

机载激光雷达在电力工程大比例尺地形图测量中的应用

周翔 温玉维 邓长勇

中国能源建设集团湖南省电力设计院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v4i4.1133

[摘要] 随着测绘新技术不断发展,传统测量手段已经不适应当前电力工程场址大比例尺地形图测量需求。为了提高电力工程场址地形图的测量效率,保证地形图的成图质量。本文研究了采用传统 RTK 野外调绘测量结合无人机航测及机载激光雷达技术完成电力工程场址大比例尺地形图测量,不仅保证了地形图质量,还缩短了外业周期,实现了高程度自动化,提高了生产效率。

[关键词] 机载激光雷达; 电力工程; 大比例尺地形图; 外业调绘

中图分类号: P237 文献标识码: A

Application of Airborne Laser Radar in Large Scale Topographic Map Measurement of Power Engineering

Xiang Zhou Yuwei Wen Changyong Deng

Hunan Electric Power Design Institute Corporation Limited, China Energy Engineering Corporation Limited

[Abstract] With the continuous development of new surveying and mapping technology, the traditional measurement methods can not meet the needs of large-scale topographic map measurement of power engineering site. In order to improve the measurement efficiency and ensure the quality of topographic map of power engineering site, the traditional RTK mapping survey combined with UAV aerial survey and airborne laser radar technology is used to complete the large-scale topographic map survey of power engineering site, which not only ensures the quality of topographic map, but also shortens the field work cycle, realizes a high degree of automation and improves the production efficiency.

[Key words] airborne laser radar; electric power engineering; large-scale topographic map; field mapping

1 概述

无人机机载激光雷达测量技术是一种近几年兴起的全新的测绘技术,具有高精度和高效率的特点,在测绘中的应用越来越广泛,特别是给电力工程项目的勘测带来传统测绘手段不具有的应用模式和技术优势。为提高测量技术水平和生产效率,研究机载激光雷达数据生产大比例尺地形图的应用。同时,为了提高无人机机载激光雷达技术在厂址工程大比例地形测量的精度,本文融合了RTK测量、无人机航测、机载激光雷达等多种技术手段,^[1]确保了地形图的质量。

2 仪器设备及相关参数

2.1 雷达及航测系统

本文研究内容将采用中海达ARS系

列雷达系统,该雷达系统以多旋翼无人机平台为载体,一体化集成高精度激光扫描仪、GPS、IMU、数码相机等传感器,以中海达自主知识产权的高精度时空同步和一体化多传感器集成技术为支撑,可同步获取点云数据、姿态数据、定位数据等,并且配备了全套数据处理和相关应用软件,可同时快速生成高精度的点云与正射影像数据,生成满足项目要求的测绘成果。

2.2 项目中拟采用的数据获取系统以及平台

(1) 机载系统: ARS-1000L激光系统;

(2) 飞行平台: 曜宇Yunux-Long120; 飞马D2000;

(3) 地面系统: 1台静态GPS基站,型号为iRTK2;

3 项目规划及施测

3.1 航线规划

航飞设计是根据测区大小、测区形状、测区地形、产品质量,以高效、经济为原则综合考虑,这样既方便飞行设计,又利于工作开展。本文选取我公司中标的位于湖南永州市的一个林光互补项目为例,根据实际情况,测区共分为16个小区域,每个区域设计平行航线飞行。

3.2 外业数据采集

(1) 航飞设计完成后,开始进行航飞数据获取。数据获取阶段,根据相关规范,所有飞行均满足以下要求:天气晴朗,能见度好、风力小的天气进行,其中水平能见度应大于10km,垂直能见度大于3公里;起飞前对LiDAR系统进行前初始化;飞机降落后延长记录5分钟。

(2) 像控点采用HNCORS进行测量, 采用人工布设像控标志, 所有像控点布设成平高控制点, 测区共测得像控点125个; 对在正射影像不能精确识别的地物进行实地测量, 包括所有的坟、电力线、通信线、房屋等; 按照规范要求, 实地测量的检查点, 包括高程和平面检查点。

4 数据处理及质量检查

4.1 技术要求

(1) 点云密度及影像地面分辨率要求: 机载激光雷达获取的点云数据密度应满足相关规范中的要求。点云密度在平坦地区可根据情况相应放宽, 而地形复杂、地貌破碎地区则应该相应加密。

(2) 点云数据高程精度要求: 进行点云数据高程精度检查时采用野外控制点、调绘数据及高程检查点数据进行检查, 满足规范中的相关要求。

4.2 数据预处理

数据预处理的目的是获取激光点云数据的空间坐标和影像外方位元素, 数据预处理时需要使用的数据包括: 原始激光点云数据、原始数码影像数据、IMU数据、机载GNSS数据和地面基站数据等。数据预处理内容包括偏心角改正、GNSS解算、偏心分量计算、空三加密、坐标转换等。

4.3 IMU/GNSS联合解算

利用GNSS偏心分量、IMU偏心分量和相机偏心分量, 采用差分技术, 融合IMU数据, 联合解算获取影像的初始外方位元素和激光扫描仪的航迹文件, 航迹文件包含激光扫描仪在各个GNSS采样时间的位置信息、姿态信息及速度。根据激光扫描仪的航迹文件和激光扫描数据的回波强度和回波次数等信息, 计算激光点云在WGS84坐标系下的三维坐标。

4.4 点云数据处理

由于LiDAR系统获取的点云数据在形式上是分散的, 每个光斑密度也不同, 点云的空间分布不规则, 无法满足工程项目对成果的需要, 因此需要将点云数据进行去噪和分类、手动精细分类等操作, 才能从原始LiDAR点云数据中分离出地形表面点云以及其他地物的相关点云

数据。点云数据的分类处理主要可分两部分, 即自动分类和手动分类。

点云数据处理流程如下: 原始点云数据→去噪→地面点分类→手动修编→输出DEM、DSM。

4.5 DSM、DEM及DOM制作

4.5.1 DSM和DEM制作

利用去噪后的点云数据通过数据内插生成栅格形式的DSM数据, 利用地面点云数据通过数据内插生成栅格形式的DEM。技术要求为:

(1) DSM和DEM格网间距和精度应符合工程数据精度要求;

(2) 保证成果反映完整地形, 不得出现插值漏洞;

(3) 保证图幅接边地形过渡自然, 接边误差符合要求。

4.5.2 DOM制作

利用地面点云数据对数码影像进行正射纠正, 并进行匀色和镶嵌, 生成DOM成果。技术要求为:

(1) DOM影像分辨率和精度应符合工程数据精度要求;

(2) 保证影像清晰, 反差适中, 色调正常;

(3) 保证影像接边过渡自然, 接边误差符合要求。

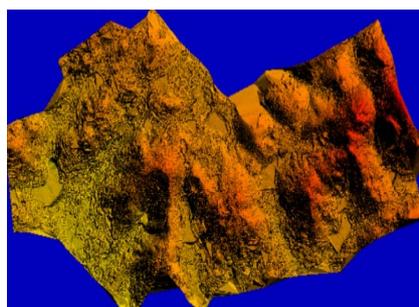


图1 DEM成果示意图

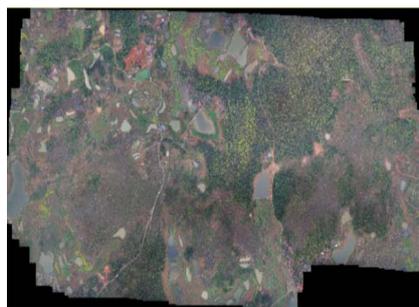


图2 DOM成果示意图

4.6 成果质量检查

在完成内业工作后, 需要对内业完成的数字产品进行质量检查, 数字产品主要包括DEM、DSM、DOM等。检查项目包括成果的平面精度、高程精度及接边精度的检查, 检查完成后需数据相应质量检查报告。利用外业采集或者更高精度资料上获取的平面和高程检查点, 检查DEM高程精度和DOM平面精度。

5 生产DLG

5.1 等高线提取

得到高精度的DEM后, 通过高精度的DEM就能内插得到等高线数据, 按一定的间隔提取高程点, 并对等高线进行相应的平滑和接边。

5.2 采集地物数据

本项目内业采集采用DOM平面量测和建立立体相对相结合的方法获取地物数据。根据内业采集的地物数据和野外调绘数据结合等高线按照1:500地形图要求进行成图、整饰。

5.3 外业调绘

成图完成后,^[3]根据地形图需再次进行实地调绘测量, 主要包括:

(1) 补测初次调绘漏测且DOM和立体都不能清晰判读的地物;

(2) 初次调绘与DOM或者立体相对中不符的相关地物;

(3) 局部植被茂密或者地形陡峭的位置需加测检查点。

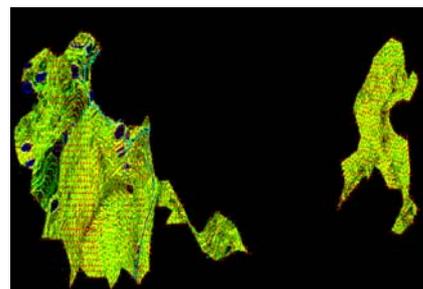


图3 DLG成果示意图

5.4 质量检查及精度评定

根据《测绘成果质量检查与验收》GB/T24356-2009中相关要求, 将外业测量的检查点对地形图进行质量检查, 包括高程精度和地物平面精度。^[2]统计测区范围内2542个高程检查点的高程较差和158个平面检查点的平面较差, 如下表:

表1 高程检查点精度统计表

序号	CGCS2000 坐标系			检查点	
	X 坐标 (m)	Y 坐标 (m)	H 高程 (m)	H 高程 (m)	较差
1	***8935.861	***095.766	146.860	146.780	-0.080
2	***8934.494	***098.794	145.090	145.136	0.046
...
2542	***9094.72	***902.15	147.700	147.669	-0.031
最大较差: 0.149, 最小较差: -0.136, 中误差: 0.1194, 平均误差: 0.0358					

表2 平面检查点精度统计表

序号	采集点坐标		检查点坐标		较差		
	X 坐标 (m)	Y 坐标 (m)	X 坐标 (m)	Y 坐标 (m)	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔS (m)
1	***8021.362	***610.942	***8021.407	***610.980	0.045	0.038	0.059
2	***8395.262	***531.846	***8395.250	***531.878	-0.012	0.032	0.034
...
158	***7994.894	***630.843	***7994.856	***630.812	-0.038	-0.031	0.049
ΔS : 最大值 0.067, 最小值 0.027, 中误差 0.037, 平均误差 0.047							

根据以上两个表格统计的平面、高程的中误差,均满足规范中的要求。

6 结束语

随着测绘新技术的发展,传统RTK测量在电力工程中的应用已经满足不了当

下的需求。本文研究了采用传统RTK外业调绘结合无人机航测和无人机机载激光雷达测量电力工程的场址大比例尺地形图,将大量的外业工作转变为内业数据处理和内业地物采集;在快速获取场址

范围内高精度DEM的同时也能获取高精度的DOM;结合外业调绘测量和实地测量检查点保证了成果的精度。这种方法缩短了外业周期,具有较高的自动化程度,克服了野外山地、植被茂密区域测量的困难,更新了电力工程场址地形测量的技术手段。

[参考文献]

[1]张伟,付玲,柳婷.基于地空一体化的1:500地形图测绘应用[J].城市勘测,2018(3):105-109.

[2]刘广彬,赵鹏,姜洲,等.机载Lidar系统在地形图测绘中的应用[J].北京测绘,2020(7):975-977.

[3]黄妙华.机载LIDAR在大比例尺地形图制作中的应用[J].智慧地球,2020(22):69-70

作者简介:

周翔(1988--),男,汉族,湖南溆浦人,硕士研究生,工程师,从事电力勘测、航测与遥感技术应用研究。