

# 鲕粒滩相与藻坪相沉积<sup>①</sup> ——鲁西地区中寒武统张夏组剖析

沙庆安 江茂生

(中国科学院地质研究所 北京 100029)

**提 要** 鲁西地区中寒武统张夏组岩石的各种沉积特征表明: ① 华北地区普遍发育的鲕粒沉积在许多地点和层位是受海平面和水流条件变化影响的异地沉积物, 而非原始的“滩”。不同地点的鲕粒沉积具穿时性, 一般由东和南向西和北层位逐步抬高, 而非同一时间的产物, 即它们属同性相, 而非同时相; ② 在鲕层中不同结构的鲕粒在一起, 是由于沉积过程中不同地方的鲕粒相混合造成的, 可称“沉积混合”, 有的是在沉积稳定后受差异成岩作用的影响而造成的, 可称“成岩混合”; ③ 鲕粒沉积之后普遍为一套藻沉积, 基本组分是 *Eiphyton*, 它处于潮坪环境, 即藻坪。其中潮渠和干裂较发育。藻沉积的类型有藻斑块, 藻丘、叠层石, 个别地点发育藻礁; ④ 由于海平面和潮流条件的频繁变化, 使藻坪外或藻坪间的鲕粒沉积与藻坪沉积相互交替; ⑤ 张夏组上、下段中鲕粒的形成环境不同, 前者主要是较弱扰动条件下的产物, 后者主要是较强和中等扰动条件下的产物; ⑥ 综合沉积环境分析归纳出主要沉积相带的基本展布状况, 由近陆向外海依次是: 潮坪相—受局限水域(或泻湖)相—潮汐坝相—开阔浅海相。

**关键词** 鲕粒滩 藻坪 中寒武统 鲁西地区

**第一作者简介** 沙庆安 男 64岁 研究员 沉积学

鲕粒是碳酸盐沉积物中常见的颗粒类型, 产出于各地质时代, 从晚前寒武系直到第四系, 在我国最发育者属华北地区的中寒武统和四川的中三叠统。对这两个地区的鲕粒灰岩(白云岩)不少人做过研究<sup>[1-8]</sup>。

藻坪沉积不象鲕粒滩沉积那么引人关注, 但华北地区中寒武统地藻坪相与鲕粒滩相沉积密切相关。张夏组的下部以鲕粒沉积为主, 上部则以藻沉积为主, 常夹鲕粒沉积或构成互层。有关华北地区中寒武统藻坪沉积的报道很少, 曾见于山东省区域地质志<sup>[9]</sup>, 张俊明等<sup>[10]</sup>的文章。这里主要介绍鲁西地区中寒武统张夏组鲕粒滩与藻坪相沉积的研究工作。

## 1 鲕粒结构类型

鲕粒的矿物组分、内部结构、大小等是由沉积环境条件控制的, 它们与鲕粒滩形成发育的环境条件是统一的。因此研究鲕粒滩应当了解鲕粒本身的特征。

图1直观地显示在显微镜下的各种类型, 指出了它们之间的关系和变化途径。

### 1.1 砖块状同心鲕

简称砖块(状)鲕, 它是由文石切向同心层转化来的

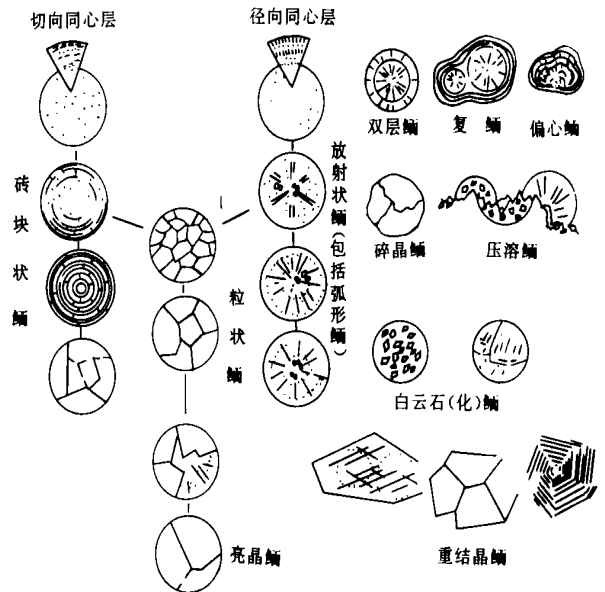


图1 常见的鲕粒结构类型

Fig. 1 Common kinds of ooid texture

① 国家自然科学基金资助项目(48970112)

收稿日期: 1997-06-17 收修改稿日期: 1998-03-20

(现为方解石)最早由 Assereto 和 Folk<sup>[12]</sup>提出的很形象的名称。这可由现代波斯湾地区的切向文石同心层和砖块状方解石同心层之间变化得到证实。在研究区内亦可见到隐晶方解石鲕中初现砖块状结构的现象。一般情况下,原始的微米级大小的短柱状(或针状)文石首先向微米级大小隐晶(或称泥晶)方解石转化,在转化过程受到原始组结构的控制,如切向同心层的则基本上保持原始的结晶定向和层间界限,故成“砖块”状的宽同心层排列(图版 I-1, 2)。在多层文石质生物壳的成岩变化过程中常见到这种现象<sup>[13, 14]</sup>。这种结构继续变化,方解石“长大”,“砖块”逐渐消失,而呈大的交叉长条状晶体,再呈稍大粒状晶体,有时直接向大粒状晶体转变,此类归为第4类——粒状鲕。在砖块状鲕中有时可见到隐晶方解石同心层,有时只是残存痕迹。它们很可能是原始切向文石层间的不定向文石层或文石泥层,在转化过程中向隐晶方解石变化。

### 1.2 放射状同心鲕

简称放射(状)鲕,它是由原始径向(垂直)排列的文石同心层转变而来的。与砖块状结构的转化过程相似,只是晶体按原始径径向发展长大,连片,同心层纹渐消失,在显微镜正交光下呈“十”字消光(图版 I-1, 3)。随结晶程度的不同,其放射组构或宽或窄,有的呈完好的菱形晶体连续排列状。有的鲕粒中也有残隐晶方解石同心层(图版 I-3),有的呈间互的放射状。

### 1.3 弧形放射同心鲕

简称弧形鲕,此类与第2类相同,只是其形态轮廓由若干连续的弧构成,而非规则的圆球(图版 I-4, 5),其内部同心层亦呈连续弧形。弧形鲕无切向同心结构。有的具明显的核心,一般多是三叶虫碎屑,因该碎屑多为长条状,故鲕粒形态也多是长圆形的(图版 I-5)。

众所周知,切向同心鲕形成的水的扰动条件比放射同心鲕要强,这也许是切向鲕不能形成弧形鲕的原因。弧形鲕经常以藻坪沉积的夹层出现,并常与偏心鲕共生,这也说明它的产出与较弱水动力环境条件有关。

### 1.4 粒状鲕

此类鲕的特点是由或大或小的晶粒构成的。它是由上述三种基本类型变化来的,可以从它们各自的不同转化阶段转变过来。切向或是径向排列的文石晶体不按前述情况转化“长大”,而是成等轴粒状(图版 I-2, 4)。

### 1.5 亮晶鲕

又可称多晶鲕或单晶鲕,这也是常见的一种鲕。它与第4类的明显区别是亮晶鲕中的晶粒非常干净明亮(图版 I-2, 7, 8),而粒状鲕(包括其他几种鲕)则具浑浊感。再是一个鲕只由一个大方解石,或是少于4,5个的晶粒构成的。这显然表明亮晶鲕的成岩作用变化与其他鲕不同。

关于亮晶鲕,许多研究者认为是由于溶解中空之后再充填结晶而成的,并解释为暴露于大气下受淡水作用之结果<sup>[2]</sup>。就本研究区的情况看,并非如此。

确定为非溶解—充填的证据很明显,易于识别。如在一些单晶和多晶鲕中有原始的结构或壳核的残迹或痕迹(图版 I-9),如果是溶解成空鲕再充填结晶,则此核是不能存在的。另外,如果是溶解—充填的方解石,结晶一般总是先附着在溶蚀孔洞的洞壁上结晶,由小到大向中心生长,这一现象在亮晶鲕中是不存在的。有关溶解—充填作用与转化作用的比较鉴别可参看沙庆安<sup>[13, 14]</sup>对文石质生物壳中这种变化的介绍。

亮晶鲕由文石向方解石的转化过程是一种湿的转变,也可以是在不同程度转化的基础上,原文石或方解石晶体受含钙水溶液的作用结晶长大并“净化”(带走、排斥掉原存的杂质)。这一过程的发生很可能与暴露时的淡水参与有关,但并非曾经被溶空而再充填—结晶。

另一常见的现象是,鲕粒呈破碎状(图版 I-8),这显然是由于再次搬运,磨蚀碰撞所致,其周边或裂隙中常充填有粘土等杂质。

### 1.6 偏心鲕

此类比较少见,它常伴生在弧形鲕中,其同心皮层发育不对称(图版 I-5),是弱扰动条件下的特征产物。

### 1.7 双层鲕

此类较少见,指早先的鲕粒成为核心,再接续成鲕。二者界限分明,其结构可以相同,也可以不同(图版 I-9)。

### 1.8 复鲕

由二个或多个鲕被再次包裹在一起(图版 I-10),这种“复鲕”不多见。被包裹的鲕可以是同结类型的,也可能是不同结构的。

### 1.9 (含)白云石鲕

白云石化的鲕常见的有两种:一种是由0.05~0.75 mm大小的菱形白云石组成的,白云石可占据鲕的全部或部分(图版 I-12);一种是由2~4个大晶粒的马鞍状(saddle)白云石组成(图版 II-4),此种白云石的特点是解理与晶面呈向外凸的弧形,正交镜下呈波状消光。绝大部分白云石鲕的白云化作用是在被胶结之前发生的并经过搬运,这由鲕粒最外缘的白云石遭受磨蚀反映了出来。另外白云石化鲕几乎从不与被白云化的基质伴生。这表明鲕与基质(或胶结物)的白云石化是不同时间的产物。

### 1.10 压溶鲕

由于压实作用和压溶作用鲕粒被破坏而形成不同的形态,常被称着变形鲕(图版 II-3)。受压溶作用强弱的不同,鲕的消失程度也不同。由于压溶作用经常伴生白云石化作用,所以鲕粒也或多或少也被白云石交代,同时鲕内结构逐渐消失并出现方解石晶粒,这是压溶缝合线密集带中压溶鲕的一个特点。

### 1.11 重结晶鲕

此类分布有限,有的是鲕粒与胶结物成大片方解石晶体,其中残留鲕粒痕迹(图版 II-1),或是许多鲕粒变成亮晶并归为同光性的一大方解石晶体(图版 II-2),另外有因受力

作用,如岩层错动等,鲕粒与胶结物(或基质)发生应力重结晶的,晶体长大并出现大量双晶面,鲕粒结构的轮廓基本消失,呈蜘蛛网状结构。

这里顺便提及,与鲕粒共同产出的还常有核形石,其组成生物为 *Girvanella*(图版 I-10),其大小变化大,常因成岩作用变化,部分泥晶藻体向微晶转变,原始结构消失。因而易和鲕粒混淆。葛万藻(*Girvanella*)屑有时构成鲕的核心,有时包绕在鲕粒外缘。另外,在张夏剖面的个别层位常有鲕粒灰岩的岩屑混在其中(图版 I-11)。这是鲕粒沉积异地搬运的又一证据。

## 2 鲕粒滩沉积

苏北、鲁西寒武纪的鲕粒沉积出现的早晚不一,在徐州附近早在馒头期就产有鲕粒灰岩,有的地区是从毛庄期开始出现,大部分地区是从徐庄期开始。大量发育的时间是在张夏早期,并构成张夏组的代表性岩石。从鲁中向西到晋陕,从苏北向北到辽东,其厚度大致都在 20~50 m 左右(图 2)。

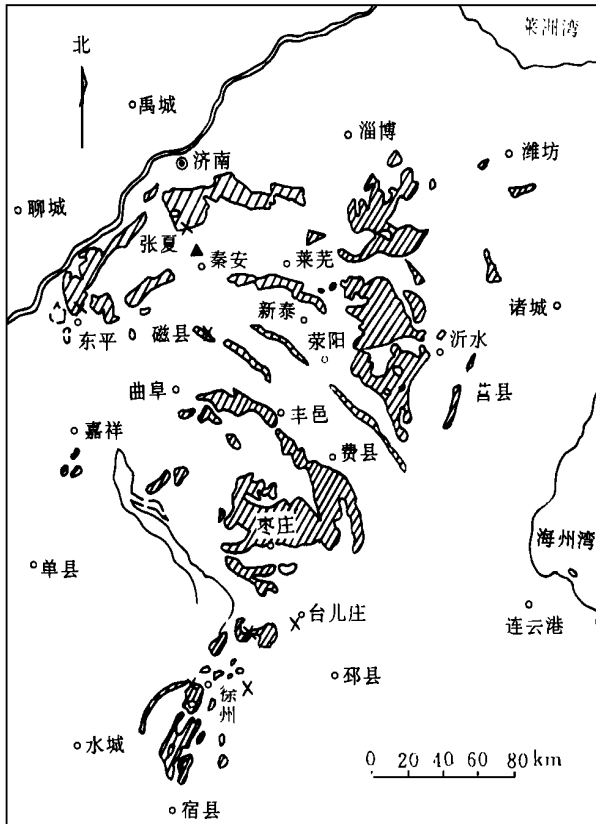


图 2 鲁西、苏北地区寒武系露头及剖面观测点

Fig. 2 Cambrian outcrops and study sites of western Shandong and northern Jiangsu province

人们自然会产生一个问题,鲕粒沉积如此大面积的分布是何道理?如果与现代鲕粒沉积的产出环境条件比较,它当属哪种?下面从几个方面对研究区的鲕粒滩沉积做些讨论。

### 2.1 鲕粒滩在沉积上的穿时

前面曾介绍过研究区内张夏组鲕粒沉积的分布及各地的发育厚度。对整个华北地台中寒武统普遍发育的鲕粒沉积,人们不会理解这会是在同一时期内形成的如此广大范围的同样沉积物,不管当时是陆表海还是台地,或别是什么地理和海洋条件。

刘怀书<sup>[15]</sup>首次明确指出“张夏组一段”具明显的穿时现象。像本文沿用前人的划分意见那样,在鲁西地区张夏组基本上分二段:一段(下段)鲕粒灰岩为主的一套岩层;二段(上段)藻灰岩与鲕粒灰岩或页岩、板状灰岩为主的一套岩层。刘怀书通过大家确认的徐庄组顶以 *Bailiella* 划界,在鲁西地区则出现张夏组下段鲕粒灰岩由东南向西北在时间上逐渐抬高的情况。在莒县鸡山和新泰汶南鲕粒灰岩属徐庄期,而在长清张夏则属张夏早期(图 3)。从刘怀书文章的另一张图中可以看出,在华北地区由南向北鲕粒灰岩也有类似的由早到晚出现的趋势。

这一事实至少对解释华北地区中寒武统在大面积分布鲕粒沉积这一现象能有个合理的说法——它们并非是同时的,即属同性相,而非同时相,如图 4 所示。鲕粒滩的发育是随时间由东南向西北推进的。这一沉积过程只能是在总的海侵(或海平面上升)过程中产生的,可以想象,在这种情况下早期的鲕粒滩沉积会随水流被再搬运而散布开来,并使不同部位的鲕粒和已遭受成岩变化或未变化的鲕粒进行混合。现在所见鲕粒灰岩的岩石学特征完全反映了这种沉积过程的特点。另外,鲕粒滩的发育,不论是在台地边缘还是在沿岸地带,也绝非在该地带普遍发育。现今在巴哈马漫长的台地边缘也只有几处发育了鲕粒沉积,在波斯湾南岸也只有少数几处。那么中寒武世华北地台大范围产出的鲕粒灰岩显然不会是同时形成的,当时各地不太可能会有那么相同的环境条件。

如果是这样,那么依目前所见到的鲕粒灰岩的产出分布状况,要确定其原始形成的、形态、规模和展布等确实太困难了。不过,虽然这是个难以解决的问题,也应尽量去明确和思考。

### 2.2 鲕粒的沉积混合与成岩“混合”

研究区各地所见,从几十米的鲕粒灰岩到几十厘米的单层,以至在几厘米的鲕粒条带很少是由单一结构类型的鲕粒组成的。就是说,是由不同结构类型的鲕粒混合组成的。关于这一点似乎前人极少讨论。

这里把岩石中不同结构类型鲕粒的混合分为两种情况,或称两种类型,即沉积混合和成岩“混合”。

顾名思义,“沉积混合”是指鲕粒形成后受水流的影响使不同地带形成的不同结构的鲕粒搬运、混合、沉积到一起。在这种混合之前也许有的鲕粒发生少许成岩作用变化,如文石向方解石的转化,或白云石化等,但并未被胶结固化,能作为散松的单个颗粒被搬运再沉积。所谓“成岩混合”实际上是假混合,它们不是在沉积活动过程中混一起的,而是在已

胶结固化之后受差异成岩作用的影响造成的结构上的差异, 如白云石化的和重结晶的等。

现以长清张夏附近的张夏组下段鲕粒灰岩剖面为例做些分析讨论。

该地张夏组下段底部的鲕粒灰岩常见有亮晶、粒状、放

射状、有壳核放射状等四种鲕粒, 向上则基本上是砖块状、粒状, 以及碎晶、有壳核放射等鲕粒, 另混有藻(*Girvanella*)团, 近顶部多泥晶鲕, 并出现弧形鲕、有壳核放射鲕。剖面中泥晶(灰泥)灰岩条带(一般小于 1 cm)普遍发育, 后期的白云石化也较普遍, 多呈斑状。

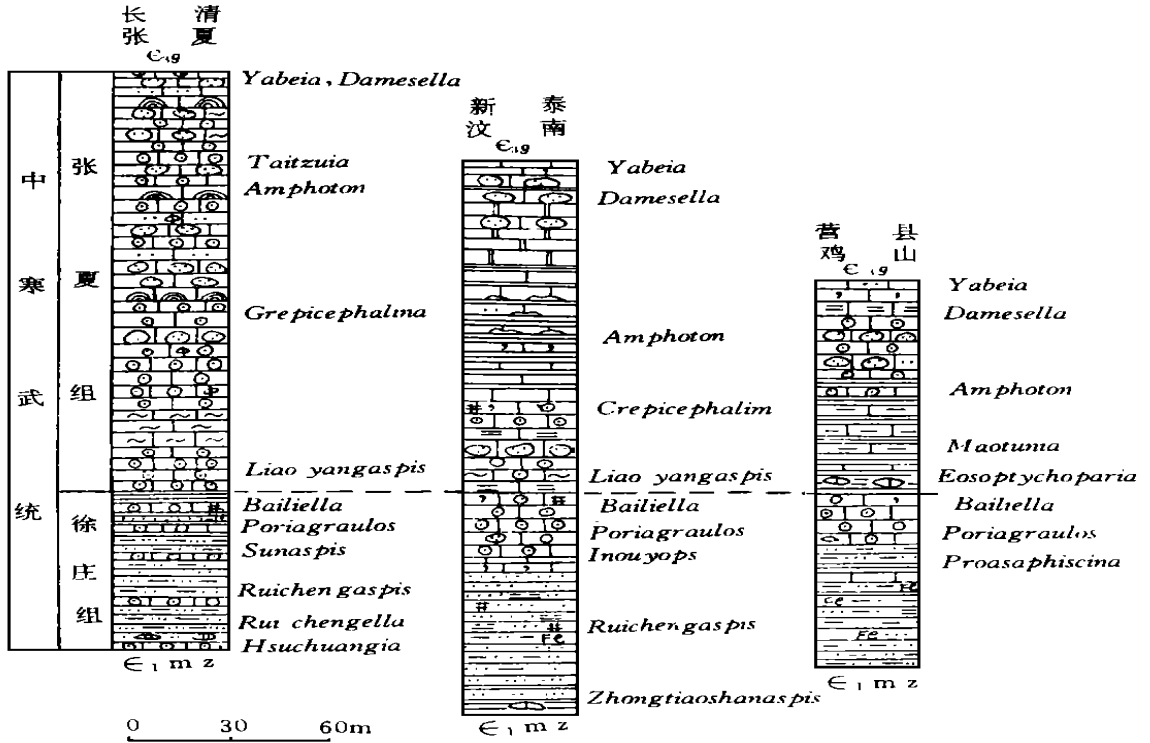


图 3 张夏组的底界及其穿时情况(据刘怀书, 1992)

Fig. 3 Bottom boundary and time transgression of Zhangxia Formation(form Liu Huaishu, 1992)

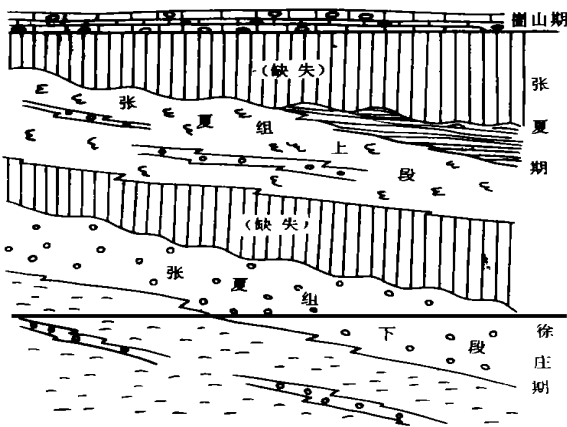


图 4 张夏组下段同性相及时间界限示意图

Fig. 4 Sketch map shows the magnafacies and time boundary

总的看来, 张夏一带的“鲕粒滩”的主体基本上是由较强扰动水条件下形成的砖块状鲕构成的, 即原始的切向同心

鲕, 它们应是原地的。鲕粒滩的初始沉积则是异地搬运来的多种鲕的混合。随着向上藻坪(灰岩)的发育, 出现与之有密切联系的弱扰动条件下的弧形鲕。鲕粒沉积间歇期的灰泥沉积则形成了泥晶灰岩条带, 它极易发生白云石化。

在张夏东南的汶南剖面所见则基本上是由粒状和亮晶鲕构成的, 其顶部多有壳核放射鲕。位于张夏西南的东平则以砖块状、粒状为主, 另有碎晶鲕, 向上有壳核放射鲕增多。东平鲕粒滩的一大特点是许多层位混有大量核形石。

显而易见, 各地鲕粒滩中鲕粒的组成是不同的, 各有自己的特点。张夏组晚期各地分别进入藻坪环境, 这时的鲕粒则多是弧形鲕, 这与藻坪环境有密切关系。

再从更小(几厘米)的范围来看鲕粒的混合状况。图版(II-5, 6, 7)所示, 各标本由下而上大致每 1~3 cm 左右其主要结构类型就发生变化, 而在这每一小层范围内又是多种类型的混合(包括沉积混合和成岩混合)。

综上所述, 可归纳为以下几点: ① 鲕粒滩中鲕粒的大小、结构在不同地点有很大差异; ② 在一个鲕粒滩内的上下也有差别; ③ 即使在厘米级的范围里也有变化。

除了因成岩作用造成的假混合外, 研究区所见的这种大小范围内的沉积混合, 在现代和第四纪鲕粒沉积中极少见到。这无疑表明研究区鲕粒滩的最终沉积是比较广泛的搬运混合而成的。

有关现代鲕粒混合沉积的报道不多, Land 等<sup>[11]</sup>曾介绍了美国得克萨斯州巴芬湾(Bafin Bay)沿岸海滩上鲕粒的混合情况。在长 11 km 海滩的四个地点采样统计分别为: ①切向和泥晶鲕各半, 放射鲕极少; ②切向鲕为主泥晶鲕次之, 再为放射鲕; ③放射鲕为主, 次为泥晶鲕, 再为切向鲕; ④泥晶鲕为主, 切向鲕次之。三种鲕粒四个地点都有, 只是在不同地点各自所占比例不同。Land 等认为波浪扰动强处多切向的, 扰动弱处多放射的。这是所有研究鲕粒学者的共同观点。不过在巴芬湾的切向和泥晶鲕是文石质的, 而放射鲕是由镁方解石组成的。Land 等没有解释鲕粒混合的原因, 一般认为, 海滩上的鲕粒是从潮下生成地搬运来的, 在潮汐水流及沿岸流的影响下, 那么这种混合应该说是很自然的。

### 3 藻坪沉积

鲁西地区中寒武统张夏组中普遍发育藻(主要是 *Epiphyton*)灰岩。张夏组下段的鲕滩沉积中偶有少量夹层, 如在梯门和汶南所见, 大量出现则是在张夏组上段, 进入崮山组则基本消失。在张夏组上段藻沉积发育阶段, 也有大量鲕粒沉积, 或作为夹层, 或与藻互层。这说明藻与鲕沉积发育的亲密关系; 它们是相邻近的二个沉积相。这里将我们的观察做一介绍。

#### 3.1 藻的基本组分

构成研究区中寒武统藻坪沉积的主要藻类组分是附枝藻。附枝藻(*Epiphyton*), 藻体由密集二分叉的叶状体组成, 叶状体大多呈圆管状, 叶状体可较粗壮, 也可较细长, 呈小灌木丛状, 长 0.2~0.4 mm, 直径 20~30 μm, 实心, 不分节, 暗色隐粒结构(图版 II-2, 4), 可以想象, 当时它们在平坦的潮坪地带发育成大面积的藻席或藻丛, 并持续了相当长的时间。

#### 3.2 藻沉积类型及沉积构造

藻灰岩在宏观上表现出不同的结构类型。常见的可分为四种。

##### 3.2.1 藻斑块

一般斑块大小由 1 cm 到几厘米, 呈形状极不规则的云朵状, 它们密集分布(图版 II-8)。斑块色暗, 基本由隐晶方解石质 *Epiphyton* 组成, 围岩色浅, 为微晶或细晶方解石, 部分是 *Epiphyton* 微亮晶化的产物, 它成为藻斑间的充填物。有人称谓“凝块状”者可能属此物。

##### 3.2.2 藻丘

一般呈多角形、亚椭圆形和不规则形的丘状体, 径长 8~15 cm(图版 II-10)。丘间为干裂缝隙, 其充填物多为泥晶碳酸盐, 色褐黄, 常被白云石化, 风化后色土黄。丘内的藻为 *Epiphyton*(图版 I-11)。Black<sup>[16]</sup>把类似的现象称为藻头

(Algal head)。

##### 3.2.3 藻叠层石

呈连续的小波状起伏, 叠层无色调上的变化, 故易被忽视。在张夏剖面见有三层。它们的组成藻类亦为 *Epiphyton*。

##### 3.2.4 藻礁

仅见于山东台儿庄附近的一小山包上。厚约 20 m, 其下伏为张夏组上段下部的中、厚层藻灰岩夹鲕粒灰岩层, 其上覆崮山组板状灰岩, 变化截然。同其他地点相同, 张夏组与崮山组的沉积间断是很明显的。礁体内部为一个高达 2 m 左右穹隆状丘体, 内显叠层结构(图版 II-12)。这些丘体横向相接成层, 纵向上丘体叠复发育, 其组成藻类为 *Epiphyton*(图版 II-13)。寒武系的这种类型的大藻礁体并不多见。

伴生在藻灰岩中常见的沉积构造主要是潮渠和干裂。

(1) 潮渠 此构造在各处岩石露头上常可见到, 如张夏馒头山、崮山、东平梯门, 以及苏北徐州白土等地。它一般宽 2~15 cm, 深 1~3 cm(图版 II-8)。在岩层层面大片暴露处, 可见到多条渠道, 它们具方向性, 大致平行排列, 有的分叉。由于潮渠充填物色褐黄与灰色的藻灰岩色调明显不同, 故易于观察。渠道中的充填物是各种生物砂屑, 有三叶虫、海百合茎、软舌螺、海绵骨针及藻团块等碎屑(图版 II-9)。众所周知, 潮渠是潮汐带或潮坪中最发育的沉积构造。

(2) 干裂 在潮坪沉积中, 特别是泥坪, 在干旱条件下干裂极发育。藻坪中也可产生干裂, 在现代藻坪中比较常见, 如波斯湾和巴哈马地区沿岸<sup>[16, 17]</sup>。见于研究区各地的干裂一般宽 0.3~2 cm, 或直或弯曲, 把原始藻丛常分隔成多边形或不规则近圆形的块体。裂缝的充填物为灰泥, 极易白云石化, 风化色褐黄(图版 III-10)。被干裂分隔的藻丛块周边下卷, 中部相对凸起而形成丘状, 这就是前述所称的藻丘。这一现象在巴哈马东海岸相当发育。

(3) 白云质灰泥斑块及条带 在藻坪发育过程中灰泥的斑块或条带的沉积混入是经常发生的。因其易于发生白云化, 故而成白云石化斑块和条带。

#### 3.3 藻坪沉积的分布及产出特点

研究区内张夏组上段藻坪沉积的范围与张夏组下段鲕滩沉积大致相同。不过, 东部汶南地区不发育。各地藻坪沉积的厚度约在 100~150 m 间。研究区藻坪沉积发育的一大特点是与鲕粒沉积伴生。它们二者或成 10~30 cm 的互层, 或鲕粒成夹层。很清楚, 鲕粒应是从或近或远的原生地搬运来的。也很可能一些鲕粒层就是在原地生成并沉积下来的, 如在近岸鲕粒沙席(脊)间藻丛发育, 两者易于相互交替。

从鲕粒的结构组合看, 藻坪中的夹层或互层的鲕粒虽然也是多类型混合的, 但主要是弱扰动条件下的弧形鲕, 有的核心是 *Epiphyton* 的碎屑。另外还有偏心鲕。

由于潮坪地带常暴露于大气下, 故而鲕粒层多呈现暴露于大气下的成岩作用现象。

如前所述, 广大范围的藻坪沉积是在鲕滩沉积末一个时期的沉积间断后开始大量发育的。它同鲕滩的沉积分布相似, 故也应考虑穿时的可能, 即由东向西逐步推进, 并超覆于鲕滩之上。在研究区内张夏组上部这套藻坪沉积结束也经历了一次大的沉积间断, 转入到上寒武统崮山组为砾屑灰岩(“竹叶状灰岩”); 这无疑是一次大的沉积环境变化。不过, 有的地区(如苏北徐州附近), 进入上寒武统, 鲕粒和藻叠层石继续发育并与砾屑灰岩或薄板状灰岩交互产出。这表明了这四者在沉积上也有着密切的关系。

## 4 鲕滩与藻坪沉积演化及其相模式

晚前寒武纪末, 研究区(或可能整个华北东部地区)经受长期的剥蚀, 大致形成了缓缓东倾的斜坡地形, 除了一些孤山外。寒武纪初开始的海平面上升, 造成大规模的海侵由东

南向西北方向推进。早期, 研究区基本上处于干旱气候条件下的高盐度潮缘环境, 接受了陆源碎屑和碳酸盐的混合沉积。随着海平面的上升, 海侵范围扩大, 气候也相应发生变化, 鲕滩相和藻坪相碳酸盐沉积占了主导地位, 并由东南向西北方向扩展开来。

研究区内寒武系的鲕粒沉积在毛庄组和徐庄组已有产出, 它们夹含于潮坪或泻湖沉积中。在苏北徐州附近的馒头组的下部就有鲕粒沉积, 进入上寒武统仍断续发育, 并与叠层石和碳酸盐砾屑沉积伴生。从早寒武世到中寒武世, 研究区的海平面变化呈总的上升趋势。如果以现代形成鲕粒的环境条件为参照, 那么张夏组鲕粒的形成水深大约在 10 m 左右。研究区中寒武世相对深水沉积的代表岩性为极少含生物(化石)的板状泥晶灰岩, 它主要发育于研究区东部。

从前几节的叙述中, 对研究区张夏组鲕滩与藻坪沉积的

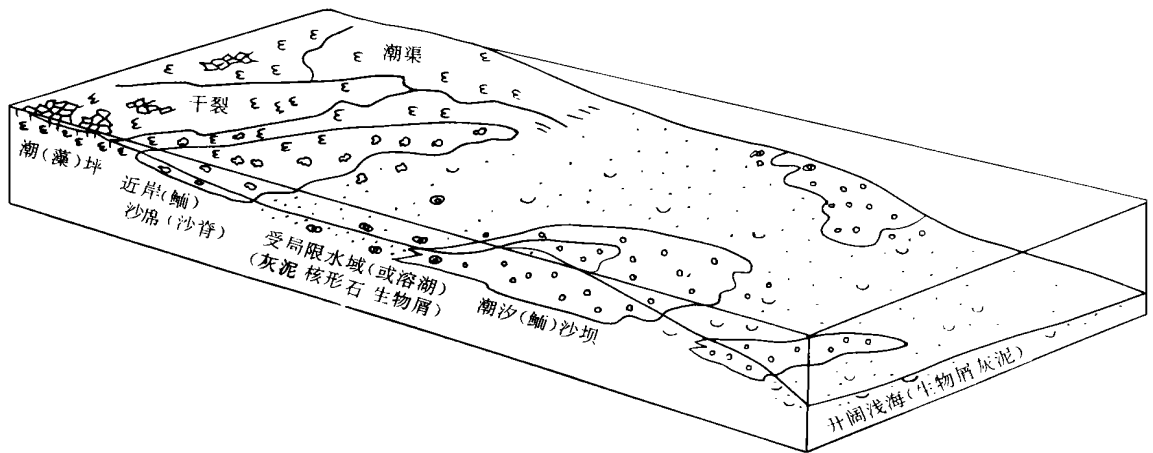


图5 研究区中寒武世沉积相模式

Fig. 5 Sedimentary facies model of Middle Cambrian of the study area

演化会有个清晰的印象。实际上, 从面对鲕滩和藻坪的介绍中可以清楚地得知, 张夏组上、下段鲕粒形成在不同的环境中。张夏下段鲕粒基本上是较强—中等扰动条件下的产物(以砖块状和放射状鲕为主), 其原始沉积体可能属潮汐沙坝, 而上段的鲕粒则是较弱扰动条件下的产物(以弧形鲕为主), 它们可能是潮坪外的沙席或沙脊, 后随潮流或海平面变化的影响在潮坪上散漫开来并构成与藻层交替产出。

如前所述, 目前在露头所见的鲕粒(灰岩)沉积是经过搬运与混合过的。它现在的产出位置、厚度、形态等并非原始的鲕滩面貌。不过, 各类沉积物保持了相互之间的沉积关系。依前面所做的沉积环境分析讨论, 可归纳出几个主要沉积相的分布格局。由近陆向外海, 或由浅水而深水, 它们依次是: 潮(藻)坪相—近岸(鲕)沙席(或沙脊)相—受局限水域(或泻湖)相(灰泥、核形石、生物屑)—潮汐(鲕)沙坝相—开阔浅海相(生物屑、灰泥)。如图5所示。

研究区中寒武统张夏组的沉积演化基本上是由于潮汐(鲕)沙坝向潮(藻)坪转变的过程。不过, 由于此间两次大的海平面下降, 在由沙坝转向潮坪环境之前普遍发生了沉积间断, 在上寒武统崮山组沉积之前也发生过沉积间断。因此, 在不同地点某相带或沉积会发生些变化。

## 5 结论

(1) 张夏组大面积的鲕滩沉积为非同时, 由东南向西北具穿时性, 它们是同性相, 而非同时相。许多地点的鲕滩沉积是经过远距离迁移的异地产物。

(2) 受沉积过程和成岩差异的影响, 鲕滩内的鲕粒常是沉积混合和成岩“混合”的产物。

(3) 张夏组上段基本上属藻坪沉积, 干裂和潮渠较发育, 藻的基本组分是 *Epiphyton*, 有处形成礁体。

(4) 张夏组沉积相带的分布格局由近陆向外海依次是:

潮(藻)坪相—近岸(鲕)沙席(或沙脊)相—受局限水域(或泻湖)相(灰泥、核形石、生物屑)—潮汐(鲕)沙坝相—开阔浅海相(生物屑、灰泥)。

(5)张夏组下段鲕滩沉积之末和上段藻坪沉积之末,因海平面下降而造成明显的沉积间断。此时常伴有海绿石沉积(或交代)。

致谢:野外工作中得到山东矿业学院徐兴的大力帮助,并协助测制地层剖面,中国矿业大学贾玉如和刘焕杰给予了大力支持,本所桂文立、张亚光协助制作照片,在此一并表示衷心感谢。

### 参 考 文 献

- 1 范嘉松,张荫本,陈季高.四川南部三叠系嘉陵江组碳酸盐岩孔隙类型及其成因的初步研究.地质科学,1974,4:330~348
- 2 Yun Fu Zeng, Nan Hao Lee, Yang Zhou Huang. Sedimentary characteristics of oolitic carbonates from the Jialing-Jiang Formation [Lower Triassic T<sub>1</sub>J<sub>1</sub>], South Sichuan Basin, China. In: Seryt T M, ed. Coated grains II, 10. Springer-verlag, 1983, 10: 176~187
- 3 王英华,张秀莲,杨承运.华北地台早古生代碳酸盐的岩石学.北京:地震出版社,1989.1~144
- 4 王英华,张秀莲,杨承运.碳酸盐岩中的包壳粒.见:冯增昭等编.中国沉积学.北京:石油工业出版社,1994.128~152
- 5 张秀莲,王英华,潘荣胜等.北京门头沟下苇甸中上寒武统岩石学特征及其沉积环境分析.见:冯增昭等编.华北地台早古生代岩相古地理.北京:地质出版社,1990.108~193
- 6 冯增昭,陈继新,吴胜和.华北地台早古生代岩相古地理研究.

- 见:冯增昭等,华北地台早古生代岩相古地理.北京:地质出版社,1990.3~156
- 7 乔秀夫,高林志.北京西山寒武系层序地层.中国地质科学院地质研究所所刊,1990,22:1~20
  - 8 王术成,范开强,尹占国.北京西山中寒武统张夏组鲕粒特征及其环境意义.中国地质科学院地质研究所所刊,1990,22:39~55
  - 9 山东省地质矿产局.山东省区域地质志,一、区域地质.北京:地质出版社,1991.78~104
  - 10 张俊明,周仰康,王宗哲.华北地台东部中寒武世张夏期附枝藻(*Epiphyton*)灰岩及古地理.沉积学报,1985,3(1):63~70
  - 11 Land L S, Behrens E W, Frishman S A. The ooids of Baffin Bay. Jour. Sediment. Petrology, 1979, 49: 1209~1278
  - 12 Asserto R, Folk R L. Brick-like texture and Radial Rays in Triassic pisolites of Lombardy, Italy. Sediment. Geol., 1976, 16: 205~222
  - 13 沙庆安,赵希涛,黄金森等.西沙群岛和海南岛现代和全新世海相碳酸盐岩的成岩作用——兼谈海相表成(海相淡成)灰岩及其意义.见于中国科学院地质研究所,沉积岩石学研究(论文集).北京:科学出版社,1981.226~242
  - 14 沙庆安.碳酸盐岩沉积物的成岩作用.见:冯增昭等主编.中国沉积学.北京:石油工业出版社,1994.180~198
  - 15 刘怀书.论山东中寒武统徐庄组与张夏组界限的三种类型.山东地质,1992,8(1):19~24
  - 16 Black M. The Algal sediments of Andros Island, Bahamas. Royal soc. Landon Phillos. Trans. ser., 1933, B, 222: 165~192
  - 17 Shinn E A. Tidal flat environment. In: scholle P A, Bebour P G, Moore C H, eds. Carbonate depositional environment. AAPG Memoir, 1983, 33: 149~210

## The Deposits of Oolitic Shoal Facies and Algal Flat Facies——Dissect of the Zhangxia Formation of the Middle Cambrian, Western Shandong Province

Sha Qingan Jiang Maosheng

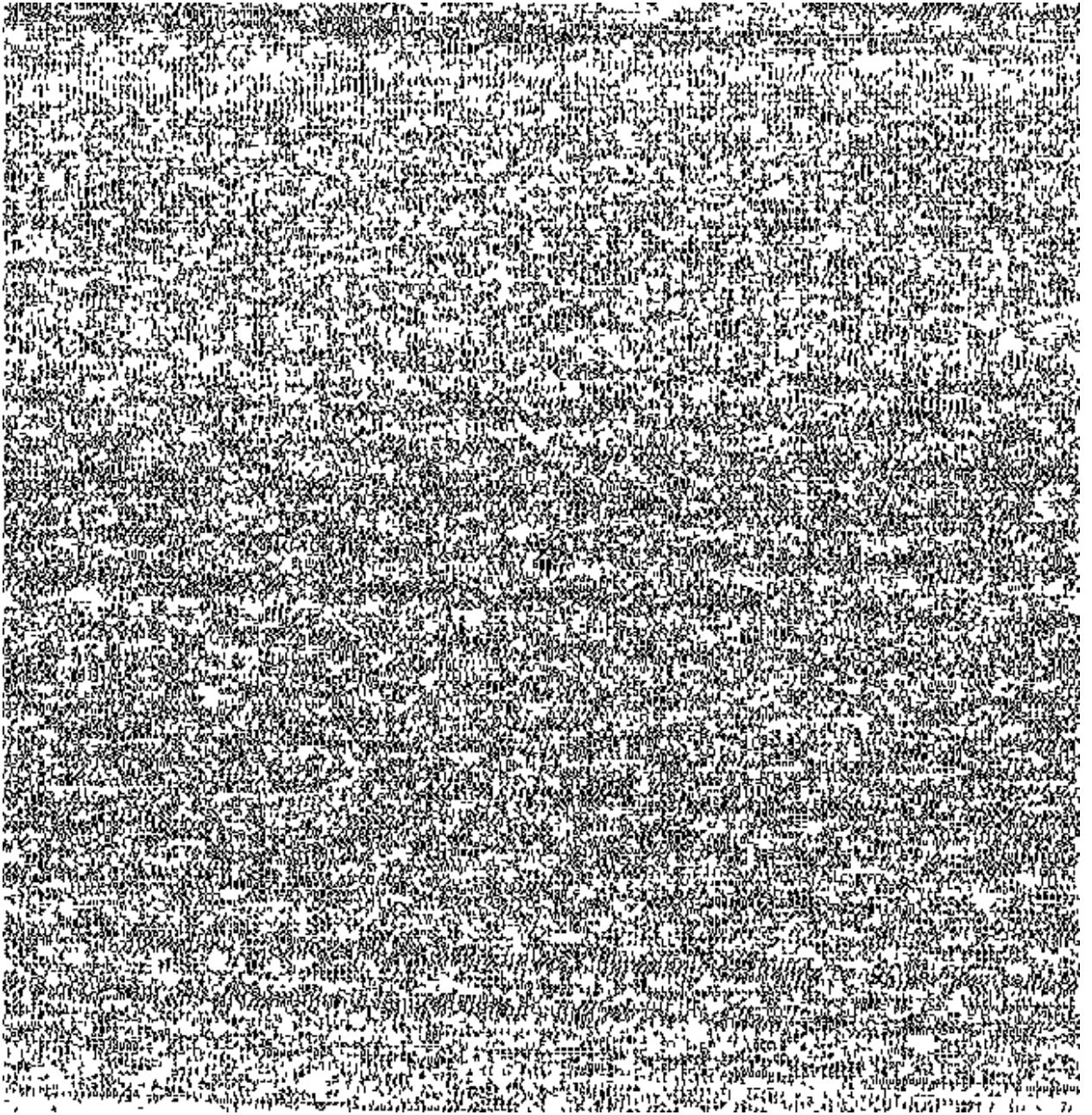
(Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

### Abstract

The characteristics of sedimentology and petrology of the Middle Cambrian in western Shandong province show that: (1) The oolitic sediments developed at various places and stratum of north China are almost the allo-genic sediments but not the original "shoal". They had been influenced by the changes of sea level and water current, so that the ooids was transported in a short or long distance. In the study area, the oolitic limestone are not formed at the same time, it is time-transgressive (diachronous). In general, the horizon of oolitic limestone elevated gradually from SE to NW. That is the magnafacies, not the parvafacies. (2) The different texture of ooids occurred in the same oolitic limestone bed or thin band may be caused by the mixing of ooids form different places, termed the "sedimentary mixing", or owing to the ooids affected by the different diagenesis after deposit, termed the "diagenetic mixing". (3) Following the ooid deposit, the algal sediment composited of *Epiphyton* developed. They occurred at the tidal flat, that is the algal flat. The algal sediments interbedded with the ooid sediments occurred off and between algal flats, as a result of frequent changes of sea level and tidal cur-

rent. (4) The ooids (mainly brick and radial texture) of the Zhangxia Formation lower member basically formed under the condition of stronger and medium active environment, the ooids (mainly arc texture) of the upper member basically formed under the weaker active environments. (5) Before the Zhangxia Formation upper member and the Upper Cambrian Gushan Formation, the obvious depositional break caused by the sea level falling had happened. (6) Summarizing the sedimentary environment can be induce out the distribution situation of sedimentary facies form near land to open sea. They are in turn: tidal(algal) flat facies near shore(ooid) sand sheet(or ridge) facies restricted water field(or lagoon) facies tida(ooid) bar facies open sea facies.

**Key words** oolitic shoal algal flat Middle Cambrian Shandong province



图版 I 均为显微照片, 放大倍数均 $\times 22$

1. 砖块状鲕 其中大者为放射状鲕。正交偏光; 2. 砖块状鲕(右上)和粒状鲕(下); 3. 放射状鲕及亮晶(多晶)状鲕; 4. 弧形鲕, 右为弧形放射状鲕, 左为弧形粒状鲕; 5. 偏心鲕及有核(三叶虫屑)弧形放射状鲕; 6. 粒状鲕, 内残原始同心层痕迹; 7. 亮晶状鲕(单晶和多晶); 8. 内残原始三叶虫核心(左), 两鲕均已碎裂, 内充粘土物质(?); 9. 重结晶鲕, 鲕与胶结物统一为大片方解石晶体, 内残鲕粒痕迹; 10. 双层鲕, 内为粒状鲕, 外层为放射状; 11. 复鲕(右上)及核形石, 核形石由 *Girvanella* 构成, 局部已微亮晶化; 12. 二种白云石鲕, 右为异地搬运磨蚀过的白云石鲕, 左为初始白云石化的鲕



图版 II 除照片 5~7 为手标本外, 均显微照片, 照片 1~4, 9, 11, 13 放大倍数 $\times 22$ , 5~7 放大倍数 $\times 5$ ; 8, 10, 12 为野外照片

1. 鲕粒灰岩岩屑(右下), 粒状鲕(左)和放射状鲕(中上); 2. 重结晶鲕, 鲕粒均遭重结晶, 成一连片方解石晶体; 3. 压溶(变形)鲕; 4. 铁白云石鲕, 异地搬运, 边缘破损; 5. 示大约厚 1~3 cm 间不同结构鲕粒及同一小层不同的结构鲕粒的沉积混合状况, 标尺为 3 cm; 6. 示鲕粒成岩混合状况, 下部为弧形放射状鲕, 上部为弧形粒状鲕及重结晶鲕(左上角); 7. 鲕粒沉积混合和成岩混合的状况; 8. 藻斑状薄灰岩, 其中为一宽约 5 cm 的小潮渠穿过; 9. 右侧为薄(泥晶)灰岩, 左侧为小潮渠中的生物碎屑沉积; 10. 藻丘构造, 丘的大小 10~30 cm, 之间充填灰泥; 11. 藻丘中的藻类 *Epiphyton*; 12. 藻礁, 其中一个大的丘状体高约 1.8 m, 宽约 4 m; 13. 藻礁中的藻类 *Epiphyton*