

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

## 关于峡东陡山沱组具刺疑源类化石研究的补充

曹芳 刘新秒

中国地质科学院天津地质矿产研究所, 300170

**内容提要** 在峡东陡山沱组黑色燧石中前人报道了多种多样的具刺疑源类化石,笔者最近重新研究了陡山沱组岩石切片中的具刺疑源类,发现微化石三维地保存在几乎没蚀变的条件下。这个生物群落包括 *Filisphaeridium*, *Baltisphaeridium*, *Comasphaeridium* 和 *Tianzhushania* 等分子。它们中的 *Tianzhushania* 在外表及形态上可与产自挪威斯瓦尔巴德群岛晚里非岩层中的 *Trachyhystrichosphaera aimika* 比较。*Trachyhystrichosphaera aimika* 是晚前寒武纪最特殊和分布最广的一个分子,目前已知至少产自世界上15个地区的晚里非岩层中,对于新元古代前文德地层似乎是一个出色的指示化石。产自陡山沱组的 *Tianzhushania* 似乎支持 Butterfield 的观点,即:陡山沱组硅化碳酸盐沉积的年代早于伊迪卡拉后动物多样化的时期。但是,由于化石只发现于少数岩石薄片,因此,这些化石或许只代表峡东陡山沱组局部的生态环境。文中还讨论了陡山沱组的沉积环境及化石的保存。

**关键词** 具刺疑源类 陡山沱组 震旦系 峡东 湖北

扬子地台南沱组冰碛岩层代表了一次大范围的大陆冰川作用。南沱冰期后,大规模的海侵在峡东地区形成了陡山沱期多样且不稳定的滨海与浅海环境,这种复杂多变的异质环境条件,促使生物界发生了重大变革。因此,这一时期的生物地层学研究具有特别的吸引力。笔者曾对其所含化石(藻类、瓶状微化石)作过一些研究(曹芳,1985,1998)。此次记述的化石资料以具刺疑源类为主,是对多年来该类化石研究的一个补充,结合以往对瓶状微化石的研究,浅议了其时代对比并讨论了化石的埋藏及沉积环境等问题。

### 1 研究概况

峡东地区震旦系陡山沱组生物地层学研究始于70年代。最早由邢裕盛等(见湖北省地质局三峡地层研究组,1978)、尹磊明等(1978)作过报道,其中包括具有重要对比意义的具刺疑源类 *Micrhystridium* 和 *Archaeohystrichosphaeridium*, 大量的微化石是用化学分析方法从碎屑岩中获取的。尹磊明等(1978)报道了利用岩石切片法获得的大型(>300 $\mu$ m)具刺微化石:*Asterocapsoides* 和 *Tianzhushania*。嗣后,更多的研究者相继用岩石切片法对峡东陡山沱组微体化石作了进一步研究,如 Zhang Zhongying(1981)、张忠英(1984)、曹芳(1985)、Yin Leiming(1985, 1997)、

尹磊明(1999)、赵自强等(1988)、段承华等(1989)、尹崇玉(1990)、Yin Chongyu(1999)、Cao Fang(1996)、曹芳(1998)等。他们在峡东震旦纪陡山沱组岩石切片中获得大量微体化石,除底栖的丝状藻类 *Cynonema*, *Eomycetopsis*, *Gunflintia*, *Nostocomorpha*, *Oscillatoriopis*, *Salome* 外,还有球型藻类 *Aphetospora*, *Clonophycus*, *Tetraphycus*, *Myxococoides*, *Paratetraphycus* 等,特别是具刺浮游藻类化石 *Baltisphaeridium*, *Comasphaeridium*, *Meghystrichosphaeridium*, *Tianzhushania*, *Skiagia?* sp. 以及瓶状微化石(vase-shaped microfossils)的发现,不仅丰富了中国震旦纪生物群的内容,而且为峡东震旦纪层型剖面与洲际间的对比提供了重要的古生物学证据。

### 2 研究进展及时代讨论

此次研究的陡山沱组具刺疑源类化石均产自湖北宜昌莲沱王丰岗剖面陡山沱组灰黑色硅质岩切片中,除已报道的 *Baltisphaeridium*(图版 I-5; 图版 II-1、5、6); *Comasphaeridium*(图版 I-3、6、7)及 *Tianzhushania*(图版 II-2)等老资料外,又有新进展,现分述如下。

#### 2.1 关于 *Filisphaeridium*

此次研究中,发现了一类表面具众多致密且细

收稿日期:2002-02-01;改回日期:2002-08-05;责任编辑:章雨旭。

作者简介:曹芳,女,1950年生。1977年毕业于北京大学地层古生物专业。现为 中国地质调查局天津地质矿产研究所副研究员,主要从事前寒武纪地层古生物学研究。通讯地址:300170,天津河东区大直沽八号路4号;电话:022-24023535-2046;Email: tjcfang@cgs.gov.cn。

的硬刺之囊状体(图版 I -1, 2), 囊体直径约 28~30 $\mu\text{m}$ , 体壁厚约 2~3 $\mu\text{m}$ , 囊体表面粗糙, 刺直, 可能为实心的, 刺末端未见分叉, 一些刺基部有加粗现象。根据上述现存标本特征, 在将其与 Staplin 等(1965)描述的 *Filisphaeridium* 属进行比较中发现, 二者在囊体大小及刺不分叉等特征方面相似, 唯前者的刺更密、更细等特征不同于 Staplin 等(1965)对其属征的描述。鉴于现存标本一些细节(如刺的特征)保存不够清晰, 笔者在此暂将其置于 *Filisphaeridium* 属中, 而未给予种一级定名。

当前标本具致密而细的硬刺的特征亦相似 Knoll(1984)报道于挪威 Svalbard 群岛上里菲 Hunhberg 组的刺球藻类 *Cymatiosphaeroides*, 但无多层外包膜特征与产自 Hunhberg 组的标本区别明显; 仅就致密的放射状硬刺特征而言, 当前标本也类似于 Wang Fuxing(1985)在湖南石门杨家坪下寒武统杨家坪组下段燧石夹层中描述的 *Paracymatiosphaera* 属中一些种的特征。在与国内外早寒武世及前显生宙一些常见的具刺疑源类化石的对比中笔者还发现, 当前标本(图版 I -1, 2)具实心的硬刺特征区别于 *Micrhystridium* (Defl.) Staplin; 而与 *Baltisphaeridium* (Eis.) emend 的区别在于, 后者囊体表面具中空的刺; *Multiplicisphaeridium* 则以中空分叉的刺区别于现存标本。理论上, 这些鉴定标准的把握并不难, 但在标本保存欠佳、以资鉴定的特征不够清晰时则很难将其定位。这是一些老地层中化石的定名常出现异物同名或同物异名的原因。

## 2.2 波罗的藻属(*Baltisphaeridium*)

图版 I -5 及图版 II -1 所示标本相似于尹崇玉(1988)在湖北宜昌莲沱地区震旦系陡山沱组中描述的一类表面具纤细而密集刺的疑源类化石。据其特征, 赵自强等(1988)将其定名为 *Baltisphaeridium gracilentum*。Zhang Yun 等(1998)却将上述 *B. gracilentum* Yin C. 作为 *Meghystrichosphaeridium gracilentum* (Yin C.) 新组合的基原异名(basionym), 收集在其研究论文中, 并图示了赵自强等(1988)标本的照片(见其图9~13, 14)。此后 Yin Chongyu(1999)重新对赵自强等(1988)定名的 *B. gracilentum* 进行了讨论, 认为其个体大小及刺和壁的结构都与 *M. gracilentum* 区别甚大, 也与 *Baltisphaeridium* 刺基部加厚不与壳腔相通有别, 因此将赵自强等(1988)的定名 *B. gracilentum* 更改为 *Solisphaeridium gracilentum*。

图版 I -5 及图版 II -1 所示标本虽与赵自强等

(1988)描述的 *B. gracilentum* 特征接近, 仅直径稍小(前者 45~70 $\mu\text{m}$ , 后者 30 $\mu\text{m}$  左右), 但考虑到 *Solisphaeridium* 的壳腔与刺腔是相通的, 而当前标本由于保存欠佳, 无法确定其刺腔与壳腔是否相通, 因此笔者在此未将其归入其中, 仍视其为 *Baltisphaeridium* 属的分子而未定种级名称。另外, 当前标本膜壳呈现的三角形特征, 与赵自强等(1988)出示的正模标本的变形特征亦近似(见其图版8-1), 推测其成因可能系成岩期膜壳受压变形所致, 而其原生形态可能为球形(见赵自强等, 1988, 图版, 8-2)。

众所周知, 生物体在成岩期会发生原始形态的改变, 但改变的程度可能深浅不一。因此, 在对化石(特别是在对前寒武纪微体化石)的定名中, 要慎重考虑这一因素对生物体原始形态的影响, 否则上述已变形的标本可能会被分别给予不同的名称, 其结果必然导致化石命名中同物异名的混乱。笔者认为, 在前寒武纪微体化石的研究中, 对标本应力求多观察、多讨论、慎定名, 才有可能尽量避免错误。

以上讨论的 *Filisphaeridium* 标本及成岩期变形为三角形的 *Baltisphaeridium* 在形态上具很多相似之处, 它们的膜壳表面均分布密集且纤细的刺。但据笔者观察, 前者的膜壳似乎更厚(不排除后期降解所致), 且刺长与膜壳之比值也不同, 前者比后者更大(前者 2:1, 后者 3:1), 将其归入同一类型似乎有待商榷, 因此, 笔者在此暂将其作为两类不同属种化石予以讨论。

## 2.3 天柱山藻属(*Tianzhushania*)

另一类具有多层状壳壁结构的大型具刺疑源类化石 *Tianzhushania* 最早由尹磊明等(1978)自湖北宜昌长阳天柱山陡山沱组创建。其后, 赵自强等(1988)根据标本的一些细微结构对其进行了补充及修订。当前标本(图版 II -2)壳腔明显, 壁两层, 刺基部宽, 末端尖锐等特征与赵自强等(1988)报道于湖北宜昌莲沱地区陡山沱组的一些标本特征相似, 仅外壁保存欠佳。赵自强等(1988)、尹崇玉(2001)在其相关的研究论文中曾提出, *Tianzhushania* 的某些分子与 Knoll(1984)报道于挪威斯瓦尔巴德群岛 Hunnberg 组的 *Trachyhystrichosphaera vidalli* 特征非常相似, 完全可以对比; 与产自加拿大西北部上 Tindir 群燧石结核中的 *T. vidalli* 及 *T. magna* (Allison & Awramik, 1989)特征相似, 可以对比。

笔者在以当前标本(本文图版 II -2)与 *Trachyhystrichosphaera* 一些分子的比较中也发现,

*Tianzhushania* 厚的、相对致密的内包膜,表面具不规则分布的数量不等的刺,以及刺中空,具一相对薄的外包膜等特征特别相似 Buttterfield & Knoll (1994) 采自 Spitsbergen 新元古地层 Svanbergfjellet 组硅质岩层中报道的 *Trachyhystrichosphaera aimika*, 仅直径相对小,刺稍细。这一观察结果与上述尹崇玉(1988, 2001)的观点基本一致,即产自峡东陡山沱组的 *Tianzhushania* 与 *Trachyhystrichosphaera* 的一些分子在形态特征上是完全可以对比的。它们之间形态上的些许差别,或许源于成岩期的保存,或许源于不同地理分区物种的差异。Buttterfield & Knoll 等(1994)认为, *Trachyhystrichosphaera aimika* 是产自世界各地(目前至少在15个国家和地区发现)的晚里非晚期地层中的大型具刺疑源类化石。遵循这一结论,上述产自陡山沱组的 *Tianzhushania* 与 *Trachyhystrichosphaera* 形态间的相似,至少引发我们思考以下两个问题:① 陡山沱组的年代难道可以据此对比于晚里非期?② 反之,Buttterfield & Knoll 等(1994)的结论可能是片面的,即: *T. aimika* 的产出层位或许并非仅限于晚里非晚期。然而,上述问题的解决,需依赖可供全球对比的末元古代生物化石的证实。由于目前对全球性的晚前寒武纪冰期的期次、规模及各冰期间的对比仍存在分歧,又由于生物地层对比尚缺乏足够的证据(如伊迪卡拉动物群分布的局限性及不同岩相化石间缺乏准确的对比),乃至陡山沱组与北欧末元古代地层的确切对比也因此未能很好地解决,有待今后(包括同位素化学地层等多学科)研究的不断深入。

上述陡山沱组大多数具刺疑源类化石的产出层位大量出现始于寒武纪初期,如 *Baltisphaeridium*, *Comasphaeridium* 等,其中 *Baltisphaeridium* 在前苏联被认为与三叶虫同时出现(Timopheev (Тимофеев), 1973), 国内一些研究者曾报道过与小壳化石同时出现(邢裕盛, 1982; 王福星, 1982); *Comasphaeridium* 属是 Staplin (1965) 以 *Micrhystridium cometes Valensi* 为属型建立的一个新属,时代分布为早寒武世至早第三世,在欧洲及格陵兰地区,广泛分布于早、中寒武世。产自陡山沱组的 *Comasphaeridium* 是张忠英(1984)于湖北宜昌铁匠垭剖面报道的,据其个体巨大( $>260\mu\text{m}$ )特征建立一新种 *Comasphaeridium magnum*。当前标本(图版 I-6、7)壳壁较坚实,表面密布细弱发状刺及个体较大( $\approx 80\mu\text{m}$ )等特征相似 *C. magnum*。从上述这些化石的地层分布不难看出,陡山沱组具刺疑源类组合表现

出与古生代化石形态更相近的特征。

#### 2.4 具刺疑源类与瓶状微化石(vase-shaped microfossil)

Knoll (1982) 研究了 Svalbard 群岛 Nordoustlandet Ryssö 组及下伏的 Huunberg 组的疑源类,认为二者具有相同的化石组合,并属于典型的晚里非生物组合特征。特别值得注意的是,他(Knoll et al., 1983)曾报道过在接近 Ryssö 组顶部发现的瓶状微化石(vase-shaped microfossil),与我国峡东震旦系王丰岗及田家园子剖面陡山沱组所产瓶状微化石(段承华等, 1989; Cao Fang, 1996; 曹芳, 1998)可以对比。此次研究结果表明,在峡东,具刺疑源类化石的产出层位在陡山沱组的中一下部,而瓶状微化石虽在中一下部开始出现,但异常丰富的层位则接近陡山沱组的中一上部,二者层位的上下关系与 Svalbard 群岛晚里非地层中具刺疑源类和瓶状微化石的产出层位一致,又由于峡东震旦系陡山沱组中一下部所产疑源类化石与 Svalbard 群岛 Huunberg 组及 Ryssö 组的一些具刺疑源类化石具有极其相近的特征,据此,笔者以为,仅从疑源类及瓶状微化石角度分析,峡东震旦系陡山沱组沉积非常接近 Svalbard 群岛 Nordoustlandet Ryssö 组及下伏的 Huunberg 组生物组合特征,但不能据此认定二者间的可比性,因为从化石保存的偶然性分析(化石只局限地保存于部分燧石条带和结核中),这些被有幸保存下来的化石,不一定能反映出陡山沱期生物群的整体面貌,而可能只代表局部的环境或局限的生物种群。因此,上述观点只是就当前一些资料的评述,关于陡山沱组年代及对比问题,更全面、更客观的结论尚需多学科的综合研究与探讨。

### 3 化石的埋葬及沉积环境

新元古代正值全球环境大变化的时代,世界范围内普遍发生了大规模的冰川事件。扬子地台南沱组冰碛岩大致与澳大利亚、北欧及北美的新元古代晚期或末期的冰碛层属同时沉积,该冰碛岩层代表了一次大范围的大陆冰川作用。南沱冰期后,自东南方向的大规模的海侵在峡东地区形成了陡山沱期多样且不稳定的滨海与浅海环境,这种复杂多变的异质环境条件,促使生物生殖方式的进化改变,从而大大提高了生物界的进化速率。这一点已由贵州瓮安陡山沱期磷酸盐化的生物群及湖北峡东庙河生物群的发现所证实。

陡山沱期正处于前显生宙向显生宙过渡、转变

的重要阶段,浮游植物和底栖藻类达到极大繁盛,增加了光合作用自由氧的释放,使大气圈含氧量水平进一步上升。含氧量的增加,有利于大体积动物的进化和产生。峡东陡山沱期沉积正处于伊迪卡拉型动物的适应辐射之前,其中的具刺浮游疑源类化石显示了元古宙向显生宙过渡的特征,无论种属的丰度及刺型的多样化特点都更接近古生代的刺球类。

本文所获具刺疑源类化石产自湖北宜昌王丰岗及田家园子剖面陡山沱组硅质条带及结核中,与其共生的还有一些底栖丝状藻类化石。据岩性和岩相分析、沉积地球化学特征研究,丁莲芳等(1996)认为,陡山沱组地层属浅海沉积环境,海水具正常的温度、盐度和正常的水体循环,水动力条件相对较强,水体和海底有充足的氧气,使环境处于氧化状态。这种氧化环境和较强的水动力条件,不利于生物遗体的保存,因而在这种正常的浅海沉积中很难发现丰富多样的化石。笔者同意上述研究者对陡山沱组沉积环境的推断。然而,本文报道的疑源类化石极佳的保存状态,推测它们可能是在死后下沉到海底即被硅胶迅速包埋,其遗体才得以免遭氧化、腐解作用的破坏,进而保存为化石的。此种化石的保存机率极小且范围亦极其有限,因此极具偶然性,以至于众多研究者曾不余遗力地付出极大艰辛才有幸在少数硅质条带及结核中找(碰)到它们。基于此种偶然,它们不一定能反映陡山沱期水体中完整的生物群面貌,因为根据上述王丰岗及田家园子剖面陡山沱组岩层中丰富的有机质残留物可以推断,当时水体中生物的繁盛是异乎寻常的,而其化石的分布却是极其有限的,二者间的差异,推测可能源于大多数生物遗体因沉积环境和埋藏因素的影响而未被完整地保存为化石的缘故。因此,对整个生物群埋葬环境与古生态的恢复,仅依据偶尔保存下来的部分化石种属是不全面的,必须结合岩性及岩相分析、地球化学特征及多学科的综合研究,才能得出比较客观全面的结论。

### 参 考 文 献

- 曹芳. 1985. 震旦系陡山沱组藻类微化石新资料. 中国地质科学院天津地质矿产研究所所刊, 12: 183~193.
- 曹芳. 1998. 中国瓶状微化石的研究. 微体古生物学报, 15(4): 404~416.
- 丁莲芳, 李勇, 胡夏嵩, 肖娅萍, 苏春乾, 黄建成. 1996. 震旦纪庙河生物群. 北京: 地质出版社.
- 段承华, 曹芳. 1989. 湖北峡东前寒武纪瓶状微化石的新发现. 中国地质科学院天津地质矿产研究所所刊, (21): 129~147.
- 湖北省地质局三峡地层研究组. 1978. 峡东地区震旦纪至二迭纪地层古生物. 北京: 地质出版社.
- 王福星, 翟永云. 1982. 云南晋宁王家湾震旦系微化石新发现及其意义. 中国地质科学院成都地质矿产研究所所刊, (3): 99~110.
- 邢裕盛. 1982. 云南昆明附近震旦纪及早寒武世微古植物群及其地层意义. 地质学报, 56(1): 42~49.
- 尹崇玉. 1990. 峡东震旦系陡山沱组疑石中的带刺微化石及其地质意义. 微体古生物学报, 7(3): 265~270.
- 尹崇玉. 2001. *Papillomembrana compta* 在贵州瓮安的发现——兼论陡山沱期大型具刺疑源类的对比及时代. 地层学杂志, 25(4): 253~258.
- 尹磊明. 1999. 论我国新元古代微体浮游植物化石及其生物地层意义. 古生物学报, 38(2): 133~146.
- 尹磊明, 李再平. 1978. 西南地区前寒武纪微体植物群及其地层意义. 见: 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 第十号. 41~102.
- 张忠英. 1984. 峡东震旦系微浮游植物的新资料. 植物学报, 26(1): 94~98.
- 赵自强, 邢裕盛, 丁启秀, 刘桂芝, 赵雅秀, 张树森, 孟宪筠, 尹崇玉, 宁伯儒, 韩培光. 1988. 湖北震旦纪. 北京: 中国地质大学出版社, 91~99; 170~179.

### References

- Allison A, et al. 1989. Organic-walled microfossils from earliest Cambrian or latest Proterozoic Tindir Group Rocks, northwest Canada. *Precambrian Research*, 43: 253~294.
- Awramik S M, McMennamin D S, Yin Chongyu, Zhao Ziqiang, Ding Qixiu, Zhang Shusen. 1985. Prokaryotic and eukaryotic microfossils from a Proterozoic/Phanerozoic transition in China. *Nature*, 315(6021): 655~658.
- Butterfield N J, Knoll A H, Swett K. 1994. Paleobiology of the Neoproterozoic Svanbergfjellet Formation, Spitsbergen. *Fossil and Strata*, 34: 1~84.
- Cao Fang. 1985. The new data of Algal microfossils from Sinian Doushantuo Formation. *Bulletin of Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences*, No. 12: 183~193 (in Chinese with English abstract).
- Cao Fang. 1996. Vase-shaped microfossil Horizons in Yangtze Platform of China. *Acta Geoscientia Sinica—Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences*, (Special Issue): 210~216.
- Cao Fang. 1998. Study on the vase-shaped microfossil in China. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 15(4): 404~416 (in Chinese with English abstract).
- Ding Lianfang, Li Yong, Hu Xiasong, Xiao Yaping, Su Chunqian, Huang Jiancheng. 1996. Sinian Miaohu Biota. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Duan Chenghua, Cao Fang. 1989. A new discovery of Precambrian vase-shaped microfossils in the eastern Yangtze Gorges of Hubei Province. *Bulletin of Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences*, No. 21: 129~145 (in Chinese with English abstract).
- Knoll A H. 1982. Microfossils-based biostratigraphy of the Precambrian Hecla Hoek sequence, Nordaustlandet, Svalbard. *Geol. Mag.* 119(3): 269~279.
- Knoll A H. 1984. Microbiotas of the Late Precambrian Hunnberg Formation, Nordaustlandet, Svalbard. *Jour. Paleont.*, 58(1): 131~162.

- Knoll A H. 1992. Vendian microfossils in metasedimentary cherts of the Scotia Group, Prins Karls Forland, Svalbard. *Palaeontology*, 35(4):751~774.
- Knoll A H, Calder S. 1983. Microbiotas of the Late Precambrian Ryss? Formation, Nordaustlandet, Svalbard. *Palaeontology*, 26(3): 467~496.
- Knoll A H, Swett K, Mark J. 1991. Paleobiology of a Neoproterozoic tidal flat/lagoonal complex; the Traken Conglomerate Formation, Spitsbergen. *Journal of Paleontology*, 65, 510~570.
- Staplin F L, Jansonius J, Pocock, S A J. 1965. Evaluation of some acritarchous hystriosphere genera. *N. Jb. Geol. Palaeontol. Abh.* 123(2): 167~201.
- Timofeev B V. 1973. Microphytofossils from the Precambrian of the Ukraine. Academy of Sciences, USSR, Institute for Precambrian Geology and Geochronology. Leningrad; Nauka(in Russian).
- Vidal G. 1990. Giant Acanthomorph acritarch from the Upper Proterozoic in southern Norway. *Palaeontology*, 33: 287~298.
- Wang Fuxing, Zhai Yongyun. 1982. New microfossils from the Sinian, Wangjiawan, Jinning, Yunnan, and its significance. *Bull. Chengdu Inst. Geol. Min. Resour.*, 3: 99~110 (in Chinese with English abstract).
- Wang Fuxing. 1985. Middle—Upper Proterozoic and Lowest Phanerozoic microfossil assemblages from SW China and continuous areas. *Precambrian Res.*, 29:33~43.
- Xing Yusheng. 1982. Microflora of the Sinian System and Lower Cambrian near Kunming, Yunnan and its stratigraphical significance. *Acta Geologica. Sinica*, 56(1):42~49.
- Yin Chongyu. 1990. Spinose Acritarchs from the Doushantuo Formation in the Yangtze Gorges and its geological significance. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 7(3):265~270 (in Chinese with English abstract).
- Yin Chongyu. 1999. Microfossils from the Upper Sinian (Late Neoproterozoic) Doushantuo Formation in Changyang, Western Hubei, China. *Continental Dynamics*, 4(2):1~18.
- Yin Chongyu. 2001. Discovery of Papillomembrana compta in Weng'an, Guizhou with discussion on the correlation of the large acanthomorphic acritarchs and the age of the Doushantuo Formation. *Journal of Stratigraphy*, 25(4):253~258 (in Chinese with English abstract).
- Yin Leiming. 1985. Microfossils of the Doushantuo Formation in the Yangtze Gorge district, western Hubei. *Palaeontologia Cathayana*. (2):229~249.
- Yin Leiming. 1997. Precambrian—Cambrian transitional Acritarch biostratigraphy of the Yangtze Platform. *Bulletin of National Museum of Natural Science*. No. 10: 217~231.
- Yin Leiming. 1999. Neoproterozoic Microphytoplanktonic fossils in China and their biostratigraphical implication. *Acta Palaeontologica Sinica*. 38(2):133~146 (in Chinese with English abstract).
- Yin Leiming, Li Zaiping. 1978. Precambrian microfossils of South-west China. *Memoir, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology*, Academia Sinica, 10:41~102 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Yun, Yin Leiming, Xiao Shuhai, Knoll A H. 1998. Permineralized Fossils from the Terminal Proterozoic Doushantuo Formation, South China. *J. Paleont.* 72(4):1~52.
- Zhang Wenlong, Walter M R. 1992. Late proterozoic and Early Cambrian microfossils and biostratigraphy, northern Anhui and Jiangsu, central-eastern China. *Precambrian Research*, 57(3~4):243~323.
- Zhang Zhongying. 1981. Precambrian microfossils from the Sinian of South China. *Nature* 289:792~793.
- Zhang Zhongyin. 1984. A new microphytoplankton species from the Sinian of western Hubei Province. *Acta Botanica Sinica*. 26(1): 94~98 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Ziqiang, Xing Yusheng, Ding Qixiu, Liu Guizhi, Zhao Yaxiu, Zhang Shusen, Meng Xianyun, Yin Chongyu, Ning Bairu, Han Peiguang. 1988. The Sinian system of Hubei. Wuhan; China University of Geosciences Press (in Chinese with English abstract).
- Zhao Ziqiang, Xing Yusheng, Ma Guogan, Chen Yiyuan. 1985. Biostratigraphy of the Yangtze Gorge area (1), Sinian. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).

## 图 版 说 明

## 图 版 I

- 本图版照片均系岩石切片所获化石, 未经任何润饰。产地均为湖北峡东震旦系陡山沱组。标本保存在中国地质调查局天津地质矿产研究所。1、5、6、7 中的比例棒=10 $\mu$ m。3、4 中的比例棒=15 $\mu$ m。
- 1~2. *Filisphaeridium* sp. 1、2 分别为同一标本的不同焦距。Dou-1-12, x-138, y-6. 3。
3. *Comasphaeridium*? 可能为一压扁的球形个体, 表面具细弱的刺。Dou-17, x-144, y-8. 5。
4. 具锥状刺的未定名化石。Dou-14, x=141, y=13. 5。
5. *Baltisphaeridium* sp. 标本具纤细而密的刺。Dou-1-12, x-134, y-18。
- 6~7. *Comasphaeridium magnum* Zhang, 7 为 6 的局部放大, Dou-1-12, x-128, y-12. 8。

## 图 版 II

- 本图版照片均系岩石切片所获化石, 未经任何润饰。产地均为湖北峡东震旦系陡山沱组。标本保存在天津地质矿产研究所。1、2、3、6、10 中的比例棒=10 $\mu$ m。5、8、9 中的比例棒=15 $\mu$ m。4、7 中的比例棒=20 $\mu$ m。11 中的比例棒=30 $\mu$ m。
1. *Baltisphaeridium* sp. Dou-1-12, x-151, y-12. 5。
2. *Tianzhushania* sp., 双层壁之间具中空的刺。Dou-2-17, x-131, y-22。
3. *Filisphaeridium* sp., 由于降解, 囊体表面的刺及膜壳保存欠佳。Dou-1-12, x-125, y-19. 5。
4. 未定名类型, 化石体周围具刺状物。Dou-1-12, x-136. 5, y-5。
5. 6. *Baltisphaeridium* sp., 囊体表面具刺。5. Dou-17, x-145, y-9; 6. Dou-1-12, x-130, y-20. 1。
7. *Leiosphaeridia* sp., 囊体表面光滑, 内部具降解物质。Dou-1-12, x-148, y-11. 9。
8. 瓶状微化石。瓶体表面为规则的网状结构。Dou-1-12, x-132, y-11。
9. 未定名类型。Dou-14, x-140, y-13. 2。
10. *Goniosphaeridium*? Dou-1-12, x-132, y-8. 6。
11. 可能的 *Chuarina circularis* Walcott. Dou-1-12, x-145, y-13。

## An Additional Study on Spinose Acritarches from the Doushantuo Formation in the Eastern Yangtze Gorges

CAO Fang, LIU Xinmiao

*Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Geological Surveys, Tianjin, 300170*

### Abstract

The diversified spinose acritarchs have been reported in the Doushantuo black cherts from eastern Yangtze Gorges. Recently, writer has restudied the spinose acritarchs in thin sections of the Doushantuo Formation. The microfossils are three-dimensionally preserved in a structurally little altered condition. The assemblage includes *Filisphaeridium*, *Baltisphaeridium*, *Comasphaeridium* and *Tianzhushania*. Among the taxa, *Tianzhushania* is comparable in appearance and shape to *Trachyhystrichosphaera aimika* from the Svanbergfjellet Formation in northeastern Spitsbergen. *Trachyhystrichosphaera aimika* is one of the most distinctive and widely distributed of the late Proterozoic acritarchs, now known from at least 15 localities worldwide, it occurs in rocks of Late Riphean age and appears to be an excellent index fossil for the pre-Vendian Neoproterozoic. *Tianzhushania* from the Doushantuo Formation appears to support the about-mentioned Butterfield's position. That is, it seems that the sediments of the Doushantuo Formation are older than the diverse Ediacaran assemblage.

Owing to the fossils are only found from a handful of the thin sections, these microfossils may be represent the parts of the ecological environment from the Doushantuo Formation in eastern Yangtze Gorges. The sedimentary environment and the fossil preservation of the Doushantuo Formation is discussed in this paper.

**Key words:** spinose acritarch; Doushantuo Formation, Sinian System; eastern Yangtze Gorges, Hubei



