

## 海洋溢油事故对天然渔业资源损害评估

沈新强<sup>1</sup>, 丁跃平<sup>2</sup>, 袁 骐<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;  
2. 浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100)

**摘 要:**2006年4月22日舟山沿岸渔场的韩国籍现代独立轮发生溢油事故, 根据溢油区域的油类、天然渔业资源的现状监测结果, 溢油油品对海洋生物的急性毒性试验结果, 结合历史资料提出海洋溢油污染事故对天然渔业资源损害评估的指标和方法。从生物资源增殖的角度, 评估渔业资源恢复所需的费用。监测与评估结果表明, 溢油事故海域表层水体中油类含量分布范围为  $0.365 \sim 984.400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 平均含量  $151.478 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 该油品对海蜇水螅体的  $24\text{h-LC}_{50}$  值为  $3.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 对牙鲆仔鱼的  $24\text{h-LC}_{50}$  值为  $2.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。溢油扩散范围达  $300 \text{ km}^2$  ( $\geq 0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 以上, 其中造成天然渔业资源受到严重影响的海域范围达  $100 \text{ km}^2$  ( $\geq 5.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 以上。该油污事故造成鱼卵和仔鱼的总损失量分别为  $6.7 \times 10^7$  个和  $1.17 \times 10^9$  尾, 鱼、虾和蟹类幼体总损失量分别为 515 354 102 尾、2 386 250 520 尾和 56 801 322 尾, 潮间带底栖动物总损失量为 81 622 968 个。该溢油事故海域的渔业资源恢复所需总费用估算为 2 569 万元。

**关键词:**海洋; 溢油事故; 天然渔业资源; 影响评估

中图分类号: S991

文献标识码: A

文章编号: 1008-0864(2008)01-0093-05

## Damage Assessment of Marine Spilling Oil Accident on the Natural Fishery Resources

SHEN Xin-qiang<sup>1</sup>, DING Yue-ping<sup>2</sup>, YUAN Qi<sup>1</sup>

(1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090; 2. Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhejiang Zhoushan 316100, China)

**Abstract:** The impact assessment index and method of marine spilling oil accident on the natural fishery resources are approached taking the accident which occurred in the coastal fishing ground of Zhoushan in April 22 of 2006 for the "HYUNDAIINDEPENDENCE" ship of South Korea as example, based on monitoring results of oil and natural fishery resources for the influence area of spilled oil, acute toxicity experiment result of spilled oil on marine organism, combined with relative historical data. The recovery cost of natural fishery resources is assessed from living resource enhancing view. The monitoring and assessing results express that the distributional range of oil concentration is between  $0.365$  and  $984.400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  and mean is  $151.478 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , the  $24 \text{ h-LC}_{50}$  of spilled oil is  $3.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  for jellyfish larva and  $2.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  for *Paralichthy olovaceus* larva. The spreading range is over  $300 \text{ km}^2$  ( $\geq 0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) and the area in which natural fishery resources is seriously influenced is over  $100 \text{ km}^2$  ( $\geq 5.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ). The total damaged number resulted by the pilling oil accident are  $6.7 \times 10^7$  individuals for fish egg,  $1.17 \times 10^9$  individuals for fishlarva, 515 354 102 individuals for young fish, 2 386 250 520 individuals for young shrimp, 56 801 322 individuals for young cramb and 81 622 968 individuals for benthos of tidal zone repectivly. The total cost will be about 25 690 thousands yuan for the recovery of natural fishery resources in the spilling oil accident area.

**Key words:** marine; oil spilling accident; natural fishery resources; impact assessment

石油不同组分中, 低沸点的芳香烃对一切生物具有毒性, 高沸点芳香烃具有长效毒性<sup>[1-2]</sup>。近年来, 海洋溢油事故频繁发生, 溢油事故在污染

海洋环境的同时, 对事故发生海域的天然渔业资源不可避免地造成巨大的损害。由于缺少科学的评估, 溢油事故对天然渔业资源的损害往往得不

收稿日期: 2007-10-29; 修回日期: 2007-12-27

基金项目: 国家科技支撑计划(2006BAC11B03) 资助。

作者简介: 沈新强, 研究员, 主要从事海洋渔业生态与环境研究。Tel: 021-65686991; E-mail: esrms@public2.sta.net.cn

到充分的赔偿。2006 年 4 月 22 日 15 时 45 分, 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 390 t 重油在船坞口泄漏进入舟山沿岸渔场。本次溢油事故造成舟山本岛的南部海域大面积污染, 由于该海域是多种经济鱼、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<sup>[3]</sup>, 事故又发生在鱼、虾、蟹的产卵季节, 由此导致天然渔业资源蒙受重大损失。本文以该海洋溢油事故为例, 探讨海洋溢油事故对天然渔业资源损害的评估指标和方法, 从生物资源增殖的角度, 评估恢复天然渔业资源的总费用。

### 1 材料与方 法

2006 年“4·22”溢油事故发生后, 浙江省海洋水产研究所于 4 月 24 日对事故海域的西侧布设 7 个站点进行了石油类的监测, 由宁波市海洋环境监测中心按《海洋监测规范》GB17378. 4-1998 分析<sup>[4]</sup>, 油污水平按《海水水质标准》(GB3097-1997)评价<sup>[5]</sup>。2006 年 5 月 23 日浙江省海洋水产研究所与东海水产研究所对事故海域布设 8 个点进行鱼卵仔鱼采样、分析, 同时对登步、桃花两岛选择两条断面进行潮间带底栖动物的调查(图 1)。

为了解溢油油品的毒性, 以该油品对海蜇水螅体和牙鲆仔鱼进行了 24 h 急性毒性试验, 急性毒性试验方法按《海洋监测规范》GB17378. 7-1998 进行<sup>[5]</sup>。各种类设 5 个浓度组, 1 个对照组, 2 个平行样, 急性毒性试验条件列于表 1。

同时收集了东海水产研究所 2005 年 5 月在附近水域获取的鱼卵仔鱼数据和 2005 年 4 月张网调查获取的游泳生物的数据(站位分布见图 2), 以及 2003 - 2005 年舟山市普陀区海洋捕捞生产统计数据, 作为溢油事故发生前的本底资料。

根据溢油扩散范围、溢油油品对海洋生物的毒性效应值和该海域天然渔业资源的密度, 评估对天然渔业资源造成损害数量, 结合已实施的渔业资源人工增殖放流的结果<sup>[7]</sup>, 估算恢复事故海域的渔业资源所需的费用。

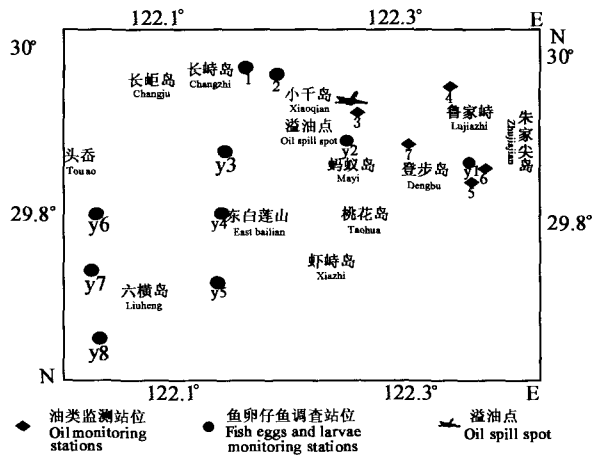


图 1 事故海域调查站位示意图

Fig. 1 The sketch map of investigation stations in the accident area.

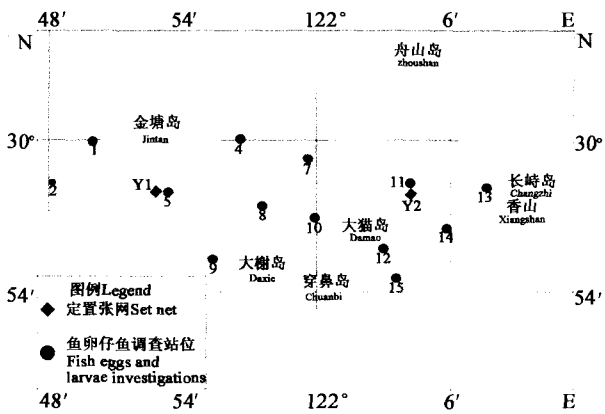


图 2 2005 年 5 月事故附近海域渔业资源调查站位示意图

Fig. 2 The sketch map of investigation stations of fishery resources in the accident area.

表 1 柴油 (IFO 500) 对海洋生物急性毒性试验条件

Table 1 Acute toxicity experiment condition of diesel oil (IFO 500) on marine organisms.

种类 Species	规格 Specifications	水温 (°C) Water temperature	盐度 Salinity	DO (mg · L <sup>-1</sup> )	pH
海蜇水螅体 Larval jellyfish	6 ~ 8 mm	18.2 ~ 20.0	21.5	7.6	7.98
牙鲆仔鱼 Larval flatfish	6 ~ 12 mm	18.2 ~ 20.3	21.5	7.8	7.98

## 2 结果与分析

### 2.1 事故海域油类含量分布

7 个采样点的油类含量分析结果列于表 2, 从表 2 可以看到, 监测海域表层(0.5 m)水体中油类含量分布范围为 0.365 ~ 984.400 mg · L<sup>-1</sup>, 平均含量 151.478 mg · L<sup>-1</sup>, 其中 2 号站最高, 超 4 类海水标准 1 968 倍(0.5 mg · L<sup>-1</sup>), 4 号站最低, 也超 3 类海水标准(0.3 mg · L<sup>-1</sup>); 平均超 4 类海水标准 302 倍<sup>[6]</sup>。

表 2 事故海域油类监测结果

Table 2 The monitoring results of oil in the accident area.

站号 Station number	采样时间 Sampling time	层次(m) Layer	含量(mg · L <sup>-1</sup> ) Content
1	4.240 905	0.5	0.464
2	4.240 914	0.5	984.400
3	4.240 945	0.5	43.700
4	4.241 005	0.5	0.365
5	4.241 035	0.5	0.956
6	4.241 055	0.5	29.324
7	4.241 132	0.5	1.140

### 2.2 溢油油品对海洋生物的急性毒性效应

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列于表 3, 结果表明该油品对海蜇水螅体的 24 h-LC<sub>50</sub> 值为 3.5 mg · L<sup>-1</sup>, 对牙鲆仔鱼的 24 h-LC<sub>50</sub> 值为 2.0 mg · L<sup>-1</sup>。可见, 该油品对仔、幼鱼有较大的毒性。

表 3 柴油(IFO 500)对海洋生物急性毒性效应

Table 3 Acute toxicity effect of diesel oil(IFO 500) on marine organism.

种类 Species	24h-LC <sub>50</sub> (mg · L <sup>-1</sup> )	95% 置信区间 95% of confidence interval (mg · L <sup>-1</sup> )
海蜇水螅体 Larval jellyfish	3.50	2.80 ~ 4.30
牙鲆仔鱼 Larval flatfish	2.00	1.90 ~ 2.90

### 2.3 鱼卵仔鱼数量分布

2006 年 5 月 23 ~ 24 日对事故海域设 8 个点进行鱼卵仔鱼采样、分析。分析结果表明事故海域仅在 7 号站采集到仔鱼 1 尾(矛尾鰕虎鱼), 未采集到

鱼卵。因此整个调查区域鱼卵平均数量为 0.00 ind · m<sup>-2</sup>, 仔鱼平均数量为 0.63 ind · m<sup>-2</sup>。

2005 年 5 月 28 ~ 31 日, 东海水产研究所在事故海域附近(29°54.534' ~ 29°59.289'N; 121°48.738' ~ 122°7.756'E)进行了鱼卵、仔鱼的调查, 共设 15 个调查站, 采集到的鱼卵、仔鱼标本属 3 目 6 科 7 种, 其中鲱形目鉴定出 2 科 2 种(鳀和斑鰹), 鲱形目鉴定出 2 科 3 种(鲛、梭鲛和油鲛), 鲈形目鉴定出 2 科 2 种(银鲳和发光鲷)。获得事故附近海域鱼卵平均分布密度为 0.67 ind · m<sup>-2</sup>, 仔鱼平均分布密度为 12.33 ind · m<sup>-2</sup>。

### 2.4 游泳生物资源种类组成、数量分布

2006 年 4 月 22 日溢油事故发生后, 事故海域的张网网具受到严重污染, 无法对事故海域进行张网调查。根据 2005 年 4 月 15 日至 4 月 25 日东海水产研究所张网调查结果, 事故海域主要渔获鱼种有梅童鱼、鲳鱼、舌鳎、龙头鱼、黄鲫、小黄鱼、带鱼、鮑鱼、刀鲚、鲚鱼、鲱鱼、花鲈、中华海鲈、海鳗、鰕虎鱼和日本鰕鳎等 16 种; 虾类主要有中国毛虾、安氏白虾、脊尾白虾、葛氏长臂虾、口虾蛄等 5 种; 蟹类主要有三疣梭子蟹等 3 种。张网现场获得平均每公斤尾数为 863.3 尾, 渔获物尾数中, 鱼类占 17.42%、虾类占 80.66%, 蟹类占 1.92%。平均幼体比例占渔获尾数的 61.64%。

### 2.5 潮间带生物

事故海域的潮间带生物主要以岩相生物为主。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、桃花岩相生物的调查结果显示, 登步蛟义岛南端岩相的高潮区主要有粒结节滨螺、短滨螺; 中潮区主要有齿纹蜒螺、疣荔枝螺、单齿螺、史氏背尖贝、鳞笠藤壶以及纵条肌海葵。桃花岛前厂村东岩的高潮区主要有粒结节滨螺、短滨螺; 中潮区主要有单齿螺、齿纹蜒螺、疣荔枝螺、史氏背尖贝、嫁喊、红条毛肤石鳖、锈凹螺、鳞笠藤壶。登步岩相生物平均栖息密度 1 148 ind · m<sup>-2</sup>, 平均生物量为 174 g · m<sup>-2</sup>。桃花岩相生物平均栖息密度 1 344 ind · m<sup>-2</sup>, 平均生物量为 261.6 g · m<sup>-2</sup>。登步、桃花岩相生物平均栖息密度 1 246 ind · m<sup>-2</sup>, 平均生物量为 217.8 g · m<sup>-2</sup>。

### 2.6 事故海域海洋捕捞生产状况

事故海域内从事海洋捕捞生产的主要有蚂

蚁、虾峙、桃花镇、登步、佛渡和六横 6 个乡镇,主要作业方式包括张网、小机钓、鳗笼和蟹笼等,其中张网是最主要的作业方式。根据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。

## 2.7 污染事故对天然渔业资源的损害分析与评估

### 2.7.1 油污染对海洋生物的伤害分析

石油不同组分中,低沸点的芳香烃对一切生物具有毒性,高沸点芳香烃具有长效毒性。据吴彰宽报道<sup>[8]</sup>,胜利原油对对虾(*Penaeus orientalis*)各发育阶段影响的最低浓度分别是受精卵期  $56 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,无节幼体期  $3.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、蚤状幼体期  $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,糠虾幼体期  $1.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,仔虾期  $5.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,其中蚤状幼体为最敏感的阶段。陈民山<sup>[9]</sup>研究了胜利原油对海洋鱼类胚胎及仔鱼的毒性效应结果表明,原油可抑制胚胎的孵化,导致孵化仔鱼的发育畸形和大量死亡,对真鲷(*Pagrossonius major*)仔鱼和牙鲆(*Paralichthy olovaceus*)仔鱼的 96 h-LC<sub>50</sub>值分别为  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $1.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。贾晓平等<sup>[10]</sup>研究结果<sup>[10]</sup>表明 0 号柴油对 3 种仔虾、4 种仔鱼和 3 种贝类的 96 h-LC<sub>50</sub>值范围分别为  $0.17 \sim 0.95 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.28 \sim 3.47 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $1.41 \sim 6.46 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

本次污染水域的油品为 IFO 500 燃油,该油品对海蜇水螅体和牙鲆仔鱼急性毒性效应试验结果表明,该油品对海蜇水螅体的 24 h-LC<sub>50</sub>值为  $3.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,对牙鲆仔鱼(0.8 ~ 1.2 cm)的 24 h-LC<sub>50</sub>值为  $2.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,说明该油品对仔、幼鱼有较大的毒性。渔业水质标准(GB-11607)规定:为保证鱼、虾、贝、藻类正常生长,水体中的油类浓度不得超过  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,油类浓度超过  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的水域中水生生物已受到影响。油类对不同生物的毒性效应不同,一般而言,在油膜覆盖的水域内,油含量超过水生生物致死的临界值。

根据 2006 年 4 月 24 日现场监测结果,推算油类含量超过  $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,扩散范围在 300 km<sup>2</sup> 以上。参考油污染对海洋生物的影响分析结果,“4·22”事故造成渔业受到严重影响的海域范围在 100 km<sup>2</sup> ( $\geq 5.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 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,死亡率估计占 70%,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。

### 2.7.2 对天然渔业资源损害的评估

根据本次油污污染的特点,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  $0.67 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ ,仔鱼平均数量为  $11.70 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ ,作为影响评估的基础数据。“4·22”事故对渔业资源造成严重损害的范围在 100 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup> 范围内鱼卵、仔鱼因高浓度的油污污染而全部致死。由此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  $6.7 \times 10^7$  个和  $1.17 \times 10^9$  尾。

#### ②游泳生物

根据中华人民共和国农业部颁布的《水域污染事故渔业损失计算方法规定》,渔业资源量的确定以近 3 ~ 5 年的平均捕捞产量 ÷ 资源开发率(开发率视当地捕捞强度和种群自生能力而定)。本次污染事故海域内 6 个乡镇 2003 - 2005 年张网捕捞平均年产量为 57 183 t。该海域属捕捞强度较大,开发率取 0.60,获得本次污染水域的渔业资源量为 95 305 t。6 个乡镇张网捕捞水域的范围约 1 200 km<sup>2</sup>。由此获得污染水域单位渔业资源量为  $79.421 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ 。由于该区域主要由幼鱼组成,因此根据 2005 年 4 月中下旬在该海域张网调查渔获尾数( $863.3 \text{ ind} \cdot \text{kg}^{-1}$ )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  $11 943 870 \text{ ind} \cdot \text{km}^{-2}$ ,虾类尾数为  $55 303 840 \text{ ind} \cdot \text{km}^{-2}$ ,蟹类尾数为  $1 316 430 \text{ ind} \cdot \text{km}^{-2}$ 。在 100 km<sup>2</sup> 范围内,游泳生物中成鱼大部分可以回避,少量因来不及回避被污染致死或失去实用价值(这部分不予评估)。但幼鱼回避能力弱,大部分因高浓度的油污污染而致死,以平均幼体比例占 61.64% 和 70% 致死率估算,鱼、虾和蟹类幼体总损失量分别为 515 354 102 尾、2 386 250 520 尾和 56 801 322 尾。

#### ③岛礁潮间带底栖动物

据 1988 - 1989 年全国海岛资源综合调查数据,潮间带污染严重的蚂蚁、登步和桃花 3 个乡镇岩质岸线长度分别为 4 968 m、24 524 m 和 55 525

m。根据调查,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染的面积 65 508 m<sup>2</sup>,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 · m<sup>-2</sup> 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 81 622 968 个。

#### ④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<sup>[7,11-13]</sup>。根据本次油污事故对天然渔业资源幼体造成的实际损害情况,可采取对鱼、虾、蟹、贝进行人工增殖放流措施<sup>[9]</sup>来加快恢复天然渔业资源。根据放流种类的特点和增殖效果,确定各种类放流比例,各分项的所需费用列于表 4,“4·22”溢油事故对事故海域渔业资源恢复直接所需总费用为 2 569 万元。

表 4 事故海域渔业资源恢复所需费用

Table 4 The cost of recovery of natural fishery resources in the spilling oil accident area.

项 目 Item	数量(尾) Number(individual)	放流比例(%) Release percent	单价(元/尾) Price(yuan/individual)	合计(万元) Total(ten thousand yuan)
鱼卵、仔鱼 Fish egg and larva	1 237 000 000	2	0.30	742
鱼类幼体 Young fish	515 354 102	10	0.30	1 546
虾类幼体 Young shrimp	2 386 250 520	2	0.03	143
蟹类幼体 Young crab	56 801 322	10	0.10	57
底栖贝类 Benthic shellfish	81 622 968	33	0.03	81
合计 Total				2 569

### 3 结论

2006 年“4·22”溢油事故海域表层(0.5 m)水体中油类含量分布范围为 0.365 ~ 984.400 mg · L<sup>-1</sup>,平均含量 151.478 mg · L<sup>-1</sup>,该油品对海蜇水螅体的 24 h-LC<sub>50</sub> 值为 3.5 mg · L<sup>-1</sup>,对牙鲆仔鱼的 24 h-LC<sub>50</sub> 值为 2.0 mg · L<sup>-1</sup>。溢油扩散范围达 300 km<sup>2</sup> (≥0.3 mg · L<sup>-1</sup>) 以上,其中造成天然渔业资源受到严重影响的海域范围达 100 km<sup>2</sup> (≥5.0 mg · L<sup>-1</sup>) 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 70% 死亡,大部分成鱼回避,但也有少量成鱼因来不及回避而被污染,导致死亡或失去实用价值。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。损害评估结果表明,该油污事故造成鱼卵和仔鱼的总损失量分别为 6.7 × 10<sup>7</sup> 个和 1.17 × 10<sup>9</sup> 尾,鱼、虾和蟹类幼体总损失量分别为 515 354 102 尾、2 386 250 520 尾和 56 801 322 尾,潮间带底栖动物总损失量为 81 622 968 个。该溢油事故对事故海域渔业资源恢复所需总费用为 2 569 万元。

### 参 考 文 献

- [1] Edward A L. 水污染导论[M]. 余刚,张祖麟,牛军峰,等译. 北京:科学出版社,2004,431-480.
- [2] 万邦和. 海洋石油污染及其危害[J]. 海洋环境科学. 1986,5(3):52-63.
- [3] 张秋华,程家骅,徐汉祥,等. 东海区渔业资源及其可持续利用[M]. 上海:复旦大学出版社,2007,518-522.
- [4] 海洋监测规范第4部分:海水分析[S]. GB17378.4-1998.
- [5] 海洋监测规范第7部分:近海污染生态调查和生物监测[S]. GB17378.7-1998.
- [6] 海水水质标准[S]. GB3097-1997.
- [7] 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.
- [8] 吴彰宽,陈国江. 二十三种有毒物质对对虾的急性毒性试验[J]. 海洋科学,1988,4:36-40.
- [9] 陈民山,范贵旗. 胜利原油对海洋鱼类胚胎及仔鱼的毒性效应[J]. 海洋环境科学,1991,10(2):1-5.
- [10] 贾晓平,林钦. 原油和燃油对南海重要海水增养殖生物的急性毒性试验[J]. 水产学报,2000,24(1):32-36.
- [11] 徐汉祥,周永东. 浙北大黄鱼放流增殖的初步研究[J]. 海洋渔业,2003,25(2):69-72.
- [12] 张澄茂,闽东海区中国对虾放流虾的生长特性[J]. 水产学报,2001,25(2):116-119.
- [13] 周永东,王永顺,黄鸣夏. 浙江近海海域海蜇的增殖放流[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),2004,23(1):28-30,36.