

机载 LiDAR 在地质灾害应急测绘中的应用研究

何喜玲

广西天蓝工程技术有限责任公司, 广西 南宁 530000

DOI: 10.61369/ERA.12255

摘 要： 地质灾害呈现出突发性较强、破坏性较大、影响范围较广等特性，对人民生命财产安全以及社会经济发展构成了严重威胁，于地质灾害应急测绘工作中，快速且精准地获取灾情信息乃是开展应急救援以及灾后重建工作的关键所在，本文全面且详细地阐述了机载 LiDAR 技术的基本原理、特点以及其于地质灾害应急测绘之中的应用情况，剖析了地质灾害应急测绘所面临的需求与挑战，探讨了机载 LiDAR 在数据采集、灾害识别、地形变化分析等具体运用，提出了优化与改进的方向。研究显示，机载 LiDAR 技术在地质灾害应急测绘方面有一定优势，可切实提升灾害应急响应的效率与精度，为防灾减灾工作给予科学依据。

关 键 词： 机载 LiDAR；地质灾害；应急测绘；地形变化；数据融合

Research on the Application of Airborne LiDAR in Geological Disaster Emergency Mapping

He Xiling

Guangxi Tianlan Engineering Technology Co., Ltd. Nanning, Guangxi 530000

Abstract: Geological disasters present characteristics such as strong suddenness, great destructiveness, and wide impact range, posing a serious threat to people's life and property safety as well as socio-economic development. In the emergency mapping work of geological disasters, quickly and accurately obtaining disaster information is the key to carrying out emergency rescue and post disaster reconstruction work. This article comprehensively and detailedly expounds the basic principles, characteristics, and application of airborne LiDAR technology in geological disaster emergency mapping, analyzes the needs and challenges faced by geological disaster emergency mapping, explores the specific applications of airborne LiDAR in data collection, disaster identification, terrain change analysis, etc., and proposes directions for optimization and improvement. Research shows that airborne LiDAR technology has certain advantages in emergency mapping of geological disasters, which can effectively improve the efficiency and accuracy of disaster emergency response and provide scientific basis for disaster prevention and reduction work.

Keywords: airborne LiDAR; geological hazards; emergency mapping; terrain changes; data fusion

地质灾害属于全球普遍存在的自然灾害类型，包含滑坡、泥石流、崩塌等，这类灾害有突发性与破坏性，对社会经济发展以及人民生命财产安全产生严重威胁，地质灾害发生之后，迅速且准确地获取灾情信息是开展应急救援以及灾后重建工作的关键所在，传统的地质灾害监测手段一般存在效率较低、精度欠缺、覆盖范围受限等问题，难以契合应急测绘的需求。随着遥感技术的快速发展，机载 LiDAR 技术逐步成为地质灾害应急测绘的关键工具，机载 LiDAR 凭借发射激光脉冲并接收反射信号，可迅速获取高精度的地形数据，在复杂地形以及植被覆盖区域呈现出明显优势，本文主要探讨机载 LiDAR 技术在地质灾害应急测绘中的应用情况，分析其技术特点、应用场景以及优化方向，期望可为地质灾害应急测绘提供科学依据与技术支持。

一、机载 LiDAR 技术概述

（一）LiDAR 技术的基本原理

LiDAR 作为一种新兴的主动遥感技术，近年来发展十分迅速，其工作原理与雷达相似，它是以激光作为信号源，它的基本原理是发射激光脉冲之后接收反射信号，凭借此来计算目标物体跟传感器之间的距离，生成高精度的三维地形数据，LiDAR 系统

主要由激光发射器、接收器、惯性测量单元也就是 IU 以及全球定位系统即 GPS 构成，激光发射器发射短脉冲激光，接收器记录反射信号的时间差，再结合 IMU 和 GPS 所提供的位置与姿态信息，生成目标物体的三维坐标。机载 LiDAR 系统一般搭载在飞机或者无人机上，可迅速获取大范围的地形数据，数据处理流程涉及点云数据生成、滤波、分类以及地形建模等步骤，最终生成高精度的数字高程模型即 DEM 和数字表面模型即 DSM。

作者简介：何喜玲（1989.08—），女，壮族，广西南宁市人，本科学历，助理工程师，主要从事测绘与地形信息、地质与岩土工程、地质灾害等工作。

（二）机载 LiDAR 的特点与优势

机载 LiDAR 技术具有高精度、高效率以及强穿透性等特性，于地质灾害应急测绘中呈现出突出优势，LiDAR 可分为地面、车载机载、星载 4 种模式，机载 LiDAR 相对于其他搭载方式，具有机动灵活、成本低、数据精度高、作业效率高、不受天气因素影响等优点而被广泛应用。机载 LiDAR 数据采集速度较快，可在短时间内完成大范围的地形扫描，为灾害应急响应提供及时的数据支撑，和传统的地面测量以及光学遥感相比较，机载 LiDAR 在数据获取效率、精度和适应性方面有较大优势。

（三）机载 LiDAR 与其他遥感技术的比较

机载 LiDAR 相较其他遥感技术而言，有独特优势以及应用场景，在与光学遥感对比时，机载 LiDAR 不受光照条件的制约，可于夜间或者恶劣天气状况下开展数据采集工作，并且可以穿透植被冠层，获取地表以及地下的地形信息，在与合成孔径雷达即 SAR 进行比较时，机载 LiDAR 拥有更高的空间分辨率以及垂直精度，可生成更为精细的三维地形模型。和地面 LiDAR 相比较时机载 LiDAR 有着更大的覆盖范围以及更高的数据采集效率，适用于大范围的地质灾害监测以及应急测绘，不过机载 LiDAR 存在数据处理复杂、设备成本高这些问题，需要和其他遥感技术协同应用，以便充分发挥其优势。

二、地质灾害应急测绘的需求与挑战

（一）地质灾害的类型与特点

地质灾害主要覆盖滑坡、泥石流、崩塌、地面塌陷等多种类型，有突发性较为强烈、破坏性比较大、影响范围相对广泛等特性，滑坡指的是斜坡之上的岩土体在重力的作用之下沿着滑动面产生整体滑动的一种现象，一般是由降雨、地震或者人为活动所触发，泥石流是山区沟谷当中由暴雨或者冰雪融水引发的含有大量泥沙以及石块的洪流，有很强的破坏力。崩塌是陡峭边坡上的岩土体在重力作用下突然脱离母体迅速崩落的现象，一般出现在高陡边坡或者悬崖地带，地面塌陷是地表岩土体在自然或者人为因素作用下发生塌陷的情况，一般和地下采矿或者地下水开采存在关联，这些地质灾害所有的突发性以及破坏性对社会经济发展以及人民生命财产安全构成了严重的威胁。

（二）地质灾害应急测绘的需求

地质灾害发生之后，迅速且精准地获得灾情信息对于开展应急救援以及灾后重建而言非常关键，地质灾害应急测绘的主要需求有这些；快速获取灾区的三维地形数据，辨别灾害体的位置、范围以及规模，监测灾害体的动态变化情况，评估灾害的发展趋势与潜在风险，为灾害应急救援提供科学依据，像确定救援路线、评估灾害损失等，为灾后重建提供基础数据，比如规划重建区域、评估重建可行性等。传统的地质灾害监测手段大多时候存在效率较低、精度欠缺、覆盖范围有限等问题，难以契合应急测绘的需求，机载 LiDAR 技术可快速获取高精度的地形数据，为地质灾害应急测绘给予了强有力的技术支撑。

（三）地质灾害应急测绘的挑战

地质灾害应急测绘面临着不少挑战，具体涉及复杂地形状况下的数据获取、数据处理所要求的时效性以及多源数据的融合与协同等方面，地质灾害大多时候出现在复杂地形区域，像是高山峡谷以及陡峭边坡这类地方，传统的地面测量方式和光学遥感手段难以获取到高精度的地形数据，地质灾害应急测绘对于数据处理的时效性有着极高要求，得在短时间之内完成数据采集处理以及分析工作，为灾害应急救援提供及时的数据支撑。另外地质灾害应急测绘需要融合多种来源的数据，比如光学遥感数据、SAR 数据以及地面监测数据等，以此提升数据的全面性与准确性，机载 LiDAR 技术在这些方面有一定优势，不过仍要加以优化和改进，应对地质灾害应急测绘所带来的挑战。

三、机载 LiDAR 在地质灾害应急测绘中的应用

（一）数据采集与预处理

机载 LiDAR 在地质灾害应急测绘中的应用最初呈现于数据采集与预处理阶段，数据采集作为机载 LiDAR 应用的根基，其质量对后续的数据处理以及分析结果有着直接影响，在开展数据采集工作时，要依据灾害区域的地形特征和应急需求，去设计合理的飞行方案，囊括飞行高度、航带间距、激光扫描频率等相关参数。飞行高度的选取需综合考量地形起伏状况、植被覆盖情形以及数据精度要求，一般，飞行高度越低，数据精度越高，然而覆盖范围却越小，航带间距的设计要保证数据覆盖有连续性和完整性，防止出现数据缺失或者重叠的情况，激光扫描频率的选择要依据地形复杂程度和数据采集效率加以权衡，一般在地形复杂区域需要更高的扫描频率。

（二）地质灾害识别与监测

机载 LiDAR 在地质灾害识别与监测方面有突出优势，可迅速获取高精度地形数据，识别灾害体的位置、范围以及规模，滑坡属于常见地质灾害类型，对其进行识别与监测是机载 LiDAR 应用的关键要点，滑坡体的识别一般依据地形变化展开分析，借助对比灾前与灾后的 DEM 数据，来确定滑坡体的位置和范围。滑坡体的监测一般依靠多期 LiDAR 数据，依靠剖析地形变化趋势，评估滑坡体的动态变化状况以及潜在风险，泥石流是另外一种常见地质灾害，对其识别与监测一般基于沟道地形分析以及降雨数据，泥石流沟道的识别一般依据 DEM 数据，借助分析沟道的形态特征以及水流路径，找出潜在的泥石流沟道。泥石流的监测一般基于多期 LiDAR 数据和降雨数据，凭借分析沟道地形变化以及降雨量，评估泥石流的发生可能性和潜在风险。

（三）地形变化分析与灾害评估

机载 LiDAR 在地质灾害应急测绘里的关键应用之一是地形变化分析，它可借助对比灾前和灾后的 DEM 数据，来识别出地形发生变化的区域，对灾害的范围以及规模作出评估，地形变化分析一般是依据多期 LiDAR 数据，凭借对比不同时期的 DEM 数据，计算出地形变化量，以此来识别地形变化区域。地形变化量的计算大多时候是基于高程差分析，也就是借助对比不同时期的 DEM

数据,算出每个像素点的高程差,生成地形变化图,地形变化图的生成一般是基于数值分割算法,依靠设定高程差值,把地形变化区域划分成较大变化区域和非较大变化区域,较大变化区域一般对应着灾害体的位置和范围,非较大变化区域一般对应着未受到灾害影响的区域。

(四) 机载 LiDAR 与其他技术的协同应用

机载 LiDAR 用于地质灾害应急测绘时,一般要和其他技术共同运用,以此提升数据的全面程度以及准确程度,和光学遥感协同运用是机载 LiDAR 在地质灾害应急测绘里常见的做法,可凭借将光学遥感数据与 LiDAR 数据相融合,来提高数据的全面程度以及准确程度,光学遥感数据一般有着较高的空间分辨率以及光谱分辨率,能提供像植被覆盖、土地利用等丰富的地表信息。LiDAR 数据一般有着较高的垂直精度和空间分辨率,可给出高精度的地形数据,把光学遥感数据和 LiDAR 数据融合后,可生成更全面的三维地形模型,提升地质灾害识别与监测的准确程度。

四、机载 LiDAR 在地质灾害应急测绘中的优化与改进

(一) 数据采集与处理的优化

在机载 LiDAR 用于地质灾害应急测绘时,数据采集与处理的优化属于关键部分,这可以借助优化飞行方案、改进数据处理算法以及达成自动化与智能化处理来实现,以此提升数据采集与处理的效率和精度,飞行方案的优化是数据采集与处理优化的要点所在,借助对飞行高度、航带间距、激光扫描频率等参数进行优化,能提高数据采集的效率和精度。数据处理算法的改进是数据采集与处理优化的又一要点,依靠改进滤波、分类、插值等算法,可提高数据处理的效率和精度,自动化与智能化处理是数据采集与处理优化的另一个关键方向,凭借让数据处理流程实现自动化和智能化,可提高数据采集与处理的效率和精度。

(二) 多源数据融合与协同

多源数据融合以及协同属于机载 LiDAR 在地质灾害应急测绘里的又一关键方向,借助融合光学遥感、SAR、地面监测等多源数据,可提升数据的全面程度以及准确程度,多源数据融合方法是多源数据融合与协同的要点,借助融合光学遥感、SAR、地面监测等多源数据,可生成更为全面的三维地形模型,提升地质灾害识别和监测的准确程度。协同应用的场景设计是多源数据融合与协同的另外一个要点,依靠设计协同应用的场景,可提高多源数据融合与协同的效率与精度,数据共享和平台集成是多源数据融合与协同的又一关键方向,凭借达成数据共享与平台集成,可提高多源数据融合与协同的效率和精度。

(三) 应急测绘体系的构建

机载 LiDAR 在地质灾害应急测绘中的一个关键应用方向是构建应急测绘体系,这可凭借完善应急响应机制、组建测绘队伍、制定法律法规及标准来达成,提升应急测绘的效率与精度,完善应急响应机制是应急测绘体系构建的关键要点,借助完善该机制,可提高应急测绘的效率和精度。建设测绘队伍并开展培训是

应急测绘体系构建的另一关键内容,依靠此项工作,可提高应急测绘的效率和精度,制定法律法规与标准也是应急测绘体系构建的一个关键方面,凭借制定相关内容,能规范应急测绘的流程和标准,提高应急测绘的效率和精度。

五、结论

随着无人机平台的不断成熟,用于机载的 LiDAR 设备也朝着小型化和精巧化方向发展,数据获取能力不断提高,给灾害应急响应及时提供数据方面的支持,本文详细讲述了机载 LiDAR 技术的基本原理、特点以及其在地质灾害应急测绘里的应用,剖析了地质灾害应急测绘的需求和面临的挑战,探讨了机载 LiDAR 在数据采集、灾害识别、地形变化分析等具体运用情况,还结合实际案例,给出了优化与改进的方向。研究显示,机载 LiDAR 技术在地质灾害应急测绘中优势明显,能切实提高灾害应急响应的效率和精度,为防灾减灾工作给予科学依据。

参考文献

- [1] 张春泉,侯勇涛,杜雁欣,机载 LiDAR 在地质灾害应急测绘中的应用研究[J]. 现代测绘,2020,43(5):1-3.
- [2] 张小红. 机载激光雷达测量技术理论与方法[M]. 武汉:武汉大学出版社,2007.
- [3] 李雪松. 机载激光 LiDAR 原理及应用[J]. 测绘与空间地理信息,2015,38(2):221-224.
- [4] 余金星,程多祥,刘飞,等,机载激光雷达技术在地质灾害调查中的应用:以四川九寨沟7.0级地震为例[J]. 中国地震2018.34(3):435-444.
- [5] 蔡悦. 机载激光 LiDAR 在密林山区测绘中的应用研究[J]. 测绘与空间地理信息,2020,43(3):157-159.164.
- [6] 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.
- [7] 李洪梁,施富强,王立娟,基于三维激光扫描技术的金沙江“11·03”白格堰塞湖应急测绘研究[J]. 金属矿山2021(4):154-159.
- [8] 彭劲松,许俊,李娟,等,机载激光测量系统在地质灾害中的应用[J]. 测绘通报,2018(9):160-162.
- [9] 覃事河. 基于三维激光扫描技术的滑坡监测预警研究[J]. 四川水力发电,2021,40(1):123-126,130.
- [10] 杨燕,杜甘霖,曹起铜,无人机航测技术在地质灾害应急测绘中的应用:以9.28丽水山体滑坡应急测绘为例[J]. 测绘通报,2017(S1):119-122.