

无人机遥感技术在海岛管理中的应用研究^{*}

杨燕明, 郑凌虹, 文洪涛, 陈本清, 阮海林, 罗 凯

(国家海洋局第三海洋研究所 厦门 361005)

摘 要: 在《中华人民共和国海岛保护法》颁布实施后, 海岛管理的任务繁重, 迫切需要微型海岛的遥感影像, 对其现势性和潮位的要求也越来越高。受制于现有遥感技术的水平、天气和欧美出口技术的限制, 目前遥感影像处于供不应求的状况。因此寻找一种适合海岛管理的低空无人机遥感技术非常迫切。文章在比较现有遥感技术的优缺点、无人飞行器遥感技术优缺点的基础上, 介绍一种适合海岛管理使用的无人机遥感技术。该技术具有操控性好、作业选择性强、精准度高、作业周期短、时效性好、维护使用费低、经济实用和安全性好等诸多优点。

关 键 词: 无人机; 海岛; 遥感技术

我国海岛众多, 面积大于 500 m² 以上的海岛有 6 900 余个 (不含海南岛本岛和台湾、香港、澳门所属海岛), 其中 94% 为无居民海岛; 面积在 500 m² 以下的岛屿和岩礁数量巨大, 约有上万个^[1]。无居民海岛管理需要现势好的遥感影像, 但经常碰到 3 个难题: ① 登岛调查难于获得该岛全貌的遥感影像资料; ② 现有的高分辨率遥感卫星受欧美商业化影像分辨率不得优于 0.5 m 的限制, 难以满足我国 500 m² 以下微型海岛的管理需求; ③ 微型海岛的出水面积受不同潮位的影响很大, 而高分辨率遥感卫星受重访周期的影响很难获得不同潮位时的海岛影像, 这一点在我国南方多云地区尤其明显。

无人机遥感平台在云层下方, 受云层的影响很小, 在多云天气甚至阴天也能执行海岛遥感任务。但是, 目前固定翼无人机遥感系统在微型海岛上应用, 往往难以找到符合起降要求的场地; 普通无人直升机具有垂直起降、定点悬停和中慢速巡航飞行等固定翼飞机不具备的飞行性能, 特别适合海岛管理所需的多重复、定点、多尺度和高分辨率的影像需求。但普通

无人驾驶直升机的结构相对来说比较复杂, 操控难度很大, 所以实际应用也比较少。笔者将介绍一种适合海岛管理使用的无人机遥感技术。

1 现有遥感技术的优缺点比较

从载荷平台划分, 现有遥感技术分为卫星遥感技术、载人机遥感技术和无人飞行器遥感技术。卫星遥感技术的优点是航天平台位于大气层之上, 遥感平台飞行不受大气层扰动, 只要遥感器的空间分辨率足够好, 获取的影像分辨率甚至优于航空遥感影像; 卫星遥感技术的第二个优点是影像获取效率极高, 以幅宽最小的 IKONOS 卫星为例, 一景影像至少 11 km×11 km, 获取一条轨道影像的周期仅 90 min 余; 卫星遥感技术的第三个优点是不受空中管制。卫星遥感技术有如下缺点: ① 由于接收的电磁波必须要透过大气层, 所以必定受到云层和地面天气的影响, 特别是光学遥感卫星, 我国南方地区的海岛常常由于云覆盖, 长时间难以获得所需的高分辨率遥感影像, 微波遥感影像可以不受云层的影响, 但微波遥感影像不够直观, 解译难度大; ② 受卫星重访周期的影

^{*} 基金项目: 国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务费专项资金 (2010019); 海洋公益性行业专项: 我国砂质海岸生境养护和修复技术示范与研究 (200905008); 海洋公益性行业专项: 我国典型海岛地质灾害监测及预警示范研究 (201005010); 国家“908”专项资助项目: WY04 区块海岛、海岸带遥感调查与研究 (No. 908-01-WY04); 福建省“908”专项资助项目: 福建省“908”专项海岛、海岸带遥感调查 (FJ908-01-YG)。

响,往往难以获得不同潮位的海岛卫星影像;③受欧美出口技术的限制(美国规定,高分辨率卫星遥感的商业化分辨率不得优于0.5 m),目前大多数卫星影像的空间分辨率还达不到微型海岛的管理要求。

载人机航空遥感的优点是有一定的机动性,没有卫星重访周期的问题;可方便更换遥感载荷,影像分辨率不受0.5 m的限制;但数据获

取成本高昂,且受到空域管制和转场等因素制约。无人飞行器遥感技术由于具有自主性强、机动灵活、快速、经济等优势,已经成为世界各国争相研究的热点课题,现已逐步从研究阶段发展到实际应用阶段,有望成为未来主要的航空遥感技术之一^[2]。

光学卫星遥感、载人航空遥感与无人飞行器遥感技术在海洋管理中应用的优、缺点见表1。

表1 海洋管理中几种遥感技术的优缺点比较

遥感技术	应急性	遥感效率	云影响	费用	空域申请	分辨率
光学卫星	否	高	有	中等	无需	欧美有0.5 m的出口限制
载人航空	中等	中等	取决于航高	高	需要	dm级,受限于航高和气流
无人飞行器	是	低	无	低	取决于航高	可优于cm级

2 无人飞行器遥感技术优缺点比较^[3]

无人飞行器遥感技术有着其他遥感技术不可替代的许多优点,在国土资源遥感中可以成为卫星遥感和载人机遥感的有效补充手段,在海岛海岸带应急管理中甚至可以成为不可或缺的手段。这些优点分别是:①可以在云下低空获取高清晰度的光学影像,这对我国南方地区尤为重要;②可以低空、低速安全飞行,配备轻小型传感器后可获取高分辨率(cm级)影像,实现高精度三维遥感;③可以完全由程序控制沿着海岛海岸带的复杂航迹,以复杂的姿态飞行,以获取特定目标(例如,微型无居民海岛)的多面体影像;④灵活、机动,可以无机场甚至无跑道起降;用户可以自由拥有无人飞行器平台。

无人飞行器包括固定翼型无人机、无人驾驶直升机和无人驾驶飞艇等种类。固定翼型无人机通过动力系统和机翼的滑行实现起降和飞行,遥控飞行和程控飞行均容易实现,抗风能力也比较强,是类型最多、应用最广泛的无人驾驶飞行器。其发展趋势是微型化和长航时,目前微型化的无人机只有手掌大小,长航时无人的体积一般比较大,续航时间在10 h以上(以航程、续航时间和飞行高度划分,无人机的分类见表2),能同时搭载多种遥感传感器。起飞方式有滑行、弹射、车载、火箭助推和飞机投放等;降落方式有滑行、伞降和撞网等。固定翼型无人机的起降需要比较空旷的场地,限制了其在小型海岛上的使用。

表2 各类无人机的航程、续航时间和飞行高度比较^[4]

无人机分类	航程/km	续航时间/h	飞行高度/m
微型无人机(micro)	<10	<1.0	<250
小型无人机(Mini)	<10	<2.0	250
近程无人机(CR)	10~30	2~4	3 000
短程无人机(SR)	30~70	3~6	3 000
中程无人机(MR)	70~200	6~10	3~5 000
低空突防无人机(LADP)	>250	0.5~1.0	0.12~9 000
远程无人机(LR)	1 000	6~13	5 000
续航型无人机(EN)	>500	12~24	5~8 000

无人驾驶飞艇是通过艇囊中填充的氦气或氢气所产生的浮力以及发动机提供的动力来实现飞行。大型飞艇可以搭载 1 000 kg 以上的载荷飞到 20 km 的高空,留空时间可以达 1 个月以上;小型飞艇可以实现低空、低速飞行,作为一种独特的飞行平台能够获取高分辨率遥感影像,同时,无人驾驶飞艇比较容易操控,安全性好。但是飞艇的飞行受大风和雷雨等气候条件影响比较大,动员和

复员费用比较高,难于在海岛之间实现快速转场。

无人驾驶直升机的技术优势是能够定点起飞、降落,对起降场地的要求不高,其飞行也是通过无线电遥控或通过机载计算机实现程控。但普通无人驾驶直升机的结构相对来说比较复杂,操控难度也较大,所以普通无人驾驶直升机种类不多,实际应用也比较少。各类无人飞行器遥感系统的优、缺点见表 3。

表 3 各类无人飞行器遥感技术的优缺点

类别	优点	缺点
无人驾驶飞艇	目标大,起降灵活,可以飞得更低、更慢,影像清晰,有效载荷较大,能悬停和垂直起降	效率低,抗风能力弱;转场不方便,动员复员费用高;需要专业后期处理软件,成图精度较差
无人驾驶直升机	定点起飞、降落,对起降场地的条件要求不高	普通无人直升机结构比较复杂,操纵难度大;抗风能力较弱;成图精度差,需要专业后期处理软件
固定翼无人驾驶飞机	成本较低,速度快,效率高,转向较灵活,转场较方便	有效载荷小,易损坏;成图精度差,需要专业后期处理软件,起降需要约 100 m 比较直平的公路

3 适合海岛管理用的无人机遥感技术

国外某公司生产的一种无人飞行器拥有十分出色的飞行性能,其稳定性和操控性十分惊人,操纵者几乎可以不经任何飞控训练就能操纵它,特别适合海岛科研工作者使用。该飞行器的 AAHS (高度、姿态和航向参考系统)使用了如下几种传感器:加速计、陀螺仪、磁力计、气压计、湿度计和温度计。能够实现空间位置锁定与自动航点导航功能,具备飞行黑匣子功能。所有重要的飞行数据都可以下载到数据中心,包括电池状态、高度、姿态、位置和飞行时间等。该飞行器还具有安全保护措施以避免坠毁,能够在电量不足和失去控制信号时自主降落。飞行器本身和所配备的云台均安装有专用减震机构;同时高性能的数字稳定陀螺仪使画面稳定性得到保证^[5]。该系统特别适合海岛遥感影像获取,空间分辨率可达 cm 级。另外,由于该飞行器飞行高度可以很低,除军事敏感区和机场附近之外通常不需要空域申请(类似于放风筝)。

3.1 无人机遥感技术在海岛影像获取的应用

该无人机遥感系统包括任务飞行器及遥控

器、地面工作站、移动视频接收器、任务遥感器、GPS 定位导航系统、应用程序(包括航线规划程序)以及系统软件等 7 个子系统。在飞行中需要注意下洗效应和地面效应。

在知道作业区域的面积、飞行空域、成图比例、精度和分辨率等要求后,航线规划和作业计划必须包括这样一些工作:作业现场的勘查、飞行高度的确定、飞行速度的确定、起降场地的甄选、航线密度的确定、航线方向的确定、迫降场地的确定、地面监控线路的确定、遥感器作业参数的确定、航向叠片率和旁轴叠片率的计算和确定、作业时间的确定和地物坐标采集,如 GCP 点的采集等。

根据成图比例尺的要求,选择合适的地面采样距离,根据所选择的地面采样距离,利用相机的焦距和像元尺寸,计算得到相对航高。无人直升机在动态摄影条件下,数字相机在曝光过程中会产生像点移位(以下简称“像移”),造成影像模糊,而低空无人直升机航空摄影系统由于载荷受限的原因,无法加装复杂的像移补偿装置,只能通过缩短曝光时间、限制飞行速度两种措施来达到限制像移的目的。像移量的大小及像移的速度与飞行速度、摄影

比例尺等因素有关, 在理想的正射摄影条件下, 当物距远远大于像距时, 物镜焦距、航高和摄影比例尺有一定关系。对于数字成像系统, 通常认为影像不产生明显模糊的前提是在曝光时间内像移量不超出像元尺寸的 $1/3 \sim 1/2$ 。例如, 当航高大于 200 m 时, 只要曝光时间控制在 $1/500$ s 之内, 系统可以不考虑像移补偿问题。

图 1 是作者在厦门白兔屿获取的遥感影像, 与载人机航空影像 (图 2) 相比, 分辨率提高一个数量级左右, 与现有的 google earth 上的 QuickBird 卫星影像 (图 3) 相比, 空间分辨率也有明显的改善, 最重要的是, 无人机遥感技术可以获取任意潮位的海岛影像, 这对于面积在 500 m^2 以下的微型海岛, 尤其重要。



图 1 厦门白兔屿无人机获取的影像

3.2 无人机遥感影像的处理技术

目前的无人机遥感系统由于受有效载荷限制, 多选择使用商业普通数码相机, 影像存在像幅小、镜头畸变差大及飞行姿态不稳定等因素。对于中等面积的海岛, 往往需要多幅图像, 甚至上百幅图像才能覆盖, 因此需要开展无人机遥感影像的镶嵌拼接。无人机遥感应用的瓶颈在于后期数据处理, 国内比较通用的空中三角测量加密软件和数字摄影测量工作站目前不能很好地支持该类产品的后期数据处理。因此, 必须针对其遥感影像的特点以及相机参



图 2 厦门白兔屿载人机航空影像



图 3 厦门白兔屿 QuickBird 卫星影像

数、飞行姿态数据和相关几何模型对多幅无人机图像进行图像几何配准和镶嵌。具体包括数码相机镜头畸变校正、遥感影像匀光匀色处理、姿态校正、特征点匹配、配准和镶嵌等, 具体的技术流程见图 4。图 5 是作者根据以上技术路线镶嵌而成的厦门岛观音山沙滩局部影像。

4 结束语

笔者介绍的无人机遥感技术特别适合于条带状的海岸带和中小面积的海岛遥感应用, 具备作业选择性强、精准度高、作业周期短、时

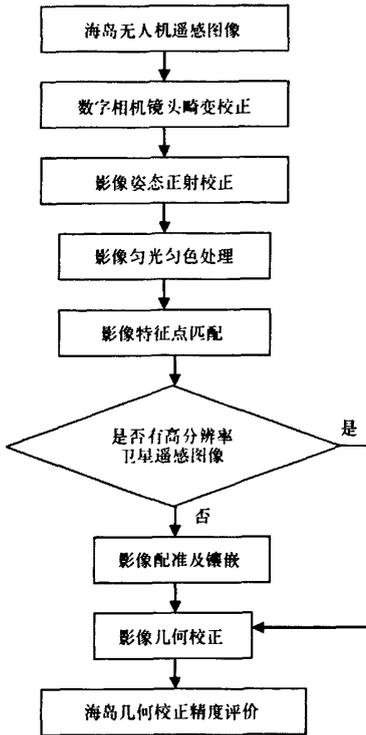


图4 海岛无人机遥感图像处理系统技术流程

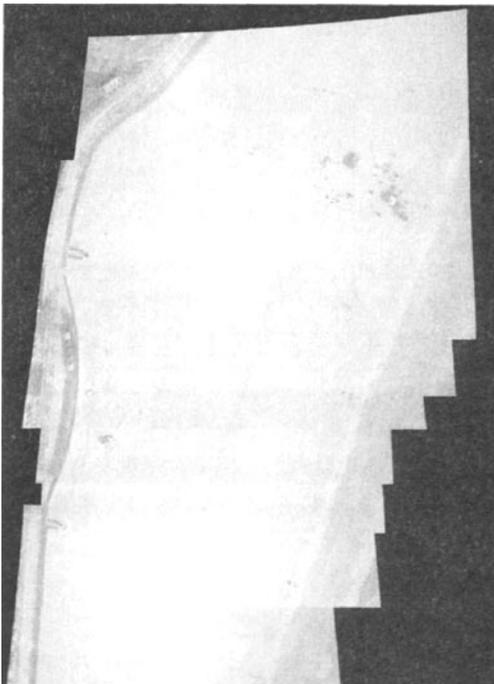


图5 厦门岛观音山沙滩局部镶嵌影像

效性好、维护使用费低、经济实用和安全性好等诸多优点。其操控性和抗风性能方面也有重大突破，可随时、随地起降，并获取任意潮位的遥感影像。属于低空遥感技术，在海岛上应用几乎不需要空域使用申请。

旋翼式无人机获取的图像由于航高低、受气流影响等原因，存在较为严重的几何畸变，而且由于难以获得姿态参数，影像纠正的难度较高，影像的前期预处理工作量大。因此，如何能有效、方便地纠正图像成为无人机获取图像遥感应用的前提。常规的摄影测量方法是针对小角度的处理，是近似的公式，因此我们必须探讨新的图像后处理方法。目前的处理方法还不够成熟，除北京龙圣联成航空与武汉大学遥感学院联合开发（目前还处于测试阶段）和中国测绘研究院等少数单位正在开发配套处理软件外，还缺少比较成熟的后期专业数据处理软件，因此海岛遥感影像的后处理工作效率较低，对于中等面积的海岛应用需要加强投入。

无人机遥感技术在微型海岛上的应用在我国尚属首次，因此，在投入大规模业务化应用之前，制订无人机遥感海岛通用野外作业规程、海岛遥感数据的内业处理规程非常必要。

参考文献

- [1] 淳于江民,张珩. 无人机的发展现状与展望[J]. 飞航导弹,2005(2):23-27.
- [2] 金伟,葛宏立,杜华强. 无人机遥感发展与应用概况[J]. 遥感信息,2009(1):88-92.
- [3] 王忠. 规范海岛开发秩序,保护海岛生态环境[J]. 海洋开发与管理,2003,20(5):41-43.
- [4] 张强. 低空无人直升机航空摄影系统的设计与实现[D]. 郑州:中国人民解放军信息工程大学,2007.
- [5] 竹林村,胡开全. 几种低空遥感系统对比分析[J]. 城市勘测,2009(3):65-67.