

DOI: 10.5846/stxb201809272093

俞存根, 张平, 郭朋军, 邓小艳, 郑基, 徐娜娜. 围填海区渔业生态损害的补偿标准定量研究——以舟山近岸海域为例. 生态学报, 2019, 39(4):

Yu C G, Zhang P, Guo P J, Deng X Y, Zheng J, Xu N N. Quantitative study on compensation standards for ecological damage to fishery in reclaimed areas: A case study from Zhoushan coast. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(4):

围填海区渔业生态损害的补偿标准定量研究 ——以舟山近岸海域为例

俞存根^{1,*}, 张平¹, 郭朋军², 邓小艳¹, 郑基¹, 徐娜娜¹

1. 浙江海洋大学, 舟山 316022

2. 舟山市海洋与渔业局, 舟山 316000

摘要: 围绕海洋工程项目建设中渔业资源损害赔偿这一关键要素至今尚缺乏一致认可的统一标准这一核心问题, 根据 2015 年 11 月、2016 年 5 月在舟山近岸海域(29°20'—31°00'N, 121°40'—123°00'E)开展 80 个站位的渔业资源拖网调查数据, 结合历史资料和渔民访谈交流等, 分别以是否为生产渔场、是否为鱼卵仔稚鱼聚集区以及渔业资源量数量分布状况, 赋予不同海域的权重系数, 将直接经济损失补偿与渔业生态服务价值补偿结合起来, 提出渔业生态损害补偿标准核算思路, 建立了围填海工程项目渔业生态损害的补偿模型, 并计算得出不同县(区)、乡镇的渔业生态损害补偿金标准。可在舟山近岸不同海域的渔业生态损害补偿金收缴实践中推广应用, 也为建立我国海洋生态损害补偿机制提供技术支撑。

关键词: 渔业资源; 生态补偿; 补偿金标准; 围填海; 舟山近岸

Quantitative study on compensation standards for ecological damage to fishery in reclaimed areas: A case study from Zhoushan coast

YU Cungen^{1,*}, Zhang Ping¹, GUO Pengjun², DENG Xiaoyan¹, ZHENG Ji¹, XU Nana¹

1 Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China

2 Zhoushan Bureau of Oceanology and Fishery, Zhoushan 316000, China

Abstract: Increasing marine engineering projects have resulted in ecological degradation of fishery resources. In this study, combining survey data, historical data, data from fishermen's interviews, and many other data, we focused on the core issue of compensation for damage to fishery resources due to marine engineering projects. The survey data were obtained from 80 stations in the coastal waters of Zhoushan (29°20'—31°00'N, 121°40'—123°00'E), collected between November 2015 and May 2016. Different aquatic areas, fishery production areas or spawning and egg gathering areas, and areas endowed with different fishery resources were assigned various weighting coefficients in the compensation model, including direct economic damage compensation and indirect ecological damage compensation for reclamation projects. Standard techniques were used for the calculation of ecological damage to fishery resources in the coastal waters of different counties (districts) and townships along nearshore Zhoushan. The developed compensation model not only offers useful application in the collection of compensation for ecological damage to fishery resources in the coastal waters near Zhoushan, but also provides technical support for establishing compensation mechanisms for marine ecological damage in China.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31270527); 舟山市海洋与渔业局委托项目(2015.10-2017.3)

收稿日期: 2018-09-27; **修订日期:** 2018-12-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cgyu@zjou.edu.cn

Key Words: fishery resources; ecological compensation; compensation gold standard; reclamation; nearshore Zhoushan

随着人类填海造地、海洋工程建设、海水养殖、交通运输、海洋旅游、排污倾倒等活动的增加,海洋生态系统和生物资源遭受的损害不断加剧,海洋生态损害机制补偿机制建立以及具体如何补偿的研究,尤其是对溢油事故、有害物质和废弃物等带来的生态系统功能损失补偿研究^[1-5],引起国内外学者和社会各界的广泛关注和重视。生态损害补偿机制成为限制海洋资源的过度开发,促进海洋资源可持续利用的重要管理手段之一^[6]。

海洋生态损害补偿分为经济补偿、资源补偿和生境补偿 3 种^[7,8]。海洋生态资源的价值具有耦合性,是其正价值和负价值相互影响、相互作用的综合价值,海洋生态经济补偿应该遵循价值流动规律,合理补偿海洋生态价值^[9-12]。海洋生态资产价值还具有动态性、持续产出性、人类活动影响的敏感性和整体性,因此其价值较难计量^[13]。目前,国内研究者已经探讨了围填海工程^[14-16]、海洋建设工程^[17]、湿地围垦^[18]等人类活动的生态损害评估方法和生态补偿机制,从海洋资源、渔业资源和海洋环境等多个角度分别探讨其使用补偿金核算方法^[19,20],还针对一定区域如渤海区域^[21]、舟山海域^[22]、厦门海域^[23]等提出构建海洋生态补偿机制的基本思路和框架以及存在问题与对策。

渔业资源是海洋生态环境当中固有的,也是最直接受到人类活动影响和损害的生物资源。但是,渔业资源损害补偿作为海洋生态损害补偿的关键要素和核心问题,其补偿计量方法至今尚缺乏一致认可的统一标准。以往对渔业资源的损害补偿主要以受影响渔业资源的市场价格为基础,计算受损害的渔业资源直接经济损失,将其作为海洋生态损害补偿的参考标准。具体计算公式为

$$Y = \sum_{i=1}^n D_i \cdot S_i \cdot E_i$$

式中, Y 为补偿额; n 为受损的海洋生物资源类型; D_i 为第*i*种类的渔业资源密度,单位为尾(个)/ km^2 、尾(个)/ km^3 、 kg/km^2 、 kg/km^3 ;数据来源均为本次调查所得的数据; S_i 为第*i*种的渔业资源所占用的渔业水域面积或体积,单位为 km^2 或 km^3 ; E_i 为当地海洋生物市场价格(元/kg)。

然而,这种补偿标准在实践应用中尚存在一些问题,譬如说它仅仅考虑的是海洋工程项目使用对渔业资源造成损害的直接成本,但没有充分考虑渔业资源受损而失去的生态服务的总体社会效用,所以通常被用作海洋生态损害补偿的最低标准。同时,在编制环评报告时,由于编制单位的不同,委托进行渔业资源调查的单位不同,进行渔业资源调查的方法、时间和网具也不同。结果常出现即使在同一海区或相邻海域的用海工程项目,在进行渔业资源损害补偿测算时,所采用的渔业资源数据相差较大,从而导致海洋生态损害补偿金相差很大,这种状况,一方面不符合公平、公正原则,常遭到用海工程项目业主的质疑,引起业主和社会各界对海洋生态补偿工作的不满,并且会引起政府指导用海工程项目业主赔偿生态损失的困难,使之难以执行。另一方面行政管理部门难以建立说服力强、操作性强的海洋渔业生态损害补偿金制度。

为此,本文选择进入海洋大开发时代的舟山群岛沿岸海域为研究对象,在对舟山沿岸海域的渔业资源进行系统大面调查的基础上,通过渔业生态损害补偿的内涵,渔业生态服务价值的梳理,拟开展围填海工程项目对渔业生态损害补偿标准研究,并建立了 2 种围填海工程项目实施对海洋渔业资源损害补偿标准的模型,旨在确定舟山沿岸不同海域的渔业生态损害补偿标准并在实践中推广应用,平衡相关利益者的得失,提高渔业生态损害补偿的实施效果,为建立我国海洋生态损害补偿机制提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本文所用数据来自 4 个方面,一是 2015 年 11 月(秋季)、2016 年 5 月(春季)在舟山近岸海域($29^{\circ}20'$ — $31^{\circ}00'N$ 、 $121^{\circ}40'$ — $123^{\circ}00'E$)共设置 80 个站位,进行渔业资源定点拖网调查的数据资料(调查站位见图 1),

考虑到本项目主要用于海洋工程项目的生态损害补偿评估,因此全部站位均在海洋工程规划涉及范围之内随机分布,同时根据水深等因素进行了微调;二是采取历史资料查找、对当地渔民进行座谈交流的方式,了解历史上舟山近岸各个生产渔场、渔期的状况以及渔获产量和捕捞种类的变化等;三是收集近几年在舟山近岸海域开展产卵场调查的相关数据资料;四是收集 2006—2017 年在舟山近岸海域 114 例实施围填海工程的生态补偿金数据。

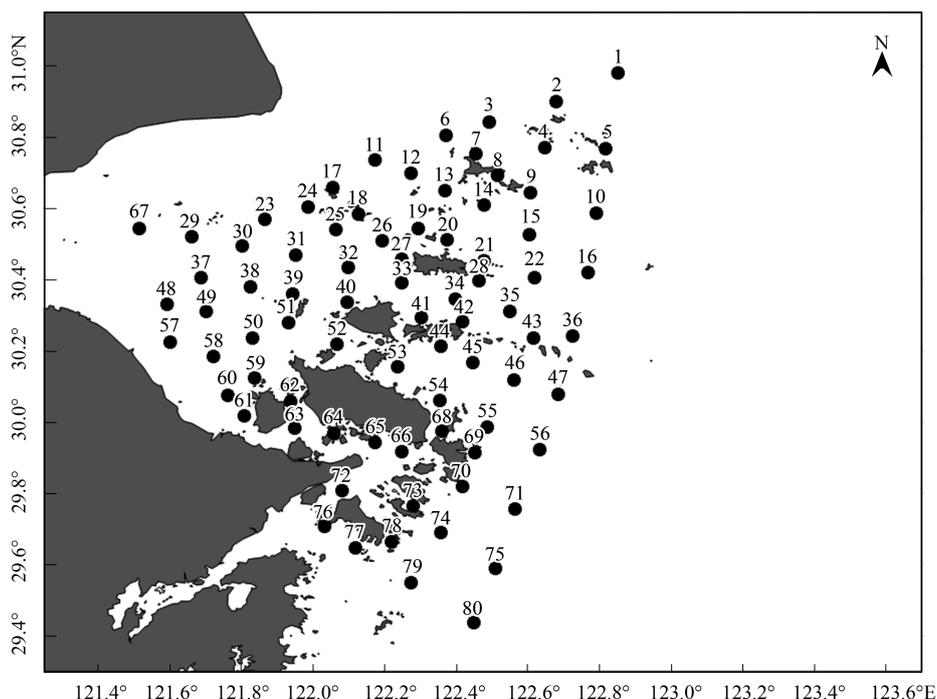


图 1 渔业资源调查站位图

Fig.1 Fisheries Resources Survey Stations

1.2 研究思路

按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》的要求,海洋工程建设项目对海洋渔业生态损害补偿标准的确定(本文所指的海洋工程建设项目是指围填海工程项目),可以从以下几个方面考虑:

(1) 直接经济损失补偿。这是指海洋工程建设项目实施对渔业资源损害造成的直接经济损失补偿。通过对用海区域的渔业资源调查,可以采用《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)中给出的计算公式和计算方法得出。

(2) 渔业生态服务价值补偿。主要包括四个方面,一是海洋工程建设项目实施造成原有渔场不能继续进行渔业生产活动,限制了渔民发展需要作出的补偿;二是由于工程实施改变了水动力环境等,造成产卵场生境退化,成为“不育区”或者是鱼卵、仔稚鱼无法存活,导致渔业生态效益下降,需要作出相应的补偿;三是工程实施导致渔业生物多样性改变,即一个或多个物种的丧失,致使生态系统冗余度降低,对渔业生态服务功能产生的影响,导致生态系统服务价值损失,也需要作出相应的补偿,四是渔业资源损失对碳汇、气候调节等的影响补偿等。

1.3 模型建立

根据海洋工程建设项目所造成的主要渔业生态损害,将直接经济损失补偿与渔业生态服务价值补偿结合起来,提出渔业生态损害补偿标准核算思路,建立的补偿模型如下:

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5$$

式中, M 为某一海域渔业资源损害补偿费; M_1 为某一海域渔业资源直接经济损失补偿费; M_2 为造成某一海域

失去生产价值或限制渔民发展需要作出的补偿费; M_3 为造成某一海域产卵场生境退化及破坏,导致渔业生态效益下降需要作出的补偿费; M_4 为某一海域渔业生物多样性改变,致使生态系统冗余度降低,导致生态系统服务价值损失需要作出的补偿费; M_5 为渔业资源损失对碳汇、气候调节等产生影响的补偿费。

由于渔业资源损失对碳汇、气候调节等产生的影响,生物多样性变化引起的渔业资源损害等比较难以测度。短期内,引起渔业生态服务功能与价值变化的,一是渔业生物量的减少,二是渔业生产限制及渔民的就业和收入,三是鱼卵、仔稚鱼的减少,而其他功能及福利变化比较小,还有很多因素的变化也可以反映在渔民的收入水平变化之中,因此,本文认为 M_4 、 M_5 的补偿费可以忽略不计。

这样,渔业生态损害补偿的数学模型就可以简化为:

$$M = M_1 + M_2 + M_3$$

式中, $M_1 = \sum_{i=1}^n D_i \times S_i \times E_i$

式中, M_1 为某一海域渔业生态损害补偿费,单位为元; D_i 为第 i 种类渔业资源的密度,单位为尾(个)/ km^2 、尾(个)/ km^3 、 kg/km^2 、 kg/km^3 ,数据来源于 2015 年 11 月、2016 年 5 月在舟山近岸海域的渔业资源调查; S_i 为第 i 种类渔业资源占用的渔业水域面积或体积,单位为 km^2 或 km^3 ; E_i 为第 i 种类渔业生物的商品价格,单位为元/kg,数据来源为中国舟山国际水产城水产品价格行情。

$$M_2 = a \times \frac{Y}{S}$$

式中, M_2 为某一生产渔场消失而限制渔业发展和渔民就业的补偿费,单位为元; a 为某一海域生产渔场重要性的权重系数; Y 为舟山市年海洋捕捞渔民的总收入,数据来源为《浙江省渔业经济统计资料》中的数据; S 为舟山市捕捞渔船年拖网扫海总面积,用日拖网面积乘以年工作日所得,根据社会渔业生产调查,本文按拖网网具规格为 960 目 \times 160 mm,拖速为 3.0 kn,每网拖网时间为 4h,每天拖网 5 次,年工作日为 165 d(即按照 1 年 365 天,扣除伏季休渔期不能出海捕捞生产的 4.5 个月,春节假期在家休息 0.5 个月,进出港、返航及大风等恶劣天气造成不能捕捞生产的 1.5 个月)计算。

由于产卵场及鱼卵、仔稚鱼是与渔业生物量、海洋捕捞服务价值相互联系、相互影响的,产卵场生境退化及鱼卵、仔稚鱼破坏,最终价值体现都在渔业生物量和海洋捕捞价值上,良好的产卵场、鱼卵、仔稚鱼的栖息地是海洋渔业生物生存的首要条件,也是具有渔业生产价值的必要条件,因此,可以建立以下的产卵场(鱼卵、仔稚鱼)损害补偿评估模型:

$$M_3 = b \times (M_1 + M_2)$$

式中, b 为某一海域鱼卵、仔稚鱼的权重系数。

2 估算结果

2.1 生态损害补偿区域的划分

为了更加客观、公正、合理的评估各海域的渔业生态损害补偿标准和补偿额,根据不同海域的渔业资源种类数量不同,生产渔场重要性不同以及生态功能及服务价值不同,以 2015 年 11 月、2016 年 5 月渔业资源调查结果为依据,将舟山近岸调查海域划分了 10 个区域。如图 2、表 1 所示。

2.2 M_1 的确定

以渔业资源密度分布为基础,划分渔业资源数量分布等级和分布区。根据本次调查,舟山近岸海域渔业资源密度分布范围为 32064.4—152526.5 g/km^2 ,平均值为 73879.0 g/km^2 。为此,以 $7.5 \times 10^4 \text{ g}/\text{km}^2$ 的渔业资源密度为中值,以 $3.0 \times 10^4 \text{ g}/\text{km}^2$ 的渔业资源密度为区间值,将本次调查海域的渔业资源数量分布划分为 5 个等级,作为 5 个不同的生态补偿区,结果如表 2 所示。

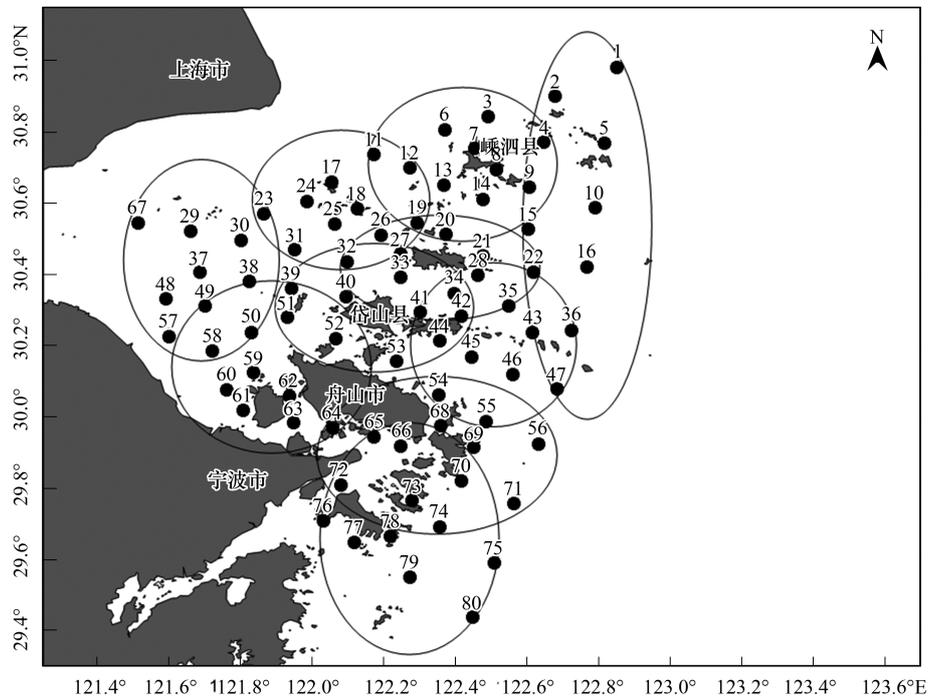


图 2 生态补偿区域划分图

Fig.2 Ecological compensation area map

表 1 不同生态补偿区域的名称及所包含站点

Table 1 The name of different ecological compensation areas and stations

序号 Number	海域名称 Area	站点号 Station
1	杭州湾海域	23, 29, 30, 37, 38, 39, 48, 49, 50, 57, 58, 67
2	洋山附近海域	11, 12, 13, 17, 18, 19, 23, 24, 25, 31, 32, 36
3	岱山附近海域	27, 32, 33, 34, 39, 40, 41, 42, 44, 51, 52, 53
4	金塘册子附近海域	49, 50, 51, 52, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64
5	嵊泗附近海域	3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 19, 20
6	衢山附近海域	19, 20, 21, 22, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 41, 42
7	东极附近海域	28, 35, 36, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 54, 55
8	普陀附近海域	54, 55, 56, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74
9	六横附近海域	65, 66, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80
10	嵊山洋—黄大洋外围海域	1, 2, 4, 5, 9, 10, 15, 16, 22, 36, 43, 47

站点号请参看图 1

表 2 不同生态补偿区的渔业资源密度分布范围及等级

Table 2 Fishery resource density distribution range and grade in different ecological compensation areas

等级 Grade	渔业资源密度 (W) ($\times 10^4$ g/km ²) Fishery resource density (W)	生态补偿区 Ecological compensation area
甲等 Grade One	$W > 12$	嵊泗附近海域、嵊山洋—黄大洋外围海域
乙等 Grade Two	$9 < W \leq 12$	
丙等 Grade Three	$6 < W \leq 9$	岱山附近海域、衢山附近海域、东极附近海域
丁等 Grade Four	$3.0 < W \leq 6$	杭州湾海域、洋山附近海域
戊等 Grade Five	$0 < W \leq 3.0$	金塘册子附近海域、普陀附近海域、六横附近海域

为了实际操作方便,将各生态补偿区以乡镇行政区划界限进行归并,即以各乡镇所管辖海域为生态补偿区,不同乡镇所属海域的生态损害补偿等级如图 3 所示。

2.3 生产渔场重要性分析及权重系数 a 的确定

(1) 生产渔场重要性分析

杭州湾海域:该海域位于长江口南侧、钱塘江口外,水深多为 10—30 m,泥沙底质,受长江径流、钱塘江径流以及海洋咸水潮汐的交互作用,水文环境条件独特,营养物质丰富、水质肥沃、饵料生物繁盛,是许多河口性或沿岸近海性鱼、虾、蟹类繁殖、索饵、生长的重要场所,盛产各种鳗鲡苗、鲩鱼 (*Miichthys miiuy*)、凤鲚 (*Coilia mystus*)、刀鲚 (*Coilia ectenes*)、银鲳 (*Pampus argenteus*)、棘头梅童鱼 (*Collichthys lucidus*)、龙头鱼 (*Harpodon nehereus*) 以及各种虾类和海蜇等。根据本次调查结果,在杭州湾海域出现的种类共有 64 种,其中,春季有 32 种,优势种有六丝钝尾虾虎鱼 (*Amblychaeturichthys hexanema*)、安氏白虾 (*Exopalaemon annandalei*)、中国毛虾 (*Acetes chinensis*);秋季有 52 种,优势种有龙头鱼、安氏白虾。

洋山附近海域:该海域由大戢洋和黄盘洋组成,总面积约为 5600 km²,这是至今发现的历史文献记载中最早的渔场区域,历史上曾盛产大黄鱼 (*Larimichthys crocea*),该渔场的开发利用,对整个舟山渔场的大规模开发利用曾起到了重要的先导作用。在本次调查中,该海域出现的种类共有 63 种,其中,春季有 35 种,优势种有六丝钝尾虾虎鱼、安氏白虾、中国毛虾、三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 4 种;秋季有 49 种,优势种有龙头鱼和安氏白虾 2 种,以龙头鱼占绝对优势。

岱山附近海域和衢山附近海域:主要为岱衢渔场,北起大洋山小洋山,南至岱山长涂、高亭,西到杭州湾口,东临三星列岛,与最早利用开发的洋山海域互为近邻,面积约为 3430 km²。岱衢渔场对应本次调查的岱山附近海域和衢山附近海域。其中,岱山附近海域出现的种类共有 63 种,春季有 37 种,优势种有安氏白虾、六丝钝尾虾虎鱼、中国毛虾和细螯虾 (*Leptochela gracilis*) 4 种;秋季有 45 种,优势种有龙头鱼和安氏白虾 2 种,其中龙头鱼占绝对优势。在衢山附近海域出现的种类共有 66 种,其中,春季有 37 种,优势种有六丝钝尾虾虎鱼、安氏白虾、中国毛虾和细螯虾 4 种,其中安氏白虾为第一优势种;秋季有 46 种,优势种有龙头鱼、安氏白虾、三疣梭子蟹、绒毛细足蟹 (*Raphidopus ciliatus*) 4 种,其中龙头鱼占绝对优势。

东极附近海域:主要是中街山渔场,北起浪岗,南到洋鞍渔场,东至舟外渔场,西接岱衢渔场,面积约 1372 km²。中街山渔场和岱衢渔场一样,都是舟山的传统渔场,历史上曾盛产各类乌贼、鳙 (*Ilisha elongata*)、小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*) 和带鱼 (*Trichiurus haumela*) 等,其中尤以盛产日本无针乌贼 (*Sepiella japonica*) 而闻名。在本次调查中,该海域出现的种类共有 69 种,其中,春季有 42 种,优势种有六丝钝尾虾虎鱼、褐菖鲈 (*Sebastes marmoratus*)、棘头梅童鱼、安氏白虾、中国毛虾、细螯虾 6 种,其中六丝钝尾虾虎鱼为第一优势种;秋季有 53 种,优势种有龙头鱼和安氏白虾 2 种,其中龙头鱼占绝对优势。

嵊泗附近海域:位于嵊泗海域和衢山海域之间,这里主要有黄泽渔场,渔场东至浪岗,南接岱衢洋,西北邻大戢洋,面积 1274 km²。在本次调查中,嵊泗附近海域出现的种类共有 81 种,其中,春季有 48 种,优势种有六丝钝尾虾虎鱼、安氏白虾、棘头梅童鱼、细螯虾、中国毛虾、三疣梭子蟹 6 种,其中六丝钝尾虾虎鱼为第一优势

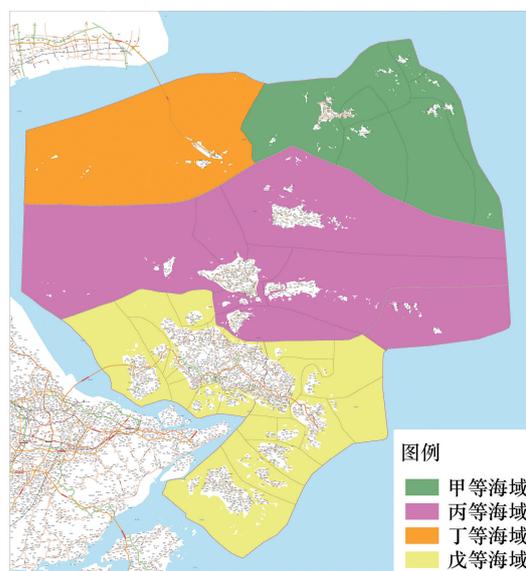


图 3 舟山近岸不同海域渔业资源密度等级分布图

Fig.3 Distribution of fishery resources density levels in different sea areas of Zhoushan

绿色:甲等生态损害补偿海域;粉色:丙等生态损害补偿海域;橙色:丁等生态损害补偿海域;黄色:戊等生态损害补偿海域

种;秋季有 66 种,优势种有龙头鱼、中华小沙丁鱼(*Sardinella nymphaea*)、三疣梭子蟹、绒毛细足蟹 4 种,其中龙头鱼占绝对优势。

金塘册子附近海域:主要是金塘渔场,又称灰鳖洋渔场,该海域主要生产渔场有鳙、蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)、鲩鱼、银鲳和各类海蜇等。根据本次调查结果,金塘册子附近海域出现的种类共有 62 种,其中,春季有 32 种,优势种有六丝钝尾虾虎鱼、安氏白虾 2 种,其中六丝钝尾虾虎鱼为第一优势种;秋季有 47 种,优势种有龙头鱼和安氏白虾 2 种,其中龙头鱼占绝对优势。

普陀附近海域:该海域附近有洋鞍渔场,渔场面积有 5505 km²。在本次调查中,该海域出现的种类共有 73 种,其中,春季有 50 种,优势种有六丝钝尾虾虎鱼、中国毛虾 2 种,其中六丝钝尾虾虎鱼为第一优势种;秋季有 45 种,优势种有龙头鱼、安氏白虾 2 种,其中龙头鱼占绝对优势。

六横附近海域和嵎山洋-黄大洋外围海域:这两大海域历史上不属于重要生产渔场。在本次调查中,六横附近海域出现的种类共有 61 种,其中,春季有 48 种,优势种有六丝钝尾虾虎鱼、银鲳、中国毛虾 3 种,其中六丝钝尾虾虎鱼为第一优势种;秋季有 31 种,优势种有龙头鱼、安氏白虾 2 种,其中龙头鱼占绝对优势。

嵎山洋-黄大洋外围海域出现的种类共有 84 种,其中,春季有 43 种,优势种有六丝钝尾虾虎鱼、棘头梅童鱼 2 种,其中六丝钝尾虾虎鱼为第一优势种;秋季有 69 种,优势种有龙头鱼、三疣梭子蟹 2 种,其中龙头鱼占绝对优势。

(2) 生产渔场权重系数 a 的确定

以不同海域历史上的渔业生产重要性程度为主要判别依据,以本次调查结果为主要判别依据,将 10 大区域分成 3 个等级,赋予不同权重。划分的基本原则是:若某一区域所属的海域存在历史上重要的渔业生产渔场,且本次调查结果反映渔业资源状况良好,即种类多,种类数 70 种以上,同时,经济种类所占的比重大,经济种类占总种类数的 75% 以上,则将此生产渔场重要性区域的权重系数确定为 1.0,作为参照区域,由此确定的不同生态补偿区域的生产渔场重要性权重系数如表 3 所示,确定重要性权重系数时,采用特尔斐测定法(Delphi 方法)组织该领域专家对权重做出概率估计。

表 3 不同生态补偿区域的生产渔场重要性权重系数 a

Table 3 The importance weight coefficient a of production fisheries in different ecological compensation area

等级 Grade	区域名称 Area	权重系数 a Weight coefficient a
A 等 Grade A	洋山附近海域、岱山附近海域、衢山附近海域、东极附近海域	0.9
B 等 Grade B	杭州湾海域、嵎泗附近海域、金塘册子附近海域	0.7
C 等 Grade C	普陀附近海域、六横附近海域、嵎山洋-黄大洋外围海域	0.5

权重系数 a 为 0.9 的区域定为 A 等区域,0.7 的区域定为 B 等区域,0.5 的区域定为 C 等区域

将以上各生态补偿区域按不同乡镇所属海域归并,结果如图 4 所示。

2.4 不同生态补偿区域的生态脆弱性分析及权重系数 b 的确定

将鱼卵、仔稚鱼种类组成和分布数量作为影响渔业生态系统功能的脆弱性指标,来考虑海洋工程建设项目实施对渔业生态损害补偿的因素。根据环评报告^[24],结果分析如下:

根据浙江省海洋水产研究所于 2008 年 4、5、6 月在浙江中北部沿岸开展的产卵场调查,在杭州湾海域,从 4 月开始有鱼卵出现,平均密度为 0.03 尾/m³,主要有小黄鱼、带鱼和斑鲹(*Konosirus punctatus*);5 月是鱼卵出现的高峰,鱼卵平均密度达 0.26 尾/m³,主要有凤鲚、黄鲫(*Setipinna taty*)、带鱼、斑鲹、银鲳以及一些鲷科鱼类等,其中以凤鲚的鱼卵出现频率和数量为最多;6 月鱼卵逐渐减少,平均密度下降为 0.13 尾/m³,主要是凤鲚还有一定数量的鱼卵存在,而其他种类鱼卵所占比例极少。

杭州湾海域的仔稚鱼主要出现在 5—6 月,其中,5 月仔稚鱼平均密度为 0.47 尾/m³,以鲷科鱼类占绝对优势,其次是虾虎鱼科的仔稚鱼;6 月仔稚鱼数量迅速上升,平均密度达 0.84 尾/m³,以凤鲚为绝对优势种,其次是虾虎鱼科的仔稚鱼。

综合分析历史调查资料,可以看出杭州湾海域是凤鲚的一个重要产卵场,同时,其仔稚鱼的索饵场也分布在杭州湾内;其次,分布在这里产卵及仔稚鱼索饵的鱼类还有黄鲫、鲻科鱼类、虾虎鱼科鱼类、斑鲈、小带鱼(*Eupleurogrammus muticus*)、带鱼、银鲳、蓝点马鲛等;另外,安氏白虾、脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)等河口性虾类也分布在这里产卵和索饵生长。总体来说,分布在杭州湾海域产卵的生物主要是河口性的种类,这些种类具有相对独立的产卵区域。

根据东海水产研究所于2012年5月和9月在嵊泗附近海域开展的渔业资源调查的资料分析,两次调查共采集到鱼卵1科1种,仔稚鱼5科7种,优势种为棘头梅童鱼、斑尾复虾虎鱼(*Synechogobius ommaturus*)等。

两次调查的鱼卵密度均值为0.05尾/ m^3 ,仔稚鱼密度均值为0.08尾/ m^3 。春季,鱼卵密度分布范围为0—1.09尾/ m^3 ,平均为0.09尾/ m^3 ;仔稚鱼密度分布范围为0—0.83尾/ m^3 ,平均为0.14尾/ m^3 。秋季,该海域没有采集到鱼卵,仔稚鱼密度分布范围为0—0.29尾/ m^3 ,平均为0.02尾/ m^3 。

金塘册子海域附近,根据浙江省海洋水产研究所2013年5月和10月的调查,春秋两季鱼卵、仔稚鱼调查(垂直、水平拖网调查)出现鱼卵、仔稚鱼12种,隶属3目7科;其中鱼卵有5种,为斑鲈、稜鲛(*Liza carinatus*)、小带鱼、蝌蚪虾虎鱼(*Lophiogobius ocellicauda*)、油鲚(*Sphyrna pinguis*);仔稚鱼有11种,为日本鳀(*Engraulis japonicus*)、稜鲛、蝌蚪虾虎鱼、小带鱼、油鲚、凤鲚、钟馗虾虎鱼(*Tridentiger barbatus*)等。春季,鱼卵密度分布范围为0—15.3尾/ m^3 ,平均密度为1.28尾/ m^3 ,仔稚鱼密度分布范围为0—10.2尾/ m^3 ,平均密度为3.40尾/ m^3 。秋季鱼卵密度分布范围为0—5.1尾/ m^3 ,平均密度为0.64个/ m^3 ,仔稚鱼密度分布范围为0—5.1尾/ m^3 ,平均密度为0.64尾/ m^3 。

岱山附近海域,根据国家海洋局宁波海洋环境监测中心站2015年5月、9月在岱山西部附近海域设置31个站位开展的调查,春季,该海域共采集到鱼卵2种,仔稚鱼11种。秋季,该海域共采集鱼卵1种,仔稚鱼6种(除未定种外)。经济种类仔稚鱼只有棘头梅童鱼1种。

春季,鱼卵密度分布范围为0—0.83尾/ m^3 ,平均密度为0.074尾/ m^3 ,主要分布于宁波近岸、岱山岛北侧、大鱼山岛北侧;仔稚鱼密度分布范围为0—0.56尾/ m^3 ,平均密度为0.073尾/ m^3 ,主要分布于舟山岛附近、岱山岛附近和金塘岛附近等;秋季,鱼卵密度分布范围为0—0.56尾/ m^3 ,平均密度为0.031尾/ m^3 ,主要分布于大鱼山岛北侧和舟山本岛邻近海域,鱼卵优势种为日本鳀,以大鱼山北部海域密度最高,达0.56尾/ m^3 ;仔稚鱼密度分布范围为0—3尾/ m^3 ,平均密度0.14尾/ m^3 ,优势种也是日本鳀,主要分布于洋山南部、岱山北部和舟山本岛北部海域。

综合以上调查结果,不同生态补偿区域的鱼卵、仔稚鱼种类和数量分布情况是以杭州湾海域、岱山附近海域、衢山附近海域、金塘册子附近海域和嵊泗附近海域为最重要,其中杭州湾海域主要是凤鲚的产卵场和海蜇的产卵场,金塘册子附近海域是鲢鱼的产卵场,其他三个海域附近都是大黄鱼和小黄鱼的产卵场;其次是洋山附近海域和六横附近海域,其中洋山附近海域主要是海蜇和大黄鱼的产卵场,六横附近海域主要是曼氏无针乌贼的产卵场和索饵场;而东极附近海域、普陀附近海域相对来说,无重要渔业资源种类的鱼卵、仔稚鱼集中分布区。

以上述调查结果为主要判别依据,将10大生态补偿区域分成三个等级,赋予不同权重系数,系数赋予原

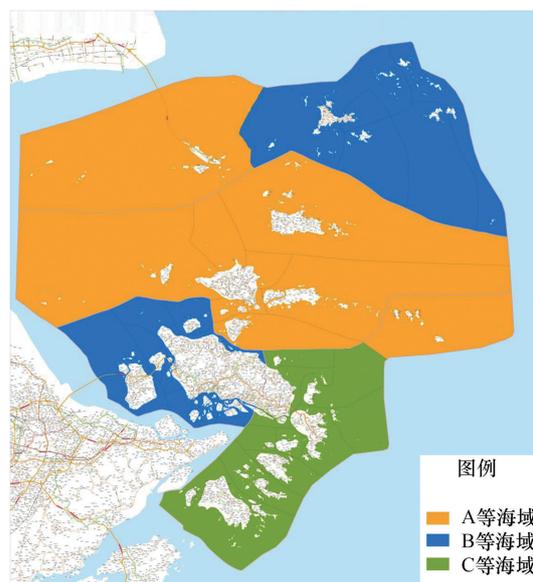


图4 舟山近岸不同区域生产渔场重要性等级分布图

Fig.4 Distribution map of importance of production fishery in different areas near Zhoushan

黄色:A等海域,蓝色:B等海域,绿色:C等海域

则:若某一生态补偿区所属海域无任何渔业资源种类鱼卵、仔稚鱼集中分布,则将此生态补偿区作为参照的标准生态补偿区,赋予权重系数 1.0,在此基础上,不同生态补偿区的权重系数如表 4 所示,同样采用特尔斐测定法(Delphi 方法)权重系数的重要性进行确定。

表 4 不同生态补偿区域的鱼卵仔稚鱼权重系数 b

Table 4 The weight coefficient b of fish roe in different ecological compensation areas

区域等级 Grade	区域名称 Area	权重系数 b Weight coefficient b
I 等 Grade I	杭州湾海域、金塘册子附近海域、嵊泗附近海域、衢山附近海域、岱山附近海域	1.6
II 等 Grade II	洋山附近海域、六横附近海域	1.4
III 等 Grade III	东极附近海域、普陀附近海域、嵊山洋-黄大洋外围海域	1.2

权重系数 b 为 1.6 的区域定为 I 等区域,1.4 的区域定为 II 等区域,1.2 的区域定为 III 等区域

将以上各生态补偿区按各乡镇所属海域归并,结果如图 5 所示。

2.5 不同生态补偿区域的补偿标准

由此计算得出,舟山近岸各县(区)、乡镇所属海域的生态损害补偿标准如表 5 所示。

3 结论与讨论

为了验证本研究结果的可行性,收集了 2006—2017 年在舟山近岸各海域实施的 114 例围填海工程实际支付的生态补偿金,剔除生态补偿金价格在 1500 元/ hm^2 以下和 150000 元/ hm^2 以上的两个极端值,结果用剩下的 107 例围填海工程支付的生态补偿金价格计算求取算数平均值,得出历年舟山近岸海域实施的围填海生态补偿金价格平均为 37500 元/ hm^2 。可见,本模型计算得出的结果与历史上实际支付的生态补偿金价格相差不大。计算结果偏低的可能与以下几个方面的因素有关。一是本次模型计算主要依据渔业资源底拖网调查的结果,而历史上生态补偿金的计算更多的是来自底栖生物和潮间带生物调查的结果,对渔业资源(游泳动物)的实际补偿金并不多。二是生产渔场权重系数 a 、不同生态补偿区域的生态脆弱性分析及权重系数 b 的确定,这两个系数的大小直接关系渔业资源生态补偿标准的高低,尚有待根据实际情况进行修正完善。同时,特别建议,如果围填海项目在海洋特别保护区、带鱼产卵保护区范围内或者重要产卵场内的,其生态补偿价格需要在相应海域的生态补偿价格基础上增加 20%。

表 5 舟山市不同县(区)、乡镇所属海域的生态损害补偿标准

Table 5 Compensation Standards for Ecological Damage in Sea Areas Covered by Different Counties (Districts) and Townships in Zhoushan

县(区)、乡镇名称 Counties (Districts) and Townships	生态补偿标准 Compensation standards/ (元 $\text{hm}^{-2}\text{a}^{-1}$)	县(区)、乡镇名称 Counties (Districts) and Townships	生态补偿标准 Compensation standards/ (元 $\text{hm}^{-2}\text{a}^{-1}$)
普陀海域 Putuo sea area	15000	岱山海域 Daishan sea area	33000
其中:东极镇海域 Especially Dongji area	27300	嵊泗海域 Shengsi sea area	26850
定海海域 Dinghai sea area	25200	其中:洋山镇海域 Especially Yangshan area	30900

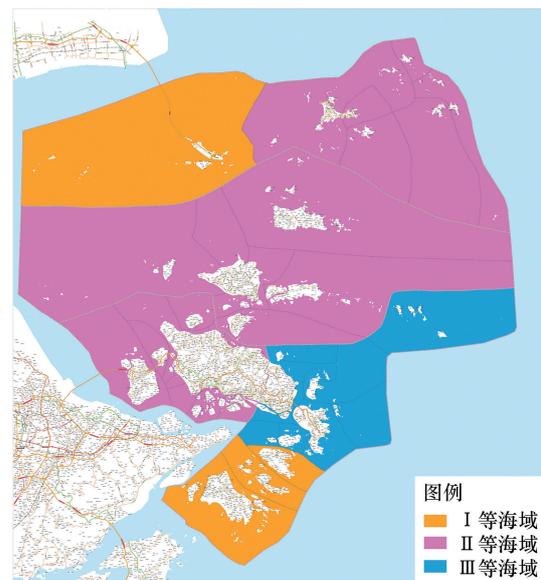


图 5 舟山近岸不同海域生态脆弱性等级分布图

Fig.5 Distribution of ecological vulnerability levels in different sea areas near Zhoushan

橙色: I 等海域,黄色: II 等海域,蓝色: III 等海域

本模型考虑的因素比较全面,具有较高的科学性、逻辑性,利用统一调查所得的渔业资源数据,根据行政区划划分不同海域的补偿等级,计算渔业生态损害补偿金,具有较强的可操作性和业主的接受度。今后,如果结合潮间带生物和底栖生物资源的调查结果,叠加生物损害补偿,可望能成为行政管理部门建立说服力强、操作性强的海洋渔业生态损害补偿金制度。

参考文献 (References):

- [1] Liu D, Zhu L. Assessing China's legislation on compensation for marine ecological damage: a case study of the Bohai oil spill. *Marine Policy*, 2014, 50: 18-26.
- [2] Mason M. Civil liability for oil pollution damage: examining the evolving scope for environmental compensation in the international regime. *Marine Policy*, 2003, 27(1): 1-12.
- [3] McCay D P F, Whittier N, Ward M, Santos C. Spill hazard evaluation for chemicals shipped in bulk using modeling. *Environmental Modelling & Software*, 2006, 21(2): 156-169.
- [4] National Oceanic and Atmospheric Administration. Natural Resource Damage Assessment Guidance Document: Scaling Compensatory Restoration Actions (Oil Pollution Act of 1990). Silver Spring, Maryland: Damage Assessment and Restoration Program, National Oceanic and Atmospheric Administration, 1997.
- [5] Ryan J T. The evolution of natural resource damage assessments under the oil pollution act and the comprehensive environmental response, compensation, and liability act. *Fordham Environmental Law Review*, 2011, 6(1): 29-49.
- [6] 中国生态补偿机制与政策研究课题组. 中国生态补偿机制与政策研究. 北京: 科学出版社, 2007.
- [7] Elliott M, Cutts N D. Marine habitats: loss and gain, mitigation and compensation. *Marine Pollution Bulletin*, 2004, 49(9/10): 671-674.
- [8] 韩秋影, 黄小平, 施平. 生态补偿在海洋生态资源管理中的应用. *生态学杂志*, 2007, 26(1): 126-130.
- [9] 王森, 刘晓洁. 海洋生态资源的价值初探. *工业技术经济*, 2004, 23(6): 68-70.
- [10] 王森, 刘晓洁, 段志霞. 海洋生态资源价值研究. *中国海洋大学学报: 社会科学版*, 2004, (6): 112-121.
- [11] 王森, 刘晓洁, 李洪田, 段志霞. 海洋生态资源的定价理论探讨. *海洋科学*, 2005, 29(1): 43-47.
- [12] 王森, 段志霞. 海洋生态价值的特点及补偿. *工业技术经济*, 2005, 24(1): 69-70.
- [13] 郑伟, 石洪华, 陈尚, 张朝晖, 王宗灵, 丁德文. 海洋生态资产属性与价值特征的浅析. *海洋环境科学*, 2007, 26(4): 393-396.
- [14] 刘霜, 张继民, 唐伟. 浅议我国填海工程海域使用管理中亟须引入生态补偿机制. *海洋开发与管理*, 2008, 25(11): 34-37.
- [15] 顾奕. 围填海区海洋生态补偿标准研究[D]. 南京: 东南大学, 2015.
- [16] 楼颖霞. 围填海生态资源损害补偿价格评估方法研究——以三门湾双盘涂围填海项目为例[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
- [17] 李濛. 浅谈生态补偿及海洋建设工程之渔业资源损害赔偿. *河北渔业*, 2010, (2): 50-51.
- [18] 李京梅, 王晓玲. 基于生境等价分析法的胶州湾湿地围垦生态损害评估. *资源科学*, 2013, 35(1): 59-65.
- [19] 刘文剑. 海洋资源、环境开发使用补偿费核算探讨. *中国海洋大学学报: 社会科学版*, 2005, (2): 14-17.
- [20] 刘文剑, 孙吉亭, 薛桂芳. 渔业资源与环境开发利用的补偿费核算. *中国渔业经济*, 2006, (1): 64-66.
- [21] 丘君, 刘容子, 赵景柱, 邓红兵. 渤海区域生态补偿机制的研究. *中国人口·资源与环境*, 2008, 18(2): 60-64.
- [22] 丁建伟. 舟山市海洋生态补偿的实践与思考. *渔业信息与战略*, 2014, 29(2): 92-97.
- [23] Rao H H, Lin C C, Kong H, Jin D, Peng B R. Ecological damage compensation for coastal sea area uses. *Ecological Indicators*, 2014, 38: 149-158.
- [24] 中国水产科学研究院东海水产研究所. 舟山绿色石化基地围填海工程海洋渔业资源承载力及毒理影响分析专题报告[R], 2016.