

基于无人机的工程地质测绘

张 静 (晋能控股煤业集团马脊梁矿, 山西 大同 037002)

摘要: 本文讨论了影响无人机采集图像分辨率的主要参数, 将基于正射影像的结构地质图与使用传统技术生成的结构地质图进行比较, 发现使用无人机时, 细节水平相同, 花费的时间缩短 5 倍, 无人机可以提供更好的分辨率图像。研究表明, 为了达到期望的精度, 地面样本距离至少一半的值是必需的, 地形的影响、无人机重叠的价值取向、相机标定、控制点的数量和照明条件, 对无人机的飞行有至关重要的作用。

关键词: 无人机; 制图; 工程地质

1 引言

无人驾驶飞行器可以有效的监测大面积的土地和现有的基础设施在很短的时间内与传统的技术相比具有明显优势, 其主要原理是无人机在一个区域内拍摄航空图像, 结合基于 GNSS 和 / 或惯性测量单元的空间数据, 最终生成高分辨率的 3D 点云, 可用于广泛的地质、土木 / 采矿工程应用和项目。这些图像都经过处理, 形成代表感兴趣区域的单一图像, 该图像经过几何校正 (正方体) 和地理参考, 可以像地图一样用于提取距离和位置等信息^[1-2]。

随着无人机在岩土、地质等工程领域的应用越来越广泛, 无人机在岩土、地质等工程领域的应用效率也越来越受到人们的关注。Siebert 和 Teizer 在建筑和其他土木工程中使用无人机技术进行位置误差和体积不确定性估计。无人机可以生成非常详细的露头图像, 但是, 在大多数情况下, 需要有人去现场进行侦察。算法和图像处理技术的新发展允许自动识别岩石类型、断层、倾角和走向测量, 从而大大减少人工工作^[3-5]。

综述文献的基础上, 没有方便的指导方针提供有关的一些参数的选择极大地影响照片的质量。因此, 如果用户没有经验或没有测量和摄影测量的基础知识, 一个质量差的正拼接产生的自动图像算法能做的很少。本文着重研究了无人机在工程测绘中的应用, 并提出了无人机飞行前应考虑的参数, 以获得最佳的图像分辨率。

2 摄影测量原理及飞行参数的选择

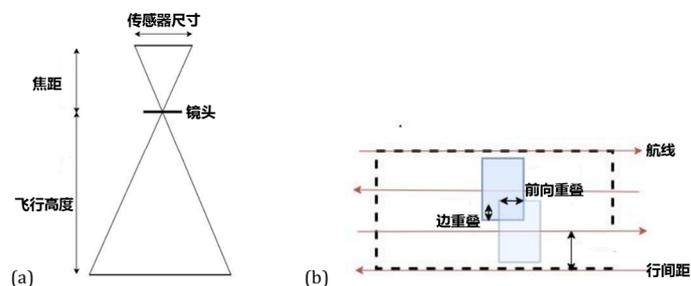
有一些技术参数需要考虑之前的无人机: 正射影像的要求分辨率, 飞行高度, 照片之间的重叠, 镜头和相机特性。这些参数非常重要, 因为它们不仅影响得到的图像的分辨率, 而且还影响到现场所花费的时间以及生成点云和正交点云的后处理时间和精力。此外, 最终正规化的分辨率显著影响可以提取的信息量和使用自动特征检测算法获得的任何结果。

$$F_H = GSD * F_L * \frac{P_N}{S_w} \quad (1)$$

GSD 为地面样本距离 (m), FL 为焦距 (mm), PN 为每幅图像宽度的像素数, Sw 为传感器宽度 (mm)。

由式 1 可知, 保持飞行高度、每幅图像宽度的像素数和传感器宽度相同, 并增加焦距, 可以得到更好的 GSD, 即空间分辨率。例如, 一个飞行高度为 75m, 传感器宽度为 35.9mm, 每幅图像宽度有 7360 个像素, 一个焦距为 15mm 的镜头的 GSD 为 2.4cm/pixel。对于焦距为 25mm 和 35mm 的镜头, 这个值分别等于 1.5cm/pixel 和 1cm/pixel。

然而, GSD 和相机使用并不是唯一的参数, 应该在选择飞行高度之前考虑。其他需要考虑的因素是飞行时间和覆盖某一特定区域所需的图像数量。两者都依赖于重叠百分比, 即同一区域在地面上被相邻图像覆盖的百分比, 如图 1 所示:



(a) 飞行高度、焦距、传感器尺寸与地面距离关系示意图
(b) 感兴趣区域 (虚线) 上方的飞行线 (红色实箭头线)、向前和侧面重叠以及飞行线间距的示意图

图 1

一般来说, 在摄影测量中, 为了创建正交叠, 前交叠值大于 60%, 边交叠值至少为 20% 被认为是足够的。在实际应用中, 对于无人机来说, 较高的重叠值可以减少正交叠中出现间隙的可能性。

3 采用无人机对沉积露头构造地质填图进行测绘

在一个要求高分辨率的项目上测试了无人机技术: 断层带露头的构造地质测绘, 这是一处岩石海滩, 露头具有良好的沉积和构造地质特征, 如图 2 所示, 位于地体的奥陶纪内。作为以前项目的一部分, 该地区已经详细绘制了地图, 因此, 构成了一个有利的地点, 可以比较以前从传统地质测绘测量中生成的地图和作为本案例

研究的一部分，仅基于正形学生成的地图。



图2 露头地址特征

本案例研究使用了 TRIMBLE 的 UX5 HP (固定翼) 和 ZX5 (六旋翼) 进行数据收集。其主要技术特性如表 1 所示。

表 1 TRIMBLE UX5 HP 和 ZX5 的主要技术特点

	UX5 惠普	ZX5
类型	固定翼	旋转翼
维	100×65×10.5cm	85×49cm
相机	索尼 A7R, 36mp	奥林巴斯 E-PL7, 16mp
图像尺寸	7360×4912pixel	4608×3456pixel
焦距	15mm	14mm
传感器尺寸	39.5mm×24mm	17.3mm×13mm

飞行工作之前就在海滩沿线设立了五个控制点。UX5 HP 在距离海滩约 500m 的地方起飞，飞行持续了 8min。ZX5 的飞行持续了大约 14min，飞机起飞和降落都直接在海滩上进行，图 3 (a) 和 (b) 分别显示了从 UX5 HP 和 ZX5 获得的最终正形图。

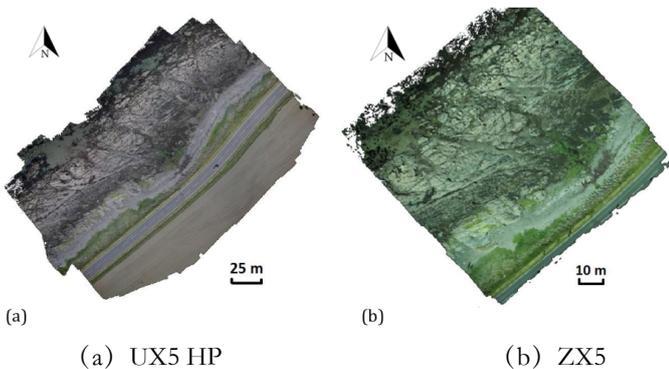


图 3 正形图示意图

该地区另一个明显的地质特征是地图上也显示的中间或主走滑断层，它被标记为“主断层沟”的粗红线表示。覆盖区被两块岩石包围；红色泥岩和绿色泥岩。沿红色泥岩可见砂岩条带。在走滑断层周围发育一系列节理和剪切断裂。剪切裂缝主要通过砂岩带和逆冲断层的小规模偏移来表征研究区，剪切断裂与走滑断裂有很大的不同，不仅是断层偏移量小，而且组成简单。我们观察了两例典型的剪切骨折，分别标记为“绿晕骨折”和“碳酸盐脉骨折”。

在试图确定一些主要的几何特征，即在正构学中确定的构造地质特征的宽度和长度时，选择了一个定

义良好的节理，在野外测量其长度和宽度分别为 0.936m 和 0.034m，这些测量的误差在 1mm 以内。尽管如此，GSD 数值非常小 (0.8cm/pixel for the ZX5)，这并不意味着可以达到相同的精度。如图 8 所示，接缝的宽度可以定义为黄线的长度 (0.023m) 或者蓝线和黄线的长度 (0.047m)，误差约为像素长度的两倍。对于关节长度，不确定度较高：关节的末端可以在图 4c 中 A 和 B 之间定义的直线上任意位置定义，这里的不确定性大约是 24mm。

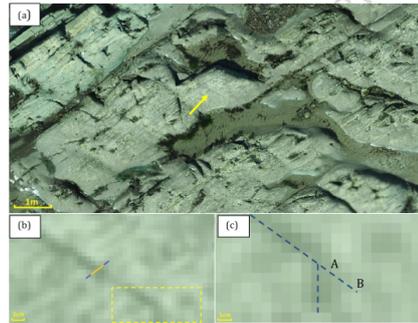


图 4 接缝的几何特征

4 结论

无人机作为工程地质项目的工具，是一种很有发展前景的技术，这项技术已经成为测绘测量取代了地面测量设备：在快速有效的干预已成为常态的时代，它能够在极短的时间内覆盖大面积是一种非常可取的特性。本研究所示，高分辨率的图像需要更昂贵的传感器或更低的飞行高度和具有高处理能力的计算机来处理大量的图像。由于无人机的广泛使用和它们的易用性，只有有限的测量和摄影测量知识的操作人员的数量正在不断增加，本研究对考虑无人机的主要技术参数以发挥其最大潜力提供了综合指导。

参考文献：

- [1] 姚林林, 钟果, 李青春, 等. 基于无人机遥感信息的地质解译方法及在地质调查中的综合应用研究 [J]. 工程地质学报, 2020(5).
- [2] 董秀军. 三维空间影像技术在地质工程中的综合应用研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2015.
- [3] 刘艳星. 测绘无人机在地质灾害调查中的应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2017(27):118-119.
- [4] 赵增坤. 无人机航拍技术在地质工程测量测绘中的应用探析 [J]. 砖瓦世界, 2019, 000(010):61.
- [5] 侯璐. 测绘新技术在地质测绘工程中的应用研究 [J]. 工程技术研究, 2019(22).

作者简介：

张静 (1990-), 女, 民族: 汉, 山西省原平市人, 2015 年毕业于天津农学院资源与环境学院生物技术专业, 2017 年毕业于辽宁工程技术大学机械设计及其自动化专业, 本科, 职称: 助理工程师, 从事地测科三量工作。