

基于手持 Slam 三维激光扫描技术在巷道测量中的应用

乔林全

晋中职业技术学院

DOI:10.12238/gmsm.v6i5.1586

[摘要] 在矿山开采过程中,巷道的建设和测量是非常关键的环节。巷道是矿山开采的基础设施,它为开采提供了通道,也为矿工的进出和物资运输提供了便利。因此,准确测量巷道的位置、尺寸和倾斜度是保证矿山安全、高效开采的前提。近几年随着科学技术的飞速发展,矿山测量技术也有重大的技术革新,本文主要通过手持Slam三维激光扫描仪的实际应用,论述Slam三维激光扫描仪以及配套软件在矿山巷道测量中发挥的重要作用。

[关键词] Slam技术; 巷道测量; 三维建模; 三维激光扫描

中图分类号: N945.12 **文献标识码:** A

Application of Handheld Slam 3D Laser Scanning Technology in Tunnel Measurement

Linqun Qiao

Jinzhong Vocational & Technical College

[Abstract] In the process of mining, the construction and measurement of tunnels are crucial steps. The tunnel is the infrastructure for mining, providing access and channels for mining, as well as facilitating the entry and exit of miners and material transportation. Therefore, accurate measurement of the position, size, and inclination of tunnels is a prerequisite for ensuring safe and efficient mining in mines. In recent years, with the rapid development of science and technology, there have been significant technological innovations in mining surveying technology. This article mainly discusses the practical application of handheld Slam 3D laser scanner and the important role that Slam 3D laser scanner and supporting software play in mine tunnel measurement.

[Key words] Slam technology; tunnel measurement; 3D modeling; 3D laser scanning

引言

随着物联网、5G、人工智能等技术的发展,矿山行业也迎来了数字化、智能化的时代,智慧矿山成为未来矿业转型升级发展的重要方向之一。在智慧矿山的建设中,精准、精细的巷道测量数据成为智慧矿山高效安全运行的保障。然而用传统的全站仪碎步测量和支距法测量无法详细表达巷道及采场空间的坐标数据。如何高效测量巷道的精细化数据成为目前急需解决的问题。近几年备受关注的Slam三维激光扫描技术突破了传统单点测量的模式,作为当今新型的测量技术,其高精度、高效率、成果丰富等特点为矿山巷道测量提供了新的思路和途径^[1]。

1 Slam技术特点

SLAM(Simultaneous Localization and Mapping),翻译成中文为“同时定位和建图”,在运动过程中通过重复观测到的环境特征定位自身位置和姿态,再根据自身位置构建周围环境的增量式地图,从而达到同时定位和地图构建的一种技术。

1.1方便快捷。手持SLAM设备最大的特点是方便快捷,由于SLAM算法的优越性,手持SLAM可以做到走到哪里测到哪里。SLAM有一套固有的行走规则,不同厂家的对自己的SLAM都形成了一套完整的行走规则(行走速度,摆动幅度,特殊区域处置,闭环等等)。但相比较于传统测量来说(架站的全站仪,扫描仪),还是更方便快捷一些。

1.2效率高。市面上的手持SLAM的作业时间一般为10-60分钟,在厂商的行走规则约束下,作业面积在10000-60000平之间(面积:时间=1000:1)。如此之高的测量效率应该来说是除了机载以外,目前是最快的测量手段了^[2]。

1.3点密度大。手持SLAM指的是激光SLAM,而且是三维激光SLAM,市面上用于手持SLAM的三维激光大部分都以HESAI和VELODYNE为主,这些激光器的线束通常以16/32线为主,对应的点频为30-64W。这个点频已经可以跟上一般的架站式扫描仪的点频了。一般地面点的密度可以达到5000-10000W点/平方米。

1.4全方位、无死角测量。除了点密度之外,全方位无死角的扫描,也是一大优点,因为手持可以更灵活的去到需要测量的地方进行扫描,可以最大限度的测量物体(只要测量范围内的所有物体都得以测量,特别是在立面测量时,可以避免漏测以导致的返工),并且SLAM不需要考虑通视,拼接。

1.5原始数据信息丰富。点云除了拥有坐标(XYZ)信息以外,还拥有:强度 intensity,可用于地物属性判断,地面标示线绘制,精度检查等;RGB值,点云的彩色信息,可以真实的反映世界的色彩信息,为地物色彩判断,属性判断提供依据。另外,手持一般都有全景影像,是现场的拍照记录,可用于现场环境查看,地物属性判断等。

1.6成果多样性。所谓成果多样性,是手持的数据成果可以加工成多种,比如最直接的点云成果基于点云成果的线化图(地形图、平面图)、基于点云的人工三维模型,基于点云封装和贴图的快速实景三维模型、矿道三维模型和体积、堆体体积等等。真正做到一次测量输出多种成果,无需反复测量。

2 作业流程

2.1准备工作。外业采集使用数字绿土LiGripH120手持三维激光扫描仪,内业处理使用数字绿土LiDAR360激光雷达点云数据处理分析软件。根据测量任务确定测量范围、规划行走路线、调试设备等工作。

2.2控制点布设。对于需要绝对坐标的项目,需要提前在巷道墙壁等方便手持放置的地方布设控制点,控制点的数量和密度根据项目精度需要布设。一般100米-200米布设一个控制点,控制点尽量避免布设成一条直线^[3]。

2.3外业采集。手持初始化完毕之后,缓慢拿起设备,按照规划的路线行走,条件允许的话尽量走闭环,首尾相连(5-10米的重复路径)。对于没有闭环的巷道,尽量选择有特征的地形和物体作为两站数据的重复路径,方便后期拼接和质量检查。在点云采集过程中把手持放到布设好的控制点之上,按控制点采集按钮,记录控制点。记录点云数据过程中挑选移动目标较少的时候行走,行走时手臂不要有大幅动作,速度小于1m/s。每一站数据记录时间不应超多15min,多站数据之间应有重复路径。

2.4数据预处理。利用数字绿土LiFuser-BP软件进行数据预处理,处理流程如下:

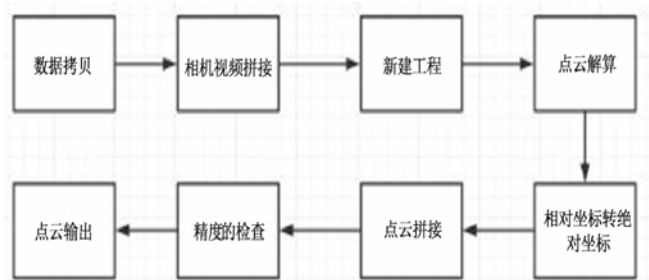


图1 数据预处理流程图

预处理完成后得到每一站的点云数据,对于多站的数据需要进行拼接,最后得到完整的巷道点云数据。



图2 巷道点云数据

2.5点云精度验证。(1)检查点验证时,应该选择比较明显的地物(车道,停车线,反光靶标)等。检查点的精度以中误差为判别标准;(2)检查点的精度不可能大于控制点的精度,因此首先要保证你参与相对坐标转绝对坐标的控制点的精度要高。(3)精度指标中误差的计算公式如下:高程中误差用于评价激光雷达点云数据的高程与其真实的地面高程之间的差别,利用测区野外检查点数据进行评定。利用以检查点为中心的邻近激光点内插出检查点位置的高程,进行误差计算。

高程中误差 Z_{RMSE} 按下式计算:

$$Z_{RMSE} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_i - \hat{Z}_i)^2}{n}}$$

式中:

Z_{RMSE} ——高程中误差,单位为米(m);

Z_i ——第*i*个检查点对应的激光点内插高程值,单位为米(m);

n ——检查点个数,单位为个;

$\hat{Z}_i$ ——第*i*个检查点的实测高程值,单位为米(m)。

平面位置中误差 XY_{RMSE} 按下式计算:

$$XY_{RMSE} = \pm \sqrt{X_{RMSE}^2 + Y_{RMSE}^2}$$

$$X_{RMSE} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X}_i)^2}{n}}$$

$$Y_{RMSE} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}}$$

式中:

XY_{RMSE} ——激光雷达点云平面位置中误差,单位为米(m);

X_{RMSE} ——激光雷达点云在 X 方向上的平面位置中误差,单位为米(m);

Y_{RMSE} ——激光雷达点云在 Y 方向上的平面位置中误差,单位为米(m);

n ——检查点个数,单位为个;

X_i ——激光点在 X 方向上的平面位置,单位为米(m);

$\hat{X}_i$ ——检查点在 X 方向上的实际平面位置,单位为米(m);

Y_i ——激光点在 Y 方向上的平面位置,单位为米(m);

$\hat{Y}_i$ ——检查点在 Y 方向上的实际平面位置,单位为米(m)。

2.6成果应用。巷道三维建模:通过从外部导入或手动绘制的方式生成中心线,然后沿着中心线去除隧道内部的噪点,并生成新文件。算法首先会提取中心线周围一定范围内的巷道点云,并将巷道点云沿着中心线按照一定步长进行垂直切片^[4]。然后计算每一个切片的外环(巷道边界),并去除内部噪点,最后再将结果合并。对提取的巷道点进行一个三维建模,形成OBJ三维模型文件。

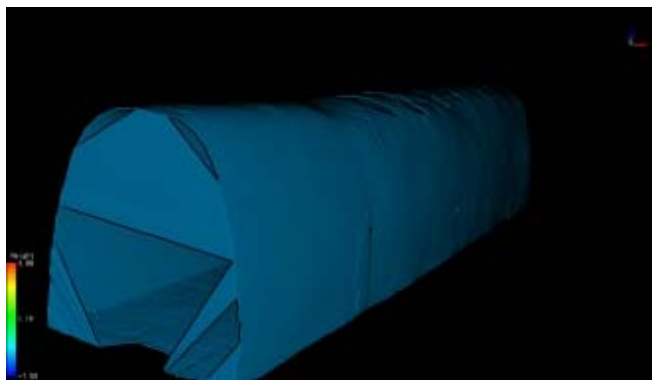


图 3巷道三维模型

体积计算:

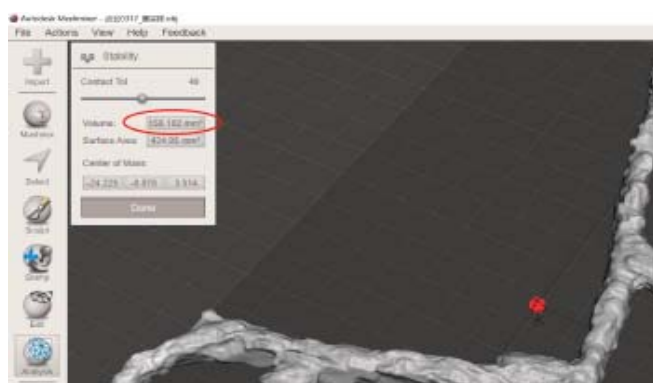


图 4巷道体积计算

巷道断面分析:

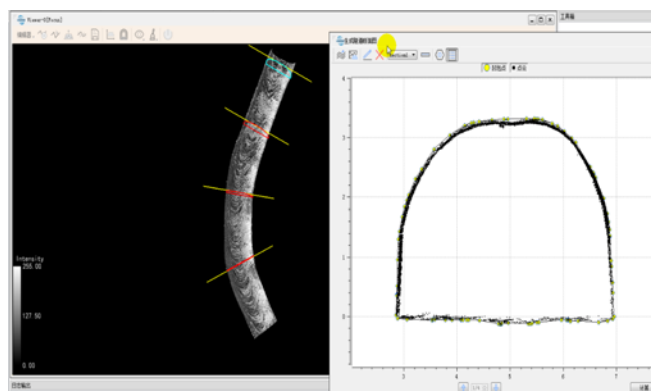


图 5巷道断面图

3 结论

巷道测量工作是一项具有较强隐蔽性、不确定性、危险性的测量工程,在测量的过程中极易受到巷道内诸多因素的影响。并且传统的全站仪测量方法效率低下、数据单一、精度低,进而制约了巷道测量数据的真实性、客观性、有效性和准确性。然而采用Slam三维激光扫描技术,可以高效、准确、精细的建立巷道的高精度三维模型,利用激光点云后处理软件可基于模型提取巷道断面、巷道中心线、体积计算等工作,也为智慧矿山的建设提供了丰富的数据底图。Slam三维激光扫描技术拓展了其在矿山巷道测量方面的应用前景,提升了三维激光扫描技术的市场应用价值,推动了矿山事业的长远发展。

【参考文献】

- [1]檀继猛,张鹏飞,邵士成,等.移动式三维激光扫描仪在地下管廊测量中的应用[J].测绘通报,2019(12):156-158.
- [2]石晓雨,庞长保,崔凯,等.三维激光扫描技术在矿山主溜井测量中的应用[J].有色金属(矿山部分),2018(4):93-95+100.
- [3]廉旭刚,刘吉波,张凯,等.三维激光扫描技术在矿井联系测量投点中的应用研究[J].金属矿山,2019(10):183-187.
- [4]常立强,冯建辉.基于三维激光扫描技术的金属矿山采空区测量精度要求[J].世界有色金属,2019(8):46+48.
- [5]李鹏宇,姜岳,宗琪,等.基于三维激光扫描技术的某金矿采场体积测量与计算[J].金属矿山,2018(4):145-149.

作者简介:

乔林全(1978--),男,汉族,山西阳高人,硕士研究生,讲师,从事工程测量及3S技术应用研究。