

# 华北古陆南缘豫西新元古代大型疑源类 及古地理环境分析

高 维<sup>1</sup> 张传恒<sup>2</sup> 王自强<sup>2</sup>

(1. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

**摘要:**华北古陆南缘豫西元古宙地层中白草坪组出现大量大型具刺疑源类, 通常大型疑源类首现于新元古代地层, 而华北古陆这类的疑源类却首现于中元古地层, 因此, 其起源和演化谱系就成为许多学者仍需深入探讨的未解之谜。近年来, 蓟县中、新元古代地层一直是视为标准剖面, 但是, 下马岭组新的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄打破了该组原有的中、新元古代地层的位置, 同时也打破了生物演化序列的完整性。新的年龄意味着蓟县剖面中、新元古代地层有可能缺失 1200~900 Ma 地质记录。从生物地层上分析, 豫西的汝阳群和洛峪群中出现大量大型疑源类有可能填补蓟县剖面中生物的空缺。本文通过生物地层学、化学地层学研究和岩相分析, 探讨其发生可能和地层及构造意义。

**关键词:**华北古陆; 新元古代; 疑源类; 古地理

**中图分类号:** Q911.6      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2011)05-1232-12

全球新元古代年表中细分了三个系一级单位, 即拉伸系、冰成系和埃迪卡拉系, 大体与中国地质年表中的青白口系、南华系和震旦系对应, 时限为 1000~542 Ma。全球新元古代地层试图建立 4 个层型剖面及层型点(GSSA), 自下而上为 1000 Ma, 850 Ma, 725 Ma, 635 Ma 和 542 Ma; 中国地质年表与国际地层年表的分界有所不同。中国青白口系(1000~780 Ma)对应于拉伸系(1000~850 Ma)明显不同的是上限年龄。而且国际成冰系底界年龄有可能用更新的年龄(725 Ma)取代成冰系底界年龄, 但与中国全国地层委员会所采纳的南华系底界年龄(780 Ma)也不同。目前, 埃迪卡拉系底界(635 Ma)和寒武系底界(542 Ma)的金钉子(GSSA)已在国际年表中确定, 与中国年表的震旦系顶底年龄一致。另外三个金钉子尚有大量的工作可做。由于新元古代是地史中隐生宙向显生宙过渡的重要阶段, 是生命演化最活跃的时期, 期间经历了几个全球范围的重大地质事件, 即: ① Rodinia 超大陆聚合期是重大生命演

化阶段——大型具刺疑源类的出现(1100~1000 Ma), 后生植物的分异(900~850 Ma); ② Rodinia 超大陆离散期出现冰川事件(~740 Ma); ③ 出现在冰期之后的 3 次后生动物重大演化辐射——*Tianzhushania* 和早期动物胚胎动物化石的共生及分异阶段, 陡山沱期庙河生物群的繁盛(628~614 Ma); 庙和河生物群(560~551 Ma); 灯影峡期 *Sinotubulites-Clodina* 具外壳动物的出现(550~Ma)以及 ④ 灯影峡期埃迪卡拉动物群(550~542 Ma); ⑤ 新元古代与寒武纪“世纪之交”界线点上发育了隐生宙与显生宙界线划分的标准化石小壳化石群(542 Ma)(图 1)。

多年来, 生物地质学家试图从生物演化的重要阶段来建立新的分界界线, 但也有学者认为前寒武纪地层界线的划分应该用地史上重大全球地质事件来确定, 即《地质年代表(修订本)》建议以关键事件群为标志来限定前寒武纪地层单位的“自然界线”的地质年代表, 特别是建议中元古界和新元古界的界线

收稿日期: 2010-11-17; 改回日期: 2011-03-11

基金项目: 创新研究群体基金(40921062)、973 计划(2011CB808806)和中国地质地质调查局项目(1212010911071)资助。

作者简介: 高维, 女, 1983 年生, 硕士, 从事古生物、地层、构造研究; E-mail: gw551121@163.com。

通讯作者: 张传恒, 男, 1962 年生, 教授, 博士, 主要从事地层学、前寒武纪地质教学和科研工作; E-mail: zhangch@cugb.edu.cn。

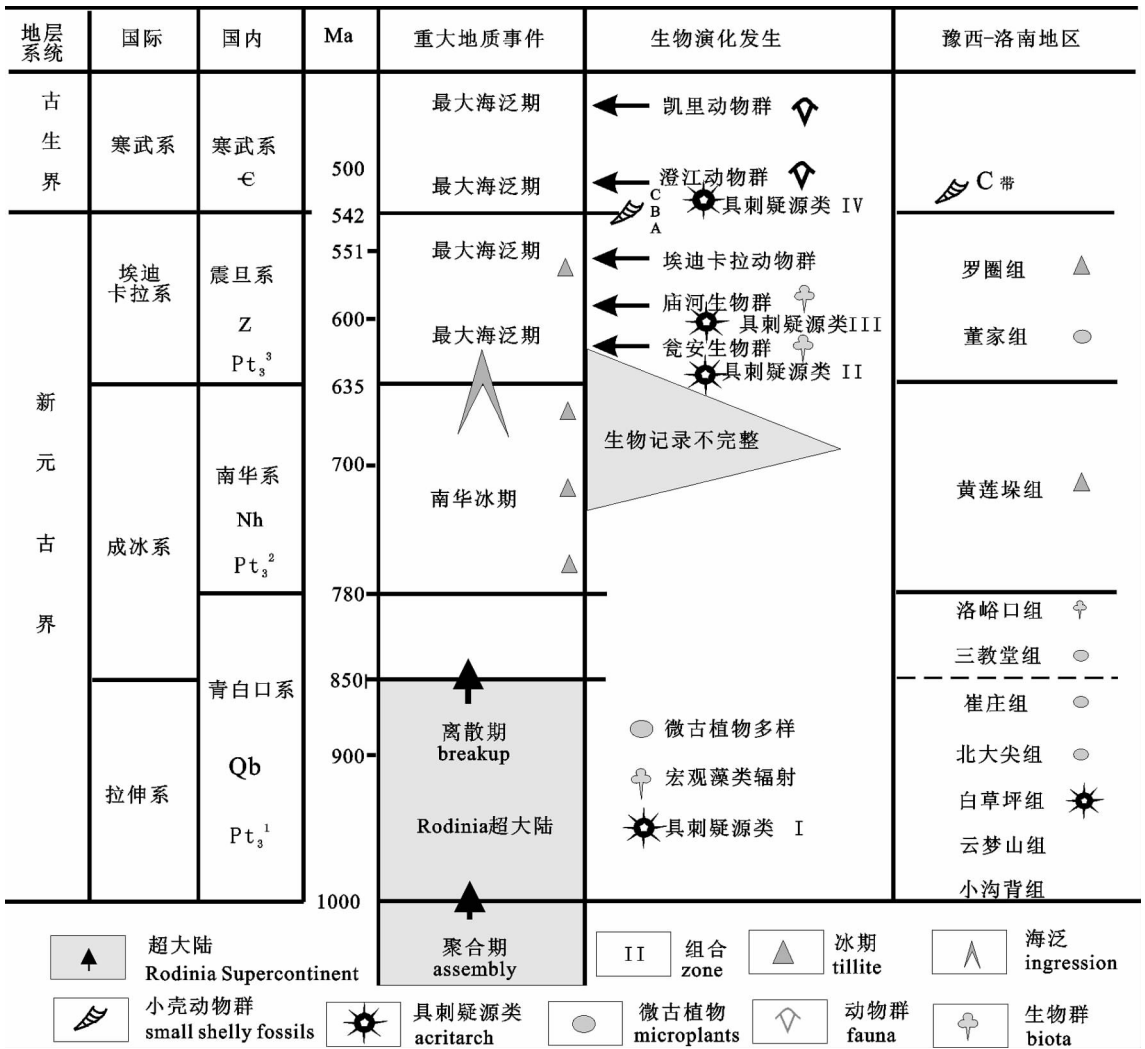


图 1 新元古代生物演化阶段与重要的地质事件  
Fig.1 Evolutional stages of biostratigraphy in Neoproterozoic in China

年龄为 12.67 亿年左右, 以北美麦肯基山岩浆群的出现为标志<sup>[1-2]</sup>。该建议方案借鉴了超大陆研究中普遍采用的地质事件群的研究方法, 由于将前寒武纪地层学研究变成了地球动力学研究体系中的一个有机组成部分, 这一研究思路已成为今后前寒武纪年代地层学研究的发展方向和新思维。该挑战对于中、新元古界传统认识产生了巨大的影响, 首先大型疑源类出现在中、新元古代地层 ((1183±73) Ma, K-Ar<sup>[3]</sup>; (1163±32) Ma, 碎屑锆石 U-Pb<sup>[4]</sup>) 为新的演化起点; 另外华北地台下马岭组钾质斑脱岩中测得锆石 SHRIMP U-Pb 年龄 (1368±16 Ma<sup>[5]</sup>), 将传统划分新元古界的下马岭组回归到中元古代地层柱中, 使中元古界下马岭组与上覆新元古界骆驼岭组之间

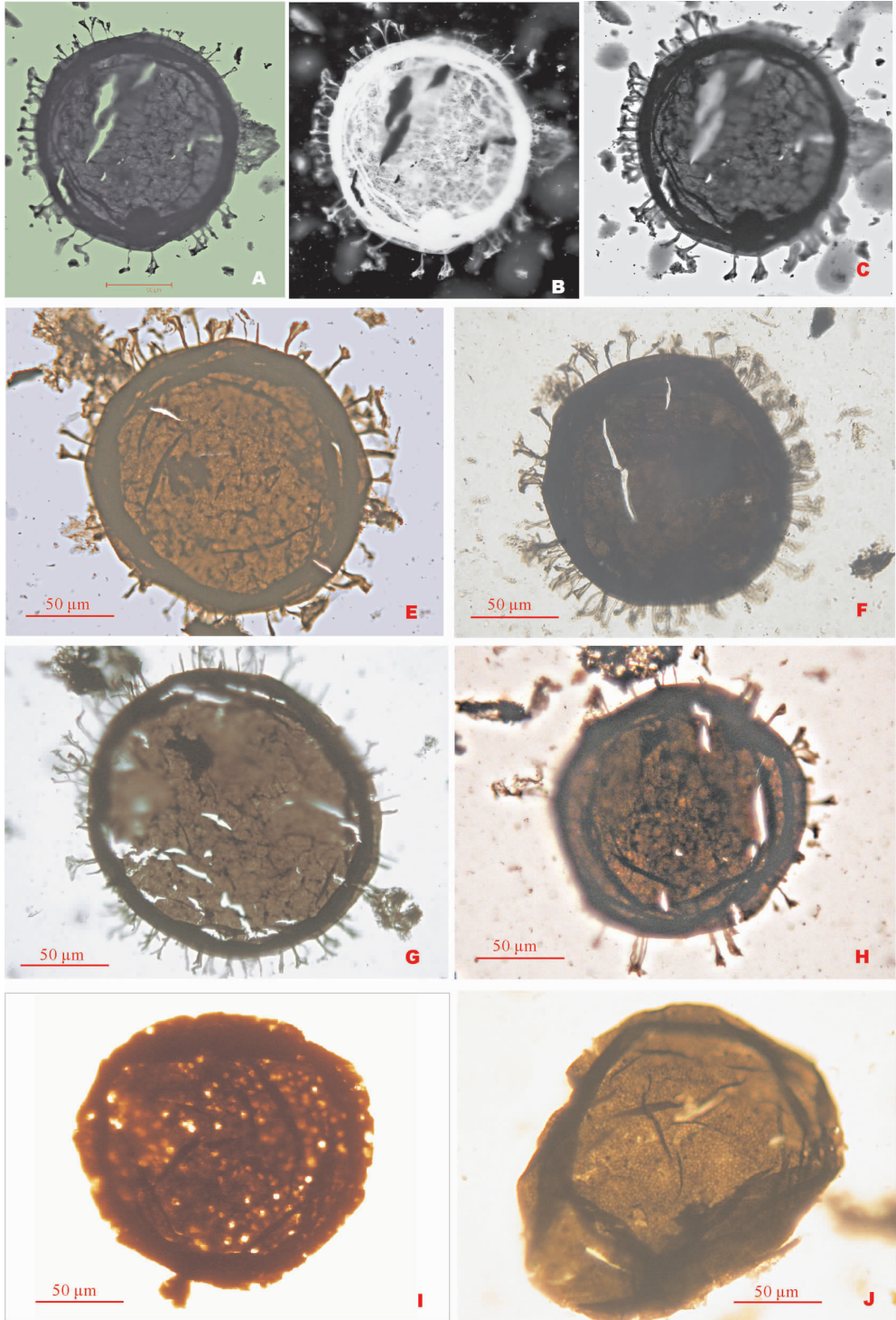
出现了近 300 Ma (1200~900 Ma) 地层的缺失。华北古陆南缘晋陕豫地区广为发育大型疑源类 (图版 I, 图版 II) 的原中元古界汝阳群为新地层柱提供了生物演化的空间位置, 即正好填补鹤壁剖面不整合面上的地层空缺<sup>[6]</sup>。

### 1 研究背景

华北地台南缘的新元古代生物序列主要为具刺疑源类组合<sup>[7-14]</sup>, 宏观藻类化石组合<sup>[15]</sup>, 震旦系董家组微古植物组合<sup>[16]</sup>, 以及罗圈冰期后微古植物组合、遗迹化石组合。然而, 陕西洛华公路罗圈组上段拟建张家湾组和贺兰山苏峪口正目观组 (冰碛岩) 之上的兔儿坑组发育的遗迹化石组合可与灯影组末期高

图版 I

Plate I



全部化石均为页岩浸解法获得;部分照片底色为核磁共振不同滤色片的效果。

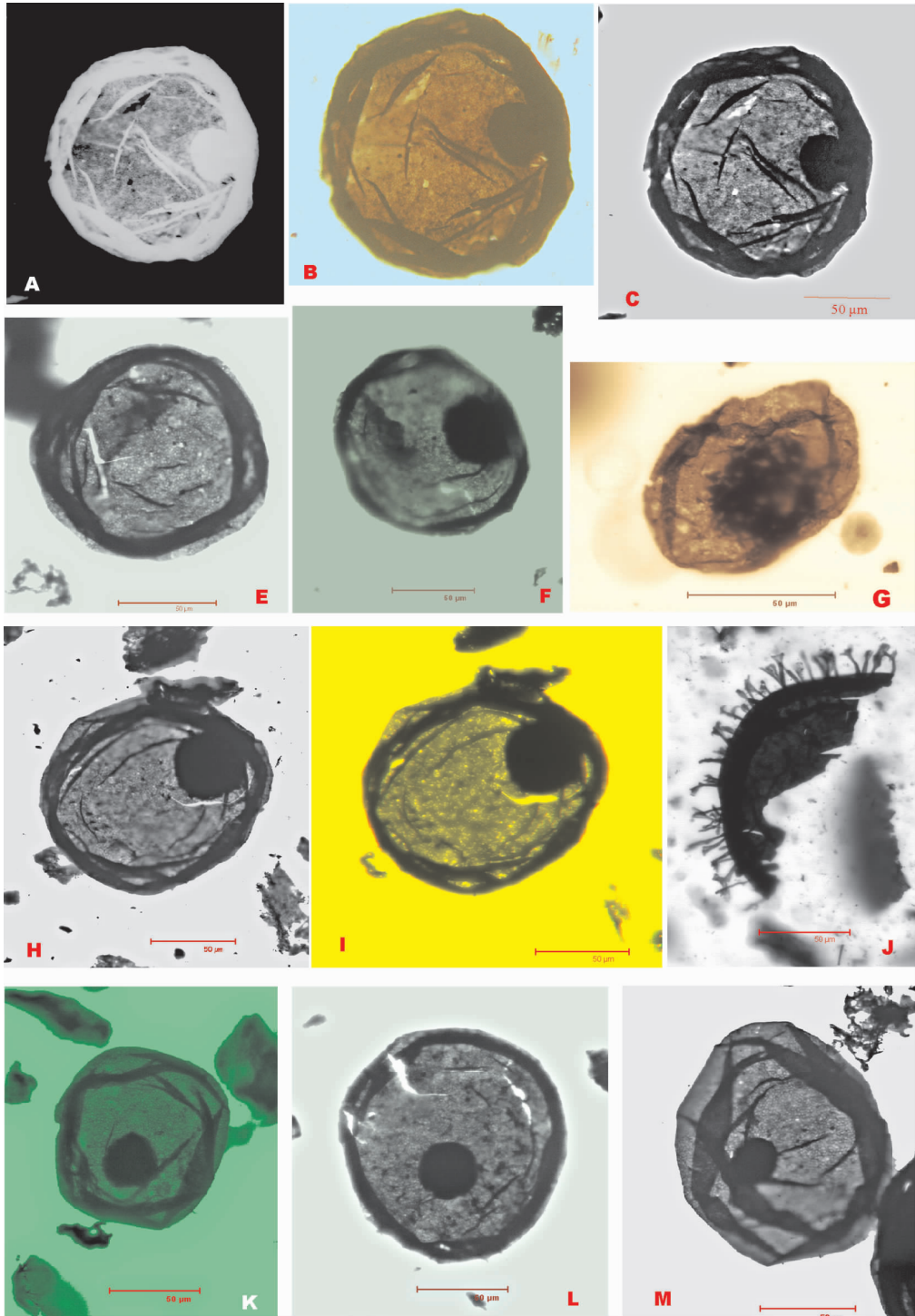
A-H *Shuiyousphaeridium macroreticulatum* (Du) Yan

I *Tasmanites incrassatus* (Yan) Yin

J *Dictyosphaera delicata* Hu et Fu



图版 II  
Plate II



A-C *Nucellosphaeridium* sp.  
 D *Dictosphara* sp.  
 E *Nucellosphaeridium* sp.  
 F *Nucellosphaeridium* sp.  
 G *Trachysphaeridium rugosum* Sin  
 H *Shuiyousphaeridium* sp.  
 J *Shuiyousphaeridium* sp.  
 I, K, L, M *Nucellosphaeridium* sp.

家山组生物带对比。

新元古代被认为是前寒武纪生命演化最活跃的时期。其间经历了晚前寒武纪全球范围的重大地质事件,即冰川事件和重大生命演化事件。重大生命演化事件包括埃迪卡拉动物群(Ediacara fauna)辐射及具外骨骼动物化石的出现;微观生物界的原核生物和真核生物在中元古代演化基础上继续发展,特别是真核生物得以空前繁盛,各类原生生物(Protistis)的辐射发展,同时出现越来越多的宏观多细胞藻类(后生植物)和早期后生动物的化石记录。因此,新元古代生物地层学研究历来是国际地质学界和古生物学界关注的热点,华北南缘将会成为新元古代地层研究的重点地区。

### 1.1 微古植物

近年来,在前人研究工作的基础上,笔者重点对华北地台南缘和东缘新元古代地层的微古植物进行了补充研究,获得了一些新资料。在此基础上综合已有的资料,对相关地层新元古代的微古植物组合特征和演化阶段进行总结。华北地台南缘的东秦岭北坡豫陕交界,晋豫交界及豫西地区,出露一套晚前寒武纪未变质碎屑岩及碳酸盐岩地层。前人自下而上分为汝阳群(云梦山组、白草坪组、北大尖组),洛峪群(崔庄组、三教堂组和洛峪口组);震旦系(黄连垛组、董家组、罗圈组和东坡组)。自20世纪80年代年代起,有不少学者先后对这套地层进行了微古植物研究。胡云绪等<sup>[6]</sup>在陕西洛南对高山河群的微古植物进行了系统采样研究,发现了丰富的微古植物化石。根据其组合面貌认为其有可能相当青白口系。杜慧英等<sup>[9]</sup>对河南东秦岭北坡的中条山至鲁山一带进行了较系统的微古植物研究,根据岩性对比、叠层石特征、微古植物和部分同位素年龄资料认为汝阳群相当蓟县系。阎玉忠<sup>[7]</sup>根据具刺疑源类演化的程度认为该类化石应归入震旦系的范畴。尹磊明<sup>[8-12]</sup>将具刺疑源类的出现地层限定在中元古界和新元古界之间。尹崇玉等<sup>[13]</sup>根据具刺疑源类演化谱系和国际生物地层对比提出该类化石可能出现在南华系或更早的地层。Xiao 等曾对该类化石的出现提出地层学不解的疑问,即:“Neoproterozoic fossils in Mesoproterozoic rocks?”<sup>[17]</sup>。笔者试图通过汝阳群下部具刺疑源类形态学、微细结构和分类等方面的研究,并对比世界上已报道的前寒武纪具刺疑源类和结合氧碳同位素的数据提出具刺疑源类古生态环境的意义。

### 1.2 演化阶段

(1)汝阳群微古植物组合中最具特征的是大型具刺疑源类 *Shuiyousphaeridium* 属。此外,还发现相当数量的其他大陆普遍发育的新元古代常见微古植物分子,如 *Trachyhystrichosphaera stricta* Hermann, cf. *Cymatiosphaeroides pilatopium* Zang et Walter, *Simia nerjenica* A. Weiss 及 *Tasmanites* sp. 等。因此,从生物地层学角度分析,汝阳群微古植物面貌更接近新元古代群落而不是中元古代群落的特征。因此,该组合应归属新元古代青白口系范畴。但是,考虑到目前从汝阳群中测得的海绿石 K-Ar 年龄值均较大(1180~1000 Ma),加之华北地台中部北京西山及燕山地区青白口系骆驼岭组至今均未发现与汝阳群相同的大型具刺疑源类组合。笔者认为华北地台南缘汝阳群层位和微古植物组合应高于燕山地区下马岭组(1368 Ma)层位和微古植物组合。

(2)新元古代为前寒武纪微古植物演化的最活跃时期,微古植物演化的阶段特征明显,属种出现的丰度和分异度均很高。从目前在新元古代地层所发现的微古植物分析,微古植物组合面貌各个时期存在一定差异,可以作为地层划分对比的生物依据。纵观新元古代微古植物特征变化趋势,南华系成冰期后微古植物面貌发生了非常大的变化。从生物演化角度看,南华系(相当成冰系)成冰期的结束标志着晚前寒武纪生命演化进入一个新时期。

(3)南华系成冰期作为宏观的阶段划分,中国新元古代具刺疑源类的演化大体可以划分4个阶段。第一阶段为前南沱期,该阶段以晋南永济水幽沟剖面的白草坪组和北大尖组所含的具刺疑源类化石最为典型。在白草坪组下部层序的黑色页岩段中发现 *Trachyhystrichosphaera stricta* Hermann 和 *Cymatiosphaeroides* sp.<sup>[14]</sup>。*Trachyhystrichosphaera stricta* 的典型标本曾发现在俄罗斯的西伯利亚地台上里菲系 Miroyedicha 组(850~750 Ma),*Cymatiosphaeroides* 的模式标本曾发现在澳大利亚中部 Amadeus 盆地 Pertatataka 组(相当陡山沱组,页岩相)。白草坪组发现的 *Cymatiosphaeroides* 与该典型标本很相似<sup>[11-14]</sup>。另外,该组合还发现上里菲常见的具薄膜的球形藻类 cf. *Simia nerjenica* A. Weiss, 以及很多青白口系和震旦系常见的 *Tasmanites* 属分子。总之,大个体具刺疑源类含量较多的汝阳群的时代不应老于青白口纪。目前,这种特征典型的刺球类分子,在晚里菲及其相

当地层中尚未见有报道。白草坪组和北大尖组出现的刺球类面貌同澳大利亚中部 Amadeus 盆地 Pertatataka 组发现的刺球类组合相比,虽然,出现了类似的 *Cymatiosphaeroides* 属分子,但组合属种相对单调,分异度明显低于 Pertatataka 组的微古植物组合。与已报道的国内外资料对比,白草坪组和北大尖组出现的刺球类总体特征比较接近俄罗斯西伯利亚地台早里菲 Lakhandin 组发现的具刺疑源类(950~850Ma)。另外,目前这两组所获得的同位素年龄值均老于震旦纪的年龄值。证明白草坪组和北大尖组的具刺疑源类组合老于陡山沱期,代表南华系成冰期前新元古代早期正常水域沉积中出现的一类独特的具刺疑源类分子。前南华系成冰期具刺疑源类出现的阶段特征是:刺球类主要以 *Shuiyousphaeridium macroreticulatum* (Du) Yan, *Shuiyousphaeridium membraniferum* Yan, *Trachyhystrichosphaera stricta* Hermann, *Cymatiosphaeroides* sp. 和一些具小刺的类型 (*Trachyhystrichosphaera* sp.) 为特征。这些化石多数直径在 100~250  $\mu\text{m}$ ,具有管状、中空、分叉或不分叉的刺,刺顶端通常具有一外膜,表面具网状结构(图版 I~II)。

目前的研究表明,汝阳群白草坪组所出现的大型具刺疑源类总体面貌比较接近俄罗斯西伯利亚地台乌楚—马亚地区上里菲拉汉金群(950 $\pm$ Ma)所发现的大型具刺疑源类组合。就全球范围而言,尽管目前中元古代已有极少量具刺疑源类的零星报道(如格陵兰西北中元古代晚期 Thule 群及南乌尔尤尔玛金群)。但是,所发现的具刺疑源类全部是一些个体很小、刺不分叉的简单类型。迄今为止,全世界已报道的大型、具复杂壳壁结构和刺饰的疑源类全部出现在新元古代<sup>[13-14]</sup>。自 20 世纪 60 年代初期开始,中国多家科研单位对华北地台中部燕山地区中、新元古界进行了系统的微古植物研究。至今在中元古界长城系和蓟县系均未发现大型具刺疑源类<sup>[9]</sup>,这与前述国外的情况类似。目前,在汝阳群白草坪组发现的具刺疑源类不仅个体大(>200  $\mu\text{m}$ ),而且很多具双层壁结构和复杂的刺饰(图版 I),这与晚新元古代南华系成冰期后具刺疑源类辐射期出现的一些类型不仅形态特征相似,而且可能存在演化联系<sup>[20-22]</sup>。

### 1.3 碳同位素组成特征

在前寒武系碳酸盐岩研究中,微古植物地层学研究是弱项。本文试图通过化学地层研究<sup>[23-26]</sup>,将其作为华北块体南缘与其他块体新元古代(南华系

纪—震旦纪)地层对比的桥梁<sup>[27-28]</sup>并探讨其生态环境意义。山西省永济水幽沟剖面对比整个华北块体南缘的地层虽然缺失三教堂组、董家组以及黄连垛组顶部,但是,洛峪口组和黄连垛组的  $\delta^{13}\text{C}$  较为完整。本剖面洛峪口组和黄连垛组的  $\delta^{13}\text{C}$  组成除 1 个样品(Sr201019-8-14)为 0.4‰外(表 1),全部偏轻,为负组成(图 2),由于顶部地层可能难以完整保存的缘故, $\delta^{13}\text{C}$  组成向上加重的趋势亦未能出现。永济水幽沟剖面的洛峪口组和黄连垛组的  $\delta^{13}\text{C}$  组成的分布特征,全部偏轻为负组成并构成华北南缘寒武系之下的第 2 个  $\delta^{13}\text{C}$  负组成单元。

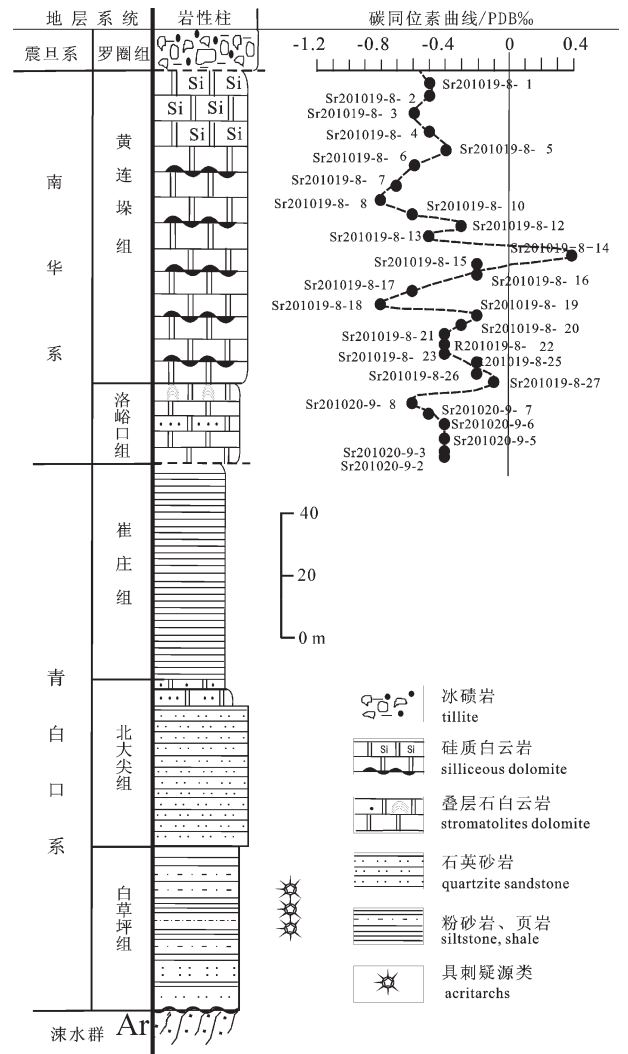


图 2 山西永济水幽沟剖面  $\delta^{13}\text{C}$  变化曲线特征及对比例 Fig.2 Characteristic curve showing variations of  $\delta^{13}\text{C}$  values along Shuiyougou section, Yongji County, Shanxi Province



表 1 山西永济水幽洛峪口组和黄连垛组样品  $\delta^{13}\text{C}$  和  $\delta^{18}\text{O}$  测定结果  
 Table 1  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values of Luoyukou and Huanglianduo Formations in Shuiyougou, Yongji County, Shanxi Province

样品号	岩石名称	Mn 含量/ $10^{-6}$	Sr 含量/ $10^{-6}$	Mn/Sr	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}/\text{‰}$
洛峪口组						
Sr201020-9-2	藻屑粉-细晶白云岩	83.1	14.7	5.65	0.4	-6.3
Sr201020-9-3	含藻屑亮晶细砂屑粉晶白云岩	93.0	24.3	3.83	-0.4	-6.1
Sr201020-9-5	藻屑亮晶细晶白云岩	115	11.7	9.80	-0.4	-5.9
Sr201020-9-6	含藻席砂屑粉晶白云岩	77.8	18.1	4.30	-0.4	-6.4
Sr201020-9-7	含藻席屑细晶白云岩	93.9	18.5	5.08	-0.5	-6.4
Sr201020-9-8	细晶白云岩	93.6	13.3	7.03	-0.6	-5.0
黄连垛组						
Sr201019-8-27	纹层状粉晶白云岩	91.1	20.0	4.56	-0.1	-4.6
Sr201019-8-26	亮晶砂屑白云岩	41.8	18.0	2.32	-0.2	-5.2
Sr201019-8-25	含藻纹层细晶白云岩	66.0	19.3	3.42	-0.2	-5.3
Sr201020-8-23	葡萄藻泥晶白云岩	59.5	20.9	3.35	-0.4	-5.7
Sr201020-8-22	含细晶藻凝块白云岩	54.3	31.2	1.74	-0.4	-6.4
Sr201020-8-21	藻球粒粉晶白云岩	80.7	29.1	2.78	-0.4	-6.3
Sr201020-8-20	含虫孔泥晶白云岩	105.0	30.5	3.44	-0.3	-4.5
Sr201020-8-19	细-粉晶白云岩	50.6	34.8	1.45	-0.2	-7.9
Sr201020-8-18	粉晶白云岩	70.0	37.3	2.24	-0.8	-4.0
Sr201020-8-17	含泥晶粉晶白云岩	78.6	19.1	4.12	-0.6	-5.5
Sr201019-8-16	层纹状粉晶白云岩	97.8	25.3	3.86	-0.2	-4.5
Sr201019-8-15	含泥晶粉晶白云岩	68.3	25.6	2.66	-0.2	-4.8
Sr201019-8-14	泥晶白云岩	87.2	37.4	2.33	0.4	-4.6
Sr201019-8-13	含泥晶粉晶白云岩	116	26.1	4.44	-0.5	-5.9
Sr201019-8-12	藻纹层燧石条带白云岩	40.6	25.2	1.61	-0.3	-5.6
Sr201019-8-10	含砂屑粉-细晶白云岩	17.6	23.3	0.69	-0.6	-6.0
Sr201019-8-8	藻纹层粉晶白云岩	114	41.3	2.76	-0.8	-6.7
Sr201019-8-7	含细晶藻纹层白云岩	53.0	21.5	2.46	-0.7	-6.7
Sr201019-8-6	含藻纹层粉晶白云岩	48.1	33.3	1.44	-0.6	-5.5
Sr201019-8-5	藻纹层白云岩	37.7	26.1	1.44	-0.4	-6.2
Sr201019-8-4	含藻屑细晶白云岩	105	30.0	4.23	-0.5	-5.7
Sr201019-8-3	叠层石细晶白云岩	35.8	24.8	1.44	-0.6	-5.2
Sr201019-8-2	含藻球粒粉泥晶白云岩	72.7	22.9	3.17	-0.5	-6.8
Sr201019-8-1	纹层状含藻屑燧石条带细晶白云岩	106	26.3	4.03	-0.5	-6.7

## 2 古地理格局

通过对华北块体南缘的地层划分、对比研究<sup>[29-31]</sup>, 豫西地区新元古代演化阶段具有特有的古地理格局和面貌。汝阳期阶段: 其相应地层为汝阳群, 包括小沟背组(兵马沟组)、云梦山组、白草坪组及北大尖组。自中元古代熊耳群沉积后, 经历了相当长时期的间断和剥蚀, 因此, 当新元古界开始沉积时, 基底地形亦相当复杂。故沉积之初多处地区发育具深切谷特征的砾岩及砂砾岩沉积(如垣曲地区的小沟背组, 嵩山以西的兵马沟组等)。在深切谷以外地区随着海水的到达, 沉积了以滨海碎屑岩潮坪及海滩相的砾岩<sup>[31]</sup>、石英砂岩为主的云梦山组。随后, 海平面的不断升高, 海水加深, 沉积了白草坪组和北大尖组等以

碎屑岩潮坪的潮下带—潮上带及前滨—临滨相的沉积。北大尖组后期由于剥蚀区不断夷平, 物源供应减少, 其顶部普遍出现碳酸盐岩沉积。在接近盆地边缘的地区, 如山西永济、澠池麦尽等仍有少量钙质石英砂岩或砂质白云岩, 而接近洋区的南部地区, 如鲁山周围则为泥晶或细晶白云岩, 发育碳酸盐岩潮坪沉积(图 3)。

汝阳期嵩山周围环境极为特殊, 与汝阳群的相当地层是兵马沟组和马鞍山组, 兵马沟组为深切谷砾岩、石英砂岩组成, 而上部仍以砂岩为主夹粉砂岩及紫色页岩。显然该地区汝阳期沉积基底为一东西向隆起地带。将华北块体南缘的东部沉积区分割为以鲁山九女洞及澠池麦尽为中心的两个沉积区(图 3)。

这两个沉积中心区, 汝阳群地层发育完全, 各组

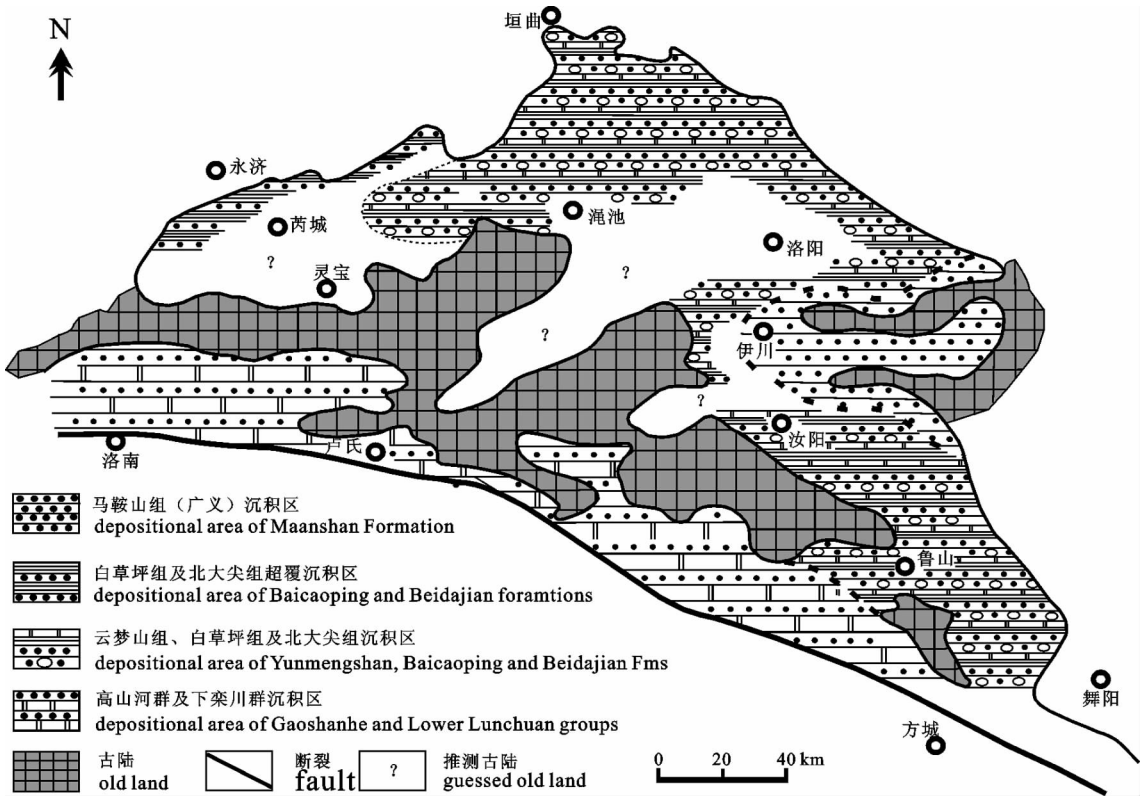


图 3 华北块体南缘新元古界汝阳群时期古地理略图

Fig.3 Paleogeographic map of the Neoproterozoic Ruyang Group on the southern margin of North China Plate

无缺失而且厚度很大。南部沉积区向西至山西永济水幽地区缺失云梦山组,地层出露不全。该地区的白草坪组和北大尖组是以砂岩为主的障壁海湾碎屑岩潮坪相(潮间—潮上为主)沉积,短期可能出现潮下环境。

华北块体南缘的南部沉积区包括从陕西洛南至河南卢氏、灵宝南部及栾川一线,即沿秦岭洋北侧的华北块体南缘。该沉积区在洛南—卢氏地区称高山河群,在栾川地区称下栾川群。陕西洛南地区高山河群由碎屑岩海滩的前滨—下临滨碎屑岩及碳酸盐岩潮坪相的白云岩和砂质白云岩组成。而下栾川群则主要由厚层亮晶白云岩、泥晶白云岩、同生角砾白云岩及硅质条带白云岩所组成。总之反映了该沉积区自北西向南东的物源供应特征。

### 3 问题与结论

国际上新元古界底界时代的定位(GSSP)为近年来的研究热点,是 1 267 Ma、还是 1 000 Ma? 目前,国际年表还未定论<sup>[1-2]</sup>。中国地层年表中原为新

元古界的下马岭组,由于发现锆石(<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb)年龄(1 368±12) Ma 将其重新划归为中元古界 (Pt<sub>2</sub><sup>3</sup>),使蓊县剖面在中国的地层年表中出现了 1 200~1 000 Ma 的地层缺失<sup>[32-34]</sup>,因此,依据河南地区云梦山组的碎屑锆石年龄(1 163±26)Ma(<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb)所提供的沉积上限年龄可能不早于 1 000 Ma,对华北的豫西地区晚前寒武纪地层就需要进行重新思考和定位(图 1)。生物地层学研究极其重要,具刺疑源类首现是中元古代,还是新元古代的问题,需要考虑地质重大事件和精确同位素年代学的突破。当前华北块体晚前寒武纪地层存在问题是:(1)蓊县剖面 1 200~1 000 Ma 的地层(Pt<sub>2</sub><sup>3</sup>)在何处填补?(2)目前,青白口系(Pt<sub>2</sub><sup>3</sup>) (骆驼岭组和景儿峪组)的年代学研究一直未突破,其在地层柱的位置有可能重新定位<sup>[35-36]</sup>。古生物信息和其他地质信息表明中、新元古代地层最有可能解决这一难题的地区在豫西<sup>[32]</sup>和胶辽徐淮地区发育的新元古代地层<sup>[27-28]</sup>。当然,对于宏观藻类发育的地层定位也是一个新的挑战<sup>[32, 38-39]</sup>。目前,华北中元古代年代地层学研究有三大进展:(1)中元古



代地层中辉绿岩脉(床)锆石年代学研究的新成果,自下而上长城系串岭沟组辉绿岩脉(床)锆石 U-Pb 年龄为  $(1\ 638\pm 14)\text{ Ma}$ <sup>[36]</sup>; 蓟县系雾迷山组辉绿岩脉(床)锆石  $(1353\pm 14)\text{ Ma}$  和斜锆石  $(1\ 345\pm 12)\text{ Ma}$  U-Pb 年龄<sup>[40]</sup>; (2) 蓟县系高于庄组凝灰岩  $(1\ 559\pm 12)\text{ Ma}$  SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄和  $(1\ 560\pm 5)\text{ Ma}$  (LA-ICP-MS)U-Pb 年龄<sup>[41]</sup>; 蓟县系铁岭组钾质斑脱岩  $(1\ 437\pm 21)\text{ Ma}$  SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄<sup>[42]</sup>; 以及 (3) 侵入下马岭组中辉绿岩脉(床)锆石和斜锆石 U-Pb 年龄  $(1\ 320\pm 6)\text{ Ma}$ <sup>[43]</sup>。上述锆石 U-Pb 测年结果,使华北古陆中元古代地层划分与全球对比有了可靠的年龄“锚点”,有利于准确厘定华北地区中、新元古界完整的地层系统<sup>[44]</sup>。

由于扬子块体与华北块体新元古代地层定位和地层对比是一个未解之谜,本文试图从生物地层上分析,豫西新元古代地层中出现大量大型疑源类有可能填补蓟县剖面中生物的空缺。笔者通过生物地层学、化学地层学研究和岩相分析,探讨其生物发生的可能和地层对比及古构造格局,探讨了大量大型疑源类的在地层柱中的位置和地层对比意义。

**致谢:**感谢中国地质科学院地质研究所邢裕盛教授的指导,地质研究所古生物室王金星高工细致的核磁共振照相。

## 参考文献(References):

- [1] Gradstein F M, Ogg J G, Smith A G, et al. A Geologic Time Scale [J]. Cambridge University Press, Cambridge, 2004:500.
- [2] Gradstein F M, Ogg J G, Smith A G, et al. A new Geologic Time Scale with special reference to Precambrian and Neogene [J]. Episodes, 2004, 27(2):83-100.
- [3] 关保德,耿午辰,戎治权.河南东秦岭北坡中—上元古界 [M]. 郑州:河南科学技术出版社,1988:1-210.  
Guan Baode, Geng Wuchen, Rong Zhichuan, et al. The Middle and Upper Proterozoic in the Northern Slope of the Eastern Qinling Ranges, Henan, China[M]. Zhengzhou:Henan Science and Technology Press, 1988:1-210(in Chinese with English abstract).
- [4] 高林志,张传恒,赵逊,等.河南焦作云台山元古宙沉积岩系碎屑锆石分布模式及地质意义[C]//第一届国际地质公园发展研讨会论文集. 2006:116-119.  
Gao Linzhi, Zhang Chuanheng, Zhao Xun, et al. Distributional pattern of clastic zircon age of Proterozoic depositional rocks in Yuntaishan Geopark and its geological significance [C]//Study on Yuntai Landform—the Geoscientific Foundation for the Yuntaishan World Geopark, China. 2006:116-119(in Chinese with English abstract).
- [5] 高林志,张传恒,史晓颖,等.华北青白口系下马岭组凝灰岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年[J].地质通报,2007,26(3):249-255.  
Gao Linzhi, Zhang Chuanheng, Shi Xiaoying, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the ash bed from Xiamaling Formation, Qingbaikou Group in North China[J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(3): 249-255 (in Chinese with English abstract).
- [6] 高林志,张传恒,尹崇玉,等.华北古陆中、新元古代年代地层框架 SHRIMP 锆石年龄新依据 [J].地球科学,2008,29(3):366-376.  
Gao Linzhi, Zhang Chuanheng, Yin Chongyu, et al. SHRIMP zircon ages: basis for refining the chronostratigraphic classification of the Meso- and Neoproterozoic strata in North China old land[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2008, 29(3):366-376 (in Chinese with English abstract).
- [7] 阎玉忠,朱士兴.山西永济白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.  
Yan Yuzhong, Zhu Shixing. Discovery of Acanthomorphic acritarchs from the Baicaoping Formation in Yongji, Shanxi and its geological significance[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1992, 9(3):267-282 (in Chinese with English abstract).
- [8] 尹磊明.论我国新元古代微体浮游植物化石及其生物地层意义 [J].古生物学报,1999,38(2):132-154.  
Yin Leiming. Neoproterozoic microphytoplanktonic fossils in China and their biostratigraphical implication [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1992, 38(2):133-154(in Chinese with English abstract).
- [9] Yin Leiming. Acanthomorphic acritarchs from Meso-Neoproterozoic shales of the Ruyang Group, Shanxi, China [J]. Review of Palaeobotany and Palynology, 1997, 98:15-25.
- [10] 尹磊明,边立曾,袁训来.山西中元古代汝阳群分枝状藻类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.  
Yin Leiming, Bian Lizeng, Yuan Xunlai. Discovery of branched tubular algae and microscopic tubes with annular-helical thickening from the Mesoproterozoic Ruyang Group of Shanxi, North China [J]. Science in China (Series D), 2004, 47(10):880-885.
- [11] 尹磊明,袁训来.论山西中元古代汝阳群微体化石组合[J].微体古生物学报,2003,20(1):39-46.  
Yin Leiming, Yuan Xunlai. Review of the microfossil assemblage from the late Mesoproterozoic Ruyang group in Shanxi, China [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 20(1):39-46 (in Chinese with English abstract).
- [12] 尹磊明,袁训来,边立曾,等.东秦岭北坡中元古代晚期微体生物群——一个早期生命的新窗口 [J].古生物学报,2003,34(1):1-13.  
Yin Leiming, Yuan Xunlai, Bian Lizeng. Late Mesoproterozoic microfossils on Northern slope of eastern Qinling Mountains, China—a new window of early Eukaryotes [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2003, 34(1):1-13(in Chinese with English abstract).
- [13] 尹崇玉,高林志.中国早期具刺疑源类的演化及生物地层学意

- 义[J]. 地质学报, 1995, 69(4):360-371.
- Yin Chongyu, Gao Linzhi. The early evolution of the acanthomorphic acritarchs in China and their biostratigraphical implication [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 1995, 69 (4):360-371(in Chinese with English abstract).
- [14] 尹崇玉, 高林志. 华北地台南缘汝阳群白草坪组微古植物及地层时代探讨[C]//地层古生物论文集, 1999, 27:81-94.
- Yin Chongyu, Gao Linzhi. Microflora in Baicaoiping Formation of Ruyang group in southern margin of North China Platform and discussion [C]//Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology, 27:81-94(in Chinese with English abstract).
- [15] Yin Leiming, Guan Baode. Organic -walled microfossils of Neoproterozoic Dongjia Formation, Lushan County, Henan Province, North China [J]. *Precambrian Research*, 1999, 94: 21-137.
- [16] 胡云绪, 付嘉媛. 陕西洛南上前寒武系高山河组的微古植物群及其地层意义 [J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所刊, 1982, 4:100-114.
- Hu Yunxu, Fu Jiayuan. Micropalaeoflora from the Gaoshahe Formation of late Precambrian of Luonan, Shaanxi and its stratigraphic significance [J]. *Bulletin of the Xi'an Institute of Geology and mineral resources, Chinese Academy of Geological Science*, 1982, 4:100-114(in Chinese with English abstract).
- [17] Xiao Shuhai, Knoll A H, Kaufman A J, et al. Neoproterozoic fossils in Mesoproterozoic rocks, A stratigraphic conundrum from the North China Platform [J]. *Precambrian Research*, 1997, 84:197-220.
- [18] 尹崇玉, 高林志. 豫西鲁山新元古界洛峪口组宏观后生植物新发现[J]. 地质论评, 1997, 43(4):355-365.
- Yin Chongyu, Gao Linzhi. New discovery of magafossils in Neoproterozoic Luoyukou Formation, Lushan, western Henan Province [J]. *Geological Review*, 1997, 43(4):355-365(in Chinese with English abstract).
- [19] 邢裕盛, 刘桂芝. 燕辽地区震旦纪微古植物群及其地质意义[J]. 地质学报, 1973, 47(1):1-64.
- Sin Yusheng, Liu Kuizhi. The Sinian Microflora in Yan-Liao area and its geological significance [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1973, 47 (1):1-64 (in Chinese with English abstract).
- [20] Yin Leiming, Yin Chongyu. Neoproterozoic Acritarch Biostratigraphy of China [J]. *Proc. 30th Int'l Geol. Congr.*, 1997, 11: 67-73.
- [21] 尹崇玉, 唐烽, 刘鹏举, 等. 华南埃迪卡拉(震旦)系陡山沱组生物地层学研究的新进展[J]. 地球学报, 30(4):421-432.
- Yin Chongyu, Tang Feng, Liu Pengju, et al. New advances in the study of biostratigraphy of the Sinian (Ediacaran) Doushantuo formation in South China [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 30(4): 421-432(in Chinese with English abstract).
- [22] 刘鹏举, 尹崇玉, 高林志, 等. 湖北宜昌樟村坪埃迪卡拉系陡山沱组微体化石新材料及锆石 SHRIMP U-Pb 年龄[J]. 科学通报, 2009, 54(6):774-780.
- Liu Pengju, Yin Chongyu, Gao Linzhi, et al. 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*, 54 (6):1058-1064.
- [23] 张同钢, 储雪蕾, 张启锐, 等. 陡山沱期古海水的硫和碳同位素变化[J]. 科学通报, 2003, 48(8):850-855.
- Zhang Tonggang, Chu Xuelei, Zhang Qirui. Variations of sulfur and carbon isotopes in seawater during the Doushantuo stage in late Neoproterozoic [J]. *Chinese Science Bulletin* 2003, 48(13):1375-1380.
- [24] 王自强, 尹崇玉, 高林志, 等. 湖北宜昌峡东地区震旦系层型剖面化学地层特征及其国际对比[J]. 地质论评, 2002, 48 (4):408-415.
- Wang Ziqiang, Yin Chongyu, Gao Linzhi, et al. Chemostratigraphic characteristics and correlation of the Sinian stratotype in the Eastern Yangtze gorges area. Yichang, Hubei [J]. *Geological Review*, 2002, 48(4):408-415(in Chinese with English abstract).
- [25] 蒋干清, 张世红, 史晓颖, 等. 华南埃迪卡拉纪陡山沱盆地氧化界面的迁移与碳同位素异常[J]. 中国科学(D辑), 2008, 38 (12): 1481-1495.
- Jiang Ganqing, Zhang Shihong, Shi Xiaoying, et al. Chemocline instability and isotope variations of the Ediacaran Doushantuo basin in South China [J]. *Science in China (Series D)*, 2008, 51(11): 1560-1569.
- [26] 王伟, 松本良, 王海峰, 等. 长江三峡地区上震旦统稳定同位素异常及地层意义[J]. 微体古生物学报, 2002, 19(4):382-388.
- Wang Wei, Song Benliang, Wang Haifeng, et al. Isotopic chemostratigraphy of the upper Sinian in three gorges area [J]. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 2002, 19(4):382-388(in Chinese with English abstract).
- [27] 曹瑞骥. 我国中新元古代地层研究中若干问题的探讨[J]. 地层学杂志, 2000, 24(1):1-8.
- Cao Ruiji. Discussion on some problems in the Mesoproterozoic and Neoproterozoic stratigraphical study in China [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2000, 24(1):1-8(in Chinese with English abstract).
- [28] 薛耀松, 曹瑞骥, 唐天副, 等. 扬子去震旦纪地层序列和南、北震旦系对比[J]. 地层学杂志, 2001, 25(3):207-234.
- Xue Yaosong, Cao Ruiji, Tang Tianfu, et al. The Simian stratigraphic sequence of the Yangtze region and correlation to the late Precambrian strata of North China [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2001, 25(3):207-234 (in Chinese with English abstract).
- [29] 周洪瑞, 王自强, 崔新省, 等. 华北地台南部中新元古界层序地层研究[M]. 北京:地质出版社, 1999:1-90.
- Zhou Hongrui, Wang Ziqiang, Cui Xinsheng, et al. Sequence Stratigraphic Study of Meso-Neoproterozoic Southern Part of North China Platform [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1999, 1-90 (in Chinese with English abstract).
- [30] 崔新省, 董文明, 周洪瑞. 豫西震旦系露头层序地层学初步研究

- 及其意义 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1996, 21(3): 249-253.
- Cui Xincheng, Dong Wenming, Zhou Hongrui. Preliminary research of the outcrop sequence stratigraphy in Simian and its significance in western Henan Province, China [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 21 (3): 249-253 (in Chinese with English abstract).
- [31] 董文明, 沈亚, 周洪瑞, 等. 层序地层学在前寒武纪地层研究中的应用——以河南西部震旦系为例 [J]. 沉积学报, 1999, 17 (supp.): 742-746.
- Dong Wenming, Shan Ya, Zhou Hongrui, et al. Application of sequences stratigraphy to Precambrian strata—a case study on the simian in western Henan Province[J]. Acta sedimentologica Sinica, 17 (Supp.): 742-746 (in Chinese with English abstract).
- [32] 高林志, 尹崇玉, 王自强. 华北古陆南缘新元古代地层的新认识 [J]. 地质通报, 2002, (3):131-136.
- Gao Linzhi, Yin Chongyu, Wang Ziqiang. New view of the Neoproterozoic strata on the southern margin of the North China Platform [J]. Geological Bulletin, 2002, (3):131-136 (in Chinese with English abstract).
- [33] 乔秀夫, 高林志, 张传恒. 中朝板块中、新元古界年代地层柱与构造环境新思考[J]. 地质通报, 2007, 26(5):503-509.
- Qiao Xiufu, Gao Linzhi, Zhang Chuanheng. New idea of the meso- and Neoproterozoic chronostratigraphic chart and tectonic environment in Sino-Korean plate[J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(5): 503-509 (in Chinese with English abstract).
- [34] Gao Linzhi, Zhang Chuanheng, Shi Xiaoying, et al. A new SHRIMP age of the Xiamaling Formation in the North China Plate and its geological significance[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(6):1103-1109.
- [35] Gao Linzhi, Zhang Chuanheng, Yin Chongyu, et al. SHRIMP zircon age: Basis for refining the chronostratigraphic classification of the Meso- and Neoproterozoic strata in North China old land[J]. Acta Geoscientific Sinica, 2008, 29(3):366-376.
- [36] 高林志, 张传恒, 刘鹏举, 等. 华北—江南地区中、新元古界中元古代地层格架的再认识[J]. 地球科学, 2009, 30(4):433-446.
- Gao Linzhi, Zhang Chuanheng, Liu Pengju, et al. Recognition of Meso- and Neoproterozoic stratigraphic framework in North and South China[J]. Acta Geoscientific Sinica, 2008, 29(3):433-446(in Chinese with English abstract).
- [37] 高林志, 张传恒, 陈寿铭, 等. 辽东半岛细河群沉积岩碎屑锆石年龄分布模式及地质意义[J]. 地质通报, 2010, 29(8):1113-1121.
- Gao Linzhi, Zhang Chuanheng, Chen Shouming, et al. Distributional pattern of detrital zircon age from the Diaoyutai Formation, Xihe Group and its geological significance in Liaodong Peninsula[J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(8):1113-1121 (in Chinese with English abstract).
- [38] 乔秀夫, 高林志, 彭阳. 古邻庐带新元古界——灾变、层序、生物 [M]. 北京:地质出版社, 2001:1-128.
- Qiao Xiufu, Gao Linzhi, Peng Yang. Neoproterozoic in Paleo-Tanlu Fault Zone—Catastrophe, Sequences, Biostratigraphy [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001:1-128(in Chinese with English abstract).
- [39] Lu Songnian, Zhao Guochun, Wang Huichu, et al. Precambrian metamorphic basement and sedimentary cover of the North China Craton: A review[J]. Precambrian Research, 2008, 160:77-93.
- [40] Zhang Shuanhong, Zhao Yue, Yang Zhenyu, et al. The 1.35 Ga diabase sills from the northern North China Craton: Implications for breakup of the Columbia (Nuna) supercontinent [J]. Earth and Planetary Science Letters. 2009, 288:588-600.
- [41] 李怀坤, 朱世兴, 相振群, 等. 北京延庆高于庄组凝灰岩的锆石 U-Pb 定年研究及其对化华北北部中元古界划分新方案的进一步约束[J]. 岩石学报, 26(7):2131-2140.
- Li Huaikun, Zhu Shixing, Xiang Zhenqun, et al. Zircon U-Pb dating on tuff bed from Gaoyuzhuang Formation in Yanqin, Beijing: Further constraints on the new subdivision of the Mesoproterozoic stratigraphy in the northern North China Craton [J]. Acta Petrologica Sinica, 26 (7): 2141-2140 (in Chinese with English abstract).
- [42] 苏文博, 李怀坤, Duff 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. 科学通报, 55(22): 2197-2206.
- Su Wenbo, Li Huaikun, Duff W D, et al. SHRIMP U-Pb dating for a K-bentonite bed in the Tieling Formation, North China[J]. Chinese Science Bulletin, 2010, 55(29):3312-3323.
- [43] 李怀坤, 陆松年, 李惠民, 等. 侵入下马岭组基型岩床的锆石和斜锆石 U-Pb 精确定年—对华北中元古界地层划分方案的制约 [J]. 地质通报, 2009, 28(10):22-29.
- Li Huaikun, Lu Songnian, Li Huimin, et al. Zircon and beddeleyite U-Pb precision dating basic rock sills intruding Xiamaling Formation, North China [J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28(10):22-29(in Chinese with English abstract).
- [44] 高林志, 丁孝忠, 曹茜, 等. 中国晚前寒武纪年表和年代地层序列 [J]. 中国地质, 2010, 37(4):1014-1019.
- Gao Linzhi, Ding Xiaozhong, Cao Qian, et al. New geological time scale of Late Precambrian in China and geochronology [J]. Geology in China, 2010, 37 (4):1014-1019 (in Chinese with English abstract).



## The discovery of large-scale acanthomorphic acritarch assemblage on the southern margin of North China old land and an analysis of its paleogeographic environment

GAO Wei<sup>1</sup>, ZHANG Chuan-heng<sup>2</sup> WANG Zi-qiang<sup>2</sup>,

(1. *China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China*; 2. *China University of Geosciences, Beijing 100083, China*)

**Abstract:** Numerous large-scale acanthomorphic acritarchs have been found in Neoproterozoic Ruyang Group on the southern margin of North China old land. They are acritarchs with double layers, complex ornaments on the outer layer, dense hollow or nets on the inner layer and nucleus in the cell. Some geologists and palaeogeologists are doubtful why these acritarchs occur in Mesoproterozoic strata in that they usually occur in Neoproterozoic strata. However, scientists fail to know their origin and evolutionary pedigree. In recent years, the Meso- and Neoproterozoic section in Jixian has been regarded as a stratotype section in China; nevertheless, new SHRIMP zircon U-Pb dating ( $1368\pm 12$  Ma) was performed for Xiamaling Formation, which gives the formation a new location in the Meso- and Neoproterozoic column and breaks the old evolutionary sequence. The new dating suggests that there is a gap in the geological record in 1200~900 Ma. According to a biostratigraphic analysis, the Neoproterozoic strata with large-scale acanthomorphic acritarchs will fill up the gap of the Jixian section. This paper deals with the appearance of the acritarchs, stratigraphic correlation, and the possible tectonic implication of the acritarchs in the light of biostratigraphy, geochemistry and lithology.

**Key words:** North China Plate; Neoproterozoic; acritarch; paleogeography

---

**About the first author:** GAO Wei, female, born in 1983, assistant engineer, mainly engages in the study of biostratigraphy, stratigraphy and tectonic division; E-mail: gw551121@163.com.

**Corresponding author:** Zhang Chuanheng, male, born in 1962, Dr. Professor, mainly engages in the teaching and study of stratigraphy and Precambrian geology; E-mail: zhangch@cugb.edu.cn.