

苏中堂,柳娜,杨文敬,等.鄂尔多斯盆地奥陶系表生期岩溶类型、发育模式及储层特征[J].中国岩溶,2015,34(2):109-114.
DOI:10.11932/karst20150203

鄂尔多斯盆地奥陶系表生期岩溶 类型、发育模式及储层特征

苏中堂¹,柳娜^{2,3},杨文敬^{2,3},呼尚才¹,武春英^{2,3},裴文超¹,任军峰^{2,3}

- (1. 成都理工大学沉积地质研究院,四川 成都 610059;
2. 低渗透油气田勘探开发国家重点实验室,陕西 西安 710018;
3. 中石油长庆油田分公司勘探开发研究院,陕西 西安 710016)

摘要:鄂尔多斯盆地奥陶系表生期岩溶储层是盆地碳酸盐岩油气勘探的主力类型,近年来岩溶储层勘探取得一些新突破,难以用风化壳岩溶完美解释,表明存在不同的岩溶作用类型。在钻井岩心、薄片观察基础上,结合古地形、古地貌及岩溶特征分析认为:鄂尔多斯盆地奥陶系表生期存在风化壳岩溶和顺层岩溶两种不同类型的岩溶作用,根据围岩性质细分为白云岩型、灰岩型风化壳岩溶和白云岩型、灰岩型顺层岩溶4个亚类;风化壳岩溶具有非组构选择性,岩溶特征因岩石组构差异而不同,顺层岩溶是组构选择性溶蚀,岩溶作用沿较陡地形顺层选择性溶蚀易溶组分形成孔-洞系统;风化壳岩溶储层受岩溶地貌、岩溶旋回和沉积相带共同控制,顺层岩溶储层预测则需综合考虑古地形、岩溶古地貌、沉积相及古沟槽、古裂隙等要素。

关键词:风化壳岩溶;顺层岩溶;岩溶模式;岩溶机理;岩溶储层

中图分类号:P534.42;P618.13 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-4810(2015)02-0109-06

岩溶储层是碳酸盐岩重要储层类型之一,因此,古岩溶研究成为碳酸盐岩储层成因研究最活跃的领域之一。我国碳酸盐岩油气勘探史上,与不整合有关的古岩溶储层占有重要位置,四川盆地震旦系、塔里木盆地奥陶系、鄂尔多斯盆地奥陶系等典型油气田均为古岩溶储层^[1-2],而且多发育在加里东-海西构造旋回期,具有多期次特点^[3]。事实上,埋藏环境也发育岩溶作用,即压释水岩溶(多为有机酸性水)和热水岩溶(与断裂有关的热液)^[4-6],甚至在海平面短暂下降过程中可形成同生岩溶(又称层间岩溶)^[7-8],这表明岩溶作用类型多样,控制因素复杂,储层分布不仅限于潜山区^[9]。鄂尔多斯盆地奥陶系存在多种古岩溶类型^[10],但由于表生期岩溶叠加改造层间岩溶,并受埋藏岩溶扩溶,因此对其关注度最高,不同学者从岩溶地貌、控制因素、沟槽特征等方面研究了这期古岩溶作用对储层的影响^[1-16]。近些年,盆地西缘、东

南部及大牛地等地区岩溶储层勘探取得新突破,虽然均形成于表生期^[17-22],但形成机理与靖边地区不同,用靖边气田研究成果很难解释其成因,说明表生期岩溶存在不同的类型和形成机理,本文试图对鄂尔多斯盆地古岩溶储层研究成果进行梳理,为盆地古岩溶储层研究提供借鉴。

1 区域地质背景

鄂尔多斯盆地处于华北地台西缘,为典型的克拉通盆地,早古生代盆地周缘环绕伸展裂陷,稳定沉降形成海相碳酸盐岩沉积,奥陶纪晚期,加里东运动挤压力使盆地整体抬升^[23],经历了约1.4亿年的风化剥蚀,形成奥陶纪顶部的风化壳储集层^[24],造就了著名的靖边海相大气田(图1)。风化壳主要形成于马家沟组顶部,即按含油气岩性特征划分的上组合^[25]。

马家沟组自下而上按照岩性划分为 6 段,马六段仅在盆地东部零星残存,风化壳大部分发育在马五段地层内,马五段自上而下又划分为 10 个亚段,其中马五₅亚段为一套黑灰岩在盆地东部作为标志层,但近些年发现该亚段及其下伏地层向西逐渐过渡为晶粒白云岩,即中组合地层^[26]。盆地西部与马家沟组同时期地层从老到新依次为三道坎组、桌子山组和克里摩里组,其上覆盖中奥陶统乌拉拉克组和拉什仲组。

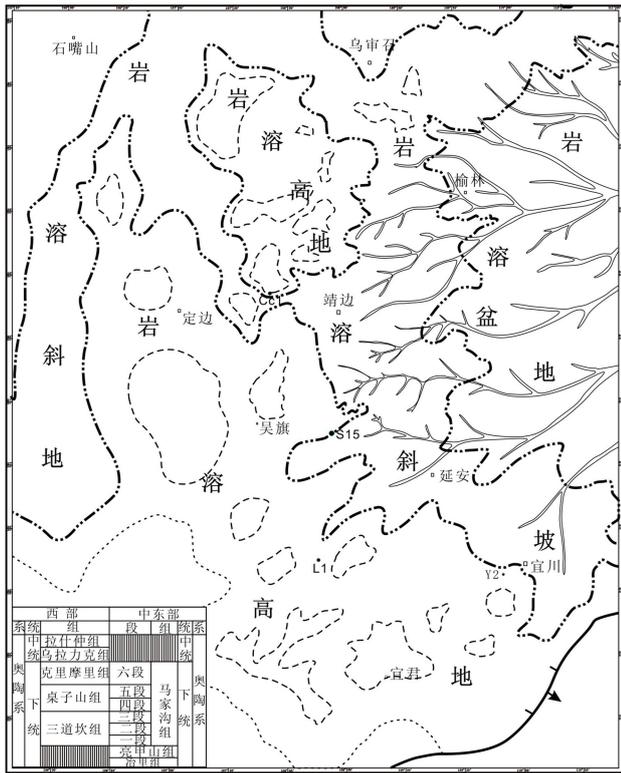


图 1 鄂尔多斯盆地奥陶系风化壳古地貌分布图

Fig. 1 Map showing palaeogeomorphology of Ordovician in Ordos basin

奥陶纪时,鄂尔多斯盆地受中央古隆起影响沉积环境具明显东西差异性,古隆起东为典型陆表海潮坪相沉积,其中上组合形成含膏微晶~粉晶云岩夹含泥-泥质云岩组合,中组合在海进背景下受古隆起控制形成具砂屑结构的细~中晶云岩-岩盐-灰岩组合,可用局限台地-浅水陆棚-斜坡模式解释;古隆起西部即盆地西缘在克里摩里期发育一套含生物碎屑灰岩、生屑灰岩夹泥微晶灰岩的岩石组合,为开阔台地-斜坡环境沉积^[27-28]。上述沉积背景表明,中央古隆起引起盆地奥陶纪环境东西各异,形成不同的岩石组合,构成了不同的岩溶母岩;图 1 显示出中央古隆起影响到奥陶系风化壳古地貌格局,东西两侧形成了不同的地形特征和古岩溶水文体系,使古岩溶作用地质条件各异。

2 岩溶类型及特征

自发现靖边气田以来,都是以马五₁-马五₄含石膏结核微粉晶白云岩为勘探目的层,储层在平面上受岩溶古地貌控制,优质储层发育于盆地中部岩溶斜坡环带,纵向上受岩溶旋回控制,主力产层为马五₁、马五₂²和马五₄¹,通常情况下认为马五₅黑色微晶灰岩是风化壳底板。因此,古岩溶储层勘探的重心着眼于精细刻画古地貌和岩溶残丘,取得了一些勘探新突破,在靖边气田西侧岩溶斜坡带、气田东部岩溶斜坡-盆地岩溶残丘带发现了含气新区带,扩大了靖边气田天然气储量。

然而,近几年在大牛地马五₅致密灰岩段钻遇放空、井涌现象,多口井获得工业气流,表明存在岩溶作用,进一步分析认为是表生期形成的裂缝-孔洞型储层,突破了前人对盆地奥陶系风化壳岩溶的认识。在盆地东南宜川-黄龙地区,尚残存马六段灰岩地层,但钻井揭示马五地层内也存在与靖边地区相同岩性的古岩溶储层,多口井获得了工业气流,显然用裸露风化壳岩溶理论无法解释这套储层形成机理。盆地西缘克里摩里组余探 1 井获得工业气流,重燃石油勘探家自天 1 井之后在盆地西缘寻找岩溶气藏的信心,但缝洞体分布与靖边地区明显不同且难以预测,表明存在不同的岩溶作用。

鉴于此,笔者详细分析鄂尔多斯盆地表生期岩溶作用及其特征,认为盆地表生岩溶阶段古岩溶作用除了风化壳岩溶以外,还发育顺层岩溶,依据岩溶作用发育载体不同又各划分为白云岩型和灰岩型 4 个亚类(表 1)。

2.1 白云岩型风化壳岩溶

这类岩溶进一步可细分为两种不同类型,岩溶载体分别为含膏微~粉晶云岩和晶粒白云岩。前者为靖边气田岩溶储层的主要类型,岩溶作用主要表现为蜂窝状的膏溶孔洞,黑色、白色方解石和白云石多期充填、半充填,高角度的溶蚀缝、各种岩溶角砾岩及暗河充填物(图 2a、b),可划分出至少三期岩溶旋回,形成孔-洞-缝储集系统。后者为中组合储层的主要类型,岩溶作用宏观上有别于前者,多表现为针状溶孔,偶见溶洞,看不到明显的岩溶角砾岩,微观上表现为晶粒白云岩晶间孔被溶蚀扩大或者溶缝沟通晶间孔及晶间溶孔(图 2c、d),形成晶间孔-晶间溶孔储集系统,构成受到风化壳岩溶作用改造的白云岩储层。

表 1 鄂尔多斯盆地奥陶系表生期岩溶类型划分表

Table 1 Classification of supergene karst of Ordovician in Ordos basin

岩溶类型	岩溶亚类	岩溶特征	实例
风化壳岩溶	白云岩型 含膏云岩型	构造抬升后长期风化淋滤, 形成不整合接触, 可划分岩溶旋回	盆地中东部 马家沟组上组合
	晶粒云岩型		盆地中部 马家沟组中组合
	灰岩型		大牛地马五 5 段
顺层岩溶	白云岩型	发育于地形相对较陡地层区, 不整合面补给岩溶水,	宜川-黄龙地区马家沟组
	灰岩型	强度递减	西缘克里摩里组

2.2 灰岩型风化壳岩溶

这种类型在鄂尔多斯盆地是突破传统认识的新发现,岩溶作用发育于距地表较深的马五₅段黑色泥微晶灰岩内,主要表现为相互交织的高角度溶缝或垂直溶缝,被方解石充填或半充填,溶缝将原岩分割成

可以拼合的角砾岩(图 2e),局部伴有溶洞,是渗流带垂直溶蚀结果,构成了溶缝—孔洞系统。

2.3 白云岩型顺层岩溶

这种岩溶作用发育于古地形相对较陡且有上覆灰岩覆盖的地区,盆地内主要见于盆地东南部残存马

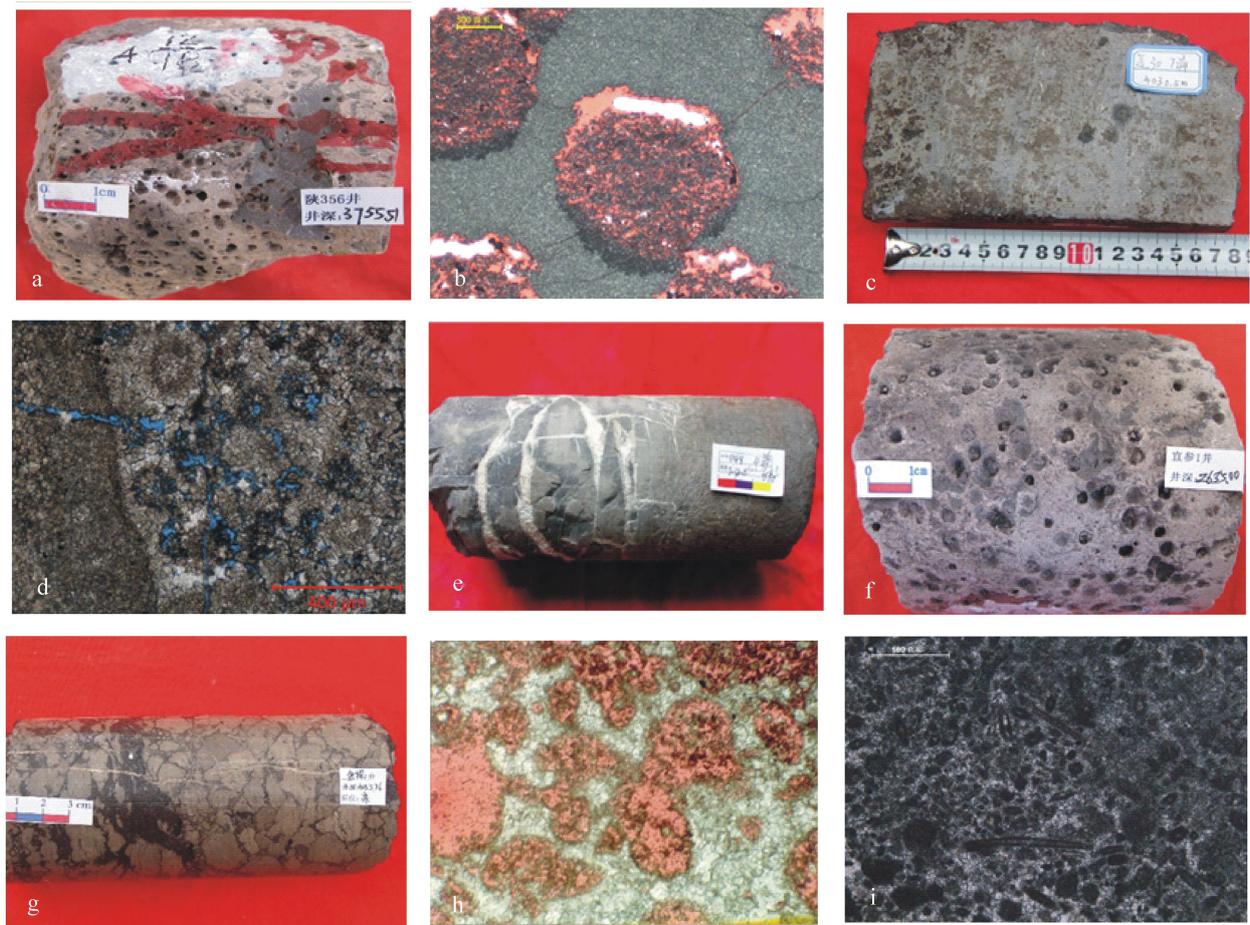


图 2 鄂尔多斯盆地奥陶系表生岩溶作用特征

Fig. 2 Characters of supergene karst of Ordovician in Ordos basin

- a—膏溶粉晶云岩(3 755.51 m, 马五₁¹, s356 井)
- b—白云石半充填溶孔(3 465.6 m, 马五₁³, s273 井)
- c—溶孔(4 030.5 m, 马五₁², 130 井)
- d—溶孔、溶缝(3 238.14, 马五₆, 230 井)
- e—方解石充填的溶缝(3 012.8 m, 马五₅¹, D48 井)
- f—膏溶粉晶白云岩(2 635 m, 马五₁², ycl1)
- g—洞穴角砾充填(4 055.3 m, 克里摩里组, yt1 井)
- h—藻屑灰岩(3 936 m, 克里摩里组, t1 井)
- i—颗粒灰岩(4 007 m, 克里摩里组, yt2 井)

六段地层的宜川—黄龙地区。古岩溶作用于灰岩下马五₁—马五₃含石膏结核粉微晶白云岩内,多见石膏选择性溶蚀形成的蜂窝状溶孔(图 2f),伴有溶洞和少量被白色方解石胶结的岩溶角砾岩,偶见溶缝,微观薄片常见晶间溶孔和少量溶洞,部分被白色方解石半充填,向盆地坳陷中心方向(北东向)溶蚀作用有减弱趋势,形成与靖边气田储集系统相似的溶孔—洞系统,系大气淡水自近古隆起裸露区沿较陡古地层向古沟槽扩散选择溶蚀而成。

2.4 灰岩型顺层岩溶

该类岩溶发育于盆地西缘克里摩里组灰岩中,西缘古地形较陡,地层从东到西逐渐被乌拉力克组覆盖,为一套由内碎屑灰岩、生物碎屑灰岩、藻灰岩及泥微晶灰岩组成开阔台地—斜坡相地层。岩溶作用形成一些大溶洞,具体可分为垮塌半充填型、暗河角砾、暗河泥质充填型 3 种,岩溶基岩多为颗粒灰岩(图 2g、h、i),且岩溶洞穴层在组顶部可以横向对比,是表生期大气淡水沿裸露地层及加里东期裂隙渗流扩散选择性溶蚀而成,构成溶洞—溶缝岩溶体系。

上述岩溶特征表明:鄂尔多斯盆地奥陶系表生期岩溶存在差异,风化壳型岩溶作用实质上为非组构选择性岩溶,是大气淡水对裸露岩石长期溶蚀改造结

果,形成具有明显旋回性的复杂孔—洞—缝系统,构成以靖边气田、大牛地气田为代表的典型岩溶储层气田;而顺层岩溶作用发生在古地形相对较陡地区,被溶蚀地层部分裸露且存在岩石组构差异,大气淡水从裸露区进入地层对其进行组构选择性溶蚀,实质上属于内幕岩溶类型。两者岩溶作用特征及实例见表 1。

3 岩溶模式

奥陶纪末,鄂尔多斯盆地从中央古隆起向东依次出露马四段—马五₅亚段晶粒白云岩、马五₄—马五₁段含石膏结核泥微晶白云岩、马六段残存灰岩,在表生期长期大气淡水作用下,由于含膏白云岩容易溶蚀,形成了溶蚀孔—缝—洞系统,而且在构造演化过程中形成多期旋回;被利于溶蚀含膏白云岩覆盖的马五₅泥晶灰岩,处于较深岩溶带,受影响较弱,加之自身不利于溶蚀,主要表现出机械破坏的溶缝型溶蚀;而靠近古隆起的晶粒白云岩虽同处于大气淡水环境,但受自身溶蚀机理影响,仅发育针状小溶孔提高白云岩储层质量。风化壳岩溶的差异性实质上受自身岩石结构影响而表现出不同的特征,其溶蚀模式可用图 3a 表示。

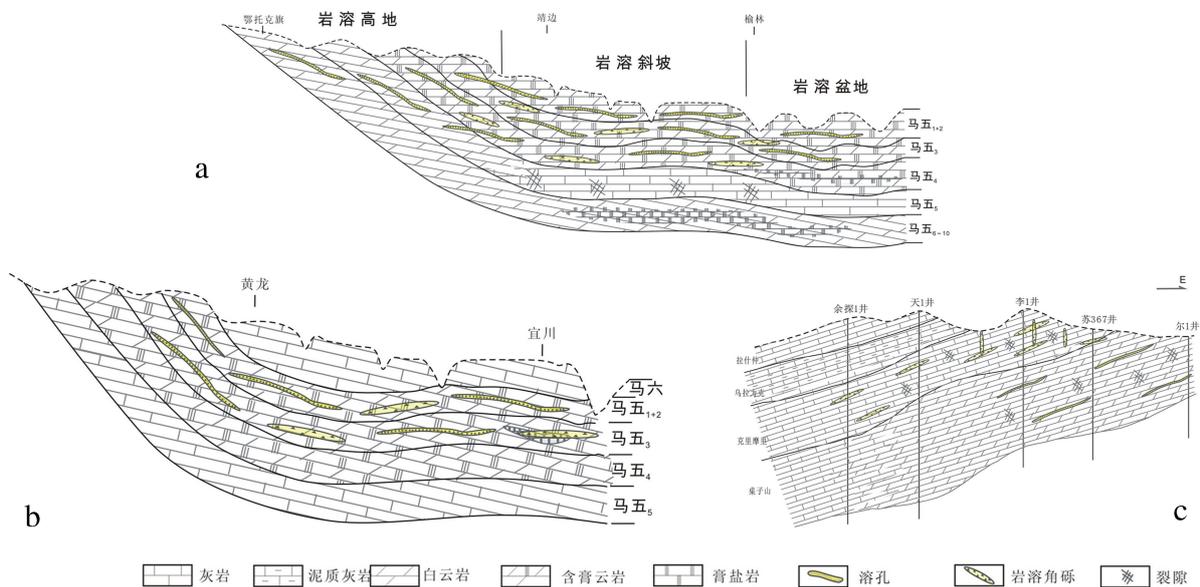


图 3 鄂尔多斯盆地表生期岩溶模式图

Fig. 3 Model of supergene karst in Ordos basin

盆地东南部宜川—黄龙地区,处于岩溶高地向岩溶盆地过渡的较窄斜坡带,地形相对较陡,残存的马六段地层覆盖于含石膏结核的马五段顶部地层之上,表生期大气淡水沿出露的马五₄—马五₁地层侵蚀溶解,岩溶水向沟槽排泄过程中顺层流动,选择性溶蚀

石膏结核,形成层状溶蚀孔—洞系统,其溶蚀模式可用图 3b 表示。

盆地西缘克里摩里组发育内碎屑灰岩、含生物碎屑灰岩及泥微晶灰岩,局部发生白云岩化形成白云质灰岩、含灰白云岩及白云岩,地层自古隆起向西逐渐

被乌拉力克组泥灰岩、泥岩覆盖,岩溶高地急剧演变为岩溶谷地,地形陡峭。表生期,大气淡水对灰岩溶蚀改造,沿陡峭岩层向同生断裂排泄,选择相对导水性更好的颗粒灰岩进行溶蚀形成大溶洞,现有溶洞显示其顶板或底板多为颗粒灰岩且距地层顶界厚度相近,表明克里摩里组灰岩溶蚀具有顺层选择性溶蚀特点,可用图3c表示岩溶模式。

4 岩溶储层特征

表生期岩溶作用形成鄂尔多斯盆地碳酸盐岩主力油气藏类型,构成以溶蚀孔、洞系统为主体的储集体,但不同类型的岩溶储集体具有不同的储层特征和主控因素。

白云岩型风化壳岩溶储层,储集岩石为灰白色含膏微粉晶白云岩,粉晶白云岩,溶蚀孔洞为主要的储集空间,孔隙度0.22%~15.91%,平均3.73%,渗透率 $0.0013 \times 10^{-3} \sim 79.13 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $1.24 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,表生岩溶作用是储层形成的关键作用,储层分布受岩溶古地貌影响明显,垂向上受岩溶旋回控制,各旋回垂直渗流带和中等强度水平径流带利于储层发育^[29],岩溶斜坡及岩溶残丘是有利勘探区带。近两年,中石油长庆油田分公司在靖边气田西部岩溶斜坡、靖边气田东部岩溶残丘带通过精细刻画岩溶古地貌在马五₁₊₂及马五₄小层中多口井获得高产工业气流,使风化壳气藏含气面积不断扩大,新增天然气储量2000多亿方。

灰岩型风化壳储层岩石为深灰色—黑色微晶灰岩,溶缝为主要储集空间,溶洞次之,孔隙度最大14%,平均6.98%,渗透率最大 $35.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $2.19 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,破裂溶蚀作用是形成储层的关键作用,岩溶地貌对储层分布具明显控制性,沟槽附近储层物性优于其他地区。这类储层是中石化华北油气分公司发现于大牛地气田,在马五₅小层内PG3井试气获得日产量 $8.39 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,多口水平井获得工业气流,成为该地区油气增储的主力层段。

白云岩型顺层岩溶储层岩石为浅灰白色含膏粉微晶白云岩,组构选择性膏溶孔及其伴生的晶间溶孔和溶洞是主要的储集空间,孔隙度0.01%~12.51%,平均2.86%,渗透率 $0.01 \times 10^{-3} \sim 44.79 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $0.8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为低孔低渗型储层,岩溶作用是储层形成的关键,储层分布受相对较陡的古地形和古岩溶斜坡控制,具有明显顺层分布特征。2014年宜川—黄龙地区完钻的YC1井在马五₁获得较好的天然气显示,为局部白云岩顺层溶蚀型岩溶气

藏勘探带来了希望。

西缘灰岩型顺层岩溶储层通常为大溶洞,伴生少量溶缝及角砾间孔,溶缝由岩溶作用沿裂缝溶蚀扩大而成,缝壁不光滑,缝宽大小不均,多在0.5~10 cm,角砾间孔是岩石垮塌破碎后形成的不规则孔隙,大小不等,但多为半充填或全充填。溶洞分布受有利礁滩相带和岩溶斜坡双重控制,具有层控特征。这类储层是中石油长庆油田分公司在盆地西缘继余探1井、余探2井分别获得工业气流后新发现的天然气勘探领域,近两年在西缘部署的多口探井,如忠探1井等均在克里摩里组获得气流,通过井—震结合方法确定的缝洞体是将来盆地西缘天然气勘探的重点领域。

因此,表生期岩溶储层勘探应根据岩溶类型分类确定有利目标区,风化壳岩溶储层应打破古岩溶作用下限藩篱,精细刻画古地貌,结合有利沉积相带共同预测优质储层发育区;顺层岩溶储层除古地形和岩溶古地貌外,需加强有利相带的分析和岩溶沟槽、同生裂隙的研究,三者同时具备的区域应为有利储层发育部位。

5 结论

(1)鄂尔多斯盆地表生期岩溶分为风化壳岩溶和顺层岩溶两类,根据岩溶载体进一步划分为白云岩型风化壳岩溶、灰岩型风化壳岩溶、白云岩型顺层岩溶和灰岩型顺层岩溶4个亚类,4种岩溶类型呈现出不同的岩溶特征。

(2)风化壳岩溶为非组构选择性溶蚀,内部岩石组构的岩溶机理决定了内部溶蚀特征;顺层岩溶是组构选择性溶蚀,较陡地形条件下,溶蚀水选择易溶组分溶蚀,形成顺层溶蚀孔洞系统。

(3)风化壳岩溶储层受岩溶古地貌和岩溶旋回控制,精细刻画古地貌、细分岩溶旋回,结合有利相带可预测有利储层发育区;顺层岩溶储层需综合考虑古地形、岩溶古地貌、有利相带及岩溶沟槽、同生裂隙等要素综合预测。

参考文献

- [1] 陈学时,易万霞,卢文忠,等.中国油气田古岩溶与油气储层[J].沉积学报,2004,22(2):244-253.
- [2] 许效松,杜佰伟.碳酸盐岩地区古风化壳岩溶储层[J].沉积与特提斯地质,2005,25(3):1-7.
- [3] 康玉柱.中国古生代碳酸盐岩古岩溶储集特征与油气分布[J].天然气工业,2008,28(6):1-12.
- [4] 夏日元,唐健生,罗伟权,等.油气田古岩溶与深岩溶研究新进展[J].中国岩溶,2001,20(2):76.
- [5] 席胜利,郑聪斌,夏日元,等.鄂尔多斯盆地奥陶系压释水岩溶地

- 球化学模拟[J]. 沉积学报, 2005, 23(2): 354-360.
- [6] 章贵松, 郑聪斌. 压释水岩溶与天然气的运聚成藏[J]. 中国岩溶, 2000, 19(3): 199-195.
- [7] 陈霞. 鄂尔多斯地台奥陶系岩溶储集层的成因及储集性能初析[J]. 中国岩溶, 1993, 12(3): 261-272.
- [8] 沈安江, 潘文庆, 郑兴平, 等. 塔里木盆地地下古生界岩溶型储层类型及特征[J]. 海相油气地质, 2010, 15(2): 20-29.
- [9] 赵文智, 沈安江, 潘文庆, 等. 碳酸盐岩岩溶储层类型研究及对勘探的指导意义: 以塔里木盆地岩溶储层为例[J]. 岩石学报, 2013, 29(9): 3213-3222.
- [10] 李振宏, 郑聪斌. 古岩溶演化过程及对油气储集空间的影响: 以鄂尔多斯盆地奥陶系为例[J]. 天然气地球科学, 2004, 15(3): 247-252.
- [11] 夏日元, 唐健生, 邹胜章, 等. 碳酸盐岩油气田古岩溶研究及其在油气勘探开发中的应用[J]. 地球学报, 2006, 27(5): 503-509.
- [12] 韩波, 冯乔, 赵振宇, 等. 鄂尔多斯盆地中东部奥陶系风化壳岩溶特征及储层分析[J]. 海洋地质前沿, 2011, 27(5): 24-30.
- [13] 郑聪斌, 冀小林, 贾疏源, 等. 陕甘宁盆地中部奥陶系风化壳岩溶发育特征[J]. 中国岩溶, 1995, 14(3): 280-288.
- [14] 代金友, 李建霆, 罗像毅. 靖边气田古岩溶及其控藏机制探讨[J]. 石油地质与工程, 2011, 25(1): 1-5.
- [15] 苏中堂, 陈洪德, 林良彪, 等. 靖边气田北部下奥陶统马五₄段古岩溶储层特征及其控制因素[J]. 矿物岩石, 2011, 31(1): 89-96.
- [16] 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.
- [17] 苏中堂, 陈洪德, 林良彪, 等. 鄂尔多斯盆地塔巴庙地区奥陶系古岩溶发育特征及储层意义[J]. 新疆地质, 2010, 28(2): 180-185.
- [18] 郑聪斌, 张军, 李振宏. 鄂尔多斯盆地西缘古岩溶洞穴特征[J]. 天然气工业, 2005, 25(4): 27-30.
- [19] 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): 51-55.
- [20] 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.
- [21] 王婧, 王宝清, 郭斌, 等. 宜川-黄龙地区马家沟组古岩溶储层特征研究[J]. 长江大学学报(自然版), 2014, 11(2): 55-59.
- [22] 赵淑平. 鄂尔多斯盆地榆林地区大牛地气田奥陶系马家沟组古岩溶储层特征[D]. 西安: 西安石油大学, 2012.
- [23] 康玉柱, 王宗秀, 等. 鄂尔多斯盆地构造体系控油作用研究[M]. 北京: 地质出版社, 2014.
- [24] 冉新权, 付金华, 魏新善, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系顶面形成演化与储集层发育[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(2): 154-161.
- [25] 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): 11-20.
- [26] 黄正良, 刘燕, 武春英, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组五段中组合中下段成藏特征[J]. 海相油气地质, 2014, 19(3): 57-65.
- [27] 陈洪德, 钟怡江, 许效松, 等. 中国西部三大盆地海相碳酸盐岩台地边缘类型及特征[J]. 岩石学报, 2014, 30(3): 609-621.
- [28] 付斯一, 陈洪德, 苏中堂, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组中组合沉积微相特征及演化[J]. 中国矿业, 2015, 24(3): 81-86.
- [29] 何江, 方少仙, 侯方浩, 等. 风化壳岩溶垂向分带与储集层评价预测: 以鄂尔多斯盆地中部气田区马家沟组马五₅₋₁马五₁亚段为例[J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(5): 534-535.

Types and models of supergene karst of Ordovician and reservoir characteristics in Ordos basin

SU Zhong-tang¹, LIU Na^{2,3}, YANG Wen-jing^{2,3}, HU Shang-cai¹,
WU Chun-ying^{2,3}, PEI Wen-chao¹, REN Jun-feng^{2,3}

(1. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

2. National Engineering Laboratory for Exploration and development of Low Permeability Oil and Gas Fields, Xi'an Shaanxi 710018, China;

3. Research Institute of Exploration & Development, PetroChina Changqing Oilfield Company, Xi'an, Shaanxi 710018, China)

Abstract Supergene karst reservoirs of Ordovician in Ordos is the most important type of carbonate reservoirs, while some breakthrough cannot be explained perfectly, indicating existence of different types of karst. Based on the analysis of paleotopography and cores and slices, this study suggests that the supergene karst of Ordovician can be divided into weathering crust karst and bedding karst, which include 4 subclasses in accordance with surrounding rocks. The characters of the weathering crust karst are different because of different rock fabric, while the easily dissolved component of rocks is dissolved preferentially when the bedding karst occurs. The weathering crust karst reservoirs are controlled by paleotopography and karst cycles as well as sedimentary facies, while paleotopography and sedimentary facies as well as grooves and fractures need to be considered when bedding karst reservoirs are forecasted.

Key words weathering crust karst, bedding karst, karst model, dissolution mechanism, karst reservoir

(编辑 吴华英)