

文章编号: 1001-6112(2000)03-0232-04

西北地区中下侏罗统煤成烃源岩评价

刘光祥¹, 潘文蕾¹, 邵海宁²

(1. 中国石化 无锡实验地质研究所, 江苏 无锡 214151;

2. 中国石化 合肥石油化探研究所, 安徽 合肥 230022)

摘要:西北地区中、下侏罗统煤层广布, 厚度较大; 根据对煤的有机显微组分测试及综合统计分析表明, 在西北地区, 煤岩尽管并不普遍具备高含量的壳质组, 但其高含量的富氢基质镜质体却具有普遍规律, 富氢基质镜质体的含量占有机显微组分达 18% 以上, 具备了煤成烃的物质基础。另外, 本文提出了煤的有机地化参数类比系数法, 并对煤生烃潜力进行了评价。结果表明, 西北地区主要盆地煤具有较好 - 好的生烃能力。煤成烃具有广阔的勘探前景。

关键词:西北地区; 有机显微组分; 生烃潜力; 有机地化特征

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

早、中侏罗世是西北地区最重要的聚煤时期, 煤层广布, 一般厚 5 ~ 30m。准噶尔南缘煤层一般厚 30 ~ 50m, 最厚可超过 180m; 吐哈盆地台北凹陷, 煤层一般厚 40 ~ 80m。塔里木盆地煤层分布于库车坳陷、孔雀河斜坡、塔西南、塔东南地区, 以库车坳陷、孔雀河斜坡发育较好, 孔雀河斜坡一带煤层累计厚可达 68m; 三塘湖盆地塘参 1 井煤层累计厚 45m, 地表剖面、煤矿煤层厚达 70m; 焉耆盆地煤层厚达 100 余米; 甘肃境内以民和盆地煤层最厚, 最厚可超过 110m; 其它盆地(地区)煤层一般厚数米至数 10m。广布的煤层为西北地区煤成烃奠定了物质基础。

对煤成烃源岩的评价, 常用的生油岩评价方法、指标难以简单地搬用; 目前煤成烃源岩评价的常用方法有有机相法、有机岩石学(煤岩学)法、地球化学指标法、模拟实验法。本文在前人研究的基础上, 结合本次采样测试分析数据, 主要从有机岩石学和有机地球化学方面评价西北地区中、下侏罗统煤及高炭泥岩的生烃性能。

1 有机岩石学方法

煤 ($C_{org} > 40\%$) 和高炭泥岩 ($6\% < C_{org} < 40\%$) 生烃能力主要取决于其形成的有机母质、沉积

环境和热演化阶段, 显微组分是上述诸因素综合作用的结果。以煤岩学方法对有机显微组分和亚组分进行鉴别和定量, 可以直观地反映煤或高炭泥岩的生烃能力。各种研究表明, 壳质组热稳定性低, 富氢程度高, 生烃性能极好, 是优质的生烃组分; 惰质组最为贫氢, 生烃性能差; 镜质组中的富氢镜质体(基质镜质体 B、C 或超微类脂体) 也是生烃的优质组分。

热模拟实验表明, 不同的显微组分或亚组分在不同的热演化阶段生烃潜能不同, 基质镜质体、木栓质体、沥青质体、树脂体生油窗 R_o 为 0.3% ~ 0.7%; 藻类体、角质体、孢子体为 0.45% ~ 1.3%, 其中角质体有两个主生油带, 分别对应于 R_o 为 0.55% ~ 0.65% 和 0.95% ~ 1.10%^[1]。富氢基质镜质体等在热演化程度较低阶段达生烃高峰期, 这为低熟油气奠定了理论和物质基础, 拓展了西北地区油气勘探的领域。

表 1 为西北地区中、下侏罗统煤、高炭泥岩有机显微组分组成类比表, 由表可见:

(1) 煤或高炭泥岩中镜质组含量为 1.33% ~ 99.4%, 平均含量一般大于 60%, 仅总口子盆地高炭泥岩镜质组含量较低。吐哈盆地煤及含煤有机质中基质镜质体含量较高, 多在 20% ~ 40%, 最高可

收稿日期: 2000-01-06; 修订日期: 2000-04-17.

基金项目: 中国新星石油公司科研项目 (96-48).

作者简介: 刘光祥(1969 -), 男(土家族), 重庆石柱人, 硕士、工程师, 现主要从事油气地质与勘探综合研究工作.

表1 西北地区中下侏罗统煤及高炭泥岩有机显微组分类比表

Table 1 Comparison of the organic maceral of Middle-Lower Jurassic coal and carbargillite in Northwestern China

组分	准噶尔			三塘湖	总口子	潮水	吐哈	焉耆	塔里木	
	西北	南缘	东部						库车	满东
镜质组/ %	34.3~92.3	49.4~86.3	48.4~67.2	31.4~79	1.3~38.3	46~93.3	19.9~99	60~80	10~95	61~64
惰质组/ %	0.35~25	7~49.4	9.9~40.8	9~20	0.33~9.7	2.4~14	0~76.8	-	3~90	17~26
壳质组/ %	4.1~63.4	0.5~12.4	0.5~22.9	9~54.4	52~97.7	3.4~40	0~38	0~5	0~5	12~20

注:总口子盆地为高炭泥岩,三塘湖、潮水盆地为高炭泥岩与煤平均值,其它为煤(最小-最大)

达60%,且普遍具荧光,而且随成熟度的增加,荧光强度逐渐减弱,荧光色由红褐色至暗褐色,最大荧光波长逐渐红移^[1]。塔里木盆地库车坳陷煤中基质镜质体占有有机显微组分的10%~60%,平均为32%;据Hendrix(1995)报导,库车坳陷北缘煤样的基质镜质体多具中等强度荧光,表明多为富氢的基质镜质体^[2];满东1井、轮南3井煤中基质镜质体含量为30%~37%,平均为35.2%,其中超微类脂体含量为5%~10%;学参1井镜质组中超微类脂体达18.9%。准噶尔盆地煤中基质镜质体亦多数超过30%。三塘湖盆地煤中基质镜质体与腐泥腐殖质占32.0%~65.1%。高炭泥岩中占29.4%~55.0%。潮水盆地基质镜质体含量占34.5%。由此表明,西北地区中下侏罗统煤及高炭泥岩富含富氢基质镜质体,这为西北地区煤成油气奠定了丰富的物质基础。

(2) 壳质组与腐泥组在准噶尔西北缘、三塘湖、总口子、潮水、孔雀河斜坡(满东)等盆地(地区)含量较高,平均含量大于15%;其它盆地或地区平均含量在1.3%~9.0%之间。值得注意的是,尽管准噶尔南缘、东部和吐哈盆地等煤的平均壳质组含量低于15%,但局部区块个别层段壳质组含量极高,如吐哈盆地最高可达38%。在壳质组组成上,角质体、孢子体含量相对较高,如塔里木满东地区,壳质组含量为9.0%~19.0%,角质体与孢子体占壳质组的47.4%~70.0%,平均为56.0%;三塘湖盆地煤及高炭泥岩壳质组含量为9.5%~50.1%,角质体与孢子体占壳质组的36.5%~91.6%,平均为50.5%。木栓质体一般在2.0%以下,平均不到1.0%,且主要富集于煤中,高炭泥岩中稀少^[3]。其它壳质组组分含量普遍较低,如三塘湖盆地树脂体仅占有有机显微组分的0.2%。

(3) 惰质组含量0~90%,平均含量8.4%~

37.57%,一般含量在20%左右。

综上所述,尽管西北地区诸盆地煤或高炭泥岩并不普遍具备高含量的壳质组,但富含富氢基质镜质体却具有普遍规律。富氢基质镜质体一般占镜质组的30%,而镜质组普遍含量较高,多数超过60%,则富氢基质镜质体可占有有机显微组分的18%以上,结合壳质组的含量,西北地区煤和高炭泥岩无疑已具备煤成烃的物质基础,其在适宜的地质条件下能生、排烃,并运聚成藏。

2 有机地化参数类比系数法

评价煤、高炭泥岩的生烃性能,有机地化参数法是很重要的方法,但目前尚无统一的评价标准。鲍威尔(1984)认为煤和含煤岩系中每克有机碳的液态烃产率达30~80mg/g才能形成有工业价值的煤成油藏,并把下限定为20~30mg/g;刘德汉(1987)采用镜质体反射率(R_o)、氯仿沥青“A”、生烃潜量($S_1 + S_2$)和氢碳原子比(H/C)4项地球化学指标按不同的演化阶段划分煤成烃源岩生烃性能的优劣;陈建平等(1997)以热解生烃潜量($S_1 + S_2$)为基准,结合氢指数、氯仿沥青“A”、总烃、有机质类型对煤拟定了生烃潜力评价标准,下限为100mg/g;对高炭泥岩以生烃潜量10mg/g为下限也拟定了评价标准^[4]。

西北地区煤及高炭泥岩一般地化特征参数如表2所示。由表可见,西北地区主要盆地煤及高炭泥岩的平均烃转化率(“A”% TOC)一般小于30mg/g,按鲍威尔的评价标准,仅能达其所定的下限值,生烃性能差。如吐哈盆地台北凹陷煤的平均烃转化率为25.94mg/g,为差烃源岩,这一评价结果与台北凹陷已知油气藏的烃源岩主要为中、下侏罗统煤及高炭泥岩^[1]的结论相悖,表明按这一评价标准所评价的

表 2 北地区中下侏罗统煤、高炭泥岩有机地化特征对比表

Table 2 Comparison of organic geochemical properties of the Middle-Lower Jurassic coal and carbargillite in Northwestern China

区块	岩性	TOC / %	"A" / 10 ⁻⁶	HC / 10 ⁻⁶	S ₁ + S ₂ / mg g ⁻¹	R _o / %	IH / mg g ⁻¹	"A" / TOC / mg g ⁻¹
准西北	煤	57.8 ~ 68.5	11 600 ~ 14 200	5 062 ~ 5 411	76.2 ~ 381.8	0.41 ~ 0.53	107 ~ 545	20.3
	煤	61 ~ 92.8	4 798 ~ 25 595	1 535.4 ~ 10 289.2	86.6 ~ 205.5		96 ~ 247	25.11
淮南	高炭泥岩	6.2 ~ 37.2	760 ~ 14 986	346.8 ~ 6 518.9	17.6 ~ 99.7	0.36 ~ 1.25	107 ~ 344	36.6
	煤	42.4 ~ 77.3	11 224	3 722	64.4 ~ 186.6		79 ~ 287.5	20.18
*准东	高炭泥岩	12.0	1 650	930.6	48.6	0.39 ~ 0.41	397	13.7
	煤	42.8 ~ 81.7	1 042 ~ 44 132	—	10.1 ~ 191.6		15 ~ 228	24.3 ~ 54.0
库车	高炭泥岩	32.2	—	—	70.9	0.6 ~ 2.18	189	—
	煤及高炭泥岩	17.3 ~ 74.2	1 980 ~ 13 525	917 ~ 1 752.2	19.5 ~ 331.2		0.33 ~ 1.60	—
孔雀河	煤	58.96	15 293.3	6 185.4	131.84	0.39 ~ 1.06	235	25.94
	高炭泥岩	16.8	1 164	577.7	15.78		—	6.93
台北	煤	60.33	12 079.8	3 377	132.24	0.45 ~ 0.55	—	20.02
	高炭泥岩	24.62	—	—	62.87		—	—
托克逊	煤	59.3	7 015.4	3 124.3	107.25	0.570.79	—	11.83
	高炭泥岩	20.23	3 549	2 383	28.45		—	17.54
哈密	煤	65.5 ~ 75.6	14 680 ~ 30 190	3 772.8 ~ 4 136.0	156.8 ~ 242	0.37 ~ 0.44	206 ~ 357	31.81
	高炭泥岩	11.8 ~ 36.6	1 360 ~ 13 680	393.0 ~ 4 090.3	34.3 ~ 188.0		288 ~ 503	31.07
*三塘湖	煤	61.93	10 580	4 041.6	40.17	0.44 ~ 0.50	64.2	17.08
	高炭泥岩	15.8 ~ 25.4	5 310 ~ 18 680	1 338.1 ~ 4 800.8	79.0 ~ 153.1		423 ~ 580	51.66
*潮水	煤及高炭泥岩	6.0 ~ 74.02	184 ~ 14 885	64 ~ 5 661	16 ~ 224	0.61 ~ 0.90	—	21.16
	煤	62.12	7 650	3 071	—		—	12.31
焉耆	煤	62.12	7 650	3 071	—	0.59 ~ 0.79	—	12.31
	高炭泥岩	13.78	2 180	873	—		—	15.82

* 本次测试,其它数据综合统计

结果是不可信的。煤的平均生烃潜力在 40.17 ~ 199.52mg/g 之间,按陈建平的评价标准,西北地区大多数煤属于差的烃源岩,部分属中等烃源岩,少部分属非烃源岩,如吐哈盆地台北凹陷煤的平均生烃潜力为 131.84mg/g,属差的烃源岩。高炭泥岩的生烃潜力变化范围较大,但均大于 10mg/g,属差至好的烃源岩(基本与有机岩石学特征相符),如准噶尔东部高炭泥岩生烃潜力为 48.58mg/g,为中等级别烃源岩,又如潮水、三塘湖盆地生烃潜力大于 100mg/g,属好的烃源岩,台北凹陷属差的烃源岩。就台北凹陷的评价结果而言,其与该区煤、高炭泥岩对油气藏的贡献优于泥质岩的结论不相吻合,亦与台北凹陷煤中壳质组含量一般为 10% ~ 15%,富氢基质镜质体含量为 20% ~ 40% 的优质生烃母质不相吻合。因此,运用这一标准对西北地区煤、高炭泥岩生烃潜力的评价,尤其是煤的评价级别可能偏低。

由于上述评价标准的某些不足,因此,我们难以对西北地区煤及高炭泥岩以统一的标准进行评价;但大量的地球化学证据业已表明,台北凹陷的油气主要来源于中、下侏罗统煤及高炭泥岩;准噶尔齐古

油田、彩南油田的油气也主要来源于中、下侏罗统煤系地层;库车依奇克里克原油与阳霞凹陷侏罗系煤极具亲缘关系。由此表明,西北地区煤及高炭泥岩的生烃性能是不容轻视的。基于此,我们拟定台北凹陷的煤属于好的生油岩,将其它盆地或区块的煤与台北凹陷的进行类比,以期近似反映这些盆地或区块煤的生烃性能。类比系数为各个盆地或区块的煤的平均生烃潜力和平均沥青转化率("A" / TOC)之积与台北凹陷的比值。类比系数越大,则煤生烃性能越优良。

$$\text{类比系数} = [(S_1 + S_2) \times "A" / TOC] /$$

$$[(S_1 + S_2) \times "A" / TOC]_{\text{台北凹陷}}$$

因为沥青转化率和生烃潜力表征了煤中生成烃量(残余的)和潜在生烃量;而氢指数为裂解烃与总有机碳的比值,这两项参数已包含在上述类比系数中,因而略去了氢指数;由于受资料的限制并未按成熟度分阶段计算。类比结果如表 3 所示。从类比结果看,准噶尔西北缘、南缘,库车凹陷煤的生烃性能与台北凹陷的基本相近;三塘湖盆地的类比系数为

表3 西北地区煤生烃潜力类比系数表

Table 3 Comparison coefficient of hydrocarbon generating potential of coal in Northwestern China

盆地	台北	准噶尔西北缘	准噶尔南缘	准噶尔东部	库车	孔雀河斜坡	托克逊	哈密	三塘湖	潮水	焉耆
系数	1.0	1.1	0.933	0.633	1.095	0.317*	0.774	0.371	1.856	0.201	0.553

* 为高炭泥岩与煤平均系数

1.856,其生烃性能较台北凹陷的要好;准噶尔东部、托克逊、焉耆的类比系数为0.553~0.774,煤的生烃性能比台北凹陷的略差;而其它地区的类比系数均小于0.5,煤的生烃性能相对较差。值得注意的是,孔雀河斜坡类比系数低是因为采用高炭泥岩、煤的均值计算的结果所致,若单选煤样参数,估计类比系数会增大,因前述有机显微组分已直观地反映了该区煤的生烃性能较好。

3 结论

西北地区主要盆地煤层分布广,厚度大;煤中富氢基质镜质体含量普遍较高,加上壳质组的含量,具备煤成烃的物质基础;煤的有机地化参数类比系数法评价表明,西北地区主要盆地的煤具有较好-好

的生烃性能,这与煤富含优质的生烃母质(富氢基质镜质体和壳质组)相吻合;总之,西北地区煤成烃具有广阔的勘探前景。

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.
- [2] Marc S Hendrix, Simon C Brussell, Alan R Carroll, etc. Sedimentology, organic geochemistry, and petroleum potential of Jurassic coal measures: Tarim, Junggar, and Turpan Basins, Northwest China[J]. AAPG,1995,29(9).
- [3] 姚素平. 新疆侏罗系煤基质镜质体的岩石学特征及成烃性[J]. 煤田地质与勘探,1997,25(5).
- [4] 陈建平,赵长毅,何忠华,等. 煤系有机质生烃潜力评价标准探讨[J]. 石油勘探与开发,1997,24(1).
- [5] 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.

EVALUATION OF HYDROCARBON GENERATING POTENTIAL OF THE MIDDLE AND LOWER JURASSIC COAL IN NORTHWEST CHINA

LIU Guang-xiang¹, PAN Wen-lei¹, SHAO Hai-ning²

(1. Wuxi Research Institute of Experimental Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China;

2. Hefei Research Institute of Petroleum Geochemical Exploration, SINOPEC, Hefei, Anhui 230022, China)

Abstract: The Middle and Lower Jurassic with thick coal seam is widely distributed in Northwest China. The statistical and measured organic macerals of coal indicated that high content of hydrous desmocollinite is of general phenomenon with its average ratio to total organic maceral up to 18% in the region although content of exinite in coal usually is not high. Hydrous desmocollinite and exinite in coal are the principal material for hydrocarbon generation. Based on comparison coefficient of organic geochemical parameters of coal, hydrocarbon generating potential of coal in the area was evaluated. It was pointed out that hydrocarbon generating potential of coal was excellent in many basins in the area, where was favourable for petroleum exploration.

Key words: Northwest China; organic maceral; hydrocarbon generating potential; organic geochemical properties