

DOI: 10.3724/SP.J.1035.2012.00751

中国淡水拟多甲藻属研究

张琪^{1,2} 刘国祥¹ 胡征宇¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 拟多甲藻属 *Peridiniopsis* Lemmermann 是重要的淡水有壳甲藻, 是形成淡水甲藻水华的主要类群之一。该属被定义为不具或仅有一块前间插板的多甲藻类群, 其板片格式为 3-5', 0-1a, 6-7 (8)", 5"', 2"'。迄今, 全球范围内报道的拟多甲藻属约有 20 种。通过对所采集国内甲藻标本的整理和鉴定, 描述了 8 种及 1 变种, 并对其形态特征、板片排列、生境和分布进行了简述。其中有 3 个是中国新纪录, 它们是柏林拟多甲藻 *P. berlinensis* (Lemmermann) Bourrelly、波吉拟多甲藻 *P. borgei* Lemmermann 和柯维拟多甲藻 *P. kevei* Grigorczyk et Vasas。

关键词: 中国淡水甲藻; 新纪录; 拟多甲藻属

中图分类号: Q949.24 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2012)04-0751-14

拟多甲藻属 *Peridiniopsis* Lemmermann 属多甲藻目多甲藻科, 细胞球形或椭圆形, 下壳等于或小于上壳。板片表面光滑、或具点状、刺状、齿状突起或翼等纹饰。具或不具叶绿体。板片格式为 3-5', 0-1a, 6-7 (8)", 5"', 2"'。拟多甲藻属目前已知约有 20 种, 在淡水有壳类群中仅次于多甲藻属 *Peridinium* Ehrenberg。拟多甲藻属种类分布于多种生境中, 具有广泛的地理分布^[1, 2]。大多数种类生活于淡水中, 也有少数种类发现于半咸水或咸水中^[2, 3]。甲藻是能够形成淡水水华的重要类群之一, 甲藻水华的暴发会使水质恶化、水生生物大量死亡, 造成旅游业和水产业的损失, 影响人体健康。近年来, 国内外报道了多起拟多甲藻水华事件^[4]。

基于模式种 *Peridiniopsis borgei* Lemmermann 的描述, Lemmermann^[5]建立了拟多甲藻属, 此属还包括了 *P. cunningtonii* Lemmermann。但后来 Lemmermann^[6]将这两个种移到了多甲藻属 *Peridinium* Ehrenberg。拟多甲藻属的另两个种 *P. asymmetrica* Mangin^[7]和 *P. rotunda* Lebour^[8]通常被认为属于翼甲藻型(diplopsaloid)^[9]。拟多甲藻属这一名称很少用到, 直至 Bourrelly^[10]重新定义了此属。他放弃了薄甲藻

属 *Glenodinium* Ehrenberg, 并将 Schiller^[11]专著中属于薄甲藻属的部分淡水种类转移到拟多甲藻属中。根据 Bourrelly^[10]的观点, 目前这个属被定义为缺少或仅有一块前间插板(1a)的多甲藻类群。后来, Popovský & Pfister^[1]报道了 18 个种, 并根据板片排列将该属分成了 9 个类群(Group)。

此前, 中国已发现有 4 种拟多甲藻^[12-14]。另外, 近年来在中国境内还发现了一个新种和一个新变种^[15, 16]。在准备编辑《中国淡水藻志》的甲藻门卷册过程中, 作者采集了全国各地的淡水甲藻标本, 从中鉴定了拟多甲藻属种类 9 种, 其中 3 种为我国新纪录。

1 材料与方法

1.1 样品的采集和保存

研究材料主要是作者最近在湖北、福建、广东等地用浮游生物网(尼龙筛绢孔径约 20 μm)采集的标本。全部采用 10%的福尔马林+10%甘油水溶液固定。标本保存在中国科学院水生生物研究所淡水藻类标本库(HBI)。

1.2 荧光染色法

先用无菌水将福尔马林固定标本材料清洗两遍,

收稿日期: 2011-07-21; 修订日期: 2012-04-12

基金项目: 科技部基础工作专项 (2006FY120100); 国家自然科学基金项目(30970501)资助

作者简介: 张琪(1985—), 男, 湖北黄冈人; 博士研究生; 研究方向为淡水甲藻分类学与系统发育。E-mail: zhangqiwx@sina.com

通讯作者: 刘国祥, E-mail: liugx@ihb.ac.cn

0.1% Fluorescent Brightener 28 (Sigma)溶液中染色 1h^[17], 转入无菌水清洗两遍, 直接在 Leica DM5000 落射荧光显微镜下观察甲藻细胞板片格式(滤波系统 excitation filter: BP 340—380 nm, dichromatic mirror: 400 nm, suppression filter: LP 425 nm), Leica DFC320 CCD 捕获图像。对甲藻细胞核的观察时, 先将标本材料置于 1: 100 的 SYBR Green (Invitrogen, USA)溶液(0.01 mol/L PBS, pH=7.4)中染色 30min, 转入无菌水清洗两遍, 然后在落射荧光显微镜下观察。

1.3 色素体形态观察

将新鲜活体细胞直接在 Leica DM5000 落射荧光显微镜下观察(滤波系统 excitation filter: BP 340—380 nm, dichromatic mirror: 400 nm, suppression filter: LP 425 nm), Leica DFC320 CCD 捕获图像。所有显微照相(荧光 EFM、微分干涉 DIC、相差 PH 和明场)均在 Leica DM5000 下完成, Leica DFC320 CCD 捕获图像。

2 结果

2.1 柏林拟多甲藻(图 1 A-I)

Peridiniopsis berolinensis (Lemmermann) Bourrelly 1968, Protistologica 4, p. 9.

Peridinium berolinense Lemmermann 1900, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 18, p. 308 (no figure).

Glenodinium berolinense (Lemmermann) Lindemann 1925, III. Klasse: Dinoflagellatae (Peridineae). In Schoenichen, W. [Ed.] [Eyferth's] Einfachste Lebensformen des Tier- und Pflanzenreiches, p. 164, figs. 97—99.

细胞呈卵圆形或椭圆形, 背腹略扁平。上下壳体近等长。上壳和下壳均为半球形, 下壳常具有一或两根短的底刺。横沟稍左旋。纵沟窄, 延伸至底端。细胞板片相对较薄, 表面饰有不规则乳突状孔纹。典型的甲藻核清晰可见, 占据下壳的大部分。细胞无色、异养, 可通过脚(Penducle)或称饲管(Feeding tube)的结构摄取食物。细胞常具有一个位于细胞上部的黄色体, 可能是食物泡。细胞大小: (29—38) $\mu\text{m} \times (24—32) \mu\text{m}$ 。

板片形状和排列: 板片格式为 Po, x, 4', 0a, 6'', 6c, 6s, 5''', 2''''。板片排列左右不对称。顶孔复合体由顶孔板 Po 和槽板 x 组成。顶板 1' 菱形, 3' 为四边形, 2' 和 4' 为相对较大的六边形。3' 与 Po、2'、4'、3'' 和 4'' 相连, 而不与 5'' 相连。沟前板 1''、2''、5'' 和 6'' 为四边形而 3'' 和 4'' 为五边形。横沟板为 6 块, 其中板片 1c 极短。纵沟板 6 块, 其中包括此种特有的脚

盖板(Penducle cover plate)。细胞具有一块相对较小难以辨认的纵沟中板(sm)。沟后板 5 块。底板处常生有一两根短刺。

China. Hubei (湖北): Wuhan (武汉), 南湖, alt. 19 m, 2005-03-016, Liu G. X. (刘国祥), HB-2005-01, HB-2005-02 (HBI), 生境为重度富营养湖泊, 量多; Wuhan (武汉), 水果湖, alt. 19m, 2010-03-10, Zhang Q. (张琪), HB-2010-05 (HBI), 生境为重度富营养湖泊, 量多。

中国新纪录。

此种具有特殊的板片格式和营养方式, 最近据此建立了暴甲藻属 *Tyrannodinium* Calado, Craveiro, Daugbjerg et Moestrup^[18]。但是, 我们暂时仍将此物种置于拟多甲藻属中。

淡水池塘和湖泊中的常见种类, 广泛分布于欧洲、非洲、北美和日本等地。该异养甲藻的摄食行为已有详细的研究, 其食物范围广泛, 包括甲藻、绿藻、硅藻、真菌甚至是受伤的线虫等^[19]。某些研究认为该甲藻具有叶绿体^[20], 但这很可能是食物残渣或临时叶绿体(Kleptochloroplasts)。

2.2 波吉拟多甲藻(图 2 A-F)

Peridiniopsis borgei Lemmermann 1904, Bot. Jb. 134, T. 1, figs. 1—5.

Peridinium borgei Lemmermann 1910, III. Klasse: Algen In: Gebiete, Kryptogamenflora der Mark Brandenburg und angrenzender, p. 671, fig. 34.

Glenodinium borgei (Lemmermann) Schiller 1937, Dinoflagellatae. II. In: Rabenhorsts, Kryptogamenflora, p. 112, fig. 108.

细胞圆形至卵形, 背腹略扁平。上下壳体近等长。上壳略呈锥形, 下壳宽圆。横沟左旋。纵沟稍延伸至上壳, 向下变宽但没有延伸至底端。板片表面饰有网纹或皱纹。叶绿体棕黄色, 多数, 带状。具红色眼点。细胞大小: (33—49) $\mu\text{m} \times (29—44) \mu\text{m}$ 。

板片形状和排列: 板片格式为 Po, x, 3', 1a, 6'', 6c, 5s, 5''', 2''''。板片排列左右大致对称。顶孔复合体由顶孔板 Po 和槽板 x 组成。顶板仅有三块, 1' 菱形, 2' 和 3' 为五边形。间插板 1a 与 2'、3'、2''、3''、4'' 和 5'' 相连, 而没有延伸至与顶孔相连。沟前板 1''、2''、3''、4'' 和 6'' 为四边形, 5'' 为五边形。横沟板为 6 块, 其中板片 1c 较短。纵沟板 5 块。纵沟前板稍延伸至上壳。纵沟后板相对较大且但没有延伸到底部。纵沟中板(Sm)相对较小, 难以辨认。沟后板 5 块。底板两块, 大致对称。

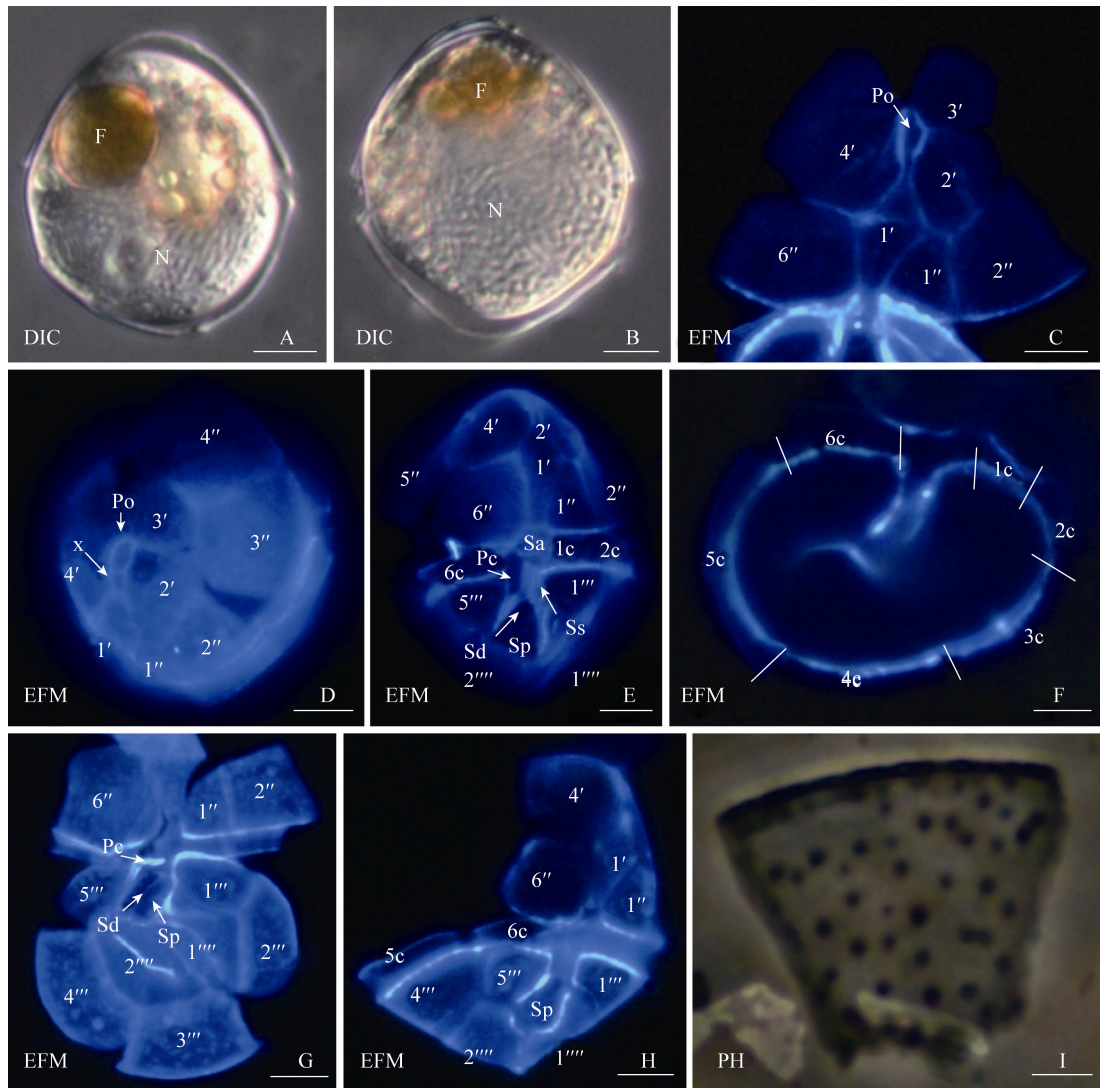


图 1 柏林拟多甲藻

Fig. 1 *Peridiniopsis berolinensis*

A, B. 单个细胞, 示细胞形态; C, D. 上壳板片排列; E. 腹部板片的排列; F. 横沟的板片排列; G. 细胞底部板片排列; H. 细胞右腹侧板片排列; I. 部分细胞壁, 示孔纹; 标尺, 10 μm

A, B. Single cell, showing the cell shape; C, D. Plate pattern of epitheca; E. Ventral view of plate pattern; F. The arrangement of cingular plates; G. Antapical view of plate pattern; H. Right ventral view of plate pattern; I. Cell wall ornamented with scattered pores; Scale bars, 10 μm

缩写: Po, 顶孔; x, 槽板; X', 顶板; X'', 沟前板; X''', 沟后板; X''', 底板; Xc, 横沟板; Xa, 间插板; Pc, 脚盖板; Sa, 纵沟前板; Sd, 纵沟右板; Ss, 纵沟左板; Sm, 纵沟中板; Sp, 纵沟后板; X 为序号。N, 细胞核; E, 眼点; F, 食物泡; DI, 甲藻核; EN, 内共生核。DIC, 微分干涉; EFM, 落射荧光显微镜; PH, 相差

Symbols used: Po, apical pore; x, canal plate; X', apical plates; X'', precingular plates; X''', postcingular plates; X''', antapical plates; Xc, cingular plates; Xa, intercalary plates; Pc, peduncle cover plate; Sa, anterior sulcal plate; Sd, right sulcal plate; Ss, left sulcal plate; Sm, median sulcal plate; Sp, posterior sulcal plate; X is serial number. N, nucleus; E, eyespot; F, food vacuole; DI, dinokaryotic nucleus; EN, endosymbiotic nucleus. DIC, differential interference contrast; EFM, epifluorescence microscopy; PH, phase contrast

China. Qinghai (青海): Qinghai Lake (青海湖), 耳海, alt. 3200 m, 2011-05-31, Zhang Q. (张琪), QH-2011-02 (HBI), 生境为一高原淡水湖泊, 量少。

中国新纪录。

刘国祥等在中亚乌兹别克斯坦的某个咸海遗留湖泊中亦发现此种, 其数量极多, 形成了水华(作者调查资料, 未正式发表)。

此种为拟多甲藻属的模式种。常见于湖泊和河流中, 呈地域性分布。

2.3 坎宁顿拟多甲藻(图 3 A-F)

Peridiniopsis cunningtonii Lemmermann 1907, Beih. z. Bot. Zbl. 21, p. 189. 施之新, 魏印心, 李尧英, 1994. 见施之新等主编: 西南地区藻类资源考察专辑, p. 215.

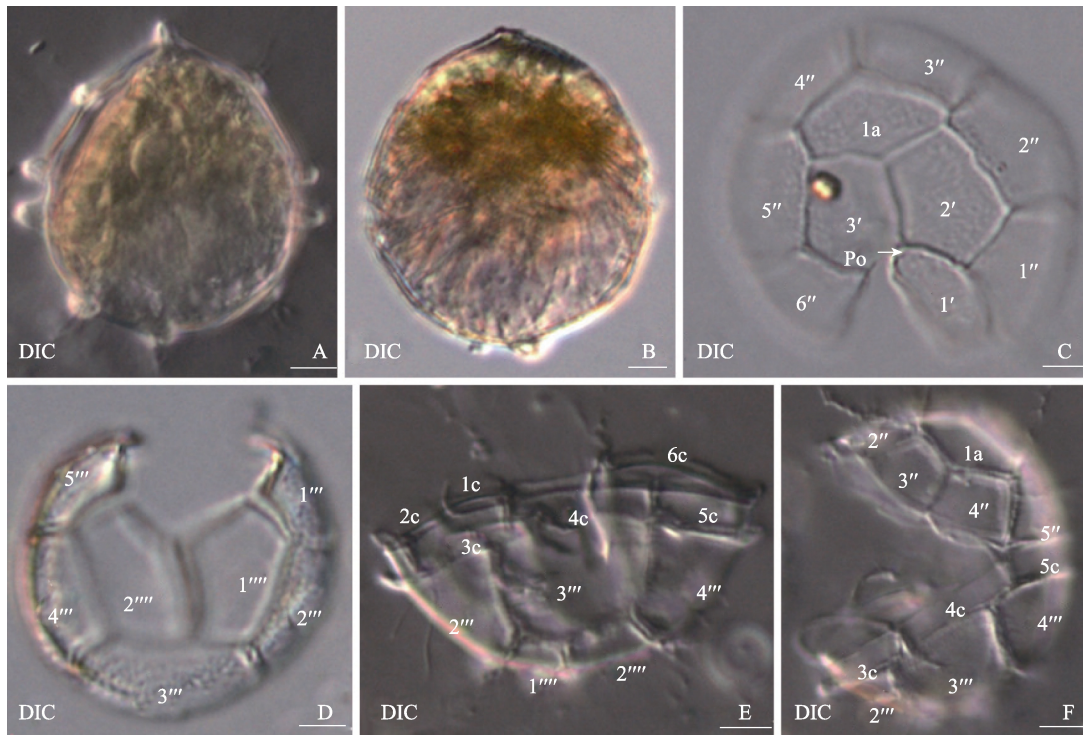


图2 波吉拟多甲藻

Fig. 2 *Peridiniopsis borgei*A, B. 单个细胞, 示细胞形态; C. 上壳板片排列; D, E. 下壳板片排列; F. 细胞左背侧板片排列; 标尺, 10 μm 。符号说明见图 1A, B. Single cell, showing the cell shape; C. Plate pattern of epitheca; D, E. Plate pattern of hypotheca; F. Left dorsal view of plate pattern; Scale bars, 10 μm . The symbols are the same as in Fig. 1

Peridinium cunningtonii (Lemmermann) Lemmermann 1910, III. Klasse: Algen In: Gebiete, Kryptogamenflora der Mark Brandenburg und angrenzender, p. 671, figs. 29–33.

细胞近卵圆形, 背腹略扁平。上壳大于下壳。上壳锥形, 下壳圆形或稍具棱角。下壳四周饰有 4 至 6 根突刺。横沟稍左旋。纵沟稍延伸至上壳, 向下延伸没有达到底端。板片表面饰有浅网纹。老细胞板间缝(Suture)通常较宽。叶绿体棕黄色, 多数。细胞大小: (26–34) $\mu\text{m} \times (22–28) \mu\text{m}$ 。

板片形状和排列: 板片格式为 Po, x, 4', 1a, 6'', 6c, 5s, 5''', 2''''。板片排列左右大致对称。顶孔复合体由顶孔板 Po 和槽板 x 组成。顶板 1' 菱形, 3' 为四边形, 2' 和 4' 为五边形。间插板 1a 与 2', 3', 2'', 3'' 和 4'' 相连, 而不与顶孔相连。沟前板 1'', 2'', 4'', 5'' 和 6'' 为五边形而 3'' 为四边形。横沟板为 6 块, 其中板片 1c 极短。纵沟板 6 块, 纵沟前板稍延伸至上壳。沟后板 5 块。底板大小几乎相等。下壳常饰有 4 至 6 根刺。除两块底板各饰有一根刺外, 1''', 2''', 4''' 和 5''' 也常有一根短刺。

China. Hubei (湖北): Xingshan (兴山), alt. 140 m,

2005-07-10, Tang H. B. (汤洪波), HB-2005-04 (HBI), 量较少; Sichuan (四川): Chengdu (成都), alt. 506 m, 2010-10-26, Zhang Q. (张琪), SC-2010-01 (HBI), 生境为西南财经大学内一富营养化小水池, 量少。

我国此前有贵州-沿河的报道, 有详细的板片排列和形态结构图及描述^[13]。

此种外形类似于 *Peridiniopsis quadridens* (Stein) Bourrelly, 但是后者板片格式不同(Po, x, 5', 1a, 7'', 6c, 5s, 5''', 2''')且具有不超过 4 根的底刺^[21]。另外, *P. quadridens* 显然是一个冷水种^[22], 而 *P. cunningtonii* 被认为是一个暖水种^[23]。此物种板片排列可变, 如有时可具有 3 块间插板^[23]。

淡水水体常见种, 广泛见于世界各地。此种常发现于中度富营养湖泊中。

2.4 埃尔多拟多甲藻(图 4 A–H)

Peridiniopsis elpatiewskyi (Ostenfeld) Bourrelly 1968, Protistologica 4, 5–13. 魏印心, 1992. 西藏高原的甲藻. 见中国科学院青藏高原综合科学考察队主编: 西藏藻类 (青藏高原科学考察丛书). 北京: 科

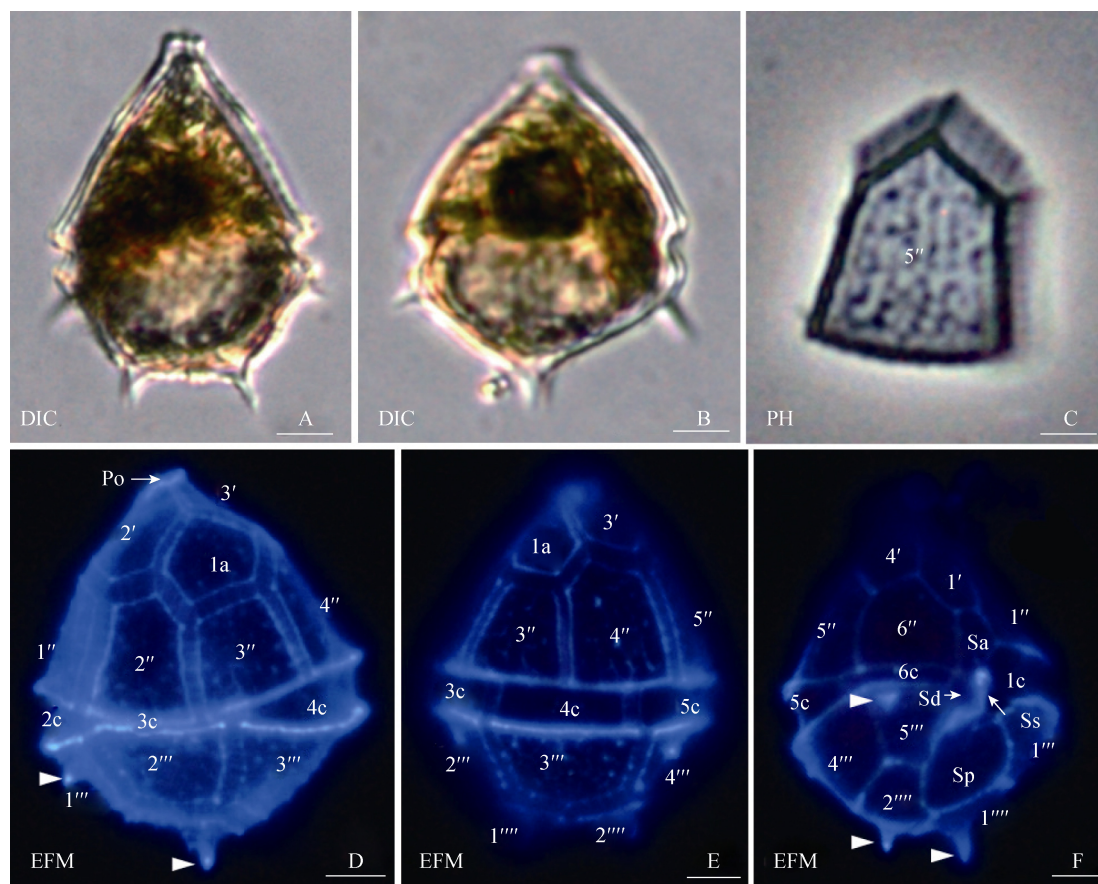


图 3 坎宁顿拟多甲藻

Fig. 3 *Peridiniopsis cunningtonii*

A, B. 单个细胞, 示细胞形态; C. 部分细胞壁, 示网纹; D. 细胞左背侧板片排列; E. 细胞背侧板片排列; F. 细胞腹侧板片排列; 箭头指示底刺; 标尺, 10 μm 。符号说明见图 1

A, B. Single cell, showing the cell shape; C. Cell wall with reticulated ornaments; D. Left dorsal view of plate pattern; E. Dorsal view of plate pattern; F. Ventral view of plate pattern; Notice antapical spines (arrowheads). Scale bars, 10 μm . The symbols are the same as in Fig. 1

学出版社, p. 393. 施之新, 魏印心, 李尧英, 1994. 见施之新等主编: 西南地区藻类资源考察专辑, p. 215.

Peridinium umbonatum var. *elpatievskyi* Ostenfeld 1907, Hedwigia 46, p. 391, figs. 9–12.

Peridinium elpatievskyi (Ostenfeld) Lemmermann 1910, III. Klasse: Algen In: Gebiete, Kryptogamenflora der Mark Brandenburg und angrenzender, p. 670, figs. 20–24.

Glenodinium elpatievskyi (Ostenfeld) Schiller 1937, Dinoflagellatae. II. In: Rabenhorsts, Kryptogamenflora, p. 115, fig. 113.

细胞五边形或卵形, 背腹略扁平。上壳大于下壳, 上下壳都会出现一定的棱角。上壳锥形, 下壳圆形且底部截平。横沟环绕细胞, 但没有螺旋。纵沟稍延伸至上壳, 向下延伸达到底端。下壳板片边缘具有许多刺或齿状突起。板片常凹陷, 表面具有网状纹饰, 散布着众多穿孔。网纹表面经常形成纵向条纹。叶绿体棕黄色, 多数, 盘状。细胞大小: (23–28)

$\mu\text{m} \times (28–32) \mu\text{m}$ 。

板片形状和排列: 板片格式为 Po, x, 4', 0a, 7'', 6c, 5s, 5''', 2'''。板片排列左右大致对称。顶孔复合体由顶孔板 Po 和槽板 x 组成。顶板 1' 菱形, 2' 和 4' 为六边形, 3' 为五边形。沟前板 1'', 2'', 4'', 4'' 和 6'' 为四边形, 3'', 5'' 和 7'' 为五边形。横沟板为 6 块, 其中板片 1c 较短。纵沟板 5 块。纵沟前板稍延伸至上壳。纵沟后板相对较大, 严重向左侧倾斜, 变宽延伸至底部。沟后板 5 块。底板两块, 大致对称。

China. Jilin (吉林): Huinan (辉南), 小龙湾, alt. 660 m, 2005-10-22, Liu G. X. (刘国祥), JL-05006, JL-05008 (HBI), 生境为一玛珥湖(Maar lake), 量较多。国内已有报道: 湖南-吉首、古丈; 贵州-松桃、铜仁^[13]; 湖南-永顺^[24]; 云南^[25]; 四川^[25]; 西藏^[12] 等地的报道。

生活于淡水池塘和湖泊中, 分布较广。按照

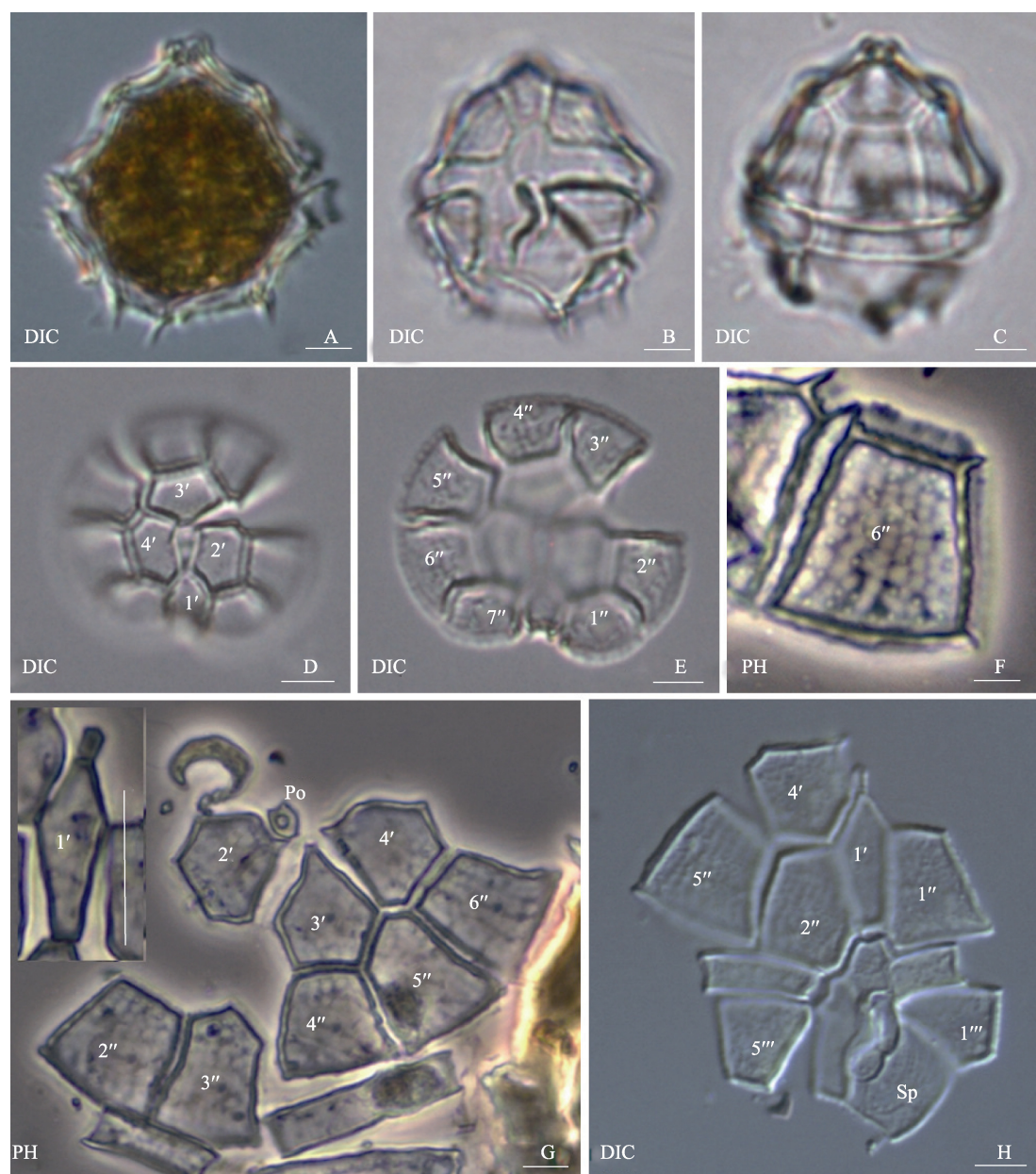


图4 埃尔多拟多甲藻

Fig. 4 *Peridiniopsis elpatiewskyi*

A. 单个细胞, 示细胞形态; B. 空细胞壁腹侧; C. 空细胞壁背侧; D, E. 细胞顶侧板片排列; F. 部分细胞壁, 示散布着众多穿孔的网纹; G. 上壳板片排列; H. 细胞腹侧板片排列; 标尺, 10 μm 。符号说明见图 1

A. Single cell, showing the cell shape; B. Ventral view of empty cell wall; C. Dorsal view of empty cell wall; D, E. Apical view of plate pattern; F. Cell wall ornamented with reticulation scattered by numerous pores; G. Plate pattern of epitheca; H. Ventral view of plate pattern; Scale bars, 10 μm . The symbols are the same as in Fig. 1

Hölzl^[22]的研究, 此种生活在 pH 相对较高而有机质较少的生境中, 但吉林的产地小湖中有机质较为丰富。还有研究表明它应该是一个暖水种^[23]。

2.5 柯维拟多甲藻(图 5 A-F)

Peridiniopsis kevei Grigorszky et Vasas 2001, Acta Botanica Hungarica 43, pp. 163–174, figs. 2–20.

细胞为典型的菱形或双锥形, 背腹扁平。上壳大于或等于下壳。上壳尖锐或稍钝, 渐尖; 下壳骤尖,

具有一根明显的底刺。横沟窄, 稍左旋。纵沟窄, 略弯曲, 延伸至底端。板片表面饰有不规则乳突状孔纹。细胞除了具有甲藻核外, 还有一个内共生真核。叶绿体棕黄色, 多数, 盘状。纵沟处具红色眼点。细胞大小: (29—48) μm × (23—32) μm 。

板片形状和排列: 板片格式为 Po, x, 3', 1a, 6'', 5c, ?s, 5''', 2'''。板片排列左右大致对称。顶孔复合

生活于夏季和早秋季节, 温度范围 15.8–26.1℃。在匈牙利, *P. kevei* 在中-富营养流水中最普遍^[26,29]。此种也可以形成水华^[28,31]。

2.6 倪氏拟多甲藻(图 6 A–H)

Peridiniopsis niei G.X. Liu et Z.Y. Hu 2008, Nova Hedwigia, 87, pp. 487–499, figs. 3–6.

细胞五边形, 背腹极扁平。上壳明显大于下壳, 上下壳之比为 1.2–1.6。上壳三角形, 下壳梯形、截平, 通常饰有两根底刺。横沟稍左旋。纵沟宽, 延伸至底端。板片表面饰有不规则乳突状孔纹。叶绿体棕黄色, 多数, 盘状。没有观察到眼点的存在。细胞大小: (26–48) μm × (15–35) μm。

板片形状和排列: 板片格式为 Po, x, 4', 0a, 6'', 5c, 5s, 5''', 2''''。板片排列左右大致对称。顶孔复合器具有明显的脊缘(rim)。顶板 1' 菱形, 2' 和 4' 也近乎菱形。3' 为不规则六边形, 与板片 Po、2'、4'、2''、3''、4''、5'' 相连。沟前板 1''、3''、4'' 和 6'' 为四边形而 2'' 和 5'' 为五边形。横沟板为 5 块, 其中板片 1c 极短。纵沟板 5 块。纵沟前板相对较小, 没有延伸到上壳。纵沟后板相对较大且延伸到底部。沟后板

5 块。底板大小几乎相等, 通常对称性地各饰一根短的底刺。在极少情况下, 某块底板可以饰有两根底刺。

China. Hubei (湖北): Wuhan (武汉), 东湖, alt. 25 m, 2009-12-12, Zhang Q. (张琪), HB-2009-07 (HBI), 量多; Yichang (宜昌), 青干河, alt. 81 m, 2008-09-24, Zhang Q. (张琪), HB-2008-04 (HBI), 量多。

此种是作者之一发表在国外期刊的新种, 考虑到此种近年来在国内一些水库频繁形成水华, 因此有必要以中文形式进行详细描述, 供国内研究人员参考。此种首先于 2004 年春天发现于武汉东湖, 后在三峡水库蓄水后在库区多条支流、库湾发现并形成水华。在湖北恩施清江大龙潭水库、丹江口水库、赤壁市陆水水库、枝江市松滋河、长江干流监利白螺段, 湖南石门渚水河等地均有发现。实际分布范围可能更广。

此种首先描述自中国。它的板片格式与佩氏拟多甲藻相同, 但是其细胞形状、扁平长度、上下壳比例和底刺的形状都与后者不同, 因此建立这一物种^[16]。

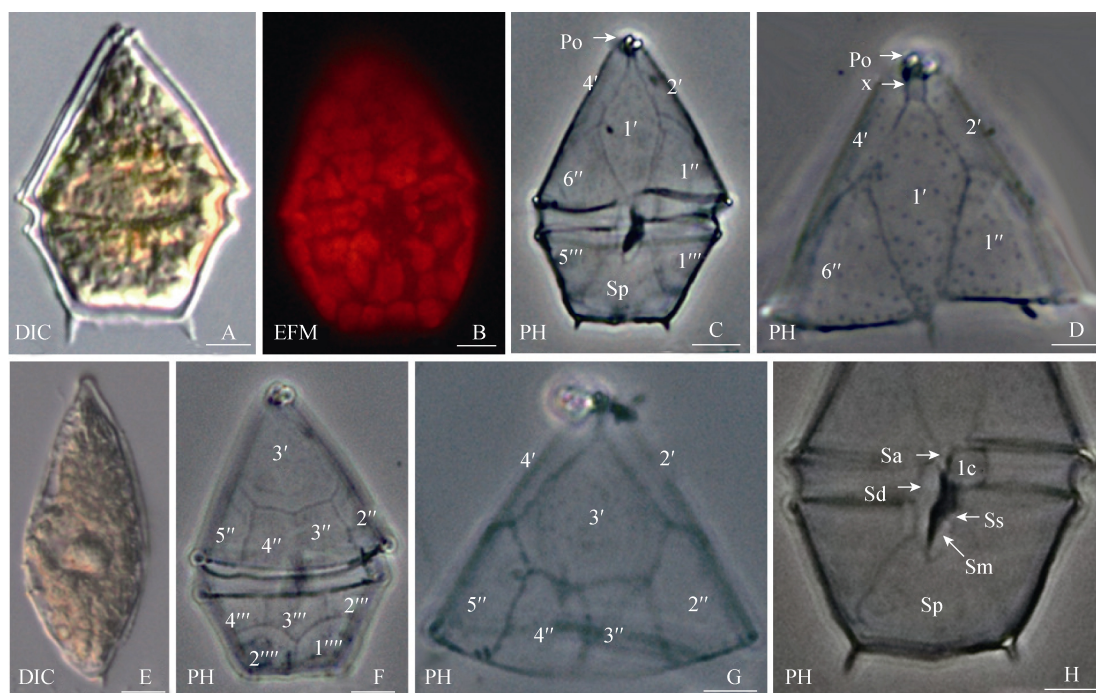


图 6 倪氏拟多甲藻

Fig. 6 *Peridiniopsis niei*

A. 单个细胞, 示细胞形态; B. 显示色素体形态; C. 细胞腹侧板片排列; D. 上壳腹侧板片排列; E. 细胞侧面形态; F. 细胞背侧板片排列; G. 上壳背侧板片排列; H. 纵沟板片排列; 标尺, 10 μm。符号说明见图 1

A. Single cell, showing the cell shape; B. showing numerous discoid chloroplasts; C. Ventral view of plate pattern; D. Ventral view of epitheca; E. Side view of plate pattern; F. Dorsal view of plate pattern; G. Dorsal view of epitheca; H. Plates pattern of sulcus series; Scale bars, 10 μm. The symbols are the same as in Fig. 1

2.8 佩氏拟多甲藻(图 8 A-I)

Peridiniopsis penardii (Lemmermann) Bourrelly 1968, Protistologica 4, pp. 5-13. 边归国, 陈宁, 胡征宇, 刘国祥, 2010. 福建某河流甲藻水华与污染指标的关系. 湖泊科学, 22: 405-410.

Peridinium cinctum Penard 1891, Bull. Trav. Soc. Bot. Genève 6, p. 52, fig. 14.

Peridinium penardii Lemmermann 1910, p. 670, figs. 13-16.

细胞呈卵圆形, 背腹略扁平。上下壳体近等长。上壳锥形, 下壳圆形或略呈锥形。横沟稍左旋。纵沟宽, 延伸至底端。下壳通常无刺或具有两根短刺。板片表面饰有不规则乳突状孔纹。细胞除具有普通的甲藻核外, 还有一个内共生真核。叶绿体棕黄色, 多数, 盘状。具红色眼点。细胞大小: 25—43 μm × 20—38 μm 。

板片形状和排列: 板片格式为 Po, x, 4', 0a, 6'', 5c, 5s, 5''', 2'''。板片排列左右大致对称。顶孔复合

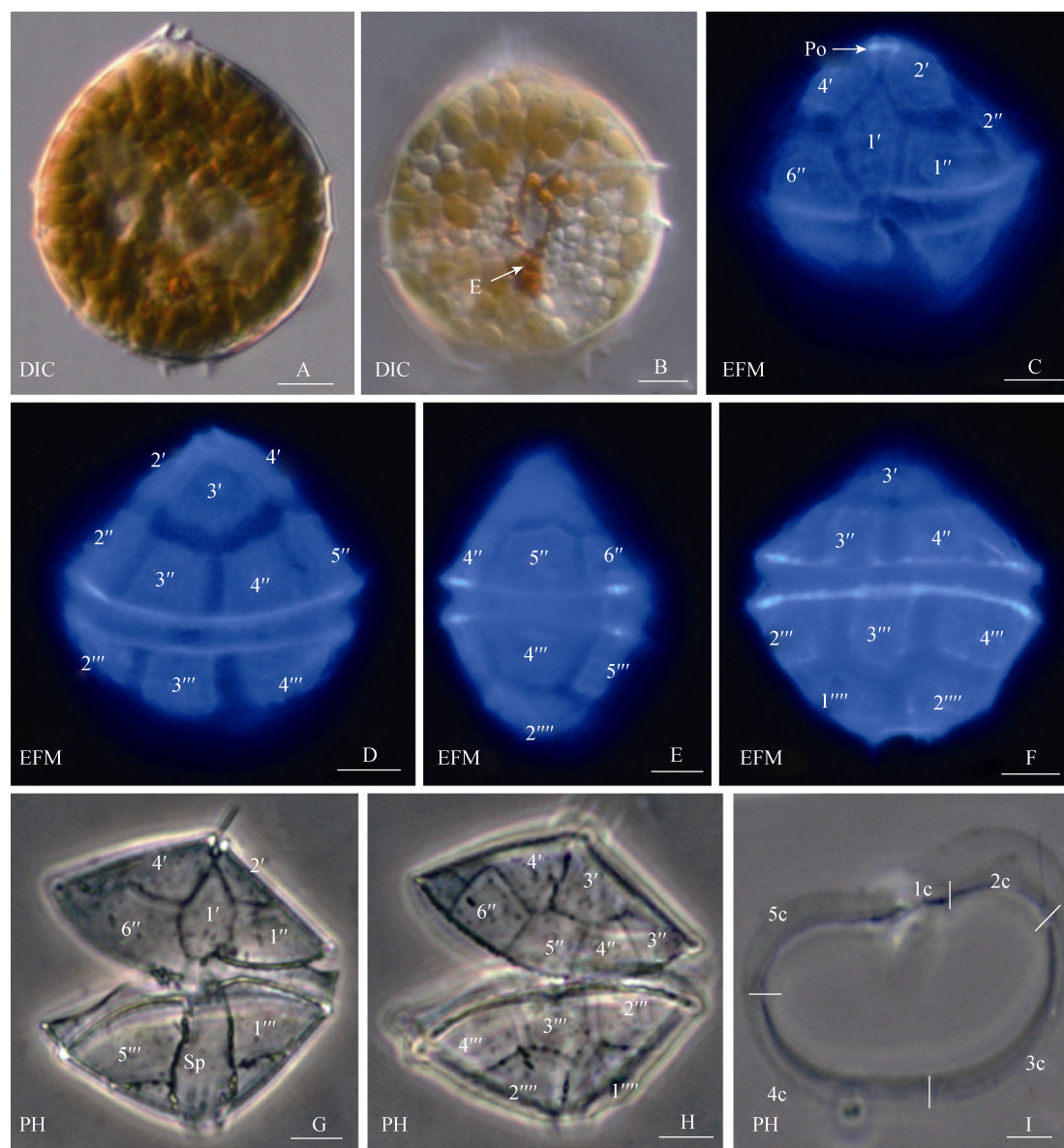


图 8 佩氏拟多甲藻

Fig. 8 *Peridiniopsis penardii*

A, B. 单个细胞, 示细胞形态; C. 上壳腹侧板片排列; D. 上壳背侧板片排列; E. 细胞右侧板片排列; F. 细胞背侧板片排列; G. 细胞腹侧板片排列; H. 细胞背侧板片排列 (镜像图); I. 横沟板片排列; 标尺, 10 μm 。符号说明见图 1

A, B. Single cell, showing the cell shape; C. Ventral view of epitheca; D. Dorsal view of epitheca; E. Right lateral view of plate pattern; F. Dorsal view of plate pattern; G. Ventral view of plate pattern; H. Dorsal view of plate pattern (mirror image); I. The arrangement of cingular plates; Scale bars, 10 μm . The symbols are the same as in Fig. 1

体由顶孔板 Po 和槽板 x 组成。顶板 1' 菱形。该板片的上端与槽板相连, 下端与横沟上缘相连。顶板 2' 和 4' 为五边形而 3' 为六边形。无间插板(0a)。沟前板 1''、3''、4'' 和 6'' 为四边形而 2'' 和 5'' 为五边形。横沟板为 5 块, 其中板片 1c 极短。纵沟板 5 块。纵沟前板(Sa)相对较小, 没有延伸到上壳。纵沟后板(Sp)相对较大且延伸到底部。沟后板 5 块。两块底板大小几乎相等, 无刺或对称性地各饰一根短的底刺。

China. Hubei (湖北): Suizhou (随州), alt. 82 m, 2010-03-09, Liu G. X. (刘国祥), HB-2010-25 (HBI), 生境为一小水坑, 量多; Wuhan (武汉), alt. 34m, 2010-02-07, Liu G. X. (刘国祥), HB-2010-09 (HBI), 生境为一水塘; Fujian (福建): Longyan (龙岩), 龙潭湖, 2010-12-14, Zhang Q. (张琪), FJ-2010-04 (HBI), 量多。

此种与 *Peridiniopsis durandii* Rodriguez, Couté, Tenhage et Mascarell 非常相似。Rodriguez, et al.^[33] 认为这两者的区别在于前者卵圆形, 横沟右旋而后者菱形, 横沟左旋。但是, 我们检查了 Lemmermann^[6] 的图示, 发现 *P. penardii* 横沟板也是左旋的, 并且

Lindemann^[34] 的插图同样也显示某些标本是呈菱形的。因此, 我们认为 *P. durandii* 只是 *P. penardii* 的同物异名。

淡水水体常见种, 广泛见于世界各地。按照 Höll^[22] 的描述, 此种通常主要发现于较大的“非有机营养型”湖泊中。此种为常见的淡水水华物种, 可以形成严重的甲藻水华。

2.9 佩氏拟多甲藻粗壮变种(图 9 A-F)

Peridiniopsis penardii (Lemmermann) Bourrelly var. *robusta* Q. Zhang, G.X. Liu et Z.Y. Hu 2011, Eur. J. Protistol. 47: 149–160, fig. 2.

细胞菱形至五边形, 背腹略扁平。上下壳体近等长。上壳锥形, 下壳圆形或梯形。横沟稍左旋。纵沟宽, 延伸至底端。上壳通常具有一根明显的顶刺, 下壳具有多根粗壮的底刺。板片表面饰有不规则乳突状孔纹。细胞具有甲藻核和内共生真核。叶绿体棕黄色, 多数, 盘状。没有观察到眼点的存在。细胞大小: (32—43) μm × (27—38) μm 。

板片形状和排列: 板片格式为 Po, x, 4', 0a, 6'', 5c, 5s, 5''', 2'''。板片排列左右大致对称。顶孔板 Po

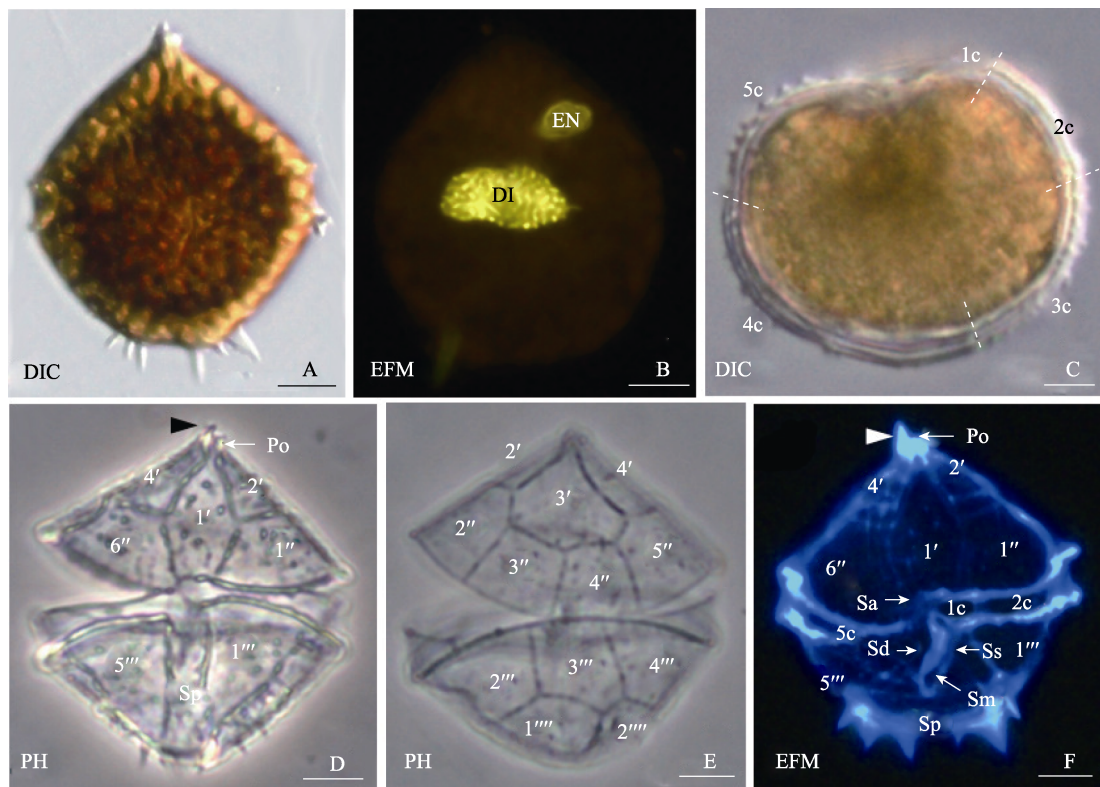


图 9 佩氏拟多甲藻粗壮变种

Fig. 9 *Peridiniopsis penardii* var. *robusta*

A. 单个细胞, 示细胞形态; B. 示细胞核; C. 横沟板片排列; D. 细胞腹侧板片排列; E. 细胞背侧板片排列; F. 细胞腹侧板片排列, 示纵沟区域; 箭头指示顶刺; 标尺, 10 μm 。符号说明见图 1

A. Single cell, showing the cell shape; B. showing nuclei; C. The arrangement of cingular plates; D. Ventral view of plate pattern; E. Dorsal view of plate pattern; F. Ventral view of plate pattern, showing sulcus series. Notice apical spine (arrowheads); Scale bars, 10 μm . The symbols are the same as in Fig. 1

圆形, 槽板 $\times$ 长方形, 微小。顶板 1' 菱形, 2' 和 4' 为五边形而 3' 为六边形。无间插板(0a)。沟前板 1'', 3''、4'' 和 6'' 为四边形而 2'' 和 5'' 为五边形。横沟板为 5 块, 其中板片 1c 极短。纵沟板 5 块。纵沟前板相对较小, 没有延伸到上壳。纵沟后板相对较大且延伸到底部。沟后板 5 块。底板大小几乎相等, 通常对称性地饰有多根粗壮的底刺。

China. Yunnan (云南): Jingdong (景东), 漫湾水库, alt. 1268 m, 2008-4-12, Liu G. X. (刘国祥), HB-2008-01 (HBI), 量多; Chongqing (重庆): Wushan (巫山), 大宁河大昌镇段, alt. 138 m, 2008-06-26, Liu G. X. (刘国祥), CQ-2008-01 (HBI), 量多。

此变种首先描述自中国。它与原变种最大的区别在于此变种通常饰有一根明显的顶刺和多根粗壮的底刺^[15]。

此变种是淡水水华种, 可以在大型河流或湖泊中形成水华。

3 讨论

拟多甲藻属生活于多种淡水生境中, 具有广泛的地理分布。本研究获得的样品主要来自于亚热带和温带水体。如果我们加大调查研究的范围和力度, 那么在中国发现更多新纪录种甚至新种的可能性将大大增加。同时这也说明了目前我国拟多甲藻分类基础薄弱的状况。

拟多甲藻属最主要的分类标准是缺少或仅有一块前间插板^[10]。但是, 许多学者认为这一标准过于

简单, 又不断从中分离出新属。如 *P. penardiforme* 只有三块横沟板, 据此 Boltovskoy 创建了一个新属 *Glochidinium* Boltovskoy^[32]。*P. balticum* 具有两块前间插板和六块沟前板, 因此建立了新属 *Durinskia* Carty et Cox^[35]。*P. berolinensis* 具有特殊的板片格式和营养方式, 据此建立了暴甲藻属 *Tyrannodinium*^[18]。最近的分子系统发育研究也表明目前所定义的拟多甲藻属并不是一个单系类群, 例如 *P. berolinensis* 与海洋费氏藻科 Pfiesteriaceae 的类群关系密切^[18], 而模式种 *P. borgei* 似乎与其他任何已知的拟多甲藻属种类关系都不密切^[15]。结合分子系统和形态数据的分析, 未来拟多甲藻属应当会面临较大的调整。例如, *P. penardii* 和 *P. kevei* 均有 5 块横沟板, 分子数据和超微结构都显示这两个物种关系密切如都具有硅藻内共生、三层膜包围的 D 型眼点, 所以它们可能被划分到一个新属中^[31]。目前, 这些分类方案都过于繁琐凌乱, 且常缺乏更多数据的支持, 因此在更好的分类方案出现之前, 考虑到当前拟多甲藻属分类的连续性和一般普通研究人员的分类鉴定习惯, 我们暂时仍将某些物种保留在拟多甲藻属中。

目前, 拟多甲藻属的分子系统学研究结果尚不令人满意, 特别是此属及其近缘类群的分子数据仍较缺乏, 致使我们难以准确确定这些种类的系统发育位置。未来, 我们需要获得更多关于此属及其近缘类群的形态和分子数据, 为分类系统的完善提供充分、有力的信息, 才能逐渐形成一个完善、合理的分类方案。

中国淡水拟多甲藻属分种检索表

- | | |
|---------------------------|--|
| 1a. 沟前板 7 块..... | 4. 埃尔多拟多甲藻 <i>P. elpatiewskyi</i> 2 |
| 1b. 沟前板 6 块..... | |
| 2a. 横沟板 3 块..... | 7. 佩纳形拟多甲藻 <i>P. penardiforme</i> 3 |
| 2b. 横沟板 5 或 6 块..... | |
| 3a. 间插板 1 块..... | 4 |
| 3b. 间插板 0 块..... | 6 |
| 4a. 顶板 4 块..... | 3. 坎宁顿拟多甲藻 <i>P. cunningtonii</i> 5 |
| 4b. 顶板 3 块..... | |
| 5a. 细胞圆形或卵形..... | 2. 波吉拟多甲藻 <i>P. borgei</i> |
| 5b. 细胞菱形或双锥形..... | 5. 柯维拟多甲藻 <i>P. kevei</i> |
| 6a. 无色异养种类..... | 1. 柏林拟多甲藻 <i>P. berolinensis</i> 7 |
| 6b. 自养, 具叶绿体..... | |
| 7a. 背腹极扁平..... | 6. 倪氏拟多甲藻 <i>P. niei</i> 8 |
| 7b. 背腹略扁平..... | |
| 8a. 无顶刺, 0 或 2 根短的底刺..... | 8. 佩氏拟多甲藻 <i>P. penardii</i> |
| 8b. 具顶刺和多数粗壮的底刺..... | 9. 佩氏拟多甲藻粗壮变种 <i>P. penardii</i> var. <i>robusta</i> |

Key to species of *Peridiniopsis* from China

- 1a. Seven precingular plates 4. *P. elpatiewskyi*

- 1b. Six precingular plates 2
 2a. Three cingular plates 7. *P. penardiforme*
 2b. Five or six cingular plates 3
 3a. One intercalary plate 4
 3b. Intercalary plate absent 6
 4a. Four apical plates 3. *P. cunningtonii*
 4b. Three apical plates 5
 5a. Cells are globular or ovoid 2. *P. borgei*
 5b. Cells are rhomboid or biconical 5. *P. kevei*
 6a. Heterotrophic cells without chloroplasts 1. *P. berolinensis*
 6b. Autotrophic cells with chloroplasts 7
 7a. Cells are strongly dorsoventrally flattened 6. *P. niei*
 7b. Cells are slightly dorsoventrally flattened 8
 8a. Apical spine absent; none or short apical spine 8. *P. penardii*
 8b. An apical spine and numerous robust antapical spines present 9. *P. penardii* var. *robusta*

参考文献:

- [1] Popovský J, Pfister L A. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 6. Dinophyceae [M]. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 1990, 186—205
- [2] Trigueros J M. *Peridiniopsis salina* (Peridinales, Dinophyceae), a new species of brackish dinoflagellate from Urdaibai estuary, North Spain [J]. *Phycologia*, 2000, **39**(2): 126—133
- [3] Bourrelly P. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome III: Les algues bleues et rouges: les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines. - Edition N [M]. Paris: Société Nouvelle des Éditions Boubée. 1970, 512
- [4] Zhang Q, Miao R L, Liu G X, *et al.* The review of the studies on freshwater dinoflagellate bloom [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2012, **36**(2): 352—360 [张琪, 缪荣丽, 刘国祥, 等. 淡水甲藻水华研究综述. 水生生物学报, 2012, **36**(2): 352—360]
- [5] Lemmermann E. Das Plankton schwedischer Gewässer [J]. *Arkiv för Botanik*, 1904, **2**: 1—209
- [6] Lemmermann E. Algen I (Schizophyceen, Flagellaten, Peridineen). III. Klasse. Peridinales. Kryptogamen Flora der Mark Brandenburg [M]. Leipzig: Gebrüder Borntraeger. 1910, 503—601
- [7] Mangin L. Sur le *Peridiniopsis asymetrica* et le *Peridinium Paulseni* [J]. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (Paris)*, 1911, **153**: 644—649
- [8] Lebour M V. Plymouth peridiniens. I. *Diplopsalis lenticula* and its relatives [J]. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1922, **12**(4): 795—812
- [9] Dodge J D. Marine Dinoflagellates of the British Isles [M]. London: Her Majesty's Stationery Office. 1982, 303—305
- [10] Bourrelly P. Notes sur les Péridiniens d'eau douce [J]. *Protistologica*, 1968, **4**(1): 5—14
- [11] Schiller J. Dinoflagellatae [A]. In: Rabenhorst L (Eds.), Kryptogamen-Flora: Vol 2 [C]. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft. 1937, 92—121
- [12] Wei Y X. Pyrrophyta of the Xizang Plateau [A]. In: The Comprehensive Scientific Expedition to the Qinghai-Xizang Plateau, Academia Sinica (Eds.), The Algae of the Xizang Plateau [C]. Beijing: Science Press. 1992, 390—394 [魏印心. 西藏高原的甲藻. 见: 中国科学院青藏高原综合科学考察队, 西藏藻类 (青藏高原科学考察丛书). 北京: 科学出版社. 1992, 390—394]
- [13] Shi Z X, Wei Y X, Li Y Y. A preliminary investigation on Rhodophyta, Chryptophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Chloromonadophyceae and Charophyta from the Wuling mountain region, China [A]. In: Shi Z X, Wei Y X, Chen J Y, *et al.* (Eds.), Compilation of Reports on the Survey of Algal Resources in South-western China [C]. Beijing: Science Press. 1994, 210—221 [施之新, 魏印心, 李尧英. 武陵山区红藻、隐藻、甲藻、金藻、黄藻、绿胞藻和轮藻的初步调查. 见: 施之新, 魏印心, 陈嘉佑, 等. 西南地区藻类资源考察专辑. 北京: 科学出版社. 1994, 210—221]
- [14] Bian G G, Chen N, Hu Z Y, *et al.* A river in Fujian algae dinoflagellate relationship with the pollution index [J]. *Journal of Lake Science*, 2010, **22**(3): 405—410 [边归国, 陈宁, 胡征宇, 等. 福建某河流甲藻水华与污染指标的关系. 湖泊科学, 2010, **22**(3): 405—410]
- [15] Zhang Q, Liu G X, Hu Z Y. Morphological differences and molecular phylogeny of freshwater blooming species, *Peridiniopsis* spp. (Dinophyceae) from China [J]. *European Journal of Protistology*, 2011, **47**(3): 149—160
- [16] Liu G X, Pei G F, Hu Z Y. *Peridiniopsis niei* sp. nov. (Dinophyceae), a new species of freshwater red tide dinoflagellates from China [J]. *Nova Hedwigia*, 2008, **87**(3): 487—499
- [17] Fritz L, Triemer R E. A rapid simple technique utilizing Calcofluor White M2R for the visualization of dinoflagellate thecal plates [J]. *Journal of Phycology*, 1985, **21**(4): 662—664
- [18] Calado A J, Craveiro S C, Daugbjerg N, *et al.* Description of *Tyrannodinium* gen. nov., a freshwater dinoflagellate closely related to the marine *Pfiesteria*-like species [J]. *Journal of Phycology*, 2009, **45**(5): 1195—1205
- [19] Calado A, Moestrup Ø. Feeding in *Peridiniopsis berolinensis* (Dinophyceae): new observations on tube feeding by an omnivorous, heterotrophic dinoflagellate [J]. *Phycologia*, 1997, **36**(1): 47—59
- [20] Huber-Pestalozzi G. Das Phytoplankton des Süßwassers. Cryptophyceen, Chloromonadineen, Peridineen [J]. *Die Binnengewässer*, 1968, **16** (3): 322

- [21] Carty S. *Thompsodinium* and two species of *Peridiniopsis* (Dinophyceae): Taxonomic notes based on scanning electron microscopy [J]. *Transactions of the American Microscopical Society*, 1989, **108**(1): 64—73
- [22] Höll K. Ökologie der Peridineen [J]. *Pflanzenforschung*, 1928, **11**: 1—105
- [23] Hansen G, Flaim G. Dinoflagellates of the Trentino Province, Italy [J]. *Journal of Limnology*, 2007, **66**(2): 117—126
- [24] Yuan X P, Wei Y X. Comparative studies on preparation of genus *Peridinium* samples for scanning electron microscope [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1997, **21**(3): 284—285 [袁秀平, 魏印心. 多甲藻属扫描电镜样品制备方法的比较研究. 水生生物学报, 1997, **21**(3): 284—285]
- [25] Skuja H. Algae [A]. In: Handel-Mazzetti (Eds.), *Symbolae Sinicae* [C]. Vienna: Julius Springer. 1937, 48—49
- [26] Grigorszky I, Vasas F, Borics G, et al. *Peridiniopsis kevei* sp. nov., a new freshwater dinoflagellate species (Peridiniaceae, Dinophyta) from Hungary [J]. *Acta Botanica Hungarica*, 2001, **43**(1-2): 163—174
- [27] Meyer B, Rai H, Cronberg G. The thecal structure of *Peridiniopsis amazonica* spec. nov. (Dinophyceae), a new cyst-producing freshwater dinoflagellate from Amazonian floodplain lakes [J]. *Nova Hedwigia*, 1997, **65**(1-4): 365—375
- [28] Leitao M, Ten-Hage L, Mascarell G, et al. *Peridiniopsis corillionii* sp. nova (Dinophyta), une nouvelle dinophycée d'eau douce de France responsable de marées rouges en rivière [J]. *Algological Studies*, 2001, **102**: 1—15
- [29] Grigorszky I. A magyarországi Dinophyta fajok taxonómiajának, chorológiájának és ökológiájának vizsgálata [D]. Thesis for Ph. D. Kossuth Egyetemi, Debrecen. 1999
- [30] Krakhmalny A F. A new species of the genus *Peridiniopsis* Lemm. (Peridinales, Dinophyta) [J]. *International Journal of Algae*, 2002, **4**(1): 51—58
- [31] Takano Y, Hansen G, Fujita D, et al. Serial replacement of diatom endosymbionts in two freshwater dinoflagellates, *Peridiniopsis* spp. (Peridinales, Dinophyceae) [J]. *Phycologia*, 2008, **47**(1): 41—53
- [32] Boltovskoy A. The genus *Glochidinium* gen. nov., with two species: *G. penardiforme* comb. nov. and *G. platygaster* sp. nov [J]. *Grana*, 1999, **38**(2): 98—107
- [33] Rodriguez S, Couté A, Ten-Hage L, et al. *Peridiniopsis durandii* sp. nova (Dinophyta), a new freshwater dinoflagellate causing red tides [J]. *Archiv für Hydrobiologie* (Supplement), 1999, **130**: 15—29
- [34] Lindemann E. Untersuchungen über Süßwasserperidineen und ihre Variationsformen [J]. *Archiv für Protistenkunde*, 1919, **39**: 209—261
- [35] Carty S, Cox E R. *Kansodinium* gen. nov. and *Durinskia* gen. nov.: two genera of freshwater dinoflagellates (Pyrrhophyta) [J]. *Phycologia*, 1986, **25**(2): 197—204

STUDY ON FRESHWATER GENUS *PERIDINIOPSIS* (DINOPHYTA) FROM CHINA

ZHANG Qi^{1,2}, LIU Guo-Xiang¹ and HU Zheng-Yu¹

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: *Peridiniopsis* Lemmermann is not only an important genus of freshwater thecate dinoflagellates, but also a freshwater group of bloom-forming dinoflagellates. This genus is defined as peridinioids either lacking or having only one anterior intercalary plate. This includes species with plate formulas: 3–5', 0–1a, 6–7 (8)", 5"', 2'''. So far, there are about 20 species of *Peridiniopsis*. However, the study on *Peridiniopsis* from China is relative weakness. Dinoflagellate samples were obtained from diverse habitats in the investigated areas as lakes, rivers, ponds, pools and temporary waters. The fixed cells were stained with 0.1% Fluorescent Brightener 28 and observed for epifluorescence microscopy (EFM), and also observed for differential interference contrast (DIC) and phase contrast (PC) microscopy using a Leica DM5000B microscope and Leica DFC 320 digital camera. According to the study of specimens from China, 8 species and 1 variety had been described. They were *Peridiniopsis berolinensis* (Lemmermann) Bourrelly, *P. borgei* Lemmermann, *P. cunningtonii* Lemmermann, *P. elpatiewskyi* (Ostenfeld) Bourrelly, *P. kevei* Grigorszky et Vasas, *P. niei* G.X. Liu et Z.Y. Hu, *P. penardiforme* (Lindemann) Bourrelly, *P. penardii* (Lemmermann) Bourrelly, *P. penardii* (Lemmermann) Bourrelly var. *robusta* Q. Zhang, G.X. Liu et Z.Y. Hu. The morphological features, plate pattern, habitat and distribution of each species were given. Among them, 3 species were first reported from China. They were *P. berolinensis*, *P. borgei* and *P. kevei*. The type specimens of *P. niei* and *P. penardii* (Lemmermann) Bourrelly var. *robusta* originated from China. They were published in foreign journals, and therefore were described in Chinese for domestic researchers. The definition of this genus seemed to be an oversimplification. Although the genus had been divided into several new genera in recent years, a major rearrangement at the genus level should be necessary in the future because of relatively high diversity in plate tabulation and polyphyletic taxa.

Key words: Freshwater dinoflagellates from China; New record; *Peridiniopsis*