

TLS技术在环境地质灾害监测中的应用进展

胡艳珍¹ 陈昊² 刘倩² 张锐² 周安东²

1. 东营市自然资源和规划局东营分局 山东东营 257000

2. 山东省地矿工程集团有限公司 山东济南 250200

摘要: 如今人类建设的工程活动日趋频繁, 生态环境受到破坏, 地质灾害无论是在数量还是规模上都有明显的扩张趋势。强化针对地质灾害的动态化监测十分关键, 能够帮助人类更好地了解 and 掌握风险灾害体演变过程, 获得灾害体特征信息, 提供地质灾害预测预报系统的可靠参考资料、科学参考依据。在本文中针对TLS技术(地面激光扫描)展开文献探索和信息整合, 期望能够论述其对于地质灾害监测的现实意义。

关键词: TLS技术; 地质灾害监测; 研究进展

Application Progress of TLS Technology in Environmental Geological Hazard Monitoring

Yanzhen Hu¹, Hao Chen², Qian Liu², Rui Zhang², Andong Zhou²

1. Dongying Branch of Dongying Natural Resources and Planning Bureau, Dongying, Shandong 257000

2. Shandong Geology and Mineral Engineering Group Co., Ltd., Jinan, Shandong 250200

Abstract: Nowadays, the engineering activities of human construction are becoming more and more frequent, the ecological environment is damaged, and geological disasters have an obvious expansion trend in both quantity and scale. It is very important to strengthen the dynamic monitoring of geological disasters, which can help human beings better understand and master the evolution process of risk disaster body, obtain the characteristic information of disaster body, and provide reliable reference and scientific reference basis for geological disaster prediction and prediction system. In this paper, literature exploration and information integration will be carried out for TLS Technology (ground laser scanning), hoping to discuss its practical significance for geological disaster monitoring.

Keywords: TLS technology; Geological hazard monitoring; Research progress

在传统模式下的地质灾害监测方式一般是单点形变监测, 借助水准仪、GPS定位等测量设备来了解监测点水平和垂直方向上的位移量、变形速率, 大多局限于某个位置单点位移监测, 很难起到受测体全面变形监测的现实价值。系统而言, TLS技术在较大程度上突破了单点形变监测的局限性, 是一种整体的、宏观的形变监测技术新突破。

一、TLS技术基本概念

“TLS技术”全名为“Terrestrial Laser Scanning”, 即“地面激光扫描”, 也可以称作“三维激光扫描”, 在上世纪90年代中期出现, 并不断发展。另外, TLS技术也是在GPS定位技术之后的新测绘手段。在TLS技术影响下, 高速激光扫描测量能够保证大面积、高分辨率的优质特性, 获取受测体表面三维坐标数据, 而且还能够

在专业软件的支持下, 将测量的结果转化成三维实体模型, 辅助相关研究或决策。此技术具备极强的非接触性、主动性特征, 所获取的数据也具备高精度度、高密度、高时效性的特征。

二、TLS技术优势分析

TLS技术的支持下, 非接触性的面测量形式能够实现较为精准的数据采集, 其主要的优势涵盖下述几个方面: 其一, 非接触式的操作, 在扫描仪发射出激光束之后, 遇到受测体同时立刻自动反射, 能够针对一些危险区域、无法人力抵达的区域进行测量; 其二, 主动性操作, TLS技术并不需要光源支持, 即使是昏暗的环境、黑夜也同样能够完成高精度的测量; 其三, 可量测的数据, TLS技术能够直接分析点云数据, 了解受测体的三维坐标、方位角和距离的参数信息; 其四, 丰富的信

息获取, TLS技术能够同时了解被测体的空间三维坐标、真彩色信息以及表面激光强度信号等。

除此之外, TLS技术还拥有较快的监测效率、较高的精度、较广的监测范围, 参考激光测距不同原理, 相关技术的指标也会出现一些差异。激光三角测距式扫描仪, 精度可达亚毫米级, 扫描距离通常会在几米到几十米之间, 不适用远距离扫描; 相位式扫描仪, 精度可达毫米级, 扫描距离一般也在百米以内; 脉冲式扫描仪, 不仅精度可达毫米级, 而且测距范围可达数千米, 是目前应用最广泛的扫描仪。除此之外, 脉冲式的扫描仪具备较快的采集速度, 因此, 实际应用中一般可以根据研究的实际情况选择合适的精度, 避免数据冗余的问题出现, 提升效率。

三、TLS技术监测的应用进展

3.1 滑坡灾害监测

滑坡地质灾害一般容易发生在地质条件较为脆弱的地区, 对辖区范围内人民群众的财产和生命安全产生严重的威胁。在国外, TLS技术有比较悠久的历史, 而且随着成熟的科技手段发展, 技术也有了明显的改进, 呈现出更高的精度、更准确的误差判断、更成熟的自动化数据处理水平。在最近几年, 国内的TLS技术也有了较为成熟的应用, 从早期滑坡监测适宜性分析, 到后期无植被覆盖陡峭边坡滑坡的动态化监测、低植被覆盖率区域滑坡监测、地质灾害体评估判断, 呈现出明显拓展的适宜环境。

文献[1]中, 地面三维激光技术在云南鲁甸地震中起到了大型滑坡体体积测量与分析的作用, 构建了高精度、高密度的坐标测量, 较为详细地表述了表面细部情况, 汪燕麟等人也在论文中通过实际测量数据, 证明了TLS技术手段对于抗震救灾的抢险工作有较强的保障性作用, 也为滑坡灾害有效治理提供了珍贵的资料; 文献[2]中, 以矿山作为案例, 配合MS50全站扫描仪扫描煤矿在发掘的过程当中出现的山体滑落、滑坡等问题, 同时和传统的监测技术相对比, 证明了TLS技术对于地面灾害局部情况有较强的描述优势, 但是考虑到实际成本等方面的需求, 可以将新设备和旧设备综合应用起来, 保证矿区的安全; 文献[3]中, 刘明坤等人结合滑坡灾害变形的实际情况, 利用TLS设备, 配合非接触的测量方式, 测量了效应靶形变量, 以此来监测滑坡岩体位移量, 在结果中证明了, TLS技术手段能够对滑坡岩体的变形有较好的监测作用, 尤其是强降雨的情况下, 滑坡岩体变形量的精度能够达到毫米的精度。

在最近这几年中, 伴随着TLS技术越来越成熟, 针对其在滑坡监测的精度研究也有了更加深层次的重视和探索成果。如文献[4]中, 提出了在TLS技术基础之上的“伪单点变形监测”模式以及以表面匹配技术作为核

心的“变形计算”方法, 构建模型, 使用TLS技术多期点云较高精度地提取了三维变形信息, 特别是针对滑坡灾害的监测有较强的现实意义, 郭献涛等人通过实验证明了TLS技术对于监测的作用。

3.2 危岩体的监测

3.2.1 地形图生成

利用三维激光扫描技术, 能够得到被测对象的点云数据特征, 借助适当的后期处理, 能够生成被测对象三维模型。点云数据当中, 不同的点“携带”三维坐标, 数量庞大, 每个点之间距离的精度可以做到厘米级的标准, 可以认为, TLS技术测绘精度是比较理想的。文献[5]当中, 考虑到传统测量方式很难获得危岩体、负地形、不利结构面特征, 危岩体的失稳模式、危害性都较难精准判断, 因此, 采用TLS技术手段, 在激光反射的条件下, 获得危岩体的点云特征, 通过非接触测量法获得的高陡峭斜坡危岩体的地质信息和集合数据, 配合Optech扫描仪, 证明TLS技术手段对于地形图生成、计算规模等专业领域的重要作用, 并且借助“旧关岭崩塌”和“南川甑子岩”两处危岩体案例, 证明了TLS技术对于危岩体地形图生成、地形调查的作用。

不过相对的, 考虑到测绘中TLS获得的点数量比较大, 往往可能会受到附近其他对象影响, 出现一定的测绘精度偏离。针对这一情况, 形成数据图前, 需要适当处理干扰数据, 有效提升数据精度, 获得精确三维点数据。文献[6]中作者提出, 将全数字立体测图的数据转化成CASS软件的格式, 借助自动化编辑DLG成果, 能够针对TLS技术获得的数据成图有促进作用。

3.2.2 定位

文献[7]中, 作者将“渝利铁路线青石岩段”作为案例, 证明TLS技术获得的边坡点云数据在处理之后可以做出边坡数据模型, 配合等高线模型、地形图, 可以判断危岩体可能存在的位置, 并计算出产状等参数。可以认为, 利用TLS技术可以较为精准地获得危岩体的边界条件, 并利用其点三维坐标, 导入到地质平面图, 就能够定位到危岩体位置。不过, 考虑到三维扫描的结果虽然具备真彩效果, 不过彩色效果相对还不是非常强烈, 数据的解译也存在着一一定的难度。考虑到这一点, 文献[8]的专利中, 作者提出了基于“二维+三维”联合对保护区进行全景展示的技术, 可以考虑融入到TLS技术的应用中, 更加准确地对危岩体的位置进行定位。

3.2.3 水灾害边界追踪监测

水灾害出现和发生期间, 灾情信息提取、损失判定都能够对缓解灾害损失有较强的现实意义。就当前的现实情况来看, 水灾害的大范围监测依托的主要是3S手段, 且有比较成熟的时机应用; 小范围监测则主要依托无人机摄影等技术手段, 不过该手段的续航问题始终是

主要的阻碍性因素。考虑到这一点,利用TLS技术的激光测距原理,其针对水体进行扫描的时候,入射激光往往会因为水面作用形成镜面反射,并向着水体、周边分散,有助于识别水体边界。

文献[9]中,作者提出,使用TLS技术以及配套的最新设备,能够有效实现三维空间整体监测,突破“点线面”的局限,提升水动力滑坡灾害的预警能力,强化灾害应急能力,另外,作者还以我国西部山区的水灾害特征,提出了水灾害风险区域水体的环境演变机制的相关问题,证明了TLS技术对于水灾害监测的意义;文献[10]中,以“金沙江白格堰塞湖”为例,证明了TLS技术对应急抢险工作的现实意义,提出TLS技术能够获得高精度的点云数据并生成水体地形图,通过两期DEM数据叠加概算得出滑坡方量约554万 m^3 ,能够辅助排洪斜槽的参数设计和操作,有助于排险决策;文献[11]中,阐述了TLS对浙江省引水渡槽安全鉴定项目的意义,证实TLS技术可以较好地展现出架空引水渡槽柱体的倾斜程度及槽身相对于支撑柱体的水平位移情况,有助于水利工程安全鉴定工作顺利开展。

3.2.4 土壤侵蚀监测

作为影响人类生活和持续发展的一项环境灾害,约束社会经济持续性发展。在最近这几年,国内外很多专家学者都尝试将TLS技术融入到针对土壤侵蚀的室内模拟、野外观测研究中,国外多数土壤侵蚀研究都是从海岸线侵蚀开始的,TLS技术对知道海岸修复有较强的现实意义,后期则拓展到了河流、湖泊等水系的侵蚀风险研究当中;相对的,国内目前研究因为起步相对比较晚,目前还不是十分成熟,文献[12]中,借助TLS技术,分析了其对于坡面微地形与土壤侵蚀的研究价值;文献[13]中,以喀斯特地貌的黄壤坡面微地形和土壤侵蚀之间的关系为研究对象,在人工模拟降雨和TLS技术的支持下,证明了坡面地表的粗糙度、坑洼体积变化和土壤侵蚀之间的相应关系。整体而言,因为土壤风蚀一般没有水分直接干预,因此,TLS技术手段在风蚀的研究中有更加广阔的应用前景。

四、TLS技术未来研究趋势

立足灾害防治的视角出发,TLS技术在未来的研究趋势可能会有下述三个方面:地质灾害精准评估、地质灾害机理分析、地质灾害风险预测。

其一,TLS技术对环境地质灾害精准评估的研究,首先是作为调查手段的一种展开的,包括滑坡土方量、地貌变形量以及土壤侵蚀量都是主要的研究方向;方法上包括方法适用性分析、监测精准度判断、误差来源追溯、数据处理流程分析、滤波方法研究等。除此之外,地质灾害机理分析可能是未来发展中的重点方向。

其二,TLS技术对环境地质灾害机理分析的研究,

目前已经有了一些研究成果,尤其是在土壤侵蚀的发生机理方面的研究,TLS技术能够提供侵蚀发育的动态化过程追溯,配合地面数字模型,能够呈现出土壤侵蚀地貌的演变进程,有助于侵蚀机理的研究和探讨。

其三,TLS技术对环境地质灾害风险预测的研究,一般会根据相同受测体所在区域范围内的多次点云数据对照分析、综合神经网络等地理计算方式和模型来完成,这也是未来TLS技术研究和应用的主要研究方向。

五、结语

综上,针对环境地质灾害进行监测和治理的相关工作,TLS技术有比较强的现实价值,有助于给工作人员的决策、管理提供数据参考,减少人工测量的时间、提升工作效率,有助于国家环境工作的开展。

参考文献:

- [1]汪燕麟,殷义程,施昆.地震灾区中地面三维激光扫描测绘技术的应用方法分析[J].测绘通报,2015(06):4.
- [2]廉旭刚,胡海峰,陈鹏飞.矿山地面灾害三维激光扫描监测及空间分析[J].山西煤炭,2018(01):5.
- [3]刘明坤,段奇三,赵晨曦,等.三维激光扫描在滑坡灾害变形中的监测应用[J].测绘通报,2016(02):3.
- [4]郭献涛,黄腾,贾燕,等.利用TLS技术与伪单点监测模式进行滑坡变形测量[J].测绘通报,2021(06):6.
- [5]魏小佳,黄润秋,裴向军,等.三维激光技术在高陡危岩体调查中的应用[J].工程勘察,2014(03):7.
- [6]薛由勤,钟自明,贾永生.浅谈VirtuoZo或JX4立体数据自动转换、编辑Cass软件数据格式[J].测绘与空间地理信息,2010(02):3.
- [7]张新磊.三维激光扫描技术在危岩体勘查中的应用[J].山西建筑,2011(034):63-64.
- [8]卢广师,陈颖,王水,等.一种基于二维和三维相结合的保护区全景展示系统:CN106990421A[P].2017.
- [9]谢和平,肖明砾,许唯临,et al.山区河流水灾害问题及应对[J].四川大学学报:工程科学版,2018(003):1-14.
- [10]李洪梁,施富强,王立娟,等.基于三维激光扫描技术金沙江“11·03”白格堰塞湖应急测绘研究[J].金属矿山,2021(04):6.
- [11]王灵锋,祁敏敏,许焯璋,等.三维激光扫描技术在水利工程安全鉴定中的应用[J].测绘通报,2018(12):3.
- [12]张建文,李鹏,高海东,等.覆沙坡面微地形变化与侵蚀产沙的响应关系[J].干旱区研究,2020(03):8.
- [13]张思琪,马芊红,朱彤,等.基于三维激光扫描技术的喀斯特地表微地形特征及其侵蚀响应[J].水土保持研究,2021(04):7.