

Contrastive Analysis of Three-Dimensional Scanner in River Survey

Jie Liu¹, Kai Xiong², Jian Shen¹

¹Jingjiang Hydrological Resources Survey Bureau, Jingzhou Hubei

²Yangtze River Water Resources Committee Hydrographic Bureau, Wuhan Hubei

Email: 176045767@qq.com

Received: Jun. 25th, 2019; accepted: Jul. 17th, 2019; published: Jul. 29th, 2019

Abstract

Ground 3D laser scanning was used to collect 3D coordinate data of the reflectorperform point cloud data processing and mathematical modeling. Two kinds of three-dimensional laser scanning instruments, namely Haida HS1200 and TrimbleSX10, were selected for experimental research. The error statistical analysis showed that the former had a large amount of scanning points and could be upgraded to shipborne mode. CAD drawing was fast; TimbleSX10 scanning point data volume was small, and its operation was concise; but CAD mapping needed to be improved. The two have great advantages in monitoring hillside cliffs and bank collapse, but non-sand beaches, bare land and other areas need further attention and experimentation.

Keywords

3D Laser Scanning Technology, China Haida HS1200, TrimbleSX10, Integrated Measurement

三维扫描仪在河道勘测中的对比分析

刘杰¹, 熊凯², 沈健¹

¹荆江水文水资源勘测局, 湖北 荆州

²长江水利委员会水文局, 湖北 武汉

Email: 176045767@qq.com

收稿日期: 2019年6月25日; 录用日期: 2019年7月17日; 发布日期: 2019年7月29日

摘要

采用地面三维激光扫描, 采集反射体的三维坐标数据进行点云数据处理和数学建模而成图。选取中海达HS1200和TrimbleSX10两种三维激光扫描仪进行试验研究, 误差统计分析表明: 前者扫面点数据量较大, 可升级为船载模式, CAD成图快捷; TimbleSX10扫描点的数据量小, 操作简洁, 但CAD成图有待提高。两者在山坡陡崖、崩岸险情等监测具有很大的优势, 但非沙滩、裸地等区域有待进一步关注与试验。

作者简介: 刘杰(1985-), 湖北监利人, 大学本科学历, 副高级工程师, 从事水文河道勘测方面的研究工作。

文章引用: 刘杰, 熊凯, 沈健. 三维扫描仪在河道勘测中的对比分析[J]. 水资源研究, 2019, 8(4): 397-403.

DOI: 10.12677/jwrr.2019.84046

关键词

三维激光扫描技术, 中海达HS1200, TrimbleSX10, 一体化测量

Copyright © 2019 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

随着测绘技术不断发展, 地形图测量方式方法更新换代, 全站仪数字测图、GNSS RTK 技术测图、数字摄影测量等技术不断涌现, 测绘类仪器精度越来越高, 测绘技术也在朝着一体化方向迅速发展。三维激光扫描技术就是一种新的一体化测量技术, 可满足 24 小时全天候作业, 已经广泛应用于水利工程、隧道监测、数字化工厂管道、变形测量、公路测量、电力测量、三维数字城市建设、海洋测绘等各个行业领域[1] [2] [3] [4] [5], 同时在汶川堰塞湖地形测量、长江洪湖燕窝段崩岸险情等应急监测中发挥了巨大的作用。国外三维激光扫描技术起步较早, 国内主要有武汉大学的“LD 激光自动扫描测量系统” [6]、北京天远科技有限公司的天远 OKIO 系列地面三维激光扫描仪[7]等。本文选取中海达 HS1200 及 TrimbleSX10 两种设备, 运用于长江河道勘测中, 通过数据采集、处理、统计与分析与传统测量方式进行了对比。

2. 系统概况及扫测原理

2.1. 系统概况

三维激光扫描系统由扫描仪主机与点云后处理软件组成。其中, 主机搭载高分辨率集成相机, 通过激光扫描可以快速、准确的获取物体三维坐标, 测量精度为 2 mm。按采用原理, 测量方式主要分为基于相位差式、基于脉冲式、三角测距等; 按测量范围, 则分为长距离和短距离。一般基于相位差原理的三维激光扫描仪测程较短, 约百米左右; 而基于脉冲式原理的三维激光扫描仪测程较长, 最远测程可达 6 km。

2.2. 扫测原理

图 1 给出了三维激光扫描仪内部坐标的计算方法。该系统通过扫描测站点到待测物体表面的任一目标点的距离 S , 并获得测量瞬间激光脉冲的横向扫描角度观测值 α 和纵向扫描角度观测值 θ , 进而求得激光角点在物体表面的基于三维激光扫描仪的内部坐标系统三维坐标值, 坐标计算公式见式(1)。

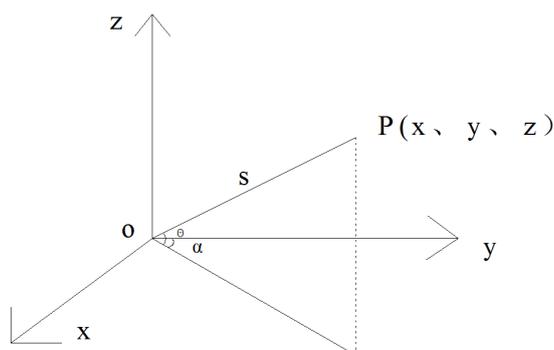


Figure 1. 3d laser scanner internal coordinate system

图 1. 三维激光扫描仪的内部坐标系

$$\begin{cases} X = S \cos \theta \cos \alpha \\ Y = S \cos \theta \sin \alpha \\ Z = S \sin \theta \end{cases} \quad (1)$$

通过式(1)解算出的坐标为扫描点云相对于测站坐标的相对位置, 再通过标靶后视坐标成果实现系统坐标转换, 即可将点云坐标转换为测站坐标系下的空间三维坐标系。

3. 数据采集

3.1. 中海达 HS1200 采集

1) 控制测量

现场布设好控制点, 标记好点名、点号和日期; 通过传统测量方式精确测量控制点坐标。根据仪器设备的扫描要求, 每一测站大致需要施测约 6 个左右控制点, 用于后期将点云的坐标系统转换至当地控制系统中以及两两测站之间的点云拼接。

2) 点云数据采集

中海达 HS1200 仪器设备进行点云数据采集共施测两站。主要有以下情况:

- ① 扫描的有效距离约 500 m。
- ② 每一站仅扫描耗时约 20 分钟, 总计耗时约 2 小时。
- ③ 布设控制点 8 个。
- ④ 总计扫描面积约 0.3 km²。

3.2. TrimbleSX10 采集

1) 控制测量

现场布设好控制点, 标记好点名、点号和日期; 通过传统测量方式精确测量控制点坐标。

2) 点云数据采集

TrimbleSX10 共施测 4 站。主要有以下情况:

- ① 扫描的距离约 500 m。
- ② 每一站仅扫描耗时约 20 分钟, 总计耗时约 3 小时。
- ③ 布设控制点 4 个。
- ④ 总计扫描面积约 0.1 km², 地形区域复杂。

4. 数据处理与统计

4.1. 数据处理

4.1.1. 点云数据处理

在地形测量一体化中, 三维激光所获取的原始点云数据密度大, 冗余度高且有部分空白区域, 所以点云数据必须要经过一系列的平滑去噪、匹配拼接、压缩抽稀以及空洞修补等处理[8]。

4.1.2. 数学建模与成图

对处理完成后的点云数据再进行建数学模, 提并取特征点和特征线, 绘制地形图。

1) 点云数据的建模

根据三维数学模型表达方式的不同, 对点云数据构建模型有多种方法, 常见的一种是基于三维点云的点阵模型进行建模, 对处理后的点云封装构造网格, 再通过曲面拟合法, 最终生成点云数据模型[9]。

2) 点云重采样

利用三维激光扫描仪采集的点云数据, 经过预处理后, 其点云数据量还是较大, 后续的坐标转换和地形图的绘制不需要如此多的点数据, 所以在此之前, 点云须重采样[10]。

3) 点云的坐标转换

三维激光扫描仪采集的点云和一般的地形测量所建立的坐标系一般是不相同的, 所以在对点云的最终成图前要进行坐标转换。本文进行坐标转换采用的模型为布尔沙(Bursa)模型[11][12][13][14]。

4) 地形成图

地物的绘制主要是提取地物的特征点、特征线。地物特征点的提取是在处理后的点云数据中人工提取的, 如房屋角点。并以一定的格式输出到文本文件后直接导入到大比例尺数字测图软件中绘制地物。地貌的绘制是在 EPSW 或者 CASS 中依据点云数据构建三角网并自动生成等高线[15]。

4.2. 数据统计与分析

4.2.1. 数据统计

选取长江干流荆江河段内 2 公里的典型河滩区域(如图 2), 采用传统测量方式与三维激光扫描仪方法进行采集、数据处理成图, 然后进行对比分析, 并计算特征点的平面位置中误差以及高程点或等高线内插中误差, 其计算公式见式(2)、(3)。



Figure 2. Map of typical waterfront area
图 2. 典型河滩区域示意图

$$M_{x,y} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((X'_i - X_i)^2 + (Y'_i - Y_i)^2)}{n-1}} \tag{2}$$

$$M_h = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H'_i - H_i)^2}{n-1}} \tag{3}$$

1) 无遮挡区域地面测点较差统计

① 平面较差统计

本次共选取 40 个特征点进行了对比, 统计结果如表 1:

Table 1. Characteristics of different ways of measuring point difference statistics

表 1. 不同测量方式特征点平面较差统计表

特征值	最大值	0.186	最小值	0	平均值	0.033
平面较差	$\Delta s \leq \pm 0.05$		$\pm 0.05 \leq \Delta s < \pm 0.1$			$\Delta s \geq \pm 0.1$
统计个数	32		6			2
百分比	80%		15%			5%

② 高程互差统计如表 2:

Table 2. Different ways of measuring height feature points difference statistic values

表 2. 不同测量方式高程特征点互差统计表

特征值	最大值	0.248m	最小值	0	平均值	0.035m
高程互差	$\Delta h \leq \pm 0.05$		$\pm 0.05 \leq \Delta h < \pm 0.1$			$\Delta h \geq \pm 0.1$
统计个数	30		6			4
百分比	75%		15%			1%

③ 计算中误差

根据式(2)、(3)计算平面位置中误差以及高程中误差为:

$$M_{x,y} = 0.054 \text{ m}$$

$$M_h = 0.025 \text{ m}$$

2) 遮挡植被区域地形点高程较差对比

遮挡植被区域高程较差最小值为 0.09 m, 最大值为 0.71 m。因为含有植被的区域误差与植被高度有关, 特别是密实的植被影响, 基本上无法后处理, 高程值则不可使用。

4.2.2. 分析结论

- 1) 裸露地表进行三维激光扫描的平面及高程精度较高, 满足大比例尺测图的精度。
- 2) 含有植被的区域误差与植被高度有关, 特别是密实的植被区域, 不能采用此方法作业。

5. 误差分析

从三维激光扫描仪设备本身来说, 测量误差包括仪器误差、目标物体反射面相关误差和多路径误差和外界条件引起的误差[16]。在实际测量中还有以下几个误差来源:

1) 植被对高程的影响

试验区域内由于存在草坪、麦田、花坛等植被区域, 三维激光扫描后无法处理过滤, 造成有植被的区域高程值偏大。

2) 点云数据拼接影响

在进行测量时未采用后视控制点的不同测站间数据进行拼接时, 主要采用两站间的同一地物的匹配进行鼠标手工拼接, 会造成一定的误差。

3) 其他影响因素

仪器操作、作业环境、控制成果等方面的影响。

6. 结论

1) 中海达 HS1200 三维激光扫描仪为传统设备, 而天宝产品为新型设备(国内外仪器设备及软件支持发展存在差距); 中海达设备扫面点数据量较大, 但设备可以升级为船载模式, 后处理程序开发基于 CAD 成图模式较为方便快捷, 而 TrimbleSX10 三维激光型扫描全站仪, 设备较为先进, 扫描点数据量小, 操作采用平板模式, 较为简介明了, 后处理软件基于 TBC 开发, 部分功能还在开发中, 成 CAD 图存在短板; 另外, TrimbleSX10 比中海达 HS1200 在优化点云密度上有改进。

2) TrimbleSX10 采用 TBC 可以处理部分高植物、电力通信线等, 但仍然存在不足, 需要更好的点云数据处理软件来进行处理, 而中海达已推出了基于 CAD 开发的点云数据的地形测绘软件, 但仍需改进。

3) 地面三维激光扫描在山坡陡崖、崩岸险情等监测具有很大的优势, 但非沙滩、裸地等区域不宜使用, 有待进一步关注与试验。

参考文献

- [1] 梅文胜, 周艳芳, 周俊. 基于地面三维激光扫描的精细地形测绘[J]. 测绘通报, 2010(1): 53-56.
MEI Wensheng, ZHOU Yanfang and ZHOU Jun. Fine topographic mapping based on ground three-dimensional laser scanning. Surveying and Mapping Bulletin, 2010(1): 53-56. (in Chinese)
- [2] 杨恣婧. 地面三维激光扫描仪的测量误差分析[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2013, 36(2): 228-232.
YANG Yijing. Measurement error analysis of ground three-dimensional laser scanner. Journal of East China University of Technology (Natural Science Edition), 2013, 36(2): 228-232. (in Chinese)
- [3] 史波, 郑敏. 基于三维控制场的三维激光扫描仪点位精度评定[J]. 人民长江, 2015, 46(3): 27-30.
SHI Bo, ZHENG Min. Point accuracy evaluation of three-dimensional laser scanner based on three-dimensional control field. People's Yangtze River, 2015, 46(3): 27-30. (in Chinese)
- [4] 周建红, 马耀昌, 刘世振, 等. 水陆地形三维一体化测量系统关键技术研究[J]. 人民长江, 2017, 48(24): 61-65.
ZHOU Jianhong, MA Yaochang, LIU Shizhen, et al. Research on key technologies of three-dimensional integrated surveying system for water and land topography. People's Yangtze River, 2017, 48(24): 61-65. (in Chinese)
- [5] 吴歧峻, 沈中卫. LD-1 激光扫描自动测量系统[J]. 工业计量, 2005(S1): 136-138.
WU Qijun, SHEN Zhongwei. LD-1 laser scanning automatic measurement system. Industrial Metrology, 2005(S1): 136-138. (in Chinese)
- [6] 曹玺, 梁俊, 王延洪, 等. 三维激光扫描技术在地形测绘成图中的应用[J]. 人民长江, 2011, 42(21): 22-24.
CAO Xi, LIANG Jun, WANG Yanhong, et al. Application of three-dimensional laser scanning technology in topographic mapping. People's Yangtze River, 2011, 42(21): 22-24. (in Chinese)
- [7] 彭维吉, 李孝雁, 黄飒. 基于地面三维激光扫描技术的快速地形图测绘[J]. 测绘通报, 2013(3): 70-72.
PENG Weiji, LI Xiaoyan and HUANG Sa. Rapid topographic mapping based on ground three-dimensional laser scanning technology. Surveying Bulletin, 2013(3): 70-72. (in Chinese)
- [8] 李腾, 全小龙, 黄童, 等. 船载三维激光扫描系统在三峡库区库岸地形测量中的应用[J]. 水利水电快报, 2018, 39(10): 31-34+38.
LI Teng, QUAN Xiaolong, HUANG Tong, et al. Shipborne three-dimensional laser scanning system in topographic survey of the three gorges reservoir area. Water Resources and Hydropower Express, 2018, 39(10): 31-34+38. (in Chinese)
- [9] 黄飒, 李孝雁. 建筑物三维激光扫描点云的粗差别除研究[J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2012, 24(1): 47-49.
HUANG Hao, LI Xiaoyan. Research on gross error removal of point clouds in three-dimensional laser scanning of buildings. Journal of Yellow River Polytechnic, 2012, 24(1): 47-49. (in Chinese)
- [10] 范海英. 三维激光扫描系统的应用研究[J]. 辽宁科技学院学报, 2009, 11(2): 34-35.
FAN Haiying. Applied research of three-dimensional laser scanning system. Journal of Liaoning University of Science and Technology, 2009, 11(2): 34-35. (in Chinese)
- [11] 王格芳, 吴国庆, 沙晓光, 等. 激光测量的自由曲面点云数据处理方法[J]. 图学学报, 2008, 29(5): 33-37.
WANG Gefang, WU Guoqing, SHA Xiaoguang, et al. Data processing method of free-form surface point cloud for laser mea-

- surement. *Journal of Graphics*, 2008, 29(5): 33-37. (in Chinese)
- [12] 孙殿柱, 范志先, 李延瑞. 散乱数据点云边界特征自动提取算法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2008, 36(8): 82-84. SUN Dianzhu, FAN Zhixian and LI Yanrui. Automatic extraction algorithm of point cloud boundary features from scattered data. *Journal of Huazhong University of Science and Technology (Natural Science Edition)*, 2008, 36(8): 82-84. (in Chinese)
- [13] 董秀军. 三维激光扫描技术获取高精度 DTM 的应用研究[J]. 工程地质学报, 2007, 15(3): 428-432. DONG Xiujun. Application of three-dimensional laser scanning technology to obtain high-precision DTM. *Journal of Engineering Geology*, 2007, 15(3): 428-432. (in Chinese)
- [14] 贾海湖. 三维激光扫描技术在基坑变形监测中的应用研究[J]. 中国科技纵横, 2014(15): 104. JIA Haihu. Application of three-dimensional laser scanning technology in deformation monitoring of foundation pit. *China Science and Technology Vertical and Transverse*, 2014(15): 104. (in Chinese)
- [15] 李海泉, 杨晓锋, 赵彦刚. 地面三维激光扫描测量精度的影响因素和控制方法[J]. 测绘标准化, 2011(1): 29-31. LI Haiquan, YANG Xiaofeng and ZHAO Yangang. Influencing factors and control methods of ground three-dimensional laser scanning measurement accuracy. *Standardization of Surveying and Mapping*, 2011(1): 29-31. (in Chinese)
- [16] 张铁军, 沈家海, 申文永. 三维激光扫描仪精度测试及应用[J]. 中国港湾建设, 2015(8): 65-67. ZHANG Tiejun, SHEN Jiahai and SHEN Wenyong. Accuracy testing and application of three-dimensional laser scanner. *China Harbour Construction*, 2015(8): 65-67. (in Chinese)