

# 准噶尔盆地南缘煤成油的地球化学特征

惠荣耀 张继忠 孟仟祥

(中国科学院兰州地质研究所)

**提要** 齐古油田的原油来源于准噶尔盆地南缘中、下侏罗统的煤系地层,具有饱和烃与芳烃含量高, Pr/Ph > 2.5 的特征。原油与母岩的碳同位素组成有较好的一致性,都富集重组分。色质分析结果表明,离子特征峰具有典型陆源高等植物输入的标志。泥岩有机质的显微富氢组分占 20% 以上,它们富集于河流三角洲和水下冲积扇等地。在弱还原—还原环境的低演化阶段形成天然气,也能形成石油,在该盆地沿边缘呈带状分布。

**主题词** 煤成油 地球化学 生物标志化合物 模拟转化 煤岩显微组分

**第一作者简介** 惠荣耀 男 55岁 副研究员 有机地球化学 石油天然气地质学

煤、石油和天然气同属有机矿产,它们在形成上既有联系,又有区别,经常出现在同一沉积盆地中,准噶尔盆地也是油、气、煤并存。在南缘东起阜康古牧地背斜,西至齐古和乌苏托斯台背斜,油气显示沿天山北麓前缘展布。

本文根据有机质的生物标志化合物、模拟转化和煤岩组分资料,重点讨论齐古油田的油源及煤成油的地球化学特征,这对扩大石油勘探领域有重要意义。

## 一、源岩显微组分及地球化学特征

准噶尔盆地南缘侏罗系地层是统一水体、不同环境下的沉积。受温暖潮湿气候条件的影响,主要为河漫沼泽或滨湖沼泽。河道坡度小,水动力条件弱,是煤系地层沉积的有利场所。

在玛纳斯到呼图壁一带,八道湾组(J<sub>1b</sub>)沉积厚度为700—800m,西山窑组(J<sub>2x</sub>)为1000—1300m。稳定下沉的构造条件形成了巨厚的煤系地层,是盆地最重要的产煤层段,也为油气的生成提供了重要的母质来源。

在盆地南缘中、下侏罗统地层中,煤和

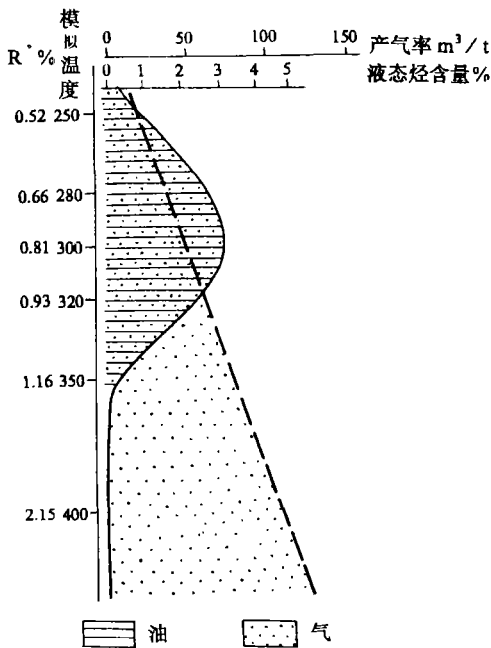


图1 准噶尔盆地侏罗系褐煤模拟转化图

Fig.1. Analogue change of Jurassic brown coal from Junggar basin

表1 准噶尔盆地南缘煤岩组分定量与生烃潜能

Table 1. Macerals and its hydrocarbon-productivity in southern margin of Junggar basin

样品 编号	煤阶	层位	煤岩组分定量%			有机碳	S <sub>1</sub> mg/g	S <sub>2</sub> mg/g	S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> mg/g	Tmax ℃	R <sup>o</sup> %
			镜质组	惰性组	壳质组						
乌苏—8	褐煤	J <sub>2x</sub>	79	10.57	10.77	63.78	2.85	96.4	99.25		0.39
石南—06	气煤	J <sub>2x</sub>	49	31	20	68.98	3.80	143.6	147.4		0.67
苇—09	长焰煤	J <sub>2x</sub>	83	7	10	78.86	13	128.2	141.2	436	0.60
石南—26	气煤	J <sub>2x</sub>	86.3	13.2	0.5	64.35	4.80	159.2	164	431	0.74
石南—20	气煤	J <sub>2x</sub>	78	17	5	73.61	2.85	127.9	130.7	433	0.77
乌—8	长焰煤	J <sub>2x</sub>	79	10	11	63.78	2.85	96.4	99.25	420	0.54
乌—1	褐煤	J <sub>1b</sub>	62	26	12	71	1.70	66.4	68.1	423	0.45

泥岩的生烃能力均高,各种煤的有机碳含量为63—79%,石河子南山煤矿气煤(J<sub>2x</sub>)的潜在产油量(S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub>)值为130—164mg/g,四棵树煤矿褐煤(J<sub>2x</sub>)为99.25mg/g(表1),八道湾组(J<sub>1b</sub>)黑色泥岩的潜在产油量值为72.6—99.7mg/g,都具有良好的生油能力。

盆地南缘的煤岩组分富含镜质组,次为惰性组和壳质组。在镜质组中以富氢基质镜质体、均质镜质体和结构镜质体占绝对优势(图版I,1、2)次为团块镜质体、碎屑镜质体和木质镜质体。壳质组中以基质壳质体和角质体为主(图版I,3、4),次为孢子体、树脂体。惰性组中最常见的有丝质体、半丝质体和碎屑惰性体(图版I,5、6),次为微粒体。从总的趋势看,煤岩组分产油能力是:壳质组>镜质组>惰性组。在玛纳斯至阜康一带的中、下侏罗统地层中有两层煤含壳质组达20%以上,无疑这为生油提供了有利条件。乌苏四棵树的褐煤含镜质组达90.37%,从模拟转化图上可以看出,在低演化阶段既可形成天然气,也有液态油产出(图1),当R<sup>o</sup>值为0.45—1.2%时出油,0.8—0.9时为生油高峰,这表明镜质组不但能生气,而且也是一种良好的生油母岩。盆地南缘侏罗系泥岩中有机质含量大部分都低于30%,泥岩沉积厚度大,生烃潜力巨大。在其显微组分中,镜质组仍占优势,某些泥岩的有机质中,壳质组的含量可达到30%以上。因此盆地南缘中、下侏罗统煤系地层中的泥岩也具有形成工业性油气藏的能力。

## 二、生物标志化合物的分布特征

齐古油田位于准噶尔盆地南缘侏罗系凹陷中,其原油生物标志化合物的分布及碳同位素组成与中、下侏罗统地层中的煤及暗色泥岩有较好的一致性,充分显示了煤系地层生油的地球化学特征。

原油正构烷烃主峰碳为C<sub>15</sub>—C<sub>19</sub>,C<sub>21</sub><sup>-</sup>/C<sub>22</sub><sup>+</sup>的比值为1.80—3.42,表明轻组分含量很高。原油中姥/植比为3.0—5.57,Pr/nC<sub>17</sub>为0.16—0.55,Ph/nC<sub>18</sub>为0.03—0.28。

从侏罗系煤和泥岩样品中检出了丰度不同的C<sub>15</sub>—C<sub>16</sub>二环倍萜。在C<sub>15</sub>H<sub>28</sub>的同分异构体中以8β(H)一补身烷为主峰,在C<sub>16</sub>H<sub>30</sub>同分异构体中以3β(H)一高补身烷为主

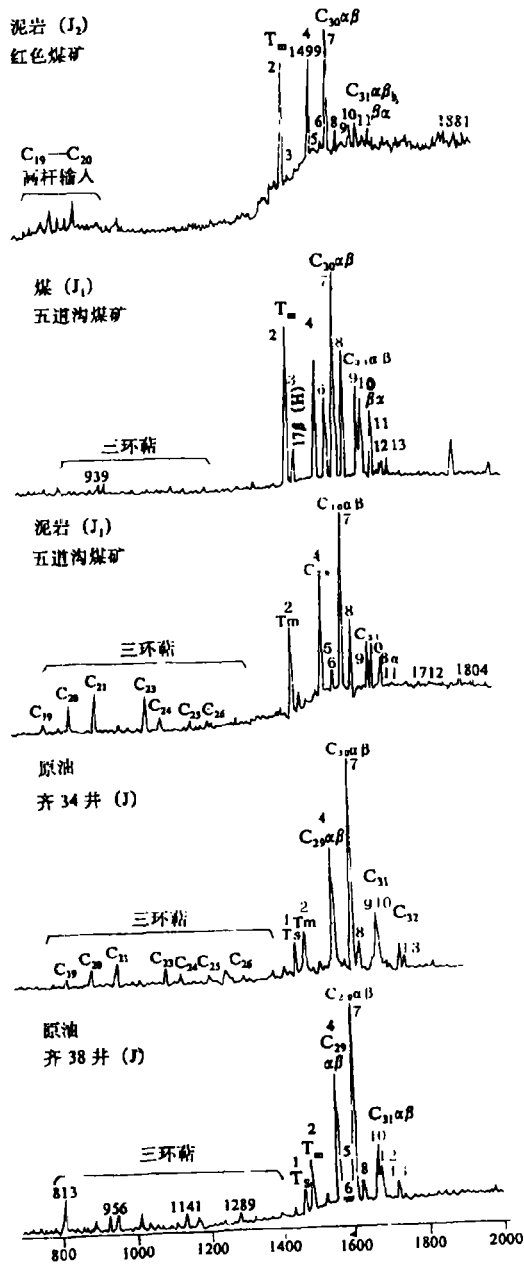


图 2 藿类  $m/z$ 191 质量色谱图

Fig. 2.  $M/Z$  191 mass chromatogram of hopenoids

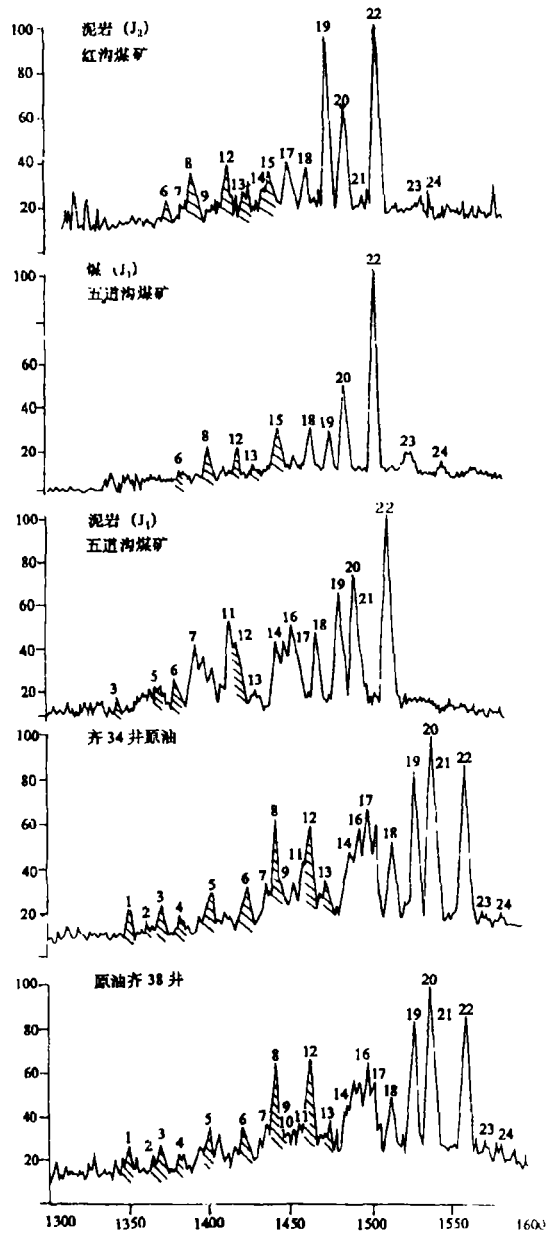


图 3 甾烷  $m/z$ 217 质量色谱图

Fig. 3.  $M/Z$  217 mass chromatogram of steranes

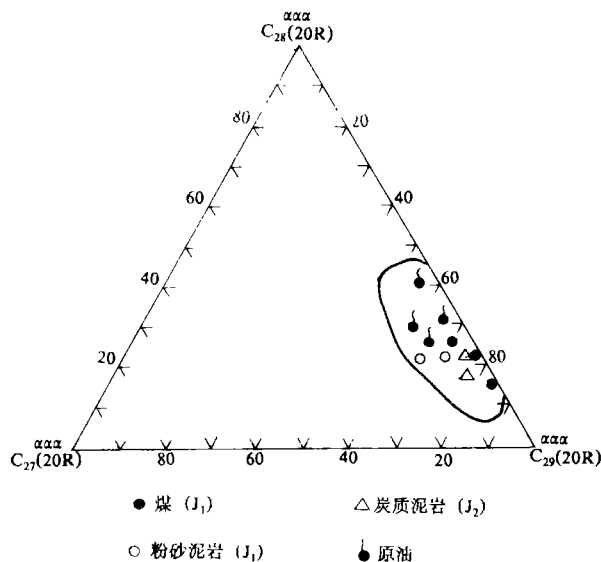


图4 甾烷 $\alpha\alpha\alpha$  (20R)  $C_{27}$ 、 $C_{28}$ 、 $C_{29}$ 关系三角图

Fig. 4. Triangular diagram of  $\alpha\alpha\alpha C_{27}$ ,  $C_{28}$ ,  $C_{29}$ sterane (20R)

齐34井原油

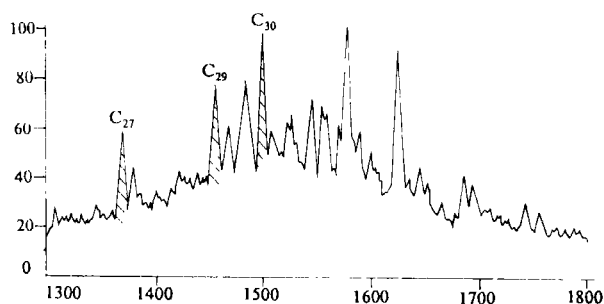


图5  $m/z$  123  $C_{27}$ 、 $C_{29}$ 、 $C_{30}$  断甾烷质量色谱图

Fig. 5.  $M/Z$  123 mass chromatogram of 8.14-secohopane

峰。但在原油中，上述分子的丰度较低。

在碳质泥岩和煤样中含有较丰富的海松型三环二萜烷、偏枝烷型四环二萜烷和西蒙内利烯、松香等高等植物输入的生物标志化合物。在齐古油田34井、38井原油中检出了一定量的四环二萜烷。海松型三环二萜烷和基峰为  $m/z$  123 的三环萜烷。

从  $m/z$  191 质量色谱图中可以看出齐古油田原油及泥岩、煤中都检出了  $C_{27}$ — $C_{32}$  五环三萜类化合物，均以  $17\alpha$  (H)  $21\beta$  (H) 藿烷丰度最高 (图2, 表2)。

齐古原油同侏罗系泥岩、煤的甾烷分布特征相似 (图3, 表3)。均以  $C_{29}$  谷甾烷占绝对优势,  $C_{28}$  麦角甾烷很少,  $C_{27}$  胆甾烷痕量。都集中分布在同一范围内 (图4), 说明主要来源于高等植物。

此外, 在齐古原油中还检出了  $C_{27}$ 、 $C_{29}$ 、 $C_{30}8 \cdot 14$ —断藿烷化合物 (图5)。8·14—断藿烷是在成岩作用过程中, 热力作用下, 藿烷骨架中较脆弱的  $C_{8-14}$  键断裂的产物, 是来自煤系地层的生物标志化合物。

齐古原油的稳定碳同位素  $\delta^{13}C$  值为  $-25.5$ — $-29.9\%$ 。侏罗系泥岩为  $-26.6$ — $-36.5\%$ 。煤为  $-24.7$ — $-32.3\%$ 。不仅进一步证明

了齐古油田的原油是来自侏罗系煤系地层, 而且也说明了煤成油的碳同位素组成富集重组分。

中、下侏罗统泥岩、煤样中  $\sum$  重排甾烷 /  $\sum$  甾烷 为  $0.14$ — $0.19$ , 原油为  $0.31$ 。  $C_{29}5\alpha\beta\beta / \beta\beta + \alpha\alpha$  值, 原油为  $0.54$ — $0.55$ , 煤和岩样均小于  $0.43$ 。原油与泥岩和煤中的  $Ts/Tm$  值均较低, 为  $0.02$ — $0.15$ 。  $C_{31}\alpha\beta S / S+R$  值均在  $0.54$ — $0.75$  之间。下侏罗统泥岩样品的 OEP 值为  $1.51$ — $1.64$ , 表现了明显的奇偶优势。油层深度为  $500$ — $1100m$ , 而南缘侏罗系地层埋深  $1800m$  以内的  $R^0$  值均小于  $1.0\%$ , 显然石油是在成岩作用的低成熟阶段生成

表 2 萘类化合物鉴定表

Table 2. Identification of hopenoids compounds

峰号	分子量	分子式	名 称
1	370	C <sub>27</sub> H <sub>46</sub>	18 $\alpha$ (H) 三降萘烷 T <sub>r</sub>
2	370	C <sub>27</sub> H <sub>46</sub>	17 $\alpha$ (H) 三降萘烷 T <sub>m</sub>
3	370	C <sub>27</sub> H <sub>46</sub>	17 $\beta$ (H) 三降萘烷
4	398	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub>	17 $\alpha$ (H) 21 $\beta$ (H) 降萘烷
5	412	C <sub>30</sub> H <sub>52</sub>	$\gamma$ -羽扇烷
6	398	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub>	17 $\beta$ (H) 21 $\alpha$ (H) 降萘烷
7	412	C <sub>30</sub> H <sub>52</sub>	17 $\alpha$ (H) 21 $\beta$ (H) 萘烷
8	412	C <sub>30</sub> H <sub>52</sub>	17 $\beta$ (H) 21 $\alpha$ (H) 萘烷
9	426	C <sub>31</sub> H <sub>54</sub>	17 $\alpha$ (H) 21 $\beta$ (H) -22S-升萘烷
10	426	C <sub>31</sub> H <sub>54</sub>	17 $\alpha$ (H) 21 $\beta$ (H) -22R-升萘烷
11	426	C <sub>31</sub> H <sub>54</sub>	17 $\beta$ (H) 21 $\alpha$ (H) -升萘烷
12	440	C <sub>32</sub> H <sub>56</sub>	17 $\alpha$ (H) 21 $\beta$ (H) -22S-二升萘烷
13	440	C <sub>32</sub> H <sub>56</sub>	17 $\alpha$ (H) 21 $\beta$ (H) -22R-二升萘烷

的, 说明准噶尔盆地南缘的煤成油具有低成熟的特征。

### 三、 结 论

综上所述, 煤成油具有如下地球化学特征:

1. 饱和烃、芳香烃含量高, 非烃、沥青质含量很低。

2. 具有低碳数正构烷烃优势和姥鲛烷优势, Pr / Ph > 2.5。

3. 原油中含有典型高等植物输入的生物标志化合物, 如西蒙内利烯、偏枝烷型四环二萜烷等, 并且谷甾烷的含量高。

4. 原油碳同位素富集重组分。

从煤岩学观点看, 煤岩组分可以是油气母质, 其生烃能力为壳质组 > 镜质组 > 惰性组。准噶尔盆地南缘煤系地层中的煤岩组分富含氢镜质组多, 可以生气也可以生油。含煤层系中的湖相泥岩也是重要的油气源岩。

在侏罗纪沉积盆地边缘, 三角洲与水下冲积扇等发育, 沉积物由高能区进入低能区, 其中的有机质便沉淀下来, 使沼泽化的湖相泥岩中有机质富集。盆地边缘受波状运动影响显

表 3 甾烷化合物鉴定表

Table 3. Identification of sterane compounds

峰号	分子量	分子式	名 称
1	372	C <sub>27</sub> H <sub>48</sub>	13 $\beta$ (H) 17 $\alpha$ (H) -重排甾烷-20S
2	372	C <sub>27</sub> H <sub>48</sub>	13 $\beta$ (H) 17 $\alpha$ (H) -重排甾烷-20R
3	372	C <sub>27</sub> H <sub>48</sub>	13 $\alpha$ (H) 17 $\beta$ (H) -重排甾烷-20S
4	372	C <sub>27</sub> H <sub>48</sub>	13 $\alpha$ (H) 17 $\beta$ (H) -重排甾烷-20R
5	386	C <sub>28</sub> H <sub>50</sub>	13 $\beta$ (H) 17 $\alpha$ (H) -重排甾烷-20S
6	386	C <sub>28</sub> H <sub>50</sub>	13 $\beta$ (H) 17 $\alpha$ (H) -重排甾烷-20R
7	372	C <sub>27</sub> H <sub>48</sub>	$\alpha\alpha\alpha$ -20S-胆甾烷
8	400	C <sub>29</sub> H <sub>52</sub>	13 $\beta$ (H) 17 $\alpha$ (H) -重排甾烷-20S
9	372	C <sub>27</sub> H <sub>48</sub>	$\alpha\beta\beta$ -20R-异胆甾烷
10	372	C <sub>27</sub> H <sub>48</sub>	$\alpha\beta\beta$ -20S-异胆甾烷
11	372	C <sub>27</sub> H <sub>48</sub>	$\alpha\alpha\alpha$ -20R-胆甾烷
12	400	C <sub>29</sub> H <sub>52</sub>	13 $\beta$ (H) 17 $\alpha$ (H) -重排甾烷-20R
13	400	C <sub>29</sub> H <sub>52</sub>	13 $\alpha$ (H) 17 $\beta$ (H) -重排甾烷-20S
14	386	C <sub>28</sub> H <sub>50</sub>	$\alpha\alpha\alpha$ -20S-24 甲基-胆甾烷
15	400	C <sub>29</sub> H <sub>52</sub>	13 $\alpha$ (H) 17 $\beta$ (H) -重排甾烷-20R
16	386	C <sub>28</sub> H <sub>50</sub>	$\alpha\beta\beta$ -20R-24 甲基-异胆甾烷
17	386	C <sub>28</sub> H <sub>50</sub>	$\alpha\beta\beta$ -20S-24 甲基-异胆甾烷
18	386	C <sub>28</sub> H <sub>50</sub>	$\alpha\alpha\alpha$ -20R-24 甲基-胆甾烷
19	400	C <sub>29</sub> H <sub>52</sub>	$\alpha\alpha\alpha$ -20S-24 乙基-胆甾烷
20	400	C <sub>29</sub> H <sub>52</sub>	$\alpha\beta\beta$ -20R-24 乙基-异胆甾烷
21	400	C <sub>29</sub> H <sub>52</sub>	$\alpha\beta\beta$ -20S-24 乙基-异胆甾烷
22	400	C <sub>29</sub> H <sub>52</sub>	$\alpha\alpha\alpha$ -20R-24 乙基-胆甾烷
23	414	C <sub>30</sub> H <sub>54</sub>	4-甲基-甾烷
24	414	C <sub>30</sub> H <sub>54</sub>	4-甲基-甾烷

著,构造的多旋回使煤系地层一直处于低演化阶段,延长了形成液态烃的时间。因而面积小的盆地,煤成油可以在盆地中心分布。在大型沉积盆地,如本文讨论的准噶尔盆地,往往沿盆地边缘呈环一半环带状分布。

收稿日期: 1989年7月18日

### 参 考 文 献

- (1) 范光华和李建新, 1985, 准噶尔盆地南缘油源探讨, 新疆石油地质, 6卷4期。
- (2) 李建新, 1988, 准噶尔盆地南缘西部煤成油地化特征及勘探有利地区, 新疆石油地质, 9卷4期。
- (3) 尚慧云等, 1989年句容盆地龙潭组煤成烃地球化学特征, 石油实验地质, 11卷1期。
- (4) 何剑, 1989准噶尔盆地南缘西部油苗, 新疆石油地质, 10卷1期。
- (5) 菲尔普, R.P., 1987化石燃料生物标志物—应用与谱图, 科学出版社。

## GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF COAL-TYPE OIL IN SOUTHERN MARGIN OF JUNGGAR BASIN

Hui Rongyao Zhang Jizhong Meng Qianxiang

(Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica)

### Abstract

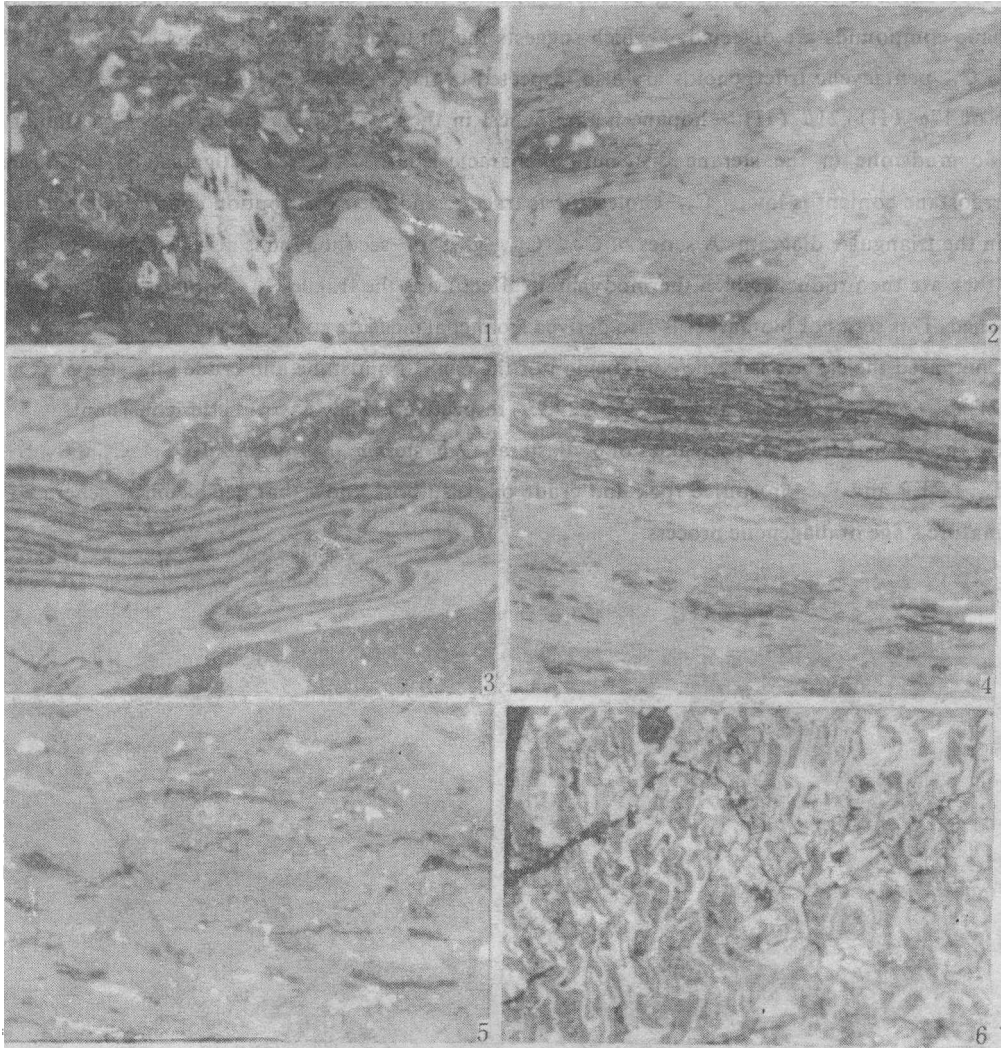
The Qigufield is located in the depression formed during the Jurassic period and in the southern margin of the Junggar basin. Usually the vitrinite content is the most in macerals of coal and dark mudstone but the exinite content is more than 20% in the two coalbed, the matrix vitrinite enriching hydrogen is principal in the vitrinite group, which is of great advantage to liquid hydrocarbon being generated in coal measure strata of the depression. The  $(S_1+S_2)$  values analyzed by Rock Eval range from 130 to 164 mg/g in the gas coal and 99.25% mg/g in the brown coal from the Xishanyao group ( $J_{2x}$ ), and those values range between 72.6 and 99.7 mg/g in the dark mudstone from the Badaowan group ( $J_{1b}$ ). They suggest that both coal and mudstone have a better oil-generated productivity. The brown coal ( $J_{2x}$ ) enriches vitrinite as high as 90.37% in Sikeshu, Wushu, from the thermoanalogue-change illustration, it can be seen that the oil flow out when  $R^\circ$  values are 0.45 to 1.2%, and the highest peak generated oils at the stage of  $R^\circ$  ranging from 0.8 to 0.9%. This shows that the vitrinite can not only generate gas but also is a better source material. Generally the content of organic matter from the Jurassic system is less than 30% in the southern margin of the Junggar basin, and the depositional thickness of mudstone is very great, which shows that the potentiality of hydrocarbon generation is high. The vitrinite still dominates in mudstones, and the exinite content reaches 30% and over in macerals of some mudstone, and therefore the dark mudstone of the Jurassic system also is a better oil-generated source material.

Judged by the distribution characteristics of biomarkers, the crude oil of Qigufield is related to coal and dark mudstone from Xishanyao ( $J_{2x}$ ) and Badaowan ( $J_{1b}$ ) group, and the crude oil belong to

coal-type oil. The richer  $C_{19}$  to  $C_{20}$  abietic, pimaric tricyclic diterpane and phyllocladane tetracyclic diterpane compounds are detected, which suggests the input of richer terrigenous higher plant. Besides  $C_{27}$  to  $C_{32}$  pentacyclic triterpenoids are also inspected in the crude oil and source rock, and the abundance of  $17\alpha$  (H)  $21\beta$  (H) -hopane is the highest in them. The Qigu crude oil is also similar to the Jurassic mudstone in the sterane distribution characteristics, the  $C_{29}$ -stigmastane is dominant,  $C_{28}$ -ergostane content is low,  $C_{27}$ -cholestane is trace, and their distribution concentrates on the same area in the triangular diagram. A series of  $C_{27}$ ,  $C_{29}$ ,  $C_{30}$  8.14-secohopane is also determined in the crude oil, they are the products which thermodynamic affect leads the fragile  $C_{8-14}$  bond of hopane skeleton to be opened. This series of biomarker is also derived from coal measure strata.

Compared the carbon isotopic composition of the coal, mudstone and crude oil, the  $\delta^{13}C$  is  $-24.7$  to  $-32.3\%$ ,  $-26.6$  to  $-36.5\%$  and  $-25.5$  to  $-29.9\%$  respectively. They have a better consistent.

On the basis of study on the values of  $\sum$  diasterane /  $\sum$  sterane,  $C_{29}\alpha\alpha S / R+S$ ,  $C_{31}\alpha\beta S / S+R$ ,  $T_i / T_m$ , OEP and  $R^\circ$  in source rock and crude oil, authors know that petroleum is generated at the low-mature stage of diagenetic process.



1.台7井 长焰煤  $J_1b$  井深 1584.74m 分布在基质镜质体中的壳质体 (黑色)、团块镜质体 (浅灰色) 和丝质体 (白色)、光片、油浸反光  $400\times$  2.昌141井 气煤  $J_1b$  井深 610m 基质镜质体中分布着团块镜质体、小孢子体 (黑色) 和碎屑惰性体 (白色) 光片 油浸反光  $400\times$  3.台7井 长焰煤  $J_1b$  井深 1584.74m 分布在镜质组中的角质体 光片 油浸反光  $400\times$  4.昌143井 褐煤  $J_2x$  井深 513—515m 在腐殖组中分布的小孢子体 (黑色), 角质体 (黑色) 和惰性组 (白色) 光片 油浸反光  $400\times$  5.昌141井 气煤  $J_1b$  井深 90m 分布在镜质组中的小孢子体 (黑色) 和碎屑惰性体 (白色) 光片 油浸反光  $400\times$  6.台7井 长焰煤  $J_1b$  井深 1584.74m 丝质体、胞腔中充填着碎屑惰性体和粘土 光片 油浸反光  $400\times$