

珠江口浮游动物分布特征研究

高原^{1,2}, 赖子尼¹, 王超¹, 庞世勋¹, 魏泰莉¹, 杨婉玲¹, 谢文平¹

(1. 中国水产科学研究院 珠江水产研究所, 广东 广州 510380; 2. 上海水产大学, 上海 200090)

摘要: 为研究珠江口浮游动物的时空分布变化特征, 于2006年至2007年间, 对珠江河口区丰水期(8月份)、平水期(11月份)、枯水期(2月份)的浮游动物进行采样分析。共采集浮游动物94种, 甲壳动物占绝对优势, 共鉴定出49种, 其中桡足类35种, 枝角类14种; 其次轮虫类有28种; 原生动物6种; 被囊动物和糠虾类各2种; 多毛类、螺类、水母类和异足类各1种; 还有3种未知种类。还发现浮游幼虫10类。珠江口浮游动物的优势种主要有河口半咸水种中华异水蚤(*Acartiella sinensis*)、指状许水蚤(*Schmackeria inopinus*)、中华窄腹剑水蚤(*Limnithona sinensis*)、短角异剑水蚤(*Apocyclops royi*)和轮虫类萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)、镰状臂尾轮虫(*Brachionus falcatus*)、前节品囊轮虫(*Asplanchna priodonta*)以及枝角类长额象鼻溞(*Bosmina longirostris*)。这些优势种多为耐污种类, 表明珠江口的水质已受到污染。依据珠江口不同水文期采样调查的物种多样性指数和均匀度指数, 浮游动物多样性指数在2007年2月枯水期最低, 2006年11月平水期最高。[中国水产科学, 2008, 15(2): 260-268]

关键词: 珠江口; 浮游动物; 种类组成; 物种多样性; 生物量

中图分类号: Q178.53

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)02-0261-09

珠江口地处亚热带, 是咸淡水交汇的水域, 受珠江径流、广东沿岸流和外海水的综合影响, 生态环境独特, 生物组成多样化^[1]。浮游动物是水产经济动物的重要饵料, 其种群动态变化和生产力的高低, 对于河口生态系统结构功能以及生源要素循环都有着十分重要的影响^[2]。近年来, 珠江口水域污染严重, 而且随着珠江三角洲地区经济的飞速发展, 珠江口水域的水文、水质及生态环境成为关注的热点, 因此有必要对珠江口浮游动物的生态状况进行及时监测。对珠江口浮游动物已经进行了较多的调查研究, 1980~1981年的中国海岸带和沿海滩涂资源综合调查^[3]、20世纪90年代中期的珠江及沿岸环境研究以及1999~2000年的珠江口污染调查^[4-5]等均对珠江口浮游动物群落组成和数量变化进行了研究。但对珠江口咸淡水交汇锋面处的浮游动物状况研究鲜有报导。本研究依据2006年8月、11月及2007年2月3个水文期在珠江口进行的调查资料, 对浮游动物的种类组成、数量分布及生物多样性进行了分析, 研究探讨了珠江口咸淡水交汇锋面处浮游动物的时空分布变化特征, 以

期为珠江口水域水生生态及未来珠江口生物资源的合理开发利用提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 研究区域与采样时间

于2006年丰水期(8月份)、2006年平水期(11月份)和2007年枯水期(2月份)在珠江河口区(东经113°33′至114°09′, 北纬22°12′至22°45′之间)布设8个站位(图1), 进行浮游动物的采样调查。

1.2 研究方法

浮游动物采集参照《淡水浮游生物研究方法》^[6], 大型甲壳类浮游动物定性样品用13号浮游生物网(孔径0.112 mm), 由底层至表层垂直拖拽收集得到; 小型及微型浮游动物的定性采用浮游植物定性定量样品, 采集100.0 mL水样加入10~15 mL鲁格氏液固定保存, 鉴定时浓缩至约30 mL。定量样品采用HQM-1型有机玻璃采水器, 取表层(离水面0.5 m)和底层(离水底0.5 m)水样各1 L混合后用25号浮游生物网(孔径0.064 mm)过滤, 并用5%的甲醛溶液固定, 带回实验室镜检。

收稿日期: 2007-07-06; 修订日期: 2007-10-11.

基金项目: 国家科技基础条件平台建设项目; 广东省科技计划项目(200420301015).

作者简介: 高原(1981-), 女, 硕士研究生, 主要从事浮游动物生态学方面的研究. E-mail: yuan175150@163.com

通讯作者: 赖子尼, 副研究员, 主要从事渔业生态保护研究. E-mail: znlai01@163.com

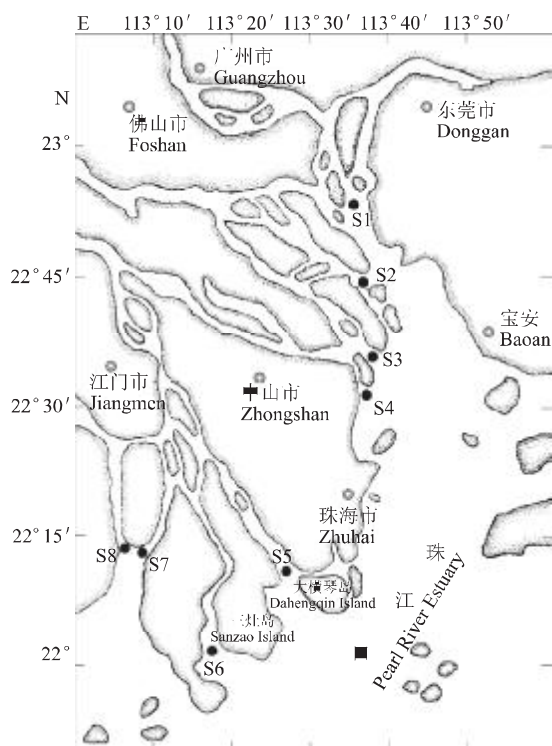


图1 珠江口调查站位分布

S1. 虎门; S2. 蕉门; S3. 洪沥门; S4. 横门; S5. 磨刀门; S6. 鸡啼门; S7. 虎跳门; S8. 崖门。

Fig.1 Distribution of sampling stations in Pearl River Estuary
S1. Humen; S2. Jiaomen; S3. Honglimen; S4. Hengmen; S5. Modaomen; S6. Jitimen; S7. Hutiaomen; S8. Yamen.

新鲜样品带回实验室后,立即用已知质量的玻璃纤维膜过滤,再用 6.5% 的等渗甲酸铵溶液漂洗,并用滤纸将标本吸到没有水痕的程度,迅速在

电子天平上先称其湿质量;然后将其放入烘箱(约 60 °C)中烘 24 h,放入干燥器中自然冷却至室温,最后在电子天平上称其干质量,本研究将干质量作为生物量)。

各类浮游动物的种类鉴定参照文献 [7-13]。

浮游动物的多样性指数、均匀度指数和优势度采用以下公式计算:

Shannon-Wiener 多样性指数

$$H = - \sum_{i=1}^S (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$$

式中, S 为种数; n_i 为第 i 种的个体数; N 为浮游动物总个体数。

均匀度指数 $J = H / \log_2 S$

式中, H 为 Shannon-Wiener 多样性指数; S 为种数。

优势度 $Y = n_i \cdot f_i / N$

式中, n_i 为第 i 种的个体数, f_i 是该种在各站位中出现的频率, N 为浮游动物总个体数。

2 结果与分析

2.1 种类组成

调查期间共发现浮游动物 94 种,浮游幼虫 10 类。在 94 种浮游动物中,甲壳动物占绝对优势,共鉴定 49 种,占总种数的 52.13%。其中桡足类 35 种,占总种数的 37.23%;其次为轮虫类,共鉴定 28 种,占总种数的 29.79%;此外,原生动物 6 种,被囊动物和糠虾类各 2 种,多毛类、螺类、水母类和异足类各 1 种,还有 3 种未知种类。各个种在不同站位的具体分布如表 1 所示。

表 1 3 个水文期珠江口浮游动物在各个站位的分布

Tab.1 Distribution of zooplankton at each station in Pearl River Estuary during three cruises

种名 Species	站位 Station							
	虎门 Humen	蕉门 Jiaomen	洪沥门 Honglimen	横门 Hengmen	磨刀门 Modaomen	鸡啼门 Jitimen	虎跳门 Hutiaomen	崖门 Yamen
披针纺锤水蚤 <i>Acartia southwelli</i>		+			+	+	+	+
中华异水蚤 <i>Acartiella sinensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
短角异剑水蚤 <i>Apocyclops royi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
低盐咸水剑水蚤 <i>Halicyclops aequoreus</i>		+						
宽足咸水剑水蚤 <i>Halicyclops latus</i>		+				+		
中华咸水剑水蚤 <i>Halicyclops sinensis</i>	+	+	+	+		+	+	+
鸟喙明镖水蚤 <i>Heliodyptomus kikuchii</i>		+						
垂饰异足水蚤 <i>Heterocope appendiculata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
中华窄腹剑水蚤 <i>Limnithona sinensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+

续表

种名 Species	站位 Station							
	虎门 Humen	蕉门 Jiaomen	洪沥门 Honglimen	横门 Hengmen	磨刀门 Modaomen	鸡啼门 Jitimen	虎跳门 Hutiaomen	崖门 Yamen
广布中剑水蚤 <i>Mesocyclops leuckarti</i>	+	+	+	+		+	+	+
梳齿后剑水蚤 <i>Metacyclops pectiniatus</i>		+	+			+		
跨立小剑水蚤 <i>Microcyclops varicans</i>		+		+	+	+		
锥肢蒙镖水蚤 <i>Mongolodiptomus birulai</i>		+			+		+	+
右突新镖水蚤 <i>Neodiptomus schmackeri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
模式有爪猛水蚤 <i>Onychocamptus mohammed</i>		+	+	+	+			+
矮小拟镖剑水蚤 <i>Paracyclops nana</i>	+	+	+		+	+		+
近亲拟剑水蚤 <i>Paracyclops affinis</i>		+						
钩指复镖水蚤 <i>Alloidiaptomus specillodactylus</i>					+			
灯泡许水蚤 <i>Schmackeria bulbosa</i>		+		+	+	+	+	+
球状许水蚤 <i>Schmackeria forbesi</i>		+	+		+	+	+	+
肥胖许水蚤 <i>Schmackeria inflata</i>	+	+	+		+	+	+	+
指状许水蚤 <i>Schmackeria inopinus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	+	+	+		+	+	+	+
汤匙华哲水蚤 <i>Sinocalanus dorrii</i>		+				+		
左指华哲水蚤 <i>Sinocalanus laevidactylus</i>		+				+		+
中华哲水蚤 <i>Sinocalanus sinensis</i>		+			+	+	+	+
长日华哲水蚤 <i>Sinocalanus solstitialis</i>		+		+	+	+		+
短尾温剑水蚤 <i>Thermocyclops brevifurcatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
透明温剑水蚤 <i>Thermocyclops hyalinus</i>		+						+
泽西近剑水蚤 <i>Tropocyclops jerseyensis</i>		+						
海洋伪镖水蚤 <i>Pseudodiptomus marinus</i>								+
等刺温剑水蚤 <i>Thermocyclops kawamurai</i>				+				
台湾温剑水蚤 <i>Thermocyclops taihokuensis</i>								+
长腹近剑水蚤 <i>Tropocyclops longiabdominalis</i>			+					
柯氏象鼻溞 <i>Bosmina coregoni</i>	+	+	+	+		+		
方形尖额溞 <i>Alona quadrangularia</i>			+					
长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
颈沟基合溞 <i>Bosminopsis deitersi</i>	+	+	+	+				+
方形网纹溞 <i>Ceriodaphnia quadrangula</i>		+	+					
脆弱象鼻溞 <i>Bosmina fatalis</i>			+					
隆线溞 <i>Daphnia carinata</i>	+							
直额裸腹溞 <i>Moina rectirostris</i>	+			+				
卵形盘肠溞 <i>Chydorus ovalis</i>		+						
短尾秀体溞 <i>Diaphanosoma brachyurum</i>	+	+	+	+	+		+	
长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>	+	+	+	+	+			
锯顶低额溞 <i>Simocephalus serrulatus</i>	+							
蓴花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
镰状臂尾轮虫 <i>Brachionus falcatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
剪形臂尾轮虫 <i>Brachionus forficula</i>	+	+	+	+	+	+	+	
奇异腕足轮虫 <i>Pedalia mira</i>		+			+	+	+	+
前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i>	+	+	+	+		+	+	+
角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>	+			+		+		+
矩形臂尾轮虫 <i>Brachionus leydigi</i>	+		+					
无常胶鞘轮虫 <i>Collotheca mutabilis</i>			+					

种名 Species	续表							
	站位 Station							
	虎门 Humen	蕉门 Jiaomen	洪沥门 Honglimen	横门 Hengmen	磨刀门 Modaomen	鸡啼门 Jitimen	虎跳门 Hutiaomen	崖门 Yamen
特异同尾轮虫 <i>Diurella insignis</i>							+	
圆盖柱头轮虫 <i>Eosphora thoa</i>						+		
锥尾水轮虫 <i>Epiphanes senta</i>						+	+	
透明须足轮虫 <i>Euchlanis pellucida</i>					+	+	+	+
长刺盖氏轮虫 <i>Kellicottia longispina</i>				+				
螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>			+		+			
曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>	+	+	+					
囊形单趾轮虫 <i>Monostyla bulla</i>	+							
腹棘管轮虫 <i>Mytilina mucronata</i>				+				+
郝氏雏甲轮虫 <i>Ploesoma hudsoni</i>						+		
裂足轮虫 <i>Schizocerca diversicornis</i>			+				+	+
拟三齿镜轮虫 <i>Testudinella paratridentata</i>						+		+
唇形叶轮虫 <i>Notholca labis</i>			+					
鳞状叶轮虫 <i>Notholca squamula</i>	+		+					
簇团胶轮虫 <i>Lacimularia flosculosa</i>			+					
脾状四肢轮虫 <i>Tetramastix opoliensis</i>			+					
长刺异尾轮虫 <i>Trichocerca longiseta</i>						+		
冠饰异尾轮虫 <i>Trichocerca lophoessa</i>						+		
暗小异尾轮虫 <i>Trichocerca pusilla</i>				+				
迈氏三肢轮虫 <i>Filinia maior</i>			+	+				
棘刺盾纤虫 <i>Aspidisca aculeata</i>			+	+			+	+
累枝虫 <i>Epistylis sp.</i>		+	+	+	+	+	+	+
叉棘刺胞虫 <i>Acanthocystis chaetophora</i>							+	
华丽针足虫 <i>Raphidiophrys elegans</i>							+	
白针足虫 <i>Raphidiophrys pallida</i>					+			
天兰喇叭虫 <i>Stentor coeruleus</i>						+		
小齿海樽 <i>Doliolum denticulatum</i>						+		
梭形纽鳃樽 <i>Salpa fusiformis</i>						+		

由表 1 可见,在珠江河口区 8 个口门均出现的浮游动物有 10 种,它们是中华异水蚤 (*Acartiella sinensis*)、短角异剑水蚤 (*Apocyclops royi*)、指状许水蚤 (*Schmackeria inopinus*)、中华窄腹剑水蚤 (*Limnoithona sinensis*)、萼花臂尾轮虫 (*Brachionus calyciflorus*)、长额象鼻溞 (*Bosmina longirostris*) 等。

在 3 个水文期采样调查中均出现的浮游动物有 16 种,它们是中华异水蚤 (*Acartiella sinensis*)、短角异剑水蚤 (*Apocyclops royi*)、指状许水蚤 (*Schmackeria inopinus*)、火腿许水蚤 (*Schmackeria poplesia*)、球状许水蚤 (*Schmackeria forbesi*)、

中华哲水蚤 (*Sinocalanus sinensis*)、中华咸水剑水蚤 (*Halicyclops sinensis*)、前节晶囊轮虫 (*Asplanchna priodonta*)、萼花臂尾轮虫 (*Brachionus calyciflorus*)、剪形臂尾轮虫 (*Brachionus forficula*)、柯氏象鼻溞 (*Bosmina coregoni*)、长额象鼻溞 (*Bosmina longirostris*) 等。

2.2 优势种

3 个不同水文期调查浮游动物的优势种,根据每个种的优势度值 (*Y*) 来确定, *Y* 值大于 0.02 的种类为 3 次调查的优势种^[14],调查结果如表 2 所示。

表 2 珠江口 3 个不同水文期浮游动物优势种
Tab.2 Dominant species of zooplankton in Pearl River Estuary during three cruises

水文期 Cruise	采样时间 Time	优势种 Dominant species	优势度 Dominance (Y)
丰水期 Flood period	2006. 08	中华异水蚤 <i>Acartiella sinensis</i>	0.224
		萼花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i>	0.156
		镰状臂尾轮虫 <i>Brachionus falcatus</i>	0.064
		前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i>	0.033
		长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i>	0.040
平水期 Mean-flow period	2006. 11	指状许水蚤 <i>Schmackeria inopinus</i>	0.156
		中华窄腹剑水蚤 <i>Limnoithona sinensis</i>	0.042
		中华异水蚤 <i>Acartiella sinensis</i>	0.071
		短尾温剑水蚤 <i>Thermocyclops brevifurcatus</i>	0.019
枯水期 Dry period	2007. 02	中华异水蚤 <i>Acartiella sinensis</i>	0.086
		指状许水蚤 <i>Schmackeria inopinus</i>	0.085
		中华窄腹剑水蚤 <i>Limnoithona sinensis</i>	0.063
		垂饰异足水蚤 <i>Heterocope appendiculata</i>	0.036
		短角异剑水蚤 <i>Apocyclops royi</i>	0.021
		萼花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i>	0.075

由表 2 可见,各水文期浮游动物优势种大多为桡足类,而且多为河口特有的半咸水种^[9],如中华异水蚤 (*Acartiella sinensis*)、指状许水蚤 (*Schmackeria inopinus*)、中华窄腹剑水蚤 (*Limnoithona sinensis*) 等。但在种类组成上,丰水期轮虫类和枝角类也比较丰富,在珠江口浮游动物组成上占有较大比例。

2.3 种类丰富度的时空分布

如表 3 所示,从采样时间看,3 个水文期珠江口浮游动物种类丰富度为 55~63 种,总计 94 种。以

平水期浮游动物种类最为丰富;其次为丰水期;枯水期种类最少。

在空间分布上,整个调查期间浮游动物种类丰富度的最大值出现在蕉门,为 57 种;其次是洪沥门和鸡啼门,分别为 55 和 53 种;最低值出现在磨刀门 (40 种)。

8 个站位不同水文期浮游动物的 3 种主要浮游动物类别种数分布如表 4 所示。平水期各站位桡足类种类普遍较丰富,枯水期各站位枝角类种类数较低。

表 3 3 个水文期珠江口浮游动物种类丰富度
Tab.3 Species abundance of zooplankton in three cruises in the Pearl River estuary

水文期 Cruise	时间 Time	站位 Station								总计 Total
		虎门 Humen	蕉门 Jiaomen	洪沥门 Honglimen	横门 Hengmen	磨刀门 Modaomen	鸡啼门 Jitimen	虎跳门 Hutiaomen	崖门 Yamen	
丰水期 Flood period	2006. 08	28	24	20	19	16	20	18	17	57
平水期 Mean-flow period	2006. 11	24	36	33	31	26	29	20	26	63
枯水期 Dry period	2007. 02	11	18	28	18	18	23	27	20	55
合计 Total		46	57	55	45	40	53	49	48	94

表 4 8 个站位不同水文期主要浮游动物的种数分布										
Tab.4 Taxa distribution of three main kinds of zooplankton at eight stations										ind
站 位 Station	丰水期 Flood period			平水期 Mean-flow period			枯水期 Dry period			总计 Total
	桡足类 Copepod	枝角类 Cladocera	轮虫类 Rotatoria	桡足类 Copepod	枝角类 Cladocera	轮虫类 Rotatoria	桡足类 Copepod	枝角类 Cladocera	轮虫类 Rotatoria	
虎门 Humen	7	6	9	10	5	4	7	0	0	48
蕉门 Jiaomen	9	5	4	24	4	4	11	0	2	63
洪沥门 Honglimen	7	2	5	12	8	5	10	2	9	60
横门 Hengmen	6	2	5	13	5	5	7	0	6	49
磨刀门 Modaomen	11	2	2	14	3	3	8	1	2	46
鸡啼门 Jitimen	8	2	4	17	2	4	11	0	6	54
虎跳门 Hutiaomen	8	2	4	12	1	2	10	0	6	45
崖门 Yamen	12	1	2	15	2	3	9	1	5	50

2.4 浮游动物种群密度的时空分布

如图 2 所示,种群密度最高值出现在枯水期,最低为丰水期。在空间分布上,整个调查期间浮游动物种群密度的最大值出现在鸡啼门,为 $154.45\times 10^3\text{ ind/m}^3$; 其次是虎门,为 $81.49\times 10^3\text{ ind/m}^3$; 最低值出现在横门,只有 $11.84\times 10^3\text{ ind/m}^3$ 。丰水期时浮游动物种群密度的最大值出现在虎门,为 $28.01\times 10^3\text{ ind/m}^3$; 最低值出现在洪沥门,只有 $2.29\times 10^3\text{ ind/m}^3$ 。平水期浮游动物种群密度的最大值出现在鸡啼门,为 $50.08\times 10^3\text{ ind/m}^3$; 最低值出现在横门,只有 $2.81\times 10^3\text{ ind/m}^3$ 。枯水期浮游动物种群密度的最大值出现在鸡啼门,为 $94.60\times 10^3\text{ ind/m}^3$; 最低值出现在崖门,只有 $1.43\times 10^3\text{ ind/m}^3$ 。

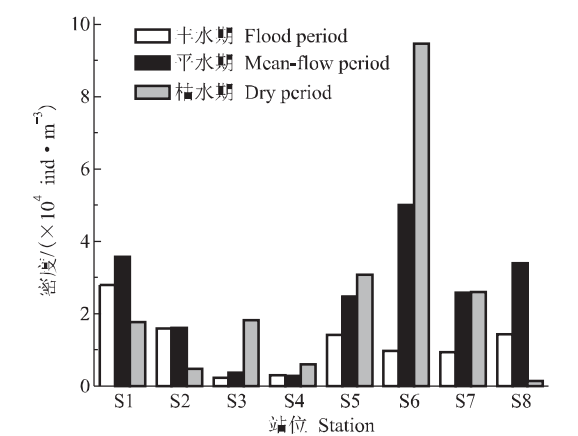


图 2 3 个水文期各站位浮游动物的种群密度
S1. 虎门; S2. 蕉门; S3. 洪沥门; S4. 横门; S5. 磨刀门; S6. 鸡啼门; S7. 虎跳门; S8. 崖门。
Fig.2 Population density of zooplankton in three cruises at each station
S1. Humen; S2. Jiaomen; S3. Honglimen; S4. Hengmen; S5. Modaomen; S6. Jitimen; S7. Hutiaomen; S8. Yamen.

2.5 浮游动物生物量的时空分布

如图 3 所示,生物量最高值出现在枯水期,最低为平水期。在空间分布上,整个调查期间浮游动物生物量最大值出现在崖门,为 0.277 3 mg/L ; 最低值出现在洪沥门,只有 0.029 5 mg/L 。丰水期时浮游动物生物量的最大值出现在磨刀门,为 0.132 9 mg/L ; 最低值出现在洪沥门,只有 0.010 0mg/L 。平水期浮游动物生物量的最大值出现在崖门,为 0.032 6 mg/L ; 最低值出现在磨刀门,只有 0.006 3 mg/L 。枯水期浮游动物生物量的最大值出现在崖门,为 0.132 8 mg/L ; 最低值出现在洪沥门,只有 0.012 0 mg/L 。

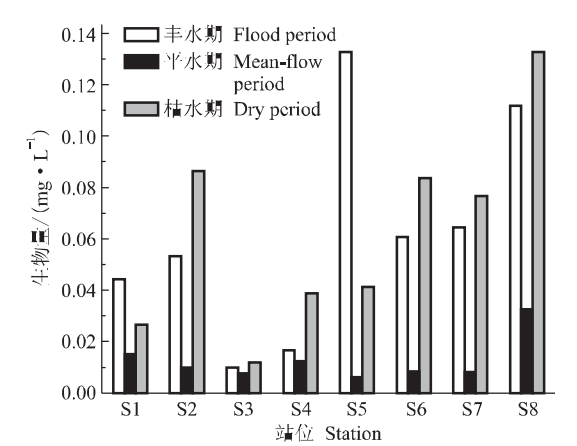


图 3 3 个水文期各站位浮游动物的生物量
S1. 虎门; S2. 蕉门; S3. 洪沥门; S4. 横门; S5. 磨刀门; S6. 鸡啼门; S7. 虎跳门; S8. 崖门。
Fig. 3 Biomass of zooplankton in three cruises at each station
S1. Humen; S2. Jiaomen; S3. Honglimen; S4. Hengmen; S5. Modaomen; S6. Jitimen; S7. Hutiaomen; S8. Yamen.

2.6 浮游动物的物种多样性

物种多样性是生物多样性在物种水平上的表现形式。物种多样性有两方面的含义,一是指一定区域内物种的总和,主要是从分类学、系统学和生物地理学角度对一个区域内物种的状况进行研究,可称为区域物种多样性;二是指生态学方面的物种分布的均匀程度,通常是从群落组织水平上进行研究。物种多样性是衡量群落规模和重要性的基础。种类越多,各个种个体数量分布越均匀,物种多样性指数越大。故多样性指数和均匀度指数可反映

物种多样性状况,采用 Shannon-Wiener 多样性指数 (H) 和均匀度指数 (J) 分别对珠江口 3 个季节的物种多样性指数和均匀度指数进行了计算,结果如表 5 所示。从表 5 可见,丰水期珠江口浮游动物种类数居中,优势种个体数量不多,多样性指数 (H) 和均匀度指数 (J) 值分别 2.917 5 和 0.673 2。平水期珠江口浮游动物种类数最多,空间异质性较高, H 和 J 值分别为 3.173 6 和 0.660 9。枯水期珠江口浮游动物种类数在 3 个水文期中最少,而且优势种数量较多, H 和 J 值分别为 2.880 1 和 0.672 1。

表 5 3 个水文期珠江口浮游动物多样性指数 (H) 和均匀度指数 (J)
Tab.5 Diversity index (H) and evenness index (J) of zooplankton in Pearl River Estuary during three cruises

水文期 Cruise	时间 Time	站位 Station								多样性 指数 H	均匀度 指数 J
		虎门 Humen	蕉门 Jiaomen	洪沥门 Honglimen	横门 Hengmen	磨刀门 Modaomen	鸡啼门 Jitimen	虎跳门 Hutiaomen	崖门 Yamen		
丰水期 Flood period	2006.08	3.228 2	3.530 3	3.148 2	3.173 3	2.125 1	3.014 2	2.640 6	2.479 7	2.917 5	0.673 2
平水期 Mean-flow period	2006.11	2.906 9	3.295 8	3.585 8	3.579 6	3.522 7	3.321 8	2.584 3	2.591 8	3.173 6	0.660 9
枯水期 Dry period	2007.02	2.584 9	3.424 9	2.811 3	1.886 7	2.774 9	2.959 2	3.591 7	3.007 1	2.880 1	0.672 1

2.7 浮游动物生态类群

根据浮游动物生态习性及其地理分布特点,珠江口的浮游动物可划分 4 个生态类群^[15]。

2.7.1 淡水类群 由典型的淡水种类组成。代表种类有右突新镖水蚤 (*Neodiptomus schmackeri*)、长日华哲水蚤 (*Sinocalanus solstitialis*) 和广布中剑水蚤 (*Mesocyclops leuckarti*) 等。在丰水期的内河口湾数量比较丰富,这些种类主要生活在淡水环境中,生活温度在 15~25℃ 范围内。

2.7.2 河口类群 由典型的河口低盐种类组成。代表种类有中华异水蚤 (*Acartiella sinensis*)、指状许水蚤 (*Schmackeria inopinus*) 等。这些种类主要生活在咸淡水交汇区,在内河口湾数量较丰富,丰水期径流量大时它们也能被淡水推移到河口外,生活区的盐度上限一般不超过 25,温度在 18~23℃ 范围内。

2.7.3 近岸类群 受广东近岸流和东北季风期间南下的闽浙沿岸流的影响,珠江口近岸类群种类复杂,适应的温、盐度范围较广,外河口区此类群较丰富,受潮汐影响也能进到内河口。近岸暖水种在此类群中占很大比例,能适应高温低盐环境。中华哲

水蚤 (*Sinocalanus sinensis*) 是这一类群的典型代表种类,随闽浙沿岸流在 10 月至翌年 4 月间出现在珠江口区。

2.7.4 广温广盐类群 这一类群适应的温、盐度范围较广,河口、近岸和外海区皆有分布。代表种类有披针纺锤水蚤 (*Acartia southwelli*) 和小齿海樽 (*Doliolum denticulatum*) 等。

调查水域浮游动物虽 4 种生态类群共存,但以河口类群居主导地位。淡水种类也有一定的优势,常在内河口受径流冲击较大的区域形成优势。

3 讨论

调查期间共鉴定浮游动物 94 种,甲壳动物占绝对优势,占总种数的 52.13%,其中桡足类 35 种,占总种数的 37.23%。而郭沛涌等^[14]2003 年对长江口的调查记录了浮游动物 87 种,在所有浮游动物中桡足类 31 种,占总种数的 35.63%。尹健强等^[15]2004 年对三亚湾的调查记录了浮游动物 118 种,桡足类占总种数的 42.64%。姜胜等^[16]2002 年对柘林湾的调查记录了浮游动物 60 多种,桡足类占总种数的

66.25%。因此,相比国内其他河口海湾而言,珠江口的浮游动物种类多样性处于一个中等水平。种类构成与其他河口海湾相似^[14-16],桡足类在所有浮游动物中占有较大优势。

各水文期浮游动物优势种大多为桡足类,以河口特有的半咸水种为主。而且从3个不同水文期的采样调查来看,珠江口浮游动物呈现各水文期优势种更替较大的特点。这与李开枝等^[1]在2002~2003年对珠江口海域进行的调查结果相似。丰水期珠江口各站位浮游动物中占绝对优势的基本为中华异水蚤(*Acartiella sinensis*),而在平水期和枯水期珠江口浮游动物中指状许水蚤(*Schmackeria inopinus*)大量出现,中华异水蚤数量相对降低,个别站位如鸡啼门平水期的优势种为中华窄腹剑水蚤(*Limnoithona sinensis*),洪沥门和横门在枯水期的绝对优势种均为蓼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)。

珠江口3个不同水文期采样的调查结果表明,在丰水期珠江口8个站位的浮游动物密度都处于较低水平,平水期的浮游动物密度均处于较高水平,枯水期除虎门、蕉门和崖门浮游动物密度降低之外,洪沥门、横门、磨刀门、鸡啼门、虎跳门浮游动物的密度又较平水期有所提高。这与尹健强等^[15]和姜胜等^[16]的研究结果不同(从丰水期到枯水期密度下降)。根据亚热带海域浮游动物丰度周年变动的一般规律,浮游动物的夏季低谷是因为春末夏初对饵料浮游植物的过度消耗引起夏季饵料供应不足所致^[17-18]。而大多站位枯水期浮游动物密度提高,是由于在枯水期这些站位蓼花臂尾轮虫等轮虫类的大量聚集所致。据研究臂尾轮虫属常存在于富营养水体,而异尾轮虫属则几乎是纯寡营养性,如蓼花臂尾轮虫(*B. calyciflorus*)的生态耐性较强,能适应不同的污染度而生存^[9]。枯水期洪沥门、横门、磨刀门、鸡啼门、虎跳门蓼花臂尾轮虫数量激增,其他臂尾轮虫的数量也较多,反映出这几个站位的水环境在该时期污染严重,水体营养化水平较高。

调查发现珠江口丰水期和枯水期浮游动物的生物量相当,约为平水期的4倍,这与各种类出现季节的不同密切相关。珠江口浮游动物几大类群出现的数量和生物量高峰不尽相同,丰水期大型桡足类占绝对优势,尤其是中华异水蚤(*Acartiella sinensis*)的大量出现使珠江口的浮游动物生物量处于一个高峰。平水期虽然物种多样性较高,但群

落构成以小型桡足类为主,而且各类幼体的较多出现使平水期珠江口浮游动物生物量处于一个低谷。枯水期出现一个生物量高峰,则与此时期个体较大的蓼花臂尾轮虫数量激增有关。珠江口不同的采样点其生物量的变化也大相径庭,这与水域环境的不同有很大关系。其中蕉门、磨刀门、鸡啼门、虎跳门和崖门5站位的生物量处于一个较高水平,原因可能是蕉门站位陆源物纳污较多,水体有机质丰富,适宜多种浮游动物生活,故而物种多样性也处于较高水平(表4)。后4站位(磨刀门、鸡啼门、虎跳门和崖门)的较高生物量是由于其位于珠江口西四口门,由此入海的珠江径流量较大,带来了丰富的供浮游动物生长的饵料之故。

一般情况下,自然界的生物群落往往由具有较多个体数的个别种类和具有较少个体数的多样种类组成。但在污染环境下群落中生物种类减少,耐污性种类个体数增多,因此,在受污染的环境中,群落的多样性少,而重复性高。根据多样性指数12为中等污染,2~3为轻污染,大于3为未污染的标准来判定^[19],丰水期和枯水期珠江口浮游动物多样性指数在2~3之间,只有平水期多样性指数大于3,故总体来说该水域为轻污染。从各个站位来讲,只有蕉门在3个水文期的多样性指数均大于3,表明此站位在调查期间水域环境保护较好,水体未受较大污染,而其他7个站位在不同水文期水体都有不同程度的污染。

参考文献:

- [1] 李开枝,尹健强,黄良民,等. 珠江口浮游动物的群落动态及数量变化[J]. 热带海洋学报,2005,24(5): 60-68.
- [2] 杨宇峰,王庆,陈菊芳,等. 河口浮游动物生态学研究进展[J]. 生态学报,2006,26(2): 576-585.
- [3] 国家海洋局,国家测绘局. 浮游动物图集[M]. 中国海岸带和海涂资源综合调查图集,广东省珠江口分册. 广州: 广东省地图出版社,1989,43-44.
- [4] Fu Y Y, Yin J Q, Chen Q C, et al. Distribution and seasonality of marine zooplankton in the Pearl River estuary[C]// Environmental Research in Pearl River and Coastal Areas. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1995, 25-33.
- [5] Tan Y H, Huang L M, Chen Q C, et al. Seasonal variation in zooplankton composition and grazing impact on phytoplankton standing stock in the Pearl River estuary, China[J]. Contin

- Shelf Res, 2004, 24 (16): 1 949-1 958.
- [6] 章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [7] 堵南山. 常见淡水枝角类检索 [M]. 北京: 科学出版社, 1973.
- [8] 中国科学院动物研究所甲壳动物研究组. 中国动物志·节肢动物门·甲壳纲·淡水桡足类 [M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [9] 蒋燮治, 堵南山. 中国动物志·节肢动物门·甲壳纲·淡水枝角类 [M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [10] 堵南山. 甲壳动物学 (上册) [M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [11] 王家楫. 中国淡水轮虫志 [M]. 北京: 科学出版社, 1961.
- [12] 郑重, 李少菁, 许振祖. 海洋浮游生物学 [M]. 北京: 海洋出版社, 1984.
- [13] 徐兆礼, 王云龙, 陈亚瞿, 等. 长江口最大浑浊带区浮游动物的生态研究 [J]. 中国水产科学, 1995, 2 (1): 39-48.
- [14] 郭沛涌, 沈焕庭, 刘阿成, 等. 长江河口浮游动物的种类组成、群落结构及多样性 [J]. 生态学报, 2003, 5 (23): 892-900.
- [15] 尹健强, 张谷贤, 谭烨辉, 等. 三亚湾浮游动物的种类组成与数量分布 [J]. 热带海洋学报, 2004, 23 (5): 1-9.
- [16] 姜胜, 黄长江, 陈善文, 等. 2000~2001年柘林湾浮游动物的群落结构及时空分布 [J]. 生态学报, 2002, 6 (22): 828-839.
- [17] Pan Y, Rao D. Impacts of domestic sewage effluent on phytoplankton from Bedford [J]. Mar Poll Bull, 1997, 34 (12): 1 001-1 005.
- [18] Dippner J W. Competition between different groups of phytoplankton for nutrients in the Southern North Sea [J]. J Mar Syst, 1998, 14 (1-2): 181-198.
- [19] 沈韞芬, 章宗涉, 龚循矩, 等. 微型生物监测新技术 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990: 134-137.

Distributing characteristics of zooplankton in Pearl River Estuary

GAO Yuan^{1,2}, LAI Zi-ni¹, WANG Chao¹, PANG Shi-xun¹, WEI Tai-li¹, YANG Wan-ling¹, XIE Wen-ping¹

(1. Pearl river fisheries research institute, Guangzhou 510380, China; 2. College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: Based on the data collected from three cruises during the flood (August, 2006), the mean-flow (November, 2006) and the dry (February, 2007) periods, the species composition, quantitative distribution and species diversity of zooplankton in the Pearl River Estuary were determined. Results showed that total 94 species were identified. Among them crustacean was the dominant group, containing 49 species. The zooplankton community was composed of 35 copepod species, 28 rotatoria species, 14 cladocera species, 6 protozan species and 2 species of both tunicata and euphausiacea, and one species of polychaeta, spiral, heteropoda and medusae in Pearl River Estuary. The dominant species from brackish estuarine were *Acartiella sinensis*, *Schmackeria inopinus*, *Limnoithona sinensis*, *Apocyclops royi*, *Brachionus calycifloru*, *Brachionus falcatus*, *Asplanchna priodonta*, *Bosmina longirostris*. The dominant zooplankton species were mainly pollution tolerant species which indicated that water in Pearl River Estuary has been polluted. Shannon-Wiener diversity index showed that the species diversity was lowest during the dry period and highest during the mean-flow period. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (2): 260-268]

Key words: Pearl River Estuary; zooplankton; species composition; species diversity; biomass

Corresponding author: LAI Zi-ni. E-mail: znlai01@163.com