

# 黔东北伊迪卡拉纪陡山沱组的宏体藻类

王 约<sup>1,2</sup>, 王训练<sup>1</sup>, 黄禹铭<sup>1</sup>

1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083

2. 贵州大学资源与环境工程学院, 贵州贵阳 550003

**摘要:** 宏体生物广泛地生活于扬子地区伊迪卡拉纪陡山沱期的海洋中, 它们为后生动物的快速发展和演化奠定了一个崭新的环境和一个新生态链的基础。产自于黔东北伊迪卡拉系陡山沱组的瓮会生物群生活环境应在贫氧的、透光性良好的浅海低能环境, 以宏体藻类为主, 共描述 15 属 18 种(其中包括 3 个新属、5 个新种、2 个修定属和 4 个修定种)和 1 个未命名藻以及不明藻类固着器, 另包含有宏体后生动物, 可能的后生动物以及遗迹化石。瓮会生物群不但含有鄂西庙河生物群和皖南蓝田植物群的分子, 也有南澳大利亚 Ediacara 生物群和俄罗斯 White Sea 生物群的分子, 而且具有自己的特征而有别于其他伊迪卡拉期的生物群。其宏体藻类形态变化较大, 组织器官和功能已出现明显的分化, 并与高等植物之间存在一定的演化关系。宏体藻类多为直立固着于海底, 提高了光合作用的效率, 增加了水体中的含氧量。同时, 宏体藻类作为生态系统中的初级生产者成为一种新的食物, 改变了后生动物的食谱。因此, 陡山沱期的宏体植物不仅改善了环境, 为依赖一定氧而生活、生长和繁殖的后生动物给予了必要的支持, 而且作为生态系统中的必要基础, 为宏体后生动物的快速发展和演化提供了一个新的食物源。另外, 宏体生物群的繁盛不仅提高了有机质的生产率, 而且促进了富有机碳的沉积和保存。

**关键词:** 瓮会生物群; 宏体藻类; 陡山沱组; 伊迪卡拉系; 江口; 黔东北; 华南。

中图分类号: Q911.6

文章编号: 1000-2383(2007)06-0828-17

收稿日期: 2007-09-03

## Macroscopic Algae from the Ediacaran Doushantuo Formation in Northeast Guizhou, South China

WANG Yue<sup>1,2</sup>, WANG Xun-lian<sup>1</sup>, HUANG Yu-ming<sup>1</sup>

1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

2. School of Resources and Environments, Guizhou University, Guiyang 550003, China

**Abstract:** Macroscopic algae widely lived in the Doushantuo-period sea of the Ediacaran in the Yangtze region, South China. They have successfully laid down an essential basis in a new environment and an ecosystem chain for the evolution and the development of the metazoan. The Wenghui biota, which is found in the Ediacaran Doushantuo Formation in Northeast Guizhou, is composed mainly of macroalgae (18 species of 15 genera, one unnamed macroalgae, and macroalgal holdfast forms described herein), and contains macroscopic metazoan, putative metazoan and trace fossils. This biota not only contains some elements of the Miaohu biota from West Hubei, the Lantian flora from South Anhui, the Ediacara fauna in Australia, and the White Sea biota in Russia, but also has its own characters to distinguish other Ediacaran biota. The diverse macroalgae of the Wenghui biota clearly show organic and functional differentiations with some exhibiting a relationship with higher plants. The Wenghui biota lived in the euphotic zone of shallow sea with lower energy and poor oxygen. Numerous macroalgae settled on the deposits by their holdfasts, and their semi-floating bodies erected on sea floors. They advanced the photosynthetic efficiency and increased oxygen in water. In addition, the macroalgae served as a primary producer in the paleoecosystem to provide an alternative food for the metazoan. Therefore, the appearance of macroscopic algae not only improved the environment and played an essential support for the growth and propagation of the metazoan which depended on

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 40672021); 中国石油化工股份有限公司海相油气勘探前瞻性项目(No. G0800-06-ZS-319); 贵州省科学技术基金(No. J-2006-2099); 贵州省省长基金; 贵州大学学科建设基金; 中国地质大学(北京) 博士论文扶持奖励基金。

作者简介: 王约(1964-), 男, 副教授, 主要从事古生物及古生态学的研究。E-mail: gzyuewang@126.com

oxygen, but also provided a new food source that served as a new basis in the ecosystem for metazoan's evolution and development. Moreover, prosperous macrobiota not only increased the productivity of organic matter but also favored the sedimentation and the preservation of organic carbon.

**Key words:** Wenghui biota; macroscopic algae; Doushantuo Formation; Ediacaran; Jiangkou; Northeast Guizhou; South China.

新元古代成冰纪, 发生了全球性的冰川作用, 被称之为“雪球事件”(Harland, 1964; Kirschvink, 1992; Hoffman *et al.*, 1998). 在华南地区, 南沱组的冰碛岩几乎覆盖在整个扬子地区, 并可与“雪球事件”相对比(张启锐等, 2002). “雪球事件”之后, 气候转暖, 海水温度升高, 为生物的发展提供了良好的条件, 在华南地区先后报道了新元古代伊迪卡拉期以球状立体形态保存的黔中瓮安生物群(Li *et al.*, 1998; Xiao *et al.*, 1998; Yuan and Hofmann, 1998; 袁训来等, 2002), 以宏体藻类为主的鄂西庙河生物群(朱为庆和陈孟莪, 1984; 陈孟莪和萧宗正, 1991, 1992; 陈孟莪等, 1994a, 2000; Steiner, 1994; 袁训来等, 1995, 2002; 丁莲芳等, 1996; Xiao *et al.*, 2002)和皖南蓝田植物群(陈孟莪等, 1994b; 2000; Steiner, 1994; 袁训来等, 1995, 2002; 唐烽等, 1997; Yuan *et al.*, 1999). 赵元龙等(2004)曾报道一个由 13 个属组成的生物群被发现于黔东南伊迪卡拉纪陡山沱组, 其中宏体藻类 9 个属, 但未进行描述. 王约等(2005)通过化石的产出特征和生态特征, 研究了黔东南宏体生物群的沉积环境. 之后, 王约和王训练(2006)研究了宏体藻类固着器与沉积环境的关系, 但他们也未对其进行较为详细的系统古生物学描述和研究.

本文描述的宏体藻类产自黔东南伊迪卡拉纪陡山沱组. 丰富而多样化的宏体生物表明它们可广泛地生活于扬子地区伊迪卡拉纪陡山沱期的海洋中, 为研究“雪球事件”之后早期多细胞后生生物的进化和演化以及前寒纪生物地层的研究提供了新的信息, 也为“雪球事件”之后生烃生物大量繁殖及其环境的协同演化研究提供新的材料.

## 1 宏体藻类化石产出的地层和时代

本文研究的宏体藻类化石产自贵州省江口县瓮会村附近(26°50'07"N, 109°01'20"E)的伊迪卡拉系陡山沱组上部. 伊迪卡拉纪时, 黔东南位于上扬子地区的开阔海台地(Liu and Xu, 1994; 王约等, 2005),

其陡山沱组(总厚 70 余米)下部为厚层状具硅栉壳白云岩和水平纹层状中至厚层状白云岩(帽碳酸盐岩); 中部为白云岩和泥质白云岩, 夹黑色炭质泥岩; 上部为有机质丰富的黑色泥岩, 水平微纹层极为发育. 陡山沱组的下伏地层为南沱组冰碛砾岩, 与上覆留茶坡组的硅质岩呈整合接触. 在陡山沱组上部有丰富的、以宏体藻类为主的宏体化石. 宏体藻类共计 15 属 18 种(其中 3 新属 5 新种), 1 个未命名藻, 以及不明藻类的固着器. 同时产有后生动物, 包括三叶动物(Trilobozoa), 蠕虫动物, 盘状动物, 海绵动物, 可能的后生动物, 以及遗迹化石等.

产自于瓮会的生物群和庙河生物群均产于陡山沱组的上部, 黔东南和鄂西两地的陡山沱组可对比. Knoll and Xiao(1999)通过对世界新元古生物和地球化学的对比, 认为扬子地区陡山沱组的时限在 550 和 600 Ma 之间. 在鄂西陡山沱组产出庙河生物群层位的近顶部和陡山沱组下部帽碳酸盐岩之上的火山灰层中测得 U-Pb 锆石年龄值分别是 555.2 ± 6.1 Ma 和 621 ± 7 Ma(Zhang *et al.*, 2005). 另外, 黔东南的留茶坡组被普遍认为可与鄂西的灯影组对比(秦守荣等, 1984; 王砚耕等, 1987).

## 2 古生物系统描述

奇异藻属 *Genus Anomalophyton* Chen *et al.*, 1994, emend. Xiao *et al.*, 2002

张氏奇异藻 *Anomalophyton zhangzhongyini* Chen *et al.*, 1994, emend. Xiao *et al.*, 2002

(图版 I, 1, 2)

*Anomalophyton zhangzhongyini* Chen *et al.*; 陈孟莪等, 1994a, p. 392–392, pl. I, figs. 1, 2; 丁莲芳等, 1996, p. 94, pl. 19, fig. 8. *Axalga brachyclada* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 94, pl. 19, fig. 6. *A. adaequata* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 89–90, pl. 19, fig. 5.

描述 藻体由中央主枝和螺旋状排列的侧枝构成. 主枝纤细, 宽度向顶部逐小, 至少有 5 次以上的等二分歧式分枝, 分枝间距向上渐小. 侧枝密集, 呈

螺旋状排列从主枝伸出。未见固着器。主枝宽 0.2 ~ 0.3 mm, 保存长度 4.6 cm, 分枝间距 4 ~ 16 mm。主枝每 1 mm 长有 3 ~ 4 条侧枝, 主枝与侧枝的夹角小于 50°。侧枝宽 0.01 ~ 0.03 mm, 长小于 3 mm。

讨论 *A. zhangzhongyini* 主枝在等二分歧方式的分枝上与 *Doushantuophyton lineare* 相似, 但前者的主枝较细, 并有螺旋状的侧枝分出。产出于黔东南陡山沱组的 *A. zhangzhongyini* 仅在局部可见侧枝的保存。

棒形藻属 Genus *Baculiphyca* Yuan, Li and Chen, 1995, emend. Xiao *et al.*, 2002

带状棒形藻 *Baculiphyca taeniata* Yuan, Li and Chen, 1995, emend. Xiao *et al.*, 2002

(图版 I, 3, 4)

*Diaoyapolites longiconoidalis* Chen; 陈孟羲和萧宗正, 1991, p. 320—321, pl. III, fig. 6; pl. IV, figs. 1—6; 陈孟羲和萧宗正, 1992, p. 519—520, pl. III, figs. 1—5; text-fig. 3; 陈孟羲等, 1994a, p. 394, pl. II, figs. 1, 2; 袁训来等, 1995, p. 97—98, pl. II, fig. 7. *Eoscytospon pristinus* Ding; 丁莲芳等, 1992, p. 109—110, pl. 19, figs. 1, 2; pl. 20, fig. 5. *Miaohenella typicura* Ding; 丁莲芳等, 1992, p. 110, pl. 19, fig. 3; pl. 20, fig. 1; 丁莲芳等, 1996, p. 86, pl. 26, figs. 1, 5, 6, 11, 12; pl. 27, figs. 8, 10, 11; pl. 28, figs. 1—4, 7—8. *M. eleganta* Ding; 丁莲芳等, 1992, p. 110—111, pl. 19, fig. 4; 丁莲芳等, 1996, p. 87, pl. 26, figs. 2, 10; pl. 28, fig. 6. *M. conica* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 86, pl. 26, fig. 3; pl. 27, figs. 1—4, 7. *M. rhomba* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 86, pl. 26, figs. 4, 9; pl. 27, fig. 6; 陈孝红等, 1999, p. 20, pl. IV, fig. 7. *M. nana* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 87, pl. 26, figs. 2, 10. *M. taenina* Chen *et al.*; 陈孝红等, p. 1999, 20—21, pl. I, figs. 8, 9; pl. III, fig. 6. ? *Gesinella gracilis* Steiner; Steiner, 1994, p. 122—123, pl. 17, fig. 5; pl. 20, figs. 1—7; text-figs. 73, 74. aff. *Gesinella gracilis* Steiner; Steiner, 1994, p. 122—123, pl. 9, fig. 3; pl. 17, figs. 1—3; text-fig. 36. *Baculiphyca taeniata* Yuan *et al.*; 袁训来等, 1995, p. 97, pl. II, figs. 2, 3; 袁训来等, 2002, p. 53, figs. 54—56; Xiao *et al.*, 2002, p. 353—355, figs. 3, 1—11.

描述 纵长形不分枝的棒状藻体。藻体大致可分为上部叶状体和下部固着器。叶状体通常下窄上宽, 边缘光滑。叶状体的顶端部未见, 或因保存不完整而不易鉴别。下部固着器包括四个部分: 固着柄、固着节、固着蒂和丝状拟根。固着柄是固着器与叶状体的连接部分, 形态上多呈下大上小, 炭质膜向上有渐薄(颜色渐浅)的趋势, 与叶状体下部向上逐渐增大或近等的藻柄有较为明显的区别; 固着蒂系固着柄基部膨大的部分。固着节是固着柄与固着蒂连接的部分, 常为加厚的炭质脊。分叉或不分叉的丝状拟

根通常长于固着蒂。在一些标本中, 可见固着柄和其上的叶状体下部具有表皮、皮层和髓部的分化。藻体最宽达 5 mm, 最窄 0.3 mm, 保存最长达 70 mm。

讨论 Xiao *et al.* (2002) 将一些发现于庙河生物群的不分枝长带状并具有固着器的化石归于 *B. taeniata* 之中。丁莲芳等 (1996) 报道鄂西庙河生物群中 *B. taeniata* 具有表皮、皮层和髓部的分化, 但 Xiao *et al.* (2002) 认为这属于非生物构造。与鄂西庙河生物群相似, 在黔东南陡山沱组采集到的标本中, 也可见固着柄和其上的带柄具有表皮、皮层和髓部的分化(图版 I, 图 4)。另外, *B. taeniata* 的固着器在形态和功能也有明显的分化(王约和王训练, 2006)。固着柄和叶状体下部常由炭质膜较厚(颜色较深)构成, 可能起支持叶状体直立的作用。加厚炭质脊的固着节可能是宏体藻类不平整或膨胀的细胞在沉积物与水体界面附近生长不均或特化形成的。分叉的丝状拟根一般长在位于沉积物表面之下的固着蒂之上, 可能起吸收营养和水份, 或增强藻体固着的作用。固着器的分化, 意味着 *Baculiphyca* 已发育较为发达的“拟根系统”。

伯特圆盘属 Genus *Beltanelliformis* Menner in Keller *et al.*, 1974

布兰色伯特圆盘(相似种) *Beltanelliformis brunsa* Menner in Keller *et al.*, 1974

(图版 I, 8)

*Beltanelliformis brunsa* Menner; Keller *et al.*, 1974, p. 1, fig. 10; Steiner, 1994, p. 94—95, pl. 12, figs. 1, 2; text-fig. 56; Xiao *et al.*, 2002, p. 355—357, figs. 4, 1—3; 袁训来等, 2002, p. 55, fig. 57. *B. podolicus* Istchenko; 袁训来等, 1995, p. 97, pl. I, fig. 1. *Sanxiamedusa pentamera* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 103—104, pl. 38, figs. 1—3. *Maopingimedita circularis* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 104—105, pl. 38, fig. 5. *Palaeomedusa circvittata* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 105—106, pl. 38, fig. 6; pl. 39, fig. 3. *P. polycarpa* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 106, pl. 39, figs. 1, 2.

描述 成群的圆形或椭圆形的圆币状炭质压膜化石, 常保存为略为上凸的小圆丘。每一圆形体或椭圆形体之间较紧密的排列在一起, 但并不相互重叠。圆形体或椭圆形体的表面未见放辐或同心构造。圆形体或椭圆形体的直径 3 ~ 9 mm。

讨论 产自于黔东南陡山沱组的标本, 个体大小不一, 且常密集排列在同一层面上, 同时与其共同保存在一起的其他宏体生物很少。因此, 它应为底栖球形藻类, 且大面积的存在可能与恶劣的环境相关。

丘尔藻属 Genus *Chuar* Walcott, 1899

圆形丘尔藻 *Chuar* *circularis* Walcott, 1899

(图版 I, 图 5, I-6)

*Chuar* *circularis* Walcott; Walcott, 1899, p. 234-235, pl. 27, figs. 12, 13; Ford and Breed, 1973, p. 539-547, pl. 61, figs. 1-7; pl. 62, figs. 1-6; pl. 63, figs. 1, 2, 4; Hofmann, 1985, p. 342-343, pl. 35, figs. 5, 8; pl. 36, figs. 6, 12; Steiner, 1994, p. 95-101, pl. 1, figs. 4-17; pl. 11, figs. 8, 10; pl. 12, figs. 4, 11; 丁莲芳等, 1996, p. 90, pl. 30, figs. 9, 11-15, 19.

*Ovidiscina minor* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 90-91, pl. 30, figs. 4, 6-8. *O. bagongshanica* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 91, pl. 30, figs. 3, 18. *O. longa* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 91, pl. 30, fig. 2.

描述 圆形或卵圆形的炭质压膜化石, 具有同心纹的环纹和 1-4 圈同心皱, 边缘较为平滑. 少数立体标本中央微凸起, 同心皱也微凸起. 炭质压膜化石的直径为 2~4 mm.

讨论 Steiner(1994)将一些产自于前寒武系的具有同心纹的小型圆形或卵圆形化石并入 *Chuar*. *C. circularis* 普遍被视为系藻类化石.

陡山沱藻属 Genus *Doushantuophyton* Chen

in Chen and Xiao, 1991, emend. Xiao *et al.*, 2002

线状陡山沱藻 *Doushantuophyton lineare*

Chen in Chen and Xiao, 1991, emend. Xiao *et al.*, 2002

(图版 I-7)

*Doushantuophyton lineare* Chen; 陈孟莪和萧宗正, 1991, p. 319, pl. I, figs. 2, 3; pl. III, figs. 1, 2; 陈孟莪和萧宗正, 1992, p. 517, pl. II, fig. 3; 陈孟莪等, 1994a, p. 394, pl. I, fig. 5, 6; pl. II, fig. 8; pl. III, fig. 3; 陈孟莪等, 1994b, p. 261, images. 5, 6; 丁莲芳等, 1996, p. 77, pl. 15, figs. 1, 4. *D. lineare* Steiner; Steiner, 1994, p. 112-113, pl. 18, figs. 1, 3, 7, 9-11, text-fig. 65; 袁训来等, 1995, p. 98, pl. II, fig. 1; Xiao *et al.*, 2002, p. 358-359, fig. 4, 11, 12; figs. 5, 1-6; 袁训来等, 2002, p. 58, figs. 62, 63. *D. sinuolatum* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 76-77, pl. 19, fig. 1.

描述 规则的等二分枝丝状体. 丝状体直或微弯, 宽度较少但较为均匀, 末端或略有扩大. 分枝间距较为一致. 至少有 3 次分枝. 丝状体宽度小于 1 mm, 分枝间距 2.5~6 mm, 分枝角 20°~40°.

讨论 该种与 *D. rigidulum* 的区别在于前者的分枝间距较小, 分枝角较大; 与 *D. quyuan* 的区别在于后者有主枝和侧枝之分, 且主枝呈“Z”之形弯曲; 与 *Enteromorphites siniansis* 的区别在于前者藻丝宽度较大, 分枝间距常为上部较长.

较硬陡山沱藻 *Doushantuophyton rigidulum*

Chen in Chen *et al.*, 1994 (emend. nov.)

(图版 I, 9-11)

*Doushantuophyton rigidulum* Chen; 陈孟莪等, 1994b, p. 261, images. 7, 8, 12, 19; Yuan *et al.*, 1999, p. 150, figs. 2C, 4D-G. *D. rigidulum* Steiner; Steiner, 1994, p. 114-115, Pl. 18, figs. 4, 5, 12; text-fig. 66.

描述 藻体由有规则等二分枝式分枝的藻丝体组成, 外形呈疏散的帚形. 藻丝体至少有 5 次以上分枝, 分枝间距不等. 藻丝体在分枝处宽度较小, 向上略有扩大. 最后一次分枝的藻丝末端逐渐收小. 藻丝体在基底直或微弯, 在冠部多弯曲. 未见固着器. 丝状体宽度小于 1 mm, 分枝间距 4~55 mm, 分枝角 10°~30°.

讨论 *D. rigidulum* 与 *D. lineare* 的区别在于后者的分枝间距较小, 而分枝角也较小; 与 *D. cometa* 的区别在于后者的分枝较为规则, 排列较密; 与 *D. quyuan* 的区别在于后者有主枝和侧枝之分, 且主枝呈“Z”形弯曲.

拟浒苔属 Genus *Enteromorphites* Zhu and Chen, 1984, (emend. nov)

模式种 *Enteromorphites siniansis* Zhu and Chen, 1984.

修正特征 藻体多次等二分枝式分枝, 表面光滑. 从下部到上部, 分枝间距逐渐增大, 宽度略变小, 但每一分枝处的藻体宽度变化不大. 见有盘状固着器.

讨论 *Enteromorphites* 在建属时被认为藻丝宽度变化不大(朱为庆和陈孟莪, 1984), 之后这一特征被视为区别于其他藻体的一个重要特征(陈孟莪和萧宗正, 1991, 1992; Steiner, 1994; 丁莲芳等, 1996). Xiao *et al.* (2002) 在重新修定 *Enteromorphites* 的属征时, 也认为藻丝的宽度向藻体上部略有小的变化, 且合并了许多属, 其中包括有 *Gymnogongrusoides* 和 *Zhongbaodaophyton*. 但后两者不仅在藻丝分枝前后宽度上有明显变化, 与 *Enteromorphites* 有明显的区别, 且在不等二分枝的分枝方式和丝状固着器上也有明显的区别.

中华拟浒苔 *Enteromorphites siniansis* Zhu and Chen, 1984 (emend. nov)

(图版 I, 12, 13)

*Enteromorphites siniansis* Zhu and Chen; Zhu and Chen, 1984, p. 559-560, pl. I, figs. 1, 2; 陈孟莪和萧宗正, 1991, p. 318-319, pl. I, figs. 1, 4; 陈孟莪和萧宗正, 1992, p. 518, pl. II, fig.

4; Steiner, 1994, p. 117–118, fig. 70; Xiao *et al.*, 2002, p. 360–361, figs. 5, 7–12; 袁训来等, 2002, p. 59–60, figs. 66, 67. *E. compressus* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 73–74, pl. 14, fig. 5. *E. sp.*; 丁莲芳等, 1996, p. 74, pl. 13, fig. 5, pl. 16, fig. 3. *Lanlingxiphyton formosa* Chen and Xiao; 陈孟莪和萧宗正, 1992, p. 517, pl. IV, fig. 1. *Yemaomianiphyton bifurcaturm* Chen and Xiao (n. sp.); 陈孟莪和萧宗正, 1992, p. 517–518, pl. II, fig. 4. *Capilliphyca flexa* Yuan *et al.*; 袁训来等, 1995, p. 97, pl. III, fig. 3. *Palaeocodium yichangicum* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 72–73, pl. 18, fig. 2. *Yichangella erecta* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 81, pl. 14, fig. 1. *Polycladalgia ramisping* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 82, pl. 16, fig. 2.

**描述** 炭质压膜的化石. 藻体至少有 5 次等二歧式分枝以上, 藻丝较宽, 表面光滑. 从下部到上部, 分枝间距逐渐增大, 宽度略变小, 但每一分枝处的藻体宽度变化不大. 见有盘状固着器. 藻体宽 0.3 ~ 0.8 mm, 分枝间距 1 ~ 12 mm.

**讨论** *E. siniansis* 与 *Wenghuiphyton erecta* 在等二歧式的分枝较为相似, 但前者拥有盘状固着器, 宽度较小, 且未见中柱状构造或表皮构造; 与 *Konglingiphyton erecta* 的区别在于后者藻丝在分枝处的宽度较小, 呈楔状; 与 *Doushantuophyton* 的区别在于后者藻丝宽度较小, 分枝间距较为规则.

#### 扇形藻属 Genus *Flabellophyton* Chen, Lu, and Xiao, 1994

##### 条纹扇形藻 *Flabellophyton strigata* Yuan, Li and Cao, 1999

(图版 I, 14, 15)

*Flabellophyton strigata* Yuan *et al.*; Yuan *et al.*, 1999, p. 152, figs. 2G, 5D, E; 袁训来等, 2002, p. 48, fig. 45.

**描述** 纵长的扇形炭质压膜化石. 扇形叶状体由排列紧密的藻丝构成. 未见分叉现象的藻丝上具有不少于 5 个规则的横节, 使扇形叶状体表面呈现规则的横条. 固着器保存不佳. 藻体最宽处的宽度 5 mm, 保存最长达 23 mm.

**讨论** *Flabellophyton* 与 *Longifuniculum* 和 *Sectorialga* 的区别在于后者的藻丝具有明显的分叉. *F. strigata* 与 *F. lantianensis* 的区别在于前者叶状体的表面有横带状构造. 袁训来等 (2002) 认为此横带状构造与现代藻类的藻体周期性生长相关.

#### 则斯藻属 Genus *Gesinella* Steiner, Erdtmann, and Chen, 1992

##### 湖南则斯藻 *Gesinella hunanensis* Steiner,

#### Erdtmann, and Chen, 1992

(图版 I, 16–20)

*Gesinella hunanensis* Steiner *et al.*; Steiner *et al.*, 1992, p. 313–314, pl. 1, fig. 1–11; pl. 2, fig. 1–7; Steiner, 1994, p. 120, pl. 19, figs. 1–10; pl. 20, figs. 8–10; text-fig. 71. *Miaohenella hunanensis* Chen *et al.*; 陈孝红等, 1999, p. 20, pl. I, figs. 2, 3; pl. II, fig. 4; pl. IV, fig. 9.

**描述** 纵长形不分枝的棒状藻体. 藻体大致可分为上部叶状体和下部固着器. 叶状体通常下窄上宽. 边缘光滑的叶状体表面通常有呈“V”字形的直或微弯的丝状藻丝, 叶状体的顶端部呈圆弧状. 一些标本表面见有圆形的斑点. 藻体下部的固着器可再分为固着蒂和丝状拟根. 固着蒂呈下小上大的楔状, 其表面有丝状的拟根, 一些标本的拟根散开呈圆形. 藻体最宽处的宽度 6 ~ 28 mm, 保存最长达 50 mm.

**讨论** 因而丁莲芳等 (1996) 和陈孝红等 (1999) 认为 *Gesinella* 一名应废弃, 而称 *Miaohenella*. 但 Xiao *et al.* (2002) 认为描述湖南的 *Gesinella* 模式种具有独特的特征. *G. hunanensis* 在形态上尽管与 *B. taeniata* 相似, 但前者的叶状体宽度较大, 下部常见有“V”字形的藻丝, 上部见有横弧状构造, 且固着器呈楔状. 同时 Steiner *et al.* (1992) 和 Steiner (1994) 描述采自湖南武陵新元古界留茶坡组的 *G. hunanensis* 叶状体表面有钩状的突起, 在黔东南陡山沱组的标本中则见有圆形的斑点.

#### 团藻属 (新属) Genus *Globusphyton* (gen. nov.)

##### 模式种 *Globusphyton lineare* (gen. et sp. nov.).

**特征** 藻体由线形的束状藻丝和散开的藻丝团构成串珠状. 束状藻丝由丝状藻丝缠绕成细线状或窄条状, 不分枝; 藻丝团由从束状藻丝上的某一点呈放射状生出的等二歧式分枝藻丝组成, 构成圆形的团状. 束状藻丝在藻丝团中央有一小瘤节, 且小瘤节两侧的束状藻丝呈明显的弯折状.

**讨论** *Globusphyton* 以其束状藻丝较小, 较直, 且在藻丝团的中央有一小瘤节, 小瘤节两侧有明显的弯折为特征. *Anhuiphyton* 也为藻丝团状, 但藻丝不分叉, 且无束状藻丝将藻丝团串在一起 (陈孟莪等, 1994b; Yuan *et al.*, 1999; 袁训来等, 2002). *Longifuniculum* 也具有束状藻丝, 但无在其上的藻丝团.

#### 线形团藻 (新属新种) *Globusphyton lineare* (gen. et sp. nov.)

(图版 I, 21-23)

模式标本 MH-40-0248(图版 I, 22, 23).

描述 炭质薄膜方式保存. 藻体由线形的束状藻丝和散开的藻丝团构成串珠状. 束状藻丝不分枝, 由丝状藻丝缠绕成细线状, 多直或微弯曲. 藻丝团由至少 3 或 4 次等二歧式分枝的藻丝组成, 多弯曲的分枝藻丝从束状藻丝上的某一点呈放射状生出, 构成圆形的团状, 藻丝团在束状藻丝上生出的间距不等. 藻丝团的中央常呈小瘤节状, 并在其小瘤节处束状藻丝有不同程度的弯折. 藻丝缠绕成束状的宽度 0.1~2 mm, 藻丝团直径 4~22 mm, 组成藻丝团藻丝的宽度在 0.05 mm 左右.

讨论 *G. lineare* 的藻丝团与发现于皖南蓝田植物群中的 *Anhuiphyton lineatum* 较为相似, 但后者无束状的藻丝束通过, 而连成串珠状. *G. lineare* 以其束状藻丝较小, 较直, 且穿过藻丝团后有明显的弯折为特征而与 *Longifuniculum dissolutum* 相区别.

产自于黔东南陡山沱组的 *G. lineare* 的藻丝团被成束状的藻丝相连(图版 I, 22), 并从其上的小瘤节处呈放射状的生长(图版 I, 21-23), 因而推测成束状藻丝上的小瘤节之下可能系其固着器或(和)藻丝团的生长节, 而 *Globusphyton* 可能呈匍匐状地生长于沉积物的表面.

江口藻属(新属) **Genus *Jiangkouphyton***  
(gen. nov.)

模式种 *Jiangkouphyton guizhouensis* (gen. et sp. nov.).

特征 不等二歧式多次分枝的植物, 从下而上宽度渐小, 分枝后一枝较宽, 另一枝较窄. 分枝多较强烈的弯曲, 常侧生出弯曲的“细丝”. 最末 1~2 次分枝通常细小而弯曲, 其表面有细小的“芽状”的突起. 一块标本有一杏仁状块状固着器.

讨论 新属以其较强烈弯曲的多次分枝、基部较宽, 以及末 1~2 次分枝细小并具“芽状”突起为特征, 与其他产出于新元古代的植物相区别.

贵州江口藻(新属新种) ***Jiangkouphyton guizhouensis*** (gen. et sp. nov.)

(图版 I, 24-26; 图版 II, 1-2)

模式标本 WH-P-04234(图版 I, 24-25). 副型标本: WH-P-04235(图版 I, 1, 2).

描述 炭质薄膜方式保存. 不等二歧式分枝的植物, 至少有 9 次以上的分枝. 分枝多弯曲, 其宽度从下而上逐渐变小, 并常侧生出弯曲的“细丝”. 分枝后一枝较宽, 另一枝较窄. 最末 1~2 次分枝通常细小而弯曲, 且其上有细小的“芽状”的突起. 在副型标本, 至少有三枝枝条从一个杏仁状块状固着器中生出. 植物枝最宽 1.5 mm, 最末 1~2 次分枝和侧生“细丝”一般宽 0.1~0.3 mm, 分枝角 20°~50°.

讨论 *J. guizhouensis* 弯曲和多次分枝可能与其获得空间和(或)阳光有关, 而未 1-2 次分枝上的突起可能系芽或生殖器官(图版 I, 25, 26).

柳林碛带藻属 **Genus *Liulingjitaenia* Chen and Xiao, 1992, emend. Xiao et al., 2002**

缠绕柳林碛带藻 ***Liulingjitaenia alloplecta* Chen and Xiao, 1992, emend. Xiao et al., 2002**

(图版 II, 2-5)

*Liulingjitaenia alloplecta* Chen and Xiao; 陈孟羲和萧宗正, 1992, p. 515, pl. I, figs. 1-4; Steiner, 1994, p. 129-130, pl. 14 figs. 4-6; text-fig. 81; Xiao et al., 2002, p. 365-367, figs. 6, 7-16; 袁训来等, 2002, p. 62-63, figs. 71, 72. *Eoulothrix fibrillata* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 71, pl. 17, figs. 5-8. *E. longitubulosum* Ding; 丁莲芳等, 1996, p. 88, pl. 22, figs. 3, 6; pl. 28, fig. 5.

描述 纵长不分枝的藻体. 藻体的下部为直或微弯的带状藻体, 由藻丝集成束, 表面有螺纹构造. 藻体的上部较下部较宽, 呈梭形囊状, 表面见有螺纹构造. 未见固着器. 下部带状藻体宽 0.5~2 mm, 上部囊状藻体的最宽处 4 mm; 藻体保存长达 120 mm.

讨论 Steiner (1994)和 Xiao et al. (2002)将发现于陡山沱组中的具有螺纹构造的管状藻体归并为 *L. alloplecta* (Xiao et al., 2002). 丁莲芳等 (1996)认为 *Liulingjitaenia* 系藻类, 但 Xiao et al. (2002)和袁训来等 (2002)则认为不能排除系后生动物的可能性. 采自于黔东南陡山沱期的 *L. alloplecta* 由纵长的下部带状藻体和上部囊状藻体组成, 并见有缠绕的藻丝(图版 II, 5), 从形态上而言与后生动物的区别较大.

长索藻属 **Genus *Longifuniculum* Steiner, Erdtmann, and Chen, 1992**

裂散长索藻 ***Longifuniculum dissolutum* Steiner, Erdtmann, and Chen, 1992**

(图版 II, 6-7)

*Longifuniculum dissolutum* Steiner et al.; Steiner et al., 1992, p. 311-321, pl. 2, figs. 8, 8a; Seiner, 1994, p. 106-107, pl. 13, figs. 1-3; text-fig. 61; Xiao et al., 2002, p. 367, figs. 6, 19, 20, 7, 1; 袁训来等, 2002, p. 63, fig. 73. *Sectoralga supervoluta* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 79, pl. 12, fig. 1. *S. specialis* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 79, pl. 17, fig. 1. *S. umbellulata* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 79-80, pl. 12, fig. 7. *S. sp.*; 丁莲芳等, 1996, pl. 18, fig. 7.

**描述** 哑铃状, 通常细丝体缠绕成束状. 成束状的细丝常在藻体的中部和端部散开, 藻丝散开后多呈梭形或呈椭圆形或呈圆形. 细丝状藻丝成束状的部分较长, 通常占整个藻体长度的 1/2 以上, 在散形的细丝中可见二歧式的分枝. 藻体长通常在 20 mm 以上, 最长的可达 25 cm, 藻丝束宽 0.2~1.2 mm.

**讨论** Steiner et al. (1992) 建立 *Longifuniculum* 的模式标本和副型标本均具有细丝状藻丝成束状而中部和端部散开的特征. 同时其细丝状藻丝成束的部分较长, 其长度占整个藻体长度的 1/2 以上. Xiao et al. (2002) 将 *Guimenguania* 和 *Sectoralga* 归并于修正后的 *Longifuniculum*. 中. *Sectoralga* 的模式种 *S. typica* (丁莲芳等, 1992) 在具成束状藻丝的特征上与 *L. dissolutum* 十分相似, 但前者藻体较短扇形, 固着器之上的细丝状成束的部分较短, 仅占整个藻体的不足 1/2. 扇形的 *L. dissolutum* 也常见于不完整保存的标本中, 所以未见固着器且具较长束状藻丝的 *S. supervoluta*, *S. specialis* 和 *S. umbellulata* 可能属于 *L. dissolutum*.

**扇形藻属 Genus Sectoralga Hu in Ding et al., 1996, (emend. nov.)**

**模式种** *Sectoralga typica* Hu in Ding et al., 1996

**修正特征** 扇形状的藻体. 基部为长有较稀疏的圆形或椭圆形的固着器; 固着器之上为由藻丝缠绕成束状, 呈短棒状, 长度仅占整个藻体的 1/2 以下; 藻体上部由藻丝散开呈扇状. 散开的藻丝具二歧式分枝.

**讨论** 丁莲芳等 (1996) 在建立 *Sectoralga* 一属时, 认为陈孟莪等 (1994a) 所描述的 *Guimenguania umbrellulata* 与 *Sectoralga* 具相似之处, 但没有属征的描述, 无模式种, 而归于 *Sectoralg* 属中. Xiao et al. (2002) 将 *Sectoralga* 全归并于 *Longifuniculum* 一属中. 但这两个属的区别在于 *Longifunicu-*

*lum* 的藻体较长, 成束状缠绕的藻丝部分也较长, 且中部散开, 而 *Sectoralga* 的藻体较短, 固着器之上成束状缠绕的藻丝部分较短, 且上部呈扇形.

**标准扇形藻 Sectoralga typica Hu in Ding et al., 1996 (emend. nov)**

(图版 II, 8, 9)

*Sectoralga typical* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 78-79, pl. 13, fig. 1. *Longifuniculum dissolutum* Steiner et al.; Xiao et al., 2002, p. 367, fig. 6, 18; 袁训来等, 2002, p. 63, fig. 74.

**描述** 扇状藻体. 藻体上部呈较为标准的扇形状, 密集排列的可二歧式分枝的丝状藻丝构造, 扇形边缘较为整齐, 扇形叶状体表面见有不规则的横条; 中部由细丝状藻丝缠绕而成束状或短棒状, 其长度占藻体总长的 1/4 以下; 下部具有丝状拟根的略膨大呈球状的固着器. 藻体长 12~27 mm; 扇状藻体的夹角 30°~70°.

**讨论** *S. typica* 与 *S. umbellulata*, *S. supervoluta*, *S. grossa*, *S. bibarbatus*, *S. capillaceus* 的区别在于前者为排列较密集的较标准的扇形状, 扇形边缘较为整齐, 中部成束状的藻丝较短, 通常仅为藻体长度的 1/4 以下; 与 *S. wenghuiensis* 的区别在于上部的藻体呈规则的扇状, 并具有不规则的横条, 且扇形夹角较大.

**瓮会扇形藻 (新种) Sectoralga wenghuiensis (sp. nov.)**

(图版 II, 10-13)

**模式标本** WH-P-04015 (图版 II, 10-12).

**描述** 不规则扇状的藻体. 藻体上部由可二歧式分枝的丝状藻丝构成, 通常呈不规则的扇形状, 其边缘整齐或不整齐; 中部由细丝状藻丝缠绕而成束状较短或无; 下部具有丝状拟根或略膨大呈球状的固着器. 藻体长 8~33 mm, 最大宽度 1.5~15 mm; 上部藻体的分散夹角 10°~40°.

**讨论** 新种在较短的中部藻丝成束状方面与 *S. typica* 较为相似, 但新种的上部藻体不规则, 且上部藻体的分散夹角较小.

**瓮会枝 (新属) Genus Wenghuiphyton (gen. nov.)**

**模式种** *Wenghuiphyton erecta* (gen. et sp. nov.).

**特征** 等二歧式分枝的植物, 可分为茎轴、根状

茎、拟根系统和菌根。光滑无叶的茎轴宽度几乎相同, 至少两次等二歧式分枝, 其顶端呈舌状。匍匐状的根状至少分枝出两枝茎轴。复杂的拟根系统由拟根, 不定拟根, 拟根毛和拟菌根构成。茎轴和根状茎明显见有髓和表皮的分化。

讨论 *Wenghuiphyton* 在茎轴等二分枝与 *Enteromorpha* 和 *Konglingiphyton* 十分相似, 但 *Enteromorpha* 拥有盘状固着器且宽度较小, 而 *Konglingiphyton* 的分枝宽度较小且具有向末端宽度逐渐增大的特点。 *Wenghuiphyton* 以具有原生中柱和表皮以及在沉积物之下多种器官的分化为特征与新元古代的其他分枝宏体藻类相区别。

### 起立瓮会枝 (新属新种) *Wenghuiphyton erecta* (gen. et sp. nov.)

(图版 II, 14—20)

模式标本 JK42-1101 (图版 II, 14)。

描述 炭质薄膜方式保存。等二歧式分枝的植物, 可分为茎轴、根状茎、拟根系统。光滑无叶的茎轴宽度几乎相同, 至少两次等二歧式分枝, 其顶端呈舌状, 但无孢子囊。根状茎略小于茎轴, 并至少分枝出两枝茎轴。茎轴和根状茎具有髓、表皮和皮层的分化, 在茎轴和根状茎的中央或近中央, 表面有纵向纹理的髓呈圆柱状, 且等二分枝恰与茎轴的分枝相吻合。在茎轴和根状茎的外层, 表皮薄而连续, 有光滑的表面和粗糙的内层, 但未见气孔构造。复杂的拟根系统由拟根, 不定拟根和拟根毛和菌根构成, 均未见原生中柱; 拟根位于根状茎之后, 通常宽度小于根状茎; 不定拟根从拟根分出, 其分出处正处于茎轴的分出之下; 二分枝式的拟根毛可从根状茎, 拟根和不定拟根生出; 具有许多丝状菌丝的膜状菌根附在根状茎, 拟根和不定拟根之中。茎轴直径为 0.6~2.2 mm, 长度大于 25 mm。根状茎直径为 0.4~1.6 mm, 最长可达 13 mm。髓部直径为 0.08~0.8 mm。茎状拟根直径小于 1.2 mm, 最长可达 17 mm。不定拟根直径为 0.4~0.5 mm, 保存最长为 2.5 mm。

讨论 *W. erecta* 为炭质压膜化石, 可明显的区分出光滑无叶的茎轴, 匍匐状的根状茎、发达的拟根系统和菌状根。茎轴通常由三层构造组成: 中央或近中央平行或近平行于茎轴的圆柱状加厚炭质块; 外层薄而连续的加厚炭质物质; 在上述两者之间的薄的炭质膜。这茎轴和根状茎分层的现象可能为生物成因构造的解释要比非生物成因构造(如脱水构造

和收缩构造等)的解释更妥些。首先, 圆柱状炭质块在形态上与高等植物的原生中柱相似, 且始终位于茎轴和根状茎的中央或近中央(图版 II, 14—20); 第二, 等二分枝的圆柱, 且正好与茎轴的分枝相同(图版 II, 15—18); 第三, 构成圆柱的炭质块脱落后, 在其下方见有纵纹(图版 II, 15, 16), 这表明圆柱具有一些细的构造。因此, 圆柱状炭质块可解释为生物成因构造的髓部, 可能由长形的管胞构成并起输导的作用。同时, 茎轴和根状茎外层窄的加厚炭质块, 在形态上与表皮相似, 其宽度基本不变, 且其光滑的外表和粗糙的内壁表明表皮可能由不规则细胞的紧密排列而构成, 并起着吸收和保护的作用。

*W. erecta* 的根状茎也具有髓和表皮, 其中的髓部均可向上分出茎轴和茎轴的髓部, 且发达的拟根系统明显地生于根状茎上, 因此根状茎可能匍匐在沉积物中。发达的拟根系统(图版 II, 14, 15, 19)表明它拥有多种功能: 拟根毛的营养吸收, 拟根的吸收和合成功能, 以及不定拟根的固着和支撑茎轴起立于海底。另外, 这无定形的炭质膜可解释为一种与真菌共生的外生菌根, 而在菌根中的孤立炭质丝可能为菌丝。菌根常与高等植物共生, 并增强高等植物根系的功能(李星学等, 1981; Meyen, 1987)。

*W. erecta* 具有包括髓部和表皮的直立的茎轴和匍匐的根状茎、以及多形态发达的拟根系统和大面积的菌根。因此, 产自于贵州新元古代陡山沱组的 *W. erecta* 在形态和功能上可能与维管植物相关, 但未发现孢子囊和气孔。

### 中堡岛藻属 Genus *Zhongbaodaophyton* Chen, Xiao, and Yuan, 1994 (emend. nov.)

模式种 *Zhongbaodaophyton crassa* Chen, Xiao, and Yuan, 1994.

修正特征 藻丝表面光滑。不等二歧式分枝, 分枝前藻丝宽度大于分枝后。分枝后的藻丝一枝略宽, 而另一枝稍小。底部仅为一枝较宽大藻体主枝, 其下部有一长出丝状拟根的固着蒂; 顶部藻丝逐渐收小, 呈刺状。

讨论 陈孟莪等(1994a)在建立 *Zhongbaodaophyton* 属时仅有一个种, 共 2 块标本, 其模式标本和副型标本并非规则的等二分枝, 而是一枝略宽于另一枝的不等二分枝式的分枝, 且分枝前的宽度明显大于分枝后的宽度, 同时在描述中的“盘状固着器”是依其副型标本保存不完整的宽大的基部主枝



或保存不明显的丝状拟根。*Zhongbaodaophyton* 以其不等二分枝的分枝、基部仅为一宽大的主枝、分枝后宽度明显小于分枝前和丝状拟根与 *Enteromorpha* 区别; 与 *Miaohephyton* 的区别在于后者分枝的两枝藻丝宽度相似, 且其表面具有瘤状。*Gymnogongrusoides* 在形态特征与 *Zhongbaodaophyton* 相同, 应为同义名。

### 厚中堡岛藻属 *Zhongbaodaophyton crassa*

Chen, Xiao, and Yuan, 1994 (emend. nov.)

(图版 II, 28; 图版 III, 1, 2)

*Zhongbaodaophyton crassa* Chen et al.; 陈孟莪等, 1994a, p. 395, pl. II, fig. 4 (holotype). *Z. palmatum* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 81, pl. 16, fig. 1.

*Gymnogongrusoides regularis* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 76, pl. 14, fig. 8. *G. irregularis* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 76, pl. 14, fig. 6. *Sectoralgatypical* Chen et al.; 陈孝红等, 1999, p. 19, pl. III-2.

**描述** 分枝状的藻体多被压扁, 少数仍保存为圆柱状的立体藻丝。不等二歧式分枝, 至少有 4 次以上分枝, 在近分枝处微曲, 大部较直, 表面光滑, 分枝间距不等。分枝前藻丝宽度略大于分枝后; 分枝后的藻丝一枝明显宽于另一枝。未见固着器。藻体宽 0.2~1 mm, 分枝间距 3~18 mm, 分枝角 20°~40°。

**讨论** 陈孟莪等(1994a)在建立 *Z. crassa* 时的模式标本与修正后的特征相同, 但副型标本宽枝呈 Z 字形与修正后的 *Z. crassa* 有区别, 而与 *Z. robustus* 相同。*Gymnogongrusoides regularis*, *G. irregularis* 和 *Z. palmatum* 均与 *Z. crassa* 的特征相同, 为同义名。*Z. crassa* 与 *Z. robustus* 的区别在于前者宽度较大, 藻丝较直; 与 *Enteromorpha sinensis* 和 *Miaohephyton bifuractum* 的区别在于后两者为规则的二歧式分枝。

藻丝保存为圆柱状立体的标本(图版 III, 2)表明 *Zhongbaodaophyton* 可能为一类藻丝为圆柱的、不等二歧式分枝的绿藻类。

### 壮枝中堡岛藻(新种) *Zhongbaodaophyton robustus* (sp. nov.)

(图版 III, 3-6)

*Zhongbaodaophyton crassa* Chen et al.; 陈孟莪等, 1994a, p. 395, pl. II, fig. 5 (paratype). *Enteromorpha flexuosus* Hu; 丁莲芳等, 1996, p. 73, pl. 16, fig. 7.

**模式标本** MH-50-0329(图版 III, 5)。

**描述** 炭质薄膜方式保存。不等二歧式分枝的

植物。基部主枝仅一枝, 较宽, 向上不等二歧式分枝至少 9 次以上, 分枝前藻丝宽度大于分枝后的宽度。宽枝相对较直立, 呈“Z”字形, 再分枝的次数较多; 窄枝相对较弯, 再分枝次数较少。藻丝顶部逐渐缩小, 呈刺状; 基底主枝之下有一膨大的部分, 呈球状或椭球状的固着蒂, 固着蒂上长出丝状的拟根。基部主枝宽 0.3~1 mm, 分枝后的藻丝宽 0.1~0.6 mm, 分枝角小于 30°, 固着蒂最宽为 1.2 mm。

**讨论** *Z. robustus* 其分枝后的宽枝与窄枝有十分明显的区别。在黔东北陡山沱组中, *Z. robustus* 的产出十分丰富, 从仅有 1 次分枝(图版 III, 3), 2 次分枝, 5 次分枝(图版 III, 5), 至 9 次分枝(图版 III, 6)的均有产出。随着分枝的不断增多, 基部主枝和其他藻丝的宽度也不断扩大(图版 III, 3-6), 表明 *Zhongbaodaophyton* 的藻丝具有增生的功能, 可能与褐藻类相似具有髓部。

### 未定名的藻类 *Unnamed macroalga*

(图版 II, 21-22)

**描述和讨论** 不完整保存的、具叶裂状的大型宏体藻类, 外形似银杏叶。在宽大的叶状体中, 藻丝结成网状。未见固着器。可能是漂浮在水体表面或近表面的宏体藻类。

### 未定名的固着器 *Unnamed holdfast forms*

(图版 II, 23-27)

**描述和讨论** 大量的不完整保存的固着器被发现于黔东北的陡山沱组。这些固着器拥有不同的形态: 星状, 锥状, 盘状, 球状, 星状固着(图版 II, 26, 27)其固着蒂呈星状, 直径 8~13 mm, 其上有许多的丝状拟根, 下大上小的固着柄。其形态与 *Baculiphyca taeniata* 的区别在于后者固着蒂呈球状。锥形的固着器上长出丝状的拟根, 藻柄或固着柄不易区分, 上下宽度近等。锥形固着器和藻柄或固着柄的中央有一炭质加厚的“髓”(图版 II, 25)。圆形或近圆形的盘状固着器(直径 10~20 mm)的近中央为下大上小的固着柄和其上下小上大的藻柄(图版 II, 23)。近球形的固着器(直径 56 mm)上有许多的丝状拟根, 下大上小的固着柄较为发育(图版 II, 24), 可能系 *B. taeniata* 的固着器。

## 3 讨论

### 3.1 生物群特征与比较

产自于黔东南伊迪卡拉系陡山沱组的宏体生物群主要以宏体藻类为主, 其形态变化较大, 有圆片状、丝团状、带状、扇状、不分枝和分枝。同时, 组织器官已出现明显的分化, 可分为主要营固着的固着器和主要营光合作用的叶状体。王约和王训练(2006)还将固着器再分固着柄、固着节、固着蒂和丝状拟根, 表明其宏体藻类已具有较为发达的“拟根系”。与鄂西庙河生物群相似, 采自黔东南的标本中, 固着柄和其上的带柄也具有表皮、皮层和髓部的分化。丁莲芳等(1996)认为这种分化特征类似于高等植物的器官分化, *Wenghuiphyton* 不仅具形态和功能上的器官分化, 而且具有复杂的拟根系统, 其中的菌根常与高等植物共生(李星学等, 1981; Meyen, 1987)。表明 *W. erecta* 在形态学和生物功能学方面与维管植物的特征多有相似。固着器和叶状体的分化、固着器不同形态和功能分化以及器官和细胞的分化表明陡山沱期的宏体藻类与高等植物之间存在一定的演化关系。

该宏体生物群另包含有宏体后生动物: 三叶动物(*Trilobozoa*), 以叶脊三辐射对称为特征(Fedonkin, 1985)(图版 III, 7-9); 具异律体节的蠕虫动物(图版 III, 16-18); *Cyclomedusa* (Sprigg, 1947), 具中央小瘤的同心褶和盘状动物(Wade, 1972; McCall, 2006)(图版 III, 19, 20); *Eilscaptichnus* Li and Ding(丁莲芳等, 1996), 具八辐射右旋板的非遗迹化石的盘状化石(图版 III, 10, 11); 具分叉和结网海绵丝的海绵动物 *Cucullus*(图版 III, 14, 15); 具横纹构造的可能的后生动物 *Protoconites* (Chen *et al.*, 1994)(图版 III, 12, 13); 以及任意弯曲的遗迹化石 *Linbotulichnus*(丁莲芳等, 1996)(图版 III, 21)。

赵元龙等(2004)和王约等(2005)称该生物群为“庙河型”生物群, 但其中包含有产自皖南蓝田组的蓝田植物群的分子(如 *Chuarina circularis*, *Doushantuophyton rigidulum* 和 *Flabellphyton strigata*), 以及南澳大利亚伊迪卡拉生物群和俄罗斯 White Sea 生物群的分子(如三叶动物和 *Cyclomedusa*), 且具有自身的特征, 与庙河生物群和蓝田植物群相区别。因而本文建议称其为瓮会生物群。

### 3.2 瓮会生物群的生活环境

华南扬子地区伊迪卡拉纪陡山沱期的宏体生物群均产出于水平微纹层发育的黑色泥岩中, 因而许多学者认为陡山沱晚期宏体生物群生活于滞流缺氧富硫的还原环境。王约等(2005)认为黔东南瓮会生物群生活于透光性较好、具有一定含氧量和一定水动力条件的相对静水贫氧环境。王约和王训练(2006)进一步认为瓮会生物群生活于相对平静的水体中, 并伴随有与当时古地理格局大致相当的、规律或季节性的洋流事件末梢, 其生物固着的基底为富含水份(含水量约 78%)、沉积物颗粒之间互不接触的粥性基底。瓮会生物群中的多数藻类保存完整, 而且固着器, 甚至丝状固着器可与藻体一同保存, 因而为原地或近原地的埋藏。这些藻类已显现出明显的组织器官分化, 在形态上与光合作用的现代藻类有相似, 反映出瓮会生物群中的大多数藻类对于阳光的依赖性。另外, 大多数藻类具有固着器, 表明为营底栖生活的。因此瓮会生物群的生活环境应在透光性良好的浅海低能环境。

生物多细胞化和宏体化的主要因素之一可能是与氧含量的增加有关(Knoll, 1992; 袁训来等, 2002)。华南陡山沱期生物群宏体植物多为直立生长, 打破了平卧的微生物的统治, 提高了光合作用的效率, 释放出的氧也成倍地增长(陈孟莪等, 2000; Wang *et al.*, 2005), 改善了水体的环境, 为生物群中依赖一定氧而生活、生长和繁殖的动物给予了必要的支持。同时, 从生态系统而言, 陡山沱期的宏体后生藻类作为初级生产者已开始占据一定的地位, 为动物提供了新的食物, 改变了宏体后生动物的食谱, 为后动物的快速发展和演化奠定了一个崭新的环境和一个新生态链的基础。

### 3.3 陡山沱期的宏体藻类繁盛与烃源岩

富有机质烃源岩的形成主要受有机质生产力和厌氧沉积环境条件的控制(Pederson and Calvert, 1990)。瓮会生物群、庙河生物群和蓝田植物群表明宏体生物可能广泛地生活于扬子地区陡山沱期的海洋中。一方面, 陡山沱期大气  $\text{CO}_2$  的浓度较高(Knoll, 1992; 张同钢等, 2003), 且扬子地区的宏体生物群均产于黑色泥岩(烃源岩)中, 反映出还原的沉积环境; 另一方面, 宏体植物的繁盛改变了海底生物的面貌, 增加了海水中的含氧量, 促进水体微体藻类的繁殖, 增加海洋水体及水体表层有机质的生产力; 再一方面, 富含水份的粥性基底的沉积物内部为还原环境, 同时被沉积物覆盖生物遗体在腐烂和分

解过程中也释放出  $H_2S$  等物质, 导致生物遗体处于较强的还原环境, 生物遗体得以良好保存, 也使有机碳得以保存. 因而, 陡山沱期宏体生物群的繁盛时期, 不仅是有机质生产力发展期, 而且也具有有机质烃源岩形成的还原沉积环境和埋藏环境.

## 4 结论

产自黔东北伊迪卡拉系陡山沱组的瓮会生物群以宏体藻类为主, 也包含有宏体后生动物和遗迹化石, 为原地或近原地的埋藏. 瓮会生物群不仅有庙河生物群和蓝田植物群的分子, 也含有伊迪卡拉动物群和白海生物群的分子, 同时具有自己的特征.

与庙河生物群和蓝田植物群相似, 瓮会生物中的宏体藻类已具有固着器和叶状体的分化、固着器不同形态和功能的分化、以及器官和细胞的分化, 其中一些植物与高等植物之间存在一定的演化关系.

“雪球事件”之后, 华南扬子地区直立宏体藻类的大量出现, 提高了生物的光合作用效率, 海中水体中的含氧量迅速地增加, 后生动物的发现获得了特别是氧的环境上的必要支持. 同时, 宏体后生藻类作为初级生产者, 为动物提供了新的食物, 改变了宏体后生动物的食谱, 为后生动物的快速发展和演化奠定了一个新生态链的基础. 另外, 宏体生物群的繁盛, 促进了水体及水体表层有机生产力的增加, 并加强了沉积物内部的还原环境, 有利于烃源岩的形成.

致谢: 吉林长春市政府网站英语编辑 Archie Arevalo 为本文的英文校对, 在此致以衷心的感谢.

## References

- Chen, M. E., Chen, Q. Y., Xiao, Z. Z., 2000. Preliminary discussion on the early evolutionary history of macroscopic plants. *Scientia Geologica Sinica*, 35(1): 1–15 (in Chinese with English abstract).
- Chen, M. E., Lu, G. Y., Xiao, Z. Z., 1994a. Preliminary study on the algal macrofossils—Lantian flora from Lantian Formation of Upper Sinian in Southern Anhui Province. *Chinese Academy of Science, Institute of Geology Collection*, (7): 252–267 (in Chinese with English abstract).
- Chen, M. E., Xiao, Z. Z., Yuan, X. L., 1994b. A new assemblage of megafossils—Miaohe biota from Upper Sinian Doushantuo Formation, Yangtze Gorges. *Acta Palaeontologica Sinica*, 33(4): 391–403 (in Chinese with English abstract).
- Chen, M. E., Xiao, Z. Z., 1991. Discovery of the macrofossils in the Upper Sinian Doushantuo Formation at Miaohe, eastern Yangtze Gorges. *Scientia Geologica Sinica*, (4): 317–324 (in Chinese with English abstract).
- Chen, M. E., Xiao, Z. Z., 1992. Macrofossil biota from Upper Sinian Doushantuo Formation in eastern Yangtze Gorges China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 31(5): 513–529 (in Chinese with English abstract).
- Chen, X. H., Wang, X. F., Wang, C. S., et al., 1999. A preliminary study on carbonaceous megafossils from the Late Sinian Liuchapo Formation of West Hunan. *Geology and Mineral Resources of South China*, (2): 15–30 (in Chinese with English abstract).
- Ding, L. F., Li, Y., Hu, X. S., et al., 1996. Sinian Miaohe biota. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Ding, L. F., Zhang, L. Y., Li, Y., et al., 1992. The study of the Late Sinian-Early Cambrian biotas from the northern margin of the Yangtze platform. Scientific and Technical Documents Publishing House, Beijing, 1–135 (in Chinese with English abstract).
- Fedonkin, M. A., 1985. Paleochronology of the Vendian metazoa. In: Sokolov, B. S., Ivanovskiy, A. B., eds., *The Vendian System*, vol. 1, Paleontology. Nauka, Moscow, 112–117 (in Russian).
- Ford, T. D., Breed, W. J., 1973. Late Precambrian Chuar Group, Grand Canyon, Arizona. *Geological Society of America Bulletin*, 84: 1243–1260.
- Hoffman, P. F., Kaufman, A. J., Halverson, G. P., 1998. Comings and goings of global glaciation on a Neoproterozoic tropical platform in Namibia. *GSA Today*, 8: 1–9.
- Hofmann, H. J., 1985. The mid-Proterozoic Little Dal macrobiota, Mackenzie Mountains, north-west Canada. *Palaeontology*, 28: 331–354.
- Keller, B. M., Menner, V. V., Stepanov, V. A., et al., 1974. New finds of metazoa in the vendian of the Russian platform. *Izvestiya Akademiiy Nauk SSSR, Seriya Geologicheskaya*, 12: 130–134 (in Russian).
- Kirschvink, J. L., 1992. Late Proterozoic low-latitude global glaciation: The snow ball earth. In: Schopf, J. W., Klein, C., eds., *The Proterozoic biosphere*. Cambridge University Press, 51–52.
- Knoll, A. H., 1992. The early evolution of eukaryotes: A geological perspective. *Science*, 256: 622–627.
- Knoll, A. H., Xiao, S. H., 1999. On the age of the Doushan-

- tu Formation. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 16 (3): 225—236.
- Li C. W., Chen, J. Y., Hua, T. E., 1998. Precambrian sponges with cellular structures. *Science*, 279: 879—882.
- Li, X. X., Zhou, Z. Y., Guo, S. X., 1981. Development and evolution of the vegetable kingdom. Science Press, Beijing, 38—55 (in Chinese).
- Liu, B. J., Xu, X. S., 1994. Atlas of the lithofacies and palaeogeography of South China (Sinian-Triassic). Science Press, Beijing, 28—33.
- McCall G. J. H., 2006. The Vendian (Ediacaran) in the geological record: Enigmas in geology's prelude to the Cambrian explosion. *Earth Science Reviews*, 77: 1—229.
- Meyen, S. V., 1987. Fundamentals of Palaeobotany. Chapman and Hall, London, 61—66.
- Pederson, T. F., Calvert, S. E., 1990. Anoxia versus productivity: What controls the formation of organic-carbon rich sediments and sedimentary rock? *AAPG Bulletin*, 74: 454—466.
- Qin, S. R., Zhu, S. C., Xie, Z. Q., et al., 1984. The Upper Precambrian in Guizhou. In: Wang, Y. G., et al., eds., The Upper Precambrian and Sinian-Cambrian boundary in Guizhou. The People's Publishing House of Guizhou, Guiyang, 37—76 (in Chinese).
- Spigg, R. C., 1947. Early Cambrian (?) jellyfish from the Flinders ranges South Australia. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, 71: 212—224.
- Steiner, M., 1994. Die neoproterozoischen Megaalgen Südhinas. *Berlinger Geowissenschaftliche Abhandlungen (E)*, 15: 1—146 (in German).
- Steiner, M., Erdtmann, B. D., Chen, J., 1992. Preliminary assessment of new Late Sinian (Late Proterozoic) large siphonous and filamentous "megaalgae" from eastern Wulingshan, North-Central Hunan, China. *Berlinger Geowissenschaftliche Abhandlungen*, 3(E): 305—319 (in German).
- Tang F., Yin, C. Y., Gao, L. Z., 1997. A new deal of metaphyte fossils from the Late Sinian Doushantuo stage at Xiuning, Anhui Province. *Acta Geologica Sinica*, 71 (4): 289—296 (in Chinese with English abstract).
- Wade, M., 1972. Hydrozoa and Scyphozoa and other medusoids from the Precambrian Ediacara fauna, South Australia. *Palaeontology*, 15: 197—225.
- Walcott, C. D., 1899. Precambrian fossiliferous formations. *Geological Society of America Bulletin*, 10: 199—244.
- Wang, Y. G., Qin, S. R., Zhu, S. C., et al., 1987. Proterozoic Eonothem. In: Xian, J. B., et al., eds., Regional geology of Guizhou Province. Geological Publishing House, Beijing, 26—48 (in Chinese).
- Wang, Y., He, M. H., Yu, M. Y., et al., 2005. Preliminary discussion on the ecological characteristics and buried environments of Miaohé-type biota during the Late Doushantuoian of Sinian in northeastern Guizhou Province. *Journal of Paleogeography*, 7(3): 327—335 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Y., Wang, X. L., 2006. The holdfasts of macroalgae in the Neoproterozoic Doushantuo Formation in northeastern Guizhou Province and their environmental significance. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 23(2): 154—164 (in Chinese with English abstract).
- Xiao, S. H., Yuan, X. L., Steiner, M., et al., 2002. Macroscopic carbonaceous compressions in a terminal Proterozoic shale: A systematic reassessment of the Miaohé biota, South China. *Journal of Paleontology*, 76: 347—376.
- Xiao, S. H., Zhang, Y., Knoll, A. H., 1998. Three-dimensional preservation of algae and animal embryos in a Neoproterozoic phosphorite. *Nature* 391: 553—558.
- Yuan, X. L., Hofmann, H. H., 1998. New microfossils from Neoproterozoic (Sinian) Doushantuo Formation, Weng'an, Guizhou Province, southwestern China. *Alcheringa*, 22: 189—222.
- Yuan, X. L., Li, J., Chen, M. E., 1995. Development and their fossil records of metaphytes from Late Precambrian. *Acta Palaeontologica Sinica*, 34(1): 90—102 (in Chinese with English abstract).
- Yuan, X. L., Li, J., Cao, R. J., 1999. A diverse metaphyte assemblage from the Neoproterozoic black shales of South China. *Lethaia* 32: 143—155.
- Yuan, X. L., Xiao, S. H., Yin, L. M., et al., 2002. Doushantuo fossils: Life on the eve of animal radiation. University of Science and Technology of China Press, Hefei: 26—40 (in Chinese).
- Zhang, Q. R., Chu, X. L., Zhang, T. G., et al., 2002. From global glaciation to snow ball earth: Recent researches on the Neoproterozoic glaciation events. *Geological Journal of China Universities*, 8(4): 473—481 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, S. H., Jiang, G. Q., Zhang, J. M., et al., 2005. U-Pb sensitive high-resolution ion microprobe ages from the Doushantuo Formation in South China: Constraints on Late Neoproterozoic glaciations. *Geology*, 33(6): 473—476.

- Zhang, T. G., Chu, X. L., Zhang Q. R., et al., 2003. The changes of sulphur and carbon isotope in sea-water of Doushantuo Age. *Chinese Science Bulletin*, 48(8): 850—855 (in Chinese).
- Zhao, Y. L., He, M. H., Chen, M. E., et al., 2004. Discovery of a Miaohu-type biota from the Neoproterozoic Doushantuo Formation in Jiangkou County, Guizhou Province, China. *Chinese Science Bulletin*, 49(20): 2224—2226.
- Zhu, W. Q., Chen, M. E., 1984. On the discovery of macro-fossil algae from the Late Sinian in the eastern Yangtze Gorges, South China. *Acta Botanica Sinica*, 26(5): 558—560 (in Chinese with English abstract).

### 附中文参考文献

- 陈孟莪, 陈其英, 萧宗正, 2000. 试论宏体植物的早期演化. *地质科学*, 35(1): 1—15.
- 陈孟莪, 鲁刚毅, 萧宗正, 1994a. 皖南上震旦统蓝田组的宏体藻类化石——蓝田植物群的初步研究. *中国科学院地质研究所集刊*, (7): 252—267.
- 陈孟莪, 萧宗正, 1991. 峡东区上震旦统陡山沱组发现宏体化石. *地质科学*, (4): 317—324.
- 陈孟莪, 萧宗正, 1992. 峡东震旦系陡山沱组宏体生物群. *古生物学报*, 31(5): 513—529.
- 陈孟莪, 萧宗正, 袁训来, 1994b. 晚震旦世的特种生物群落——庙河生物群新知. *古生物学报*, 33(4): 391—403.
- 陈孝红, 汪啸风, 王传尚, 等, 1999. 湘西震旦系留茶坡组炭质宏化石初步研究. *华南地质与矿产*, (2): 15—30.
- 丁莲芳, 李勇, 胡夏嵩, 等, 1996. 震旦纪庙河生物群. 北京: 地质出版社.
- 丁莲芳, 张录易, 李勇, 等, 1992. 扬子地台北缘晚震旦世—早寒武世早期生物群研究. 北京: 科学技术文献出版社, 1—135.
- 李星学, 周志炎, 郭双兴, 1981. 植物界的发展和演化. 北京: 科学出版社, 38—55.
- 秦守荣, 朱顺才, 谢志强, 等, 1984. 贵州的上前寒武系. 见: 王砚耕, 等, 贵州上前寒武系及震旦系—寒武系界线. 贵阳: 贵州人民出版社, 37—76.
- 唐烽, 尹崇玉, 高林志, 1997. 安徽休宁陡山沱期后生植物化石的新认识. *地质学报*, 71(4): 289—296.
- 王砚耕, 秦守荣, 朱顺才, 等, 1987. 元古宇. 见: 谢俊邦, 等, 贵州省区域地质志. 北京: 地质出版社, 26—48.
- 王约, 何明华, 喻美艺, 等, 2005. 黔东北震旦纪陡山沱晚期庙河型生物群的生态特征及埋藏环境初探. *古地理学报*, 7(3): 327—335.
- 王约, 王训练, 2006. 黔东北新元古代陡山沱期宏体藻类的固着器特征及其沉积环境意义. *微体古生物学报*, 23(2):

154—164.

- 袁训来, 李军, 陈孟莪, 1995. 晚前寒武纪后生植物的发现及其化石证据. *古生物学报*, 34(1): 90—102.
- 袁训来, 肖书海, 尹磊明, 等, 2002. 陡山沱期生物群—早期动物辐射前夕的生命. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 26—133.
- 张启锐, 储雪蕾, 张同钢, 等, 2002. 从“全球冰川”到“雪球假说”: 关于新元古代冰川事件的最新研究. *高校地质学报*, 8(4): 473—481.
- 张同钢, 储雪蕾, 张启锐, 等, 2003. 陡山沱期古海水的硫和碳同位素变化. *科学通报*, 48(8): 850—855.
- 赵元龙, 何明华, 陈孟莪, 等, 2004. 新元古代陡山沱期庙河生物群在贵州江口的发现. *科学通报*, 49(18): 1916—1918.
- 朱为庆, 陈孟莪, 1984. 峡东区上震旦统宏体藻类化石的发现. *植物学报*, 26(5): 558—560.

## 图 版 说 明

WH 和 JK 标记的标本分别保存在中国地质大学(北京)地球科学和资源学院和贵州大学资源与环境工程学院.

### 图 版 I

- 1—2. *Anomalophyton zhangzhongyini*. 1. WH—P—04026; 2. 图 1 的局部, 示螺旋状排列的侧枝.
- 3, 4. *Baculiphyca taeniata*. 3. WH—P—01125; 4. JK50—0040, 在叶状体下部和固着柄见的髓部和表皮的分化.
- 5, 6. *Chuarica circularis*. 5. JK50—0669; 6. WH—P—01055.
7. *Doushantuophyton lineare*. WH—P—01078.
8. *Beltaneli formis brunsa*. JK58—0029.
- 9—11. *Doushantuophyton rigidulum*. 9. WH—P—04241; 10. 图 9 的分枝局部; 11. JK62—0738.
- 12—13. *Enteromorphites siniansis*. 12. WH—P—01057; 13. WH—P—01016.
- 14—15. *Flabelliphyton strigata*. 14. JK50—0163; 15. 图 14 的局部, 示横条构造.
- 16—20. *Gesinella humanensis*. 16. WH—P—04267; 17. 图 16 的中部局部, 示叶状体表面的圆形斑点; 18. JK50—0709; 19. WH—P—0424; 20. JK50—0639.
- 21—23. *Globusphyton lineare* (gen. et sp. nov.). 21. JK40—0713; 22. JK40—0248 (模式标本); 23. 图 22 的局部.
- 24—26. *Jiangkouphyton guizhouensis* (gen. et sp. nov.). 24. WH—P—04234 (模式标本); 25. 图 24 基部的局部; 26. WH—P—04234b.

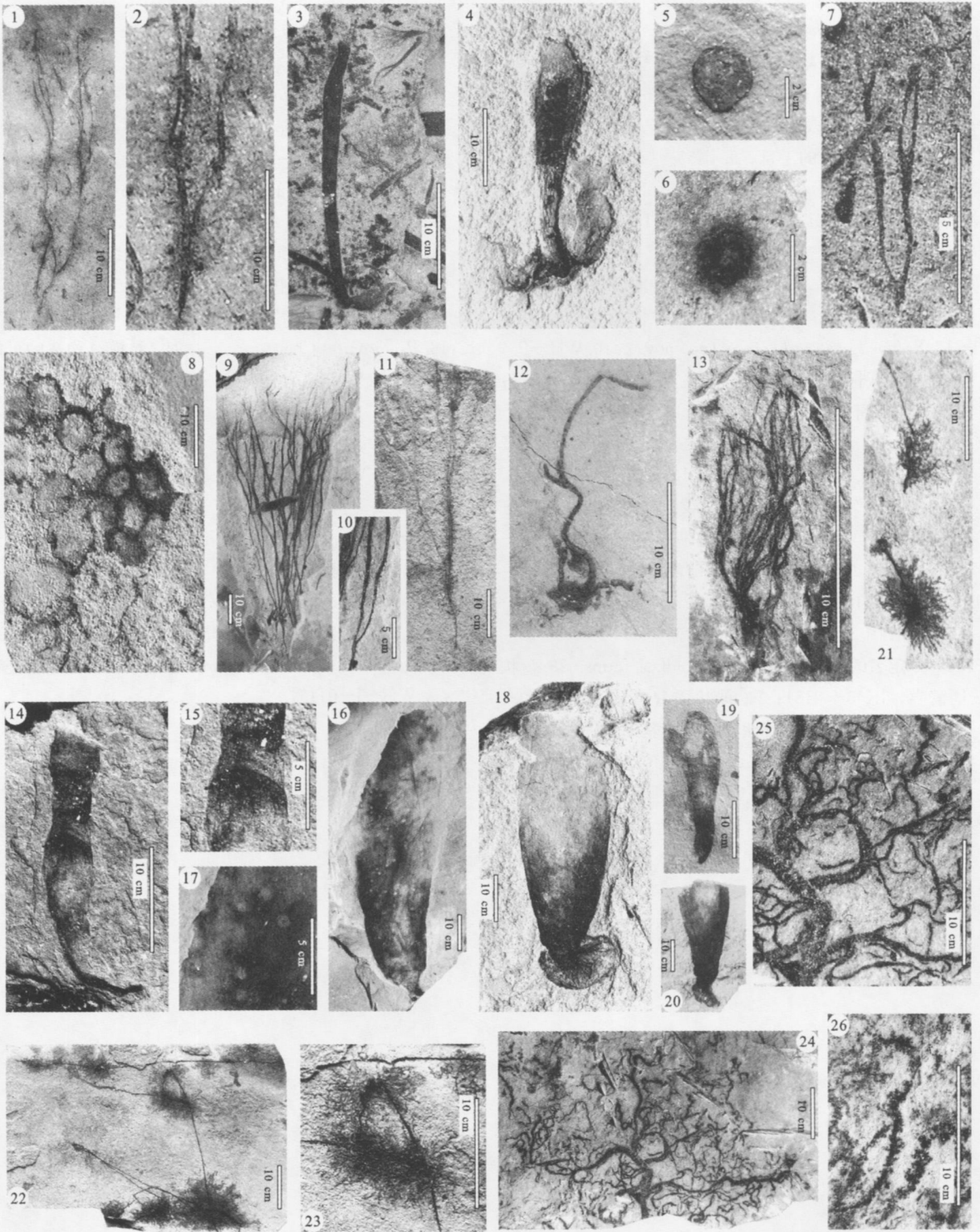
## 图 版 II

- 1, 2. *Jiangkouphyton guizhouensis* (gen. et sp. nov.). 1, WH-P-04235 (副型标本); 2 图 1 基部的局部, 示固着器.
- 3-5. *Liulingjitaenia alloplecta*. 3. WH-P-04005; 4. 图 3 的局部, 示囊状的上部; 5. JK50-0624, 示螺旋状构造.
- 6, 7. *Longifuniculum dissolutum*. 6, WH-P-01131; 7, WH-P-03064.
- 8, 9. *Sectoralga typical*. 8, WH-P-02097; 9, WH-P-03010.
- 10-13. *Sectoralga wenghuiensis* (sp. nov.). 10. WH-P-04015 (模式标本); 11. 图 10 上部的局部, 示分枝的藻丝; 12. 图 10 下部的局部, 示固着器; 13. WH-P-02021.
- 14-20. *Wenghuiphyton erecta* (gen. et sp. nov.). 14. JK42-1101 (模式标本); 15. JK42-1103; 16. 图 15 的局部, 示表皮、髓部和髓部表面的纵纹(箭头); 17. JK42-1107; 18. 图 17 下部的局部, 箭头指髓部; 19. JK42-1104; 20. 图 19 的局部, 示中央的炭质块.
- 21, 22. 未定名的宏体藻类 Unnamed macroalga. 21. JK50-0619; 22. 图 21 的局部, 示网状的藻丝.
- 23-27. 未定名的固着器 Unnamed holdfast forms. 23. 盘状固着器, JK45-0151; 24. 球状固着器, JK50-0707; 25. 锥状固着器, 示固着柄和叶状体基部中的加厚炭质块, JK50-1017; 26. 星状固着器, JK45-0194; 27. 星状固着器, JK45-0018.
28. *Zhongbaodaophyton crassa*. WH-P-03017.

## 图 版 III

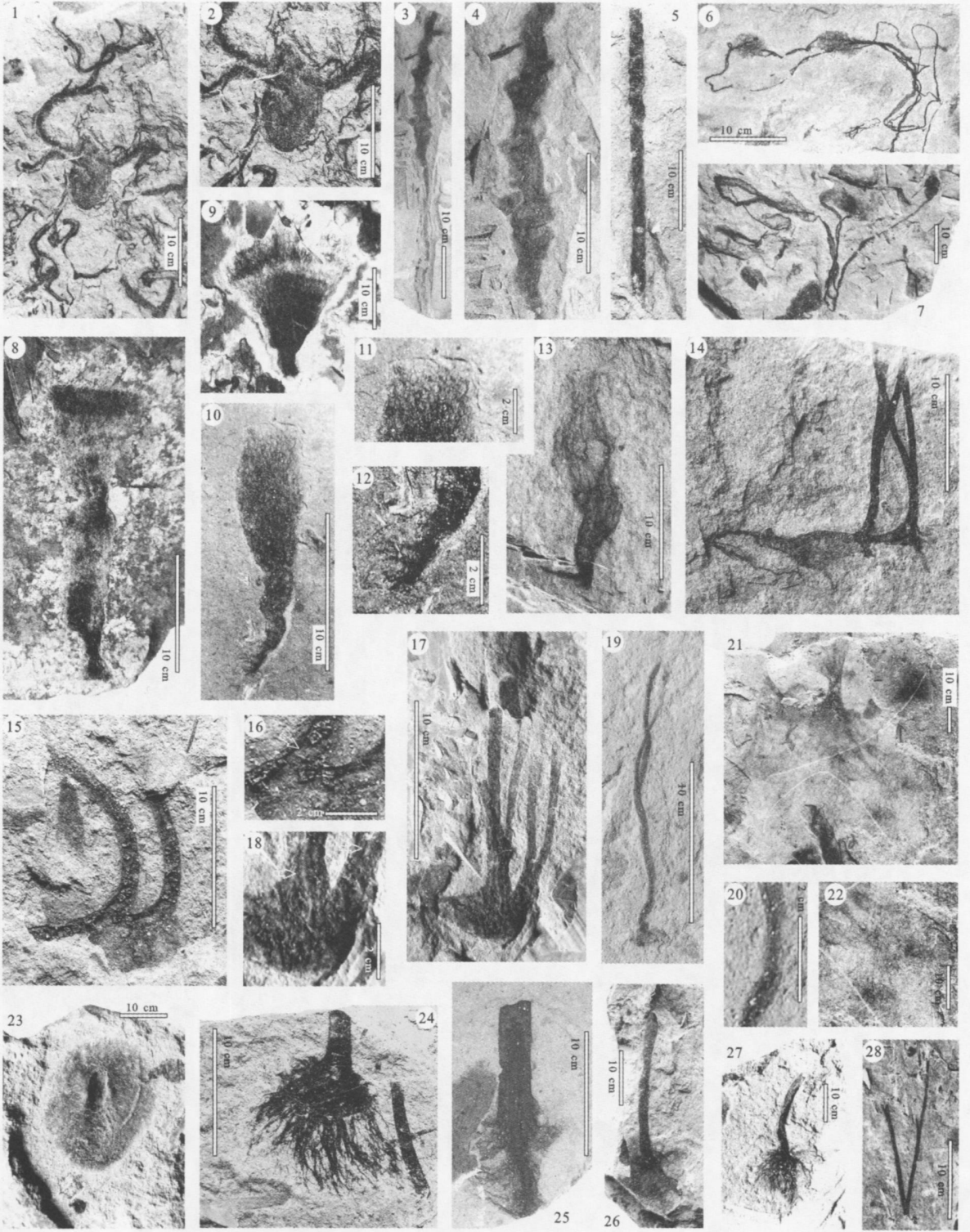
- 1, 2. *Zhongbaodaophyton crassa*. 1. WH-P-03036; 2. JK40-156, 浮雕标本.
- 3-6. *Zhongbaodaophyton robustus* (sp. nov.). 3. WH-P-04027; 4. JK50-0037; 5. JK50-0329 (模式标本); 6. JK40-0653.
- 7-9. 叶脊三辐射对称的三叶动物 Trilobozoa Fedonkin. 7. JK50-9002; 8. JK50-9003; 9. JK50-9004.
- 10, 11. *Eilscaptichmus* Li and Ding, 1996. 具八辐射右旋板的非遗迹化石的盘状后生动物. 10. WH-A-04178; 11. WH-A-02002.
- 12, 13. *Protoconites* Chen *et al.*, 1994. 具横纹构造的可能的后生动物. 12. WH-M-04030; 13. WH-M-04248.
- 14, 15. *Cucullus* Steiner, 1994. 具分叉和结网海绵丝的海绵动物. 14. WH-C-04206; 15. WH-C-04054.
- 16-18. 蠕虫动物. 16. WH-V-04193, 示疣足; 17. WH-V-04140, 示异律体节和消化道; 18. WH-50-0007, 示体节和消化道.
- 19, 20. *Cyclomedusa* Sprigg, 1947, JK50-9001. 19. 圆盘状; 20. 图 19 的局部, 示中央小瘤的同心褶.
21. *Linbotulichmus* Li and Ding in Ding *et al.*, 1996. 遗迹化石, WH-I-01134.

图版 I





图版 II





图版 III

