

DOI: 10.11913/PSJ.2095-0837.2017.30326

于潘, 尤庆敏, 王全喜. 九寨沟单壳缝目(硅藻门)的中国新记录植物[J]. 植物科学学报, 2017, 35(3): 326~334

Yu P, You QM, Wang QX. Newly recorded Monoraphidales (Bacillariophyta) species in Jiuzhaigou Valley, China [J]. Plant Science Journal, 2017, 35(3): 326~334

九寨沟单壳缝目(硅藻门)的中国新记录植物

于潘, 尤庆敏, 王全喜*

(上海师范大学生命与环境科学学院, 上海 200234)

摘要: 在四川省九寨沟自然保护区进行硅藻多样性调查时, 发现单壳缝目硅藻的5个中国新记录种, 隶属于3个属, 分别为菲斯特曲丝藻 *Achnanthidium pfisteri* Lange-Bertalot、罗森斯托克曲丝藻 *Achnanthidium rosenstockii* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot、齐格勒片状藻 *Platessa ziegleri* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot、劳恩堡沙生藻 *Psammothidium lauenburgianum* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round 和苏格兰沙生藻 *Psammothidium scoticum* Bukhtiyarova & Round。利用光学显微镜(LM)及扫描电子显微镜(SEM)对这5个种进行了仔细观察, 并对其形态分类学特征和生境进行了详细描述。

关键词: 曲丝藻属; 片状藻属; 沙生藻属; 中国新记录; 九寨沟

中图分类号: Q949.27

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2017)03-0326-09

Newly recorded Monoraphidales (Bacillariophyta) species in Jiuzhaigou Valley, China

Yu Pan, You Qing-Min, Wang Quan-Xi*

(College of Life and Environmental Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai, 200234, China)

Abstract: Based on a diatom diversity investigation in Jiuzhaigou Valley Natural Reserve, five species of Monoraphidales (Bacillariophyta) are reported as new records in China, namely *Achnanthidium pfisteri* Lange-Bertalot, *Achnanthidium rosenstockii* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, *Platessa ziegleri* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, *Psammothidium lauenburgianum* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round, and *Psammothidium scoticum* Bukhtiyarova & Round. The microstructures of these five species were observed using LM and SEM, and their taxonomic characters and habitats were described here in detail.

Key words: *Achnanthidium*; *Platessa*; *Psammothidium*; New records of China; Jiuzhaigou Valley

单壳缝目(Monoraphidales)隶属于硅藻门硅藻纲, 植物体为单细胞或连接成带状或树状的群体, 细胞一个壳面有壳缝, 另一个壳面无壳缝, 常通过具壳缝面或胶质柄附着在基质上, 细胞个体较小^[1]。根据Round等^[2]的分类系统, 可将单壳缝

目硅藻分为3科: 曲壳藻科(Achnanthaceae)、曲丝藻科(Achnanthidiaceae)和卵形藻科(Cocconeidaceae)。目前世界上已报道单壳缝目硅藻25属2000多个分类单位, 其中, 中国报道了14属150多个分类单位。

收稿日期: 2016-10-21, 退修日期: 2016-11-04。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31270249); 国家科技基础性工作专项(2013FY110400); 国家国际科技合作专项(2013DFR90670); 上海市教育委员会项目(14YZ069)。

This work was supported by grants from the National Natural Science Foundation of China (31270249), Science and Technology Basic Work of China (2013FY110400), International Science & Technology Cooperation Program of China (2013DFR90670), and Program of Shanghai Municipal Education Commission (14YZ069)。

作者简介: 于潘(1990-), 男, 博士研究生, 主要从事硅藻分类学研究(E-mail: yupan2016@yahoo.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: wangqx@shnu.edu.cn)。

九寨沟自然保护区位于四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县漳扎镇内($32^{\circ}55' \sim 33^{\circ}16'N$ 、 $103^{\circ}46' \sim 104^{\circ}05'E$)，海拔 $1996 \sim 4764\text{ m}$ ，地处北亚热带秦巴湿润区与青藏高原波密-川西湿润区的过渡地带^[3]。九寨沟自然保护区属于高原寒温带-亚寒带季风气候，水体清洁，水温较低($7^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$ 左右)， $\text{pH } 7.5 \sim 8.2$ ，藻类生物多样性丰富。2013年我们在九寨沟自然保护区进行硅藻多样性调查时，发现了单壳缝目硅藻5个中国新记录种(隶属于3个属)，在此对这3属5个新记录种的形态特征进行详细的描述，并给出了各种的生境及国外分布情况。本研究进一步丰富了我国单壳缝类硅藻的生物多样性。

1 材料与方法

我们于2013年7月对九寨沟自然保护区主要水体进行了硅藻标本采集，采样生境主要是湖泊，采样基质包括石块、枯木、沉水植物(苔藓)、大型藻类(轮藻)等，采集的样品信息见表1。用干净牙刷刷取基质表面的硅藻标本，装入容量瓶中用4%的甲醛溶液固定。样品带回实验室，取部分标本用MARS消解仪进行消解，经消解后的样品用Naphrax胶制成永久封片，使用Olympus BX53型光学显微镜(LM)观察并用Olympus DP 80型显微摄影数码相机拍照。使用JEOL JSM-6380LV型扫描电子显微镜(SEM)进行超微结构观察并拍照。使用Photoshop CS6软件对照片进行处理并制作图版。物种鉴定参考文献[1-24]进行。

2 中国新记录种形态描述

2.1 菲斯特曲丝藻(图版I: 1 ~ 13)

Achnanthidium pfisteri Lange-Bertalot, 2004, p. 126, pl. 20, figs: 1 ~ 18.

壳面线形-椭圆形，向两端不延伸，细胞长 $5.5 \sim 11\text{ }\mu\text{m}$ ，宽 $2.5 \sim 3.5\text{ }\mu\text{m}$ (图版I: 1 ~ 9)。

具壳缝面壳缝直，中轴区窄线形，中央区形状多变，多不对称或中央区一侧无线纹，另一侧具短的线纹(图版I: 1 ~ 5, 10 ~ 11)；无壳缝面中轴区窄线形，无中央区(图版I: 6 ~ 9, 12 ~ 13)；线纹在壳面中部每 $10\text{ }\mu\text{m}$ 内 $18 \sim 20$ 条，两端每 $10\text{ }\mu\text{m}$ 内30条。

扫描电镜下，上下壳面的线纹都由点纹组成，具壳缝面的壳缝在外壳面末端向同一侧弯曲，近缝端直，膨大呈孔状(图版I: 10)，而在内壳面近缝端向相反的方向弯曲(图版I: 11)，线纹中部呈辐射状排列，向两端辐射程度减弱，到末端线纹呈近平行状排列(图版I: 10 ~ 11)；无壳缝面线纹呈微辐射状排列(图版I: 12 ~ 13)。

*A. pfisteri*与*A. biasolettiana*和*A. pyrenaica*在形态上相似，区别在于后两者的壳面是椭圆形-披针形或线形-披针形，而*A. pfisteri*壳面是线形-椭圆形。*A. pfisteri*与*A. minutissimum*的区别在于前者的末端壳缝裂纹向同一侧方向弯曲而后者不弯曲。*A. pfisteri*与*A. convergens*的区别是，*A. convergens*壳面末端呈钝圆形或亚喙状，线纹数在中部每 $10\text{ }\mu\text{m}$ 内 $19 \sim 28$ 条，末端每 $10\text{ }\mu\text{m}$ 内 $36 \sim 40$ 条，而*A. pfisteri*的线纹在壳面中部每 $10\text{ }\mu\text{m}$ 内 $18 \sim 20$ 条，两端每 $10\text{ }\mu\text{m}$ 内30条^[21]。

标本号：JZG201307004。

生境：采自四川九寨沟天鹅海，附着于沉水苔藓上面。

国外分布：欧洲(德国)。

2.2 罗森斯托克曲丝藻(图版II: 14 ~ 26)

Achnanthidium rosenstockii (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, 2004, p. 433. *Achnanthes rosenstockii* Lange-Bertalot, 1991, p. 65, pl. 36, figs: 32 ~ 37.

壳面线形，中部微膨大，末端呈宽圆形，细胞长 $11 \sim 15\text{ }\mu\text{m}$ ，宽 $3 \sim 4\text{ }\mu\text{m}$ (图版II: 14 ~ 22)。具壳缝面中轴区窄线形，中央区很小呈圆形，线纹

表1 样品采集地信息
Table 1 Information on sampling sites

标本号 Number of samples	采集地 Locality	生境 Habitats	海拔(m) Altitude	水温(℃) Water temp	pH	日期 Date	采集人 Collectors
JZG201307004	天鹅海	沉水苔藓、石块	2912	11.5	8.4	2013-07-05	王全喜、庞婉婷
JZG201307009	箭竹海	石块、轮藻	2598	11.1	8.2	2013-07-05	王全喜、庞婉婷
JZG201307020	五花海	石块、轮藻、枯木	2471	11.1	8.0	2013-07-06	庞婉婷、李博
JZG201307018	镜海	石块、枯木	2360	17.4	8.4	2013-07-06	庞婉婷、李博

呈辐射状排列(图版Ⅱ: 14 ~ 19, 23 ~ 24), 无壳缝面中轴区呈线形披针形, 在中部微变宽(图版Ⅱ: 20 ~ 22, 25 ~ 26), 线纹在中部微辐射状排列, 两端辐射状排列(图版Ⅱ: 23, 25); 线纹在每10 μm内有24 ~ 26条。

扫描电镜下, 具壳缝面的外壳面, 在近缝端直, 微膨大呈小孔状, 远缝端不弯曲, 延伸到壳缘处呈孔状(图版Ⅱ: 23), 在内壳面, 近缝端微向相反的方向弯曲(图版Ⅱ: 24)。上下两个壳面的线纹均由矩形的孔纹组成, 线纹单列。

A. rosenstockii 与相似种 *A. trinodis* 的区别在于, *A. rosenstockii* 的壳缝远缝端不弯曲, *A. trinodis* 的壳缝远缝端向相反的方向弯曲; 此外 *A. trinodis* 的具壳缝面中央区呈横椭圆形, 无壳缝面中轴区窄披针形, 中央区圆形, 而 *A. rosenstockii* 具壳缝面中央区很小呈圆形, 无壳缝面中轴区呈线形披针形, 在中部微变宽^[18]。

标本号: JZG201307004, JZG201307009, JZG201307020, JZG201307018。

生境: 采自四川九寨沟五花海、镜海、天鹅海、箭竹海等地, 附着于大型藻类(轮藻)、沉水苔藓或石块上面。

国外分布: 北美洲(美国), 欧洲(英国、德国、意大利、波兰、俄罗斯和黑海)。

2.3 齐格勒片状藻(图版Ⅲ: 27 ~ 41)

Platessa ziegleri (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, 2004, p. 445.

Achnanthes ziegleri Lange-Bertalot, 1991, p. 39, pl. 23, figs 33 ~ 38.

壳面椭圆形-披针形, 末端呈头状或亚头状, 细胞长9.5 ~ 11 μm, 宽5.5 ~ 6 μm(图版Ⅲ: 27 ~ 33)。具壳缝面壳缝直, 中轴区窄线形, 中央区横矩形, 线纹中部近平行状排列, 向两端逐渐变成辐射状排列(图版Ⅲ: 27 ~ 30, 34 ~ 35); 无壳缝面中轴区窄线形, 无中央区或在壳面中部线纹间距微变宽, 线纹中部近平行状排列, 两端呈辐射状排列(图版Ⅲ: 31 ~ 33, 40 ~ 41); 线纹在每10 μm内有19 ~ 20条。

扫描电镜下, 具壳缝面的外壳面, 壳缝直, 在近缝端和远缝端均不膨大或微膨大呈小孔状, 线纹由孔纹组成, 单列, 在壳缘处线纹由一到两排孔纹组成(图版Ⅲ: 34, 36 ~ 37); 在内壳面, 近缝端

向相反的方向弯曲(图版Ⅲ: 35, 38 ~ 39)。无壳缝面线纹由矩形和圆形的孔纹组成, 单列(图版Ⅲ: 40 ~ 41)。

P. ziegleri 与该属其它种形态差异大, 容易区分, 但与 *Achnanthidium* 属的 *A. exiguum* 有些相似。不同之处在, *P. ziegleri* 在具壳缝面的末端壳缝直, 不弯曲, 而 *A. exiguum* 向相反的方向弯曲, 在无壳缝面无中央区, 中央区呈不对称的横矩形; *P. ziegleri* 组成线纹的孔纹比 *A. exiguum* 的更大呈矩形^[13, 17]。

任迪^[4]在记录采自海南的 *P. ziegleri* 时, 查阅原始文献中对该种的特征描述为: 壳面椭圆形到线形椭圆形, 末端呈头状, 有壳缝面中央区呈横矩形, 中轴区线形, 无壳缝面中轴区线形或线形披针形, 电镜下壳面线纹单列, 由孔纹组成。而任迪描述的椭圆形-披针形壳面, 末端延伸不明显, 中央区不对称和双列线纹的特征均与原始文献不相符。本文描述的物种与原始文献中 *P. ziegleri* 的形态特征更吻合。因此, 我们认为, 任迪将海南的种类鉴定为 *P. ziegleri* 存在误差^[4, 13, 17, 18]。

标本号: JZG201307004, JZG201307018。

生境: 采自四川九寨沟天鹅海、镜海等, 附着于沉水苔藓上面。

国外分布: 北美洲(美国), 欧洲(德国和波兰)。

2.4 劳恩堡沙生藻(图版Ⅳ: 42 ~ 49, 59 ~ 62)

Psammothidium lauenburgianum (Hustedt) Bukhtiyarova & Round, 1996, p. 17, figs: 62 ~ 65.

Achnanthes lauenburgiana Hustedt, 1950, p. 394, pl. 36, figs: 3 ~ 9.

壳面椭圆形-披针形, 细胞长6 ~ 13 μm, 宽3.5 ~ 5 μm(图版Ⅳ: 42 ~ 49)。具壳缝面的中轴区呈线形, 中央区横矩形到蝴蝶结形, 中央区微不对称或对称(图版Ⅳ: 42 ~ 45, 59); 无壳缝面中轴区线形披针形, 具有一个大的横向不对称的中央区(图版Ⅳ: 46 ~ 49, 60 ~ 62)。线纹在每10 μm内有24 ~ 28条。

扫描电镜下, 壳面的线纹由点纹组成, 两个壳面的线纹都呈辐射状排列。具壳缝面壳缝直, 在远缝端无壳缝裂纹, 在近缝端微膨大(图版Ⅳ: 59), 在内部近缝端弯向相反的方向(图版Ⅳ: 60); 无

壳缝面, 外部中央区小的一侧具一短的线纹, 在内部中央区一侧具马蹄形的凹陷(图版IV: 61 ~ 62)。

P. lauenburgianum 在无壳缝面中央区具有一个马蹄形无纹区与 *P. lanothidium* 属的许多种类相似, 最易与该属的 *P. lanceolatum* 混淆, 两者可以通过线纹来区分: *P. lanceolatum* 线纹是由多列的点纹组成, 而 *P. lauenburgianum* 是由单列的点纹组成。*P. lauenburgianum* 与 *Psammothidium* 属的其它种容易区分, 其它种在无壳缝面均无马蹄形的无纹区^[17, 25]。

标本号: JZG201307004。

生境: 采自四川九寨沟天鹅海, 附着于沉水苔藓或砂粒上。

国外分布: 北美洲(美国), 欧洲(波兰)。

2.5 苏格兰沙生藻(图版IV: 50 ~ 58, 63 ~ 65)

Psammothidium scoticum (Flower & Jones)

Bukhtiyarova & Round, 1996, p. 22, figs: 76 ~ 77.

Achnanthes scotica Flower & Jones, 1989, p. 228, figs: 1 ~ 7, 42 ~ 53.

壳面线形-椭圆形, 细胞长 6.5 ~ 9 μm , 宽 3 ~ 4 μm (图版IV: 50 ~ 58)。具壳缝面的中轴区线形到线形-披针形, 中央区呈横椭圆形到矩形(图版IV: 50 ~ 52, 63)。无壳缝面中轴区呈披针形, 在壳面中部变宽(图版IV: 53 ~ 58, 64 ~ 65)。线纹在上下壳面密度相似, 在每 10 μm 内有 27 ~ 30 条。

扫描电镜下, 具壳缝面的外壳面壳缝直, 在近缝端和远缝端均微膨大(图版IV: 63), 在内部, 近缝端向相反方向弯曲。上下壳面的线纹均由点纹组成, 线纹均呈辐射状排列。

P. scoticum 与 *P. daonense* 和 *P. ventralis* 在形态上较为相似, 区别在于 *P. scoticum* 壳面是线形-椭圆形, *P. daonense* 是椭圆形且较大, 长 9 ~ 23 μm , *P. ventralis* 壳面近囊状, 末端呈宽亚头状或亚喙状。*P. marginulatum* 与 *P. scoticum* 的不同在于其壳面椭圆形-披针形, 且无壳缝面的中轴区更宽。*P. scoticum* 线纹数比 *P. marginulatum* 更密, *P. marginulatum* 线纹每 10 μm 内有 23 ~ 27 条, 而 *P. scoticum* 每 10 μm 内有 27 ~ 30 条^[22]。

标本号: JZG201307004。

生境: 采自四川九寨沟天鹅海, 附着于沉水苔藓或砂粒上。

国外分布: 北美洲(美国), 欧洲(英国、俄罗斯和德国)。

3 讨论

单壳缝目硅藻作为一类细胞个体较小的类群, 通常仅靠光镜(LM)的观察是难以分辨的, 需要借助扫描电镜(SEM)辅助鉴定。比如 *Psammothidium lauenburgianum* 和 *Planothidium lanceolatum* 在 LM 下形态相似, 但 SEM 观察就很容易将两者区分, 前者线纹是单列的, 而后者是多列的线纹; 复合群体 *A. minutissimum complex*, 其壳面形状都是线形到线形-披针形, 线纹中间疏两端密, 主要是通过壳缝、线纹的排列等特征加以区分, 而这些特征在 LM 下很难观察到, 必须借助 SEM 辅助鉴定, 本文报道的 *Achnanthidium pfisteri* Lange-Bertalot 就属于该复合群体中的种类。

九寨沟自然保护区气候属于高原寒温带-亚寒带季风气候, 其水体清洁, 水温较低(7°C ~ 16°C 左右), 水体呈贫营养型, 适合单壳缝目硅藻生长, 多样性较高。本研究的标本采集生境多为适合单壳缝目硅藻附着生长的基质(大型藻类、石块、沉水植物等), 我们目前已经鉴定出该类群硅藻 50 多种(变种), 今后还将进一步对该地区的硅藻类群开展分类研究。

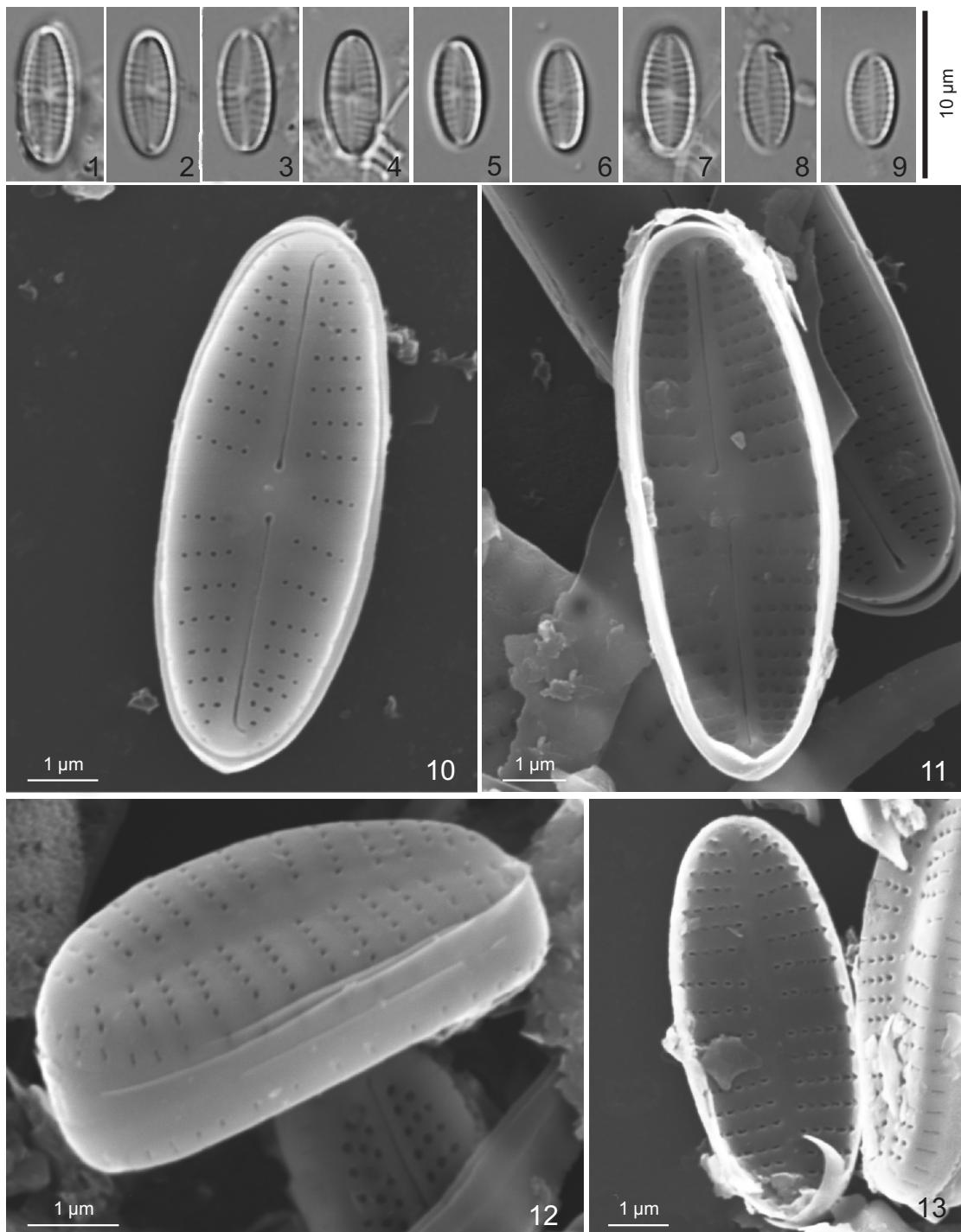
参考文献:

- [1] 胡鸿钧, 魏印心. 中国淡水藻类[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 397~402.
- [2] Hu HJ, Wei YX. The Freshwater Algae of China [M]. Beijing: Science Press, 2006: 397~402.
- [3] Round FE, Crawford RM, Mann DG. The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 1~747.
- [4] 朱成科. 九寨沟核心景区湖泊水环境与藻类多样性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2007: 23.
- [5] Zhu CK. Study on the correlation of lake water environment and algae in the core area of Jiuzhaigou[D]. Chongqing: Southwest University, 2007: 23.
- [6] 马沛明, 施练东, 赵先富, 张俊芳, 陈威, 胡菊香. 一种淡水水华硅藻——链状弯壳藻(*Achnanthidium catenatum*) [J]. 湖泊科学, 2013, 25(1): 156~162.
- [7] Ma PM, Shi LD, Zhao XF, Zhang JF, Chen W, Hu JX. A bloom-forming freshwater diatom: *Achnanthidium catenatum*

- [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2013, 25(1): 156–162.
- [5] 倪依晨, 刘琪, 尤庆敏, 王全喜. 甘肃尕海硅藻初报[J]. 植物科学学报, 2013, 31(5): 445–453.
- Ni YC, Liu Q, You QM, Wang QX. Preliminary studies on diatoms from Gahai Lake, Gansu Province [J]. *Plant Science Journal*, 2013, 31 (5): 445–453.
- [6] 任迪. 海南省淡水单壳缝目硅藻的初步研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2016: 45.
- Ren D. Preliminary studies on freshwater monoraphid in Hainan Province [D]. Harbin: Harbin Normal University, 2016: 45.
- [7] 朱惠忠, 陈嘉佑. 中国西藏硅藻[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 328.
- Zhu HZ, Chen JY. *Bacillariophyta of the Xizang Plateau* [M]. Beijing: Science Press, 2000: 328.
- [8] Wojtal A. New or rare species of the genera “*Achnanthidium* and *Psammothidium*” (Bacillariophyceae) in the diatom flora of Poland[J]. *Polish Bot J*, 2004, 49(2): 215–220.
- [9] Antoniades D, Douglas MSV, Smol JP. Benthic diatom autecology and inference model development from the Canadian High Arctic Archipelago 1[J]. *J Phycol*, 2005, 41: 30–45.
- [10] Bouchard G, Gajewski K, Hamilton PB. Freshwater diatom biogeography in the Canadian Arctic Archipelago [J]. *J Biogeogr*, 2004; 1955–1973.
- [11] Bukhtiyarova L, Round FE. Revision of the genus *Achnanthes* sensu lato. *Psammothidium*, a new genus based on *A. marginulatum*[J]. *Diatom Res*, 1996, 11 (1): 1–30.
- [12] Cleve PT, Grunow A. Beiträge zur Kenntnis der Arktischen Diatomeen[M]. Kongliga: Boktryckeriet, 1880, 17 (2): 121.
- [13] Czarnecki DB. The Freshwater Diatom Culture Collection at Loras College, Dubuque, Iowa [C]// Kociolek JP ed. Proceedings of the 11th International Diatom Symposium, San Francisco, 12 – 17 August 1990. San Francisco: California Academy of Sciences, 1994: 155–174.
- [14] Lange-Bertalot H, Krammer K. *Achnanthes* Eine Monographie der Gattung[M]. Berlin: J. Cramer, 1989: 1–158.
- [15] Hustedt F. Die Diatomeenflora norddeutscher Seen mit besonderer Berücksichtigung des holsteinischen Seengebiets V – VII. Seen in Mecklenburg, Lauenburg und Nordostdeutschland [J]. *Archiv Für Hydrobiologie*, 1950, 43: 329–458.
- [16] Joh G. Algal Flora of Korea; Vol. 3, No. 7. Chrysophyta: Bacillariophyceae: Pennales: Raphidineae: Achnanthaceae. Freshwater Diatoms [M]. Incheon: National Institute of Biological Resources, 2012(3): 1–134.
- [17] Wehr JD, Sheath RG. *Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification* [M]. London: Academic Press, 2003: 595–636.
- [18] Krammer K, Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae* 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Achnanthes*, *Navicula*, *Gomphonema* Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1–4 [M]. Berlin: Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2004: 1–468.
- [19] Lange-Bertalot H, Genkal SI. *Diatoms from Siberia I. Islands in the Arctic Ocean* [M]. Vaduz: ARG Gantner, 1999, 6: 1–292.
- [20] Meister F. Die Kieselalgen der Schweiz. Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz [M]. Suisse: Matériaux pour la flore cryptogamique. 1912, IV: 1–254.
- [21] Werum M, Langer-Bertalot H. *Diatoms in Springs from Central Europe and elsewhere under the Influence of Hydrogeology and Anthropogenic Impacts* [M]. Ruggell: Gantner, 2004, 126–127.
- [22] Monnier O, Lange-Bertalot H, Hoffmann L, Ector L. The genera *Achnanthidium* Kützing and *Psammothidium* Bukhtiyarova et Round in the family Achnanthidiaceae (Bacillariophyceae): A reappraisal of the differential criteria[J]. *Cryptogamie Algol*, 2007, 28: 141–158.
- [23] Østrup E. *Danske Diatoméer med 5 tavler et Engelsk résumé* [M]. Udgivet: Paa Carlsbergfondets Bekostning, 1910: 1–323.
- [24] Van de Vijver B, Wetzel C, Koplova K, Zidarova R, Ector L. Analysis of the type material of *Achnanthidium lanceolatum* Brébisson ex Kützing (Bacillariophyta) with the description of two new *Planthidium* species from the Antarctic Region [J]. *Fottea*, 2013, 13 (2) : 105–117.

于潘等: 图版 I

YU Pan et al.: Plate I

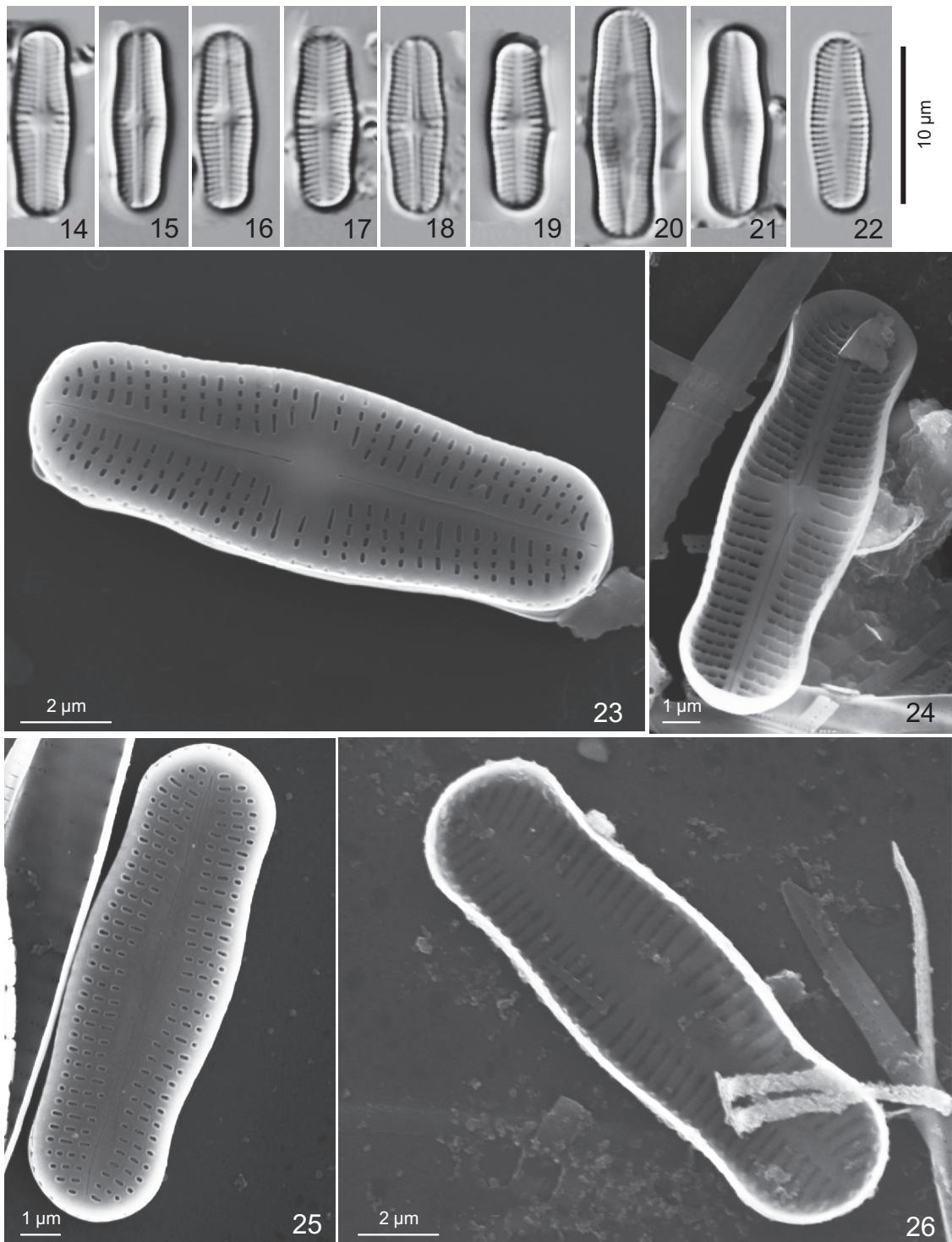


菲斯特曲丝藻。1 ~ 9. 光镜下的菲斯特曲丝藻；10 ~ 13. 扫描电镜下的菲斯特曲丝藻，10. 具壳缝面外壳面；11. 具壳缝面内壳面；12. 无壳缝面外壳面；13. 无壳缝面内壳面。

Achnanthidium pfisteri Lange-Bertalot. 1 ~ 9. LM of *A. pfisteri*; 10 ~ 13. SEM of *A. pfisteri*, 10. External valve (raphid valve); 11. Internal valve (raphid valve); 12. External valve (rapheless valve); 13. Internal valve (rapheless valve).

于潘等: 图版II

YU Pan et al.: Plate II

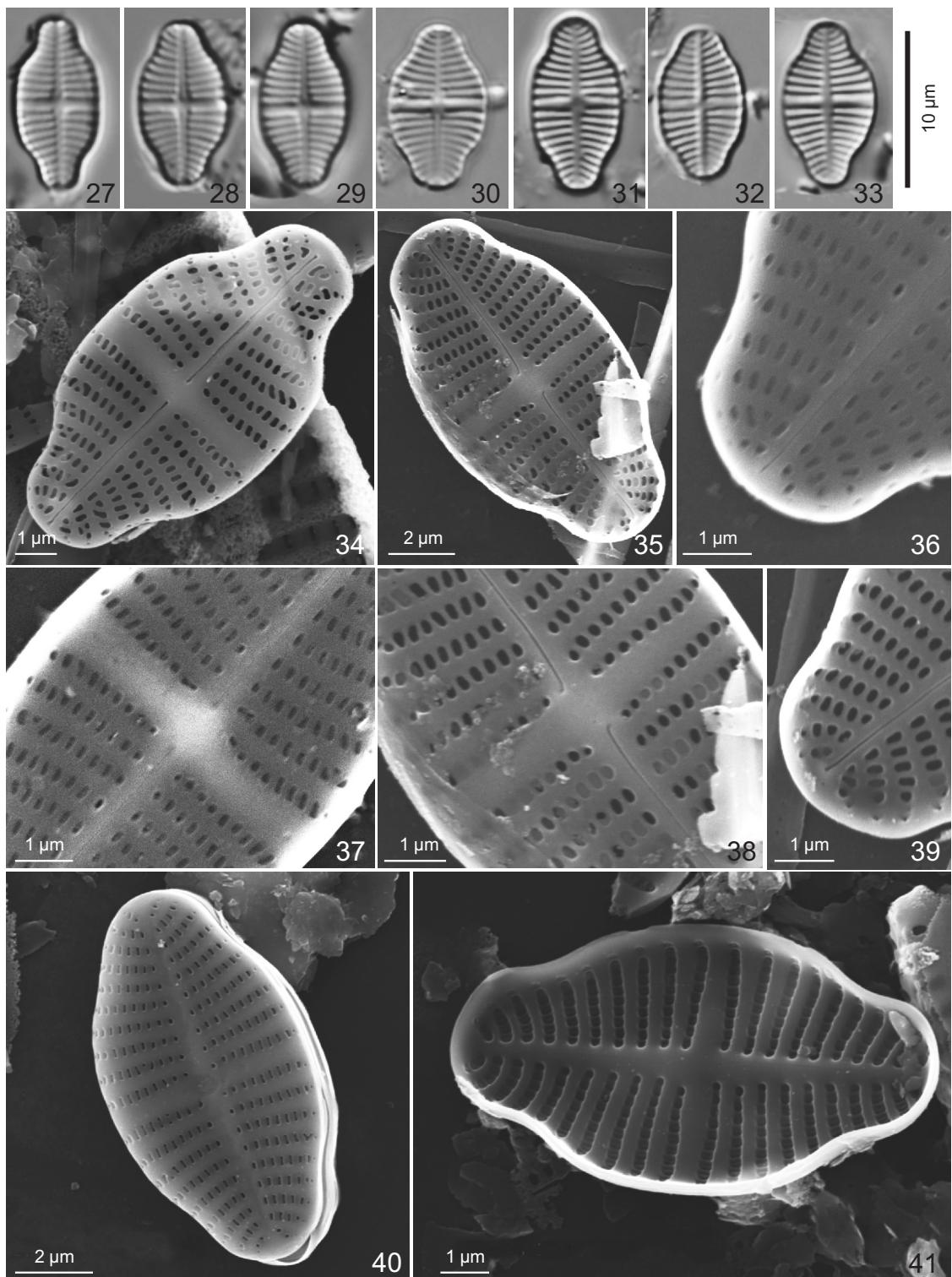


罗森斯曲丝藻。14 ~ 22. 光镜下的罗森斯曲丝藻; 23 ~ 26. 扫描电镜下的罗森斯曲丝藻, 23. 具壳缝面外壳面; 24. 具壳缝面内壳面; 25. 无壳缝面外壳面; 26. 无壳缝面内壳面。

Achnanthidium rosenstockii (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot. 14 ~ 22. LM of *A. rosenstockii*; 23 ~ 26. SEM of *A. rosenstockii*, 23. External valve (raphid valve); 24. Internal valve (raphid valve); 25. External valve (rapheless valve); 26. Internal valve (rapheless valve).

于潘等: 图版III

YU Pan et al.: Plate III

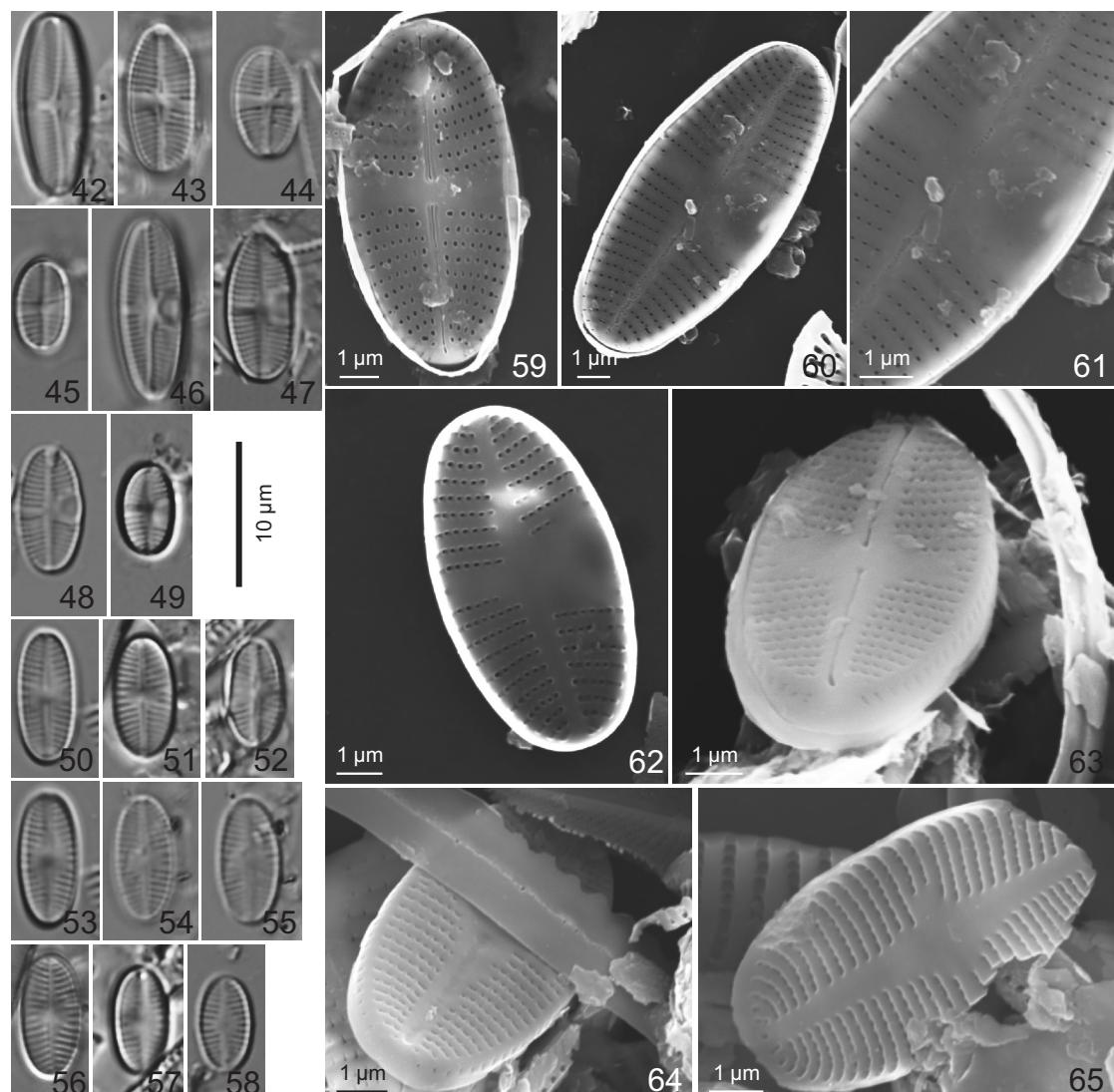


齐格勒片状藻。27 ~ 33. 光镜下的齐格勒片状藻; 34 ~ 41. 扫描电镜下的齐格勒片状藻, 34. 具壳缝面外壳面; 35. 具壳缝面内壳面; 36. 具壳缝面外壳面末端; 37. 具壳缝面外壳面中部; 38. 具壳缝面内壳面中部; 39. 具壳缝面内壳面末端; 40. 无壳缝面外壳面; 41. 无壳缝面内壳面。

Platesa ziegleri (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot. 27 ~ 33. LM of *A. ziegleri*; 34 ~ 41. SEM of *A. ziegleri*, 34. External valve (raphid valve); 35. Internal valve (raphid valve); 36. External valve of terminal ends (raphid valve); 37. External valve of central area (raphid valve); 38. Internal valve of central area (raphid valve); 39. Internal valve of terminal ends (raphid valve); 40. External valve (rapheless valve); 41. Internal valve (rapheless valve).

于潘等: 图版IV

YU Pan et al.: Plate IV



劳恩堡沙生藻(42~49, 59~62)。42~49. 光镜下的劳恩堡沙生藻; 59~62. 扫描电镜下的劳恩堡沙生藻, 59. 具壳缝面外壳面; 60. 无壳缝面外壳面; 61. 无壳缝面外壳面中部; 62. 无壳缝面内壳面。

苏格兰沙生藻(50~58, 63~65)。50~58. 光镜下的苏格兰沙生藻; 63~65. 电镜下的苏格兰沙生藻, 63. 具壳缝面外壳面; 64. 无壳缝面外壳面; 65. 无壳缝面内壳面。

Psammothidium lauenburgianum Bukhtiyarova & Round (42~49, 59~62). 42~49. LM of *P. lauenburgianum*; 59~62. SEM of *P. lauenburgianum*, 59. External valve (raphid valve); 60. External valve (rapheless valve); 61. Internal valve of central area (rapheless valve); 62. Internal valve (rapheless valve).

Psammothidium scoticum (R. J. Flower & V. J. Jones) Bukhtiyarova & Round (50~58, 63~65). 50~58. LM of *P. scoticum*; 63~65. SEM of *P. scoticum*, 63. External valve (raphid valve); 64. External valve (rapheless valve); 65. Internal valve (rapheless valve).

(责任编辑: 张平)