

基于欧拉-拉格朗日方法的某溢油事故天然渔业资源损失评估方法案例研究*

丁东生 马绍赛 陈碧鹃 崔正国 赵俊
刘传霞 张旭志 曲克明^①

(农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室
中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

摘要 本研究针对渤海中部某船舶碰撞溢油事故, 基于欧拉-拉格朗日方法, 对事故发生后的油膜漂移扩散和油膜消失后的溶解态分布趋势, 分别进行了数值模拟。在此基础上, 界定事故溢油对渤海天然渔业资源的影响范围, 进而估算天然渔业资源损失。结果显示: 溢油量按 13 m^3 计算, 油膜存在期约为 72 h, 累加油膜扫海面积约为 69.19 km^2 ; 油膜消失后, 事故溢油仍会以溶解态、乳化态或悬浮颗粒态在海水中扩散, 水体中的石油烃含量符合渔业水质标准, 溢油在第 11 天中午即可抵岸; 油膜会造成渔业资源损失, 油膜消失后, 悬浮颗粒态和乳化态石油在岸滩等因素影响下会形成凝聚态石油, 并对潮间带生物造成影响。其影响面积结合溶解态抵岸区域内自然岸线长度予以估算, 经评估, 在油膜扫海区域及受影响潮间带范围内, 事故经济损失额合计为 631.9 万元。本研究对数值模型方法在溢油事故天然渔业资源损失评估中的应用方面做了有益尝试, 为无现场观测数据支撑的海洋溢油事故天然渔业资源损失评估提供了一个可行的方法。

关键词 欧拉-拉格朗日方法; 溢油事故; 天然渔业资源损失评估

中图分类号 X824 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)04-0036-07

近年来, 海洋溢油事故频发, 已对渔业资源和生态环境产生严重危害。准确界定溢油事故影响范围, 是合理开展渔业资源损失评估、科学制定渔业资源养护措施、有效保护海洋渔业环境的前提。目前, 确定溢油影响范围的方法可归纳为现场观测技术、遥感观测技术和数值模型技术, 但是只有现场观测结果可作为司法鉴定的依据。遥感观测技术可分为卫星遥感、航空遥感、船舶遥感和闭路电视(Closed-Circuit Television, CCTV)监视系统。其中, 卫星遥感在实际使用中受到其空间分辨率的限制, 航空遥感和船舶遥感均受气候条件限制, 而 CCTV 监视系统只能用于特殊管控区, 如钻井平台附近的溢油观测。而数值模型技术在环境

影响评价中却已广泛使用。

数值模型技术已成为解决海洋环境中各种复杂问题的有效手段。溢油数值模型常用于事故发生后的油膜漂移轨迹、油膜扫海面积预报或事故现场还原(张珞平等, 1988; 娄安刚等, 1994; 张存智等, 1997; 余加艾等, 1999; 刘钦政等, 2005; 龙绍桥等, 2006; Azevedo *et al*, 2009; Badri *et al*, 2010; 廖国祥等, 2010; Berry *et al*, 2012; 黄成等, 2013; 宋泽坤等, 2013)。

现有模型对海洋中石油迁移转化过程关注的侧重点为油膜漂移扩散(Berry *et al*, 2012; Deng *et al*, 2013; Li *et al*, 2013)和水体中石油烃迁移转化(Nepstad *et al*, 2015; 李克强, 2003、2007¹⁾、2009; 郭良波等,

* 农业部专项“应对溢油关键技术专项研究”(2012-NZ-5739)、农业部专项“渤海生态环境监测评估”(13-Q52201302)和黄海水产研究所级基本科研业务费项目(2060302481; 2060302201516058)共同资助。丁东生, E-mail: dingds@ysfri.ac.cn

^① 通讯作者: 曲克明, 研究员, E-mail: qukm@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2015-08-18, 收修改稿日期: 2015-10-19

1) 李克强. 胶州湾主要化学污染物海洋环境容量研究. 中国海洋大学博士研究生学位论文, 2007

2005¹⁾、2007; 王修林等, 2006)。溢油模型重点关注前者且相关研究已较为成熟, 甚至已开始与 GIS 或 Google Earth 等结合进行业务化应用相关研究(Nelson *et al*, 2015; Helle *et al*, 2015; Chen *et al*, 2004; 牟林等, 2011; 焦俊超等, 2011; 刘文全等, 2011), 但甚少关注油膜破碎后的相关迁移转化过程。

实际溢油事故发生后, 在岸滩、潮间带等区域常见到块状石油。这些凝聚态石油通常是在岸滩、地形等因素共同作用下, 由随水体迁移至近岸的乳化态和悬浮颗粒态石油凝聚形成。此种情况下, 水体中石油烃浓度一般都符合水质标准, 这也是溢油模型甚少关注该过程的原因。考虑到此类凝聚态石油对潮间带生物体的损害, 在天然渔业资源损失评估中有必要同时掌握油膜扫海面积以及溶解态向岸分布趋势。

本研究针对渤海中部的某船舶碰撞漏油事故, 采用欧拉-拉格朗日方法, 对事故溢油的油膜漂移轨迹、扩散面积以及溶解态溢油影响范围, 进行了数值模拟, 核定了事故影响范围, 进而评估了天然渔业资源损失。

1 溢油轨迹与溶解态向岸分布趋势模拟

2012 年两艘轮船在渤海中部海域(图 1)发生碰撞。事故造成其中一艘船舶燃油舱破损, 约 13 m³ 船用重质燃料油(180CST)泄漏(简称“溢油事故”)。

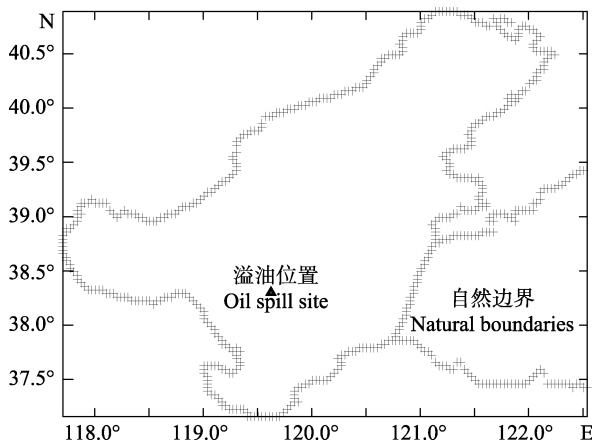


图 1 溢油点位置(38°18'N, 119°37.5'E)

Fig.1 Oil spill site (38°18'N, 119°37.5'E)

1.1 水动力模式

水动力模式为汉堡陆架海模式(Hamburg shelf ocean model, HAMSOM), 是由德国汉堡大学海洋研

究所 Backhaus 等(1983、1985)及其同事构建的 1 种三维分层平均的半隐式数值模式。

1.2 油膜扩散模型

溢油入海后在海面形成油膜, 并不断扩散, 其扩展半径由 PC Blokker 公式计算(许文彬, 2011; 娄厦等, 2008):

$$D_t^3 = D_0^3 + \frac{24}{\pi} k (r_w - r_0) \frac{r_0}{r_w} V_0 t \quad (1)$$

式中, D_t , D_0 分别为 t 时和初始油膜的直径(m)。根据事故漏油实际情况, 燃油舱破损且破口较小, 为计算方便, D_0 初始值取 1 m; r_w , r_0 为水和油的密度, 前者取 1.025 (许文彬, 2011), 后者为 180CST 的实测数据, 为 0.987; V_0 为溢油量(m³), 取 13 m³; k 为系数, 根据胜利原油与 180CST 现场实验模拟结果(尚未发表)并参照文献(许文彬, 2011), 取 3000; π 为圆周率; t 为时间。

1.3 油膜漂移模型

在潮流场计算的基础上, 用欧拉-拉格朗日方法, 对溢油油膜漂移轨迹进行跟踪模拟。投放初始, 即 $t=t_0$ 时, 标识质点的初始位置为 \bar{x}_0 , 其拉格朗日速度与欧拉速度的关系为:

$$(\bar{U}_1)(\bar{x}_0, t) = \bar{U}[\bar{y}(\bar{x}_0, t), t] \quad (2)$$

式中, $\bar{y}(\bar{x}_0, t)$ 是水质点的运动轨迹。(2)式表明, 只有在质点运动的轨迹 \bar{y} 上, 拉格朗日速度 \bar{U}_1 才能与欧拉速度 \bar{U} 相等。 \bar{y} 可由下式确定:

$$\bar{y}(\bar{x}_0, t) = \bar{x}_0 + \int_{t_0}^t \bar{U}[\bar{y}(\bar{x}_0, t'), t'] dt' \quad (3)$$

$$\bar{y}(\bar{x}_0, t) = \bar{x}_0 + \oint \bar{U}(\bar{x}_0, t) dt' \quad (4)$$

拉格朗日平均余流是水质点在 1 个潮周期 T 内的漂移距离与潮周期 T 之商:

$$\bar{U}_r(\bar{x}_0, t) = \frac{1}{T} [\bar{y}(\bar{x}_0, t+T) - \bar{y}(\bar{x}_0, t)] = \frac{1}{T} \oint \bar{U}(\bar{x}, t) dt' \quad (5)$$

拉格朗日的平均余流为:

$$\bar{U}_{lr}(\bar{x}_0, t) = \frac{\bar{y}_n - \bar{y}_0}{nt} \quad (6)$$

在拉格朗日余流基础上, 同时考虑实时风场对油膜漂移轨迹的影响。油膜漂移模型实时风场采用的风力、风向由历史天气网查询得到。事故当日, 风力为 5 级, 风向为东北风; 次日, 风力为 4 级, 风向为东南-西北风各 12 h; 第 3 天, 风力为 6 级, 风向为北风。

1) 郭良波. 渤海环境动力学数值模拟及环境容量研究. 中国海洋大学博士研究生学位论文, 2005

1.4 溶解态迁移转化模型

模型为基于 HAMSOM 原始方程构建的三维斜压模式,垂向采用 Z 坐标,水平方向采用平面直角坐标,以 Arakawa C 网格进行离散,水平网格分辨率为 $2' \times 2'$ (图 2),垂向分 20 层,层厚分别为 $4 \text{ m} \times 1$ 、 $2 \text{ m} \times 13$ 、 $3 \text{ m} \times 1$ 、 $4 \text{ m} \times 1$ 、 $5 \text{ m} \times 1$ 、 $6 \text{ m} \times 1$ 、 $7 \text{ m} \times 1$ 和 $15 \text{ m} \times 1$,为防止计算时“露底”溢出,表层取 4 m (王强, 2004¹⁾。

为了使目标海域流场计算准确,水动力模型计算范围比目标海域范围略大(图 3),其开边界设于 $122^\circ 30' \text{E}$ 。

模型初始条件,如温度、盐度、流场、云层初始值(王强, 2004¹; 王修林等, 2006; Zhao *et al.*, 2011)和水动力参数(赵亮等, 2002; 王强, 2004¹)主要参考文献中的值。

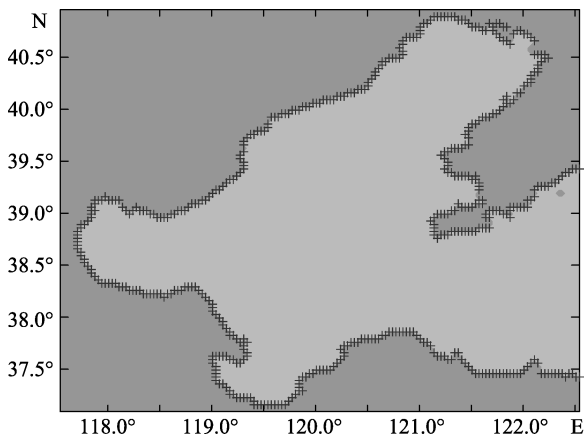


图 2 模型水平网格划分

Fig.2 Dividing of the horizontal grids

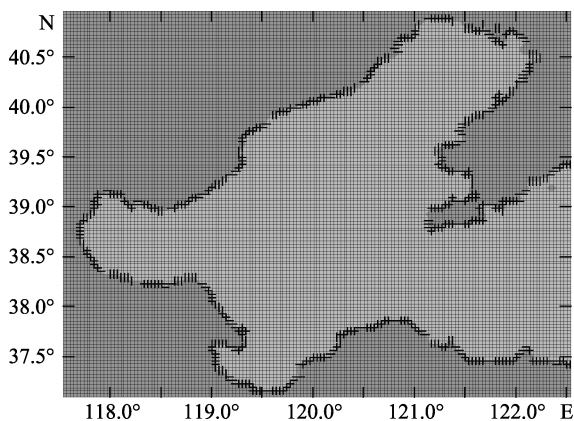


图 3 模型边界

Fig.3 Model boundary

溶解态输入通量为动态,输入网格随着油膜漂移

轨迹及油膜实时面积变动,输入通量取 13 m^3 ,为获取溶解态溢油最大影响范围,模拟时将其视为保守物质,随着油膜减少而同步输入模型进行模拟运算。

2 模拟结果与分析

2.1 油膜漂移轨迹

2.1.1 油膜扩散面积 180CST 油膜各时间点扩散半径及面积见表 1。

表 1 180CST 前 12 h 的扩散半径及面积
Tab.1 Diffusion radius and areas in the first twelve hours of 180CST

时间 Time (h)	半径 Radius (m)	面积 Area (km ²)
1	171	0.092
2	215	0.146
3	247	0.191
4	271	0.231
5	292	0.268
6	311	0.303
7	327	0.336
8	342	0.367
9	356	0.397
10	368	0.426
11	380	0.454
12	391	0.481

2.1.2 油膜漂移距离 根据拉格朗日余流场与实时风生流场叠加结果,180CST 油膜漂移距离见表 2,油膜漂移轨迹见图 4。

表 2 各时间段油膜漂移距离
Tab.2 Floating distance of oil film in certain time course

时间 Time (h)	漂移距离 Floating distance (km)
0-12	19.93
12-24	10.47
24-36	13.34
36-48	15.26
48-72	11.70

因现场实时风力、风向无直接观测值,为求风力、风向更接近实际,本研究取目标海域周边陆域山东东营市、莱州市和长岛县的实时风场数据,对此次溢油事故海域实时风力、风向参数取值予以矫正。其中,东营市位于目标海域西南方向,长岛县位于目标海域

1) 王强. 渤海环流的季节变化及浮游生态动力学模拟. 中国海洋大学硕士研究生学位论文, 2004

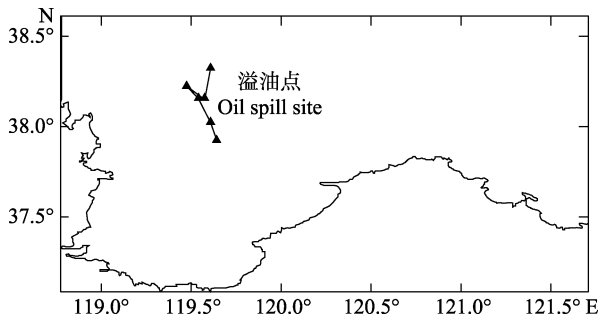


图4 油膜漂移轨迹

Fig.4 Floating route of oil film

东方, 莱州市位于目标海域东南方向。

油膜漂移轨迹主要受溢油区海面实时风场和潮流场影响, 本案例中因风力较强, 实时风生流场的驱动贡献更大。

2.1.3 油膜扫海面积 以 13 m^3 溢油量计算, 模拟得到累加扫海面积共计 69.19 km^2 (表 3)。

表3 各时间段油膜扫海面积

Tab.3 Floating area of oil film in certain time course

时间 Time (h)	累加扫海面积 Accumulated floating area (km^2)
0-12	12.19
12-24	9.43
24-36	14.23
36-48	18.19
48-72	15.16
合计 Total	69.19

2.2 溶解态向岸分布

室内试验测得 180CST 极限饱和浓度为 $100000\text{--}150000 \text{ mg/L}$, 油膜在海上存在时间 $\leq 72 \text{ h}$, 但事故溢油仍会以溶解态在海水中扩散, 向岸分布情况见图 5。由图 5 可知, 溶解态溢油在第 11 天 11:00 即可抵岸, 随着时间的推移其溶解态油品主体将逐渐抵岸, 溶解态覆盖区域石油含量均未超过《渔业水质标准》(GB11607-89) (0.05 mg/L)。

3 损失评估

3.1 海洋生物资源受损面积

油膜扫海区域的污染水平达到《海水水质标准》规定的四类或超四类水平, 远超《渔业水质标准》, 会损害海洋生物资源。溶解态向岸分布趋势模拟结果显示事故溢油潜在的影响范围, 虽然该区域石油烃含量均未超过《渔业水质标准》, 但乳化态和悬浮颗粒态石油

抵岸后会在地形等影响下凝聚成团, 从而对潮间带生物造成不良影响。

油膜扫海面积 69.19 km^2 需全部评估。潮间带受损面积核定过程如下: 根据溶解态向岸分布模拟结果, 该事故潜在潮间带影响范围为山东龙口和蓬莱两市。根据海岸线长度, 两市潮间带面积约为 193 km^2 , 扣除海岸防护工程用海、港口建设工程用海、船舶工业用海、旅游娱乐用海、造地工程用海以及渔业基础设施用海与围海养殖用海等, 天然潮间带剩余 20% 左右, 按 20% 计算, 为 38.6 km^2 ; 根据两市近岸块状油污指纹比对结果(占比 37.8%)折算, 受影响潮间带面积约为 14.6 km^2 。

3.2 渔业资源损失评估方法及参数

由于溢油污染发生于渤海中部, 影响区域为山东省的烟台沿海, 故采用《山东省海洋生态损害赔偿和损失补偿评估方法》, 损失评估参数见表 4。

根据《山东省海洋生态损害赔偿和损失补偿评估方法》(DB37/T1448-2009), 在渔业资源损失评估工作中, 油膜扫海区域属严重污染。故鱼类、无脊椎动物和浮游动物的损害系数均取上限值, 分别为 0.4、0.6 和 0.8; 仔稚鱼的损害系数取 1.0; 潮间带生物损害系数取中值, 为 0.5。生物量按照“我国近海海洋综合调查和评价专项”冬季调查结果换算得到。海洋生物价格采用“烟台市价格认证中心出具的《山东省价格认证结论书》(烟价认字【2011】6 号)”中所列各种近海水产品价格, 将价格在 20 元/kg 以上的种类定为优质经济类, 价格在 20 元/kg 以下的种类定为低值小型类。其中, 优质经济类为 12 种。优质经济类价格确定为 44.25 元/kg , 低值小型类价格确定为 11.25 元/kg 。仔稚鱼换算为商品苗种, 按平均价格 1.0 元/尾 计算; 浮游动物转化为低级游泳动物生物量, 其价格取低值小型类价格 11.25 元/kg ; 潮间带底栖生物主要由多毛类、软体动物、甲壳动物和棘皮动物组成, 其经济价值较低, 经综合考虑, 按 0.8 万元/t 计算, 即 8 元/kg 。

3.3 渔业资源损失评估结果

经评估, 油膜扫海区域内渔业资源损失额为 137.0 万元 , 潮间带生物损失额为 73.7 万元 , 一次性损失额共计 210.6 万元 (表 4)。

根据《山东省海洋生态损害赔偿和损失补偿评估方法》, 生物资源的损害赔偿为一次性损害额的 3 倍, 据此, 该事故生物资源的损害赔偿额共计 631.9 万元 。

据《蓬莱 19-3 油田溢油事故联合调查组关于事

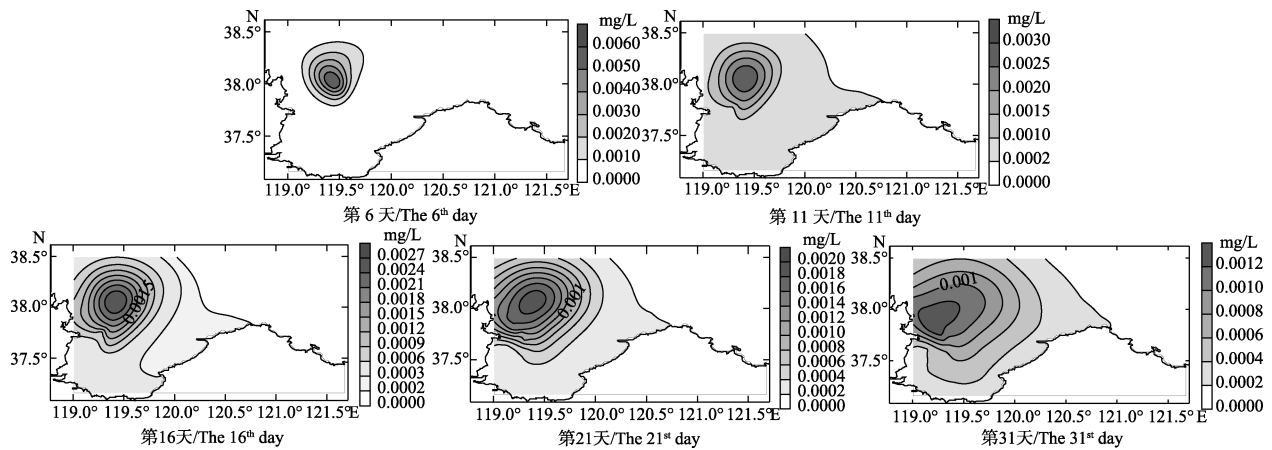


图5 溶解态油品分布

Fig.5 Distribution of the dissolved oil

表4 经济损失评估

Tab.4 Evaluation of the economic loss

项目 Items	种类 Species				
	鱼类 Fish	无脊椎动物 Invertebrates	浮游动物 Zooplankton	潮间带生物 Intertidal organism	仔稚鱼 Fish larvae and juvenile
生物量 Biomass	644 kg/km ²	244 kg/km ²	560 kg/km ²	13400 kg/km ²	206000 ind
损害系数 Impairment ratio	0.4	0.6	0.8	0.5	1.0
受损生物量 Biomass of the impaired	257.6 kg/km ²	146.4 kg/km ²	448 kg/km ²	6700 kg/km ²	10300 ind
污染面积 Polluted area (km ²)	69.19	69.19	69.19	14.6	69.19
价格 Price	优质经济类 High quality and expensive species: 44.25 yuan/kg 低值小型类 Cheap and miniature species: 11.25 yuan/kg		11.25 yuan/kg	8 yuan/kg	1 yuan/ind
一次性损失额 Direct economic loss (10 k yuan)	优质经济类 High quality and expensive species: 41.2 低值小型类 Cheap and miniature species: 21.0		3.5	73.7	71.2
一次性损失额合计 Total direct economic loss (10 k yuan)			210.6		

故调查处理报告》，蓬莱 19-3 溢油事故造成油田周边及其西北部面积约 6200 km² 的海域污染，溢油事故造成的海洋生态损害补偿额为 10.9 亿元人民币。仅根据污染水体面积及海洋生态补偿金额估算单位面积补偿金额，蓬莱 19-3 油田溢油事故为 17.6 万元/km²，本研究所选案例为 9.1 万元/km²，前者要高于后者，但考虑到前者持续污染时间要远高于后者，本研究的评估结果可信度较高。

4 结论

(1) 以 13 m³ 溢油量计算，油膜存在期约为 72 h，

模拟得到累加扫海面积共计 69.19 km²；油膜消失后，事故溢油仍会以溶解态、乳化态或悬浮颗粒态在海水中扩散，溶解态溢油在第 11 天的 11:00 即可抵岸，随着时间的推移其溶解态溢油主体将逐渐抵岸，溶解态覆盖区域石油含量均未超过《渔业水质标准》(0.05 mg/L)。

(2) 油膜会造成渔业资源损失，油膜消失后，悬浮颗粒态和乳化态石油在岸滩等因素影响下会形成凝聚态石油，并对潮间带生物造成影响。根据《山东省海洋生态损害赔偿和损失补偿评估方法》(DB37/T1448-2009)，经评估，在油膜扫海区域及受影响潮间带范围内，事故经济损失合计为 631.9 万元。本

研究对数值模型方法在溢油事故天然渔业资源损失评估中的应用方面做了有益尝试, 为评估无现场观测数据支撑的海洋溢油事故所造成的天然渔业资源损失, 提供了一个可行的方法。

参 考 文 献

- 王修林, 李克强. 渤海主要化学污染物海洋环境容量. 北京: 科学出版社, 2006, 237-250, 265-278
- 龙绍桥, 娄安刚, 谭海涛, 等. 海上溢油粒子追踪预测模型中的两种数值方法比较. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2006, 36(Sup.): 157-162
- 刘文全, 贾永刚, 卢芳. 渤海石油平台溢油生态环境损害评估系统开发研究. 海洋环境科学, 2011, 30(5): 673-676, 685
- 刘钦政, 张存智, 刘煜, 等. 渤海溢油数值预报研究. 海洋预报, 2005, 22(Supplement): 70-76
- 许文彬. 福州港福泰码头海上溢油事故影响预测. 福建水产, 2011, 33(2): 44-49
- 牟林, 邹和平, 武双全, 等. 海上溢油数值模型研究进展. 海洋通报, 2011, 30(4): 473-480
- 李克强, 王修林, 石晓勇, 等. 石油烃在胶州湾多介质中迁移-转化模型研究. 海洋环境科学, 2009, 28(1): 12-16
- 李克强, 王修林, 阎菊, 等. 胶州湾石油烃污染物环境容量计算. 海洋环境科学, 2003, 22(4): 13-17
- 余加艾, 张波, 陈伟斌, 等. 渤海结冰海区溢油行为数值模拟. 海洋与湖沼, 1999, 30(5): 552-557
- 宋泽坤, 程和琴, 刘昌兴, 等. 长江口溢油数值模拟及对水源地影响. 长江流域资源与环境, 2013, 22(8): 1055-1063
- 张存智, 窦振兴, 韩康, 等. 三维溢油动态预报模式. 海洋环境科学, 1997, 16(1): 22-39
- 张珞平, 王隆发, 吴瑜端. 河口港湾海水中石油烃的自然风化模式. 海洋学报(中文版), 1988, 10(1): 117-121
- 国家海洋局. 蓬莱 19-3 油田溢油事故联合调查组关于事故调查处理报告. 2012. http://www.soa.gov.cn/xw/hyyw_90/201211/t20121109_884.html
- 赵亮, 魏皓, 冯士箴. 渤海氮磷营养盐的循环和收支. 环境科学, 2002, 23(1): 78-81
- 娄安刚, 奚盘根, 黄祖珂, 等. 海面溢油轨迹的分析与预报. 青岛海洋大学学报, 1994, 24(4): 477-484
- 娄厦, 刘曙光. 溢油模型理论及研究综述. 环境科学与管理, 2008, 33(10): 33-37, 61
- 郭良波, 江文胜, 李凤岐, 等. 渤海 COD 与石油烃环境容量计算. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2007, 37(2): 310-316
- 黄成, 赵利平, 肖剑. 广西近海溢油扩散数值模拟. 水道港口, 2013, 34(2): 174-179
- 焦俊超, 马安青, 娄安刚, 等. GIS 和 Google Earth 开发在溢油预测中的整合应用. 遥感技术与应用, 2011, 26(2): 215-219
- 廖国祥, 高振会, 熊德琪. 水下油气溢漏事故污染物输移预测模型. 大连海事大学学报, 2010, 36(4): 115-120
- Azevedo A, Oliveira A, Fortunato AB, *et al.* Application of an Eulerian-Lagrangian oil spill modeling system to the Prestige accident: trajectory analysis. J Coastal Res, 2009(SI 56): 777-781
- Backhaus JO. A three-dimensional model for the simulation of shelf sea dynamics. Deutsche Hydrografische Zeitschrift, 1985, 38(4): 165-187
- Backhaus, JO. A semi-implicit scheme for the shallow water equations for application to shelf sea modeling. Cont Shelf Res, 1983, 2(4): 243-254
- Badri, MA, Azimian, AR. Oil spill model based on the kelvin wave theory and artificial wind field for the Persian Gulf. Indian J Mar Sci, 2010, 39(2): 165-181
- Berry A, Dabrowski T, Lyons K. The oil spill model OILTRANS and its application to the Celtic Sea. Mar Pollut Bull, 2012, 64(11): 2489-2501
- Chen F, Yapa PD. Three-dimensional visualization of multi-phase (oil/gas/hydrate) plumes. Environ Modell Softw, 2004, 19(7-8): 751-760
- Deng Z, Yu T, Jiang X, *et al.* Bohai Sea oil spill model: a numerical case study. Mar Geophys Res, 2013, 34(2): 115-125
- Helle I, Ahtiainen H, Luoma E, *et al.* A probabilistic approach for a cost-benefit analysis of oil spill management under uncertainty: A Bayesian network model for the Gulf of Finland. J Environ Manage, 2015, 158: 122-132
- Li Y, Zhu J, Wang H. The impact of different vertical diffusion schemes in a three-dimensional oil spill model in the Bohai Sea. Adv Atmos Sci, 2013, 30(6): 1569-1586
- Nelson JR, Grubestic TH, Sim L, *et al.* Approach for assessing coastal vulnerability to oil spills for prevention and readiness using GIS and the Blowout and Spill Occurrence Model. Ocean Coast Manage, 2015, 112: 1-11
- Nepstad R, Størdal IF, Brønner U, *et al.* Modeling filtration of dispersed crude oil droplets by the copepod *Calanus finmarchicus*. Mar Environ Res, 2015, 105: 1-7
- Zhao X, Wang X, Shi X, *et al.* Environmental capacity of chemical oxygen demand in the Bohai Sea: modeling and calculation. CJOL, 2011, 29(1): 46-52

(编辑 马瑾艳)

Evaluation of the Natural Fishery Resources Loss Caused by an Oil Spill Accident in the Central Bohai Sea Based on Euler-Lagrange Method

DING Dongsheng, MA Shaosai, CHEN Bijuan, CUI Zhengguo, ZHAO Jun,
LIU Chuanxia, ZHANG Xuzhi, QU Keming^①

(Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture,
Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Eco-Environment,
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

Abstract In recent years, marine oil spill accidents occurred frequently, which has become a major concern on the marine environment and biological resources. To better understand the aftermath of an oil spill in a ship collision accident in the central Bohai Sea, here we modeled the floating and diffusion of oil film as well as the distribution of dissolved oil (petroleum hydrocarbon) using Euler-Lagrange method. The size of affected area and loss of fishery resources were also evaluated based on this model. We found that the volume of spilled oil was about 13,000 L, and the oil film lasted for 72 hours. The sea area affected by accumulated floating oil was about 69.19 km². As the film broke down, oil droplets could be dissolved in the seawater in the form of emulsified and suspended particulate, and diffused to the coastal in 11 days, although the water quality would still meet the standard for fisheries. The oil film resulted in reduced fisheries resources, and the emulsified and suspended particulate could re-condense at the coast, which would harm the intertidal benthos. The affected area was determined based on the model and the length of coastline. It was estimated that the total economic loss in the oil film zone and the intertidal coastal zone was ¥ 6.319 million. Our study demonstrated that the numerical model, especially in the absence of observed data, could be a valuable tool in evaluating the change in natural fishery resources caused by oil spill accidents.

Key words Euler-Lagrange method; Oil spill accident; Loss evaluation of the natural fishery resources

① Corresponding author: QU Keming, E-mail: qukm@ysfri.ac.cn