

Practical Research on the Application of Airborne LiDAR in the Collection of Elevation Points in Topographic Maps

Wenlong Zhou

Shanghai Investigation, Design and Research Institute Co., Ltd., Shanghai, 200434, China

Abstract

With the gradual maturity of UAV aerial survey technology, it has been widely used in topographic map surveying and mapping, which has greatly improved the work efficiency, and the plane position accuracy of the produced topographic map can meet the requirements of the code. However, it has the problem of uneven and unstable accuracy of elevation points, especially in the projects requiring high accuracy of elevation points, this shortcoming is more obvious, often need to measure elevation points on site, and the workload is large. In this paper, airborne LiDAR technology is used to obtain the elevation information of topographic map, to make up for the shortcomings of UAV aerial survey, and to complete the topographic map mapping efficiently. The accuracy of elevation points obtained by airborne LiDAR is verified by practical projects, which meets the requirements of the specification.

Keywords

aerial survey; airborne LiDAR; topographic map; height accuracy

机载激光雷达在地形图高程点采集中的应用实践研究

周文龙

上海勘测设计研究院有限公司, 中国·上海 200434

摘要

随着无人机航测技术的逐渐成熟, 其已普遍应用于地形图测绘中, 有效提高了作业效率, 生产出的地形图平面位置精度满足规范要求。但是, 其存在高程点精度不均匀、不稳定的问题, 尤其是在对高程点精度要求较高的项目中此缺点更加明显, 往往需要现场实测高程点, 工作量大。论文提出利用机载激光雷达技术获取地形图高程信息, 弥补无人机航测此方面的缺点, 高效完成地形图测绘工作。以实际项目验证机载激光雷达获取的高程点精度, 满足规范要求。

关键词

航测; 机载激光雷达; 地形图测绘; 高程精度

1 引言

无人机航测是传统航空摄影测量手段的有力补充, 具有机动灵活、高效快速、精细准确、作业成本低、适用范围广、生产周期短等特点, 已广泛应用于测绘行业, 尤其是地形图测绘中。但其高程精度不均匀、不稳定, 很多时候仍需进行野外高程点采集, 增加工作量、降低效率。近年来, 机载激光雷达发展迅速, 将其搭载在无人机上, 结合高精度定位定姿装置, 可快速得到高精度、高密度的地面实际高程值数据, 基于点云数据可得到高精度的高程点和等高线, 从而得到高精度的地形图成果^[1]。论文介绍机载激光雷达的工作原理, 并结合实际项目阐述技术路线、外业数据采集、内业数据处理及精度评定等。

2 工作原理

机载激光雷达 (Light Laser Detection and Ranging, LiDAR) 是激光探测及测距系统的简称。它集成了 GPS、IMU、激光扫描仪、数码相机等光谱成像设备。其中主动传感系统 (激光扫描仪) 利用返回的脉冲可获取探测目标高分辨率的距离、坡度、粗糙度和反射率等信息, 而被动光电成像技术可获取探测目标的数字成像信息, 经过地面的信息处理而生成逐个地面采样点的三维坐标, 最后经过综合处理而得到沿一定条带的地面区域三维定位与成像结果。

机载激光雷达测量系统工作原理如图 1 所示。激光脉冲信号经过激光脉冲二极管出发, 并通过棱镜镜转向目的地, 然后由探测器接收其反射得到的信号, 通过设备进行记录。并将其格式转化为可以识别的数据资料, 通过专门的软件分析后, 能够得出实体模型。随着高新技术的发展, 高精度动态差分 GPS、惯性导向系统技术水平越来越高, 可以利用影响机载激光雷达测量技术的误差进行误差处理, 从而获得高精度的激光点云数据^[2]。

【作者简介】周文龙 (1988-), 男, 中国河南信阳人, 硕士, 工程师, 从事工程测量研究。

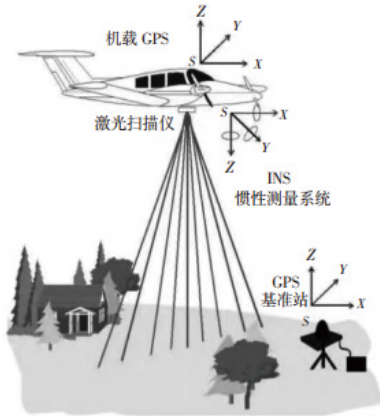


图1 机载激光雷达测量系统工作原理图

3 技术路线

3.1 项目概况

论文以吴江区农村生活污水治理 PPP 项目为例。该地位于江南平原水乡，地形起伏小、交通便利，但测区分布较散乱。该项目主要为设计提供 1 : 500 地形图，因涉及雨污水管的埋设和工程量的计算，故对乡村道路及居民区高程点密度、精度要求较高。鉴于此特点，利用无人机航测直接获得高程点难以满足要求，外业实测工作量大、进度缓慢，特采用机载激光雷达技术解决此问题。

3.2 技术路线

虽然项目测量范围很大，但考虑到测区分布较散、交通便利，本次作业采用飞马 D2000 无人机搭载 D-LiDAR500 进行作业。

D2000 无人机系统是飞马全新研发的一款小型、长航时但同时能满足高精度测绘、遥感及视频应用的多旋翼无人机系统，可搭载多模块，具备多源化数据获取能力。系统标准起飞重量 2.8kg，标准载荷 200g，续航时间 74min。

LiDAR500 激光雷达模块，系统所带自研 POS 系统，保障数据成果高精度；2430 万像素相机，专业 20mm 镜头，视场角度适用；续航时间长，作业效率高；点云密度高，100% 点频利用率测距能力远，适应场景多；三回波特性，可有效获取地表信息。具体技术路线如图 2 所示。

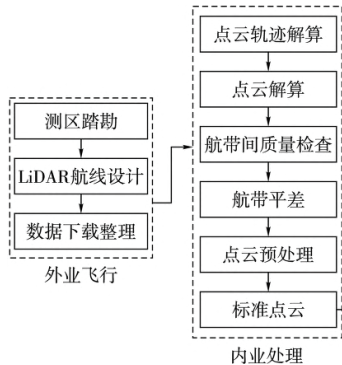


图2 机载激光雷达测量技术路线图

4 外业航飞

4.1 航线规划

“无人机管家”是无人机数据获取、处理、显示管理及无人机维护的一站式智能系统，包括支持固定翼、旋翼等种类丰富的飞行平台，满足各种应用需求的航线模式，支持真三维地形数据的精准三维航线规划、三维实时飞行监控、快速飞行质检、丰富的数据处理工具箱、稳健的精度控制和自动成图、丰富的 4D + 三维成果类型、可视化的监控中心以及系统升级、智能维护、信息推送等云服务，将测区 KML 导入管家智航线，设置飞行高度、重叠度、激光点频等基本参数^[3]，设置见表 1，可满足 1 : 500 地形图测绘点云密度要求。

表 1 航线布设参数

参数名称	数值
旁向重叠率	25%
分辨率	2cm
点云密度	75 点 /m ²
相对航高	100m

4.2 注意事项

在起飞前仔细检查无人机的组装情况，各连接件是否连接牢靠并锁死，检查无人机电池电量及各参数设置情况；根据现场情况合理选择起降场地，选择光滑地面（无较大灰尘为宜），或使用起飞垫；保证起飞降落净空无障碍物，起飞降落时远离水域、高建筑物、高压线（电线）；起飞时降落时，观察好周围现场环境是否安全，确认无误后再进行起飞降落；航拍过程中实时监控无人机状态，紧急情况下启动一键返航。

4.3 控制点及外业检查点测量

在作业前按照本项目任务书要求，建立测区平面及高程控制网，求取坐标转换七参数，为后续点云数据处理机检查点采集做准备。

按照规范要求，利用千兆网络 RTK 及上述七参数，在测区不同地貌地物、不同位置区域采集若干高程检查点。

5 内业数据处理

激光雷达点云数据处理包括预处理和后处理，具体流程如图 3 所示。

5.1 数据预处理

采用无人机管家智激光模块进行激光扫描仪 POS 轨迹解算，再采用一键式点云解算工具输出 LAS 点云数据，经质量检查、航带平差及坐标转换，输出标准点云成果。点云解算示意如图 4 所示。

5.2 点云后处理

采用点云滤波工具进行数据的地面点提取，过滤大部分非地面点，保留真实地形数据，通过现场实测高程点对地面点进行精度检查，对于自动算法过滤不好的数据采用交

互分类等工具进行人工处理，从而得到高精度地面高程点数据。

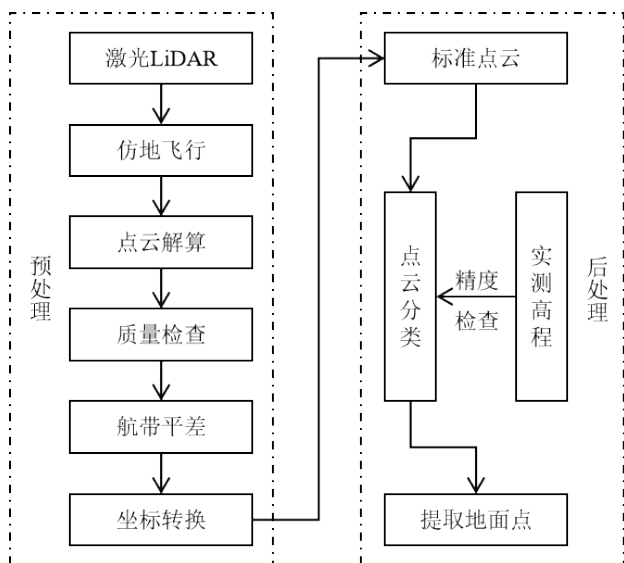


图3 点云数据处理流程

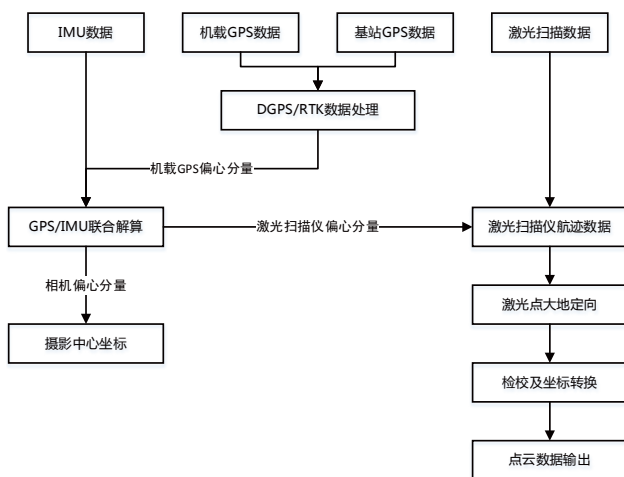


图4 点云解算示意图

6 精度分析

本项目测量了60个检查点对点云精度进行检核，结果如表2所示。

表2 精度统计

点名	东坐标 (y)	北坐标 (x)	外业实测高程	点云高程	Δh(m)
1	***204.273	****484.420	2.05	1.99	-0.06
2	***296.004	****551.419	2.02	1.97	-0.05
3	***335.470	****589.667	1.91	1.85	-0.06
4	***354.013	****610.799	3.16	3.09	-0.06
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
60	***312.482	****964.575	2.13	2.05	-0.07

通过误差计算公式：

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}$$

可计算出高程中误差为4.7cm，满足CH/T 8023—2011《机载激光雷达数据处理技术规范》和GB 50026—2020《工程测量标准》的要求。

7 结语

机载激光雷达技术采集地面高程点高效且精度可靠，较传统的全站仪、RTK节约了人工成本和时间成本，可降低30%左右生产成本，是未来测绘新技术的发展方向，尤其是结合无人机摄影测量技术。

参考文献

- [1] 邢焱.垂直摄影测量和机载激光雷达在大比例尺地形图测绘中的应用[J].黑龙江科学,2023(4):1674-1675.
- [2] 张友超.机载三维激光雷达技术在道路测量中的优势及应用实践研究[J].科技创新与应用,2023(9):2944-2945.
- [3] 潘俊华,吴碧昆,李明涛,等.V10搭载DV-LiDAR10助力复杂困难测区地形图测绘生产[J].测绘通报,2023(S10):1-5.