

鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区 奥陶系风化壳储层特征及主控因素研究

董岩¹, 王少依², 柏淑英³, 王川¹

(1 中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院; 2 中国石油杭州地质研究院)

(3 中国石油新疆油田分公司陆梁油田作业区)

摘要 以岩心观察、薄片鉴定及测井资料解释为基础,结合孔隙充填物地球化学参数分析,对鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区奥陶系上组合风化壳储层特征及储层发育主控因素进行了研究。储层岩性主要为白云岩类及次生灰岩。储集空间以硬石膏结核溶模孔为主,溶蚀孔洞、晶间孔次之,裂缝对储层储渗性能具有一定的改善作用。储层具有低孔、低渗特征,孔隙度<2%的居多(占73.8%),渗透率<0.01×10⁻³ μm²的最多(占86.6%)。储层发育主要受沉积相和成岩作用控制;处于相对高能环境的砂屑滩、(含)硬石膏结核白云岩坪是优质储层发育的有利相带;岩溶作用及白云石化作用是主要的建设性成岩作用,与之伴生的充填作用、压实作用及次生灰化作用是主要的破坏性成岩作用。

关键词 鄂尔多斯盆地; 宜川地区; 黄龙地区; 奥陶系; 碳酸盐岩; 风化壳; 储层特征

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

1 引言

受沉积、构造及成岩等因素影响,中国的碳酸盐岩储层常具有储层类型多、成藏条件复杂、经历多期构造及成岩改造的特点,储层发育控制因素较为复杂^[1]。在鄂尔多斯盆地,受加里东期构造运动影响,奥陶纪马家沟期碳酸盐岩沉积顶部地层遭受了长达1.4亿年的风化剥蚀,发育了一套碳酸盐岩古风化壳、古岩溶储层^[2-3]。继在盆地中部马家沟组碳酸盐岩风化壳发现靖边大气田后(图1),近年来在盆地中东部的奥陶系风化壳、古隆起东侧的白云岩、盆地西部的岩溶缝洞体等三大勘探领域均取得了突破^[4]。

在研究程度较低的盆地东南部地区,目前已有部分钻井(如宜6井、宜15井及宜8井)在马家沟组上组合风化壳储层中分别获得日产数万方的工业气流,另有数口钻井获低产气流或见良好的气显示,表明该区上组合风化壳储层具备一定勘探潜力。该区地处陕北斜坡、渭北隆起及晋西挠褶带的过渡区域(图1),构造活动较为发育,古地貌环境复杂,沉积、成岩具有一定的特殊性。前人对该区的研究主要集中在古地貌恢复、岩溶地貌单元划分、沉积构造分析等方面^[5-6],而对储

层微观特征、成岩作用及成因机理、以及次生灰化对储层的影响等方面的研究相对薄弱。为此,本文选取盆地东南部的宜川—黄龙地区(面积约2.4×10⁴ km²)为研究区(图1),以钻遇上组合风化壳的15口典型井的一手资料为基础,通过岩心观察、薄片鉴定、物性测试及相关实验分析,对研究区上组合风化壳储层特征、成因机理及主控因素进行深入研究,以期为该区天然气勘探提供基础地质资料。

2 地质概况

鄂尔多斯盆地沉积盖层平均厚度约为5 000 m,时代较全,仅缺失中奥陶世至早石炭世沉积,纵向上可分为下古生界海相沉积、上古生界海陆过渡相沉积及中生界内陆碎屑岩沉积^[7-8]。目前,盆地下古生界天然气勘探主要集中在下奥陶统马家沟组^[9]。以标志层、古生物化石组合、沉积旋回性及纵向含气性等特征为依据,勘探研究者将马家沟组在纵向上分为六个岩性段及对应的3个含气组合(图2)^[9-10]:下组合(马一段—马四段),储层为典型的晶间孔型白云岩,主要孔隙类型为白云岩晶间孔及其扩溶孔,圈闭类型以岩性圈闭为主;中组合(马五₁₀—马五₅亚段),

收稿日期: 2016-09-24; 改回日期: 2016-12-24

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

董岩: 1989年生, 2015年7月毕业于中国石油大学(北京), 硕士, 现主要从事油田开发相关工作。通讯地址: 834000 新疆克拉玛依市克拉玛依区准噶尔路30号新疆油田公司青年公寓; E-mail: mxdongyan@163.com

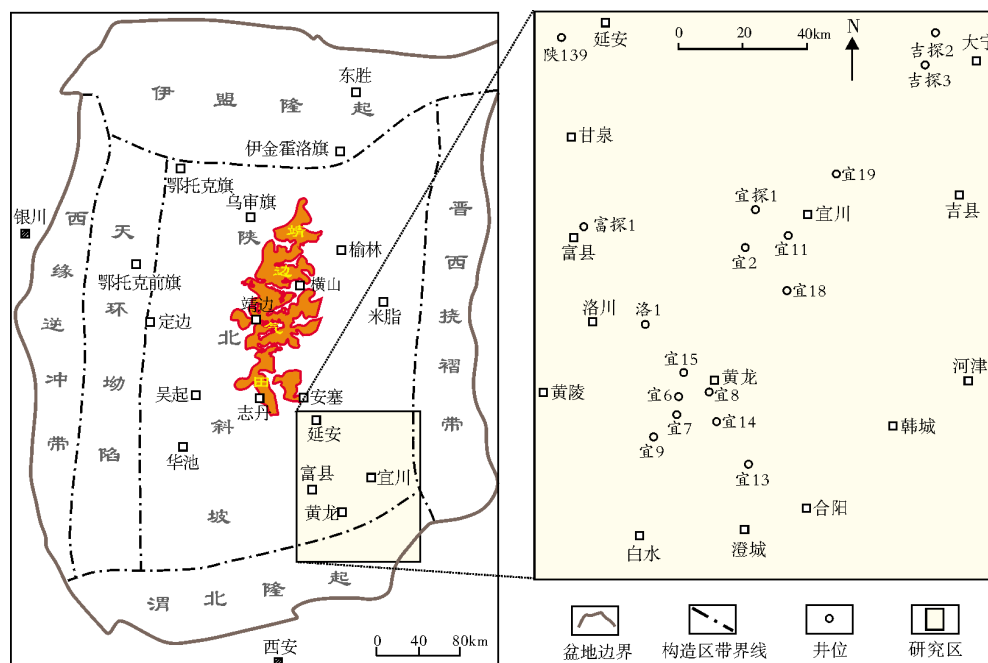


图 1 鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区位置及井位分布

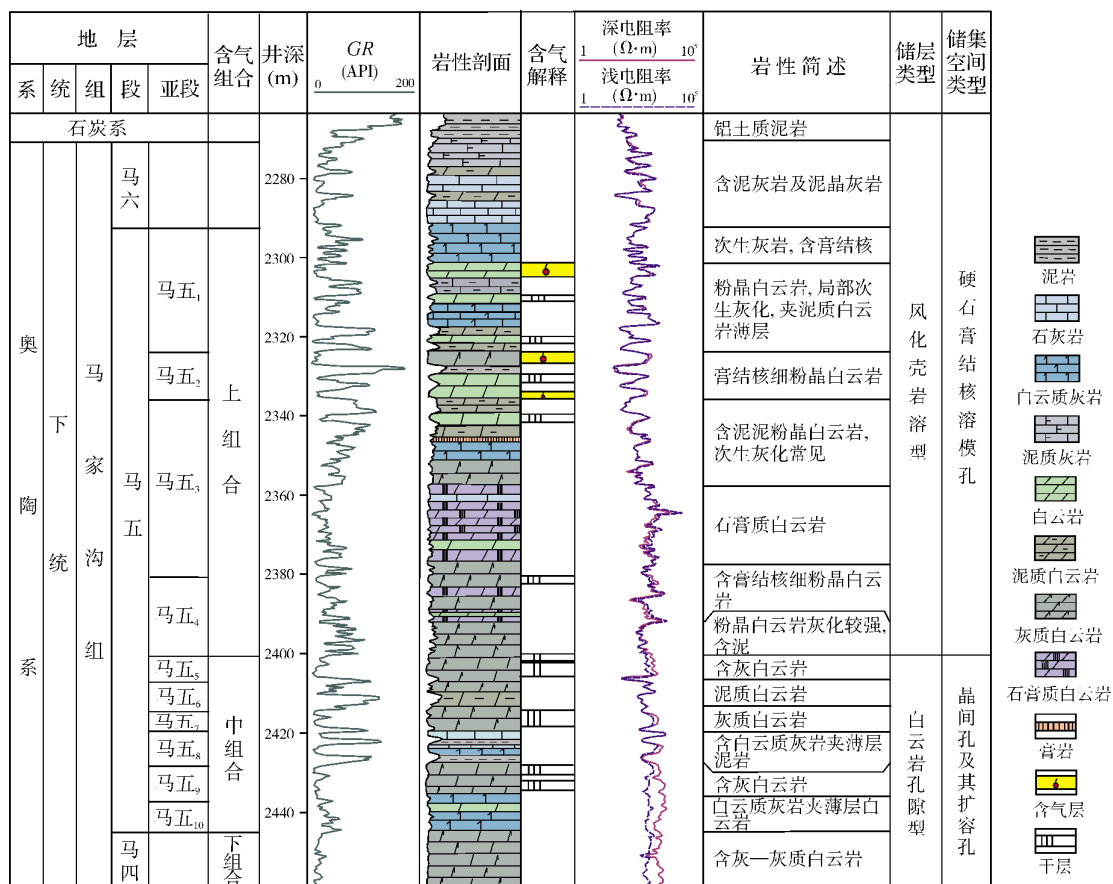


图 2 鄂尔多斯盆地宜 6 井奥陶系马家沟组地层柱状图

储集空间类型及圈闭类型与下组合类似;上组合(马五₄—马五₁亚段),属于岩溶风化壳储层,孔隙类型以硬石膏结核溶模孔为主。

勘探结果表明,研究区马五₄亚段之上地层受古岩溶作用影响较大,广泛发育岩溶风化壳储层。本次研究的主要层位是马家沟组五段的马五₁—马五₄亚段(上组合),其残余厚度为30.2~108 m。

3 储层特征

3.1 岩石学特征

综合岩心观察及薄片鉴定,研究区上组合岩石

类型多样,主要有微晶—细粉晶白云岩、含膏结核粉晶白云岩、砂屑—鲕粒白云岩、膏质白云岩、含泥细粉晶白云岩、岩溶角砾岩及次生灰岩类(图3)。白云岩类多呈浅灰色、灰色、褐灰色,往往呈厚层状、块状,成层性好,横向分布较稳定;次生灰岩类呈浅灰色、肉红色,往往还保留灰化前的原岩结构,一般具有晶粒状结构。

在纵向上,马五₁、马五₂、马五₄亚段均以白云岩类为主,其中,马五_{1,2}亚段受次生灰化作用的改造强烈(图2),而马五₃亚段主要为一套含泥—泥质白云岩,横向连续性较好,局部分布有膏质白云岩。

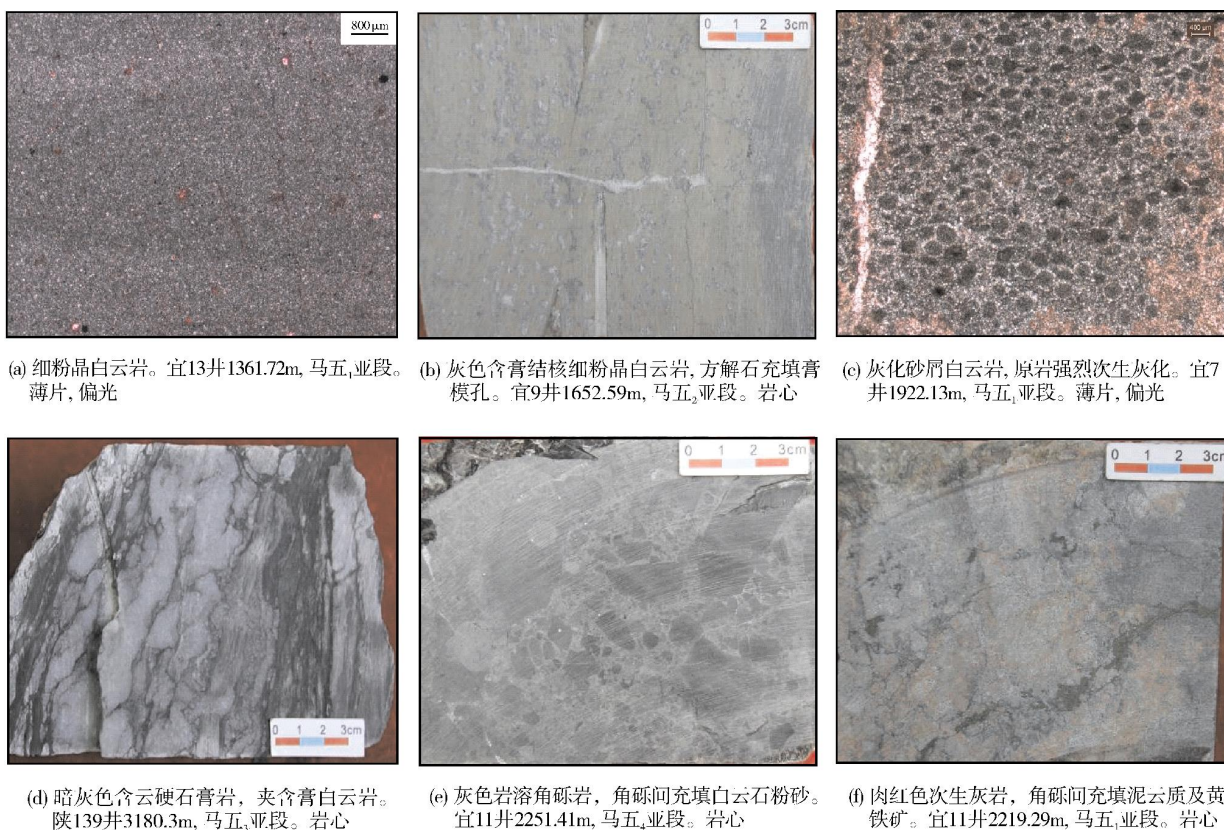


图3 鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区马家沟组五段岩石学特征

3.2 储集空间类型

研究区马五段上组合储集空间类型多样(图4), 膏结核溶模孔、晶间孔是重要的类型。

膏结核溶模孔 简称膏模孔, 主要发育于含膏结核细粉晶白云岩中, 系裸露风化期经过组构选择性溶蚀后形成, 可分为石膏晶体铸模孔和石膏结核

铸模孔两种类型: (1)石膏晶体铸模孔, 呈针状、柱状、板状, 大小0.05 mm×0.5 mm~0.2 mm×0.5 mm, 往往呈孤立状、层状分布于粉细晶白云岩储层中。该类储层绝大多数被方解石、石英、高岭石等全充填, 仅局部见未充填或半充填。(2)石膏结核铸模孔, 常呈不规则圆形、椭圆形等形态, 直径一般0.5~5 mm不等, 以1.5~3.0 mm居多(图4a, 4b)。储层中石膏结核铸模

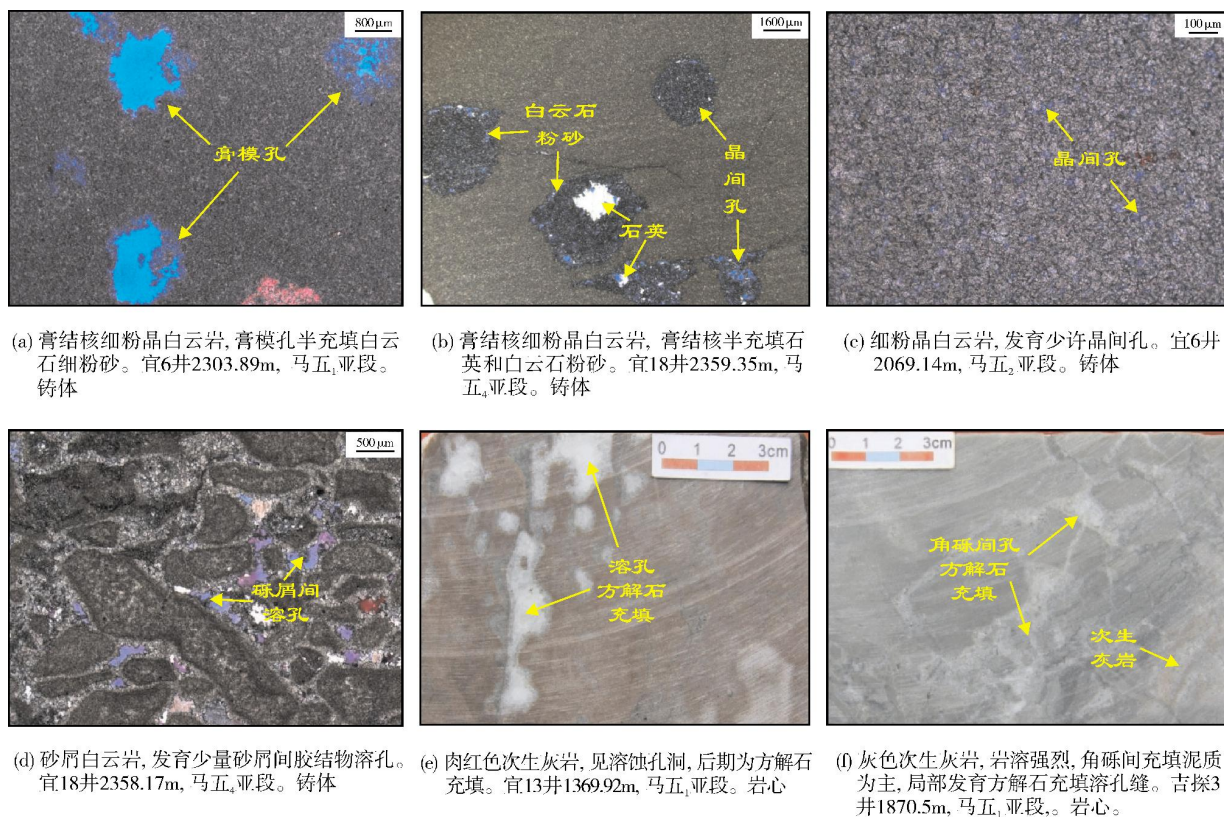


图4 鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区马家沟组五段风化壳储层主要孔隙类型

孔多数被方解石、白云石粉砂等全充填,在局部地区部分小层中还发育未充填的有效孔隙。纵向上,该类储层在马五₁亚段中普遍发育,马五₂亚段中常见,马五₄亚段中较少。

晶间孔 主要分布于白云石晶粒相对较粗的粉晶白云石晶间,孔径一般数十微米。区内晶间孔总体少见,局部在马五₂亚段中发育(图4c)。

砂屑(鲕粒)间溶孔 由砂屑(鲕粒)间胶结物被溶蚀后形成,孔径可达200 μm 。该类孔隙在研究区内总体少见,仅在局部井区的马五₁、马五₄亚段发育(图4d)。

溶蚀孔洞 从岩心观察和测井解释来看,研究区上组合中,大型溶洞不发育,仅在风化壳可能局部发育有尺度较大的溶洞。溶洞中常被岩溶角砾岩、白云石渗流粉砂及泥质等完全充填,基本无残留储集空间。常见的溶蚀孔洞一般0.5 mm~10 cm,在上组合各亚段普遍发育,但后期一般被多种矿物成分充填,仅局部可见半充填而残留部分储集空间(图4e)。

岩溶角砾间孔 分布于岩溶垮塌角砾间,但岩溶角砾间一般被白云石粉砂等充填,局部可保留少

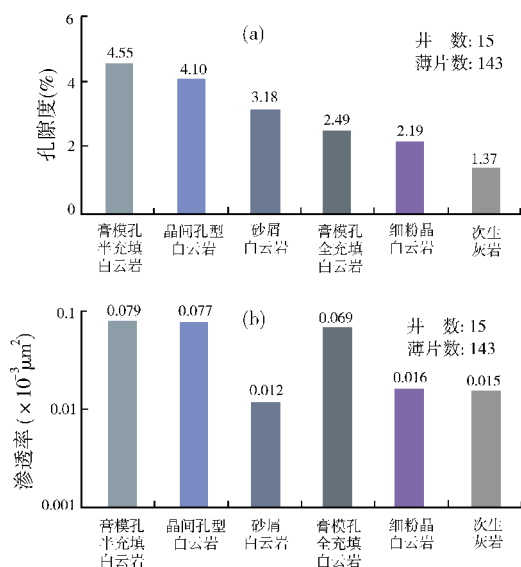
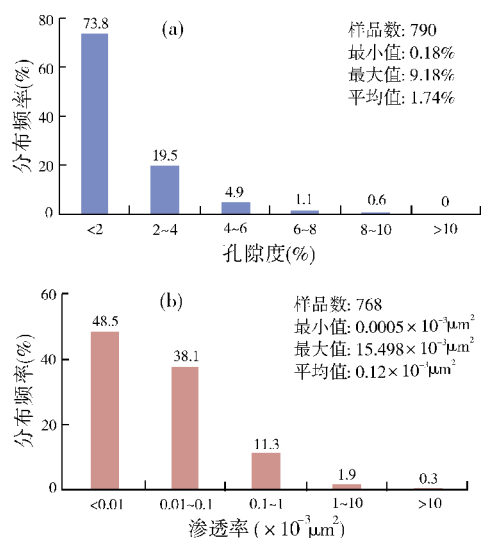
量成岩期沿角砾边缘分布的溶蚀孔(图4f)。

微缝 研究区上组合风化壳储层中不同程度地发育微缝,呈随机状或网状密集分布,微缝宽度一般0.05~0.1 mm。微缝的形成可能与岩溶垮塌、负荷压力、构造作用等多种因素有关,对储层的孔渗特征具有一定的改善。

3.3 储集物性

岩心物性测试统计结果表明,研究区上组合风化壳储层具有低孔、低渗特征,孔隙度分布范围为0.18%~9.77%,平均为1.74%,以小于2%的居多(占73.8%)(图5a);渗透率分布范围为(0.000 5~15.498) $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为0.12 $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,以小于0.1 $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的最多(占86.6%)(图5b)。

根据大量的岩心观察和铸体薄片的镜下分析统计,按照不同储层的岩性及其孔渗进行分类统计(图6),结果表明,研究区上组合储集性最好的主要为膏模孔半充填的细粉晶白云岩及晶间孔型细粉晶白云岩,其次为砂屑白云岩,膏结核全充填白云岩、细粉晶白云岩及次生灰岩物性整体较差。



4 储层主控因素

4.1 有利沉积相带是储层发育的基础

沉积相直接决定了储层的物质基础,同时也控制了储层在平面上的展布^[2,11]。岩心及薄片资料研究表明,沉积相严格控制了研究区上组合的岩性分布。以马五₁亚期为例(图7),该沉积期处于马五时相对海退的晚期,在蒸发潮坪环境下,受古地势控制,主

要发育呈带状分布的白云岩坪、含硬石膏结核白云岩坪、硬石膏结核白云岩坪、砂屑滩和泥质白云岩坪微相。其中:砂屑滩微相沉积控制晶间孔隙的发育,经后期成岩改造,多发育为有效的晶间孔储层;(含)硬石膏结核白云岩坪中分布的结核状、针状硬石膏经岩溶作用改造可形成大量铸模孔,成为最重要的储集空间类型。

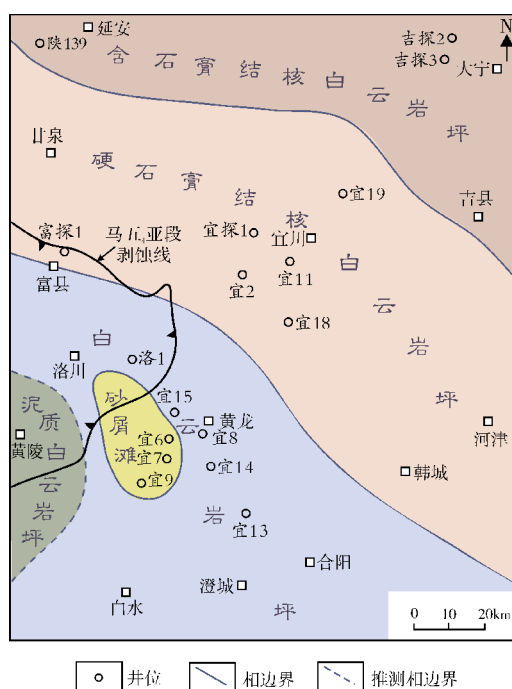


图7 鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区奥陶纪马家沟期马五₁亚期沉积微相平面图

对不同沉积微相进行储层物性统计(图8),按物性由好到差,依次为:(含)硬石膏结核白云岩坪、砂屑滩及白云岩坪,泥质白云岩坪微相由于含泥质较重,不利于储层的发育。

4.2 成岩作用对储层的影响

基于大量岩心及薄片鉴定分析,研究区成岩作用类型主要包括准同生白云石化、表生岩溶、埋藏岩溶、充填、压实、压溶及次生灰化等(图9),其中,准同生白云石化、表生岩溶、埋藏岩溶等是主要的建设性成岩作用,压实、充填及次生灰化对储层主要表现为破坏作用。

4.2.1 岩溶作用

由于能影响到碳酸盐岩沉积物、胶结物及已经

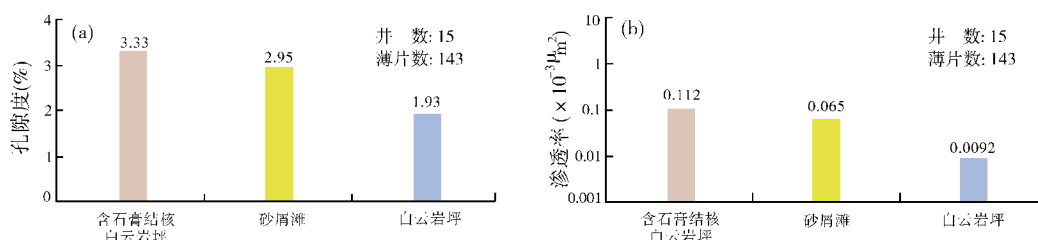


图8 鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区奥陶系马家沟组上组合储层沉积微相类型与岩心孔渗关系

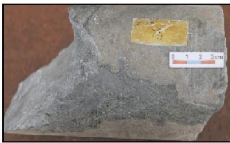
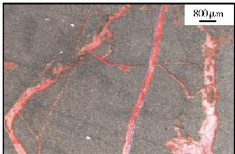


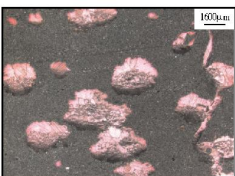
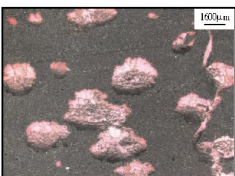
地层				深度 (m)	岩性 剖面	岩性描述	宏(微)观照片	沉积微相	成岩阶段	成岩作用类型					储集物性		储集特征	
统	组	段	亚段							表生岩溶	机械充填	方解石充填	埋藏岩溶	次生灰化	孔隙度 (%)	渗透率 (μm^2)	类型	结构 选择性
下 马 家 沟 组 统	陶	马 家 沟 组	五 ₂	马五 ₁		绿灰色泥岩,局部夹薄层泥粉晶白云岩		泥质白云岩坪										
				2323		灰色细粉晶白云岩,常见泥线,局部见灰化柱状假晶,见溶缝(黄铁矿、泥质充填),局部次生灰化,下部发育膏模孔,方解石和白云石粉砂充填		含硬石膏结核白云岩坪								膏模孔、晶间孔、溶缝(充填)	是	
				2325			细粉晶白云岩,部分发育方解石,充填高角度裂缝。2325.33m											
				2327		上部灰色灰质泥岩,下部深灰色泥岩		泥质白云岩坪 + 埋藏岩溶									膏模孔(充填)	
				2329		灰色细粉晶白云岩,分布泥线,发育波状层理。中部发育细小膏模孔,方解石填充		膏结核白云岩坪 + 次生灰化									膏模孔(充填)	是
				2331		深灰色泥岩。下部为泥岩和白云质泥岩互层		泥质白云岩坪										
				2333		灰色细粉晶白云岩,分布泥线泥纹理,偶见溶缝(充填方解石)。中部发育膏模孔,方解石填充。		含硬石膏结核白云岩坪									膏模孔(充填)	是
2335		灰绿色泥岩,局部夹泥质白云岩																

图9 鄂尔多斯盆地宜6井马家沟组五₂亚段储层成岩作用及孔隙特征综合柱状图

石化的碳酸盐岩^[12], 岩溶作用对提高碳酸盐岩储层孔渗性具有重要意义。根据岩心及薄片资料分析, 研究区风化壳储层主要经历准同生期、裸露风化期及埋藏期等三期岩溶改造:

(1) 准同生期, 因相对海平面短暂下降, 沉积物暴露导致不稳定矿物(如结核状及针柱状硬石膏)发生组构选择性溶解, 形成部分溶蚀空间。

(2) 裸露风化期, 主要受加里东期构造抬升影

响,马五段上组合地层遭受了长达1.4亿年的风化淋滤,成岩流体沿断裂、裂缝等通道下渗,发生组构选择性及非选择性溶解作用,形成大量溶蚀孔、洞、缝。

(3)埋藏期,至晚石炭世,研究区普遍接受本溪组煤系沉积,在后期埋藏过程中,地层温度、压力不断升高,烃类热演化过程中形成的有机酸、以及地下特殊的物化条件下形成的盆地卤水沿裂缝进入上组合地层,对围岩及孔隙充填物进行溶解,极大地改善了储层物性。

岩溶作用受古地貌条件影响较大,岩溶古地貌甚至能直接控制碳酸盐岩储层的发育。风化壳岩溶古地貌一般可划分为岩溶台地、岩溶斜坡、岩溶盆地等三个岩溶地貌单元^[13]。

(1)岩溶台地为地下水的补给区,古地势较高,岩溶作用以垂向渗流为主,形成垂向溶蚀带,岩溶作用较强。

(2)岩溶斜坡上的地下水以径流状态为主,溶蚀作用最为强烈,且储层中溶解的物质往往被径流状态的地下水带走,因而溶蚀作用的可持续性作用相对最佳,碳酸盐类矿物也相对不易发生沉淀而充填溶蚀孔洞,故岩溶斜坡是岩溶储层形成的最有利部位。根据地形差异和岩溶性质,岩溶斜坡又可以分出岩溶残丘、台地、阶坪及沟谷等次一级的岩溶地貌单元^[14]。在次一级的岩溶古地貌单元中,岩溶相对强度及后期充填特征的差异类似于上一级古地貌单元。

(3)岩溶盆地则处于水流的汇水排泄区,物理和化学充填作用强,是最不利于岩溶储层发育的部位。

研究区主要处于岩溶阶地(斜坡)位置,其北部为岩溶盆地(图10)。区域上看,与西北方向的靖边潜台及其周边地区相比,研究区处于古地貌相对低洼部位,这导致了这里的表生期岩溶作用整体弱于靖边潜台区。然而,在次一级的岩溶地貌单元中,岩溶残丘及岩溶阶地较高部位则可能为储层发育的有利部位,如位于这些部位的宜6井、宜8井在上组合均获工业油气流,说明这些相对较高的位置,表生期的岩溶作用较强,有效储集空间相对发育,是储层发育的有利部位。

4.2.2 充填作用

孔隙内的充填物类型及充填程度对储层有效性

起着决定性作用。根据岩心观察及铸体薄片鉴定,研究区内孔隙充填物可分为物理充填物和化学沉淀物两类。物理充填物主要为白云石粉砂,化学沉淀物主要有方解石、石英、铁白云石及硬石膏等,且多以混合出现为特征。

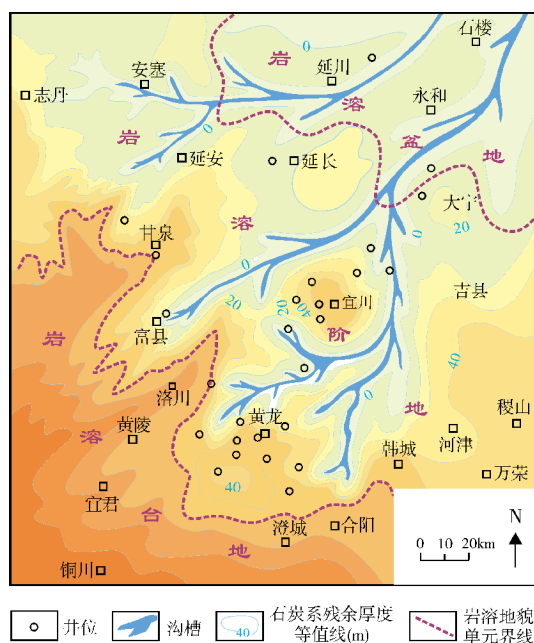


图10 鄂尔多斯盆地东南部奥陶系岩溶古地貌图
(引自文献①,略有修改)

本次研究以微量元素(图11a)、碳-氧同位素(图11b)及阴极发光(图12)等参数为依据,明确了充填物的形成环境及充填期次。通常在近地表氧化环境下, Fe^{3+} 不易进入矿物晶格。在相对封闭的还原环境中, Fe^{2+} 易进入矿物晶格,替换 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Mn 含量的变化也具有类似的趋势。整体来看,孔隙中充填的方解石成因较为复杂,既有淡水(氧化)成因的,也有埋藏形成的,白云石则主要为准同生期的物理充填为主(图11b),也有少部分为浅埋藏成因。

阴极发光测试显示(图12),白云石粉砂充填物为暗色,方解石暗色、亮色均有,这也说明白云石主要为淡水(表生)成岩期或中浅埋藏期形成,而方解石则主要为中浅—中深埋藏期形成。

至于充填程度,以25口井的近300块岩石薄片资料为基础,结合岩心观察等资料统计分析,孔隙充

① 王少依,吴兴宁,董岩,等.鄂尔多斯盆地东南部宜川—吉县地区奥陶系沉积微相及储层发育特征研究[R]. 中国石油杭州地质研究院,2015.

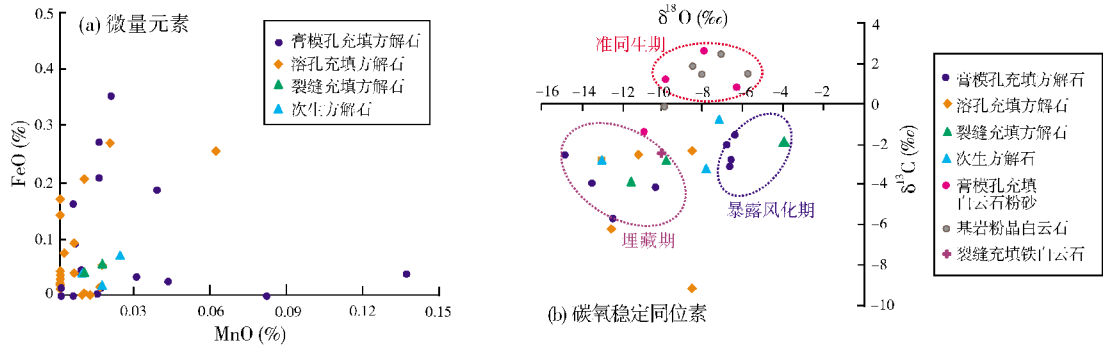


图 11 鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区奥陶系马家沟组五段孔隙充填物地化分析

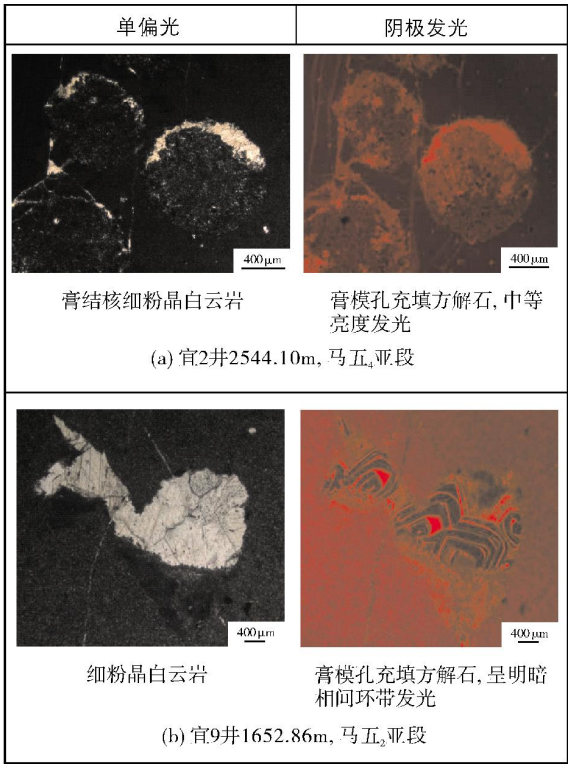


图12 鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区奥陶系马家沟组五段孔隙充填物阴极发光特征

填物中凡存在方解石的，孔隙即被全充填而丧失储集性能^[3]，半充填的充填物组合类型为白云石粉砂+石英+含铁白云石，以及仅为白云石粉砂充填(表1)。研究区内，上组合储层膏结核溶孔中方解石充填发育，且整体充填程度较高，这是区内上组合储层整体性质远逊于靖边主力含气区的主要原因。

对孔隙充填特征在平面上的分布情况做了统计，以马五₁亚段为例，半充填的孔隙主要分布于宜7井—宜8井—宜14井区及研究区西北部(图13)。与古

表1 鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区奥陶系马家沟组五段膏模孔孔隙充填物组合类型及充填程度

充填物组合类型	膏模孔充填程度
白云石粉砂	15%~92%，平均65%
白云石粉砂+方解石	100%
白云石粉砂+石英	60%~100%，平均80%
白云石粉砂+石英+方解石	100%
白云石粉砂+石英+(含)铁白云石*	85%
白云石粉砂+(含)铁白云石*	100%
白云石粉砂+硬石膏+方解石	100%

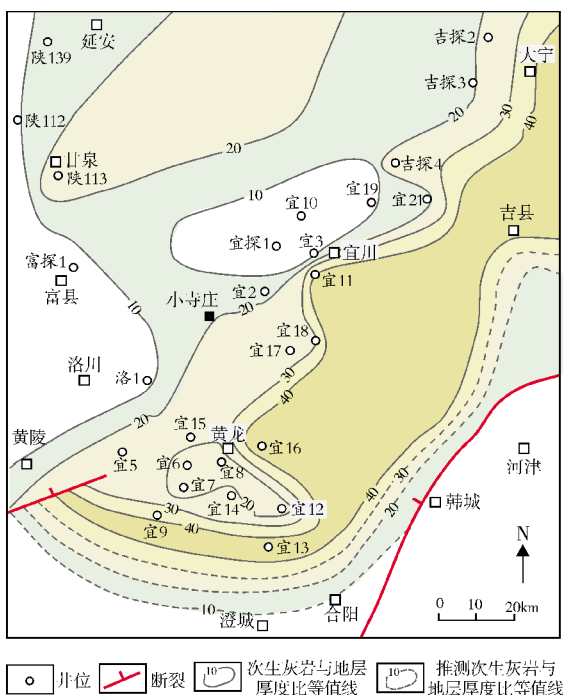
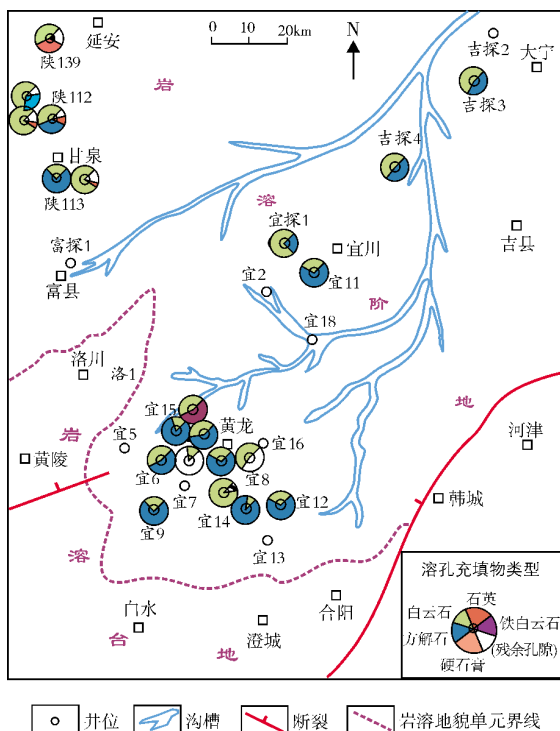
* 依托电子探针技术，以 Fe²⁺含量5%为界线，小于 5%的为含铁白云石，大于 5%的为铁白云石

地貌叠合来看，这些孔隙发育的部位均处于岩溶阶地，且与局部位置较高的岩溶残丘关系紧密，这反映出在成岩阶段，地貌位置相对较高的部位岩溶作用强于充填作用，有利于储集空间的保存。

4.2.3 次生灰化作用

次生灰化作用亦称“去白云石化作用”，系方解石交代白云石^[15]。由于白云石转化为方解石后体积增大，导致所形成的次生灰岩中方解石晶粒常呈紧密镶嵌状，这极大地降低了储层物性^[16]。岩心及测井解释资料分析表明，研究区马家沟组上组合次生灰化作用异常强烈，侧面反映出储层孔隙中以方解石矿物为主的充填极其发育。

基于大量岩心观察及测井解释资料统计，综合考虑古地貌等因素的影响，本次研究编制了上组合次生灰岩厚度与地层厚度比的等值线图(图14)。整体而言，次生灰化程度从研究区西北向东南有逐渐增大的趋势，据此预测储层物性也具有随之变差的趋势。这个特点与试气、产气结果比较吻合，这也进一步表明次生灰化作用对储层发育具有重要的控制作用。



4.2.4 白云石化作用及其他成岩作用

白云石化作用,即碳酸盐岩中方解石被白云石交代的作用,可形成大量的晶间孔、晶间隙,不仅可以改善储集物性,而且在后期的岩溶作用中仍具有重要意义。

其它如压实作用、压溶作用及破裂作用等(图9),与前述几种成岩作用类型相比,对储层的作用意义较小,在此不作赘述。

5 结 论

(1)鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区奥陶系马家沟组上组合储层岩性,主要有微晶—细粉晶白云岩、含膏结核粉晶白云岩、砂屑—鲕粒白云岩、膏质白云岩、含泥细粉晶白云岩、岩溶角砾岩及次生灰岩等,主要储集岩为含膏结核细粉晶白云岩、砂屑白云岩。

(2)研究区上组合储层具低孔、低渗特征。主要储集空间类型有硬石膏结核溶孔、晶间孔、溶蚀孔洞、砂屑粒间孔、岩溶角砾间孔及微裂缝,对储层贡献最大的为硬石膏结核溶孔,其次为晶间孔。

(3) 研究区风化壳储层发育受沉积、成岩作用共同控制。(含)硬石膏结核白云岩坪和砂屑滩是储层发育的优势相带;岩溶作用、白云石化作用有利于储层的发育;充填作用及次生灰化作用是储层变差的主要原因。从古地貌来看,岩溶阶地中次一级的岩溶残丘及岩溶斜坡较高部位为储层发育的有利区。

参考文献

- [1] 赵文智,沈安江,胡素云,等. 中国碳酸盐岩储集层大型化发育的地质条件与分布特征[J]. 石油勘探与开发,2012,39(1): 1-12.
- [2] 马政芳. 鄂尔多斯盆地中部古风化壳储层特征[J]. 天然气地球科学,1994,26(5): 28-36.
- [3] 任军峰,包洪平,孙六一,等. 鄂尔多斯盆地奥陶系风化壳岩溶储层孔洞充填特征及机理[J]. 海相油气地质,2012,17(2): 63-69.
- [4] 武力超,何光怀,刘艳侠,等. 盆山过渡地带奥陶系碳酸盐岩储层发育控制因素与有利区预测[C]//第十二届宁夏青年科学家论坛论文集,2015: 7-13.
- [5] 郭斌,王凤琴,王宝清,等. 鄂尔多斯盆地东南部古岩溶特征及对气藏的控制[J]. 重庆科技学院学报:自然科学版, 2014, 16(1): 51-54.
- [6] 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.
- [7] 周进高. 鄂尔多斯盆地中奥陶统马家沟组岩溶储层的表征与预测[D]. 成都: 西南石油大学, 2004.
- [8] 王建民. 鄂尔多斯盆地东部奥陶系风化壳岩溶古地貌与储层特征[D]. 西安: 西北大学, 2011.
- [9] 吴东旭, 吴兴宁, 曹荣荣, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系古隆起东侧马家沟组中组合储层特征及成藏演化[J]. 海相油气地质, 2014, 19(4): 38-43.
- [10] 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.
- [11] 朱如凯, 郭宏莉, 高志勇, 等. 中国海相储层分布特征与形成主控因素[J]. 科学通报, 2007, 52(A1): 40-45.
- [12] 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.
- [13] 杨华, 刘新社, 张道锋. 鄂尔多斯盆地奥陶系海相碳酸盐岩天然气成藏主控因素及勘探进展[J]. 天然气工业, 2013, 33(5): 1-11.
- [14] 王建民, 王佳媛, 沙建怀, 等. 鄂尔多斯盆地东部奥陶系风化壳岩溶古地貌特征及综合地质模型[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2014, 44(2): 410-417.
- [15] 刘宝宪, 王红伟, 马占荣, 等. 鄂尔多斯盆地东南部宜川—黄龙地区马五段白云岩次生灰化作用特征与成因分析[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(5): 789-795.
- [16] 张杰, 寿建峰, 文应初, 等. 去白云化作用机理及其对储层的改造[J]. 古地理学报, 2012, 14(1): 70-83.
- [17] 何江, 方少仙, 侯方浩, 等. 鄂尔多斯盆地中部气田中奥陶统马家沟组岩溶型储层特征[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(3): 350-356.
- [18] 于红岩, 王震亮, 程昊, 等. 靖边地区马五段碳酸盐岩气、水分布的主控因素分析[C]// 第八届中国含油气系统与油气藏学术会议论文集, 2015: 341-342.

编辑: 董庸

Characteristics and Controlling Factors of Ordovician Weathering Crust Reservoir in Yichuan-Huanglong Area, Ordos Basin

Dong Yan, Wang Shaoyi, Bai Shuying, Wang Chuan

Abstract: Based on the cores, thin sections, well logging data, and geochemical parameters of pore filling, the characteristics and main controlling factors of weathering crust reservoir in Lower Ordovician Majiagou Submember-5₁₋₄, Yichuan-Huanglong area of Ordos Basin were studied. It's shown that the primary reservoir is dolostone while the secondary reservoir is limestone. The reservoir space is mainly composed of anhydrite moldic pores, and secondly composed of dissolution pores and intergranular pores. The fractures have a certain effect on the reservoir permeability. In general, the reservoirs are of low porosity (mainly less than 2%) and low permeability (less than $0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$). Controlled by sedimentation and diagenesis, the grain-beach and anhydrite concretion-bearing dolomite flat are the favorable facies, and karstification and dolomitization are the most important constructive, while associated infilling, compaction, and dedolomitization are mainly destructive.

Key words: Ordovician; Carbonate rock; Weathering crust; Reservoir characteristics; Yichuan area; Huanglong area; Ordos basin

Dong Yan: MSc. Add: Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, 30 Junggar Rd., Karamay, Xinjiang, 834000, China