

有害赤潮对近岸捕捞及观光旅游业直接灾害经济损失评估

江天久*, 李支薇, 江涛, 吴锋, 佟蒙蒙

(暨南大学赤潮与水环境研究中心, 广东 广州 510632)

摘要:以广东省珠海市2009年10—11月双胞旋沟藻赤潮期的现场调查数据为基础,研究了赤潮灾害发生期近岸捕捞及旅游观光业直接经济损失的构成,并依据在该海域从事生产活动船只吨位的大小及经营的方式,分别构建了赤潮灾害对近岸捕捞及观光旅游业直接经济损失的评估模式。评估结果显示,这次赤潮造成以近岸捕捞为主的小型船只直接经济损失约为54万元,以旅游观光兼捕捞的中型船只直接经济损失约101万元,以捕捞为主的大型船只直接经济损失约61万元,上述经济损失合计约216万元。本文建立的评估方法填补了我国在有害赤潮对近岸捕捞及观光旅游业直接灾害经济损失精确评估的空白,对近海其它海洋灾害经济损失的评估也具有参考意义。

关键词:有害赤潮; 定量评价; 捕捞业损失评价; 观光旅游业损失评价

中图分类号: X 55; X 820.3

文献标志码: 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^[1],已成为一种严重的全球性海洋灾害^[2-5]。20世纪50年代以后,全球赤潮发生更加频繁,危害也愈加严重^[6-7]。赤潮频发,其造成的经济损失也不断增加,对赤潮灾害从事经济损失评估是赤潮减灾防灾的重要内容之一^[8-9]。据统计,迄今为止,赤潮对我国沿海地区最大的危害是导致养殖的鱼、虾、贝类死亡,因此,在以往的赤潮灾害评估中,直接经济损失主要是指海产养殖业的损失^[8,10]。但近年来,大规模的赤潮时常在非养殖区发生,主要影响近岸捕捞业和旅游观光业,如何评估赤潮灾害对上述产业造成的经济损失,是亟待解决的问题。本文通过对2009年10—11月间,发生在珠海非养殖区的双胞旋沟藻赤潮的现场调查数据分析,试图建立一种赤潮灾害对近岸捕捞及旅游观光业直接经济损失的评估方法,为减少赤潮灾害的损失,制定科学合理的应急措施提供决策依据。

1 数据来源与调查方法

1.1 数据来源及损失构成

2009年10—11月在广东珠海香洲港—淇澳岛海域发生了面积达300 km²双胞旋沟藻(*Cochlodinium geminatum*)赤潮,发生区域为北纬22.3°~22.45°,东经113.6°~113.7°。本次赤潮前期和中期(10月26日—11月4日)以双胞旋沟藻在群落中占绝对优势,其最高细胞密度达 2.77×10^7 /L,后期(11月5日以后)双胞旋沟藻密度大幅减小,而角毛藻属(*Chaetoceros*)和骨条藻属(*Skeletonema*)等硅藻的密度增大,并出现了球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*)^[11]。赤潮发生在珠海传统的近岸捕捞区和观光旅游区,由于是在非养殖区,本次赤潮虽未造成大量的鱼类死亡,但因赤潮发生面积较大,时间长,藻体密度高,水体呈深褐色,对珠海近岸捕捞业和以渔家乐观光为主的旅游业造成了一定的经济损失。珠海香洲港附近海域也是传统的海滨浴场,规模较小,对外自由开放,游人以本地居民为主,且时值深秋,气温较低,入场人

收稿日期:2010-10-28 修回日期:2011-07-11

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(2010CB428702);国家海洋局重点实验室开放基金(MATHAB200909);广东908赤潮灾害调查专项(GD908-01-07);广东908赤潮灾害评价专项(GD908-02-14)

通讯作者:江天久, E-mail: tjiantj@jnu.edu.cn

数较少,故本次调查省略了赤潮对该海滨浴场造成的经济损失。本次调查以在该海域从事生产活动的船只对象(表1),调查时间为2009年10月26日至11月7日。

表1 珠海香洲港—淇澳岛海域近岸渔船分布状况
Tab.1 Boats in Xiangzhou and Qi'ao along coast of Zhuhai

近岸渔船类型 type of fishing-boat inshore	小型船 small boat	中型船 middle boat	大型船 big ship
数量/条 number	100	79	17

小型船是指排水量 < 1 t, 活动范围在 5 海里以内的船, 主要以放置浮网形式从事捕捞作业, 赤潮对其造成的损失主要是鱼类的捕获收入; 中型船是指排水量 1 ~ 100 t, 活动范围在 20 海里以内的船, 主要从事拖网捕捞兼渔家乐观光旅游, 赤潮对其造成的损失主要是鱼类的捕获收入和旅游收入; 大型船是指排水量 100 ~ 200 t, 活动范围在 10 ~ 100 海里的船, 主要以拖网捕捞为主, 赤潮对其造成的损失主要是鱼、虾、蟹捕获收入和渔船因避开赤潮及邻近水域而多损耗的燃油。

1.2 调查方法

调查方法为现场走访及问卷调查。采集的样本数占各类型船只的 20% ~ 50%。

2 结果与评估

2.1 赤潮对近岸捕捞及观光旅游业损失评估模式的建立

本文主要针对近岸捕捞及旅游观光业的直接经济损失评估, 将经济损失按渔船的排水量、活动范围和用途, 分为小型船经济损失、中型船经济损失和大型船经济损失 3 部分。

小型船经济损失 此类渔船主要视天气决定是否出海, 每天外出捕捞 4 ~ 5 h。赤潮对其造成的损失主要是鱼获量损失。其计算公式为:

$$E_x = \sum_{i=1}^n (b_{qi}P_{qi} - b_{hi}P_{hi}) \times N_x \times T \times \eta \quad (1)$$

式中, E_x 表示小型船总直接经济损失(元); b_{qi} 表示赤潮前第 i 种海产品的每天平均捕获量(斤/天)(赤潮发生前 10 天的平均值, 下同); P_{qi} 表示赤潮前第 i 种海产品的平均价格(元/斤); b_{hi} 表示赤潮期第 i 种海产品的平均每天捕获量(斤/天); P_{hi} 表示赤潮期第 i 种海产品的平均价格(元/斤); N_x 表

示调查区域从事捕鱼作业的小型船数量; T 表示赤潮影响生产的天数(d); η 表示小型船出海率。

中型船损失 此类渔船主要视天气决定是否出海, 每天外出捕捞 8 ~ 12 h, 包括仅从事拖网捕捞的渔船和从事拖网捕捞兼渔家乐观光旅游的船只, 赤潮对其造成的损失主要是拖网捕鱼收入、旅游收入。从事拖网捕捞兼渔家乐观光旅游的船只捕获鱼类品种较多, 销售对象主要是观光客, 因此对赤潮前后每天平均捕获收入只统计总额。由于实行轮流出海, 因此该类型渔船赤潮期旅游收入减少的比例是相同的。其计算公式为:

$$E_{z1} = \sum_{i=1}^n (B_{qi}P_{qi} - B_{hi}P_{hi}) \times N_{z1} \times T \times \eta \quad (2)$$

$$E_{z2} = E_l \times N_{z2} \times T_l \times \eta_l + E_{ql} \times \alpha \times N_{z2} \times T_l \times \eta_l \quad (3)$$

$$E_z = E_{z1} + E_{z2} \quad (4)$$

式(2)中, E_{z1} 表示仅从事拖网捕捞作业的中型船只直接经济损失(元); B_{qi} 表示赤潮前第 i 种海产品平均每天捕获量(斤/天); P_{qi} 表示赤潮前第 i 种海产品的平均价格(元/斤); B_{hi} 表示赤潮期第 i 种海产品平均每天捕获量(斤/天); P_{hi} 表示赤潮期第 i 种海产品的平均价格(元/斤); N_{z1} 表示调查区域仅从事拖网捕捞作业的中型船只数量; T 表示赤潮影响生产的天数(d); η 表示中型船只出海率。式(3)中, E_{z2} 表示从事拖网捕捞兼渔家乐观光旅游的中型船直接经济损失(元); E_l 表示赤潮期拖网渔获收入每天的平均损失(元/天); N_{z2} 表示调查区域从事拖网捕捞兼渔家乐观光旅游的中型船只数量; T_l 表示赤潮期气象上适合拖网作业的天数(d); η_l 表示渔船捕捞作业的出海率; E_{ql} 表示赤潮前渔船的平均旅游收入(元/天); α 表示赤潮期旅游收入减少的比例; T_l 表示上年同期适合接待游客天数(d); η_l 表示渔家乐旅游出海率。式(4)中, E_z 表示中型船的总直接经济损失(元)。

大型船只经济损失 一般而言, 赤潮发生区水体叶绿素含量较高, 溶解氧较低, pH 值在 9.0 ~ 9.5 之间, 各种鱼类通常会远离赤潮发生区域, 因此赤潮对大型船只经济影响主要表现在鱼、虾、蟹捕获量和渔船因驶离赤潮区而多损耗的燃油。由于大型船只的渔获种类较多, 因此对赤潮前后每个航次的平均捕获收入只统计总额。其计算公式为

$$E_d = [(B_q - B_h) + Y] \times N_d \times H \quad (5)$$

式中, E_d 表示大型船只直接经济损失(元); B_q 表

示赤潮前平均渔获收入(元/航次); B_h 表示赤潮期平均渔获收入(元/航次); Y 表示因驶离赤潮区而多损耗的燃油费平均值(元/航次); N_d 表示调查区域大型船只数量; H 表示赤潮期的航次数。

近岸捕捞及旅游观光业的直接经济总损失计算 近岸捕捞及旅游观光业的直接经济总损失为各类型船只损失的总和。其计算公式为

$$E = E_x + E_z + E_d \quad (6)$$

式中, E 表示总损失; E_x 表示小型船只直接经济损失; E_z 表示中型船只直接经济损失; E_d 表示大型船只直接经济损失。

2.2 珠海双胞旋沟藻赤潮产生的直接经济损失实例分析

小型船只经济损失 本次赤潮时($T = 13$),天气都适合出海捕鱼,因此如果没有赤潮的

影响,出海率 $\eta = 100\%$ 。本次赤潮为无害赤潮,海产品价格不变。调查区域小型船只数量 $N_x = 100$,根据表2的调查数据,利用公式(1)计算 $E_x = 538\ 746$ 元。

中型船只经济损失 本次赤潮期($T = 13$)的天气都适合出海拖网或旅游出行,因此如果没有赤潮的影响,出海率 $\eta = 100\%$ 。调查区域仅从事拖网捕捞的中型船只数量 $N_{z1} = 60$,根据表3、表4调查数据,利用公式(2)、(3)、(4)计算 $E_z = 1\ 005\ 565$ 元。

大型船只经济损失 此类渔船一般5~6天/航次,此次调查13d,为方便统计,取整为2个航次。这些渔船赤潮期间主要是在万山附近捕鱼。根据表5调查数据,利用公式(5)计算 $E_d = 612\ 000$ 元。

表2 珠海赤潮灾害对小型船只造成的直接经济损失调查

Tab.2 The direct impacts on small boat during the Zhuhai red tides event

鱼种名 fish species	赤潮前平均 渔获量/kg average yield of fishing before the red tides	赤潮前市售鱼价/ (元/kg) sale price of fish before the red tides	赤潮期平均 渔获量/kg average yield of fishing during the red tides	赤潮期市售鱼价/ (元/kg) sold price of fish during the red tides	直接经济 损失/元 direct economic loss
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucicola</i>	1.4	45.4	0.3	45.4	64 922
黄带绯鲤 <i>Upeneus sulphureus</i>	1	12	0.3	12	10 920
大黄鱼 <i>Pseudosciaena crocea</i>	0.7	30	0	30	27 300
暗纹东方鲀 <i>Takifugu obscurus</i>	0.8	28	0	28	29 120
七丝鲚 <i>Coilia grayii</i>	0.5	6	0.3	6	1 560
章鱼 octopus	1.7	22	0.4	22	37 180
虾 shrimp	3.7	37.4	0.5	37.4	155 584
蟹苗 crab	2.9	68	0.5	68	212 160
总计 E_x total					538 746

表3 珠海赤潮灾害对中型船只(捕捞)造成的直接经济损失调查

Tab.3 The direct impacts on middle boat(working on trawling) during the Zhuhai red tides event

鱼种名 fish species	赤潮前平均 渔获量/kg average yield of fishing before the red tides	赤潮前市售 鱼价/(元/kg) price of fish before the red tides	赤潮期平均 渔获量/kg average yield of fishing during the red tides	赤潮期市售 鱼价/(元/kg) price of fish during the red tides	仅从事捕捞的 中型船只的 直接经济损失/元 direct economic loss of middle boat
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucicola</i>	7.1	50	3.4	50	144 300
七丝鲚 <i>Coilia grayii</i>	3.4	6	1.7	6	7 956
黄带绯鲤 <i>Upeneus sulphureus</i>	7.1	10	3.4	10	28 860
章鱼 octopus	14.6	20.8	4.9	20.8	157 372.8
虾 shrimp	19	22.8	5	22.8	248 976
蟹 crab	10.5	50	4.7	50	226 200
总计 E_{z1} total					813 665

表 4 珠海赤潮灾害对中型船只(旅游)造成的直接经济损失调查

Tab. 4 The direct impacts on middle boat (working on trawling and tourism) during the Zhuhai red tides event

平均拖网 收入损失/ (元/d) average income loss of trawling	从事拖网捕捞 兼渔家乐观 光旅游的 中型船数量 of middle boat	赤潮期适 合拖网作 业的天数 days suitable for trawling during the red tides	渔船拖 网出海 率/% rate of working for trawling	赤潮前平均 旅游收入/ (元/d) average income on tourism before the red tides	赤潮期旅游 收入减少比 例/% income loss rate on tourism during the red tides	上年同期适 合接待游客 天数/d suitable for serving tourist in the same time last year	渔家乐 旅游出 海率/% rate of working for tourism	从事捕捞兼渔家 乐观光旅游的 中型船经济 损失/元 economic loss of middle boat
830	19	10	100	2 000	30	3	100	191 900

表 5 珠海赤潮灾害对大型船只造成的直接经济损失调查

Tab. 5 The direct impacts on big ship during the Zhuhai red tides event

赤潮前平均每航次渔 获量/(元/航次) average yield of fishing before the red tides	赤潮期平均每航次渔 获量/(元/航次) average yield of fishing during the red tides	因驶离赤潮区而多损耗的 油费平均值/(元/航次) average loss of extra petrol (for avoiding red tides areas)	调查区域大型船数量 numbers of big ship in the inve stigation areas	航次数 times of voyages for fishing	大型船直接经 济损失/元 direct economic loss of big ship
46 250	34 125	5 875	17	2	612 000

近岸捕捞及旅游观光业的直接经济损失
此次双胞旋沟藻赤潮造成的直接经济损失,是在该
海域的船只从事各类生产活动的经济损失总和,利
用公式(6)可得其总损失约为 216 万元(表 6)。

表 6 珠海赤潮灾害直接经济损失汇总

Tab. 6 The direct economic loss of
Zhuhai red tides event

渔船种类 type of fishing-boat	直接经济损失/元 direct economic loss
小型船 small boat	538 746
中型船 middle boat	1 005 565
大型船 big ship	612 000
总计 total	2 156 311

不同类型船只的损失构成 此次双胞旋沟
藻赤潮造成的近岸捕捞及旅游观光业的直接经济
损失以中型船只最高,占总损失的 47%,大型和
小型船只相差不大,分别占总损失的 28% 和
25%。但从每艘船只损失的角度来讲,以大型船
只损失程度最高(36 000 元/艘),其次是中型船
只(12 729 元/艘),小型船只损失程度最低(5 387
元/艘)。

3 讨论

依据赤潮的成因、发生海域、范围、频率及引
发赤潮的生物种类等方面,科研工作者从不同角
度将赤潮分为不同类型。FUKUYO^[12]将赤潮分
为有害赤潮和有毒赤潮两种类型;齐雨藻等^[4]根
据赤潮藻有无毒性,将赤潮分为无毒赤潮、有毒赤

潮和对人无害但对鱼类及无脊椎动物有害的赤
潮。江天久等^[13]根据赤潮的危害形式将赤潮分
为无害赤潮、有害赤潮、鱼毒赤潮和有毒赤潮。另
外,根据赤潮的发生海域和范围等,赤潮又可以分
为多种类型,如外来型和原发型赤潮^[14],河口型、
海湾型、养殖型、上升流型、沿岸流型和外海型
赤潮^[15]。

赤潮作为灾害致灾体,在对其灾害损失进行
评估时,根据其危害形式进行分型更具有可操作
性^[16]。概括来讲,无害赤潮是指引起赤潮的藻类
对养殖的水产品和人类没有毒性,一般对海洋生
物没有不利影响;有害赤潮是指引发赤潮的藻类
本身没有毒性,但由于赤潮藻的机械性窒息作用
或赤潮生物在死亡分解时产生大量有毒物质并同
时消耗水体中溶解氧,造成养殖生物的大量死亡;
鱼毒赤潮,是指对人无害,但对鱼类及无脊椎动物
有毒的赤潮,能够在短时间造成大的渔业损失;有
毒赤潮可产生赤潮毒素(如麻痹性贝毒、腹泻性
贝毒、神经毒素和西加鱼毒等),其毒素可通过食
物链在水产品中积累,从而导致人类中毒。某些
情况下,赤潮类型并非有严格界限,如亚历山大藻
能够产生麻痹性贝毒,但其大面积爆发时也可能
造成鱼类大量死亡。但总的来讲,无害赤潮不造
成渔业损失,但其会影响海洋景观,能造成旅游业
损失;有害赤潮和鱼毒赤潮可能会造成一定的渔
业损失;有毒赤潮则可能造成人类中毒事件。所
以,不同类型赤潮在不同地点爆发时,其潜在风险
可能存在很大差异。

由于赤潮灾害损失评估涉及的范围很广泛,包括实物损失、人员伤亡、生态损失及各种经济影响因素等,特别是生态损失评估的困难较大,因此各国对赤潮灾害损失评估并没有统一的标准,各国对赤潮灾害损失评估的分类及评估方法也有所不同。ANDERSON 等^[17]将赤潮灾害经济损失分为4类:公众健康经济损失、水产养殖业经济损失、娱乐和旅游业经济损失及监测和管理费用,根据不同赤潮类型的特点,统计渔业损失、伤亡人数、人均治疗费用、监测费用等数据,并进行分析、加权等处理,对各项损失进行评估。JEROEN 等^[18]将赤潮总经济损失分为消耗性损失评估(use value)和非消耗性损失评估(nonuse value):消耗性损失评估包括直接消耗性损失评估(direct use value),间接消耗性损失评估(indirect use value)和选择消耗性损失评估(option use value);非消耗性损失评估包括遗产评估(bequest value)和生存评估(existence value)。在我国,张洪亮等^[19]根据传灾介质的不同,将赤潮灾害损失分为直接损失、间接损失、资源恢复费用和生态损失等四部分。赵冬至等^[8]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四类,他们采用市场价格法、间接推算法、专家打分法等对我国赤潮灾害进行损失评估。陈舜等^[10]针对水产养殖业经济损失评估,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类。另外,赤潮灾害对也海洋劳动者收入造成影响^[20],同时还造成一定的直接非经济损失^[21]。由于赤潮类型、

发生海域、范围和持续时间不同,不同赤潮事件所对应的灾害承灾体和损失程度可能存在很大差异,所以对不同赤潮事件的灾害损失评估模式需因地制宜。

由于对赤潮灾害损失评估的侧重点不同,在赤潮灾害损失评估的分类及评估方法上也有所不同。2009年10—11月珠海双胞旋沟藻赤潮有以下特点:(1)赤潮类型为有害赤潮;(2)发生在珠海传统的近岸捕捞区和观光旅游区而非养殖区,所以没有造成大量的鱼类死亡;(3)赤潮发生海域靠近海滨浴场,但气温较低,不适于游泳,所以对浴场旅游业影响很小,但海上观光旅游受到一定影响。根据该赤潮的发生特点,本次赤潮的损失评估主要定位在近岸捕捞及观光旅游业损失,并建立了赤潮对近岸捕捞及观光旅游业损失评估体系。应用该体系中的调查方法和评估模式,可以较快速全面地评估赤潮对近岸捕捞及观光旅游业造成的直接经济损失,将给赤潮灾后评估工作带来极大的便利,这无疑对赤潮灾害的应急管理及灾后救灾措施的开展提供有力帮助。

近年来,中国同世界其他沿海国家一样,时常遭受赤潮的危害,给海洋生态环境、近岸渔业和公众健康造成巨大的威胁。据统计,1980年至2005年我国海域赤潮共发生600余次,其中有害赤潮发生次数占总数的比例最高(57%),其次为无害赤潮占18%,有毒赤潮和鱼毒赤潮所占比例较低,分别为14%和11%^[16]。从赤潮发生的时间变化来看,从1980年到2005年各种类型赤潮的爆发次数均呈现出显著上升的趋势(图1-a)。有

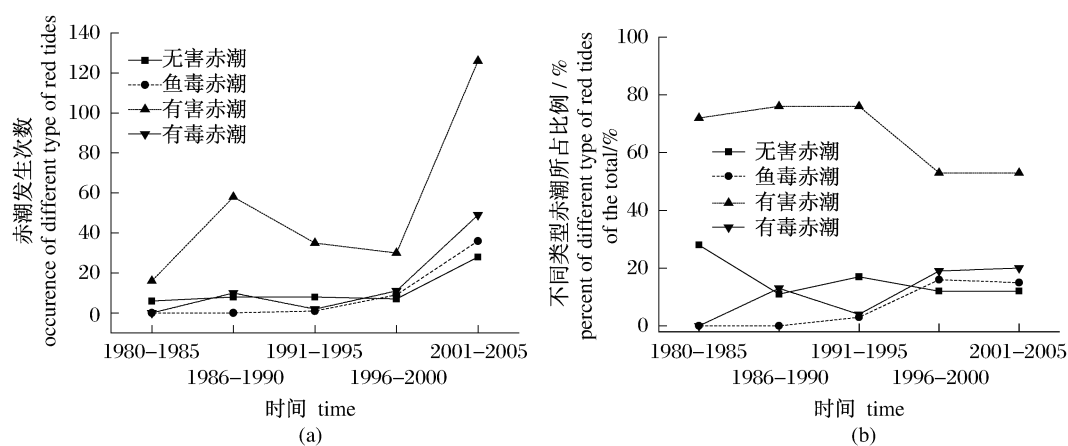


图1 我国不同类型赤潮发生次数及比例的时间变化

Fig. 1 Occurrence and percentage of different types of red tides from 1980 to 2005 in China

害赤潮一直占有所有赤潮类型的首位,1995 年以后,所占比例有所下降;鱼毒赤潮从 1990 年发现以来,所占比例增长趋势明显;有毒赤潮的所占比例也呈现出一定的增加趋势(图 1-b)^[16]。总的来讲,我国沿海赤潮的显著特点是鱼毒赤潮和有毒赤潮的发生几率呈现出增加的趋势,由此引起的经济损失尤其是公众健康经济损失和渔业经济损失将加剧。但目前我国的赤潮损失评估体系尚不完善,主要表现在:(1) 基础数据不完善,缺乏详细的登记制度,赤潮爆发前后海洋捕捞业和养殖业的主要水产品种类、数量和价格等不清,多数通过回忆等方式进行统计调查;(2) 赤潮损失调查机构不完善,缺乏专业技术人员;(3) 赤潮爆发的应急体制不完善,赤潮爆发时的实时损失调查和灾后损失调查缺失或者不及时。由于我国沿海赤潮发生形式多样,与赤潮发生区相关的产业形式和比重差异较大,所以相关部门应尽快完善我国的赤潮损失评估体系。

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] NIXON S W. Coastal eutrophication; a definition, social cause and future concerns[J]. *Ophelia*, 1995, 41:199-220.
- [3] ZHAO D Z, ZHAO L, ZHANG F S, *et al.* Temporal occurrence and spatial distribution of red tide events in China's coastal waters[J]. *Human and Ecological Risk Assessment*, 2004, 10(5):945-957.
- [4] 齐雨藻, 邹景忠, 梁松, 等. 中国沿海赤潮[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [5] 孙冷, 黄朝迎. 赤潮及其影响[J]. *灾害学*, 1999, 14(2):51-54.
- [6] HALLEGRAEFF G M. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase [J]. *Phycologia*, 1993, 32(2):79-99.
- [7] 周明江, 朱明远. “我国近海有害赤潮发生的生态学、海洋学机制及预测防治”研究进展[J]. *地球科学进展*, 2006, 21(7):673-679.
- [8] 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.
- [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] 陈舜, 佟蒙蒙, 江天久. 赤潮灾害对水产养殖业损失的分级评估[J]. *水产学报*, 2009, 33(4):610-616.
- [11] 庞勇. 珠江口海区环境特征及双胞旋沟藻赤潮发生过程的研究[D]. 广州:暨南大学,2010.
- [12] FUKUYO Y. Harmful algal blooms in Japan: Japanese perspective [R]. IOC-FAO/IPHAB-L/3, 1992, 6:17-21.
- [13] 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.
- [14] 张有份. 海洋赤潮知识 100 问[M]. 北京:海洋出版社,2000:1-20.
- [15] 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.
- [16] 佟蒙蒙. 我国赤潮的分型分级及赤潮灾害评估体系[D]. 广州:暨南大学,2006.
- [17] ANDERSON D M, YOSHI K, ALAN W W. Estimated annual economic impacts from harmful algal blooms (HABs) in the United States [R]. Technical Report, 2000.
- [18] JEROEN C J M, VAN DEN BERGH, PAULO A L D, *et al.* Exotic harmful algae in marine ecosystems: an integrated biological-economic-legal analysis of impacts and policies[J]. *Marine Policy*, 2002(26):59-74.
- [19] 张洪亮, 张爱君. 赤潮灾害损失调查评估方法的研究[R]. 青岛:国家海洋局北海分局,2000.
- [20] 赵领娣, 李莉. 海洋赤潮灾害对海洋劳动者收入范围的影响分析[J]. *中国渔业经济*, 2008, 26(1):38-41.
- [21] 任光超, 杨德利. 浙江海域赤潮灾害直接非经济损失的估算[J]. *黑龙江农业科学*, 2011, 3:113-115.

Assessment of direct economic loss of inshore fishing and tourism caused by harmful algal blooms

JIANG Tian-jiu^{*}, LI Zhi-wei, JIANG Tao, WU Feng, TONG Meng-meng

(*Research Center for Harmful Algae and Aquatic Environment, Jinan University, Guangzhou 510632, China*)

Abstract: The economic impacts of the harmful algal blooms (HABs) primarily include the impacts to inshore agriculture and fishing, tourism, ecosystem and human health. An accurate assessment system of direct economic loss of inshore fishing and tourism caused by HABs was established for the Chinese coastal areas. Based on the field investigation of *Cochlodinium geminatum* HABs that occurred in Zhuhai coast of Guangdong Province during October and November 2009, the present study focused on the direct economic loss structure of inshore fishing and tourism. According to the size of local boat and their management, new evaluation systems were established for inshore fishing loss and tourism loss, respectively. The results showed that direct economic loss of small size boat, which mostly was engaged in inshore fishing, reached ¥ 540 000. The loss of middle size boat, which was mainly used by inshore fishing and tourism, reached ¥ 1 010 000, whereas big size boat, working on inshore fishing, reached about ¥ 610 000. Total direct economic loss caused by the above red tide was about ¥ 2. 16 million. The economic loss assessment system can be used as the theoretic reference for other marine disasters that occurred in China.

Key words: red tides; quantitative assessment; evaluation of maritime fisheries; evaluation of tourism

Corresponding author: JIANG Tian-jiu. E-mail: tjiangtj@jnu. edu. cn