

文章编号:1672-9854(2010)-03-0023-09

鄂尔多斯盆地南部马家沟组成岩作用特征

郝雁¹,陈洪德²,赵俊兴²,朱平²

(1 中国石化国际石油勘探开发有限公司; 2 成都理工大学沉积地质研究院)



郝雁

摘要 通过对研究区 16 口钻井 15 条剖面数百片岩石薄片的详细鉴定,结合沉积史和区域地质特征,综合分析了主要目的层马家沟组的成岩作用类型及其特征。马家沟组储层的岩石类型主要为石灰岩和白云岩。石灰岩类型多样,主要有泥晶—微晶灰岩、微晶—亮晶颗粒灰岩及云斑灰岩等;白云岩以泥晶—微晶白云岩为主。主要的建设性成岩作用为白云石化作用和溶蚀作用;不利的成岩作用主要有重结晶、压实压溶、去白云石化、膏化等作用。在此基础上,进一步分析了鄂尔多斯盆地南部的成岩作用演化序列。

关键词 鄂尔多斯盆地;马家沟组;石灰岩;白云岩;成岩作用

中图分类号:TE112.23 **文献标识码**:A

郝雁 1983 年生,2007 年本科毕业于成都理工大学能源学院,2010 年于成都理工大学获沉积学硕士学位。通讯地址:100083 北京市北四环中路 263 号;电话:(010)58755700

鄂尔多斯盆地是我国第二大沉积盆地,总面积 $37 \times 10^4 \text{ km}^2$,盆地古生界蕴藏着丰富的天然气资源,全国第三次资源评价,天然气资源量为 $10.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。鄂尔多斯盆地中部气田下古生界已探明天然气地质储量约 $3048 \times 10^8 \text{ m}^3$ [1-2],主要集中在奥陶系顶部的风化壳岩溶体系 [3-4],产气层位主要为下奥陶统马家沟组五段 (O_1m_5)。目前对盆地南部的勘探一直没有突破,但该区古生界沉积厚度大,生储盖层配套,构造圈闭发育,保存条件较好,具有形成天然气藏的有利地质条件。在盆地南部所钻的数口古生界探井中已发现了天然气显示,其中耀参 1 井测试产气 $24 \sim 135 \text{ m}^3/\text{d}$ [5]。虽然该区还未形成工业气流,但地质条件表明其古生界具有较大的勘探潜力。

成岩作用的研究对沉积盆地含油气性预测、潜在储层评价以及成岩圈闭油藏的勘探等方面均具有重要意义。本文试图对鄂尔多斯盆地南部马家沟组的成岩作用做些探讨。

1 区域地质背景

鄂尔多斯盆地位于华北台地的西部,地跨陕、

甘、宁、晋、内蒙古等五省区,系一矩形构造盆地。奥陶纪古构造面貌呈现出“一隆一坳”的特征,“隆”即中央古隆起,呈 L 形,“坳”即米脂—延川坳陷。中奥陶世末的晚加里东运动,使华北地块整体抬升,经历了约 150 Ma 的沉积间断,盆地主体缺失晚奥陶世至早石炭世的沉积。燕山运动中期盆地差异沉降,南北隆升、东抬西冲,经喜马拉雅期发展完善。根据现今构造及演化历史,鄂尔多斯盆地分为六个一级构造单元:盆地中部是伊陕斜坡,向东为晋西挠褶带,向西依次为天环坳陷、西缘冲断构造带,北部为伊盟隆起,南面为渭北隆起 [6-7]。本次研究区域横跨三个构造单元,包括伊陕斜坡、渭北隆起及天环坳陷(图 1)。

早奥陶世,鄂尔多斯盆地沉积了一套碳酸盐岩为主夹蒸发岩的地层,称之为马家沟组或马家沟群,自下而上划分为“马一”至“马六”共六个地层段。

马家沟一期(马一期)始,出现洋壳,并进一步扩展为相当于现代板块体制下的沟、弧、盆主动大陆边缘构造体系。此时发生奥陶纪的第二次海侵,其构造—沉积特点与之前的第一次海侵(沉积了冶里组)有其连续性,盆地南部隆起 [6]。马二期,海侵达到了

收稿日期:2009-08-31;改回日期:2010-04-28

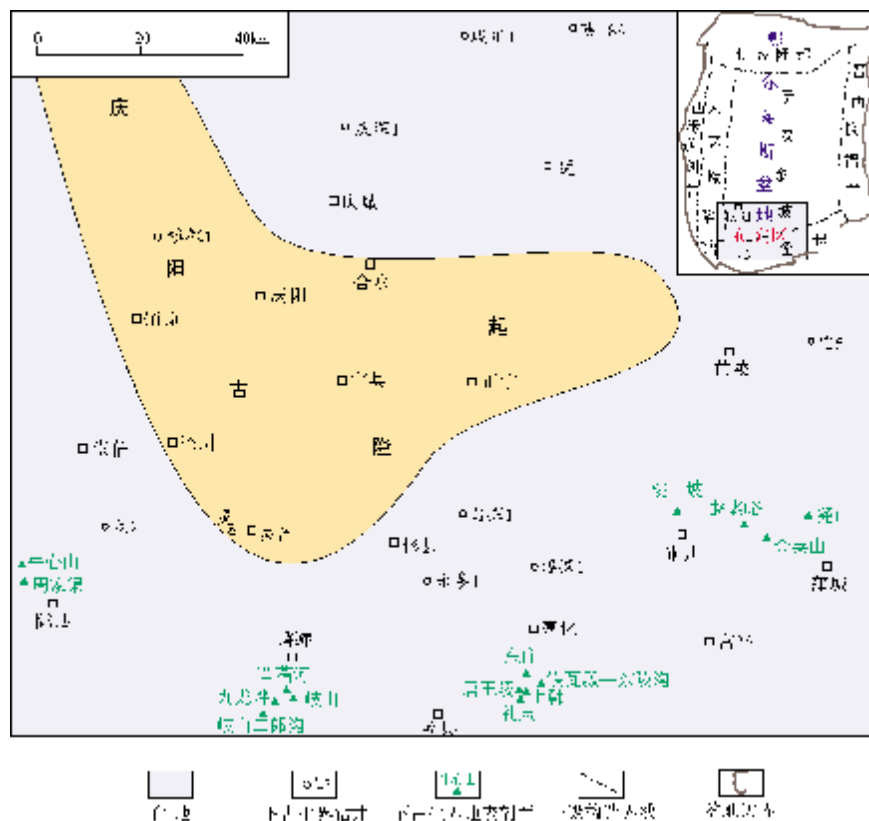


图1 研究区位置及马家沟期马四时古地理

进入早奥陶世以来的第一个高潮,研究区沉积建造以大段的石灰岩、白云岩为特征,在古隆起边缘发育准同生白云岩、灰质白云岩等,局部含石膏。马三期,贺兰拗拉槽扩张加剧,随之肩部急剧掀斜抬起。沉积了硬石膏和盐岩等夹少量白云岩的蒸发岩类组合,从而形成含白云岩、盐岩的坳陷盆地。马四期为早奥陶世最大的一次海侵旋回。马五期,由于南北秦岭和兴蒙洋壳俯冲加速造成的相向挤压作用力,研究区虽然继承了马三、马四期的古地理面貌和古构造格局,但整体表现为震荡性、间歇性的海退,海水明显变浅,范围相应减小。马六期,海侵又复扩大,水体相应加深,再度出现小规模海侵,研究区广泛沉积了一套较纯的碳酸盐岩^[6-8]。

2 岩石学特征

通过对鄂尔多斯南部地区16口钻井15条剖面的300余份奥陶系岩石薄片资料,对马家沟组的岩石学特征和成岩作用进行了研究。根据本次薄片观察和前人岩石薄片部分成果统计,区内马家沟组所见的

各种岩石可归纳为石灰岩和白云岩两大类(表1)。

2.1 石灰岩

据观察薄片统计,石灰岩类型约十几种,各井的岩性变化明显,其中泥晶—微晶灰岩、微晶—亮晶颗粒灰岩广泛发育,可见部分云斑灰岩。

2.1.1 泥晶—微晶灰岩

具泥晶—微晶结构,由大于90%的泥晶—微晶方解石组成,部分重结晶成粉晶。微晶灰岩中不含或仅含少量藻球粒、藻屑(图2a)、砂屑或生物碎屑等,各种颗粒可呈水平纹层状分布。该类岩石较致密,镜下基本未见孔隙,在岩溶作用下可见到早期的溶蚀孔缝,但均被方解石、石英充填,孔隙度一般小于2%~3%。

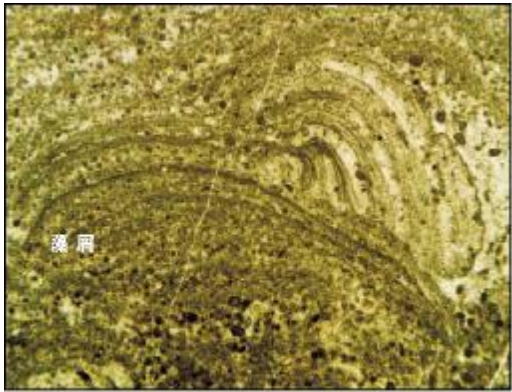
2.1.2 微晶—亮晶颗粒灰岩

研究区内发育的微晶—亮晶颗粒灰岩以砂屑灰岩为主,砾屑灰岩次之,藻屑灰岩及藻球粒灰岩最少。

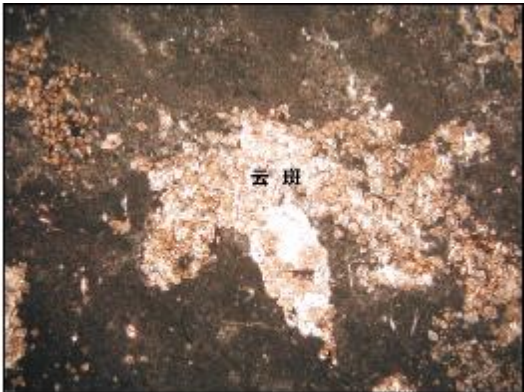
砂屑灰岩 砂屑成分主要为泥晶方解石和藻

表 1 鄂尔多斯盆地南部马家沟组岩性

岩 性			井、剖面
石 灰 岩 类	泥晶—微晶灰岩		旬探 1 井,岐山剖面,东陵沟—铁瓦殿剖面,唐王陵剖面
	微晶—亮晶颗粒灰岩	砂屑灰岩	耀县桃曲坡剖面
		砾屑灰岩	苜蓿河剖面
		藻屑灰岩及藻球粒灰岩	耀县桃曲坡剖面
	云斑灰岩		苜蓿河剖面
白 云 岩 类	泥晶—微晶白云岩类	泥晶白云岩	苜蓿河剖面,东陵沟—铁瓦殿剖面
		含藻纹层泥晶—微晶白云岩	旬探 1 井
		膏质微晶白云岩	庆深 1 井,宜 5 井,灵 1 井
	纹层石白云岩		苜蓿河剖面,东陵沟—铁瓦殿剖面
	岩溶角砾白云岩		苜蓿河剖面、唐王陵剖面
	晶粒白云岩	粉晶—细晶白云岩	苜蓿河剖面,庆深 1 井,宜 5 井,龙 2 井,灵 1 井,岐山剖面,东陵沟—铁瓦殿剖面,唐王陵剖面
		残余颗粒粉晶—细晶白云岩	苜蓿河剖面,岐山剖面
	次生灰质白云岩		旬探 1 井,永参 1 井,宜 5 井,龙 2 井,灵 1 井



(a) 藻球粒叠层石泥晶—微晶灰岩:马家沟组四段,耀县桃曲坡剖面。(—), × 25



(b) 云斑灰岩:马家沟组,金粟山剖面。对角线长8mm, (—)

图 2 鄂尔多斯盆地南部石灰岩

屑,形状多为球形或椭圆形。砂屑中常混有砾屑、鲕粒、生物碎屑、石英粉砂等,基质为泥晶或微亮晶。在一些岩石中发育有压溶缝合线,可造成砂屑或鲕粒变形,通常情况下溶蚀孔不发育。

砾屑灰岩 砾屑组成为泥晶灰岩、泥晶藻屑灰岩、泥晶球粒灰岩等,粒径大小不等,一般为2~5 mm,大的可达数十毫米,磨圆较好,呈圆形或椭圆形,砾屑间可充填小砾屑或生物碎屑、砂屑及鲕粒等,部分砾屑可见有铁质氧化边,表明水浅,有暴露的特点。

藻屑灰岩及藻球粒灰岩 形态呈不规则状、弯

曲状,粒径在0.2~2 mm,由富藻的泥晶方解石组成,在部分藻屑中可见到藻丝体,在藻屑灰岩中通常有藻球粒分布于其中,球粒大小一般在0.1 mm左右,富含有机质(图2a)。

2.1.3 云斑灰岩

云斑灰岩(图2b)出现在微晶灰岩、颗粒灰岩中,通常为早成岩期的细粉晶白云石交代泥晶—微晶灰岩或选择性交代颗粒灰岩,呈不规则斑块状分布于岩石中。云斑中白云石多呈自形或半自形晶,斑块大小不等,白云石的含量对储集性有很大影响。

2.2 白云岩

据观察薄片统计,各井中白云岩类型各不相同。以早期泥晶—微晶白云岩和重结晶的粉晶白云岩或交代成因的残余颗粒白云岩为主。表生期抬升剥蚀,部分白云岩遭受剥蚀或溶蚀破裂形成白云质岩溶角砾岩及其它不同类型的岩溶岩。研究区中部的井,如旬探1井等,还可见到纹层白云岩及次生灰质白云岩等。

2.2.1 泥晶—微晶白云岩

不含或含少量颗粒,局部可见藻纹层或泥纹,晶体 $3\sim 5\mu\text{m}$,颗粒含量 $<5\%$,按岩石组构特征可分为三种类型:(1)纯净的泥晶白云岩(图3a);(2)含藻纹层的泥晶—微晶白云岩;(3)膏质微晶白云岩(图3b)。泥晶—微晶白云岩大多数孔隙不发育,岩石较致密,局部见有溶蚀孔缝,被硅质或其它矿物充填,也见有膏模孔和针状溶孔,孔隙度可达 $2\%\sim 5\%$ 。

2.2.2 纹层石白云岩

由明暗相间的富藻层和富屑层构成纹层石结构(图3c),富藻层宽 $0.1\sim 0.5\text{mm}$,个别可达 $1\sim 4\text{mm}$,有不连续的宽窄变化,层内常保存有管状体或丝线体和藻屑集合体,由富藻层和富屑层构成窗孔构造。

2.2.3 岩溶角砾状白云岩

原岩为膏质或盐类蒸发岩,由地下水溶解带走可溶性大的矿物而导致垮塌堆积而成(图3d)。溶蚀角砾大小不一,大部分呈棱角状,部分具溶圆现象,角砾成分主要为泥晶—微晶白云岩、颗粒白云岩,填隙物为泥晶—微晶白云石,富含有机质和泥质组分。

2.2.4 晶粒白云岩

该类岩石具有强烈的交代和重结晶作用,因而具有残余颗粒组构(图3e)。按结构可分为粉晶—细晶白云岩、残余颗粒粉晶—细晶白云岩。

粉晶—细晶白云岩具重结晶特征,白云石晶形较差,大小不等,呈他形或半自形镶嵌状,晶间孔不发育,见有残余微晶白云石基质和水平纹层。此类白云岩有序度特征与微晶白云岩相似,显示了重结晶白云岩继承了富钙低序度泥晶—微晶白云岩的矿物学和地球化学特征。

交代成因的晶粒白云岩大部分具残余结构,如残余鲕粒结构、残余砂屑结构、残余藻纹层结构等白云石晶形较好,晶体粗大,可达细晶,部分达中晶,呈半自形—自形晶,晶间孔相对发育,白云石有序度较高,含Fe明显增高。

晶粒白云岩的孔隙度与成因类型和结构特征密切相关,一般早期粉晶白云岩裂缝不发育,孔隙度差,早—中期重结晶的粉晶—细晶白云岩或细晶白云岩的晶间孔及晶间溶孔较发育,多为原生晶间孔与次生晶间溶孔,面孔率在 $6\%\sim 8\%$,渗透率较好。而经交代并重结晶的颗粒白云岩孔隙不发育,这是因埋藏白云石化作用不断进行并持续加强而导致重结晶的颗粒灰岩强烈粉晶白云石化,致使颗粒和填隙物均一化。白云石化使颗粒与充填物粉晶化之后,重结晶作用仍在继续,直至岩石致密化。

2.2.5 次生灰质白云岩

次生灰质白云岩普遍发育于马家沟组,次生方解石大多呈细晶—中晶结构交代细晶白云石或充填白云石晶间溶孔和溶洞,岩石中可见到残余灰质微晶结构。此外,次生灰岩中往往出现白云石的菱面体假象和雾心亮边结构(图3f),以及交代残余的微晶—粉晶白云石或白云岩斑块。这表明大多数次生灰质白云岩为各类含膏(盐)矿物的白云岩在地下水的溶蚀过程中,由去膏(盐)化而引起的去白云石化的产物。

3 成岩作用类型

鄂尔多斯盆地南部马家沟组碳酸盐岩主要经历了白云石化和溶蚀等建设性成岩作用。该地区破坏性的成岩作用主要有充填、重结晶、压实压溶、胶结、去白云石化以及膏化作用等。

3.1 白云石化作用

白云石化作用是本区对储层贡献最大的成岩作用之一,根据发育特征及发育期次的不同,可将研究区白云石化作用分为以下几种。

3.1.1 准同生白云石化作用

准同生白云石化作用主要发生于蒸发潮坪、局限潮坪及半局限潮坪或台地中,所形成的白云岩颜色多呈土黄色和浅灰色,新鲜面则呈深灰色和灰黑色,晶体表明很脏,化石稀少,伴生有石膏

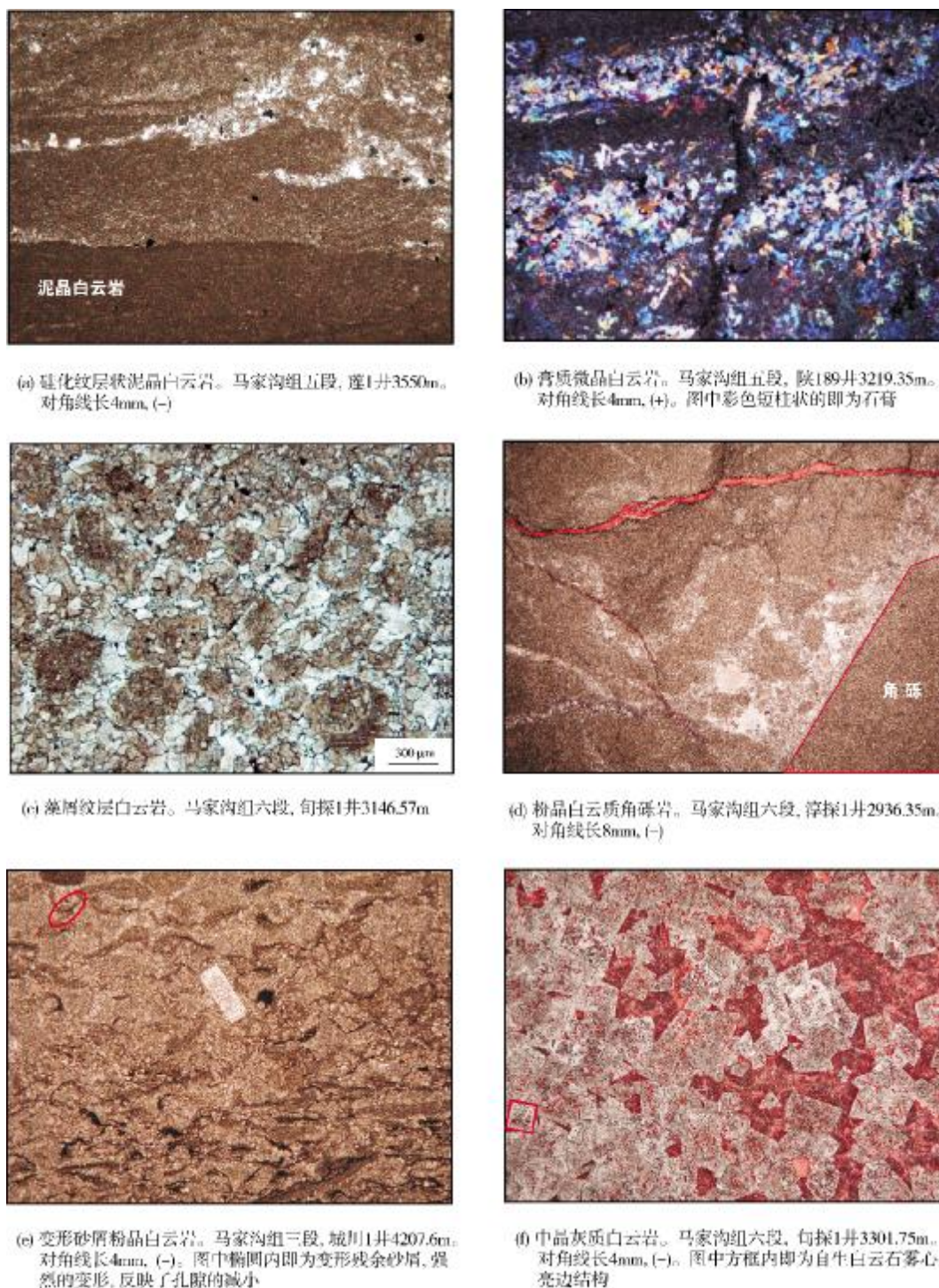


图3 鄂尔多斯盆地南部白云岩

微晶、膏模孔以及富含泥而显示出的水平层理等潮间和潮上带沉积构造特征。白云石晶粒细小, 晶体有序度较低, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 克分子比大于1, 多发昏

暗或散乱的星点状橘黄色光。原生包体均一温度小于 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 表明这类白云石是在低温条件下快速结晶出来的。研究区的准同生白云岩多分布于庆

阳古隆起周围,主要分布在东陵沟—铁瓦殿剖面、金粟山剖面、岐山剖面等地区,结构特征表现为晶体细,以泥晶—粉晶为主,晶间孔极细小,一般在3~5 μm 。

3.1.2 浅埋藏成岩交代白云石化作用

这种模式的白云石化主要发生在近地表。方少仙教授认为在浅埋藏环境中,由于多成因混合水的存在,形成了类似于混合水环境,在此环境中发生的白云石化作用称为混合水白云石化作用^[9]。据此,当来自地下的成岩流体或其它成因的流体与沉积物的孔隙水混合时,也可形成类似于海水与淡水的混合水环境,同样也会发生“混合水白云石化作用”。故此本区的“混合水白云石化”主要指的是沉积物的孔隙水与来自地下的其它成因的成岩流体混合而发生的白云石化作用。这种“混合水白云石化作用”可以直接由原生沉积物在浅埋藏环境中发生,也可以在早期(如同生期)白云石化作用基础上再继续发生^[10]。

发生这种作用的白云石多呈粉晶—细晶,普遍具有雾心亮边结构,随着白云石晶体变粗,晶间孔也随之变大,大小一般在30~50 μm ,岩石面孔率较准同生白云岩明显增加。

研究区具这种成岩作用的白云岩储层原始结构普遍遭到程度不同的破坏,部分白云岩为原始结构完全消失的晶粒白云岩(图3e)。白云石中残余有大量的原岩微晶或杂质,重结晶作用明显,具有雾心亮边的现象,为典型的粉晶结构。

3.1.3 深埋藏白云石化作用

鄂尔多斯盆地南部储层中深埋藏白云石化常见沿古岩溶孔洞和溶缝充填的异形白云石,以晶体粗大、晶面呈马鞍状以及具有波状消光现象为显著特征,一般为粗晶—巨晶,半自形—他形。这种白云石的有序度也较低, CaCO_3 摩尔含量高,说明是形成于较高温孔隙水中。

3.2 溶蚀作用

在加里东构造运动的挤压抬升下,鄂尔多斯盆地南部隆起,剥蚀量大,从而马家沟组形成了风化壳和相应的层内岩溶体系。在风化剥蚀条件下,由于地表水及地下水的循环,可溶性岩层遭受溶蚀,区域上该套溶蚀层与风化壳的形成相伴。

3.2.1 表生岩溶角砾岩和溶蚀孔洞缝的形成

据岩心和镜下薄片观察,岩溶角砾岩最为发育(图3d)。可由膏盐岩或含膏盐的碳酸盐岩溶解形成膏溶角砾岩,在裂缝或溶缝发育的地方形成垮塌角砾岩,包括灰质角砾岩、白云质角砾岩或灰质白云质混合角砾岩。其中,除局部由构造作用形成外,其它角砾岩均属地表条件下岩溶作用对石灰岩或白云岩溶蚀所形成。

马家沟组角砾岩大多见有大的溶蚀孔洞,孔洞中半充填或全充填白云石、方解石、自生石英或黏土等。角砾中见有先期发生的成岩作用,说明了这些角砾岩是经过固结成岩后再遭受溶蚀而形成的。从成因的角度上,大气淡水淋滤作用是本区最常见的溶蚀作用之一,包括溶解、去白云石化、去膏化、硅化、褐铁矿化、角砾化等成岩作用。淋滤溶解作用可以发生在成岩作用早期阶段,大气淡水淋滤作用使不稳定组分被选择性溶解,形成粒间溶孔、粒内溶孔、铸模孔、晶间溶孔以及溶洞等。成岩中晚期可由淡水与成岩水共同对岩石发生溶解作用,主要特征是以非组构选择性溶解作用为主,少量由于内部组构的非均一性亦可表现为组构选择性溶解。从本区溶解作用看,以晚期溶解作用最有意义,但它们往往与早期溶解作用有一定的依赖关系或包含早期溶解作用。

3.2.2 埋藏期的溶蚀作用

这一成岩作用是在埋藏期对表生期岩溶产物的叠加改造,表现为表生期形成的孔隙充填物被溶蚀,并形成特征的自生矿物充填结构。具体而言:表生期充填溶孔的淡水方解石在埋藏期经溶解后被方解石、铁白云石、含铁方解石、石英、异形白云石、黄铁矿及沥青充填(图4a)。

3.3 充填作用

充填在孔洞缝内的白云岩在各组白云岩中常可见到,岩石薄片下见溶孔、溶洞,裂缝内充填的白云岩多以干净、明亮、自形程度好为特征,如溶孔内充填的白云岩,其晶体较周边粉晶白云石粗,孔隙溶蚀边界清楚,孔内充填的白云石呈自形—半自形菱面体,呈中晶—粗晶,也见到巨晶白云石。在少数白云岩晶间孔中也见到黏土矿物充填。裂缝中的白云石晶体大小受裂缝的宽度限制,并



(a) 藻屑白云岩, 粒间溶孔, 如图中椭圆内所示。马家沟组六段, 尧山剖面。对角线长1.6mm, (-)



(b) 不等晶白云岩。马家沟组, 连1井, 3565.2m。对角线长4mm, (-)。图中圆内即为去白云石化形成的方解石, 颗粒中深色阴影区域显示残存部分白云石的菱形结构

图4 鄂尔多斯盆地南部部分成岩作用类型

常见到淡水方解石与之共生, 该类白云石属淡水成因。

另见有埋藏成岩过程中的自生白云石 (图3f), 主要以铁白云石或异形白云石为主, 白云石一般为粗晶—巨晶, 晶体较干净, 自形程度较好。通常铁白云石有序度高, 一般为1, 而 CaCO_3 摩尔含量较低, 形成于较低温环境中; 异形白云石有序度低, CaCO_3 摩尔含量高, 形成于较高温的孔隙水中。

3.4 重结晶作用

在鄂尔多斯盆地南缘岐山、尧山、金粟山及礼泉等剖面的马家沟组, 都可见到不同程度的重结晶作用。重结晶作用破坏鲕粒边界, 造成原岩结构破坏, 呈残余结构。

3.5 压实、压溶作用

马家沟组的颗粒灰岩受压实作用发生变形, 粒间孔隙减小 (图3e)。而粉晶—细晶白云岩受压实作用造成晶体呈镶嵌接触, 使岩石致密程度增加, 孔隙度和渗透率变差。压溶作用形成的缝合线, 被沥青和铁泥质充填或半充填。

3.6 胶结作用

马家沟组共发生两期胶结作用。一期胶结作用发生在浅埋藏成岩环境, 由交代重结晶的半自形粒状白云石晶体将粒间剩余孔全部或半充填, 局部见有硬石膏充填。由于水体矿化度增高, 方解石、硅质、

白云石等矿物沉淀对颗粒起到胶结作用。在较高的温度和围压下, 表现为粗大明亮洁净的自形白云石部分充填溶孔、溶洞及裂缝。

二期胶结作用发生在表生暴露后, 上覆的泥质或淡水方解石、淡水白云石又充填岩溶角砾间或孔隙洞缝内。

3.7 去白云石化作用

在马家沟组上部的风化壳中, 经常可见到白云石晶体被淡水方解石和硅质交代, 有时被溶解而留下白云石的溶蚀孔隙等。这说明去白云石化作用在区内多与大气淡水作用有关, 在地表, 白云石被方解石交代, 形成粗大的方解石斑晶 (图4b)。

3.8 膏化作用

马三期, 在蒸发条件下, 随着水体盐度的增加, 可以促使石膏的形成。石膏可呈分散状单晶或斑块状、团状, 也可集成层状分布。部分石膏可交代方解石或白云石, 而形成具有方解石或白云石残余体的石膏或硬石膏 (图3b)。

4 成岩作用阶段的划分

不同的成岩环境发生不同的成岩作用, 产生不同的成岩组构和成岩矿物组合; 不同的沉积成岩环境制约着成岩作用, 也影响着成岩阶段的划分。

鄂尔多斯盆地南部下古生界碳酸盐岩地层主要经历了海水成岩环境、大气渗流—海水潜流成岩环境以及埋藏成岩环境。对于这三种成岩环境, 按照碳

酸盐岩成岩阶段划分标准^[11]可相应地划分为同生成岩阶段、早成岩阶段、中成岩阶段以及晚成岩阶段等四个阶段,在此标准的基础上,笔者将本区成岩阶段划分为海水(近地表)/准同生期、浅埋藏/早成岩期、大气淡水/表生期、深埋藏/晚成岩期等四期。根据成

岩作用特征和成岩阶段划分,区内成岩演化序列为:机械压实→压溶、胶结、重结晶作用→膏化→早期白云石化→有机质侵染→淡水溶解→角砾化→淡水方解石、白云石充填→硅化→去白云石化→胶结→深埋藏溶解(图5)。

成岩阶段 成岩作用	准同生期 近地表	早成岩期 浅埋藏	表生期 地表	晚成岩期 深埋藏
压实作用	—————			
胶结作用	—————			
重结晶作用	—————			—————
早期白云石化	—————			
膏化	—————			
压实压溶 角砾化	—————		—————	—————
淡水溶解		—————		
淡水方解石充填			—————	
淡水白云石充填			—————	
有机质侵染		—————		
去白云石化 角砾化			—————	
埋藏溶解				—————

图5 鄂尔多斯盆地南部马家沟组成岩演化序列

研究区马家沟组同生作用阶段以干燥气候条件下潮坪的沉积环境为特征,这是有利于马家沟组碳酸盐沉积物早期白云石化形成的最佳条件。早期白云岩如砂屑白云岩中粒间晶间孔,是准同生期或早期成岩阶段形成晶间孔的主要孔隙空间。同生作用结束后,经历加里东运动的风化、剥蚀和淋滤作用阶段即表生期岩溶作用阶段,在大气淡水及地下水的的作用下,产生了岩溶、去膏化、去白云石化、角砾化,形成溶蚀孔隙为主的岩溶孔隙,孔隙空间变大。在岩溶孔隙形成的同时伴随有渗流砂、淡水白云石、方解石的沉淀和充填作用等破坏性成岩作用,形成溶斑孔内充填方解石及白云石。马家沟组碳酸盐岩随着埋藏深度的加深,特别是上古生界含煤系地层深度增加和压力加大,进入埋藏成岩阶段,有机质热演化过程中脱羧作用形成的有机酸水,产生溶蚀作用和交代作用,它叠加在风化壳岩溶上,使风化壳古岩溶形成的岩溶孔隙群和溶缝扩大,伴随埋藏岩溶作用的同

时,也形成埋藏期成岩矿物如石英、黄铁矿、铁方解石、铁白云石及少量的异形白云石的充填,孔隙逐步减小。

5 结 论

(1)鄂尔多斯盆地南部马家沟组储层岩石类型主要为石灰岩和白云岩。石灰岩类型多样,主要有泥晶—微晶灰岩、微晶—亮晶颗粒灰岩及云斑灰岩等;白云岩类以泥晶—微晶白云岩为主。

(2)对孔隙发育有利的成岩作用主要有白云石化作用和溶蚀作用,不利的主要有重结晶、压实压溶、去白云石化及膏化等成岩作用。

(3)表生岩溶形成最重要的孔洞缝系统,虽经压实、充填、胶结等成岩作用而受一定的破坏,但经后期埋藏改造最终形成有利的储层系统。

(4)成岩演化经历了海水成岩环境、大气渗流—海水潜流成岩环境以及埋藏成岩环境;成岩阶段可划分为海水(近地表)/准同生期、浅埋藏/早成岩期、

大气淡水(地表)/表生期以及深埋藏/晚成岩期等四期;成岩演化序列为机械压实→压溶、胶结、重结晶→膏化→早期白云石化→有机质侵染→淡水溶解→角砾化→淡水方解石、白云石充填→硅化→去白云石化→胶结→深埋藏溶解。

参考文献

- [1] 何自新,郑聪斌,陈安宁,等.长庆气田奥陶系古沟槽展布及其对气藏的控制[J].石油学报,2001,22(4):34-38.
- [2] 何自新,郑聪斌,王彩丽,等.中国海相油气田勘探实例之二:鄂尔多斯盆地靖边气田的发现与勘探[J].海相油气地质,2005,10(2):37-44.
- [3] 郑聪斌,冀小林,贾疏源.陕甘宁盆地中部奥陶系风化壳古岩溶发育特征[J].中国岩溶,1995,14(3):280-288.
- [4] 郑聪斌,王飞雁,贾疏源.陕甘宁盆地中部奥陶系风化壳岩溶岩及岩溶相模式[J].中国岩溶,1997,16(4):351-361.
- [5] 陈五泉.鄂尔多斯盆地南缘古生界天然气地质条件及勘探有利区评价[J].石油地质与工程,2009,23(2):14-17.
- [6] 何自新,等.鄂尔多斯盆地演化与油气[M].北京:石油工业出版社,2003.
- [7] 苏中堂,陈洪德,赵俊兴,等.鄂尔多斯盆地靖边北部地区马五₄成岩作用与成岩相特征及其油气地质意义[J].成都理工大学学报:自然科学版,2008,35(2):194-200.
- [8] 张抗.鄂尔多斯断块构造和资源[M].西安:陕西科学技术出版社,1989.
- [9] 方少仙,董兆雄,侯方浩,等.层状白云岩储层特征与成因[M].北京:地质出版社,1999.
- [10] 蒋裕强,董兆雄,陈善勇,等.千米桥地区奥陶纪海底及前埋藏白云石化异化作用[J].西部探矿工程,2006,(9):111-113.
- [11] 孔金祥,李国蓉.SY/T 5478-2003 碳酸盐岩成岩阶段划分标准[S].2003.

编辑:吴厚松

The Diagenesis Characteristics of Ordovician Majiagou Reservoir in Southern Part of Ordos Basin

Hao Yan, Chen Hongde, Zhao Junxing, Zhu Ping

Abstract: Based on data of conventional identification of several hundreds thin-sections from 16 wells in the southern part of Ordos Basin, the types and characteristics of the diagenesis of Ordovician Majiagou Formation reservoir are analyzed in combination with the depositional history and regional geological characteristics of the research region. It is concluded that the Majiagou reservoir rocks predominantly consist of limestone and dolostone. The limestone commonly are micritic limestone, microlitic and sparry grainstone and dolomite-stained limestone. The dolostone mainly are dolomitic. Dolomitization, dissolution are the main constructive ones while recrystallization, compaction, pressolution, dedolomitization and gypsification are the main destructive diagenesis in Majiagou reservoir. In addition, the evolutionary sequence of diagenesis in this region is discussed.

Key words: Ordos Basin; Ordovician; Majiagou Formation; Limestone; Dolostone; Diagenesis; Evolution sequence

Hao Yan: female, Master. SINOPEC International Petroleum Exploration and Production Corporation, Beijing, 100083 China