

无人机在架空输电线路中的研究综述

黄铖 杨玉玲

国网西藏电力有限公司超高压分公司

摘要：我国有众多的输电线处于恶劣的自然环境中，在长期经受自然天气以及人为方面的影响下，输电线路会出现损坏与异常。为了保障输电线的正常运转，工作人员需要对其进行定期检查。近年来，无人机技术得到了快速发展，很大程度上直接或者间接提高了电网的相关检修、运维工作质效。因此，为了提高输电线路检修效果，降低人工成本，提高巡检工作的准确性，相关人员对自动巡检系统展开了研究。目前，巡检系统能够满足巡检人员的基础巡检需求，有效避免安全隐患问题的发生，但巡检过程极易受各类干扰因素的影响，造成巡检精度过低。对于人工巡检来说，无论是否采用上述设备，人员都需要在巡检现场近距离完成作业。在山区，为了减少线路覆冰等自然灾害的发生，一般会选择植被更加茂密的地段进行布设输电线，交通状况也相应更加复杂，人工在这些地区进行作业将存在诸多危险。为了高效地对输电线路情况进行定期检测，无人机的使用无疑是一种有利的方法，且在很大程度上提高检查效率。

关键词：无人机；架空；输电线路；分析

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2022.05.218

引言

在当前社会背景下，架空输电线路维护工作越来越重要，由于架空输电线路增多，应对的情况也越来越多，传统架空输电线路维护工作存在着诸多缺陷，运行效率低，并会对工作人员的生命安全造成一定的威胁。无人机已在输电线路巡视过程中得到了广泛应用，能够提升巡视效率，减少巡视作业资金投入，并且可以在巡视过程中完善线路实际数据，如地理坐标、环境等，确保线路状态数据的准确性。无人机巡视能够快速发现故障，对周边建筑、树木、作业设备等实现准确识别，减小外部因素的影响。随着无人机技术的发展，飞控距离、起飞和降落条件、飞行高度等方面受到的限制减少，飞行控制平稳度、自动巡视模式、成像对焦等为无人机巡视提供了技术保障。在这种情况下，大力发展无人机巡检技术，将无人机应用于架空线路巡检工作，能够保障工作人员的安全，提升巡检工作效率和工作质量。从无人机的优势上来看，无人机巡检工作具备快速飞行能力和影像搜集能力，能够最大限度地帮助工作人员分析架空输电线路的整体情况并作出正确的处理，这对于当前经常需要定期巡检的架空输电线路来说十分重要。

一、分析架空输电线路无人机运行原理

对于架空输电线路而言，无人机在实际运行中是依靠无人机巡检系统，这种系统不仅能让无人机具有影像传输能力，也能够显著提高无人机整体的操作能力和障

碍物处理能力，无人机巡检系统主要是由空中飞行平台和地面站控制系统等组成的，在这之中，空中飞行平台主要包括无人机系统、导航系统和航点定位系统，无人机系统是无人机巡查系统的基础，保证了无人机的正常启动和运转；导航系统作为无人机空中作业的主要系统，对当前十分复杂的架空输电线路有十分重要的作用，能够帮助无人机快速的规划飞行路线；航点定位系统则能够在最短的时间内记录位置，并能够做到定点飞行，是无人机巡检工作中必不可少的一环。地面站控制系统主要包括飞行数据显示、影像数据显示和飞行指令传输3个部分，这3个部分在无人机的控制层面帮助地面工作人员更好地控制无人机，飞行数据显示能够让工作人员及时了解无人机的各项数据，保证无人机正常工作，防止出现无人机故障导致的各种经济损失；影像数据显示是整个无人机巡检系统的核心功能，只有通过影像数据显示，工作人员才能够进一步掌握架空输电线路的相关情况，进而做出针对性的应对，飞行控制指令传输是为了更好的操作无人机飞行任务所设计的操作系统，也是无人机巡检工作中不可缺少的重要内容。

二、分析无人机平台的选择

无人机硬件组成包括了无人机的机架和控制器以及动力系统和图像擦剂模块等。目前无人机的机型种类比较多，但是真正用电力作业的无人机机型主要为多旋翼机型。这种机型的飞行器较多，机型上配置的飞行器数量也不同。多旋翼机型的操作简单，体型小巧，能够在

特殊的天气进行作业，但是飞行距离固定，一般能够连续飞行的时间在1个小时之内，但是该机型的稳定性极高，通过控制器可以达到定点悬停，进而完成照片拍摄。其中，地面站控制系统主要的功能是操控无人机完成巡检工作，并且将无人机所拍摄到的图片、视频，以及各种数据信息进行回传。操作人员通过操作可以调配图像焦距，进一步了解输电线的故障点，从而针对性解决问题。

三、分析输电线路状态预警

输电线路状态预警方法的研究包括两种：一是基于大数据和深度学习等计算机的预测方法，采用极限学习机和向量机的输电线路覆冰预测模型对其线路进行预测，通过综合考虑输电线路的影响因素，提出火山密度时间顺序预测模型，目前计算机行业发展迅猛，为上述预警方法的实施提供了技术支撑与保障，但是现场检测由于自身环境复杂性的原因，仅仅靠计算机线上检测难以了解到现场的各方面问题，有时甚至会漏检现场的危险因素。因此，这类方法主要用于现场环境良好并且能够在线实时检测的场景。另一种方法是引进数学算法，对输电线路情况进行划分状态等级来进行分析。上述方法利用数学算法对输电线状态进行预警，层次分析法和模糊数学评价法在进行指标划分时存在主观性较强的问题，现在输电线的状态较复杂，影响因素众多，利用数学算法进行分析就会存在计算过于复杂的问题。

四、分析架空输电线路无人机技术的应用

1. 分析自主巡检的技术

对于自主巡检技术是现如今架空输电线路无人机应用的关键技术之一，该技术的原理主要是通过工作人员控制无人机进行影像数据回传，结合相关项目信息进行定点的飞行，利用激光雷达技术和高精度定位技术，对监控输电线路的整体情况作出详细的把握，在自主巡检技术应用中，为了保证能够更好地完成巡检任务，对于无人机操作人员的技术要求较高，即便如此，自主训练技术的研究和应用显著改善了传统架空输电线路巡检工作中工作人员危险系数高、工作压力大的运行模式。当前自主巡检存在的主要问题在于自主巡检技术在我国属于起步阶段，自主巡检技术的实施成本较高，还没有更加经济的解决方案。不仅如此，自主巡检仍然存在技术不成熟、精度控制不足、行点采集对比较正能力较弱、

续航能力较差等问题。目前，我国架空输电线路维护技术研究领域将自主巡检当作一个重要研究方向进行拓展和探究。

2. 分析确信啊识别技术和巡检数据技术

架空输电线路无人机系统在应用的过程中，核心技术主要是为缺陷识别技术和巡检数据技术，缺陷识别技术主要是针对架空输电线路整体结构中的问题进行分析，方便操作无人机进行影响传输可以自动分辨出问题的故障结构，当前，我国将架空输电线路的故障规划主要分为9种，分别在塔杆、绝缘基础、接地装置、附属设施等多个层面上进行了详细的整理和归纳，并且出台了相关的书面操作说明。在自动无人机巡检技术中，将缺陷识别技术和相关数据输入无人机，无人机能通过自身拍摄的影像进行自动分类，帮助操作人员和工作人员筛选现场出现的主要问题，并做出标记，极大程度地提升了巡检工作的效率和质量。巡检数据应用主要是基于缺陷识别技术，提升无人机对于各项影像数据中的数据分析能力，优化无人机对于数据计算的主体算法，弥补传统无人机影像传输中识别问题的缺陷。虽然巡检数据应用技术在一些缺陷的判定规则上仍然不够完善，但随着科学技术的发展，无人机自动巡检技术的数据分析能力必然会增加，甚至是取代人工间操作，完成相关的巡检工作。

3. 分析导航避障技术

架空输电线路无人机中的导航避障技术是作为一个重要辅助技术，可以全面的提高无人机的安全性，减少操作人员的技术压力，这项技术主要的优势是利用无人机数据算法，加上在无人机安装各种方向传感器，能够在接触障碍物之前及时判别障碍类型，作出自主应对策略。无人机的传感器在一定程度上受地理因素的制约，如海拔等，但传感器的应用代表无人机在进行远程自主巡检的工作中能够更好地应对可能出现的障碍物，导航避障技术的核心是依靠神经传感器网络算法将传感器传送回来的数据及时进行处理，相比传统的无人机自动巡检应用中的无人机算法，这些算法更加快速，具有较低的延迟性，并且在对各种障碍物计算和处理上更加先进，这也是现如今无人机巡检技术的主要优势。

4. 分析巡检模式的优化

自动巡检设计时需要做好运动规划，明确线路参数

和障碍物情况以及运动状态等，例如线路参数设置时要明确起始杆塔和终止杆塔以及返回杆塔等，在此基础上形成一个自主巡检线路图，使其能够让全自动巡检机器人严格根据既定的路线进行工作，然而障碍物情况进行分析的过程中，要结合地理位置空间对应障碍物的实际信息，确定出障碍物的类型和配置等方面的特点，然而在生成障碍物列表以及越障计划中，也分为行动方向和行走距离等等内容，这样能够更好的保证全自动巡检机器人是否能够自主越障。在此之外，对运动状态进行评估的过程中，是可以将实际状态数据和历史数据进行对比，检查其是否存在异常的情况，并且做好参数的合理调整，最终能够生成一个较为完整的巡检日志。

5. 分析对象控制系统的设计

所有的设计工作中，对控制系统的设计是最为关键的，能够直接决定了整个体系的方向和功能，要给系统设置一套系统可以识别简单的程序，方便系统有相应的功能，让系统自主识别十分复杂，那么系统会出现很难识别的情况，就很难达到预期的效果。在此之外，在实际进行对象设计的过程中，整体设计流程是相对叫我简单的，并且在后续开展维修和操作的过程中，相对是较为便捷的，设计人员在实际进行设计的过程中，能够将其机器人作为实际的要素情况，并且也要对该对象内配置合理的机构以及云台摄像机、电机和传感器等等方面的内容，针对这些结构而言，是通过一个统属性的部分抽象成为一类的对象。与此同时机器人在实际运行的过程中，每个机构对象之间的运动和消息之间是存在着一定的关系，因此在对其相关编程拱走开展的过程中，并不需要对其逻辑关系进行考虑，然而在越障的过程中，机构对象将会结合自身的运动规律和实际的结果，通过其他的对象是否需要运动进行检查，进而做出合理的判断。

总结

总而言之，由于我国电力线路覆盖面积广，人工检测受环境、地形和其他因素影响难以短时全面发现问题。在架空输电线路巡视工作中，采用无人机技术能够明显提升巡视效率，大大降低巡视成本，并且为事故抢修和检修工作提供直观图像信息。笔者对架空输电线路无人机巡视技术进行研究。另外人工巡检具有诸多弊端：受恶劣环境的影响，人员作业时要进行大量的安全

措施工作，风险性较高；针对较长距离的输电线，需要投入大量的人力、物力和财力，成本较高，并且效率也难以保证。实际应用此巡检系统时，可根据电力企业的实际情况适当调整系统参数，确保系统巡检能够满足电力企业要求，为输电线路的安全运行提供保障。在无人机巡视过程中，根据杆塔不同类型采取不同的巡视顺序，根据巡视任务对不同的重点部位进行巡视，明确架空输电线路本体及附属设施出现问题的部位和现象表征，并且通过人工识别和智能识别相结合的方式快速确认故障原因和运行隐患，提高架空输电线路的运行安全性和稳定性。

参考文献

- [1] 郑仟. 基于多旋翼无人机的架空输电线路状态检测系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(12): 332-338.
- [2] 袁守彬, 姚强, 张昕等. 基于无人机技术的架空输电线路自主巡视研究[C]//吉林省电机工程学会. 吉林省电机工程学会2022年学术年会获奖论文集. 国网延边供电公司, 2022: 5.
- [3] 张家盛, 梁进兴. 基于深度学习的无人机巡检架空输电线路金具锈蚀缺陷检测方法[J]. 湖南电力, 2022, 42(05): 75-78.
- [4] 魏翔, 高凌玮. 基于无人机的架空输电线路影像巡检系统设计[J]. 现代制造技术与装备, 2022, 58(09): 38-40.
- [5] 王金会. 架空输电线路无人机巡检技术研究进展[J]. 冶金与材料, 2022, 42(04): 54-55+58.
- [6] 裴楚, 武娜, 王琪. 架空输电线路无人机自主巡检仿真环境设计[J]. 山西电力, 2022, (02): 35-37.
- [7] 田华贵. 架空输电线路无人机的有效运用[J]. 科技风, 2022, (03): 101-103.
- [8] 张川, 邹和东, 王伟等. 无人机在架空输电线路运检中的应用[J]. 光源与照明, 2021, (10): 110-112.
- [9] 曾凡涛. 无人机在山区架空输电线路巡检中应用的探讨[J]. 科技资讯, 2021, 19(30): 28-30.
- [10] 吴远密, 奚鑫泽, 彭庆军等. 基于架空输电线路的无人机取电平台设计及仿真[J]. 云南电力技术, 2021, 49(05): 50-53.