

秋季福清湾及其附近海域浮游桡足类调查

戴红,董炜峰,张瑜,陈瑶,杨毕铖

(国家海洋局厦门海洋环境监测中心站 厦门 361008)

摘要: 为了解福清湾及其附近海域水环境和浮游生物状况,促进当地海洋渔业资源的开发利用,文章布设24个站位,采用2种网型,于2016年秋季对该海域浮游桡足类的种类组成、生态类群、优势种、主要优势种和丰度分布以及生物多样性进行调查分析;在此基础上,总结桡足类群落特征,并与历史资料进行对比。研究表明:福清湾及其附近海域桡足类种类丰富,共获取51种,哲水蚤目的种数和丰度占绝对优势;受浙闽沿岸流、台湾暖流和龙江不同程度的影响,以近岸暖水生态类群为主,近岸暖温和外海广布生态类群较多,河口生态类群最少;2种网型的共有优势种为亚强次真哲水蚤(*Subeucalanus subcrassus*)、太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)和针刺拟哲水蚤(*Paracalanus aculeatus*),共有种且为优势种的有9种;主要优势种和丰度在各站位的分布有所差异;多样性指数处于中上水平,生态系统较健康和稳定,种类有小型化趋势;与以往调查相比,桡足类种数有所增加,真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)丰度有所下降且非优势种,外海广布生态类群的增加表明该海域受台湾暖流高温高盐水的影响较明显。

关键词: 桡足类;浮游动物;生态类群;生物多样性;渔业资源

中图分类号: Q179.1;S931.1;P745

文献标志码: A

文章编号: 1005-9857(2018)10-0039-05

The Investigation of Copepods in and near Fuqing Bay in Autumn

DAI Hong, DONG Weifeng, ZHANG Yu, CHEN Yao, YANG Bicheng

(Xiamen Marine Environmental Monitoring Central Station, SOA, Xiamen 361008, China)

Abstract: In order to understand the situation of the water environment and plankton and promote the development and utilization of local marine fishery resources, 24 stations were laid out and two types of nets were adopted in and near Fuqing Bay. Investigation and analysis were made on the species composition, ecological groups, dominant species, the distribution of major dominant species and density, and biodiversity of copepods in the sea area in autumn of 2016. On this basis, the community characteristics were summarized and compared with historical data. The results showed that the species of copepods were rich in and near Fuqing Bay and a total of 51 species were obtained. The number and abundance of the species of calanoida were the absolute advantages. Affected by the coastal currents of Zhejiang and Fujian, the Taiwan warm current and the Longjiang River, coastal warm water group were the main ones. Coastal warm temperature group and widely distributed off the coastal group were the second. Estuary group were the least. The

common dominant species of the two types of nets were *Subeucalanus subcrassus*, *Acartia pacifica* and *Paracalanus aculeatus*. There were 9 species in common of dominant species. The distribution of main dominant species and density in each station was different. The diversity index was at the upper middle level. The ecosystem was relatively healthy and stable. There was a tendency to miniaturize the species. Compared with previous surveys, the number of species of copepods had increased. The density of *Labidocera euchaeta* had decreased and non-dominant species. The increase of widely distributed off the coastal group indicates that the sea area was affected by the high temperature and high salt water in the warm current of Taiwan.

Key words: Copepods, Zooplankton, Ecological group, Biodiversity, Fishery resources

0 引言

桡足类是浮游动物的重要类群,在种类和数量上均占优势,且分布较广;其不仅是浮游植物等初级生产者的重要摄食者,而且是许多鱼类等高级消费者的重要食物来源,在物质循环和能量流动中发挥枢纽作用^[1-3]。桡足类的游泳能力较差,对水环境变化较敏感,因此通过对其种类、分布和数量等的研究,可反映其所在环境的情况^[4-5]。

福清湾地处福建省沿海中部,呈方形,西接龙江、东连屿头岛、东南邻平潭岛、南通海坛海峡,依靠平潭岛北部湾口和海坛海峡与台湾海峡进行水流交换,是福建省重点海湾和重要渔业养殖基地,对其浮游桡足类的种类和丰度等进行研究具有重要意义。目前国内对桡足类已有很多研究^[6-11],对福清湾及其附近海域有浮游动物研究^[12-13],但未有对该海域浮游桡足类的专项研究。因此,本研究对2016年秋季该海域的浮游桡足类进行调查分析,以期当地海洋渔业资源的开发利用提供参考。

1 采样和数据

1.1 采样方法

于2016年11月(秋季)在福清湾及其附近海域开展浮游动物调查,布设站位24个。

采样网具同时选用浅水Ⅰ型浮游生物网(以下简称“Ⅰ型网”)和浅水Ⅱ型浮游生物网(以下简称“Ⅱ型网”),从底至表垂直拖取,依样品体积的5%加入甲醛固定,按照《海洋监测规范》^[14]的要求送至室内鉴定分析。本研究仅讨论桡足类(优势类群),均为2种网型分别描述。

调查海域和站位布设如图1所示。

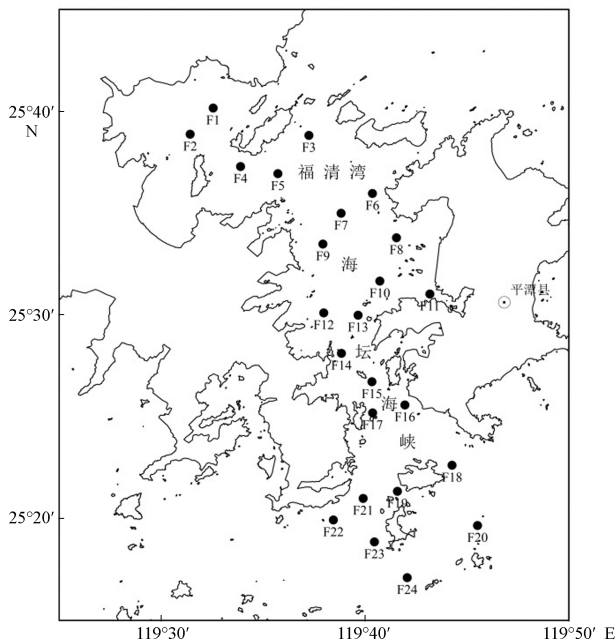


图1 调查站位

1.2 数据处理

多样性指数的计算公式^[15]为:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$$

式中: P_i 为第 i 种个体数与样品总个体数的比值; s 为种类数。

优势度的计算公式^[16]为:

$$Y = (n_i / N) \times f_i$$

式中: n_i 为第 i 种个体数; N 为样品总个体数; f_i 为第 i 种在各站位出现的频率。当 $Y \geq 0.02$ 时,该种类为优势种。

2 调查结果

2.1 种类组成

综合 I 型网和 II 型网,共获取桡足类 51 种(不计桡足类幼体和无节幼虫),其中 I 型网为 32 种,II 型网为 40 种(表 1)。

表 1 桡足类种类组成

网型	类群	种数/种	种数	丰度/	丰度
			占比/%	(个·m ⁻³)	占比/%
I 型	哲水蚤目	24	75.0	1 085	99.3
	剑水蚤目	6	18.7	4	0.4
	猛水蚤目	2	6.3	3	0.3
II 型	哲水蚤目	20	50.0	6 844	78.4
	剑水蚤目	16	40.0	1 656	19.0
	猛水蚤目	4	10.0	226	2.6

各站位桡足类的种数, I 型网为 2~13 种,平均为 8 种,最高在 F15 站,最低在 F8 站; II 型网为 8~24 种,平均为 13 种,最高在 F21 站,最低在 F1 站、F4 站和 F11 站。从平面分布来看, 2 种网型的种数均以海坛海峡南部最多,福清湾顶其次,海坛海峡北部最少。

2.2 生态类群

受浙闽沿岸流、台湾暖流和龙江的影响,福清湾及其附近海域的桡足类分为 4 个生态类群。

(1)河口生态类群。主要是受龙江、大陆径流和生活用水排海等淡水影响的广温低盐类群,种类和数量均较少;主要种有火腿伪镖水蚤(*Pseudodiaptomus poplesia*)、海洋伪镖水蚤(*Pseudodiaptomus*

marinus)和捷氏歪水蚤(*Tortanus derjugini*)等。

(2)近岸暖温生态类群。主要是受浙闽沿岸流影响而引入的低温低盐类群,种类和数量均较多;主要种有太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)、背针胸刺水蚤(*Centropages dorsispinatus*)、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)、瘦尾胸刺水蚤(*Centropages tenuiremis*)和近缘大眼水蚤(*Corycaeus affinis*)等。

(3)近岸暖水生态类群。主要是高温低盐类群,种类和数量均较多,且分布广,为该海域的最优势类群;主要种有强额孔雀水蚤(*Parvocalanus crassirostris*)、驼背隆哲水蚤(*Acrocalanus gibber*)、针刺拟哲水蚤(*Paracalanus aculeatus*)、真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)、短角长腹剑水蚤(*Oithona brevicornis*)、筒长腹剑水蚤(*Oithona simplex*)和小毛猛水蚤(*Microsetella norvegica*)等。

(4)外海广布生态类群。主要是由台湾暖流带入的高温高盐类群,种类和数量均较多,主要分布于海坛海峡南部;主要种有亚强次真哲水蚤(*Subeucalanus subcrassus*)、微刺哲水蚤(*Canthocalanus pauper*)、背突隆水蚤(*Oncaea clevei*)、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)、弓角基齿哲水蚤(*Clausocalanus arcuicornis*)和亮大眼水蚤(*Corycaeus andrewsi*)等。

2.3 优势种

不同网型的优势种及其丰度如表 2 所示。

表 2 不同网型的优势种及其丰度

优势种	I 型网			II 型网		
	优势度(Y)	平均丰度/ (个·m ⁻³)	丰度 占比/%	优势度(Y)	平均丰度/ (个·m ⁻³)	丰度 占比/%
强额孔雀水蚤	—	—	—	0.39	140	38.60
亚强次真哲水蚤	0.21	11	23.80	0.04	17	4.60
太平洋纺锤水蚤	0.19	8	18.60	0.04	20	5.40
针刺拟哲水蚤	0.17	10	21.10	0.21	77	21.10
背针胸刺水蚤	0.11	6	12.30	—	—	—
短角长腹剑水蚤	—	—	—	0.08	31	8.50
筒长腹剑水蚤	—	—	—	0.05	19	5.30
微刺哲水蚤	0.04	3	6.30	—	—	—
驼背隆哲水蚤	0.03	2	5.10	—	—	—
中华哲水蚤	0.02	2	3.30	—	—	—
瘦尾胸刺水蚤	0.02	2	3.50	—	—	—

由表 2 可以看出,Ⅰ型网的优势种有 8 种,亚强次真哲水蚤占较大优势;Ⅱ型网的优势种有 6 种,强额孔雀水蚤占较大优势。2 种网型的共有优势种为亚强次真哲水蚤、太平洋纺锤水蚤和针刺拟哲水蚤,主要为近岸暖水、近岸暖温和外海广布生态类群。

此外,Ⅰ型网和Ⅱ型网的共有种为 21 种,其中Ⅰ型网的优势种均出现在共有种,而Ⅱ型网的优势种有 4 种出现在共有种。共有种且为优势种的有 9 种,分别是背针胸刺水蚤、短角长腹剑水蚤、瘦尾胸刺水蚤、太平洋纺锤水蚤、驼背隆哲水蚤、微刺哲水蚤、亚强次真哲水蚤、针刺拟哲水蚤和中华哲水蚤。

2.4 主要优势种的分布

2.4.1 亚强次真哲水蚤

该种在我国东海和南海以及太平洋、印度洋、大西洋和地中海均有分布。该种是 2 种网型的共有优势种,也是Ⅰ型网的第 1 优势种,2 种网型的丰度相差不大。除 F8 站、F11 站和 F19 站外,在Ⅰ型网其余站位均有出现;除 F1 站、F4 站和 F11 站外,在Ⅱ型网其余站位均有出现。2 种网型的分布较一致,高丰度区均位于海坛海峡中部和南部,低丰度区均位于福清湾和海坛海峡北部。

2.4.2 强额孔雀水蚤

该种属于暖水性小型种,在我国渤海到南海的河口区以及北印度洋和非洲南部海域均有分布。该种是Ⅱ型网的第 1 优势种,且在各站位均有出现。高丰度区分布较散,位于福清湾南部的 F7 站和 F9 站、海坛海峡中部的 F14 站和 F17 站以及海坛海峡南部的 F21 站;低丰度区位于福清湾南部的 F5 站和顶部的 F1 站。

该种在Ⅰ型网各站位均未出现,原因应是其体积太小,在Ⅰ型网采样中被遗漏。

2.4.3 太平洋纺锤水蚤

该种属于暖水性小型种,常见于我国渤海、黄海和东海沿岸,在太平洋和印度洋也有分布。该种是 2 种网型的共有优势种,也是Ⅰ型网的第 2 优势种,Ⅱ型网的丰度略大于Ⅰ型网。在Ⅰ型网各站位均有出现;除 F5 站、F7 站、F8 站、F9 站和 F11 站外,在Ⅱ型网其余站位均有出现。2 种网型的分布略有不同,Ⅰ型网的高丰度区位于海坛海峡中部和南部,低丰度区位于福清湾南部和海坛海峡北部;

Ⅱ型网的高丰度区位于福清湾北部以及海坛海峡中部和南部,低丰度区与Ⅰ型网相同。

2.4.4 针刺拟哲水蚤

该种属于暖水性较强种,常见于我国东海和南海,向北可见至山东半岛南部海域,在太平洋、大西洋和印度洋也有广泛分布。该种是 2 种网型的共有优势种,也是Ⅰ型网的第 3 优势种和Ⅱ型网的第 2 优势种,Ⅱ型网的丰度明显大于Ⅰ型网。除 F1 站、F3 站、F8 站、F10 站和 F11 站外(主要位于福清湾至海坛海峡北部的东侧沿岸),在Ⅰ型网其余站位均有出现;在Ⅱ型网各站位均有出现。2 种网型的分布略有不同,Ⅰ型网的高丰度区位于海坛海峡南部,低丰度区位于福清湾南部和海坛海峡北部;Ⅱ型网的高丰度区位于福清湾北部和海坛海峡南部,低丰度区与Ⅰ型网相同。

2.5 丰度的分布

Ⅰ型网各站位的丰度为 $6 \sim 219$ 个/ m^3 ,平均为 45 个/ m^3 ;各站位有一定的差异,最高位于 F14 站,次高位于 F21 站,最低位于 F10 站。Ⅱ型网各站位的丰度为 $41 \sim 1\,058$ 个/ m^3 ,平均为 364 个/ m^3 ;各站位差异悬殊,最高位于 F21 站,次高位于 F14 站,最低位于 F5 站。

Ⅰ型网的高丰度区位于海坛海峡南部,其次为福清湾顶;低丰度区位于福清湾南部和海坛海峡北部。Ⅱ型网的高丰度区位于海坛海峡中部和南部西侧沿岸,低丰度区位于福清湾南部和海坛海峡东北部局部。

2.6 生物多样性

Ⅰ型网各站位的多样性指数为 $0.95 \sim 2.96$,平均为 2.26;小于 2 的站位大多位于海坛海峡北部,小于 1 的站位仅为 F8 站。Ⅱ型网各站位的多样性指数为 $1.71 \sim 3.32$,平均为 2.47;大于 3 的站位仅为 F19 站和 F21 站,小于 2 的站位仅为 F9 站和 F24 站。多样性指数Ⅱ型网略高于Ⅰ型网。

3 讨论

3.1 群落特征

福清湾及其附近海域桡足类种类丰富,以近岸暖水生态类群为主,其次为近岸暖温和外海广布生态类群,而河口生态类群最少。该海域属亚热带海洋性气候,秋季以东北风为主,受浙闽沿岸流南下的影响,出

现不少低温低盐类群,如太平洋纺锤水蚤、中华哲水蚤和背针胸刺水蚤等,其中太平洋纺锤水蚤数量较多、分布较广;外海广布生态类群较多,表明受台湾暖流高温高盐水的影响较明显,其中亚强次真哲水蚤在 2 种网型均成为优势种(尤其是 I 型网的第 1 优势种),精致真刺水蚤集中分布在湾外 F18 站至 F24 站;盐度较高(25.4~28.1),表明受龙江的影响较小,这也是河口生态类群最少的原因;多样性指数处于中上水平,表明生态系统较健康和稳定。

2 种网型中,哲水蚤目的种数和丰度均占最大优势;II 型网种数较多、丰度较大,其中共有种且为优势种中的针刺拟哲水蚤、短角长腹剑水蚤和太平洋纺锤水蚤的丰度明显大于 I 型网。一方面,II 型网的筛绢孔径较 I 型网小,适合采集中、小型桡足类,而很多小型种在 I 型网中易被遗漏,这也是剑水蚤目和猛水蚤目在 2 种网型的丰度差异悬殊的原因(二者大多为小型种);另一方面,根据本次对浮游植物的调查数据,优势种主要为中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、丹麦细柱藻(*Leptocylindrus danicus*)、旋链角毛藻(*Chaetoceros curvisetus*)、派格棍形藻(*Bacillaria paxillifera*)和具槽帕拉藻(*Paralia sulcata*)等小型种,其为小型桡足类提供优良饵料,促进其大量繁殖;此外,福清湾及其附近海域渔业养殖的发展加大对桡足类的摄食压力,使其种类趋于小型化。

3.2 历史资料对比

1990 年夏、秋季福清湾及其附近海域的浮游动物调查^[12],共获得桡足类 26 种,优势种为真刺唇角水蚤和太平洋纺锤水蚤。2005 年秋季和 2006 年春季福清湾及其附近海域的浮游动物调查(采用 I 型网)^[13],共获得桡足类 30 种,分为 4 个生态类群,其中秋季优势种为微刺哲水蚤和真刺唇角水蚤,多样性指数为 2.00~3.47,平均为 2.82。

与前 2 次调查相比,本次调查获得桡足类的种数有所增加。本次调查与 1990 年调查的共有种有 15 种,其中哲水蚤目 13 种、剑水蚤目 2 种;优势种均出现太平洋纺锤水蚤,其丰度也有提高。本次调查(I 型网)与 2005 年调查的优势种均出现微刺哲水蚤,生态类群未发生变化,多样性指数略有下降且变化幅度增大。前 2 次调查的优势种均出现真刺唇角水蚤,

本次调查在 2 种网型中也均出现真刺唇角水蚤,但丰度有所下降,且非优势种。1990 年调查的优势种为近岸暖水和近岸暖温生态类群,2005 年调查和本次调查的优势种均增加外海广布生态类群,表明海域受台湾暖流高温高盐水的影响较明显,这可能也是真刺唇角水蚤没有成为本次调查优势种的原因之一。

参考文献

- [1] 唐启生,苏纪兰,孙松,等.中国近海生态动力学研究进展[J].地球科学进展,2005,20(12):1288—1289.
- [2] ROFF J C, TURNER J T, WEBBER M K. Bacterivory by tropical copepod nauplii: extent and possible significance[J]. Aquat Microb Ecol, 1995, 9: 165—175.
- [3] BOLLENS S M, FROST B W. Oviparity, selective predation, and variable diel vertical migration in *Euchaeta elongata* (Copepoda: calanoida)[J]. Oecologia, 1991, 87: 155—161.
- [4] 徐兆礼. 东海普通水蚤种群特征与环境关系研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17(1): 107—112.
- [5] AKITHIRO S, HIROKI A. High-west and low-east distribution of chlorophylla, primary productivity and diatoms in the subarctic North Pacific surface waters, midwinter 1996[J]. J. Oceanogr., 1999, 55: 493—503.
- [6] 廖秀丽, 李纯厚, 杜飞雁, 等. 大亚湾桡足类的生态学研究[J]. 南方水产, 2006(4): 46—53.
- [7] 徐潇峰, 朱丽岩, 徐凤凤, 等. 乳山湾及邻近海域桡足类种类组成和时空分布的初步研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2014, 44(4): 54—63.
- [8] 罗冬莲, 黄美珍. 福建深沪湾浮游桡足类的分布[J]. 台湾海峡, 2002, 22(4): 463—468.
- [9] 朱长寿. 闽江口浮游桡足类生态研究[J]. 台湾海峡, 1997, 17(1): 75—79.
- [10] 杜秀宁, 王云龙, 陈涛, 等. 象山港浮游动物桡足类群落季节变化[J]. 生态学报, 2013, 32(10): 2756—2763.
- [11] 张才学, 龚玉艳, 王学锋, 等. 湛江港湾浮游桡足类群落结构的季节变化和影响因素[J]. 生态学报, 2011, 31(23): 101—111.
- [12] 中国海湾志编委会. 中国海湾志[M]. 北京: 海洋出版社, 1994.
- [13] 林君卓. 福清湾及附近海域浮游动物的数量和分布[J]. 台湾海峡, 2008, 28(1): 58—63.
- [14] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 海洋监测规范: GB 17378.7—2007[S]. 北京: 标准出版社, 2007.
- [15] SHANNON C E, WEAVER W. The mathematical theory of communication[M]. Urbana: University of Illinois Press, 1963.
- [16] 孙翠慈, 王友绍, 孙松, 等. 大亚湾浮游植物群落特征[J]. 生态学报, 2006, 26(12): 3948—3958.