

基于随机情景模拟的船舶溢油危害后果量化评价 ——以台湾海峡北部水域为例*

柴田¹ 熊德琪^{2①}

(1. 集美大学航海学院 厦门 361021; 2. 大连海事大学环境科学与工程学院 大连 116026)

摘要 为克服典型情景模拟法的缺陷,综合考虑船舶溢油发生的随机性、海洋水动力和风场的不确定性以及环境资源的敏感性,提出基于随机情景模拟的船舶溢油危害后果定量评价方法。通过随机情景模拟和网格化统计得到敏感区的溢油污染概率和最快到达时间,结合环境敏感指数和溢油量等参数计算综合溢油危害指数,并将其作为溢油危害后果定量评价指标。结果表明:台湾海峡北部水域不同季节发生船舶溢油的危害后果大小依次为夏季(27.8)>秋季(25.5)>春季(21.1)>冬季(16.2),夏季溢油事故对牛山岛保护区的污染概率和危害后果相对最大($P=60\%$, $C_k=41.2$),达到较高级别;其他季节东甲列岛保护区的溢油污染概率和危害指数均为最高。随机情景模拟能够弥补事故情景,为评价船舶溢油危害后果风险提供一种新方法。

关键词 随机模拟; 环境敏感指数; 溢油污染概率; 溢油危害指数

中图分类号 X55 **doi:** 10.11693/hyhz20180300066

台湾海峡是我国海上南北大通道,日均船舶交通流量较大,如 2014—2016 年 3 年间过围头至台中门线的日均 AIS(Automatic Identification System)船舶数高达 466 艘次。交通流量增加将会导致发生船舶碰撞事故的频率增大,船舶碰撞发生后往往会导致溢油并造成污染。结合溢油行为模型评价溢油事故对周围海域的危害一直是国内外学者研究的热点(余加艾等, 1999; Varlamov *et al.*, 1999; 施欣等, 2007; 李筠等, 2010; 杨红等, 2013)。上述研究中对海上溢油漂移扩散预测都采用典型情景模拟法,其气象条件一般只考虑主导风向和不利风向,潮流条件一般只计算涨潮和落潮 2 个时刻,通常只组合成 4—8 种典型情景,分别进行预测模拟,最后给出周围海域污染概率和溢油最快达到时间。而现实中海面风场时刻变化、船舶溢油事故发生具有随机性,典型情景模拟法无法体现船舶溢油对海洋环境污染的随机性和不确定性。为研究溢油对海洋环境污染的随机性,学者们使用

随机风场和流场组合动力条件研究溢油对敏感保护区的污染概率(Skognes *et al.*, 2004; 张学庆等, 2014; 邓健等, 2017)。溢油污染危害后果与溢油量大小和周围海域资源环境敏感度密切相关(高祥兴等, 2015),溢油污染概率相同情况下环境敏感度高的资源受危害程度更大。

综上,本文构建基于随机情景模拟的船舶溢油危害后果评价模型,以船舶溢油周围海洋保护区为研究对象,结合环境敏感指数(environmental sensitivity index, ESI)和溢油量等参数建立溢油危害指数计算模型,提出使用综合溢油危害指数评价溢油污染程度的新方法。

1 模型与方法

1.1 溢油漂移扩散模型

目前国内外主要采用“油粒子”模型模拟溢油在海洋环境中时空行为(余加艾等, 1999; Lonin, 1999;

*国家自然科学基金项目, 41276105/D0608 号; 辽宁省自然科学基金项目, 20170540099 号; 集美大学科研基金项目, ZQ2018016 号。柴田, 博士, E-mail: chaitian2006@163.com

通信作者: 熊德琪, 教授, 博士生导师, E-mail: xiongdaq@dlmu.edu.cn

收稿日期: 2018-03-27, 收修改稿日期: 2018-07-27

Skognes *et al*, 2004; 施欣等, 2007; 李筠等, 2010; Mariano *et al*, 2011; 杨红等, 2013), 单个油粒子在 Δt 时段内三维空间位移表达为:

$$\Delta \bar{L}_{\text{Tot}} = \Delta \bar{L}_{\text{Adv}} + \Delta \bar{L}_{\text{Dif}}, \quad (1)$$

式中, $\Delta \bar{L}_{\text{Tot}}$ 为油粒子的总位移; $\Delta \bar{L}_{\text{Adv}}$ 为油粒子平流移动位移; $\Delta \bar{L}_{\text{Dif}}$ 为油粒子湍流扩散位移(三个方向上的), $\Delta \bar{L}_{\text{Adv}}$ 和 $\Delta \bar{L}_{\text{Dif}}$ 分别由下列公式计算:

$$\Delta \bar{L}_{\text{Adv}} = (\bar{U}_{\text{current}} + fD\bar{U}_{\text{wind}}) \cdot \Delta t, \quad (2)$$

$$\Delta \bar{L}_{\text{Dif}} = R \cdot \sqrt{6K_{\alpha}\Delta t}, \quad (3)$$

式中, $\bar{U}_{\text{current}}$ 为海流流速; $\bar{U}_{\text{wind}}$ 为海面 10m 高处的风速; f 为风力漂移因子, 一般为 3%—4%, 本文取 3.5%; D 为风向偏转角的转换矩阵, 偏转角在 0°—45°, 近海一般取 15°; α 表示 x 、 y 、 z 方向; R 为 $[-1, 1]$ 间均匀分布随机函数; K_{α} 为 α 方向上的湍流扩散系数; Δt 为时间步长。

1.2 基于随机情景模拟的溢油污染概率预测

对于船舶事故高发区, 首先根据历史船舶溢油事故或确定的船舶航行高风险区选取潜在溢油事故地点, 将溢油事故周围可能受污染影响的海域划分为若干矩形网格(至少 100×100 个单元); 然后, 对溢油事故进行三年不少于 300 个不同情景漂移扩散模拟计算, 每个情景发生时间是不确定的, 可随机选取过去三年中的任一时刻, 相应的风速、风向条件使用海面风场的逐时历史监测数据, 流场数据采用目标区域潮流场模拟计算结果, 每次事故情景模拟均计算并记录每个计算网格单元的油膜漂移经过时间, 污染次数等参数; 最后, 对每个网格单元内溢油污染概率 P 、溢油最快到达时间 T 等污染风险危害后果通过统计后确定。统计计算公式如下:

$$P(i, j) = \frac{M(i, j)}{N} \times 100\%, \quad (4)$$

$$T(i, j) = \text{Min}\{T(i, j)_n\}, n = 1, 2, \dots, N, \quad (5)$$

式中, (i, j) 为划定平面网格编号; $P(i, j)$ 为溢油对网格 (i, j) 污染概率; N 为情景模拟总次数; $M(i, j)$

为 N 次模拟中油膜漂移扩散到网格 (i, j) 的次数; $T(i, j)$ 为 N 次模拟中油膜漂移到网格 (i, j) 的最短时间。

1.3 溢油危害指数的确定方法

1.3.1 海洋敏感区类别及其敏感指数

国内外一般用环境敏感指数(ESI)表征不同类型海洋资源的环境敏感区对溢油污染的敏感性, 为定量评价船舶溢油危害, 且考虑到 ESI 的相对性和计算的方便性, 本文参考国际海事组织和《船舶污染海洋环境风险评价技术规范》(试行)中的分类方法, 同时考虑到百分制的等级划分更符合人们常规思维和分级习惯, 将 ESI 范围定义在 0—100。

参考相关文献(福建省人民政府, 2012; 杨朋金等, 2015; 邓健等, 2017), 采用经验法对不同类别敏感区的 ESI 进行赋值。区域内自然生态、社会经济价值及管理需求越高其分值也越高, 反之越低。每个等级分值均为 20 分, 一般分 3—4 个小等级、每个小等级分差 5 分, 如海洋保护区中的核心区、缓冲区、试验区和一般区域分别赋值 80、75、70 和 65(国家级海洋保护区则为 100、95、90 和 85); 养殖区根据其经济价值分为高经济价值生物、非珍贵海洋生物和普通海洋生物, 分别赋值 80、75 和 70; 旅游区分国家级、省级、市级和县(区)级旅游区, 分别赋值 60、55、50 和 45; 港口航运区分全国性、区域性、一般性和小型区域, 分别赋值 20、15、10、5。

1.3.2 溢油危害指数计算

网格单元受溢油影响程度取决于溢油到达的可能性和其本身溢油敏感性, 因此网格单元的溢油危害指数 $c(i, j)$ 可由网格单元受溢油污染概率 $p(i, j)$ 和网格单元环境敏感指数 $s(i, j)$ 共同确定, 即:

$$c(i, j) = p(i, j) \times s(i, j). \quad (6)$$

通过溢油危害指数衡量网格单元以及海域受溢油污染的影响程度, 其值越大溢油污染影响程度越高。为表征溢油危害程度的不同, 结合海域环境敏感指数和污染概率, 将溢油危害指数分 5 级, 见表 1。

表 1 船舶溢油污染危害等级划分
Tab.1 Distribution of environmental sensitive areas of ship oil spill

相对等级	很低	较低	中等	较高	很高
污染概率(%)	0—10	10—20	20—40	40—60	60—100
环境敏感指数	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100
溢油危害指数	0—2	2—8	8—24	24—48	48—100

敏感区由多个网格单元组成, 因此需要统计敏感区所包含的网格单元数量, 综合考虑可能受到溢油影响 ($p(i, j) \geq 5\%$) 的网格单元溢油危害指数的最大值和平均值, 计算敏感区的溢油危害指数, 即:

$$C_k = \frac{\max c_k(i, j) + \bar{c}_k(i, j)}{2}, \quad (7)$$

式中, C_k 为敏感区 k 的溢油危害指数; $\max c_k(i, j)$ 和 $\bar{c}_k(i, j)$ 分别为敏感区 k 所包含网格单元溢油危害指数的最大值和平均值。

1.3.3 综合溢油危害指数 船舶溢油危害大小, 既与溢油吨级有关, 又与各敏感区受污染危害程度有关。为此采用事故溢油量作为计算参数, 同时兼顾区域内各敏感区溢油危害指数 C_k 的最大值和平均值, 提出综合溢油危害指数计算公式:

$$C = \log A + \frac{\max(C_k) + \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n C_k}{2} \quad (8)$$

式中, C 为综合溢油危害指数; A 为事故溢油量(吨); C_k 为敏感区 k 的溢油危害指数; n 为附近海域可能受溢油事故污染的敏感区个数。

1.4 应用区域及算例

1.4.1 研究区域 船舶溢油主要由碰撞和搁浅事故引起, 相关研究结果表明台湾海峡潜在船舶碰撞事故最高发区位于北部东甲岛水域, 地理概位为 25.35°N , 119.85°E (柴田等, 2017)。潜在溢油处附近敏感资源分布及环境敏感指数情况见表 2, 敏感资源与溢油点间的相对位置见图 1。

表 2 潜在船舶溢油点附近敏感区及指数

Tab.2 Information and index of sensitive areas of ship oil spill

环境敏感区	敏感指数	方位和距离
牛山岛汇集流生态保护区(省级)	80	NE 6.5km
平潭中华鳖特别保护区(县级)	65	NW 8.5km
草屿浅海养殖区(县级)	65	W 11.7km
塘屿列岛海洋特别保护区(省级)	80	W 12.8km
东甲列岛碑紫菜繁育特别保护区(市级)	70	SW 7.2km
台湾海峡内航路	10	SE 1.7km

注: 根据《福建省海洋功能区划(2011—2020 年)》确定各保护区级别

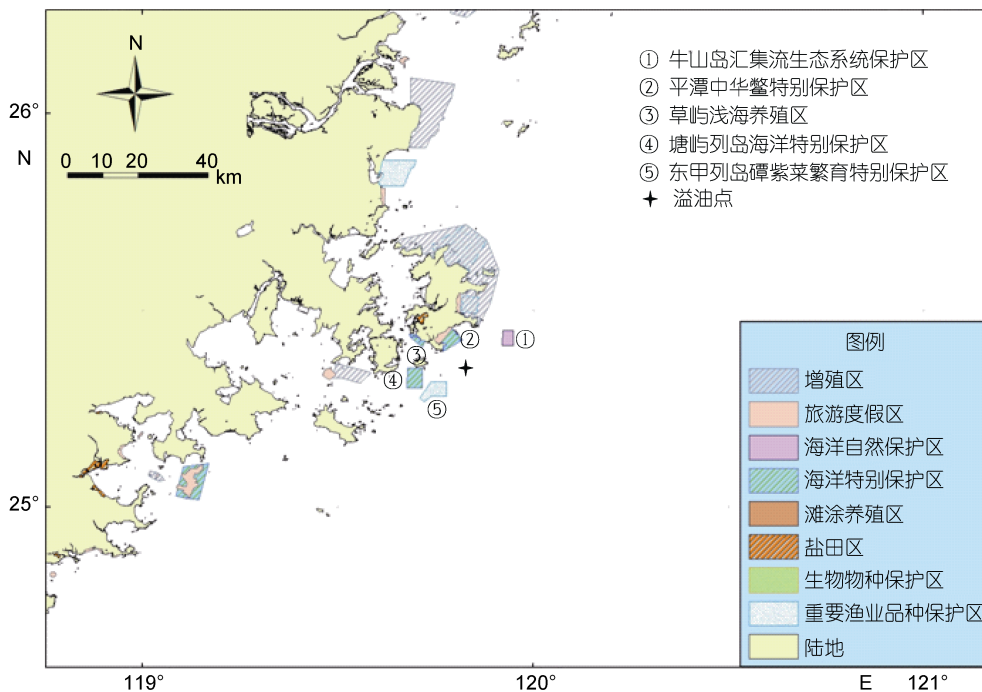


图 1 潜在船舶溢油地点附近环境敏感区分布

Fig.1 Environment sensitive areas distribution of ship oil spill

1.4.2 随机情景模拟参数选择 (1) 风场数据

台湾海峡北部水域全年盛行风向较为集中,除夏季(6—8 月)盛行西南(SW)风外,全年以东北偏北(NNE)风为主(占 43%),其次为东北(NE)风(占 18%),西北(NW)风出现频率最小(约 1%)。多年平均风速 9.0m/s,年平均最大风速 10.1m/s,最小风速 7.5m/s。

本文使用的海面风场资料来自于美国国家环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)提供的全球大气再分析产品 CFSR (Climate Forecast System Reanalysis)。NCEP 海面风场资料的数据为距海面 10m 的经向风速和纬向风速,覆盖全球,水平分辨率为 0.5°,时间间隔为 1—6h。旷芳芳等(2015)将 NCEP 风场数据与福建省海洋渔业厅观测的风场数据对比研究,表明 NCEP 风场数据的可信度较高。

(2) 流场数据

本文使用的流场数据采用“台湾海峡三维潮流数值预报模型”的模拟计算结果。该模型基于受国内外广泛认可的 FVCOM 海洋动力场数值模式(齐继峰等, 2013; 滕飞等, 2016),计算范围为台湾海峡水域,东、西边界分别为台湾岛西侧和福建沿岸地区,南、

北为两条开边界。整个计算海域包含网格节点 4995 个,三角形单元数为 9391 个,分辨率最小约为 300m,垂向 σ 层分为 5 层。模拟计算结果同长期观测资料符合良好,能够较好地反映出台湾海峡潮汐、潮流运动的变化状况和分布特征(王道生等, 2016; 王娟娟等, 2016; 石晓勇等, 2013)。

(3) 资源环境敏感指数

根据本文提出的资源环境敏感指数确定方法,溢油处附近水域资源的环境敏感指数赋值见表 2。

(4) 随机情景模拟试验参数的确定

船舶碰撞造成的溢油事故等级大小与船舶类型和船舶尺度密切相关,限于篇幅,不能全面模拟不同等级的船舶碰撞溢油情景,本文以船舶碰撞造成 100t 原油瞬间泄漏为案例开展研究,具体情景设定和模拟参数见表 3。

2 结果与讨论

2.1 量化评价结果

基于上述随机情景模拟方法得到的船舶溢油对附近各敏感保护区的污染概率、最快达到时间及溢油危害指数计算结果见表 4,图 2 和图 3 给出夏季和冬季船舶溢油危害后果时空分布。

表 3 船舶溢油事故随机情景模拟参数设置
Tab.3 Parameters setting of simulation conditions for an incident of ship oil spill

事故发生时间	溢油规模 ^a	风场数据	流场数据	模拟时间	随机情景个数
2012 年 1 月 1 日 0 时—2014 年 12 月 31 日 24 时之间随机任一时刻(春季:3—5 月、夏季:6—8 月、秋季:9—11 月、冬季:12—2 月)	原油 100t (瞬时泄漏入海)	NCEP 风向、风速数据(2012 年 1 月 1 日—2014 年 12 月 31 日)	“台湾海峡三维潮流数值预报模型”结果(2012 年 1 月 1 日—2014 年 12 月 31 日)	72h	300

注: ^a原油种类选取福建沿海运输量较大的伊朗重质原油,其 25℃ 密度为 919.3kg/m³,运动黏滞系数为 1.053×10⁻⁵m²/s,油表面张力系数为 200μN/cm;经过敏感性分析,计算采用 10000 个“油粒子”来表示事故的总溢油量

表 4 不同季节船舶溢油对敏感区的危害后果预测评价结果
Tab.4 Pollution and hazard predictive assessment results of ship oil spill on sensitive areas in different seasons

敏感区名称	敏感指数 S	溢油危害后果											
		最大污染概率(%)				最快到达时间(h)				溢油危害指数 C _k			
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
牛山岛汇聚流生态系统保护区	80	20	60	5	0	4	4	13	-	13.5	41.2	3.1	0
平潭中华鳖特别保护区	65	10	5	5	10	3	5	4	4	5.2	2.3	2.4	5.1
草屿浅海养殖区	65	5	5	5	5	7	25	4	4	3.3	3.3	3.3	3.3
塘屿列岛海洋特别保护区	80	20	5	20	10	10	7	4	7	12.1	3.1	11.9	6.2
东甲列岛碑紫菜繁育特别保护区	70	50	10	60	40	4	4	4	4	26.2	6.1	36.6	21.1
台湾海峡内航路	10	100	100	100	100	2	1	1	1	9.0	9.3	9.1	8.9
综合溢油危害指数 C										21.1	27.8	25.5	16.2

注: 根据随机情景模拟结果提取溢油到达最短时间的最小值、污染概率和危害指数的最大值

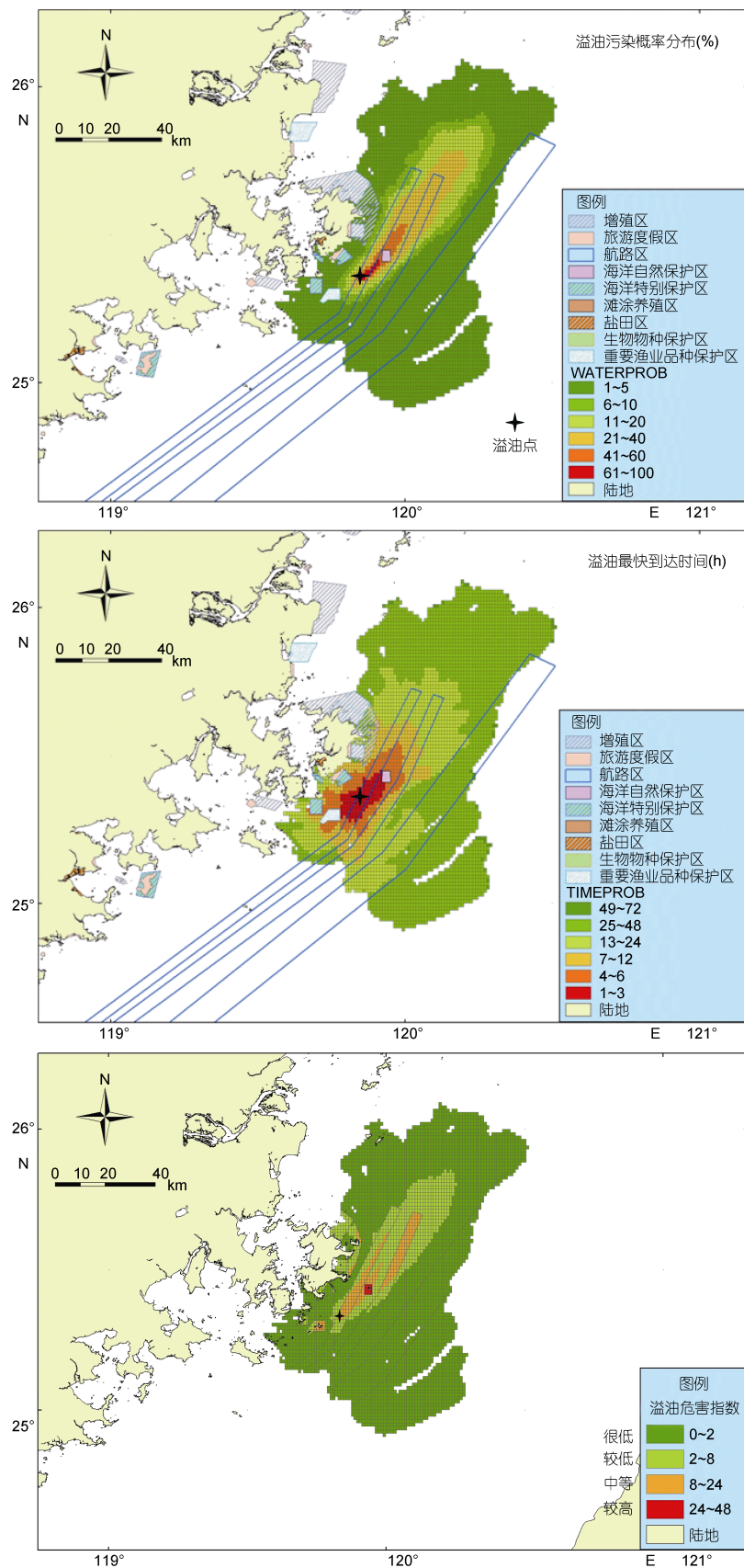


图 2 船舶溢油污染危害预测评价结果空间分布(夏季)

Fig.2 Spatial distribution of pollution and hazard predictive assessment results of ship oil spill (summer)

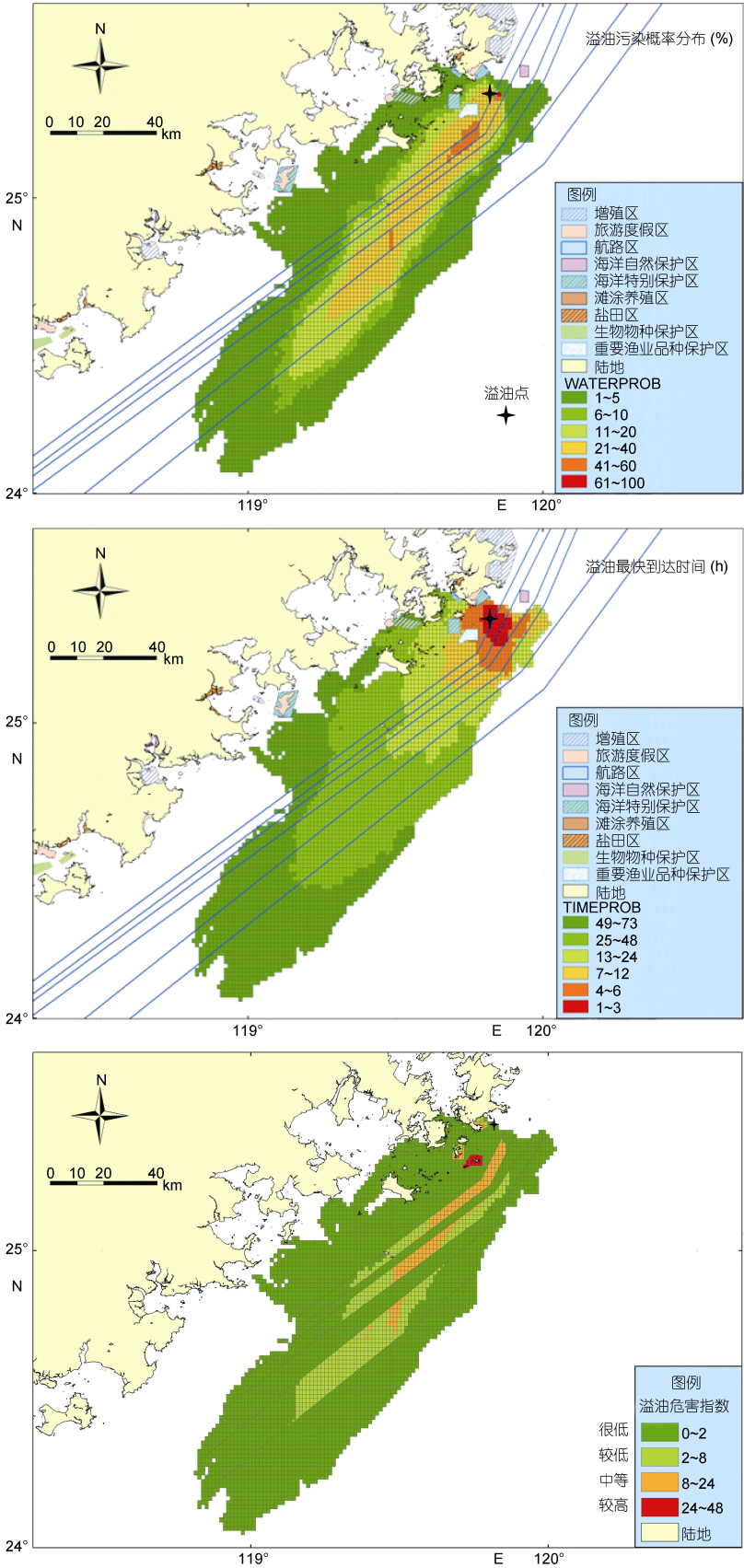


图 3 船舶溢油污染危害预测评价结果空间分布(冬季)

Fig.3 Spatial distribution of pollution and hazard predictive assessment results of ship oil spill (winter)

根据综合溢油危害指数 C 计算结果, 台湾海峡北部水域在不同季节发生船舶溢油的危害后果大小依次为夏季($C=27.8$) > 秋季(25.5) > 春季(21.1) > 冬季(16.2); 其中夏季发生溢油事故对牛山岛保护区的污染危害最大($C_k=41.2$), 达到较高级别; 在其它季节, 东甲列岛罾紫菜保护区的溢油危害指数均为最高(秋季 36.6、春季 26.2、冬季 21.1)。

船舶溢油事故发生在夏季(6—8 月), 由于夏季台湾海峡常风向为西南风, 溢油向东北方向漂移扩散的可能性较大。夏季时位于溢油地点东北方 6.5km 的牛山岛生态保护区受溢油污染概率相对最大, 达到 60%, 油膜最快到达保护区的时间为事故后 4h。

如果溢油事故发生在春季(3—5 月)、秋季(9—11 月)或冬季(12—2 月), 由于此时台湾海峡常风向均为东北风, 导致溢油向西南方漂移扩散的可能性较大。因此位于溢油地点西南方 7.2km 的东甲列岛罾紫菜保护区受溢油污染概率相对最大, 达到 40%—60%, 油膜到达保护区的最快时间为 4h。

2.2 分析与讨论

2.2.1 结果分析 (1) 随机模拟结果显示, 由于潮流日周期往复性, 溢油漂移趋势主要受风向影响较大。台湾海峡东风和东南风的风频均较小, 因此位于潜在溢油点西侧的平潭中华鳖保护区和草屿浅海养殖区, 以及位于西北方的塘屿列岛海洋保护区受溢油污染的概率相对较低, 均未超过 20%。

(2) 溢油到达保护区的最快时间受风影响较大, 春季东北风作用下溢油最快达到位于溢油点西侧 11.7km 处的草屿浅海养殖区的最短时间约 3h, 夏季西南风情况下溢油最快达到位于溢油点东北侧 6.5km 处的牛山岛生态保护区的最短时间约 4h。

(3) 牛山岛汇聚流生态保护区(省级)和塘屿列岛海洋特别保护区(省级)分别位于溢油点东北方 6.5km 处和西方 12.8km 处。相同环境敏感指数情况下, 由于牛山岛保护区距离溢油点较近, 在夏季盛行西南风的台湾海峡北部水域, 该保护区最较容易遭受船舶溢油污染。因此一年四季中夏季发生溢油事故其危害后果最大。

2.2.2 完善评价方法的讨论 (1) 船舶碰撞溢油事故是小概率事件, 其发生时间具有不确定性, 事故造成的溢油量也具有不确定性, 事故场景信息的不完善会导致溢油危害后果存在一定的不确定性。

(2) 在环境敏感指数选择上没有权威的、可直接利用的文献, 文中在量化溢油危害指数时对资源

环境敏感指数采用经验法赋值, 造成评价溢油危害后果等级存在一定误差, 后续需进一步研究环境敏感指数赋值标准以客观合理地表征溢油危害后果。

(3) 由于潮流日周期往复性, 溢油漂移趋势受风场影响较大。由于缺少长时间序列的台湾海峡北部水域实测海面风场数据, 算例仅采用 2011—2014 年的 NCEP 模型预报风场数据。在有限的风场数据支持下, 随机情景模拟统计结果精度仍有改进空间。

3 结论

(1) 通过引入环境敏感指数、溢油污染概率以及溢油量大小等参数, 本文构建了基于随机情景模拟的船舶溢油危害后果评价方法, 克服了典型情景模拟法遗漏大量事故情景的缺陷。应用算例研究表明, 台湾海峡北部水域夏季发生溢油危害后果最大、冬季最小。

(2) 溢油漂移轨迹受风影响较大, 溢油对附近海洋环境污染影响程度存在时空分布特征, 综合影响程度整体呈现出夏季由溢油处向东北方向逐渐减小的趋势, 其他季节由溢油处向西南方向逐渐减小的趋势。

(3) 基于随机情景模拟的船舶溢油危害后果风险评价方法能为船舶溢油应急提供决策支持。以台湾海峡北部水域为例, 溢油应急设备材料夏季时应重点布置在牛山岛保护区附近, 其它季节应侧重对东甲列岛附近水域的防护。发生船舶溢油事故后, 主要调度福州、平潭和莆田辖区应急力量参与行动, 若这 3 个辖区溢油应急力量不能完全满足需求, 可协调调度泉州方面的应急力量。

参 考 文 献

- 王娟娟, 高志一, 王久珂等, 2016. Jason-2 有效波高产品在中国海域的准确性评估. 海洋与湖沼, 47(3): 509—517
- 王道生, 刘晓东, 庄海东, 2016. 基于 FVCOM 的台湾海峡三维潮汐与潮流数值模拟研究. 应用海洋学报, 35(4): 491—498
- 邓 健, 孙 浩, 谢 澄, 2017. 基于随机数值模拟的溢油对敏感资源风险评价研究. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 41(1): 32—36
- 石晓勇, 李鸿妹, 王 颢等, 2013. 夏季台湾暖流的水文化学特性及其对东海赤潮高发区影响的初步探讨. 海洋与湖沼, 44(5): 1208—1215
- 齐继峰, 曹圣山, 郭可采等, 2013. 基于 FVCOM 的獐子岛附近海域三维潮汐潮流数值模拟. 海洋与湖沼, 44(6): 1469—1478
- 李 筠, 陈荣昌, 颜惠民, 2010. 基于溢油轨迹和归宿模型的钦州湾溢油风险研究. 交通节能与环保, (1): 19—24

- 杨 红, 刘成秀, 李曰嵩等, 2013. 基于 GNOME 的长江口锚地溢油模拟. 上海海洋大学学报, 22(3): 384—390
- 杨朋金, 吕则和, 周 青等, 2015. 基于 GIS 和层次分析法的海洋溢油敏感区综合等级评价体系研究. 海洋环境科学, 34(5): 749—753, 758
- 旷芳芳, 张友权, 张俊鹏等, 2015. 3 种海面风场资料在台湾海峡的比较和评估. 海洋学报, 37(5): 44—53
- 余加艾, 张 波, 刘钦政等, 1999. 渤海结冰海区溢油行为数值模拟. 海洋与湖沼, 30(5): 552—557
- 张学庆, 刘津梁, 王 翠, 2014. 胶州湾随机动力条件下的船舶溢油污染概率研究. 应用海洋学学报, 33(3): 379—384
- 施 欣, 陈维皓, 赵文朋等, 2007. 基于溢油模拟的船舶溢油污染风险评估. 系统仿真学报, 19(13): 3094—3100
- 柴 田, 熊德琪, 张杏谷等, 2017. 开阔水域船舶碰撞频率建模及应用. 仪器仪表学报, 38(9): 2335—2342
- 高祥兴, 高 伟, 崔志松等, 2015. 海洋石油降解菌群的固定化及石油降解特性. 海洋与湖沼, 46(4): 732—740
- 福建省人民政府, 2012. 福建省海洋功能区划(2011—2020 年)
- 滕 飞, 方国洪, 魏泽勋等, 2016. Chezy 型和广义 Manning 型摩擦关系在渤、黄、东海陆架潮汐模拟中的应用. 海洋与湖沼, 47(4): 696—705
- Lonin S A, 1999. Lagrangian model for oil spill diffusion at sea. Spill Science & Technology Bulletin, 5(5—6): 331—336
- Mariano A J, Kourafalou V H, Srinivasan A *et al*, 2011. On the modeling of the 2010 Gulf of Mexico oil spill. Dynamics of Atmospheres and Oceans, 52(1—2): 322—340
- Skognes K, Johansen Ø, 2004. Statmap—a 3-dimensional model for oil spill risk assessment. Environmental Modelling & Software, 19(7—8): 727—737
- Varlamov S M, Yoon J H, Hirose N *et al*, 1999. Simulation of the oil spill processes in the sea of Japan with regional ocean circulation model. Journal of Marine Science and Technology, 4(3): 94—107

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF SHIP OIL SPILL HAZARD BASED ON STOCHASTIC SCENARIO SIMULATION : A CASE STUDY IN NORTHERN TAIWAN STRAIT

CHAI Tian¹, XIONG De-Qi²

(1. Navigation Institute, Jimei University, Xiamen 361021, China; 2. Environmental Science and Engineering College, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract We proposed a quantitative evaluation based on the stochastic scenario simulation to assess the hazards of a ship oil spill, in which the randomness of ship oil spill occurrence, the uncertainty of hydrodynamics, wind force in the ocean, and the sensitivity of environmental resources are considered to overcome the defects of typical scenario simulation. According to the probability of oil spill pollution in a sensitive area and the shortest arrival time that obtained by stochastic scenario simulation and grid statistics, combined with the parameters such as environmental sensitivity index and oil spill amount, we are able to determine the oil spill damage index with which quantitative evaluation of the damage can be done. The results show that in the northern Taiwan Strait, the scale of ship oil spill pollution in different seasons is in a descending order from summer (27.8), autumn (25.5), spring (21.1), to winter (16.2). In summer, the Niushan Island Ecological Reserves is more likely to be affected by a ship oil spill, and the rating of the pollution probability and damage index is high, while in other seasons, that of the protection zone in Dongjia Islands is the highest. The stochastic scenario simulation can make up for many missing accident scenarios, assess the effect of a ship oil spill objectively and comprehensively on marine environmental resources, and provide a new method for evaluating the risk of ship oil spill damages.

Key words stochastic simulation; environmental sensitivity index; oil spill pollution probability; oil spill damage index