

黄海晚更新世以来的硅藻组合 及其沉积环境¹⁾

王开发 蒋辉

(同济大学海洋地质系)

内容提要: 黄海更新世晚期以来的硅藻化石, 自下而上可划分为五个硅藻带。在I带的上下层位, 各含一个淡水藻类化石带, 显示黄海在大理冰期时, 由于气候变冷, 海面下降, 黄海陆架三次出露成陆。亚间冰期时, 气候转暖, 海面回升, 复为海水淹没, 海域中生长着I带的各种海生硅藻。随着全新世气候转暖, 沉积物中发现I—V带海生硅藻带, 其中III带硅藻外洋种比例较大, 含亚热带暖海种多, 表明此时水温较大, 海域扩大, 相当于大西洋期, 其他各带与全新世各期相当。

关键词: 硅藻 硅藻带 生态环境 黄海

第一作者简介: 王开发 男 52岁 教授 孢粉学与化石藻类学

海洋硅藻由于数量丰富、种类繁多、易于保存以及自侏罗纪以来各地质时代均有分布, 而引起人们的高度重视。

近二、三十年来, 海洋硅藻作为大洋的主要微体化石之一, 尤其在水深大于碳酸钙补偿深度的大洋中, 硅藻和放射虫几乎是唯一有效的微体化石, 因此硅藻分析广泛应用于地层划分和对比、推断古温度、古盐度、再造古地理、研究海面升降和岸线变迁等方面。我国硅藻分析开展时间已不短, 但多为陆相硅藻化石研究, 海相化石硅藻研究较少, 系统的研究成果更不多。几年来笔者对黄海9个站, 柱状剖面共127块样进行系统的硅藻分析, 获得相当数量的硅藻化石, 为我国海洋化石硅藻及其古环境研究提供了丰富的资料。

一、黄海海区概况

黄海位于中国与朝鲜半岛之间, 为一半封闭的陆架浅海, 以我国的成山头 and 朝鲜长山串连线分为南、北黄海两部份, 黄海海底地形总趋势是由西北向东南倾斜, 但南北黄海特点各不相同, 北黄海为西部较陡, 东部多槽沟、多岩岛的海底盆地, 平均水深38m, 小于45m水深者占北黄海总面积的一半, 最大水深在长山串西南侧, 为85m; 南黄海为东缓西陡的宽浅海底盆地, 平均水深46m, 一半以上在60—80m, 最大水深在济州岛北

1) 参加黄海孢粉、藻类研究的尚有王永吉、徐家声、张玉兰等

侧, 为144m。

黄海属暖温带与北亚热带气候带, 季风气候明显。影响本区的水动力因素为江河径流、黄海暖流与沿岸流等。黄海暖流为黑潮暖流的分支, 流速比东海的黑潮暖流小, 一般在5—10cm/s之间。沿岸流是江河入海的径流而形成, 在黄海主要是辽南沿岸流、黄海沿岸流。江河径流有长江、淮河、鸭绿江等。黄海在古代曾有相当时间在苏北入海, 为黄海沉积起过重要的作用。

黄海底质主要为泥质粉砂、粉砂质泥、中细砂、细砂, 其次为粉砂质砂、砂质粉砂、砂—粉砂—泥等, 其沉积在垂直与水平分布上都有明显变化, 主要受海底地貌、水动力及物质来源所控制。在南、北黄海堆积平原及复式古三角洲区, 上下岩性均一, 以深灰色的泥质粉砂或粉砂质泥为主, 含有贝壳碎片。而现代潮流脊分布区岩心颗粒较粗, 如西朝鲜潮流脊附近的岩心, 是以细砂为主, 或在粉砂中有较厚的细砂夹层, 细砂层内含小砾石。山东半岛以东的海域岩心亦较粗, 以细砂和各种粒级的砂泥混合为主。但黄海海槽南部岩心较细, 以泥质粉砂为主。在侵蚀或堆积阶地以及滨岸斜坡上, 岩心的岩性较为复杂, 上、下粗细变化较大。除上述外, 在黄海陆架沉积中发现有数层黄褐色、黄灰色的硬粘土层, 其结构致密, 具粘性及可塑性并有钙质结核。在北黄海中部或成山头东部海域发现有二层时代不同的泥炭层及数层有机质富集层。在残留沉积区富集了个体较大的一些贝壳碎片。

二、柱状剖面硅藻组合特征

笔者对黄海的24站、胶2孔、45站、46站、63站、74站、92站、93站、94站柱状剖面进行了系统的硅藻研究, 现将各站柱状剖面的硅藻组合特征简述如下:

1. 24站柱状剖面硅藻组合

24站位于122°40′0″E、37°0′0″N, 水深36m, 剖面长435cm。0—295cm为黄灰色泥质粉砂, 分选好; 295—325cm亦为黄灰色泥质粉砂, 但分选不好, 有粗砂、砾石及贝壳; 325—435cm深灰色泥质粉砂, 有较多贝壳碎片, 共分析15个样品, 获得较多的硅藻。自下而上可分为五个硅藻带(图1)。

Coscinodiscus radiatus-*Cosonodiscus perforatus*硅藻带

硅藻组合中以辐射圆筛藻占绝对优势, 孔圆筛藻也有相当数量, 其他尚有细弱圆筛藻、具边圆筛藻、线形圆筛藻、条纹小环藻等。

coscinodiscus radiatus-*Hyalodiscus subtilis*硅藻带

本带以辐射圆筛藻、细弱明盘藻数量最多, 孔圆筛藻、条纹小环藻、蛇目圆筛藻也有相当数量, 并有一定数量具边圆筛藻、星形圆筛藻、线形圆筛藻等。

Coscinodiscus radiatus-*Coscinodiscus perforatus*-*Coscinodiscus argus*硅藻带

组合中以辐射圆筛藻占优势, 达总数的一半, 其次为孔圆筛藻、蛇目圆筛藻, 而结节圆筛藻、具边圆筛藻、苏氏圆筛藻、强氏圆筛藻、虹彩圆筛藻也有一定数量, 并见有个别的具槽直链藻。

Coscinodiscus radiatus-Coscinodiscus argus 硅藻带

辐射圆筛藻和蛇目圆筛藻在组合中数量最多,各占总数26%和25%,其次为明盘藻。条纹小环藻和孔圆筛藻,细弱圆筛藻、结节圆筛藻、星形圆筛藻、柱状小环藻等也有少量。

Hyalodiscus subtilis-Cyclotella striata 硅藻带

本带硅藻种类较丰富,以细弱明盘藻和条纹小环藻占优势,为总数35%和23%,辐射圆筛藻、蛇目圆筛藻、柱状小环藻、苏氏圆筛藻数量也相当多,其他尚有细弱圆筛藻、具边圆筛藻、星形圆筛藻、辐衲藻、蜂窝三角藻、粗纹藻等。

2. 胶2孔柱状剖面硅藻组合

胶2孔位于胶州湾口内侧,终孔深度15m。0—2.3m为黄褐色粘土质粉砂,2.3—8.7m为青灰色粘土质粉砂,8.7—12.00m为青灰色粉砂质粘土,12.00—14.40m为黄褐色。青灰色粘土夹钙质结核,14.40—14.90m为黄褐色花岗岩风化壳,共分析24块样品,发现较多的硅藻化石,自下而上可分为五个硅藻带(图2):

Cyclotella stylonum-Coscinodiscus-Navicula dicephala 硅藻带

本组合硅藻化石较少,属种也不多,见有少量的小环藻、圆筛藻、双头舟形藻、辐衲藻等。

Coscinodiscus-Cyclotella stylonum-Melosira-Triceratium favus 硅藻带

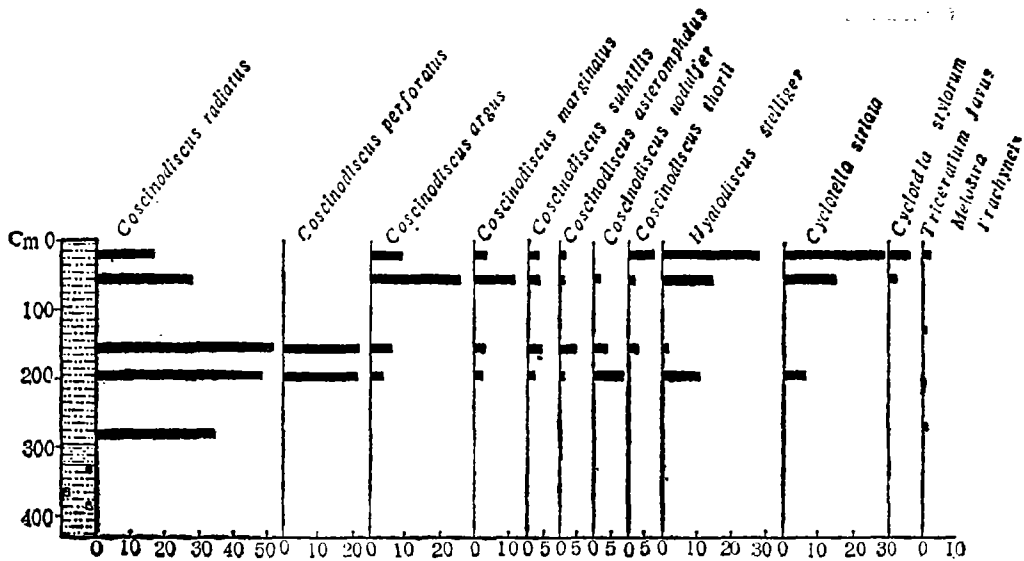


图1 黄海北24站柱状剖面硅藻组合

Fig. 1 Diatom content in the column section of Site 24 in the Yellow Sea

组合中种类亦较单调,以圆筛藻占绝对优势,达76.06—95.20%,其中主要为孔圆筛藻及圆筛藻的几个种,柱状小环藻、直链藻也较多,蜂窝三角藻、辐衲藻有一定数量,还见有个别的舟形藻等。

Coscinodiscus perforatus-Cyclotella stylonum 硅藻带

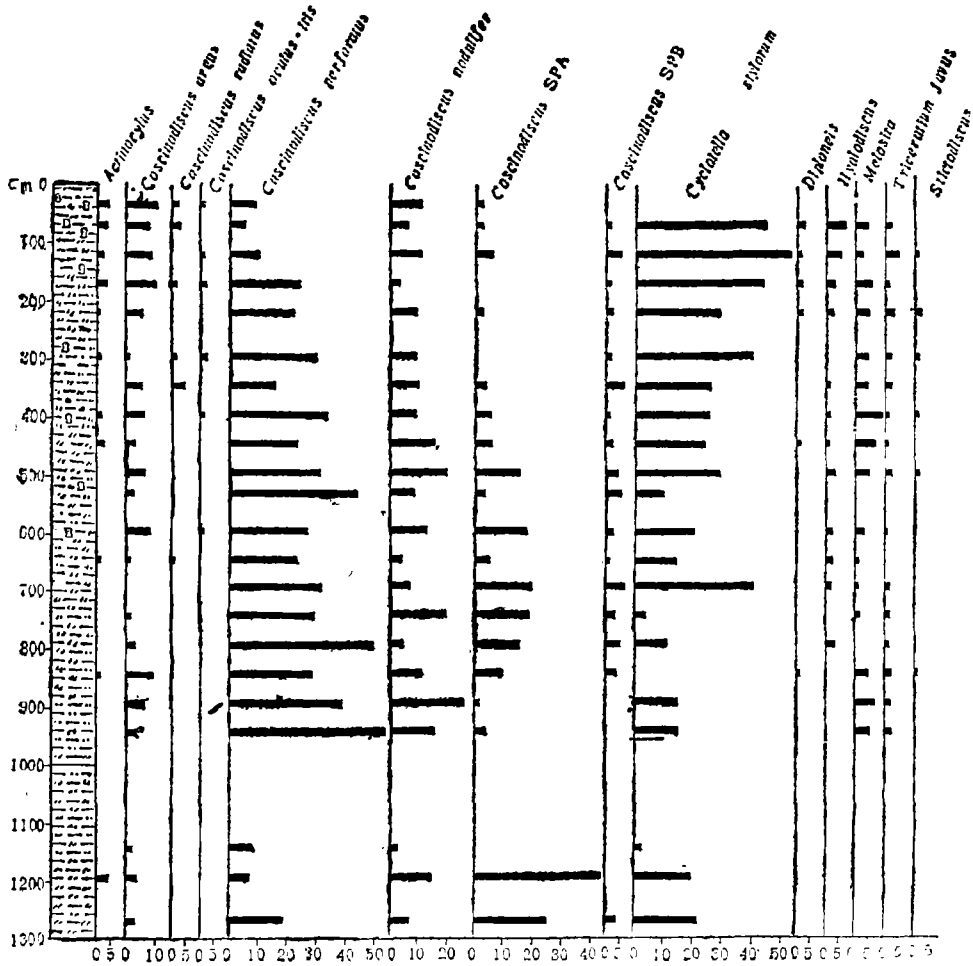


图 2 胶 2 孔柱状剖面硅藻图式

Fig. 2 Diatom content in Core Jiao 2 in the Yellow Sea

本带仍以圆筛藻占绝对优势，为51.56—92.6%，其中以孔圆筛藻数量最多，结节圆筛藻、柱状小环藻亦较多，还有粗纹藻、巨圆筛藻、虹彩圆筛藻等。

Coscinodiscus perforatus-*Cyclotella*-*Melosira*硅藻带

组合中以孔圆筛藻（12.61—37.12%）、小环藻（25.98—29.23%）、直链藻（3.77—10%）为主要，蛇目圆筛藻、蜂窝三角藻、明盘藻有少量，并见有个别辐环藻、斑盘藻等。

Cyclotella stylorum-*Coscinodiscus perforatus*-*Hyalodiscus*-*Melosira*硅藻带

本带硅藻丰富、种类较多，以小环藻占优势，为28.9%—53%，孔圆筛藻数量丰富，为3.73—22.32%，蛇目圆筛藻、直链藻、明盘藻、蜂窝三角藻、双壁藻有相当数量，并有辐环藻、虹彩圆筛藻、斑盘藻等。

3. 45站柱状剖面硅藻组合

45站位于 $122^{\circ}40'0''\text{E}$ 、 $36^{\circ}0'0''\text{N}$ ，水深65m。柱状剖面长330cm，岩性上下均一，均为灰色粉砂质泥，顶部多虫穴，底部偶见贝壳碎片。共分析5个样品，仅发现一个硅藻组合。

Coscinodiscus radiatus-*Cyclotella striata*组合

本组合以辐射圆筛藻和条纹小环藻占优势，其他尚有柱状小环藻、星形明盘藻和结节圆筛藻等。

4. 46站柱状剖面硅藻组合

46站位于 $123^{\circ}0'0''\text{E}$ 、 $36^{\circ}0'0''\text{N}$ ，水深71m。共分析12个样品，仅发现一个硅藻组合。

Coscinodiscus radiatus-*Hyalodiscus subtilis*组合

组合中以辐射圆筛藻和细弱明盘藻最为主要，其他尚有条纹小环藻、辐环藻、苏氏圆筛藻、结节圆筛藻、蜂窝三角藻等，并见有个别的硅鞭藻等。

5. 63站柱状剖面硅藻组合

63站位于 121°E ， 35°N 附近，水深38m。剖面长4.4m，岩性上下均一，为灰色泥质粉砂，下部泥质增多，颜色亦变深，上部有虫穴，下部偶见贝壳碎屑。共分析15块样品，仅在最下部见有丰富的硅藻化石，其组合为：

Cyclotella stylonum-*Melosira*-*Coscinodiscus*-*Hyalodiscus subtilis*组合

组合中以条纹小环藻(9.09%)、辐射圆筛藻(10.9%)、直链藻(15.45%)、细弱明盘藻(9.09%)最为主要，其次为蛇目圆筛藻、细弱圆筛藻、波形辐衲藻，而珠网藻、弓束圆筛藻、具边圆筛藻、华美双壁藻、舟形藻、双菱假脊藻、蜂窝三角藻等有少量。

6. 74站柱状剖面硅藻组合

74站位于 $123^{\circ}10'0''\text{E}$ ， 35°N 附近，水深72米。剖面长340cm，0—250cm为灰色粉砂质泥(表层为黑灰色，含完整贝壳)，250—340cm为浅灰色泥质粉砂。共分析14个样品，在200—220cm层位见有丰富的硅藻化石，其组合为：

Cyclotella stylonum-*Coscinodiscus*-*Actinoptychus*组合

组合中以小环藻最多，为36.63%，辐射圆筛藻(14.85%)、辐衲藻(13.8%)、双壁藻(8.91%)，蜂窝三角藻(8.91%)也有相当数量，其他尚有具边圆筛藻、细弱圆筛藻等，并见有少量硅鞭藻。

7. 92站柱状剖面硅藻组合

92站位于 123°E ， 34°N 附近，水深68，m剖面长375cm。岩性0—70cm黄灰色粉砂质淤泥，含少量细砂，有虫穴；70—250cm灰色淤泥；250—375cm深灰色淤泥。共分析19个样品，获得较多的硅藻化石，自下而上分为三个硅藻带：

Coscinodiscus radiatus-*Cyclotella striata*-*Coscinodiscus subtilis*硅藻带

硅藻组合中以辐射圆筛藻和条纹小环藻占优势，而细弱圆筛藻、柱状小环藻、蛇目圆筛藻、星形明盘藻也有一定数量，并见有少量星形圆筛藻、三角藻等。

Cyclotella striata-*Coscinodiscus radiatus*-*Hyalodiscus stelliger*硅藻带

本带以条纹小环藻为最多，占总数36%，其次为辐射圆筛藻，为26%；星形明盘藻、柱状小环藻、蛇目圆筛藻也有相当数量。星形圆筛藻、直链藻、结节圆筛藻、三角藻、

细弱圆筛藻、小环藻等有少量出现。

*Coscinodiscus radiatus-Cyclotella striata-Hyalodiscus stelliger*硅藻带

本组合以辐射圆筛藻、条纹小环藻和星形明盘藻为最多，但以辐射圆筛藻最为突出，为总数63%；柱状小环藻、苏氏圆筛藻、具边圆筛藻等有少量。

8. 93站柱状剖面硅藻组合

93站位于123°20' 0"E、34°N，水深70m。剖面长331cm，0—205cm为灰色泥质粉砂，本段底部见3—5cm微层理及少量破碎贝壳，205—331cm为黑灰色粉砂质泥，岩性均一。分析硅藻样品11个，在50—210cm层段见有较多的硅藻化石，可分为两个硅藻带（图3），自下而上为：

*Cyclotella striata-Coscinodiscus-Actinoptychus*硅藻带

本带以柱状小环藻占绝对优势，为74.09%，圆筛藻数量也较多，为14.81%，其他还有蛇目圆筛藻、辐射圆筛藻、细弱圆筛藻、辐桐藻、舟形藻、蜂窝三角藻等。

*Cyclotella striata-Coscinodiscus-Coscinodiscus argus*硅藻带

组合中仍以柱状小环藻占优势，为76.14—87.38%，但圆筛藻的数量较多，蛇目圆筛藻、辐射圆筛藻、细弱圆筛藻有相当数量，并有个别的蜂窝三角藻。

三、化石硅藻分带与沉积环境分析

根据上述柱状剖面硅藻组合特征的叙述，可以把黄海晚更新世以来的化石硅藻综合为五个带，自下而上为：

I. *Cyclotella striata-Coscinodiscus radiatus-Hyalodiscus subtilis*硅藻带

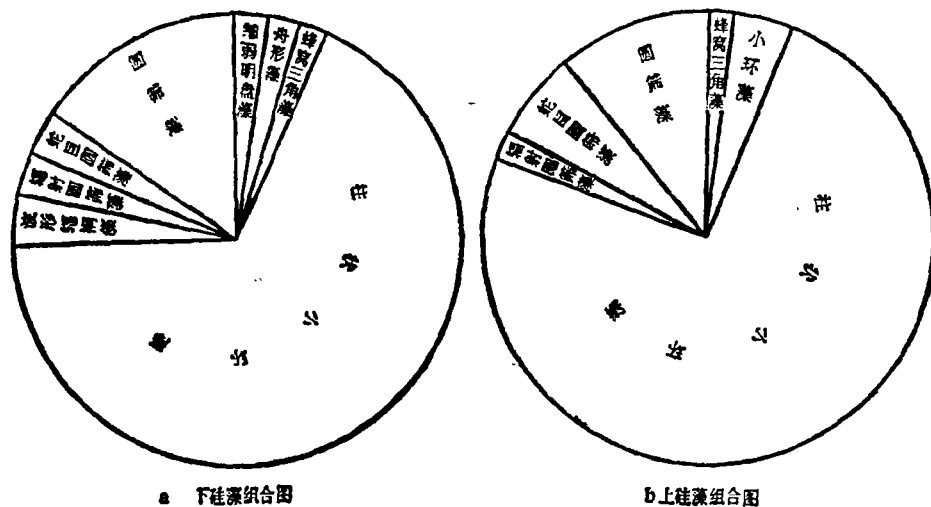


图3 黄海93站柱状剖面孢粉组成图

Fig. 3 Diatom content from the column section of Site 93 in the Yellow Sea

本带以条纹小环藻、辐射圆筛藻、细弱明盘藻数量最多，直链藻也较多，其他如具边圆筛藻、线形圆筛藻、孔圆筛藻、波形辐刺藻、蛇目圆筛藻、华美双壁藻、双头舟形藻、双菱假脊藻、蜂窝三角藻、柱状小环藻、星形明盘藻也有一定的数量。

I. *Coscinodiscus radiatus*-*Hyalodiscus subtilis*-*Cyclotella stylorum* 硅藻带

辐射圆筛藻在本带数量最多（个别站占总数76%），细弱明盘藻、星形明盘藻、条纹小环藻、直链藻数量亦多，其他尚有结节圆筛藻、孔圆筛藻、辐刺藻、蜂窝三角藻、苏氏圆筛藻等，还见有个别舟形藻。

II. *Coscinodiscus radiatus*-*Coscinodiscus perforatus*-*Coscinodiscus argus* 硅藻带

本带以圆筛藻占绝对优势，而且种类很多，以辐射圆筛藻（达总数50%以上）、孔圆筛藻、蛇目圆筛藻为主要，而结节圆筛藻、具边圆筛藻、苏氏圆筛藻、强氏圆筛藻、巨圆筛藻、虹彩圆筛藻和柱状小环藻、星形明盘藻也有一定数量，见有个别具槽直链藻。

IV. *Coscinodiscus*-*Cyclotella*-*Coscinodiscus argus* 硅藻带

和II带相比，小环藻（条纹小环藻、柱状小环藻）、直链藻数量大为增加，而圆筛藻属各个种成分基本相似，并见有少量的明盘藻、斑盘藻等。

V. *Coscinodiscus radiatus* 为主的硅藻带或 *Cyclotella stylorum*-*Hyalodiscus subtilis* 硅藻带

本带由于各柱状剖面所处海区位置不同而组合有所差异，有的柱状剖面以辐射圆筛藻占优势，而另一些剖面以细弱明盘藻、条纹小环藻为主要，其他尚有蛇目圆筛藻、柱状小环藻、苏氏圆筛藻以及细弱圆筛藻、具边圆筛藻、星形明盘藻、辐刺藻、蜂窝三角藻、粗纹藻、结节圆筛藻等。

上述所见的硅藻生态，辐射圆筛藻为广温型的沿岸和外洋种；条纹小环藻为沿岸种，在河口也可能出现；细弱明盘藻为广温型底栖种，也进入浮游；具槽直链藻是沿岸种，分布广，营底栖生活，但也经常出现于浮游；强氏圆筛藻为偏暖性外海或沿岸种；蛇目圆筛藻是广温型沿海种，常由底栖进入浮游；细弱圆筛藻主要为近岸种，也出现于远洋。具边圆筛藻为外洋底栖种，有时也营浮游生活；苏氏圆筛藻是亚热带沿岸种，孔圆筛藻是普通的浮游种；线性圆筛藻主要分布于外洋，但沿岸也有分布；蜂窝三角藻为广温型潮间带种；双菱假脊藻是沿岸种也出现于浮游。

从上述硅藻化石的生态分析看出，I、II带所反映的海域水深较浅，而III带外洋种比例最大，反映当时海域较广而水深较大，并见有亚热带暖海型的苏氏圆筛藻和强氏圆筛藻，说明当时水温应比目前高，IV带中沿岸、底栖、潮间带种数量增多，反映海域略有缩小，海面回降，水温降低。V带已接近黄海表层沉积的硅藻组合面貌，由于所处的海域位置不同而有差别，反映环境和目前相仿。

黄海晚更新世以来的沉积，已详细地进行了孢粉和其他藻类化石研究，在第一硅藻带的上、下层位发现了两个藻类组合，下带为盘星藻-双星藻-鼓藻-环纹藻组合和上带盘星藻-鼓藻-双星藻-环纹藻组合，与其相应的是 *Cyperaceae*-*Artemisia*-*Bryophyta*

-*Abies-Picea* 孢粉带和 *Artemisia-Chenopodiaceae-Picea-Abies* 孢粉带。此上、下化石藻类带皆为淡水藻类成分，相应的孢粉组合反映了寒冷的气候，而与第一硅藻带相应的孢粉组合为 *Quercus-Pinus-Artemisia* 孢粉带，反映温暖的气候，〔3、4〕据 ^{14}C 年令测定，上述孢粉带和藻类带相当于最末一次冰期（在我国称大理冰期）的大理 I 期、II 期和大理亚间冰期（表 1）。黄海在晚更新世的大理 I 期，由于气候变冷，海面下降，黄海陆架出露成为“黄海平原”，平原中点缀众多的湖沼，湖沼中有许多淡水藻类生长。在亚间冰期，气候转暖，海面回升，黄海陆架又被海水淹没，海中生长了第 I 硅藻带的各种硅藻。之后气候又变冷，为大理 II 期，海面又下降，黄海陆架再度出露成陆，平原上众多的湖沼里生长着盘星藻、双星藻、鼓藻、环纹藻等各种淡水藻类。〔5、6〕

随着全球性气候转暖（表 1 的第 4 孢粉带反映气候转暖），发生海侵，海水由东向西侵入淹没黄海陆架，海中生长第 II 硅藻带的各种硅藻，开始了黄海全新世时期。在全新世的四个硅藻带中，第 III 硅藻带外洋种比例最大，并有相当数量亚热带暖海型的苏氏圆筛藻和强氏圆筛藻等，表明水温较高、海域扩大〔8〕，相应的孢粉组合反映陆缘为热

表 1 硅藻带与其他化石的时代对比表

Table 1 Contrast of diatom zones and other fossil zones with ^{14}C data

硅藻带	其他藻类(带)	孢粉带	^{14}C 年龄	时代
V 带 <i>Coscinodiscus radiatus</i> <i>Cyclotella stylorum</i> - <i>Hyalodiscus subtilis</i> 硅藻带	<i>Hystrichosphaera</i> , <i>Baltisphaeridium</i> , <i>Gonyaulax</i> 等	<i>Pinus-Baltisphaeridium</i> - <i>Pteridium</i> 孢粉带		亚大西洋期
IV 带 <i>Coscinodiscus-Cyclotella</i> - <i>Coscinodiscus argus</i> 硅藻带	<i>Hystrichosphaera</i> , <i>Gonyaulax</i> 等	<i>Pinus-Quercus dentata</i> - <i>Chenopodiaceae</i> 孢粉带	2870 ± 150 年 4800 ± 300 年	亚北方期
III 带 <i>Coscinodiscus radiatus</i> - <i>Coscinodiscus perforatus</i> - <i>Coscinodiscus argus</i> 硅藻带	<i>Hystrichosphaera</i> , <i>Gonyaulax</i> , <i>Silicoflagellate</i> 等	<i>Quercus</i> - - <i>Pinus - Castanea</i> 孢粉带	5220 ± 280 年 6330 ± 300 年	大西洋期
II 带 <i>Coscinodiscus radiatus</i> - <i>Hyalodiscus subtilis</i> - <i>Cyclotella stylorum</i> 硅藻带	<i>Hystrichosphaera</i> , <i>Gonyaulax</i> 等	<i>Pinus - Quercus</i> - <i>Artemisia</i> 孢粉带	8250 ± 250 年 9480 ± 340 年	北方期— 前北方期
I 带 <i>Cyclotella striata</i> - <i>Coscinodiscus radiatus</i> <i>Hyalodiscus subtilis</i> 硅藻带	<i>Pediastrum</i> - <i>Cormarium</i> - <i>Zygnema</i> - <i>Concentricysts</i> 藻类带 <i>Pediastrum</i> - <i>Zygnema</i> - <i>Cormarium</i> <i>Concentricysts</i> 藻类带	<i>Artemisia-Chenopodiaceae</i> - <i>Pinus - Cupressaceae-Picea</i> 孢粉带 <i>Pinus-Quercus-Artemisia</i> 孢粉带 <i>Cyperaceae-Artemisia</i> - <i>Bryophyta - Picea-Abies</i> 孢粉带	19480 ± 980 年 12400 ± 200 年 23250 ± 950 年 >35,000 年	晚更新世

湿气候,为全新世气候最佳期^[11],结合¹⁴C测年资料¹⁾,第Ⅲ硅藻带应为大西洋期,根据上、下硅藻带关系和¹⁴C年龄佐证,第Ⅳ硅藻带相当于亚北方期,第Ⅴ硅藻带为亚大西洋期,而第Ⅰ硅藻带应为北方期—前北方期(表1)。

收稿日期 1984年9月27日

参 考 文 献

- [1] 金德祥等,1960,中国海洋浮游硅藻类,上海科技出版社。
 [2] 金德祥等,1982,中国海洋底栖硅藻类,海洋出版社。
 [3] 王开发等,1980,植物学报,22卷2期,182—190页。
 [4] 王开发等,1981,科学通报,2期,109—112页。
 [5] 王开发等,1982,科学通报,22期,1387—1389页。
 [6] 王开发等,1983,古生物学报,22卷2期,468—472页。
 [7] 谷村好洋,第四纪研究,20卷3号,231—242页。
 [8] 小泉格,1982,地球,4卷8号,485—491页。
 [9] 小泉格,1973,海洋科学,6期,168—176页。
 [10] T. Kanaya and I. Koizumi, 1970, Jour. Mar. Geol. (Japan) V. 6, N. 2. p. 47—66.
 [11] Т.В.Сечкина, 1959, Диатомовые в длинной колонье донных отложений из японского моря. Докл. АН СССР. СХХVI. том 126, No. 1, 171—174.

DIATOM ASSEMBLAGES AND THEIR DEPOSITIONAL ENVIRONMENT IN THE YELLOW SEA SINCE THE LATE PLEISTOCENE EPOCH

Wang Kaifa Jiang Hui

(Department of Marine Geology, Tongji University, Shanghai)

Abstract

The fossil diatom in the Yellow Sea since the Late Pleistocene can be divided into five diatom zones in ascendant order.

1. *Cyclotella striata*--*Coscinodiscus*--*Hyalodiscus subtilis* diatom zone;
2. *Coscinodiscus radiatus*--*Hyalodiscus subtilis*--*Cyclotella stylonum* diatom zone;
3. *Coscinodiscus radiatus*--*Coscinodiscus perforatus*--*Coscinodiscus argus* diatom zone;
4. *Coscinodiscus*--*Cyclotella*--*Coscinodiscus argus* diatom zone;

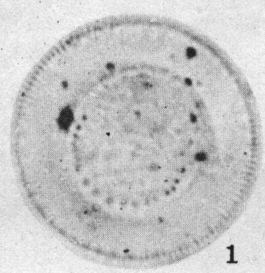
1) 国家海洋局第一海洋研究所, 1984年, 黄海晚第四纪沉积。

5. *Coscinodiscus* diatom zone or *Cyclotella stylonum*--*Hyalodiscus subtilis* diatom zone.

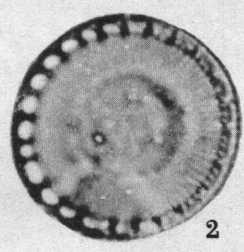
Most kinds of the fossil diatom from the above zones are marine species, indicating the marine environment. The two beds above and beneath Zone I contain two fresh water algal zones, reflecting that, because sea level lowered owing to the cold climate during the Late Pleistocene Dali glaciation (Subglaciation I, II), the continental shelf of the Yellow Sea exposed twice and became a plain dotted with many lakes and swamps in which various species of fresh water algae lived. When the climate became warm and the sea level rose during the subinterglaciation, the continental shelf of the Yellow Sea was submerged by sea water. There lived various diatoms contained in Zone I.

Transgression happened because the climate became warm globally during the Holocene Epoch. In the Yellow Sea there lived many diatoms mentioned in Zones II, III, IV and V. Zone III contains the most abundant pelagic species and more subtropical species, reflecting the maximum temperature and expanded sea area. It should be considered the Atlantic period. Zones IV and V are considered the Subboreal and Subatlantic period, and Zone II the Boreal-Preboreal period. All this can be proved by ^{14}C data.

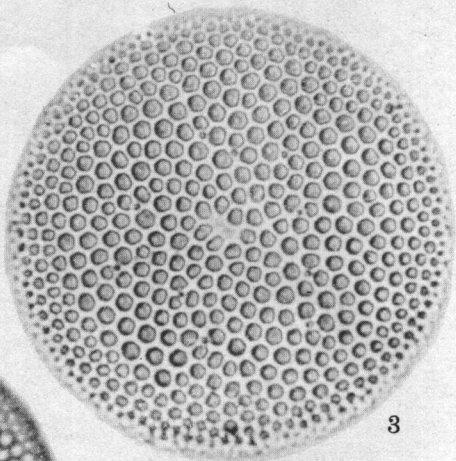
DIATOM ASSEMBLAGES, DEPOSITIONAL ENVIRONMENT, YELLOW SEA



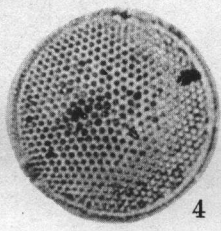
1



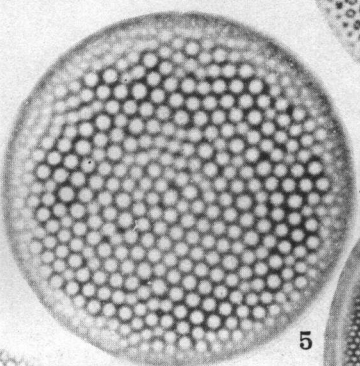
2



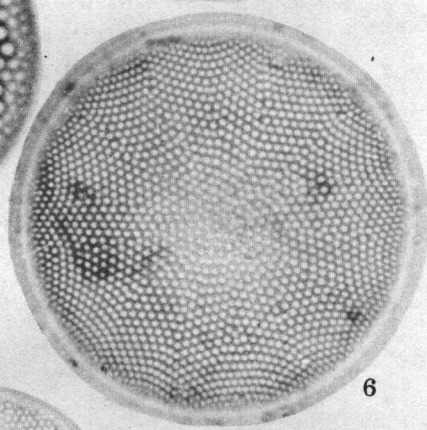
3



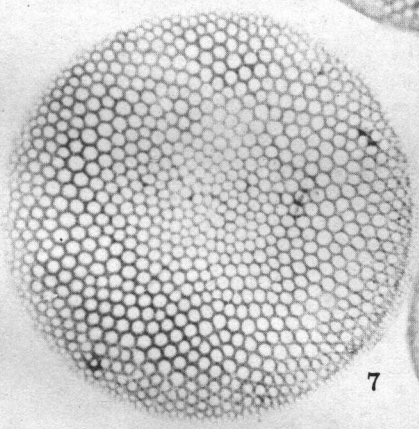
4



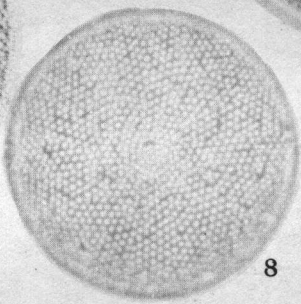
5



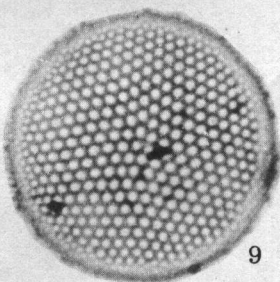
6



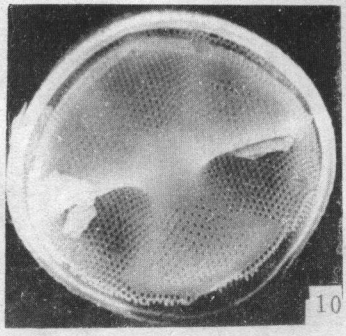
7



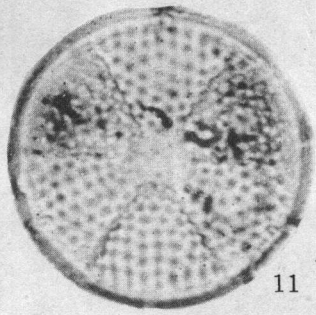
8



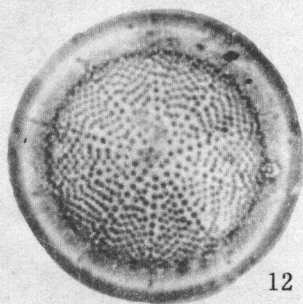
9



10



11

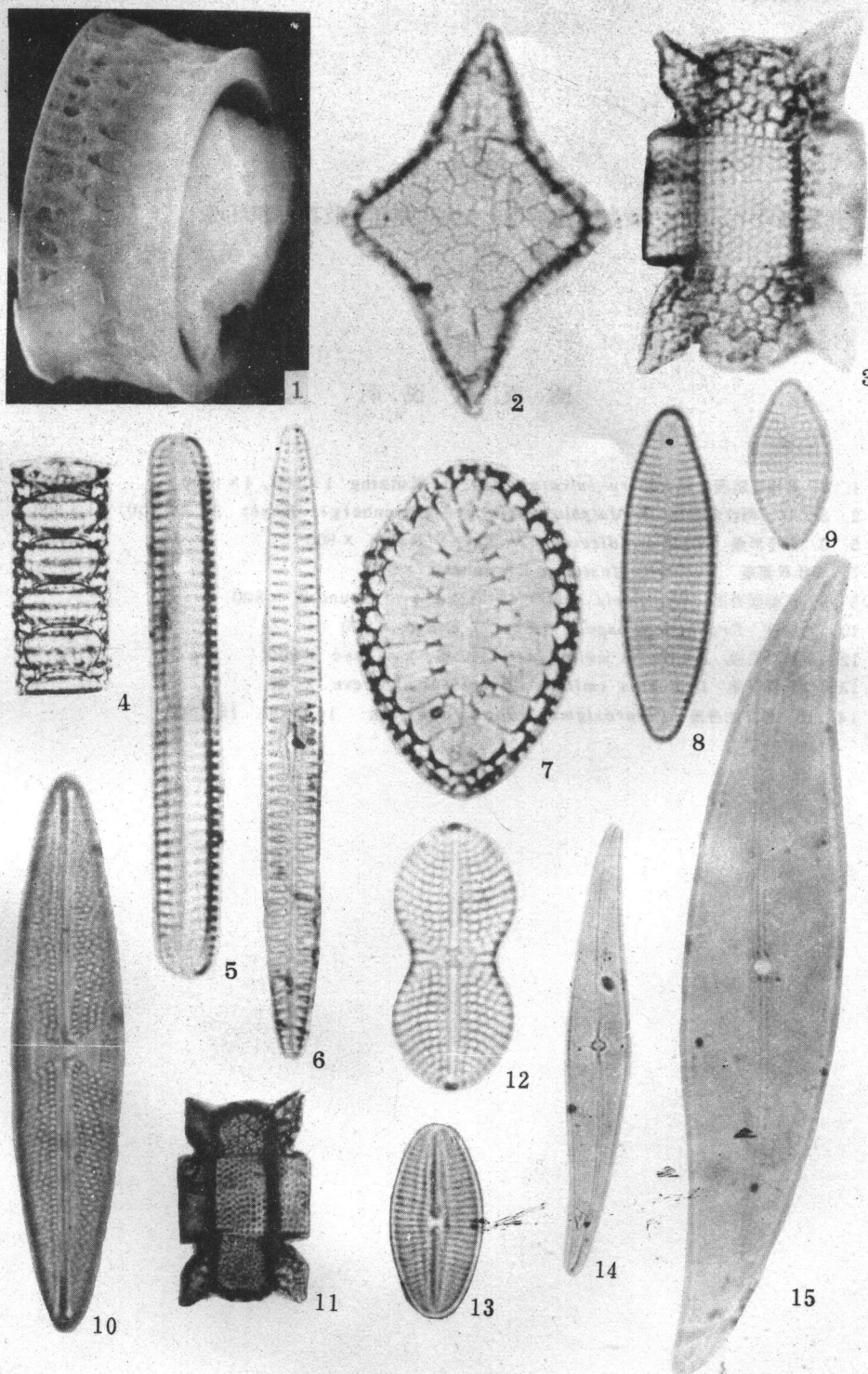


12

图版 I 说明

1. 条纹小环藻 *Cyclotella striata* (Kützing) Grunow × 800
2. 柱状小环藻 *Cyclotella stylorum* Brightwell × 800
3. 孔圆筛藻 *Coscinodiscus perforatus* Ehrenberg × 800
4. 偏心圆筛藻 *Coscinodiscus excentricus* Ehrenberg × 500
5. 辐射圆筛藻 *Coscinodiscus radiatus* Ehrenberg × 800
6. 库氏圆筛藻 *Coscinodiscus kutzingi* Schmidt × 800
7. 蛇目圆筛藻 *Coscinodiscus argus* Ehrenberg × 500
8. 弓束圆筛藻 *Coscinodiscus curvatulus* Grunow × 800
9. 偏心海链藻 *Thalassiosira excentrica* (Ehrenberg) Cleve × 1000
- 10, 11. 波形辐射藻 *Actinoptychus undulatus* (Bail.) Ralfs 11 × 800, 10 × 1000
12. 爱氏辐射藻 *Actinocyclus ehrenbergi* Ralfs × 800

DIATOM ASSEMBLAGES, DEPOSITIONAL ENVIRONMENT, YELLOW SEA



图版 II 说明

1. 4. 具槽直链藻 *Melosira sulcata* (Ehr.) Kutzing 1×800, 4×1500
2. 3. 11. 网纹盒形藻 *Biddulphia reticulum* (Ehrenberg) Boyer 2, 3×800, 11×500
5. 6. 直舟形藻 *Navicula directa* (W. Sm.) Ralfs ×800
7. 华壮双菱藻 *Surirella fastuosa* Ehrenberg ×800
8. 9. 双菱假脊藻 *Raphoneis surirella* (Ehr. ?) Grunow ×800
10. 粗纹藻 *Trachyneis aspera* (Ehr.) Cleve ×800
12. 威氏双壁藻 *Diploneis weissflogii* (A. S.) Cleve ×800
13. 施氏双壁藻 *Diploneis smithii* (Brebisson) Cleve ×500
14. 15. 海洋曲舟藻 *Pleurosigma pelagicum* Perag 14×500, 15×800