

鄂尔多斯盆地中部气田奥陶系马五₁₋₄ 碳酸盐岩微相特征与储层不均质性研究

马永生 李启明 关德师

(石油勘探开发科学研究院, 北京 100083)

提 要 奥陶系顶部风化壳(马五₁₋₄)是鄂尔多斯盆地中部气田主力产气段,根据这套地层的岩石矿物、结构、地化等特征共划分了 24 个微相及 8 个微相组合,而不同微相或微相组合控制了岩层孔隙空间发育程度,导致该区储集性能纵横向的不均质性。

关键词 中部气田 碳酸盐岩 微相 微相组合 储层

第一作者简介 马永生 男 32 岁 博士 高级工程师 沉积学

鄂尔多斯盆地中部气田马五₁₋₄碳酸盐岩储层为一套大面积潮坪相环境的产物,生物种类较贫乏,生物展布规律性以及储层发育的重要性较差,我们主要参考了阿伯特·卡罗兹^[1]的微相概念及研究手段,在微相及微相组合研究基础上,同时考虑岩溶及后期构造作用的影响,对本区奥陶系马五₁₋₄碳酸盐岩储集不均质性原因进行了分析,以期对该区今后的天然气勘探开发提供理论依据,并对有利储集相带进行了预测。

1 微相类型及其储集性能

以岩芯观察和薄片分析(偏光显微镜辅助以阴极发光显微镜、扫描电子显微镜)为主,结合碳氧同位素分析、微量元素分析、压汞曲线以及酸不溶物化学分析等资料,将本区碳酸盐岩(包括少量蒸发盐岩)分成下述 24 个微相,用 MF1—MF24 表示。

MF1. 微晶白云岩

具微晶结构、纹层状构造、藻类发育,局部见少量硬石膏假晶和干裂纹,酸不溶矿物含量大于 4.8%,Sr/Ba 为 2.6, V/Ni 为 0.4, 钠、氯、钾等指示咸化海水环境的元素相当富集,白云石有序度低(一般 0.6—0.75),为准同生白云石化产物,它形一半自形白云石晶间孔发育,有不规则的原生超微晶间孔,孔径 0.05—0.3 μm。而对储层有贡献的空间为裂隙,由于性纯质硬,水平层理发育(图版 1-1),而易形成各种成因的缝隙,缝隙以细小、高密度为特征,缝宽一般 0.1—0.5 mm,缝密度可高达 28 条/10 cm,它是形成本区裂缝型储层的主要微相。

MF2. 粉晶白云岩

粉晶结构,自形一半自形白云石为主(>75%)(图版 1-2),其地化、生物特征与 MF1 相

同。粉晶云岩微相主要可形成三种储集类型:第一种是以自形一半自形白云石晶体相互支撑形成的晶间孔组成的晶间孔型,孔径 5—10 μm ,孔隙度 2%—4%,在本区分布较广;第二种是晶间溶孔发育,孔径为 0.1—0.3 mm,个别达 0.8 mm,为晶间超大溶孔。晶间孔与晶间溶孔组合形成似孔隙型,岩芯面孔率 5%—15%,孔隙度 3%—15%,主要分布在马五₁ 地层;第三种类型是裂缝-溶孔型,溶孔多呈椭圆形,孔径 2—10 mm,局部呈针孔状,微裂缝呈网状连接溶孔,岩芯面孔率一般 10%—20%,孔隙度 4%—16%,主要分布在马五₂、马五₃、马五₄ 地层中。

MF3. 粗晶白云岩

粗晶结构,块状或纹层状构造,白云石常呈它形、凹凸状紧密接触,孔隙不发育(图版 I-3),面孔率 1%—5%,孔隙度 <3%。

MF4. 颗粒支撑砾状云岩

砾状结构,磨圆较好,分选一般,砾石长轴 2—15 mm,砾石一般为含泥质较多的微晶云岩,砾石多呈椭圆至长条状,未见生屑。砾间物质成分复杂,主要为微—细粉晶云岩,次为硬石膏及淡水方解石。杂基及胶结物中见少量孔隙,孔隙度小于 2%。

MF5. 杂基支撑砾状云岩

磨圆度及分选较差,杂基又可分为微晶及粉晶云质,泥质含量很高,岩石致密,其它特征基本同 MF4。

MF6. 亮晶胶结鲕粒云岩

鲕粒结构,同心层多且清晰,一般颗粒支撑(图版 I-4),鲕粒一般 0.1—0.2 mm,胶结物为方解石,呈它形和半自形,储集空间主要为鲕粒之间的方解石晶间孔、晶间缝及少量鲕模孔,孔隙度一般小于 3%。

MF7. 杂基支撑鲕粒云岩

鲕粒结构,多薄皮鲕,鲕径一般小于 0.1 mm,杂基成分为泥粉晶白云岩,部分含泥质及石英。岩石致密,孔隙度小于 1.5%。

MF8. 球粒云岩

球粒结构,微晶杂基支撑,暗色球粒呈长条状或椭圆状,粒径 0.1 mm 左右,个别层位球粒之间为亮晶调整白云石胶结,含少量硬石膏假晶(被淡水方解石交代),孔隙类型为粒间杂基和胶结物中超微孔隙。

MF9. 生屑云岩

生屑结构,生屑主要为较破碎的腕足等,生屑部分为淡水方解石充填,局部充填粘土及有机质,生屑之间为粉晶白云岩及淡水方解石,生屑含量 30%左右(图版 I-5)。孔隙类型主要为晶间孔,杂基中孔隙大于生屑中孔隙,孔隙度小于 2%。

MF10. 含生屑角砾云岩

角砾及生屑结构,杂基(微—细粉晶云岩)支撑,角砾次圆状至圆状,局部经成岩作用形成亮晶-粉晶方解石充填,生屑为双壳类化石碎片。孔隙类型以晶间微孔或超微孔为主,孔隙度小于 2%。

MF4—MF10 皆为高能量水动力环境下的产物。

MF11. 溶塌角砾白云岩

角砾结构,岩芯表面见典型的溶塌构造(漏斗状垮落构造),角砾成分复杂,与所在层位

成分相佐,多为上覆岩层垮落所致(图版 I-6)。孔隙度变化范围较大,最大可达 8%,最小< 1%。其取决于原岩孔隙状况和角砾间孔充填程度。主要孔隙类型有角砾内孔、角砾间孔、晶间孔、裂缝等。该微相类型在本区分布较广。洞顶塌陷角砾岩有不规则的洞顶和规则的洞底。并在剖面上呈近似板状的整合形状,一般表现为极差的分选性,蒸发岩溶形成的角砾形状和特征变化很大,部分取决于渗流带或潜流带溶解,本区溶塌角砾云岩属渗流带产物,指示风化壳的存在,是油气,特别是天然气富集的有利储集体。

MF12. 张性角砾岩

角砾结构,主要为一些节理及微裂缝切割母岩所致。角砾之间可拼合,未见太大的迁移。角砾间充填硬石膏、亮晶方解石及白云石等(图版 I-7)。孔隙发育程度取决于原岩性质,如果原岩孔隙度高,叠合较为发育的微裂缝,可形成好的储集层,在本区分布零星。孔隙度一般 2%—8%。该微相的存在,指示背(向)斜或断裂附近等构造应力集中的部分,其中的裂隙本身既可作为储集空间或喉道,又可作为后期岩溶作用的通道。

MF13. 压溶角砾岩

角砾结构,角砾定向排列明显,长轴沿最大应力方向排列,角砾边缘多发育缝合线构造。缝合线被不溶粘土矿物充填,物性差、孔隙度< 2%。

MF14. 含硬石膏假晶粉晶白云岩

粉晶结构,硬石膏(假晶)含量 10%—25%。硬石膏假晶呈针状、板状、短柱状和长条状,多被淡水方解石交代(图版 I-8)。岩石酸不溶物含量小于 10%,Sr/Ba 为 4.3, V/Ni 为 0.52。微相纵向上与 MF1、MF2 共生,或者侧向上与之过渡。由于石膏易溶、或易被淡水方解石交代,增大了淡水中 SO_4^{2-} 浓度,由此加快了白云岩的溶解速度,促进了岩石的进一步溶蚀,从而导致了溶孔、溶洞及铸模孔的广泛发育,面孔率高者可达 45%,一般 15%—25%,孔隙度可达 19.6%。

MF15. 含石膏(假晶)微晶白云岩

白云岩呈微晶结构,其它特征同 MF14。溶蚀孔隙发育,呈针状,孔径 0.5—2mm,面孔率 5%—15%,同时普遍见膏模孔,孔渗性能比 MF14、MF2 差,但好于 MF1。

MF16. 石膏质白云岩、白云质石膏岩

石膏常呈条带状、鸡窝状或结核状,白云石具泥粉晶结构,岩石致密。

MF17. 硬石膏岩

粉—粗粉晶结构,层状、条带状构造,多与盐岩共生或侧向过渡,岩石致密。

MF18. 盐岩

石盐或石盐假晶大于 25%(或者 15%),块状,层状构造,多与硬石膏及白云岩或灰岩共存。

MF19. 含泥白云岩,泥质白云岩

泥质含量小于 50%,微—粉晶结构,纹层状构造,常常发育平行层理、波状层理等,岩石致密。

MF20. 云质泥岩,含云泥岩

云质含量小于 50%,微—粉晶结构,常见扁平透镜状层理。

MF21. 含泥云膏岩

泥质及云质含量分别为 10%和 25%,膏质>50%。

MF22. 泥粉晶灰岩

泥粉晶结构,层状,块状构造,见少量生物碎屑,生物除藻类外,尚有腕足、腹足类。岩石孔隙度大小取决于早期裂缝发育程度。如果缝不发育,晶间孔又小,溶蚀孔贫乏,岩石致密;如果裂缝发育,则沿裂缝溶蚀形成孔洞,孔洞直径可大于 5cm,储集性能好。

MF23. 泥粉晶含云灰岩

层状、块状结构,白云岩含量<25%,粉晶结构,有序度高,贫锶、钠、钾微量元素,Sr/Ba、V/Ni 值比 MF1 白云石低得多。方解石泥晶结构,白云石悬浮于方解石之中,为白云岩化产物。岩石与泥粉晶灰岩共生或横向过渡。储层特性类似于 MF22。

MF24. 泥粉晶云质灰岩

白云石含量 25%—50%,特征同 MF23。

2 微相组合

为了更好地说明上述微相在本地区所代表的沉积环境,按照各微相之间的相关关系,特别是纵横向上微相共生规律,将上述 24 个微相归纳成以下 8 个微相组合。

微相组合 I

主要微相类型为 MF19(含泥云岩)、MF20(云质泥岩)泥裂及季节性纹层发育,含石英等陆源碎屑物,局部由于风暴潮作用,可导致角砾岩分布(MF4、MF5)。上述微相共同组成潮上带泥坪相带。该微相组合代表差的储集岩类。主要分布于马五₃₋₄地层中,平面上分布于西部邻近中央古隆起区域。

微相组合 II

MF16(石膏质云岩、白云质石膏岩)、MF21(含泥云膏岩)构成该微相组合的主体,发育鸡丝鸟笼构造、帐篷构造、肠状构造及硬石膏团块,石盐假晶常见,中薄层状,未发现生物化石,沉积环境为潮上蒸发坪台中邻近膏盐湖低洼地带,大风暴潮时有海水供给,以持续蒸发沉积为主。主要分布于马五₃及以下层段,淡水淋溶作用弱,故没有形成好的储层。

微相组合 III

沉积环境位于平均高潮面以上的蒸发潮坪上或者潮坪相中局部高地形区,只有大潮时才被海水淹没,蒸发作用为主。微相类型有 MF14(含石膏假晶粉晶云岩)、MF15(含膏微晶云岩)及少量 MF1(微晶云岩)。其间夹有含泥质纹层或由大的潮汐作用形成的角砾云岩(MF4)夹层,砾或角砾一般发育氧化圈层。鸟眼、纹层及干裂构造发育,生物稀少,局部见藻类。该组合分布较广泛,且岩石储集空间发育。

微相组合 IV

主要微相类型为 MF1(微晶白云岩)和 MF2(粉晶白云岩),少量 MF3、MF4、MF5、MF19 等夹层。藻类发育,具有窗格孔及层状窗格孔、纹层、叠层石、冲刷—充填构造及水平层理等沉积构造,偶见干裂及生物扰动构造,并零星分布有石膏晶体。以中—薄层状为主,常与微相组合 III 纵向共生或横向过渡,该微相组合是潮间坪的主体,由于基质孔隙度(晶间孔)发育,再经受成岩及岩溶的改造,构成了本地区好的储层。

需要说明的是,如前所述,作为该微相组合主体的 MF1 和 MF2,尽管其本身的孔隙度并非很高,但皆已超过一般碳酸盐岩储层评价标准的底界(2%),又由于其厚度较大且分布

相对稳定(评价标准的另两个关键因素),故其仍构成良好的储集体。另外,这两个微相皆有丰富的水平层理等发育,该类沉积特征为构造薄弱部位,易形成多种成因的张性裂缝及其它储集空间。因此本区较好的储集层多集中于以 MF1 和 MF2 为主体的微相组合 IV 中。

微相组合 V

主要微相类型为 MF6(亮晶胶结鲕粒云岩)、MF7(杂基支撑鲕粒云岩),少量 MF4、MF5。薄层状,具小型交错层理及冲刷充填构造,含少量正常海相生物化石碎片。沉积环境为高出周围地形的浅滩,水体动荡。该区此类浅滩一般规模较小,横向分布不稳定,局限于少数井区,但马五₁-马五₄地层中均有分布。大量岩芯和薄片资料表明,本区鲕粒云岩在淡水作用下,或者选择性去云化,或者选择性溶蚀,但淡水方解石充填严重,孤立分布的负鲕孔和方解石晶间孔是其主要储集空间,在本区属于较差的储层。

微相组合 VI

以 MF9(生屑云岩)、MF10(含生屑角砾云岩)为主,夹 MF12、MF8 薄层。常见生物化石碎屑、风暴钙质角砾等颗粒,冲刷充填、丘状交错层理等为常见的沉积构造。沉积环境属潮下带。该组合分布局限于马五₄及下部个别层位,马五₁₋₂层位中则局限于盆地东部。

微相组合 VII

代表一种长期充水的局限低能环境或潮下带低于风暴浪基面的区域。由 MF22(泥粉晶灰岩)、MF23(泥粉晶含云灰岩)及少量 MF24、MF8 夹层组成。成层性好,水平层理为主,生物较发育。灰岩结构细,晶间孔隙小,但当灰岩中存在裂缝时,溶蚀作用沿裂隙进行,可形成规模大的洞孔,从而具有很高的储集能力。

微相组合 VIII

代表干燥环境下的长期充水、盐度不正常的局限低能环境,由 MF18(盐岩)、MF17(硬石膏岩)夹薄层 MF16、MF19 组成,厚层块状,成层分布,为非储集岩类。

图 1 反映了鄂尔多斯地区庆阳古隆起东部米脂泻湖咸化期和淡化期沉积相模式与微相及微相组合关系。

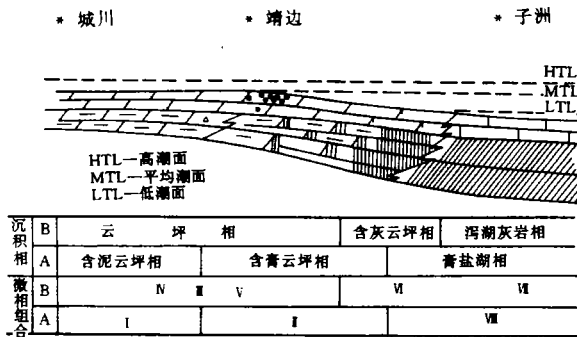


图 1 鄂尔多斯中东部奥陶系马五段沉积相及微相组合关系示意图

Fig. 1 Sketch map showing the relation between sedimentary facies and microfacies association of O_{1ms5} in the central and east part of Ordos Basin

陕 28

陕 参 1

陕 20

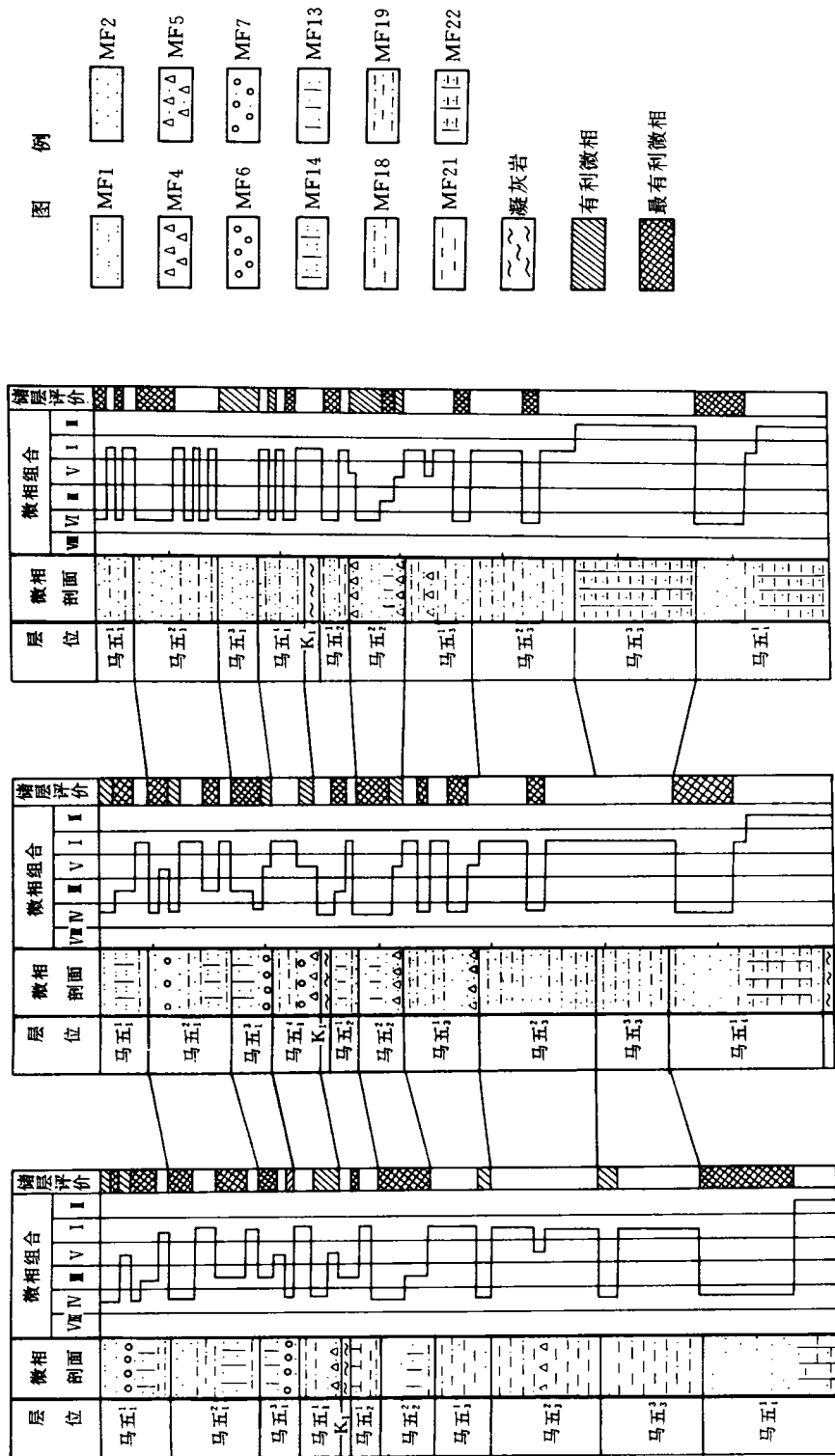


图 2 中部气田马五₁₋₄段相序演化图

Fig. 2 Map of sequenc evolution of O_{1ms51-4} in the Zhongbu gasfield

3 马五₁₋₄小层微相序列与储层段纵向不均一性

中部气田大面积分布的白云岩储层属于米脂西部平缓坪相沉积环境的产物,选择地层全、岩芯收获率高且有代表性的3口井作东西向横剖面,基本上反映了该区内多次小旋回的相序变化规律(图2)。很显然,不同层位地层由于由不同的微相及微相组合组成,控制和决定了地层储集性能的发育程度,从而导致纵向上储层发育的不均一性。剖面上明显分为二段,下部马五₃₋₄地层以微相组合Ⅰ和微相组合Ⅱ为主体,间夹微相组合Ⅳ及少量微相组合Ⅴ,其中利于储层发育的微相组合Ⅳ仅占剖面厚度15%—25%;上部马五₁₋₂地层由微相组合Ⅰ与微相组合Ⅳ、Ⅲ间互组成。后者占地层厚度的比例达45%—55%,为地层储集性能的发育奠定了物质基础。由于微相组成的差异,导致各储层内部储集空间不均质性分布也特别突出,如陕20井马五₁储层厚3.4 m,纵向上主要微相依次为MF1、MF2、MF6、MF12及MF14。微晶云岩微相段,厚0.62 m,纹层状构造,见三条近垂直裂缝,长10—15 cm,宽0.1—0.5 mm,溶孔贫乏,物性分析孔隙度1.22%,渗透率 $1.32 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;微相粉晶云岩段,厚0.52 m,溶孔相对发育,孔径1—3 mm,面孔率10%,孔隙度5.32%,渗透率 $0.82 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;鲕粒云岩段,厚0.4 m,岩石孔渗差,孔隙度1.46%,渗透率 $< 0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;粉晶云岩、含膏粉晶云岩,厚1.86 m,溶孔最发育,孔径2—4 mm,面孔率15%,孔隙度7.02%,渗透率 $1.31 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。这种不均质性在本区马五₁地层中特别普遍。

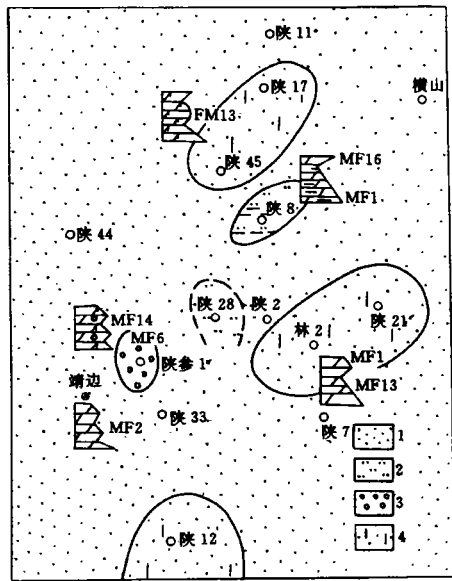
4 微相或微相组合的平面展布与其储集性能的横向不均质性

在建立一系列单井微相剖面的基础上,以储集小层为单元,勾画微相或微相组合的平面展布,再与其储集能力相对比,可以发现两者的内在联系,下面以中部气田马五₃储气层予以阐述。

马五₃层厚3.2—5.1 m,是中部气田的主力储气层。其微相组合平面图(图3)展示出大部分区域以细粉晶白云岩(MF2)为主体的微相组合Ⅳ、MF2出现频率83%—100%。以此为背景,陕17—陕45井、陕37—21井及陕12—陕16井三个区块内,含石膏粉晶白云岩(MF14)出现频率大于40%与细粉晶云岩及含石膏微晶云岩共同构成最有利于储集空间发育的微相组合。用该储层有效厚度乘以其孔隙度加权平均值代表储层的储集能力,其平面等值线图(图4)清楚地反映上述三个区块的储集能力最强, $H \cdot \Phi$ 值大于15。陕参1井区储层由三层含石膏微晶云岩(MF15)与二层鲕粒云岩(MF6)共厚50 cm±间互组成,岩芯柱面表现为三个间隔的孔隙发育段,维持了储层的储集能力, $H \cdot \Phi$ 值为9.5。而陕8井区,岩层以微晶白云岩为主体,并夹有二层共0.96 m的含泥晶云岩,抑制了储层的发育,溶蚀孔隙极其贫乏,电测解释为致密层。

综合归纳,中部气田储层微相研究表明,一方面各储层由于微相组合的差异导致储集性能纵横向存在着不均质性,另一方面各井区纵向上有利微相组合的差异导致储集性能纵横向存在着不均质性,另一方面各井区纵向上有利微相的比例都很高,普遍大于40%,有利微相的连片性强,特别是马五₁、马五₂、马五₃、马五₄储层只有零星井由于不利微相的出现使得

储集能力降低,而且分布范围很局限。



1. 以 MF1 为主的微相组合 N 2. 以 MF2 为主的微相组合 N 3. 微相组合 V 4. 微相组合 I

图 3 中部气田马五₁³微相组合平面展示图

Fig. 3 Carbonate microfacies association distribution map of the third section of O_{1ms5} in the Zhongbu gasfield

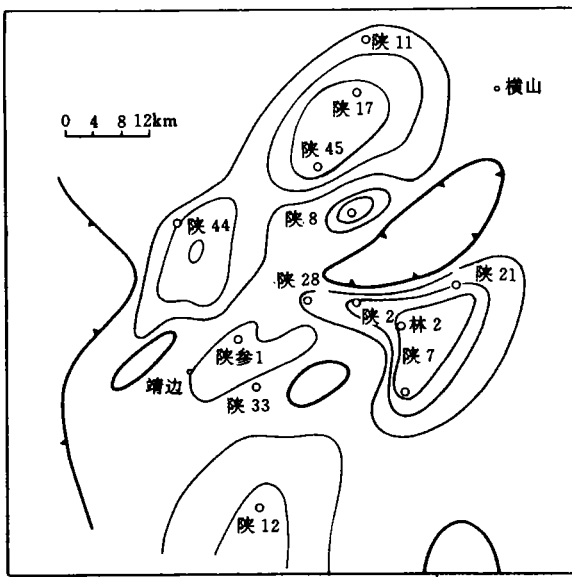


图 4 中部气田马五₁³H·Φ等值线图

Fig. 4 Effective reservoir thickness (H) × porosity curve (Φ), the third section of O_{1ms5} of the Zhongbu gasfield

5 中部气田储集层成因综合分析

控制本区储集层特征的基本因素有:各沉积相带及所属各微相组合的分布特征,成岩作用、后期岩溶作用及不同时期的构造作用(前期构造格局控制了沉积相带的分布和沉积微相特征,后期构造运动形成了一些局部分布的张性裂隙及相关的张性角砾岩)。

其中沉积相带及所属各微相组合是基本的控制因素,它控制了有利储集层的区域走向和总体分布,所属的各微相类型是后期各种作用的物质基础,对指导勘探有直接的战略意义。而各期成岩作用,后期岩溶作用和构造运动决定了有效储集空间和有利储集层段的具体分布形式,对指导开发生产有最现实的意义。

综合微相及微相组合研究成果表明,研究区马五₁₋₄地层属于蒸发潮坪相沉积,分布面积很大,东西延伸宽度达 150—200 km,这种大面积平缓地形不仅是其东部米脂泻湖与西部开阔海的通道,而且起到了一定的障壁性能,特别是有效地减缓海水潮汐作用,导致膏盐湖周围的潮坪环境潮差减小、能量减低、滩相不发育等特点的稳定型潮坪沉积。因此,作为该区储集岩类,一方面机械作用成因的孔隙类型相当贫乏,如鲕粒云岩微相展布规模小,仅局限

在个别井区;另一方面,广泛分布的白云岩晶间孔隙相当发育,经过复杂的成岩期、表生期以及表生后期等多期作用的改造,形成了该区特有的储层面貌。

早奥陶世为准同生—浅埋藏时期成岩作用阶段。成岩作用有白云化作用、重结晶作用、压实作用和胶结作用。微相1、微相2、微相3的储集性能差异是白云化和重结晶作用控制的具体反映,其中细粉晶云岩微相,白云石晶间孔可达 $50\mu\text{m}$,薄片面孔率可达15%,物性最佳,中奥陶世—早石炭世,本区马五段上部经受了近1.5亿年淡水淋滤溶蚀作用,广泛发育的晶间孔有利于淡水的溶蚀。微相14、微相15中含有大量的石膏晶体,石膏易溶,并且增加淡水中的 SO_4^{2+} 浓度,促进了白云石的溶蚀,形成了厘米级、毫米级不等的椭圆状溶孔、蜂窝状孔洞、晶间孔甚至地表落水洞等,构成了主力储集层,相反含泥质的微相、厚层状膏盐岩体为风化壳体的隔层或底板层,孔隙贫乏,是非储集层。中石炭世,地层下降接受沉积,进入了再埋藏期成岩作用阶段,经过了以自生矿物胶结作用为主的破坏性成岩作用,但作用有限,总体上保存了储集层的发育面貌。

研究工作和成文过程中,长庆石油管理局有关领导和黄月明、杨奕华等同志提供了许多方便,并得到了中国地质大学孟祥化教授热情指导,在此深表谢意。

收稿日期:1994-8-2

参 考 文 献

- [1] Albert V. Carozzi, Carbonate Rock Depositional Models, Prentice Hall Advanced Reference Series, 1989.

Carbonate Microfacies Characteristics and Reservoir Heterogeneity of the Ordovician Weathering Crust ($\text{O}_{1\text{ma}5_{1-4}}$) of the Zhongbu Gasfield, Ordos Basin, Northwest China

Ma Yongsheng Li Qiming and Guan Deshi

(Scientific Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing 100083)

Abstract

the Ordovician weathering crust ($\text{O}_{1\text{ma}5_{1-4}}$) is a major gas-bearing stratum of the Zhongbu gasfield in central Ordos Basin. 24 types of microfacies with different and abundant pores have respectively been recognized according to their mineral, texture, structure, diagenesis, geochemistry and petrophysics features. They were genetically reorganized into 8 MF associations. The table (below) shows the main characters of the MF associations.

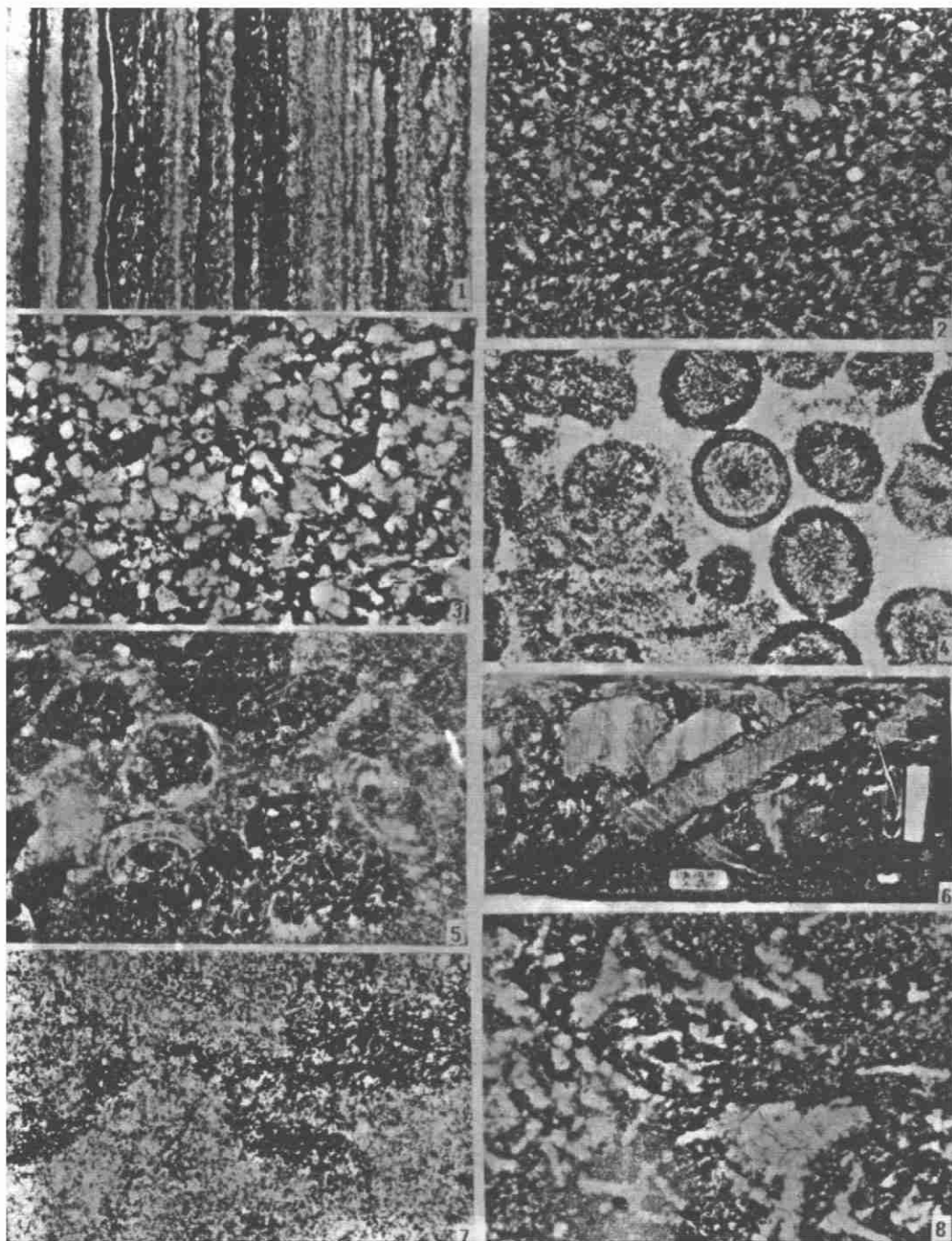
The main factors which control the characteristics of the reservoir are: distribution character of the sedimentary facies (belts) and their MF associations, diagenesis, succeeding kars-

tification and tectonic movement.

Sedimentary facies and their MF associations are the basic controlling factors. They control the regional strike and general distribution of the reservoir. The MF associations are the material foundation of the succeeding processes, which have direct strategic significance in guiding the petroleum exploration. The microfacies study results indicate that, for one thing the difference between the MF associations leads to the reservoir heterogeneity and, for another, the favourable microfacies have a very high proportion vertically in every well district and good continuity laterally, esp. in each section of O_{1ma5_1} , the porportion of the narrowly distributed unfavourable microfacies is very low. The succeeding processes (including diagenesis, karstification and tectonic movement) determine the specific distribution patterns of the effective pore space and favourable reservoir bodies, which has the most actual significance in directing the development.

Key Words: Zhongbu gasfield carbonate rock microfacies MF association reservoir

MF Association	Main Microfacies	Reservoir Evaluation	Sedimentary Environment	Distribution
I	MF19 (mud-bearing dolomite), MF20(dolo-mudstone)	bad	supratidal mud flat	O_{1ma5_3-4} west area near central uplift
II	MF16(anhydrite dolostone), MF21 (mud-bearing dolo-anhydrock)	relatively poor	supratidal evaporitive flat near salty lake	O_{1ma5_3-4}
III	MF14(anhydrite-bearing pseudomorphic crystal calcisiltite), MF15 (anhydrite-bearing micrite dolomite)	fairly good	supratidal evaporitive flat	wide
IV	MF1 (micrite dolomite), MF2(calcisiltite)	good	intertidal flat	wide
V	MF6 (sparite cemented oolitic dolomite), MF7 (matrix supporting oolitic dolomite)	relatively poor	oolitic bank	O_{1ma5_1-4}
VI	MF9 (bioclastic dolomite), MF10 (bioclastic-bearing breccia dolomite)	relatively poor	subtidal	O_{1ma5_4}
VII	MF22 (muddy calcisiltite), MF23 (muddy dolomite-bearing limestone)	fairly good	subtidal low energy environment	O_{1ma5_4}
VIII	MF18(salt) MF17(anhydrock)	non-reservoir	salty lake	Mizhi salty lake



图版说明 1-1 MF1(纹层状微晶白云岩), 陕 8 井(3258 m), $\times 100$ 。 1-2 MF2(粉晶白云岩), 陕 16 井(3038 m), 孔隙较发育(黑色部分), $\times 100$ 。 1-3 MF3(粗晶白云岩), 陕 11 井(3212 m), 局部孔隙发育(黑色部分), $\times 60$ 。 1-4 MF6(亮晶胶结鲕粒云岩), 陕参 1 井(3446 m), $\times 40$ 。 1-5 MF9(生屑云岩), 陕 11 井(3200 m), $\times 40$ 。 1-6 MF11(溶塌角砾云岩), 陕 28 井($6\frac{4}{45}$)。 1-7 MF12(张性角砾岩), 陕 18 井(3373 m), $\times 40$ 。 1-8 MF14(含硬石膏假晶粉晶云岩), 陕 16 井(3072 m), $\times 60$ 。