

针对事件链的溢油监测需求分析及组网观测方案初探

靳熙芳^{1,2}, 万剑华¹, 黄娟², 李晓敏³, 杨敏⁴, 丁一¹

(1. 中国石油大学(华东), 山东 青岛 266555; 2. 国家海洋局北海预报中心, 山东 青岛 266061; 3. 国家海洋局第一海洋研究所, 山东 青岛 266061; 4. 国家海洋局北海海洋技术保障中心, 山东 青岛 266061)

摘要: 本文针对普遍关注的溢油事件, 分析了重大溢油事件应急监测中迫切需要解决的七个问题: 溢油源确认核查、溢油面积准确估算、水下溢油探查、针对溢油应急过程的海洋环境监测、针对重点海域的溢油凝视监测、服务于溢油事件过程的次生事件风险观测; 总结了溢油监测传感器的技术特点, 分析了卫星、航空、固定式观测平台、移动式观测平台、水下固定和移动观测平台等 5 类溢油观测平台的技术现状与不足, 提出了溢油跨学科组网观测构想, 并初步设计了观测网络的组成及运行模式, 以期对溢油组网观测系统的建设有所推动。

关键词: 溢油; 事件链; 监测需求; 组网观测

中图分类号: X834; X55

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2018)01-0158-08

DOI: 10.11759/hyxx20171011003

石油, 作为现代社会的主要能源, 在全球经济迅速发展和人口激增的情况下, 世界范围内的供求在不断增长, 海洋石油勘探开发规模不断扩大, 海洋运输业高速发展, 随之而来的是海洋石油污染日趋严重, 全球遭受重大溢油污染的事故时有发生, 溢油污染已成为全球关注的环境问题。

海上溢油事件特别是重大海上溢油事件是严重的海洋灾害, 对海洋生态环境、沿岸经济、人类健康和公共安全带来直接和间接的损害。据初步估计, 蓬莱“19-3”溢油事件共造成劣四类海水面积 840 km², 油田附近海域海水中石油类平均浓度超过历史背景值的 40.5 倍, 最高浓度达到历史背景值的 86.4 倍。2010 年 4 月 22 日美国墨西哥湾油井溢油事件, 在 83 d 内大约漏出 490 万桶原油^[1]。2010 年 7 月 16 日大连新港爆炸事故, 大约漏出近千吨原油, 已成为中国近岸溢油量之最。

全球海洋中, 总石油泄漏量的 48% 属于燃料, 29% 属于石油的初级产品^[2]。海洋中的溢油具有高风险性, 溢油事件发生后, 一方面存在溢油的漂移扩散导致的对生态环境、岸线资源及渔业资源的环境污染风险, 同时, 应急期间还伴随着一部分由于处置措施不当或操作失误带来的火灾、爆炸等次生事件风险, 由于处置不当或信息传递不畅引起的舆情恐慌、国际争端等衍生事件的发生风险。基于历史溢油事件中典型事件场景的统计分析, 选择石油勘探开发及船舶碰撞溢油事故的典型案例, 分析出溢

油事件可能的事件链如图 1 所示。

重大海上溢油事故所带来的灾难非常严重, 一旦发生, 必须在最短的时间内给出油种、油量和溢油分布的准确评估结果, 控制可能的次生/衍生事件发生风险。目前, 应急事件中的溢油监测主要集中在溢油源确认、海洋生态环境监测及溢油量估算等方面, 溢油源确认和海洋生态环境监测多采用现场站位采样监测的方式, 溢油量计算多采用面积乘厚度的方法进行估算, 一方面通过卫星、航空、船舶等手段获取相对准确的溢油分布面积, 另一方面通过油膜颜色人眼识别溢油厚度信息。溢油应急监测目前尚存在两个方面的问题: 一方面缺乏对溢油量的多要素、立体监测, 另一方面缺乏针对事件链的全链条、多目标、立体监测。本文针对溢油应急的特点和潜在的风险, 从事件链监测应急的视角分析了溢油应急监测中的几个方面的需求, 针对目前溢油监测技术手段的现状和不足, 提出了溢油跨学科组网观测的构想, 并初步给出了观测网络的组成和运行模式的设计。

收稿日期: 2017-10-11; 修回日期: 2017-12-01

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC1405303, 2017YFC1405000)

[Foundation: The National Key Research and Development Program of China, No. 2017YFC1405303, 2017YFC1405000]

作者简介: 靳熙芳(1981-), 女, 山东沂水人, 高工, 博士在读, 研究方向为遥感监测及风险评估, 电话: 0532-58750699, E-mail: jinxi-fang@bhj.gov.cn

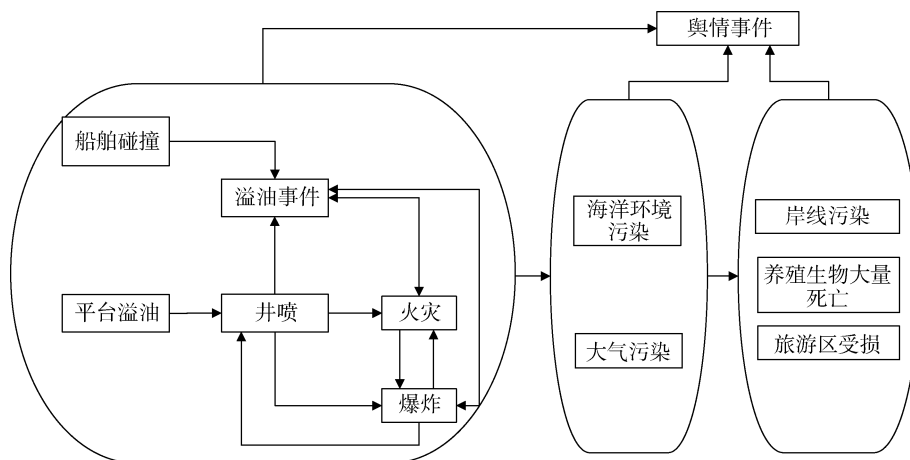


图1 溢油事件的可能事件链

Fig. 1 Oil spill event chain

1 溢油应急监测需求分析

海上溢油事故危害巨大，因此接到事故警报后，相应管理部门会迅速组织溢油源确认核查，事故确认后，应急部门会本着“抢出来、控制住”的目标紧急部署溢油应急监测及处置工作，减小溢油危害和对环境的威胁。

针对事件链的溢油应急监测，将减少溢油危害和防止次生/衍生事件的发生进行统筹考虑，将溢油源确认、海洋生态环境监测及溢油量估算监测三部分有机结合，从事件链场景可能性及威胁性的角度考虑对溢油事件及其可能的威胁对象的综合监测，需要在溢油事件监测的基础上重点关注溢油对敏感目标的威胁感知、舆情跟踪、海洋环境及生态环境观测等方面，通过事件链的监测能够实现次生/衍生事件发生可能性及溢油事件对人类活动和海洋环境威胁性大小的半定量化估算。

本文围绕溢油应急全过程，重点针对油种、油厚、油分布、海洋环境及针对事件链分析的敏感目标等五要素，分析了溢油组网观测的七大需求。

1.1 溢油源确认核查

溢油源的确认核查是海上溢油污染事故现场处置的首要工作，该项工作直接影响到事故的监测和处置方案制定、处置资源调配以及事故追索索赔等后续各项工作。通常情况下，溢油污染事故发生在海面以上，溢油源和油污入海是直接关联的，但若是海上油气设施事故、沉船漏油等水下溢油污染事故，油带不一定出现在事发位置附近，单一通过油带确认溢油源是不够全面和准确的，需结合卫星、航空遥

感、油指纹鉴定、溢油漂移轨迹预测以及事故海域水文气象信息等进行综合分析、判断，以便快速找到溢油源。

1.2 溢油面积准确估算

溢油事件中，溢油泄漏的规模和程度等信息对于协助政府和工业部门制定溢油应急处理方案是至关重要的。目前采用卫星遥感、航空遥感、岸基、船载等多种方式进行综合监测，其中，卫星遥感监测能够提供大面的、全局的覆盖信息，但会受到重访周期的限制，航空遥感相对机动灵活，能够获取局部范围内的油分布面积，但会受到航空管制及天气的影响，岸基及船载通过 X 波段雷达能够获取监测点附近的溢油分布，但监测范围也会受到设备架设高度的限制。

1.3 溢油厚度监测

石油泄漏事件中，根据事件的发展进程，一般会将油膜分三类进行处理，第一类是厚度最大的油膜，该类油膜是指从泄漏点溢出后尚未开始扩散的油膜，分布在溢油点附近，但很快向周围扩散，溢油源封堵之后很快演变为第二类油膜；第二类是厚度较大的油膜，面积是三类油膜中面积较大的，可利用漂移扩散模式预测其大体位置；第三类是薄油膜，随着时间的推移该类油膜分布最广，难于清理，溢油处置中将尽量保证前两类油膜的回收效率，有效减少第三类油膜的扩散量。

厚度监测和溢油量的估算是溢油监测的重点和难点，基于油厚及溢油分布信息能够间接估算溢油量，厚度评估的准确度直接影响到溢油量估算的准

确度,目前中国已经解决了溢油的定位、面积估算、走势预测分析等难题^[3-6],但厚度识别仍是国内外研究的难点。应急处置中,石油公司和船务人员一般采用目视估测方法^[7]评估油膜的厚度,该方法中的油膜信息容易与海草、鱼白等物质混淆,同时在雾天和夜间,海表面的油膜也不容易被观测到,因此总体可信度较低^[2]。

1.4 水下溢油探查

水下溢油是溢油监测的盲区。水下溢油探查包括水下溢油源的确认以及水下溢油量的估算部分,水下溢油源的确认一般通过水下机器人进行操作确认,水下溢油量的探查一方面包括水下溢油点的溢出油量计算及溢油动态信息,另一方面,包括水面以下的溢油监测。重大溢油事故中,溢油会短时间内喷涌而出,在溢油源附近积聚大量溢油,形成非常厚的油膜,水下溢油量及溢油源的动态信息对监测方案的制定、应急措施中围油栏类型的选择、是否采用燃烧手段控制溢油等后续应急方案的制定至关重要。

1.5 针对溢油应急过程的海洋环境监测

溢油事故发生后,获取事故现场的海洋环境信息是至关重要的。一方面溢油监测传感器的应用会受到海况的影响,比如可见光遥感监测手段会受到云雾的影响,SAR 影像监测溢油会受到海面风速的限制,风速太低不会产生足够的海杂波从而不能够对比出油和水的差异,风速太大又会将雷达信号充分散射,有研究表明,SAR 监测的最小风速为 1.5 m/s,最大风速为 6 m/s;另一方面,溢油处置时会根据风向进行设备布点及溢油回收。因此,溢油事故发生后,事故点附近的海洋环境信息快速获取是至关重要的。

1.6 针对重点海域的溢油凝视监测

溢油具有高污染性,在漂移扩散过程中能够对海洋生态环境、水生生物、沿岸环境及水域安全产生严重影响,溢油漂移扩散的速度主要受风浪流等海洋环境要素大小的控制,在较高海况下,溢油会以更快的速度漂移扩散并发生风化,为了有效控制溢油污染,将溢油污染的危害降至最低水平,需要在漂移预测结果的基础上,对可能影响的重要敏感区、保护区及水域进行溢油凝视监测,在溢油到达敏感海域之前采取应急措施,最大限度阻止溢油对敏感海域的污染。

1.7 服务于溢油事件过程的次生事件风险观测

溢油事件能引发一系列的事件链,平台溢油处理不当容易引起井喷事件,溢油回收过程中受到人为操作及海洋环境的影响,会有爆炸的风险,同时,根据泄漏油种的不同,对海洋及大气的污染风险也不尽相同,例如,2018年1月6日发生的东海撞船事故,因泄漏油种为凝析油,存在相当高的爆炸风险,同时,相比重油泄漏主要对海洋环境的污染,凝析油泄漏将会对大气造成严重污染。因此,在溢油事件的应对过程中,除了充分考虑溢油的油种、油厚和动态分布信息,还要从事件链场景可能性及威胁性的角度考虑对溢油事件及其可能的威胁对象的综合监测,需要在溢油事件监测的基础上重点关注溢油对敏感目标的威胁感知、舆情跟踪、海洋环境及生态环境观测等方面,通过事件链的监测能够实现对次生/衍生事件发生可能性及溢油事件对人类活动和海洋环境威胁性大小的半定量评估。

2 溢油监测技术现状与不足

2.1 主要溢油监测传感器的技术特点

溢油监测中,油种识别以及油品特性确认主要采用油指纹和实验室鉴别的方法,溢油油膜的探测主要采用传感器技术。但是,溢油可视化监测往往受到夜晚、阴雨、大雾等环境条件和大风大浪及湍流等海况条件的限制,并且海面油膜极易与海草、海藻和鱼精膜混淆^[7]。近年来,遥感作为先进的探测技术已经成功应用于溢油监测,雷达传感器如 ENVISAT-ASAR/RADARSAT-SAR、光学传感器如 NOAA-AVHRR/TERRA 和 AQUA-MODIS、激光传感器、微波辐射计以及红外传感器都具有溢油监测的能力^[8-13]。

目前,国内外普遍采用覆盖雷达、被动微波、热红外、中红外、近红外、可见光及微波等最重要的溢油成像波段的传感器,常用的包括红外视频和摄影、热红外成像仪、机载荧光雷达、机载和星载雷达传感器、机载和星载光学传感器。表 1 给出了主要溢油监测传感器的技术特点。

2.2 溢油平台的现状与不足

2.2.1 卫星遥感平台

溢油应急监测要求必须具有实时性,相应地溢油探测手段应保证 24 h、恶劣条件(雨雾环境、风浪流海况)的连续监测,提供使用的溢油决策信息。随

着海洋卫星的增多, 部分学者也在积极推动和设计卫星遥感取代航空遥感作为战术性计划和快速应急响应, 但效果均不尽令人满意^[14]。鉴于天基卫星遥感

的低时间分辨率、空间分辨率和受天气的影响大, 同时数据处理量大, 因此, 建议将卫星遥感监测作为战略性计划为应急管理提供溢油区概览信息。

表 1 现有主要溢油监测传感器的技术特点

Tab. 1 Main technical characteristics of oil spill monitoring sensors

		空间分辨率/m		幅宽/km	重访周期/d	厚度信息	油膜类型	虚警信息		
		最小值	范围							
雷 达	星载	RADARSAT-2	<1	1~100	50~500	24	无	否	许多干扰	
	机载	SAR	1~3	1~10	10~40	按需求	无	否	许多干扰	
		微波辐射计	<1			±250m(高度 300m)	按需求	50μm—几 mm	否	无明显干扰
星载	TM	15	15~120	185		无	否	水草、		
	SPOT	10		60/85		无	否	较暗岸线		
	红外传感器	<1	飞行高度决定		±250m(高度 300m)	按需求	相对厚度	否	水草、岸线	
光 学	机载	紫外传感器	<1	飞行高度决定		±250m(高度 300m)	按需求	无	否	风、太阳耀斑、水草
		荧光激光测量仪	<1	飞行高度决定		±75m(高度 300m)	按需求	<20μm	是	任何背景下可识别油膜
		激光超声油膜厚度传感器	<1	飞行高度决定		小	按需求	绝对厚度	否	低

2.2.2 航空遥感平台

航空遥感被普遍应用于溢油应急监测中, 一方面由于空基航空遥感观测相对更机动灵活, 适合大范围巡查和重点区域详查, 同时针对不同规模、不同厚度的溢油, 航空遥感可以灵活搭载微波、红外、紫外、荧光激光雷达等各种类型的传感器, 及时获取事故现场溢油面积及厚度信息。溢油应急中, 航空遥感可用于卫星监测结果的验证, 弥补卫星观测分辨率、时相的不足。但它也存在一定的局限性, 监测能力和范围受天气条件和空中管制等因素制约。

2.2.3 固定式观测平台

固定式观测平台包括布放在岸基站、石油平台的溢油观测系统以及集成水中油浓度探测器的浮标观测系统。

岸基站溢油观测平台可以应用于国际河口、重要敏感区、国家级保护区等重点海域, 平台主要配置荧光激光传感器, 能够探测不同背景(水体、土壤、风、冰和雪)下的溢油^[2], 同时荧光激光信号中还包含许多与生态学属性相关的信息, 如海水衰减系数、浮游生物和有色可溶性有机质浓度等, 这些参数对海水生态学状态描述具有重要作用。

石油平台及其周边海域在线监测监控系统, 主要是通过搭建溢油在线监测监控系统, 包括雷达、视

频、水文气象、油膜探测仪等多源在线监测系统, 进行溢油的 24 h 实时在线监测。浮标溢油观测平台通过集成水中油浓度探测器, 实现海面及半潜油监测预警。

2.2.4 移动式观测平台

移动式观测平台包括船载数据集成平台及无人机平台。

船载数据集成平台通过集成船载 X 波段雷达、多通道全波形激光雷达、声呐等技术手段实现溢油探测及溢油分布监测。蓬莱“19-3”溢油事故中曾应用浅剖和侧扫声呐探测到 19-3 油田 C 平台周边海底的 2 处溢油点。但是, 船载观测平台具有一定的局限性, 观测范围局限在航线两侧一定的区域内; 观测资料的同步性和时效性也存在不足。

长航时无人机平台是一种相对新型的移动式溢油观测平台, 能够集成全极化微波雷达、多光谱成像等海面油膜探测设备, 实现海洋溢油厚度评估、覆盖面积等溢油信息处理。

2.2.5 水下固定和移动观测平台

海床基海洋环境自动监测系统是布放在海底, 对海洋环境进行定点、长期、连续测量的综合自动监测装置, 是获取水下长期综合观测资料的重要技术手段; 水下滑翔机(Glider)是一种新型的水下平台, 可以实现海洋环境调查、监测和数据采集, 且具有能源消耗极

小、效率高、航行范围广、续航时间长等优点,作为溢油跟踪浮标使用,将具有较高的准确性和可靠性^[15];自主水下航行器(Autonomous Underwater Vehicle, AUV)的技术优势在于水下目标跟踪,通过搭载视频图像、荧光、声波传感器和采样设备等多种手段,可以实现对水下溢油点的确认、漂移轨迹和路径跟踪。

3 溢油跨学科组网观测构想

3.1 观测网组成及作用

突发溢油事件特别是重大溢油事件会产生一系列的次生衍生灾害,能够对海洋生态和社会经济产生重大影响,面向溢油事件链的应急监测,需要综合监测溢油事件及动态发展信息、溢油对海域的影响范围及程度、重大次生事件的发生风险等信息,开

展针对重大溢油事件及重点保障目标的协同监测技术需求迫切,但是单独利用任一监测手段都不能满足多尺度、多参数、高精度、实时等监测需求,且溢油水下观测与数据传输技术也亟待发展。因此,发展跨学科溢油组网观测技术,实现溢油事件及保障目标的立体、实时监测,获取溢油发现初期、溢油事件处置过程中以及溢油事件处置后期的观测数据以及同步的海洋环境参量,可为溢油事件的有效应对及重点海域的全面保障提供信息支撑。

该观测网络的组成部分应有卫星、航空、海上固定平台、岸基、固定平台和水下运动平台等,每个网络节点在观测网络中的作用见表2,针对不同事故溢油量、对敏感资源的威胁程度以及不同气象条件,所采用的技术手段见表3。

表2 溢油观测网络组成单元及其作用

Tab. 2 Units in oil spill observation network and their functions

网络节点	设备及传感器类型	主要用途
卫星	可见光光谱仪或微波 SAR	用于大面积溢油概况监测;获取溢油分布面积
航空	微波辐射计、散射计和 SAR 等微波设备;以及光谱测量仪、红外传感器、紫外传感器、激光荧光测量仪等光学设备;照相机、摄像机等其他设备	用于大范围巡查和重点海域海面溢油详细监测;获取油品类型、溢油分布、油膜厚度等要素
船舶	X 波段雷达、激光雷达、声呐、照相机、摄像机	用于局部重点海域巡查、采样调查;识别油种,获取溢油黏度、油指纹、毒性等油品特性;获取局部区域溢油分布、油膜厚度等要素;观测照片、视频;风浪流环境要素及水质要素
岸基	X 波段雷达、荧光激光雷达、照相机、摄像机	用于重点海域凝视监测;获取溢油位置及分布要素;获取风、温、压等气象参数;温度、盐度等生态环境要素;风、浪、流等动力环境要素;视频、照片等资料
海上平台	X 波段雷达、荧光激光雷达、油膜探测仪、水文气象观测仪器、照相机、摄像机	用于重点海域凝视监测;获取溢油分布、溢油厚度及浓度要素;获取观测照片、视频;风、温、压等气象参数
水下平台	荧光、声波传感器、油浓度探测仪、水文观测仪器、照相机、摄像机	水下溢油探查;水下海洋环境调查

3.2 观测网络运行模式初步设计

根据突发溢油事件应急处置的特点和可能的事件链风险,将观测网络的运行模式初步设计为三个层次:服务于应急处置和事件链风险应对的溢油应急处置监测,服务于监测效果评估和影响评价的溢油跟踪与处置效果监测,服务于溢油事件结束后的溢油环境影响评价。

3.2.1 溢油应急处置监测

溢油应急处置监测是指以溢油处置为主要目的,

同时侧重从事件链控制次生/衍生事件发生的角度,重点做好三个监测:控制溢油向公海扩散监测,溢油对环境敏感目标的影响和溢油流经海域的污染监测,同时兼顾生态损害影响的前期监测。

处置监测的监测重点以及监测要素信息设计见表4,监测要素包含溢油信息、溢油周围敏感资源、水文气象要素、水质要素、溢油品性。其中,溢油信息是指溢油位置、溢油面积、溢油相对厚度等信息;溢油周围敏感资源包括自然保护区、渔场、养殖区等生物资源,浴场、旅游区、取水口、钻井平台等人

类活动资源, 海岸植被、海岸线等岸线资源; 水文气象要素包括风、浪、流等要素; 水质要素是指水域的

pH、溶解氧、生物种等; 溢油品性包括密度、倾点、黏度、分离特性、油指纹、毒理特性等方面特性。

表 3 溢油组网观测网络设计

Tab. 3 Designations in the oil spill network observation network

溢油量/t	对敏感资源威胁	气象条件	技术手段		
			必选		可选
			水面溢油	水下溢油	
<10	非敏感区		A+B	A+B	
	位于或接近非敏感区		A+B+C	A+B+C+J	D
	位于或接近非敏感区	连续大雾、多云、阴雨	A+B	A+B	E1
	位于或接近非敏感区		A+B+C	A+B+C+J	E1
10~200	位于或接近非敏感区		A+B+D+E1+F+H	A+B+D+E1+F+H+J	C+G
	位于或接近非敏感区		A+B+C+D+E1+F+H	A+B+C+F+H+J	G+E2
	位于或接近非敏感区	连续大雾、多云、阴雨	A+B+E1	A+B+E1+J	C+G
	位于或接近非敏感区		A+B+C+E1+G	A+B+C+E1+G+J	E2
>200	位于或接近非敏感区		A+B+D+E1+F+H	A+B+D+F+H+J	C+E2+G
	位于或接近非敏感区		A+B+C+D+E1+G+H	A+B+C+D+E1+G+H+J	E2
	位于或接近非敏感区	连续大雾、多云、阴雨	G+E1	G+E1+J	A+E2
	位于或接近非敏感区		A+B+C+G+E1	A+B+C+G+E1+J	E2

A: 巡逻艇; B: 船舶取样分析油的密度、倾点、黏度、分离特性; C: 船舶取样分析油的指纹、毒理特性; D: 可见光陆地卫星遥感监测; E1: 微波 SAR 遥感监测; E2: 船舶移动雷达或平台等固定雷达监视监测; F: NOAA 等气象卫星监测; G: 定翼机载航空遥感监视系统; H: 直升机空中监视; J: 水下机器人等移动观测平台

表 4 溢油应急处置监测重点监测信息表

Tab. 4 Key monitoring information in oil spill emergency monitoring

监测类型	监测目标	重点监测内容	监测要素
外海溢油扩散范围监视监测	以监控溢油向公海方向扩散的状况为监测目标, 在溢油区外围设置监测控制线	溢油扩散边缘线位置	溢油信息、水文气象要素、溢油品性
敏感区溢油扩散范围监视监测	以监控溢油在沿岸滩涂的扩散状况为监测目标	滩涂溢油扩散范围和边缘线位置, 观测滩涂环境污染程度及海洋生物等受污染状况	溢油信息、溢油周围敏感资源、水文气象要素、水质要素、溢油品性
溢油流经海域环境污染状况监测	跟踪监测溢油流经海域环境污染状况, 掌握事故对邻近海域环境质量状况的影响。	海湾水质环境污染状况、近岸海域及敏感区及重点养殖区环境污染状况	溢油信息、水文气象要素、水质要素

3.2.2 溢油跟踪与处置效果监测

溢油跟踪与处置效果监测是对处置监测的反馈, 通过开展溢油海洋环境影响监视监测与评价工作, 掌握溢油后海洋环境质量变化情况、溢油海上漂油和岸滩油污分布状况, 阐明溢油后海洋环境质量时空变化情况及影响程度、溢油对海洋功能区影响程度、溢油对生态系统影响程度, 预测溢油对海洋生态的潜在影响, 提出溢油污染海域海洋生态修复的对策与建议, 为政府部门与公众了解本次油污事故生态影响提供重要信息, 最终为恢复该海域海洋生

态系统健康服务。结合多源遥感与现场监测手段, 对溢油本身与溢油的环境影响进行协同监测。监测内容主要包括残留油污和油膜漂移动态监视监测、近岸海域水质环境监测、沿岸海水浴场等人类活动资源环境监测、生物体内石油烃残留量监测、海洋保护区海域水质环境监测等工作内容。

3.2.3 溢油环境影响评价

采用遥感监测与现场观测相结合的方式, 对溢油处置后海水清洁度、溢油造成的环境影响进行监测与评价, 实现溢油处置后的监测与状况反馈。

4 结论与讨论

海上溢油事件特别是重大海上溢油事件是严重的海洋灾害,对海洋生态环境、沿岸经济、人类健康和公共安全带来直接和间接的损害。本文针对国内外普遍关注的溢油事件,开展了三个方面的研究工作,结论如下:

(1) 分析了面向事件链的溢油应急监测需求。目前溢油应急监测有七个方面的需求,分别是溢油源确认核查、溢油面积准确估算、水下溢油探查、针对溢油应急过程的海洋环境监测、针对重点海域的溢油凝视监测、服务于溢油事件过程的次生事件风险观测。

(2) 分析评价了溢油应急监测的技术现状。总结了溢油监测传感器的技术特点,分析了卫星、航空、固定式观测平台、移动式观测平台、水下固定和移动观测平台等五类溢油观测平台的技术现状与不足,分别指出了其适用性及局限性。

(3) 在上述工作的基础上,提出了溢油组网观测构想。该观测网络的组成部分有卫星、航空、船舶、岸基、海上平台、水下平台等;针对溢油应急处置监测、溢油跟踪与处置效果监测、溢油环境影响评价等阶段的应用需求分析,初步设计了观测网络的配置。

针对溢油事件链的应急监测涉及公共安全及海洋方面几乎所有的学科,包括物理海洋、海洋生物、海洋化学、海洋地质和海洋技术等,因此,溢油应急处置过程的准确把握、溢油的高效处置需要通过跨学科组网观测来获取溢油事件处置过程中的立体、实时监测数据,本文针对溢油组网观测设计了初步方案,以期对溢油组网观测系统的建设有所推动。

参考文献:

- [1] McNutt M K, Shaffer F, et al. Review of flow rate estimates of the Deepwater Horizon oil spill[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2012, 109(50): 20260-20267.
- [2] Jha, Nand M, Levy, et al. Advances in remote sensing for oil spill disaster management: state-of-the-art sensors technology for oil spill surveillance[J]. Sensors, 2008, 8(1): 236.
- [3] 石敬. 渤海海域大型溢油应急综合遥感监测体系研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2012.
SHI Jing. The research of a large oil spill integrated remote sensing monitoring system in bohai sea[D]. DaLian: Dalian Maritime University, 2012.
- [4] 张煜洲, 陈志莉, 胡潭高, 等. 遥感技术监测海上溢油现状及趋势[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2013, 12(1): 81-88.
Zhang Yuzhou, CHEN Zhili, HU Tangao, et al. Status and trends of remote sensing technology to monitor marine oil spill[J]. Journal of Hangzhou Normal University(Natural Science Edition), 2013, 12(1): 81-88.
- [5] Bulgarelli B, Djavidnia S. On MODIS retrieval of oil spill spectral properties in the marine environment[J]. IEEE Geoscience & Remote Sensing Letters, 2012, 9(3): 398-402.
- [6] 马龙, 李颖, 兰国新, 等. 基于可分离指数的溢油图像定量分析[J]. 海洋环境科学, 2010, 29(2): 262-266.
MA Long, LI Ying, LAN Guoxin, et al. Quantitative analysis of oil spilled image based on separable index[J]. Marine Environmental Science, 2010, 29(2): 262-266.
- [7] MF Fingas. The basics of oil spill cleanup[J]. Journal of Fusion Energy, 2001, 12(1-2): 53-57.
- [8] DiGiacomo P M, Washburn L, Holt B, et al. Coastal pollution hazards in southern California observed by SAR imagery: Stormwater plumes, wastewater plumes, and natural hydrocarbon seeps[J]. Marine Pollution Bulletin, 2004, 49(11-12): 1013-1024.
- [9] Tarquis A M, Platonov A, Matulka A, et al. Application of multifractal analysis to the study of SAR features and oil spills on the ocean surface[J]. Nonlinear Processes in Geophysics, 2014, 21(2): 439-450.
- [10] Brekke C, Solberg A H S. Oil spill detection by satellite remote sensing[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 95(1): 1-13.
- [11] Fingas M, Brown C. Review of oil spill remote sensing[J]. Marine Pollution Bulletin, 2014, 83(1): 9-23.
- [12] Topouzelis K N. Oil spill detection by SAR images: Dark Formation Detection, Feature Extraction and Classification Algorithms[J]. Sensors, 2008, 8(10): 6642-6659.
- [13] Brown C E, Fingas M F. Review of the development of laser fluorosensors for oil spill application.[J]. Marine Pollution Bulletin, 2003, 47(9-12): 477-484.
- [14] Engelhardt F R. Remote sensing for oil spill detection and response[J]. Pure & Applied Chemistry, 1999, 71(1): 103-111.
- [15] 徐宏祥. 基于 CFD 模拟方法的圆碟形浮标水动力分析[D]. 大连: 大连海事大学, 2014.
XU Hongxiang. Water dynamic analysis of circular disc type buoy based on CFD simulation method[D]. DaLian: Dalian Maritime University, 2014.

Analysis of oil-spill monitoring requirements and network observation scheme for event chain

JIN Xi-fang^{1, 2}, WAN Jian-hua¹, HUANG Juan², LI Xiao-min³, YANG Min⁴, DING Yi¹

(1. China University of Petroleum, Qingdao 266555, China; 2. North China Sea Marine Forecasting Center of State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China; 3. The First Institute of Oceanography, Qingdao 266061, China; 4. North China Sea Marine Technical Support Center, SOA, Qingdao 266061, China)

Received: Oct. 11, 2017

Key words: oil spill; event chain; monitoring requirement; networking observation

Abstract: To address the widespread concern regarding oil-spill events, we analyzed seven problems in need of urgent resolution in oil-spill emergency monitoring: identification of the oil-spill source, accurate assessment of the quantity of the oil spill, detection of underwater oil spills, marine environmental monitoring during the oil-spill emergency process, the initiation of oil-spill monitoring in key sea areas, and secondary-event risk analysis for oil-spill events. In this paper, we summarize the technical characteristics of oil-spill monitoring sensors and analyze the current technical status and shortages associated with five detection methods, including satellite remote sensing, aerial remote sensing, offshore fixed-platform observation, underwater fixed-platform observation, and mobile-platform observation. Lastly, we propose the establishment of an interdisciplinary oil-spill observation network and provide a design regarding its composition and operational mode to promote its establishment.

(本文编辑: 李晓燕)