

文章编号:0253-9993(2011)03-0461-07

鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系生烃潜力评价

黄文辉,敖卫华,肖秀玲,万欢

(中国地质大学(北京)能源学院海相储层演化与油气富集机理教育部重点实验室,北京 100083)

摘要:采用有机岩石学与显微煤岩学的方法对鄂尔多斯盆地含煤岩系中不同有机质的地球化学特征进行详细研究,进而对不同烃源岩的生烃潜力进行评价。研究结果显示鄂尔多斯盆地中,有机质类型主要是Ⅲ型和Ⅱ₂-Ⅲ型干酪根,煤中显微组分中惰质组占绝对优势,壳质组含量少,仅在部分地区镜质组含量较高(如:宁夏汝箕沟、陇东地区等);盆地中除了腐殖型干酪根外,也有部分属于腐泥型有机质,如盆地南部黄陵矿区的烛煤,其中脂类含量丰富。根据对盆地侏罗纪含煤岩系的有机质的丰度、类型和成熟度(热演化程度)的分析和研究得知:煤、炭质泥岩和暗色泥岩的有机质丰富,但煤和泥岩的转化系数均接近或低于生油岩的下限,其族组成中以中高含量的沥青质、中含量的非烃和芳烃、低含量的饱和烃为特征,且煤的有机质丰度远高于泥岩。盆地中侏罗纪延安组有机质只达到低—中成熟阶段的前期,以低成熟阶段为主,反射率 $R_o = 0.37\% \sim 0.70\%$;盆地内的煤系及炭质泥岩均具有良好的生烃潜力,在盆地南部的环庆向斜区形成工业价值油气藏的潜力最大。
关键词:鄂尔多斯盆地;侏罗纪;含煤岩系;生烃潜力

中图分类号:P618.11

文献标志码:A

The assesment of the capacity for producing hadrocarbon in the Jurrasic coal and associate rocks in Ordos basin

HUANG Wen-hui, AO Wei-hua, XIAO Xiu-ling, WAN Huan

(The Key Laboratory of Marine Reservoir Evolution and Hydrocarbon Accumulation Mechanism, Ministry of Education, School of Energy Resources, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: Studied the organic geochemical characteristics of different organic matters from Ordos basin by means of organic geochemical method and coal petrological method, and estimated the hydrocarbon-generation potential of different hydrocarbon source rocks. The results show that, in Erdos basin, the organic matters' type are kerogen type Ⅲ and Ⅱ₂-Ⅲ. The inertinite in coal's macerals are predominant, and the content of exinite is low. The exinite is relatively accumulated in parts, for example Rujigou and Longdong Ningxia Province etc. Besides the humic kerogen, there are also some sapropelic kerogens, for example the cannels in Huangling mining area south basin contain lots of lipid. Based on the studying of the abundances, type and maturity of Jurassic coal-buried seam organic matters in Erdos basin, it is found that the coal, carbargilite and dark mudstone contain abundant organic matters, but conversion coefficient of coal and mudstone all are close to or lower than the limit of source rock. The samples contain high level of bitumen, medium level of non-hydrocarbon and low level of saturated hydrocarbon and the organic matters' abundances in coal is great higher than mudstones'. The organic matters in Yanan formation in middle Jurrasic of Erdos basin is in the former period of low-middle maturity, and mainly in low maturity($R_o = 0.37\% \sim 0.70\%$). The coal-buried seam and carbargilite in Erdos basin all have great hydrocarbon-generation potential, especially Huanqing syncline area in south basin which has the most potential to form oil and gas accumulation that are of industrial value.

Key words: Ordos basin; Jurassic Period; coal-buried seam; hydrocarbon-generation portential

收稿日期:2010-08-09 责任编辑:韩晋平

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)项目(2006CB202202);国家自然科学基金资助项目(40772095,40972106)

作者简介:黄文辉(1961—),男,福建漳州人,教授,博士生导师。Tel:010-82321058, E-mail:huangwh@cugb.edu.cn

自20世纪50年代我国发现大庆油田以来,塔河油田、胜利油田、吐哈油田等一些大油气田相继被发现,它们在国民生活和科学技术的进步历程中都起到巨大的作用。四川普光气田、苏里格庙等气田的发现,更揭开了我国天然气大量投入使用的光辉历程。但就我国目前的油气勘探现状分析,经过几十年的勘探和开发,很多老油田都进入了滚动挖潜阶段,后备储量增长缓慢,勘探难度越来越大,对油田开发技术的要求也越来越高。如何解决石油储备不足,如何满足国民生活和生产中对油气资源的需要,这是我国能源工业中面临的一个现实问题。随着研究和勘探程度的不断深入,在吐哈油田发现有与煤系地层有关的油气藏,于是煤系地层的生烃潜力和勘探前景备受关注,许多学者对煤成油进行了大量的研究^[1-6],煤成烃理论得到进一步的发展。鄂尔多斯盆地是我国第二大盆地,煤炭资源丰富,其主要的含煤地层有:石炭-二叠纪含煤地层、三叠纪含煤地层和侏罗纪含煤地层等。本文以鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系为研究对象,揭示了其地球化学特征,并初步评价其生烃潜力。

1 鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系沉积特征及聚煤规律

早中侏罗世延安组厚度一般在100~300 m^[7],是一套煤系地层,为由潮湿向干燥气候转变的河、湖、沼泽及三角洲沉积。在延安组典型剖面的上部为褐色、灰绿色、黄灰色砂岩和泥岩互层;中部为灰黑色、灰绿色泥岩粉砂质泥岩、粉砂岩与黄绿色灰白色细—中粒砂岩互层夹炭质泥岩、煤线和煤层;下部为灰白色、浅灰黄色巨厚块状中—粗粒长石石英砂岩。从沉积环境分析,鄂尔多斯盆地侏罗纪延安组主要为湖泊三角洲相和河流三角洲相,但在湖盆条件下湖浪和湖流均较弱的情况下,河流作用占绝对优势(图1)。相对盆地北部盆地南部湖泊相沉积覆水条件更好,覆水时间长,在黄陵矿区甚至形成了烛煤和油页岩,有机质中脂类含量丰富(图2),说明盆地内部古地理差异对有机质类型和丰度均有控制作用。

侏罗纪含煤岩系是鄂尔多斯盆地中最重要的含煤岩系之一,其分布面积广,因各地沉积环境不同,因而各地含煤性及聚煤作用的时空变化很大^[9]。盆地内侏罗纪地层,呈新月形出露于东胜—神木—榆林—延安—黄陵—陇县一带,向北、向西倾伏,分布于盆地的腹地。在盆地的西南缘和西缘的华亭、磁窑堡、石炭井和汝箕沟等地则只有零星出露^[10],但均有煤田分布。鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系中有机质的有

机岩石类型主要是煤、炭质泥岩、泥岩和油页岩。

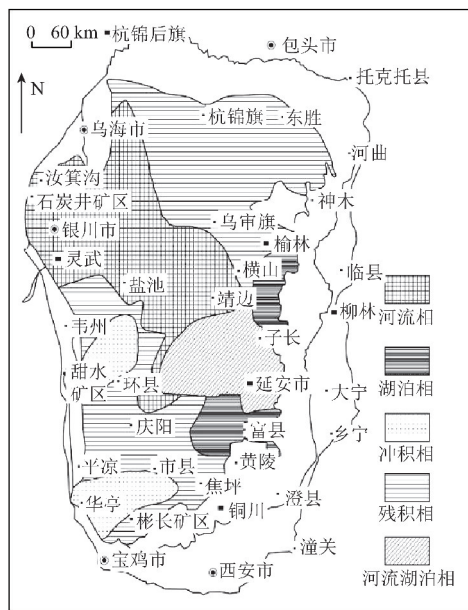


图1 鄂尔多斯盆地侏罗纪成煤期沉积相分布^[8]

Fig. 1 Sedimentary facies distribution of Jurassic Ordos basin^[8]

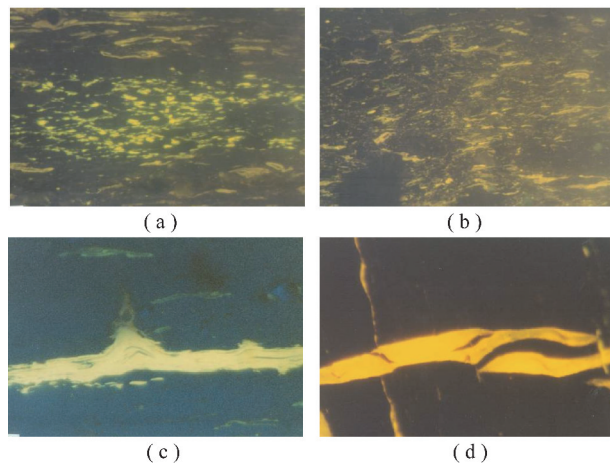


图2 部分煤岩样品中的显微荧光照片

Fig. 2 The micro-fluougram from some coal samples in Erdos basin

- (a) 黄陵矿区侏罗纪烛煤中的黄绿色强荧光体;
- (b) 黄陵矿区侏罗纪烛煤中的黄色荧光壳屑体;
- (c) 盆地西南部环庆向斜区侏罗纪油页岩中的渗出沥青体呈强荧光;
- (d) 盆地西南部环庆向斜区侏罗纪炭质泥岩裂隙中的渗出沥青体

2 含煤岩系的有机地球化学特征

2.1 有机质类型

2.1.1 干酪根的显微组成与类型

沉积有机质的类型对于生烃源岩的生烃潜力极为重要。干酪根类型分为4类:Ⅰ型干酪根(腐泥型)、Ⅱ₁型干酪根(腐泥腐殖型)、Ⅱ₂型干酪根(腐殖腐泥型)和Ⅲ型干酪根(腐殖型)。鄂尔多斯盆地侏

罗纪延安组含煤岩系中有机质的类型可以根据显微煤岩组分、干酪根 H/C 原子比和 C/O 原子比等参数进行判断, I 型干酪根(腐泥煤)的生烃潜力最强,常生成液态烃(图 2(c)、(d)),但这种腐泥煤在鄂尔多斯盆地中的含量很少,仅在南部黄陵矿区分布有烛煤。黄陵烛煤中壳质组含量高达 10% 以上,若不计烛煤,黄陵矿区煤中壳质组含量约为 3.8%,与世界其它煤成油盆地相比,鄂尔多斯盆地延安组煤中壳质组含量明显偏低,不易生成大量液态烃。一般情况下, II₁型和 II₂型干酪根生烃潜力次之,而 III 型干酪根(腐殖型)主要生成气态烃。鄂尔多斯盆地侏罗纪延安组含煤岩系中的显微组分中,惰质组含量占优

势,镜质组次之,壳质组最少。镜质组主要以结构镜质体、均质镜质体、基质镜质体最为常见,惰性组中丝质体、半丝质体、粗粒体等常见,壳质组中孢子体、角质体等比较常见。鄂尔多斯盆地侏罗纪延安组煤中壳质组也同样很不发育,基质镜质体的类型主要为富氢基质镜质体,而贫氢镜质体和镜屑体含量较少^[11-12]。

干酪根 H/C 原子比和 C/O 原子比是划分烃源岩有机质类型的重要指标之一,尤其是当烃源岩热演化程度不太高时,根据范氏图版可以直观地判断出源岩有机质干酪根演化类型^[13]。表 1 为干酪根元素分析数据。

表 1 干酪根分析结果
Table 1 The analytical results of kerogen

序号	岩性	显微组分/%				类型 指数	类型	元素分析/%				原子比		R _o /%
		类脂组	壳质组	镜质组	惰质组			C	H	O	N	H/C	O/C	
1	煤		4	86	10	-72.50	III	69.82	4.37	16.54	2.03	0.75	0.18	0.45
2	煤			100		-75.00	III	61.53	4.20	16.24	1.82	0.82	0.20	0.44
3	泥岩	10		75	15	-61.25	III	63.26	4.42	18.75	2.01	0.95	0.20	0.37
4	泥岩	65		30	5	37.50	II ₂	63.80	5.03	17.01	2.20	0.84	0.22	0.35
5	泥岩	65		30	5	37.50	II ₂	65.36	4.92	17.67	2.84	0.90	0.20	0.39
6	煤			95	5	-76.25	III	67.63	4.13	16.83	1.79	0.73	0.19	0.37
7	煤			96	4	-76.00	III	66.03	3.97	16.14	2.43	0.72	0.18	0.38
8	泥岩	35	7	43	15	-8.75	III	70.00	4.59	10.26	3.21	0.79	0.11	0.44
9	泥岩	43	3	44	10	1.50	II ₂	73.47	4.41	10.19	1.32	0.72	0.10	0.58
10	煤		2	83	15	-76.25	III	72.35	4.15	10.94	1.66	0.69	0.11	0.46

鄂尔多斯盆地中侏罗纪泥岩的干酪根显微组分中,环庆向斜区的类脂组与壳质组所占总比例达 2.50% ~ 41.59%,众数值为 10% ~ 20%,类型指数为 -82.36 ~ -39.75,众数值为 -80 ~ -60。干酪根类型据镜鉴结果,均属 III 型。频率图呈单峰型(图 3)。盆地西南缘坳陷区的类脂组与壳质组所占总比例为 1.0% ~ 6.5%,类型指数为 -61.25 ~ -37.50。镜质组比例为 30% ~ 75%。惰质组比例为 5% ~ 15%。干酪根类型据镜鉴结果属 II₂-III 型, II₂型占 60%。盆地西缘侏罗纪煤系的干酪根显微组成中,类脂组与壳质组所占比例为 0 ~ 4%,镜质组所占比例 83% ~ 100%,惰质组所占比例为 0 ~ 15%。类型指数为 -76.5 ~ -72.5,类型均属 III 型。

2.1.2 干酪根元素组成特征

对盆地西南部地区各有机岩石类型干酪根元素组成进行分析可知,环庆向斜区泥岩的干酪根元素组成为: H/C 原子比 0.57 ~ 0.75, O/C 原子比 0.08 ~ 0.16,众数值分别为 0.60 ~ 0.70, 0.08 ~ 0.10,按元

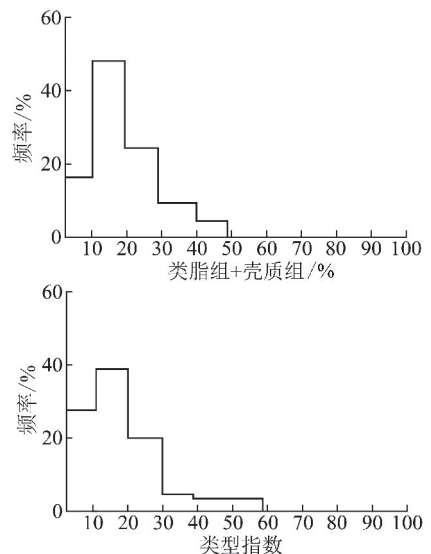


图 3 环庆区 J1-2y 干酪根显微组分的频率
Fig. 3 The frequency composition of J1-2y kerogen macerals in Huanqing area

素组成均属 III 型;盆地西缘坳陷区泥岩的干酪根元素组成为: H/C 原子比 0.72 ~ 0.95, O/C 原子比 0.10 ~ 0.22;煤岩中干酪根元素组成为: H/C 原子比 0.69 ~ 0.82, O/C 原子比 0.11 ~ 0.20。

将各有机质岩石类型干酪根元素的组成数据绘在我国陆相干酪根类型演化图上可看出(图 4),大部分都分布在 III 型干酪根的演化趋势线附近,这说明鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤地层中干酪根类型均属 III 型。

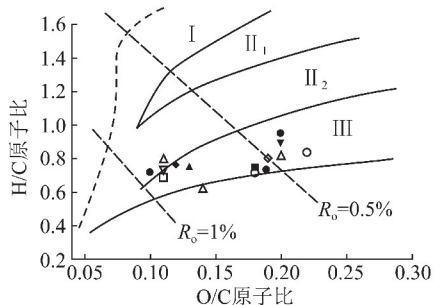


图 4 鄂尔多斯盆地侏罗纪岩石中干酪根演化类型

Fig. 4 The evolution types of kerogen in Jurassic rocks in Ordos basin

此外,还可以看出,盆地西南缘坳陷区煤、油页岩及泥岩等演化成熟度较低。自西缘向盆地方向,干酪根演化程度逐渐增高,在环庆向斜区侏罗纪泥岩的

演化程度明显高于西南缘坳陷区。

2.1.3 可溶有机质的性质与类型

可溶有机质是烃源岩有机质的重要组成部分,它是沉积有机质经过生烃和不同排烃后的残留物。国内外大量研究资料表明,可溶有机质与其有机生源母质、成熟度、沉积环境等因素有关^[14]。一般腐泥型可溶有机质中相对富集饱和烃和芳烃,而腐殖型有机质相对富集非烃(胶质和沥青质);另外,水生生物富含饱和烃类,而芳烃多富含于陆生高等植物(木本、草本植物)中。

由表 2 可知,鄂尔多斯盆地环庆向斜区和西南缘坳陷区泥岩中,以非烃和沥青质含量较高,饱和烃和芳烃含量中高为特征,表现出其形成于覆水环境,干酪根类型属于 III 型(腐殖型)或 II₂ 型(腐殖腐泥型);而盆地中的油页岩则以芳烃和沥青质含量最高,饱和烃含量居中,非烃含量最少,煤中的非烃含量和沥青质含量则占绝对优势,而饱和烃和芳烃含量中等,由此结合其较低的 H/C 原子值,可大概推断盆地中的油页岩和煤岩的聚集环境为陆相低位沼泽沉积,表明其母质为高等植物,则干酪根类型属于 III 型(腐殖型)。

表 2 鄂尔多斯盆地西南部地区各种有机岩石学类型的可溶有机质族组成特征

Table 2 The soluble organic matter composition in different types of organic rocks in southwest part of Ordos basin

有机岩石学类型	饱和烃		非烃		芳烃		沥青质		
	含量	众数值	含量	众数值	含量	众数值	含量	众数值	
泥岩	环庆向斜区	2.82 ~ 37.43	5 ~ 15	10.58 ~ 36.10	20 ~ 25	2.59 ~ 26.18	5 ~ 25	21.60 ~ 67.31	45 ~ 50
	西南缘坳陷区	7.80 ~ 34.04	30 ~ 40	0.17 ~ 31.49	5 ~ 10	3.05 ~ 23.20	-	38.60 ~ 66.27	50 ~ 60
油页岩	3.28 ~ 21.70	-	0.61 ~ 2.03	-	50.50 ~ 59.02	-	40.37 ~ 76.20	-	
煤	7.80 ~ 19.62	10 ~ 15	7.60 ~ 36.23	10 ~ 20	3.68 ~ 27.21	10 ~ 15	38.60 ~ 64.77	60 ~ 65	

分析表明,盆地内侏罗纪延安组的样品均为 III 型干酪根,仅个别样品反映为 II₂ 型。

2.2 有机质丰度

烃源岩的有机质丰度是指单位质量的烃源岩中有机质的百分含量,它是评价烃源岩生烃能力的重要参数之一。评价有机质丰度的主要指标是有机碳含量(TOC),氯仿沥青“A”和总烃浓度等。鄂尔多斯盆地侏罗纪各岩石类型中有机质丰度如下:

侏罗纪泥岩中,环庆向斜区 TOC 为 0.21% ~ 7.56%,众数值为 1% ~ 2%;氯仿沥青“A”含量为 0.004 8% ~ 0.262 8%,众数值为 0.06% ~ 0.08%;总烃浓度为 16.32×10^{-6} ~ 826.18×10^{-6} ,众数值为 100×10^{-6} ~ 250×10^{-6} ,反映了该区为远离泥炭沼泽环

境的湖相成因的泥岩类型。盆地西南缘坳陷区 TOC 为 0.38% ~ 7.37%,氯仿沥青“A”含量为 0.013 7% ~ 1.081 7%,总烃浓度为 53×10^{-6} ~ 844×10^{-6} ,众数呈多峰型,反应了该区以含炭质碎屑较丰富的炭质泥岩为主要岩石类型。

侏罗纪煤与油页岩的有机质丰度特点是:TOC 为 29.84% ~ 75.39%,众数值为 70% ~ 80%;氯仿沥青“A”含量为 0.310 1% ~ 4.092 1%,众数值大于 0.5%,但小于 1.5% 的仍占相当比重;总烃浓度为 $1\ 168 \times 10^{-6}$ ~ $8\ 051 \times 10^{-6}$,众数值为 $1\ 000 \times 10^{-6}$ ~ $2\ 000 \times 10^{-6}$ 。

结合表 1、3 和 4 可知,鄂尔多斯盆地中有机质的丰度高。

表3 煤系泥岩有机质丰度评价标准^[2]

Table 3 The evaluation standard of organic matter abundance in mudstone in coal measures

参数类别	非	差	中	好
TOC/%	<0.75	0.75~1.5	1.5~3.0	3.0~6.0
$(S_1+S_2)/(mg \cdot g^{-1})$	<0.5	0.5~2.0	2.0~6.0	>6.0
总烃/ 10^{-6}	<50	50~120	120~300	>300
氯仿沥青“A”/%	<0.015	0.030~0.015	0.06~0.03	>0.06

表4 鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系岩样的生烃潜力数据

Table 4 The dates of hydrocarbon-generating potential of Jurassic coal-bearing strata in Ordos basin

样品	TOC	T_{max}	S_1	S_2	S_3	S_1+S_2	I_p	S_2/S_3	C_p	I_{HC}/TOC	I_H	I_O	C_p/TOC	$R_o/\%$
No.7	1.93	435	0.02	2.01	0.27	2.03	0.01	7.44	0.16	1.04	104	13	8.29	0.58
Y-4	72.35	433	1.69	111.52	7.298	113.21	0.01	15.31	9.43	2.34	154	10	13.03	0.57
G-41	1.01	427	0.05	0.49	0.17	0.54	0.09	2.38	0.05	4.95	48	16	4.95	0.66
G-28	68.81	431	1.14	68.42	7.00	69.56	0.02	9.77	5.79	1.66	99	10	8.41	0.57
G-30	60.73	429	1.66	50.38	15.38	52.04	0.03	3.27	4.33	2.73	82	25	7.13	0.54
G-32	65.02	433	0.56	58.40	7.61	58.96	0.01	7.67	4.91	0.86	89	11	7.55	0.54
G-34	57.69	428	0.85	93.90	9.14	94.75	0.01	10.27	7.89	1.47	162	15	13.68	0.51
R-9	40.11	429	1.00	21.63	8.45	22.63	0.04	2.55	1.88	2.49	53	21	4.69	0.51
G-36	0.60		0	0	0.24	0	0	0	0	0	0	40	0	0.46
G-70	16.18	428	0.41	17.75	4.18	18.16	0.02	4.24	1.51	2.53	109	25	9.33	0.59
G-75	75.39	435	1.95	63.10	4.08	65.05	0.03	15.46	5.42	2.59	83	5	7.19	0.67
G-80	34.64	433	1.95	59.29	2.30	61.24	0.03	25.77	5.1	5.63	171	6	14.72	0.68
东-1	63.19	430	0.33	31.00	17.22	31.33	0.01	1.80	2.61	0.52	49	27	4.13	0.43

注:TOC为有机碳含量,%; T_{max} 为最高热解温度,℃; S_1 为可溶烃量,mg/g; S_2 为热解烃量,mg/g; S_3 为干酪根含氧基团热解产生 CO_2 量,mg/g; S_1+S_2 为生烃潜能,mg/g; I_p 为产率指数, $I_p=S_1/S_2$; S_2/S_3 为类型指数; C_p 为有效碳; I_{HC} 为烃指数; I_H 为氢指数; I_O 为氧指数; C_p/TOC 为降解潜率,%。

个矿井的煤和泥岩进行了分析,热解生烃潜力分析数据见表4。

含煤岩系中煤的热演化程度一般用镜质体反射率 R_o 来表示^[15],成熟度过低或过高,都会影响源岩的生烃潜力。从表1和4可以看出,鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系中煤的热演化程度较低($R_o=0.37\% \sim 0.70\%$)。实验资料表明,当 $R_o>0.50\%$ 时, T_{max} 随煤化作用的增强而逐渐增加,一直到 $R_o=2.69\%$,两者呈线性相关关系。 R_o 生油门限值是反映烃源岩有机质演化和成熟度的经典地球化学指标,尤其对II型和III型干酪根很有效。相对油源岩而言,煤没有明显的门限值,一般认为 $R_o>0.50\%$, $T_{max}>430\text{ }^\circ\text{C}$,煤进入成熟阶段,相应的 S_1 和 S_2 量开始显著增加。毕建军等^[16]认为由于煤系烃源岩(煤和炭质泥岩)有机质丰度高,对可溶有机质有着很强的吸附能力,致使源岩中可溶有机质(沥青“A”)绝对含量增加,从而可取热解 $T_{max}=425\text{ }^\circ\text{C}$ 为成熟门限值;A. Banerjee等则认为在含煤段生烃潜力指数会很高^[17-19]。据近年煤系地层成烃研究和勘探证实,煤岩及高碳泥岩的生烃具

2.3 有机质成熟度

源岩的生烃能力取决于多种因素,如源岩的有机质丰度、有机质类型、热演化程度等。一般说来,源岩的有机质丰度越高、有机质类型越好、热演化程度越高(在一定范围内),源岩的生烃潜力就越大。因此,热演化程度是煤系地层评价中一项十分重要的内容。

利用油源岩快速评价装置ROCK-EVAL和PY-GC,对盆地北部侏罗纪含煤岩系中的7个钻孔和几

有早生早排、多期成烃的特点^[20],并且煤成油主要形成于成煤作用中前期(老褐煤—焦煤阶段),其开始产出的阶段早于腐泥型生油岩的生油门限,即 $R_o<0.50\%$ 也可形成^[21]。其中,气煤—肥煤是生烃潜力最高的一个区间, S_1 和 S_2 的平均值分别为 3.5 kg/g 和 110 kg/g 。热解分析的其他参数,诸如 I_{HC} 、 I_H 、类型指数 S_2/S_3 、有效碳(C_p)和降解潜率(C_p/TOC),总体上与生烃潜能(S_1+S_2)有相似的变化。代表煤中含氧量的 I_O 随煤化作用增高而减少,由褐煤至气煤阶段($R_o=0.70\%$), I_O 递减速度较快,降低了一个数量级即由约24减小到约5,而 I_H 则迅速增加,这是由于在煤化作用的开始阶段,相当于油源岩干酪根的熟化作用。产率指数(I_p)是岩石中的热解自由烃与它和干酪根残留烃之和的比值,其大小取决于 S_1 和 S_2 以及它们的相互关系,其地质意义则与烃转化系数相似。上述研究表明,煤化作用的实质与油源岩干酪根热演化的实质是相同的,煤化作用的过程也可以划分为相应的未成熟、成熟(低—中—高成熟)和过成熟阶段,只是煤成烃的门限值,不如I、II型干酪根明显,

生烃的阶段也可能更广。

3 鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系的生烃潜力评价

烃源岩有机质类型、有机质丰度和热演化程度等3个方面是从“质”的方面反映烃源岩的生烃能力。煤能否作为有效生油岩,取决于煤的有机碳中所含生烃有效氢和有效碳的多少,即煤的有机组分富氢程度。通常采用H/C原子比、总烃H浓度、富氢显微组分(类脂组=壳质组+腐泥组)含量、氯仿沥青“A”含量、热解 S_1+S_2 等多项指标来表征煤的生烃潜力^[22]。

3.1 煤系及炭质泥岩的生烃潜力评价

如前所述,鄂尔多斯盆地含煤岩系中的煤系主要为Ⅲ型,结合鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系生烃潜力数据可知,鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系的有机质丰度最高,有机碳含量(TOC)可达75.39%,氯仿沥青“A”含量高达4.0921%,总烃浓度可达 8.051×10^{-6} ,由于成煤环境覆水条件较好,干酪根元素组成中H/C原子比并不低于0.69~0.82,随着其成熟度增加,其脱出的烃的能力与三叠纪延长组泥岩相当,反映了鄂尔多斯盆地中侏罗纪地层中的煤层和炭质泥岩的生烃潜力较好。测试结果显示,其气体生成能力为31.29~46.38,凝析油生成能力为7.78~19.28,油气生成指数为0.10~0.22。表明侏罗纪含煤岩系为油/气相,鄂尔多斯盆地西南部侏罗纪含煤地层中煤和炭质泥岩不仅具有生气能力还可视为具有一定的生油能力尤其是生成凝析油能力的源岩。但因其成熟度较低,仍处于未成熟—低成熟阶段,即使生油也是未熟—低熟凝析油。并且由于该区受到后期构造运动的影响,盖层条件差、埋藏浅,因而导致该区因为难以保存有机质演化生成的烃类而很难形成有工业价值的油气藏。

3.2 泥岩的生烃潜力评价

鄂尔多斯盆地西南部侏罗纪含煤地层中的泥岩形成于滨湖—深湖环境,干酪根类型虽然也为Ⅲ型,但盆地西缘坳陷区泥岩的H/C原子比为0.72~0.95,略高于煤与炭质泥岩,显微组成中类脂组与壳质组所占比例较大,达10%~65%,饱和烃/芳香烃值也较大,从烃源岩评价的观点来看,该类型优于煤与炭质泥岩的生烃潜力。由于形成于近泥炭沼泽的环境中,高等植物残骸多,有机质丰度高于一部分的滨浅湖环境中形成的泥岩(0.38%~7.37%),一般可达5%~8%,氯仿沥青“A”0.0137%~1.0817%,总烃浓度为 53×10^{-6} ~ 844×10^{-6} 。从其生气能力指数来看,生油指数为0.08~0.23,亦表明其为油气相。但

与本区的煤和炭质泥岩一样,由于演化程度较低,均处于未熟—低熟阶段,加之后期构造运动的改造,埋藏浅,盖层条件差,同样也很难形成具有工业价值的油气源岩。

而环庆向斜区的泥岩形成于浅湖—泥炭沼泽环境,有机质类型属于Ⅲ型,干酪根显微组成中,类脂组和壳质组的含量达2.50%~41.59%,H/C原子比为0.57~0.70,有机质丰度较盆地西南部不是很高,但有机质演化程度较高,处于低熟—成熟阶段,有机质具有一定的生烃能力,另外,该区侏罗纪地层埋藏较深,赋存面积较广。由此可见,环庆向斜区的泥岩具有生成油气的能力,并且该区储层物性较好,有可能形成油气藏。因此,环庆向斜区侏罗纪延安组含煤岩系具有良好的生烃潜力。

4 结 论

(1) 鄂尔多斯盆地西南部侏罗纪含煤地层中的泥岩形成于滨湖—深湖环境,干酪根类型为Ⅲ型(腐殖型),盆地中沉积物有机质丰度高,可溶有机质中氯仿沥青“A”、总烃含量及生烃潜量含量较高,生烃能力较强。

(2) 鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系中的煤、炭质泥岩和暗色泥岩的有机质丰度均较高,其中煤的有机质丰度最高,且远高于炭质泥岩和暗色泥岩。煤和泥岩的转化系数均接近或低于生油岩的下限。煤和泥岩中有机质中族组成以中高含量的沥青质、中含量的非烃和芳烃和低含量的饱和烃为特征。

(3) 鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系中有机质的干酪根类型属于Ⅲ型,以产气为主,个别出现腐泥型和腐殖—腐泥型干酪根。

(4) 盆地中侏罗纪延安组的 $R_o = 0.37\% \sim 0.70\%$,源岩进入低—中成熟阶段的前期,以低成熟阶段为主。环庆向斜区埋藏较深,有机质演化程度相对较高,更具生烃潜力。

(5) 利用油源岩快速评价装置ROCK-EVAL和PY-GC研究揭示了不同类型源岩的生烃潜力。炭质泥岩的生烃潜力接近于煤,暗色泥岩生烃潜力最差。综合油气的生储盖组合条件得知,在鄂尔多斯盆地侏罗纪含煤岩系中煤系及炭质泥岩均具有良好的生烃潜力,但环庆向斜区生烃潜力最好,最有可能形成具有工业价值的油气藏。

参考文献:

- [1] 程克明. 吐哈盆地油气生成[M]. 北京:石油工业出版社,1994: 36-100.

- [2] 黄第藩,秦匡宗,王铁冠,等.煤成油的形成和成烃机理[M].北京:石油工业出版社,1995.
- [3] 王昌桂,程克明,徐永昌,等.吐哈盆地侏罗纪煤成烃地球化学[M].北京:科学出版社,1998.
- [4] 胡社荣,郎东升,潘景副,等.煤和含煤岩系成油理论研究和演变历史[J].煤田地质与勘探,2003,31(4):19-22.
Hu Sherong, Lang Dongsheng, Pan Jingfu, et al. Review on the theory study and evolution history of the oil from coal and coal-bearing formations[J]. Coal Geology & Exploration, 2003, 31(4): 19-22.
- [5] 姚素平,张景荣,胡文宣,等.鄂尔多斯盆地中生界煤成烃潜力的实验研究[J].煤田地质与勘探,2004,32(1):24-28.
Yao Suping, Zhang Jingrong, Hu Wenxuan, et al. Experimental study of hydrocarbon generation potentiality of Mesozoic coal measure, Ordos basin[J]. Coal Geology & Exploration, 2004, 32(1): 24-28.
- [6] 王杰,张晓宝,陈践发,等.苏里格庙气田煤系烃源岩生烃特征评价[J].煤田地质与勘探,2005,33(2):26-29.
Wang Jie, Zhang Xiaobao, Chen Jianfa, et al. Evaluation of the hydrocarbon-generating characteristic for coal-bearing hydrocarbon-source rocks of Suligemiao gas field[J]. Coal Geology & Exploration 2005, 33(2): 26-29.
- [7] 李思田.中国油气储层评价研究报告——鄂尔多斯盆地侏罗纪延安组三角洲及河流砂体内部构成及不均一性研究[R].北京:中国地质大学,1991.
- [8] 杨起,刘大锰,黄文辉,等.中国西北地区煤层气地质与资源综合评价[M].北京:地质出版社,2005.
- [9] 王双明.鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价[M].北京:煤炭工业出版社,1996.
- [10] 李智民.鄂尔多斯盆地侏罗纪坳陷湖泊的淤浅机制和聚煤作用[M].北京:地质出版社,1992.
- [11] 刘大锰,王运泉.鄂尔多斯盆地煤的超微特征[J].煤炭学报,1997,22(5):460-465.
Liu Dameng, Wang Yunquan. Ultramicro characteristics of coals from Ordos basin[J]. Journal of China Coal Society, 1997, 22(5): 460-465.
- [12] 姚素平,张景荣,王可仁,等.鄂尔多斯盆地延安组煤有机岩石学研究[J].沉积学报,1999,17(2):291-300.
Yao Suping, Zhang Jingrong, Wang Keren, et al. Organic petrology study on the Yan'an Formation coal measures in Ordos basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(2): 291-300.
- [13] 杨曦.东濮凹陷沙一段烃源岩及油气地球化学特征研究[D].成都:成都理工大学,2007:31-36.
- [14] 韩德馨,任德贻,王延斌,等.中国煤岩学[M].徐州:中国矿业大学出版社,1996.
Han Dexin, Ren Deyi, Wang Yanbin, et al. Coal petrology of China [M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 1996.
- [15] Stach E, Machowsky M, Teichmuller M, et al. Coal petrology (the third edition) [M]. Berlin: Borntraeger, 1982: 530-545.
- [16] 毕建军,王东良,韩德馨,等.煤系有机质部分热演化参数的变化规律及取值[J].中国矿业大学学报,2002,31(1):99-102.
Bi Jianjun, Wang Dongliang, Han Dexin, et al. Research on variation rules and solution for thermal evolution parameters of organic materials in coal measures[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2002, 31(1): 99-102.
- [17] Banerjee A, Pahari S, Jha M, et al. The effective source rocks in the Cambay basin, India[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(3): 433-456.
- [18] Gary H Isaksen, K Haakan I Ledje. Source rock quality and hydrocarbon migration pathways within the greater Utsira High area, Viking Graben, Norwegian North Sea[J]. AAPG Bulletin, 2001, 85(5): 861-883.
- [19] Isaksen G H, Curry D J, Yeakel J D, et al. Controls on the oil and gas potential of humic coals[J]. Organic Geochemistry, 1998, 29(1-3): 23-44.
- [20] 贾承造.塔里木盆地构造特征与油气聚集规律[J].新疆石油地质,1999,20(3):177-183.
Jia Chengzao. Structural characteristics and oil/gas accumulative regularity in Traim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(3): 177-183.
- [21] 戴金星,戚厚发.我国煤系的气油地球化学特征、煤成气藏形成条件及资源评价[M].北京:石油工业出版社,2001.
- [22] 唐友军,王铁冠,徐佑德,等.黄骅坳陷上古生界煤系源岩评价[J].石油天然气学报(江汉石油学院学报),2005,27(4):588-590.
Tang Youjun, Wang Tieguan, Xu Youde, et al. The source rock evaluation of upper palaeozoic in huanghua depression[J]. Journal of Oil and Gas Technology (Journal of Jiangnan Petroleum Institute), 2005, 27(4): 588-590.