

四川盆地致密砂岩气藏勘探现状与资源潜力评价

卞从胜, 王红军, 汪泽成, 徐兆辉

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

[摘要] 川中地区是目前须家河组已发现的储量集中区, 由于气源的不充分性导致气藏含水饱和度高, 规模经济开发难度偏大。在成藏条件综合研究的基础上, 评价认为须家河组下一步勘探潜力区主要分布在川中西部的金华—蓬溪地区须二和须四段, 以及川西北部的剑阁—柘坝场地区须三段, 这些区域气源灶发育, 生气强度大, 储层保持较好, 且构造和裂缝发育, 多口高产气井和规模储量的发现表明其成藏潜力巨大, 将成为须家河组天然气勘探的重要新领域。

[关键词] 大型化成藏; 源内成藏; 资源潜力; 致密砂岩气; 须家河组; 四川盆地

[中图分类号] TE1; TE3 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)07-0074-07

1 前言

四川盆地上三叠统须家河组是我国致密砂岩气勘探和开发的重点层系。近5年来, 须家河组天然气储量发现快速增长, 截至2011年年底, 累计探明天然气地质储量近 $7\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 控制加预测储量超过 $5\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 已经形成了万亿立方米的大气区, 成为继三叠系飞仙关组和二叠系长兴组之后, 四川盆地天然气储量增长的重要区域之一^[1]。勘探证实, 须家河组含气范围几乎遍布整个盆地, 不仅探明了川中地区八角场、广安与合川等大气田, 以及川西中坝、平落坝气田, 而且在川北地区的龙岗、川西北的九龙山以及川西南的白马庙地区, 也都获得了重要发现, 天然气勘探层系和范围仍有进一步扩大趋势^[2,3]。

须家河组致密砂岩气的规模开发利用已经有近半个世纪的历史^[4-6], 早期发现的气田主要位于川西龙门山前构造发育区, 以构造和裂缝型气藏为主, 气藏规模小, 但储量丰度高, 气层厚度较大。随着勘探和研究的深入, 近年来不断在川中地区发现大气田, 如广安、合川等气田, 探明储量都在千亿立方米以上, 以构造—岩性或岩性气藏为主, 含气面积大,

可达几百至上千平方千米, 气柱高度低, 基本在10~25 m, 含水饱和度较大, 一般大于40%, 气藏储量丰度低, 一般为 $1 \times 10^8 \sim 3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 属中低丰度天然气藏^[1-3]。目前已发现的气田主要分布在须二、四、六段砂岩集中发育段, 近期勘探又在须一、三、五段气源灶内部获得了重要发现, 可以说, 须家河组致密砂岩气具有满盆含气、全层系立体勘探的特点。然而, 须家河气藏尤其在川中地区具有含水饱和度高, 气藏充满度低的特点, 开发过程中产气量低、产水量高, 严重制约气藏的规模有效开发进程。针对须家河组致密砂岩气的特点和存在的问题, 对须家河组天然气成藏特征和勘探现状进行了探讨, 结合该地区成藏研究的新成果对须家河组重点区域资源潜力进行了评价, 以期对须家河组致密砂岩气下一步勘探和开发有所帮助。

2 须家河组天然气成藏特征与勘探现状

研究表明, 须家河组须一、三、五段烃源岩和须二、四、六段储层呈大面积交互分布, 构成“三明治”生储盖组合, 为须家河组致密砂岩气大型化成藏提供了基础。须家河组天然气藏具有含气面积大、气藏丰度低, “经济性”成藏呈“斑块状”分布等特点,

[收稿日期] 2012-04-06

[基金项目] 国家重点基础研究发展计划“973”项目(2007CB209500)

[作者简介] 卞从胜(1981—), 男, 安徽合肥市人, 工程师, 主要从事天然气成藏与储层研究; E-mail: biancongsheng@126.com

整体成藏呈大范围分布^[4](见图1)。

2.1 生储盖组合呈大面积广覆式交互分布

四川盆地上三叠统须家河组发育一套含煤碎屑岩河湖相沉积,由于古地形平缓,物源充足,形成了大面积近满盆分布的辫状河—三角洲砂泥岩和煤系地层^[7-9](见图1)。煤系气源岩主要分布在须一、三、五段,以高含有机碳的煤层和炭质泥岩为主,分布面积达 $8 \times 10^4 \sim 12 \times 10^4 \text{ km}^2$,煤和炭质泥岩单层厚度在 $5 \sim 20 \text{ m}$,单层生气强度在 $5 \times 10^8 \sim 20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。砂岩储集体主要分布在须二、四、六段砂岩集中段和须一、三、五段内部,孔隙度基本在 $5\% \sim 10\%$,渗透率平均为 $0.01 \sim 0.5 \text{ mD}$,属于致密砂

岩储层,其分布面积可达 $11 \times 10^4 \sim 14 \times 10^4 \text{ km}^2$,每一层的厚度基本在 $10 \sim 30 \text{ m}$ 。须一、三、五段气源岩和盖层与须二、四、六段储集体呈大面积紧密接触,直接接触面积可达 $8 \times 10^4 \sim 11 \times 10^4 \text{ km}^2$,构成了大规模间互发育的“三明治”结构。同时,在须一、三、五段内部发育的同期沉积砂体同样是含气性储层,单段分布面积可达 $5\,000 \sim 11\,000 \text{ km}^2$,储层连续性较好,它与烃源岩构成指状交互发育特征,比须二、四、六段储层成藏具有近水楼台的优势^[1]。因此,这种典型的“三明治”结构生储盖组合是须家河组大范围含气的重要基础。

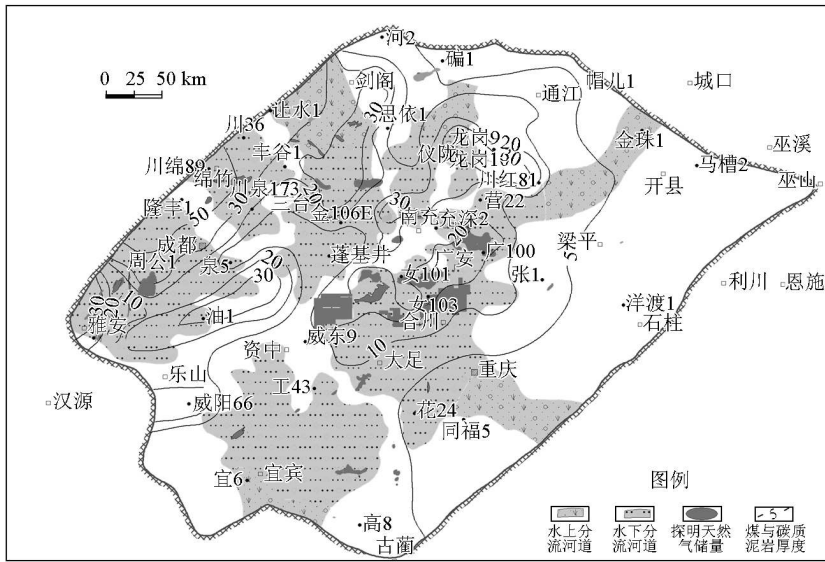


图1 四川盆地须家河组气源岩与储层分布图

Fig.1 Source rock and reservoir distribution in Xujiahe formation, Sichuan Basin

2.2 气层厚度薄、含气面积大,气藏充满度不高

须家河组储层是在地形平缓的浅水湖沼环境中形成的辫状河三角洲沉积体系,由于河道的快速迁移、归并和叠加,导致沉积砂体的结构和连续性较差,加上后期强烈的压实和胶结作用,留下来的储集体单体规模较小,侧向连续性较差^[10,11],形成的气层厚度也相对较薄,含气储层往往被致密砂岩或泥岩隔开,呈孤立—半孤立状,但多层气藏相互叠加,形成了集群式分布的气藏群,规模非常大。如广安气田,单个气层厚度 $4 \sim 13 \text{ m}$,探明储量面积 579 km^2 ,由 $40 \sim 60$ 个气藏群组成,探明天然气储量 $1\,355 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。合川潼南须二气田(见图2),单个气层厚度 $5 \sim 15 \text{ m}$,探明储量面积 $1\,058 \text{ km}^2$,由

$40 \sim 50$ 个气藏群组成,探明天然气储量约 $2\,300 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

须家河组气藏总体充满度不高,特别是川中地区,受构造影响较大,位于构造低部位的储层往往产水,而构造高部位即便储层物性较差,含气性也较好。广安须六段气藏储层段的物性均较好,构造高部位的广安2井区平均含气饱和度可达 55% ,生产测试以纯气为主,基本不产水,而构造低部位的广安105井区平均含气饱和度不到 40% ,生产测试气水同产,且产气量很低。在合川—潼南地区,须二段上部储层物性相对较差,其孔隙度和渗透率分别为 $5\% \sim 7\%$ 和 $0.05 \sim 0.3 \text{ mD}$,而含气饱和度基本在 50% 以上,是该地区的主要产气层。须二段下部物

性较好,其孔隙度和渗透率分别为7%~10%和0.1~0.5 mD,但含水饱和度一般在60%~75%。这与该区须家河组气源灶整体生气总量不充分,天

然气优先聚集在储层的上部高部位有关。因此,构造因素在川中地区天然气成藏富集中具有重要作用(见表1)。

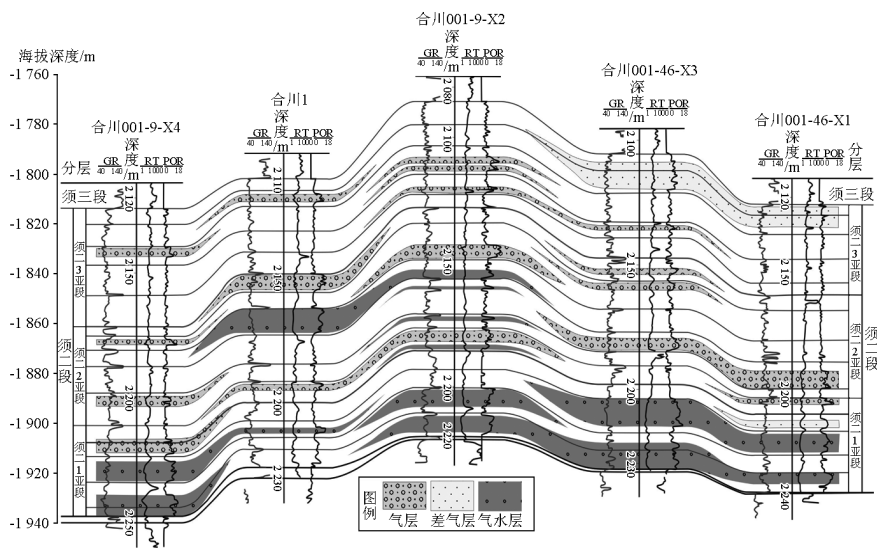


图2 合川地区须二段气藏剖面图

Fig. 2 Gas reservoir section figure of Xu 2 in Hechuan gas filed

表1 四川盆地川中地区须家河组气藏特征统计

Table 1 Gas reservoirs characteristics statistics of Xujiache formation, central Sichuan Basin

气田名称	圈闭类型	含气面积/km ²	气藏个数	气层厚度/m	充满度/%
广安须六	岩性—构造	200.8	15~25	8~13	55~67
广安须四	构造—岩性	415.6	28~35	5~10	21~46
合川须二	岩性—构造	1 058.3	24~30	5~15	52~61
潼南须二	岩性	278.8	16~20	4~12	26~42
磨溪须四	构造	26.25	5~8	10~20	55~58

2.3 天然气成藏以岩性气藏为主,局部发育构造气藏

统计表明,须家河组气藏以岩性和构造—岩性复合型为主,尤其是近年来川中地区发现的一系列大气田,如广安、合川、安岳和八角场等,探明储量可达6 300 多亿 m³。广安气田须六气藏,是一个构造与储层物性共同控制下的构造—岩性气藏,而须四气藏是一个斜坡背景下的岩性气藏,合川—潼南须二气藏也是低幅构造背景下的岩性气藏。这一类气藏的共同特征是构造平缓,地层倾角基本在1°~3°,含气面积大,可达数百至数千平方千米,气层厚度薄,一般单层5~15 m,气水分异较差,含

气饱和度普遍较低,一般为45%~65%,单井产水较多,以常压和异常高压为主,气藏分隔性强。这些现象表明须家河组低孔渗天然气藏含气面积大,但气水分异较差,具有大范围斑块状成藏的特征,规模开发的难度相对较大。

另一方面,在川西北和川西南地区靠近龙门山造山带地区,也发现了一些背斜或断层型构造气藏,这些气藏大多数发现较早,勘探难度相对较低,所占储量比例也很低,探明储量总计近500×10⁸ m³,但是这些气藏的技术可采储量较高,近400×10⁸ m³。如中坝须二气藏,是一个典型的背斜型气藏,邛西须二气藏,是一个断块型气藏。这些气藏通常表现为含气面积小,一般在十几到几十平方千米,气水界面清楚,裂缝较发育,单井产气量较高,以常压为主。由于这些气藏发育地区烃源岩厚度大,煤层和炭质泥岩厚度在20~30 m,气源充足,气藏丰度较高,规模开发的经济性好。

2.4 天然气以近源成藏为主,成藏丰度受本地气源灶控制

四川盆地须家河组天然气主要为成熟—高成熟的煤成气,气藏中烃类气体含量为96%~99%,不含硫化氢气体,与其下部的海相天然气和上部的侏

罗系天然气区别明显,地化特征表明属于须家河组自生自储的天然气^[12,13]。

前已述及,须家河组储层致密且非均质性强,地层构造平缓,使得气源灶生成的天然气以短距离的垂向运移聚集为主,难以发生大规模的侧向运移聚集。首先,川西凹陷和川中地区天然气特征差异明显,川西中坝和平落坝须二气藏甲烷含量高,干燥系数0.95~0.97,甲烷碳同位素-33‰~-36‰,反映天然气成熟度高,与该地区气源灶演化程度高相对应。而广大川中地区天然气藏的甲烷含量相对要低一些,干燥系数在0.86~0.93,甲烷碳同位素-38‰~-42‰,反映天然气成熟度较低,同样与该地区气源灶演化程度低相对应。说明川西凹陷的天然气没有发生大规模的侧向运移进入川中地区的储层。

另一方面,川中地区的天然气也是以近源聚集为主,在不同地区和不同层段,天然气地化特征差异明显。如合川与潼南两个地区的须二段气藏,合川地区天然气甲烷含量较潼南地区高4%,而乙烷含

量低3%,合川地区甲乙烷碳同位素较潼南地区重0.3‰~0.4‰,表明气源差异明显。并且,在同一套含气层系中,在储层物性大体相当的情况下,含气饱和度差异较大,测试产量和地层压力等参数也不相同,如潼南须二气藏(见图3),剖面中根据气层压力的变化分为4个独立的气藏单元,各个气藏的含气饱和度从35%至60%以上变化不等,测试产量也在产水46 m³/d到产纯气4.1×10⁴ m³/d之间变化。仔细研究后发现,各个气藏单元的含气饱和度与其内部或下伏的煤层和炭质泥岩分布有关,当其下伏的煤层与炭质泥岩厚度较大的时候,上部储层的含气饱和度就大,产气量高,如潼南104、108井,含气饱和度基本大于50%,测试产气1.9×10⁴~4.1×10⁴ m³/d;而与其相邻的潼南103井,储层物性同样较好,但是由于其下伏气源岩薄,测试以产水为主,说明该含气层系内部各气藏与其内部或下伏的源岩构成了相对独立的成藏组合,具有近源聚集成藏的特点。

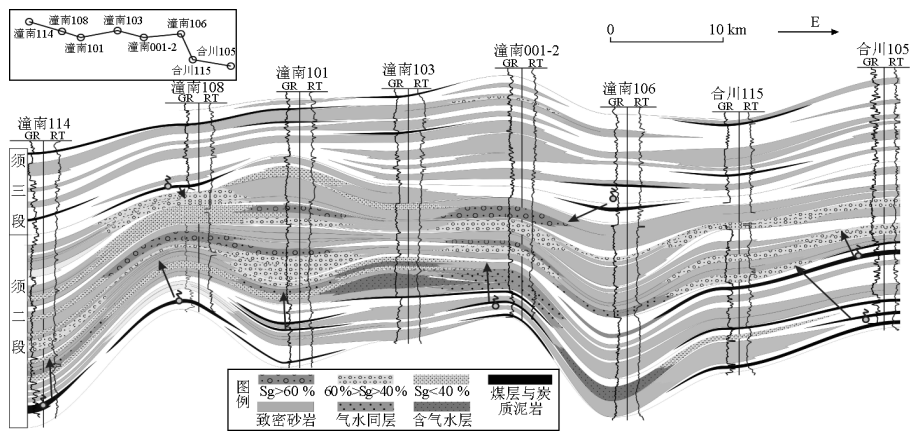


图3 潼南地区须二段近东西向气藏剖面图

Fig. 3 Gas reservoir section figure of Xu 2 from east to west in Tongnan gas field

2.5 “甜点富集区”控制经济性资源的分布,是目前勘探开发的重点

须家河组气田的开发实践表明存在一类“甜点富集区”,这些区域由于原始沉积和后期成岩改造,使得储层物性相对较好,含气饱和度相对较高,开发井产气性好,不产水或者产水量较低,是经济性资源分布的地区,多呈不连续性分布,是中低丰度天然气藏群产能建设的主要贡献者,也是现阶段对这类储量开发的重点。

广安须六气田的广安2井区,属于“甜点富集区”,储层平均孔隙度达10%~12%,渗透率在

0.5~1.3 mD,含气饱和度达55%以上,储量丰度在5.19×10⁸ m³/km²,初始产量可达32.2×10⁴ m³/d,是该气田的主要经济性资源分布区;而该井区之外的广安101井区,孔隙度在6%~10%,渗透率为0.06~0.8 mD,含气饱和度在40%以下,储量丰度只有1×10⁸~3×10⁸ m³/km²,初始产量只有2×10⁴~3×10⁴ m³/d,且后期产水量显著增加。合川—潼南须二气田的合川1井区构造发育,储量丰度较高,达3.8×10⁸ m³/km²,日产气无阻流量达26×10⁶ m³,气藏开发过程中产水较少;而合川西南部和潼南气田由于构造不发育,储量丰度较低,仅为

$2.2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 气水分异差, 开发动用难度较大, 日产气无阻流量只有 $3.7 \times 10^6 \sim 7.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。因此, “甜点富集区”是须家河组目前天然气勘探和开发的主要贡献者。

3 须家河组天然气资源潜力与勘探发展方向

四川盆地须家河组天然气成藏范围大, 资源分布广, 可供勘探面积可达 $16 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。据最新资源评价结果认为须家河组资源量可达 $6.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ^[14], 而目前的资源探明率仅 12%, 剩余资源潜力巨大。与国内东部等成熟勘探盆地相比, 须家河组天然气的勘探和开发程度都很低, 目前勘探主要集中在川中中部和川西北部地区, 勘探层系以须二、四、六段为主, 对于广大的川中—川西过渡带以及须一、三、五段源内天然气的勘探程度很低, 而这些区域气源灶条件较其他地区更好, 只要能找到规模储集体和有利圈闭, 获得重大突破的几率很高。近期在川中西部的蓬莱地区须二段和川西北地区须三段的勘探都获得了重要发现, 表明须家河组下一步的勘探前景十分广阔。

3.1 须家河组天然气成藏潜力与分布

须家河组天然气成藏研究表明, 有利富集区的分布主要受气源灶、储集体、构造高部位和裂缝发育 4 要素的控制, 经济性成藏呈斑块状分布, 气藏连续性较差, 因此, 优质气源灶和高孔渗储集体的叠置发育带是天然气富集的主要地区。在须二、四、六段, 储集体集中发育, 同时与气源灶紧密交互接触, 成藏潜力大。川中地区是这些层段储集体发育最好的地区, 不仅厚度大, 而且物性好, 构造也发育, 目前已发现储量的 80% 以上集中在这一地区, 是目前须家河组勘探和开发的重点。但是由于气源岩厚度相对较薄, 供气不够充分, 导致气藏含水量大, 规模开发难度较大。在川中西部地区, 气源岩厚度和生气强度增大(见图 1), 气源条件相对充分, 同时该地区地层埋藏深度适中, 储集体物性保持较好, 蓬莱地区多口井显示这一地区裂缝发育, 因此, 成藏潜力非常大, 应该是须家河组下一步勘探重点区域。

另一方面, 近期的研究和勘探证实, 须家河组须一、三、五段源内具有天然气成藏的有利条件, 特别是最近几年, 多口井钻遇须一、三、五段时获得了工业气流, 很多井有明显的气测显示、井喷和井漏现象(见表 2)。截至 2009 年, 各类钻遇须家河组须一、

三、五段的出气井已达 38 口, 主要分布在川西北、川西南和川中西部地区。如西充 1 井在须一段试气获近 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 剑门 1 井在须三段试气获近 $9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 磨溪气田磨 119 井在须五段测试获近 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的高产气流。同时, 在剑门和九龙山区块须三段获得了天然气地质储量, 控制与预测储量超过了 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 这揭示了须家河组须一、三、五段源内天然气成藏潜力巨大, 成为该地区新的接替领域。

表 2 须家河组须一、三、五段出气井统计表
Table 2 Gas wells statistics of Xu 1, Xu 3 and Xu 5 formation

井号	层位	试气产量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	井号	层位	试气产量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)
大邑 1	须一段	35.9	莲花 2	须三段	15.8
西充 1	须一段	1.15	隆丰 1	须三段	严重气侵
川科 1	须一段	86.8	剑门 1	须三段	9.03
柘 2	须三段	60.8	思依 1	须五段	1.46
柘 4	须三段	2.59	富顺 1	须五段	1.2
龙 12	须三段	4.12	磨 9	须五段	3.6
剑门 102	须三段	101	磨 119	须五段	31
龙岗 61	须三段	4.9	金 17 井	须五段	2

3.2 须家河组重点区域资源潜力评价

根据须家河组天然气成藏主控因素的特征与分布, 通过盆地模拟的方法, 利用最新的勘探和研究成果, 开展了须家河组重点潜力区的区带综合评价, 为须家河组天然气勘探和研究提供参考。从须家河组天然气的成藏特征分析, 评价立足气源灶, 根据每一层段烃源岩埋藏期热成熟生气和抬升期煤系解吸气供气强度以及构造格局划分供气单元, 作为评价的基本单元, 然后叠加储集体厚度和物性参数, 并结合其他各项石油地质条件进行综合评比。该次评价共优选 10 个资源潜力较大的区带, 有利勘探面积达 $6.5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 资源潜力在 $4 \times 10^{12} \sim 5 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。其中一类区的面积为 $3.6 \times 10^4 \text{ km}^2$, 主要分布在广安—合川、金华—蓬溪以及剑阁—柘坝场地区, 资源潜力 $2.5 \times 10^{12} \sim 3 \times 10^{12} \text{ m}^3$; 二类区面积为 $2.9 \times 10^4 \text{ km}^2$, 主要分布在龙岗—营山、雅安—成都地区, 资源潜力 $2 \times 10^{12} \sim 2.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (见图 4)。下面以两个典型有利区带为例对资源潜力进行分析。

3.2.1 金华—蓬溪须二区带

该区位于川中—川西过渡带, 属于前陆斜坡区, 有利面积为 $2.46 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区气源灶煤和炭质

泥岩的总厚度为 10 ~ 20 m, 须一段生气强度在 $8 \times 10^8 \sim 10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 须三段生气强度在 $15 \times 10^8 \sim 30 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 该区总供气量可达 $6.72 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 气源条件非常充足。该区须二段储层沉积相为川西北和川东南两大物源水系交汇部位, 水下分流河道非常发育, 储层单层厚 2 ~ 8 m, 累计厚度 20 ~ 30 m, 孔隙度可达 6 % ~ 10 %。同时, 蓬莱地

区钻井揭示储层裂缝较发育, 有利于气井的高产, 如蓬莱 4 井和蓬莱 11 井在该段分别获得了 $45.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $15.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的高产气流, 气藏压力系数在 1.3 ~ 1.6, 有利于天然气的保存, 评价出资源潜力在 $3000 \times 10^8 \sim 5000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 目前已发现蓬莱气田, 预测储量近 $1600 \times 10^8 \text{ m}^3$, 是目前勘探的重点目标区。

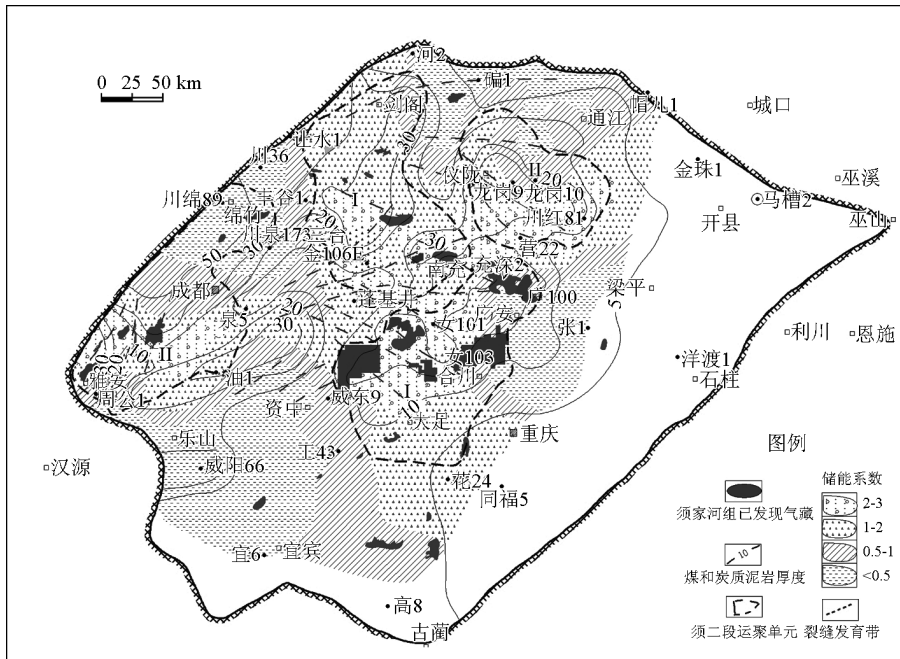


图 4 四川盆地须家河组天然气成藏有利区带综合评价图

Fig. 4 Comprehensive evaluation of gas accumulation potential regions of Xujiahe formation, Sichuan Basin

3.2.2 剑阁—九龙山须三区带

该区位于川西北地区, 邻近龙门山和九龙山造山带, 构造发育, 储层埋藏相对较深, 在 3 500 ~ 4 500 m, 有利面积 $1.64 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区须三段气源灶供气强度平均在 $10 \times 10^8 \sim 20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 气源充足。该区须三段发育三角洲分流河道沉积, 砂岩厚度为 30 ~ 60 m, 延伸规模在 20 km 以上, 连续性好, 储层单层厚度在 3 ~ 10 m, 孔隙度平均为 3 % ~ 6 %, 物性较差, 但井下裂缝非常发育, 有利于源内天然气的直接充注和富集成藏, 多口气井在该地区获得高产, 如剑门 102 井须三段获得了 $101 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的工业气流, 气藏压力系数在 1.7 ~ 2.0, 超压强度大, 气藏能量高, 评价资源潜力在 $2500 \times 10^8 \sim 4000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 目前该区已提交控制、预测储量约 $1200 \times 10^8 \text{ m}^3$, 资源潜力大。由于气藏压力大, 目前基本不含边底水, 开发效果要比川中其他地区偏好。

4 结语

四川盆地须家河组天然气勘探正在如火如荼地进行, 已经成为我国最重要的致密砂岩气勘探开发基地之一。须家河组天然气成藏具有源储大面积广覆式发育的条件, 以近源成藏为主, 成藏丰度受本地气源灶质量的控制。气源灶供气不充分是川中地区须二、四、六段气藏含水饱和度高和充满度低的主要原因, 甜点富集区是目前天然气开发产量稳定的重点区域。下一步勘探应向气源灶更加发育的川中以西方向推进, 川中—川西过渡带的金华—蓬溪地区须二段和须四段、川西北剑阁—柘坝场地区须三段气源灶发育, 生气强度大, 有利储集体和裂缝较发育, 综合评价资源潜力在 $2.5 \times 10^{12} \sim 3 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 是重要的成藏潜力区, 尤其是剑阁地区须三段源内成藏是须家河组天然气勘探的重要新领域, 目前已获

得良好的储量发现和多口高产气流井,将成为下一步致密气勘探的重点区域。

参考文献

- [1] 赵文智,卞从胜,徐春春,等.四川盆地须家河组须一、三和五段天然气源内成藏潜力与有利区评价[J].石油勘探与开发,2011,38(4):385-393.
- [2] 赵文智,王红军,徐春春,等.四川盆地川中地区须家河组天然气藏大范围成藏机理与富集条件[J].石油勘探与开发,2010,37(2):146-157.
- [3] 赵文智,汪泽成,王红军,等.中国中、低丰度大油气田基本特征及形成条件[J].石油勘探与开发,2008,35(5):641-650.
- [4] 翟光明.中国石油地质志(十)[M].北京:石油工业出版社,1989.
- [5] 邓康龄.四川盆地形成演化与油气勘探领域[J].天然气工业,1996,12(5):7-13.
- [6] 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):17-29.
- [7] 朱如凯,邹才能,张 鼎,等.致密砂岩气藏储层成岩流体演化与致密成因机理——以四川盆地上三叠统须家河组为例[J].中国科学:D辑,2009,39(3):327-339.
- [8] 卞从胜,王红军,汪泽成,等.四川盆地川中地区须家河组天然气大面积成藏的主控因素[J].石油与天然气地质,2009,30(5):548-555.
- [9] 侯方浩,蒋裕强,方少仙,等.四川盆地上三叠统香溪组二段和四段砂岩沉积模式[J].石油学报,2005,26(2):30-37.
- [10] 罗启后,王世谦.四川盆地中西部三叠系重点含气层系天然气富集条件研究[J].天然气工业,1996,16(6):40-55.
- [11] 刘树根,童崇光,罗志立,等.川西晚三叠世前陆盆地的形成与演化[J].天然气工业,1995,15(2):11-14.
- [12] 朱光有,张水昌,梁英波,等.四川盆地天然气特征及气源[J].地质前缘,2006,13(2):234-238.
- [13] 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):829-837.
- [14] 杜金虎,徐春春.四川盆地须家河组岩性大气区勘探[M].北京:石油工业出版社,2011.

Exploration status and potential evaluation of tight gas in Sichuan Basin

Bian Congsheng, Wang Hongjun, Wang Zecheng, Xu Zhaohui

(Petrochina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China)

[Abstract] The majority of discovered reserves is central Sichuan Basin, but the economic development to the reserves is difficult because of the high saturation of water in gas reservoirs. Based on comprehensive study on the gas accumulation conditions, the evaluation to gas resource of Xujiahe formation is done, which points that exploration potential regions are Xu 2 and Xu 4 of Jinhua - Pengxi in central Sichuan Basin, and Xu 3 of Jiange in northwest of basin, where the source rock and reservoir as well as fracture are developed well. High-production gas from lots of wells and discovered scale reserves show that these potential regions will become the important new fields in Xujiahe formation, Sichuan Basin.

[Key words] a large scale accumulation; gas accumulation inside source kitchen; resource potential; tight-gas; Xujiahe formation; Sichuan Basin