

地面三维激光扫描技术在地质灾害监测中的应用研究

赖金富 任 越 赖衍荣

长江三峡勘测研究院有限公司(武汉) 湖北 武汉 430074

摘要: 本文探讨了地面三维激光扫描技术在地质灾害监测中的应用。该技术以其高精度、高效率和非接触性测量特点,在地质灾害的预防与监测中展现出显著优势。文章首先介绍了三维激光扫描技术的基本原理和特点,随后详细分析了该技术在地质灾害监测中的具体应用,包括数据采集、处理、模型构建及预警等方面的内容,最后对该技术的应用前景进行了展望。

关键词: 地面三维激光扫描;地质灾害监测;数据采集

引言

地质灾害,如滑坡、泥石流、地面塌陷等,对人类社会造成了巨大的经济损失和人员伤亡。为了有效预防和减轻这些灾害的影响,地质灾害监测技术显得尤为重要。近年来,地面三维激光扫描技术作为一种新兴的测量技术,以其高精度、高效率和非接触性的特点,在地质灾害监测领域得到了广泛应用。

1 地面三维激光扫描技术概述

地面三维激光扫描技术是一种通过高速激光扫描测量的方法,能够快速、准确地获取被测对象表面的高精度三维坐标数据。该技术基于激光测距原理,通过激光扫描仪发射激光束并接收反射回来的激光,从而计算出目标物体的三维坐标。地面三维激光扫描系统具有高精度、高分辨率、非接触性测量等优点,能够在短时间内获取大量的空间点云数据,为后续的数据处理和分析提供了丰富的信息。

2 地面三维激光扫描技术在地质灾害监测中的应用

2.1 数据采集

地面三维激光扫描技术在地质灾害监测中的技术引入,彻底改变了传统地质灾害数据获取的方式,大大提高了数据采集的效率和精度。在地质灾害监测的现场,地面三维激光扫描技术能够快速、准确地采集灾害区域的三维数据。这一过程中,关键的一步是在不同位置合理设置测站。测站的选择需要综合考虑扫描范围、角度和障碍物等多方面因素,以确保能够全方位、无死角地对灾害区域进行扫描。扫描过程中,地面三维激光扫描仪会发射激光束,并通过接收反射回来的激光信号,精确计算出目标物体的三维坐标。这种非接触性的测量方式,不仅减小了传统测量方法中存在的人为误差,还能在复杂或危险的环境中安全、高效地完成数据采集工作。采集到的点云数据是地质灾害监测中的宝贵信息。

这些数据以三维坐标的形式,真实、详尽地反映了灾害现场的地形地貌、建筑物、构筑物的形态等关键信息。与传统的二维数据相比,三维点云数据提供了更为丰富、直观的空间信息,为后续的地质灾害分析、模型构建和预警系统的建立奠定了坚实基础。地面三维激光扫描技术以其快速数据采集特点,能够在短时间内覆盖大面积的灾害区域,对于及时捕捉地质灾害的动态变化、评估灾害影响范围具有重要意义^[1]。



图1 三维激光扫描过程中

2.2 数据处理与分析

在地质灾害监测中,数据处理与分析是地面三维激光扫描技术流程中的关键环节。采集到的原始点云数据包含了大量的信息,同时也可能夹杂着噪声和非目标物体的数据,因此必须经过精细的处理和分析,才能提取出有价值的信息。数据处理的的第一步是预处理,这一阶段主要目的是过滤点云数据中的噪声和异常值。由于扫描过程中由于空气杂质、相邻物体太近出现的衍射等问题,数据中会存在一些明显偏离真实值的点,这些点需要通过统计方法或空间滤波技术进行剔除。接下来是滤波处理,滤波的目的是从原始点云数据中分离出地面点和非地面点,这对于后续的地形建模和地物分类至关重要。

要。常用的滤波方法包括基于高程阈值的滤波、基于坡度的滤波以及更复杂的形态学滤波等。通过这些滤波方法，可以有效地将地面点与建筑物、植被等非地面点区分开来。数据分类是另一个重要步骤，分类的目的是将点云数据中的不同物体进行区分，如建筑物、道路、植被等。这通常涉及到机器学习和模式识别技术，如聚类分析、支持向量机等。通过数据分类，可以更准确地识别地质灾害中的不同要素，进而分析它们之间的空间关系和相互作用。例如，在滑坡监测中，通过比较不同时间点的点云数据，可以分析滑坡体的位移、形变和速度等参数，从而预测滑坡的发展趋势和可能的影响范围。利用处理后的点云数据，还可以构建数字高程模型（DEM）和数字表面模型（DSM）。这些模型能够直观地展示地质灾害区域的地形地貌和地表覆盖情况，有助于揭示地质灾害的形态特征和演变规律^[2]。例如，在泥石流灾害中，通过DEM可以分析沟谷的形态特征，预测泥石流的运动路径和堆积范围；而DSM则可以提供更详细的地表信息，如建筑物的分布、植被的覆盖情况等。

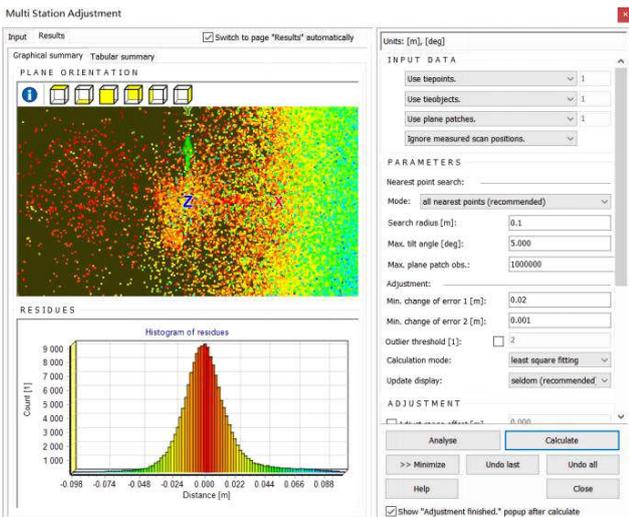


图2 点云数据的处理及分析

2.3 模型构建与可视化

地面三维激光扫描采集和处理后的点云数据在地质灾害监测中为构建高精度三维模型提供了坚实基础。基于这些数据，可以构建出详尽的地质灾害三维模型，这一模型不仅具备高度的几何精度，还能真实地反映灾害区域的复杂地形和地貌特征。模型构建的过程始于对点云数据的精细处理。在确保数据质量的基础上，利用专业的三维建模软件，如AutoCAD Civil 3D、SketchUp或Blender等，根据点云数据生成三维网格或实体模型。这一过程中，需要考虑模型的分辨率、精度和细节层次，以确保模型既能准确反映实际地形，又能在可视化时保

持良好的渲染性能。构建完成的三维模型不仅为专业人员提供了直观的分析基础，还能够更深入地理解地质灾害的形态、规模和影响范围。例如，在滑坡灾害中，通过三维模型可以清晰地观察到滑坡体的空间形态、滑动面和滑动方向，这对于评估滑坡的稳定性和预测其发展趋势至关重要。此外，三维可视化技术在模型展示方面发挥着关键作用。通过将三维模型导入到可视化平台或虚拟现实环境中，可以以更加直观、易懂的方式呈现给决策者和公众。这种可视化不仅增强了信息的传递效率，还使得非专业人员也能快速理解地质灾害的严重性和紧迫性。三维可视化技术还支持交互式操作，如旋转、缩放和平移等，使得用户可以从多个角度观察和分析地质灾害模型。

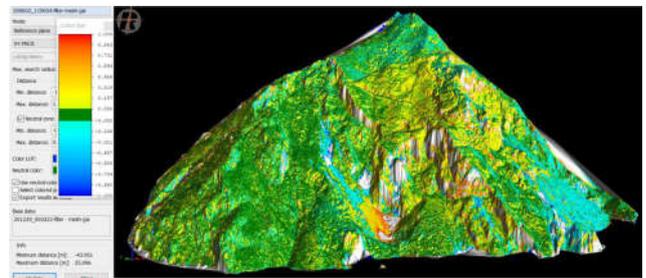


图3 两期扫描成果的DEM对比分析图

2.4 预警与决策支持

地面三维激光扫描技术在地质灾害预警与决策支持方面扮演着至关重要的角色。这一技术不仅提供了高精度的三维数据，而且其实时性和准确性使得它在地质灾害预警系统中具有显著优势。在地质灾害预警方面，地面三维激光扫描技术通过定期或不定期的扫描，持续监测地质灾害区域的动态变化。这些数据与历史数据进行对比分析，能够揭示出微小的地形变化或结构移动，从而及时发现潜在的灾害风险。例如，在岩石滑坡或地面沉降等灾害发生前，地面形态的微小变化都能被这一技术精确捕捉。预警系统的核心在于快速响应和准确判断，地面三维激光扫描技术提供的数据，结合先进的数据分析算法，能够迅速识别出异常模式，如地面的突然沉降或岩石的加速移动等，这些都是灾害即将发生的明确信号。一旦监测到这些异常，预警系统可以立即启动，通知相关部门和居民采取必要的防范措施。在决策支持方面，地面三维激光扫描技术为政府和相关机构提供了科学的决策依据。基于这一技术获取的高精度三维数据，决策者能够更准确地评估灾害的潜在影响，包括可能影响的区域、灾害的规模和可能造成的损失等。这些数据和结果分析为制定灾害应对计划提供了坚实的基础^[3]。地面三维激光扫描技术在地质灾害预警与决策支持

中发挥着举足轻重的作用。它不仅提高了预警系统的敏感性和准确性，还为决策者提供了宝贵的科学数据，有助于制定更加精准、有效的灾害应对策略。

3 应用中的挑战与对策

3.1 数据处理的复杂性

地面三维激光扫描技术在地质灾害监测中虽为灾害预警和决策提供了宝贵的数据支持，但同时也面临着数据处理的复杂性挑战。由于该技术能够获取海量的点云数据，这些数据不仅包含了灾害现场的地形地貌信息，还可能包含大量的冗余和噪声数据。因此，如何高效、准确地处理这些数据，成为了技术应用中的一大难题。首先，点云数据的处理对计算机硬件有着较高的要求。庞大的数据量意味着需要高性能的计算机来支持数据的存储、读取和计算。为了应对这一挑战，可以采用高性能计算机，并配备大容量的存储设备，以确保数据处理的流畅进行。其次，点云数据的处理软件也是关键，专业的点云处理软件能够提供更高效、更精确的数据处理算法，从而加速数据处理的过程并提高结果的准确性。因此，在选择软件时，应注重其专业性和适用性，确保软件能够满足地质灾害监测数据处理的需求。此外，数据处理过程中涉及的去噪、配准、分割等步骤，需要操作人员具备良好的专业知识和技能。为了确保数据处理的准确性和可靠性，必须对操作人员进行专业的培训。

3.2 扫描环境的限制

在地质灾害监测中，地面三维激光扫描技术的应用有时会受到扫描环境的限制。特别是在某些复杂或恶劣的地质条件下，如茂密的森林区域或陡峭的山坡地带，扫描设备的操作难度会增加，进而可能影响数据的采集质量和准确性。为了克服这些限制，可以采取以下对

策：一是选择合适的扫描设备：针对不同地质环境的特点，应精心选择适合的扫描设备。例如，在茂密森林区域，可能需要选择具有更强穿透能力的扫描仪，以减少树叶和树枝对激光束的阻挡。对于陡峭山坡地带，则可能需要选用更轻便且稳定的扫描设备，以便于在复杂地形中灵活操作。同时，根据环境的具体情况调整扫描参数，如激光发射频率和扫描速度等，也是提升数据采集质量的关键。二是结合其他监测技术：在面临极端复杂的地质环境时，单一使用地面三维激光扫描技术可能难以获取全面准确的数据。因此，结合其他地质监测技术进行综合分析显得尤为重要。

结语

地面三维激光扫描技术在地质灾害监测中展现出了巨大的潜力和应用价值。该技术不仅提高了地质灾害监测的精度和效率，还为灾害预警和决策支持提供了有力的数据支撑。随着技术的不断进步和应用领域的拓展，地面三维激光扫描技术将在地质灾害监测中发挥更加重要的作用。未来，可以进一步探索该技术与其他监测技术的融合应用，以构建更加完善、高效的地质灾害监测体系。

参考文献

- [1]李冠,张立伟.三维激光扫描技术在地质灾害调查中的应用研究[J].城市勘测,2021(01):205-208.
- [2]蒋霖,蒋文凯,苏成杰.基于三维激光扫描技术的单体地质灾害监测方法与实践[J].大众科技,2021,23(07):8-10+17.
- [3]郭显铭.三维激光扫描测绘在地质灾害治理中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2022(01):168-170.