

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.03.07
引用格式: 王义,李丽.南海油气钻井平台遥感监测研究[J].中国地质调查,2021,8(3): 58-63. (Wang Y, Li L. Remote sensing monitoring for the oil and gas platform in the South China Sea [J]. Geological Survey of China, 2021, 8(3): 58-63.)

南海油气钻井平台遥感监测研究

王义, 李丽

(中国自然资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要: 南海油气资源储量巨大,近年来周边国家对该海域油气资源的争夺日益白热化,南海领土及油气资源归属的矛盾日益突出,及时监测海上油气钻井平台的分布及其变化状况,对维护国家海洋权益和海洋资源环境保护具有重要意义。针对南海油气钻井平台的监测问题,从遥感影像的数据源选择和识别方法2个方面对近年来南海油气钻井平台的遥感监测情况进行了分析总结,同时聚焦目前对南海油气钻井平台的监测需求,分析了当前研究面临的问题和挑战,提出了下一步研究方向。
关键词: 南海; 油气钻井平台; 遥感监测
中图分类号: TP751; TP79; TE52 文献标志码: A 文章编号: 2095-8706(2021)03-0058-06

0 引言

南海蕴藏着丰富的油气资源^[1]。近年来,南海周边国家对南海油气资源的开采力度不断加大,油气开采状况变化很快^[2-3],严重侵害了我国的海洋资源权益。常规的现场调查方法因距离、成本、效率等诸多原因无法满足大范围海域调查的需求,而遥感技术的发展为海上油气钻井平台的监测提供了良好契机^[4-6]。遥感技术不受地域和人为因素的影响,能够克服南海海域现场调查困难的问题。近10 a卫星发射进入快速上升通道,遥感卫星数量日益增多,卫星种类更丰富、空间分辨率更高、覆盖范围更广、重访周期更短等优势越发明显,为海上油气钻井平台分布及变化状况的遥感监测提供了丰富的数据源。国内外学者充分挖掘遥感影像信息的内涵,研究发展了一系列适合不同影像类型的海上钻井平台位置提取方法与策略,也尝试了对平台开发及变化状况的初步监测。本文对近年来学者们在海上,特别是南海海上油气钻井平台遥感识别和监测的研究成果进行了概括总结。主要从遥感影像的数据源选择和识别方法2个方面进行阐

述,并结合目前海上油气钻井平台的监测需求,分析了当前研究面临的问题和挑战,提出了下一步研究方向。

1 海上油气钻井平台遥感监测数据源

随着遥感技术的快速发展,研究人员开始逐步利用各种类型的遥感影像开展海上油气钻井平台的识别和监测研究,包括夜间灯光/火光影像、合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)影像、光学影像以及多源遥感影像,等等。海上油气钻井平台大小不一,长度范围从几十米到一二百米不等,宽度则以几十米为主。且平台构造多以金属结构为主,在遥感影像上与海洋背景对比强烈,形状规则,多呈线条状或块状。

1.1 夜间灯光/火光影像

1973年,Croft^[7]利用从美国空军DAPP系统获取的夜间灯光影像对油气田中废气燃烧进行监测分析,并认为该研究可加强对世界范围内的油气资源开发情况的分析。Elvidge等^[8-10]利用美国的DMSP/OLS灯光数据进行了全球尺度的废气燃烧监测,包含了对海上油气平台废气的燃烧监测。随

收稿日期: 2020-11-13; 修订日期: 2021-05-09。
基金项目: 中国地质调查局“南海**及油气井遥感综合调查与监测(编号: DD20201117)”项目资助。
第一作者简介: 王义(1985—),男,助理研究员,主要从事最优化方法和遥感图像处理研究。Email: wangyi_985@163.com。
通信作者简介: 李丽(1982—),女,正高级工程师,主要从事遥感图像处理方法及应用研究。Email: lileey2010@163.com。

着技术的进步,美国发射的 Suomi NPP 环境监测卫星所搭载的可见光/红外成像辐射仪(Visible Infra-red Imaging Radiometer, VIIRS)将灯光数据的分辨率提高了一倍。Elvidge 等^[11]利用 VIIRS 数据对海上废气的燃烧点(包含海上油气钻井平台)进行了识别。苏伟光^[12]利用 DMSP/OLS 数据提取了马来西亚和越南 2007—2012 年间在我国“九段线”领海内建造的油气钻井平台情况。李强等^[13]利用 VIIRS 数据开展了珠江口盆地海上油气钻井平台提取技术研究。然而,夜间灯光/火光数据的空间分辨率比较低,多为 450 m 以上甚至 1 000 m 左右,而海上油气钻井平台的大小多在数十米和百米级别,因而识别精度较低且不能分辨出位置较近的平台。同时,利用该类型数据可能忽略没有或仅有少量伴生天然气燃烧的平台。

1.2 合成孔径雷达影像

合成孔径雷达影像技术近年来得到了迅猛发展。SAR 影像具有全天时、全天候和不受天气条件影响等优势。海上油气钻井平台的上层建筑多为金属结构,对微波雷达信号能产生很强的反射作用,在 SAR 影像中以亮目标的形式出现,便于识别和提取。2007 年,张露等^[14]利用 SAR 影像识别包括海上油气钻井平台在内的海上静止目标。Peng 等^[15]利用先进的合成孔径雷达(Advanced Synthetic Aperture Radar, ASAR)数据识别了南海西部的海洋油气钻井平台分布。2012 年, Casadio 等^[16]完成了利用 SAR 影像和顺轨扫描辐射计(Along-Track Scanning Radiometer, ATSR)提取海上油气钻井平台的研究。2013 年,王加胜等^[17]利用 ASAR 数据(150 m 分辨率)实现了对越南东南海域海洋油气钻井平台的提取。2014 年,万剑华等^[18]利用 1 景 RadarSat-2 数据(10 m 分辨率)和 2 景 TerraSAR-X 数据(2 m 分辨率)对南海某区域的油气钻井平台进行了提取和研究。2019 年,张静^[19]采用 RadarSat-2 影像(100 m 分辨率)和 GF-3 雷达影像(40 m 分辨率)对我国南海北部湾盆地和珠江口盆地的海上油气钻井平台进行了提取和研究。相较于夜间灯光影像数据, SAR 影像具有较高的空间分辨率(<150 m),可以提高海洋油气钻井平台识别的准确性。常用的 RadarSat-2 卫星可提供多种工作模式的产品,分辨率范围为 1~100 m,重访周期为 24 d,幅宽最大为 500 km×500 km。但是, SAR 影像的采集效率较低,成本高,无法满足南海大范围区域

万方数据

覆盖和识别的要求。而且雷达影像存档数据较少,不能进行长时期历史开发过程的动态监测。

1.3 光学影像

相比雷达影像,光学影像具有更丰富的光谱信息。随着传感器种类越来越丰富,卫星重访周期越来越短,光学影像在采集效率和频次、覆盖范围等方面都更具优势。近 10 a 来基于光学影像(以 Landsat TM/ETM+/OLI 影像为主)的海上油气钻井平台提取的研究逐渐增多。孟若琳等^[20]采用 Landsat TM 影像对海上船舶和油气钻井平台进行了识别,但未区分海上油气钻井平台与船舶目标。2016 年, Liu 等^[21]采用 Landsat-8 OLI 影像提取了泰国湾、墨西哥湾和波斯湾 3 个海域的油气平台。赵赛帅等^[22]采用 Landsat 影像筛选出南海南部的海洋油气钻井平台。Landsat 系列光学卫星影像的空间分辨率可以达到 30 m,全色波段分辨率为 15 m,重访周期为 16 d,幅宽为 185 km×185 km,主要覆盖范围为陆地及近海区域。从 1980 年至今已有近 40 a 的光学影像存档数据,便于开展油气钻井平台历史开发过程的动态监测。但光学影像的一个缺点是多变的海洋天气,云雨天气对影像提取质量有较大影响。此外,单一的光学影像数据源所能提供的信息有限,不能满足海上油气钻井平台的属性提取(位置、大小、水深、类型等)和动态监测需求。

1.4 多源遥感影像

近 5 a 来,利用多源遥感影像开展南海油气钻井平台提取和动态监测的研究逐步成为热点。成王玉^[23]采用分步策略,首先利用 DMSP/OLS 夜间灯光数据获取南海油气钻井平台位置靶区,再采用 Landsat-8 OLI 影像提取平台的准确位置,最后利用早期遥感影像实现深度、类型等属性特征的提取。李强^[24]以珠江口盆地为例比较了 VIIRS 灯光数据和 RadarSat-2 雷达数据提取海上油气钻井平台的效果,进一步提取了整个南海的油气钻井平台分布情况。孙超^[3]综合利用灯光数据、雷达影像、光学影像开展了长时间序列的多源遥感影像的南海油气开发活动监测研究,更为详细地提取了海上油气钻井平台的位置、属性以及石油产量的信息。目前,用于海上钻井平台信息提取的光学影像多为中等分辨率(30 m)卫星数据,随着米级高分辨率卫星数据的广泛应用,利用多源遥感卫星数据,尤其是高分辨率卫星数据开展油气钻井平台监测的研究将会越来越多。

2 海上油气钻井平台识别方法

当前海上油气钻井平台遥感监测的主要工作集中在平台位置的识别方法研究上,此外,对平台其他要素(深度、年龄、类型)的监测工作也已经初步展开。在海上油气钻井平台位置的识别方法方面,除了采用人工目视解译方法外,针对不同类型遥感影像,国内外学者研究发展了适合相应影像类型的方法和策略。

2.1 夜间灯光/火光影像

在夜间灯光/火光数据方面,主要有阈值分割和空间滤波类方法,基本原理是利用油气钻井平台上灯光及废气燃烧塔的火光影像数据来提取目标,并与发出灯光的渔船进行区分。苏伟光^[12]采用目视解译方法从覆盖我国“九段线”领海区域的 DM-SP/OLS 数据中提取了海上油气钻井平台的位置。Casadio 等^[16]选用夜间顺轨扫描辐射计(Along Track Scanning Radiometer, ATSR)短波红外数据,将 2 倍探测器噪声强度作为固定阈值提取了北海区域 2008 年度海洋油气钻井平台的位置信息。Anejionu 等^[25]利用高通滤波器和双重阈值分割方法从夜间中分辨率成像光谱仪(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS)数据中分析了尼日尔三角洲天然气燃烧源分布变化。李强等^[13]在利用 VIIRS 数据开展南海北部海上油气平台提取研究时,提出了一种卷积运算临界值法,提高了阈值选取的准确度。虽然夜间灯光/火光数据的海上油气钻井平台识别的精度较低,难以分辨单个平台与多个平台的集合,但该方法识别成本低、速度快,适合初期圈定海上油气钻井平台的目标区域。

2.2 SAR 影像

海上油气钻井平台遥感影像特征与海上舰船相似,因而基于 SAR 影像的海上油气钻井平台识别方法通常首先借鉴海上舰船识别的方法识别出海上目标;其次,海上油气钻井平台本身具有位置不变的特性,利用这一特性通过多时相海上目标的比对去除虚警完成钻井平台的识别。其中,舰船识别中的双参数恒虚警率(Constant False Alarm Rate, CFAR)方法^[26-27]通过滑动窗口中局部背景像素值的统计特性来计算每个窗口中目标的阈值,能够更好地适应海洋背景杂波的变化特性,成为海上油气平台提取使用最广泛的方法。Peng 等^[15]综合双参

数 CFAR 方法和多时相对比,从 4 景 ASAR 数据中识别了南海西部部分区域的海洋油气钻井平台分布。Cheng 等^[28]使用类似组合策略并提出固定目标自动匹配的三角形不变规则,提高了海洋油气钻井平台的识别精度。王加胜等^[17]在利用 2 景 ASAR 数据实现越南东南海域海洋油气钻井平台提取时同样使用了双参数 CFAR 方法。在这些针对局部海域的研究中,双参数 CFAR 方法均取得了较好的识别效果。但是方法本身的虚警率控制系数往往通过人为反复设置或根据经验值判断得来,过程复杂,结果的主观性较强。张静^[19]提出使用一种最大熵双参数 CFAR 方法,对自动确定虚警率控制系数进行了探索,并基于 2 景 SAR 影像提取了南海北部的油气钻井平台分布信息,识别结果更加客观。万剑华等^[18]基于 3 景南海某小范围区域的 SAR 影像验证了采用自适应滤波处理和多时相对比方法识别油气钻井平台的可行性。受限于影像精度和影像数据尤其是多时相影像获取的难度,上述基于 SAR 影像的研究多集中于局部区域海上油气钻井平台的识别。对大范围海域和大量遥感影像数据的场景,方法的识别效果和效率有待验证。同时需要加强自适应、自动化确定控制系数方面的研究。

2.3 光学影像

基于光学影像的海上油气钻井平台的提取方法以滑动窗口和多时相对比方法为主^[3]。基本原理是根据海上油气钻井平台在遥感影像的高亮特征与背景差异明显的特点,利用滑动窗口识别出初步的海上油气钻井平台目标。再根据海上钻井平台的位置不变特性,利用不同时期多时相影像的对比剔除虚警,识别出真实油气钻井平台目标。孟若琳等^[20]主要使用目标有无判定算法及迭代最优阈值分割滑动窗口进行目标识别的策略,对单一时期 Landsat TM 影像进行海上目标识别,大大提高了识别效率,但未能实现对海上油气钻井平台与船舶目标的有效区分。2016 年, Liu 等^[21]主要采用多层降噪优化和多时相对比策略并基于 Landsat - 8 OLI 影像提取了海上油气钻井平台。赵赛帅等^[22]采用滑动窗口和多时相对比策略在 Landsat 影像中提取了南海南部的海洋油气钻井平台分布,并初步对平台开发的历史过程进行了动态监测。成王玉^[23]采用多时相对比和分层筛选策略并基于 Landsat - 8 OLI 影像识别了南海全覆盖的海上油气钻井平台

空间位置信息。综上,基于光学影像识别方法的研究能够在南海大范围海域获得应用。

2.4 多源影像及其他要素的识别与监测

基于多源影像数据的海上油气钻井平台的识别方法多采用上述不同影像类型识别方法和策略的组合,来实现更加准确地识别钻井平台的位置信息。此外,也用于对钻井平台的其他要素(深度、年龄、类型等)进行初步识别和监测。

其中,成王玉^[23]综合利用 DMSP/OLS 夜间灯光数据和 Landsat - 8 OLI 光学影像识别了海上油气钻井平台的准确位置,再基于长时间序列的 Landsat - 8 影像,利用目视判别方法识别了平台年龄、类型等属性,基于英国海洋数据中心的水深数据识别了平台的深度属性,完成了南海油气钻井平台多要素的初步识别和监测。孙超^[3]综合利用灯光数据、雷达影像、光学影像,提出一种时序累加策略,结合顺序统计滤波、云掩膜噪声去除等技术,研发了一种适用于光学/雷达影像的海洋油气钻井平台位置的识别方法。此外,还提出了基于时间序列统计特征的平台属性识别方法,提取了平台的工作状态、大小/类型、生产任务等属性要素。在这些方法基础上开展了整个南海海域的海上油气钻井平台的识别与监测研究,取得了较好效果。由此可知,除油气钻井平台位置信息外的其他要素的识别和监测研究已经逐渐起步。

3 面临的问题和挑战

3.1 面临的问题

近 10 a 来,对于南海油气钻井平台的遥感监测研究逐渐展开。学者们研究了基于不同影像数据的油气钻井平台的识别方法,但也存在一些问题。

(1) 以往的研究主要集中在雷达影像数据,但受限于影像的数量和获取难易程度,多局限在局部小范围内开展可行性研究,不能满足大范围甚至整个南海区域的监测需求,对海上油气钻井平台历史开发进程的监测也存在不足;识别方法本身的虚警率控制系数尚需要人为反复设置或根据经验值判断,缺乏自适应、自动化确定控制系数方面的研究与应用。

(2) 基于光学影像的识别方法在南海较大海域范围内的实际应用中取得了较好的识别效果,但海洋云雨天气对光学影像提取数据的质量有较大影响,需开展影像去云技术的研究。此外,多时相比对的方法需要对大量影像数据进行处理和比对,工作量大。

(3) 基于多源遥感影像数据的南海油气钻井平台识别研究已初步展开,但这类研究需要组合利用多种影像数据源,通常要设计复杂的分步、筛选和识别策略,流程复杂且对处理解译经验要求较高,对不同监测区域是否具有普适性有待验证。

(4) 当前,米级高分辨率卫星影像应用越来越广泛,可为南海油气钻井平台识别和监测所用的影像数据越来越多,但基于海量高分辨率遥感影像的识别方法和策略的研究尚不多见。

3.2 挑战

随着南海周边国际形势的不断变化,油气资源越界开采的矛盾日益突出,对南海油气钻井平台的识别和监测提出了更高的要求,主要包括以下几个方面。

(1) 常态化监测的要求。近几年南海钻井平台增速加大,周边国家海上油气钻采活动日益频繁。以往局部区域和应急任务式的监测无法满足对南海油气资源保护的迫切需求,必须开展常态化遥感监测。

(2) 特定区域实时动态监测的要求。在特定油气盆地及其他国家越界开采情况严重的局部海域,钻井平台的状态在单月甚至单周时间内会发生明显变化。如何开展实时动态监测并快速获取其月变甚至周变的准确情况,对遥感影像数据源的获取能力和识别方法都提出了更高要求。

(3) 海量影像对自动化、智能化识别技术的要求。随着米级高分辨率卫星影像获得广泛应用,能够用于大面积、长时序多源卫星动态监测的影像数据量将越来越大。如何有效利用这些海量高分辨率数据来开展自动化智能化的海上钻井平台识别和监测是一项重大挑战。

4 结论与建议

综合来看,当前南海油气钻井平台的遥感监测研究并不能完全满足目前和今后一段时间内对油气钻井平台监测的需求。建议从以下 2 个方面加强研究并推动实际应用。

(1) 开展人工智能海上油气钻井平台识别工作,进行自动化、智能化识别技术研究和应用。近

年来,人工智能技术飞速发展,在遥感影像处理中获得广泛应用。人工智能技术能够从海量数据中自主学习经验,减少人工干预,自动化完成不同的处理任务。因而,人工智能技术为海上油气钻井平台自动化、智能化识别提供了一条很有前景的途径。

(2)利用高分多源卫星影像和自动识别技术,开展重点关注区域的常态化、实时动态监测研究。不断改进已有的识别方法和策略,提升识别效果并提高其自动化程度,满足特定区域常态化、实时化的监测需求,推进利用人工智能技术完成这一需求的研发和应用工作。

参考文献(References):

- [1] 陈建文,梁杰,张银国,等. 中国海域油气资源潜力分析与东海海域油气资源调查进展[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2019,39(6):1-29.
Chen J W, Liang J, Zhang Y G, et al. Regional evaluation of oil and gas resources in offshore China and exploration of marine Paleo-Mesozoic oil and gas in the Yellow Sea and East China Sea[J]. Mar Geol Quat Geol, 2019, 39(6): 1-29.
- [2] 张荷霞,刘永学,李满春,等. 南海中南部海域油气资源开发战略价值评价[J]. 资源科学, 2013,35(11):2142-2150.
Zhang H X, Liu Y X, Li M C, et al. Strategic value assessment of oil and gas exploitation in the central and southern South China Sea[J]. Resour Sci, 2013, 35(11): 2142-2150.
- [3] 孙超. 长时间序列多源遥感影像支持下南海油气开发活动监测研究[D]. 南京:南京大学, 2018.
Sun C. Dynamic Monitoring of Oil/Gas Development in the South China Sea Based on Long-period Time-series and Multi-source remote Sensing Images[D]. Nanjing: Nanjing University, 2018.
- [4] Fingas M, Brown C. Review of oil spill remote sensing[J]. Mar Poll Bull, 2014, 83(1): 9-23.
- [5] Holman R, Haller M C. Remote sensing of the nearshore[J]. Annu Rev Mar Sci, 2013, 5(1): 95-113.
- [6] Leifer I, Lehr W J, Simecek-Beatty D, et al. State of the art satellite and airborne marine oil spill remote sensing: Application to the BP deepwater horizon oil spill[J]. Remote Sens Environ, 2012, 124: 185-209.
- [7] Croft T A. Burning waste gas in oil fields[J]. Nature, 1973, 245(5425): 375-376.
- [8] Elvidge C D, Erwin E H, Baugh K E, et al. Satellite data estimate worldwide flared gas volumes[J]. Oil Gas J, 2007, 105(42): 50-58.
- [9] Elvidge C D, Imhoff M L, Baugh K E, et al. Night-time lights of the world: 1994-1995[J]. ISPRS J Photogramm Remote Sens, 2001, 56(2): 81-99.
- [10] Elvidge C D, Ziskin D, Baugh K E, et al. A fifteen year record of global natural gas flaring derived from satellite data[J]. Energies, 2009, 2(3): 595-622.
- [11] Elvidge C D, Zhizhin M, Hsu F C, et al. VIIRS nightfire: Satellite pyrometry at night[J]. Remote Sens, 2013, 5(9): 4423-4449.
- [12] 苏伟光. 多源卫星遥感海面溢油检测研究[D]. 北京:中国科学院大学, 2014.
Su W G. Oil Spill in Marine Detection Based on Multi-source Remote Sensing Satellite[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2014.
- [13] 李强,苏奋振,王雯玥. 基于 VIIRS 数据的油气平台提取技术研究[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(3): 398-406.
Li Q, Su F Z, Wang W Y. Research on oil and gas platform extraction technology based on VIIRS data[J]. J Geo-Inf Sci, 2017, 19(3): 398-406.
- [14] 张露,郭华东,韩春明. SAR 海上静止目标检测[J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(3): 321-325.
Zhang L, Guo H D, Han C M. SAR ocean stationary targets detection[J]. Remote Sens Technol Appl, 2007, 22(3): 321-325.
- [15] Peng C, Wang J, Li D L. Oil platform investigation by multi-temporal SAR remote sensing image[C]//Proceedings of SPIE 8179, SAR Image Analysis, Modeling, and Techniques XI. Pragu: SPIE, 2011.
- [16] Casadio S, Arino O, Minchella A. Use of ATSR and SAR measurements for the monitoring and characterisation of night-time gas flaring from off-shore platforms: the North Sea test case[J]. Remote Sens Environ, 2012, 123: 175-186.
- [17] 王加胜,刘永学,李满春,等. 基于 ENVISAT ASAR 的海洋钻井平台遥感检测方法——以越南东南海域为例[J]. 地理研究, 2013, 32(11): 2143-2152.
Wang J S, Liu Y X, Li M C, et al. Drilling platform detection based on ENVISAT ASAR remote sensing data: A case of south-eastern Vietnam offshore area[J]. Geogr Res, 2013, 32(11): 2143-2152.
- [18] 万剑华,姚盼盼,孟俊敏,等. 基于 SAR 影像的海上石油平台识别方法研究[J]. 测绘通报, 2014(1): 56-59.
Wan J H, Yao P P, Meng J M, et al. Research on detection method of the offshore oil platform based on SAR images[J]. Bull Surv Mapp, 2014(1): 56-59.
- [19] 张静. 最大熵双参数 CFAR 的油气平台提取与修正[D]. 兰州:兰州交通大学, 2019.
Zhang J. Extraction and Modification of Offshore Platform Based on Two-parameter CFAR with Maximum Entropy[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2019.
- [20] 孟若琳,邢前国. 基于可见光的海上船舶油井平台遥感检测[J]. 计算机应用, 2013, 33(3): 708-711.
Meng R L, Xing Q G. Detection of offshore ship and well platform based on optical remote sensing images[J]. J Comput Appl, 2013, 33(3): 708-711.
- [21] Liu Y X, Sun C, Yang Y H, et al. Automatic extraction of offshore platforms using time-series Landsat-8 Operational Land Imager data[J]. Remote Sens Environ, 2016, 175: 73-91.
- [22] 赵赛帅,孙超,王海江,等. 基于 Landsat 遥感影像的海上油气

平台提取与监测[J]. 热带地理,2017,37(1):112-119.

Zhao S S, Sun C, Wang H J, et al. Extraction and monitoring of offshore oil and gas platforms based on Landsat imagery[J]. Trop Geogr,2017,37(1):112-119.

[23] 成王玉. 南海油气钻井平台遥感提取研究[D]. 南京: 南京大学,2015.

Cheng W Y. Research on Extraction of Oil and Gas Drilling Platforms with Remote Sensing in the South China Sea[D]. Nanjing: Nanjing University,2015.

[24] 李强. 基于多源数据的南海油气平台检测及油气资源安全态势评价[D]. 兰州: 兰州交通大学,2016.

Li Q. Oil and Gas Platforms Detection and Oil and Gas Resources Security Situation Evaluate Based on Multi-source Data in the South China Sea [D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2016.

[25] Anejionu O C D, Blackburn G A, Whyatt J D. Detecting gas flares and estimating flaring volumes at individual flow stations using MODIS data[J]. Remote Sens Environ,2015,158:81-94.

[26] Eldhuset K. Automatic ship and ship wake detection in spaceborne SAR images from coastal regions [C]//International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Remote Sensing: Moving Toward the 21st Century. Edinburgh: IEEE,1988:1529-1533.

[27] Eldhuset K. An automatic ship and ship wake detection system for spaceborne SAR images in coastal regions [J]. IEEE Trans Geosci Remote Sens,1996,34(4):1010-1019.

[28] Cheng L, Yang K, Tong L H, et al. Invariant triangle - based stationary oil platform detection from multitemporal synthetic aperture radar data[J]. J Appl Remote Sens,2013,7(1):073537.

Remote sensing monitoring for the oil and gas platform in the South China Sea

WANG Yi, LI Li

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Natural Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: There are rich oil and gas resources in the South China Sea (SCS). In recent years, the striving for oil and gas resources in the SCS is increasingly intensive among the surrounding countries and the contradiction of the ownership of territory and oil and gas resources has also become increasingly apparent. Therefore, it is of great significance to protecting China's marine rights, resources and environment by monitoring the distribution and changes of the offshore oil and gas platform in time. In order to optimize the detection of oil and gas platform, the authors have summarized and analyzed the research of remote sensing monitoring on the oil and gas platform in the SCS from two aspects—the selection of the data source and the recognition method for remote sensing images. According to the current requirements of the oil and gas platform monitoring in the SCS, the authors have also analyzed the related problems and challenges, and put forward some suggestions for the future research.

Keywords: the South China Sea (SCS); oil and gas platform; remote sensing monitoring

(责任编辑: 常艳)