

贵州中三叠统上部垄头组的沉积性质 ——再论其钙结壳的成因

范嘉松 吴亚生

中国科学院地质与地球物理研究所,北京,100029

内容提要 钙结壳是土壤层之下的岩石在出露地表渗流带环境内受大气雨水的溶解,并通过上覆土壤层的淋滤而成的产物。由于雨水的不断的溶解,使原始的岩石或沉积物发生破裂,从而形成各种大小的砾块或砾石。随着雨水不断的溶解,雨水逐渐增加 CaCO_3 的含量。这些富含碳酸钙的雨水,当它流到位于潜水面之上的下渗流带时,就在土壤层之下、原来岩石之上沉积了特殊的、层纹状方解石胶结物。它们往往覆盖岩石表面或沿着砾石的外缘、呈包覆状沉积,从而形成典型的层纹状钙结壳。渗滤豆粒的外皮也属于层纹状钙结壳的性质,这些外皮有向下方加厚的趋势,这表明渗流带的含碳酸钙的雨水,受重力作用影响下,具有往下悬挂现象,类似于洞穴内的钟乳石。豆粒之间的相互衔接呈多边形构造,也表明它是受重力作用而形成的构造。

关键词 钙结壳 渗滤豆粒 中三叠统 垄头组 贵州

在中三叠世时,贵州中部有一条横贯贵州全境、呈拉长的S形状的相变带(图1)。这一相变带实际上代表中三叠世碳酸盐台地的边缘,它在中三叠世的晚期形成了一套奇特的沉积(图2),即垄头组,受到人们广泛的注意。作者经过详尽、仔细的研究,提出了它是钙结壳沉积(范嘉松等,1992;范嘉松,1996)。这种认识提出以后,尚未获得普遍接受。本文主要探讨钙结壳的定义、形成过程和主要识别特征,以便使这类特殊的沉积获得人们进一步的研究。

1 钙结壳的定义、钙结壳沉积在贵州的分布

钙结壳(Calcareous crusts, Caliche, Calcrete)是原始岩石出露于大气下(subaerial)所形成的层纹状壳(Multer et al., 1968; James, 1972)。层纹状钙结壳是在渗流带环境内形成的次生沉积物,它们通常是在层状岩石的表面、土壤层之下,通过流经土壤层的雨水,溶解了土壤层内的碳酸盐颗粒,成为饱和碳酸钙的溶液,然后在岩石之上沉淀下来。也可能在蒸发的气候条件下,含碳酸钙的溶液,受到毛细管作用往上提升,然后在岩石之上沉淀下来。

这些钙结壳往往成为层纹状薄层,覆盖于层状岩石之上,并位于土壤层之下。这些钙结壳也可以在

暴露的岩石面上形成,当含有有机质和碳酸钙的雨水从土壤内流出,并流到暴露的岩石面上,使其遭受溶解和剥蚀,这样在其上也可形成固结的层纹状钙结壳(Multer et al., 1968; Kahle, 1977)。渗滤豆粒(Vadose pisolites)是与钙结壳相伴产生,并代表大气下渗流作用的产物。Dunham(1969)认为豆粒是在渗流带的上部由海洋颗粒岩造成的豆粒状钙结壳,它们是在从近地表的土壤层到浅的洞穴的各种环境内形成的。渗滤豆粒具有下列特征:①豆粒的核心从未见骨屑作为核心;②外同心层不对称,既有向下方加厚的趋势,也有向上方加厚的现象;③豆粒往往破碎后又被包覆,因此破碎的豆粒成为核心;④多边形的豆粒相互衔接;⑤豆粒的粒级具有反向递变的现象。Dunham(1965)和Thomas(1965)在各自独立开展研究渗滤豆粒的情况下得出了相同的结论:豆粒是二叠纪钙结壳土壤,它们形成于先前的海洋沉积物,并在海平面低水位时,遭受到大气下的渗流成岩作用而成。然而,Esteban和Pray(1983)则持相反的观点,他们认为豆粒未必是在渗流带淡水成岩作用的产物。他们提出这些豆粒绝大部分是在潮坪环境超盐度的海水内形成的,因为这些豆粒往往与窗格构造、帐篷构造(Tepees)共生。Peryt(1983)认为超盐度海水环境也可能会受

收稿日期:2002-09-06;改回日期:2003-05-12;责任编辑:王思恩。

作者简介:范嘉松,男,1931年生,1953年毕业于北京地质学院地层古生物专业,现为中国科学院地质与地球物理研究所研究员。电话:010-62008057; Email: fanjiasong@hotmail.com。

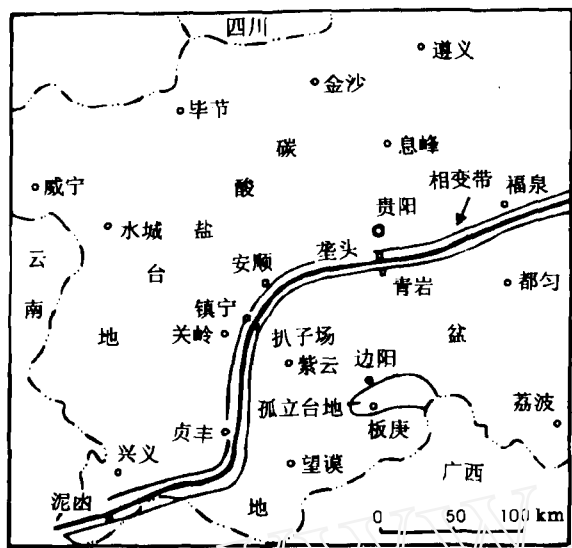


图1 贵州中三叠统相变带分布示意图

Fig. 1 Sketch map of the distribution of facies change belt in Guizhou Province during the Middle Triassic

图中两条细线所限的地区代表相变带,该带由东北往西南方向延伸,呈拉长的“S”形。粗线代表台地边缘的位置

The area bounded by two fine lines represents the facies belt which show approximate, elongated pattern of "S" shape.

Coarse line represents the position of platform-margin during the Middle Triassic

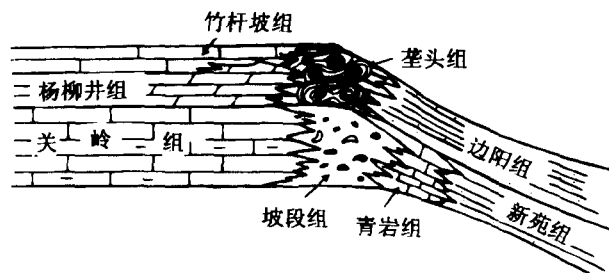


图2 贵州中三叠统相变带两侧岩相变化示意图

Fig. 2 Sketch map showing different rocks occurred at both sides of facies change belt during the Middle Triassic.

相变带之西为碳酸盐台地沉积,其东为盆地边缘沉积和盆地沉积。台地边缘沉积的上部为钙结壳,下部为由砾岩组成的滩。To the west of the facies change belt are exposed carbonate platform deposits, while to the east are those deposits of basin margin and deep basin. The deposits exposed at the platform-margin consist of two parts; the upper part is mainly caliche deposits, while the lower part is mainly bank deposits of grainstones

到淡水的淋滤,因此他建立了一个新术语—渗流豆粒(Vadoids)。当前人们对豆粒的成因仍存在两种不

同的观点。笔者倾向于渗滤淡水成因,并不赞同谭钦银等(1992)关于层纹状钙结壳和渗滤豆粒的成因。

三叠纪钙结壳沉积出露于贵阳青岩以北的垄头、镇宁东南的扒子场、兴义的泥凼、边阳的板庚等地,其中尤以扒子场剖面最为典型(图1)。

2 关岭扒子场钙结壳剖面的叙述

关岭扒子场位于关岭县城之东北,直距约22 km。从扒子场往西北方向,三叠纪地层沿着公路断面,相继出现下统和中统。中统安尼期的沉积为坡段组,而拉丁期则由垄头组和竹杆坡组组成。垄头组的地层剖面(图3)由多种岩石组成,其中以代表钙结壳的典型岩石——钙结壳岩(Caliche rocks)和豆粒岩(Pisolites)占主要。它们多次出现于剖面内,呈旋回状产出,大体上可分为五期。第1期由钙结壳岩和豆粒岩组成,厚约39.4 m;第2期由下部的台地边缘滩相岩石—砂砾屑颗粒岩,往上转变为钙结壳岩,厚约24 m;第3期也是从砂砾屑颗粒岩开始,往上出现巨厚的钙结壳岩与豆粒岩的互层,其厚度达到294.1 m,成为该剖面的主体;到第4期,由于受海退的影响,台地边缘已从扒子场往东南方向的广海迁移,因此在扒子场处成为潮坪沉积,主要为砂屑、球粒粒泥岩、泥粒岩,含有窗格鸟眼等构造,到晚期则仍发育为钙结壳岩。该期厚度约41.1 m。第5期的沉积与第4期类似,其底部仍为潮坪的球粒粒泥岩,也富含鸟眼构造,到后期也为钙结壳岩。从第5期钙结壳形成以后,扒子场地区又成为台地边缘的浅滩,其沉积以砂砾屑颗粒岩为主,夹少量的潮坪沉积。这一部分的厚度约43.2 m。在美国 Guadalupe 地区(Dunham, 1969),二叠纪的钙结壳发育于台地脊(platform crest)之后,它们处于海水淹没最浅的地方,并经常出露水面。关岭扒子场所处的沉积位置大致与其相当。

3 钙结壳的岩石类型及其基本特征

组成垄头组最常见的岩石为钙结壳岩和豆粒岩,约占全剖面总厚度的73%。

3.1 钙结壳岩

指原岩或原始的沉积物出露水面以后,受到多次破碎而成的各种砾块或角砾堆积,它们固结成岩后即形成此岩。实际上就是角砾岩。角砾由葡萄状、扇形方解石胶结物、豆粒岩的砾块等组成,也有泥晶灰岩的砾块。其外缘被层纹状钙结壳所包裹。这些层纹状壳的厚度常有变化,一般以1~2mm最

地层		层号	标本号码	岩性剖面	厚度 (m)	岩石名称	岩性特征	钙结壳分期	相分析	
系	统									
三	中	竹杆坡组	GP			灰、深灰色中厚层灰岩				
			22	81-82		13.5	砂屑颗粒岩			
		21	79-80		7.4	细晶白云岩	窗格构造		浅滩	
		20	78		22.3	砂屑、骨屑颗粒岩				
		19	77		12.4	钙结壳岩	渗滤豆粒窗格			
		18	76		14.7	钙结壳的角砾岩		第五期	钙结壳	
		17	75		14.2	球粒粒泥岩	鸟眼		潮坪	
		16			13.2	钙结壳岩			钙结壳	
		15	74		14.2	砂屑泥粒岩		第四期	浅滩	
		14	73		13.7	球粒粒泥岩	鸟眼窗格		潮坪	
		三	头	12~13	72		69.7	钙结壳岩		
				11	70		41.6	豆粒岩		第
		叠	组	10	68		92.6	钙结壳岩	三	结
				9	67		15.4	豆粒岩	期	壳
		系	统	6~8	66		41.3	钙结壳岩		
				5	62		33.5	砂砾屑颗粒岩		浅滩
				4	61		12.0	钙结壳岩	第二期	钙结壳
				3	60		12.0	砂砾屑颗粒岩		浅滩
				2	59		12.8	豆粒岩		
				1	58		26.6	钙结壳岩	第一期	钙结壳
				坡段组			砂砾屑-骨屑颗粒岩			

图 3 贵州关岭扒子场中三叠世垄头组柱状剖面图

Fig. 3 Columnar section of late Middle Triassic Longtou Formation in Pazichang, Guanling County, Guizhou Province

为常见,有些为4~6 mm,最厚可达10 mm。层纹的厚度横向不稳定,时厚时薄,它们均由短的柱纤状方解石组成。这些层纹状壳实际上就是碳酸盐胶结物。

3.2 豆粒岩

由渗滤豆粒组成的岩石。豆粒形状十分不规则,大小约4~8mm,以4~5mm 最常见。豆粒的核心十

分复杂,有砂屑、钙结壳层纹的碎片,外缘均为层纹状包壳。豆粒之间填充了镶嵌粒状方解石胶结物。

4 关岭扒子场、贵阳桐木岭、兴义泥凼和罗甸板庚等地的钙结壳岩石特征

4.1 贵州关岭扒子场钙结壳

由钙结壳岩、豆粒岩和角砾岩组成。

(1) 钙结壳岩：这类岩石实际上可称为角砾岩(图4)。其角砾由葡萄状、扇形方解石胶结物组成，也有泥晶角砾，其外缘被层纹状壳所包裹。层纹的厚度常有变化，一般以1~2 mm 最为常见。它们均由柱纤状方解石胶结物组成。

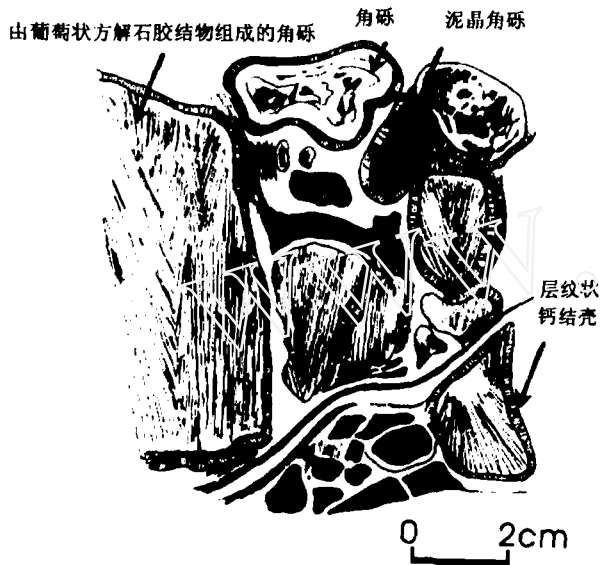


图4 扒子场钙结壳岩的素描图

Fig. 4 Sketch drawing of caliche rocks in Pazichang section

(2) 豆粒岩：可见渗滤豆粒的外缘被层纹状钙结壳所包裹。层纹的厚度由4~6 mm 不等，横向伸展不稳定，时厚时薄。它们均由短的柱纤方解石组成。层纹之间夹有形状不规则的泥晶角砾，或层纹之间的间隙内被灰泥、砂屑所充填。渗滤豆粒的粒径差别较大，由8~17 mm 不等，有些为复合豆粒(图5)。

(3) 角砾岩：此岩石内的角砾主要由扇形或葡萄状方解石胶结物组成，部分为灰泥角砾，其周围均被层纹状钙结壳所包裹。角砾的粒径变化较大，均具棱角，其大小由5mm×12mm~15mm×20mm (图6)。

4.2 贵阳以南的桐木岭钙结壳

桐木岭也是钙结壳发育的地点，该处岩石可见由渗滤豆粒和砾屑组成的砾块，其外缘被层纹状钙结壳所包裹。其上有一块长条状的层纹状钙结壳砾块，此砾块的右边缘呈锯齿状。最上部均被渗滤豆粒所覆盖(图7)。

4.3 兴义泥函钙结壳

泥函位于兴义之西南，此处钙结壳十分发育，可见各种粒径的角砾被层纹状钙结壳所包裹。这些层

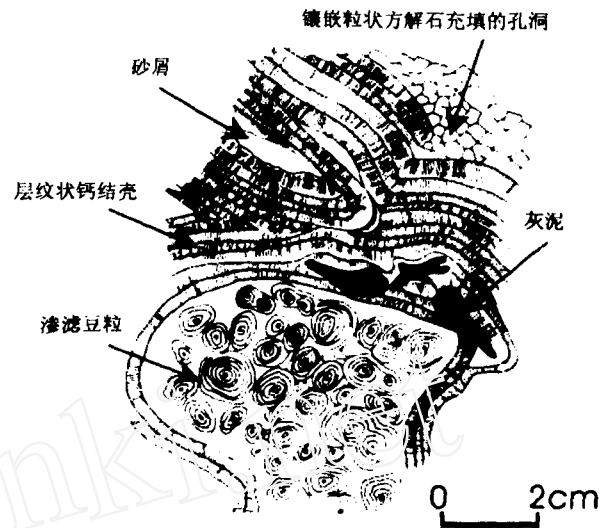


图5 扒子场渗滤豆粒岩素描图

Fig. 5 Sketch drawing of vadose pisolites in Pazichang section

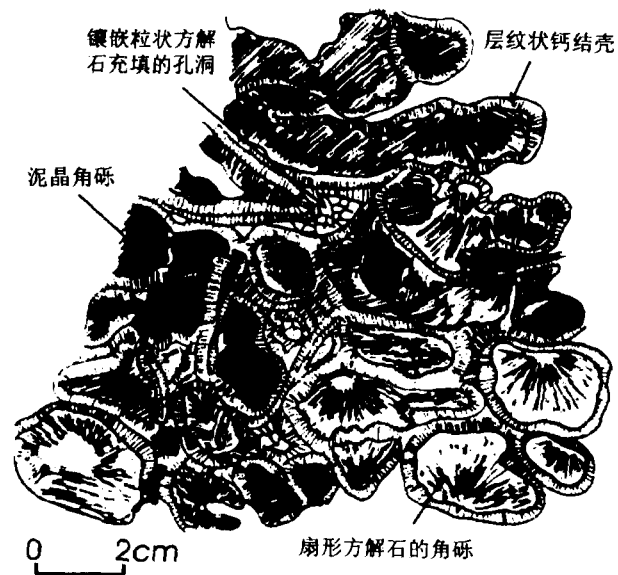


图6 扒子场钙结壳角砾岩素描图

Fig. 6 Sketch drawing of caliche breccias in Pazichang section

纹状钙结壳呈平行层纹，每一层纹厚约2~3 mm，由柱纤状方解石组成。在这些层纹状钙结壳内部则有扇形、葡萄状胶结物，它们似乎沿着裂缝壁相对充填(图8)。

4.4 罗甸板庚钙结壳

板庚的钙结壳以扇形、放射束状方解石胶结物为核心，可能代表洞穴胶结物，其外缘被细层纹钙结壳所包裹。这些钙结壳的层纹厚约2~3 mm，它们均

为柱纤状方解石胶结物(图9)。

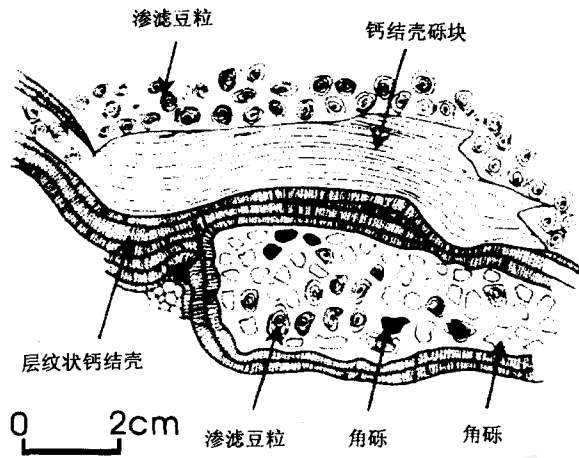


图 7 贵阳以南的桐木岭钙结壳示意图
Fig. 7 Sketch drawing of caliche rocks in Tongmuling, south of Guiyang, Guizhou Province

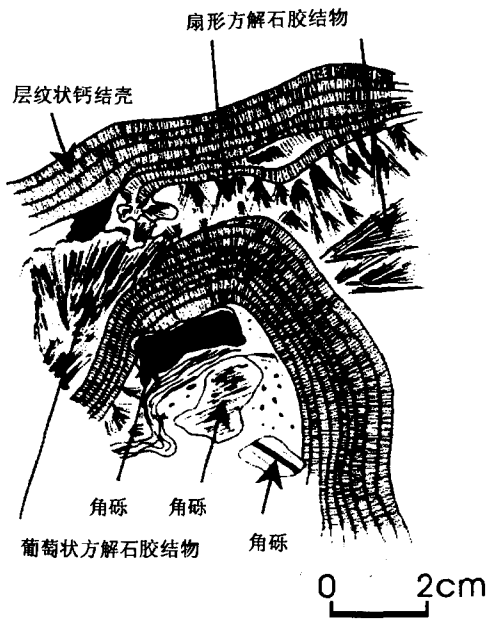


图 8 贵州兴义泥凼钙结壳岩示意图
Fig. 8 Sketch drawing of caliche rocks in Nidang, Xingyi County, Guizhou Province

5 钙结壳沉积的形成过程及其主要识别标志

钙结壳形成于渗流环境。渗流带通常可以分为两个带:上渗流带和下渗流带(图10)。

上渗流带代表沉积物或岩石与大气相接触的一带,当该地雨水丰富,同时沉积物或岩石多孔和多裂

缝时,雨水就迅速地流过此带,因此此带以溶解作用为主。由于土壤中 CO_2 的分压较高或大气中含有较多的 CO_2 时,这时渗滤雨水一般不饱和 CaCO_3 。随着雨水的不断地溶解,雨水逐渐增加 CaCO_3 的含量。这些富含碳酸钙的雨水,当它流到位于潜水面以上的下渗流带,就沉淀了具有特征的层纹状钙结壳。

钙结壳剖面是原始沉积物或岩石遭受溶解和破碎,同时又伴随迅速沉淀,因此钙结壳作用是一种成岩过程,它改变原始沉积物或岩石的结构和构造,产生新的结构和构造。这些组构有豆粒、钙结壳砾粒、钙结壳球粒、层纹状壳(Laminated crust)、角砾、根石(Rhizolith)、结核、小泡(Aiveolar texture)、Microdium(土壤中的细菌和高等植物的钙化细胞)、帐篷构造或假背斜构造(Tepepe or Pseudoanticline)等。

关岭扒子场中三叠统垄头组钙结壳剖面是发育于碳酸盐台地边缘浅滩之上,当这些浅滩出露于海面之上时就形成钙结壳的沉积。钙结壳剖面中最典型的岩石为层纹状钙结壳岩、豆粒岩和角砾岩。最典型的沉积构造为窗格鸟眼构造、帐篷构造等。

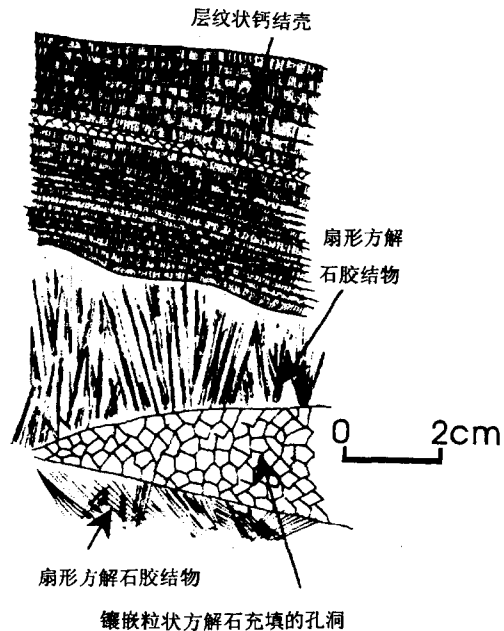


图 9 贵州罗甸板庚钙结壳示意图
Fig. 9 Sketch drawing of caliche rocks in Bangeng, Luodian County, Guizhou Province

6 地质历史期间的典型钙结壳沉积

在加拿大西部 Elk Point 盆地有泥盆纪钙结壳沉积,主要为渗流带的内部渗滤粉砂(internal

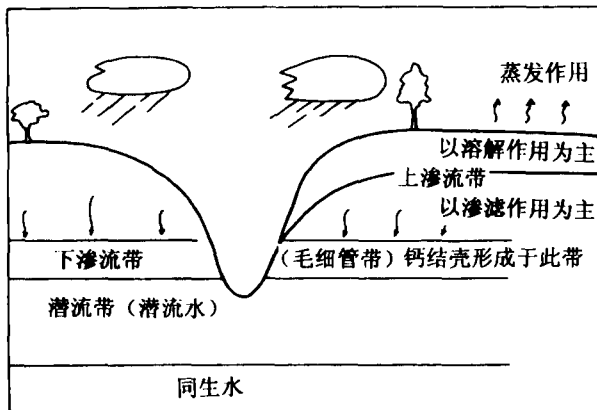


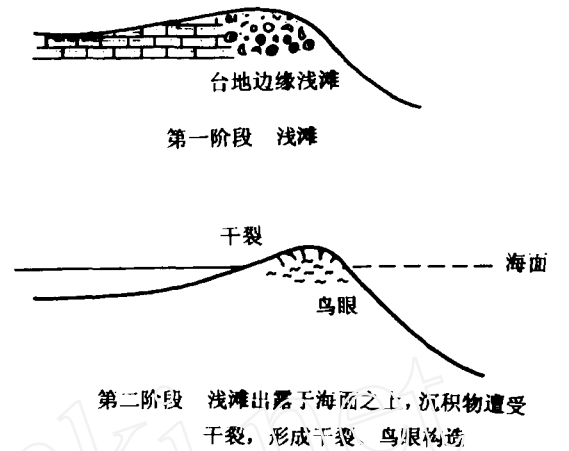
图10 钙结壳形成过程示意图

Fig. 10 Sketch map showing the processes of formation for caliche deposits

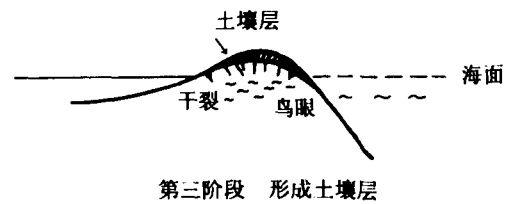
vadose silt)和豆粒,同时存在溶解、交代和胶结作用(Maiklem, 1971)。在萨斯喀切温省中泥盆统Winnipegosis组有钙结壳沉积,主要由豆粒滩组成,并见豆粒角砾岩(Wardlaw et al., 1971)。石炭纪的钙结壳以美国肯塔基州密西西比统的钙结壳最为典型(Walls et al., 1975; Harrison et al., 1978),此处表现为层纹状钙结壳和角砾层。角砾层内的角砾可以吻合在一起,它们的层理彼此相连,且平行于底质岩石。在威利斯顿盆地(Williston Basin)米辛峡谷组(Mission Canyon Formation)的钙结壳沉积主要表现为层纹状壳和渗滤豆粒(Gerhard, 1985)。最典型的钙结壳沉积是西得克萨斯和东墨西哥州瓜达罗彼山脉的二叠纪钙结壳,它们主要由渗滤豆粒组成,与此相伴生的沉积构造有干裂、鸟眼窗格、帐篷构造等。Dunham(1969)首先提出这些豆粒与现代的钙结壳十分相似。这些二叠纪钙结壳沉积的成因受到广泛的研究,并有不同的认识。Dunham(1969)认为这些豆粒属于渗滤豆粒,而Newell(2001)仍坚持它们属于洞穴沉积。Esteban等(1983)认为这些豆粒既不是钙结壳的渗滤豆粒,也不是洞穴沉积。他们提出这些豆粒主要形成于潮坪环境,并认为那些反向递变豆粒岩属于水下成因,而那些呈为葡萄状的豆粒岩则代表渗流和潜流环境内的产物。三叠纪的钙结壳发育于意大利Lombardy和Dolomite山脉,有典型的帐篷构造、豆粒以及角砾等(Assereto et al., 1977; Bosellini et al., 1974)。

7 贵州三叠纪钙结壳的形成模式

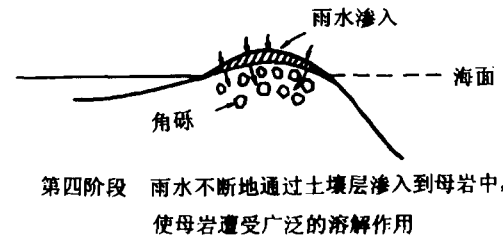
贵州碳酸盐台地边缘浅滩在中三叠世晚期多次出露水面,成为潮上环境,同时形成古土壤层。当它



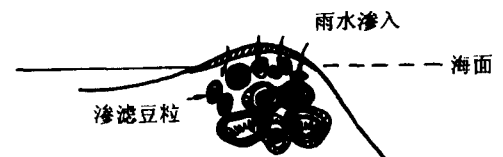
第二阶段 浅滩出露于海面之上,沉积物遭受干裂,形成干裂、鸟眼构造



第三阶段 形成土壤层



第四阶段 雨水不断地通过土壤层渗入到母岩中,使母岩遭受广泛的溶解作用



第五阶段 雨水中所含的碳酸钙沉淀于颗粒的外表,形成渗滤豆粒、层纹状钙结壳

图11 贵州中三叠世晚期钙结壳和渗滤豆粒形成模式图

Fig. 11 Successive models for the formation of caliche crusts and vadose pisolites in Guizhou

Province during late Middle Triassic

们出露水面时,碳酸盐岩被溶蚀成许多角砾碎块。富含碳酸钙的水沿着裂缝往下流动,将所含的碳酸钙沉淀于颗粒的外表,形成豆粒、鲕粒或环绕砾块形成层纹状壳。在初次的钙结壳形成以后,基底下沉,或遭受广泛的海侵,再次成为淹没于海水的浅滩或潮坪。以后又出露水面,形成第二期的钙结壳。如此经历5次沉降和抬升,终于形成世界上罕见的巨厚的钙结壳沉积(图11)。

参 考 文 献

- 范嘉松, 闻传芬. 1992. 贵州中三叠世生物礁的再研究——三叠纪钙结壳的发现. *科学通报*, (5): 438~440.
- 范嘉松. 1996. 贵州中三叠世生物礁的再研究——三叠纪钙结壳的发现. 见: 范嘉松主编: 中国生物礁与油气. 北京: 海洋出版社, 245~274.
- 谭钦银, 吴应林. 1992. 贵阳花溪中三叠世碳酸盐中皮壳、豆石和内沉积物的成因及其与沉积旋回的关系. *岩相古地理文集*, (8): 103~112.

References

- Assereto R, Kendall C G St C. 1977. Nature, origin and classification of peritidal tepee structures and related breccias. *Sedimentology*, 24:153~210.
- Bosellini A, Rossi D. 1974. Triassic carbonate buildups of the Dolomites, northern Italy. *SEPM Spec. Publ.*, 18:209~233.
- Dunham R J. 1965. Vadose pisolite in the Capitan reef (abstract). *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 49:338.
- Dunham R J. 1969. Vadose pisolite in the Capitan reef (Permian), New Mexico and Texas. In: Friedmann G M, ed. *Depositional environments in carbonate rocks—a symposium*. *SEPM, Spec. Publ.*, 14:182~191.
- Estaban M, Pray L C. 1983. Pisoids and pisolite facies (Permian), Guadalupe Mountains, New Mexico and West Texas. In: Peryt T M ed. *Coated grains*. 503~537.
- Fan Jiasong, Wen Zhuanfen. 1992. Re-examination of the Middle Triassic "Reefs" in Guizhou Province. *Chinese Science Bulletin*, (5):438~440(in Chinese).
- Fan Jiasong. 1996. Re-examination of the Middle Triassic "reefs" in Central Guizhou, South China—The discovery of Triassic caliche deposits. In: Fan Jiasong, ed. *The ancient organic reefs of China and their relations to oil and gas*. Beijing: Oceanic Press. 245~274(in Chinese).
- Gerhard L C. 1985. Porosity development in the Mississippian pisolitic limestones of the Mission Canyon Formation, Glenburn field, Williston Basin, North Dakota. In: Roehl P O, Choquette P W, eds. *Carbonate Petroleum Reservoirs*, 193~205.
- Harrison R S, Steinen R P. 1978. Subaerial crusts, caliche profiles and breccia horizons: comparison of some Holocene and Mississippian exposure surfaces, Barbados and Kentucky. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 89:385~396.
- James N P. 1972. Holocene and Pleistocene calcareous crust (caliche) profiles; criteria for subaerial exposure. *Jour. Sed. Petrol.*, 42: 817~836.
- Kahle C F. 1977. Origin of subaerial Holocene calcareous crust: role of algae, fungi and sparmicritisation. *Sedimentology*, 24:413~436.
- Maiklem W R. 1971. Evaporative drawdown—a mechanism for water level lowering and diagenesis in the Elk Point Basin. *Bull. Canada Petrol. Geol.*, 19:487~503.
- Multer H G, Hoffmeister J E. 1968. Subaerial laminated crusts of the Florida Keys. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 79:183~192.
- Newell N D. 2001. The Permian Guadalupian reef complex of West Texas and eastern New Mexico. In: Stanley G D, ed. *The history and sedimentology of ancient reef systems*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 205~215.
- Peryt T M. 1983. Vadoids. In: Peryt T M, ed. *Coated Grains*. 437~449.
- 覃 钦 银, 吴 应 林. 1992. Origin of carbonate crust, pisolites and internal sediments in the Middle Triassic carbonate strata and its bearings on depositional cycles in Huaxi, Guiyang. *Treatise on lithofacies and paleogeography*, 8:103~112 (in Chinese).
- Thomas C M. 1965. Origin of pisolites (abstract). *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 49:360.
- Walls R A, Harris W B, Nunan W E. 1975. Calcareous crust (Caliche) profiles and early subaerial exposure of Carboniferous carbonates, northeastern Kentucky. *Sedimentology*, 22:417~440.
- Wardlaw N C, Reinson G E. 1971. Carbonate and evaporite deposition and diagenesis, Middle Devonian Winnipegosis and Prairie Evaporite Formations of South—central Saskatchewan. *Bull. Amer. Asso. Petrol. Geol.*, 55:1759~1787.

Sedimentological Nature of Late Middle Triassic Longtou Formation

— Re-discussion on the Origin of Its Caliche Crusts

FAN Jiasong, WU Yasheng

Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029

Abstract

Caliche crusts are secondary products formed by the dissolution of meteoric water on former lithified sediments and rocks during their exposure into subaerial vadose environments. Because of continuous dissolution on former lithified sediments or rocks, these sediments or rocks will be broken into various sizes of clasts and pebbles. With uninterrupted dissolution by meteoric water, these waters will be saturated finally with great amounts of CaCO_3 . When these supersaturated waters flow down into the lower part of vadose zone just above phreatic zone, these calcium carbonates enclosed within the waters will be deposited as peculiar, laminated calcite cements which usually encrust around breccias or clasts of various sizes, thus forming typical laminated caliche deposits. Outer encrustations of these pisolites are also believed as the nature of laminated caliche deposits. These encrustations usually show some tendencies of thickening at the underside, thus indicating that these vadose waters which saturated with calcium carbonates have the features of hanging down towards the lower by the effects of the gravitation. These features are very similar to stalactites in the caves. Polygonal structures of the pisolites indicate also that these structures are formed by the effects of the gravitation.

Key words: caliche crusts; pisolites; Middle Triassic; Longtou Formation; Guizhou