

文章编号: 0253-9985(2006)06-0794-10

东濮凹陷天然气成藏及富集规律

焦大庆, 王德仁, 武晓玲

(中国石油化工股份有限公司 中原油田分公司, 河南 濮阳 457001)

摘要: 东濮凹陷是中国少有的几个既富含油又富含气的盆地(凹陷)之一。由于发育古生界和新生界两套烃源岩, 今埋深大、热演化程度高; 经历了复杂的埋藏史、热史和生烃史; 发育以盐岩为代表的好的盖层; 有多种类型砂体, 具备良好的储集条件; 圈闭类型多、圈闭形成与生烃时间配置好; 部分地区发育异常高压; 以及“两洼一隆一斜坡”的构造格局有利于天然气的运移聚集。发育煤成气、凝析气和混合气 3 种气藏类型。区内天然气资源丰富。煤成气藏主要聚集于中央隆起带顶部, 凝析气藏主要富集在环洼地区, 混合气藏分布于煤成气藏和凝析气藏之间。

关键词: 煤成气; 凝析气; 气藏; 成藏模式; 东濮凹陷

中图分类号: **文献标识码:** A

Patterns of natural gas accumulation and enrichment in Dongpu depression

Jiao Daqing Wang Deren, Wu Xiaoling

(Zhongyuan Oilfield Company, Sinopec, Puyang, Henan 457001)

Abstract Dongpu depression is one of the few basins in China that are abundant with both oil and gas. Two sets of Paleozoic and Cenozoic source rocks, with deep burial depth and high thermal maturity, have gone through complicate history of bury, thermal evolution, and hydrocarbon generation. Good cap rocks represented by halite are well developed. Various types of sandbodies provide the depression with favorable accumulation conditions. Traps in the depression are of various types and the timing of their formation and hydrocarbon generation is ideal. Furthermore, the structural framework (two sags, one uplift and one slope) of the depression and the abnormal high pressure in some part of the depression make it a favorable place for the migration and accumulation of hydrocarbon. Three types of gas reservoirs, including coal-derived gas, condensate gas and mixed gas, are recognized in the depression. The coal-derived gas reservoirs mainly occur in the top of central uplifts, con-

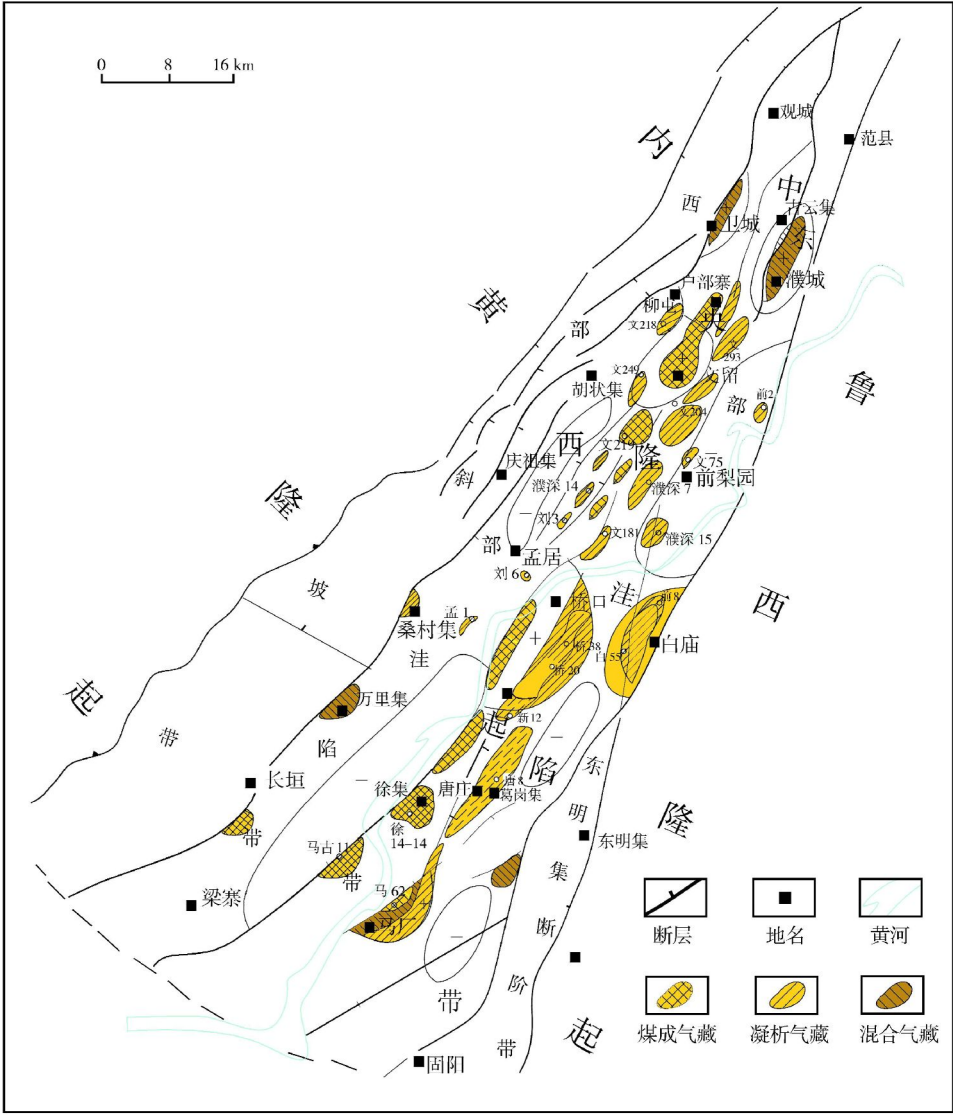


图 1 东濮凹陷天然气平面分布图

Fig. 1 Areal distribution of natural gas in Dongpu depression

1 天然气富集的地质条件

1.1 发育新、老两套优质烃源岩

1) 上古生界煤系地层烃源岩
上古生界煤系地层烃源岩包括煤系暗色泥岩、煤层和碳质泥岩(表 1)。煤系暗色泥岩厚度 100~130 m, 主要分布于 C₃t、P₁s 和 P₁x。以 C₃t 的煤系暗色泥岩有机质丰度最高, P₁s 次之, 煤层厚 20~25 m。碳质泥岩厚 15~20 m, 主要发育 C₃t 和 P₁s。研究表明^[3, 4], 对煤成气的贡献主要是煤系暗色泥岩, 其次是煤, 碳质泥岩贡献很小。

2) 古近系烃源岩
古近系沙河街组(Es)发育巨厚的暗色地层,

源岩主要是 Es₄⁺ 和 Es₃⁻ 湖相油页岩、暗色泥岩, 有效气源岩最厚达 900 m。
根据东濮凹陷古近系 Es₄—Es₃ 烃源岩机质丰度统计(表 2), 凹陷北部地区的前梨园、柳屯和观城地区的有机质类型以 I—II₁ 型为主, 母质类型较好、有机质丰度高, 为好烃源岩, 凹陷南部的葛岗集和西南洼地区有机质类型以 II₂—III 型为主, 有机质丰度较低^[5, 6]。
1.2 埋深大, 地温梯度较高
东濮凹陷是渤海湾盆地中埋深最大的凹陷之一, 古近系地层最大埋深可达 9 000 m。今古地温梯度较高, 每百米为 3.2~3.5℃, 使古近系烃源岩热演化程度高, 进入以生气为主的演化阶段, 也使一些早期较浅层产生的油藏随着深埋转化为气藏

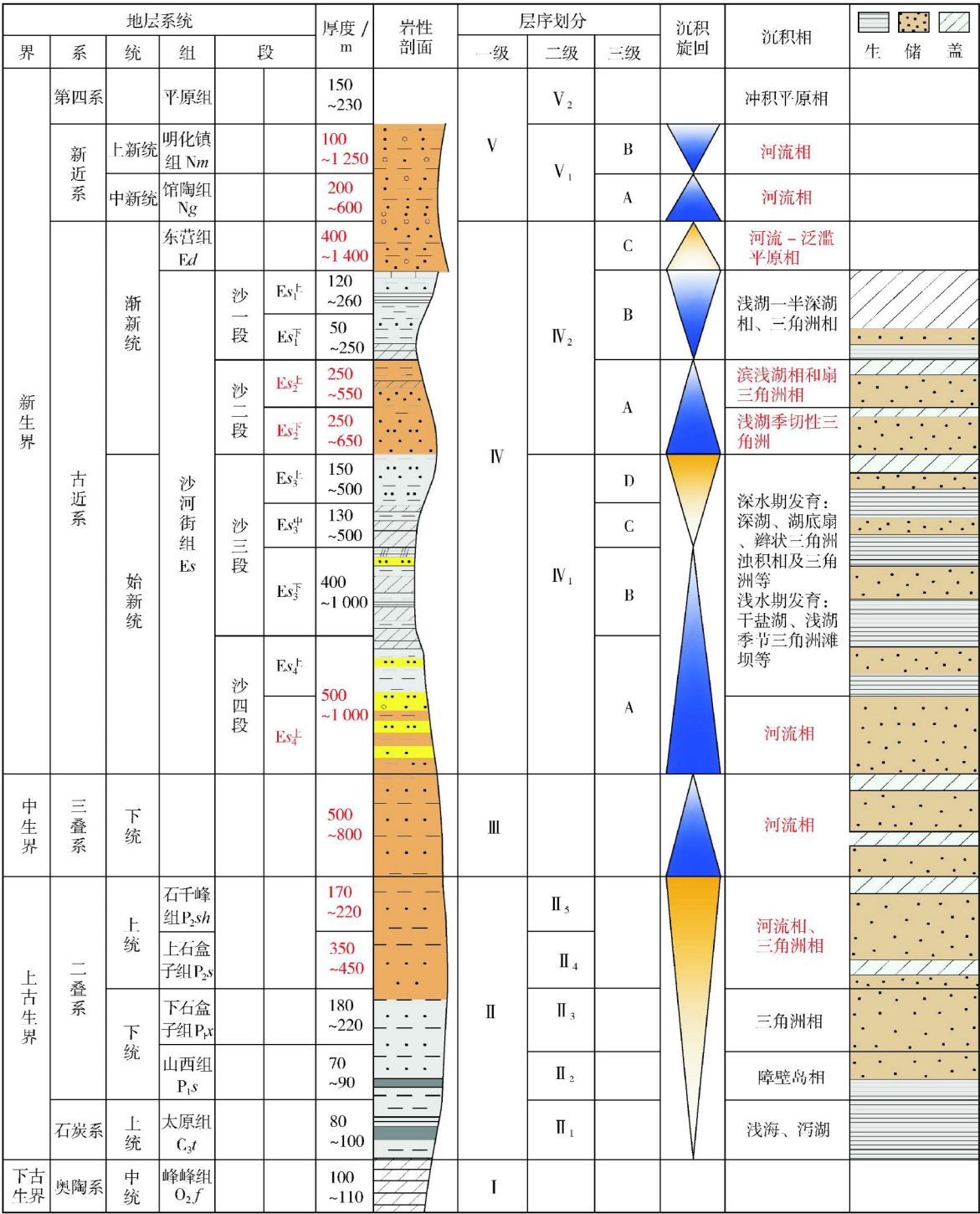


图 2 东濮凹陷地层剖面图

Fig. 2 Stratigraphic section of Dongpu depression

表 1 东濮凹陷上古生界烃源岩有机质丰度统计

Table 1 Organic matter abundance of the upper Paleozoic source rocks in Dongpu depression

层位	暗色泥岩有机质丰度			碳质泥岩有机质丰度			煤有机质丰度		
	TOC, %	$(S_1 + S_2) / (mg \cdot g^{-1})$	“A”, %	$I_H / (mg \cdot g^{-1})$	$(S_1 + S_2) / (mg \cdot g^{-1})$	TOC, %	$I_H / (mg \cdot g^{-1})$	$(S_1 + S_2) / (mg \cdot g^{-1})$	“A”, %
P ₂ s	0.67/0.28	0.25/0.10							
P ₁ x	1.26/0.75	0.66/0.57	0.041/0.040						
P ₁ s	4.38/1.64	6.73/1.08	0.047/0.047	93.23/42.05	7.42/4.53	31.60/17.77	93.23/93.23	161.3/95.4	3.82/2.15
C ₃ t	5.12/2.14	5.88/1.67	0.120/0.065	155.55/90.94	116.26/45.11	39.81/15.50	155.55/120.82	162.5/87.6	3.44/3.12

注: 表内数值 a/b中 a代表最大值, b代表平均值。

表 2 东濮凹陷古近系 Es4– Es3 烃源岩有机质丰度统计

Table 2 Organic matter abundance of the Paleogene Es4– Es3 source rocks from various areas in Dongpu depression

地区	TOC		“A”		总烃		(S ₁ + S ₂)	
	平均值, %	样品数 /个	平均值, %	样品数 /个	平均值 /10 ⁻⁶	样品数 /个	平均值 /(mg/g)	样品数 /个
观城	1.12	36	0.120 6	4			2.95	33
北部地区								
前梨园	1.06	244	0.171 0	105	1 260	50	2.16	184
柳屯	0.90	151	0.096 5	112	491	75	1.85	89
南部地区								
葛岗集	0.51	244	0.056 5	103	258	70	0.39	192
西南洼	0.48	4	0.040 0	4	246	4	0.47	4

和凝析气藏。

1.3 埋藏史、热史和生烃史

石炭—二叠纪煤系烃源岩经历了复杂的埋藏史、热史和生烃史: 海西—印支期的较大埋深, 最大埋深可达 3 500 m 左右, 受热温度可达 100~120℃、有机质仅达到成熟早期, R_o 小于 1.00%, 生成一定的液态烃 (图 3)。燕山期本区处于抬升隆起状态, 三叠纪地层遭受剥蚀, 剥蚀厚度 1 500~2 500 m。石炭—二叠纪煤系烃源岩有机质停止生烃过程。喜马拉雅期本区进入了断陷期, 沉积了巨厚的古近系地层使石炭—二叠系烃源岩快速深埋, 其最大埋深可达近万米, 远超过了印支期末的埋藏深度, 开始二次生烃。二次生烃的门限深度在 3 500~4 000 m, 当埋深大于 5 000 m 时, 开始进入生气高峰期 (图 3)。供气中心主要分布在现

今埋深大于 5 000 m 的深洼区及其斜坡区, 是区内文 23、户部寨、马厂等气田的主要气源。

古近系 Es4– Es3 烃源岩沉积后持续埋深, 在东营组沉积后, 一般埋深 3 000~4 200 m, 最大 5 000 m, R_o 介于 0.7%~1.4%, 热演化程度进入液态窗生烃阶段 (图 4), 局部地区达到生气门限。之后发生了东营运动, 使东濮凹陷整体抬升已沉积的东营组地层遭受剥蚀, 恢复东营组剥蚀厚度在 800~1 000 m。在抬升剥蚀期间, 有机质演化处于停止状态。

进入新近纪, 本区又缓慢下沉接受沉积。至今, 又增加了 1 400~1 500 m 埋深。当埋深介于 4 300~5 200 m 时, 热演化程度 R_o 为 1.3%~2.0%, 烃源岩进入生凝析气阶段; 当埋深大于 5 200 m 时, 热演化程度 R_o 大于 2.0%, 烃源岩进入过成熟生干气阶段 (图 4)。

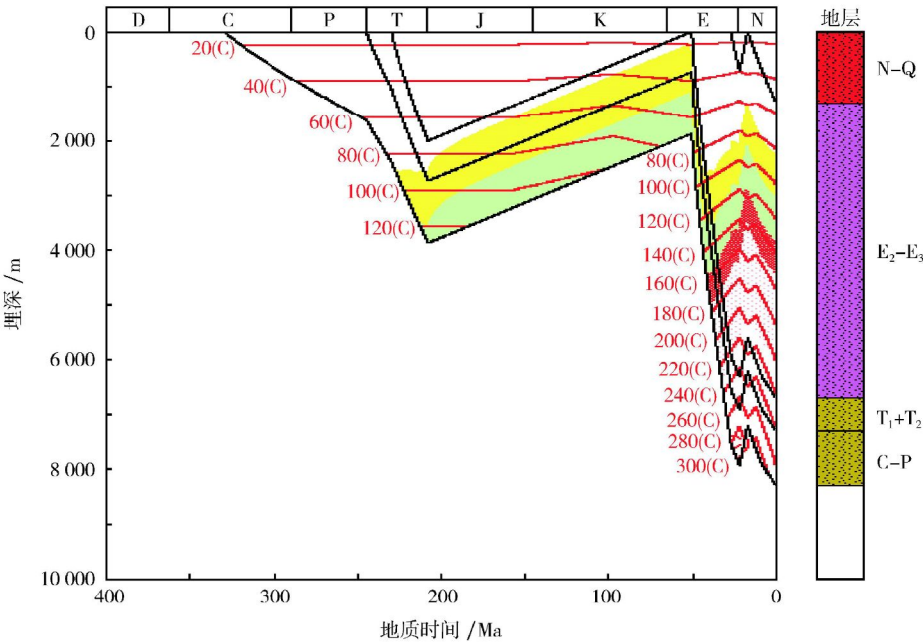


图 3 东濮凹陷前梨园洼陷上古生界热演化史

Fig. 3 Graph showing the Upper Paleozoic thermal evolution of Qianliyuan sub-depression in Dongpu depression

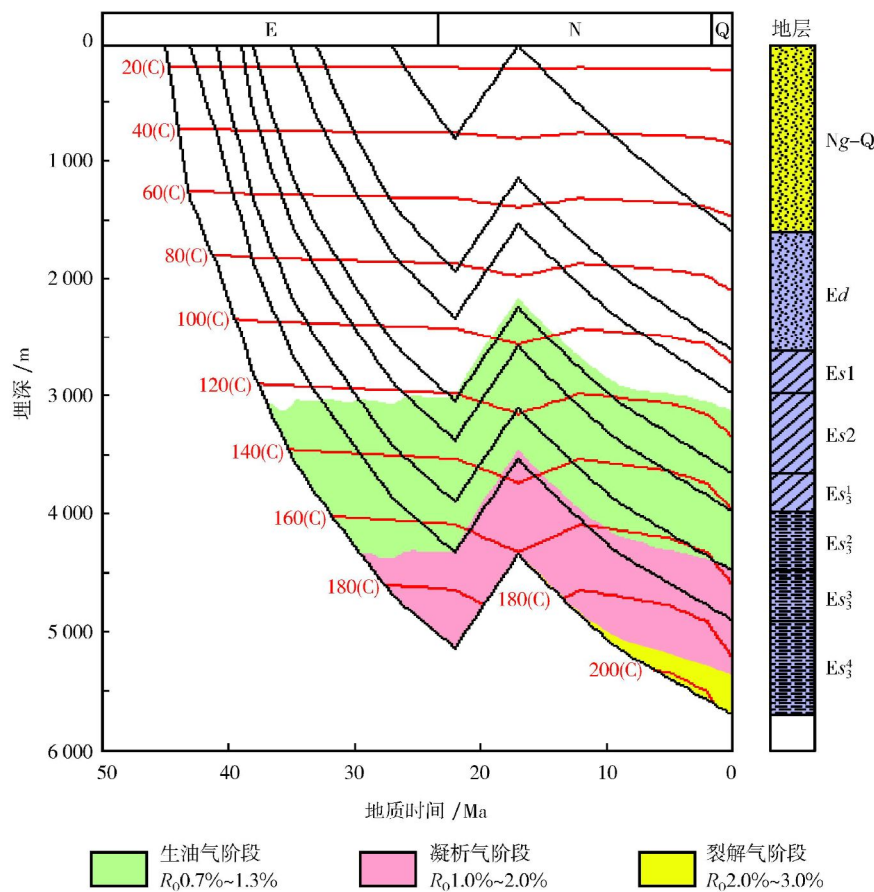


图 4 前梨园洼陷古近系烃源岩生烃热演化模式图

Fig. 4 Hydrocarbon generation and thermal evolution models of Paleogene source rocks in Qianliyuan sub-depression

东濮凹陷复杂的地史经历,使两套主力烃源岩都经历了“二次生烃”复杂的生烃演化历史。

1.4 发育以盐岩为主的良好盖层

东濮凹陷发育多套盐岩,累积厚度上千米,盖层的质量和分布控制了天然气田的分布范围、成气规模和富集程度。盐岩盖层主要分布在北部地区。每套盐岩的分布范围、厚度有很大的区别。以 Es_3^F 盐岩分布面积最大,几乎覆盖中央隆起带北部和东西两洼的大部分。是“二次生烃”形成煤成气重要的封盖层。

除盐岩盖层外,东濮凹陷还发育了多套分布广、厚度大、质纯的泥岩,泥岩单层大于 7 m,埋深大于 3 000 m,也是区内良好盖层。

1.5 发育多种类型砂体,具备良好的储集条件

东濮凹陷天然气藏主要发育在古近系的 Es_4 和 Es_3 该期是东濮凹陷的形成早期到高峰期(高频震荡),储层的沉积相和砂体类型复杂,变化快,主

要发育三角洲砂体和滨浅湖砂体、辫状三角洲砂体、水下扇砂体、浊积砂体、滩坝砂体、季节性三角洲砂体等。砂体岩性以细砂岩和粗粉砂岩为主。孔隙度 6%~19%,最大 25%;渗透率为 $0.5 \times 10^{-3} \sim 500 \times 10^{-3} \mu m^2$ 。以中孔渗-低孔渗储层为主^[7~10]。

P_{1x} , P_{2s} 和 P_{2sh} 发育三角洲砂体和滨浅湖砂体,岩性以中细砂岩为主,孔隙度 3.5%~11.7%,渗透率 $0.02 \times 10^{-3} \sim 14.0 \times 10^{-3} \mu m^2$ 。属于低孔低渗-特低孔特低渗储层。

1.6 异常高压有利于天然气藏的形成

东濮凹陷北部大部分构造带发育异常高压(表 3),最大压力系数可达 2.0。而南部地区,压

表 3 东濮凹陷北部主要构造单元压力系数统计

Table 3 Pressure coefficient of the main structure units in northern Dongpu depression				
构造单元	中央隆起带	西部斜坡带	西部洼陷带	东部洼陷带
压力系数	1.2~1.5	1.0~1.1	1.3~1.6	1.4~2.0

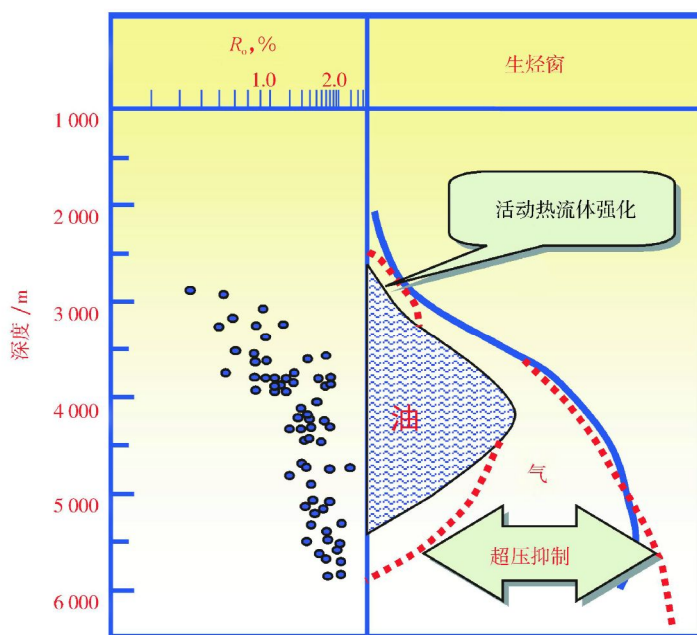


图 5 东濮凹陷超压抑制生烃、生气窗拉长作用

Fig. 5 Map showing the over pressure controlled hydrocarbon generation and the widened gas-generating window of Dongpu depression

力系数一般在 1.1~1.2 为正常压力系统。形成超高压的原因, 盐岩的发育是主要因素。盐岩良好的封盖条件, 不仅阻止了油气的散失, 也阻止了其它流体的交流, 在盐下形成高压。

异常高压不仅对有机质的热演化产生明显的延缓作用有利, 延缓烃源岩演化, 使生气窗加长, 也有效地保护了深层孔隙, 使深层发育高异常孔隙带, 超高压也是天然气运移的主要动力。

泥岩样热模拟实验结果表明了压力对有机质的生烃过程延缓作用, 镜质体反射率、最高热解峰不连续而呈明显的两段式, 上部倾斜段和下部直立段, 拐点在 4000~4400m 附近; 在深达 5000m 之下干酪根红外光谱上仍显示有含氧基团存在; 说明了超压延缓了深层有机质热演化、拉长了生气窗(图 5)。

1.7 圈闭形成与生烃时间的良好配置

东濮凹陷区内“两洼一隆一斜坡”的构造格局在沙二末期形成雏型, 东营组沉积末期定型。Es3 和 Es4 五种与断层关系密切的圈闭类型有断背斜、断鼻、断块和复杂断块群、岩性圈闭, 在沙一期基本成型。为深洼生成的天然气可以就近向隆起、圈闭运移成藏提供了有利条件。

2 气藏成藏特征

2.1 煤成气藏

蒋有录等对文 23、马厂和户部寨气田输导体系的研究, 煤成气藏是由断层—高孔渗砂岩输导成藏, 断层的输导至关重要。

文 23 气田文 109 井等的天然气轻烃石蜡指数和庚烷值表明烃源岩经历的最高古地温 180~190℃, 烃源岩已进入过成熟演化阶段。在前梨园洼陷煤系烃源岩主排气期始于 35~30 Ma (Es1 沉积期)。文东断层切割地层为奥陶系~第三系东营组, 主活动期为 Es3~Es1, 终止于 Ed 末期, 在前梨园洼陷煤系源岩主排气期内; 文 23 气田文 22 井 Es4 气层岩心砂岩样品流体包裹体分析表明, 均一温度分布区间比较单一, 主要分布在 110~160℃ (图 6), 气藏形成于 35~17 Ma 为一期连续充注, 约在 Es1~Ed 末期。

户部寨气藏主要充注成藏时间为 35~17 Ma 而马厂气藏为 30~17 Ma 开始成藏比文 23 气田和户部寨气田略晚, 但终止期一致。

2.2 凝析气输导体系

对白庙、桥口、文西—刘庄、濮城等凝析气藏的

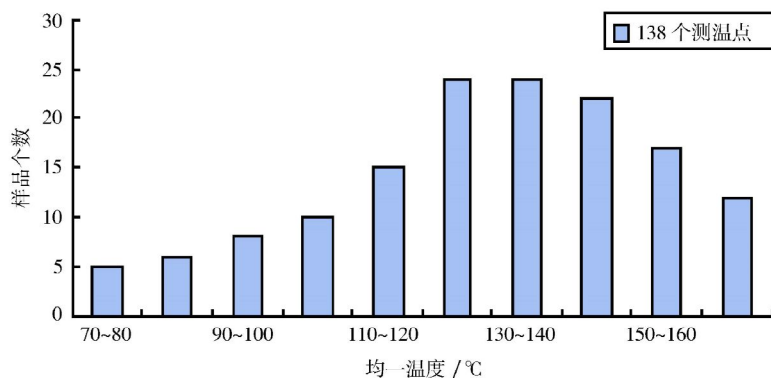


图 6 东濮凹陷文 22 井 Es4 气层砂岩流体包裹体均一温度分布直方图

Fig. 6 Histogram showing the homogeneous temperature distribution of fluid enclosure of Es4 gas formation sand in Well Wen22 in Dongpu depression

研究表明,凝析气以断层-砂体组合输导为主。利用自生矿物伊利石同位素测年法分析白庙地区、桥口地区烃类注入储集层时间主要有 2 期,第 1 期时间为 38~30 Ma (相当于 Es2~Ed 中早期),以油充注为主;第 2 期为 28~20.4 Ma (相当于 Ed 晚期~Ed 末期),以油气混相充注为主。

储层流体包裹体均一温度资料,白庙地区油气有 3 次充注过程;早期液态烃充注,时间为 35~27 Ma (相当于 Es1~Ed 末期);中期液气态烃充注,时间为 17~21 Ma (相当于 Ed 末沉积间断期);晚期气态充注,时间为 7~5 Ma 左右 (相当于 Nm 期)。

虽然两种方法对成藏期的分析不完全一致,但表明了东濮凹陷凝析气藏是分期完成的,至少有 2 期,一期发生在古近纪东营末期,另一期发生在新近纪明化镇期。

2.3 天然气藏成藏史

2.3.1 煤成气藏

1) 煤成气源以 C—P 煤系“二次生气”为主, Es3 早期, C—P 煤系烃源岩埋深小于 3 200 m, 尚未进入“二次”生油门限。

2) Es3 中期, 洼陷带煤系烃源岩埋深 3 500~4 000 m, 开始进入二次生烃门限, 但生气量有限, 还达不到排烃丰度。

3) 进入 Es2 沉积期, 洼陷带 C—P 煤系烃源岩开始排烃; 此时 Es4、Es3 下部的各种圈闭已基本定型, 沟通烃源岩与 Es4、Es3 圈闭的气源断层也在大规模活动。

4) Es1 至 Ed 沉积时期, 洼陷带煤系烃源岩埋深大于 5 000 m, 进入“二次”生气高峰期, 气源断

层文东、卫东、马东等断层活动达到高峰。东部洼陷带煤系烃源岩排出的天然气在异常高压和天然气浮力的作用下, 沿气源断层向上运移, 断层切至盐岩层时, 因盐岩的蠕变性, 成为天然气运移的阻力, 一般不再向上运移。在北部, 煤成气在运移过程中遇盐下圈闭就优先进入, 形成煤成气藏。而南部盖层为泥质岩, 断层活动时, 垂向上封闭性相对较差; 因此, 垂向上含煤成气层位较多, 有 Es4、Es3 下、Es3 中、Es3 上。在 Ed 末, 气源断层基本上停止活动, 成藏过程也在古近纪东营期末终止。

2.3.2 凝析气藏

东营沉积末期, 东部洼陷带和西部洼陷带 Es3—Es4 下部烃源岩埋深超过 4 300 m, 进入生凝析气阶段, 生成的凝析气沿着与生气区相接触的砂岩储层向上运移至构造高部位, 受断层的遮挡形成聚集。

东营末期的强烈抬升, 剥蚀量较大, 下覆深部地层的应力得到卸载, 在抬升剥蚀中后期时, 静岩压力进一步降低, 深部处于封闭状态的断层重新开启, 成为流体释压的有效通道, 深部超压流体沿着断裂或穿过断裂向高部位浅层储层充注, 由于气比油更易于运移, 东营末期形成的高成熟凝析气顶中的凝析气通过断层向上部储层充注, 形成新的凝析气藏。深度异常压力的释放, 断层又逐渐闭合, 为油气藏的保存提供了有效的封堵条件。新近系以来的再次深埋增温, 使得部分古近系烃源岩在 10 Ma 以来埋深超过 4 300 m 深度进入二次生气期, 生成大量凝析气, 凝析气向该深度区间内部的砂岩储层中充注, 使原生油气藏中的气体

含量进一步增大, 逐渐富集为凝析气藏。以上成藏过程表明, 凝析气成藏是阶段性的、不连续的。

3 气藏成藏模式

3.1 煤成气藏

东濮凹陷煤系烃源岩生气中心位于东部洼陷带, 目前发现的煤成气藏多分布在东部洼陷带周围, 煤成气藏围绕生气中心分布。盖层条件控制天然气纵向富集, 北部煤成气集中分布在盐下, 气藏规模大; 南部以泥岩作为盖层, 封盖能力较差, 气层分散、规模小。形成了两种成藏模式。

1) 文 23 式气藏成藏模式: 主要分布在深洼带及其周围, 是东濮凹陷形成最早、分布最广的煤成

气藏, 煤成气主要赋存于古近系, 属古生新储式煤成气藏。煤系烃源岩最先达到生烃门限和生烃高峰期, 古近系圈闭已经形成, 连通古生界烃源岩和古近系圈闭的气源断层强烈活动, 处于开启状态; 深洼带煤系烃源岩生成的煤成气, 在高压和自然浮力的作用下, 沿气源断层向上运移, 进入古近系圈闭成藏 (图 7-a)。

2) 文古 2 式气藏成藏模式: 主要分布在中央隆起的翼部, 煤成气主要在风化壳和裂缝的共同输导下进入上古生界圈闭成藏 (图 7-b), 属侧生近储式煤成气藏。

两种成藏模式以文 23 式为主, 它具有储量大、产能高的特点; 文古 2 式煤成气藏虽有一定前景, 但储层物性差、储量小, 勘探难度大。

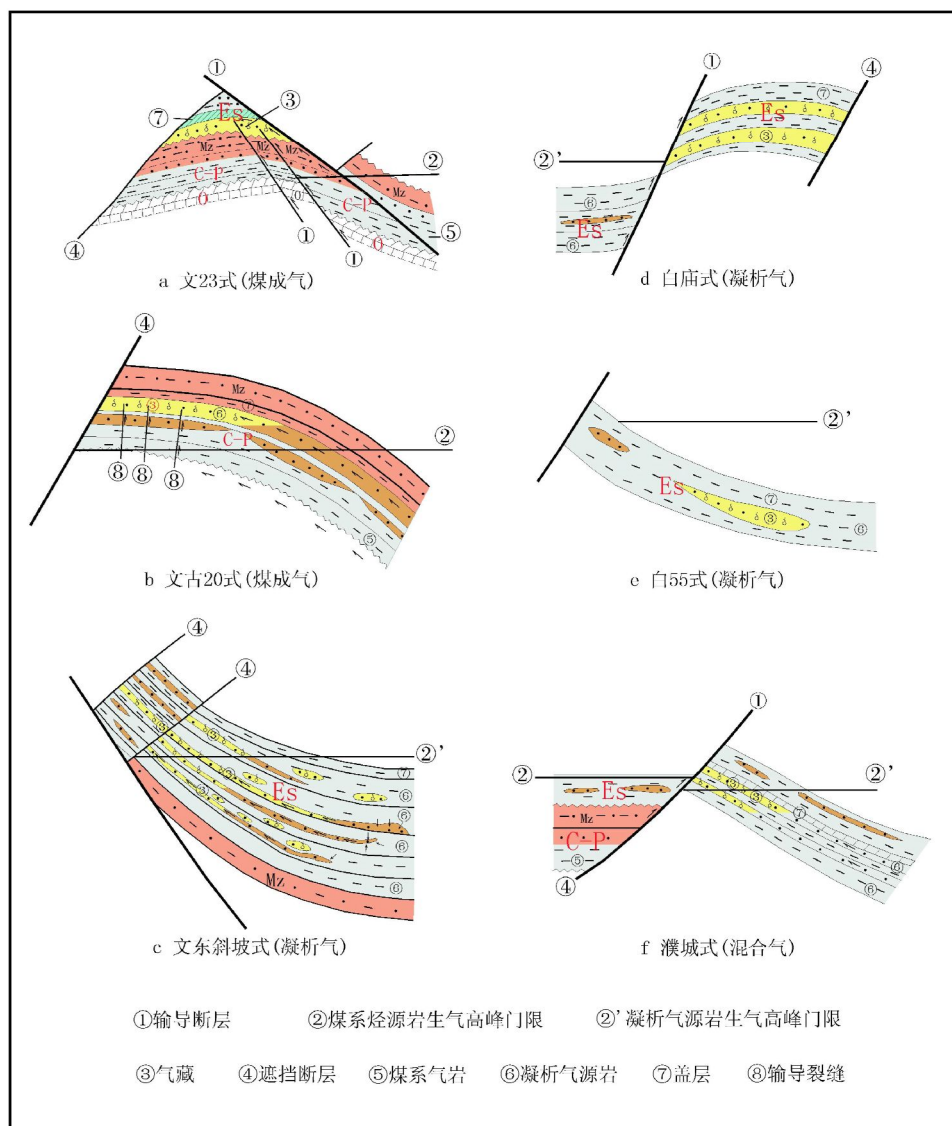


图 7 东濮凹陷天然气成藏模式图

Fig. 7 Natural gas reservoiring mode in Dongpu depression

3.2 凝析气藏

由于烃源岩母质条件控制凝析气富集程度,围绕前梨园洼陷分布的凝析气藏数量多、规模大,其次是海通集洼陷和葛岗集洼陷;孟岗集洼陷至今尚未发现规模凝析气藏。凝析气藏有 3 种成藏模式:

1) 文东斜坡式成藏模式: 如桥口、新霍、唐庄、马厂东翼气藏, 气藏的特点是, 深层烃源岩生成的凝析气通过砂体输导沿地层倾向向上运移, 当遇到反向断层遮挡时, 聚集形成深层凝析气藏(图 7- c)。

2) 白庙式成藏模式: 气藏的特点是, 气源断层与深层烃源岩接触, 深层烃源岩生成的凝析气通过断层输导, 沿断层向上运移, 遇到中浅层圈闭聚集, 形成凝析气藏(图 7- d)。

3) 白 55 式成藏模式: 气藏的特点是, 深层烃源岩生成的凝析气通过一次运移进入透镜状的油积砂体或小型湖底扇砂体。砂体不连通, 为独立的(岩性)圈闭, 形成凝析气藏(图 7- e)。

3 类气藏中以前 2 类为主, 所形成的凝析气藏储量较大, 勘探前景最好。

3.3 混合气藏

由古近系凝析气与上古生界煤成气“二次生气”混合聚集, 形成混合气藏(图 7- e), 该类气藏的特点是, 气源断层首先沟通了上古生界煤系烃源岩和古近系圈闭, 使沙一期至东营期生成的煤成气沿气源断层向上运移, 进入古近系圈闭聚集。在东营剥蚀期及以后, 与该圈闭有砂体连通的深层古近系烃源岩进入生气门限开始生凝析气, 气体向上运移, 到达已聚集了一定程度的煤成气的古近系圈闭中。

4 结束语

东濮凹陷天然气具多源和多成藏模式特征, 不同类型的天然气藏有着不同的分布规律^[11~14]。一方面, 不同的气藏类型分布在不同的区域, 煤成气藏主要聚集在中央隆起带顶部; 凝析气藏主要富集在环洼地区; 混合气藏分布于煤成气藏和凝析气藏之间。另一方面, 分布层位也有差异, 煤成气藏主要层位以 E_3^3 盐下的 E_4 和 E_3^3 的下部

为主, 南部以 E_3^3 为主。上古生界地层以 P_1x , P_2s 和 P_2sh 为主。凝析气和混合气主要分布层位是 E_3^3 。

依据东濮凹陷主要天然气分布规律, 煤成气主要勘探方向是中央隆起带, 圈闭类型以断背斜为主, 在北部地区以 E_3^3 盐下的 E_4 和 E_3^3 的下部为主; 南部以 E_3^3 为主; 上古生界地层以 P_1x , P_2s 和 P_2sh 为主。凝析气的主要勘探方向为环洼区, 圈闭类型主要是断块群和岩性圈闭, 层位为 E_3^3 。混合气藏的主要勘探方向为中央隆起带翼部, 圈闭类型主要是断块群, 层位为 E_3^3 。

参 考 文 献

- 1 许化政, 周新科. 东濮凹陷文留气藏天然气成因与成藏史分析 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(4): 118~124
Xu Huazheng Zhou Xinke Gas genesis and accumulation history of Wenliu gas pool in Dongpu depression [J]. Petroleum Exploration & Development 2005, 32(4): 118~124
- 2 焦存礼, 禹金营, 解晨, 等. 东濮凹陷深层气藏类型与分布规律研究 [J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25(2): 19~20
Jiao Cunli Yu Jinying Xie Chen et al Type and distribution laws of deep-seated gas reservoir in Dongpu depression [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute 2003, 25(2): 19~20
- 3 李健, 王德仁, 白兴盈. 东濮凹陷沙三 3-4 亚段层序地层与沉积体系分析 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 161~164
Li Jian Wang Deren Bai Xingying Depositional system and sequence stratigraphy of E_3^{3-4} submember in Dongpu depression [J]. Oil & Gas Geology 2001, 22(2): 161~164
- 4 李鹏举, 李德生. 东濮凹陷拉张构造研究 [J]. 石油勘探与开发, 1994, 21(4): 1~9
Li Pengju Li Desheng A study on the extensional structures of Dongpu depression [J]. Petroleum Exploration & Development 1994, 21(4): 1~9
- 5 张亚敏, 吕延仓, 徐林丽, 等. 东濮凹陷兰聊断裂带构造演化与油气勘探 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 20(1): 57~60
Zhang Yanmin Lu Yancang Xu Linli et al Structural evolution and hydrocarbon exploration of Lanliao fault belt in Dongpu depression [J]. Oil & Gas Geology 2000, 20(1): 57~60
- 6 蒋晓蓉, 罗小平, 郑尚乾. 东濮凹陷天然气生成模拟与煤成气的新证据 [J]. 矿物岩石, 2005, 25(2): 110~113
Jiang Xiaorong Luo Xiaoping Zheng Shangqian New evidence for the formation simulation of natural gas and coal-type gas in the Dongpu depression [J]. Journal of Mineral Petrology 2005, 25(2): 110~113
- 7 庞尚明, 常俊合, 王德仁, 等. 东濮凹陷上古生界有机质演化特征研究 [J]. 国外油田工程, 2005, 21(9): 41~42
Pang Shangming Chang Junhe Wang Deren et al The characteristics of organic matter evolution of upper Paleozoic in Dongpu depression [J]. International Oil & Gas Engineering 2005, 21(9): 41~42

- 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 Huandji 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)