

黄海西部介形虫分布再探

周保春 赵泉鸿 黄维 高建西

(同济大学海洋地质与地球物理系, 上海) (国家海洋局第一海洋研究所, 青岛)

摘要 本研究从黄海西部175个表层沉积样品中共获得介形虫壳瓣13 000余枚, 并将其分类为75属142种. 介形虫丰度的高值主要出现在40m以浅的水域, 由南向北呈带状分布. 分异度 $H(S)$ 由南向北递减, 与水温的变化趋势相一致. 由射阳至长江口, 在辐射状沙脊分布的水域 $H(S)$ 的平均值达到最高值. 通过对69个主要属种进行Q型因子分析, 划分出6个与海洋环境相对应的介形虫组合分布区域. 通过追踪介形虫属种在黄海、东海的地理分布, 再次证实了介于两海域间的种分布不连续所对应的乃是亚热带-暖温带界线.

关键词 介形虫 黄海 因子分析

前言

黄海受北上的暖流和南下的低温沿岸流的影响, 是我国沿岸浅海许多介形虫属种在地理分布上的南限或北限. 因此, 对该海域的调查有助于查清这些属种对于海洋环境的适应性, 提高它们在古环境分析中的价值. 黄海的现生介形虫研究始于60年代. 1972~1977年同济大学海洋地质系微体古生物实验室对南黄海西北部底质中的有孔虫、介形虫进行研究, 鉴定出36属64种海相介形虫, 并基于介形虫主要属种的分布规律, 划分出3个组合分布, 初步探讨了介形虫分布与环境因素的关系^[1]. 自1977年起, 该实验室又在南黄海的基础上将研究范围扩展到整个黄海西部海域, 划分出与有孔虫分布相对应的5个介形虫分布组合^[2]. 赵泉鸿曾对东海、黄海海岸带现生介形虫进行定量与定性调查, 揭示了介形虫在滨岸淡水至潮上带、潮间带、潮下带各不同环境中的分布规律^[3], 此后又利用以往的研究成果和积累的资料初步划分了东海、黄海和渤海的介形虫组合分区^[4]. 由于近年来中国近海的介形虫分类学取得了重大进步, 黄海新、旧文献中介形虫属种名称(包括一些优势属种)不统一问题已变得突出, 有必要将其整理后, 重新认识各属种在黄海内的分布. 最近, 作为建立中国近海介形虫数据库的部分工作, 我们详细鉴定了黄海175个表层样中的万余枚介形虫标本. 本文的目的是基于我们所鉴定的属种分布数据来重新认识介形虫在黄海西部的分布规律, 并赋予其与环境相互关系的新见解.

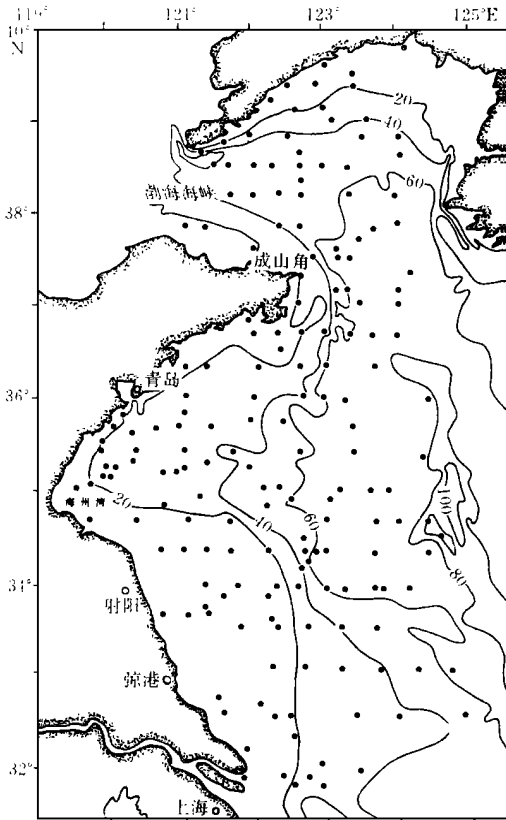


图1 黄海西部海底地形及介形虫取样站位

山水道进入渤海。黄海暖流一直被认为是对马暖流在济州岛东南方分出的一个分支。最近乐肯堂利用温度、盐度资料进行 T-S 法分析, 认为冬季黄海暖流水主要由对马暖流水和东海混合水通过侧向混合而形成, 但黄海混合水和朝鲜西岸沿岸水也不同程度地参与了混合^[6]。黄海沿岸流自渤海湾起, 经渤海海峡南部绕过成山角后, 一部分与黄海暖流交汇混合, 而大部分则冲入黄海南部, 与海州湾附近的冲淡水合并, 势力增强, 大致沿 40~50m 等深线继续南下, 接近长江口时转向东南。在本研究海域内, 沿着辽东半岛的南侧还有辽东沿岸流, 它们都是低温、低盐的水流。

夏季, 除上述两支主要海流外, 在黄海中部的中、下层还存在着由黄海冷水团所形成的气旋式密度环流。环流的方向与黄海环流一致, 最大流速约为 5~10cm/s。所谓黄海冷水团乃是自春季开始的海水层化过程在底层所产生的低温、高盐水, 出现于 4~10 月之间, 夏季温度仅有 6~12℃, 盐度介于 31.6~33.0 之间, 实际上是残留在海底洼地中的冬季状态的黄海水团。

在南来的暖流和北来的沿岸流的影响下, 黄海的水温、盐度皆由北至南递增。冬季表层和底层的平均水温在黄海北部大致皆为 0~5℃, 南部约为 5~10℃; 夏季表层水温差别较小, 南、北部大部分均在 25~27℃ 之间, 底层水温在 6~25℃ 之间; 盐度在北部为 31~32, 南部为 31~34, 而长江、鸭绿江等大河口附近盐度可低至 10 以下。

黄海的底质类型分布图^[4]显示了以下规律, 即受黄海暖流及沿岸流两个流系组成的黄海

1 材料及研究区域概况

黄海的海底地形以及本研究所使用的 175 个黄海西部表层样品的地理分布如图 1 所示。大部分样品采于 1975~1983 年, 样品范围包括 31°45'N 以北、125°E 以西, 水深自潮间带至约 90m 深。样品处理采用微体化石通常的处理方法, 尽可能从每个样品中挑出 200 个以上介形虫壳瓣。

黄海介于中国大陆和朝鲜半岛之间, 是具有单一大陆架的半封闭浅海, 面积约 380 000km²。黄海是个西缓东陡、北浅南深的海盆, 最大水深 (103m) 在朝鲜济州岛北侧。本研究区内最大水深不超过 90 余米。

黄海海流主要由两个系统构成, 即黄海暖流和黄海沿岸流, 它们构成了黄海的主要环流^[5]。黄海暖流是起自济州岛东南方的高温、高盐海水, 大致沿水下洼地向西北流动, 平均流速仅约有 5cm/s。它在北上途中势力不断削弱并分叉, 最终经老铁

环流的制约, 黄海形成3个粗粒物质沉积区(黄海东部细砂沉积区、渤海海峡细砂沉积区和海州湾细砂沉积区)和3个细粒物质沉积区(北黄海中部、南黄海中部和老黄河口水下三角洲区), 其余地区则属于过渡类型. 由有孔虫壳体、软体动物贝壳碎片、棘皮动物遗骸等组成的生物碎屑沉积主要分布在长江口附近、海州湾、成山角附近及渤海海峡; 另外, 与生物碎屑分布基本上相吻合的区域有砾石、铁锰质结核的存在, 与现代水深环境不符, 可能是残留沉积.

本研究区域海底地貌的最大特点是辐射状沙脊群的存在. 沙脊群以琼港为中心向外辐射状延伸, 北达江苏射阳河口以南, 南至长江口以北, 南北长达200km, 东西宽约90km, 海区水深0~25m. 多数沙脊的近岸部分均在低潮时出露水面, 成为规模不等的沙洲. 整个辐射状沙脊群主要是由10条形态完整的大型海底沙脊组成的扇形海域, 其横断面为一系列沙脊和深槽相间的起伏地貌形态.

2 介形虫分布

2.1 丰度及分异度

从黄海175个站位中总计挑出介形虫壳瓣13 516枚, 其中13 470枚被鉴定为75属142种. 介形虫在表层沉积中的丰度(每克干样中所含介形虫壳瓣数)分布如图2所示. 黄海介形虫丰度值在0.02~69.8瓣/g之间, 平均值为5.8. 丰度值参差不齐, 即使相邻站位间往往也相差很大, 但从整体趋势来看, 由南至北40m以浅的水域丰度值最高. 丰度平均值在渤海海峡两侧为15.9瓣/g, 成山角外为9.2瓣/g, 海州湾周围为7.6瓣/g, 苏北至长江口20m以浅水域为10.6瓣/g. 其中海州湾周围介形虫和有孔虫的高丰度现象, 已被以往的研究指出^[1]. 水深超过40m时丰度值明显变低; 在黄海盆地中部至南部(36°N以南)最低, 平均值仅有0.8瓣/g, 这可能是由于远离沿岸流的影响范围、营养盐含量低, 导致介形虫生产力下降所致.

我们用简单分异度 S (即种数) 和种的复合分异度 $H(S)$ 来衡量黄海介形虫群的多样性 (见图3).

在求 $H(S)$ 值时, 仅选用了介形虫总瓣数在50以上的97个站位参与计算. 175个站位的 S 值在1~40之间, 平均值为11.2; 参与计算的97个站位的 $H(S)$ 值在0~3.2之间, 平均值为2.0. 应当指出, 许多站位的低 S 值是由于介形虫个体数太少所造成, 并不反映其水域真正的种数分布. 尽管如此, S 和 $H(S)$ 值所表现的分异度分布趋势仍基本上一致, 即南高

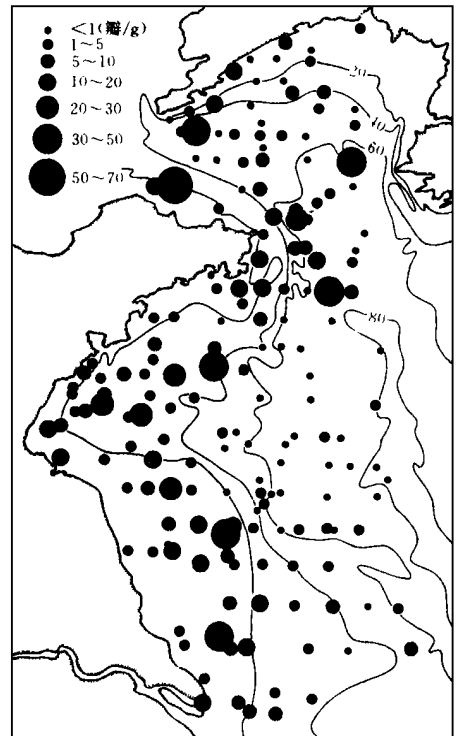


图2 黄海底质中介形虫丰度分布

北低. 特别是长江口至射阳一带的辐射沙脊群分布区, 分异度明显高于它处, $H(S)$ 平均值为2.4. 由此向北, 海州湾至成山角一带 $H(S)$ 平均值为2.0, 成山角以北为1.5. 位于渤海海峡东面的k199号和17号两个站位(站位号见图4)分异度低, $H(S)$ 值分别为0和0.2, 冷水种 *Howeina camptocytheroidea* Hanai 分别占总个体数的100%和96%. 控制分异度分布趋势的主要因素可能是水温. 黄海南部受暖流影响较强, 冬季底层水温较北部高5℃左右. 由于介形虫和许多海相生物门类一样, 喜暖种远远多于冷水种, 因此分异度随温度升高应是普遍规律.

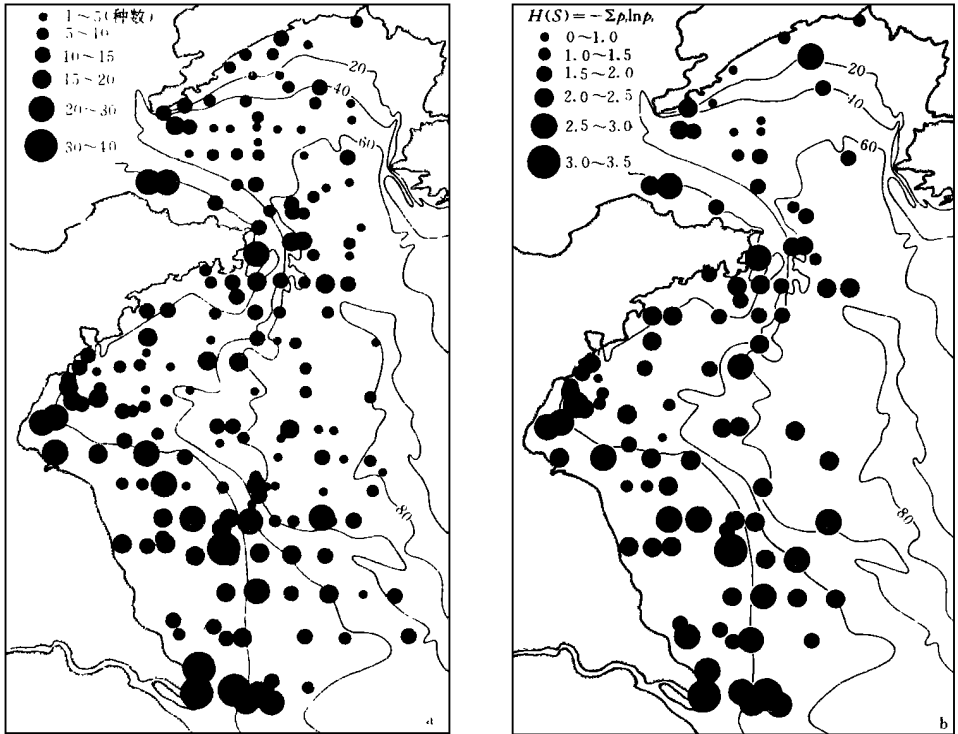


图3 黄海底质中介形虫简单分异度 S 和复合分异度 $H(S)$ 分布

位于长江口的89号站位含介形虫38种, $H(S)$ 值高达3.2, 主要构成种为 *Albileberis sinensis* Hou, *Sinocythere dongtaiensis* Chen, *Bicornucythere bisanensis* (Okubo), *Cushmanidea elongata* Gou, *Callistocythere spectata* Chen, *Pistocythereis bradyformis* (Ishizaki), *Tanella opima* Chen 及淡水种 *Candona* sp. 和 *Potamocypris*? sp. 长江口为强潮汐河口, 海水定期随潮汐大举侵入河口, 将口外生活的窄盐性和广盐性介形虫、有孔虫等大量携入, 致使形成的异地埋葬群一般分异度较高^[7]. 赵泉鸿的调查更证实了这一点, 他通过将活介形虫群和埋葬群进行对比研究, 发现在长江及钱塘江口虽然埋葬群属种比较丰富, 活的生物群却单调得多, 常见的仅有 *Tanella opima*、*Albileberis sinensis* 和 *Sinocytheridea impressa* (Brady) 3种^[3]. 基于以往的研究结果, 可以推测长江口该站位所显示的介形虫高分异度现象, 主要是由潮汐的搬运用所

造成的假象。由此还可以推测，相似的搬运作用肯定也发生在长江口以北的沙脊群内。各条沙脊之间的深槽皆为潮汐通道，平均大潮流速达 2.06m/s ^[8]。因此，除了水温之外，潮汐的混合作用可能是导致沙脊群内介形虫分异度增高的又一个原因。

2.2 介形虫组合分布

前人的研究基于129个表层样中一些主要属种的分布，将黄海西部介形虫群分为5个组合，显示了黄海南、北部之间以及浅水域与黄海盆地之间属种构成的差异^[2]。本文中则把研究海域的南限扩展至长江口外。另外在渤海海峡附近及海州湾内也分布着一些属种构成的特定组合，因而在此重新划分黄海西部的介形虫组合分布，讨论其与海洋环境的关系。

所鉴定的75属142种介形虫中包含了淡水产4属5种共37个体，它们是 *Candoniella albicans* (Brady)、*Candoniella* sp.、*Candona* sp.、*Ilyocypris bradyi* Sars 及 *Potamocypris?* sp. 推测它们有两个来源：长江口附近的壳体可能由河流带入，而成山角外、辽东半岛南端的壳体则可能来自冰期的残留沉积。由于淡水属种不代表黄海现生介形虫群的组成，在划分组合分布时将它们除外。

为了较客观地划分黄海介形虫的组合分布，我们选取介形虫总瓣数在70以上的77个样品，根据69个属种的分布数据进行了Q型因子分析。属种的取用标准是必须在这77个站位的至少1个站位中丰度超过3%者。所选择的第一至第六主因子的总方差为71.3%，说明在黄海尽管残留沉积的影响存在，介形虫分布仍显示较强的规律性。表1和表2列出了各样品的因子载荷及各属种的因子得分。一般某样品的某一因子载荷的绝对值越大，说明该因子对组成该样品的贡献则越大，据此可决定各样品的代表因子（表1）。黄海的介形虫群可划分为与6个主因子相对应的6个组合分布区（图4），它们在黄海内的地理分布显示出与海洋环境的良好对应。

组合分布区 I：主要分布在射阳以南至长江口外水深40m以浅的水域，大体上与前人研究^[2]所划分的废黄河口组合区相对应。该组合分布区包含了辐射状沙脊群的分布区域。由表2可知，因子 I 得分最大（即绝对值最大）的属种依次为 *Bicornucythere bisanensis*、*Pistocythereis bradyformis*、*Munseyella* spp. (*M. japonica* (Hanai) 和 *M. pupilla* Chen)，它们亦是本组合的代表属种，其在黄海内的地理分布分别见图5d、7b 和 6d。由于 *B. bisanensis* 和 *P. bradyformis* 是典型的广盐喜半咸水种，推测控制本组合区分布的主要因素可能是长江淡水的影响。

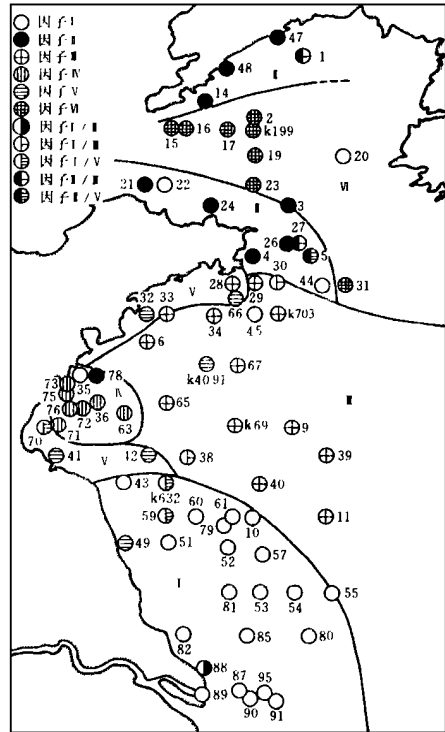


图4 6个主因子在黄海的地理分布
及介形虫组合分布
阿拉伯数字为站点号码，罗马数字示组合分区

本组合区的其他优势种还有 *Alocopocythere kendengensis* (Kingma)、*Acanthocythereis niitsumai* Ishizaki、*Cytheropteron sawanense* Hanai 等。

组合分布区 I: 主要分布于渤海海峡南、北沿岸的浅水域, 水深大致为 40m 以浅。代表属种为 *Sinocytheridea impressa*。该种是广温种, 在黄海 60m 以浅的水域里分布很广 (见图 7d), 但在本组合区内丰度值最高。此外, 本组合区的优势种还有广温种 *Stigmatocythere roesmani* (Kingma)、*Neomonoceratina chenaе* Zhao & Whatley 等。山东半岛北岸是黄海沿岸流的通道, 而辽东半岛南岸有辽南沿岸流, 两者都是低温、低盐的水流。本组合区处在受此二海流影响最强的水域, 故推测本组合的分布可能是由低温、低盐的沿岸流所造成。

组合分布区 II: 该组合分布最广, 占据了山东半岛以南、废黄河口以北 20m 以深水域的大部分及黄海盆南半部。优势种 (见表 2) 为 *Munseyella* spp. (*M. japonica* + *M. pupilla*)、*Krithe antisawanensis* Ishizaki 以及 *Amphileberis gibbera* Guan. *M.* spp. 在整个研究海域均有分布, 但在本组合区 60m 以浅的水域丰度最高 (见图 6d); 而 *K. antisawanensis* (见图 6b) 和 *A. gibbera* (见图 5b) 则主要分布于黄海海盆南部。本组合区的代表种还有 *Abrococythereis guangdongensis* Gou、*Pacambocythere reticulata* (Jiang & Wu)、*Cluthia ishizakii* Zhao、*Argilloecia hanaii* Ishizaki 等。这些种的分布均不限于本组合区, 但在此处丰度呈高值。

组合分布区 III: 该组合分布于海州湾内部, 水深在 40m 以浅。代表属种为 *Aurila cymba* (Brady)、*Munseyella* spp. (*M. japonica* + *M. pupilla*) 及 *Loxoconcha hattorii* Ishizaki。 *A. cymba* (见图 5c) 和 *M.* spp. (见图 6d) 虽在研究水域内分布很广, 但在组合区内丰度最高。 *L. hattorii* 除了在成山角东南方尚有一个站位产出外, 其他均产于组合区内, 4 个站位的平均丰度为 17.3% (见图 6c)。另外, *Loxoconcha* cf. *viva* Ishizaki 亦主要分布于此组合区内。该组合分布与湾内的生物碎屑底质分布十分吻合。由于此组合的代表属种均非典型的内湾性分子, 说明构成该组合分布的主要因素可能是生物碎屑性底质。

组合分布区 IV: 主要分布于废黄河口至山东半岛最东端水深 20m 以浅的水域, 在海州湾被组合分布区 III 隔断。因子 IV 构成了海州湾内的沿岸组合分布, 代表种为 *Neomonoceratina chenaе* (见图 7a)。由于来自渤海海峡的黄海沿岸流绕过成山角后沿西岸南下, 故本组合分布区与组合区 I 一样, 皆在低温、低盐的沿岸流影响之下。

组合分布区 V: 分布于渤海海峡东面至黄海海盆北半部, 水深在 40m 以深。该组合是中国近海典型的冷水组合, 优势种为 *Sarsicytheridea bradii* (Norman) (见图 7c)、*Acanthocythereis mutsuensis* Ishizaki (见图 5a) 及 *Howeina camptocytheroidea* Hanai (见图 6a)。 *S. bradii* 在环北极地区是优势种, 在我国沿海除了黄海之外, 在渤海的丰度也很高^[9]。 *A. mutsuensis* 和 *H. camptocytheroidea* 也是典型的冷水种。另外, 冷水种 *Finmarchinella huanghaiensis* Zhao 虽在更南的山东半岛东岸和海州湾也有分布, 但在本组合区内丰度明显高于它处。本组合区处在渤海海峡入口附近, 受北来的沿岸流影响水温很低。底栖有孔虫的喜冷种 *Buccella frigida* Cushman 在此水域丰度亦呈高峰值 (>5%)^[4]。

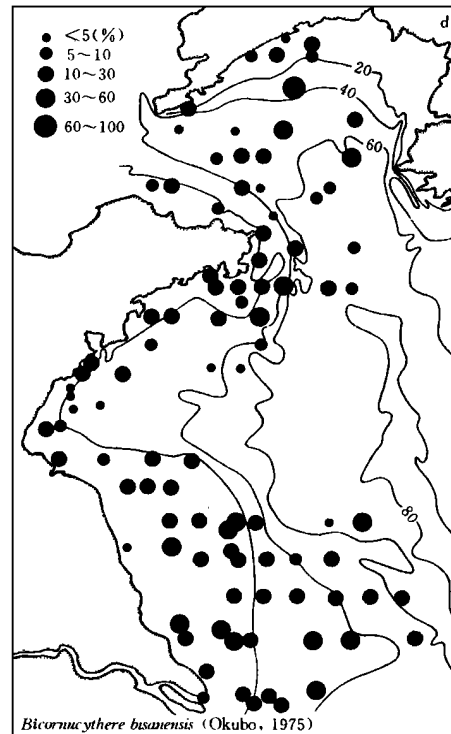
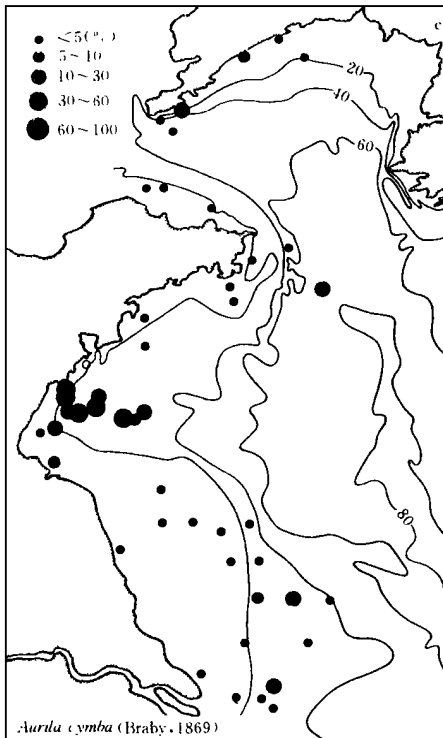
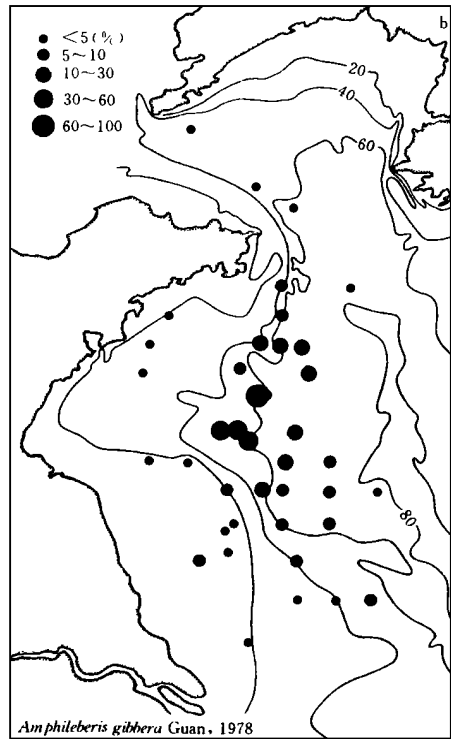
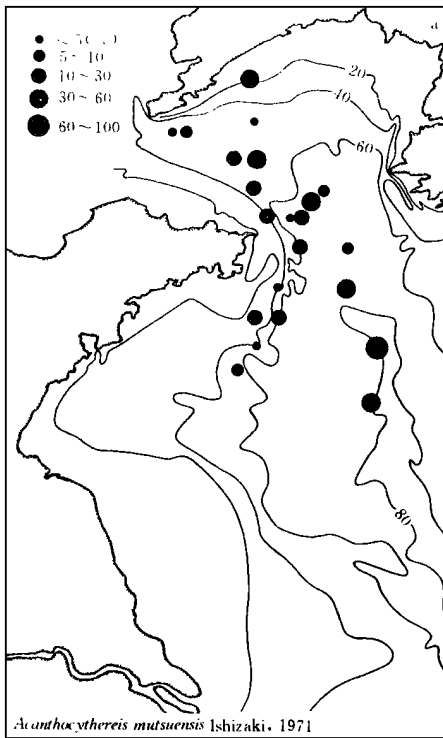


图5 一些代表种在黄海底质中的百分含量

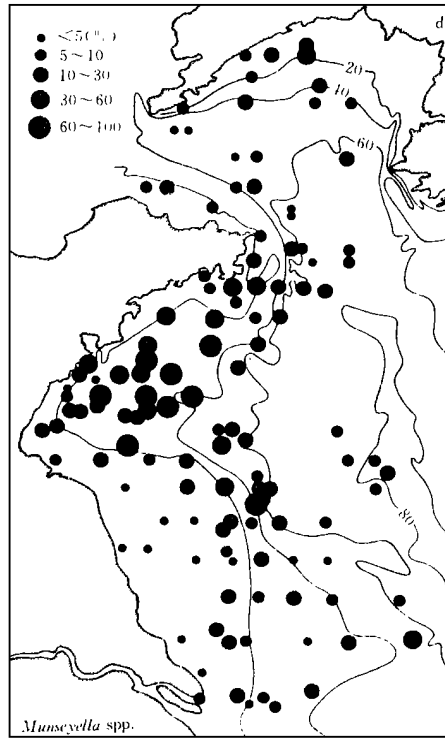
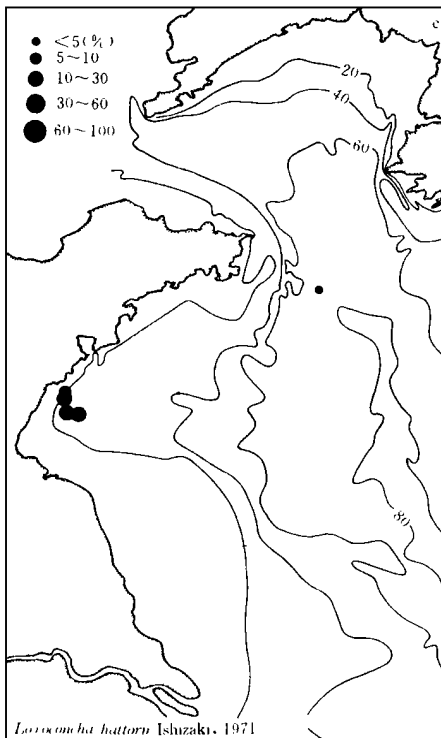
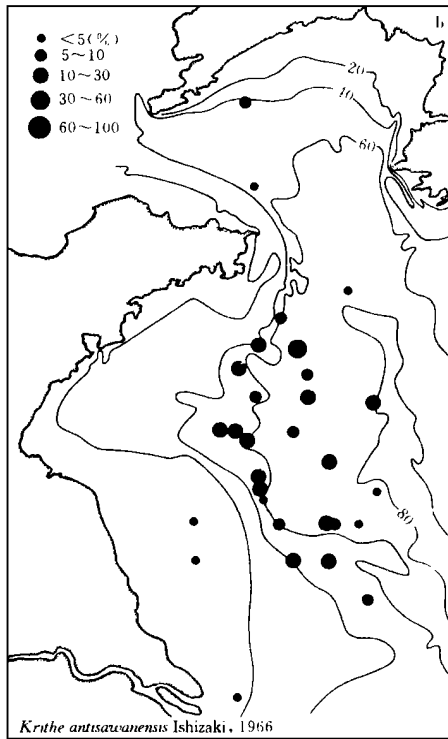
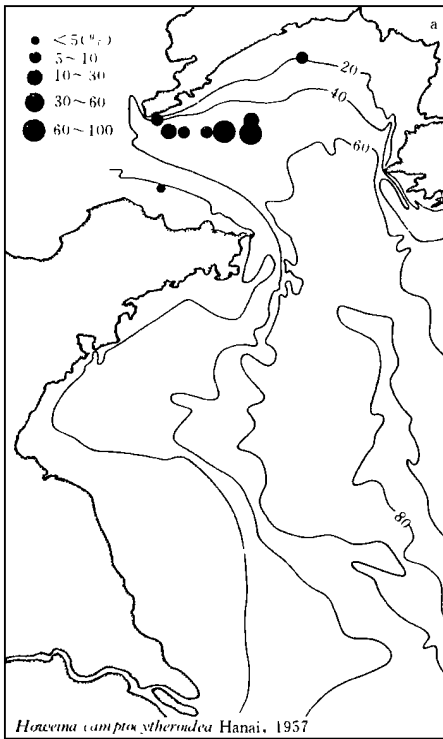


图6 一些代表种在黄海底质中的百分含量

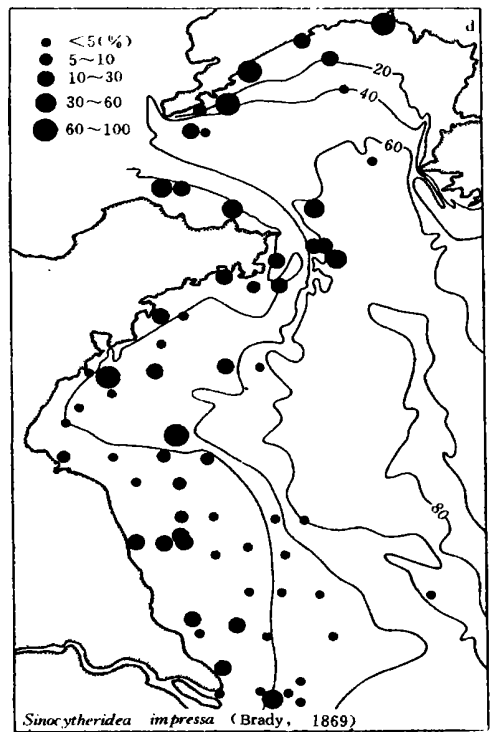
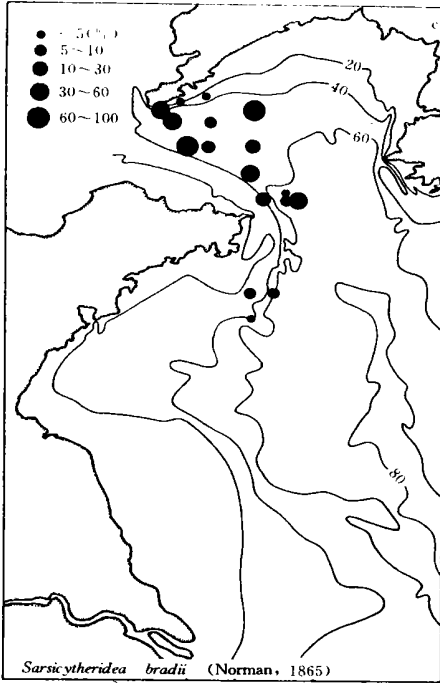
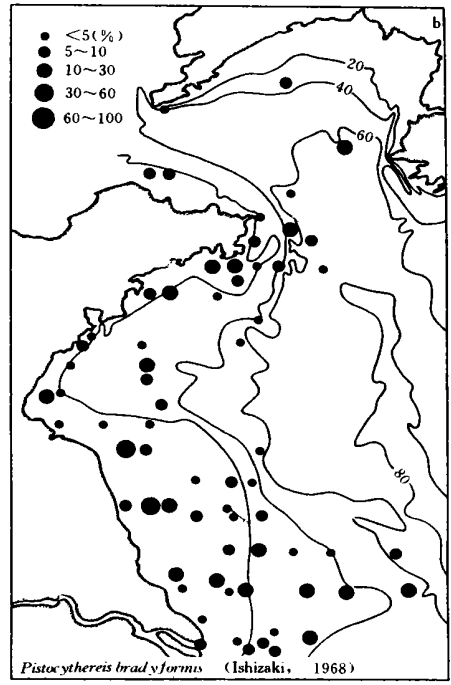
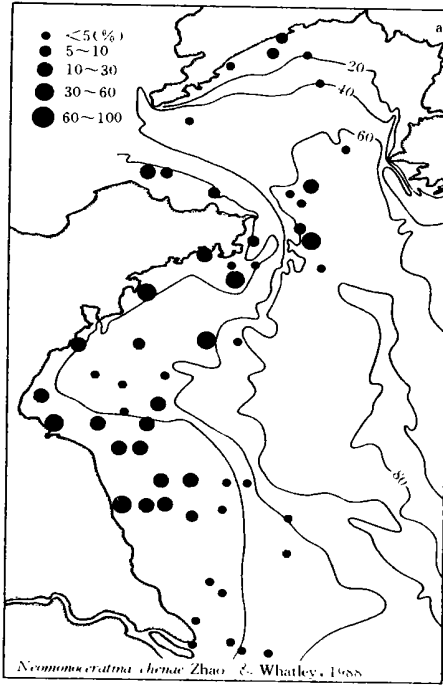


图7 一些代表种在黄海底质中的百分含量

表2 6个因子的Q型 Varimax 因子得分矩阵

属 种	总瓣数	因子得分					
		I	II	III	IV	V	VI
<i>Abrocythereis guangdongensis</i> Gou, 1983	20	-0.33	0.17	0.00	-0.23	-0.19	-0.25
<i>Acanthocythereis munechikai</i> Ishizaki, 1981	26	-0.41	0.27	-0.29	-0.33	-0.12	-0.11
<i>Acanthocythereis nitsuensis</i> Ishizaki, 1971	185	-0.36	0.63	-0.75	-0.55	0.28	4.12
<i>Acanthocythereis miyusumai</i> Ishizaki, 1971	225	0.59	-0.21	0.07	-0.11	-0.73	-0.37
<i>Albileberis sinensis</i> Hou, 1982	424	0.81	0.37	0.70	-0.70	1.56	-0.94
<i>Alocopocythere kendengensis</i> (Kingma, 1948)	126	0.19	0.13	0.15	-0.03	-0.03	-0.28
<i>Amphileberis gibbera</i> Guan, 1978	164	-0.56	0.62	-1.69	-0.80	0.01	-0.29
<i>Argilloecia</i> cf. <i>conoidea</i> Sars, 1928	13	-0.31	0.15	0.13	-0.20	-0.23	-0.24
<i>Argilloecia hanaii</i> Ishizaki, 1981	62	-0.45	0.42	-0.78	-0.52	-0.07	-0.14
<i>Aurila cymba</i> (Brady, 1869)	474	-0.27	0.21	1.43	7.19	0.11	0.00
<i>Australimoosella tomokoae</i> (Ishizaki, 1968)	70	0.11	0.15	0.45	-0.22	-0.24	-0.28
<i>Bicornucythere bisanensis</i> (Okubo, 1975)	1 556	7.23	0.38	1.21	-0.46	0.63	0.69
<i>Bradleya japonica</i> Benson, 1972	14	-0.36	0.20	-0.02	-0.26	-0.15	-0.15
<i>Buntonia hanaii</i> Yajima, 1978	77	-0.28	0.36	-0.43	-0.48	-0.02	0.66
<i>Bythocythere</i> sp.	8	-0.19	0.12	0.29	-0.17	-0.28	-0.22
<i>Bythoceratina orientalis</i> (Brady, 1869)	9	-0.19	0.12	0.28	-0.15	-0.28	-0.21
<i>Callistocythere multirugosa</i> Chen, 1982	59	-0.16	0.11	0.27	-0.04	-0.13	-0.25
<i>Callistocythere spectata</i> Chen, 1982	33	-0.03	0.14	0.34	-0.27	-0.25	-0.35
<i>Callistocythere</i> sp.	21	-0.07	0.13	0.35	-0.21	-0.32	-0.28
<i>Cluthia ishizakii</i> Zhao, 1988	45	-0.49	0.27	-0.67	-0.38	-0.13	-0.36
<i>Cornucoquimba tosaensis</i> (Ishizaki, 1968)	9	-0.31	0.12	0.27	-0.01	-0.20	-0.20
<i>Cushmanidea elongata</i> Gou, 1983	49	0.02	0.10	0.39	-0.29	-0.20	-0.40
<i>Cushmanidea subjaponica</i> Hanai, 1959	166	0.62	0.11	0.51	-0.38	-0.35	-0.38
<i>Cushmanidea triangulata</i> Hou, 1982	52	0.04	0.07	0.44	-0.29	-0.17	-0.30
<i>Cytheromorpha acupunctata</i> (Brady, 1880)	100	0.05	-0.13	0.34	0.03	-0.45	-0.28
<i>Cytheropteron miurense</i> Hanai, 1957	283	0.27	0.16	-0.55	0.98	-0.29	-0.42
<i>Cytheropteron sawanense</i> Hanai, 1957	203	-0.26	0.25	-0.95	-0.04	-0.07	0.50
<i>Cytheropteron subuchioi</i> Zhao, 1988	29	-0.02	0.14	0.24	-0.12	-0.35	-0.28
<i>Dolerocythere mukaihimis</i> Okubo, 1980	19	-0.29	0.03	0.26	-1.63	-0.27	-0.17
<i>Eucythere serrata</i> Zhao, 1988	20	-0.36	0.17	-0.14	-0.24	-0.22	-0.34
<i>Falsobuntonia taiwanica</i> Malz, 1982	13	-0.33	0.18	0.02	-0.20	-0.20	-0.01
<i>Finnmarchinella huanghaiensis</i> Zhao, 1984	141	-0.36	0.19	0.19	0.65	-0.04	0.93
<i>Hanaiborchella miurenensis</i> (Hanai, 1970)	45	0.06	0.11	0.27	-0.23	-0.36	-0.31
<i>Hemicytherura cuneata</i> Hanai, 1957	41	-0.28	0.16	0.22	0.37	-0.16	-0.22
<i>Hirsutocythere?hanaii</i> Ishizaki, 1981	42	-0.34	0.18	-0.26	-0.25	-0.24	-0.37
<i>Howeina camptocytheroidea</i> Hanai, 1957	381	-0.26	-0.15	0.64	0.05	-0.38	2.59
<i>Kobayashiina dongtaiensis</i> Zhao, 1988	123	-0.04	0.35	-0.73	-0.47	-0.28	-0.03
<i>Kriithe antisawanensis</i> Ishizaki, 1966	132	-0.81	0.72	-1.95	-0.91	0.22	-0.22
<i>Leptocythere ventriclivosa</i> Chen, 1982	84	0.04	-0.37	0.60	-0.36	-0.17	-0.44
<i>Loxococoncha hattorii</i> Ishizaki, 1971	77	-0.46	0.17	0.63	1.78	-0.19	-0.19
<i>Loxococoncha ocellata</i> Ho, 1982	105	-0.26	-0.60	0.49	-0.22	-0.16	-0.44
<i>Loxococoncha tarda</i> Guan, 1978	58	-0.27	-0.16	0.13	-0.15	-0.27	-0.19
<i>Loxococoncha</i> cf. <i>viva</i> Ishizaki, 1968	66	-0.30	0.17	0.46	0.98	-0.14	-0.17
<i>Microcythere</i> spp.	18	-0.29	0.16	0.12	-0.15	-0.23	-0.23
<i>Munseyella</i> spp.	1 522	2.00	-0.78	-6.83	2.02	-0.32	-0.04
<i>Neomonoceratina chenae</i> Zhao & Whatley, 1988	932	-0.92	0.39	-0.23	0.06	7.79	-0.11
<i>Neosinocythere elongata</i> (Hu, 1976)	126	0.11	0.09	0.28	0.17	-0.01	-0.32
<i>Nipponocythere bicarinata</i> (Brady, 1880)	109	-0.12	0.02	0.26	-0.14	0.09	-0.26
<i>Nipponocythere obesa</i> (Hu, 1978)	83	-0.20	0.26	-0.29	-0.35	-0.14	-0.37
<i>Pacamocythere reticulata</i> (Jiang & Wu, 1981)	68	-0.54	0.35	-0.92	-0.47	-0.03	0.09
<i>Paradoxostoma</i> sp.	13	-0.11	0.13	0.31	-0.19	-0.33	-0.23
<i>Paradoxostoma tabulata</i> Guan, 1978	3	-0.26	0.13	0.24	-0.17	-0.25	-0.20

续表

属 种	总瓣数	因子得分					
		I	II	III	IV	V	VI
<i>Perissocytheridea japonica</i> Ishizaki, 1968	48	-0.21	0.05	0.34	-0.20	0.01	-0.30
<i>Pistocythereis bradyformis</i> (Ishizaki, 1968)	583	2.03	-0.21	0.41	-0.02	0.72	-0.59
<i>Pistocythereis bradyi</i> (Ishizaki, 1968)	142	-0.41	0.01	0.04	-0.16	-0.12	0.32
<i>Pontocythere littoralis</i> Zhao, 1984	39	-0.16	0.03	0.36	-0.24	-0.19	-0.33
<i>Pontocythere spatiosus</i> Hou, 1982	93	0.08	0.09	0.46	-0.33	-0.24	-0.39
<i>Sahnia reticulata</i> Hou, 1982	14	-0.16	0.12	0.30	-0.19	-0.28	-0.23
<i>Sarsicytheridea bradii</i> (Norman, 1865)	234	-0.23	0.02	0.58	-0.05	-0.12	6.03
<i>Semicytherura</i> spp.	15	-0.21	0.12	0.26	-0.19	-0.26	-0.22
<i>Sinocythere dongtaiensis</i> Chen, 1982	78	0.05	0.12	0.29	-0.29	-0.26	-0.38
<i>Sinocythere sinensis</i> Hou, 1982	134	0.53	0.13	0.66	-0.54	-0.06	-0.54
<i>Sinocytheridea impressa</i> (Brady, 1869)	1 571	-0.24	-7.94	0.22	-0.32	0.44	0.19
<i>Spinocythere fragosa</i> Guan, 1978	36	-0.43	0.17	-0.43	-0.29	-0.22	-0.45
<i>Stigmatocythere roesmani</i> (Kingma, 1948)	175	-0.20	-0.01	-0.06	0.47	0.36	-0.27
<i>Saxainonythere chejudoensis</i> Ishizaki, 1981	15	-0.32	0.17	0.09	-0.21	-0.21	-0.08
<i>Tanella opima</i> Chen, 1982	141	-0.24	-0.56	0.39	-0.24	-0.17	-0.08
<i>Trachyleberis scabrocuneata</i> (Brady, 1880)	87	0.06	0.16	0.37	0.57	-0.34	-0.24
<i>Xiphichilus sinensis</i> Yang & Hou, 1982	10	-0.25	0.12	0.24	-0.18	-0.16	-0.21

“总瓣数”为从研究海区所获得的各属种的总瓣数。

3 黄海西部介形虫群的生物地理学特征

关于黄海的介形虫分布与海洋环境（水深、水温、盐度、底质等）的良好对应关系，以前的研究已有详述^[1,2]，本研究再次确认了这一点。需要强调的是，本研究是基于埋葬群的分布数据。淡水介形虫属种的壳体在渤海海峡两岸的出现表明，在黄海确实有残留沉积出露，致使现生介形虫群与介形虫化石群叠加。在将表层沉积中介形虫分布资料应用于古环境分析时应注意此种现象。

黄海受自北而来的低温沿岸流和自南而来的暖流影响，是许多海相生物分布的南限或北限。以往的研究在对中国近海整体的浅水现代介形虫分布进行总结时，已认识到很多暖水种和冷水种消失于黄海和东海之间，并将这个属种分布上的不连续对应于亚热带-暖温带界线^[10]。其实，黄海和东海介形虫群的不连续是以属种数之差为主体，其中伴随着暖、冷水种分布上的阻隔。这里利用本研究所获得的属种分布数据，对这两个海域进行再一次比较。

汪品先等对东海介形虫群进行了详细研究，系统描述了26°~34°N范围的180个站位中的82属178个种，并讨论了种群数量、分异度及属种组合分布与环境的关系^[11]。黄海和东海的研究范围在31°45'~34°N之间重合。为了便于比较，我们在这里以34°N为界，以南作为东海区，以北作为黄海区来讨论。以此为前提，本研究中分布于31°45'~34°N的27个站位被并入东海区内讨论。首先，两海域的种分异度表现出差异。东海各站位简单分异度S的平均值为15.2，而黄海为14.2，比东海略低；黄海的极大值29，也比东海的49要低得多。通过将两海域的种进行比较，这种差异更加明显：两海域共同出现的种有78种，仅在东海出现的种有113种；而仅在黄海出现的种只有7种，它们是 *Finmarchinella huanghaiensis*、*Howeina camptocytheroidea*、*Sarsicytheridea bradii*、*Acanthocythereis mutsuensis*、*Hemicytherura tricarinata* Hanai、*Spinile-*

beris rhomboidalis Chen、*Ambtonia* cf. *obai* (Ishizaki), 其中前3种是典型的冷水种, 它们仅分布于受黄海暖流影响最弱的渤海海峡附近、山东半岛东方沿岸和海州湾。东海、黄海间的这种差异在以往的研究^[2]中已注意到, 并且发现黄海的一些喜冷属种即使在东海现代无生存, 但在东海海底更新世沉积中出现, 因此认为黄海的有孔虫、介形虫群皆源自东海。如此看来, 分异度的差异可能是由以下3个因素叠加而造成: 其一是黄海较东海面积小, 能够容纳的属种数也少; 其二是黄海缺乏水深超过100m的水域, 阻隔了一些深水种的侵入; 其三是由于黄海水温较低。

参考汪品先等编绘的东海各主要种百分含量分布趋势图^[11], 我们发现许多暖水种当接近或到达黄海南部时, 丰度渐次变低, 最终完全消失。这类种包括: *Abrocythereis guangdongensis* Gou, *Actinocythereis kisarazuensis* Yajima, *Cathetocytheretta apta* Guan, *Cytherelloidea senkakuensis* Nohara, *Neocytheretta snellii* (Kingma), *Paijenborchella iocosa* Kingma, *Semicytherura minaminipponica* Ishizaki, *Cytherelloidea yingliensis* Guan 等, 其中前7种在日本太平洋沿岸仅分布于亚热带或热带-亚热带^[12] (后1种在日本沿岸无分布)。这再次证实了以往的研究^[10], 即把中国近海陆架介形虫群的亚热带-暖温带界线定在东海和黄海之间是合理的。

有趣的是, 黄海冷水团并未能构成一个有力的屏障来阻止暖水种的北上。例如 *Abrocythereis guangdongensis*、*Pacambocythere reticulata* 及 *Paijenborchella iocosa* 在日本太平洋沿岸仅分布于亚热带和热带^[12], 是典型的暖水种, 而在黄海它们却越过黄海海盆后北上至山东半岛东面。这与一些冷水种 (*Finmarchinella huanghaiensis*、*Howeina camptocytheroidea*、*Sarsicytheridea bradii* 等) 仅分布于成山角以北的现象相对应, 并且说明黄海-东海间属种替换的梯度比以往所认为的要平缓。

同济大学海洋地质开放实验室葛知潘博士就数理分析问题多次赐教于笔者, 特此致谢。

参考文献

- 1 汪品先等. 海洋微体古生物论文集. 北京: 海洋出版社, 1980, 61~83
- 2 汪品先等. 海洋微体古生物论文集. 北京: 海洋出版社, 1980, 84~100
- 3 赵泉鸿. 东海、黄海海岸带现代介形虫. 海洋地质与第四纪地质, 1985, 4 (1): 45~57
- 4 李全兴等. 渤海、黄海、东海海洋图集: 地质、地球物理分册. 北京: 海洋出版社, 1990, 1~82
- 5 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理·海洋地理. 北京: 科学出版社, 1979, 91~158
- 6 乐肯堂. 冬季黄海暖流水的起源. 海洋学报, 1992, 14(2): 9~19
- 7 汪品先等. 海洋微体古生物论文集. 北京: 海洋出版社, 1980, 101~111
- 8 任美镔等. 江苏省海岸带和海涂资源综合调查. 北京: 海洋出版社, 1986, 122~134
- 9 Gao J. An analysis of the ostracod groups and the ecological environment in the Bohai Sea. Collected Oceanic Works, 1991, 14(1): 103~121
- 10 Zhao Q and P Wang. Distribution of modern Ostracoda in the shelf seas off China. In: Evolutionary Biology of Ostracoda, its Fundamentals and Applications (T Hanai, N Ikeya & K Ishizaki, eds.), Tokyo: Kodansha & Elsevier, 1988, 805~821
- 11 汪品先, 章纪军, 赵泉鸿等. 东海海底质中的有孔虫和介形虫. 北京: 海洋出版社, 1988, 181~280
- 12 Zhou B. Ostracode fauna in the Pacific off Southwest Japan. Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. & Mineral., 1995, 57(2): 21~98