

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.03.019

基于机载 LIDAR 技术的输电线路优化设计研究

王东甫^{1,2}, 宫煦利²

(1. 武汉大学 测绘学院, 武汉 430072; 2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 在南方地表植被茂密、地形复杂的山区, 传统的航空摄影测量技术所获取的 DEM 和 DSM 成果精度低、输电线路野外勘测强度大, 通过分析机载 LIDAR 技术的优势特点, 以滇西北特高压输电线路优化设计为例, 阐述了机载 LIDAR 技术在准确提取平面、优化交叉跨越设计以及有效估算拆迁与青苗赔偿等路径优化中的应用, 及其产生的经济效益。实践表明: 将机载 LIDAR 技术应用于输电线路优化设计, 可有效提高输电线路的设计质量, 优化工程投资预算。

关键词: 机载 LIDAR; 优化设计; DOM; DEM

中图分类号: TN958.98

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2017)03-0103-04

Research on Optimal Design of Transmission Line Based on Airborne LiDAR Technology

WANG Dongfu^{1,2}, GONG Xuli²

(1. School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: In some areas with dense vegetation and complicated terrain, both DEM and DSM have low result accuracy when acquired by traditional aerial photogrammetry technique, which leads to strong field survey burden in the transmission line. In this paper, we analyzed the strengths of Airborne LiDAR Technology and took optimal design of Ultra-high voltage transmission line in Northwestern Yunnan as an example to illustrate the path optimization applications and their economic efficiency of Airborne LiDAR Technology, such as precisely extract plane and profile mapping, optimize crisscross spanning design and effectively estimate demolition and crop compensation. Thus, we demonstrate the feasibility of Airborne LiDAR Technology when it is applied to optimal design of Ultra-high voltage transmission line, which can efficiently improve the design quality of the transmission line and release construction budget.

Key words: airborne LiDAR; optimal design; DOM; DEM

机载激光雷达技术(Light/Laser Detection and Ranging, 简称为 LIDAR), 是将三维激光扫描仪、全球定位系统(GPS)、惯性导航装置等集装在飞行器空中平台上, 采用航空摄影测量原理和激光测距原理, 快速获取地球表面大面积影像数据和空间位置数据的技术^[1-2], 具有实效新、精度高、速度

快、信息丰富, 覆盖面宽的特点, 在水利、电力、交通、防洪、滑坡监测、林业等领域应用日益广泛。

1 机载 LIDAR 系统的技术优势

机载 LIDAR 技术相比传统的航空摄影测量技术具有明显的技术优势:

1) 机载 LIDAR 系统快速获取地面高精度三维激光点云数据, 数据获取速度大大提高^[3]。

2) 机载 LIDAR 系统可穿透植被, 获取高精度的数字高程模型(DEM)和数字表面模型(DSM)数据, 与传统航测精度比较如表 1 所示(采样数据来

收稿日期: 2016-12-21

基金项目: 中国能建广东院科技项目“地面三维激光扫描在电力工程中的应用研究”(EX01281W)

作者简介: 王东甫(1974), 男, 江苏宿迁人, 高级工程师, 硕士, 主要从事电力工程勘测工作(e-mail) wangdongfu@gedi.com.cn。

表1 机载 LIDAR 航测与传统航测高程较差表

Tab. 1 Elevation differences between airborne LiDAR aerial survey and traditional aerial survey

桩号	传统航测高程/ m	LIDAR 航测高程/ m	桩位放样高程 /m	与桩位放样高程较差/m		备注
				传统航测	LIDAR 航测	
A35	191.4	189.1	189.200	-2.200	0.100	桔子 3 m
A36	274.0	266.1	265.200	-8.800	-0.900	松杂 4 m
A37	301.2	298.8	298.400	-2.800	-0.400	松树 8 m
A38/J10	256.9	255.6	255.300	-1.600	-0.300	松杂 8 m

自分别采用传统航测与 LIDAR 航测方式的两线路重叠区域)。

3) 机载 LIDAR 系统航飞时, 只需在地面布设 GPS 基准站同步观测, 而不用再像控测量, 即可通过后处理解算出激光点的三维坐标, 有效减少了野外工作量^[4]。

4) 在南方山区, 地表植被茂密, 传统航摄所获取的影像往往被缺少纹理信息的植被覆盖, 这给后续像控及数据处理增加了难度, 也直接影响 DEM 成果精度, 使用机载激光航测即能很好的克服此困难。

将机载 LIDAR 技术应用在输电线路优化设计中, 可整体提升输电线路的设计深度和质量, 节约工程建设投资, 保护生态环境。

2 机载 LIDAR 技术在滇西北特高压输电线路优化设计中的应用

滇西北至广东 ± 800 kV 特高压直流输电线路工程起点为云南省滇西北地区, 途径云南、贵州、广西、广东 4 省区, 落点广东珠三角地区, 线路长度约 2 000 km。其中, 我院负责标包 13(广东英德市至深圳东方换流站)的设计工作, 线路沿线经过的区域以高山地为主, 间有部分丘陵和泥沼; 并且, 森林茂密, 地质条件复杂, 勘测设计难度很大。

本线路采用德国 TopoSys 公司 HARRIER 56 机载激光测量系统, 获取高精度的数字正射影像图 DOM(地面分辨率 0.25 m)、数字高程模型 DEM 与数字表面模型 DSM(格网间距 2.0 m)。通过中国能建广东院自主研发, 拥有多项专利技术的 3DRoute 优化选线系统, 利用“DEM 叠合 DOM 技术”生成大场景三维模型, 对招标路径进行局部优化。

2.1 精细化判读与室内量测

利用高分辨率和高时效性正射影像图, 进行精细化判读与室内量测^[5], 让设计人员能够实现室内的宏观规划与细部微调, 合理避让军事设施、城镇规划、大型工矿企业、自然保护区、旅游风景区、重要通信设施, 以及高山大岭、重冰区、矿产开采区等险恶地形与恶劣地质区。如图 1 所示, 可避让房屋与铁塔跨越, 节约工程投资, 减少线路工程建设对地方经济发展的影响。

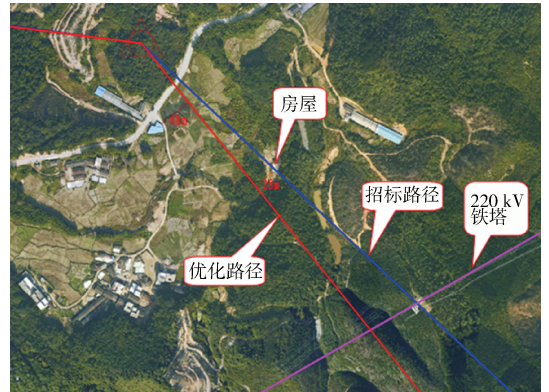


图1 输电线路优化设计示意图

Fig. 1 Optimization design of transmission line

2.2 准确提取平面断面

基于机载 LIDAR 系统所获取的高精度 DEM, 在 3DRoute 选线平台上可实时、准确的提取线路平面断面与量测高差、距离等信息^[6], 充分考虑地形、地貌, 避免大档距、大高差、塔位地形陡峭、坡度较大, 以及相邻档距相差悬殊地段, 通过预排塔位进行多方案优化比选, 使新建线路更加安全可靠, 技术经济指标更加合理。同时, 大幅地降低了重型塔及 8 m 以上级差高低腿的使用频率, 有效地节省了塔重, 并减少了开挖土方量, 为沿线地方节省了宝贵的土地资源, 降低了工程实施难度, 有助于社会的和谐稳定。

2.3 优化交叉跨越设计

根据高精度的激光点云数据,采用后处理软件 TerraSolid 进行点云分类、DEM 提取与编辑、正射影像纠正和镶嵌匀色等数据处理,可对交叉跨越线路的铁塔塔高进行准确量测。将塔高数据导入 3DRoute 选线平台,即可快速提取带有交叉跨越信息的线路路径平断面图,使交叉跨越设计更加优化(如图2~图5),有效控制工程投资预算。



图2 提取铁塔塔高数据
Fig. 2 Extract tower's height

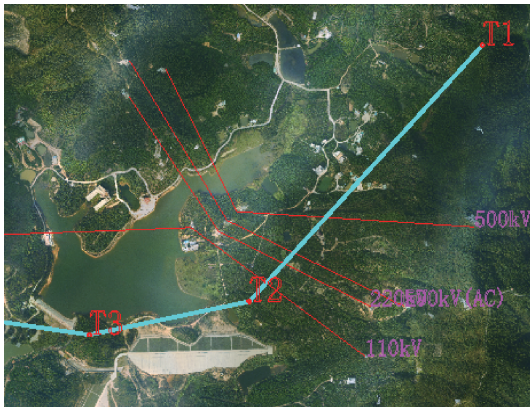


图3 导入交叉跨越电力线
Fig. 3 Import crisscross spanning power line

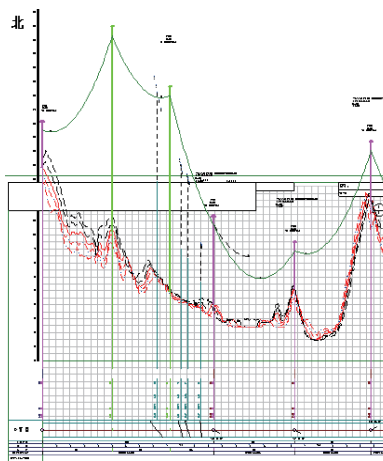


图4 提取交叉跨越断面
Fig. 4 Extract crisscross spanning section

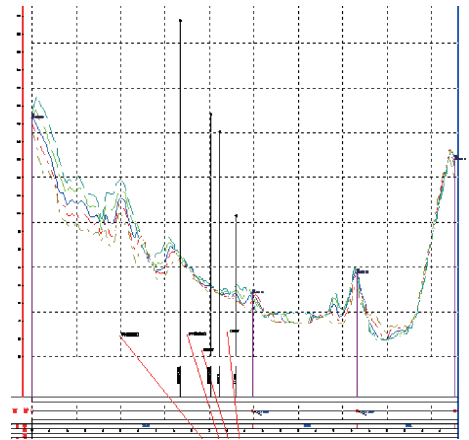


图5 优化交叉跨越设计
Fig. 5 Optimize crisscross spanning design

2.4 快速绘制塔基地形图

在 3DRoute 选线平台上,利用高精度、高密度的 DEM 实时生成塔基地形图,使优化路径避开不良地形区域。设计专业人员在前期即能进行合理地基础配置与铁塔规划,极大地缩短了勘测设计过程工期;同时,有效减少了施工过程中的土方开挖量,降低了工程建设成本,保护了生态环境。

2.5 有效估算拆迁与青苗赔偿

通过高精度的数字表面模型 DSM 数据,准确地量测出地表树高、房高等传统航测影像上无法获取的信息;通过线路路径三维优化设计,有效避让建构物及林区,有效控制拆迁及青苗赔偿费用。同时,有效估算工程建设所需要的房屋拆迁量和林木砍伐量,使工程赔偿预算更加准确合理,从而降低施工民事难度,减少工程建设对人民生活造成的不利影响。

3 路径优化技术经济对比

本线路优化路径走向与招标路径基本一致,本着“统筹兼顾,相互协调”的原则,在局部地区结合高精度的 LIDAR 航测数据和现场踏勘进行了优化设计。路径优化后,线路长度缩短 2 km,曲折系数降低为 1.77,房屋拆迁量减少 39 674 m²,通信基站拆迁减少 1 基,节约线路投资约 5 987.5 万元(详见表 2)。同时,相比招标路径,优化路径还减少了铁路、高速、省道以上公路、大型通航河流和跨越次数,有利于线路后续协调与施工,为特高压直流输电线路工程起到了典型示范作用。

表2 路径优化前后指标对比表

Fig. 2 Comparison table of indicators before and after path optimization

指标	优化前	优化后	变化量
线路长度/km	326	324	减少 2 km
线路曲折系数	1.78	1.77	减少 0.01
拆迁量/m ²	59 174	19 500	减少 39 674 m ²
通信基站/基	1	0	减少 1 基拆迁
铁塔减少/t	0	157	减少 157 t
投资减少/万元	0	5 987.5	减少 5 987.5 万元

4 结论

实践证明,将机载激光雷达技术应用于输电线路优化设计,具有先进性。采用高分辨率的正射影像图(DOM)、高精度的数字高程模型(DEM)进行三维优化设计,尤其在南方地表植被茂密、地形复杂的山区,可有效提升输电线路的设计深度和质量,并优化工程建设投资预算。不过,在森林植被覆盖极其茂密、而激光点云难以穿透地表的地区,将需要传统的人工勘测辅助机载LIDAR航测,以获取精确的地面高程。随着机载激光雷达技术的迅速发展,将在输电线路路径优化中发挥更大的作用,并对输电线路的设计、施工和运行带来革命性的变化。

参考文献:

[1] 殷金华,孙朝阳,郑彦春.机载激光测量技术在特高压输电线路工程中的应用研究[J].电力建设,2007,28(7):9-13.

(上接第102页 Continued from Page 102)

[7] 叶林,杨丹萍,赵永宁.风电场风能资源评估的测量-关联-预测方法综述[J].电力系统自动化,2016,40(3):140-151.
YE L, YANG D P, ZHAO Y N. Overview of wind resource measure-correlate-predict methods for wind farms [J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(3): 140-151.

[8] SMITH A, LOTT N, VOSE R. The integrated surface database: recent developments and partnerships [J]. Bulletin of the

YIN J H, SUN C Y, ZHENG Y C. Application study of airborne laser measurement technology in uhv transmission line construction [J]. Electric Power Construction, 2007, 28(7): 9-13.

- [2] 胡峰,范亮.三维激光扫描技术在变电站扩建工程中的应用研究[J].南方能源建设,2016,3(2):92-95.
HU F, FAN L. Research on the application of 3D laser scanning technology in substation expansion project [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3(2): 92-95.
- [3] 余洁,穆超,冯延明,等.机载LiDAR点云数据中电力线的提取方法研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2011,36(11):1275-1279.
YU J, MU C, FENG Y M, et al. Research on extracting power line from airborne lidar point cloud data [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2011, 36(11): 1275-1279.
- [4] 密威.机载激光雷达技术在电力线路勘测中的应用[J].科技资讯,2009(19):5-8.
MI W. Application of airborne light detection and ranging technology in power line surveying [J]. Science & Technology Information, 2009(19): 5-8.
- [5] 廖新育,窦延娟.机载激光雷达技术在电力线路设计中的应用[J].中国电力教育,2011(36):148-149.
LIAO X Y, DOU Y J. Application of airborne light detection and ranging technology in power pine designing [J]. China Electric Power Education, 2011(36): 148-149.
- [6] 张芳宁.基于机载激光雷达的输电线路优化技术研究[J].科技资讯,2011(6):128-128.
ZHANG F N. Research on optimal technology of transmission line based on airborne light detection and ranging technology [J]. Science & Technology Information, 2011(6): 128-128.

(责任编辑 郑文棠)

American Meteorological Society, 2011, 92(6): 704-708.

[9] RIENECKER M, SUAREZ M, GELARO R, et al. MERRA: NASA's modern-era retrospective analysis for research and applications [J]. Journal of Climate, 2011, 24(14): 3624-3648.

[10] CASELLA L. Improving long-term wind speed assessment using joint probability functions applied to three wind data sets [J]. Wind Engineering Volume, 2012, 36(4): 473-483.

(责任编辑 郑文棠)