

广东流沙湾游泳动物种群结构和生物多样性*

沈春燕 叶 宁 申玉春 曹伏君 徐 明

(广东海洋大学水产学院 湛江 524025; 海洋生态与养殖环境湛江市重点实验室 湛江 524025)

摘要 在流沙湾湾口设置双桩张纲张网对海湾游泳动物进行 16 次采样调查, 结果表明: 流沙湾有游泳动物 161 种, 隶属 3 纲 13 目 55 科, 其中: 鱼类 9 目 43 科 100 种, 虾类 2 目 5 科 32 种, 蟹类 1 目 4 科 20 种, 头足类 2 目 3 科 9 种, 鱼类种类 8 月初最多, 1 月初最少; 虾类种类 10 月底最多, 1 月底最少; 蟹类种类 8 月初最多。16 次采样共捕获虾类 604121 尾, 1024kg; 鱼类 201339 尾, 1344.7kg; 蟹类 15115 尾, 49.5kg; 头足类 947 尾, 9.9kg。游泳动物生物量最高值出现在 4 月底、5 月初和 8 月底, 最低值出现在 1 月底和 12 月底。游泳动物优势种依次为刀额新对虾、沙栖新对虾、多鳞鱚、近缘新对虾、短棘银鲈、孔鰕虎鱼、中型新对虾、短吻鲷、刀额仿对虾、黑鳃梅童鱼、角突仿对虾、东方箬鲷、黄斑蓝子鱼和银光梭子蟹。流沙湾游泳动物丰富度指数变化较大, 多样性指数、优势度值、均匀度值变化不大。流沙湾游泳动物的种群变动和水温关系密切, 在水温 29—32℃ 时的种群生物量最大。

关键词 流沙湾; 游泳动物; 种类组成; 优势种; 生物多样性; 水温

中图分类号 S931 **doi:** 10.11693/hyhz20150300086

流沙湾位于广东省湛江市雷州半岛西南部, 处于徐闻县西部、雷州市西南部交界海域(20°22'—20°31'N, 109°55'—110°1'E), 面积约 69 km², 是一个口小腹大呈北西向葫芦形的半封闭型海湾, 自然地理条件十分优越, 是我国海水珍珠贝苗和海水珍珠的重要生产基地之一(申玉春等, 2010a)。关于流沙湾生态环境的研究主要集中在浮游生物、菌类、贝类、大型海藻和海草方面(谢恩义等, 2009, 2010; 丁燊等, 2010; 王彦等, 2012; 张才学等, 2012; 柯盛等, 2013), 同时对马氏珠母贝养殖容量(朱春华等, 2011)、养殖结构优化与生态环境生物修复技术(申玉春等, 2010b)等也有相关研究, 但对于海湾水域游泳动物种群结构方面的研究尚未见报道。游泳动物是指在水层中能克服水流阻力自由游动的水生动物生态类群, 主要包括鱼类、哺乳动物、头足类、甲壳类, 以及爬行类和鸟类的少数种类(徐恭昭, 1984), 本文主要研究流沙湾鱼类、虾类、蟹类和头足类等四类游泳动物种类组成和生物多样性。多样性指数是评价一个地区生态系

统结构是否稳定、功能是否协调等因素的重要指标, 随着对海洋的开发和利用的重视, 对海湾生物多样性也进行了大量的研究, 目前主要研究分析了莱州湾渔业资源和优势种组成以及群落结构的变化(金显仕等, 2000), 长江口渔场水域的渔业生物群落结构季节变化(李建生等, 2004), 水温与海湾游泳动物分布、数量之间的关系, 对东海区中上层鱼类资源与海表温度关系也有很多研究(张甲等, 2004; 张月霞等, 2007), 但对流沙湾未见相关的研究报道。本文主要研究流沙湾鱼类、虾类、蟹类和头足类等四类游泳动物种类组成、生物多样性, 水温对流沙湾游泳动物种群变动的影响, 以期对流沙湾渔业资源可持续利用及渔业资源科学管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 调查采样方法

在流沙湾湾口设置双桩张纲张网(崔建章, 1997)采集游泳动物样品, 采样点用 GPS 定位(始点: N

* 广东省科技计划项目, 2011B031100012 号, 2012A020602050 号, 2011B020314008 号; 广东省海洋渔业科技推广专项, A201201102 号。沈春燕, 博士, 讲师, E-mail: 148389018@qq.com

通讯作者: 叶宁, 教授级高工, E-mail: zjiouyn@163.com

收稿日期: 2015-03-24, 收修改稿日期: 2015-11-27

20°26′13.9″, E 109°54′56.1″; 终点: N 20°26′13.8″, E 109°54′56.3″), 网具网口尺寸宽 35m, 高 10m; 总长 45m, 其中: 前段长 10m, 网目 3×3cm; 中段长 20m, 网目 2×2cm; 末端长 15m, 网目 1×1cm; 放网水深 15m。具体采样作业时间按潮汐规律设定(中国人民解放军海军司令部航海保证部, 2012), 在每月潮汐大潮期放网, 直至平潮时收网, 每个季节采样 4 次, 每次捕捞作业持续 6d, 每天起 1 网, 6d 总渔获为每次的渔获量, 周年共采样 16 次。记录总渔获量, 渔获量不超过 10kg 全取, 超过 10kg 按比例随机取 10kg, 渔获封装于泡沫箱内冰冻运回实验室, 依据文献进行分类和鉴定(戴爱云, 1986; 成庆泰等, 1987; 刘瑞玉等, 1988; 冯玉爱等, 1995; 蔡英亚等, 2006), 生物学数据和资料的采集按照国家标准《GB/T12763.6-2007 海洋调查规范》进行(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等, 2008), 水温数据来源于王彦等(2012)的调查成果。

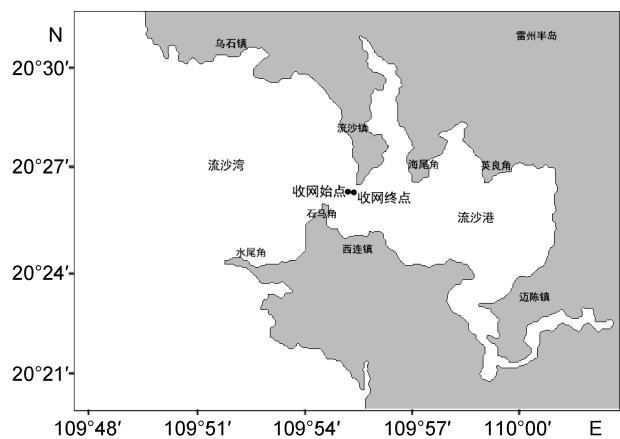


图 1 流沙湾采样点地理位置
Fig.1 The location of Liusha Bay

1.2 数据统计分析

优势度用 *IRI* 相对重要性指数(Pinkas *et al*, 1971) 计算, 并统计生物量和数量百分比以及出现频率; 生

物多样性指数(钱迎倩等, 1994)采用 Margalef (*D*)指数、Shannon-Wiener (*H'*)指数、Pielou (*E*)指数和 McNaughton (*D_w*)指数计算。鱼类、虾类、总渔获量与水温 *T* 之间的关系, 通过标准 K-S 检验渔获量加权累加频次分布曲线和水温的频次分布的经验累加频次分布曲线之间的差异程度, 确认水温与渔获量的关系, 然后划分两个不同水温区间并作 *t* 检验, 比较两个不同水温区间渔获量平均值差异显著水平($\alpha=0.05$), 数据用 SPSS 19.0 处理(Perry *et al*, 1994a, b)。

2 结果与分析

2.1 游泳动物种类组成

在 2008 年 5 月—2009 年 4 月一年间, 共采集生物样品 16 次(表 1), 经鉴定渔获物有游泳动物 161 种, 隶属 3 纲 13 目 55 科, 其中: 鱼类 9 目 43 科 100 种, 虾虎鱼科的种类最多(10 种); 虾类 2 目 5 科 32 种, 对虾科的种类最多(21 种); 蟹类 1 目 4 科 20 种, 梭子蟹科的种类最多(15 种); 头足类 2 目 3 科 9 种, 乌贼科的种类最多(4 种)。

鱼类 8 月初最多(*T*₄: 42 种), 1 月初最少(*T*₁₁: 16 种); 虾类 10 月底最多(*T*₈: 14 种), 1 月底最少(*T*₁₂: 5 种); 蟹类 8 月初最多(*T*₄: 10 种), 有 3 次没有捕获; 头足类出现的种类很少, 最多时有 2 种, 有 3 次没有捕获。

捕获出现频率较多的种类主要有: 短吻鲷(16 次)、孔虾虎鱼(15 次)、李氏鱼衔(15 次)、勒氏短须石首鱼(14 次)、多鳞鳢(13 次); 刀额新对虾(16 次)、沙栖新对虾(16 次)、近缘新对虾(12 次)、刀额仿对虾(12 次)、中型新对虾(11 次)和银光梭子蟹(11 次)。

2.2 游泳动物生物量和数量

流沙湾游泳动物 16 次采样, 共捕获虾类 604121 尾, 1024kg; 鱼类 201339 尾, 1344.7kg; 蟹类 15115 尾, 49.5kg; 头足类 947 尾, 9.9kg。在数量上虾类占绝对优势, 占总数量的 73.5%, 在生物量上鱼类占优势, 占总生物量的 55.4%(表 2)。

表 1 游泳动物种类数变化
Tab.1 Variation in the number of nekton species

采样第次	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
鱼类 fishes	27	36	20	42	18	34	20	27	31	17	16	17	29	19	29	31
虾类 shrimps	9	6	13	12	11	11	11	14	9	9	8	5	9	9	13	12
蟹类 crabs	2	0	8	10	0	3	2	2	2	1	0	1	1	5	5	9
头足类 cephalopodas	2	3	1	5	3	3	0	4	1	1	0	0	3	1	2	2
合计 subtotal	39	45	42	69	32	51	33	47	43	28	24	23	42	34	49	54

表 2 游泳动物的生物量(kg)和数量(万尾)
Tab.2 Nekton biomass (kg) and numbers (10⁴)

第次	水温(°C)	鱼类生物量	鱼类尾数	虾类生物量	虾类尾数	其它生物量	其它尾数	总生物量	总尾数
T1	29.3	369.3	4.33	58.9	2.79	24	16.24	452.2	23.36
T2	30.1	52.6	0.39	121.5	0.05	1.6	0.03	175.7	0.47
T3	31.8	35.2	0.65	5.0	7.26	3.1	0.01	43.3	7.93
T4	32.2	7.9	0.35	27.9	0.72	3.4	0.09	39.2	1.15
T5	31.1	145.4	0.36	96.7	0.57	0.0	0.06	242.1	0.99
T6	31.0	201.9	1.42	202.5	0.23	1.5	0.07	405.9	1.72
T7	30.7	18.1	2.96	225.8	1.91	0.0	0.06	243.9	4.93
T8	29.1	92.3	4.00	110.0	9.67	6.8	1.00	209.1	14.67
T9	27.1	12.1	0.35	109.2	11.80	0.6	0.23	121.9	12.38
T10	23.2	18.6	2.45	33.7	11.31	1.0	0.31	53.3	14.07
T11	20.2	10.5	0.11	4.2	0.04	0.8	0.01	15.5	0.16
T12	19.6	8.9	0.19	5.4	1.95	0.0	0.01	14.3	2.16
T13	22.7	40.6	0.08	1.4	0.14	3.0	0.02	45.0	0.24
T14	27.1	8.7	0.08	4.8	0.14	26.2	0.02	39.7	0.24
T15	28.6	24.9	0.25	33.1	0.84	3.5	0.08	61.5	1.18
T16	29.0	301.1	2.16	64.4	1.32	3.6	0.14	369.1	3.63

流沙湾游泳动物生物量最高值出现在 4 月底、5 月初和 8 月底, 这三个时间段占全年生物量的 48.5%; 最低值出现在 1 月底和 12 月底, 这段时间仅占全年生物量的 1.2%。海湾鱼类生物量变化趋势与总生物量一致。虾类生物峰值出现在 8 月底、9 月初, 低值出现在 1 月至 3 月和 7 月初。

2.3 游泳动物优势种组成

分析流沙湾渔获物组成发现有 8 种鱼、6 种虾、

1 种蟹的 IRI 值大于 100(表 3), 出现频率均在 50%以上, 依次为刀额新对虾、沙栖新对虾、多鳞鳢、近缘新对虾、短棘银鲈、孔鰕虎鱼、中型新对虾、勒氏枝鳃石首鱼、短吻鳐、刀额仿对虾、黑鳃梅童鱼、角突仿对虾、东方箬鲷、黄斑蓝子鱼和银光梭子蟹, 这 15 种生物为流沙湾游泳动物的优势生物种类。从类群上分析 6 种虾类 IRI 值共 7076, 远高于 8 种鱼类的 4650, 是优势种群。

表 3 游泳动物优势种特征值
Tab.3 Characteristic index of the main nekton species

	种类	W(%)	N(%)	F(%)	IRI
1	刀额新对虾 <i>Metapenaeus ensia</i>	10.5	16.4	100.0	2689
2	沙栖新对虾 <i>Metapenaeus moyebi</i>	7.4	10.3	100.0	1771
3	多鳞鳢 <i>Sillago sihama</i>	15.7	4.5	75.0	1515
4	近缘新对虾 <i>Metapenaeus affinis</i>	7.8	10.5	68.8	1255
5	短棘银鲈 <i>Gerres lucidus</i>	5.2	5.5	75.0	806
6	孔鰕虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	4.9	2.6	87.5	654
7	中型新对虾 <i>Metapenaeus intermedius</i>	5.1	6.5	56.3	653
8	勒氏枝鳃石首鱼 <i>Dendrophysa russelli</i>	4.1	0.9	87.5	435
9	短吻鳐 <i>Leiognathus brevirostris</i>	2.4	1.9	100.0	431
10	刀额仿对虾 <i>Parapenaeopsis cultrirostris</i>	1.7	4.3	68.8	406
11	黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys niveatus</i>	2.9	2.6	68.8	371
12	角突仿对虾 <i>Parapenaeopsis cornuta</i>	1.5	2.6	75.0	303
13	东方箬鲷 <i>Brachirus orientalis</i>	2.8	0.9	75.0	274
14	黄斑蓝子鱼 <i>Siganus oramin</i>	1.6	1.3	56.3	165
15	银光梭子蟹 <i>Portunus argentatus</i>	1.1	0.9	62.5	128

W 为生物量; N 为密度; F 为出现频率。下同

生物量方面,多鳞鱖和刀额新对虾所占比例最高,分别为 15.7%和 10.5%,其它种类都在 10%以下;数量方面,刀额新对虾(16.4%)、沙栖新对虾(10.3%)、近缘新对虾(10.5%)、中型新对虾(6.5%)和短棘银鲈(5.5%)占种群密度较高,其它种类均在 5%以下(表 4)。

2.4 游泳动物生物多样性

流沙湾游泳动物丰富度指数(D)变化范围较大在

2.71—6.97 之间,在 11 月底最低(2.71),8 月初最高(6.97),全年平均为 5.96。多样性指数(H')随时间变化幅度不大,在 11 月初最低(0.66),4 月中最高(3.09),平均为 2.62。优势度值(D_w)变化在 0.21—0.72 之间,在 4 月中旬最低,11 月初最高,平均值为 0.37。均匀度值(E)变化在 0.06—0.33 之间,最低值出现在 11 月初,最高出现在 1 月初,平均值为 0.23(表 4)。

表 4 游泳动物生物多样性指数
Tab.4 Nekton biodiversity

第次	D	H'	D_w	E
T1	3.17	2.02	0.54	0.17
T2	3.90	1.82	0.43	0.16
T3	4.38	2.21	0.38	0.24
T4	6.97	2.06	0.47	0.21
T5	2.87	2.67	0.26	0.25
T6	4.20	2.73	0.29	0.23
T7	2.73	2.24	0.41	0.19
T8	3.88	2.39	0.52	0.20
T9	3.82	0.66	0.72	0.06
T10	2.71	1.82	0.51	0.18
T11	2.95	2.72	0.22	0.25
T12	3.22	2.64	0.24	0.24
T13	4.85	2.59	0.59	0.31
T14	3.58	2.58	0.32	0.28
T15	5.12	3.09	0.21	0.33
T16	5.05	2.30	0.37	0.31
平均	5.96	2.62	0.37	0.23

2.5 渔获物与水温关系

2 条不同水温曲线的 K-S 检验的差异性显著(表 5, $P<0.05$), K-S 检验结果表明鱼虾的渔获量(CUE)和总渔获量(CPUE)和水温关系密切。两个不同水温区间的渔获量均值、置信区间、显著性水平如表 6, $29^{\circ}\text{C} < T < 32^{\circ}\text{C}$ 时的 CPUE 显著大于 $19^{\circ}\text{C} < T < 29^{\circ}\text{C}$ 的 CPUE ($P<0.05$)。

表 5 渔获情况(CPUE)与水温的关系曲线 K-S 检验表
Tab.5 Kolmogorov-smirnov test table for correlations between CPUE and water temperature

项目	K-S 检验值	显著性(P)
鱼 PUE	2.16	0.001
虾 PUE	2.16	0.0001
总 CPUE	2.16	0.0002

表 6 不同水温区间的渔获量(CPUE)水平
Tab.6 CPUE levels in different water temperature zones

项目	水温区间($^{\circ}\text{C}$)	CPUE 均值(kg)	95%置信区间值(kg)		F 值	差异显著性
鱼 PUE	19.0—29.0	17.7571	9.9873	27.9285	14.2700	0.0300
	29.1—32.0	135.9778	54.0073	224.5210		
虾 PUE	19.0—29.0	27.4000	4.4857	61.7167	2.516	0.0300
	29.1—32.0	101.4111	54.8237	149.2271		
总 CPUE	19.0—29.0	50.1714	26.5183	78.9487	6.413	0.0500
	29.1—32.0	242.2778	149.2083	333.6907		

3 讨论

3.1 游泳动物种群变动

流沙湾游泳动物生物量最高值出现在 4 月底、5 月初和 8 月底, 湾内 4 月的平均水温从 23°C 升高到 28°C (王彦等, 2012), 对虾性腺及幼体发育多需要 25°C 以上的水温(王克行, 1997), 热带、亚热带鱼类生长、发育温度为 23—30°C (申玉春, 2008), 所以 4、5 月的水温开始适合流沙湾鱼、虾类生长和繁育。到 7 月渔获量大幅减少, 因为 7 月平均水温达到 32.2°C, 大多数成体鱼虾适宜水温都不超过 30°C。但虾类的幼体却适合在 30—32°C 的水体中发育、成长(王克行, 1997), 此时虾类的比例大幅上升。8—11 月流沙湾的水温在 27.1—31.1°C, 适合鱼虾的幼体迅速健康成长, 特别是虾类, 一直保持较高的比例。此时流沙湾游泳动物的生物量迅速增加, 9 月达到周年第二个高峰期, 直到 12 月水温迅速下降到 19.6°C, 大多数亚热带鱼虾不能适应低于 20°C 的水温(王克行, 1997; 申玉春, 2008), 流沙湾内的成体游泳动物洄游进温暖的外海, 种群数量大幅下降。更寒冷的 1 月、2 月湾内几乎没有游泳动物, 直到 3 月水温回升。

3.2 游泳动物种类组成与优势种

流沙湾 15 种主要游泳动物占绝对优势(W : 74.65%, N : 71.48%), 与同是北部湾的内湾英罗港(何源斌, 2002)相比, 两者都是虾类占数量优势, 鱼类占生物量优势, 而且虾类为优势种群, 说明内湾更适合虾类生长。英罗港以广盐性偏淡水的脊尾白虾和广盐性硬头骨鲷为主, 流沙湾以较典型的海洋动物新对虾类、多鳞鱉、短棘银鲈、孔鰕虎鱼等为主; 英罗港有洗米河、高桥河等江河水大量注入, 水质偏淡, 可滋生大量底栖藻类, 适合广盐偏淡水的杂食和植物食性动物生存; 流沙湾周边没有大的河流。流沙湾 15 种优势游泳动物中 6 种虾、1 种蟹主要营底栖生活, 东方箬鳎(平扁型)、孔虾虎鱼(棒形型)是底栖生活类型, 勒氏枝鳎石首鱼、短吻鳎、短棘银鲈是下位口, 主要是底栖动物食性。据此可以看出流沙湾的游泳动物的特点是营底栖生活和底栖动物食性的类型为主(N : 69.3%)。

3.3 游泳动物种群结构与多样性的季节动态

流沙湾游泳动物的物种多样性的丰富度指数有两个高峰, 其变化与游泳动物种群的变化大致相同, 但丰富度指数大幅波动略快于种群的大幅变动。丰富度值在 8 月初最高, 11 月底最低, 但从 8 月中到 11 月

初是流沙湾游泳动物高生物量持续时间最长的时期; 12 月底丰富度指数逐渐上升, 到 4 月中达到高峰, 5 月初全年游泳动物生物量最高的时段开始迅速下降, 直到 6 月底才回升, 到 8 月初到达最高值, 因此流沙湾游泳动物种群生物量最大时候物种的丰富度指数不是最高, 与钱迎倩等(1994)研究的结果一致; 流沙湾的多样性指数最高是在 8 月底, 是游泳动物生物量第二个高峰的最高点, 与 5 月初的第一个高峰点相比, 总量减少 46.7kg, 但 8 月底的种类数比 5 月初的数量多 12 种, 均匀度高 0.11, 多样性指数高 0.71, 优势度低 0.29, 高捕获量(超过 200kg)的时间多 50 天。多样性指数高说明种群的复杂程度高, 系统更稳定持久, 但大量种类均匀存在时不可能出现高的生物量(钱迎倩等, 1994), 10 月底游泳动物的物种多样性指数最低, 同时其均匀度也是最低, 而优势度最高, 同时也是不稳定的, 随后流沙湾内的生物量大幅减少, 直到翌年 4 月中, 4 月中是全年优势度最低, 均匀指数最高的时段。

4 月、5 月春季气候回暖, 饵料生物丰富, 大量游泳动物进入流沙湾繁殖, 其丰富度指数迅速增加, 但丰富度的增加不一定是稳定的, 不同生物的繁殖期不同, 而且繁殖期相互存在捕食现象, 所以多样性指数偏低。但丰富度增加后, 游泳动物生物量急剧增加, 达到全年最多, 由于系统的不稳定, 随着繁殖期的结束和水温迅速上升, 生物量迅速下降。到 8 月初游泳动物长大, 此时游泳动物的丰富度指数达到全年最高, 随后 8 月中流沙湾另一个生物量高峰期到来。由于流沙湾少大型肉食动物, 游泳动物相互主要是竞食, 在饵料充足的情况下各种游泳动物可以充分生长、生活, 此时系统多样性最高, 系统最稳定。随着游泳动物的个体不断长大, 部分游动捕食能力强、活动能力强的种类逐渐游向外海, 留下适合在湾内生活的种类, 到冬季 11 月此时丰富度指数、多样性指数、均匀度指数都是全年最低, 而优势度最高, 系统进入最不稳定时期。随着气温降低, 生物量大幅减少, 直至翌年 4 月。

与同在北部湾的英罗港(何源斌, 2002)相比, 流沙湾游泳动物种类繁多, 周年调查有 161 种, 而英罗湾仅 70 种, 流沙湾游泳动物的多样性指数和丰富度比英罗湾的略低, 均匀度略高。其物种指数多样性(H')处在钱迎倩等(1994)认为的稳定范围(1.5—3.5), 总体情况较好。这是因为流沙湾有大量的海草床, 为湾内生物提供了良好的栖息、躲避场所, 说明流沙湾的海洋海草生态系统的生物多样性可以媲美英罗湾的河

口红树林生态系统,是保护生物多样性和海洋生物繁育生长的重要场所。

3.4 游泳动物种群和水温的关系

海洋游泳动物的繁育、生长、摄食等都需要达到一定的有效积温才可以进行, K-S 检验结果表明流沙湾鱼虾的渔获量(CUE)和总渔获量(CPUE)与水温关系密切,该结果与大多数研究相一致。但本研究发现流沙湾水温在 29—32℃ 时的种群生物量最大,与张甲等(2004)、张月霞等(2007)认为海区表层水温 22—29℃ 时的渔业资源量最大的研究结果有显著不同。这是因为流沙湾是内湾,水深较浅,位置接近热带地区,在高温季节有效积温高,水温达到 29—32℃,适合游泳动物幼体的繁育和生长;而张甲等(2004)认为 22—29℃ 的水温适合游泳动物生活,因为他们研究的位置是外海,水温受气候影响较少,超过 29℃ 的机会少,适合游泳动物的成体生活。两者的差异是因为游泳动物的不同生活阶段对生态环境的要求不同而造成的,较高水温的海湾不仅适合游泳动物幼体生长,也可以防止成体的进入而大量捕食幼体。

参 考 文 献

- 丁 燊, 申玉春, 吴灶和等, 2010. 流沙湾海区异养菌和弧菌动态变化规律研究. 渔业现代化, 37(01): 20—24
- 王 彦, 申玉春, 叶 宁等, 2012. 流沙湾浮游生物的群落结构与时空分布. 广东海洋大学学报, 32(6): 66—73
- 王克行, 1997. 虾蟹类增养殖学. 北京: 中国农业出版社, 34—228
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会, 2008. GB/T12763.6-2007 海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查. 北京: 中国标准出版社, 56—62
- 中国人民解放军海军司令部航海保证部, 2010. 潮汐表(南海海区). H103: 166—168
- 申玉春, 2008. 鱼类增养殖学. 北京: 中国农业出版社, 7—8
- 申玉春, 李再亮, 黄石成等, 2010a. 流沙湾海域水产养殖结构与布局调查分析. 中国渔业经济, 28(1): 105—109
- 申玉春, 陈文霞, 朱春华等, 2010b. 流沙湾养殖结构优化与生态环境生物修复技术研究. 水产学报, 34(7): 1051—1061
- 冯玉爱, 张珍兰, 1995. 广东湛江沿海口足类的初步报告. 湛江水产学院学报, 15(1): 21—31
- 成庆泰, 郑葆珊, 1987. 中国鱼类系统检索(上、下). 北京: 科学出版社
- 朱春华, 申玉春, 谢恩义等, 2011. 湛江流沙湾马氏珠母贝的养殖容量. 热带海洋学报, 30(03): 76—81
- 刘瑞玉, 钟振如等, 1988. 南海对虾类. 北京: 农业出版社
- 李建生, 李圣法, 任一平等, 2004. 长江口渔场渔业生物群落结构的季节变化. 中国水产科学, 11(5): 432—439
- 何源斌, 2002. 红树林潮沟游泳动物的季节动态研究. 海洋通报, 21(6): 16—24
- 张 甲, 苏奋振, 杜云艳, 2004. 东海区中上层鱼类资源与海表温度关系. 资源科学, 26(5): 26—29
- 张才学, 陈慧妍, 孙省利等, 2012. 流沙湾海草床海域浮游植物的时空分布及其影响因素. 生态学报, 32(5): 1527—1537
- 张月霞, 苗振清, 卢占晖, 2007. 基于 GIS/RS 的东海南部渔场海表温度与中上层鱼类渔获量的关系. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 26(2): 34—37
- 金显仕, 邓景耀, 2000. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化. 生物多样性, 8(1): 65—72
- 柯 盛, 申玉春, 谢恩义等, 2013. 雷州半岛流沙湾潮间带底栖贝类多样性. 生物多样性, 21(5): 547—553
- 钱迎倩, 马克平, 1994. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社
- 徐恭昭, 1984. 游泳动物. 海洋科学, 01: 49
- 崔建章, 1997. 渔具与渔法学. 北京: 中国农业出版社
- 谢恩义, 申玉春, 叶 宁等, 2009. 流沙湾的底栖大型海藻调查. 广东海洋大学学报, 29(4): 30—35
- 谢恩义, 陈秀丽, 朱小江等, 2010. 流沙湾贝类资源调查. 广东海洋大学学报, 30(3): 39—46
- 蔡英亚, 谢绍河, 2006. 广东沿海的贝类(修订版). 汕头: 汕头大学出版社
- 戴爱云, 1986. 中国海洋蟹类. 北京: 海洋出版社
- Perry R I, Smith S J, 1994a. Identifying habitat association of the marine fishes using survey data: an application to the northwest Atlantic. Can J Fish Aquat Sci, 51: 589—602
- Perry R I, Stoker M, Fargo J, 1994b. Environmental effects on the distributions of groundfish in Hecate Strait, British Columbia. Can J Fish Aquat Sci, 51: 1401—1409
- Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K, 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Calif Dep Fish Game Fish Bull, 152: 1—105

POPULATION STRUCTURE AND BIODIVERSITY OF NEKTON IN LIUSHA BAY OF GUANGDONG, CHINA

SHEN Chun-Yan, YE Ning, SHEN Yu-Chun, CAO Fu-Jun, XU Ming

(Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China; Key Laboratory of Marine Ecology and Aquaculture Environment of Zhanjiang, Zhanjiang 524025, China)

Abstract Nektonic organisms of Liusha Bay were captured and investigated for 16 times by stow net with double-stake warp. Results showed that all captured 161 species were belonging to 3 classes, 13 orders and 55 families. Among these, there were 9 orders, 43 families and 100 species of fish, 2 orders, 5 families and 32 species of shrimp, one order, 4 families and 20 species of crabs, 2 order, 3 families and 9 species of cephalopods. The most species of fish were captured in August, and the least in January. The most species of shrimp were captured in October, and the least in January. And there were the most species of crabs in the early August. In all 16 sampling, there were captured shrimp 60412 individuals with total weight of 1024kg, captured fish 201339 individuals with total weight of 1344.7kg, captured crab 15115 individuals of total weight of 49.5kg, captured cephalopods 947 individuals with total weight 9.9 kg. The biomass of nektonic organisms reached peaks in the late April, the early May and late August. The lowest biomass of nekton emerged in late January and late December. Nektonic organisms lined in the prevalence order were as follows: *Metapenaeus ensia*, *Metapenaeus moyebi*, *Sillago sihama*, *Metapenaeus affinis*, *Gerres lucidus*, *Trypauchen vagina*, *Metapenaeus intermedius*, *Dendrophysa russelli*, *Leiognathus brevirostris*, *Parapenaeopsis cultrirostris*, *Collichthys niveatus*, *Parapenaeopsis cornuta*, *Brachirus orientalis*, *Siganus oramin*, *Portunus argentatus*. Richness values of nekton species showed great variations, but values of diversities, evenness and dominance varied little. Nekton population variation of Liusha Bay had close correlations with the water temperature. And when the temperature was 29—32°C, the biomass of nekton population reached the highest.

Key words Liusha Bay; nekton; species composition; dominant species; biodiversity; water temperature