

黔北桐梓狮溪志留纪埃隆晚期石牛栏段的生物滩相

邓小杰¹, 王 冠², 黄 勇¹, 张嘉玮¹, 龙胜清¹, 马义波¹, 李 越^{3*}

(1. 贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550018; 2. 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301;
3. 中国科学院南京地质古生物研究所, 中国科学院资源地层学和古地理学重点实验室, 南京 210008)

[摘 要] 志留纪兰多维列世埃隆晚期, 滇黔桂古陆以北的陆表海缓坡上沉积了石牛栏组石牛栏段浅水灰岩。珊瑚—层孔虫为主的后生动物格架岩建造的点礁分布北界仅延伸到桐梓水坝塘一带; 更远岸的狮溪镇白芷垭剖面虽然远离古陆剥蚀区, 层状灰岩中极低的粉砂质、泥质含量指示高清澈度的环境指标, 内碎屑和少量生屑混合沉积的滩相灰岩沉积深度在最大浪基面之上, 但珊瑚—层孔虫密度偏低, 后生动物格架岩的丰度以及个体大小均达不到礁灰岩的标准, 也不呈现生物礁特有的正向海底地貌。本文实例诠释了海底深度变化显著制约底栖群落的古生态分异, 后生动物点礁栖居的深度范围有限。

[关键词] 滩相; 石牛栏组; 志留纪; 桐梓狮溪; 黔北

[中图分类号] P534.43 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-5943(2016)03-0192-07

1 前言

晚奥陶世赫南特期冈瓦纳大陆冰盖形成和海下降温以及海退事件是导致华南板块生物集群灭绝事件的直接原因^[1-2]; 冰盖消融以及气候逐渐回暖导致志留纪之初壳相生物逐渐复苏。上扬子区黔北志留纪早期碳酸盐岩沉积是生物大灭绝事件后浅海底栖生物群落经历复苏—稳定发展阶段的见证者^[3], 最早结束龙马溪组笔石页岩、始现灰岩沉积的剖面分布于滇黔桂古陆石阡滨岸带鲁丹期—埃隆早期的香树园组^[4]; 埃隆中期以珊瑚—层孔虫为主体的生物礁群落也开始了复苏过程^[3,5], 埃隆晚期浅海台地相碳酸盐岩达到了最广泛规模^[6]。分布于黔北和渝南一线中—晚埃隆期石牛栏组, 特别是该组上部的石牛栏段灰岩是底栖壳相生物复苏后进入繁盛阶段的产物, 碳酸盐岩台地上栖居的珊瑚、层孔虫、苔藓虫和腕足类等壳相化石的多样性和丰度高, 频繁出现各类温暖浅海清水区常见的生物礁和生物滩建造。万云等^[7]提及石牛栏组存在生物礁、生物层和生物丘, 造礁生物为床板珊瑚、复体四射珊瑚和层孔虫等, 认为浅海缓坡带有利于生物礁的生长。黔北

桐梓地区石牛栏组碳酸盐岩在数个剖面出露完整, 后生动物壳相化石丰富。据目前发表文献可知, 桐梓县境内石牛栏段生物礁和生物滩建造分布呈现明显的古生态和古地理分异, 从南部近岸相至北部远岸相依次为代家沟剖面的叠层石^[8]、松坎韩家店剖面的生物滩^[9]、水坝塘剖面 2 期珊瑚—层孔虫点礁^[10]。

圈定石牛栏段生物礁滩分布的是剖析滇黔桂古陆(或称黔中隆起)碳酸盐岩台地相变的节点所在。桐梓县境内最北端狮溪白芷垭剖面(位置见图 1)出露石牛栏组灰岩, 本文确认其中的石牛栏段属滩相灰岩, 而非水坝塘剖面礁相沉积单元^[10]的向北延伸带。通过鉴定狮溪剖面滩相灰岩的微相特征, 藉此讨论陆表海碳酸盐岩台地远岸区的古生态学指标和沉积环境。

2 地层序列

丁文江^[11]在渝南綦江观音桥剖面建立志留系石牛栏灰岩一名, 其下伏为酒店垭页岩, 上覆韩家店页岩。穆恩之^[12]将石牛栏灰岩改为石牛栏群。张文堂等^[13]以綦江观音桥剖面韩家店黄色瘤状泥灰岩作为石牛栏群底。王立亭^[14]将石牛栏

[收稿日期] 2016-07-20

[作者简介] 邓小杰(1985—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事基础地质调查与研究工作。

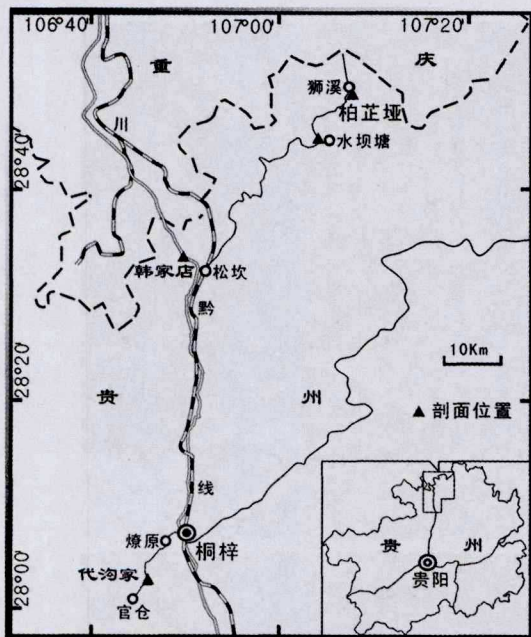


图1 桐梓志留系石牛栏组剖面位置

Fig. 1 Localities of the sections with outcrops of the Shihniulan Formation in Tongzi

群改为石牛栏组。葛治洲等^[9]在描记韩家店剖面志留系分层时,将石牛栏组的时代界定为下志留统^[9,15]。戎嘉余和杨学长^[16]将韩家店剖面石牛栏组次分为下部松坎段和上部石牛栏段。陈旭等^[17]、Rong等^[18]进一步将石牛栏组对比为兰多维列统的埃隆阶上部。

沿狮溪镇南端山坡盘山公路边出露的白芷埡剖面(28°49'50.53" N, 107°07'23.56" E, 海拔874 m),地层产状基本水平,石牛栏组松坎段多被覆盖,石牛栏段—韩家店组底部出露完整(图2)。其岩性序列示于图3并描记如下:

5层. 韩家店组 黄绿色薄层粉砂岩和页岩,局部夹灰岩透镜体,底界为整合接触。

-----整合-----

石牛栏组
石牛栏段

4层. 浅灰色中层泥质条带状鸟眼泥状灰岩,含少量细生屑。3 m

3层. 灰色中—厚层生屑灰岩,棘屑局部层丰富,部分层中见丰富的复体珊瑚 *Favosites*, *Halysites*, *Heolites* 块体和单体四射珊瑚、腕足类和棘屑碎片。约 20 m

2层. 灰色薄层含泥灰岩夹灰黄色泥岩、粉砂岩,部分灰岩层中复体珊瑚和生屑丰富。约 10 m

松坎段

1层. 灰色薄层含泥灰岩、灰岩透镜体和粉砂质泥岩互层。6 m



图2 狮溪镇柏芷埡剖面石牛栏段—韩家店组地层露头

Fig. 2 Outcrops of the Shihniulan Member and Hanchiatien Formation of the Baizhiya section, Shixi, Tongzi

白芷埡剖面的松坎段与桐梓代家沟剖面相似度高,但整个石牛栏段的粉砂质、泥质等陆源碎屑成分含量极低,几乎均为单层厚度不一的层状灰岩,指示这里属远离滇黔桂古陆剥蚀区长期的海水清澈环境。中—厚层灰岩在第3层常见,除了石牛栏段顶部(第4层)的潮坪相的鸟眼泥状灰岩外,2-3层序列基本呈现为化石丰度以及颗粒大小差异的滩相叠置,各滩相单元之间不存在基底和顶界的差异。

3 滩相灰岩微相特征和环境指标

对白芷埡剖面石牛栏段灰岩采样磨制普通岩石薄片作灰岩微相分析,岩性定名沿用 Duham^[19]和 Flugel^[20]的灰岩分类方案,由下而上识别灰岩序列包括以下典型类型。

生屑团粒泥粒状灰岩(图4,1-2):圆形或椭圆形团粒丰富,粒度砂级—细砾级,分选性中等,部分团粒中见隐藻结构;少量三叶虫、腕足类、海绵骨针和棘皮类碎片均强烈破碎呈毫米级粒度,有极少量厘米级钙藻碎片(局部重结晶);部分颗粒外壁见隐藻包裹形成的泥晶套结构;灰泥基质局部微亮晶方解石化。颗粒在沉积前多被搬运,生屑破碎程度高,可能搬运距离远,生屑和内碎屑颗粒沉积于中等水动力条件。

生物扰动泥状灰岩(图4,3):生屑化石含量微弱,灰泥沉积于潮下带安静水体中,因粒度或沉积速率差异形成纹层,这些纹层在固结前受强烈底栖生物扰动,形成起伏不平的层理,有的毫米级生物潜穴可切穿数层纹层。海底深度偏大不利于表栖后生动物大量栖居,但从底质含氧量指标看,该微相类型仍指示适宜于灰泥软底上内栖动物生

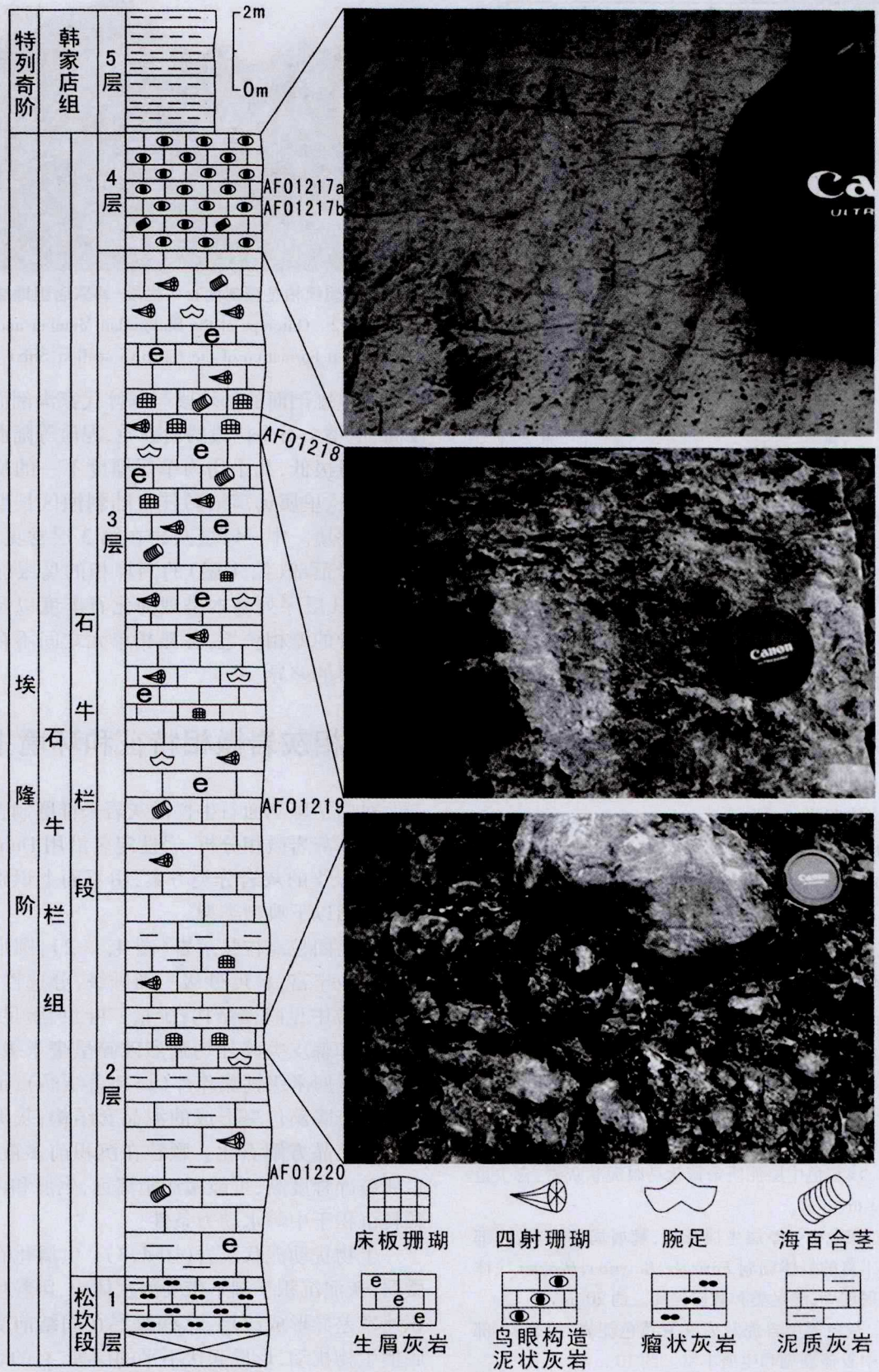


图3 桐梓狮溪柏芷垭剖面石牛栏组—韩家店组地层序列

Fig.3 Stratigraphic sequences of the Shihniulan-Hanchiatien formations at the Baizhiya section, Shixi, Tongzi

右侧照片从上至下显示:石牛栏段顶部浅灰色鸟眼泥状灰岩;石牛栏段上部珊瑚等生屑丰富层;石牛栏段下部灰岩夹粉砂岩、泥岩,灰岩中见复体珊瑚砾块和棘屑

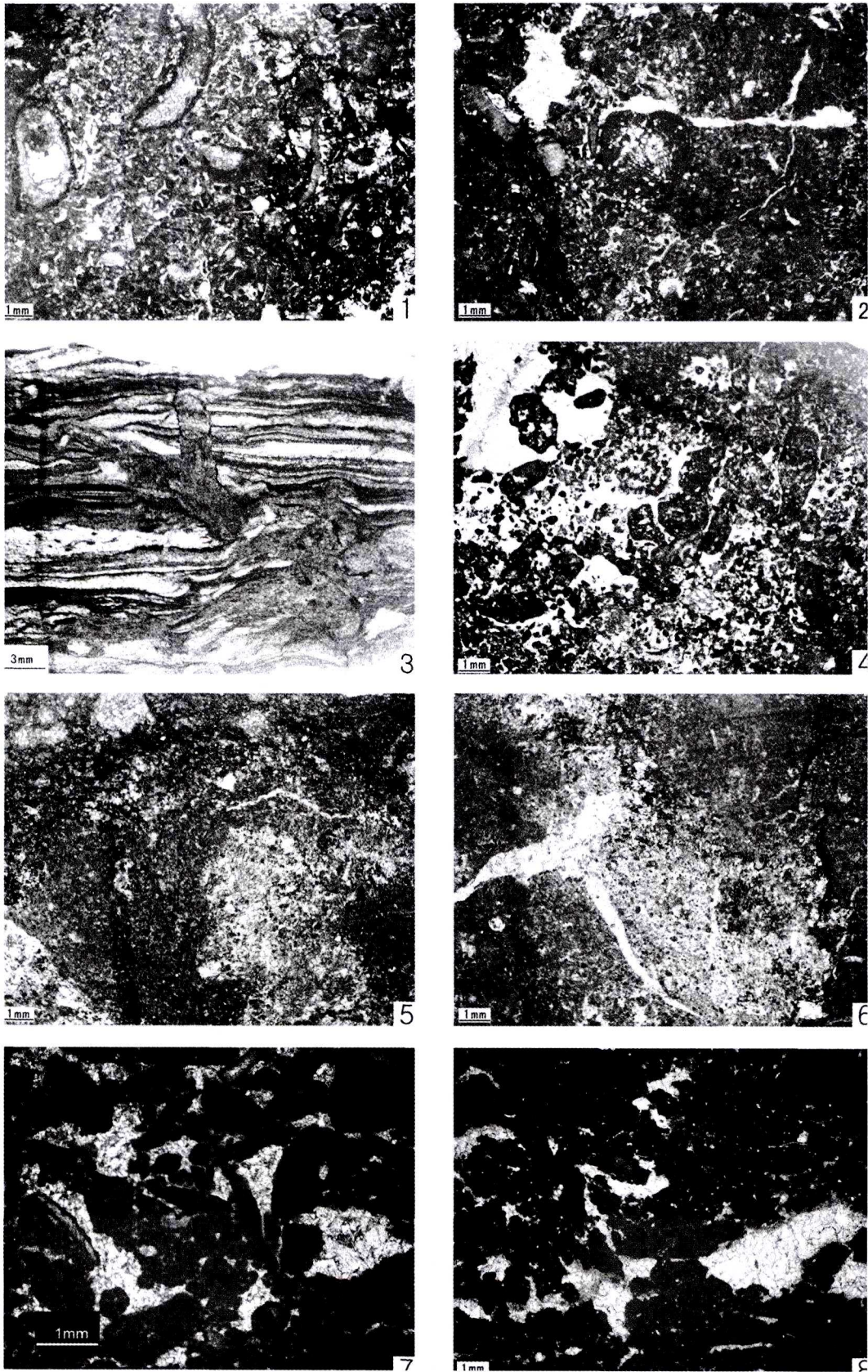


图 4 白芷垭剖面石牛栏段灰岩微相(采样层位标注于图 3)

Fig. 4 Microfacies of the Shihniulan Member limestones at the Baiziya section

1-2:生屑团粒泥粒状灰岩, AFO1220; 3:生物扰动泥状灰岩, AFO1219;

4:内碎屑泥粒状灰岩, AFO1218; 5-6:砂屑泥状灰岩, AFO1217a; 7-8:鸟眼构造泥状灰岩, AFO1217b

存的氧化条件。

内碎屑泥粒状灰岩(图4,4):泥状灰岩、含生屑泥状灰岩砂屑为内碎屑主要成分,生屑微量且破碎程度高,颗粒分选性和磨圆度中等,属中—高能水动力条件下的内碎屑滩沉积。

砂屑粒泥状灰岩(图4,5-6):中—细颗粒的泥状灰岩砂屑为主,少量钙藻粒径可达数毫米,介形类、海绵骨针等生屑微量,局部灰泥基质微亮晶方解石化。属中—低能水动力条件下的内碎屑滩沉积。

鸟眼构造泥状灰岩(图4,7-8):属典型极浅水带灰泥坪带沉积,是桐梓上升时滇黔桂古陆海岸线北移的结果^[21-22]。

白芷垭剖面石牛栏段灰岩中的很少见到大颗粒壳相化石密集埋葬单元,总体看生屑以及内碎屑颗粒粒度普遍偏细,多经历过动荡水流环境下的中等改造破碎过程;安静海底灰泥沉降形成的纹层泥状灰岩夹层在厚度上不占优势。

4 古生态和古环境

黔北的构造位置属扬子板块中南部,中奥陶世末期的都匀运动所造成的地壳抬升,贵州南部以及广西和云南东南部在晚奥陶世隆升成统一的“滇黔桂古陆”。志留纪初的鲁丹期开始由北向南海侵,局限深水陆棚环境背景下沉积了黑色页岩为主的龙马溪组^[23];之后沉积分异作用加剧,因浅水陆棚的扩展而呈现出碳酸盐台地、浅水陆棚和深水陆棚共存的古地理格局^[23-25]。桐梓全境在志留纪属古陆以北的陆表海区,海岸线在遵义附近^[18,26],海底地貌总体上呈现南浅北深的变化^[7]。随着古陆剥蚀区的逐渐被夷平,龙马溪组碎屑岩沉积之后,埃隆晚期碳酸盐岩台地分布扩大,沉积瘤状灰岩和生物碎屑灰岩为主的石牛栏组^[23];埃隆末期发生短暂的抬升造成海岸线北移,暴露区接受风化剥蚀^[21],桐梓地区的海岸线退到水坝塘至狮溪一带^[22];特列奇之初因海平面上升和基底沉降加速的双重控制,潮坪—浅水陆棚相为主的陆源碎屑堆积加剧^[23],即覆盖于石牛栏段顶部剥蚀面之上的韩家店组紫红色和灰绿色的砂岩、粉砂岩和页岩;韩家店组沉积之后长期抬升为陆,直到二叠纪才开始接受新的海相沉积。

以滇黔桂古陆为界,桐梓县境内志留纪兰多维列世从南往北的呈现近岸到远岸的陆表海缓

坡,石牛栏组,特别是上部的石牛栏段灰岩生物相—岩相分异表现最为显著。从南到北随海底深度增加和水流能量降低,碎屑岩含量逐渐减少,灰岩成分增加,生物礁或生物滩仅见于石牛栏段^[10]。戎嘉余等^[26]识别桐梓韩家店剖面腕足群落演化及其指示的海平面变化过程;Rong等^[18]认为埃隆晚期的石牛栏组在桐梓韩家店剖面沉积时位于滇—黔—桂古陆以北的陆表海区,由南向北为近岸向远岸的延伸,并勾勒出石牛栏组到特列奇早期的韩家店组沉积序列为BA3-BA2持续的海退过程。Zhan和Jin^[8]记录桐梓代家沟剖面和韩家店剖面的石牛栏组与韩家店组之间均为不整合接触。戎嘉余等^[21]提出滇黔桂古陆之北存在因桐梓上升导致特列奇阶地层底部存在沉积间断,并勾勒了桐梓上升的影响范围;邓小杰等^[22]根据桐梓县境内从南向北数个剖面石牛栏组顶部发育的沉积构造推断,埃隆末期短暂的“桐梓上升”导致海岸线北移的最终位置应在水坝塘镇和狮溪镇之间10 km范围内。

近岸带的代家沟剖面多钙质页岩、粉砂岩、含白云石灰岩、生屑颗粒灰岩等,见腕足类如*Zygospiraella*等经波浪作用等堆积的介壳滩以及数层夹含*Lingulella*的叠层石^[8];韩家店剖面以扰动的钙质粉砂岩、核形石团块生屑粒泥状灰岩、珊瑚障积灰岩和含泥质泥状灰岩占优势,出露由珊瑚、腕足类、棘屑颗粒堆积形成的滩和小型珊瑚礁;水坝塘剖面则以礁灰岩相的生屑颗粒灰岩、生屑泥粒灰岩、管孔藻障积灰岩、层孔虫障积灰岩、苔藓虫障积灰岩和珊瑚格架灰岩为主,属最佳的动物格架礁栖居区,2期礁的礁基均为棘皮类、苔藓虫和珊瑚碎片组成的生屑滩,礁核主要由床板珊瑚、复体四射珊瑚密集生长形成格架岩,局部有由珊瑚、苔藓虫和层孔虫形成障积礁,珊瑚分异度和丰度都很高,至少包括22个属^[10]。

狮溪白芷垭剖面的石牛栏段上部薄层灰岩中产少量复体珊瑚和单体四射珊瑚,未形成生物礁,还见少量三叶虫、棘皮类和腹足类等生屑,部分细砾级生物屑表面包有薄的隐藻纹层。综合以上推测出该剖面为BA3的生态位,水深处于潮下带和最大浪基面之上的范围。

5 结语

剖析白芷垭剖面石牛栏段滩相单元的古生态

学意义在于强调埃隆晚期上扬子区黔北范围辽阔的缓坡型碳酸盐岩台地地区,为后生动物点礁生长提供了理想的生态位。从水坝塘往北约10 km的狮溪白芷垭剖面由于水深偏大而不利于珊瑚—层孔虫造礁,这里的滩相灰岩均为层状,不显示风暴层所特有的丘状交错层理以及礁前塌积岩构造,也无礁角砾沉积,这是由于白芷垭南侧的水坝塘2期点礁厚度偏小,仅20余米且正向地貌隆起偏缓^[10],很难向北迎风面拓展成大规模的礁前塌积岩有关,藉此也限定了后生动物点礁分布的北界。白芷垭剖面仍属碳酸盐岩台地内部的远岸区,尚未达到台地边缘带,不存在碳酸盐岩台缘相常见的重力流堆积。

致谢:本研究得到了中国科学院战略性先导科技专项(B类,子课题编号XDB10010503)、国家自然科学基金(批准号:41372022)、国家自然科学基金委重大项目第一课题(批准号:41290260)以及贵州省科技厅重大科技专项“罗甸玉开发利用关键技术研究与产业化”项目(编号:黔科合重大专项字[2014]6003号)的支持。非常感谢审稿专家对文稿修改提出的建议。

【参考文献】

- [1] Brenchley P J. Late Ordovician Extinctions and their relationship to the Gondwana Glaciation. In: Brenchley P J (ed.). *Fossils and Climate* [M]. John Wiley and Sons Ltd, 1984, 291-315.
- [2] 陈旭,戎嘉余. 集群绝灭的基本概念及奥陶纪晚期的实例剖析. 见:戎嘉余,方宗杰,吴同甲(主编). 理论古生物学文集[M]. 南京:南京大学出版社,1990. 91-120.
- [3] Li Y, Kershaw S. Reef reconstruction after extinction event of Latest Ordovician in Yangtze Platform, South China [J]. *Facies*, 2003, 48: 269-284.
- [4] 李越. 华南晚奥陶世至早志留世生物礁的演化历程. 见:戎嘉余,方宗杰(主编). 生物大绝灭与复苏——来自华南古生代和三叠纪的证据(上卷)[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2004. 187-222.
- [5] 倪超,李越,于深洋,等. 黔东北石阡志留纪最早期生物礁的形态学和古生态学[J]. *地质科学*, 2016, 51(3): 978-989.
- [6] 林宝玉,苏养正,朱秀芳,等. 中国地层典—志留系[M]. 北京:地质出版社,1998. 1-104.
- [7] 万云,张廷山,兰光志,等. 川南黔北志留纪生物礁与古环境演化[J]. *重庆石油高等专科学校学报*, 1995, 1: 2-7.
- [8] Zhan R B, Jin J S. Ordovician - Early Silurian (Llandovery) Stratigraphy and Palaeontology of the Upper Yangtze Platform [M], South China. Beijing: Science Press, 2007. 1-169.
- [9] 葛治洲,戎嘉余,杨学长,等. 西南地区的志留系. 见:中国科学院南京地质古生物研究所著. 西南地区碳酸盐生物地层[M]. 北京:科学出版社,1979. 155-220.
- [10] Wang G, Li Y, Kershaw S, et al. Global reef recovery after the end-Ordovician extinction: evidence from the late Aeronian coral-stromatoporoid reefs in South China [J]. *GFF*, 2014, 136(1): 286-289.
- [11] 丁文江. 丁文江先生地质调查报告[R]. 前经济部中央地质调查所,1947. 118-129.
- [12] 穆恩之. 中国含笔石地层[R]. 中国地质学参考资料, 1959, 第3号.
- [13] 张文堂,陈旭,许汉奎,等. 贵州北部的志留系. 见:南京地质古生物研究所编. 黔北地层现场会议贵州北部的古生代地层[M]. 1964. 79-110.
- [14] 王立亭. 贵州的志留系. 见:贵州省革命委员会地质局编. 贵州省各时代地层总结[M]. 1976. 1-68.
- [15] 中国科学院南京地质古生物研究所. 西南地区地层古生物手册[M]. 北京:科学出版社,1974. 1-454.
- [16] 戎嘉余,杨学长. 西南地区早志留世中、晚期腕足动物群[J]. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 1981, 13: 163-278.
- [17] 陈旭,戎嘉余,王成源,等. 中国扬子区兰多维列统特列奇阶及其与英国的对比[M]. 北京:科学出版社,1996. 1-162.
- [18] Rong J Y, Chen X, Su Y Z, et al. Silurian paleogeography of China. In: Landing E, Johnson M E (eds.). *Silurian Lands and Seas - Paleogeography Outside of Laurentia* [M]. New York State Museum Bulletin, 2003, 493: 243-298.
- [19] Dunham R J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham W E (ed.). *Classification of Carbonate Rocks* [M]. American Association of Carbonate Petrologists Memoir, 1962, 1: 108-122.
- [20] Flügel E. *Microfacies of carbonate rocks: analysis interpretation and application* [M]. Springer, Berlin. 2004. 1-976.
- [21] 戎嘉余,王铎,詹仁斌,等. 论桐梓上升——志留纪埃隆晚期黔中古陆北扩的证据[J]. *地层学杂志*, 2012, 36(4): 679-691.
- [22] 邓小杰,王冠,李越. 黔北桐梓志留系石牛栏组顶部特征指示的海岸线位置[J]. *地层学杂志*, 2012, 36(4): 718-722.
- [23] 郭英海,李壮福,李大华,等. 四川地区早志留世岩相古地理[J]. *古地理学报*, 2004, 6(1): 20-29.
- [24] 杨晓萍,张宝民,柳少波. 四川盆地南部志留系碳酸盐灰泥丘成因与储集性[J]. *海相油气地质*, 2002, 7(4): 26-32.
- [25] 马东洲,陈洪德,朱利东. 川东南下志留统石牛栏组沉积体系与岩相古地理[J]. *成都理工大学学报*, 2006, 33(3): 228-232.
- [26] 戎嘉余, Johnson M E, 杨学长. 上扬子区早志留世(兰多维列世)的海平面变化[J]. *古生物学报*, 1984, 23(6): 672-693.

Bank Facies of the Shihniulan Formation (late Aeronian, Llandovery, Silurian) at the Shixi section, Tongzi, northern Guizhou

DENG Xiao-jie¹, WANG Guan², HUANG Yong¹, ZHANG Jia-wei¹,
LONG Sheng-qing¹, MA Yi-bo¹, LI Yue^{3*}

(1. *Guizhou Academy of Geologic Survey, Guiyang 550018, Guizhou, China*; 2. *South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China*; 3. *Key Laboratory of Economic Stratigraphy and Palaeogeography (NIGP, CAS), Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

[**Abstract**] Limestones of the Shihniulan Member (Shihniulan Formation, late Aeronian, Llandovery, Silurian) are typical shallow marine facies covering the ramp setting of the northern Dian-Qian-Gui Land on the Upper Yangtze Epicontinental Sea spatially. Patch reefs comprising rich metazoan contributors of coral-stromatoporoid assemblages are limited palaeogeographically along the Shuibatang of the Tongzi County. Bedded limestone sequences from northward off-shoal setting at Baiziya section, Shixi show less silty and muddy components implying higher clarity of the marine water in palaeoenvironmental parameters. Bank facies composed of intraclastics and less bioclastics at the Baiziya section were formed in a depth above the major wave-base. However, complexity of the ecological niche illustrate as lower abundance and smaller-sized in coral-stromatoporoid frameworks; they aren't considered as the reefal limestone types. Furthermore, no positive relief is recognized from the limestone units herein. This palaeoecological pattern suggests that differentiations of the benthic communities were essentially constrained by depth varieties of the marine floor. Depth range idealized for inhabitation of metazoan patch reef was relatively narrow.

[**Key words**] Bank facies; Shihniulan Formation; Silurian; Shixi of Tongzi; North Guizhou

(上接第 204 页)

Geochemical Characteristics of Rare Earth Elements and Genesis of Fluorite Deposits in Yanhe, Guizhou

YANG Zhong-qin, ZHAO Lei, HE Yong-zhong, AN Ya-yun, PAN Ying-juan

(*Guizhou Academy of Geologic Survey, Guiyang 550005, Guizhou, China*)

[**Abstract**] In order to study the genesis of fluorite deposit in Yanhe area, mainly aimed at the geologic characteristics of Shuitianba and Fengshuiling fluorite deposit, and use plasma mass spectrun for analysis the REE. The results shows that total amount of rare earth in surrounding rock, light rare earth and heavy rare earth is much higher than fluorite. But the type of rare earth distribution in fluorite is similar to surrounding rock. According to fig of Tb/Ca_Tb/La, unite the characteristics of orebody and research geological background of the area, think that the fluorite deposit is hot water (hot brine) recycled sedimentary rock (or deposit).

[**Key words**] REE; Fluorite; Genesis; Yanhe