

文章编号:1673-9469(2020)03-0082-09

DOI:10.3969/j.issn.1673-9469.2020.03.013

准噶尔盆地侏罗系煤系烃源岩有机显微组成及意义

刘 棚¹,程青松^{2*}

(1. 长江大学 资源与环境学院,湖北 武汉 430100;2. 中国石油浙江油田公司,浙江 杭州 310012)

摘要: 通过对准噶尔盆地侏罗系的18个煤系烃源岩样品,进行岩石热解、有机碳测试、镜质体反射率检测、显微组分鉴定等实验分析,发现:热解法和显微类型指数法得到的有机质类型评价结果相矛盾。利用热解法判断煤系烃源岩有机质类型时,煤的有机质类型最好、炭质泥岩次之、泥岩最差;而利用有机显微类型指数法判断有机质类型时,泥岩有机质类型最好、炭质泥岩次之、煤最差。进一步研究发现,传统认为不生烃的镜质组具有重要的生烃贡献。镜质组的生烃能力认识是导致两种有机质类型评价方法出现矛盾的关键。对于煤系烃源岩而言,利用热解法进行有机质类型划分更加的准确且经济。

关键词: 准噶尔盆地;侏罗系;有机显微组分;煤系烃源岩;有机质类型

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

Organic Macerals of Source Rocks of Jurassic Coal Measures in Junggar Basin and Their Significance

LIU Xu¹, CHENG Qingsong^{2*}

(1. College of Resources and Environment, Yangtze University, Wuhan, Hubei 430100, China;

2. PetroChina Zhejiang Oilfield Company, CNPC, Hangzhou, Zhejiang 310012, China)

Abstract: Based on the analysis of 18 coal-measure source rock samples of Jurassic in Junggar basin, the results of rock pyrolysis, organic carbon test, vitrinite reflectance test and microscopic component identification show that the evaluation results of organic matter types obtained by pyrolysis method and microscopic type index method are contradictory. When pyrolysis method was used to determine the type of organic matter in source rocks of coal measures, the type of organic matter in coal measures is the best, followed by carbonaceous mudstone, and mudstone is the worst; while when organic micro type index method was used to determine the type of organic matter, the type of organic matter in mudstone is the best, followed by carbonaceous mudstone, and coal is the worst. It is found that the vitrinite, which is traditionally believed to be non hydrocarbon generating, has an important contribution to hydrocarbon generation. The recognition of hydrocarbon generating ability of vitrinite is the key to the contradiction between the two methods of organic matter type evaluation. For the source rocks of coal measures, the classification of organic matter types by pyrolysis method is more accurate and economical.

Key words: Junggar basin; Jurassic; organic macerals; coal-measure source rock; types of organic matter

在地球化学方面主要从有机质的丰度、类型和成熟度三个方面进行烃源岩评价^[1-2]。从研究方法 with 评价指标看,煤系烃源岩的评价基本上沿用了我国陆相生油岩的标准。各种实验技术方法被用来评价煤的生油潜力^[3]。煤系烃源岩的研究

主要依据是有机显微组分中富氢组分(藻类体,孢子体,角质体等)的含量^[4-7]、氢指数的高低等^[8-11]。煤系烃源岩,尤其是煤层本身,与一般烃源岩具有很多不同的地质-地球化学特征,这必然将影响到其成烃作用。例如:煤与其共生的碳质泥岩有着

收稿日期:2020-04-16

基金项目:国家十三五重大科技专项(2016ZX05007-001-002)

作者简介:刘棚(1996-),男,湖北钟祥人,硕士,从事地球化学研究。

* 通讯作者:程青松(1990-),男,湖北崇阳人,博士,从事油气地球化学研究。

很高的 TOC 和沥青“A”,按生油岩评价标准为优质生油岩^[12]。但是煤的烃产率较低,按 Powell 的划分标准^[13];烃产率在 30~50 mg/g 的煤才是有效源岩,那么我国大部分的煤层不达标。但是我们在这样所谓不达标的煤层中找到了油田^[14-15]。另外,传统的干酪根成烃学说并不能较好解释煤热解和热模拟实验数据与煤镜下检测数据分析结果的差异性^[13,16-18]。常规有机岩石学镜检、干酪根元素分析煤系有机质应属Ⅲ型有机质,是一种较差的烃源岩;但是从可溶有机质产率、烃产率、氢指数分析,煤系烃源岩应属于 I—II 型有机质。可见腐殖煤的成煤环境较为复杂,其生烃潜力的评价也较泥岩不同。

利用有机岩石学镜检和地球化学热解两种方法评价煤系烃源岩有机质类型的结果存在矛盾,这种矛盾的成因值得深入分析。本文旨在通过对准噶尔盆地侏罗系腐殖煤系烃源岩的有机岩石学和有机地球化学特征进行分析,厘清煤系烃源岩有机质类型评价的正确方法及其内在机理。

1 地质背景

准噶尔盆地位于新疆北部,大地构造处于哈萨克斯坦古板块、西伯利亚古板块及塔里木古板块交汇处,为中国西部大型晚古生代至中新代:叠合型含油气盆地。准噶尔盆地 8 个腐殖煤样品,均采自准噶尔盆地南缘三工河地区的花儿沟剖面。剖面位于三工河流域的浅山带,隶属于北天山山前冲断带中的阜康断裂带。其西段北邻阜康凹

陷,东段北邻吉木萨尔凹陷,采样位置如图 1 所示。准噶尔盆地煤系烃源岩样品自下而上分别取自八道湾组(J₁b)、三工河组(J₁s)和西山窑组(J₂x)。八道湾组时期阜康断裂带为低位体系域的辫状河三角洲平原沉积,岩性主要为厚层砂岩、砾状砂岩、砂砾岩夹煤层和泥岩^[19];三角洲平原是三角洲的陆上沉积部分,进一步可划分为分流河道和分流间湾两种微相类型。三工河组为高位体系域的三角洲沉积,主要为砂岩、砂砾岩和泥岩夹煤线^[19]。

西山窑组为高位体系域的三角洲平原沉积,主要为深灰色泥岩、砂岩夹煤层^[19]。准噶尔盆地西山窑组沉积时期,三角洲平原沉积环境的分流间洼地中,植被茂密葱茏,为聚煤作用提供了丰富的物质来源。洪水季节河水溢出河道掩埋植被,在温暖潮湿的缺氧环境下,经过漫长的地质时代及生物化学作用之后形成煤^[21]。

2 样品与实验分析

为了对研究区 18 个煤系烃源岩样品的地球化学特征进行研究。样品的岩石热解、有机碳测试、镜质体反射率检测、显微组分鉴定等实验分析在长江大学油气资源与勘查技术教育部重点实验室完成。

有机碳分析:用 5% 的稀盐酸去掉样品中的碳酸盐矿物,然后采用 OGM-II 型仪器在 900 °C 高温有氧条件下将有机质灼烧成 CO₂,测得有机碳含量。

岩石热解:利用 Rock-Eval 仪,载气为高纯 N₂。在 300 °C 下恒温 3 min,检测游离烃 S₁,然后以

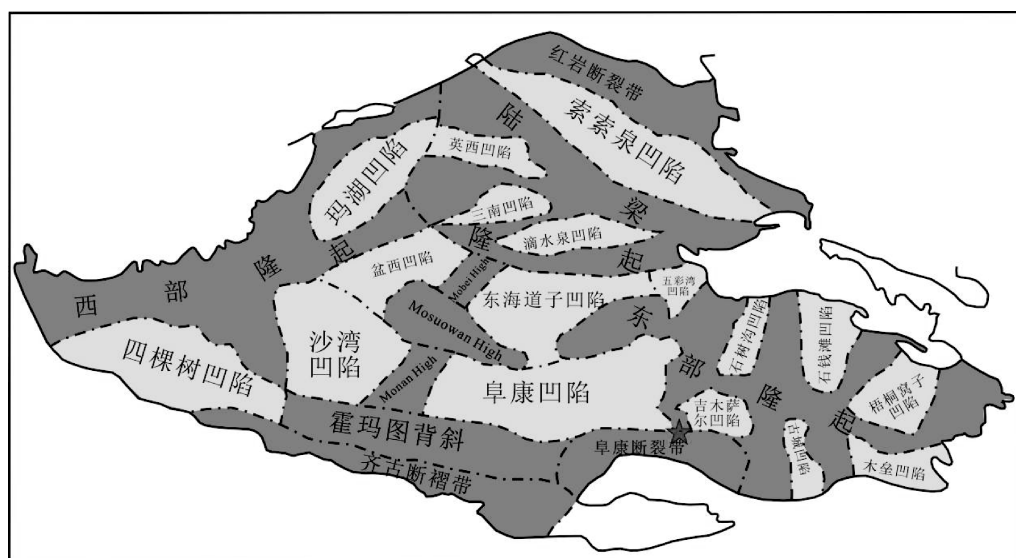


图 1 准噶尔盆地构造简图及侏罗煤系烃源岩取样位置图(据文献[20])

Fig. 1 Structural sketch of Junggar Basin and sampling location of Jurassic coal series source rock (after reference [20])

表 1 准噶尔盆地煤系烃源岩有机显微组分中各组分的百分含量和形态有机显微类型指数 TI_1
Tab. 1 Statistical table of percentage content of morphological macerals and morphological microscopic type index of coal-measure source rocks in Junggar basin

岩性	样品数	镜质组/%	惰质组/%	壳质组/%	腐泥组/%	TI_1
煤	8	57.46~90 (75.23)	0~37.37 (15.68)	0.51~18.81 (8.71)	0~1.98 (0.38)	-66.55~-27.92 (-46.44)
炭质泥岩	4	70~97.33 (80.11)	0~27.42 (9.98)	2.15~17.33 (8.66)	0~5.09 (1.25)	-29.37~-8.80 (-20.24)
泥岩	6	70~100 (80.49)	0~22.73 (13.40)	0~14.29 (6.12)	0.00	-10.80~-1.35 (-5.24)

注:括号内为平均值。

50 ℃/min 的速度升温到 500 ℃,恒温 1 min,检测裂解烃 S_2 。

有机岩石学分析:根据 ISO 7404-2(2009)标准对全岩样品进行精细抛光制备。在标准条件下,采用 Leitz MPV-III 显微光度计的反射式荧光显微镜系统进行岩石学观察。在白光和紫外光下,采用点计数法进行显微组分分析(每个样品中计数 300 个有机物点,排除矿物质),并对不同有机-无机显微组分进行了分类。

3 结果

3.1 形态有机显微类型指数 TI_1 划分烃源岩有机质类型

形态有机显微组分(镜质组、惰质组、壳质组和腐泥组)的相对百分含量,反映了沉积水体中有机质输入特征及保存条件。烃源岩有机显微组分的组成特征及含量反映有机质的类型和生烃潜力(尤其是富氢显微组分:壳质组和腐泥组)。如表 1 和图 2 所示,准噶尔盆地侏罗系不同层位烃源岩的形态有机显微组分的定量分析结果表明,其主要形态有机显微组分为镜质组。

用形态有机显微组分组成定量描述烃源岩的类型特点即形态显微类型指数 TI_1 :

$$TI_1 = (\text{腐泥组} \times 100 + \text{壳质组} \times 50 - \text{镜质组} \times 75 - \text{惰质组} \times 100) / 100$$

据尚慧云的划分标准^[22]:I 型干酪根, $TI_1 \geq 80$; II 型干酪根, $40 \leq TI_1 < 80$; II2 型干酪根, $0 \leq TI_1 < 40$; III 型干酪根, $TI_1 < 0$ 。通过计算得到 TI_1 的值(表 1):其中 TI_1 均小于 0,显微组分的判断结果显示泥岩、炭质泥岩和煤均为 III 型有机质。

如表 1 和图 3 所示:准噶尔盆地煤系烃源岩表现出 TI_1 煤 < TI_1 炭质泥岩 < TI_1 泥岩的分布特征,表明岩性不同有机质类型依然存在差异,煤的有机质类型较炭质泥岩差,泥岩的有机质类型相对最好。

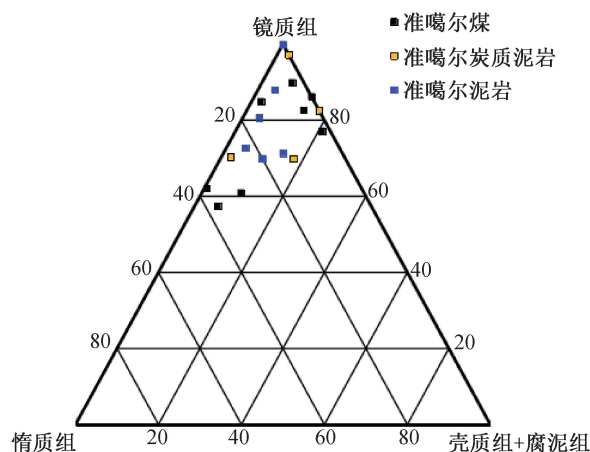


图 2 研究区煤系烃源岩样品有机显微组分三角图

Fig. 2 Triangular chart of microscopical organic fractions of coal-measure source rocks

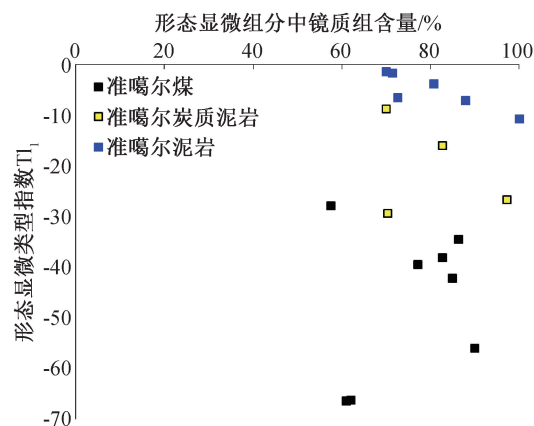


图 3 准噶尔盆地煤系烃源岩样品形态显微类型指数分布图

Fig. 3 Index distribution of coal measure hydrocarbon source rock samples in Junggar Basin

3.2 热解参数划分有机质类型

由表 2 可见,准噶尔盆地样品镜质组反射率 (R_o) 为 0.51%~0.63%,正处于低成熟阶段。由表 2 可见煤不仅 TOC 含量高于泥岩,且生烃潜能“ S_1+S_2 ”和氢指数 HI 均高于泥岩。

表 2 研究区煤系烃源岩的热解及氯仿沥青“A”参数统计表

Tab. 2 Statistical table of pyrolysis and chloroform asphalt “a” parameters of coal measure source rock in the study area

盆地	岩性	样品数	$T_{\max}/^{\circ}\text{C}$	$“S_1+S_2”/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	TOC/%	HI/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	D/%	沥青“A”/%	Ro/%
准噶尔	煤	8	385~434 (426)	18.31~178.11 (83.81)	32.20~74.90 (53.29)	48.56~197.30 (134.61)	4.29~19.74 (12.16)	0.04~3.15 (1.08)	0.51~0.63
	炭质泥岩	4	431~434 (432)	14.73~50.29 (26.21)	7.46~17.80 (11.69)	111.43~242.30 (193.44)	9.70~23.45 (18.40)	0.24~0.72 (0.45)	
	泥岩	6	428~451 (440)	0.33~2.39 (1.17)	0.75~5.11 (2.33)	37.23~85.59 (49.10)	1.98~9.57 (4.90)	0~0.03 (0.01)	

注:括号内为平均值。

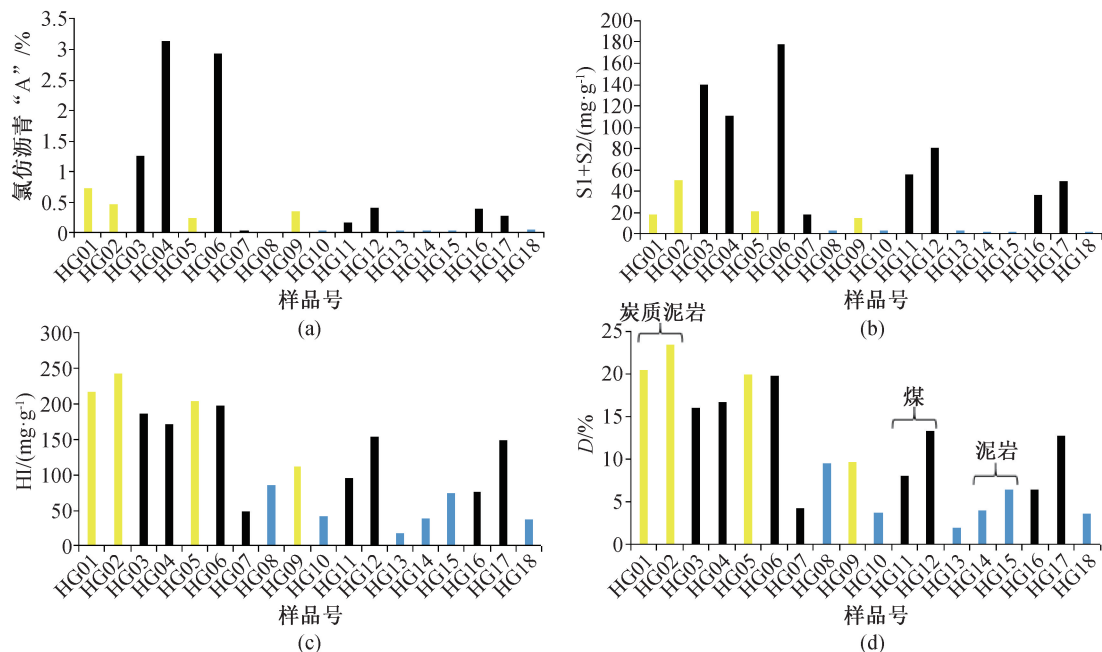


图 4 盆地煤系烃源岩的氯仿沥青“A”、降解率 D 、生烃潜量“ S_1+S_2 ”和氢指数 HI 的分布

Fig. 4 Distribution of Chloroform Bitumen “A”, degradation rate D , hydrocarbon generation potential “ S_1+S_2 ” and hydrogen index hi of coal measures source rocks in the basin

目前,有机质丰度评价指标主要有 TOC、氯仿沥青“A”、氢指数“HI”、生烃潜量“ S_1+S_2 ”等。煤系烃源岩的评价标准不能简单套用一般湖相泥岩的评价标准,应把热解生烃潜量作为基本评价依据^[23-24]。据表 2 和图 4 可知:除了准噶尔盆地炭质泥岩的降解率 D (%) 和氢指数 HI (mg/g) 比煤高之外,煤不仅 TOC 含量高于炭质泥岩和泥岩,且煤的生烃潜量“ S_1+S_2 ”、氢指数“HI”、降解率“ D ”和氯仿沥青“A”也比炭质泥岩和泥岩高。

利用有机地球化学的热解参数“HI 与 $T_{\max}$ ”及“ D 与 $T_{\max}$ ”的关系图(图 5),进一步分析研究区烃源岩的有机质类型。结果表明,煤的有机质类型优于泥岩;泥岩主要为Ⅲ型有机质,而煤主要为Ⅱ型有机质。在其他含煤盆地甚至存在有部分煤为Ⅰ型有机质。

因此综合上述分析结果可知,有机显微组分与热解参数判断有机质的类型时会存在矛盾。这种矛盾直接影响我们对煤系烃源岩生烃能力的科学判断。

4 讨论

有机显微组分与热解参数判断有机质的类型时结果不一样,对于哪种方法得出的结论是对的,需要进一步的研究分析。类似的现象在煤系烃源岩中广泛存在,例如西湖凹陷煤系烃源岩^[25]中也有类似报道。Horsfield^[26] 和 Jasper^[27] 研究认为在同样的成熟度条件下,煤比泥岩有更高的氢指数,暗示了其干酪根氢组分更富集,有更好的生烃潜力。事实上,高等植物的两个主要组成部分——木质素和纤维素,以富含 C、O 为特征,H 的含量仅

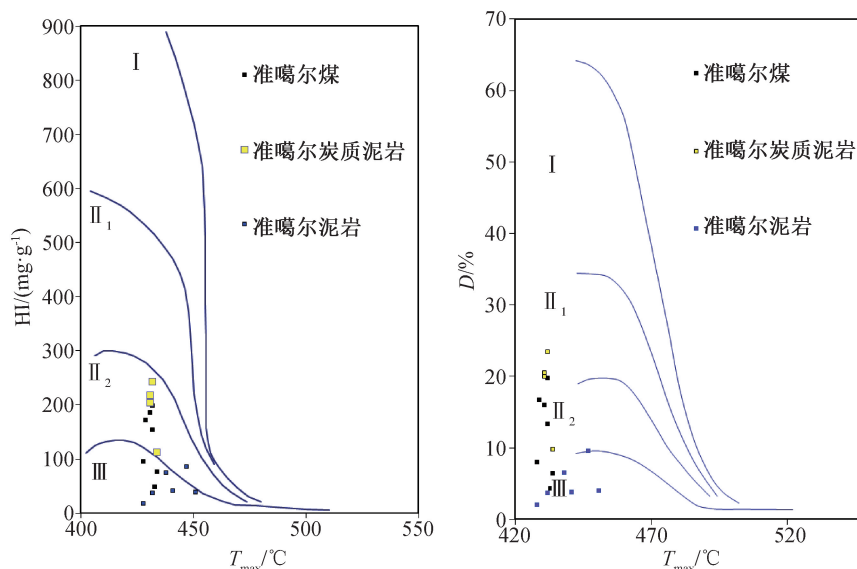
图5 研究区煤系烃源岩 $T_{\max}$ 与 HI 及 $T_{\max}$ 与 D 的相关关系图Fig. 5 Scatter diagrams of $T_{\max}$ -HI and $T_{\max}$ -D

表3 研究区煤系烃源岩样品全岩显微组分中各组分的相对百分含量

Tab. 3 Relative percentage content of each component in the whole macerals of the coal series source rock samples in the study area

盆地	岩性	样品数	无机矿物/%	形态有机显微组分/%	矿物沥青基质/%	镜质组/%	惰质组/%	壳质组/%	腐泥组/%
准噶尔	煤	8	5.60~63.00 (28.90)	36.20~94.40 (69.40)	0~9.60 (1.70)	20.8~75.6 (52.30)	0~29.6 (10.58)	0.40~15.20 (6.20)	0~1.60 (0.33)
	炭质泥岩	4	61.60~82.80 (68.90)	16.00~37.40 (30.15)	0.60~1.20 (0.95)	11.2~36.4 (24.65)	0~10.20 (3.05)	0.8~5.20 (2.25)	0~0.80 (0.20)
	泥岩	6	85.6~98 (92.73)	2.00~14.40 (7.20)	0~0.40 (0.07)	1.40~14.40 (6.20)	0~2.00 (0.73)	0~0.40 (0.27)	0 (0.00)

注:括号内为平均值。

为6%左右^[28]。单纯考虑纤维素-木质素沉积演化形成的煤并不富氢,煤中丰富的氢元素的来源值得深入研究。

4.1 壳质组和腐泥组生烃

壳质组来源于高等植物的孢子、花粉和角质层等组织器官及植质组织分泌物。壳质组的主要光性特征是反射率低,具有较强的荧光性。常见的壳质组分有:孢子体、树脂体、角质体、木栓质体、荧光质体、壳屑体。腐泥组主要是藻类及其它低等水生生物的腐泥化作用的产物。在一般的煤岩组分分类中,它被包含在壳质组(稳定组)之内。由于其生物来源和生烃演化属性明显不同于来源于高等植物的壳质组,故在烃源岩显微组分中常将其单独列出。腐泥组中的主要显微组分是藻类体和无定形腐泥体。无定形腐泥体

在全岩中主要以沥青质体和矿物沥青基质两个亚组分出现。

如表3所示,研究区各盆地煤系烃源岩中富氢显微组分含量均很低,普遍小于10%。可见煤中的“壳质组+腐泥组”含量最高,炭质泥岩次之,泥岩最低。

通常,人们认为烃源岩中最主要的生烃母质是富氢的壳质组和腐泥组。在湖相烃源岩的评价中腐泥组和壳质组的多寡直接决定了其潜在生烃量和生烃能力的优劣。本文的研究对象为腐殖煤系烃源岩,显微组成分析的结果显示全部烃源岩样品均为Ⅲ型有机质。这些煤系烃源岩中的壳质组和腐泥组是否是主要的生烃母质,可以通过壳质组和腐泥组在全岩显微组分中的相对含量与总有机碳 TOC 和生烃潜量“ S_1+S_2 ”的相关关系来判断。结果如图6所示,全岩显微组分中的“壳质

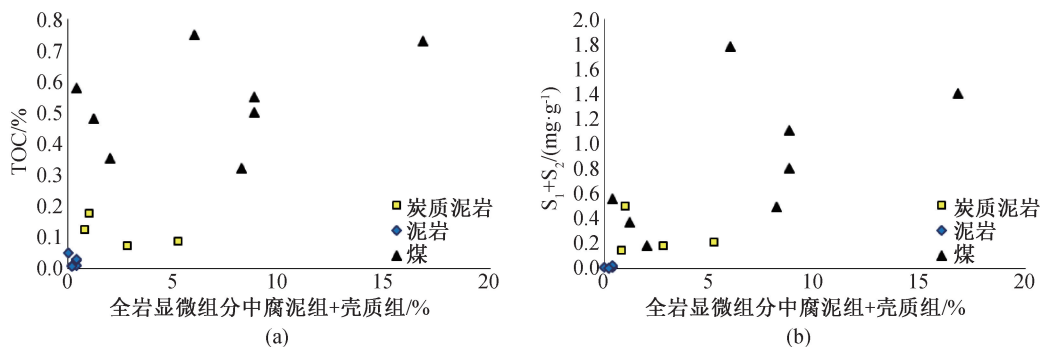


图6 研究区煤系烃源岩全岩显微组分中“腐泥组+壳质组”含量与总有机碳 TOC 以及生烃潜能“ S_1+S_2 ”的相关图

Fig. 6 Correlation diagram of "sapropelic + exinite" content with TOC and " S_1+S_2 " in the whole macerals of source rocks of coal measures in the study area

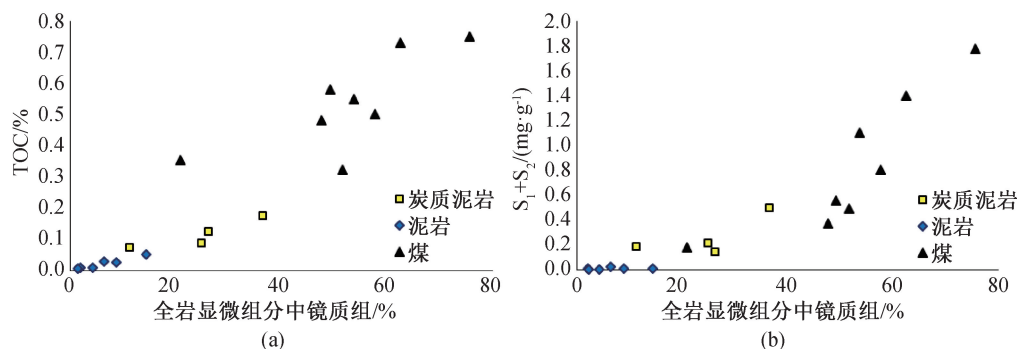


图7 研究区煤系烃源岩全岩显微组分中镜质组与 TOC 及“ S_1+S_2 ”相关图

Fig. 7 Correlation diagram of "vitrinite" content with TOC and " S_1+S_2 " in the whole macerals of source rocks of coal measures in the study area

组+腐泥组”与 TOC 和“ S_1+S_2 ”存在正相关关系,但是相关性较差。

4.2 镜质组生烃

镜质组是烃源岩中的主要显微组分之一,主要由高等植物木质纤维组织的凝胶化作用过程形成。凝胶化作用程度的差异,决定了原始植物细胞结构的保存情况。由表3数据分析可知,煤岩的全岩显微组分中镜质组含量极高,炭质泥岩和泥岩的全岩显微组分中镜质组含量较低。

通过镜质组在全岩显微组分中的相对含量与总有机碳 TOC 和生烃潜能“ S_1+S_2 ”的相关关系来判断。全岩显微组分中的“镜质组”与 TOC 和“ S_1+S_2 ”存在正相关关系,且相关性好。对比图6,我们可清楚地发现,煤系烃源岩中镜质组具有更重要的生烃贡献。

综合分析表明,煤系烃源岩中镜质组是主要的生烃贡献者。在传统的陆相烃源岩生烃评价中认为镜质组不生烃,因此在 TI_1 计算公式中镜质组和惰质组都是不生烃的组分。实际上由图7可知,煤系烃源岩中的镜质组是生烃的,热解法虽然不能精确计算各组分生烃贡献量,但是生烃总量能

得到反映。这就是热解法与显微指数类型法在判断有机质类型时产生矛盾的原因。

4.3 基质镜质体生烃

为了便于讨论,本论文将镜质组划分为结构镜质体、基质镜质体、均质镜质体和镜屑体四类。其中结构镜质体和镜屑体属于贫氢镜质组,基质镜质体和均质镜质体属于富氢镜质组。研究区各盆地腐殖煤系烃源岩镜质组中的结构镜质体、基质镜质体、均质镜质体和镜屑体在全岩显微组分中的百分含量,以及结构镜质体、基质镜质体、均质镜质体和镜屑体在镜质组中的相对百分含量统计数据,如表4所示。

如表4所示,镜质组内组成中,镜屑体和结构镜质体所占百分比比较低,而基质+均质镜质体则占绝对优势。综合来看,如图8所示,研究区样品中均表现出煤和炭质泥岩中“基质+均质”镜质体相对含量高,镜屑体含量低,泥岩镜屑体含量高,“基质+均质”镜质体相对含量低的特征。镜屑体的含量高低,直观地反映了陆源有机质搬运距离的远近。

如表4所示,全岩显微组分中“基质+均质”镜

表 4 研究区煤系烃源岩中 4 类镜质体在全岩显微组分中的百分含量和在镜质组中的相对含量

Tab. 4 Percentage content of 4 types of vitrinite in the whole macerals and relative content in the vitrinite in the source rocks of coal measures in the study area

盆地	岩性	样品数	全岩显微组分中的百分含量/%				镜质组中的相对含量/%			
			结构镜质体	基质镜质体	均质镜质体	镜屑体	结构镜质体	基质镜质体	均质镜质体	镜屑体
	煤	8	0.6~31.2 (9.18)	15.6~59.6 (30.05)	0~18.4 (5.93)	2~16.8 (7.15)	1.16~54.17 (17.34)	31.71~80.77 (57.32)	0~34.33 (10.72)	2.65~35.29 (14.62)
准噶尔	炭质泥岩	4	0.4~1.6 (1.25)	6~34 (17.65)	1.2~3.6 (2.15)	0.8~6.4 (3.60)	1.10~14.29 (6.79)	53.57~93.41 (66.72)	3.3~14.52 (10.12)	2.2~24.43 (16.36)
	泥岩	6	0~1.8 (0.40)	0~10.4 (3.40)	0 (0.00)	1.0~4.0 (2.40)	0~28.13 (8.66)	0~72.22 (41.33)	0 (0.00)	27.78~85.71 (50.02)

注:括号内为平均值。

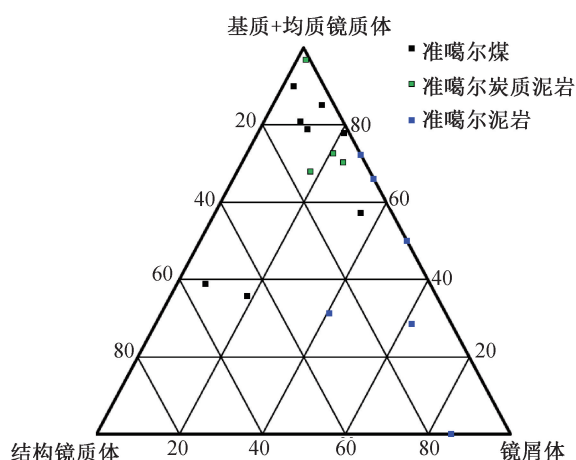


图 8 研究区各盆地煤系烃源岩镜质组内组成三角图

Fig. 8 Triangular chart of vitrinite in coal measure source rocks in the study area

质体含量相对较高,而镜屑体和结构镜质体含量较低,结构镜质体是指镜质组中具有原始植物细胞结构的部分,特指植物细胞壁部分,细胞腔圆形、椭圆形直至线形,胞腔内有充填物或中空,充填物可以是无结构镜质体、树脂体、渗出沥青体、微粒体、粘土矿物、碳酸盐岩、黄铁矿等。结构镜质体的反射率一般略高于无结构镜质体。

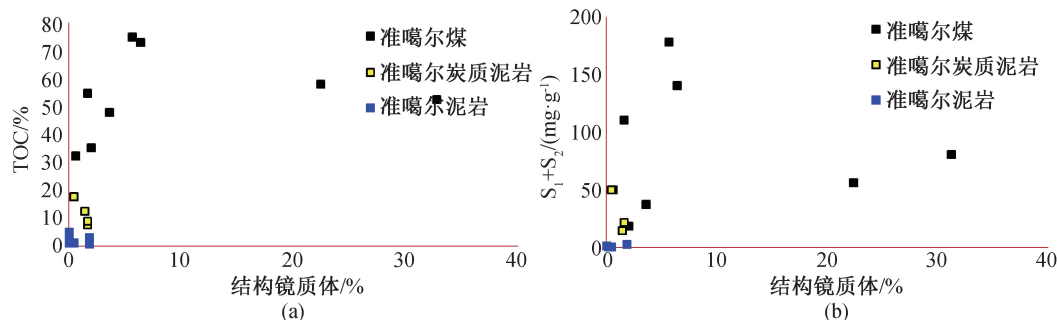
从图 9 可见,随着结构镜质体含量的增加,烃源岩中的 TOC 含量呈现出增大的趋势,但是生烃潜量 S_1+S_2 反而呈现出降低的趋势。这表明结构镜质体虽然是重要的有机质,但却不是生烃贡献者。

由图 10 可见,研究区煤系烃源岩中的镜屑体与煤系烃源岩中的泥岩、炭质泥岩的 TOC 有较好的相关性,与煤的相关性较差,这是由于泥岩和炭质泥岩中镜屑体含量较高,而煤中镜屑体含量低。煤系烃源岩中镜屑体与生烃潜量 S_1+S_2 呈现出负相关关系。表明镜屑体也不是生烃贡献者。

无结构镜质体在反射光和透射光下都不显示原始植物细胞结构。形态多样,呈条带状、团块状、基质或无定形等。如果是在煤中可进一步划分为均质镜质体、基质镜质体、胶质镜质体和团块镜质体等。

无结构镜质体的反射率略低于结构镜质体。在碱性还原环境或强凝胶化作用下,菌、藻类等低等生物物质可进入镜质体的结构。增加镜质体的富氢程度,“改良”镜质组的性质,导致镜质组的荧光性增强,相应地,反射率也受到“抑制”现象。

从图 11 可见,研究区各盆地煤系烃源岩全岩显微组分中的“基质+均质”镜质体与 TOC 和生烃

图 9 准噶尔盆地煤系烃源岩中结构镜质体与 TOC 及 S_1+S_2 的关系Fig. 9 Correlation diagram of “Telineite” content with TOC and “ S_1+S_2 ” in the whole macerals of source rocks of coal measures in Junggar basin

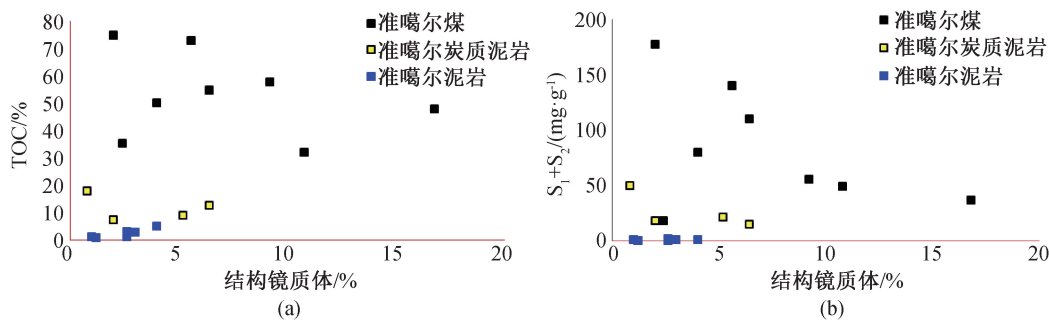


图 10 准噶尔盆地煤系烃源岩全岩显微组分中镜屑体与 TOC 及 S_1+S_2 的相关图
Fig. 10 Correlation diagram of "Vitrodetrinite" content with TOC and " S_1+S_2 " in the whole macerals of source rocks of coal measures in Junggar basin

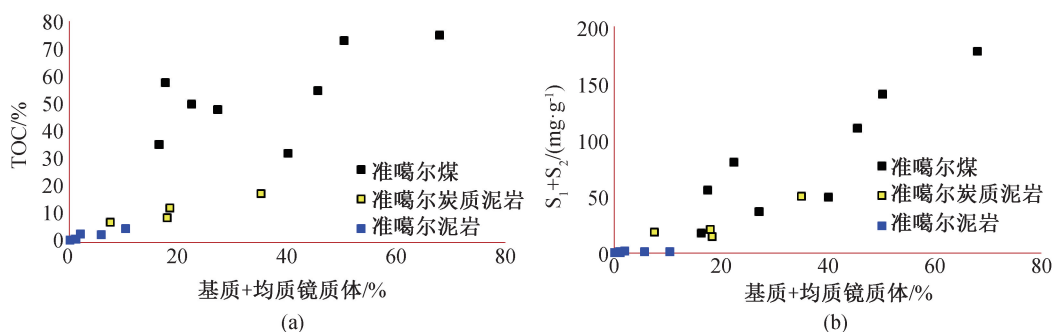


图 11 准噶尔盆地煤系烃源岩中“基质+均质”镜质体与 TOC 及 S_1+S_2 的相关关系
Fig. 11 Correlation diagram of "Desmocollinite+Telocollinite" content with TOC and " S_1+S_2 " in the whole macerals of source rocks of coal measures in Junggar basin

潜力 S_1+S_2 均呈现正相关关系。表明镜质组中的基质+均质镜质体为主要生烃贡献者。

因此,镜质组中的主要生烃部分为基质+均质镜质体。

5 结论

1)在准噶尔盆地低熟的煤系烃源岩中,热解法和显微类型指数法进行有机质类型划分时,会得到互相矛盾的结论。热解法判断结果显示,煤的有机质类型最好、炭质泥岩次之、泥岩最差;有机显微类型指数法判断结果显示,泥岩有机质类型最好、炭质泥岩次之、煤最差。

2)煤系烃源岩中传统富氢显微组分“腐泥组+壳质组”与 TOC 及“ S_1+S_2 ”的相关性较差。而传统不生烃组分镜质组与 TOC 及“ S_1+S_2 ”的相关性好。结果表明,传统认为不生烃的镜质组在煤系烃源岩中具有重要的生烃贡献,而镜质组中又以“基质+均质”镜质体为主要生烃组分。

3)有机显微指数类型法和热解法判断有机质类型矛盾的关键在于,是否把镜质组看作生烃物质。传统的陆相烃源岩生烃评价中认为镜质组不生烃,但是本研究发现煤系烃源岩中镜质组是重

要的生烃物质。因此进行煤系烃源岩的生烃评价时,热解法更加准确且经济。

参考文献:

- [1] TISSOT B P, DURAND B, ESPITALIE J, et al. Influence of Nature and Diagenesis of Organic Matter in The Formation of Petroleum[J]. AAPG Bulletin, 1974, 58: 499-506.
- [2] TISSOT B P, WELTE D H. Petroleum Formation and Occurrence[M]. New York: Springer Verlag, 1984.
- [3] WILKINS R W T, GEORGE S C. Coal as a Source Rock for Oil: A Review International [J]. Journal of Coal Geology, 2002, 50: 317-361.
- [4] HUNT J M. Generation of Gas and Oil from Coal and other Terrestrial Organic Matter [J]. Org Geochem, 1991, 17 (6): 673-680.
- [5] 钟宁宁, 陈恭洋. 煤系气油比分配控制因素及其与大中型气田的关系[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.
- [6] SNOWDON L R. Oil from Type III Organic Matter: Resinite Revisited[J]. Org Geochem, 1991, 17: 743-747.
- [7] MUKHOPADHYAY P K, HATCHER P G, CALDER J H. Hydrocarbon Generation from Deltaic and Intermontane Fluviodelatic Coal and Coaly Shale from the Tertiary of Texas and Carboniferous of Nova Scotia[J]. Org Geochem, 1991, 17: 765-783.

- [8] KILLOPS S D, FUNNELL R H, SUGGATE R P, et al. Predicting Generation and Expulsion of Paraffinic Oil from Vitrinite-rich Coals[J]. *Org Geochem*, 1998, 29:1-21.
- [9] SUGGATE R P, BOUDOU J R. Coal Rank and Type Variation in Rock-eval Assessment of New Zealand Coals[J]. *Journal of Petroleum Geology*, 1993, 16(1):73-88.
- [10] SUGGATE R P. Application of Rank (Sr), a Maturity Index Based on Chemical Analyses of Coals[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2002, 19:929-950.
- [11] SYKES R, SNOWDON L R. Guidelines for Assessing the Petroleum Potential of Coaly Source Rocks Using Rock-Eval Pyrolysis[J]. *Org Geochem*, 2002, 33:1441-1455.
- [12] 程克明. 生油岩的定量评价[M]. 北京:石油工业出版社, 1982.
- [13] POWELL T G. Petroleum Source Rock Assessment in Nonmarine Sequence: Pyrolysis and Petrographic Analysis of Australia Coals and Carbonaceous Shales[J]. *Org Geochem*, 1991, 17:375-394.
- [14] 刘德汉, 傅家谟, 史习慧, 等. 苏桥地区残植煤的发现—兼论煤成气、煤成油的判识和我国煤成油的前景[J]. *地球化学*, 1985(4):77-79.
- [15] HUANG D, ZHANG J, LI J, et al. Hydrocarbon Genesis of Jurassic Coal Measures in the Turpan Basin, China[J]. *Org. Geochem*, 1991, 17(6):827-837.
- [16] MUKHOPADHYAY P K, FOWLER M G, DOW W G. Selected Papers from the Symposium on Coal and Terrestrial Organic Matter as a Source Rock for Petroleum[J]. *Org Geochem*, 1991, 17(6):673-874.
- [17] 王飞宇, 张泉兴. 莺-琼盆地梅山组烃源岩的超微树脂体[J]. *中国海上油气*, 1994(3):145-154.
- [18] 张泉兴, 张启明. 莺-琼盆地梅山组海相烃源岩的树脂化合物[J]. *中国海上油气*, 1992(3):1-18.
- [19] 孟繁有, 德勒达尔, 石新璞, 等. 阜康断裂带侏罗系地层层序及砂层组划分[J]. *新疆石油天然气*, 2006, 2(3):1-5.
- [20] CHENG Qingsong, ZHANG Min, HUANG Guanghui. Even-carbon Predominance of Monomethyl Branched Alkanes in Humic Coal from Junggar Basin, NW China[J]. *Acta Geochim*, 2020, 39:434-444.
- [21] 杨辰雨, 冯长丽. 准噶尔盆地西山窑组聚煤规律分析[J]. *煤炭技术*, 2014, 33(8):317-318.
- [22] 尚慧芸. 有机地球化学和荧光显微镜技术[M]. 北京:石油工业出版社, 1990.
- [23] 陈建平, 赵长毅. 煤系有机质生烃潜力评价标准探讨[J]. *石油勘探与开发*, 1997(1):1-5.
- [24] 程青松, 龚建明, 张敏, 等. 祁连山冻土区木里煤田侏罗系烃源岩地球化学特征[J]. *现代地质*, 2016, 30(6):1408-1416.
- [25] ZHU Y, LI Y, ZHOU J, et al. Geochemical Characteristics of Tertiary Coal-bearing Source Rocks in Xihu Depression, East China Sea Basin[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2012, 35(1):154-165.
- [26] HORSFIELD B, YORDY K L, CRELLING J C. Determining the Petroleum-generating Potential of Coal Using Organic Geochemistry and Organic Petrology[J]. *Organic Geochemistry*, 1988, 13:121-129.
- [27] JASPER K, KROOSS B M, FLAJS G, et al. Characteristics of Type III Kerogen in Coal-bearing Strata from the Pennsylvanian (Upper Carboniferous) in the Ruhr Basin, Western Germany: Comparison of Coals, Dispersed Organic Matter, Kerogen Concentrates and Coal-mineral Mixtures. [J]. *International Journal of Coal Geology*, 2009, 80:1-19.
- [28] 中国科学院兰州地质研究所, 中国科学院水生生物研究所, 中国科学院微生物研究所, 等. 青海湖综合考察报告[M]. 北京:科学出版社, 1979:1-200.

(责任编辑 王利君)