

哈萨克斯坦滨里海盆地北部石炭纪巴什基尔期 滩相灰岩基本特征及其油气勘探意义

周生友^{1,2} 马 艳¹

(1. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2. 中石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 哈萨克斯坦滨里海盆地北部是一个富油气区, 已发现 39 个油气田, 下二叠统和下石炭统是其中的重要产层, 近几年的勘探表明, 中石炭统的巴什基尔阶发育鲕粒滩及生物滩相灰岩, 这些滩相灰岩的发现有可能使中石炭统成为一个新的勘探目的层系。立足勘探资料, 对巴什基尔阶滩相灰岩的宏观和微观特征予以系统描述, 将为今后的油气勘探提供一个重要线索。

关键词: 滩相灰岩; 巴什基尔阶; 石炭系; 滨里海盆地; 哈萨克斯坦

中图分类号: P588.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2010)02-0446-07

哈萨克斯坦滨里海盆地南北长约 850 km, 东西宽约 550 km, 面积约 $55 \times 10^4 \text{ km}^2$, 盆地主体部分约 80% 的面积位于哈萨克斯坦境内(图 1), 盆地的北部和西部延伸至俄罗斯。盆地古生界以海相沉积建造为主, 中生界以海陆过渡相沉积为主, 新生界以陆相沉积为主。在盆地沉积体系中, 下二叠统孔谷阶(Kungurian)发育巨厚的盐岩层系, 将盆地内地层纵向上划分成 3 套层系: 盐上层系、含盐层系和盐下层系。其中盐上层系为下二叠统图喀赞阶(Kazanian) — 第四系(Quaternary), 以碎屑岩为主, 多为浅海陆棚环境沉积, 局部为海陆过渡三角洲沉积; 含盐层序为下二叠统孔谷阶, 主要由盐岩和硬石膏组成, 为潮上带蒸发环境下沉积; 盐下层系为下古生界 — 下二叠统乌拉尔阶(Cisuralian), 主要由巨厚的碎屑岩和碳酸盐岩沉积组成。在盆地已发现的 200 多个油气田、6000 多个油气藏中, 盐上层系以小型油气田为主, 虽然油气田数量多, 但油气藏储量小、产量低, 而大型油气田主要集中于盐下层系, 目前盆地中油气探明储量的 80% 以上集中于盐下层系之中^[1]。

滨里海盆地北部处于滨里海盆地盐下油气聚集

带上, 是主要的盐下油气区, 已发现 39 个油气田。据 2008 年底 IHS 数据库统计, 已发现油气田原油原始可采储量为 $18\,800 \times 10^4 \text{ t}$ 、天然气原始可采储量 $1508 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、凝析油原始可采储量 $66\,880 \times 10^4 \text{ t}$, 占滨里海盆地油气当量 17.2%。含油层系主要分布在下二叠统乌拉尔阶、下石炭统和中、上泥盆统, 油气藏类型主要为生物礁及背斜型油气藏, 其主要成藏控制因素为碳酸盐岩分布及发育程度。而中石炭统除了 Rosloshinskoye 障壁礁和 Karachganak 生物礁中发现较小规模的油气藏外, 到目前为止还未发现其他油气田, 也因此尚未得到重视。但是, 近几年的勘探表明, 中石炭统巴什基尔阶发育鲕粒滩及生物滩相灰岩, 这些储层物性良好的滩相灰岩的发现^[2], 有可能使中石炭统成为一个新的勘探目的层系。

1 地质背景

滨里海盆地从里菲代—早文德世开始, 帕切尔夫、新阿列克谢耶夫和萨尔宾勃拉谷初步形成, 大量的陆源碎屑物质进入槽状的勃拉谷中。在盆地北部和西部已钻遇这套地层, 最厚达 5 km 以上, 岩性主

收稿日期: 2009-11-06; 改回日期: 2010-02-28

基金项目: 国家专项“大型油气田及煤层气开发”(2008ZX05031)之专题“中亚重点盆地油气地质特征与富集规律”(2008ZX05031-001-003)资助。

作者简介: 周生友, 男, 1973 年生, 高级工程师, 博士, 主要从事中亚石油地质研究; E-mail: zhoushengyou@163.com。

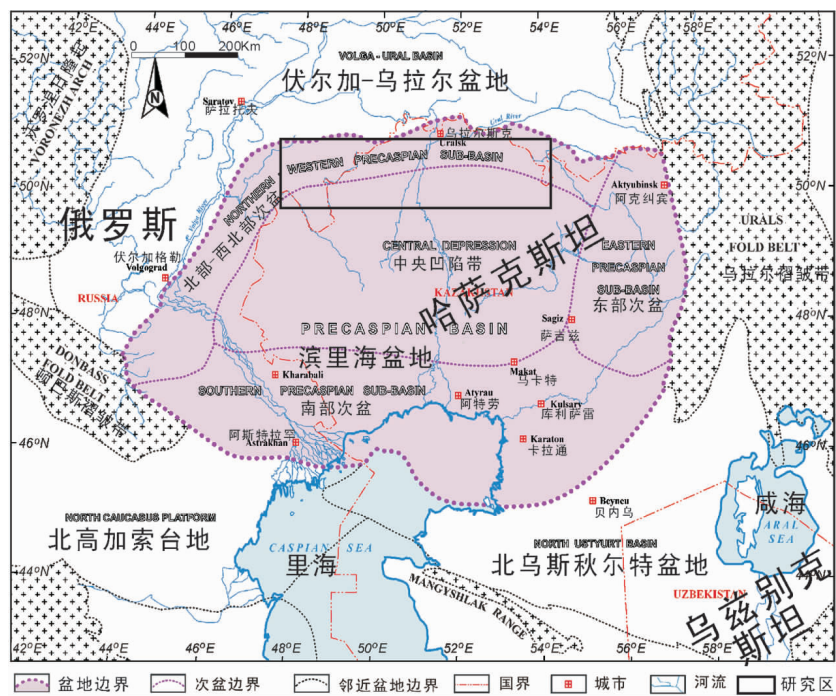


图 1 滨里海盆地位置图
Fig.1 Location of the Pre-Caspian Basin

要是碳酸盐岩与碎屑岩；奥陶纪—早泥盆世海相沉积以碎屑岩—碳酸盐岩为主；志留纪海相沉积主要为陆棚碳酸盐岩；到早泥盆世，则形成了东欧地台东南部广阔的相对沉降带，遍及布祖卢克、利涅夫凹陷及滨里海北部、西部边缘地区，晚泥盆世滨里海盆地为开阔的海盆地沉积。晚泥盆世—早二叠世是滨里海盆地中央凹陷带形成的主要时期，从晚泥盆世开始，沉积的非补偿区在持续扩大，整个上泥盆统陆棚碳酸盐岩的分布范围很广。

早石炭世早期继续维持泥盆纪以来的海侵环境，中石炭世出现海退，岩性主要为珊瑚灰岩、藻灰岩和云质灰岩。随着海侵规模扩大，非补偿沉积的范围也不断向盆地南部推进，北部隆起带原来有上泥盆统陆棚碳酸盐岩分布的地区逐渐被深水沉积所代替，古陆棚区日益萎缩，在一些大型的平缓隆起上形成了生物灰岩，生物群落为珊瑚、苔藓、海绵、蠕形动物、有孔虫类、腕足类、海百合、藻类和其他生物，这些微生物作为海相沉积物中极为重要的组成单元，其生物组合特征反映生物礁沉积出现在距海岸较远、水体较稳定的开阔浅海陆棚相环境。从中石炭世晚期开始，随着邻近海西褶皱带的不断形成，整个滨里海盆地的区域构造发生了很大的变化，盆地北部

因受后期剥蚀作用的改造而不同程度地缺失中石炭统晚莫斯科阶—格热尔阶这段地层^[3](图 2)。

早二叠世早期滨里海盆地出现广泛的海侵，发育深水环境的海相沉积；早二叠世晚期盆地整体抬升，深水海盆演变为干燥蒸发的浅水环境，整个滨里海盆地由于构造抬升，气候变得干旱，海水变浅。至孔谷期已相变为潮上蒸发岩，以盐岩、硬石膏和白云岩等岩石类型为主，成为盐下含油气沉积组合之上的区域性盖层，即全盆地广泛分布的膏岩和盐岩沉积。

2 滩相灰岩的宏观特征

滨里海盆地北部巴什基尔阶位于浅水碳酸盐发育区，横向上表现为向岸方向（即高部位处）发育鲕粒，向盆地方向（低部位处）发育生物化石；纵向上表现为地层上部发育鲕粒，而地层下部发育生物。生物与鲕粒的分布形式反映了该套地层的沉积环境整体上为浅海高能环境^[4]，受水深、水动力条件以及外来碎屑物质的影响，不同时期、不同地理位置上鲕粒和生物的发育程度不同。

岩心中鲕粒灰岩普遍为浅白色、浅灰色，微晶到粗晶，大小多为 1~2 mm，局部可见孔洞和裂缝，鲕粒间主要为钙质、沥青质、生物碎屑充填，胶结程度

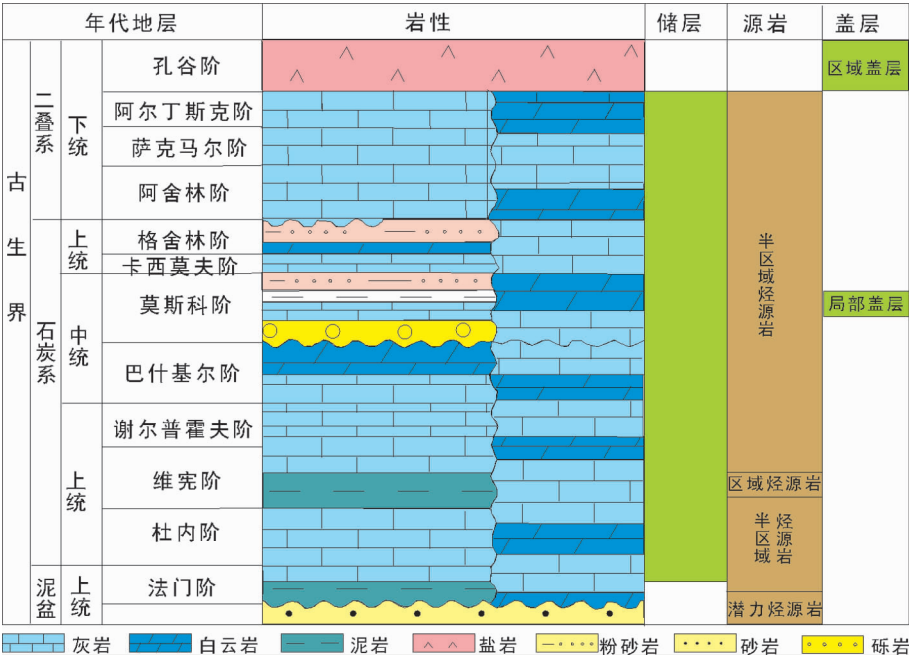


图 2 滨里海盆地北部石炭系综合柱状图

Fig.2 Composite columnar section of Carboniferous strata in the northern part of the Pre-Caspian Basin

高,见透镜状纹理。
生物化石表现为有机质残余物、生物碎屑及生物群等,局部为再结晶残余物,裂缝及孔洞多为沥青质物质充填。

3 滩相灰岩的微观特征

3.1 鲕粒滩灰岩的微观特征

“鲕粒”这一术语最先由 Bruckman 在 1727 年提出,是指具有核心和同心层结构的球状颗粒,因为很象鱼籽而得名,鲕粒大都为粗砂级到中砂级的颗粒(2~0.25 mm),常见的为粗砂级(1~0.5 mm),大于 2 mm 和小于 0.25 mm 的鲕粒较为少见^[5]。鲕粒的核心可以是内碎屑、化石(完整的或破碎的)、陆源碎屑以及其他物质;同心层主要由泥晶方解石组成。根据微组构,鲕粒还可以进一步分为同心鲕粒、放射鲕粒、泥晶鲕粒和球鲕等;除了碳酸盐鲕粒以外,地层记录中还发育铁质鲕粒和磷质鲕粒、硅质鲕粒,以及少量的由硅酸盐矿物、硫酸盐矿物或硫化物矿物组成的鲕粒^[6]。

作为一种包覆颗粒^[7-8],鲕粒以其在岩石记录中密集的产出形式、醒目的宏观形态、简单的组分特征和复杂的沉积组构而备受沉积学家的长期关注和

持续研究^[9],但从 Sorby 对鲕粒形成的物理过程的描述^[9],到 Tucker 和 Wright “将鲕粒完全归为物理成因似乎为时过早”的结论^[7],均表明其确切的成因机制至今还未得到合理解释。关于鲕粒的成因,目前的解释归纳起来不外乎生物说和无机说,无机沉淀学说把鲕粒的生成与它的结构特征(核心层和同心层)及其生成环境(水动力条件较强的地区)联系起来,因此说服力较强。韦尔(Weyl,1967)、卡罗慈(Carozzi,1960)对鲕粒成因进行了具体论述,尤其是在论述鲕粒同心层的形成、鲕粒的大小、鲕粒核心的大小等方面很有说服力和启发性^[5];近年来,对 Geneva 湖淡水鲕粒的调查^[10]、巴哈马台地现代文石鲕粒的研究^[11],又表明构成鲕粒的碳酸盐晶体的形成与超微细菌存在关联,而且这些超微细菌对碳酸盐沉淀作用的影响与较大的细菌相似^[12]。

众多学者普遍认为,鲕粒多形成于浅水高能沉积环境,鲕粒的形成除需要充分的核心来源、浓度达到饱和外,还受水流强度、水体动荡强度、一定的温度和盐度条件的影响和控制^[9]。因此地层岩石中鲕粒的存在有助于分析地层的沉积环境,寻找有利的储层及油气聚集带。

滨里海盆地北部中石炭统巴什基尔阶的鲕粒在

常规岩石学显微镜下表现为明显的形态多样性,而且显示出多为碳酸盐泥晶粘聚而成的鲕粒特点。同心鲕粒的形态呈圆状、椭圆状及不规则状,其中以椭圆形和不规则形为主,多见复合鲕粒和表皮鲕,鲕粒大小多为 1~2 mm,圈层不平滑,层数不多,一般少于 10 层,大致有以下类型的鲕粒。

3.1.1 (次)圆状同心鲕粒的微观特征

滨里海盆地北部巴什基尔阶同心鲕粒多呈圆状和次圆状,鲕粒圈层的总厚度多大于核心,同心纹层不太平滑(图 3 中的 1 和 2 等)。

这些(次)圆形同心鲕粒,粒径多数为 1~2 mm,相当一部分为 2 mm 左右,鲕粒圈层均为富含有机质的暗色泥晶所组成,显示出较为明显的亮层和暗层交互的特点,有时几个圈层组成束丛状。鲕粒外部圈层多为毛刺状的,呈凸起状,指向已被亮晶方解石胶结物充填的孔隙空间;个别鲕粒的外部圈层及核心层已被破坏(如图 3 中的 11 和 12 等),表明了早期暴露作用过程中鲕粒外部圈层在生长期间所发生的切向压性变形特点;毛刺状鲕粒圈层在形成之后,受强水流作用的,易发生破碎而产生鲕粒碎屑^[9]。

构成(次)圆形同心鲕粒的核心主要有生物碎屑、球粒、砂屑、鲕粒碎屑等。(1)生物碎屑。生物碎屑多表现为较大的方解石晶体,由于多为单晶方解石所组成,所以多数属于棘皮碎屑,形状多为次圆状和次棱角状,生物碎屑核心附近的鲕粒圈层颜色较深,就像泥晶套一样包裹鲕粒核心,外部圈层逐渐变为真正的同心圆形;(2)球粒。多为圆状和次圆状,为富有机质的暗色泥晶所组成;(3)砂屑。多为次圆状和不规则形态的次棱角状,有机质含量与球粒相比较少,颜色稍浅;(4)鲕粒碎屑。由鲕粒碎屑组成的核心较为少见,但是说明了鲕粒在形成过程之中曾经经历过破碎现象。

3.1.2(次)椭圆状同心鲕粒微观特征

与圆状同心鲕粒的内部组构相似,滨里海盆地北部巴什基尔阶的椭圆状同心鲕粒也具有以下特点(图 3 中的 3 和 4 等所示): 鲕粒圈层总厚度多大于核心,同心纹层不平滑,纹层厚度多为 1~2 μm,组成多个纹层的正常高能鲕粒。椭圆状同心鲕粒长轴直径多数超过 2 mm。椭圆状同心鲕粒的形状更多继承了鲕粒核心的形状,也就是说,鲕粒的同心圈

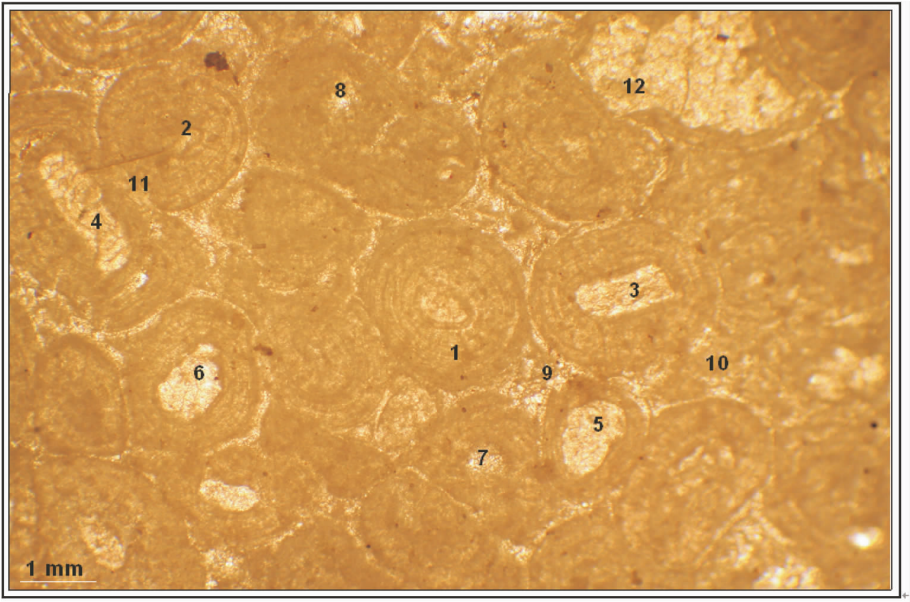


图 3 滨里海盆地北部巴什基尔阶典型鲕粒单偏光照片
1,2—圆状同心鲕粒;3,4—椭圆状同心鲕粒;5,6—表皮鲕;7,8—复合鲕粒;
9,10—鲕粒间填充物;11,12—鲕粒受到破坏

Fig.3 Photographs showing microscopic features of typical oolites developed in Bashkirian within the northern part of the Pre-Caspian Basin
1,2-Rounded concentric oolite;3,4-Oval-shaped concentric oolite;5,6-Epidermal oolite;
7,8-Compound oolite;9,10-Filler between oolites;11, 12 - Destroyed oolite

层在生长过程之中, 鲕粒最终的形态受制于其核心的形态。

构成椭圆状同心鲕粒的核心有: (1)生物碎屑。核心亦呈椭圆形, 构成椭圆状鲕粒核心的生物碎屑呈单晶方解石的特点, 多为棘皮生物碎屑, 个别鲕粒的外部圈层及核心层已被破坏; (2)砂屑。构成鲕粒核心的砂屑颗粒本身多为椭圆状, 与其他类型的鲕粒相比, 核心层颜色较浅而不明显。

3.1.3 表皮鲕的微观特征

还有一部分鲕粒为表皮鲕 (图 3 中的 5 和 6 等), 多不规则, 粒径较小, 鲕粒圈层的层数较少, 且圈层的总厚度明显小于核心的半径, 表明了高能鲕粒灰岩中也发育一些成熟度较低的“低能鲕粒”^[6], 也有大型鲕粒, 粒径为 2~3 mm, 表现为再生鲕粒的特点, 为多种同沉积改造、鲕粒生长过程中发生过生长间断的产物, 亦应归属于高能鲕粒^[7-8, 12-14]。构成这些小型不规则表皮鲕的核心, 主要有生物碎屑和砂粉屑等。

3.1.4 复合鲕粒的微观特征

除了(次)圆状、(次)椭圆状同心鲕粒以外, 较为常见的鲕粒还有复合鲕粒 (图 3 中的 7 和 8 等)。这些复合鲕粒, 主要由多个较小的鲕粒构成核心, 后又被鲕粒圈层包裹, 最终形成各种形态的大型鲕粒, 其粒径多大于 2 mm, 最大可达 3~4 mm。这些复合鲕粒的基本特点是: (1)具有多个核心。这些不同的核心有的是由多个较小鲕粒构成组成, 有的是由鲕粒与球粒构成, 有的是由生物碎屑, 有的是由球粒组成, 还有的是由砂屑构成; (2)不同的核心中有的核心层较模糊, 不容易辨认; (3)与其他类型的鲕粒一样, 鲕粒圈层多具有破碎磨损现象; (4)复合鲕粒的圈层在生长过程中具有明显的填平补齐的特点; (5)复合鲕粒核心多为多期生长形成。

3.1.5 其他类型的鲕粒微观特征

滨里海盆地北部巴什基尔阶鲕粒中有相当一部分核心及圈层都不太明显, 这些鲕粒普遍含泥质较重, 或破坏填充严重, 外圈有的还具有毛刺状组构。这些核心不太明显的鲕粒, 与上述其他鲕粒一起, 反映了鲕粒形态的多样性。

3.2 鲕粒间填充物微观特征

鲕粒间的填充物以亮晶方解石胶结物最为普遍 (图 3 中的 9 和 10 等), 且以粒状亮晶方解石胶结物为主, 局部为碳酸盐泥晶和鲕粒内碎屑。方解石胶结

物中普遍发育成岩微孔隙, 多为沥青质充填, 这些微孔隙多数相互连通, 多为溶蚀微孔洞; 有些局部富集的鲕粒间填充物是鲕粒内碎屑, 这是被磨损和破碎的鲕粒圈层所提供的一种特别的填充物; 还有一些是碳酸盐泥晶填充物, 但较为少见。

3.3 生物礁滩灰岩的微观特征

生物骨骼及其碎屑是碳酸盐岩的主要组成部分, 许多碳酸盐岩如礁、滩相生物碳酸盐岩主要是由他们组成。生物组成与沉积矿产的形成和分布有着密切的成因联系, 许多生物碳酸盐岩不仅是石油、天然气的生成母岩, 而且由于他们原生骨骼内孔隙发育, 往往又是油气渗滤和储集的空间。许多生物对其生活环境极为敏感, 死后的底栖生物骨屑一般不会搬运太远, 浮游生物骨屑常常要经受较长距离的搬运, 因此, 根据生物碎屑的组分和组合以及他们的破碎程度可以有效地恢复沉积环境^[9]。

滨里海盆地北部巴什基尔阶生物化石种类多样, 多口井的岩心薄片中发现保存比较完整的海绵、珊瑚、苔藓虫等化石 (图 4), 其中苔藓虫为隐口目, 呈多枝状排列, 每一分枝有两列以上的虫室, 虫室间为间壁和中棱分隔, 间壁之外为很厚的叶片结构, 形成外体壁, 间壁之内为很薄的叶片层, 与间壁的单晶微粒层组成内体壁。在单偏光镜下窗格苔藓虫骨骼碎片色深, 呈浅褐色; 海绵单体多数呈管状, 群体形态很多, 有丛状或树状等。

有孔虫种类繁多, 形态各异, 有圆盘形或近球形的串珠虫, 管状、球状、透镜状的内卷虫等; 化石中腕足类和介形虫类也较为常见。生物碎屑中常见棘皮动物门、介形虫、有孔虫、腕足类。

4 滩相灰岩的油气勘探意义

滨里海盆地烃源岩发育, 石炭系发育的滨岸—海相页岩和碳酸盐岩为盐下层系提供了丰富的油气来源, 上覆的二叠系孔谷阶区域性盖层及一些局部盖层为油气的保存提供了良好的条件^[13], 因此盐下层系中的储集体发育与分布是油气成藏的主控因素, 而滨里海盆地北部近几年的勘探结果表明, 巴什基尔阶鲕粒及生物碎屑发育。这些种类多样的生物骨骼及其碎屑既是碳酸盐岩的重要组成部分, 也是油气渗滤和储集的空间。生物组成与油气的形成和分布有着密切的成因联系, 这些生物中, 珊瑚、钙质红藻、苔藓虫、结壳的有孔虫、海绵等是礁体重要的

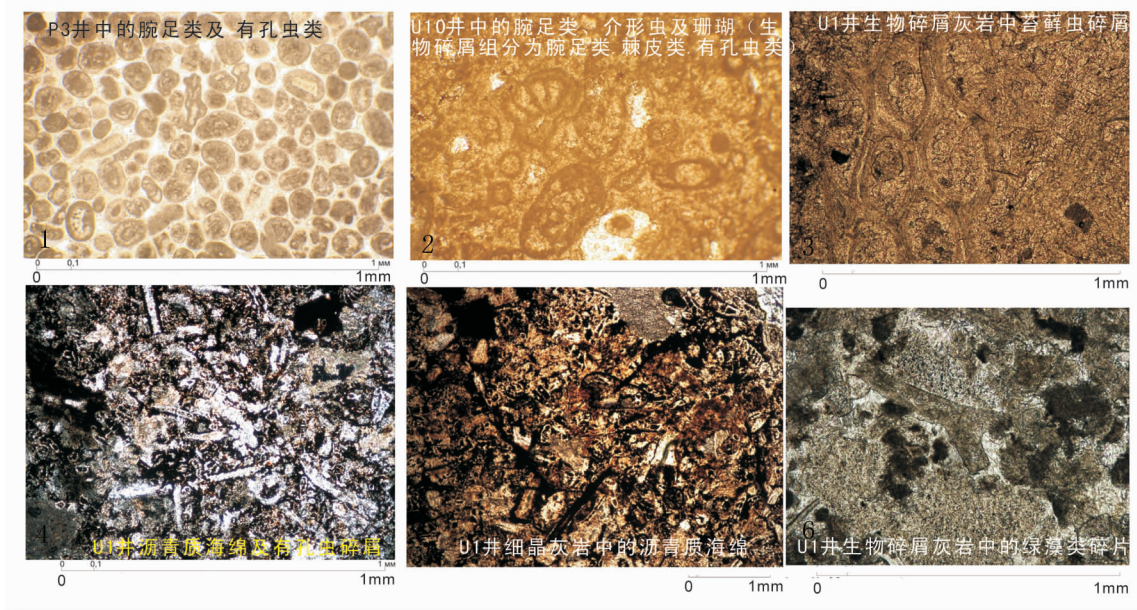


图 4 滨里海盆地北部巴什基尔阶生物化石单偏光照片

1—P3 井中的腕足类及有孔虫类;2—U10 井中的腕足类、介形虫及珊瑚(生物碎屑组分为腕足类、棘皮类、有孔虫类);3—生物碎屑灰岩中苔藓虫碎屑;4—沥青质海绵及有孔虫碎屑;
5—细晶灰岩中的沥青质海绵;6—生物碎屑灰岩中的绿藻

Fig.4 Photographs showing microscopic features of typical microfossils in Bashkirian within the northern part of the Pre-Caspian Basin

1—Brachiopods and foraminifera in well P3; 2—Brachiopods, ostracods, and corals in well U10 (biological detritus group is divided into brachiopods, echinoderms, foraminifera); 3—Bioclastic limestone bryozoan debris in well U1; 4—Asphalt sponge and foraminiferal debris in well U1;
5—Fine-grained limestone of asphalt sponges in well U1; 6—Bioclastic limestone in green algae in well U1

原生骨架和次生骨架的建造生物,而棘皮类、腹足类、有孔虫则为礁提供丰富的沉积物来源^[14]。冯增昭等认为石炭纪的造礁生物不是层孔虫,而是珊瑚、苔藓虫和藻^[5]。结合滨里海盆地北部多为生物礁、生物碎屑碳酸盐岩储层油气藏的区域地质环境,这些生物可能是碳酸盐岩如礁、滩相生物碳酸盐岩的组成成分。巴什基尔阶礁滩相灰岩为这一地区继下二叠统障壁礁储层和泥盆系堡礁储层之外,寻找有利储层提供了理论和实践的新思路。

哈萨克斯坦滨里海盆地中石炭统巴什基尔阶滩相灰岩的发现,对拓宽该地区油气勘探范围具有重要的意义。为寻找滩相灰岩以及滩后坪相白云岩等优质储层,提供了重要的线索,最终使中石炭统成为该区新的勘探目的层。

参考文献 (References):

[1] Bakirov K Kh, Daumov S G. Exploration for petroleum potential and zoning in the Zilair series in the eastern Caspian basin, 1987.
[2] 梅冥相, 马永生, 周丕康, 等. 碳酸盐沉积学导论[M]. 北京:地质出版社, 1997:1-256.

Mei Mingxiang, Ma Yongsheng, Zhou Yongkang, et al. Introduction to Carbonate Deposition [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1997:1-256(in Chinese with English abstract).
[3] 刘洛夫, 朱毅秀, 熊正祥, 等. 滨里海盆地的岩相古地理特征及其演化[J]. 古地理学报, 2003, 5(3):279-290.
Liu Luofu, Zhu Yixiu, Xiong Zhengxiang, et al. Characteristics and evolution of lithofacies Palaeogeography in Precaspian Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2003, 5 (3):279-290. (in Chinese with English abstract).
[4] 梅冥相. 灰岩成因-结构分类的进展及其相关问题讨论 [J]. 地质科技情报, 2001, 20 (4):12-18.
Mei Mingxiang. A review on genetic-textural classification of limestones and the discussion of relative problems [J]. Geological Science and Technology Information, 2001, 20 (4):12-18 (in Chinese with English abstract).
[5] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社, 1994:240-307.
Feng Zengzhao. Sedimentary Petrology [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1994:240-307(in Chinese with English abstract).
[6] 梅冥相. 显生宙罕见的巨鲕及其鲕粒形态多样性的意义:以湖北利川下三叠统大冶组为例[J]. 现代地质, 2008, 22 (5):683-698.
Mei Mingxiang. Implication for the unusual giant oolites of the Phanerozoic and their morphological diversity: A case study from the triassic Daye Formation at the Lichuan Section in Hubei

- Province, South China [J]. *Geoscience*, 2008, 22 (5):683–698. (in Chinese with English abstract).
- [7] Tucker M E, Wright V P. *Carbonate Sedimentology* [M]. Oxford: Blackwell Sciences, 1990.
- [8] Siewers F D. Oolite and coated grains [C]//Middleton G V, Church M J, Coniglio M, et al. *Encyclopedia of Sedimentments and Sedimentary Rocks*. Dordrecht, Boston and London:Kluwer Academic Publishers, 2003:502–506.
- [9] Sorby H C. On the structure and origin of limestone [J]. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 1879, 35: 56–95.
- [10] Davaud E, Girardclos S. Recent freshwater ooids and oncoids from western Lake Geneva (Switzerland):indications of a common organically mediated origin [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2001, 71:423–429.
- [11] Folk R L, Lynch F L. Organic matter, putative nannobacteria and the formation of ooids and hardground [J]. *Sedimentology*, 2001, 48: 215–229.
- [12] Chafetz H S, Buczynski C. Bacterially induced lithification of microbial mats [J]. *Palaos*, 1992, 7:227–293.
- [13] 倪新锋, 陈洪德, 韦东晓. 礁滩复合型气藏物质聚集分布及储层特征研究——以川东北地区普光气田长兴组—飞仙关组为例[J]. *中国地质*, 2007, 34(6):1045–1054.
- Ni Xinfeng, Chen Hongde, Wei Dongxiao. Distribution and accumulation of materials in shoal–reef compound gas deposits and reservoir characteristics——A case study of the Changxing–Feixian Formation in the Puguang gas field, northeastern Sichuan [J]. *Geology in China*, 2007, 34 (6):1045–1054 (in Chinese with English abstract).
- [14] 张廷山, 姜照勇, 陈晓慧. 四川盆地古生代生物礁滩特征及发育控制因素[J]. *中国地质*, 2008, 35(5):1017–1030.
- Zhang Tingshan, Jiang Zhaoyong, Chen Xiaohui. Characteristics and controlling factors of development of Paleozoic reef–banks in the Sichuan basin [J]. *Geology in China*, 2008, 35 (5):1017–1030 (in Chinese with English abstract).

Basic characteristics of beach facies limestones of Carboniferous Bashkirian period in northern Pre–Caspian Basin of Kazakhstan and their petroleum exploration implications

ZHOU Sheng–you^{1,2}, MA Yan¹

(1. *State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;*

2. *Petroleum Exploration and Production Institute, Sinopec, Beijing 100083, China*)

Abstract: The northern part of the Pre–Caspian Basin of Kazakhstan is rich in oil and gas, in which 39 oil and gas fields have been found. Lower Carboniferous and lower Permian strata constitute important oil and gas producing horizons. Recent exploration indicates that there exist lots of beach facies limestones of Middle Carboniferous Bashkirian stage, suggesting that the Middle Carboniferous strata may become a new exploration target. Based on the exploration data, this paper has made a detailed description of macroscopic and microscopic features of Bashkirian beach facies limestones, which will provide an important clue to future oil and gas exploration.

Key words: beach facies limestone; Bashkirian; Carboniferous; Pre–Caspian Basin; Kazakhstan

About the author: ZHOU Sheng–you, male, born in 1973, senior engineer and doctor, majors in mineralogy, petrology and mineral deposits, mainly engages in oil –geological research of Central Asia; E –mail: zhoushengyou@163.com.