

# 三维激光扫描技术在城市街道改造立面测量中的应用

余剑

蚌埠市勘测设计研究院

**摘要:**为提高城市街道整洁美观,丰富城市景观,蚌埠市开展了老旧小区、街道的外立面改造工程,三维激光扫描技术为街道立面测量提供了新的方法。文章介绍了三维激光扫描技术的基本原理,讨论了这项新技术相比于传统测量的优势。通过工程实例,详细介绍了扫描工作流程以及立面成果,通过与全站仪实测数据分析,验证相关精度,最后提出了目前仍存在的一些问题以及对未来的展望。

**关键词:** 三维激光扫描; 立面测量

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.03.077

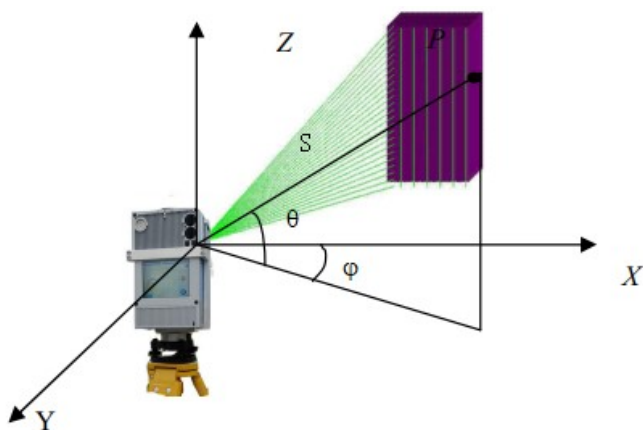
## 一、引言

2020年末,我国常住人口城镇化率超过60%,根据城市发展规律,已进入城市更新的重要时期,各地实施城市更新改造工程,通过对城市小区、街道的改造,改善建筑形象,美化城市环境,提升城市功能品质,为人民群众打造高品质城市生活空间。

三维激光扫描技术作为近年来新兴的一门测绘技术,利用不直接接触的主动测量方式获取高密度的点云数据,快速重构出实体目标的三维模型及线、面、体、空间等各种制图数据<sup>[1]</sup>,为建筑物外立面测绘提供了一种便捷的测量工作模式,具有主动性强、速度快、精度高、数字化等优点。

## 二、三维激光扫描的基本原理及优势分析

### (一) 三维激光扫描的基本原理



$$\begin{cases} X = S \cos \theta \cos \varphi \\ Y = S \cos \theta \sin \varphi \\ Z = S \sin \theta \end{cases}$$

图1 扫描点坐标计算原理

三维激光扫描仪的主要构造是由一台高速精确的激光测距仪,配上一组可以引导激光并以均匀角速度扫描的反射棱镜。激光测距仪主动发射激光,同时接受由自然物表面反射的信号从而可以进行测距,针对每一个扫描点可测得测站至扫描点的斜距,再配合扫描的水平垂直方向角,可以得到每一扫描点与测站的空间相对坐标。如图1,扫描仪能够获得坐标原点O到目标点P的距离S、水平角j、垂直角q,通过公式就可以获得P点的空间三维坐标(X Y Z)<sup>[2]</sup>。

以上公式中的距离S是根据激光脉冲从发射到接收时间计算,  $S=1/2ct$  ( $t$ =时间间隔,  $C$ =光速)。如果测站的空间坐标是已知的,那么则可以求得每一个扫描点的三维坐标,从而获取绝对坐标三维点云数据。

### (二) 优势分析

相比于传统立面测量作业,三维激光扫描的优势主要体现在以下几个方面:

#### 1. 高作业效率

传统立面测量作业一般需要2-3人,采用全站仪配合测距仪进行,由于在立面上测量,较为不便,现场尺寸难以测量到位,个别异形建筑立面更是无从下手,三维激光扫描可以获取高密度点云数据,作业效率高,单人设站完成后即可进行,一天即可完成一条街道的立面测量作业。

#### 2. 获取数据丰富

传统测量瞄准目标采集特征点点位坐标,或量取相关尺寸,数据存储于全站仪或绘制草图等,数据单一,三维激光扫描一次可获取立面的所有相关数据,可即时量测,彩色点云可获取纹理信息<sup>[3]</sup>,真实还原现场。

#### 3. 多方面拓展应用

传统测绘作业获取立面图,为街道改造提供基础数据,三维激光扫描数据获取的彩色点云,除生产立面图外,可同步获取地形数据,还可继续拓展于三维建模、历史文化街区等的数字建档等。

## 三、三维激光扫描技术在街道立面测量中应用

### (一) 工程概况

外立面改造工程包括蚌埠市多条街道立面改造,分为2个标段,I标段测区全长2km,位于蚌埠市新城区,沿街虽为新建建筑,但是建筑外立面广告杂乱无章。II标段位于老城区,沿街建筑物多为20世纪80年代老旧建筑物,本身缺乏整体规划设计,且现状部分墙面装饰掉落,色彩混乱。测区东西向全长5km。

建筑物立面测量主要对建筑物立面的窗户、底层商铺、大门等进行测量,获取建筑物立面示意图,为立面改造提供基础依据。

### (二) 作业流程

三维激光扫描及立面图绘制作业流程主要分为三个阶段,如下图2所示:

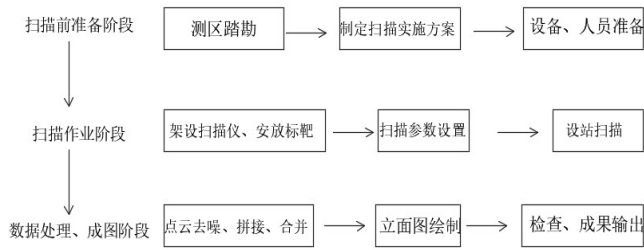


图2 三维激光扫描及立面图绘制作业流程图

1. 控制点测量

根据街道现场的实际情况，我们确定采用标靶固定于建筑物立面，标靶测量精度是三维点云绝对精度的前提，我们利用Leica TS09plus全站仪（测角精度±1"，测距精度1.5mm+2ppm），精确测定标靶的中心坐标<sup>[4]</sup>，用于后期三维点云的绝对坐标转换。为保证坐标转换精度，公共标靶和测站点不要在一条直线上，标靶和测站必须通视，且距离测站不超过75m。

2. 数据获取

采用德国的Z+F IMAGER 5010C扫描仪，每两站之间至少有三个公共标靶球可见，扫描作业时同步扫描标靶球，用于数据后处理时两站数据之间的拼接。采用仪器的Super High超高分辨率模式对标靶球进行精细扫描，拟合标靶球中心坐标，考虑立面测绘要求，采用High高分辨率模式进行建筑物立面扫描，单站扫描时间约15分钟。

3. 点云数据处理

扫描仪在数据采集的过程中，由于受到仪器因素、环境干扰、人为操作等影响，不可避免会采集到一些噪声点，这些噪声点不仅会影响点云模型的精度，也会对成果制作造成较大的干扰，因此需要对点云进行去噪处理。对于行人、车辆、行道树等直接去除，再根据配套软件内的点云滤波算法<sup>[5]</sup>，过滤删除无效点。点云过滤、处理完毕后进行立面点云拼接，每两站间利用两个标靶进行拼接，第三个标靶作为多余观测，进行平差计算，提高拼接精度。拼接精度报告如下图3：

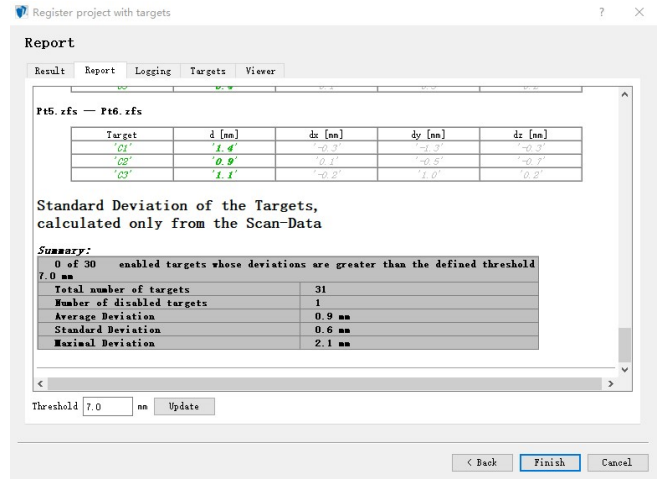


图3 拼接精度报告

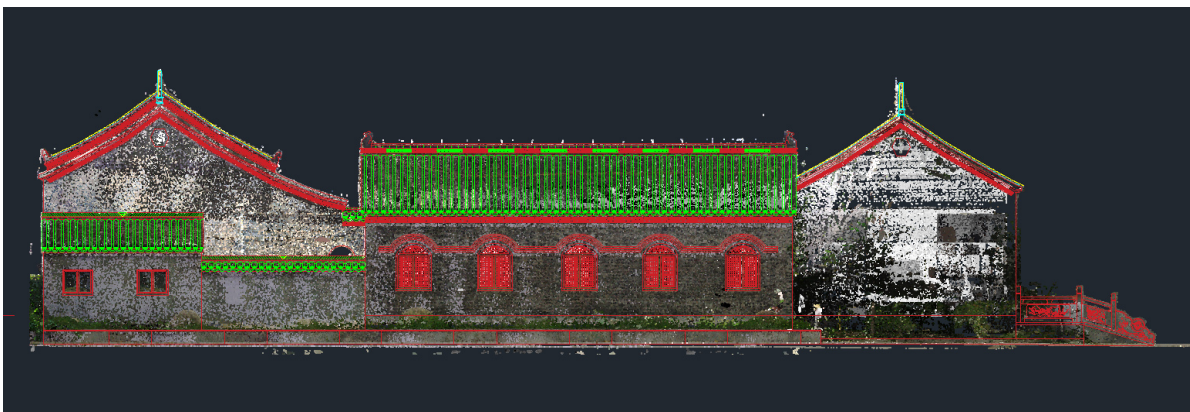


图4 立面点云数据

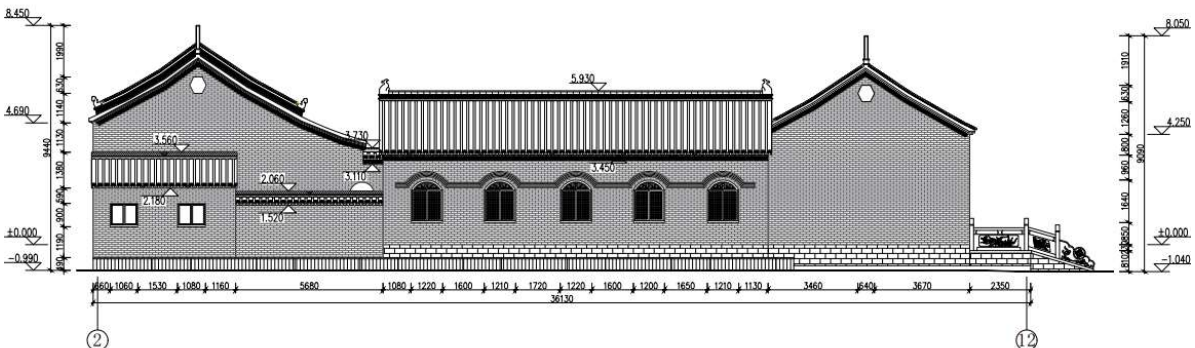


图5 建筑物立面图

由拼接精度报告可以看出三个标靶球在X、Y、Z三个方向上偏差以及总偏差。平均偏差：0.9mm，标准偏差：0.6mm，最大偏差：2.1mm。实际作业中，对于个别精度有问题的测站，可根据需要选用参与拼接的标靶球，以提高点云拼接的精度。街道点云数据拼接完毕以后，软件中导入全站仪测得的标靶精确坐标，通过标靶中心点坐标将点云数据归化到城市测量坐标系中，获取绝对坐标点云数据。

4. 立面图绘制

点云数据处理完成后，通过AutoCAD软件进行立面图的绘制。采用二维模式下平面投影测制立面方法，具体思路是将点云模型通过相关软件的投影功能进行平面投影处理，从而得到投影后的平面点云数据，然后

在平面点云数据上绘制立面图形。操作流程是利用Z+F LaserControl软件导出.zfs 格式点云，使用Autodesk Recap软件将点云数据格式转换为.rcs 格式导入AutoCAD软件生成建筑物立面点云数据如图 4 所示。然后在AutoCAD中通过设置相应的用户坐标系(ucs)，进行立面图绘制，绘制完成的建筑物立面图如图 5 所示。

(三) 精度评定

建筑物立面图测绘完成后，安排质检组随机抽查10个立面图中明显点位，采用全站仪免棱镜方法测量坐标，以检测立面测绘成果的平面以及高程精度，检测分析对比表如下表1:

表 1 全站仪实测坐标与激光扫描坐标对比

| 点名   | 差值 (m)     |            |            | 平面较差 (m) | 高程较差 (m) |
|------|------------|------------|------------|----------|----------|
|      | $\Delta X$ | $\Delta Y$ | $\Delta Z$ |          |          |
| JC1  | 0.032      | -0.021     | -0.026     | 0.038    | -0.026   |
| JC2  | 0.018      | -0.005     | 0.019      | 0.019    | 0.019    |
| JC3  | -0.025     | 0.014      | -0.026     | 0.029    | -0.026   |
| JC4  | 0.039      | -0.021     | 0.018      | 0.044    | 0.018    |
| JC5  | 0.023      | -0.015     | 0.02       | 0.027    | 0.020    |
| JC6  | 0.019      | 0.025      | -0.028     | 0.031    | -0.028   |
| JC7  | -0.035     | 0.021      | -0.011     | 0.041    | -0.011   |
| JC8  | 0.026      | -0.017     | 0.006      | 0.031    | 0.006    |
| JC9  | -0.01      | 0.029      | 0.028      | 0.031    | 0.028    |
| JC10 | 0.016      | 0.035      | 0.018      | 0.038    | 0.018    |

根据上表计算点位中误差为0.03m，高程中误差为0.02m，参考《城市测量规范》9.5工程图测绘表9.5.4规定，检测结果与规范对比如下表2:

表 2 检测结果对比

| 地物       | 细部点点位中误差 (mm) |      |      | 细部点高程中误差(mm) |      |      |
|----------|---------------|------|------|--------------|------|------|
|          | 规范允许          | 检测   | 检测结果 | 规范允许         | 检测   | 检测结果 |
| 主要建(构)筑物 | ≤ 50mm        | 30mm | 满足   | ≤ 30mm       | 20mm | 满足   |

由上表可得出三维激光扫描建筑物立面测量成果满足城市测量规范要求，精度可靠，满足街道立面改造工程需要。

四、结论与展望

通过上述工程实践，三维激光扫描仪相比于传统立面测绘方法效率较高，尤其是对于底层商铺扫描获取的信息丰富，可以同时得到商铺名称、门头招牌的样式，住宅建筑的空调机位，阳台等信息，设计单位根据相关立面模型信息在室内就可以完成设计，缩短工期，节约成本。同时在扫描的过程中，也发现了一些问题，如个别街道人车流量较大，部分街道绿化茂密，树木高大，

存在部分建筑立面被遮挡，部分信息遗漏等问题，我们通过倾斜摄影数据与三维激光扫描数据相融合，解决部分遮挡问题。另外内业点云数据量巨大、数据处理耗费时间较长，对软硬件设备要求较高。目前来看，随着测绘技术的发展，三维激光扫描技术融合其他相关技术应用会更加广泛，使三维激光扫描技术未来发展方向更为广阔。

参考文献

[1]刘春, 杨伟. 三维激光扫描对构筑物的采集和空间建模[J]. 工程勘察, 2006(4): 49-51.  
 [2]马立广. 地面三维激光扫描测量技术研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.  
 [3]王方建, 刁晓环, 王成. 地面激光扫描数据在建筑物重建中的研究进展[J]. 遥感信息, 2014(6): 118-124.  
 [4]张宏伟, 赖百炼. 三维激光扫描技术特点及其应用前景[J]. 测绘通报, 2012(S1): 320-322  
 [5]张亚. 三维激光扫描技术在三维景观重建中的应用研究[D]. 西安: 长安大学, 2011.