

# 关于智能机库无人机提升变电站巡检效能的研究

陈宜皇

广东电网有限责任公司广州供电局 广东 广州 510000

**摘要:** 本文针对无人机在变电站巡检效能提升方面进行了研究与分析。首先对无人机在电力设备巡检的优缺点展开分析,然后总结了无人机在电力系统的使用现状。开展了智能机库无人机在500kV、220kV、110kV变电站的日常巡检、特殊巡检效能提升分析。对智能分析技术成熟后,无人机巡检效率进一步提升展开研究。

**关键词:** 智能机库; 无人机; 变电站; 巡检; 效能提升; 智能分析

## 1 背景

随着社会发展,对电力需求和电力质量要求越来越高,变电站的规模数量不断扩大,对变电站的运维质量也提出高要求,但变电站运行人员却是逐年减少。新形势下,仅靠人工巡视无法满足变电运维的高要求,需要变电专业向科技要人才方向探索。

目前变电专业传统的地面巡视因受视角限制,无法全面观察变电站各类设备上表面的情况,也无法准确读取位于设备上方的油位和表计,导致未能及时发现部分关键设备的缺陷。此外,自然灾害致使电力设备出现故障后,工作人员仍需要奔赴现场巡查受灾情况,缺乏现场快速响应能力,存在人力成本投入大、设备巡检周期长、巡视质量欠佳等问题。因此,在变电巡检作业模式方面需要进一步改进。目前可远程开展设备巡视的途径有机器人及摄像头,但是机器人巡视范围受限、精度不高,摄像头更多的是大范围图像,清晰度及移动性不强,不能够满足设备巡视要求。

随着无人机的研究发展,具备高定位、高精度、快移动的技术,在电力设备的巡检中应用越来越广泛。目前输电线路无人机巡检技术已经趋于成熟,但变电站无人机巡检方面还存在较多的问题,本文对无人机在变电站高压设备巡检的应用进展进行了综述,并重点分析了智能机库无人机巡检效率提升的研究进展,提出了解决相关问题的一些建议和展望,可为无人机大规模应用于变电站巡检提供参考。

## 2 无人机巡检优缺点

### 2.1 可抵近巡视,实现线上实时巡视

高精度的无人机能够从高空开展近距离的拍摄和观察,运行人员可通过后台实时观看视频,及时发现设备隐患。无人机还可以同时开展红外测温,对一些过高的引线连接处进行测温,克服人工测温难覆盖等难题。此外,无人机在开展巡检时,可以获取更多图形数据,包

括红外测温图谱,对运行人员开展缺陷分析和定级提供依据,辅助运行人员做好设备运维<sup>[1]</sup>。

### 2.2 解决人工巡检盲区,开展设备巡视全覆盖

无人机的高空巡检范围能覆盖变电站架构、避雷针等高处设备,可通过精准悬停、垂直起降等优点,实现对变电站的多角度、精细化、高效率地巡视,从不同角度获取设备图像资料,消除人工地面巡检时的视觉盲区<sup>[2]</sup>。

### 2.3 提高效率,提升人工效能

无人机飞行速度快,可360°进行飞行调整巡视路线,在架构、避雷针、高压设备间可根据巡视路线进行连续飞行,缩短了作业时间,提高了巡检效率。尤其在无人值班变电站,配置了智能机库无人机后,可直接远程控制无人机起飞,减少人员路途时间,解决运行人员人手紧张局面,提升效能。通过部署无人机智能机库,将传统的人工巡检转变为无人值守自动巡检,能够把人员从重复性的工作中解放出来,极大缩短了巡检周期,提升整体工作效率,以自动化、智能化设备替代人工作业是电力巡检模式发展的必然趋势。



图1 智能机库无人机

2.4 智能分析技术不成熟,无人机图形缺陷分析不到位

目前,无人机具备较高的定位精度及抗电磁干扰能力,但是在图像智能分析方面技术仍不成熟,对缺陷的

分析准确度不高,拍摄的海量图片还需要人工去一一识别,对效率提升还需要进一步探讨。

### 3 无人机在电力设备巡检的应用现状

无人机巡检技术在输电线路运用比较成熟<sup>[3]</sup>,输电线路运行环境恶劣,有时候在山上,高度又高,人工巡视到位较困难且危险,但是一般输电线路周边空旷,设备简单,对于无人机巡视的开展有较大优势。无人机在输电线路巡检的应用,为巡检人员减轻了工作量,并保证了工作人员的安全。

在风电系统的智能巡检,无人机也得到广泛应用<sup>[4]</sup>,传统的人工巡检风机方式主要通过登上风机近距离观察,存在效率低下、费用高、人身风险高、观察不全面等缺点,随着无人机技术的成熟运用,借助无人机进行风机叶片缺陷及日常巡视的自主飞行检测,对提升风电运维管理起到较大作用<sup>[5]</sup>。

对于无人机在变电站的巡检研究,目前主要是集中在技术应用方面,如红外测温技术、影像采集技术、高精度定位技术、无线通信技术在变电站的实际应用<sup>[6]</sup>,有的主要是研究目前无人机在巡检中的注意事项<sup>[7]</sup>,而对于无人机应用后,相比以前的人工巡视的效能提升力度缺少研究。对于变电站运维人员,更多关注的是无人机应用后,对提升人工效能方面能够起到多大作用,可以节省的人工有多少,这有利于可节省更多人力投入到变电站现场管控和操作中,确保电网安全运行。

### 4 智能机库无人机在变电站运维效率提升成效

按照变电设备运维策略要求,变电设备运维等级分为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级,500kV变电站为少人值班变电站,除Ⅰ级设备每天一巡外,其余设备每周开展一次巡视,220kV及110kV变电站为无人值班站,巡视周期Ⅰ级一天1次、Ⅱ级一周1次、Ⅲ级半月1次、Ⅳ级一月1次。某变电所管辖变电站规模如表1所示,其中500kV变电站为有人值班站,220kV及110kV变电站为无人值班站,一般无人机设备日常巡视只针对户外变电站。

表1 变电所管辖站点规模

电压等级	航线数量	变电站数量	户外变电站数量
500kV	105	3	3
220kV	60	30	18
110kV	12	110	51

#### 4.1 日常巡检

以500kV变电站为例,总共105条航线,Ⅱ级设备47条,Ⅲ级设备23条,Ⅳ级设备35条,按照设备运维等级要求,每月共需执行249条航线。运行人员下发任务到点击执行一条航线时间为1分钟,检查图片2分钟,执行一

条航线大概需要3分钟,一个月需要人工12.45人·小时。该站目前以少人值班模式开展设备巡视及红外测温,一周一次,按三人全站巡视大约需要1.5个小时计算,一个月需要人工18人·小时。通过无人机实现单轨巡视后,可提高效率30.8%。

对于220kV无人值班站,一般航线为60条,按Ⅲ级设备30条,Ⅳ级设备30条,每月共需执行90条航线,一个月需要人工4.5人·小时。人工巡视按照策略一个月要开展2次,1次只针对Ⅲ级设备,需要两人45分钟,一次全站巡视,两人60分钟,每次路程时间2小时,一个月需要人工11.5人·小时。通过无人机实现单轨巡视后,可提高效率60.9%。

对于110kV无人值班户外站,一般航线为12条,基本为Ⅳ级设备,无人机巡视大约需要人工0.6人·小时;人工巡视一般安排两人巡视,大约45分钟,再加上来回时间2个小时,每月需要人工5.5人·小时。通过无人机实现单轨巡视后,可提高效率89.1%。

由此可见,使用自动充电无人机后,因为省去了路途时间,无人值班站比有人值班站的巡视效率提高更加明显。

以某变电所管辖站点数量,无人机单轨巡视后,每月需人工148.95人·小时,共节省392.55人·小时,按一天8小时工作制,一年可节约588.83人·天,效率总体提升72.5%。



图2 无人机开展红外测温

#### 4.2 特殊巡检

对于特殊巡检,如开展变电站外部隐患或防风防汛检查,需要对变电站周边环境进行巡视,以无人值班站为例,使用无人机后仅需飞行一条航线即可,每次需人工0.05人·小时。人工巡视500kV变电站需要3人开展1.5小时,220kV变电站2人开展1.5小时,110kV变电站2人开展1小时,220kV及110kV变电站需加上来回时间2个小时。以某变电所为例,管辖3座500kV户外变电站,30座220kV户外变电站,110座110kV户外变电站,无人机单轨巡视后,每次特巡仅需人工7.15人·小时,人工巡视需

883.5人·小时。

以2023年为例，共开展防风防汛前后巡视24次，一年可节省人工2629人·天，可提升效率99%。

除效率提升外，考虑到外部隐患、防风防汛检查时间紧急性，使用无人机巡视可大大缩短巡视周期。以一个巡维中心管辖20座变电站，每次特巡大概可以派出3组人员，每组人员一天巡视2个站，全部完成巡视需要3天左右，而通过无人机开展巡视，两个人一个半天基本可以完成全部变电站的特巡，确保了巡视的及时性，保证变电站安全稳定运行。



图3 无人机开展外部隐患排查

#### 4.3 智能分析技术成熟应用

如果智能图片分析技术成熟，由系统自动分析图像是否存在缺陷，并自动生成报表供运行人员查阅，每条航线可节省2分钟。对500kV变电站，一个月仅需要人工4.15人·小时，相比人工巡视，可提高效率76.9%；对220kV无人值班站，一个月需人工1.5人·小时，相比人工巡视，可提高效率87%；对110kV无人值班站，一个月需人工0.2人·小时，可提升效率96.4%。全变电所效率提升90.8%。

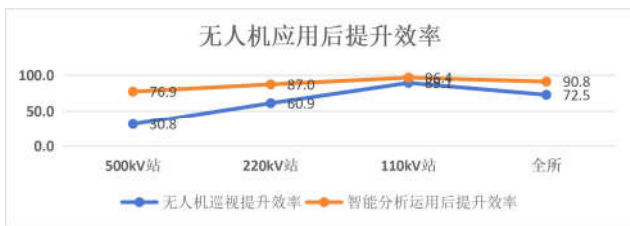


图4 无人机应用效果

## 5 总结

本文研究了自动充电无人机在变电站设备巡检过程中的优缺点，并分析了无人机在500kV、220kV及110kV变电站的日常巡视和特殊巡视过程中的效率提升，并以某变电所管辖站点为例分析了无人机应用后一年可节省人工，得出结论如下：

(1) 无人机应用后，无人值班站效率提升高于有人值班站，大部分变电站为无人值班站，使用无人机代替人工巡视，可节省大量人工；

(2) 无人机的应用，可以大幅提高特殊巡视的效率和缩短巡视周期，确保特殊巡视及时性，尽早发现隐患，保证变电站稳定运行；

(3) 智能分析技术成熟应用后，可以再进一步提高巡视效率，提高人工效能。

### 参考文献

- [1] 娄鹏彦,陈凤翔,刘陵轶,陈海华,周小红.高精度无人机在变电站巡检中的应用优势探究[J].无线互联科技,2022(5):83-84.
- [2] 李慧鹏,黄道春,邓永清,李游,曾昭强,阮江军.无人机巡检变电设备研究进展与展望.湖南电力,2022(12):32-39.
- [3] 徐梁,卜京.基于无人机低空遥感的输电线路定时巡检系统.电子设计工程,2022(3):90-94.
- [4] 卜勇涛,焦岩,王凝哲,王星皓,张瑞.基于无人机的风电智能巡检系统分析[J].电子技术,2023,52(07):370-371.
- [5] 刘奇.无人机在风电巡检的应用.电子元器件与信息技术,2020(11):76-77.
- [6] 罗泽雄,刘秀,罗志勇,熊勇良,莫满河.高精度无人机在变电站巡检中的应用,发展与创新,2020(3):244-245.
- [7] 孟延辉,赵冀宁,付炜平,李江龙,范晓丹.无人机在变电站巡检中的应用研究,电工技术,2018(11):97-98.