

河北宽城地区中元古界高于庄组微古植物群

刘欢, 孙淑芬, 朱士兴

LIU Huan, SUN Shufen, ZHU Shixing

中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170

Tianjin Center of Geological Survey, China Geological Survey, Tianjin 300170, China

摘要:通过对河北宽城地区高于庄组微古植物进行系统采样,利用化学浸解法,获得了大量微古植物信息,在80件样品中发现微古植物个体5000余粒,共鉴定出41属108种(含1个新属,9个新种,38个未定种),其中包括丰富的多细胞植物化石及其碎片。根据微古植物化石的分布和特征,划分出4个化石组合。与下伏长城系微古植物相比,高于庄组微古植物具有明显的差异。这些微古植物的发现为地球早期生物演化、区域地层划分和对比,以及生物成矿和成油研究提供了重要信息。

关键词:微古植物群;多细胞植物;高于庄组;宽城

中图分类号:P534.3;Q914.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2015)09-1715-11

Liu H, Sun S F, Zhu S X. Research on the micropalaeoflora from the Mesoproterozoic Gaoyuzhuang Formation in Kuancheng area, Hebei Province. *Geological Bulletin of China*, 2015, 34(9):1715-1725

Abstract: On the basis of systematic sampling and chemical soaking treatment, 108 species belonging to 41 genera (including 9 new species, 38 unknown species, 1 new genus) of microplants fossils were discovered from 80 samples of the Gaoyuzhuang Formation in Kuancheng area, totally about 5000 individuals, including abundant metaphyte and their fragments. According to the distribution and features of these microfossils, four fossil assemblages were recognized. There are some obvious differences between the fossils from Changcheng System and those from Gaoyuzhuang Formation. The research on these fossils provides important information for the evolution of organic evolution, regional stratigraphic division and correlation as well as biogenic mineralization and oiliness.

Key words: micropalaeoflora; metaphyte; Gaoyuzhuang Formation; Kuancheng

全球有关前寒武纪微体古植物的报道始于19世纪中叶,陆续在俄国、瑞典、芬兰等国零星发现有机质膜壳,而系统研究则始于20世纪50年代的前苏联。经过150多年的研究历史,世界各地已积累了相当丰富的资料。中国相关领域的系统研究始于20世纪60年代,至今已获得大量的微古植物资料,为中国前寒武纪地层划分和对比及地球早期生物发展演化研究提供了详实的资料。目前,研究方法以岩石磨片法和化学浸泡法为主,前者研究对象以燧石相为主,后者以泥页岩为主,但也不乏对泥页岩进行磨片研究的成果。河北宽城地区作为华北地区中元古界的重要剖面之一,对其微古植物的

系统研究程度较低。笔者所在研究团队在宽城高于庄组暗色薄层状泥质白云岩和黑灰色粉砂质页岩夹层中进行了系统采样,共计151件,在其中80件样品中发现微古植物个体5000余粒,共鉴定出41属108种(含1个新属,9个新种,38个未定种,鉴定工作由孙淑芬研究员完成)。根据化石的分布及特征,划分出4个化石组合。首次总结了冀北地区高于庄组微古植物的基本特征和化石组合,不仅加强了对中元古界古生物面貌的认识,也为区内解决巨厚碳酸盐岩地层的精细划分和对比提供详细的古生物依据。通过系统研究,不仅取得了空前丰富的微古植物资料,还发现了多种意义重大、能够反映

收稿日期:2014-04-30;修订日期:2015-08-10

资助项目:国家自然科学基金项目(批准号:41302007、41272015)和中国石油化工股份有限公司前瞻性项目(编号:YPH08086)

作者简介:刘欢(1983-),女,硕士,从事前寒武纪地层古生物研究。E-mail: liuhuan220205@aliyun.com

生物绝灭和兴起的新化石类型。其中多细胞植物化石的发现,表明多细胞植物在中元古代早期不仅早已存在,而且已达到相当高级和多样化的水平。这无论对生命科学和地球科学,还是对所在层位的烃源岩的成因理解都具有十分重要的意义。

1 微古植物产出层位

高于庄组在华北地区广泛分布,是一套以碳酸盐岩为主的沉积。李怀坤等^[1]在北京延庆地区高于庄组张家峪亚组上部识别出一层凝灰岩,测得的锆石 U-Pb 年龄为 $1559 \pm 12\text{Ma}$ (SHRIMP) 和 $1560 \pm 6\text{Ma}$ (LA-MC-ICP-MS)。结合大红峪组火山岩的锆石 U-Pb 年龄 $1622 \sim 1625\text{Ma}$ ^[2],将高于庄组底界年龄限定在 1600Ma 左右。高于庄组顶界尚无直接年龄数据控制,仅铁岭组斑脱岩获得锆石 U-Pb 年龄 (约 1440Ma)^[3]。故将高于庄组置于中元古界盖层系 (1400~1600Ma) 下部。

冀北地区高于庄组以河北宽城的尖山子剖面发育最好,高于庄组与下伏大红峪组及内部各亚组之间均为整合接触关系。总厚度达 938.62m,可细分为 146 层,归并为 10 段和 4 个亚组 (表 1)。

2 微古植物组合特征

在暗色薄层状泥质白云岩和黑灰色粉砂质页岩夹层中系统采集宽城高于庄组微古植物样品共计 151 件,在其中 80 件中发现微古植物个体 5000 余粒,共鉴定出 41 属 108 种,其中包括 1 个新属,9 个新种,38 个未定种。根据化石的分布及特征,划分出 4

个化石组合,特征如下。

2.1 第一组合(官地亚组)微古植物组合特征 (图版 I、II)

(1) 球形藻类 (Sphaeromorphida): 约占微古植物组合的 57.4%, 其中单球类约占 93%, 多球类约占 7%, 表面纹饰多样化。表面光滑的, 如小型光球藻 *Leiopsophosphaera minor* Schepeleva, 1963 和薄壁光球藻 *Leiopsophosphaera pelucidus* Schepeleva, 1963; 表面粗糙的, 如开口粗面球形藻 *Trachysphaeridium aperturum* sp. nov., 表面粗糙, 具有许多小而弯曲的褶皱, 形似网状纹饰; 表面具疣状纹饰的, 如雾迷山糙面球形藻 *Asperatopsophosphaera umishanensis* Xing et Liu, 1973, 巴甫林糙面球形藻 *Asperatopsophosphaera bavlensis* Schepeleva, 1963; 表面具蜂巢状的, 如 *Orygmatosphaeridium*、*Pseudofavosphaera* 等属的分子; 表面具瘤状纹饰的, 如驼峰瘤面球形藻 *Lophosphaeridium gibberosum* (Tim.) Yin 和圆形瘤面球形藻 *Lophosphaeridium orbiculatum* Sin, 1962 等。这些化石的大量出现是下面层位未见的。多球类的有大型拟粘球藻 *Myxococcoides grandis* Horodiski et donald., 1980。

(2) 船形藻类 (Scaphomorphida): 约占微古植物组合的 4.3%。例如, 网孔光面橄榄藻 *Leioarachnium areolosa* (Yan, 1994) Sun, 2006 膜壳轮廓梭形, 长轴 $200 \sim 250 \mu\text{m}$, 短轴 $50 \sim 80 \mu\text{m}$, 膜壳薄, 略显粗糙, 表面不均匀地分布有细小孔穴, 孔穴圆形, 直径 $1 \sim 2 \mu\text{m}$, 发育有细褶皱和皱纹, 具纵裂缝和边褶; 简单光面橄榄藻 *Leioarachnium simplex* Sun, 1989 膜壳轮廓橄榄形, 长轴 $100 \sim 200 \mu\text{m}$, 短轴 $40 \sim 70 \mu\text{m}$, 膜壳厚, 坚密, 表面光滑或略粗糙, 无褶皱或具微弱细小褶皱。

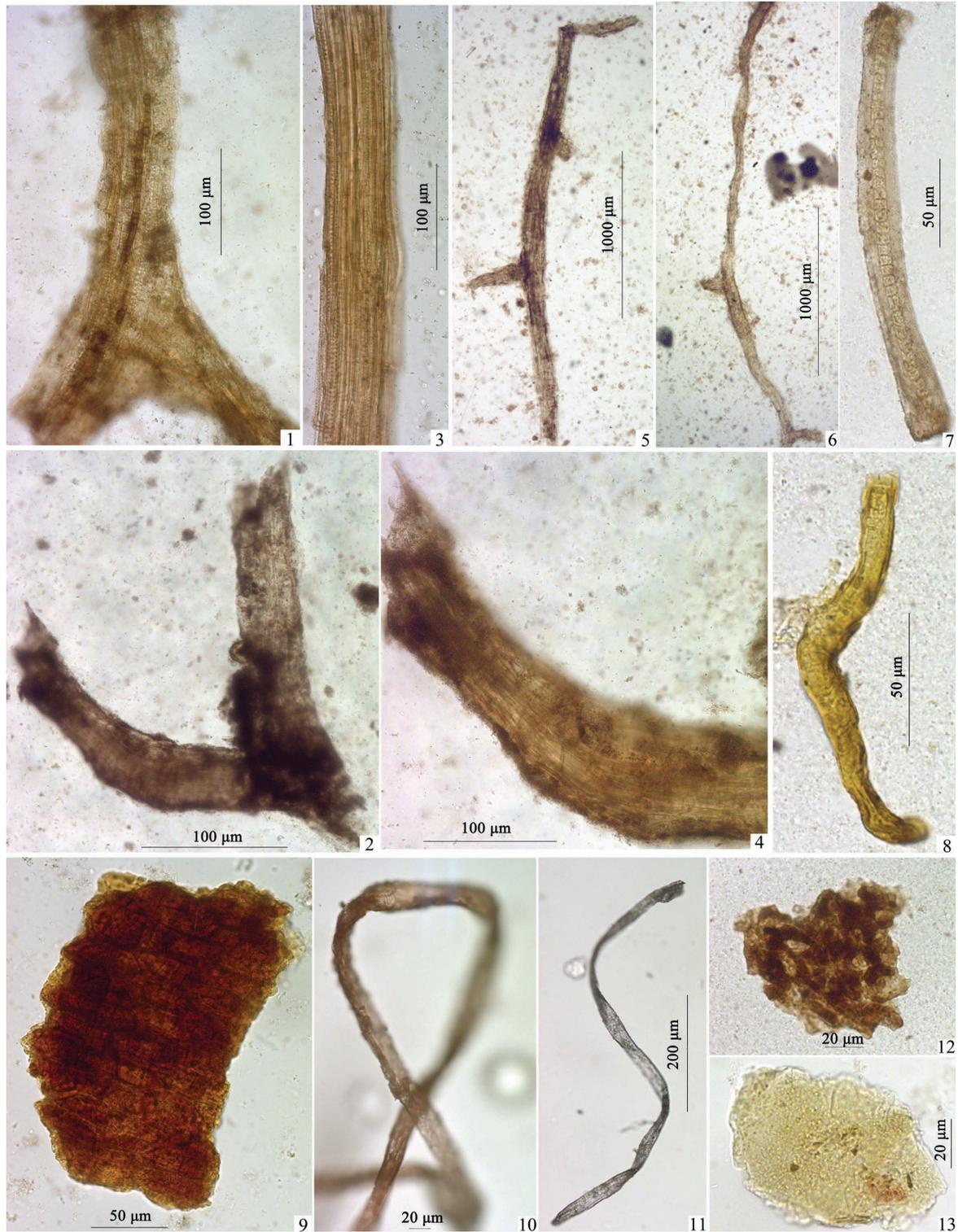
(3) 线形藻类 (Nematomorphida): 约占微古植物组合的 21.2%。目前发现的丝状体有 2 类, 一类归入蓝藻门, 如归入颤藻科中的 *Eomycetopsis* 属分子, 宽管状藻丝体, 不具隔膜, 不分叉。另一类归入红藻门 Rhodophyta Smith, 1951, 如分枝藻属 (新属) *Ramificansa* gen. nov., 多细胞植物体, 分叉, 不等宽, 细胞呈圆柱形, 桶形或扁珠形, 并见有膨大的孢子囊状细胞, 可能是具有真核藻类特征的原始红藻门分子。串珠分枝藻 (新种) *Ramificansa momiliformis* sp. nov. 具多细胞结构的分叉植物体, 宽为 $70 \sim 80 \mu\text{m}$, 可见长为 $700 \sim 800 \mu\text{m}$, 厚薄不一, 多层状,

表 1 河北宽城地区高于庄组地层划分

Table 1 Stratigraphic division of Gaoyuzhuang Formation in Kuancheng area, Hebei Province

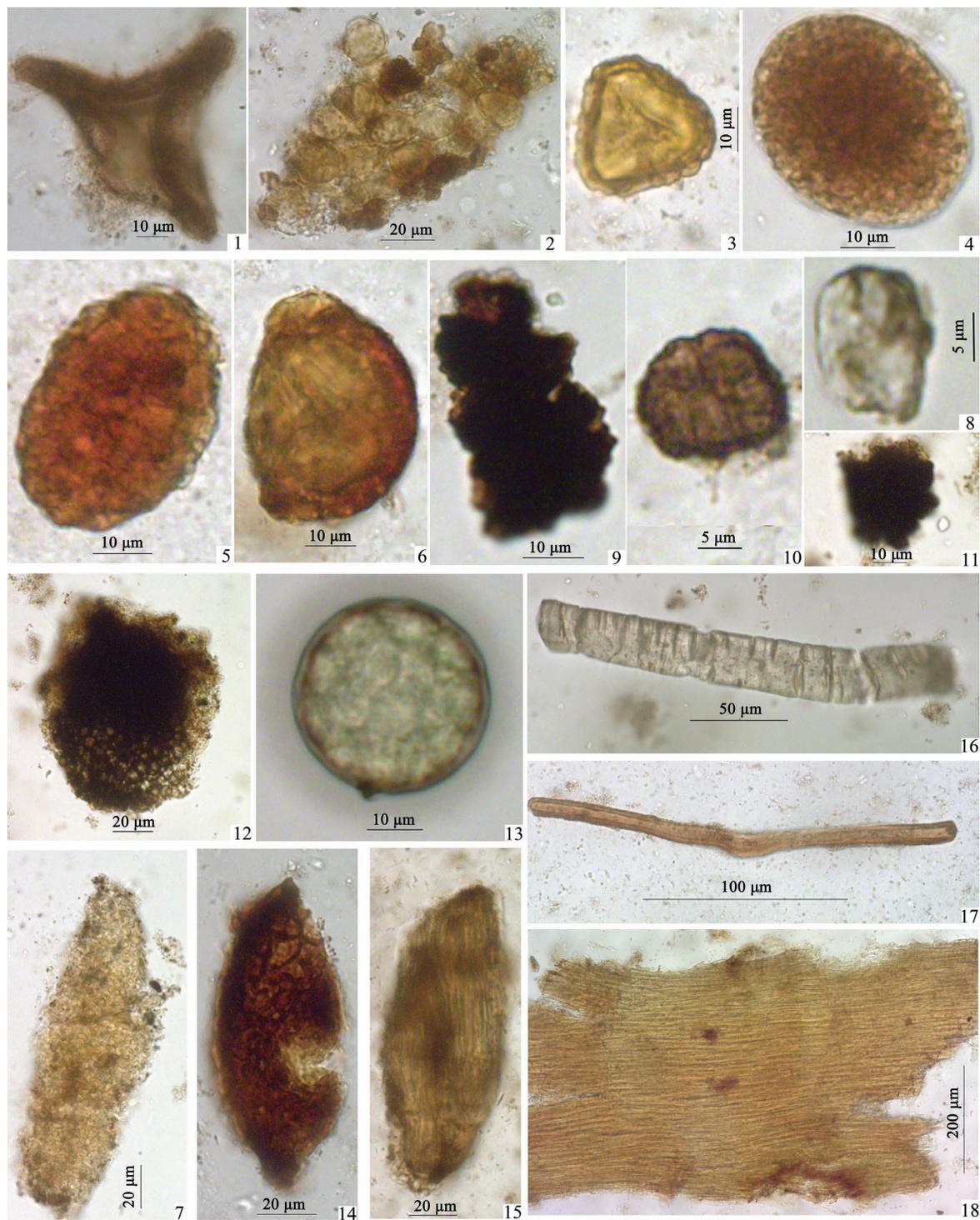
宇	界	系	组(厚度/m)	亚组	段	分层	组/段厚度/m		
元 古 宇	中 元 古 界	蓟 县 系	高于庄组 (938.62m)	张家峪 亚组	环秀寺	第十段	171~173	64.26	
					桑树鞍 亚组	亚组	第九段	168~170	44.36
						第八段	160~167	105.28	
						第七段	157~159	49.91	
					官地 亚组	亚组	第六段	148~156	93.76
						第五段	134~147	96.58	
						第四段	113~133	104.16	
					官地 亚组	亚组	第三段	92~112	124.37
						第二段	56~91	124.65	
					官地 亚组	亚组	第一段	28~55	131.29

图版 I Plate I



1~4.串珠分枝藻(新种)*Ramificansa momiliiformis* sp.nov.; 5~6.崖门子长城线藻 *Changchengonema yamenziensis* sp.nov.; 7~8.罗庄拟颤藻 *Oscillatoropsis luozhuangensis*, Zhang, 1981; 9.巨型拟颤藻 *Oscillatoropsis princeps* Zhang and Yan, 1984; 10~11.薄带藻 *Taeniatum simplex* Sin, 1962; 12.厚带藻 *Taeniatum crassum* Sin et Liu, 1973; 13.瘤点膜片藻 *Paleamorpha punctulata* Xing et Liu, 1978

图版 II Plate II



- 1.三角角球藻(新种)*Cornutosphaera triquetrus* sp.nov. ; 2.鱼鳞膜片藻(新种)*Paleamorpha squamifera* sp.nov. ; 3.钝端翠花山藻 *Cuihuashania hyndmanii*; 4.古聚合球形藻 *Symplassosphaeridium infriatum*; 5~6.开口粗面球形藻(新种)*Trachysphaeridium aperturum* sp.nov. ; 7.薄壁光球藻 *Leiosphosphaera pelucidus*; 8.小型光球藻 *L. minor*; 9.驼峰瘤面球形藻 *Lophosphaeridium gibberosum*; 10.圆形瘤面球形藻 *L. orbiculatum*; 11~12.群体萨特卡藻 *Satka coloninalica*; 13.大型拟粘球藻 *Myxococcoides grandis*; 14.网孔光面橄欖藻 *Leioarachnium areolosa*; 15.简单光面橄欖藻 *Leioarachnium simplex*; 16.中华拟圆丝鼓藻 *Hyalothecopsis sinica*; 17.粗面管藻 *Siphonophycus kestron*; 18.分枝藻(未定种)*Ramificansa* sp.

细胞呈串珠状互相镶嵌式纵向排列,细胞大小为4~8 μm ,局部可见直径稍大,异形胞,在附近产生单分枝,具有典型的多细胞高等植物特征。

(4)多面藻类(Edromorphida):约占微古植物组合的4.3%,形态奇特,结构复杂。例如,钝端翠花山藻 *Cuihuashania hyndmanii* Zhang,1986,植物体圆三角形,大小263~413 μm ,两侧边轻微外凸,底边略凹进,一角端内具一较复杂的微结构;三角角球藻(新种) *Cornutosphaera triquetrus* sp.nov.膜壳轮廓为不规则圆形,直径40~70 μm ,膜壳似囊状,具有3条粗而长的突起,突起大小5~20 μm 。

(5)异形类(Versimorphida):约占微古植物组合的12.8%。例如,中华拟圆丝鼓藻 *Hyalothecopsis sinica* Zhang,1982,细胞宽20~30 μm ,长10~20 μm ,缝浅而窄,半细胞正面观梯形;鱼鳞膜片藻(新种) *paleamorpha squamifera* sp.nov.,膜状有机质碎片,形状不定,单层,表面粗糙,具有许多纵向分布的鱼鳞状脊条,鱼鳞为2~6 μm ,大部分呈平行排列,有的斜交;还有花纹膜片藻 *paleamorpha figurata* Xing et Liu,1978和瘤点膜片藻 *Paleamorpha punctulata* Xing et Liu,1978。

(6)特征性分子有:球形藻类(Sphaeromorphida): *Leiopsophosphaera minor* Schep.,1963, *L.pelucidus* Schepeleva,1963, *Trachysphaeridium aperturum* sp.nov., *Lophosphaeridium gibberosum*(Tim.) Yin, *Lophosphaeridium orbiculatum* Sin, 1962, *Satka coloninalica* Jankauskas,1979, *Sympllassosphaeridium infriatum* Luo et Zhang,1986, *Myxococcoides grandis* Horodiski et dOnald,1980;船形藻类(Scaphomorphida): *Leioarachnitum areolosa* (Yan, 1994) Sun,2006, *L.simplex* Sun, 1989;线形藻类(Nematomorphida) *Oscillatoriopsis princeps* Zhang and Yan,1984, *O. luozhuangensis*, Zhang,1981, *Siphonophycus kestron* Schopf,1968, *Taeniatum simplex* Sin,1962, *T. crassum* Sin et Liu,1973;多面藻类(Edromorphida): *Cuihuashania hyndmanii* Zhang,1986;异形类(Versimorphida): *Hyalothecopsis sinica* Zhang,1982, *Paleamorpha punctulata* Xing et Liu,1978。

(7)独有分子:多面藻类中的三角角球藻 *Cornutosphaera triquetrus* sp.nov.,线形类中的串珠分枝藻(新种) *Ramificansa momiliformis* sp.nov.,异形类中的鱼鳞膜片藻(新种) *Paleamorpha squamifera* sp.nov.。

2.2 第二组合(桑树鞍亚组)微古植物组合特征(图版III-1~10)

(1)球形藻类(Sphaeromorphida):约占微古植物组合的67.6%。表面粗糙的增多,如 *Asperatoposphosphaera* 属分子,舌形褶糙面球形藻 *A.glassa* Sun, 1994膜壳轮廓圆形,表面疣状,具舌形褶皱,褶皱两端尖。也出现个体较小的 *Margominuscula* 属分子,如古厚缘小球藻 *Margominuscula antiqua* Naumova, 1960,膜壳轮廓圆形或不规则圆形,直径6~10 μm ,表面光滑,边缘增厚似窄环,“环”宽1~1.5 μm ,具褶皱。表面具环状的,如厚大拟环球形藻 *Pseudozonosphaera grossal* Luo et Li,1994,膜壳轮廓为圆形或近于圆形,膜壳厚,表面粗糙,边缘有同心圆状排列褶皱,其宽度大致相等,形似环状结构。表面纹饰较复杂的,如粗面斑纹球形藻 *Stictosphaeridium scabrosum* Luo et Sun,1981,膜壳轮廓为圆形或宽圆形,边缘微呈波状,具窄的、弯曲的、分叉并闭合的非圆形的脊状突起,脊状突起宽1~2 μm 。

(2)船形藻类(Scaphomorphida):约占微古植物组合的5.4%。例如,双褶大褶藻 *Macroptycha biplicata* Timofeev,1973,膜壳轮廓呈船形,长30~70 μm ,宽10~30 μm ,表面光滑或粗糙,膜壳紧密,具有2个内腔,伸达两极,2个内腔之间为一凹槽。

(3)刺球藻群(Acanthomorphida):约占微古植物组合的8.1%。表面具刺状的,如旋微刺藻 *Micrhystridium tornatum* Volkova, 1968,膜壳轮廓近圆形,直径12~35 μm ,表面具密集的短刺,刺长1~2 μm ,末端尖;纤细波罗的刺球藻 *Baltisphaeridium cerinum* Volkova,1968,膜壳轮廓圆形或椭圆形,直径20~25 μm ,膜壳较薄,表面具密集的短刺,刺长1~2 μm ,末端尖;实球波罗的刺球藻(新种) *Baltisphaeridium bulbosum* sp.nov.,由几个到几十个小个体融合成圆形或椭圆形的群体,膜壳直径30~45 μm ,膜壳较薄,表面具密集短刺,刺长约1~2 μm ,末端尖。

(4)线形类(Nematomorphida):约占微古植物组合的10.8%。例如,粗大管藻 *Siphonophycus capitaneum* Nyberg and Schopf,1984,宽管状藻丝体,无隔膜,不分叉,两壁平行,近等宽,可能是蓝藻的胶鞘。另外,部分管状藻丝体也可能是绿藻丝体降解的产物。

(5)异形类(Versimorphita):约占微古植物组合的8.1%。如枕状藻*Pulvinomorpha* Timofeev,1966属的分子,枕状藻(未定种)*Pulvinomorpha* sp.。

(6)特征性分子有:球形藻类(Sphaeromorphida):*Asperatopsophosphaera.glassa* Sun,1994,*Pseudozonosphaera grosal* Luo et Li,1994,*Stictosphaeridium scabrosum* Luo et Sun,1981,*Trachysphaeridium acis* (Tim.) Yan,1994;船形藻类(Scaphomorphida):*Macroptycha biplicata* Tim.,1973;刺球藻群(Acanthomorphida)(下面地层未见):*Michrhystridium tornatum* Volkova,1968和*Baltisphaeridium cerinum* Volkova,1968;线形藻类(Nematomorphida):*Siphonophycus capitaneum* Nyberg et Schopf,1984。

(7)独有分子:实球波罗的刺球藻(新种)*Baltisphaeridium bulbosum* sp.nov.。

2.3 第三组合(张家峪亚组)微古植物组合的特征 (图版Ⅲ-11~19、图版Ⅳ-1~13)

(1)球形藻类(Sphaeromorphida):约占微古植物组合的69.2%,表面纹饰多样化。表面粗糙的,如薄壁粗面球形藻*Trachysphaeridium cultum* (Andreeva,1966) Xing,1973;表面斑纹状的,如弯脊斑纹球形藻*Stictosphaeridium sinapticuliferum* Timofeev,1966,膜壳表面粗糙,具窄而弯曲的脊状突起,有时末端分叉,具由突起构成的半封闭的蜂巢状纹饰;表面具蜂巢状的,如*Orygmato-sphaeridium*、*Pseudofavosphaera*等属分子,似蜂巢巢面球形藻*Orygmato-sphaeridium kerianum* Luo et Chang,1981,表面具一些不规则形状的小蜂巢,蜂巢大小1~2 μm ,蜂巢眼较浅,巢脊微凸,具不定形的褶皱或脊状突起,巨型拟蜂巢球形藻*Pseudofavosphaera gigantea* Xing,1985,膜壳轮廓为圆形或不规则圆形,具褶皱,表面不规则地分布着一些穴状凹陷,穴呈圆形或不规则圆形,个别可穿透膜壳,穴的直径一般为2~6 μm ;表面具瘤状的,如圆形瘤面球形藻*Lophosphaeridium orbiculatum* Sin,1962,膜壳轮廓圆形或椭圆形,厚而坚密,表面具瘤状纹饰,瘤径2~3 μm ,瘤末端平而圆,驼峰瘤面球形藻*Lophosphaeridium gibberosum* (Tim.) Yin 膜壳轮廓不规则圆形,直径25~30 μm ,膜壳厚,具褶皱,瘤径2~5 μm 。

个体较大的宏观藻类化石开始出现:原始拟寿县藻*Parashouhsienia prima* Sun,2006,化石轮廓为清楚的椭圆形,炭质,短轴为2~5mm,长轴为4~10mm,

边缘平整,无同心圆状皱纹或环纹。

(2)船形藻类(Scaphomorphida):约占微古植物组合的2.6%,显著减少,只有粗面橄榄藻(未定种)*Trchyarachnium* sp.。

(3)刺球藻群(Acanthomorphida):约占微古植物组合的10.2%,如小微刺藻*Michrhystridium minutum* Downie,1982,膜壳轮廓圆形或椭圆形,直径5~10 μm ,膜壳而坚密,表面均匀分布密集的针状刺,刺长0.5~1.0 μm 。

(4)线形类(Nematomorphida):约占微古植物组合的7.7%。尖山子分枝藻(新种)*Ramificansa jianshanziensis* sp.nov.,具多细胞结构植物体,植物体宽350~400 μm ,可见长600~700 μm ,厚薄不一,多层状,细胞呈圆柱形,长为35~40 μm ,宽为20~25 μm ,互相呈镶嵌式纵向排列,具有典型的多细胞特征;宽城青山藻(新种)*Qingshania kuanchengensis* sp.nov.多细胞丝体,单列,不分叉,较完整丝体(一端或两端见有顶端细胞)长为6000~8000 μm 不等,丝体中部细胞呈长柱形,长80~400 μm ,宽40~200 μm ,末端细胞呈钝圆形到圆锥形,宽10~40 μm ,在中部细胞中偶见膨大的孢子囊状细胞,长80~100 μm ,宽20~50 μm 。

(5)多面藻类(Edromorphida):约占微古植物组合的2.6%,如角球藻(未定种)*Cornutosphaera* sp.。

(6)异形类(Versimorphida):约占微古植物组合的7.7%。如归入褐藻门Phaeophyta Smith,1951的片藻属*Laminarites* Eichwald,1854,为藻类碎片,常呈不规则棱角状,厚薄不一,多层状,具蜂巢状细胞结构,表面有不规则分布细颗粒状;多细胞片藻*Laminarites multicellularis* Sun,2006,特征为具多细胞结构的有机质碎片,碎片呈不规则形状,细胞大多数呈多角形,大小为4~12 μm ,互相呈镶嵌式排列,细胞之间具不清楚的公共壁相连,具有典型的多细胞薄壁组织的特征。

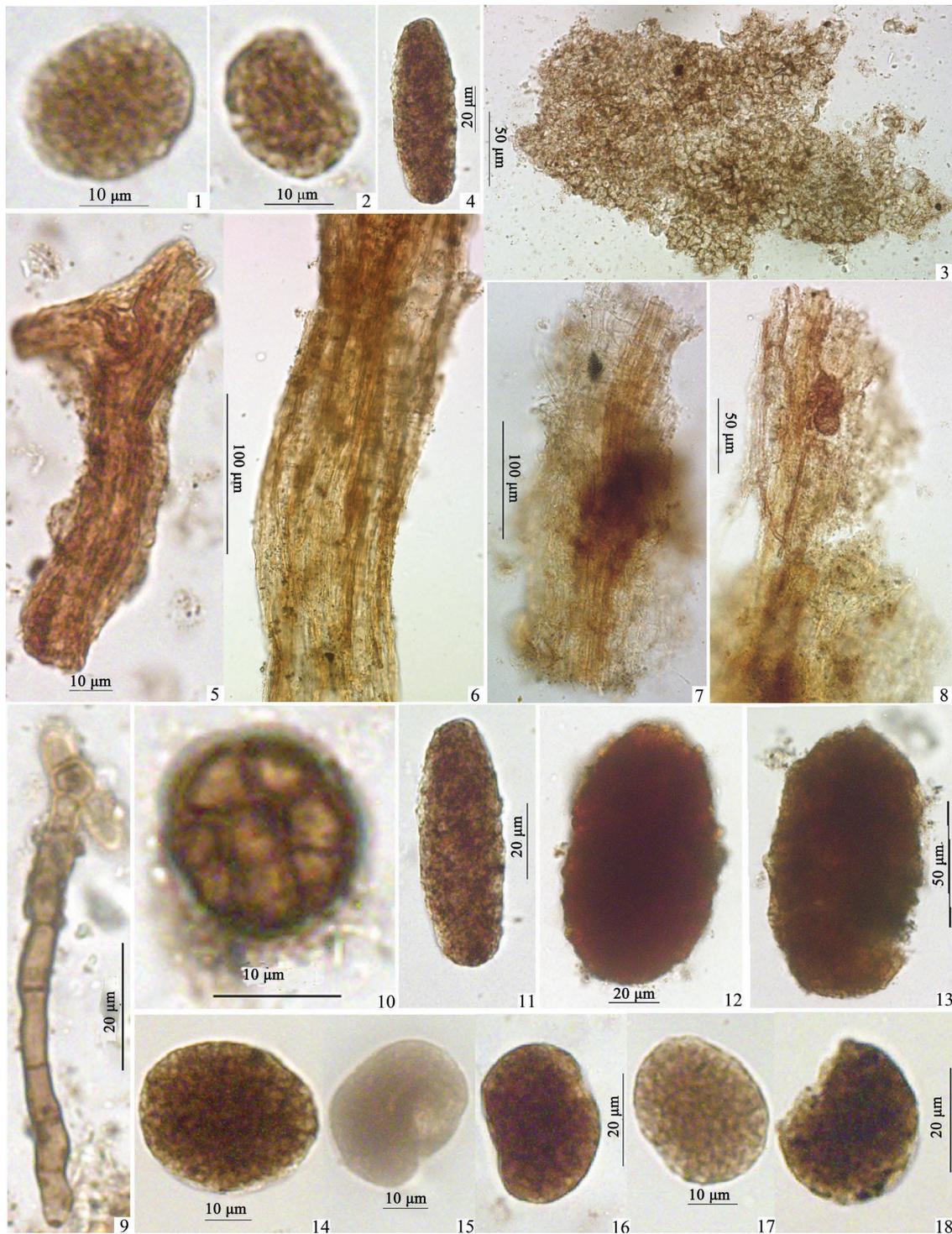
(7)特征性分子有:球形藻类(Sphaeromorphida):*Lophomiuscula acietata* Sun,1989,*Lophosphaeridium yichangense* Sin et Liu,1978,*Polynucella biconcentrica* Xing et Liu,1973,*Stratimorphis polytunica* Luo et Sun,1981,*Trachysphaeridium robustum* Yin et Li,1978,*Nuia pelucidum* Zhang,1990,*Microconcentric induplicata* Liu et Sin,1973;原始拟寿县藻*Parashouhsienia prima* Sun,2006;刺球藻群(Acanthomor-

图版 III Plate III



1~2.舌形褶糙面球形藻 *Asperatopsophsphaera glassa*; 3.厚大拟环球形藻 *Pseudozonosphaera grossa*; 4.粗面斑纹球形藻 *Stictosphaeridium scabrosium*; 5.尖端粗面球形藻 *Trachysphaeridium acis*; 6.双褶大褶藻 *Macroptycha biplicata*; 7.实球波罗的刺球藻(新种) *Baltisphaeridium bulbosum* sp.nov.; 8.粗大管藻 *Siphonophycus capitaneum*; 9.旋微刺藻 *Micrhystridium tornatum*; 10.纤细波罗的刺球藻 *Baltisphaeridium cerinum*; 11~12.尖顶瘤面球形藻 *Lophominscula acietata*; 13.宜昌瘤面球形藻 *Lophosphaeridium yichangense*; 14.双核藻 *Polynucella biconcentrica*; 15.多层藻 *Stratimorphis polytunica*; 16~17.粗强粗面球形藻 *Trachysphaeridium robustum*; 18.苍白微刺藻 *Micrhystridium pallidum*; 19.小微刺藻 *Micrhystridium minutum*

图版IV Plate IV



1~2.多纹同心藻 *Microconcentrica induplicata*; 3.多细胞片藻 *Laminarites multicellularis*; 4.原始拟寿县藻 *Parashouhsenia prima*; 5~8.尖山子分枝藻(新种) *Ramificans jianshanziensis* sp.nov.; 9.宽城青山藻(新种) *Qingshantia kuanchengensis* sp.nov.; 10.龟片同心藻(新种) *Microconcentrica testudinarius* sp.nov.; 11.原始拟寿县藻 *Parashouhsenia prima*; 12~13.大型椭球藻 *Archaeoellipsoidea grandis*; 14.细脊斑纹球形藻 *Stictosphaeridium pectinale*; 15.厚壁粗面球形藻 *Trachysphaeridium planum*; 16.双层藻 *Stratimorphis didyma*; 17.坚密粘球藻 *Gloeocapsomorpha densa*; 18.雾迷山糙面球形藻 *Asperatopsophaera umishanensis*

phida): *Micrhystridium minutum* Downie, 1982, *M. pallidum* Volkova, 1968; 异形类 (Versimorphita): *Laminarites antiquissimus* Eichw, 1854。

(8) 独有分子: 多球藻类中的龟片同心藻 (新种) *Microconcentrica testudinarius* sp. nov., 线形藻类中的宽城青山藻 (新种) *Qingshania kuanchengensis* sp. nov. 和尖山子分枝藻 (新种) *Ramificansa jianshanziensis* sp. nov.。

2.4 第四组合 (环秀寺亚组) 微古植物组合特征 (图版IV-14~18)

高于庄组第四组合的分子均为球形藻类 (Sphaeromorphida) 的分子: *Asperatopsophosphaera. umishanensis* Sin et Liu, 1973, *Stictosphaeridium pectinale* Timofeev, 1966, *Stratimorphis didyma* Luo et Zhang, 1981, *Trachysphaeridium. chih sienense* Liu et Sin, 1973, *T. planum* Sin, 1973, *Gloeocapsomorpha densa* Sun, 1994, 由于当时环境所限, 不利于生物保存。保留的化石均为上述地层出现过的分子, 没有特征性化石。

3 微古植物主要特征

通过与下伏长城系微古植物的比较, 高于庄组微古植物具有如下十分显著的特征。

(1) 出现大量具复杂纹饰的单细胞球状化石

单细胞球形藻群在前寒武纪地层中最为常见, 在高于庄组中也不例外。但与下伏长城系中球形化石相比, 在总体上有显著不同。根据前人总结^[4-5], 长城系球形藻群在数量上占多数, 且以膜壳厚实、表面光滑的类型为主, 其次才是表面略显粗糙和具简单褶皱的类型 (如 *Dictyosphaera*、*Kildinella*)。在高于庄组球状微古植物中, 上述膜壳厚实、表面光滑的化石只占少数, 代之大量出现的是各种粗面、糙面、瘤面和巢面的类型, 如驼峰瘤面球形藻 *Lophosphaeridium gibberosum*、似蜂巢巢面球形藻 *Orygmatosphaeridium kerianum*、薄壁粗面球形藻 *Trachysphaeridium cultum*、开口粗面球形藻 (新种) *Trachysphaeridium aperturum* sp. nov. 等。这些球形化石的自然属性虽然还未严格确定, 但无疑都属于真核藻类化石的范畴。

(2) 具刺疑源类的兴起

具刺疑源类作为特殊类型的球状微古植物, 以前主要报道发现于早古生代地层, 后来在前寒武纪

地层中陆续发现, 其中个体细小 (直径小于 $20\ \mu\text{m}$) 的微刺藻 *Micrhystridium* 曾经被看作新元古代标志性的化石类群之一。微刺藻 *Micrhystridium* 也在北京十三陵剖面中元古界雾迷山组中被发现^[6]。在宽城高于庄组中下部还发现了具刺疑源类化石, 不仅有微刺藻 *Micrhystridium tornatum*, 还发现了直径更大 (大于 $20\ \mu\text{m}$) 的波罗的刺球藻, 如纤细波罗的刺球藻 *Baltisphaeridium cerinum*、新种实球波罗的刺球藻 *B. bulbosum* sp. nov. 等。不仅在泥岩相中有发现, 在燧石相中也有发现, 表明它们是中元古界出现频度很高的化石种类之一, 也是生命演化从高于庄组开始发展到一个新阶段的重要标志。具刺疑源类或刺球藻群按大小可分为2类, 大型具刺疑源类 (大于 $50\sim 80\ \mu\text{m}$) 可能是后生动物早期胚胎滞育阶段的休眠囊胞, 小型具刺疑源类则主要是某些多细胞藻类繁殖期的囊胞^[7]或与横裂甲藻有亲缘关系的化石类型^[8]。从高于庄组开始出现的具刺疑源类可能代表横裂甲藻或多细胞生物发展的新时代。

(3) 多细胞生物的初步繁盛和分枝化石的异军突起

本次研究发现了多种多样的多细胞藻类化石及其碎片, 其中尤以具真正分叉的微体型多细胞线状或柱状化石最为夺目, 例如红藻门中分枝藻属 (新属) *Ramificansa* gen. nov. 的出现。

在长城系中早有丝状化石的报道, 例如串岭沟组中的壮丽青山藻 *Qingshania magnifica* Yan 和紧密长城线藻 *Changchengnema densa* Yan, 前者为粗大的丝状绿藻化石, 后者则为具有假分枝蓝藻门伪枝藻科的化石, 但至今尚未有真正分叉化石的报道。而在中元古代中期地层中, 除产于美国加利福尼亚东部贝克泉白云岩中的有分枝管状体 *Palaeosiphonella* (1300Ma)^[9] 和中国山西中元古代汝阳群的分枝管状藻体、显微环状螺旋加厚管状体的报道外^[10], 具真正分叉的化石极少被发现, 直到震旦纪才大量出现。

综上所述, 与下伏长城系相比, 高于庄组中的微古植物化石不仅种类丰富, 形态多样, 而且涵盖了绝大部分藻类化石, 表明生物演化多样性和复杂性的显著提高。同时, 一些门类的衰减和兴起, 又表现出明显的阶段特征, 从而为其地层应用带来了新的依据和前景。新的研究还表明, 微体分枝型多细胞藻类植物的初步繁盛可能正是评价中元古代

盖层纪(Calymmian)生物演化水平和进行地层对比的重要标志之一。

4 微古植物系统描述

(1) 疑源类 Acritarchs

球藻群 Sphaeromorphida Timofeev, 1966

单球藻亚群 Monosphaeritae Timofeev, 1966

粗面球形藻属 *Trachysphaeridium* Timofeev, 1959

开口粗面球形藻(新种) *Trachysphaeridium aperturum* sp.nov.(图版 II-5-6)

全型:化石号 07kgv24, 图版 II-6。

描述:膜壳轮廓为圆形或宽椭圆形,直径 30~40 μm 。膜壳薄或厚,表面粗糙,具有许多小而弯曲的、常为半圆形的褶皱,形似网状纹饰。具一个 2~4 μm 的开口,开口可释放孢子。褐黄色。

比较讨论:本种以具一个 2~4 μm 的开口,区别于该属各已知种。

多球藻亚群 Polysphaeritae Timofeev, 1966

同心藻属 *Microconcentrica* Naumova, 1960

龟片同心藻(新种) *Microconcentrica testudinarius* sp.nov.(图版 IV-10)

全型:化石号 07kgv111, 图版 IV-10

描述:膜壳轮廓呈圆形或宽椭圆形,直径 15~20 μm 。膜壳薄或较薄,边缘同心状排列的半圆形的蜂巢结构清晰。表面具有由几个至十几个龟片形状组成的似镶嵌构造,龟片边缘微凹,中间微凸,长 4~6 μm , 宽 2~3 μm , 表面纹饰粗糙。黄色。

比较讨论:该种以由几个至十几个龟片形状组成的似镶嵌构造区别于其他各种。

刺球藻群 Acanthomorphida Downie, Evitt and Sarjeant, 1963

实球波罗的刺球藻(新种) *Baltisphaeridium bulbosum* sp.nov.(图版 III-7)

全型:化石号 07kgv67, 图版 III-7

描述:由几个到几十个小个体融合而成圆形或椭圆形的群体,膜壳直径 30~45 μm 。膜壳较薄,不甚紧密;表面具密集的短刺,刺长 1~2 μm , 末端尖。棕褐色。

多面藻群 Edromorphida Timofeev, 1973

角球藻属 *Cornutosphaera* Xing, 1973

三角角球藻(新种) *Cornutosphaera trique-*

trus sp.nov.(图版 II-1)

全型:化石号 07kgv41, 图版 II-1

描述:膜壳轮廓为不规则圆形,直径 40~70 μm 。膜壳似囊状,具有 3 条粗而长的突起。好象是动物的触角,突起大小 5~20 μm , 膜壳厚,表面粗糙。棕褐色。

比较讨论:本种膜壳似囊状,以具有 3 条粗而长的突起区别于各已知种。

膜片藻属 *Paleamorphia* Xing et Liu, 1978

鱼鳞膜片藻(新种) *Paleamorphia squanifera* sp.nov.(图版 II-2)

全型:化石号 07kgv05, 图版 II-2

描述:膜状有机质碎片,形状不定;单层,薄,柔弱,不紧密;表面粗糙,具有许多纵向分布的鱼鳞状脊条,鱼鳞为 24~6 μm , 鱼鳞大部分呈平行排列,有的斜交。黄褐色-褐色。

比较讨论:本种以具有许多纵向分布的鱼鳞状脊条的特点区别于各已知种。

(2) 藻类化石 Algal Fossils

蓝藻门 Cyanophyta Smith, 1951

长城线藻属 *Changchengonema* Yan, 1989

崖门子长城线藻(新种) *Changchengonema yamenziensis* sp.nov.(图版 I-5-6)

全型:化石号 07kgv41, 图版 I-5

描述:藻丝体为多细胞丝体,不完整丝体的可见长度为 2000~3000 μm 。细胞呈串珠状互相镶嵌式纵向排列。细胞大小 6~8 μm 。具有典型的多细胞特征。黄褐色-棕褐色。

比较讨论:本种与紧密长城线藻 *Changchengonema densa* Yan, 1989 的区别,后者细胞长度相近,中部细胞呈圆柱形。

绿藻门 Chlorophyta Smith, 1951

青山藻属 *Qingshania* Yan, 1989

宽城青山藻(新种) *Qingshania kuanchengensis* sp.nov.(图版 IV-9)

全型:化石号 07kgv111, 图版 IV-9

描述:多细胞丝体,单列,不分叉,不完整丝体可见长度为 1000~6000 μm , 较完整丝体(一端或两端见有顶端细胞)长 6000~8000 μm 不等。丝体中部细胞呈长柱形,长大于宽,长 80~400 μm , 宽 40~200 μm 。末端细胞呈钝圆形-圆锥形,宽 10~40 μm 。在中部细胞中偶见膨大的孢子囊状细胞,

长 80~100 μm , 宽 20~50 μm 。灰褐色。

比较讨论:丝体宽大,细胞形态和大小不一,并见有膨大的孢子囊状细胞,是进化程度较高的一种藻丝体。

红藻门 Rhodophyta Smith, 1951

分枝藻属(新属) *Ramificansa* gen. nov.

属型: *Ramificansa momiliformis* gen. et sp. nov.

特征:多细胞植物体,分叉,不等宽,多细胞呈圆柱形、桶形、扁珠形。植物体单生,直或弯曲。

比较讨论:本属植物体细胞呈圆柱形,桶形或扁珠形。细胞形态不相似,并见有膨大的孢子囊状细胞的特点,可与蓝藻门颤藻科分子相区别。根据本属植物体的细胞形态特点,可能是具有真核藻类特征的原始红藻门的分子。

分布与时代:中国中元古界蓟县系。

串珠分枝藻(新种) *Ramificansa momiliformis* sp. nov. (图版 I-1~4)

全型:化石号 07kgv22, 图版 I-1、3

描述:具多细胞结构的分叉植物体,植物体宽 70~80 μm , 可见长为 700~800 μm 。厚薄不一,多层状;细胞呈串珠状互相镶嵌式纵向排列,细胞大小 4~8 μm 。在局部可见直径稍大的异形胞,并且在附近产生单分枝。具有典型的多细胞高植物等特征。黄褐色-棕褐色。

比较讨论:在含有宏观藻类化石和炭质薄膜碎片的岩层中,用化学浸解法发现了大量不同透明度的有机质碎片。这些资料表明,它们都是具有这种细胞结构的多细胞藻类植物。

尖山子分枝藻(新种) *Ramificansa jianshanziensis* sp. nov. (图版 IV-5~8)

全型:化石号:07kgv68, 图版 IV-5

描述:具多细胞结构的植物体,植物体宽 350~400 μm , 可见长 600~700 μm 。厚薄不一,多层状。

细胞呈圆柱形,细胞长 35~40 μm , 宽 20~25 μm 。互相呈镶嵌式纵向排列,在局部可见直径稍大的异形胞,并且在附近产生单分枝。具有典型的多细胞高植物等特征。黄褐色-黑褐色。

比较讨论:在含有宏观藻类化石和炭质薄膜碎片的岩层中,用化学浸解法发现了大量不同透明度的有机质碎片。这些资料表明,它们都是具有这种细胞结构的多细胞藻类植物。

致谢:衷心感谢天津地质调查中心黄学光和孙立新研究员在化石标本野外采集工作中所做的贡献。

参考文献

- [1]李怀坤,朱士兴,相振群,等.北京延庆高于庄组凝灰岩的锆石 U-Pb 定年研究及其对华北北部中元古界划分新方案的进一步约束[J].岩石学报,2010,26(7):2131-2140.
- [2]陆松年,李惠民.蓟县长城系大红峪组火山岩的单颗粒锆石 U-Pb 法准确定年[J].中国地质科学院院报,1991,22:137-145.
- [3]苏文博,李怀坤, Huff W D, 等.铁岭组钾质斑脱岩锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究及其地质意义[J].科学通报,2010,55(22):2197-2206.
- [4]朱士兴,邢裕盛,张鹏远,等.华北地台中、上元古界生物地层序列[M].北京:地质出版社,1994.
- [5]孙淑芬.中国蓟县中、新元古界微古植物[M].北京:地质出版社,2006.
- [6]张鹏远,谷淑琴.北京十三陵蓟县系雾迷山组微体化石群[J].地质学报,1986,60(4):321-332.
- [7]尹磊明,袁训来,周传明.中国南方陡山沱组小膜壳具刺疑源类及其生物、地质意义[C]//中国古生物学会第十次代表大会暨第25届学术年会论文摘要集.中国古生物学会,2009.
- [8]阎玉忠,朱士兴.山西永济百草坪组具刺疑源类的发现及其地质意义[J].微体古生物学报,1992,9(3):267-282.
- [9]Licari G R. Biogeology of the late pre-Phanerozoic Beck Spring Dolomite of eastern California[J]. Journal of Paleontology, 1978, 52: 767-792.
- [10]尹磊明,边立曾,袁训来.山西中元古代汝阳群分枝管状藻体和显微环状螺旋加厚管体的发现[J].中国科学(D辑),2003,33(8):769-774.