

Application Analysis of SLAM 3D Laser Scanner in Mine Survey

Yinglun Song

The Fourth Geological Brigade of North China Geological Survey, Qinhuangdao, Hebei, 066000, China

Abstract

Ordinary measurement methods and means have certain limitations in fast, efficiency and safety in mine measurement, especially the measurement of dangerous areas, such as goaf, cannot be satisfied. Loose is artificial mining, underground formation of a large irregular space, mine mining, design, management often because of the existence of goaf and form certain hidden factors, mining personnel, mining equipment in the case of paralysis, have fall into the goaf and the risk of injury, at the same time because of the structure is not stable, support is difficult, improper handling is the risk of collapse. Therefore, the use of 3D laser scanning equipment to mine roadway, goaf and other accurate and efficient data collection, and then form the spatial position, form, volume and other 3D data of mining engineering, science department management of underground mining engineering.

Keywords

three dimensional laser scanning; convergence analysis; copy of real; quadratic convergence; mode building

SLAM 三维激光扫描仪在矿山测量中的应用分析

宋英伦

华北地质勘查局第四地质大队, 中国·河北 秦皇岛 066000

摘要

普通测量方法与手段在矿山测量中快速高效安全方面已经有了一定的局限性,特别是对危险区域,如采空区的测量,更是无法满足。采空区是人为采矿挖掘后,地下形成的一个较大的不规则空间,矿山的开采、设计、管理往往因为采空区的存在而形成一定的隐患因素,矿山开采人员、开采设备等在麻痹大意的情况下,有掉入采空区而受到伤害的风险,同时采空区因为结构不稳定,支护比较困难,存在处理不当存在坍塌危险。因此,利用三维激光扫描设备对矿山巷道、采空区等进行精确且高效的数据采集,进而形成采掘工程的空间位置、形态、体积等三维数据,科学管理地下采掘工程。

关键词

三维激光扫描;融合分析;实景复制;二次融合;模型构建

1 引言

矿山开采后期往往是在地下进行,随着地下采掘工程的逐步深入,这就容易造成地下采空区和空间分布规律不明显,具有较强的随意性和隐蔽性,进而造成大的采空区位置点不明确、采空区风险隐患点不易排查。而矿山的开采和技术勘探、安全管理又必须对矿上的安全隐患进行排查,全面了解矿山存在的风险因素,就必须要对矿山采空区分布情况进行全面掌握,为后期的矿山开采和、治理、勘探和隐患排查等,提供基础数据。

2 三维激光扫描系统应用背景分析

传统的测绘手段往往是局部测量一些点,再将点连接

【作者简介】宋英伦(1987-),男,满族,中国河北秦皇岛人,工程师,注册测绘师,从事工程测量、矿山测量、不动产测量、航空摄影测量、海洋测量等研究。

形成线,再由多线构成面,可见所测的点是单点式和抽查式的,不能避免重要数据的缺失,造成图件特征部位不明显,不能突出重点,这就不利于矿山安全生产评估与矿山安全排查隐患的排除,不能为其提供更好的依据作用。而这样的问题正是摆在矿山管理者、开发者、安全评估者、找矿勘探者面前的最为迫切需要解决的问题,在这样的背景下,三维激光扫描仪以传统测量仪器不可比拟的优越性应运而生,其高效、优质、安全、便携等特点是传统测量仪器和手段无法相比的,这也是激光三维扫描仪技术得到广泛应用的重要原因之一。

2.1 SLAM 三维激光扫描系统的构成

三维激光扫描技术是近年新兴的技术,又被行业称为实景再现技术,是一种全新的测量技术,它突破了传统的单点测量方法,具有高效率、高精度、实时信息反馈的独特优势,三维激光扫描技术的关键在于能够提供扫描物体表面的三维点云数据,将数据进行融合分析后,可以用于获取高精度高分辨率的数字模型。具体的工作原理是:三

维激光扫描仪发射器每当发出一个激光脉冲信号，在物体表面形成反射后，会沿着同样的路径返回到仪器，仪器对信号进行接收处理后，仪器就可以通过分析确定仪器至物体的距离，仪器中有控制编码器装置，会测量出每个激光脉冲的横向和纵向观测值，与距离共同构建整个物体的模型，进而对物体进行真实而实时的反映。

SLAM 三维激光扫描系统，与传统的扫描系统又有新的不同，在适应环境能力和操作人性化方面也有了大大提升，其主要特点是可以便于携带在测量身上，对周边环境和物体进行实时移动测量，在进行采空区测量时，能快速进行采空区形成的硐室进行数据采集，形成准确数据，这主要归结于 SLAM 算法。

SLAM 三维激光扫描系统中的硬件装置虽然很重要，但是 SLAM 算法却是这三大主要要素中的重中之重，其算法的合理与否，直接影响着其移动轨迹的准确性和数据的精度，其算法的好与坏直接作用在最终数据的准确程度，进而对整个工作的精细化程度造成重要影响。SLAM 算法根据激光测距仪所获得三维数据中时间轴上共同的特征点加上 IMU 获取的姿态数据，对测量的数据进行实时解算，获取从起始点至开始进行的移动距离和角度数据，形成三者的对应关系，最终在仪器中进行再次解算，在经过计算分析后，构建连续的直接的空间场景，并在仪器上实时动态反应。可见，周边场景再现在仪器看来是场景被动实现的，经过数据分析后可以获得详尽的连续的空间数据，最终形成系统的模型。

2.2 三维激光扫描系统模型分析

根据扫描仪的主要部件和在测量中的应用分析，发射的激光作用在物体表面，物体表面被漫反射后，仪器采集漫反射的物体表面的激光条纹图像，经过仪器收集、分析、融合数据后，对其充分处理后获得像素的坐标，对坐标数据进行保存后，再经过激光扫描仪的固有的模型，通过该像素坐标计算后，得到位于激光测头内系统的测量坐标，所得到的坐标经过二次变换，最终变换至原有定位器坐标系内，形成内部的一一对应转换关系，最后融入定位器姿态数据后进行分析，获得全局整体坐标，至此完成了坐标的从外部至内部的转换。

3 应用案例

3.1 项目概述

项目区内有多个废弃平硐，且经矿区相关人员介绍，巷道内部有几处规模较大采空区，因年久失修，支撑及维护系统多不完整，存在安全隐患。根据此情况，我项目部经过技术人员及相关专家共同研究论证后，如何采用高效、快捷且人员参与少的测量系统对巷道内部进行三维成图及采空区现状进行分析，实为本项目的重难点，经过多方比对，最终拟对巷道及采空区进行便携式激光三维扫描设备实时测量，最终为下一步工作开展提供基础数据。

3.2 技术流程

根据测区实际情况，特别是结合巷道及采空区的分布特点，依据绝对坐标控制点，规划行走路径，避免重复扫描。测量人员通过缓慢匀速的前行，扫描采空区及周边的地物数据，根据仪器顶端旋转的激光发射装置，在设备的前方将会形成 360° 无死角地扫描区域，这就为完整获取采空区数据提供有力保障，这也是激光三维扫描仪器能够承担具体工作项目的重点所在。

3.3 数据采集

对仪器进行设置并检查初始化运行状态，对巷道及采空区内气温、气压、湿度、空气条件等进行自动检测，利用设备传感器自动记录周围环境要素，用以对不利数据出现时进行详细分析。

在数据采集过程中要注意以两点：

①测量技术人员行进的稳定性，前文公式不难看出，尽管设备的行进速度能够被设备识别并速度进行补偿，最终获得外部坐标数据。但是良好匀速的行进对数据的采集质量有重要影响，可以避免因为速度补偿过程中细微误差的不完全分配，以影响数据质量。

②采集过程中避免扫入多余物体，特别是其他跟随人员、废弃的堆积物以及其他影响数据真实情况的物体，以减少后期数据降噪处理的运行负担。

3.4 数据处理

对仪器设备形成的数据进行下载后，利用 Cyclone 软件进行处理，通过软件对数据进行平滑去噪和匹配拼接，最终对数据进行综合分析，形成点云三维模型。

3.4.1 二三维联动查看点云数据

根据初步形成的三维数据并做详细的分析，进行数据分析前，对所形成的数据进行二三维联动查看，发现其规律性，以及能够映射出数据的针对性，并对存在问题的数据进行有效识别。

在此过程中，通过二三维联动查看功能，能显示出来扫描行进的轨迹，有利于对巷道和采空区进行整体把握。

3.4.2 匹配拼接

项目地下巷道和采空区的工程量很大，短短数天是无法完成全部的采集工作，不可避免地会多天采集数据，这就需要仪器设备要有数据交互拼接功能。结合开展同类项目的经验，在系统上开发了数据融合功能，可将第一天与第 N 天的数据相互融合，但前提是要有部分公共区域，这样可以提高数据融合的准确度，匹配得更加完美，提高作业效率。但在匹配的过程中要对数据进行分析，特别是有特征点位置的数据，要结合现场实际情况，做好拍照记录工作。

3.4.3 采空区绝对坐标转换

根据事先在项目区外布设的 3 个控制点，把采集数据的相对坐标转成绝对坐标，根据全站仪和 RTK 进行后期验核，一定条件下可将误差控制在 3cm 左右，满足本次测量

精度要求。

3.4.4 巷道和采空区三维量测分析

形成的数据,可实现对线路上巷道或采区进行任意点距离量测、面积量测、角度测量等,能够直接精确测量出各点的坐标、高程、任意两点间空间距离、任意点高程等,所形成的数据方便后期应用。

3.4.5 模型构建

根据软件提供的自动建模功能,在对所形成的点云数据进行分析的基础上,进行数据二次融合,融合后进行综合分析,并利用建模功能进行模型构建,可以实现巷道及采空区立体化重现,为整个巷道及采空区进行三维可视化构成提供有力支撑,实现了三维模型的构建。

3.5 数据应用

采集的巷道及采空区数据在处理,可直接利用处理好的数据进行相应数值计算,巷道和采空区体积计算可用于生产验收、矿山安全管理、采空区回填设计等,所形成的数据与3DMine软件能进行相互兼容,能实现快速计算等功能。同时,所有计算操作的可视化、人性化强,适合在工程领域的应用。

4 结语

随着测量手段的推陈出新及科技含量日益加强,三维

激光扫描技术的出现,与传统的测量仪器和方法相比,能够大大地提高测量效率,特别是SLAM三维激光扫描仪在矿山等不利环境中的应用,在提高效率的同时减少了技术人员自身的安全风险,同时这种测量方式在其短短数秒就可以获得百万的空间点位,除了三维空间信息,丰富了空间展现形式以及三维效果的辨识度。结合本次项目的开展不难看出,三维扫描仪所提供的系统在理论上可行,在实际操作过程中,对数据进行的一系列分析研究,为以后的项目的开展提供了系统直观的数据,进而能更好地为矿山开采等领域服务。

参考文献

- [1] 明镜.三维地质建模技术研究[J].地理与地理信息科学,2011,27(4):14-18.
- [2] 李青元,张丽云,魏占营,等.三维地质建模软件发展现状及问题探讨[J].地质学刊,2013,37(4):554-561.
- [3] 袁夏.三维激光扫描点云数据处理及应用技术[D].南京:南京理工大学,2011.
- [4] 周华伟.地面三维激光扫描点云数据处理与模型构建[D].昆明:昆明理工大学,2011.