

不同人工鱼礁模型对花尾胡椒鲷的诱集效应

周艳波^{1,2}, 蔡文贵¹, 陈海刚¹, 陈丕茂¹, 吕国敏¹, 贾晓平¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东省渔业生态环境重点实验室, 农业部南海渔业资源环境重点野外科学观测试验站, 广东 广州 510300; 2. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 210306)

摘要: 为了解不同类型人工鱼礁的集鱼效果, 在试验水槽内观察 5 种鱼礁模型对花尾胡椒鲷 *Plectorhynchus cinctus* 的诱集效果。结果表明: 在未投放礁体模型时, 试验鱼的密集区均出现在水槽的左端(A1 和 A6 区), 出现率为 61.60%, 而试验鱼在空白礁区(A3 和 A8 区)的平均出现率低于 5%; 在 A3 和 A8 区中间放入鱼礁模型后, 鱼礁区(即 A3 和 A8 区)试验鱼的出现率分别上升至 32.53%(B 礁)、37.60%(C 礁)、20.93%(D 礁)、28.13%(E 礁)、29.20%(F 礁), 而原密集区 A1 和 A6 试验鱼的平均出现率分别下降至 29.47%(B 礁)、23.47%(C 礁)、33.60%(D 礁)、25.73%(E 礁)、42.93%(F 礁)。统计数据显示, 5 种礁体模型放入后, 礁区内试验鱼的平均出现率与投放前相比均大幅度提高, 说明 5 种模型礁对试验鱼均有较强的诱集效果, 其中有效空间较大, 遮盖效果较好的 C 礁的诱集效果最好。

关键词: 鱼礁模型; 花尾胡椒鲷; 集鱼效果

中图分类号: P735.54 文献标识码: A 文章编号: 1009-5470(2010)03-0103-05

Attraction effect of various artificial reef models on *Plectorhynchus cinctus*

ZHOU Yan-bo^{1,2}, CAI Wen-gui¹, CHEN Hai-gang¹, CHEN Pi-mao¹, LÜ Guo-min¹, JIA Xiao-ping¹

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, CAFS; Key Laboratory of Fishery Ecology Environment, Guangdong Province of China; Key Field Scientific Experimental Station of South China Sea Fishery Resource and Environment, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300, China; 2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Few studies have been conducted on the attraction effect of artificial reef on fish in China. In this study, five different artificial reef models were put into an experimental trough to observe behavioral responses of fish *Plectorhynchus cinctus*. The results showed that without artificial reef models in the trough, *Plectorhynchus cinctus* preferred to stay in the left-edge areas (Areas A1 and A6) of the trough. The average occurring rate of fish in Areas A1 and A6 was about 61.60%, while the average occurring rate of fish inside the no-reef areas (Areas A3 and A8) was less than 5%. After the artificial models were put into the middle of Areas A3 and A8 of trough, average occurring rates of fish inside the reef areas (Areas A3 and A8) increased to 32.53% (Model B), 37.60% (Model C), 20.93% (Model D), 28.13% (Model E) and 29.20% (Model F), while those in the left-edge areas (Areas A1 and A6) of the trough reduced to 29.47% (Model B), 23.47% (Model C), 33.60% (Model D), 25.73% (Model E) and 42.93% (Model F). The results showed that all of five artificial reef models had obvious attraction effects on *Plectorhynchus cinctus*, and Model C had the best attraction effects due to its large available room and shade space.

Key words: artificial reef model; *Plectorhynchus cinctus*; attraction effect

人工鱼礁是人们为了诱集并捕捞鱼类, 保护、增殖鱼类等水产资源, 改善水域环境, 进行休闲渔业活动等而有意识地设置于预定水域的构造物^[1]。中国现代人工鱼礁的建设, 起步于 1970 年后期, 目

前正处于大规模建设和发展阶段。然而, 对人工鱼礁集鱼效果的基础研究仍然是一个较为薄弱的环节。国内外对人工鱼礁集鱼效果的研究, 主要是通过海上资源调查和潜水观测等方式进行^[2–10]。国内

收稿日期: 2009-09-02; 修订日期: 2009-11-11。蔡卓平编辑

基金项目: 国家“863”计划项目(2006AA100303); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2007ZD03, 2009TS19)

作者简介: 周艳波(1983—), 男, 河南省周口市人, 硕士研究生, 研究方向为渔业环境及其调控。E-mail: zhouyanbo0804@126.com

通信作者: 贾晓平。E-mail: jiaxiaoping53@163.com

外少见采用模型试验来研究人工鱼礁对主要岩礁性鱼类行为影响和诱集效果的报道^[11-18], 而系统地进行人工鱼礁模型对鱼类诱集的对比研究更是未见报道。

花尾胡椒鲷 *Plectorhynchus cinctus* 是中国南海重要的岩礁性经济鱼种, 属暖温性近海中下层鱼类。近年来, 由于过度捕捞和环境变化, 其资源量急剧下降。因此, 采取必要的保护措施显得尤为重要, 包括通过投放人工鱼礁建设海洋牧场, 为这些典型的岩礁性鱼类营造适宜栖息的环境等。在此研究中, 笔者采用鱼类行为学的研究方法, 观测自然光照条件下 5 种不同人工鱼礁模型对花尾胡椒鲷的诱集效果, 以期为今后人工鱼礁的优化设计和海域人工鱼礁区实际集鱼效果的评价提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验用鱼

试验用鱼为南海海域自然生长的花尾胡椒鲷,

体长 7.1—10.5cm, 体重 15.2—25.1g; 选取 50 尾受试鱼在水槽中暂养 72h, 之后随机选取 30 尾进行试验。

1.2 试验装置

此试验在中国科学院大亚湾海洋生物综合实验站的棚遮式试验水槽中进行, 水槽规格为 4.0m×1.04m×0.80m(长×宽×高)。水槽底部用有色胶带将水槽内分割成间隔相等的 10 个区域, 编号 A1—A10(见图 1), 模型礁摆放在 A3 和 A8 的中间区域, 水槽右端为木质挡板, 左端为瓷砖贴面并且有一个长度为 0.7m 的 PVC 下水管。试验时水深保持在 0.7m, 实验过程确保连续水交换。

试验仪器主要包括: GW0107 彩色水下摄像系统、SONY T100 数码相机、ZDS-10 型照度计、YSI 556 型便携多参数水质检测仪、充气泵等。

1.3 模型礁

此次试验选取深圳杨梅坑人工鱼礁区实际投放的 5 种礁体制作模型, 结构示意图见图 2, 即方型对

A1	A2	A3 鱼礁	A4	A5
A6	A7	标志区 A8	A9	A10

图 1 试验水槽分区示意图

Fig. 1 Sketch of division of the experimental trough

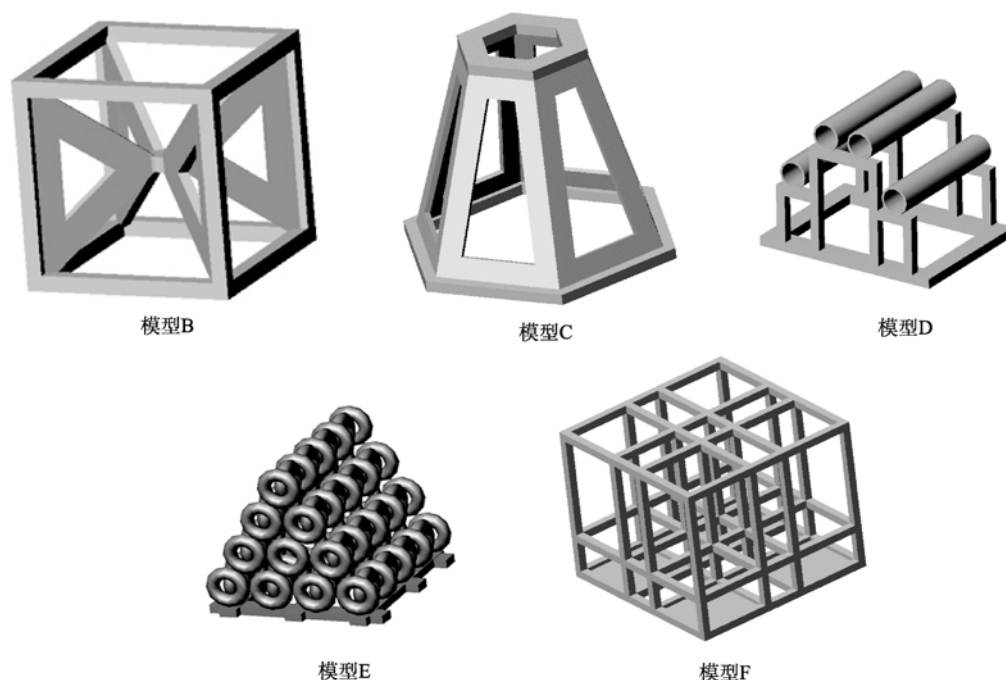


图 2 5 种礁体模型示意图

Fig. 2 Five artificial reef models used in the study

角中连式水泥礁(模型 B, 长×宽×高为 0.4m×0.4m×0.4m)、六面锥型罩式水泥礁(模型 C, 上边长×下边长×高为 0.20m×0.25m×0.4m)、塔型横管架式水泥礁(模型 D, 上面 4 根圆管材质为钢质, 长×宽×高为 0.4m×0.3m×0.3m)、三角柱型四层紧联式轮胎礁(模型 E, 直径为 0.1m 的小轮胎 70 个)、方型回字三层横架式水泥礁(模型 F, 长×宽×高为 0.5m×0.5m×0.4m), 模型体积为原礁体体积的 1/1 000。

1.4 试验条件

集鱼效果试验包括 1 个对照和 5 种礁体模型共 6 组试验, 对照组即试验条件相同但不放礁体。自然光条件下, 除晚上 6 点以后, 光照强度一般均在 100lx 以上, 最高可以达到 2 000lx。除 A1 和 A6 外, 其他区域光照强度区别不大, A1 和 A6 区域的光照强度则低于其他区域。每组试验观测时间为 8:00 到 20:00, 每 30min 用数码相机拍照一次, 每组试验共计观察 25 次, 并记录试验鱼在各区分布情况, 同时采用 3 台 GW0107 彩色水下摄像系统进行全程视频记录。试验期间, 水槽内的水温为 25.5—28.5 , 盐度为 23—30, pH 为 7.74—7.83。

1.5 数据处理

鱼的平均出现率(P)为鱼在某区出现的总次数占鱼在各区出现的总次数的百分比, 即

$$P = \left(\sum_{i=1} N_i / \sum_{i=1} n_i \right) \times 100\%$$

其中: N_i 为第 i 次($i < 30$)试验时鱼在某区的出现次数; n_i 为第 i 次($i < 30$)试验中鱼出现在各区的总次数。所获得的数据, 均在 DPS 中用方差分析中的 Duncan's 新复极差测验的多重比较方法进行比较分析。

2 实验结果

2.1 对照组(无礁体模型)试验

未投放礁体情况下, 试验鱼在水槽左端 A1 和 A6 区的平均出现率分别为 45.47%和 16.13%, 而在空白礁区的 A3 和 A8 区出现的概率仅为 2.67%和 0.93%(表 1)。统计检验结果表明, 鱼出现频次在左端的 A1 和 A6 区与其他区差异极其显著($P < 0.01$); 此外, 在空白鱼礁区的 A3 和 A8 区与 A5 和 A10 区也差异显著($P < 0.05$), 与其他区的差异均不显著。

根据上述试验结果可知, 对照组(无礁体模型)试验鱼大部分均出现在水槽的左端, 在 A1 和 A6 区的总出现率高达为 61.60%。

2.2 礁体模型诱集试验

与对照组(无礁体模型)试验相比较, 水槽内放入礁体模型后, 试验鱼在礁区的平均出现率均有所增加, 而在水槽的左端的出现率均有所下降(表 1)。

放入礁体模型 B 后, 礁区内 A3 和 A8 区的鱼平均出现率总计达到 32.53%, 而水槽左端 A1 和 A6 区的平均出现率下降到 29.47%。统计分析结果显示, 试验鱼在水槽左端 A6 区和与礁区的 A8 区的平均出现率与其他区域差异极其显著($P < 0.01$), A4 和 A5 区的平均出现率与其他区域的平均出现率差异显著($P < 0.05$)。

放入礁体模型 C 后, A3 和 A8 区的鱼平均出现率总计达到 37.60%, 而水槽左端的 A1 和 A6 区的鱼平均出现率则下降到 23.47%。另外, 除 A7 区外, 其他区域的鱼平均出现率均有所提高。统计分析显示,

表 1 试验鱼在各区的出现频次

Tab. 1 Occurring frequency of fish in each district in 5 models

区域	对照组	模型 B	模型 C	模型 D	模型 E	模型 F
A1	13.64±5.74aA	1.48±1.71bcB	3.16±3.78bcdBC	7.44±6.59aA	5.32±5.81aA	8.28±6.50aA
A2	2.60±3.66cBC	0.80±1.38cB	2.92±4.32bcdBC	1.72±4.37cBC	1.92±3.74bcAB	3.80±5.25bB
A3	0.80±0.86cC	3.04±1.67bcB	6.40±5.09aA	3.76±5.38bcABC	3.92±3.89abAB	4.80±2.87bB
A4	1.40±2.29cC	0.72±0.89cB	2.88±4.55bcdBC	1.32±3.40cC	2.64±5.45abcAB	0.24±0.66cC
A5	2.44±2.48cBC	0.76±0.93cB	1.80±3.5cdBC	1.80±3.93cBC	3.20±5.27abcAB	0.60±2.61cC
A6	4.83±4.55bB	7.36±5.94aA	3.88±3.46bcABC	2.64±4.34bcBC	2.40±3.80abcAB	4.60±4.47bB
A7	0.92±1.35cC	3.36±5.22bB	0.84±2.21dC	0.76±1.81cC	2.60±6.02abcAB	2.44±2.92bcBC
A8	0.28±0.79cC	6.73±5.83aA	4.88±4.18abAB	2.52±3.61bcBC	4.52±4.52abAB	3.96±2.23bB
A9	1.24±3.13cC	3.28±5.01bB	1.92±3.23cdBC	5.52±7.92abAB	2.88±6.38abcAB	0.76±3.41cC
A10	1.84±5.15cC	2.48±4.30bcB	1.32±2.78cdC	2.52±4.87bcBC	0.60±1.29cB	0.52±1.69cC

完全不同的小写字母表示同一种鱼(同一试验组)在不同区间平均出现率差异显著($P < 0.05$); 完全不同的大写字母表示同一种鱼(同一试验组)在不同区间平均出现率差异极显著($P < 0.01$)。

试验鱼在 A3 和 A8 区的平均出现率与 A6 区之间的平均出现率差异显著($P<0.05$), 与其他区之间的平均出现率差异极其显著($P<0.01$), 礁区试验鱼的出现频次占明显优势。

放入礁体模型 D 后, 礁区内 A3 和 A8 区的鱼平均出现率总计达到 20.93%, 而水槽左端 A1 和 A6 平均出现率下降到 33.60%。统计分析结果显示, 试验鱼在水槽左端 A1 区的平均出现率与其他区域的平均出现率差异极其显著($P<0.01$), A2 区的鱼平均出现率与其他区域的鱼平均出现率差异显著($P<0.05$)。试验鱼在整个水槽内分布比较分散。

放入礁体模型 E 后, 礁区内 A3 和 A8 区的试验鱼平均出现率总计达到 28.13%, 而水槽左端 A1 和 A6 区平均出现率下降到 25.73%。统计分析结果显示, 试验鱼在水槽左端的 A1 和 A4 区以及 A7 区的平均出现率与其他区域的平均出现率差异极其显著($P<0.01$)。

放入礁体模型 F 后, 礁区内 A3 和 A8 区的试验鱼平均出现率总计达到 29.20%, 而水槽左端 A1 和 A6 区平均出现率下降到 42.93%。统计分析结果显示, 试验鱼在水槽左端的 A1 区与礁区的 A3 和 A8 区的平均出现率与其他区域差异及显著($P<0.01$), 且其平均出现率明显高于其他区域。

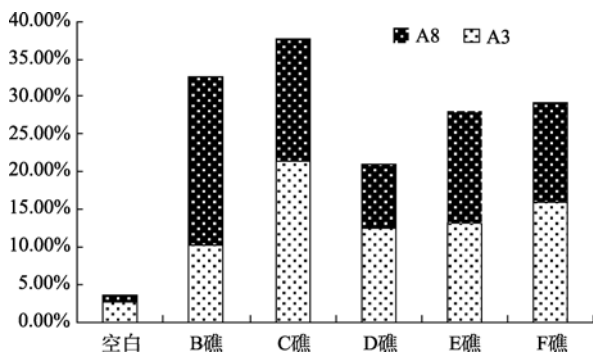


图3 A3 和 A8 礁区试验鱼的平均出现率

Fig. 3 Average fish occurring rates in artificial reef Areas A3 and A8

无礁体模型时水槽左端区域试验鱼的平均分布率最高, 但是在放入礁体模型后, 其分布率均有所下降, 而其他区域的分布率总体来说均有所上升, 其中试验鱼在模型礁区内(A3 和 A8 区)的平均分布率的上升最为明显。比较礁区内(A3 和 A8 区)试验鱼的出现概率(图 3)可知, 未放入礁体模型时试验鱼在空白礁区(A3 和 A8 区)的平均分布率均很低, 只

有 3.60%; 放入礁体模型以后, 礁区内的试验鱼在礁区(A3 和 A8 区)的平均分布率均大幅度提高, 达到 20%以上, 尤其在放入礁体模型 C 后, 礁区内的试验鱼(A3 和 A8 区)的平均分布率达到 37.60%。结果表明, 5 种礁体模型放入后, 礁区内试验鱼的平均出现率与投放前相比均大幅提高, 说明 5 种模型礁对试验鱼均有较强的诱集效果。另外对礁区内试验鱼的出现次数进行统计分析表明, C 礁与 D 礁投放后礁区试验鱼的平均出现率差异极其显著($P<0.01$), B 礁、F 礁、E 礁投放后试验鱼的平均出现率差异并不显著($P>0.05$)。因此, 从 5 种礁体投放后的结果对比看, C 礁效果最好, 其次是 B 礁、F 礁、E 礁, 而 D 礁效果最差。

3 讨论

田中惯等^[19]在对鱼礁渔场的鱼类生态进行研究, 认为鱼群的聚集活动与索饵和逃避行为密切相关; 鱼礁周围鱼的行为, 主要是由饵料密度、可能逃避空间以及索饵欲求等决定, 而逃避敌害、索饵和休息嬉戏则是鱼类幼稚时期的主要活动。

在未投放鱼礁模型时, 试验鱼大部分时间出现在水槽左端, 并且聚集成群在下水管周围游动, 这种现象可能与花尾胡椒鲷的生活习性有关, 花尾胡椒鲷属于中下层鱼类, 喜欢暗的区域, 而水槽的左端边角的光线比较暗。水槽左端为瓷砖结构, 另外此端有一根下水管, 增加了此端的表面积, 也增加了试验鱼的躲避空间, 因此试验鱼在未投放礁体以前大部分均在 A1 和 A6 区活动。陈勇^[11-12]等研究不同结构模型礁对许氏平鲷幼鱼 *Sebastes schlegelii* 的诱集效果以及模型礁对幼鲷 *Halotis*、幼海胆 *Hemicentrotus pulcherrimus* 行为的影响, 认为许氏平鲷幼鱼以及幼鲷、幼海胆均喜欢活动在阴影较多以及有利隐蔽的地方, 而且光照对其的影响较大, 这与试验的研究结果相一致。未投放礁体前, 试验鱼大部分出现在下水管旁边, 这可能与水槽内仅有一处阴影较大且有利于躲避角落有关。

放入礁体模型以后, 由于模型礁具有遮盖效果和阴影效果, 有利于试验鱼的躲避和栖息, 所以水槽左端试验鱼的平均出现率有所下降, 而礁区(A3 和 A8)试验鱼的平均出现率的提高幅度最大, 这与陈勇等^[11]、吴静^[13]、何大仁等^[14-15]的研究结果一致, 表明模型礁对试验鱼具有较强的诱集效果。

从 5 种礁体投放后的结果对比看, C 礁效果最

好, 其次是 B 礁、F 礁、E 礁, D 礁效果最差。这与试验礁体模型的结构与材质有关。C 礁为水泥材质, 且为口小底大的桶形结构, 其有效空间大且阴影遮蔽效果好, 所以集鱼效果最好; B 礁、F 礁有效空间也较大, 且材质为水泥结构, 与实际中的岩石较为类似, 因此效果较好; E 礁为轮胎橡胶模型, 阴影效果较好但有效空间较小, 不利于试验鱼的活动, 因此试验集鱼效果一般; D 礁部分材质为钢材, 且结构简单, 阴影遮蔽效果一般, 所以效果最差。另外花尾胡椒鲷是我国南海重要的岩礁性经济鱼种, 属暖温性近海中下层鱼类^[20], 所以材质为水泥, 有效空间较大, 遮盖效果较好的 C 礁对其诱集效果最好。

今后应加强以下几方面的研究工作: 1) 人工鱼礁对鱼类行为的影响; 2) 礁体的集鱼效果和鱼类本身生活习性(如触觉、听觉和嗅觉等)的关系; 3) 天气的改变和礁区周围水流的改变和海底底质、饵料生

物等复合因素对礁体集鱼效果的影响。

4 结论

1) 在未投放礁体模型时, 试验鱼的密集区出现在水槽的左端(即区域 A1 和 A6), 出现率为 61.60%(自然光), 而试验鱼在空白礁区(即区域 A3 和 A8)的平均出现率低于 5%。

2) 放入鱼礁模型后, 鱼礁区(即区域 A3 和 A8)试验鱼的出现率分别上升至 32.53%(B 礁)、37.60%(C 礁)、20.93%(D 礁)、28.13%(E 礁)、29.20%(F 礁), 而原密集区 A1 和 A6 试验鱼的平均出现率分别下降至 29.47%(B 礁)、23.47%(C 礁)、33.60%(D 礁)、25.73%(E 礁)、42.93%(F 礁)。

3) 统计数据显示, 5 种礁体模型放入后, 礁区内试验鱼的平均出现率与投放前相比均大幅提高, 进而说明 5 种模型礁对试验鱼均有较强的诱集效果, 其中以特点为有效空间较大, 遮盖效果较好 C 礁效果最好。

参考文献

- [1] 杨咨, 刘同渝, 黄汝堪, 等. 中国人工鱼礁理论与实践[M]. 广州: 广东科技出版社, 2005: 2.
- [2] 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): 65-69.
- [3] 张怀慧, 孙龙. 利用人工鱼礁工程增殖海洋水产资源的研究[J]. 资源科学, 2001, 23(5): 6-10.
- [4] BOHNSACK J A. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioral preference[J]. Bulletin of Marine Science, 1989, 44: 631-645.
- [5] WALKER B K, HENDERSON B, SPIELER R E. Fish assemblages associated with artificial reefs of concrete aggregates or quarry stone offshore Miami Beach, Florida, USA[J]. Aquatic Living Resources, 2002, 15: 95-105.
- [6] BOHNSACK J A, BANNEROT S P. A stationary visual census technique for quantitatively assessing community structure of coral reef fishes[R]. NOAA Techn Rep NMFS, 1986: 41-48.
- [7] MILLER M W, BARIMO J. Assessment of juvenile coral populations at two coral reef restoration sites in the Florida Keys National Marine Sanctuary: indicators of success [J]. Bull Mar Sci, 2001, 69: 395-405.
- [8] GODOY E A S, ALMEIDA T C M, ZALMON I R. Fish assemblage and environmental variables on an artificial reef north of Rio de Janeiro, Brazil[J]. ICES Journal of Marine Science, 2002, 59: 138-143.
- [9] LIN J C, SU W C. Early phase of fish habitation around a new artificial reef off Southwestern Taiwan[J]. Bulletin of Marine Science, 1994, 55(2/3): 1112-1121.
- [10] CONNELL S D. The relationship between large predatory fish and recruitment and mortality of juvenile coral reef-fish on artificial reefs[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1997, 209(1/2): 261-278.
- [11] 陈勇, 吴晓郁, 邵丽萍, 等. 模型礁对幼鲷、幼海胆行为的影响[J]. 大连水产学院学报, 2006, 21(4): 361-365.
- [12] 陈勇, 刘晓丹, 吴晓郁, 等. 不同结构模型礁对徐氏平鲷幼鱼的诱集效果[J]. 大连水产学院学报, 2006, 21(2): 154-157.
- [13] 吴静, 张硕, 孙满昌, 等. 不同结构的人工鱼礁模型对牙鲆的诱集效果初探[J]. 海洋渔业, 2004, 26(4): 394-398.
- [14] 何大仁, 丁云. 鱼礁模型对赤点石斑鱼的诱集效果[J]. 台湾海峡, 1995, 14(4): 394-398.
- [15] 何大仁, 施养明. 鱼礁模型对黑鲷的诱集效果[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1995, 34(4): 653-658.
- [16] 张硕, 孙满昌, 陈勇. 人工鱼礁模型对大龙六线鱼和许氏平鲷幼鱼个体的诱集效果[J]. 大连水产学院学报, 2008, 23(1): 13-19.
- [17] 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.
- [18] 张伟, 李纯厚, 贾晓平, 等. 人工鱼礁附着生物影响因素研究进展[J]. 南方水产, 2008, 4(1): 64-68.
- [19] 田中惯. 鱼礁渔场における鱼类生态に門関する研究Ⅳ, 计量鱼探による鱼礁渔场附近の广域鱼群量调查[J]. 水产土木, 1985, 21(2): 9-16.
- [20] 李明德. 鱼类分类学[M]. 北京: 海洋出版社, 1998: 16.