

鄂尔多斯台地靖边潜台南部 中奥陶统马五₂岩相古地理

霍 勇^{1,2} 罗顺社^{1,2} 庞秋维^{1,2} 金姗姗^{1,2} 罗军梅^{1,2}

(1. 油气资源与勘探技术教育部重点实验室(长江大学), 湖北 荆州, 434023;
2. 长江大学地球科学学院, 湖北 荆州 434023)

摘要:鄂尔多斯盆地中奥陶统马家沟组由于受加里东运动影响而隆起抬升遭受风化, 形成良好的岩溶油气储层, 对其沉积特征的研究是油气勘探的重点。本文以沉积岩石学为指导, 以单因素作图方法论, 结合钻井岩心资料、测井资料的细致分析、统计, 选取了地层厚度、白云岩含量、灰岩含量、膏盐含量及泥岩含量等单因素, 绘制出马五₂的岩相古地理图。研究表明, 研究区马五₂期处于一个相对的海退期, 其主要发育膏云坪、云坪、泥云坪和含泥云坪。根据岩相古地理图, 结合马五₂地层厚度, 推测研究区中部存在一个较浅的洼地, 并建立了符合本区马五₂的沉积模式。综合以上研究, 马五₂期岩相古地理特征可概括“陆外为坪, 云坪广布, 坪中有洼, 洼中有膏”。根据本区的岩相古地理条件及区域地质特征, 对良好的天然气储层的形成进行了初步的探讨。

关键词:鄂尔多斯; 马家沟组; 碳酸盐岩; 岩相古地理; 靖边

中图分类号: P534.42; P531 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2012)01-0086-10

靖边气田是中国陆上海相碳酸盐岩层系中首次发现和探明的特大型风化壳气田, 也是中国西气东输工程的重要气源之一, 主要产气层位为奥陶系马家沟组的岩溶储层, 前人对其进行过大量研究, 表明其为蒸发潮坪沉积环境^[1-7], 但对其内部的沉积微相尚不清楚, 尤其是在靖边潜台南部地区, 研究程度相对较低, 马五₂层位处于风化壳附近, 储集性能较好, 是长庆油田主要的产气层之一, 但对其沉积微相认识的不足限制了对其的开发, 本文正是基于这一点, 对其岩相古地理进行了深入研究, 以期今后的油气勘探提供一定的地质依据。

1 区域地质背景

鄂尔多斯盆地是一个面积约 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、南北走向的矩形凹陷盆地^[8], 古生代时期是华北地台北部的组成部分, 中生代受到印支运动的影响, 华北地

台解体和西缘冲断带的左旋走滑作用, 致使鄂尔多斯盆地在挤压和剪切作用下发生弯曲凹陷, 并于晚三叠世开始演化为大型内陆湖泊盆地。根据现今区域构造特征, 鄂尔多斯盆地可分为 6 个二级构造单元。研究区位于鄂尔多斯盆地克拉通凹陷内部, 靖边南部, 整体处于伊陕斜坡构造带上^[9](图 1)。北至大路沟、镰刀湾一带, 南至富县, 西至旦八镇, 东至延安, 南北长 143.04 km, 东西长 113.76 km, 面积达 $16\,272.2 \text{ km}^2$ 。

中奥陶统马家沟期地层在鄂尔多斯盆地有广泛分布, 最大厚度超过 1 000 m, 该组沉积后晚加里东运动使盆地抬升为陆, 直至晚石炭世又接受沉积, 其顶部经受了长达 130 Ma 的风化侵蚀和淋滤作用^[7-8], 使顶部马家沟组构成区域性的风化壳岩溶储层。本次研究的马五₂是其上部主要的风化岩溶层位, 以后又有埋藏溶解的次生溶孔和构造裂缝叠加其上, 是

收稿日期: 2011-04-09; 改回日期: 2011-08-01

基金项目: 国家自然科学基金(41072086)资助。

作者简介: 霍勇, 男, 1985 年生, 硕士, 主要从事沉积学和油藏描述方面的研究工作; E-mail: huoyong1208@163.com。

通讯作者: 罗顺社, 男, 1961 年生, 博士, 教授, 主要从事沉积学教学及科研工作; E-mail: lss8061069@163.com。

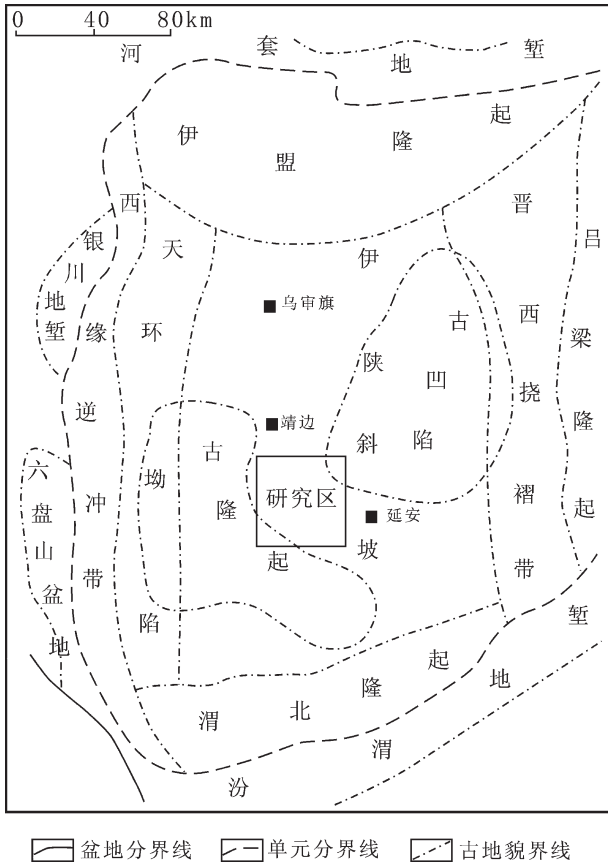


图 1 鄂尔多斯盆地区域构造图

Fig.1 Regional structural map of Ordos basin

长庆油田的主要产气层位。

2 地层特征

2.1 地层划分

马家沟组自下而上划分为 6 个岩性段。马五段由上向下划分为 10 个亚段(即马五₁亚段、马五₂亚

段……马五₁₀亚段),其顶部 1~4 亚段为风化岩溶储层,是靖边气田的主力气层,其钻井及取心基本至马五₄亚段为止。根据钻井岩心观察及区域资料研究,马家沟组上部地层标志层较多,易于识别,有 K1、K2、K3 及马六段顶部风化壳^[9]。K1 标志层为靖边气田马五₁底部的灰黑色泥质凝灰岩,岩心表现出“千层饼”现象,易剥落成碎片,该层位稳定,分布广,取心显示厚度一般在 0.1~0.3 cm,其具有“分布稳定、等时、厚度薄(时间短暂)”的特点,是标准的等时界面,是研究区地层对比的第一标志层。K3 标志层是靖边气田马五₁底部的灰绿色泥质凝灰岩,其成因和分布与 K1 标志层相同,是研究区奥陶系地层对比的第二标志层。风化壳铝土岩分布在奥陶系顶部,是奥陶系碳酸盐岩经过风化、剥蚀、淋滤之后,形成的古土壤,后随着石炭系的沉积覆盖、压实、固结,逐渐演变为铝土岩,可以据此特征划分石炭系和奥陶系,它是地层对比的一个良好标志层。马五₂纯白云岩(K2)也可以作为辅助标志层,为灰色细粉晶含灰云岩,易断裂成“圆饼状”,见大量发育成层分布的毫米级石膏假晶,全区分布普遍,为辅助标志层。根据研究区各标志层分面、岩性特征、岩层厚度及其储集性能,将马五₁—马五₄各亚段细分为 2~4 个小层^[9](表 1)。

2.2 岩石学特征

研究区目的层的岩石类型有白云岩(含灰、灰质、膏质、含膏、含泥、泥质)、灰岩(白云质、含膏、膏质、泥质)、膏岩(白云质、灰质、泥质)和少量的泥岩,由于岩溶作用的发生,还发育较多的岩溶岩(岩溶角砾岩、岩溶塌积岩、岩溶残积岩、填积岩、淀积岩等),灰白色、白色的膏质云岩、膏岩等岩石类型反映了当时沉积水体的盐度相对较大,蒸发作用较强,多为膏

表 1 靖边潜台南部中奥陶统马五₁—马五₄地层划分

Table 1 Stratigraphic division of middle Ordovician Ma5₁—Ma5₄ in Jingbian tableland

组	段	亚段	层	标志层	厚度	储集性	
马家沟组	六段	马五 ₁ 亚段		顶部风化壳	0~17 m	差	
			马五 ₁ ¹		0~8 m	较好	
			马五 ₁ ²		0~9 m	好	
			马五 ₁ ³		0~4 m	好	
	五段	马五 ₂ 亚段	马五 ₁ ⁴	底部 K1	0~6 m	较好	
			分 2 层	第 2 层为 K2	0~8.5 m	一般	
			分 3 层		24~28 m	较差	
			分 3 层	第 1 层底部 K3	31~45 m	一般	

云坪和膏盐盆地相沉积。褐灰色、灰白色的泥晶白云岩反映沉积时气候干旱炎热,沉积物经常露出水面,形成准同生的白云岩。经过岩心观察还发现各种沉积构造,如石膏假晶、硬石膏结核、鸡笼状构造、鸟眼构造、示顶底构造、层状或缓波状叠层石构造。研究区的岩石类型及其沉积构造,均反映出潮坪环境的特征,且处于潮间带上部至潮上带环境。

3 单因素分析

前人对古地理和岩相古地理研究及作图的方法不少^[10-18],本文采用冯增昭教授长期使用的单因素分析多因素综合作图法编制马五₂期的岩相古地理图,其原理是根据实际情况,选择能反映该地区沉积环境的各单因素制图,各单因素的有无或其含量的多少,均可独立地反映该地区该沉积层段的沉积环境的某些特征。这一方法论的核心是定量,即以各单

剖面或钻井资料的定量的单因素资料为基础,再通过各单因素图件的叠加和综合判断得出定量的岩相古地理图。冯增昭教授在30多年的工作实践中证明了这一方法是行之有效的,并取得了一系列的重大成果,同时也发展和完善了这一方法论,在编制定量的岩相古地理图中起了决定性的作用^[19-21]。

经过大量的岩心、室内薄片、测井资料的分析研究,结合鄂尔多斯奥陶系马五段的具体情况,笔者选择了地层厚度、泥岩、灰岩、石膏、白云岩等为单因素,并绘制了各单因素图件。

3.1 地层厚度等值线图

根据研究区66口井马五₂的分层数据,并参考其他地质资料,勾绘了马五₂的厚度等值线图(图2),由图中可知马五₂地层残余厚度一般为4~8m,地形总体比较平稳,西部地层被剥蚀范围较大,纸坊—永宁—富县一线之西南区域及五谷城一带地层普遍被

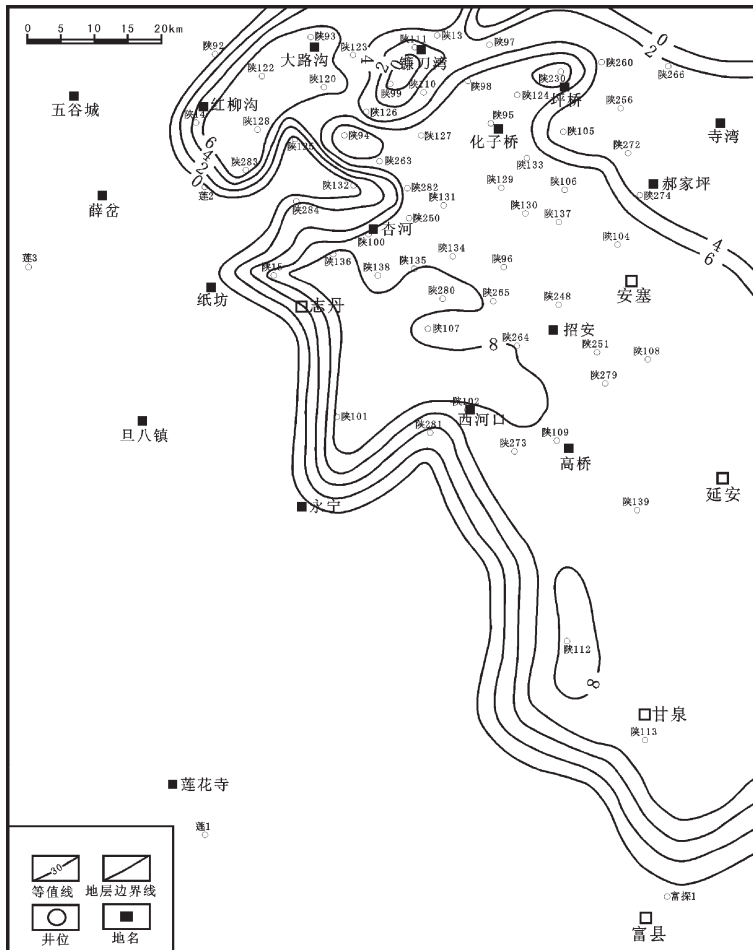


图2 靖边潜台南奥陶系马五₂的厚度(m)等值线图
Fig.2 Isopach map of Ordovician Ma5₂ in southern Jingbian tableland

剥蚀,东北部也有小部分地区被剥蚀,其余地区均有地层分布,在志丹以东西河口以北的小部分地区及陕 112 井区地层稍厚,推测为局限的小洼地。

3.2 准同生白云岩含量等值线图

研究区白云岩颜色为灰黄色、灰白色、土黄色,中薄层状含泥质云岩纹理发育,常见鸟眼构造,而且白云岩常与萨勃哈环境形成的石膏、石盐晶体或石膏互层,化石稀少。该类泥晶白云岩是在潮上带由于蒸发泵作用,海水被吸进沉积物的上部经蒸发浓缩,从而使碳酸钙沉积物发生白云化作用而形成泥晶白云岩,是一种典型的准同生白云岩,反映了局限蒸发环境。由于后期岩溶作用的影响,研究区白云岩产出类型多样,有溶塌角砾白云岩、岩溶角砾白云岩,充填孔洞中的白云岩主要为后期的淡水及混合水成因,含量较少,不到 1%,且基岩为准同生白云岩,不影响对研究区沉积微相的识别。根据研究区 32 口井

钻井岩心的综合分析、统计,及镜下薄片资料,测井资料的研究,绘制出鄂尔多斯盆地奥陶系马五₂准同生白云岩含量等值线图(图 3)。

由图可看出,研究区白云岩含量中间低,边缘高,中间地区白云岩普遍在 50%以下,在陕 133-陕 129-陕 96-陕 265-陕 248 井区甚至低于 20%。

3.3 泥岩含量等值线图

研究区泥岩含量较少,多分布于底部,颜色以褐色和灰褐色为主,在地层中厚度不大,多呈夹层产出。根据研究区钻井岩心的综合分析、统计,及镜下薄片资料,测井资料的研究,绘制出鄂尔多斯盆地奥陶系马五₂泥岩含量等值线图(图 4)。

由图得出,泥岩含量较少,基本在 25%以下,只在研究区中部偏北和东南部分布两块含量大于 25%的区域。

3.4 灰岩含量等值线图

通过对各项资料的研究和分析,研究区的灰岩

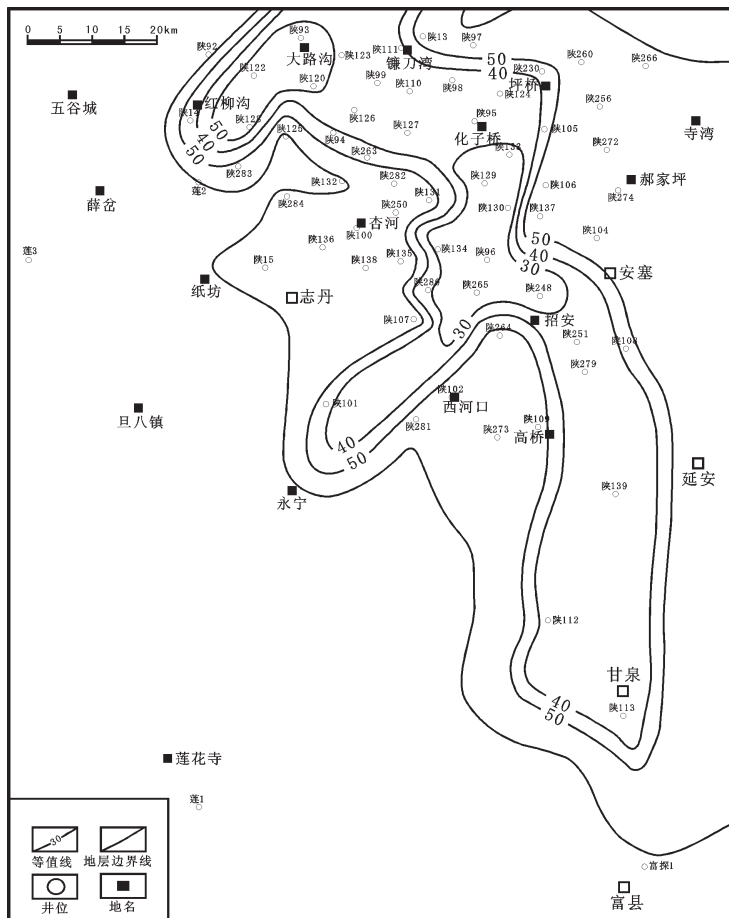


图 3 靖边潜台南部奥陶系马五₂准同生白云岩含量(%)等值线图

Fig.3 Contour map of para-contemporaneous dolostones content (%) of Ordovician Ma5₂ in southern Jingbian tableland

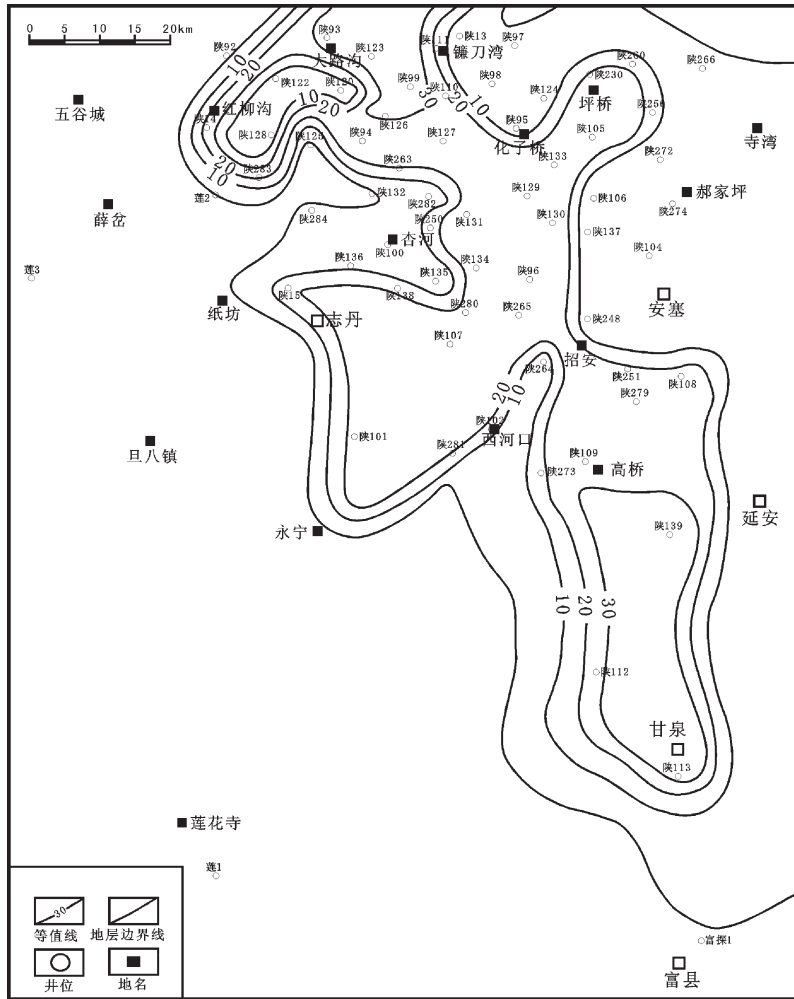


图 4 靖边潜台南奥陶系马五₂段泥岩含量(%)等值线图

Fig.4 Contour map of mudstone content (%) of Ordovician Ma5₂ in southern Jingbian tableland

主要为原始沉积的灰岩和后期充填在缝、洞中的方解石和次生灰岩,但含量非常少,几乎可忽略不记,根据 32 口井的统计数据,研究区只在陕 248 井区分布小范围的含量 20%~30%的区域,其余部分含量在 10%以下,部分地区甚至不含灰岩(灰岩含量等值线图略)。

3.5 石膏含量等值线图

研究区膏岩较发育,主要以纹层状、条带状和团块状产出。纹层或条带受水体盐度的变化控制,盐度较高时以沉淀石膏为主,反之则以形成白云石为主,纹层状膏岩反映沉积时水体盐度的频繁变化。条带状膏岩反映沉积时水体盐度的间歇性变化,而块状膏岩反映沉积时水体盐度稳定在一个相对较高的水平。水体盐度的变化实质上反映的是当时的海平面和气候的变化。海平面逐渐降低、气候逐渐变干,则

沉积物主要为石膏甚至石盐,海平面升高,则演变为白云岩甚至灰岩。

通过对研究区多口井的资料统计、分析,绘制出研究区马五₂段石膏含量等值线图(图 5)。可以看出,研究区石膏分布范围较广,并且含量较高,中部地区普遍在 25%以上,北部地区局部含量石膏较高,在陕 138-陕 96-陕 248 井区,石膏含量达 50%以上,呈环状围绕石膏高值区的边缘部分为石膏的低值区,大部分在 10%以下。

4 多因素综合作图

综合以上各单因素基础图件,结合其他岩石特征、沉积构造和区域地质资料,去粗取精,去伪存真,全面分析、综合判断,并考虑到其地层较薄,因此应该提高与石膏相关的各微相对膏盐含量的标准并考

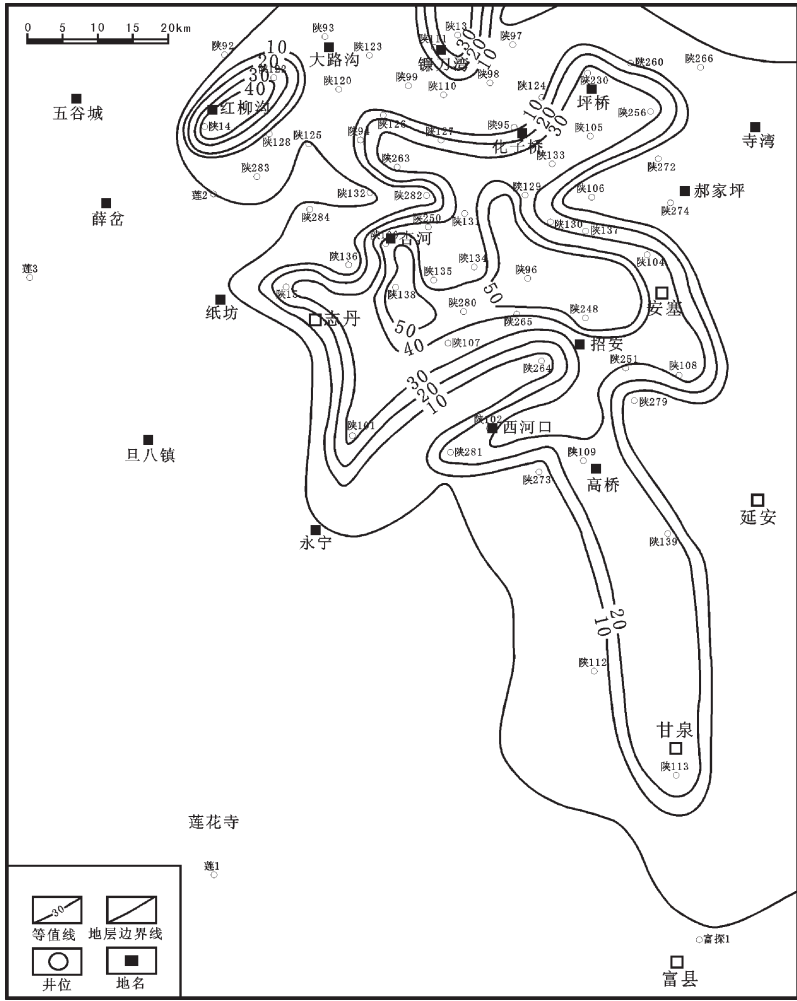


图 5 靖边潜台南奥陶系马五₂段石膏含量(%)等值线图

Fig.5 Contour map of gypsum content (%) of Ordovician Ma₅₂ in southern Jingbian tableland

考虑研究区所处的古地理位置。把石膏 $\geq 50\%$ 的区域,定为膏盐洼地。把石膏 25%~50%、白云岩 25%~50% 的区域定为膏云坪。将白云岩 $\geq 50\%$,其余均 $< 25\%$ 的区域定为云坪。把泥岩 25%~50%、白云岩 25%~50% 的,其余均 $< 25\%$ 的区域定为泥云坪。将泥岩 5%~25%、白云岩 $\geq 50\%$ 的区域定为含泥云坪。编绘出了鄂尔多斯盆地奥陶纪马五₂段岩相古地理图(图 6)。

由图可知,马五₂小层为海平面的下降期,但该期沉积相的特点是泥云坪及含泥云坪有较大面积的发育,说明该时期的浑水作用较强。在沉积微相的组成上,中部陕 138 和陕 96、陕 248 地区分布膏盐洼地,北部有两块孤立分布的膏云坪沉积,即陕 13 一带和陕 122 和陕 14 一带,而在中部地区坪桥—招安—西河口一带发育的面积较大,但形状极不规则,该区域也是形成良好储层的有利地带。在膏云坪的

外侧,依次呈环带状发育含泥云坪和云坪,北部和东南部均发育含泥较高的泥云坪。

5 沉积模式

沉积模式已成为研究沉积相和沉积环境的重要方法。运用已知的沉积相和沉积环境的沉积模式,通过比较,可解释和鉴别未知的沉积环境。根据该地区区域地质背景及岩相古地理^[8],结合本次沉积微相的研究建立了马家沟组马五₂从西北到东南的沉积相模式图(图 7)。根据岩相古地理和厚度图的研究,马五₂在本区的沉积相整体为潮坪相,其包括潮间带上部和潮上带,而在潮上带较平衡的地理格局中发育着小的洼地,致使在干旱气候时,其中的盐度迅速增大,沉积了一些以石膏含量较高的膏质云岩、云质膏岩和石膏。

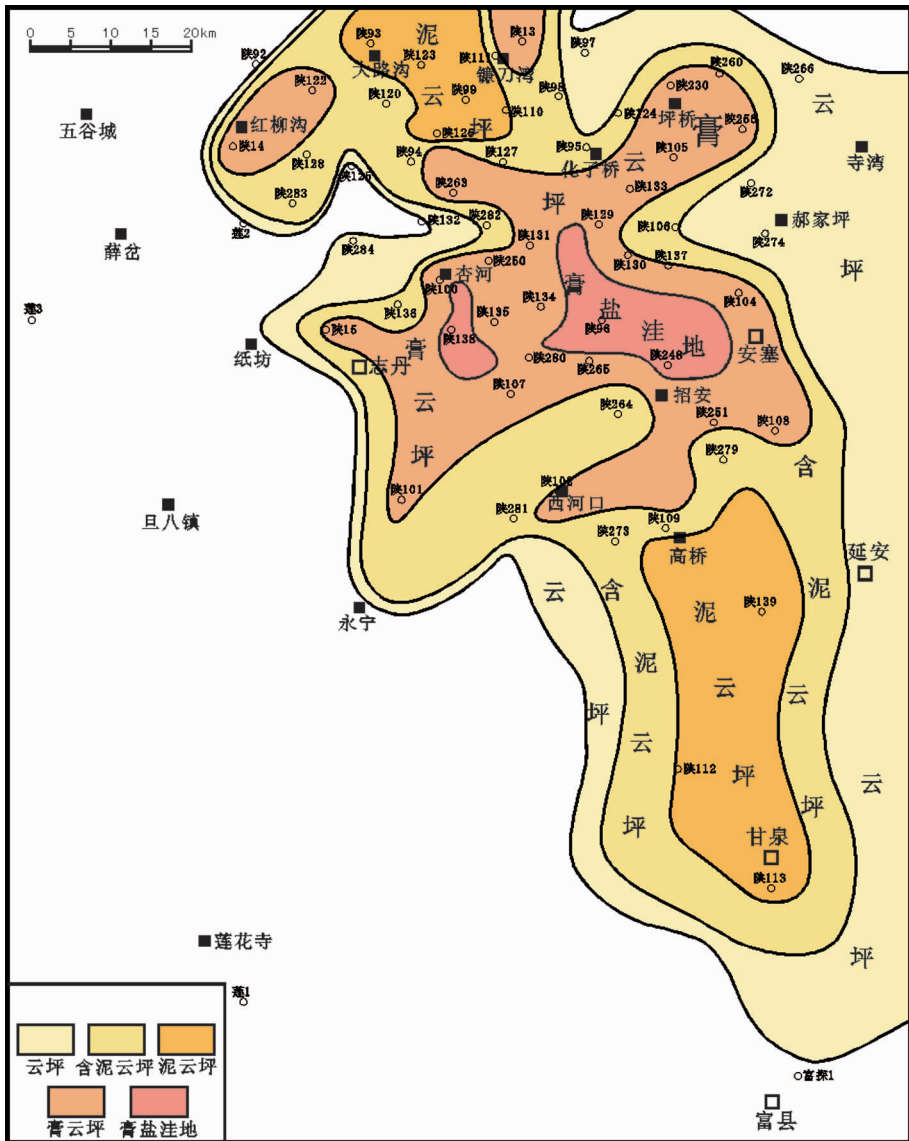


图6 靖边潜台南奥陶系马五₂岩相古地理图

Fig.6 Lithofacies paleogeographic map of Ordovician Ma₅² in southern Jingbian tableland

6 岩相古地理对储层的控制

研究区整体地形向东面补偿坳陷盆地缓倾斜的内陆棚盆地中的盆缘环境^[6-8]。马家沟沉积时期处于潮上的蒸发环境,在这样一个古地理环境中,洋域中含盐度高、比重大的重卤水必然向研究区东面坳陷盆地汇聚,甚至发育成膏盐盆地。由于本区所处的特殊地理位置的限制,在干燥的蒸发环境中只在局部的小洼地内沉积石膏及与石膏相关的岩石类型,形成了本区的膏盐洼地和膏云坪,其中的主要岩石类型为含晶间孔的含硬石膏结核、含硬石膏柱状晶和

结核的粉晶白云岩,构成了研究区的主要天然气储层。泥云坪及含泥云坪中的岩石类型主要为含原生晶间孔的粗粒晶白云岩,见较多的石膏假晶,储集性能稍差于膏云坪及膏盐洼地。云坪中的岩石类型主要为泥粉晶云岩,其中含硬石膏结核与石膏假晶,储集性与含泥云坪类似。由于遭受到长期的表生淋溶作用,在其过程中膏盐极易溶解,形成了与石膏共生的岩溶型储层,白云岩的重结晶作用以及溶蚀作用也形成了较大的储集空间,各种岩溶孔、洞及缝十分发育,以后又有埋藏溶解的次生溶孔和构造裂缝叠加其上,从而形成了良好的以风化壳为主的孔隙网

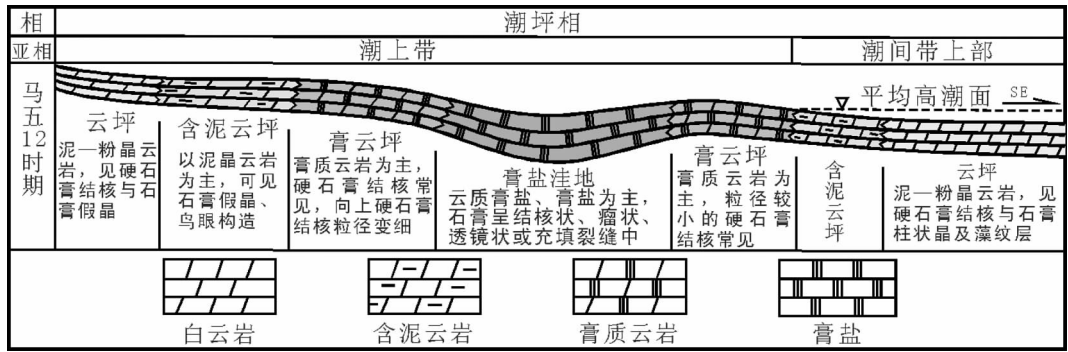


图 7 鄂尔多斯盆地靖边潜台南奥陶系马五₂沉积相模式

Fig.7 Facies mode of Ordovician Ma5₂ in southern Jingbian tableland, Ordos basin

络系统,成为现今的大气田储集体。

7 结论

通过研究得出以下结论:

(1)研究区的岩石类型主要包括泥粉晶白云岩、泥质云岩、膏岩、云质膏岩、膏质云岩、石膏结核等岩石类型。

(2)通过对各井的岩心观察、统计,结合测井资料、薄片资料运用单因素分析多因素综合作图法绘制了地层厚度、泥岩、膏岩、白云岩、灰岩等各单因素图件,最后得出了马五₂的岩相古地理图。

(3)通过对岩相古地理的研究结合其他区域资料,确定了研究区的沉积相为潮坪相,主要发育潮上带和潮间带上部,其古地理格局为潮上带平坦的地形中有范围较小的洼地,致使在干旱气候条件下盐度升高,沉积了含大量石膏的各种岩性,可概括为“陆外为坪,云坪广布,坪中有洼,洼中有膏。”

(4)根据研究区马五₂沉积环境的特点,建立了符合本地区中奥陶世马五₂时期的沉积模式。

(5)结合本区的岩相古地理条件及区域地质特征,对各沉积微相中良好的天然气储层的形成进行了初步的探讨。

参考文献 (References):

[1] 冯增昭,陈继新,张吉森.鄂尔多斯地区早古生代岩相古地理[M].北京:地质出版社,1991.
Feng Zengzhao, Chen Jixin, Zhang Jisen. Lithofacies Paleogeography of Early Paleozoic of Ordos[M]. Beijing:Geological Publishing House, 1991(in Chinese).

[2] 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
Feng Zengzhao, Bao Zhidong, Zhang Yongsheng, et al. Stratigraphy

Petrology Lithofacies Paleogeography of Ordovician in Ordos [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998(in Chinese).

[3] 冯增昭,鲍志东.鄂尔多斯奥陶纪马家沟期岩相古地理 [J]. 沉积学报, 1999, 17(1):1-8.
Feng Zengzhao, Bao Zhidong. Stratigraphy petrology lithofacies paleogeography of Ordovician [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(1):1-8(in Chinese with English abstract).

[4] 冯增昭.单因素分析综合作图法——岩相古地理学方法论 [J]. 沉积学报, 1992, 10(3):70-77.
Feng Zengzhao. Single factor analysis and comprehensive mapping method ——methodology of lithofacies paleogeography [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1992, 10 (3):70-77 (in Chinese with English abstract).

[5] 张敏,王正允,王丽云,等.靖边潜台南奥陶系马家沟组储集岩的成岩作用及成岩相[J].岩性油气藏,2009,21(1):27-33.
Zhang Min, Wang Zhengyun, Wang Liyun, et al. Diagenesis and diagenetic facies of reservoir rocks of Majiagou Formation in southern Jingbian tableland, Ordos Basin [J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(1):27-33(in Chinese with English abstract).

[6] 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,2003,21(1):106-112.
Hou Fanghao, Fang Shaoxian, Dong Zhaoxing, et al. The Developmental characters of sedimentary environments and lithofacies of Middle Ordovician Majiagou Formation in Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21 (1):106-112(in Chinese with English abstract).

[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.
Hou Fanghao, Fang Shaoxian, Zhao Jingsong, et al. Depositional environment model of middle Ordovician Majiagou Formation in Ordos Basin[J]. Marine Orgin Petroleum Geology, 2002, 7(1):38-46(in Chinese with English abstract).

[8] 侯方浩,方少仙,赵敬松.鄂尔多斯盆地奥陶系碳酸盐岩储层图集[M].成都:四川人民出版社,2002.
Hou Fanghao, Fang Shaoxian, Zhao Jingsong. Atlas of Carbonate Rock Reservoirs of Ordovician in Ordos Basin [M]. Chengdu: Sichuan People's Publishing House, 2002(in Chinese).

- [9] 侯方浩, 方少仙, 何江, 等. 鄂尔多斯盆地靖边气田区中奥陶统马家沟组五 1—5 4 亚段古岩溶型储层分布特征及综合评价[J]. 海相油气地质, 2011, 1(16):1-13.
Hou Fanghao, Fang Shaoxian, He Jiang, et al. Distribution characters and comprehensive evaluation of Middle Ordovician Majiagou 51-54 Submembers reservoirs in Jingbian Gas field Area, Ordos Basin [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2011, 1(16): 1-13(in Chinese with English abstract).
- [10] 刘鸿允. 中国古地理图[M]. 北京:科学出版社, 1995.
Liu Hongyun. Atlas of Palaeogeography of China [M]. Beijing: Science Press, 1995(in Chinese).
- [11] 关士聪, 演怀玉, 丘东洲, 等. 中国海陆变迁海域沉积相与油气[M]. 北京:科学出版社, 1984.
Guan Shicong, Yan Huaiyu, Qiu Dongzhou. The Changes of Land and Sea, Marine Sedimentary Facies and Hydrocarbons in China [M]. Beijing: Science Press, 1984(in Chinese).
- [12] 王鸿祯主编. 中国古地理图集[M]. 北京:地图出版社, 1985.
Wang Hongzhen. Atlas of the Palaeogeography of China [M]. Beijing: Cartographic Publishing House, 1985(in Chinese).
- [13] 吴应林, 朱忠发, 王吉礼, 等. 上扬子台地早、中三叠纪岩相古地理及沉积矿产的环境控制[M]. 重庆:重庆出版社, 1989.
Wu Yinglin, Zhu Zhongfa, Wang Jili. Lithofacies Palaeogeography of Early, Middle Triassic and Environmental Control of Sedimentary Mineral Resources on the Upper Yangtze Platform [M]. Chongqing: Chongqing Publishing House, 1989(in Chinese).
- [14] 刘宝珺, 许效松主编. 中国南方岩相古地理图集[M]. 北京:科学出版社, 1994.
Liu Baojun, Xu Xiaosong. Atlas of Lithofacies Palaeogeography of South China[M]. Beijing: Science Press, 1994(in Chinese).
- [15] 张凤林, 贺宏云. 内蒙古通辽南部石炭纪岩相古地理特征[J]. 中国地质, 2002, 29(4):407-410.
Zhang Fenglin, He Hongyun. Carboniferous lithofacies - paleogeography in the southern part of Tongliao, Inner Mongolia [J]. Geology in China, 2002, 29 (4): 407-410 (in Chinese with English abstract).
- [16] 柯光明, 郑荣才, 石和. 苏北盆地古近纪构造-层序岩相古地理特征与演化[J]. 中国地质, 2006, 33(6):1305-1311.
Ke Guangming, Zheng Rongcai, Shi He. Lithofacies and paleogeography of Paleogene tectonic sequences in the Subei basin and their evolution [J]. Geology in China, 2006, 33 (6):1305 - 1311(in Chinese with English abstract).
- [17] 戴荔果, 郑荣才, 李爽, 等. 川东—渝北地区飞仙关组层序-岩相古地理特征[J]. 中国地质, 2009, 36(1):110-119.
Dai Liguang, Zheng Rongcai, Li Shuang, et al. Sequence -based lithofacies and paleogeography of Lower Triassic Feixianguan Formation in eastern Sichuan and northern Chongqing area [J]. Geology in China, 2009, 36(1):110-119(in Chinese with English abstract).
- [18] 徐胜林, 陈洪德, 林良彪, 等. 川东南地区飞仙关组层序岩相古地理特征[J]. 中国地质, 2009, 36(5):1055-1065.
Xu Shenglin, Chen Hongde, Lin Liangbiao, et al. Sequence-based lithofacies and paleogeography of Lower Triassic Feixianguan Formation in southeastern Sichuan Basin [J]. Geology in China, 2009, 36(5):1055-1065 (in Chinese with English abstract).
- [19] 冯增昭. 单因素分析多因素综合作图法—定量岩相古地理重建[J]. 古地理学报, 2004, 6(1):3-19.
Feng Zengzhao. Single factor analysis and multifactor comprehensive mapping method—reconstruction of quantitative lithofacies palaeogeography [J]. Journal of Palaeogeography, 2004, 6 (1):3-19(in Chinese with English abstract).
- [20] 冯增昭, 鲍志东, 吴茂炳, 等. 塔里木地区奥陶纪岩相古地理[J]. 古地理学报, 2007, 9(5):447-460.
Feng Zengzhao, Bao Zhidong, Wu Maobing, et al. Lithofacies palaeogeography of the ordovician in Tarim area [J]. Journal of Palaeogeography, 2007, 9 (5):447-460 (in Chinese with English abstract).
- [21] 冯增昭, 鲍志东, 吴茂炳, 等. 塔里木地区寒武纪岩相古地理[J]. 古地理学报, 2006, 8(4):427-439.
Feng Zengzhao, Bao Zhidong, Wu Maobing, et al. Lithofacies palaeogeography of the Cambrian in Tarim area [J]. Journal of Palaeogeography, 2006, 8 (4):427-439(in Chinese with English abstract).

Lithofacies Paleogeography of Middle Ordovician Ma5₁² in Jingbian tableland, Ordos platform

HUO Yong^{1,2}, LUO Shun-she^{1,2}, PANG Qiu-wei^{1,2}, JIN Shan-shan^{1,2}, LUO Jun-mei^{1,2}

(1. Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources, Ministry of Education, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China; 2. College of Geoscience, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China)

Abstract: The Middle Ordovician Majiagou Formation in Ordos basin was uplifted and eroded because of the Caledonian movement, forming favorable karst reservoirs. Therefore, the study of the sedimentary characteristics is of the key importance in oil-gas exploration. Based on the methods of single factor analysis (including analysis of stratigraphic thickness proportions of dolomite, limestone, gypsum and mudstone) in combination with detailed analysis and statistics of drilling core and logging data, the authors compiled and drew the lithofacies paleogeographic maps of Ma5₁² submembers. The results show that Ma5₁² was in a relative regression stage, and developed mainly gypsum-dolomitic flat, dolomitic flat, mud-dolomitic flat and mud-bearing dolomitic flat. According to lithofacies palaeogeographic maps in combination with stratigraphic thickness of Ma 5₁², there may be a shallow depression in the middle of the study area, and hence the authors built the sedimentary model of Ma 5₁² in this area. On such a basis, the lithofacies palaeogeography of Ma5₁² can be summarized as “flats outside the lands, widespread dolomitic flats, depressions in flats, gypsum in depressions”. According to the lithofacies paleogeography and regional geology of this area, the formation of favorable gas reservoirs has been discussed preliminarily in this paper.

Key words: Ordos; Majiagou Formation; carbonate; lithofacies paleogeography; Jingbian

About the first author: HUO Yong, male, born in 1985, master candidate, mainly engages in the study of sedimentology and oil and gas reservoir description; E-mail: huoyong1208@163.com.

About the Corresponding author: LUO Shun-she, male, born in 1961, doctor, mainly engages in the teaching and study of sedimentology and Petroleum Geoscience; E-mail: lss8061069@163.com.