

DOI: 10.3724/SP.J.1140.2009.02009

渤海东北海域有孔虫埋葬群特点与沉积环境的关系

王飞飞^{1,2}, 赵全民³, 旋¹, 刘健^{2,4}

(1 中国地质大学, 北京 100083; 2 国土资源部 海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛 266071;
3 国家海洋环境监测中心, 大连 116023; 4 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

摘要: 对渤海东北海域 211 个表层样品中有孔虫的定量和定性分析, 共得底栖有孔虫 48 属 109 种, 浮游有孔虫匮乏。对底栖有孔虫中 58 个种运用 Q 型因子分析, 经方差最大化旋转, 获得 3 个主因子的方差累计贡献为 98.62%。组合 I 为毕克卷转虫变种-冷水面颊虫, 代表低温低盐沿岸流分布的滨岸环境; 组合 II 为异常诺宁虫-伊格尔虫未定种, 代表黏土粉砂沉积物分布的近岸浅海; 组合 III 为压扁卷转虫-覆盖面颊虫, 代表 30 m 水深线以外的较深水环境。研究区有孔虫埋葬群分布主要受冬季低温低盐沿岸流、沉积物分布、潮流、沉积速率及 CaCO_3 含量等因素的控制。

关键词: 有孔虫埋葬群; 因子分析; 沉积环境; 渤海

中图分类号: P736.2

文献标识码: A

文章编号: 0256-1492(2009)02-0009-06

渤海是一个近封闭的内海, 平均水深 18 m, 由北部辽东湾、西部渤海湾、南部莱州湾、中央浅海盆地和渤海海峡 5 部分组成, 北、西、南三面分别为辽宁、河北、天津和山东三省一市辖区环绕, 东面经渤海海峡与黄海相通, 海峡中的老铁山水道最深, 达到 86 m。辽东湾大部分水深小于 30 m, 仅在中部的辽中洼地水深大于 30 m。

目前, 公开发表的渤海海域微体古生物埋葬群研究论文, 仅有莱州湾^[1]和辽东湾的工作, 辽东湾内的微体生物群的研究及取样工作都比较薄弱, 仅李淑鸢^[2]教授对辽东湾的表层沉积样品中的有孔虫、介形类进行了定性和定量分析, 划分了有孔虫、介形类组合, 并探讨了其与沉积环境的关系; 但辽东湾工作取样间距较大(大都超过 15 km), 研究结果精度不够。

本文将利用较密的海底底质样品(取样间距在 5 km 以内), 分析渤海东北海域有孔虫埋葬群的特点, 并探讨其主要控制因素, 这对于深入认识微体生物群落在渤海的分布规律具有积极的科学意义。

1 材料和方法

研究区位于渤海东北海域, 包括辽东湾的东南部、渤海海峡及渤海中央盆地的北部海区, 取样范围

为 $38.597^{\circ} \sim 39.862^{\circ}\text{N}$ 、 $119.326^{\circ} \sim 121.635^{\circ}\text{E}$ (图 1), 取样海域水深 3.9~73.0 m, 共采集海底表层沉积物样品 211 个, 取样间距大都在 5 km 以内, 最密的间距小于 3 km。样品处理采用微体古生物学的常用分析方法: 取适量样品于烧杯中, 置于烘箱中烘干后, 称重、浸泡, 充分散开后用 65 mm 孔径的铜筛筛洗。将筛洗后的样品烘干, 用四氯化碳重液浮选, 用离心管收集浮选出来的有孔虫。观察浮选后的残渣中是否有有孔虫残留, 视未浮选尽的有孔虫量对残渣进行缩分, 挑尽缩分后的样品。将浮选出来的样品缩分同样的比例, 与上述残渣中挑出的样品合并进行鉴定与统计。对至少在 3 个样品中相对丰度大于 2% 的 58 个底栖有孔虫种做 Q 型因子分析^[3-7], 并绘制每个主因子的载荷平面分布图, 划分底栖有孔虫埋葬群组合, 分析各底栖有孔虫组合的分布区域, 从而了解各组合与沉积环境之间的相互关系。

2 结果

对研究区 211 个表层沉积物样品的有孔虫鉴定结果, 共见底栖有孔虫 48 属 109 种, 浮游有孔虫 4 属 5 种, 底栖有孔虫简单分异度变化范围为 5~27, 整体变化幅度不大。三大类中玻璃质壳有孔虫平均相对丰度最高, 为 83.10%; 胶结质壳次之, 为 11.77%; 似瓷质壳最低, 为 4.93%。浮游有孔虫在本区匮乏, 含量在 1% 以上的仅有 8 个样品。

基金项目: “908”专项 CJ02 区块海底底质调查与研究

作者简介: 王飞飞(1984—), 男, 硕士生, 从事海洋地质微体古生物研究, E-mail: lovebanana12@eyou.com

收稿日期: 2008-12-28; 改回日期: 2009-01-13. 张光威编辑

种名	因子 1	因子 2	因子 3
<i>Cancris auriculus</i>	0. 013 056	0. 022 073	− 0. 003 321
<i>Cassidulina</i> sp.	0. 121 913	0. 024 361	− 0. 123 930
<i>Cibicides</i> sp.	0. 106 750	0. 064 286	− 0. 142 486
<i>Cribronion frigidum</i>	0. 384 546	− 0. 263 475	− 0. 155 839
<i>C. porisuturalis</i>	− 0. 163 837	0. 140 212	0. 084 250
<i>C. subincertum</i>	− 0. 149 698	− 0. 079 569	0. 262 507
<i>Eggerella</i> sp.	− 0. 122 561	0. 207 596	− 0. 020 064
<i>Elphidium advenum</i>	0. 121 352	− 0. 056 795	− 0. 051 687
<i>E. advenum depressulum</i>	− 0. 016 175	0. 016 819	0. 033 033
<i>E. hispidulum</i>	− 0. 022 706	0. 010 179	0. 045 988
<i>E. lipidum</i>	− 0. 033 976	0. 028 333	0. 042 214
<i>Elphidiella</i> sp.	0. 001 814	0. 019 800	0. 010 913
<i>Epistomella</i> sp.	0. 025 618	0. 007 737	− 0. 004 303
<i>Fissurina elliptica</i>	0. 031 274	0. 009 168	− 0. 011 710
<i>F.</i> sp.	− 0. 018 034	0. 020 238	0. 032 077
<i>Florilus atlanticus</i>	0. 053 925	− 0. 004 932	− 0. 023 890
<i>F. decorus</i>	0. 015 487	0. 013 295	0. 001 786
<i>F. xaphus</i>	− 0. 056 294	0. 011 759	0. 081 045
<i>Hoeglundina</i> sp.	0. 011 485	0. 004 467	0. 013 923
<i>Lagena striata</i>	− 0. 005 500	0. 022 302	0. 016 645
<i>L.</i> sp.	0. 000 895	0. 015 177	0. 015 987
<i>Melonis affinis</i>	0. 016 917	0. 015 631	− 0. 001 814
<i>Nonion akitaense</i>	0. 578 040	− 0. 418 664	− 0. 229 834
<i>N. anomalinoidea</i>	− 0. 532 219	1. 320 392	− 0. 559 611
<i>N. depressulum</i>	0. 166 646	− 0. 020 629	− 0. 132 953
<i>Pararotalia inermis</i>	− 0. 034 450	0. 062 785	0. 012 331
<i>Pseudorotalia</i> sp.	0. 015 429	− 0. 008 930	0. 021 352
<i>Quinqueloculina akneriana</i>	0. 050 789	− 0. 032 952	0. 004 005
<i>Q. auberiana</i>	0. 118 531	− 0. 029 474	− 0. 072 620
<i>Q. lamarckiana</i>	− 0. 010 808	0. 026 583	0. 018 637
<i>Q. contorta</i>	− 0. 048 771	− 0. 040 859	0. 118 963
<i>Reophax curtus</i>	− 0. 007 832	0. 021 855	0. 019 577
<i>Rosalina bradyi</i>	− 0. 079 369	− 0. 023 534	0. 137 045
<i>R. australis</i>	− 0. 009 685	0. 038 424	0. 006 779
<i>Spiroloculina communis</i>	− 0. 001 208	0. 020 984	0. 013 146
<i>S. laevigata</i>	0. 023 486	0. 009 473	− 0. 003 537
<i>S. soldanii</i>	0. 043 876	0. 020 081	− 0. 035 113
<i>Stainforthia complana</i>	− 0. 007 767	0. 021 931	0. 019 440
<i>Schaknoiella lepida</i>	− 0. 016 024	0. 039 304	0. 013 082
<i>Textulia</i> sp.	− 0. 005 028	0. 015 061	0. 022 438
<i>Trochamina globigerini formis</i>	0. 409 360	− 0. 125 925	− 0. 303 974
<i>T.</i> sp.	− 0. 066 323	0. 006 749	0. 096 212
<i>Uvigerina canariensis</i>	0. 393 692	− 0. 139 200	− 0. 274 907

组合 I: *Ammonia beccarii* vars. (毕克卷转虫变种) - *Buccella frigida* (冷水面颊虫)

主因子 1 是最主要的组成因子, 解释总方差的 97.69%。因子得分高的属种有 *Buccella frigida*、*Nonion akitaense* (秋田诺宁虫)^[8]、*Trochammina globigeriniformis* (抱球砂轮虫)、*Cribrononion frigidum* (冷水筛诺宁虫)、*Uvigerina canariensis* (葡萄虫)^[2]、*Ammonia beccarii* vars.、*Elphidium advenum* (异地希望虫)等。辽东半岛沿岸 30 m 以浅区域为主因子 1 较大正载荷主要分布区(图 2a, d), 对分布区属种平均相对丰度进行统计后(表 2), 可以看出, 组合 I 中的优势属种 *A. beccarii* vars. 平均相对丰度为 6%, *B. frigida* 平均相对丰度为 10.24%, *C. frigidum* 平均相对丰度为 8.98%, *N. akitaense* 平均相对丰度为 9.49%, 相比另外两个组合它们的丰度明显偏高, 并且以 *Textularia* spp. 平均相对丰度占 7.80%, *Trochammina* spp. 平均相对丰度占 6.90% 为特征属种。组合中 *A. beccarii* vars. 是典型的广盐浅海种, *B. frigida* 冷水面颊虫是典型的北方冷水种^[2], 现代渤海的常见种^[8], 分布

表 2 渤海东北海域有孔虫组合分布区优势属种的平均相对丰度

Table 2 Mean relative abundance of the dominant species in foraminiferal assemblage area of northeast Bohai Sea			
组合	组合 I	组合 II	组合 III
	水深小于 30 m	水深 > 30 m	
平均水深/m	27.6	25.0	38.3
简单分异度	15	17	16
每克干样个体数	147	134	70
<i>Ammonia beccarii</i> vars.	6.00%	3.75%	2.36%
<i>A. compressiuscula</i>	3.38%	4.18%	13.68%
<i>A. ketienziensis</i>	0.00%	0.36%	1.30%
<i>A. maruhasii</i>	1.08%	3.90%	5.38%
<i>Ammobaculites</i> sp.	0.71%	1.24%	0.33%
<i>Buccella frigida</i>	10.24%	3.78%	4.87%
<i>B. tunicata</i>	0.57%	1.95%	12.98%
<i>Cribrononion frigidum</i>	8.98%	2.13%	2.33%
<i>C. porisuturalis</i>	0.39%	5.25%	2.04%
<i>Eggerella</i> sp.	0.60%	4.00%	2.33%
<i>Nonion akitaense</i>	9.49%	1.84%	2.19%
<i>N. anomalinoidea</i>	14.85%	39.77%	16.02%
<i>Textularia</i> spp.	7.80%	1.46%	1.74%
<i>Trochammina</i> spp.	6.90%	1.02%	2.30%

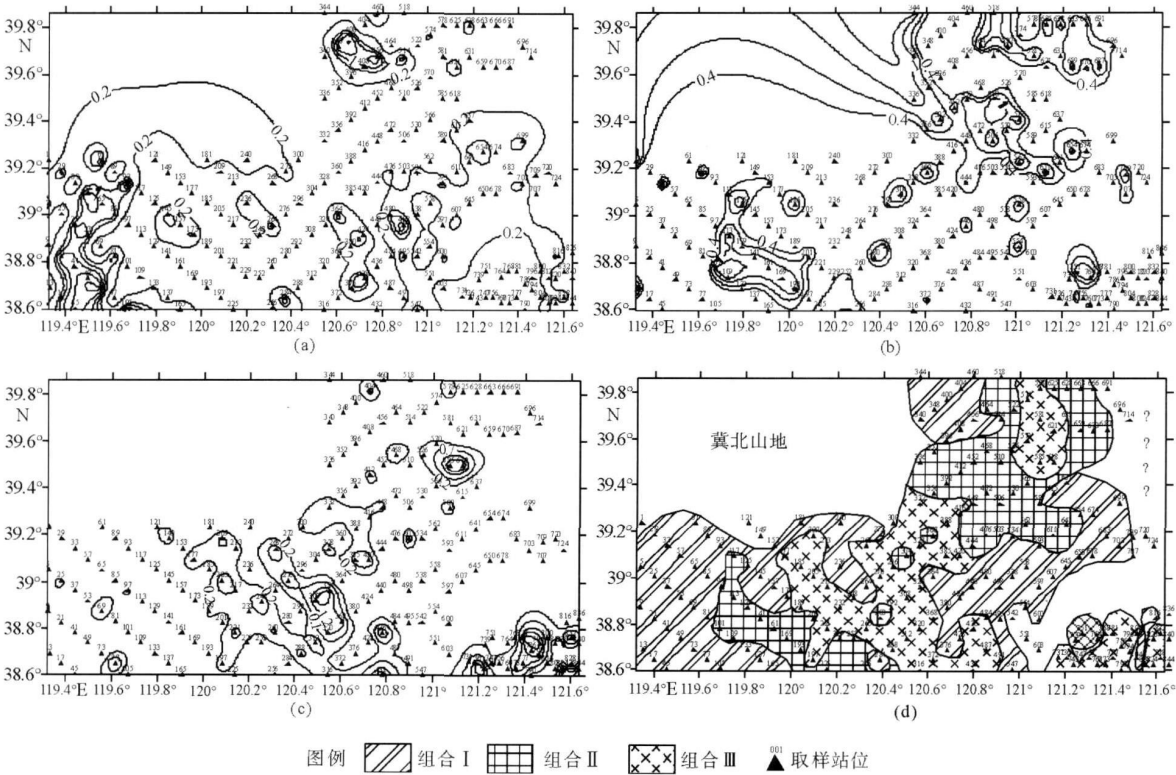


图 2 渤海东北海域底栖有孔虫 3 个主因子载荷的平面分布及 3 个有孔虫组合类型的分布特征
(a) 主因子 1 的因子载荷平面分布; (b) 主因子 2 的因子载荷平面分布; (c) 主因子 3 的因子载荷平面分布;
(d) 底栖有孔虫 3 个组合类型的平面分布特征

Fig. 2 Distributions of components for three major factors of benthic foraminifera

(a) factor 1; (b) factor 2; (c) factor 3; (d) the distribution of three benthic foraminifera assemblages in the study area

于近岸浅水环境^[9], *C. frigidum* 冷水筛诺宁虫也是冷水种, 同时, 胶结物较粗的胶结壳质属种 *Textularia* spp. 和 *Trochammina* spp. 在本组合中也相对很高, 故本组合整体反映了一种极度淡化的、受中细砂沉积分布、渤海低温低盐沿岸流^[8]影响的滨岸环境。

组合 II: *Nonion anomalinoidea* (异常诺宁虫)-*Eggerella* sp. (伊格尔虫未定种)

主因子 2 解释总方差的 0.53%, 以 *Nonion anomalinoidea* 的因子得分最高, 其他因子载荷得分较高的属种还有 *Eggerella* sp.、*Ammobaculites* sp. (砂杆虫)、*Rosalina australis* (澳大利亚玫瑰虫)、*Reophax curtus* (短串球虫)、*Cribrononion porisuturalis* (孔缝筛诺宁虫)、*Ammonia beccarii* vars. 等。在组合分布区, 优势种 *Nonion anomalinoidea* 平均相对丰度占 39.77%, *Cribrononion porisuturalis* 平均相对丰度占 5.25%。同时, 出现了大量的胶结物较细的胶结质壳属种, 如 *Eggerella* sp., 平均相对丰度为 4%, *Ammobaculites* sp. 平均相对丰度为 1.24%, 构成特征种。结合较大因子正载荷分布(图 2b, d)和因子 2-水深关系图(图 3b), 可以看出本组合也主要分布于水深为 20~30 m 的水域, 系淡化的^[8]、受黏土质粉砂等细粒沉积物分布影响的近岸浅海水域。

组合 III: *Ammonia compressiuscula* (压扁卷转虫)-*Buccella tunicata* (覆盖面颊虫)

主因子 3 解释总方差的 0.40%, 以 *Ammonia compressiuscula* 和 *Buccella tunicata* 的得分因子最高, 其他因子得分高的还有 *Ammonia maruhasii* (丸桥卷转虫)、*Cribrononion subincertum* (亚易变筛

诺宁虫), 而 *Ammonia beccarii* vars. 和 *Buccella frigida* 在主因子 3 上具有高的负因子载荷, 反映出与 *Ammonia compressiuscula*-*Buccella tunicata* 组合代表环境的差异。组合分布区中, 优势属种 *Ammonia compressiuscula* 平均相对丰度 13.68%, *Buccella tunicata* 平均相对丰度 12.98%, *Ammonia maruhasii* 平均相对丰度 5.38%, *Ammonia ketienziensis* (结缘寺卷转虫) 在本区的平均相对丰度为 1.3%, 这些属种在组合 III 中的丰度明显高于其他两个组合。从较大因子正载荷分布(图 2c, d)和因子 3-水深关系图(图 3c)可以看出, 本组合主要分布在 30 m 水深线以外的较深水区, 相当于中、外陆架区环境, 主要受海底强潮流的影响。

2.2 浮游有孔虫

本区的浮游有孔虫非常稀少, 且主要分布在滦河口海域、老铁山水道黄渤海分界处, 这与李淑鸾的结论^[2]存在差异。分布于滦河口海域的浮游类, 推断是由辽东湾沿岸水和渤南海岸水所组成的渤海沿岸水团所携带来的远岸分子^[8], 而分布于老铁山水道黄渤海分界处的浮游有孔虫, 推断是黄海暖流水团沿黄海槽北上进入渤海海峡所遗留的分子^[8, 10, 11]。

3 讨论

春夏季渤海的水温沿岸高于中部, 在 20 m 以深形成低温水区, 而冬季沿岸水温则低于外海。由于沿岸径流量较大, 所以, 盐度整年都表现为沿岸低于外海。渤海沿岸水色和透明度都较中部差, 这主

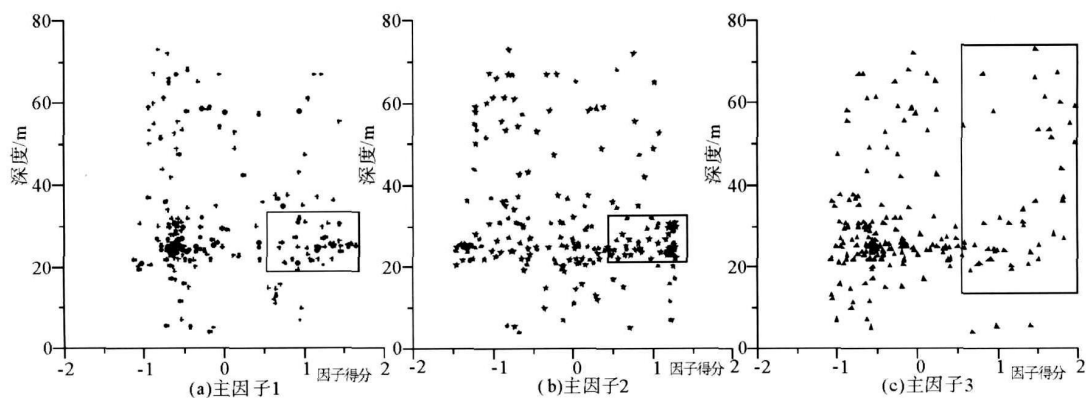


图3 渤海东北海域 3 个主因子的因子得分与深度的关系

(图中的方框代表较大正载荷分布的水深区间)

Fig.3 Relations between three main-factor scores and water depth in the study area

(The rectangles represent water-depth ranges with higher factor scores)

要是由于沿岸河流的输沙量的影响^[12]。辽东湾内分潮流以渤海海峡为强流区, 尤以老铁山水道最大, 辽南沿岸流具有低盐(冬季为低温)特征。渤海环流由黄海暖流余脉、辽东沿岸流及渤海沿岸流组成。黄海暖流余脉中的一支沿辽东湾西岸北上, 与自辽河口沿岸南下的低盐水相接, 形成顺时针方向的流动; 另一支从渤海湾沿岸南下, 与黄河口及莱州湾外向东流动的低盐水相接, 形成逆时针方向的流动, 在渤海海峡南部流入北黄海。辽东湾内以较粗的粗粉砂和细砂为主^[8], 中央海区兼有各种沉积类型, 整体上砂质沉积以斑块状为主, 沿岸流区的泥质呈条状分布。

研究区底栖有孔虫组合 I 中 *Textularia* spp. 和 *Trochammina* spp. 壳质胶结物较粗, 反映的是砂质沉积较粗的区域^[2], 该组合分布比起组合 II 整体要靠岸一些, 与辽东湾东西两侧靠陆粗细砂或薄层砾砂沉积区, 以及渤中浅滩北部潮流砂席沉积区^[8, 12] 基本吻合, 也符合河流搬运在近岸沉积粗砂的规律。该组合中冷水种 *Buccella frigida* 和 *Cribronion frigidum* 的出现, 是因为辽东湾沿岸诸多河流入海径流的冲淡作用, 使得沿岸带盐度较低且温盐度的年变幅也大^[2], 同时又受冬季大陆气候影响的低温、低盐渤海沿岸流^[13] 以及辽南沿岸流的影响, 冷水种发源于极地海洋及邻近寒冷海区, 主要依靠寒流侵入中纬度海区^[14]。综上所述, 组合 I 整体受粗细砂沉积分布和冬季低温低盐沿岸流的影响。

组合 II 因子得分和深度图中反映出的分布水深与组合 I 相近, 但是又整体偏深, 其中胶结物较细的胶结质壳属种分布, 与渤中泥质沉积区、辽东湾东西两侧下部岸坡粉砂黏土沉积区、大连湾黏土质粉砂沉积区的分布基本一致^[8, 13], 显示该组合主要受粉砂质黏土的沉积分布影响。

组合 I 和组合 II 有各自主要集中的分布区, 但也有少许是呈斑块状分布的, 这一状况符合辽东湾砂质沉积以斑块分布的特点。

组合 III 在因子得分与深度图中, 可以反映出其分布主要在 30 m 水深线以外, 从分布区域上来说, 主要分布在老铁山水道侵蚀区和辽东浅滩砂质沉积区。老铁山水道侵蚀区的沉积属于混合沉积, 该地是黄海与渤海进行海水水团交换的通道, 处于强潮流的高能沉积环境, 海底被潮流强烈冲刷, 形成冲蚀谷地^[8], 且距河口较远, 陆源物质供给量较少^[13]; 辽东浅滩砂质沉积区, 其物质是潮流侵蚀老铁山水道物质的异地堆积, 是渤海内(除黄河口区外)沉积速率最快、沉积厚度最大的区域, 沉积物中 CaCO_3 含

量低^[12], 因此, 有孔虫的绝对丰度比另外两个组合减少了近一半。该组合主要受深度、潮流、沉积速率及 CaCO_3 含量等因素的控制。

4 结论

(1) 渤海东北海域 211 个表层沉积物样品中底栖有孔虫 58 个种的 Q 型因子分析, 经方差最大化旋转获得 3 个主因子, 方差累计贡献为 98.62%。

(2) 根据 3 个主因子及相关分析显示, 组合 I 为 *Ammonia beccarii* vars. - *Buccella frigida*, 代表低温低盐沿岸流分布的滨岸环境; 组合 II 为 *Nonion anomalinoidea*-*Eggerella* sp., 代表黏土质粉砂沉积物分布的近岸浅海; 组合 III 为 *Ammonia compressuscula*-*Buccella tunicata*, 代表 30 m 水深线以外的较深水环境。

(3) 研究区有孔虫埋葬群分布, 主要受冬季低温低盐沿岸流、沉积物分布、潮流、沉积速率及 CaCO_3 含量等因素的控制。

致谢: 国家海洋环境监测中心为本文提供样品, 北京大学黄宝琦老师和河北理工大学高莲凤老师帮助鉴定了部分有孔虫样品, 中国地质大学(北京)海洋学院刘宝林老师对论文中因子分析提出了宝贵意见, 天津地质矿产研究所的王强研究员对本文提出了宝贵的修改意见, 作者对以上单位和个人致以衷心的感谢。

参考文献(References)

- [1] 林和茂, 朱雄华. 莱州湾东部表层沉积物中有孔虫、介形类组合[C]// 地层古生物论文集. 北京: 地质出版社, 1988: 85-97. [LIN Hema, ZHU Xionghua. The Foraminifera and Ostracod assemblages in eastern Liaodong Bay[C]// Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology. Beijing: Geological Publishing House, 1988: 85-97.]
- [2] 李淑鸾. 辽东湾表层沉积中有孔虫介形虫研究[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 1994, 30(2): 181-193. [LI Shuluan. A preliminary study of foraminifera and ostracod assemblages in the Liaodong Bay[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 1994, 30(2): 181-193.]
- [3] Klován J E, Imbrie J. An algorithm and Fortran-IV program for large scale Q-mode factor analysis and calculation of factor scores[J]. Mathematics Geology, 1971, 3: 61-77.
- [4] 程振波, 石学法, 刘东升, 等. 南黄海 B10 岩芯的微体古生物组合特征及古环境演化[J]. 科学通报, 2001, 46(增刊): 45-51. [CHENG Zhenbo, SHI Xuefa, LIU Dong, et al. Micropaleontological assemblage characteristics of the B10 cores from the southern Yellow Sea[J]. Chinese Sci. Bull., 2001, 46 (Supple-

- ment): 45-51.]
- [5] 蓝先洪, 申顺喜. 南黄海中部沉积岩芯的微体古生物组合特征及古环境演化[J]. 海洋湖泊通报, 2004, 3: 16-21. [LAN Xianhong, SHEN Shunxi. Micropaleontological assemblage characteristics of sediment cores from the centre of the southern Yellow Sea[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2004, 3: 16-21.]
- [6] 李铁刚, 李绍全, 苍树溪, 等. YSDP102 钻孔有孔虫动物群与南黄海东南部古水文重建[J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(6): 588-595. [LI Tiegang, LI Shaoquan, CANG Shuxi, et al. Paleohydrological reconstruction of the southern Yellow Sea inferred from foraminifera in core YSDP102[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2000, 31(6): 588-595.]
- [7] 庄丽华, 常凤鸣, 李铁刚, 等. 南黄海 EY02-2 孔底栖有孔虫群落特征与全新世沉积速率[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22(4): 7-14. [ZHUANG Lihua, CHANG Fengming, LI Tiegang, et al. Foraminiferal faunas and Holocene Sedimentation rates of core EY02-2 in the South Yellow Sea[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2002, 22(4): 7-14.]
- [8] 中国科学院海洋研究所海洋地质室. 渤海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 1-133. [The Marine Geology Department, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences. Bohai Geology[M]. Beijing: Science Press, 1985: 1-133.]
- [9] 杨子庚, 林和茂, 王圣洁, 等. 中国第四纪地层与国际对比[M]. 北京: 地质出版社, 1996: 43-49. [YANG Zigeng, LIN Hemao, WANG Shengjie, et al. The Quaternary Stratum in China and the International Stratum Contrast[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996: 43-49.]
- [10] 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. 北京: 科学出版社, 1965: 51-195. [HE Yan, HU Lanying, WANG Keliang. The Quaternary Foraminifera in the east of Jiangsu[C]//Mem. Inst. Geol. & Palaeont. Acad. Sinica. Beijing: Science Press, 1965: 51-195.]
- [11] 程振波, 李培英, 吕厚远, 等. 渤海东侧海岸带黄土中的放射虫[J]. 海洋科学, 1995, 6: 59-64. [CHENG Zhenbo, LI Peiying, LÜ Houyuan, et al. The Radiolaria in the coastal loess in east of Bohai[J]. Marine Sciences, 1995, 6: 59-64.]
- [12] 张永宁, 李志华. 渤海海峡风浪特征统计分析[J]. 大连海事大学学报, 2002, 353-357. [ZHANG Yongning, LI Zhihua. Statistical analysis of wind and wave features at Bohai Straits[J]. Journal of Dalian Maritime University, 2002, 353-357.]
- [13] 许东禹, 刘锡清, 张训华. 中国近海地质[M]. 北京: 地质出版社, 1997. [XU Dongyu, LIU Xiqing, ZHANG Xunhua. China Offshore Geology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997.]
- [14] 顾玉荷, 修日晨. 渤海海流概况及其输沙作用初析[J]. 黄渤海海洋, 1996, 14(1): 1-6. [GU Yuhe, XIU Richen. On the current and storm flow in the Bohai Sea and their role in transporting deposited silt of the Yellow River[J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 1996, 14(1): 1-6.]
- [15] 沈国英, 施并章. 海洋生态学[M]. 第二版. 北京: 科学出版社, 2002: 75-88. [SHEN Guoying, SHI Bingzhang. The Marine Ecology[M]. Beijing: Science Press, 2002: 75-88.]

CHARACTERISTICS OF THE FORAMINIFERAL TAPHOCOENOSE IN THE NORTHEAST BOHAI AND RELATIONSHIP TO THE SEDIMENTARY ENVIRONMENT

WANG Feifei^{1,2}, ZHAO Quanmin³, DING Xuan¹, LIU Jian^{2,4}

(1 China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 266071, China; 3 National Marine Environment Monitoring Centre, Dalian 116023, China; 4 Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China)

Abstract: Based on the quantitative and qualitative analysis of 211 surface sediment samples in the northeast Bohai, 109 benthic foraminifera species which belong to 48 genera were recognized. Very few planktonic foraminifera were found in this studied area. Q-mode factor analysis was made for the 58 benthic foraminifera species, and 3 varimax factors with a cumulative contribution of 98.62% have been revealed as follows: Assemblage I (*Ammonia beccarii* vars. - *Buccella frigida*), which represents a littoral environment with low-temperature and low-salinity alongshore currents; Assemblage II (*Nonion anomalinoidea*-*Eggerella* sp.), which represents a nearshore shallow-sea environment with distributions of fine sand and clay; Assemblage III (*Ammonia compressiuscula*-*Buccella tunicata*), which indicates shallow-sea environment of more than 30 m water depth. The distribution of foraminiferal taphocoenose in the study area is mainly controlled by such factors as alongshore currents typical of low temperature and low salinity in winter season, sediment types, tidal currents, sedimentation rates, and CaCO₃ contents.

Key words: foraminiferal taphocoenose; factor analysis; sedimentary environment; Bohai Sea