

溢油事故对天然渔业资源损害的评估指标体系与实例应用

沈新强*, 袁 骥

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

摘要: 实验结合2006年4月发生在舟山沿岸渔场的韩国籍现代独立轮溢油事故案例,探讨了溢油事故对天然渔业资源损害的评估指标体系。研究结果提出了溢油事故对天然渔业资源损害的评估指标体系由溢油事故污染指标子体系和天然渔业资源损害评估子体系二大部分构成。其中溢油事故污染指标子体系主要包括溢油品种特征、溢油时间特征、溢油空间特征,溢油区域环境特征、溢油动态特征和采取的防范措施;天然渔业资源损害评估子体系主要包括污染前后天然渔业资源的种类、单位面积资源生物数量,各种资源生物的伤害率、损失量、恢复措施和所需费用。同时提出溢油事故渔业损害的评估程序 and 在不同情形下,各指标参数的选取方法。案例研究结果得出该事故造成渔业受到严重影响的海域范围在 100 km^2 ($\geq 5.0\text{ mg/L}$)以上,鱼卵和仔鱼的总损失量分别为6700万个和117000万尾,鱼、虾和蟹类幼体总损失量分别为3681、17045和406万尾,底栖动物总损失量为8162万个,事故海域渔业资源恢复直接所需总费用为1822万元。研究结果表明,建立的溢油事故对天然渔业资源损害的评估指标体系具有较强的可操作性,可为溢油事故对天然渔业资源损害索赔提供参考。

关键词: 溢油事故;天然渔业资源;损害评估;指标体系;应用

中图分类号: X 820.3

文献标识码: A

石油不同组分中,低沸点的芳香族烃对一切生物具有毒性,而高沸点芳香烃具有长效毒性^[1-3]。近年来,海洋溢油事故频繁发生^[4],溢油事故在污染海洋环境的同时,对海域的天然渔业资源不可避免地造成巨大的损害。如何正确、合理地评估海洋溢油事故对天然渔业资源损害成为国内外关注的焦点^[5-9]。溢油事故对天然渔业资源损害的评估指标体系研究一方面可使人们更好地了解溢油事故的性质、特点、时空分布及发展变化的趋势,另一方面对溢油事故给天然渔业资源造成的污染损害进行科学的评价,最终为污染损害事故的处理和污染的恢复提供决策服务。

1 材料与方 法

1.1 指标体系建立的原则

溢油事故对天然渔业资源损害评估指标体系构建参照洪水灾害系统分析与评估方法^[10],遵循系统性、科学性、定量化和可操作性原则,抓住主要因子,

既能反映直接的影响,又能反映间接的影响,并且具有普遍的代表性;能够反映溢油事故造成渔业污染损害的基本内涵,逻辑结构严密;采用定性和定量的综合集成方法,实现溢油事故造成天然渔业资源损害评估的定量化和损害评估具有的可操作性。

1.2 评估方法

油污染对天然渔业资源造成损失的范围确定油类对不同生物的毒性效应不同,渔业水质标准(GB-11607)^[11]规定:为保证鱼、虾、蟹、贝、藻类正常生长,水体中的油类浓度不得超过 0.05 mg/L 。根据溢油油种对生物的毒性效应值,确定不同生物的致死率浓度。在此基础上,根据现场监测结果,数模计算结果,确定油污染对各类天然渔业资源造成损害的范围。

天然渔业资源损失率和损失量的确定 由于溢油事故海域的任意性和复杂性,天然渔业资源量的确定视实际情况可采用不同方法^[12]。

收稿日期:2010-03-08 修回日期:2010-07-13

资助项目:国家科技支撑计划(2006BAC11B03)

通讯作者:沈新强, E-mail: xinqiang_shen@hotmail.com

鱼卵、仔鱼损失量采用公式(1)确定:

$$Y_l = \sum_{i=1}^n \bar{D}_i \cdot R_i \cdot A_p \quad (1)$$

式中, Y_l 损失量(ind); \bar{D}_i 污染前后同期第 i 种鱼卵、仔鱼密度差值(ind/m²); R_i 第 i 种类损害率(%); A_p 污染面积(m²)。

底栖生物损失量按公式(2)计算

$$Y_l = \sum_{i=1}^n \bar{D}_{fi} \cdot A_p \cdot R_i \quad (2)$$

式中, Y_l 底栖生物损失量(ind); \bar{D}_{fi} 第 i 种底栖生物污染前后的栖息密度差值(ind/m²); A_p 污染面积(m²); R_i 第 i 种底栖生物损失率(%)。

游泳生物损失量按公式(3)计算

$$Y_l = \sum_{i=1}^n \bar{Y}_{wi} \cdot A_p \cdot R_i \cdot K_i \quad (3)$$

式中, Y_l 游泳生物损失量(ind); \bar{Y}_{wi} 第 i 种渔业生物污染前 3~5 年的平均数量(ind/km²); A_p 污染面积(km²); R_i 第 i 种渔业生物损害率(%); K_i 第 i 种渔业生物的评估系数。

天然渔业资源恢复措施和恢复费用的确定
天然渔业资源损害的恢复程度取决于油污染持续时间的长短和危害程度,一般持续时间较短的一次性油污染事故海域的天然渔业资源恢复到原状

态至少需要 1~3 年。通过实施天然渔业资源人工增殖放流措施可有效加快恢复时间,当年放流的苗种在第 1 年度就可见到成效,在第 3 年效果可较好的体现。参照《建设项目对海洋生物影响评价技术规程》^[13],按鱼卵损失量的 1% 进行放流,按仔鱼损失量的 5% 进行放流。根据鱼、虾和蟹的增殖效果(1:5)^[14],鱼、虾和蟹按幼体损失量的 20% 进行放流,根据贝类增殖效果(1:3)^[14],贝类按损失量的 30% 进行放流。以当地主要苗种平均价格作为各放流种类的价格确定恢复费用。从达到最佳效果出发,可考虑制订一个 3 年的增殖放流计划。

2 结果与讨论

2.1 指标体系的结构和指标

溢油事故渔业污染损害的评估指标体系结构由溢油事故污染指标子体系和天然渔业资源损害评估子体系二大部分构成(图 1)。其中溢油事故污染指标子体系主要包括溢油品种特征、溢油时间特征、溢油空间特征、溢油动态特征、溢油防范措施、溢油区环境特征、溢油前后天然渔业资源的种类、单位面积资源生物重量和尾数、损害率、损失量确定评估方法、恢复措施、恢复费用。

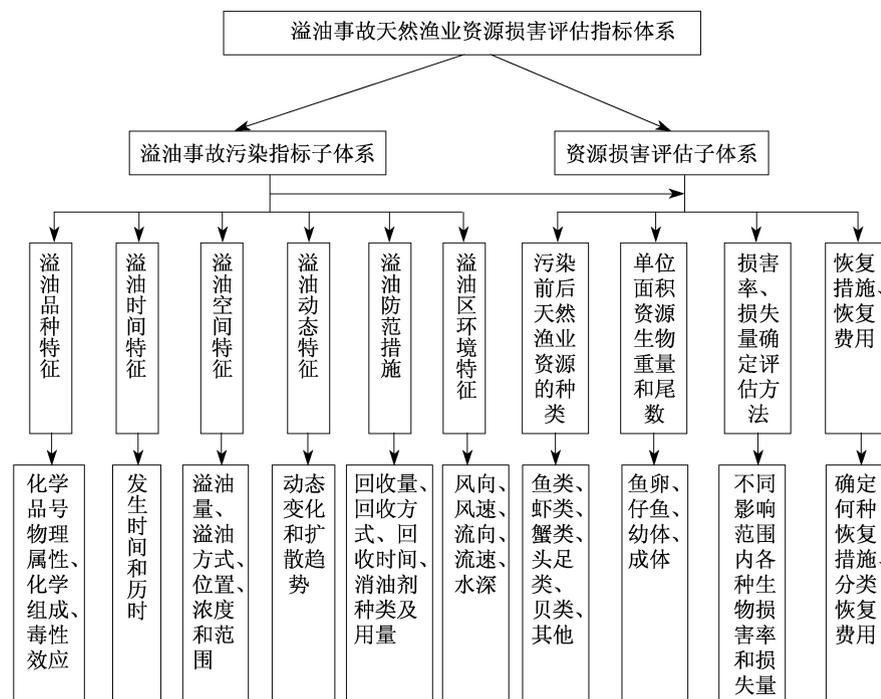


图 1 溢油事故渔业污染损害评估指标体系结构

Fig. 1 Structure of index system on damage assessment of oil spill accident for the natural fishery resources

2.2 溢油事故对天然渔业资源损害评估程序

当某一溢油事故发生,油品进入渔业水域,损害渔业水体使用功能,影响渔业水域内的生物繁殖、生长或造成该生物死亡、数量减少,以及造成该生物有毒有害物质累积、质量下降等,对渔业可能造成各方面的损害。参照《渔业水域污染事故调查处理程序规定》(农业部1997年3月26日发布)和《海洋溢油生态损害评估技术导则》^[15],提出损害评估程序(图2)。从图2可见,溢油事故渔业损害的评估程序按调查与取证、损害评估、恢复措施与恢复费用的顺序进行。其中,调查与取证分溢油事故影响调查和天然渔业资源损害调查2个方面,具体根据不同的溢油事故的可能影响,

实施部分或全部的调查与取证。溢油事故发生后的损害评估,首先确定渔业污染损害评估涉及哪一类损失,然后按这一类损失评估指标,获取各评估指标的参数,确定评估方法,根据调查与取证获取的各类科学数据,分别定量评估溢油对各海洋生物的伤害程度。溢油对天然渔业资源造成损害,可采取不同的恢复措施^[16-18]。其中渔业资源人工增殖放流是目前恢复天然渔业资源的一条重要途径。参照《建设项目对海洋生物影响评价技术规程》^[13]和增殖效果^[14],分类确定增殖放流的数量及所需的费用,最终获得天然渔业资源恢复所需的总费用。

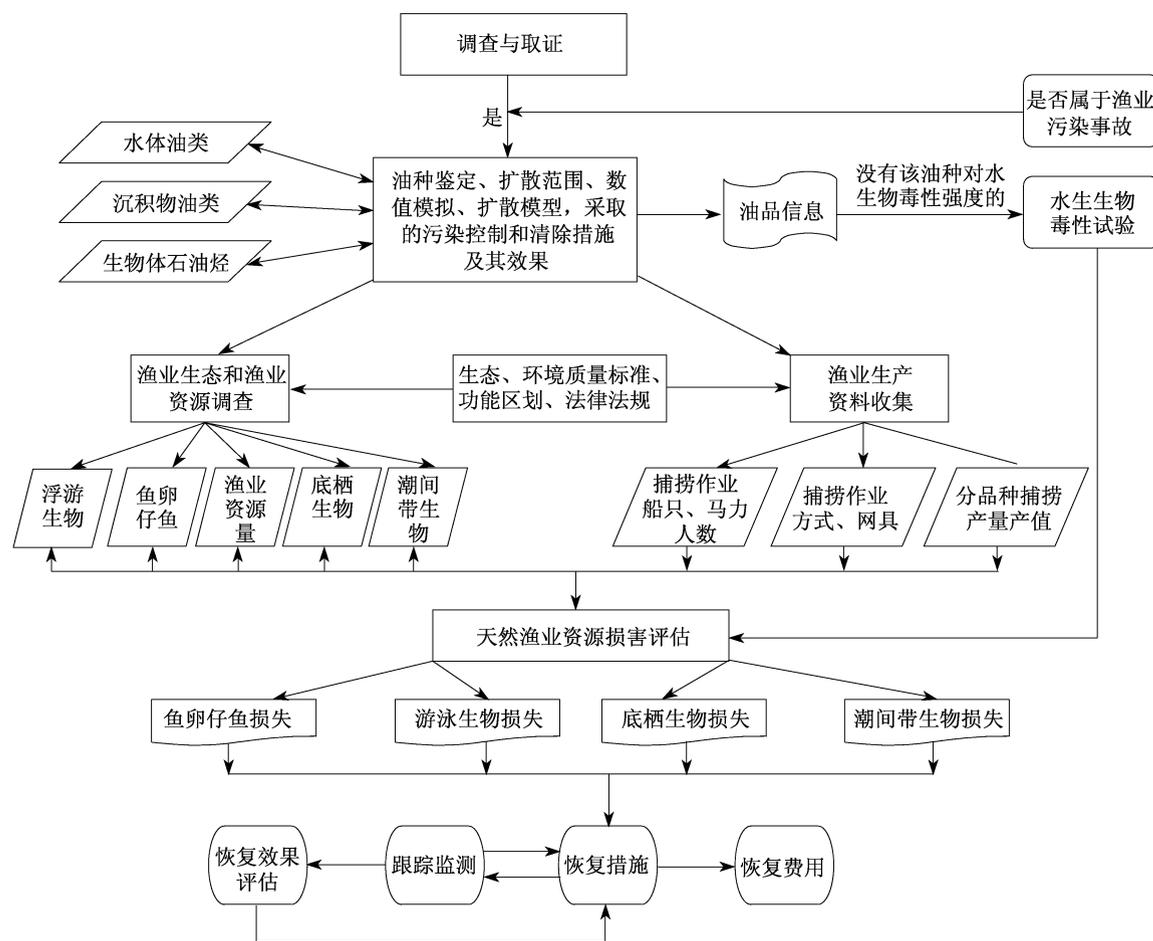


图2 天然渔业资源损失评估程序

Fig. 2 Procedure of damage assessment of oil spill accident for the natural fishery resources

2.3 实例应用结果

2006年4月22日,韩国籍现代独立轮集装箱船在进入浙江万邦永跃船舶修造有限公司船坞修理时,与船坞发生碰撞,造成油箱破损,油箱内约300多吨重油在船坞口泄漏进入舟山沿岸渔

场。溢油造成舟山本岛的南部海域大面积污染,这里是多种经济鱼、虾、蟹类的索饵区、产卵场以及洄游通道,岛礁鱼类的栖息地,也是舟山渔场的重要张网作业区。事故发生在鱼、虾、蟹的产卵季节,由此导致天然渔业资源蒙受重大损失^[6]。

事故海域现场调查结果 事故海域现场监测结果表明水体中油类含量分布范围为 0.366 ~ 984.400 mg/L, 平均含量 151.478 mg/L, 平均超四类海水标准 302 倍。

本次污染水域的油品为 IFO 500 柴油, 该油品对海蜇水螅体和牙鲆仔鱼的急性毒性效应试验结果表明该油品对海蜇水螅体的 24h-LC₅₀ 值为 3.5 mg/L, 对牙鲆仔鱼的 24h-LC₅₀ 值为 2.0 mg/L^[6]。可见, 该油品对仔、幼鱼有较大的毒性。

事故海域鱼卵仔鱼监测结果表明事故海域仅在 1 个站采集到仔鱼 1 尾, 未采集到鱼卵。因此整个调查区域鱼卵平均数量为 0.00 ind/m², 仔鱼平均数量为 0.63 ind/m²。事故海域发生前一年同期鱼卵平均分布密度为 0.67 ind/m², 仔鱼平均分布密度为 12.33 ind/m²。

根据 2003 - 2005 年舟山市普陀区海洋捕捞生产统计, 事故海域内 6 个乡镇 2003 - 2005 年张网捕捞平均年产量为 57 183 t, 平均单位面积产量为 79.421 t/km²。由事故海域发生前一年同期张网调查结果, 平均每千克尾数为 86.33 尾, 其中鱼类占 17.42%、虾类占 80.66%, 蟹类占 1.92%, 平均幼体比例占渔获总尾数的 61.64%。溢油事故发生后, 油污在潮流的作用下, 粘在附近的岩礁上, 导致岩相生物受到严重的污染。2006 年 5 月对登步、桃花的岩相生物的调查结果显示, 登步岩相生物平均栖息密度 1 148 ind/m², 平均生物量为 174 g/m²。桃花岩相生物平均栖息密度 1 344 ind/m², 平均生物量为 261.6 g/m²。登步、桃花岩相生物平均栖息密度 1 246 ind/m², 平均生物量为 217.8 g/m²。

天然渔业资源的损害分析与评估 油污影响范围确定 现场监测结果表明油类含量超过 0.3 mg/L 扩散范围在 300 km² 以上。该事故造成渔业受到严重影响的海域范围在 100 km² (≥5.0 mg/L) 以上。在该范围内, 鱼卵、仔鱼因高浓度的油含量而全部死亡, 幼鱼具有一定的游泳能力, 由该油品对海蜇水螅体和牙鲆仔鱼的急性毒性效应试验结果, 确定死亡率占 50%, 成鱼绝大部分可以回避。油污在潮流作用下, 粘附在岛礁、岸滩, 使潮间带底栖动物受到严重污染而导致死亡或失去实用价值。

对天然渔业资源损害的评估 根据该次油污污染的特点, 天然渔业资源量包括鱼卵、仔鱼, 游泳生物和岛礁潮间带底栖动物 3 个部分。

(1) 鱼卵、仔鱼 将该海域 2005 年 5 月调

查的鱼卵、仔鱼平均数量作为事故发生前的本底值, 减去事故发生后鱼卵、仔鱼出现的平均数量, 得到鱼卵、仔鱼平均数量分别为 0.67 ind/m², 仔鱼平均数量为 11.70 ind/m², 作为影响评估的基础数据。该事故对渔业资源造成严重损害的范围在 100 km² 以上。鱼卵、仔鱼营浮游性生活, 分布于近表层。分析评估认为在 100 km² 范围内鱼卵、仔鱼因高浓度的油污染而全部致死。根据公式(1)推算得出本次油污污染事故造成鱼卵和仔鱼的总损失量分别为 6 700 万个和 117 000 万尾。

(2) 游泳生物 根据本次污染水域单位渔业资源量(79.421 t/km²)和 2005 年 4 月中下旬在该海域张网调查渔获尾数(86.3 ind/kg)和鱼、虾、蟹类百分比组成(分别为 17.42%、80.66% 和 1.92%), 换算成事故海域单位渔业资源量鱼类尾数为 1 194 387 ind/km², 虾类尾数为 5 530 384 ind/km², 蟹类尾数为 131 643 ind/km²。在 100 km² 范围内, 幼鱼回避能力弱, 大部分因高浓度的油污染而致死, 以平均幼体比例占 61.64% 和 50% 致死率估算, 鱼、虾和蟹类幼体总损失量分别为 3 681、17 045 和 406 万尾。

(3) 岛礁潮间带底栖动物 根据调查, 本次潮间带污染严重的蚂蚁、登步和桃花三乡镇岩质岸线长度分别为 4 968、24 524 和 55 525 m, 其中蚂蚁、登步的岩质岸线 1/2 受污染, 桃花的岩质岸线 1/3 受污染计算, 合计的受污染岩质岸线为 32 754 m, 垂向距离以 2 m 计, 合计岩礁潮间带受油污的面积 65 508 m², 岩礁潮间带底栖贝类正处于幼体释放期, 油污造成潮间带底栖贝类成、幼体部分死亡, 部分虽没有死亡, 但受到严重油污, 失去实用价值。因此以平均栖息密度为 1 246 ind/m² 计算, 在该范围内的底栖动物全部受损估算, 底栖动物总损失量为 8 162 万个。

天然渔业资源恢复所需费用 渔业资源人工增殖放流是目前恢复天然渔业资源的一条重要途径。根据本次油污污染事故对天然渔业资源幼体造成的实际损害情况, 对鱼、虾、蟹和贝可采取人工增殖放流措施^[9]来加快恢复天然渔业资源。各分项的单价参照舟山地区主要苗种的平均价格确定, 所需费用列于表 1, 该溢油事故对事故海域渔业资源恢复直接所需总费用为 1 822 万元。

表1 事故海域渔业资源恢复所需费用
Tab.1 Restoration cost of fisheries resource in the accident waters

项目 species	损害数量(×10 ⁴ ind) lost stock	放流比例(%) percent of artificial releasing	单价(¥/ind) unit price	合计(10 ⁴ ¥) total value
鱼卵 fish eggs	6 700	1	0.25	17
仔鱼 fish larvae	117 000	5	0.25	1 462
鱼类幼体 juvenile fish	3 681	20	0.25	184
虾类幼体 young shrimp	17 045	20	0.03	102
蟹类幼体 young crab	406	20	0.10	8
底栖贝类 benthic shellfish	8 162	30	0.02	49
合计 total				1 822

3 结论

溢油事故在污染海洋环境的同时,对海域的天然渔业资源不可避免地造成巨大的损害。本研究提出了溢油事故对天然渔业资源损害的评估指标体系由溢油事故污染指标子体系和天然渔业资源损害评估子体系2大部分构成。其中溢油事故污染指标子体系主要包括溢油品种特征、溢油时间特征、溢油空间特征,溢油区域环境特征、溢油动态特征和采取的防范措施;天然渔业资源损害评估子体系主要包括污染前后天然渔业资源的种类、单位面积资源生物数量,各种资源生物的伤害率、损失量、恢复措施和所需费用。溢油事故渔业资源损害评估程序按调查与取证、损害评估和恢复措施与恢复费用的顺序进行。通过具体的实例应用,明确各指标参数的确定,给出溢油事故对天然渔业资源损害评估结果。通过实施渔业资源人工增殖放流措施加快事故海域渔业资源的恢复,由此给出恢复所需费用。在实施渔业资源人工增殖放流的恢复措施时,需考虑油污染持续时间的长短、危害程度和污染后渔业资源恢复到原状态的时间。

参考文献:

- [1] 余刚,张祖麟,牛军峰,等(译). 水污染导论[M]. 北京:科学出版社,2004:431-480.
- [2] 贾晓平,林钦. 南海原油和燃料油对仔虾和仔鱼的急性毒性试验[J]. 热带海洋,1998,17(1):93-97.
- [3] 田立杰,张瑞安. 海洋油污染对海洋生态环境的影响[J]. 海洋湖沼通报,1999,2(2):65-69.
- [4] 肖井坤,殷佩海,林建国,等. 我国海域内船舶溢油发生次数概率的特点[J]. 海洋环境科学,2002,21(1):21-25.
- [5] 刘红,石友服,卢昕. 国际船舶油污染损害赔偿机制评述[J]. 交通环保,1999,20(2):27-29.
- [6] 沈新强,丁跃平,袁骥. 海洋溢油事故对天然渔业资源损害评估[J]. 中国农业科技导报,2008,10(1):93-97.
- [7] Douglas D O. Natural resource damage assessments in the United States: rule and procedures for compensation from spills of hazardous substances and oil in waterways under US jurisdiction[J]. Marine Pollution Bulletin,2002,44:96-110.
- [8] Paul F K. Long-term environmental impact of oil spill[J]. SPILL Science & Technology Bulletin, 2002,7:53-61.
- [9] Tony P, Theodore T. Calculating resource restoration for an oil discharge in Lake Barre, Louisiana, USA[J]. Environmental Management, 2002, 29(50): 691-702.
- [10] 万庆,魏一鸣,陈德清,等. 洪水灾害系统分析与评估[M]. 北京:科学出版社,1999:1-44.
- [11] GB 11607—1989, 渔业水质标准[S].
- [12] GB/T 21678—2008, 渔业污染事故经济损失计算方法[S].
- [13] SC/T 9110—2007, 建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程[S].
- [14] 沈新强,周永东. 长江口、杭州湾海域渔业资源增殖放流与效果评估[J]. 渔业现代化,2007,34(4): 54-57.
- [15] 国家海洋局北海分局. HY/T 095—2007, 海洋溢油生态损害评估技术导则[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [16] 黄铭洪. 环境污染与生态恢复[M]. 北京:科学出版社,2003:44-66.
- [17] 周怀东,彭文启. 水污染与水环境修复[M]. 北京:化学工业出版社,2005:120-373.
- [18] Hawkins S J, Gibbs P E. Recovery of polluted ecosystems: the case for long studies[J]. Marine Environmental Research,2002,54:215-222.

Index system of damage assessment of oil spill accident for the natural fishery resources with a real demonstration

SHEN Xin-qiang* , YUAN Qi

(*East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China*)

Abstract: Along with the oil spill accidents' frequent occurrence, the natural fishery resources inevitably suffered large damage while marine environment was polluted. Concerns have been raised over how to correctly and reasonably assess the loss of natural resource from an oil spill. The index system of damage assessment of the natural fishery resources from oil spill has been approached combined with a real accident called "HYUNDAI INDEPENDENCE" which occurred in the coastal fishing ground of Zhoushan in April of 2006. The polluted index sub-system and assessing sub-system on natural fishery resource formed the whole assessing system, the former includes spilling oil property, spatial and dynamic distribution of spilling oil, the environmental character of influence scope and protection measures while the latter comprises lethal ratio, loss of different fishery resources, density and composition of fishery resources pre-and post-impact and the recovery costs of natural fishery resources. The procedure of damage assessment of oil spill accident for the natural fishery resources and methods for optimal parameter selection under different situations have been given. Case study showed that the influence area was beyond 100 km² and oil concentration in water was over 5 mg/L. The global losses of eggs and larvae of fish, juvenile of fish, crab and shrimp, and benthos were $6\ 700 \times 10^4$, $117\ 000 \times 10^4$, $3\ 681 \times 10^4$, $17\ 045 \times 10^4$, 406×10^4 and $8\ 162 \times 10^4$ ind respectively. The directly costs for recovering the natural fishery resources reached to $\text{¥}1\ 822 \times 10^4$. Study result showed the established index system had strong operability with special reference for natural fishery resource claims.

Key words: oil spil accident; natural fishery resources; damage assessment; index system; application

Corresponding author: SHEN Xin-qiang. E-mail: xinqiang_shen@hotmail.com