

低空遥感系统在海域监视监测方面的应用初探

姜万钧^{1,2}, 闫忠辉^{1,2}, 陶金波^{1,2}, 马海静^{1,2}, 刘爱东³

(1. 国家海洋局 北海预报中心, 山东 青岛 266061;

2. 国家海洋局 青岛海洋环境监测中心站, 山东 青岛 266061;

3. 日照市海洋与渔业监督监察支队, 山东 日照 276800)

摘 要:针对低空遥感系统在海域使用动态监视监测中的应用初步探索,我们尝试在山东海阳核电厂利用无人机低空遥感系统获取高分辨率遥感影像。通过对遥感影像进行分析处理,提取研究区域填海信息并进行研究,为海域使用监视监测提供数据支持。结果表明,无人机低空遥感系统具有机动灵活、响应迅速、分辨率高等优点,且能够到达载人飞行器无法到达的复杂或危险地区空域,在海域使用监视监测中的应用具有很高的可行性,今后可进一步搭载光谱仪等专业设备进行监测相关信息采集与分析,对海域监管有目标有选择地重点跟踪监测和保护,更好地辅助海域监管等保障工作。

关键词:无人机;低空遥感系统;海域监视监测;影像分析

中图分类号:P715.7

文献标识码:A

文章编号:1002-3682(2019)03-0240-07

doi:10.3969/j.issn.1002-3682.2019.03.010

引用格式:JIANG W J, YIN Z H, TAO J B, et al. Preliminary application of UAV low-altitude remote sensing system in maritime surveillance and monitoring[J]. Coastal Engineering, 2019, 38(3): 240-246. 姜万钧, 闫忠辉, 陶金波, 等. 低空遥感系统在海域监视监测方面的应用初探[J]. 海岸工程, 2019, 38(3): 240-246.

国家一直高度重视海域监管及环境保护工作,指出“要科学开发海洋资源,保护海洋生态环境”^[1]。保护海洋生态环境,通常以长期管理维护和对突发事件快速应急响应处置为主。海洋突发性灾害主要包括赤潮、风暴潮和溢油等,其突发性较高,目前,迫切需要发展快速响应、精细化的海洋环境监测和保护手段以解决此类问题。

无人机低空遥感系统具有机动灵活、响应迅速,低空作业、突出重点,分辨率高和经济实惠等优势^[2],其采集的影像清晰,需要时,地面分辨率可以达到 2 cm,适用于无人海域监管的需求。一方面,无人机低空遥感系统可以应用于应急响应,无需等待卫星过境或受传统航空遥感的空域审批;另一方面,它可以克服多云、阴天等较差气象条件下传统的卫星光学遥感技术的缺陷,极大地提高不良光照环境条件下海域监管的能力,为海域监管提供技术保障^[3]。本次研究在山东海阳核电厂完成。山东海阳核电厂主体工程(一期)用海项目已完工并投产运营,填海完工后,海域使用动态监视监测和环境保护尤为重要,我们以山东海阳核电厂主体工程为研究区域,探索无人机低空遥感系统在海域监管中的应用。

1 无人机低空遥感系统

1.1 无人机低空遥感系统的构建

无人机低空遥感系统由飞行器、飞行控制系统、云台与传感器、通信系统、数据处理系统、应用分析系统、

收稿日期:2018-07-17

资助项目:海洋公益性行业科研专项——海洋站生态环境长期综合观测系统集成技术与示范(201505007);国家海洋局北海分局科技项目——海洋倾废管理信息化集成应用研究(2017B04)

作者简介:姜万钧(1984-),男,工程师,硕士,主要从事海域海岛管理、海洋生态监测和海洋环境管理方面研究。E-mail: 116666500@163.com

(王 燕 编辑)

地面控制系统组成。飞行平台为无人机,传感器采用高分辨率相机,设定飞行航线和拍摄间隔,获取监测区域高分辨率数字影像,经一系列数据生产流程后获取的影像最终可生成数字正射影像(Digital Orthophoto Map,DOM),分析这些数据与资料可满足海域监管中不同应用的需求。本次监测项目无人机平台使用 DJI 精灵 4Pro,地面控制使用 ipad 平板电脑搭配软件 DJI GS Pro^[4]。

采用大疆四旋翼无人机(精灵 4Pro)航摄系统,其技术参数见表 1,该无人机平台机动灵活、响应迅速,可低空作业,可进行监测重点区域影像拍摄,且具有飞行成本低的优势。

表 1 DJI 精灵 4Pro 技术参数表
Table 1 Technical parameters of DJI PHANTOM4

技术指标	技术参数	技术指标	技术参数
重量	1 388 g	旋转角速度	$250^{\circ} \cdot \text{s}^{-1}$
轴距	350 mm	云台转动范围	$-90^{\circ} \sim +30^{\circ}$
最大上升速度	$6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	遥控器距离	FCC: 7 000 m
最大下降速度	$4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	电池容量	5 870 mAh
最大飞行时间	约 30 min	图传技术	Lightbridge
影像传感器	1 英寸 CMOS/2000 万像素	抗风能力	5 级

1.2 无人机低空遥感系统的优势

无人机低空遥感系统并不是一种单一的低空遥感技术,其以无人飞行器为平台,以数字遥感设备为任务载体,以遥感数据快速处理系统为技术支撑,机动、灵活、迅速、自动、低成本地获取高分辨率的海洋空间遥感信息,完成遥感数据采集、处理和应用分析。无人机低空遥感系统弥补了卫星遥感和普通航空遥感的时效性不强、机动灵活性缺乏、受限于天气条件和获取云下影像较难以及无法清楚地了解海域监管相关情况的不足^[5]。人们利用无人机低空遥感系统,可以从空间观测角度获取丰富的、高分辨率的海洋遥感信息,获取高分辨率的无人机遥感影像图,进而掌握测区内海域使用情况,提取并统计分析测区内用海类型、用海范围与面积、岸线占用和形成等所需的数据,为海域使用有目标、有选择地重点跟踪监视监测提供数据支撑。无人机低空遥感系统的优势主要表现在 6 个方面:1)适合环境条件不明区域或高危险区域使用;2)费用低廉;3)审批与管制部门相对单一,目前无人机低空遥感只需到当地航空管制部门申请空域使用审批;4)灵活便捷,可随意选择最佳的视角,起降场地规格要求较低;5)无人驾驶飞行器安全性能好;6)影像具有高分辨率、大比例尺、高现势性的优势。

2 无人机遥感技术的应用

2.1 无人机低空遥感系统的技术路线

构建无人机低空遥感系统,首先对山东海阳核电厂主体工程(一期)进行航摄,获取所辖区域的影像,处理影像后,获取所需正射影像图,然后根据海域监测工作的需求,针对影像成果提取相关信息分析评价,为海域监管工作提供决策依据。其技术路线流程见图 1。

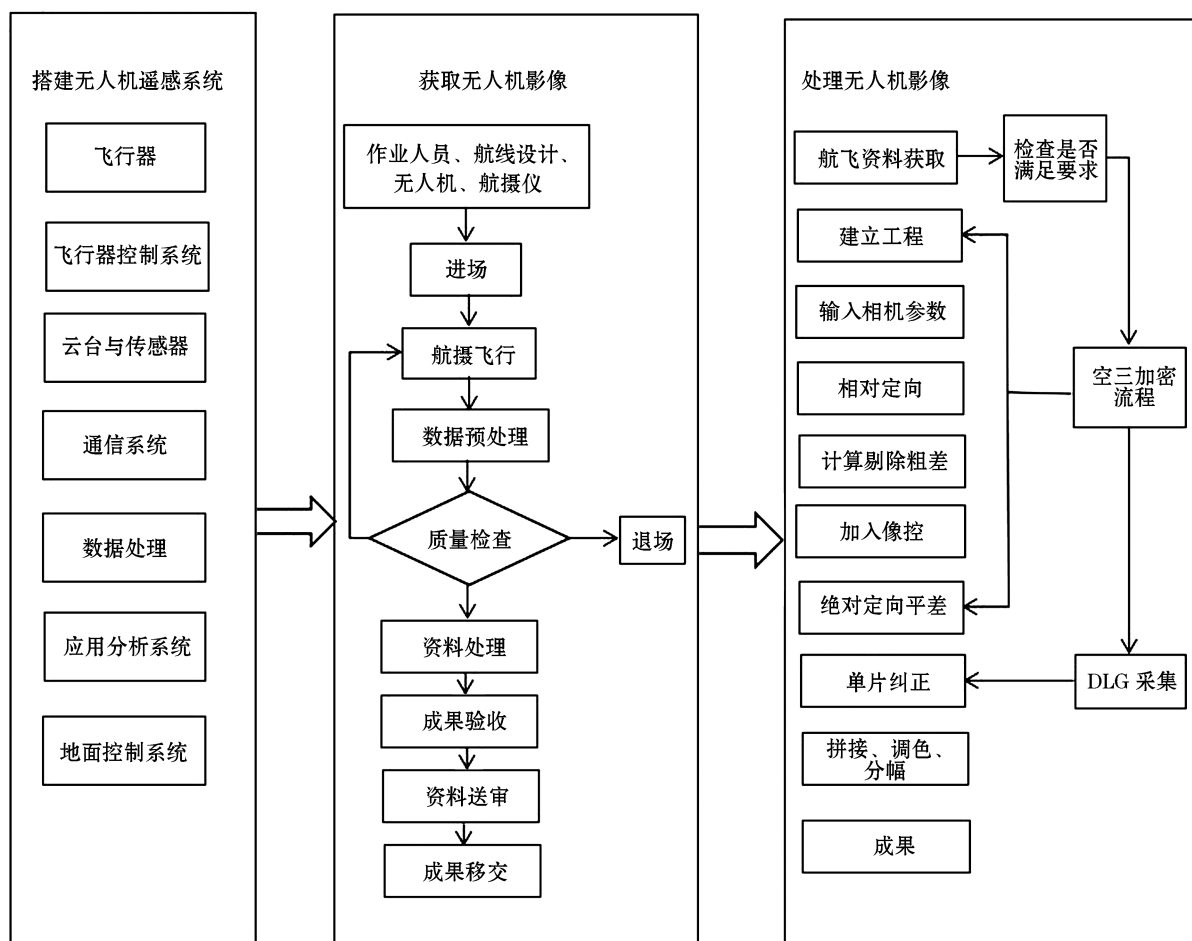


图1 无人机低空遥感系统的技术路线

Fig.1 Technical route of the UAV low altitude remote sensing system

2.2 高分辨率影像的获取

我们的无人机低空遥感系统中飞行器、飞行控制系统、云台与传感器、通信系统、数据处理、应用分析系统和地面控制系统实现了自动模块化作业与整合,携带轻便,搭建简单、快捷,等待卫星过境的时间短,并且不受传统航空遥感的航高限制,同时克服多云和阴天天气下传统的卫星光学遥感技术缺陷,为海域使用监视监测工作提供具有高现势性的支持性数据。

高分辨率影像的获取主要包括搭建无人机低空遥感系统、获取遥感影像、设计航线、计算工作量、安排计划和实施航拍等环节。利用携带的高清相机采集高分辨率的影像,最高精度可达 1 : 500 比例尺测图精度。

2.2.1 遥感影像的获取

遥感影像的获取过程为首先由项目需求单位(国家海洋局北海预报中心)联合项目实施单位(青岛中海基业海洋科技有限公司)向当地航空管制部门申请空域,空域使用批复后,设计航线(部分航线如图 2 所示);然后,根据计算工作量及气候条件,统筹安排飞行计划,并按计划实施航拍。航拍过程主要包括首飞联试、航拍实施、摄影时间选择、摄影成果自检、补摄与重摄等。航摄飞行技术参数见表 2。

2.2.2 遥感影像的处理

图像处理是遥感工作重要环节,包括顺序编号、姿态数据配准、航线复位、地理定标、拼接和压缩等步骤,其中通过地理定标生成正射影像以及图像的拼接是后期图像应用的必要和关键的步骤^[7]。

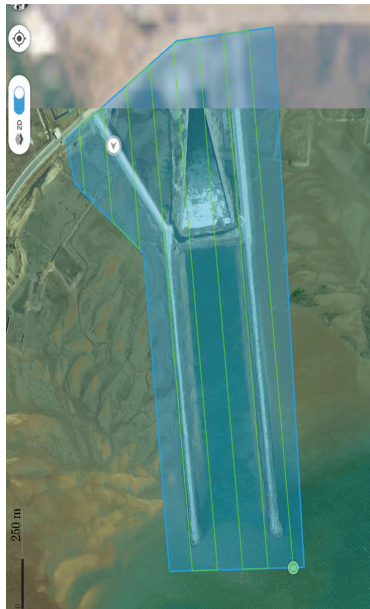


图 2 排水口无人机航飞设计示意图
Fig.2 A sketch map of UAV flight design
at an water outlet

表 2 遥感影像获取过程中主要摄区航摄飞行技术参数
Table 2 Technical parameters of aerial photography
flight in the main shooting areas in acquiring
the remote sensing images

参 数	区域 1	区域 2	区域 3
面积/hm ²	67	64	34
焦距/mm	35	35	35
相对航高/m	125	150	120
航向重叠 $p/\%$	85	85	85
旁向重叠 $q/\%$	65	65	65
测区有效航片数/张	530	355	338

注:合计拍摄测区有效航片 1 223 张

与传统的卫星遥感不同,无人机虽然大幅度地提高了影像的空间分辨率,但是因受到飞行高度、相机焦距的限制,单张影像的覆盖范围比较小。无人机系统平台在飞行过程中受飞行姿态、空中气流以及地形等因素的影响,拍摄的影像往往出现几何畸变,所以,需要对其进行正射投影校正^[8],主要利用小型无人机影像和无人机系统自身记录的 POS 姿态参数等辅助数据,对无人机影像进行快速匹配、拼接和纠正处理,并配合一

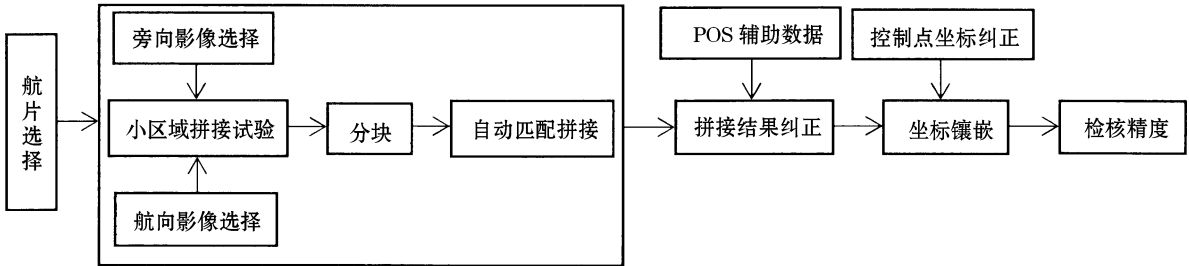


图 3 无人机影像的处理流程
Fig.3 Data processing flow of UAV images

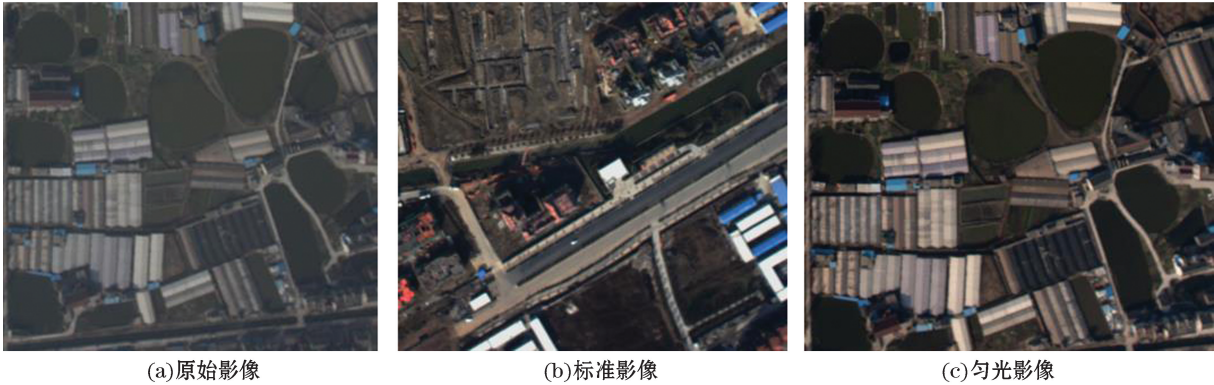


图 4 匀光处理
Fig.4 Dodging processing

定的地面控制点进行坐标纠正。由于照片拍摄并不是同一时间以及各种其他原因影响,导致生成的正射影像明暗度不统一,因此这些影像需要匀光处理,匀光处理之后我们通过实测点检核影像精度,符合限差。无人机影像处理流程如图 3 所示,匀光处理和特殊区域匀光处理如图 4 和图 5 所示。

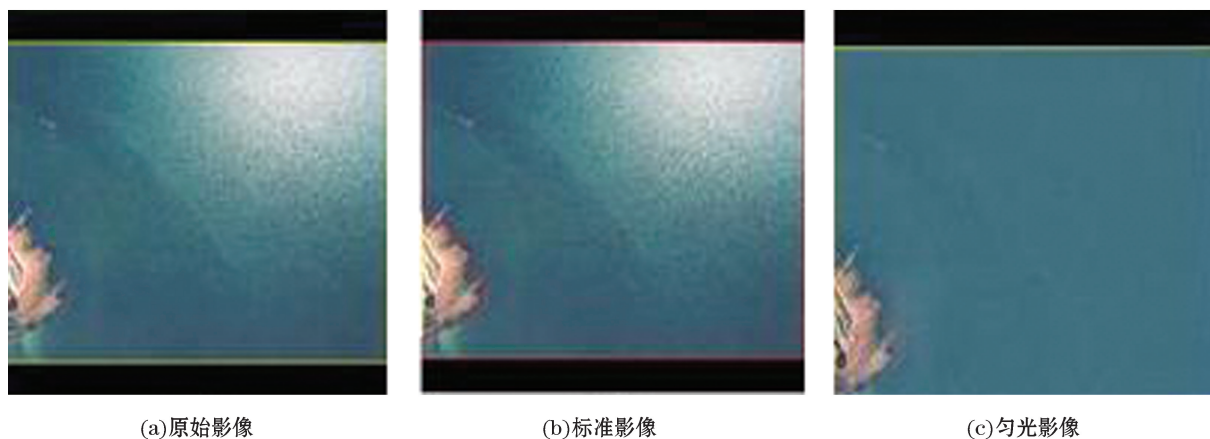


图 5 特殊区域匀光处理

Fig.5 Dodging processing of special areas

2.2.3 生产影像成果和影像的分析应用

利用 pix4d mapper 软件,将航空正射影像生成常用的影像格式,并进行标准分幅,建立标准分幅元文件和管理文件,形成标准分幅成果图。

首先,利用无人机搭载高清相机获取所研究海域影像并形成正射影像图,将该图作为海域使用监视监测工作的原始底图。原始底图可为国家级海域使用监管业务常态化提供基础数据支持。之后,利用无人机拍摄获取正射影像,将前后拍摄的正射影像图采用相同坐标系统,在新正射影像图上勾画出批复区域及实际填海区域,对比计算超填区域面积,将新拍摄正射影像图与工作底图叠加,进而对比分析评价,检查当前拍摄的区域现实情况,如有填海、围海和构筑物等海域使用疑点疑区,将判定范围进行标识,初步确认影响区域,通过现场手段进行取证并了解实际问题情况,便于针对性处置,为海域使用管理赢得主动。利用无人机辅助海域使用监视监测工作的管理,可以一定程度地解决工作效率低和范围确认困难等问题,体现出无人机精准、高效、灵活、便捷的特点,进一步提高海域使用管理工作水平。影像分析成果见图 6。

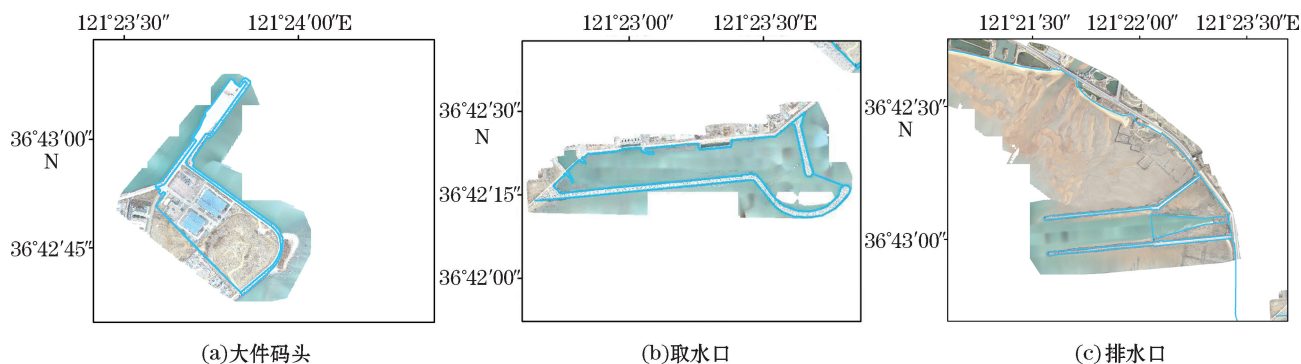


图 6 大件码头、取水口排水口和影像分析成果

Fig.6 Image analysis results of heavy cargo wharf, water intake and water outlet

3 结 论

无人机低空遥感系统具有自动数据提取及分析的优势,能够到达载人飞行器无法到达的复杂或危险地区空域,通过智能飞控系统和轻巧紧凑的机身可以实现以下功能:

1)精准定位,进行重点保护。海域监管行政主管部门需要实时动态监视监测海域使用情况,观测和分析海洋环境保护和改善情况、污染损害防治和进展情况。海域监管行政主管部门可根据其需求,划定重点关注的区域,利用无人机低空遥感系统自动、便捷、高效、低成本地获取监管区内高分辨率的遥感影像。

2)高现势性与高便捷性。在卫星遥感系统分析的数据中获得宏观数据,根据具体需求选定监管区域,利用无人机的高机动性,在可见度较高的天气条件下,进行该区域整体长时间详细数据提取分析,实现数据的高现势性,从而使海域监管工作无论是全局还是重点细节的数据都清晰明了。同时,对高分辨率遥感影像数据的分析也可以了解监管区内环境整体情况,利用提取监管区内植被的种类、面积、等级等所需的多方面综合型数据,并根据类型进行分类分析统计等研究,从而为重点关注的监管区域,有目标、有选择地跟踪保护提供数据支撑。

3)响应迅速。快速应对各种突发性海洋环境保护工作需求,对影响海洋环境的突发性赤潮、溢油、风暴潮等海洋灾害信息进行及时采集,如提取赤潮或溢油的范围、扩散轨迹,识别灾害类型、等级,并进行分类统计;提取风暴潮受害范围,并进行灾情损失评估。为海域监管保护行政主管部门在海洋执法监管、违法占用海域、监视海洋环境保护、海洋资源保护、海洋污染损害防治、风暴潮防御提供及时响应辅助,其快速、安全、低成本的特点是卫星和普通航空遥感方式所无法比拟的。

为全面掌握国管围填海项目建设、实施进展和实际开发利用状况,及时发现和防范用海活动对周边海域造成重大不利影响,促进海域资源节约集约利用和有效保护,海域监管主管部门通常采用卫星遥感和有人机航空遥感等传统方式,花费大量人力、物力、财力深入现场进行勘查,了解海域使用相关情况。这些传统手段成本高、效率低、机动性差,难以适用于范围小、时效性要求高、频率强的要求。

无人机低空遥感系统作为卫星遥感和有人机航空遥感有效的补充手段,具有机动灵活、响应迅速,低空作业、突出重点、分辨率高、高现势性、成本低和安全性好等优点,适合在海洋执法监管、违法占用海域、海洋环境保护、海洋资源保护、污染损害防治、堤防岸线滩涂保护、污染防治和水生态修复等业务领域广泛应用。

无人机低空遥感系统在海域监管中具有较强的实用性,可延伸到海洋湿地保护植被数量及种类统计,海洋环境及湿地环境有目标有选择的重点跟踪保护,利用无人机平台搭载光谱仪等专业设备,可以完成定位赤潮发生区,定量赤潮面积,监视赤潮发展趋势,定位突发溢油事件,估算溢油面积,监视溢油扩散情况及漂移路径等监测工作,更好地为海域监管和海洋环境保护提供辅助决策。

参考文献 (References):

- [1] ZHANG H W, WANG F. Marine power strategy: an integral component of national strategy for China[J]. Journal of International Security Studies, 2013(6): 57-69. 张海文,王芳. 海洋强国战略是国家大战略的有机组成部分[J]. 国际安全研究, 2013(6): 57-69.
- [2] LÜ H Y. Development and technology of UAV[J]. World Sci-Tech R&D, 1998(6): 113-116. 吕厚谊. 无人机发展与无人机技术[J]. 世界科技研究与发展, 1998(6): 113-116.
- [3] TIAN K. The application prospect of UAV in hydrological monitoring[J]. Xiandai Nongye Keji, 2013(17): 221-222. 田凯. 无人机在水文监测中的应用前景[J]. 现代农业科技, 2013(17): 221-222.
- [4] JIN W, GE H L, DU H Q, et al. Development and application of UAV remote sensing[J]. Remote Sensing Information, 2009(1): 88-92. 金伟,葛宏立,杜华强,等. 无人机遥感发展与应用概况[J]. 遥感信息, 2009(1): 88-92.
- [5] CAO H T, ZHANG Z N, LI M, et al. The application of UAV remote sensing in marine monitoring[J]. Marine Information, 2015(1): 51-54. 曹洪涛,张拯宁,李明,等. 无人机遥感海洋监测应用探讨[J]. 海洋信息, 2015 (1): 51-54.
- [6] LI Z Q, TANG W, ZHANG Z, et al. On the applications of UAV technology in maritime surveillance monitoring[J]. Ocean Develop-

- ment and Management, 2014(7): 42-44. 李忠强, 唐伟, 张震, 等. 无人机技术在海洋监视监测中的应用研究[J]. 海洋开发与管理, 2014(7): 42-44.
- [7] ZHANG Y N. Discussion on application of UAV low-altitude remote sensing marine monitoring[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2013, 36(8): 143-145. 张永年. 无人机低空遥感海洋监测应用探讨[J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(8): 143-145.
- [8] WANG F, SONG S L, GE Q Z. Prospect on the application of UAV in marine survey[J]. Ocean Development and Management, 2013(2): 44-45. 王芳, 宋士林, 葛清忠. 无人机在海洋调查中的应用前景展望[J]. 海洋开发与管理, 2013(2): 44-45.

Preliminary Application of UAV Low-Altitude Remote Sensing System in Maritime Surveillance and Monitoring

JIANG Wan-jun^{1,2}, YIN Zhong-hui^{1,2}, TAO Jin-bo^{1,2}, MA Hai-jing^{1,2}, LIU Ai-dong³

(1. North China Sea Marine Forecasting Center of SOA, Qingdao 266061, China;

2. Qingdao Oceanic Environmental Monitoring Central Station of SOA, Qingdao 266061, China;

3. Marine and Fishery Supervision Detachment of Rizhao City, Rizhao 276800, China)

Abstract: In the light of preliminary application of UAV remote sensing system in dynamic surveillance and monitoring of sea area use, we have tried to get high-resolution remote sensing images by using UAV remote sensing system in the Haiyang Nuclear Power Plant of Shandong Province. Through the analysis and processing of the remote sensing images, the reclamation information is extracted and studied to provide data support for the surveillance and monitoring of sea area use. The results indicate that the UAV low-altitude remote sensing system has the advantages of flexibility, rapid response and high resolution and can reach to the complex or dangerous airspaces where no manned aircraft can reach. Therefore, the application of UAV remote sensing system has high feasibility in the surveillance and monitoring of sea area use. In the future, this system can equip with some specialized devices such as spectrometers to collect relevant information and to provide safeguard for a better supervision of marine environment.

Key words: UAV; low-altitude remote sensing system; sea area surveillance and monitoring; image analysis

Received: July 17, 2018