

机载激光雷达在测绘的应用及优势

胡美荣

新疆疆海测绘院

DOI:10.32629/gmsm.v3i1.481

[摘要] 机载激光雷达技术是一个集多种尖端技术于一体的空间测量系统,随着机载激光雷达技术的发展,机载激光雷达技术广泛应用于基础测绘、三维建模、公路、林业等各个方面。这种非接触式测量可快速高效获取点的三维坐标信息,为测绘成果提供了快速精确的基础数据,尤其在3D产品制作应用中,机载激光雷达的应用不仅节省了大量的劳动力,还大大提升了工作效率,本文简述机载激光雷达的组成及原理,并结合利用机载激光雷达技术制作3D成果案例说明机载激光雷达在测绘中的应用及优势。

[关键词] 机载激光雷达; 测绘; 3D; 应用

1 LIDAR 概述

激光雷达又称LIDAR(Light Detection and Ranging)是激光探测及测距系统的简称。它集成了激光扫描仪、数码相机、定位定向POS系统(包括全球定位系统GPS、惯性导航系统IMU),是一种主动航空遥感装置,机载激光雷达技术可以快速、高效、高精度的获取三维地形地貌、航空数码影像等空间地理信息数据。

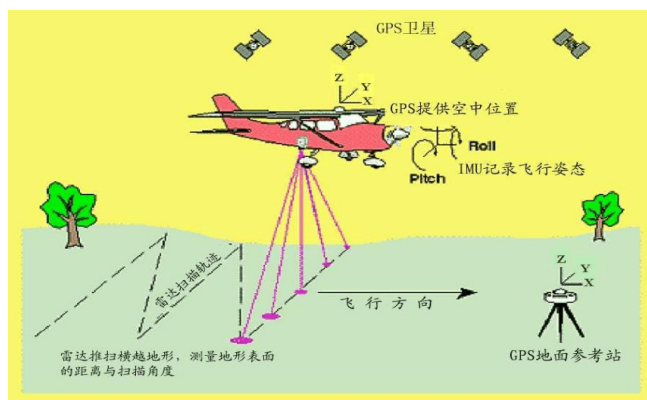


图1 机载激光雷达工作原理

2 工程项目简述

2.1 工程简介

本项目位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州轮台县,测图面积约60平方,项目起点位于策大雅乡,向北逐渐进入山前冲积扇,沟壑纵横,地势南低北高,中部为天山山区,位于海拔3800米—4200米以上的冰雪覆盖的极高山带。高差较大地形复杂,山势陡峭,交通极为不便,中部山区人员无法到达,利用传统测量方法制作3D成果较为困难,且精度难以保证,本项目测图的目的是为了道路设计及修建提供基础数据,测图比例尺为1:2000。

2.2 利用机载激光雷达作业流程

数据获取使用RIEGL VQ1560i机载激光扫描系统,该系统为双通道倾斜安装,可实现全方位扫描,避免了死角和盲区,可提供2000KHz激光发射频率,测距范围可达5800m,该系统配置了全球性能最好、精度最高的POS系统(APPLANIX AP60)以及一亿像素的飞思相机。通过该系统可快速获取高精度点云数据及影像数据。控制测量开展前收集测区附近已有控制点,并按照项目精度要求,根据测区地形及交通情况建立控制网,控制点同时采集WGS84坐标系下的坐标以及CGCS2000坐标系下的坐标,为后续坐标转换做好准备。作业流程图见图2。

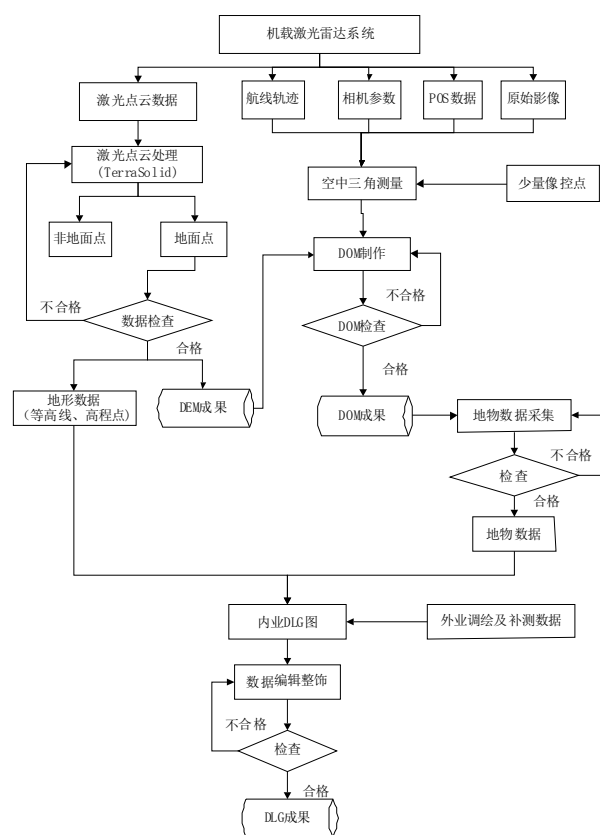


图2 激光雷达作业流程图

2.3 激光点云数据后处理

机载激光雷达系统为主动式测量,获取方式为扫描式,逐点采样,具有测点密度高和记录多重回波观测值的两个特点,使得LiDAR所得数据可同时表现地面与非地面高程。点云数据不可直接使用,需要对激光点云数据进行后处理,点云数据处理包括坐标转换、噪声点滤除和点云分类三个环节,主要使用Terrasolid软件完成,利用Tscan和Tmatch等多模块通过多种分类方式对不同高度的地物进行分类,得到相对应的分类数据。

2.3.1 坐标转换。机载激光雷达获取的直接获取的点云数据数据成果为WGS84下的大地坐标B、L及大地高H,而用户所需要的为CGCS2000国家大地坐标,1985国家高程基准,这就需要对激光点云数据进行点云坐标转换。

(1) 平面坐标系转换。常用的平面转换有布尔沙-沃尔夫(Bursa-Wolf)模型(也称七参数转换),通过WGS84坐标系和CGCS2000坐标系下的观测数据成果及控制点计算七参数,利用七参数将WGS84坐标系下的激光点云数

据转换为CGCS2000坐标系下的激光点云数据。(2)高程转换,可利用已解算的七参高程进行直接转换,或通过测区内控制点拟合测区高程异常模型,利用高程异常模型进行高程转换,并通过GPS-RTK实地采集的散点对转换后的激光点云进行检查。

2.3.2点云滤波。(1)噪声点滤波。在使用机载激光雷达设备数据采集过程中,受外部环境因素影响,会存在噪声点,常见的噪声点主要产生于空中的飞行物体和悬浮物以及地面的移动物体。噪声点直接影响激光点云分类的正确性,在进行地面点分类之前,应首先将明显低于地面的点或点群和明显高于地表目标的点或点群,以及移动物体上的这几类噪声点先滤除。噪声点滤除可采用Terrasolid软件完成,一般噪声点较为明显,利用宏命令较为容易提取出来。(2)点云分类,地面点精细分类。激光点云的自动分类基于Terrasolid软件中的宏命令来实现。通过自动方法分类能够大大减少人为工作量,提高工作效率。但实践证明,仅仅通过自动分类很多情况下无法满足工程的需要,还需要人工参与进行更精细的分类。激光点云滤波分类主要有两种方式:

自动分类滤波:采用不规则三角网模型迭代法(TIN),多用于数据整体分类滤波;采用不规则三角网法,先选择种子点构建粗略地面三角网,剩余点为非地面点,然后从非地面点中选择满足一定条件的点向初始粗略三角网中添加构成新网,迭代计算,直到所有点分为地面点和非地面点为止。在地面滤波时注意不同地形选用不同的滤波参数,主要有地形坡度角,迭代角和迭代距离,根据经验选择合适参数值,经验参考值见表1:

表1 点云自动分类滤波参数参照表

参数名称 地形	最大建筑 物面积(m)	最大地形角(°)	迭代角(°)	迭代距离(m)
山区地形较陡植被密集	60	89	12	0.8
山区地形较陡植被较少	60	89	12	2.5

手动分类滤波:人工依据影像和现场实测来判断设置点云分类滤波参数进行迭代滤波,一般用于局部范围内的点云调整,常用手动滤波分类的方法主要有:

A、断面辅助分类:利用拉断面工具沿任意一条直线拉断面,并在单独的视窗中显示,通过观察投影到断面的点云走势来判断自动分类的正确性,不正确的分类点需要使用点云分类工具进行手工编辑、重新划分为其他类别。

B、TIN模型辅助分类:在检查滤波结果的时候,可以利用分离出来的地面点生成可以实时更新的TIN模型来辅助检查。

C、局部人工辅助分类:地形千差万别,即使在小范围内,也很难通过自动滤波一步到位。例如在山区,不同的山头坡度不一样,即使同一个山头不同方向的坡度不一样,因此会导致同一参数对同一个山头误判的情况。

点云分类是数据制作的关键步骤,直接决定数据成果的精度。经过噪声点滤波及点云分类,可得到精细分类的地面点。一般情况下,自动分类能够大大减少人为工作量,提高工作效率,仅仅通过自动分离很多情况下无法满足工程的需要,还需要人工参与进行更精细的分类。但是,由于点云数据量很大,如果错误的分类是大面积的或普遍性的,则需要调整算法组合和相应的参数进行自动提取分类,尽量减少手动操作,以节省时间及成本。

2.4 DEM、DOM制作

(1)DEM制作。利用TerraSolid软件中的TMODEL模块进行DEM制作,激光点云本身就是具有三维坐标的离散点,分类完成后获得的所有地面点均作为特征点进行数字高程模型构建,根据实际情况,可选择带有高程信息的精确匹配的道路特征线、河流边线、面状水域范围线等参与数字高程模型的生成。(2)DOM制作。利用机载激光雷达技术制作DOM是根据POS辅助空三成果和数字高程模型(由激光点云生成),采用微分纠正的方法对各个模型

的数字像片进行影像重采样,把中心投影转换为正射投影,从而得到单张像片的正射影像。单片正射影像经调色、匀光、镶嵌、裁切、检查编辑等步骤,生成标准分幅的正射影像图。

2.5 DLG制作

使用机载雷达技术制作DLG,等高线和高程注记点可通过分类后的地面点点云数据生成获得,其他的地物要素和地貌要素可通过正射影像矢量化获得,其中陡坎、斜坡、比高等要素可通过参考正射影像及点云数据获取。根据GB/T 20257.1-2017图式进行编辑整饰,得到最终DLG成果。

3 成图精度分析

为验证机载激光雷达技术能够满足1:2000成图精度,采用全站仪、RTK测量的方法对3D成果的平面精度及高程精度进行检查。

(1)高程精度检查分析。测区中均匀随机选取780个地面观测点,将实地采集的检查点导入DEM及DLG数据中检查。其中最大高程差为0.523米,最小高程差0.08米,通过分析,高程较差大的地方均处于较厚植被处及未

穿透植被的区域。高程中误差 $M = \pm \sqrt{\frac{\Delta\Delta}{n-1}} = 0.183$ 米。(2)平面精度检查分

析。在测区中选取目标清晰易分辨的点作为平面检查点,如电杆、斑马线、房角等平面点导入DOM及DLG数据中进行检查,本项目选取平面检查点43个,最大平面差为0.809米,最小平面差为0.203米,平面中误差

$M = \pm \sqrt{\frac{\Delta\Delta}{n-1}} = 0.43$ 米。

通过高程与平面精度分析,激光点云数据中高程精度高于平面精度,利用机载激光雷达可满足1:2000成图要求。

4 机载LIDAR的技术的优势

(1)机载激光雷达可快速获取地面数据,采集的每个激光点都带有真实的三维坐标信息,能够快速获取DSM、DEM成果,对制作DLG、DOM等测绘成果更为便捷快速,与传统航测相比,工作流程更为简化,工作效率有了大幅度提高,并可节省成本。(2)测量精度高。LIDAR技术具有测点密度高和多重回波观测值两个特点,直接获取地面离散点,减少人为误差。传统航测技术是通过空中三角测量,建立立体模型,在立体模型上人为采集地形地貌,人工误差较大,尤其是在植被茂盛的森林区域,作业人员通过估计树高而得到地面高程模型,而LIDAR技术则通过激光脉冲信号穿透部分植被,快速获取森林或山区的数字地面模型,大大提高了测量精度。

5 结束语

通过案例分析,机载激光雷达技术具有高密度、高精度、高效率的特点,能够广泛应用于各种比例尺测绘成果制作,随着激光雷达技术的发展,LIDAR技术的优势更为显著,激光雷达技术会逐渐代替传统航测成为主要的测绘手段。

[参考文献]

- [1]张小红,机载激光雷达测量技术理论与方法[M].武汉:武汉大学出版社,2007:2-3.
- [2]刘全海,冉慧敏.机载LiDAR点云数据的后处理及应用[J].城市勘测,2013(02):92-95.
- [3]梅文胜,周燕芳,周俊.基于地面三维激光扫描的精细地形测量[J].测绘通报,2010(1):25-27.

作者简介:

胡美荣(1986-),女,山东人,汉族,本科,工程师,研究方向:航测遥感测量。