

渤海湾西岸表层沉积物中有孔虫和介形类分布特征及其环境意义

李 稳, 宫少军, 赵 卫

(1 天津市海洋地质勘查中心, 天津 300170; 2 自然资源部资源环境承载力评价重点实验室, 北京 100083)

摘 要:对渤海湾西岸 39 件表层沉积样中有孔虫和介形类进行了分析, 共鉴定底栖有孔虫 20 属 41 种, 海相介形类 26 属 32 种。底栖有孔虫分布主要受离岸距离、河流入海、潮流与相应的水深、盐度和沉积速率影响, 可划分 3 个有孔虫组合区。南部组合 I 区以阿卡尼圆形五块虫和毕克卷转虫变种为主, 代表了受淡水注入影响的近岸带河口沉积环境; 西北部组合 II 区为毕克卷转虫变种—具瘤先希望虫—阿卡尼圆形五块虫组合, 代表了近岸浅水沉积环境; 组合 III 区中优势种为具瘤先希望虫, 主要位于 10 m 以深水水域, 沉积环境更近似于正常海相环境。海相介形类分布主要受盐度、水深和沉积物的底质类型与运移规律影响, 并大致以 10 m 等深线为界划分为 2 个介形类组合区。浅部组合 I 以陈氏新单角介为绝对优势种, 代表了广温、广盐的滨岸浅海河口环境; 组合 II 以美山双角花介为绝对优势种, 生存环境少受淡水影响, 离岸相对较远。

关键词:渤海湾西岸; 有孔虫; 介形类; 表层沉积物

中图分类号: P736.21; Q915.811+.1

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2018.09005

海洋沉积物中的有孔虫和介形类等微体生物常常受到水温、深度、盐度等影响, 对海洋生态环境变化十分灵敏, 由于其可在沉积物中大量保存, 一般会作为环境分析的重要指标^[1,2]。特别是对近岸浅海及沿岸滨海等海陆过渡沉积环境来说, 有孔虫和介形类的分布特征的研究对海域地质调查工作而言具有重要意义^[3]。

目前, 渤海湾在关于有孔虫和介形类分布的环境指示性研究较为丰富。如陈文文等^[4]于 2008 年开展了渤海湾北部有孔虫分布及沉积环

境研究, 王飞飞等^[5]采用聚类分析法对渤海东北海域的有孔虫埋葬群特点进行分析。程广芬等^[6]对渤海中、南部表层沉积物中的有孔虫分布与沉积环境之间的关系进行了分析研究。李日辉等^[7]2017 年对渤海南部的表层沉积物中有孔虫组合分布特征及环境意义进行了探讨。林和茂等^[8]和李小艳等^[9]均对莱州湾海域微体生物组合开展了划分及环境分析。针对本文选定研究区渤海湾西岸而言, 相关研究有 1979 年苍树溪等^[10]依据钻孔中有孔虫和介形类群体特征进行的古生态分析, 王强等^[11,12]分别于 1982 年和 1983 年根据渤海湾西岸钻孔中微体生物深入研究了该区的第四纪海陆变迁, 并对化石群分布进行了分析探讨, 以及李建芬^[13]2010 年在博士论文中对现代有孔虫种群分布及环境意义进行了分析研究。相对而言, 本研究区中所开展的微体生物的相关研究年代较远且表层沉积物中的群落分布研究相对较

收稿日期: 2018-06-26

基金项目: 天津华北地质勘查局 C 类科研项目“典型海岸带资源环境承载力评价技术方法研究”(HK2017-C9); 自然资源部资源环境承载力评价重点实验室开放课题资助课题(CCA2017.04)

作者简介: 李 稳(1988—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事海洋地质与环境地质研究工作。E-mail: 328348960@qq.com

少。本文将通过对渤海湾西岸表层沉积物中有孔虫和介形类生物的分布特征及其与不同沉积环境之间的对应关系进行探讨,不仅能进一步深入及完善微体生物在渤海的分布情况,更可为该区古海洋环境的变化研究提供一定依据。

1 研究区沉积特征

研究区处于天津市海域,大体呈西高东低之势,调查区海底水深范围在等深线 $-1 \sim -20$ m 之间,海底地形除天津港航道附近及抛淤区外,坡度起伏不大、相对较为平坦。

作为半封闭型内海,水体温度、盐度等因素主要受到季节和淡水注入影响:水温变化范围从冬季平均 0°C 左右到夏季平均 27°C ;河口地区盐度偏低为 26,湾内可达 30,且雨季受河水注入影响,含盐量低于冬季^[13]。

海域水流主要受到潮流、海流和波浪的共同影响。其中,海流在夏季和冬季分别受黄海暖流和东海寒流的影响,且在研究区岸段均会形成逆时针沿岸流。然而,赵保仁等^[14]指出渤海湾南部区域存在来自黄河的淡水,即有一支来自老黄河口的沿岸流流入渤海湾。因此其潮流应为双环结构,并从中路流出^[13,15,16]。

本区有海河、蓟运河、独流减河等多条入海河流,现代表层沉积物以陆源碎屑输入为主,且海域南、北两侧分别受到古黄河和古滦河影响。且特别需要注意的是,填海造陆和港口航道等海洋工程的人为干预也对底质类型分布产生了一定影响。区内底质沉积物主要含有砂、粉砂质砂、砂质粉砂、粉砂、砂质泥和泥这几种类型,并以粉砂分布最为广泛,粒度具有自北向南、由陆向海逐渐变细的分布规律(图 1)^[13,15,17]。

2 材料与方法

本研究中表层沉积物样品来源为天津市海洋地质勘查中心于 2014 年夏季利用箱式取样器获得,均为表层 $0 \sim 10$ cm 样品,共计 39 件。本文对全部 39 件表层样进行有孔虫、介形类分析,取样站位见图 1 所示。

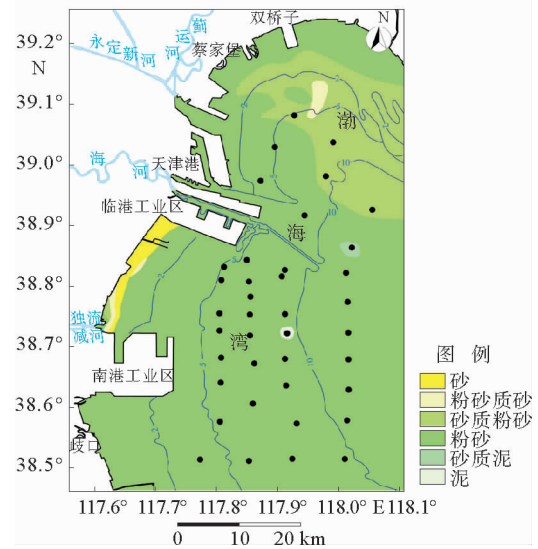


图 1 研究区表层沉积物取样站位与沉积物类型分布
Fig. 1 The distribution map of sampling sites and surface sediment types in the study area

样品取 20 g 干重,置于清水内以适量双氧水进行分解,以 240 目(孔径 0.063 mm)标准分析筛冲洗样品,取筛上物置于蒸发皿内进行烘干,并留待鉴定、统计。对于某一个门类化石丰度较高(大于 200 个体)的样品,需进行样品缩分,鉴定后再乘回计算即为样品中全部标本总量。本文中有孔虫与介形类主要鉴定标准参照文献^[3,8,12,18-31]。

3 结果

3.1 有孔虫分布特征

3.1.1 有孔虫丰度及简单分异度

研究区 39 个表层样中的有孔虫壳体均为底栖有孔虫,共 20 属 41 种。样品丰度较高,变化范围为 $135 \sim 7\,723$ 枚/20 g 干样,其中 10 件样品丰度小于千枚,平均值为 1 909 枚/20 g 干样。丰度分布如图 2a 所示,其峰值出现于临港工业区与南港工业区之间 10 m 等深线以深海域,而研究区海域的东南部、南港工业区附近及临港工业区北部海域则丰度值较低。本区有孔虫简单分异度程度也处较高水平,变化范围为 $12 \sim 25$,平均 17(图 2b)。峰值位于天津港和临港工业区东部 10 m 以深区域,而该峰值区南部及研究区海域的南端分异度则相对较低,整体呈南北分异趋势。

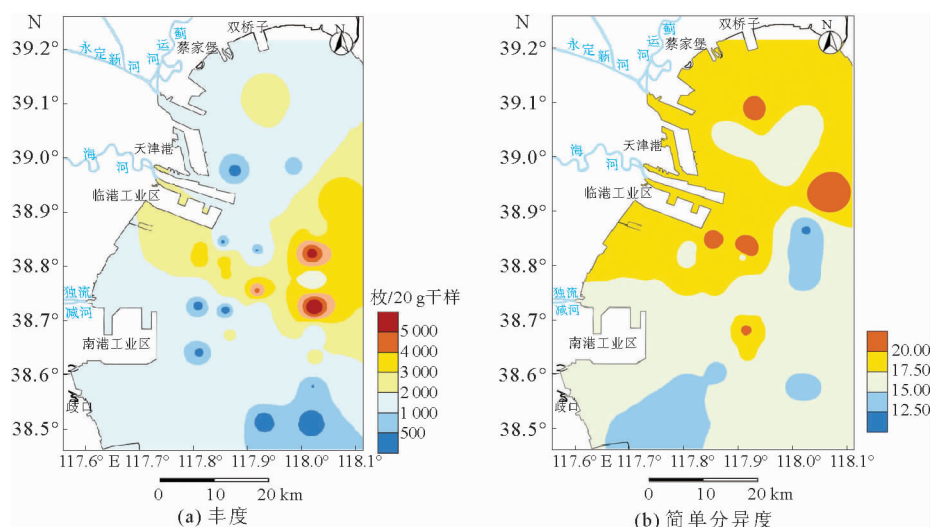


图2 研究区表层沉积物中有孔虫丰度及简单分异度分布

Fig. 2 The distribution of abundance and simple diversity of foraminifera in surface sediments of the study area

3.1.2 有孔虫主要优势种分布特征

本研究区以毕克卷转虫变种 *Ammonia beccarii* (Linné) vars. (25.3%); 具瘤先希望虫 *Protelphidium tuberculatum* (d'Orbigny) (19.3%) 和阿卡尼圆形五块虫 *Quinqueloculina akneriana rotunda* (Gerke) (18.1%) 为平均百分含量 >10% 的优势种, 其他平均百分含量为 2%~10% 之间的种属还有同现卷转虫 *A. annectens* Parker et Jones (6.7%); 拉马克五块虫 *Q. lamarckiana* d'Orbigny (3.8%); 半缺五块虫 *Q. seminula* (Linné) (3.6%); 科伯卷转虫 *A. koeboeensis* (Leroy)

(3.4%); 凹坑筛九字虫 *Cribronion gnythosuturatum* (Ho, Hu et Wang) (3.0%); 颗粒先希望虫 *P. granosum* (d'Orbigny) (2.8%) 和冷水面颊虫 *Buccella frigida* (Cushman) (2.7%)。

毕克卷转虫变种为本研究区的绝对优势种, 其平均百分含量为 25.3%, 百分含量变化范围为 7.4%~52.0%。该种为世界上分布最为广泛的广盐滨岸种有孔虫, 同样也是我国潮上带、潮间带、泻湖、河口、海湾等半咸水及咸水环境的滨岸近海的优势属种, 是典型的浅水底栖有孔虫。其分布如图3a所示, 研究区海域北部和歧口镇以东

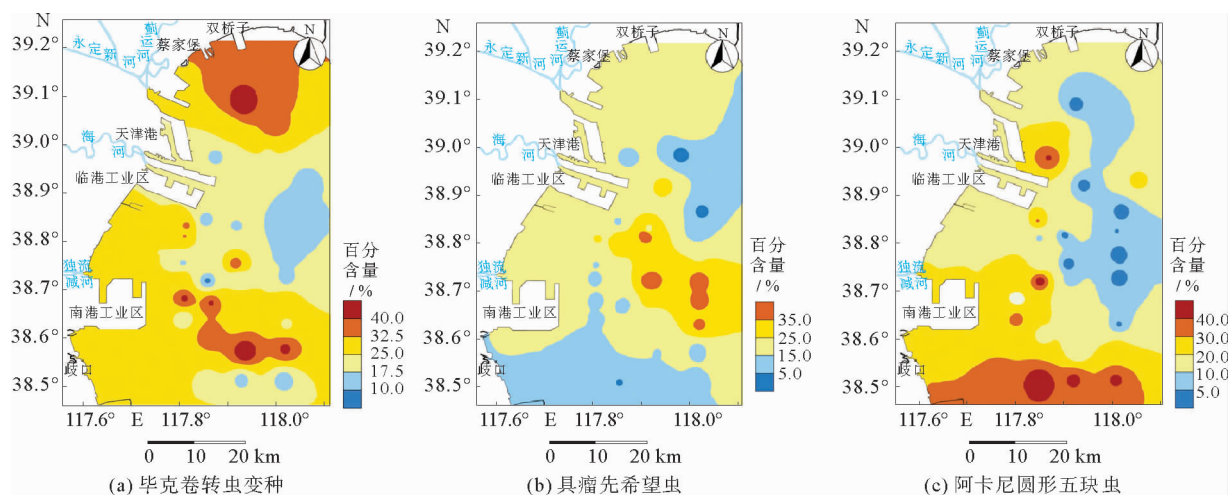


图3 研究区表层沉积物中有孔虫优势种百分含量分布

Fig. 3 The percentage distribution of dominant species of foraminifera in surface sediments of the study area

水域百分含量值相对较高,而临港工业区东部水域则含量相对较低,且基本属于 10 m 等深线以外。

具瘤先希望虫在本研究区中百分含量变化幅度较大,其范围为 0.6%~50.0%,平均 19.3%。其百分含量在研究范围中部海域较高,而南北两侧海域相对较低(图 3b)。

另一优势种为阿卡尼圆形五块虫,除一个样品中未见该种外,其余样品中百分含量变化范围为 0.9%~53.5%,平均含量为 18.1%。该种一般分布于滨岸浅水区及淡化水域,耐受低盐环境,在本区近岸及水域南部大量分布,而水深>10 m 区则含量较少,如图 3c 所示。

3.2 介形类分布特征

3.2.1 介形类丰度及简单分异度

研究区 39 个表层样中介形类包括海相和非海相介形类,其中海相介形类共鉴定 26 属 32 种,非海相介形类为 3 属 4 种,但非海相介形类在样品 20 g 干样中 1~3 瓣零星出现,疑为异地搬运扰动所致,故不做单独分析考虑。

39 件样品中海相介形类丰度变化范围较大,为 4~7 456 瓣/20 g 干样,平均 1 535 瓣;简单分异度变化为 2~18,平均为 9。介形类丰度变化规律(图 4a)大体与有孔虫的分布相似,中部海域丰度值水平较高,而该区域以南、以北则丰度较低。简单分异度变化为 2~18,平均为 9。如图 4b 所示,其变化趋势为北高南低。

3.2.2 介形类主要优势种分布特征

海区中海相介形类以陈氏新单角介 *Neomonocertatina chenae* (Zhao et Whatley) (35.4%);美山双角花介 *Bicornucythere bisanensis* (Okubo) (24.6%)和典型中华美花介 *Sinocythereidea impressa* (Brady) (23.7%)为含量超过 20% 的绝对优势种,其他>1% 的种属还有:布氏纯艳花介 *Pistocythereis bradyi* (Ishizaki) (6.0%);中华洁面介 *Albileberis sinensis* (Ho) (1.9%);背瘤戳花介 *Stigmatocythere dorsinoda* (Kingma) (1.8%);穆赛介未定种 *Munseyella* sp. (1.3%);日本穆赛介 *Munseyella japonica* (Hanai) (1.2%)与超越沟眼花介 *Alocopocythereis transcendens* Siddiqui (1.0%)。

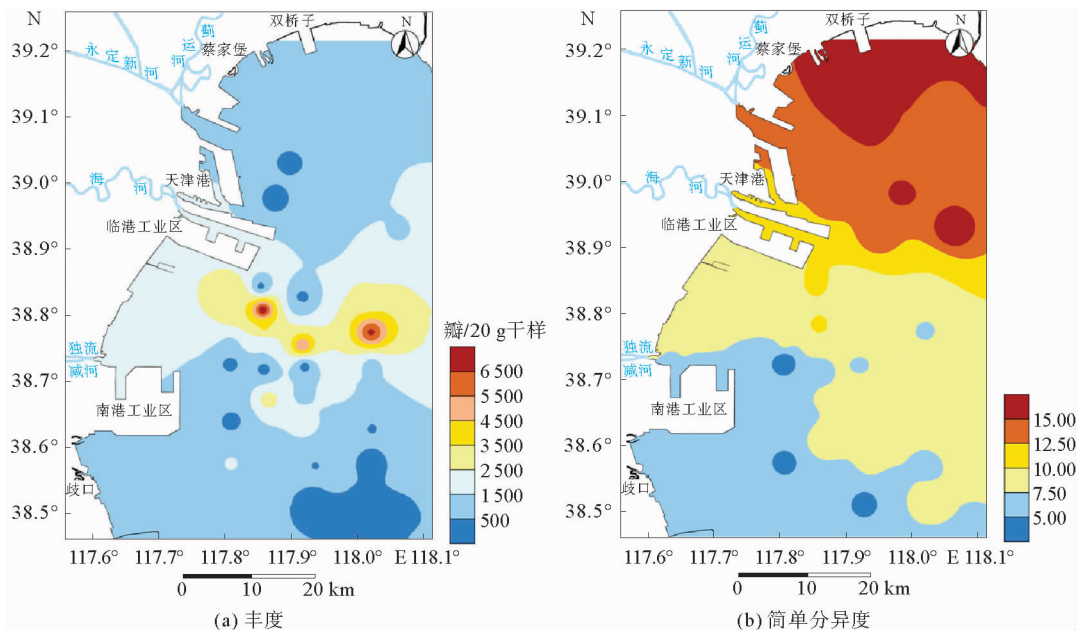


图 4 研究区表层沉积物中海相介形类丰度及简单分异度分布

Fig. 4 The distribution of marine ostracoda abundance and simple diversity in surface sediments of the study area

陈氏新单角介为本海域海相介形类中的绝对优势种,其含量变化范围为 10.1%~75.0%,平均 35.4%。该种为一典型的广温滨岸带浅水种,

南港工业区附近海域含量最高,而等深线 10 m 以深区含量最低(图 5a),与水体深度变化基本成反比。

第2优势种为美山双角花介,其百分含量变化范围为6.5%~41.5%,平均百分含量为24.6%,本种为太平洋西岸最常见的浅水海相种之一。其分布如图5b所示,峰值区位于10 m等深线以外海域,而谷值则出现在歧口镇以东海区。

典型中华美花介为另一优势种,其含量变化范围为11.4%~38.7%,平均为23.7%。该种同样作为常见的滨岸浅水种,为风水鸟搬运到内陆的典型种属^[32]。其在本研究海域中大体呈现近岸区含量盛于深水区含量的变化趋势(图5c)。

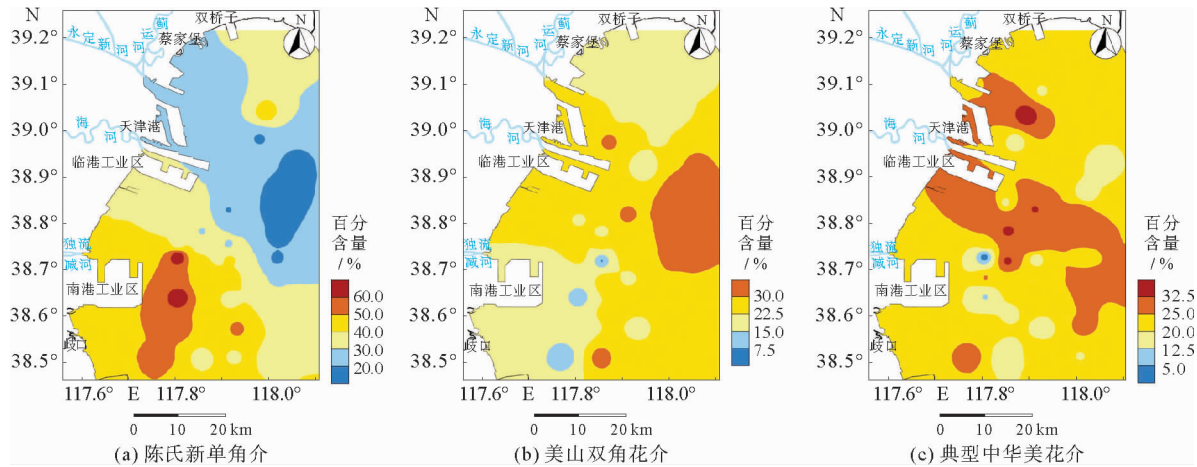


图5 研究区表层沉积物中海相介形类优势种百分含量分布

Fig. 5 The percentage distribution of dominant marine ostracoda species in surface sediments of the study area

4 讨论

4.1 有孔虫组合特征

主要依据有孔虫优势种属百分含量分布情况,并综合考虑丰度和简单分异度情况,可将研究海区划分为3个有孔虫组合区,如图6及表1所示。

组合I:该组合区域位于研究区南部,南港工业区以东。以阿卡尼圆形五块虫 *Quinqueloculina akneriana rotunda* (32.4%)和毕克卷转虫变种 *Ammonia beccarii* vars. (28.9%)为主,其百分含量总和超过60%,其他含量相对较多(>2%)的种属还有具瘤先希望虫 *Protelphidium tuberculatum*、半缺五块虫 *Q. seminula*、科伯卷转虫 *A. koeboensis*、少室卷转虫 *A. pauciloculata* (Phleger et Parker)、凹坑筛九字虫 *Cribronion gnythosuturatum* 与平坦五块虫 *Q. complanata* (Gerke et Lssaeva)。组合I区的有孔虫丰度较整个海区相对较少,平均948枚/20g干样,平均简单分异度为15。该组合主要为可耐受低盐环

境的滨岸浅水种组合,代表了受淡水注入影响的近岸带河口沉积环境。

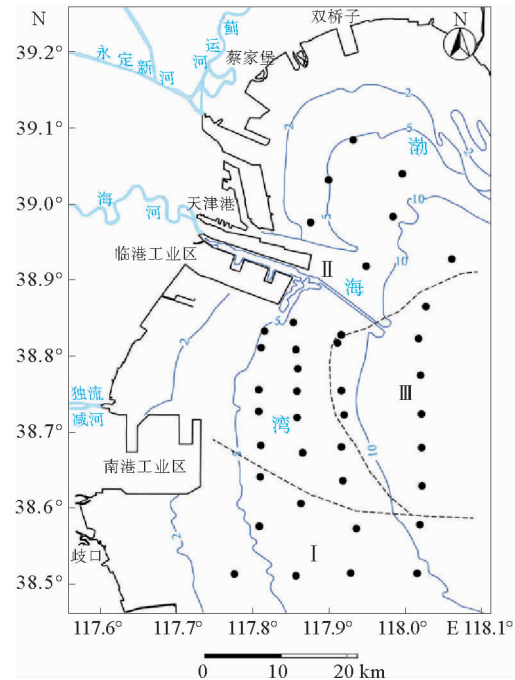


图6 研究区表层沉积物中有孔虫组合分区

Fig. 6 The distribution of foraminiferal assemblages in surface sediments of the study area

表 1 研究区表层沉积物中有孔虫组合分区

Table 1 Foraminiferal assemblages in surface sediments of the study area

分区	样品编号	丰度 (枚/20 g 干样)	简单 分异度	优势种属百分含量/%			
				<i>Ammonia annectens</i>	<i>Ammonia beccarii</i> vars.	<i>Protelphidium tuberculatum</i>	<i>Quinqueloculina akneriana rotunda</i>
				同现卷转虫	毕克卷转虫变种	具瘤先希望虫	阿卡尼圆形五球虫
I	wt-B1	1 397	13	0.76	27.86	5.73	37.40
	wt-B2	1 540	15	1.30	20.26	4.42	53.51
	wt-B3	173	16	0.00	13.87	7.51	43.35
	wt-B4	167	17	2.40	12.80	12.80	42.40
	wt-B5	469	13	0.00	42.61	11.36	24.43
	wt-B6	1 312	15	1.22	52.03	14.63	10.16
	wt-B7	1 728	14	0.46	32.41	9.26	29.63
	wt-B10	1 424	14	1.12	39.89	18.54	16.85
	wt-B11	326	16	0.00	18.40	14.11	33.74
	平均	948.48	14.78	0.81	28.90	10.93	32.39
II	wt-B9	1 008	18	1.59	29.37	18.65	17.46
	wt-B12	1 237	17	0.43	42.24	12.93	16.38
	wt-B13	2 272	17	2.82	41.78	9.86	21.13
	wt-B14	1 264	21	2.53	27.43	27.00	11.39
	wt-B17	174	15	1.15	28.74	12.07	29.31
	wt-B18	135	15	1.48	7.41	22.22	48.89
	wt-B21	2 272	18	5.28	20.77	17.96	15.14
	wt-B22	1 061	19	1.51	16.08	14.07	24.62
	wt-B23	3 317	18	4.50	23.79	29.26	10.93
	wt-B26	3 541	19	11.45	20.48	30.72	8.43
	wt-B27	3 536	17	2.71	33.03	26.24	9.95
	wt-B28	3 360	17	11.43	34.29	19.52	11.90
	wt-B29	348	22	1.15	13.22	12.64	31.61
	wt-B30	330	25	1.21	12.73	20.00	19.39
	wt-B33	680	15	35.29	24.71	0.59	7.65
	wt-B34	1 235	16	12.95	37.82	21.24	5.18
	wt-B35	2 864	21	5.03	46.37	15.64	3.35
	wt-B36	1 028	15	1.17	26.85	17.12	23.35
	wt-B37	315	20	0.00	15.68	13.14	41.10
wt-B38	1 640	20	5.37	23.90	29.27	2.93	
wt-B39	3 888	25	2.47	15.23	7.41	23.46	
平均	1 690.77	18.57	5.31	25.81	17.98	18.26	
III	wt-B8	2 152	17	1.86	23.79	37.92	4.09
	wt-B15	1 152	15	6.02	30.56	38.43	6.02
	wt-B16	7 723	17	12.98	14.36	40.06	3.04
	wt-B19	1 096	17	0.73	17.52	50.00	6.57
	wt-B20	5 360	16	2.39	38.21	29.55	0.90
	wt-B24	1 888	13	20.34	12.99	23.73	3.39
	wt-B25	1 696	16	1.89	26.42	48.58	0.00
	wt-B31	6 624	13	42.51	10.14	6.28	4.83
	wt-B32	2 699	12	53.75	11.07	1.58	2.77
平均	3 376.60	15.11	15.83	20.56	30.68	3.51	

组合Ⅱ:该组合区域中毕克卷转虫变种 *Ammonia beccarii* vars. (25.8%)、阿卡尼圆形五块虫 *Quinqueloculina akneriana rotunda* (18.3%) 及其瘤先希望虫 *Protelphidium tuberculatum* (18.0%) 三者含量较多且较为近似,总和超过60%。平均百分含量>2%的种属还依次有:同现卷转虫 *A. annectens*、科伯卷转虫 *A. koeboensis*、半缺五块虫 *Q. seminula*、颗粒先希望虫 *P. granosum*、凹坑筛九字虫 *Cribronion gnythosuturatum*、拉马克五块虫 *Q. lamarckiana*、冷水面颊虫 *Buccella frigida* 及异地希望虫 *Elphidium advenum* (Cushman)。本区有孔虫丰度平均为1691枚/20g干样,简单分异度平均为19。本组合区域位于10m等深线附近向陆一侧,有孔虫几乎均为近岸浅水环境沉积种。

组合Ⅲ:本区的优势种为具瘤先希望虫 *Protelphidium tuberculatum* (30.7%)、毕克卷转虫变种 *Ammonia beccarii* vars. (20.6%) 和同现卷转虫 *A. annectens* (15.8%),此3个种属的平均百分含量总和超过60%。其他平均含量超过2%的种属从高至低为拉马克五块虫 *Quinqueloculina lamarckiana*、阿卡尼圆形五块虫 *Q. akneriana rotunda*、冷水面颊虫 *Buccella frigida*、多变假轮虫 *Pseudorotalia gaimardii* (d'Orbigny)、半缺五块虫 *Q. seminula*、凹坑筛九字虫 *Cribronion gnythosuturatum* 与颗粒先希望虫 *P. granosum*。本区有孔虫丰度水平较高,其平均值为3377枚/20g干样,简单分异度平均为15。组合Ⅲ主要位于10m以深水域,呈舌状分布,其中有孔虫主要属种多见于半咸水环境和冷水区,受水深和盐度共同影响,其环境更为接近正常的海洋沉积环境。

4.2 有孔虫分布的环境意义

研究区有孔虫的分布主要受到离岸距离、河流入海、潮流与相应的水深、盐度和沉积速率影响。

研究区内表层沉积物中底栖有孔虫的分布特征主要受水深影响,本研究海域深度较浅,取样点均位于15m水深范围之内,数量和优势属种的分布体现了不同水深的差异性特征。位于海域北部分别代表近岸浅水沉积的有孔虫组合Ⅱ区与近似正常海相沉积环境的组合Ⅲ区,则基本位于10m水深线两侧。

与水深条件同等重要的盐度也是本区的环境影响因素之一。近岸在盐度受河流淡水稀释的作用下,多有种属较为丰富的广盐种分布,并使得组合Ⅱ区分异度水平相对较高;而半咸水种则多见于较深部海域。此外,在潮流作用影响下,有孔虫简单分异度随盐度有北高南低之势。

本区蓟运河、海河、独流减河等入海口附近,由于碎屑物沉积速率较快,有孔虫丰度处低值水平,具有明显的古地理意义。

在水深、盐度和沉积速率三者的共同影响下,海域南部的组合Ⅰ区在南部古黄河淡水沿岸流的影响下,以低丰度、高滨岸浅水种含量区别于北部两个组合分区。

4.3 海相介形类组合特征

本区海相介形类组合区划分同样依据优势种分布,可分为2个组合区,并大致以10m等深线为界,具体见图7及表2所示。

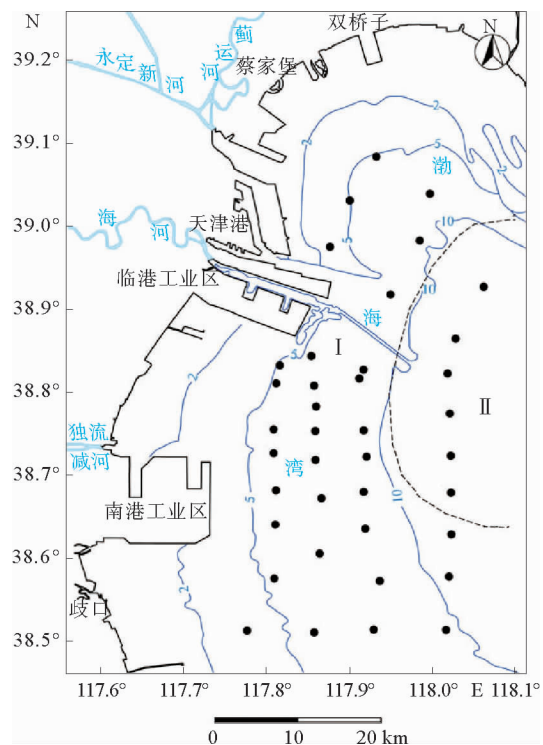


图7 研究区表层沉积物中海相介形类组合分区

Fig. 7 The distribution of marine ostracoda assemblages in surface sediments of the study area

组合Ⅰ:该组合区域以陈氏新单角介 *Neomonoceratina chenae* 为绝对优势种,其平均

表 2 研究区表层沉积物中海相介形类组合分区表

Table 2 The marine ostracoda assemblages in surface sediments of the study area

分区	样品编号	丰度 (瓣/20 g 干样)	简单 分异度	优势种属百分含量/%			
				<i>Bicornucythere bisanensis</i>	<i>Neomonoceratina chenae</i>	<i>Sinocytheridea impressa</i>	
				美山双角花介	陈氏新单角介	典型中华美花介	
I	wt-B1	546	6	9.89	53.11	28.94	
	wt-B2	725	5	35.29	35.29	14.34	
	wt-B3	49	4	24.49	38.78	24.49	
	wt-B4	81	8	27.16	35.80	19.75	
	wt-B5	209	7	24.88	39.71	27.27	
	wt-B6	464	8	19.54	54.02	16.67	
	wt-B7	1 584	4	15.15	56.57	22.73	
	wt-B8	440	10	22.42	33.94	25.45	
	wt-B9	1 864	9	27.90	36.05	21.89	
	wt-B10	1 387	9	24.23	47.31	18.85	
	wt-B11	105	6	9.52	73.33	11.43	
	wt-B12	768	5	15.10	54.17	25.52	
	wt-B13	3 125	8	30.03	40.27	21.84	
	wt-B14	1 317	9	20.65	44.94	19.84	
	wt-B17	4	2	25.00	75.00	0.00	
	wt-B18	31	6	6.45	41.94	35.48	
	wt-B19	64	7	25.00	42.19	15.63	
	wt-B20	5 611	8	27.00	28.52	32.70	
	wt-B21	1 408	10	25.38	35.61	26.14	
	wt-B22	1 189	8	24.66	33.63	24.22	
	wt-B23	3 648	11	20.18	28.07	37.72	
	wt-B25	584	8	32.88	24.66	23.97	
	wt-B26	7 456	10	24.46	35.19	27.04	
	wt-B27	3 472	9	20.28	35.48	30.88	
	wt-B28	3 440	9	26.98	33.95	30.70	
	wt-B29	162	11	28.40	31.48	17.90	
	wt-B30	73	8	30.14	17.81	35.62	
	wt-B33	720	16	21.67	18.33	24.44	
	wt-B34	1 400	13	17.14	47.43	24.00	
	wt-B35	1 368	17	15.20	28.65	19.30	
	wt-B36	284	13	21.83	26.76	38.73	
	wt-B37	113	14	31.86	26.55	16.81	
	wt-B38	552	15	15.22	28.26	22.46	
	平均	1 340.72	8.88	22.61	38.87	23.72	
	II	wt-B15	1 045	8	28.06	28.06	31.12
		wt-B16	1 077	9	39.60	17.33	20.30
		wt-B24	6 784	7	37.74	13.84	30.19
		wt-B31	3 056	8	35.08	12.57	29.32
wt-B32		2 315	10	41.47	10.14	14.75	
wt-B39		1 392	18	31.61	15.52	14.37	
平均		2 611.55	10.00	35.59	16.24	23.34	

百分含量为 38.9%，而次一级的优势种为典型中华美花介 *Sinocytheridea impressa* (23.7%) 和美山双角花介 *Bicornucythere bisanensis* (22.6%)，其他含量 >1% 的介形类属种还有：布氏纯艳花介 *Pistocythereis bradyi*、中华洁面介 *Albileberis sinensis*、背瘤戳花介 *Stigmatocythere dorsinoda* 与穆赛介未定种 *Munseyella* sp.。该组合区介形类丰度相对较少，平均为 1 341 瓣/20 g 干样，其平均简单分异度为 9。该组合大致位于两区分界线陆向一侧，代表了广温、广盐的滨岸浅海河口环境。

组合 II：本区绝对优势种为美山双角花介 *Bicornucythere bisanensis*，平均百分含量为 35.6%，典型中华美花介 *Sinocytheridea impressa* (23.3%) 与陈氏新单角介 *Neomonoceratina chena* (16.2%) 也同为该组合优势种。此外含量 >1% 的介形类属种还依次有布氏纯艳花介 *Pistocythereis bradyi*、背瘤戳花介 *Stigmatocythere dorsinoda*、超越沟眼花介 *Alocopocythereis transcendens*、中华洁面介 *Albileberis sinensis*、日本穆赛介 *Munseyella japonica* 和穆赛介未定种 *Munseyella* sp.。本区介形类丰度相对高于组合 I 区，平均 2 612 瓣/20 g 干样，平均简单分异度为 10。由于该区中介形类丰度相对较高，且绝对优势种美山双角花介为广盐性喜半咸水种，其生存环境少受淡水影响，离岸相对较远。

4.4 海相介形类分布的环境意义

海相介形类在本研究区域内的分布因素除盐度和水深变化外，还受到一定沉积物的底质类型及运移规律的影响。

壳体在本区分布主要影响因素为盐度，与底栖有孔虫情况类似：一方面受河流注入影响，盐度变化对海相介形类丰度和种属的分布起到决定性作用；另一方面海域北部外海水及南部淡水沿岸流的双环结构海流也对盐度变化产生了重要影响，使分异度大体呈北丰南枯的梯度变化。

水深因素也同时作用于介形类数量和种类分布。三类优势种属分布主要随水深发生变化，浅部的组合 I 区内主要以滨岸浅水种陈氏新单角介富集，而组合 II 区的优势种美山双角花介则常可见于较深水域。而区内壳体分布与深度之间的关

系，也是对于盐度变化的一种反映。

而另一环境影响因素则为底质类型，区内受港口航道等海洋工程影响，中部底质较为细腻，且在沉积物向中心输送的规律下^[15]，海相介形类在区域中部较为富集。

5 结论

(1) 渤海湾西岸 39 件表层样中共鉴定 20 属 41 种底栖有孔虫，丰度变化幅度为 135~7 723 枚/20 g 干样，简单分异度变化范围为 12~25，优势种属为毕克卷转虫变种、具瘤先希望虫和阿卡尼圆形五块虫。其分布特征主要受到离岸距离、河流入海、潮流与相应的水深、盐度和沉积速率影响。区内有孔虫组合特征根据优势种属百分含量可划为 3 个区域：位于南部的组合 I 区丰度较低，并以阿卡尼圆形五块虫和毕克卷转虫变种为主，代表了受淡水注入影响的近岸带河口沉积环境；西北部的组合 II 区为毕克卷转虫变种—具瘤先希望虫—阿卡尼圆形五块虫组合，种属较为丰富，代表了近岸浅水沉积环境；以具瘤先希望虫占优的组合 III 区，主要位于 10 m 以深水域，数量丰富，沉积环境更近似于正常海相环境。

(2) 研究区海相介形类包括 26 属 32 种，壳体数量变化范围较大，为 4~7 456 瓣/20 g 干样，简单分异度变化为 2~18，以陈氏新单角介、美山双角花介和典型中华美花介这三类为优势种。海相介形类在本研究区域内的分布影响因素包括盐度、水深和沉积物的底质类型与运移规律。同样依据海相介形类优势种属分布情况，可划分出 2 个海相介形类组合区，大致以 10 m 等深线为界。西部组合 I 区以陈氏新单角介为主，代表了广温、广盐的滨岸浅海河口环境；东部组合 II 区绝对优势种为广盐性喜半咸水种美山双角花介，生存环境少受淡水影响，离岸相对较远。

(3) 本研究区两类微体生物壳体在表层沉积物中的分布主要受离岸距离、淡水输送及海流作用影响下的水深和盐度影响。而由于底栖有孔虫和海相介形类二者生物壳体外观形态特征有所不同，相对而言，有孔虫分布还受到沉积速率影响，而介形类壳体则同时受沉积物的底质类型和运移规律影响。

参考文献:

- [1] 曹伯勋. 地貌学与第四纪地质学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1995.
- [2] 郝诒纯,茅绍智. 微体古生物学教程(第二版)[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1993.
- [3] 汪品先,章纪军,赵泉鸿,等. 东海底质中的有孔虫和介形虫[M]. 北京:海洋出版社,1988.
- [4] 陈文文,刘东生,邢军辉. 渤海湾北部底栖有孔虫的组合分布及沉积环境[J]. 内蒙古石油化工,2008(23):135-138.
- [5] 王飞飞,赵全民,丁 旋,等. 渤海东北海域有孔虫埋葬群特点与沉积环境的关系[J]. 海洋地质与第四纪地质,2009,29(2):9-14.
- [6] 程广芬,刘东生,武心尧,等. 渤海中、南部表层沉积物中有孔虫的初步研究[J]. 青岛海洋大学学报,1991,21(1):109-121.
- [7] 李日辉,孙荣涛,陈晓辉. 渤海南部表层沉积物有孔虫埋葬群组合特征与海洋环境[J]. 海洋地质与第四纪地质,2017,37(3):17-27.
- [8] 林和茂,朱雄华. 莱州湾东部表层沉积物中有孔虫和介形类组合[C]//地层古生物论文集(第二十辑). 北京:地质出版社,1988:85-97.
- [9] 李小艳,石学法,程振波,等. 渤海莱州湾表层沉积物中底栖有孔虫分布特征及其环境意义[J]. 微体古生物学报,2010,27(1):38-44.
- [10] 苍树溪,赵松令,张宏才,等. 渤海湾西岸中更新世以来古生态、古气候、古地理[J]. 古生物学报,1979,18(6):579-591.
- [11] 王 强,李凤林. 渤海湾西岸第四纪海陆变迁[J]. 海洋地质与第四纪地质,1983,3(4):83-89.
- [12] 王 强. 渤海湾西岸第四纪海相及海陆过渡相介形虫化石群及古地理[J]. 海洋地质研究,1982,2(3):36-47.
- [13] 李建芬. 渤海湾西部现代有孔虫种群分布特征及对地质环境的记录[D]. 北京:中国地质大学,2010.
- [14] 赵保仁,庄国文,曹德明. 渤海的环流、潮流及其对沉积物分布的影响[J]. 海洋与湖沼,1995,26(5):466-473.
- [15] 宫少军,赵 卫,乔吉果,等. 渤海湾西部海域底质特征及其沉积环境分析[J]. 天津科技大学学报,2017,32(3):50-57.
- [16] 中科院海洋研究所海洋地质研究室. 渤海地质[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [17] 王 宏,田立柱,裴艳东,等. 天津市海域地质地貌调查报告[R]. 天津:天津地质矿产研究所,2008.
- [18] Wang Q, Li Y D, Tian G Q, et al. Quaternary marine ostracoda on the west coast of the Bohai Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1988, 7(1): 94-103.
- [19] 郑守仪,郑执中,王喜堂,等. 山东打渔张灌区第四纪有孔虫及其沉积环境的初步探讨[C]//海洋科学集刊(第十三集). 北京:科学出版社,1978:16-78.
- [20] 何 炎,胡兰英,王克良. 江苏东部第四纪有孔虫[C]//中国科学院地质古生物研究所集刊(第四号). 北京:科学出版社,1965:51-162.
- [21] 侯祐堂,勾韵娴,陈德琼. 中国介形类化石(第一卷)Cypridacea 和 Darwinulidacea [M]. 北京:科学出版社,2002.
- [22] 侯祐堂,勾韵娴. 中国介形类化石(第二卷)Cytheracea 和 Cytherellidae [M]. 北京:科学出版社,2002.
- [23] 赵泉鸿. 东海黄海海岸带现代介形虫分布的研究[J]. 海洋学报,1985,7(2):193-204.
- [24] 汪品先,闵秋宝,卞云华,等. 海洋微体古生物论文集[C]. 北京:海洋出版社,1980.
- [25] Lei Y L, Li T G. Atlas of Benthic Foraminifera from China Seas—the Bohai Sea and the Yellow Sea[M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [26] Debenay J P. A Guide to 1,000 Foraminifera from Southwestern Pacific: New Caledonia [M]. Paris: Publications Scientifiques du Muséum, 2012.
- [27] 赵泉鸿,翦知潜,张在秀,等. 东海陆架泥质沉积区全新世有孔虫和介形虫及其古环境应用[J]. 微体古生物学报,2009,26(2):117-128.
- [28] 林景星. 河北东部第四纪有孔虫[J]. 中国地质科学院院报,1979,1(1):67-84.
- [29] 王飞飞,丁 旋,刘 健,等. 南黄海西部陆架氧同位素3期以来的古沉积环境演化[J]. 微体古生物学报,2012,29(3):235-252.
- [30] 赵泉鸿,李小艳,梅 西,等. 黄、渤海中、晚更新世的冷水介形类[J]. 微体古生物学报,2014,31(4):373-386.
- [31] 林和茂,朱雄华. 胶州湾东北角小海湾底质中有孔虫和介形类的研究[J]. 海洋地质与第四纪地质,1986,6(3):67-81.
- [32] 田国强,王 强. 安徽五河、河北南皮 *Propontocypris* 的发现——兼论 2 ka B.P. 的突然变化事件[J]. 地球学报,1997,18(4):438-444.

DISTRIBUTION OF FORAMINIFERA AND OSTRACODA IN THE SURFACE SEDIMENTS OF WESTERN COAST OF BOHAI GULF AND ITS ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE

LI Wen, GONG Shaojun, ZHAO Wei

(1 Marine Geological Survey Center of Tianjin, Tianjin 300170, China; 2 Key Laboratory of Carrying Capacity Assessment for Resource and Environment, Ministry of Natural Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: 39 surface sediment samples taken from the western coast of Bohai Gulf are analyzed by the authors for foraminifera and ostracoda. A total of 41 benthic foraminifera species of 20 genera and 32 marine ostracoda species of 26 genera, were recognized. The distribution of benthic foraminifera is mainly depending upon the distance to the coast, freshwater injection, tidal current and corresponding water depth, salinity and sedimentation rate. There are three foraminifera assemblages. The southern part of the water is dominated by Assemblage I with *Quinqueloculina akneriana rotunda* and *Ammonia beccarii* vars. as leading species, representing an estuarine depositional environment under the affect of fresh water injection. The Assemblage II is mainly observed in the northwest dominated by *Ammonia beccarii* vars., *Protelphidium tuberculatum* and *Quinqueloculina akneriana rotunda*, representing a coastal shallow water depositional environment. The Assemblage III dominated by *Protelphidium tuberculatum*, however, mainly occur in the water deeper than 10 m, more or less similar to the normal marine environment. The distribution of marine ostracoda species are mainly affected by salinity, water depth, the bottom sediment types and migration law. There are two assemblages approximately separated by the 10 m isobath. The shallow Assemblage I is absolutely dominated by the species of *Neomonoceratina cheneae*, representing the coastal and shallow estuarine environment with wide temperature and salinity, while the Assemblage II, which is dominated by *Bicornucythere bisanensis*, indicates an offshore environment less affected by fresh water.

Key words: western coast of Bohai Gulf; foraminifera; ostracoda; surface sediments