

溢油应急综合研究进展*

英晓明 郑舒

(国家海洋局南海规划与环境研究院)

摘要 从溢油应急管理体系、溢油应急物资、溢油应急处置技术、溢油综合评估、溢油预测预警和应急决策支持系统等方面,系统梳理了国内外海上溢油应急处置的研究现状,并对溢油应急管理作出展望。提出未来我国应在溢油风险防控、溢油综合应急平台、溢油应急处置和溢油生物修复等方面加强管理和技术研发工作,不断提升我国溢油应急综合能力。

关键词 溢油; 应急处置; 现状

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2019.01.002

文章编号:1005-3158(2019)01-0005-04

0 引言

随着我国海上丝绸之路经济的发展,港口船舶贸易量急速增大,原油进口和海上石油开采业繁荣发展,海洋溢油污染风险也随之增加。1973—2013年,我国沿海发生溢油事故3 100多起,总溢油量达4.3万t^[1]。2004—2013年短短十年间国内即发生并处置溢油事件27次,均造成了巨大的经济损失和不良的社会影响。海上溢油事故使水体缺氧造成海洋生物死亡、影响鸟类和养殖业等,近岸溢油污染将会直接影响到珍稀动植物的生存环境,破坏湿地、游乐场和浴场等^[1-2]。溢油的应急处置对保护生态环境和减少社会经济损失有着显著作用。本文通过总结溢油应急处置方面的研究进展,为溢油防治和研发提供借鉴。

1 溢油应急管理体系

1.1 国外应急管理体系现状

美国溢油应急响应体系分为三级:国家应急响应指挥中心、地区应急响应指挥中心及地方应急响应组织,由美国国家海岸警卫队具体执行海上溢油应急处置。英国成立了海上污染控制中心,对海上溢油污染进行统一控制与响应,海上污染控制中心承担大规模溢油事故中的海上溢油应急响应任务,同时拥有一支专业的溢油清理回收队伍。法国溢油应急响应体系分为海上和陆上两个系统:部级海事委员承担海上溢油应急响应工作;民事安全委员会承担陆上溢油应急响应工作,包括溢油应急计划的审查、污染控制规划及溢油应急演练^[3]。澳大利亚的海上污染事故应急

体系分工明确,包括澳大利亚海事局(AMSA)、各州/领地政府、国家海上石油安全与环保管理局(NOP-SEMA)和油品、化学品码头公司等。AMSA代表联邦政府行使海洋污染应急管辖权。澳大利亚的港口应急组织是州/领地政府主要依赖的一线应急力量^[4]。加拿大溢油应急体系包括:加拿大运输部、加拿大海岸警卫队和加拿大环保部等,这些部门不仅履行自身职责,同时还必须以高度合作的精神与其他联邦政府部门、省级和地方政府以及企业应急反应组织一起工作,形成一个有效与协作的溢油防备与反应体制^[5]。由比利时、丹麦、法国、德国、爱尔兰、荷兰、挪威、瑞典、英国和欧盟组成的处置溢油污染的波恩协议缔约方明确规定了缔约方的权利和义务,尤其是主导方的责任,建立了两级应急指挥机构,制定了溢油处置基金来源及经费使用制度,以及包含处置技术、应急演练、应急监测在内的一系列具体措施^[6]。

1.2 国内应急管理体系现状

目前为止,我国已基本建设形成五级应急管理体系:国家级、海区级、省(自治区、直辖市)级、港口级和船舶级,由海事行政主管部门具体负责溢油应急响应的组织管理,制定重大海洋溢油应急计划^[3]。我国建有国家重大海上溢油应急处置部际联席会议制度,中国海上溢油应急中心是国家重大海上溢油应急处置部际联席会议的日常办事机构。在国际合作方面,我国与韩、日、俄等国共同编写了《西北太平洋地区海洋污染防备与反应区域合作谅解备忘录》,制定了《西北太平洋行动计划区域溢油应急计划》,加强了与周边

*基金项目:国家重点研发计划资助,2017YFC1405300,2017YFC1405303-5。

英晓明,2011年毕业于华东师范大学河口海岸学专业,博士。现在国家海洋局南海规划与环境研究院从事海洋防灾减灾工作。通信地址:广东省广州市新港中路353号1号楼,510300。E-mail:2556808764@qq.com。

国家共同应对溢油污染的合作。此外,中国石油、中国海油和中国石化等企业也建立了标准化的溢油应急响应程序,建有集溢油应急计划编制、溢油应急培训、演练、指导和实战于一体的溢油应急基地^[3]。

2 溢油处置的法律法规

溢油应急处置的法律法规依据主要有《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国海洋环境保护法》《中华人民共和国海上交通安全法》《中华人民共和国突发事件应对法》《国家突发环境事件应急预案》《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》《国家重大海上溢油应急能力建设规划(2015—2020年)》《国家重大海上溢油应急处置预案》和《1990年国际油污防备、反应和合作公约》等。

3 溢油应急物资

在国外,美国阿拉斯加地区海岸警卫队建立了12个溢油应急中心,配备有围油栏及相关牵引机械、各种吸附材料、发动机组、应急灯和私人设备等,靠近海域的溢油应急中心则另配备1 524 m的海上围油栏和溢油回收系统的船舶。加拿大辛斯科特市的东部溢油应急组织(ECRC)配备了较为齐全的溢油应急物资,包括围油栏、收油机、围控性船舶、承载性船舶、便携式储油囊、足够的清污设施及移动通信设备等,ECRC能够在18 h内处理2 500 t溢油,具有较强的溢油应急处置能力。挪威有15个大型固定式溢油应急中心,拥有150多名溢油物资操作维护人员,配备了20套围油栏(约400 m/套)、溢油分散剂及20台可回收轻油和重油的高效率收油机^[3]。澳大利亚建设了9个国家设备库和10个消油剂存储库,同时在管辖海域部署了应急拖带设备。澳大利亚有6个机场可供消油剂喷洒飞机起降,在机场附近,设有消油剂储备库、存储消油剂和空中喷洒装置^[4]。

我国已在大连、烟台、青岛、上海、宁波、珠海等地针对船舶溢油污染建设了16个国家溢油应急设备库^[7],并陆续在深圳、湛江、扬州、秦皇岛等地建立了溢油应急设备库,计划在天津、青岛、大连、宁波、珠江口等地建立处理能力达到1 000 t溢油的应急中心^[3]。溢油应急设备库具有一定的覆盖范围,如超出此范围,响应时间较长,且设备库造价较高,单一依靠设备库联防打造区域应急网络覆盖全难度较大。针对此问题,赵明强等^[8]提出以“设备库+移动应急站+船舶”为支撑,打造“区域溢油应急快速响应平台”,提升港口码头区域溢油应急能力。

4 溢油应急处置研究进展

4.1 溢油应急处置技术

冯友良等^[9]对我国近海海洋溢油灾前监测预警进行了分析总结,溢油监测模式主要有:遥感监测、船舶监测、船舶交通管理系统监测、视频监控系统监测、固定点监测和浮子跟踪监测等。目前,无人机和水下机器人也在溢油监测方面进行了应用。裴玉起^[10]等系统梳理了溢油事故应急的物理、化学和生物处置方法,物理方法有围油栏法、吸附法、撇油器法和油拖把法等,化学方法有燃烧法、分散剂法、凝油剂法等,生物方法有酵母菌法、微生物法等,并对每种方法的适用范围和优缺点进行了分析。

岸滩溢油处置流程主要包括三个阶段:滩涂大片溢油清除、隐蔽区域溢油清除和残存溢油清除。国内现今岸滩溢油处置技术主要以物理方法为主,包括犁耙岸滩、冲刷岸滩、人工铲镐岸滩、机械推铲岸滩、真空式收油机和岩石收油机、低压及高压热水清除等。国外从事岸滩溢油处置技术及装备主要有岸滩收油机(LRC)、铲式收油机(LRB)等^[1]。

海底管道维修包括水上维修和水下维修两类,对于浅海区域海底管道,有水上维修和水下维修两种方式,但对于深海海底管道,一般都采用水下维修。海底管道维修又可分为干式维修和湿式维修两种。湿式维修包括不停产开孔维修、卡维修和法兰对接维修等。海底井喷封堵方法包括钢筋水泥控油罩封堵法、吸油管法、灭顶法、盖帽法、打减压井法。英国BP公司一直使用盖帽法控制原油泄漏,并取得了成功^[11]。

侯恕萍等^[12]针对常规情况船舶溢油设计了近体应急围油栏,能够解决现有船载围油栏布放操作不便捷和溢油围控面积较大的问题,当船舶发生破损溢油事故后,船舶近体应急围油栏能够快速地完成布放,将溢油等漂浮物围控在较小范围内。

吴亮等^[13]通过分析溢油对水体及海底生态系统的影响,提出三维溢油应急响应技术的概念,建议使用渔网状深水吸油拖栏进行三维应急响应,禁止使用消油剂,推荐溢油应急组织使用工业凝胶剂。

4.2 溢油应急综合评估

柴田等^[14]建立了二级海上溢油应急能力评估指标体系,采用层次分析法给出不同层次指标的权重,一级指标包括风险识别与控制能力、应急资源保障能力、应急处置能力、应急预案准备能力和应急恢复能力,二级指标包括溢油风险识别、监测技术的先进性和准确性、预测结果的准确性、通信联络系统、环境敏

感资源的风险可视化、应急设备保障、物质与交通运输保障、技术保障、应急设备库的规模和配置、应急响应装备时间、指挥协调能力、事态评估、应急设备库的位置、现场处理能力、应急队伍能力、应急预案的可操作性、应急预案内容完备性、应急演练和培训、善后处置、灾害损失评估和事故调查。曹巍等^[15]结合港口码头危化品突发事件应急处置的复杂性、不确定性、经验缺失和设备设施专一等特点,构建了一套港口码头危化品突发事件应急预案评估指标体系,为应急预案的持续改进提供参考。张倩^[16]等通过对影响溢油污染程度的相关因素进行综合全面的分析,利用模糊综合评估方法,构建更加完善的海洋溢油污染评估指标体系,并提出新的影响因子隶属度函数,为海洋溢油污染等级评估提供科学支撑。

王海燕等^[17]采用结构方程模型,构建了船舶溢油应急保障能力分析的路径模型,分析得出影响近岸水域船舶溢油应急保障能力的指标体系为资金与政策保障、人员保障、物资保障、技术保障、应急响应能力和溢油影响范围,人员保障是溢油应急能力的主导因素。张志昂^[18]等利用群模糊评价方法,建立一种基于证据推理和决策偏好的船舶溢油事故应急处置方法,能够对多种应急方案进行最优决策。张欣等^[19]在总结和分析船舶溢油应急演练影响因素的基础上,构建了包括演练准备、演练实施和演练后评估3个阶段的应急演练评价指标体系,并运用贝叶斯网络进行船舶溢油应急演练绩效的定量化评价。

4.3 溢油预测预警和应急决策支持系统

目前国际上主流的溢油预测预警系统有美国的 OILMAP、英国的 OSIS、挪威的 OSCAR、意大利的 BOOM、西班牙的 MOHID-TESEO 及丹麦的 MIKE 溢油分析模型等^[20-21]。潘红磊等^[22]对国外溢油快速反应技术,包括海陆空立体化溢油应急反应系统、航空遥感监视监测海上溢油、海上溢油浮标跟踪定位技术、溢油预测与预警技术、海上溢油应急反应决策辅助支持系统进行了系统的梳理和分析,为我国海洋溢油防治提供借鉴。

陈荣昌等^[23]开发了基于三维 GIS 的海上溢油应急决策支持与调度指挥平台,该平台包括事故报告、初始评估、处置方案、调配方案和动态评估等5个阶段决策过程,能够进行重大海上溢油处置可视化演习演练,主要用于重大海上溢油事故应急处置的决策支持和指挥调度。

安伟等^[24]基于 POM 模式建立了 σ 坐标系下的中国近海三维水动力模型,在此基础上结合“粒子跟

踪法”设计溢油三维模型,通过浮标漂移试验对系统的预测性能进行了验证。张晓霞^[1]构建了海洋溢油脆弱性分区模型,利用 Delft3D 数值模式,建立了三维溢油数学模型,并重点对海洋溢油应急资源优化调配模型开展研究,采用了 ArcGIS Engine 平台,开发了海洋溢油应急决策支持系统(OSDSS-GIS),为海洋溢油相关管理提供辅助决策支持。

李红清等^[25]将案例推理人工智能技术(CBR)和 GIS 技术引入到溢油应急资源配置方案的制定中,解决资源配置方案制定过程中资源种类、数量确定以及海陆应急资源运输等问题,并对 CBR 涉及的案例表示、案例检索、案例调整和案例学习等核心问题进行了系统研究,结合 GIS 技术支持下的陆海统筹资源运输,研发了溢油应急资源配置专家系统。赵琛等^[26]运用 GIS 技术和红外技术对应急资源调运进行研究,研发出一种海上船舶溢油应急决策支持系统,能够对应急资源进行优化调度。

国内还有国家海洋信息中心研发的中国海洋溢油一体化多节点协同预测预警系统、国家海洋环境监测中心研发的海上溢油预报系统、国家海洋环境预报中心研发的渤海溢油应急预报系统、中海石油环保服务有限公司研发的中国近海海上溢油预测与应急决策支持系统、中科院南海海洋所研发的南海海上溢油漂移扩散预测微机视算系统、大连海事大学研发的海上溢油应急反应专家系统与海上溢油应急反应模拟训练系统等^[20,23]。

4.4 其他方面

为减少船舶溢油事故应急反应人员失误概率,提升应急处置效率,张欣^[27]在对应急人员可靠性主要影响因素识别的基础上,利用模糊贝叶斯网络(BN)构建了船舶溢油应急人员的可靠性分析(HRA)模型,将应急反应流程抽象为可进行概率推算的 BN,对单个应急任务和全过程人员的可靠性实现了定量化的评估,并进行了船舶溢油事故的实例研究。

广州港为预防和控制海域突发污染,尝试建立区域联防机制,共同委托进行区域船舶污染风险评估,对区域内各单位应急资源进行优化、整合和统一调配,提高了区域应对船舶突发污染事故的整体应急处置能力^[28]。

邹长军等^[29]构建了基于纹理投影技术的动态海面溢油可视化技术、基于质点弹簧模型的海上围油栏运动建模技术和基于多边形裁剪海上动态溢油交互技术,并成功应用于基于 VR 技术的海上溢油应急演练系统,该海上溢油应急演练模拟系统,可以大幅提升应急人员的应急能力,降低实际应急演练的成本。

为了达到应急资源调配机制建设的全面性和合理性,姜瑶等^[30]提出重大海上溢油应急资源调配机制体系,包括应急资源协调请求机制、应急资源需求再确认机制、应急资源信息化管理机制、应急资源协调与调动机制、信息反馈机制与应急资源补充调配机制和应急资源调配保障机制。

5 展望

目前,随着国家机构改革的不断深入,应急管理部的成立,将形成对溢油等突发灾害事件的综合统筹管理,我国溢油应急管理体系将进一步得到健全,处置溢油等灾害事件将更加有力、高效。按照党中央、国务院关于减灾工作“两个坚持,三个转变”的要求,未来溢油应急管理应在风险防控方面加强管理,建立健全溢油风险隐患排查和治理长效机制,定期开展形式多样的防灾减灾意识宣传,从而降低溢油灾害风险。整合国内沿海石油化工企业信息、海上石油平台及输油管道信息、溢油应急设备库信息、溢油应急物资信息、溢油应急队伍信息、溢油监测预警及应急处置、恢复与重建等信息和技术,建立溢油综合应急平台,是高效处置溢油事故的重点研发技术。开展溢油生物处置技术的研究和应用,是溢油生态修复技术的热点方向。

6 结束语

海上溢油一旦发生,将会给海洋生态环境造成巨大危害,给社会经济造成巨大损失。因此,应急管理部门必须高度警惕,不断健全应急预案,升级应急装备,加强应急演练,完善应急决策支持系统,提高应急监测和处置技术水平。

参考文献

- [1] 张晓霞. 辽东湾海洋溢油应急响应决策支持技术研究[D]. 大连:大连海事大学,2017:1-138.
- [2] 邹云飞,连军帅,陈磊,等. 岸滩溢油危害及特点和处置技术分析[J]. 环境工程,2017,35(增刊):465-468.
- [3] 徐葱葱,刘明杰,赵云峰,等. 国内外溢油应急管理现状[J]. 油气储运,2017,36(5):548-552.
- [4] 韩俊松,郭鹏,申伟. 澳大利亚海上污染防治主要作法与思考[J]. 中国海事,2015(5):58-62.
- [5] 王广宇. 加拿大溢油应急反应机制对我国的借鉴[J]. 水运管理,2009,31(1):33-35.
- [6] 李静,周青,孙培艳,等. 欧洲北海溢油应急合作机制初探[J]. 海洋开发与管理,2015(6):81-84.
- [7] 于祥. 海上溢油防控处置管理研究[J]. 天津航海,2017(2):42-43.
- [8] 赵明强,杨勇,马善金,等. 港口码头区域溢油应急能力提升方案[J]. 船海工程,2018,47(2):85-88.
- [9] 冯有良,葛翠萍,冯晓庆. 近海海洋溢油监测及治理研究综述[J]. 潍坊学院学报,2016,16(6):18-22.
- [10] 裴玉起,储胜利,杜民,等. 溢油污染处置技术现状分析[J]. 油气田环境保护,2011,21(1):49-52.
- [11] 满春志,刘欢. 海上溢油应急处置技术探讨[J]. 油气田环境保护,2012,22(6):50-52.
- [12] 侯恕萍,王钦政,张俊,等. 船舶近体应急围油栏的设计与研究[J]. 船海工程,2017,46(1):148-152.
- [13] 吴亮,朱曦,孙寿伟. 含水层及水体溢油污染三维应急响应[J]. 船海工程,2018,47(2):20-23.
- [14] 柴田,黄志. 海上溢油应急能力评估研究[J]. 中国航海,2011,34(4):98-103.
- [15] 曹巍,陈轩,冯雯雯,等. 港口码头危化品突发事件应急预案评估指标体系的构建[J]. 中国水运,2015(12):22-24.
- [16] 张倩,柳林,潘宝玉,等. 基于模糊综合评判的海洋溢油污染评估模型研究[J]. 海洋科学,2016,40(5):97-102.
- [17] 王海燕,郑鑫,陈焕婉. 近岸水域船舶溢油应急保障能力评估[J]. 安全与环境学报,2017,17(3):840-844.
- [18] 张志昂,郭志新,吴兵,等. 船舶溢油事故定量应急处置决策方法[J]. 中国航海,2018,41(2):102-106.
- [19] 张欣,梅枝颖. 基于贝叶斯网的船舶溢油应急演练绩效评价[J]. 船海工程,2018,47(2):104-108.
- [20] 李欢,邵伟增,李程,等. 溢油扩展、漂移及扩散预测技术研究进展[J]. 海洋通报,2017,36(4):379-384.
- [21] 郭健. 滨海近岸溢油风险模拟及对附近环境敏感区的影响[D]. 上海:上海海洋大学,2017:1-54.
- [22] 潘红磊,王祖纲. 国外海上溢油应急反应与治理技术分析[J]. 中国安全生产科学技术,2010(增刊),65-67.
- [23] 陈荣昌,兰儒. 海上溢油应急决策支持与调度指挥平台研发及应用[J]. 中国水运,2016,37(1):23-25.
- [24] 安伟,赵建平,刘保占,等. 海上溢油漂移预测预警系统的实验验证[J]. 船海工程,2018,47(2):40-43.
- [25] 李红清,万剑华,赵宇鹏. 基于 CBR 和 GIS 的海上溢油应急资源配置方案研究[J]. 测绘工程,2015,24(6):65-69.
- [26] 赵琛,唐凝,刘杰. GIS 技术和红外技术在船舶海上溢油事故中应急资源调度中的应用[J]. 舰船科学技术,2018,40(4A):139-141.
- [27] 张欣. 船舶溢油应急反应人的可靠性分析研究[J]. 中国安全科学学报,2011,21(7):97-103.
- [28] 鲁东青. 广州港防治船舶污染海洋分区域联防联控的探索与实践[J]. 港口航运,2017,4(2):63-66.
- [29] 邹长军,尹勇,刘秀文,等. 海面溢油可视化关键技术研究[J]. 系统仿真学报,2018,30(6):2109-2116.
- [30] 姜瑶,潘凤明. 国家重大海上溢油应急资源调配流程与机制[J]. 船海工程,2018,47(2):51-53.

(收稿日期 2018-10-08)

(编辑 王蕊)