

车载激光扫描数据控制点布设方案研究

赵云昌, 丁莹莹, 刘建明, 高璐

(山东省国土测绘院, 山东 济南 250013)

摘要:该文以提高车载激光扫描数据高程精度为出发点,分析了扫描数据的误差来源。该文提出多种控制点布设方案,以京沪高速部分路段激光扫描数据为例,统计并分析各个控制点布设方案改正结果,为以后车载激光数据外业控制点布设提供参考。

关键词:移动测量;车载激光扫描系统;激光点云;误差纠正;控制点布设

中图分类号:P228

文献标识码:B

基础地理空间信息资源作为国家信息资源的组成部分之一,承担着越来越重要的作用^[1]。车载激光扫描技术作为空间数据重要获取技术之一,具有采集速度快、精度高等优势,目前在数字城市、文化遗产保护以及应急救援等领域发挥重要作用^[2,3]。车载激光扫描系统由激光扫描仪、数码全景相机、高精度差分POS系统(GPS,IMU)等硬件设备组成,其中IMU能够保证在GPS接受信号间隔之间或者GPS失锁期间系统保证高精度运转,但移动平台快速行驶,立交桥、峡谷等对GPS信号都影响车载激光扫描数据精度^[4-6]。因此,在扫描路段布设若干控制点,以提高扫描数据精度,该文通过对多种控制点布设方案的研究,获得适用于车载激光扫描数据的最佳高程控制点布设方案。

1 误差分析

(1)扫描原理。车载激光扫描系统集成多种硬件于一身,主要利用GPS控制扫描瞬间空间位置,IMU系统测定连续扫描姿态信息,采取由POS坐标系到大地坐标系的转换方式,实现激光扫描点空间三维坐标的解算,公式如下:

$$\begin{Bmatrix} X_{wgs84} \\ Y_{wgs84} \\ Z_{wgs84} \end{Bmatrix} = R \begin{Bmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \bar{X}_p \\ \bar{Y}_p \\ \bar{Z}_p \end{Bmatrix}$$

其中: $\{X_{wgs84}, Y_{wgs84}, Z_{wgs84}\}$ 表示解算之后激光

点云大地坐标(WGS84坐标系); $\{x_p, y_p, z_p\}$ 表示激光点在POS坐标系下的坐标值; $\{\bar{X}_p, \bar{Y}_p, \bar{Z}_p\}$ 表示POS坐标系原点在大地坐标系中的位置(GPS获取)。而表示扫描瞬间POS坐标系与大地坐标系之间的旋转矩阵,设 α, β, γ 分别为IMU测得的翻滚角、俯仰角、航向角,则旋转矩阵 R 如公式2:

$$R_{\text{row}} = \begin{Bmatrix} \cos\gamma & \sin\gamma & 0 \\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}$$

其中: $R_{\text{yaw}}, R_{\text{pitch}}, R_{\text{roll}}$ 分别代表翻滚角、俯仰角、航向角旋转矩阵。

(2)影响高程精度因素分析。通过上述移动激光扫描原理可知,影响测量精度的主要因素:①激光扫描仪测量精度,激光扫描仪测量精度主要体现在扫描仪器的测角精度以及测距精度。②GPS,IMU测量精度。GPS,IMU统称为POS系统,属于移动测量系统核心定位、定姿设备,其测量精度直接影响车载激光点云最后解算精度,其偏差主要包括GPS动态差分解算精度以及IMU设备零点漂移、加速度偏移。③系统各个部件组合精度。各个部件之间采取刚性固定集成,IMU中心、激光扫描仪中心、GPS天线中心存在一定偏移关系,IMU旋转轴与激光扫描轴之间存在一定偏转,这些参数在仪器检校中获取,但也会伴随仪器使用产生误差。

车载激光扫描系统在高速行驶的状况下,容易发生GPS失锁情况,虽然IMU设备可以在一定程度

上弥补这种误差,但如果GPS导航信息长期中断或者动态误差过大,则直接影响扫描精度,而且还存在IMU随时间累积的测量误差问题。当前设备POS系统参数如表1。

表1 系统参数

GPS 参数	数据更新率	10Hz
	静态定位高程精度	$\pm 5.0\text{mm} + 0.5\text{ppm}$
	动态定位高程精度	$\pm 15.0\text{mm} + 1\text{ppm}$
IMU 参数	零点漂移	$0.007^\circ/\text{s}$
	加速度偏移	8.0mg
扫描仪参数	系统误差	$\pm 35\text{mm}$
	数据更新	8.0mg

即使对各种高精度设备进行集成,在扫描过程中依然会受到GPS信号以及路况制约,在天桥、高大建筑物或者大型车辆影响下,GPS依旧出现失锁情况。如果路况复杂则影响IMU测量精度,这些误差具有随机性,难以从原理上面完全消除,因此,通过在扫描过程中添加一些控制点以提高测量精度十分必要。

2 控制点布设方案

提高车载激光扫描精度不仅仅依靠各种高精度设备集成,亦可对数据进行后期加工处理,该文中采取控制点纠正方式,提高测量精度,由于目前并无适用于所有车载激光数据的控制点布设方案,因此该文以现有设备为基础,以京沪高速公路某一段区域为扫描试验区,对多种控制点方案进行研究,探索出最佳控制点布设方案。

(1)作业流程。经过长期对设备的探索与技术总结,该文制定了详细的研究流程,确保实验具有代表性,能够为以后工作提供指导性依据,作业流程如图1所示。

首先,获取扫描区域信息并制定扫描计划,然后进行车载激光数据扫描作业,并获取控制点数据,由于在高速公路作业十分危险,并且该文不对平面精度进行研究,所以并未设置控制点标志;其次,对采集的扫描数据进行处理,获取与高程控制点相一致的坐标系下的数据;最后,采取多种方案对移动扫描数据进行高程改正,利用检核点进行精度检验,分析总结各个控制点布设方案。

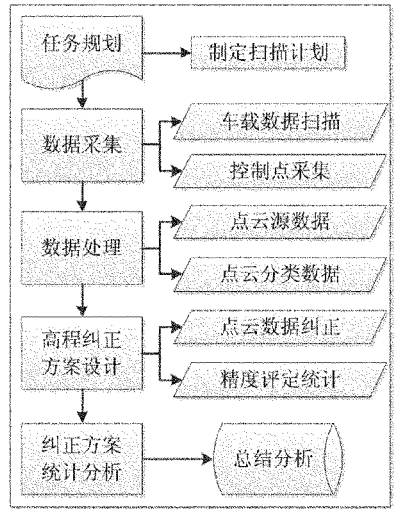


图1 作业流程

(2)控制点布设设计。试验区控制点采取上行路线与下行路线分开纠正方案,控制点数据利用RTK进行采集,采集间距约250m,试验区长度约6km,上行路线布设控制点22个,下行路线布设控制点26个。研究中首先对原始数据进行高程精度评定,然后利用文中提出的控制点布设方案进行数据纠正及精度评定,具体方案如图2所示。

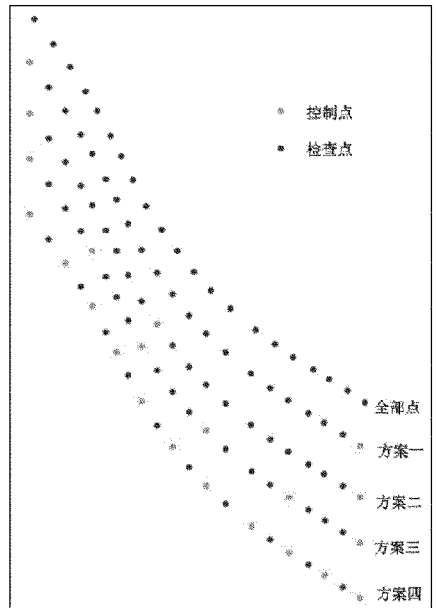


图2 控制点布设方案(上行路线)

①精度评定方案。利用所有的采集点作为检查点,对数据进行高程精度统计,获取原始扫描数据高程精度统计结果。

②控制点布设方案。方案一:扫描数据两端各部署一个控制点进行高程改正计算,其他数据点作

为检查点不参与运算。方案二:扫描数据两段以及中间部署控制点进行高程改正计算,其他数据点作为检查点不参与运算。方案三:以1 000 m间隔部署控制点进行高程改正计算,其他数据点作为检查点不参与运算。方案四:以500 m间隔部署控制点进行高程改正计算,其他数据点作为检查点不参与运算。

3 精度统计分析

(1)精度统计。针对文中各种方案进行高程改正计算,之后利用各方案中的检查点进行精度统计,获各方案的高程精度统计结果,如表2、表3所示。

表2 上行路线精度统计

上行路线	原始精度	方案一	方案二	方案三	方案四
控制点数	0	2	3	6	11
误差均值	0.055	0.038	0.030	0.027	0.026
最大误差	0.14	0.10	0.09	0.07	0.08
最小误差	0.01	0	0	0	0
均方差	0.639	0.047	0.039	0.035	0.036

表3 下行路线精度统计

下行路线	原始精度	方案一	方案二	方案三	方案四
控制点数	0	2	3	7	13
误差均值	0.051	0.042	0.041	0.028	0.028
最大误差	0.15	0.14	0.13	0.09	0.05
最小误差	0	0	0.01	0	0
均方差	0.637	0.060	0.054	0.037	0.034

(2)精度统计分析。经过综合统计分析各个方案改正结果,得出以下结论:

①上行路线与下行路线原始精度相差较小,可以代表车载激光扫描系统原始数据高程精度。

②上行路线中方案二、三具有良好的检验精度,而下行路线却得到较大误差,说明扫描数据误差并非非线性累积,而是具有一定偶然因素在里面,因此方

案二、三不能最大限度提高扫描数据高程精度。

③方案三、四对上行路线和下行路线高程改正结果相对一致,而且在上行路线中方案四的统计均方差高出方案三,说明提高控制点个数不一定能够提高精度,而且综合分析方案三、四统计结果,统计精度趋于稳定。

4 结语

伴随车载激光扫描技术的不断应用,其数据精度受到越来越多重视,相关研究也逐步深入。该文中利用控制点纠正方式提高扫描数据精度,深入研究不同控制点布设方案下精度提升效果,通过实验分析得出,控制点布设在500~1 000 m时对扫描精度有明显提升,在此之上伴随控制点的增加,其统计精度趋于稳定。受控制点测量精度以及扫描区实际情况影响,该方案是否适用于所有车载数据纠正还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 曾澜.我国地理空间信息资源开发利用的总体思路[J].地理信息世界,2006,2(1):5-8.
- [2] 刘建明.基于车载激光扫描数据城市三维建模特征提取[D].武汉大学,2012.
- [3] Y. Shi, Z. C. Shi, R. Shibasaki. An Efficient Method for Making High-accuracy Road True-Orthoimages by Fusing Vehicle-based Stereo Image and Laser Range Data[C]. Asian Association on Remote Sensing,2009.
- [4] 李峰,余志伟.车载激光点云数据精度的提高方法[J].科技情报开发与经济,2011,21(9):123-125.
- [5] 胡竞.车载三维激光移动建模系统总体检校方法研究[D].首都师范大学,2011.
- [6] 曲来超.基于车载测量系统的激光扫描仪检校研究与应用[D].河南理工大学,2009.

Study on Layout Scheme of Control Points in Vehicular Lidar Data

ZHAO Yunchang, DING Yingying, LIU Jianming, GAO Lu

(Shandong Surveying and Mapping Institute of Land and Resources, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: On the basis of improving the elevation precision of vehicle laser scanning data, deviation sources of scanning system have been analyzed. In this paper, a layout scheme of a variety of control points has been put forward. Setting laser scanning data of Beijing-Shanghai high speed road as an example, correcting results of the layout scheme of each control point have been statisticed analyzed. It will provide some references for the layout of control data in the field of vehicle laser scanning data.

Key words: Mobile mapping system; vehicular lidar system; deviation correction; distribution of control points