

遥感技术在突发海上溢油污染预测中的运用研究

杨 毅¹, 陈志莉¹, 侯立安², 肖 晓¹, 刘 峰³, 但 奇⁴, 杨廷鸿⁴, 黄 平³

(1. 后勤工程学院营房管理与环境工程系, 重庆 401311; 2. 二炮专家咨询委员会, 北京 100011;
3. 中国科学院重庆绿色智能技术研究院, 重庆 401122; 4. 后勤工程学院基础部, 重庆 401311)

摘 要: 通过分析遥感技术在海上溢油污染中的监测能力和溢油污染预测模型的特点, 结合目前遥感技术在海上溢油污染监测中的运用范围, 拟定了遥感技术与海上溢油污染预测模型有机结合的研究技术路线, 分析了此技术路线的难点并提出相应的解决思路。

关键词: 遥感技术; 突发海上溢油; 遥感监测 “油粒子”模型

中图分类号: X834 文献标识码: A

The Prediction of Emergent Maritime Oil Spill Pollution by Using Remote Sensing Technology

YANG Yi¹, CHEN Zhi-li¹, HOU li-an², XIAO Xiao¹, LIU Feng³,
DAN Qi⁴, YANG Ting-hong⁴, HUAN Ping³

(1. Department of Barracks Management and Environmental Engineering, Logistic Engineering University, Chongqing, 401311, China; 2. The Second Artillery Expert Advisory Committee Beijing, 100011, China; 3. Chongqing Institute of Green and Intelligent Technology, Chinese Academy of Sciences, Chongqing 401122, China; 4. Department of Foundation Studies, Logistic Engineering University, Chongqing, 401311, China)

Abstract: The capability of remote sensing technology in monitoring marine oil spill pollution and the characteristics of the oil spill prediction mode have been analyzed in this study. The scope of application of remote sensing technology in marine oil spill pollution monitoring being taken into account, a technical line which combined organically the remote sensing technology and marine oil spill pollution prediction model is designed. The difficulties of the technical line have been analysed and corresponding solutions have been put forward.

Key words: remote sensing; emergent maritime oil spilling; remote sensing monitoring; oil particles model

引言

海上溢油污染事故所产生的油类污染物对海洋及海洋生物资源都是极为有害的, 既破坏海洋生态环境, 又严重影响海岸居民的生活, 是海洋污染中影响范围最广、危害时间最长、对生态环境破坏最大的污染之一。海上气象条件复杂, 传统监测手段有时难以发挥作用, 遥感技术为海上溢油污染监测提供重要的技术保障, 为溢油应急处理提供油膜面积、污染范围等基本信息, 从而可确定溢油的输移和扩散特征。但由于受卫星遥感传感器、遥感图像解译手段等限制, 导致遥感技术在海上溢油污染中的运用并不充分, 其优势没有完全发挥。文中通过分析遥感技术监测海上溢油污染的能力和溢

油预测模型的特点, 提出遥感监测与溢油模型结合的研究技术路线, 以充分发挥遥感技术的优势, 减少对地面监测的依赖; 同时分析了此技术路线的难点, 提出了解决技术难题的思路。

1 海上突发溢油污染遥感监测的能力分析

随着遥感技术的快速发展, 凭借其多样化的监测手段、监测周期短和监测范围广等优点, 遥感技术成为海上溢油监测的重要手段之一。海上溢油遥感监测技术主要分为航空遥感和卫星遥感技术。

收稿日期: 2012-10-25

基金项目: 国家 863 项目支持(项目编号: 2011AA7013037)

作者简介: 杨 毅(1987—), 男, 重庆人, 研究生, 主要从事环境污染治理与修复研究。

航空遥感具有可操控性强、空间分辨率高、小区域重访率高等优势,但具有处理费用高、视域窄等缺陷,使其只能运用于小范围的溢油监测。卫星遥感以其处理成本低、宽视域、重访率高等优势成为大区域溢油监测的战略选择。航空遥感和卫星遥感监测海上溢油是目前世界各国普遍采用的方法。其监测的项目广泛,包括溢油地点和范围、溢油种类、溢油总量等。

1.1 油膜位置和范围遥感监测

遥感技术具有空间分辨率高的特点,能够实现空间信息的精确监测。在对溢油地点和范围的监测研究中,李栖筠等利用 TM 与 AVHRR 遥感资料对老铁山水道漏油事故进行了试验研究,利用可见光和红外波段的组合方法,增强油膜信息,得到了较为精确的油膜范围。同时,结合 AVHRR、海风、海水水流等资料研究油膜的扩散^[1-3]。辽宁省海事局运用遥感技术、GIS 技术对海域使用现状、宗海识别等作了调查研究,获得了海域底图,形成了海域使用现状图^[4],这些研究表明,遥感技术利用其高的分辨率能实现对油膜的地点的监测。

1.2 溢油种类遥感监测

高光谱遥感技术能反映地物的光谱特性,由于不同地物具有不同的光谱特征,因此可以实现对地物识别。张永宁、Lennon M 等对海上溢油的波谱特征进行测试和分析,提出了利用 Landsat TM 和 NOAA AVHRR 数据监测煤油、轻柴油、润滑油、重柴油和原油的最佳波段组合;通过数字图像处理技术提取了卫星图像上的油污污染信息,得到了较好的结果,对卫星遥感手段监测海上油污的可应用性做出了验证^[5-6]。

1.3 溢油总量遥感监测

溢油量可以通过溢油厚度和溢油面积来得到。Salem F 利用 AVIRIS 高光谱数据定性分析油膜厚度,利用 700~940 nm 的光谱将油膜分为不同等级的厚度^[7-8]; Marghany · M 利用溢油 RADARSAR 波段 HH 极化频率接收到的卫星图像数据,应用改进的 Fay 算法和 Doppler 频率移动模型,模拟了油在海面上的移动,获得了当时海面上油污的面积和移动方向^[9];烟台海事局利用 SPOT 卫星、Landsat-5 卫星和我国气象卫星,提取珠江口“12.7”船舶溢油信息,估算溢油面积和溢油量^[10]。

1.4 溢油源类型遥感监测

美国的 Harry 和 G Stumpe 等人利用 Landsat 卫星影像,对弗吉尼亚州阿萨蒂格岛东南海域 100

km 长的油膜进行了监测试验,估算了污染面积,推断了油污来源;美国海军设计的超光谱成像仪,可在 0.4 μm 至 2.5 μm 光谱范围内提供 210 个成像光谱数据,可获得海上溢油状况的具体信息,如油泄漏地点、溢油源类型等^[11]。

2 海上突发溢油污染预测模型分析

海上突发溢油污染预测模型主要是对油污在海上运动的三个主要过程的模拟来实现,三个过程分别为风化过程、扩散过程、漂移过程。综合这三个过程的模拟可以掌握油污在海上的行为和归宿。溢油预测模拟最新的发展是 Johansen 提出的“油粒子”模型^[12]。油粒子模型将油膜视为众多离散油粒子的组合,这些“油粒子”在海流的影响下,随海流移动和分散。粒子的平流过程具有拉格朗日性质,运用拉格朗日法来模拟其平流过程。“油粒子”的湍流扩散过程属于随机运动,可用随机走动法模拟。随机走动法即把湍流视为一种随机流场,而每个“油粒子”在湍流场中的运动则类似于流体分子的布朗运动,由于每个粒子的随机运动而导致整个粒子“云团”在水体中的扩散。溢油在水表面的漂移和风化过程采用表面扩散、平移、输送、乳化和蒸发的算法来模拟计算。

拉格朗日粒子追踪轨迹表达式为:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{V}(\vec{r}, t) + \vec{V}(\vec{v}, t) \quad (2-1)$$

$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j}$ (m); $\vec{V}(\vec{v}, t)$ 为平移速度 (m/s); $\vec{V}(\vec{v}, t)$ 为油膜水平湍流速度 (m/s)。平移速度可由下式表示:

$$\vec{V}(\vec{v}, t) = \theta G \vec{W} + \chi \vec{U}_w \quad (2-2)$$

\vec{W} 为离海面 10 m 处的风速 (m/s); \vec{U}_w 表层水流速度 (m/s), 可通过海洋流场求得; θ 为风力因子, 一般取 3%~4%; χ 为由于水流作用使油膜受水面上漂移的影响因子, 一般取 1.1; G 为考虑风向偏转角的转换矩阵:

$$G = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \quad (2-3)$$

当风速小于 25 m/s 时 $\theta = 40^\circ - 8\sqrt{W}$; 当风速大于 25 m/s 时 $\theta = 0$ 。

对于水平湍流流速的运算, 需要与海面流场综合考虑得到, 具体的选择要根据所研究区域和选定的流场模拟模型而定。

通过方程 (2-1), 我们可以得到油粒子的质点坐标为:

$$X = X_0 + (V_x + V'_x) \Delta t \quad (2-4)$$

$$Y = Y_0 + (V_y + V'_y) \Delta t \quad (2-5)$$

X_0, Y_0 为某质点的初始坐标。

大量油粒子的坐标确定, 就可以确定溢油影响的范围、路径, 再结合溢油风化的计算就能预测溢油的行为和归宿。

3 基于遥感监测数据进行突发海上溢油污染预测研究

通过海上溢油污染遥感监测能力的分析可知, 对溢油指标的监测, 可以运用遥感技术手段来实

现。海上溢油预测模型的运用可以实现海上溢油污染行为和归宿的预测。因此, 结合遥感技术和海上溢油污染预测模型就可以掌握海上溢油污染的动态发展和变化, 为溢油影响评估和科学决策提供合理的依据。

3.1 基于遥感技术的溢油污染预测模型开发

遥感技术可以为预测模型提供所需的数据, 还可以作为模型准确度的验证手段。通过遥感验证, 修正溢油模型, 达到两者的有机结合, 其技术路线如图1所示。

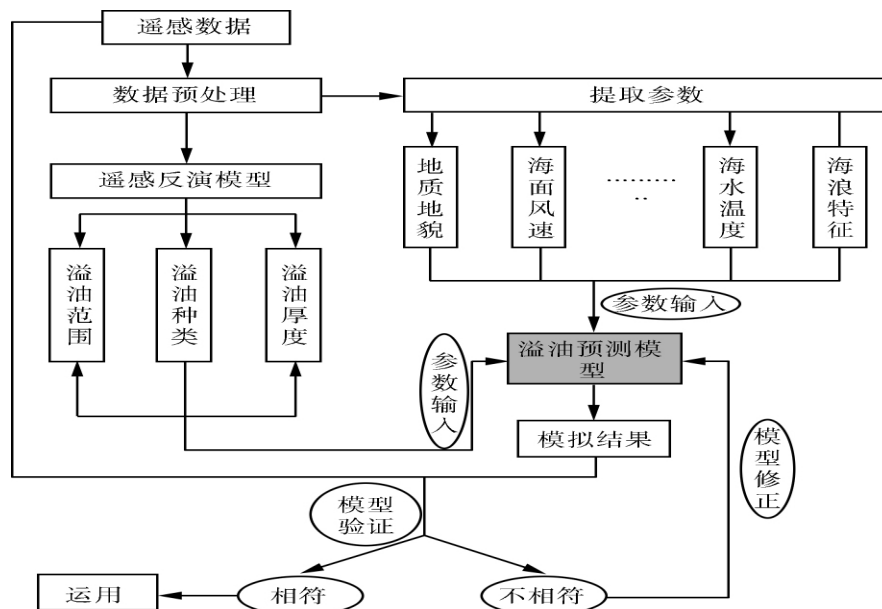


图1 基于遥感技术的海上溢油污染预测模拟技术路线

Fig.1 The roadmap of Maritime Oil Spill prediction Based on Remote Sensing Technology

该技术路线的最大特点和优势就是越过了地面监测数据的限制, 仅靠遥感监测实现对所有数据的需求。将遥感监测数据输入预测模型实现对溢油行为的预测。另一方面, 在对模型的正确性和精确度检验方面, 同样只运用遥感手段实现对预测结果的检验。目前由于遥感技术监测能力的限制, 此技术路线的实现不能一蹴而就, 不仅需要发展遥感技术, 而且也要建立适应于遥感监测数据的海上溢油预测模型。

3.2 遥感技术与海上溢油预测模型有机结合的技术难点

遥感技术与海上溢油模型有机结合是可行的, 但目前遥感技术对指标的分析还达不到模型对数据的要求。基于遥感的海上溢油污染预测模型开

发存在的难点主要体现在以下几个方面。

3.2.1 遥感技术发展的限制 海上溢油污染预测模型所需的指标包括环境指标和溢油油污指标。目前依靠国内外遥感技术能实现其中部分指标的监测。遥感技术运用于溢油污染预测首先要发展遥感技术, 研制高空间分辨率、高光谱化的传感器, 发展高时间分辨率的卫星实现模型所需指标的监测。

3.2.2 遥感图像信息提取 现阶段对遥感图像信息提取大多停留在定性描述阶段, 数据提取不充分, 缺乏对遥感图像更深层次的解译; 遥感图像的定量解译还处于实验研究阶段, 精度不高, 定量解译算法还在进一步研究当中。要获取精确的遥感监测数据, 首先要有合理的、科学的遥感图像解译

算法。提高遥感解译精度,发展遥感解译算法,使提取的遥感数据与实际监测数据吻合良好是遥感解译发展的重要内容。完成高精度的遥感解译,才能精确地预测海上溢油运动趋势。

3.2.3 多源遥感数据的同化 只利用某一种遥感技术难以完成海上溢油污染预测。多源遥感数据利用是国内外研究的热点,其中最为重要最具挑战的是多源遥感数据的同化研究。不同种类的遥感手段能提供更好、更精确的数据,但多源遥感数据同化难度大,还处于实验室研究阶段。遥感技术运用于海上溢油污染预测要解决的是不同遥感数据同化的难题。

3.2.4 智能化解译的实现 发展遥感数据的智能化解译,弥补人机交互解译的缺点是今后遥感解译的一个发展方向。人机交互解译是目前获取遥感信息的主要方式,这种方式获取的遥感信息量小,信息精度不高,存在一定的人为误差。要获取遥感图像所包含的全面信息,须实现遥感解译的智能化,提高解译信息量,减少人为误差。

4 结论

遥感监测技术与溢油预测模型的有机结合思路可以大大减小对地面监测数据的依赖,以最少的成本为污染评估决策提供合理、科学的依据。实现此技术路线需从以下几方面着手:

(1) 要建立不同油种的遥感反演光谱数据库,为遥感监测快速判断溢油种类打下基础;

(2) 要发展遥感反演算法,提高反演精度,达到预测模型对数据精度的要求;

(3) 加大先进遥感传感器的研发,提高时间分辨率和空间分辨率,进一步实现高光谱化;

(4) 针对遥感监测所得数据的特点改进现有的溢油预测模型。

[参考文献]

[1] 李栖霞,陈维英.老铁山水道漏油事故卫星监测[J].环境遥感.1994,9(4):256-262.

[2] 李栖霞,傅玉慧.NOAA 卫星监测船舶溢油[J].中国航海.1996,(2):63-66.

[3] 李栖霞,傅玉慧.美国气象卫星监测海洋溢油[J].海洋环境科学.1997,16(1):6-10.

[4] 雷利元,席小慧,龚艳君,等.3S 技术在辽宁省海域使用现状调查中的运用[J].水产科学.2011.02,30(2):122-124.

[5] 张永宁,丁倩.海上溢油污染遥感监测的研究[J].大连海事大学学报.1999,25(3):1-5.

[6] Lennon M, Thomas N, Mariette V, et al. Oil Slick Detection and Characterization by Satellite and Airborne Sensors: Experimental Results with SAR, Hyperspectral and Lidar data [J]. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Seoul, South Korea. 2005: 25-29.

[7] Salem F, Kafatos M, El-Ghazawi T, et al. Mapping Oil Spill Thickness on Sea Water. The International Colloquium Series on land use/Cover change Science and Applications. Antalya, Turkey. 2003: 13-16.

[8] Li Y, Xu H Q, Xue R, et al. Path Concentration Distribution of Toluene using Remote Sensing FTIR and One-dimensional Reconstruction Method [J]. Journal of Environmental Science and Health Part A Toxic - Hazardous Substances & Environmental Engineering. 2005, 40(1): 183-191.

[9] Marghany M. RADARSAT for oil Spill Trajectory Model [J]. Environmental Modelling & Software. 2004, 19(5): 473-483.

[10] 赵冬至,张存智,徐恒振.海洋溢油灾害应急响应技术研究[M].北京:海洋出版社,2006.

[11] 杨哲海,韩建峰,宫大鹏,等.高光谱遥感技术的发展与运用[J].海洋测绘.2003,23(6):55-58.

[12] Kjell Stognes, Oistein Johansen. Statmap - a 3-dimensional model for on spill risk assessment [J]. Environmental Modelling & Software, 2004, 19(4): 727-737.

更正

本刊 2012 年第 6 期“人造生物膜处理市政污水及污泥减量效果”一文,第 53 页表 2、表 3 应为:

表 2 人造生物膜片重复使用去除污泥效果

组别	处理时间/hr	污泥量/L	SV ₃₀ 500 ml	MLSS /(mg·L ⁻¹)	MLVSS 去除率/%	PO ₄ /(mg·L ⁻¹)	NH ₄ /(mg·L ⁻¹)	pH
起始时	0		375	6 840	0	6.4	4.0	6.2

表 3 人造生物膜不同处理时间污泥减量的效果

组别	处理时间/hr	污泥量/L	MLSS /(mg·L ⁻¹)	MLVSS 去除率/%	PO ₄ /(mg·L ⁻¹)	NH ₄ /(mg·L ⁻¹)
起始时	0		8 840	0	0.260	

第 55 页小结(2)中 6~200℃应为 6~20℃。特此更正,并致歉。