

四川盆地阆中—南部地区须家河组勘探潜力

盛秀杰¹ 陈汉军² 吴亚军³

1.中国地质大学(武汉)资源学院 2.“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室·成都理工大学

3.中国石化西南油气分公司勘探开发研究院德阳分院

盛秀杰等.四川盆地阆中—南部地区须家河组勘探潜力.天然气工业,2010,30(1):15-18.

摘要 四川盆地阆中—南部地区上三叠统须家河组油气勘探一直未能取得突破,前期研究认为是由于缺乏丰富的马鞍塘组、小塘子组优质烃源岩所致。结合区域沉积环境,从烃源岩发育情况、储层发育情况、油气运移通道以及油气藏保存情况等几个方面入手,对该区须家河组油气勘探潜力进行了分析。结合邻区广安气田的勘探成果,研究指出:尽管阆中—南部地区马鞍塘组、小塘子组缺乏有效的烃源岩,但须家河组烃源岩仍具有一定的生烃潜力;须家河组三段具有一定的生烃条件,须家河组五段具有较好的生烃条件;油气运移条件分析表明,天官院、金星场和石龙2井等部位处于油气运移的有利通道上,有利于油气的聚集成藏;从油气成藏条件的配置情况来看,须四段是该区须家河组取得油气重大突破的主力层段。

关键词 四川盆地 阆中—南部地区 晚三叠世 沉积环境 烃源岩 储集层 油气运移 勘探潜力

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2010.01.005

1 烃源岩条件分析

前期研究^[1-2]认为,四川盆地阆中—南部地区上三叠统须家河组油气未能取得突破的一个关键因素是由于缺乏烃源岩,尤其是缺乏马鞍塘组和小塘子组烃源岩。

区域沉积构造演化分析结果表明,晚三叠世初期,由于扬子板块顺时针方向旋转,扬子板块首先与龙门山北端的碧口地体开始拼合,四川盆地东北(川东北)地区基本结束了残留海沉积环境,以前陆盆地沉积环境为主,川西地区维持着残留海与前陆盆地共存的局面^[3],其中,具陆相沉积特征的周缘前陆盆地的范围则继续向西南方向扩大,而残留海的范围则继续向西南方向萎缩。此阶段川西残留海域的范围、水深和沉积厚度自北西向南东由窄加宽、由深变浅,沉积厚度迅速减薄,龙门山及广大川西地区为浅海陆棚和三角洲或滨海平原(海湾和潟湖—潮坪组合)沉积环境,川中和川东北地区为大面积的前陆隆起发育区,以东北向展布的泸州—开江古隆起为前陆隆起的核心部位。

受区域构造沉积环境影响,龙门山前山带沉积了

一套浅海生物滩相和生物丘相生物灰岩,江油、安县、绵竹一带的马鞍塘组中发育海绵、海百合和珊瑚等浅海生物,川西地区须一段马鞍塘组与小塘子组分布广泛且厚度大,是很好的烃源岩;而川东北地区须一段马鞍塘组与小塘子组厚度很薄(0~20 m),自西南向北东方向逐渐减薄,至通南巴构造带马路背构造马2井基本缺失。因而在川西地区马鞍塘组与小塘子组成为很好的烃源岩,而川东北地区马鞍塘组与小塘子组沉积非常薄,难以成为很好的有效烃源岩。

以上分析表明,川东北地区缺乏好的小塘子组、马鞍塘组烃源岩,也正因为如此,在川东北地区位于该套层序之上的须二段储层由于缺乏下伏烃源岩烃类流体的供给,一直没有获得油气勘探突破,邻区须家河组油气取得突破的层位主要是须四段,而川西地区须二段则为主力产气层。

邻区广安气田须家河组烃源岩分析结果表明:其烃源岩主要来源于须家河五段与三段的泥质岩、煤系地层(该区也缺乏晚三叠世早期烃源岩)^[4]。结合区域岩相古地理演化分析,须三段沉积时,沉降中心位于川中中江—南充—广安一带,有利的烃源岩为滨浅湖相

的泥质岩、煤系地层, 阆中—南部地区则处于三角洲前缘湖沼相沉积, 从烃源岩发育程度来说, 要差于广安气田、充西气田。须五段沉积时, 受北部米仓山—大巴山持续加强的逆冲推覆活动影响, 须五段沉降中心位于川西—川中地区, 有利的烃源岩为三角洲前缘、滨浅湖泥沼相地层, 在元坝 1 井以北地区主要为三角洲平原沉积, 沉积环境能量偏高, 而元坝 1 井及其以南地区, 则为滨—浅湖相沉积, 沉积环境能量偏低, 其湖相泥岩以及碳质页岩与煤层是较好的烃源岩和盖层。

阆中—南部地区川石 55 井及石深 1 井须五段与须三段含有不少的煤系地层与碳质页岩, 石深 1 井须家河组五段顶、底部分别钻遇了 16、48 m (含 7 m 煤层) 左右的碳质页岩与煤系地层。显然, 作为烃源岩的物质基础是有了的。

据李登华等(2007)研究, 须家河组煤层厚度往西北方向有逐渐变厚的趋势, 阆中—南部地区煤成气生烃强度明显好于南部地区的充西、八角场与广安地区。由于阆中—南部地区须三段生烃条件要差于充西与广安地区, 因而可以预测, 阆中—南部地区须五段煤层较充西、广安地区更为发育, 生气强度更高。

综上, 阆中—南部地区小塘子组、马鞍塘组烃源岩不发育, 须三段具有一定的生烃条件, 须五段具有较好的生烃条件。

2 储集条件分析

2.1 须家河组二段储集条件分析

须家河组二段沉积期间, 构造活动较强, 龙门山、米仓山、大巴山等盆地周边的褶皱带先后隆升, 川西、川东北地区进入前陆盆地构造演化阶段。前陆盆地及其前陆隆起带成为物源区, 从物源区至汇水盆地发育了从近源冲积扇、河流系统、三角洲系统到湖沼及湖湾系统等复杂的陆源碎屑沉积体系, 阆中—南部—巴中区块主要位于河流下游, 发育辫状河—湖沼及湖湾系统等复杂的陆源碎屑沉积体系。

据石深 1 井的资料, 须家河组二段上部为灰色、浅灰色(含砾)中粒、细粒岩屑石英砂岩、细粒岩屑砂岩、钙屑砂岩夹灰黑色(碳质)页岩; 中部为灰黑色(碳质)页岩、黑色煤层与灰色中、细粒岩屑砂岩近等厚互层, 夹灰色泥岩; 下部为灰色中粒岩屑砂岩、岩屑石英砂岩夹灰黑色页岩, 底部为灰色泥岩。储层岩性为细砂岩、中砂岩, 含气储层总厚 37 m, 占须二段砂体总厚度的 15%。该段储层孔隙度和渗透率低, 属特低孔、渗性储层, 裂缝不发育, 储层类型为孔隙型。储层孔渗性相对于川西地区要略好一些。

依据有利储层发育的层序地层模式分析以及新场气田有利储层地震相分析得出的结论认为: 地震剖面上横向为丘形地震相, 纵向上能够见到斜交前积反射, 在顶积层反射附近通常是有利储层——河口坝砂体发育带^[5]。

在层序地层学理论指导下, 依据以上储层识别模式, 结合阆中—南部地区地震剖面特征, 通过各种属性提取筛选分析, 利用须二段储层分频叠合刻画本区沉积相分布特征, 并进而指出有利的储层发育带。

预测结果表明, 阆中—南部地区须二段发育 2 个三角洲沉积体系, 西边为回龙场三角洲, 东边为石龙场三角洲(图 1)。

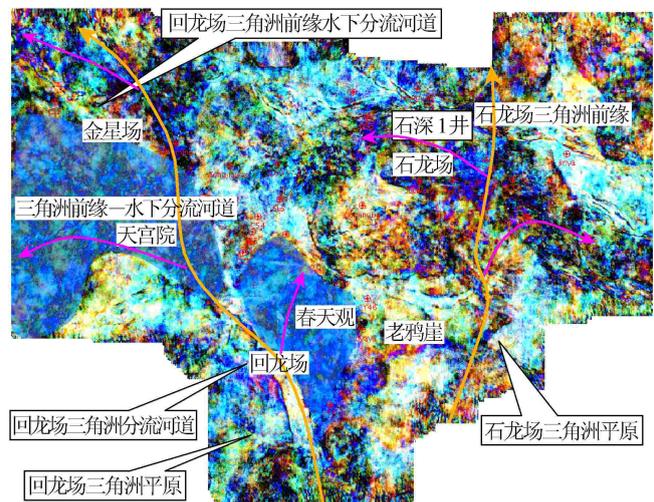


图 1 阆中—南部地区须二段 20、25、30 Hz 分频叠合图
(分频叠合清楚地显示出自西向东发育 2 个三角洲沉积体系)

回龙场三角洲在南部为三角洲平原, 其上河流相沉积清晰可见, 顶积层也较为明显, 向北天宫院可能为河口坝发育部位, 金星场为三角洲前缘—水下分流河道沉积, 横向剖面上则可见丘状反射。

石龙场三角洲纵向上也发育有三角洲平原、三角洲前缘相沉积, 河口坝沉积地震剖面特征不是太清楚, 过天宫院—石深 1 井的地震剖面显示, 天宫院地段可能为河口坝沉积, 而石深 1 井所在部位为三角洲前缘沉积, 沉积环境相对偏低。石龙场地区目前钻达须家河组二段的井有川石 55 井和石深 1 井, 虽有显示, 但都没有获得工业气流, 其原因之一可能是位于三角洲前缘沉积相带, 未处于最有利的储层发育带。

通过回龙场与石龙场三角洲对比来看, 回龙场三角洲春天观附近为三角洲前缘分流河道或河口坝向沉积, 横剖面丘形特征明显且幅度大, 而石龙场三角洲分流河道相沉积幅度小, 向西到春天观见有低缓的斜交

前积反射特征。表明当时沉积时回龙场三角洲朵叶体比石龙场三角洲朵叶体沉积环境低,更有利于捕捉到三角洲前缘、前三角洲泥页岩产生而运移过来的油气,因而是更为有利的储层发育带。

依据以上分析来看,本区发育2个三角洲沉积体系,有利储层主要发育在回龙场三角洲平原向三角洲前缘过渡的天宫院河口坝和春天观附近分流河道或河口坝发育部位,以及石龙场三角洲平原分流河道部位,其中又以回龙场三角洲上的河口坝储层发育部位为最佳。

2.2 须家河组四段储集条件分析

须家河组四段沉积期间,米仓山—大巴山构造活动开始加强,成为川东北的重要物缘区。须四段在整个川东北地区以砂岩为主,三角洲平原分流河道大致沿中江—三台—盐亭—西充—营山—渠县—广安—潼南—乐至一带呈环状展布,该环带外围为河泛平原沉积,环带内则为前三角洲远砂坝—浅湖相沉积。阆中—南部—巴中区块物缘区主要位于北部,处于河流下游,发育辫状河—湖沼及湖湾系统等复杂的陆源碎屑沉积体系。

据石深1井资料,须四段岩性特征为(浅)灰色中粒、细粒岩屑石英砂岩、细粒岩屑砂岩,钙屑砂岩与深灰色泥岩、灰黑色(碳质)页岩近等厚互层,夹黑色煤层。储层岩性为细粒、中粒岩屑(石英)砂岩,含气储层总厚为29.50m,占须四段砂体总厚度的为29.8%。岩石矿物成分主要由石英、岩屑组成,石英含量为5%~82%,岩屑含量为13%~95%,含少量长石。储层孔隙度最高为9.03%,最低为1.82%,平均为5.12%;渗透率最高为 $0.731 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最低为 $0.002 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $0.1567 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,表明该段储层孔隙度和渗透率低,属于特低孔、渗性储层。储层类型以孔隙为主,次为裂缝—孔隙型。

在层序地层学理论指导下,借鉴邻区广安气田工业产气井在须家河组四段的地震响应特征^[6],参考须家河组二段地震响应特征的分析,依据有利储层发育的层序地层模式分析可以得出结论:横向为丘形地震相,纵向上为斜交前积反射并伴有顶积层反射,通常是有利储层发育带。依据以上储层识别模式,结合阆中—南部地区地震剖面特征,通过各种属性提取筛选分析,利用须三、四段储层振幅特征可以很好地刻画出本区沉积相分布特征(图2)。预测结果表明,阆中—南部地区须三、四段物缘区主要位于北部,发育三角洲前缘—水下扇沉积体系,其中主要发育凤鸣场—天宫院和冯家湾—春天观2个水系所组成的三角洲前缘—

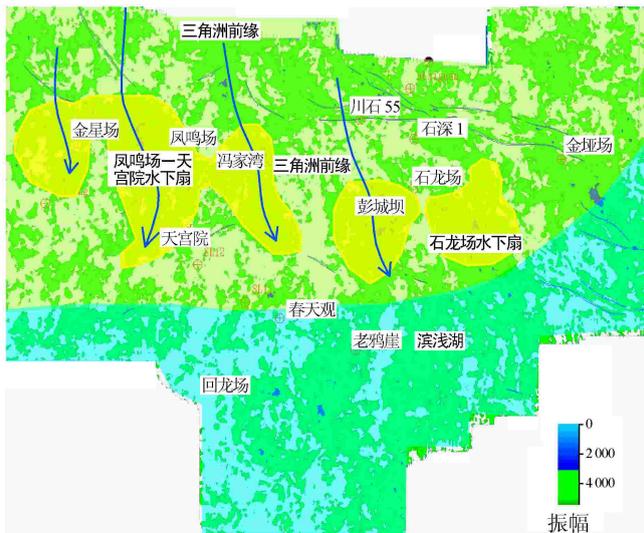


图2 阆中—南部地区须三、须四段振幅属性图

水下扇沉积体系,有利的储层发育带是水下扇沉积。

凤鸣场—天宫院三角洲前缘—水下扇沉积体系地震剖面上须四段反射波整体表现为平行连续反射,结合钻井岩性及区域沉积相图来看,沉积时水体能量较低,在凤鸣场—天宫院一带有低频强振幅斜交反射,从天宫院往南地震剖面上表现为高频平行连续反射,有向下游前积的趋势,表明水体变深,属滨浅湖相沉积。过天宫院横剖面上表现为丘形反射,预测为天宫院一带为水下扇—水下分流河道相沉积,为本区须四段最有利的储层发育带。

冯家湾—春天观三角洲前缘—水下扇沉积体系地震剖面上须三、须四段反射波同样整体表现为平行连续反射,表明沉积时水体能量较低,在冯家湾一带有低频强振幅斜交反射,只是反射特征没有天宫院一带明显,可能水体变深,水下扇不是很发育,在横剖面上表现也不如天宫院水下扇明显,预测为较有利的储层发育带。

综上,阆中—南部地区须家河组二段物缘主要来自于南部,储层发育,在天宫院和春天观一带发育河口坝相的优质储层;须四段物缘主要来自于北部,储层发育相对要差一些,在天宫院一带可能发育水下扇—水下分流河道相优质储层。整体而言阆中—南部地区不缺乏优质储层,为油气聚集成藏提供了良好的储集空间。

3 油气运移、保存条件分析

3.1 油气运移条件

前人的研究表明,印支晚期,本区须家河组二段埋

藏深度不大,尚未进入生烃期,在油气运移高峰时期即燕山中期^[7],因此,笔者可以做出川东北地区须三段底—遂宁组底的厚度图来大致刻画燕山中期末,须二段的油气运移趋势,即油气从燕山中期末的沉降中心、逐渐沿着“汇烃脊”(即沉降中心到构造高部位的脊梁,这是油气运移速度最快、效果最佳的途径,换言之,就是油气运移的优势途径)向构造高部位汇聚。显然,位于“汇烃脊”之上的圈闭或储层是最有利的圈闭或储层。

如图3是根据阆中—南部地区川东北地区须三段底—遂宁组底的厚度图而刻画的阆中—南部地区燕山中期末须二段油气运移趋势图,图中红线为燕山中期末须二段油气运移的“汇烃脊”,而红色箭头则为油气运移的方向。显然,石龙场、金星场、天宫院西及柏垭等地区为油气运移有利地区。

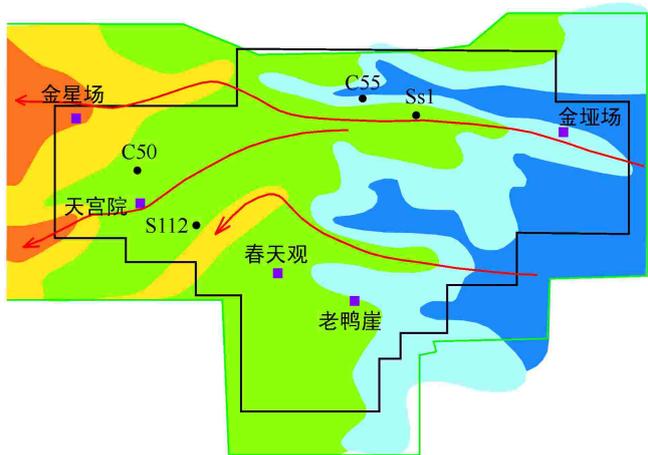


图3 阆中—南部地区燕山中期末须二段油气运移趋势图

须家河组四段与须二段之间厚度变化不大,其油气运移趋势与须二段相似。

由前面烃源条件分析可知,阆中—南部地区须二段下部缺乏好的烃源岩,烃源供应可能主要靠其内部泥质岩类生烃而得,因而虽然须二段储层发育良好,天宫院、金星场和石龙2井等部位位于油气运移的有利通道上,其油气成藏规模可能不会很大;须四段下部有须三段的泥质岩作为烃源岩,且生烃强度整体看来并不比广安气田差,储层发育程度从预测结果来看虽不如须二段优越,但还是相当发育的,处于油气运移优势部位的天宫院、金星场和石龙2井等部位有望在该层取得较大的油气突破。

3.2 油气保存条件

阆中—南部地区须家河组中泥页岩主要分布在须三段及须五段中,是须二段、四段的封盖层,这些该层为该区油气成藏提供了良好的保存条件。

该区断层总体而言不太发育且多规模不大,对油气的保存影响不大。以该区最大的断层——石龙场断层为例,通过断层封堵性分析来探讨其对油气保存的影响程度。

断层在空间上的封堵性包括垂向封堵性和侧向封堵性。影响断层侧向封堵性的主要影响因素有:断移地层的砂泥比值、泥岩膏盐岩涂抹层分布的连续性、断裂充填物的性质。影响垂向封闭性的主要因素有:断面产状及断面压力。

通过计算石龙场断层断面垂直压力结果表明:石龙场断层断面剩余压力大于30 MPa,而根据前人的研究成果,剩余压力大于20 MPa断层垂向上则为封堵的^[8],因而石龙场断层在构造平静期不会对油气保存产生大的影响。

4 结论

阆中—南部地区烃源条件分析结果表明:该区须三段具有一定的生烃条件。须五段具有较好的生烃条件。油气运移条件分析表明:天宫院、金星场和石龙2井等部位位于油气运移的有利通道上,有利于油气的聚集成藏。

陆相储层“源控论”决定了阆中—南部地区须家河组四段具有较好的勘探潜力,从油气成藏条件的配置情况来看,须四段是阆中—南部地区须家河组取得油气重大突破的主力层段。

参 考 文 献

- [1] 吴亚军,陈汉军,郭伟,等.阆中—南部地区海相勘探目标评价优选[R].成都:中国石化西南油气分公司,2007.
- [2] 陈汉军,吴亚军.川北阆中—南部地区茅口组礁滩相储层预测[J].天然气工业,2008,28(11):22-25.
- [3] 童崇光.四川盆地构造演化与油气聚集[M].北京:地质出版社,1992.
- [4] 李登华,李伟,汪泽成,等.川中广安气田天然气成因类型及气源分析[J].中国地质,2007,34(5):829-835.
- [5] 刘殊.孝新合优质储层预测及勘探目标优选[R].成都:中国石化西南油气分公司,2007.
- [6] 车国琼,龚明昌,汪楠,等.广安地区须家河组气藏成藏条件[J].天然气工业,2007,27(6):1-5.
- [7] 陈义才,蒋裕强,郭贵安,等.川中地区上三叠统香溪群烃源岩热演化史模拟[J].西南石油大学学报,2007,29(2):57-60.
- [8] 周文,王辉,王世泽,等.盖层及断裂的封堵性评价[M].成都:四川科学技术出版社,1999.