

无人机航空摄影测量技术在电力工程测量中的应用

郑建军

沈阳电力勘测设计院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]无人机航空摄影测量技术属于新型的测绘手段,在电力工程测量方面呈现出颇为显著的优势。此项技术借助低空影像采集以及点云处理操作,可为电力线路规划事宜、杆塔定位相关工作以及设施巡检活动给予高效且可靠的数据支撑。文中全面且细致地阐述了无人机航测技术的原理以及应用模式,并且结合电力工程当中的实际需求状况,对其优势以及所面临的挑战予以总结归纳。研究得出,无人机航测能够在很大程度上提升电力测量的效率以及精度,同时还能降低外业劳动的强度以及存在的风险;然而在空域管理、数据安全以及标准化这些方面依旧存在着一定的不足之处。

[关键词]无人机航测;电力工程;线路巡检;三维建模;点云数据

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17763

中图分类号: P231

文献标识码: A

Application of UAV Aerial Photogrammetry Technology in Power Engineering Surveying

ZHENG Jianjun

Shenyang Electric Power Survey & Design Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: Drone aerial photogrammetry technology is a new surveying method that presents significant advantages in power engineering surveying. This technology utilizes low altitude image acquisition and point cloud processing operations to provide efficient and reliable data support for power line planning, tower positioning, and facility inspection activities. The article comprehensively and meticulously elaborates on the principles and application modes of unmanned aerial vehicle surveying technology, and summarizes its advantages and challenges in combination with the actual demand situation in power engineering. Research has shown that drone aerial surveying can greatly improve the efficiency and accuracy of power measurement, while also reducing the intensity and risks of field labor; However, there are still certain shortcomings in airspace management, data security, and standardization.

Keywords: unmanned aerial vehicle surveying; electric power engineering; line inspection; 3D modeling; point cloud data

电力工程建设环境较为复杂,为提升项目建设质量,在项目初期阶段,应注重工程测量工作的有序开展。受测量环境、测量条件等因素的影响,传统电力工程测量手段的测量效率有限,且测量效率较低。基于此,无人机航空摄影测量技术在电力工程测量中得到了深入应用,其有效地改变了电力工程测量模式,为电力工程项目建设 and 供电服务实现创造了有利条件。

1 无人机航空摄影测量技术概述

无人机航测技术乃是凭借无人机所搭载的传感器来获取地理空间方面的数据,而后经过对影像以及点云加以处理之后进而形成测绘方面的成果,其系统一般是由飞行平台、传感器、地面控制系统以及数据处理软件等部分构成的。近些年来,这项技术已然逐步达成了自主飞行、多源融合还有智能识别等状况,其应用模式包含了可见光摄影、红外测温以及激光扫描等多种情况。其基本原理是通过规划飞行路径的方式,获取高精度的影像以及点云数据,而后经过软件方面的处理,进而生成数字正射影像图、三维模型还有数字高程模型,以此来为电力测量给予全流程的解决方案^[1]。行业应用的实际案例显示,把激光雷达和AI识别算法相结合起来,能够达成输电线路的快速建模以及隐患识别的目的,从而促使无人机测量迈向智能化的

阶段。

2 无人机摄影测量在电力工程中的具体应用

2.1 电力线路规划与路径优化

在电力线路规划期间,无人机航测技术可迅速获取候选线路区域的高精度地形数据,以此来给路径优化给予支撑,借助无人机航测所获取的高分辨率影像以及数据,能够生成大比例尺地形图,从而为选线给予基础数据,凭借三维优化平台去构建大场景模型并且开展三维巡检,可以大幅度提升选线的质量以及效率。

利用无人机和激光雷达融合的技术手段,能够在相对较短的时间内顺利完成全线路的数据采集工作,其效率相较于传统的办法有了颇为显著的提升^[2]。工程设计人员可以在短时间内拿到大量的现场数据,综合考量地形、植被、建筑物等诸多因素,从中挑选出最为优质的线路路径,减少转角塔以及耐张塔的数量,进而达成降低成本的目的。无人机航测已然取代了传统人工勘察里那种耗费时间又耗费人力的作业方式,尤其在植被密集区域的地形测量方面有着很好的适用性。

2.2 杆塔定位与地形测绘

杆塔定位属于电力工程建设里的一个关键环节,无人机航测技术凭借点云以及影像数据,能够在三维的环境当

中精准地确定杆塔的具体位置还有型号配置情况,并且充分且合理地去考量档距、高差以及转角度数等诸多因素,以此来保障杆塔布置能够达成安全且经济的效果。无人机搭载着激光雷达以及可见光相机,可以同步获取到杆塔的三维坐标以及其周边环境的相关信息,进而对可能出现的倾斜或者沉降等问题展开检测,从而给后续的维护工作提供相应的依据。在地形测绘领域当中,无人机航测有着十分突出的表现,其能够迅速生成具备高精度的数字高程模型以及实景三维场景,从而为相关设计工作给予数据层面的有效支撑。现代航测系统所能输出的成果颇为丰富,像彩色点云、数字正射影像图、三维模型以及等高线等等均在其列,这些成果能够很好地满足电力工程在各个不同阶段所提出的需求。

2.3 电力设施安全监测与巡检

无人机航测技术于电力设施巡检方面应用较为普遍。借助多传感器融合这一手段,能够达成可见光巡检、红外测温以及激光扫描等多种方式,进而切实提升隐患识别的能力。比如变电站无人机巡视系统,其依靠激光点云来实现航线的自主飞行,借助高清相机以及 AI 算法可自动对设备缺陷加以识别,并且还能生成相应的报告,如此一来便解决了高处设备在地面检测时存在的盲区问题。就配网巡检而言,自适应技术能够让无人机实时完成航线规划,同时也能识别红外隐患,进而减少了人工的干预。无人机巡检的主要应用方式以及特点可参见表 1。

表 1 无人机在电力设施巡检中的主要应用方式与特点

应用方式	技术特点	识别缺陷类型	应用效果
可见光巡检	高分辨率影像、自动识别	外表损坏、异物悬挂	发现多处线路隐患缺陷
红外测温	热辐射检测、温度分析	过热接头、绝缘子故障	完成开关变压器等设备识别
激光扫描	点云建模、三维分析	树障距离、跨越异常	精准分析线路空间安全
X 光探伤	穿透成像、内部检测	断股、裂纹、锈蚀	缺陷发现率显著提升

自适应巡检系统能够达成实时检测以及自动生成报告的目的,其涉及绝缘子出现破损情况、避雷器发生老化状况以及树障分析等相关问题,进而构建起从规划阶段开始一直到飞行、检测直至报告生成这样一个完整的全流程闭环体系,以此来给电力设施的运行给予有力保障。

3 技术优势与挑战分析

3.1 主要技术优势

无人机航空摄影测量技术于电力工程测量方面呈现出诸多优势,其低空飞行特性使得空域申请较为便捷,对于起降场地的要求也相对较低,就多旋翼无人机来讲,它能够达成垂直起降,操作起来也比较简单,如此的灵活性让它可以快速应对电力工程测量方面的需求,在应急测绘的情形下,其能够迅速获取现场的相关数据,进而为决策

给予相应的支持^[3]。无人机航测有着极为显著的时效性,在采集地表数据期间,相较于卫星测绘以及人工测绘而言,无人机能够更为迅速地给出所需的各项信息,通过实践可以发现,当无人机搭载激光雷达并且与 AI 识别算法相互结合的时候,便可以在相对较短的时间内顺利完成全线路的巡检工作,其效率要比传统的办法高出许多,特别适合工期较为紧迫的相关项目。成本方面较为低廉,这同样是它的一项重要优势所在。无人机测量所花费的价格相对来讲是比较低的,如此一来便能够在很大程度上减少外业工作的数量,甚至可以让外业调绘的量大幅度地降低下来,进而对传统的测绘模式产生了改变的作用。也正因为如此,无人机航测便在那些预算受到限制的电力工程项目当中具备了一定的竞争力。高精度数据获取以及建模方面的能力同样十分出色。无人机能够搭载多种类型的传感器,从而快速地获取到高分辨率的影像还有定位数据,并且可以生成诸如 DEM、DOM、三维地表模型等一系列成果。其中部分技术甚至具备识别导线内部出现的断股锈蚀这类较为隐蔽的缺陷的能力,其识别精度也相对较高。

3.2 现有限制与应对策略

虽然无人机航测技术有着不少优势,然而它在电力工程的应用过程当中依旧面临着一定的限制以及诸多挑战。其中,法律方面的困境当属无人机航测所面临的主要问题之一。近些年来,随着我国持续释放出有关发展通用航空的政策信号,像低空空域管理改革这类极为重要的政策也正在积极筹备之中,如此一来,通用航空的发展前景便让人满怀期待。不过,在此期间,我国通用航空在法律层面的实际状况与现实需求之间存在的差距却日益变得明显起来。就适航许可这一方面而言,当前所施行的各类航空器适航审定,无一例外都是针对大型载人飞行器而设定的,并且无人航空器系统的适航政策虽说已经纳入了适航审定专项规划当中,但是具体的实施工作却还需要等待一段时间才能够正式开展起来。政策方面存在的困境对无人机航测技术的发展起到了制约作用。无人机属于新兴产业,其发展对传统航空产业造成了冲击,这使得管理部门面临着很大挑战。无人飞行器的管理,一部分归民航局负责,另一方面空域安全又与空军有关,产业政策则涉及工信部,像公共安全这类事项还牵涉到公安部,具体到各个行业的应用还会涉及其他一些部委。多个部门共同管理的情况往往导致管理陷入无序状态,并且使成本增加。这样的多头管理体制加大了无人机航测技术应用的复杂程度。低空空域资源稀缺,给无人机航测技术的实际运用造成了阻碍。尽管相关方面出台了促进通用航空业发展的指导性意见,但缺乏具体操作流程,使得无人机航测技术难以大规模应用。在这些限制面前,电力企业以及技术提供商都在积极探寻应对的办法。专业的团队专门成立了无人机建设的专班,同设备厂家展开多次试验,持续对无人机巡视的点位

加以优化,最后确定出科学且合理的巡视航道,如此一来,既能确保无人机与设备之间保持安全的距离,又能保障巡视的精度,并且还达成了巡视点位的无死角覆盖。这样的合作研发模式切实有效地处理了技术应用过程中出现的具体难题,有力地推动了无人机航测技术在电力工程当中的实际应用。

3.3 数据处理与精度保障

数据处理的情况会对成果质量产生直接影响,无人机航测能够借助专业的软件来实现点云与影像的融合,进而快速地生成彩色点云、正射影像以及三维模型,其技术路线已经相对比较成熟了。在采集环节当中,点云分割以及体素化处理这两项操作切实提升了工作效率与精度水平^[4]。将欧几里得距离场同二维图像识别技术相结合之后,无人机能够依据实际情况实时地去调整自身的飞行姿态以及焦距,从而充分确保对输电线路通道目标进行拍摄时的准确性。AI 的引入让数据处理能力得到了进一步的增强,凭借对缺陷样本库展开的训练,该系统能够自动识别出裂纹、锈蚀这类隐患,往后还能够在跨区电网以及覆冰检测方面实现规模化的应用,以此来推动巡检朝着智能化的方向不断发展。实验证明,无人机自动巡检的位置误差低于所设定的阈值,并且其工作效率明显要比人工高出不少,其精度也已经能够满足绝大多数电力测量方面的工作任务,这无疑为后续的推广应用打下了相应的基础。

3.4 标准化与规范化需求

标准化以及规范化对于无人机航测技术的健康发展而言,称得上是极为重要的保障要素,同时也是当下技术体系当中较为薄弱的一个环节。身份困境可以说是标准化所面临的首要难题所在。无人机生产厂家数量颇多,各个厂家的生产标准也存在差异,各类配件缺乏统一的标准规范,在与飞行控制相关的外部标准方面,比如无线电频率导航方式、通讯链路等方面,并不存在标准化的工艺流程。正是由于这种标准化方面的缺失,使得经过适航认证以及获得相应许可的各种飞行器都能够顺利升空作业,而那些没有经过适航认证且未取得许可的飞行器,则会在监管层面遭遇一刀切式的管理限制举措。人员资质管理也面临着标准化方面的诸多挑战。存在多个监管部门各自设立独立的培训机构这一情况,并且这些机构还会颁发不同的认证证书,如此一来便引发了身份相互认定方面的问题,同时也致使资质管理陷入了一片混乱局面。这样一套多头认证体系无疑给从业人员增添了不小的负担,对于行业人才队伍的规范化建设而言也是极为不利的。保密要求属于电力工程应用里特有的规范化方面的需求。测绘航空摄影所获取的是地表全部的地理信息,其中测绘航空摄影底片以及影像数据均属于重要的涉密载体,这些直接牵涉到国家安

全以及利益。所以说,在测绘航空摄影成果正式公开提供使用之前,务必要依照相关法律法规经过省级及以上的测绘行政主管部门展开保密技术方面的处理,同时还需要按照相关规定将其送到军方去开展保密审查工作。在实际的操作流程当中,特别是在应急测绘响应的相关过程里面,保密审查工作确实会给快速无人机航空摄影的时效性带来一定程度的影响。面对标准化以及规范化的相关需求,行业主体正积极地推进相应的工作开展。专业机构打算进一步将无人机机巢技术加以融合,拓展数智化巡检的应用场景,不断提升配网运维在智能化与自动化方面的水准。这样的技术整合对于形成统一的技术标准以及应用规范是很有帮助的。现代的实践已经证明,凭借算法模型轻量化技术,把绝缘子破损、闪络、避雷器老化、鸟害等配网隐患缺陷算法在前端进行部署,可以形成标准化的检测流程。这样的一条技术路线能够给行业的标准化工作带来有益的参考。

4 结束语

无人机航空摄影测量技术于电力工程测量方面呈现出颇为明显的优点,其可高效地获取到高精度的空间数据,进而为线路规划事宜、杆塔定位工作以及设施巡检活动给予稳固且可靠的支撑。该技术具备低成本特性、灵活性以及数据成果多样性的特点,这使得它在电力建设以及运维环节当中有着十分广阔的应用前景。当前的技术受到诸多因素的制约,像法律政策、空域管理、标准化以及数据安全等方面都存在限制,所以需要在制度建设以及技术创新这两个层面不断地取得突破。往后的日子,随着人工智能、自动控制还有多源数据融合等不断发展,无人机航测有望达成全流程的智能化状态,进而给电力系统带来更为高效、更加安全并且更富智能性的测绘以及运维方面的服务。

【参考文献】

- [1]冯文斌.无人机电力巡视图像目标端元智能修正系统设计[J].电子设计工程,2025,33(12):133-136.
- [2]柏亭潇,董志伟,严占林,等.雾雪天气无人机电力线路巡检与偏振式摄像机的研究及应用[J].电工技术,2025(1):720-722.
- [3]张满,刘天臣,石明明,等.基于改进粒子群的多无人机电力巡检任务自动规划方法[J].自动化应用,2025,66(12):46-48.
- [4]贾辉,陈伟,郑明海,等.高压输电线路中运用无人机电力巡检技术的重要性分析[J].电工技术,2025(1):276-278.

作者简介:郑建军(1984.6—),毕业院校:吉林大学,所学专业:测绘工程专业,当前就职单位:沈阳电力勘测设计院有限责任公司,职务:测量员,职称级别:高级工程师。