

文章编号:1000-0615(2009)04-0610-07

## 赤潮灾害对水产养殖业损失的分级评估

陈 舜<sup>1</sup>, 佟蒙蒙<sup>2,3</sup>, 江天久<sup>3</sup>, 萧云朴<sup>1</sup>

(1. 浙江省平阳县海洋与渔业局, 浙江 平阳 325400;

2. 南开大学环境科学与工程学院, 天津 300071;

3. 暨南大学理工学院环境工程系, 广东 广州 510632)

**摘要:**通过分析赤潮灾害损失的构成,建立了一套新的赤潮灾害对水产养殖业损失的评估方法,分别对养殖业的直接经济损失,间接经济损失,赤潮恢复费用等3个方面进行评估,并根据对灾害评估时间要求的不同,将赤潮灾害对养殖业的经济损失评估由粗评到细评,由定性到定量划分为3个等级,即灾前损失预评估,灾时损失评估和灾后损失实评估。最后利用2005年6月发生在浙江南麂列岛赤潮造成水产养殖业灾害损失的实地调查资料,运用建立的分级标准进行灾害损失评估。结果表明,此次赤潮属于中型鱼毒赤潮,其直接经济损失为3100万元,总损失为4290万元。

**关键词:**赤潮;定量评估;养殖业损失评估;分级评估

**中图分类号:**X 55; X 820.3

**文献标识码:**A

赤潮是海洋中某种或多种海洋浮游生物(大多是浮游植物)在一定环境条件下爆发性增殖或聚集而引起的一种能使局部水体变色的生态异常现象<sup>[1]</sup>,已成为全球海洋的一大灾害。20世纪50年代以后,全球赤潮发生愈加频繁,危害也越来越严重<sup>[2-5]</sup>,特别是发生在海水养殖区的赤潮,不仅对养殖业造成严重损失,有的藻类还能产生毒素并积累到贝类体内,从而引起食用者中毒甚至死亡<sup>[2]</sup>。因此灾害性赤潮发生之后,需要快速准确的判断赤潮藻的类型及发生面积、海产养殖业的直接经济损失和灾后总损失等情况,这些灾害损失的估算与测算是制定防灾、抗灾、救灾及灾后重建方案的重要依据,也有利于当地政府提供抗灾救灾决策,具有非常重要的意义。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 赤潮灾害损失的构成

**赤潮基本参数确定** 赤潮的基本参数主要包括赤潮发生的时间、地点、面积、赤潮藻种的特

征及其垂直分布等,这些参数是通过现场采样调查得出,是赤潮灾害定性及定量评估的基础。

**赤潮灾区的基本情况** 基本情况包括养殖区的生态情况,如主要养殖品种(大型海藻、鱼类、贝类等)的生长特征(生长周期、生活习性等)、数量和养殖面积等;养殖品种的市场情况,如经济品种的市场价格,交易量等经济指标;以及培养该养殖品种的经济成本,如鱼苗价格、饵料费用等。这些数据可通过查找有关统计资料或现场调查得到,是进行养殖业灾害损失评估的关键。

**赤潮灾害基础数据库** 赤潮的基础数据库主要包括历年来我国赤潮发生的状况统计(时间、地点、面积、赤潮藻种的特征及其垂直分布等)、赤潮藻的生态毒理数据、海产养殖品种对赤潮藻的代谢数据等。这些参数是通过查找相关文献资料并研究而最终得出的统计结果,且该数据库可通过不断更新而进一步完善,是赤潮灾害评估的基础。

收稿日期:2008-06-12 修回日期:2008-09-23

资助项目:国家自然科学基金重点项目(U0733006);国家重点基础研究发展规划项目(2001CB409709);温州市科技计划项目(S2006A007)

通讯作者:江天久,E-mail: tjiangtj@jnu.edu.cn

## 2 结果与讨论

### 2.1 赤潮灾害的损失分类

赤潮灾害与其它环境灾害一样,有其特殊的灾源、传灾介质和传灾介质运输与存贮过程。形成赤潮的赤潮生物是灾源,赤潮水体和携带赤潮毒素的海洋生物体等是传灾介质,水动力过程和人类的捕捞活动等形成了传灾介质运输和存贮过程。赵冬至等<sup>[6]</sup>将赤潮损失分为人口的经济损失、水产养殖业的经济损失、渔业的经济损失和旅游业的经济损失 4 类。荷兰的 Jeroen 等<sup>[7]</sup>将总经济损失分为消耗性损失(use value, UV)和非消耗性损失(nonuse value, NUV),消耗性损失包括直接消耗性损失(direct use value, DUV),间接消耗性损失(indirect use value, IUV)和选择性损失(option use value, OUV),非消耗性损失包括遗赠值(bequest value, BV)和存在价值(existence value, EV)。

本文主要针对养殖业的经济损失评估,生态环境损失的问题,除了养殖业环境恢复费用外,其它方面暂不考虑。因此,将赤潮养殖业经济损失分为直接经济损失、间接经济损失和资源恢复费用 3 部分。

### 2.2 赤潮灾害损失的分级评估

灾害性赤潮发生后,在最短的时间内,对赤潮灾害的养殖业经济损失做出科学、合理的评估,是至关重要的。根据对时间要求的不同,将赤潮灾害对养殖业的经济损失评估由粗评到细评,由定性到定量划分为 3 个等级,即灾前损失预评估,灾时损失评估和灾后损失实评估。

**灾前损失预评估(定性评估)** 根据江天久等<sup>[8]</sup>的《赤潮的分类分级标准及预警色设置》中的结论,我国赤潮分为有毒赤潮、鱼毒赤潮、有害赤潮和无害赤潮 4 种类型,及大型、中型和小型 3 个级别,其单次赤潮面积分别在 1 000 km<sup>2</sup><sup>[8]</sup>以上、100~1 000 km<sup>2</sup>和低于 100 km<sup>2</sup><sup>[4]</sup>。因此赤潮被分为 12 个等级。根据上述标准,对赤潮进行定性评估,并采取相应的预警措施。

**灾时损失评估(定量初评估)** 灾时损失评估首先根据灾前预评估的结果,再结合赤潮发生期间的实时监测情况(养殖网箱数量面积、养殖鱼种、受损鱼种经济价值、受损比例等),对赤潮造成的海产养殖业损失进行直接损失评估。

生物量损失评估,其计算公式为

$$E_c = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot S_M \cdot P_{wi} \quad (1)$$

式中, $E_c$  表示海产品的灾时损失量; $Y_i$  表示赤潮发生区单位网箱多年的平均产量; $S_M$  表示受灾网箱数; $P_{wi}$  表示该海产品多年的平均价格。

经济产值损失评估,其计算公式为

$$E_c = G \times \varphi \times \eta \quad (2)$$

式中, $G$  表示前一年的经济收入总值; $\varphi$  表示经济增长系数; $\eta$  表示养殖海产品受损比例。

**灾后损失实评估** 分为 5 个工作阶段来完成。(1)赤潮情况调查。(2)直接损失调查统计,确定赤潮引起的实物损失种类和损失类型,如养殖业的养殖贝类、鱼类和对虾等死亡、减产。(3)间接损失估算,选择适宜的计量纲和方法,估算间接损失量。(4)资源恢复费用估算。(5)各类损失的汇总,统计计算灾害损失。

#### (1) 赤潮情况调查

赤潮情况调查包括赤潮现场记录、赤潮监测项目统计和赤潮分型分级及预警色划分等。赤潮现场记录主要是针对赤潮发生的时间、地点、面积、水体颜色、赤潮藻种、藻密度、水面特征及水产品死亡情况进行调查。赤潮监测项目统计包括水文(表面水温和透明度)、气象(风速风向、气温和光照)、化学(pH、盐度、溶解氧、磷酸盐、硝态氮、氨氮等)及贝毒(麻痹性贝毒 PSP 和腹泻性贝毒 DSP 等)。

#### (2) 直接损失调查统计

直接经济损失包括赤潮造成水产养殖业产量下降或水产品质量下降所引起的经济损失。一般养殖业直接经济损失可按照受损鱼总量来计算。直接经济损失计算方法有调查算法,统计推算法,专家评估法<sup>[9]</sup>,本文的评估方法为调查算法,其计算公式为

$$E_z = \sum_{i=1}^n (D_i \cdot P_i \cdot \eta_i D_{io} \cdot P_{io}) \quad (3)$$

式中, $E_z$  表示直接经济损失; $D_i$  表示第  $i$  种海产品受损总量; $P_i$  表示第  $i$  种海产品销售市场价格; $\eta_i$  表示第  $i$  种海产品的成活率; $D_{io}$  表示第  $i$  种海产品的残留成活量; $P_{io}$  表示第  $i$  种海产品的实际销售价格。

#### (3) 间接损失估算

间接经济损失确定较困难,对于养殖业,需针对每种实物型的市场次级销售情况确定其间接经

济损失的损失系数。间接损失估算有推算法,调查统计法。由于间接经济损失一般通过直接损失实物为传灾介质,可由直接经济损失的产值或数量推算出,其推算公式为

$$E_j = \sum_{i=1}^n (\beta_i \cdot E_{ai}) \quad (4)$$

式中, $E_j$ 表示赤潮造成的间接经济损失; $\beta_i$ 表示第*i*种间接经济损失类型的损失系数; $E_{ai}$ 表示第*i*种与间接经济损失类型相关的直接经济损失产值。

#### (4) 赤潮恢复生产费用

海产养殖业的资源恢复费用主要包括赤潮受污现场的清理费用、鱼苗费用及饵料费用3个方面。即

$$E_h = E_m + E_r + E_q = \sum_{i=1}^n D_i \cdot P_{im} + \sum_{i=1}^n D_i \cdot \beta_i \cdot T_i \cdot \eta_i + E_q \quad (5)$$

式中, $E_m$ 表示幼苗花费; $E_r$ 表示饵料费用; $E_q$ 表示赤潮现场清理费用; $P_{im}$ 表示第*i*种海产品幼苗价格; $\beta_i$ 表示第*i*种鱼每天每尾投放饵料的费用; $T_i$ 表示第*i*种海产品的养殖天数; $\eta_i$ 表示第*i*种

海产品的成活率, $D_i$ 表示第*i*种鱼苗投放的数量。

#### (5) 赤潮养殖业总损失计算

赤潮灾害损失 = 灾害直接损失 + 灾害间接损失 + 资源恢复费用 (6)

总损失费用表达公式为

$$M = \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{j=1}^n N_j + \sum_{k=1}^r R_k \quad (7)$$

式中, $M$ 为总损失; $D_i$ 为第*i*项直接损失; $N_j$ 为第*j*项间接损失; $R_k$ 为第*k*项资源恢复费用; $m$ 、 $n$ 、 $r$ 分别为直接损失、间接损失和资源恢复费用的项数。

### 2.3 赤潮灾害损失分级评估比较

根据赤潮灾害损失分级评估的结果,评估精确程度和评估所需时间等因素,对三级评估进行比较(表1)。通过比较,灾前和灾时损失评估属粗评估,且评估所需时间较短,这两种评估结果可供灾后决策部门初步判断赤潮危害规模,以便采取相应的应急措施,灾后损失实评估为现场总评估,评估结果也较准确,可作为灾后救灾和重建的依据。

表1 赤潮灾害损失的分级评估比较表

Tab.1 Comparison of grading assessment of red tide economic loss

评估等级 grade	描述等级 description	结果 result	所需时间 period needed
灾前预评估 prediction assessment before hazard	定性 qualitative analysis	定性描述 qualitative description	几十分钟 tens of minutes
灾时损失评估 tracking or monitoring assessment when hazard	定量 quantitative analysis	给不出渔业总体损失情况 给出渔业损失的估算结果 no total economic loss; only on fishery	数小时 several hours
灾后损失实评估 on-the-spot surveying assessment after hazard	定量 quantitative analysis	给出渔业损失总体情况及种类 和损失结果 total economic loss; including direct loss indirect loss and resume of resource	几天 several days

### 2.4 南麂岛赤潮实例分析

**灾前预评估** 根据《赤潮的分类分级标准及预警色设置研究》中的结论,本次赤潮为中型鱼毒赤潮(BR2),颜色为橙色警告色。

**灾时损失评估** 对南麂岛海域的生物多样性状况,专家已经进行了较多的研究<sup>[10-15]</sup>。根据主要实物损失种类,分别对每一鱼种进行初评估,其中主要是美国红鱼、大黄鱼、鲍鱼、黄姑鱼、

石斑鱼、真鲷、黑鲷等。根据表2统计数据前4列,利用公式(1)计算

$$E_x = 3.30 \times 10^7 \text{ 元}$$

**灾后损失实评估**

(1) 直接损失调查统计

本次赤潮引起的实物损失种类主要是美国红鱼、大黄鱼、鲍鱼、黄山鱼、石斑鱼、真鲷、黑鲷等(表2)。

## (2) 间接损失估算

由于此次赤潮的实物损失种类多为鲜活食品,因此其再加工处理的相对较少,且本次赤潮的人工处理过程短,消失得较迅速,对旅游业及人员的伤害损失可忽略不计,所以间接损失可忽略。

## (3) 赤潮恢复生产费用

恢复生产费用主要是养殖环境的恢复费用的计算,包括鱼苗费用和饵料费用两个方面(表3)。

## (4) 赤潮养殖业总损失计算

此次赤潮养殖业总损失计算结果见表4。

表2 南麂岛赤潮灾害直接损失调查结果  
ab.2 The investigating result of direct loss of red tides of Nanji Island

鱼种 fish name	鱼死亡量 (万尾) dead fish $D_i$	出售市场价格 (元/千克) sold price $P_i$	成活率 survival $\eta_i$	残留鱼量 (万尾) residue fish $D_{i0}$	实际价格 (元/千克) price $P_{i0}$	直接经济损失 (元) direct economic loss
美国红鱼 <sup>(1)</sup> <i>Sciaenops ocellatus</i>	200	6	80%	32	3.5	$1.17 \times 10^7$
大黄鱼 <sup>(2)</sup> <i>Pseudosciaena crocea</i>	9	120 (5%) 216 (95%)	80%	8.1	120 (5%) 216 (95%)	$4.43 \times 10^5$
鲍鱼 <sup>(3)</sup> <i>Abalone haliotis discus</i>	8(小苗 small) 12(大苗 middle) 0.45(成鱼 big)	6	5 18 (70%)			$1.18 \times 10^6$
黄姑鱼 <sup>(4)</sup> <i>Nibea albiflora</i>	0.5	90	80%	0.2	60	$1.55 \times 10^6$
石斑鱼 <sup>(5)</sup> <i>Epinephelus akaara</i>	0.5	260	80%	130(死鱼) dead	40	$4.20 \times 10^5$
真鲷 <sup>(6)</sup> <i>Pagros major</i>	115	32	80%			$1.47 \times 10^7$
黑鲷 <sup>(7)</sup> <i>Sparus macrocephalus</i>	2	50	80%			$6.00 \times 10^5$
其它 <sup>(8)</sup> others	30 0.13	2.7(鱼苗) small 70(成鱼) big				$4.40 \times 10^5$
总计 total						$3.10 \times 10^7$

注:(1)美国红鱼养殖周期为1 a,生长到0.5 kg 出售;(2)大黄鱼养殖期限是2 a,成鱼0.3 kg 出售。有5% 卖于本岛,价格为120 元/kg; 95% 卖到外地,价格为216 元/kg;(3)鲍鱼2 a 上市;(4)黄姑鱼2~2.5 a 上市,生长到0.5 kg 出售。因该鱼系冷冻出售,故赤潮造成此鱼经济损失较小;(5)石斑鱼,成鱼0.5 kg/条;(6)真鲷,养殖周期为2 a,生长到0.8~1 kg 出售;(7)黑鲷,养殖周期为2 a,生长到0.5 kg 出售;(8)其它主要指黑子鱼,30 万尾的鱼苗准备出售,1 300 尾成鱼死亡

Notes: (1) *Sciaenops ocellatus* was cultured 1 year, sold when 0.5 kg each; (2) *Pseudosciaena crocea* was cultured 2 years, big one was sold when 0.3 kg each, of which 5% sold on the island with 120 Yuan/kg, 95% sold outside with 216 Yuan/kg; (3) *Abalone Haliotis discus* was sold after 2 years culturing; (4) *Nibea albiflora* was cultured 2 to 2.5 years, sold when 0.5 kg each. Because of *Nibea albiflora* was sold after frizzling, the economic loss is less comparable; (5) *Epinephelus akaara* was 0.5 kg when sold; (6) *Pagros major* was cultured 2 years and sold when 0.8 to 1.0 kg each; (7) *Sparus macrocephalus* was cultured 2 years and sold when 0.5 kg each; (8) Others is mainly referring to Heizi, 300 000 small fish was ready to sold and 1 300 big one dead

赤潮灾害损失的分级评估比较 根据前述赤潮灾害损失三级评估的方法,分别计算了2005年6月南麂列岛赤潮所造成的经济损失,通过与灾后损失实评估结果对比(表5),本文所述的三级评估方法,都基本反映了这次赤潮的损失情况,但所需时间差别较大,评估所需时间越短,无疑对赤潮应急和灾后的救灾工作非常有力。

## 3 总结

本文是根据对赤潮灾害损失的要求不同,将

赤潮灾害损失评估分为三级评估,以满足不同层次、不同目的的需要。应用本文建立的损失等级评估和损失调查计算公式,可以快速完整地计算赤潮灾害对水产养殖业的经济损失,给赤潮灾后评估工作带来方便。通过对浙江南麂岛赤潮灾害的实例分析,赤潮灾害损失的三级评估,基本上都反映了这次赤潮的损失情况,但所需时间由短到长差别较大,根据对损失结果的不同要求,选择适当的评估方法,这无疑对赤潮应急及灾后救灾措施提供有利依据,从而有效地起到防灾救灾的作用。

表 3 南麂岛赤潮灾害恢复生产费用  
Tab.3 The investigating result of the recovery cost of red tides of Nanji Island

鱼种 fish name	鱼死亡量 (万尾) $D_i$	鱼苗价格 (元/条) price of small $P_{im}$	$E_m$ (元)	每天每尾投放 饵料费用 [分/(天·条)] food fee per day per each $B_i$	养殖天数 culturing day $T_i$	$E_r$ (元)	$E_h$ (元)
美国红鱼 <i>Sciaenops ocellatus</i>	200	0.2	$4 \times 10^5$	小鱼到中鱼 0.3 small to middle 中鱼到成鱼 2.6 middle to big	270 420	$2.94 \times 10^6$	$3.34 \times 10^6$
大黄鱼 <i>Pseudosciaena crocea</i>	0.9		$1 \times 10^5$ *	小鱼到中鱼 0.8 small to middle 中鱼到成鱼 2 middle to big	365 365	$8.9 \times 10^4$	$1.89 \times 10^5$
石斑鱼 <i>Epinephelus akaara</i>	0.5	15	$7.5 \times 10^4$	60 元/年 60 yuan/ year	365	$3 \times 10^5$	$3.75 \times 10^5$
真鲷 <i>Pagros major</i>	115	1.5	$1.72 \times 10^6$	小鱼到中鱼 2 small to middle 中鱼到成鱼 4 middle to big	730 1 460	$5.85 \times 10^6$	$7.57 \times 10^6$
黑鲷 <i>Sparus macrocephalus</i>	2		4 000 *	2	365	$1.46 \times 10^5$	$5.50 \times 10^5$
其它 others	30	1	$3 \times 10^5$	4.5 元/条 4.5 yuan (成鱼 1 000 条) 1 000 big one		4 500	$3.06 \times 10^5$
总计 total							$3.10 \times 10^7$

注: \* 大黄鱼和黑鲷的鱼苗费用为平阳县南麂岛开发有限公司的预苗费用的折算数值

Notes: \* The data of *Pseudosciaena crocea* and *Sparus macrocephalus* are coming from Pingyang Nanji Island Development CO., Ltd.

表 4 南麂岛赤潮灾害损失汇总  
Tab.4 The investigating result of the economic loss of red tides of Nanji Island

鱼种 fish name	直接经济损失(元) direct economic loss	恢复生产费用(元) resume of resource	总计(元) total
美国红鱼 <i>Sciaenops ocellatus</i>	$1.17 \times 10^7$	$3.34 \times 10^6$	$1.50 \times 10^7$
大黄鱼 <i>Pseudosciaena crocea</i>	$4.43 \times 10^5$	$1.89 \times 10^5$	$6.32 \times 10^5$
鲍鱼 <i>Abalone haliotis discus</i>	$1.18 \times 10^6$		$1.18 \times 10^6$
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	$1.55 \times 10^6$		$1.55 \times 10^6$
石斑鱼 <i>Epinephelus akaara</i>	$4.20 \times 10^5$	$3.75 \times 10^5$	$7.95 \times 10^5$
真鲷 <i>Pagros major</i>	$1.47 \times 10^7$	$7.57 \times 10^6$	$2.23 \times 10^7$
黑鲷 <i>Sparus macrocephalus</i>	$6.00 \times 10^5$	$5.50 \times 10^5$	$1.15 \times 10^6$
其它 others	$4.40 \times 10^5$	$3.06 \times 10^5$	$7.46 \times 10^5$
总计 total	$3.10 \times 10^7$	$1.19 \times 10^7$	$4.29 \times 10^7$

表 5 赤潮灾害损失的分级评估比较  
Tab.5 Comparison of grading assessment of HABs economic loss

评估等级 grade	赤潮灾害损失 economic loss of HABs	误差 error	所需时间 period needed
灾前预评估 prediction assessment before hazard	中型鱼毒赤潮(BR2) classification is BR2	-	10 min
灾时损失评估 tracking or monitoring assessment when hazard	3 300 万元(直接损失) 33 million (direct loss)	0.06	数小时 several hours
灾后损失实评估 on-the-spot surveying assessment after hazard	3 100 万元(直接损失) 4 290 万元(总损失) 31 million (direct loss) 42.9 million (total loss)	-	7 d

但同时需要注意的是,对赤潮灾害调查数据的统计,需要全面而准确。在养殖业范围内,特别是要对养殖鱼类品种的养殖特性,如成长期、养殖条件、饵料来源费用等进行调查,也就是说要根据不同地区鱼类的生长特性进行不同的分析计算。这需要渔业部门的大力支持和广大渔民的鼎力合作。并且通过对每次赤潮灾害的损失评估数据,可以为我国政府部门对受灾渔民的补偿和贷款等工作提供经济上的依据。也为保险业在赤潮养殖业的保险工作提供数据上的支持,以弥补保险业在赤潮灾害保险行业上的空缺。

#### 参考文献:

- [1] 马宗晋. 自然灾害与减灾 600 问[M]. 北京:地震出版社, 1990:9.
- [2] 胡益峰,郭朋军. 2001 年以来舟山海域赤潮及麻痹性贝毒发生情况的研究[J]. 海洋环境科学, 2008,27(增刊): 54-56.
- [3] 赵冬至,赵玲,张丰收. 我国海域赤潮灾害的类型、分布与变化趋势[J]. 海洋环境科学, 2003, 22(3):7-11.
- [4] 赵玲,赵冬至,张昕阳,等. 我国有害赤潮的灾害分级与时空分布[J]. 海洋环境科学, 2003, 22(2):15-19.
- [5] 闵怀,黄备,唐静亮,等. 浙江省沿海赤潮灾害的初步分析[J]. 环境污染与防治, 2008,30(11): 90-95.
- [6] 赵冬至,李亚楠. 赤潮灾害经济损失评估技术研究 [C]//渤海赤潮灾害监测与评估研究文集,北京:海洋出版社,2000:144-150.
- [7] Jeroen C J M, van den Bergh, Paulo A L D, et al. Dotinga, exotic harmful algae in marine ecosystems: an integrated biological-economic-legal analysis of impacts and Policies [J]. Marine Policy, 2002(26):59-74.
- [8] 江天久,佟蒙蒙,齐雨藻. 赤潮的分类分级标准及预警色设置[J]. 生态学报, 2006,26(6): 2035-2040.
- [9] 李亚楠,赵冬至. 1998 年渤海赤潮危害及经济损失综合评估[C]//渤海赤潮灾害监测与评估研究文集. 北京:海洋出版社,2000:151-156.
- [10] 徐兆礼,蒋玫,陈亚瞿,等. 东海赤潮高发区春季浮游桡足类与环境关系的研究[J]. 水产学报, 2003,27(增刊):49-54.
- [11] 章守宇,邵君波,戴小杰. 杭州湾富营养化及浮游植物多样性问题的探讨[J]. 水产学报, 2001, 25(6):512-517.
- [12] 陈全震,何德华. 甲藻赤潮对养鲍业的危害及其防治探讨[J]. 水产学报, 2000,24(2):151-155.
- [13] 张志道. 南麂海域浮游植物的分布特征[J]. 海洋学研究, 2008,26(2):27-36.
- [14] 纪焕红,叶属峰,刘星,等. 南麂列岛海域浮游植物生态特征及甲藻赤潮频发原因[J]. 海洋科学进展, 2008,26(2):234-242.
- [15] 方琦,蓝东兆,顾海峰,等. 厦门湾沉积物中甲藻孢囊的初步研究[J]. 水产学报, 2003,27(2): 137-142.

## The assessment of aquaculture loss caused by red tides

CHEN Shun<sup>1</sup>, TONG Meng-meng<sup>2,3</sup>, JIANG Tian-jiu<sup>3</sup>, XIAO Yun-pu<sup>1</sup>

(1. Pingyang Marine and Fisheries Bureau, Zhejiang Province, Pingyang 325400, China;

2. College of Environmental Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300071, China;

3. College of Science and Engineering, Ji'nan University, Guangzhou 510632, China)

**Abstract:** A new evaluation method of the aquaculture loss caused by red tides has been discussed in the present study. By analysing the structure of loss caused by red tide hazard, the aquaculture loss is divided into three types: direct aquaculture loss, indirect aquaculture loss and recovery cost. In addition, based on the different demand of timing, it was also divided into three grades: prediction assessment before hazard, tracking or monitoring assessment during hazard and on-the-spot surveying assessment after hazard. Finally, a practical example of assessing the loss of red tides occurring in Nanji Island, Zhejiang in June 2005, was given by red tides hazard loss assessment system established above. Its results were as follows: Prediction assessment before hazard: Classification is BR2. Early warning color is orange, and the second emergency measure was taken. Tracking or monitoring assessment during hazard: the direct economic loss is RMB 33 million. On-the-spot surveying assessment after hazard: the direct economic loss is 31 million. The total economic loss is 42.9 million.

**Key words:** red tides; quantitative assessment; evaluation of aquaculture loss; grading assessment