

## 微古生物化石丰度与油气藏生成

朱 神 照

(中原油田勘探开发研究院)

## 提 要

本文总结了孢粉、沟鞭藻等六个门类的化石在东濮凹陷下第三系地层纵向上各段的丰度,研究了沟鞭藻横向上的分布趋势,认为微古生物群的两个繁盛期与该地区两套主力生油层及两个油气藏具有一致性。从不同地区、不同层位研究了 500 多块干酪根样品的类型、丰度,认为富含沟鞭藻、绿藻,则其母质类型为 I 和 II<sub>1</sub> 类,在砂泥岩间互沉积层,若具有储油条件,并达到成熟阶段,便可找到油气藏。

主题词: 东濮凹陷 早第三纪 微古生物学 孢粉 沟鞭藻纲  
化石 丰度 干酪根类型 生油岩评价 油气藏形成

## 一、微古生物化石丰度与生油期

**1. 异常化石丰度** 沉积岩类的有机质主要由微体浮游植物、细菌、浮游动物和高等植物残体供给,其母质类型的差别取决于各沉积相域内不同环境与有机体的天然组成。

石油地质家认为,微体浮游植物是形成油源岩的主要原始生物。只有高产率的浮游生物才能为油气源岩提供丰富的母质<sup>(1)</sup>。微体浮游生物很大一部分指单细胞或群体多细胞植物和动物<sup>(2)</sup>,主要有甲藻、绿藻、硅藻、金藻、黄藻和颗石藻等,他们繁殖之快、数量之多,是造成化石丰度异常原因之一。根据国外资料报导,加利福尼亚的圣玛丽亚油田,其硅藻粘土层沉积达几百米,在生油层还发现含有丰富的沟鞭藻、孢粉化石组合<sup>(3)</sup>。

东濮地区下第三系孢粉、沟鞭藻等化石丰富,也反应了原始生物群丰富程度,如文 217 井、东 115 井、白 12 井生油层发现异常丰度化石层堆积(图 1)。

**2. 化石丰度的纵向变化与生油层及油气藏** 通过对东濮凹陷下第三系的 500 多口探井分析表明,纵向上沟鞭藻、绿藻、孢粉、介形类、腹足类、疑源类、鱼类等存在两个繁盛期化石组合(图 2),即以 *Bohaidina Quercoidites*, *Huabeinia trapezoidea*, *Nodusapyrgla sipala*, *Sinoplanorbis costopsis* 组合为第一繁盛期(沙河街组三段); *Sentusidinium Meliaceoidites*, *Phacocyris huminensis*, *Litornella turbiniformis*—*Stenothyra elegans* 组合为第二繁盛期(沙河街组一段)。以上两个组合是本区沙河街组化石富聚最多,分异度最高的组合,相应形成了沙三段和沙一段两套主力生油层及两个油气藏。

第一个生物群繁盛期丰富了油源母质,为沙三段自生自储油气藏提供了有机源泉。上始新统沙河街组三段沉积期,据统计沟鞭藻、绿藻有 33 属、82 种,孢粉 123 属、357 种,介形类 27 属、69 种,腹足类 31 属、69 种,超微化石颗藻 5 属、16 种,还有鱼类化石等。

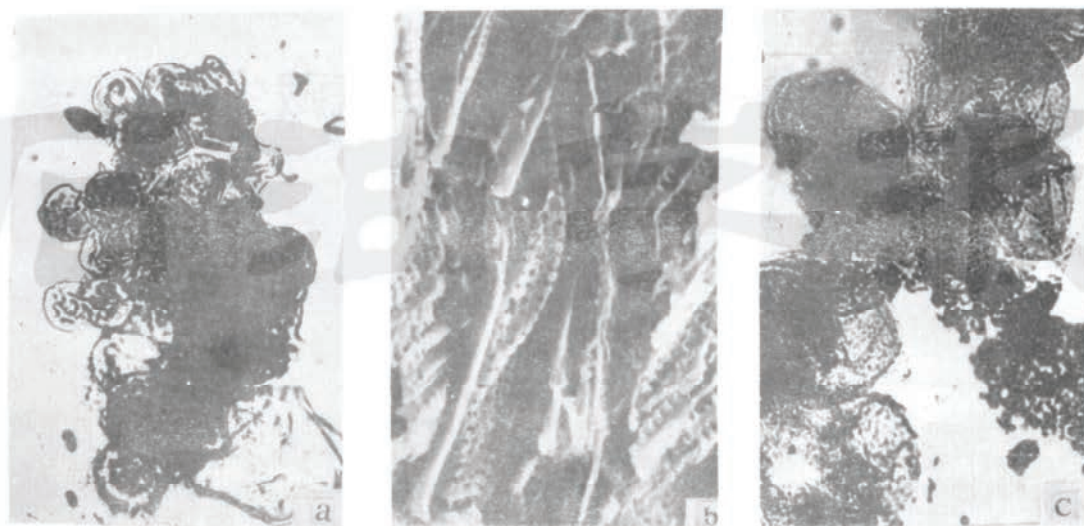


图1 东濮地区富聚藻类堆积层化石

Fig.1 Fossil from algae accumulative beds in Dongpu region

a—疑源类 Acritarchs; b—硅藻 Bacillariophy; c—沟鞭藻 Dinoflagellates

沙三段生油层分布面积广,厚度大,特别是东西两洼沉积区厚。全区460多口井的古生物资料中,有大量的沟鞭藻,绿藻等微体化石(图3)。在文明寨、卫城、濮城、文留、胡状集、东西两侧深洼、桥口、白庙、唐庄、马厂、三春集等地,沟鞭藻主要有 *Bohaidina*, *Parabohaidina*, *Sinocysta*, *Oligosphaeridium*, *Granodiscus*, *Leisphaeridia* 等,绿藻有 *Pediastrum*, *Campanis* 介形类化石主要有 *Huabeinia chinensis*, *H. costatispinata*, *H. huidongensis*, *H. trapezoidea*; *Candona binxianensis*, *C. aequalis*, *C. subarca* 等。介形类生物群化石密集成层,岩芯中有如芝麻饼排列于泥岩层;腹足类有 *Nodusapyrgula stpala*, *Sinoplanorbis costopsis* 等。反映了微古生物群第一次繁盛期的发育面貌,其原始的残体及其代谢物必然为生油岩内部提供大量的有机腐泥化成分<sup>[4]</sup>。通过勘探证明只要生油层富含微体浮游植物化石并达到成熟阶段又具储盖条件,一般就能找到油气藏。

第二个生物群繁盛期丰富了油源母质,为沙一段油气藏提供了有机源泉。中渐新统沙河街组一段沉积期,据统计沟鞭藻和绿藻有31属,77种,孢粉78属,142种,介形类18属,32种,腹足类25属,54种,还有颗石藻、鱼类化石等。

东濮凹陷沙一段生油能力仅次于沙二段,是第二套主力生油岩系,大面积古湖盆发育了较丰富的微体浮游植物(图4),在文明寨、卫城、胡状集、濮城、毛岗、文留、白庙、马厂、桥口等地均有分布。据140多口探井分析资料,沟鞭藻主要有 *Sentudinium*, *Huanghedinium*, *Zhong-yuandinium*, *Filisphaeridium*, *Cleistosphaeridium* 介形类化石主要有 *Phacocypris huiminensis*, *Eucypris lelingensis*, *Chimonotheres inspinata*, *Condoma diffusa* 等,腹足类主要有 *Stenothyra elegans*, *Gangetia vulgaris*, *Lyogyryus tentus* 等。在沙一段沟鞭藻中的

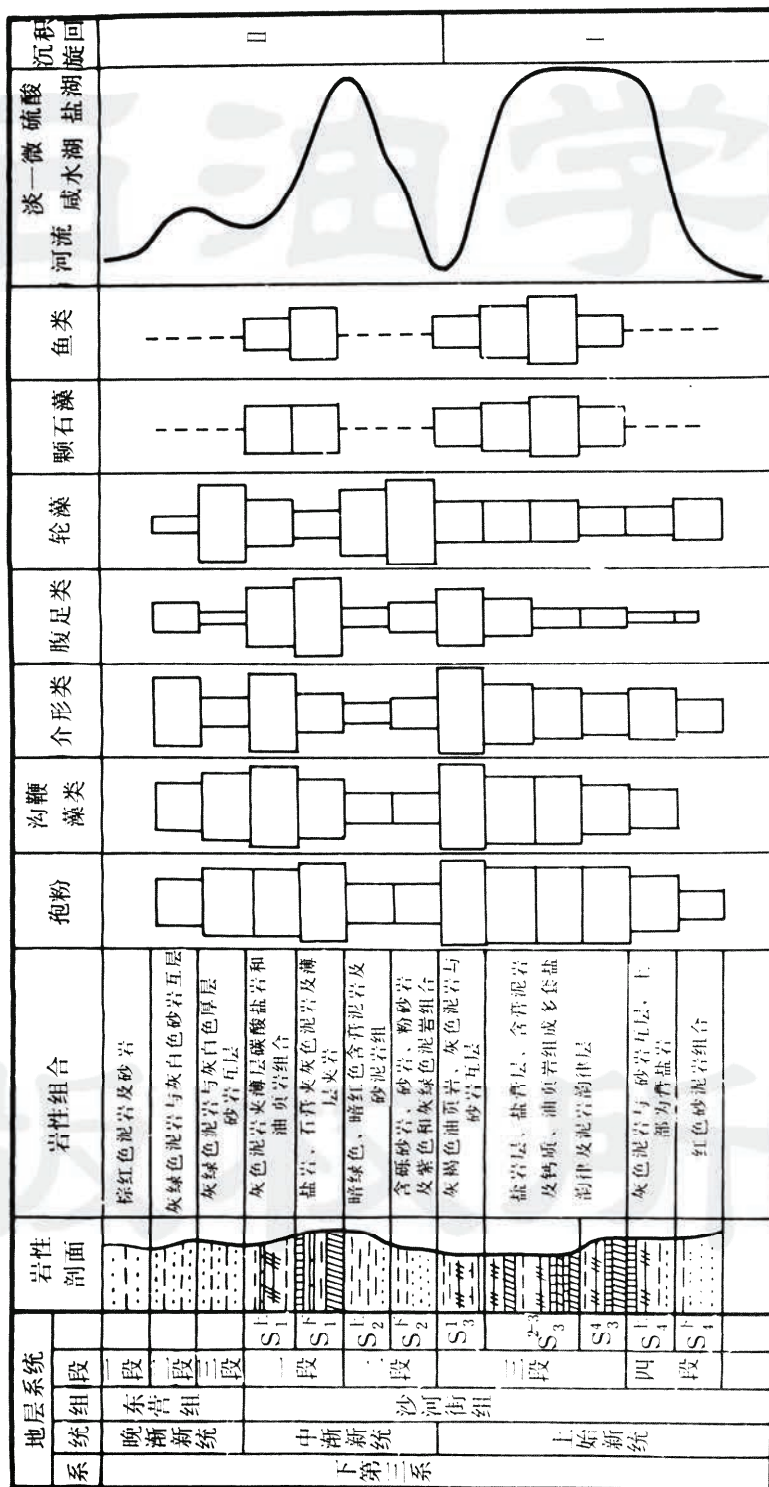


图2 东濮凹陷下第三系地层化石生物群丰度变化图  
Fig.2 Variation of the abundance of total biota fossil of lower Tertiary in Dongpu Depression

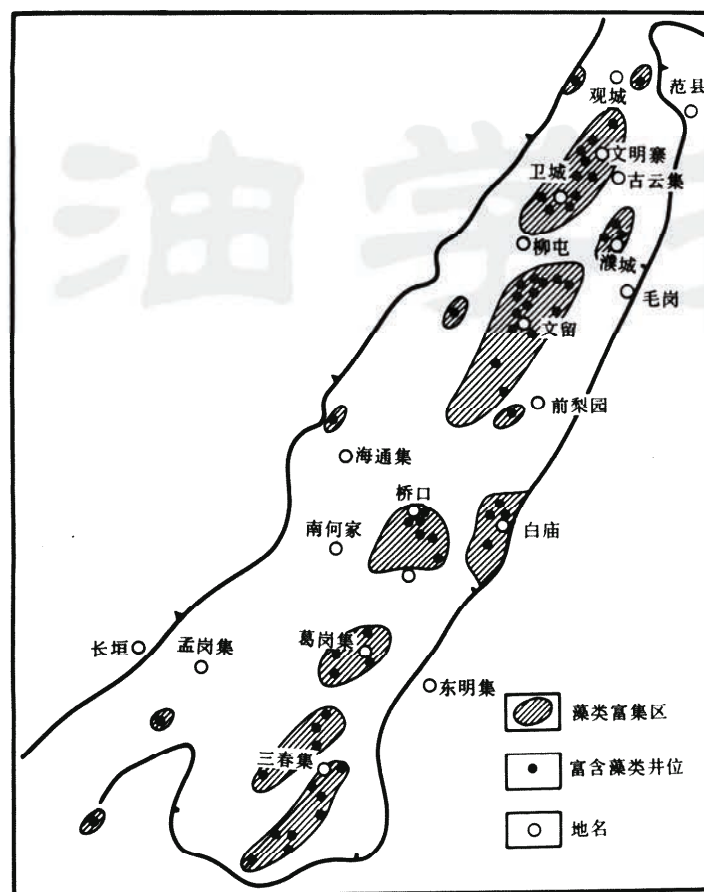


图3 东濮凹陷沙三段富含沟鞭藻类化石分区示意图

Fig.3 Schematic diagram showing the distribution of richness in algal bearing fossils in Sha3 group in Dongpu Depression

多刺甲藻密集成层出现，浮游动物底栖类的属种如介形虫、腹足类富聚，形成生物灰岩标志，成为东濮凹陷沙一段第二个生物繁盛期，为本区沙一段生油岩提供了丰富的有机物质。如果发现某一地区有丰富的沟鞭藻或绿藻化石沉积，并具储油条件，便可找到油气藏。

## 二、微体浮游植物化石丰度与油气藏

东濮凹陷是一个内陆盐湖相断陷盆地，其沉积有机质，既有盆地附近陆源生物残体，又有湖泊水生堆积有机质，其来源具有双重性的特点。由于湖盆构造复杂，沉积体系差异性大，造成了多种多样的有机类型，盛产于盐湖相的微体浮游植物是本湖盆主要特点。为了探讨微体浮游植物化石与油气的关系，在本凹陷两套生油层系沙三段、沙一段综合分析数条含沟鞭藻、绿藻化石剖面，其中主要有以下六条含丰富、较丰富的微体浮游植物剖面。



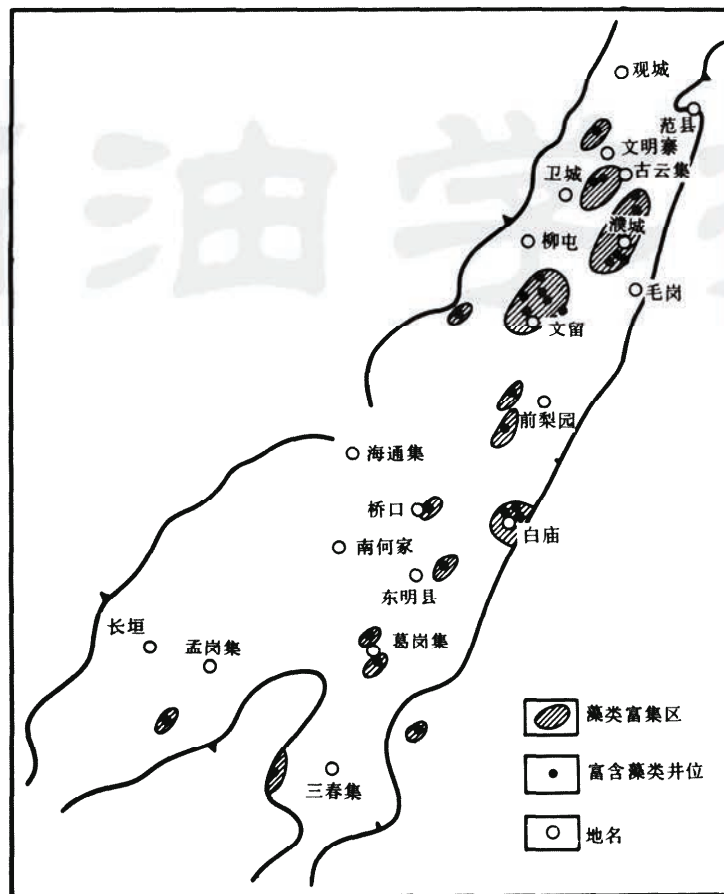


图4 东濮凹陷沙一段富含沟鞭藻类化石分区示意图

Fig.4 Schematic diagram showing the distribution of richness in algae bearing fossils in Shal group in Dongpu Depression

### 1. 沙河街组三段三个剖面微体浮游植物化石与油气的关系

(1) 文10—1井, 深度2210~2430m, 砂泥岩间互沉积, 在本井段发现27层沟鞭藻、绿藻化石层, 其中有16层是丰富和较丰富的化石层, 相应在该段间互发现22层累计6.5m厚的油层。

(2) 文95井, 深度2500~2900m, 砂泥岩间互沉积, 在本井段发现26层丰富和较丰富的沟鞭藻和绿藻化石层, 间互见到18层累计8.85m厚的油层。

(3) 明1井, 深度1700~1910m, 砂泥岩间互沉积, 在本井段见到33层丰富和较丰富沟鞭藻和绿藻化石层。同样在该井段间互找到了26层、累计2.6m厚的含油层。

### 2. 沙河街组一段三个剖面微体浮游植物化石与油气的关系

(1) 濮17井, 深度2345~2500m, 砂泥岩间互沉积, 发现9层丰富和较丰富的沟鞭

藻、绿藻化石层,相应在该段找到 4 层累计 2.8m 厚的油层。

(2) 卫 18—5 井,深度 1750~1900m,砂泥间互沉积,发现 10 层丰富和较丰富沟鞭藻、绿藻化石层,相应在该段见到 13 层累计 5.5m 厚的油层。

(3) 明 36 井,深度 1470~1550m,砂泥岩间互沉积,发现 10 层化石层,同样在该段间互发现 14 层累计 12m 厚的油层。

综上所述,在沙河街组三段和一段生油岩层内富含的微体浮游植物群及其衍生的有机类,是这两段生油层的油源母质。

### 三、微体浮游植物化石与干酪根类型

东濮凹陷近几年在东西两侧深注钻探了 10 余口深井,在油源岩内发现了较多的深水环境沟鞭藻化石。在全凹陷 542 块干酪根样品分析鉴定,均为较好级别。因为微体浮游植物是干酪根组成的主要母源生物,而沟鞭藻、绿藻又是微体浮游植物的主要代表,一般地说富含沟鞭藻类化石(结构型)的干酪根是具有最佳生油潜量的母质。为了探讨微体浮游植物化石与干酪根类型的关系,对东濮凹陷富含沟鞭藻化石干酪根样品作了双重鉴定,既当干酪根类型鉴定又作沟鞭藻丰度统计。如表 1,在 125 块样品中,属于 I 型干酪根 81 块,占 64.08%,II<sub>1</sub> 型 44 块,占 35.12%,明显地看出微体浮游植物化石与油源岩的母质类型有密切关系。

表 1 富含沟鞭藻类油源岩的干酪根镜检类型

Table 1 Kerogen Types in Source Rock Rich in Dinoflagellate under Microscopic Examination

井 名	层位	样品数 ( 块 )	腐泥组 ( % )		壳质组 ( % )	镜质组 ( % )	惰质组 ( % )	类型系数 ( T )	类型
			无定形	藻类					
白 12、开 25、文 4	S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	10	52.2	27.1	19.4	3.3	0.3	85.95	I
白 12、文 4	S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	7	46.5	22.7	20.35	4.1	1.7	77.07	II <sub>1</sub>
文 4、卫 18-5、白 12、明 4、文 63	S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	8	46.8	29.1	20.7	2.9	0.7	83.24	I
文 63、文 18-5、明 4	S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	9	38.3	25.1	31.3	3.6	0.9	76.84	II <sub>1</sub>
明 48、文 140、卫 20	S <sub>2</sub> <sup>1</sup>	3	36.9	24.7	35.6	2.8	0.2	76.95	II <sub>1</sub>
桥 13、白 12、唐 1、文 15-1、文 19、明 49	S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	38	45.6	28.4	22.6	3.0	0.3	82.8	I
唐 1、文 19、文 15-1、明 49	S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	13	42.7	22.9	30.8	4.6	0.7	75.85	II <sub>1</sub>
文 95	S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	1	46.0	29.7	26.2	2.1	0	83.23	I
文 95、开 24、新 16	S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	6	35.8	24.0	30.8	1.9	1.3	73.43	II <sub>1</sub>
唐 1、文 10-1、新 16、卫 18-5	S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	14	43.4	32.7	21.1	2.7	0.2	84.46	I
唐 1、新 16、卫 18-5、濮 17	S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	4	42.7	23.8	35.1	3.2	0.9	78.57	II <sub>1</sub>
明 4	S <sub>4</sub>	10	54.3	26.9	16.6	2.0	0.2	87.85	I
文 61	S <sub>1</sub>	2	40.1	20.0	37.0	2.6	0.3	76.3	II <sub>1</sub>

根据盐湖相盆地沉积特征, 东濮凹陷下第三系油源岩大致可分为五个地区, 由于微体古生物化石丰度、分异度的差异性, 导致母质类型有所不同 (图5)。

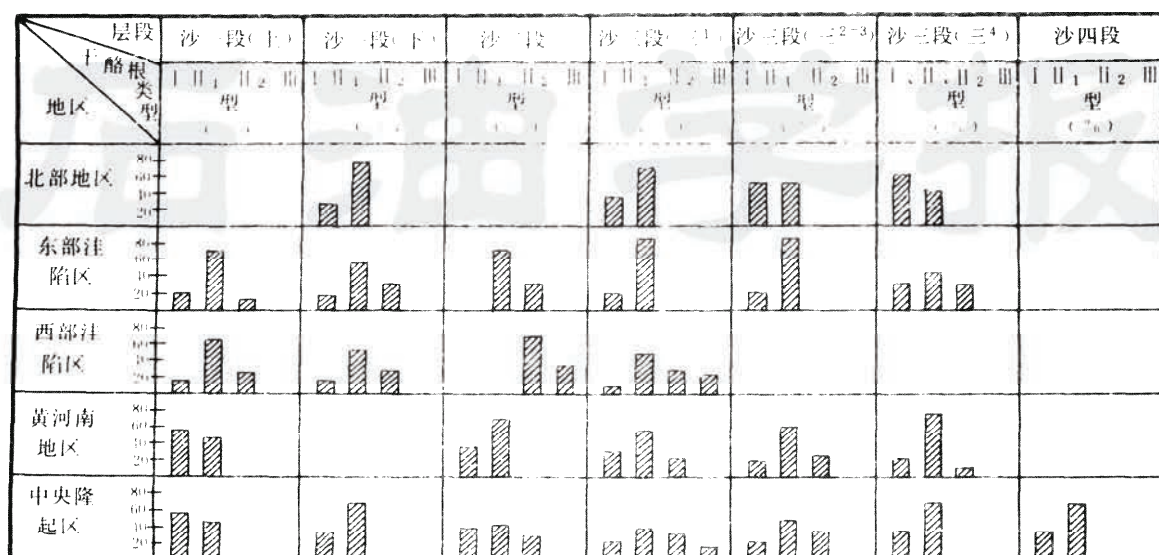


图5 东濮凹陷各地区生油层干酪根类型含量柱状图

Fig.5 Postogram of kerogen types in source strata in different areas in Dongpu Depression

1. 北部地区 下第三系沉积最大厚度1500~2500m, 生油岩面积65~100km<sup>2</sup>, 生油岩主要分布于沙河街组三段, 厚度200m, 埋藏有丰富的 *Bohaidina*, *Parabohaidina*, *Cleistosphaeridium*。沙一段生油岩沉积薄, 但微体浮游植物的 *Sentasisidinium* 化石富集, 其母质类型全属II<sub>1</sub>型, 为优良母质产区。其演化程度, 孢粉色变指数<sup>[6]</sup>在2000m达到3.50, 进入生油门限。该地区对形成油气有利, 为良好生油潜能地区。

2. 东部洼陷区 下第三系沉积最大厚度6000m, 生油岩面积沙三段700km<sup>2</sup>, 厚度1000m, 分层埋藏的沟鞭藻有 *Bohaidina*, *Parabohaidina*, *Cleistosphaeridium*, *Oligosphaeridium*, *Hystrihosphaeridium* 等深水浮游植物。沙一段生油岩面积500km<sup>2</sup>, 厚度160m, 沉积有较丰富带刺的 *Sentasisidinium*, 干酪根类型以II<sub>1</sub>类为主, 有机质演化程度低, 2800m以下孢粉色变指数才达到3.50, 进入生油门限。该区由于沉积厚度深, 体积大, 含有较丰富藻类化石, 对油气生成较有利。

3. 西部洼陷区 下第三系沉积厚度5000m, 沙河街组三段生油岩面积650km<sup>2</sup>, 厚度750m, 埋藏少量 *Bohaidina*, *Parabohaidina* 和部分绿藻 *Pediastrum*, *Campania* 化石; 沙一段生油岩面积400km<sup>2</sup>, 厚度250m, 含有少量 *Sentasisidinium* 化石等。干酪根以II<sub>1</sub>类和II<sub>2</sub>类为主, III类次之, 有机质演化程度低, 2800m以下孢粉色变指数才达到3.50, 进入生油门限。其生油气潜能比东洼稍差。

4. 中央隆起区 下第三系沉积厚度较薄, 古湖盆水体稍浅, 适宜水生微体浮游生物繁殖, 故本区沉积了丰富的微体浮游植物化石: *Bohaidina*, *Oligosphaeridium*, *Sentasisidinium*,

*Pediastrum* 和 *Campenia*、*Parabohaidina*、*Cleistosphaeridium*、*Filisphaeridium* 等, 而且是砂泥岩间互沉积, 厚度适宜, 有利于烃类排出, 便于形成自生自储油藏类型。母质类型主要以 II<sub>1</sub> 类为主, I 类次之。孢粉色变指数在 2300m 达到 3.50, 进入生油门限, 本区为东濮凹陷主要的油气产区, 其生油潜能好。

5. 黄河南地区 下第三系沉积厚度 4000~5000m, 生油面积仅次于东西两洼, 沙河街组三段和一段, 沉积了较丰富沟鞭藻、绿藻, 主要有 *Bohaidina*、*Parabohaidina*、*Cleistosphaeridium*、*Hystichosphaeridium*、*Zhongyuandinium*、*Paraperidinium* 和绿藻 *Pediastrum*、*Campenia* 等。干酪根母质类型以 II<sub>1</sub> 类为主, 有机质成熟度偏低, 孢粉色变指数在 2400~2500m 达到 3.50, 进入生油门限。黄河南地区沉积面积大, 生油气母质类型较好, 是生油气潜能较好的地区。

## 四、结 论

1. 东濮凹陷是一盐湖盆地, 下第三系沙河街组三段和一段, 是湖水发育盛期, 适合微体浮游植物、动物生长发育, 以及生物机体的堆积, 为两套主力油气藏提供了物质基础。

2. 沟鞭藻、绿藻化石及其衍生机体是组成腐泥化的干酪根成分之一。丰富的化石层必然导致干酪根母质类型优良, 利于油气形成。

3. 盐湖盆地中的砂泥岩间互沉积, 适合烃类排出, 盐岩层本身还可当盖层, 这样形成了生、储、盖配套完整的圈闭条件。如果找到优良母质类型 (沟鞭藻、绿藻化石层), 而且有机质演化达到成熟阶段, 定能找到油气藏。

(本文收到日期 1991 年 6 月 3 日)

(编辑 康 剑)

## 参 考 文 献

- (1) B.P.蒂索、D.H.威尔特 (郝石生等译), 石油形成和分布, 石油工业出版社, 1982
- (2) 中原石油勘探局勘探开发研究院, 中国科学院南京地质古生物研究所, 东濮地区早第三纪沟鞭藻及其它藻类, 石油工业出版社, 1989
- (3) B.福迪著 (罗迪安译), 藻类学, 上海科学技术出版社, 1980
- (4) 石油勘探开发研究院地质所主编, 中国陆相油气生成, 石油工业出版社, 1982
- (5) Brooks, J., Shaw, G., Geochemistry of sporopollenin chemical geology. Vol. 10No. 1., 1972
- (6) 朱神照, 孢粉化石色变与有机质的演化, 石油勘探与开发, 1983, 第5期



## THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ABUNDANCE OF MICROPALAEONTOLOGY AND OIL AND GAS GENERATION

Zhu Shenzhao

(Research Institute of Exploration and Development, Zhongyuan Oilfield)

### Abstract

This article summarizes the total abundance of six phyla of sporopollen, dinoflagellate fossils etc. in the vertical section, presents a detailed study on the distribution of dinoflagellates and green algae in horizontal direction, and shows that microbiota summit periods corresponds to two sets of reservoir beds in Dongpu Depression respectively. In accordance with 500 samples of source rocks in different areas and series, the author sums up the kerogen types and abundance of the organic matter in the source rock, and come to a conclusion, i.e., type I or II<sub>1</sub> will occur in case that source rock contains abundant dinoflagellate and green algae. In a formation composed of an alternatively deposited sand and shale layers, oil and gas reservoirs can be found provided that these organisms are matured and favorable trapping condition exists.