

无人机在高速公路隧道高压外接线巡检中的应用与研究

张婷琳 王天桂 周冬华

广西交通投资集团桂林高速公路运营有限公司 广西桂林 541199

摘要:近年来,我国高速公路的管养公里数持续增加,高压输电线路的日常巡检工作持续进行,但传统方式仍以人工巡检为主导,无人机巡检作为辅助手段。然而,这两种模式均面临显著限制。具体而言,人工巡检伴随着高度的安全风险与沉重的作业负担,以及巡检不到位不及时可能会存在树木生长触线、山体滑坡冲杆等危险。难以确保巡检人员的安全与高压线路的稳定运行;无人机虽能进行无障碍巡检,却只能依靠人工进行树障及线路的分析。在此背景下,本文结合了无人机的基本构造及应用特性,深入探讨了无人机在高速公路隧道高压外接线巡检中的技术应用与研究。通过从图像获取、硬件软件、AI影像技术、智能规划、数据处理和分析能力等多个维度剖析,展现了无人机巡检相关应用技术如何有效弥补传统巡检方式的不足,不仅提高了作业效率与安全性,还显著降低了人力与物力成本,提高巡检效率和准确性,实现高效的覆盖范围,提前预警潜在故障风险。为高压输电线路运维开辟了新路径。

关键词: 无人机; 高压输电线路; 障碍识别

前言

伴随高速路段隧道数量和长度逐步增加,保障隧道行车安全使得隧道用电至关重要,加之电力基础设施建设进程持续加速,这不仅促使输电线路的电压等级及输电跨度实现显著提升,也使得对高压输电线路的人工巡检变得愈发低效且任务艰巨。尤其在地形复杂的山地区域,高塔与高压输电线路面临着较高的运行风险,巡检人员长时间沿线路巡查极易产生视觉疲劳,无形中增加了作业的安全隐患与对线路故障检查的疏忽,且大幅度减少在山区林地的人车安全隐患。得益于无人机相关应用技术的持续精进与成熟,无人机巡检技术已成为助力工人应对各类复杂作业场景的重要工具。当前,无人机技术在电力行业中已获广泛应用,特别是在跨区域电网及特高压输电线路工程的巡检中,其效率与质量的提升堪称飞跃。相较于传统人工巡检,无人机巡检展现出卓越的检测精度,能够捕获高压输电线路的超高清图像,远程识别诸如架空地线材料老化、断裂、腐蚀、绝缘子损坏乃至异物导致的短路等问题。亦能在巡检过程中,可远程查看无人机摄像头的实时画面,供巡检人员分析线路状态。还具备树障分析告警、飞行航线规划等功能,复杂环境下依然可以精确完成自动巡检任务。此外,众多变电站尚缺乏在高压输电线路无人机巡检技术方面的实践经验。鉴于此,构建一套高效、科学的无人机智能

化巡检技术运维管理体系显得尤为迫切,旨在确保输电线路的长期安全稳定运行。

1、无人机巡检高压线路的相关技术

1.1 AI自动标注技术

线路树障分析告警功能主要用到AI自动标注技术,其技术基础使用到深度学习与计算机视觉,通过构建深度神经网络模型并利用大量数据进行训练,模型能够自动识别和分类数据,并为其分配相应的标签。深度学习是AI自动标注技术的核心,通过构建深度神经网络模型,并利用大量标注数据进行训练,模型能够学习到数据的内在规律和特征。这使得模型能够自动识别和分类新的数据,从而实现自动标注。计算机视觉在计算机视觉领域,AI自动标注技术通常利用目标检测、图像分割等技术对图像中的物体进行识别和标注。这项技术能够准确地识别出图像中的物体,并标注出物体的位置、大小等信息。

AI自动标注技术工作流程包括数据预处理、特征提取、模型训练、自动标注。在数据标注之前,需要对数据进行预处理,这包括去噪、对比度增强、边缘检测等操作,以提高图像的清晰度和质量。特征提取是AI自动标注技术的关键步骤,通过提取数据中的关键特征,如颜色、形状、纹理等,模型能够更好地理解数据内容,并为后续的标注工作提供支持。在提取特征后,需要利

用机器学习算法对模型进行训练。通过训练，模型能够学习到数据的内在规律和特征，并建立起数据与标签之间的映射关系。这使得模型能够自动识别和分类新的数据，并为其分配相应的标签。经过训练的模型能够对新的数据进行自动标注。在标注过程中，模型会根据数据的特征和标签映射关系，为数据分配相应的标签。同时，模型还会不断优化和调整标注参数，以提高标注的准确性和效率。

1.2 YOLOv7目标检测模型

YOLOv7目标检测模型主要用于树障分析的模型训练，实现原理主要基于深度学习和卷积神经网络。模型通过多层的卷积操作，逐步提取图像的特征。在训练过程中，模型通过优化算法（如梯度下降法）不断调整参数，以最小化预测结果与实际标签之间的差异。最终，训练得到的模型能够实现对图像中目标的快速准确检测。YOLOv7目标检测模型的核心技术主要有模型重参数化、标签分配策略等。YOLOv7首次将模型重参数化技术引入网络架构中，这一技术有助于提升模型表达能力而不增加计算复杂度。在模型参数化时，需要把1x1的卷积转换成3x3的卷积，把Identity也转换成3x3的卷积，然后进行矩阵融合，最后将其权重进行相加，得到一个3x3的卷积。YOLOv7还采用了结合YOLOv5和YOLOX优点的标签分配策略，通过跨网格搜索和匹配策略，提高了检测准确性。

2、无人机在高压输电线路巡线中的应用

2.1 图像采集与处理

高压输电线路巡检中，无人机作为信息数据采集的前沿工具，其图像与视频采集能力至关重要。为强化这一过程，在无人机上配置高清摄像头，该配置不仅能在低空条件下捕捉高清影像，还能在光线变化中保持图像质量，实现远程高效检测。通过集成皮托管技术，无人机的飞行速度控制精度得以显著提升，确保图像重叠率超过40%，便于后续处理与分析。这些图像经过细致处理，能深度揭示线路安全隐患，保障输电安全。数据传输方面，无人机支持通过4G/5G、微波单兵、无线等多种方式，将采集的音频与视频信息快速传递，为故障决策提供了详实依据。为增强巡检能力，还可以为无人机构集成热成像传感器、风速计及多功能的音视频记录设备。在维护环节，无人机借助数字传输系统，实现与维护团

队的即时连接，提升响应效率与决策支持能力。

2.2 在精细巡检中的应用

在高压输电线路的精细检测作业中，无人机技术被有效运用，以全面审视线路的关键组成部分，包括导线、管件、杆塔及接地装置的结构完整性与质量。相较于传统的现场检测手段，无人机的引入不仅确保了检测的高精度，还显著提升了检测作业的整体效率。此外，在执行基于无人机的精细巡检任务时，为规避电网安全顾虑及无人机定位误差，操作人员需巧妙融合人工操控与自动飞行模式。一旦无人机飞抵目标杆塔附近15米范围内，即可无缝切换至手动控制状态，灵活调整机头朝向，确保捕获全面而精准的数据信息，从而进一步优化检测流程，加速检验工作的推进。

结语

综上所述，本研究深入探讨了无人机巡检技术与无人机在高压输电线路巡查中的应用，借助这些技术，我们得以精确界定高压输电线路维护的关键作业环节，进而凸显了无人机巡检在此项工作中的核心价值。此外，通过对无人机特性的剖析，我们发现无人机不仅能够为高压输电线路的保养提供详尽且精确的数据支持，还极大便利了工作人员对现场状况的预判，促进了任务分配的科学与合理性，从而显著提升了现场维护工作的执行效率。

参考文献

- [1] 赵洋, 安旭, 王卫东, 等. 高压电缆隧道巡检无人机自适应循线控制研究[J]. 信息技术, 2022, 46(1): 6.
- [2] 张永忠. 浅谈信息技术在高速公路安全管理中的应用[J]. 中国交通信息化, 2019(7): 3. DOI: 10.13439/j.cnki.itsc.2019.07.003.
- [3] 赖林. 基于视觉SLAM的无人机电缆隧道自主巡检方法研究[D]. 电子科技大学, 2023.
- [4] 肖莉, 杨拥军, 谭昌明, 等. 低空无人机遥感技术在公路水土保持监测中的应用实践[J]. 亚热带水土保持, 2023.
- [5] 张永忠. 信息技术在高速公路安全管理中的应用研究——以广东惠清高速公路为例[J]. 工程技术研究, 2019, 4(13): 2.