

机载激光雷达技术在山体表面积计算中的应用

徐杰 18552233038

《南京杰图空间信息技术有限公司》

摘要：

土地征收过程中，征收面积计算至关重要。在山区土地征收中，由于地形起伏大导致传统测量方式的表面积计算结果不能满足征收方和被征收方的需求，因此本次项目采用机载激光雷达技术获取 1:500 高精度 DEM 成果，通过外业勘测定界，利用 Arcgis 计算山区三维表面积。经精度检查及项目实践，本文作业方式计算结果能够达到土地征收面积计算需求。

关键词：

机载激光雷达；DEM 构建；表面积计算

1 项目背景

为进一步服务本地实体经济发展，做好年度土地征收、征用、农用地转用、划拨、出让项目勘测定界和农村土地、山场等表面积测绘工作，为国土资源行政主管部门用地审批和地籍管理等提供科学、准确的基础资料。项目进行过程中，对于山地区域的表面积计算问题出现较大分歧，与平原不同，山区起伏相对较大，导致三维表面积与二维投影面积相差较大，但常规测量和传统摄影测量方式难以高精度面积计算需求。

机载激光雷达技术作为测绘领域中的高效率高精度数据采集手段，能够有效获取山地真实地面信息，再通过传统测量方式划定拟计算面积界限，求得范围区域内山地场表面积。

2 项目概况

测区位于某山区，需飞行测区面积约 5 平方公里，地处暖温带与亚热带的过渡地带，属亚热带季风性湿润气候区。测区属山地地形，地形起伏较大，高差约 230 米，测区内以植被为主，交通较为不便。



图 1 测区范围

3 技术路线

本次项目主要由三部分构成，分别为机载激光点云数据获取与处理，外业勘测定界及表面积计算。其中，激光点云数据获取与处理为主体部分。具体路线如下：

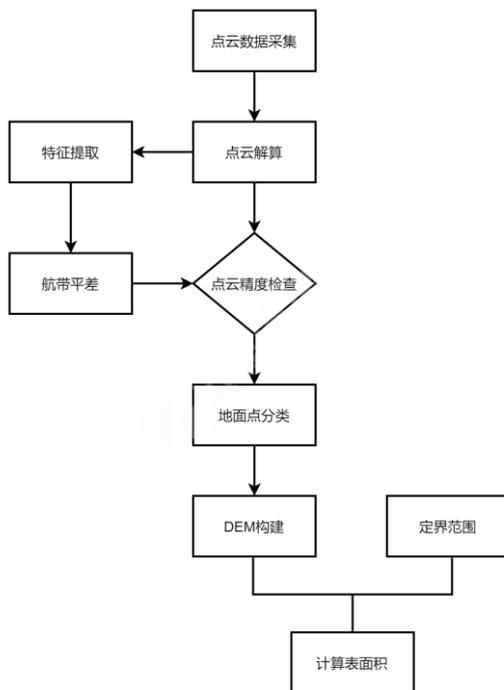


图 2 山体表面积计算路线图

4 项目实施

4.1 激光点云数据获取

4.1.1 设备投入

结合测区情况，本次设备选用飞马 D2000 无人机及 Lidar3000 机载激光雷达系统。D2000 无人机飞行平台具有毫米波雷达避障和仿地飞行功能。同时，Lidar3000 有效测距 200m，相比于其他国产轻型雷达具有光斑更小点云密度更高的特点，且飞行前后雷达无需静止，更能适用本次项目生产。



图3 飞马 D2000 搭载 Lidar3000 激光测量系统

4.1.2 地形预扫

因测区部分区域高差较大，为保证数据有效性和飞行安全性，正式飞行前先采用 350m 高度进行飞行预扫，快速获取该区域的影像数据，经过影像快速处理，得到该区域快速正射影像图和较高精度的数字表面模型。通过正射影像图判断测区是否存在高压线塔等较高地物，并将预扫的数字表面模型导入飞控软件，为后续精准航线规划与安全飞行提供高精度地理地图。

4.1.3 航线规划与飞行

因山区植被茂密且高差较大，因此本次航线规划主要突出“降速、变高、增重叠”的特点，即降低飞行速度、采用仿地飞行方式和增加航带间重叠的方式进行设计。本次航线规划主要参数如下：

表1 飞行设计参数

主要指标	飞行参数
飞行速度	6 米/秒
飞行高度	90 米
航带重叠	40%
平均点云密度	120 点/平方米
飞行时长	150 分钟

飞机飞行采用千寻网络定位模式，基站数据从千寻虚拟基站获取。飞行过程中通过三维监控模块实时监测飞行状态。飞行结束后下载机载 GPS 观测数据及原始点云数据。

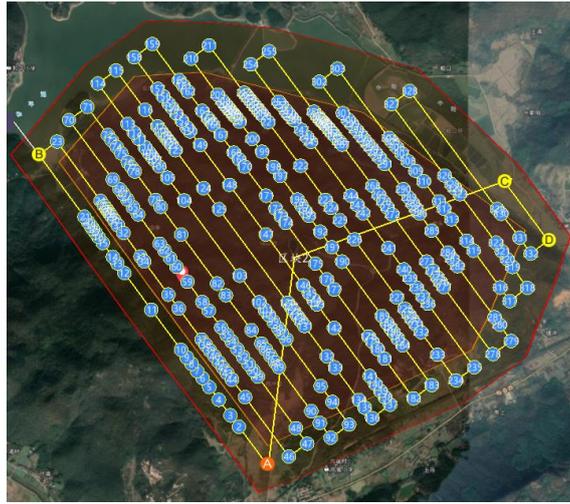


图 4 飞行航线

4.2 激光点云数据处理

4.2.1 点云轨迹解算

点云轨迹解算解算时需要基站观测值文件、机载观测值文件以及 IMU 数据文件，根据已有的 GNSS/IMU 安置偏移量及角度采用紧耦合算法进行解算。本次解算有效范围 GNSS 位置精度在 0.02 米以内，IMU 姿态精度在 0.5 度以内，解算质量较好，能够用于后续点云解算。



图 5 GNSS 位置精度

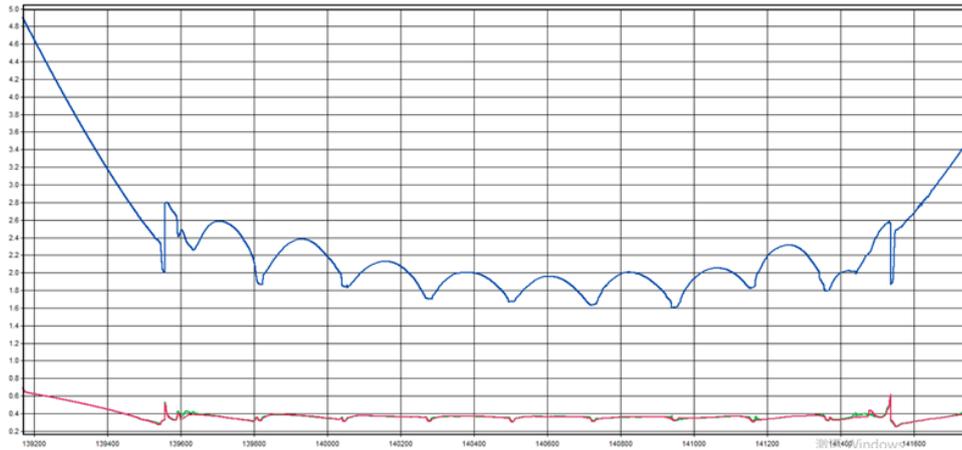


图 6 IMU 姿态精度

4.2.2 点云解算

通过对点云轨迹与点云数据进行融合，得到具有地理坐标的点云数据。检查航带间点云分层情况并进行航带平差调整，后经点云去噪及坐标转化输出标准 Las 格式点云数据。与实测点对比，点云高程中误差为 0.12 米。

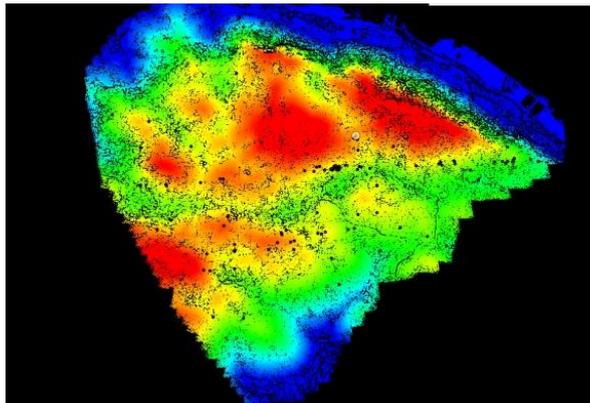


图 7 解算后点云数据

4.3 DEM 数据制作

4.3.1 点云自动分类

为得到真实山地地面信息，需将植被、建筑物等地物分离，即进行地面点分类操作。本次滤波采用渐进形态学滤波方法，通过设置建筑物尺寸、坡度、迭代角度及窗口大小等参数，进行自动化点云分类。因设置参数为预设参数且限制条件较多，对于滤波过度或不足区域应进行参数调整，重新滤波。

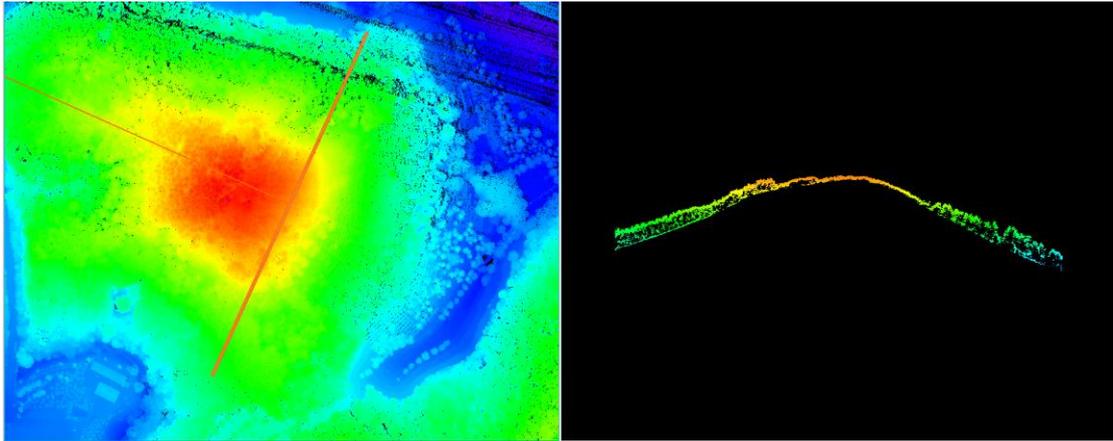


图 8 滤波前点云剖面

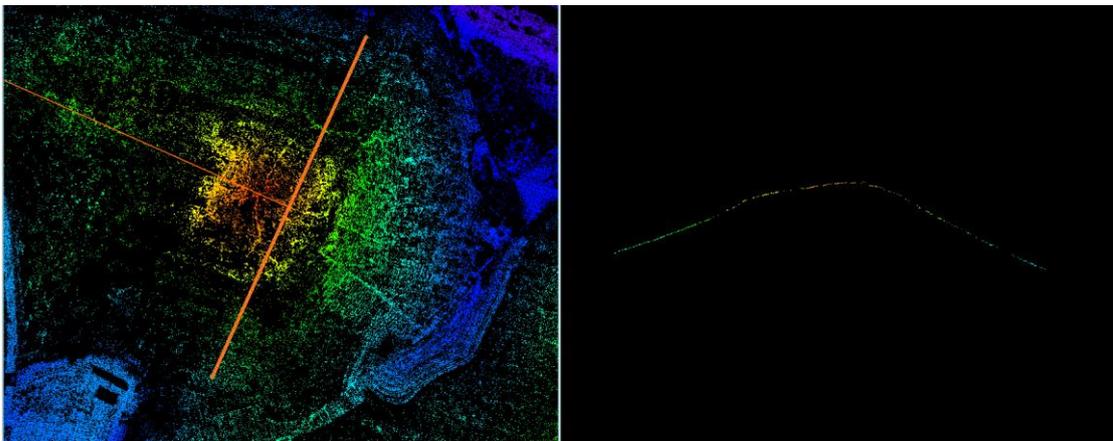


图 9 滤波后点云剖面

4.3.2 人工精细化编辑

自动化滤波中会出现部分区域分类不准确情况，通过自动滤波后的地面点构建 DEM，查看 DEM 中不平滑或异常区域，结合正射影像，进行手动编辑。

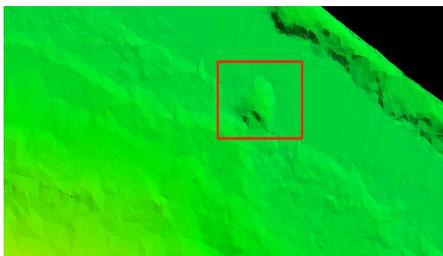


图 10 人工编辑前

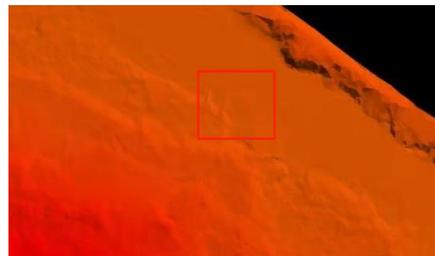


图 11 人工编辑后

4.3.3 DEM 构建

本次 DEM 格网间距为 0.5m。为更好表现区域内细部地形特征，采用分块内插构建方式生成 DEM。

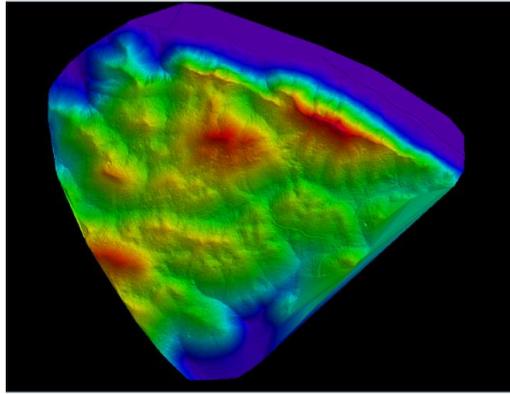


图 12 DEM 成果

4.3.4 DEM 精度检查

本次实测检查点 75 个。DEM 高程中误差为 0.29 米，最大误差 0.64 米，最小误差 0.01 米，粗差点 1 个。满足山区 1: 500DEM 精度要求。

DEM精度检查					
DEM文件: D:/第三批/DEM/dem.tif					
检查点文件: C:/JC1 - 副本.txt					
检查点文件格式: ID X Y Z					
	ID	X	Y	Z	DZ
1	JC01	2.096	.703	157.729	-0.011
2	JC02	5.405	.235	159.993	0.387
3	JC03	1.719	5.281	162.003	0.244
4	JC04	.782	56.484	176.342	-0.468
5	JC05	.496	1.558	177.567	0.255
6	JC06	.860	19.799	175.561	-0.108
7	JC07	.250	19.303	171.559	0.021
8	JC08	.507	25.517	158.436	0.077
9	JC09	1.803	58.075	151.672	-0.053
10	JC10	0.225	32.957	150.051	-0.213
11	JC11	5.009	06.006	147.624	-0.018
12	JC12	9.225	14.896	145.883	-0.077
13	JC13	39.409	06.829	141.268	-0.200
14	JC14	51.199	13.185	140.011	-0.051
15	JC15	89.614	16.593	137.605	-0.289

中误差 0.291

图 13 DEM 精度检查

4.4 勘测定界及表面积计算

利用外业实测界址点和外业调查成果，确定计算范围。通过 Arcgis 计算区域表面积，经计算二维投影面积为 2199571.35 平方米，表面积为 2287668.13 平方米。表面积比投影面积多出 88096.78 平方米。

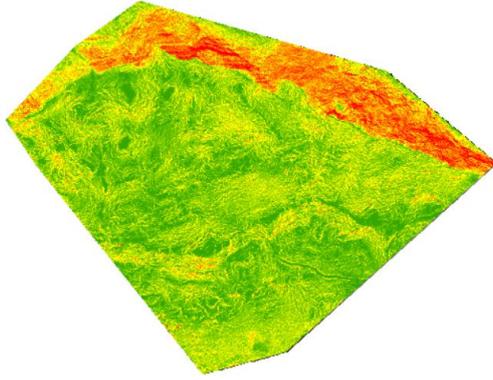


图 14 山体坡度图

5 结论

在本次项目中，与山体二维投影面积相比，三维表面积增加 4%。与传统测量中每 20 米一个实测高程点构建的 DEM 相比，0.5 米格网间距 DEM 更能精准表现地形特征，对于局部复杂区域更能精准表现表面积。无人机机载激光雷达技术的穿透性高、精度高、效率高的特点，能够有效服务于山地地形的土地征收工作。