

山区固定翼无人机在输电线路巡检上的应用

冯心巍 王伟东 李泽家 段天琪 袁银晨

(国网湖北超高压公司宜昌运维分部 443000)

摘要: 随着现代化建设持续推进, 电力得到广泛应用, 成为多领域发展的重要能源。为了满足实际需求, 输电线路体系持续化建设。为了确保各地区均得到充足的电力供应, 山区也分布输电线路。为了保证输电线路运行质量和安全性, 巡检工作是重点。基于山区特殊地理特点, 部分区域依靠人工巡检耗时耗力, 且难以保证质量。针对这一问题, 无人机巡检的应用提供更为高效、安全和经济的解决对策。本文以某山区电力输电线路巡检区段为例, 探究固定翼无人机在输电线路巡检中的具体应用, 总结注意事项, 旨在为我国特殊区域, 更为高效完全输电线路巡检提供更多借鉴。

关键词: 山区; 固定翼无人机; 输电线路巡检; 具体应用; 注意事项

Abstract: With the continuous advancement of modernization, electric power has been widely used and has become an important energy source for the development of many fields. In order to meet the actual demand, the transmission line system continues to be constructed. In order to ensure that all regions receive sufficient electricity, transmission lines are also distributed in mountainous areas. In order to ensure the operation quality and safety of transmission lines, inspection work is the focus. Due to the special geographical characteristics of mountainous areas, manual inspection in some areas is time-consuming and labor-intensive, and it is difficult to ensure quality. In response to this problem, the application of UAV inspection provides a more efficient, safe and economical solution. Taking the inspection section of power transmission lines in a mountainous area as an example, this paper explores the specific application of fixed-wing UAVs in transmission line inspection, summarizes the precautions, and aims to provide more reference for more efficient and complete transmission line inspection in special areas in China.

Key words: mountainous area; fixed-wing UAVs; Transmission line inspection; Specific applications; Notes

引言: 输电线路的巡检是电力行业中至关重要的任务, 它有助于确保电力供应的稳定性和可靠性。然而, 在山区地区进行线路巡检往往面临严峻的挑战, 如复杂的地形、恶劣的气候条件和交通困难。传统的巡检方法需要大量的人力和物力投入, 而且存在一定的风险。在此背景下, 固定翼无人机的应用为山区输电线路巡检带来了革命性的改变。无人机是基于传感、计算机、地理信息等多项高科技成果制作成的“现代化工具”, 其具备“高空作业、远距离操纵、快速作业”等优势, 得到广泛应用。基于该设备性能, 可以全面化、高效完全输电线路巡检任务, 节约人力、规避安全风险。从中可知, 探究无人机在输电线路巡检中的应用有现实意义, 对推进电力智能化建设有积极作用。

1 固定翼无人机阐述

1.1 概述

固定翼无人机是一种飞行器, 通常模仿鸟类或飞机的设计, 通过固定翼来产生升力。与多旋翼无人机不同, 它们通常有一个或多个固定的翅膀, 以提供升力和稳定性。

1.2 特点

该类型无人机具备以下特点: 第一, 长续航能力。通常该类型无人机具有较长的续航时间, 其结构组成特点, 使其不需要持续产生升力, 可以依靠机翼的升力来维持飞行。所以可以飞行更长时间; 第二, 高速飞行。基于其结构设计方案和工作原理, 其可以具备较高的飞行速度, 适宜执行大范围的飞行任务; 第三, 远距离航程。其能够飞行较长距离, 在监测、侦察等方面, 相较旋翼无人机更具备优势。

2 固定翼无人机的缺点和应对策略

2.1 缺点

固定翼无人机如下图 1 所示。基于其特殊结构, 在起飞时, 引擎无需克服自身重力, 从理论角度来看, 只要电机推力达到机身自身重力的 10% 就可以实现起飞。相较多旋翼无人机而言, 在相同规格参数下, 固定翼无人机可以装载更大电池或者更多设备, 如果两种类型无人机选择同样容量的电池, 固定翼无人机飞行时间更长, 续航能力占据优势。一般情况下, 固定翼无人机航程可以达到 80km/h, 但多旋翼无人机的航程仅仅为其 $\frac{1}{5} - \frac{1}{3}$ 。基于此, 在长线路巡视、排查等任务中, 首选航

行距离更长的固定翼无人机^[1]。

然而, 该类型无人机也存在不足, 第一, 固定翼无人机需要较长的起跑距离才能实现起飞。基于该设备结构设计, 起飞时发动机向后推动气流, 提供升力, 达到标准范围才能起飞。如果起跑距离较短, 基于流体力学理论, 无法为飞机提供足够大的前进速度, 则很难保证其产生足够的升力; 第二, 固定翼无人机飞行速度较快, 容易受到风力干扰。该类型无人机速度较快、舵面灵活, 如果面临大风情况, 容易出现侧翻事故, 因此, 对操作人员的能力和和经验等提出高标准要求, 一旦操作人员能力稍弱, 容易出现事故



图 (a) 正面图示 图 (b) 反面图示

图 1 固定翼无人机图示

2.2 应对策略

针对上文提出的两项常见问题, 借鉴以往经验, 提出如下两点策略, 确保固定翼无人机安全稳定运行。

2.2.1 科学控制固定翼无人机起飞和回收

为了缓解起飞距离较长问题, 针对固定翼无人机设计弹射架, 其由弹射架导轨、弹射架动力、无人机支架和弹射架击发机构四部分组成, 在应用过程中, 依托该装置, 为无人机提供持续动力, 确保其在短距离环境中, 仍可以完成起飞。同时, 为了降低无人机飞行风险, 实现无人机伞降, 基于无人机的重量, 结合实际运行环境的风力大小, 借助降落伞辅助无人机回收, 从而实现降落点精确控制, 并起到缓冲作用, 避免降落冲击力影响机载设备, 或者在意外情况下, 可以为无人机提供安全保障, 避免造成较大经济损失^[2]。

2.2.2 构建智能化的固定翼无人机飞控系统

人工操作很容易受到外界因素干扰, 或者难以及时做出正确判断, 针对这一情况, 依托现代化技术, 构建无人机飞控系统有积极作用。GPS 接收机、三轴 MEMS 陀螺仪、三轴加速度计、三轴磁传感器等是构建飞控系统的主要部件, 依托上述仪器, 可以保证实时、高精度监测无人机

飞行姿态。该系统可以通过智能化设置,限制无人机最大倾斜角度,这在避免侧翻事故发生方面发挥重要作用。同时该系统还具备自动盘旋、自动降落功能,可以更好辅助操作人员进行操控,降低操作难度。

3 山区固定翼无人机在输电线路巡检上的应用

在此以某山区电力输电线路巡检区段为研究对象,探究固定翼无人机在输电线路巡检中的具体应用,并总结注意事项。

3.1 固定翼无人机输电线路巡检系统设计

为了保证巡检活动安全稳定进行,在现代化技术支持下,以固定翼无人机为基础,架构线路巡检系统,整体系统结构如图2所示。

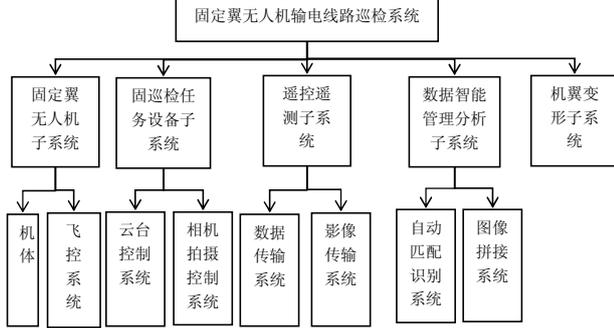


图2 固定翼无人机输电线路巡检系统结构框架图

结合图2来看,为了实现安全、稳定运行,发挥飞控系统(飞行控制系统)优势,保证无人机高效执行巡检任务,可以精确按照预先规划路线,完成普查或者精细巡检等工作。

3.2 系统功能阐述

3.2.1 固定翼无人机子系统

输电线路巡检工作开展过程中,出于距离、任务量和功能性的综合考虑,多以固定翼无人机为飞行载体,结合实际需求,机上搭载飞行控制系统(如驱动装置、记载传感器等)实现实时姿态监控以及地面指令精准执行。一般依靠驱动舵机实现无人机的控制。同时,基于固定翼无人机的特点,需要具备一键式自主滑跑起飞、降落等功能,所以在执行任务前,需要结合具体环境规划路线^[1]。

其中飞控系统是规避风险的关键。其一般包括机载飞控模块、GPS模块、控速模块、电源模块、通信模块和地面站软件系统几部分。依托该系统可以对飞行航线、飞行速度、飞行高度等进行设定,并控制其自动盘旋等信息参数。文章研究的固定翼无人机相关参数如下表1所示。

表1 固定翼无人机主要性能参数总结表

主要参数	数值
最大航程/km	240
最大飞行速度/(km/h)	95
最小飞行速度/(km/h)	38
最大起飞质量/kg	35
发动机功率/kW	1.9
控制半径/km	240
续航时间/h	3

3.2.2 巡检任务设备子系统

该部分主要包括负责影像采集。由云台控制系统和相机拍摄控制系统两部分组成,通过云台控制系统,确保相机可以在无人机飞行、俯仰等姿态变化中,确保角度始终相对地面坐标保持固定,从而确保拍摄画面位于前方。同时,地面人员可以依托云台控制系统,操作相机调整拍摄角度,确保影像清晰、全面^[4]。

3.2.3 遥控遥测子系统

该部分由数据传输系统和机载影像传输系统两部分组成,为了满足实时传输需求,以无线数传系统为基础,地面站软件发布指令,绘制、生成航路点之后,并将其传输到地面,地面端对信号进行加密、编码等发射给无人机,机载端接收信号之后,按照指令完成飞行任务。飞行控

制系统的主要作用是采集无人机的飞行数据以及拍照模式等信息,确保地面实时了解飞行器状态。机载影像传输系统包括图像传输、接收模块两部分,主要功能是确保无人机拍摄的图像信息等可以向地面站完成传输。该系统应具备适用输电线路各种环境、良好抗干扰等能力,这是确保地面接收到精准信息的基础^[5]。

3.2.4 数据智能管理分析子系统

该部分具备自动匹配识别和图像拼接两项功能,其中自动匹配识别系统是确保从已有的模板图像集合中找到机载检测设备图像并进行匹配的模块,确保检测的图像可以通过和数据库信息的对比,确定新拍摄图像和杆塔的对号关系,并通过数据处理分析,及时发现隐患并生成缺陷报告。图像拼接系统主要作用是确保拍摄的图片可以将GPS、时间等整合,生成整体线路走廊的高清晰图像。通过这一子系统,可以有效提升输电线路巡检精度^[6]。

3.2.5 机翼变形子系统

该部分主要功能是确保无人机在飞行时,可以依托载荷质量变化,自行调整机翼升阻比,从而为其安全、稳定飞行提供保证。

3.3 巡检功能设计及测试

3.3.1 巡检功能设计

输电线路巡检过程中,主要负责对线路、杆塔、绝缘子等部件进行影像采集。在此以上文阐述系统为基础,依托飞行控制系统,对某山区输电线路巡检区段设计全自主飞行巡检策略,依托智能化系统控制固定翼无人机实现影像实时显示、飞行器参数显示、航迹规划等功能。设计过程中,为了保证安全,该设置低油位返航、图像接收存储、航迹保存导出、脱离测控半径自动返回、断链失控保护几项内容,通过上述限制,确保固定翼无人机处在可控范围内,且有效规避安全风险^[7]。

3.3.2 巡检功能测试

以某山区输电线路巡检路段为例,依托该区段杆塔的GPS坐标信息,结合周围环境,设定自主飞行航迹点,科学设定飞行器和杆塔线路之间的安全距离,且结合机载影像设备的聚焦远近等特点,并思考特殊位置无人机低速、低空精细参数,详细设定各航迹点的盘旋半径和盘旋时间,确保完成拍摄任务。最终,拍摄图像如下图3、图4所示。

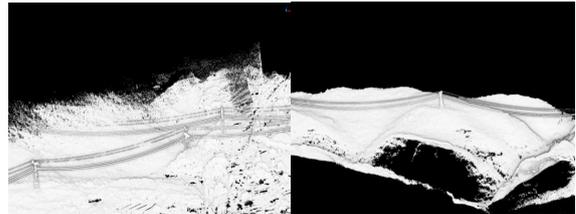


图3 局部激光点云采集图像

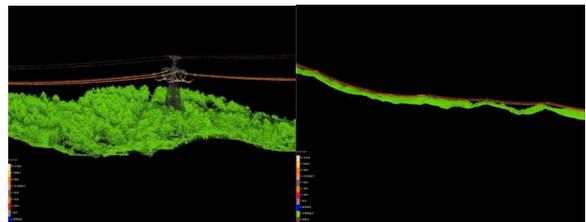


图4 局部激光点云解算图像

结合拍摄图像来看,其可以实时完成拍摄任务,并精确完成各杆塔、绝缘子等巡检要求。

4 应用优势和注意事项分析

4.1 应用优势

结合上文来看,固定翼无人机在输电线路巡视中应用,有效节约人力成本和时间成本,降低人身安全事故发生概率。具体来看,以某山区某条输电线路150基塔的巡视距离为例,为了完成巡检任务,需要一个10人班组,2人一组,分为5个小组,经过6天跋涉才能完成任务,但是依托固定翼无人机进行巡检,按照90km/h的速度,不到2个小时就

可以完成任务,且无需更多人力提供支持,两相对比,优势极为明显。相较于多旋翼无人机而言,其续航能力更强,效率更高,多旋翼无人机在山区环境中,每天大概巡视 20 基塔,而固定翼无人机可以巡视更多,同时,固定翼无人机的特殊结构使其可以通过飞行获得升力,可以降低能耗,降低频率充电或者更换电池次数。且固定翼无人机具备更高的巡视速度,可以在有限时间执行更多任务,并且依托其较大的翼展,可以在一次任务中覆盖更大面积,在山区输电线路巡检中更占据优势。另外,其具备良好的抗强风和抵抗不稳定气象能力,基于山区特殊位置,相较于多旋翼无人机更能抵抗风险。

4.2 注意事项

结合上文来看,随着电子技术等持续化发展,无人机设计更为科学,相关辅助系统更为智能,相应地,其操作复杂程度有所提升。因此,重视操作人员技能培训和专业能力培养,了解更多固定翼无人机结构知识、机载设备、机载系统操控知识等极为重要。同时,保持风险意识和安全意识,在无人机飞行之前,预先结合相关信息,判断飞行环境,科学制定飞行计划,确定航线、高度、飞行半径等是关键,尤其是特殊环境,如山区等,需要结合具体情况,确定性能极限,避免无人机遭受损失和影响巡检工作开展。

结语

现阶段,随着现代化技术发展,固定翼无人机在电力输电线路巡检

工作中应用日益广泛,有效节约人力和物力成本。文章结合实际案例,探究固定翼无人机在输电线路中巡检应用情况,验证其应用优势。最终结果证明,科学应用固定翼无人机,可以有效提升输电线路巡检效率,保障工作人员人身安全,降低巡检风险。

参考文献:

- [1]王明.基于多旋翼无人机固定机巢自动巡检输电线路的控制技术研究[J].电工技术,2022,43(11):67-69.
- [2]许家浩,王娇.基于无人机的电力线路巡检多功能地面站设计与实现[J].集成电路应用,2022,39(3):102-103.
- [3]邢志刚,万宏宇.多旋翼无人机在输电线路巡检中的应用[J].黑龙江科学,2020,11(24):116-117.
- [4]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,2020,27(10):117-118+27.
- [5]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.
- [6]韩琦,迟耀丹,刘安琪,等.飞行器在输电线路巡检中应用的探索[J].科学技术创新,2019(17):149-150.
- [7]曾懿辉,何通,郭圣,等.基于差分定位的输电线路多旋翼无人机智能巡检[J].中国电力,2019,52(7):24-30.