

浙江温州、镇海和福建九龙江沉积微型硅藻的初步研究

高亚辉¹, 陈长平¹, 梁君荣¹, 李扬¹, 王开发², 支崇远²

(1. 厦门大学生命科学学院, 福建 厦门 361005;

2. 同济大学海洋地质与地球物理系, 上海 200092)

摘要:利用透射电镜研究了温州早、中全新世剖面, 九龙江地区晚全新世中期剖面和镇海晚全新世剖面的微型硅藻(细胞大小为 2~20 μm)的组成和丰度。共计硅藻 14 属 20 种(包括变种)。 *Cyclotella caspia* 是九龙江地区晚全新世中期剖面中的优势种; 温州中全新世剖面的优势种为 *Cyclotella striata*; 温州早全新世剖面和镇海晚全新世剖面中 *Thalassionema nitzschioides* 是优势种。微型硅藻在几个剖面中所占的比例变化较大, 以在九龙江地区晚全新世中期剖面所占的比例最高, 可达 77.4%, 表明微型硅藻在沉积硅藻中占有重要的地位。

关键词:微型硅藻; 透射电镜; 九龙江; 温州; 镇海; 沉积物

中图分类号: Q 949

文献标识码: A

沉积硅藻是研究古海洋学和生物地层学的主要微体化石之一, 被广泛应用于不同地层的划分和对比, 在推断古温度、古盐度, 再造古地理环境方面起到重要作用。

据报道, 在海洋中微型浮游植物(2~20 μm)的数量可达 $5 \sim 70 \times 10^4$ cell/mL, 占浮游植物现存量或初级生产力的 50%~90%^[1~5]。微型硅藻在近岸河口水域的整个硅藻集群以及浮游植物中都占有极重要的地位^[5]。微型硅藻是指细胞大小在 2~20 μm 的硅藻集群, 在光学显微镜下不易发现和鉴定。目前对微型硅藻的研究主要是现存的种类^[5], 对沉积微型硅藻的研究鲜见报道。硅藻化石的鉴定统计多在光学显微镜下进行, 20 μm 以下的微型硅藻化石往往容易被忽略, 因此所得的沉积硅藻组合, 显然是不全面的, 反映的化石硅藻植物群和推断的古环境则会有所误差, 特别是在海湾、河口等, 微型硅藻的研究更为重要。

我国海域、陆上湖相和陆缘地区的海陆过渡的沉积硅藻已进行相当的研究。浙江温州、镇海和福建

九龙江是重要的沿岸河口环境, 对其沉积硅藻的研究对了解该地区的环境演变有重要的意义。对福建南部陆缘海陆过渡沉积硅藻的研究多集中于九龙江口, 而对浙江温州、镇海一带的沉积硅藻的研究较少^[6~9]。我们利用透射电镜(TEM)研究了温州早全新世剖面、温州中全新世剖面、镇海晚全新世剖面和九龙江地区晚全新世中期剖面的微型硅藻的种类组成和丰度以及微型硅藻在硅藻集群中的重要作用, 以填补这些地区沉积微型硅藻研究的空白, 丰富沉积硅藻集群。同时有利于合理、全面地再造古地理环境。

1 材料和方法

采集的沉积物样品共 4 份, 采样地和深度如下表 1。

对沉积物样品采用以下方法进行处理: 称样碎样(或加盐酸水泡); 加 30% 盐酸(至不起泡), 去钙质; 洗酸 3 次(沉淀静置或离心); 加双氧水水浴 20 min 或冷置至不起泡, 去硅藻壳上有机质; 洗双氧水 3 次(静置或离心); 离心去水; 加比重液以 2 000 r/min 离心 20 min, 吸出上部悬浮物, 用蒸馏水滴稀; 滴稀后对比重液沉积物以 2 000 r/min 离心, 3 次离心管底沉积物即为沉积硅藻, 加酒精供镜检。

将处理后的样品根据不同的浓度浓缩到一定的

收稿日期: 2003-06-03

基金项目: 国家自然科学基金(40076016)资助

作者简介: 高亚辉(1963-), 男, 教授。

E-mail: gaoyh@jingxian.xmu.edu.cn

表 1 沉积物采集地和深度

Tab. 1 Location and depth of sediment samples

样品号	采集层位	深度/m
6#-53号	温州中全新世剖面	12.61~12.81
6#-81号	温州早全新世剖面	19.13-19.36
ZK2#-19号	镇海晚全新世剖面	4.0~4.2
DT18号	九龙江地区晚全新世中期剖面	1.7~1.9

体积(10~50 mL),用微量进样器吸取 4~5 μL ,均匀平铺在铜网上,自然晾干后置透射电镜下计数小于 20 μm 和大于 20 μm 的硅藻细胞数,然后换算成每克沉积物样品中的硅藻细胞数量。

微型硅藻的分类鉴定主要依据 Ehrenberg (1837)^[10]、Hendey (1957)^[11]、John (1981)^[12]、程兆第等 (1993)^[5]、黄成彦等 (1998)^[13]、金德祥等 (1965)^[14]、金德祥等 (1982)^[15]、蓝东兆等 (1995)^[16]等文献进行。

2 微型硅藻的属种描述

(因硅藻细胞大小变化范围较大,个别只观察略大于 20 μm 的标本也列入微型硅藻,并对优势种的特征进行了描述)

曲壳藻属 *Achnanthes* Bory

双面曲壳藻 *Achnanthes bisolettiana* (Kutz.) Grunow (图版 1/1)

生态:淡水和半咸水。

地点:九龙江.层位:晚全新世中期。

辐环藻属 *Actinocyclus* Ehrenberg

爱氏辐环藻厚缘变种 *Actinocyclus ehrenbergii* var. *crassa* (Breb.) Hustedt (图版 1/2)

生态:海水。

地点:九龙江.层位:晚全新世中期。

双肋藻属 *Amphipleura* Kuetzing

橙红双肋藻 *Amphipleura rutilans* (Trent.) Cleve (图版 1/3)

生态:海水或半咸水。

地点:温州.层位:早全新世。

双眉藻属 *Amphora* Ehrenberg

测微双眉藻 *Amphora micrometra* Giffen (图版 1/5)

生态:海水或淡水。

地点:温州.层位:早全新世。

圆筛藻属 *Coscinodiscus* Ehrenberg

具边线形圆筛藻 *Coscinodiscus marginator-lineatus* A. Schmidt (图版 1/6)

生态:海水。

地点:九龙江.层位:晚全新世中期。

小环藻属 *Cyclotella* Kuetzing

极微小环藻 *Cyclotella atomus* Hustedt (图版 1/7)

壳面圆形,直径 2.8 μm ,壳面可明显的分为中央区和壳缘区,壳缘区约为壳面直径的 1/4~1/3。中央区具 1 个较大的近中心支持突,其基部有 3 个围孔。除此之外无其他结构。中央区光滑,壳缘区的肋纹间具数行孔纹。在壳缘形成 1 圈明显的长室孔,肋纹 10 μm 32 条,壳缘有 1 圈较大的支持突,5~7 个,相隔 2~4 个肋纹。

生态:沿岸浮游生活。

地点:九龙江.层位:晚全新世中期。

微小环藻 *Cyclotella caspia* Grunow (图版 1/8)

细胞短圆柱状,壳面圆形,直径 5.5 μm ,壳面可明显的分为中央区和壳缘区。壳缘区约为壳面直径的 1/4~1/3。中央区除了 1 至多个的支持突外,无其他结构,壳缘具肋纹,肋纹间具数行孔纹,在壳缘形成一圈明显的长室孔,肋纹 10 μm 24 条。

生态:沿岸浮游生活。

地点:九龙江、温州、镇海.层位:早-晚全新世。

条纹小环藻 *Cyclotella striata* (Kuetz.) Grunow (图版 1/9)

细胞圆盘形,壳面直径 8 μm ,壳面明显区分为中央区和壳缘区。壳缘区约为壳面直径的 1/3~1/2。中央区呈波浪状折叠,具 2 个支持突,除此之外无其他结构。壳缘区肋纹 10 μm 14 条。肋纹在壳缘较宽,成棒条状。

生态:海水和半咸水。

地点:九龙江、温州、镇海.层位:早-晚全新世。

波形藻属 *Cymatotheca* Hendey

细小波形藻 *Cymatotheca minima* Voigt (图版 2/20)

生态:沿岸浮游生活。

地点:九龙江、温州.层位:晚全新世中期、中全新世

桥弯藻属 *Cymbella* Agardh.

偏肿桥弯藻 *Cymbella ventricosa* Kuetzing (图版 1/10)

生态:淡水。

地点:九龙江.层位:晚全新世中期。

双壁藻属 *Diploneis* Ehrenberg

连江双壁藻 *Diploneis lianjiangensis* Chin et Lin (图版 2/13)

生态:海水。

地点:九龙江、温州.层位:晚全新世中期、中全新世。

史密斯双壁藻扩大变种 *Diploneis smithii* var. *dilatata* (M. Per.) Terry (图版 2/14)

地点:镇海.层位:晚全新世。

舟形藻属 *Navicula* Bory

钝顶舟形藻 *Navicula mutica* Kutz. (图版 2/15)

生态:淡水和半咸水。

地点:九龙江.层位:晚全新世中期。

菱形藻属 *Nitzschia* Hassall卵形菱形藻 *Nitzschia cocconeiformis* Grunow (图版 2/16)

生态:海水.

地点:九龙江、温州.层位:晚全新世中期、中全新世.

颗粒菱形藻 *Nitzschia granulata* Grunow (图版 2/17)

生态:半咸水和海水.

地点:九龙江.层位:晚全新世中期.

短角菱形藻 *Nitzschia dilicula* Hustedt (图版 2/12)

生态:海水.

地点:温州.层位:早全新世.

碎片菱形藻 *Nitzschia frustulum* (Kutez.) Grunow (图

版 2/19)

生态:海水或淡水.

地点:温州.层位:中全新世.

缝舟藻属 *Rhaphoneis* Ehrenberg菱形缝舟藻 *Rhaphoneis rhomoides* Hendey (图版 2/18)

生态:海水.

地点:九龙江.层位:晚全新世中期.

海线藻属 *Thalassionema* Grunow菱形海线藻 *Thalassionema nitzschioides* Grunow (图版 1/

4)

细胞壳面棒状,两端圆钝,同形,长 17 μm ,宽 3 μm ,壳上

两侧有短条纹.

生态:海水.

地点:九龙江、温州、镇海.层位:中-晚全新世.

海链藻属 *Thalassiosira* Cleve平滑海链藻 *Thalassiosira laevis* Gao, Cheng et Chin (图版

2/11)

生态:沿岸浮游生活.

地点:九龙江.层位:晚全新世中期.

3 沉积微型硅藻在各剖面的分布和主要种类

表 2 列出了沉积微型硅藻在各剖面的主要种类,其中 *Cyclotella caspia*、*Cyclotella striata*、*Thalassionema nitzschioides* 在各个剖面中均有存在,且 *Cyclotella caspia* 在九龙江口晚全新世表剖面、*Cyclotella striata* 在温州中全新世剖面、*Thalassionema nitzschioides* 在温州早全新世剖面和镇海晚全新世剖面中成为主要的种类.

表 3 列出了沉积微型硅藻在各剖面的种类和数量分布,微型硅藻种类数在 3 个剖面中的趋势是:九龙江口晚全新世表剖面 > 温州中全新世剖面 > 温州早全新世剖面 > 镇海晚全新世剖面,而微型硅藻细胞丰度的趋势是九龙江口晚全新世表剖面 > 温州中全新世剖面 > 镇海晚全新世剖面 > 温州早全新世剖面.

3 个地区出现的沉积微型硅藻有个共同的特点,即广温种如小环藻、菱形海线藻在微型硅藻中的含量较高,表明这些地区沉积时期的气候环境适合一些广温种微型硅藻的生活.

温州中、早全新世沉积时期的微型硅藻多为沿岸种如小环藻,指示滨岸环境;镇海晚全新世沉积时期的微型硅藻多为海水种如菱形海线藻,指示海洋环境;九龙江晚全新世沉积时期的微型硅藻中沿岸种和海水种的数量较多,并存在着少量的淡水或半咸水种类,指示河口环境.

4 微型硅藻在硅藻中的相对含量

表 4 表示各个样品中,微型硅藻在硅藻集群中的相对含量.可以看出,在九龙江口晚全新世表剖

表 2 微型硅藻在各剖面的主要种类

Tab. 2 Dominant species of nanodiatom in sediment sections

产地层位	温州 6 # 53 号中全新世沉积剖面	温州 6 # 81 号早全新世沉积剖面	镇海晚全新世剖面 ZK2 # -19 号	九龙江口晚全新世表剖面 DT18
主要种类	<i>Cyclotella striata</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Cyclotella caspia</i>
在微型硅藻中所占的比例 (%)	30.0	40.0	57.1	52.1

表 3 微型硅藻在各个剖面中的种类组成和数量 (cells/g)
Tab. 3 Composition and density of nanodiatoms in sediment sections

种 类	温州 6 # 53 号中 全新世剖面	温州 6 # 81 号早 全新世剖面	镇海晚全新世剖 面 ZK2 # -19 号	九龙江口晚 全新世表积剖面 DT18
<i>Achnanthes biasolettinana</i>				30
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>crassa</i>				30
<i>Amphipleura rutilans</i>		24		
<i>Amphora micrometra</i>		24		
<i>Coscinodiscus marginator lineatus</i>				30
<i>Cyclotella atomus</i>				30
<i>Cyclotella caspia</i>	45	24	60	750
<i>Cyclotella striata</i>	135	48	60	30
<i>Cymatotheca minima</i>	45			30
<i>Cymbella ventricosa</i>				30
<i>Diploneis lianjiangensis</i>	45			30
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>dilatata</i>			60	
<i>Navicula mutica</i>				30
<i>Nitzschia coxconeiformis</i>	45			60
<i>Nitzschia granulata</i>				30
<i>Nitzschia dilicula</i>		24		
<i>Nitzschia frustulum</i>	45			
<i>Rhaphoneis rhomoides</i>				30
<i>Thalassiosira laevis</i>				30
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	90	96	240	270
种类数(个)	7	6	4	15
微型硅藻总数	450	240	420	1440

表 4 微型硅藻在硅藻中的相对含量

Tab. 4 The percentage contribution of nanodiatoms to total diatom assemblages in sediment sections

剖 面	直径小于 20 μm 的硅藻 相对含量 %	直径大于 20 μm 的硅藻 相对含量 %
温州 6 # 53 号中全新世剖面	24.2	75.8
温州 6 # 81 号早全新世剖面	14.3	85.7
镇海晚全新世剖面 ZK2 # -19 号	22.7	77.3
九龙江口晚全新世表积剖面 DT18	77.4	17.7

面,微型硅藻所占比例较高,为 77.4%。但在较深的沉积物剖面的样品中,微型硅藻的比例有较大的变化,可能与微型硅藻的种类有关,因为某些微型硅藻壳面薄,在沉积物中可能不能很好的被保存下来,或在样品处理中被破碎成为碎片,而不被记录到。

参考文献:

[1] Cleve P T. Examination of diatoms found on the surface

of the Sea of Java [J]. Bihang till Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, 1873, 1(11): 1-15.

[2] Takahashi M, Bienfang P K. Size structure of phytoplankton biomass and photosynthesis in subtropical Hawaiian waters [J]. Mar Biol, 1983, 76(2): 203-211.

[3] Weber L H, El-Sayed S Z. Contributions of the net, nano-, and picoplankton to the phytoplankton standing crop and primary productivity in the Southern Ocean [J].

- J Plankton Res, 1987, 9:973 - 994.
- [4] 高亚辉,金德祥,程兆第. 厦门港微型浮游植物叶绿素的分布与作用[J]. 海洋与湖沼,1994,25(1):87 - 93.
- [5] 程兆第,高亚辉,刘师成. 福建沿岸微型硅藻[M]. 北京:海洋出版社,1993.1 - 91.
- [6] 王开发,陆继军,郑玉龙. 福建沿岸晚第四纪孢粉、硅藻组合及其古环境意义[J]. 微体古生物学报,1995,12(4):388 - 397.
- [7] 王开发,支崇远,郑玉龙,等. 东海陆缘(闽北段)晚第四纪的硅藻学研究[J]. 沉积学报,2002,20(1):135 - 143.
- [8] 王开发,郑玉龙,支崇远,等. 东海南部陆缘(莆、泉段)全新世沉积硅藻[J]. 古生物学报. 2002,41(2):273 - 279.
- [9] 蓝东兆,陈承惠,陈烽. 九龙江口岩芯中的硅藻特征及其地质意义[J]. 台湾海峡,1999,18(3):283 - 290.
- [10] Ehrenberg. Die infusionsthierchen als vollkommene organismen [A]. Ein Blick in Das Tiefere Organische Leben Der Natur [C]. Leipzig: Leopold Voss, 1837. 171 - 172.
- [11] Hendey N I. Marine Diatoms from some West African Ports [J]. J. Royal. Micro. Soc., 1957, 77:28 - 85, 1 - 5.
- [12] John R Carter. A taxonomic study of diatoms from standing freshwaters in Shetland [J]. Nova Hedwigia, 1981, 33:772 - 773.
- [13] 黄成彦,刘师成,程兆第,等. 中国湖相化石硅藻图集[M]. 北京:海洋出版社,1998.1 - 164.
- [14] 金德祥,陈金环,黄凯歌. 中国海洋浮游硅藻类[M]. 上海:上海科学技术出版社,1965.1 - 230.
- [15] 金德祥,程兆第,林均民,等. 中国海洋底栖硅藻类(上卷)[M]. 北京:海洋出版社,1982.1 - 256.
- [16] 蓝东兆,程兆第,刘师成. 南海晚第四纪沉积硅藻[C]. 北京:海洋出版社,1995.1 - 103.

Preliminary Studies on Nanodiatoms in Sedimental Samples of Wenzhou City and Zhenhai City in Zhejiang Province and Jiulong River in Fujian Province

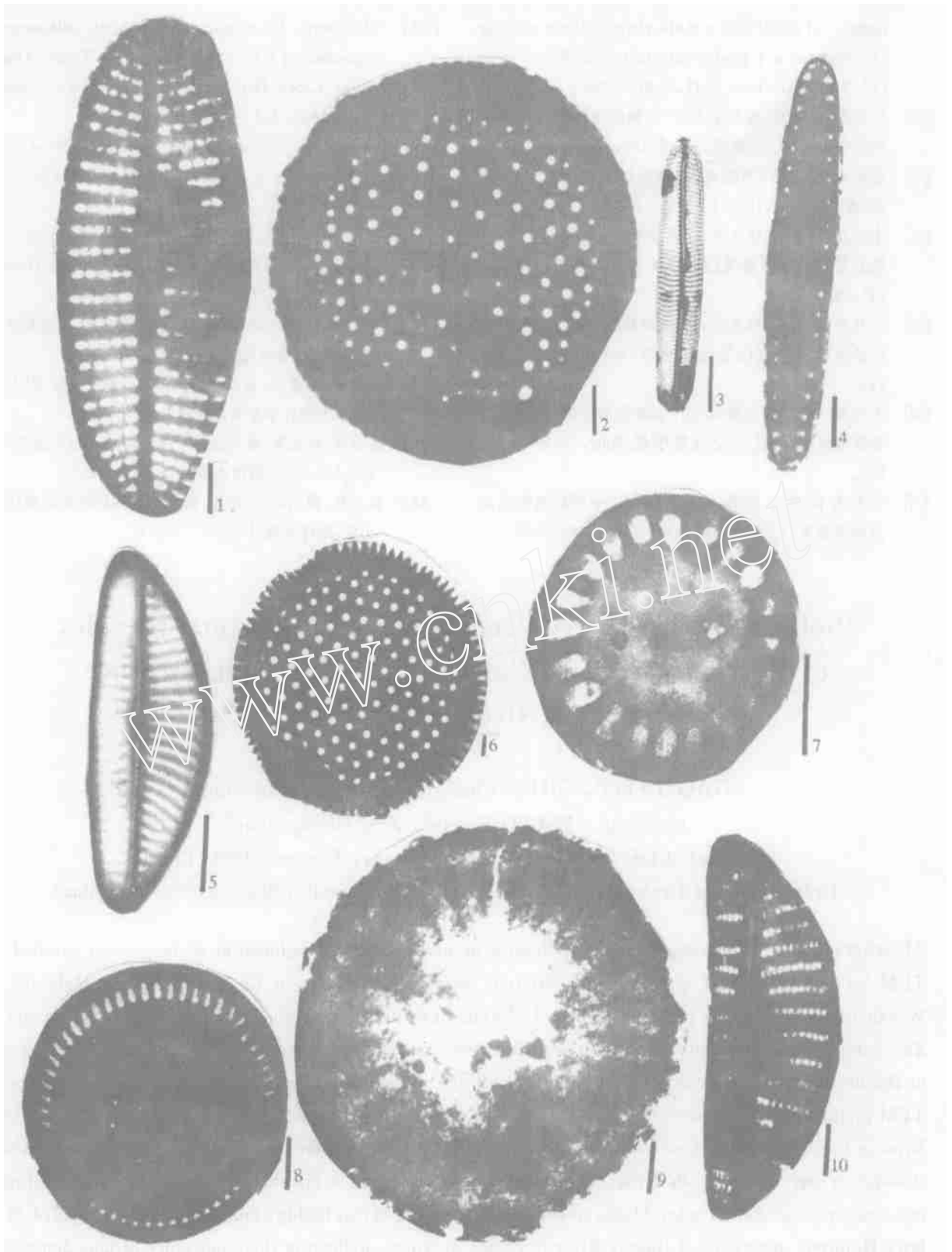
GAO Ya-hui¹, CHEN Chang-ping¹, Liang Jun-rong¹,
LI Yang¹, WANG Kai-fa², ZHI Chong-yuan²

(1. School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. Dept. of Marine Geology and Geophysics, Tongji University, Shanghai 200092, China)

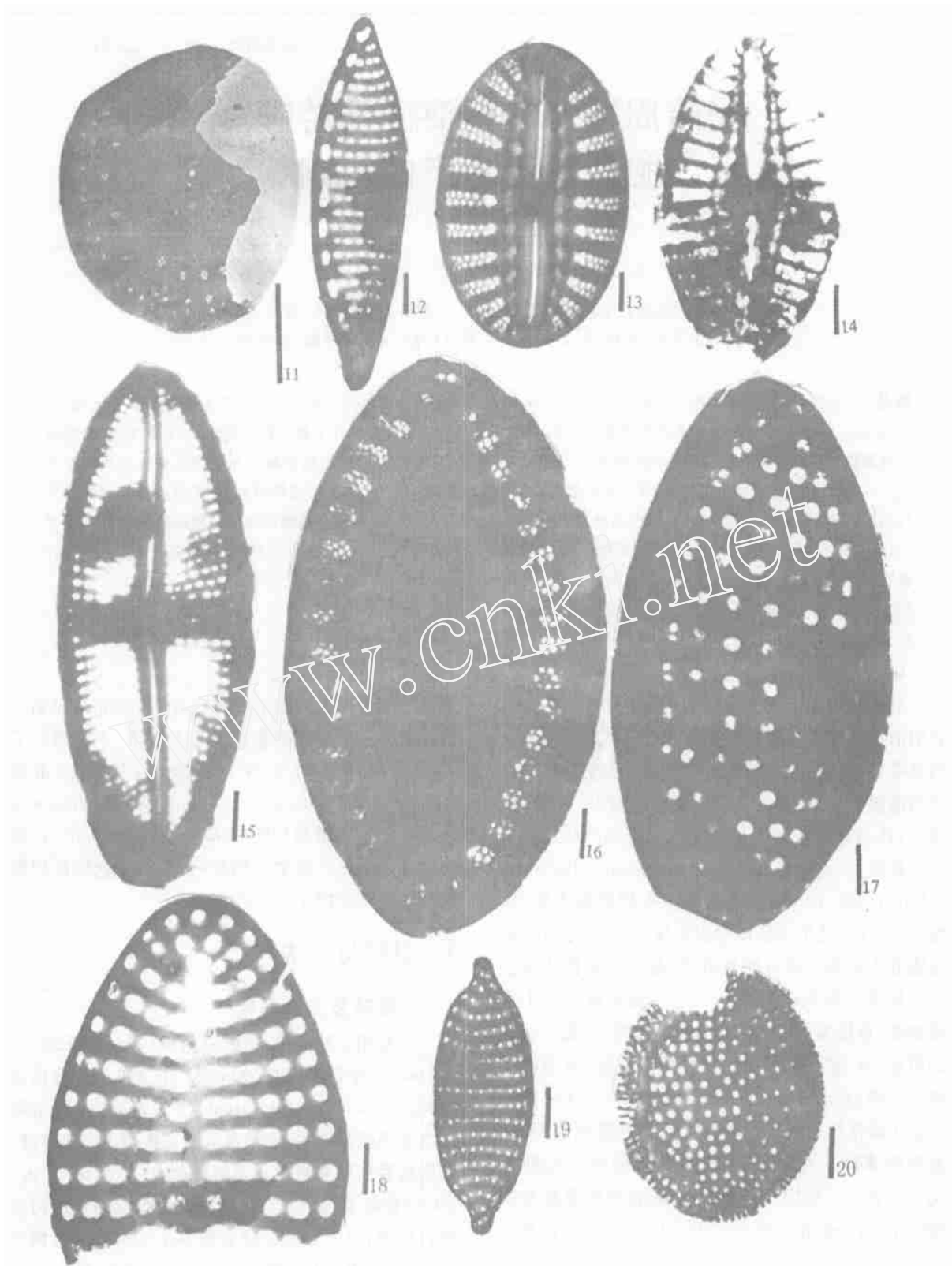
Abstract: The species composition and density of nanodiatoms in sedimental sections were studied by TEM for the sedimental samples from different sedimental sections in Early and Middle Holocene in Wenzhou city in Zhejiang province, in later Holocene in estuary of Jiulong River in Fujian province and in Zhenhai city in Zhejiang province. In total, 20 diatom species (including varieties) belonging to 14 genera of Bacillariophyta were described and the ecological distribution of each species was described together with TEM photographs. The dominant species was *Cyclotella caspia* in later Holocene in estuary of Jiulong River in Fujian province, *Cyclotella striata* in Middle Holocene in Wenzhou city, and *Thalassionema nitzschioides* in early Holocene in Wenzhou city and in later Holocene in Zhenhai city. The contribution of nanodiatoms to total diatom assemblages in sedimental sections varied highly, and which was up to 77.4% in later Holocene in estuary of Jiulong River in Fujian province, indicating the importance of nanodiatoms in diatom assemblages in sediment.

Key words: Nanodiatom; transmission electronic microscope; Jiulong River; Wenzhou City; Zhenhai City; sediment



图版 1

1. *Achnanthes biasolettiana* (Kutz.) Grunow; 2. *Acinocyclus ehrenbergii* v. *crassa* (Breb.) Hustedt 3. *Amphipleura rutilans* (Trent.) Cleve; 4. *Thalassionema nitzschioides* Grunow; 5. *Amphora micrometra* Giffen; 6. *Coscinodiscus marginatolineatus* A. Schmidt; 7. *Cyclotella atomus* Hustedt; 8. *C. caspia* Grunow; 9. *C. striata* (Kuetz.) Grunow; 10. *Cymbella ventricosa* Kuetzing (标尺 3 为 4 μm , 2, 4 为 10 μm , 其余为 1 μm)



图版 2

11. *Thalassiosira laevis* Cao, Cheng et Chin; 12. *Nitzschia frustulum* (Kütz.) Grunow; 13. *Diploneis lianjiangensis* Chin et Lin; 14. *Diploneis smithii* var. *dilatata* (M. Per.) Terry; 15. *Navicula mutica* Kütz. v. *mutica*; 16. *Nitzschia cocconeiformis* Grunow; 17. *Nitzschia granulata* Grunow; 18. *Rhaphoneis rhomoides* Hendey; 19. *Nitzschia dillicula* Hustedt; 20. *Cymatotheca minima* Voigt (标尺 11, 12, 13, 18 为 1 μm , 其余为 2 μm)