

文章编号: 1001-6112(2005)06-0583-05

冀中拗陷晋县凹陷下第三系 断陷湖盆的演化与烃源岩的形成

梁宏斌¹, 朱光有², 张水昌², 梁英波², 马顺平¹

(1. 中国石油 华北油田勘探开发研究院, 河北 任丘 062552; 2. 中国石油 勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要:渤海湾盆地冀中拗陷晋县凹陷的泥质岩类主要发育在下第三系孔店组—沙河街组, 其中孔店组二段(E_k^2)和孔店组一段—沙河街组四段($E_k^1 - E_s^4$)是最重要的 2 套烃源岩。在孔店组和沙河街组早期(E_k^3 至 E_s^4) 沉积时期, 断陷活动强度由南向北转移, 沉降中心也随之向北迁移, 使晋县凹陷南北呈现出“跷跷板”式沉积, 即早期(E_k^2) 沉降中心在凹陷的南部, 而后期($E_k^1 - E_s^4$) 沉降中心则转移到北部。因此在凹陷南部 E_k^2 的沉积厚度和泥岩厚度都明显大于北部, 而 $E_k^1 - E_s^4$ 发生了反转, 北部的沉积厚度和泥岩的发育程度都远大于南部。其中在凹陷北部 $E_k^1 - E_s^4$ 为一套岩盐、硫酸盐岩、碳酸盐岩和砂泥岩互层的蒸发成湖—盐湖沉积建造, 蒸发盐厚逾千米, 其中膏盐厚度超过 400 m, 与岩盐、膏盐互层的含膏泥岩、白云质泥岩、钙质泥岩和暗色泥岩有机质丰度较高, 目前埋深在 2 500 ~ 3 500 m 左右, 为北区油气田的主力源岩; 而 E_k^2 为南部的的主力烃源岩。油源对比表明, 北区原油以明显的植烷优势、高伽马蜡烷含量、高孕甾烷含量等特征明显区别于南区各套烃源岩, 油源应来自北部的 $E_k^1 - E_s^4$ 烃源岩; 而南区原油中伽马蜡烷和孕甾烷含量极低、姥鲛烷含量较高等特征的原油应来自于南部的 E_k^2 烃源岩, 否则是来自南部的 $E_k^1 - E_s^4$ 烃源岩。

关键词: 烃源岩; 沉积演化; 有机地球化学; 下第三系; 晋县凹陷; 冀中拗陷

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

晋县凹陷是冀中地区重要的富含油凹陷之一^[1], 自 1976 年钻探赵 1 井以来, 经历了近 30 年的勘探历程: 早期主攻晋县凹陷北部地区, 发现了特高含 H_2S 的赵兰庄油气藏, 由于害怕硫化氢气体以及缺少脱硫设施, 放弃了对该层系的勘探; 随后转入深层系的勘探(E_k^2), 但成效甚微; 而后转入对凹陷南部区块的勘探, 发现了赵县背斜和南固庄背斜等低含硫化氢或不含硫化氢的含油气构造。在下第三系地层中发现了 E_k^2 , $E_s^4 - E_k^1$, E_s^{2+3} 3 套主要含油层系的 7 个含油构造, 探明油田 2 个。由于凹陷南北沉积环境的差异性, 发育了具有不同地球化学特征的烃源岩, 从而形成了北部高含 H_2S 和南部不含 H_2S 2 种不同性质的油气。而 H_2S 的形成和分布是目前国内外都十分关注的研究热点^[2~6]。因此开展晋县凹陷有效烃源岩的形成和分布研究, 对于深化油气勘探, 特别是探讨 H_2S 的成因都具有十分重要的意义。

1 晋县凹陷石油地质概况

晋县凹陷位于河北省晋县、赵县、高邑县境内

(属华北油田探区), 大地构造位置在渤海湾盆地冀中拗陷的西南部。该凹陷西邻无极—藁城凸起, 东以宁晋大断裂为界, 西南与太行山深大断裂相接, 呈 NE-SW 向长条形展布, 其中南北长约 100 km, 东西宽约 14 ~ 20 km, 面积为 1 700 km², 是一个 $E_s^4 - E_k^1$ 时期咸化盐湖沉积的凹陷。凹陷内以南固庄背斜为界, 划分为 2 个部分, 北部面积约 700 km², 南部约 1 000 km², 其中高含硫化氢区块位于北部。

晋县凹陷是老第三纪初在喜山运动 NNE-SSW 区域右旋拉张应力作用下形成的新生代小型断陷凹陷。其基底与其周围的石家庄凹陷和无极—藁城低凸起带同属于一个大的基岩块体^[7]。从基底到盖层呈 4 层结构, 由老到新可划分为元古界—古生界构造层、中生界构造层、下第三系构造层和上第三系至第四系构造层, 各构造层的结构受基岩块体的制约, 最主要受一个古背斜(即无极—藁城—太行山隆起)和两条大断裂(即太行山断裂、宁晋断裂)控制。古背斜控制各构造层的基本形态, 太行山断裂控制各构造层的边界。

由于构造运动和断裂强度的不均衡性, 使晋县

收稿日期: 2005-12-02; 修订日期: 2005-10-09。

作者简介: 梁宏斌(1963-), 男(汉族), 河南西峡人, 高级工程师、博士, 主要从事石油地质研究。

基金项目: 中国石油天然气股份公司重大科技项目(040502-10-01)和中国石油天然气集团公司中青年创新基金项目(04E7052)。

凹陷形成了独特的结构。凹陷南北 2 部分的结构和构造带的发育特点截然不同,凹陷中北部为东断西超的单断凹陷,凹陷小而窄,结构简单。地层由陡带直接抬升到斜坡带,缺少中央隆起带。而凹陷南部为不对称双断凹陷(赵县背斜以南)。凹陷跨度宽、洼槽大,结构复杂。这种结构的差异性就造成了成藏条件和含油性的显著不同,即北部区带发育盐湖相沉积,气藏中硫化氢含量可达 92%,原油中硫含量高达 15%^[8];而南部则发育淡水—微咸水沉积,不含硫化氢,原油中硫含量较低。

2 晋县断陷湖盆的沉积演化过程

晋县凹陷属于渤海湾中、新生代裂谷盆地的 3 级负向构造单元,其形成和演化类似于渤海湾盆地的其它凹陷:即都是在古生界基岩古地形背景上经构造运动发育起来的断陷—拗陷小湖盆。其中在下第三系的沉积过程中,经历了由湖泊形成—扩张—繁盛—收缩—消亡的一次全过程,形成了由水进到水退的一个完整旋回,属于典型的陆相小型封闭断陷盆地的沉积特点^[9]。各时期地层的沉积特点为:

1) 始新世早期沉积的孔店组可分为 3 段,即 E_k^3 、 E_k^2 、 E_k^1 ,其中 E_k^3 是晋县凹陷初始裂陷幕,湖泊面积小,地形高差大,在填平补齐的粗碎屑沉积基础上,发育大套冲积扇和洪积扇,岩相为塌积角砾岩、砾岩和砂砾岩,在南区发育砂岩和少量泥岩。 E_k^2 时期,气候湿润,是晋县古湖泊的全盛期,即裂陷伸展幕,湖泊面积达到最大,水体也最深,形成了淡水至微咸水湖相沉积,以滨湖、浅湖、半深湖相及扇三角洲相为主,发育大套前扇三角洲泥岩及三角洲平原相的砂体。由于南区较北区拉张断陷作用强烈,南区孔二段地层更为发育,南区沉降中心分布在赵 29 - 赵 35 井一带,最大厚度 2 500 m;北区沉降中心分布在赵兰庄和南柏舍之间,最大厚度为 1 600 m。

2) $E_s^4 - E_k^1$ 沉积时期,构造运动由南向北逐渐推移,同时由于南柏舍—黎村等北西向构造的进一步活动,造成分隔作用,使得北区处于半封闭状态,加上气候干热,湖水变浅,湖区萎缩,凹陷北部发育了蒸发岩沉积,而南部多为微咸湖相砂泥岩沉积。其中北区 $E_s^4 - E_k^1$ 为一套蒸发盐湖相—咸水湖相沉积建造,湖水含盐度很高,化学沉积比较发育,形成了以盐岩、硫酸盐、白云岩等与膏质(含膏)泥岩、兰灰色泥岩、钙质泥岩、页岩等互层沉积现象;泥岩和粉砂质泥岩以灰色、浅灰色、深灰色为主,岩心上植物碎屑十分常见,并见有波痕、雨痕、泥裂等沉积

现象。盐岩比较纯净,无色透明,其中赵芯 2 井有 2 段 15 m 左右的纯盐岩层;多数膏盐为白色层状分布,与泥质岩类频繁互层叠置,特别是凹陷深部井,如赵芯 1 井,膏岩比泥岩发育。统计表明,赵芯 1 井互层分布的膏岩与泥岩厚度比在 2.1 : 1。而在凹陷的边缘,膏岩厚度迅速变小,取而代之的是白云岩和泥质白云岩,如盆地边缘的赵芯 2 井,膏盐层厚度还不到凹陷中心赵芯 1 井膏盐厚度的 1/4。 $E_s^4 - E_k^1$ 沉积厚度在 800 ~ 1 800 m 左右,其中膏盐类厚度在 500 m 左右,泥质岩类厚度在 500 m 左右。在凹陷南区,近源河流携带大量碎屑物质直接进入湖盆,以水下河道形式堆积成扇形砂砾岩体,沉积厚度在 400 ~ 800 m 左右,因此南区泥质岩类不发育。

3) $E_s^3 - E_s^2$ 沉积早期,发生了一次较强烈的构造运动,使北西向构造进一步上隆,从而形成了明显的东西分带、南北隆洼相间的构造格局。地层普遍抬升,遭受剥蚀,尤其是赵兰庄和南柏舍构造主体部位遭受剥蚀严重,在此背景下, $E_s^3 - E_s^2$ 沉积了一套由粗到细的红色砂泥岩地层。凹陷南部沉积厚度大,最大厚度达 1 700 m;北部厚度较薄,最大厚度仅 900 m。

4) $E_s^1 - E_d$ (渐新世晚期)沉积时期,地势变缓,湖泊消亡,为河流相沉积。辫状河发育,形成河道、河漫滩、心滩及泛滥平原沉积。渐新世末期的构造运动,使得地层整体抬升,地层遭受剥蚀,从此,晋县凹陷结束了断陷发育阶段,进入新第三纪的拗陷时期,南北区地层厚度基本一致,早期形成的各种构造最终定型。由此可见,晋县凹陷南北 2 区构造运动的迁移性和不均衡性导致了南北 2 区沉积特征的差异性,这一特征在渤海湾盆地其它凹陷也比较常见^[11,12]。

3 晋陷凹陷烃源岩的特征

从湖盆的沉积演化过程分析来看, E_k^2 、 E_k^1 、 $E_s^4 - E_k^1$ 、 E_s^{2+3} 发育有暗色泥岩,其分布面积约 560 km²,但是 E_s^{2+3} 泥岩目前埋藏较浅(多在 2 300 m 以上),不具备生烃能力。埋藏较深的 E_k^2 泥质岩类为古湖泊的初始发育期和强烈扩展期形成,具备形成优质烃源岩的条件^[13],该套烃源岩主要分布在凹陷南部。 $E_s^4 - E_k^1$ 在凹陷北部发育巨厚的湖相蒸发岩沉积,南部发育淡水—微咸水湖相沉积,因此凹陷北部以膏质泥岩烃源岩为主,凹陷南部则以淡水—微咸水泥岩烃源岩为主。该套烃源岩分布面积约 860 km²,烃源岩北部厚度较大。由此看来,南部区块主力烃源岩以 E_k^2 、 $E_s^4 - E_k^1$ 为主,以淡水沉积

环境为特征;北部主力烃源岩以 $E_5^4 - E_k^1$ 为主,形成于咸水—盐湖环境(表1)。

北部地区 $E_5^4 - E_k^1$ 形成于盐湖—咸水湖强还原甚至是硫化沉积环境,沉积厚度超过 1 800 m。烃源岩主要由膏岩层间夹的膏质泥岩类组成,厚度在 450 m 左右。由于高盐环境有利于有机质的富集和保存^[14~16],有机碳含量在 0.34%~3.48%,大部分分布在 0.45%~1.68%之间;而泥岩中有机硫的含量往往比有机碳的含量要高一倍多;可溶有机质沥青“A”含量普遍较高,平均为 0.16%;饱和烃含量低,一般在 15%~25%之间,平均为 23.77%;芳烃含量高,一般在 25%~35%之间,平均为 31.63%;非烃+沥青质含量高达 40%以上; $S_1 + S_2$ 平均在 0.6 mg/g 左右;干酪根的 H/C 原子比为 0.55~1.10, O/C 原子比高达 0.4~0.8,干酪根类型以 2 和 1 型为主。目前这套烃源岩埋深在 2 400~3 500 m, R_o 多数在 0.45%~0.80%之间,已进入生烃门限,为一套有效烃源岩。该烃源岩咸水湖相有机质特征十分明显,正构烷烃呈偶碳优势, OEP 在 0.53~0.85 之间; Pr/Ph 变化在 0.11~0.48 之间,而且呈现明显的植烷优势,主峰碳为 nC_{14} , nC_{16} 或 nC_{18} ;孕甾烷含量十分丰富;三萜烷系列中具有伽马蜡烷含量高的特征(伽马蜡烷/ C_{31} 藿烷均大于 2),藿烷分布具有 C_{35} 藿烷 > C_{34} 藿烷 > C_{33} 藿烷的“翘尾”特点,生物标志物的这些组合特征充分体现

了 $E_5^4 - E_k^1$ 沉积是在高盐度环境下形成的^[16,17]。

南部 E_k^2 为淡水湖沉积,暗色泥岩比较发育,厚度在 520 m 左右,有机碳含量平均为 0.81%,可溶有机质沥青“A”平均 0.115%,有机质类型以 1 型为主, R_o 在 0.7%~1.2%之间,甾烷 $C_{29} - 20S/20(S+R)$ 达到 40%,正处于生油高峰阶段。Pr/Ph 值较高,伽马蜡烷含量较低,表明其形成于淡水弱还原环境下。

南部 $E_5^4 - E_k^1$ 烃源岩厚度在 260 m 左右, TOC 平均为 0.55%,氯仿沥青“A”平均为 0.104%,干酪根镜下鉴定为 1 型,植烷含量较高, Pr/Ph 在 0.3~0.6 之间,正构烷烃呈弱偶碳优势, OEP 为 0.88,伽马蜡烷含量比北区 $E_5^4 - E_k^1$ 烃源岩有明显降低,表明其为强还原、半咸化湖相—淡水湖相过渡沉积。

4 晋县凹陷原油的地球化学特征

晋县凹陷北部 $E_k^1 - E_5^4$ 原油中盐湖相成因特征十分明显(图1),高伽马蜡烷、 C_{35} 藿烷明显的高翘尾现象,部分高于 C_{31} 藿烷;多数原油具有明显的 C_{29} 甾烷优势,原油中具有较高的孕甾烷和升孕甾烷。在气相色谱图上,正构烷烃含量很低,而类异戊二烯含量很高;正构烷烃多数以后主峰为主,偶碳优势十分明显,姥植之比平均在 0.34。在 Pr/Ph 与伽马蜡烷/ C_{31} 藿烷关系图上北部 $E_k^1 - E_5^4$ 原油与北部 $E_k^1 - E_5^4$ 烃源岩具有相似的特征,即高伽马蜡烷

表1 晋县凹陷南北2区烃源岩的特征及其对比

Table 1 Source rock features and correlation of the north and south areas in the Jinxian sag, the Jizhong depression

区 块	北 区	南 区	
烃源岩发育层位	$E_5^4 - E_k^1$	$E_5^4 - E_k^1$	E_k^2
岩性特征	膏岩、白云岩、含膏泥岩、白云质泥岩、钙质泥岩和暗色泥岩	砂砾岩、泥岩	灰色泥岩夹暗棕色薄层泥岩和杂色泥岩
主要沉积构造	波痕、雨痕、泥裂等常见	鲍马序列发育	交错层理、块状层理
沉积亚相	浅湖—半深湖亚相	滨浅湖	滨浅湖—半深湖、三角洲
水体环境	咸水—盐湖	淡水—微咸水	淡水
烃源岩厚度/m	450	260	520
有机碳含量,%	0.68	0.55	0.81
氯仿沥青“A”,%	0.164	0.104	0.115
$S_1 + S_2$ /mg·g ⁻¹	0.58	0.48	0.69
干酪根类型	2 为主	1 为主	1
R_o , %	0.45~0.8	0.4~0.80	0.7~1.2
Pr/Ph	0.11~0.48	0.3~0.6	0.61~2.1
主峰碳	nC_{14} , nC_{16} 或 nC_{18}	nC_{22}	nC_{17}
正构烷烃	偶碳优势	呈弱偶碳优势	偶碳优势不明显
OEP	0.53~0.85	0.88	0.92~1.0
伽马蜡烷	极丰富	降低	很少
孕甾烷	极丰富	含量减少	含量较低
甾烷 $C_{29}-20S/20(S+R)$	0.4	0.43	0.48
烃源岩评价	好烃源岩	中等烃源岩	好烃源岩

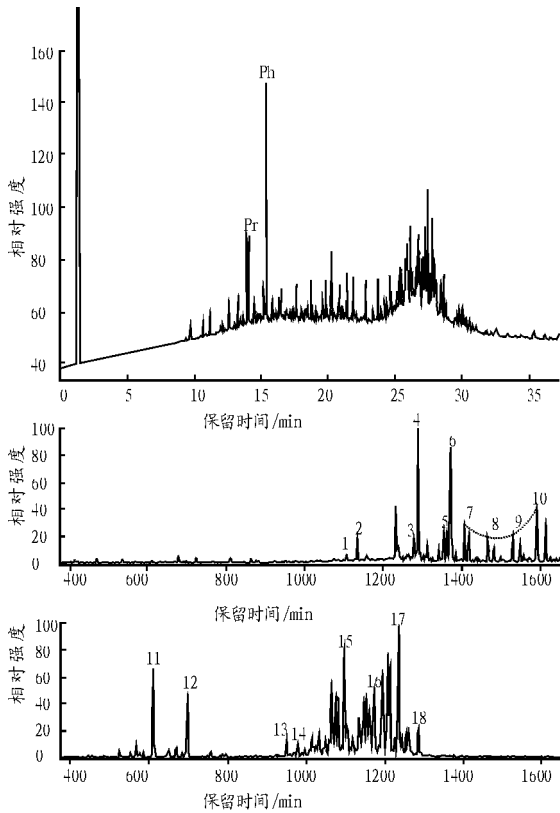


图 1 晋县凹陷北部地区原油的 GC, GC - MS 图

1. Ts; 2. Tm; 3. 奥利烷; 4. C₃₀藿烷; 5. 藿烷; 6. C₃₁伽马蜡烷; 7. C₃₂藿烷; 8. C₃₃藿烷; 9. C₃₄藿烷; 10. C₃₅藿烷; 11. 孕甾烷; 12. 升孕甾烷; 13, 14. 重排甾烷; 15. C₂₇甾烷; 16. C₂₈甾烷; 17. C₂₉甾烷; 18. 4-甲基甾烷

Fig. 1 Saturated hydrocarbon gas chromatograph and mass chromatograph of the crude oil in the north of the Jinxian sag, the Jizhong depression

和低的姥植比值。南部 Ek¹ - Es⁴ 原油与南部 Ek¹ - Es⁴ 烃源岩有亲缘关系: 中等含量的伽马蜡烷和孕甾烷、Pr/ Ph 值的一致性, 都说明了南部 Ek¹ - Es⁴ 原油来自于南部 Ek¹ - Es⁴ 烃源岩。而南部 Ek²⁻³ 原油 Pr/ Ph 值较高, 伽马蜡烷含量极低, 孕甾烷也很低, 与 Ek² 烃源岩生标特征十分相近。因此晋县凹陷是自生自储型油藏。

另外, 试油成果也表明, 凹陷北部, 特别是赵兰庄地区原油均为含硫化氢的重质稠油, 密度均在 0.985 g/cm³ 以上, 原油含硫量很高^[8, 18], 近一半超过 10%, 平均 9.8% (图 2), 远高于盐湖相原油的含硫量。而南部的 Ek¹ - Es⁴ 油层, 原油的含硫量自中部向南逐渐降低, 主要分布在 0.32% ~ 6.57%, 平均 3.2%; 高硫原油分布区与石膏分布一致, 因此膏盐的分布控制了该区高硫原油的形成。南区深层 Ek² 原油含硫量较低, 分布在 0.02% ~ 1.66%, 平均 0.52%, 由于 Ek² 烃源岩形成于淡水环境, 不发育膏质岩类, 缺乏硫源, 因此原油的含硫量与烃源岩 (油源) 有一定的亲缘关系。

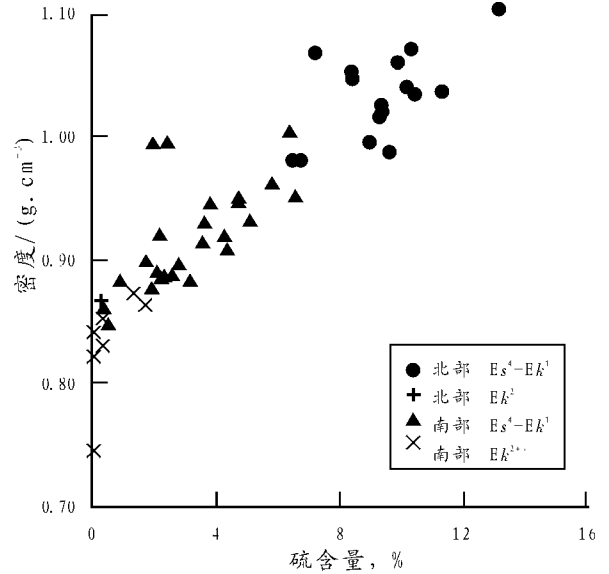


图 2 晋县凹陷原油硫含量与密度含量的关系

Fig. 2 Relation between content of sulphur and density of the crude oil in the Jinxian sag, the Jizhong depression

5 结论

晋县凹陷构造活动强度由南向北的迁移性, 致使沉降中心发生相应的变化, 呈现出南北 2 区沉积演化的明显差异, 并形成了不同的烃源岩。即南区主要发育 Ek² 淡水滨浅湖相沉积, 发育的暗色泥岩成为南区的主力烃源岩; 而北区 Es⁴ - Ek¹ 盐湖—咸水湖沉积十分发育, 沉积的膏质泥岩和含膏泥岩成为北区的主力烃源岩。

烃源岩地球化学性质的差异, 最终导致北区形成了原油中以明显的植烷优势、高伽马蜡烷含量、高孕甾烷含量等特征, 明显区别于南区各套烃源岩提供的原油特征。由于南区的 Ek² 和 Es⁴ - Ek¹ 烃源岩形成于不同的沉积环境, 因此生成的原油也具有不同的地球化学特征: 即来自于 Ek² 烃源岩的原油伽马蜡烷和孕甾烷含量极低, 姥甾烷含量较高; 而来自于微咸水环境下发育的 Es⁴ - Ek¹ 烃源岩, 原油伽马蜡烷和孕甾烷含量较低, 各项地球化学指标介于北区 Es⁴ - Ek¹ 烃源岩和南区 Ek² 烃源岩之间。油源对比表明, 晋县凹陷多数油藏属于自生自储型油藏。

北区原油含硫量很高, 多为重质稠油; 而南部的 Ek¹ - Es⁴ 油层, 原油的含硫量自中部向南逐渐降低。南区深层 Ek² 原油含硫量较低, 高硫原油分布区与石膏分布一致, 因此原油的含硫量与含膏质泥岩类烃源岩具有一定的成因联系。

参考文献:

- 1 易士威,王 权. 冀中坳陷富油凹陷勘探现状及勘探思路[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 82~86
- 2 戴金星,胡见义,贾承造等. 关于高硫化氢天然气田科学安全勘探开发的建议[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(2): 1~5
- 3 Machel H G. Bacterial and thermochemical sulfate reduction in diagenetic settings—old and new insights [J]. *Sedimentary Geology*, 2001, 140, 143~175
- 4 Worden R H, Smalley P C. H₂S-producing reactions in deep carbonate gas reservoirs: Khuff Formation, Abu Dhabi [J]. *Chem Geol*, 1996, 133:157~171
- 5 朱光有,戴金星,张水昌等. 含硫化氢天然气的形成机制及其分布规律研究[J]. 天然气地球科学, 2004, 15(2): 166~170
- 6 朱光有,张水昌,李 剑等. 中国高含硫化氢天然气田的特征及其分布[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(4): 18~21
- 7 梁宏斌,陈素考,马世金等. 冀中晋县凹陷含硫化氢油气藏的形成与资源预测[A]. 见:华北石油勘探开发科技文献[C], 北京:石油工业出版社, 1995. 27~44
- 8 秦建中,王 静,郭爱明. 冀中坳陷未熟油研究及勘探前景[J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 105~108
- 9 朱光有,金 强,周建林等. 东营断陷湖盆充填模式研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(2): 143~148
- 10 朱光有,金 强,周建林等. 渤海湾盆地东营断陷湖盆充填模式研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(2): 143~148
- 11 李丕龙,张善文,宋国奇等. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制——以渤海湾盆地济阳坳陷为例[J]. 石油实验地质, 2004, 26(1): 3~10
- 12 朱光有,金 强,郭长春等. 东营—沾化凹陷油气聚集的差异性及控制因素[J]. 石油实验地质, 2003, 25(4): 353~356
- 13 朱光有,金 强,张水昌等. 东营凹陷沙河街组湖相烃源岩组合特征[J]. 地质学报, 2004, 78(3): 416~427
- 14 金 强,查 明. 柴达木盆地西部第三系蒸发岩与生油岩共生沉积作用研究[J]. 地质科学, 2000, 35(4): 465~473
- 15 金 强,黄醒汉. 东濮凹陷早第三纪盐湖成因的探讨:一种深水成因模式[J]. 华东石油学院学报, 1985, 9(1): 1~11
- 16 朱光有,金 强,戴金星等. 东营凹陷沙四中盐湖相烃源岩研究[J]. 高校地质学报, 2004, 10(2): 257~266
- 17 Seifert W K, Moldovan J M. Paleoreconstruction by biological markers[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1981, 45:783~794
- 18 张文龙,秦建中,田 立. 晋县凹陷下第三系沙四段至孔一段甾烷高异构化程度及未熟油形成机理探讨[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(5): 27~31

THE EVOLUTION OF FAULTED-BASIN AND DEVELOPMENT OF HYDROCARBON SOURCE ROCKS IN EOGENE OF THE JINXIAN SAG, THE JIZHONG DEPRESSION

Liang Hongbin¹, Zhu Guangyou², Zhang Shuichang², Liang Yingbo², Ma Shunping¹

(1. Exploration & Development Research Institute of Huabei Oilfield Company,

PetroChina, Renqiu, Hebei 062552, China;

2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China)

Abstract: The mud rocks occurred mainly in Eogene Shahejie - Kongdian Formation of the Jinxian sag, the Bohaiwan Basin. The second member of Kongdian Formation (E_k^2) and the first member of Kongdian Formation (E_k^1) to the fourth member of Shahejie Formation. (E_s^4) were the most important hydrocarbon source rocks. During the time of early deposit of Kongdian and Shahejie Formation (E_k^3 to E_s^4), the rift active center transferred from south to north, as a result, the subsidence center transferred to north likewise, which took on 'seesaw' deposition pattern. In the early stage (E_k^2), subsidence center of the area occurred in the south of the Jinxian sag, and moved to the north in later (E_k^1 to E_s^4). Therefore, correlating to both the depositional thickness and mudstone thickness, it was apparently that the southern depression prevailed over the northern part. However, as far as E_k^1 to E_s^4 were concerned, it was conversed. In the northern depression, there was a set of evaporated saline-hypersaline lacustrine formation of halite, sulfate, carbonate and sand-mudstone alternating layer. The evaporite had a thickness over 1,000 m, the gypsolith of which exceeded 400 m. The gypsiferous mudstone, dolomitic mudstone, calcareous mudstone and dark mudstone in the formation were high organic-rich, buried at the depth of 2,500 to 3,500 m, which was the major hydrocarbon source rocks in the north Jizhong oilfields while E_k^2 dominated the south area. Oil and source rock correlation demonstrated that oil in the north oilfields was featured in high phytane, high gammacerane and high pregnance sterane abundance that differed from oil generated from southern formation. It was believed E_k^1 - E_s^4 source rocks made significant contribution to the hydrocarbon input for the north oilfields when oil in the south oilfields generated from the southern E_k^2 source rock (or else the E_k^1 - E_k^4).

Key words: source rocks, sedimentary evolution, organic geochemistry, Eogene, the Jinxian sag, the Jizhong depression