

文章编号: 1674-5566(2011)06-0883-07

雷州乌石人工鱼礁渔业资源增殖效果初步评价

袁华荣^{1,2}, 陈丕茂¹, 李辉权³, 黎小国¹, 唐振朝¹, 秦传新¹, 余景¹, 舒黎明¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所,农业部南海渔业资源环境科学观测实验站,广东 广州 510300; 2. 上海海洋大学 海洋科学学院,上海 201306; 3. 广东省海洋与渔业环境监测中心,广东 广州 510220)

摘要: 基于2004年3月本底调查和2007年5月以及2010年8月跟踪调查的结果,对雷州乌石人工鱼礁渔业资源增殖效果进行了初步评价。结果表明,投礁后2007年和2010年礁区海域游泳生物种类数分别是投礁前的1.50倍和2.15倍;对比区海域游泳生物种类数分别是投礁前的1.27倍和2.00倍。投礁后礁区海域游泳生物资源密度分别是投礁前的2.13倍和3.00倍;对比区海域游泳生物资源密度分别是投礁前的0.46倍和1.96倍。投礁后,礁区和对比区海域的Pileou均匀度指数、Shannon-Winener多样性指数、Margalef种类丰富度指数均明显高于投礁前。投礁后,礁区和对比区海域鱼类成为第一优势种类群,在礁区还新增了一些经济种类。表明人工鱼礁投放后,礁区生产力得到了提高,群落结构变得复杂而稳定,渔业资源增殖效果和生态经济效益提升已有良好的体现。

研究亮点: 以往对人工鱼礁的研究大多集中在种类、资源密度和优势种等资源的方面,本底和跟踪调查时间跨度大多在5年之内。本文调查时间跨度为6年,在比较资源变化的同时还比较了海域生态效果的变化,评估了雷州乌石生态保护型人工鱼礁的效果。

关键词: 雷州乌石;人工鱼礁;资源密度;多样性;效果评价

中图分类号: S 931.5

文献标志码: A

雷州乌石海域位于北部湾东北部,为亚热带海洋季风气候,海底平缓,生物种类繁多。沿湾地区居民多以捕鱼为生。过度捕捞、海洋环境污染、气候变化等原因,使得渔业资源衰退严重,海洋环境恶化^[1]。人工鱼礁是人为地在海底设置的构造物,能够为海洋生物提供良好的栖息、生长、繁殖的场所^[2]。通过建设人工鱼礁区,可以达到增殖渔业资源和改善海洋生态环境的目的。雷州乌石人工鱼礁区是湛江市重点建设的礁区之一,雷州乌石三期工程正在建设中。本文根据本底调查和跟踪调查的结果,初步评价了雷州乌石人工鱼礁区渔业资源增殖的效果,以期为该礁区的管理和进一步建设提供依据,为广东省乃至全国的人工鱼礁建设和科学研究提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 材料

本底调查和跟踪调查均设置了礁区站(5号站)和对比区站(6号站)2个站位(图1)。于2004年3月对雷州乌石人工鱼礁区进行了投礁前的本底调查,于2007年5月和2010年8月进行了投礁后的跟踪调查。各次调查均租用同一规格单船底拖网渔船。调查船主机功率为110.3 kW,总吨位为35 t。拖网周长28.8 m,上纲长10.2 m,网长16.2 m,袖网网目20 mm,囊网网目30 mm。每站放网2张、拖10 min、拖速3 n miles。

1.2 方法

游泳生物的调查和分析均按《海洋监测规范》

收稿日期: 2011-04-26 修回日期: 2011-05-24

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项经费项目(201003068)

作者简介: 袁华荣(1987—),男,硕士研究生,研究方向为渔业资源和海洋牧场。E-mail: yuanvally@163.com

通讯作者: 陈丕茂, E-mail: cpmgd@yahoo.com.cn

(GB 17378 - 2007)^[3]和《海洋调查规范》(GB 12763 - 2007)^[4]中规定方法进行。现场对全部渔获物进行种类鉴定和测量。

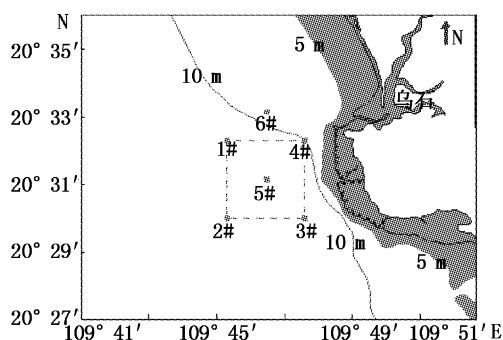


图1 乌石人工鱼礁区调查站位
Fig.1 Distribution of investigation stations of artificial reef in Wushi

渔业资源密度(D)采用底拖网扫海面积法^[5-6]估算,计算公式为:

$$D = \frac{C}{qa} \quad (1)$$

式中: D 为渔业资源密度(kg/km^2); C 为平均每网每小时拖网渔获量(kg); q 为网具捕获率(取0.5)^[7]; a 为每网每小时网具取样面积(km^2)。

采用 Pileou 均匀度指数(J')、Shannon-Winener 多样性指数(H')、Margalef 种类丰富度指数(R)来估算游泳生物群落多样性^[8-9]。

Pileou 均匀度指数计算公式:

$$J' = H' / \log_2 S \quad (2)$$

Shannon-Winener 多样性指数计算公式:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (3)$$

Margalef 种类丰富度指数计算公式:

$$R = \frac{S-1}{\ln N} \quad (4)$$

(2)~(4)式中: S 为各站渔获的种类总数; N 为各站总渔获尾数; P_i 为第 i 种的个体数与总个体数的比值。

2 结果

2.1 游泳生物种类组成变动情况

在礁区海域,投礁后2007年和2010年游泳生物种数由投礁前的26种分别增加到39种和56种,为投礁前的1.50倍和2.15倍。礁区本底调查鱼类种类数为16种,占当年渔获游泳生物种数的61.54%。投礁后,2007年和2010年跟踪

调查鱼类种数分别为25种和32种(图2),分别占游泳生物种数的60.00%和57.14%。礁区本底调查甲壳类种数为9种,占游泳生物种数的34.62%;投礁后,2007年和2010年跟踪调查甲壳类种数分别为11种和22种(图2),分别占游泳生物种数的31.43%和39.27%。礁区本底调查头足类种数为1种,占游泳生物种数的3.85%,投礁后,2007年和2010年跟踪调查头足类种数分别为3种和2种(图2),分别占游泳生物种数的8.57%和3.57%。

在对比区海域,投礁后2007年和2010年游泳生物种数由投礁前的22种分别增加到28种和44种,为投礁前的1.27倍和2.00倍。对比区本底调查鱼类种数为11种,占游泳生物种数的50.00%;投礁后,2007年和2010年跟踪调查鱼类种数分别为16种和22种(图2),分别占游泳生物种数的57.14%和50.00%。对比区本底调查甲壳类种数为8种,占游泳生物种数的36.36%;投礁后,2007年和2010年跟踪调查甲壳类种数分别为10种和19种(图2),分别占游泳生物种数的35.71%和43.18%。对比区本底调查头足类种数为3种,占游泳生物种数13.64%;投礁后,2007年和2010年跟踪调查头足类种数分别为2种和3种(图2),分别占游泳生物种数的7.14%和6.82%。

2.2 游泳生物资源密度变动情况

投礁后,礁区海域游泳生物各种类的资源密度均得到了较明显的增加(图3)。游泳生物资源密度由投礁前的 $707.15 \text{ kg}/\text{km}^2$,分别增加到投礁后2007年的 $1504.90 \text{ kg}/\text{km}^2$ 和2010年的 $2123.27 \text{ kg}/\text{km}^2$,分别是本底调查的2.13倍和3.00倍;其中鱼类资源密度由投礁前的 $308.22 \text{ kg}/\text{km}^2$,增加到投礁后2007年的 $648.13 \text{ kg}/\text{km}^2$ 和2010年的 $1160.52 \text{ kg}/\text{km}^2$,分别是本底调查的2.10倍和3.77倍。甲壳类资源密度由投礁前的 $371.24 \text{ kg}/\text{km}^2$,增加到投礁后2007年的 $792.93 \text{ kg}/\text{km}^2$ 和2010年的 $909.10 \text{ kg}/\text{km}^2$,分别是本底调查的2.14倍和2.45倍;头足类资源密度由投礁前的 $27.70 \text{ kg}/\text{km}^2$,增加到投礁后2007年的 $63.84 \text{ kg}/\text{km}^2$ 和2010年的 $53.65 \text{ kg}/\text{km}^2$,分别是本底调查的2.31倍和1.94倍。

投礁前后,对比区游泳生物的资源密度变动不呈规律性(图3),投礁后,2007年和2010年跟

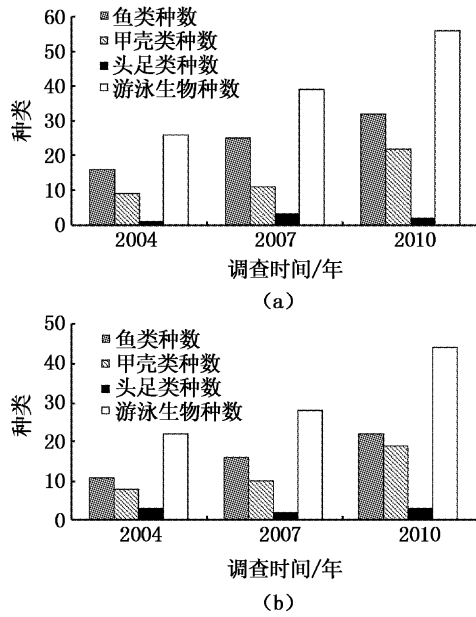


图2 礁区(a)和对比区(b)游泳生物种类组成变化

Fig. 2 Species comparison changes of nekton in artificial reef area (a) and control area (b)

踪调查资源密度为本底调查的0.46倍和1.96倍。2007年跟踪调查鱼类、甲壳类和头足类的资源密度分别是本底调查的0.41倍、0.45倍和1.58倍;2010年的跟踪调查调查鱼类、甲壳类和头足类的资源密度分别是本底调查的1.20倍、2.48倍和8.14倍。

2.3 游泳生物生物多样性的变动

在礁区(图4),游泳生物J'呈现从2004年到2010年逐渐增加的趋势,投礁后2007年和2010年游泳生物J'分别是投礁前的1.40倍和2.17倍;游泳生物H'也呈现从2004年到2010年逐渐增加的趋势,投礁后2007年和2010年H'分别是投礁前的1.57倍和2.68倍;游泳生物R同样呈现从2004年到2010年逐渐增加的趋势,投礁后2007年和2010年R分别是投礁前的1.32倍和1.79倍。在对比区海域(图4),2007年和2010年游泳生物的J'分别是2004年的1.63倍和2.26倍;2007年和2010年游泳生物的H'分别是2004年的1.76倍和2.77倍;2007年和2010年游泳生物的R分别是2004年的1.30倍和1.79倍。

从生物多样性的3个指标来看,投礁后礁区海域和对比区海域生物群落结构趋于复杂与稳

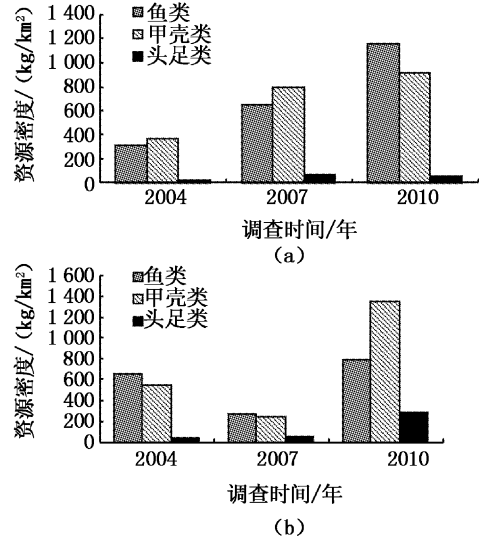


图3 礁区(a)和对比区(b)游泳生物各种类资源密度

Fig. 3 Resources density of nekton in artificial reef area (a) and control area (b)

定,礁区生物多样性的变化与种类数和资源密度的变化趋势基本一致。这显示出乌石人工鱼礁的建设已产生良好的资源增殖效果。

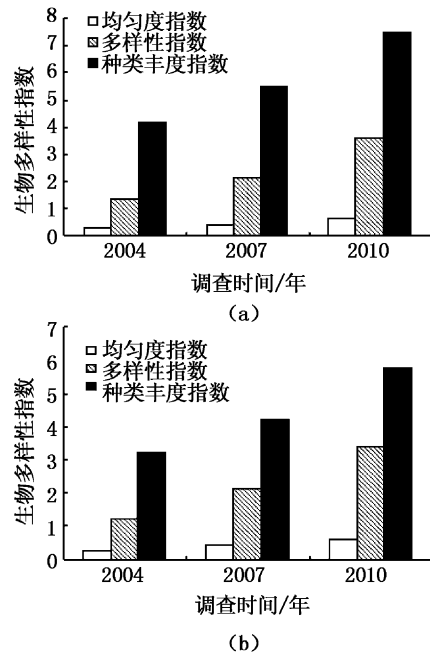


图4 礁区(a)和对比区(b)生物多样性指数的变动情况

Fig. 4 Biological diversity indexes changes in artificial reef area (a) and control area (b)

2.4 游泳生物优势种变动

投礁前和投礁后礁区海域和对比区海域优

势种类群和主要优势种发生了较明显的变动(表1)。2004年本底调查,礁区优势种类群依次是虾类、鱼类、头足类、虾蛄类和蟹类,第一优势种为须赤虾(*Metapenaeopsis barbata*),资源密度为317.62 kg/km²;对比区优势种类群依次为鱼类、虾类、虾蛄类、头足类和蟹类,第一优势种为宽突赤虾(*Metapenaeopsis palmensis*),资源密度为489.37 kg/km²。2007年跟踪调查显示,礁区优势种类群依次是鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类和头足类,第一优势种为须赤虾,资源密度为587.87 kg/km²;对比区优势种类群依次是鱼类、头足类、虾蛄类、虾类和蟹类,第一优势种为宽突赤虾,资源密度为135.95 kg/km²;2010年跟踪调查显示,礁区优势种类群依次是鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类和头足类,第一优势种为宽突赤虾,资源密度为390.16 kg/km²;对比区优势种类群依次是鱼类、头足类、虾类、蟹类和虾蛄类,第一优势种为宽突

赤虾,资源密度为472.28 kg/km²。

通过投礁前后调查的比较,投礁后礁区鱼类取代虾类成为第一优势种类群,且资源密度呈现出逐渐增加的趋势。与本底调查相比,投礁后2007年的跟踪调查显示,礁区新增了长颌棱鲷(*Thrissa setirostris*)、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)、斑头舌鲷(*Cynoglossoides puncticeps*)、美拟鲈(*Parapercis pulchella*)、刀额新对虾(*Metapenaeus ensis*)、变态蛄(*Charybdis variegata*)等种类;与2007年的调查相比,2010年在礁区新增了远海梭子蟹(*Portunus pelagicus*)、海鳗(*Muraenesox cinereus*)、尖嘴缸(*Dasyatis zugei*)、哈氏仿对虾(*Parapenaeopsis hardwickii*)、墨吉对虾(*Penaeus merguensis*)、鲷(*Platycephalus indicus*)等种类。可见,人工鱼礁的投放对聚集鱼类和甲壳类有一定的效果,经济种类及其资源密度增加。

表1 本底调查和跟踪调查礁区及对比区游泳生物主要优势种及资源密度

Tab.1 The dominant species and biomass density in artificial reef area and control area in background survey and tracking surveys

调查时间	调查站位	主要优势种及资源密度/(kg/km ²)				
2004	礁区	须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i>	带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengeri</i>	锯齿鳞鲷 <i>Onigocia spinosus</i>	杜氏枪乌贼 <i>Loligo duvaucelii</i>
		317.62	129.59	45.74	29.98	27.70
	对比区	须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i>	带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	黑鲷 <i>Sparus macrocephalus</i>	大鳞舌鲷 <i>Cynoglossus macrolepidotus</i>	斑鲷 <i>Clupanodon punctatus</i>
		489.37	254.10	194.10	79.99	66.58
2007	礁区	须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i>	短带鱼 <i>Trichiurus brevis</i>	短吻鲷 <i>Leiognathus brevirostris</i>	叫姑鱼 <i>Johnius dussumieri</i>	黄吻棱鲷 <i>Thrissa vitirostris</i>
		587.87	110.23	98.74	82.67	80.37
	对比区	须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i>	金乌贼 <i>Sepia esculenta</i>	康氏小公鱼 <i>Anchoviella commerson</i>	海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	断脊口虾蛄 <i>Oratosquilla interrupta</i>
		135.94	41.33	36.74	35.82	30.77
2010	礁区	宽突赤虾 <i>Metapenaeopsis palmensis</i>	勒氏短须石首鱼 <i>Umbrina russelli</i>	远海梭子蟹 <i>Portunus pelagicus</i>	杜氏叫姑鱼 <i>Johnius dussumieri</i>	尖嘴缸 <i>Dasyatis zugei</i>
		390.16	197.87	151.89	149.10	126.80
	对比区	宽突赤虾 <i>Metapenaeopsis palmensis</i>	远海梭子蟹 <i>Portunus pelagicus</i>	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	曼氏无针乌贼 <i>Sepiella maindroni</i>	近缘新对虾 <i>Metapenaeus affinis</i>
		472.28	272.14	250.54	237.58	169.19

3 讨论

关于人工鱼礁资源增殖效果的研究,国内外均有一些报道^[10-14],均表明投放人工鱼礁可使大量海洋生物聚集到鱼礁区,体现了人工鱼礁良好的聚集、养护和增殖资源的效果,同时也产生了可观的经济效益。本次对雷州乌石人工鱼礁资源增殖效果评价也得到了相似的结论。无论从种类数还是资源密度上看,礁区海域在投礁后都增加明显,表明人工鱼礁的投放确实起到了资源养护的作用。在对比区,投礁后游泳生物种类数增加明显;2007年跟踪调查显示,该海域资源密度低于投礁前,但在2010年跟踪调查中,又显示出了资源密度增加的现象,这可能是由于在对比区海域游泳生物的资源增殖效果不如在礁区海域明显,需经过较长时间后才能在对比区显示出较好的资源增殖效果;还可能是因为礁区礁体对游泳生物的诱集作用使得对比区游泳生物游向礁区,这与刘舜斌等^[12]观点相似。

研究群落结构的基本指数有多样性指数和相似性指数^[15],评价人工鱼礁海域生物群落结果,大多数学者采用多样性指数^[16-17]。文章对比了投礁前后礁区海域和对比区海域生物多样性指数的变动情况,从 J' 、 H' 、 R 3个指标来评估人工鱼礁对生物群落种类组成和结构的影响,无论在礁区海域还是在对比区海域,这3个指标均显示出了逐渐增加的趋势,表明人工鱼礁的投放使得海域渔业资源丰富度有所改善,生物群落结构趋向复杂而稳定,随着时间的推移,这种资源增殖效果越来越明显。而且这种效果已经从礁区海域逐渐扩散到对比区海域,充分体现了人工鱼礁良好的资源增殖效益和生态效益。

投礁后礁区海域优势种类群变化明显,鱼类逐渐取代虾类成为优势种类群,且资源密度远大于投礁前;投礁前后礁区的第一优势种均为甲壳类,投礁后甲壳类的资源密度高于投礁前;表明了人工鱼礁对于鱼类和甲壳类有良好的诱集效果,人工鱼礁可以为鱼类和甲壳类提供良好的生长环境和栖息场所。投礁后,礁区海域还出现了斑头舌鲷、海鳗、刀额新对虾、远海梭子蟹、墨吉对虾、鲷等本底调查未出现的优质经济种类,体现了人工鱼礁建设可为渔民带来可观的经济效益。

周艳波等^[18]论述了人工鱼礁生态诱集的机理,人工鱼礁对海域的物理环境和生物环境产生作用,人工鱼礁投放后产生的上升流将海底的营养盐带到光照充足的上层,促进了浮游生物的繁殖,提高了海域初级生产力。此外,人工鱼礁投放产生的诸多效应,如流场效应、饵料效应、阴影效应和音响效应等,均在不同程度上吸引游泳生物聚集,致使礁区海域生物量增加。鱼礁建设形成新的栖息地,生物聚集构成新的增殖生态系,二者共同作用形成良好的人工鱼礁生态系统。从雷州乌石人工鱼礁的调查结果来看,局部区域的良性生态系统已经形成。

2007年5月份跟踪调查和2004年3月份本底调查在月份上差异较小,可比性相对较强;2010年跟踪调查在8月份进行,与2004年3月份的本底调查存在时间上的较大差异,8月份正处于休渔季节,而且夏秋季渔业资源是一年中最高的季节,这样的对比结果存在一定的误差。雷州乌石海域大部分鱼类、头足类和甲壳类种类有较明显的冬夏季节深浅移动现象。3、5、8月水温的变化使得这些种类作深浅的交替运动。今后应在与本底调查相同的季节进行人工鱼礁区资源状况的系统跟踪调查并增加采样次数,以期更准确地评价人工鱼礁的资源增殖效果。各季节的跟踪调查应相应开展,以确定季节因素对人工鱼礁区的资源增殖效果的影响,从而更全面地评价人工鱼礁的效果。调查采用拖网,对鱼礁区近礁性鱼类的捕获很有效,但较难捕获到紧靠鱼礁生活的鱼类,这会使得这些鱼类在渔获中的比例下降,在今后的调查中,还需要增加刺网等多种调查方式,确保更全面准确地反应鱼礁区的资源状况。总的来说,雷州乌石人工鱼礁建设的初期效果已经得到较好的体现。

人工鱼礁养护、增殖渔业资源的效果受到水深、底质、流场、投放时间、投放规模和管理等因素影响^[7],其生态效益和经济效益需要经过较长时间才能明显体现,文章已初步表明雷州乌石人工鱼礁区渔业资源增殖的效果会越来越显著。

人工鱼礁场建设作为改善海洋生态环境和资源增殖的有效措施,应在我国沿海适宜的海域大力推广建设,今后的研究重点应是围绕如何提高礁区渔获物的质量、群落结构和生态系统稳定、鱼礁的投放对礁区周边海域的影响等方面的

进一步研究。

参考文献:

- [1] 王宏,陈丕茂,章守宇,等. 人工鱼礁对渔业资源增殖的影响[J]. 广东农业科学, 2009(8):18-21.
- [2] 陶峰,贾晓平,陈丕茂,等. 人工鱼礁礁体设计的研究进展[J]. 南方水产, 2008,4(3):64-69.
- [3] 张春明,徐昆灿,陈维岳,等. GB 17378—2007, 海洋监测规范[S]. 北京:中国标准出版社, 2008: 426-434.
- [4] 陈尚,李瑞香,朱明远,等. GB 12763—2007, 海洋调查规范[S]. 北京:中国标准出版社, 2007:5-10.
- [5] 陈应华,李辉权,陈丕茂,等. 大亚湾大辣甲南人工鱼礁区建设效果初步评价[J]. 海洋与渔业, 2007(7):13-15.
- [6] WILHM J L. Use of biomass units in Shannon's formula[J]. Ecology, 1968,49(1): 153-156.
- [7] 王宏,陈丕茂,李辉权,等. 澄海莱芜人工鱼礁集鱼效果初步评价[J]. 南方水产, 2008,4(6): 63-69.
- [8] 任一平,徐宾铎,叶振江,等. 青岛近海春、秋季渔业资源群落结构特征的初步研究[J]. 中国海洋大学学报, 2005, 35(5): 792-798.
- [9] 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(4):787-796.
- [10] 陈丕茂. 中山海域浮式人工鱼礁效果研究[J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 25(3):85-89.
- [11] 陈丕茂. 中山人工鱼礁区渔获物调查[J]. 热带海洋学报, 2005, 24(3):73-80.
- [12] 刘舜斌,汪振华,林良伟,等. 嵊泗人工鱼礁建设初期效果评价[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(3):297-302.
- [13] 安永义畅,乃万俊文,日向野纯也,等. 並型人工鱼礁における环境变动と鱼群生态[J]. 水产工学研究所研究报告, 1989, 10(1):1-35.
- [14] ROOHER J R, DOKKEN Q R, PATTENGILL C V, et al. Fish assemblages on artificial and natural reefs in the Flower Garden Banks National Marine Sanctuary, USA. [J]. Coral Reefs, 1997(16):83-92.
- [15] 斯广杰,陈丕茂,杜飞雁,等. 深圳杨梅坑人工鱼礁区投礁前后大型底栖动物种类组成的变化[J]. 大连海洋大学学报, 2010, 25(3):243-247.
- [16] 金显仕,邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性变化[J]. 生物多样性, 2000, 8(1):65-72.
- [17] SANTOS M N, MONTERIRO C C. The Olhao artificial reef system (south Portugal): Fish assemblages and fishing yield [J]. Fisheries Research, 1997(30):33-41.
- [18] 周艳波,蔡文贵,陈海刚,等. 人工鱼礁生态诱集技术的机理及研究进展[J]. 海洋渔业, 2010, 32(2):225-230.

Preliminary evaluation on resources multiplication of artificial reef in Wushi Leizhou

YUAN Hua-rong^{1,2}, CHEN Pi-mao¹, LI Hui-quan³, LI Xiao-guo¹, TANG Zhen-zhao¹, QIN Chuan-xin¹, YU Jing¹, SHU Li-ming¹

(1. *South China Sea Fisheries Research Institute, South China Sea Fishery Resources and Environment Observation Station, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300, Guangdong, China*; 2. *College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*; 3. *Guangdong Ocean and Fishery Environment Monitoring Center, Guangzhou 510220, Guangdong, China*)

Abstract: Resources multiplication was evaluated preliminarily based on 3 surveys carried out in March of 2004, May of 2007 and August of 2010 respectively. The results show that: after the development of artificial reef (ARs) in reef area, its species number was 1.50 times in 2007 and 2.15 times in 2010 of the number in background survey. The species numbers in control area were 1.27 times in 2007 and 2.00 times in 2010 of the number in background survey. Resources density in ARs area became 2.13 times in 2007 and 3.00 times in 2010 as many as in 2004. Resources densities in control area were 0.46 times in 2007 and 1.96 times in 2010 of density in 2004. Pileou uniformity index, Shannon-Winener diversity index and Margalef species richness index increased gradually after ARs were deployed in both ARs area and control area. Fish has become the dominant species in both ARs area and control area after ARs were deployed. Some kinds of economic species which did not appear in background survey became normal species in tracking surveys. It is concluded from those results that the fishery productively in ARs area has improved a lot, and the community structure has become multiplication and stabilization. The resources multiplication effect and economic effect of ARs in Wushi Leizhou have been proved to be efficacious.

Key words: Wushi Leizhou; artificial reef; resources density; biological diversity; effect evaluation