

# 福建深沪湾大型水母丰度变化及浮游动物群落结构特征

潘非斐, 黄东仁, 李荣茂, 李 聪

(福建省海洋环境与渔业资源监测中心, 福建 福州 350003)

摘要: 于2013年8~9月, 对福建省深沪湾进行了4个航次调查, 重点跟踪监测了深沪湾大型水母紫色霞水母(*Cyanea purpurea*)和镜形多管水母(*Aequorea pensilis*)的丰度变化以及调查期间浮游动物群落结构变化。调查期间共鉴定90种浮游动物和20类阶段性浮游幼虫(体)(不包括大型水母), 隶属于7门15类, 其中桡足类为第一大类群。各个航次平均丰度变化范围为106.85~281.79 ind./m<sup>3</sup>, 主要优势种为亚强次真哲水蚤(*Subeucalanus subcrassus*)、百陶箭虫(*Sagitta bedoti*)、肥胖箭虫(*Sagitta enflata*)和亨生莹虾(*Lucifer hanseni*)等。大型水母聚集区与浮游动物丰度密集区接近, 均处于湾口位置; 并且在大型水母消失之际, 浮游动物数量大幅增加。经分析推测大型水母并非本地种, 并且大型水母的出现引起了深沪湾浮游动物群落结构发生变化。

关键词: 海洋生物学; 大型水母; 浮游动物; 丰度; 群落结构; 深沪湾

DOI: 10.3969/j.issn.2095-4972.2015.01.015

中图分类号: P735

文献标识码: A

文章编号: 2095-4972(2015)01-0111-13

自上个世纪80年代以来, 大型水母在近岸海域大量出现已经成为全球海洋生态系统所面临的一种共同的生态灾害<sup>[1-2]</sup>。水母数量的大量增加对海洋生态系统稳定性、社会和经济产生了严重的影响: 水母食性广泛, 其摄食范围可以涵盖一切可捕获的浮游动物、鱼类、幼鱼甚至同类<sup>[3]</sup>, 与鱼类形成竞争关系, 从而破坏当地海洋生态平衡, 严重损害渔业资源<sup>[4-8]</sup>; 堵塞渔网网眼, 影响正常渔业生产活动<sup>[9]</sup>; 时常发生水母蜇人事件, 迫使关闭沿海旅游设施, 严重影响旅游业<sup>[8]</sup>。在我国, 自上世纪末起, 东海北部至黄海海域连续数年发生大型水母暴发现象, 并有逐年增加的趋势<sup>[10]</sup>。可见, 对大型水母在近岸海域大量出现的研究迫在眉睫。

饵料数量的变化是导致水母种群数量增加的关键过程之一<sup>[11]</sup>。浮游动物以及海洋动物的卵和幼虫是大型水母的主要摄食对象, 尤其对水母幼体的生长和繁殖起着重要作用<sup>[3, 11-12]</sup>。本文研究了福建省深沪湾紫色霞水母和镜形多管水母密集海域的浮游动物群落结构特征, 并结合相关的历史资料, 探讨了

深沪湾大型水母的来源、大型水母对浮游动物群落结构的影响以及浮游群落结构对大型水母出现产生的反馈, 为我国沿海大型水母研究提供参考资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查海区及站位布设

于2013年8月5日至9月5日, 每间隔10 d在福建深沪湾海域(24.62°~24.68°N, 118.63°~118.69°E)进行大型水母暴发跟踪调查监测, 共调查4个航次, 布设5个站位, 如图1所示, 其中1号站位作为湾外对比站位。

### 1.2 样品采集及处理

依据《ICES浮游生物生态调查手册》将深沪湾出现的水母划分为巨型水母(伞径为20~200 cm)、大型水母(伞径为2~20 cm)和小型水母(伞径为0.02~2.00 cm)<sup>[13]</sup>, 并分别利用目测法和拖网采样法对上述巨型和大型水母进行样品采集, 并利用浅水I型浮游生物网采集小型水母和其余浮游动物。文中为了方便描述, 将巨型水母和大型水母统一称

收稿日期: 2014-04-04

基金项目: 国家海洋局公益性科研专项资助项目(201005018)

作者简介: 潘非斐(1987~), 女, 硕士, 助理工程师; E-mail: panffpan@sina.com

通讯作者: 黄东仁, 男, 本科, 高级工程师; E-mail: kk5832@126.com

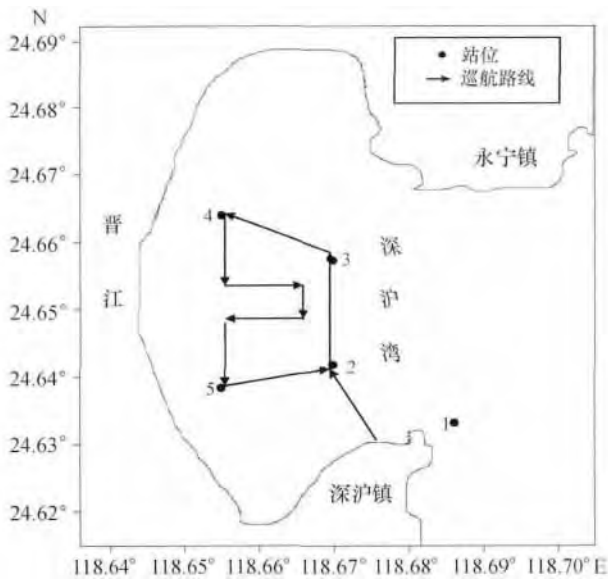


图 1 深沪湾采样站位分布

Fig. 1 Distribution of sampling stations in Shenhu Bay

为大型水母,其他水母为小型水母.

1.2.1 巨型水母 依据项目组研究的水母分布数量目视观测法进行监测.在湾内 4 个站位所包围的梯形海域进行巡航监视,巡航路线如图 1.分别由 2 名技术人员在船舷两侧记录视野内监视到的巨型水母的种类和数量.并用手抄网捞取水母样品以供日后鉴定,并现场测量大小.根据监视的海域面积计算巨型水母分布密度,计算公式为:

$$A = N/S \quad (1)$$

式中:  $A$  为巨型水母丰度 ( $\text{ind.}/\text{km}^2$ ),  $N$  为监视到的巨型水母个数 ( $\text{ind.}$ ),  $S$  为监视海区面积 ( $\text{km}^2$ ),即为湾内 2~4 号站位所包围的梯形监视海域面积.

1.2.2 大型水母 深沪湾内每个站位均采用拖网的方法进行大型水母样品采集<sup>[14-16]</sup>.其中湾外 1 号站位由于风浪大,监测船小无法进行拖网作业.拖网方式为海面平拖,监测船功率为 60 kw,拖速为 2 km/h(即 1~2 节),网具规格为 12 m × 3.5 m,网目大小约为 40 mm,拖网时间为 15 min.计数捕获的大型水母的种类和数量,其密度计算公式为:

$$A = N/S_{\text{拖}} \quad (2)$$

式中:  $A$  为大型水母丰度 ( $\text{ind.}/\text{km}^2$ ),  $N$  为捕获数量 ( $\text{ind.}$ ),  $S_{\text{拖}}$  为拖网扫海面积 ( $\text{km}^2$ )

$$S_{\text{拖}} = L/1000vt \quad (3)$$

式中:  $L$  为网长 (m),  $v$  为船速 (2 km/h),  $t$  为时间 (h).

1.2.3 浮游动物 采用浅水 I 型网(网口内径 50 cm,孔径 0.507 mm)由底至表面垂直拖网采集,样品采用体积分数为 5% (终浓度) 中性甲醛海水溶液固定,带回实验室分析.

实验室内样品在 Leica ZOOM 2000 光学解剖镜和 OLYMPUS CKX31 显微镜下进行鉴定计数,其中浮游动物成体鉴定到种,其幼体鉴定到属,其他浮游幼虫(体)鉴定到类群,文中的浮游幼虫特指阶段性浮游幼虫,同时下文中的水母类特指除了紫色霞水母和多管水母之外的水母,丰度以单位水体内的个体数 ( $\text{ind.}/\text{m}^3$ ) 表示.水温和盐度数据用 YSI 现场测定.

根据优势度 ( $Y$ ) 确定优势种,计算公式为:

$$Y = n_i / N \cdot f_i \quad (4)$$

式中:  $n_i$  为第  $i$  种的个体数,  $f_i$  为该种在各站位出现的频率,  $N$  为总的个体数,优势种以  $Y \geq 0.02$  为优势种划分标准<sup>[17]</sup>.

由于本次调查是在已经发现大型水母的情况下进行的,缺少大型水母未发现前的相关数据,故而利用福建省主要港湾 2010~2011 年 8 月份监测数据代替发现大型水母前水温、盐度、浮游动物数据以做比较(数据由福建省海洋环境与渔业资源监测中心提供).

## 2 结果与分析

### 2.1 深沪湾大型水母

2013 年 8 月 5 日在福建省深沪湾首次发现紫色霞水母 (*Cyanea purpurea*) 和镜形多管水母 (*Aequorea pensilis*),并展开为期 1 个月的跟踪监测,9 月 5 日结束.由于现场测定手抄网捞取的紫色霞水母样品伞径范围为 25~45 cm 及镜形多管水母伞径大小范围为 2.6~10.0 cm,故将紫色霞水母划分为巨型水母,镜形多管水母划分为大型多管水母.

在本次调查初期(8 月 5 日航次),紫色霞水母在整个调查海域均有出现,密集区在 2 号和 3 号站位.整个调查海域紫色霞水母丰度为 14.29  $\text{ind.}/\text{km}^2$ .在随后的跟踪调查中,紫色霞水母密集区仍然位于 2 号和 3 号站位,但丰度逐渐下降,在 9 月 5 日航次的调查中该种已经消失(表 1).在 8 月 5 日至 9 月 5 日整个调查过程中,深沪湾外 1 号站位并未发现该种.

表 1 深沪湾大型水母丰度变化

Tab. 1 Density variations of macro-jellyfish in Shenhu Bay

调查时间	水母丰度/ $\text{ind.} \cdot \text{km}^{-2}$	
	紫色霞水母	镜形多管水母
8 月 5 日	14.29	$5.0 \times 10^4$
8 月 15 日	6.57	$3.5 \times 10^4$
8 月 25 日	0.57	$1.3 \times 10^4$
9 月 5 日	0.00	0.00

在监测期间,镜形多管水母在调查海域的个体数亦是逐渐减少,密集区仍位于2号和3号站位,而4号和5号站位均未出现该种.调查初期,大型水母密集区的平均丰度为 $5.0 \times 10^4$  ind./km<sup>2</sup>,2号站位丰度较高,为 $6.3 \times 10^4$  ind./km<sup>2</sup>,随后丰度逐渐下降,直至9月5日航次已无该种踪迹(表1).监测调查过程中,在1号站亦有发现镜形多管水母,由于调查船及海况条件所限,未能在该站位进行拖网作业,

故无法得到1号站位镜形多管水母丰度数据.

## 2.2 浮游动物特征

2.2.1 种类组成 本次调查共鉴定90种浮游动物和20类阶段性浮游幼虫(体)(不包括大型水母),隶属于7门15大类,种名录见表2.其中,桡足类为第一大类群,种类数占浮游动物总种类数的35.45%;其次是小型水母类和浮游幼虫,分别占19.09%和18.18%(图2).

表2 深沪湾大型水母发现期间浮游动物种类名录

Tab.2 Species compositions of zooplankton during the appearance of macro-jellyfish in Shenh Bay

种类名	8月5日	8月15日	8月25日	9月5日
刺胞动物门(Cnidaria)				
水螅水母类(Hydroidomedusa)				
半口壮丽水母( <i>Aglaura hemistoma</i> )	+	+	+	+
双手水母( <i>Amphinema dinema</i> )	+	-	-	-
鳞茎高手水母( <i>Bouganinvillea muscus</i> )	+	-	-	-
刺胞真囊水母( <i>Euphysora bigelowi</i> )	+	-	-	-
单囊美螅水母( <i>Clytia folleata</i> )	-	-	+	+
半球美螅水母( <i>Clytia hemisphaerica</i> )	-	+	-	-
美螅水母( <i>Clytia</i> spp.)	-	+	-	-
双生水母( <i>Diphyes chamissonis</i> )	+	+	+	+
短柄和平水母( <i>Eirene brevistyla</i> )	+	-	+	+
细颈和平水母( <i>Eirene menoni</i> )	+	-	+	+
真囊水母( <i>Euphysora</i> sp.)	-	+	+	-
台湾真囊水母( <i>Euphysora taiwanensis</i> )	+	-	-	-
拟细浅室水母( <i>Lensia subtiloides</i> )	+	+	+	-
四叶小舌水母( <i>Liriope tetraphylla</i> )	+	-	-	+
卡玛拉水母( <i>Malagazzia carolinae</i> )	-	-	+	-
厚伞玛拉水母( <i>Malagazzia condensum</i> )	+	-	-	-
大西洋五角水母( <i>Muggiaea atlantica</i> )	+	-	-	-
双小水母( <i>Nanomia bijuga</i> )	+	-	+	-
蕈枝螅水母( <i>Obelia</i> sp.)	-	-	+	+
短柄灯塔水母( <i>Turritopsis lata</i> )	+	-	-	-
栉水母动物门(Ctenophora)				
球型侧腕水母( <i>Pleurobrachia globosa</i> )	+	+	-	+
环节动物门(Annelida)				
玫瑰浮蚕( <i>Tomopteris nationalis</i> )	+	-	-	-
软体动物门(Mollusca)				
尖笔帽螺( <i>Creseis acicula</i> )	+	+	-	+
节肢动物门(Anthropoda)				
枝角类(Cladocera)				
肥胖三角溇( <i>Eradne tergestina</i> )	-	+	-	-
鸟喙尖头溇( <i>Penilia avirostris</i> )	-	-	-	+
介形类(Ostracoda)				

续表 2

种类名	8月5日	8月15日	8月25日	9月5日
小尖尾翼萤( <i>Alacia alata minor</i> )	+	-	-	-
齿形海萤( <i>Cypridina dentata</i> )	+	+	+	-
拟浮萤( <i>Paraconchoecia</i> sp.)	+	-	-	-
桡足类(Copepoda)				
红纺锤水蚤( <i>Acartia erythraea</i> )	+	+	-	+
太平洋纺锤水蚤( <i>Acartia pacifica</i> )	-	-	-	+
纺锤水蚤( <i>Acartia</i> sp.)	-	-	+	-
刺尾纺锤水蚤( <i>Acartia spinicauda</i> )	+	-	-	-
驼背隆哲水蚤( <i>Acrocalanus gibber</i> )	+	-	-	-
印度隆哲水蚤( <i>Acrocalanus indicus</i> )	-	-	-	+
底栖剑水蚤(Benthonic Cyclopoida)	-	-	-	+
厦门矮隆哲水蚤( <i>Bestiolina amoyensis</i> )	+	-	-	-
哲水蚤( <i>Calanoida</i> spp.)	+	-	-	+
汤氏长足水蚤( <i>Calanopia thompsoni</i> )	-	+	-	-
中华哲水蚤( <i>Calanus sinicus</i> )	+	+	+	-
伯氏平头水蚤( <i>Candacia bradyi</i> )	+	+	-	+
微刺哲水蚤( <i>Canthocalanus pauper</i> )	+	+	+	-
叉胸刺水蚤( <i>Centropages furcatus</i> )	-	+	-	-
瘦尾胸刺水蚤( <i>Centropages tenuiremis</i> )	+	+	-	-
伶俐大眼剑水蚤( <i>Corycaeus lautus</i> )	-	+	-	-
精致真刺水蚤( <i>Euchaeta concinna</i> )	+	+	+	-
真刺水蚤( <i>Euchaeta</i> sp.)	+	-	+	+
尖额唇角水蚤( <i>Labidocera acuta</i> )	-	+	-	-
双刺唇角水蚤( <i>Labidocera bipinnata</i> )	-	+	+	+
真刺唇角水蚤( <i>Labidocera euchaeta</i> )	+	-	+	+
克氏唇角水蚤( <i>Labidocera kroyeri</i> )	-	-	+	-
近圆唇角水蚤( <i>Labidocera rotunda</i> )	+	-	-	-
筒长腹剑水蚤( <i>Oithona simplex</i> )	-	-	+	-
拟哲水蚤( <i>Paracalanus</i> sp.)	-	-	-	+
克氏筒角水蚤( <i>Pontellopsis krameri</i> )	+	-	-	-
瘦尾筒角水蚤( <i>Pontellopsis tenuicauda</i> )	+	-	-	-
钝筒角水蚤( <i>Pontellopsis yamadae</i> )	-	+	+	+
黑点叶剑水蚤( <i>Sapphirina nigromaculata</i> )	+	-	-	-
红叶剑水蚤( <i>Sapphirina scarlata</i> )	-	+	-	+
星叶剑水蚤( <i>Sapphirina stellata</i> )	+	-	-	-
强次真哲水蚤( <i>Subeucalanus crassus</i> )	-	+	-	-
亚强次真哲水蚤( <i>Subeucalanus subcrassus</i> )	+	+	+	+
异尾宽水蚤( <i>Temora discaudata</i> )	-	+	-	+
锥形宽水蚤( <i>Temora turbinata</i> )	+	+	-	+
宽水蚤( <i>Temoridae</i> sp.)	-	-	-	+
钳形歪水蚤( <i>Tortanus forcipatus</i> )	-	-	+	+
瘦歪水蚤( <i>Tortanus gracilis</i> )	+	-	-	-

续表 2

种类名	8 月 5 日	8 月 15 日	8 月 25 日	9 月 5 日
普通波水蚤( <i>Undinula vulgaris</i> )	+	+	-	-
糠虾类(Mysidacea)				
宽尾刺糠虾( <i>Acanthomysis laticauda</i> )	+	-	+	-
齿翼非糠虾( <i>Afromysis dentisinus</i> )	-	-	+	-
东方原糠虾( <i>Promysis orientalis</i> )	-	-	-	+
端足类(Amphipoda)				
麦杆虫亚目(Caprella)	-	-	-	+
钩虾亚目(Gammaridean)	-	+	+	+
孟加拉蛮[虫戎]( <i>Lestrignus bengalensis</i> )	+	+	-	-
蛮[虫戎]( <i>Lestrignus</i> sp.)	-	+	-	-
蚤狼[虫戎]( <i>Lycaea pulex</i> )	+	-	-	-
[虫戎]亚目(Hyperiidea)	+	+	-	
磷虾类(Euphausia)				
中华假磷虾( <i>Pseudeuphausia sinica</i> )	-	-	+	-
假磷虾( <i>Pseudeuphausia</i> sp.)	+	-	+	-
十足类(Decapoda)				
日本毛虾( <i>Acetes japonicus</i> )	+	+	+	-
细螯虾( <i>Leptochela gracilis</i> )	+	-	-	-
亨生莹虾( <i>Lucifer hanseni</i> )	+	+	+	+
中型莹虾( <i>Lucifer intermedius</i> )	-	+	-	-
毛颚动物门(Chaetognatha)				
百陶箭虫( <i>Sagitta bedoti</i> )	+	+	+	+
肥胖箭虫( <i>Sagitta enflata</i> )	+	+	+	+
中华箭虫( <i>Sagitta sinica</i> )	+	-	-	-
箭虫( <i>Sagitta</i> sp.)	+	+	+	+
尾索动物门(Urochordata)				
有尾类(Appendicularia)				
异体住囊虫( <i>Oikopleura dioica</i> )	+	+	-	+
红住囊虫( <i>Oikopleura rufescens</i> )	+	-	-	
被囊类(Tunicate)				
软拟海樽( <i>Doliolletta gegenbauri</i> )	+	-	-	+
小齿海樽( <i>Doliolum denticulatum</i> )	+	+	-	+
浮游幼体(Zooplankton larvae)				
辐轮幼虫( <i>Actinotrocha</i> larvae)	-	-	-	+
阿利玛幼体(Alimal larvae (Squilla))	+	+	+	+
花水母幼体(Anthomedusae larvae)	-	-	+	-
藤壶介形幼虫( <i>Balanus cypris</i> larvae)	-	+	-	+
双壳类幼体(Bivalve larvae)	+	+	-	-
短尾类大眼幼体( <i>Brachyura megalopa</i> )	+	+	+	+
短尾类蚤状幼体( <i>Brachyura zoea</i> )	+	+	+	+
蔓足类无节幼体( <i>Cirripedia nauplius</i> )	-	-	+	+
蔓足类腺介幼虫( <i>Cypris</i> larvae)	+	-	-	-

续表 2

种类名	8月5日	8月15日	8月25日	9月5日
鱼卵( Fish eggs)	+	+	+	+
仔鱼( Fish larvae)	+	+	+	+
腹足类幼体( Gastropoda larvae)	+	+	+	+
歪尾类幼体( Glaucothoe larvae)	-	-	+	-
水螅水母幼体( Hydromedusae larvae)	+	+	-	+
长尾类幼体( Macrura larvae)	+	+	+	+
蛇尾类长腕幼虫( Ophiuroidea ophiopluteus larvae)	+	-	-	+
多毛类幼体( Polychaeta larvae)	+	+	+	+
多毛类担轮幼虫( Polychaeta trochophore larvae)	+	-	-	-
磁蟹蚤状幼体( Porcellana zoea)	+	+	+	+
螯磷虾幼体( Stylocheiron larvae)	-	-	+	-

注 “+”表示该种在此调查航次中出现,“-”表示该种在此调查航次中未出现

从图 3 可知 8 月 5 和 8 月 15 日调查航次湾内海域浮游动物种类数变化明显,由 76 种下降至 45 种,下降幅度达 40%;然而后 2 个航次浮游动物种类数变化不大,基本维持在 35~45 种.与整个调查航次的主要优势类群不同,在不同的调查航次中优势类群有所变化:除了 8 月 15 日航次,其他 3 个航次均是以浮游幼虫为第一大类群,桡足类和小型水母类分别为第二、第三大类群.各大类群种类数随着时间的变化均有不同程度的减少,尤其是小型水母类 8 月 5 日航次具有 14 种种类,而在 8 月 15 日航次仅有 4 种.

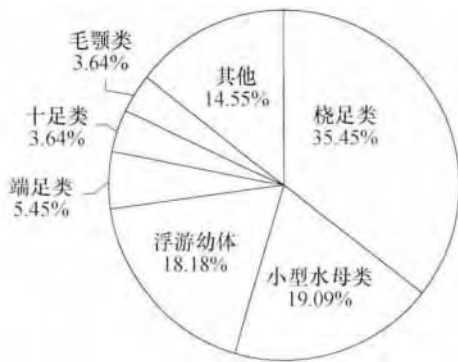


图 2 深沪湾浮游动物种类组成

Fig. 2 Species composition of zooplankton in Shenhu Bay

2.2.2 浮游动物丰度的时空变化 深沪湾湾内海域浮游动物丰度具有明显的时间变化.8 月 15 日航次浮游动物平均丰度(106.85 ind./m<sup>3</sup>)比 8 月 5 日航次(201.23 ind./m<sup>3</sup>)降低许多,约为第一个航次丰度的 50%.但在 8 月 25 日航次浮游动物丰度却大幅度上升,甚至超过了大型水母发现初期的丰度,为 281.79 ind./m<sup>3</sup>.最后 1 个航次浮游动物丰度(240.89 ind./m<sup>3</sup>)相较于前 1 个航次略有下降,

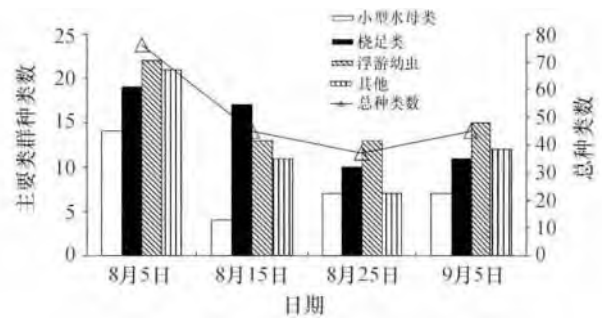


图 3 深沪湾内大型水母发现海域浮游动物种类数变化  
Fig. 3 Zooplankton species numbers in areas of the appearance of macro-jellyfish in Shenhu Bay

但是下降幅度不大.与往年同期浮游动物数量相比较,即 2010 年(166.77 ind./m<sup>3</sup>)和 2011 年(162.09 ind./m<sup>3</sup>)(往年同期数据由福建省海洋环境与渔业资源监测中心提供),2013 年深沪湾湾内海域浮游动物丰度在前 2 个航次并未有较大变化,但在后两个航次则高于往年同期水平,但增加幅度不大.从本次调查的浮游动物主要类群的丰度变化结果(图 4)可以看到,相比较于 8 月 5 日航次,8 月 15 日航次各主要类群浮游动物丰度均有不同程度下降,其中小型水母类下降幅度最大,为 79.74%;而在 8 月 25 日航次中除了桡足类,其他类群浮游动物丰度与 8 月 15 日航次接近,桡足类在 8 月 25 日航次剧增,丰度高达 241.70 ind./m<sup>3</sup>,占全部浮游动物总丰度的 85.77%,可见 8 月 25 日航次中桡足类丰度的大幅度增加导致了浮游动物总丰度剧增;而在 9 月 5 日航次中,桡足类却大量减少,仅为 7.40 ind./m<sup>3</sup>,但由于 9 月 5 日航次中浮游幼虫类及其他浮游动物丰度有所增加,使得 9 月 5 日航次浮游动物总丰度仅略低于 8 月 25 日航次.

从图 5、6 可以看出, 在大型水母发现初期, 湾内海域浮游动物平均丰度与湾外海域接近, 但在 8 月 15 日调查中, 湾内浮游动物数量低于湾外, 约为湾外海域的 50%; 在随后的 8 月 25 日调查中, 湾内和

湾外海域浮游动物丰度均有上升, 并且十分接近; 在最后 1 个航次中, 湾内外浮游动物丰度均有不同程度的下降, 湾外海域丰度减少较多。

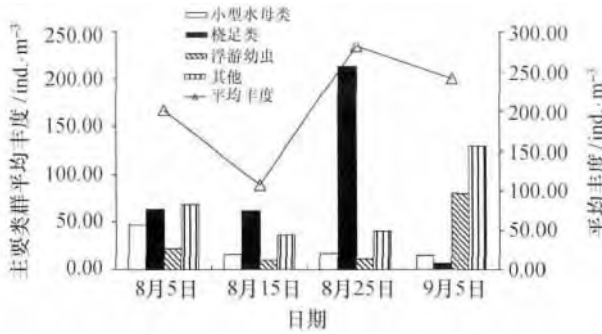


图 4 深沪湾内大型水母发现海域浮游动物丰度  
Fig. 4 Zooplankton abundance in areas of the appearance of macro-jellyfish in Shenhu Bay

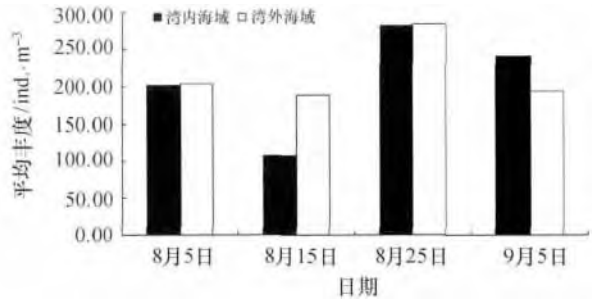


图 5 深沪湾湾内与湾外海域浮游动物丰度变化  
Fig. 5 Variation of zooplankton abundance inside and outside Shenhu Bay

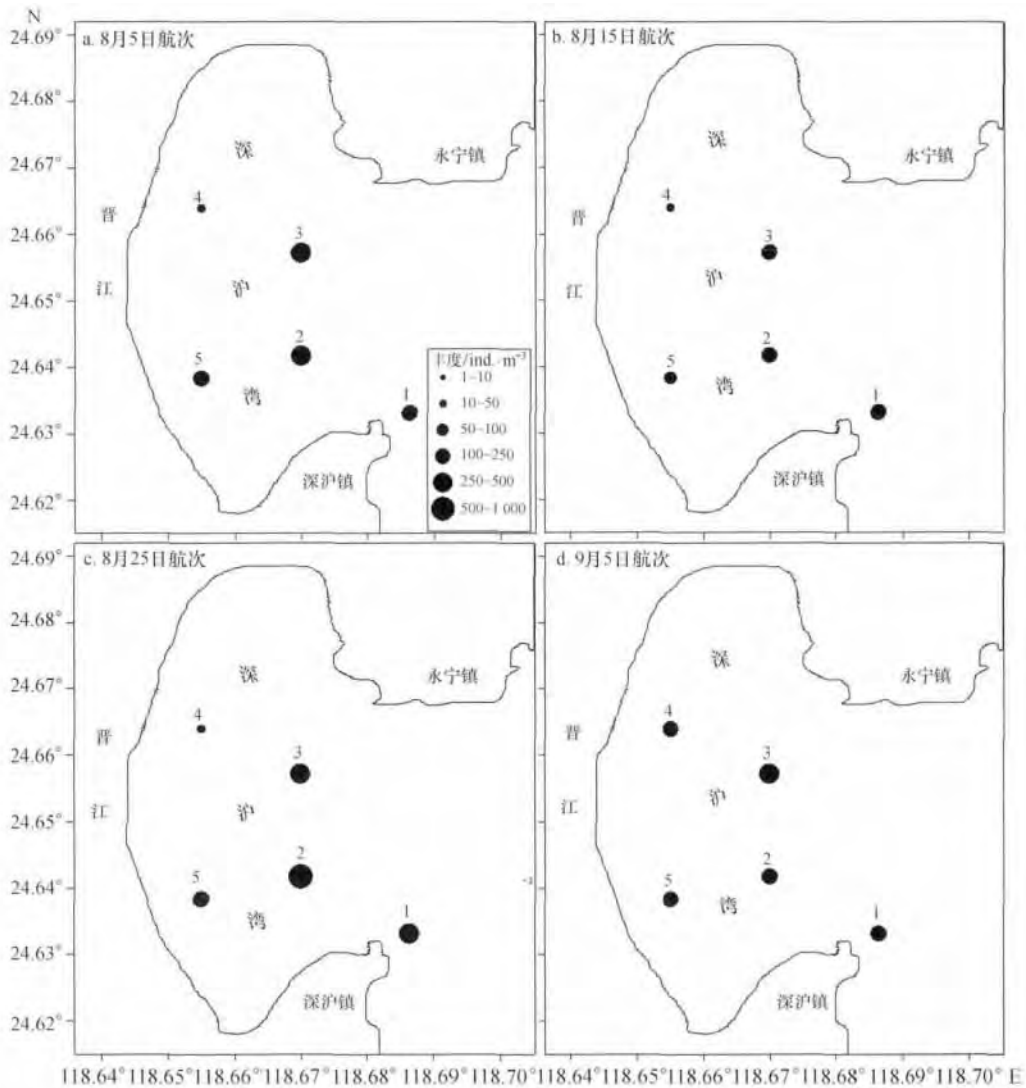


图 6 深沪湾浮游动物丰度平面分布  
Fig. 6 Horizontal distribution of zooplankton abundance in Shenhu Bay

从平面分布图上看(图6),从8月5日发现大型水母发现至9月5日消失,深沪湾湾内不同站位浮游动物数量空间变化存在着明显的差异,总体呈现由内湾向湾口递增的平面分布趋势,位于湾口的2号和3号站位为浮游动物的密集区域,而此处正好也是大型水母数量最多的海域,二者重叠. 近岸站位4号站位为浮游动物丰度最低站位,在前3

个航次浮游动物丰度均在  $50 \text{ ind. /m}^3$  以下.

2.2.3 优势种 8月5日至9月5日调查期间,浮游动物优势种多达17种,主要的优势种有亚强次真哲水蚤、亨生莹虾、双生水母、肥胖箭虫、球形侧腕水母和百陶箭虫等,此外还有一些阶段性浮游幼虫成为优势种. 在不同的调查航次中,各优势种相互交替出现(表3).

表3 深沪湾大型水母发现期间浮游动物优势种变化

Tab.3 Variation of dominant zooplankton during the appearance of macro-jellyfish in Shenh Bay

种类名	8月5日		8月15日		8月25日		9月5日	
	平均丰度 /ind. · m <sup>-3</sup>	优势度	平均丰度 /ind. · m <sup>-3</sup>	优势度	平均丰度 /ind. · m <sup>-3</sup>	优势度	平均丰度 /ind. · m <sup>-3</sup>	优势度
亚强次真哲水蚤	44.24	0.219	49.33	0.400	206.03	0.729	-	-
百陶箭虫	35.12	0.139	10.02	0.043	15.76	0.056	-	-
肥胖箭虫	12.42	0.049	-	-	-	-	26.54	0.115
亨生莹虾	9.64	0.039	9.55	0.062	-	-	88.27	0.381
球形侧腕水母	8.28	0.033	8.27	0.054	-	-	-	-
小齿海樽	7.43	0.029	-	-	-	-	-	-
双手水母	13.14	0.026	-	-	-	-	-	-
双生水母	12.04	0.024	4.92	0.040	8.49	0.030	9.63	0.042
齿形海萤	-	-	6.94	0.045	-	-	-	-
箭虫属	-	-	-	-	12.81	0.045	-	-
长尾类幼体	-	-	5.23	0.042	-	-	24.10	0.104
强次真哲水蚤	-	-	4.38	0.021	-	-	-	-
短尾类溞状幼体	-	-	-	-	-	-	17.56	0.076
多毛类幼体	-	-	-	-	-	-	12.46	0.054
蛇尾类长腕幼虫	-	-	-	-	-	-	10.31	0.045
磁蟹溞状幼体	-	-	-	-	-	-	8.08	0.035
异体住囊虫	-	-	-	-	-	-	5.04	0.022

注: 优势度  $Y \geq 0.02$  表示为优势种,“-”表示该种未在本航次成为优势种

亚强次真哲水蚤在本次调查的前3个航次中均为第一优势种,主要分布区域是位于湾口的2号和3号站位,且湾口密度高于非暴发区的1号站位,该种的平面分布与大型水母的分布区域相重合. 但该种在第4航次中数量骤然减少,并未成为优势种(图7).

百陶箭虫和肥胖箭虫在4个航次中亦是优势种之一. 百陶箭虫在8月5日和8月25日航次中成为优势种之一,但优势度不高. 肥胖箭虫在8月5日、8月25日及9月5日航次中成为优势种之一,且在9月5日航次中成为第二优势种. 从图6中可以看出,百陶箭虫的主要分布区也是在湾口海域,与亚强次真哲水蚤相似,该种在湾口的数量亦是高于湾外. 而肥胖箭虫除了在9月5日航次外,其他航次在湾外及湾口该种丰度接近. 而在9月5日航次中,该种的丰度密集区在3号站位(图7).

亨生莹虾与肥胖箭虫相似,在8月5日、8月25日和9月5日航次中成为优势种,在前两个航次中该种优势度并不突出,但在9月5日航次中该种跃居为第一优势种,且除了3号站位,湾内其他站位与湾外1号站位丰度接近(图7).

### 2.3 大型水母与主要浮游动物的关系

从图8中可以看到,深沪湾发现的大型水母与各主要浮游类群和优势种之间并不存在线性关系. 但可以看出,在8月5日和8月15日航次中,大型水母仍然有一定数量,此时浮游动物各类群数量均有降低. 尤其是小型水母类,在8月15日航次中平均数量仅为  $8.23 \text{ ind. /m}^3$ ; 而在8月25日和9月5日航次中,当大型水母数量接近于0或消失的同时,小型水母丰度虽然有所上升,但是上升幅度小,丰度仍然很低.

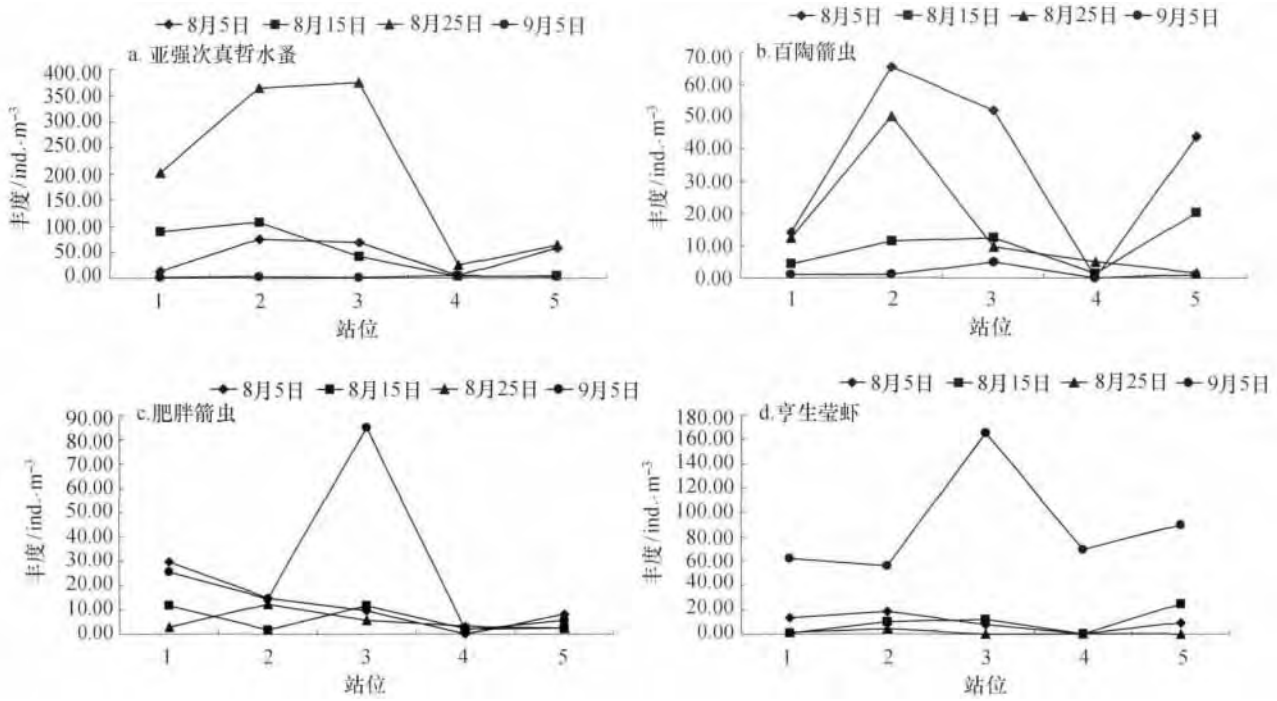


图 7 浮游动物优势种数量时空分布

Fig. 7 Spatial and temporal distribution of dominant zooplankton abundance

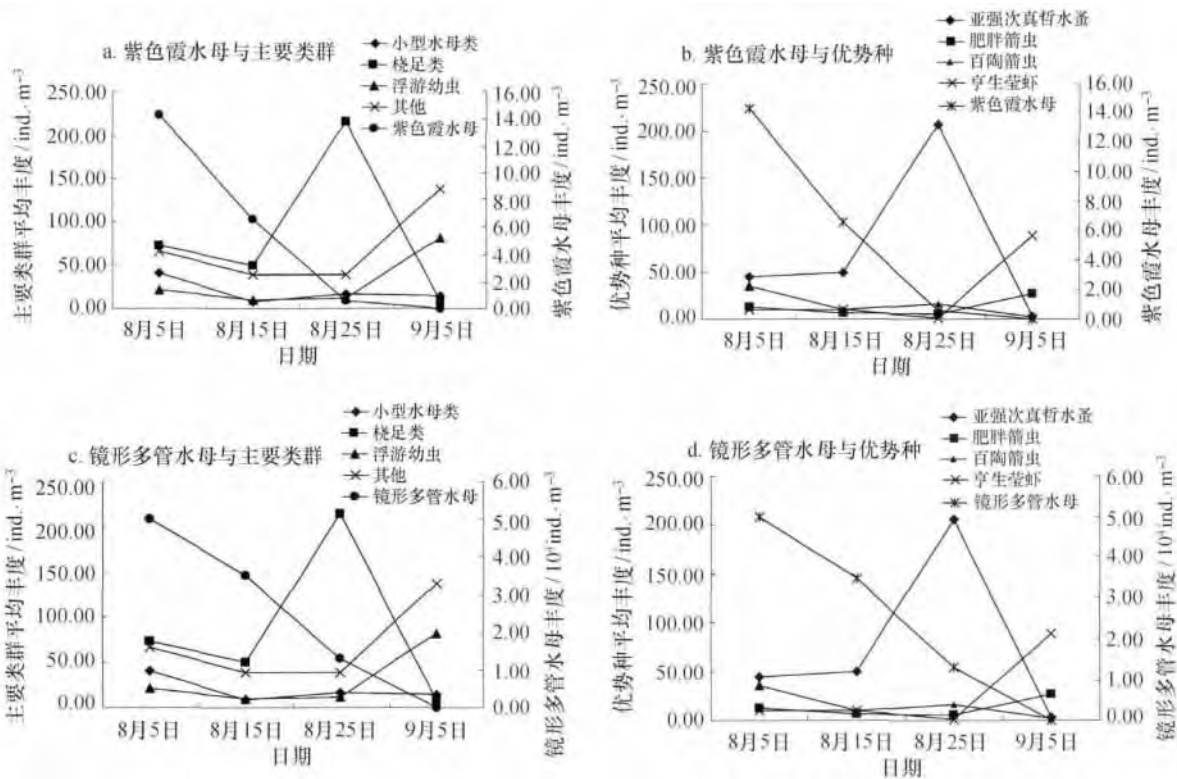


图 8 大型水母与主要浮游动物数量变化

Fig. 8 Abundance variation of macro-jellyfish and important zooplankton

### 3 讨论

#### 3.1 大型水母来源

霞水母属和多管水母属为东海区常见的大型水

母<sup>[16]</sup>,但大部分文献中对二者的研究只鉴定到属,紫色霞水母在我国仅在东南南部有过记载<sup>[18]</sup>,镜形多管水母在福建平潭也曾有过记载<sup>[19]</sup>.紫色霞水母属于钵水母纲 旗口水母目 霞水母科.属于暖水近

岸类群,其分布范围不越过长江口以南<sup>[18]</sup>。镜形多管水母属于水螅水母纲,锥螅水母目,多管水母科。相对于霞水母,多管水母暴发频率、程度及危害都较小,因此有关多管水母的生态习性、分布区系等研究较少<sup>[20]</sup>。本次调查由于条件所限,并且大型水母具有含水量高、斑块分布、网具捕捞易破碎等特点<sup>[21-22]</sup>,故而仅能得到紫色霞水母和镜形多管水母表层生物量数据。可见亟需一种统一科学的生物定量方法对今后大型水母生态调查进行系统的研究。

深沪湾呈肾型,湾口大,与台湾海峡相接,历史中并未有紫色霞水母和镜形多管水母的相关记载,此次紫色霞水母和镜形多管水母在湾内的出现尚属于首次发现。本文根据历史资料及本次调查尝试对大型水母在深沪湾的出现进行分析,以期对深沪湾大型水母的来源进行初步探讨。本文对于深沪湾水母暴发有两种推测:本地暴发和湾外入侵。迄今为止,大型水母暴发的原因主要归结于过度捕捞、水体富营养化、全球气候变暖、海洋工程给水母附着基等<sup>[11]</sup>。深沪湾水体开阔,与台湾海峡水体交换良好,湾内有养殖区,但面积较小<sup>[23]</sup>,多年海湾监测数据显示深沪湾湾内水体营养盐水平较低,不存在富营养化现象<sup>[24]</sup>。2013年8月份深沪湾海湾调查营养盐结果亦与往年无异。此次调查中水母暴发海域水温变化范围为25.27~26.67℃,盐度为33.15~33.66,与2010年温盐均值27.14℃及33.12,2011年温盐均值25.78℃及33.10相比较也未发生较大变化(营养盐数据及往年温盐数据由福建省海洋环境与渔业资源监测中心提供)。可见2013年8月份深沪湾温盐和营养盐含量属于正常水平,并不是大型水母突然暴发的诱因。有研究表明,水母的大量出现与养殖区的浮筏和海岸工程为水母水螅体提供附着物有关<sup>[5, 25-26]</sup>。深沪湾内有牡蛎养殖区,且在西南方向有在建工程,而此次大型水母密集区主要分布在养殖区内,因此推测水母水螅体附着于浮筏上,经过横裂生殖发育成蝶状体,并在适宜的温度、光照及食物等因子影响下突然暴发。但是历史资料表明,在福建至浙江一带3~4月份开始出现大型水母,6月份为生长旺期<sup>[16-17, 27-30]</sup>。但根据2013年5月福建省深沪湾海湾监测中的浮游动物数据(由福建省海洋环境与渔业资源监测中心提供)及调访的10家当地渔民口述,在5月份时湾内并未发现大型水母及幼体,大量的紫色霞水母和镜形多管水母是在8月份海湾监测航次中发现的,且由测量得到的紫色霞水母和镜形多管水母伞径大小范围可知两种大型水母均处于成体阶段。并且深沪湾内牡蛎养殖区常年

存在,海湾工程也已存在多年<sup>[23]</sup>,而2013年8月大型水母暴发在深沪湾历史上为首次发现。因此本文认为在深沪湾出现的大型水母可能不是本地种,而是从霞水母及多管水母发源地随海流传输至湾内的。但是目前有关紫色霞水母和镜形多管水母的实验生态学、生活史及种群分布区域的资料匮乏,且由于调查条件的限制缺少水母暴发整个过程的数据、湾内外大范围调查的定量数据以及相关的水文海流资料,无法知晓大型水母在深沪湾湾外的数量分布,故而并不能对此次出现的大型水母的主要发生地及入侵路径做出判断,本文所做的推测还需要进一步深入研究。

### 3.2 深沪湾大型水母消失原因推测

值得提出的是,在本次调查阶段,紫色霞水母的伞径在25~45 cm之间,属于成体阶段。相关资料表明,霞水母幼体出现在3~4月份,伞径为2~15 cm;5~6月份开始扩散;7~8月份幼体发育成成体,数量出现峰值,伞径达到20~50 cm;9月份数量开始逐渐下降<sup>[29-30]</sup>。调查结果说明在深沪湾发现的霞水母应处于数量高峰期。但随着调查的进展,大型水母数量不断减少,在9月份调查航次中在海面上已无踪迹。与相关资料相比,此次深沪湾大型水母提前消失。分析大型水母发现海域温盐数据,深沪湾8~9月份调查海域水温变化范围为25.27~26.67℃,盐度为33.15~33.66,仍然是适合霞水母生存的,且浮游动物数量充足,足以支持霞水母摄食需求。本文推测深沪湾水母提前消失的原因可能在于8月23日正面袭击福建沿海的台风“谭美”。水母的大量出现不仅受水母自身生物行为和生活习性的影响,而且还受到周围水体的地理环境和物理环境影响<sup>[31-32]</sup>。水母体具有的平衡囊,能够感受水体环境变化并做出相应的反馈<sup>[33]</sup>。相关报道指出水母能够感受到海域中风力和海流的变化,并且能够通过远离海域或者下沉的方式躲避环境变化所带来的伤害<sup>[34-35]</sup>。因此推测深沪湾出现的大型水母感应到“谭美”台风带来的环境变化,而从湾内游离以避免伤害,故而在后两个调查航次中大型水母数量锐减,接近于零。

### 3.3 水母暴发对深沪湾今后影响预测

孙松(2012)指出大型水母暴发的关键在于水螅体阶段,温度和饵料是控制水螅体发育方向和生殖策略的关键因子<sup>[11]</sup>。水螅体在低温状态下其能量是用于自身生长,而非繁殖;当水温超过15℃,约在20~25℃范围内,水螅体会通过无性繁殖的方式产生大量的水螅体,种群得以繁衍。在适宜的环境和充

足的饵料条件下,水螅体通过横裂的方式产生碟状体,变态成为水母体。水母体在饵料充足的环境中迅速生长,且大量出现在海洋中,形成“水母暴发现象”。可见水螅体的发育方向是是否形成水母暴发的关键。深沪湾内有港口、渔港、养殖区、捕鱼竹筏及在建工程等附着基,并且年均水温为 20.4℃,浮游动物数量丰富,十分适合水螅体的生长和繁殖。可见,深沪湾具有水母暴发的附着条件和环境条件。此次由外海入侵的大型水母经调查应处于成体阶段,故而极有可能在深沪湾内产生大量水螅体。这些水螅体附着于硬质附着基上,待来年环境合适时发育成为大量碟状体,形成大型水母暴发,从而对当地海洋生态系统产生影响。可见本次湾内大型水母的大量出现有可能成为今后深沪湾大型水母暴发的来源。关于这一假设,日后尚需对深沪湾进行长时间跟踪监测验证。

### 3.4 大型水母对浮游动物的影响

大型水母的大量出现需要大量浮游动物作为其食物来源,同时大型水母又会对食物网结构产生影响<sup>[11, 36-37]</sup>。Greve(1994)报道当大型水母数量大量增长时,相同海域中浮游动物数量在短时间内降至很低甚至为零<sup>[38]</sup>;李惠玉等(2007)亦指出东海区沙海蜇生物量和浮游动物生物量之间存在着负相关关系<sup>[39]</sup>。比较不同航次大型水母和浮游动物数量变化发现:8月15日航次较8月5日航次浮游动物种类数、数量有大幅度下降,但此时大型水母数量虽然下降至8月5日航次的50%,但海域中仍可以发现一定数量的紫色霞水母和镜形多管水母。可见在8月5日和8月15日航次中,即在大型水母具有一定数量的情况下,浮游动物生物量大量减少;而在后2个航次中,当大型水母个体数接近0或者消失时,浮游动物个体数反而大幅度增加,甚至超过大型水母发现初期水平。因此本文推测本次在8月5日航次时发现的大型水母已经处于个体数高峰期之后,随着大型水母个体数的消失,浮游动物的数量逐渐得到恢复。而在后两个航次中浮游动物数量激增的原因除了大型水母摄食压力的消失,亦有台风的影响。受8月23日正面袭击福建沿海的“谭美”台风影响,湾外海水大量涌入湾内,带来大量浮游动物,使得湾内浮游动物数量增加,这一点可由湾内海域和湾外海域浮游动物种类组成相似和数量接近判断。

大型水母主要是通过摄食作用引起不同类群浮游动物数量变动,进而导致整体浮游动物的数量变动。大型水母作为顶层消费者,其捕食范围很广,可以摄食各种可获得的浮游动物,还包括许多海洋动

物的卵和幼虫(包括幼鱼),甚至可摄食同类。霞水母属可摄食长管水母属(*Sarsia*)、芮氏水母属(*Rathkea*)、真囊水母属(*Euphysora*)等及水母类的碟状幼体<sup>[3]</sup>。Costello等(2002)亦指出多管水母主要摄食鱼卵、桡足类及包括其他水母在内的胶质浮游动物<sup>[40]</sup>。马喜平等(1998)提到五丝金黄水母可摄食指瓣水母而减少指瓣水母对其他浮游动物的影响;瓜水母的出现常伴随着栉水母的大幅度减少和桡足类的增加<sup>[3]</sup>。可见通过食物链,大型水母能够直接或者间接地影响其他浮游动物。由8月15日航次调查结果可知,与8月5日航次相比较浮游动物类群数量均有减少,其中桡足类下降幅度较小,而小型水母类则是大量减少。在台风过后的8月25日航次中桡足类剧增,而在9月5日航次中桡足类数量骤减,同时伴随着亨生莹虾及毛颚动物数量增加。针对大型水母发现期间浮游动物主要类群的数量变动,作者推测,在深沪湾出现的紫色霞水母和镜形多管水母对桡足类摄食较少,偏好摄食小型水母类,从而导致小型水母类数量大幅减少;同时桡足类少了小型水母的捕食压力,且在前3个航次中毛颚类及其他甲壳类数量较少,亦未对其构成威胁,故其丰度在前2个航次并未发现较大的变化。但是在8月份中旬台风“谭美”的影响下,大型水母消失,同时大量的暖水外海种亨生莹虾和暖水广盐种肥胖箭虫涌入湾内,对桡足类产生了一定的摄食压力,最终使得桡足类数量骤然减少。可见在大型水母发现期间,大型水母的摄食作用及台风的影响是深沪湾浮游动物群落结构发生变化的主要原因。

## 4 结论

2013年8~9月在深沪湾首次发现紫色霞水母和镜形多管水母,在调查期间内,大型水母已处于个体数高峰期之后,台风是导致大型水母提前消失的主要原因。本文推测在深沪湾出现的大型水母并非为本地种,而是由海流携带至此的。大型水母的出现影响了深沪湾的浮游动物群落结构,使得该海域浮游动物各主要类群数量有不同程度的减少,其中小型水母类减少最多,桡足类减少最少。而随后台风的发生使得大型水母消失,外海种数量增加,桡足类数量骤减,引起浮游动物群落结构发生变化。

本次调查由于时间仓促,并未在水母发现前开始调查,从而缺少了水母出现整个过程的数据;另外由于采样设备原因导致本次调查未能对紫色霞水母进行拖网采样,仅是采用海面观测的方法进行计数的;而镜形多管水母仅是在湾内进行水平拖网,数据

较不完整. 从调查结果可以看出, 深沪湾具有支持大型水母暴发的条件, 此次大型水母的出现很有可能成为今后深沪湾水母暴发的来源. 因此为了能更好

地了解深沪湾大型水母大量出现现象, 需要在今后更加深入地进行大范围、长时间监测, 以便得到更多更全面的数据, 为中国沿海大型水母暴发提供资料.

#### 参考文献:

- [1] Kawahara M, Uye S, Ohtsu K, et al. Unusual population explosion of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae) in East Asian waters [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2006, 307: 161-173.
- [2] Richardson A J, Bakun A, Hays G C, et al. The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future [J]. *Trends in Ecology and Evolution*, 2009, 24(6): 312-322.
- [3] 马喜平, 凡守军. 水母类在海洋食物网中的作用 [J]. *海洋科学*, 1998(2): 38-41.
- [4] Purcell J E, Sturdevant M V. Prey selection and dietary overlap among zooplanktivorous jellyfish and juvenile fishes in Prince William Sound, Alaska [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2001, 210: 67-83.
- [5] Purcell J E, Uye S, Lo W T. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2007, 350: 153-174.
- [6] Jiang H, Cheng H Q, Xu H G, et al. Trophic controls of jellyfish blooms and links with fisheries in the East China Sea [J]. *Ecological Modelling*, 2008, 212: 492-503.
- [7] Dong Z J, Liu D Y, Keesing J K. Jellyfish blooms in China: Dominant species, cause and consequences [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2010, 60: 954-963.
- [8] 孙松, 于志刚, 李超伦, 等. 黄、东海水母暴发机理及其生态环境效应研究进展 [J]. *海洋与湖沼*, 2012, 43(3): 401-405.
- [9] 吴颖, 李惠玉, 李圣法, 等. 大型水母的研究现状及展望 [J]. *海洋渔业*, 2009, 30(1): 80-87.
- [10] 程家骅, 李圣法, 丁峰元, 等. 东、黄海大型水母暴发现象及其可能成因浅析 [J]. *现代渔业信息*, 2004, 19(5): 10-12.
- [11] 孙松. 对黄、东海水母暴发机理的新认知 [J]. *海洋与湖沼*, 2012, 43(3): 406-410.
- [12] 熊瑛, 王云龙, 汤建华, 等. 黄海南部大型水母暴发区中小型浮游动物生态特征 [J]. *生物学杂志*, 2009, 28(10): 2 063-2 068.
- [13] Lenz J. Introduction [M]// Harris R P, Wiebe P H, Lenz J, et al. *Zooplankton methodology manual*. UK, London: Academic Press, 2000: 1-30.
- [14] Purcell J E. Extension of methods for jellyfish and ctenophore trophic ecology to large-scale research [J]. *Hydrobiologia*, 2009, 616: 23-55.
- [15] 丁元峰, 程家骅. 东海区夏、秋季大型水母分布区渔业资源特征分析 [J]. *海洋渔业*, 2005, 27(2): 120-128.
- [16] 程家骅, 丁峰元, 李圣法, 等. 东海区大型水母数量分布特征及其与温盐度的关系 [J]. *生态学报*, 2005, 25(3): 440-445.
- [17] 李开枝, 尹健强, 黄良民, 等. 珠江口浮游动物群落动态及数量变化 [J]. *热带海洋学报*, 2005, 24(5): 60-68.
- [18] 洪惠馨, 林利民. 中国海域钵水母类区系的研究 [J]. *集美大学学报: 自然科学版*, 2010, 15(1): 18-24.
- [19] 丘书院. 论中国东南沿海的水母类 [J]. *动物学报*, 1954, 6(1): 49-57.
- [20] 王彦涛, 孙松, 王世伟, 等. 2011年春季黄、东海墨绿多管水母(*Aequorea coerulescens*)分布特征 [J]. *海洋与湖沼*, 2012, 43(6): 1 096-1 102.
- [21] Omori M, Hamner W H. Patchy distribution of zooplankton: behavior, population assessment and sampling problems [J]. *Marine biology*, 1982, 72: 193-200.
- [22] 孙松. 水母暴发研究所面临的挑战 [J]. *地球科学进展*, 2012, 27(3): 257-261.
- [23] 胡文佳. 福建深沪湾海湾生态系统评价研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2008.
- [24] 潘伟然, 杨圣云, 张国荣, 等. 福建省海湾数模与环境研究——深沪湾 [M]. 北京: 海洋出版社, 2009.
- [25] Uye S. Human forcing of the copepod-fish-jellyfish triangular trophic relationship [J]. *Hydrobiologia*, 2011, 666: 71-83.
- [26] Lo W T, Purcell J E, Hung J, et al. Enhancement of jellyfish (*Aurelia aurita*) populations by extensive aquaculture rafts in a coastal lagoon in Taiwan [J]. *Ices Journal of Marine Science*, 2008, 65(3): 453-461.
- [27] 周永东, 刘子藩, 薄治礼, 等. 东、黄海大型水母及其调查监测 [J]. *水产科技情报*, 2004, 31(5): 224-227.
- [28] 王彬, 董婧, 王文波, 等. 辽东湾北部近海大型水母数量分布和温度盐度特征 [J]. *海洋与湖沼*, 2012, 43(3): 568-578.
- [29] 陈卫平, 薄治礼, 周婉霞, 等. 浙江海域常见水母种类及旺发年份对渔业生产影响的调查研究 [J]. *浙江海洋学院学*

- 报: 自然科学版, 2007, 26(3): 266-271.
- [30] 卢振彬, 戴泉水, 颜尤明 等. 福建东山岛海域霞水母的渔业生物学研究 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(6): 973-976.
- [31] Graham W M, Pagès F, Hamner W M. A physical context for gelatinous zooplankton aggregations: a review [J]. Hydrobiologia, 2001, 451: 199-212.
- [32] Kaneda A, Kohama T, Kawamura Y, et al. Periodicity in accumulation of gelatinous zooplankton during the summer season in the coastal area of Iyo-Nada, Japan [J]. Limnology and Oceanography, 2007, 52(2): 707-715.
- [33] Boßelmann F, Epple M, Sötje I, et al. Statoliths of calcium sulfate hemihydrates are used for gravity sensing in Rhopaliphoran Medusea (Cnidaria) [M]//Bücherlein E. Handbook of Biomineralization. Weinheim: Wiley-VCH, 2007: 261-272.
- [34] Miller R J. Distribution and biomass of an estuarine ctenophore population, *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) [J]. Chesapeake Sci, 1974, 15: 1-8.
- [35] Kopacz U. Evidence for tidally-induced vertical migration of some gelatinous zooplankton in the Wadden Sea area near Split [J]. Helgol Wiss Meeresunters, 1994, 18: 333-342.
- [36] 李晓东, 刘铁钢, 张长新 等. 几种生物饵料对海蜇生长的影响 [J]. 水产科学, 2003, 22(3): 4-6.
- [37] Moller H. Significance of coelenterate in relation to other plankton organisms [J]. Kieler meeresforsch, 1979, 27: 1-8.
- [38] Greve W. The 1989 German Bight invasion of *Muggiaea atlantica* [J]. Ices Journal of Marine Science, 1994, 51(4): 355-358.
- [39] 李惠玉, 李建生, 丁峰元 等. 东海区沙海蜇和浮游动物的分布特征 [J]. 生态学报, 2007, 26(12): 1974-1980.
- [40] Costello J H, Colin S P. Prey resource use by coexistent hydromedusae from Friday Harbor, Washington [J]. Limnology and Oceanography, 2002, 47(4): 934-942.

## Variation of macro-jellyfish abundance and characteristics of zooplankton community structure in Shenhu Bay, Fujian

PAN Fei-fei, HUANG Dong-ren, LI Rong-mao, Li Cong  
(Monitoring Center of Marine environment and fishery resources, Fuzhou 350003, China)

**Abstract:** In 4 cruises carried out in Shenhu Bay from August to September in 2014, the variation of zooplankton community structure was studied aimed at the abundance variations of jellyfish *Cyanea purpurea* and *Aequorea* spp. . A total of 91 zooplankton species and 20 groups of pelagic larvae in 15 groups and 7 phyla were identified. Copepod was the most dominant group. The density of zooplankton was ranged from 106.85 to 281.79 ind./m<sup>3</sup>. The dominant species were *Subeucalanus subcrassus*, *Sagitta bedoti*, *Sagitta enflata* and *Lucifer hanseni* et al. The area of high density giant jellyfish was very close to the area of high abundant zooplankton in the bay opening. Following the disappearance of macro-jellyfish zooplankton abundance increased substantially. It suggested that the appearance macro-jellyfish has changed the zooplankton community structure since the former was not local species.

**Key words:** marine biology; macro-jellyfish; zooplankton; abundance; community structure; Shenhu Bay

DOI: 10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2015. 01. 015

(责任编辑: 王 静)