

电力系统中 RTK 无人机的应用研究

方 振, 杨 奎

(广东电网有限责任公司江门供电局, 广东 江门 529000)

摘要: 应用 RTK 无人机巡检, 旨在提升电力系统运行安全, 保证电力系统工作效率, 在一定程度上推动我国电力行业发展。RTK 无人机凭借厘米级别的高精度定位功能, 高效地完成了电网巡检任务, 成为维护我国电网系统运行的首选。基于此, 本文以 RTK 无人机在电网巡检的应用实例, 总结 RTK 无人机的应用要点, 探究了 RTK 无人机的应用特点以及 RTK 无人机在电力系统中的应用。

关键词: 电力系统; RTK 无人机; 电网巡检

中图分类号: TP249

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2023.26.029

文献标识码: A

RTK 无人机通过全方位地巡检, 及时发现电力系统中的运行缺陷和问题, 为我国电力系统管理和故障提供参考依据。相较于传统人工巡检的方式, RTK 无人机巡检能够克服极端环境, 通过自主飞行对电网线路进行巡检, 在提升巡检效率的同时, 降低巡检难度, 为我国电网系统稳定性提供保障。目前, RTK 无人机已经被广泛应用于电力系统管理工作中。

1 RTK 无人机的应用特点

RTK 无人机可以分为两大类, 固定翼无人机和旋翼无人机。要想在电力系统中合理地应用 RTK 无人机, 应当明确 RTK 无人机的应用特点, 保障 RTK 无人机选择符合电力系统的运维要求。

1.1 实时动态检测

RTK 无人机的精确度能够达到厘米级别, 并采用实时动态检测手段对电力系统运行进行检测。在应用 RTK 无人机技术后, 航线定位可以在厘米范围内, 借助无人机拍摄图像, 获取拍摄位置的坐标信息 (如图 1)。正因 RTK 无人机的精确性和高效性的特点, 其完全适用于电力杆塔定位以及线路巡检工作。



图 1 无人机图片信息

1.2 高精度绕塔巡视

RTK 无人机依托完备的自动驾驶系统以及数据库, 实现点对点的自动高精度绕塔巡视。并且在巡视过程中, RTK 无人机能够自动规划巡视路线, 分析塔杆缺陷, 对塔杆进行智能化检

测。尽管采用 RTK 无人机进行绕杆巡视需要在前期投入大量的资金, 但在大规模作业的情况下, RTK 无人机能够凭借强大的数据平台完成绕塔巡视任务, 从而降低电力系统检测的难度, 提高电力系统巡视的效率。

1.3 树障检测

强大的传感设备使得 RTK 无人机顺利通过激光雷达负载完成树障检测, 利用激光雷达采集云点数据, 分析电力线路隐患。在作业过程中, RTK 无人机通过单兵作战的方式, 完成了电力系统精细化的巡检, 并且在成熟的识别系统的协助下, 降低了 RTK 无人机进行树障检测的门槛, 提升了电力系统检测的智能化程度以及系统化程度。另外, RTK 无人机借助大数据平台, 收集整合模型提取技术, 深度学习电力设备缺陷特征, 能够自主完成对设备缺陷的检测^[1]。

1.4 强大的荷载量

RTK 无人机配备强大的荷载量, 能够被应用于不同类型的检测中。在应用过程中, 无人机展现出强大的优势, 凭借完备的内控系统以及较强的实用性能, 完成了电网检测的各项任务。同时, RTK 无人机完美的续航能力, 提升了电网系统巡检的有效性, 能够及时应对电力系统运行管理存在的诸多挑战和问题^[2]。另外, RTK 无人机因型号的多样性, 使其在工作时能够基于电力系统运行的实际情况调整续航功能, 全方位覆盖电力系统, 保证电力系统巡检的全面性。

1.5 灵活性强

巡检工作需要电力系统进行定期检查, 以此判断电力设备运行的实际情况以及设备的运行状态, 及时发现电力设备存在的安全隐患和运行风险, 进而对问题及时的处理。利用 RTK 无人机进行巡检工作, 能够有效提升巡检的效率, 精确定位电力系统存在的问题, 尤其是一些较为细微的问题和故障, 借助 RTK 无人机高精度巡检系统能够对故障进行精确地判断。另外, RTK 无人机在自主飞行巡检时, 借助机器传回的图像判断自身与电网之间的距离, 自动躲避前方障碍物, 避免出现碰撞的情况。RTK 无人机借助定位雷达, 自动绕行前方障碍物, 在保证

飞行灵活性的同时，有效解决电网巡检中安全性的问题。

2 RTK 无人机在电力系统中的应用

无论是线路巡检还是设备巡检，RTK 无人机都已经达到较为成熟的水平。在电力系统巡检的过程中，为在极端天气以及恶劣环境中完成巡检任务，工作人员需要借助 RTK 无人机对电力系统进行巡视，开展多角度、多方位地巡检。

2.1 架设线路

线路规划和线路架设关乎着电力系统的运行安全。传统线路规划工作，主要是借助人力测绘地形，基于当地的特点制定线路铺设方案，这不仅会消耗大量的人力物力，还会降低线路规划的效率。因此，为了保证各个地区线路规划的合理性，技术人员借助无人机完成线路规划工作。RTK 无人机通过自主飞行获取当地地理信息，对区域进行测量，完成电力线路规划，以便提升电力线路铺设的科学性以及合理性。

技术人员在应用 RTK 无人机的过程中，需要依照实际情况选择合适的无人机以便降低线路规划的成本。待线路规划方案确定后，着手架设电力线路。在一些个别地区，技术人员要依照当地特点，利用无人机配置规划线路，为电力设备提供更具保障性的线路。更为重要的是，技术人员如果在铺设线路的过程中发现潜在隐患以及风险，要及时变更线路铺设方案，以免影响线路铺设的质量。RTK 无人机的应用可以帮助技术人员处理不同地区嫁接线路的问题。例如，技术人员在无人机上加装红外探测装置，借助红外装置的变焦功能探测线路搭载路径，及时发现线路搭载问题并进行处理，以便提升线路搭载精度。

2.2 电力巡检

电力巡检是电力系统中的基础性工作。技术人员在进行电力巡检的过程中，可以借助 RTK 无人机获取精准的图像信息，通过对数据信息的整合分析，对电力系统的运行情况作出更为精准的判断。RTK 无人机能够对电力系统内部的潜在安全隐患以及风险做出精确的判断，为操作人员提供数据支撑，使技术人员掌握电力线路的实际情况，制定更为准确详细的线路维护和管理方案^[3]。另外，技术人员利用无人机检测外部因素对电力线路的影响，判断电力线路的使用寿命，提升电力线路检测的有效性。

2.3 区域测绘

RTK 无人机在电力系统中的应用极为频繁，在应用过程中，技术人员需要保证 RTK 无人机不受地形和环境因素影响，以便保证 RTK 无人机区域测绘的准确性。首先，技术人员提前做好地形勘察和区域管理，为 RTK 无人机自主飞行营造安全的环境，保证 RTK 无人机飞行区域无任何阻碍。其次，准备光学机械设备。无人机在特定区域飞行和测绘前，需要获取当地的地形特征和其他相关信息，因此技术人员需要在投入使用无人机前，利用光学机械设备获取当地区域图像。如

在无人机上搭载红外摄像头和可见光设备，实时记录电力系统的图像，为后续无人机飞行提供更为精准的位置信息，将电力系统问题诊断提升一个层次，大幅提升无人机飞行的高效性和准确性。再次，技术人员要秉持着因地制宜原则，基于不同区域的电力系统规划，优化站址部署，以便充分发挥 RTK 无人机的作用，降低 RTK 无人机测绘难度，提升 RTK 无人机测绘质量。最后，在 RTK 无人机进行测绘过程中，技术人员要做好实时数据记录，分析数据，保证区域测绘的实际化，出具更为准确的测绘方案。

2.4 应急处理

在我国电力系统应用过程中，会不可避免地受到内外部的影响，对于电力系统的运行造成一定负担。例如，自然灾害，恶劣天气等，都会降低电力系统运行的稳定性，甚至严重时还会对电力系统造成损害。为此，要想改善这一局面，技术人员需利用 RTK 无人机对自然灾害以及恶劣天气进行预防，基于当地天气的变化，制定与之配套的 RTK 无人机巡查方案，以便能够规避天气带来的影响，及时处理电力系统内部出现的一系列问题，解决电力系统的安全隐患。

在灾害来临前，技术人员要利用 RTK 无人机预测自然灾害发生的时机和规律，并做好灾害的应急处理。在灾害过后，技术人员要利用 RTK 无人机勘察受灾地区，分析灾害对于电力线路造成的影响，并采用针对性的措施，以便能够降低自然灾害带来的影响。例如，极端天气导致无人机信号薄弱，就可以借助架空线路组建自组网，保证无人机通信顺畅，重新对无人机进行部署，为无人机飞行提供支持。在自组网中，每个节点都是相互连接，其能够为接收无人机信号提供多个渠道，一旦某条网络通道中存在信号响应，就可以在特定网络通道中进行信号传输，提升网络通信的可靠性，保证无人机能够实时传回电网位置信息。

2.5 线路维护

在电力系统运行的过程中，利用无人机对电力线路进行日常维护能够提升电力系统运行的安全性以及稳定性。借助 RTK 无人机完成日常线路维护工作，发现线路故障或老化问题，及时更换和维修线路，为电力系统的运行提供安全保障。首先，借助 RTK 无人机维护电力线路，观测电力系统中输电设备的运行情况，检测设备导线是否存在断股问题，紧固件是否具备牢固性，绝缘子是否出现破损等^[4]。最后，应用无人机的方位元素找出电力线路故障位置，分析线路故障原因，采取针对性的解决措施，维护电力线路运行，以便提升电力系统的稳定性以及安全性。

3 RTK 无人机案例分析

以某电网巡查为例，依靠无人自主飞行功能，获取电网坐标信息，拍摄该区域电网录像和照片。并且在巡检过程中，为实现对电网近距离拍摄，借助 RTK 无人机的精准定位功能获

取航点坐标，以便顺利完成电网的巡检工作。

3.1 坐标采集

RTK 无人机能够达到厘米级别的精确度，因此为了能够获得塔杆图像坐标信息，会利用 RTK 无人机在塔杆上方拍摄一张塔杆图像，并且还要拍摄塔杆侧面和正面两个角度的照片，以便能够通过塔杆的正视图、侧视图和俯视图还原塔杆顶端高程，获取塔杆中心点定位^[5]。在获取塔杆高度后，利用塔杆顶端高程减去水平坐标，获得塔杆地面高程，从而获得塔杆的三维坐标。技术人员记录完毕数据后，利用相关软件对塔杆的经纬度和高程进行处理，以便为后续 RTK 无人机绕塔杆飞行提供相关数据。

3.2 飞行巡检

利用无人机对电网进行自主飞行巡检。RTK 无人机飞行巡检大体可以分为两种方式，普通巡检和精细巡检。普通巡检指的是直接对塔杆主体和外围进行检测；精细巡检指的是对塔杆的各项细节拍摄图片，获取电网细节信息，基于本次项目巡检的要求，采用精细巡检的方式。

在对电网进行精细巡检时，首先保证无人机设备与电力设备处于相对安全的距离，如有必要可以适当增大安全距离，然后利用 RTK 无人机对电力系统的每个部分进行拍照，尤其是一些重点部位，必须详细拍照，以便能够暴露如销钉级别的缺陷。在进行拍照时，无人机必须对电力系统进行近距离拍照，以便获得高精度清晰的图片。其次，综合考量无人机与塔杆之间的安全距离，在进行实际拍照时，无人机必须距离塔杆 3m 范围内，以便保证图像的清晰度，拍摄到电网的各部分细节，如螺栓脱离的情况等。最后，依照塔杆的实际测量情况设定无人机参数，基于塔杆高程考量，无人机自动飞行速度应设置为 15m/s，安全高度阈值为 6m，与塔杆间的水平拍照距离设置为 3m（如表 1）。无人机的飞行轨迹需要从自塔杆基点到达终点，并对整个飞行过程进行录像，最终返航降落。通过无人机传回的视频和图像，技术人员就可以精准地判断塔杆本体是否存在缺陷，线路是否存在安全隐患。

表 1 RTK 无人机参数设置

型号/数据	塔杆高程	飞行速度	安全高度	水平拍照距离
Phantom1	/	15m/s	6m	3m
Phantom2	/	10m/s	8m	4.5m
Phantom3	/	13m/s	10m	5.5m

3.3 测绘航线

无人机自主飞行采用的是相对高度，将总体航线高度设置为 R，航点高度设为 Q，假设实际起飞高度为 T，实际飞行高度为 P（如公式 1）。

$$P=T+(Q-R)$$

在进行实际测量过程中，基于实际检测的航点位置以及无人机的落点位置，计算电网坐标高程。只有当实际起飞点与设

定起飞点达到相同高度时，才能够保证无人机实际飞行高度与预计高度持平，以免出现高度误差。如果在实际飞行过程中，工作人员错误预估起飞高度，则会产生高度差，一旦高度差超出 5m 范围，就会对检测结果造成严重的影响，降低照片拍摄的质量，因此工作人员一定要重视起飞地点的选择，保证无人机的起飞位置能够满足航线测绘的需要，提升航线测绘的准确性。

3.4 记录地面高程

RTK 无人机相较于传统的无人机测量精度更高，待无人机开机后，就会直接进入到差分状态，在进行绕杆检测时就可以自动记录飞行过程的起飞地点和地面高程。在应用过程中，将 RTK 无人机程序函数调节至 P=tk State，一旦无人机起飞时超过应有的范围就会对其进行提醒。而且在无人机达到实际飞行高度后，飞机程序函数还会将自动将起飞高度 T 调整至 P，保证实际飞行高度与设定高度的一致性，提升测绘的准确性。另外，通过预设起飞高度，还能够使 RTK 无人机起飞地点不受限制，在飞行过程中，能够自动对高度进行调整，保证飞行路线的准确性，为后续记录地面高程奠定基础。

4 结语

总而言之，在对电力系统巡检过程中，借助 RTK 无人机的高精度定位功能，能够保证电力系统巡检的准确性，实现对于电网的全过程巡检。尤其是在采集塔杆坐标时，RTK 无人机的自主飞行能力能够降低自主飞行误差，获取更为精准的塔杆坐标，为后续电力信息整理提供完备的数据资料以及影像资料。因此，技术人员要提升 RTK 无人机的关注度，致力于改进和创新 RTK 无人机巡检方式和路线，以便能够在巡检时获取更为清晰的电网图像，快速准确地测量电网数据，为电网安全运行提供保障。

参考文献：

[1] 王蕾.VR 技术与无人机结合在电力系统中的应用[J]. 无线互联科技, 2021, 18(07): 88-89.

[2] 侯飞, 王盛誉, 刘洋.RTK 无人机在电力系统维护中的应用[J]. 集成电路应用, 2021, 38(02): 96-97.

[3] 马东, 张代宾.RTK 无人机在电力系统中的应用[J]. 辽宁科技学院学报, 2020, 22(03): 9-10, 69.

[4] 周辉, 杨颖锐, 杨生兰. 无人机在电力系统中的应用及发展方向分析[J]. 科技创新与应用, 2019, (04): 185.

[5] 李明明, 丁森, 秦宇翔. 无人机摄影测量技术在电力系统中的应用研究[J]. 电子世界, 2015, (14): 96-97.

作者简介：方振（1990-），男，湖北黄冈人，硕士研究生，工程师，主要从事电网运行管理研究。