

DOI: 10.12264/JFSC2023-0217

珠江口夏季汉森莹虾的空间分布特征及其与水团的关系

田丰歌, 王符菁, 何静, 杨振雄, 黄彬彬

国家海洋局南海环境监测中心, 海南南沙珊瑚礁生态系统国家野外科学观测研究站, 广州 510300

摘要: 为研究汉森莹虾(*Lucifer hanseni*)在珠江口的分布特征及其与水团的关系, 探讨其温盐适应性, 于 2016—2021 年每年 8 月在珠江口海域进行采样调查。结果表明, 6 次调查汉森莹虾的平均丰度为 9.26~31.09 ind/m³, 其分布具有很强的聚集性, 丛生指标在 57.00 到 236.32 之间。根据对温度、盐度数据的 K-means 聚类分析, 将调查海域分为径流水、咸淡混合水和南海高盐水 3 种水团。汉森莹虾主要分布在大屿山岛以南的南海高盐水水域, 并向北部咸淡混合水和径流水的区域扩散, 扩散范围与其本身数量及南海高盐水的入侵强度有关, 最远可至虎门附近。相关性分析显示, 各次调查汉森莹虾的平均丰度、分布站数与海水表层温度(sea surface temperature, SST)平均值呈显著正相关。在夏季珠江口, 汉森莹虾的分布与底层盐度(sea bottom salinity, SBS)关系密切, 其丰度在多数调查中与 SBS 呈正相关关系, 丰度高值点在多数调查中均位于 29.5~31.0 的 SBS 区间内, 指示汉森莹虾是一个近海暖水种。

关键词: 汉森莹虾; 浮游动物; 珠江口; 水团; 盐度

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2023)10-1224-12

汉森莹虾(*Lucifer hanseni*)属于节肢动物门(Arthropoda), 软甲纲(Malacostraca), 十足目(Decapoda), 莹虾科(Luciferidae), 莹虾属。莹虾类是一类大型浮游甲壳动物, 幼体主要摄食浮游植物, 成体以浮游动物为食^[1-2], 同时也是鲐(*Pneumatophorus japonicus*)^[3]、蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi*)^[4]、金色小沙丁鱼(*Sardinella aurita*)^[4]等鱼类的饵料生物, 是海洋食物链中重要一环, 一些种类可作为渔场的指示种^[4-6]。珠江口作为南海传统渔场, 是各种鱼类栖息、索饵、繁殖的场所^[7]。汉森莹虾是珠江口春、夏等季节大、中型浮游动物的优势种^[8-9], 研究其空间分布规律, 对于渔业资源的开发和保护具有一定的意义。

以往对于莹虾类的研究大多和其他浮游动物门类一起进行, 专门的研究较少。国内最早由郑

重^[10]、蔡秉及等^[11-13]、黄美珍等^[4]在 20 世纪对东南沿海莹虾类的分类及分布进行了研究, 之后徐兆礼^[14-16]研究了以莹虾为主的东海浮游十足类的多样性、数量分布、环境适应性等。国外的莹虾类研究同样不多, 主要是对费氏莹虾(*Lucifer faxoni*)和正型莹虾(*Lucifer typus*)的研究, 如 Hendrickx 等^[17]研究了加利福尼亚海湾正型莹虾的分布及其与温度的关系。Sankarankutty 等^[18]调查了巴西 Potengi 河口费氏莹虾的昼夜数量分布、生长特征等, 讨论了其分布与潮汐的关系。Teodoro 等^[19-20]对巴西东南沿岸水域费氏莹虾的分布特征、性成熟特征、种群结构以及环境因子对其分布的影响进行了研究。Marafon-Almeida 等^[21]、Melo 等^[22]分别对巴西 Amazon 河口、大西洋南部的费氏莹虾和正型莹虾的分布特征进行了研究, 等等。各种研究均表明, 莹虾的分布与海水

收稿日期: 2023-08-31; 修订日期: 2023-10-12.

基金项目: 广东省平台基地及科技基础条件建设项目(2021B1212050025); 广东省渔业生态环境重点实验室开放基金项目(FEEL-2020-3); 中国海洋发展基金会项目(CODF-002-ZX-2021).

作者简介: 田丰歌(1987-), 男, 高级工程师, 研究方向为海洋生态学. E-mail: tfg8@163.com

通信作者: 黄彬彬, 高级工程师, 研究方向为海洋生物生态. E-mail: bbhua2011@163.com

的温度、盐度关系密切,有学者提出莹虾可作为特定海流的指示种^[6]。

以往的文献一般都认为汉森莹虾是暖水种^[13,16],但对其盐度适应性还存在不同看法。蔡秉及等^[11]认为汉森莹虾的分布具有很强的近岸性,李开枝等^[8]也将其划分为近岸类群。Xu^[23]根据数学模型计算的结果,认为汉森莹虾属于外海种,另外还有少数研究^[24-25]将其划分为河口低盐种。在珠江口,径流水由于科氏力的作用沿西岸向南流动,南海高盐水沿东部水道北侵,中间是广泛的咸淡混合水区域^[26-27],从西北到东南方向,海域的盐度分布具有明显梯度,很适合开展汉森莹虾盐度适应性的研究。

K-means 法作为一种高效的动态聚类算法,其计算方式符合水团划分“内同外异”的要求,已较多地应用于各种对水团的研究^[28-30],但在海洋生态研究中还很少使用,田丰歌等^[31]用以研究了康氏侧带小公鱼鱼卵在珠江口不同水团中的分布。本研究基于连续 6 年的珠江口夏季汉森莹虾调查数据,利用 K-means 聚类法对其分布特征和水团的关系进行了研究,同时使用相关性分析等方法研究了汉森莹虾的聚集特征、温盐适应性等。通过对同一海域开展多次重复调查,相较于单次调查,可以提高统计结果的可信度,减小随机性的影响。本研究可为珠江口生态环境保护、资源利用以及生物多样性研究提供基础资料。

1 材料与方 法

1.1 样品采集和分析

于 2016—2021 年的每年 8 月在珠江口海域开展浮游动物调查。每次调查布设 22 个站位(图 1),使用浅水 I 型浮游生物网(网口面积 0.2 m²,网口直径 50 cm,网长为 145 cm)由海底垂直拖曳至海面。采集的样品加入约 5%样品体积的中性甲醛溶液后带回实验室,对其中的汉森莹虾进行鉴定和计数。采样的同时测定了海水表、底层的温度和盐度。采样全程均按照《海洋调查规范》(GB/T 12763.6-2007)和《海洋监测规范》(GB 17378.3-2007)的要求进行。

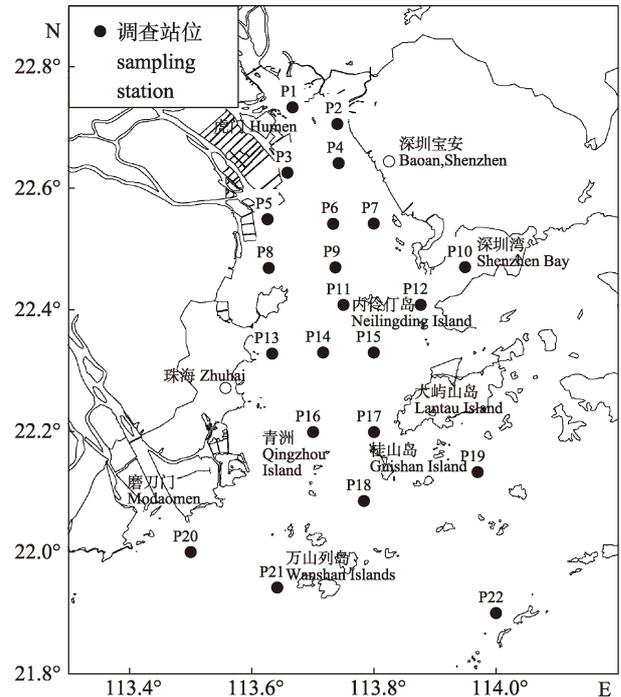


图 1 珠江口采样站位图

Fig. 1 Sampling stations in the Pearl River estuary

1.2 数据处理

1.2.1 丰度、聚集强度计算 汉森莹虾丰度的计算方法为各站位垂直拖网采集的个体数量除以滤水量,单位为 ind/m³。

为了研究汉森莹虾分布的集聚性,本文采用丛生指标(index of clumping, I)来衡量其数量分布的聚集强度^[32],计算公式如下:

$$\text{丛生指标 } I = \frac{S^2}{\bar{X}} - 1$$

式中, \bar{X} 为汉森莹虾的平均丰度, S^2 为方差。丛生指标(I)作为一种聚集强度测度,显示了种群空间格局的非随机程度,当 $I > 0$ 时显示为一定聚集性分布,值越大,聚集性越强^[32]。

1.2.2 水团划分 参考田丰歌等^[31]的方法,将调查海域水体划分为径流水、咸淡混合水以及南海高盐水。具体计算过程使用 IBM SPSS Statistics 23 统计软件,在各次调查中,根据每个站位的表层温度(sea surface temperature, SST)、底层温度(sea bottom temperature, SBT)、表层盐度(sea surface salinity, SSS)和底层盐度(sea bottom salinity, SBS),

采用 K-means 算法将站位聚为 3 类, 再根据各类群的温盐范围将其划分为径流水、咸淡混合水和南海高盐水。

1.2.3 相关性分析 相关性分析使用 IBM SPSS Statistics 23 软件计算 Pearson 相关系数。由于浮游动物的数量分布往往是偏态的, 在分析单个航次汉森莹虾丰度与表、底层温、盐度的相关性前, 先对丰度进行对数转换, 公式为 $Y_i = \lg(X_i + 1)$, 其中 X_i 为原始丰度, Y_i 为转换后的数值。

2 结果与分析

2.1 海水温度、盐度及水团划分

6 次调查期间的 SST 在 28.4~31.6 °C 之间, SBT 在 22.9~31.6 °C 之间, SBT 下限较低的原因是海域外侧 P22 站的 SBT 明显较低。SSS 在 <2~32.98 之间, SBS 在 <2~34.67 之间。调查海域的 SST 高于 SBT, SSS 低于 SBS。各次调查的盐度水平有一定的差异, 其中 2016 年的 SSS 均值最低, 2018 年和 2021 年的 SSS 均值较高。2019 年的 SBS 均值最低, 2017 年 SBS 均值最高(表 1)。

根据对 SST、SBT、SSS、SBS 的聚类分析结果, 将各次调查的站位划分为径流水、咸淡混合水和南海高盐水(图 2)。结果显示, 径流水主要以高温低盐为特征, 分布范围为北至虎门, 南至珠海近岸的珠江口西、北部水域。南海高盐水的特征为高盐度和相对较低的底层温度, 主要分布在大屿山岛以南水域。咸淡混合水的温盐度处于前两者之间, 具有锋面的特征, 盐度变化较大, 一般分布在南至青洲、桂山岛, 北至内伶仃岛附近的珠江口中部水域。

各水团的分布范围在不同航次间存在一定差异, 如 2018 和 2021 年调查期间, 南海高盐水的势力明显较强, 分布站位数均达到 10 个, 其分布范围沿东部水道向北越过大屿山岛一线, 到达内伶仃岛南部和深圳湾口一带。2016 年调查期间, 由于径流水势力较强, 分布范围向南扩展至青洲附近。南海高盐水势力也随之向南收缩, 站位数减少至 3 个, 桂山岛周边水域被咸淡混合水占据。

表 1 各航次的 SST、SBT、SSS 和 SBS

Tab. 1 SST、SBT、SSS and SBS in each investigation

调查时间 sampling time	项目 items	SST/°C	SBT/°C	SSS	SBS
2016-08	范围 range	28.8-29.5	26.8-29.5	<2-32.23	<2-34.38
	平均值 average	29.3	28.4	8.25	15.59
2017-08	范围 range	29.3-30.5	24.4-30.6	<2-24.67	<2-34.67
	平均值 average	29.8	28.6	8.75	18.98
2018-08	范围 range	28.6-31.6	27.1-31.6	<2-32.55	<2-34.19
	平均值 average	29.5	28.9	13.07	17.96
2019-08	范围 range	28.6-29.6	26.5-29.0	<2-32.55	<2-34.19
	平均值 average	29.1	28.1	9.98	14.87
2020-08	范围 range	29.5-31.6	22.9-30.0	<2-32.98	<2-33.75
	平均值 average	30.2	28.4	12.02	18.16
2021-08	范围 range	28.4-31.3	22.9-31.3	<2-32.50	<2-34.23
	平均值 average	30.1	28.4	13.20	17.40

注: 由于盐度计量程的原因, 在盐度低于 2 的情况下测值已不准确, 因此直接记录为 <2, 在计算和绘图时取其值为 1。表中各环境因子表示: 表层温度(SST)、底层温度(SBT)、表层盐度(SSS)、底层盐度(SBS)。

Note: Because of the measuring range of the salinometer, the value was inaccurate when salinity is lower than 2, so it was directly recorded as <2, and it was taken as 1 during calculation and drawing. The environmental factors in the table are shown as follows: sea surface temperature (SST), sea bottom temperature (SBT), sea surface salinity (SSS), sea bottom salinity (SBS).

2.2 汉森莹虾的数量分布

6 次调查采获的汉森莹虾平均丰度在 9.26~31.09 ind/m³ 之间。根据统计, 汉森莹虾在南海高盐水中的平均丰度在 33.94~103.60 ind/m³ 之间, 明显高于其他水团, 在咸淡混合水中也有一定的数量, 而在径流水中平均丰度最低, 仅为 0~7.80 ind/m³(表 2)。

由图 2 可见, 汉森莹虾的分布极不均匀, 在某一到两个站位的丰度值远高于其他站位。如在 2020 年的调查中, 汉森莹虾在 P17 站的丰度最高, 为 386.67 ind/m³, 远高于第二的 P19 站(60.00 ind/m³)。各次调查的丛生指标 I 值在 57.00~236.32(表 2)。

汉森莹虾在珠江口的分布范围较广, 在大屿山岛以南的南海高盐水水域几乎均有分布, 向北可分布至深圳宝安近岸, 高盐水势力较强的 2018 和 2021 年, 其分布范围扩展至虎门附近。在西北部近岸由径流水控制的水域, 汉森莹虾几乎不分

布。汉森莹虾丰度的高值区在各次调查均位于大屿山岛西侧和南侧近岸, 以及万山群岛周边水

域。2018、2021 年调查期间, 在内伶仃岛附近也出现了一个较小的丰度高值区(图 2)。

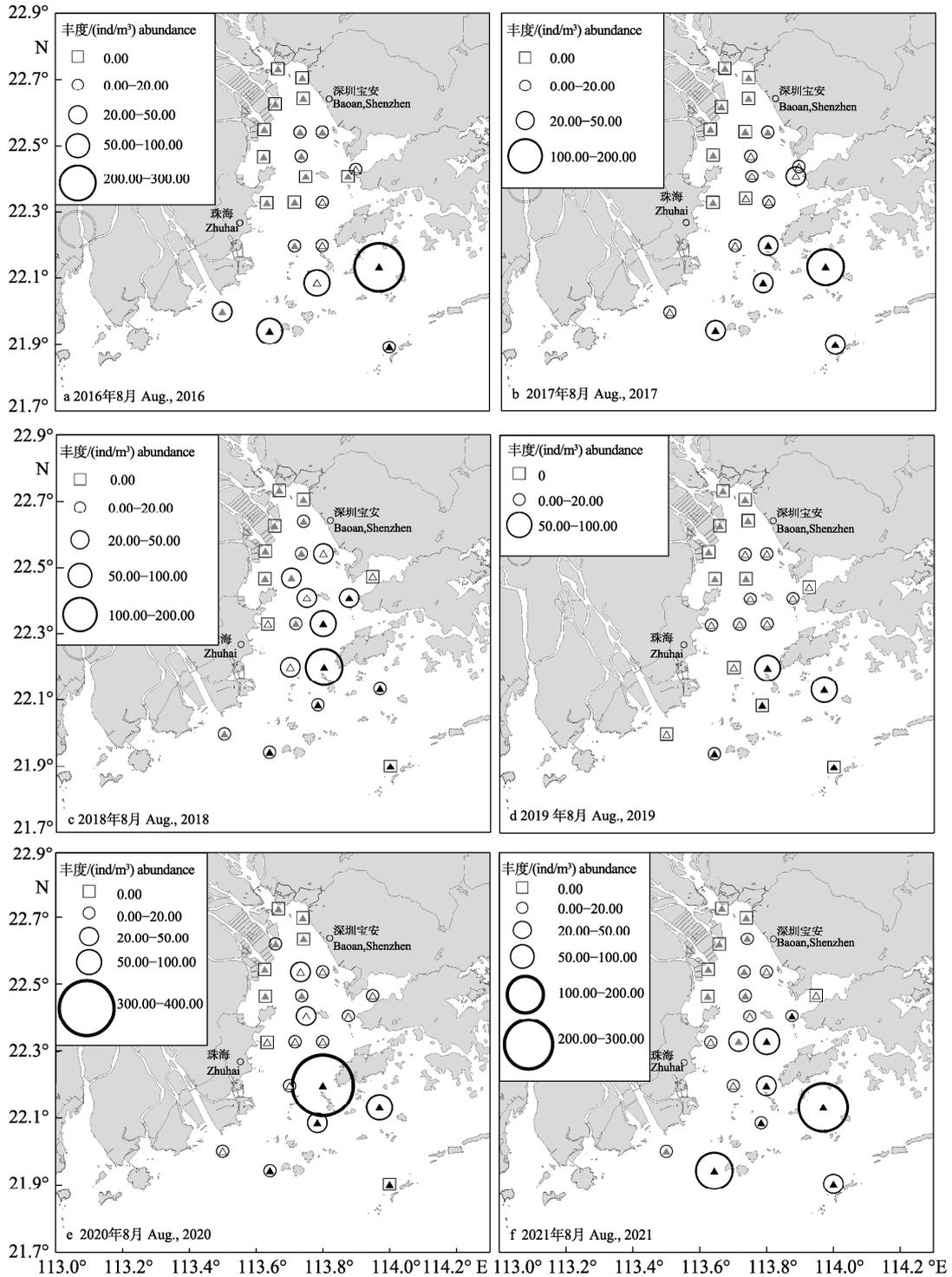


图 2 珠江口汉森莹虾以及水团的分布

灰色三角代表径流水, 白色三角代表咸淡混合水, 黑色三角代表南海高盐水。

Fig. 2 Distributions of *Lucifer hanseni* and water masses in the Pearl River estuary. The gray triangle represents runoff water, the white triangle represents brackish mixed water, and the black triangle represents high-salinity water.

表 2 珠江口汉森莹虾的数量分布特征

Tab. 2 The distribution characteristics of *Lucifer hansenii* in each investigation in the Pearl River estuary

调查时间 sampling time	径流水 runoff water		咸淡混合水 brackish mixed water		南海高盐水 high-salinity water		全海域 the whole area			丛生指标 index of clumping, <i>I</i>
	平均丰度 /(ind/m ³) average abundance	分布站数 number of distribution stations	最高丰度 /(ind/m ³) the highest abundance							
2016-08	1.80	5	23.00	4	103.60	3	19.53	12	243.75	147.06
2017-08	0.30	1	15.12	7	56.06	5	16.34	13	138.61	57.00
2018-08	7.80	5	16.61	3	43.80	6	21.26	14	181.40	76.22
2019-08	0.00	0	3.40	7	33.94	3	9.26	10	85.31	63.72
2020-08	1.41	2	11.15	9	99.39	4	28.11	15	386.67	236.32
2021-08	6.09	5	6.26	4	84.54	7	31.09	16	267.50	143.03

2.3 相关性分析

将各次调查经处理后的丰度数据与 SST、SBT、SSS、SBS 进行相关性分析, 结果显示, 汉森莹虾丰度与 SST、SBT、SSS、SBS 具有一定的相关性, 其中在 2018 年的调查中与 SST 呈极显著负相关关系, 在 2016、2017、2018、2021 年与 SBT 呈显著或极显著负相关关系, 在 2016、2017 年的调查中与 SSS 呈极显著正相关关系, 在 2016、2017、2019、2020、2021 年与 SBS 呈显著或极显著正相关关系(表 3)。

对各次调查的汉森莹虾平均丰度、分布站数与 SST、SBT、SSS、SBS 的均值进行相关性分析, 显示平均丰度、分布站数都与 SST 均值呈显著正相关关系, 相关系数分别为 0.831 ($P<0.05$)和 0.885 ($P<0.05$)。(图 3)

对各次调查汉森莹虾的平均丰度、聚集强度、总分布站数、在各水团中分布的站数、分布的最高纬度、温盐度平均值等因子进行相关性分析。结果显示, 汉森莹虾的总分布站数和平均丰度呈极显著正相关, 相关系数为 0.953 ($P<0.05$)。汉森莹虾分布的最高纬度和平均丰度呈显著正相关, 相关系数为 0.840 ($P<0.05$), 和 SSS 平均值呈显著正相关, 相关系数为 0.890 ($P<0.05$)。汉森莹虾在径流水和咸淡混合水中分布的站位数之和, 与其聚集强度呈极显著正相关, 相关系数为 0.960 ($P<0.01$)。

表 3 珠江口汉森莹虾丰度与 SST、SBT、SSS、SBS 的相关性分析结果

Tab. 3 Correlation coefficients between the abundance of *Lucifer hansenii* and SST, SBT, SSS, SBS in each investigation in the Pearl River estuary

调查时间 sampling time	项目 item	SST	SBT	SSS	SBS
2016-08	相关系数	0.311	-0.458*	0.645**	0.755**
	correlation coefficients				
	<i>P</i>	0.159	0.032	0.001	<0.001
2017-08	相关系数	0.004	-0.558**	0.869**	0.892**
	correlation coefficients				
	<i>P</i>	0.986	0.007	<0.001	<0.001
2018-08	相关系数	-0.608**	-0.471*	0.388	0.396
	correlation coefficients				
	<i>P</i>	0.003	0.027	0.074	0.068
2019-08	相关系数	0.033	-0.286	0.369	0.511*
	correlation coefficients				
	<i>P</i>	0.885	0.197	0.091	0.015
2020-08	相关系数	-0.282	-0.266	0.352	0.580**
	correlation coefficients				
	<i>P</i>	0.203	0.231	0.108	0.005
2021-08	相关系数	-0.243	-0.666**	0.673**	0.735**
	correlation coefficients				
	<i>P</i>	0.276	0.001	0.001	<0.001

注: *表示显著相关($P<0.05$), **表示极显著相关($P<0.01$)。表中各环境因子表示: 表层温度(SST)、底层温度(SBT)、表层盐度(SSS)、底层盐度(SBS)。

Note: * indicates that the two tailed test is significantly correlated at the level of 0.05, ** indicates that the two tailed test is significantly correlated at the level of 0.01. The environmental factors in the table are shown as follows: sea surface temperature (SST), sea bottom temperature (SBT), sea surface salinity (SSS), sea bottom salinity (SBS).

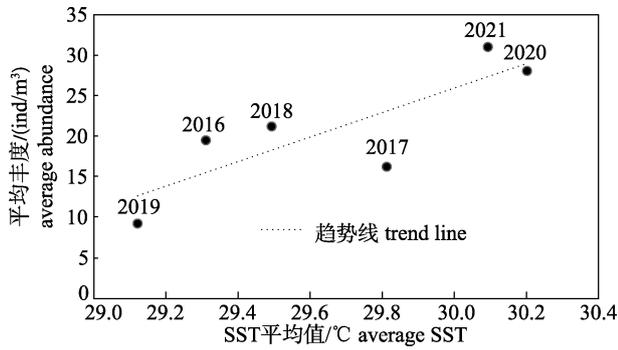


图 3 各次调查珠江口汉森莹虾平均丰度-SST 均值散点图
图中 SST 代表表层温度.

Fig. 3 Relationship between the average abundance and average SST of each investigation
SST in the figure represents sea surface temperature.

2.4 汉森莹虾分布的温盐特征

在 6 次调查中, 汉森莹虾分布站位的 SST 范围为(28.4~31.0) °C, SBT 范围为(22.9~30.1) °C, SSS 范围为(<2~32.50), SBS 范围为(4.23~34.67)。以各次调查的 SSS 和 SBS 为横坐标, 汉森莹虾丰度为纵坐标作散点图(图 4), 显示汉森莹虾丰度和 SBS 的分布关系具有一定的规律性。

由图 4 可见, 各丰度-SBS 散点图中的丰度点排列形态大体一致, 少量高值点的数值远超其他点。在各次调查中, 丰度点分布的 SBS 范围相当广泛, 但高值点所在的区间非常接近, 除 2017 年以外(高值点对应 SBS 为 33.47), 其余 5 次调查的

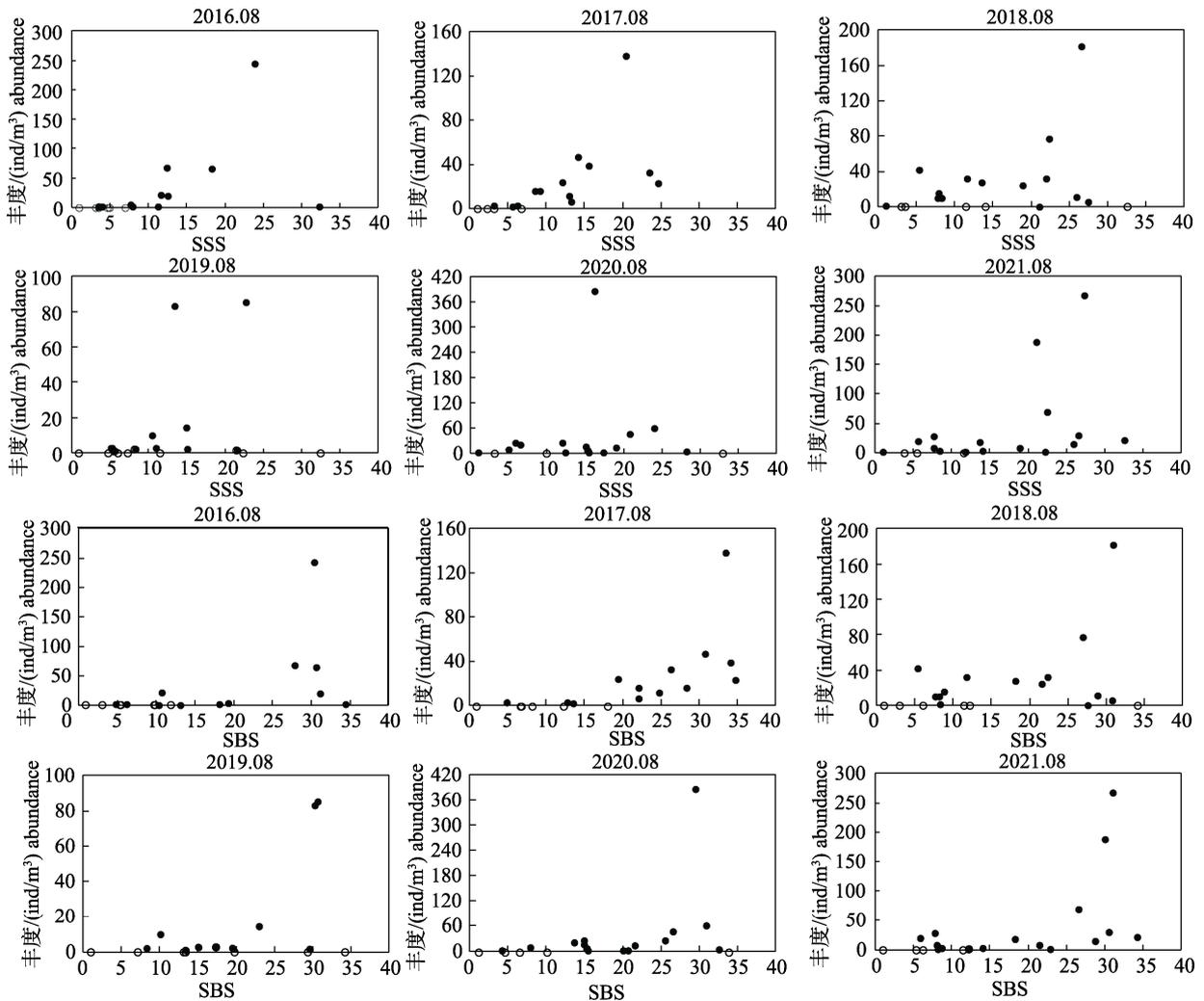


图 4 珠江口汉森莹虾丰度-SSS、SBS 散点图

空心圆点代表未采集, 丰度按 0 取值. 图中各环境因子表示: 表层盐度(SSS), 底层盐度(SBS).

Fig. 4 Relationship between abundance and SSS & SBS in each investigation in the Pearl River estuary
Hollow dots indicate not collected, with an abundance value of 0. The environmental factors in the table are shown as follows: sea surface salinity (SSS), sea bottom salinity (SBS).

高值点均位于 29.5~31.0 的 SBS 区间内。从高值点开始,随着 SBS 升高或降低,丰度值迅速下降。

3 讨论

3.1 汉森莹虾的聚集特征

20 世纪 80 年代黄美珍等^[4]就指出,莹虾的数量分布特点是密集区较显著。从本研究的结果来看,夏季珠江口汉森莹虾的分布呈现出极强的聚集性。各次调查中,汉森莹虾普遍集中出现在某一两个站位,海域的最高丰度均在平均丰度的 8 倍以上。在南海高盐水中,最高丰度则是平均丰度的 2~4 倍。6 次调查的丛生指标 I 值在 57.00 到 236.32 之间。魏静梅等^[33]的调查显示,汉森莹虾夏季在北部湾北部沿岸聚集,丰度最高为 241.67 ind/m³,丛生指标高达 394.5。孙柔鑫^[34]计算了海南岛西北沿岸浮游动物优势种的丛生指标,其中水母类、毛颚类等大型浮游动物的 I 值多在 20 以下,与之相比,汉森莹虾分布的聚集性的确达到了较高的程度。

很多研究^[15,33,35]都发现,莹虾类往往在不同水团交汇处形成高丰度分布区,尤其是在径流冲淡水与其他水团交汇的区域。其原因可能是水团交汇区域往往具备丰富的营养条件^[15,36],以及锋面阻挡了生物个体的运输从而形成聚集^[37]。在珠江口,径流水、咸淡混合水、南海高盐水彼此交汇,符合汉森莹虾形成聚集的条件。

3.2 汉森莹虾的分布与水团的关系

调查结果显示,在夏季珠江口,水团交汇不但形成了汉森莹虾的聚集,对其空间分布趋势也有明显的影响,其中南海高盐水起到了关键作用。

汉森莹虾在各航次主要聚集于南海高盐水中,在该水团中的平均丰度高于其他水团的总和。随着高盐水沿东部水道向北入侵,汉森莹虾由南海高盐水团向咸淡混合水和径流水扩散,扩散范围与南海高盐水的强弱有明显的关联,如 2018 年和 2021 年航次中,较强的南海高盐水势力使汉森莹虾分布至更北的区域,其丰度高值区也出现了北移的趋势(图 2)。同时,汉森莹虾分布的最高纬度和 SSS 的平均值呈显著正相关关系,也从另一方

面印证了水团消长对其扩散范围的影响,当南海高盐水增强时,海域的盐度水平升高,汉森莹虾的分布同时向北扩展。

汉森莹虾的扩散范围还与其本身的数量有关,相关性分析的结果显示,汉森莹虾分布的总站数和平均丰度呈极显著正相关,分布的最高纬度和平均丰度呈显著正相关,在径流水和咸淡混合水中分布的站数之和,与聚集强度呈极显著正相关。由于平均丰度、聚集强度都与最高丰度有关,上述相关关系实际上反映了相同的趋势,即汉森莹虾聚集的数量越多,就越容易向咸淡混合水和径流水扩散,分布范围就越广。

3.3 汉森莹虾的温度适应性

以往的研究一般认为汉森莹虾是暖水种。在本研究的 6 次调查中,汉森莹虾分布站位的 SST 范围为 (28.4~31.0) °C, SBT 范围为 (22.9~30.1) °C (除 P22 站较低以外,其余站位的 SBT 基本都在 26 °C 以上),这与暖水种的定义(适温 >20 °C)相符。

从地理和季节分布来看,汉森莹虾在南黄海只在夏季出现^[38]。在东海夏季主要出现在外海和南部水域,北部近海较少,冬春季主要分布在台湾海峡、东海南部^[16]。在台湾海峡,汉森莹虾是夏季浮游动物的优势种^[39]。而在北部湾北部^[40]、湛江湾^[41]等南海近岸海域,汉森莹虾在四季均有出现,并且在北部湾北部是夏秋两季的优势种^[40],在海南南部的土福湾,是春秋两季的优势种^[42]。在珠江口,从已有的报道^[8-9,43]来看,汉森莹虾在春、夏、秋三季都有出现,并且是春、夏季浮游动物的优势种。这些分布特点都体现了汉森莹虾喜好暖水的习性。

黄美珍等^[4]指出,汉森莹虾的数量一般随着水温升高而增多。Ma 等^[44]研究表明,随着全球气候变暖、海水温度上升,与 1959 年相比,汉森莹虾 2002 和 2005 年在东海的数量和出现率均出现明显上升。本研究的结果显示,汉森莹虾在各次调查的平均丰度、分布站数与 SST 均值呈显著正相关关系。可见,平均水温越高的航次,汉森莹虾的数量趋向更高,分布范围也更广。

但从单次调查来看,汉森莹虾丰度与 SST 的

相关性不强, 与 SBT 多呈负相关, 原因在于, 汉森莹虾主要分布于南海高盐水中, 在径流水和咸淡混合水中的数量很少, 因此从珠江口内到口外方向, 海水盐度上升, 汉森莹虾的数量逐渐增加, 但底层水温却随深度增加而逐渐降低了, 从而导致丰度与 SBT 呈负相关。徐兆礼^[15]指出, 从时间尺度上看, 影响总丰度的主要环境因子是水温, 但是在单次调查中, 丰度的空间分布可能受盐度的影响更大。Moderan 等^[45]的研究也支持这一结论。在本研究中, 汉森莹虾丰度与水温、盐度的关系同样如此, 水温决定了丰度的总体水平, 但影响丰度空间分布的主要是盐度。

3.4 汉森莹虾的盐度适应性

数据分析表明, 汉森莹虾的分布与盐度关系密切, 并且和 SBS 的关联性更强。这首先表现为在 6 次调查中, 有 5 次调查的丰度高值点对应的 SBS 值非常接近, 均位于 29.5~31.0 这一较小区间内。其次, 在 2019 年和 2021 年两次调查中, 同航次内丰度高值点和次高值点对应的 SBS 值也很接近, 而对应的 SSS 值有明显差异(图 4)。另外, 除 2018 年外, 各次调查的丰度值与 SBS 均呈正相关关系, 与 SSS 相比, 各航次 SBS 与丰度值的相关系数更高, P 值更低, 这也说明汉森莹虾分布与 SBS 的关系更密切。

珠江口水体存在高度层化的现象^[46], 低盐度的冲淡水覆盖在表层, 高盐水由底部上溯形成盐水楔。如 2017 年调查中, P15 站的 SSS 为 9.18, SBS (采样深度 11 m) 为 28.34, 表、底层盐度差异极大。Dong 等^[46]在夏季珠江口的调查显示, 海表的低盐层在虎门附近厚度约 6 m, 向口外方向逐渐变薄, 在口门区域的厚度只有 1~2 m。因此, 汉森莹虾随南海高盐水团由底部向北上溯, 实际上大部分生活于表层以下的高盐水中, 这可以解释为何汉森莹虾分布与 SBS 的关联性更强。

本研究 5 次调查的丰度高值点均位于 29.5~31.0 的 SBS 区间内, 指示汉森莹虾的最适分布盐度位于该区间附近。毛汉礼等^[47]提出将盐度 >32 作为外海高盐水的划分界限, 徐兆礼等^[48]将适盐 28~32 的物种划分为近海种, 32~34 的划分为外海

种。按此标准, 汉森莹虾应属于近海种。

以往较多研究报道都反映了汉森莹虾近岸分布的盐度适应性。黄小平等^[49]调查显示, 汉森莹虾是大鹏湾夏季的优势种, 调查期间海域盐度范围为 25.5~32.2, 均值为 29.0。庞碧剑等^[50]调查显示, 汉森莹虾是钦州湾秋季的优势种, 调查期间海域盐度范围为 8.8~32.0。郑挺等^[35]采用除趋势典范对应分析(DCCA)定量分析北部湾北部浮游动物种类与环境因子的关系, 其中夏、秋季的分析结果均表明汉森莹虾适宜生活于低盐环境。郑白雯^[40]发现, 秋季北部湾北部的汉森莹虾高丰度区集中在盐度 29.0~32.5 海域, 汉森莹虾是广西近岸群落夏秋冬三个季节的优势种, 对广西沿岸流水系具有指示作用。需要指出的是, 郑白雯^[40]还发现, 汉森莹虾夏季在广西北海沿岸高度聚集, 而在远岸海域受高盐外海水(盐度大于 33)影响, 数量大幅减少。同样, 本研究中 P22 站在各次调查的盐度最高, SSS 大多在 32 左右, SBS 在 34 左右, 汉森莹虾在该站的数量很低, 在 2018、2019、2020 年调查中完全未采获, 说明该站的高盐环境可能超出了其最适盐度。

值得注意的是, 从其他一些报道来看, Xu^[23]调查发现东海汉森莹虾出现的盐度区间为 28.9~34.7, 计算得到其最适盐度为 33.6。魏静梅等^[33]的调查显示, 北部湾汉森莹虾在盐度 27.1~34.3 范围内均有分布, 其丰度高值点对应的盐度为 32.81。本研究结果显示, 在夏季珠江口, 汉森莹虾分布的 SBS 上限为 34.67, 而受水动力作用, 即使在 SBS 小于 5 的径流水中也能采获。在 2017 年的调查中, 其丰度高值点对应的 SBS 为 33.47。可见, 汉森莹虾在偏向于近岸分布的同时, 对高盐和低盐环境都有一定的耐受性, 在某些情况下也可能在盐度大于 32 的水域大量存在。Xu^[23]也认为汉森莹虾是广盐种。正是由于汉森莹虾较广的盐度适应能力, 使得对其盐度适应的研究容易产生不同的观点, 甚至将其划分为河口低盐种。有文献提出, 汉森莹虾可以作为沿岸水团的指示种^[40]。但特定水团的指示种对其他水团应该还是比较敏感的, 这需要较窄的环境适应性。因此, 适盐

性较广的汉森莹虾并不适合作为特定水团或海流的指示种。

4 结论

(1) 在珠江口 2016 至 2021 年每年 8 月的调查中, 采获的汉森莹虾平均丰度在 9.26~31.09 ind/m³ 之间。汉森莹虾的分布具有很强的聚集性, 丛生指标在 57.00~236.32 之间。

(2) 根据对温、盐度数据的 K-means 聚类分析, 将调查海域分为径流水、咸淡混合水和南海高盐水 3 种水团。汉森莹虾主要分布在大屿山岛以南的南海高盐水水域, 并向北部咸淡混合水和径流水的区域扩散, 扩散范围与其本身数量及南海高盐水的入侵强度有关, 最远可至虎门附近。

(3) 汉森莹虾的分布符合暖水种的特征。相关性分析显示, 各次调查汉森莹虾的平均丰度、分布站数与 SST 平均值呈显著正相关。

(4) 汉森莹虾的分布与 SBS 关系密切, 其丰度在多数调查中与 SBS 呈正相关关系, 丰度高值点在多数调查中均位于 29.5~31.0 的 SBS 区间内, 指示汉森莹虾是一个近海种。同时, 汉森莹虾还具有较广的盐度适应能力, 因此不适合作为特定水团或海流的指示种。

致谢: 李秀芹高工参与部分样品鉴定工作, 谨致谢忱!

参考文献:

- [1] Zheng Z, Li S J, Xu Z Z. Marine Planktology[M]. Beijing: China Ocean Press, 1984. [郑重, 李少菁, 许振祖. 海洋浮游生物学[M]. 北京: 海洋出版社, 1984.]
- [2] Growth, reproduction and feeding behavior of the planktonic shrimp, *Lucifer faxoni* Borradaile, off the Texas coast[J]. Journal of Plankton Research, 1992, 14(1):61-69.
- [3] Dai P. Preliminary study on the food of *Pneumatophorus japonicus* in Taiwan Channel[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1989, 2: 50-55. [戴萍. 台湾海峡鲈鱼食性的初步研究[J]. 海洋湖沼通报, 1989, 2: 50-55.]
- [4] Huang M Z, Fang J C. Distribution of *Lucifer* and its relation to fishery in Taiwan Strait and its adjacent areas[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1987, 6(2): 107-113. [黄美珍, 方金钊. 台湾海峡和邻近海域莹虾类的分布及其与渔业的关系[J]. 台湾海峡, 1987, 6(2): 107-113.]
- [5] Fang J C, Zhong M L, Huang M Z. The Relationship between zooplankton in Minzhong fishing ground and the central fishing ground[J]. Journal of Fujian Fisheries, 1984, 4: 17-21. [方金钊, 钟枚莉, 黄美珍. 闽中渔场浮游动物与中心渔场的关系[J]. 福建水产, 1984, 4: 17-21.]
- [6] Ma Z D, Song Q Y. A preliminary study on the *Lucifer* from the Kuroshio region of the East China Sea[J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 1992, 10(4): 53-62. [马兆党, 宋庆云. 东海黑潮区莹虾类的初步研究[J]. 黄渤海海洋, 1992, 10(4): 53-62.]
- [7] Lin K, Mai G M, Wang L F, et al. Structure and stability of the fish community in the Pearl River Estuary coastal waters from 2015 to 2018[J]. Journal of Fisheries of China, 2020, 44(11): 1841-1850. [林坤, 麦广铭, 王力飞, 等. 2015—2018 年珠江口近岸海域鱼类群落结构及其稳定性[J]. 水产学报, 2020, 44(11): 1841-1850.]
- [8] Li K Z, Yin J Q, Huang L M, et al. Dynamic variations of community structure and quantity of zooplankton in Zhujiang River Estuary[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2005, 24(5): 60-68. [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.]
- [9] Tian F G, He J, Wang F J, et al. Comparison of community characteristics of zooplankton sampled by two mesh nets in the Pearl River Estuary in summer[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2023, 43(2): 51-59. [田丰歌, 何静, 王符菁, 等. 夏季珠江口两种网型网采浮游动物的群落特征比较[J]. 广东海洋大学学报, 2023, 43(2): 51-59.]
- [10] Zheng Z. A Study on the marine planktonic Crustacea in Xiamen (II) *Lucifer*[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 1954, 3: 1-12. [郑重. 厦门海洋浮游甲壳类的研究(二)莹虾[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1954, 3: 1-12.]
- [11] Cai B J, Zheng Z. A taxonomic study on the *Lucifer* along the coast of southeastern China[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 1965, 12(2): 111-122. [蔡秉及, 郑重. 中国东南沿海莹虾类的分类研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1965, 12(2): 111-122.]
- [12] Cai B J. Constituent, size and sexual ratio of *Lucifer* in Xiamen harbor[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1986, 5(2): 193-196. [蔡秉及. 厦门港莹虾的组成、个体大小和性比率[J]. 台湾海峡, 1986, 5(2): 193-196.]
- [13] Cai B J. The distribution of *Lucifer* in the western waters of the Taiwan Strait[J]. Marine Science Bulletin, 1988, 7(4): 60-65. [蔡秉及. 台湾海峡西部海域莹虾类的分布[J]. 海洋通报, 1988, 7(4): 60-65.]
- [14] Xu Z L. Species composition and diversity of pelagic Decapods in the East China Sea[J]. Marine Environmental Science, 2005, 24(4): 1-4. [徐兆礼. 东海浮游十足类(Decapods)

- 多样性研究[J]. 海洋环境科学, 2005, 24(4): 1-4.]
- [15] Xu Z L. Relationship between pelagic Decapods and environmental factors in the East China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(5): 614-620. [徐兆礼. 东海浮游十足类数量分布与环境的关系[J]. 中国水产科学, 2005, 12(5): 614-620.]
- [16] Xu Z L. Study on the dominant species of pelagic Decapods in the East China Sea and their ecological adaptability[J]. Journal of Fisheries of China, 2005, 29(6): 762-768. [徐兆礼. 东海浮游十足类优势种环境适应的研究[J]. 水产学报, 2005, 29(6): 762-768.]
- [17] Hendrickx M E, Estrada N F D. Temperature related distribution of *Lucifer typus* (Crustacea: Decapoda) in the Gulf of California[J]. Revista De Biología Tropical. 1994, (42): 579-584.
- [18] Sankarankutty C, Barca F E N V. Some observations on *lucifer Faxoni* borradaile (Crustacea: Decapoda: Sergestidae) collected from a tidal estuary[J]. Journal of Marine Biological Association of India, 2000, 41 (1 & 2): 103-106.
- [19] Teodoro S S A, Negreiros-Fransozo M L, Simoes S M, et al. Population ecology of the planktonic shrimp *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea, Sergestoidea, Luciferidae) of the southeastern coast of Brazil[J]. Brazilian Journal of Oceanography, 2012, 60(2): 245-253.
- [20] Teodoro S S A, Pantaleao J A F, Negreiros-Fransozo M L, et al. Ecological aspects and sexual maturity of a southwestern Atlantic population of the planktonic shrimp *Lucifer faxoni* (Decapoda: Sergestoidea)[J]. Journal of Crustacean Biology, 2014, 34(4): 422-430.
- [21] Marafon-Almeida A, Pereira J B, Fernandes L F L. Distribution of the species of *Lucifer* Thompson, 1829 in the subtropical South Atlantic between parallels 20° and 30°s[J]. Brazilian Journal of Oceanography, 2016, 64(3): 217-226.
- [22] Melo N F A C, Neumann-Leitao S, Gusmao L M O, et al. Distribution of the Planktonic Shrimp *Lucifer* (Thompson, 1829) (Decapoda, Sergestoidea) off the Amazon[J]. Brazilian Journal of Biology, 2014, 74(3 Suppl.): 45-51.
- [23] Xu Z L. Determining optimal temperature and salinity of *Lucifer* (Dendrobranchiata: Sergestoidea: Luciferidae) based on field data from the East China Sea[J]. Plankton & Benthos Research, 2010, 5(4): 136-143.
- [24] Gong Y Y, Chen Z Z, Huang Z R. Comparative analysis on community structure of zooplankton in different sea areas of Guangdong seacoast[J]. Journal of Southern Agriculture, 2015, 46(11): 2026-2033. [龚玉艳, 陈作志, 黄梓荣. 广东沿岸不同海域浮游动物群落结构的比较分析[J]. 南方农业学报, 2015, 46(11): 2026-2033.]
- [25] Zhang C X, Gong Y Y, Sun S L, et al. Zooplankton community in the coastal zone of Leizhou Peninsula in summer 2010[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2014, 36(4): 91-99. [张才学, 龚玉艳, 孙省利, 等. 2010年夏季雷州半岛沿岸海域浮游动物群落结构特征[J]. 海洋学报, 2014, 36(4): 91-99.]
- [26] Mao Q W, Shi P, Yin K D, et al. Tides and tidal currents in the Pearl River Estuary[J]. Continental Shelf Research, 2004, 24: 1797-1808.
- [27] Ying Z F, Chen S G. Characteristics of the salt-fresh water mixing in Lingdingyang estuary, the Pearl River Estuary[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1983, 5(1): 1-10. [应秩甫, 陈世光. 珠江口伶仃洋咸淡水混合特征[J]. 海洋学报, 1983, 5(1): 1-10.]
- [28] Jin S S. Analysis of the distribution and seasonal variability of the South China Sea water masses based on the K-means cluster method[D]. Qingdao: First institute of oceanography, MNR, 2017. [靳姗姗. 基于 K-means 聚类分析的南海水团分布及其季节变化研究[D]. 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所, 2017.]
- [29] Yan Y, Chen B, Li B. Characteristics of thermohaline structures and water masses division in the Yellow Sea and the East China Sea in autumn 2016[J]. Marine Forecasts, 2018, 35(5): 7-16. [闫雨, 陈斌, 李博. 2016年秋季黄东海温盐特征与水团划分[J]. 海洋预报, 2018, 35(5): 7-16.]
- [30] Cao Z Y, Bao M, Guan W B, et al. Water-mass evolution and the seasonal change in northeast of the Beibu Gulf, China[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2019, 50(3): 532-541. [曹振铁, 鲍敏, 管卫兵, 等. 北部湾东北部水团分布及季节变化分析[J]. 海洋与湖沼, 2019, 50(3): 532-541.]
- [31] Tian F G, He W, Huang B B, et al. Spatial distribution of eggs of *Stolephorus commersonii* in the Pearl River Estuary[J]. Chinese Journal of Ecology, 2023, 42(3): 694-701. [田丰歌, 何薇, 黄彬彬, 等. 珠江口康氏侧带小公鱼鱼卵的空间分布特征[J]. 生态学杂志, 2023, 42(3): 694-701.]
- [32] Shen Y, Sun Y, Dai L L, et al. Temporal and spatial changes of *Sagitta crassa* in Jiaozhou Bay[J]. Periodical of Ocean University of China, 2020, 50(6): 71-79. [沈阳, 孙跃, 戴铃灵, 等. 胶州湾强壮箭虫的时空分布[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2020, 50(6): 71-79.]
- [33] Wei J M, Lin Y S, Cao W Q, et al. The Ecology of *Lucifer* in Beibu Gulf[C]//Lin Y S, Cai L Z. Proceedings on Marine Science Research in the Beibu Gulf (Volume 3). Beijing: China Ocean Press, 2011: 78-89. [魏静梅, 林元烧, 曹文清, 等. 北部湾莹虾类生态学研究[C]//林元烧, 蔡立哲. 北部湾海洋科学研究论文集(第3辑). 北京: 海洋出版社, 2011: 78-89.] (论文集析出文献)
- [34] Sun R X. Distribution and community characteristics of zooplankton in the northwest coastal waters of Hainan Island[D]. Xiamen: Third institute of Oceanography, SOA,

2014. [孙柔鑫. 海南岛西北沿岸海域浮游动物的分布及群落特征[D]. 厦门:国家海洋局第三海洋研究所, 2014.]
- [35] Zheng T, Lin Y S, Cao W Q, et al. Ecosystem structure and function in northern Beibu Gulf: zooplankton spatial niche and its differentiation[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(13): 3635-3649. [郑挺, 林元烧, 曹文清, 等. 北部湾北部生态系统结构与功能——浮游动物空间生态位及其分化[J]. *生态学报*, 2014, 34(13): 3635-3649.]
- [36] Song X Y, Lin Y J, Zhang L K, et al. Distribution characteristics and influencing factors of meso- and micro-zooplankton communities in the offshore waters of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2023, 42(3): 136-148. [宋星宇, 林雅君, 张良奎, 等. 粤港澳大湾区近海中小型浮游动物分布特征及影响因素[J]. *热带海洋学报*, 2023, 42(3): 136-148.]
- [37] Huang S B. Research of land and ocean interaction process and elements of water exchange in Pearl River[D]. Guangzhou: Sun Yat-sen University, 2009. [黄少彬. 珠江口陆海相互作用过程及水交换机理研究[D]. 广州: 中山大学, 2009.]
- [38] Wang X. Studies on zooplankton community and the effects of environmental factors on its distribution in the Southern Yellow Sea[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012. [王晓. 南黄海浮游动物群落及环境因子对其分布影响的研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2012.]
- [39] Tian F G, Xu Z L. Impact of seasonal variation of water masses on ecological characters of zooplankton in the coastal waters off central Fujian Province[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2012, 31(6): 107-114. [田丰歌, 徐兆礼. 福建中部近海浮游动物生态特征与水团的关系[J]. *热带海洋学报*, 2012, 31(6): 107-114.]
- [40] Zheng B W. Ecological studies on plankton in northern Beibu Gulf[D]. Xiamen: Xiamen University, 2014. [郑白雯. 北部湾北部浮游生物生态学研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2014.]
- [41] Liu Y Q. Study on the coupling relationship of pH, water temperature with both heavy metals and zooplankton community in sea area near Zhanjiang Baosteel power plant[D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2016. [刘耀谦. 湛江钢铁自备电厂附近海域 pH、水温与重金属和浮游动物群落的耦合关系[D]. 湛江:广东海洋大学, 2016.]
- [42] Zhang D R, Hao Z, Feng W H, et al. The distribution characteristics of zooplankton in the waters near Tufu Bay during the spring and autumn and their relationship with environmental factors[C]// *Proceedings of Annual Conference of Science and Technology of the Chinese Society for Environmental Sciences* (2018) (Volume 2), 2018, 2021-2028. [张冬融, 郝喆, 丰卫华, 等. 土福湾附近海域春秋季节浮游动物的分布特征与环境因子的关系[C]// *中国环境科学学会科学技术年会论文集(2018)(第二卷)*, 2018, 2021-2028.] (论文集析出文献)
- [43] Peng P F, Li X L, Cai Y C. Distributing characteristics of zooplankton and its relationship to environmental factors in Wanshan Islands sea of the Pearl River Estuary in fall and spring[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2015, 43(18):170-174. [彭鹏飞, 李绪录, 蔡钰灿. 珠江口万山群岛海域秋春季浮游动物的分布特征及其与环境因子的关系[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(18): 170-174.]
- [44] Ma Z L, Xu Z L, Zhou J. Effect of global warming on the distribution of *Lucifer intermedius* and *L. hanseni* (Decapoda) in the Changjiang estuary[J]. *Progress in Natural Science*, 2009, 19: 1389-1395.
- [45] Moderan J, Bouvais P, David V, et al. Zooplankton community structure in a highly turbid environment (Charente estuary, France): Spatio-temporal patterns and environmental control[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2010, 88(2): 219-232.
- [46] Dong L X, Su J L, Wong L A, et al. Seasonal variation and dynamics of the Pearl River plume[J]. *Continental Shelf Research*, 2004, 24: 1761-1777.
- [47] Mao H L, Gan Z J, Lan S F. A preliminary study of the Yangtze diluted water and its mixing processes[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1963, 5(3): 183-206. [毛汉礼, 甘子钧, 蓝淑芳. 长江冲淡水及其混合问题的初步探讨[J]. *海洋与湖沼*, 1963, 5(3): 183-206.]
- [48] Xu Z L, Gao Q, Chen J J, et al. Yield-Density model on adaptation of Ctenophora to water temperature and salinity in East China Sea[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(1): 68-72. [徐兆礼, 高倩, 陈佳杰, 等. 东海栉水母对温度和盐度生态适应的 Yield-Density 模型[J]. *生态学杂志*, 2008, 27(1): 68-72.]
- [49] Huang X P, Yue W Z, Li Y H, et al. Environmental characteristics and evolvement in sea area around Pingzhou Island of Dapeng Bay, South China Sea[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2004, 23(5): 72-80. [黄小平, 岳维忠, 李颖虹, 等. 大鹏湾平洲岛附近海域生态环境特征及其演变过程[J]. *热带海洋学报*, 2004, 23(5): 72-80.]
- [50] Pang B J, Li T S, Lan W L, et al. Distribution patterns and environmental factors of zooplankton in the Qinzhou Bay in spring and autumn[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(17): 6204-6216. [庞碧剑, 李天深, 蓝文陆, 等. 钦州湾秋季和春季浮游动物分布特征及影响因素[J]. *生态学报*, 2018, 38(17): 6204-6216.]

Impact of water masses on spatial distribution characteristics of *Lucifer hansenii* in the Pearl River estuary in summer

TIAN Fengge, WANG Fujing, HE Jing, YANG Zhenxiong, HUANG Binbin

South China Sea Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration; Nansha Islands Coral Reef Ecosystem National Observation and Research Station, Guangzhou 510300, China

Abstract: The genus *Lucifer* is a type of macro-planktonic crustacean and serves as a food for various fish species. Some *Lucifer* species can be an indicator species for fishing grounds. Utilizing data from six sampling investigations conducted annually from 2016 to 2021 in the Pearl River estuary during August, this study investigated the relationship between the distribution characteristics of *Lucifer hansenii* and water masses and explored the adaptability of *L. hansenii* to temperature and salinity. The results showed that the average abundance of *L. hansenii* varied from 9.26 to 31.09 ind/m³, with the index of clumping between 57.00 and 236.32, indicating a strong spatial aggregating distribution. According to K-means cluster analysis of water temperature and salinity, the survey region could be divided into three water masses: runoff, brackish-mixed and high-salinity water. *L. hansenii* is mainly assembled in the south area of Lantau islands, which is characterized by high salinity, and spread northerly to the runoff and brackish-mixed water. The spread range, with the northernmost distribution area near Humen, was determined by the strength of high-salinity water and the abundance of *L. hansenii*. *L. hansenii* was generally recognized as a warm water species, which is corroborated by the results of this study. The average abundance and number of distribution stations of *L. hansenii* in each investigation were significantly positively correlated with the average sea surface temperature. Previous studies presented varying results on the salinity adaptability of *L. hansenii*. *L. hansenii* was previously regarded as a nearshore-, offshore-, or estuarine low-salt species. In this study, positive correlations were observed between the abundance of *L. hansenii* and sea bottom salinity (SBS) in most surveys. The highest abundance was consistently noted within the salinity range from 29.5 to 31.0, implying that the distribution pattern of *L. hansenii* was closely related to SBS in the Pearl River estuary during the summer. In conclusion, *L. hansenii* was a nearshore species.

Key words: *Lucifer hansenii*; zooplankton; the Pearl River estuary; water mass; salinity

Corresponding author: HUANG Binbin. E-mail: bbhua2011@163.com