一，完全满足1:500大比例尺数字线划图的精度要求。从工程实践看，该技术在作业效率、数据完整性、施工安全及环境适应性等方面均表现优异，有效提升了测量质量与作业效率，具备良好的综合效益<sup>[5]</sup>。

## 4 结束语

经过本工程实践应用可知，三维激光扫描技术在复杂建筑工程测量中具有明显的技术优势和广阔的应用前景。该技术的顺利开展要依靠科学合理的方案设

计、规范严谨的外业工作、精细高效的内业工作。不同工程类型对测量成果的要求存在差异，在实际应用中要根据具体的项目特点，灵活地调整测站布设方案、优化扫描参数设置、选择合适的处理数据的方法，充分发挥三维激光扫描技术高效、精准、全面的技术优势，给工程建设提供可靠的技术支持。伴随着硬件设备性能不断提高、数据处理算法不断改进，三维激光扫描技术在建筑工程领域的应用越来越深广。

### 参考文献：

- [1] 李卓. 地面三维激光扫描技术在市政工程测量中的应用分析 [N]. 科学导报, 2022-10-11(B02).
- [2] 袁丰波, 孙攀, 张少伟. 地面三维激光扫描技术在工程测量中的应用 [J]. 住宅与房地产, 2020(24):215.
- [3] 唐汝焯. 关于三维激光扫描技术在地质测绘和工程测量中的综合应用 [J]. 信息系统工程, 2020(07):67-68.
- [4] 李钦, 陶儒川. 三维激光扫描技术在地质测绘和工程测量中的综合应用 [J]. 住宅与房地产, 2020(12):227.
- [5] 赵佳楠, 陈瑶. 三维激光扫描技术支持下的地铁工程测量实施方法 [J]. 价值工程, 2020, 39(02):210-211.