

菌藻对碳酸盐颗粒的泥晶化作用研究 —以滇西保山地区下石炭统研究为例

韦龙明

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院, 桂林 541004)

提要 碳酸盐颗粒泥晶化由真菌类和藻类的穿孔所引起, 颗粒泥晶化可划分为四个阶段 6 种类型, 泥晶套和泥晶铸型分别代表泥晶化的成长、成熟阶段。丰富的泥晶化颗粒为浅滩标志; 泥晶化的深度与沉积速度成反比; 泥晶化均匀程度与颗粒翻转次数成正比; 颗粒泥晶化类型组合与风暴沉积有关; 暴露环境出现溶蚀孔洞或负鲕。菌藻的泥晶化作用可加速海水及成岩压实作用对颗粒的破碎和细化并产生内碎屑和灰泥; 鲕粒泥晶化后转变为辐射鲕和假鲕。

关键词 碳酸盐颗粒 鲕粒 菌藻穿孔 泥晶化 沉积环境 成岩作用

第一作者简介 韦龙明 男 35岁 硕士 古生物及地层学 目前从事矿床地质研究

前 言

自从福克(Folk, 1959)对碳酸盐岩引进结构成因分类以来, 多姿多采的碳酸盐颗粒已成为碳酸盐岩研究中最为人瞩目的一个方面。在同生沉积—成岩阶段, 碳酸盐颗粒会发生泥晶化现象, 并直接影响其成因分析。已有的研究表明, 碳酸盐颗粒泥晶化原因有二: (1) 藻类细菌的穿孔作用⁽¹⁾; (2) 成岩阶段的压碎、压溶的溶析作用⁽²⁾。

滇西保山地区早石炭世沉积环境属盐度和氧逸度均较正常的热带—亚热带浅海碳酸盐台地, 碳酸盐颗粒非常发育^①。本文将以该研究区为例, 重点探讨菌藻类对碳酸盐颗粒的穿孔作用及其泥晶化现象。

1 泥晶化概念及其有关问题讨论

余素玉(1982)⁽¹⁾对碳酸盐颗粒泥晶化作了较详细的介绍。下面就有关问题作简单介绍和讨论。

1.1 泥晶化概念的提出

穿孔的碳酸盐颗粒首先由 Nadsm(1927)报导⁽¹⁾。Friedman(1964)⁽³⁾发现现代大巴哈马滩的碳酸盐颗粒表层发育有泥晶套(Micritic envelopes), 并认为是微生物生理作用的结果。Bathurst & Monty(1967)⁽¹⁾正式提出泥晶化(Micritization), 也译作微晶化、隐晶化。穿孔的藻和真菌类对碳酸盐颗粒自外向内反复穿孔, 随后又被泥晶充填, 碳酸盐颗粒逐渐地被泥晶交

① 韦龙明, 滇西保山地区早石炭世沉积相及成因分析, 中国地质大学(北京)研究生院硕士论文, 1988, 6。

代,这种作用即所谓泥晶化作用。

1.2 泥晶化的起因

从以上概念可知,泥晶化首先是因为真菌类和藻类对碳酸盐颗粒穿孔,保山地区下石炭统的碳酸盐颗粒泥晶化以真菌类穿孔为主(图版 I-1、2、5、6),但也见有藻穿孔(图版 I-2~4)。真菌类和藻类对碳酸盐颗粒进行穿孔的原因推测有三:①吸收养份(有机质);②汲取矿物质;③寻求居住和隐蔽场所。

1.3 泥晶化方式

至于穿孔后泥晶化的方式,现代生物学研究表明,藻菌类的生命活动可以造成一种促进灰泥沉淀的物化环境,从而使泥晶充填于穿孔中。此外,藻类和真菌类分泌出的有机酸对颗粒具有分解作用,加上穿孔时的机械破坏作用均使得颗粒及其内部结构遭受破坏,造成颗粒逐步“土壤化”即“风化”作用。综上所述,菌藻对碳酸盐颗粒泥晶化方式有三:(1)生物机械破碎作用;(2)生物化学侵蚀作用;(3)生物化学沉淀作用。由此可以推断,泥晶化范围要比穿孔的孔茎大。

1.4 颗粒泥晶化次序

一般颗粒泥晶化的次序为自外向内进行,但也有些颗粒的泥晶化只发生在内部,如海百合茎的泥晶化仅见于中心茎孔和节片关节处,而在茎体外缘却无泥晶化(图版 I-6)。这是由于海百合茎的茎孔是穿孔的菌藻生物现成的居住和隐蔽场所,关节处也是薄弱部位,故这些部位就优先被泥晶化。

1.5 泥晶化作用的周期性

我们今天所看到的颗粒泥晶化现象,并不是连续不断一次形成的,而是具有明显的周期性。这在泥晶化鲕粒中反映最清楚,在放射同心鲕中,泥晶化辐射纹在不同圈层是不连贯的(图版 I-7),有时还共生有氧化圈(图版 II-3),说明随着鲕粒的周期性“叠积”作用,泥晶化作用也随之周期性发生。

1.6 泥晶化发展阶段划分

根据颗粒泥晶化发育程度将泥晶化作用划分为4个阶段包括6种类型。I. 预备阶段——菌藻穿孔:本阶段很少或还未发生泥晶化,主要呈真菌和藻类穿孔的原始状态。在普通光学显微镜下只能辨别藻穿孔(图版 I-2C)。II. 发生阶段——包括泥晶核、泥晶网和辐射纹:本阶段泥晶化作用明显发生,但泥晶化形态随颗粒种类不同而异。海百合茎在中央茎孔和茎片关节处呈泥晶核;还可沿海百合茎的网格状构造呈现泥晶网,在茎片的纵剖面表现为两组斜交的网格泥晶纹(图版 I-2A),在横剖面上则表现为放射状网格(图版 I-2B);滚圆形的鲕粒常常出现泥晶化辐射纹(图版 I-7);III. 发展阶段——泥晶套:泥晶化继续进行,则在碳酸盐颗粒的外部形成泥晶“外壳”(图版 I-5)。泥晶套并不是增长的加积包壳,而是“交代”圈。IV. 成熟阶段——泥晶铸型,颗粒被完全充分泥晶化,颗粒的内部结构构造基本或完全消失而呈泥晶质颗粒。

2 泥晶化颗粒的形成环境

2.1 浅水环境

这里暂且不考虑成岩作用的影响,那么,碳酸盐颗粒的泥晶化现象主要与菌藻类有关。

由于深水不利于穿孔的蓝绿藻及其与之相关的真菌类生存,因此,产生泥晶化的必要条件是浅水环境。Switchatt(1969)指出沉积物中极丰富的藻穿孔颗粒发生在 $<40\text{m}$ 或 $<15\sim 18\text{m}$ 处^[1]。一般说,藻穿孔颗粒的丰度随着盆地水体的加深而减小。

2.2 动荡条件

盆地水的动荡条件也是影响颗粒泥晶化的重要因素。如果处于经常振荡环境,多数沉积颗粒则有机会来回滚动或反复悬浮翻转,泥晶化就会均匀发育,泥晶套的厚度总体就比较均一。当然,动荡环境仍会有少数颗粒处于部分掩埋状,这时暴露部分遭受泥晶化,而受掩部分却不发生泥晶化(图1,图版I-1之M颗粒)。如果颗粒滚动或翻转不充分,形成的泥晶套将厚薄不均(图版I-1),这在粗粒径和形态不太圆的颗粒中多见。所以,根据多数颗粒的泥晶化均匀程度结合颗粒形态可以推测盆地水体动荡条件。

2.3 沉积速度

颗粒泥晶化是在盆地底部进行,菌藻对颗粒泥晶化作用要求颗粒在水底长期停留和徘徊而不被迅速掩埋。现代沉积学研究表明,浅水动荡环境满足以上条件,这里的泥晶化颗粒非常丰富。如果沉积速度很慢,菌藻类穿孔作用就有时间充分彻底地进行,颗粒将出现泥晶套并逐渐加厚直至完全泥晶化而成泥晶铸型(图版I-1、2、5)。

2.4 水动力状况的稳定性

在水动力状况比较稳定的沉积盆地,颗粒的泥晶化类型较单一(图版I-7, II-1、4);反之,组成岩石的颗粒种类多样,则因颗粒种类不同而出现不同形态的泥晶化(图版I-2)。如果盆地水动力状况有变动,即使组成岩石的颗粒单一,也会出现不同泥晶化形态的叠加和混合(图版II-2)。在保山地区的早石炭世碳酸盐台地上,风暴作用频繁^[4],沉积盆地水动力状况也随之频繁变动。因此常常出现不同泥晶化形态混合共存。此外,在浅滩边缘缓斜坡甚至台盆相的风暴岩中,还存在泥晶化颗粒与未泥晶化颗粒混合堆积现象。泥晶化鲕粒出现在台盆相的泥晶粒屑灰岩中,说明泥晶化鲕粒来自浅滩环境,属高成低沉现象。

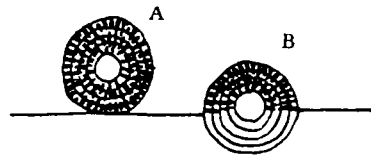
2.5 暴露环境与淡水淋滤作用

韩征、余素玉(1989)^[5]指出,产于潮上带属风暴岩成因的介壳层在风暴衰退期露出水面,介壳层的泥晶化作用较强。这里还应该考虑大气条件下的地表风化作用。

按理,穿孔的颗粒在强水流作用下,沿穿孔部位会发生冲洗溶蚀作用,并逐步扩展为孔洞,这种现象在藻穿孔颗粒内比较明显,真菌穿孔颗粒因穿孔孔茎微细而不明显。但如果经历了暴露过程,在淡水(天水)参与的成岩作用下,穿孔的鲕粒等碳酸盐颗粒更易发生淋滤作用而留下鲕模或空洞^[3,6]。此外由于藻穿孔的孔径比真菌类穿孔的孔径大,藻穿孔后也不易很快被泥晶所“充填”(图版I-2C),故此推断溶蚀孔洞更多的是由藻穿孔发展演化而来。本研究区既见到负鲕,也出现溶蚀孔洞(图版I-3、4),但负鲕含量少,说明暴露时间有限,淡水影响微弱。

2.6 保山地区碳酸盐颗粒泥晶化一般特征

滇西保山地区早石炭世碳酸盐岩的泥晶化颗粒主要为鲕粒,其次是海百合茎和腕足介



A. 充分翻转颗粒 B. 部分掩埋颗粒

图1 泥晶化与掩埋关系

Fig. 1 Relationship between micritization and burial

壳,局部的核形石和内碎屑出现溶蚀孔洞。总体上,泥晶化颗粒的发育特征与沉积相关系非常密切(表1)。表内显示,泥晶化颗粒以浅滩相最为丰富,颗粒的泥晶化类型也最多。此外,本区在早石炭世风暴作用频繁^[4],在风暴流的影响下,大量浅滩上的泥晶化颗粒被搬运到浅滩边缘缓斜坡堆积,故此地带颗粒泥晶化类型的组合最为复杂。

表1 保山地区早石炭世不同沉积相泥晶化颗粒特征表

Table 1 Characteristics of micritized grains from different facies in the Early Carboniferous in the Baoshan area

沉积相带	台地相		浅滩相			台盆相	
	潮下带	台地边缘	浅滩边缘	浅滩中部	浅滩顶部		
水动力条件	低能	中—低能	中—高能	高能	间隙高能	低能	
背景沉积	(白云质)灰岩	泥晶(生屑)灰岩	亮晶粒屑灰岩	亮晶鲕粒灰岩	亮晶粒屑灰岩	泥晶灰岩	
母岩性质	泥晶生屑灰岩	泥晶生屑灰岩 亮晶粒屑灰岩	亮晶粒屑灰岩 亮晶鲕粒灰岩	亮晶鲕粒灰岩 亮晶介壳灰岩	亮晶粒屑灰岩 含鲕核形石灰岩	泥晶含鲕粒屑灰岩	
沉积方式	静水、潮汐	潮流、风暴流	潮流、风暴流	波浪、风暴浪	风暴潮、潮汐流	风暴浊流	
泥晶化颗粒特征	颗粒种类	海百合茎、腕足	海百合茎、腕足壳	鲕粒、生物屑	鲕粒、介壳	鲕粒、砾屑、核形石	鲕粒
	颗粒丰度	无	含量少	较丰富	丰富	丰富	稀少
	形态类型	无泥晶化	泥晶核、泥晶网 菌藻穿孔	泥晶套、泥晶网 辐射纹	辐射纹、泥晶套、泥晶铸型	溶蚀孔洞、辐射纹 泥晶套、泥晶铸型	辐射纹
	类型组合	无	较多样	多样	较单一、互层	多样或单一	单一
	分布范围	普遍	大部地区	大部地区	大部地区	何元寨、荡习	清水沟

3 泥晶化作用的研究意义

3.1 有助于沉积相分析

1)丰富的泥晶化颗粒可作为浅滩相标志之一,泥晶化颗粒的含量由浅滩向外逐步减少,而不是简单地随盆地水体加深而降低。

2)碳酸盐颗粒的泥晶化深度与沉积速率成反比,泥晶套和泥晶铸型的出现,反映盆地沉积速度非常缓慢,甚至出现具有一定时间延续的“沉积间断”。

3)颗粒泥晶化均匀程度与水体振荡时间即颗粒滚动和翻转的次数成正比,故原地沉积的泥晶套和泥晶铸型主要出现在浅滩相。

4)颗粒泥晶化类型的复杂化与风暴作用等事件沉积有关。

5)淡水淋滤作用可导致碳酸盐颗粒出现溶蚀现象,故溶蚀孔洞或负鲕可作为暴露标志之一。

3.2 有利于碳酸盐岩成因分析

3.2.1 促进碳酸盐颗粒的细化

碳酸盐颗粒在波浪和流水的机械破碎下逐步细化。每年海洋生物的死亡数量是巨大的,如果全部的钙质骨骼都保存下来,其堆积速度是惊人的。事实上,地史时期能够保存下来成

为化石的仅占死亡生物的极少部分,而绝大部分生物骨骼被破碎磨蚀“消亡”了,在这一过程中,菌藻类既是直接的破坏者(穿孔作用),又对海水机械破碎并细化颗粒起催化作用。显然,经过藻类和真菌类的穿孔作用,碳酸盐颗粒的内部构造因遭受破坏而变得脆弱,在海浪和潮水的冲蚀作用下更容易被磨圆和破碎。可以说,泥晶化作用大大加速了颗粒的细化,在同种程度的冲刷磨蚀作用下,穿孔颗粒的细化速度比未穿孔颗粒的细化速度要快数倍至数十倍。

3.2.2 泥晶化作用也是产生内碎屑的原因之一

具有泥晶套或呈泥晶铸型的颗粒经破碎之后会形成砂屑和粉屑。由此可见,尚未完全固结的灰泥沉积物及已固结的碳酸盐岩经流水冲刷作用可以产生内碎屑,但并不是形成内碎屑的唯一原因。泥晶化颗粒也可以产生细级的内碎屑。

3.2.3 泥晶化作用对产生灰泥的贡献

生物造泥作用已普遍为人们所接受。目前已知生物造泥作用包括:①生物壳体的咀嚼研磨和消化;②生物骨骼受海水机械磨蚀作用;③钙藻和钙质超微化石堆积。如前所述,藻类和真菌类对碳酸盐颗粒泥晶化作用也能产生灰泥,这包括:(a)藻类和真菌类的穿孔作用直接排出灰泥;(b)穿孔和泥晶化作用会加速颗粒的机械磨蚀及成岩压溶和溶析作用而产生大量灰泥;(c)穿孔的菌藻类的生命活动会促进灰泥从海水中沉淀。

3.2.4 解释岩石颗粒粒度分布双峰状态的原因

Bratt(1978)提到绝大部分碳酸盐沉积物和粒度都呈双峰分布状态,但没有作出成因解释。作者在薄片鉴定中常常看到亮晶鲕粒灰岩中存在有少量的粉屑(图版 I-3、4),从水动力条件控制粒度分布的观点难以解释这些粉屑为何与粗砂级鲕粒共生现象。进一步观察发现,所有的鲕粒均具不同程度的泥晶化现象,少量鲕粒还呈松散的“碎裂”状态,其附近粉屑相对富集。可以推论,这些粉屑不是与鲕粒同时沉积的,而是泥晶化程度较深的鲕粒经强烈的波浪和潮流冲蚀作用碎裂而成。由于处于高能环境,早先破碎产生的粉屑将大部分被水流带走,故这种岩石的粒度分布双峰将是粗粒级(鲕粒)部分的峰值比细粒级(粉屑)的峰值要高,即双峰不对称。

3.2.5 泥晶化将使鲕粒面目全非

在藻类和真菌类的穿孔和泥晶化作用下,鲕粒的内部构造将遭受不同程度的破坏,使得鲕粒面目全非。

①具同心层构造的鲕粒部分或全部转变为辐射鲕。保山地区下石炭统云瑞街组的鲕粒虽具有放射状构造,但它们还具有如下特征:均为亮晶胶结;放射状辐射纹在部分鲕粒内发育不均,部分呈放射状构造,而一部分呈同心构造(图版 I-1);辐射纹粗细不一(图版 I-4);辐射纹和同心层叠加,且辐射纹在不同圈层上不连贯(图版 I-7);放射状内核之外具泥晶套,并共生有鲕粒的泥晶铸型(图版 I-2)和复鲕(图版 I-6)。以上特征反映这些放射状鲕形成于海水强烈振荡的高能环境,其辐射纹构造系泥晶化形成的“次生”构造,而非那些形成于静水低能环境下的原生放射鲕(或称藻鲕)。为区别起见,特将由泥晶化作用产生的具辐射纹的似放射状鲕粒称之为辐射鲕。

②鲕粒经过穿孔和泥晶化后,再经过流水和海潮的冲刷磨蚀和破碎作用,会产生或(和)转变成粉屑和泥屑(灰泥)。

③鲕粒经过彻底完全的泥晶化,其内部构造将会消失而转变成滚圆状“砂屑”(图版 I-1、2、5),其中少数砂屑还隐约保留同心纹层构造,并共生有放射同心鲕,说明这种滚圆状砂

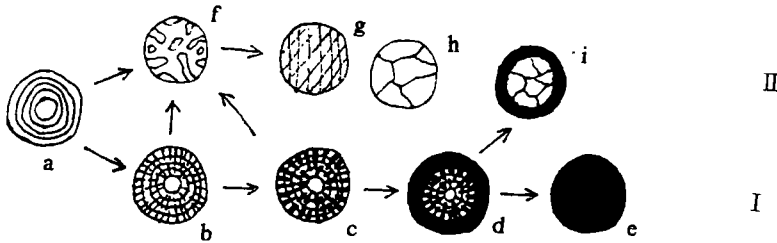
屑系鲕粒泥晶化产物。笔者在野外采集的鲕粒灰岩,手标本下鲕粒具有同心纹层构造,而薄片下却变成了滚圆状的砂屑,这说明泥晶化作用破坏了鲕粒的显微构造,而保留了鲕粒的宏观外貌。假鲕一词在文献中常有出现。这种“假鲕”仍可作为鲕粒进行沉积环境分析甚至具有更深层的意义——具有一定时间持续的“沉积间断”。

3.2.6 泥晶化将影响成岩作用进程

高计元(1986)^[2]通过实验研究证明,在成岩阶段的埋藏压实作用下,碳酸盐颗粒也会发生压碎、压溶和溶析等作用,结果会造成颗粒的细化和泥晶化作用。由于穿孔和泥晶化颗粒变脆弱,同样会加快成岩阶段颗粒细化和泥晶化速度。

在地表环境,由于物理化学条件的显著变化,早先形成于海底环境的碳酸盐岩将受到淡水的强烈溶蚀和淋滤,鲕粒可以部分或全部被淋滤掉而留下鲕模或空洞^[3]。具有泥晶套的鲕粒,由于泥晶套本身富含有机质,有机质可以有效地阻止淡水淋滤使泥晶套得以保留,从而形成负鲕^[6]。可见,泥晶化对负鲕的形成起了重要的作用。具菌藻穿孔的颗粒,淡水首先沿穿孔部位淋滤,如果淋滤作用不彻底,则使颗粒留下溶蚀孔洞。

通过以上研究,并以鲕粒为代表推断碳酸盐颗粒的泥晶化发展系列有二(图2): I. 海底成岩系列——在海底成岩环境下,具同心层鲕粒(a)首先受到菌藻穿孔作用(b),随后出现泥晶辐射纹(c),随着泥晶化程度的加深而形成泥晶套(d),完全的泥晶化最终形成泥晶铸型(e); II. 地表成岩系列——在地表成岩环境下,由于淡水淋滤作用,微弱泥晶化的鲕粒将可能首先出现溶蚀孔(f),随着淡水影响作用持续进行,将形成单晶鲕(g)和多晶鲕(h),而具泥晶套鲕粒(d)多形成负鲕(i)。



I 海底成岩作用系列 II (近)地表成岩作用系列

图2 鲕泥晶化演化系列示意图

Fig. 2 Sketch map showing the developing series of oolite micritization

结 语

通过以上研究,作者在菌藻对碳酸盐颗粒的泥晶化作用方式和泥晶化颗粒的沉积环境等方面提出某些新见解,并推测泥晶化可以形成放射状鲕、假鲕和负鲕,泥晶化作用对海水机械破碎及成岩压实作用引起颗粒细化并产生内碎屑和灰泥等进程起催化作用,以上想法但愿对探讨碳酸盐岩成因等方面起到抛砖引玉的作用。

收稿日期:1994年6月14日

参 考 文 献

- [1] 余素玉, 1982, 碳酸盐岩颗粒泥晶化标志, 化石碳酸盐岩, 北京: 地质出版社, 101~103.
- [2] 高计元, 1986, 碳酸盐颗粒成岩变化的实验研究, 沉积学报, 4, 119~125.
- [3] Friedman, G. M., 1964, Early diagenesis and lithification in carbonate sediments, Jour. Sed. Petrol. 34(4): 790~808.
- [4] 韦龙明, 1992, 滇西保山地区早石炭世风暴岩类型, 地学探索, 7, 95~100.
- [5] 韩征, 余素玉, 1989, 云南楚雄盆地西部浅水风暴岩与珊瑚条砾灰岩的成因, 地球科学, 14(6): 596.
- [6] 赵霞飞, 1984, 川南嘉陵江组球-鲕粒灰岩近地表成岩作用, 石油与天然气地质, 5(3): 195~202.

Study on the Micritization of Carbonate Grains By Bacteria and Algae—the Example of the Early Carboniferous in Baoshan, Western Yunnan.

Wei Longming

(Research Institute of Geology for Mineral Resources, CNNC, Guilin 541004)

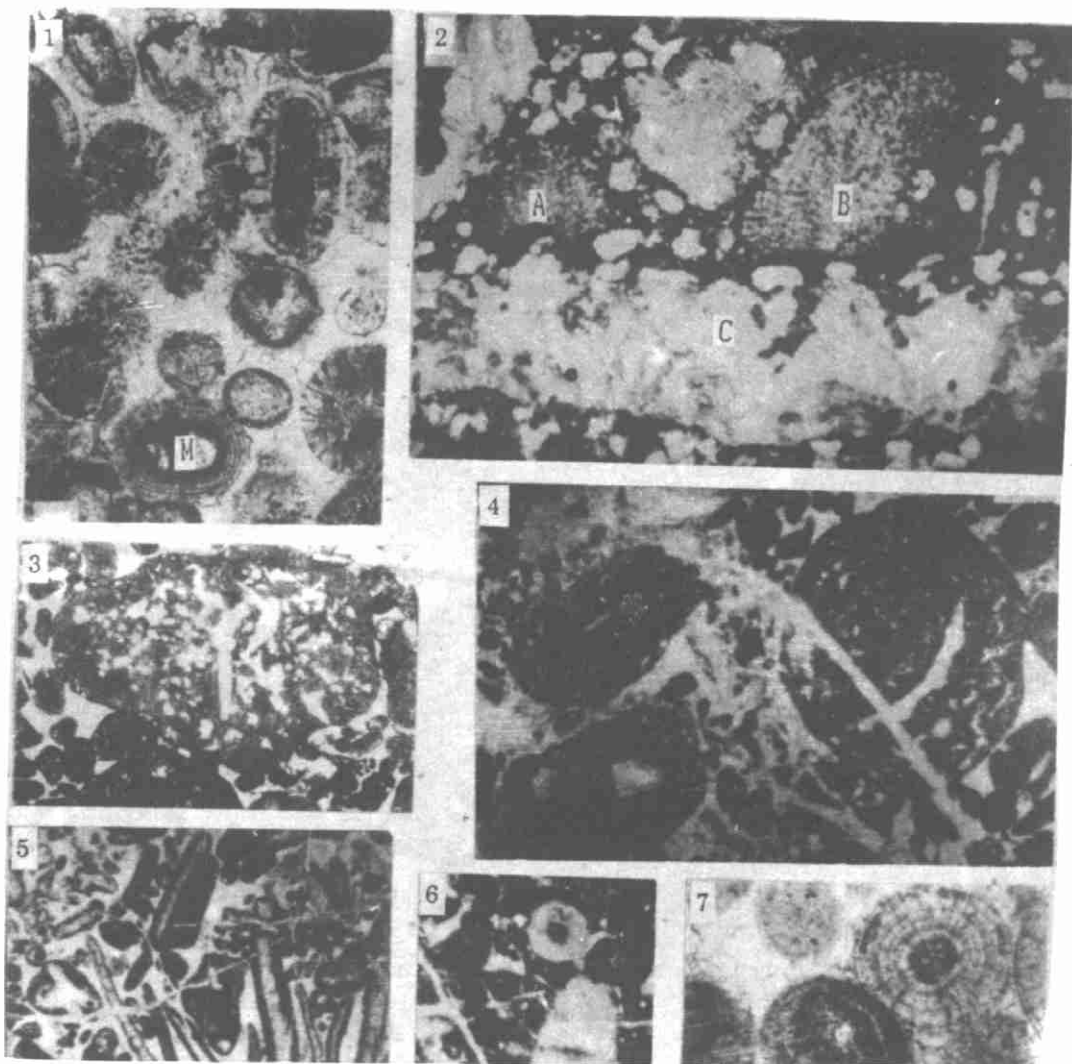
Abstract

The sedimentary environment in Baoshan, western Yunnan was a shallow-sea carbonate platform in the Early Carboniferous, in which carbonate grains were generally micritized. The micritized grains are mainly ooids, crinoides and brachiopoda, as well as a little calcirude and oncoid. The micritization was resulted by the puncture of bacteria and algae, and generally developed towards the center. However, some micritization was only in the central hole and joint of crinoid stalks. The micritization in a single grain shows periodicity. According to the shape and degree of micritization, it can be divided into 4 stages with 6 types, preparing stage-puncture of bacteria and algae, occurring stage-micritic pit, micritic net and radiation lines, developing stage-micritic envelopes and maturing stage-casting mould of micritization. After puncture, the ways of micritization were not only biochemical precipitation (i. e. filling), but also biomechanical fragmentation and biochemical erosion (i. e. soilization occurring on the ocean bottom).

The micritized grains of the Lower in Baoshan, Western Yunnan Carboniferous occurred mainly in shoal, secondly in platform, A few grains which belong to allochthonous deposits can also be found from platform-basin. Generally types of micritized grains are abundant and widely developed. The micritized rocks are mainly spar-oolite limestone and spar-allochemical limestone. Abundance of micritized grains, especially micritic envelopes and casting mould can be considered as marks of shoal; The micritized grains gradually decrease from the central of the shoal; The degree of micritized depth shows an inverse ratio to the velocity of deposition; The homogeneity of micritization shows a direct ratio to the seawater turbulence, which is the rolling time of the grains. The complexity of the combination types of micritization was related to storm sedimentation.

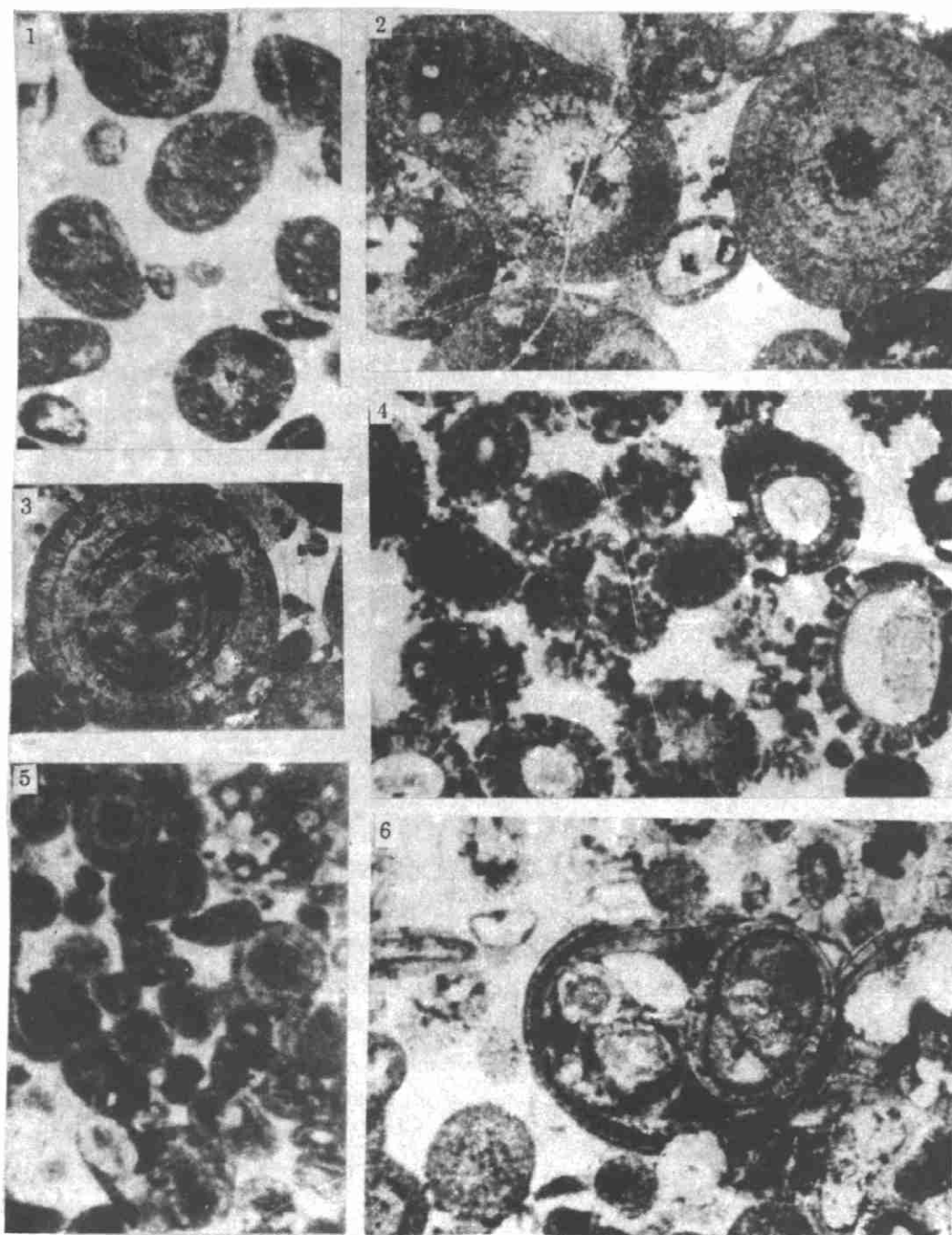
Corrosion holes and negative ooids are the mark of an exposure environment, i. e. leaching mark of fresh water. The grain micritization would speed up the mechanical fragmentation by seawater and the buried diagenesis by compaction to fine carbonate grains and to produce intraclast and micrite. Concentric ooids could be transformed into radiant ooids and pseudoooids by micritization.

Key Words: Carbonate grain Ooid Puncture of bacteria and algae Micritization
Sedimentary environment Diagenesis



(所有图片均为显微照片,标本采自云南省保山地区下石炭统云瑞街组)

1. 泥晶化不均匀的辐射鲕(m)×50,施甸香山。
2. 海百合茎具泥晶网(a. 纵剖面, b. 横剖面),腕足壳具穿孔(c),×20,板桥清水沟。
3. 核形石具同心层状溶蚀孔洞,×6,苍宽荡习。
4. 砾屑具溶蚀孔,×20,施甸何元素。
5. 亮晶介壳砂屑灰岩,介壳具泥晶套,×3,保山云瑞街。
6. 海百合茎具泥晶核,×7,保山云瑞街。
7. 具辐射纹状鲕粒的亮晶鲕粒灰岩,×20,施甸香山。



图版 I 说明 1. 鲕粒呈泥晶铸型, $\times 50$, 保山道街。 2. 亮晶鲕粒灰岩, 鲕粒具不均匀泥晶套和泥晶铸型, $\times 20$, 保山云瑞街。 3. 鲕粒具同心层状氧化圈和辐射纹的亮晶鲕粒灰岩, $\times 66$, 保山云瑞街。 4. 鲕粒具宽窄不一的辐射纹, 共生有粉屑, $\times 20$, 芒宽荡习。 5. 鲕粒多呈泥晶铸型, 部分保留同心纹构造, $\times 20$, 保山羊邑辅门前。 6. 具辐射纹、泥晶套和泥晶铸型的鲕粒与复鲕共生, $\times 20$, 施甸香山。