

doi: 10.3969/j.issn.1007-3701.2013.03.004

湖北峡东地区埃迪卡拉系陡山沱组微体化石的新材料

曾雄伟,陈孝红,李志宏,周鹏,张保民,彭中勤

ZENG Xiong-Wei, CHEN Xiao-Hong, LI Zhi-Hong, ZHOU Peng, ZHANG Bao-Ming, PENG Zhong-Qin

(中国地质调查局武汉地质调查中心,武汉 430205)
(Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan 430205, China)

摘要:通过对牛坪剖面和新测的晓峰河剖面燧石结核和条带的切片研究,进一步证实峡东地区陡山沱组下部和上部分别含有不同的微体化石组合。下组合以大型具刺疑源类 *Tianzhushania* 为主,包括疑源类 *Appendisphaera magnifica*、*Leiosphaeridia tenuissima*、*Meghystrichosphaeridium chadianensis*、*Tanarium* sp.、*Tianzhushania fissura*、*T. spinosa*、*T.* sp.、*Unnamed A*;丝状蓝藻 *Oscillatoriopsis longa*、*Polytrichoides induviatus*、*Salome hubeiensis*、*Siphonophycus kestron*、*S. robustum*;多细胞藻类 *Sarcinophycus palilloformis*、*Unnamed multicelluar alga A*。上组合以出现大量个体介于 50~140 μm 的呈聚集保存的球状膜壳为特征,包括疑源类 *Leiosphaeridia tenuissima*、*Knollisphaeridium maximum*、*K.* sp.、*Meghystrichosphaeridium perfectum* 及 *Unnamed B*、*C*。本文的两个微体化石组合与 Yin 等(2011)和 Liu 等(2013)的组合特征基本一致。

关键词:陡山沱组;微体化石;埃迪卡拉系;峡东地区

中图分类法:P52

文献标识码:A

文章编号: 1007-3701(2013)03-192-07

Zeng X W, Chen X H, Li Z H, Zhou P, Zhang B M and Peng Z Q. New data of microfossils from the Ediacaran Doushantuo Formation in the East Yangtze Gorges area, Hubei Province, South China. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2013, 29(3):192–198.

Abstract: Based on hundreds of thin sections from Niuping and new measured Xiaofenghe sections, we further confirmed that two different microfossil assemblages can be recognized separately in the lower and upper Doushantuo Formation. The lower assemblage which is characterized by the large acanthomorphic acritarch *Tianzhushania*, includes acritarchs (*Appendisphaera magnifica*, *Leiosphaeridia tenuissima*, *Meghystrichosphaeridium chadianensis*, *Tanarium* sp., *Tianzhushania fissura*, *T. spinosa*, *T.* sp., *Unnamed A*), filamentous cyanobacteria (*Oscillatoriopsis longa*, *Polytrichoides induviatus*, *Salome hubeiensis*, *Siphonophycus kestron*, *S. robustum*) and multicellular algae (*Sarcinophycus palilloformis*, *Unnamed multicelluar alga A*). The upper assemblage characterized by the occurrence of abundant spherical colonies (with individual sphere 50–140 μm in size), consists of acritarchs (*Leiosphaeridia tenuissima*, *Knollisphaeridium maximum*, *K.* sp., *Meghystrichosphaeridium perfectum*, *Unnamed C*), and cyanobacteria fragments. Our data are consistent with previous reports by Yin et al. (*Acta Geologica Sinica*, 2011, 85:283–295) and Liu et al. (*Precambrian Research*, 2013, 225:29–43).

Key words: Doushantuo Formation; microfossils; Ediacaran; the East Yangtze Gorges,

收稿日期:2013-06-28;修回日期:2013-07-16。

基金项目:本研究得到中国地质调查局项目(NO.1212010710715, NO. 1212011121103)资助。

第一作者:曾雄伟(1982—),男,助理研究员,主要从事地层与古生物学研究,E-mail:zxwyuehen@163.com.

湖北省峡东地区埃迪卡拉纪陡山沱组燧石结核(条带)中产出的微体化石^[1-7]与黑色页岩中保存的宏体生物化石^[8-10]是认识和了解早期多细胞真核生物演化的重要窗口之一。近几年来,无论是生物地层^[11-19]、化学地层^[20-24],还是同位素测年方面^[25-27]均取得了重要进展,为解决华南乃至国际埃迪卡拉系地层对比奠定了坚实的基础。前人的研究显示峡东地区陡山沱组可识别出两个疑源类组合^[14-15,18-19],但组合的特征不尽相同。笔者在开展1:5万区域地质调查的过程中,对牛坪剖面和新测的晓峰河剖面的共280块燧石结核和条带进行了岩石切片,获得了较丰富的微体化石,证实峡东地区陡山沱组中的硅化生物群具有相同的序列,也为该区埃迪卡拉系的生物地层提供了新的材料。

1 材料与方法

牛坪剖面与晓峰河剖面位于黄陵背斜东翼(图1)。峡东地区的陡山沱组一般可划分为4个岩性段^[28],但这两个剖面上四段的黑色页岩均未发育,是由于相变的原因还是地层缺失,有待于进一步研究。本文的微体化石均是通过岩石切片后,利用光学显微镜直接观察燧石结核(条带)的岩石薄片而获得。

1.1 牛坪剖面

尹崇玉和他的团队最先报道了牛坪剖面的具刺疑源类化石^[18-19]。牛坪剖面的陡山沱组厚约216 m,下伏地层为南沱组冰碛砾岩,上覆灯影组厚层块状白云岩(图2B)。陡山沱组底部的盖帽碳酸盐岩厚约4.4 m,由具帐篷构造、皮壳构造的粉晶白云岩组成,偶见砾石及薄层硅质条带。向上为厚约20.6 m的灰黑色含粉砂质泥岩,下部夹少量薄层状粉晶白云岩。25~122 m的地层为硅质白云岩、泥质白云岩夹灰黑色含粉砂质泥岩、炭质泥岩,局部地段富含燧石结核。接着为厚约8 m的燧石结核灰岩夹泥岩。130~180 m的地层由黑色含粉砂质泥岩夹泥质白云岩组成。陡山沱组上部厚约36 m,岩性主要为粉晶白云岩、硅质白云岩,间夹3 m厚的灰岩,富含燧石结核及条带。

本次采样点详情见图2B,在陡山沱组下部地层的10层燧石结核中共采集31块标本,陡山沱组上部地层的5层燧石结核或条带中共采集54块标本。

陡山沱组下部产出5层微体化石,包括疑源类*Leiosphaeridia tenuissima*、*Tianzhushania spinosa*、*T. fissura*、*Unnamed A*及丝状蓝藻*Polytrichoides induviatus*、*Salome hubeiensis*。陡山沱组上部产出4层微体化石,其中2层因保存较差而不能确定类型,未在图2B中标注。微体化石以疑源类为主,包括

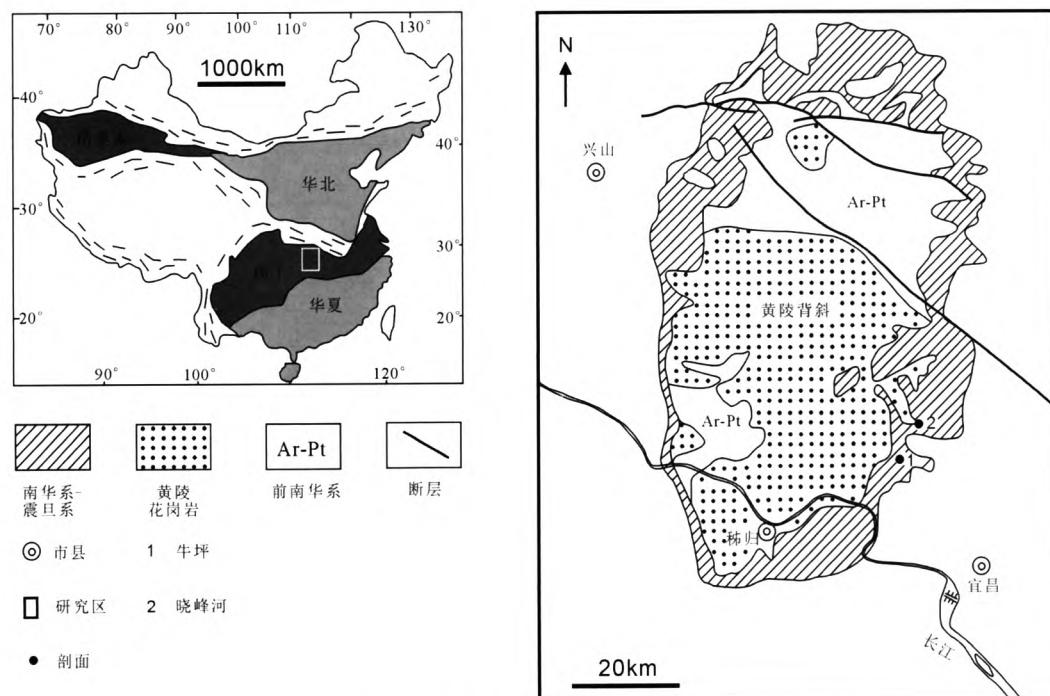


图1 峡东地区地质简图及剖面位置图(据文献[19]修改)

Fig.1 Geological map of the East Yangtze Gorges area and location of Niuping and Xiaofenghe sections

Knollisphaeridium maximum、*Meghystrichosphaeridium perfectum* 及 Unnamed B、C；此外还有一些呈内碎屑状态保存的蓝藻碎片。

1.2 晓峰河剖面

本文所称的晓峰河剖面是笔者等在枯水季节沿水渠测制的一条新剖面(图 2A)，位于产胚胎化

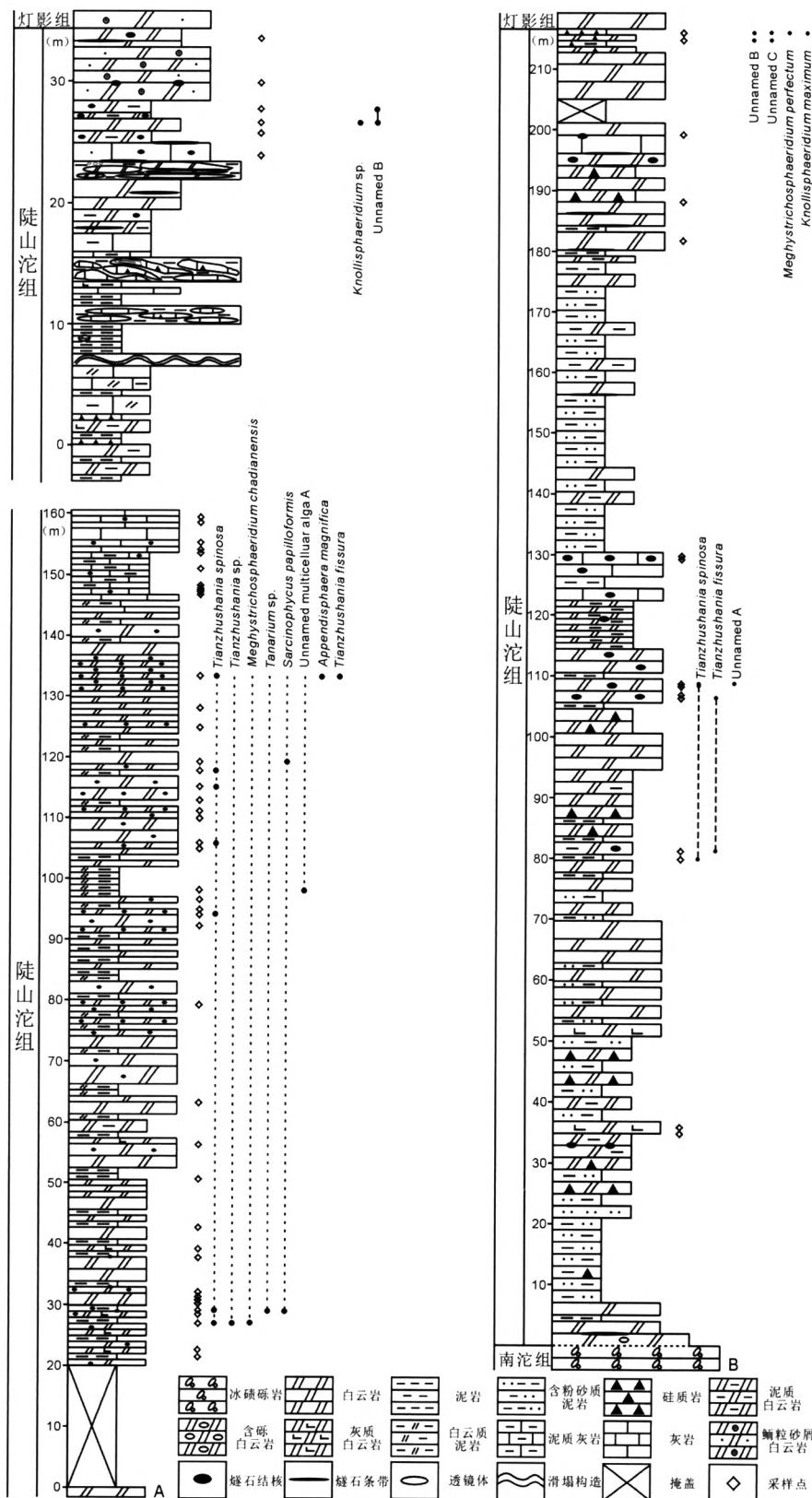


图2 晓峰河(A)、牛坪(B)剖面陡山沱组地层柱状图及微体化石分布

Fig. 2 Stratigraphy and microfossil distributions of the Doushantuo Formation at Xiaofenghe (A) and Niuping (B) sections.

石的晓峰河北剖面^[11]的南东方向约 2 km。陡山沱组底部露头不清,据 Xiao 等^[24]的资料推测为盖帽碳酸盐岩和厚约 20 m 的泥岩。陡山沱组下部由 123.6 m 厚的粉晶白云岩、泥质白云岩夹灰黑色炭质泥岩、白云质泥岩和 17 m 厚的薄层状泥晶灰岩、泥质灰岩组成,含丰富的燧石结核。陡山沱组上部与下部之间掩盖的地层厚度不清。陡山沱组上部地层出露于滴水岩风景区北面的山坡上,厚 34.5 m,自下而上由 4 部分组成:① 2.5 m 厚的泥质白云岩夹薄层硅质岩、泥岩;② 15 m 厚的泥质灰岩、白云质灰岩及炭质泥岩,炭质泥岩中含大量滑塌灰岩透镜体;③ 11 m 厚的泥质白云岩,中间夹一层 1.5 m 厚的灰岩,含丰富燧石结核及条带;④ 薄中层状鲕粒砂屑白云岩、粉晶白云岩,含丰富的燧石结核及条带。上覆灯影组灰白色厚层块状鲕粒砂屑白云岩。

本次采样点详情见图 2A,在陡山沱组下部地层的 43 层燧石结核中共采集 134 块标本,陡山沱组上部地层的 6 层燧石结核或条带中共采集 61 块标本。

陡山沱组下部产出 11 层微体化石,其中 2 层化石不能确定类型也未标注在图 2A 中,包括疑源类 *Appendisphaera magnifica*、*Leiosphaeridia tenuissima*、*Meghystrichosphaeridium chadianensis*、*Tanarium sp.*、*Tianzhushania fissura*、*T. spinosa*、*T. sp.*;丝状蓝藻 *Oscillatoriopsis longa*、*Polytrichoides induviatus*、*Salome hubeiensis*、*Siphonophycus kestron*、*S. robustum*;多细胞藻类 *Sarcinophycus palilloformis* 及 *Unnamed multicellular alga A*。陡山沱组上部产出 2 层微体化石,以呈聚集状态保存的球状膜壳为主,另外还有少量 *Leiosphaeridia tenuissima* 及个别 *Knollisphaeridium sp.*;以及一些呈内碎屑状态保存的丝状蓝藻碎片。

2 微体化石组合特征与讨论

从牛坪、晓峰河剖面微体化石的分布(图 2)可以看出,陡山沱组下部和上部含有不同的微体化石组合,分别称为下组合和上组合。

下组合(图 3)以大型具刺疑源类 *Tianzhushania* 为主(n=37, 77%),包括 *Tianzhushania fissura*、*T. spinosa*、*T. sp.*,此类化石个体大(膜壳直径 500~800 μm),特征明显,多数标本遭受较强的降解和挤压而呈现不规则形状。此外是一些埃迪卡拉纪地层中常见的疑源类,包括 *Appendisphaera magnifica*、*Leiosphaeridia tenuissima*、*Meghystrichosphaeridium chadianensis*、*Tanarium sp.*;以及一些可能的胚胎化石(膜壳直径 250~350 μm,内含许多 5~40 μm 的细胞样结构物)。除疑源类外,该组合还含有少量多细胞藻类 *Sarcinophycus palilloformis*、*Unnamed multicellular alga A* 和大量丝状蓝藻 *Oscillatoriopsis longa*、*Polytrichoides induviatus*、*Salome hubeiensis*、*Siphonophycus kestron*、*S. robustum* 等。

上组合以出现大量个体介于 50~140 μm 的呈聚集保存的球状膜壳(Unnamed B)为特征,该类化石壳壁厚或者薄,表面光滑(图 4)。疑源类除了埃迪卡拉纪地层中常见的 *Leiosphaeridia tenuissima*、*Knollisphaeridium maximum*、*Meghystrichosphaeridium perfectum* 外,还出现刺/球比例达 1:44 的新类型 Unnamed C 及刺突呈点状的 *Knollisphaeridium sp.*。下组合的代表分子 *Tianzhushania* 未在本组合中出现。

由于光面球藻和丝状蓝藻的地层意义有限,大型具刺疑源类已成为埃迪卡拉纪早中期生物地层对比的重要手段^[12]。前人的研究已表明陡山沱组下部和上部分别含有两个不同的疑源类组合^[14-15,18-19],但对组合的特征认识尚不一致。McFadden 等^[14]通过定量分析后认为,下组合以 *Tianzhushania spinosa* 为主,上组合以 *Ericiasphaera rigida* 和 *Tianzhushania spinosa* 为主。尹崇玉等^[15,18]则认为下组合以 *Tianzhushania* 为特征,而上组合中 *Tianzhushania* 绝迹,并出现具刺疑源类的新类型和大量表面光滑的球状膜壳以及管状化石 *Sinocycloclycus guizhouensis*。Liu 等^[19]建立了两个疑源类组合,分别是下 *Tianzhushania spinosa* 组合和上 *Tanarium anozoa-Tanarium conoideum* 组合,同样认为 *Tianzhushania* 在上组合绝迹。上述对生物组合认识的不一致,主要是地层对比上的认识有偏差所造成;其中最为关键的问题是,瓮安和樟村坪地区陡山沱组中部的暴露面以及相应的 δ¹³C 负漂移,究竟应该对比到峡东地区陡山沱组的二段/三段界线附近还是陡山沱组二段的内部,地层对比的不同势必造成对生物组合认识的不一致(Xiao 等^[24], Fig. 1)。

本次研究获得的微体化石材料,支持尹崇玉等^[15,18]和 Liu 等^[19]的观点,即 *Tianzhushania* 未延至上组合。但本文的上组合的特征与他们的上组合特征稍有不同,除发现大量聚集保存的球状膜壳之

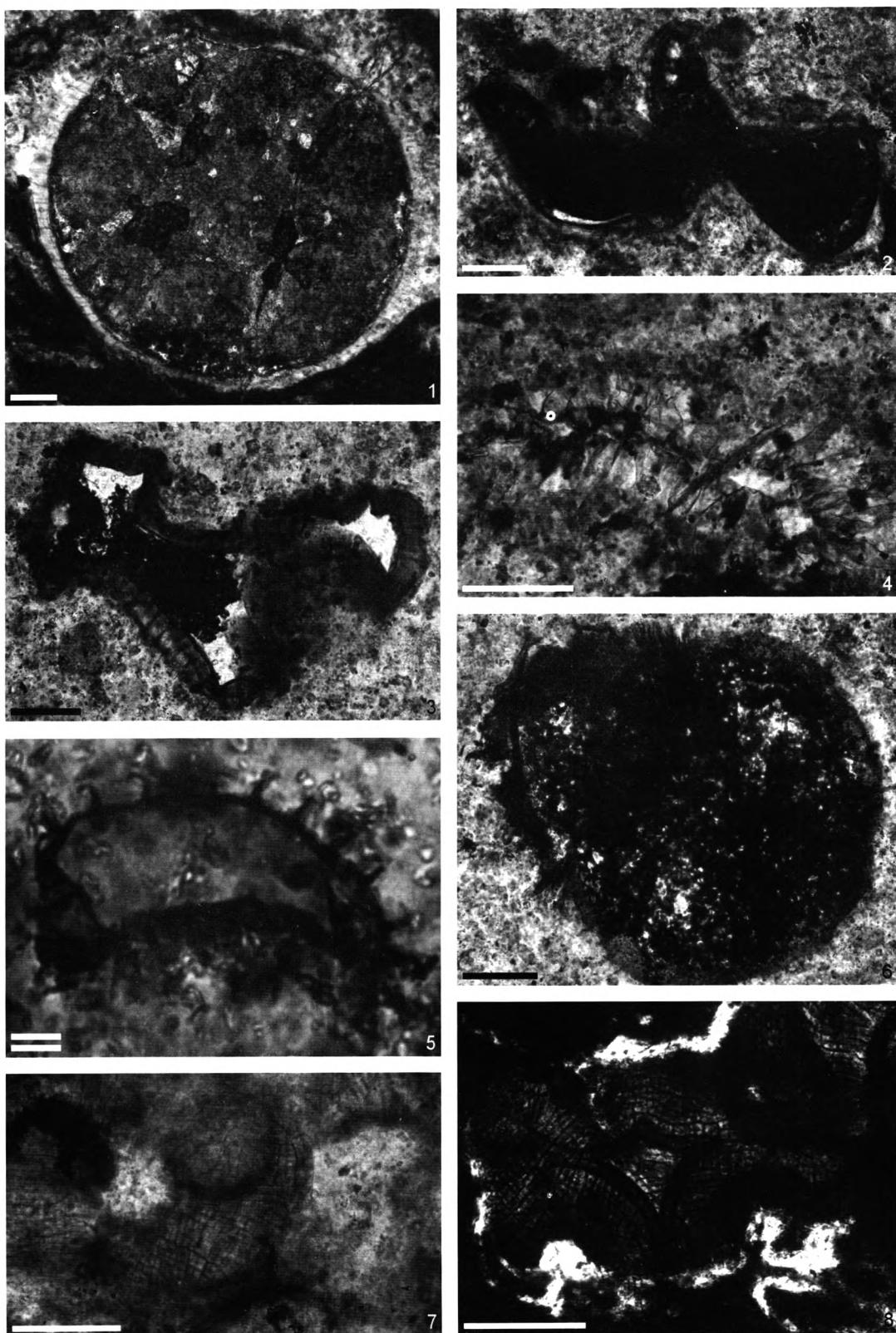


图3 峡东地区陡山沱组下组合的微体化石

Fig. 3 Microfossils from the lower assemblage of the Doušantuo Formation, the East Yangtze Gorges area

1、*Tianzhushania fissura*, 晓峰河剖面, 薄片号PM041-56-1; 2、*Tianzhushania spinosa*, 晓峰河剖面, 薄片号PM041-44-1; 3、*Tianzhushania* sp., 晓峰河剖面, 薄片号PM041-3-2; 4、*Meghystrichosphaeridium chadianensis*, 晓峰河剖面, 薄片号PM041-3-2; 5、*Tanarium* sp., 晓峰河剖面, 薄片号PM041-5-1; 6、Unnamed A, 牛坪剖面, 薄片号PM078-24-2; 7、*Sarcinophycus palilloformis*, 晓峰河剖面, 薄片号PM041-5-1; 8、Unnamed multicellular alga A, 晓峰河剖面, 薄片号PM041-35-1。单线比例尺为100 μm; 双线比例尺为10 μm。

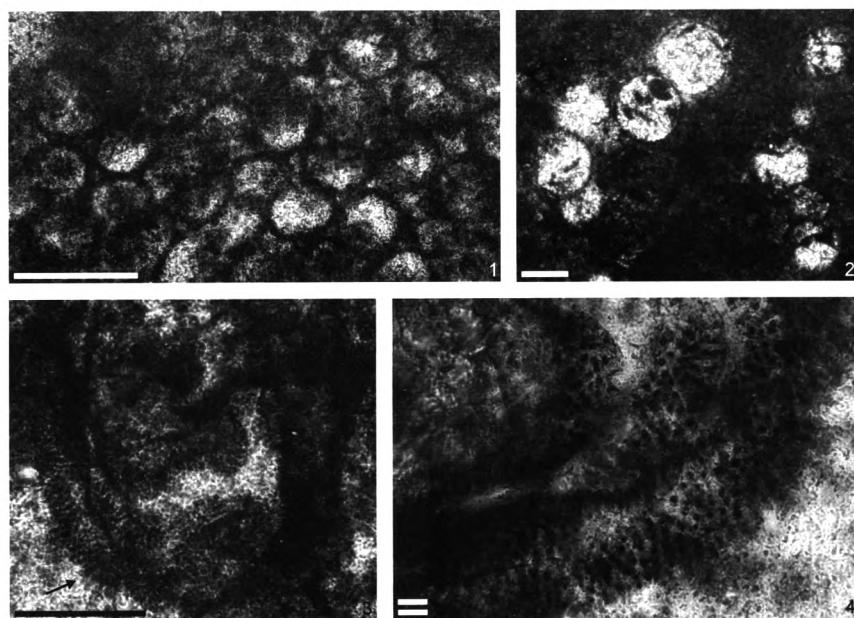


图4 峡东地区陡山沱组上组合的微体化石

Fig. 4 Microfossils from the upper assemblage of the Doushantuo Formation, the East Yangtze Gorges area

1、Unnamed B, 晓峰河剖面, 薄片号DSY-3-11; 2、Unnamed B, 牛坪剖面, 薄片号NP-9-2-10; 3-4、*Knollisphaeridium* sp., 4为3箭头处放大, 晓峰河剖面, 薄片号DSY-3-10. 单线比例尺为100 μm; 双线比例尺为10 μm.

外, 仅获得了少量疑源类的新类型。这可能是化石保存偏差和切片数量的多少影响到了化石丰度和分异度的真实反映。

3 结论

通过牛坪、晓峰河剖面微体化石新材料的研究, 表明峡东地区陡山沱组地层中含有两个不同的微体化石组合。下组合以大型具刺疑源类 *Tianzhushania* 为主, 并伴生一些埃迪卡拉纪地层中常见的疑源类, 此外还有大量丝状蓝藻和少量多细胞藻类。上组合以出现大量个体介于 50~140 μm 的呈聚集保存的球状膜壳为特征, *Tianzhushania* 未在本组合出现, 除了常见的疑源类外, 还出现一些具刺疑源类新类型。

参考文献:

- [1] 尹磊明, 李再平. 西南地区前寒武纪微古植物群及其地层意义 [J]. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 1978, 10: 41~108.
- [2] 张忠英. 峡东地区震旦纪陡山沱组微体化石新知 [J]. 地质论评, 1981, 27(5): 452~476.
- [3] 尹崇玉. 峡东震旦系陡山沱组燧石中的带刺微化石及其地质意义 [J]. 微体古生物学报, 1990, 7(3): 265~270.
- [4] Zhang Y, Yin L M, Xiao S H and Knoll A H. Permineralized fossils from the terminal Proterozoic Doushantuo Formation, South China [J]. Journal of Paleontology, 1998, 72(4): 1~52.
- [5] 曹芳, 刘新秒. 关于峡东陡山沱组具刺疑源类化石研究的补充 [J]. 地质论评, 2003, 49(1): 53~58, 115~116.
- [6] Xiao S H. New multicellular algal fossils and acritarchs in Doushantuo chert nodules (Neoproterozoic, Yangtze Gorges, South China) [J]. Journal of Paleontology, 2004, 78(2): 393~401.
- [7] 周传明, 解古巍, 肖书海. 湖北宜昌樟村坪陡山沱组微体化石新资料 [J]. 微体古生物学报, 2005, 22(3): 217~224.
- [8] 陈孟茂, 萧宗正, 袁训来. 晚震旦世的特种生物群落——庙河生物群新知 [J]. 古生物学报, 1994, 33(4): 391~403.
- [9] Xiao S H, Yuan X L, Steiner M and Knoll A H. Macroscopic carbonaceous compressions in a terminal Proterozoic shale: a systematic reassessment of the Miaohe biota, South China [J]. Journal of Paleontology, 2002, 76(2): 347~376.
- [10] Tang F, Yin C Y, Bengtson S, Liu Y Q, Wang Z Q, Liu P J and Gao L Z. A new discovery of macroscopic fossils from the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Gorges area [J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51 (12): 1487~1493.
- [11] Yin L M, Zhu M Y, Knoll A H, Yuan X L, Zhang J M and

- Hu J. Doushantuo embryos preserved inside diapause egg cysts [J]. *Nature*, 2007, 446(7136): 661 – 663.
- [12] Zhou C M, Xie G W, McFadden K A, Xiao S H and Yuan X L. The diversification and extinction of Doushantuo -Pertataka acritarchs in south China: causes and biostratigraphic significance [J]. *Geological Journal*, 2007, 42: 229 – 262.
- [13] 解古巍, 周传明, McFadden K A, 肖书海, 袁训来. 湖北峡东地区九龙湾剖面震旦系陡山沱组微体化石的新发现[J]. 古生物学报, 2008, 47(3): 279 – 291.
- [14] McFadden K A, Xiao S H, Zhou C M and Kowalewski M. Quantitative evaluation of the biostratigraphic distribution of acanthomorphic acritarchs in the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Gorges area, South China [J]. *Precambrian Research*, 2009, 173: 170 – 190.
- [15] 尹崇玉, 刘鹏举, 陈寿铭, 唐烽, 高林志, 王自强. 峡东地区埃迪卡拉系陡山沱组疑源类生物地层序列[J]. 古生物学报, 2009, 48(2): 146 – 154.
- [16] 陈寿铭, 尹崇玉, 刘鹏举, 高林志, 唐烽, 王自强. 湖北宜昌樟村坪埃迪卡拉系陡山沱组硅磷质结核中的微体化石[J]. 地质学报, 2010, 84(1): 70 – 77.
- [17] 刘鹏举, 尹崇玉, 陈寿铭, 唐烽, 高林志. 华南埃迪卡拉纪陡山沱期管状微体化石分布、生物属性及其地层学意义[J]. 古生物学报, 2010, 49(3): 308 – 324.
- [18] Yin C Y, Liu P J, Awramik S M, Chen S M, Tang F, Gao L Z, Wang Z Q and Riedman L A. Acanthomorph biostratigraphic succession of the Ediacaran Doushantuo Formation in the East Yangtze Gorges, South China [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2011, 85(2): 283 – 295.
- [19] Liu P J, Yin C Y, Chen S M, Tang F and Gao L Z. The biostratigraphic succession of acanthomorphic acritarchs of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Gorges area, South China and its biostratigraphic correlation with Australia [J]. *Precambrian Research*, 2013, 225: 29 – 43.
- [20] Zhu M Y, Zhang J M, Yang A H. Integrated Ediacaran (Sinian) chronostratigraphy of South China [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2007, 254: 7 – 61.
- [21] Zhu M Y, Lu M, Zhang J M, Zhao F C, Li G X, Yang A H, Zhao X and Zhao M J. Carbon isotope chemostratigraphy and sedimentary facies evolution of the Ediacaran Doushantuo Formation in western Hubei, South China [J]. *Precambrian Research*, 2013, 225: 7 – 28.
- [22] 陈寿铭, 尹崇玉, 刘鹏举, 高林志, 唐烽, 王自强. 峡东地区埃迪卡拉系陡山沱组碳同位素特征研究进展与国内外对比[J]. 地球学报, 2009, 30(4): 475 – 486.
- [23] 吕苗, 朱茂炎, 赵美娟. 湖北宜昌茅坪泗溪剖面埃迪卡拉系岩石地层和碳同位素地层研究 [J]. 地层学杂志, 2009, 33(4): 359 – 372.
- [24] Xiao S H, McFadden K A, Peek S, McFadden K A, Peek S, Kaufman A J, Zhou, C M, Jiang G Q and Hu J. Integrated chemostratigraphy of the Doushantuo Formation at the northern Xiaofenghe section (Yangtze Gorges, South China) and its implication for Ediacaran stratigraphic correlation and ocean redox models [J]. *Precambrian Research*, 2012, 192–195: 125 – 141.
- [25] Condon D, Zhu M Y, Bowring S, Wang W, Yang A H and Jin Y G. U-Pb ages from the Neoproterozoic Doushantuo Formation, China [J]. *Science*, 2005, 308: 95 – 98.
- [26] Liu P J, Yin C Y, Gao L Z, Tang F and Chen S M. New material of microfossils from the Ediacaran Doushantuo Formation in the Zhangcunping area, Yichang, Hubei Province and its zircon SHRIMP U-Pb age [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2009, 54(6): 1058 – 1064.
- [27] Zhu B, Becker H, Jiang S Y, Pi D H and Fischer-Godde F. Re-Os geochronology of black shales from the Neoproterozoic Doushantuo Formation, Yangtze platform, South China [J]. *Precambrian Research*, 2013, 225: 67 – 76.
- [28] 赵自强, 邢裕盛, 丁启秀. 湖北震旦系[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988.