

无人机航测在高速公路地形测绘中的实践探索

Practical Exploration of Drone Aerial Survey in Highway Terrain Surveying and Mapping

金亮

Liang Jin

中交第三航务工程局有限公司南京分公司 中国·江苏南京 210000

Nanjing Branch of CCCC Third Navigation Engineering Bureau Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

摘要: 高速公路是承担着中国物质与人员流动的重要基建项目,而随着社会经济发展,人民群众对于高速公路的施工效率和工程质量的要求越来越高,承建单位一直致力于利用先进技术,以提高高速公路的铺设效率。无人机航测技术在高速公路地形测绘工作中的应用价值,引起了无数业内人士的注意。论文分析了该技术的应用优势,并结合实例阐述其实际操作流程,以期为专业人员提供参考。

Abstract: Expressway is an important infrastructure project responsible for the flow of materials and personnel in China. With the development of the social economy, the people's requirements for the construction efficiency and engineering quality of highways are becoming higher and higher. The construction units have been committed to utilizing advanced technology to improve the efficiency of highway laying. The application value of drone aerial survey technology in highway terrain surveying and mapping has attracted the attention of countless industry insiders. This paper analyzes the application advantages of this technology and explains its actual operation process with examples, in order to provide reference for professionals.

关键词: 无人机; 航测; 高速公路; 地形测绘; 工程

Keywords: drones; aerial survey; expressway; topographic surveying and mapping; engineering

DOI: 10.12346/etr.v5i8.8471

1 引言

地形勘测,是高速公路建设项目得以顺利开展的重要前提,但是由于在实际工作中,高速公路经常需要通过地形复杂的区域,很难进行人工测绘,为工程进展造成了不小的困难。而无人机技术的诞生,则给该问题提供了新的解决方案,利用无人机的低空作业,对目标区域进行有目的地航测,能够准确获取该区域的详细信息,为后续施工工作打下良好的基础。

2 无人机航测技术在高速公路地形测绘中的应用优势

2.1 摆脱了复杂地形的限制

在传统的测绘工作中,主要是以人力携带基础设备,到施工目标地区进行实地测绘,然而在铺设高速公路时,时常

会遇到山地、河流等复杂地形,导致工作人员难以到达目的地,甚至是具有很大的危险性,因此测绘结果的准确性也就得不到充分保障。而无人机航测,则不会存在地形限制,工作人员只需要在目标区域选择合适起落点,在地面进行手动遥控,就能令飞行器对该地区的完整地貌进行全面拍摄。无人机航测技术的合理利用,使得高速公路地形测绘工作,不再受特殊地形的限制,相较于传统的测绘工作所收集的信息要素更加全面,以保证后续施工计划的制定具有更强的可行性与适配性,对于公路铺设及后续的维修工作,都做出了重要贡献。

2.2 结果准确性得到保证

传统的地形测绘,由于受到人为因素的影响,容易出现数据错误,从而对整体道路施工产生严重的影响,甚至可能因此而导致设计方案不得不作出大幅修改,严重浪费资

【作者简介】金亮(1987-),男,中国江苏南通人,本科,工程师,从事工程测量研究。

源。将无人机航测技术应用于测绘工作中，只需要少量的技术人员，在现场操控飞行器，就能够对目标区域的地形地貌进行全面拍摄。而且如此非接触模式，可以避免现场大部分分因素对于测绘结果的影响，更有利于保证数据信息的精准性。

2.3 提高了测绘工作效率

鉴于高速公路建设项目规模庞大，以往的测绘工作，都需要大量的人力资源，进行多点位信息同时采集，效率极低。在采用了无人机航测技术后，只需少数的技术人员，就能顺利完成相关工作。如果使用人力测绘，则会受到距离因素影响，使得传回的数据失去时效性，无人机航测则没有此类问题，其能够在极短时间内将数据及地面的真实影像传输到控制中心，保证信息的即时性，方便设计人员掌握该地区地形及自然条件变化的规律，针对性地制定建设计划。

2.4 使测绘数据更加具体

正射影像数据和立体模型，能够以二维和三维的方式，在线测绘地区的位置、地形、交通状况等详细信息。除此之外，无人机对于航测数据的分辨率可以达到0.1~0.5m，在此方面比卫星影像更具优势，并借此将所有信息更为直观地展现出来，方便专业人员理解，从而提高测绘工作成果的可靠性^[1]。

2.5 更具有经济性

原有的测绘方式，对于工作人员的专业素质要求极高，为此，施工单位往往要聘请业内专家来完成相关工作。无人机则只需要少量的人工，且对其操作人员的专业性要求较低，所以能够节约大量成本。根据数据显示，利用无人机航测技术进行高速公路地形测绘工作所花费的成本，不足人工测绘的十分之一，对相关企业和施工单位扩大利润，推动自身长远发展，有着无比重大的意义。

3 无人机航测技术应用流程

无人机航测技术，是主要利用低空飞行器，对目标进行空间测控和信息采集，并将其传输回地面控制中心，经过数据分析处理后，从而达到准确测绘当地地形目的的新型技术。现阶段，大多施工单位，已经在高速公路的地形测绘工作中，科学运用无人机航测技术，并在大量的实践之中逐渐总结出来了一套，完整且高效的生产技术流程。论文以中国东南地区某高速公路建设工程为例，对现阶段无人机航测技术的应用流程进行阐述。该项建设工程全长约40km，设计标准为双向四车道，其设计速度为80km/h，根据施工要求及设计部门建议，需对高速公路两侧各200m的宽度内，进行无人机航测。

3.1 信息采集及准备工作

应用无人机航测技术的主要目的，就在于完成测绘工作所必需的信息采集工作，而在飞行器升空之前，必须在地面阶段就做好一系列的准备工作，争取在起飞之前发现问题，

避免机器在空中发生故障，导致测绘结果出现较大偏差。而其地面准备工作主要有：

第一，对于无人机航测技术来说，其开展时机非常重要。无人机飞行器的自身特点，决定了其对天气情况和气候条件的要求较为严格。因此，在开始信息采集工作之前，需要调查当地的实时天气状况，仔细观察云层厚度与分布、光照及能见度等客观条件，确保环境因素适宜无人机进行拍摄。论文所述项目，由于目标区域多风、空气湿度大的环境条件，在航拍日期的选择上耗费了大量时间。

第二，在保证自然条件良好的前提下，工作人员还需要做好起飞点的布置工作。应该安排专业的无人机航测技术组，带好相关设备，赶赴目标地域附近。起飞地点最好选择地势平坦，且周围没有密集电线和高层建筑的区域。在选定了起飞点之后，还要准确测定风速，并由专人对天气情况、起落时间和地点坐标、风速等重要信息进行详尽记录保存。另外，为了保障无人机能够正常工作，通常要逆风设置弹射架。在安装弹射架时，要确保无人机的所有零部件完好且连接紧密，排除机器故障，保证电力充足，并选择合适位置设立地面控制中心，用于实时控制无人机在空中的飞行与拍摄，还要做到完整接收信息。本次工程在施行无人机航测时，对于起降点进行了严格挑选，经过多次现场勘查后，选择了公路沿途的一片开阔地带，并及时疏散了附近的人群与车辆。

第三，要想保证航测工作能够顺利完成，在无人机起飞之前，对机器进行严格测试和调整是十分必要的。一方面，应该视具体情况选择适宜的飞行角度，通常情况下，如果两次起飞的地点距离超过200km，就需要重新设置飞行器的姿态和角度，以保证无人机与地面控制中心的正常信息交互。另一方面，在正式起飞前，需要进行试飞操作，调试无人机遥控器，保证在特殊情况下能够安全回收无人机。观察机头、机身、尾翼等部件，能否准确完成遥控指令。妥善准备降落伞包，确保其能够正常打开，并排除现场车辆及人员的干扰。在前文所述的高速公路地形测绘时，飞行器起飞前发现降落伞包存在开伞卡顿的问题，选择及时更换了降落伞包。

第四，在无人机航测的整个工作流程中，最为重要的就是起飞和降落操作。在起飞阶段，要有专业操控员手持遥控装置，在弹射架旁随时根据现实情况，来调整无人机的飞行姿态、高度和拍摄角度。地面控制中心则需要重点关注，无人机在运行时的发动机转速，检查照片的拍摄质量及数量，必须保证所拍摄的地面影像完整且清晰，为后续地形图的绘制工作，提供准确的数据支持。等到完成预定的拍摄计划后，地面操作员需要提前赶到指定降落地点待命，利用手动遥控装置，控制飞行器平稳降落。如果在降落点出现了，诸如风速不符合降落要求，或者人流量过大等特殊情况，必须尽快选择新的降落地点，以保证能够安全回收飞行器。

第五，在完成拍摄工作之后，还需要将储存照片和信息

的磁盘移交给数据处理部门,使其将相机拍摄的照片,转化为更具专业性的地形图。如果数据不符合图纸测绘要求,则需要选择合适的时机,进行重复航测。但是需要注意,每次起降点的航拍飞行,要控制在 300km^2 之内。为了保证无人机所收集到的信息足够准确与全面,本次工程在目标区域选择三个起降位置分别进行航拍操作。

第六,在无人机航测技术的应用过程中,还必须做好飞行航线的合理规划,才能保证测绘工作能够准确且高效地完成。工作人员必须明确掌握路径上可能遇到的飞鸟、高层建筑以及高压输电线分布情况等重要干扰因素,并有意识地尽量避开,制定出最为高效且全面的航线(如图1所示)。其中飞鸟对飞行器的干扰,无法预测且危害性巨大,可以选用适宜的信息素,以避免鸟类靠近。出于对数据准确性的考量,本次测绘工作,在同一条航向上,制定了7架次的飞行器进行航拍,并在每次航测后的数据,进行核验,发现漏拍或是拍摄不清的情况后,及时采取了补拍措施。值得注意的是,进行补拍时,其拍摄范围应该在既定航线上超出漏拍处一条基线。若是确定航拍错漏不会影响整条航线的内业加密选点和模型连接,则可以选择不进行补拍^[2]。

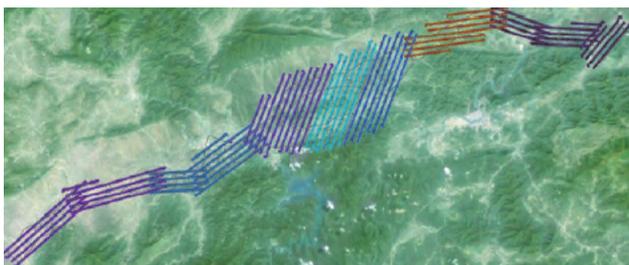


图1 无人机航线规划示意图

3.2 测绘数据处理

在顺利完成空中拍摄任务后,还要采取相应措施,对采集回来的信息进行汇总和测算,并最终完成地形测绘。

3.2.1 布设并测量像片控制点

在布设像控点的工作中,本次采用的是区域网布点法,根据地形特点将项目区域划分成为网格状的若干区域。在两条平行航线上布设平高控制点,且控制每组控制点位的距离不要超过4条基线。在不规则的区域中,可以选择性地在凸角处增设高程点,以增加整体像控点加密精度。如果存在凹凸角相距超过2条基线的情况,也可以在凹角处设置平高点。

3.2.2 空三加密与立体测图

利用专业测绘软件,进行空中三角测量及立体测图。在目标工程地形测绘工作中,专业人员选择了当下最为流行的Virtuozo AAT和PATB两种软件。前者具备良好的测量控制点和自动完成内定向、加密点选取、相对定向、模型连接等

操作。而后者则是目前世界范围内都在广泛应用的光束法区域网平差软件包,其内部具有极为先进的出差检测算法,能够使测算数据的精确性得到有效保障。至于立体测图,则依赖于VirtuozoNT全数字测量系统,可以直接有专业操作员,将空三加密成果输入其中,通过固定算法目标空间内的立体模型,方便工作人员进行信息采集^[3]。

3.2.3 外业调绘和精度统计

完成了内业信息采集之后,还要通过外业调绘工作,对内业数据成果进行必要的检验,同时,如果有些地貌和标志,内业无法准确测量和识别,则要采取外业工作加以确认和甄别。其主要内容为:首先,对于内业所判断的信息要素进行仔细核查,发现其中错漏,并及时予以纠正;其次,一经发现内业漏测的项目,或者因为存在遮挡物使得影响模糊的问题,则需要工作人员进行重复现场确认,保证信息的真实性;最后,填补内业无法获取的标志物属性信息,如路名、建筑物名称等^[4]。

在经过复杂的信息采集工作后,由设计人员根据详细数据,制作出详细的地形图,还要经过数据精度分析,在确认与现实情况完全符合后才能正式采用。此项工作需要以航拍测量外业操作规范为主要依据,利用专业软件对像控点坐标进行精度分析,以确保其精确度符合规范要求。

无人机航测的完整技术应用流程,旨在保证信息采集工作的质量与高效,并且最大程度地保护航拍设备。就现阶段而言,在高速公路地形测绘工作中运用无人机航测技术,已经成为业内的主流,在实际工作中起到了不容忽视的作用。

4 结语

综上所述,对于目前高速公路的地形测绘工作而言,无人机航测技术具备不受地形限制、效率高、结果准确、成本低等多项优势,能够有效弥补传统测绘工作的不足。各施工单位应该加以重视,专业人士也必须积极学习,及时掌握其详细生产技术流程,提高在工作中的实际应用效率,借此保证测绘工作的高质量完成,更好地满足新时代背景下,越来越高的生产需求,促进企业持续发展。

参考文献

- [1] 郭丽.无人机航测在地质工程测绘中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023(17):130-132.
- [2] 聂雄林.无人机航测大比例尺地形图的探索和精度分析[J].中国新技术新产品,2022(23):119-122.
- [3] 叶彬彬,戴矽妍.无人机航测及地理信息技术在地形测绘中的应用[J].电子技术,2022,51(10):315-317.
- [4] 张树楠.复杂地形山区公路选线的关键技术研究[J].工程建设与设计,2022(9):120-122.