

# 鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组 沉积相演化模式研究

于洲<sup>1</sup>, 丁振纯<sup>1</sup>, 吴东旭<sup>1</sup>, 董岩<sup>2</sup>, 郭婷<sup>3</sup>, 刘文<sup>3</sup>

(1 中国石油杭州地质研究院; 2 中国石油新疆油田公司勘探开发研究院)

(3 中国石油大港油田分公司采油五厂)

**摘要** 通过野外露头、岩心和薄片观察,结合测井资料,综合古气候、古沉积格局分析,系统地总结了鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组沉积微相类型,并建立了沉积相演化模式。研究表明:(1)鄂尔多斯盆地中东部马家沟组具有“隆洼相间型”和“平底锅型”两种古沉积格局并存特征;(2)主要发育9种微相类型,根据不同海平面高度的沉积微相平面组合类型,可将一个完整的海侵—海退旋回细分为海侵初期、中期和末期,海退初期、中期和末期等6个演化阶段;(3)古气候、古沉积格局和海平面升降变化共同控制了马家沟组生储盖分布,指出位于海侵期的东部隆起带及邻近区域发育的颗粒滩和白云岩坪,具有良好的成藏条件,有望成为一个碳酸盐岩勘探新领域。

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 马家沟组; 古沉积格局; 沉积微相; 沉积模式; 成藏条件

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

## 1 引言

鄂尔多斯盆地中东部是指位于中央古隆起以东的广大区域,在构造带上属于陕北斜坡(图1a),面积约 $16 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区域的奥陶系马家沟组广泛发育蒸发岩和碳酸盐岩交互沉积地层,其中马一段、马三段和马五段为海退期沉积,岩性以蒸发岩类为主;马二段、马四段和马六段为海侵沉积,沉积岩性以碳酸盐岩类为主(图1b),在纵向上构成了多个海退—海侵沉积旋回体系<sup>[1-6]</sup>。前人对鄂尔多斯盆地马家沟组沉积演化模式已做过较多探讨,并建立了一些模式,如蒸发陆架盆地沉积相模式<sup>[7]</sup>、障壁潟湖沉积相模式<sup>[8]</sup>,但以往的沉积演化模式研究与古沉积格局结合得尚不够紧密,动态演化过程的阐述也还不够精细<sup>[7-9]</sup>,以至于不能合理解释不同部位沉积地层厚度与岩性的变化特征,未能全面地反映不同沉积微相的空间组合类型及分布特征。为此,本次研究以马家沟组为研究对象,依据岩心、薄片和测井、录井资料,并结合前人的古沉积格局分析成果<sup>[10-11]</sup>和海平面升降变

化特征,进一步探讨马家沟组沉积相演化模式,继而对潜在有利相带分布范围进行初步预测。

## 2 沉积背景分析

沉积相演化模式,是指伴随海平面升降变化的不同期次沉积相之平面展布特征的动态演化过程,它受古气候条件和古沉积格局的共同控制。

### 2.1 古气候条件

鄂尔多斯盆地在奥陶纪靠近赤道的中低纬度( $3^\circ \sim 30^\circ$ )干旱气候带,因干旱炎热的古气候条件<sup>[12-14]</sup>,具有强烈的蒸发作用,有利于咸化海水的形成,这既为准同生白云石化提供了镁离子来源,也为膏盐岩沉积创造了基础条件。

### 2.2 古沉积格局

前人对鄂尔多斯盆地沉积格局已做过一些研究,并认为鄂尔多斯盆地中东部古沉积格局在奥陶纪的演化为:马一期—马三期是一个盆地内部地势

收稿日期: 2015-09-16; 改回日期: 2017-06-22

本文受国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”(编号: 2011ZX05004-002)和中国石油天然气股份有限公司重大科技专项“深层油气勘探开发关键技术研究”(编号: 2014E-32)联合资助

于洲: 1986年生,工程师,2013年毕业于中国石油大学(北京),获地质工程硕士学位,现主要从事碳酸盐岩沉积储层研究。通讯地址: 310023 浙江省杭州市西溪路920号; E-mail: yuz\_hz@petrochina.com.cn

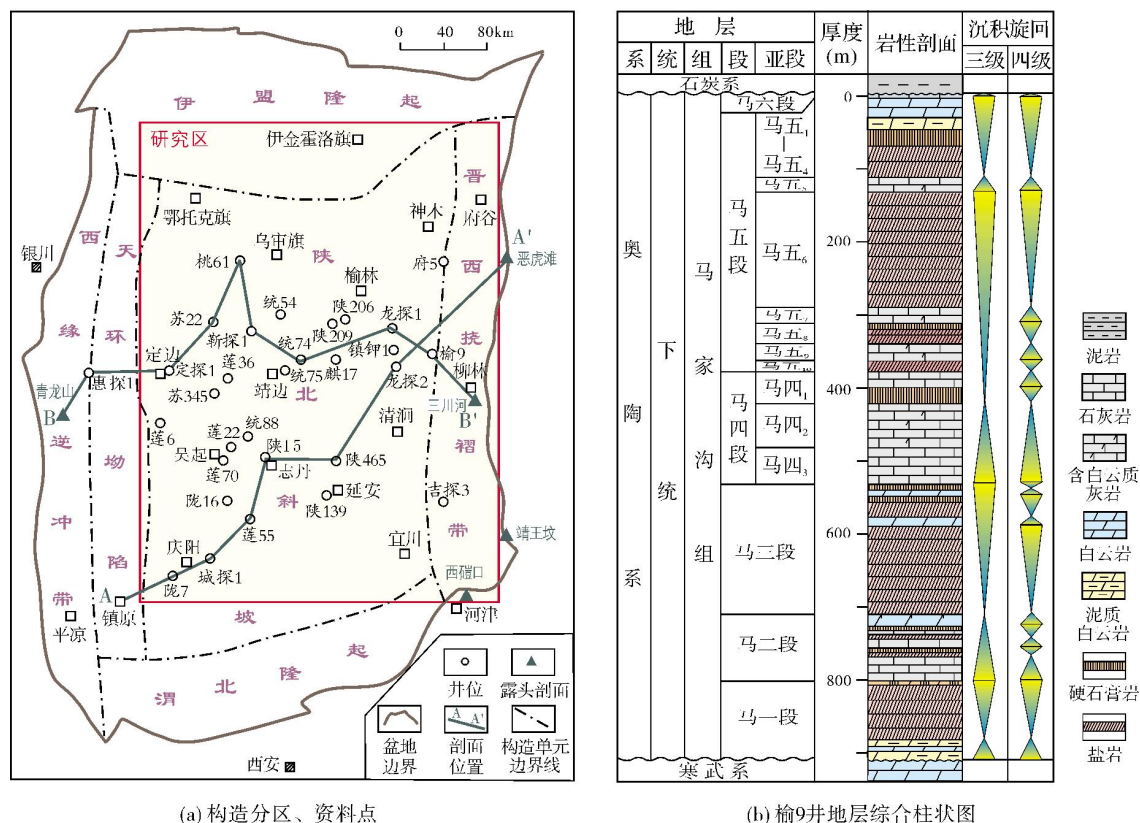


图1 鄂尔多斯盆地构造分区及奥陶系马家沟组地层综合柱状图

较低、周缘隆起的“平底锅型”碳酸盐岩台地(图2),且地势最低处位于盆地东部洼地,其北部与伊盟古陆相连,西部和南部毗邻“L”型中央古隆起,东部为离石隆起带<sup>[10]</sup>;而马四期—马六期,盆地内部古地貌差异较为明显<sup>[10-11]</sup>,如沉积于相对海退期的马五<sub>2</sub>亚段的沉积厚度,从不同方向上看,呈现出“隆洼相间型”和“平底锅型”两类古沉积格局分异的特征(图3),且在相对海侵期也呈现出此特征,如图4,马五<sub>5</sub>亚段沉积期受古地貌和海平面升降变化的控制,准同生白云岩优先分布于水体相对较浅、海水浓度相对较高的靖西台坪和靖东隆起带上,而向洼地中心方向,白云石化程度则逐渐降低,依次变为灰质白云岩、白云质灰岩和泥晶灰岩。

### 3 沉积相类型及特征

依据岩心和薄片观察,综合测井、录井解释等资料,在鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组中可识别出9种沉积微相类型,各沉积微相的岩性特征见图5。

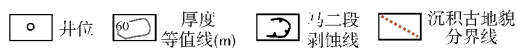
**颗粒滩** 沉积水体较浅,能量较高,发育于台地

内的局部地貌高地或由沉积作用、生物作用形成的隆起区,易受到较强波浪和潮汐作用的改造,形成以颗粒沉积为主的点滩沉积体,岩性以浅灰色—褐灰色颗粒白云岩、鲕粒白云岩、具颗粒幻影结构的粉晶白云岩或粉—细晶白云岩为主,常见溶蚀孔、晶间孔和晶间溶孔发育(图5a),这是马家沟组孔隙型白云岩储层的主要储集空间之一,其中发育于海退期的少量颗粒滩可见硬石膏(图5b)。

**白云岩坪** 主要发育于海侵期,岩性以灰色—褐灰色粉晶白云岩为主,沉积水体较浅,海水盐度稍高于正常海水,在平面上连片分布,主要分布在古隆起的邻近区域,发育晶间孔和晶间溶孔(图5c),这也是马家沟组孔隙型白云岩储层的主要储集空间之一。

**灰质白云岩坪** 发育于海侵期,沉积水体较深,岩性主要为灰色—深灰色含灰粉晶白云岩(图5d)和灰质粉晶白云岩,灰质成分通常大于15%。

**石灰岩坪** 发育于海侵期,位于灰质白云岩坪之下,水体相对较深,盐度正常,岩性主要为灰色—深灰色泥晶灰岩,含少量白云质泥晶灰岩(图5e)。



硬石膏结核白云岩坪 岩性以灰黄色或褐灰色



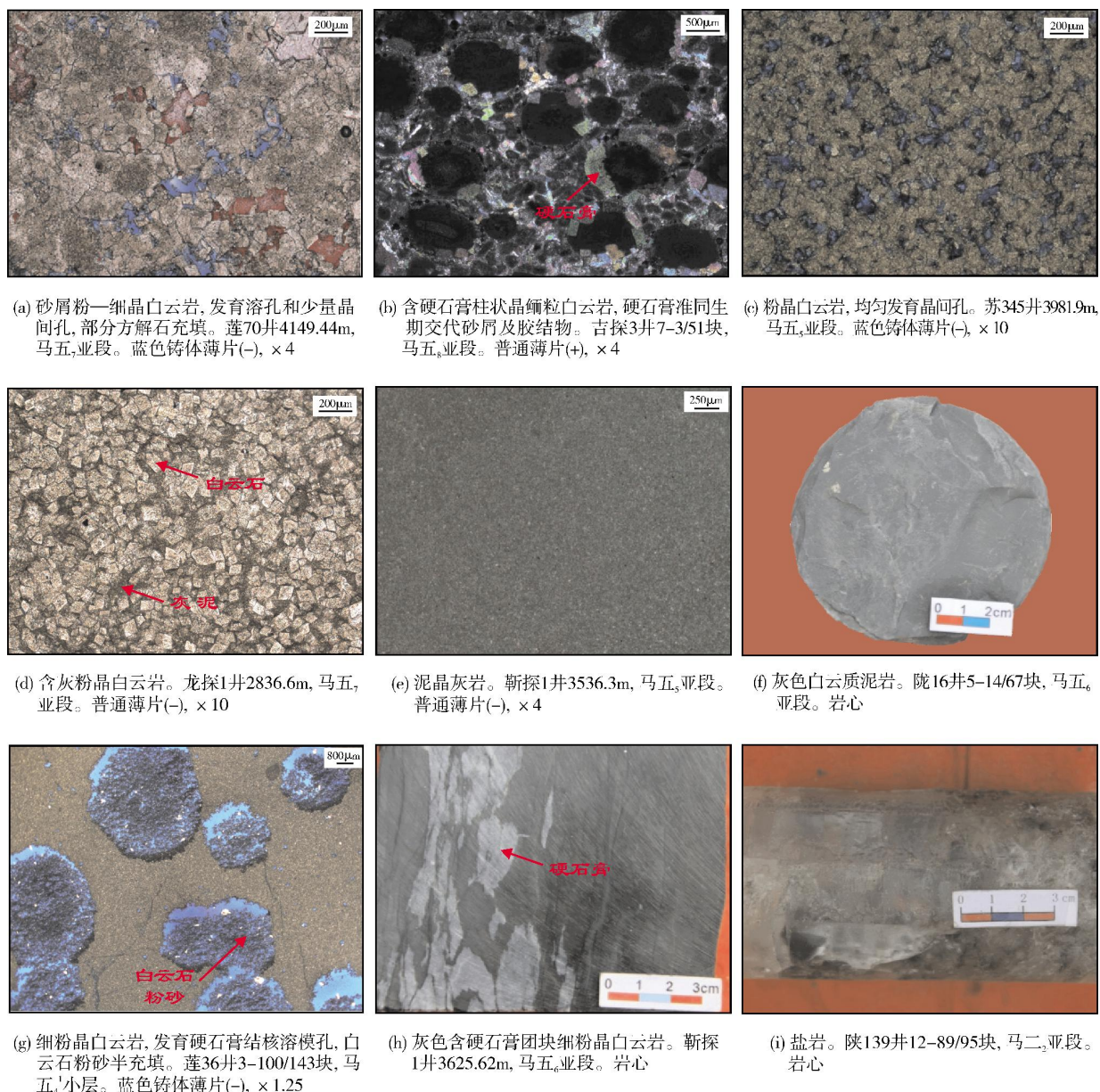


图5 鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组沉积微相的岩性特征

含硬石膏结核或石膏柱状晶体的细粉晶白云岩为主,呈中—厚层状,常夹微粉晶白云岩或与之呈不等厚互层。硬石膏结核或石膏假晶大小通常约为1~5 mm,经大气淡水淋滤后可形成硬石膏结核溶模孔,这是鄂尔多斯盆地岩溶风化壳储层的主要储集空间(图5g)。

含膏白云岩坪和膏质白云岩坪 岩性以薄—中层状微晶白云岩、粉晶白云岩夹白云质硬石膏岩为主。硬石膏常呈纹层状、条带状、云朵状、透镜状、团块

状和串珠状集合体分布于白云岩中,发育塑性变形层理(图5h)。两类微相以石膏的25%含量为界,小于25%为含膏白云岩坪,而25%~50%为膏质白云岩坪。

膏(盐)岩洼地 地形上为一低洼地带,由于蒸发作用强烈,在持续的海退过程中,海水未能得到有效的补给,海水盐度逐渐增加,石膏或盐岩不断地从海水中析出并沉淀下来,形成浅灰色或灰白色含白云质硬石膏岩、硬石膏岩和盐岩等沉积物,易发生变形,生物罕见(图5i)。

## 4 沉积相演化模式

鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组由多次的海侵—海退旋回沉积地层所组成,岩性在纵向上变化十分频繁,主要包含“泥云”“云灰”“膏盐”“膏云”和“盐灰”等多个相序变化特征,其中根据岩石结构组分差异特征,云、灰、膏和盐等岩石细分类型更为复杂。为了更为细致地反映马家沟组各类沉积微相的沉积环境及其平面组合展布特征,本文以六级

旋回为基本作图单元,将一个完整的海平面升降变化过程(最大海侵期向最大海退期的演化过程)细分为海侵初期、中期和末期,海退初期、中期和末期等6个演化阶段(表1),并结合“隆洼相间型”与“平底锅型”两种古沉积格局,建立了鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组两种不同沉积相演化模式(图6,图7),其中“隆洼相间型”沉积模式仅存在于马四段—马五段沉积期,而“平底锅型”沉积模式在整个马家沟组沉积期均有发育。

表1 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组沉积模式研究现状及进展

作者	模式名称	古沉积格局	划分阶段	来源
侯方浩等	蒸发陆架盆地沉积相模式	隆洼相间型	海进体系域	据文献[7]
			高位体系域早期	
			高位体系域晚期	
周进高等	障壁潟湖沉积相模式	平底锅型	障壁潟湖沉积阶段	据文献[8]
			障壁咸化潟湖沉积阶段	
			障壁膏盐湖沉积阶段	
黄丽梅等	未命名	平底锅型	高海平面时期	据文献[9]
			低海平面时期	
于洲等	“隆洼相间型”和“平底锅型”沉积相模式	隆洼相间型 平底锅型	海侵初期	本文
			海侵中期	
			海侵末期	
			海退初期	
			海退中期	
			海退末期	

### 4.1 海侵初期

海侵初期是马家沟组沉积期内的最大海侵期。由于海侵程度较大,位于靖边气田东侧和盆地东侧的古隆起淹没于水下较深处,障壁效应不明显,东、西两侧洼地海水与华北广海循环通畅,仅在隆起带上局部高地发育灰质白云岩坪。为此,“隆洼相间型”与“平底锅型”的沉积相展布特征趋于相似,在东部洼地中心由内向外依次发育石灰岩坪、灰质白云岩坪、白云岩坪和泥质白云岩坪,其中位于白云岩坪带上的部分地带由于水体能量相对较高,发育颗粒滩沉积(图6a,图7a)。

### 4.2 海侵中期

海侵中期的海平面与海侵初期相比,略有下降。“平底锅型”的沉积格局中,沉积相展布特征继承了海侵初期的沉积格局,仍由东部洼地中心由内向外依次发育石灰岩坪、灰质白云岩坪、白云岩

坪和泥质白云岩坪,仅沉积相边界向洼地方向发生了迁移(图6b);由于海平面下降,位于靖边气田东侧的古隆起障壁效应开始凸显,东部、西部洼地海水循环性变差,浓缩的海水未能全部稀释至正常,从而就近交代沉积石灰岩或向洼地中心地带渗流交代石灰岩,依次发育白云岩坪、灰质白云岩坪,而东部洼地由于地势较西部洼地低,洼地中心沉积的泥晶石灰岩未能白云石化,从而发育石灰岩坪(图7b)。

### 4.3 海侵末期

海侵末期为海侵期海平面最低期,“平底锅型”沉积格局中各沉积微相边界继续向东部洼地方向迁移,其展布特征仍与前两期沉积特征大致相似,颗粒滩和白云岩坪分布在靠陆一侧,但由于该期海平面下降程度大,位于盆地东部的离石水下隆起,障壁效应明显,盆地内部的海水与华北广海循环性变差,且由于蒸发作用强烈, $Mg^{2+}$ 供给充足,位于盆地内最为





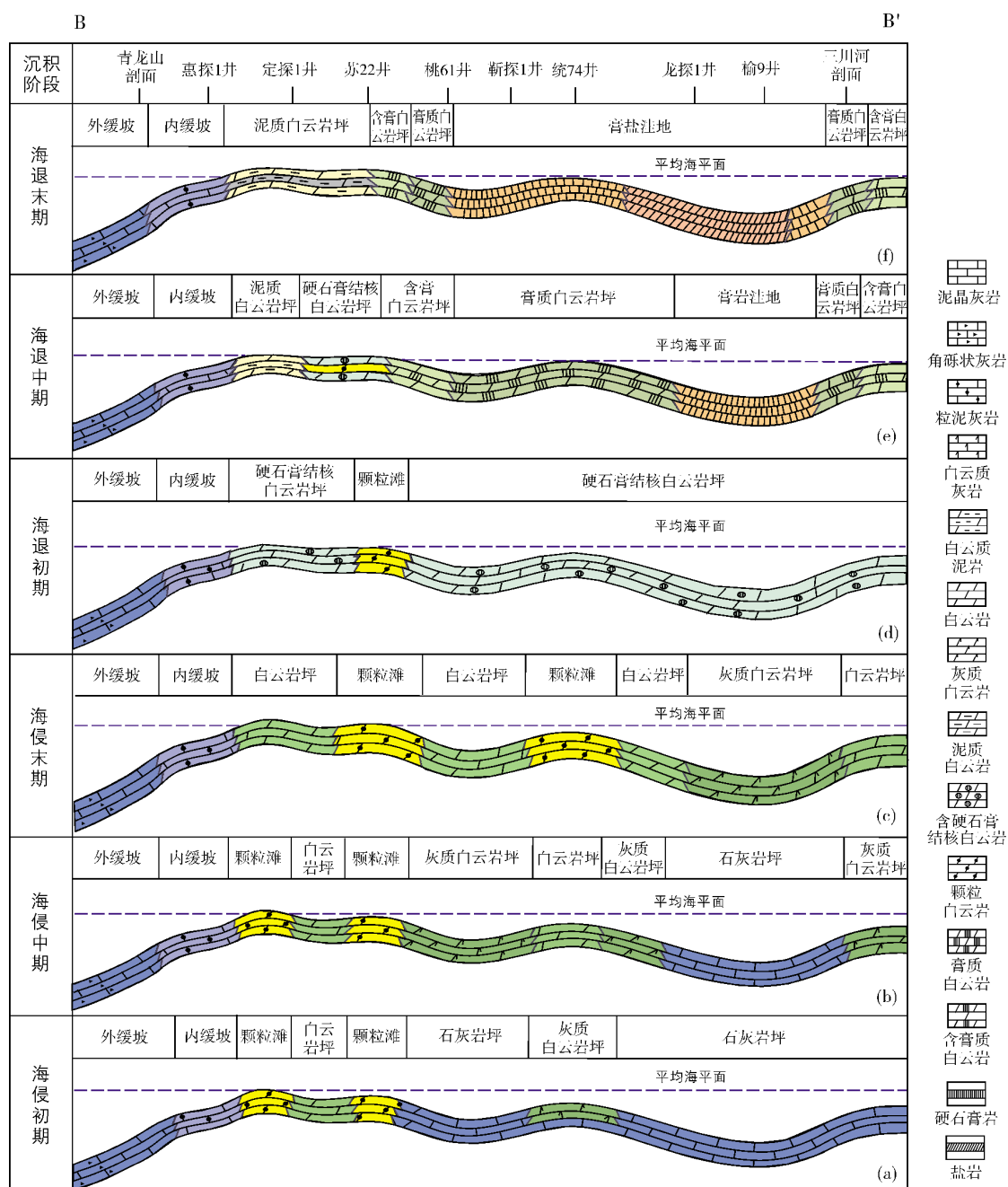


图 7 鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组“隆洼相间型”沉积相演化模式图  
剖面位置见图 1

水值增加到 15%~17%,海水密度达到  $1.1\text{g/cm}^3$  时,石膏开始以硬石膏结核或板柱状晶体析出<sup>[15]</sup>。“隆洼相间型”的沉积格局对沉积相的控制作用开始显著减弱或消失,其沉积相平面展布特征与“平底锅型”沉积格局中的沉积相特征相似,均以广泛发育硬石膏结核白云岩坪为特征,且在局部水体能量较高处发育颗粒滩

相(图 6d,图 7d)。

#### 4.5 海退中期

该期沉积环境随着海平面的进一步下降变得更加局限。由于盆地周缘古陆和古隆起的障壁效应,并伴随沉积水体的进一步下降,再加上蒸发作用强烈,盆地

内东部洼地中心处海水循环不畅,且远离周缘海水补给,海水浓缩程度进一步增加,石膏开始以规模硬石膏沉积,而盆地周缘由于受周缘海水补给,海水浓度值相对较小,石膏仍以硬石膏结核或板柱状晶体析出。因此,沉积相展布特征呈现由洼地中心向盆地周缘依次发育膏岩洼地、膏质白云岩坪、含膏白云岩坪、硬石膏结核白云岩坪和泥质白云岩坪,并在靠陆一侧的局部水体能量较高处发育颗粒滩沉积(图6e,图7e)。

#### 4.6 海退末期

该期为海平面最低沉积期。盆地内东部洼地海水含盐度进一步增加,当浓缩到原体积的7%以下,海水含盐度增加到26%,海水密度达到 $1.2\text{ g/cm}^3$ 时,石盐开始析出<sup>[15]</sup>。盆地周缘受周缘海水间歇性补给或通过隆起带鞍部来补给,海水浓度值小于东部洼地中心,但均位于石膏析出门限值以上,石膏仍以硬石膏团块或规模硬石膏沉积。为此,两类沉积格局中沉积相展布特征均呈现由东部洼地中心向盆地周缘依次发育膏盐洼地、膏质白云岩坪、含膏白云岩坪和泥质白云岩坪(图6f,图7f),差异仅体现在“隆洼相间型”沉积格局中有2个沉积中心。

### 5 油气地质意义

勘探表明,鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组主要发育风化壳岩溶储层和孔隙型白云岩储层等两类储集体<sup>[16-18]</sup>,它们分别发育于硬石膏结核白云岩坪和白云岩坪、颗粒滩相中,具有储层物性好、圈闭类型组合好、又存在上古生界煤系烃源岩和自身海相烃源岩双源供气的地质特征,因此能在鄂尔多斯盆地上组合风化壳中和中、下组合中形成规模天然气气田。

(1)海相烃源岩分布于盆地边缘,且不同台地类型中的分布特征差异明显

前人研究认为,鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组自身发育海相烃源岩,岩性以泥质白云岩和白云质泥岩为主<sup>[19-20]</sup>,在马一段、马三段、马五<sub>10</sub>、马五<sub>8</sub>、马五<sub>6</sub>、马五<sub>4</sub>、马五<sub>3</sub>亚段中均有分布。从沉积演化模式中可以看出,该类烃源岩发育于海退中期和末期,且主要位于靠陆一侧的台坪带上。不同沉积格局类型中的烃源岩分布特征也有明显差异,对“隆洼相间型”而言,台地中的洼地分布范围广,相应的硬石膏岩和盐岩分布也较广,该类型台地中的海相烃源岩分布范围在平面上较“平底锅型”的烃源岩分布范

围窄(图6e、6f,图7e、7f),且累计厚度也相对较薄<sup>[19]</sup>。

(2)连片分布的硬石膏结核白云岩储层易形成“垂向运移、沟槽遮挡”的地层岩性圈闭

硬石膏结核溶模孔白云岩储层主要发育于海退初期,由于古沉积格局的差异性对该期岩相古地理的平面展布影响较弱,从而使该类储层能够在全盆地内大面积连片分布,且在马家沟组各段中均有分布(图6d,图7d),其中以马五<sub>1</sub>—马五<sub>4</sub>亚段最为发育。加里东末期,盆地中东部抬升,位于马家沟组上部的硬石膏结核细粉晶白云岩遭受长期风化剥蚀及大气淡水溶蚀作用后,可形成优质风化壳岩溶储层。此外,风化剥蚀作用也形成了众多切入风化壳岩溶储层内部的古侵蚀沟槽。石炭纪,盆地中东部再次接受沉积,在该类储层上部及侧向沟槽内沉积了一套煤系烃源岩地层,在后期东高西低的古构造格局下,可形成地层-岩性圈闭。在生排烃时期,天然气在源储剩余压差作用下向下伏储层运移,可聚集成藏<sup>[21]</sup>。

(3)靖西台坪带上易形成“侧向、垂向运移,岩性遮挡”的地层岩性圈闭

靖西台坪带上,海退中期以沉积含硬石膏结核细粉晶白云岩为主,并向东过渡为硬石膏质白云岩、硬石膏岩和盐岩(图6e,图7e);海侵期,该带上的古地貌高部位以滩相沉积为主,可形成优质的孔隙型白云岩储层,向洼地方向相变为不发育孔隙的石灰岩坪、灰质白云岩坪或白云岩坪(图6a—6c,图7a—7c)。发育于该台坪带上的两类储层经加里东末期风化剥蚀后,与上覆上古生界煤系烃源岩直接接触,在现今西低东高的构造格局下,具备上古生界煤系烃源岩侧向运移、自身海相烃源岩垂向运移的双源供气特征,加上泥质白云岩、膏岩和泥晶石灰岩等致密层形成了良好的封堵盖层,可形成良好的地层岩性圈闭(图8)。

(4)靖东隆起带上易发育孔隙型白云岩储层,且与石灰岩、膏盐岩等封堵盖层配置关系好,是有利的勘探区带

海侵中期、末期,如马五<sub>7</sub>亚期(图9),靖东隆起带上(位置参见图3)在伊金霍洛旗—乌审旗—靖边—志丹—延安一带发育白云岩坪、颗粒滩相,由于经过早期准同生溶蚀作用而形成物性较好的孔隙型白云岩储层,且由隆起带向洼地方向(位置参见图3)相变为岩性致密、孔隙不发育的灰质白云岩和泥晶石灰岩(图7b、7c);当进入海退中期和末期,如马五<sub>6</sub>亚期(图10),海水盐度值增加,析出的硬石膏岩和盐岩直



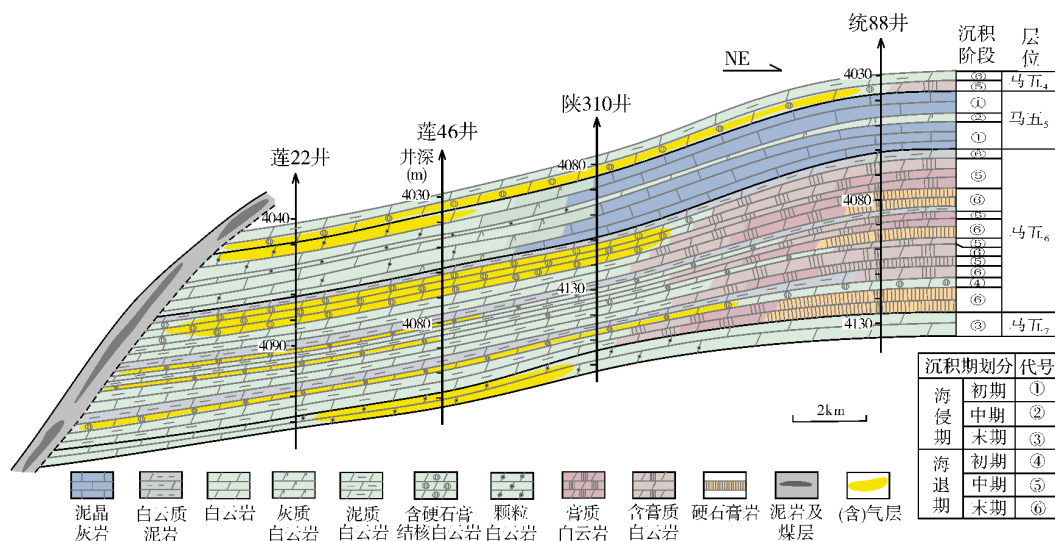


图 8 鄂尔多斯盆地靖西台坪带马家沟组地层-岩性圈闭成藏模式图  
剖面位置见图 3

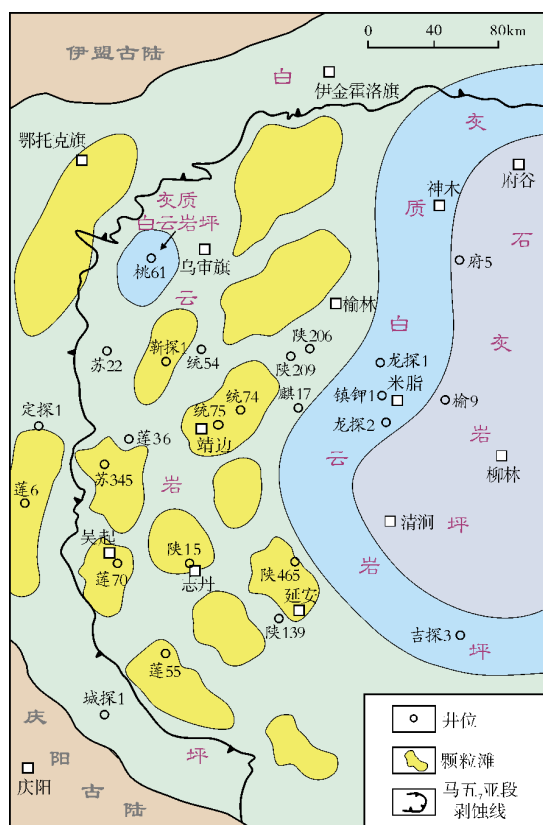


图 9 鄂尔多斯盆地早奥陶世马家沟组岩相古地理图

接上覆在早期沉积的优质的孔隙型白云岩储层之上 (图11)。这样,在现今西低东高的构造格局下,靖东隆起上的优质孔隙型白云岩储层与上覆膏盐岩盖层

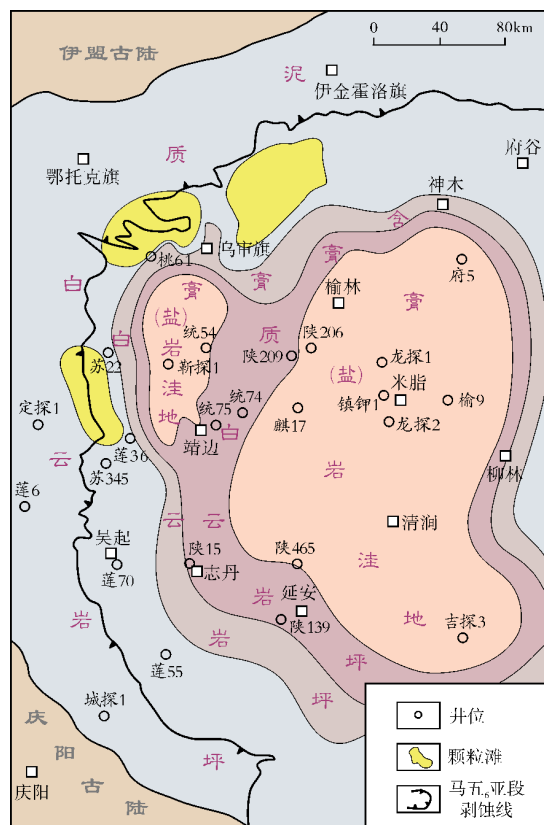


图 10 鄂尔多斯盆地早奥陶世马家沟组岩相古地理图

和上倾方向的灰质白云岩和泥晶灰岩封堵层可形成良好的岩性侧向遮挡圈闭。此外,位于剥蚀窗口区的上古生界煤系烃源岩位于构造低部位,与奥陶系的

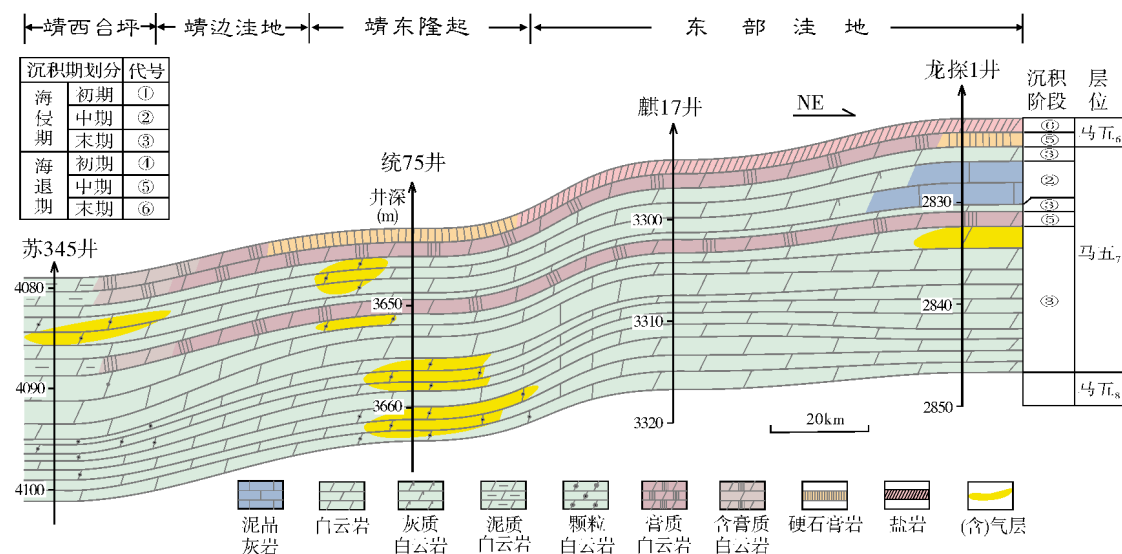


图11 鄂尔多斯盆地靖西台坪、靖东隆起带马家沟组成藏模式图

剖面位置见图3

储层接触关系由前期的上生下储演变为左生右储(即西生东储),有利于天然气的侧向运移,加上位于储层下倾方向的下伏自身海相烃源岩供烃,形成了双源供烃,可形成有利的天然气富集区。因此,靖东隆起带上的颗粒滩和白云岩坪具有良好的成藏条件,有望成为一个碳酸盐岩勘探新领域。

## 6 结论

(1)鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组沉积期具有“隆洼相间型”与“平底锅型”两种古沉积格局并存的特征。

(2)受海平面升降变化和古沉积格局控制,鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组,在海侵期以发育颗粒滩相孔隙型白云岩储层为特征,且分布在靖西台坪带和靖东古隆起带上;在海退期以发育硬石膏结核白云岩坪为特征,且随着海平面的下降,分布范围逐渐缩小,由盆地内大面积连片分布演变为仅在靖西台坪带分布。

(3)形成于海退初期的含硬石膏结核溶模孔白云岩储层,以上覆石炭系铝铁质泥岩等为直接盖层,受侧向侵蚀沟槽充填形成的致密带遮挡,主要形成大型古地貌地层-岩性圈闭;而形成于海退中期的靖西台坪带的含硬石膏结核溶模孔白云岩储层,形成于海侵期的靖西台坪带和靖东隆起带的孔隙型白云岩储层(处于岩性相变带上),在燕山期东高西低

构造格局背景下可形成岩性圈闭,且有双源供烃,有利于天然气的规模聚集,是鄂尔多斯盆地天然气勘探的重点领域。

## 参考文献

- [1] 谢锦龙,吴兴宁,孙六一,等.鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组五段岩相古地理及有利区带预测[J].海相油气地质,2013,18(4): 23-32.
- [2] 郭彦如,赵振宇,付金华,等.鄂尔多斯盆地奥陶纪层序岩相古地理[J].石油学报,2012,33(增刊2): 95-109.
- [3] 史基安,邵毅,张顺存,等.鄂尔多斯盆地东部地区奥陶系马家沟组沉积环境与岩相古地理研究[J].天然气地球科学,2009,20(3): 316-324.
- [4] 侯方浩,方少仙,董兆雄,等.鄂尔多斯盆地中奥陶统马家沟组沉积环境与岩相发育特征[J].沉积学报,2003,24(1): 106-112.
- [5] 冯增昭,鲍志东.鄂尔多斯盆地奥陶纪马家沟组岩相古地理[J].沉积学报,1999,17(1): 1-8.
- [6] 冯增昭,鲍志东,张永生,等.鄂尔多斯奥陶纪地层岩石岩相古地理[M].北京:地质出版社,1998: 1-144.
- [7] 侯方浩,方少仙,赵敬松,等.鄂尔多斯盆地中奥陶统马家沟组沉积环境模式[J].海相油气地质,2002,7(1): 38-46.
- [8] 周进高,张帆,郭庆新,等.鄂尔多斯盆地中奥陶统马家沟组障壁潟湖沉积相模式及有利储层分布规律[J].沉积学报,2011,29(1): 64-71.
- [9] 黄丽梅,李建明,黄正良,等.鄂尔多斯盆地东部地区早奥陶世马家沟组沉积模式探讨[J].新疆地质,2012,30(1): 80-84.
- [10] 冯增昭,鲍志东,康祺发,等.鄂尔多斯奥陶纪古构造[J].古地理学报,1999,1(3): 83-94.

- [11] 于洲,丁振纯,孙六一,等.鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马五<sub>4</sub>亚段沉积演化及岩相古地理[J].古地理学报,2015,17(6): 787-796.
- [12] 胡彬,孔凡晶,张永生,等.陕北盐盆马家沟组五段六亚段沉积期的古气候信息——来自石盐包裹体的证据[J].沉积学报,2014,32(3): 510-517.
- [13] 杨振宇,马醒华,孙知明,等.豫北地区早古生代古地磁研究的初步结果及其意义[J].科学通报,1997,42(4): 401-406.
- [14] 刘育燕,杨巍然,森永速男,等.华北、秦岭及扬子陆块的若干古地磁研究结果[J].地球科学 中国地质大学学报,1993,18(5): 635-641.
- [15] 何江,赵忠军,乔琳,等.白云岩储层中蒸发矿物的赋存形式与成因演化——以鄂尔多斯盆地中部气田区马家沟组为例[J].石油与天然气地质,2013,34(5): 659-666.
- [16] 付金华,白海峰,孙六一,等.鄂尔多斯盆地奥陶系碳酸盐岩储集体类型及特征[J].石油学报,2012,33(增刊 2): 110-117.
- [17] 于洲,孙六一,吴兴宁,等.鄂尔多斯盆地靖西地区马家沟组中组合储层特征及主控因素[J].海相油气地质,2012,17(4): 49-56.
- [18] 杨华,包洪平.鄂尔多斯盆地奥陶系中组合成藏特征及勘探启示[J].天然气工业,2011,31(12): 1-10.
- [19] 王禹诺,任军峰,杨文敬,等.鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组天然气成藏特征及勘探潜力[J].海相油气地质,2015,20(4): 29-37.
- [20] 涂建琪,董义国,张斌,等.鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组规模性有效烃源岩的发现及其地质意义[J].天然气工业,2016,36(5): 15-24.
- [21] 杨华,付金华,魏新善,等.鄂尔多斯盆地奥陶系海相碳酸盐岩天然气勘探领域[J].石油学报,2011,32(5): 733-740.

编辑:黄革萍

## Sedimentary Facies Evolution Model of Ordovician Majiagou Formation, Central-Eastern Ordos Basin

Yu Zhou, Ding Zhenchun, Wu Dongxu, Dong Yan, Guo Ting, Liu Wen

**Abstract:** Based on the observation of outcrops, cores and thin sections, and analysis of logging data and experiment data, the sedimentary microfacies of Ordovician Majiagou Formation in Ordos Basin are studied systematically. Furthermore, the evolution models of sedimentary facies are established by synthetic analysis of paleoclimate and paleo-sedimentary patterns. It is indicated that: (1) There are two types of paleo-sedimentary framework of Majiagou Formation: sag-and-swell type and single-sag type; (2) Nine types of microfacies are developed in Ordovician Majiagou Formation. According to the combination of these sedimentary microfacies in the lateral direction at different sea level, a complete transgressive-regressive cycle can be subdivided into six stages: early, mid and late stages of transgression and early, mid and late stages of regression; (3) The distribution of sources, reservoirs and cap rocks of Majiagou Formation is controlled by paleo-climate, paleo-sedimentary pattern and sea-level fluctuation. It is concluded that the grain bank and dolomite flat developed in eastern uplifted zone and adjacent areas during transgressional period have a good reservoir-forming condition and can be expected to be a new favorable potential area of carbonate exploration.

**Key words:** Paleo-sedimentary framework; Sedimentary microfacies; Depositional model; Reservoir-forming condition; Majiagou Formation; Ordos Basin

Yu Zhou: MSc, Geological Engineer. Add: PetroChina Hangzhou Institute of Geology, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023, China