

济阳拗陷车西洼陷 油- 源对比及运移规律探讨

孔祥星^{1,2}, 张林晔², 徐思煌¹

(1. 中国地质大学 研究生院, 湖北 武汉 430074;

2. 中国石化 胜利油田有限公司 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要: 通过对车西洼陷下第三系烃源岩特征、原油地化特征及油源对比、油气运移规律的综合研究认为, 现今埋深 2 800~ 3 000 m 以下的 E_{s3} (下-中) 烃源岩是车西洼陷主力烃源岩, 埋深 2 200 m 以下的 E_{s3} (上) 及 E_{s1} 烃源岩具有一定的低熟资源潜力; 目前已发现的原油绝大多数源于 E_{s3} (下) 优质烃源岩, 而源于 E_{s3} (中), E_{s3} (上) 及 E_{s1} 烃源岩的原油仅有零星发现; E_{s3} (下) 烃源岩早期生成油气以顺油源断层垂向运移至 E_{s2} 储层成藏为主, 后期由于垂向运移通道封闭, 则以侧向进入 E_{s4} (上) 储层或古潜山储层中成藏为主, E_{s3} (下) 烃源岩下伏 E_{s4} (上) 储层或古潜山储层圈闭应该是今后勘探的重点。

关键词: 油源对比; 烃源岩; 下第三系; 车西洼陷; 济阳拗陷

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

车西洼陷位于济阳拗陷车镇凹陷西部, 为典型的北断南超箕状洼陷, 面积约为 1 500 km²。自 1968 年车 1 井钻探以来, 车西洼陷油气勘探曾多次停滞不前, 与济阳拗陷其它富生油洼陷相比, 资源探明比明显偏低。目前该区发现了套尔河、东风港及富台等 3 个油田(图 1), 探明石油储量 7 114 × 10⁴ t,

资源探明比仅为 21%, 远远小于济阳拗陷整体的 55.4%。2000 年富台油田的发现打消了人们以往对车西洼陷烃源岩排烃效率及资源远景的疑虑, 促使人们重新认识车西地区的油气运移规律。本文主要从烃源岩的基本特征入手, 通过对已发现原油的油源及其地化参数平面变化的研究, 探讨车西洼陷

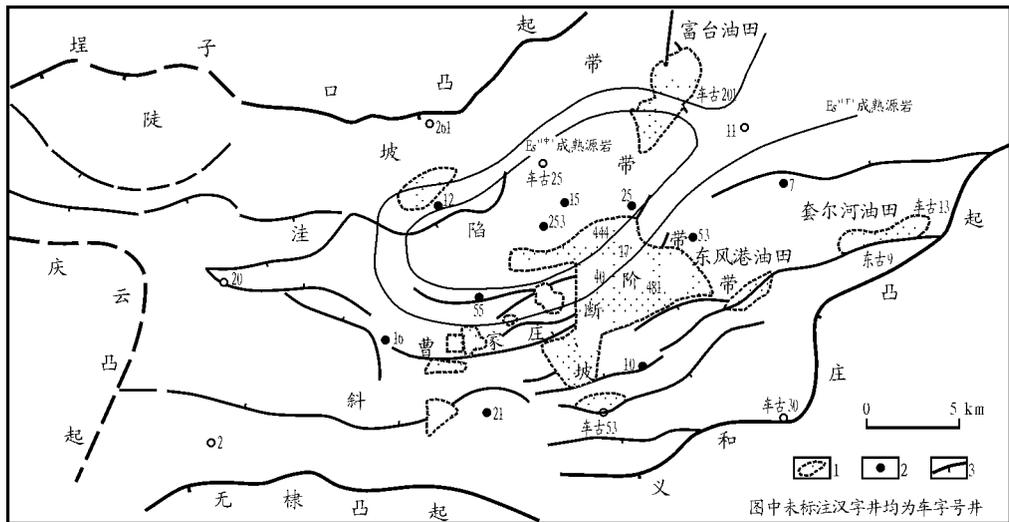


图 1 车西洼陷构造特征、油田及成熟烃源岩分布
1. 油田; 2. 烃源岩采样井; 3. 断层

Fig. 1 Tectonic characteristics, oil fields and mature source rock distribution in the Chexi sag

收稿日期: 2004- 05- 21; 修订日期: 2005- 04- 01。

作者简介: 孔祥星(1973-), 男(汉族), 云南人, 硕士生、工程师, 主要从事油气地球化学研究工作。

基金项目: 国家自然科学基金项目(40363024)。

的油气运移规律及其对今后勘探的指导意义。

1 烃源岩特征

1.1 烃源岩分布

车西洼陷早第三纪断陷期发育了巨厚的湖相暗色泥质沉积^[1-3], 烃源岩主要发育在半深湖—深湖相沉积的 E_s^3 及 E_s^1 , 河流—滨浅湖相沉积的 E_s^4 和 E_s^2 基本不发育烃源岩。烃源岩段在视电阻率曲线上以向下逐级抬高的极高视电阻率值明显区别于非烃源岩段(图 2)。 $E_s^{3(下)}$ 烃源岩厚度一般为 150~750 m; $E_s^{3(中)}$ 烃源岩厚度一般为 80~160 m。岩性组合主要以厚层深灰色油泥岩、灰质油泥岩及灰质泥岩互层为主, 夹少量薄层灰质砂岩及灰质粉砂岩,

其中 $E_s^{3(下)}$ 下部油页岩较发育。 $E_s^{3(上)}$ 下部为一套以深灰色油泥岩、灰质泥岩互层为主, 间夹油页岩的半深湖相沉积, 厚度 20~50 m。 E_s^1 下部以深灰色油泥岩、灰质泥岩及油页岩互层为主, 上部以深灰色泥岩为主, 厚度平面变化较稳定, 一般在 200 m 左右。

1.2 烃源岩有机质丰度与类型

车西洼陷 $E_s^{3(下-中)}$ 、 E_s^1 有机质丰度高、类型好、生烃潜力大(表 1)。综合我国陆相烃源岩丰度评价标准^[4]、Espitalie 对不同类型有机质烃源岩评价标准^[5]及对济阳坳陷优质烃源岩的最新认识^[6]来看, 它们属优质烃源岩。 $E_s^{3(上)}$ 下部高阻深灰色泥岩为一般烃源岩, 而 $E_s^{4(上)}$ 为差—非烃源岩(表 1)。在部分钻孔中, $E_s^{3(上)}$ 下部发育薄层褐色油页岩, 其有机质丰度极高, 有机碳含量最高可达 15.5%, 氯仿沥青“ A ”平均高达 0.85%, 热解生烃潜量平均高达 76.3 mg/g, 属高丰度的优质烃源岩。

1.3 烃源岩的成熟度

济阳坳陷 $E_s^{3(下)}$ 烃源岩低熟阶段埋深 2 200~3 000 m, 对应镜质体反射率 $R_o = 0.4\% \sim 0.5\%$, $HC/TOC = 2\% \sim 4\%$ ^[7]。车西洼陷 $E_s^{3(下-中)}$ 烃源岩在 2 800~3 000 m 处 HC/TOC 达 4%~10%, R_o 达 0.5% 以上, 岩石烃浓度在 $(1\ 000 \sim 4\ 000) \times 10^{-6}$, 进入成熟生烃门限, 相应的 C_{29} 甾烷 $20S/20(S+R)$ 值 ≈ 0.3 。绝大部分 $E_s^{3(上)}$ 烃源岩尚处于未熟—低熟阶段, 仅在以车古 25 井为中心的较小范围内埋深 2 800 m 以下, 而 E_s^1 烃源岩尚处于未熟—低熟阶段, 大多埋深在 2 200 m 以上。在 2 200 m 以下的 $E_s^{3(上)}$ 油页岩和 E_s^1 烃源岩, 其 HC/TOC 值 = 2.5%~5.0%, 进入低熟演化阶段, C_{29} 甾烷 $20S/20(S+R)$ 值 = 0.1~0.2。值得注意的是, 这些样品的烃浓度与进入成熟生烃期的 $E_s^{3(下-中)}$ 烃源岩的烃浓度相当, 这预示着它们可能具备生成低熟油的能力。受构造沉降的控制, 车西洼陷下第三系烃源岩埋深在横向上变化较快, 成熟烃源岩主要分布在洼陷带(图 1)。

1.4 烃源岩的生物标记化合物特征

$E_s^{3(下)}$ 烃源岩 Pr/Ph 一般 = 1.3~1.5, 平均 = 1.36; $E_s^{3(中)}$ 烃源岩 Pr/Ph 一般 = 1.0~1.4, 平均 = 1.24; $E_s^{3(上)}$ 烃源岩中油页岩的 Pr/Ph 一般 ≈ 0.8 , 暗色泥岩 Pr/Ph 相对较高, 2 块样品的 Pr/Ph 分别为 1.10 和 2.93; E_s^1 烃源岩 Pr/Ph 一般 < 0.5 , 平均 ≈ 0.37 。

烃源岩萜烷及甾烷分布特征见图 3a-h。 E_s^3 及 E_s^1 烃源岩萜烷分布均以五环萜烷类为主, 三环、

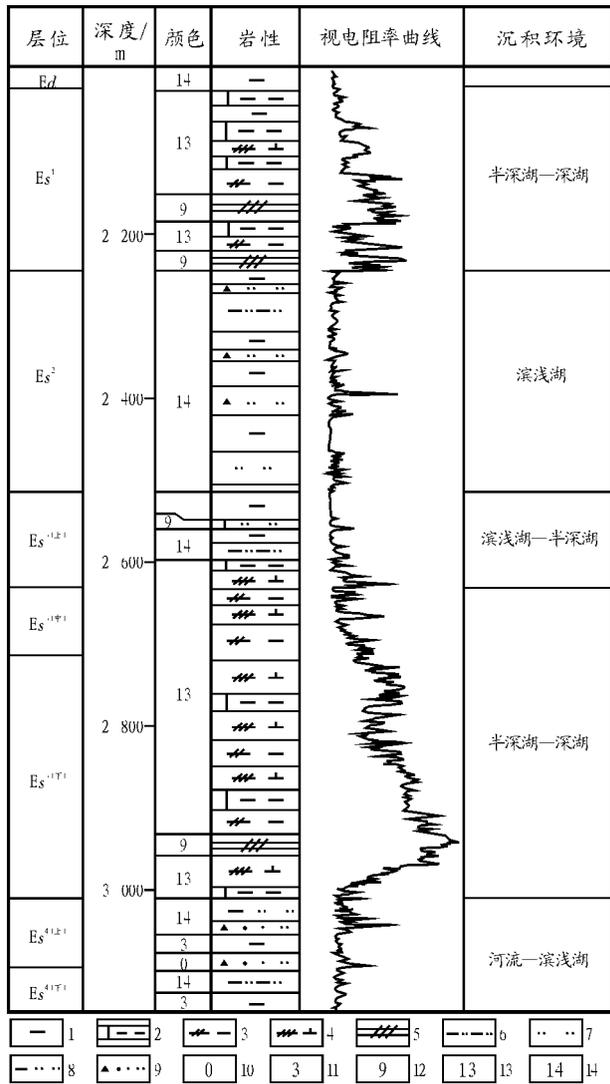


图 2 车 406 井岩性剖面

- 1. 泥岩; 2. 灰质泥岩; 3. 油泥岩; 4. 灰质油泥岩; 5. 油页岩;
- 6. 粉砂质泥岩; 7. 粉砂岩; 8. 泥质粉砂岩; 9. 含砾砂岩;
- 10. 灰白色; 11. 柴红色; 12. 褐色; 13. 深灰色; 14. 灰色

Fig. 2 Lithologic characteristics profile of the Well Che-406

表 1 车西洼陷下第三系烃源岩综合评价

Table 1 Comprehensive evaluation of the Eocene source rocks in Chexi sag

| 层位 | Es ^{4(上)} | Es ^{3(下)} | Es ^{3(中)} | Es ^{3(上)} | Es ¹ |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 沉积环境 | 滨浅湖 | 半深湖—深湖 | | 半深湖 | 半深湖—深湖 |
| 发育规模 | 局限 最厚 50 m | 150~ 750 m | 80~ 160 m | 较局限 20~ 50 m | 200 m 左右 |
| 有机碳, % | $\frac{1.07(26)}{0.27\sim 2.38}$ | $\frac{2.95(34)}{1.0\sim 5.9}$ | $\frac{2.34(23)}{0.33\sim 3.99}$ | $\frac{1.38(10)}{0.22\sim 4.34}$ | $\frac{4.21(14)}{1.92\sim 5.81}$ |
| 氯仿沥青 “A”, % | $\frac{0.117(24)}{0.003\sim 0.330}$ | $\frac{0.431(20)}{0.150\sim 0.89}$ | $\frac{0.322(19)}{0.116\sim 0.527}$ | $\frac{0.122(10)}{0.011\sim 0.346}$ | $\frac{0.379(12)}{0.170\sim 1.027}$ |
| 总烃, × 10 ⁻⁶ | $\frac{840.0(21)}{17.9\sim 2571.6}$ | $\frac{2337.6(19)}{451.5\sim 5437.9}$ | $\frac{1163.5(19)}{196.0\sim 3046.0}$ | $\frac{664.2(9)}{68.0\sim 2190.6}$ | $\frac{1347.2(11)}{503.2\sim 2674.6}$ |
| S ₁ + S ₂ / mg · g ⁻¹ | $\frac{3.98(16)}{0.13\sim 13.9}$ | $\frac{13.61(29)}{1.33\sim 29.65}$ | $\frac{12.91(15)}{0.25\sim 20.99}$ | $\frac{4.91(9)}{0.08\sim 20.61}$ | $\frac{34.91(6)}{22.64\sim 43.16}$ |
| 类型 | — | — ₁ | — ₁ | — ₂ | |
| 丰度评价 | 差—非烃源岩 | 优质烃源岩 | | 一般烃源岩 | 优质烃源岩 |

注: 分式含义为 $\frac{\text{平均值(样品数)}}{\text{最小值~最大值}}$

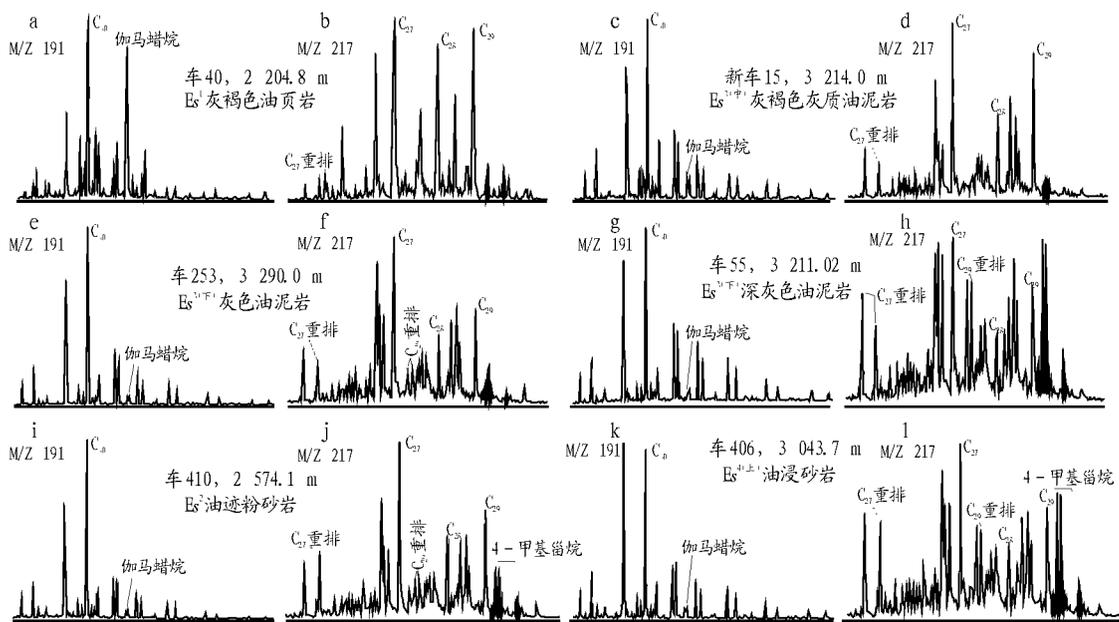


图 3 车西洼陷烃源岩、油砂萘烷 (M/Z 191) 和甾烷 (M/Z 217) 质量色谱

Fig. 3 Mass chromatograms of terpanes (M/Z 191) and steranes (M/Z 217) in source rock and oil sand of the Chexi sag

四环萘烷含量较低, 但伽马蜡烷含量变化较大, Es¹ 烃源岩伽马蜡烷含量最高, Es^{3(下-中)} 烃源岩最低。规则甾烷分布中, 除 Es¹ 的 C₂₇, C₂₈, C₂₉ 规则甾烷含量基本相当外, 其它均以 C₂₇ 甾烷为优势的不对称“V”型分布, Es^{3(上)} 油页岩及 Es^{3(下)} 烃源岩 C₂₇ 甾烷优势最显著。除 Es^{3(上)} 油页岩外, 其它烃源岩基本都含有一定量的 C₂₇ 重排甾烷。此外, 唯有 Es^{3(下)} 烃源岩 C₂₉ 重排甾烷发育, 下部 C₂₉ 重排甾烷峰高明显高于紧跟其后的 C₂₈ 甾烷, 上部两者峰高基本相当。各烃源岩中均检测到一定量的 4-甲基萘烷, 以 Es^{3(下)} 烃源岩含量最高, Es^{3(中)} 烃源岩中含量较低。

车西洼陷下第三系各烃源岩层生物标志物的主要区别见表 2。

表 2 车西洼陷下第三系烃源岩生标参数对比

Table 2 Comparison between biomarker parameters of the Eocene source rocks, the Chexi sag

| 层位 | Es ^{3(下)} | Es ^{3(中)} | Es ^{3(上)} | Es ¹ |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| Pr/Ph | 1.3~ 1.5 | 1.0~ 1.4 | 0.7~ 1.0 | < 0.5 |
| 伽马蜡烷/C ₃₀ 藿烷 | < 0.1 | < 0.1 | 0.2~ 0.4 | > 0.5 |
| 4-甲基萘烷/C ₂₉ 甾烷 | 0.20~ 0.86 | < 0.2 | 0.3~ 0.6 | 0.15~ 0.35 |
| C ₂₉ 重排甾烷 | 发育 | 不发育 | 不发育 | 不发育 |

2 原油地化特征及油源

2.1 原油物性及族组成

车西洼陷原油主要分布在 E_s^2 、 E_s^4 (东风港油田) 及古潜山(套尔河、富台油田) 储集层中, 密度和粘度变化较小, 除洼陷边部埋深较小、遭受生物降解的原油(如套尔河油田部分原油) 密度 $> 0.9 \text{ g/cm}^3$, 50°C 粘度 $> 100 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, 最高 = $2\,278 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 外, 其他原油密度一般 = $0.84\sim 0.89 \text{ g/cm}^3$ (平均 = 0.87 g/cm^3), 50°C 粘度一般 $< 40 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (平均 = $18.7 \text{ mPa}\cdot\text{s}$)。

原油族组成中饱和烃含量一般 = $40\%\sim 75\%$, 芳烃含量 = $9\%\sim 22\%$, 非烃和沥青质含量 = $10\%\sim 40\%$; 洼陷边部埋深较小、遭受生物降解的原油饱和烃含量较小, 一般 = $23\%\sim 40\%$, 芳烃含量 = $10\%\sim 30\%$, 非烃和沥青质含量高达 $30\%\sim 50\%$ 。

2.2 原油成熟度

车西洼陷原油成熟度分布范围较宽, C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha\text{S}/(\text{S}+\text{R})$ 值 ≥ 0.13 , 最高 = 0.54 , $C_{29}(\text{S}+\text{R})\beta\beta/(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 值 ≥ 0.22 , 最高 = 0.59 。如果以 C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha\text{S}/(\text{S}+\text{R})$ 值 = 0.35 作为低熟与成熟的界线, 车西洼陷原油主要为成熟油, 见少量低熟油(图4)。以往研究表明, 济阳坳陷仅咸水一半咸水环境的 $E_s^{4(\text{上})}$ 和 E_s^1 烃源岩具有形成低熟油的能力, 这些低熟油都具有较高的伽马蜡烷^[8]。低伽马蜡烷的低熟油, 在济阳坳陷阳信洼陷也有发现。

2.3 油源分析

2.3.1 低熟油的油源

车西洼陷低熟油可分为高伽马蜡烷含量(伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷 > 0.2) 和低伽马蜡烷含量(伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷 < 0.1) 2类。前者仅零星见于套尔河油田

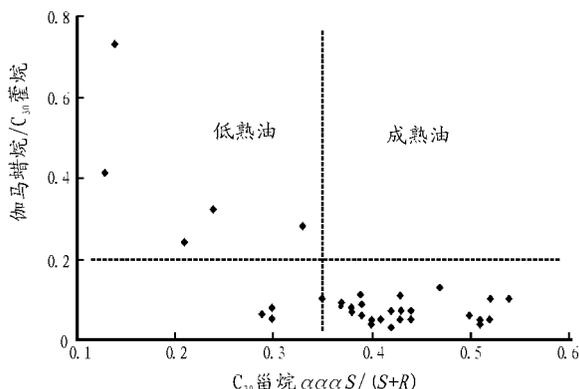


图4 车西洼陷原油 C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha\text{S}/(\text{S}+\text{R})$ 与伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷关系

Fig. 4 Relationship between C_{29} sterane $\alpha\alpha\alpha\text{S}/(\text{S}+\text{R})$ and Gamma cerane/ C_{30} hopane in crude oil of the Chexi sag

古潜山、 E_s^1 储层, 以及车古 201 及车 53 井 $E_s^{3(\text{上})}$ 储层中, 而后者见于东风港油田南部边缘 E_s^2 储层中(车 412 至车 272 井一带)。

高伽马蜡烷低熟油的甾烷分布均以五环甾烷类为主, 三环、四环甾烷含量较低。从其甾烷分布特征来看, 可分为 2 个亚类: 第一亚类见于套尔河油田及车古 32 井寒武系储层中, 其 C_{27} , C_{28} , C_{29} 规则甾烷含量基本相当, C_{27} 重排甾烷发育, 与 E_s^1 烃源岩抽提物具有明显亲缘关系; 第二亚类仅见于车古 201 及车 53 井 $E_s^{3(\text{上})}$ 储层中, 甾烷分布为以 C_{27} 甾烷为明显优势的“V”型分布, C_{27} 重排甾烷含量较低, 与 $E_s^{3(\text{上})}$ 油页岩抽提物具有明显的亲缘关系。

低伽马蜡烷低熟油的甾烷分布均以五环甾烷类为主, 三环、四环甾烷含量较低。从甾烷分布特征来看, 规则甾烷分布基本上都为 C_{27} 甾烷具优势的“V”型分布, C_{27} 重排甾烷发育。它们的 4-甲基甾烷峰高大致为 C_{29} 甾烷的 $1/2\sim 1/3$; C_{29} 重排甾烷发育, 峰高大致与其后的几个 C_{28} 甾烷类化合物相当。此类原油与 $E_s^{3(\text{下})}$ 烃源岩具有明显的亲缘关系(图 3i, j)。

2.3.2 成熟油的油源

成熟油是车西洼陷各油田原油的主体, 其甾烷分布均以五环甾烷类为主, 三环、四环甾烷含量较低, 伽马蜡烷含量极低, 伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷值 < 0.1 。从甾烷分布特征来看, 规则甾烷分布基本上都为 C_{27} 甾烷具优势的“V”型分布, C_{27} 重排甾烷发育, 但 4-甲基甾烷及 C_{29} 重排甾烷含量具有明显差异。东风港油田 E_s^2 储层中的成熟油, C_{29} 重排甾烷含量类似于同一层位的低伽马蜡烷低熟油, 而 4-甲基甾烷含量则偏低, 同这一层位的低熟油一样, 它们与 $E_s^{3(\text{下})}$ 烃源岩具有明显的亲缘关系; 广泛分布在东风港油田 $E_s^{4(\text{上})}$ 储层及富台、套尔河油田的潜山储层中的成熟油, 成熟度相对较高, 以极高 4-甲基甾烷和高 C_{29} 重排甾烷为特征, 与 $E_s^{3(\text{下})}$ 烃源岩具有明显的亲缘关系(图 3k, l)。此外, 在车 25 井 $E_s^{3(\text{中})}$ 储层中获得一个成熟油, 以极低的 4-甲基甾烷含量及 C_{29} 重排甾烷不发育明显区别于其它成熟原油, 与 $E_s^{3(\text{中})}$ 烃源岩具有明显的亲缘关系, 但类似原油目前仅在该井发现。

3 油气运移规律探讨

车西洼陷目前已发现原油主要来自 $E_s^{3(\text{下})}$ 烃源岩, 从这些原油的 C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha\text{S}/(\text{S}+\text{R})$ 值及 4-甲基甾烷/ C_{29} 甾烷值的平面变化特征来看(图 5), 不论是 E_s^2 储层中的原油, 还是 E_s^4 或古潜山储层中

的原油,向靠近成熟烃源岩体方向,原油的成熟度明显增加,但 4-甲基甾烷/ C_{29} 甾烷的平面变化正好相反, E_s^2 储层中原油的 4-甲基甾烷含量向洼陷中心方向随成熟度的增加有规律降低,而在 E_s^4 或古潜山储层中原油的 4-甲基甾烷含量向洼陷中心方向则随成熟度的增加有规律增加。在 C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha S/(S+R)$ 对 4-甲基甾烷/ C_{29} 甾烷关系图上,这一规律更为明显(图 6)。

值得注意的是,东风港油田车 408 井 $E_s^{3(上)}$ 储层中原油和车 412 井 E_s^2 储层原油具有相同的低成熟度和 4-甲基甾烷含量,而车 272 井、车 406 井 E_s^2 储层中原油与 $E_s^{4(上)}$ 储层原油在成熟度和 4-甲基甾烷含量上的较大差异(图 5)表明,过车 410 井—车 405 井切穿成熟烃源岩体的断层是东风港油田 E_s^2 油藏的主要油源通道,而处于洼陷边缘没能

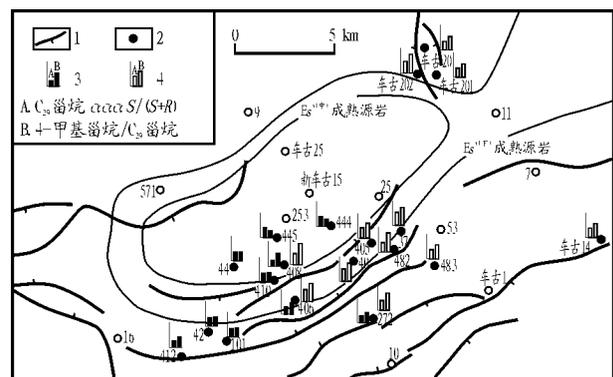


图 5 车西洼陷原油 C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha S/(S+R)$ 与 4-甲基甾烷/ C_{29} 甾烷平面变化

1. 断层; 2. 采样井; 3. 储层 E_s^2 ; 4. 储层 E_s^1 古潜山

Fig. 5 Plane change of C_{29} sterane $\alpha\alpha\alpha S/(S+R)$ and 4 methylsterane/ C_{29} sterane in crude oil of the Chexi sag

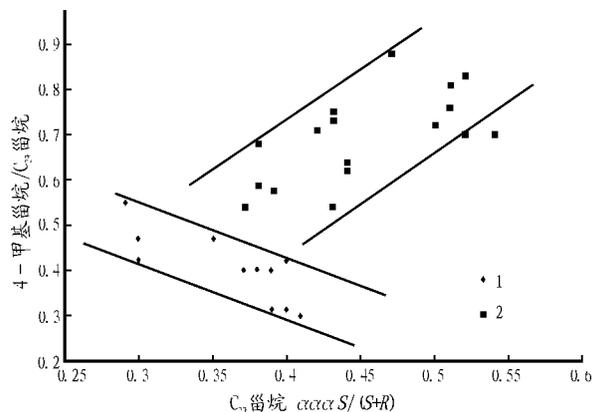


图 6 车西洼陷原油 C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha S/(S+R)$ 与 4-甲基甾烷/ C_{29} 甾烷关系

1. E_s^2 原油; 2. E_s^4 及古潜山原油

Fig. 6 Relationship between C_{29} sterane $\alpha\alpha\alpha S/(S+R)$ and 4 methylsterane/ C_{29} sterane in crude oil of the Chexi sag

切割到成熟烃源岩的断层,可能对 E_s^2 油气成藏没发挥作用。 E_s^2 储层中原油的 4-甲基甾烷/ C_{29} 甾烷自边部向洼陷中心随成熟度增加而降低的变化规律说明, $E_s^{3(下)}$ 烃源岩生成的油气自靠近洼陷中央的 410 井—车 405 井断层向上运移至 E_s^2 储层以后,才开始向洼陷边缘顺层侧向运移,由于 $E_s^{3(下)}$ 下部烃源岩 4-甲基甾烷含量明显高于上部烃源岩,因而,早期由下部烃源岩生成的具低成熟度、较高 4-甲基甾烷含量的原油运移得最远,而后来由于上部低 4-甲基甾烷含量烃源岩生成原油的加入,使得靠近洼陷中央、运移相对较晚的原油具有较高成熟度、低 4-甲基甾烷含量的特征。

E_s^4 或古潜山储层中原油自洼陷中央向边部成熟度降低、4-甲基甾烷含量降低的特征表明,这些原油是自洼陷中央顺层侧向运移的。

车西洼陷断裂活动结束于早第三系末期,晚第三系断裂活动相对较弱,对油气垂向运移成藏十分不利。 E_s^2 储层和 E_s^4 或古潜山储层中原油的成熟度明显具有连续性, E_s^2 储层原油的 C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha S/(S+R)$ 一般 < 0.4 , 而 E_s^4 或古潜山储层中原油的 C_{29} 甾烷 $\alpha\alpha\alpha S/(S+R)$ 一般 > 0.4 (图 6), 这可能指示着 $E_s^{3(下)}$ 烃源岩早期生成的原油主要顺断层运移至 E_s^2 储层成藏。后期由于断层活动性减弱,垂向运移通道封闭,从而迫使 $E_s^{3(下)}$ 生成的大量油气侧向进入 $E_s^{4(上)}$ 储层或古潜山储层中成藏。因而, $E_s^{3(下)}$ 烃源岩下伏 $E_s^{4(上)}$ 储层或古潜山储层圈闭应该是今后勘探的重点。

4 结论

车西洼陷主要发育半深湖—深湖相的 $E_s^{3(下)}$, $E_s^{3(中)}$ 及 E_s^1 3 套优质烃源岩,洼陷带 $E_s^{3(下)}$, $E_s^{3(中)}$ 烃源岩已进入成熟生烃阶段, E_s^1 烃源岩尚处于未熟—低熟生烃阶段。车西洼陷已发现油藏原油主要为源于 $E_s^{3(下)}$ 优质烃源岩的具低伽马蜡烷、中或高 4-甲基甾烷、 C_{29} 重排甾烷发育的成熟油,源于 $E_s^{3(中)}$, $E_s^{3(上)}$ 及 E_s^1 烃源岩的原油均只在部分井或井段零星发现; $E_s^{3(下)}$ 烃源岩早期生成油气(C_{29} 甾烷异构化参数 < 0.4) 在同生断层发育的曹家庄断裂带以顺断层垂向运移至 E_s^2 储层成藏为主,后期 (C_{29} 甾烷异构化参数 > 0.4) 由于断层活动性减弱,垂向运移通道封闭,油气以侧向进入 $E_s^{4(上)}$ 储层或古潜山储层中成藏为主, $E_s^{3(下)}$ 烃源岩下伏 $E_s^{4(上)}$ 储层或古潜山储层圈闭应该是今后勘探的重点。

参考文献:

- 1 潘元林, 张善文, 肖焕钦等. 济阳断陷盆地隐蔽油气藏勘探. 北京: 石油工业出版社, 2003. 41~45
- 2 肖焕钦, 陈广军, 李长宝. 济阳坳陷盆地拉张量及其石油地质意义[J]. 石油实验地质, 2002, 24(1): 13~18
- 3 王秉海, 钱凯. 胜利油区地质研究与勘探实践[M]. 东营: 石油大学出版社, 1992. 58~59
- 4 胡见义, 黄第藩. 中国陆相石油地质理论基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991. 181~195
- 5 Espitalie J, Bordenave M L. Rock-Eval pyrolysis[A]. In: Bordenave M L, ed. Applied Petroleum Geochemistry[M]. Paris: Editions Technip, 1993. 259~261
- 6 张林晔, 孔祥星, 张春荣等. 济阳坳陷下第三系优质烃源岩的发育及意义[J]. 地球化学, 2003, 32(1): 35~42
- 7 李丕龙. 陆相断陷盆地油气地质与勘探(卷3)[M]. 北京: 石油工业出版社, 地质出版社, 2003. 29~41
- 8 张林晔, 张春荣. 低熟油生成机理及成油体系——以济阳坳陷牛庄洼陷南斜坡为例[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 7~12

OIL-SOURCE CORRELATION AND MIGRATION REGULARITIES IN THE CHEXI SAG, THE JIYANG DEPRESSION

Kong Xiangxing^{1,2}, Zhang Linye², Xu Sihuang¹

(1. School of Postgraduates, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China;

2. Research Institute of Geological Sciences, Shengli Oil Field, SINOPEC, Dongying, Shandong 257015, China)

Abstract: Based on comprehensive study of source rock, geochemical characteristics of crude oil, correlation of oil and source and hydrocarbon migration pattern of the Eogene in Chexi sag, this paper draws several conclusions. Source rock in the lower-middle Es³ (the third member of Shahejie formation of Eogene) which is buried 2 800-3 000 m below is the major source rock in Chexi sag. Source rock in the upper Es³ and Es¹ which is buried 2 200 m below has some potential of immature oil. At present, most crude oil comes from the high-grade source rock of lower Es³. Sporadic petroleum discoveries are related to source rock of the middle Es³, upper Es³ and Es¹. Petroleum generated from source rock of the lower Es³ at first migrated vertically through faults to reservoir beds in Es². Later, because that the vertical pathway was sealed, petroleum migrated laterally to reservoir beds in the upper Es⁴ or buried hill reservoir. These reservoir beds below source rock of the lower Es³ area the most important area for future exploration.

Key words: correlation of oil and source; source rocks; the Eogene; the CheXi sag; the Jiyang Depression