

文章编号: 1000-0550(2013)02-0259-10

山东省平邑盆地古近系湖相核形石特征及环境意义^①

张矿明¹ 黄文辉² 汪建辉¹ 曾婷婷¹ 唐鑫萍²

(1. 中国石油化工股份有限公司勘探南方分公司研究院 成都 610041; 2. 中国地质大学能源学院 北京 100083)

摘要 山东省平邑盆地古近系官庄组湖相核形石较富集,其特征和分布受古沉积环境的控制。在总结前人研究的基础上,运用野外现场观测、偏光显微镜和扫描电镜观察、地球化学测试等技术手段,研究了本区核形石灰岩的岩石形态、结构、古生物、构造、元素地球化学等具有环境指示意义的特征,并据此将该区核形石分成A、B两类,它们之间根本性区别在于其形成的沉积环境的不同,A类核形石形成于翻转、滚动的强水动力的、水体较浅且较混浊的滨湖岸滩—浅湖浅滩环境;而B类核形石形成于水体较深、较平静的且较清澈的浅湖湖湾环境。研究结果表明,本区的核形石发育于一个处于湖侵体系域阶段的干热湖盆的缓坡地带。

关键词 平邑盆地 官庄组 湖相 核形石 特征 环境意义

第一作者简介 张矿明 男 1986年出生 助理工程师 沉积学 E-mail: z6104126@126.com

中图分类号 P512.2 **文献标志码** A

核形石曾有过许多专门术语来描述它,最早被定义为叠层石 ss 型,之后是藻鲕粒、藻豆、藻灰结核、藻球、藻饼等^[1-5],1980年以后开始有了固定的术语—核形石。核形石是指由生物碎屑或碳酸盐岩屑组成的核心,围绕核心旋转形成具有微晶质同心圈层的椭球体。一般认为,核形石是分泌粘液的蓝绿藻等藻类在生长过程中捕获、粘结钙质颗粒及碳酸钙沉淀物围绕核心加积而成的^[6]。其中结核旋转是由波浪和潮流的作用、倾斜的表面或者是由于食草鱼类的啃噬而引起下伏面的生物搅动促成的。现代核形石形成在从淡水湖泊、河流和沼泽到海洋的潮间和潮下带等广泛多变的环境中。湖相核形石普遍与高能、往往混合着硅质碎屑—方解石的近滨环境有关。对核形石的研究能提供有关湖相沉积体系的信息,也能提供了解区域气候和湖平面起伏的信息。同时核形石灰岩作为一类特殊储层正逐渐受到油气勘探家们的注意^[7]。

有关核形石的分类、沉积环境以及成因等问题, Dahanayake 等^[3]对核形石灰岩垂向沉积序列进行了较为深入地研究。Erik Flügel^[5,6]在他的专著《Micro-facies of Carbonate rocks》中系统地介绍核形石的定义、分类、描述方法及环境意义。曾允孚等^[8-11]从核形石的形态、内部结构着手,对其成因进行推断。李熙喆^[12]对平邑盆地古近系官中段发育的核形石单元纹层的类型和结构进行了探讨,并对其进行了成因分

析。梅冥相^[13]探讨了包括核形石在内的微生物碳酸盐岩的研究进展,将微生物碳酸盐岩划分为叠层石、凝块石、树形石和均一石,同时又将核形石作为“球状叠层石”而不与叠层石平行使用。杨玉芳^[14]探讨了松辽盆地核形石的特征以及环境意义。在前人研究成果的基础上,笔者通过野外露头的观察、镜下微观特征的研究以及地球化学方法对研究区的核形石特征与其环境意义进行了探讨。

1 地质背景与露头剖面简介

本文研究的露头的实测剖面位于山东省平邑县柏林镇(图1),研究的层段为古近系官庄组。平邑盆地位于华北盆地东南部,北侧以蒙山为界,西南缘为尼山—西南山所限,为一个NW—SE向狭长形展布的,受蒙山断裂控制的,北断南超的断陷湖盆,面积为800 km²。蒙山断层东北部隆起为剥蚀区,平邑拗陷则在古近系时期接受了厚达2 km以上的官庄组沉积^[15-18]。

野外地质考察人员在观测露头剖面过程中,根据岩性、构造等标志,在27.05 m长的露头剖面上确定了22个观察点,并将剖面划分了23个小层,并通过野外露头观察和光学显微镜下的鉴定,应用Dunham的碳酸盐岩的结构分类方案对各小层岩石进行命名(图2)。

^①国家重点基础研究发展计划项目(973计划“南海深水盆地油气资源形成与分布基础性研究”课题(2009CB219407)资助
收稿日期: 2011-12-22; 收修改稿日期: 2012-03-27

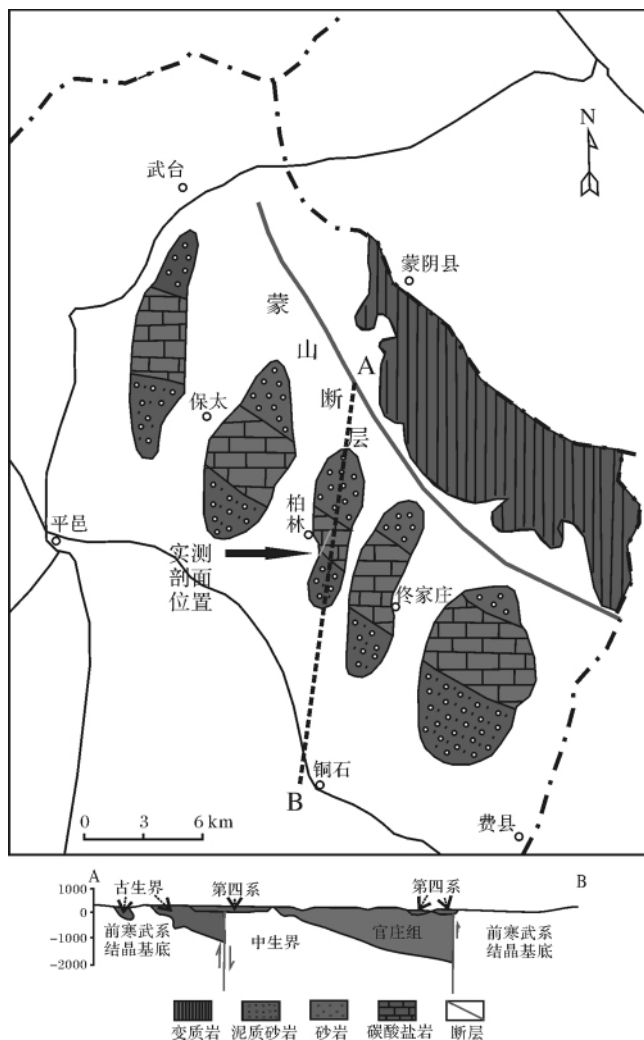


图1 平邑盆地地质示意图

Fig.1 Sketch geological map of Pingyi Basin

2 平邑县柏林剖面核形石的沉积环境及发育模式

为了全面地了解平邑盆地古近系官庄组核形石的沉积环境,笔者运用室内镜下观察和地球化学测试的手段对核形石灰岩的古生物、地球化学、构造等特征来进行研究。

从剖面底部往上选取了76个样品,在中国石油勘探开发研究院石油地质实验研究中心制成薄片进行室内光学显微镜的观察,并选择了11个样品进行扫描电镜分析,并选择了23个样品进行在中国矿业大学煤炭资源与安全开采国家重点实验室进行了X射线衍射、微量元素地球化学方法的测试。微量元素分析的步骤为:①样品破碎并研磨约至0.1 mm,然后装袋备用;②称取40 mg样品于溶样罐中,加入

0.6 mL $\text{HNO}_3 + 2 \text{ mL HF}$ 封盖,静置2 h后,于150℃电热板上溶样24 h;③加入0.25 mL HClO_4 于150℃电热板上敞开蒸发至干燥;④加入1 mL $\text{HNO}_3 + 1 \text{ mL H}_2\text{O}$ 密闭于120℃电热板回溶12 h;⑤用高纯 H_2O 定容至40 g;⑥在ICP-MS上进行测试,分析误差基本上小于4%,很少大于10%,相同样品测试结果一致,测试结果准确可信,各测试样品最终结果取3次测定的平均值。

(1) 古生物特征:平邑县柏林剖面中出现最普遍的生物化石是藻类化石(遗迹),包括有骨骼的枝管藻(*Ortonella*) (图2,第2层和第10层镜下照片)、蓝绿藻(图2,第22层镜下照片)、钙球(图3E)等。藻的生长发育需要光合作用,一般生活在浅水的环境。藻类的大量繁盛的层段主要为藻坪或藻滩环境^[19-20]。

野外观察时在第10层、第13层发现了一些较完整的腹足类螺化石(图3I),研究区出现的螺化石的化石组合为中华扁卷螺(*Sinoplanorbis sinensis*)组合,这是一类广盐性的腹足类,它的出现指示半咸水浅湖区的沉积环境。

在第3层的岩石薄片发现了少量的有孔虫化石(图2,第3层镜下照片和图3D),研究区的有孔虫为卷转虫(*Ammonia*)种属,保存较完好,现代有孔虫绝大多数生长在海洋中,少数生活在半咸水,说明研究区古近系时水体盐度应该在半咸水以上。

(2) 构造特征:官庄组上段沉积时期,正处于我国东部古近系沉积盆地发育的威尔逊旋回的第二阶段,即裂谷盆地形成的初始张裂期。当时北部的蒙山断裂的活动控制着整个盆地的发育,使官庄组上段的碳酸盐岩沉积局限于呈NW—SE向展布的狭长盆地范围内,并且由中部向东西两侧沉积厚度减薄至尖灭,根本找不到海水通道^[21]。

剖面的岩石中发育的沉积构造较为丰富,具有重要的环境指示意义。

层理:有包卷层理、楔状交错层理,如第2层发育的楔状交错层理(图2,第2层野外照片),层系厚度为3~5 cm,是中型交错层理,反映较强的水动力环境。

波痕:剖面第8层发育干涉波痕,大波痕基础上重叠小波痕,且波峰互不平行(图2,第8层对应的野外照片),反映浅水环境。

叠层石构造:在剖面中普遍发育,叠层由富藻纹层(暗层)和富碳酸盐纹层(亮层)组成,多为水平状或波状(图3H),属于潮间带上部的产物。

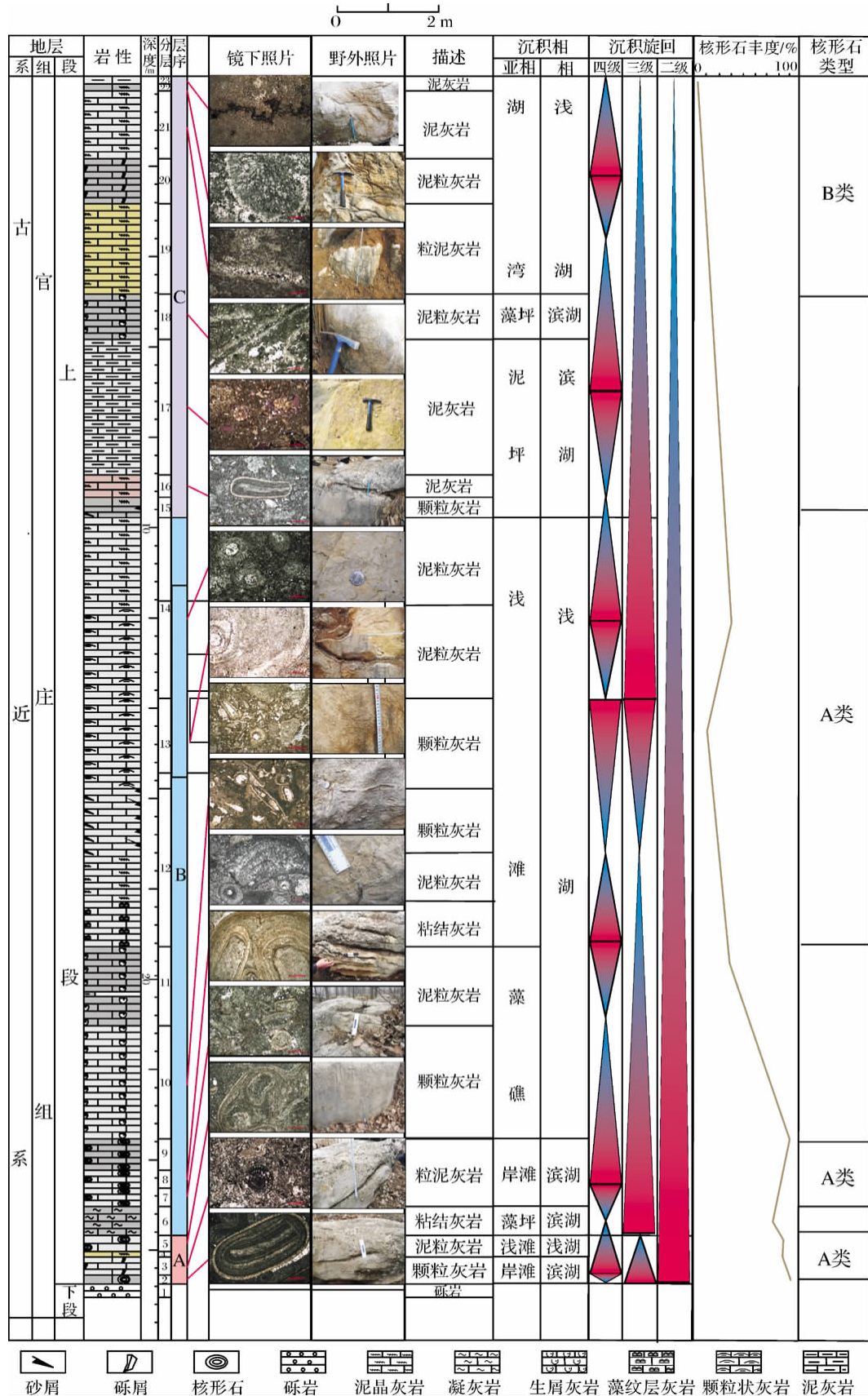


图 2 平邑县柏林剖面官庄组地层柱状图

Fig. 2 Stratigraphic column of Bolin section in Guanzhuang Formation in Pingyi county

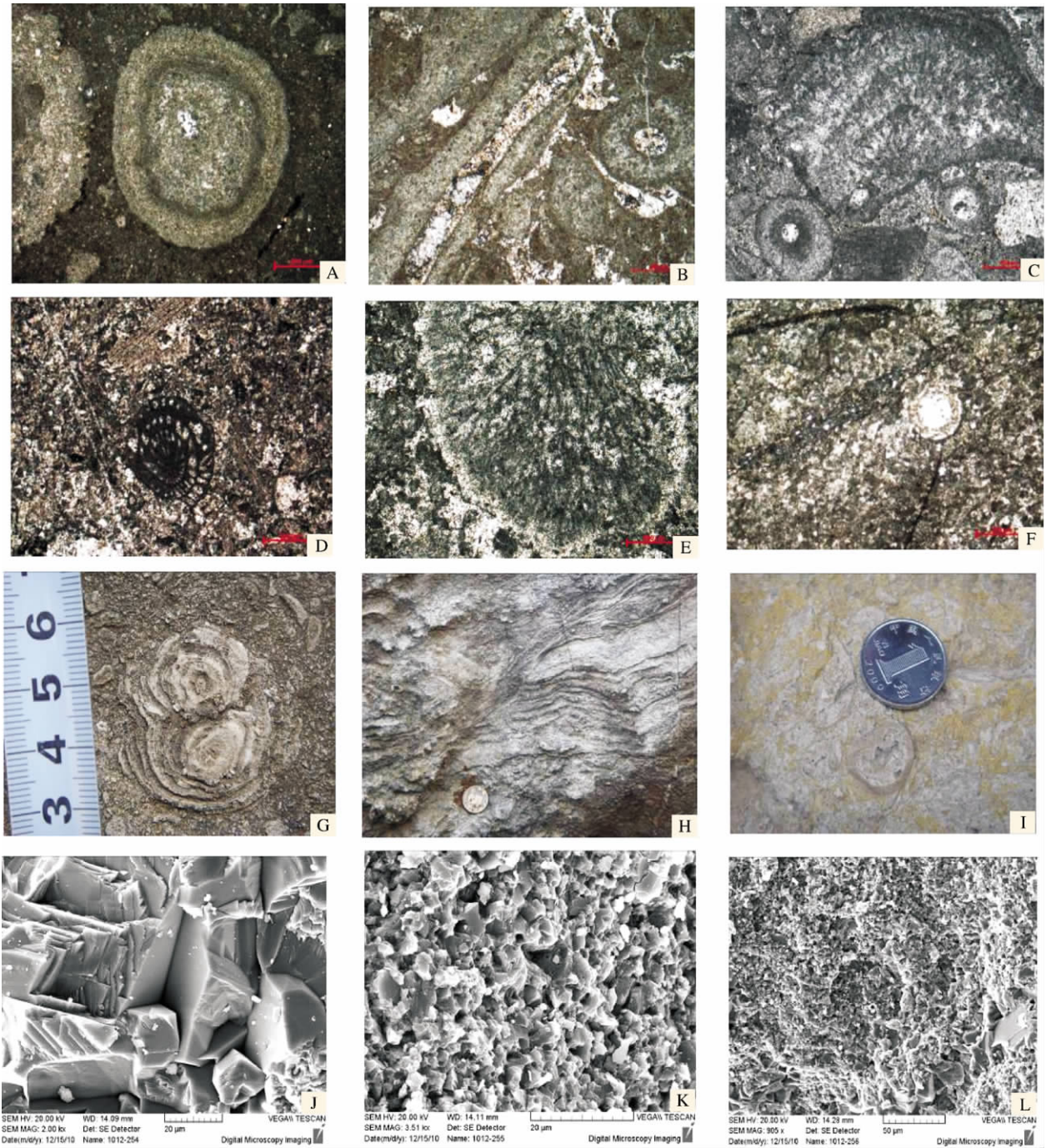


图3 核形石灰岩的镜下照片和野外照片

A: 观察点7第10层,单偏光40倍,成分简单,泥晶基质为主要填隙物,为泥晶核形石灰岩,主要含A类核形石,核形石呈近圆形,核心由砂屑组成,纹层明暗相间。B: 观察点7第10层,单偏光40倍,成分复杂,为亮晶枝管藻砂屑核形石灰岩,枝管藻在野外露头 and 薄片观察中都很常见。C: 观察点3第9层,单偏光40倍,总体为核形石砂屑灰岩,含有蓝绿藻。D: 观察点1第3层,单偏光40倍,总体为核形石砂屑灰岩,含有有孔虫化石和棘皮化石。E: 观察点21第22层,单偏光40倍,含蓝绿藻格架。F: 观察点21第22层,单偏光40倍,总体为泥晶灰岩,含钙球颗粒。G: 观察点9第13层,野外照片,野外观察的砂屑核形石灰岩中的复合核形石颗粒。H: 观察点10第10层,野外照片,层状叠层石构造,高藻纹层(暗层)和富碳酸盐纹层(亮层)组成相间的水平状或波状。I: 观察点7第10层,野外照片,泥晶螺灰岩含腹足类化石。J: 观察点7第10层,扫描电镜照片,亮晶方解石颗粒,方解石的晶间孔隙为 $2\sim 4\mu\text{m}$ 。K: 观察点7第10层,扫描电镜照片,泥晶方解石颗粒,泥晶分布致密,晶间孔隙 $1\sim 3\mu\text{m}$ 。L: 观察点7第10层,扫描电镜照片,生物碎屑呈环形结构。

Fig. 3 Photographs of outcrop and thin-sections of oncolite limestone

鸟眼构造: 见于第 2 层、第 13 层和 15 层(图 8, 第 2 层对应的镜下照片), 呈不规则网状, 鸟眼孔多被亮晶方解石充填。鸟眼构造是一种很好的指相标志, 主要发育于潮上带下部和潮间带上部。

(3) 地球化学特征: a) X 射线衍射测试: 光学显微镜与扫描电镜下, 平邑县柏林剖面岩石矿物以方解石为主, 石英代表的陆源碎屑物质只在剖面底部几个层位偶尔出现, 且含量很少。而 X 衍射(XRD) 测试的结果也证实了这一点(图 4)。我们从不同层位中选择 7 个样品进行 X 射线衍射测试(表 1), 我们发现 7 个样品都只由方解石、石英组成, 无白云岩和白云石的出现。石英含量为 1.2% ~ 6.5%, 平均值是 2.5%; 方解石含量为 93.5% ~ 98.8%, 均值为 97.5%。陆源碎屑物质的稀少说明该研究区陆源输入较少, 清水环境为主。而白云岩与白云石的缺乏则可能与缺少充足的镁源或咸淡水混合等白云岩化条件有关, 即平邑区可能是一个与海洋隔绝的内陆湖盆。

表 1 平邑县柏林剖面 X 射线衍射(XRD) 测试结果

Table 1 The test data of XRD in Pingyi county

层位	矿物含量/%	
	方解石	石英
23	97.3	2.7
17	93.5	6.5
12	97.9	2.1
10	98.7	1.3
7	98.1	1.9
6	98.4	1.6
2	98.8	1.2

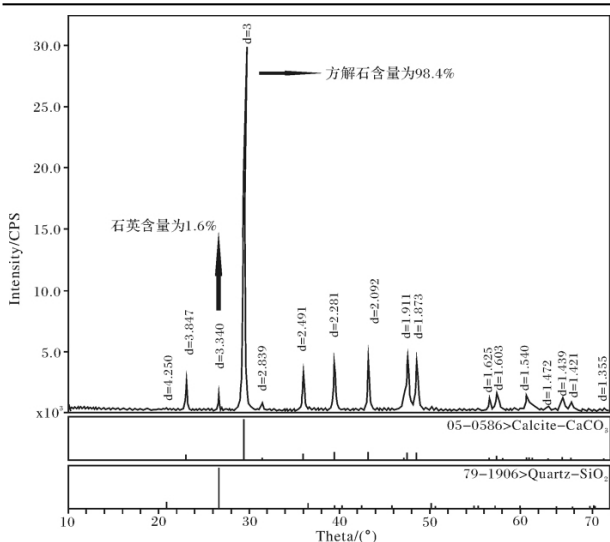


图 4 第 6 层核形石灰岩 X 射线衍射图

Fig. 4 X-ray diffractogram of oncolite in the 6th stratum

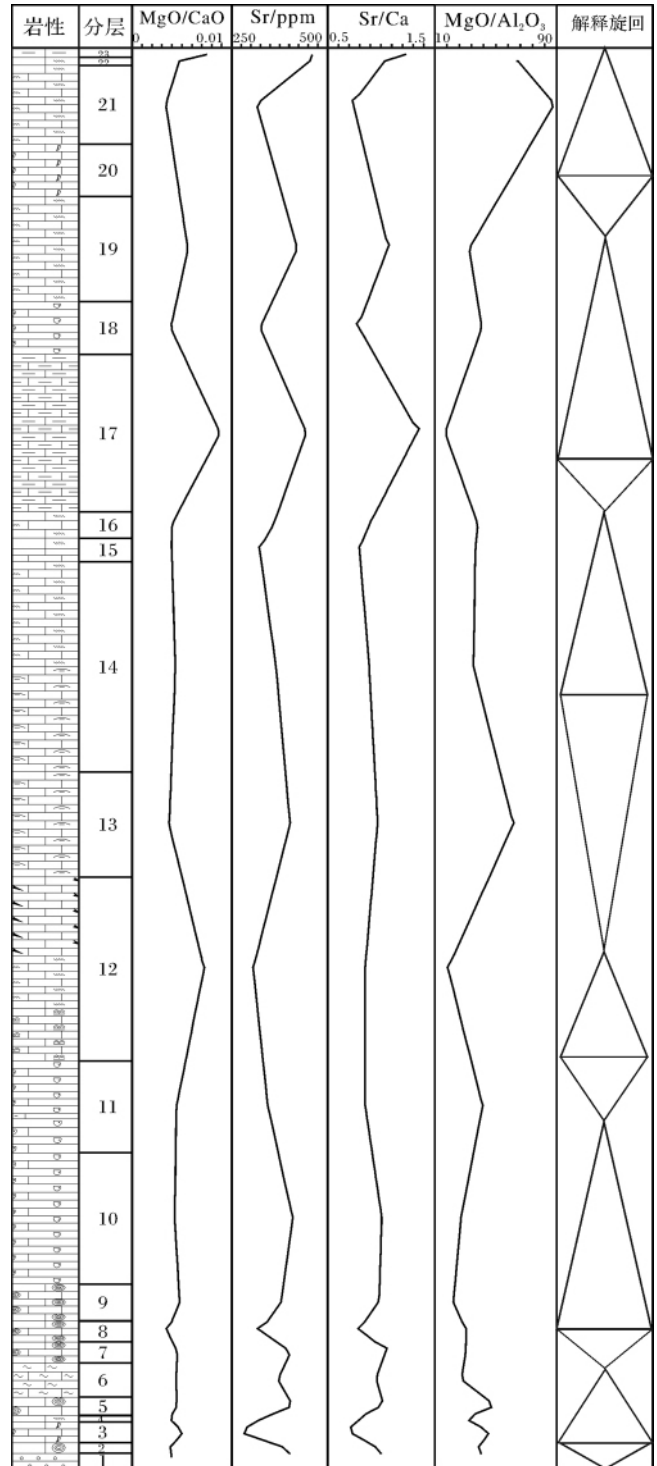


图 5 平邑县柏林剖面的地球化学特征

Fig. 5 The geochemical characteristics of Bolin section in Pingyi county

b) MgO/CaO、MgO/Al₂O₃ 值(图 5): 对气候比较敏感^[22~24], 平邑盆地柏林剖面 MgO/CaO 的值在 0.003 ~ 0.009 的范围内, 值较大, 反映该区可能出于比较干热的环境。MgO/Al₂O₃ 代表的古盐度的值在

0.13~0.9 的范围内,大多数层位样品的盐度值大于 0.3,与内陆盐度较高的咸湖的数值接近。

c) Sr、Sr/Ca 值:对水深比较敏感,它们的值会根据水体的加深而变大,结合岩性我们可以细分层序旋回(图5)。

综上所述,古近系官庄组时平邑盆地是一个封闭的干热湖盆,其处于湖侵体系域阶段,水体浅而较清澈。核形石发育于蒙山大断裂对面的断陷湖盆的缓坡地带,其沉积环境发育的模式如图6所示。

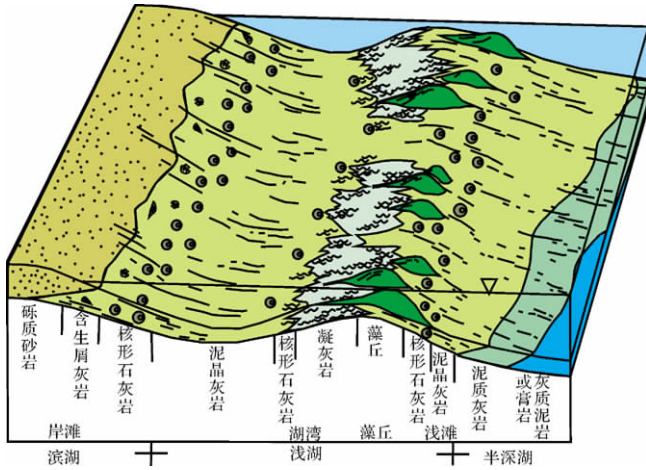


图6 平邑盆地古近系官庄组湖相核形石发育沉积模式图
Fig.6 The sedimentary pattern of oncooids in Pingyi county

3 平邑县柏林剖面核形石的特征

3.1 核形石产出层位与丰度

野外露头剖面的观察统计则表明核形石的分布

极为不均匀,核形石的分布以第9小层为分水岭,在该层以下的层位中,核形石是连续发育的而且分布比较富集,核形石含量最高能达到95%以上,在第9小层以上的层位中核形石是零星分布的,而且其丰度是逐渐变小的(图2)。这说明随着剖面由下到上,水动力逐渐减弱的过程中,核形石分布逐渐变少。而能使核心翻转、滚动的较强的水体环境中利于核形石的形成。

3.2 核形石形态与结构特征

该区的核形石的颜色以棕褐色、灰色为主,有棒状、椭球状、扁球状、球状、帽状和不规则状。大核形石以椭球状和扁球状为主,小核形石则形态多变。核形石粒度大小差异也十分悬殊,最大粒径能达15cm,小的则不到1mm。核形石由核心和包壳两个基本单元组成的^[25]。

(1) 核心:是核形石形成的基础,纹层围绕核心层层分布。由于核形石的核心经常处在翻转、滚动之中,使纹层能够均匀地形成同心圆圈状,从而形成一个相对独立的个体而有别于叠层石。核心的形状对核形石的外形有一定的影响。特别是薄壳核形石,核形石的形态只是核心形态的反映,随着纹层厚度增大,核心的影响相对减弱,直到完全消失,核心物质可以是岩石碎屑、矿物及其碎块,也可以是生物化石或生屑。不同地区核心物质不尽相同,不同相带核心物质也可以不一致^[12]。该研究区核形石的核心物质主要为陆源碎屑物质、枝管藻粘体或枝管藻碎屑等为主的生物颗粒和泥晶内碎屑。根据这些核心物质的不同,我们可以粗略地判断其形成的沉积环境。通过

层位	第2层	第2层	第13层
野外或镜下照片			
核心物质	陆缘碎屑物质	枝管藻	泥晶内碎屑
水动力条件	水体逐渐加深		
沉积环境	滨湖岸滩	滨湖岸滩	浅湖浅滩

图7 平邑县柏林剖面核形石的核心物质的环境意义

Fig.7 The typical nucleus' composition of oncooids and its environmental significance in Pingyi county

镜下观察,我们发现平邑县柏林剖面的核形石的核心物质有由陆源碎屑物质向枝管藻及泥晶内碎屑变化的趋势,这一趋势表明该剖面自下往上水体逐渐加深,离岸距离逐渐变远(图7)。

(2) 包壳: 为连续或半连续的同心状细纹层,肉眼可以观察到,深浅不同的两种包壳纹层交织叠覆,浅色层为富屑纹层,深色层为富藻纹层。其富藻纹层为富含藻丝体的泥晶方解石,在藻类繁殖季节生成,沉积物中藻体有机质高,色暗,主要由泥晶碳酸盐岩矿物组成。富屑纹层由亮晶方解石组成,在藻体休眠季节生成,沉积物中藻体少,有机质少、色浅、碎屑物质较多。经差异风化后,泥晶灰岩核心呈灰色,薄纹层包壳因有机质较多而易风化褪色呈灰白色,使核形石构造更为清晰^[14]。核形石的组分主要由各种藻类和蓝绿藻菌形成,核形石包壳的常见组份有:(1) 匍匐钙质管状藻体: 构成核形石的匍匐钙质管状藻体化石主要有葛万藻(*Girvanella*)和罗氏藻(*Rothpletzella*)。(2) 垂直钙质管状藻体: 主要有枝管藻(奥特藻)(*Ortonella*)及其相近的*Bevoacria*,*Cayeuxia*,*Garwoodia*和*Hedstroemia*组成。(3) 垂直于壳层的微晶线体(erect micritic thread): 这些微晶线体一般被认为是微晶化了的藻丝体。(4) 微型层柱状叠层石(micro-stromatolite): 由隐藻藻纹层围绕一个核心生长可形成完整的或不完整的壳层^[26]。

通过镜下观察,根据纹层的形态及内部形态,将由下而上的纹层可分为规则泥晶纹层、不规则波状纹层、不规则陡坎状纹层、不规则断续纹层、凝块状纹层(图8)。

规则泥晶纹层: 由泥晶方解石组成,纹层厚度为0.01~0.03 mm,呈细丝状,毛发状。纹层对称性很好,在包绕方向上其厚度基本不变,较均匀,说明在强水动力作用下,才能够形成完整的规则泥晶纹层。

不规则波状纹层: 由泥晶方解石组成,纹层厚度为0.05~0.4 mm。纹层对称性不是很好,在包绕方向上厚度有变化,常呈不对称的波状、丘状凸起。相比与规则泥晶纹层,不规则波状纹层形成时的水动力条件稍弱。

不规则包卷状纹层: 主要由泥晶方解石组成,形态类似包卷层理,包卷的方向及纹层递增的指向核心的位置,这种高角度的卷曲形态主要是由核心的形状决定的,其形成于极弱的水体扰动条件。

不规则断续纹层: 由泥晶方解石组成,纹层厚度为0.1~0.2 mm,在包绕方向上厚度变化不大,对称

性较好,但呈不连续间断状,间断处为微亮晶充填。不规则断续纹层反映了水体能量极弱,而且供藻类吸附的颗粒物也供应不足。

凝块状纹层: 由泥晶方解石组成,纹层厚度大,最大厚度2.5 mm,最小厚度为0.2 mm。其形态极不规则,常呈云絮状,在包绕方向上厚度变化大,常发生尖灭。分析认为,凝块状纹层主要为隐藻类捕集作用形成,而非水动力作用的产物^[13, 27-30]。

综上所述,核形石的纹层结构与形态具有重要的水动力环境的指示意义,由平邑县柏林剖面底部往上,水动力是逐渐变弱的,水体是逐渐加深的。

4 平邑县柏林剖面核形石的类型

前人已经有了许多核形石的分类方法,有的按核形石的形态来分类,有的依据核心的个数或组成来分类,还有的则按照纹层的类型及厚薄来分类^[26, 30],然而这些分类方法都只是从不同角度或不同方面对核形石进行划分,因而缺乏完整性。为了更能与核形石的沉积环境紧密地结合,笔者结合核形石形态、核心和纹层等特征,将平邑县柏林剖面核形石分成如下两类:

A类核形石: 常为似球状或棒状,呈灰、深褐色,粒径平均5~6 cm。核心成分主要有陆源碎屑、枝管藻黏结体。包壳纹层形态为规则泥晶纹层、不规则波状纹层两种强水动力型纹层。因而,A类核形石形成于翻转、滚动的强水动力的,水深较浅而较混浊的滨湖岸滩—浅湖浅滩环境。

B类核形石: 常为帽状等不规则形状,呈灰色、灰白色,粒径平均0.5~1 cm。核心成分主要有枝管藻茎体或黏结体、泥晶内碎屑。纹层类型主要为不规则包卷状,不规则断续型、凝块状等弱水动力型。B类核形石颜色较浅且缺乏陆源碎屑物质,所以B类核形石应形成于水体较深、较平静的、水体较清澈的浅湖湖湾环境。

5 结论与讨论

综合上述研究,我们可以得到以下几点认识:

(1) 平邑盆地古近系官庄组核形石的分布、形态等结构特征具有重要的水动力环境的指示意义,由平邑县柏林剖面底部往上,是一个水动力逐渐变弱、水体逐渐加深的湖侵过程。

(2) 为了更能与核形石的沉积环境紧密地结合,笔者将平邑盆地古近系官庄组核形石分成两种类型:A类核形石与B类核形石。其根本的区别在于,A类

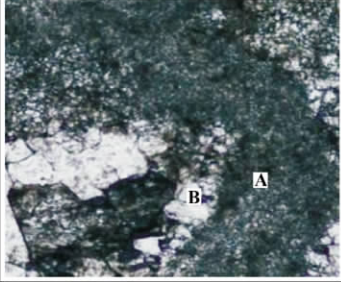
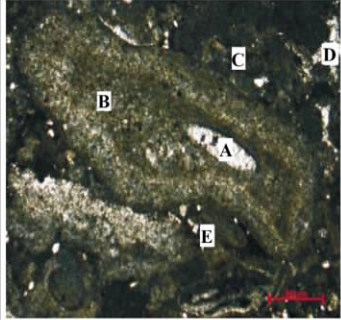
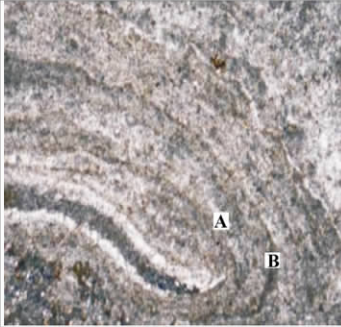
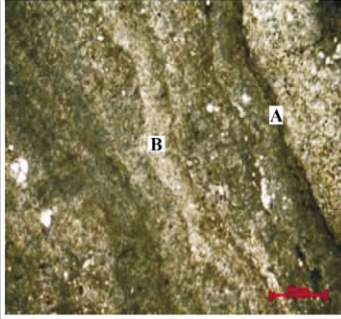
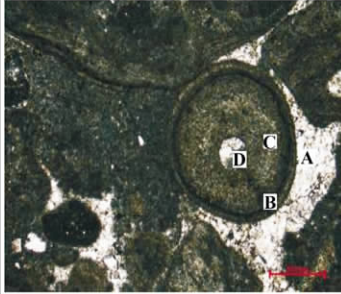
层位	薄片照片	纹层类型与镜下描述	水动力条件
10		<p>凝块状纹层</p> <p>A暗色纹层：呈云絮状，厚度较大。主要是藻类吸附捕集形成，有机质含量高。</p> <p>B亮层：厚度较大，粒度粗，形态极不规则。</p>	水动力逐渐变弱 ↑
9		<p>不规则断续纹层</p> <p>A核形石核心：呈压扁状椭圆形，枝管藻横剖面溶解后晚期充填粗粒亮晶方解石。</p> <p>B核形石纹层：呈不连续间断状。</p> <p>C藻砂粒：圆度较好，有机质丰富，颜色深。</p> <p>D亮晶胶结物：粗粒，原生孔隙晚期胶结。</p> <p>E碎屑方解石：零散的分布在核形石外侧。</p>	
8		<p>不规则包卷状纹层</p> <p>A浅色纹层：厚度较大且分布不均，最厚0.4mm，最薄0.01mm，说明贫藻期的时间跨度比较大。</p> <p>B深色纹层：厚度约0.1mm，说明富藻期时间跨度比较小。</p>	
8		<p>不规则波状纹层</p> <p>A深色纹层：色暗，主要由泥晶方解石组成，总体上呈波状起伏，厚度发生变化，局部有孤立呈穹状突起，代表着水体间歇性扰动。</p> <p>B浅色纹层：藻体少，有机质少、色浅、碎屑物质较多，主要由微亮晶方解石组成。</p>	
2		<p>规则泥晶纹层</p> <p>A世代型亮晶胶结物：第一世代方解石呈帘壳状垂直颗粒表面生长；第二世代方解石呈较大的粒状亮晶，生长于第一世代外侧。</p> <p>B深色富藻纹层：由泥晶碳酸盐岩组成。</p> <p>C浅色富屑纹层：由亮晶方解石组成。</p> <p>D核形石核心：具有示顶底的鸟眼构造。</p>	

图 8 平邑县柏林剖面核形石包壳纹层的特征

Fig. 8 The typical character of the oncooids' cortex in Pingyi county

核形石形成于翻转、滚动的强水动力的、水深较浅而较混浊的滨湖岸滩—浅湖浅滩环境; 而B类核形石形成于水体较深、较平静的、水体较清澈的浅湖湖湾环境。

(3) 古近系官庄组时平邑盆地是一个处于湖侵体系域阶段的、水体浅而较清澈的干热湖盆。而核形石发育于蒙山大断裂对面的断陷湖盆的缓坡地带的核形石滩。

(4) 湖相核形石的发育明显受古气候、古水动力条件、古水介质性质等环境因素的影响, 因而, 湖相核形石发育伴生的诸多特征具有重要的环境指示意义。

参考文献(References)

- Logan B W, Rezark R, Ginsburg R N. Classification and environmental significance of algal stromatolites [J]. *Journal of Geology*, 1964, 72: 68-83
- Wolf K H. Petrogenesis and paleoenvironment of Devonian algal limestones of New south Wales [J]. *Sedimentary Geology*, 1965, 4(1): 113-179
- Dahanayake K. Classification of oncoids from the upper Jurassic carbonates of the French Jura [J]. *Sedimentary Geology*, 1977, 18(4): 337-354
- Glass S W. The Peterson limestone-Early Cretaceous lacustrine carbonate deposition in western Wyoming and southeastern Idaho [J]. *Sedimentary Geology*, 1980, 27(2): 143-160
- Flügel E. *Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application* [M]. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2004: 124-137
- (德) 福里格. 碳酸盐岩微相: 分析、解释及应用 [M]. 马永生译. 北京: 地质出版社, 2006: 111-126 [Flügel E. *Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application* [M]. Translated by Ma Yongsheng. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 111-129]
- Jiang Yuehua, Yue Wenzhe, Ye Zhizheng. Oncolites of the Lower Permian Chuanshan Formation in South China and their geological and economic significance [J]. *Acta Geologica Sinica-English Edition*, 1998, 72(4): 441-454
- 曾允孚, 张锦泉, 林文绣, 等. 广西泗顶泥盆系上统融县组中核形石的类型及其环境意义 [J]. *沉积学报*, 1983, 1(1): 42-49 [Zeng Yungfu, Zhang Jinqun, Lin Wengxiu, et al. Types and environmental significance of oncoids from Yongxian Formation of the upper Devonian in Siding, Guangxi [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1983, 1(1): 42-49]
- 黄志诚, 朱嗣昭. 安徽奥陶系石灰岩中含铁非骨架核形石的成因及其聚铁作用 [J]. *沉积学报*, 1987, 5(2): 29-38 [Huang Zhichen, Zhu Sizhao. Origin of iron-bearing non-skeletal oncolite and its role in concentrating iron in Ordovician limestone, Anhui Province [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1987, 5(2): 29-38]
- 贺自爱. 藻灰结核分类及其成因 [J]. *石油与天然气地质*, 1982, 3(1): 41-48 [He Ziai. Classification and origin of oncolite [J]. *Oil & Gas Geology*, 1982, 3(1): 41-48]
- 刘效曾. 川西北中三叠统隐藻类碳酸盐岩特征及其环境意义 [J]. *沉积学报*, 1982, 1(1): 42-49 [Liu Xiaozeng. Characteristics and environmental significance of middle Triassic cryptoalgal carbonates in the northwestern part of Sichuan [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1982, 1(1): 42-49]
- 李熙喆, 管守锐, 谢庆宾, 等. 平邑盆地下第三系官中段核形石核形石成因分析 [J]. *岩石学报*, 2000, 16(2): 262-268 [Li Xizhe, Guan Shourui, Xie Qingbin, et al. The oncoids genesis in the Middle Member of the Guanzhuang Formation of Eocene in Pingyi Basin [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2000, 16(2): 262-268]
- 梅冥相. 从凝块石概念的演变论微生物碳酸盐岩的研究进展 [J]. *地质科技情报*, 2007, 26(6): 1-9 [Mei Mingxiang. Discussion on advances of microbial carbonates from the terminological change of thrombolites [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2007, 26(6): 1-9]
- 杨玉芳, 钟建华, 曾石岐, 等. 松辽盆地早白垩世青山口组核形石的特征及其环境意义 [J]. *地质学报*, 2009, 83(4): 558-567 [Yang Yufang, Zhong Jianhua, Zeng Shiqi, et al. Characteristics of oncolites in the Early Cretaceous Qingshankou Formation, Songliao Basin and its environmental significance [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2009, 83(4): 558-567]
- 王英华, 周书欣, 张秀莲. 中国湖相碳酸盐岩 [M]. 江苏徐州: 中国矿业大学出版社, 1993: 1-54 [Wang Yinghua, Zhou Shuxin, Zhang Xiulian. *The Lacustrine Carbonate Rocks in China* [M]. Xuzhou Jiangsu: China University of Mining & Technology Press, 1993: 1-54]
- 刘岩. 山东省平邑中、新生代沉积盆地构造背景分析 [J]. *辽宁师范大学学报: 自然科学版*, 1996, 19(1): 62-66 [Liu Yan. Structural control analysis of the Mesozoic Cenozoic sediment basin in the Pingyi, Shandong province [J]. *Journal of Liaoning Normal University: Natural Science Edition*, 1996, 19(1): 62-66]
- 陈华国, 赵艳杰, 甘延景, 等. 平邑盆地古近纪官庄群沉积建造与膏岩富集规律 [J]. *山东国土资源*, 2008, 24(5): 30-36 [Chen Huaguo, Zhao Yanjie, Gan Yanjing, et al. Sedimentary foundation and plaster rock concentration rules of Paleogene Guanzhuang Group in Pingyi Basin [J]. *Land and Resources in Shandong Province*, 2008, 24(5): 30-36]
- 关绍曾, 庞其清, 萧宗正. 鲁西南莱芜、蒙阴、平邑盆地早第三纪地层的划分和对比 [J]. *化工矿产地质*, 1997, 19(3): 149-160 [Guan Shaozeng, Pang Qiqing, Xiao Zongzheng. Division and correlation of stratigraphy among early Tertiary basins: Laiwu, Mengyin and Pingyi, in southwestern Shandong [J]. *Geology of Chemical Minerals*, 1997, 19(3): 149-160]
- 余素玉. 化石碳酸盐岩微相 [M]. 北京: 地质出版社, 1989: 61-72 [Yu Suyu. *The Carbonate Rock Microfacies of Fossils* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989: 61-72]
- 吴崇筠. 判断沉积相的古生物标志 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1982: 13-50 [Wu Chongyun. *The Paleontological Signs of Sedimentary Facies* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1982: 13-50]
- 谢庆宾, 管守锐, 李熙喆. 山东平邑盆地官中段沉积环境和层序

- 地层特征[J]. 沉积学报, 1999, 17(1): 71-77 [Xie Qingbin, Guan Shourui, Li Xizhe. Depositional environment and sequence stratigraphy characteristics of middle member of the Guanzhong Formation in the Pingyi basin, Shandong[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(1): 71-77]
- 22 邓宏文, 钱凯. 沉积地球化学与环境分析[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1993: 4-29 [Deng Hongwen, Qian Kai. The Analysis of Geochemistry and Sedimentary [M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 1993: 4-29]
- 23 牟保磊. 元素地球化学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1999: 27-30 [Mou Baolei. Element Geochemistry [M]. Beijing: The Peking University Press, 1999: 27-30]
- 24 钱一雄, 蔡习尧, 刘忠宝, 等. 塔里木盆地卡塔克南缘中2井良里塔格组碳酸盐岩沉积地球化学特征[J]. 现代地质, 2009, 23(3): 631-637 [Qian Yixiong, Cai Xiyao, Liu Zhongbao, et al. Characteristic of sedimentary geochemistry of carbonate rock in Lianglitaga Formation of the Upper Ordovician, southern margin of Katak Uplift, Tarim Basin [J]. Geoscience, 2009, 23(3): 631-637]
- 25 马永生, 梅冥相, 陈小兵, 等. 碳酸盐岩储层沉积学[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 2-4 [Ma Yongsheng, Mei Mingxiang, Chen Xiaobing, et al. Carbonate Reservoir Sedimentology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999: 2-4]
- 26 张园园, 杨海军, 王建坡, 等. 塔里木板块塔中上奥陶统良里塔格组的核形石[J]. 微体古生物学报, 2009, 26(3): 234-242 [Zhang Yuanyuan, Yang Haijun, Wang Jianpo, et al. Oncolites from the Lianglitaga Formation (Kaitian, upper Ordovician), Tazhong, Tarim block, NW China [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2009, 26(3): 234-242]
- 27 姜在兴. 沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003: 87-112 [Jiang Zaixing. Sedimentology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003: 87-112]
- 28 何幼斌, 王广文. 沉积岩与沉积相[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007: 132-135 [He Youbin, Wang Guangwen. Sedimentary Rocks and Sedimentary Facies [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2007: 132-135]
- 29 方少仙. 石油天然气储层地质学[M]. 山东东营: 石油工业出版社, 1998: 46-49 [Fang Shaoxian. Petroleum Reservoir Geology [M]. Dongying Shandong: Petroleum Industry Press, 1998: 46-49]
- 30 边立曾, 黄志诚. 核形石的分类及生态研究[J]. 古生物学报, 1988, 27(5): 544-552 [Bian Lizeng, Huang Zhicheng. On classification and paleoecological significance of oncolite and features of non-skeletal oncolite in Ordovician, Anhui, China [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1988, 27(5): 544-552]

Characteristics and Environmental Significance of Lacustrine Oncolites in Paleogene Guanzhuang Formation in Pingyi Basin, Shandong Province in Eastern China

ZHANG Kuang-ming¹ HUANG Wen-hui² WANG Jian-hui¹ ZENG Ting-ting¹ TANG Xin-ping²

(1. Exploration Southern Company, SINOPEC, Chengdu, 610041;

2. Department of Energy Source, China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract: Many types of oncoids, which have great significance for sedimentary environment research, are well developed in Paleogene Guanzhuang Formation in Pingyi Basin. Based on previous studies, the morphometry, structure, fossil, texture and the characteristics of geochemistry of the oncoids in host area were analyzed by means of field inspection, microscope observation and geochemical test. In order to study the characteristics and environmental significance of lacustrine oncoids in Paleogene Guanzhuang Formation in Pingyi Basin, the following aspects are described in this paper:

(1) The general geological conditions of the host area.

(2) The research on the sedimentary environment and growing pattern of the oncoids in host area in Guanzhuang Formation.

(3) The characteristics of the oncoids and oncolites in host area.

(4) The classification the oncoids in Paleogene Guanzhuang Formation in Pingyi Basin.

Based this study, the oncoids were divided into Type A and Type B, and the most fundamental difference between them lies in sedimentary environments where they originated. Type A originated in the higher energy water than Type B, and Type A developed in quiet and clean water while Type B grew in the turbid water. According to above study, the oncolites developed in a close, dry and hot lake, which was on the stage of transgression.

Key words: Pingyi Basin; Guanzhuang Formation; lacustrine faeces; oncoid; characteristics; environmental significance