

# RTK 无人机在电力系统中的应用

马 东, 张代宾

(辽宁省电力有限公司本溪供电公司 辽宁 本溪 117000)

**摘要:**应用无人机进行自主飞行巡检,是电力系统提高运行管理水平,提升工作效率和工作质量的发展趋势。RTK 无人机因其具备厘米级的高精度定位功能,是自主飞行巡检的首选设备。应用 RTK 无人机开展自主飞行巡检,安全可靠,定位准确,影像清晰度高,实用性强,同时在二维正射影像和三维建模应用方面也具有很大的发展空间。

**关键词:**RTK 无人机; 电力系统; 应用

**中图分类号:**TP 249

**文献标识码:**A

全面、多方位、多角度开展立体式巡检,及时准确的发现电网存在的缺陷和隐患,为电网运行管理和故障分析提供正确的依据,是确保电网安全稳定运行的一项基础性工作。传统的人工巡检工作方式不仅难以对设备进行多方位、多角度观察,而且非常困难和辛苦,劳动强度大,工作效率和巡检质量低,特殊天气和特殊环境给巡检人员带来安全隐患。采用无人机自主飞进行电力线路巡检,可极大地提高巡检工作的效率和质量,使电力巡检工作发生重大变化。目前电网运行管理中已经广泛采用无人机巡检,并从人工手动控制无人机巡检向无人机自主飞行巡检方面快速发展。

本文在介绍无人机自主飞行巡检原理和流程的基础上,重点介绍 RTK 无人机的特点和应用以及未来发展方向。

## 1 无人机自主飞行巡检的工作原理和流程

无人机自主飞行巡检采用航点飞行模式控制,依靠 WGS-84 坐标导航。航点的经度、纬度、高度是无人机自主飞行的三个必要的基本参数。在实际飞行巡检工作中,为了使无人机正确的完成起飞、巡检、降落过程,还需要提供其它相关飞行数据,主要是无人机起降点三维坐标、杆塔中心点三维坐标、杆塔结构参数等。巡检前根据上述参数和巡检工作的需要,采用航线编辑软件生成航线,将航线导入移动终端设备,通过飞行控制软件控制无人机到达指定的位置,按照给定的航向和云台角度多方位、多角度进行拍照或录像,为运行和管理提供高清晰的影像资料,及时发现电力线路存在的缺陷和隐患。

## 2 RTK 无人机的特点和应用

### 2.1 RTK 无人机的特点

收稿日期:2020-04-25

作者简介:马东(1979-),男,辽宁桓仁县人,辽宁省电力有限公司本溪供电公司技师。

RTK(Real-time kinematic)是实时动态差分技术的简称,其定位精度可以达到厘米级。无人机采用了 RTK 技术后,航点定位精度即可控制在厘米级,同时无人机拍摄的照片中包含拍摄位置的 WGS-84 坐标信息。RTK 无人机的高效性和准确性完全适用于电网杆塔的坐标采集和自主飞行巡检工作。如图 1 和图 2 所示。



图 1 Phantom 4 RTK 无人机

常规	安全	详细信息	以前的版本
属性 值			
光度解释			
数字缩放			
EXIF 版本 0230			
GPS			
纬度 41; 14; 53.9041000000142745			
经度 125; 21; 25.4717999999994049			
高度 309.357			
文件			

图 2 无人机拍摄照片的信息

### 2.2 RTK 无人机在电网巡检中的应用

如上所述,无人机自主飞行依靠 WGS-84 坐标导航,坐标误差直接影响无人机工作位置的准确性,自然就会影响到照片和录像的质量,甚至会影响安全飞行。如果需要近距离拍摄清晰的影像,必须有准确的航点坐标和无人机精准的定位功能。RTK 无人机的功能完全符合电网自主飞行巡检工作要求,可以广泛使用。

#### 1) 应用于杆塔坐标采集

RTK 无人机定位精度达到厘米级,照片中包含拍照位置的 WGS-84 坐标信息,如图 2 所示。通过在杆塔正上方拍摄一张照片,在杆塔侧面以杆塔高

度拍摄一张照片,通过这两张照片,就可以提取到杆塔中心点的水平坐标(经度、纬度)和杆塔顶端的高程,减去杆塔高度后即可获取杆塔基础的地面高程,从而得到杆塔中心点的三维坐标(经度、纬度、高程),为无人机自主飞行巡检提供了基础数据。多基杆塔的坐标可通过相应软件批量提取和处理。拍摄方法见图 3 和图 4 所示。

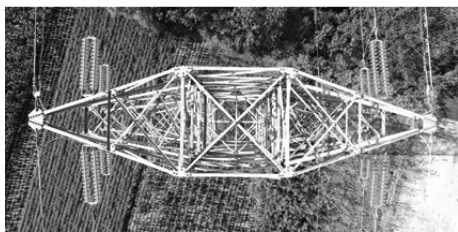


图 3 杆塔中心点拍摄方法



图 4 杆塔顶端高程拍摄方式

## 2) 应用于电网自主飞行巡检

应用无人机进行电网自主飞行巡检时,可以分为普通巡检模式和精细巡检模式。普通巡检模式主要用于杆塔主体和通道巡视,无人机相对设备的安全距离可以适当增大,可以采用普通无人机。在精细巡检模式时,需要对设备的每个重要部位进行详细拍照,尤其是类似于销钉级的缺陷,必须清晰拍照。因此要求无人机必须近距离高精度定位拍照。

普通无人机定位误差: 水平  $\pm 1.5\text{m}$

垂直  $\pm 0.5\text{m}$

RTK 无人机定位误差: 水平  $\pm 0.1\text{m}$

垂直  $\pm 0.1\text{m}$

综合考虑杆塔坐标误差、无人机定位误差和安全距离等综合因素,普通无人机设定的拍照位置,必须距离设备 7m 以上,实际拍照时距离可能达到 8.5m 以上,这样照片的清晰度就难以达到要求。RTK 无人机设定的拍照位置,距离设备最近可设置为 3m,实际拍照时位置误差可以忽略不计,能够清晰拍摄到设备细节,如销钉是否安装或脱落等,因此精细巡检时应优先选用 RTK 无人机。

在实际巡检作业时,一般将无人机飞行参数设定为:自动飞行速度 10m/s,高度安全裕量 8m,水平拍照距离 5m。飞行轨迹为由起点到终点进行线路通道录像,由终点到起点逐基杆塔拍照,最后返回起飞点降落。通过无人机存储设备的视频和照片,可

以清晰准确地看到线路通道和线路本体是否存在缺陷和隐患。



图 5 RTK 无人机拍摄的照片

## 3) 起飞和降落位置更加灵活

无人机自主飞行采用的是相对高度控制,航线中包括起飞高度 HQ、航点高度 HP,实际起飞地点的高度假设为 HE,实际飞行高度为 H,则:

$$H = HE + (HP - HQ) \quad (1)$$

HP 和 HQ 是设计航线时实际测量的某个航点和起飞降落地点的 WGS-84 坐标系的高程,只有实际起飞地点的位置和设定的起飞地点位置相同时,  $HE = HQ$ ,  $H = HP$ ,保证实际飞行高度等于设定的飞行高度。否则会产生高度误差。在实际飞行工作中,由于操作人员错误选择了起飞位置,就会产生高度误差,当高度差  $HQ - HE$  的数值较大时,就会严重影响拍摄照片的质量甚至影响安全飞行,损坏无人机。因此起飞地点的选择要求非常严格。

RTK 无人机则不同,因为其具备高精度定位功能,开机后进入差分状态后,可自动记录起飞地点的地面高程,飞控程序调用函数  $HE = \text{rtkState}.getTakeOffAltitude()$ ,当飞控程序检测到 RTK 无人机的起飞地点高度 HE 后,自动将航线中的起飞高度 HQ 的数值调整为 HE,从而保证实际飞行高度  $H = HP$ ,与航线设定的飞行高度相同。这样,起飞地点就不受限制,高度自动调整,使得自主飞行更加准确,更加安全。同时高精度定位功能也能保证无人机准确降落在起飞位置。

## 3 结论

RTK 无人机因其具备高精度的定位功能,可广泛应用于电网自主飞行巡检工作的全过程。在杆塔坐标采集,自主飞行任务执行方面均体现出优良的品质。同时在电网运行管理中,通过应用 RTK 无人机进行自主飞行巡检,可进一步完善和健全设备基础资料,使之更加准确,同时还具备了影像资料。

通过应用 RTK 无人机开展二维正射影像和三维建模工作,一是可以对输电线路通道形成清晰准确的影像资料,防止输电线路通道被非法侵占或破坏。二是可以通过三维模型,快速准确的测量出树木、建筑物等对导线的安全距离,防止意外发生,确保电网安全运行。

(下转第 69 页)

#### 4 大学英语项目学习评价方式:整合性、质 性化、过程性

整合性指大学英语项目学习评价方式不是单一的,而是多种方式的整合,既是终结性评价与形成性评价的整合,又是定量评价与定性评价的整合。形成性评价在项目实施过程中进行,旨在诊断发现项目实施中的问题,并及时反馈和快速纠正,进而保证项目学习的质量,评价结论呈现方式往往是定性的;终结性评价在项目结束后进行,旨在对项目学习结果进行优劣鉴定,评价结论呈现方式往往是定量的。多种方式的整合,使大学英语项目学习评价的全程性和系统性更加鲜明。

质性和过程性是大学英语项目学习评价在整合化前提下表现的趋向性,即更重视质性评价和过程评价。质性评价即定性评价,与通过数学方法获得数字化结果的定量评价相比较,它更强调运用观察、访谈等质性方法,获得语言描述的评价结果形式。与一般学科学习评价不同,项目学习是围绕主题的深度学习和综合学习,它追求的不是一个量化的数字,学习成果也不是一个量化的结果能衡量的,

它更需要运用多样的、质的方式收集学习成果信息,需要对学习成果进行真实而有价值的分析,从而给学习者以深刻、有意义的引领,因此,大学英语项目学习评价更重视质性评价方式的应用。过程性评价即形成性评价,重在反馈与矫正,以过程监控保证学习质量。从项目学习深度学习的追求出发,大学英语项目学习更重视形成性评价方式的应用。

档案袋评价既是质性评价,又是过程性评价。大学英语项目学习中,教师指导学生建立项目学习档案袋,积累项目学习中的研究计划、发言记录、同学评价、指导建议、项目作品等资料,既展示项目学习的进展和取得的成果,又为评价提供翔实的素材,还为学生自我反思提供重要依据。最终以语言描述方式呈现评价结论,肯定成绩,与学生讨论有争议的观点,对未来学习发生积极的导向。

总之,大学英语项目学习实施中,要重视建立科学有效的评价机制,确立正确的评价理念,确定多元评价主体,构建多维评价内容,运用整合评价方式,实施有效评价,以科学有效的评价机制保证项目学习的质量。

#### 参考文献

- [1]高艳. 项目学习在大学英语教学中的应用研究[J]. 外语界, 2010 (6): 42-56.
- [2]余渭深. 《新大学英语》项目活动实践的学生评价研究[J]. 中国外语, 2017 (3): 82-91.
- [3]Stoller, F. L. Project work: A means to promote language and content[J]. English Teaching Forum, 1997 (4): 107-119.

(上接第10页)

#### 参考文献

- [1]范承啸, 韩俊, 熊志军, 赵毅. 无人机遥感技术现状与应用[J]. 测绘科学, 2009, 30(1): 214-215.
- [2]龚真春, 宋执环, 李平. 超小型无人机 GPS 导航中的坐标转换[J]. 兵工自动化, 2005, 16(1): 36-37.

### Application of RTK UAV in Power System

MA Dong ZHANG Dai-bin

(Liaoning Benxi Power Supply Co Ltd, Liaoning Benxi 117000)

**Abstract:** The application of UAV to carry out autonomous flight inspection is the trend in development of power system which can improve operation management and work efficiency. RTK UAV is the first choice equipment for autonomous flight inspection because of its high precision positioning function of centimeter level. It is safe, practical and reliable to use RTK UAV to carry out autonomous flight inspection. It can also provide accurate positioning, high image definition and at the same time also have a lot of space for further development in two-dimensional orthophoto and three-dimensional modeling applications.

**Key words:** RTK UAV; Power systems; Application