文章编号: 1672-8785(2014)10-0041-05

三维激光技术在危岩体调查中的应用

沈焱辉

(贵州大学喀斯特环境与地质灾害防治教育部重点实验室,贵州贵阳 550007)

摘 要:危岩体多位于陡峭的山坡上。被裂缝分开的块石有的规模很大,有的只是陡坡上的一块孤石。采用传统测量方法不易得到危岩体的规模和不利结构面结合的特征。因此危岩体的失稳模式和危险性预测一直是调查危岩体地质灾害的难题。三维激光扫描技术是近年来发展起来的一门新技术,凭借其快速、精确和无接触测量等优势,它已被应用于不同领域。结合实例将三维激光扫描技术用于扫描危岩体。结果表明,三维激光扫描技术可以很好地完成危岩体测量,其无接触测量的优势很好地解决了传统测量带来的弊端。

关键词:三维激光扫描;危岩体;应用

中图分类号: P62 文献标志码: A DOI: 10.3969/j.issn.1672-8785.2014.10.008

Application of 3D Laser Scanning Technology in Survey of Unstable Rocks

SHEN Yan-hui

(Key Laboratory of Karst Environment and Geohazard Prevention, Guizhou University, Guiyang 550007, China)

Abstract: Unstable rocks may often locate on steep slopes. Some stones separated by cracks are very large in volume and some stones are just boulders on steep slopes. Because the volume and unfavorable structure surface binding characteristics of a certain dangerous rock body can not be obtained easily by traditional measurement methods, prediction of the instability mode and dangerousness of dangerous rocks has been a challenge for the investigation of geological hazard to be caused by dangerous rock bodies. 3D laser scanning technology is a new technology developed in recent years. Because of the advantages of fast, accurate and non-contact measurement, it has been used in various fields. Some examples of using a 3D laser scanning technology to scan dangerous rock bodies are presented. The results show that the technology can perform well in the measurement of dangerous rock bodies and can overcome the shortcomings of traditional measurement methods.

Key words: 3D laser scanning; unstable rock; application

0 引言

贵州山区地质条件复杂,地质灾害频发,灾 害类型以滑坡为主。据统计,在1993年~2000 年期间,滑坡占70%,泥石流占10%,崩塌占 11%。崩塌主要为高位危岩体^[1]。高位危岩体主 要位于陡峭的山坡上,测量人员很难直接上去 测量,因此采用传统的测量方法很难满足危岩 体调查的要求。三维激光扫描技术利用其特有

收稿日期: 2014-08-29

作者简介: 沈焱辉 (1988-), 男, 江西瑞金人, 硕士研究生, 主要从事地质工作方面的研究。E-mail: 441245445@qq.com

的优势,可以很好地获取危岩体的地质信息,能 快速、准确地分析危岩体的失稳模式和危险性。

随着信息技术研究的深入及数字地球、数 字城市和虚拟现实等概念的出现,人们对空间 三维信息的需求更加迫切。三维激光扫描技术 又称"实景复制技术"^[2],它能够完整并高精度 地重建扫描实物,并快速获得原始测绘数据。 它在技术上突破了传统单点测量方法的局限, 其测量精度高,速度快,逼近原形,因此可以很 好地应用于生产中。

1 危岩体调查中三维激光技术的应用

本次野外所采用的三维激光扫描仪是 Riegle Z420i,其角分辨率是 0.0025°,平均发射频率约 为 24000 点/s;高扫描时,最大采集速度为 8000 点/s;低扫描时,最大采集速度为 12000 点/s。 测距精度为 ±5 mm(多次扫描,平均精度); ±9 mm(一次扫描),测距范围大于 1000 m。获取数 据的操作流程如下:(1) 修改 IP;(2) 新建文件; (3)添加相机文件;(4) 新的 mounting;(5) 新的扫 描;(6) 找出反射体;(7) 调试相机参数;(8) 采集 数码相片;(9) 数码影像与点云 mounting;(10) 精 确扫描;(11) 照片获取;(12) 把激光点云赋色。 图 1 是野外现场操作图。



图 1 现场操作

在野外,先通过三维激光扫描仪 (Riegle Z420i) 获取危岩体的点云数据,采用处理软件 (Ployworks 9.0) 对其进行处理,得到想要的地质 信息。然后生成等高线、剖面图、测点距、体积

量测、节理裂隙统计和结构面产状等信息,进行 准确的工程分区布置,以便为稳定性分析和治 理设计提供可靠的依据,为设计变更提供信息 依托^[3]。下面对 Riegle Z420i 扫描仪获取的数据 进行阐述。

1.1 等高线的生成

等高线可以很好地确定危岩体的边界,判 定危岩体的相对位置,对危险性的预测有很好 的作用。生成等高线时,先采用三维激光扫描技 术在现场获取实体的点云数据,然后用 RiSCAN PRO 软件将数据中的噪声过滤掉,如图 2 所示。



图 2 等高线

1.2 剖面图的生成

对于剖面图的获取, 传统的手段是把地形 图导入南方 CASS 或者用凉开水 CAD 辅助工具 进行切剖面。由于危岩体地形图的精度受制于 复杂的地形, 所以通过传统方法获取的剖面图不 能很好地反映真实情况。点云数据逼近原型, 是 实物的真实反映, 从中切取的剖面图 (由 Cross-Sections 功能实现)^[4] 精度高, 误差远小于常规测 量,能将凹岩腔等负地形展现出来。这是传统测 量无法实现的功能, 它将有助于稳定性分析和 破坏模式的划分。

获取点云数据时,切剖面的方法很多,可以 在任意位置进行剖面切取。本文通过指定一个 基轴和空间间距,对危岩体模型进行多个平行 剖面的切取。然后将剖面图以 dxf 格式导出,在 CAD 中进行二维剖面图的完善工作。图 3 为由 点云数据获得的剖面形态。可把危岩体反演到 剖面图上,形象直观地确定危岩体。





1.3 测点距

由获取的点云数据,可快速量出两点或两 个面之间的距离。危岩体的地形和地势比较复 杂,测量人员不能直接去测量。由点云数据测量 距离可以避免人为的视觉误差。图4为根据点云 数据获取的两点之间的距离。通过两点之间距 离的测量,可以确定危岩体的尺寸和规模。



图 4 两点之间的距离

1.4 体积测量

危岩体方量的确定对危岩体危险性预测有 至关重要的影响,所以对危岩体的体积测量有 很高的精度要求。常见的土石方量计算方法有 区域土方量平衡法、方格网法、等高线法和块面 法等。对于高位危岩体,有时由于客观条件的限 制,传统方法只能进行简单的目测估算,误差较 大。而采用三维激光扫描技术不仅可以计算土 石方量、崩塌和滑坡体积,还可进行开挖边坡或 矿山体积计算等。

运用 RiSCAN PRO 软件进行体积测量^[5]。 在测量体积前一定要明确范围,同时对数据进 行过滤、抽稀等处理。对处理好的数据进行三角 面片化,在系统中生成一个平面,三角化模型在 平面的一侧,然后利用软件获得模型表面到平 面的体积(如图 5 所示)。





1.5 节理裂隙统计

节理裂隙的发育情况决定了危岩体的稳定 性,准确的节理裂隙统计对分析危岩体稳定性 以及设计治理方案有利。传统测量方法不能真 实反映节理裂隙的发育情况,而采用三维激光 技术可以很好地获取节理裂隙的位置、延伸长 度、张开度和产状等信息。

在生成的等高线上可看出节理裂隙的位置,通过测点距可快速准确地测量出延伸长度和张开度。对于结构面产状,先对获取的点云数据进行过滤等处理,生成三维模型。然后将其导入 Ployworks 软件,在软件中读出结构面的法向量坐标 n(A,B,C,D),并通过自己编好的程序,输入向量坐标 A、B、C,从而得到结构面产状(如图 6、7 所示)。

2 应用实例

以贵州麻尾火车站东侧为例,其岩性为灰 岩,层状中厚,岩层产状为280°47°,节理裂隙 的发育状况如图8所示。从图中可以很明显地看

43

出,节理裂隙发育极差,整个坡体的高差约为46 m,坡度较陡,不具备攀爬条件。采用传统方法 根本无法获取危岩体的地质信息。我们采用三 维激光技术,很方便且快速准确地获取了危岩体 的地质信息,并获取了坡体的点云数据,如图9 所示。结合现场的调查,解译出了节理裂隙的信 息。由于节理裂隙的出露面很好,通过Ployworks 软件得到了结构面的法向量坐标n(A,B,C,D)。输 入自己编好的小程序后,得到了结构面产状。 结果有五条比较明显的裂隙,最短的长为6.571 m,最长的长为34.755 m,张开度最大的是0.3 m,最小的是0.073 m,产状是N7°E/SE270.6 和 N8.2°E/SE270.1°。可以看出,裂隙的产状基本上 相似。

采用三维激光扫描技术并结合统计分析,可 得到节理裂隙的结构面产状及空间发育特征, 对危岩体失稳模式的判定和危险性预测提供有







图 7 结构面产状



图 8 危岩体



图 9 危岩体点云数据

力依据,为治理工程设计提供可靠资料。

3 结语

将三维激光扫描技术应用于危岩体调查, 很好地弥补了传统测量方法的弊端,解决了高 位危岩体人员无法测量的困难。该技术具有测 量精度高、速度快和逼近原形等优势,能降低测 量工作的难度,提高工作效率。

三维激光扫描技术可以快速地获取高陡危 岩体的地质信息。其生成的三维模型、剖面图以 及点云数据可以很真实地反映实体信息,为稳 定性的分析提供可靠的依据。该技术能快速获 取结构面信息,而这是传统测量方法无法做到 的。

该技术应用于工程领域时能提高调查效 率,对工程建设具有重要的意义。但该技术也 存在一些不足的地方或者需要改进的地方,例 如雾天会降低其扫描的效果;一些激光反射不 敏感的物体容易成为扫描盲区;扫描距离短等。

参考文献

- 郭振春.贵州地质灾害的主要类型和诱因及其预防 建议[J].贵州地质,2003,20(2):103-105.
- [2] 杨蘅, 刘求龙. 三维激光扫描仪的工程应用 [J]. **红 外**, 2009, **30**(8): 24–27.
- [3] 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, 15(3):

(上接第19页)

当 EMCCD 相机处于暗室并在无入射光的 条件下时,我们认为输出图像数据的均方差值 为系统噪声,由此便可计算出系统的信噪比。因 此, EMCCD 的系统噪声可通过屏蔽入射光、拍 摄暗场图像的方法测得。在室温以及完全屏蔽 入射光信号的情况下,以不同的积分时间拍摄 15 幅暗场图像,并取其平均值(数据统计结果见 表 1)。可以看出, 2 ms 时的信噪比较好,这主 要是由于短积分时间内的暗电流较少的缘故。

表1 不同积分时间下的暗场图像统计数据

	$2 \mathrm{ms}$	$4 \mathrm{ms}$	$6 \mathrm{ms}$	$10~{\rm ms}$	$15 \mathrm{ms}$
均值	8.1	8.2	8.8	8.5	9
均方差	3	4.3	4.1	4.0	4.2
系统信噪比	1362	950	996	1021	972

6 结束语

本文论述了一体化 EMCCD 相机的设计方 法及其相关实验,重点对 EMCCD 相机的一体化 设计方案、驱动电路和光纤接口等内容进行了 说明。成像实验和信噪比测试实验表明,该相机 可利用轻小型光学系统实现弱光条件下的探测 功能并具有较高的系统信噪比。 57-62.

- [4] IMInspeet Reference Guide Version 8.0 for Windows: InnovMetrie Software [M]. Ine, 2003.
- [5] Du J C, Teng H C.3D Laser Canning and GPS Technology for Landslide Earthwork Volume Estimation
 [J]. Automation in Construction, 2007, 16(5): 657–663.

本文设计的以 TC253SPD-B0 作为 EMCCD 传感器的一体化相机可实现 20 km 以上的数据 传输,其拍摄帧频可达 30 f/s。该相机具有灵敏 度高、信噪比高、数据更新快、体积小以及配有 光纤一体化接口等特点,十分适合在短积分时 间内探测暗弱目标。另外,该相机还可实现图像 的远距离传输,因此我们相信它将会在科学、安 全等领域具有更为广泛的应用价值。

参考文献

- (1) 龚德铸, 王立, 卢欣. 微光探测 EMCCD 在高灵敏度 星敏感器中的应用初探 [J]. **红外与激光工程**, 2007, **36**(Z): 534-539.
- [2] 张灿林, 陈钱, 周蓓蓓. 高灵敏度电子倍增 CCD 的 发展现状 [J]. **红外技术**, 2007, **29**(4): 192-195.
- [3] 何伟基, 陈钱, 屈惠明, 等. 电子倍增 CCD 的电荷倍 增特性研究 [J]. 光学学报, 2008, 26(6): 1161–1166.
- [4] 余达.面阵 CCD 高速成像电路技术研究 [D].长春:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 2012.
- [5] 何家维,何昕,魏仲慧,等.电子倍增 CCD 星相机 的设计 [J]. 光学精密工程, 2010, 18(6): 1396–1403.
- [6] Craig M, Tim D S, David K, et al. High-Speed, Photon Counting CCD Cameras for Astronomy [C]. SPIE, 2010, 7742: 774202.
- [7] 刘加庆, 丁雷. 傅里叶变换光谱相位校正的 FPGA 实现方法 [J]. **红外**, 2014, **35**(7): 5-11.