

吐哈盆地侏罗纪煤系源岩芳烃组成及生源、环境意义*

戴卿林¹ 郝石生² 盛国英¹ 傅家谟¹

¹(中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640) ²(石油大学, 北京 100083)

提 要 本文系统分析了吐哈盆地侏罗纪煤系源岩的芳烃分布特征。结果表明,吐哈盆地煤成油形成于特殊成煤环境,其有机质主要来源于高等植物,但也有藻类等低等水生生物的重要贡献,沉积环境主要为湖泊—沼泽相,淡水—半咸水介质,弱还原—还原环境。

关键词 吐哈盆地 芳烃 沉积环境

分类号 P 618. 11/P 618. 130. 1

第一作者简介 戴卿林 男 33 博士后 有机地球化学

1 前 言

吐哈盆地(吐鲁番—哈密盆地)是新疆三大含油气盆地之一,是我国目前已知的由侏罗系煤成烃形成大规模油气聚集的盆地。盆地内中、下侏罗统煤系地层是当前最重要的烃源岩系和含油层系,中、下侏罗统烃源岩最大厚度超过 1 100 m。由于不同地区、不同时代有机质来源以及地质作用过程不同,其形成的煤系源岩组成差别甚大,世界上已发现的煤成油的陆源植物输入的标志物也呈现显著差别,例如澳大利亚吉普斯兰盆地煤成油富含四环二萜类化合物^[1],印度尼西亚马哈卡姆三角洲来源于 III 型干酪根和煤的原油富含陆源三萜烷^[2]。迄今为止,人们对何种煤系源岩能生成足够数量的石油,以及它们在何种沉积环境中形成,其生物标志物组成特征又如何仍尚未充分认识。本文选择吐哈盆地主力源岩西山窑组(P_x)煤和煤系泥岩,以及七克台组(P_q)湖相泥岩,进行芳烃化合物的详细分析,以探讨主要盆地煤系源岩芳烃分布特征及其与有机质来源和沉积环境的关系,并与我国其它地区一些特种煤进行对比。

2 芳烃组成及其生源、环境意义

吐哈盆地煤系源岩和湖相泥岩样品中共检测出 20 余种不同的分子骨架类型,约 180 种芳烃化合物。根据各类化合物质量色谱图峰面积,计算出它们

的相对含量(表 1)

2.1 萘系列

样品中共检出烷基萘 32 种,包括萘,甲基、二甲基、三甲基和四甲基萘,以及卡达烯(1,6-二甲基-4-异丙基萘)。大多数萘系列成因不详,仅卡达烯是明显高等植物输入的标志。吐哈盆地的煤卡达烯相对含量明显高于煤系泥岩和湖相泥岩(表 1)。

2.2 菲系列

菲系列在芳烃组成中具有优势含量(表 1),且其种类繁多,检出菲、甲基、二甲基、三甲基和四甲基菲,以及蒽烯(1-甲基-6-异丙基菲)。它们之间具有明确生源意义的是蒽烯,它是高等植物,尤其是树脂体输入的典型标志物。柯克亚煤含有一定量的蒽烯,占芳烃组成 4.50%,但其它样品蒽烯含量很低(表 1),反映该地区总体上树脂体输入贫乏。

结构类似菲的直线式稠合的蒎,也与陆源有机质有关,在许多煤及煤系地层中蒎的含量较高,而在湖相泥岩中含量较低,甚至没有,但蒎比菲的化学稳定性更差,煤中蒎系列化合物的地质命运相当短暂^[3]。吐哈盆地煤、煤系泥岩和湖相泥岩中均检出蒎,但含量都低,煤及煤系泥岩表现为高于湖相泥岩(表 1)。

2.3 三萜系列

吐哈盆地样品中均检出三萜系列,但相对含量差别较大,萨 1 井煤含量高,其它样品含量较低(表

* 中国博士后科学基金资助
收稿日期: 1996- 09- 12

1). 三芴系列可能来源于相同的先质,在弱氧化和弱还原的环境中以氧化作用为主,氧芴含量可能较高,在正常还原环境中,芴系列可能较为丰富,在强还原环境中则可被还原成含硫芳烃,以硫芴占优势^[4]。吐哈盆地煤以芴和氧芴为主,硫芴含量较低,但柯克埡

煤芴含量明显占优势(表 2),反映其可能在正常还原环境或弱氧化-弱还原环境中形成。煤系泥岩和湖相泥岩含丰富的芴和硫芴,而氧芴含量低(表 2),表明它们均形成于较还原的沉积环境

表 1 吐哈盆地烃源岩芳烃组成

Table 1 Aromatic hydrocarbon compositions of source-rocks from the Turpan-Hami basin

源 芳烃组成 (%)	煤		煤系泥岩	湖相泥岩
	柯克埡 J _x 煤 (R _o = 0.59%)	萨 1 井 J _x 煤 (R _o = 0.56%)	台参 1 井 J _x 泥岩 (R _o = 0.72%)	台参 1 井 J _g 泥岩 (R _o = 0.47%)
萘系列(卡达烯)	6.74(3.53)	21.47(3.21)	0.35(0.009)	0.22(0.04)
菲系列(惹烯)	30.95(4.50)	30.52(0.35)	19.17(0.74)	22.31(1.47)
蒽	0.17	1.02	0.56	0.11
三芴系列	6.58	15.88	2.23	2.91
三芳甾烷系列	10.86	0.25	0.29	10.45
苯并薹烷系列	9.50	0	0	8.76
脱羟基维生素 E 系列	2.92	0.01	0	16.65
北	0	2.19	3.38	3.97
苯并 [g, h, i] 比	0.41	1.13	15.85	3.79
晕苯	0.15	0.29	6.51	2.19
苯并萘并噻吩系列	0.02	0.48	1.22	1.09
联苯系列	0.62	4.75	0.05	0.004
屈系列	5.15	4.21	8.57	5.24
芘系列	9.87	4.46	9.54	7.57
萤蒽	5.65	3.51	5.23	3.78
苯并萤蒽	3.01	1.40	8.86	3.49
苯并 [a] 芴	3.52	4.88	3.81	2.83
苯并 [b] 芴	1.21	0.81	1.47	0.51
苯并 [e] 芘	0.77	0.79	7.12	2.04
苯并 [a] 芘	0.49	0.76	2.60	0.78
苯并 [a] 蒽	1.40	1.16	3.19	1.31

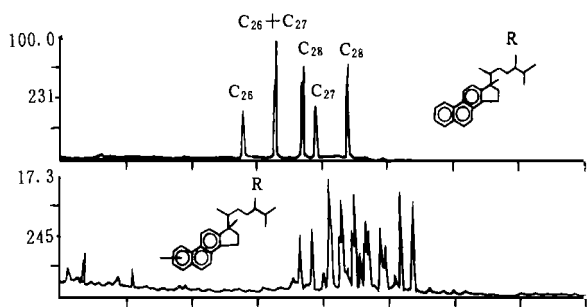


图 1 吐哈盆地柯克埡煤三芳甾烷质量色谱图

Fig. 1 Mass chromatogram of triaromatic steranes of the Kekeya coal from the Turpan-Hami basin

2.4 三芳甾烷系列

吐哈盆地烃源岩中检测出 C₂₆~C₂₈ 20S 与 20R 构型的三芳甾烷和 C₂₇~C₂₉ 甲基三芳甾烷(图 1 表 1)。芳香甾烷被认为是孕甾烷和甾烷系列的芳构化产物,并且其芳构化作用可能主要发生在成岩作用早期。柯克埡煤和湖相泥岩三芳甾烷含量较高,但萨 1 井煤和煤系泥岩含量低(表 1),它们之间的差别可能主要与其所经历的沉积作用早期氧化环境有关。

2.5 苯并薹烷系列

苯并薹烷被认为来源于微生物薹烷前身物—细菌薹四醇,并形成于早期成岩阶段的未成熟沉积岩中,在我国石炭—二叠纪、侏罗纪和第三纪的煤、含煤地层沉积和原油中均检出了苯并薹烷^[5,6]。柯克埡煤和湖相泥岩检出 C₃₂~C₃₅ 完整的苯并薹烷系列(图 2),它们的相对含量分别占芳烃组成 9.50% 和 8.76%,但萨 1 井煤和煤系泥岩未检出(表 1)。柯克埡煤中苯并薹烷系列的存在,说明其有机质可能受到细菌等微生物的改造。

2.6 脱羟基维生素 E 系列

脱羟基维生素 E 系列包括 α、β、γ、δ 等异构体(图 3)。一般认为,脱羟基维生素 E 与沉积环境的古水体盐度有关,在咸水—半咸水沉积环境中形成的源岩含量较高。吐哈盆地湖相泥岩含丰富的脱羟基维生素 E,其相对含量达芳烃组成 16.65%,柯克埡煤也具有一定的含量,占芳烃组成 2.91%,萨 1 井煤也检出该类化合物(表 1),该结果与煤系源岩中普遍含有 γ-蜡烷相一致,反映煤系沉积时,其水体可能具有一定的盐度。

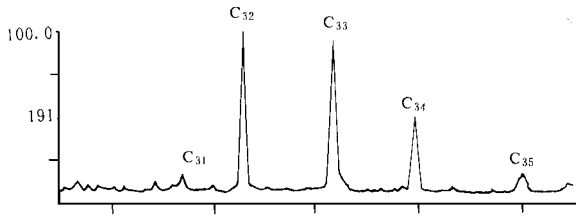


图 2 吐哈盆地柯克垭煤苯并藿烷系列质量色谱图
Fig. 2 Mass chromatogram of benzohopane series of the Kekeya coal from the Turpan-Hami basin

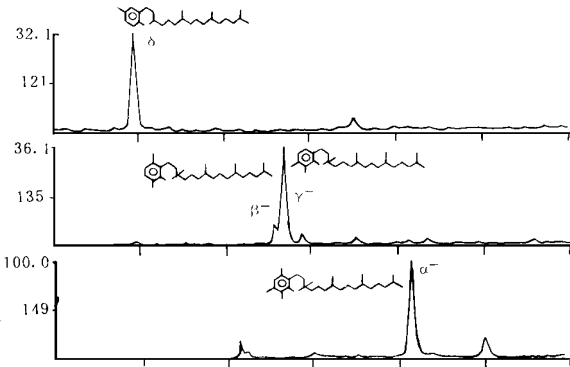


图 3 吐哈盆地柯克垭煤脱羟基维生素 E 系列质量色谱图
Fig. 3 Mass chromatogram of dehydrotycopherol series of the Kekeya coal from the Turpan-Hami basin

表 2 吐哈盆地烃源岩三芴系列内组成

Table 2 Three-fluorene series compositions of source-rocks from the Turpan-Hami basin

源 岩	芴 (%)	氧芴 (%)	硫芴 (%)
柯克垭 Ⅱ煤	67.02	19.61	13.37
萨 1 井 Ⅱ煤	15.99	78.65	5.36
台参 1 井 Ⅱ泥岩	41.70	15.70	42.60
台参 1 井 Ⅱ泥岩	33.68	8.25	58.07

2.7 其它芳烃化合物

吐哈盆地烃源岩样品中还检测出北、苯并北、晕苯、苯并萘并噻吩系列、联苯系列、屈系列、芘系列、萤蒎、苯并蒎、苯并芴、苯并萤蒎、苯并芘等芳烃化合物(表 1)。生物体内一般不含这些分子结构,因而它们的生源意义也不十分明确,但有时它们也能提供有关有机质类型、沉积环境及热演化程度等有用的信息。北、苯并北和晕苯可能由虾红色素在极端还原

环境中还原形成的^[6,7]。煤系泥岩含有丰富的北、苯并北和晕苯(图 4),三者含量共占芳烃组成 25.74%,其中苯并北的含量就达 15.85%,两个煤样也含上述化合物,湖相泥岩三个化合物含量为 9.95%(表 1)。北、苯并北和晕苯在煤系源岩中检出,尤其是煤系泥岩具有丰富的含量,表明吐哈盆地煤系可能形成于较还原的沉积环境,尤其是煤系泥岩沉积时,还原程度较高。含硫芳烃也指示还原环境,样品中均检出苯并萘并噻吩系列,煤系泥岩和湖相泥岩含量高于 1.0%,两个煤样也有一定的含量(表 1),这进一步说明系源岩的沉积环境具有一定的还原性。

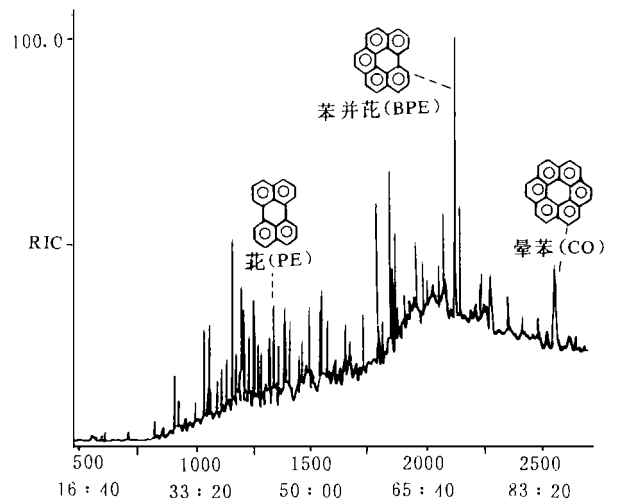


图 4 吐哈盆地台参 1 井 (Ⅱ) 泥岩芳烃总离子流图
Fig. 4 RIC chromatogram of aromatic hydrocarbons of the Taican-1 well (Ⅱ) mudstone from the Turpan-Hami basin

3 吐哈盆地煤系与我国某些特种煤芳烃分布对比

由于不同地区、不同时代生物群落和沉积环境的变迁,煤的芳烃组成呈现不同的特征。加拿大、澳大利亚等地的煤成油主要来自于树脂体,以富含芳构化二萜类为特征。我国抚顺树脂煤和富含树脂体的吉林舒兰褐煤,芳烃馏分主要也是芳构化二萜类。抚顺树脂煤含极其丰富的芳构化倍半萜类与二萜类,未检出芳香藿烷类化合物,含少量萘、菲、芘、萤蒎、屈、苯并北、北等多环芳烃^[6],吉林舒兰褐煤优势组分是萘烯、萘、菲等其它芳烃化合物含量很低^[8]。云南泥炭藓煤是生产褐煤蜡的重要原料,其芳烃组

分主要不是苯、萘、菲等多环芳烃及其烷基衍生物,而主要是四环芳构化的五环萘烷,以及三环芳构化的五环萘烷,二环芳构化的四环萘烷,未检出苯并藿烷和断藿烷。河北苏桥残殖煤是一种富氢低成熟煤,芳烃馏分中主要组成为苯、萘、菲、芘的烷基衍生物,检出一些特征性陆源高等植物标志物:卡达烯、蒽烯和西蒙内莉烯。此外,苯并藿烷及断藿烷是其普遍检出的化合物,单芳和三芳甾烷十分丰富。贵州水域燧藻煤是一种富含藻质体的富氢特种煤,芳烃组分主要是萘、菲的甲基取代物,三甲基萘是芳烃总离子流的主峰,含有卡达烯及其异构体,并含比较丰富的苯并藿烷以及芳香断藿烷^[6]。吐哈盆地煤系与上述各类特种煤相比,芳烃的分布特征呈现明显的差别。吐哈盆地煤芳烃的主要组分是萘、菲系列和三芴系列,也含较丰富的三芳甾烷和苯并藿烷系列,检出陆源高等植物输入的特征性标志物:卡达烯、蒽烯和蒹,检出指示还原环境的标志物北、苯并北、晕苯以及苯并萘并噻吩系列,此外还含有主要形成于咸水—半咸水沉积环境的脱羟基维生素 E 系列,煤系泥岩芳烃的主要组分是菲系列、北、苯并北和晕苯,尤其是苯并北是芳烃总离子流图中的主峰,其它芳烃化合物相对含量较低(表 1,图 4)。

4 结 语

通过上述煤系源岩芳烃分布特征的分析表明,吐哈盆地的成煤环境具有特殊性,其煤成油是在特

定的地质环境中形成的。煤系有机质主要来源于陆生高等植物,但树脂体含量很低,并曾受细菌等微生物某种程度的改造,藻类等低等水生生物也是重要母质之一。煤系是在一种多水的、频繁的浅湖—沼泽交替演变或湖泊—沼泽相形成的,煤系沉积环境比非煤系湖相沉积环境,水体盐度低,为淡水—半咸水介质,还原程度较弱,主要为弱还原—还原环境。

参 考 文 献

- [1] Noble, R A, Alexander, R and Kagi, R I et al. Tetracyclic diterpenoid hydrocarbons in some Australian coals, sediments and crude oils. *Geochim et Cosmochim. Acta*, 1985(49): 2141 ~ 2147.
- [2] Hoffmann, C F, Mackenzie, A S and Lewis, C A, et al. A biological marker study of coals, shales and oils from the Mahakam Delta, Kalimantan, Indonesia. *Chem. Geol*, 1984(42): 1 ~ 23.
- [3] 姜乃煌,黄第藩,宋孚庆等.不同沉积环境地层中的芳烃分布特征. *石油学报*, 1994, 15(3): 42~ 50.
- [4] 林壬子等.矿物燃料中多环芳烃的石油地球化学意义. *有机地球化学论文集*,北京:地质出版社,1987,129~ 140.
- [5] 盛国英,傅家谟,沈汝浪等.检出于侏罗系沉积岩的一类新标志化合物——苯并藿烷. *地球化学*, 1985(1): 75~ 79.
- [6] 傅家谟,刘德汉,盛国英. *煤成烃地球化学*.北京:科学出版社,1990,157~ 196.
- [7] Aizenshtat. Perylene and its geochemical significance. *Geochim et Cosmochim. Acta* 1973(37): 559~ 567.
- [8] 戴卿林,梅博文.树脂二萜类的成岩产物及其热转变. *石油与天然气地质*, 1988, 9(2): 115~ 124.

Aromatic Hydrocarbon Compositions and Significance of Origin and Sedimentary Environments of Jurassic Coal-Measures Source Rocks from the Turpan-Hami Basin

Dai Qinglin¹ Hao Shisheng² Sheng Guoying¹ and Fu Jiamo¹

¹(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640)

²(Petroleum University, Beijing 100083)

Abstract

The distribution characteristics of the aromatic hydrocarbons of Jurassic coal-measures source rocks from the Turpan-Hami basin were been systematically studied in this paper. The results indicated that oil-generating coals from the Turpan-Hami basin had been formed in special sedimentary environments of coal-measures. The organic matter of coal-measures source rocks mainly came from higher plants, partly from lower aquatic living things, such as algae. The sedimentary environments of the coal-measures were mainly lake-marsh facies, freshwater-semisalt water, weakly reducing-reducing environments.

Key Words Turpan-Hami basin aromatic hydrocarbon sedimentary environment