

基于移动激光扫描的地下管线快速定位

雷鹏飞

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i2.5180

[摘要] 本论文深入研究了基于移动激光扫描的地下管线快速定位技术。详细介绍了激光扫描的基本原理、移动系统的组成、数据采集与处理流程以及定位精度分析。通过对地下管线特征的分析,探讨了材质、直径、深度、地表覆盖等因素对激光扫描的影响。系统设计与实现部分聚焦于设备选型、系统集成、数据采集软件开发和实验场景准备,以确保系统在复杂地下环境中的可靠性。深入研究了地下管线快速定位算法,包括数据处理、特征提取、定位精度优化和实时定位。

[关键词] 移动激光扫描; 地下管线; 定位技术

中图分类号: TN953+.7 **文献标识码:** A

Rapid location of underground pipelines based on mobile laser scanning

Pengfei Lei

Xinjiang Corps Survey and Design Institute Group Co., Ltd

[Abstract] This paper deeply studies the rapid positioning technology of underground pipelines based on mobile laser scanning. The basic principles of laser scanning, the composition of mobile systems, data acquisition and processing processes, and the analysis of positioning accuracy are introduced in detail. Through the analysis of the characteristics of underground pipelines, the influence of material, diameter, depth, ground cover and other factors on laser scanning is discussed. The system design and implementation part focuses on equipment selection, system integration, data acquisition software development, and experimental scenario preparation to ensure the reliability of the system in complex underground environments. The rapid positioning algorithm of underground pipelines is deeply studied, including data processing, feature extraction, positioning accuracy optimization and real-time positioning.

[Key words] mobile laser scanning; underground pipelines; Positioning technology

引言

地下管线的准确定位对城市基础设施的管理至关重要。本文旨在深入研究基于移动激光扫描的地下管线快速定位技术,以解决传统方法在准确性和效率上的限制。介绍激光扫描的基本原理及移动系统的组成,为后续深入探讨奠定基础。通过对地下管线特征的分析,探讨不同因素对激光扫描定位的影响,为系统设计提供理论支持。系统设计与实现部分关注设备选型、系统集成、软件开发和实验场景准备,确保系统在复杂地下环境中的可靠性。

1 移动激光扫描技术原理

1.1 激光扫描基本原理

激光扫描基本原理是建立在激光测距原理的基础上。激光器发射一束激光束,这是一种高度定向、单色、相干的光。这些激光束通过扫描装置进行精确的水平和垂直扫描。扫描装置的运动使得激光束在地面上形成连续的点或线,覆盖整个扫描区

域。在扫描过程中,激光束照射到地面,与地面物体相互作用。地面上的物体会反射激光束,并这些反射光线会被接收器捕捉到。通过测量激光束从发射到接收的时间,可以计算出激光在空气中传播的距离^[1]。由于光速是已知的,测得的时间差可以转化为准确的地面距离信息。

1.2 移动激光扫描系统组成

激光扫描系统是一个包括激光器、扫描装置、接收器、控制系统和定位模块的综合性技术体系。激光器作为核心组件产生高能激光束,而扫描装置则精确控制激光在地面的扫描,确保全面而准确的数据采集。接收器捕捉激光反射信号,控制系统负责智能化协同各组件工作,确保系统的稳定性和可靠性。定位模块通过精确的空间坐标匹配,实现激光采集点与地理坐标的对应。这些组件的协同操作使激光扫描系统能够高效、精确地获取地下管线的三维信息,为基础设施管理提供了强大的工具。

1.3 数据采集与处理流程

数据采集在激光扫描技术中扮演着关键角色,分为激光扫描和接收反射信号两个主要步骤,形成丰富的点云数据。随后的数据处理流程至关重要,包括去噪、滤波、配准和坐标转换。去噪操作旨在消除原始数据中的干扰噪声,而滤波则通过平滑表面提高数据一致性。配准步骤确保多个扫描位置的点云在同一坐标系下匹配,减少数据冗余^[2]。坐标转换配准后的点云数据转换到实际地理坐标系,实现准确地定位。通过这一数据处理流程,激光扫描系统生成高质量的地面特征点云,为地下管线的准确定位提供了可靠的数据基础,同时为后续分析和可视化提供了丰富而准确的信息。

1.4 定位精度分析

定位误差在激光扫描技术中涉及多个因素,其中包括激光扫描精度、设备误差以及地形影响。激光扫描精度直接关系到采集的点云数据准确性,而设备误差则涉及激光器、扫描装置和接收器的制造和使用中的不可避免的误差。地形影响方面,复杂的地形条件可能导致不均匀反射,进而影响定位精度。为了深入了解系统在不同条件下的性能,实验和模拟分析是必要的手段。通过模拟不同地形条件和测量实际定位结果,可以全面评估定位误差的来源。为提高定位精度,改进方法包括提升激光扫描设备的精度和稳定性,优化算法以减小误差,并在设计中充分考虑地形因素。通过这些改进,可有效减小定位误差,提高激光扫描技术在地下管线定位中的可靠性和准确性。

2 地下管线特征分析

2.1 地下管线材质与直径的影响

地下管线的材质和直径对激光扫描的影响至关重要。不同材质的管线在激光扫描过程中会呈现不同的反射特性,这直接影响扫描信号的质量和清晰度。金属管线可能具有较高的反射率,而混凝土或塑料管线则可能具有较低的反射率。了解管线的材质有助于调整激光扫描参数以获取更准确的数据。另一方面,管线的直径也对激光扫描的敏感度和分辨率产生显著影响。对于小直径管线,激光束需要更高的分辨率以有效捕捉细小的特征。较大直径的管线可能对激光束的散射有不同的响应,因此需要根据管线直径调整扫描参数,以确保扫描数据的准确性和完整性。

2.2 地下管线深度与地表覆盖的关系

地下管线的深度与地表覆盖之间确实存在密切关系,这关系着激光扫描的穿透性和数据获取的质量。深埋的管线相对于地表覆盖较深,因此受到的外部干扰相对较小,激光扫描信号相对较稳定。对于浅埋或暴露在地表的管线,地表覆盖直接影响激光扫描的穿透性,导致信号质量下降。在实际应用中,需要充分考虑深度和地表覆盖的关系,以确定最适合的激光扫描参数和算法。对于深埋管线,可以选择较大的扫描范围和穿透力较强的激光器,以确保数据质量。而对于浅埋或暴露的管线,可能需要调整扫描参数,如降低激光功率或增加扫描密度,以克服地表覆盖对激光穿透性的影响。

2.3 地下环境对激光扫描的干扰因素

地下环境的复杂性确实是激光扫描中潜在的干扰因素。各种环境因素如土壤类型、地下水位和植被覆盖等可能对激光扫描的效果产生直接或间接的影响。这些因素的考虑对于准确地定位地下管线至关重要。土壤类型可能导致激光的反射率和吸收率变化,影响激光扫描的信号质量^[3]。地下水位的高低可能会改变地下管线周围的介质,从而改变激光在地下的传播特性。植被覆盖可能会阻碍激光束的穿透,导致遮挡和影响扫描信号的强度。

3 移动激光扫描系统设计与实现

3.1 设备选型与配置

根据地下管线特征的分析,选择适当波长和功率的激光器至关重要。激光器的波长直接关系到激光在不同材质下的穿透性和反射率,而功率则影响激光的扫描范围和信号强度。确保所选激光器能够在地下环境中获得清晰、准确的扫描数据。选择具有高分辨率和精准控制能力的扫描装置。高分辨率有助于捕捉细微的地下管线特征,而精准的控制能力确保扫描过程的精确性。考虑到地下管线可能具有复杂的几何形状,扫描装置需要能够灵活调整扫描角度和方向。

3.2 系统集成与校准

在移动激光扫描系统设计初期,关键设备的仔细选型和配置是确保系统成功实现目标的关键一步。在这个阶段,首先选择适当波长和功率的激光器,以及高分辨率和精准控制能力的扫描装置,根据地下管线特征的分析 and 定位要求。确保各组件的兼容性,并进行合理配置,以满足系统设计的需求。这个阶段的正确选择和配置为后续系统集成奠定了坚实的基础。选定的设备进行组装和连接,包括硬件和软件的安装与配置。硬件的组装要求精准连接各组件,确保物理和电气连接的正确性。

3.3 数据采集软件开发

在激光扫描系统设计的过程中,专门开发数据采集软件是确保系统操作的顺畅和高效的重要环节。该软件首先应具备高效的数据采集功能,能够控制激光器、扫描装置和接收器,实时获取和记录扫描数据。这确保了系统能够在操作中准确地捕捉地下管线的特征,为后续的定位提供可靠的数据基础。软件还应包括实时监控功能,让用户能够在操作过程中即时观察激光扫描的进行,包括激光束的位置、扫描装置的运动状态等信息^[4]。这有助于用户了解系统的实时状态,及时发现任何可能的异常情况。

3.4 实验场景选择与准备

在激光扫描系统设计完成后,进入实地测试阶段是保证系统性能和可靠性的关键步骤。在这个阶段,选择适当的实验场景至关重要,以模拟地下管线的不同特征和系统设计的目标。通过选择具有代表性的场景,系统能够在真实环境中面对各种挑战,验证其适用性和可行性。这有助于在实际应用中更好地了解系统在不同条件下的表现。为了确保实地测试的有效性,必须在测试之前进行充分的场景准备工作。清理工作区是为了避免任何

可能影响激光扫描的障碍物或杂物。必须制定和实施必要的安全措施,以确保测试过程中的安全性。这为一个安全、顺利的实验过程奠定了基础。

4 地下管线快速定位算法研究

4.1 数据处理与特征提取算法

在地下管线快速定位算法研究的数据处理与特征提取阶段,重点集中于从激光扫描生成的点云数据中提取地下管线相关信息的算法设计。此阶段的核心任务包括有效的去噪和滤波,以确保点云数据的质量,同时通过特征提取算法从中识别地下管线的形状、方向和位置等特征。这一步骤至关重要,因为它直接影响系统对地下管线的准确识别和后续定位过程的稳定性。通过充分考虑数据处理和特征提取,系统得以更好地理解地下管线的形态,为后续定位算法提供可靠的输入,从而为激光扫描系统在复杂地下环境中高效运行提供了关键支持。

4.2 定位精度优化算法

在地下管线快速定位算法研究的定位精度优化阶段,着眼于提升激光扫描系统在实际应用中的地下管线定位精度。通过设计算法,涵盖多方面的优化策略,包括参数调整、扫描路径优化、设备误差校正和多传感器融合等。这些优化措施的目标是通过综合考虑多个因素,使地下管线的定位结果更为准确和稳定。通过精确调整系统参数、优化扫描路径设计,并采用设备误差校正和多传感器融合的方法,致力于提高整个激光扫描系统在实际应用中的性能。这一研究阶段的成果为系统在复杂的地下环境中实现高精度的管线定位提供有力的支持。

4.3 实时定位算法设计

在地下管线快速定位算法研究的实时定位算法设计阶段,焦点集中于设计能够实时运行的算法,以满足实际工程对于实时性的迫切需求。算法的设计考虑了激光扫描系统在移动过程中需要不断产生新数据的特殊需求。为此,研究着重保证算法具备高效的计算能力,采用并行计算和优化算法结构等方式提高计算效率,以确保在短时间内处理大量激光扫描数据^[5]。算法注重低延迟,确保系统能够在接收到新的激光扫描数据时及时更新地下管线的位置信息。考虑到系统在移动过程中可能面临的

环境变化和不确定性,算法具备一定的鲁棒性,以适应不同工程场景。

4.4 算法性能评估与比较

在地下管线快速定位算法研究的最后阶段,进行算法性能评估与比较是至关重要的。通过实验数据验证所提出的算法,确保其在真实场景中的可靠性和有效性。在性能评估中,关注算法的准确性、鲁棒性和计算效率等多个方面指标,以全面了解其在不同条件下的表现。着眼于应用场景适用性,分析算法在不同环境和地下管线类型下的适用性,为选择最合适的算法提供依据。

5 结语

本文旨在探讨基于移动激光扫描的地下管线快速定位技术。详细介绍了激光扫描基本原理和移动系统的构成,包括数据采集与处理流程以及定位精度分析。对地下管线特征展开分析,考察了材质、直径、深度、地表覆盖等因素对激光扫描的影响。系统设计与实现部分深入讨论了设备选型、系统集成、数据采集软件开发和实验场景准备。地下管线快速定位算法的研究涵盖了数据处理、特征提取、定位精度优化和实时定位等方面,并进行了算法性能评估与比较。

[参考文献]

- [1]马顺利.基于激光扫描的地下管线变形区域检测方法[J].北京测绘,2023,37(5):801-806.
- [2]胡玉祥,赵亚波,张洪德,等.移动三维激光扫描系统在地下隧道工程病害检测中的应用[J].测绘与空间地理信息,2022,45(12):230-232.
- [3]重庆大学.一种基于激光雷达扫描匹配算法的机器人定位方法:CN201810783877.0[P].2018-12-28.
- [4]许鹏,李丰翔,杨春光.基于移动车载激光扫描系统的大比例尺地形图成果质量检验[J].测绘与空间地理信息,2023,46(5):152-155.
- [5]王晓,蒋磊,葛淑伟,等.基于激光扫描的室内定位系统的设计与研究[J].电子测量技术,2023,46(7):192-198.