

文章编号: 0253-9985(2006)06-0786-08

## 川西坳陷须家河组天然气成藏模式探讨

杨克明

(中国石油化工股份有限公司 西南分公司, 四川 成都 610081)

摘要: 川西坳陷须家河组可分为下部成藏组合和上部成藏组合。下部成藏组合主要有高压驱赶-低压吸拉天然气成藏模式; 上部成藏组合主要有水溶气运移释放-浮力顺优势通道输导天然气成藏模式。早期古构造之上叠加晚期“断而未破”的裂缝系统是高压驱赶天然气成藏模式富集高产的主控因素; 充足的天然气源、开启的断裂、挤压构造的虚脱及地层剥蚀减压是低压吸拉天然气成藏模式成藏的关键; 构造高点曾不断迁移变化、晚期抬升、储层物性较好的低幅度构造+岩性复合圈闭是水溶气运移释放天然气成藏模式的决定因素; 优势运移通道上存在的有效圈闭是浮力顺优势通道输导天然气成藏模式成藏的关键。

关键词: 成藏组合; 成藏模式; 主控因素; 须家河组; 川西坳陷

中图分类号: TE112.3 文献标识码: A

Gas reservoiring mode in Xujiahe Formation  
of western Sichuan depression

Yang Kemin

(Southwest Company, SINOPEC, Chengdu, Sichuan 610081)

**Abstract** Xujiahe Formation can be divided into a lower and an upper reservoir assemblages. Pooling modes for the former are thought to be high-pressure drive and low-pressure suction and pull and that for the later are regarded as water-soluble gas migration and release and buoyancy transmitting gas through dominant pathway. For the high pressure drive mode, the controlling factor of gas enrichment is the existence of faulted but unbroken fracture system superimposed on the early palaeostructure, and for the low-pressure suction and pull mode, the key factors of gas pooling include sufficient gas source, open faults, compressional structure suction, and decompression by stratum denudation. For the water-soluble gas migration and release mode, the determining elements of gas reservoiring are the continuous migration of structural high, late uplift, and low relief structural and lithologic combination trap with good physical properties. For the mode of buoyancy transmitting gas through dominant pathway, the crucial condition for gas reservoiring is the existence of effective traps on dominant pathway.

**Key words** reservoiring assemblage; reservoiring mode; western Sichuan; dominating factors; Xujiahe Formation

川西坳陷位于四川盆地西部, 为晚三叠世以来陆相盆地的深坳陷部分, 走向北东, 总面积约  $3.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。大地构造上处于龙门山造山带以东、扬子地块西北缘。

晚三叠世以来, 川西坳陷经历了印支—燕山—喜马拉雅多期构造运动作用, 始终处于受盆缘山系隆升与挤压控制的被动沉降环境<sup>[1-3]</sup>。

川西坳陷晚三叠世地层具有前陆盆地层层序沉积特征<sup>[1, 4-7]</sup>, 在以(油)气生成热动力和构造挤压应力为主的成藏动力作用下, 坳陷主体部位的上三叠统须家河组呈现出区域性的流体异常超高压分布<sup>[8, 9]</sup>, 给须家河组天然气勘探带来诸多困难, 须家河组天然气成藏主控因素变得极为复杂。

收稿日期: 2006-10-18

第一作者简介: 杨克明(1955—), 男, 教授级高级工程师, 油气地质勘探

基金项目: 国家“十五”重点科技攻关项目“川西上三叠统气田勘探开发关键技术研究”(2004BA616A-05)

## 1 基本石油地质条件

### 1.1 煤系烃源岩发育, 资源潜力大

川西坳陷处于四川盆地上三叠统的沉积中心和生烃中心。上三叠统发育多套具有厚度大(1 000~2 100 m)、分布广、有机质丰度高(残余有机碳含量为 1.1%~2.7%)、品质好的煤系烃源岩<sup>[10]</sup>。据川西坳陷上三叠统生气量计算<sup>①</sup>, 生气量达  $345.08 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 占四川盆地该层系总生气量的 61.71%。生气强度高, 最大可达  $200 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$  以上, 大部分地区生气强度  $\geq 30 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。较高的生气强度决定了该区具备大中型气田形成的烃源条件<sup>[11~14]</sup>。根据三次资评<sup>②</sup>, 川西坳陷中段须家河组资源量为  $7795.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 资源探明率仅为 0.45%, 勘探潜力巨大。

### 1.2 储层厚度大, 分布广泛

须家河组砂岩储层主要集中发育于须家河组二段和四段。储层分布较稳定, 厚度较大(400~500 m)<sup>[10]</sup>; 须家河组三段和五段内所夹颗粒较粗的砂岩在局部地区也可作为储层。

须家河组二段储层属河流-三角洲沉积体系, 为多个砂体的叠置, 形成巨大的似毯状砂岩体。这套层厚面积大的砂体自西向东减薄。须家河组二段储层的孔隙度平均仅 3.43%, 渗透率平均仅  $0.094 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 为致密甚至超致密储层。但非均质性极强, 最大孔隙度可达 16.76%, 最大渗透率接近  $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 揭示了致密背景上存在部分相对高孔渗储层。这类相对高孔渗储层具有长石含量高、岩屑含量低的岩石学特征, 纵向上主要分布在须二段中部, 平面上主要分布于印支期古隆起的高部位<sup>[15]</sup>。

须家河组四段储层主要为冲积扇-辫状河三角洲沉积体系, 砂体厚度仍具西厚东薄特征。储层物性整体好于须家河组二段(平均孔隙度 4.87%, 平均渗透率  $0.315 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ), 仍属致密储层。须家河组四段中亚段钙屑砂岩物性较好,

是目前川西坳陷中段物性条件最佳的储层, 基质孔隙度达 6%~8%, 基质渗透率普遍大于  $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 具有较好的渗流条件。

须家河组砂岩基质物性虽然较差, 但喜马拉雅期形成的裂缝对早期致密储层的渗透性起到了明显的改善作用。

### 1.3 封盖条件好

具有直接盖层、压力封盖和致密砂岩储层的局部封盖等多种封盖机理。

除须家河组发育须家河组三段和五段两套区域性直接盖层外, 其上尚有侏罗系-白垩系的砂泥岩作为区域封盖层, 具多封盖层联合封盖的特点。

须家河组三段和二段均属于超压层, 但是须家河组三段的压力系数普遍大于其下的须二段, 致使天然气缺乏向上运移的动力。根据压力系数的分布状况<sup>[10]</sup>, 坳陷内龙门山前缘地带及坳陷南段, 因断裂较发育, 致使原始地层压力难以保持, 不能形成压力封盖, 其余大部分地区压力系数一般都在 1.5 以上, 存在很好的压力封盖条件。

因须家河组成岩作用的不均一性, 导致在普遍致密的砂岩中出现了更加致密的、可作为盖层的砂岩, 从而形成了一些须家河组成岩圈闭类型的气藏。

### 1.4 圈闭众多, 类型多样

川西坳陷中段上三叠统须家河组已查明 18 个圈闭。这些圈闭具如下特征<sup>③</sup>: 1) 主要分布在大邑-鸭子河-丰谷-洛带环形构造带; 2) 多具有早期形成, 晚期继承性发展或被改造的特点; 3) 圈闭类型多样, 具构造圈闭、岩性(地层)圈闭和复合圈闭等多种类型, 并以复合圈闭为主; 4) 圈闭资源量集中分布在孝泉-新场、丰谷-高庙子、大邑和鸭子河-白鹿场等少数大型圈闭中。

### 1.5 早期输导条件良好, 后期有裂缝网络为通道

川西坳陷上三叠统须家河组油气大规模运移主要发生在岩石致密化之前<sup>[15~17]</sup>, 须家河组二段

① 唐立章, 王亮国, 曹烈, 等. 四川探区油气资源评价. 2002

Tang L izhang Wang Liangguo Cao Lie et al Oil and gas resource evaluation for Sichuan Prospect 2002

② 杨克明, 刘正中, 叶军, 等. 川西上三叠统气田勘探开发关键技术研究. 2005

Yang Ken ming Liu Zhengzhong Ye Jun et al Research on key techniques of exploration and development for Upper Triassic gas field in West Sichuan 2005



组合最佳成藏配置时期是燕山中晚期。

## 2 成藏模式探讨

对川西坳陷上三叠统的成藏动力、成藏机理、压力分布状况、疏导体系、封盖条件、构造背景及开发现状等因素的研究<sup>①</sup>, 下部成藏组合主要有高压驱赶运聚成藏模式和低压吸拉运聚成藏模式, 上部成藏组合主要有水溶气运移释放天然气成藏模式和浮力顺优势通道输导天然气成藏模式。

### 2.1 高压驱赶模式

#### 2.1.1 气藏概况

新 851 井位于新场-丰谷古隆起西部的新场构造(须家河组二段顶部反射界面)的五郎泉高点(图 2)。该构造为由两条逆冲断层所夹持的背冲背斜, 须家河组二段圈闭面积  $76.4 \text{ km}^2$ , 闭合度  $100 \text{ m}$ 。完井测试天然气无阻流量  $160 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  无水, 产量  $54 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  主产气层为上三叠统须家河组二段中部。

#### 2.1.2 成藏要素

以须家河组二段本身和下伏马鞍塘、小塘子

组黑色页岩与煤为主要气源, 经自西向东和自下向上两个方向的运移。

须家河组二段的基质物性较差, 孔隙度一般小于  $7\%$ , 只有少数孔隙度大于  $10\%$ ; 基质渗透率也很低, 多数小于  $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。但由于断裂及裂缝的改造, 渗透性得到极大的提升。新 851 井的稳定试井资料解释和生产数据分析结果表明, 该井  $4\,823.2 \sim 4\,846.0 \text{ m}$  井段地层渗透率较高, 达到  $2.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 表现出均质气藏的特征。

须家河组二段气层的封盖层主要为须家河组三段泥岩。另外, 此类气藏还存在气体浓度封盖及流体异常压力封盖。

#### 2.1.3 成藏过程

早期原油聚集与裂解阶段: 须家河组四段沉积末期, 系统内的海陆过渡相烃源岩已开始生油, 直至早侏罗世, 均以生油为主。早期生成的石油在印支期的古构造中聚集成藏, 随埋藏加深发生热裂解作用。裂解后的残余物即热降解沥青以固相成分参与了储层的致密化作用<sup>[18]</sup>。

中期生气增压聚集阶段: 从中侏罗世到晚侏罗世, 出现了两次以湿气为主的生排烃高峰, 导致系统内压力急剧增高。刘树根、高胜利等<sup>[8-19]</sup>对

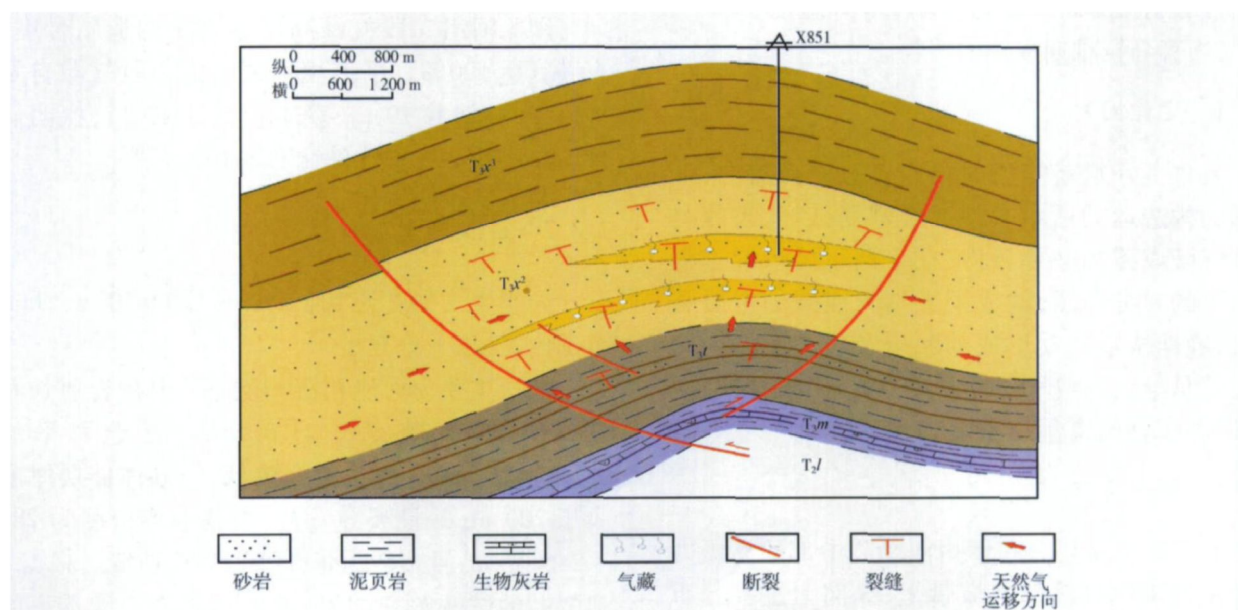


图 2 下部成藏组合高压驱赶运聚成藏模式

Fig. 2 Reservoir mode of high-pressure drive in the lower reservoir assemblage

① 杨克明, 刘正中, 叶军, 等. 川西上三叠统气田勘探开发关键技术研究. 2005

Yang Ken ming Liu Zhengzhong Ye Jun et al Research on key techniques of exploration and development for Upper Triassic gas field in West Sichuan 2005

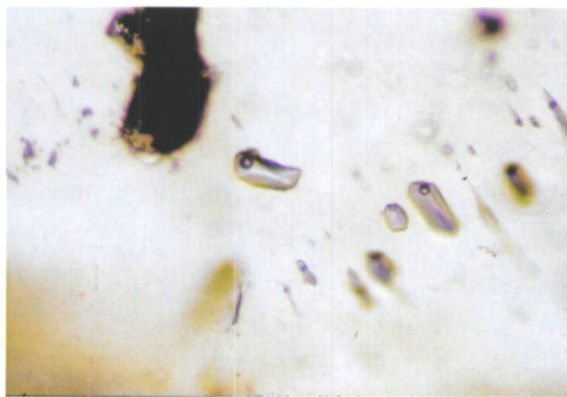


图 3 新 851 井  $T_3x^2$  裂缝石英包裹体

Fig. 3 Quartz fluid inclusion in  $T_3x^2$  fractures in Well X in-851

川西上三叠统进行了古压力模拟, 结果说明在白垩纪末期, 压力梯度上升至  $1.51 \sim 1.87$ , 呈现天然气聚集增压的特征。

晚期高压驱赶运聚成藏阶段: 白垩纪以来, 系统内烃源岩逐渐达到干气阶段, 压力继续增高, 压力梯度达到  $1.7 \sim 2.2$ 。喜马拉雅期构造运动产生大量的断裂及裂缝, 造成了构造部位的压力有所降低。在势能场的作用下, 高压差驱使天然气在构造高部位富集成藏。在新 851 井须家河组二段裂缝石英中的有机包裹体研究表明, 包裹体分布定向性较好 (图 3), 较为富集、均一温度  $145^\circ \sim 150^\circ$ , 为喜马拉雅期成藏的产物。

#### 2.1.4 主控因素

发育良好封盖能力的顶底板双面封盖层, 且后期的构造运动适中未使系统遭受破坏, 是此类天然气藏成藏的必要条件; 在多期生烃运聚过程中形成的异常高压, 构成了天然气成藏的主要驱动力; 晚期构造运动形成的断裂及裂缝所产生的势能差是导致天然气驱赶汇聚的关键, 同时“断而未破”是天然气富集的源泉。

#### 2.1.5 分布特征

在平面上主要分布于川西坳陷中部的高压力分布区及川中过渡的斜坡带上; 纵向上主要分布在下部成藏体系内断背斜的上部。

### 2.2 低压吸拉模式

#### 2.2.1 气藏概况

平落坝气田位于龙门山推覆体前缘断褶构造

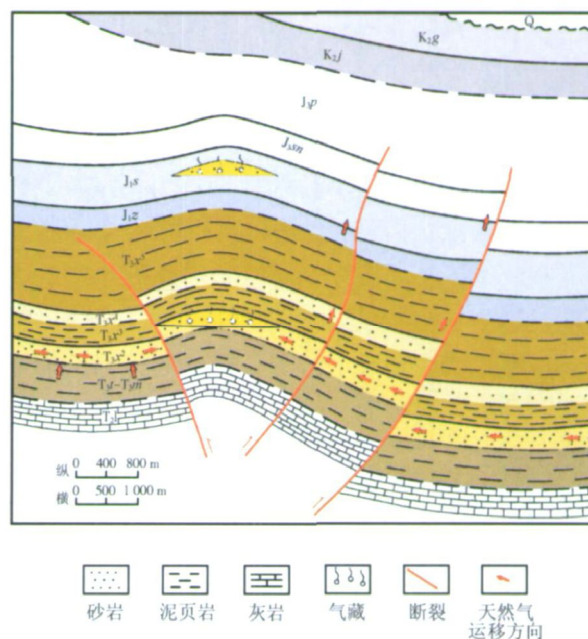


图 4 下部成藏组合低压吸拉运聚成藏模式

Fig. 4 Reservoir mode of low pressure suction and pull in the lower reservoir assemblage

带南段, 主产层为须家河组二段 (图 4)。须家河组二段顶面构造闭合面积为  $55.9 \text{ km}^2$ , 构造上有 8 条北东走向逆断层, 大都与构造轴线近于平行。其中, 3 条南东倾的断层与 4 条北西倾的断层将平落坝潜伏构造切割抬升成背冲式构造。

须家河组二段气藏高度远大于构造闭合度, 充满度达 100%。平落坝须家河组二段气藏自发现以来, 共钻井 19 口, 获工业气井 12 口, 探明储量  $145 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 累计采气  $12 \times 10^8 \text{ m}^3$  [20]。

#### 2.2.2 成藏要素

处于生气强度为  $100 \times 10^8 \sim 125 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$  范围内, 气源十分充足。

储层主要为河流相沉积的细-中粒岩屑长石英砂岩, 孔隙度平均 3.55%, 渗透率平均  $0.161 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。虽然孔渗低, 但砂体储层厚度大于 200 m, 并且裂缝发育, 裂缝平均密度为  $280 \sim 246$  条/m, 且多数为张开缝和半充填缝。根据 5 口气井的试井解释结果, 渗透率是岩心渗透率的  $54.56 \sim 2072.77$  倍, 是典型的裂缝型储层。

具多套泥岩盖层封盖, 保存条件良好。

#### 2.2.3 成藏过程

早期增压成藏阶段: 燕山早幕 ( $J_1$  末期) 区域

性隆升不仅使平落坝地区处于峨嵋-蒲江古鼻状隆起西北端斜坡地带,而且平落坝构造已具雏形,形成两个低幅度构造高点,发育早期“X”剪切破裂<sup>[21]</sup>。平落坝下组合烃源岩在早侏罗世末已成熟,中侏罗世末进入生烃高峰期,其生烃强度达  $76.1 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。须家河组二段构造形成期与早侏罗世末须家河组一段烃源岩成熟期同步,早于其生烃高峰期。须家河组二段成岩早期产生的次生孔隙不仅为酸性水的活动、溶蚀扩展提供了通道,更为油气运聚提供了空间。油气在增压作用下,沿微层理面、微裂隙以及早期“X”剪切破裂缝进入须家河组二段储集层,并向古隆起及斜坡带运聚。这种大型古构造背景上早期形成的古圈闭与生、储、运、聚条件在时空上的良好配置,为平落坝构造早期油气富集奠定了重要基础。

中期泄压调整阶段:平落坝构造在燕山中、晚幕及喜马拉雅期,经历了多期的地层抬升与卸载作用,形成多期次区域破裂系统,一方面有效的改善了储集空间,另一方面,导致了系统内的压力急剧降低,并使早期进入古构造的油气得以调整、重组。

晚期低压吸拉阶段:喜马拉雅运动晚幕,平落坝构造带基本定型,构造带内的低压气藏(压力梯度 1.11 左右)便源源不断的开始吸拉邻区斜坡部位的丰富的油气资源,形成了现今的平落坝气藏。从平落坝气田的开发情况可以看出,多数气井在生产几年后,气井的天然气产能没有出现明显的下降,相反还有明显的增加;随着开发井的增多,单井日均产气量明显增加;不同年份投产的气井,其原始地层压力几乎不变,一般为 39.22~42.16 MPa。这些证据表明该气田至今依然处于低压吸拉的动态过程之中。

#### 2.2.4 主控因素

充足的天然气源,动态的补给平衡是天然气富集成藏的基础;被断裂和裂缝系统改造过的致密储层,为天然气的富集提供了良好的条件;开启的断裂、挤压构造的虚脱及地层剥蚀减压是天然气动态聚集成藏的关键。

#### 2.2.5 分布特征

在平面上主要分布于盆地有效源区内的山前构造带上,如平落坝、邛西、中坝等气田;纵向上主要分布在须家河组二段。

### 2.3 水溶气释放模式

#### 2.3.1 气藏概况

新 882 井位于孝泉-新场构造东部(图 5)。孝泉-新场须家河组四段顶面构造整体表现为一北东向展布的鼻状断背斜,背斜两翼表现为南陡北缓。须家河组四段上亚段为低幅度构造+岩性复合圈闭。新 882 井须家河组四段上亚段获天然气产量  $2.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  天然气无阻流量约  $11.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  水  $50 \text{ m}^3/\text{d}$  为一口气水同产井。据近 400 天的采气特征,地层压力系统较为稳定,气、水产量相对平稳,表明该气藏处于一种气水供给平衡、脱气速率较为稳定的动态环境。从新 882 井到新 560 井,再到新 565 井,构造位置降低,含水特征表现得越来越明显,储层由含水气层演变为含气水层,直至水层。

#### 2.3.2 成藏要素

孝泉-新场地区上部组合生气强度为  $90 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ,烃源充足。储层主要为辫状河三角洲分流河道相砂体,平均孔隙度为 7.09%~13.68%,平均渗透率为  $0.056 \times 10^{-3} \sim 0.104 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,具备天然气重新调整的孔渗条件。该区作为须家河组四段气层区域盖层的须家河组五段泥页岩厚度大,具备良好的封盖能力。

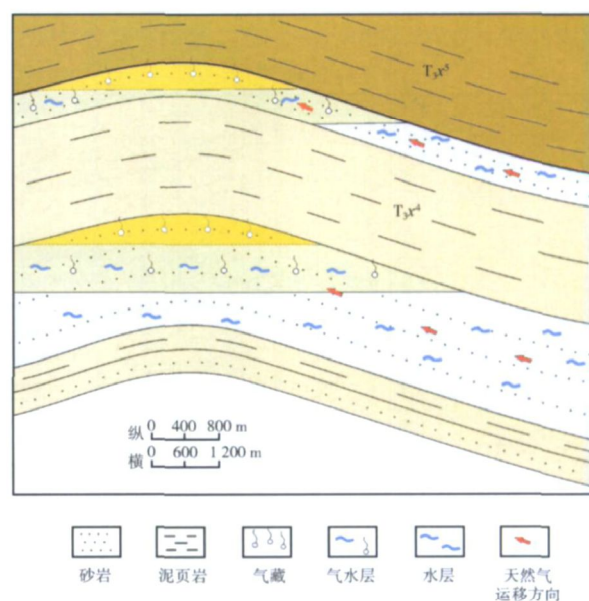


图 5 上部成藏组合水溶气运移释放成藏模式  
Fig. 5 Reservoir mode of water-soluble gas migration and release in the upper reservoir assemblage

### 2.3.3 动态成藏过程

印支晚期—燕山晚期地层压力逐渐变大,构造高点不断迁移,且构造幅度低,天然气脱溶程度低,主要以水溶气形式存在。喜马拉雅期受构造整体隆升作用的影响,早期圈闭中富集的水溶气由于温度压力的降低,溶解度下降,必然大量脱溶,使游离气饱和度逼近、达到临界值,局部地区出现游离相天然气。现今这种脱溶作用仍处于持续进行中。

### 2.3.4 主控因素

储层中富含气的地层水是成藏的基础;系列发育的低幅度构造与岩性复合圈闭是成藏的保证;构造的抬升转换、流体的自由流动及温压系统的变化是天然气成藏的决定因素。

### 2.3.5 分布特征

平面上主要分布在生烃中心附近低缓构造带,纵向上主要分布在须四段上部。

## 2.4 顺优势通道输导模式

### 2.4.1 气藏概况

川孝 560 井位于孝泉—新场须家河组四段顶面鼻状背斜的东倾端(图 6)。该井须家河组四段底部砾岩层段获天然气产量  $14 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。须家河组四段下亚段为低幅度构造与岩性复合圈闭,

圈闭面积大于  $86.7 \text{ km}^2$ , 闭合幅度大于 106 m, 储层厚度约 40 m。

### 2.4.2 成藏要素

紧邻须家河组三段源岩,须家河组三段生气强度为  $90 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 烃源充足。储层主要为扇三角洲分流河道相砂砾岩,普遍超致密,但在须家河组四段下亚段整体超致密背景下,在须家河组四段下亚段下部和近底部普遍发育较多的相对优质透镜体储层。优质透镜体储层上的超致密砂砾岩和须家河组四段中亚段泥页岩层均可作为好的封盖层。

### 2.4.3 成藏过程

须家河组三段沉积末期,受安县运动的影响,孝泉—丰谷地区须家河组三段遭受剥蚀,不整合面为后期的油气运移提供了优势通道。燕山早期,川孝 560 井区处于构造的相对高部位,利于溶蚀作用的发生,使储层遭受了一定程度的溶蚀,形成了部分优质储层。燕山中晚期为须家河组三段烃源岩的第 2 个排气高峰期,生成的天然气沿须家河组三段顶不整合面运移至优质储层成藏。

### 2.4.4 主控因素

优势通道(断层或裂缝、不整合面、高渗透层)类型与品质控制着不同类型的天然气成藏;位于优势通道之中存在有效圈闭是成藏的关键。

### 2.4.5 分布特征

主要分布在优势通道的上倾方向,纵向上主要分布在须家河组四段底部和中部(川丰 563 井)。

## 3 结语

1) 川西坳陷须家河组主要有高压驱赶、低压吸拉、水溶气运移释放、浮力顺优势通道输导 4 种天然气成藏模式。

2) 川西坳陷中部燕山期形成的断背斜的须二段发育高压驱赶天然气成藏模式;龙门山前构造带的须二段主要为低压吸拉天然气成藏模式;上三叠统生烃中心附近低缓构造带的须四段上部发育水溶气运移释放天然气成藏模式;在优势通

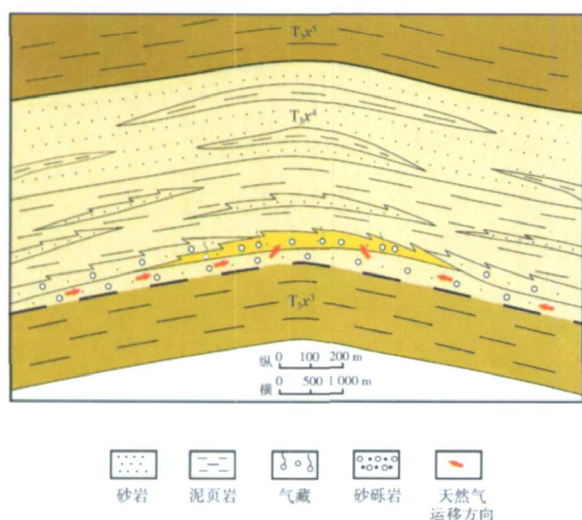


图 6 上部成藏组合浮力顺优势通道输导成藏模式

Fig. 6 Reservoir mode of buoyancy transmitting gas through dominant pathway in the upper reservoir assemblage

道的上倾方向的须四段底部和中部主要为浮力顺优势通道输导天然气成藏模式。

### 参 考 文 献

- 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉, 等. 四川盆地形成与演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1996 113~138  
Guo Zhengwu, Deng Kangling, Han Yonghui et al. Formation and evolution of Sichuan Basin [M]. Beijing Geological Publishing House, 1996 113~138
- 李勇, 曾允孚, 伊海生. 龙门山前陆盆地沉积及构造演化 [M]. 四川 成都: 成都科学技术出版社, 1995 25~37  
Li Yong, Zeng Yunfu, Yi Haisheng. Sedimentation and structural evolution of Longmenshan foreland basin [M]. Chengdu Sichuan Chengdu Technology Press, 1995 25~37
- 李书兵, 何鲤, 柳梅青. 四川盆地晚三叠世以来陆相盆地演化史 [J]. 天然气工业, 1999, 19(增刊): 18~23  
Li Shubing, He Li, Liu Meiqing. Evolution history of continental basin in Sichuan basin since Late Triassic [J]. 1999, 19(S0): 18~23
- 范小林, 朱彤, 潘文蕾, 等. 川西坳陷中段晚三叠世前陆盆地构造变形与油气勘探 [J]. 石油实验地质, 2002, 24(1): 25~28  
Fan Xiaolin, Zhu Tong, Pan Wenlei et al. Structural deformation and hydrocarbon exploration of the Late Triassic foreland basin in the centre part of Western Sichuan depression [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2002, 24(1): 25~28
- 李宗银, 李耀华. 川西前陆盆地上三叠统天然气有利区带评价 [J]. 天然气勘探与开发, 2004, 27(2): 1~4  
Li Zongyin, Li Yaohua. Evaluation of favorable zone for Upper Triassic natural gas in Western Sichuan Foreland Basin [J]. Natural Gas Exploration & Development, 2004, 27(2): 1~4
- 郭东晓. 川西上三叠统一侏罗系致密砂岩储集体特征 [J]. 天然气工业, 1999, 19(增刊): 50~52  
Guo Dongxiao. Tight sandstone reservoir body characteristics of Upper Triassic-Jurassic in West Sichuan [J]. Natural Gas Industry, 1999, 19(S0): 50~52
- 杨克明, 叶军, 吕正祥. 川西坳陷上三叠统须家河组天然气分布及成藏特征 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(5): 501~505  
Yang Keming, Ye Jun, Lv Zhengxiang. Natural gas distribution and reservoiring characteristics of Upper Triassic Xujiahe formation in Western Sichuan Depression [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(5): 501~505
- 刘树根, 徐国盛, 徐国强, 等. 四川盆地天然气成藏动力学初探 [J]. 天然气地球科学, 2004, 15(4): 323~330  
Liu Shugen, Xu Guosheng, Xu Guoqiang et al. Preliminary discussion on reservoiring kinetics for natural gas in Sichuan Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2004, 15(4): 323~330
- 徐国盛, 刘树根, 李仲东, 等. 四川盆地天然气成藏动力学 [M]. 北京: 地质出版社, 2005 101~115  
Xu Guosheng, Liu Shugen, Li Zhongdong et al. Reservoiring kinetics for natural gas in Sichuan basin [M]. Beijing Geological Publishing House, 2005 101~115
- 唐立章, 张贵生, 张晓鹏, 等. 川西须家河组致密砂岩成藏主控因素 [J]. 天然气工业, 2004, 24(9): 5~7  
Tang Lizhang, Zhang Guisheng, Zhang Xiaopeng et al. Main control factors of tight sandstone reservoir in Xujiahe formation in Western Sichuan [J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(9): 5~7
- 卢双舫, 李宏涛, 付广, 等. 天然气富集的主控因素剖析 [J]. 天然气工业, 2003, 23(6): 7~11  
Lu Shuangfang, Li Hongtao, Fu Guang et al. Analysis of main control factors of natural gas enrichment [J]. Natural Gas Industry, 2003, 23(6): 7~11
- 戴金星, 王庭斌, 宋岩. 中国大中型天然气田形成条件与分布规律 [M]. 北京: 地质出版社, 1997. 10~80  
Dai Jinxing, Wang Tingbin, Song Yan. Formation conditions and distribution law for large and medium gas fields in China [M]. Beijing Geological Publishing House, 1997. 10~80
- 戴金星, 宋岩, 张厚福. 中国大中型气田形成的主要控制因素 [J]. 中国科学 (D 辑), 1996, 26(6): 481~486  
Dai Jinxing, Song Yan, Zhang Houfu. Main control factors of large and medium gas fields in China [J]. China Science (D), 1996, 26(6): 481~486
- 王庭斌. 中国大中型气田成藏的主控因素及勘探领域 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 572~582  
Wang Tingbin. Main control factors of reservoiring for large and medium gas fields and exploration domains in China [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(5): 572~582
- 吕正祥. 川西孝泉构造上二叠统超致密储层演化特征 [J]. 成都理工大学学报, 2005, 32(1): 22~26  
Lv Zhengxiang. Evolution characteristics of Upper Permian super-tight reservoir in Xiaquan structure in Western Sichuan [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2005, 32(1): 22~26
- 杨克明, 叶军, 吕正祥. 川西坳陷上三叠统成藏年代学特征 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 208~213  
Yang Keming, Ye Jun, Lv Zhengxiang. Chronological characteristics of Upper Triassic reservoir formation in Western Sichuan [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(2): 208~213
- 曹烈, 安凤山, 王信. 川西坳陷须家河组气藏与古构造关系 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 224~229  
Cao Lie, An Fengshan, Wang Xin. Relationship between palaeo-structure and gas reservoirs in Xujiahe formation in Western Sichuan depression [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(2): 224~229
- 叶军. 川西新场 851 井深部气藏形成机理研究——X851 井高产工业气流的发现及意义 [J]. 天然气工业, 2001, 21(4): 16~20  
Ye Jun. Formation mechanism of deep gas reservoirs in Well Xinchang 851 in West Sichuan—discovery and significance of high production commercial gas flow in well X851 [J]. Natural Gas Industry, 2001, 21(4): 16~20

(下转第 803 页)

- pression[ J]. Foreign Oilfield Engineering 2005 21(9): 41- 42
- 8 冯建辉, 谈玉明, 罗小平, 等. 东濮凹陷杜桥- 白地区天然气及凝析油地球化学特征及成因[ J]. 地球化学, 2002 31(6): 509~ 515  
Feng Jianhui Tan Yuming Luo Xiaoping et al Geochemistry of natural gas and condensate and their origin in Duzhai-Qiaokou-Baimiao area of Dongpu depression[ J]. Geochimica 2002 31(6): 509- 515
  - 9 罗小平, 沈忠民, 彭渤莹, 等. 东濮凹陷白庙地区天然气及凝析油地球化学特征及成因[ J]. 沉积学报, 2004 22(S1): 50~ 55  
Luo Xiaoping Shen Zhongmin Peng Boying et al Geochemistry and origin of oil and natural gas in Baimiao area of Dongpu depression[ J]. Acta Sedimentologica Sinica 2004 22(S1): 50- 55
  - 10 王德仁, 王生朗, 王秀林, 等. 河南东濮凹陷深层储层分析[ J]. 现代地质, 2002 16(2): 199~ 204  
Wang Deren Wang Shenglang Wang Xulin Deep reservoir analysis of the Dongpu depression in Henan province[ J]. Geoscience 2002 16(2): 199- 204
  - 11 武晓玲, 卢福长, 邹森林, 等. 东濮凹陷杜桥白地区深层气成藏条件及成藏模式[ J]. 江汉石油学院学报, 2000 22(4): 14~ 18  
Wu Xiaoling Lu Fuchang Zou Shenlin et al Deep gas pool-forming conditions and models in Duqiaobai area of Dongpu depression[ J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute 2000 22(4): 14- 18
  - 12 苏玉山, 张联盟, 吴莉芝, 等. 渤海湾盆地东濮凹陷杜桥白地区深层天然气成藏规律[ J]. 石油实验地质, 2002 24(5): 418~ 422  
Su Yushan Zhang Lianmeng Wu Lizhi et al Formative laws of deep natural gas reservoir in Du-Qiao-Bai areas Dongpu depression of Bohai Bay basin[ J]. Petroleum Geology & Experiment 2002 24(5): 418- 422
  - 13 谈玉明, 王德仁, 武晓玲. 东濮凹陷天然气成藏规律研究[ J]. 国外油田工程, 2005 21(10): 43~ 44, 46  
Tan Yuming Wang Deren Wu Xiaoling A study of formative laws of natural gas reservoir in Dongpu depression[ J]. Foreign Oilfield Engineering 2005 21(10): 44- 46
  - 14 王秀林, 张洪波, 张孝义, 等. 前梨园洼陷深盆地气藏[ J]. 石油与天然气地质, 2003 24(1): 58~ 61  
Wang Xulin Zhang Hongbo Zhang Xiaoyi et al Deep basin gas accumulation in Qianliyuan depression[ J]. Oil & Gas Geology 2003 24(1): 59- 60

(编辑 陈喜禄)

## (上接第 785 页)

- Hao Fang Zou Huayao Fang Yong The difficulties and frontiers of research on subtle oil/gas reservoir[ J]. Earth Science Frontiers 2005 12(4): 481- 488
- 7 吴金才, 孟闲龙, 王离迟, 等. 准噶尔盆地腹部隐蔽油气藏及勘探思路[ J]. 石油与天然气地质, 2005 25(6): 682~ 685  
Wu Jincai Meng Xianlong Wang Lichi et al Characteristics of subtle oil/gas reservoirs and exploration strategy in central Junggar basin[ J]. Oil & Gas Geology 2005 25(6): 682- 685
  - 8 谢占安, 周锦明. 提高隐蔽油气藏勘探能力的新思路[ J]. 石油地球物理勘探, 2005 40(5): 10  
Xie Zhanan Zhou Jinming New ideas of improving subtle oil/gas reservoir exploration[ J]. Oil Geophysical Prospecting 2005 40(5): 609- 615
  - 9 梁春秀, 王永春, 康伟力, 等. 现代勘探技术在隐蔽油气藏勘探中的作用[ J]. 中国石油勘探, 2003 8(3): 50~ 58  
Liang Chunxiu Wang Yongchun Kang Weili et al The effect of modern exploration technologies in the exploration of subtle reservoir[ J]. China Petroleum Exploration 2003 8(3): 50- 58
  - 10 王焕弟, 牛滨华, 任敦占, 等. 隐蔽油气藏勘探现状与对策分析[ J]. 石油地球物理勘探, 2004 39(6): 739~ 744  
Wang Huandj Niu Binhua Ren Dunzhan et al Present conditions of subtle traps exploration and analyses of adopted measures[ J]. Oil Geophysical Prospecting 2004 39(6): 739- 744

(编辑 高 岩)

## (上接第 793 页)

- chuan[ J]. Natural Gas Exploration and Development 2005 28(1): 5- 7
- 19 高胜利, 姚文宏, 朱广社. 四川盆地中西部地区上三叠统压力特征与油气运聚[ J]. 西北地质, 2004 37(1): 75~ 79  
Gao Shengli Yao Wenhong Zhu Guangshe Pressure characteristics and hydrocarbon migration of Upper Triassic in the mid-west part of Sichuan Basin[ J]. Northwest Geology 2004 37(1): 75- 79
  - 20 李宗银, 李耀华, 王翎入. 川中- 川西地区上三叠统天然气成藏主控因素[ J]. 天然气勘探与开发, 2005 28(1): 5~ 7  
Li Zongyin Li Yaohua Wang Lingru Main control factors of natural gas reservoiring for Upper Triassic in central and western Sichuan[ J]. Natural Gas Exploration and Development 2005 28(1): 5- 7
  - 21 兰大樵, 邱宗恬. 川西坳陷平落坝气田须二段气藏成藏研究[ J]. 石油勘探与开发, 2006 29(3): 8~ 10  
Lan Daqiao Qiu Zongtian Research on gas reservoiring for the second member of Xujiahe Formation in Pingluoba gas field Western Sichuan Depression[ J]. Petroleum Exploration and Development 2006 29(3): 8- 10

(编辑 高 岩)