

文章编号: 1006-544X (2009) 01-0035-05

平庄-马厂盆地烃源岩的有机质类型

高玉娟, 张亚明, 王宇林

(辽宁工程技术大学 资源与环境工程学院, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 为了对平庄-马厂盆地油气资源做出客观评价, 对盆地发育的九佛堂组、沙海组两套烃源岩有机质丰度、有机质类型和有机质成熟度进行了综合分析。结果表明: 沙海组烃源岩有机质丰度较高, 为中等—好烃源岩, 有机质类型以Ⅱ_B型为主, 有机质处于未成熟—低成熟阶段, 其生烃能力对盆地贡献小; 九佛堂组烃源岩的有机质丰度高, 属好的烃源岩, 有机质类型为Ⅱ_B—Ⅱ_A型, 处于低成熟—成熟阶段, 具有较好的生烃能力。

关键词: 烃源岩; 有机质; 类型; 成熟度; 地球化学特征; 平庄-马厂盆地

中图分类号: TE122.115 **文献标志码:** A

平庄-马厂盆地处于华北地块与天山-兴蒙褶皱系两个一级大地构造单元的结合部位, 其主体位于华北地块的内蒙隆起的喀喇沁断隆带(图1)^[1], 是早白垩世北北西-南东东区域伸展体制持续作用下, 由发育于北北东向八里罕拆离断层上盘次级断层活动而形成的不对称(西深东浅)地堑式裂陷盆地^[2], 盆地主体呈北北东向展布, 北东向长约140 km, 北西向宽约20 km, 面积约为2800 km²。盆地及其外围发育的地层主要有: 太古宇建平群, 侏罗系蓝旗组, 白垩系义县组、九佛堂组、沙海组、阜新组和孙家湾组。其中, 沙海组和阜新组发育可采煤层。对于该聚煤盆地来说, 义县组及其以下地层构成盆地基底, 其以上地层为盆地的沉积盖层。根据盆地基底结构和盆地发展演化特点, 将平庄-马厂盆地划分为平庄凹陷、二十家子凹陷和敖包山-石帽子山凸起3个二级构造单元, 其中, 平庄凹陷又分为西部断阶带、中部洼陷带和东部断阶带, 而中部洼陷带又可进一步划分为平庄洼陷和四龙洼陷等构造单元^[3]。以往多围绕煤矿生产开展了大量的煤田地质勘探工作, 煤田地质研究程度较高, 石油、天然气勘探工作却较少, 研究程度较低, 资料也不

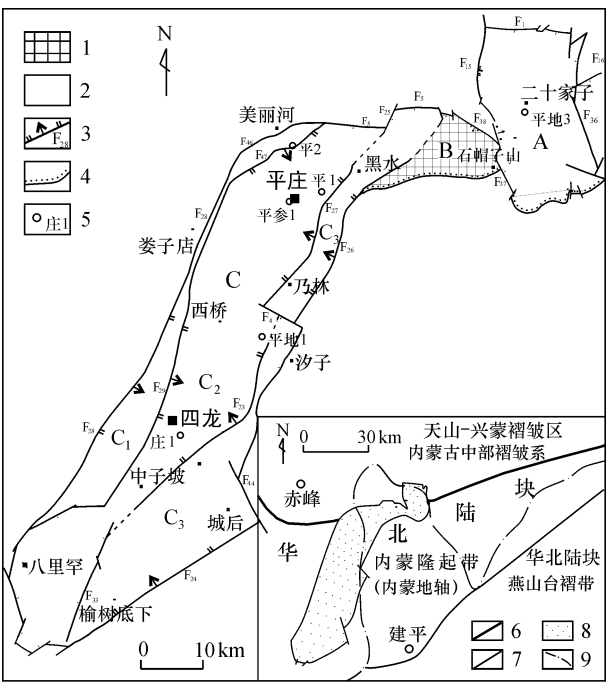


图1 平庄-马厂盆地构造单元划分

Fig. 1 Structural subdivision of Pingzhuang-Machang Basin

1—凸起;2—凹陷;3—正断层及编号;4—地层角度不整合界限;5—钻孔位置及编号;6—一级大地构造单元界线;7—二级大地构造单元界线;8—平庄-马厂盆地位置;9—省界;A—二十家子凹陷;B—敖包山-石帽子山凸起;C—平庄凹陷(C₁—西部断阶带,C₂—中部洼陷带,C₃—东部断阶带)

够丰富,然而,与之相邻、在同一构造应力场下形成的赤峰-元宝山盆地发育有工业价值的油气藏^[4],因此,有必要在该盆地开展油气资源评价和研究工作。

结合前人工作,通过对大量钻孔资料的分析,确定出平庄-马厂盆地盖层中发育九佛堂组、沙海组和阜新组 3 套烃源岩,岩性以暗色泥岩为主,部分为油页岩、泥质白云岩等^[5-6],其中平庄凹陷九佛堂组和沙海组是盆地重要的成烃岩系。然而,能否形成有工业价值的油气藏,不仅取决于是否有足够的烃源岩,还取决于烃源岩的成烃潜力,定性或定量评价烃源岩成烃潜力的指标主要有烃源岩的有机质丰度、有机质类型和有机质成熟度^[7-8]。因此,在平庄-马厂盆地开展油气资源的评价时,首先应从烃源岩有机质丰度、有机质类型和有机质成熟度研究入手,对烃源岩的成烃潜力做出客观评价。

1 有机质丰度

烃源岩有机质丰度是成烃的物质基础,直接关系到盆地能否生成油气及油气聚集规模。平庄-马厂盆地烃源岩的有机碳含量较高,地区和层位差值不大;岩石热解烃含量变化幅度相对较大,但普

遍较高;氯仿沥青“A”和总烃地区差值较大,平庄洼陷较高,四龙洼陷低(表 1)。根据国内烃源岩有机质丰度评价标准^[8-9],综合各项指标,平庄凹陷九佛堂组、沙海组均为有成烃潜力的烃源岩。其烃源岩级别分别为:平庄洼陷九佛堂组为最好、沙海组为好;四龙洼陷九佛堂组为中等。

2 有机质类型

烃源岩有机质类型不同,其生烃潜力、产物类型及性质也不同,在有机地球化学研究中,划分干酪根类型的方法较多,划分的类别也不尽一致^[10]。为了准确判别平庄-马厂盆地有机质类型,从干酪根镜检、元素组成、红外光谱分析、岩石热解色谱分析、沥青“A”族组份组成、正构烷烃分布特征等指标确定烃源岩有机质类型,划分标准采用三类四分法,即腐泥型(Ⅰ)、腐殖腐泥型(Ⅱ_A)、腐泥腐殖型(Ⅱ_B)、腐殖型(Ⅲ)。

2.1 干酪根显微组分

干酪根镜检可观察到类脂组、镜质组、稳定组和惰质组 4 种组分,各洼陷均以类脂组为主,且变化不大。根据干酪根镜下鉴定分类标准^[11]:平庄洼陷沙海组为Ⅱ_B型,九佛堂组为Ⅱ_A-Ⅱ_B型;四龙洼陷九佛堂组为Ⅱ_B型(表 2)。

表 1 平庄-马厂盆地烃源岩有机质丰度
Table 1 Organic matter abundance of source rocks in Pingzhuang-Machang Basin

地区	井号	层位	有机碳/%	沥青“A”/%	烃含量/10 ⁻⁶	S ₁ +S ₂ /(kg·t ⁻¹)	烃源岩级别
平庄洼陷	平参 1 井	K ₁ sh	1.11~4.39 /2.93(25)	0.012 8~0.384 7 /0.096 2(25)	43.1~2 422.5 /574.3(25)	0.388~15.649 /7.265(25)	好
		K ₁ df	0.74~4.55 /2.11(20)	0.084 4~0.62 /0.279 4(20)	524.1~3 134.7 /1 339.7(20)	0.441~ 23.592/(20)	最好
四龙洼陷	平地 1 井	K ₁ df	0.08~7.46 /2.91(13)	0.009 4~0.034 4 /0.021 5(4)	43.3~141.7 /92.5(2)	0.023~49.855 /12.932(13)	中等

注:最小值~最大值/平均值(样品数)。

表 2 平庄-马厂盆地烃源岩干酪根显微组分统计
Table 2 Kerogen macerals of source rocks in Pingzhuang-Machang basin

地区	井号	层位	类脂组/%	稳定组/%	镜质组/%	惰质组/%	干酪根	
							指数	类型
平庄洼陷	平参 1 井	K ₁ sh	30~67/ 59.68(25)	0.68	15~45/ 21.24(25)	12~41/ 19.48(25)	-28.75~39.25/ 23.49(25)	Ⅱ _B
		K ₁ df	60~89/ 69.65(20)	-	4~26/ 14.45(20)	6~26/ 15.85(20)	25~79.25/ 43.04(19)	Ⅱ _A
	平 1 井	K ₁ df	50~75/62.5(2)	-	5~35/20.0(2)	15~20/17.5(2)		Ⅱ _A -Ⅱ _B
四龙洼陷	平地 1 井	K ₁ df	66~67/66.5(2)	-	20~22/21.0(2)	12~13/12.5(2)	38.25(1)	Ⅱ _B

注:最小值~最大值/平均值(样品数)。

2.2 干酪根元素组成

碳、氢、氧是干酪根中最主要的元素成分，其相对百分含量的变化反映了有机质的组成特点，常用 H/C、O/C 原子比绘制范氏图，来划分有机质类型。由于平庄－马厂盆地干酪根元素分析的样品纯度大于 75%，而且处于低成熟－成熟阶段，因此保证了应用范氏图有效确定其类型。

平庄洼陷沙海组样品 H/C 较高，为 0.72 ~ 1.31，O/C 较低，为 0.06 ~ 0.13，主要落在 I—II_A 型区域；九佛堂组样品的 H/C 和 O/C 原子比变化较大，分别在 0.06 ~ 1.35 和 0.04 ~ 0.33，它们大多数落在 I 型区域，少量样品分布在 I—III 型区域之外。按干酪根元素组成，平庄－马厂盆地有机质类型分别为：沙海组以 I—II_A 型为主；九佛堂组则以 I 型为主（图 2）。

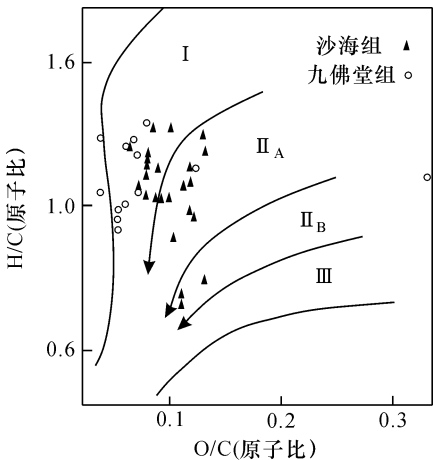


图2 平庄－马厂盆地烃源岩干酪根元素组成范氏图
Fig.2 Van Krevelen diagram of kerogen elements of source rock in Pingzhuang - Machang Basin

2.3 干酪根红外光谱

平庄－马厂盆地干酪根红外光谱，1 460 cm⁻¹/1 600 cm⁻¹和 2 920 cm⁻¹/1 600 cm⁻¹均较低（表 3），说明其成烃母质富含芳烃组分，有机质来源于陆源高等植物。根据有机质类型划分标准^[7-10]，该区有机质类型较差，为 III 型。

2.4 岩石热解氢指数

岩石热解氢指数（I_H）直接反映烃源岩的成烃潜力。利用 I_H - T_{max} 图版可简便、快速且准确的确定烃源岩母质类型^[9]：平庄洼陷沙海组样品主要落在 II_A 型和 II_B 型区域，III 型区域仅有 4 个样品分布；九佛堂组样品变化大，I 型、II_A 型、II_B 型及 III 型区域均有分布，其中 III 型区域主要分

布四龙洼陷样品，而平庄洼陷样品主要分布在 I 型和 II_A 型区域（图 3）。说明从平庄洼陷往南到四龙洼陷，烃源岩的成烃潜力逐渐降低。

表3 平庄－马厂盆地干酪根红外光谱数据
Table 3 Infrared spectrum data of kerogen in Pingzhuang - Machang Basin

地区	井号	层位	1 460 cm ⁻¹ /1 600 cm ⁻¹	2 920 cm ⁻¹ /1 600 cm ⁻¹	干酪根 类型
平庄 洼陷	平参 1 井	K ₁ sh	0.36 ~ 0.76 /0.53 (22)	0.03 ~ 0.27 /0.11 (22)	III
		K ₁ df	0.4 ~ 0.67 /0.57 (18)	0.05 ~ 0.19 /0.11 (17)	III
四龙 洼陷	平地 1 井	K ₁ df	0.35 ~ 0.5 /0.43 (2)	0.12 (2)	III

注：最小值 ~ 最大值/平均值（样品数）。

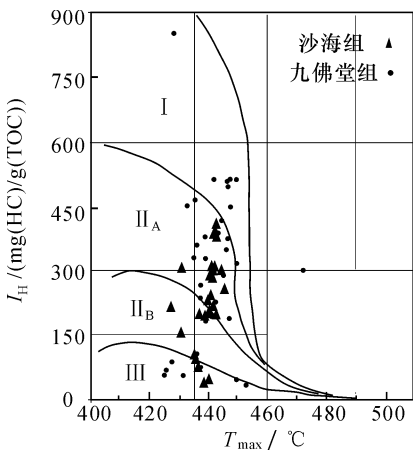


图3 平庄－马厂盆地烃源岩氢指数与 T_{max} 值关系
Fig.3 I_H and T_{max} relationship of source rocks in Pingzhuang - Machang Basin

2.5 可溶有机质含量和族组分组成

可溶有机质含量是烃源岩已生成烃的度量，客观地表明有机质的性质，沥青“*A*”转化率在成熟度相近的情况下可以比较有机质的优劣。平庄洼陷沙海组沥青“*A*”转化率较低，但总烃含量高，平均值为 56.5%；九佛堂组总烃、饱/芳和沥青“*A*”转化率相对均较高；四龙洼陷九佛堂组尽管饱/芳值高，但总烃和沥青“*A*”转化率均较低（表 4）。根据我国陆相烃源岩的划分标准^[11-12]，综合考虑各项指标：沙海组烃源岩的有机质类型为 II_A—II_B 型，九佛堂组为 II_A 型。

2.6 正构烷烃分布特征

平庄－马厂盆地烃源岩以正构烷烃的奇碳优势为特征，OEP > 1.2，主峰碳分别为 nC₂₁、nC₂₃、nC₂₇，(C₂₁ + C₂₂)/(C₂₈ + C₂₉) ≥ 1.02 ~ 5.47，ΣC₂₁/

表 4 平庄-马厂盆地沥青“A”族组成特征
Table 4 Group composition of bitumen “A” in Pingzhuang - Machang Basin

地区	井号	层位	饱和烃/%	芳烃/%	非烃/%	沥青质	饱/芳	(A/TOC)/(mg·g ⁻¹)
平庄 洼陷	平参 1 井	K _{1sh}	12.59 ~ 45.69 /35.07(25)	16.3 ~ 30.23 /21.41(25)	28.02 ~ 40.33 /34.1(25)	0.91 ~ 31.73 /6.96(25)	0.58 ~ 2.64 /1.68(25)	10.17 ~ 95.46 /30.67(25)
		K _{1df}	23.68 ~ 48.38 /33.33(20)	11.21 ~ 19.02 /14.75(20)	24.94 ~ 52.5 /36.08(20)	2.5 ~ 206 /20.83(20)	1.67 ~ 3.53 /2.29(20)	74.13 ~ 333.33 /142.44(20)
	平 1 井	K _{1df}	8.99 ~ 36.92 /27.96(2)	10.85 ~ 20.31 /15.58(2)	25.97 ~ 31.69 /28.83(2)	11.38 ~ 29.07 /20.23(2)	1.75 ~ 1.82 /1.79(2)	27.21 ~ 81.39 /54.3(2)
四龙 洼陷	平地 1 井	K _{1df}	32.56 ~ 35.96 /34.26(2)	8.64 ~ 10.11 /9.38(2)	40.53 ~ 44.38 /42.46(2)	6.64 ~ 8.43 /7.54(2)	3.56 ~ 3.77 /3.67(2)	10.96 ~ 15.93 /13.44(2)

注:最小值~最大值/平均值(样品数)。

$\Sigma C_{22} > 0.88 \sim 2.2$ (表 5), 反映出烃源岩中的有机物来源为陆源高等植物和低等水生生物的混合物。根据不同母质类型有机质组成及性质分析, 平庄洼陷沙海组成烃母质为 II_A—II_B 型, 九佛堂组为 I—II_A 型; 四龙洼陷九佛堂组成烃母质为 II_B—III 型。

通过对上述 6 项指标综合分析可以得出, 平庄-马厂盆地平庄洼陷沙海组烃源岩有机质类型以 II_B 型为主, 九佛堂组以 II_B—II_A 型为主; 四龙洼陷九佛堂组以 II_B 型为主。

3 有机质成熟度

有机质成熟度是表征其成烃有效性和产物性

质的重要参数^[8]。上可知, 盆地内沙海组和九佛堂组有机质丰度达到烃源岩标准, 有机质类型也相对较好, 它们能否成为有效的烃源岩, 成熟度是至关重要的因素。因此, 确定烃源岩成熟度、划分热演化阶段和确定生烃门限, 是烃源岩评价中的一项重要工作。通过生油岩中可溶、不溶有机质在纵向上的热演化规律, 并结合镜质体反射率 R_0 值、热解温度 T_{max} (°C)、奇偶优势 (OEP) 值等多项成熟度指标来评价该区有机质的成熟度, 确定其生烃门限。

根据烃源岩成熟阶段划分指标^[12-13], 综合有机质成熟度各参数 (表 6), 确定平庄-马厂盆地沙海组烃源岩处于未成熟—低成熟阶段; 九佛堂

表 5 平庄-马厂盆地烃源岩饱和烃参数
Table 5 Parameter of saturated hydrocarbon of source rocks in Pingzhang depression

地区	井号	井位	碳数	主峰碳	OEP 值	(C ₂₁ + C ₂₂)/(C ₂₈ + C ₂₉)	$\Sigma C_{21}/\Sigma C_{22}$
平庄洼陷	平参 1 井	K _{1sh}	C ₁₄ - C ₃₀	C ₂₁ ~ C ₂₃	1.23 ~ 2.32/1.6(25)	1.11 ~ 5.47/2.84(25)	1.17 ~ 2.2/1.47(25)
		K _{1df}	C ₁₄ - C ₃₀	C ₂₃ , C ₃₀	1.03 ~ 1.2/1.12(19)	1.07 ~ 5.18/2.3(19)	0.88 ~ 1.23/1.03(19)
	平 1 井	K _{1df}	C ₁₁ - C ₃₀	C ₂₅ , C ₂₇	1.09 ~ 1.27/1.54(3)	1.12 ~ 1.86/1.49(3)	1.01 ~ 1.3/1.17(3)
四龙洼陷	平地 1 井	K _{1df}	C ₁₁ - C ₃₀	C ₂₃ , C ₂₇	1.96 ~ 2.24/2.1(2)	1.02 ~ 1.58/1.3(2)	1.7 ~ 1.75/1.73(2)

注:最小值~最大值/平均值(样品数)。

表 6 平庄-马厂盆地烃源岩成熟度参数简表
Table 6 Parameters of maturity of source rocks in Pingzhang - Machang Basin

	层位	埋深/m	(烃/碳) /%	(“A”/TOC) /%	OEP 值	T _{max} /°C	反射率 R ₀ /%	ααC ₂₉ S/ (R+S)	αβC ₃₁ S/ (R+S)	成熟 阶段
平庄 洼陷	K _{1sh}	<420	0.39 ~ 2.07/1.24	1.02 ~ 3.89/2.18	1.32 ~ 2.32/1.70	427.7 ~ 442.1/437.8	0.5 ~ 0.75/0.65	0.01 ~ 0.33/0.1	0.08 ~ 0.53/0.37	未成熟
			2.2 ~ 7.12/4.47	3.61 ~ 17.41/8.86	1.03 ~ 1.39/1.21	437.6 ~ 472.4/446	0.63 ~ 0.96/0.82	0.1 ~ 0.4/0.28	0.46 ~ 0.67/0.55	低成熟
	K _{1df}	700 ~	4.17 ~ 16.85/7.78	10.32 ~ 33.33/15.77	1.04 ~ 1.17/1.11	439.4 ~ 453.8/444.9	1.11 ~ 1.73/1.34	0.29 ~ 0.51/0.43	0.52 ~ 0.62/0.56	成熟(生油 高峰期)
四龙 洼陷	K _{1df}	75 ~ 213	0.45 ~ 0.73 /0.59	1.10 ~ 1.59 /1.34	1.96 ~ 2.24 /2.10	426.8 ~ 437.3/432.2		0.02	0.14 ~ 0.33/0.24	未成熟

注:最小值~最大值/平均值(样品数)。

组为低成熟—成熟阶段。由于各洼陷古地温场不同,使有机质热演化阶段在各洼陷呈现明显的差异性。平庄洼陷处于未成熟—低成熟—成熟阶段,是一个相对完整的演化系列;四龙洼陷,根据外围平地1井参数值,烃源岩虽然总体上处于未成熟阶段,但由于四龙洼陷内部与平庄洼陷是受同一条断层控制的西断东超的单断型洼陷,洼陷结构与平庄洼陷相似,同时平地1井的各项指标尽管较差,但由于平地1井位于湖泊滨岸相或非湖泊相,可推断洼陷内部下伏九佛堂组烃源岩部分处于低成熟阶段。因此,四龙洼陷有机质演化处于未成熟—低成熟阶段。

4 结 论

通过对平庄-马厂盆地沙海组和九佛堂组两套烃源岩有机质丰度、有机质类型和有机质成熟度的综合分析得出:

(1) 平庄洼陷沙海组烃源岩有机质丰度高,为好烃源岩;有机质类型以Ⅱ_B型为主;有机质成熟度较低,处于未成熟—低成熟阶段,其成烃能力对盆地贡献较小。

(2) 平庄洼陷九佛堂组烃源岩有机质丰度高,属最好烃源岩;有机质类型以Ⅱ_B—Ⅱ_A型为主,有机质处于低成熟—成熟阶段,具有较好的成烃能力,是盆地的主要烃源岩系,为盆地油气生成提供物质基础。

(3) 四龙洼陷九佛堂组烃源岩有机质丰度较高,属中等烃源岩;有机质类型以Ⅱ_B型为主,有机质处于未成熟—低成熟阶段,其成烃能力差。

参考文献:

- [1] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1989: 252-263.
- [2] 王宇林, 何保, 姜志刚, 等. 平庄盆地地质构造及演化特征 [J]. 煤炭学报, 2007, 32 (10): 1036-1040.
- [3] 王宇林, 陈振东, 何保, 等. 平庄-马厂盆地石油地质综合评价 [R]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2006.
- [4] 孙洪军, 李艳, 徐景成. 赤峰凹陷宝地2块超稠油开采方法探讨 [J]. 内蒙古石油化工, 2005 (3): 113-115.
- [5] 王宇林, 邵显琨, 范国强, 等. 箕状湖盆萎缩阶段两种湖泊三角洲的沉积特征及成因探讨——以平庄、铁法盆地为例 [J]. 沉积学报, 2002, 15 (2): 20-24.
- [6] 王宇林, 刘志刚, 邵靖邦, 等. 平庄盆地充填沉积特征和聚煤规律 [J]. 煤田地质与勘探, 1994, 22 (4): 1-6.
- [7] 傅家谟, 刘德汉, 盛国英, 等. 煤成烃地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1990: 326-331.
- [8] 陈荣书. 石油及天然气地质学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994: 121-131.
- [9] 秦建中. 中国烃源岩 [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 255-258.
- [10] 张长年, 罗铸金, 郭秀云. 有机地球化学概论 [M]. 北京: 地质出版社, 1993: 110-111.
- [11] 徐伟民. 石油地球化学在油气勘探中的应用 [M]. 东营: 石油大学出版社, 1993: 26-28.
- [12] 张亚明, 王宇林, 何保, 等. 建昌-喀左盆地石油地质条件分析 [R]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2004.
- [13] 秦建中, 贾蓉芬, 郭爱明, 等. 华北地区煤系烃源层油气生成·运移·评价 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 136-143.

Organic Matter Type of Source Rock in Pingzhuang - Machang Basin

GAO Yu-juan, ZHANG Ya-ming, WANG Yu-lin

(College of Resources and Environmental Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: Systematical analysis is made concerning the organic matter abundance, types and maturity of the hydrocarbon source rock in Jiufotang Formation and Shahai Formation for an objective evaluation to the oil and gas resources of Pingzhuang - Machang Basin. It is found that in the hydrocarbon source rock of Shahai Formation, the organic matter is abundant, almost belonging to Type Ⅱ_B. The organic matter is developing at the prematurity stage, with little contribution to the basin generating. In the hydrocarbon source rock of Jiufotang Formation, the organic matter abundance is higher, ranging from Types Ⅱ_B to Ⅱ_A, developing at an early maturity stage with a better hydrocarbon generating capacity.

Key words: source rock; organic matter; type; maturity; character; Pingzhuang - Machang basin