

基于机载激光 LiDAR 技术的线状工程测量

曹小鹏¹ 张勤²

1 广州科测空间信息技术有限公司 2 广州市天驰测绘技术有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v4i4.1114

[摘要] 长距离、大跨度的线状工程常常面临地形情况复杂的问题,给测绘作业人员带来高强度、高危险的大量外业工作,本文阐述了基于机载激光LiDAR技术的线状工程测量方法及其关键技术,通过验证表明,机载激光LiDAR技术在线状工程测量中精度较高,优势明显。

[关键词] 机载激光LiDAR; 激光扫描; 线状工程; 工程测量

中图分类号: P211 文献标识码: A

Linear Engineering Measurement Based on Airborne Laser LiDAR Technology

Xiaopeng Cao¹ QinZhang²

1 Guangzhou Survey Space Information Technology Co., Ltd

2 Guangzhou Tianchi Surveying and Mapping Technology Co., Ltd

[Abstract] Long-distance and long-span linear engineering often face the problems of complex terrain situation, which brings a lot of external work with high intensity and danger to surveying and mapping operators. This paper expounds the linear engineering measurement methods and key technologies based on airborne laser LiDAR technology. The verification shows that airborne laser LiDAR technology has high precision and obvious advantages in linear engineering measurement.

[Key words] airborne laser LiDAR; laser scanning; linear engineering; engineering measurement

引言

随着我国经济的快速发展,长距离、大跨度的铁路、公路、石油与燃气管线、渠道、输电线等线状工程建设越来越多,线状工程由几公里到上千公里长度不等,常常跨越公路、河流、沼泽、密林、高山坡地和沙漠等地形复杂区域。传统测量方法因受地形限制较大、安全性差、时间成本高^[1],已无法满足线状工程在规划设计、施工建设与运营管理阶段的需求,机载激光LiDAR技术的普及应用,正在突破传统的测量模式和方法,成为线状工程测量的优异选择。

1 机载激光LiDAR技术

1.1 机载激光LiDAR技术概述

激光测距其工作原理是向目标物体发送激光束,将目标反射回来的回波信号与发射信号进行比较,处理并获取目标的准确信息(目标距离、方位、高度及速度等参数)^[2]。机载激光LiDAR测量技

术是一种搭载于直升机、固定翼飞机、无人机等飞行平台上,基于POS(GPS+IMU)技术和激光测距技术的主动式对地观测系统^[3]。大部分机载LiDAR系统还集成了被动成像的数码相机,能同时获得影像与点云,经过生产加工,可以快速的生成多种成果(DSM、DEM、DOM、DLG)。

1.2 在线状工程测量中的优势

相对于传统线状工程测量,机载激光LiDAR技术主要优势有:

1.2.1 获取成果各类丰富,能快速获取大面积、丰富的三维点云、影像数据,加工后可满足线状工程各阶段的需求。

1.2.2 数据成果精度高,无论是在地形复杂或者植被覆盖茂密区域,机载激光LiDAR技术均能获取高精度的成果,有效保证工程项目的顺利开展。

1.2.3 穿透性好,点云穿透性对于机载LiDAR测绘至关重要,也是其最重要的特点及优势之一^[4]。在地表植被覆盖茂

密区域激光雷达穿透性好,能有效获取真实的地表信息。

1.2.4 安全性好,该技术把大量的外业测绘工作转到内业处理,极大地降低了测绘作业人员的劳动强度和危险性。

2 测量方法和关键技术

以某煤制气外输管道工程为例,项目位于广东省北部地区,全长约70km,带宽为中线两侧各500m。线路工程两端为以水田、平地为主,中部大部分地区以山地、丘陵为主。测区地处南岭山脉南部,地质构造复杂,植被茂密,为本次测绘工作带来很大的难度。为了满足管道设计需求及数字化管道系统建设要求,采用机载激光LiDAR技术对测区沿线状进行航摄,制作1:2000比例尺数字正射影像图(DOM)、数字高程模型(DEM)、数字线划图(DLG)。

2.1 技术流程

基于机载激光LiDAR技术的线状工

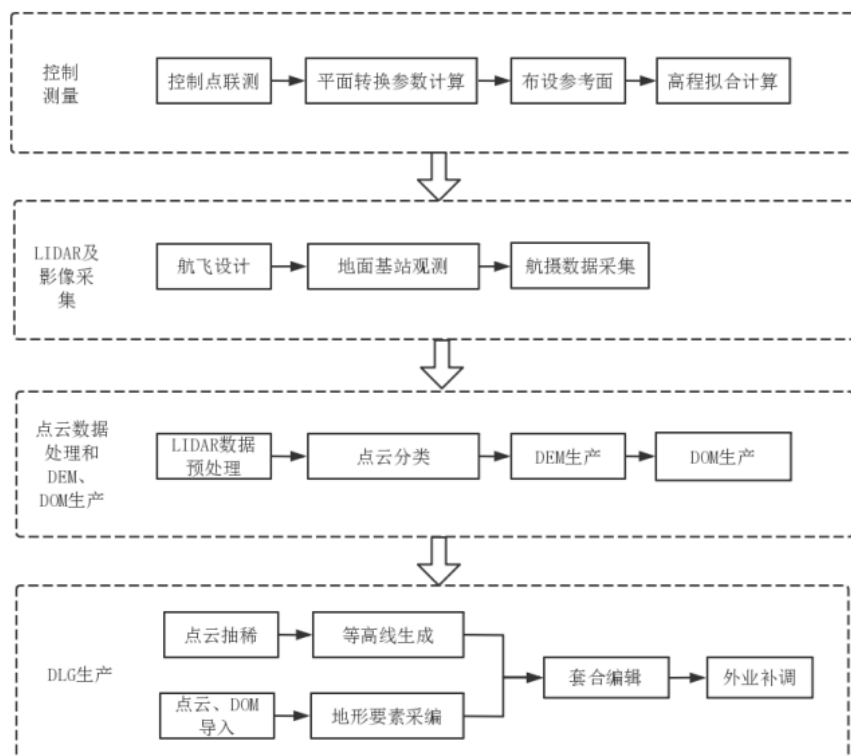


图1 技术流程图

程测量方法包括控制测量、机载LIDAR及影像数据采集、LIDAR数据处理和DEM、DOM生产、DLG生产等内容。主要流程如图1所示。

2.2 控制测量

控制测量主要用于机载LIDAR航摄过程中的地面基站架设、LiDAR数据平面坐标和高程转换参数计算。

根据已有控制点的分布,选用5个均匀分布、标石保存完好控制点进行联合观测,控制点观测按照C级GNSS设备要求及观测要求进行,观测结束后进行平差解算,求得WGS84坐标和工程坐标系之间的转换七参数。

在沿线范围内均匀共布设10个参考面,每个参考面测量3个高程点,主要采集硬化地面的高程点。通过高程拟合,求出测区的改正参数,将点云数据由大地高转换到1985国家高程基准。

2.3 机载LIDAR及影像数据采集

2.3.1 航飞设计

航线设计必须同时满足影像获取及点云的要求,沿线路走向布设,本案例使用罗宾逊R44直升机搭载Harrier68机载LiDAR航摄仪进行航空摄影测量,激光扫描角为 60° ,脉冲频率240KHz,相对航

高500m,点云密度6点/平方米,航向重叠度65%,旁向重叠度30%。

2.3.2 地面基站同步观测

机载LIDAR航摄时,地面基站使用GNSS双频接收机进行同步观测,数据采样间隔为0.5s。地面基站架设在有控制点上,保证测区内任意一点到基站的距离不大于50km。

2.3.3 航摄数据采集

航摄数据采集时,同步采集激光点云和影像数据,飞机在进入测区前需飞一个“8”字型航线;作业完成后再飞行一个“8”字型航线;采用左右转弯交替方式飞行,且每次直线飞行时间不宜大于25min;航摄飞行过程中应及时观察系统工作情况,重点观察GPS信号状况,及时处理、记录出现的问题。

2.4 LIDAR数据处理和DEM、DOM生产

2.4.1 原始数据预处理

原始数据预处理包括POS数据、原始点云、影像的预处理。采用差分GNSS定位,IMU/GPS数据联合解算出每个时刻的航迹文件;联合POS数据和激光测距数据,附加系统检校数据,进行点云数据解算,生产三维点云,并进行航带间拼接;将获取的原始影像数据进行解压。

2.4.2 点云分类

首先,利用TerraSolid软件基于反射强度、回波次数、地物形状等的算法或算法组合,对点云进行自动分类;其次,对高程突变的区域,调整参数或算法,重新进行小面积的自动分类;最后,采用人工编辑的方式,对分类错误的点进行重分类,将点云分类为地面点和非地面点。

2.4.3 DEM生产

DEM是基于分类后的点云(地面点)进行内插后生成的,利用精分类后的地面点来提取地面模型的关键点,选择道路特征线、河流边线、面状水域(湖泊、水库、池塘等)范围线等参与数字高程模型生成。

2.4.4 DOM生产

基于校正后的影像内、外方位元素和数字高程模型,对原始影像进行微分纠正,生成单片影像;对单片影像进行拼接,避免拼接线出现在房屋、立交桥、陡坎等地形有高差的区域;按照分幅要求对拼接后的影像进行裁切,生成分幅DOM。

2.5 DLG生产

2.5.1 基本方法

DLG生产采用激光点云辅助DOM矢量化进行绘制,首先基于DOM绘制地物要素,基于激光点云生成等高线、投影改正、辅助判别坡坎等地形地貌,内业采集完成后到实地进行外业调绘与核实,然后再对矢量图进行编辑修改,最终完成DLG生产。

2.5.2 地形要素采编

根据DOM绘制居民地、道路、水系、管线、植被等可明显判读的地物,独立地物能按比例尺表示的绘出外轮廓,不能按比例尺表示的准确表示其定位线或定位点。

对于陡坎、水沟等在DOM上无法判读,或者判别不明显的地物优先参考点云,对有投影差的房屋或桥梁,导入对应区域的地面点激光数据和非地面点激光数据,用不同的颜色进行区分,根据上下激光点范围、高程差就可以准确地确定房屋的位置,进行投影改正(如图2所示)。

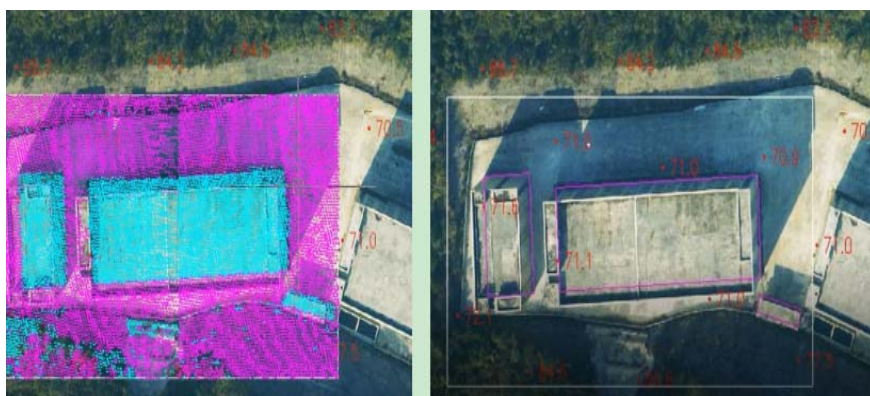


图2 地形图采集与编辑

表1 精度统计结果

检测内容	检测点数(个)	粗差个数	粗差率	中误差(m)	允许中误差(m)
平面检测	175	1	0.6%	0.12	1.20
高程检测	324	4	1.2%	0.13	0.25

2.5.3等高线绘生产

使用CASS点云插件,分图幅抽稀并导入分类后的地面点数据,生成等高线,对等高线拟合、编辑以后,保留特征点,然后再对高程标注进行筛选。

2.5.4套合编辑

将已采集完成的地形要素、等高线进行套合编辑,处理点线矛盾等不合理情况,完成DLG的内业绘制工作。

2.5.5外业调绘与补测

对内业无法判读的要素进行调查注记、编绘、补测,对地理名称进行调查注记,编

辑整饰完成DLG生产。

此外,从已制作的DEM、DOM数据中,应用TerraModel模块也可生成纵断面数据^[5]、三维电子沙盘等成果。

2.6成果精度

采用GPS-RTK实地采集道路拐角、房角等特征点,检查成果的平面精度;采集高程点,检查成果的高程精度。精度统计结果满足线状工程测量相关规范要求,精度统计结果见表2。

3 结束语

机载激光LiDAR技术能快速地同步

获取点云、影像数据,经过生产加工,可以制作高精度的DEM、DOM、DLG、纵横断面图、三维电子沙盘等多种成果,满足线状工程不同阶段的需要。在地形复杂的线状工程测量中,基于机载激光LiDAR技术同样具有获取成果丰富、测量精度高、劳动强度低的优势,在线状工程测量中具有广阔的应用前景。

[参考文献]

[1]邹杨,王栋,张广泽,等.无人机摄影测量技术在大高差铁路工程施工中的应用[J].测绘与空间地理信息,2020(01):114-116.

[2]王继业.3维激光雷达在优化选线中的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2013(12):19-21.

[3]张天巧.结合机载LiDAR技术的移动端的开发及应用[J].测绘通报,2015(08):119-122.

[4]王强辉.机载LiDAR原始点云数据质量检验方法研究[J].测绘与空间地理信息,2018(05):35-37.

[5]王军.利用TerraSolid软件处理后的机载激光雷达数据生成油气长输管道纵断面图[J].矿山测量,2013(01):28-29.

作者简介:

曹小鹏(1986—),男,汉族,江西赣州人,大学本科,工程师,主要从事摄影测量与遥感、不动产测绘与工程测量工作。