

# 浅谈无人机载 LiDAR 在林区 1:500 地形图测量中的应用

彭玲

广州建通测绘地理信息技术股份有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v2i4.257

**[摘要]** 无人机载 LiDAR 技术在大比例尺地形图测绘中已得到成熟应用,但对于测区面积小、植被覆盖茂盛的地区,无人机载 LiDAR 技术成本高、工期长。本文阐述了无人机 LiDAR 技术在小面积植被茂盛地区的 1:500 地形图测绘中的应用。

**[关键词]** 无人机; LiDAR; 地形图

## 引言

LiDAR(激光雷达)即 Light Detection And Ranging, 机载 LiDAR 是一种安装在飞机上的机载激光探测和测距系统,它能直接获取每个激光回波的三维坐标,从而直接获取被测区域的三维点云地理坐标,快速获得高精度数字地形模型和数字表面模型。机载 LiDAR 是一种主动式对地观测系统,集激光测距技术、计算机技术、IMU/DGPS 差分定位技术于一体,具有自动化程度高、受天气影响小、数据生产周期短、能穿透植被、精度高等特点<sup>[1]</sup>。基于有人机的机载 LiDAR 技术目前是一种相对成熟的技术,在大比例尺地形图测绘方面应用广泛,但无人机载 lidar 成本高、空域手续复杂、工期长,不适用于小面积测区作业。近年来,无人机技术日趋完善,无人机的优势日渐显现。无人机具有成本低、起降场地限制少、操作简单灵活等特点。将小型的 LiDAR 设备集成在无人机上,进行快速高效的数据采集,成为小面积高精度地形图测量的新的解决方案。本文着重介绍无人机载 LiDAR 在林区 1:500 地形图测量中的应用。

## 1 技术路线

利用无人机 LiDAR 技术进行 1:500 地形图生产流程主要包括空域协调、首级控制测量、无人机 LiDAR 航飞、点云数据处理、DLG 内业成图及 DLG 外业调绘,见图 1:

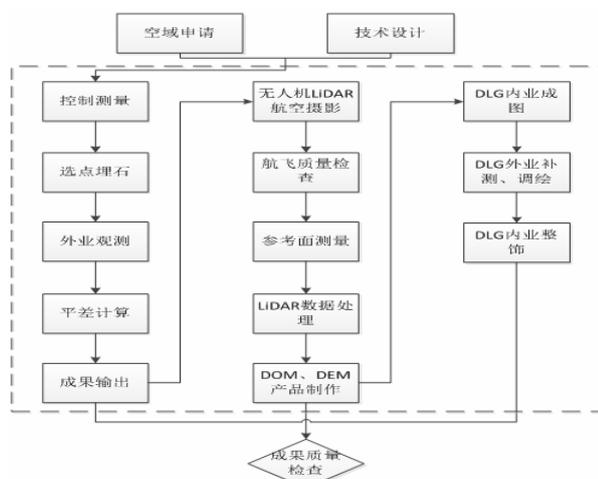


图1 无人机 LiDAR 生产 DLG 技术路线图

首级控制测量的主要目的是为了满足不同航空摄影地面基站、参考面平面和高程数据采集、图根点测量及检查数据采集。首级控制测量应按照相关标准规范要求,布设和测量相应等级的平面控制网和高程控制网。

无人机 LiDAR 航空摄影包含数据采集及数据处理两大关键部分。

### 1.1 数据采集

航飞作业时,安全是首要考虑因素,首先要确保设备安装正确、飞行通信状态正常、电池电量充足,同时检查激光扫描系统状态及相机状态是否正常。数据采集时,需在测区首级控制点上架设地面基站,进行静态数据采集,地面基站应在飞机起飞前半小时开机,飞机降落后半小时内关机。航飞完成后,应在现场对航摄数据进行检查和整理,检查点云覆盖是否正常,影像曝光是否正常,地面静态数据和 POS 是否完整,GPS 有无失锁。

### 1.2 数据处理

激光点云数据处理包括点云数据解算、点云分类、数字正射影像制作和数字高程模型制作。点云数据解算是联合 POS 数据和激光测距数据,附加系统检校数据,解算出航带三维点云,再对每条航带进行航带拼接和系统误差改正,直到满足限差要求;同时基于 POS 数据和对应的影像数据,进行影像外方位元素解算;将计算好的点云数据进行去噪、分类,采用人机交互的方式,分成地面点和非地面点两类;将原始影像利用分类后的点云进行微分纠正、编辑拼接线、镶嵌匀色等工作,生产数字正射影像;将地面点通过不规则三角网或格网等构建数字高程模型。

DLG 内业成图采用激光点云辅助正射影像进行矢量化进行绘制<sup>[2]</sup>。在绘图前应对正射影像和激光点云进行匹配检查,确保数据无误后方可进行下一步工作。DLG 内业成图首先根据分类后的地面点高程数据生成等高线,对等高线进行编辑、圆滑后,保留特征点,再对高程标注进行筛选;然后根据正射影像图绘制明显地物,包括道路、房屋、水塘等;再利用原始激光点云数据对房屋和桥梁平面位置改正。

DLG 外业调绘需对所有要素名称、属性进行调绘,对房屋、围墙、管线附属设施、桥梁等地物及其他影像上有遮挡的地物进行实测,按《地形图图式》GB/T20257.1-2007 国

标准进行整饰。1:500 地形图测绘。

### 1.3 试验测区概况

试验测区位于广东省兴宁市永和镇,面积约 5km<sup>2</sup>,地处粤北丘陵地带,海拔 100 至 400 米,地形以丘陵为主,测区有山地、水系、陡坎、道路、房屋等典型地物,因测区在林区,房屋较为稀少。

### 1.4 无人机 LiDAR 系统

本次试验采用无人多旋翼直升机搭载小型 LiDAR 系统进行数据采集,数据采集按《机载激光雷达数据获取技术规范》(CHT 8024-2011)1:500 比例尺要求进行,LiDAR 系统及无人机平台技术参数如下表 1 和表 2 所示:

表 1 小型 LiDAR 系统技术参数

重量	7.5kg (±0.2kg)
系统体积	350mm×240mm×200mm
功耗	95W
电源	24V DC
工作温度	0℃~40℃
储存温度	-10℃~50℃
飞行高度	50m~700m
数码影像分辨率	4cm~13cm
激光点平均间距	0.37m~0.68m
单次飞行点云密度	10 点/m <sup>2</sup> ~5 点/m <sup>2</sup>
单次飞行带宽	50m~300m
存储空间	128G
工作效率	20km <sup>2</sup> /h

表 2 无人直升机技术参数

空机重量	9.8kg
最大起飞重量	36kg
最大抗风等级	5 级
最大上升速度	5M/S
最大飞行速度	15M/S
最大飞行海拔	5000m
最大续航时间	60min(空载) 30min(7kg 负载)
轴距	1635mm
工作温度	-10℃~40℃

### 1.5 LiDAR 数据采集及处理

为保证点密度和成图精度,无人机 LiDAR 数据采集采用垂直交叉飞行。数据采集完成后,对原始点云数据进行拼接

处理,保证航带间高程误差小于 10cm,再通过地面均匀采集的高程参考面数据进行绝对精度校正,将激光点云数据纠正到与地面采集的高程参考面一致;同时利用激光点云在不同地物上的反射强度不同,对比地面采集的平面参考面位置,检查和纠正激光点云的平面位置。

点云数据预处理后,利用 terrasolid 软件进行点云分类、DEM 制作和 DOM 制作。

### 1.6 DLG 内业成图及外业调绘

DLG 内业成图方法采用激光点云辅助正射影像进行矢量化进行绘制。采用 terrasolid 软件和南方 cass 系统相结合方式。利用 terrasolid 软件自动生成等高线数据,该软件效率较高,可一次性大面积生成等高线,再结合南方 cass 系统进行等高线整饰并展高程点和特征点。再结合点云及 DEM 数据,进行地貌修改,绘制坎、斜坡等。

地物采用南方 cass 系统绘制,直接在正射影像上描绘无投影差的地物,如道路、水系等。对于有投影差的房屋、桥梁,采用激光点云与影像相结合的方式描绘。先根据影像进行描绘,再将需要改正的房屋或桥梁区域选中,然后导入对应区域的地面激光点数据和非地面激光点数据,用不同的颜色进行区分,改正其大小和位置<sup>[3]</sup>。

外业调绘包含调绘及补测两部分。调绘对地物属性名称等进行全要素调绘,补测对影像有遮挡区域及房屋进行补测。

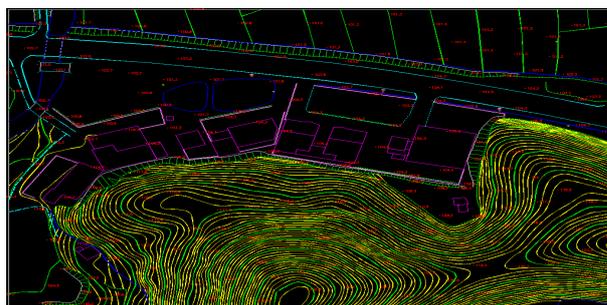


图 2 地形图局部调绘前

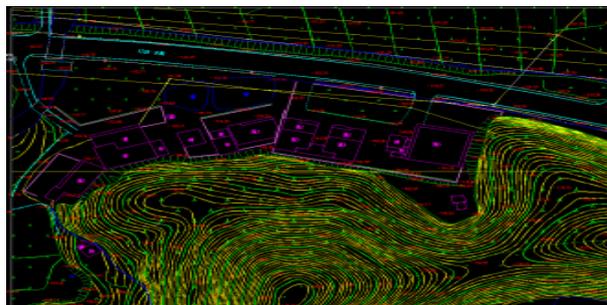


图 3 地形图局部调绘后

### 1.7 地形图精度检验

地形图成果精度检验采用 GPS RTK 配合全站仪方式进行检查点采集,平面相对定向点检查无误后,再测量房角、电杆、围墙等地物特征点,与地形图同名点进行对比,计算地形图平面中误差;实地测量旱地高程检查点、路名高程检查点、坎上高程

## Geological mining surveying and mapping

检查点,与地形图比较,计算地形图高程中误差。地形图精度要求参照《1:500 1:1000 1:2000 外业数字化测图技术规程》(GB/T14912—2005)规定中的丘陵地形,基本等高距丘陵和山地为1m。地形图上的地物点相对于邻近图根点的点位中误差和邻近地物点间的距离中误差。点位中误差不超过 $\pm 0.25\text{m}$ ;相邻地物点间距中误差不超过 $\pm 0.20\text{m}$ ;等高线的插求点相对于邻近图根点的高程中误差,平地不应大于基本等高距的1/3、山地不应大于基本等高距的1/2、高山地不应大于基本等高距<sup>[4]</sup>。

本次平面和高程检查点均匀覆盖整个测区,各采集30个点,具体精度统计情况见表3-表4。

表3 地物点平面精度检测表

序号	检测点号及 点位说明	检测值	原测值	$\Delta$	$\Delta^2$	$\Delta X^2 + \Delta Y^2$ (m)
				(m)	(m)	
1	屋角	267****.411	267****.455	-0.044	0.0019	0.0020
		38****.37	38****.36	0.010	0.0001	
2	屋角	267****.045	267****.048	-0.003	0.0000	0.0004
		38****.21	38****.231	-0.021	0.0004	
3	屋角	267****.555	267****.262	0.293	0.0858	0.0862
		38****.515	38****.534	-0.019	0.0004	
4	屋角	267****.696	267****.715	-0.019	0.0004	0.0005
		38****.206	38****.218	-0.012	0.0001	
5	屋角	267****.966	267****.005	-0.039	0.0015	0.0029
		38****.883	38****.921	-0.038	0.0014	
6	屋角	267****.328	267****.254	0.074	0.0055	0.0736
		38****.422	38****.161	0.261	0.0681	
7	屋角	267****.271	267****.278	-0.007	0.0000	0.0007
		38****.322	38****.296	0.026	0.0007	
8	屋角	267****.674	267****.682	-0.008	0.0001	0.0004
		38****.534	38****.55	-0.016	0.0003	
9	屋角	267****.338	267****.322	0.016	0.0003	0.0003
		38****.109	38****.109	0.000	0.0000	
10	屋角	267****.492	267****.432	0.060	0.0036	0.0057
		38****.457	38****.503	-0.046	0.0021	
...	...	...	...	...	...	...
30	屋角	267****.761	267****.775	-0.014	0.0002	0.0002
		38****.988	38****.991	-0.003	0.0000	
参与中误差统计 点数(个)		成果中误差	允许中误差	粗差个数		粗差率
30		0.152	0.25	0		0.0%

表4 高程精度检测表

序号	检测点号及 点位说明	检测值	原测值	$\Delta$	$\Delta^2$
				(m)	(m)
1	路	152.616	152.630	-0.014	0.0002
2	山脊	230.368	230.520	-0.152	0.0231
3	山脊	228.700	228.499	0.201	0.0404
4	山脊	220.632	220.750	-0.118	0.0139
5	山脊	218.676	218.750	-0.074	0.0055
6	山脊	227.263	227.380	-0.117	0.0137
7	旱地	151.421	151.370	0.051	0.0026
8	旱地	151.426	151.360	0.066	0.0044
9	山脊	248.260	248.430	-0.170	0.0289
10	山脊	266.529	266.423	0.106	0.0112
...	...	...	...	...	...
30	山脊	232.650	232.700	-0.050	0.0025
参与中误差统计 点数(个)		成果中误差	允许中误差	粗差个数	粗差率
30		0.191	0.33	0	0.0%

## 2 结束语

结合本文的试验,利用无人机载lidar技术在林区进行小面积1:500地形图测量可以在较短时间内获得测区的高精度三维空间信息,节约大量的人力与物力,大大提高了工作效率。对于人烟稀少、植被茂盛的地区进行高精度地形测量,是一种比较好的解决方案。

## [参考文献]

[1]张忠源,段静波,路平.无人机气动弹性与控制综述[J].兵器装备工程学报,2018,39(11):39-43.

[2]汤建凤.基于Lidar数据的正射影像制作1:2000地形图研究[J].铁道勘察,2015,(6):8-13.

[3]罗婷方.激光点云数据在1:2000地形图测绘中的应用[J].中小企业管理与科技,2016,(8):253-255.

[4]高绍伟,薄志毅,王晓龙.利用三维激光点云数据绘制地形图[J].测绘通报,2014,(3):67-70.