

贵州金沙长岩沟寒武系牛蹄塘组生物群组成特征

王平丽¹, 赵元龙², 李增学¹, 杨兴莲², 伍孟银³, 张培兴²

WANG Ping-li¹, ZHAO Yuan-long², LI Zeng-xue¹, YANG Xing-lian²,

WU Meng-yin³, ZHANG Pei-xing²

1. 山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室/山东科技大学地质科学与工程学院, 山东 青岛 266590;

2. 贵州大学资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550003;

3. 贵阳学院政教系, 贵州 贵阳 550005

1. Shandong Provincial Key Laboratory of Depositional Mineralization & Sedimentary Minerals; College of Geological Sciences & Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, Shandong, China;

2. College of Resource and Environment, Guizhou University, Guiyang 550003, Guizhou, China;

3. Department of Political Education, Guiyang College, Guiyang 550005, Guizhou, China

摘要: 贵州金沙长岩沟牛蹄塘组生物群化石丰富, 共计 25 属, 以海绵动物为主, 另有节肢动物及藻类两大门类化石代表。海绵动物以普通海绵为主, 计 8 属, 占整个海绵动物属的 57%; 六射海绵 5 属, 占海绵的 36%, 另有纲、目及科未定 1 属。节肢动物 8 属中高肌虫占优势, 计有 5 属; 大型双壳节肢动物 2 属, 三叶虫仅 1 属。藻类共计 3 属。与遵义牛蹄塘生物群相比, 两地均以普通海绵为主, 金沙长岩沟牛蹄塘生物群海绵更为丰富, 与遵义黑沙坡的海绵组成有差异。金沙长岩沟节肢动物中三叶虫少, 仅 1 属, 但高肌虫丰富, 达 5 属, 而遵义黑沙坡只有 2 属高肌虫, 三叶虫则达 4 属。遵义和金沙牛蹄塘组生物群分别有藻类属 4 个和 3 个, 共有属 2 个。两地同一生物群组成的差异, 说明同处扬子浅水区的金沙长岩沟及遵义黑沙坡沉积环境可能有所差异, 因而组成面貌也有差异。两地牛蹄塘生物群均具有显著的澄江生物群色彩。

关键词: 贵州; 金沙; 长岩沟; 遵义; 黑沙坡; 牛蹄塘组生物群; 海绵

中图分类号: P534.41

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2013)05-760-07

Wang P L, Zhao Y L, Li Z X, Yang X L, Wu M Y, Zhang P X. Features of the Cambrian Niutitang Biota from Changyangou Village, Jinsha County, Guizhou Province. *Geological Bulletin of China*, 2013, 32(5):760-766

Abstract: The Niutitang Biota in Changyangou Village, Jinsha County, just as in Heishapo Village, Zunyi County where the biota was named, has abundant fossils which include 25 genera, belonging to Sponges, Arthropoda and Algae. Among Sponges, the Demospongia has 8 genera which are *Leptomitus*, *Leptomitella*, *Paraleptomitella*, *Takakkawia*, *Crumillospongia*, *Choia*, *Choiaella* and *Allantospongia*, accounting for 57% of Sponges; the Hexactinellida has 5 genera which are *Kunmingella*, *Emeiella*, *Hanchiangella*, *Tsunyiella* and *Songlinella*, accounting for 36%; the genus *Solactiniella* Mehl and Reitner, 1993 is gen. et sp. indet. There are 8 genera in Arthropoda, dominated by Bradoriida with 5 genera which are *Kunmingella*, *Emeiella*, *Hanchiangella*, *Tsunyiella* and *Songlinella*; 2 genera of large bivalved arthropod animals are *Isoxys* and *Perspicares*; 1 genus of Trilobita is *Tsuniyidiscus*, the most important trilobite of Niutitang Formation. Three genera of Algae are *Zunyiphyton*, *Sinocyindra* and *Vendotaenia*. In contrast with Heishapo Niutitang Biota in Zunyi, sponges in Zhangyangou Niutitang Biota in Jinsha are more abundant, dominated by Demospongia. The two biotas are not identical with Jinsha having 2 genus of trilobites and 5 genera of Bradoriida while Zunyi having 4 genera of trilobites and 2

收稿日期: 2012-11-28; 修订日期: 2013-04-22

资助项目: 国家重点基础研究发展计划(973)《动物门类的起源与寒武纪大爆发研究》(编号: 2013CB835002)、国家自然科学基金项目《贵州早寒武世海洋动物及环境的研究》(批准号: 40902003)、贵州省国际科技合作项目《中美寒武系第三统及第五阶底阶国际层型剖面的研究》(编号: 黔科合外 G 字(2010)7001)

作者简介: 王平丽(1981-), 女, 硕士, 讲师, 从事古生物学、地层学研究。E-mail: wangpingli@126.com

genera of Bradorrida. Zunyi and Jinsha have 4 genera and 3 genera of algae respectively and share 2 genera. Though both Jinsha and Zunyi located in the shallow water of Yangtze Platform, the difference between the two biotas implies the nonidentity of the sedimentary environment in the two places. Both of the two biotas possess the earmarks of the Chengjiang Biota.

Key words: Guizhou; Zhangyangou; Jinsha; Heishapo; Zunyi; Niutitang Biota; Sponges

贵州牛蹄塘生物群 1998 年发现于遵义县松林黑沙坡, 是德国柏林工业大学和贵州工业大学组成的“贵州上震旦统至下寒武统生物及地层研究组”的重要成果之一。遵义牛蹄塘生物群是非典型的布尔吉斯页岩型生物群, 主要由海绵动物、节肢动物、软体动物、刺细胞动物、腔肠动物及藻类共计 6 个门类 29 个属化石组成^[1-14], 下生物群的时代早于澄江生物群^[11,15-16]。该生物群以海绵动物占优势为特点, 共有 13 属, 剖面自下而上很好地展现了海绵动物的早期辐射过程^[10]。遵义牛蹄塘生物群还产最古老的楔叶虫 *Sphenothallus songlinensis* Peng, Babcock and Zhao et al, 2005^[17]。

经过多年研究, 已在贵州不同的沉积区如扬子区金沙长岩沟, 过渡区麻江羊眺、丹寨南皋, 江南区三都等地发现有牛蹄塘生物群分子^[2,6,18-19], 该生物群已超过 40 属, 主要门类为海绵动物和节肢动物, 海绵达 22 属, 约占整个生物群的 55%^[6]。上述地区中, 金沙长岩沟产丰富的牛蹄塘生物群化石, 是仅次于遵义黑沙坡的重要产地。虽然杨兴莲等^[2,20]曾提及这一信息, 但未作过深入研究。笔者在金沙长岩沟 2 次深入采集牛蹄塘生物群化石, 研究发现长岩沟牛蹄塘生物群组成和遵义黑沙坡牛蹄塘生物群组成总体相似, 但稍有差异。

1 地质背景

研究区位于扬子地台西南部, 属扬子区的遵义—织金地层小区^[21-22]。岩孔长岩沟剖面所在地区由下而上出露灯影组白云岩; 牛蹄塘组黑色泥、页岩和明心寺组灰绿色泥岩、粉砂岩夹灰岩。牛蹄塘组与下伏灯影组平行不整合接触, 与上覆明心寺组整合接触。

本文研究的长岩沟剖面位于金沙县岩孔镇北西 13km 处的长岩沟村赵家屋后。该剖面主要为牛蹄塘组下部, 分为 19 层。剖面第 1~2 层为灯影组泥质白云岩, 3~6 层为含硅质页岩和硅质岩, 产原始的麦粒海绵 *Triticispongia* sp.^[23]和藻类化石, 与下伏灯影组白云岩为假整合接触; 7~11 层为泥岩、粉砂质泥岩及风化壳, 未见化石; 12~19 层产大量海绵化石、高

肌虫、藻类及三叶虫, 其中 12~15 层化石最为丰富, 19 层化石较少(图 1)。

2 金沙长岩沟牛蹄塘生物群组成特征

金沙长岩沟牛蹄塘生物群含有海绵、节肢动物和藻类共计 25 个属, 归为 3 个大门类(图 1, 图版 I)。

(1) 海绵

金沙长岩沟牛蹄塘生物群中海绵共计 14 属, 普通海绵纲有 8 属, 分别为 *Leptomit*、*Leptomitella*、*Paraleptomitella*、*Takakkawia*、*Crumillospongia*、*Choia*、*Choiaella* 和 *Allantospongia*, 占有海绵的 57%; 六射海绵纲 5 属, 分别为 *Saetaspongia*、*Triticispongia*、*Zunyispongia*、*Phragmodictya* 和 *Hyalosinica*, 占 36%; 还有 1 属纲、目、科未定的 *Solactiniella* Mehl and Reitner, 1993。普通海绵纲 8 属全部为单轴海绵目化石, 其中以细丝海绵科和斗篷海绵科属种较多。六射海绵纲 5 属化石全部为网针目, 其中原始海绵科属种较多。

长岩沟牛蹄塘生物群 14 属海绵中有 11 属见于云南海口澄江生物群^[24-27](表 1), 另有 *Choia*、*Crumillospongia*、*Leptomitella*、*Leptomit* 和 *Takakkawia* 见于加拿大布尔吉斯页岩动物群^[28], 表明长岩沟牛蹄塘海绵不仅具有显著的澄江生物群海绵色彩, 还出现了布尔吉斯页岩动物群海绵分子。另外, 此前 *Choiaella* 及 *Allantospongia* 仅见于中国云南澄江生物群^[25-26, 29], *Zunyispongia* 仅见于遵义黑沙坡^[9], 此次发现使金沙长岩沟成为这 3 个属的第二个产地。因此, 金沙长岩沟地区为研究寒武纪早期海绵动物的演化及地理分布提供了更多的素材。

杨兴莲等^[23]于 2005 年报道了产于金沙牛蹄塘组底部钼—镍矿层之下的 *Triticispongia* sp., 为寒武纪最古老的海绵体化石, 产于 3~6 层, 属于晋宁期; 其它海绵化石均产于 12~18 层, 属于筇竹寺期。在剖面上自下而上海绵化石无论从标本数量还是属种数量均呈现出辐射式发展的特点。金沙长岩沟牛蹄塘生物群海绵多为保存完整或较完整的海绵体化石, 其摄食空间从低到高均有分布。

(2) 节肢动物

节肢动物 8 属中高肌虫有 5 属, 分别为 *Kun-*

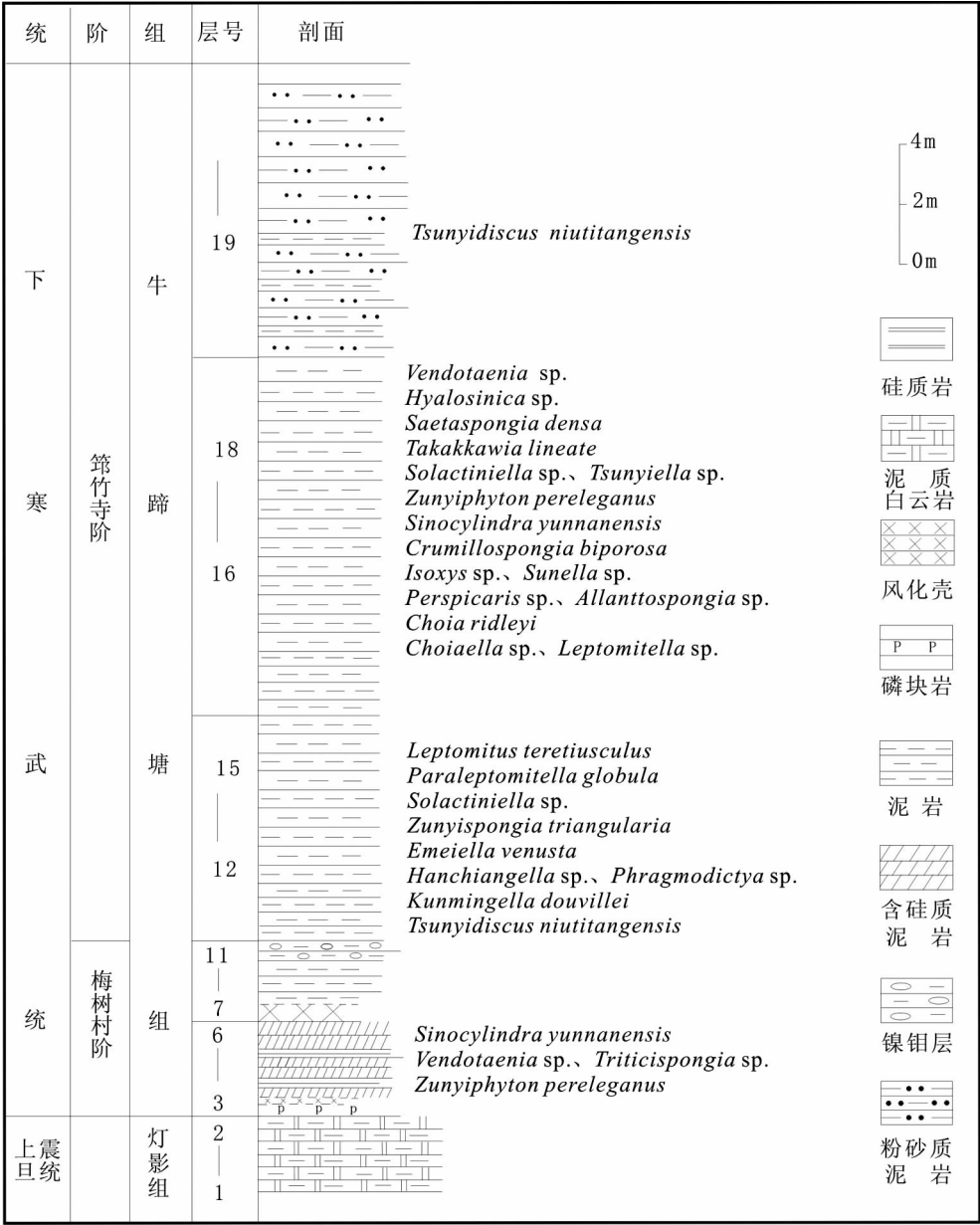


图 1 贵州金沙寒武系牛蹄塘组剖面柱状图(据参考文献[23]修改)

Fig. 1 Stratigraphic column of the Niutitang Formation from Cambrian in Jinsha County, Guizhou Province

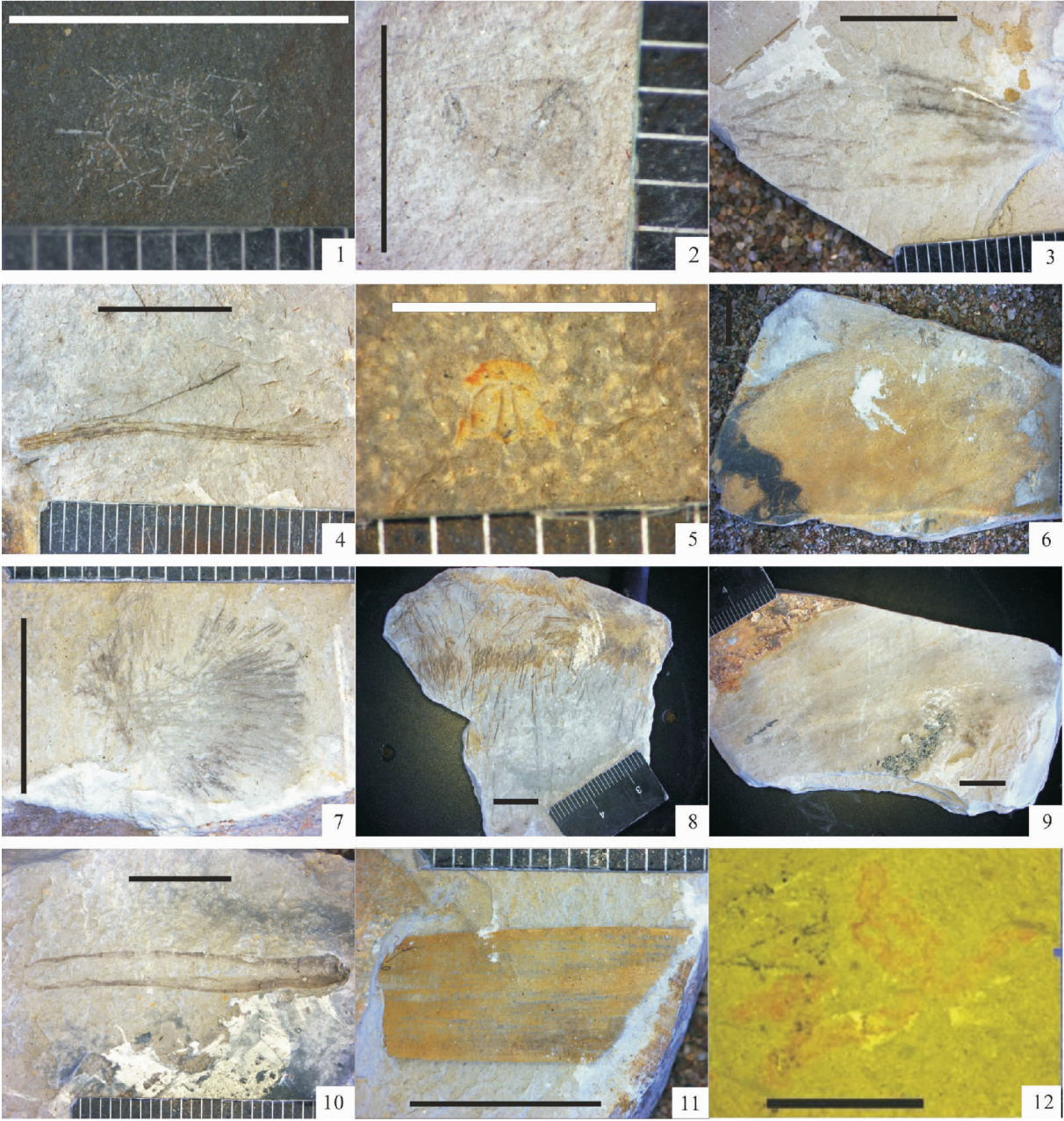
mingella、Emeiella、Hanchiangella、Tsunyiella 和 Sunella,除 Tsunyiella 外,其它 4 属常见于云南澄江生物群^[24-27]。其余 3 属分别为 Perspicaris、Isoxys 和 Tsunydiscus,其中, Perspicaris 在北美和华南的寒武系中均有分布^[30-31];Isoxys 分布更广泛,在加拿大、华南、北格陵兰和澳大利亚均有报道^[24,26-27,32-36];Tsunydiscus 广泛分布于华南斜坡相南皋期早期牛蹄塘组中^[37-38]。Tsunydiscus niutitangensis Chang,1974

在整条剖面上均有分布,其它 7 属主要见于 12~18 层。由于泥岩风化严重,节肢动物保存不是很好,有些标本难以鉴定到种。

(3)藻类

共有 3 属,分别为 Zunyiphyton、Sinocylindra 及 Vendotaenia,钼-镍层上下均有分布。金沙牛蹄塘生物群的主要藻类分子是 Zunyiphyton 和 Vendotaenia,它们也是遵义牛蹄塘生物群中最主要的宏观藻类分

图版 II Plate II



1—*Triticispongia* sp.; 2—*Tsuniella* sp.; 3—*Zunyispongia triangularia* Yang, Zhao et Zhu, 2005; 4—*Leptomit* sp.;
5—*Tsuniyidiscus niutitangensis* Chang, 1974; 6—*Saetaspongia densa* Mehl et Reitner, 1993; 7—*Choiaella* sp.;
8—*Choïidae* gen. et sp. indet; 9—*Hyalosinica* sp.; 10~11—*Paraleptomitella* sp.; 12—*Zunyiphyton pereleganus*
Yang et Zhao, 1999; 其中 2、5 比例尺为 5mm, 其余均为 1cm

子, 此次发现使金沙长岩沟成为继遵义黑沙坡之后 *Zunyiphyton* 的第二产地^[5]。未见遵义牛蹄塘生物群的另一特征分子 *Yuknessis* 及底栖固着型藻 *Doushantuophyton*, 但发现了埃迪卡拉纪陡山沱组

及寒武纪都匀阶均有产出的 *Sinocylindra*^[39-40]。金沙长岩沟宏观藻类的发现, 说明产于浅水台地的牛蹄塘生物群宏观藻类分布广泛, 但不同地区的组合存在差异性。

3 金沙、遵义牛蹄塘生物群对比

遵义牛蹄塘生物群含有海绵动物、节肢动物、软体动物、刺细胞动物、腔肠动物及藻类共计 6 个门类 29 个属化石,其中,海绵 13 个属,节肢动物 8 属(表 1)。遵义和金沙均为海绵和节肢动物占优势,2 属分别占生物群的 96%和 71%;都保存有较多完整或较完整、摄食空间多样化的海绵体化石,剖面自下而上均能体现海绵动物辐射式演化;两地共有属 13 个,其中海绵属为 10 个。

(1)海绵对比

遵义牛蹄塘生物群普通海绵纲有 7 属,分别为 *Leptomitus*、*Leptomitella*、*Paraleptomitella*、*Crumil-*

lospongia、*Choia*、*Halichondrites* 和 *Hamptonia*, 占有海绵的 54%; 六射海绵纲共有 5 属, 分别为 *Saetaspongia*、*Triticispongia*、*Zunyispongia*、*Protospongia* 和 *Hyalosinica*, 占有所有海绵的 38%; 同金沙一样, 也有 1 属 *Solactiniella* 纲、目、科未定。相比之下, 金沙长岩沟的海绵总数多 1 属, 两地海绵均以普通海绵为主, 并且均有布尔吉斯页岩生物群海绵的色彩, 但属种组成有差异。

显然, 遵义牛蹄塘生物群属数更多, 但海绵属比金沙少 1 属, 因此前者海绵占整个生物群的 43%, 后者为 61%, 金沙海绵优势更为显著。两地海绵组成结构类似, 共同海绵有 10 属(表 1), 均为普通海绵和六射海绵占优势, 两者比例相近。金沙长岩沟牛蹄塘生

表 1 金沙、遵义牛蹄塘生物群组合对比
Table 1 Contrast between Jinsha Niutitang Biota and Zunyi Niutitang Biota

化石 大类	属 (或小类)	金沙	遵义	化石大类	属 (或小类)	金沙	遵义
海绵	<i>Allantospongia</i> *	√		节肢动物	<i>Kunmingella</i> *	√	
	<i>Choia</i> *	√	√		<i>Mianxiandiscus</i>		√
	<i>Choiaella</i> *	√			<i>Naraoia</i> *		√
	<i>Crumillospongia</i> *	√	√		<i>Perspicaris</i> *	√	√
	<i>Halichondrites</i> *		√		<i>Rumania</i>		√
	<i>Hamptonia</i> *		√		<i>Songlinella</i>		√
	<i>Hyalosinica</i> *	√	√		<i>Sunella</i> *	√	
	<i>Leptomitella</i> *	√	√		<i>Tsunyidiscus</i> *	√	√
	<i>Leptomitus</i> *	√	√		<i>Tsunyiella</i> *	√	√
	<i>Paraleptomitella</i> *	√	√		<i>Zhenbaspis</i>		√
	<i>Phragmodictya</i>	√		藻类	<i>Doushantuophyton</i>		√
	<i>Protospongia</i> *		√		<i>Sinocylindra</i> *	√	
	<i>Saetaspongia</i> *	√	√		<i>Vendotaenia</i> *	√	√
	<i>Solactiniella</i>	√	√		<i>Yuknessia</i> *		√
	<i>Takakkawia</i> *	√			<i>Zunyiphyton</i>	√	√
节肢 动物	<i>Triticispongia</i> *	√	√	刺细胞动物	<i>Archotuba</i> *		√
	<i>Zunyispongia</i>	√	√		<i>Scenella</i>		√
	<i>Emeiella</i> *	√		软体动物	<i>Hyolithidae</i> (gen. et sp. indet.)		√
	<i>Hanchiangella</i>	√					√
	<i>Isoxys</i> *	√		腔肠动物	<i>Sphenothallus</i>		

注:标*的为澄江生物群分子

物群中的海绵有 5 属为布尔吉斯页岩动物群分子, 遵义黑沙坡牛蹄塘生物群中该动物群分子达 7 属, 分别为 *Leptomitius*、*Leptomitella*、*Hamptonia*、*Choia*、*Hali-chondrites*、*Crumillospongia* 及 *Protospongia*^[28]。

(2) 节肢动物对比

金沙节肢动物多为高肌虫, 达 5 属之多, 三叶虫仅有 1 属; 遵义含 2 属高肌虫, 三叶虫达 4 属之多, 与金沙组成面貌有所差异^[40]。

(3) 藻类对比

遵义 4 个藻类属, 金沙 3 个, 共同属 2 个, 分别为 *Zunyiphyton* 和 *Vendotaenia*。遵义牛蹄塘生物群含有 *Yuknessis* 和 *Doushantuophyton*, 但未见埃迪卡拉纪陡山沱组及寒武纪都匀阶均有产出的 *Sinocylindra*。因此两地藻类组成也有差异。

4 结 论

金沙和遵义两地的牛蹄塘生物群组成面貌比较相似, 均以海绵动物为主, 但也存在明显差异。①金沙长岩沟牛蹄塘生物群所含化石门类少, 仅含有三大门类, 以海绵动物为主, 次为节肢动物和藻类。遵义所产出的刺细胞动物、软体动物和腔肠动物尚未在该地发现。②各门类化石在组成上存在差异: 两地海绵各有 14 及 13 属, 但共同的属只有 10 属, 有 5 属仅见于金沙长岩沟, 另有 3 属仅在松林黑沙坡产出; 节肢动物的组成上, 岩孔长岩沟的高肌虫以高肌虫(5 属)为主, 而松林黑沙坡牛蹄塘生物群则以三叶虫为主(4 属); 藻类的组成也有差异; ③遵义黑沙坡牛蹄塘生物群上部产有 *Naraoia* 及 *Isoxys*, 但金沙长岩沟剖面的相似层位未见澄江生物群分子。

两地生物群之间的相似性, 说明它们都处于同一台地浅水环境, 有许多共同属。由于金沙长岩沟更近于滇东的浅水环境, 生物的属种和黑沙坡有一些差异, 生物群带有更多的澄江生物群或筇竹寺组生物色彩。金沙长岩沟是继遵义黑沙坡后贵州牛蹄塘生物群最主要的产地, 是整个牛蹄塘生物群的重要补充, 为进一步研究牛蹄塘生物群及其沉积环境、埋藏模式提供了重要材料。

致谢: 贵州大学王约教授在野外工作中给予很多指导, 贵州大学勘查技术与工程 2001 级赵健、刘超和张家勇协助野外工作, 英国 Bristol University 盖志琨博士帮助搜集资料, 山东科技大学硕士研究生宁文峰协助处理图件, 一并致以诚挚的感谢。

参考文献

- [1] 彭进, 袁金良, 赵元龙, 等. 贵州遵义松林黑沙坡早寒武世牛蹄塘生物群中镇巴虫的发现[J]. 古生物学报, 2004, 43(3): 407–415.
- [2] 王平丽. 贵州牛蹄塘生物群的研究[D]. 贵州大学硕士学位论文, 2005: 1–83.
- [3] 王平丽, 赵元龙, 杨兴莲, 等. 贵州下寒武统牛蹄塘生物群中的双孔钱包海绵 *Crumillospongia biporosa*[J]. 微体古生物学报, 2005, 22(2): 196–201.
- [4] 杨瑞东, 张位华, 姜立君, 等. 澄江生物群分子在贵州遵义牛蹄塘组发现[J]. 地质学报, 2003, 77(2): 145–151.
- [5] 杨瑞东, 赵元龙, 郭庆军. 贵州早寒武世早期黑色页岩中藻类及其环境意义[J]. 古生物学报, 1999, 38(增刊): 145–157.
- [6] 杨兴莲. 贵州早寒武世早期地层及古生物学综合研究[D]. 中国科学院研究生院博士学位论文, 2005: 1–271.
- [7] 杨兴莲, 赵元龙. 贵州遵义下寒武统牛蹄塘组生物群中的海绵化石[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版), 2000, 29(6): 30–36.
- [8] 杨兴莲, 赵元龙, 吴维义. 贵州早、中寒武世斗篷海绵科(Choiidae)的发现[J]. 微体古生物学报, 2003, 20(3): 286–295.
- [9] 杨兴莲, 赵元龙, 朱茂炎. 贵州下寒武统牛蹄塘生物群中海绵新材料[J]. 古生物学报, 2005, 44(3): 454–463.
- [10] 杨兴莲, 朱茂炎, 赵元龙, 等. 贵州寒武纪海绵动物化石组合特征[J]. 微体古生物学报, 2005, 22(3): 295–303.
- [11] 赵元龙, M Steiner, 杨瑞东, 等. 贵州遵义下寒武统牛蹄塘组早期后生生物群的发现及重要意义[J]. 古生物学报, 1999, 38(增刊): 132–144.
- [12] 赵元龙, 袁金良, 朱茂炎, 等. 贵州台江中寒武世凯里生物群研究的新进展[J]. 自然科学进展, 2002, 12(7): 685–690.
- [13] 赵元龙, 杨荣军, 杨兴莲, 等. 贵州松林下寒武统牛蹄塘生物群中的球状海绵化石[J]. 高校地质学报, 2006, 12(1): 106–110.
- [14] 赵元龙, 杨洪, 李勇, 等. 贵州新元古代到寒武纪早期特异埋藏后生生物群及其研究意义[J]. 古生物学报, 2008, 47(4): 405–418.
- [15] Steiner M, Zhu M Y, Zhao Y L, et al. Lower Cambrian Burgess Shale-type fossil associations of South China[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2005, 220: 129–152.
- [16] Zhu M Y, Strauss H, Shields G A. From snow ball earth to the Cambrian bioradiation: Calibration of Ediacaran–Cambrian earth history in South China[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2007, 254(1/2): 1–6.
- [17] Peng J, Babcock L E, Zhao Y L, et al. Cambrian Sphenothallus from Guizhou Province, China: early sessile predators[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2005, 220(1): 119–128.
- [18] 杨兴莲, 赵元龙, 朱茂炎, 等. 贵州丹寨寒武系牛蹄塘组海绵动物化石及其环境背景[J]. 古生物学报, 2010, 49(3): 348–359.
- [19] 杨兴莲, 赵元龙, 朱茂炎, 等. 贵州寒武系九门冲组和渣拉沟组中的海绵骨针化石[J]. 微体古生物学报, 2010, 27(3): 243–252.
- [20] 杨兴莲, 祝明金, 朱露艳, 等. 贵州金沙下寒武统牛蹄塘组中的高肌虫[J]. 高校地质学报, 2009, 15(3): 296–303.
- [21] 尹恭正. 寒武系[M]//贵州地质矿产局. 贵州省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1987.

- [22]周志毅,袁金良,张正华,等. 贵州及其邻近地区寒武纪生物地理分区[J]. 地层学杂志,1979,3(4):258-271.
- [23]Yang X L, Zhao Y L, Wang Y, et al. Discovery of sponge body fossils from the late Meishucunian (Cambrian) at Jinsha, Guizhou, south China[J]. Progress in Natural Science, 2005, 15(8):708-712.
- [24]陈均远. 动物世界的黎明[M]. 南京:凤凰出版传媒集团,江苏科学技术出版社,2004.
- [25]陈良忠,罗惠麟,胡世学,等. 云南东部早寒武世澄江动物群[M]. 昆明:云南科技出版社,2002.
- [26]侯先光,杨·伯格斯特琼,王海峰,等. 澄江动物群——5.3 亿年前的海洋动物[M]. 昆明:云南科技出版社,1999.
- [27]赵方臣,朱茂炎,胡世学. 云南寒武纪早期澄江动物群古群落分析[J]. 中国科学(地球科学版),2010,40(9):1135-1153.
- [28]Rigby J K, Collins D. Sponges of the Middle Cambrian Burgess Shale and Stephen Formation, British Columbia[M]. Royal Ontario Museum, 100 Queen's Park, Toronto, 2004.
- [29]Rigby J K, Hou X G. Lower Cambrian demosponges and hex-actinellid sponges from Yunnan, China[J]. Journal of Paleontology, 1995, 69: 1009-1019.
- [30]Butterfield N J. Leanochoilia guts and the interpretation of three-dimensional structures in Burgess Shale-type fossils[J]. Paleobiology, 2002, 28(1):155-171.
- [31]Lieberman B S. A New Soft-Bodied Fauna: The Pioche Formation of Nevada[J]. Journal of Paleontology, 2003, 77(4): 674-690.
- [32]García-Bellido D C, Paterson J R, Edgecombe G D, et al. The bi-valved arthropods Isoxys and Tuzoia with soft-part preservation from the Lower Cambrian Emu Bay Shale Lagerstätte (Kangaroo Island, Australia)[J]. Palaeontology, 2009, 52(6): 1221-1241.
- [33]Schoenemann B, Clarkson E N K. Eyes and vision in the Chengjiang arthropod Isoxys indicating adaptation to habitat[J]. Lethaia, 2011, 44(2): 223-230.
- [34]Stein M, Peel J S, Siveter D J, et al. Isoxys (Arthropoda) with preserved soft anatomy from the Sirius Passet Lagerstätte, lower Cambrian of North Greenland[J]. Lethaia, 2010, 43(2): 258-265.
- [35]Vannier J, Chen J Y. The Early Cambrian colonization of pelagic niches exemplified by Isoxys (Arthropoda)[J]. Lethaia, 2000, 33(4): 295-311.
- [36]Zhang X L, Shu D G. Soft Anatomy of Sunellid Arthropods from the Chengjiang Lagerstätte, Lower Cambrian of Southwest China[J]. Journal of Paleontology, 2007, 81(6): 1412-1422.
- [37]Yuan J L, Zhu X J, Lin J, et al. Tentative correlation of Cambrian Series 2 between South China and other continents[J]. Bulletin of Geosciences, 2011, 86(3): 397-404.
- [38]尹恭正. 节肢动物, 甲壳纲[M] // 贵州地层古生物工作队. 西南地区古生物图册贵州分册(一). 北京:地质出版社, 1978: 382-385.
- [39]傅晓平, 伍孟银, 刘兴尧, 等. 黔东南寒武系黔东统都匀阶杷榔组中的宏观藻类[J]. 微体古生物学报, 2010, 27(3): 231-241.
- [40]傅晓平, 伍孟银, 赵元龙, 等. 贵州剑河八郎寒武系都匀阶“清虚洞组”宏观藻类化石的发现[J]. 古生物学报, 2012, 51(1): 56-63.