

# 无人机倾斜摄影技术在特高压输电线路 路径优化中的应用研究

汤坚<sup>1</sup>, 杨骥<sup>2</sup>

(1. 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; 2. 广州地理研究所, 广州 510070)

**摘要:** 无人机倾斜摄影技术是国际测绘领域近些年发展起来的一项高新技术, 相对于正射影像, 倾斜摄影能更加真实的反映现场三维环境, 通过配套软件可直接利用成果影像进行高度、长度、面积、体积、角度、坡度等属性的量测, 同时倾斜摄影对建筑物能批量贴纹理, 有效的降低了三维建模的成本。本文研究倾斜摄影技术在特高压输电线路路径优化中的应用, 为特高压输电线路设计中路径方案优选和优化排位提供直观、准确、丰富的三维数据源, 为输电力线路设计提供决策依据。

**关键词:** 无人机; 倾斜摄影; 路径方案优选; 特高压架空输电线路

中图分类号: TM75

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)S1-0203-04

## Research and Application of UHV Transmission Line Optimization Based on Oblique Photography of UAV

TANG Jian<sup>1</sup>, YANG Ji<sup>2</sup>

(1. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China;  
2. Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou 510070, China)

**Abstract:** Oblique photography is a new technology that developed recent years in the area of surveying and mapping. It can demonstrate the 3D environment more realistic than ortho-photo. The results of the image can be used in measuring height, length, acreage, volume, angle and gradient, etc. In the meanwhile, it can cut the cost of 3D modeling by bulk texture mapping. This research uses oblique photography in the application of UHV transmission line optimization, provides intuitive and accurate 3D data for the optimizing and ranking of UHV transmission lines, as well as the decision-making basis for the electric power line design.

**Key words:** UAV; oblique photography; UHV transmission line; route plan optimization

电力建设是我国经济发展的重要保障, 在新的经济形势下, 电网建设呈现出长距离输送、大变容量、特高压、高安全要求等新的发展态势。近年来我国特高压输电线路的建设已经取得飞速发展。目前特高压输电线路路径方案优化的技术路线主要有以下两种: (1) 基于 GIS 技术, 将正射影像叠加数字高程模型搭建三维场景完成路径优选工作。这种方法符合人眼视觉习惯, 可多角

度观察路径环境, 平台操作方便简单, 支持大数据加载, 但不能准确获取房屋、树木等地表物体的高程, 影响对拆迁量的统计及路径选择的判断。(2) 基于摄影测量技术建立路径立体环境, 量测断面, 实现二三维交互选线。这种方法能准确量测线路断面及地物与路径的空间位置关系, 但只能从俯视的角度观察路径环境, 且设计人员对立体感觉的培养需要时间, 有一定的专业技术门槛。如何方便快捷、直观高效的完成路径优化工作, 这对特高压输电线路的总体设计及路径方案的比选和优化提出了更高更新的要求。

### 1 倾斜摄影技术原理

倾斜摄影技术是国际测绘领域近些年发展起来

收稿日期: 2015-11-01

基金项目: 广东省水利科技创新项目(基于多旋翼微型无人机与三维激光扫描技术的水利工程立体化监测技术研究; 2015-14)

作者简介: 汤坚(1981), 男, 陕西汉中, 高级工程师, 本科, 主要从事无人机摄影测量技术在电力工程设计中的应用研究(e-mail) tangjian@gedi.com.cn。

的一项高新技术，通过在同一飞行平台上搭载多台传感器，从一个垂直、四个倾斜等五个不同的角度同时曝光，采集影像<sup>[1-2]</sup>，如图1所示。

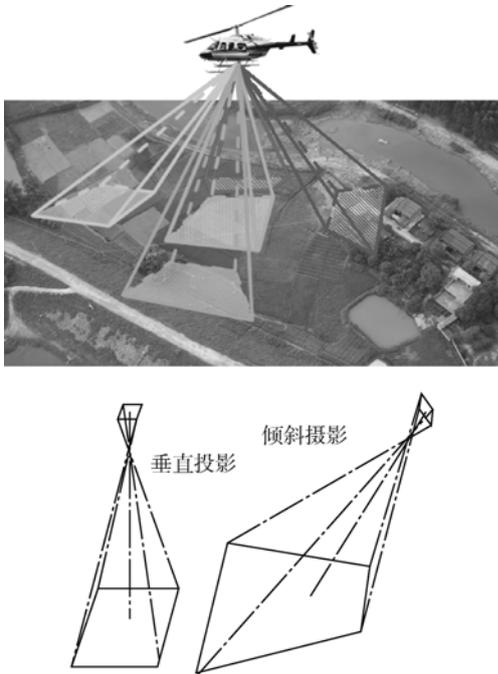


图1 倾斜摄影原理图

Fig. 1 Principle of the Oblique Photography

相对于正射影像，倾斜摄影能更加真实的反映现场三维环境，通过配套软件可直接利用成果影像进行高度、长度、面积、体积、角度、坡度等属性的量测<sup>[3]</sup>，同时倾斜摄影对建筑物能批量贴纹理，有效的降低了三维建模的成本。

### 2 无人机倾斜摄影优势与路径优化技术路线

无人机数据采集成本低、机动灵活，其携带的倾斜摄影传感器获取影像分辨率高、颜色真实，有利于提高构建模型质量。

将能快速、低成本的获取地表三维模型信息的无人机倾斜摄影技术与能大数据管理的GIS技术结合，即可多角度观察输电线路路径环境，又能准确量测线路断面及房屋、树木等地表物体的高程，从而实现对拆迁量的精确统计及路径优化选择的准确判断，选线技术路线如图2所示。

### 3 工程应用研究

2015年6月，我院在±800 kV滇西北至广东特高压直流输电线路工程中首次开展了倾斜摄影技

术在输电线路路径优化中的应用研究。线路途经东莞和深圳段，房屋密集、交叉跨越繁多，地质情况复杂、在建工地多，给路径选择带来了很大难度。由于倾斜摄影技术能低成本快速的建立路径走廊的三维环境，所以在房屋拆迁量统计和路径优选中取得了良好的效果。

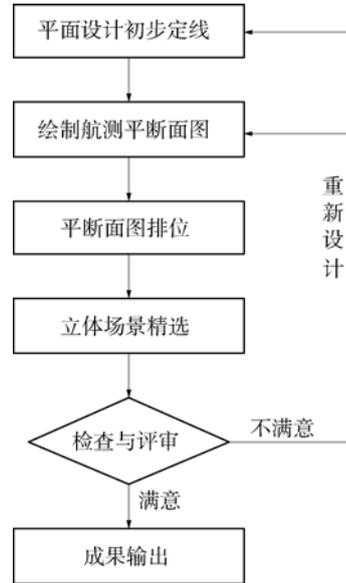


图2 优化选线技术路线

Fig. 2 Technical Route of Optimization Line Selection

本次工程项目采用的飞机是中型固定翼无人机，倾斜摄影相机是全画幅五拼相机，中心相机焦距35 mm，倾斜相机焦距50 mm，航飞旁向重叠度70%，航向重叠度80%，航高370 m，影像分辨率5 cm。

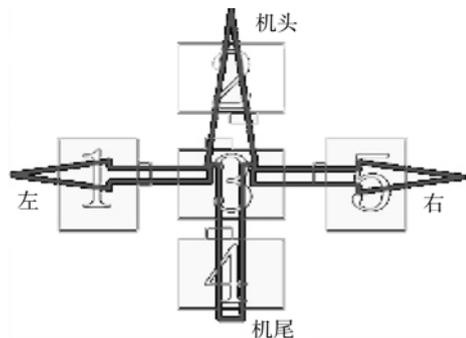


图3 五拼相机分布图

Fig. 3 Distribution of the Five Cameras

#### 3.1 在房屋拆迁量统计中的应用研究

目前输电线路工程房屋拆迁量统计主要有两种方式：(1)实地测量，获取房屋角点坐标，调查房

屋层数。虽然实测数据准确。但在房屋密集地段受  
 通视条件差, 卫星收星少、当地居民阻挠等影响,  
 通常无法顺利完成房屋拆迁统计工作; (2) 在航空  
 影像上量测房屋投影面积, 这种方式一定程度上减  
 少了外业工作量, 但房屋层数和材质不能准确获  
 取, 无法准确统计拆迁量。通过倾斜摄影技术快速  
 建立房屋三维模型, 对拥挤地段的房屋面积、层  
 数、结构及材质进行准确统计, 如图 4 和图 5。

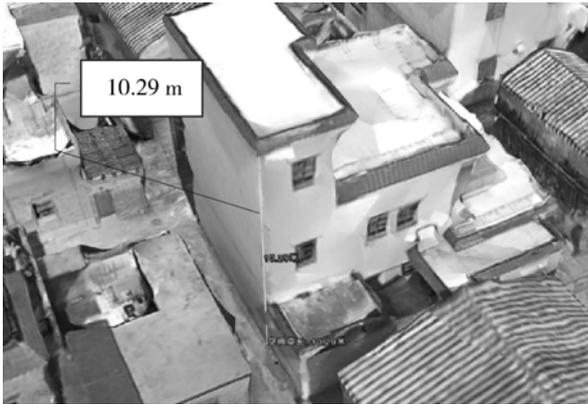


图 4 房屋高度量测

Fig. 4 Height Measurement of Building

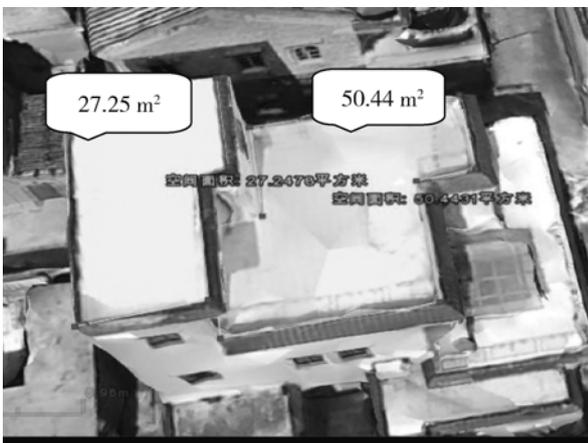


图 5 房屋面积量测

Fig. 5 Area Measurement of Building

### 3.2 在路径优化中的应用研究

#### 3.2.1 量测地物之间的空间位置关系

通过倾斜摄影选线平台的量测功能可准确获取  
 地物(房屋、公路、河流、加油站、采石场、在建  
 工地等)的平面与高程信息, 通过平面与断面的对  
 比分析实现多方案优选。通过多次测试, 镂空形状  
 的铁塔背景复杂, 点云匹配效果差, 自动三维建模  
 的效果并不理想, 但水泥材质的铁塔塔脚基础是封

闭的六面体, 可以完成建模, 如图 6 所示。



图 6 在建高速公路与已建输电线路的空间距离量测  
 Fig. 6 The Distance Measurement Between Highway Under  
 Construction and the Transmission Line

#### 3.2.2 确定植被的种类、高度与范围

通过倾斜摄影测量技术, 在三维模型上可以很  
 容易判断出林区的分布范围, 植被种类, 并可以准  
 确提取植被的高度等信息。如图 7。

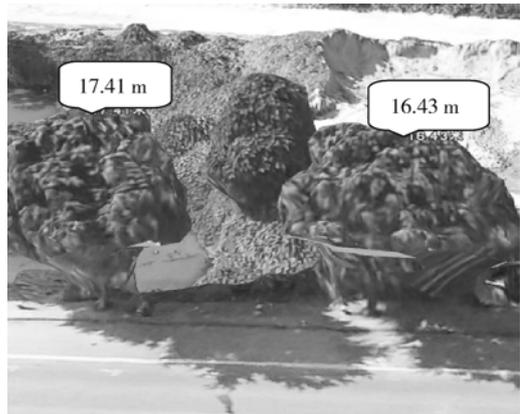


图 7 树高量测

Fig. 7 Tree Height Measurement

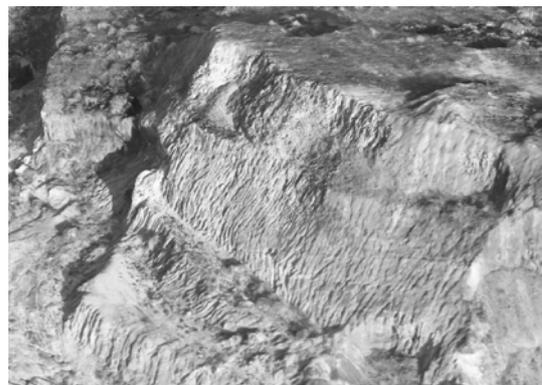


图 8 地质不良体

Fig. 8 Bad Condition of Geology

3.2.3 对滑坡、冲沟等地质灾害进行三维量测  
 在三维场景中可迅速直观地发现滑坡、冲沟等

地质灾害，并完成三维量测，从而辅助设计人员进行优化设计，实现对地质灾害的有效避让，见图 8。

### 4 结论

从工程实际应用可知，基于倾斜摄影技术的线路路径优化具有以下优点：

1)有效控制工程造价。倾斜摄影真三维模型信息丰富，时效性好，精度高，所包含的信息量和反映的数据流更符合现实情况，在三维环境下完成路径优化，能有效控制工程造价。

2)降低施工民事难度。由于倾斜摄影三维模型能清晰的分辨房屋的层数和材质，并且可以较准确地统计房屋的拆迁量，估算工程量和拆迁费用，降低了施工民事难度，减少了工程建设对人民生活造成的不利影响，充分体现了以人为本的理念。

3)减少林地砍伐，保护环境。当线路从林区通过时，通过准确量测林木高度，从而优化排位设计，尽可能地减少林木砍伐，保护了林业资源，避免破环境。

4)提高工作效率。在保证精度的前提下，减少拥挤地段房屋调查的外业工作量，实现非接触测量，能有效控制工期，减少劳动强度，提高劳动生产率，节约成本。

无人机倾斜摄影测量技术目前还处于起步阶段，虽然能快速完成输电线路走廊环境的三维建模工作，但是对于镂空形状的铁塔及输电线路的导线还难以实现完整的三维建模，如何实现将是下一步的工作方向，同时三维建模是不规则的三角网模

型，整个成果是一个大场景，如何实现模型的单体化也将是下一步的一个研究重点。

### 参考文献：

- [1] 王伟, 黄雯雯, 镇姣. Pictometry 倾斜摄影技术及其在 3 维城市建模中的应用 [J]. 测绘与空间地理信息, 2011, 34(3): 181-183.
- [2] 李安福, 曾政祥, 吴晓明. 浅析国内倾斜摄影技术的发展 [J]. 测绘与空间地理信息, 2014, 37(9): 58-62.
- [3] 李镇洲, 张学之. 基于倾斜摄影测量技术快速建立城 3 维模型研究 [J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(4): 117-119.
- [4] 曲林. 基于无人机倾斜摄影数据的实景三维建模研究 [J]. 测绘与空间信息, 2015(3): 38-43.
- [5] 张天巧. 基于机载倾斜摄影数据的自动贴纹理方法研究 [J]. 测绘通报, 2015(6): 69-71.
- [6] 付仲良, 秦菡, 刘震. GIS 技术支持下的电力智能选线 [J]. 测绘地理信息, 2014, 40(3): 80-82.
- [7] 庄宿军, 钱卫兵, 程鹏, 等. 三维立体设计在电力线路选线和测量中的应用 [J]. 电力勘测, 2013, 36(4): 30-33.
- [8] 李安福等. 浅析国内倾斜摄影技术的发展 [J]. 测绘与空间地理信息, 2014(9): 57-59.
- [9] 李祎峰等. 机载倾斜摄影数据在三维建模及单斜片测量中的应用 [J]. 遥感信息, 2013(3): 102-106.
- [10] 曾润国. 数码校园 GIS 中的三维建模 [J]. 工程勘察, 2002(3): 47-50.
- [11] 邓非. LIDAR 数据于航空影像结合 [J]. 测绘信息与工程, 2010, 35(1): 35-37.
- [12] 张祖勋, 张剑清. 数字摄影测量学 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007.

(责任编辑 黄肇和)

## 广 告

《南方能源建设》期刊介绍 .....	封二
《南方能源建设》2016 年第 2 期征稿启事 .....	封三
中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司 .....	封底