

无人机遥感解译在高压输电线路地质灾害调查中的应用

韩超, 宗乐斌*, 胡耀锋, 刘志伟, 李艳军

北京中地华安环境工程有限公司, 北京
Email: *307139736@qq.com

收稿日期: 2021年5月24日; 录用日期: 2021年6月18日; 发布日期: 2021年6月25日

摘要

本文利用某输电线路段沿线正射影像及三维遥感影像, 通过直接和间接的影像标志及其相关性, 开展孕灾环境及地质灾害遥感解译, 获取工作区地质灾害体特征、规模及空间分布等, 并对研究区开展外业调查工作, 对解译结果进行验证及补充完善。结果表明利用无人机遥感解译实施高压输电线路的地质灾害调查效果良好, 能够为相关领域面向重大事故灾难、自然灾害等突发事件时开展应急救援工作提供依据。

关键词

遥感解译, 地质灾害, 调查

Application of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Remote Sensing Interpretation in Geological Hazard Investigation of High-Tension Transmission Lines

Chao Han, Lebin Zong*, Yaofeng Hu, Zhiwei Liu, Yanjun Li

Beijing Zhongdihuaan Environmental Engineering Co. LTD., Beijing
Email: *307139736@qq.com

Received: May 24th, 2021; accepted: Jun. 18th, 2021; published: Jun. 25th, 2021

*通讯作者。

文章引用: 韩超, 宗乐斌, 胡耀锋, 刘志伟, 李艳军. 无人机遥感解译在高压输电线路地质灾害调查中的应用[J]. 地球科学前沿, 2021, 11(6): 835-841. DOI: 10.12677/ag.2021.116078

Abstract

An UAV was used in geological hazard investigation as an advanced and useful tool. Along a specific transmission line, the orthoimages and 3D remote sensing images were composited from the aero photo took by the UAV. According to the direct and indirect symbols and their relevance, the remote sensing interpretation of hazard inducing environment and geological hazard was implemented, and then the characteristics, sizes and spatial distribution of geological hazard bodies were obtained. Then interpretation results were verified and complemented by field investigation. The results showed that the investigation of geological hazard for high-tension transmission lines could be completed by using UAV remote sensing interpretation. It is also suggested that the UAV remote sensing interpretation could be effectively used in the emergency rescue of major accidents and natural hazards.

Keywords

Remote Sensing Interpretation, Geological Hazards, Investigation

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在地质环境条件不断变化影响下, 输电线路沿线常见滑坡、崩塌等地质灾害, 严重威胁到输电线路的安全稳定运行。而在输电线路地质灾害的防治工作中, 存在地质灾害排查工作效率低, 基层班组巡查工作量大、人工监测区域受限且频次低等突出问题[1]。通过无人机遥感图片解译开展高压输电线路沿线地质灾害调查, 对输电线沿线的地质灾害防治及应急抢险等具有重要意义。

近些年无人机遥感技术的高速发展, 尤其是国产无人机技术的飞速发展, 使得无人机技术越来越多地被应用于重大地质灾害应急调查及监测, 取得了较好的应用效果[2]-[7]。很多学者也探索无人机调查技术在城市化建设[8]、矿山地质灾害[9]、单体地质灾害[10]以及公路[11]、铁路[12]、长输管道[13]等线性工程地质灾害调查中的应用。上述应用的开展, 表明无人机技术可以克服传统的地质灾害调查受限于地形、天气等外界条件无法快速、全面、详细地获取灾害信息的缺点, 具有灵活性强、时效性高和不受复杂地形影响等特点, 在地质灾害应急调查中有独特的优势。

在电力行业, 通过无人机技术辅助设计选线、输电线路自动巡查等工作应用较多且取得了一定的应用实践经验[14] [15] [16]。但在高压输电线路地质灾害调查中的应用研究较少。本文利用某输电线路段沿线正射影像及三维遥感影像, 通过直接和间接的影像标志及其相关性, 开展孕灾环境及地质灾害遥感解译, 获取工作区地质灾害体特征、规模及空间分布等, 并对研究区开展外业调查工作, 对解译结果进行验证及补充完善。结果表明利用无人机遥感解译实施高压输电线路的地质灾害调查效果良好, 能够为相关领域面向重大事故灾难、自然灾害等突发事件时开展应急救援工作提供依据。

2. 研究区概况

通过收集整理分析国内已有输电线路沿线地质环境条件、地质灾害发育情况, 结合最新地质灾害易发分区成果, 本次工作选取了某 500 kV 架空输电线路中作为应用示范场景。

示范区位于鲁中山区，示范区北、东、南三面环山，中间低平。地势由东向西倾斜，北、东、南三面向中部倾斜。示范区内地貌主要为丘陵区、侵蚀-堆积地形，其中丘陵区主要为变质岩、中生界及新生界地层构成的低岭缓谷矮丘，地面标高 200~300 m。侵蚀-堆积地形区主要分布在区内河流两侧，沿河发育有两级侵蚀-堆积形阶地。示范区内多分布人工采石或切坡修路形成的高陡边坡，坡度多在 60° 以上，加之坡面多为中风化、强风化花岗岩，节理裂隙发育，风化层结构极为松散，在风、雨等外力作用下，极易形成坠石或坍塌。

3. 技术流程

1) 准备工作

准备工作包括资料收集、仪器设备准备、制定航飞计划等。收集测区有关的地质、地貌、水文、工程地质、环境地质等资料，以及区内已有地质灾害等研究成果，在此基础上分析区内地质灾害发育特征以及时空分布特征等。

2) 无人机航测

依据航飞计划，确保飞机的 GPS、罗盘、空速管及其俯仰翻滚等状态良好；飞行时按照提前规划的航飞路线进行航测，期间对航高、航速、飞行轨迹进行监测，随时检查照片拍摄数量，确保采集的正射影像及三维影像等数据可靠。

3) 遥感解译

在无人机航拍影像和三维遥感图像基础上，以目视解译法为主，对工作区地貌、工程地质、环境地质及地质灾害(隐患)点进行解译。地质灾害解译应依据孕灾地质环境条件要素(坡度、地貌单元、构造、岩土体类型等)对各类地质灾害(崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等)进行全面解译，确定地质灾害发育影像特征、分布位置、规模、物质组成等主要特征。

① 遥感数据处理：通过数据预处理、几何校正、拼接等对无人机采集的高分辨率遥感影像进行处理，形成正射影像。处理后的影像保证地物特征明显、无明显变形。

② DEM 制作及三维模型建立：采用无人机采集的影像数据，结合地形资料生成全区满足精度要求的 DEM 数据。进行地质环境建模，生成、显示三维遥感图像，为地质灾害遥感解译提供直观的三维立体模型数据。

③ 建立解译标志：在充分收集地面实况资料后，对各类地物在遥感图像上所显示的形状、大小、色调、阴影、纹理、影像结构、图案花纹以及与之有联系的地质、地貌、土壤、水文、植被、人类工程活动等形成的影像特征进行综合分析确立遥感图像解译标志。

④ 解译：根据建立的解译标志对研究区地形地貌、地层岩性、地质构造等地质环境条件要素及滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害的灾害体与承灾体进行详细综合解译。解译结果填写地质灾害遥感解译点信息表。

⑤ 野外调查及验证：地面调查沿输电线路进行，两侧各 2 km 调查范围，调查内容包括已发生的及潜在各类地质灾害。对重点的地质灾害点及初步解译点，做详细的调查研究并对室内解译的成果进行验证。

4. 地质灾害解译与遥测应用示范

依据示范区航拍的的正射影像及三维遥感影像，共解译出 12 处地形地貌、土地利用、人类工程活动点及地质灾害(隐患)点，其中 1 处地形地貌、1 处土地利用、4 处人类工程活动点、6 处崩塌隐患点；通过野外调查验证，12 处解译点情况跟现场调查情况完全一致，解译正确率 100%。以下选择典型点予以说明。

1) 地形地貌(斜坡结构)

遥感影像如图 1(a)所示。根据周围地形地貌分析,该处应为一处斜坡结构,位于在输电线路正下方。周围颜色较深的为植被,该点地表裸露,植被稀少,颜色相比周围呈灰色,右上角白色地物推测为裸露岩体。坡面上有四到五级陡坎,呈线性,平行分布,轮廓清晰。经野外调查验证,该处为一斜坡结构,与遥感解译结果一致,见图 1(b)。该点位于输电线路下方,该斜坡局部植被稀疏,表层为碎石土,斜坡上多级台阶,并种树木,防止水土流失。

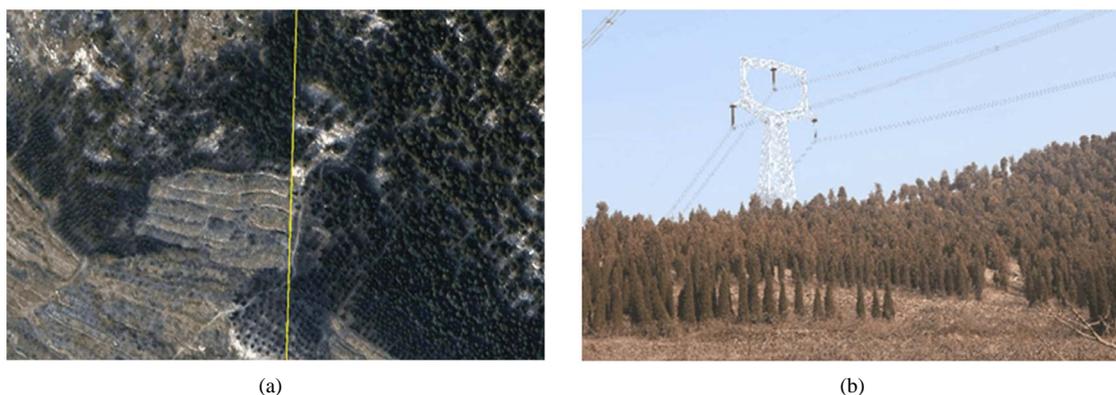


Figure 1. Interpretation and verification of topography. (a) Topographic orthophoto remote sensing images; (b) Field verification photos of topography interpretation points

图 1. 地形地貌解译及验证。(a) 地形地貌正射遥感影像; (b) 地形地貌解译点野外验证照片

2) 土地利用

遥感影像见图 2(a)。据影像分析,该处微地貌应为山前斜地,位于输电线路正下方。相比颜色较深的植被,该处颜色呈绿色,纹路清晰规整,且形状一般呈四边形,比较规整。解译该处为农田,属于土地利用点。经野外调查验证,该处为农田,与解译结果一致,见图 2(b)。

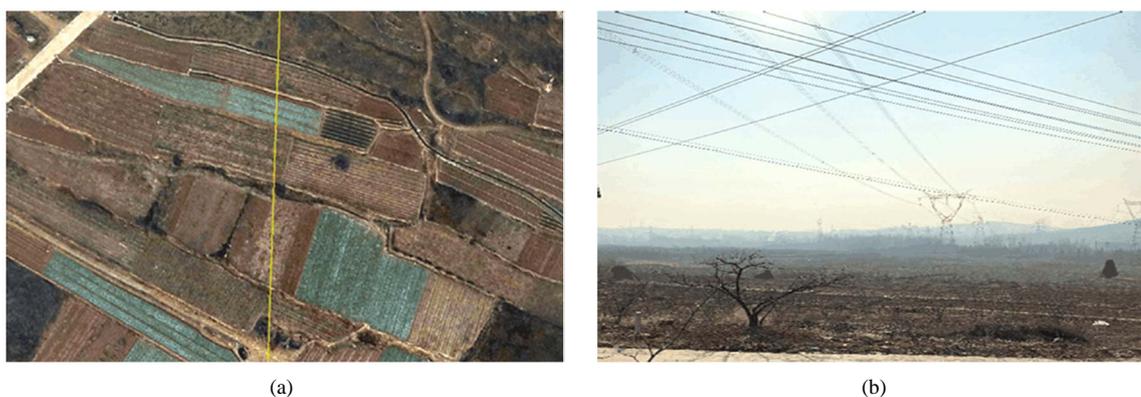


Figure 2. Interpretation and verification of land use. (a) Land use orthophoto remote sensing images; (b) Field verification photo of land use interpretation points

图 2. 土地利用解译与验证。(a) 土地利用正射遥感影像; (b) 土地利用解译点野外验证照片

3) 人类工程活动

该点正射及三维遥感影像见图 3(a)、图 3(b)。根据影像分析,该处颜色呈土黄色及白色,可见工作车辆及堆砌的建筑材料,白色应为采石面,地层裸露,明显区别于周围地物颜色;正射影像上看,该处位于输电线路下方,紧邻道路,形状呈不太规则的方形,长 210 m,宽 150 m,面积约 3 万 m^2 。经野外调

查验证, 该处确实为一处人类工程活动点, 调查过程仍有机械采掘作业, 地面堆砌建筑材料, 为厂房等拆除的建筑垃圾, 尺寸等跟遥感解译结果相一致, 见图 3(c)。

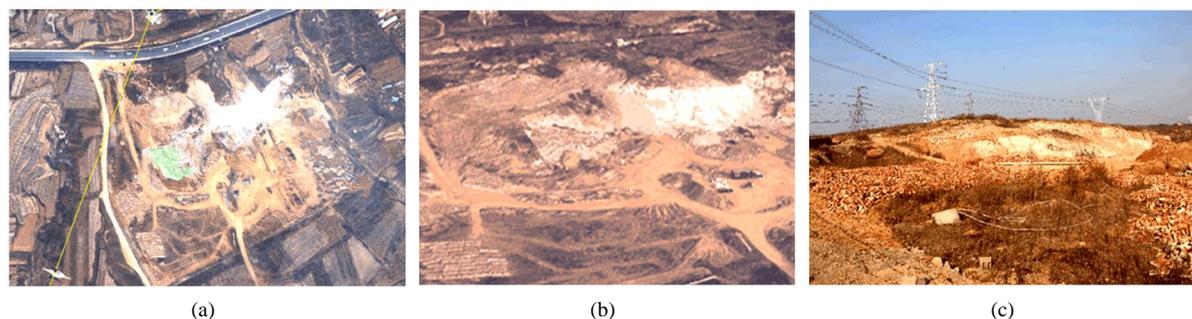


Figure 3. Interpretation and verification of human engineering activities. (a) Orthophoto remote sensing images of human engineering activity Points; (b) 3D remote sensing image of human engineering activity Point; (c) Field validation photos

图 3. 人类工程活动解译与验证。(a) 人类工程活动点正射遥感影像; (b) 人类工程活动点三维遥感影像; (c) 野外验证照片

4) 不稳定斜坡

解译点正射及三维遥感影像见图 4(a)、图 4(b)。据遥感影像分析, 该处位于输电线一侧, 与输电线并行; 颜色较浅且等宽带状为道路, 道路左侧塔基下方可见规整的扇形, 颜色呈青白色, 推测为地质灾害防治工程; 其余段颜色土黄色, 相比周围植被呈深色调, 区别较大, 坡面上纵向纹理, 为机械切坡痕迹; 形状呈带状, 长 130 m, 高 15 m, 坡顶距塔基 15 m。推测该处为一处人工修路切坡形成的不稳定斜坡。经野外调查验证, 此处为一不稳定斜坡, 由修建道路切坡形成, 跟解译结果一致; 坡度 80° 左右, 坡高 15 m 左右, 坡面为强风化花岗岩, 裸露, 其中塔基旁边已采取浆砌石挡墙治理, 见图 4(c)。实际与遥感解译基本一致。

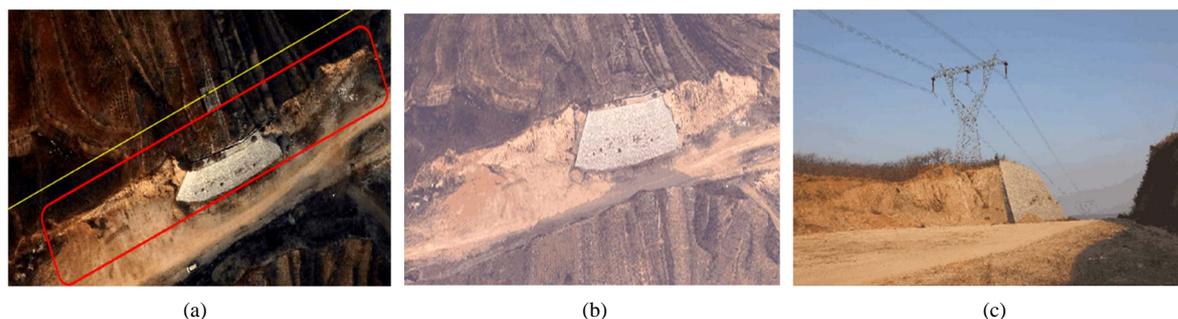


Figure 4. Interpretation and verification of unstable slope. (a) Orthophoto remote sensing smages of unstable slope; (b) 3D remote sensing image of unstable slope; (c) Field validation photo of unstable slope

图 4. 不稳定斜坡解译与验证。(a) 不稳定斜坡正射遥感影像; (b) 不稳定斜坡三维遥感影像; (c) 不稳定斜坡野外验证照片

5) 崩塌隐患点

解译点正射遥感影像和三维遥感影像见图 5(a)、图 5(b)。颜色呈土黄色, 轮廓清晰, 结合周围地貌特征, 推测该处应为采石形成的高陡边坡, 坡面较陡, 坡长 200 m, 坡高 25 m, 坡面无植被发育, 局部可见滑塌碎石土, 因此推测该解译点为崩塌点。经现场调查验证, 该处确实为一处人工采石场, 局部采石形成高陡边坡, 近乎直立, 坡高 25 m 左右, 强风化花岗岩, 裂隙发育, 结构松散, 局部出现滑塌体, 见图 5(c)。实际与遥感解译基本一致。

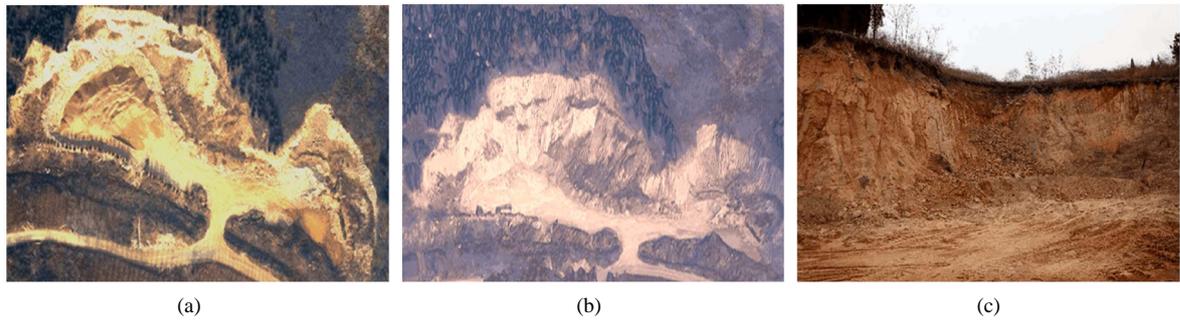


Figure 5. Interpretation and verification of collapse hazards. (a) Orthophoto remote sensing images of collapse hazards; (b) 3D remote sensing image of collapse hazards; (c) Field validation photo of collapse hazards

图 5. 崩塌隐患解译与验证。(a) 崩塌隐患点正射遥感影像；(b) 崩塌隐患点三维遥感影像；(c) 崩塌隐患点野外验证照片

5. 结论

1) 无人机系统及搭载动态侦测载荷设备采集的遥感影像分辨率较高，便于专业软件处理获取高清正射影像及三维影像，为无人机遥感影像解译标志的建立及地质灾害解译提供了有利条件。

2) 专业软件处理获取的正射影像及三维影像，精度较高，具有精确的位置信息及比例尺，便于获取地质灾害点精确位置及其规模、特征等数据，且数据质量稳定可靠。

3) 采用目视解译法对某 500 kV 架空输电线路研究区的正射影像及三维遥感影像进行解译，识别出 12 处典型地形地貌、土地利用、人类工程活动点及地质灾害(隐患)点，通过野外调查验证，遥感解译正确率 100%。

4) 通过开展输电线路沿线地质灾害无人机遥感解译应用，结果证明无人机系统搭载动态侦测载荷设备能够为能源等领域面向重大事故灾难、自然灾害等突发事件时开展应急救援工作提供依据。

基金项目

国家重点研发计划“无人应急救援装备关键技术研究与应用示范”(2017YFC0806700)支持。

参考文献

- [1] 黎中文. 无人机在电力行业中的应用[J]. 广西电业, 2020(7): 17-18.
- [2] 郭晨, 许强, 董秀军, 巨袁臻, 宁浩. 无人机在重大地质灾害应急调查中的应用[J]. 测绘通报, 2020(10): 6-11+73.
- [3] 张翊超, 于淼, 韩建超. 浅谈无人机在地质灾害应急调查中的应用——以四渡河滑坡、大石地崩塌调查为例[J]. 城市地质, 2019, 14(4): 96-99.
- [4] 何志强, 程健博. 无人机在地质灾害调查中的应用现状探究[J]. 西部资源, 2019(6): 150-151.
- [5] 田彦. 无人机遥感技术在地质环境灾害监测中的应用探讨[J]. 环境与发展, 2019, 31(4): 102+104.
- [6] 邹雨甜, 毛凯楠, 任红容. 无人机影像在滑坡地质灾害调查中的应用[J]. 科学技术创新, 2018(25): 16-17.
- [7] 何敬, 唐川, 王帅永, 张可可. 无人机影像在地质灾害调查中的应用[J]. 测绘工程, 2017, 26(5): 40-45.
- [8] 吴森, 陈超, 邓晶, 薛廉, 唐晓玲, 潘国耀. 无人机倾斜摄影技术在城市化建设中地质灾害早期识别应用[J]. 四川地质学报, 2019, 39(4): 629-633.
- [9] 黄皓中, 陈建平, 郑彦威. 基于无人机遥感的矿山地质灾害解译[J]. 地质学刊, 2017, 41(3): 499-503.
- [10] 黄海峰, 林海玉, 吕奕铭, 张磊, 李剑南, 胡乃利, 易武. 基于小型无人机遥感的单体地质灾害应急调查方法与实践[J]. 工程地质学报, 2017, 25(2): 447-454.
- [11] 王浩. 无人机倾斜摄影测量技术在公路地质灾害中的应用[J]. 科学技术创新, 2021(13): 53-54.

-
- [12] 伏坤, 王珣, 高柏松, 刘勇, 徐鑫, 裴起帆. 无人机倾斜摄影测量技术在铁路突发地质灾害应急抢险中的应用[J]. 铁道标准设计, 2021, 65(3): 59-63.
- [13] 罗志强, 彭波, 夏敏. 无人机在天然气长输管道地质灾害预警的应用[J]. 石化技术, 2020, 27(2): 173-174+155.
- [14] 张健, 贾宏宇, 国大勇, 李文宇, 赵悦开, 秦娜. 无人机机载激光雷达技术在电力三维设计选线中的应用研究[J]. 产业科技创新, 2020, 2(31): 56-57.
- [15] 冯积家. 基于 5G 无人机在电力输电线路自动巡线的实现与研究[J]. 电力设备管理, 2020(9): 203-204.
- [16] 周小红, 李向欢, 石蕾, 龙焕. 无人机倾斜摄影技术在电力巡线树障检测中的实践应用研究[J]. 电力大数据, 2019, 22(8): 53-59.