

海洋监测领域中无人机遥感技术的应用

韩丽君 魏君

河北省生态环境监测中心

DOI:10.12238/eep.v7i9.2255

[摘要] 随着科技的迅猛发展,无人机遥感技术已成为海洋监测领域的重要手段。本文提出无人机在海洋生态系统监测、污染监测、地形测绘以及海洋资源管理中的应用,结合多个实际案例展示该技术在提升监测效率、数据精确度及环境保护中的关键作用。

[关键词] 无人机遥感技术; 海洋监测; 生态系统监测; 污染监测; 地形测绘

中图分类号: N945.11 文献标识码: A

Application of UAV remote sensing technology in the field of Marine monitoring

Lijun Han Jun Wei

Hebei Provincial Ecological Environment Monitoring Center

[Abstract] With the rapid development of science and technology, UAV remote sensing technology has become an important means in the field of Marine monitoring. This paper proposes the application of uav in Marine ecosystem monitoring, pollution monitoring, topographic mapping and Marine resource management, and shows the key role of this technology in improving monitoring efficiency, data accuracy and environmental protection.

[Key words] uav remote sensing technology; Marine monitoring; ecosystem monitoring; pollution monitoring; topographic mapping

引言

近年来,海洋监测需求不断增长,传统监测手段面临高成本和操作受限等挑战。在此背景下,无人机遥感技术凭借其低成本、高效率的特点,逐渐成为海洋监测领域的重要工具。我国自2019年起,积极推动海洋生态修复和监测工作,依据《中华人民共和国海洋环境保护法》及《海洋生态环境监测规定》等政策,推动海洋监测技术创新与应用。

1 无人机遥感技术的发展

随着科技的进步,早期的遥感设备主要依赖卫星和载人飞机,但其高昂的成本和受限的灵活性限制了其广泛应用。20世纪初,无人机技术迅速崛起,成为低成本、高效率的遥感平台。无人机可搭载多种传感器,包括光学、红外、激光雷达等,实现对目标区域的精细监测。进入21世纪,随着无人机技术和遥感设备的不断升级,无人机已具备超高分辨率、多光谱成像和三维建模等功能,广泛应用于农业、城市规划、环境监测及海洋生态保护等领域,为资源开发和环境保护提供重要的数据支持平台。海洋保护家雅克·库斯托曾说:“保护海洋就是保护我们的未来。”无人机遥感技术在海洋环境监测中的应用,正是践行这一理念的有力体现。

2 无人机遥感技术在海洋监测中的应用

2.1 海洋生态系统监测

2.1.1 植被健康状况监测

无人机遥感技术在海洋生态系统的植被健康状况监测中应用优势明显,在此监测人员可通过无人机搭载的超高分辨率摄像设备($<1\text{cm}/\text{pixel}$),可以获取红树林植被的详细影像数据。结合多光谱影像技术,如生成归一化植被指数(NDVI),可实时评估红树林的健康状况。植被覆盖率、株高、密度等指标通过遥感影像提取,红树林覆盖率可达70%或以上,而郁闭度达到0.7-0.9区间即视为健康。在珊瑚礁监测中,无人机可通过水下光学设备监测海底珊瑚群体分布,珊瑚健康状况通过水下多光谱成像系统分析。植被面积的监测结果可以精确到0.1平方米的单位。例如,在某个监测区域内,珊瑚覆盖面积从2019年的5,000m²增加到2023年的6,500m²,增长率达到30%。这些精准的数据支持了海洋植被保护与修复工作的科学决策。

2.1.2 生物多样性评估

无人机遥感技术通过搭载高分辨率摄像头和热成像设备,无人机可以在500 m的飞行高度上捕捉到水面及海洋生态区域的生物活动情况,精度达到 $<5\text{cm}/\text{pixel}$ 。海洋哺乳动物的活动轨迹,如海豚和鲸鱼,通过无人机拍摄的连续影像进行动态跟踪。每次巡航覆盖面积可达100km²,从而大幅提升生物多样性评估的效率。

在评估中,利用多光谱影像技术结合深度学习算法,自动识别并分类不同物种,准确率可达95%以上。某海域的无人机调查结果显示,2023年记录到的海鸟种类增加了15%,从原有的20种提升至23种。通过无人机技术,每年对不同生物种群的监测面积可扩展至300km²,以此保障海洋生物多样性动态数据的连续性和完整性,为生态保护策略提供依据。

2. 海洋污染监测

2.2.1 溢油监测

无人机遥感技术在海洋污染监测中的应用非常广泛,在海上溢油事件的监测中。通过搭载多光谱和红外摄像设备,无人机可以在1,000m的高度对海面溢油区域进行精确监测,图像分辨率达到10cm/pixel。利用无人机生成的高分辨率图像,溢油的面积、厚度和分布情况可以被快速确定。对于重大溢油事件,无人机能覆盖的监测面积可达50km²,且可在短时间内(<30分钟)完成首次数据收集。

例如,在某次溢油事故中,无人机记录到溢油区域面积为6,000m²,油膜厚度约为1.5mm。通过无人机获取的溢油形态数据,可以生成污染扩散的预测模型,为决策者提供精准的应对措施。

2.2.2 水质与废弃物监控

在水质与废弃物的监控方面,无人机技术基于自身搭载的多光谱传感器和红外探测器,无人机可以在海域上空200m处进行水质参数的遥感监测,精度达到<10cm/pixel。无人机可采集的水质参数包括水温、悬浮物浓度和水体透明度。通过NDWI(归一化水指数)和热红外数据,溶解氧含量、氨氮和化学需氧量(COD)等污染指标可在5分钟内生成分析报告。

例如,在某监测区域,使用无人机连续监测发现某海湾的悬浮物浓度上升到200mg/L,超出了生态环境标准的100mg/L。无人机还能监测漂浮废弃物的位置及面积。

2.3 海洋地形测绘与监控

2.3.1 三维建模技术用于海岸线、沙滩和海底地形的变化监测

无人机三维建模技术在海岸线、沙滩和海底地形的变化监测方面所发挥的优势较大。通过无人机搭载的高分辨率摄像头和激光雷达系统,海岸线的精确三维模型可以以<5cm/pixel的分辨率生成,其使得沙滩侵蚀、海岸线移动及海底地形变化的监控变得更加高效且精确^[1]。

例如,在某海岸线监测项目中,使用无人机三维建模技术测量出的沙滩面积从2020年的2.5km²减少到2023年的2.2km²,显示出明显的侵蚀趋势。此外,海底地形变化可以通过无人机的声呐和激光测深系统进行监测,精度达到10cm;沙丘和海底沉积物的移动速率也可通过定期监测确定,为海洋工程和生态保护提供基础数据。

2.3.2 海冰监测与气候变化评估

在极地和寒冷海域中,无人机可以在极地飞行,收集海冰厚度、面积、融化速率等关键数据,飞行高度一般在500m左右,分

辨率达到<1m/pixel。无人机的多光谱图像可以生成冰雪覆盖指数(NDSI),用于评估冰面融化情况,并通过热成像设备监测温度变化。

例如,在海冰监测中,无人机发现某区域的海冰面积从2020年的3,000km²减少到2023年的2,500km²,年均融化速率为166.7km²/年。这些数据为气候变化趋势提供了强有力的支持,表明了全球变暖对海洋生态系统的显著影响。此外,无人机可连续监测海冰断裂和融化,生成冰川活动的三维模型,为气候变化的长期监控和海洋生态系统变化的评估提供了基础数据。

2.4 海洋资源开发与管理

2.4.1 渔业资源评估

无人机遥感技术可为渔业管理提供高效、精准的监测手段。无人机搭载的多光谱成像设备可在海面上空200m处进行巡航,分辨率达到<5cm/pixel,通过水体色度、温度以及浮游植物的浓度变化等指标,识别渔业资源的分布和种群规模。例如,通过多光谱影像生成的归一化水体指数(NDWI),无人机可以精确判断水域中鱼类群落的密度分布^[2]。

2.4.2 海洋航道和船只动向监控

无人机技术在大面积海域的船只流动监测方面。无人机搭载高清摄像设备和雷达传感器,可以300m的飞行高度实时监控航道状况,图像分辨率达到10cm/pixel,确保清晰捕捉船只的动向。无人机一次飞行巡查可覆盖海域面积达到50km²,并能对船只的速度、航向、位置等进行精准追踪。

例如,在某繁忙航道上,无人机监控数据显示,每日通过船只约50艘,平均航速为12节(约22.2km/h)。对于可能进入禁航区或误入危险水域的船只,无人机可以通过实时传输信息,通知管理部门采取紧急措施。在恶劣天气或能见度较差的情况下,无人机凭借其搭载的红外成像系统仍能有效监控船只位置,确保航道安全。在此基础上,无人机还可监控船只是否遵守排放限制,通过监测船尾的烟雾和水面污染物,评估是否有违规排放行为^[3]。

3 实践案例分析

3.1 海岸线修复与监控

无人机遥感技术在海岸线修复与监控中的应用已逐步成为重要的生态管理手段。海岸线因受到海浪侵蚀、潮汐作用和人类活动等多重因素影响,经常面临环境恶化和退缩的风险。无人机的高分辨率影像技术可精确捕捉海岸线的地形变化,帮助生态保护团队及时监测并评估修复项目的效果。

在某沿海地区的海岸线修复项目中,采用无人机进行三维建模技术,对受损海岸段进行全面监控。无人机在150m的高度飞行,获取精度为5cm/pixel的影像数据,成功绘制出修复区域的三维地形图。修复区域从2019年的约3.5km长的海岸线逐步扩展,并在2023年通过无人机数据监测,确认修复后的沙滩面积增加了大约1.2km²。除监测海岸线长度的变化外,无人机还可监测植被的恢复情况。利用多光谱影像,无人机记录了修复区域内的植被覆盖率,从初期的约40%上升到目前的75%,此过程可展示出修

复工程的显著进展。此外,无人机技术还能捕捉到修复区域中的人为干扰行为,如违规建筑和垃圾堆积,进一步加强对生态保护区的监管^[4]。

3.2 海洋污染事件监测

3.2.1 溢油事件的无人机监控与应对措施

在海洋溢油事件中,无人机遥感技术为污染监测和应急处理提供了高效、精准的工具。无人机可迅速部署并抵达事故现场,利用高分辨率影像、多光谱传感器以及热成像技术,实时捕捉溢油污染区域的情况。在一次典型的溢油事件中,无人机在距地500m的高度上飞行,分辨率达到 $<10\text{cm}/\text{pixel}$,覆盖了约 30km^2 的海域,并在30分钟内完成了污染区的首次数据采集。

无人机遥感影像可清晰显示溢油的分布范围、浓度和扩散趋势。通过这些高分辨率数据,技术团队可快速生成溢油面积图,并估算出污染的覆盖范围。例如,在某次溢油事件中,影像显示溢油覆盖面积达到了 $4,500\text{m}^2$,油膜厚度平均为 2mm 。无人机搭载的多光谱传感器进一步分析油污类型及扩散速度,帮助决策者确定油污清理的优先区域。

3.2.2 实践中的数据处理与决策支持

无人机获取的数据通过实时传输系统,迅速上传到指挥中心进行分析和处理。在数据处理过程中,首先对溢油区域进行影像分割,通过多光谱影像中的油污反射特征,准确识别油膜区域。其次,可利用流体力学模型,结合风向、洋流等环境因素,预测溢油的扩散路径和速度。此预测数据为清理工作提供参考依据。在此过程中,通过无人机监测的数据,指挥中心可实时掌握溢油变化,制定应对措施^[5]。

4 结束语

总之,无人机遥感技术在海洋监测领域的广泛应用,展现出

其高效、灵活、精确的优势。通过无人机的实时监测和数据采集,不仅提高了对海洋生态系统、污染事件及地形变化的监控能力,还为海洋资源的合理开发提供了科学依据。随着技术的进一步发展,未来无人机将在海洋监测中发挥更为重要的作用,为实现海洋生态的可持续发展贡献力量。

[课题]

河北省重点研发计划项目(22373301D,23373301D);河北省重大科技支撑计划项目(242S3301Z);河北省科学院重点学科提升工程项目(23A15,24A15)。

[参考文献]

[1]朱振宇,周乃恩,贺少帅.基于“彩虹4”无人机海洋监测平台的设计与验证[J].海洋科学,2022,46(3):122-134.

[2]于晓,唐伟,张震,等.无人机监测及数据集成在海洋督察中的应用[J].工程建设与设计,2021,(2):149-150.

[3]马本昌,孙德勇,李正浩,等.基于CIE色度角的海洋水质环境监测方法[J].海洋科学进展,2023,41(1):135-147.

[4]陈秋明,黄发明,宋鹏.无人机及三维激光扫描仪技术在沙滩剖面动态监测中的应用及测量精度分析[J].应用海洋学学报,2021,40(3):529-539.

[5]李雪,王聿阳,田钊.轻小型无人机遥感技术在溢油应急监测中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(18):193-195.

作者简介:

韩丽君(1986--),女,汉族,河南省许昌市人,硕士,工程师,研究方向:海洋环境监测。

魏君(1977--),女,汉族,河北省石家庄市人,学士,高级工程师,研究方向:海洋环境监测。