

输电线路杆塔本体无人机自主巡检方案

王英军¹ 邱瑞池² 姜瑞峰¹

1 国网河北省电力有限公司邢台供电分公司 2 北京方智科技股份有限公司

DOI:10.12238/hwr.v4i11.3422

[摘要] 利用多旋翼无人机实现了对输电线路杆塔本体高效率巡检。但是利用无人机巡检需要专业人员对无人机长时间连续操控飞行。随着无人机巡检业务范围的扩大“炸机”、“撞塔”等事故的发生也在不断增加。针对如何实现安全、可控、智能操控飞行,降低操作门槛,提升巡检效率,介绍了“人工示教模式”、“基于激光雷达的三维点云规划模式”和“基于可见光三维点云规划模式”。通过对比分析,提出基于可见光三维点云规划模式的自主巡检模式成本低、操作简便、巡检效率高。

[关键词] 无人机; 自主巡检; 三维点云

中图分类号: V279+.2 **文献标识码:** A

1 概述

1.1 行业背景

随着我国新能源战略逐步推进,国家电网公司等主要电力企业已在广泛建设各类水电、风电等清洁能源设备。为了有效实现能源的均衡分配和稳定传输,与之配套的超高压输电线路也随之大规模建设。然而,远距离输电仍旧会面临各种复杂和恶劣的环境影响,这也直接导致了输电线路的建设成本和维护成本的大幅度提升。目前我国大部分地区的输电线路巡检仍旧以人工巡检为主,但考虑到输电线路所经恶劣环境地区,此类巡检方式不仅效率低下,对巡检人员人身安全构成严重威胁,而且巡视质量低,杆塔上部关键位置缺陷难以及时发现。近年来,国家电网公司开始使用旋翼无人机对输电线路杆塔及架空电力电路走廊进行巡检作业。利用无人机对输电线路飞行巡检方式克服了众多人工徒步巡检方式的诸多缺点,但是,无人机巡检也面临飞行安全问题和巡检效率问题。因而,如何利用现代科技实现更加高效安全的无人机巡检是一个亟待解决的问题。

最近几年,人工智能技术不断发展,计算机视觉技术、自动化控制技术以及传感器技术都有了长足的进步。针对有人驾驶飞机而言,无人机具备制造成本低廉、飞行费用低、飞控人员安全、机

动灵活、功能多样化、任务展开速度快、超视距自动驾驶等优势。使用无人机大面积巡检输电线路,利用高精度成像设备对输电线路进行可见光或红外热成像观测,通过观察识别和相关数据对比,准确找出电力设备隐患点和故障点,可以保障输电线路设施的安全可靠运行。利用无人机进行巡检,可保障巡检人员的人身安全,大大降低巡检成本,提高巡检效率和巡检质量。

1.2 需求分析

目前输电线路杆塔本体巡检无人机所采用的定位与识别技术仍旧基于普通的巡检无人机。无人机的使用帮助输电线路巡检人员提高了巡检效率,但是新的巡检工作方式也带来了新的挑战。无人机巡检需要对无人机长时间的飞行控制操作,这对于基层班组人员的无人机操作技能要求较高。“炸机”、“撞塔”等事故的发生也随着机巡业务的扩大而与日俱增。在安全飞行的前提下,同一条线路在不同水平无人机操控人员巡检之后发现缺陷数量存在差别将不被电力企业接受。

目前输电线路杆塔无人机精细化巡检需要无人机巡检系统具有:自主规划飞行航线、自主飞行、自主定位、自主检测及自主维护保障为一体,同时要求该型自主化无人机精细化巡检系统使用

方便,可靠性高。

1.3 解决方向

输电线路无人机巡检行业迫切需要更加智能、更加安全、更加可控的巡检作业方式。降低无人机操作门槛,降低人员经验对于巡检工作的影响,进一步提升机巡作业效率,是业界追随的技术趋势。

1.3.1 无人机三维航线规划

目前无人机的三维航线规划分为三种模式。①人工演教模式。该模式下飞手操纵无人机对杆塔进行人工巡检,在巡检过程中实时记录无人机的轨迹的动作,然后生成轨迹文件,下次飞行直接导入巡视该杆塔所对应的无人机轨迹文件,飞机自动去执行拍摄。②基于激光雷达的三维点云规划模式。该模式通过预加载杆塔三维激光点云模型,在三维可视化界面规划无人机立体化航线,实现规划无人机飞行航线。③基于可见光三维点云的规划模式。利用RTK无人机对杆塔各方位、各角度进行照片的拍摄,通过“智图”软件,实现可见光照片生成杆塔的点云模型,进行可视化规划飞行航线。

1.3.2 无人机精确定位

无人机通过对输电线路杆塔三维模型中重要电力设备的标注,可以实现无人机及无人机所带云台对巡检关键区域的方向确定。无人机需要确定其自身

相对于空间中某个物体或者场景的位置和姿态,定位需满足实时性、稳定性和准确性。在实际的飞行巡检过程中,无人机必须实时计算自身相对于电塔的相对位置和姿态,这将是后续的避障、导航、三维航线飞行以及特定目标检视等功能的基础。

1.3.3 无人机视频实时高清图传

无人机执行巡查任务中,实时回传视频到后台监控中心,实时查看无人机画面,并能自动保存巡检拍摄或者巡检视频,对巡检拍摄文件进行管理。

1.3.4 无人机智能巡查

无人机根据规划好的航线,自动起飞,执行杆塔巡检任务,自动降落,全程智能化,无需人工操控和干预。

2 巡检系统解决方案

针对于目前的现状有人工示教、利用激光三维点云规划航线、利用基于可见光生成三维点云规划航线三种巡检方式。

2.1 人工示教模式



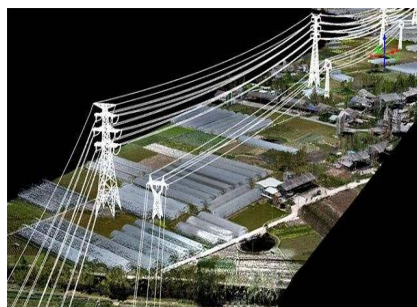
在学习和复飞的过程中,飞机需要精准飞行,所以需要采用带RTK功能的飞行平台以及配套的巡检软件。在待巡检的杆塔附近,操控人员首先用无人机设备对待巡检的杆塔进行手动精细化巡检一遍,对杆塔上的每个部件以及细节进行精准拍摄。在拍摄过程中,地面站软件实时记录飞机的经度、纬度、高度、航向、云台俯仰角、相机的焦距等信息,飞手在巡检完一基杆塔的同时,地面站软件记录了下飞机的多种动作,然后生成当前杆塔所对应的巡检文件。在下次巡检此杆塔时,只需导入此文件,然后飞机开始自动起飞,自动拍摄,拍摄完毕自动返航,至此,完成了该基杆塔的自动巡检工作。

2.2 基于激光雷达扫描的三维点云规划航线

由于“人工示教”需要飞手巡检一遍,但此过程中存在因飞手习惯以及经验差别,会出现不同飞手所采集的数据不一致,因此无法保证巡检结果的一致性。所以针对此问题出现了第二代无人机自主巡检模式,即采用基于激光雷达扫描的三维点云规划航线模式。

2.2.1 三维地图获取

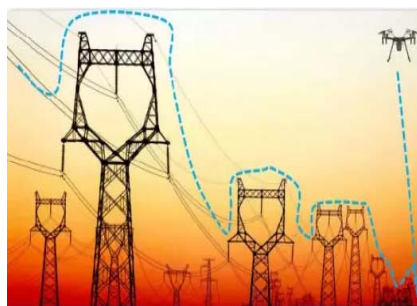
通过激光雷达扫描获取电力杆塔和线路走廊内的高精度三维地理信息。



基于三维激光点云的厘米级三维地图

2.2.2 基于三维地图的无人机航线规划

基于三维地图进行复杂航迹规划。借助深度学习算法实现对杆塔本体精细化巡检的拍照点自动化精准选定,形成平滑连接各拍照点的飞行航迹;根据杆塔关键特征(杆塔、导线、绝缘子等)的空间参数,推算并规划好每个拍照点无人机位置、朝向、相机云台角度,并上传至无人机飞控系统中。



无人机自主飞行三维航线规划

2.2.3 基于RTK无人机飞行至制定点悬停并拍照

无人机依据规划的飞行航迹,在RTK厘米级精度定位信号下进行自主飞行,并根据航线预设目标,无人机飞到制定

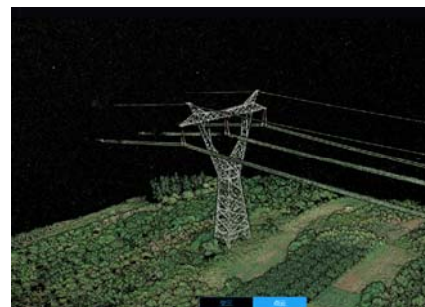
位置悬停,控制云台指向目标并进行目标识别并拍照。



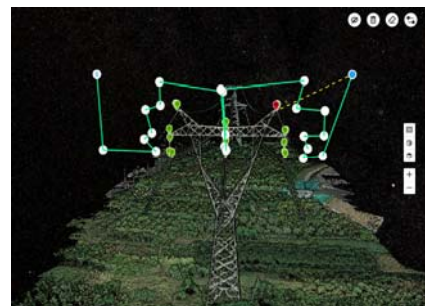
无人机自主飞行

2.3 基于可见光三维点云的无人机自主巡视规划

利用激光雷达对输电杆塔进行点云采集,成本较高,后期数据处理工作量较大。该模式适合于对输电线路走廊及输电杆塔进行整体扫描,不适合单纯对杆塔扫描。而采用对杆塔进行全方位的拍摄可见光照片,然后利用可见光照片生成杆塔的三维点云模型,模型细节更丰富。该模式可划分为第三代无人机自主巡视规划模式,只需一台带有RTK功能的飞行平台并借助“智图”软件就可以完成此功能。



利用可见光生成的三维点云模型



无人机自主飞行三维航线规划

3 解决方案对比分析

	优点	缺点
人工示教模式	除 RTK 飞行平台外, 无附加设备, 硬件成本较低	飞手经验不一, 巡视效果、巡视质量参差不齐
基于激光点云三维点云规划航线模式	模型精确度高, 自动巡视效果较为理想	需要激光雷达进行扫测建模, 操作流程复杂, 成本较高, 需专业的设备和专业的服务队伍
基于可见光三维点云规划航线模式	作业灵活, 前期模型采集效率高, 模型细节丰富, 可随时更改航线。自主巡检效果更理想	三维模型是根据可见光照片来生成, 所以模型采集时需较好的光线

4 结论

综上所述, 基于可见光的三维点云规划航线模型更适合对输电线路杆塔的精细化自主巡检。利用一台RTK无人机借助“智图”软件既可以进行输电线路杆塔三维模型的采集, 又可以进行输电线路杆塔本体精细化自主巡检。由于不需要利用激光雷达进行扫测建模, 因而降低了输电线路杆塔本体无人机自主巡检成本。该模式操作简单, 对无人机操控人员要求门槛低, 能充分保证巡检效果, 提高巡检效率, 便于无人机自主巡检操作

流程规范化和标准化。

[参考文献]

- [1]孙双春, 张玲艳, 杨涛, 等. 智能识别技术在无人机电力巡检中的应用[J]. 新型工业化, 2020, 10(05): 87-88.
- [2]严波, 林世忠, 张振威, 等. 无人机电力巡检技术应用分析[J]. 自动化应用, 2019, (12): 155-156.
- [3]刘江川. 无人机电力巡检中自动航迹规划的运用[J]. 通讯世界, 2019, 26(10): 259-260.
- [4]叶成彬, 张忠, 马海霞, 等. 高校无人

机电力巡检实训基地建设方案探讨[J]. 自动化技术与应用, 2020, 39(4): 125-128.

[5]陈宁兰, 林力, 韦金华. 输电线路无人机巡检路径规划应用研究[J]. 电工技术, 2020, (24): 65-66+70.

[6]朱彬, 田浩. 输电线路无人机巡检技术应用与研究[J]. 农村电工, 2020, 28(7): 37-38.

[7]徐浩, 吴炜, 陈浩, 等. 无人机在输电线路巡检中的多种应用[J]. 电子测试, 2020, (10): 117-118+27.

[8]许勇. 无人机巡检输电线路技术的应用分析[J]. 石化技术, 2020, 27(3): 137+139.

[9]梁宇恒. 无人机在输电线路巡检中的应用[J]. 通信电源技术, 2020, 37(02): 145-146+148.

[10]刘军, 刘健辉. 无人机在输电线路巡检中应用的探索[J]. 中国新通信, 2019, 21(17): 109.

[11]董卫. 无人机在输电线路巡检应用中的操作措施[J]. 通讯世界, 2019, 26(07): 214-215.

[12]侯飞, 孙丽梅. 分析无人机巡检输电线路技术及应用实践[J]. 电子技术与软件工程, 2019(03): 228.