

# 珠江口盆地下第三系烃源岩 有机岩石学特征及生烃潜力

陈道秀 林洪枝 杨展飞

(中国海洋石油总公司南海东部公司, 广州 510240)

**摘要** 本文主要应用透射光、反射白光和荧光相结合的综合光学法对珠江口盆地下第三系烃源岩的有机显微组份进行了煤岩学鉴定及荧光参数的测试,并采用了透射电子显微镜(TEM)新技术对镜质组份中的超微组份进行研究。通过热解模拟剖析了不同显微组份组合烃源岩的生烃潜力。(1)发现了本区显微组份的独有特征,即镜质组本体中镶嵌有丰富的壳质和腐泥组份,并命名为壳镜组,同时结合无定形的细分,划分了壳镜组的亚组份。(2)在高倍透射电子显微镜下对镜质组中的超微类脂体进行了划分定量。(3)盆地烃源岩共划分了三种类型、七个显微组份组合,其中 $A_2, B_1$ 是主要给合,其次是 $B_2$ ,明确了壳镜组和超微类脂体是主要生烃母质。(4)研究了不同显微组份组合的生烃潜力,壳镜组具有单位有机碳生烃潜力高的特点,肯定了盆地的含油远景。

**关键词** 有机岩石学 壳镜组 超微类脂体 生烃潜力

分类号 P 618.130.1

第一作者简介 陈道秀 女 51岁 高级地质师 石油地质

## 1 前言

珠江口盆地存在四套生油层,上第三系海相的珠江组( $N_{2j}$ ),下第三系海陆过渡相的珠海组( $E_{3zh}$ )和陆相的恩平组( $E_{2-sep}$ )、文昌组( $E_{2wc}$ ),以陆相的文昌组和恩平组为主要生油层。

本区烃源岩虽以陆源高等植物为主要母质来源,但据各项有机地球化学特征研究表明,干酪根类型多为II<sub>1</sub>-II<sub>2</sub>型,少数I型和III型,且细菌作用明显。热模拟实验以产油为主,勘探实践亦主要产油。但是在传统的透射光下,干酪根组份却以产气的镜质组为主,一般70%以上。因此,研究烃源岩的组成以及镜质组份的特殊性不仅非常重要,而且是迫切需要解决的问题。

应用透射光、反射白光和荧光相结合的综合光学法研究了盆地的陆相烃源岩。大大提高了鉴别有机显微组份的能力,重新划分了烃源岩的显微组份和亚显微组份,深入研究了原传统定为镜质组份中的富氢组份的数量和种类,首次提出单独划分并命名了壳镜组,革新了以往的传统分类。同时应用电子透射显微镜这一最新技术,有效地识别了原镜质体中小于 $1\mu m$ 具有复杂微细类脂体进而以新的分类标准对盆地不同类型烃源岩划分了显微组份组合,通过热解模拟剖析了不同组合的生烃潜力。

该研究成果不仅从本质上揭示了盆地生油岩生源的特殊性,而且在有机岩石学中对镜质组的研究有所发展。

## 2 烃源岩有机岩石学特征

### 2.1 实验方法及步骤

采用透射光和反射白光、反射荧光相结合的综合光学法研究盆地烃源岩的有机显微组份。

样品粉碎至20~40目,加氢氟酸、盐酸处理去掉无机组份,富集有机质。湿样用来制备薄片,在透射光下鉴定及显微照相,另一部分样品经冷冻烘干后制备光片。在800倍油浸反射白光和荧光下鉴定区分有机显微组份,在机械台上按点距0.1mm,行距0.2mm,以目镜十字丝中心压的组份统计,求出总点数及各组份的百分含量,进而进行有机质类型划分。

共分析样品36块,其中泥岩样25块,煤样7块,碳质泥岩4块,以文昌组和恩平组样品为主,样品来自盆地各凹陷不同沉积相带,不同层位<sup>①</sup>。

### 2.2 有机显微组份分类

分析结果发现,盆地烃源岩中除了常见的四种组份——腐泥组、壳质组、镜质组、惰质组外,还有含量相当丰富的腐泥、壳质和镜质体的混合组份,这类组份在白光下以镜质组为主,但明显有别于典型的镜质组,本体内夹有壳质或腐泥的成份,显示黄色、桔黄色荧光。这种混合组份在该盆地所占比例很大,成为本区生源物组成上的一种独有特征,因此将其单独划分出来,命名为壳镜组。并根据混合比例的不同,结合荧光强度,划分了三种显微组份:壳镜体A壳镜体B荧

① 样品由地矿部石油地质中心实验室王从风、熊玉文等分析。

光镜质体

同时将不同生物降解的无定形有效地区分开来,依据不同原始母质及产烃能力分为四类:无定形I、无定形II、无定形III和无定形IV,并将后两种并入壳镜组

有机显微组份分类见表 1

表 1 有机显微组份分类表

Table 1 Classification of macerals

组份	显微组份	亚显微组份	
腐泥组	藻质体	单体藻 群体藻	
	无定形体I		
壳质组	树脂体 荧光质体 孢粉体		
	角质体 木栓质体 菌类体		
	壳屑体 无定形体II 渗出体		
壳镜组	1	壳镜体 A	富壳镜质体 腐殖腐泥体
		无定形体III	
	2	壳镜体 B	贫壳镜质体 腐泥腐殖体
		无定形体IV 荧光镜质体	
镜质组	结构镜质体 无结构镜质体		
	镜屑体 腐殖基质体		
惰质组	丝质体 半丝质体 惰屑体		

2.3 有机显微组份的岩石学和特征

2.3.1 腐泥组 (Sapropelinite)

主要是藻类及其它低等水生生物腐化作用的产物,包括单细胞藻和群体藻等藻质体 (Alginite)以及藻类降解的产物无定形I (Amorphous I)。透射光下为黄色、棕黄色,油浸反光下呈褐色、褐棕色,具较强荧光,呈黄绿色、浅黄色、亮黄色。

2.3.2 壳质组 (Liptinites)

源于高等植物的孢子花粉和角质层等组织器官,以及植物组织分泌物及其降解物质,荧光特征是该组份的主要鉴别标志。其显微组份有树脂体 (Resinite)、荧光质体 (Fluorinite)、孢粉体 (Sporinite)、角质体 (Cutinite)、木栓质体 (Suberinite)、菌类体 (Sclerotinite)、壳屑体 (Liptodetrinite)、无定形体II (Amorphous II)及渗出体 (Exsudatinites) 均呈较强荧光,为浅黄色、黄绿色、橙黄色。

需要说明的是,分析中发现,本区树脂体有三种类型(图版III)。

I 类树脂体: 荧光极强,绿色至黄绿色,随幅照时间增加,荧光强度衰减。

II 类树脂体: 为个体较大的圆形、椭圆形颗粒,黄色荧光,随幅照时间增长,荧光强度增加。

III类树脂体: 呈长条形,圆形充填于木质组织细胞,荧光强度弱,褐色—橙色,但随幅照时间延长,荧光强度增加的程度很大。

2.3.3 壳镜组 (Exino-vitrinite)

包括壳镜体 A 无定形体III、壳镜体 B 无定形体IV 及荧光镜质体。

壳镜组是壳质、腐泥和镜质组的混合组份,是高等植物木质纤维组织凝胶化作用过程中,菌藻及一些类脂物质进入到镜质体或其结构中,改变了镜质组份的性质,导致镜质体中氢含量的增加,因此具有不同程度的荧光性。透射光下为褐色、棕色,油浸反光下为棕褐色、褐色,荧光下呈黄色、桔黄色、棕色等。

根据镜质体中含类脂物的数量和降解程度又分为壳镜体 A 和壳镜体 B

壳镜体 A (Exino-vitrinite A) (图版I)

镜质体中类脂物的含量大于 30%,其降解产物称为腐殖腐泥体。

壳镜体 B (Exino-vitrinite B) (图版II)

镜质体中含较少的类脂物质,其降解产物为腐泥腐殖体。

无定形体III (Amorphous III) (图版III)

主要是高等植物的类脂物质与水生植物中的腐殖质降解的产物,具纤维状结构。油浸反光下呈褐棕色、棕色,荧光下呈棕色、黄褐色等。

无定形体IV (Amorphous IV)

油浸反光下与镜质体相似,但在荧光下发褐红色、暗褐色。

2.3.4 镜质组 (Vitrinite)

高等植物木质纤维组织凝胶化作用的产物。白光下呈灰色、浅灰色,无荧光性,包括结构镜质体、无结构镜质体、镜屑体和腐殖基质体。

2.3.5 惰质组 (Inertinite)

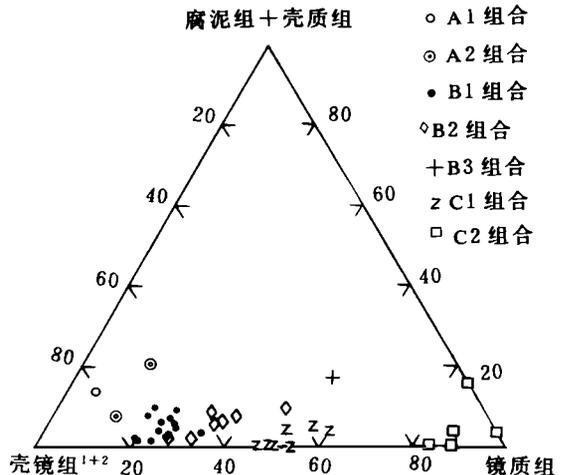


图 1 干酪根显微组份三角图

Fig. 1 Triangle diagram of kerogen macerals

高等植物的木质纤维组织在丝炭化作用下的产物。透射光下近黑色,油浸反光下呈白色,亮黄白色,无荧光性。包括丝质体、半丝质体和惰屑体。

根据 36 块样品的有机显微组份鉴定及定量统计,珠江口盆地地下第三系烃源岩有机显微组份共有五大类:腐泥组、壳质组、壳镜组、镜质组、惰质组(表 1)。文中腐泥组含量小于 4%,壳质组含量绝大部分样品小于 10%,镜质组含量 20%~40%,惰质组很少,一般都在 2%以下,壳镜组含量很高,平均含量大于 50%,是本区生源物组成上的一种独有特征(图 1)。

#### 2.4 应用透射电子显微镜(TEM)研究镜质组中的超微组份

透射电子显微镜(TEM)可观察微米级( $\mu\text{m}$ )和微米级以下的组份,放大倍数 20 000~50 000 倍。可显示无结构镜质体中极为明显的非均质性,并根据其灰度确认镜质组中的超微类脂体。

##### 2.4.1 分析程序及方法

首先在立体双目镜下鉴定和富集镜质体,将其用金刚石刀片在瑞典产 LKB-5 型切片机上制备超薄(厚度 2 000Å)切片,在日本产 JEOL 分析型电子显微镜(带图象分析仪和能谱)下鉴定有机显微组份,并对超微类脂体定量统计<sup>①</sup>。

行分析,系统地研究了这类富含超微类脂组份镜质体的荧光性、光变特征及其产烃潜力,提出了含 8% 以上超微类脂体的镜质体属于富氢镜质体的认识,认为富氢镜质体的生油潜力主要来自所含超微类脂体<sup>[1]</sup>。据此可以推断,珠江口盆地的镜质组大多是富氢镜质体,具有良好的生油潜力。

表 2 镜质组和腐殖基质中超微类脂体含量

Table 2 Ultramicrolipitinite contents in vitrinite and humic degradinite

井号	层位	岩性	超微类脂体含量(%)
E12-1	E <sub>2-3</sub> ep	泥岩	12
P33-1	E <sub>2-3</sub> ep	泥岩	12
X24-3	E <sub>2-3</sub> ep	泥岩	8
H23-1	E <sub>2</sub> wc	泥岩	23
X33-2	E <sub>w</sub> c	泥岩	13
H08-1	E <sub>3</sub> zh	煤	5
E12-1	E <sub>2-3</sub> ep	煤	12
P33-1	E <sub>2-3</sub> ep	煤	15
P21-3	E <sub>2</sub> wc	煤	8

注:在 2.2 万倍 TEM 下统计结果

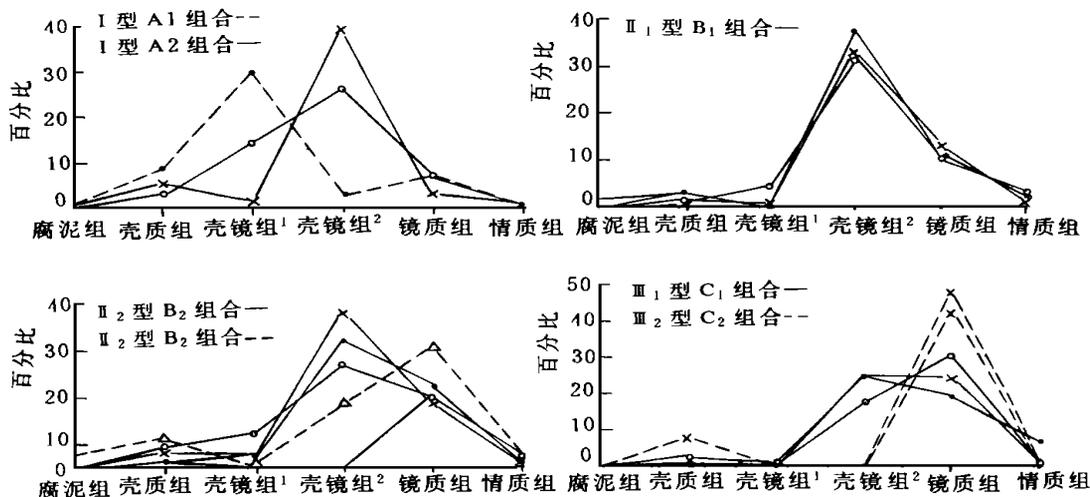


图 2 干酪根显微组份组合特征

Fig. 2 Characters of the maceral combination in kerogen

#### 2.4.2 TEM下镜质组份的有机岩石学特征

分析样品九块,其中泥岩五块,煤四块。

样品中的有机组份都经过强烈的细菌降解,多呈基质状。其中超微类脂组份的含量很丰富,散布在基质镜质体和矿物沥青基质中,在 22 000 倍 TEM 下统计,除一个样品的含量为 3% 外,其余含量均大于 8%,最高可达 23% (表 2)。

王飞宇博士曾对全国 29 个煤田和盆地 500 多块样品进

### 3 烃源岩显微组份组合及其生烃潜力

#### 3.1 显微组份组合划分

根据 36 块样品综合光学法分析结果,本区烃源岩可划分为五种类型干酪根有七种显微组份组合形式。

① 样品由中国石油大学王飞宇博士分析

I 型干酪根有  $A_1$  和  $A_2$  两种组合形式。 $A_1$  组合以 W19-1 井为代表, 显微组份中腐泥组+壳质组含量大于 20%, 壳镜组 1 含量较高, 大于 50%;  $A_2$  组合以 L13-2 井和 L13-1 井为代表, 腐泥组+壳质组含量低, 7%~14%, 壳镜组的含量很高, 大于 80%。

II 型干酪根以壳镜组为主, 腐泥组+壳质组小于 10%, 有三种组合形式, II<sub>1</sub> 型干酪根壳镜组大于 65%, 且有一定量的壳镜组 1, 属  $B_1$  组合; II<sub>2</sub> 型干酪根有两种组合形式, 仅有壳镜组 2, 其含量 50%~60%, 镜质组份含量也较高的属  $B_2$  组合。还有一种为  $B_3$  组合, 虽然镜质组大于 50%, 但由于腐泥组和壳质组高达到 16%, 提高了生油岩的质量, 该组合仅在一块样品中见到。本区烃源岩以  $B_1$  组合为主, 其次  $B_2$  组合。

III 型干酪根以镜质组份为主, 其含量都在 50% 以上, 最高可达 95%。有 2 种组合形式, III<sub>1</sub> 型干酪根有一定数量壳镜组 2, 其含量 > 35%, 属  $C_1$  组合, III<sub>2</sub> 型干酪根镜质组的含量 > 80%, 属  $C_2$  组合 (图 2)。

### 3.2 不同显微组份组合烃源岩的生烃特点

对 6 块泥岩样作热解模拟生烃实验, 泥岩样都为未熟和低成熟,  $R_o$  为 0.46%~0.54%。热解模拟的升温速率为 5°C/分, 每 5°C 记录一次热解烃量, 记录了样品在 200°C~600°C 相当于  $R_o$  为 0.52%~2.66% 的瞬时产烃量和产烃率<sup>②</sup>。

I 型干酪根的  $A_1$  和  $A_2$  显微组份组合的累积产烃量相差一倍多, 含较多腐泥组和壳质组的  $A_1$  组合为 26.44 mg/g 岩石, 主要为壳镜组的  $A_2$  组合为 10.89 mg/g 岩石。以单位有机碳计算累积生烃指数,  $A_2$  组合比  $A_1$  组合高, 分别为 579 mg/g 有机碳、541 mg/g 有机碳, 最终降解率分别为 48.08% 和 44.96%。

产烃规律也不同,  $A_1$  组合生烃开始早, 延续时间长, 主要生烃阶段相当  $R_o$  为 0.71%~0.98%, 在此之前共产烃 76%, 之后仍可生烃 24%; 而  $A_2$  组合生烃时间稍晚, 主要生烃阶段是  $R_o$  为 0.79%~1.09%, 在此之前已经生烃 94%, 之后生烃仅 6%。

以上说明, 以壳镜组为主的  $A_2$  组合生油岩具有生油母质质量好, 降解充分和主要生烃时间集中的特点, 其单位有机碳产烃量比  $A_1$  组合高。

II 型干酪根的生烃规律相似, 主要生烃阶段在  $R_o$  为 0.67%~1.1%, 之前已经生烃 72%~87%, 之后仍可生烃 13%~28%,  $B_1$  组合的累积生烃指数为 242 mg/g 有机碳, 最终降解率为 20.16%,  $B_2$  组合以上两参数分别为 157 mg/g 有机碳和 13.09%。

III 型干酪根的生烃规律与 II 型的相似, 由于其显微组份主要是镜质组, 累积生烃指数仅 95 mg/g 有机碳, 最终降解率 7.9%, 累积生烃量仅 1.71 mg/g 岩石 (表 3)。

表 3 不同显微组份组合生油岩热模拟生烃量和生烃史对比

Table 3 Hydrocarbon-generating amount and history derived from source rocks with different maceral combinations

样品 编号	类型	显微 组份 组合	井号	$R_o$ (%)	TOC (%)	累积 生烃量 (mg/g)	最 终 降解率 (%)	累 积 烃指数	开始生烃		主要生烃阶段				最终瞬时 生烃率 (%)	沉积相	
									温度 (°C)	$R_o$ (%)	温度 (°C)	$R_o$ (%)	累积生烃量 (%)				
													之前	区间			之后
1	I	$A_1$	W19-1	0.54	4.88	26.44	44.96	541			355	0.71	14	62	24	0.82	中深湖相
										- 435	- 0.98						
2		$A_2$	L13-2	0.55	1.88	10.89	48.08	579	270	0.55	380	0.79	12	82	6	0.02	中深湖相
											- 455	- 1.09					
3	II 1	$B_1$	X24-3	0.59	3.82	9.28	20.16	242			370	0.75	7	80	13	0.10	三角洲平 原沼泽相
4	II 2	$B_2$	X33-2	0.54	2.13	3.36	13.09	157			340	0.67	9	63	28	0.02	河流平原 沼泽相
5	III 1	$C_1$	X24-3	0.9	1.76	3.05	14.38	173	285	0.57	395	0.82	11	67	22	0.18	浅湖相
6	III 2	$C_2$	X24-3	0.46	1.80	1.71	7.89	95			345	0.68	8	80	12	0.02	浅海相

就模拟生烃量而言, I 型干酪根基本上是 II 型干酪根的三倍, 是 III 型干酪根的五倍, 其生烃量主要取决于壳镜组和超微类脂体的含量。盆地各凹陷中心的中深湖相主要为  $A_2$

组合, 周围地区以  $B_1$  组合为主, 其次  $B_2$  组合, 还存在少部分

② 热解模拟由北京石油勘探开发研究院作

的 C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> 组合。

综上所述, 珠江口盆地第三系烃源岩富含特殊的壳镜组和超微类脂体, 是该盆地最主要的生烃组分, 其含量决定了烃源岩具有较大的生烃潜力。

#### 参 考 文 献

[1] 王飞宇, 傅家谟, 刘德汉等. 煤和烃源岩镜质体中超微类脂体检

出及意义. 科学通报, 1993, 38(2): 151- 154.

[2] 王飞宇, 傅家谟, 刘德汉. 煤和陆源有机质烃源岩特点和有机组份分类. 科学通报, 1993, 38(23): 2146- 2151.

[3] Adrian Hutton. Fluorescence microscopy in oil shale and coal studies. Australia. Luminescence Microscopy. Quantitative and Quantitative Aspects 1991, 107- 114.

## Organic Petrography and Hydrocarbon Potential of Paleogene Source Rocks in The Pearl River Mouth Basin

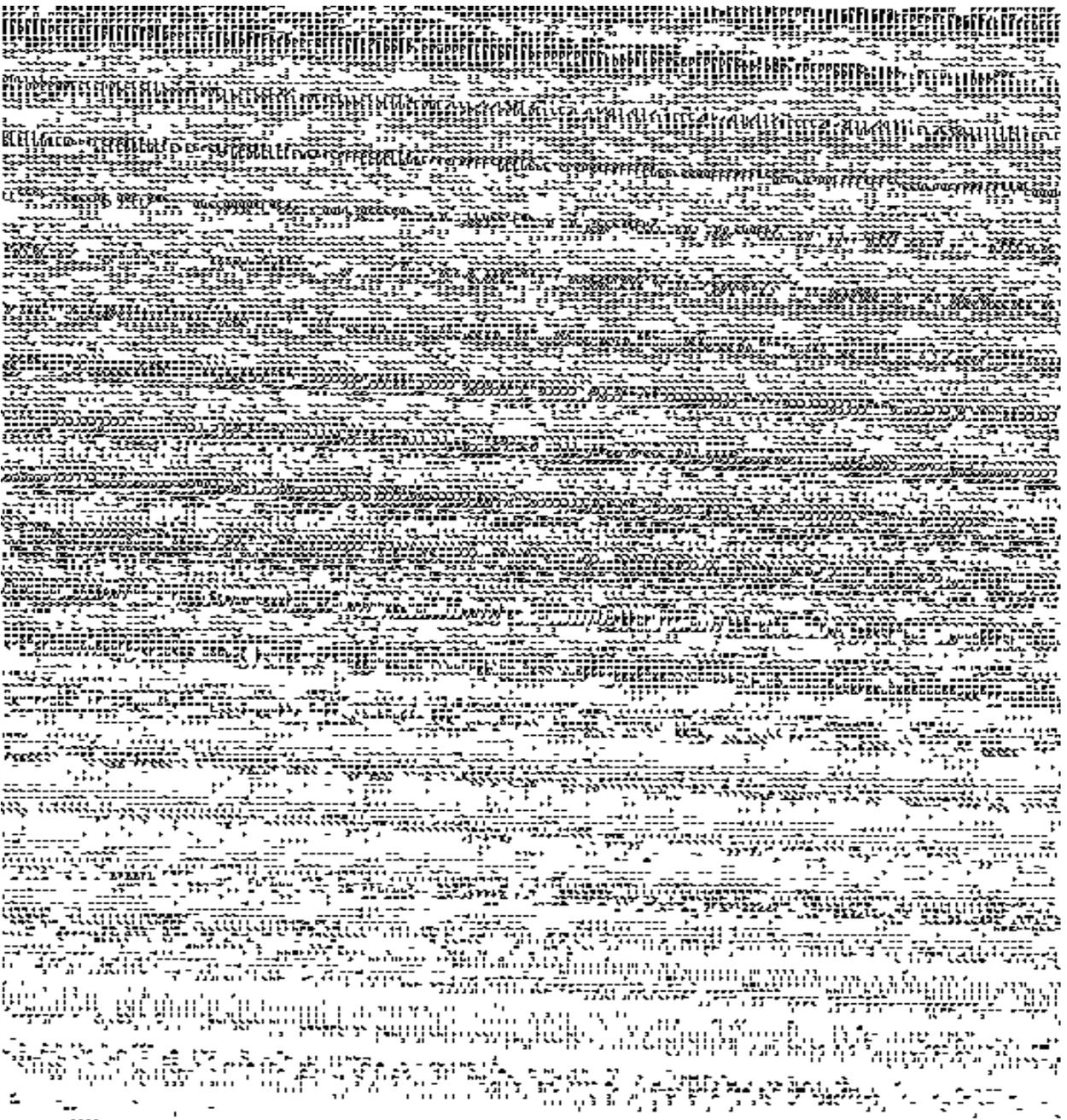
*Chen Daoxiu Lin Hongzhi and Yang Zhanfei*

(China Offshore East Nanhai Oil Corp, Guangzhou 510240)

### Abstract

Coal petrographical identification and fluorescence testing for organic macerals of Paleogene source rocks in the Pearl River Mouth Basin (PRMB) were carried out by using comprehensive microscopy method of combining transmitted light, reflected light and fluorescent light. The new technology of Transmitted Electronic Microscope (TEM) was also applied to study ultramicroliptinites in vitrinites. Pyrolysis simulation was used to evaluate the hydrocarbon potential of source rocks with different compositions of organic macerals. (1), A unique feature of macerals in the studied area was discovered, i. e. rich exinites and sapropellinites are embedded in the vitrinite, and a new name, exino-vitrinite was given for this kind of maceral. The exino-vitrinite was further divided into submacerals through integrating finer division of the amorphous; (2), Ultramicroliptinites were identified and quantitated under the highfold TEM; (3), The source rocks were classified into three types and seven assemblages of organic macerals, Among them the assemblages of A<sub>2</sub> and B<sub>1</sub> are the primary ones, B<sub>2</sub> the secondary. The exino-vitrinites and ultramicroliptinites are the main hydrocarbon generating matter in the basin. (4), Hydrocarbon potential of different assemblages of macerals was studied. The hydrocarbon potential per unit organic carbon of the exino-vitrinites is high which proves the oil and gas prospect in the PRMB.

**Key Words** organic petrography exino-vitrinites ultramicroliptinites hydrocarbon potential



图版说明

图版I 壳镜体 A(1. 反射光 2. 荧光) 图版II 壳镜体 B(3. 反射光 4. 荧光) 图版III I 类树脂体 II 类树脂体 III类树脂体