

海上钻井溢油预测与控制处理技术

田 峥, 周建良, 蒋世全, 郝希宁, 周定照

(中海油研究总院, 北京 100027)

摘要 随着世界海洋石油勘探开发由浅水向深海推进, 作业风险增加, 海上溢油事故发生频率增大。无论从造成的环境污染还是经济损失的角度, 溢油灾害值得高度重视。调研了国内外溢油监测和油污处理两方面的研究和应用现状: 一方面研究了国内监测技术, 从光谱和遥感监测原理及方法的角度研究了海上溢油监测方法等; 另一方面, 调研了溢油发生后处理技术。在全面调研国内外溢油处理技术后, 将其综合分类为机械、化学等方法进行了介绍。

关键词 海上钻井; 溢油; 预测; 处理技术

中图分类号 P744; TE991.5

文献标志码 A

文章编号 2095-7297(2014)01-0021-04

Analysis on Oil Spill Prediction, Control and Processing Technologies Used in Offshore Drilling

TIAN Zheng, ZHOU Jian-liang, JIANG Shi-quan, HAO Xi-ning, ZHOU Ding-zhao

(CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China)

Abstract With the proceeding of offshore oil exploration and development from shallow water to deepwater, the risk of oil spill accident in oil drilling increases. High attention should be paid to the oil spill disaster, either from the viewpoint of environmental pollution or from economic losses. We introduce the research and application status of oil spill monitoring technology and effluent oil treatment. On one hand, domestic oil spill monitoring technology is studied from the principle and method of the spectral and remote sensing monitoring technologies. On the other hand, the effluent oil processing technology after the oil spill is studied. After comprehensive investigation, the methods are classified into mechanical and chemical ones and introduced separately.

Key words offshore drilling; oil spill; prediction; processing technology

0 引言

20 世纪 80 年代以来, 我国海洋石油工业和海运事业迅猛发展。海上石油勘探开发具有投资风险大、作业风险大、救援难度大、污染风险大等特点; 海运事业则同样面临着运输安全的问题。2010 年 4 月发生了震惊世界的墨西哥湾深水地平线平台爆炸事故。此外, 各国海运(“克拉巴特山”号、“东方大使”号、“RAYA ECLAT”号、“安福”号、“曼德利”号等)中发生的溢油事故^[1]亦不少见。因此, 如何预防和治理溢油是海洋石油工业和海运事业必须面对的问题。

1 溢油遥感监测技术介绍

1.1 海面油品监测光谱识别原理

遥感监测是监测溢油的扩散范围、预测溢油漂移扩散方向的重要手段。其原理主要是依据油膜对不同光谱区反射、散射的不同, 选择特定的光谱区监测海上溢油, 估算油膜厚度和海面油量。海水、轻油和重油的光谱反射曲线如图 1 所示。

根据油品在不同光谱段的光谱反射特征来研究溢油监测技术。光谱可大致分为可见光波段谱、热红外波段谱、紫外波段谱和微波波段谱。

收稿日期: 2014-02-21

基金项目: 国家科技重大专项(2011ZX05026-001)、中国海洋石油总公司前期项目(2011PFS-003)

作者简介: 田峥(1984—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事岩石力学在深水钻完井中的应用方面的研究。

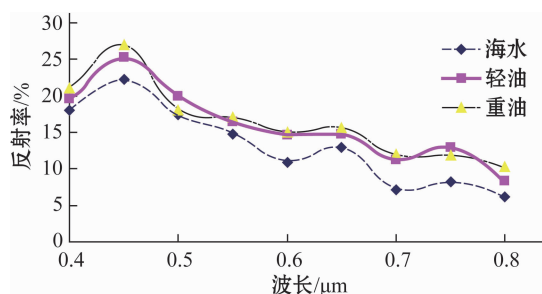


图1 海水、轻油、重油的光谱反射曲线

Fig. 1 Spectral reflection curves of seawater, light oil and heavy oil

在可见光波段,水面油膜比洁净海面反射率大,应用照相机和摄像机(工作于可见光波段 $0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$)可以识别。研究发现,工作波段为 $0.63 \sim 0.68 \mu\text{m}$ 的传感器使得油膜与海水反差效果最好。

热红外波段谱识别技术则是利用红外辐射计和扫描仪等设备接收和记录红外热辐射能量,以此来识别油品光谱。

紫外光谱段波长为 $0.01 \sim 0.4 \mu\text{m}$,利用油膜产生的荧光特性来识别海面油膜。由于受到大气气溶胶的影响,紫外遥感主要在 $0.3 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 波段内进行,有效垂直高度范围为 $0 \sim 200 \text{ m}$ 。其优点是可以监测薄油膜,缺点是受大气条件如雾、云、烟等的影响,且夜间不能作业。

微波是波长处在 $1 \sim 300 \text{ mm}$ 的电磁波。其具有较好的大气透射率,受大气条件影响较小。既可以在恶劣天气条件下工作,也可以在黑夜中作业,具有较好的监测性能。

1.2 遥感监测技术

遥感监测技术主要分为航空遥感监测、卫星遥感监测和雷达监测三种。

1.2.1 航空遥感监测技术

随着现代侦查手段的需要,航空传感器系统迅速发展。航空遥感记录波段范围从可见光、紫外、红外、远红外到微波领域,极大地丰富了海岸带监视与调查中的领域和范围,能够用于确定溢油、区分悬浮泥沙和浮游生物。

然而,目前还没有一种全能的传感器在各种条件下均能提供监测信息,需要将多种传感器配合使用。因此,传感器组成的综合系统是目前最理想的溢油监测系统。

美国海岸警备队配备的“空中慧眼”由五种传感

器组成:X波段侧视雷达、微波辐射计、红外扫描仪、紫外扫描仪、微光脉冲驱动分幅摄像机。近年通过改进,雷达发射机功率提高到 2000 kW (原 454 W),能发现 21 km 远处的 321 lm 强度的灯光,能对 200 n mile 以内海域环境进行监测。

1.2.2 卫星遥感监测

卫星遥感监测图像对于溢油现场监测和清理回收应用优势非常明显。卫星图像可以提供精确的溢油地理位置信息、扩散范围与漂移方向。利用高分辨率的图像还可以分析油膜的物理形状、油膜带结构和位置。图2给出了一幅卫星溢油监测图例。

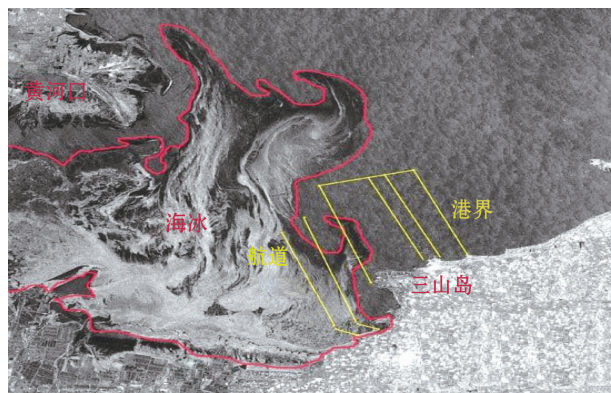


图2 卫星溢油监测图例

Fig. 2 Satellite monitoring of oil spill

如2000年4月19日发生在天津渤海老铁山海域的油轮泄漏事故。通过卫星监测出其溢油中心位于 $38.7^\circ\text{N}, 121.0^\circ\text{E}$ 。油膜受风浪潮汐作用向北偏东漂移 18 km , 漂移速度为 0.45 km/h 。经计算油膜面积约 20.57 km^2 , 溢油量为 1.99 t 。

目前运行的分辨率在 30 m 左右的卫星有多颗,如 SPOT、LANDSAT TM 等。“海洋一号”(HY-1A)卫星是我国第一颗海洋卫星,其星下点地面分辨率为 1100 m ,每行像元数为 1024 ,量化级数为 10 bit ,可见光辐射精度为 10% 。

1.2.3 星载合成孔径雷达溢油监测

星载合成孔径雷达(SAR)是一种工作在微波波段的遥感器。通过对地发射微波,接收回波,产生二维图像实施监测。其监测条件不受日照和天气条件限制,具有一定穿透能力。21世纪是 SAR 卫星向纵深发展的新时期,高分辨率、多极化、多波段、多模式、短重复观测周期卫星组将为海上溢油监测提供丰富的信息源。例如美国的 Seasat-1 卫星。其系

统性能见表1。

表1 Seasat-1 卫星系统性能
Table 1 Seasat-1 satellite system performance

参 数	取 值
高度/km	800
波长/m	0.235
观测带宽/m	100
地面分辨率/m	25×25

2 海上常规溢油处理技术

溢油事故发生后,最常用的做法是采用围油设施将溢油限制在一定区域内^[2],然后再应用其他技术清除溢油。目前,国际上对溢油的处理基本有两类:机械方法和化学方法。此外,还有少量使用的生物技术等辅助手段。

2.1 机械方法

机械方法主要是回收、吸附,然后对收回的含油污染物进行二次处理。

2.1.1 围堵回收处理法

二十多年来,数百种溢油围堵、回收装置已经问世。最常用的装置为围油栏和各种撇油器等,如图3所示。围油栏可将溢油围在一定区域内予以回收;撇油器是溢油回收的主要设施,有带式、圆盘式、拖把式等多种形式。目前,世界各国正在研制开发适应性更强的外海浮木挡栅和撇乳器,可以在外海和急流中使用。



图3 海上溢油围栏

Fig. 3 Oil spill fence

2.1.2 材料吸附法

使用材料吸附溢油也是一种较常见的处理方

法。亲油性的吸油材料如吸油毡等能使溢油被粘在其表面而吸附回收。制作吸油材料的原料有高分子材料(聚乙烯、聚丙烯、聚酯等)、无机材料(硅藻土、珍珠岩、浮石、膨润土等)和植物纤维(稻草、麦杆、木屑、草灰、芦苇等)^[3]。利用吸油材料吸附海面溢油,然后进行循环回收利用是一种简单有效的治理溢油的方法,适用于浅海和海岸边及比较平静的海面。

2.1.3 减压井法

在漏油井附近打一口减压井,以在海床下切断漏油井的油源,然后通过灌注特殊材料,彻底封闭漏油井。此方法适用于储层能量较高、油藏埋深较浅、井口压力控制能力较弱的油气井。其优点是能从源头上进行溢油控制;缺点是需要一定作业时间,而且需要控制好井眼轨迹,尤其要做好防碰控制。

2.2 化学方法

化学方法主要是通过化学途径进行化学分散、焚烧等。

2.2.1 化学药剂法

化学药剂法主要通过使用化学药剂如分散剂、集油剂和凝油剂等^[4]清理海上溢油。

乳化分散剂(又称消油剂)是当前广泛使用于海上溢油处理的一类化学药剂。分散剂能将溢油分散成很小的微粒,微粒随海流和潮汐在海洋中分散开来,并通过微生物的作用分解消失。

集油剂是一种防止油扩散的界面活性剂,适合于在港湾附近使用,溢油层较薄时最适宜,其活性剂成分应是不挥发的。目前常用的有失水山梨糖醇单月桂酸酯、失水山梨糖醇单油酸酯、十八碳烯醇等。它们的毒性较低。集油剂采用的溶剂一般是低分子醇类、酮类和氯化烃类。

采用凝油剂的最大优点是毒性低,溢油可回收,不受风浪影响,能有效防止石油扩散,提高围油栏和回收装置的使用效率。目前使用的凝油剂主要是山梨糖醇衍生物类、氨基酸衍生物类、高分子聚合物类、蜡类等。

2.2.2 焚烧法

现场焚烧可在海上泄漏时快速有效地清除水面上的大量油品。现场焚烧是操作性强的溢油处理技术,当发生重大溢油事故导致大面积溢油污染而采用燃烧处理时,需要在溢油初期尽快进行,其要求是

油膜厚度至少 3 mm。

使用什么方法或什么类型的设施,取决于溢油所在海区环境条件、原油特性等。可以采用的溢油泄漏对策和清除技术包括多种。这些技术的应用与溢油现场环境、气象等各方面条件密切相关,同时还需要考虑因实施这些技术而引起环境破坏的可能性。

2.3 其他方法

近年来还出现了一些新的海上溢油处理方法,如微生物降解法。生物处理法由于毒副作用小而得到了普遍重视。可在溢油海区撒播营养物质,使微生物大量繁殖^[5],从而促进溢油的氧化和分解,达到清除溢油的目的。

3 结束语

(1) 海上石油溢油监测是预防溢油污染扩大的直接手段。目前虽然遥感监测技术比较成熟,但一定程度上受海洋气候、日照和分辨精度的限制。

(2) 综合监测技术是同时综合利用几种监测手段进行综合监测。通过该技术,能增大监测范围,提高技术可靠性。区域间加强合作、联合预防也是溢油监测未来发展的趋势。

(3) 溢油灾害发生后,除常规的围栏操作外,目前正在进行研究和实践的方法不少,如围堵回收、材料吸附、化学药剂等,需针对不同作业环境,从时间性和效率上考虑,选择合适的方法。

(4) 防患于未然,从源头抓起是关键。严格规范作业步骤、定期进行设备检查和保养等是排除隐患的关键。

参 考 文 献

- [1] 薛振奎, 刘方明, 杨天冰. 我国油气管道技术综述[C]// 中国石油天然气管道科学研究院. 管道科学论文选集(1999~2003). 北京: 石油工业出版社, 2004. 8—9.
- [2] 赵文芳. 海上石油设施溢油防治技术[J]. 中外能源, 2007, 12(3): 102.
- [3] Society of Petroleum Engineers, American Association of Petroleum Geologists, World Petroleum Council. Petroleum resources management system [EB/OL]. http://www.spe.org/industry/docs/Petroleum_Resources_Management_System_2007.pdf.
- [4] 黄艺, 礼晓, 蔡佳亮. 石油污染生物修复研究进展[J]. 生态环境学报, 2009, 18(1): 361.
- [5] Brakstad O G, Bonaunet K. Biodegradation of petroleum hydrocarbons in seawater at low temperatures (0~5 °C) and bacterial communities associated with degradation [J]. Biodegradation, 2006, 17(1): 71.

• 书 讯 •

《深水半潜式钻井平台关键技术研究》简介

“十二五”国家重点图书
船舶与海洋出版工程

谢 彬, 杨建民 主编
上海交通大学出版社出版
定价: 150.00 元

内容提要:

本书是国家 863 计划课题“3 000 m 水深半潜式钻井平台关键技术研究”的研究成果汇编。该课题由中海石油研究中心牵头, 联合国内知名高校、造船企业和研究所, 采用产、学、研、用相结合的方式开展技术攻关, 突破了 36 项关键技术, 部分成果达到国际先进水平。本书集中反映了该课题在深水半潜式平台关键技术研究方面的成果, 对从事海洋工程技术研究的科研和技术人员有很高的参考价值。

深水半潜式钻井平台 关键技术研究

