

DOI: 10.3963/j.issn.1671-7953.2018.02.019

# 基于 FerryBox 系统的渤海海峡表层海水水质及溢油监测

唐诚, 刘斌, 刘欣, 王业宝, 侯朝伟, 郑向阳, 张华  
(中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003)

摘要: 利用调查船上 FerryBox 系统集成 TriOS 的 Oil 探头和 CDOM 探头对渤海海峡表层海水进行观测, 获取冬季渤海海峡的水质分布数据, 分析发现 Oil 探头与 CDOM 探头数据具有很好的相关性, 渤海海区水质参数具有明显的分区特点, 其分布受海峡水动力的影响, FerryBox 的海水水质在线监测功能可以为海区环境监测、溢油探测等提供一种新思路。

关键词: FerryBox; 渤海海峡; 海水水质监测系统; 溢油探测  
中图分类号: U698.7 文献标志码: A 文章编号: 1671-7953(2018)02-0073-05

渤海海峡水域是黄海与渤海的分界线<sup>[1]</sup>, 其南北、东西向航道是各类船舶进出渤海各港口的主要航路, 船舶密度大, 是海上交通的一个重要水域<sup>[2]</sup>。其独特的地理位置决定了海域的重要性, 这一区域也成为海上溢油潜在的高风险地段。遥感技术一直以来是海上溢油监测的主要手段, 包括可见光遥感、红外遥感、微波遥感、激光荧光遥感和紫外扫描遥感等多种方法, 其主要缺点是空间分辨率普遍比较低, 探测灵敏度不高<sup>[3-5]</sup>。另一种方法是利用现场检测, 主要是对采样海水进行分析, 检测水体中有色溶解有机物 (colored dissolved organic matter, CDOM) 含量, 进而判断水体中有机物质浓度, 作为溢油的重要依据<sup>[6-7]</sup>。现场调查的缺点是受海况的影响, 一般是阶段性或者季节性海上站位调查, 航次之间时间跨度较大, 海水样品实验室分析周期长, 其调查结果不能反映海区的实时动态变化, 对溢油应急检测的响应不高。

FerryBox 是利用志愿船对表层海水水质进行连续自动检测的技术, 其技术越来越成熟, 在欧洲获得了广泛应用<sup>[8-9]</sup>。笔者利用 FerryBox 系统所集成的溢油探头, 在渤海海峡对表层海水进行断面调

查, 分析了该海区的溢油及水质的时空动态变化。

## 1 技术与方法

### 1.1 FerryBox 系统

一个标准的 FerryBox 系统主要包括水路循环系统、传感器、数据存储和传输系统、自动清洗系统四大部分 (见图 1)。其进水管路可以单独设计, 也可以从机舱内的潜水泵抽取, 进入水路循环系统的海水先通过脱泡器去除气泡, 移除海水中的泥沙后, 通过水路系统流经各传感器单元, 流量控制器可以控制水量与流速, 对流经探头的流速、压力进行设置, 以获得各传感器参数测定所需要的理想水压和流速, 之后水被排出至机舱外, 从而完成一个循环。系统设有水路分支, 可对海水进行单独取样, 以用于室内校准或者其他分析。

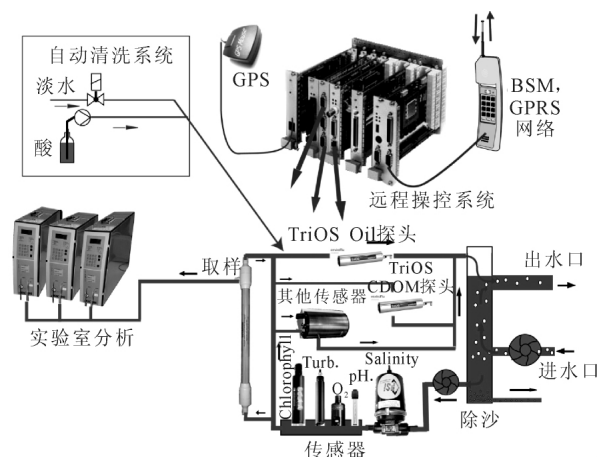


图 1 FerryBox 结构原理示意  
(图片由合作伙伴 Wilhelm Petersen 博士提供)

收稿日期: 2017-11-27

修回日期: 2018-01-10

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项 (A 类)  
(XDA11020305); 国家自然科学基金  
(41006055, 41371483)

第一作者: 唐诚 (1975—) 男, 博士, 副研究员

研究方向: 海岸带环境观测

FerryBox 每分钟测量 6 次,系统将 6 次测量平均结果作为最终结果进行存储,每分钟保存 1 次数据。当船抵达近岸或者停靠码头时,可以使用 GSM/GPRS 等无线网络传输数据,也可以通过网络远程登录系统对仪器运行状况进行检测、维护以及数据下载。仪器运行结束后可自动控制进行清洗,混有硫酸和草酸的淡水可去除循环水路内的铁锈以及微生物,避免其对测量结果造成影响。

### 1.2 溢油传感器及水质传感器

本次调查的 FerryBox 系统由德国 4JENA 公司生产,所使用的水质参数传感器包括:温度传感器(FSI 美国)、盐度传感器(FSI 美国)、pH 传感器(Endress and Hauser 德国)、浊度传感器(Turner 美国)、藻类分析(AOA Jbe-moldaenke 德国)、溶解氧/饱和度传感器(Endress and Hauser 德国)。其水路设计可以根据需求添加其他所需的传感器,所使用的溢油监测探头是来自德国 HZG 研究所 Wilhelm Petersen 博士提供的由德国 TriOS 公司生产的 CDOM 和 OIL 探头。

使用 UV 荧光法探测水体中芳香烃水化物,当目标化合物在释放其吸收的高波段波长时会产生荧光。当水体中含有特别 UV 光谱的波长化合物时,少量的水化物都可以释放出高波段的荧光,测量这种荧光的强度可以反过来计算水体中的相应波段的物质浓度。自然水体中的 PAHs 往往是来自黄色物质(CDOM),可以通过探测 PAH 的阈值来探测水体中油脂物体,通过一个固定的相关系数可以获得水体中该物质的密度。Oil 探头所使用的 enviroFlu-HC 是基于该原理的一种新的测量水体中油类物质的传感器,其 UV 荧光探头比普通探头要灵敏很多倍,可以探测水体中微量的 PAHs 痕迹。该探头既可以在实验室使用,也可以在野外使用,本项工作首次将其集成在 Ferry-Box 系统中(见图 1),对通过探头的海水进行连续测量,获得渤海海峡油类物质浓度,同时使用了另一个 TriOS 生产的 CDOM 探头进行数据对比,获得海区表层海水中溢油相关物质的分布数据,为海上溢油分布现场检测提供一个新的方法。

### 1.3 调查海域及监测内容

2016 年 12 月 2—4 日, TriOS 的 Oil、CDOM 两个探头首次安装于科考船“创新 1 号”FerryBox 系统上,通过共享 FerryBox 的水路获得 FerryBox 所采集的表层海水,保持与 FerryBox 系统的准同步

运行状态,通过往返烟台—大连航次连续采集了 3 天的数据(调查路线见图 2),获得了该航线上 TriOS 的 Oil、CDOM 数据及表层水温、盐度、pH、叶绿素、浊度、溶解氧等水质参数,所取得的表层水样约为海峡表层 2.5~4.5 m 水深。

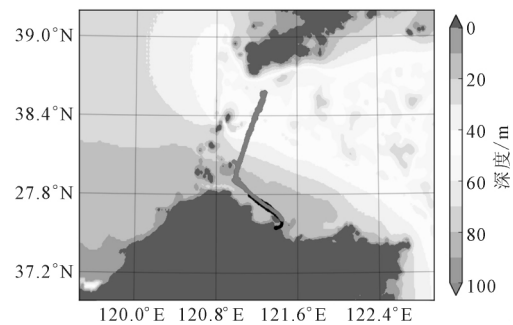


图 2 2016 年 12 月 2—4 日渤海海峡断面调查航迹图(图中灰线与黑线)(水深数据来自 etopo2)

## 2 监测结果与分析—渤海海峡水质因子时空动态变化

TriOS 的 Oil 探头和 CDOM 探头所获得的数据具有很强的相关性。图 3 为 TriOS 的 Oil 探头与 CDOM 探头时间上相关性示意图。

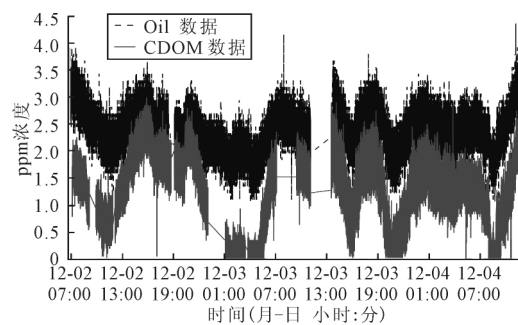


图 3 TriOS 的 Oil 探头与 CDOM 探头时间上相关性示意

从图 3 可见,除了 12 月 3 日 0—7 时,CDOM 数据出现偏移之外, Oil 探头和 CDOM 探头数据有很强的正相关关系,其变化趋势大部分时间都吻合的很好。由于本次调查是沿着固定航线的往复调查,所以 FerryBox 所测得的各项水质指标在时间和空间上会出现相同趋势(见图 4)。

从空间分布上来看, FerryBox 所获得数据具有明显的区域特征, Oil 和 CDOM 探头所测得的值在靠近烟台港附近是一个显著的高值区,随着纬度升高,其值也逐渐升高。过了渤海海峡南部附近逐渐降低,然后继续升高,在靠近大连方向水

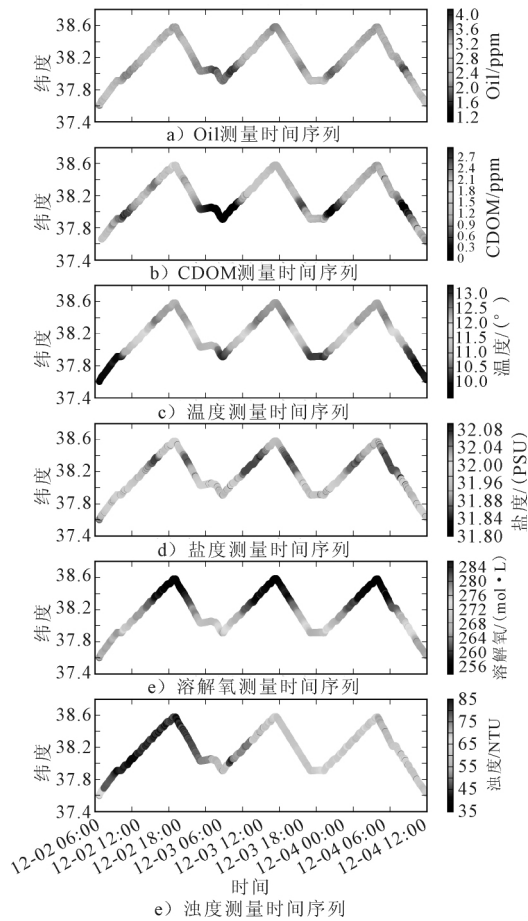


图4 FerryBox 所测得的各项水质参数与 Oil , CDOM 探头数据随纬度的变化

域时又降低,形成从空间上由南至北一个“高-低-高-低”的分布。表层海水温度的分布在靠近近岸低,往渤海海峡北部逐渐升高,从南到北是一个逐渐升高的过程;盐度的分布则在海峡的中部有一个低值区,海峡的南北段盐度相对高;水中的溶解氧为南部近岸的含量高,往北逐渐降低。与温度的分布相反,这3个探头所显示的每24h内的变化趋势是一样,但是浊度探头所测的值随着时间推移与其他探头趋势不一致。从烟台港出发后浊度值有一个从低到高的过程,到海峡南部有一个相对的高值区,之后整个海峡的浊度保持在一个同样尺度变化的水平。图5反应了水质参数在地理空间上的变化,所选取的数据为调查最后一日的分布数据,由图5可见,观察到海峡的水质参数变化主要与地理分布有关。

### 3 讨论

#### 3.1 利用 FerryBox 实现低成本自动监测

海上溢油往往是突发事件,现场的水质调查

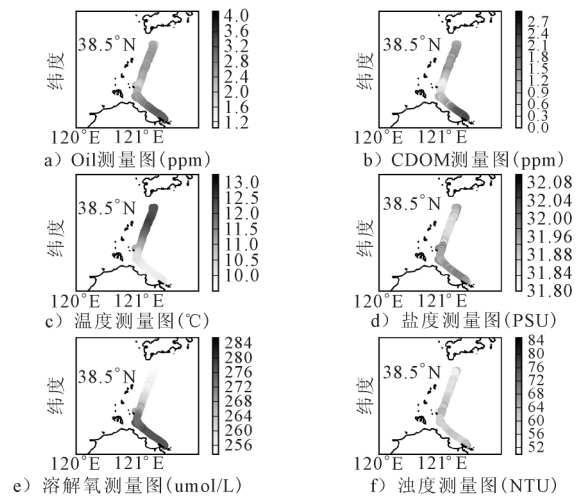


图5 FerryBox 各个探头测量值与 TriOS 的 Oil 及 CDOM 探头测量结果在空间上的分布

可以获得第一手的数据,传统的站位调查方式受到多种因素(如海况、天气等)的影响,在时间、空间上缺乏连续性,调查数据的处理、分析也需要耗费时间,会导致调查结果有一个滞后期,难以做到快速评价一个海区的溢油状况、环境要素现状等。FerryBox 系统的设计可以在很大程度上弥补传统调查方式的不足,除可以获得常规的温度、盐度、pH、溶解氧、叶绿素等水质参数外,还可根据需要添加其他类型的传感器,根据需要选择重点海区进行水样分析。在溢油事故现场调查、溢油潜在影响区域调查中,可以快速地获取海区的溢油参考数据,并结合水质参数数据对现场进行评估。其次,其设备操作简单,自动清洗大大减轻人工维护的工作量。远程操控功能和监测数据长距离无线传输功能,可对仪器进行远程操控和维护,并保证所获得的监测数据能够及时传输。在未来的调查中,可以进行多个调查船、支援船等船只协同调查,实现低成本海洋生态环境的长期、可持续监测。

#### 3.2 渤海海峡水环境因子对溢油时空分布差异的影响

溢油现场调查往往希望对溢油漂移路径进行预判,现场的水动力要素调查数据可以提供海流的具体信息。本次调查中使用的船载300K RDI 走航式 ADCP,从现场调查数据(图6)看海峡海水流向主要为东西向流,南北方向流弱,在北部和南部海峡处的流场比海峡中部强,这是典型的海峡冬季水流特点。一般认为海峡的渤海与黄海的

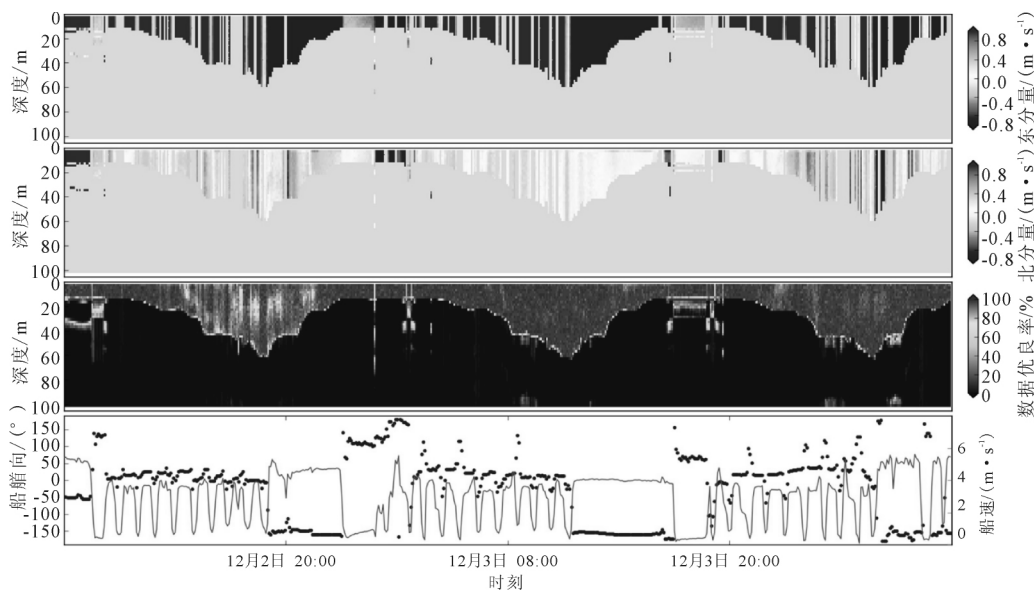


图 6 船载走航式 ADCP 对渤海海峡的连续测量结果

水交换具有“北进南出”的特点<sup>[10]</sup>, 冬季渤海海峡受到黄海暖流的影响, 海峡北部有一水舌经老铁山水道进入渤海内部<sup>[11]</sup>, 海峡处海水受到季风影响被表层风搅拌, 海底沉积物发生再悬浮, 使得海峡中部的表层浊度较高<sup>[12-13]</sup>。这种水动力因子作用造成了水环境因子南北差异, 如本文所观测到的温度、盐度、溶解氧的不同分区, 冬季渤海海峡北部较大潮流流速加上较强的东北季风, 导致海水涡动强度不断增强, 海底沉积物发生再悬浮, 从而导致冬季海峡海域易出现较高表层浊度。在实际的海上溢油区调查作业中, 水质因子结合动力因子数据可以为预测溢油污染趋势、油膜漂移路径提供依据。

参考文献

[1] 刘建华, 王庆, 仲少云, 等. 渤海海峡老铁山水道动力地貌及演变研究[J]. 海洋通报 2008, 27(1): 68-74.  
 [2] 刘敬贤, 韩晓宝, 高维杰. 渤海海峡海域船舶定线制完善的研究[J]. 航海技术 2008(5): 2-7.  
 [3] 尹达一, 周青, 黄小仙, 等. 海面溢油紫外推扫相机航空遥感监测校飞结果分析[J]. 海洋科学进展 2015, 32: 239-248.  
 [4] 赵朝方, 李晓龙, 马佑军. 多通道海洋荧光激光雷达溢油监测系统[J]. 红外与激光工程 2011(7): 1263-1269  
 [5] 贾紫樱, 张波, 吴军, 等. 岸基 GNSS-R 海上溢油探测

方法研究[J]. 北京航空航天大学学报 2017(2): 1-8  
 [6] 谢琳萍, 王保栋, 辛明, 等. 渤海近岸水体有色溶解有机物的光吸收特征及分布[J]. 海洋科学进展 2016, 34: 58-69.  
 [7] 周虹丽, 朱建华, 李铜基. 中国近海水体三要素吸收的比例分布特征研究[J]. 海洋技术学报 2014, 34: 59-65.  
 [8] PETERSEN W, FerryBox systems: state-of-the-art in Europe[J]. Journal of Marine Systems 2014, 140: 4-12.  
 [9] PETERSEN W, SCHROEDER F, BOCKELMANN F D. FerryBox-application of continuous water quality observations along transects in the North Sea[J]. Ocean Dynamics 2011, 61: 1541-1554.  
 [10] 魏泽勋, 李春雁, 方国洪, 等. 渤海夏季环流和渤海海峡水体运输的数值诊断研究[J]. 海洋科学进展, 2003, 21(4): 454-464.  
 [11] 吕翠兰, 鲍献文, 吴德星, 等. 渤海和北黄海冬季盐度变化的年代际及年际特征分析[J]. 中国海洋大学学报 2009, 39(增刊1): 267-273.  
 [12] 庞重光, 李坤, 于炜. 渤海表层悬沙的时空分布特征及其动力成因[J]. 海洋科学进展 2014, 32(4): 450-458.  
 [13] 李爱超, 乔璐璐, 万修全, 等. 渤海海峡悬浮体分布通量及其季节变化[J]. 海洋与湖沼 2016, 47(2): 310-318.

(下转第 80 页)

化的基础上对目标进行分割,图像分割抗噪能力上具有较强优势,能够实现海面溢油的有效分割。

#### 参考文献

- [1] 臧风妮. 智能视频监控中海面舰船目标检测算法研究[D]. 中国海洋大学 2014: 129.
- [2] KIM J, JANG W, SIM J, et al. Optimized Contrast Enhancement for Real-Time Image and Video Dehazing [J]. J Vis Commun Image R. 2013(3): 410-425.
- [3] Pascal Getreuer, Chan-Vese Segmentation [J]. Image Processing On Line 2012(2): 214-224.
- [4] Tony Chan and Luminita Vese. An Active Contour Model without Edges [C]. Scale-Space Theories in Computer Vision, 1999.
- [5] 钱芸, 张英杰. 水平集图像分割方法综述 [J]. 中国图象图形学报 2008(1): 7-13.
- [6] SONG M, CAI L, LIN B, AN J, et al. Hyperspectral Oil Spill Image Segmentation Using Improved Region-Based Active Contour Model [J]. Geoscience & Remote Sensing Symposium 2016: 6352-6355.
- [7] CRANDALL R. Image segmentation using the Chan-Vese algorithm [C]. ECE 532 Project. Fall 2009.
- [8] CHAN T F, VESE L. Active contours without edges [J]. Image processing, IEEE transactions on 2001, 10(2): 266-277.

## Oil Film Segmentation Based on Chan-Vese Model

JIN Wei-wei<sup>1</sup>, YU Xin-sheng<sup>2</sup>, PEI Jian-xin<sup>2</sup>, LI Bao-juan<sup>1</sup>, QIU Zhao-yu<sup>1</sup>

(1. CNOOC Offshore Environmental Services Co. Ltd., Tianjin 300457, China;

2. College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao Shandong 266061, China)

**Abstract:** The monitoring of surface oil film by optical image with high spatial resolution is an effective method, but, due to the influence of sea surface wind, wave, flow and other environmental factors, the collected images are generally uneven illumination, low contrast and low signal-to-noise ratio, this makes the image segmentation difficult. The image noise can be removed through a Gaussian filter, and a local image contrast enhancement algorithm was used to enhance image contrast. The image segmentation was performed through the color space conversion and the Chan-Vese model, and the good results were obtained through the oil film image processing.

**Key words:** oil film segmentation; Chan-Vese model; Gaussian filter; local contrast enhancement

(上接第 76 页)

## Surface Water and Oil Spill Monitoring of Bohai Strait Based on Ferrybox System

TANG Cheng, LIU Bin, LIU Xin, WANG Ye-bao, HOU Chao-wei, ZHENG Xiang-yang, ZHANG Hua

(Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai Shandong 264003, China)

**Abstract:** In a winter sea cruise across the Bohai strait, the OIL sensor and CDOM sensor from TriOS was integrated with Ferrybox system. The OIL sensor was mainly dealing with the PAH which had a high correlation with the CDOM data. Based on the data collected in the survey, an analysis was done for the cause and distribution of oil/water quality parameters in the Bohai strait. The characteristics of water quality zonation were mainly driven by water exchange in the strait. The Ferrybox system may offer a new direction for future oil spill monitoring and detecting.

**Key words:** Ferrybox; Bohai strait; sea water quality monitoring; oil spill detection