

基于三维激光扫描露天矿土石方量测量研究

吕伟杰

中煤航测遥感集团有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v6i5.1587

[摘要] 在露天矿生产和建设过程中,土石方量的测量是一项重要的工作。使用传统的全站仪和 RTK 测量的方法存在着作业效率低、成果直观性差等问题,而且矿区特殊的环境会给测量人员带来巨大的安全隐患。三维激光扫描技术由于其非接触量测、高效、高精度的特点,而成为一种高效的测量手段,受到广泛的认可。本文研究了利用三维激光扫描技术进行露天矿土石方量测量的方法,并通过一个露天煤矿的实际测量案例进行了验证,研究表明,三维激光扫描是露天矿的土石方测量的一种有效方法。

[关键词] 三维激光; 无人机; 土方测量; 露天矿

中图分类号: V279+.2 文献标识码: A

Research on Measurement of Earthwork Volume in Open Pit Mine Based on 3D Laser Scanning

Weijie Lyu

Aerial Photogrammetry and Remote Sensing Group Co., Ltd

[Abstract] In the production and construction process of open pit mines, the measurement of earthwork volume is an important work. The use of traditional total station and RTK measurement methods has problems such as low operational efficiency and poor visualization of results, and the special environment of mining areas can bring huge safety hazards to survey personnel. Due to its non-contact measurement, high efficiency, and high accuracy, three-dimensional laser scanning technology has become an efficient measurement method and is widely recognized. This paper studies the method of using three-dimensional laser scanning technology to measure the earthwork volume in open pit mines, and verifies it through an actual measurement case in an open pit coal mine. The research shows that three-dimensional laser scanning is an effective method for earthwork measurement in open pit mines.

[Key words] three-dimensional laser; UAV; earthwork measurement; open-pit mine

引言

土石方量测量是露天矿开采过程中经常进行且必不可少的工作之一,实质上是计算体积。土石方量测量的准确性和效率直接影响到施工工期和经济效益;因此,高效、准确的土石方量计算有利于准确掌握采矿进度、节约施工成本,优化施工规划。

三维激光扫描技术又被称为实景复制技术,是测绘领域继 GPS 技术之后的又一次技术革命,它突破了传统的单点测量方法,具有高效率、高精度的独特优势^[1]。利用无人机携带三维激光扫描装置配合地面固定站式的三维激光扫描仪可以快速获取矿区的三维点云数据,经过处理后便可以计算矿体的体积,便可以求出矿区的土石方量。

1 露天矿土石方量测量方法概述

1.1 露天矿土石方量测量概述

土石方量测量是露天矿开采工程预算的编制、编制施工方案、组织施工的重要依据。在露天矿的土石方量的计算中常采用的方法有全站仪法、RTK法与摄影测量的方法。无论是全站仪还是 RTK 法,都是在测区内采集一系列离散的数据点,然后通过软件建立土石方模型达到计算土石方量的目的^[2-3]。

1.2 常规地矿测量方法的局限

采用全站仪或者 RTK 的方法测量精度受采样点密度的影响很大,采样点越密、对土石方形体的拟合也就会越准确,测量的精度也就会越高,故需要加大采样点的密度来提高成果的精度。但是这里存在一个问题,就是矿区面积相对大,较高的采点密度会大大增加外业人员的工作量,减慢了测量的进度;但是矿山土石方量测量动态监管的时效性却很强,因此这种方法局限性较大。同时由于测区多有落石、不稳定的岩体等,这使得使用该方法给测量人员的人身安全带来了隐患。并且基于全站仪和 RTK

测量的成果的直观性较差,不能不好地把成果显示出来。

1.3 三维激光扫描技术的原理及优点

该技术是利用高速激光扫描测量,获取被测物体表面大面积、高分辨率的三维坐标数据,将传统的单点数据采集转变为连续、自动的数据采集,提高测量效率,为快速建立物体的三维模型提供了一种全新的技术途径^[4]。由于三维激光扫描具有快速、无需接触物体、实时、动态、可操作、全数字化、高精度、高强度、高效率等特点,近年来得到了进一步的发展和广泛的应用^[5]。

由于三维激光扫描不需要接触被测量的物体,因此解决了测量人员的安全隐患问题。同时三维激光可以采用无人机搭载和地面设站的方式进行作业,作业效率较高,完全可以满足矿山测量高时效性的要求。利用三维扫描的成果可以建立三维模型,通过专业的软件,可以直观地显示、查询的土石方量,并且可以分析和模拟未来的情形,是一种比较理想的矿山测量的方法。

2 方法论

三维激光扫描技术的方法主要包括外业数据采集、数据内业处理、利用专业软件进行分析和计算等过程,流程如图1所示。

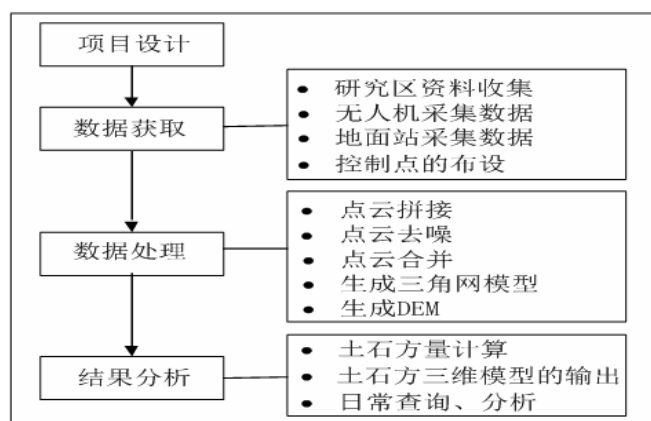


图1 基于激光扫描土石方量测量的程序

3 土石方量测量实例

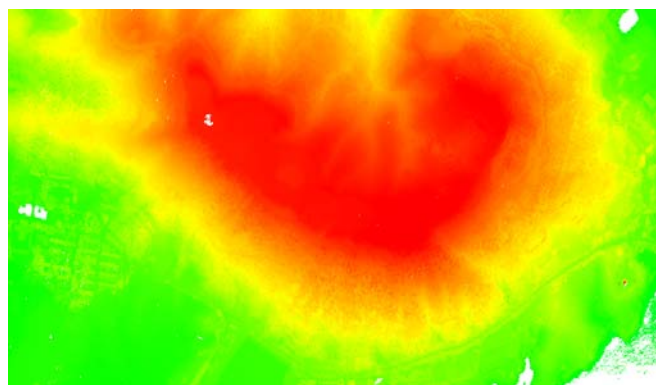


图2 点云数据的预处理

本次研究以一个露天煤矿为例,使用的无人机平台为大疆M600PRO,搭载的扫描仪为RIEGL-UVA1,该款扫描仪重量仅有3.6kg,完全满足无人机搭载重量的要求。同时针对由于三维激

光扫描时容易受到遮挡物影响的特点,利用地面站三维扫描仪进行补充,来获取完整的数据,地面站三维扫描仪使用的是华测OPTTECH POLARIS-LA型号。

3.1 原始数据处理

采集的数据包括无人机扫描仪获取的数据和地面站获取的数据,首先将多源点云数据合并和拼接,之后利用LiDAR-DP模型进行点云数据的去噪、分割、消除冗余等处理。处理后的数据如图2所示。

3.2 DEM的生成

在数据预处理之后,将点云数据导入LiDAR-DP生成DEM,其成果如图3所示。并且可以生成带等高线DEM(如图4和5所示)。

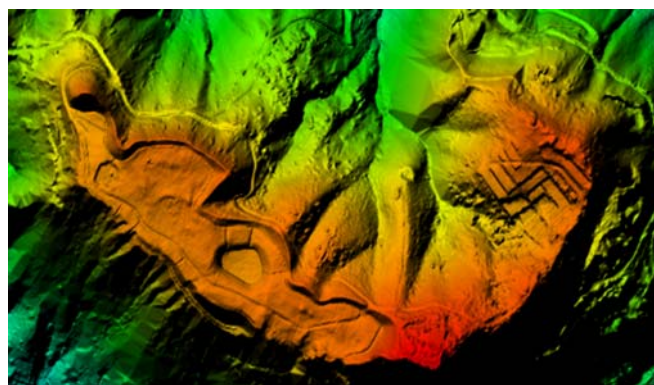


图3 DEM

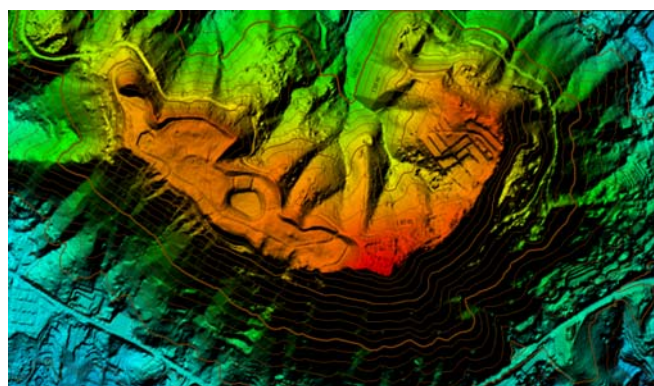


图4 带等高线的DEM

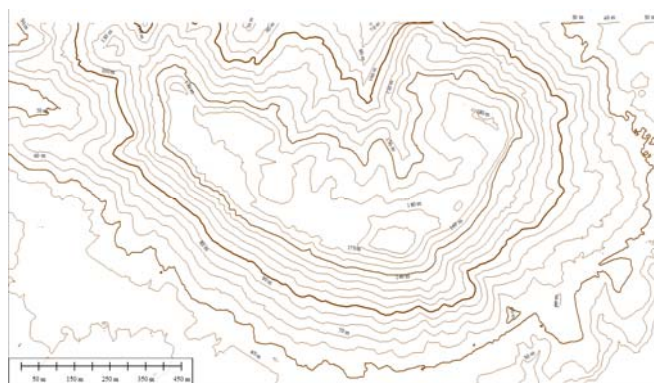


图5 等高线

3.3 土石方量的计算与三维模型的生成

利用DEM便可以计算露天矿的土石方量了,同时利用Global Mapper软件生成土石方的三维模型,可以直观地对土石方量进行显示、查询和分析了。三维模型如下图6所示。

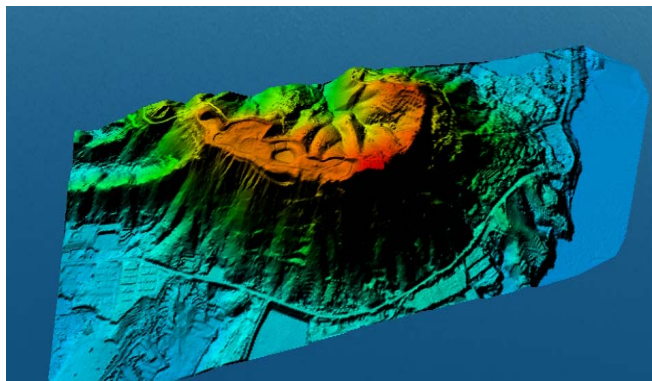


图6 土石方量的三维模型

4 结果分析

4.1 成果精度分析

土石方量的测量,精度是关键。为了检验本次测量的精度,选取5个地面控制点与对应三维模型采集的数据点进行对比,比较发现5个点平面误差均在8cm之内,高程误差均在15cm之内,结果显示使用三维激光扫描建立的DEM精度较高,完全可以满足土石方量计算时的精度要求。误差表如下。

表1 控制点与对应的三维模型采集点差异分析

控制点号	平面误差 (cm)	高程误差 (cm)
01	3.1	8.5
02	7.1	12.3
03	6.3	7.5
04	4.8	6.4
05	2.7	10.4

4.2 作业效率分析

本次测量的露天矿土石方面积大约为0.8km²,本次无人机飞行了2个架次,地面站设置了3站,外业共花费1.5天。根据以往的经验,利用全站仪和RTK的方法进行同面积测量时,大约需要6天。相比较于传统的土石方测量的方法,使用多源三维激光扫描技术的作业效率有明显的提高。

5 结果分析

通过对研究区的实验和分析表明,采用三维激光扫描可以快速获取点云的三维坐标信息,空间分布均匀,精度高,同时三维激光扫描技术的非接触式测量可以避免矿区测量人员的安全隐患,提高矿区土石方测量的效率。同时若利用两期测量的土石方数据进行相减,可以得到土石方的剥离量,实现矿区土石方量的动态监测。实验表明基于多源三维激光扫描的露天土石方量测量方法精度高、效率高、安全可靠,是一种有效地测量土石方量的方法。

[参考文献]

- [1]董秀军.三维激光扫描技术获取高精度DTM的应用研究[J].工程地质学报,2007,15(3):428-432.
- [2]张爱明,付红波.网络RTK技术与常规技术在土方测量中的探讨[C]//年gps.2014.
- [3]唐卫东,郭四泽.基于全站仪的不规则面土石方测量方法[J].湖南交通科技,2004,30(2):49-50.
- [4]于广婷,刘嘉,白立飞,等.基于三维激光扫描技术的大比例尺地形图绘制方法[C]//第十四届华东六省一市测绘学会学术交流论文集.2012:97-99.
- [5]徐晓雄,刘松林,李白.三维激光扫描测量技术及其在测绘领域的应用[J].中国测绘,2009,(2):63-65.