

无人机在高压输配电线路智能巡检中的应用研究

于子涵

(山东黄金电力有限公司, 山东 莱州 261441)

摘要 随着无人机在高压输配电线路巡检的逐步推广应用, 探索无人机智能电力线路巡检的应用将成为日后电力线路巡检的主要方式, 利用固定式无人机自动机场对无人机下发自动巡检任务, 通过无人机多功能云台相机对巡检杆塔、导线进行拍照, 实现高质量、高频次的自主巡检, 利用无人机智能巡检系统实现对巡检任务的创建、下发、执行、巡检成果展示和巡检报告生成, 通过 GIS 平台展示电力线路三维巡检通道, 实现电力线路巡检、通道树障和交跨、电力巡检隐患的可视化管理。

关键词 无人机; 自主巡检; 电力线路巡检; 管控平台; GIS

中图分类号: TP242

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)03-0025-03

1 电力线路巡检现状

输配电线路是电力系统的重要组成部分, 更是电力传输的重要载体, 承担安全稳定输送电能的重要任务, 对电网供电安全性、可靠性至关重要。做好电力线路的巡检和维护, 让电力线路处于良好状态成为电力线路巡检工作的重中之重。

随着电网的电力线路规模越来越大, 要对输配电线路开展定期巡视检查和特殊巡检, 随时掌握输配电网络的运行状态、线路周围环境、线路是否存在安全隐患, 对于电力线路巡检的要求也越来越高。电力线路巡检通常采用两种巡检方式。一种是人工巡检模式。通过手持望远镜和红外热成像仪等巡检设备对输配电线路进行巡检。该巡检方式劳动强度大、工作条件艰苦、巡检效率低, 在遇到电网紧急故障和异常气候时, 线路人员由于不具备有利的交通优势, 严重影响线路巡检质量和效果。随着线路运维工作量不断提升, 人工巡检模式已不能适应智能电网的建设和运维需求。另一种是以人工巡检为主人为操控无人机巡检为辅的巡检模式。这种巡检方式严重依赖无人机飞手人员数量、操作技能以及对巡检线路的熟悉程度, 无人机在电力线路巡检质量有了大幅度提升, 但是巡检效率整体不高。^[1-2]

2 方案设计

无人机在线路智能巡检中的应用主要针对两种巡检方式的缺点和不足的基础上进行探索和研究, 采用无人机智能巡检的方式开启新的电力输配电线路

巡检模式, 摆脱人的因素制约, 通过智能巡检方式完成电力输配电线路巡检工作^[3]。

无人机在高压输配电线路智能巡检中的应用设计主要通过无人机智能巡检系统控制无人机自主、智能巡检电力线路, 该设计方案将主要其大致分成五个组成部分, 分别是无人机自动机场、无人机、无人机智能巡检系统、航线规划和 GIS 线路三维展示^[4]。建立一个无人机智能巡检系统, 所有对无人机机场、无人机的操控指令都通过管控平台下达。通过无人机智能巡检系统首先完成电力巡检线路航线规划、航线导入, 自主控制无人机机场和无人机远程设定作业任务并下发巡检任务, 无人机通过起飞、巡检、降落、回收、充电、数据上传等实现无人机在线路中智能巡检的工作任务, 实现电力线路巡检现场的杆塔和线路走廊照片取证、现场监控及隐患排查等工作, 对电力巡检全过程进行展示, 并自动生成巡检报告, 通过 GIS 线路三维展示电力线路三维巡检通道, 实现电力线路巡检、通道树障和交跨、电力巡检隐患的可视化管理。

无人机在线路智能巡检中的应用开启了第三种电力巡检方式——无人机自主电力巡检, 可实现黄金电网内无人机线路巡检的自动化、智能化。无人机根据无人机智能巡检系统下发的巡检指令按照规划航线并携带多功能云台相机完成本次航线内的杆塔基础、接地装置、杆塔本体及输电线路、绝缘子、金具及导地线附件及其他设施、通道环境等巡检任务, 并在每个规划定点位置拍摄可见光照片和红外照片, 实时回传无人机智能巡检系统, 线路巡检人员可通过无

人机智能巡检系统查看实时数据并对机场进行集中监控和控制。通过无人机智能巡检系统对电力线路巡检进行隐患分析,形成线路巡检报告。

3 关键技术

3.1 无人机自动机场

要想无人机自主巡检,它需要一个承载无人机的设备。无人机自动机场是实现无人机无人值守化作业的智能巡检系统的重要组成部分,对无人机存储、自主化飞行、电能补充等功能模块增加异常处理与自恢复逻辑,实现现场无人机智能、自动巡检工作。

无人机自动机场采用固定式机场,为无人机提供存储空间。执行作业任务前,固定机场打开舱门,并升起甲板,等待释放无人机,无人机完成作业任务后精准降落至固定机场甲板上,固定机场会自主回收完成作业任务的无人机。在接收到无人机智能巡检系统指令后接受作业任务,自动打开机场舱门,放飞无人机,无人机按照巡检任务执行电力线路巡检工作,任务执行完毕后自动落回机场,同时自动机场根据无人机带电情况为无人机自动充电,充电完成后继续开展电力巡检作业。

电力线路巡检作业受天气情况影响较大,无人机机场配置一体化气象站,自动识别飞机飞行条件,具备飞行条件后按照规划航线执行巡检作业任务。为实现无人机机场与无人机相互配合,自动机场具备无人机自动机场自动打开舱门,释放无人机,无人机完成作业任务后精准降落至固定机场甲板上,机场自主回收完成作业任务的无人机,在无人机机场配备快速充电模块,无人机归位即刻充电。为了满足户外作业,机场内配置空调系统,可实现在 -35°C 至 50°C 无人机巡检户外作业,同时配置防雷系统、内置备用电源,支持断电5小时云端在线,保障无人机安全返航。

3.2 无人机

无人机作为无人机智能巡检技术方案关键组成部分,设计中主要采用四旋翼飞机,可以实现四轴飞行器的一次放飞、回收充电,便于常年使用,不执行巡检任务时就保存在无人机自动机场内。

无人机挂载重量过重,影响无人机飞行时间和飞行效率,基于这一点,为减轻无人机负载重量,将无人机挂载内置在无人机上,成为无人机的一部分,同时为了便于飞行一次获取更多的信息,内置挂载采用多传感器混合云台相机,将激光测距仪、广角相机、变焦相机和热成像相机这四个相机功能混合在一起,在飞机飞行时可测量输电线路走廊线路对地距离,

广角和变焦相机可以捕捉识别电杆、铁塔上的导线、金具、电缆等线路巡检细节,无需人为手动调整,为电力线路巡检节省时间^[5]。同时,电力线路中某一金具过热这一类电力隐患无法通过相机获知,红外相机可以对这类故障迅速辨识,并将超温故障的照片传回无人机智能巡检系统,提前发现电力线路隐患,保障电力线路的传送电能的可靠性。

无人机在巡检电力线路过程中,为保障无人机不发生撞线等意外事故的发生,无人机配置RTK定位^[6]。RTK定位技术主要采用的差分技术达到厘米级的定位结果,无人机采用网络RTK精准定位。为了加强电力无人机安全,在机身配置六项双目视觉及近红外传感器,自动设置避障距离。无人机配备高清图像视频和红外图像展示功能,可在20m之外通过10倍光学变焦进行电力巡检,实现一键全景、线路红外图像展示和红外热温度分析功能。

四旋翼无人机的巡航时间大概在40分钟,电池作为四旋翼无人机的主要动力来源,无人机在升空和降落也需要电能^[7],除了在无人机固定机场内给无人机充电以外,可以设计一个临时给无人机充电和停泊系统。如果能在电力线路巡检路线中对巡检的线路和无人机电量进行大数据分析,在线路周边建立几个无人机小型充电和停泊系统。电力线路架设通常在偏远地区,取电通常不会便捷^[8]。通过利用电力线路自身的电压是最好的一种取电方式,利用线路电降将其降至无人机相适应的电压,用于无人机小型充电和停泊系统供电。该系统的利用无人机停泊后与系统接触面进行充电,待充满电后无人机进行断点续飞,大大提高无人机的巡检效率,减少无人机返回机场充电来回时间,减少无人机断点续飞而飞行的距离。

3.3 无人机智能巡检系统

无人机智能巡检系统是无人自动机场、无人机的管控中心。将确定好的规划航线导入无人机智能巡检系统,通过管控平台下发巡检任务,固定机场获取任务信息后启动无人机自动进行电力线路巡检作业,整个过程无需人员参与,实现电力线路巡检的无人化、自动化和智能化,可以实现无人机定点电力线路巡检任务,同时也可在室内集中操控所有机场并监控现场实时状态^[9]。

无人机智能巡检系统支持对多个机场、多台无人机(项目涉及的所有无人机)的操控和管理,可对多个覆盖区域的无人值守实现立体巡检。完成无人机自主巡检的所有操作,同时要识别无人机航线规划,支持规划航线导入无人机机场和无人机。无人机智能巡

检系统进行私有化部署,采用专用网络,通过光缆和 4G 网两种方式与无人机自动机场进行通信。无人机智能巡检系统具备创建任务、下发创建任务、状态监控、巡检数据查看、航线规划、自主巡检、数据回传、报告生成等功能。

3.4 航线规划

航线规划主要包括激光点云采集、激光点云数据计算和处理、航线生成和航线校核等。

激光点云采集主要通过无人机挂载激光雷达,对所巡检的电力线路走廊上方飞行,完成输电线路本体及周边廊道的高精度三维激光点云数据。生成点云数据达到厘米级,每平方米采点密度 100 个以上,连续性好,不存在缺失,保证其杆塔结构、导线、绝缘子及关键连接部位清晰、可辨识。

将所有线路采集的激光点云数据利用软件进行点云解算和赋色,获得高精度三维线路走廊地形地貌、线路设施设备,以及走廊地物包括电塔、塔杆、挂线点位置、电线弧垂、树木、建筑物等的精确三维空间信息和三维模型,为航线规划和 WEB GIS 三维线路展示提供三维基础数据,完成激光点云数据计算和处理。

将解算的激光点云数据导入无人机智能巡检系统生成初步航线规划,精准识别塔型和巡检点,设置航线的安全距离、拍照距离、拍照时的悬停时间、云台调整悬停时间、目标点的拍照张数、塔体的航迹点位置、拍照点的机头角度、云台角度、目标点的拍照张数及拍照距离等参数,手动对线路参数进行调整,生成高精度、飞行路径最优的精细化巡检航线。

航线规划开发需对每条线路进行定制开发,确定每条线路的巡检路线和巡检点,满足电力线路巡检要求,包括精准化巡检和线路通道巡检。航线规划要完成采集杆塔本体及输电线路整体状况,包括杆塔倾斜情况、横担歪斜情况、杆塔异物情况,绝缘子金具运行情况、导线接续管等部件是否有异常等。

3.5 GIS 线路三维展示

GIS 技术就是地理信息系统,将电网内电力线路的地理信息与地图信息进行整合,为无人机智能巡检提供地理坐标,便于巡检线路航线规划,同时将巡检结果与地理信息相融合,在地理信息系统 GIS 中将巡检线路以三维形式进行展示,构建以高精度地形和影像、激光点云数据为基础的三维数字化电力线路通道,以三维视角实现对电力线路巡检、通道树障、交跨和隐患的可视化管理,通过与原有二维 WebGIS 融合,实现电网资源的二三维一体化管理。

除了三维数据展示外,还与无人机智能巡检系统

实现数据交互,在三维电力巡检界面加入设备树管理,可实现对线路设备按电压等级、线路名称、杆塔名称树状结构进行罗列,双击杆塔名称可以在三维场景中定位,点击三维场景中杆塔名称可以显示设备台账、杆塔名称,同时具备图层管理、书签管理功能。无人机在巡检任务完成后,选择一条已执行的任务航线,可以在三维场景中显示此次无人机巡检的历史轨迹,在每个任务点旁边显示对应的巡检照片。同时能缺陷照片空间定位在具体线路的杆塔上。

4 预期效果分析

无人机在高压输配电线路智能巡检中的研究与应用是对第三种电力巡检方式——无人机自主电力巡检的探析,提高了电网输电、配电线路巡视质量和运维智能水平。解放劳动力,无需人工巡视,实现线路巡检无人化管理,实现了机械化减人、智能化减人、信息化减人,减少线路巡线工人,减少人工运维成本,同时能第一时间发现线路隐患和故障,避免因故障发生的设备烧毁、供电中断的发生,提高公司整体电网安全可靠。随着十四五期间大量线路的新建和投运,无人机智能巡检线路技术将为电网安全可靠运行提供优质、高效的巡检服务。

5 结语

无人机在线路智能巡检中的研究与应用项目已在电网内开始建设,预计在未来黄金电网的输配电线路电力巡检中的应用将会越来越多、越来越广,在该应用过程中要加强五个组成部分的相互衔接、相互配合,使得电力线路巡检在巡检质量、巡检效率和巡检成果展示上面得到更大幅度的提高。

参考文献:

- [1] 袁毅,何旭.基于无人机视觉的电力巡检线路安全距离自动诊断方法[J].制造业自动化,2022(10):192-195.
- [2] 刘军.输电线路无人机远程自主巡检技术分析[J].光源与照明,2022(08):156-158.
- [3] 同[2].
- [4] 蒋磊.基于GPS/GIS技术的电力线路巡检管理系统的研究[J].科技资讯,2015(27):11-13.
- [5] 同[4].
- [6] 徐通,尹为松,范海波,等.无人机输电线路巡检自主导航方案设计[J].电子测试,2022(08):156-158.
- [7] 王秋临,李方舟.基于四轴飞行器的高压电力线路巡检系统设计[J].工业控制计算机,2017(01):41-43.
- [8] 同[7].
- [9] 崔丽娜.智能巡检管理系统在电力线路巡检中的应用探究[J].数字技术与应用,2016(08):100,102.