

辽东湾海洋溢油风险区划及防范对策研究

朱容娟¹, 杨建军², 官云飞¹, 兰冬东¹, 鲍晨光¹, 李冕¹

(1. 国家海洋环境监测中心 大连 116023; 2. 辽宁工程技术大学土木与交通学院 阜新 123000)

摘要: 海洋溢油风险区划是海洋溢油风险管理的重要手段, 科学合理的风险区划可为预防和减少事故的发生提供管理依据。文章在海洋溢油风险系统研究和溢油污染事故机理分析的基础上, 建立了辽东湾海洋溢油风险区划指标体系和风险量化模型, 结合 GIS 空间分析方法, 获得了辽东湾海洋溢油风险区划图。在分析辽东湾海洋溢油风险区主导因子和风险特征的基础上, 提出了不同风险区的防范对策, 为区域海洋溢油风险管理提供了决策依据。

关键词: 海洋溢油; 风险区划; 风险防范; 辽东湾

中图分类号: X55; P7

文献标志码: A

文章编号: 1005-9857(2017)09-0095-05

Marine Oil Spill Risk Mapping of Liaodong Bay and Countermeasures for Risk Prevention

ZHU Rongjuan¹, YANG Jianjun², GONG Yunfei¹,
LAN Dongdong¹, BAO Chenguang¹, LI Mian¹

(1. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China;

2. College of Civil Engineering and Transportation, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: Marine oil spill risk mapping is an important method for marine oil spill risk management, and scientific and rational zonation of marine oil spill risk could provide an important tool for preventing and reducing such accidents. A mapping index system and measuring models of marine oil spill risk were proposed, based on the research of marine oil spill risk system and analysis of causes of oil spill pollution accidents occurred. Furthermore, the marine oil spill risk zoning map of Liaodong Bay was obtained by GIS. The countermeasures to different type of risk regions were put forward based on the analysis of the dominant factor and risk characteristics for each unit of Liaodong Bay, which could provide an important decision making for marine oil spill risk management.

Key words: Marine oil spill, Risk mapping, Risk prevention, Liaodong Bay

收稿日期: 2017-03-08; 修订日期: 2017-07-21

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(41306098); 海洋公益性行业科研专项项目(201305023)。

作者简介: 朱容娟, 工程师, 硕士, 研究方向为海洋环境风险评价与管理研究

通信作者: 兰冬东, 高级工程师, 硕士, 研究方向为海洋环境风险研究

辽东湾是中国渤海三大海湾之一,西起中国辽宁省西部六股河口,东到辽东半岛西侧长兴岛。随着辽宁“五点一线”沿海开发战略的实施,辽东湾区域在做出巨大贡献的同时也面临着挑战,尤其是世界级石化产业基地辽东湾新区和长兴岛临港工业区的发展,使得船舶进出港更加频繁,且辽东湾北部海域是我国重要的油气开采区。同时,辽东湾海域生态环境高度敏感,是中国对虾、毛虾、河蟹、海蜇的产卵场,沿岸滩涂贝类资源丰富,位于顶部的双台子河口湿地是国家级湿地自然保护区,湿地内有丰富的生物资源,湿地芦苇沼泽和潮间滩涂是东亚水禽迁徙路线上重要的栖息地和繁殖地。辽东湾结冰区是国家二级野生保护动物斑海豹在我国海域唯一的繁殖区。这些因素都加大了辽东湾海洋溢油的风险,而科学合理的海洋溢油风险区划可为预防和减少这类事故提供管理依据。

早些年,海洋溢油的研究多集中于溢油概率的模拟和溢油原因的分析^[1-7]、溢油动力学模拟^[8-11]和溢油损害赔偿机制以及溢油应急体系与应急处置研究^[12-13]。近几年来,港口和库区船舶的溢油风险评估^[14-17]、针对海洋溢油事故的海岸带脆弱性评价^[18-21]、海岸带危险性和脆弱性综合风险评价^[22]以及海岸带管理^[21]虽得到了一定的发展,但风险评价理论和方法仍处于发展阶段,尤其是区域性的溢油风险评价、评价指标的选取、评价标准的确定等均处于探索阶段。目前,国内外鲜有溢油风险区划的研究,少数学者对风险受体的敏感性和港口的溢油风险进行了区划^[23-26],但由于研究周期及经费投入有限等原因,分区方法不确定性较强,指标的选取和量化模型不能正确表征溢油风险的形成机理,溢油险评价和分区方法尚属空白。环境风险区划和自然灾害的区划方法得到了一定发展,可供海洋溢油风险区划借鉴使用,区域灾害风险区划研究中相对成熟,在形式上主要有两种:“自上而下”的区域划分法及“自下而上”的区域合并法^[27-28],环境风险区划还不成熟,尚需做更深入的研究,目前国内外主要的区划方法有图形叠加法^[29-30]、专家经验判断法^[31]和综合分区法^[32]。本研究中,溢油风险区划是根据溢

油风险在时间和空间上的演替及分布规律,对其空间范围进行的区域划分,根据区划结果,对辽东湾溢油风险防范提出对策。

1 辽东湾溢油风险系统识别

选取国内外百余件典型的海洋溢油污染事故,利用情景分析法和 SPSS 等统计软件开展事故过程分析和事故时空统计分析,分析事故发生原因、发生发展的主要因素,归纳典型溢油污染事故的发生机理和发生过程规律等,总结溢油风险已有研究并借鉴环境风险系统和自然灾害风险系统理论,建立辽东湾突发性海洋溢油污染事故的风险系统。辽东湾海洋溢油风险系统主要考虑风险源和风险受体两部分,不考虑油在海水中的扩散及动力学特征。辽东湾区域包括了海洋生态、水文气象、社会经济等因素的复合系统,因此海洋溢油风险受体对象包括海域的脆弱性、恢复力和社会经济特征。

在对辽东湾海洋溢油事故风险系统分析的基础上,从风险源的危险性和风险受体的脆弱性两个方面构建了辽东湾溢油风险区划指标体系(表 1)。

表 1 辽东湾海洋溢油风险区划指标体系

目标层	系统层	准则层	指标层
海洋溢油风险	风险源危险性	危险因子状态	海区内港口码头类型
			石油平台/储备基地距离
		诱发因素	年均风速
			能见度小于 1 km 的年均雾日
			平均浪高
			冰期持续时间
			水深
		控制状态	海域应急投入
			海域应急预案
	风险受体脆弱性	暴露程度	海洋生态环境敏感性
			岸滩类型
			生物密度
			生物量
		恢复力	海区潮流速度
			年降雨量
			人均 GDP 水平

2 辽东湾海洋溢油风险区划指标模型量化

2.1 辽东湾溢油风险危险性

从风险源自身的危险性、诱发因素和控制状态 3 个方面构建辽东湾海洋溢油污染事故风险源危险性量化模型。风险源的危险性与危险因子状态和诱发因素成正比,与控制状态成反比,危险性 H 表征为:

$$H = \frac{H_1 \times H_2}{H_3} \tag{1}$$

式中: H_1 为危险因子状态; H_2 为诱发因素; H_3 为控制状态。

危险因子状态由海区内港口码头类型、石油平台/储备基地的距离决定;诱发因素由风速、雾日、浪高、冰期、水深等因素决定;而控制状态主要受海域应急投入和海域应急预案影响。

辽东湾危险性准则层指数计算公式如下:

$$H_n = \alpha H_{n1} + \beta H_{n2} + \cdots + \gamma H_{ni} \tag{2}$$

式中: H_n 为危险性准则层因子; H_{n1}, H_{n2}, H_{ni} 为风险源危险性指标层指标; α, β, γ 分别为指标的权重值。

2.2 辽东湾溢油风险脆弱性

风险受体的脆弱性由风险受体的暴露程度和恢复力共同影响,风险受体的脆弱性与暴露程度成正比,与恢复力成反比,脆弱性 V 表征为:

$$V = \frac{V_1}{V_2} \tag{3}$$

式中: V_1 为风险受体暴露程度; V_2 为风险受体恢复力。

暴露程度受暴露在溢油污染事故中的海域的敏感度、岸滩类型、生物密度和生物量等因素的影响,海域和岸滩类型越敏感、生物密度和生物量越大,暴露程度越大;恢复力取决于海水交换能力、雨水冲刷能力和社会经济水平。

辽东湾风险受体脆弱性准则层指数计算公式如下:

$$V_n = \alpha V_{n1} + \beta V_{n2} + \cdots + \gamma V_{ni} \tag{4}$$

式中: V_n 为脆弱性准则层因子; V_{n1}, V_{n2}, V_{ni} 为风险受体指标层指标; α, β, γ 分别为指标的权重值。

2.3 辽东湾目标层的量化

风险度等于危险度乘以脆弱度^[33],海洋溢油风

险度也采用这一表达式表征,即

$$R = H \times V \tag{5}$$

式中: R 为溢油风险度; H 为危险度; V 为脆弱度。

3 辽东湾溢油风险区划结果

辽东湾区域风速、浪高、生物密度、生物量和潮流速度均来自于 2014—2015 年的监测数据,通过多次调研及走访的形式,掌握了风险源情况以及区域敏感受体情况。在辽东湾海洋溢油风险系统识别的基础上,构建了海洋溢油风险区划指标体系和量化模型,根据上述量化方法,计算出各单元的溢油风险度,辽东湾近岸海域划分为高风险区、中风险区和低风险区(图 1)。



图 1 辽东湾近岸海域海洋溢油风险区划

4 辽东湾溢油风险防范对策

(1)高风险区集中分布在锦州海域、葫芦岛龙港区海域和盘锦海域。锦州海域分布有石油码头,且离石油平台比较近,危险性高,该海域岸线主要为淤泥质岸线,生物量较高,且潮流速度慢、降雨量较小,所以脆弱性很高,其风险度在辽东湾海域中最高。葫芦岛龙港区海域和盘锦海域也属于高风险区,龙港区有集装箱码头,距离石油平台比较近,且该海域风大、浪大、水域相对较浅,盘锦海域附近分布着石油码头和大量的油气田,冰期持续时间和年均雾日较多,危险性都较高;盘锦海域有鸳鸯沟国家级海洋保护区,分布大量的滨海湿地,脆弱性也较高。

溢油风险防范对策:①合理规划港口码头,做好项目规划环境影响评价;②加强石油储备基地及

油气田附近海域石油类的水质污染监测,提高应急响应能力;③加强恶劣天气的早期预警,避免在大风、大浪、大雾以及其他恶劣天气下通航运输;④制订合理的区域应急计划和应急投入,定期进行溢油应急演练,建立专业清油队伍;⑤合理分配应急物资。

(2)中风险区集中分布在长兴岛海域、秦皇岛海域和绥中海域。长兴岛海域分布有 30 万吨级的原油码头,冰期持续时间和浪高相对较大,危险性较高,且该海域有斑海豹自然保护区,脆弱性高。秦皇岛海域有集装箱杂货码头,浪大,水域较浅,且分布有滨海旅游度假区,加上生物密度和生物量都很大,脆弱性较高。绥中海域危险性主要表现在年均雾日较多、冰期持续时间长,海域平均水深较浅且拥有褐石国家级海洋公园和大量的砂质岸线,所以风险度较高。

溢油风险防范对策:①避免大雾、大浪以及冰冻时期的通航运输,航道尽量选择深水区;②加强海洋保护区、砂质岸线等高度敏感区域的应急响应能力,在脆弱性较高的区域分配相对多的应急物资。

(3)低风险区集中分布瓦房店海域、营口海域和兴城海域。这些海域没有分布保护区等敏感海域,潮流速度和降雨量较高,海域恢复力较高,所以风险度低,为低风险区。

溢油风险防范对策:①提高溢油的应急防范,完善应急预案,特别加强营口海域石油码头附近海域的应急监测能力;②避免在恶劣天气下进行通航运输。

5 结论

依据海洋溢油风险系统理论,从溢油风险源的危险性(包括风险源自身的危险因子状态、诱发因素和控制的有效性)和溢油风险受体脆弱性(暴露程度和恢复力)两个方面构建了辽东湾海洋溢油风险区划指标体系和量化模型,结合 GIS 空间分析方法,获得了辽东湾海洋溢油风险区划图,客观地揭示了辽东湾海洋溢油污染风险的空间分布规律。在分析辽东湾海洋溢油风险区主导因子和风险特征的基础上,提出了不同风险区的防范对策,为区域海洋溢油风险管理提供了决策依据。

参考文献

- [1] CONTHEM C R, CONIGLIO W A, MARCUS W L. Development of quantitative estimates of uncertainty in environmental risk assessments when the scientific data base is inadequate[J]. Environment International, 1986, 12(6): 643—647.
- [2] DEVANNEY J W, STEWART R J. A Bayesian approach to oil spill statistics[J]. Marine Technology, 1974, 11: 364—382.
- [3] CHERYL. Memahon. comparative occurrence rates for offshore oil spills[J]. Spill Science & Technology Bulletin, 1994, 1(2): 131—141.
- [4] SCHULZE R H. Probability of an oil spill on the st. marys rives [C]// Oil Spill Conference, Shanghai: Communications in Theoretical Physics, 1983: 129—132.
- [5] 竺诗忍, 张继萍. 舟山海域突发性溢油环境风险评价[J]. 海洋环境科学, 1997, 16(1): 53—59.
- [6] 董艳. 影响海上溢油动态和溢油清除的几大因素[J]. 大连海事大学学报, 2009, 35: 37—39.
- [7] 崔源, 郑国栋, 栗天标, 等. 海上石油设施溢油风险管理与防控研究[J]. 油气田环境保护, 2010, 20(1): 29—32.
- [8] WHEELER R B. The fate of petroleum in the marine environment[R]. State of New Jersey: Exxon Corporation, 1978.
- [9] SPAULDING M, KOLLURU V, ANDERSON E, et al. Application of a 3-Dimensional oil spill model to Hindcast the Braer spill[J]. Spill Science and Technology Bulletin, 1994, 1(1): 23—35.
- [10] SEEGEY M V. Simulation of the oil spill processes in the sea of Japan with regional ocean circulation model[J]. Journal of Marine Science and Technology, 2000, 4(3): 94—107.
- [11] 娄厦, 刘曙光. 溢油模型理论及研究综述[J]. 环境科学与管理, 2008, 10(33): 33—61.
- [12] 陈书雪, 鞠美庭, 赵琼, 等. 天津港溢油风险的应急防范对策[J]. 中国资源综合利用, 2009, 27(6): 35—37.
- [13] 高振会, 杨东万, 刘娜娜. 胶州湾及邻近海域的溢油风险及应急体系[J]. 海洋开发与管理, 2009, 26(11): 88—91.
- [14] 孙维维. 大连新港海区油船溢油风险总体评价初探[D]. 大连: 大连海事大学, 2006.
- [15] 金海明. 宁波港油船溢油风险评估应用研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2006.
- [16] 邓健, 黄立文, 王祥, 张帆. 三峡库区船舶溢油风险评价指标体系研究[J]. 中国航海, 2010, 33(4): 90—93.
- [17] 奚风华, 刘家新. 油船溢油风险评价指标体系的构建及应用[J]. 船海工程, 2010, 39(1): 38—40.
- [18] RIFAAT G. M. HANNA. An approach to evaluate the application of the vulnerability index for oil spills in tropical red sea environments[J]. Spill Science and Technology Bulletin, 1995,

12;171—186.

[19] NANSINGH P,JURAWAN S.Environmental sensitivity of a tropical coastline to oil spills[J].Spill Science and Technology Bulletin,1999,5:161—172.

[20] CASTANEDO S,JUANES J A,MEDINA R,et al.Oil spill vulnerability assessment integrating physical, biological and socio-economical aspects; application to the cantabrian coast [J]. Journal of Environmental Management, 2009, 91: 149—159.

[21] WESLAWSKI J M,WIKTOR J,ZAJACZKOWSKI M,et al. Vulnerability assessment of Svalbard intertidal zone for oil spills[J].Estuarine Coastal and Shelf Science,1997,44(supplement A):33—41.

[22] OLITA A,CUCCO A,SIMEONE S,et al.Oil spill hazard and risk assessment for the shorelines of a Mediterranean coastal archipelago[J]. Ocean & Coastal Management, 2012, 57: 44—52.

[23] LI Xin.Integrated modeling of oil spill response strategies; a coastal management case study[J].Environmental Science & Policy,2010,13:415—422.

[24] WIECZOREK A,BRITO D D,CARLOS J,et al.Mapping oil spill environmental sensitivity in Cardoso island state park and surroundings areas[J].Ocean and Coastal Management, 2007,5:872—886.

[25] ELSHORBAGY W,ELHAKEEM A B.Risk assessment maps of oil spill for major desalination plants in the United Arab Emirates [J].Desalination,2008,228:200—216.

[26] 杨军,王当利.灰色模糊理论综合评判港口船舶溢油风险方法初探[J].交通科技,2003(4):116—118.

[27] 陈传康,伍光和李昌文.综合自然地理学[M].北京:高等教育出版社,1993.

[28] 王平,史培军.自下而上进行区域自然灾害综合区划的方法研究[J].自然灾害学报,1999,8(3):54—60.

[29] KUCHUK A A,KRZYZANOWSKI M,HUYSMANS K.The application of who’s health and environment geographic information system (HEGIS) in mapping environmental health risks for the European region[J].Journal of Hazardous Materials,1998,61:287—290.

[30] GUPTA A K,SURESH I V,MISRA J,et al.Environmental risk mapping approach: risk minimization tool for development of industrial growth centers in developing countries [J]. Journal of Cleaner Production,2002,10:271—281.

[31] MERAD M M,VERDEL T,ROY B,et al. Use of multi-criteria decision-aids risk zoning and management of large area subjected to mining-induced hazards[J]. Tunneling and Underground Space Technology,2004,19:165—178.

[32] 杨洁,毕军,李其亮,等.区域环境风险区划理论与方法研究[J].环境科学研究,2006,19(4):132—137.

[33] 兰冬东,刘仁志,曾维华.区域环境污染事件风险分区技术及其应用[J].应用基础与工程科学学报,2009,17(s1):82—91.