

文章编号: 1000- 0615(2004) 03- 0316- 07

## 舟山渔场人工鱼礁投放海域生态环境前期评估

虞聪达

(浙江海洋学院, 浙江 舟山 316004)

**摘要:** 根据 2002 年 6- 7 月在舟山渔场朱家尖外侧开展人工鱼礁投放海域本底调查所获的海洋生物和海洋水文环境资料及以往有关文献中对该海域的调查资料, 对朱家尖外侧拟投入人工鱼礁海域的海水理化因子和海洋生物种类组成、数量分布和群落结构特征作了较详细的分析研究, 以评估该海域是否适于投放人工鱼礁。结果得知: 该海域底质为粉砂质粘土, 浮游生物种类和数量及底栖生物种类和数量较多, 水深为 14~ 19m, 温、盐度季节变化明显、透明度较高、水色相对较清, 水质绝大多数指标符合国家一、二类水质标准, 海域适合沿岸岛礁性鱼类如石斑鱼、褐菖鲷、鲈鱼等的栖息生长, 历史上渔业资源丰富, 也无工厂废水排放, 不会对海洋生态环境产生重大污染, 因此, 可以为良好的投放人工鱼礁之场所。

**关键词:** 人工鱼礁; 生态环境; 评估; 舟山渔场

中图分类号: S931.9 文献标识码: A

## Previous assessment of ecological environment in the Zhoushan Fishing Ground being put the artificial reef into

YU Cong-da

(Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China)

**Abstract:** Based on the relevant literature and findings date of marine living things and marine hydrological environment in the water out of Zhujiajian, Zhoushan Fishing Ground where the artificial reef put into from June to July in 2002, detailed analysis and research have been carried out on marine physics and chemistry factors, marine biological varieties, quantitative distribution, community structure features in the waters out of Zhujiajian to assess whether this area would fit for artificial reef or not. The conclusion shows the waters out of Zhujiajian is at the waters where Changjiang, Qiantangjiang, Yongjiang join ocean. Plenty runoff makes the water fertile, biological baits rich, water turbidity low and transparence high. The depth of water is 14- 19m, the bottom type is powder and grit clay, the kinds and quantities of plankton and benthon are many, the variations of temperature and salinity is clear as the seasons change. Most indexes of the water are up to the government standards of the First and Second water. The water is fit for the coastal reef fish such as *Epinephelus drummondhayi*, *Sebastes marmoratus*, *Lateolabrax japonicus* to live. The fishery resource was rich in the history, with no emission of wasted water, and did not make heavy pollution. So this area is the good water to put into artificial reef.

**Key words:** artificial reef; ecological environment; assessment; Zhoushan Fishing Ground

舟山海域是我国著名的渔场, 历史上曾盛产大 黄鱼 (*Larimichthys crocea* Richardson, 1846)、小黄鱼

收稿日期: 2004-5-11

资助项目: “舟山市人工鱼礁建设”项目资助

作者简介: 虞聪达 (1959-), 男, 浙江慈溪人, 副教授, 主要从事海洋渔业研究。E-mail: yucd@zjou.net.cn

(*Larimichthys polyactis* Bleeker, 1877)、带鱼(*Trichiurus lepturus* Linnaeus 1758)、曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)、海鳗(*Muraenesox cinereus*)、银鱼(*Pampus argenteus*)、鳙(*Ilisha elongata*)、鲈(*Scamber japonicus* (Houttuyn, 1782))、蓝圆(*Decapterus maruadsi*)、海蜇(*Rhizophila esculentum*)、虾蟹类,在岛礁附近则分布着数量较多的赤点石斑鱼(*Epiniphelus hoedii*)、褐菖(*Sebastiscus marmoratus*)等,但是,经过几十年大规模超强度的盲目捕捞,渔业资源已严重衰退。在底拖网作业反复拖曳下,海洋生态环境遭到一定的破坏。因此,修复舟山渔场的生态环境、保护渔业资源、防止优良渔场的生态环境和生物资源进一步恶化已成为当务之急。

人工鱼礁投置海中,可以改变海洋环境、诱集鱼类前来索饵、产卵,同时也可可为鱼类提供避敌、栖息场所。它既是保护、增殖海洋渔业资源的重要手段,也是改善、修复整个海洋生态环境的一项基础工程,还能带动滨海旅游等相关产业的发展。因此,自上世纪70年代以后,世界上多数沿海国家都把人工鱼礁建设作为一项改善生态环境、保护渔业资源和生物多样性的公益性事业,纳入国家经济建设计划。特别是美、日等发达国家已投入大量财力,广泛利用人工鱼礁建成了许多诱集鱼类、增殖渔业资源的渔场。在我国虽然人工鱼礁建设起步较晚,但通过人工鱼礁建设,走耕海牧渔的道路也已成为当前和今后相当长的一个时期内振兴沿岸近海渔业的重点方向之一。而人工鱼礁建设的成败,投礁后能否对生态环境有所改善,能否聚集鱼类、增加生物量,许多学者研究认为,除与礁体结构、规模有关外,与投礁地点的选择是否适当也密切相关。本文主要根据2002年6月在舟山渔场拟投放人工鱼礁海域开展本底调查所得资料,对该海域的海洋生物和生态环境条件等进行前期分析评估,旨在探讨该海域投放人工鱼礁可行性,并为今后投礁后进行效果检验提供基础依据。

## 1 材料与方法

通过对舟山相关渔区、渔村有关领导干部及专业渔民的访谈,结合历史生产资料,初步选定朱家尖外侧海域为拟投人工鱼礁海域。选址原则为有地方性、岩礁性名贵鱼类常年栖息,又有洄游性鱼类随季节往来,避开主航道、海防设施及污染源;能

开展游钓休闲渔业、带动滨海旅游业。拟投人工鱼礁海域水深为14~19m。

对评估海域设点进行海洋生物和水文环境等观测调查,范围为 $29^{\circ}51'12''\sim 29^{\circ}51'45''N$ , $122^{\circ}25'24''\sim 122^{\circ}26'04''E$ ,(共设置2个采样站位(A区、B区),如图1所示;调查时间为2002年6月18日至26日,即大、小潮各调查一次;调查船为中国渔政728号。海水环境因子样品的采集、保存及分析按《海洋监测规范》的有关规定进行<sup>[1]</sup>。

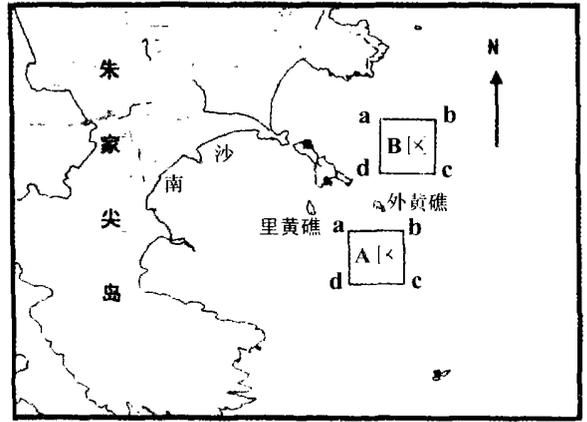


图1 评估投放海域调查站位

Fig. 1 The stations being put the artificial reef into

水质测定项目有表层水温、表层盐度、PH、溶解氧、透明度、COD、BOD、悬浮物、油类、无机氮、磷酸盐、重金属和叶绿素a等15项;海域表层沉积物测定项目有硫化物、有机碳、油类;同时采用直读式流速流向仪进行12h连续观测海域的流速、流向。

海洋生物样品的采集按《海洋调查规范》的有关规定标准进行<sup>[2]</sup>。浮游生物采用垂直拖网法,样品用甲醛溶液固定后,带回实验室,进行鉴定种类和定量分析。

底栖生物用采泥器采集。采泥使用 $25\times 20$ 方型采泥器,取样面积为 $0.05m^2$ ,采集样品用甲醛溶液固定后带回实验室内分析鉴定。

渔业生产试捕采用群众拖虾船,在2002年7月9日进行,渔船主机为40HP,拖虾网网口宽度为6m,高度为1.5m,拖速为2.0节,拖曳时间每站约1小时。采集样品带回实验室内分析鉴定。采用Shannon Weaver多样性指数、Pielou均匀度、Margalef丰富度和Simpson单纯度等分别计算浮游生物和底栖生物的群集特征值,用以判别评估海域环境污染情况。计算公式:

(1) Shannon Weaver多样性指数  $H'$

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

(2) Pielou 均匀度  $J'$

$$J' = \frac{H'}{\log S}$$

(3) Margalef 丰富度  $E$

$$E = \frac{S-1}{\log N}$$

(4) Simpson 单纯度  $C$

$$C = \sum_{i=1}^S \frac{n_i^2}{N^2}$$

以上四式中,  $S$  为浮游生物或底栖生物的种类数,  $n_i$  为第  $i$  种浮游生物或底栖生物的个体数,

$$N = \sum_{i=1}^S n_i, P_i = \frac{n_i}{N}.$$

在分析评估海域的海洋水文环境条件时, 还采用了一部分以往调查所获的资料<sup>①</sup>。

## 2 结果与评估

### 2.1 海水理化因子

**水温** 水温季节变化明显, 春季水温开始上升, 到夏季水温达到最高, 8 月份表层水温为 25.5~29.0℃, 秋季水温开始下降, 冬季水温达到最低, 2 月份表层水温为 4.7~20.8℃左右。评估海域 6 月份小潮的表层水温为 23.4~23.6℃; 大潮表层水温为 24.1~24.3℃。

**盐度** 盐度主要受长江、钱塘江等冲淡水及台湾暖流制约, 同时也受蒸发、降水等气候因素影响, 其季节变化正好与水温相反, 冬季盐度为全年最高, 约为 21.3~34.8, 春季盐度开始下降, 到夏季盐度降为全年最低, 8 月份表层盐度为 16.6~34.1, 秋季海域盐度开始增升, 分布趋势逐渐向冬季型过渡。本次调查得出评估海域 6 月份小潮的表层盐度为 29.0~30.0。大潮的表层盐度为 28.0~29.0。

**透明度** 朱家尖外侧拟投人工鱼礁海域地处长江、钱塘江、甬江三江入海口, 大量的大陆径流致使该海域水质肥沃, 饵料生物丰富, 但水色混浊、透明度较低, 且从沿岸向外侧海区呈逐渐升高趋势, 年间透明度是冬季高于夏季。评估海域与舟山大多数岛屿沿岸海域相比, 水色较清, 透明度较高, 而同一海区的透明度又与季节、涨落潮、大小潮有密切关系。本次调查得出 6 月份小潮透明度为 120~220cm, 大潮透明度为 30~90cm, 其中拟投人工鱼

礁海域 B 区透明度要比 A 区小。

**潮流** 评估海域的潮汐为正规半日潮, 本次调查得知 6 月份小潮最大流速为 150cm·s<sup>-1</sup>, 大潮最大流速为 158cm·s<sup>-1</sup>, 其中 A 区小潮最大流速为 150cm·s<sup>-1</sup>, 大潮最大流速为 158cm·s<sup>-1</sup>; B 区小潮最大流速为 98cm·s<sup>-1</sup>, 大潮最大流速为 132cm·s<sup>-1</sup>。潮流流向大都为东南向或西北向。

**溶解氧** 评估海域的溶解氧含量为 6.12~9.07mg·L<sup>-1</sup>, 平均值为 7.99mg·L<sup>-1</sup>, 且大潮时高于小潮时; 小潮时 A 区高于 B 区, 而大潮时差别不大, 基本一致。pH 值为 8.23~8.29。

**水质** 评估海域的氮、磷含量较高, 如硝酸氮含量为 0.348~0.481mg·L<sup>-1</sup>, 无机氮含量为 0.363~0.488mg·L<sup>-1</sup>, 磷酸盐含量为 0.007~0.023mg·L<sup>-1</sup>, 它们都是大潮时高于小潮时, 水质状况如表 1 所示。

**底质** 舟山渔场沿岸海底底质以粉砂质粘土为主, 评估海域也不例外, 根据本次调查得知评估海域底质含水率自南向北递减, 底质含水率分别为 51.52% 和 49.98%, 底质中硫化物含量湿样均小于 0.14mg·kg<sup>-1</sup>, 干样均小于 0.28mg·kg<sup>-1</sup>, 有机碳含量湿重为 0.65~0.68mg·kg<sup>-1</sup>, 干重为 1.3~1.4mg·kg<sup>-1</sup>, 油类含量湿样为 0.75~0.86mg·kg<sup>-1</sup>, 干样为 1.50~1.70mg·kg<sup>-1</sup>, 如表 2 所示。

### 2.2 浮游生物

#### 2.2.1 浮游植物

**种类组成** 拟投人工鱼礁海域地处长江口、杭州湾外的舟山群岛, 属亚热带水域, 海水环境条件复杂, 它既受长江、钱塘江等冲淡水的影响, 又受外海高盐水系的影响。浮游植物种类组成呈现明显的亚热带沿岸种类区系特征, 种类组成较为复杂。根据调查样品, 初步鉴定出 6 月份该海域浮游植物种类 94 种, 隶属于 5 门 35 属, 其中以硅藻门 (Bacillariophyta) 种类为最多, 共有 75 种, 占 79.8%; 甲藻门 (Pyrrophyta) 种类次之, 共有 15 种, 占 16.0%; 金藻门 (Chrysophyta) 种类共有 2 种, 占 2.1%; 绿藻门 (Chlorophyta)、隐藻门 (Cryptophyta) 种类分别只有 1 种, 分别占 1.1%。多数均属沿岸广温性种类。优势种为中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*)、尖刺菱形藻 (*Nitzschia pungens*)、三角角藻 (*Ceratium*

① 朱德坤, 孙水根. 浙江近海水文特征的初步研究, 浙江近海渔业资源调查报告, 1964. 197~228.

*fusus*)等。其中中肋骨条藻要占总量的 57.6%, 最高的是在 A 区大潮时, 中肋骨条藻要占 74.3%。

生物量、多样性指数、均匀度、丰富度及单纯度: 拟投入人工鱼礁海域浮游植物平均出现种类数为 41 种, 平均生物量为  $4.62 \times 10^4$  个 $\cdot$ m $^{-3}$ , 种类丰富度平均为 2.49, 种类多样性指数平均为 2.88, 种类均匀度平均为 0.54, 种类单纯度平均为 0.33, 多样

性指数及均匀度均属较高的海域, 不同站位、时间的浮游植物生物量及群落结构指标见表 3。

从表中可以看出: 评估海域浮游植物平均生物量是 A 区高于 B 区, 大潮时高于小潮时; 多样性指数及均匀度是 B 区高于 A 区, 小潮时高于大潮时; 种类丰富度及单纯度是 A 区高于 B 区, 大潮时高于小潮时。

表 1 舟山渔场朱家尖海域水质测定结果

Tab. 1 Determine results of the water quality in Zhujiajian, Zhoushan fishery

项目 item	A 区 area A		B 区 area B	
	大潮 spring tide	小潮 neap tide	大潮 spring tide	小潮 neap tide
表层水温(℃) water temperature of surface layer	24.1	23.4	24.3	23.6
表层盐度 salinity of surface layer	29.0	30.0	28.0	29.0
pH	8.25	8.26	8.23	8.29
DO(mg $\cdot$ L $^{-1}$ )	9.07	7.73	9.02	6.12
COD(mg $\cdot$ L $^{-1}$ )	0.44	0.48	0.28	0.48
BOD(mg $\cdot$ L $^{-1}$ )	0.88	1.13	1.12	0.97
悬浮物(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) suspension	168	69.4	48.6	58.3
油类(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Oil	0.095	0.460	0.292	0.209
铜(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Copper	0.0030	0.0036	0.0032	0.0038
铅(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Lead	0.0006	0.0005	0.0007	0.0005
锌(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Zinc	< 0.0012	< 0.0012	< 0.0012	< 0.0012
镉(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Cadmium	< 0.00009	< 0.00009	< 0.00009	< 0.00009
汞(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Mercury	0.000142	0.000068	< 0.00002	0.000073
砷(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Arsenic	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
氨氮(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Nitrogen ammona	0.005	0.003	0.004	0.013
硝酸氮(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Nitrate	0.420	0.348	0.481	0.374
亚硝酸氮(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Nitrite	0.005	0.012	0.003	0.010
无机氮(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Inorganic nitride	0.43	0.363	0.488	0.397
磷酸盐(mg $\cdot$ L $^{-1}$ ) Phosphate	0.019	0.007	0.023	0.014
叶绿素 a( $\mu$ g $\cdot$ L $^{-1}$ ) Chlorophyll	0.446	0.965	0.726	0.795

表 2 舟山渔场朱家尖海域底质测定结果

Tab. 2 Determine results of the bottom type in Zhujiajian, Zhoushan fishery

项目 item	A 区 area A		B 区 area B	
	湿样 wet sample	干样 dry sample	湿样 wet sample	干样 dry sample
含水率(%) moisture content	51.52		49.98	
硫化物(mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ) Sulphide	< 0.14	< 0.28	< 0.14	< 0.28
有机碳(mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ) Organic matter	0.65	1.30	0.68	1.40
油类(mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ) Oil	0.75	1.50	0.86	1.70

表 3 舟山渔场朱家尖海域浮游植物的生物量及群落结构指标

Tab. 3 The quantity and community structure index of phytoplankton in Zhujiajian, Zhoushan fishery

站位 station	时间 time	种类(ind) variation	平均生物量 $\times 10^4$ (ind $\cdot$ m $^{-3}$ ) average biomass	丰富度 rich level	单纯度 pure level	多样性指数 diversified index	均匀度 even level
A 区 area A	大潮 spring tide	47	7.97	2.83	0.56	2.09	0.38
	小潮 neap tide	40	3.87	2.56	0.29	2.71	0.51
B 区 area B	大潮 spring tide	36	3.82	2.30	0.35	2.88	0.56
	小潮 neap tide	39	2.82	2.57	0.12	3.85	0.73

### 2.2.2 浮游动物

**种类组成** 根据调查样品,初步鉴定出6月份拟投入人工鱼礁海域浮游动物种类71种,主要由桡足类、水母类、毛颚类、糠虾类等所组成。其中桡足类共有20种,占28.2%;水母类17种,占23.9%;毛颚类6种,占8.5%;糠虾类7种,占9.9%,优势种为微刺哲水蚤(*Canthocalanus pauper*)、百陶菱虫(*Sagitta bedoti*)、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、五角水母(*Muggiæa atlantica*)及拟细浅金水母(*Lensia subtiloides*)等。

表4 舟山渔场朱家尖海域浮游动物的生物量及群落结构指标

Tab.4 The quantity and community structure index of zooplankton in Zhujiajian, Zhoushan fishery

站位 station	时间 time	种类(ind) variation	平均生物量×10 <sup>4</sup> (ind·m <sup>-3</sup> ) average biomass	丰富度 rich level	单纯度 pure level	多样性指数 diversified index	均匀度 even level
A区 area A	大潮 spring tide	40	193	5.44	0.06	4.51	0.85
	小潮 neap tide	24	260	2.89	0.12	3.73	0.81
B区 area B	大潮 spring tide	24	214	3.04	0.12	3.72	0.81
	小潮 neap tide	30	560	3.29	0.15	3.32	0.68

### 2.3 底栖生物

**种类组成** 根据采泥器采集样品,初步鉴定出6月份拟投入人工鱼礁海域底栖生物种类49种,其中软体动物11种,占22.4%;甲壳动物9种,占18.4%;多毛类27种,占55.1%,腔肠动物2种,占4.1%。优势种为不倒翁虫(*Sternaspis sculata*)、双鳃内卷齿蚕(*Nephtys polybranchia*)等。

**生物量等:** 拟投入人工鱼礁海域底栖生物平均生

生物量、多样性指数、均匀度、丰富度及单纯度: 评估海域浮游动物平均出现种类数为30种,平均生物量为306.8mg·m<sup>-3</sup>,种类丰富度平均为3.67,种类多样性指数平均为3.82,种类均匀度平均为0.79,种类单纯度平均为0.11(表4)。

从表中可以看出,评估海域浮游动物平均生物量分布趋势正好与浮游植物平均密度分布趋势相反,属B区高于A区,小潮时高于大潮时。多样性指数及均匀度是A区高于B区,大潮时高于小潮时;而种类丰富度及单纯度的表现规律不明显。

物量为9.1g·m<sup>-2</sup>,平均个体密度为395.5ind·m<sup>-2</sup>,其中以B区的不倒翁虫占绝对的优势,其数量在小潮时达273ind·m<sup>-2</sup>,大潮时达340ind·m<sup>-2</sup>。种类丰富度平均为2.63,种类多样性指数平均为2.37,种类均匀度平均为0.59,种类单纯度平均为0.38。不同类群、不同站位、不同时间的生物量和栖息密度如表5所示,多样性指数、均匀度、丰富度及单纯度如表6所示。

表5 舟山渔场朱家尖海域底栖生物的生物量及栖息密度的分布

Tab.5 The quantity and stocking density distribution of benthon in Zhujiajian, Zhoushan fishery

站位 station	时间 time	项目 item	合计 total	多毛类 filose	软体类 mollusk	甲壳类 crustacean	腔肠类 coelenterate
A区 area A	大潮 spring tide	生物量(g·m <sup>-2</sup> ) quantity	4.2	3.71		0.39	0.10
		栖息密度(ind·m <sup>-2</sup> ) stocking density	407	347	20	40	
	小潮 neap tide	生物量(g·m <sup>-2</sup> ) quantity	15.4	13.13	0.76	1.51	
		栖息密度(ind·m <sup>-2</sup> ) stocking density	294	260		27	7
B区 area B	大潮 spring tide	生物量(g·m <sup>-2</sup> ) quantity	5.8	5.20	0.35	0.17	0.09
		栖息密度(ind·m <sup>-2</sup> ) stocking density	454	407	27	13	7
	小潮 neap tide	生物量(g·m <sup>-2</sup> ) quantity	10.87	8.83	1.85	0.18	
		栖息密度(ind·m <sup>-2</sup> ) stocking density	427	347	73	7	

表6 舟山渔场朱家尖海域底栖动物的生物量及群落结构指标

Tab.6 The quantity and community structure index of benthon in Zhujiajian, Zhoushan fishery

站位 station	时间 time	种类(ind) variation	丰富度 rich level	单纯度 pure level	多样性指数 diversified index	均匀度 even level
A区 area A	大潮 spring tide	24	3.82	0.30	3.07	0.67
	小潮 neap tide	12	1.93	0.22	2.17	0.61
B区 area B	大潮 spring tide	15	2.29	0.56	1.96	0.50
	小潮 neap tide	16	2.47	0.42	2.27	0.57

## 2.4 游泳生物

拟投人工鱼礁海域渔业资源十分丰富,历史上是曼氏无针乌贼、小黄鱼、鳓鱼等的主要渔场这一,据渔民介绍,近年在该海域主要钓捕石斑鱼、褐菖鲉、鲈 (*Lateolabrax japonicus*)、黑鲷 (*Sparus macrocephalus*)、鳗鲡等,流网捕获银鲳、蟹类等。根据本次拖虾网调查结果,7月份在拟投人工鱼礁海域的A区捕获的游泳生物主要有龙头鱼(*Hapodon nehereus*)、四指马鲛(*Eleutheronema tetradactylus*)、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)、黄姑鱼(*Nibea chui*)、半滑舌鳎(*Cynoglossus robustus*)、六丝矛尾 虎鱼(*Chaeturichthys hexanema*)、三疣梭子蟹(*Portunus pelagicus*)、红星梭子蟹(*P. sanguinolentus*)、日本 (*Charybdis japonica*)、锈斑 (*C. feriatus*)、中华管鞭虾(*Solenocera crassicornis*)、哈氏仿对虾(*Parapenaeopsis hardwickii*)、葛氏长臂虾(*Palaemon concinnus*)、脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)等。B区捕获的游泳生物主要有龙头鱼、四指马鲛、梅童鱼、黄姑鱼、口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)、三疣梭子蟹、红星梭子蟹、锈斑、葛氏长臂虾、中华管鞭虾、脊尾白虾等。

## 2.5 评估分析

人工鱼礁是一项改善和修复海洋生态环境,增殖和保护渔业资源的公益性事业,但是投放以后能否产生显著效益,关键在于对投放人工鱼礁海域的水深、底质、水质、潮流、饵料生物及原有渔业资源状况要有一个正确的评估。

1 我国人工鱼礁试验自1979年开始以来,已做了大量的工作,在投放人工鱼礁海域的选择、布局,礁体的设计制造以及运输投放,鱼礁的集鱼效果、试捕方法等方面作了许多有益的探索,取得了许多宝贵的经验和较好的集鱼效果。在投放人工鱼礁海域的选择上,根据试验经验较系统、取得效益较显著的广东和山东二省的研究结果,所选海域的共同特点是<sup>①</sup>:

- (1) 具有复杂的水系和流场,常常具有涡流区。水深基本上在13~16m的范围内。
- (2) 底质均为较硬的沙泥底或为礁盘。
- (3) 都为良好的鱼类及其幼鱼的索饵场,附近或有名贵鱼种的洄游通道,或有捕捞过度的渔场,并有许多名贵的定栖性种类等。

我国台湾省以及国外的日本、美国等也都曾对投放人工鱼礁海域的适宜水深、地质、潮流、饵料生

物等环境因子的选择上进行了积极的探索,并取得了许多成功的实例。如在海底地形、地质的选择上,根据Chang<sup>[3]</sup>的报道,投放人工鱼礁的海床以平坦宽阔、底质坚硬或是白沙带泥,而有介壳、碎砾混合之海域最为适合;邵广昭<sup>[4]</sup>也主张海床以平坦宽阔、底质较坚实之海域最为适宜。因为在这种平坦宽阔海底投放人工鱼礁,使之成为突变地形,从而在鱼礁区形成上升流、涡流等流态,有利于提高海域肥沃度,形成具有丰富的浮游生物和底栖生物的良好饵料环境。

对于投放水深的选择, Fast 和 Pagen<sup>[5]</sup>认为人工鱼礁投放深度最好不要超过20米;我国以往人工鱼礁建设较成功的也都投放在13~16m的水深范围内; Nakamura<sup>[6]</sup>认为10~100m的水深皆可投放人工鱼礁;邵广昭<sup>[4]</sup>指出适合投礁之水深约为20~30m;笔者认为投放深度应与增殖和诱集的对象生物有关,若是以增殖贝藻虾类为主要对象的鱼礁,其投放水深应浅些,若是以增殖鱼类为主要对象的鱼礁,其投放水深应深些。本次评估海域以增殖鱼类资源为主要目的,但是投放深度太深,就目前来说,我们的投放技术、效果调查等均存在较大困难,而投放深度太浅,增加的波浪运动会阻碍调查,且礁体对船只之航行会造成危险,因此认为投放人工鱼礁水深以15~20m为宜。对于这种深度的人工鱼礁区,在潮流等作用下,容易产生垂直混合流、上升流等,同时也不会对船只航行造成危险。

根据本次调查结果,评估海域在天然岛礁附近,海底平坦,水深为14~19m,底质为粉砂质粘土;而该海域底质的承载力约为 $7t \cdot m^{-2}$ <sup>②</sup>。根据本次调查数据与前人研究结果比较,可以说该海域水深、地形、底质适合投放人工鱼礁。潮流也是影响人工鱼礁投放成效的一个重要因素,人工鱼礁投放海中一般要求能使用较长年限,如日本规定所有投放的鱼礁必须保证有30年的使用价值<sup>③</sup>。因此要考虑人工鱼礁在潮流的冲刷下,不致产生鱼礁翻倒或移动等而失去鱼礁效果的现象。大岛<sup>[7]</sup>认为鱼礁应设置在流速不超过 $1.5n \text{ mile} \cdot h^{-1}$ 的海域。

根据本次调查结果,评估海域潮流最大流速为 $3.1n \text{ mile} \cdot h^{-1}$ ,平均流速为 $2.2n \text{ mile/h}$ ;在评估海

① 朱德坤,孙水根. 浙江近海水文特征的初步研究,浙江近海渔业资源调查报告,1964,197-228.

② 渔业增殖资源学,青岛海洋大学,2000.

③ 浙江北部沿海人工鱼礁选址调查报告,浙江省海洋水产研究所等,1985.

域的外侧朱家尖海域,潮流流速为  $2.0 \text{ n mile} \cdot \text{h}^{-1}$ <sup>③</sup>,这可能是此次评估海域较靠近天然岛礁有关,但都已超过了  $1.5 \text{ n mile} \cdot \text{h}^{-1}$ ,说明评估海域潮流流速偏急。Fast 和 Pagen<sup>[5]</sup>还认为人工鱼礁所产生的涡流会造成附近海域水压变化而在鱼礁背流面形成缓流区域,鱼类喜欢栖息在此区域,根据本次调查,评估海域潮流流向大都为东南向或西北向,因此人工鱼礁礁体的形状设计和投置方向应充分考虑流速问题,投置方向应尽量向西南、东北方向发展,以便形成更大的缓流区域。

水质和饵料生物(浮游生物和底栖生物的状况)等是选择投放人工鱼礁海域时必须先满足的基本条件,也就是说所选海域的水质及其它理、化因子要能满足鱼类的生息条件,而丰富的饵料生物又是形成良好渔场的基础。因此,过去国内外在选择投放人工鱼礁海域时,都选择在良好的鱼类及其幼鱼的索饵场,附近或有名贵鱼类的洄游通道,或有捕捞过度的渔场,并有许多名贵的定栖性种类生栖的海域。

根据本次调查结果,评估海域水质各项指标除了油类含量超过国家渔业水质标准、无机氮超过《海水水质标准》三类外,其余指标均符合国家渔业水质标准,绝大多数指标还符合国家一、二类水质标准。

浮游生物和底栖生物种类和数量较多,渔业资源较为丰富,过去盛产乌贼、小黄鱼、鲷鱼、石斑鱼、褐菖、鲈鱼、黑鲷、鳗鲡、三疣梭子蟹、日本等,特别是各种沿岸岛礁定栖性鱼类众多。因此,笔者认为,该海域符合投放人工鱼礁海域必须先满足的基本条件,在此投放人工鱼礁既可以阻止底拖网等生产而保护渔业资源,同时又可改造生态环境,有利于各种沿岸岛礁定栖性名贵鱼类聚集栖息,达到保护和增殖资源的目的。与丰富的朱家尖旅游资源相结合,还可开发垂钓项目,发展休闲渔业,实现保护与开发协调统一。

综合以上所述,评估海域虽说有某些不足之处,但是,从生物多样性指数等指标来看,目前多样性指数和均匀度均较高,表明该海域污染程度较轻。

潮流流速与邵广昭<sup>[4]</sup>报导的相比,偏急,假如鱼礁形状设计和投置排列不当,可能会造成受潮流的冲刷而产生鱼礁翻倒或移动等现象,但因为评估海域的潮汐为正规半日潮,流速流向稳定,且其他条件基本符合人工鱼礁投放要求,如海底平坦,水深适宜,各种浮游生物、底栖生物种类和数量较多,渔业资源较为丰富,过去有乌贼、小黄鱼、鲷鱼、石斑鱼、褐菖、鲈、黑鲷、鳗鲡、三疣梭子蟹、日本等,特别是各种沿岸岛礁定栖性鱼类分布众多。附近也无工厂废水排放,不会对海洋生态环境产生重大污染,同时,评估海域位处在风景名胜区,选择在此建人工鱼礁,一能增加旅游项目,丰富旅游资源,二能形成人工休闲游钓渔场。因此,只要在人工鱼礁的形状设计和投置鱼礁排列技术上充分考虑潮流流速因素,可以作为人工鱼礁投放之场所,如果投放海域再往外移,远离天然岛礁一些,则潮流趋缓,将更为理想。

#### 参考文献:

- [1] Government Ocean Office. Hy003-91 Ocean monitor standard [S]. Beijing: Ocean Press, 1991. [国家海洋局. Hy003-91 海洋监测规范[S]. 北京:海洋出版社,1991.]
- [2] Government Technical Supervision Office. GB12763. 6-91, Ocean study standard[S]. Beijing: China standard Press, 1991. [国家技术监督局. GB12763. 6-91, 海洋调查规范[S]. 北京:中国标准出版社,1991.]
- [3] Chang K S. Artificial reefs in Taiwan (I) [J]. Bull Inst Zool (Academia Sinica; Monography series), 1976, 1:1-68.
- [4] Shao G Z. Program study of artificial reef in North waters[Z]. Special issue of Central Research Institute Animal Office. 1988, the 12th, 1-122. [邵广昭. 北部海域设置人工鱼礁之规划研究[Z]. 中央研究院动物所专刊,1988,第十二号,1-122.]
- [5] Fast D E, Pagen F A. Comparative observations of an artificial reef and natural patch reefs off southwest Puerto Rico [A]. Pages 49-50 in L Colunga and R Stone, ed. Proceedings: Artificial reef conference [C]. Texas A&M Univ, TAMU-SC-74-103. 1974.
- [6] Nakamura M. Hydraulic structure of reefs [A]. Pages 165-179 in S. F Vik, ed. Japanese artificial reef technology [C]. Aquabio Inc, 2957 Sunset Blvd, Bellair Bluffs, Fla Tech Rep, 1982, 604.
- [7] Da D T X. Artificial reef [J]. A series of books on aquatic reproduce and aquatic culture, 1964, (8). [大岛泰雄. 人工鱼礁[J]. 水产增养殖业书,1964, (8)]