

台湾海峡表层沉积硅藻栖性生态类型及其分布

支崇远^{1,2}, 王开发¹, 兰东兆³, 李超⁴

(1. 同济大学 海洋与地球科学学院, 上海 200092; 2. 贵州师范大学 地理与生物科学学院, 贵州 贵阳 550001;

3. 国家海洋局 第三海洋研究所, 福建 厦门 361005; 4. 厦门大学 海洋系, 福建 厦门 361005)

摘要: 对厦门岛沿岸 46 个取样点表层沉积样品分析, 共发现硅藻 62 个属的 217 个种及亚种; 对台湾海峡 44 个取样点表层沉积样品分析, 共发现硅藻 36 个属的 181 个种及亚种. 各个取样点都有底栖种和浮游种出现, 水浅的区域(厦门岛沿海)底栖种比例较高, 水深的区域(台湾海峡)浮游种比例较高. 硅藻对指示水深具有科学研究价值. 底栖种和浮游种的比例可能还受水体流动性、地貌特征等因素的综合影响.

关键词: 硅藻; 表层沉积; 栖性; 分布; 厦门岛; 台湾海峡

中图分类号: P 736.2

文献标识码: A

文章编号: 0253-374X(2005)07-0971-05

Diatom Ecotype of Habitation and Their Distribution in Surface Sediments around Xiamen Island and in Taiwan Straits

ZHI Chong-yuan^{1,2}, WANG Kai-fa¹, LAN Dong-zhao³, LI Chao⁴

(1. School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. School of Geography and Biology, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 3. The Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China; 4. Marine Department, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Having analyzed the samples of surface sediment from 46 sites around Xiamen Island, 217 species or subspecies in 62 genera of diatoms were found. And also 181 species or subspecies in 36 genera were found from the samples at the 44 sites in Taiwan Straits. Both benthic and plankton diatoms were found at each site. More benthic diatoms are in shallow areas, around Xiamen Island, but more plankton are in deep areas, in Taiwan Straits. The ratio of benthic and plankton should be infected synthetically by the factors such as the movement of water and the physiognomy.

Key words: diatom; surface sediment; habitation; distribution; Xiamen Island; Taiwan Straits

硅藻对环境具有很好的指示作用, 研究硅藻的栖性生态特性是利用硅藻研究现代环境以及古环境的基础工作^[1-3]. 根据栖性一般可把硅藻分为浮游硅藻和底栖硅藻两大类. 研究硅藻栖性对利用硅藻

分析海平面变化、海岸线变迁、潮汐高度以及海侵海退等环境和古环境变化具有重要意义^[1-9]. 2000 年 11 月至 2003 年 12 月, 笔者对厦门岛沿海和台湾海峡表层沉积硅藻与水体生态环境的关系进行了研

收稿日期: 2004-04-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40076016, 40276021); 国家海洋局第二海洋研究所海底重点开放实验室资助项目(2002-4); 贵州大学基金资助项目(2001-9)

作者简介: 支崇远(1956-), 男, 贵州毕节人, 副教授, 理学博士. E-mail: zhichy@163.com.

究,以期揭示不同生态环境下出现的各主要硅藻属种,为硅藻指示环境的应用提供科学依据。

1 研究区域自然地理概况

研究区域为台湾海峡和厦门岛沿海。由于受东南季风及地形特征影响,研究区域表现出夏季长而暖,雨量丰富,但冬季有一定干旱。厦门海区年平均水温 21.3 °C,变化范围在 13~ 33 °C 之间,2月最低,平均水温为 13.6 °C,7月最高,平均水温 28 °C;5~ 11月份,月平均水温在 20 °C 以上。冬季水温南部海区稍高于北部^[10]。台湾海峡地处南亚热带,位于我国东南福建省和台湾省之间,是连接东海和南海的陆架浅海,年平均气温 19.5(平潭)~ 24.8 °C(恒春),极端最高气温 37.4(平潭)~ 39 °C(恒春),极端最低气温 1.6(平潭)~ 8 °C(恒春)。降水量受季风和地形的影响,分布不均匀,沿岸和海岛年降水量 746.2(马公)~ 1 633.9 mm(台北)。影响台湾海峡温度、盐度变化和沉积物搬运及堆积作用的水动力,主要有台湾暖流、南海水流、闽浙沿岸流(向南)、粤东沿岸流(向北)、潮流与波浪以及两岸入海河流^[2~ 11]。台湾暖流和南海水流同属高温高盐水流^[2~ 14]。影响研究区域的河流主要有九龙江、苕溪、晋江等。研究区地质构造位于“闽东火山断拗带”东缘、“闽东南沿海变质带”的西南部^[1~ 6]。台湾海峡基底主要由中生界白垩系长石石英砂和燕山期花岗岩类岩体组成,沉积盖层主要由第三系和第四系碎屑岩、火山碎屑沉积岩及基性喷发岩等构成,大地构造上属于东海陆架盆地,位于大陆与台湾岛弧之间,具有弧后盆地或新第三纪边缘拗陷特点。表层沉积物共有 14 类型,它们是:砾石、砂砾、粗砂、中粗砂、中细砂、细砂、砂、粉砂质砂、砂质粉砂、泥质砂、砂—粉砂—泥、泥质粉砂和粉砂质泥^[10]。

地理地貌特征对硅藻的生长和沉积分布也产生重要的影响。

2 表层沉积中主要硅藻属种及其栖性生态类型

通过九龙江口厦门岛沿岸 46 个取样点的样品分析,共发现 217 个硅藻种及亚种,分属于 62 个属。对台湾海峡 44 个位点进行了表层沉积硅藻的取样,分析后共发现 181 个种及亚种,分属于 36 个属,最

常见的属种根据其栖性生态特征,主要为底栖种和浮游种两大类,但潮间带类型是一个特殊的生态环境,对研究海平面和古环境变迁具有重要意义,故将其单列出来。

2.1 底栖硅藻

环状幅裯藻 *Actinoptychus annulatus* (Wallich) Grunow; 波状幅裯藻 *Actinoptychus undulatus* (Bailey) Ralfs; 纹筛蛛网藻 *Arachnoidiscus ornatus* Ehrenberg, 网状盒形藻 *Biddiphia reticulata* Roper; 长形美壁藻 *Caloneis elongata* (Greg.) Boyer; 善美圆筛藻 *Coscinodiscus agapetos* Rattray; 美丽美壁藻 *Caloneis formosa* (Greg.) Cleve; 减小圆筛藻 *Coscinodiscus decrescens* Grunow; 银币圆筛藻 *Coscinodiscus denarius* A. Schmidt; 相异圆筛藻 *Coscinodiscus diversus* Grunow; 纤维圆筛藻 *Coscinodiscus funbriatus* Ehrenberg; 库氏圆筛藻 *Coscinodiscus Kützingii* A. Schmidt; 具边线形圆筛藻 *Coscinodiscus marginato-lineatus* A. Schmidt; 小形圆筛藻 *Coscinodiscus minor* Ehrenberg; 光亮圆筛藻 *Coscinodiscus nitidus* Gregory; 暗色圆筛藻 *Coscinodiscus obscurus* A. Schmidt; 星突圆筛藻 *Coscinodiscus stellaris* Roper; 微凹圆筛藻 *Coscinodiscus subconcaus* Grunow; 微凹圆筛藻薄弱变种 *Coscinodiscus subconcaus* var. *tenuior* Rattray; 温和圆筛藻 *Coscinodiscus temperi* Brun; 膨大圆筛藻 *Coscinodiscus turgidus* Rattray; 维庭圆筛藻 *Coscinodiscus wittianus* Pantocsek; 蜂腰双壁藻 *Diploneis bombus* Ehrenberg; 北方双壁藻 *Diploneis borealis* (Grun.) Cleve; 史密斯双壁藻 *Diploneis smithii* (Bréb.) Cleve; 双尖菱板藻 *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grunow; 细弱明盘藻 *Hyalodiscus subtilis* Bailey; 具槽直链藻 *Melosira sulcata* (Ehrenberg) Cleve; 变异直链藻 *Melosira varians* Ag.; 盔状舟形藻 *Navicula corymbosa* (Ag.) Cleve; 直舟形藻疏远变种 *Navicula directa* var. *remota* Grunow; 直舟形藻爪哇变种 *Navicula directa* var. *javanica* Cleve; 远距舟形藻 *Navicula distans* (W. Sm.) Ralfs; 福建舟形藻 *Navicula Fujianensis* Chin et Cheng; 颗粒舟形藻 *Navicula granulata* Bailey; 长舟形藻 *Navicula longa* (Greg.) Ralfs; 海洋舟形藻 *Navicula marina* Ralfs; 柔软舟形藻 *Navicula mollis* (W. Sm.) Cleve; 小形舟形藻 *Navicula parva* (Men.) Cleve-Euler; 扁圆舟形藻 *Navicula placentula* (Ehr.) Grun.; 岩石舟形藻 *Navicula scopulorum* Brébisson; 盾形舟形藻 *Navicula scutiformis* Grunow; 卵形菱形藻

Nitzschia cocconeiformis Grunow; 碎片菱形藻 *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow; 弯菱形藻弯变种 *Nitzschia sigma* var. *sigmatella* Grunow; 颗粒菱形藻 *Nitzschia granulata* Grunow; 披针菱形藻 *Nitzschia lanceolata* W. Smith; 琴氏菱形 *Nitzschia panduriformis* Grunow; 美丽斜斑藻 *Pleurosigma formosum* W. Smith; 舟形斜纹藻 *Pleurosigma naviculaceum* Brébisson; 粗毛斜纹藻 *Pleurosigma strigosum* W. Smith; 小伪菱形藻 *Pseudonitzschia sicula* (Cast.) Peragallo; 双菱缝舟藻 *Rhaphoneis surirella* (Ehr.) Grunow; 双菱缝舟藻澳洲变种 *Rhaphoneis surirella* var. *austalis* Petit; 弯楔藻 *Rhoicosphenia curvata* (Kützing) Grunow; 肌状棒杆藻缢缩变种 *Rhopalodia musculus* var. *constricta* (W. Sm.) Peragallo H. et N.; 紫心辐节藻 *Stauroneis phoenicenteron* (Nitz.) Ehrenberg; 美丽双菱藻挪威变种 *Surirella elegans* var. *norvegica* (Eul.) Brun; 华壮双菱藻楔形变种 *Surirella fastuosa* var. *cuneata* (A. S.) Peragallo; 流水双菱藻 *Surirella fluminensis* Grunow; 平片针杆藻 *Synedra tabulata* (Ag.) Kützing; 安蒂粗纹藻 *Trachyneis antillarum* Cleve; 粗纹藻伸长变种 *Trachyneis aspea* var. *producta* Chin et Cheng; 粗纹藻长椭圆变种 *Trachyneis aspera* var. *oblonga* (Bail.) Cleve; 粗纹藻不活动变种 *Trachyneis aspera* var. *residua* (A. S.) Cleve; 德比粗纹藻 *Trachyneis debyi* (Leud.-Fortm.) Cleve; 美丽粗纹藻 *Trachyneis formosa* Meister; 橄榄粗纹藻 *Trachyneis olivaformis* Chin et Cheng; 帆状粗纹藻 *Trachyneis velata* Cleve; 细纹三角藻 *Triceratium affine* Grunow; 凸尖三角藻 *Triceratium cuspidatum* Janisch; 网纹三角藻 *Triceratium reticulum* Ehrenberg; 卵形褶盘藻 *Trybliptychus cocconeiformis* (Cl.) Hendey.

底栖硅藻附着在水体底层的物体上,在水的深度太大的地方,光线不能到达而使底栖硅藻无法合成所需的营养,故底栖硅藻主要生活在近海和沿岸较浅的地方.本研究区域的代表种有环状幅裯藻、具槽直链藻、卵形菱形藻、颗粒菱形藻、维庭圆筛藻、蜂腰双壁藻等.底栖硅藻反映所处生态环境为较浅的水环境.

2.2 浮游硅藻

扇形星脐藻 *Asteromphalus flabellatus* (Brè b.) Greville; 透明辐杆藻 *Bacteriastrum hyalinum* Lauder; 异

角盒形藻 *Biddulphia heteroceros* Grunow; 狭线形圆筛藻 *Coscinodiscus anguste-lineatus* A. Schmidt; 蛇目圆筛藻 *Coscinodiscus argus* Ehrenberg; 星脐圆筛藻 *Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg; 中心圆筛藻 *Coscinodiscus centralis* Egreberg; 弓束圆筛藻 *Coscinodiscus curvatulus* Grunow; 离心列圆筛藻 *Coscinodiscus eccentricus* Ehrenberg; 格氏圆筛藻 *Coscinodiscus granii* Groug; 强氏圆筛藻 *Coscinodiscus janischii* A. Schmidt; 琼氏圆筛藻 *Coscinodiscus jonesianus* (Grev.) Ostefeld; 线形圆筛藻 *Coscinodiscus lineatus* Ehrenberg; 具边圆筛藻 *Coscinodiscus marginatus* Ehrenberg; 小眼圆筛藻 *Coscinodiscus oculatus* (Fauv.) Petit; 辐射圆筛藻 *Coscinodiscus radiatus* Ehrenberg; 洛氏圆筛藻 *Coscinodiscus rothii* (Ehrenberg) Grunow; 有棘圆筛藻 *Coscinodiscus spinosus* Chin; 细弱圆筛藻 *Coscinodiscus subtilis* Ehrenberg; 小型弓束圆筛藻 *Coscinodiscus curvatulus* var. *minor* (Ehrenberg) Grunow; 具星小环藻 *Cydotella stelligera* Cl. et Grun; 赖氏窗纹藻 *Epithemia reicgeltii* Fricke; 星形明盘藻 *Hyalodiscus stelliger* Bailey; 细弱小盘藻 *Minidiscus subtilis* Gao, Cheng et Chin; 柔弱菱形藻 *Nitzschia delicatissima* Cleve; 诺马斜纹藻 *Pleurosigma normanii* Ralfs; 骨条藻 *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve; 阿拉伯双菱藻 *Surirella arabica* Grunow; 窗格平板藻 *Tabellaria fenestrata* (Lyngby.) Kützing; 佛氏海毛藻 *Thalassiothrix frauefeldii* Grunow; 精美三角藻 *Triceratium scitulum* Brightwell.

浮游硅藻漂浮于水中,在浅水和深水均可生活.如果浮游种比例很大而底栖种很少,则表明所处环境为深水环境,故用浮游种分析环境的水深时,要参考底栖种同时出现的情况.本研究区域的代表种有蛇目圆筛藻、琼氏圆筛藻、线形圆筛藻、具边圆筛藻、辐射圆筛藻、扇形星脐藻等.

2.3 潮间带硅藻

华美辐裯藻 *Actinoptychus splendens* (Shadbolt) Ralfs; 长耳盒形藻 *Biddulphia aurita* (Lyngb.) Brébisson et Godey; 苏氏圆筛藻 *Coscinodiscus thorii* Pavillard; 条纹小环藻 *Cydotella striata* (Kützing) Grunow; 柱状小环藻 *Cydotella stylorum* Brightwell; 日本桥弯藻 *Cymbella japonica* Reichelt; 海生斑条藻 *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kützing; 可疑明盘藻 *Hyalodiscus ambiguus* Tempère et Peragallo; 微缘羽纹藻

中间变种 *Pinnularia viridis* var. *intermedia* Cleve; 芽形双菱藻 *Surirella gemma* Ehrenberg; 橄榄粗纹藻 *Trachyneis olivaformis* Chin et Cheng; 蜂窝三角藻 *Triceratium favus* Ehrenberg; 美丽三角藻 *Triceratium formosum* Brightwell.

潮间带种本是分属于底栖种和浮游种, 多是底栖类, 但在海岸潮间带它们经常出现, 对指示潮间带生态环境具有意义. 本研究区域的代表种有条纹小环藻、柱状小环藻、蜂窝三角藻、华美辐裊藻等.

研究区内底栖硅藻的种类最丰富, 浮游硅藻种类也很多, 潮间带种类相对较少.

3 底栖和浮游硅藻的分布情况

厦门岛沿海浮游硅藻和底栖硅藻比例如图 1, 综观 46 个取样点, 底栖硅藻比浮游硅藻的比例高, 但也有少数取样点表现出浮游硅藻占有较高比例. 在水体流速较快的区域, 底栖硅藻所占比例大, 而水体流速较小的区域, 浮游硅藻可稍占优势; 水深的地方浮游硅藻出现较多, 而水浅的地方底栖种较繁盛. 水体深度是影响硅藻栖性比例的一个非常重要的因子.

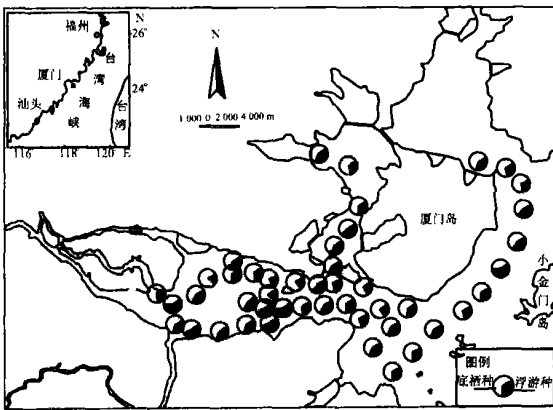


图 1 厦门岛沿海底栖和浮游硅藻比例及其分布
Fig. 1 Ratio of benthic and plankton diatoms and their distribution around Xiamen Island

台湾海峡硅藻栖性生态特征规律性较强, 浮游硅藻比例总体占优(图 2). 将台湾海峡与厦门岛沿海硅藻进行对比(图 1, 2), 很明显有如下规律: 水深的地方浮游硅藻占有较高比例, 而水浅的地方底栖种较丰富. 但是少数取样点有不同表现, 可能是地貌、水流速度等因素综合作用的结果.

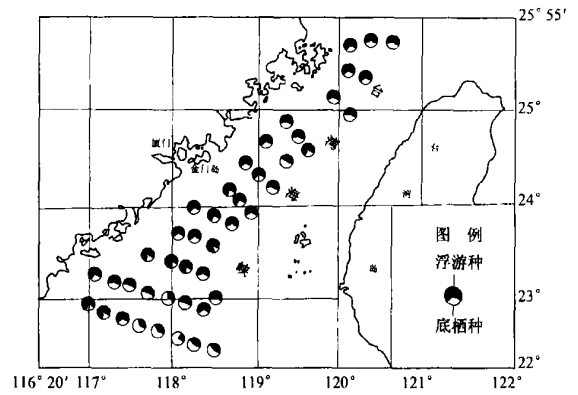


图 2 台湾海峡底栖和浮游硅藻比例及其分布
Fig. 2 Ratio of benthic and plankton diatoms and their distribution in Taiwan Straits

4 影响硅藻分布的讨论

(1) 底栖种、浮游种和潮间带种硅藻反映了不同的生态类型. 在沿岸海域, 底栖种占优势; 外海或较深的水域浮游种占优势. 本次研究结果进一步验证了这一规律. 此外, 研究结果还表明, 沉积硅藻的种类与生态环境较吻合, 虽然水体中生活的硅藻属种的数量和比例与沉积硅藻有差异, 但所反映的主要生态特征是符合客观实际的, 所以沉积硅藻对其所处环境有较好的指示作用.

(2) 浮游种生活在水体上层, 多数可进行光合作用而获得能量, 近岸、浅海和深海都有它们的存在, 影响它们主要因子有水体流动性、温度、营养盐和 pH 值等. 本研究的各取样点都有浮游种类出现. 底栖种一般生活在水体底层或附着于其他生物体表面, 水体超过一定深度, 光线不足, 就不利于生长, 故其主要生活于较浅的水体中. 本研究各取样点结果表明, 随着水深增加, 底栖种的比例减少. 底栖种和浮游种在各种水深环境中都有出现, 但比例不同. 不同硅藻属种的比例与水深的关系可用数学关系进行表达. 将硅藻属种与水体深度建立定量化数学模型, 以使用硅藻准确了解水体环境的深度, 是将来的研究方向.

(3) 沉积硅藻出现比例受多种因素的影响, 虽然硅藻的栖性基本能反映所处生态环境, 但在沉积过程中, 水流方向、水流速度、地貌类型等都会影响硅藻沉积的结果, 即影响各类硅藻出现的比例关系. 在利用硅藻指示环境时, 必须考虑这些因素的存在.

(4) 台湾海峡硅藻从西南向东北浮游种有增多的趋势, 底栖硅藻在海峡东南角占有很大优势, 这可

能与海水上升流有关。台湾海峡的海流从西南流向东北,流速逐渐减小,流速大的区域底栖种较多,流速较小的区域浮游种明显呈优势,这反映了流速对沉积硅藻种类和数量的影响。

参考文献:

- [1] Stoemer E F, Smol J P. The diatoms—applications for the environmental and earth sciences[M]. Cambridge: Cambridge University, 1999.
- [2] 支崇远, 王开发, 蓝东兆, 等. 闽南第四纪晚期沉积硅藻组合与古环境研究[J]. 微体古生物学报, 2003, 20(3): 244–252.
ZHI Chong-yuan, WANG Kai-fa, LAN Dong-zhao, et al. Study on the relationship between diatom assemblage and paleoenvironment of the late quaternary in the Taiwan channel and Xiamen Island[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2003, 20(3): 244–252.
- [3] 支崇远, 王开发, 王洪根, 等. 运用多种数理统计方法研究东海南部陆缘(闽南段)晚第四纪硅藻与环境的关系[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2003, 23(3): 65–71.
ZHI Chong-yuan, WANG Kai-fa, WANG Hong-gen, et al. Relationship between diatom assemblage and paleoenvironment of late quaternary in the south continental margin of the East China Sea on the basis of multiple statistical methods[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2003, 23(3): 65–71.
- [4] 王开发, 支崇远, 陶明华. 厦门附近潮滩表层沉积剖面硅藻组合研究[J]. 海洋通报, 2003, 22(5): 15–19.
WANG Kai-fa, ZHI Chong-yuan, TAO Ming-hua. Study on diatom assemblage in surface sediment profile of tidal beach near Xiamen[J]. Marine Science Bulletin, 2003, 22(5): 15–19.
- [5] 王开发, 支崇远, 陶明华. 东海陆缘(浙南段)晚第四纪硅藻的发现及古环境分析[J]. 微体古生物学报, 2003, 20(4): 350–357.
WANG Kai-fa, ZHI Chong-yuan, TAO Ming-hua. Discover of diatoms and analysis of paleoenvironment of the late quaternary on the margin of the East China Sea (section of south Zhejiang) [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2003, 20(4): 350–357.
- [6] 王开发, 支崇远, 郑玉龙, 等. 东海陆缘(闽北段)晚第四纪沉积的硅藻学研究[J]. 沉积学报, 2002, 20(1): 135–143.
WANG Kai-fa, ZHI Chong-yuan, ZHENG Yu-long, et al. The study on diatom of late quaternary sediment in the continental margin of the East China Sea (northern Fujian member) [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(1): 135–143.
- [7] 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 Kai-fa, JIANG Hui, ZHI Chong-yuan, 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.
- [8] 王开发, 孙煜华. 东海沉积孢粉、藻类组合[M]. 北京: 海洋出版社, 1986.
WANG Kai-fa, SUN Yu-hua. Pollen and algae assemblage in the sediments of the East China Sea [M]. Beijing: Ocean Press, 1986.
- [9] 王开发, 蒋辉, 张玉兰. 南海及沿岸地区第四纪孢粉、藻类与环境[M]. 上海: 同济大学出版社, 1990.
WANG Kai-fa, JIANG Hui, ZHANG Yu-lan. Pollen Algae and Environment of Quaternary in South China Sea [M]. Shanghai: Tongji University Press, 1990.
- [10] 厦门市地理学会. 厦门经济特区地理[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1995.
Geographic Academy of Xiamen. Geography of Xiamen special zone [M]. Xiamen: Xiamen University Press, 1995.
- [11] 兰东兆, 程兆弟, 刘师成. 南海晚第四纪沉积硅藻[M]. 北京: 海洋出版社, 1995.
LAN Dong-zhao, CHENG Zhao-di, LIU Shi-cheng. Quaternary sediment diatoms in South China Sea [M]. Beijing: Ocean Press, 1995.
- [12] 程兆弟, 高亚辉. 硅藻彩色图集[M]. 北京: 海洋出版社, 1996.
CHENG Zhao-di, GAO Ya-hui. Color photos of diatoms [M]. Beijing: Ocean Press, 1996.
- [13] 高亚辉, 陈长平, 支崇远, 等. 福建九龙江和东屿沉积微型硅藻的初步研究[J]. 海洋学报, 2003, 6: 89–98.
GAO Ya-hui, CHEN Chang-peng, ZHI Chong-yuan, et al. A preliminary study on nanodiatoms from holocene sediments in the Jiulong River and Dongyu Island of Fujian Province, China [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2003, 6: 89–98.
- [14] 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, 4: 387–397.
WANG Kai-fa, LU Ji-jun, ZHENG Yu-long. Paleoenvironment signification of pollen and diatom assemblage in late quaternary along Fujian Coast [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1995, 4: 387–397.

(编辑: 张弘)