

渤海海域船舶溢油事故风险评价*

王业保^{1,2,3}, 潘广臣⁴, 刘欣^{1,2,3*}, 于祥^{1,2,3}

(1. 中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室(烟台海岸带研究所), 山东 烟台 264003;

2. 山东省海岸带环境过程重点实验室, 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003;

3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 烟台大学, 山东 烟台 264005)

摘要:作为繁忙的海上运输通道,渤海海域历史上发生过多起溢油事故。文章通过分析渤海区域 1973—2009 年船舶溢油事故的统计数据,初步估算了该区域各级别船舶溢油事故的发生概率;通过建立风险矩阵的方法对船舶溢油进行了风险评估。根据国际石油行业环境保护协会 (IPIECA) 提供的数据,分析了船舶载重与潜在溢油量之间的关系,假定在最坏的情况,计算出 30 万 t 油轮发生溢油后的潜在溢油量为 78,794t。结果表明,该种大型事故一旦发生,将带来严重的后果,相关部门必须对此做好准备。

关键词:渤海;船舶溢油;风险评价

中图分类号:P76

文献标志码:A

文章编号:1003-6482(2016)02-024-06

DOI:10.13984/j.cnki.cn37-1141.2016.02.004

引言

当前,溢油污染已经成为世界范围内最为严重的环境问题之一。根据国际油轮船东污染组织 (ITOPF)^[1]的统计,从 1970 年到 2013 年,世界范围内,共发生单次泄漏量大于 700t 的重大溢油事故 459 起,包括这些事故在内,所有油轮事故导致总共溢油约 574 万 t。在我国,由于经济的发展,石油进口量越来越大,2013 全年,我国原油净进口量为 28052.37 万 t,比 2012 年增长 4.4%,原油对外依存度达 57.4%^[2];2013 年全国共发生 0.1t 以上船舶污染事故 19 起,总泄漏量 881.63t,其中,溢油事故 15 起,总溢油量 867.59t^[3]。因此,石油在海上的运输安全越来越受到重视。渤海是我国唯一的内海,只通过狭窄的渤海海峡与外海进行物质能量交换。相对封闭的环境,使渤海成为我国沿海众多海域中生态环境最为脆弱的区域,环境污染和破坏问题最为突出,同时,由于该区域人口众多,经济活动频繁,一旦发生严重溢油事故,对生态环境和经济发展都会造成重大损失。2002 年 11 月 23 日凌晨,满载 8.1 万 t 原油的马耳他籍“塔斯曼海”号油轮与中国大连“顺凯一号”轮在天津港东部海域相撞,造成 200t 原油泄漏,局部海域受到严重污染;2005 年 4 月 3 日,葡萄牙籍油轮“阿提哥”(长 274.3m,宽 43.2m)满载近 12 万 t 原油在驶进大连新港码头途中于险礁附近海域触礁搁浅,导致数百吨原油泄漏。^[4-6]环渤海地区港口密布,海上运输迅速发展,船舶流量不断增加,特别是运输危险品以及原油的大型船舶不断增多,发生大规模海上溢油污染的风险不断增大。因此,对渤海海域船舶溢油的风险进行评估,不仅对于该海域的运输安全具有重要的参考价值,也可以为我国其他海域防范事故发生提供有益的经验借鉴。

1 风险评估

1.1 分析渤海海域船舶溢油风险

为了对将来渤海海域可能发生的溢油事件进行风险评估,需要对该海域历史上的溢油事故数据进行

* 基金项目:国家自然科学基金项目(Y411071031);中国科学院“一三五”规划项目(Y455011031)资助

第一作者简介:王业保(1989-)男,山东泰安人,硕士研究生,主要从事海洋溢油与环境数值模拟研究, Tel: 13031613409, E-mail: ybwang@yic.ac.cn

* 通讯作者:刘欣,研究员,主要从事溢油仿真系统决策方面的研究, E-mail: xliu@yic.ac.cn

收稿日期:2015-04-09

分析。本文收集了 1973—2009 年期间发生在渤海区域的 100 个船舶溢油案例,通过分析事故的空间分布状况(见图 1),发现事故发生地大多集中于港口附近区域,特别是一些吞吐量较大的港口,如大连、天津。这说明越是吞吐能力大的港口附近,发生船舶溢油事故的概率就越高。

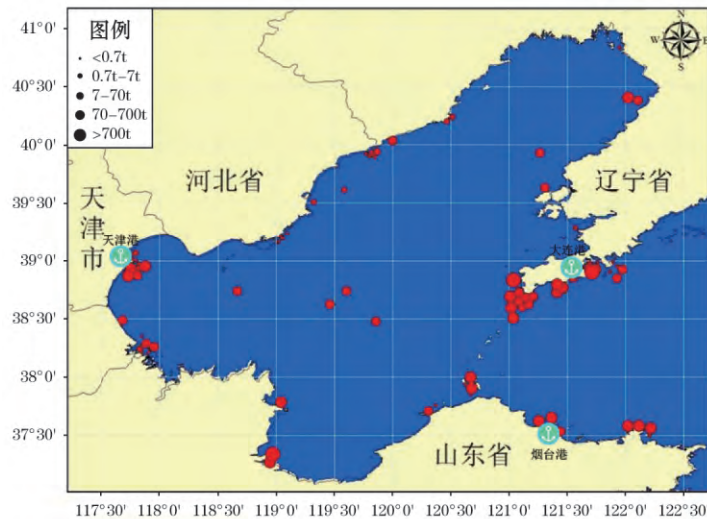


图 1 1973—2009 年渤海区域溢油事故空间分布

Fig. 1 Oil spill accidents distribution in Bohai Sea between 1973 and 2009

依照国际惯例,本文将溢油等级分为 $<0.7t$, $0.7\sim 7t$, $7\sim 70t$, $70\sim 700t$, $>700t$ (<5 桶, $5\sim 50$ 桶, $50\sim 500$ 桶, $500\sim 5000$ 桶, >5000 桶) 5 个级别。图 2 显示了 1973—2009 年渤海海域各个级别的溢油事件发生的次数,图中折线反应了从小到大不同级别的溢油事故在数量上的变化趋势,可以看出,溢油事故量随着溢油级别的增大而逐渐减少,即越是大型的溢油事故,其发生的次数越少,相反,越是小型的溢油事故,其发生的次数相对频繁。

图 3 显示了 1973—2009 年间渤海海域各个级别溢油事故发生量在总的溢油事故量中所占的比例。可以看出,溢油量小于 $0.7t$ 的小型溢油事故在所有事故中所占比例为 35%,是各级别中最高的,小于 $7t$ 的事故量占总事故量的 47%,接近一半。而溢油量大于 $700t$ 的特大溢油事故在所有事故中所占的比例是最低的,仅为 3%。中型溢油事故所占的比例介于小型事故与特大型事故之间。

尽管特大型溢油事故虽然发生次数很少,仍不能排除将来发生的可能性。因此,需要建立风险矩阵对未来可能发生的事故进行风险评估。

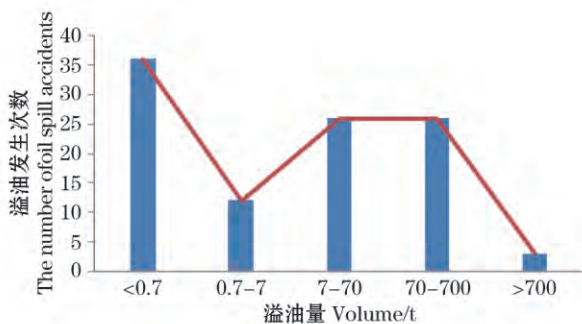


图 2 1973—2009 年各级别溢油事故发生次数

Fig. 2 The number of marine pollution accidents with spill amounts between 1973 and 2005

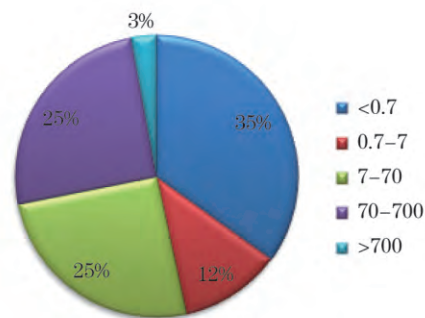


图 3 1973—2009 各级别溢油事故所占比例

Fig. 3 The proportion of spill accidents in different levels between 1973 and 2009

1.2 建立风险矩阵

事故风险是通过事故发生的概率与事故所造成的损失的数量之间的关系来定义的。溢油事故风险评价的基本公式由事故风险推导而来:

$$R = D * P$$

其中,R 为溢油风险,D 为溢油事故可能造成的损失,P 为溢油事故发生概率。

本文将溢油事故的严重程度按照溢油量进行分类,并参考历史数据评估各级别的事故造成的损失(见表1)。例如,1989年“埃克森·瓦尔迪兹号”油轮在阿拉斯加海域泄漏了26万桶(约4000万L)原油,直到20a后,威廉王子湾的野生动物资源还没有恢复过来^[7]。因此,特大溢油事故造成的损失往往很难修复。同时,通过参考历史数据及相关文献^[8],得到每年溢油事故发生次数的置信度(见表2):

表1 事故严重级别划分

Table 1 Severity level depending on spill amount

严重级别	严重程度	造成的损失	溢油量/t
一	特大	巨额成本且很难修复	>700
二	大	修复成本很高	70-700
三	中	修复成本较高	7-70
四	小	修复成本较低	0.7-7
五	微小	几乎无害	<0.7

表2 基于每年溢油事故发生次数的置信度划分

Table 2 Probability level depending on the annual number of accidents

置信度	事故次数/a	概率
A	>0.1	一定发生
B		很可能发生
C		有可能发生
D		不太可能发生
E		不可能发生

依据表1,得到溢油事故的严重程度及其造成的损失,依据表2,得到溢油事故的发生概率。结合表1,表2,根据公式(2)便可得到相应的风险矩阵。其中,考虑到溢油对经济环境的影响较大,因此事故损失的定级比事故发生概率的定级偏高。将损害程度的分数依次定义为11,9,7,5,3,置信度的分数依次定义为5,4,3,2,1。通过计算,便可得到量化的图表(见表3)。依据得分的不同,规定风险矩阵的划分按照表4进行,最后得到溢油事故风险矩阵(见表5)。

表3 计算后的分数表

Table 3 The calculated score

事故级别	溢油概率				
	不可能发生	不太可能发生	有可能发生	很可能发生	一定发生
特大	11	22	33	44	55
大	9	18	27	36	45
中	7	14	21	28	35
小	5	10	15	20	25
微小	3	6	9	12	15

表4 风险级别划分标准

Table 4 Criteria for the classification of risk

得分	描述
≥40	非常严重
≥30 < 40	严重
≥20 < 30	一般
≥10 < 20	较轻
≥0 < 10	轻

表 5 溢油事故风险矩阵
Table 5 Risk matrix of oil spill accidents

事故级别	溢油概率				
	不可能发生	不太可能发生	有可能发生	很可能发生	一定发生
特大	较轻	一般	严重	非常严重	非常严重
大	轻	较轻	一般	严重	非常严重
中	轻	较轻	一般	一般	严重
小	轻	较轻	较轻	一般	一般
微小	轻	轻	轻	较轻	较轻

通过 2.1 中对历年溢油事故的分析,渤海海域每年溢油事故发生次数的置信度应为“A”(一定发生),同时,“微小”事故发生的次数最多(35%),因此,根据表 5,渤海海域发生“较轻”的溢油事故的概率最大。但是,这并不意味着该区域不会发生非常严重的事故。还应该通过回归分析的方法来预测未来的风险。

1.3 未来溢油事故的风险评估

虽然目前渤海海域还没有发生类似于“埃克森·瓦尔迪兹号”那样严重的溢油事故,但预判其发生的风险,做好相应的防范是非常必要的。这样的事故一旦发生,往往造成难以挽回的损失。本文根据国际石油行业环境保护协会(IPIECA)2000 年的数据^[9],通过二次多项式拟合,得到了船舶载重与潜在溢油量的回归方程(见图 4)。依据回归方程与港口的最大船舶吨位,可以估测该区域将来发生溢油事故时的最大潜在溢油量。

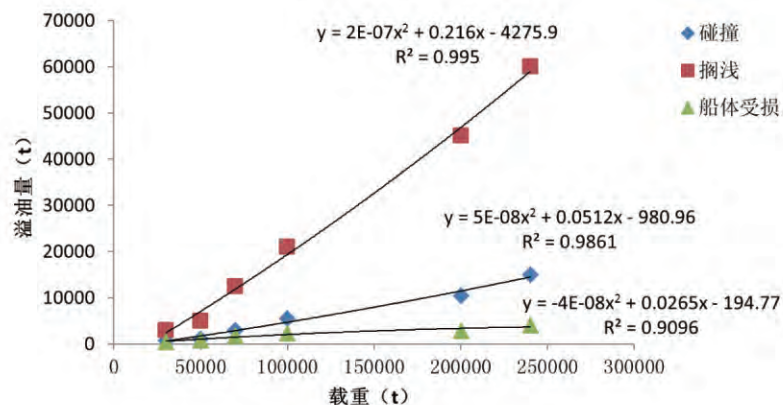


图 4 油轮载重与潜在溢油量的回归分析图

Fig. 4 Impact of tanker size on potentials of oil spill

由于渤海海域的船舶溢油事故大多在发生后即得到有效控制,因此历次事故均没有达到油轮的潜在溢油量。但我们可以以“埃克森·瓦尔迪兹号”油轮溢油事故为例验证该回归方程的准确性。当时该油轮满载 126 万桶原油,载重大约为 167 700t,根据搁浅回归方程,(其中, x 表示油轮载重(t)),计算其潜在溢油量为 37 572t,这与其实际溢油 26 万桶(大约 34 600 吨)相差不大。

2010 年,大连新港 30 万 t 原油码头正式投入使用后,使我国具有了接卸超级油轮的能力。但与此同时,也对溢油污染的防控工作带来了新的压力与挑战。本文假定最坏的情况,即满载的 30 万吨油轮发生搁浅,通过相关性分析计算其潜在的溢油量。根据方程得出满载 30 万吨的油轮发生搁浅时,其潜在的溢油量为 78 794t。

同时,建立最坏情况下的风险矩阵(见表 6)。通过比对发现,当 30 万 t 级油轮发生泄漏事故时,造成的危害非常严重,若处理不当,势必会给渤海区域的经济发展和生态环境带来重大损失。

表6 最坏情况风险矩阵
Table 6 The worst-case scenario risk matrix /t

事故级别	溢油概率				
	不可能发生	不太可能发生	有可能发生	很可能发生	一定发生
特大					7000—70000
大					700—7000
中					70—700
小					7—70
微小			<0.7		0.7—7

2 结 论

2.1 渤海区域船舶溢油风险

本文分析了渤海区域 1973—2009 年的船舶溢油事故数据,初步估算了该区域各级别船舶溢油事故的发生概率,然后建立风险矩阵评估事故风险。通过对国际石油行业环境保护协会(IPIECA)提供的数据进行回归分析,得到 30 万 t 油轮发生溢油时的潜在溢油量为

78 794t,与 2002 年“威望号”油轮泄漏量相当。这一结果表明,渤海区域一旦发生严重船舶溢油事故,其带来的经济损失巨大,生态破坏很难修复,必须对此保持警惕。

2.2 海洋船舶溢油事故预防和应急的建议

海洋船舶溢油事故危害巨大,做好预防和应急工作对于降低事故发生率,减小事故发生后带来的危害具有重要意义。在日常的管理中,各职责部门应加强各自的监管水平,做到防患于未然;加强应急演练,并充分保证溢油应急设备的配备;提前编制针对本区域的溢油应急计划。事故发生后,做到快速及时反应,采取措施防止溢油进扩散和危害进一步扩大;调用相关人力物力,及时有效清除溢油,最大程度降低溢油对海洋环境的破坏。

参考文献

- [1] 国际油轮船东污染组织. 2013 油轮溢油事故数据统计[R]. 伦敦,ITOPF,2014:4-4.
- [2] 龚金双. 中国石油市场 2013 年回顾与 2014 年展望[J]. 国际石油经济,2014(Z1):99-104.
- [3] 中华人民共和国环境保护部. 2013 年中国近岸海域环境质量公报[R]. 北京,中华人民共和国环境保护部,2014:44-44.
- [4] 李树华,田庆林.“塔斯曼海”溢油事故索赔案及其深远意义[J]. 交通环保,2004,25(04):45-48
- [5] 刘卫先.“塔斯曼海”轮溢油污染案一审判决引发的思考[J]. 海洋开发与管理,2008,05:62-70
- [6] 王宁. 超大型油轮海上险情救助分析[J]. 中国应急救援,2008,04:40-42
- [7] STRUCK D. Twenty Years Later, Impacts of the Exxon Valdez Linger[R]. Yale, Yale Environment360, 2009.
- [8] Lee M, Jung J-Y. Risk assessment and national measure plan for oil and HNS spill accidents near Korea[J]. Marine pollution bulletin. 2013,73(1):339-344.
- [9] International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. A Guide to Contingency Planning for Oil Spills on Water [R]. London, IPIECA,2000. 12-12.

Risk Assessment for Oil Spill Accidents in Bohai Sea Area

WANG Yebao^{1,2,3}, PAN Guangchen⁴, LIU Xin^{1,2,3}, and YU Xiang^{1,2,3}

- (1. Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai Shandong 264003, China;
2. Shandong Provincial Key Laboratory of Coastal Environmental Processes, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai Shandong 264003, China;
3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
4. Yantai University, Yantai Shandong 264005, China)

Abstract: Lots of oil spill accidents happened in Bohai Sea in history because it is a busy maritime transport corridors. In this study, we collected and analyzed the oil spill accidents that occurred between 1973 and 2009 in this area, preliminarily estimated the probability of occurrence of oil spill on different levels. Then we created risk matrices to assess these accidents. The worst scenarios for future oil spill accidents was established. The maximum spill amounts was calculated to be 78,794 tons by assuming a tanker collisions with 300,000 tons dead weight. Such kinds of accidents, once occurred, may result in severely harmful effects and the government must prepare for it.

Key words: Bohai Sea; oil spill from vessel; risk assessment