

渤海湾中北部表层沉积硅藻分布及环境指示意义

商志文 田立柱 王 宏 李建芬

(中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170)

摘要: 发现渤海湾中北部表层沉积硅藻 21 属 37 种, 确定了 *Cyclotella striata/stylorum*, *Paralia sulcata* 和 *Coscinodiscus perforatus* 等 9 个优势种的地理分布; 进而根据聚类分析, 将研究区表层沉积硅藻划分为 6 个组合区。讨论了控制它们分布的环境因素, 发现盐度与深度是重要控制因素, 沉积物底质类型亦对硅藻的分布有一定的影响。

关键词: 硅藻; 表层沉积物; 环境因素; 渤海湾中北部

中图分类号: TE121.3⁺¹ **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2012)04-1099-09

生物对于环境变化具有很高的灵敏度, 它们能够反映所依存的环境特征。硅藻遗壳为海洋沉积物中的重要组成部分。对沉积物中硅藻的研究, 可为识别沉积环境、沉积相、古地理、古气候以及地层划分提供重要的依据。

破译海洋表层沉积硅藻的地理分布及其与沉积环境的关系, 是以硅藻研究结果解释地质过程的理论基础, 更是重建古环境的关键。目前, 虽有众多学者研究了常见硅藻种类的生态、地理分布及其与沉积环境之间的关系^[1-5], 但不同地区表层沉积硅藻的分布规律、硅藻组合特征及与沉积环境之间的关系, 乃至控制其分布特征的主要因素均不尽相同。因此, 在利用化石硅藻恢复古环境之前, 必须首先研究所在地区的表层沉积硅藻分布规律及其与沉积环境之间的关系。

近年来, 众多学者探讨了东海^[6-8]、黄海^[7,9]、南海^[5,10-13]、珠江口^[14]和台湾海峡^[15]等地区表层沉积物硅藻的地理分布及其与沉积环境之间的关系。渤海表层沉积硅藻的研究较少^[16-18], 至于渤海湾表层沉积硅藻的地理分布及其与沉积环境关系的研究仅零星涉及水深 > 10 m 区域^[16,17]。渤海湾潮间带及毗邻浅海

区表层沉积硅藻的系统研究, 刚刚开始^[18]。

本文分析了采自渤海湾中北部(天津市海域内)潮间带和浅海区 80 个站位的表层沉积物的硅藻, 发现了优势种的地理分布, 进行了组合划分, 并探讨了硅藻分布与环境因素之间的关系。

1 材料与方法

在南部子牙新河至北部涧河之间的渤海湾中北部潮间带和浅海区, 共布设了 9 条垂直现代岸线的取样剖面, 每条剖面从陆向海包括潮间带上、中、下部至海底 10 m 等深线处, 设有 6~12 个站位, 利用挖泥斗共采集样品 80 个(图 1)。每个站位均进行 GPS 定位, 采集时间为 2005-2008 年。

硅藻样品按照常规方法处理^[19], 过程依次为: 30% 双氧水去除有机质、10% 盐酸去除钙质、密度为 2.38 g/cm³ 的 ZnBr₂ 重液浮选两次、加拿大树胶封片。制成玻片后, 在双目镜下进行属种鉴定。

2 结果

共发现硅藻 21 属 37 种。除个别站位硅藻稀少外, 大部分站位硅藻属种丰富。研究区表层沉积硅藻

收稿日期: 2011-11-24; 改回日期: 2012-04-20

基金项目: 国家海洋局“908”专项“天津市海岸带调查”(908-02)和中国地质调查局项目“环渤海地区重点地段环境地质调查及脆弱性评价”(1212010540501)资助。

作者简介: 商志文, 女, 1981 年生, 博士, 助理研究员, 从事海岸带近现代地质环境变化与微体古生物研究; E-mail: shangzhiwen1007@126.com。

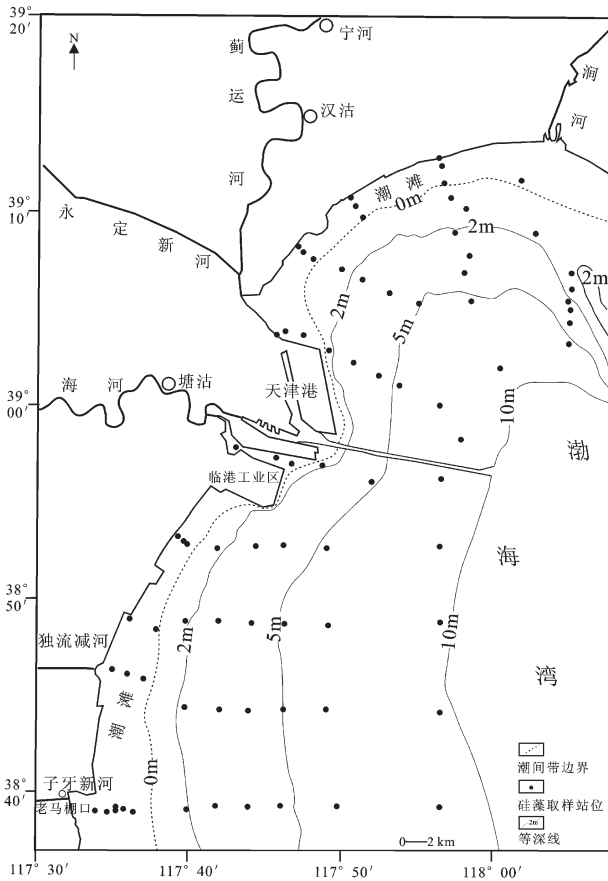


图1 渤海湾中北部表层沉积硅藻取样站位图
(注:海底等深线据2006—2008年实测值绘制)

Fig.1 Location map of the surficial sampling stations for diatom analysis in north-central Bohai Bay

以潮间带、近岸浅海底栖种和半浮游种为主,含一定量的浅海浮游种类。主要优势种为 *Cyclotella striata* (Kuetz.) Grunow/*stylorum* Brightwell (条纹/柱状小环藻), *Paralia sulcata* (Ehr.) Cleve (具槽直链藻), *Actinoptychus undulatus* (Bailey) Ralfs (波状辐衲藻), *Coscinodiscus argus* Ehrenberg (蛇目圆筛藻), *Coscinodiscus oculatus* (Fauv.) Petit (小眼圆筛藻), *Coscinodiscus perforatus* Ehrenberg (孔圆筛藻), *Coscinodiscus radiatus* Ehrenberg (辐射列圆筛藻), *Coscinodiscus decrescens* Grunow (减小圆筛藻), *Coscinodiscus subconcaus* Grunow (微凹圆筛藻), *Surirella armoricana* H. Peragallo (盔甲双菱藻), *Amphora ovalis* Kützing (卵形双眉藻), *Thalassiosira excentrica* (Ehr.) Cleve (离心列海链藻) 及 *Achnanthes delicatula* Kützing。优势种在每个站位的累计百分含量均达到79%~100%,代表了研究区潮间带和水深>

10 m 浅海区表层沉积硅藻的组成特征。

2.1 优势硅藻种的地理分布

前人已对海洋硅藻的生态做过研究^[1,2,4]。但是,由于研究区不同,对某些种生态属性的认识难以统一。渤海湾为半封闭海湾,其海洋水文条件及陆源物质供应的丰富程度均与开阔大洋不同。因此,有必要对渤海湾硅藻优势种的地理分布进行深入的再研究。有鉴于此,本文首先研究了一些重要硅藻种类在渤海湾中北部表层沉积物中的分布特征,进而探讨它们的沉积环境。

I. 条纹/柱状小环藻 (*Cyclotella striata/stylorum*)

这2个种为半咸水、广温种,在中国4大海区均广泛分布,主要存在于滨岸—潮间带地区,含量高达30%以上,最长达80%。自岸向海数量减少,水深>30 m 的海区,数量一般>15%^[3],为潮间带沿岸底栖种类。

这2个种在研究区广泛分布,除高沙岭地区3个站位含量低于5%外,其余站位的含量为12.8%~77.3%,为第一优势硅藻种。总体分布趋势是潮间带含量高于浅海区含量,且随着水深的增加,含量递减;海河以北的含量略低于海河以南(图2)。

II. 具槽直链藻 (*Paralia sulcata*)

该种为半浮游种,是中国表层沉积物中分布最广泛的种类之一,从岸线到浅海,数量逐渐增加,而从浅海到深海区或海槽,含量则逐渐减少,水深50~100 m 最适合其生长^[3],为典型的浅海种。

该种在渤海湾中北部表层沉积物中含量为0%~23%,主要分布在潮间带以下的浅海区,且从永定新河至海河口海域的含量较其两侧海域低。总体上从岸线到浅海,随着水深的增加,呈现数量逐渐增多的趋势(图2)。

III. 孔圆筛藻 (*Coscinodiscus perforatus*)

C. perforatus 为沿岸底栖种,在研究区表层沉积物中的含量总体呈从潮间带至浅海区递减的趋势(图2)。详细研究所揭示的细微差别显示,海河以北的潮间带至约2 m 等深线处该种含量最高,达到10%以上;约2 m 等深线以外含量明显减少,一般低于10%。但是,该种在海河至永定新河段可分布于水深稍大的浅海区。

IV. 减小圆筛藻 (*Coscinodiscus decrescens*)

该种为底栖种,在福建厦门的潮间带和东海大陆架表层沉积物中均被采到^[4]。该种在渤海湾中北

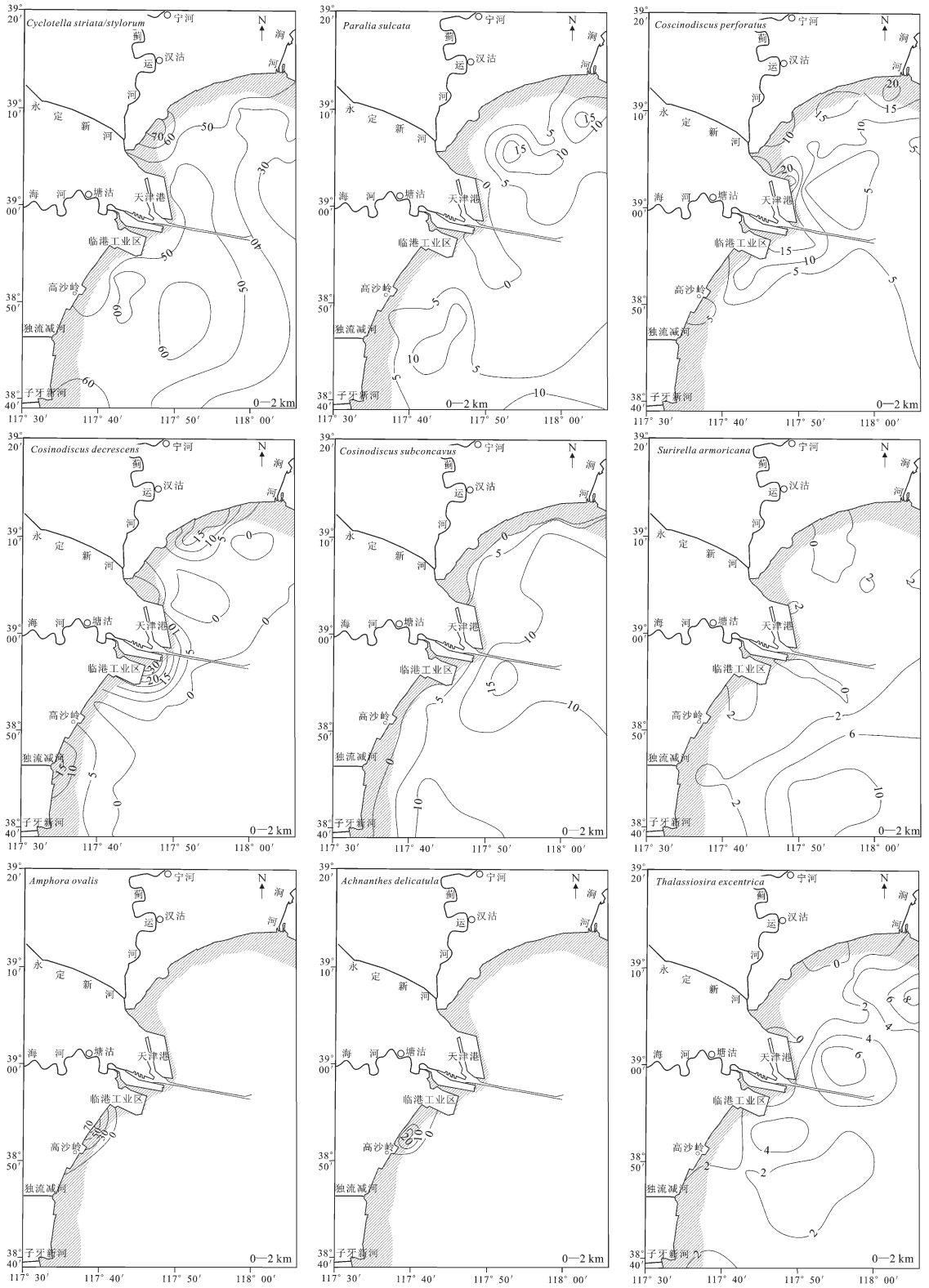


图 2 渤海湾中北部表层沉积硅藻优势种百分含量等值线图

Fig.2 Percentage contour diagram of the dominant diatom species from the surficial sediments in north-central Bohai Bay

部表层沉积物中主要见于潮间带地区, 含量为 2%~40%, 浅海区数量较少(图 2)。

V. 微凹圆筛藻(*Coscinodiscus subconcaus*)

该种为广温海水种, 分布在渤海沿岸 20 m 以浅水域^[16]。主要见于研究区的浅海区, 潮间带含量较少。随着水深加大, 含量逐渐增多, 为近岸浅海环境底栖种(图 2)。

VI. 盔甲双菱藻(*Surirella armoricana*)

该种为底栖种, 主要分布在研究区的浅海区。约以 6 m 等深线为界, 以浅海区含量小于 6%, 以深海区含量大于 6%。随着水深加大, 含量逐渐升高, 达到 11.7%(图 2), 为研究区浅海环境典型种。

VII 和 VIII. 卵形双眉藻 (*Amphora ovalis*) 和 *Achnanthes delicatula*

该 2 种均为淡水底栖种, 但也偶尔出现在海水环境中。此时则为砂质潮间带指示种, 主要附着物为砂^[20]。在研究区表层沉积物中, 它们仅分布在高沙岭以北至临港工业区以南的砂质潮间带, 二者的含量之和达到 60%以上, 可作为研究区砂质潮间带的指

示种(图 2)。

IX. 偏心海链藻(*Thalassiosira excentrica*)

广泛分布在渤海湾中北部浅海区, 但含量较低, 一般仅为 0~6%, 个别站位达 9.9%。海河以北的含量略高于海河以南, 为典型的浅海广布性浮游种(图 2)。

2.2 渤海湾中北部表层沉积硅藻组合

本文采用 Q 型聚类分析方法对渤海湾中北部表层沉积硅藻进行了组合划分。处理数据时, 剔除了那些含量少、分异度低的种以及硅藻含量相对较少的站位。最后, 选取了 68 个站位的 9 种硅藻进行聚类分析(图 3)。*C. argus*, *C. radiatus*, *C. oculatus* 和 *C. striata/stylorum* 因分异度低而未参与聚类, 仅在图 3 的组合成分中予以表示。结合优势种和一些常见种的生态特征和分布特点, 将研究区划分为 6 个硅藻组合区(图 3~4)。

硅藻组合 I 区

以 *Cyclotella striata/stylorum* -*Coscinodiscus decrescens*-*Coscinodiscus perforatus* 为主的组合区, 主要分布在渤海湾中北部泥质为主的潮间带(图 4)。潮

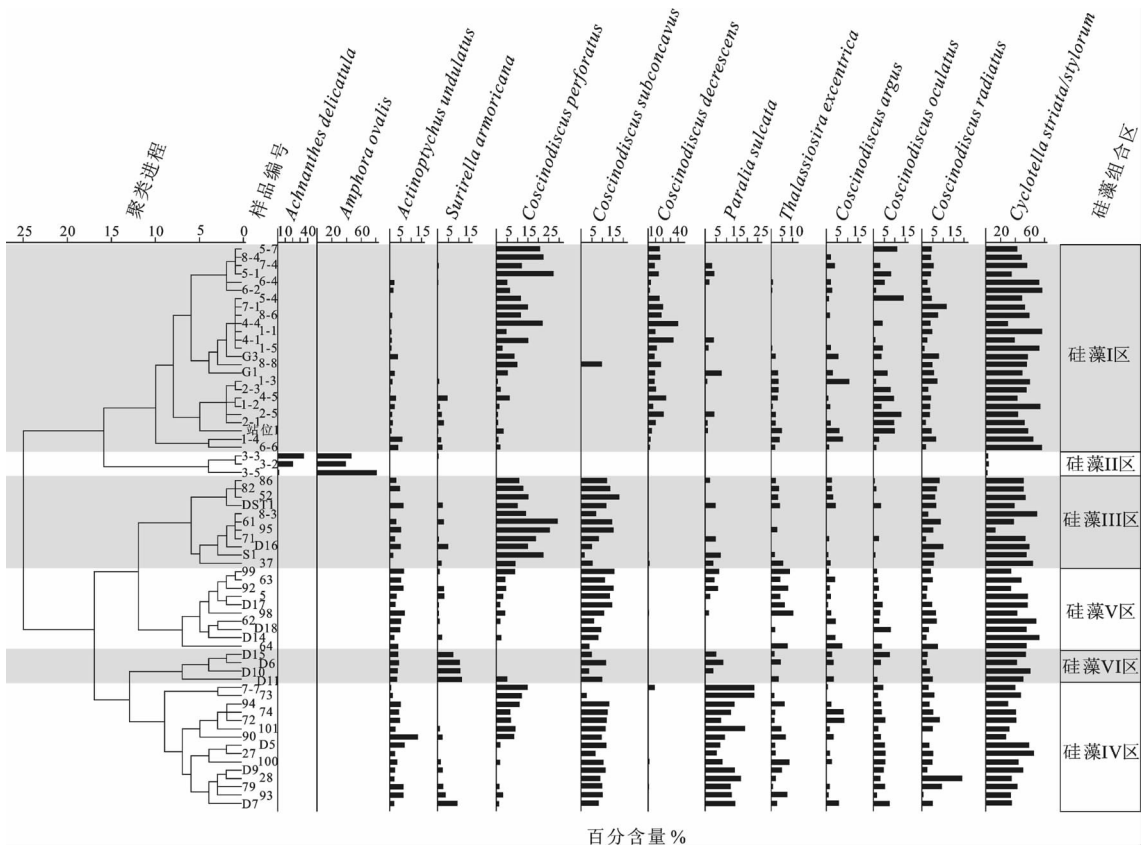


图 3 渤海湾中北部表层样品硅藻聚类分析与主要属种组成

Fig.3 Main species composition and cluster analytical result of the diatoms extracted from the surficial sediments in north-central Bohai Bay

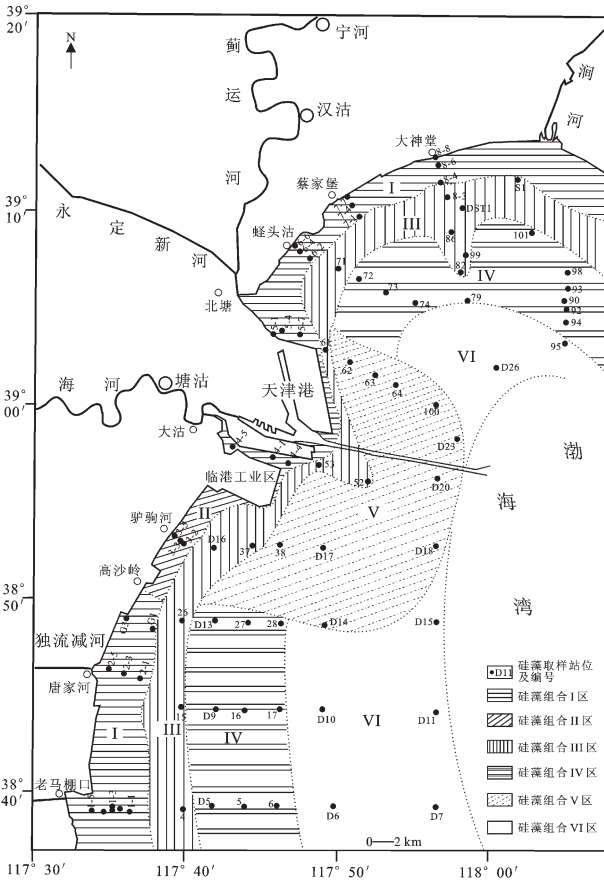


图 4 渤海湾中北部表层沉积硅藻组合分区

Fig.4 Distribution map showing various diatom assemblages extracted from the surficial sediments in north-central Bohai Bay

间带种和沿岸底栖种类占绝对优势, 主要为 *C. striata/stylorum*, *C. decrescens*, *C. perforatus*, *Diploneis. bombus*, *D. smithii*, *Grammatophora oceanic* 和 *Actinoptychus undulatus* 等。其中, 优势种 *C. striata/stylorum* 的含量为 30%~77.3%, 平均含量为 56%; *C. decrescens* 的平均含量为 13%, 最高达 40%; *C. perforatus* 的平均含量为 8.9%。另外, 含一定量的浅海半浮游或浮游种, 如 *P. sulcata*, *C. argus*, *C. radiatus*, *C. oculatus* 和 *T. excentrica*。

硅藻组合 II 区

以 *Amphora ovalis*-*Achnanthes delicatula* 为主的组合区, 分布在研究区砂质为主的潮间带, 为一特殊的硅藻组合区 (图 4)。其中, 优势种 *A. ovalis* 和 *A. delicatula* 的主要附着物为砂, 是海水砂环境指示种, 组合中二者的含量之和达到 60%以上, 另含有少量的 *C. striata/stylorum*, *Nitzschia spp.* 和 *S. armoricana* 等。

硅藻组合 III 区

以 *Cyclotella striata/stylorum*-*Coscinodiscus perforatus*-*Coscinodiscus subconcaus* 为主的组合区, 主要分布于研究区低潮线至大致 2 m 等深线海区 (图 4)。潮间带种和沿岸底栖种仍占优势, 但与组合 I 相比, 属种组成和优势种的含量略有变化, 潮间带种含量降低, 沿岸底栖种含量增加。其中 *C. striata/stylorum* 的平均含量降低为 50%; *C. perforatus* 的平均含量升高为 16.6%; *C. subconcaus* 主要分布在研究区浅海区, 成为组合中新的优势种, 平均含量为 10.3%。

硅藻组合 IV 区

以 *Cyclotella striata/stylorum* -*Paralia sulcata* -*Coscinodiscus subconcaus* 为主的组合区, 主要分布在高沙岭以南和永定新河以北 2~5 m 水深的浅海区 (图 4)。潮间带种和沿岸底栖种为主, 浅海半浮游种和浮游种为辅。与 III 带相比, 潮间带种和沿岸底栖种含量降低, 其中, *C. striata/stylorum* 的平均含量继续降低为 42%; *C. perforatus* 的含量降低为 5%; 浅海半浮游种 *P. sulcata* 成为组合中的优势种, 平均含量为 13.2%, 最高含量达 23.4%; *C. subconcaus* 平均含量为 10%。

硅藻组合 V 区

以 *Cyclotella striata/stylorum* -*Coscinodiscus subconcaus*-*Actinoptychus undulatus* 为主的组合区, 主要分布在高沙岭以北至永定新河以南 2~10 m 水深的浅海区 (图 4)。以潮间带种和沿岸底栖种为主, 浅海半浮游种和浮游种为辅。与 IV 带相比, 该带潮间带和沿岸底栖种含量增加, 如 *C. striata/stylorum*; 浅海半浮游种和浮游种含量降低, 如 *P. sulcata*, *C. oculatus* 和 *C. radiatus*。硅藻属种组成与水深的关系不明显, 表现为受河流影响的硅藻组合区。

硅藻组合 VI 区

以 *Cyclotella striata/stylorum* -*Surirella armoricana* -*Coscinodiscus subconcaus* 为主的组合区, 主要分布于高沙岭以南和永定新河以北 5~10 m 水深的浅海区 (图 4)。其中, *C. striata/stylorum* 的平均含量为 45%, *C. perforatus* 几乎消失; *S. armoricana* 成为优势种, 平均含量为 10%, 最高含量达 23.4%; *C. subconcaus* 平均含量为 7.6%。

3 影响表层沉积硅藻分布的环境因素

不同环境中生活的硅藻种类及其生活方式不同, 即使均为海洋生活的硅藻, 也可因微环境的改

变,而使其组合面貌迥然不同,其中,主要的环境因子包括深度、盐度、温度、光照和海流等。前人通过对中国近海表层沉积硅藻分布规律的研究发现,不仅由于环境不同,硅藻组合的种类成分可以完全不同,而且不同海区控制硅藻组合分布的主要环境因素并不一样^[10,16]。

3.1 表层沉积硅藻分布与深度的关系

通过对渤海湾表层沉积物的硅藻研究,发现有以下规律性:

(1) 优势种中, 潮间带种 *C. striata/stylorum*, *G. Oceanic* 和沿岸底栖种 *C. perforatus* 和 *C. decrescens* 在沿岸潮间带地区含量最高,随着深度的增加,它们在组合中的百分含量逐渐减少(图 2)。

(2) 相反,随着深度的增加,浅海性的 *P. sulcata*, *A. undulates*, *S. armoricana*, *C. subconcaus* 和 *T. excentrica* 的比例逐渐增加(图 2)。

(3) 硅藻组合与研究区等深线图(图 1)的对比显示,二者基本吻合,呈现潮间带、低潮线~2 m 等深线、2~5 m 等深线和 5~10 m 等深线的分区面貌。并且随着水深的增加,组合中沿岸潮间带种比例逐渐降低、浅海性种比例逐渐升高。

深度是影响硅藻组合及其分布的重要因素之一。但影响硅藻分布的环境因素相当复杂,各因素之间既相互联系又相互制约,如硅藻组合 V 区的分布水深与 IV、VI 区一致,但属种成分却存在差别。因此,在用硅藻组合推断古水深、进而解释海面变化时,需要同时注意其他条件,如河口的影响等。

3.2 表层沉积硅藻分布与盐度的关系

盐度是决定硅藻分布的另一个重要因素。不同种类对盐度范围的适应不同,据此将硅藻划分为淡水、半咸水和海水三类。研究区表层海水盐度为 27.21‰~32.37‰,平均值为 31.46‰;底层海水盐度为 29.63‰~32.46‰,平均值为 31.48‰。整个海区盐度水平分布和垂直分布较均匀,表底层盐度基本一致^①。据文献^①原始数据编绘的底层海水盐度分布图显示(图 5),受沿岸河流和夏季降雨量的影响,在永定新河河口附近出现低盐区,最低盐度值 27.21‰。

渤海湾中北部表层沉积硅藻的分布,与研究区盐度的分布规律基本一致(图 5)。从潮间带至浅海区,随盐度升高,组合中半咸水种比例逐渐降低,咸

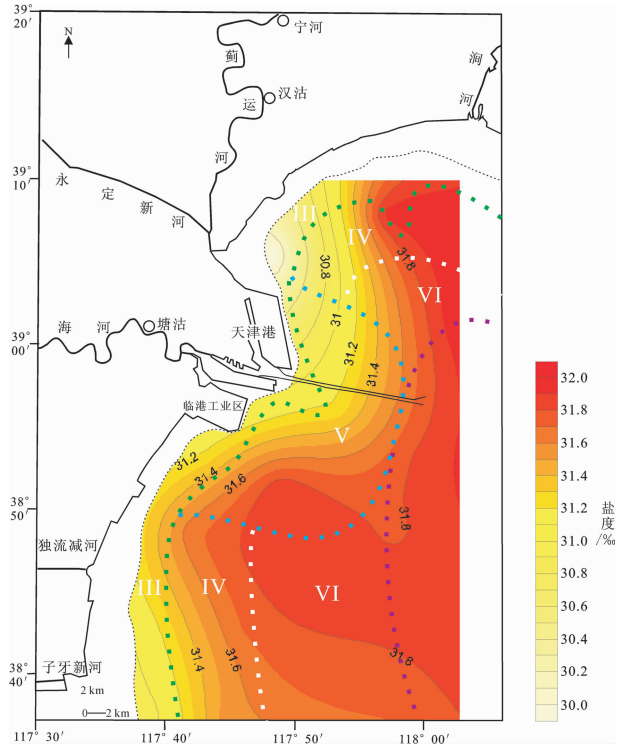


图 5 渤海湾中北部浅海区表层沉积硅藻组合分区与平均盐度分布示意图

盐度原始数据据文献^①,图中的粗点线为硅藻组合分区界线

Fig.5 diatom assemblages and average salinities in north-central Bohai Bay

水种比例逐渐升高。潮间带(I区)半咸水种的比例为 61.7%,硅藻 III 区(水深 0~2 m)半咸水种的比例为 60.5%,硅藻 IV 区(水深 2~5 m)逐渐降低为 53.7%,硅藻 VI 区(水深 5~10 m)最低为 50.1%。硅藻 V 区,分布在高沙岭以北至永定新河以南 2~10 m 等深线的浅海区,半咸水种的比例为 59.3%,较相邻 IV 和 VI 区要高,潮间带和沿岸底栖种的含量也高(如 *C. stylorum/striata*),浅海半浮游和浮游种的含量相对较低(如 *P. sulcata*, *C. oculus*),这与永定新河河口附近的低盐环境有关。

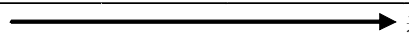
3.3 表层沉积硅藻分布与底质沉积物类型的关系

底质沉积物的类型直接影响着硅藻的种类和数量。粗粒级的沉积物,沉积速率快,孔隙大,易于氧化,硅藻难于保存。细粒悬浮物,沉积速率慢,往往形成良好的还原环境,硅藻易于保存。

研究区除高沙岭至临港工业区一带的潮间带底

①徐辉奋,姜波,武贺.我国近海海洋综合调查与评价(908专项):天津市908专项物理海洋调查报告,2008.

表 1 研究区表层沉积硅藻组合与底质沉积物粒径分布特征的对比
Table 1 Comparison between the diatom assemblages of the surficial sediments and the grain size distribution in the study sea

表层硅藻组合分区	I	II	III	IV	V	VI
离岸距离	近  远					
环境特征(水深)	潮间带	潮间带	浅海 (0~2 m)	浅海 (~2~5 m)	浅海 (~2~10 m)	浅海 (~5~10 m)
平均粒径平均值/mm	0.0146	0.100	0.0124	0.0204	0.0231	0.0076
砂含量平均值/%	16.26	90.03	15.36	21.87	19.42	3.30
粉砂含量平均值/%	59.99	8.51	60.95	55.77	58.41	68.92

质沉积物组成为粗粒砂质外(硅藻组合 II 区),其余均为细颗粒沉积物,以粘土质粉砂为主(硅藻组合 I、III、IV、V 和 VI 区)。

渤海湾中北部表层沉积硅藻的分布特征是:除 V 区受河口环境影响外,其余各硅藻组合分区在平面上几乎与现代岸线呈平行状态分布于研究区的潮间带及浅海区(图 4)。

硅藻组合分区与沉积物类型分布对比显示(表 1):(1)组合 II 区分布在研究区潮间带唯一的砂质地段,硅藻属种组成与其余各区明显不同,属种单一,优势种为 *A. ovalis* 和 *A. delicatula*,它们的主要附着物为砂,是海水砂质潮间带指示种,在砂质潮间带的大量出现,与底质沉积物的砂质组成有关。(2)尽管 VI 区表层沉积物中的砂含量低(约 3%)、粉砂略高(约 69%)(表 1),但该区与 I、III、IV 和 V 区从沉积学的角度,均属于粘土质粉砂,只是粘土、粉砂含量偏高。此种与 I、III、IV 和 V 区的差别,是同在形成“粘土质粉砂”水动力条件下的次要差异。估计 VI 区硅藻组合的特殊性主要是因为该区远离岸线、水更深(5~10 m)、盐度更高的缘故。相反,I、III、IV、V 和 VI 区硅藻组合与底质沉积物类型的关系不密切。

4 结论

(1)渤海湾中北部表层沉积物中共发现硅藻 21 属 37 种,以潮间带、近岸浅海底栖种和半浮游种为主,含一定量的浅海浮游种类。优势种的平面分布特点显示从潮间带至浅海区,潮间带种与沿岸底栖种的含量逐渐降低,海河口至永定新河口海区较其南北两侧海区的含量高。浅海种的分布则与上述两种趋势,均呈相反的变化规律。

(2)本区的表层沉积硅藻划分为 6 个区:硅藻组合 I 区 (*Cyclotella striata/stylorum* - *Coscinodiscus*

decrezensis-*Coscinodiscus perforatus*)主要分布在渤海湾中北部泥质为主的潮间带区;硅藻组合 II 区 (*Amphora ovalis*-*Achnanthes delicatula*)分布在砂质为主的潮间带区;硅藻组合 III 区 (*Cyclotella striata/stylorum* - *Coscinodiscus perforatus*-*Coscinodiscus subconcaus*)主要分布于研究区低潮线至大致 2 m 水深的浅海区;硅藻组合 IV 区 (*Cyclotella striata/stylorum*-*Paralia sulcata* - *Coscinodiscus subconcaus*)主要分布在高沙岭以南和永定新河以北 2~5 m 水深的浅海区;硅藻组合 V 区 (*Cyclotella striata/stylorum* - *Coscinodiscus subconcaus* - *Actinoptychus undulatus*)主要分布在研究区高沙岭以北至永定新河以南 2~10 m 水深的浅海区;硅藻组合 VI 区 (*Cyclotella striata/stylorum*-*Surirella armoricana* - *Coscinodiscus subconcaus*)主要发现于高沙岭以南和永定新河以北 5~10 m 水深的浅海区。

(3)控制渤海湾中北部表层沉积硅藻分布的环境因素主要是深度和盐度。另外,底质沉积物的类型对沉积硅藻的分布亦有一定影响。

致谢:裴艳东、王福和范昌福等采集样品,硅藻鉴定主要在德国奥尔登堡大学海陆研究所完成并得到 Holger Freund 博士的指导,华东师范大学李冬玲提出修改意见,一并致谢。

参考文献 (References):

- 金德祥,程兆第,林均民,等.中国海洋底栖硅藻类(上)[M].北京:海洋出版社,1982:1-323.
Jin Dexiang, Cheng Zhaodi, Lin Junmin, et al. Diatom of China Sea (I) [M]. Beijing: Marine Press, 1982:1-323(in Chinese).
- 金德祥,程兆第,刘师成,等.中国海洋底栖硅藻类(下)[M].北京:海洋出版社,1991:1-437.
Jin Dexiang, Cheng Zhaodi, Liu Shicheng, et al. Diatom of China Sea (II) [M]. Beijing: Marine Press, 1991, 1-437(in Chinese).
- 蒋辉.我国某些常见化石硅藻的环境分析[J].植物学报,1987,29

- (4):440-448.
 Jiang Hui. Environment analysis of the common fossil diatoms from the sediments of the China sea [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1987, 29 (4):440-448 (in Chinese with English abstract).
- [4] 郭玉洁. 中国海藻志, 第五卷 硅藻门, 第一册 中心纲 [M]. 北京: 科学出版社, 2003:1-493.
 Guo Yujie. *Flora Algarum Marinarum Sinicarum*, Tomus V Bacillariophyta, NO.1 Centricae [M]. Beijing: Science Press, 2003: 1-493(in Chinese).
- [5] 冉利华, 蒋辉. 南海某些表层沉积硅藻的分布及其古环境意义 [J]. *微体古生物学报*, 2005, 22(1):97-106.
 Ran Lihua, Jiang Hui. Distributions of the surface sediment diatoms from the South China Sea and their palaeoceanographic significance [J]. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 2005, 22 (1):97-106 (in Chinese with English abstract).
- [6] 金德祥, 程兆第, 林均民, 等. 东海表层沉积硅藻 [J]. *海洋学报*, 1980, 2(1):97-108.
 Jin Dexiang, Cheng Zhaodi, Lin Junmin, et al. Diatoms from the surface sediments of the East China Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1980, 2(1):97-108(in Chinese with English abstract).
- [7] 刘师成, 金德祥, 蓝东兆. 南黄海及东海近岸海区表层沉积硅藻 [J]. *海洋学报*, 1984, 5 (增刊):927-945.
 Liu Shicheng, Jin Dexiang, Lan Dongzhao. Diatoms of the surficial sediments in the coastal and neritic sea of the south Yellow Sea and East China Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1984, 5 (supp.): 927-945(in Chinese with English abstract).
- [8] 王开发, 蒋辉, 支崇远, 等. 东海表层沉积硅藻组合与环境关系研究 [J]. *微体古生物学报*, 2001, 18(4): 379-384.
 Wang Kaifa, Jiang Hui, Zhi Chongyuan, et al. Study on the relationship between diatom assemblage in surface sediments and the environment in the East China Sea [J]. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 2001, 18(4): 379-384(in Chinese with English abstract).
- [9] 王开发, 蒋辉, 张玉兰, 等. 黄海表层沉积物中的硅藻分布与环境关系探讨 [J]. *海洋与湖沼*, 1985, 16(5):400-407.
 Wang Kaifa, Jiang Hui, Zhang Yulan, et al. Environmental discussion on distribution of the diatom in the surface sediments on the Huanghai Sea [J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1985, 16 (5):400-407 (in Chinese with English abstract).
- [10] 王开发, 蒋辉, 冯文科. 南海北部表层沉积硅藻及其与环境关系 [J]. *热带海洋*, 1988, 7(3):19-25.
 Wang Kaifa, Jiang Hui, Feng Wenke. Diatom assemblages from surface sediments in the northern south China sea and their relation with the environments [J]. *Tropic Oceanology*, 1988, 7(3):19-25 (in Chinese with English abstract).
- [11] 余家桢, 张子安. 南海中北部沉积硅藻分布的特征与环境的关 系 [J]. *暨南大学学报*, 1989, (1):60-68.
 Yu Jiazhen, Zhang Zi-an. The relationship between diatom distribution in the sediment and the environmental factors in the central and northern parts of the South China Sea [J]. *Journal of Jinan University*, 1989, (1):60-68 (in Chinese with English abstract).
- [12] 陆钧. 南海深海表层沉积中的硅藻组合及其环境特征 [J]. *热带海洋*, 1999, 18(1):16-22.
 Lu Jun. Diatom distribution in surface sediments in the deep-sea area of the South China Sea [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1999, 18(1):16-22(in Chinese with English abstract).
- [13] 陆钧. 南海深海表层沉积硅藻的分布 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2001, 21(2):27-30.
 Lu Jun. Diatom distribution in surface sediments in the deep-sea area of the South China Sea [J]. *Marine Gology & Quaternary Geology*, 2001, 21(2):27-30(in Chinese with English abstract).
- [14] 余家桢. 珠江口外表层沉积物中的硅藻分布特征 [J]. *热带海洋*, 1986, 5(4):26-34.
 Yu Jianzhen. The distribution of diatom in surface sediments off the pearl river mouth [J]. *Tropic Oceanology*, 1986, 5(4):26-34(in Chinese with English abstract).
- [15] 支崇远, 王开发, 兰东兆, 等. 台湾海峡表层沉积硅藻栖性生态类型及其分布 [J]. *同济大学学报*, 2005, 33(7):971-975.
 Zhi Chongyuan, Wang Kaifa, Lan Zhaodi, et al. Diatom ecotype of habitation and their distribution in the surface sediments around Xiamen island and in Taiwan straits [J]. *Journal of Tongji University*, 2005, 33(7):971-975(in Chinese with English abstract).
- [16] 蒋辉. 中国近海表层沉积硅藻 [J]. *海洋学报*, 1987, 9 (6):735-743.
 Jiang Hui. Diatoms of the surface sediments in the neritic seas of China [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1987, 9 (6):735-743 (in Chinese with English abstract).
- [17] 程广芬, 曹玉强. 渤海中、南部表层沉积硅藻的定量分析 [J]. *青岛海洋大学学报*, 1991, 21(4):56-74.
 Cheng Guangfen, Cao Yunqiang. The quantitative study of the diatoms in surface sediments of central southern part of Bohai sea [J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1991, 21 (4):56-74 (in Chinese with English abstract).
- [18] 商志文, 王宏, 车继英, 等. 渤海湾表层沉积硅藻组合 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2006, 26(5):21-26.
 Shang Zhiwen, Wang Hong, Che Jiying, et al. Diatom assemblages in the surface sediments of Bohai Bay [J]. *Marine Gology & Quaternary Geology*, 2007, 27(5):21-26(in Chinese with English abstract).
- [19] Richard W. Battarbee. Diatom analysis, Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology [M]. John Wiley & Sons Ltd, 1986:527-570.
- [20] 小杉正人. 硅藻的环境指标种群的设定与古环境复原的应用 [J]. *第四纪研究*, 1988, 27(1):1-20.
 Masato Kosugi. Classification of living diatom assemblages as the indicator of environments, and its application to reconstruction of paleoenvironments [J]. *The Quaternary Research*, 1988, 27(1):1-20 (in Japanese).

Diatom assemblages from surficial sediments in north-central Bohai Bay and their implications for environments

SHANG Zhi-wen, TIAN Li-zhu, WANG Hong, LI Jian-fen

(Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China)

Abstract: 37 diatom species, belonging to 21 genera, have been found from the surficial sediments in the north-central Bohai Bay. The distribution of nine dominant species, such as *Cyclotella striata/stylorum*, *Paralia sulcata* and *Coscinodiscus perforatus*, has been determined. Based on cluster analysis, the authors have divided the study area into six diatom assemblage-regions. Furthermore, environmental factors controlling the diatom distribution are discussed in this paper. It is revealed that salinity and water depth are two most important factors while the grain size of the sediments also has some influences on the distribution.

Key words: diatoms; surficial sediments; environments; north-central Bohai Bay

About the first author: SHANG Zhi-wen, female, born in 1981, assistant researcher, doctor, engages in the study of geo-environmental changes and micropaleontology; E-mail: shangzhiwen1007@126.com.