

无人机激光雷达在矿山测量中的应用

Application of UAV Lidar in Mine Surveying

张建勇

Jianyong Zhang

山西辰烨地理信息技术有限公司 中国·山西 临汾 043500

Shanxi Chenye Geographic Information Technology Co., Ltd., Linfen, Shanxi, 043500, China

摘要: 目前, 各国的矿山测绘领域开始逐渐兴起利用无人机机载激光雷达系统进行测绘生产的技术, 这也是当前国际上比较先进的测量手段。由于机载激光扫描系统不仅可以获取高精度的空间坐标数据, 而且能同步获取正射影像数据, 处理过程快捷高效, 因此非常适用于目前矿山测量对高精度、高效率的需求。论文主要介绍了无人机激光雷达在矿山测量中的应用。

Abstract: At present, in the field of mine surveying and mapping in various countries, the technology of using UAV airborne lidar system for surveying and mapping production is gradually emerging, which is also a relatively advanced measurement method in the world. Since the airborne laser scanning system can not only obtain high-precision spatial coordinate data, but also synchronously obtain orthophoto data, the processing process is fast and efficient, so it is very suitable for the current requirements of high-precision and high-efficiency mine surveying. This paper mainly introduces the application of UAV lidar in mine surveying.

关键词: 无人机; 激光雷达; 矿山测量

Keywords: unmanned aerial vehicle; lidar; mine surveying

DOI: 10.12346/se.v4i3.6769

1 引言

20世纪70年代以来, 随着电子等技术的飞速发展, 以无人机航空摄影、卫星遥感等对地观测技术在测绘学科中得到了大规模的使用, 并取得了十分显著的成效, 计算机等信息系统的广泛性应用, 让多源测绘地理信息的获取、分析、管理等环节获得了有力的技术支持。当下, 集成高精度、自动化、智能化等为一体的测绘遥感信息技术处于热门的研究当中, 测绘技术正在经历着一场深刻的革命。

机载激光是一种主动式的对地观测系统, 它集成激光测距等技术于一体, 该技术在信息实时获取等环节拥有十分显著的优势, 为空间信息的快速获取开辟出了全新的渠道。它拥有自动化性能强等优势, 抗外界因素干扰的能力强, 数据的获取速度也相对较快, 并且具有较高的精度, 并且设备所发出的激光脉冲可以无视树林的遮挡, 获取更加准确的地形数据, 并通过高分辨率相机可直接得到地表影像, 最后将点云数据和影像数据进行有机结合, 最终获取所需的数据模

型, 在准确性和清晰性方面拥有比较突出的优势。最终获得各种比例尺的数字图、影像图及各类专题影像成果, 进而让工作流程得到了极大的简化, 一方面可以有效提升工作效率, 另一方面还可以让处理结果更为精确可靠。新技术及新型传感器的使用也同时为摄影测量提供了更为广泛的应用。

矿山测量指的是在矿山建设期间, 为矿山的规划设计等环节进行测绘工作, 是测绘工程最为关键的组成环节, 发挥着不可替代的作用, 在地质勘查等环节扮演着十分重要的角色。通常情况下, 矿山测量任务涉及矿山勘探等多个环节, 对矿区地面等位置开展信息采集等工作, 为资源的开发和保护提供了必要的信息支持, 为工矿区各项工作的顺利开展提供准确的信息依据, 所以矿山测量需要采用先进的测绘仪器和技术, 将其与矿山测量的各项工作进行有机结合, 参考矿山测量的实际情况, 针对矿山测量的业务范围进行拓展和延伸, 为矿山测量的发展给予有力的推动, 让市场经济改革的需求得到有效的满足。

【作者简介】张建勇(1985-), 男, 中国山西吕梁人, 本科, 工程师, 从事测绘工程研究。

2 无人机机载激光雷达技术特点

2.1 主动式测量

无人机激光雷达测量系统是采用主动式测量，自行发射并接受激光脉冲信号，不受光照条件限制，受天气影响较小，具备大范围作业和高精度的特性。

2.2 免像控测量

无人机激光雷达系统可直接获取矿山的三维点云的坐标和影像的方位元素，相比航空摄影测量技术，无需或仅需少量的地面像控点，可以直接进行 DEM 和 DOM 的高效生产，大幅度缩短项目工期^[1]。

2.3 数据产品丰富

数字线划图 (DLG)：利用激光雷达系统扫描获取的激光点云和影像数据，可快速的生产 1 : 500 线划图，成图效率大大提高，比传统人工测图效率提高 20%。

数字正射影像 (DOM)：激光雷达系统在获取三维激光点云数据的同时可同步获取正射影像数据，通过生成的影像成果，可为激光雷达点云进行彩色点云生产，提高地物类别判读效率。

数字高程模型 (DEM)：激光雷达获取的三维激光点云数据，通过后处理自动化获取地面点数据，利用多回波技术过滤地表植被，生成高精度的真实地表高程信息数据。

数字表面模型 (DSM)：激光雷达系统获取的三维激光点云数据，可制作数字表面模型，能真实地呈现地物的起伏现状，并提供可视化的三维模型。

2.4 多回波特性

激光雷达系统具备多回波特性，激光束能穿透植被到达地面，从而具备直接获取地面点坐标的能力，解决了传统测量在植被茂盛地区无法获取高精度 DEM 的问题。

2.5 自动化程度高

从作业流程最初的无人机航线规划，到激光雷达作业获取数据，在到最终的成果的产出，整个流程自动化程度高，通过点云实时显示技术，在户外作业过程中就能实时关注作业覆盖情况，避免在内业处理中才发现出现错漏的情况，避免返工，从而进一步提高作业效率^[2]。

3 作业流程

作业技术路线：

项目前期：作业人员收集项目资料，了解项目测区范围，成果要求。准备好软硬件设备，并进行测区规划，做好数据采集方案，保障数据的高效采集。

项目外业：同步进行基站和验证点的采集，为后期的数据解算和精度验证做准备，之后按照指定的数据采集方案进行机载激光雷达的外业数据采集，并在采集完成后进行数据的拷贝和设备的整理。

项目内业：通过 pos 解算软件、点云融合软件、点云后处理软件、线划图生成软件对外业采集的数据进行精度验

证、数据处理及 DLG、DOM、DEM 成果生产。

作业流程图如图 1 所示。

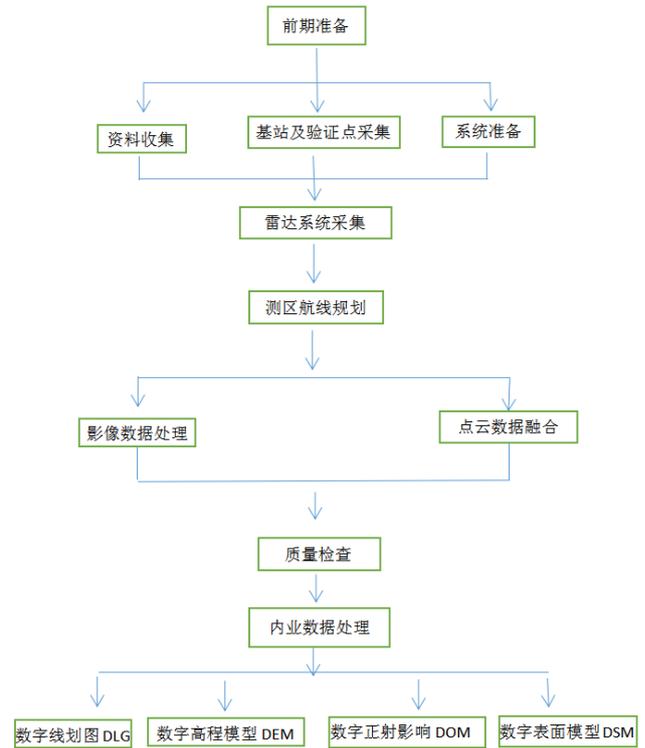


图 1 无人机机载激光雷达作业流程图

3.1 前期准备

进入矿区作业前，首先了解测区范围，坐标系统，成果要求等。检查无人机及激光雷达状态，检查系统电量。根据作业范围及要求制定作业方案，保障数据高效采集。

作业人员必须针对测区开展实地踏勘，对于地形地貌等信息进行调查和收集，为起降场地的选取等工作提供信息支持。

3.2 基站架设

基站必须设立在卫星信号良好的位置，如果测区已经明确，则需要优先考虑控制点。基站架设与机载激光雷达系统必须分开安装，但是没有明确的顺序要求。可是在将开展数据采集前，基站需要架设完成，并具备正常工作的能力^[3]。

架设基站的目的是为了通过固定基站所观测到的 GPS 信号，来校正移动站所观测 GPS 信号的误差。

3.3 数据采集

基站架设完毕后，可按照制定飞行方案进行数据采集，并在飞行结束后将采集数据进行拷贝，同时可使用 RTK 在测区现场采集若干精度验证点，来验证激光雷达点云数据精度。

3.4 原始数据处理

由机载激光雷达系统采集的原始数据必须经过相关处理方可被其他应用使用，原始数据的处理主要包括 POS 解算、融合解算和预处理，处理流程：原始数据—POS 解算—数据融合—数据预处理。

POS 解算软件,用于对各项数据进行处理,提供信息指引,涉及位置、速度等内容。

点云融合软件对原始数据进行融合处理,可生成平面坐标的 hls 或 las 或 xyz 格式的点云文件,以供其他系列软件进行后续处理。

3.5 精度验证

通过预处理后的三维激光点云数据,与 RTK 现场采集的点位进行对比分析,验证激光雷达系统采集的数据是否满足生产成果精度要求。

3.6 成果生产

通过激光雷达系统获取的点云数据,经过简单的点云滤波处理,可直接快速生成 DEM 模型,利用 DEM 模型生成所需要的等高线。通过不同阶段获取的 DEM 模型进行分析对比即可得出精细级别挖填方量。同时结合点云数据提取地物信息即可生产 DLG 成果。机载激光雷达数据通常包含点云和影像,根据不同成果要求的数据输出结果也不一样。一般点云数据需要进行地面点分类,制作等高线、DEM,影像数据用于制作 DOM,结合点云和影像制作 DLG。

4 总结

机载雷达属于一种新型的主动式航空传感器,在矿山测量等环节拥有比较显著的优势,与传统手段相比具有较高的先进性。特别是针对一些测量难度较大的地区,雷达的优势更为明显。

4.1 成果的整体精度与精细程度更高

三维激光点云数据是由激光直接测量得到,而传统航测都是根据有限的像控点来开展拟合测量;三维激光测量与其他方法相比拥有更为严格的要求,尤其是测量难度较大的地区,由于激光具有比较强的穿透力,所获得的地形表面数据具有更高的准确性,航空摄影测量则是需要作业人员对树高进行估计,这样才能够获得地球表面数据,导致其测量存在比较大的误差,在精度方面得不到有效的保障。

4.2 生产效率较高工期相对较短

航飞高度较低,因为采用的是主动发射激光脉冲测量技术,航飞时间与传统航测相比,抗外界天气影响的能力更强,可以各种气候下飞行;机载雷达测量技术在测量时无需投入过多的人力,自动化水平相对较高;对于二维航空摄影等技术进行了合理的利用,可以对大部分的地物进行准确的判断,与传统航测相比可以让测绘工作量得到大幅的降低;与传统航测相比节约了节点测量等环节,生产周期得到了大幅降低;通过光点等技术可以让数据的获取速度得到大幅提升。

4.3 成果质量更有保障

三维激光雷达系统在现场就可以直接快速确定原始成果的质量情况,可是传统航测不能对原始成果的质量进行确

定;三维激光雷达系统则是对多项数据进行对比分析,可以彼此进行互验,让数据的准确度得到了大幅的提升,让数据的精准性得到了必要的保障,而传统航测不具有这些优势^[4-6]。

4.4 应用价值更加深远

以真实环境为基础所制定的模型等成果是三维数字城市最为核心的组成部分,三维激光雷达系统所生产的高精度三维成果产品,能够在技术方面提供有力的保障,将这一技术在各行各业中进行大规模的应用,产生了十分深远的影响。对于行业的发展产生十分积极的促进作用。

4.5 雷达与倾斜摄影的比较

倾斜摄影可以获取具有真实纹理的三维数据,适合做大范围城市三维模型、输电线道路通道建模和一些对精度要求稍低的三维测量应用。由于倾斜摄影技术采用可见光进行测量,对天气的要求相对严格,同时无法对植被下的地形进行测量,对细小物体的建模能力相对较差。

激光雷达的植被穿透能力相对较强,能够对植被下的地形进行准确的测量。同时,激光雷达所获取的数据拥有较高的精度,适用于矿山地质勘查、矿山地质测绘、矿山地形图测绘、矿山三维测量与建模及对精度要求很高的矿山测量应用。

5 结语

通过机载激光雷达的实际项目应用,验证了机载激光雷达测量系统应用于矿山测量的可行性。基于激光点云和数字正射影像的联合生产模式,结合激光与摄影测量两者的优势,具备高精度、高效率的特点。

总的来说,机载激光测量系统可以胜任大型数字矿山的管理和生产需求,相较于传统全站仪和 RTK 的测量或者是机载航空摄影测量技术,机载激光测量系统在满足精度指标的要求下更加安全、高效、快捷。

参考文献

- [1] 王洛飞.无人机低空摄影测量在城市测绘保障中的应用前景[J].测绘与空间地理信息,2014(2):67.
- [2] 王亚男.无人机航测技术在矿山测绘中的应用研究[J].中国金属通报,2022(3):35.
- [3] 彭文飞.基于无人机航测的矿山地形信息测量方法探究[J].世界有色金属,2020(19):78-79.
- [4] 刘坤生.浅析无人机航测在矿山测绘中的应用研究[J].世界有色金属,2020(19):45.
- [5] 兰舜涯.露天矿山测绘中无人机航测的应用研讨[J].中国金属通报,2020(11):123.
- [6] 刘德亮.矿山地质测绘中利用无人机高清摄影测量的精度研究[J].世界有色金属,2020(21):89-90.