

文章编号: 1004-7271(2007)03-0297-06

· 研究简报 ·

## 嵊泗人工鱼礁建设初期效果评价

刘舜斌<sup>1</sup>, 汪振华<sup>2</sup>, 林良伟<sup>3</sup>, 杨平海<sup>4</sup>, 章守宇<sup>2</sup>

(1. 浙江省舟山市海洋与渔业局, 浙江 定海 316000; 2. 上海水产大学海洋学院, 上海 200090;  
3. 浙江省嵊泗县海洋与渔业局, 浙江 嵊泗 202450; 4. 浙江省嵊泗县科技协会, 浙江 嵊泗 202450)

**摘要:**基于2004年渔业资源的本底调查和2005年四个季度的跟踪调查结果,对嵊泗人工鱼礁一期工程的建设效应进行了初步评估,得到如下结果:(1)投礁后,礁区渔业资源生物量的相对变化率呈现上升趋势,平均增幅达75%,到了秋季生产力达到2004年同期的4倍多,而对照区的资源量则以36%的平均幅度减小;(2)投礁前,各个多样性指数相差不多,投礁后,鱼礁区的多样性值逐渐赶上并超过对照区,平均高出25%左右;(3)投礁前后,对照区的经济种种类数维持在10种左右,而鱼礁区随着礁体的投放,经济种增加,多达25种。结果表明,鱼礁投放后,鱼礁区生产力得到了提高,群落结构也得以明显改善,人工鱼礁的经济、生态效应已有良好的初步体现。

**关键词:**嵊泗;人工鱼礁;资源量;多样性;效果评价

中图分类号:S 931.5 文献标识码:A

## Preliminary evaluation on effects of artificial reef project in Shengsi

LIU Shun-bin<sup>1</sup>, WANG Zhen-hua<sup>2</sup>, LIN Liang-wei<sup>3</sup>, YANG Ping-hai<sup>4</sup>, ZHANG Shou-yu<sup>2</sup>

(1. Marine and Fishery Bureau of Zhoushan City, Dinghai 266003, China;

2. College of Marine Science & Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

3. Marine and Fishery Bureau of Shengsi County, Shengsi 202450, China;

4. Science and Technology Association of Shengsi County, Shengsi 202450, China)

**Abstract:** The biomass variation compared to background investigation, fisheries species diversity and composition of economic species between artificial reef (ARs) site and reference site were analysed based on the data from 5 surveys carried out in 2004 and 2005 respectively. Preliminary evaluation on artificial reef project in its No. 1 step in Shengsi shows that: (1) After the deployment of ARs in reef area, its resources enhanced gradually by 75% in average while reference site came out in a opposite variation by 36% in average; (2) The species diversity of fishery resources remains almost the same between ARs site and reference site before AR were set, but increased gradually after ARs were deployed. During the other 3 surveys, the diversity indexes of ARs site have exceeded those in reference site by 25% in each season; (3) In the same season, the number of economic species remains about 10 before and after construction of ARs in

收稿日期:2006-03-07

基金项目:上海市教委重点项目(05ZZ51);国家自然科学基金(30471332);上海市重点学科建设项目(T1101)

作者简介:刘舜斌(1963-),浙江舟山人,在读博士,主要从事渔业工程及渔业政策方面的研究。E-mail:liusb982800@sina.com

通讯作者:章守宇, E-mail:syzhang@shfu.edu.cn

reference site, while in ARs site, the situation is quite different, it increased a lot, even became 2 times as many as in reference site. It is concluded from those results that the fishery productivity in ARs site has improved a lot compared to reference site in the same time, and community structural has been improved too. The economic and ecological effects of artificial reef have been proved to be good in its preliminary step.

**Key words:** Shengsi; artificial reef; biomass; diversity; effect evaluation

嵊泗列岛位于浙江省舟山群岛最北端,是我国唯一的国家级列岛风景名胜区。该海域曾盛产大小黄鱼等多种名贵经济鱼类和其他海产经济动物,是著名的舟山渔场的重要组成部分<sup>[1]</sup>。为弥补各种禁渔限渔法规及渔业管理制度的缺陷,配合渔业产业结构调整的需要,减轻捕捞压力,保护海洋生态环境和渔业资源,有必要进行资源增殖放流、人工栖息地建设等海洋资源和天然生境的保护工作。建设人工鱼礁是近海渔场改造的一个有力措施,也是今后近海渔业发展的方向之一<sup>[1-2]</sup>。为此,嵊泗县相关部门于2003年制定了人工鱼礁建设规划,2004年完成本底调查工作。至2005年6月份,已在东库山海域投放各类礁型共计13座,总计1.7万空方,形成礁区面积340公顷。

## 1 材料和方法

### 1.1 调查时间和站点分布

2004年进行了渔业资源的本底调查。2005年分季度进行了4次跟踪调查,具体时间见表1。

调查站点设置为三个,鱼礁区、对照区和黄礁区。鱼礁区在东库山南面,面积约为4 km<sup>2</sup>,对照区在绿华山南面,调查设定面积为6 km<sup>2</sup>,两地具有相似的温深盐和潮流以及生物组成特征,而黄礁区的调查是作为二期工程的本地调查。站点的具体设置见图1。

### 1.2 调查渔具和船只

调查渔具主要采用当地流行的小型单囊网板底拖网,渔民口述加上调查时的实测,得到拖网的基本参数(表2)。同时还配备一部分刺网和延绳钓。

调查船租用当地的小型拖网船——嵊渔2215号,除1~2名调查人员外,一般有两名渔民负责作业。有关该船的具体参数见表3。

### 1.3 渔获处理和结果统计方法

调查所得渔获全部取样,根据环境温度分别选择5%甲醛溶液和冰冻两种方法保存渔获,带回实验室进行较为全面的生物学测量。本文根据所测结果,将从以下几个方面进行统计分析:一是鱼礁投放前后的渔业资源生物量的相对变化率;二是鱼礁投放前后经济种类的变化以及礁区和对照区的区别;三是鱼礁投放前后渔业生物多样性的变化,包括对照区的情况。本文拟采用 Margalef 丰富度,指数( $E$ ), Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ ), Pielou 均匀度指数( $J'$ )对礁区和对照区的渔获生物组成进行分析<sup>[3-5]</sup>:

表1 2005年鱼礁跟踪调查时间

Tab.1 Dates set for each season survey in 2005

调查次数	一	二	三	四
调查月份	3	5	8	11
调查日期	3.18-19	5.26-27	8.16-17	11.26-27
潮水类型	大潮	大潮	小潮	大潮

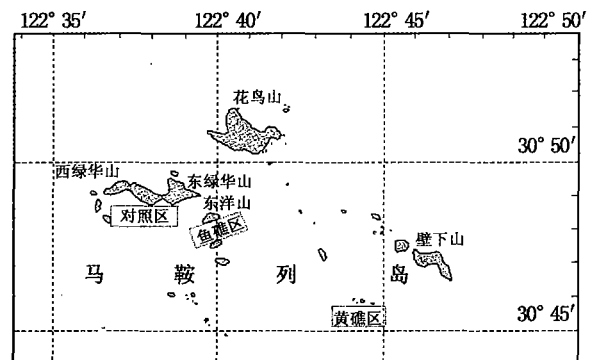


图1 鱼礁调查站点分布

Fig.1 Location of artificial reef site (ARs site) and reference site

表 2 拖网基本参数

Tab. 2 Information of shrimp trawl

类型	网具全长	网口周径	曳纲长	叉纲长	网板类型	网袖目大	网囊目大
单囊网板底拖	25 m	13 m	200 m	6 m	V 型钢质	32 mm	20 mm

表 3 调查船基本参数

Tab. 3 Information of survey fishing vessel

船质	型长	型宽	满载吃水	吨位	马力	航速	拖速
木质	20 m	3.5 m	1.2 m	28 t	29.8 Kw	8-11 nt	2.5-4 nt

Margalef 丰富度指数(index of abundance)  $E$ :

$$E = \frac{S-1}{\ln N} \quad (1)$$

式中  $S$  为每个点的渔获种类,  $N$  为全部渔获的个体数之和。

Shannon-Wiener 多样性指数( diversity index)  $H'$  和 Pielou( evenness index)  $J'$ :

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad (2)$$

$$J' = \frac{H'}{\ln S} \quad (3)$$

其中,  $P_i = n_i/N$ ,  $S$  表示每个点的渔获种类,  $n_i$  为某一点某种渔获的个体数,  $N$  为该点各种渔获的个体数总和。

## 2 结果和分析

### 2.1 鱼礁投放前后渔业资源生物量的对比变化率

以本底调查所得鱼礁区和对照区的生物量为基准, 2005 年各次调查的生物量(单位 g) 转化成相同马力、相同拖速和作业时间条件下的可比量, 通过将其与本底数据进行对比, 得到如图 2 所示结果(“+”为资源量增加率, “-”为资源量减少率)。

图中可以看出, 2005 年鱼礁区前两个季度资源量没有投礁前多, 而进入后两个季度鱼礁区资源量增长非常大。总体上, 鱼礁区的资源量呈现增长趋势。而对照区进入三月份以后, 相对本底的资源量, 其相对变化一直呈现下降趋势, 这种变化趋势反映出鱼礁投放后的生物效果, 即鱼礁吸引了许多生物进入, 从而形成鱼礁区较对照区高的生物量。

### 2.2 多样性结果

鱼礁的投放相当于在荒芜的海底提供人工的栖息场所, 从而保护日渐萎缩的渔业资源和生物环境。为评估嵊泗人工鱼礁投放后的生态效果, 有必要对调查到的种类进行群落特征值分析。为此, 本文利用三个多样性指数对各次调查(包括本底)的数据进行了计算, 结果如图 3 所示。

从图中可以看出, 鱼礁投放前, 鱼礁区和对照区的渔业资源丰富度相差不大, 但对照区要稍微好些,

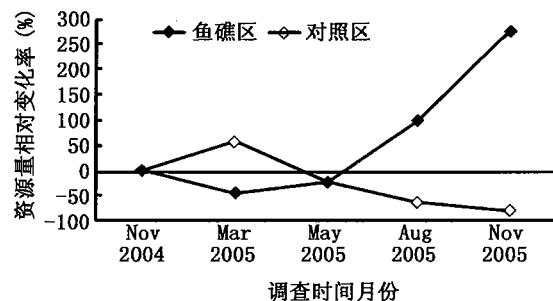


图 2 鱼礁投放后礁区和对照区渔业资源生物量相对投礁前各个对应区域的变化率

Fig. 2 The biomass variation between AR site and reference site compared with biomass before reef was deployed

而 Shannon-Wiener 多样性指数  $H'$  和 Pielou 均匀度指数  $J'$  却对照区的大很多,这说明鱼礁区的资源状况和对照区差不多,但从生态和群落结构上来看,鱼礁区的状况要差得很多。投礁后,第一次调查结果表明:鱼礁区资源量有所上升,接近并超过对照区,虽然多样性指数  $H'$  和  $J'$  仍然小于对照区,但差别非常小,几乎相当。进入 5 月份,鱼礁区资源丰度骤增至 6.198 3,虽然同期对照区的丰度也增加到 5.288 2,但相比之下,鱼礁区要大得多,而  $H'$  和  $J'$  已经超过对照区。进入夏季和秋季,同样三个多样性指数,鱼礁区的值比同期对照区的要大出许多,如 11 月份调查的丰度值,礁区是对照区的 2 倍多,而  $H'$  和  $J'$  多几乎是对照区的 2 倍。综合投礁后的四次调查渔业资源生物多样性变化情况可以看出:不考虑季节对生物量的影响,鱼礁区的群落结构比对照区复杂,生态状况比对照区好,多样性增加了很多。可见,两个区域的差别变化相当明显,这种结果和鱼礁的投放必然有很大关系,这点可以在将来的跟踪调查中进一步予以印证。

### 2.3 鱼礁投放前后经济种组成与变化结果

人工鱼礁的建设一方面是为了保护海洋生物栖息地,通过人工栖息地生态系统改善小范围内的环境,从而为海洋生物提供良好的生境<sup>[6-9]</sup>;另一方面,鱼礁的投放也是为了增殖渔业资源,在达到一定生态效益的同时达到一定的经济效益<sup>[6-8]</sup>。

通过调查,确定了鱼礁投放前后各主要经济种的组成和变化。根据当地的实际渔业对象,同时考虑各个种类的生物量比例,统计出每个月份的经济种,种类数情况见表 4:

表 4 鱼礁投放前后礁区和对照区的经济种类数量统计

Tab. 4 The number of economical species of AR site and reference site before and after the deployment of ARs

调查区域	2004 本底	2005-03	2005-05	2005-08	2005-11
鱼礁区	12	11	23	25	21
对照区	12	12	11	9	9

表中的结果表明,本底调查鱼礁和对照区的经济种类数相同。在没有投放鱼礁前,这两块海域环境情况基本一致,因此经济种的种类数相差无几。而投礁后两个月,鱼礁区的经济种类数就增加到 14 种,对照区保持 12 种不变。进入 5 月份及夏秋季,礁区的经济种类数越发比对照区多,到 8 月份达到高峰,多出 12 种,是对照区的 2 倍多。这些都表明,鱼礁的投放吸引了许多经济种进入其中,从而形成了如此大的种类数量差别。具体的经济种类组成见表 5。

从表 5 可以看出,鱼礁投放前,两地的种类组成非常相似。随着鱼礁的投放,对照区的经济种类数变幅不大,鱼礁区却发生了很大的变化,即种类数增加。鱼礁区增加的经济种类中有很多是岩礁性的,如星鳗 *Conger myriaster* (Brevoort), 丝背细鳞鲷 (*Stephanolepis cirrhifer*), 三线矶鲈 *Parapristipoma trilineatus* (Thunberg), 刺鲳 *Psenopsis anomala*, 横带髯鲷 *Hapalogenys mucronatus* 等以及各种虾类,这很好的说明了鱼礁对岩礁性鱼类的聚集效果。

## 3 结论

通过从渔业资源生物量、渔业资源种类组成的多样性和经济种组成三个方面的统计和分析,可以得出以下结论:

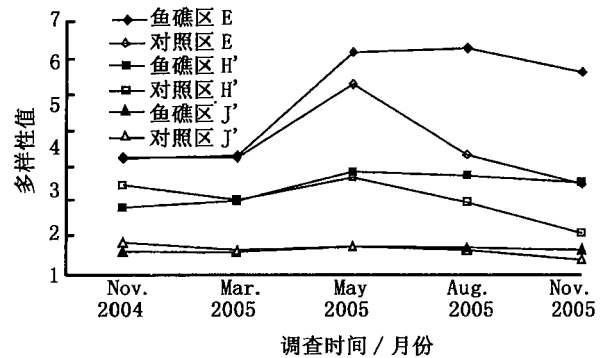


图 3 礁区和对照区多样性值的季节变化

Fig. 3 Variation of diversity index values between AR site and reference site

(1) 通过本底调查可以得出,对照点的选择基本符合调查的对比要求,即环境与鱼礁区基本一致,生物组成也相似,这保证了往后调查工作可比性的延续。

(2) 鱼礁投放初期,礁区的生物量仍然少于对照区,这一方面和调查方法有关,另一方面,也说明一些鱼礁对资源生物的聚集作用是有一个缓冲期的,即有一个过渡期,一旦生物适应了人工鱼礁环境,礁区的资源量和生物群落便开始与对照区发生变化。

(3) 进入夏秋季,鱼礁区的资源量大大高出对照区的同期资源量,表明对照区捕捞压力的存在以及破坏了的海底生境限制了其生物量的增加,而鱼礁正好发挥了限制捕捞和提供生境的作用,因此,资源量明显增加。

(4) 鱼礁投放的生态效应不是短期里可以体现的。从调查数据可以看出,在鱼礁投放近半年后,才表现出鱼礁区和对照区生物群落多样性的较大差别,总体上,进入夏秋季,这种现象更为明显,但不管怎样,鱼礁聚集生物,改善局部区域群落结构和生物多样性的作用还是显而易见的。

表 5 鱼礁投放前后礁区和对照区经济种类组成统计  
Tab.5 The composition statistics of economic species before and after the deployment of ARs between AR site and reference site

调查时间	经济种类组成	
	鱼礁区	对照区
2004 年本底	小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i> , 皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i> , 褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i> , 龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> , 焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i> , 葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i> , 哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i> , 中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i> , 细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i> , 三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i> , 日本螯 <i>Charybdis japonica</i> , 口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i> , 小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i> , 海鳗 <i>Muraenesox cineveus</i> , 皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i> , 龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> , 焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i> , 葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i> , 哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i> , 中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i> , 细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i> , 日本螯 <i>Charybdis japonica</i> , 口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>
2005 年 3 月	焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i> , 宽体舌鳎 <i>Cynoglossus robustus</i> , 鳎鱼 <i>Miichthys miiuy</i> , 褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i> , 棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i> , 龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> , 葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i> , 背腹褐虾 <i>Crangon affinis</i> , 细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i> Stimpson, 丝背细鳞鲷 <i>Stephanolepis cirrhifer</i> , 日本螯 <i>Charybdis japonica</i> , 口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i> , 焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i> , 凤鲚 <i>Coilia nasus</i> , 鳎鱼 <i>Miichthys miiuy</i> , 小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i> , 龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> , 葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i> , 背腹褐虾 <i>Crangon affinis</i> , 细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i> Stimpson, 丝背细鳞鲷 <i>Stephanolepis cirrhifer</i> , 日本螯 <i>Charybdis japonica</i> , 口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>
2005 年 5 月	皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i> , 海鳗 <i>Muraenesox cineveus</i> , 褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i> , 焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i> , 龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> , 小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i> , 星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i> , 银鲳 <i>Pampus argenteus</i> , 丝背细鳞鲷 <i>Stephanolepis cirrhifer</i> , 棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i> , 凤鲚 <i>Coilia nasus</i> , 刀鲚 <i>Coilia ectenes</i> Jordan et Seale, 中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i> , 鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i> , 哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i> , 中国对虾 <i>Penaeus chinensis</i> , 赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i> , 葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i> , 细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i> , 日本螯 <i>Charybdis japonica</i> , 日本枪乌贼 <i>Loligo japonica</i> Hoyle, 长蛸 <i>Octopus variabilis</i> , 口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i> , 海鳗, 褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i> , 焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i> , 小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i> , 中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i> , 中国对虾 <i>Penaeus chinensis</i> , 日本螯 <i>Charybdis japonica</i> , 口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i> , 日本枪乌贼 <i>Loligo japonica</i> Hoyle, 长蛸 <i>Octopus variabilis</i>
2005 年 8 月	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i> , 小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i> , 皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i> , 焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i> , 星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i> , 带鱼 <i>Trichiurus haumela</i> , 蓝圆鲈 <i>Decapterus maruadsi</i> , 三线矶鲈 <i>Parapristipoma trilineatus</i> , 龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> , 褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i> , 刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i> , 鳎鱼 <i>Engraulis japonicus</i> , 六指马鲛 <i>Polydactylus sectarius</i> , 横带髯鲷 <i>Hapalogenys mucronatus</i> , 日本对虾 <i>Penaeus japonicus</i> , 鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i> , 中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i> , 葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i> , 细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i> , 三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i> , 日本螯 <i>Charybdis japonica</i> , 短蛸 <i>Octopus ocellatus</i> , 长蛸 <i>Octopus variabilis</i> , 日本枪乌贼 <i>Loligo japonica</i> Hoyle, 口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i> , 龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> , 褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i> , 小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i> , 白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i> , 日本对虾 <i>Penaeus japonicus</i> , 鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i> , 日本螯 <i>Charybdis japonica</i> , 口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>

(5) 嵎泗鱼礁建设的经济效益已经开始发挥。11月份调查就发现鱼礁上方有许多当地个体渔民在作业,而对照区却毫无人迹。同时调查数据也表明,鱼礁区的生物量不仅仅增加了许多,而且经济种类也增加了相当的数量,因此吸引了众多当地渔民的进入作业。

总的来说,嵎泗人工鱼礁一期建设的初步效果已经得到较好的体现。今后的课题将围绕提高鱼礁区渔获质量、生物多样性和生态系统稳定性、摸清鱼礁水动力机制与集鱼之间的关系等方面进行进一步的展开。

#### 参考文献:

- [1] 章守宇,张焕君,林 军,等. 嵎泗县人工鱼礁建设一期工程项目可行性研究报告[R]. 上海水产大学,2003:1-7.
- [2] 王 波,武建平,高 峻,等. 关于青岛建设人工鱼礁改善近海生态和渔业环境的探讨[J]. 海岸工程,2004,23(4):66-73.
- [3] 金显仕,邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化[J]. 生物多样性,2000,8(1):65-72.
- [4] Wilson J P, Sjeaves M. Short-term temporal variations in taxonomic composition and trophic structure of a tropical estuarine fish assemblage [J]. *Marine Biology*, 2001, 139: 787-796.
- [5] 董 婧,刘海映,许传才,等. 黄海北部近岸鱼类的群落结构[R]. 大连水产学院学报,2004,19(2):132-137.
- [6] 陈 勇,于长清,张国胜,等. 人工鱼礁的环境功能与集鱼效果[J]. 大连水产学院学报,2002,17(1):64-69.
- [7] 欧锡祺. 香山海域人工鱼礁效益评价及海域生态环境调查[J]. 中国水产(台),1993,(488):35-57.
- [8] 郑火元. 新竹县新丰、新丰第二人工鱼礁区海域生态环境调查与效益评估[J]. 中国水产(台),1994,(501):23-37.
- [9] 张 虎,朱孔文,汤建华. 海州湾人工鱼礁养护资源效果初探[J]. 海洋渔业,2005,27(1):38-43.