

文章编号: 1004-7271(2003)01-0065-07

·综述·

我国毛颚类的研究状况与展望

The situation and development trend of the study on Chaetognatha in China

杜飞雁^{1,2}, 李纯厚², 贾晓平²

(1. 上海水产大学海洋学院, 上海 200090 2. 中国水产科学研究院海洋渔业生态环境与污染监控技术重点开放实验室, 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州 510300)

DU Fei-yan^{1,2}, LI Chun-hou², JIA Xiao-ping²

(1. Oceanology College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090; 2. Key Laboratory of Marine Fishery Ecology Environment and Pollution Monitoring & Control Technique, Chinese Academy of Fishery Science, South China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Guangzhou 510300)

关键词: 中国, 毛颚类, 进展, 展望

Key words: China, Chaetognatha, development tendency

中图分类号: S917.4 文献标识码: A

海洋浮游动物是海洋生态系次级生产者的代表, 通过捕食作用控制浮游植物的数量, 同时它也被高层海洋动物捕食, 因而在海洋生态系统的结构和功能中起着重要的调控作用。毛颚类是海洋浮游动物一个主要类群, 种类尽管只有 70 余种, 但其数量比例却仅次于桡足类而居浮游动物各大类群的第二位。毛颚类不仅是其他游泳生物的优质饵料, 而且本身可供食用, 具有一定的经济价值。其分布广、个体大, 对海洋环境的变化敏感, 特别是对海流、水团的依存性强, 因而常被用来作为识别海流或水团的生物指标种, 同时, 毛颚动物因其对环境变化敏感的特性而常作为污染生态学和实验胚胎学研究的材料, 因此, 研究毛颚动物, 对海洋渔业、海水养殖业, 以及海洋生态学的研究都具有理论与实践意义。概要叙述我国毛颚类的研究进展, 并就今后研究的发展趋势进行初步展望。

1 我国毛颚类的研究历史

毛颚类是很早被研究到的一类动物, 在还没有提出浮游动物这一概念之前, 就有人注意到它并进行了初步的分类研究, 其历史可追溯到十八世纪。早在 1775 年, Slabber 等人揭开了此类动物分类研究的序幕, 1854 年 Leuckart 和 Pagenstecher 将这类动物订名为“毛颚动物”(Chaetognatha), 并初步分类为 *Sagitta* 和 *Spadella* 二属^[1]。到十九世纪初, 有关学者进行了比较系统的调查研究, 发表了许多论文、专著, 对不同海区的毛颚类进行了分类和种类的描述, 并对其分布情况进行了研究, 同时对毛颚类的各个发育期进行了划分, 为这类动物的分类、生态研究奠定了良好的基础。

有关我国海区毛颚类的研究工作, 开始于十九世纪廿年代, 初期主要集中在分类学研究。1919 年

收稿日期: 2002-06-14

作者简介: 杜飞雁(1974-)女, 满族, 新疆阿克苏人, 助理馆员, 上海水产大学 2000 级硕士研究生, 专业方向为海洋渔业资源与生态环境, Tel: 020-84195173, E-mail: feiyanegg@21cn.com

Michael^[2]报道了“信天翁”号途经台湾与香港之间海域时,发现毛颚类 14 种;1943 年,Fontzon Hsu^[3]报道了青岛和海南岛沿岸的箭虫 4 种;1951 年克拉克^[4]报道过厦门海域毛颚类 7 种及 1 未定种;1964 年郑执中和肖贻昌^[5]根据中国海区及邻近开始了毛颚类的生态研究,并报道了我国海域的毛颚类 21 种,其中列出种名的有 12 种。1967 年 Alvarind^[6]发表了水域毛颚类的分布与海流、水团关系的分析,提出了几种可作为中国海区及其邻近水域主要水团和海流的指示种,南海和泰国湾的毛颚类 28 种;1966 年白雪娥和王为祥^[7]对渤、黄海强壮箭虫和黄海百陶箭虫夏、秋季不同体长的个体体重进行了研究;1970 年廖文光^[8]报道了毛颚类 17 种;1975 年 Masao Matsuzaki^[9]报道东海毛颚类时提到 20 种;1978 年庄世德和陈孝麟^[1]发表南黄海、东海的毛颚类 25 种,并对鉴定种类的主要特征作了详细描述;1982 年林雅蓉^[10]初步研究了东海陆架区毛颚类的分布及群落特征。1983 年张谷贤和陈清潮^[11]发表南海北部和中部的毛颚类 35 种,在进行种类描述的同时,还对这些种类的地理分布和生态特点作了探讨。至此,我国毛颚类的分类情况初步完成,此后有关毛颚类研究则更多地侧重于生态学研究方面。1987 年戴燕玉^[12]研究报道了厦门港毛颚类的分布特征。同年,陈清潮等^[13-15]对曾母暗沙海区毛颚类主要种类的幼体与成体的比例、体长、昼夜垂直移动及生物化学成分进行了研究。1989 年戴燕玉^[16,17]、孙耀强^[18]和蔡东生^[19]分别研究了台湾海峡西部、北部湾和大亚湾毛颚类的种类组成、季节变化及分布规律。1991 年,张谷贤和陈清潮^[20]对南沙群岛海区春夏期间毛颚类的种类组成、数量分布、体长、体重和肠含物的组成进行了研究,并首次报道了 9 种热带泻湖海域毛颚类。同年陈栩等^[21]对闽南—台湾浅滩渔场毛颚类的生态进行了全面的研究。1995 年、1996 年戴燕玉^[22-24]分别对中太平洋西部和南海中部的毛颚类生态特征进行了研究,并在多年研究的基础上,对我国海域毛颚类的多样性进行了深入的研究。随着我国浮游动物实验生态和生理、生化实验的开展,1994 年、1995 年曹文清等^[25]、杨纪明和李军^[26]分别对百陶箭虫的染色体核型和强壮箭虫的摄食状况进行了研究。2002 年张谷贤和尹健强^[27]对南沙群岛海区毛颚动物的昼夜垂直移动进行了研究,并就影响昼夜垂直移动因素作了探讨。

2 我国毛颚类的种类组成和数量分布

目前已报道的毛颚类总计有 9 属 70 余种,其中在我国海域分布的有 37 种,分属于箭虫属(*Sagitta*) (29 种);真虫属(*Eukrohnia*) (5 种);撬虫属(*Krohnitta*) (2 种);翼箭虫属(*Pterosagitta*) (1 种) 4 个属。这 37 种毛颚类大致可分为暖水性、暖温性和深水性 3 个生态类群。其中暖水种有 27 种,其种类最多、数量最大、分布最广,是我国海区的主要类群,并构成东海和南海的优势种。暖水种依据其分布范围,又可分为近岸、广布和大洋性 3 个类型;深水种有 7 种,主要分布南海较深海域,数量较少;暖温性仅有 3 种,主要分布在黄、渤海,并为该海区优势种,且优势度非常明显。就区系而言,可划分为暖温带区系、热带-暖温带混合区系和热带大洋区系^[22]。

我国海域辽阔地理跨度大,受不同的温度、地理环境和海流水团的影响,各海区毛颚类的种类组成和数量分布也不同。毛颚类的分布和季节演替,与外海暖水系、沿岸水系和大陆径流的消长均有关系。分布于黄、渤海的毛颚类种类最少,仅有 13 种。东海的毛颚类有 30 种。南海的毛颚类种类最多,有 36 种。节泡真虫(*Eukrohnia fowleri*)、钩状真虫(*Eukrohnia hamata*)、深海真虫(*Eukrohnia bathypelagica*)、中华真虫(*Eukrohnia sinica*)、大头箭虫(*Sagitta macrocephala*)、寻箭虫(*Sagitta zetesios*)和海洋箭虫(*Sagitta oceanica*)等 7 种毛颚类仅分布于南海。从中纬度到低纬度毛颚类的分布变化呈种数递增、个体数量减少的趋势,同浮游动物总体的变化规律基本一致。毛颚类在各海区分布统计见表 1。

2.1 黄、渤海区的毛颚类

黄、渤海是地处亚热带和温带区系的过渡交替海区,浮游动物种类单一,生态类型相对简单,有暖温带近岸种、寒温带种和暖水种 3 种类型,其中以暖温带近岸种数量为最多。

表 1 我国各海区毛颚类种类组成与分布

Tab.1 The composition and distribution of Chaetognatha in China seas

种 名	分布海区				生态类型
	渤海	黄海	东海	南海	
深层真虫 <i>Eukrohnia bathyantartica</i>			+	+	深水种
节泡真虫 <i>Eukrohnia fowleri</i>				+	深水种
钩状真虫 <i>Eukrohnia hamata</i>				+	深水种
深海真虫 <i>Eukrohnia bathypelagica</i>				+	深水种
中华真虫 <i>Eukrohnia sinica</i>				+	深水种
太平洋纡虫 <i>Krohniitta pacifica</i>		+	+	+	暖水广布种
纤细纡虫 <i>Krohniitta subtilis</i>			+	+	大洋性暖水种
飞龙翼箭虫 <i>Pterosagitta draco</i>		+	+	+	大洋性暖水种
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>	+	+	+	+	暖水广布种
六鳍箭虫 <i>Sagitta hexaptera</i>			+	+	大洋性暖水种
琴形箭虫 <i>Sagitta lyra</i>			+	+	大洋性暖水种
美丽箭虫 <i>Sagitta pulchra</i>		+	+	+	暖水近岸种
飘浮箭虫 <i>Sagitta planctonis</i>			+	+	低温高盐种
寻箭虫 <i>Sagitta zetesios</i>				+	暖水种
大头箭虫 <i>Sagitta merocephala</i>				+	深水种
凶形箭虫 <i>Sagitta ferox</i>		+	+	+	暖水广布种
双斑箭虫 <i>Sagitta bipunctata</i>			+	+	暖水种
太平洋箭虫 <i>Sagitta pacifica</i>		+	+	+	大洋性暖水种
假锯齿箭虫 <i>Sagitta pseudoserratodentata</i>			+	+	暖水种
狭长箭虫 <i>Sagitta bruani</i>			+	+	暖水种
强壮箭虫 <i>Sagitta crassa</i>	+	+	+		暖温带近岸种
囊开形箭虫 <i>Sagitta crass forma naikaiensis</i>		+	+	+	暖温带近岸种
窄瘦形箭虫 <i>Sagitta tenuis</i>			+	+	暖水种
百陶箭虫 <i>Sagitta bedoti</i>		+	+	+	暖水性近岸种
海龙箭虫 <i>Sagitta nagae</i>	+	+	+	+	暖温带近海种
多变箭虫 <i>Sagitta decipiens</i>			+	+	大洋性暖水种
新多变箭虫 <i>Sagitta neodecipiens</i>		+	+	+	大洋性暖水种
微型箭虫 <i>Sagitta minima</i>		+	+	+	大洋性暖水种
粗壮箭虫 <i>Sagitta robusta</i>			+	+	暖水广布种
厚领箭虫 <i>Sagitta tokiokai</i>			+	+	大洋性暖水种
小箭虫 <i>Sagitta neglecta</i>		+	+	+	暖水近岸种
规则箭虫 <i>Sagitta regularis</i>		+	+	+	暖水广布种
矮壮箭虫 <i>Sagitta bedfordii</i>			+	+	暖水近岸种
弱箭虫 <i>Sagitta delicata</i>			+	+	暖水近岸种
圆囊箭虫 <i>Sagitta johorensis</i>			+	+	暖水近岸种
隔状箭虫 <i>Sagitta septata</i>			+	+	大洋性暖水种
海洋箭虫 <i>Sagitta oecania</i>				+	大洋性暖水种

注：+ 表示有分布

该海区的毛颚类种类较少，1958 年全国大面海洋综合调查^[28]和 1982 年国家海洋局海洋环保所^[29]进行的两次大面调查，在该海域主要有强壮箭虫、肥胖箭虫 2 种出现。1998 - 2000 年进行的全国海洋生物资源调查在该海区采集到强壮箭虫、肥胖箭虫、百陶箭虫和囊开形箭虫 4 种。黄、渤海区的毛颚类种类虽少，但却是该海域浮游动物的优势种群之一，除春季外，其余 3 季优势度非常明显。

强壮箭虫是主要分布于该海域的毛颚类，为沿岸低盐水系带来的暖温带近岸表层种，具有喜冷水性和低盐性。在我国北纬 33°以北沿海均有分布，可以作为黄海水团和日本内海低盐水的指示种^[5]。在黄海，其不仅个体大、数量多，而且终年出现于该海区，自近岸到中部水域均有分布，但在盐度大于 32 的外海一般数量较少，是黄、渤海区大型浮游动物的终年优势种类^[30]。在浮游动物生物量中，与中华哲水蚤一起占主导地位，其数量变动及平面分布将直接影响浮游动物总生物量的平面分布，其数量密集中心往往形成高生物量区^[29]。

肥胖箭虫和百陶箭虫均属暖水种,在黄海区主要分布于受长江水系控制的南部海域,夏、秋季随着黑潮暖流的向北推进而进入黄、渤海^[31]。除上述2种数量相对较多的箭虫之外,还有少量栖息于较高水温环境的其它种类,如海龙箭虫、凶形箭虫等也会因黑潮暖流的影响而在黄、渤海区零星出现^[30]。

2.2 东海区的毛颚类

东海是陆架宽阔的边缘海,西太平洋的主要洋流——黑潮在其陆架外缘经过,在此交汇的水系多,水系交汇十分复杂。大陆沿岸水、东海混合水和黑潮水在不同季节的相互消长和变化,使该海区的水文情况复杂多变,致使毛颚类的种类组成也具有复杂性。东海区的毛颚类有暖温带近岸低盐种、广温广盐、低温高盐、低温广盐和高温广盐5种生态类型,其中广温广盐类群在东海浮游动物数量上占优势,主要分布在陆架混合水区,四季均有出现。暖温带近岸低盐种出现和数量变动受沿岸水影响,在沿岸水和混合水锋面内侧分布较多,种类相对较少,但数量较大。其余3种数量均较稀少。

东海区毛颚类的生态类型与种类数量都远多于黄、渤海区,常见种类约20种左右。有暖水广布性的肥胖箭虫等,暖水近岸性的百陶箭虫等,暖温带近海种海龙箭虫,有与暖流有一定关系的微箭虫、太平洋撬虫、飞龙翼箭虫、小箭虫、规则箭虫等,也有与暖流关系密切、高温高盐可作为黑潮指示种的太平洋箭虫等^[10]。此外,主要分布在黄海区的强壮箭虫,在东海区也有分布。根据历次对该海区的调查表明,毛颚类中以肥胖箭虫、海龙箭虫和百陶箭虫为主要优势种,其余的种类如太平洋箭虫、粗壮箭虫、凶形箭虫、规则箭虫等热带种出现频率较高,但数量稀少。

肥胖箭虫为广泛分布于太平洋热带水域的暖水性广布种,在东海区主要分布于受黑潮暖流、台湾暖流影响的水域,为东海区毛颚类最主要种类,其数量的季节变化十分明显。冬季数量稀少,分布范围也较窄。春季随暖流势力增强数量开始增多,6-8月随水体快速升温其数量成倍增加,很快达到最高峰并遍布全海区,并在长江口外和浙江近海形成密集区,1976年8-9月在嵊泗列岛附近水域曾出现密度超过 $100\text{ind}/\text{m}^3$ 的密集中心^[10]。9月后数量逐渐下降,10-12月数量突然下降,密集区消失,分布区也随台湾暖流的流动方向逐渐外移。

海龙箭虫是典型的暖温带近海种,在我国近海主要分布于北纬 28° 以南的南黄海和东海水域,但在冬季还可能有为数不多的个体随沿岸水扩布到南海。其分布中心在东海,数量仅次于肥胖箭虫,区域分布和季节变化明显,分布范围及密集区的位置较有规律,在水温低于 25°C ,盐度小于33.5的水域出现较多,密集区一般位于杭州湾口外海及长江口外海高盐水与近岸低盐水的交汇区。在紧靠河口与近岸水域及高温高盐水域中,数量一般较少。分布特点是随水温的升高,其分布由南向北退缩,东海北部多于东海南部,冬夏季较多,春秋较少^[10]。

百陶箭虫主要分布在南海区,但在东海区也有较大数量的分布。在个别海区,如厦门港附近的海域,其数量甚至可以超过肥胖箭虫占主要地位,控制该海域毛颚类总个体数的变动^[32]。在东海,其分布北界冬、春向南退缩,夏秋北进,中心区一般在东经 125° 以西水域,常在近岸交汇水域形成密集区,一年中以10-12月数量最多,其余月份都比较少,数量变化与上升流有着密切关系。

2.3 南海区的毛颚类

南海地处热带及亚热带气候带,地理纬度跨度大,毛颚类的种类组成在三大海区中是最多、最复杂的。在我国海域有分布的37种毛颚类中,南海区就有36种被记录,历次调查采集到的也在30种左右,在数量上仅次桡足类而居第二位。南海的气候特点,使该海区的毛颚类暖水性明显,暖水种在南海区终年可见,且占种类、数量的绝大部分。海区内以肥胖箭虫、太平洋箭虫、微箭虫和飞龙翼箭虫等占优势,左右着毛颚类总个体数的季节变化,其中肥胖箭虫占主要优势,且优势度明显。此外,凶形箭虫、粗壮箭虫、六鳍箭虫和纤细撬虫也占一定的数量。

在东海区毛颚类中占优势的肥胖箭虫,在南海的优势度更为明显,终年数量很多,遍布全区,对毛颚类总量的时空分布变化起决定性作用。在水温最低的2月,肥胖箭虫数量最少,5月以后随着水体的升温,其数量也开始逐渐增多,10月达到全年的最高峰,11月后逐月开始减少^[30]。

太平洋箭虫是与暖流关系十分密切的典型高温、高盐外海暖水种。在东海的分布几乎限于黑潮主干流经的海域和台湾暖流影响显著的浙江外海,是黑潮暖流的良好指示种,在台湾海峡中、北部及南海近海都是暖流的良好指示种,其分布可以反映暖流在各海区的态势^[21]。在南海虽然数量不高,但常年出现,分布较广,主要分布于水深大于 50m、表层盐度大于 34 的外海高盐水域中,密集中心常出现在受暖流影响较大的外海,沿岸一带分布很少。盐度是影响其在南海季节变化的主要因素,全年中以低盐度沿岸水势力最强的夏季数量最低,随后开始逐渐回升,冬季达到最高,春季次之。

由于南海区的水深较深,所以南海区毛颚类的分层栖息现象比较明显。大多数种都分布在 0~100m 水层中。太平洋撬虫、纤细撬虫、肥胖箭虫和微型箭虫等种类可延伸到 100~200m 水层中,其年际变化和季节变化不明显。这些分布在 200m 以浅水域的种类,均为暖水种类,温度是限制其分布的主要因素。寻箭虫、大头箭虫和真虫类等种类则呈现深层分布的特征,仅出现在 500m 以深的水域,其中节泡真虫、深层真虫、深海真虫和大头箭虫 4 种仅分布在 1000m 以下的深水区,是典型的低温高盐种。数量季节变化呈双峰型特征,春季数量为全年最低,随后开始上升,夏季出现次高峰,秋季数量再次降低,冬季达到全年最高峰^[33]。

不论是近岸或外海区,肥胖箭虫均为常见种和优势种,除该种外,近岸常以百陶箭虫、小箭虫、凶形箭虫占优势,河口区美丽箭虫较多,外海区则以太平洋箭虫、飞龙翼箭虫和微型箭虫为主,隔状箭虫、寻箭虫、海洋箭虫等仅在南海区的局布水域出现,其数量和出现率都较低。南海区毛颚类的高数量区通常出现在近岸陆架区和外海的东沙群岛附近^[32]。

3 毛颚类分布与渔场形成的关系

毛颚类作为主要饵料浮游动物之一,是构成渔场饵料基础的重要组成部分,在其优势度十分明显的海区,毛颚类的数量分布会直接影响到渔场的状况。1972 年 4、5 月浙江沿海的温台、鱼山、舟山等渔场位置与浮游动物高生物量区相吻合。其中心渔场内,饵料浮游动物生物量分别为 100~250mg/m³ 和 100~500mg/m³,而毛颚类的海龙箭虫即为主要组成种类之一。5 月下旬后,由于种种原因,渔场内浮游动物数量开始减少,渔场内呈现出饵料浮游动物生物量显著下降,与此同时绝大部份鱼群向北或向东北方向移动,随之该渔场消失,汛期遂告结束^[34]。1971 年夏、秋长江口渔场的浮游动物生物量高达 332mg/m³,成为东海夏、秋期间最好的索饵渔场,其中肥胖箭虫为主要优势种之一^[35]。根据 1973 年的资料显示,在长江口渔场区内,毛颚类的百陶箭虫和海龙箭虫全年均为构成浮游动物高生物量的主要优势种,舟山渔场在东海诸渔场中饵料基础最为雄厚,1973 年平均饵料生物量高达 158mg/m³,在生物量最高的 6-8 月和 11-12 月,肥胖箭虫为最主要的优势种,而春季海龙箭虫则为主要的优势种之一^[35]。由此可见,毛颚类作为构成高生物量分布区的重要组成部分之一,其数量分布与渔场的形成之间是有一定关系的。

4 毛颚类的研究展望

4.1 与渔业资源关系研究

毛颚动物作为渔业资源的主要饵料基础,涉及形态分类、自然生态、实验生态等方面,已进行了大量的研究。与渔业资源的关系研究,是最为基础的研究内容之一。这方面的研究,包括与渔场形成、渔获量大小的关系等,一直都在开展。但深度和广度都有所欠缺,在很多具体海区都缺乏系统的研究,存在较多的空白点,还有大量的研究工作亟待开展。在生物量密集度与渔场形成的关系等方面,在今后的研究过程中还需进一步加强。

4.2 与海洋生态环境关系研究

浮游动物与其生活的海洋生态环境有着十分密切的关系,因此对浮游动物进行调查是海洋生态环境监测中一项必不可少的基本内容。毛颚动物对水温和盐度有一定的适应范围,对海流或水团的依存

性强,对海洋环境的变化反应敏感,其与海洋生态环境的研究很早就已开始。作为水团、海流指示种的研究早在1964年^[5]就有所开展,之后围绕着水温、盐度、潮汐、密度环流、水系海流等环境因子,进行了大量的研究。但这方面的研究也主要侧重于物理因素方面,海水化学因素方面的非常少。化学因素是海洋生态环境的重要组成部分,所以这方面研究工作还有待开展。

4.3 在海洋污染生态研究发展方面

在海洋生态系中,浮游生物对生态环境中的污染尤为敏感,其生态学指标会在不同程度上反映群落结构是否处于污染影响之下。因此调查研究浮游动物的分布、数量变动、种群结构等与环境变化的关系是污染调查中不可缺少的项目。在国外毛颚动物作为进行污染生态学研究的好材料,涉及毛颚类不同种对污染的耐受度、污染情况下细胞组织的抗污反应、对有毒物质的反应、水域污染对生态群落结构的影响等方面都有大量的研究^[36-39]。但我国相应的研究却很少开展,所以毛颚类在污染生态方面的研究,可以作为一个新的增长点,而投入力量进行深入研究。

4.4 实验生态和生理、生化研究的前景

我国浮游动物实验生态和生理、生化研究开始于20世纪80年代,其中实验生态研究发展迅速,以温度、盐度、饵料对浮游甲壳的生长、生殖、发育的摄食率的影响研究为主,毛颚类这方面的研究却极少。而国外在这方面的研究工作开展的非常多,除了研究毛颚动物的食性、摄食习性、成体和幼体的食物组成的差异、摄食强度的时间变化、吸收率与摄食压力之间的关系、日摄食率对毛颚动物代谢率的影响之外,还进一步在细胞和分子水平上研究了毛颚动物肠细胞的组织和超微结构、在摄食和饥饿状况下肠上皮细胞超微结构的变化及体内柠檬酸盐合成酶活性和代谢率等^[40-45]。由此可见,毛颚动物在实验生态和生理、生化研究方面,有非常广阔的研究前景。

参考文献:

- [1] 庄世德,陈孝麟.中国南黄海、东海毛颚类分类的初步研究[J].海洋科技,1978,9:1-44.
- [2] Michael E L. Report on the Chaetognatha collected by the United States Steamer Albatross During the Philippine Expedition(1907-1910)[J]. U S Natn Mus Bull, 1919, (4): 235-277.
- [3] Fontzou Hsu. On some species of *Sagitta* of China[J]. Sinensia, Shanghai, 1943, 14(6): 129-139.
- [4] 克拉克. 厦门的毛颚类[J]. 中国水生生物学汇报, 1951, 2: 1-2.
- [5] 郑执中, 肖贻昌. 毛颚动物作为中国海及其邻近水域海流指标种的初步探讨[C]. 中国海洋湖沼学会1963年学术年会论文摘要汇编. 科学出版社, 1964. 84-86.
- [6] Alvarino A. The Chaetognatha of the NAGA Expedition(1959-1961) in the South China Sea and the Gulf of Thailand. Part I - Systematics[R]. NAGA REPORT. 1976, (2): 1-197.
- [7] 白雪娥, 王为祥. 渤、黄海浮游生物个体重量的测定[J]. 水产学报, 1966, 3(2): 142-149.
- [8] Wen-Kuang Liaw. On the Chaetognaths collected from the Waters Surrounding Taiwan During CSK Cruises[R]. The Kuroshio Univ Hawaii Press. 1970. 313-321.
- [9] Masao Matsuzaki. On the distribution of Chaetognaths in the East China Sea[J]. The Oceanographical Magazine, 1975, 26(2): 57-62.
- [10] 林雅蓉. 东海陆架区毛颚动物的分布[J]. 海洋科学集刊, 第19集, 1982, 19: 51-63.
- [11] 张谷贤, 陈清潮. 南海北部和中部的毛颚类[A]. 南海海洋生物研究论文集(一)[C]. 北京: 海洋出版社, 1983. 17-61.
- [12] 戴燕玉. 厦门港毛颚类的分布[J]. 台湾海峡, 1987, 1(1): 46-52.
- [13] 陈清潮, 张谷贤, 尹健强. 曾母暗沙海区的海洋生物——浮游动物种类、数量和生物学[R]. 曾母暗沙——中国南疆综合调查研究报告, 北京: 科学出版社, 1987. 132-146.
- [14] 陈清潮, 张谷贤. 曾母暗沙海区的海洋生物——浮游动物的昼夜垂直移动[A]. 曾母暗沙——中国南疆综合调查研究报告[R]. 北京: 科学出版社, 1987. 146-155.
- [15] 陈清潮, 林铁军, 张谷贤. 曾母暗沙海区的海洋生物——一些浮游动物的生物化学成分[A]. 曾母暗沙——中国南疆综合调查研究报告[R]. 北京: 科学出版社, 1987. 155-160.
- [16] 戴燕玉. 台湾海峡西部毛颚类的生态研究[J]. 海洋学报, 1989, 11(4): 486-492.
- [17] 戴燕玉. 大亚湾毛颚类的分布[A]. 大亚湾海洋生态文集(1)[C]. 北京: 海洋出版社, 1989. 117-122.
- [18] 孙耀强. 北部湾广西沿岸毛颚类组成及数量初步分析[J]. 热带海洋, 1989, 3(4): 39-45.

- [19] 蔡东生. 大亚湾毛颚类的生态 [J]. 南海研究与开发, 1989 (3): 19 - 30.
- [20] 张谷贤, 陈清潮. 南沙群岛海区春夏期间的毛颚类 [A]. 南沙群岛及其邻近海区海洋生物研究论文集 [C]. 北京: 海洋出版社, 1991. 102 - 122.
- [21] 陈 栩, 黄加祺, 朱长寿, 等. 闽南 - 台湾浅滩渔场毛颚类的生态研究 [A]. 闽南 - 台湾浅滩渔场上升流区生态系研究 [C]. 北京: 科学出版社, 1991. 504 - 513.
- [22] 戴燕玉. 中国海毛颚类物种多样性的研究 [J]. 生物多样性, 1995, 3(2): 69 - 73.
- [23] 戴燕玉. 中太平洋西部毛颚类的分布 [J]. 海洋学报, 1995, 17(4): 101 - 106.
- [24] 戴燕玉. 南海中部毛颚类的生态研究 [J]. 海洋学报, 1996, 18(4): 131 - 136.
- [25] 曹文清, 张跃军, 林加涵. 厦门港百陶箭虫染色体核型的研究 [J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1994, 33(增刊): 121 - 124.
- [26] 杨纪明, 李 军. 渤海强壮箭虫摄食的初步研究 [J]. 海洋科学, 1995 (6): 38 - 42.
- [27] 张谷贤, 尹健强. 南沙群岛海区毛颚动物的昼夜垂直移动 [J]. 热带海洋学报, 2002, 21(1): 48 - 55.
- [28] 毕洪生, 孙 松, 高尚武, 等. 渤海浮游动物群落生态特点 III. 部分浮游动物数量分布和季节变动 [J]. 生态学报, 2001, 21(4): 513 - 521.
- [29] 王真良, 徐汉光, 朱建东, 等. 黄海的浮游动物 [J]. 海洋通报, 1985, 4(5): 33 - 38.
- [30] 中华人民共和国科学技术委员会海洋组海洋综合调查办公室编. 全国海洋综合调查报告第八册, 中国近海浮游生物的研究 [R], 1964. 48 - 51, 113 - 117.
- [31] 肖貽昌. 黄海浮游动物的基本生态特点 [J]. 海洋湖沼通报, 1979 (2): 51 - 55.
- [32] 福建海洋研究所. 台湾海峡中、北部海洋综合调查研究报告 [R]. 北京: 科学出版社, 1988. 294 - 297.
- [33] 中国科学院南海海洋研究所. 南海海区综合调查研究报告(二) [R]. 北京: 科学出版社, 1985. 367 - 371.
- [34] 陈亚瞿, 朱启琴, 陈清潮. 黄海南部和东海浮游动物分布与鲑鳕渔场关系 [J]. 水产学报, 1980, 4(4): 371 - 383.
- [35] 陈亚瞿, 朱启琴, 陈清潮. 东海浮游动物量的分布特征 [J]. 海洋学报, 1980, 2(4): 115 - 121.
- [36] Vijayakumar R, Bhat K L, Sudhakar U et al. Pollution impact on Chaetognaths of the Visakhapatnam Harbour and neritic waters, east coast of India [J]. Journal of the Marine Biological Association of India, 1995, 37(2): 185 - 190.
- [37] Nair V R, Nagasawa S, Ramaiah N et al. Unusual thickening of collarete in *Sagitta bedoti* (Chaetognatha) from the polluted environments of Bombay coast [J]. Indian Journal of Marine Sciences, 1992, 21(4): 296 - 299.
- [38] Thuesen E V, Kogure K. Bacterial production of tetrodotoxin in four species of Chaetognaths [J]. Biological Bulletin, 1989, 176(2): 191 - 194.
- [39] Nair V R, Gajbhiye S N, Desai B N. Distribution of Chaetognaths in the polluted and unpolluted waters around Bombay [J]. Indian J Marine Sci, 1981, 10(1): 66 - 69.
- [40] Perez Y, Casanova J P, Mazza J. Degrees of vacuolation of the absorptive intestinal cecaks of five *Sagitta* (Chaetognatha) species : possible ecophysiological implication [J]. Marine Biology, 2001, 138(1): 125 - 133.
- [41] Perez Y, Casanova J P, Mazza J. Changes in the structure and ultrastructure of the intestine of *Spadella cephaloptera* (Chaetognatha) during feeding and starvation experiment [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2000, 253(1): 1 - 15.
- [42] Marazzo A, Machado C F, Nogueira C S R. Notes on feeding of Chaetognatha in Guanabara Bay, Brazil [J]. Journal of Plankton Research, 1997, 19(7): 819 - 828.
- [43] Terazaki M. Vertical distribution of pelagic Chaetognaths and feeding of *Sagitta enflata* in the Central Equatorial Pacific [J]. Journal of Plankton Research, 1996, 18(5): 673 - 682.
- [44] Childress J J, Thuesen E V. Effects of hydrostatic pressure on metabolic rates of six species of deep-sea gelatinous zooplankton [J]. Limnology and Oceanography, 1993, 38(3): 665 - 670.
- [45] Thuesen E V, Childress J J. Enzymatic activities and metabolic rates of pelagic Chaetognaths : Lack of depth-related decline [J]. Limnology and Oceanography, 1993, 38(5): 935 - 948.