

激光雷达测绘技术下矿山地形测量精度检测

周榆滨

云南省有色地质局三一二队

DOI:10.12238/gmsm.v6i6.1628

[摘要] 传统矿山地形测量方法信息捕捉能力较弱,无法得到精准的测绘结果,为了解决上述问题,本文利用激光雷达测绘技术,研究了一种新的矿山地形精度检测方法。通过激光雷达技术对矿山地形的脉冲信号进行检测,采用激光发射器和信号处理器设计激光雷达测绘系统,利用拟合算法得到矿山地形结构图,输出特征数据,根据特征数据得到测量结果,通过实验研究可知,激光雷达测绘技术具有出色的测量精度,能够捕捉地形的微小细节和变化,从而为矿山规划和管理提供了可靠的数据基础,与传统测量方法相比,激光雷达不仅提高了测量的速度和效率,还提高了测量精度,有助于提高矿山作业质量。

[关键词] 激光雷达; 测绘技术; 矿山地形; 地形测量

中图分类号: P2 文献标识码: A

Accuracy Detection of Mine Topographic Survey Using Lidar Surveying Technology

Yubin Zhou

Yunnan Nonferrous Geological Bureau Team 312

[Abstract] Currently proposed mining terrain measurement methods exhibit limited information capture capabilities, resulting in imprecise surveying results. To address this issue, a new method for mining terrain measurement, based on laser radar surveying technology, is investigated. This study employs laser radar technology to detect pulse signals from mining terrains, designs a laser radar surveying system using laser emitters and signal processors, and employs fitting algorithms to derive mining terrain structural diagrams and output characteristic data. The research findings indicate that laser radar surveying technology offers outstanding measurement accuracy, capable of capturing minute terrain details and variations, thereby providing a reliable data foundation for mining planning and management. In comparison to traditional measurement methods, laser radar not only enhances measurement speed and efficiency but also improves measurement accuracy, contributing to the overall quality of mining operations.

[Key words] Laser radar; surveying technology; mining terrain; terrain measurement

引言

在矿山工程和资源管理领域,精确地形测量一直是一项重要任务,准确的地形数据对于矿山规划、开采、安全管理和环境保护都有关键性意义,传统的测量方法虽然有效,但其精确度和效率存在局限,特别是在复杂的地形和大规模矿山环境中,测量效果较差。

近年来,激光雷达技术已经崭露头角,成为矿山地形测量领域的一项革命性技术,激光雷达能够以非接触方式获取地形数据,并以卓越的精确度捕捉地形的各种细节,提高了矿山地形测量的准确率,因此本文深入探讨了激光雷达测绘技术在矿山地形测量中的应用,特别关注其精度的检测^[1]。

本文将探讨激光雷达技术的原理,以及该技术在矿山地形测量中的应用,并与传统测量方法进行实验对比。本研究将为矿

山地形测量领域的专业人员提供激光雷达技术的有效理论支撑,这将有助于改善矿山规划、安全管理和资源管理,并推动矿山行业朝着更好的方向发展。

1 基于激光雷达测绘技术矿山地形脉冲信号检测

1.1 激光雷达测绘系统

激光雷达测绘系统主要由激光发射器和信息处理器两部分组成,激光雷达测绘系统结构如下图1所示:

矿山地形测量中的激光发射器是激光雷达系统的核心组成部分,在矿山地形测绘中起到关键作用,用于发射激光脉冲,测量地面或物体的距离和形状,从而提供精确的地形数据^[2]。激光发射器中的激光二极管能产生高强度、短脉冲的激光束,当激光束的波长在可见光或近红外范围内时,在大多数地表材料上具有良好的反射特性,可以进行地形测量。发射器会以非常短的脉

冲间隔以高频率发射激光脉冲,每秒可以发射数百到数千次,这些脉冲的持续时间通常在纳秒或亚纳秒级别,高频率可以提高测量效率,确保地形数据的高时空分辨率。

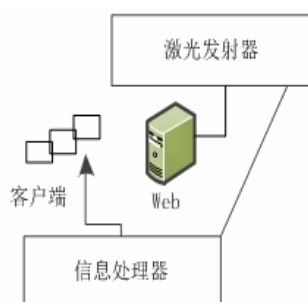


图1 激光雷达测绘系统结构

矿山地形测量中的激光信号处理器是激光雷达系统的关键组件,用于处理从激光雷达接收到的原始激光脉冲信号,信号处理器的任务是将这些原始数据转化为有用的地形信息,以便进行分析、可视化和决策制定。激光雷达系统通过发射激光脉冲并记录其返回时间来获取数据,这些返回脉冲的时间信息与光的传播时间成正比,用于计算地形或物体的距离。

激光信号处理器能够对原始数据进行处理,通过去除背景噪音、滤波、去除多次反射等操作,净化数据并提高测量精度,将不同位置和角度的激光脉冲数据进行配准,分析激光脉冲的特性,如波形、幅度和频率,以确定地面或物体的性质和特征,识别和提取特定地形特征,如山脉、山谷、坡度、水体、地质断层等,考虑激光雷达的位置和姿态信息后进行数据处理,处理后的数据可以用于创建可视化地形图、地形剖面图或三维地图,帮助用户更好地理解地形特征。激光信号处理器的性能对于矿山地形测量的质量和精度至关重要,它们能够将原始激光数据转化为有意义的地形信息,为矿山规划、资源管理和安全性提供了重要的数据支持^[3]。

1.2 脉冲信号检测

基于激光雷达测绘技术的矿山地形脉冲信号检测能够实现高精度、高分辨率的地形测量,以支持矿山规划、开采和环境管理。激光雷达系统将激光束发射到地面或目标物体上,然后接收反射的激光脉冲,通过测量激光脉冲的飞行时间,计算出目标物体的距离和高度信息。以点云的形式存储激光雷达生成的数据,其中每个点代表一个测量值,通过去除噪音、校正畸变以及将不同扫描位置的点云配准实现点云数据处理,获得整个测绘区域的一致性数据。通过处理点云数据,生成三维地图或模型,显示地面、建筑物、植被和其他物体的形状和位置,利用地图完成规划、工程设计、环境监测和其他应用。激光雷达系统通过向地面发送脉冲激光束并测量返回的反射信号来获取地形数据,激光脉冲的特性,如波长、脉宽和频率,对信号检测和解释起着关键作用。

2 拟合算法下的矿山地形结构图

本文在完成矿山地形测绘和分析后,利用拟合算法得到矿

山地形结构图。矿山地形结构图是一种图形化表示,用于呈现矿山地形的关键特征、地貌和地质结构,这些特征可能包括山脉、山谷、坡度、河流、岩层、矿床等,拟合算法是一种数学工具,根据采集到的数据点,拟合或近似地表示地形特征。在矿山地形测绘中,拟合算法可以应用于激光雷达数据、地形图像或地质测量数据,以识别和描述地形特征,拟合计算如公式(1)所示:

$$H_K = \frac{\sum_1^k \Gamma_i}{\sum_1^l \beta_i} \quad (1)$$

其中, Γ_i 表示矿山结构采集到的特征值; β_i 表示特征向

量。通过拟合算法于从原始数据中提取关键地形结构信息,主要包括地形曲线、地质断层、坡度等,确定矿山开采的最佳位置、识别潜在的地质风险和改进资源管理。根据地图、图表、三维模型或其他可视化工具呈现矿山地形结构图,这些图形化表示可以为矿山工程师、地质学家和决策者提供清晰的地形信息,帮助他们制定决策和规划策略。

3 基于特征分析的测绘数据差分处理

激光雷达提供高精度的地面高程数据,包括山脉、山谷、平原和坡度等地形特征的高程信息,计算坡度和坡向,分析地形的倾斜度和方向,生成地形剖面图,显示特定地点的地形特征和高程变化,判断地质结构,如断层、岩层、矿物含量、岩石类型等,识别水体,包括湖泊、河流和水库,以及相关的水文信息,根据信息生成高分辨率的数字地形模型或数字地表模型,通过模型反映地形的细节。除此之外,激光雷达还可以捕捉矿山内的建筑物、机械设备和基础设施,有助于管理和安全监测。

根据特征分析结果进行差分处理,处理过程如公式(2)所示:

$$S'(t) = S_i(t) + \Delta \delta_i(t) + \delta_i(t - t_0) \quad (2)$$

式中, $S'(t)$ 表示地形测量的距离, t 和 t_0 分别为观测位置与控制中心实际地理位置坐标。

采集原始测绘数据,例如GPS观测数据、激光雷达点云或地理信息系统(GIS)数据,在测绘区域内或周围设置一个或多个已知位置的基准站,使用高精度GPS接收器来定位,利用基准站连续记录GPS观测数据,包括GPS卫星信号的到达时间和其他信息,测绘工作中的移动设备(如GPS接收器、激光雷达设备)也会记录相应的GPS观测数据,包含来自卫星的信号信息以及来自可能存在的测量误差的信息,移动设备的采集数据和基准站的数据需要传输到一个数据处理中心,通过无线通信或物理存储介质传输,在数据处理中心,基准站的已知位置与移动设备的GPS观测数据进行比较,计算差分修正值,这些修正值校正了GPS信号的延迟和误差。得到的差分修正值将应用于移动设备的测量数据,从而提高其精度,这样,测绘数据将更准确地反映实际地理位置。

4 实验研究

选择适当的激光雷达设备,确定测量地点和方法,以及制定数据采集计划。使用激光雷达设备进行数据采集,获得原始激光脉冲数据。测量点的密度和采集范围会根据实验的设计和目的而有所不同,使用地面控制点或其他地面真实数据,验证激光雷达测量的精确性。为了验证激光雷达的精度,通常需要在测量区域内放置地面控制点,这些点的位置和高程已知,用来与激光雷达数据进行比对。选用传统的三维激光技术和数据分析技术进行实验对比,得到的信息捕捉度实验结果如下表1所示:

表1 信息捕捉度实验结果

实验次数	信息捕捉度/%		
	三维激光技术	数据分析技术	激光雷达技术
1	83.24	81.08	99.18
2	85.23	81.28	99.44
3	85.61	81.29	99.54
4	85.68	81.09	99.88
5	85.14	81.25	99.89

观察上表可知,在5次实验中,本文提出的基于测量激光雷达测绘技术的矿山地形测量方法信息捕捉度始终在99%以上,明显优于传统技术。

测绘精度实验结果如下图2所示:

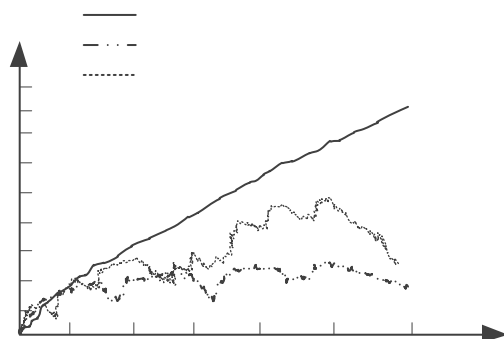


图2 测绘精度实验结果

根据上图可知,随着时间增加,本文提出的基于测量激光雷达测绘技术的矿山地形测量方法测绘精度在不断增加,当时间为4h时,测量激光雷达测绘技术精度为93.6%,三维激光技术测绘技术精度为95.5%,数据分析技术测绘技术精度为93.4%;当时间为8h时,测量激光雷达测绘技术精度为91.9%,三维激光技术测绘技术精度为92.8%,数据分析技术测绘技术精度为91.9%;当时间为12h时,测量激光雷达测绘技术精度为97.8%,三维激光技术测绘技术精度为92.1%,数据分析技术测绘技术精度为91.5%。由此可见,本文提出的基于测量激光雷达测绘技术的矿山地形测量方法测绘精度明显优于传统技术。

综上所述,激光雷达在矿山地形测量中具有极高的可行性,通过检测提供了重要的数据,有助于矿山工程师、地质学家和决策者了解激光雷达在实际应用中的性能,并在矿山规划和管理中提供重要的指导。

5 结束语

激光雷达测绘技术的应用于矿山地形测量已经引领了这一领域的进步,并为矿山工程、资源管理和环境保护提供了强大的工具。本文深入研究了这一技术的应用,特别关注了其在矿山地形测量中的精度和效率。激光雷达不仅提供了高度准确的地形数据,还改善了测量的速度和效率,它可以捕捉地形的微小细节,从山脉到河流,以及地质结构的复杂性,这种高精度数据为矿山规划、开采和管理提供了关键信息,有助于提高操作的安全性、生产效率和可持续性。然而,激光雷达技术的应用也面临一些挑战,包括数据处理的复杂性、设备成本和环境条件对设备性能的影响。未来需要不断改进技术和工作流程,以克服这些挑战,并进一步提高精度和应用范围。

[参考文献]

- [1]罗芬,刘明.基于激光雷达测绘技术在矿山地形测量中的精度研究[J].世界有色金属,2020(18):33-34.
- [2]曾祥凯.基于激光雷达测绘技术在矿山地形测量中的精度分析[J].世界有色金属,2020(1):31-32.
- [3]潘浩.基于地形特征的星载激光雷达回波仿真技术研究[D].辽宁大学,2023.