

机载小型 SAR 研发与海洋溢油监测试验研究

宋莎莎¹, 赵宇鹏¹, 王岩飞², 安伟¹

(1. 中海油能源发展股份有限公司北京安全环保工程技术研究院 天津 300457; 2. 中国科学院电子学研究所 北京 100190)

摘要: 基于海上溢油监测需求, 自主研发了小型合成孔径雷达(SAR), 并基于机载平台开展海上监测试验, 进行应用测试。研发的小型 SAR 工作在 C 波段, 极化方式为 VV, 质量 24 kg, 可搭载于有人或无人飞行器, 对较大面积海域进行实时连续成像, 在获取设定分辨率的 SAR 实时影像的同时, 完整记录原始回波信息, 可进一步地面处理生成精细影像。2015 年 8—9 月在山东烟台威海近海域开展了机载小型 SAR 海洋监测试验, 获取了海上目标包括平台、船只、浮筏和海上疑似油膜现象的 SAR 影像, 成像良好。海上试验研究表明, 小型 SAR 可以提供高质量的海面 SAR 影像数据, 为海面目标及油膜的实时监测提供有利支持。

关键词: 小型 SAR; 飞行试验; 海洋监测; 溢油

中图分类号: P7

文献标志码: A

文章编号: 1005—9857(2017)05—0087—04

The Aerial Minitype SAR Development and Experiment on Marine Oil Spill Monitoring

SONG Shasha¹, ZHAO Yupeng¹, WANG Yanfei², AN Wei¹

(1. Beijing Security Environmental Protection Engineering Technology Research Institute, CNOOC Energy Technology & Services Limited, Tianjin 300457, China; 2. Institute of Electrics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: Minitype SAR was developed to realize the near real time monitoring of oil spill, and experiment on airborne platform was carried out for application test. The minitype SAR was developed to work on C band, VV polarization, with the weight of 24 kg and finest resolution of 0.5m, and could be aboard on manned and unmanned aerial vehicles. The minitype SAR made the real time and continual imaging of large coverage available, and recorded the original signals for fine imaging further back to ground. The experiment was carried out in August and September of 2015 in Yantai and Weihai offshore waters, with the mini SAR on board the cruiser of State Oceanic Administration. Images of oil rigs, vessels, floating rafts and oil-look-likes were acquired with good quality. It was indicated that the mini SAR provided high quality SAR images, supporting the oil slick detection and marine monitoring.

收稿日期: 2017-03-06; 修订日期: 2017-03-27

基金项目: 中国海洋石油总公司科技项目“海上溢油卫星自动识别和预警业务化系统研发”(CNOOC—KJ 125 ZDXM 25JAB NFCY 2012—01)。

作者简介: 宋莎莎, 工程师, 硕士, 研究方向为海上溢油污染防治技术研究, 电子信箱: songshsh2@enooc.com.cn

Key words: Mini type SAR,Flight experiment,Marine monitoring,Oil spill

海上溢油污染危害严重,海上溢油监测是当今海洋环境监测的重要内容之一。目前广泛应用的 SAR 卫星遥感受重访周期的限制,不能实现溢油的实时、灵活监测;地面监视监测存在工作量大、人力成本高等问题;远程视频监控则存在拍摄范围较小等问题。机载 SAR 系统的研制工作起始于 20 世纪 70 年代,发展至 90 年代逐步进入应用阶段^[1]。机载 SAR 在海洋环境监测如海冰、风场、海浪、内波探测中得到应用^[2-6]。随着机载 SAR 研发技术的进步和对无人机应用需求的增加,对小型化 SAR 设备的需求也在增加,为海洋监测应用提供了新的选择。机载小型 SAR 遥感监测与卫星 SAR 遥感监测相比,可搭载到有人机、无人机等飞行平台上,按预定航线自主飞行、摄像,获取高分辨率遥感监测数据,具有灵活、机动、监测成本低及时效性强、适用于低空监测等应用优势,可以有效弥补卫星遥感监测的不足,是对传统海洋监测技术的良好补充和有效提升^[7-8]。常规监测或事故应急监测时,将设备安装到飞行平台上,便可对海上溢油污染状况进行实时、灵活、全天时全天候的监测,为事故现场指挥、辅助调查取证与事故评估提供支持,为海上溢油立体化监测提供保障,切实提高海洋溢油监测综合技术水平。

1 小型 SAR 设备研发

小型 SAR 搭载于机载平台,可对较大面积海域进行连续实时成像,并完整记录原始回波信息,也可在具备无线传输链路的条件下从机上通过链路传输至地面进行接收显示。为满足小型 SAR 设备搭载于有人或无人飞行平台的需求,在满足小型 SAR 设计性能要求的同时,研发中重点考虑小型 SAR 设备的轻型化和小型化设计。

1.1 小型 SAR 设备组成

小型 SAR 设备包括机载部分和地面部分。机载部分包括天线及其稳定平台、固态发射机和综合电子单元(图 1)。

天线及其稳定平台:天线采用贴片微带形式,在满足天线增益的条件下,微带天线具有重量轻、

天线副瓣低、加工制作周期短等技术优势,适合小型 SAR 采用。为减轻重量,天线稳定平台采用方位和横滚两轴稳定机构。

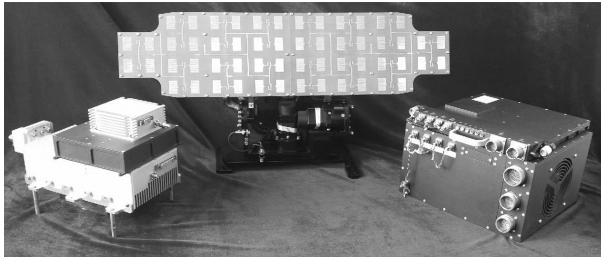


图 1 小型 SAR 机载部分组成

地面部分是数据回放与成像单元,将机上综合电子单元记录的数据转换为成像处理单元可以访问的原始数据,并对原始数据进行高精度成像,为海洋监测提供基础数据。

1.2 小型 SAR 加装适配设计

为了满足飞行平台的安装与使用要求,小型 SAR 的加装适配设计主要从结构安装、接口设计、振动设计、热设计以及防湿热盐雾等方面加以考虑。

以采用运 12 飞机为例,小型 SAR 的安装需要针对飞行平台进行适应性调整,天线与天线稳定平台挂装在机腹下天线罩内,固态发射机和综合电子单元根据互联关系和加装条件进行适当排布。与运 12 类似,基用无人机平台也可以采用类似的安装方式。

小型 SAR 与飞机的接口包括供电接口、遥控接口、实时数据接口、导航接口。同时针对机载环境和海上应用,还需考虑抗振动、传导散热以及防湿热、盐雾措施等。

1.3 小型 SAR 原理样机试飞

完成小型 SAR 设备制造及加装适配后,在内蒙古鄂尔多斯进行了小型 SAR 样机的外场飞行试验,共飞行了 2 个架次。根据飞行试验获取的数据,对小型 SAR 样机的技术指标进行测量与检验,具体结果如表 1 所示。

表 1 小型 SAR 技术指标测量结果

技术指标	指标要求			测量值		
波段	C 波段			中心频率:5.5 GHz, C 波段		
极化方式	VV			VV		
空间分辨率/m	0.5	1	3	0.48	0.96	2.6
测绘带宽/km	≥2	≥4	≥6	2.6	4.8	7.9
作用距离/km	≥6	≥8	≥10	6.9	6.8	12
观测方向	左右侧视			左右侧视		
工作电压(VDC)	24~30			28V±10%供电		
工作温度/℃	-15~ +45			-15~ +45		
工作环境湿度	20%~90%			20%~90%		
功耗/W	<500			476W		
整机质量/kg	24			23.8		
载机	Y12、无人机等平台			Y12、无人机等平台		

2 机载小型 SAR 海洋监测试验

2.1 试验情况

基于研制的小型 SAR 样机,开展海洋监测试验。2015 年 8 月 27 日至 9 月 16 日,在山东烟台进行了 4 次机载小型 SAR 海洋监测试验。海上飞行试验采用的飞行平台为运 12 有人机,巡航速度为 292 km/h。试验共飞行 4 个航次,受航空管制等限制,飞行高度最高 3 100 m,主要对海上平台、航道等重点区域进行了观测,具体见表 2。

表 2 机载小型 SAR 海洋监测试验航次

序号	飞行时间	飞行高度/m	试验区域
1	2015 年 8 月 31 日 上午 9:20—11:30	700	海上
2	2015 年 9 月 4 日 上午 9:10—12:50	3 100	海上钻井平台区域
3	2015 年 9 月 13 日 上午 8:10—11:20	1 600	海上钻井平台区域
4	2015 年 9 月 13 日 下午 12:15—16:30	1 600	海上航道

2.2 数据情况

通过本次飞行试验,获取了海上舰船、养殖基

地、海浪、疑似油膜现象等的高分辨率 SAR 图像。图 2 是烟台海岸附近影像,图 2 中右侧散布着海面强后向散射目标,考虑近岸海域,合理判别该亮目标为船舶,同时图中分布有黑色条纹状类油膜现象。图 3 是威海海岸的小型 SAR 图像,能够对养殖情况、船舶动态、港口等不同目标进行监测。图 3(a)中,港口、码头、船只、养殖区清晰可见;图 3(b)中可以清楚的分辨出养殖浮筏的条状细节结构,海面波浪条纹也可清楚观察到。

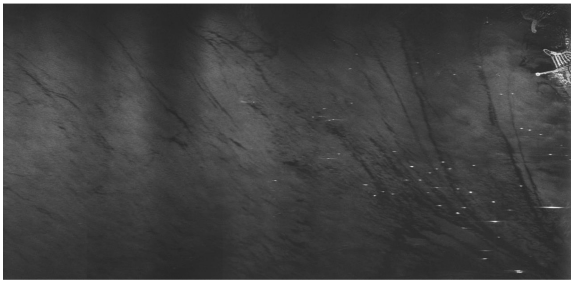
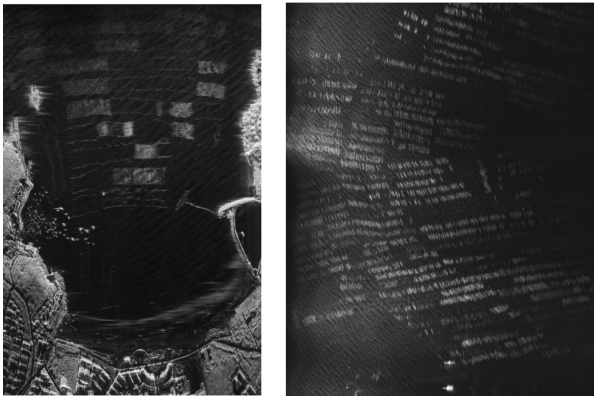


图 2 烟台海岸小型 SAR 获取的影像



(a) 海面场景物 (b) 海面养殖浮筏

图 3 威海海岸小型 SAR 获取的影像

2.3 数据解译

小型 SAR 设备机上实时成像,响应速度快,可在溢油应急情况下快速提供海面油膜位置。但机上实时成像分辨率相对较低,本试验中为对海面目标及海面暗斑进行精细识别,利用 SAR 成像处理软件对 SAR 原始数据进行回放成像,SAR 原始数据经过高速回放与高分辨率处理后,生成 SAR 图像二级产品。此时的图像没有经纬度信息。通过 SAR 图像处理软件的几何精校正(图像配准处理),得到带有经纬度信息的三级图像产品(图 4(a))。对几

何校正后的 SAR 图像进行类油膜暗目标识别^[9-10],结合形状、纹理、后向散射特征,提取类油膜现象轮廓见图 4(b),从而获取类油膜目标位置、分布和面积等,类油膜现象面积约 4.6 km²。

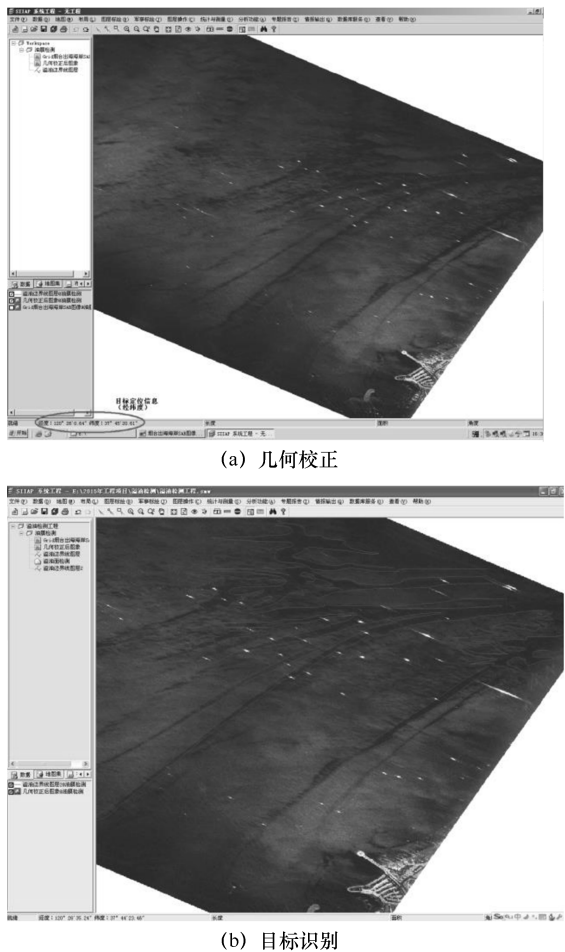


图 4 小型 SAR 影像解译

3 结论与讨论

研发了可搭载于有人或无人飞行器的小型 SAR 原理样机,初步的海上监测试验表明,小型 SAR 传感器可对各种海面场景进行成像,对海面船

只、平台、港口码头、养殖区、海面暗斑成像清晰,辨识度高,可用于近实时的溢油监测识别,有效补充海面卫星遥感监测的周期性限制。

由于试验条件限制,试验过程中未开展同步光学图像的采集与对比分析。下步将在实际海面监测中对该小型 SAR 设备继续完善,并增加红外、光学等传感器,实现机载光学与 SAR 小型设备的联合监测。

参考文献

[1] 曲长文,何友,龚沈光.机载 SAR 发展概况[J].现代雷达,2002,24(1):1—10.

[2] 蒋旭惠,张汉德,董梁,等.机载 SAR 在海冰航空监测中的应用研究[J].海洋开发与管理,2014,31(5):44—47.

[3] 刘文俊,孔毅,赵现斌,等.基于交叉谱法的 C 波段机载 SAR 海浪反演[J].解放军理工大学学报,2014,15(4):380—385.

[4] 刘丽娜,陈曦,赵现斌,等.机载 SAR 探测海面风场、海浪和海洋内波方法的分析与研究[J].气象水文海洋仪器,2012(2):6—10.

[5] 张珣.机载 SAR 图像的海冰检测方法的研究[D].大连:大连海事大学,2012.

[6] 高志远,王秋玉.基于机载 X—SAR 海浪监测系统的设计[J].测控技术,2011,30(7):115—118.

[7] LIU P,LI X,WANG W,et al.Oil spill detection with fully polarimetric UAVSAR data[J].Marine Pollution Bulletin,2011,62(12):2611—2618.

[8] JONES C E,MINCHEW B,HOLT B,et al.Studies of the deepwater horizon oil spill with the UAVSAR radar[J].Geophysical Monograph,2011,195:33—50.

[9] 宋莎莎,赵宇鹏,苏腾飞,等.海上溢油 SAR 遥感监测及溢油漂移快速数值预报技术研究[J].遥感技术与应用,2013,28(5):928—933.

[10] 宋莎莎,赵宇鹏,安伟,等.海上溢油 SAR 遥感监测及溢油漂移快速数值预报技术研究[J].海洋科学进展,2016,34(1):138—146.