

# 贵州拉丁晚期扬子台地边缘地表暴露带的特征 及裂隙中微型钟乳石的成因

肖加飞<sup>1,2,3)</sup> 魏家庸<sup>3)</sup> 胡瑞忠<sup>1)</sup>

(1)中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放实验室,贵州 贵阳,550002;2)中国科学院研究生院,北京,100039;3)贵州省区域地质调查研究院,贵州 贵阳,550005)

**摘要** 贵州中三叠世拉丁晚期扬子台地边缘地表暴露带,经历的时间长,约1 Ma(233~232 Ma);形成的厚度大(一般100~150 m左右,最厚可达180 m左右)。暴露特征清楚,渗流豆石、窗格(鸟眼)构造、中-大型帐篷构造、喀斯特化角砾岩非常发育,这显然是潮湿-半潮湿气候条件下,在古隆起区形成的钙质风化壳。暴露带裂隙中的微型钟乳石,有覆水石、滴水石、流水石3种类型。其<sup>18</sup>O同位素组成一般在-10‰(PDB)左右,<sup>13</sup>C的同位素组成一般在1.5‰~2‰(PDB)左右。<sup>18</sup>O同位素组成表明,钟乳石是淡水成因的,但<sup>13</sup>C的同位素组成为略高于淡水成因的沉积物的值,这可能是不饱和的大气降水溶解了基岩,而获得<sup>13</sup>C的缘故。上述3种形态的微型钟乳石的岩石学特征也表明,是典型的淡水成因形成。由此可见,暴露带裂隙中的微型钟乳石为淡水成因的产物。

**关键词** 台地边缘 暴露带 微型钟乳石 C-O同位素 拉丁晚期

## Characteristics of Superficial Exposed Belt on the Margin of the Yangtze Platform in the Guizhou in Late Ladinian Period and the Genesis of Micro-Stalactites in Fissures

XIAO Jiafei<sup>1,2,3)</sup> WEI Jiayong<sup>3)</sup> HU Ruizhong<sup>1)</sup>

(1) *Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang, Guizhou, 550002*; 2) *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039*; 3) *Guizhou Institute of Regional Geological Survey, Guiyang, Guizhou, 550005*

**Abstract** The superficial exposure belt experienced a long evolutionary time(about 1 Ma), and formed a great thickness of sediments (usually between 100~150 m, with the largest thickness being some 180 m) during Late Ladinian period of Middle Triassic. There exist very clear exposure features, such as vadose pisolite, fenestral (bird-eye) structure, middle-large type teepee structure and karst breccia. The belt is therefore evidently a calcareous weathering crust under humid-semihumid climate condition in an ancient up-warped region. There are three types of micro-stalactite in fissures of the exposed belt, namely, drapestone, dripstone, and flowstone. Their <sup>18</sup>O isotope composition is usually about -10‰(PDB), and their <sup>13</sup>C isotope values are generally between 1.5‰-2‰(PDB). The <sup>18</sup>O isotope composition indicates that micro-stalactites are of fresh-water origin, but their <sup>13</sup>C values are slightly higher than the values of the freshwater sedimentary. This is probably attributed to the fact that meteoric water dissolved pre-formed limestone (bedrock) and obtained <sup>13</sup>C. The three shapes of the micro-stalactite are petrologically typical of fresh-water sediments. It is thus considered that the micro-stalactites are fresh water sediments.

**Key words** platform margin exposure belt micro-stalactite carbon and oxygen isotope composition Late Ladinian

## 1 地质背景

贵州境内三叠纪扬子台地边缘带是指东起福泉,西经贵阳桐木岭,向南经安顺龙宫、关岭红岩、贞丰,然后向西南经安龙坡脚至兴义泥凼的一条长约

380 km的台缘隆起带,带宽一般2~5 km,西南部兴义泥凼一带宽达10 km。三叠纪各时期其边缘类型和位置均有差别(贵州省地质志,1988;贵州省地质矿产局区域地质调查大队,1992),早三叠世主要是沉积型边缘;中三叠世则主要为跌积型边缘;晚

三叠世又变为沉积型边缘。大地构造位置属扬子陆块西南缘(程裕淇主编,1994),从大尺度来说,该隆起带北东依江南古陆;西南临红河断裂带;东接右江盆地;西连扬子台地。中三叠世拉丁期台地边缘隆起明显,特征醒目,大体呈“S”型展布(图1)。清洁、流畅、高能的浅水环境促使台地边缘碳酸盐岩的快速生长发育,从而构筑了规模壮观的台缘隆起带。这个台缘隆起带以向海进积明显为特征,其岩石地层名称为垄头组,该带对两侧的岩性、厚度、古生物及古地理的不同起了控制性的堤坝作用。有的学者称该带为边缘堤礁(贺自爱等,1980),但其岩石类型主要为亮晶颗粒灰岩、亮晶核形石灰岩、砂屑灰岩、钙质微生物纹层灰岩、亮晶豆石灰岩及喀斯特角砾岩等,从层序地层的角度来说,主要是一套高水位体系域的滩相沉积。

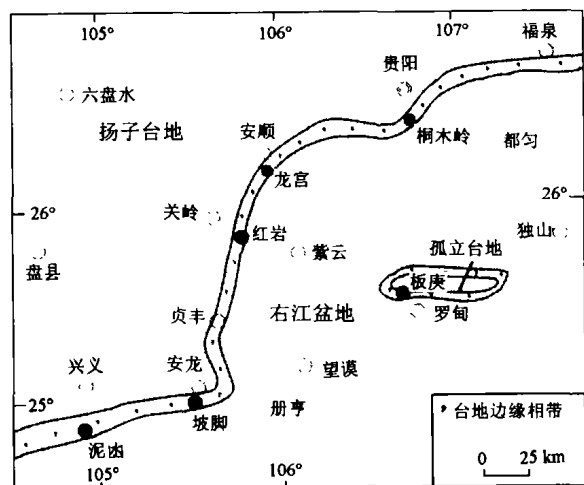


图1 贵州南部中三叠世拉丁晚期台缘隆起带位置略图  
Fig. 1 Sketch of the platform margin uplift during the Ladinian of the Middle Triassic in south Guizhou

## 2 拉丁晚期台地边缘地表暴露带特征

早、中三叠世台地边缘相带,由于其特殊的地貌,对海平面升降的影响非常敏感,随着周期性的海平面下降,曾有数次地表暴露的记录,然而最为特征的则是拉丁晚期的这次地表暴露,其暴露带经历的时间较长。在暴露带形成期间,右江盆地中沉积了边阳组低水位体系域的砂泥质浊积岩,在盆地边缘尚有碎屑流的灰岩角砾岩及薄层灰泥岩。在贞丰东南一带右江盆地边缘,边阳组砂泥质浊积岩中夹十余层灰岩角砾岩楔或透镜体,其中有具微型钟乳石的喀斯特角砾岩,这显然是来自台缘暴露带的岩石。在灰岩角砾岩楔内的灰泥岩夹层中含牙形石 *Neogondolella polygnathiformis*, *N. navicula*,

*Gladigondolella tethydis* 等。在罗甸板庚孤立台地南北坡脚,低水位体系域的灰岩角砾岩楔中所夹的薄层灰岩,普遍含牙形石 *Neogondolella polygnathiformis*, *Gladigondolella tethydis*, *Epigondolella mungoensis* 等。上述牙形石均为拉丁晚期的分子。将这个低水位体系域及其中所含牙形石与 Haq 等人(1988)所划的层序及生物带进行对比,由于 Haq 等人建立的层序和生物带已有时间控制,从而得出该暴露带形成的时限大约为 1 Ma(233~232 Ma)。该暴露带厚度较大,一般为 100~150 m,在贵阳桐木岭和关岭红岩等地厚达 180 m 左右。暴露标志清楚,中至大型帐篷构造、窗格(鸟眼)构造、渗流豆石及喀斯特化角砾岩非常发育,并常见低镁方解石和淡水方解石胶结物及孔隙中的内沉积。窗格或鸟眼孔洞多被单晶方解石充填,有的孔洞显示顶底构造,即下部为泥晶方解石,上部为亮晶方解石。渗流豆石一般呈圆形、椭圆形及偏心圆形;大小不均,一般直径 0.5 cm,大的可达 1 cm;圈层平直,主要为泥晶纹层,一般 5~10 圈;豆心通常为生物屑或砂屑;含量常为 60%~90%;排列紧密,多呈接触式胶结;胶结物多为亮晶方解石,可见新月型和悬挂型胶结物。喀斯特角砾岩之角砾,多呈棱角状;大小不等,一般 10 cm×30 cm 左右,最大者达 30 cm×70 cm;杂乱堆积,也有大致顺层分布的;角砾成分有渗流豆石灰岩、生物屑灰岩、砂屑核形石灰岩及钙质微生物纹层灰岩等,多被栉壳状的方解石胶结。上述暴露特征表明,是钙质风化壳的产物,主要分为 2 种类型:①潮湿-半潮湿气候条件下形成的钙质风化壳;②干旱-半干旱气候条件下形成的钙质风化壳(魏家庸等,1992)。由此可见,拉丁晚期的这个暴露带应为潮湿-半潮湿气候条件下形成的钙质风化壳。向台地内部,该暴露带特征变为白云角砾岩、渣状白云结壳和大型帐篷构造等。在贵阳桐木岭-二戈寨一带可见该暴露带之上的地层与其呈上超式接触。

## 3 暴露带裂隙中微型钟乳石的成因

喀斯特化角砾岩在暴露带中颇为特征,充填在其阶梯状裂隙中的微型钟乳石发育,有流水石、滴水石及覆水石 3 种类型。现以贵阳桐木岭喀斯特不整合面之下 80 m 处微型钟乳石样品的 C-O 同位素组成(表 1,图 2)为例,探讨其成因。从表 1 及图 2 可看出,  $\delta^{18}\text{O}$  在  $-11.083\text{‰} \sim -5.469\text{‰}$  (PDB) 之间,多在  $-10\text{‰}$  左右,与大气降水成因的沉积物的  $^{18}\text{O}$  同位素组成相似。而  $\delta^{13}\text{C}$  均为正值,其值在

1.101‰~2.962‰之间,多在 1.5‰~2‰之间,与淡水成因的沉积物的<sup>13</sup>C 同位素组成不符,略偏高。大气淡水成岩环境的 δ<sup>13</sup>C 为低-中负值(陈荣坤 1994);淡水成因灰岩的 δ<sup>13</sup>C 组成变化大,从 -2‰~-10‰(郑永飞等,2000)。然而上述形态类型的微型钟乳石又是典型的地表暴露降水成因形成的(Esteban 等,1983)。造成<sup>13</sup>C 同位素组成的值较典型的淡水成因的值偏高的原因,可能是在暴露期,

含有来自土壤和腐殖质的 CO<sub>2</sub> 的大气降水,在流经碳酸盐岩的孔隙中时,溶解了部分基岩,使基岩中的<sup>13</sup>C 添加到水溶液中,而使其沉积产物——微型钟乳石的<sup>13</sup>C 同位素组成偏高。图 2 表明,从基岩→覆水石→滴水石→流水石,其<sup>18</sup>O、<sup>13</sup>C 同位素组成的负向偏移程度加大,与微型钟乳石的形成顺序相符。其原因可能是当微型钟乳石形成时,水溶液中的 CO<sub>2</sub> 不断逸出,造成<sup>13</sup>C 亏损增加,从而导致<sup>18</sup>O、<sup>13</sup>C 同位素组成依次降低。

表 1 贵阳桐木岭中三叠世拉丁晚期暴露带裂隙中微型钟乳石的碳氧同位素组成数据

Table 1 The carbon, oxygen isotope composition of the micro-stalactites in cracks of exposure belt during the late Ladinian in Tongmuling of Guiyang

时代组	岩性	样品编号	δ <sup>18</sup> O‰ (PDB)	δ <sup>13</sup> C(PDB) ‰
	覆水石	Tt2-101	-6.448	2.814
	石灰岩(基岩)	-102	-6.143	2.903
	石灰岩(基岩)	-103	-4.658	3.485
	滴水石	-104	-8.173	3.075
	11 世代流水石	4-101	-10.290	1.911
	5 世代流水石	-102	10.289	1.101
	4 世代流水石	-103	-9.749	1.629
	3 世代流水石	-104	-9.662	1.588
	滴水石	-201	-8.516	2.586
拉 丁 晚 期	10 世代流水石	5-101	-10.200	1.584
	9 世代流水石	-102	-10.540	1.605
	8 世代流水石	-103	-11.083	1.462
	7 世代流水石	-104	-10.205	1.937
	6 世代流水石	-105	-10.954	1.665
	5 世代流水石	-106	-10.062	1.609
	4 世代流水石	-107	-10.244	1.674
	3 世代流水石	-108	-10.257	1.810
	2 世代流水石	-109	-10.403	1.668
	1 世代流水石	-110	-10.544	1.945
	1 世代流水石	5D-101	-7.977	2.801
	3 世代流水石	-102	-6.970	2.475
	滴水石	-201	-8.135	2.651
	覆水石	-203	-5.469	2.962

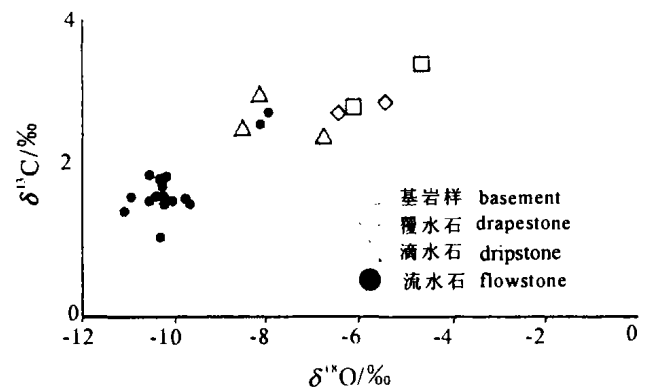


图 2 贵阳桐木岭中三叠世拉丁晚期暴露带裂隙中微型钟乳石的 C-O 同位素组成

Fig. 2 The carbon, oxygen isotope composition of the micro-stalactites in cracks of exposure belt during the late Ladinian in Tongmuling of Guiyang

### 4 结论

(1)拉丁晚期的这个台缘暴露带,暴露特征清楚,中-大型帐篷构造、窗格(鸟眼)构造、渗流豆石及喀斯特化角砾岩非常发育,渗流豆石灰岩和喀斯特化角砾岩中低镁方解石和淡水方解石胶结物与孔隙中的内沉积很多,这些特征表明该暴露带形成于潮湿-半潮湿气候条件下的古地形隆起区,为一种钙质风化壳。

(2)暴露带裂隙中的微型钟乳石的类型有覆水石、滴水石及流水石。其 C-O 同位素组成为 δ<sup>18</sup>O 一般在 -10‰左右,δ<sup>13</sup>C 一般在 1.5‰~2‰之间。<sup>18</sup>O 同位素组成反映微型钟乳石为淡水成因,而<sup>13</sup>C 同位素组成略高于淡水成因的值,这可能是大气降水溶解了部分基岩,而使基岩中的<sup>13</sup>C 进入到水溶液中的缘故。微型钟乳石的岩石学特征也表明其淡水成因。由此可见,暴露带裂隙中的微型钟乳石为淡水成因的产物。

## 参 考 文 献

- 陈荣坤. 1994. 稳定氧碳同位素在碳酸盐岩成岩环境研究中的应用. *沉积学报*, 12(4): 11~21.
- 程裕淇主编. 1994. 中国区域地质概论. 北京: 地质出版社.
- 贵州省地质矿产局. 1988. 贵州区域地质志. 北京: 地质出版社.
- 贵州省地质矿产局区域地质调查大队. 1992. 贵州岩相古地理图集. 贵阳: 贵州人民出版社.
- 贺自爱, 扬宏, 周经才. 1980. 贵州中三叠世生物礁. *地质科学*, (3): 256~264.
- 魏家庸, 卢重明, 徐怀艾等. 1991. 沉积岩区 1:5 万区域地质填图方法指南. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 郑永飞, 陈江峰. 2000. 稳定同位素地球化学. 北京: 科学出版社.

## References

- Chen Rongkun. 1994. Application of stable oxygen and carbon isotope in the Research of carbonate diagenetic environment. *Acta Sedimentologica Sinica*, 12(4): 11~21 (in Chinese).
- Cheng Yuqi et al. 1994. Regional geological conspectus of China. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Esteban M, Klappa C F. 1983. Subaerial exposure environment. In Scholle P A, Bebout D C and Moore C H eds. *Carbonate Depositional Environment*. AAPG memoir 33.
- Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources. 1988. Regional geology of Guizhou province. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Haq B U, Hardenbol J, Vail P R. 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In: Wilgus C K et al. eds. *Sea-level changes: an integrated approach*. SBPM, Spec. Pub, 42: 71~108.
- He Zhai, Yang Hong, Zhou Jingcai. 1980. The Middle Triassic reef in Guizhou province. *Scientia Geologica Sinica*, (3): 256~264 (in Chinese with English).
- Regional Geological Surveying Team Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources. 1992. Atlas of lithofacies and paleogeography of Guizhou. Guiyang: Science and Technology Publishing House of Guizhou (in Chinese).
- Wei Jiayong, Lu Chongming, Xu Huaiai et al. 1991. A guide to the method of the 1:50000 regional geological survey in sedimentary rock areas. Wuhan: China University of Geosciences Press (in Chinese).
- Zheng Yongfei, Chen Jiangfeng. 2000. Stable isotop geochemistry. Beijing: Science Press (in Chinese with English abstract).