

天然气地质学

鄂尔多斯盆地奥陶系生物礁及其天然气勘探前景

夏明军^{1,2}, 郑聪斌³, 毕建霞¹, 曾正清¹,
郭海霞¹, 魏立新¹, 孙利¹, 苗菁¹, 滕英翠¹, 苗兵¹

(1. 中原油田勘探开发研究院, 河南 濮阳 457001; 2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;
3. 长庆油田勘探开发研究院, 陕西 西安 710021)

摘要: 鄂尔多斯盆地西南缘中上奥陶统不仅存在着珊瑚礁、层孔虫礁和藻礁, 而且发育规模较大的藻粘结岩、障积岩体, 礁体的底部和礁前普遍发育颗粒滩相沉积。滩相沉积物将相对独立的各个生物礁互相连通, 形成规模较大的生物礁复合体。该盆地内部的早奥陶世生物礁以层状藻礁为主, 发育于吕梁隆起西侧和伊盟隆起南坡以及中央古隆起北端, 表现为2种生态特征, 一种为藻类垂直生长形成藻叠层石礁, 另一种为藻类粘结灰泥形成球壳状藻灰泥球。生物礁的原生生物孔隙和粒间孔隙受成岩作用影响, 已基本消失殆尽, 但成礁岩石白云岩化比较普遍, 且晶间孔和晶间溶孔发育, 储集物性较好, 已钻井产能较高, 属于优质储层, 也是鄂尔多斯盆地古生界天然气勘探新领域。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 奥陶系; 生物礁; 藻丘(层); 天然气

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2008)02-0178-05

0 引言

早古生代, 鄂尔多斯地区位于华北碳酸盐岩台地西半部, 其西南缘则处于稳定的克拉通被动大陆边缘至海槽(秦祁海槽)的过渡带, 因而奥陶纪沉积面貌既有类似于华北地区普遍发育的蒸发台地相, 又有其独特的台地边缘与斜坡沉积, 是华北地区迄今为止最完全、最复杂、最具代表性的地层层序。在鄂尔多斯盆地西南缘、吕梁隆起西侧、伊盟隆起南坡和中央古隆起北端, 这套层序发育规模可观的生物礁滩组合。经近年来的广泛勘探, 在地台内部马家沟组藻丘(层)中发现了物性较好的白云岩储层, 而且获得了工业气流。因此, 深入分析生物礁的结构特征、成岩变化和分布, 对开拓天然气勘探思路, 寻找新的天然气富集区具有重要意义。

1 生物礁的分布特征

1.1 下奥陶统的藻类生物丘(层)

鄂尔多斯盆地地下奥陶统的藻类生物丘(层)在盆地内部见于吕梁隆起西侧和中央古隆起北端, 西部

地区则见于克里摩里组与桌子山组^[1]。盆地南缘主要发育于峰峰组, 亦呈层状分布, 累计厚度可达100 m以上。藻丘(层)呈层状分布, 单层厚度2~8 m, 地面沿地层走向延伸达200 m以上(两边被覆盖), 藻丘复合体厚度达5~21.5 m, 分布面积达30 km²以上。井下则呈带状连片分布, 一般长30~50 km、宽3~12 km。伊25井钻井揭示为残余颗粒白云岩, 属于藻丘(层)和颗粒滩沉积物成岩白云岩化的综合产物^[2]。由于白云岩化及重结晶作用, 已无法完全恢复它们的沉积原貌, 但该白云岩的残余结构和地震剖面上的杂乱反射特征均表明其与生物礁滩沉积有关^[3]。

1.2 中、上奥陶统生物礁(丘)

鄂尔多斯盆地中、上奥陶统生物礁, 最早见于盆地西南缘陇县、富平一带^[3-4]。叶俭^[5]等先后在淳化铁瓦殿剖面发现了生物礁的存在, 陕西地矿局区调队也在耀县将军山见到了生物礁, 此后又在铜川、永寿等地相继发现。在盆地西缘桌子山剖面也发现了生物礁(图1), 并且在鄂19井西北侧L051819地震测线上见有明显的礁滩体地震异常响应现象(图

2)。这表明中、上奥陶统生物礁在地台南缘斜坡带分布较为广泛,在盆地西缘也有分布。其中,中奥陶统平凉组主要发育藻礁、珊瑚礁、层孔虫礁,其单层厚度 2~68 m,累计厚度最大可达 500 m 以上,复合礁体延伸范围达 10 km 以上;上奥陶统背锅山组以发育生物粘结灰泥丘为主,累计厚度可达 200 m 以上。中、上奥陶统的生物礁(丘)在盆地西南缘自西向东形成一个延伸达 300 km 以上的奥陶系链状含礁带。



图1 鄂尔多斯盆地蜂窝状珊瑚,珊瑚体腔风化形成点状(桌子山, O₂)

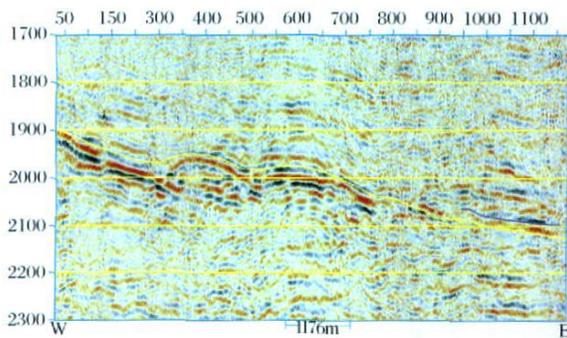


图2 鄂尔多斯盆地西缘 L051819 测线奥陶系礁滩体地震异常响应

2 主要造礁生物及岩相组合

2.1 下奥陶统的藻类生物丘(层)

地台内部和西缘下奥陶统的藻类生物丘(层),除在地震剖面有较清楚的反映以外,尚有部分钻井剖面揭示;而地面露头,目前仅发现于吕梁隆起西侧的晋西兴县关家崖及盆地南缘渭北地区。从关家崖剖面及部分井下资料可以看出:造礁生物为各种隐藻类,附礁生物较少见,主要有头足类、腹足类、腕足类、海百合、介形虫、牙形石等。

主要岩石类型为藻粘结岩(钙藻粘结岩、叠层石粘结岩)、生物碎屑灰岩、藻屑灰岩、内碎屑灰岩(角

砾灰岩、砾屑灰岩、砂屑灰岩)和白云岩等。

盆地内部的生物礁可表现为 2 种生态特征,其一为藻类垂直生长形成藻叠层石礁,另一种为藻类粘结灰泥形成球壳状藻灰泥球。其中叠层石礁生长在厚约 20~50 cm 的砾屑灰岩(白云岩)之上,叠层石多呈变形柱状,少量呈树枝状向上生长,高度可达 20~80 cm;叠层石之上又发育砾屑(砂屑)灰岩(白云岩),之上又生长叠层石。该类叠层石礁在地面露头发育于马四段顶部,在兴县、柳林等多处露头都可见及,一般仅发育一个旋回,厚度不足 1 m,断续延伸可达 1 km 左右,叠层石已白云岩化,但叠层石的内部结构清晰可辨。叠层石周围为浅灰黄色准同生白云岩,反映该类叠层石礁形成于水体较浅的潮坪环境。而井下的叠层石目前仅在紧邻吕梁山西侧的盆地东部榆 9 井马五₃亚段灰岩中发现,可发现 7 个叠置的叠层石旋回(图 3),总厚度可达 8.2 m,而且叠层石未白云岩化,叠层石内部及层间的内碎屑灰岩泥质含量较低,反映该类叠层石礁形成于水体能量相对较高、泥质含量较低的潮间带下部环境。



图3 鄂尔多斯盆地榆 9 井叠层石灰岩(2 331m 段, O₁ m⁵)

藻灰泥球在层面上呈椭圆形紧密排列,而在剖面上则成椭球状(多变形),大小相差悬殊,大的可达 30cm×50cm×100cm,小的仅 8cm×10cm×25cm,但相邻藻灰泥球的大小和形状类似。藻灰泥球由藻类粘结灰泥逐层包裹而成,呈球壳状,风化后呈球片状剥落,片理厚度不足 1 mm。由于结晶程度较高,藻的种类难以区分。藻灰泥球之间为灰泥充填,局

部可见藻球体被风浪打碎形成的角砾。

藻灰泥球层目前仅发现于马五₅亚段,单层厚度2 m左右,在兴县关家崖仅发育1个旋回,沿地层走向延伸达200 m以上(两端被掩埋),在地貌上没有明显的突起。藻灰泥球层序最下部为开阔台地相泥晶灰岩,之上为厚约50 cm由藻灰泥球破碎角砾形成的砾屑灰岩基底(礁前),然后为厚约1.5 m的藻灰泥球层主体;藻灰泥球层之上又重新相变为开阔台地相泥晶灰岩。藻灰泥球层在侧向上可相变为准同生白云岩(礁后)。

从伊盟隆起南坡部分探井马五₅亚段取芯与测井资料来看,该段已云化的藻灰泥球层的沉积环境与关家崖的藻灰泥球层类似。它们的共同特点是形成时代相同、古地貌背景相似、产状特征类同。该亚段单层厚度为2 m左右,累计厚度5~10 m,最大厚度可达21.5 m;一般可发育2~5个旋回,最长达10个旋回。地震剖面反映,云化藻泥球层尖灭点岩性变化明显。单个藻泥球白云岩复合体的分布面积达30 km以上。与其它碳酸盐岩体呈突变接触,内部层理不明显,一般多呈块状构造。

以往的研究表明,吕梁隆起西侧和伊盟隆起南坡在奥陶系马家沟组的古地貌形态均较平缓^[1],尽管马五段沉积期海水曾广覆于华北地台,但古隆起附近水体依然较浅,水流以潮汐作用为主,水动力条件相对较弱,以大规模发育藻类生物为特征;抗风浪作用较弱的单体叠层石和层状分布的藻灰泥球也进一步印证了这一点。从叠层石的规模和藻灰泥球的层状分布而言,它们只能称作生物层或生物丘的雏形,是中晚奥陶世生物礁发育的前奏,但已经具备了生物礁的基本特征。这些叠层石、藻生物层(丘)在广袤的潮坪环境形成一系列错落有致的藻甸和分布相对较广的席状藻灰泥球坝,坝后是水体更浅的泻湖和潮上准同生白云岩坪。多旋回叠置的开阔台地相泥晶灰岩与叠层石、藻灰泥球(残余颗粒白云岩)、准同生白云岩构成一系列向上频繁变浅的沉积旋回。

2.2 中、上奥陶统生物礁(丘)

这类生物礁、滩大量出露于地面露头,由于其特殊的位置和沉积环境,研究者甚多^[6-7],研究程度也相对较高。鄂尔多斯盆地西南缘在中、晚奥陶世处于地台浅缓坡带,底部为潮坪区,前缘为深缓坡与大陆斜坡角,中部浅缓坡以发育生物礁(丘)和高能浅滩沉积为主。

中、晚奥陶世平凉期、背锅山期的主要造礁生物

有床板珊瑚(始弗氏珊瑚、地衣珊瑚、阿姆塞土珊瑚、笛管珊瑚、古巢珊瑚、链珊瑚等)、四射珊瑚、层孔虫(板状层孔虫、块状层孔虫)及藻类(葛万藻、表附藻、肾形藻、绒毛藻、奥特藻、丛藻、前管藻、蠕孔藻、微海松藻、阿加卡藻、管孔藻、基座藻、叠层石等);附礁生物有头足类、腹足类、腕足类、三叶虫、海百合、介形虫、牙形石等。与生物礁有关的主要岩石类型有骨架岩(珊瑚骨架岩、层孔虫骨架岩)、粘结岩(钙藻粘结岩、叠层石粘结岩)、障积岩(钙藻障积岩)、生物碎屑灰岩、藻屑灰岩、内碎屑灰岩(砾屑灰岩、巨角砾灰岩、砂屑灰岩)和白云岩等。

根据构成礁核的主要造礁生物的差异,可将盆地西南缘中、上奥陶统的生物礁分为藻生物丘、藻—珊瑚生物礁(丘)、层孔虫—珊瑚生物礁、藻—层孔虫生物礁、藻—层孔虫—珊瑚生物礁等5种类型^[5]。

藻类主要以钙藻粘结岩、叠层石粘结岩和障积岩形式成礁,一般成层分布形成礁的底部,或单独形成顺地层走向延伸较远的生物层,藻类也可以绕珊瑚生长,将珊瑚连在一起,增强珊瑚的抗浪能力。藻生物层没有隆起的地貌,但藻类含量丰富,可达30%以上。局部可见由奥特藻、表附藻、肾形藻、葛万藻障积岩、粘结岩生物丘;也可见藻类物质发育成良好的叠层石“格架”、柱状体、分枝或层状藻礁丘,它们是生物礁的过渡类型。

层孔虫以3种形式生长造礁,主要是包绕砾石生长,形成坚固的礁盘骨架岩,然后层孔虫向上生长形成骨架岩组成礁核,穿孔层孔虫也可以绕珊瑚生长,将珊瑚连在一起,增强珊瑚的抗浪能力,形成规模较大的生物礁丘。

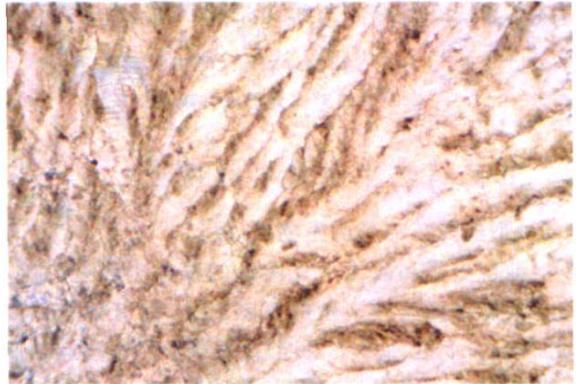


图4 鄂尔多斯盆地鹿角珊瑚
(陕西泾阳铁瓦殿, O_2p , 单偏光 $\times 10$)

珊瑚一般呈原地生长,在强水动力条件下多倒伏。珊瑚可障积灰泥形成珊瑚障积岩,也可以簇状丛生(图4),并与藻类或层孔虫相互缠绕在一起,形

成抗浪作用较强的珊瑚紧密堆积骨架岩,在剖面上可见珊瑚边生长、边倒塌的现象。

以藻类障积岩、粘结岩为主形成的生物层呈层状。藻丘通常和礁伴生并构成礁基,形成礁—丘—礁的交替韵律。藻丘个体较大,可达十几米至百余米。其它礁体一般都呈丘状、透镜状和不规则状,厚度2~20 m,最大可达68 m,宽达100 m以上;纵向上发育多个成礁旋回(5~8个),含礁地层厚达600 m以上。礁体外形轮廓界限分明、形态突出,在剖面上地形陡峭,具明显的隆起,形成悬崖陡坎,生物礁体与围岩呈突变接触,礁体内不显层理,呈块状构造、斑杂构造。构成礁核的造架生物一般含量30%以上,多为原地生长,或被藻类、层孔虫缠绕组成抵抗风浪的骨架岩,生物体之间为节壳状亮晶方解石胶结。

礁体下部一般由钙藻障积灰泥丘、叠层石粘结岩构成,向上逐渐演化成层孔虫骨架岩和珊瑚障积岩,礁体上部又变为叠层石和环绕角砾的穿孔层孔虫为主。珊瑚呈原地生长,也有倒伏者,紧密堆积,显出边生长、边倒塌的现象。礁核内部各骨架层之间都有间断,间断层由砂砾屑灰岩或生物碎屑灰岩组成,它们既是下部生物层的盖层,又是上部生物层的基底。层孔虫包绕的砾屑直径3~5 cm,最大可达10~30 cm,呈棱角状至次圆状,多为未经搬运和分选磨圆的砾石,可能由同生断裂上升盘垮塌角砾堆积而成。

除顶部旋回的礁盖外,礁基底、礁翼、礁盖一般都由礁核垮塌角砾构成,厚度变化较大,角砾无分选无磨圆,下部旋回的礁翼、礁盖构成上部旋回的礁基底。

顶部礁盖可分为2种类型:一种为砂屑灰岩、细晶白云岩互层夹珊瑚骨架岩,发育波状层理和沙纹层理,反映水体变浅,能量增高,不适宜珊瑚和藻类生长;另一种为较厚的深灰色微晶灰岩和含砂屑微晶灰岩夹页岩,含少量石英碎屑及腕足、棘皮类化石碎片,具波状层理。反映水体明显变深,水动力条件变弱,也不利于生物礁的发育。

台地边缘生物礁(丘)一般与高能浅滩沉积共生,滩相沉积多构成生物礁的底座,二者韵律清晰,形成空间上宏大的生物颗粒建造,常见波痕、交错层理、冲刷构造。滩相沉积多为砂砾屑灰岩、生物碎屑灰岩,三叶虫、腕足、介形虫、头足、层孔虫、苔藓虫和海百合等生物碎屑含量可达50%左右,其中已有大量生物出现,还可见零散的原地生长的珊瑚丛。浅

滩层间可夹厚层亮晶生物灰岩,生物滩颗粒含量达80%~90%,海百合、腕足介壳成定向排列,垂向上有序层理,单层厚2~5 cm。垂向上颗粒灰岩与介壳滩海百合茎滩、生物砂屑灰岩、砾屑灰岩韵律形成向上变浅的高频加积滩序列。

鄂尔多斯盆地西南缘中奥陶统普遍发育生物礁和高能颗粒滩相沉积,同时受古地貌、同生断裂影响,一般在高能颗粒滩或断层角砾岩的基础上,先发育藻叠层石、藻障积生物丘,然后逐渐繁育层孔虫、珊瑚等造架生物,形成具有一定规模的礁体。随着礁体的逐渐生长,水体变浅,水动力条件持续增强,或同生断裂形成的垮塌角砾抑制礁生物生长,代之以颗粒滩或垮塌角砾沉积。海平面再次下降,水动力条件适合造礁生物繁育以后,生物礁再次大规模发展。从而在鄂尔多斯盆地西南缘中奥陶统衍生出规模越来越大的生物礁。受局部构造影响,主要造礁生物类型和礁体在不同区带并不具有完全的等时性,其规模也存在着较大的差异。

3 生物礁白云岩体天然气勘探前景

众所周知,生物礁是碳酸盐岩油气聚集的主要场所,世界上有不少高产油气田与此有关^[8]。鄂尔多斯盆地奥陶系生物礁均与各种类型的颗粒滩、生屑滩共生。虽然生物礁单体的规模有限,但通过礁滩联接,其复合体的规模就相当可观。其中伊盟隆起南坡马五₅亚段的藻礁复合体与天环向斜北段东侧礁滩白云岩体的发育规模与分布范围最大。经近年来的勘探,伊盟隆起南坡马五₅亚段和马四段生物藻礁白云岩体已在部分探井获得工业气流,展示出藻礁(残余颗粒)白云岩具有较大的勘探潜力。研究表明,无论是盆地西南缘的珊瑚礁、有孔虫礁,还是盆地腹部古隆起周围的藻礁,生物骨架和礁翼角砾灰岩、礁盖白云岩,经白云岩化和古岩溶作用后,白云岩晶间孔、晶间溶孔、溶孔溶洞等次生有效孔隙更为发育^[2,9-12]。储层孔隙度一般在5%~12%之间,渗透率一般在 $1 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,个别样品可达 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以上。鄂尔多斯盆地奥陶系生物礁,不仅储层物性较好,而且大都近邻上古生界煤系烃源岩^[13],因而气源条件充足,生、储、盖组合配套。储集体周围的致密灰岩或含泥白云岩可构成有效的岩性圈闭,为天然气运聚成藏提供了有利场所。根据已钻井资料,过去曾在盆地西部天环地区的克里摩里组的藻礁灰岩储层获得日产 $16 \times 10^4 \text{ m}^3$ 高产工业气流,近年来又在伊盟南坡的马五₅

亚段藻礁白云岩体分别获得日产 $53\ 342 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $23\ 225 \times 10^4 \text{ m}^3$ 工业气流。地台南部缓坡带峰峰组礁白云岩体中也获得少量天然气流和含气显示。由此表明盆地地下古生界奥陶系藻礁白云岩体具有良好的含气前景, 极易形成大型天然气藏, 因而为盆地地下古生界天然气勘探不可忽视的重要领域。

4 结论

(1) 鄂尔多斯盆地奥陶统的生物礁主要为藻类生物丘(层), 见于盆地东部吕梁隆起西侧和古隆起北端, 西部的克里摩里组与桌子山组, 盆地南缘主要发育于峰峰组。中、上奥陶统生物礁(丘)主要发育藻礁、珊瑚礁、层孔虫礁及生物粘结灰泥丘, 在盆地南缘陇县、富平、淳化、耀县、铜川、永寿及盆地西缘桌子山等均有分布。

(2) 鄂尔多斯盆地奥陶统的藻类生物丘(层)造礁生物为各种隐藻类。生物礁可表现为 2 种生态特征, 一种为藻类垂直生长形成藻叠层石礁, 另一种为藻类粘结灰泥形成球壳状藻灰泥球。主要岩石类型为藻粘结岩、生物碎屑灰岩、藻屑灰岩、内碎屑灰岩和白云岩等。盆地台地边缘中、上奥陶统生物礁(丘)主要造礁生物有床板珊瑚、四射珊瑚、层孔虫及藻类。根据主要造礁生物的差异, 可分为藻生物丘、藻—珊瑚生物礁(丘)、层孔虫—珊瑚生物礁、藻—层孔虫生物礁和藻—层孔虫—珊瑚生物礁等 5 种类型。与生物礁有关的主要岩石类型有骨架岩、粘结岩、障积岩、生物碎屑灰岩、藻屑灰岩、内碎屑灰岩和白云岩等。

(3) 鄂尔多斯盆地奥陶系生物礁与各种类型的颗粒滩、生屑滩共生, 通过礁滩连接, 可形成规模化

的礁滩复合体。生物礁经白云岩化和古岩溶作用后, 次生孔隙更为发育, 而且大都近邻上古生界煤系烃源岩, 因而气源供给充足, 储集体周围的致密灰岩或含泥白云岩可构成有效的岩性圈闭, 为天然气运聚成藏提供了有利场所, 为盆地地下古生界天然气勘探的重要领域。

参考文献:

- [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: 62-92.
- [2] 蒲仁海, 徐怀大. 鄂尔多斯盆地奥陶系丘形反射的解释及其与礁的关系 [J]. 地质论评, 1998, 44(5): 522-527.
- [3] 张吉森, 费安琦, 刘平均. 鄂尔多斯西南部中奥陶世环陆架沉积特征 [J]. 石油与天然气地质, 1982, 3(4): 3-8.
- [4] 傅力浦, 胡云绪, 张子福, 等. 鄂尔多斯中、晚奥陶世沉积环境的生物标志 [J]. 西北地质科学, 1993, 14(2): 1-27.
- [5] 叶俭, 杨友运, 许安东, 等. 鄂尔多斯盆地西南缘奥陶纪生物礁 [M]. 北京: 地质出版社, 1995: 10-39.
- [6] 席胜利, 李振宏, 王欣, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系储层展布及勘探潜力 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(3): 406-411.
- [7] 王少飞, 李振宏, 王飞雁. 鄂尔多斯盆地奥陶系沉积格局及其储层展布 [J]. 低渗透油气田, 2006, 11(1): 18-21.
- [8] 库兹涅左夫 B T. 礁地质学及礁的含油性 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1983: 108-119.
- [9] 宋来明, 彭仕宓, 穆立华, 等. 油气勘探中的碳酸盐岩古岩溶研究方法综述 [J]. 煤田地质与勘探, 2005, 33(3): 15-18.
- [10] 吴熙纯, 李培华, 金香福, 等. 鄂尔多斯南部奥陶系古岩溶带对天然气储层的控制 [J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(4): 294-299.
- [11] 董兆雄, 赵敬松, 方少仙. 鄂尔多斯盆地南部奥陶纪末端变陡缓坡沉积模式 [J]. 西南石油学院学报, 2002, 24(1): 50-52.
- [12] 王欣, 李振宏, 郑聪斌. 鄂尔多斯盆地奥陶系储层演化与油气运聚 [J]. 天然气地球科学, 2006, 17(1): 115-116.
- [13] 戴金星, 邹才能, 陶士振, 等. 中国大气田形成条件和主控因素 [J]. 天然气地球科学, 2007, 18(4): 477-478.

Ordovician Reefs and the Prospect of Gas, Ordos Basin

XIA Ming-jun^{1,2}, ZHENG Cong-bin³, BI Jian-xia¹, ZENG Zheng-qing¹,
GUO Hai-xia¹, WEI Xin-li¹, SUN Li¹, MIAO Jing¹, TENG Ying-cui¹, MIAO Bing¹

(1. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Zhongyuan Oilfield, Puyang 457001, China;

2. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China;

3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Changqing Oilfield, Xi'an 710021, China)

Abstract: Not only coral reefs, coral stromatoporoid reefs and algal reefs, but also relatively large scale algal bonding rocks and bafflestones are distributed in the Middle-Late Ordovician Series in the southwestern margin of the Ordos Basin, and at the same time grain bank facies sediments are widely developed at the bottom and the front of the reefs. The shoal facies deposit connects the relatively independent reefs, forming relatively large scale biohermal complexes. The intrabasinal reefs are mainly layered (下转第 271 页)

属性信息综合分析的方法进行岩性预测。

参考文献:

- [1] 陈遵德. 储层地震属性优化方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998: 119-145.
- [2] 王玉梅, 季玉新, 李东波, 等. 应用地震属性技术预测 A 地区储层[J]. 石油物探, 2001, 40(4): 69-76.
- [3] 黄绪德, 袁明德, 等. 地震数据处理[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.
- [4] 李在光, 杨占龙, 刘俊田, 等. 多属性综合方法预测含油气性及其效果[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(5): 727-730.
- [5] 胡光义, 王加瑞, 武士尧. 利用地震分频处理技术预测河流相储层[J]. 中国海上油气, 2005, 17(4): 237-241.
- [6] 黄安敏, 裴建翔, 陈志宏, 等. 油气储层预测技术在琼东南盆地 BD13 区的应用[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(4): 518-522.
- [7] 高建虎, 雍学善, 刘洪. 频率域储层预测技术研究[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(6): 808-812.

Application of the Frequency Information of Seismic Data in Predicting Sandstone Reservoirs

LIU Yan-jun¹, GUO Hong-wei², MA Peng-shan³, SONG Wei⁴

(1. *China University of Geosciences, Beijing 100083, China;*

2. *Research Institute of Exploration and Development, Ji Lin Oilfield Company, Songyuan, 138001, China;*

3 *Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China;*

4. *China University of Petroleum, Beijing 102249, China)*

Abstract: Reservoir geological information can be predicted effectively by abundant geophysical information in seismic data, which include amplitude, frequency, phase, wave, etc. Based on the fine frequency spectrum analysis and the test of filter scan, this paper studies the sensitivity of different frequency signals and different strata thickness and establishes the correlation between drilling lithology and the tune amplitude of different frequencies. Through adjusting different frequency times and processing the frequency spectrum of seismic data, the efficiency frequency can be used to predict lithology effectively in seismic inversion and attributes analysis. By this method, the main oil reservoirs of different layers of the Quan 4 member were successfully predicted and analyzed in the Gudian area.

Key words: Seismic data; Frequency; Frequency spectrum analysis; Reservoir prediction.

(上接第 182 页)

algal reefs, distributed in the west side of the Luliang uplift, the south slope of the Yimeng uplift, and the north side of the central palaeohigh. There exist two kinds of ecological characteristics, one is algae growing vertically and forming algal stromatolite, the other is algae binding plaster and forming algae lime mud sphere. Influenced by diagenesis, the origin biological pores and intergranular pores of the reefs nearly disappeared completely. But the dolomitization is common, intracrystalline pores and intracrystalline dissolved pores are well developed, the physical property is good, and the drilled wells have good deliverability. Dolomitized reefs are high-quality reservoirs and are a new target for the Early Palaeozoic gas exploration.

Key words: Ordos basin; Ordovician; Reef; Algal mound (Gonidial layer); Gas.