

# 无人机载激光雷达在矿山环境恢复治理中的应用

张国起

河北省地矿局国土资源勘查中心 地理信息研究所

DOI:10.32629/gmsm.v2i1.79

**[摘要]** 在矿山环境恢复治理以及地球科学研究中,对激光雷达三维地形测绘技术有十分广泛的应用,其所居于的高精度测绘进一步促进了地球科学定量化的发展。通过无人机对激光雷达进行搭载形成低空扫描系统,在对地质环境进行调查的时候,更加的省时、高效以及便捷,使得激光雷达在野外调查的用途有进一步拓宽。本文主要对多平台移动激光雷达系统进行了详细介绍,其主要具有集成度高、质量轻、数据精度高、多平台、快速拆装、方便携带等特点。

**[关键词]** 无人机载激光雷达; 地质环境; 点云数据; 三维建模

激光雷达技术是一种新型的三维数据测量技术,其具有高精度且全自动的特点,通过无人机对激光雷达进行搭载,在较大程度上促进了测绘技术的发展,使得获取测量数据的方法以及处理测量数据的方法也有新的发展。与传统三脚架式三维激光扫描仪相比,其具有集成度高、质量轻、数据剪度高、多平台、快速拆装、方便携带等特点,有效的弥补了传统扫描仪易遮挡、分区域、多站等不足,无人机载激光雷达技术扩展单站扫描为整体扫描,对不规则且复杂度高的地表进行连续、快速、大面积且非接触的扫描,对高时间分辨率、高空间分辨率和测量精度均匀的地表点云数据有准确的获得,并且的相应的处理软件中,对地表上的点、线、面以及三维模型等快速的构建出来,进而对调查的矿山环境的变化与细节特征有更充分、更深入的了解与掌握。

## 1 多平台移动激光雷达系统

多平台移动激光雷达系统,其可以搭载在无人机、汽车、摩托车、轮船、背包等多种平台,有效集成了高精度激光扫描仪、高性能IMU、同步控制单元和高清相机等多种传感器,能实时、快速地获取地形表面的三维空间信息和影像,具有集成剪度高、质量轻、数据剪剪度高、多平台、快速拆装、方便携带等特点。

多平台移动激光雷达系统主要由激光扫描系统、pos系统(GPS/IMU)、相机系统、同步储存控制系统、搭载平台组成。①激光扫描系统:通过高速激光扫描测量的方法,利用激光测距的原理,记录被测物体表面大量密集点的三维坐标、反射率等信息,由此快速复建出被测目标的三维模型及线、面、体等各种图件数据。②pos系统(GPS/IMU):用于获取设备在每一瞬间的空间位置与姿态以及为整个系统提供精确的时间基准。③相机系统:用于获取对应地面的彩色数码影像,与激光点云数据结合可以提供更为丰富的空间信息。④同步储存控制系统:对地面相关的控制信息进行接收,并将相应指令准确的传递给传感器;对各个传感器的工作间有效的控制与协调;实现激光扫描系统、POS系统(GPS/IMU)、相机系统的数据同步采集及存储。⑤搭载平台:针对不同场景需求,可选择无人机、汽车、摩托车、轮船、背包等多种

平台作为移动激光雷达的挂载平台,本文主要将无人机作为搭载平台进行详细分析。

## 2 多平台移动激光雷达系统优势

多平台移动激光雷达系统主要有以下几个方面的优势:第一,使用简单,快速扫描,安全操作,应用范围广泛;第二,数据非常详细,可获得高精度地物表面点云信息和高清影像数据;第三,附加的测量信息,如激光强度、色彩等,这是传统测量不可能做到的;第四,精确高速的数据捕获、减少数据采集和分析的回转次数;第五,对扫描区域进行的长程、高速扫描,可使效率最大化;第六,一次扫描后可以在点云模型上进行反复的“模型测绘”,可以通过点云切片快速定位来使该面的点云显现出来,便于绘图,生成地籍图。

## 3 工作流程

无人机载激光雷达在矿山环境恢复治理中应用的工作流程为踏勘与资料收集、外业数据采集、内业处理。外业采集主要就是布设控制点与监测点、对无人机的飞行航线进行设计以及架设地面基站;内业处理也就是点云数据处理,主要有点云数据的解压与解算、点云数据的去噪、点云数据的抽稀以及三维建模。

## 4 外业数据获取

### 4.1 布设控制点与监测点

激光雷达点云数据会根据GPS所获得的静态数据完成坐标系的转换,因此测量的矿山环境自身的实际情况确定控制点布设的数量,并将其作为几点基站的假设点,在后期开展高精度的数据对比与分析<sup>[1]</sup>。在测量区域对数量一定的检测点进行均匀分布,在完成布设以后进行设备调试,确认设备与软件均正常运行后方可开始正式采集。

### 4.2 无人机航线设计

在对无人机飞行航线进行设计的时候,要结合测绘地区的范围、无人机飞行的时间以及激光雷达的扫描参数进行详细分析,从而制定出最合理的扫描航线。以为无人机的起飞与降落是通过工作人员操控的,具有较大的摆动性,采集到的点云数据具有较多的噪点,因此,无人机在起飞后到达预定的航线高度以后,通过遥控器切换无人机的状态为自动飞

行, 飞行状态稳定以后进入到设定的航线, 这样就可以保证激光雷达在稳定的飞行环境中对相关数据进行采集。

#### 4.3 架设地面基站

将 GPS 接收机架设在某一个控制点上, 设置 0.1 米的采样间距, 量取仪器高, GPS 接收机以静态观测模式在开始机载数据采集之前提前几分钟开启, 并于数据采集完毕后延迟几分钟关闭<sup>[2]</sup>。开始正式采集, 采集软件通过传感器数据的同步保存, 从传感器中获取原始采集数据并将数据高速存储在车载计算机硬盘中。

### 5 点云数据处理

#### 5.1 点云数据解压与解算

在解算 IPAS 原始数据的时候, 通过 Inertial Explorer 轨迹解算软件进行, 将激光雷达 GPS 数据以及 INS 惯导数据有效的分离出来, 然后再根据地面 GPS 基站所接收到的数据进行查分处理, 最后通过查分结果联合 INS 数据完成解算, 最终得出来同一坐标系当中的扫描轨迹等相关数据<sup>[3-4]</sup>。将得出来的轨迹数据一同与点云压缩文献向 Scan Look Export 软件同时导入, 并对相应的参数设置好, 将点云 las 数据解压出来。

#### 5.2 点云数据的去噪

无人机载激光雷达在开展作业的过程中, 受到多方面因素的影响, 如激光雷达自身的精度、无人机的飞行状态、地表自身的复杂程度等, 导致点云数据在获取的过程中存在大量的噪点, 这些数量较多的噪点导致点云数据存在一定程度的粗糙性, 不仅会影响地表模型的建立, 还会对相关数据后期处理准确性以及应用的有效性造成影响。只有清除干净这些噪点, 才能继续开展数据信息准确描述等相关操作, 因此, 原始点云数据必须要完成去噪处理。通过肉眼, 可以对空中以及地面上存在的较为明显的散乱点以及异常点进行判别, 并通过 Micro Station V8i 软件中的 model 当中的工具手动进行删除。在完成噪点手动删除以后, 在通过软件当中的植被删除功能直接获得地面的点云数据。

#### 5.3 点云数据的抽稀

激光雷达在扫描的过程中, 扫描速度为每秒 70 万点, 在一个架次的时间当中会有大量的点云数据产生, 并且对这些点云数据完成拼接以后, 整个区域当中的点云数据量会更大, 如果在三维建模中直接对这些数据进行使用, 一方面, 庞大的数据存储与处理对计算机资源产生严重的消耗, 进而降低数据的处理速度, 导致时间大量的被浪费掉; 另一方面, 在三维建模的过程中, 并不是对所有的数据都需要。因此, 在对一定进度有保证的基础上开展点云数据抽稀工作。通过 Micro Station V8i 软件通过等量缩的方法对点云数据进行精简, 也就是对数量合适的点云数据进行选择, 从而完成数据的输入与输出。

#### 5.4 坐标转换

在对点云数据生成的过程中, 其位置表达采用系统默认的 WGS84 大地坐标系。为了使施工顺利的开展, 工程项目组

基本上都是对当地坐标系进行使用, 所欲在对数据进行处理的时候, 需要完成点云数据的坐标系系统转换。

以下是转换方法: 先将得到的 WGS84 大地坐标系到当地坐标系之间转换得到的数据向软件坐标系设置界面的指定位置进行输入; 在对大地椭球、方向加常数、中央经纬度等数据的正确定进行检查; 在确定数据正确以后, 对其完成整体转换。将完成转换的点云数据输入到 CAD 当中, 对转换成果进行查看, 保证其正确性。

#### 5.5 三维建模

因为已经将各个架次的点云数据完成了统一坐标系的转换, 利用 Micro Station V8i 软件可以对多个架次的点云数据同时进行加载, 使其拼接成一块完整的区域点云数据集合, 然后统一将这些数据输出, 合并成一个数据文件, 如图 1 所示。通过 Poly Works 软件完成建模, 对采样间距、半径和公差等参数设定好, 软件自动根据这些参数形成相应的三角网络模型, 然后进一步优化, 从而得到三维模型图, 如图 2 所示。输出 obj 格式的文件以后继续进行分析与研究, 如图 3 所示。

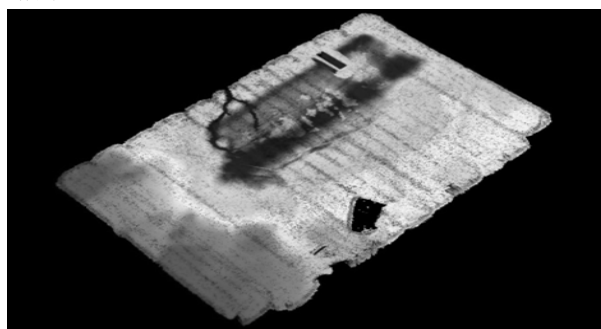


图1 点云数据拼接图

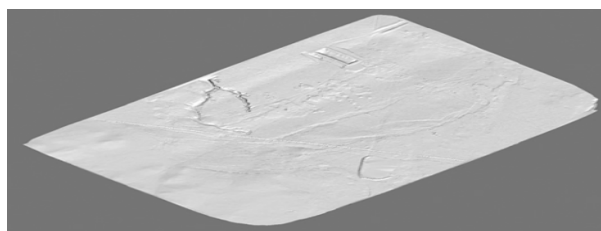


图2 三维建模图

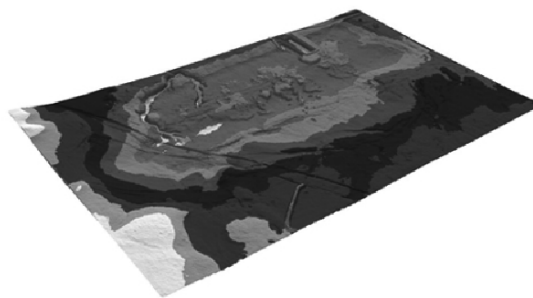


图3 DEM图

#### 5.6 典型案例

## 典型应用—矿山环境恢复治理项目测绘

河北省井陘县威州镇威河西村灰岩矿恢复治理项目, 治理区占地面积为 0.10km<sup>2</sup>。通过无人机载雷达技术, 获取不同阶段的测区地形地貌, 计算不同阶段的工程量。对无人机载雷达密集点云三维模型(图 4)与 RTK 测量点位三维模型(图 5)进行对比。

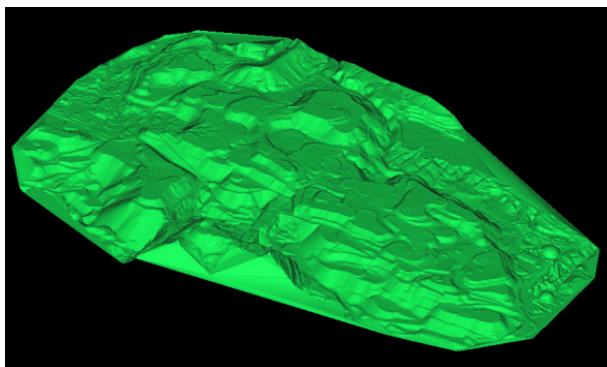


图 4 无人机载雷达密集点云三维模型

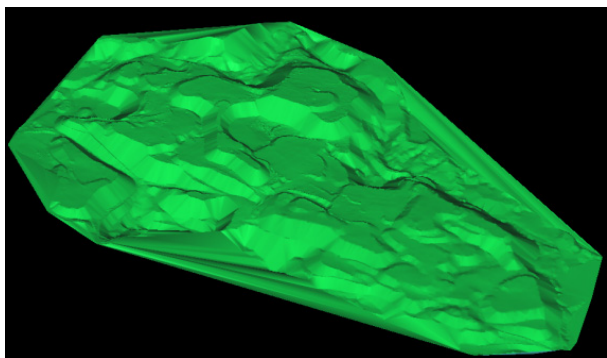


图 5 RTK 测量点位三维模型

无人机载雷达与 GPS/RTK 测量矿区测图差异分析: (1) 对于地形复杂区域, 比如陡坡、斜坡、火区, RTK 测量人员难以抵达现场进行测量; 无人机载雷达可以在短时间内获取此类区域的真实地形, 弥补 RTK 测量在此类区域的数据空缺。(2) 对于小区域填挖变化频繁、同区域先挖后填的情况, RTK 测量组织起来相对容易, 对工程进行中局部区域的微小变化能够快速测量, 但如果存在陡坡或者火区, 测量工作同样也

会受限。(3)RTK 测量需要在整个区域范围内布设大量点位, 逐点测量, 工作量大, 时间长; 无人机载雷达能够快速获取测区点云和影像数据并进行处理得到成果, 作业高效。(4)RTK 测量人员不能到达的斜坡边缘, 会导致边缘不准确, 测量地形与真实地形存在差异。

## 6 结束语

在矿山环境恢复治理中应用无人机载激光雷达技术, 在对无人机载激光雷达技术自身所具有的可行性以及数据可靠性有较好验证的同时广泛的推广了无人机载激光雷达技术。以下是对点云数据的几点认识: 第一, 通过无人机载激光雷达对地表点云数据有更易于获得。无人机载激光雷达在开展扫描工作的时候是由上垂直向下, 激光可以直接穿透植被到达地面, 对地表从细节到整体进行多方位的绘制, 尤其是比较高的圆柱、圆锥形地物, 可以从上到下直接一次性的完成扫描工作。第二, 数据精度具有较强的可靠性。通过对比无人机载激光雷达技术得到的点云数据与传统测量得到的数据数据, 对比结果显示, 无人机载激光雷达技术可以全面的测绘地表并对高度精确的数据进行提供。第三, 点云数据的快速处理。通过软件可对点云数据的地表植被进行处理, 进而直接得到地表点云数据, 并且可以直接对处理后的点云数据提起坐标数据, 也可以直接将其导入到其他软件完成绘图与三维建模。

## [参考文献]

- [1]曹秋生. 成像激光雷达的无人机载技术探讨[J]. 红外与激光工程, 2016, 45(10): 18-25.
- [2]潘才官, 陆远, 赵志冲. 无人机激光雷达系统数据采集与滤波处理分析[J]. 港口科技, 2017, (08): 37-41+45.
- [3]郑德华, 沈云中. 三维激光雷达扫描仪及其测量误差影响因素分析[J]. 测绘工程, 2005, (02): 32-34+56.

## 作者简介:

张国起, (1965--) 男, 河北无极县人, 本科学历, 高级工程师, 主要研究方向: 无人机航空摄影测量; 现从事工作: 测绘工程。