

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2011.05.001

El Niño/La Niña 影响下北部湾海域浮游桡足类种类组成与多样性

廖秀丽, 杜飞雁, 李纯厚

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300)

摘要: 以1998年1月至1999年5月对北部湾海域进行的4个航次生态环境综合调查的资料为基础, 分析El Niño/La Niña期间北部湾四季浮游桡足类种类组成与多样性, 并对其与气候及海洋水文的关系进行初步探讨。结果显示, 调查期间共出现浮游桡足类122种, 其中32种周年出现, 以春(82种)、夏(84种)较多, 秋(52种)、冬(67种)较少; 四季共出现优势桡足类13种, 以广温广盐类型占主导, 除微刺哲水蚤(*Canthocalanus pauper*)外, 其余12种为季节性优势种; 冬、夏两季受El Niño影响较大, 优势种以中型桡足类为主; 秋、春季大型桡足类优势地位较高, 受La Niña影响明显; 北部湾浮游桡足类多样性较高。分析表明, 夏季北部湾水温和盐度对浮游桡足类群落多样性有一定影响, 但在其他季节, 这种影响不明显。

关键词: El Niño; La Niña; 桡足类; 种类组成; 多样性; 北部湾

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2011)05-0001-08

Species composition and diversity of planktonic Copepods in Beibu Gulf during El Niño/La Niña

LIAO Xiuli, DU Feiyan, LI Chunhou

(South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Abstract: In base of the data of 4 comprehensive investigations on the ecological environment in Beibu Gulf during 1998.1 ~ 1999.5, we analyzed the seasonal species composition and diversity of planktonic Copepods during El Niño/La Niña, exploring the relation between them and marine hydrology. The results reveal that 122 species of Copepod are identified, among which 32 species occurred yearly. The species of Copepod are found relatively more in spring (82) and summer (84), while less in autumn (52) and winter (67). Among the 13 dominant species in 4 seasons which are mostly eurythermal and euryhaline, 12 species are seasonal species except *Canthocalanus pauper*. The meso-copepods, the dominant species in winter and summer, are affected by El Niño. The macro-copepods, which take relatively high proportion in autumn and spring, are influenced by La Niña. The Copepods in the area was dominated by wide-temperature and wide-salt species. The diversity of the planktonic Copepods in Beibu Gulf is relatively high. Water temperature and salinity may affect the community diversity of Copepods in summer, but the impact is not obvious in the other 3 seasons.

Key words: El Niño; La Niña; Copepods, species composition, diversity, Beibu Gulf

1998年~1999年为强El Niño/La Niña年^[1]。网较底层的浮游动物(简称浮动)亦受到影响。研究气候异常使海洋环境状况发生改变, 处于海洋食物网较底层的浮游动物(简称浮动)亦受到影响。研究表明, 过去半个世纪主要的El Niño特别是1998

收稿日期: 2010-10-29; 修回日期: 2011-03-04

资助项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院南海水产研究所)资助项目(2008YD03, 2008TS03); 农业部渔业生态环境重点开放实验室开放基金项目(2005-4)

作者简介: 廖秀丽(1979-), 女, 助理研究员, 硕士, 从事渔业生态环境及浮游生物学研究。E-mail: xiuliliao@163.com

通讯作者: 李纯厚, E-mail: scslch@vip.163.com

年的 El Niño 在降低海洋浮动总生物量^[2-4]的同时,使生物个体变小^[5-6],中型浮动丰度降低^[7];亦有研究发现 El Niño 期间浮动总生物量未发生明显改变^[5,8-9]。1999 年 La Niña 期间浮动生物量突然升高^[8],大型浮动比例明显提升^[6],中型浮动丰度升高^[7],不同浮动类群生物量发生改变^[10-12]。气候异常作用于浮动的同时,亦对浮动中最主要的类群桡足类产生明显影响,研究表明,El Niño 对桡足类丰度和生物量影响很小^[1,10-11,13],但对其群落组成影响剧烈^[8],使俄勒冈州和北加州海域的桡足类在 1998 年几乎都为亚热带种,而正常年份是北方沿岸种占优势^[1,14]。La Niña 的影响几乎与 El Niño 相反,促使桡足类丰度、生物量急剧升高^[6,10-11,13-14],群落组成以北方沿岸冷水种为主^[1,14];亦有部分研究表明桡足类丰度和生物量在 El Niño/La Niña 期间保持稳定^[1,15],小个体桡足类在丰度和生物量方面受 El Niño 和 La Niña 的影响均较小^[15]。

北部湾(17°00'~21°00'N, 107°05'~109°35'E)为中国南海西北部的半封闭性海湾,属热带、亚热带气候,生物资源丰富,是南海著名的全年均宜作业的优良渔场之一。笔者根据 1998 年~1999 年调查所获资料,就 4 个季度对北部湾浮游桡足类的种类组成与季节变化、优势种及生态类群、多样性水平等方面进行分析,拟为深入了解并合理开发北部湾的渔业资源提供基础资料。

1 材料与方法

材料来源于 1998 年 1 月至 1999 年 5 月对北部湾海区进行的 4 个季度生态环境综合调查,四季站位略有不同,共布设 28 个站位(图 1)。其中春季 25 个(1999 年 2 月 3 日~5 月 9 日,除 7[#]、14[#]和 22[#]站),夏季 26 个(1998 年 9 月 8 日~9 月 19 日,除 18[#]和 22[#]站),秋季 24 个(1998 年 12 月 17 日~1999 年 1 月 19 日,除 16[#]、17[#]、18[#]和 22[#]站),冬季 17 个(1998 年 1 月 2 日~2 月 18 日,1999 年 1 月 17 日~1 月 19 日,除 1[#]~4[#],8[#]~11[#],13[#]、16[#]和 18[#]站)。浮动样品采集和处理均按《海洋调查规范》(GB 12763.6-2007)进行,用大型浮游生物网(网长 280 cm,网口内径 80 cm、网口面积 0.5 m²,筛绢 GG36、孔径 0.505 mm),由底层至表层垂直拖曳采集,加 5% 福尔马林溶液固定,按个体

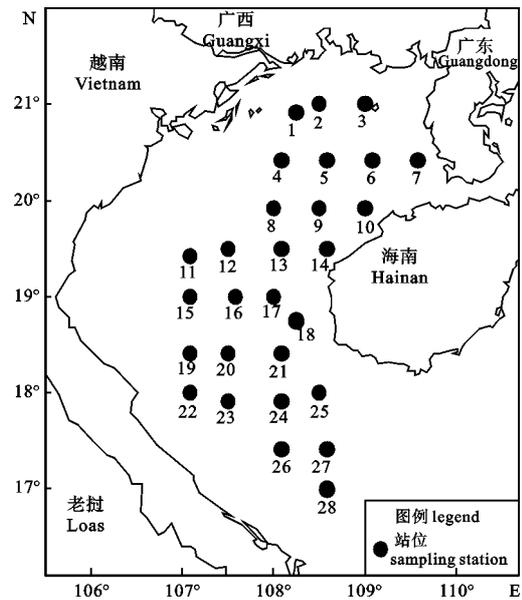


图 1 北部湾调查站位示意图

Fig. 1 Sampling stations in Beibu Gulf

计数法计数测定浮动样品中浮游桡足类的丰度(ind·m⁻³),并鉴定到种。种类优势度(Y)、优势种更替率(R)、群落相似性系数(P)、多样性指数(H')、均匀度指数(J)、多样性阈值(D_v)的计算公式分别参考文献[16-18],文中的水温(T)和盐度(S)均为由表至底的水柱均值。

2 结果

2.1 物种组成与季节变化

调查期间共鉴定出浮游桡足类 122 种,周年出现 32 种,占总种数的 26.23%。春、夏两季出现的桡足类种类较多,分别为 82 种和 84 种,秋、冬季出现 52 种和 67 种,种类相对较少。

春季大部份站位种类数在 10~20 之间,仅海南岛西南部和湾北部各有 1 个站超过 20 种;夏季以纬度 19°为界,以北的站位种类均少于 20 种,以南各站均多于 20 种,且出现了此调查中唯一超过 30 种的站次,与春季相比,夏季种类数超过 20 种的站位明显增多;秋季湾中部及南部湾口海域绝大部分站位在 10~20 种之间,湾北部不同站位出现种类数差别较大;冬季与春季相似,仅琼州海峡西北侧的一个站超过 20 种。四季浮游桡足类 P 值,春夏为 28.92%,夏秋为 25.74%,秋冬为 39.50%,冬春为 40.94%,均不超过 50.00%,可见四季的浮游桡足类群落在种类组成上的相似程

度不高(图2)。

2.2 优势种及生态类群

调查期间北部湾海域浮游桡足类共出现 13 种

优势种, 其中夏季出现最多, 达 8 种, 秋、冬两季均为 6 种, 春季最少, 仅 4 种(表 1), 其中前 11 种周年出现。

表 1 北部湾海域浮游桡足类优势种及优势度

Tab. 1 Dominant species and dominance index of planktonic Copepods in Beibu Gulf

优势种 dominant species	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter	生态类型 ecological type
驼背隆哲水蚤 <i>Acrocalanus gibber</i>				0.020	3
长角隆哲水蚤 <i>A. longicornis</i>		0.018		0.024	3
椭圆形长足水蚤 <i>Calanopia elliptica</i>		0.022			1
微刺哲水蚤 <i>Canthocalanus pauper</i>	0.041	0.069	0.090	0.154	2
叉胸刺水蚤 <i>Centropages furcatus</i>		0.181	0.030		2
亚强次真哲水蚤 <i>Subeucalanus subcrassus</i> *		0.029	0.120	0.059	1
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i> *	0.090		0.017		2
小唇角水蚤 <i>Labidocera minuta</i>		0.019			3
羽长腹剑水蚤 <i>Oithona plumifera</i>				0.019	1
异尾宽水蚤 <i>Temora discaudata</i>	0.047	0.038		0.029	1
锥形宽水蚤 <i>T. turbinata</i>			0.025		1
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i> *	0.023		0.023		1
奥氏胸刺水蚤 <i>C. orsinii</i>		0.028			3

注: *. 大型浮游; 1. 近岸低盐类型; 2. 广温广盐类型; 3. 高温广盐类型

Note: *. macro-zooplankton; 1. neritic and hypohaline type; 2. eurythermal and euryhaline type; 3. hyperthermal and euryhaline type

13 个优势种中仅微刺哲水蚤在 4 个季度均为优势种, 亚强次真哲水蚤和异尾宽水蚤在 3 个季度为优势种, 长角隆哲水蚤、叉胸刺水蚤、精致真刺水蚤和中华哲水蚤在 2 个季度属优势种, 其余 6 种仅在某一季占优势。这些种类随季节变化交替出现, R 值在秋-冬和春-夏均为 80.00%, 冬-春次之(75.00%), 夏-秋最低(61.54%), 均较大, 优势种季节更替明显; 而四季的 P 值均较低。浮游桡足类群落的种类组成与优势种的变化均受周围环境的影响, 这在一定程度上表明调查海域浮游桡足类群落所栖息的环境在四季中的变化较大。

春季出现 4 个优势种, 优势度差别较小, 以精致真刺水蚤优势度略高(0.090); 广温广盐类型占主导地位, 近岸低盐类型也有一定优势。夏季优势种猛增至 8 种, 叉胸刺水蚤的优势度超过桡足类幼体, 达 0.181, 为主要优势种; 优势种中 3 个类型均有出现, 但仍以广温广盐类型占优势。秋季优势种降至 6 种, 亚强次真哲水蚤优势度达 0.120, 为该季第一优势种; 微刺哲水蚤居第二位, 优势度为

0.090; 优势类型为近岸低盐类型和广温广盐类型。冬季亦出现 6 种优势桡足类, 微刺哲水蚤优势度最高; 广温广盐类型重新占优势。此次北部湾周年调查期间, 近岸低盐和广温广盐的优势种类四季均出现, 其中广温广盐类型在春、夏、冬三季均为主导优势类型, 四季唯一的共同优势种微刺哲水蚤亦属此类, 一定程度上印证了广温广盐类型在北部湾的长期优势地位。

冬季调查的 17 个站位中, 11 个站调查时间为 1998 年 1 月 2 日~2 月 18 日, 其余 6 个站为 1999 年 1 月 17 日~1 月 19 日, 即大部份站位的数据取自强 El Niño 期间; 秋季为跨年调查, 处于 El Niño 向 La Niña 的转换期; 夏季和春季分别位于典型的 El Niño 和 La Niña 期。异常的气候对优势桡足类组成产生了明显影响, 表现在冬季和夏季优势桡足类中大个体桡足类优势度百分比低, 分别为 19.3% 和 7.2%, 而秋季和春季急速上升至 52.4% 和 56.2%。这与 ESCRIBANO 等^[5]、GOERICKE 等^[6]和 LAVANIEGOS 等^[12]的研究结果类似, 在 1997 年~1998 年 El

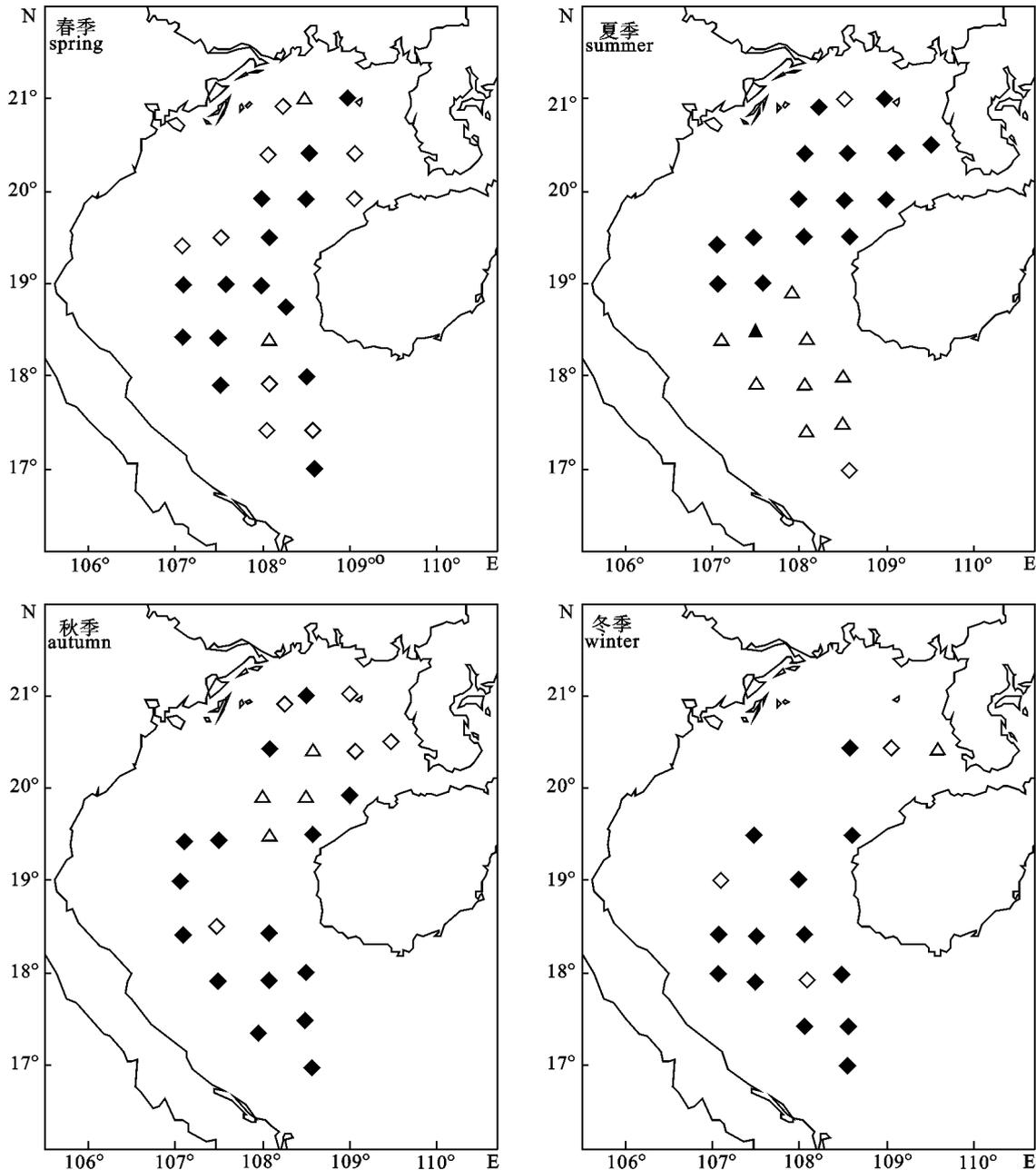


图2 四季浮游桡足类物种数空间分布图

◇. 5~10种; ◆. 11~20种; △. 21~30种; ▲. 31~35种

Fig.2 Seasonal spatial distribution of planktonic Copepods species in Beibu Gulf

◇. 5~10 species; ◆. 11~20 species; △. 21~30 species; ▲. 31~35 species

Niño 期间观察到水柱中大型浮动分布急剧减少,而在 1999 年 La Niña 期间却突然增多。

2.3 多样性水平

结果表明, H' 、 J 和 D_v 均以夏季最高, 春季次之, 秋季最低; 而这 3 个参数的波动幅度均以秋季最大(表 2), 一定程度上说明夏季桡足类群落较稳定, 秋季相对不稳定, 与物种组成分析结

果(夏季物种最多而秋季最少)相一致, 与用 R 值计算分析得出的结果(秋-冬 R 值最高)吻合; 各多样性水平指数在不同季节的差异与气候变化密切相关, 夏、春两季分别位于典型的 El Niño 和 La Niña 期间, 海域环境状况相对稳定, 而冬季和秋季则综合了 2 种异常气候的影响, 海域环境波动较大。

表2 北部湾海域浮游桡足类多样性指数 ($\bar{X} \pm SD$)

Tab. 2 Diversity indices of planktonic Copepods in Beibu Gulf

参数 parameter	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter	年均值 annual average
多样性指数 H' diversity index	2.655 ± 0.534 (1.827 ~ 3.751)	3.239 ± 0.573 (1.611 ~ 4.038)	2.533 ± 0.584 (1.350 ~ 3.695)	2.560 ± 0.499 (1.946 ~ 3.801)	2.747
均匀度指数 J evenness index	0.741 ± 0.104 (0.549 ~ 0.910)	0.798 ± 0.087 (0.537 ~ 0.933)	0.690 ± 0.127 (0.426 ~ 0.863)	0.692 ± 0.090 (0.526 ~ 0.840)	0.730
多样性阈值 D_0 diversity threshold	1.994 ± 0.572 (1.053 ~ 3.312)	2.619 ± 0.627 (0.865 ~ 3.512)	1.791 ± 0.631 (0.574 ~ 3.019)	1.801 ± 0.541 (0.115 ~ 2.974)	2.051
等级 level	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ

根据 D_0 来评价浮游桡足类的多样性等级, 夏季为Ⅱ级, 多样性丰富; 其余三季均为Ⅲ级, 多样性程度较好; 周年平均 D_0 为 2.051, 属Ⅲ级水平。总体而言, 北部湾海域浮游桡足类多样性较好, 不同区域和季节存在一定差异(图3)。

春季多样性普遍较好, 湾中、西南部为Ⅱ级, 东南湾口及湾西北角亦出现小范围的Ⅱ级, 其他海域多样性均为Ⅲ级; 夏季湾西南部由春季的Ⅱ级上升为Ⅰ级, Ⅱ级范围从东南湾口及湾西北角向湾中部扩展, Ⅲ级的范围局限于湾东北角及中部偏北的小部分海域, 北部湾整体多样性丰富; 秋季多样性明显变差, Ⅱ级范围继续由湾西北部向湾中部推进, 但在湾西北角处出现Ⅲ级的区域, Ⅲ级的范围从湾东北部扩展至中部及南部, 在海南沿岸和湾东北角的局部甚至出现Ⅳ级, 多样性水平在四季中最低; 冬季多样性逐渐升高, 表现为Ⅲ级的范围扩展至全湾, Ⅳ级则缩小到海南岛西南侧的小片海域, 湾的东北、东南及西南3个方位均出现Ⅱ级。

3 讨论

3.1 桡足类与降雨、水温和盐度的关系

北部湾降雨量在全年的分布呈双峰型, 表现为春雨季和秋雨季^[19]。大量的降水导致这两季沿岸冲淡水的影响加剧, 对浮游桡足类的影响表现为这两季的优势种均为广温广盐和近岸低盐类型。夏季台风带来的降水使海水盐度不高, 但同时西南季风盛行带来高温高盐的外海水进入北部湾, 表现为优势种中出现了高温广盐的类型。冬季虽然盛行东北季风, 但此时北部湾沿岸水势力弱, 外海水势力得以扩展入湾, 因此, 冬季的优势种中也出现了高温广盐的类型。

研究资料表明赤道太平洋 1998 年为强 El Niño, 其后的 1999 年为强 La Niña^[1]。气候对调查期间水温的影响明显, 四季平均水温分别为 22.24 °C、27.51 °C、23.06 °C 和 22.96 °C, 除夏季温度较高外, 其余三季均差别很小, 秋季与冬季水温差异仅 0.1 °C, 相比春季则高约 0.8 °C, 可见调查的冬季水温较高而 1999 年春季水温明显偏低。四季盐度分别为 33.20、32.44、33.11 和 33.33, 春、秋和冬季盐度相近且均略高于夏季。数据分析结果表明, 4 个季度中仅夏季的 H' 与水温及盐度显著相关 ($P < 0.01$, 相关系数分别为 -0.624、0.424), D_0 与水温相关系数为 -0.558 ($P < 0.01$) (图4), 而秋、冬季及春季多样性参数与水温及盐度均不具显著相关性。这表明夏季北部湾的水温和盐度对浮游桡足类群落的多样性有一定影响, 但在其他季节这种影响不明显。原因可能为调查期间大部份站位水深小于 60 m, 最深的站位不超过 100 m, 夏季温跃层出现在 30 m 左右, 春季在贴近底部(50 m)才出现温跃层, 而秋、冬两季水体混合均匀; 盐度分层不明显。El Niño 期间上升流较少, 海流较稳定, 在海洋环境稳定的条件下, 北部湾海域浮游桡足类的生长在夏季呈现出与水温、盐度的相关关系; 而在受 La Niña 影响的季节, 由于上升流增加, 水体垂直混匀程度大, 环境的扰动加剧, 桡足类的生长更多受海流影响。

桡足类卵的孵化主要受温度的影响。郑重等^[20]研究发现卵孵化率随种类而异, 并有不同程度的季节变化。在 4 个季度的调查中, 桡足类幼体在春、秋和冬季均占显著优势, 夏季其优势度略低于叉胸刺水蚤。北部湾属热带、亚热带海湾, 该调查的季度平均水温在 22 °C 以上, 夏季更是达到了

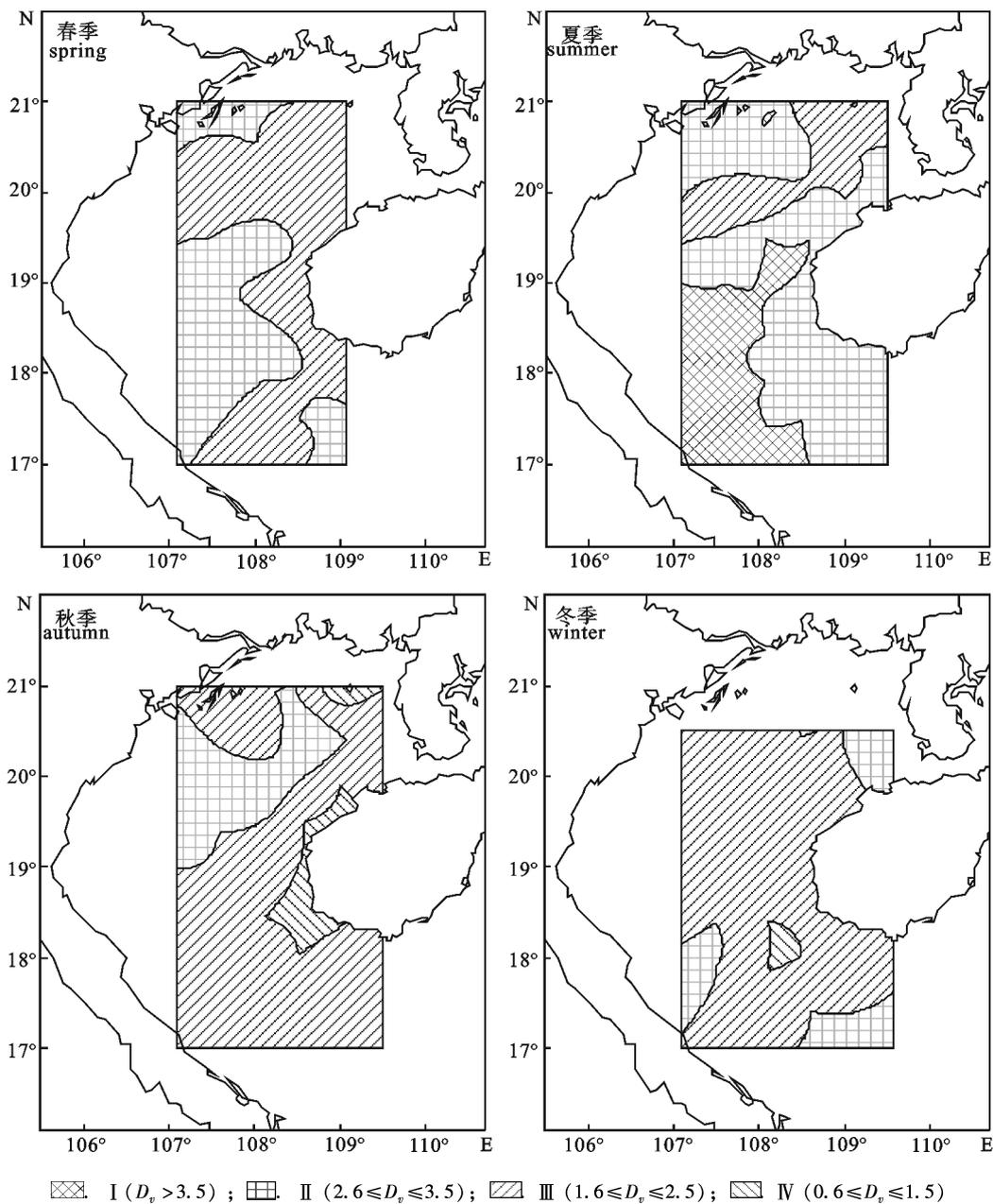


图3 北部湾浮游桡足类多样性水平分级评价图

Fig. 3 Evaluation chart of diversity level of planktonic Copepods in Beibu Gulf

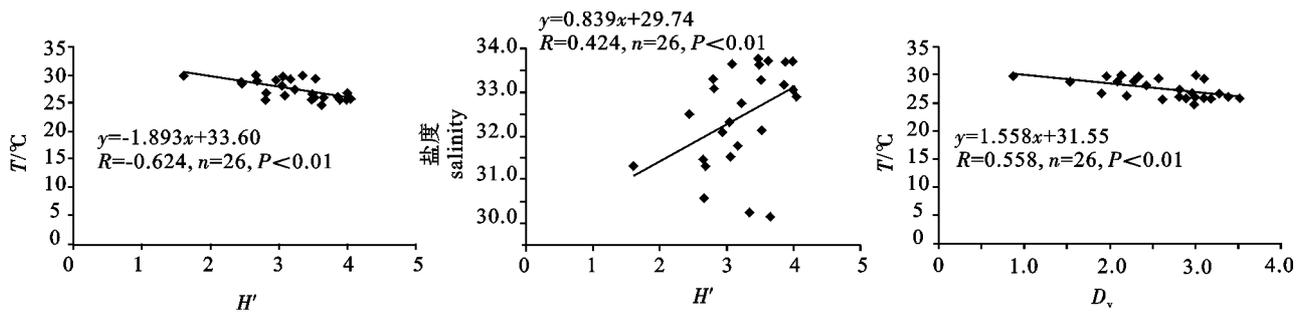


图4 夏季北部湾多样性参数与水温、盐度之间的相关分析

Fig. 4 Correlation analysis of diversity parameters of Beibu Gulf and water temperature and salinity in summer

27.51℃, 较高的水温一般有利于卵的孵化, 且该文的桡足类幼体包含了所有桡足类的幼体, 因此其优势度自然很高。

3.2 桡足类时间变化比较

2006年北部湾夏、冬两季出现浮游桡足类种类数分别比该调查多29种和17种, 主要因为2006年布设的站位更密集(表4)。各次调查的主要优势种更替明显, 主要优势种分别为叉胸刺水蚤(夏季)和微刺哲水蚤(冬季), 均为广温广盐类型, 优势种组成中大个体桡足类所占比例低; 而2006年亚强次真哲水蚤(近岸低盐类型)却占据了夏、冬两季的首要优势地位, 大个体桡足类的优势度在优势种中分别占57.1%和92.6%。优势种的差异主要由气候和海流的不同引起。该调查的夏、冬两季均受El Niño影响较大, 海水温度偏高, 因而桡足类以中型个体为主。影响北部湾的水系有沿岸水、外海水和混合水^[19], 1997年~1998年El Niño期间南海北部南风较强, 干旱少雨, 外海水对北部湾的影响增强, 陆地径流的影响减弱, 因而主要优势种均为广温广盐的类型。正常年份(如

2006年)冬季盛行东北季风, 南海北部沿岸流一支通过琼州海峡流入北部湾, 而后沿越南沿岸向南流动; 一支在海南岛南部伸入北部湾内, 并和越南沿岸流汇合一起向南流动, 因而此时北部湾海域主要受沿岸水体控制; 夏季西南季风带来大量降雨, 东部的雷州半岛和海南岛、北边的广西和西边的越南均给北部湾输入大量的径流, 因而夏、冬两季主要优势种均属近岸低盐类型。此外, 两季出现的优势种较多(夏季8种, 冬季6种), 而2006年优势种相对较为集中(夏季5种, 冬季4种); 部分优势种有延续的趋势, 如异尾宽水蚤、亚强次真哲水蚤、椭圆形长足水蚤(*Calanopia elliptica*)在2个夏季均为优势种, 微刺哲水蚤、亚强次真哲水蚤在2个冬季亦占优势地位。

浮游桡足类种类的分布, 2006年夏季北纬18.5°以北种类低于20种, 以南高于20种, 冬季大部分区域种类低于10种; 而该文中夏季20种分界线略北移(19°), 说明受到El Niño期间外海水入侵的影响。冬季则整个湾种类分布较均匀, 多为11~20种。

表4 北部湾2次调查数据比较

Tab. 4 Comparison of 2 investigations in Beibu Gulf

资料来源 data source	季节 season	站位 station	种类 species	优势种(优势度) dominant species(dominance)
2006年调查文献 [21-22]	夏	76	113	亚强次真哲水蚤*(0.21)、异尾宽水蚤(0.09)、椭圆形长足水蚤(0.05)、伯氏平头水蚤(0.04)、普通波水蚤*(0.03)
2006 survey (Reference[21-22])	冬	76	84	亚强次真哲水蚤*(0.43)、精致真刺水蚤*(0.32)、微刺哲水蚤(0.04)、伯氏平头水蚤(0.02)
此次调查(1998年~1999年) this survey (1998~1999)	夏	26	84	叉胸刺水蚤(0.181)、微刺哲水蚤(0.069)、异尾宽水蚤(0.038)、亚强次真哲水蚤*(0.029)、奥氏胸刺水蚤(0.028)、椭圆形长足水蚤(0.022)、小唇角水蚤(0.019)、长角隆哲水蚤(0.018)
	冬	17	67	微刺哲水蚤(0.154)、亚强次真哲水蚤*(0.059)、异尾宽水蚤(0.029)、长角隆哲水蚤(0.024)、驼背隆哲水蚤(0.020)、羽长腹剑水蚤(0.019)

*. 大型浮游

*. macro-zooplankton

参考文献:

[1] PETERSON W T, KEISTER J E. The effect of a large cape on distribution patterns of coastal and oceanic copepods off Oregon and northern California during the 1998-1999 El Niño-La Niña [J]. *Progr Oceanogr*, 2002, 53(2): 389-411.

[2] LAVANIEGOS B E, OHMAN M D. Coherence of long-term varia-

tions of zooplankton in two sectors of the California current system [J]. *Progr Oceanogr*, 2007, 75(7): 42-69.

[3] ALHEIT J, NIQUEN M. Regime shifts in the Humboldt current ecosystem [J]. *Progr Oceanogr*, 2004, 60(2): 201-222.

[4] TADOKORO K, CHIBA S, ONO T, et al. Inter-annual variation in *Neocalanus* biomass in the Oyashio waters of the western North Pacific

- ic [J]. *Fish Oceanogr*, 2005, 14 (3): 210 - 222.
- [5] ESCRIBANO R, DANERI G, FARIÁS L, et al. Biological and chemical consequences of the 1997-1998 El Niño in the Chilean coastal upwelling system; a synthesis [J]. *Deep-Sea Res, Part II*, 2004, 51(20/21): 2389 - 2411.
- [6] GOERICKE R, VENRICK E, MANTYLA A, et al. The state of the California current, 2004-2005: still cool? [J]. *Calif Cooper Ocean Fish Investig Rep*, 2005, 46: 32 - 71.
- [7] KANG J H, KIM W S, CHANG K II. Latitudinal distribution of mesozooplankton in the off-equatorial northeastern Pacific before and after the 1998/99 La Niña event [J]. *Mar Environ Res*, 2007, 65 (10): 218 - 234.
- [8] ARONÉS K, AYÓN P, HIRCHE H J, et al. Hydrographic structure and zooplankton abundance and diversity off Paita, northern Peru(1994 to 2004)-ENSO effects, trends and changes [J]. *J Mar Syst*, 2009, 78(1): 582 - 598.
- [9] SHERIDAN C C, LANDRY M R. A 9-year increasing trend in mesozooplankton biomass at the Hawaii Ocean Time-series Station ALOHA [J]. *ICES J Mar Sci*, 2004, 61(4): 457 - 463.
- [10] MACKAS D L, PETERSON W T, ZAMON J E. Comparisons of inter-annual biomass anomalies of zooplankton communities along the continental margins of British Columbia and Oregon [J]. *Deep-Sea Res, Part II*, 2004, 51(5): 875 - 896.
- [11] REBSTOCK G A, KANG Y S. A. Comparison of three marine ecosystem surrounding the Korean peninsula: responses to climate change [J]. *Progr Oceanogr*, 2003, 59(4): 357 - 379.
- [12] LAVANIEGOS B E, JIMÉNEZ-PÉREZ L C, GAXIOLA-CASTRO G. Plankton response to El Niño 1997-1998 and La Niña 1999 in the southern region of the California current [J]. *Progr Oceanogr*, 2002, 54(2): 33 - 58.
- [13] NAKATA K, HIDAKA K. Decadal-scale variability in the Kuroshio marine ecosystem in winter [J]. *Fish Oceanogr*, 2003, 12 (4/5): 234 - 244.
- [14] PETERSON W T, KEISTER J E, FEINBERG L R. The effects of the 1997-99 El Niño/La Niña events on hydrography and zooplankton off the central Oregon coast [J]. *Progr Oceanogr*, 2002, 54 (2): 381 - 398.
- [15] HOPCROFT R R, CLARKE C, CHAVEZ F P. Copepod communities in Monterey Bay during the 1997-1999 El Niño and La Niña [J]. *Progr Oceanogr*, 2002, 54(2): 251 - 264.
- [16] 杨关铭, 何德华, 王春生, 等. 台湾以北海域浮游桡足类生物海洋学特征的研究 II. 群落特征 [J]. *海洋学报*, 1999, 21 (6): 72 - 80.
- YANG Guanming, HE Dehua, WANG Chunsheng, et al. Study on the biological oceanography characteristics of planktonic Copepods in the waters north of Taiwan Island II. Community characteristics [J]. *ACTA Oceanologica Sinica*, 1999, 21(6): 72 - 80. (in Chinese)
- [17] 陈清潮, 黄良民, 尹健强, 等. 南沙群岛海区浮游动物多样性研究 [C] // 南沙群岛及其邻近海区海洋生物多样性研究 I. 北京: 海洋出版社, 1994: 42 - 50.
- CHEN Qingchao, HUANG Liangmin, YIN Jianqiang, et al. Studies on the zooplanktonic biodiversities in the waters around Nansha Islands [C] // *Studies on marine biodiversity of the Nansha Islands and neighbouring waters I*. Beijing: Ocean Press, 1994: 42 - 50. (in Chinese)
- [18] 董双林, 赵文. 养殖水域生态学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 93 - 94.
- DONG Shuanglin, ZHAO Wen. *Farming water ecology* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004: 93 - 94. (in Chinese)
- [19] 贾晓平, 李纯厚, 林昭进, 等. 北部湾渔业生态环境与渔业资源 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 10 - 22.
- JIA Xiaoping, LI Chunhou, LIN Zhaojin, et al. *The fishery ecology, environment, and resource of Beibu Gulf* [M]. Beijing: Science Press, 2003: 10 - 22. (in Chinese)
- [20] 郑重, 李少菁, 连光山. 海洋桡足类生物学 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1992: 213 - 214.
- ZHENG Zhong, LI Shaojing, LIAN Guangshan. *Ocean Copepods biology* [M]. Xiamen: Xiamen University Press, 1992: 213 - 214. (in Chinese)
- [21] 郭东晖, 黄加祺, 李少菁, 等. 北部湾夏、冬两季浮游动物生态学研究 III 桡足类 [C] // 胡建宇, 杨圣云. 北部湾海洋科学研究论文集 (第 1 辑). 北京: 海洋出版社, 2008: 243 - 248.
- GUO Donghui, HUANG Jiaqi, LI Shaojing, et al. *Ecological studies on zooplankton in Beibu Gulf during summer and winter III. Copepods* [C] // HU Jianyu, YANG Shengyun. *A collection of papers of marine science in Beibu Gulf (1st volumn)*. Beijing: Ocean Press, 2008: 243 - 248. (in Chinese)
- [22] 郭东晖, 黄加祺, 李少菁, 等. 北部湾夏、冬两季浮游动物生态学研究 I 种类组成与数量分布 [C] // 胡建宇, 杨圣云. 北部湾海洋科学研究论文集 (第 1 辑). 北京: 海洋出版社, 2008: 222 - 229.
- GUO Donghui, HUANG Jiaqi, LI Shaojing, et al. *Ecological studies on zooplankton in Beibu Gulf during summer and winter I. Species composition and abundance distribution* [C] // HU Jianyu, YANG Shengyun. *A collection of papers of marine science in Beibu Gulf (1st volumn)*. Beijing: Ocean Press, 2008: 222 - 229. (in Chinese)