

基于激光雷达的地形测绘精度提升方法研究

李 杨

中化地质矿山总局吉林地质勘查院 吉林 长春 130000

摘 要：本文探讨了基于激光雷达的地形测绘精度提升方法。概述了激光雷达的基本原理、组成与分类及其在多个领域的应用。分析了影响激光雷达地形测绘精度的因素，包括激光雷达参数、扫描策略和环境因素等。针对这些因素，提出了提升测绘精度的方法，包括优化激光雷达参数、扫描策略、数据处理与算法优化以及在复杂地形环境下的测量策略。通过这些方法，可以有效提高激光雷达在地形测绘中的精度和效率，为城市规划、资源勘探等领域提供更准确的地形数据支持。

关键词：激光雷达；地形测绘；精度提升

1 激光雷达技术概述

1.1 激光雷达的基本原理

激光雷达的基本工作原理基于光的发射、传播、反射和接收过程。具体来说，激光雷达设备首先通过激光器发射一束或多束激光脉冲，这些脉冲通常是红外或近红外光，具有较高的能量和方向性。激光脉冲在空气中以光速传播，当遇到目标物体时，部分光能量会被反射回来，形成回波信号。激光雷达的接收器负责捕捉这些反射回来的激光脉冲。由于光速在空气中的传播速度是一个已知常数，因此通过测量激光脉冲从发射到接收的时间间隔，可以计算出光脉冲往返目标物体的距离。计算公式为：距离 = 光速×时间间隔/2。在实际应用中，为了提高测量精度，激光雷达通常还会采用其他技术手段，如相位调制、频率调制等，以获取更丰富的目标信息。激光雷达的另一个重要特点是能够获取目标物体的三维形状。这通常是通过在多个角度上发射和接收激光脉冲来实现的。通过扫描发射和接收装置，激光雷达可以构建出物体的完整三维轮廓，这对于地形测绘、三维建模等领域具有重要意义。激光雷达的测距精度和分辨率取决于多个因素，包括激光器的性能、接收器的灵敏度、数据处理算法等。在实际应用中，需要根据具体需求选择合适的激光雷达型号和参数，以确保测量结果的准确性和可靠性。

1.2 激光雷达的组成与分类

激光雷达系统通常由激光发射机、光学接收机、扫描系统、信息处理系统等关键部分组成。激光发射机负责产生高质量的激光脉冲，并将其发射到目标物体上。光学接收机则负责捕捉反射回来的激光脉冲，并将其转换为电信号进行处理。扫描系统用于改变激光束的发射方向，以实现目标物体的全方位扫描。信息处理系统

则负责接收、处理和分析来自光学接收机的信号，以获取目标物体的距离、速度、形状等信息。根据不同的分类标准，激光雷达可以划分为多种类型。按运载平台分，有手持式激光雷达、地面固定式激光雷达、车载移动式激光雷达、机载激光雷达、船载激光雷达、星载激光雷达等。这些不同类型的激光雷达适用于不同的应用场景和需求。例如，手持式激光雷达适用于小型物体的测量和建模，而机载激光雷达则适用于大规模地形测绘和城市规划等领域。按激光的发射波形分，激光雷达可以分为脉冲激光雷达和连续波激光雷达。脉冲激光雷达通过发射短暂的激光脉冲进行测量，适用于远距离和高精度的测量任务。连续波激光雷达则发射连续的激光束，并通过调制信号的频率或相位来获取目标信息，适用于需要实时跟踪和测量的场景^[1]。另外，根据激光介质的不同，激光雷达还可以分为固体激光雷达、气体激光雷达、半导体激光雷达等。这些不同类型的激光雷达在性能、成本和应用范围等方面存在差异。例如，固体激光雷达具有较高的稳定性和可靠性，适用于高精度测量任务；而气体激光雷达则具有较低的成本和较好的环境适应性，适用于大规模地形测绘等领域。激光雷达技术的快速发展为多个领域带来了革命性的变革。在自动驾驶领域，激光雷达作为重要的传感器之一，为车辆提供了高精度的环境感知能力，为自动驾驶的安全性和可靠性提供有力保障。在地形测绘领域，激光雷达技术能够快速、准确地获取地形数据，为城市规划、资源勘探等提供重要支持。

2 激光雷达的地形测绘精度的影响因素

2.1 激光雷达参数的影响

激光雷达参数是影响测绘精度的首要因素。激光雷达的性能参数包括激光波长、脉冲宽度、脉冲能量、扫

描速率、接收灵敏度等,这些参数直接影响激光雷达的测量能力和精度。激光波长是激光雷达的一个重要参数,它决定了激光束在空气中的传播特性和反射特性。不同波长的激光束在穿透大气层时受到的散射和吸收作用不同,因此,选择合适的激光波长对于提高测绘精度至关重要。一般来说,较短的波长(如可见光或近红外光)具有更高的方向性和分辨率,但容易受到大气散射的影响;而较长的波长(如红外光或微波)则具有较好的穿透性和抗干扰能力,但分辨率相对较低。脉冲宽度和脉冲能量决定了激光雷达的测量范围和深度。较宽的脉冲宽度和较高的脉冲能量可以增加激光雷达的测量距离和穿透能力,但同时也会增加噪声和干扰信号,降低测绘精度;在实际应用中需要根据测量需求选择合适的脉冲宽度和脉冲能量;扫描速率和接收灵敏度则影响激光雷达的数据采集效率和精度。较高的扫描速率可以加快数据采集速度,但可能会降低测量精度;而较高的接收灵敏度则可以提高信号的接收能力,减少噪声干扰,从而提高测绘精度。

2.2 扫描策略的影响

扫描策略是激光雷达地形测绘中的另一个重要因素。扫描策略包括扫描速度、扫描角度、扫描分辨率等,这些因素直接影响激光雷达的测量范围和精度。扫描速度决定了激光雷达在单位时间内能够测量的数据量。较快的扫描速度可以加快数据采集速度,但可能会降低测量精度,因为较快的扫描速度可能导致激光束在目标物体上的停留时间缩短,从而减少反射信号的采集量;扫描角度和扫描分辨率则影响激光雷达的测量范围和细节捕捉能力。较大的扫描角度可以增加测量范围,但可能会降低测量精度,因为较大的扫描角度可能导致激光束在目标物体上的投影面积增大,从而增加测量误差。而较高的扫描分辨率则可以提高细节捕捉能力,但可能会增加数据量和处理时间^[2]。

2.3 环境因素的影响

环境因素包括大气条件、地形特征、植被覆盖等,这些因素会影响激光束的传播和反射特性,从而影响测绘精度。大气条件如温度、湿度、气压等会影响激光束的传播速度和方向性,从而影响测绘精度。例如,高温和高湿条件可能导致激光束在空气中的散射和吸收增加,从而降低测量精度。另外,大气中的悬浮颗粒和污染物也可能对激光束产生散射和吸收作用,进一步影响测绘精度;地形特征如坡度、坡向、地形起伏等也会影响激光雷达的测量精度。例如,在陡峭的山坡上,激光束可能受到地形起伏的影响而产生偏差;在平坦的平原

地区,激光束则可能受到地面反射的影响而产生干扰信号。在实际应用中需要根据地形特征选择合适的扫描策略和处理方法;植被覆盖是另一个重要的环境因素。植被的密度、高度和种类等会影响激光束的穿透能力和反射特性。例如,密集的植被可能会阻挡激光束的传播路径;而稀疏的植被则可能使激光束穿透并到达地面。另外,植被的生长状态和季节变化也可能对测绘精度产生影响。

3 基于激光雷达的地形测绘精度提升方法

3.1 激光雷达参数的优化

激光雷达的参数包括激光波长、脉冲宽度、脉冲频率、扫描速率、接收灵敏度等。这些参数的选择直接决定了激光雷达的测量能力和精度。第一,激光波长的选择对测绘精度有重要影响。不同的激光波长在大气中的传播特性和反射特性不同。一般来说,红外或近红外波段的激光具有较好的穿透性和抗干扰能力,适合用于地形测绘。在选择激光波长时,需要综合考虑大气吸收、散射以及目标物体的反射特性,以确保激光束能够准确到达目标并有效反射回来。第二,脉冲宽度和脉冲频率的优化也是提高测绘精度的关键。脉冲宽度决定了激光束在目标物体上的作用时间,进而影响测量精度。较窄的脉冲宽度可以提供更高的时间分辨率,从而提高测量精度。过窄的脉冲宽度可能会导致激光束的能量不足,影响测量距离;在选择脉冲宽度时,需要在保证测量距离的前提下,尽可能选择较窄的脉冲宽度。脉冲频率则决定了单位时间内激光束的发射次数,从而影响数据采集速度。较高的脉冲频率可以加快数据采集速度,但可能会增加噪声和干扰信号;在选择脉冲频率时,需要综合考虑数据采集速度和测量精度;第三,接收灵敏度的优化也是提高测绘精度的重要手段。接收灵敏度决定了激光雷达系统对微弱信号的接收能力。较高的接收灵敏度可以提高信号的接收效率,从而减少噪声干扰,提高测量精度。然而,过高的接收灵敏度也可能导致系统对噪声信号过于敏感,增加数据处理的难度^[3]。因此,在优化接收灵敏度时,需要在保证信号接收效率的前提下,尽可能避免噪声干扰。

3.2 扫描策略的优化

扫描策略包括扫描速度、扫描角度、扫描分辨率等参数的设置。扫描速度的优化可以提高数据采集效率,但过快的扫描速度可能会降低测量精度。在选择扫描速度时,要综合考虑数据采集速度和测量精度。一般来说,对于地形复杂或细节丰富的区域,需要选择较慢的扫描速度,以确保能够捕捉到更多的地形特征;扫描角

度的优化可以扩大测量范围,但过大的扫描角度可能会导致激光束在目标物体上的投影面积增大,增加测量误差。对于平坦的地形区域,可以选择较大的扫描角度;而对于陡峭的山坡或复杂的城市地形,则需要选择较小的扫描角度;扫描分辨率决定了激光雷达系统对地形特征的捕捉能力。较高的扫描分辨率可以捕捉到更多的地形细节,但也会增加数据量 and 处理时间;在设置扫描分辨率时,需要根据测量需求和目标物体的特点进行选择^[4]。对于需要高精度测量的区域,如城市复杂建筑区、山地崎岖地形等,应选择较高的扫描分辨率,以充分捕捉地形细节,确保测绘结果的准确性。而对于平坦开阔、地形变化不大的区域,如平原、草原等,可适当降低扫描分辨率,以减少数据量 and 处理时间;在实际测绘过程中,应根据地形特征和测量需求,合理规划扫描路径,确保激光束能够全面、均匀地覆盖目标区域。对于地形复杂或障碍物较多的区域,可采用多路径、多角度的扫描方式,以减少盲区,提高测绘精度。

3.3 数据处理与算法优化

激光雷达测量产生的原始数据包含大量的冗余信息和噪声,需要通过有效的数据处理算法进行滤波、去噪、配准和拼接等处理,以获取准确的地形信息。在数据处理过程中,滤波算法的选择对测绘精度有重要影响。滤波算法的目的是去除原始数据中的噪声和冗余信息,保留有用的地形特征。常用的滤波算法包括均值滤波、中值滤波、高斯滤波等。然而,这些滤波算法在去除噪声的同时,也可能会对地形特征产生一定的平滑作用,降低测量精度;配准算法用于将不同扫描位置的数据进行对齐,确保数据的连续性;拼接算法则将多个扫描区域的数据进行合并,形成完整的地形图。配准和拼接算法的精度直接影响到最终测绘结果的准确性。在实际应用中,需要选择高精度的配准和拼接算法,并进行参数优化,以提高测绘精度。在算法优化方面,近年来,机器学习和深度学习等人工智能技术的发展为激光雷达数据处理提供了新的思路和方法。通过训练深度学习模型,可以实现对地形特征的自动识别和提取,提高测绘精度和效率;机器学习算法还可以根据历史数据和

先验知识,对测绘结果进行智能修正和优化,进一步提高测绘精度。

3.4 复杂地形环境下的测量策略

在复杂地形环境下进行激光雷达测绘时,需要采取针对性的测量策略,以确保测绘结果的准确性。对于地形复杂或障碍物较多的区域,如山地、森林、城市建筑群等,应采用多站点、多角度的测绘方式,以减少盲区,提高测绘精度。同时,应根据地形特征和测量需求,选择合适的扫描参数和扫描路径,确保激光束能够全面、均匀地覆盖目标区域;在植被茂密或地形起伏较大的区域,激光束可能受到植被遮挡或地形影响,导致测量精度降低^[5]。针对这种情况,可采用穿透性较强的激光波长,如红外或近红外光,以提高激光束的穿透能力。可采用多光谱成像等技术手段,结合激光雷达数据进行融合处理,以获取更丰富的地形信息。在复杂地形环境下进行测绘时,还需注意安全防护和环境保护。在测绘过程中,应严格遵守相关安全规定,确保人员和设备的安全。

结束语

综上所述,基于激光雷达的地形测绘精度提升方法对于提高地形测绘的准确性和可靠性具有重要意义。随着激光雷达技术的不断发展和完善,其在地形测绘领域的应用前景将更加广阔。未来,将继续深入研究激光雷达技术的优化方法,探索更高效、更准确的地形测绘手段,为相关领域的研究和实际应用提供更有力的支持。

参考文献

- [1]赵慧莉,李华明.基于激光雷达技术的高精度地形测绘方法研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(3):18-24.
- [2]韩浩,许秋芳.激光雷达技术在地形测绘中的应用现状与发展趋势[J].地理信息科学,2023,26(2):67-73.
- [3]谢学政.激光雷达测绘技术在矿山地形测量中的精度探讨[J].世界有色金属,2023(23):115-117.
- [4]郝祥侠.激光雷达测绘技术在矿山地形测量中的精度探讨[J].西部资源,2022(04):72-74.
- [5]彭鑫.基于激光雷达技术的矿山测量工程数字化系统设计与应用[J].世界有色金属,2021(06):19-20.