

# 冬季黄、东海一断面表层砂壳纤毛虫群落

李海波<sup>1,2</sup>, 张武昌<sup>1</sup>, 于莹<sup>1,2</sup>, 丰美萍<sup>1,2</sup>, 肖天<sup>1</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所, 海洋生态与环境科学重点实验室, 山东青岛 266071; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 于2012年11月18日至12月21日, 在黄、东海沿从南向北(26~36°N)一个断面24个站采样调查了表层(4 m)砂壳纤毛虫群落。共发现砂壳纤毛虫17属, 32种。各站砂壳纤毛虫种丰富度为2~15种, 砂壳纤毛虫总丰度为2 478~88 550个/m<sup>3</sup>。整个断面优势种为筒状拟铃虫、白领细壳虫、小领细壳虫和钝囊坎虫。巴西拟铃虫仅出现在青岛近岸(24号站), 但丰度很高(10 960个/m<sup>3</sup>)。砂壳纤毛虫种类多样性从南向北降低, 从近岸向远岸增加, 黏着壳的比例在近岸水浅处较多, 在水深大于50 m的站位, 透明壳所占比例大大增加。不同种类的砂壳纤毛虫有着不同的分布区域, 根据分布区域的不同, 可分为南方种, 北方种和广布种等。聚类分析结果显示, 调查区的砂壳纤毛虫可以分为3个群落。

**关键词:** 砂壳纤毛虫; 群落结构; 黄海; 东海

中图分类号: P735.532; Q179.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2014)08-0001-07

doi: 10.11759/hyxx20130910003

砂壳纤毛虫是海洋微型浮游原生动物的的重要组成部分<sup>[1]</sup>。在20世纪30~50年代曾有少量有关我国海区砂壳纤毛虫的分类研究<sup>[2-5]</sup>, 自90年代起, 渤海(莱州湾<sup>[6]</sup>)、黄海(胶州湾<sup>[7-8]</sup>)、长江口<sup>[9]</sup>、东海<sup>[10-11]</sup>、台湾海峡<sup>[12]</sup>以及南海<sup>[13]</sup>浮游纤毛虫丰度、生物量的分布以及砂壳纤毛虫的种丰富度相继被报道。

砂壳纤毛虫的长度约为20~300 μm, 口径为5~140 μm, 丰度为10~10<sup>3</sup>个/L, 个体小的种往往丰度较大。我国海区关于砂壳纤毛虫群落结构的研究主要有采水<sup>[6, 10-11]</sup>和拖网采集<sup>[7, 9, 13]</sup>两种采样方法。采水的方法一般采1 L水, 优点是能采集到个体小的种类, 但是不能采到个体较大而丰度较低的种类。垂直拖网的方法网眼孔径为76 μm, 能采集到个体较大的种类, 但是个体较小的种类会被漏掉。所以这两种方法都不能很好研究砂壳纤毛虫的群落结构。作者使用采集大量海水过滤20 μm孔径筛绢的方法研究砂壳纤毛虫的群落结构。

在黄海和东海, 海岸线呈南北走向, 以往调查的断面多以垂直于海岸线的东西向断面为主<sup>[10-11]</sup>, 南北向断面的调查几乎没有, 而且秋、冬季砂壳纤毛虫群落的资料很少。本文报道2012年11~12月黄、东海一南北断面表层砂壳纤毛虫群落的变化。

## 1 材料和方法

2012年11月18日至12月21日, 乘“科学一号”

考察船在黄、东海对砂壳纤毛虫群落进行了取样调查, 调查范围为26~36°N, 共设24个站(图1)。

在每个站用船载水泵取表层(水深4 m)水80 L置于水桶中, 用温度计测定海水的温度, 用孔径20 μm的小网过滤所有海水, 过滤后网底管内的样品约100 mL用鲁格试剂(终浓度1%)固定。在实验室, 用量筒测量每个样品的体积( $V_S$ ), 取出16 mL, 在沉降杯中沉降24 h, 沉降杯放在Olympus IX71倒置显微镜载物台上(放大100倍)计数砂壳纤毛虫的数量( $N$ )。依据壳的形状和尺寸, 参考分类学文献<sup>[2, 5, 14-15]</sup>鉴定种。根据壳上有没有外来黏附颗粒把纤毛虫分为透明壳和黏着壳。砂壳纤毛虫的丰度( $A$ , 个/m<sup>3</sup>)通过公式 $A=1000 \times N \times (V_S / 16) / 80$ 计算。

用公式 $Y=n_i/N_0 \times f_i$ 计算每个种的优势度, 式中 $Y$ 为优势度,  $n_i$ 为第 $i$ 种在所有站位出现的个体数,  $N_0$ 为出现的总个体数,  $f_i$ 为第 $i$ 种在所有站位出现的频率, 当 $Y > 0.02$ 时认为该种为优势种<sup>[16]</sup>。

利用primer对所有站砂壳纤毛虫群落进行聚类分析, 根据聚类分析的结果对整个调查断面的砂壳

收稿日期: 2013-12-18; 修回日期: 2014-02-11

基金项目: 国家自然科学基金创新群体项目(41121064); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA11020103.1)

作者简介: 李海波(1984-), 男, 山东济宁人, 硕士, 研究方向为海洋生态学, 电话: 15953263715, E-mail: harbour120@126.com; 张武昌, 通信作者, 研究员, 博士生导师, E-mail: wuchangzhang@qdio.ac.cn

纤毛虫进行群落划分。

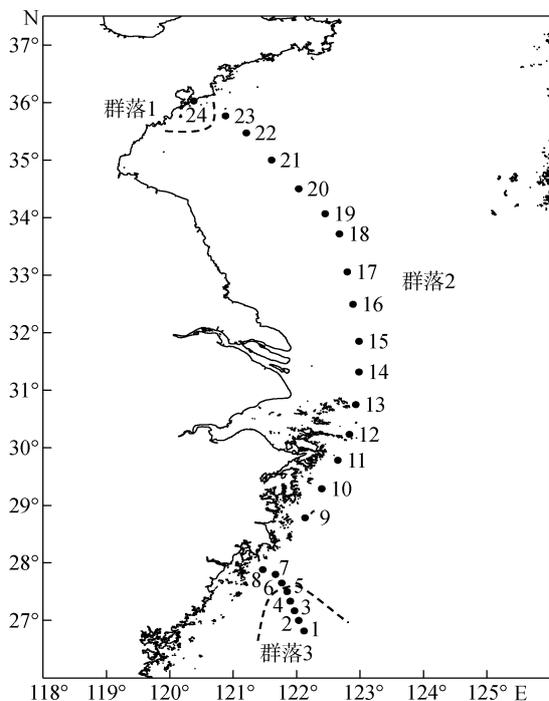


图1 调查站位图

Fig.1 Location of the sampling stations

虚线为不同砂壳纤毛虫群落分界线  
the dashed line is the boundary of different tintinnid communities

## 2 结果

表层海水温度为 9.2~21.8℃, 从南向北逐渐降低; 水深为 18~100 m(图 2)。

共鉴定砂壳纤毛虫 17 属, 32 种(表 1)。其中拟铃虫属种类数最多, 共 7 种, 其次为类铃虫属和条纹虫属(均为 4 种)。不同站位砂壳纤毛虫种丰富度相差很大(图 3), 3 号站砂壳纤毛虫种类数最多(15 种), 8、9

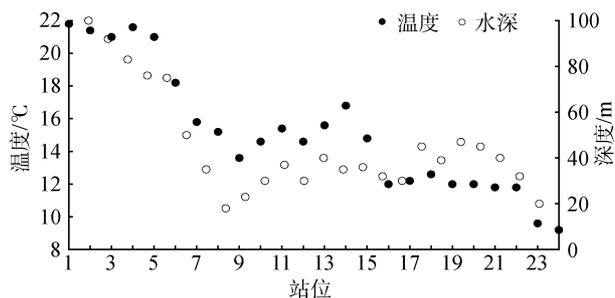


图2 各站表层温度及水深

Fig. 2 Surface temperature and depth of the stations

号站种类数最少(各有 2 种)。1~7 号站种丰富度(7~15 种)高于 8~24 号站(2~7 种), 南部砂壳纤毛虫种丰富度明显高于北部。

砂壳纤毛虫种类从北向南的演变明显。把只出现在 1~8 号站(26~28°N)的 14 种砂壳纤毛虫定为南方种; 主要出现在 1~8 号站但在 9~24 号站偶有检出的 7 种砂壳纤毛虫定为趋向南方种; 只出现在 9~24 号站位的 8 种砂壳纤毛虫定为北方种; 在整个断面广泛分布的 3 种砂壳纤毛虫定为广布种(表 2)。

各站砂壳纤毛虫总丰度差别很大(图 3), 在 9 号站最低(2 478 个/m<sup>3</sup>), 13 号站最高(88 550 个/m<sup>3</sup>), 13 号站丰度高的主要原因是白领细壳虫的丰度很高(62 825 个/m<sup>3</sup>)。砂壳纤毛虫丰度在 1~7 号站间呈逐步升高的趋势, 在 8、9 号站丰度降低, 14 和 24 号站的丰度也比较高, 主要贡献来自小铃细壳虫(分别为 34 375 个/m<sup>3</sup>和 34 409 个/m<sup>3</sup>), 24 号站巴西拟铃虫也有很高的丰度(10 960 个/m<sup>3</sup>)。

共有 4 种优势种: 筒状拟铃虫( $Y=0.238$ ), 白领细壳虫( $Y=0.227$ ), 小铃细壳虫 ( $Y=0.193$ )和钝囊坎虫( $Y=0.022$ )(图 4)。筒状拟铃虫分布最广泛, 除 1、3、5 站外, 在 21 个站位检出, 其次是小铃细壳虫和白

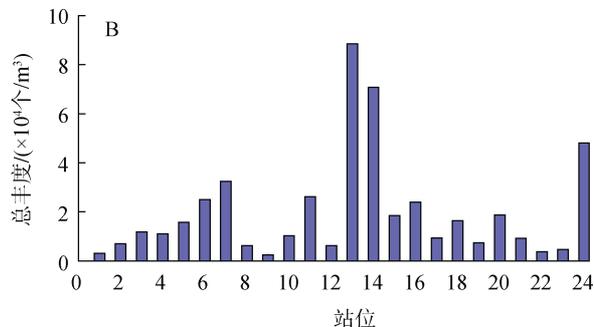
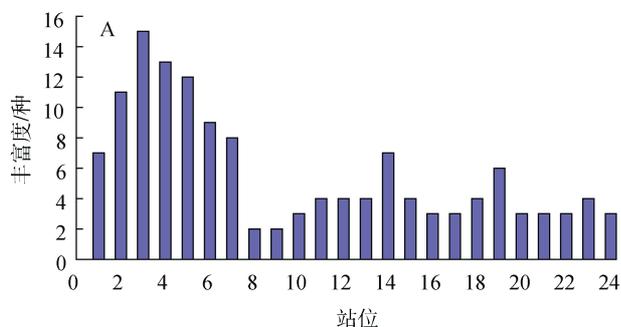


图3 各站的砂壳纤毛虫种丰富度(A)及总丰度(B)

Fig. 3 Distribution of tintinnid species richness (A) and total abundance (B) in the stations

表 1 砂壳纤毛虫种名录及调查结果

Tab.1 The list of Species of tintinnid in sampling stations

学名	中文名	<i>Y</i>	<i>N</i>	<i>A</i>	站位
<i>Tintinnopsis tubulosoides</i>	筒状拟铃虫	0.238 0	21	15 400	13
<i>Stenosemella nivalis</i>	白领细壳虫	0.221 7	16	62 825	13
<i>Stenosemella parvicollis</i>	小领细壳虫	0.193 9	19	34 409	24
<i>Ascampbelliella retusa</i>	钝囊坎虫	0.021 8	8	9 680	6
<i>Codonellopsis morchella</i>	酒瓶类铃虫	0.006 2	8	1 836	5
<i>Epiplocyloides reticulate</i>	网状拟网膜虫	0.001 3	7	428	4
<i>Salpingella acuminata</i>	尖锐号角虫	0.001 2	3	344	14
<i>Tintinnopsis brasiliensis</i>	巴西拟铃虫	0.001 0	1	10 960	24
<i>Amphorides minor</i>	小瓮状虫	0.000 7	3	1 568	4
<i>Steenstrupiella steenstrupii</i>	斯廷细瓮虫	0.000 7	4	650	2
<i>Dadayiella ganymedes</i>	酒杯类管虫	0.000 5	3	1 140	4
<i>Eutintinnus lusus-undae</i>	卢氏真铃虫	0.000 4	4	570	4
<i>Codonellopsis parva</i>	微细类铃虫	0.000 3	3	565	5
<i>Proplectella perpusilla</i>	极小原孔虫	0.000 3	3	998	4
<i>Protorhabdonella simplex</i>	简单原纹虫	0.000 2	4	283	5
<i>Rhabdonella amor</i>	变形条纹虫	0.000 2	3	285	4
<i>Metacylis sanyahensis</i>	三亚类杯虫	0.000 1	1	1 271	3
<i>Rhabdonella elegans</i>	优雅条纹虫	0.000 1	2	191	15
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	百乐拟铃虫	0.000 1	3	281	23
<i>Tintinnopsis schotti</i>	斯氏拟铃虫	0.000 1	2	565	5
<i>Amphorellopsis acuta</i>	尖底类瓮虫	<0.000 1	2	175	13
<i>Amphorides amphora</i>	耳瓶瓮状虫	<0.000 1	1	203	7
<i>Codonellopsis mobilis</i>	运动类铃虫	<0.000 1	1	95	19
<i>Codonellopsis</i> sp.	—	<0.000 1	2	381	15
<i>Dictyocysta duplex</i>	双重网袋虫	<0.000 1	2	325	2
<i>Leprotintinnus bottnicus</i>	波特薄铃虫	<0.000 1	2	188	8
<i>Leprotintinnus simplex</i>	简单薄铃虫	<0.000 1	2	424	5
<i>Rhabdonella conica</i>	圆锥条纹虫	<0.000 1	1	172	14
<i>Rhabdonella cornucopia</i>	尖角条纹虫	<0.000 1	3	163	2
<i>Tintinnopsis japonica</i>	日本拟铃虫	<0.000 1	1	91	12
<i>Tintinnopsis orientalis</i>	东方拟铃虫	<0.000 1	1	141	5
<i>Tintinnopsis radix</i>	根状拟铃虫	<0.000 1	1	141	23

注: *Y* 为优势度; *N* 为出现站位数, 单位为个、*A* 为最大丰度, 单位为个/m<sup>3</sup>

领细壳虫, 分别在 19 和 16 个站位检出。钝囊坎虫主要分布在 1~7 号站(375~9 680 个/m<sup>3</sup>), 虽然在 14 号站也有出现但丰度很低(344 个/m<sup>3</sup>)(图 4)。其他种类

出现站均小于 10, 许多种类只在一个站位检出, 包括巴西拟铃虫、根状拟铃虫、运动类铃虫、圆锥条纹虫、日本拟铃虫、耳瓶瓮状虫、东方拟铃虫和三亚

表 2 各物种出现的站位

Tab.2 Distribution of each species in the stations

种名	站位																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
斯廷细瓮虫	•	•	•		•																			
尖角条纹虫		•	•	•																				
双重网袋虫		•		•																				
小翁状虫			•	•	•																			
微细类铃虫			•	•	•																			
简单薄铃虫			•		•																			
三亚类杯虫			•																					
变形条纹虫			•	•	•	•																		
酒杯类管虫				•	•	•																		
东方拟铃虫					•																			
耳瓶瓮状虫								•																
极小原孔虫	•			•				•																
卢氏真铃虫		•	•	•				•																
波特薄铃虫			•						•															
斯氏拟铃虫					•						•													
简单原纹虫	•				•		•					•												
尖底类瓮虫						•							•											
钝囊坎虫	•	•	•	•	•	•	•							•										
网状拟网膜虫	•	•	•	•	•	•								•										
尖锐号角虫		•	•											•										
酒瓶类铃虫	•	•	•	•	•	•	•															•		
白领细壳虫	•	•	•	•		•	•			•	•		•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•
小领细壳虫		•	•		•	•			•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•
筒状拟铃虫		•		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
日本拟铃虫												•												
圆锥条纹虫														•										
类铃虫属															•	•								
优雅条纹虫															•									
运动类铃虫																						•		
百乐拟铃虫																						•	•	
根状拟铃虫																							•	
巴西拟铃虫																								•

南方种

趋向南方种

北方种

类杯虫。巴西拟铃虫虽然只在一个站位出现(24 站),但丰度很高,达到 10 960 个/m<sup>3</sup>。

透明壳砂壳纤毛虫主要在 1~7 号站出现,在总砂壳纤毛虫丰度中占的比例为 16%~72%(平均 42.9%);8~24 号站只有 5 个站位出现透明壳砂壳纤毛虫,而且在总砂壳纤毛虫丰度中所占的比例小于 2%(平均为 0.9%)(图 5)。

聚类分析结果(图 6)显示,砂壳纤毛虫群落在 35%相似度下可以划分为 3 个群落(图 1),北方的 24 号站为群落 1;6~23 号站为群落 2;1~5 号站为群落 3。

### 3 讨论

本研究中,沿着断面从北向南,砂壳纤毛虫种丰富度逐渐增加。砂壳纤毛虫种丰富度从北极到赤

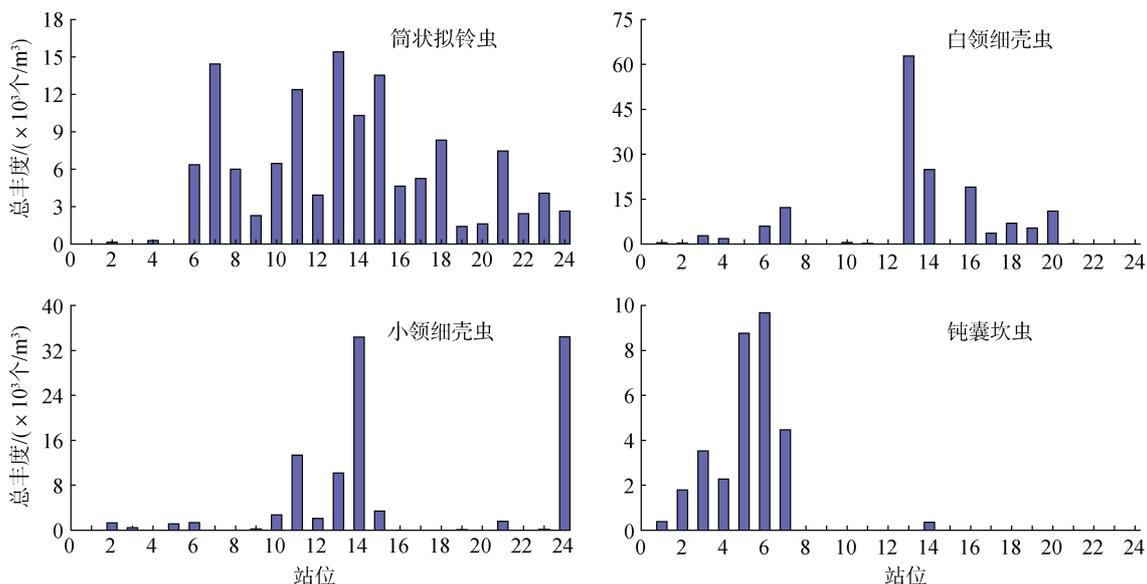


图 4 优势种在各站位丰度分布

Fig.4 Distribution of dominant species in the stations

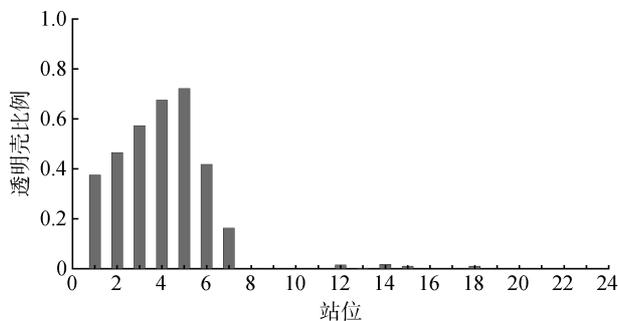


图 5 各站位透明壳砂壳纤毛虫丰度比例

Fig. 5 The proportion of hyaline tintinnid in the stations

道呈增加的趋势<sup>[17]</sup>, 本研究的结果和这个大的趋势是一致的。在 3~7 号站, 随着离岸距离的减小, 种丰富度降低, 而总丰度增加, 这种趋势和浮游生物多样性从近岸向远岸的趋势是符合的<sup>[18]</sup>。

巴西拟铃虫只有在 24 号站出现, 而且丰度比较高, 是 24 号站砂壳纤毛虫丰度突然增高的一个原因。以往的资料<sup>[7]</sup>中, 巴西拟铃虫在胶州湾中有很高的丰度。

黏着壳需要有泥沙颗粒来形成, 所以随着水深的增加, 水体中的悬浮物浓度降低, 黏着壳无法形成, 透明壳纤毛虫占的比例会增加<sup>[17]</sup>。在本研究中透

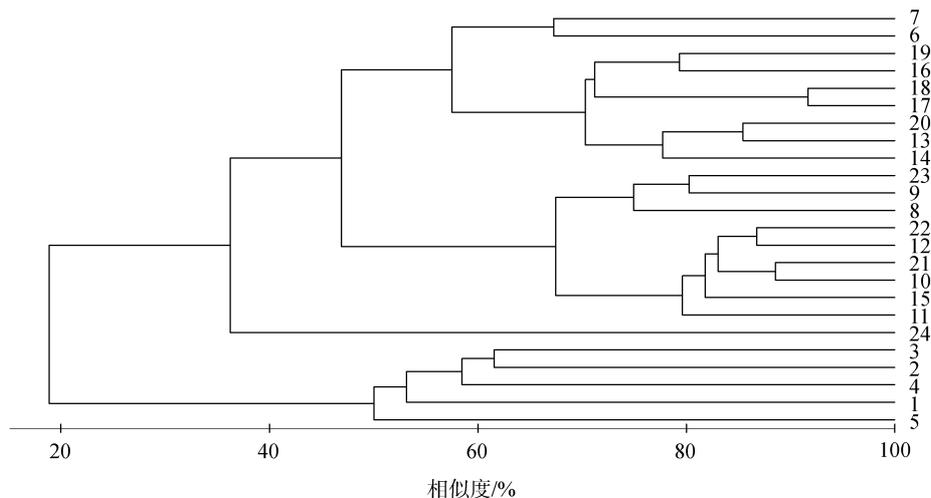


图 6 砂壳纤毛虫群落聚类分析结果

Fig. 6 Cluster analysis of tintinnid communities

明壳砂壳纤毛虫在主要在 1~7 号站出现, 并且在 1~6 号站中占有较高的比例。相对于其他站位, 1~6 号站水深较深(图 1), 黏着壳在 1~6 号站所占比例较低也符合上述规律。

冬季台湾暖流对浙江南部近海 50 m 等深线以深的外海一侧影响较大, 浙闽沿岸流主要影响 50 m 以浅的近海一侧<sup>[19]</sup>, 这可能是引起 1~5 号站砂壳纤毛虫种丰富度很高但总丰度较低, 有明显的大洋纤毛虫群落结构特征的原因。

#### 参考文献:

- [1] Suzuki T, Taniguchi A. Standing crops and vertical distribution of four groups of marine planktonic ciliates in relation to phytoplankton chlorophyll *a*[J]. *Marine Biology*, 1998, 132(3): 375-382.
- [2] 尹光德. 胶州湾砂壳纤毛虫之初步调查[J]. *山东大学学报*, 1952, 2: 36-56.
- [3] Nie D S, Cheng P. Tintinnoinea of the Hainan Region[J]. *Contr Biol Lab Sci Soc China, Zoological Series*, 1947, 16: 41-86.
- [4] Wang C C. Notes on Tintinnoinea from the Gulf of Pe-Hai[J]. *Sinensia*, 1936, 7(3): 353-370.
- [5] Wang C C, Nie D S. A survey of the marine protozoa of Amoy[J]. *Contr Biol Lab Sci Soc China, Zoological Series*, 1932, 8: 285-385.
- [6] 张武昌, 王荣, 王克. 1997 年 7 月一航次中莱州湾自由生纤毛虫和桡足类幼虫的分布[J]. *海洋科学*, 2002, 26(9): 20-21.
- [7] 赵楠, 张武昌, 孙松, 等. 胶州湾中大型砂壳纤毛虫的水平分布[J]. *海洋与湖沼*, 2007, 38(5): 468-475.
- [8] Sun J, Dawson J, Liu D Y. Microzooplankton grazing on phytoplankton in summer in the Jiaozhou Bay, China[J]. *China Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(7): 1245-1252.
- [9] 张武昌, 王克, 肖天. 长江口 2005 年 4 个航次中大型砂壳纤毛虫的水平分布[J]. *海洋科学*, 2009, 33(7): 6-9.
- [10] Zhang W C, Xiao T, Wang R. Abundance and biomass of copepod nauplii and ciliates and herbivorous activity of microzooplankton in the East China Sea[J]. *Plankton Biology and Ecology*, 2001, 48(1): 28-34.
- [11] 张翠霞, 张武昌, 赵楠, 等. 秋冬季东海陆架区浮游纤毛虫的生态分布特点[J]. *海洋学报*, 2011, 33(1): 127-137.
- [12] Pierce R W, Turner J T. Ecology of planktonic ciliates in marine food webs[J]. *Reviews in Aquatic Sciences*, 1992, 6: 139-181.
- [13] 丰美萍, 张武昌, 张翠霞, 等. 南海北部大型砂壳纤毛虫的水平分布[J]. *热带海洋学报*, 2010, 29(3): 141-150.
- [14] Hada Y. Studies on the Tintinnoinea from the western tropical Pacific[J]. *J Fac Sci, Hokkaido Imp Univ, Series VI, Zoology*, 1938, 6(2): 87-190.
- [15] Hada Y. The Fauna of Akkeshi Bay: IV. The Pelagic Ciliata[J]. *J Fac Sci, Hokkaido Imp Univ, Series VI, Zoology*, 1937, 4(5): 143-216.
- [16] 徐兆礼, 陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鲆渔场的关系[J]. *生态学杂志*, 1989, 8(4): 13-15.
- [17] Dolan J R, Montagnes D J, Agatha S, et al. The biology and ecology of tintinnid ciliates[M]. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013.
- [18] Angel M V. Biodiversity of the pelagic ocean[J]. *Conservation Biology*, 1993, 7(4): 760-772.
- [19] 曾定勇, 倪小波, 黄大吉. 冬季浙闽沿岸流与台湾暖流在浙南海域的时空分布[J]. *中国科学: 地球科学*, 2012, 42(7): 1123-1134.

# Tintinnid community in surface waters along a transect in Yellow Sea and East China Sea in winter

LI Hai-bo<sup>1, 2</sup>, ZHANG Wu-chang<sup>1</sup>, YU Ying<sup>1, 2</sup>, FENG Mei-ping<sup>1, 2</sup>, XIAO Tian<sup>1</sup>

( 1. Key Laboratory of Marine Ecology & Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Received:** Dec., 18, 2013

**Key words:** tintinnid; community; Yellow Sea; East China Sea

**Abstract:** The tintinnid species richness and abundance in surface waters (4 m depth) of Yellow Sea and East China Sea (26~36°N) were investigated at 24 stations during 18 November to 21 December in 2012. Totally 32 species in 17 genera were found. The species richness of tintinnids in each station ranged from 2 to 15. The tintinnid abundance ranged from 2 478 to 88 550 ind./m<sup>3</sup>. The dominant species included *Tintinnopsis tubulosoides*, *Stenosemella nivalis*, *Stenosemella parvicollis* and *Ascampbelliella retusa*. *Tintinnopsis brasiliensis* only appeared in station 24 but had a high abundance (10 960 ind./m<sup>3</sup>). The tintinnid species richness decreased from south to north, increased from nearshore water to offshore area. The proportion of agglutinated loricae was much higher in shallow coastal water, while the proportion of hyaline loricae increased when the water depth was more than 50 m. Tintinnids could be divided into south species, north species and widespread species. Three communities were identified by cluster analysis.

(本文编辑: 梁德海)