

# 轻型机载激光雷达航测在公路勘测设计中的应用

罗成亮

广东省有色金属地质局九三五队

DOI:10.12238/gmsm.v6i5.1583

**[摘要]** 机载激光雷达测量系统属于公路勘测设计中比较重要的技术之一,能够及时获取准确的数据与信息,通过将轻型机载激光雷达航测与无人机航测设备结合,不仅可以提升工程勘测效率,同时也可以保障勘测成果的多元化。所以在公路勘测设计中需要结合工程实际情况,提升轻型机载激光雷达航测运用的有效性,积累工作经验,为后续工程顺利开展提供参考。

**[关键词]** 轻型机载激光雷达航测; 公路勘测设计; 应用分析

中图分类号: X734 文献标识码: A

## Application of Light Airborne LiDAR Aerial Survey in Highway Survey and Design

Chengliang Luo

Team 935 of Guangdong Nonferrous Metals Geology Bureau

**[Abstract]** Airborne LiDAR measurement system is one of the important technologies in highway survey and design, which can timely obtain accurate data and information. By combining light airborne LiDAR aerial survey with unmanned aerial vehicle aerial survey equipment, not only engineering survey efficiency can be improved, but also the diversification of survey results can be guaranteed. Therefore, in highway survey and design, it is necessary to combine the actual situation of the project, improve the effectiveness of the application of light airborne LiDAR aerial survey, accumulate work experience, and provide reference for the smooth development of subsequent projects.

**[Key words]** light airborne LiDAR aerial survey; highway survey and design; application analysis

### 前言

轻型机载激光雷达航测中包含GPS技术、惯性导航技术等,属于目前勘查测量业界中比较先进的技术之一。尤其是在无人机航测技术的运用下,利用轻型机载激光雷达航测系统能够有效提升勘测质量,满足自动化、高机动性勘测要求,为提升勘测作业质量、提供精准勘测成果等有着积极影响。

### 1 轻型机载激光雷达航测在公路勘测设计中的运用价值

在使用轻型机载激光雷达航测技术时需要发挥轻型平台载体作用,发挥激光扫描、GPS等技术优势,获取地表三维空间数据,完成信息整合,生成数字高程模型等。借助数字高程模型还可以加强高精度中桩横断面的提取效果,加之轻型机载激光雷达航测具有起降场地灵活性、能够快速生成测绘产品等特点,可以满足在初勘定测一体化发展要求,在公路勘测设计领域有着广泛的运用。与常规机载激光雷达航测技术相比,轻型机载激光雷达航测的自动化较高,受外界环境影响相对较小,能有效地减少人员工作量,提升工作效率,在测绘成果精度方面相对较高,在三维空间信息实时获取中有着积极影响,能够帮助工作人员及

时掌握在高时空分辨率地球空间的信息。如表1所示。为了满足公路勘测设计要求,还可以制作三维模型数据、1:2000比例尺地形图、DEM、DOM数据等测绘产品,满足工程勘测设计的同时为后续建设施工提供基础资料。在使用轻型机载激光雷达航测技术时要求技术人员应当结合所收集的资料,完成航线设计工作,确保项目的有序开展,满足实施安排要求,提升数据采集与处理效果,加大对数据质量的有效控制,提供有效的基础测绘结果<sup>[1]</sup>。

### 2 公路工程概况

#### 2.1 勘测区域

本项目位于某省北部某路段,项目内容为公路扩建,公路全程260公里,测区中大部分路段位于山区,当地植被覆盖率相对较高,沿线涉及到机场航线等区域,使得测区空域协调存在一定的难度,造成项目整体执行压力相对较大。所以在本项目中使用了轻型机载激光雷达航测技术,借助相应飞行平台,完成了正射影像图、三维模型、1:2000地形图、DEM数据等,再结合业主方所提供的相关资料,可以满足公路勘测设计要求。部分成果如图1, 2, 3所示:

表1 轻型机载激光雷达航测技术与常规测量技术对比

项目	机载激光雷达测量	常规测量技术
精度	精度高、在植被覆盖密集区域中以及地形相对破碎区域容易受到影响,但是从总体层面来讲,轻型机载激光雷达航测技术在精度方面可以满足公路勘测设计的要求。	在常规公路测量中主要使用了摄影测量技术与传统测量技术结合的方法,借助全站仪、GPS技术等,实现对精度相对比较薄弱的区域进行补测,以此来完成公路勘测设计任务。
费用	相对较高,较为合理	相对较低
进度	轻型机载激光雷达航测技术在使用中通过一次航拍即可获取所需要的信息与数据,即便是精度相对比较薄弱的区域,也可以满足使用要求。	对于重丘、山地等地形相对比较复杂,或是较为破碎的区域,需要在后续阶段进行补测工作。现如今部分公路设计中需要深入到山地区域中,在进度方面容易对公路勘测设计工作开展产生影响。
自动化程度	在轻型机载激光雷达航测技术使用中除少数需要借助人工干预的方式进行处理以外,可以利用先进技术等实现对数据的自动化处理。	在使用中需要利用不同软件,在相互配合中完成汇总,以此来实现数据自动化处理目标。



图1 局部三维模型截图

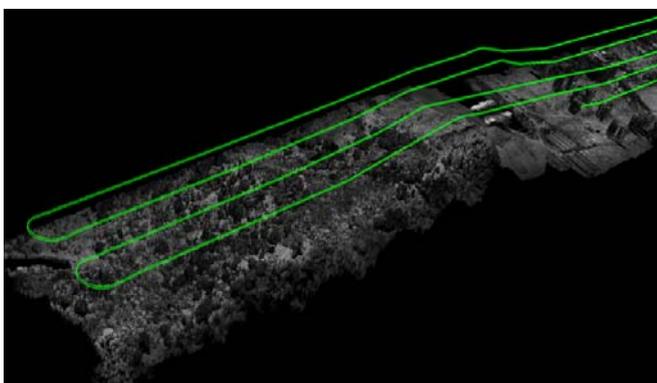


图2 局部激光点云数据及航迹线截图



图3 1:2000地形图成果局部截图

## 2.2 设备使用

一是飞行平台。本项目中采用飞马无人机D2000无人机航测设备,在测区范围内沿线选择相应的平台区域,以此作为起降点,在勘测工作中工作人员使用飞马无人机管家预先设置好航测路线及飞行高度同时控制巡航速度,无人机飞行精度误差3cm,确保其航高、速度的合理。二是在轻型机载激光雷达航测中采用飞马无人机D2000搭载D-Lidar2100激光雷达系统,在高程精度方面相对较好。因本区域为植被覆盖相对比较密集的区域,所以为了提升公路勘测设计效果,需要实现对误差的有效控制<sup>[2]</sup>,在测区内设置像控点、检查点、核查点。作为内业数据处理和检查依据。

## 3 轻型机载激光雷达航测在公路勘测设计中的应用

### 3.1 确定地形获取方法

由于区域内植被覆盖率相对较高,也植物生长发育相对较好,使得数码航拍等作业方式难以发挥应有作用,造成数据精度不足。而在轻型机载激光雷达航测技术的使用下,借助激光光斑能够及时穿透植被枝叶间隙,获取树下地形精确点位。在研究中发现轻型机载激光雷达航测技术已经成为密林区域中获取精准地形时比较重要的方法之一。所以在公路勘测中需要从获取地面点云高程精度出发,从降低航高等方面出发,控制好激光扫描角等,利用激光脉冲能量等技术,以此来获取所需要的地面点云数据。在技术的支持下地面点点间距可以控制在2-3米之间,不仅可以满足图纸设计中数字高程模型精度等方面的要求,同时也可以提升工程质量<sup>[3]</sup>。

### 3.2 大比例尺测图方法

利用轻型机载激光雷达航测技术能够提升树下地形获取速度,结合南方CASS等绘图软件,使用高程电源建立DTM网自动生成等高线,在后期工作中可以快速、高效获取等高线专题图要素等。通过对成图要求等进行分析,在完成点云分类以后需要做好地面点选择工作,将其作为等高线高程注记点等。但是在研究中也发现由于轻型机载激光雷达航片容易出现几何畸变问题,所以在测量中需要结合工程具体情况,设置相应数量和位置的像控点、检查点。使用专业配套软件对轻型机载激光雷达的航测数码航片及激光数据进行空三加密计算,并获取相应的成果,随

后进行像控刺点,利用软件工具完成数据处理工作,达到自动化完成几何畸变矫正效果。因轻型机载激光雷达航测具有多数据源特点,可以获取高精度、高密度点云提取等高线,及时完成平面要素提取工作,进一步完善生产技术流程。

### 3.3 数据处理、成果制作

3.3.1 完善数据处理流程。在使用完轻型机载激光雷达航测技术以后,需要做好原始处理整理工作,根据工作开展要求,确保数据处理工作的有效开展。一是完成数据预处理工作,提升数据处理效果,针对航测原始数据质量等进行全面检查,进而生成条带点云,航迹线等原始数据成果。二是在完成数据出具以后,需要根据地面点云完成地面地形特点提取工作,确保提取的精准性,同时需要内插在制作大比例尺成果等。三是利用所获取的航迹线等继续进行研究,形成航片外多方位元素索引文件等,借助同名点选取与相机即便拟合等完成航片空三加密处理,同时针对所获取的成果进行航片正射纠正,形成最终成果。四是完成测区的测绘生产。只有形成完善的数据处理流程,才能提升数据处理效果,形成合理化的成果,支持后续工作开展<sup>[4]</sup>。

3.3.2 产品制作。一是DEM:完成预处理以后会形成点云数据,通过与高程渲染模型等进行结合,在完善参考信息的基础上做好测区地形特点分析,如在区域内建筑物密集程度、植被密集地区等,选择适合的分类方法,提升分类质量,实现对分类结果的全面编辑与检查,保障分类结果的精准性。针对DEM格网间距要求等进行分析,完成分类后地面点云构建研究,形成满足标准要求的产物。从具体流程上来讲主要包含以下几个环节:第一,格网化。根据点云坐标值,确保点间隔的合理性,将经过校正的点云数据与规则格网结合,随后完成点云数据划分,形成不同的图幅。第二,缝隙填补。根据实际情况,做好格网化点云数据填充处理工作,同时也可以使用点的灰度值等填补缝隙、黑洞等,实现提升高程值目标,避免出现黑洞现象。第三,生成浮雕影像。借助专业技术手段将完成处理后的数据转变成成为浮雕影像,便于后期阶段可以生成具体的三维模型,以直观的方式展现出来。第四,过滤。在完成填充等工作以后,需要及时开展过滤处理工作,且在过滤阶段中需要完成参数试验,确保过滤参数的合理性,提升数据成果质量,实现对手工工作量的有效控制。在完成过滤参数试验工作以后,还需要将所得参数运用到过滤命令中。第五,手工编辑。在完成过滤以后影像中存在许多黑洞,而黑洞产生的原因就是过滤掉地物后的遗留,难以通过一般的应用程序进行清除,所以需要采取人工干预方法。第六,内插。想要将影像中存在的黑洞问题进行彻底清除,应当做好内插处理工作,借助黑洞周边的高程点,完成内插处理,确保地面的平坦性。第七,裁剪重叠区。在完成内插以后需要做好影像边缘重叠部分剪裁处理,进而形成模型<sup>[5]</sup>。

二是DOM:通过对点云构建数字地面模型进行分析,借助POS系统获取在外方位元素,完成全自动空三加密处理,在这一过程中产品制作没有外业像控点,只需要针对基本定向点指标进行评价与分析。从生产过程上来讲,加密点分布与成果精度之间有着密切联系,所以在制作中需要做好不同批次间接边分析,采取

有效措施,避免出现严重错位等问题,同时还需要保障影像色调的合理性与清晰度,提升过渡衔接的自然性。

三是DLG:进行DLG制作时需要从平面要素、高程要素两个方面出发,完成地面点自动生成处理,结合我国现行规范与要求,做好编辑修改工作。同时还需要在做好产品制作平面要素采集,提升产品制作质量。

四是地形图绘制:三维模型生成后借助Autodesk AutoCAD、南方CASS11软件,结合激光点云数据,进行1:2000数字化地形图绘制。

(1)作业员在绘制过程严格执行《城市测量规范》及相关技术规定,对居民地、工业区、独立地物、管线及垣栅、道路、水系、土质地貌、植被等各种地物地貌要素进行绘制。各要素的表示方法和取舍原则根据《1:5001:10001:2000外业数字化测图技术规程》和《1:5001:10001:2000地形图图式》执行。(2)地形图平面精度。图上地物点对邻近野外控制点的平面位置中误差,平地、丘陵地不超过图上0.6mm;山地、高地不超过0.8mm。(3)地形图高程精度。图上等高线插求高程点对邻近野外控制点的高程中误差不超过下表的规定。

表2 等高线插求点的高程中误差

地形类型	平地	丘陵地	山地	高山地
高程中误差	≤1/3h	≤1/2h	≤2/3h	≤1h

3.3.3 中桩横断面专题图。在测区范围内可以使用RTK方法针对精度监测点进行实测,同时还需要确保监测点能够根据测区线路方向进行划分,满足均匀分布要求。在专题图提取过程中还需要结合业主方所提供的线路资料,完成中桩横断面高程内插计算研究,进而形成中桩横断面专题图成果。

## 4 结语

综上所述,开展公路勘测设计工作时需要勘测人员完成相关资料收集工作,确保轻型机载激光雷达航测技术运用的合理性,保障勘测工作可以向着自动化、精准性等方面发展,提升勘测效率,缩短成果生产周期,结合公路勘测设计要求,实现对数据的合理化利用,提升勘测设计质量,促进我国公路工程发展。

## 【参考文献】

- [1]邱泽玮.轻型机载激光雷达航测在公路勘测设计中的应用研究[J].资源导刊,2020,(04):35.
- [2]王璐.轻型机载激光雷达航测在公路勘测设计中的工程应用实践[J].建设科技,2018,(06):33-34.
- [3]李泉圆.轻型机载激光雷达在公路勘测设计中的工程应用实践[J].测绘与勘探,2022,(02):7-9.
- [4]晏玲,于沉香,张艳军.机载激光雷达(LIDAR)在公路勘察设计中的应用研究[J].测绘技术装备,2015,(01):36-37.
- [5]余飞,余绍淮,陈楚江.机载激光雷达测量技术在高速公路勘察中的应用研究[J].中外公路,2016,(02):46.