

# 我国海链藻属的新记录种类

李 扬<sup>1</sup>, 高亚辉<sup>2\*</sup>, 吕颂辉<sup>1,3</sup>

(1. 华南师范大学生命科学学院, 广东省植物发育生物工程重点实验室, 广东 广州 510631;

2. 厦门大学生命科学学院, 福建 厦门 361005; 3. 暨南大学理工学院, 广东 广州 510632)

**摘要:** 利用透射电镜(TEM), 对采自我国沿海海域的水样进行了观察, 针对其中的海链藻属 *Thalassiosira* Cleve 开展了分类学的专题研究. 经鉴定, 确认其中的 5 个种类为我国的新记录种类, 它们分别是安达曼海链藻 *T. andamanica* Gedde、双线海链藻 *T. duostriata* Pienaar、吉思纳海链藻 *T. gessneri* Hustedt、海氏海链藻 *T. hasleae* Cassie et Dempsey 和具毛海链藻 *T. hispida* Syvertsen. 我们对每个种类的形态学特征、生活习性和生态分布进行了说明, 并提供了电镜照片.

**关键词:** 海链藻; 新纪录; 中国

**中图分类号:** Q 94

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0438-0479(2008)02-0286-05

海链藻是一类常见的浮游硅藻, 是硅藻中少数几个大属之一<sup>[1-2]</sup>. 大部分海链藻种类的个体都在 20  $\mu\text{m}$  以下, 是海洋微型浮游生物的重要组成部分, 也是微型硅藻的重要成员<sup>[3]</sup>. 海链藻是中心纲硅藻乃至硅藻门的典型种类, 常被做为模式生物, 开展了诸如硅藻基因组、有性繁殖生活史、浮游动物或经济动物的选择摄食和摄食压力以及作为环境指示生物等多方面的研究, 是很好的研究材料<sup>[1-2]</sup>. 另外, 一些海链藻种类还是重要的有害赤潮原因种, 我国渤海湾、长江口附近海域、厦门港及大亚湾等近岸水域均有海链藻赤潮的相关报道<sup>[4-5]</sup>.

海链藻种类繁多, 种间的形态学差异细微, 准确鉴定的难度较大, 绝大部分种类的鉴定, 只有在电镜下才能够准确进行<sup>[2,6]</sup>. 目前为止, 已报道的海链藻种类达到 150 余种, 绝大部分都是海洋浮游生活, 只有少数种类生活在淡水或半咸水中<sup>[2,7]</sup>. 我国在海链藻方面的研究则相对落后, 已记录的海链藻种类大约在 50 种左右. 本文作者报道了 5 个我国新记录的海链藻种类, 对其形态学特征进行了较详细的说明, 并提供了电镜下的照片. 以上新记录种类的发现, 丰富了我国沿海海链藻以及浮游植物群落的种类多样性, 有助于建立相对完善的海链藻属的形态学数据库和图片库, 为海链藻在水域生态、赤潮研究、饵料新品种筛选等方面的应用提供重要的理论基础和实用价值.

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

用小体积柱形采水器在采样站位分别采集各水层海水 2 L, 每个样品采集两份, 其中一份立即用鲁哥氏液(Lugol's solution)固定, 另一份带回实验室进行藻种的分离和纯化, 获得纯种培养的海链藻藻株. 待藻株纯化之后, 取较高细胞密度的藻液 50 mL 左右, 同样用鲁哥氏液固定.

### 1.2 方法

固定后的水样经过多次的静置、沉淀, 逐步浓缩到 5~10 mL. 在浓缩后的样品中加入等体积的浓硫酸(浓盐酸), 并在水浴中煮沸 15~20 min 左右, 具体时间可根据有机质含量的多少而定. 然后加入蒸馏水多次水洗至中性<sup>[3]</sup>. 用微量进样器吸取约 5  $\mu\text{L}$  处理后的样品, 均匀平铺在微孔铜网上, 自然晾干或白炽灯下烘干. 然后置于 TEM 下观察、计数和拍照. 每个样品重复观察几片铜网. 取平均值, 并换算出每升水样中的细胞个数. 对于个别现场无法马上鉴定的种类, 拍照后, 参考有关硅藻分类文献资料进行种类的鉴定.

## 2 结果

### 2.1 安达曼海链藻 *Thalassiosira andamanica* Gedde (图版 F1~3)

Gedde 1999, p. 199~200, Fig. 2~16.

生活细胞为黄褐色, 内含许多小的盘状色素体. 多个细胞依靠由中央支持突延伸的胶质丝相连成群体. 壳面圆形, 直径为 23~26  $\mu\text{m}$ , Gedde(1999)记录的直

收稿日期: 2007-05-08

基金项目: 国家自然科学基金(30700046, 40476055), 广东省自然科学基金(7300190)资助

\*通讯作者: gaoyh@xmu.edu.cn

径为 31~54  $\mu\text{m}$ . 贯壳轴短于直径. 壳面上除了一圈壳缘支持突外, 还分布有三圈支持突(图版 F1). 壳缘支持突密度为 10  $\mu\text{m}$  内 3~5 个, 内管短, 基部有 4 个围孔. 壳面中央处有一个支持突(图版 F2), 偶见两个的. 壳面边缘有一个唇形突(图版 F3), 距离壳缘有一定的距离, 向外有一定长度的外管. 壳面孔纹六角形, 束状排列, 孔纹密度大约为 10  $\mu\text{m}$  内 30 个. 壳缘最外一圈孔纹成长方形, 孔纹之间有硅质增厚, 呈肋纹状, 密度为 10  $\mu\text{m}$  内 36~40 条. 壳环带具有大的孔纹, 不规则排列, 每微米内 4~6 个.

生态:海水浮游生活.

分布:标本采自香港海域吐露港表层海水(10月). 本种首次发现于泰国安达曼海域<sup>[8]</sup>.

## 2.2 双线海链藻 *Thalassiosira duostra* Pienaar (图版 F4~5)

Pienaar & Pieterse 1990, p. 106, Fig. 1~11.

细胞单独生活. 环面观呈长方形, 贯壳轴短于壳面直径. 壳面圆形, 平或略有起伏. 壳面直径 10~13  $\mu\text{m}$ , Pienaar & Pieterse(1990)记录的直径范围是 10.3~25.7  $\mu\text{m}$ . 壳面孔纹辐射螺旋状或束状排列(图版 F4), 壳面中部的孔纹较大, 密度为每微米 3~4 个, 靠近壳缘处的孔纹较小, 密度为每微米 6~7 个, 最外层孔纹略微延长成长方形. 孔纹内侧有筛孔板, 上分布有多数小而圆形的筛孔. 壳缘有一环支持突, 基部有 4 个围孔, 排列紧密, 每两个支持突相距 3~5 个孔纹, 密度为 10  $\mu\text{m}$  内 5~11 个. 有 1 或 2 个唇形突位于两个壳缘支持突之间, 靠近其中一个(图版 F5). 壳面上有 2~4 个支持突, 排列成 1 簇或 2 簇, 位于壳面中央至壳缘的一半处. 我们的标本中分布有两个壳面支持突(图版 F5), 簇生, 间隔一个较大孔纹, 位于壳面中央至壳缘的一半处. 壳面支持突的基部有 4 个围孔, 内部具有短的外管.

生态:淡水或半咸水生活.

分布:标本采自厦门港胡里山水域的表层海水(8月). 本种首次记录于南非的瓦尔河(Vaal River)<sup>[9]</sup>.

## 2.3 吉思纳海链藻 *Thalassiosira gessneri* Hustedt (图版 F6~7)

Hustedt 1956, p. 95, pl. 1, Fig. 1~5; Simonsen 1987, p. 432, pl. 647, Fig. 1~6, pl. 648, Fig. 1~3; Hasle & Lange 1989, p. 123, 125, Fig. 6, 7, 14~18.

壳面圆形, 直径为 13.4~15.3  $\mu\text{m}$ . 壳面中央附近壳面分为两半, 一半平, 另一半略下陷(扫描电镜下明显, 透射电镜下不易见). 壳面孔纹细密, 成显著的束状排列, 每微米 3~4 个. 壳面中央没有支持突和较大孔

纹, 有若干孔纹不规则紧密排列, 形成紧密区(图版 F7). 壳缘有一环间隙小的支持突, 有一个唇形突位于壳缘支持突之间(图版 F6). 在壳面中心至壳缘约 1/2 处, 有一环支持突约 15~22 个(图版 F6~7), 基部都为 4 个围孔.

生态:淡水或半咸水生活.

分布:标本采自厦门筲箕湖(9月). 曾记录于北美的一些河流, 如密西西比河<sup>[7, 10, 11]</sup>.

## 2.4 海氏海链藻 *Thalassiosira hasleae* Cassie et Dempsey (图版 F8~9)

Cassie & Dempsey 1980, p. 280, Fig. 1~14.

细胞单独生活或形成胶质块, 不形成链状群体. 壳环面矩形或方形. 壳面直径 4~4.7  $\mu\text{m}$ , Cassie & Dempsey(1980)记录的个体较大, 直径为 8~20  $\mu\text{m}$ . 壳套部弧形, 孔纹较小. 壳面较平或略有起伏. 孔纹六角形或圆形, 放射状或不完整的线形排列, 但在壳面中心和壳套处为不规则排列. 壳缘有一环支持突, 支持突间隔 3~4 个孔纹, 密度为 10  $\mu\text{m}$  内 11~14 个. 有 1~2 个壳缘唇形突, 位于壳缘支持突环内. 壳面分布有 2~10 个壳面支持突, 均位于壳面中央至壳缘约一半处, 其中一个单独分布, 其余的成簇, 若只有 2 个壳面支持突, 它们则分散分布(图版 F9).

Cassie & Dempsey(1980)的描述中, 壳面支持突均位于壳面中心至壳缘的一半处, 而在我们的标本中, 观察到一个支持突位于壳面中央的(图版 F8). 另外, 我们的标本较小.

生态:淡水或半咸水生活.

分布:标本采自胶州湾(9月); 香港马湾海域(9月). 本种首次记录于新西兰奥克兰(Auckland)的一个池塘里<sup>[12]</sup>.

## 2.5 具毛海链藻 *Thalassiosira hispida* Syvertsen (图版 F10~11)

Syvertsen 1986, p. 34~36, Fig. 1~17.

细胞环面观为长方形至正方形. 具有多个贴壁的盘状色素体. 细胞间依靠中央支持突延伸的胶质管连接成链状群体, 群体长短不一. 壳面平, 壳套低, 圆弧形, 具有无纹缘. 壳面直径 5~25  $\mu\text{m}$ . 本种的典型性特征是:壳面上分布有短且直的刺或毛状突起(图版 F10较显著), 不规则排列, 密度为每微米 12~13 个. 孔纹切线或辐射状排列, 壳面的孔纹相对较大, 密度为 10  $\mu\text{m}$  内 18 个, 壳套处孔纹较小, 10  $\mu\text{m}$  内 24~26 个. 与壳缘支持突处于同一环位置的孔纹, 硅质化较重, 孔纹壁厚, 形成一环加厚的硅质壁, 向内延伸, 逐渐变薄. 孔纹内侧有筛孔板. 壳面中央处有一个支持突, 与一个显

著的中央孔纹相邻.壳缘有一圈支持突,规则排列,10  $\mu\text{m}$  内约有5个.有一个唇形突位于两个壳缘支持突之间,略靠近其中一个或位于正中间.支持突基部有4个围孔和短的外管.支持突具有长的外管,末端尖,内管很短.唇形突的外管长,比支持突外管宽,内管则很短,呈两片加厚的嘴唇状结构.壳环面结构与其他海链藻种类没有大的差别,环带上有一排孔纹.

生态:海洋浮游生活.

分布:标本采自长江口海域(2002年11月);厦门宝珠屿水域表层和底层海水(8、10月),胡里山表层海水(8、9月);香港吐露港表层海水也有分布(10月),马尾海有少量分布(11月).本种首次记录于挪威西岸海域(Korsfjorden and Trondheimsfjorden)<sup>[13]</sup>.

## 3 讨论

### 3.1 海链藻种间的形态学比较研究

海链藻属内种间准确鉴定的难度较大,区别特征更加细微.目前,海链藻种间的区别特征主要有:1)细胞大小;2)壳面外形;3)孔纹排列方式及密度;4)突起的数量、大小、位置、排列方式及分布密度.其中,突起的形态学特征及其构造是海链藻种间鉴定的关键性依据.然而,海链藻壳面突起的位置多变化,数目及密度的变化范围更大,因此,海链藻种类准确鉴定的难度较大,经常出现种类误定的情况.

安达曼海链藻与柄链藻属 *Porosira* 的种类之间存在很多相似特征,如整个壳面都分布有支持突,有一个壳缘唇形突距离壳缘一定距离等.两者的主要区别特征是:1)前者的细胞直径相对较小,一般在20~50  $\mu\text{m}$ ,后者的细胞直径多在30~90  $\mu\text{m}$ ,相对较大,但也有接近的个体;2)前者的壳面中央有一个中央支持突,偶有两个的,后者壳面中央无支持突分布;3)前者的群体是细胞之间依靠中央支持突外管相互连接,后者的群体则是依靠壳面散布的多个壳面支持突外管相互连接而成.在海链藻属内,安达曼海链藻与细弱海链藻 *T. subtilis* 和双环海链藻 *T. diporocylus* 在形态学特征上更为接近,如壳面大部分都分布有支持突,壳缘唇形突距离壳缘一段距离,壳面中央具有一个支持突(偶有两个的)等.它们之间的主要区别是:1)前者细胞依靠中央支持突延伸的胶质管相连成链状群体,后两种的群体形态为细胞被包埋在球形或不规则的胶质块内;2)前者支持突内管较短,后两种支持突的内管较长;3)前者唇形突的外管长,后两种则短;4)前者的壳面支持突分布在壳面大部分,从壳缘到壳面中央均有,后两种的壳面支持突主要分布在靠近壳缘的大部分壳

面上,近中央处则无支持突的分布.

双线海链藻壳面支持突的位置多变,但均为簇状排列方式,位于壳面中央至壳缘的一半处.支持突数量一般为2~4个,4个支持突的组成方式有:1:3、2:2或0:4,即壳面支持突分成两簇,一簇有1个支持突,另一簇为3个支持突,或分成两簇,分别有2个支持突,或壳面只有1个支持突簇,支持突的数量为2~4个.壳缘唇形突的数目也有变化,一般为1~2个.双线海链藻与海氏海链藻十分相似,但前者的壳面支持突只有2~4个,没有4个以上的,后者的壳面支持突为2~10个.但双线海链藻与具有4个以下壳面支持突的海氏海链藻个体较易混淆,两者的主要区别是:1)前者的壳面支持突簇生,后者的壳面支持突散布,相互之间约成120度夹角;2)前者的壳面直径相对较小,后者细胞直径较大;3)前者的壳缘支持突密度较小,10  $\mu\text{m}$  内为5~11个,后者的密度则较高,密度达到10  $\mu\text{m}$  内12~15个.

吉思纳海链藻与湖泊海链藻 *T. lacustris* 的壳面较相似,两者的壳面中央区分为对成的两侧,一侧隆起,一侧凹陷,它们之间的主要区别是:1)前者的壳缘只有一环支持突,后者壳缘支持突外侧还分布有多数细密的闭合支持突;2)前者的壳缘唇形突的内壳面观呈嘴唇状,后者则为裂口状.另外,吉思纳海链藻与威氏海链藻 *T. weissflogii* 也很接近,显著的差别是:1)前者的壳面中央区分为隆起和凹陷的两部分,后者的壳面平,没有起伏;2)前者的壳面支持突分布在壳面中心至壳缘约一半处,后者的壳面支持突较靠近壳面近中央区.

海氏海链藻与威氏海链藻等种类也有相似之处,它的特有特征是:壳面分布有2~10个壳面支持突,均位于壳面中央至壳缘约一半处,其中一个单独分布,其余的成簇,若只有2个壳面支持突,它们则分散分布.依据这个特征,可以区分海氏海链藻与其它相似种类.

具毛海链藻的特有特征是:壳面上分布有短且直的刺或毛状突起,不规则排列.它与艾伦海链藻在壳面外形上较接近,主要区别特征是:1)本种壳面覆盖刺或毛状突起物,后者则无;2)本种的唇形突位于两个壳缘支持突之间,靠近其中一个或位于中间,后者的唇形突位于一圈壳缘支持突中,占据一个支持突的位置.

### 3.2 形态分类学与分子分类学之间的关系

藻类的形态分类学是一门历史悠久的传统学科,从诞生至今,在藻类学的研究领域发挥了重要的作用.随着现代生物科技的发展,藻类分类的手段已不仅仅局限在光学显微镜和电子显微镜下的形态学分类,分子手段正被越来越多地引入到藻类的分类和系统发育

研究中.国外藻类学者已经开始将目的基因扩增和序列分析等分子手段应用到海洋微藻的遗传多样性分析和物种分类研究中,尤其是在研究一些形态学观察难以准确鉴定的相似种类方面,分子手段逐渐显示出其优越性.近年来,rDNA被广泛应用到硅藻属下种间水平的分类鉴定上,特别是ITS区,因其具有比rDNA其他区域更快的进化速率,还可应用到种下分类上,研究较多的是骨条藻(*Skeletonema*)<sup>[14]</sup>和拟菱形藻(*Pseudonitzschia*)的种类.

形态分类与分子分类相比,两者具有各自的优点和劣势.形态分类对设备的要求简单,操作方便,因此在费用上相对较低廉,但形态分类的最大劣势是对鉴定人员的要求高,要求必须具有相当扎实的形态分类学理论知识,以及显微镜下观察鉴定的实际经验,另外,对于一些在形态学特征上极为相似的种类,形态分类对其鉴定人员的要求则更为严格.分子分类的最大优势则是对于鉴定人员的要求相对简单,不需要对他们进行长时间的相关培训;同时,分子分类在相似种类以及种下水平的分类研究中具有独特的优势;然而由于在目的序列选择上的不同,分子分类结果的可靠性和重复性均不稳定;同时,分子分类的设备要求和操作程序相对复杂,在费用上也较高.最重要的一点是,目前在藻类分子分类领域中,各国学者在序列的选择上尚未统一,多种序列均有使用,造成研究结果在比较上难以确定明确的标准,影响了分子分类应用和影响的继续扩大.

形态分类与分子分类的相互结合是目前藻类学中最新的研究方法.在某些情况下,形态分类与分子分类的结果可以达成一致;然而,有些情况下,两者的结果也不尽相同.因此,基于形态特征的分类和基于分子特征的分类之间的关系仍处于争论之中.本文立足于形态学特征对海链藻进行分类研究,今后还有待与分子分类的工作相结合.

## 参考文献:

[1] Round F E, Crawford R M, Mann D G. The diatoms: biology and morphology of the genera [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

- [2] Fryxell G A, Hasle G R. Taxonomy of harmful diatoms [M]// Hallegraeff G M, Anderson D M, Cembella A D. Manual on harmful marine microalgae. Paris: Imprimerie Landais (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), 2004: 465 - 510.
- [3] 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.
- [4] 高亚辉. 厦门港微型浮游生物研究[D]. 厦门: 厦门大学图书馆, 1990.
- [5] 李扬. 中国近海海域微型硅藻的生态学特征和分类学研究[D]. 厦门: 厦门大学图书馆, 2006.
- [6] Hasle G R, Syvertsen E E. Marine diatoms [M]// Tomas C R. Identifying marine phytoplankton. San Diego: Academic Press, 1997: 5 - 387.
- [7] Hasle G R, Lange C B. Freshwater and brackish water *Thalassiosira*: taxa with tangentially undulated valves [J]. Phycologia, 1989, 28: 120 - 135.
- [8] Gedde A D. *Thalassiosira andamanica* sp. nov. (Bacillariophyceae), a new diatom from the Andaman Sea (Thailand) [J]. Journal of Phycology, 1999, 35: 198 - 205.
- [9] Pienaar C, Pieterse A J H. *Thalassiosira duostra* sp. nov., a new freshwater centric diatom from the Vaal River, South Africa [J]. Diatom Research, 1990, 5: 105 - 111.
- [10] Hustedt F. Diatomeen aus dem Lago de Maracaibo in Venezuela [J]. Ergebnisse Der Deutschen Limnologischen Venezuela Expedition 1952, 1956, 1: 93 - 140.
- [11] Simonsen R. Atlas and catalogue of the diatom types of Friedrich Hustedt. 1, Catalogue [M]. Cramer: Berlin-Stuttgart, 1987.
- [12] Cassie V, Dempsey G P. A new freshwater species of *Thalassiosira* from some small oxidation ponds in New Zealand, and its ultrastructure [J]. Bacillaria, 1980, 3: 273 - 292.
- [13] Syvertsen E E. *Thalassiosira hispida* sp. nov., a marine planktonic diatom [C]// Ricard M. Bristol: Proceeding of the Eighth International Diatom Symposium. 1986: 33 - 42.
- [14] 程金凤. 中国沿海几种典型微型硅藻的形态、遗传差异与系统进化研究[D]. 厦门: 厦门大学图书馆, 2007.

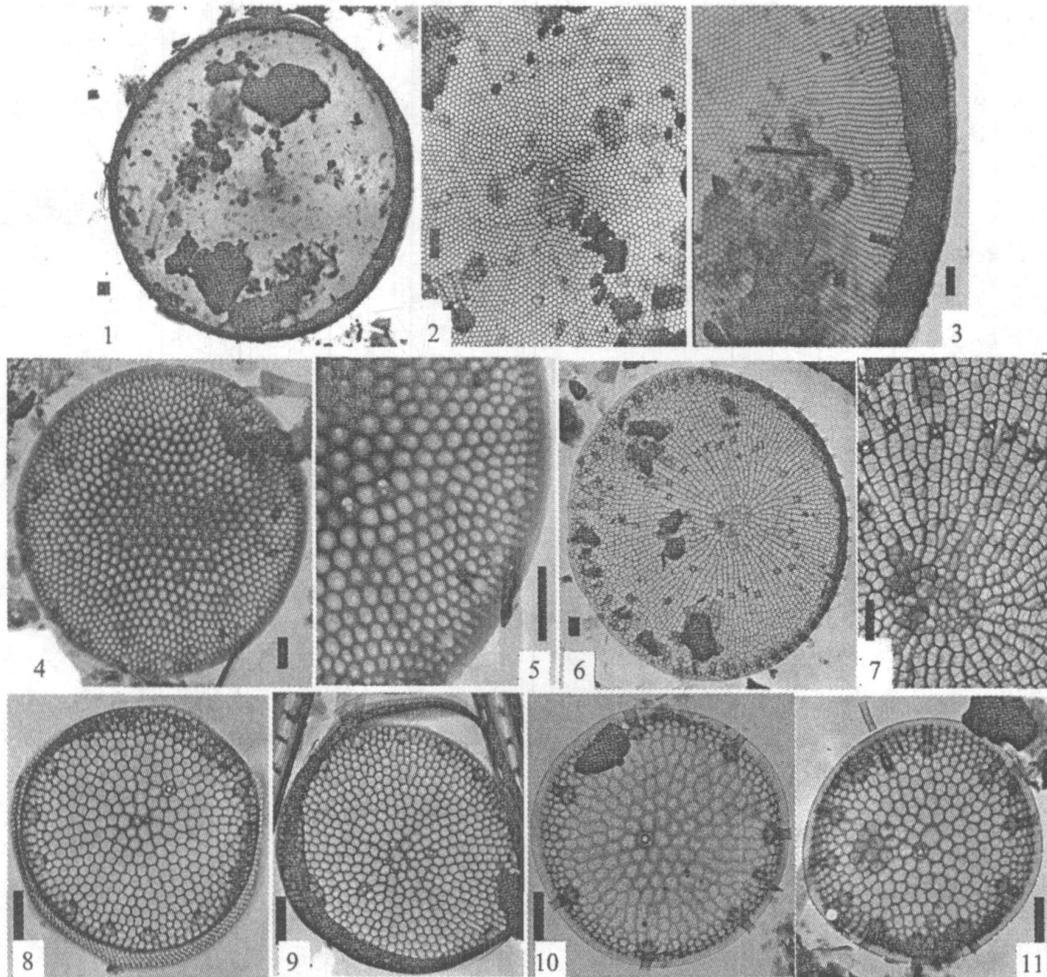
## Newly Recorded Species of *Thalassiosira* from China

LI Yang<sup>1</sup>, GAO Ya-hui<sup>2\*</sup>, L Ü Song-hui<sup>1,3</sup>

- (1. School of Life Sciences, South China Normal University, Guangdong Provincial Key Lab. of Biotechnology for Plant Development, Guangzhou 510631, China;  
2. School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China;  
3. College of Science and Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

**Abstract :** *Thalassiosira*, a planktonic diatom genus with more than 150 known species, has a worldwide marine distribution with about twelve species in brackish to freshwater. It is one of the largest genus in diatom and the cell size of most species are below 20  $\mu\text{m}$ . So this genus is an important member of nanoplankton or nano-diatom which just could be observed clearly and identified accurately under electron microscope (EM). There are few distinct morphological characteristics among many *Thalassiosira* species, so it is difficult to reach the accurate classification. Using transmission electron microscope (TEM), several water samples from coastal waters of China were observed aiming at the taxonomy of *Thalassiosira*. Five species were identified as newly recorded species for China. They were *T. andamanica* Gedde, *T. duostra* Pienaar, *T. gessneri* Hustedt, *T. hasleae* Cassie et Dempsey and *T. hispida* Syvertsen. The morphological features, habit and distribution of each species were described in detail and TEM photos were given.

**Key words :** *Thalassiosira*; new records; China



图版 I 我国新记录的 5 个海链藻种类

1~3. 安达曼海链藻 *T. andamanica* Gedde, 1 示壳面, 2 示壳面中央区结构, 包括中央支持突、壳面支持突, 3 示壳缘区结构, 包括壳缘支持突、壳缘唇形突;

4~5. 双线海链藻 *T. duostra* Pienaar, 4 示壳面, 5 示偏心支持突簇及壳缘支持突和壳缘唇形突;

6~7. 吉思纳海链藻 *T. gessneri* Hustedt, 6 示壳面, 7 示中央区结构, 包括中央孔纹构成的紧密区和部分壳面支持突;

8~9. 海氏海链藻 *T. hasleae* Cassie et Dempsey;

10~11. 具毛海链藻 *T. hispida* Syvertsen. 以上均为透射电镜照片, 标尺为 1  $\mu\text{m}$

Plate I Five newly recorded species of the genus *Thalassiosira* for China