

无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用浅析

杨德立 张鹏

新乡市国土空间规划研究中心

摘要：无人机摄影测量技术，是利用无人机在控制进行摄影作业的一项技术，在测量测绘工程领域，无人机摄影测量技术的应用价值显著。比如在数字化地形测量中，合理应用无人机摄影测量技术，能够及时获取数据信息，并保证测量数据结果的准确度。因此，本文以无人机摄影测量技术及在数字地形测量中的应用意义为切入点，然后结合无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用要点，提出技术应用质量控制措施，希望以此充分发挥无人机摄影测量技术的作用，提升数字化地形测量工作的质量水平。

关键词：无人机摄影测量技术；数字地形测量；应用意义；要点；质量控制措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.10.117

近些年来，社会经济的稳步发展，带动了我国工程建设事业的发展。在工程建设领域，地形测量是至关重要的一项工作，传统测量技术存在较大的局限，尤其是一些隐蔽工程及复杂程度高的工程项目，传统测量技术难以保证测量结果的精准度及可用性^[1]。而对于无人机摄影测量技术来说，可在复杂工程中得到高效利用，保证测量结果的精准度，为工程决策提供有效数据依据支持。由此可见，为提高数字化地形测量工作的效率及质量，本文围绕“无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用”进行分析研究价值意义显著。

一、无人机摄影测量技术及在数字地形测量中的应用意义分析

（一）无人机摄影测量技术

无人机摄影测量技术，将无人机驾驶飞机当作空中平台，通过机载遥感设备获取信息，如高分辨率CCD数码相机、激光扫描仪以及磁测仪等，并利用计算机对图像信息进行处理，根据相关精度要求制成图像，作为结合各类现代化技术的新型应用技术，在测量工程领域，无人机航摄测量技术应用价值显著^[2]。比如，从无人机摄影测量技术的特点优势层面分析，测量数据成果清晰，起飞降落受场地限制比较小，操作简单，安全性高。因此，无人机摄影测量技术值得在数字地形测量工作中推广及应用。如下图1所示，为无人机摄影测量技术在某地形测量工程中的应用示意图：

（二）在数字地形测量中的应用意义

地形测量是一项系统化的工作，在数字地形测量



图1 无人机摄影测量技术在某地形测量工程中的应用示意图

中，无人机航摄测量技术的应用意义显著。结合实践工作经验来看，其具体应用意义如下：

（1）获取数据信息速度快。在数字地形测量工作开展期间，合理利用无人机摄影测量技术，可详细采集测区范围内地貌、地面物体等地理信息，有效缩短作业时间，且受到外界干扰影响小，可确保获取精准的图像信息与数字信息，为工程后续工作提供有效依据支持。

（2）测量数据结果精准度高。地形测量误差产生的原因较多，比如仪器使用不当引发的误差、人为失误操作引发的误差、自然环境因素所致的误差等。传统常规测量技术受各项因素干扰大，容易导致地形测量结果误差加大。而对于无人机摄影测量技术来说，可在构建立体图模型的基础上，使测量数据结果得到cm级，测图精度可达到1:1000，能够满足大比例尺地形图对测量精准度的标准要求^[3]。

（3）作业灵活，可实现多技术协同应用。大部分地形测量工程复杂程度高，面对复杂多变的测区环境，对于无人机航摄测量技术来说，可在低空区域进行测量，受气候环境干扰影响低。与此同时，无人机机身轻质，不易受起降影响，操作人员可灵活操作，确保作业的灵活性。此外，在无人机执行航飞作业过程中，还可以与其他技术协同发挥作用，比如遥感技术、GPS定位技术、地理信息系统（GIS）技术等，通过三维可视化数据、影像的应用，可构建相应的影像图及模型，如数字高程模型（DEM）、数字正射影像图（DOM）、数字线划图（DLG）等，为数字地形测量提供辅助作用，进一

步有助于提升地形测量工作的质量成效。

二、无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用要点分析

如前所述，无人机航摄测量技术在数字地形测量中的应用意义显著。因此，为提升数字地形测量工作的质量水平，需掌握无人机摄影测量技术在其中的应用要点。具体而言，主要应用要点如下：

（一）像控点布设

基于数字地形测量工作开展期间，使用无人机摄影测量技术，需确保布设的像控点清晰、准确，可精准判断布控点所处位置，准确丈量，并立体成像出来。且具体布设像控点时，需互通共同。通常，像控点于无人机航行方向、旁向的5-6片堆叠范围中布置，需保证点和相片之间的编组控制在1厘米，或>1.5厘米，并利用综合成图方法，对操控点进行设置，保证和航向边缘之间的间距控制在要求规定的50%以上。如果将无人机摄影测量技术应用在海拔高的地区，则在高程控制点设置方面，需选择高程起伏较小的区域，将高程控制点以线状地物之间的交点为最佳布设点^[4]。此外，在像控点布设过程中，需尽可能地将崎岖斜坡、陡峭山顶狭沟等位置避开，倘若一些点位的布设条件和像片要求之间有冲切现象发生，则需对此点位布设重新选择适宜的位置，以此保证像控点布设的科学性及可用性。如下图2所示，为某数字地形测量中利用无人机摄影测量技术进行的像控点布设局部示意图：

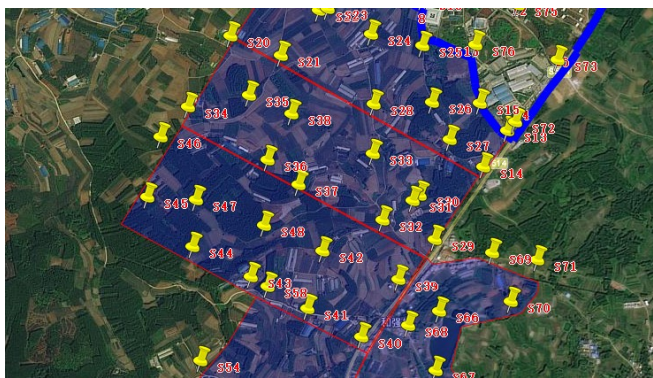


图2 像控点布设局部示意图

（二）航空测量摄影

利用航空测量摄影技术，可处于复杂的环境条件下执行成像、数据专业等工作任务。同时，合理利用摄影系统、GPS定位系统，能够把获取的图片信息、位置数据等进行有效综合，将图像信息的内涵有效体现出来。在基础数据信息整合过程中，需利用到图像绘制方法与合成技术，进一步通过相关信息处理系统的应用，对获取的数据进行加工处理，最终使质量合格、数据信息准确的影像图有效形成。在此基础上，便可以突破复杂、

特殊环境带来的挑战，保证航空测量摄影工作的成果符合预期。

（三）像片测量及控制

在数字地形图测量中，应用无人机航摄测量技术，需重视像片测量及控制。一方面，测量工作人员需掌握测量流动站相关知识，使测量作业控制在COS可控范围内，并快速传输数据，保证测量结果数据信息的时效性及可用性^[5]。同时，测量工作人员需了解无人机飞行与测量的细节要点，做好无人机系统执行飞行任务前后的维护保养，使无人机系统能够处于稳定、安全飞行状态，进而保证测量结果的精准度。另一方面，需合理使用测量手册，控制点寻找过程中，需做好相关参数分析，使数据转化效率得到有效提升。在测量作业开展期间，需对RTK工作站加强管理，使各项测量工作顺利进展，确保测量数据结果的准确性，使测量误差控制在允许值范围内。

（四）空中三角测量

在数字化地形测量工作开展期间，空中三角测量是非常重要的一个环节，其中立体式测量可采取较少的控制点，实现对整体系统的加密处理，使高程、平面位置等数据得到较好地协调统一，进而使摄影质量得到有效改善。但是，因三角测量技术本身存在一定局限，加上无人机测量作业中可能出现有效控制点数量不足、精准度难以把控等现实问题。所以，测量技术人员需利用现代科学技术方法，对相关应用程序进行编写，精准计算地形位置，确保测量结果的精准性。

（五）地形图绘制

利用无人机摄影测量技术，进一步对地形图进行绘制非常重要，考虑到绘制的地形图精度足够高，需合理应用数字技术，保证地形图清晰度、比例尺符合标准要求。以河流、水库以及湖泊地形测量为例，需合理利用航空摄影测量技术，直接观察测量目标，通过测量数据的规范运算，保证测量结果的准确度。当然，测量工作人员还有必要以无人机作业原理、测量方法、系统运行、地形图绘制进行综合考虑，优化各项数据信息，使得图像地形和数据地形之间维持统一性，进一步提升地形图绘制质量水平。比如，整理、分析无人机摄影获取的相关图片、数字信息，进而保证测量结果的精准度，为工程后续工作提供有效数据信息参考支持。

（六）内业测图及外业补测

（1）内业测图。在像片准备好、定向作业执行完成之后，便需进行地貌绘图作业。在三维测绘方面，可采取野外对比的方法，于室内对其映射判断出之后，再进行补充调查及调整处理。值得注意的是，室内测绘后，实地对比、补充调查、调整等作业过程，一方面需

保证航摄像片的质量, 结合具体情况对调查区室内口译样本进行认真编制; 另一方面, 需根据实际要求, 于绘图板上做好测量和绘制工作, 保证能够使地形要素得到准确判断。此外, 做好相应的检查和验证工作, 明确是否有必要进行相应的补偿及计量作业^[6-7]。例如, 相关工作人员可对绘图部分进行抽样检查及测量, 针对其中不确定的部分经补偿调查及检查, 且针对其中无法确定的部分地形要素, 需进行补充再修正处理。

(2) 外业补测。对特殊地形, 在测量过程中, 利用固定翼无人机航空摄像可能存在一些隐蔽部分无法测量, 所以进行外业补测作业非常有必要。在具体补测作业开展期间, 相关工作人员需对实际测量结果的准确性进行认真核实, 把实际测量结果和回填结果进行对比分析, 找出测量过程存在的错误原因, 并及时修正^[8]。此外, 通过对隐蔽区域、航测难度大的区域进行外业补充, 进一步保证数字地形测量结果的准确性及可用性。

三、无人机摄影测量技术在数字化地形测量中应用质量控制措施分析

为提升无人机摄影测量技术在数字地形测量中的应用质量, 需落实有效的质量控制措施。具体而言, 主要质量控制措施如下:

表3 无人机摄影测量质量控制措施

| 质量控制环节 | 质量控制措施 |
|--------|---|
| 航拍作业环节 | ①做好起飞前各项检查工作; ②加强地面站监控; ③对现场数据进行认真整理及检查。 |
| 质量检查环节 | 主要利用SmartVisionSpace近地空摄影测量系统检查航摄成果, 并详细记录检查结果。 |
| 补飞环节 | 明确补飞或重飞区域后, 按照规范要求严格执行补飞作业任务。 |

(一) 航拍作业环节质控

在数字地形测量工作开展期间, 利用无人机摄影测量技术进行航拍作业之前, 即起飞前, 需做好相应的检查工作, 包括滚转检查、俯仰检查、水平检查、转速检查、空速检查、震动测试、GPS定位检查等, 通过全面仔细的检查, 在检查结果合格后, 再允许升空。在地面站监控环节, 需重点监控无人机飞行状态, 密切观察无人机飞行线路、高度, 判断是否正常, 若异常, 需及时处理^[9-10]。此外, 做好现场数据整理及检查工作, 如: 各条航线记录值与具体飞行影像数据是否保持一致性, 影像数与曝光点数是否保持一致性等; 系统存储原始数据的基础上, 确保影像清晰状态对相关数据进行整理; 以具体航线数为依据, 对各条航线的影像进行装载, 保证其数量一致。

(二) 质量检查及补飞环节质控

在质量检查方面, 对于航摄成果需利用Smart Vision Space近地空摄影测量系统进行认真检查, 并记录检查结果, 明确是否存在影像不达标情况, 做好详细记录。并详细计算航向重叠度、旁向重叠度, 对检查结果报表自动编制等。

在补飞方面, 由现场航摄工作人员以检查记录统计表为依据, 明确补飞或者重飞区域, 进一步严格执行补飞任务, 保证整体航摄结果的完整性及准确性。

结语

综上所述, 无人机摄影测量技术在数字地形图测量工作中的应用意义显著, 比如获取数据信息的速度快、测量数据结果精度高、作业灵活, 且可实现多技术协同应用等。因此, 需掌握无人机摄影测量技术的具体要点, 如像控点布设、航空摄影测量、像片测量及控制、空中三角测量、地形图绘制、内业测图及外业补测等。此外, 还需加强航拍作业、质量检查、补飞等环节质控, 以此充分发挥无人机摄影测量技术的作用优势, 进一步全面促进数字化地形测量工作质量成效的提升。

参考文献

- [1] 郑春红. 无人机摄影测量技术在数字化地形测量中的应用[J]. 华北自然资源, 2022(2): 122-124.
 - [2] 凌凌媛. 无人机摄影测量技术在数字化地形测量中的应用[J]. 无线互联科技, 2020, 17(7): 7-9.
 - [3] 祝孙喜. 无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用初探[J]. 中国金属通报, 2021(20): 266-267.
 - [4] 王章军. 无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用[J]. 地矿测绘, 2022, 5(1): 102-104.
 - [5] 翟虎, 吴林. 无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用[J]. 今日自动化, 2021(11): 149-150.
 - [6] 张小牛. 无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(20): 460-461.
 - [7] 陈卫东. 无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(4): 963.
 - [8] 张跃. 无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(6): 246.
 - [9] 陆青刚. 无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用[J]. 城镇建设, 2021(19): 376, 380.
 - [10] 潘征. 关于无人机摄影测量技术在数字化地形测量的应用[J]. 中国战略新兴产业, 2021(20): 76.
- 作者简介: 杨德立(1986.12.10-), 男, 汉族河南省新乡市人, 大专学历, 毕业于武汉大学, 工程师(中级)现从事测绘工作。