

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2015.01.013

三维激光扫描技术在地质灾害体测绘生产中的应用

舒 飞, 蒋小勇, 韩天培

(中国石油天然气管道工程有限公司, 河北 廊坊 065000)

摘要: 三维激光扫描技术是近几年发展起来的一种新兴测绘技术, 该技术已广泛应用于工程建设与物体三维测量等测绘及相关领域, 具有高效率、高精度的独特优势。本文在介绍三维激光扫描仪的应用、研究现状及工作原理的基础上, 以 2013 年 7 月 13 日四川雅安市天全县南部某地暴发大规模泥石流灾害为工程实例, 通过地面三维激光扫描仪实地测量, 获取此次泥石流滑坡高精度三维地理信息数据, 为以后的灾后重建与防御工作提供第一手资料。在野外调查的基础上, 分析了此次泥石流灾害的特征, 并从其形成条件入手, 探讨了此次灾害的成因和未来发展趋势。研究表明, 松散物质的极大丰富和堵溃是导致此次特大泥石流的主要原因; 此地短期内泥石流仍会频发, 但规模要比此次泥石流小。

关键词: 三维激光扫描仪; 泥石流; 测量; 地质灾害

中图分类号: P623.2; P694

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2015)01-0077-05

Application of 3D laser scanner to surveying and mapping production of the geo-hazard sites

SHU Fei, JIANG Xiaoyong, HAN Tianpei

(China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd., Langfang, Hebei 065000, China)

Abstract: The 3D laser scanning technology is a kind of new survey technology developed in recent years, the technology has been widely used in engineering construction and 3D surveying and other surveying and mapping and related fields, unique advantage with high efficiency, high precision. This paper based on the present situation of research and application are introduced, and the working principle of the three-dimensional laser scanner, In the southern part of Sichuan in Ya'an City Tianquan County in July 13, 2013 the outbreak of debris flow disaster in large scale engineering example, field measurements by terrestrial 3D laser scanner, to obtain this mud rock flow landslide of high precision 3D geographic information data, provide first hand data for post disaster reconstruction and defense for the future. Based on field investigation, analysis of the characteristics of the debris flow disaster, and starting from the formation conditions, the causes of the disaster and the development trend in the future. Research shows that abundant loose material and the blockage is caused the large debris flow huge main reason and this debris will remain in the short term frequency, but small-scale than the mudslides.

Keywords: 3D laser scanner; mudslides; survey; geological disasters

0 引言

地面三维激光扫描技术是近几年发展起来的一种

新兴技术,但是在一些国家和领域已经发展成熟并得到广泛应用^[1-10]。地面三维激光扫描系统集成了多种高新技术的新型空间信息数据获取手段与工具,国际上对

收稿日期: 2014-03-18; 修订日期: 2014-11-05

第一作者: 舒 飞(1987-),男,测绘工程专业,本科,助理工程师,现主要从事三维激光技术及基础测绘工作。E-mail:461171033@qq.com

这一技术的研究与应用已有一定的成果,而国内尚处于起步阶段,尤其在地灾点区域的测绘生产方面。近些年,我国自然灾害频发,滑坡、泥石流等地质灾害经常发生,及时获得这些地灾点的三维地理信息对于其灾后重建与防御工作显得尤为重要^[6]。由于这些地灾点多高陡险峻,次生灾害随时发生,对于这些地灾点应用传统的测绘和地质调查方法不仅费时、费力并具有较高危险性,而且通常很难得到令人满意的结果。三维激光扫描技术在变形监测、地形测量、工程开挖、数字地形建模、地质调查、减灾防灾等方面的应用,使笔者的工作方法与思路得到了扩展。中、长距离三维激光扫描技术的出现与发展,为地灾点的调查研究提供了一种新的办法,是对传统测量方法的有益补充。

本文在对该项技术的现状进行简单介绍的基础上,结合工程实例,阐述应用该项技术快速获取泥石流地灾点高精度三维地理信息数据,为以后的灾后重建与防御工作提供第一手资料。

1 地面三维激光扫描仪及其工作原理

地面激光扫描仪是一个由多个部件组成的复合系统,包括地面三维激光扫描仪、数码相机、后处理软件、电源以及附属设备,通过非接触式高速激光测量方式获取地形或者复杂物体的几何图形数据和影像数据,最后通过后处理软件对采集的点云数据和影像数据进行处理转换成绝对坐标系中的空间位置坐标或模型,并可以以多种不同的格式输出,从而满足空间信息数据库的数据源和不同应用的需要。

1.1 Riegl VZ-1000 三维激光扫描仪

Riegl VZ-1000 三维激光扫描仪是 Riegl 公司在 2008 年 10 月所推出的划时代的激光扫描仪新产品,它是世界上第一款全数字化的三维激光扫描仪^[2]。它使用极其纤细的近红外线激光束,采用非接触式快速获取数据的脉冲扫描机制原理,其每秒发射高达 300,000 点的纤细激光束,提供高达 0.0005 度的角分辨率。其扫描半径 1400 m,适合中长远距离的扫描并且能够快速生成 1:100, 1:200 的正射影像图。

1.2 工作原理

三维激光扫描技术,通过内部的激光脉冲发射器向目标物发射激光脉冲,反光镜旋转,发射出的激光脉冲扫过被测目标信号接收器接收来自目标体反射回来的激光脉冲,通过每个激光脉冲从发出到被测物表面返回仪器所经过的时间可以获得被目标体到扫描中心的距离同时扫描控制模块控制和测量每个激光脉冲的

水平扫描角 α 和竖向扫描角 β ,后处理软件自动解算得出被测点的相对三维坐标(云点),进而转换成绝对坐标系中的三维空间位置坐标或三维模型(图 1)。

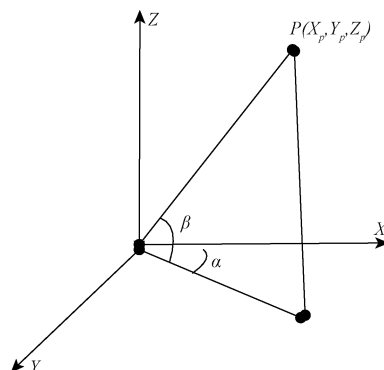


图 1 扫描点坐标计算原理

Fig. 1 Scanning point coordinate calculation principles

$$X_p = S \cos \beta \cos \alpha \quad (1)$$

$$Y_p = S \cos \beta \sin \alpha \quad (2)$$

$$Z_p = S \sin \beta \quad (3)$$

2 Riegl VZ-1000 三维激光扫描仪在地质灾害体测绘中的应用

2.1 工程背景

2013 年 7 月 13 日四川雅安市天全县南部某地暴发特大规模泥石流灾害(图 2)。在野外调查的基础上,分析了此次泥石流灾害的特征,并从其形成条件入手,探讨了此次灾害的成因和未来发展走势。



图 2 泥石流灾后照片

Fig. 2 Debris flow disaster photos

2.2 目的及要求

测量目的:运用静态三维激光扫描仪实地测量,获取此次泥石流滑坡高精度三维地理信息数据,为以后的灾后重建与防御工作提供第一手资料。

工程要求:应用静态激光扫描仪测绘文家沟 1:2000 地灾点地形图,完成坐标转换拼接,DEM 图形生成,等高线生成等处理。

2.3 外业工作流程

2.3.1 实地踏勘选点

结合实际,选择合理的测量控制点。选点时应:
(1)确保两点之间尽可能通视,以便能有一定的公共区域;(2)选择地理位置较高视野广阔点,从而获取更多的有效数据。重点区域扫描顶视图如图 3:

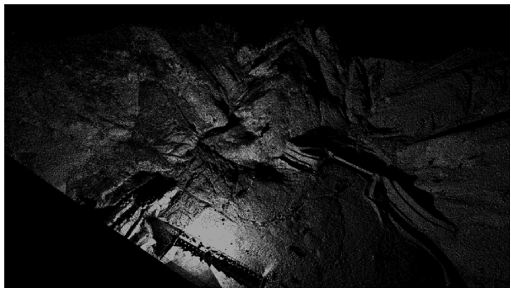


图 3 扫描顶视图

Fig.3 Top view scanning

2.3.2 数据采集

- (1)调试相机。根据测量环境的光亮成度来调节标配外挂单反相机的曝光时间,以便获取更加真实的影像数据。此次扫描工作正处十月中旬,入冬的四川气候条件湿润,山间雨雾较多,所以单张照片拍照时长应相对长一些。
- (2)架设仪器并记录相关信息。将扫描仪架设于踏勘的控制点上,对中整平,记录并量取设备仪器高。
- (3)操控仪器采集数据。具体步骤包括:接通电源、连接笔记本电脑、新建项目、开始扫描、搬站。

在每个站点开始扫描之前,需对站点参数进行扫描参数设置。首先目测扫描站点位置到目标区域的大概距离,从而设置扫描模式。由于滑坡面积较大,所以本次测量设置的扫描模式都是 1200 m 的远距离扫描模式,便于获取离测站点较远的滑坡数据。同时勾选影像获取,打开姿态评估功能键(记录反北方向角)。

需要说明的是,每站扫描时长约为 12 mm 左右,扫描时间的长短取决于 2 个方面:第一,设置的点密度大小,点云密集比点云稀疏所用扫描时间较长(本次扫描 1200 m 的地方点云密度为 15 cm)。第二,设置的扫描距离长远,扫描越远的地方比扫描较近的区域所用时间较长(本次扫描距离模式为 1200 m 长远距离)。

(4)GPS—RTK 获取控制点坐标

由于临时选点,测站点没有坐标,本工程通过 GPS 获取临时测站点大地坐标值。

2.4 内业数据处理流程

2.4.1 坐标转换

由于激光扫描仪测量得到的数据所采用的三维直角坐标系与实际的坐标系之间的欧拉角可能很大。仪器自带的 GPS 可以使扫描得到的数据获得测站点的大致坐标和反北反向角,通过该坐标和反北反向角可以把三维激光数据纠正到大致正确位置。

2.4.2 多站点调整

RiScan Pro 软件中多站点调整功能可以把粗拼接的两个面进行一个精细的拟合,达到理想平差效果(图 4)。

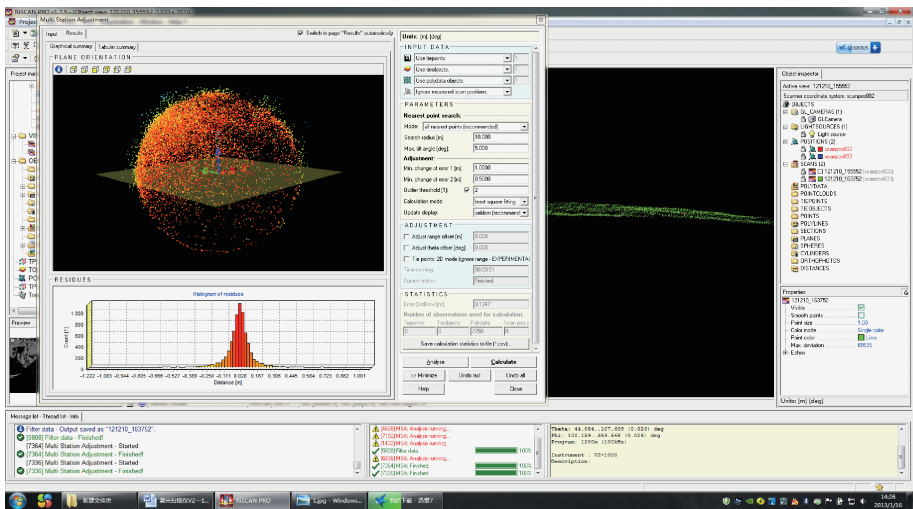


图 4 多站点调整

Fig.4 Multi-site adjustment

2.4.3 植被过滤

设备采用代表激光扫描仪发展方向的全波形数字

化及实时处理技术,具有独特的多回波功能,使激光可以更多地穿透植被,以获取更多地地面点数据,配套软件

RiScan Pro 对多回波数据可以实现一键过滤植被的功能,使内业处理更加简单高效(图 5~图 7)。



图 5 过滤植被后的数据

Fig.5 Data of after filtering vegetation

2.4.4 生成三角网

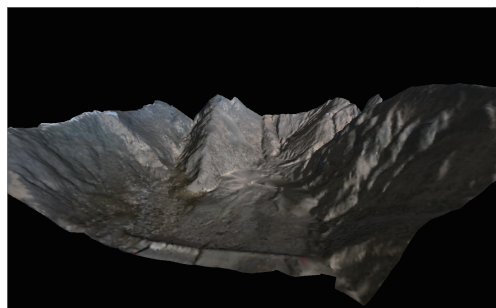


图 6 滑坡三角网

Fig.6 Landslide triangulation

2.4.5 生成等高线

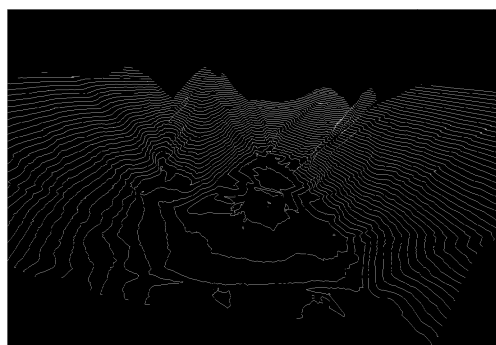


图 7 生成等高线

Fig.7 Production contour

2.4.6 成果提交

扫描得到的点云数据,首先要剔除噪点,然后用剔除噪点后的点云数据生成数字高程模型(DEM),得到的 DEM 成果(图 8),可在土木工程、地球科学等很多方面应用,而本工程主要是应用基于 DEM 的地形地貌分析功能。

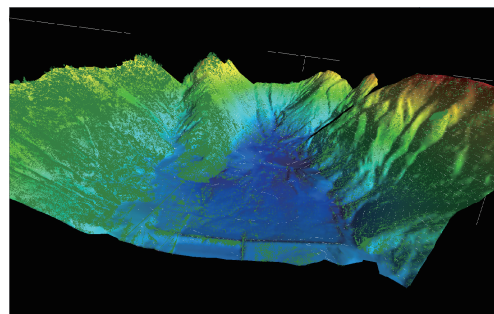


图 8 最终成果图

Fig.8 Final results of Fig

2.4.7 成果应用

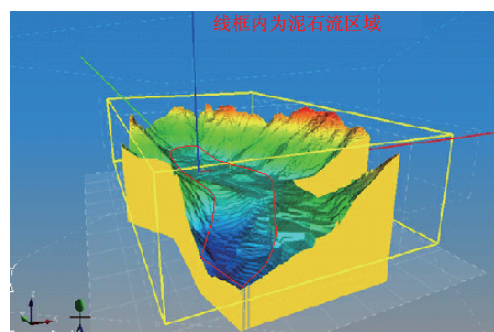


图 9 泥石流区域 DEM 模型

Fig.9 DEM model debris of flow area

在野外调查的基础上,分析了此次泥石流灾害的特征,并从其形成条件入手,探讨了此次灾害的成因和未来发展势(图 9)。研究表明,松散物质的极大丰富和堵溃是导致此次特大泥石流规模巨大的主要原因;此地在短期内泥石流仍会频发,但规模要比此次泥石流小(图 9)。

3 结论

三维激光扫描技术是测绘领域的新技术,它突破了传统单点测量的数据处理方法,为测绘领域提供了一条新的研究方向,其出现与发展是“继 GPS 空间定位技术后的又一项测绘技术革新,将使测绘数据的研究内容、方法进入新的发展阶段”。将三维激光扫描仪引入到对地灾点的测绘生产是对传统地质灾害调查方法的有益扩展与补充,在极大提高工作效率的同时提高了地质灾害调查的精度,并且在特定条件下可以提供传统方法难以获得的数据资料。

参考文献:

- [1] 李强,邓辉,周毅,等. 三维激光扫描在矿区地面沉降变形监测中的应用[J]. 中国地质灾害与防治学

- 报,2014,25(1):119-124.
- LI Qiang,DENG Hui,ZHOU Yi, et al. Application of 3D laser scanning to the ground subsidence deformation monitoring in mining area [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2014,25(1):119-124.
- [2] 张会霞,朱文博. 三维激光扫描数据处理理论及应用[M]. 北京:电子工业出版社,2012:12-121.
- ZHANG Huixia,ZHU Wenbo. Application of 3D laser scanning data processing theory and application[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2012:12-121.
- [3] 戴升山,等. 地面三维激光扫描技术的发展与应用前景[J]. 现代测绘,2009,32(4):11-12.
- DAI Shengshan, et al. Development and application prospects of terrestrial laser scanning technology[J]. Modern Surveying and Mapping, 2009, 32(4):11-12.
- [4] 谢谟文,胡嫚,王立伟. 基于三维激光扫描仪的滑坡表面变形监测方法——以金坪子滑坡为例[J]. 中国地质灾害与防治学报,2013,24(4):85-92.
- XIE Mowen, HU Man, WANG Liwei. Landslide monitoring by three-dimensional laser scanner-case study of the displacement detection on the Jinpingzi landslide (Southwest, China) [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2013, 24(4):85-92.
- [5] 董秀军,黄润秋. 三维激光扫描技术在高陡边坡地质调查中的应用[J]. 岩石力学与工程学报,2006,25(增2):3029-3035.
- DONG Xiujun, HUANG Runqiu. Application of 3D laser scanning technology to geologic survey of high and steep slope [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2006, 25(S2):3029-3035.
- [6] 单诗涵,王旭红,李廷友,等. 四川汉源万工集镇“7.27”灾后泥石流预测分析与综合防治[J]. 中国地质灾害与防治学报,2012,23(4):6-10.
- SHAN Shihan, WANG Xuhong, LI Tingyou, et al. Debris flow prediction and comprehensive treatment of “7.27” post-disaster of Wangong town, Hanyuan county, Sichuan province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2012, 23(4):6-10.
- [7] C Frueh, A Zakhor. 3D model generation of cities using aerial photographs and ground level laser scans [C]//Computer Vision and Pattern Recognition, Hawaii, USA, 2001,2(2):II-31-8.
- [8] 卢晓鹏. 基于三维激光扫描技术的滑坡监测应用研究[D]. 西安:长安大学,2010.
- LU Xiaopeng. Application of landslide monitoring based on 3D laser scanning technology[D]. Xi'an: Chang'an University, 2010.
- [9] 徐进军,王海城,罗喻真,等. 基于三维激光扫描的滑坡变形监测与数据处理[J]. 岩土力学, 2010,31(7):2188-2191.
- XU Jinjun, WANG Haicheng, LUO Yuzhen, et al. Deformation monitoring and data processing of landslide based on 3D laser scanning[J]. Rock and Soil Mechanics, 2010, 31(7):2188-2191.
- [10] 刘昌军,高立东,丁留谦,等. 应用激光扫描技术进行岩体结构面的半自动统计研究[J]. 水文地质工程地质,2011,38(2):52-57.
- LIU Changjun, GAO Lidong, DING Liuqian, et al. Research of semi-automatic statistics of rock mass discontinuity applying laser scanning technology[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2011, 38(2):52-57.