

文章编号:1000-0550(2000)03-0469-06

# 珠江口盆地早第三纪油源岩形成环境<sup>①</sup>

江德昕 杨惠秋

(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

**摘要** 记述了南海北部大陆架珠江口盆地上渐新统珠海组( $E_3^3$ )储油层所储原油中萃取出的孢子花粉化石 25 属 47 种;基于原油中孢粉化石及其地层分布的研究确定了该含油盆地地下第三系油源岩;并根据孢子花粉母体植物的古生态特征探讨了早第三纪油源岩形成的环境。研究表明,中始新统文昌组( $E_2^2$ )和上始新统至中渐新统恩平组( $E_2^3-E_3^2$ )暗色泥质岩是珠江口盆地的油源岩,研究区油源岩形成于亚热带温暖潮湿气候下的湖泊沉积环境。

**关键词** 孢子花粉 油源岩 沉积环境 下第三系 珠江口盆地

**第一作者简介** 江德昕 女 1933 出生 研究员 孢粉学

**中图分类号** P618.130.1 **文献标识码** A

南海北部大陆架蕴藏着举世瞩目的石油和天然气资源。六十年代初至八十年代初南海石油分公司和广州地质勘探分公司经过石油地质普查和勘探,先后发现和圈定了北部湾、珠江口、莺歌海等第三系含油气盆地。1977 年北部湾盆地潮西南 1 号构造初钻见油,揭开了南海北部找油的序幕,随后珠江口盆地珠 5 井和莺歌海盆地莺 9 井相继钻遇工业油流,南海北部大陆架第三系含油远景已成定局<sup>[1]</sup>。为了研究南海北部含油盆地的油源,笔者收集了北部湾盆地潮 10-3-2 井、潮 10-3-4 井、珠江口盆地珠 5 井、海南岛福 5 井、福 23 井等原油孢粉分析样品。本文研究的原油样品取自珠江口盆地东部珠 5 井珠海组储油层。油样经实验室处理,从中发现丰富的孢子花粉化石。原油孢粉分离采用恒温过滤分离法,滤渣经脂肪抽提器抽提后用镉重液浮选孢子花粉化石<sup>[2,3]</sup>。

## 1 地质背景

珠江口盆地位于南海北部广东大陆架,北接广东大陆,南濒西沙群岛,西临海南岛,东与东沙群岛和台湾岛相邻,面积约 175 000 km<sup>2</sup>,沉积厚度约 8 000~10 000 m。该盆地是在加里东、海西和燕山褶皱基底上发育起来的新生代沉积盆地,但在深拗部位或有中生代晚期沉积。盆地构造具有南北分带和东西分块特点,自北向南北东向隆拗相间,燕山运动中后期形成的一系列地堑式断陷自西向东展布。盆地形成于中始新世,当时在断陷中沉积了一套以湖相为主的地层,类似的沉积环境一直延续到渐新世。中新世时盆地整体下沉,海水由南向北入侵,在盆地内发育了上第三系滨海

相和浅海相沉积<sup>[1]</sup>。

珠江口盆地第三系最大钻厚达 4 620 m,下第三系主要为陆相沉积,上第三系为海相沉积。古新统至下始新统神狐组( $E_1-E_2^1$ )最大钻厚 958 m,岩性主要为灰白、红棕色砂岩与泥岩互层,属河流相沉积。中始新统文昌组( $E_2^2$ )最大钻厚 1 110 m,岩性主要为深灰、灰黑色泥、页岩夹灰白色砂岩,偶夹煤层,属湖相沉积;广布于文昌 A、B 凹陷和盆地东部恩平、西江、惠州、陆丰等凹陷。上始新统至中渐新统恩平组( $E_2^3-E_3^2$ )最大钻厚 2 055 m,岩性主要为浅灰色砂岩与灰色、深灰色泥岩、粉砂岩互层夹薄煤层,属湖相和沼泽相沉积;广泛分布于各凹陷中。上渐新统珠海组( $E_3^3$ )最大钻厚 817 m,下部主要为浅灰色砂岩夹深灰色和杂色泥岩,属湖沼相;上部主要为灰色砂岩和泥岩夹薄层灰岩、碳质泥岩及薄煤层,属滨海相沉积。下中新统珠江组( $N_1^1$ )钻厚 289~1 180 m,岩性主要为浅灰色砂岩、粉砂岩夹深灰、灰绿色泥岩及灰白色薄层灰岩,在东沙隆起中部有珊瑚藻礁夹藻滩灰岩,属滨海相和浅海相。中中新统韩江组钻厚 90~709 m,下部岩性为浅灰、灰绿色砂岩与泥岩互层夹灰岩,上部为泥岩夹砂岩,在神狐隆起相变为生物礁滩灰岩,属滨海相和浅海相。上中新统粤海组( $N_1^3$ )钻厚 51~382 m,岩性为浅灰、灰色粘土、粉砂质粘土或灰绿色泥岩夹灰白色砂岩和薄层灰岩,属浅海相沉积。上新统万山组( $N_2$ )钻厚 375~644 m,岩性为灰色粘土和粉砂质粘土夹浅灰色砂层,富含生物碎屑,是一套浅海相未成岩沉积<sup>[4]</sup>。

珠江口盆地第三系具有优越的生油、储油和盖层条件,因此该盆地找油找气前景非常远大。

① 国家自然科学基金项目(批准号:R850879)资助

收稿日期:1998-03-04 收修改稿日期:2000-03-04

## 2 原油中的孢子花粉化石

珠江口盆地东部珠5井上渐新统珠海组( $E_3^3$ )储油层所储的原油样品经分析鉴定,发现孢子花粉化石25属47种。其中,蕨类植物孢子主要有安底光面三缝孢(*Leiotriletes adriensis*)、冠紫萁孢(*Osmundacidites primarius*)、小具环瘤面孢(*Polypodiaceosporites vitiosus*)、哈氏水龙骨单缝孢(*Polypodiaceosporites haardti*)、纤细水龙骨单缝孢(*P. gracilis*)、具巢瘤纹水龙骨单缝孢(*Polypodiisporites favus*)、无巢瘤纹水龙骨单缝孢(*P. afavus*)等;裸子植物花粉主要有小型小囊单束松粉(*Abietinaepollenites*)、

*microalatus minor* (Pot.) Potonié 1958  
*Pinuspollenites labdacus minor* (Pot.) Potonié 1958  
*P. minutus* (Zakl.) Song et Zheng 1978  
*P. strobipites* (Wodeh.) Sun et Li 1981  
*Piceapollenites alatus* Potonié 1958  
*Cedripites cocenicus* Wodehouse 1933  
*C. cedroides* (Thom. et Pfl.) Sun et Li 1981  
*Salixipollenites discoloripites* (Wodeh.) Srivastava 1966  
*S. hians* (Elsik) Sun et Li 1981  
*Caryapollenites simplex* (Pot.) Raatz 1937  
*Juglanspollenites verus* Raatz 1937  
*Atripollenites verus* (Pot.) Potonié 1960  
*Momipites coryloides* Wodehouse 1933  
*Cupuliferoipollenites pusillus* (Pot.) Potonié 1960  
*Quercoidites microhenrici* (Pot.) Potonié 1960  
*Ulmipollenites undulosus* Wolff 1934  
*Liquidambarpollenites stigmaticus* (Pot.) Raatz 1937  
*Ilexpollenites margaritatus* (Pot.) Raatz 1937  
*I. membranous* Sun, Kong et Li 1980  
*Operculumpollis operculatus* Sun, Kong et Li 1980  
*Monocolpopollenites tranquillus* Thomson et Pflug 1953  
*Tricolpites tenuicalpus* Sun, Kong et Li 1980  
*Tricolporopollenites minutus* He et Sun 1977

表1 珠江口盆地原油中发现的主要孢子花粉及其在下第三系的分布

Table 1 Main species of spores and pollen found from crude oil of the Pearl River Mouth Basin and their distribution in Eocene System

| 原油中的主要孢子花粉<br>Main species of spores and pollen in crude oil      | 文昌组<br>Wenchang Formation<br>$E_2^2$ | 恩平组<br>Enping Formation<br>$E_2^3 - E_3^2$ | 珠海组<br>Zhuhai Formation<br>$E_3^3$ |
|---|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| <i>Leiotriletes adriensis</i> (Pot. et Gell.) Krutzsch 1959       | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Osmundacidites primarius</i> (Wolff) Sun et Li 1981            | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Polypodiaceosporites vitiosus</i> Krutzsch 1959                | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Polypodiaceosporites haardti</i> (Pot. et Ven.) Thiergart 1938 | -                                    | -  | -                                  |
| <i>P. gracilis</i> (Wilson et Webster) Ke et Shi 1978             | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Polypodiisporites favus</i> Potonié 1931                       | -                                    | -  | -                                  |
| <i>P. afavus</i> (Krutzsch) Sun et Li 1981                        | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Abietinaepollenites microalatus minor</i> (Pot.) Potonié 1958  | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Pinuspollenites labdacus minor</i> (Pot.) Potonié 1958         | -                                    | -  | -                                  |
| <i>P. minutus</i> (Zakl.) Song et Zheng 1978                      | -                                    | -  | -                                  |
| <i>P. strobipites</i> (Wodeh.) Sun et Li 1981                     | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Piceapollenites alatus</i> Potonié 1958                        | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Cedripites cocenicus</i> Wodehouse 1933                        | -                                    | -  | -                                  |
| <i>C. cedroides</i> (Thom. et Pfl.) Sun et Li 1981                | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Salixipollenites discoloripites</i> (Wodeh.) Srivastava 1966   | -                                    | -  | -                                  |
| <i>S. hians</i> (Elsik) Sun et Li 1981                            | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Caryapollenites simplex</i> (Pot.) Raatz 1937                  | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Juglanspollenites verus</i> Raatz 1937                         | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Atripollenites verus</i> (Pot.) Potonié 1960                   | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Momipites coryloides</i> Wodehouse 1933                        | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Cupuliferoipollenites pusillus</i> (Pot.) Potonié 1960         | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Quercoidites microhenrici</i> (Pot.) Potonié 1960              | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Ulmipollenites undulosus</i> Wolff 1934                        | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Liquidambarpollenites stigmaticus</i> (Pot.) Raatz 1937        | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Ilexpollenites margaritatus</i> (Pot.) Raatz 1937              | -                                    | -  | -                                  |
| <i>I. membranous</i> Sun, Kong et Li 1980                         | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Operculumpollis operculatus</i> Sun, Kong et Li 1980           | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Monocolpopollenites tranquillus</i> Thomson et Pflug 1953      | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Tricolpites tenuicalpus</i> Sun, Kong et Li 1980               | -                                    | -  | -                                  |
| <i>Tricolporopollenites minutus</i> He et Sun 1977                | -                                    | -  | -                                  |

*nites microalatus minor*)、小型双束松粉(*Pinuspollenites labdacus minor*)、小双束松粉(*P. minutus*)、球果型双束松粉(*P. strobipites*)、具囊云杉粉(*Piceapollenites alatus*)、始新雪松粉(*Cedripites eocenicus*)、粗网雪松粉(*C. cedroides*)等;被子植物花粉主要有杂色柳粉(*Salizipollenites discoloripites*)、开裂柳粉(*S. hians*)、普通山核桃粉(*Caryapollenites simplex*)、真胡桃粉(*Juglanspollenites verus*)、真桤木粉(*Alnipollenites verus*)、拟榛粉(*Momipites coryloides*)、小壳斗粉(*Cupuliferopollenites pusillus*)、小亨氏栎粉(*Quercoidites microhenrici*)、波形榆粉(*Ulmipollenites undulosus*)、满点枫香粉(*Liquidambarpollenites stigmosus*)、珠粒冬青粉(*Ilexpollenites margaritatus*)、沟膜冬青粉(*I. membranous*)、具盖粉(*Operculumpollis operculatus*)、宁静单沟粉(*Monocolpopollenites tranquillus*)、细沟阔三沟粉(*Tricolpites tenuicolpus*)、小三孔沟粉(*Tricolporopollenites minutus*)等(表1,图版I)。

上述孢子花粉大都是欧亚和北美大陆早第三纪或第三纪的标志化石,还有几种是南海北部大陆架早第三纪地层中首次发现的新种。例如:安底光面三缝孢和冠紫其孢最早发现于中欧第三系<sup>[5]</sup>,前者见于我国江苏邗江始新统和海安渐新统<sup>[6]</sup>;后者在南海北部湾、珠江口和雷琼地区下第三系有广泛分布<sup>[7]</sup>。小具环瘤面孢始见于德国第三系<sup>[8]</sup>,在北部湾拗陷上始新统至渐新统<sup>[7]</sup>、江汉平原始新统至渐新统<sup>[9]</sup>和雷州半岛渐新统<sup>[10]</sup>都有分布。哈氏水龙骨单缝孢早年发现于德国第三系<sup>[5,11]</sup>,在我国渤海沿岸地区分布于始新统至渐新统<sup>[12]</sup>,在江苏兴化产于渐新统<sup>[6]</sup>。纤细水龙骨单缝孢始见于美国蒙他拿古新统<sup>[13]</sup>,在我国发现于渤海沿岸地区始新统至渐新统孔店组至东营组<sup>[12]</sup>,在南海北部第三系也有分布<sup>[7]</sup>。具巢瘤纹水龙骨单缝孢始见于德国始新统<sup>[11]</sup>,在我国江苏海安见于古新统至始新统<sup>[6]</sup>,渤海沿岸地区见于上始新统至渐新统<sup>[4,2]</sup>。无巢瘤纹水龙骨单缝孢发现于欧洲第三系和南海北部第三系<sup>[7,8]</sup>。小型小囊单束松粉、小型双束松粉和具囊云杉粉始见于德国第三系<sup>[14]</sup>,在渤海沿岸地区见于始新统至渐新统<sup>[12]</sup>。始新雪松粉、杂色柳粉和拟榛粉始见于美国始新统绿河页岩组<sup>[15]</sup>,小壳斗粉最早发现于德国始新统<sup>[16]</sup>,真桤木粉、小亨氏栎粉和波形榆粉早年发现于欧洲第三系<sup>[5,16]</sup>,在渤海沿岸地区始新统至渐新统均有分布<sup>[12]</sup>。宁静单沟粉最早发现于德国始新统<sup>[5]</sup>,在我国南海北部始新统流沙港组三段也有分布<sup>[17]</sup>。此外,具盖粉发现于北部湾、雷州半岛和海南岛流沙港组三段,细沟阔三沟粉发现于北

部湾、雷州半岛和海南岛流沙港组,沟膜冬青粉发现于雷琼地区流沙港组,都是在南海北部大陆架下第三系发现的新种<sup>[18]</sup>。

### 3 油源岩判别

分布于原油和油源岩中的指纹化合物(fingerprint compounds)或称指纹化石(fingerprint fossils),如姥烷、植烷等异戊间二烯类烷烃,由于化学性质稳定,不受油气运移和热变质作用的影响,因而可作为油源对比的指标。孢粉化石同指纹化合物一样,是原油与油源岩双方共同含有的、不受油气运移和热转化作用影响的稳定物质,因而也可作为油源对比的可靠指标。我国陆相油源岩发育,原油中经常含有丰富的陆生植物孢粉化石,对比原油和源岩中萃取出的孢粉化石,可以判断两者之间的亲缘关系,确定油源岩。根据原油中孢粉化石判别油气源岩的研究,在我国已得到有效的应用<sup>[3,19]</sup>。

珠江口盆地珠5井上渐新统珠海组( $E_3^3$ )储油层原油中发现的孢子花粉化石均见于本区中始新统文昌组( $E_2^2$ )和上始新统至中渐新统恩平组( $E_2^3 - F_3^2$ )。例如:杂色柳粉和宁静单沟粉见于文昌组,哈氏水龙骨单缝孢、纤细水龙骨单缝孢、无巢瘤状水龙骨单缝孢、小型双束松粉、小双束松粉、球果型双束松粉、始新雪松粉、普通山核桃粉、真胡桃粉、真桤木粉、拟榛粉、小壳斗粉、小亨氏栎粉、波形榆粉、满点枫香粉、沟膜冬青粉、具盖粉、细沟阔三沟粉等见于文昌组和恩平组,安底光面三缝孢、冠紫其孢、小具环瘤面孢、具巢瘤纹水龙骨单缝孢、小型小囊单束松粉、具囊云杉粉、粗网雪松粉、开裂柳粉、珠粒冬青粉、小三孔沟粉等见于恩平组<sup>[4]</sup>(表1)。珠海组原油中发现的上述孢子花粉都是文昌组和恩平组孢粉组合的重要成分,其中一部分如球果型双束松粉、始新雪松粉、粗网雪松粉、杂色柳粉、拟榛粉、波形榆粉、具盖粉、细沟阔三沟粉、宁静单沟粉等在珠海组地层中没有出现过<sup>[1,4]</sup>,因而不是储油层中固有的。这些花粉化石或产于文昌组,或产于恩平组,或两组兼而有之,应来自文昌组和恩平组油源岩。根据孢粉化石油源对比结果,中始新统文昌组和上始新统至中渐新统恩平组应是珠江口盆地的油源岩系。有机地球化学研究结果也认为文昌组和恩平组泥质岩是本区的主要油气源岩<sup>[4]</sup>,与本文研究结果不谋而合。

### 4 油源岩形成环境

原油中所含的孢子花粉化石不仅能够指示油源岩的时代和层位,而且可以指示油源岩形成的环境。例

如,塔里木、准噶尔、柴达木等内陆含油气盆地原油中油源岩的孢子花粉指示化石大都反映热带或亚热带潮湿气候下的湖相沉积<sup>[20]</sup>。

珠江口盆地原油中指示文昌组和恩平组油源岩的孢子花粉,其母体植物现今生长于热带、亚热带和暖温带潮湿地区。在蕨类植物中,冠紫萁孢的母体植物属于真蕨纲紫萁科(Osmundaceae),现今分布于北半球热带、亚热带和温带,在我国台湾、广东、福建、浙江等省区有广泛分布,生长于溪边林下荫湿酸性土壤或沼泽湿地。安底光面三缝孢的母体植物与真蕨纲海金沙科(Lygodiaceae)有亲缘关系,海金沙科植物主要分布于热带和亚热带,为攀援植物或直立低矮植物,生长于疏林、混交林或溪边灌木丛中。具环瘤面孢的母体与真蕨纲凤尾蕨科(Pteridaceae)有关,凤尾蕨科为陆生大型植物,分布于热带和亚热带,生长于常绿雨林下、山谷密林下、平原疏林下或阴湿水沟旁。水龙骨单缝孢和瘤纹水龙骨单缝孢的母体植物属于真蕨纲水龙骨科(Polypodiaceae),主要分布于热带地区,生长于林下或附生于林中树干和林缘岩石上<sup>[21]</sup>。在裸子植物中,松粉、云杉粉、雪松粉的母体植物属于松柏纲松科(Pinaceae),大都为常绿乔木,广布于北半球,云杉(*Picea*)在高山地带常组成大面积纯林,或与松(*Pinus*)、雪松(*Cedrus*)及阔叶树混生<sup>[22]</sup>。在被子植物中,柳粉的母体植物属于杨柳科(Salicaceae),为乔木或灌木,分布于亚热带和温带,生长于湖河岸边或山沟坡地。山核桃粉和胡桃粉的母体植物属于胡桃科(Juglandaceae),为落叶乔木,分布于热带至温带,生长于山坡或杂木林中。桤木粉和拟榛粉的母体植物属于桦木科(Betulaceae),为乔木或灌木,分布于温带,生长于山地林中或阴坡灌丛中。壳斗粉和栎粉的母体植物与壳斗科(Fagaceae)栗属(*Castanea*)和栎属(*Quercus*)有亲缘关系,为落叶或常绿乔木或灌木,分布于温带、亚热带和热带,生长于山坡和山谷林中。榆粉的母体植物属于榆科(Ulmaceae),为乔木或灌木,分布于热带和温带,生长于山地、河滩或溪旁。枫香粉的母体植物与金缕梅科(Hamamelidaceae)枫香树属(*Liquidambar*)有亲缘关系,枫香树为落叶乔木,广布于秦岭及淮河以南。冬青粉的母体植物与冬青科(Aquifoliaceae)冬青属(*Ilex*)有亲缘关系,为乔木或灌木,分布于温带和热带,生长于山坡林中。具盖粉的母体植物与昆栏树科(Trochodendraceae)昆栏树属(*Trochodendron*)有亲缘关系<sup>[18]</sup>,昆栏树为常绿灌木或小乔木,分布于台湾、日本和朝鲜,生长于阔叶林或混交林中。宁静单沟粉的母体植物属于棕榈科(Palmae)<sup>[23,24]</sup>,为乔木或灌木或藤本,分布于热带或亚热带地区,生长于林中<sup>[22]</sup>。从

上述植物的现代分布看来,紫萁、海金沙、凤尾蕨、水龙骨、胡桃、棕榈等科都是喜湿热植物,杨柳、桦木、栎、栗、榆、冬青等也是喜暖喜湿植物。因此,该植物群反映亚热带温暖潮湿气候条件。

珠江口盆地文昌组暗色泥质岩为湖相沉积;恩平组暗色泥质岩夹有煤层,为湖泊沼泽相沉积<sup>[4]</sup>。原油中来自文昌组和恩平组油源岩孢子花粉母体植物的生态特征也反映着湖泊和湖沼及其周边的古地理环境。在文昌组和恩平组油源岩沉积时,湖泊周围和河川岸边生长着杨柳、桦、栎、榆等落叶或常绿乔木;在丘陵山地分布着胡桃、山核桃、栎、栗、枫香树、冬青等乔木的杂木林及其与松、云杉等针叶树混生的针阔叶混交林,并有柳、桦、栗、榆等灌木丛生;在平原疏林和常绿雨林生长着凤尾蕨科和棕榈科植物,在沼泽湿地则有紫萁科植物生长;外围高山分布着松、云杉、雪松等常绿乔木组成的针叶林;林下和灌丛中生长着紫萁、海金沙、水龙骨等真蕨类植物。这幅植被景观说明本区油源岩形成于亚热带温暖潮湿气候下的湖泊和湖泊沼泽沉积环境。

致谢:中国地质勘探公司广州分公司提供原油样品,美国弗吉尼亚州立诺福克大学电脑系讲师魏江(Jiang Wei)提供因特网上信息,中国科学院兰州地质研究所杜金城实验师分析样品,笔者谨致深切谢忱。

#### 参 考 文 献

- 1 曾鼎乾,郭彬. 南海北部大陆架第三系[M]. 广州:广东科技出版社,1981,1~258
- 2 江德昕,杨惠秋,杜金娥. 原油孢粉分析的意义及其分离方法[J]. 植物学杂志,1974,1:31~32
- 3 Jiang De-xin. Palynological evidence for identification of nonmarine petroleum source rocks, China[J]. Ore Geology Reviews, 1990, 5: 553~575
- 4 蒋仲雄,曾麟,李明兴. 中国油气区第三系(VIII)南海北部大陆架油气区分册[M]. 北京:石油工业出版社,1994,1~145
- 5 Thomson P W, Pflug H. Pollen und Sporen des mitteleuropaischen Tertiars[J]. Palaeontographica, B, 1953, 94: 1~138
- 6 宋之琛,郑亚惠,刘金陵,叶萍宜,王从风,周山富. 江苏地区白垩纪-第三纪孢粉组合[M]. 北京:地质出版社,1981,1~268
- 7 侯佑堂,李应培,金庆焕. 南海北部大陆架第三纪古生物图册[M]. 广州:广东科技出版社,1981,1~274
- 8 Krutzsch W. Mikropalaeontologische (Sporenpalaeontologische) Untersuchungen in der Braunkohle des Geiseltales[J]. Beiheft zur Zeitschrift Geologie, 1959, 21-22: 1~425
- 9 李曼英,宋之琛,李再平. 江汉平原白垩-第三纪的几个孢粉组合[A]. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊[C],1978,9:1~44
- 10 张一勇. 雷州半岛第三纪孢粉[J]. 古生物学报,1981,20:449~458
- 11 Potonié R. Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae[A]. I. Teil: Sporites[C]. Beih. Geol. Jahrb., 1956, 23: 1~103
- 12 石油化学工业部石油勘探开发规划研究院,中国科学院南京地质

- 古生物研究所. 渤海沿岸地区早第三纪孢粉[M]. 北京: 科学出版社, 1978, 1-177
- 13 Wilson R, Webster M. Plant microfossils from a Fort Union Coal of Montana[J]. Amer. Jour. Bot., 1946, 33: 271-278
- 14 Potonié R. Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. II. Teil: Sporites (Nachtrage), Saccites, Aletes, Praecolpates, Polyplicates, Monocolpates[C]. Beih. Geol. Jahrb., 1958, 31: 1-114
- 15 Wodehouse R P. Tertiary pollen II. The oil shales of the Eocene Green River formation[J]. Bull. Torrey Bot. Club, 1933, 60: 479-524
- 16 Potonié R. Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. III. Teil: Nachtrage Sporites[C]. Beih. Geol. Jahrb., 1960, 39: 1-180
- 17 孙湘君, 孔昭宸, 李明兴, 李彭. 南海北部早第三纪流沙港组孢粉组合[J]. 植物分类学报, 1982, 20: 63-72
- 18 孙湘君, 孔昭宸, 李明兴. 中国南海北部早第三纪花粉新属种[J]. 植物学报, 1980, 22: 191-197
- 19 江德昕, 杨惠秋. 塔里木盆地原油中的孢子花粉与油源研究[J]. 中国科学, B, 1991, 12: 1313-1318
- 20 Jiang De-xin. Spores and pollen in oils as indicators of lacustrine source rocks. Geological Society Special Publication[C], 1988, 40: 159-169
- 21 中国科学院北京植物研究所. 中国蕨类植物孢子形态[M]. 北京: 科学出版社, 1976, 1-451
- 22 王伏雄, 钱南芬, 张玉龙, 杨惠秋. 中国植物花粉形态(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 1995, 1-461
- 23 Traverse A. Paleopalynology[M]. Boston: Unwin Hyman, 1988, 1-600
- 24 Schaarschmidt F, Wilde V. Palmenblüten und -blätter aus dem Eozän von Messel[J]. Cour. Forsch. Inst. Senckenberg, 1986, 86: 177-202

## Original Environment of Eocene Petroleum Source Rocks in the Pearl River Mouth Basin

JIANG De-xin      YANG Hui-qiu

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

### Abstract

Forty-seven species of fossil spores and pollen referred to 25 genera extracted from the crude oil samples collected from the reservoirs within the Upper Oligocene Zhuhai Formation in the Pearl River Mouth Basin of the North Continental Shelf of South China Sea were recorded in this paper. Based on the investigations of the spores and pollen in crude oil and their stratigraphical distribution, the Eocene petroleum source rocks of the petroliferous basin were determined.

In accordance with the paleoecological characteristics of the original plants producing the spores and pollen, the sedimentary environment of the Eocene petroleum source rocks was discussed. The results of the study indicate that the black and dark grey clayrocks of the Middle Eocene Wenchang Formation and the Upper Eocene to Middle Oligocene Enping Formation should be the petroleum source rocks of the Pearl River Mouth Basin; and the petroleum source rocks might have originated and evolved in the subtropic lacustrine sedimentary environment under warm and wet climatic conditions.

**Key words** Spore and pollen    petroleum source rock    sedimentary environment    Eocene    Pearl River Mouth Basin



图版 I 说明 ( $\times 800$ ) 1. *Microreticulatisporites* sp.; 2. *Polypodiaceisporites vitiosus*; 3. *Polypodiaceisporites gracilis*; 4. *P. haardtii*; 5. *Polypodiisporites afavus*; 6. *P. favus*; 7. *Piceapollenites alatus*; 8. *Abietinaepollenites microalatus minor*; 9. *Pinuspollenites labdacus minor*; 10. *Cedripites eocenicus*; 11. *Pinuspollenites strobilipites*; 12. *P.* sp.; 13. *Ulmipollenites* sp.; 14. *Alnipollenites verus*; 15. *Cupuliferipollenites pusillus*; 16. *Operculumpollis operculatus*; 17. *Tricolpites tenuicolpus*; 18. *Retitricolpites* sp.; 19. *Ilexpollenites margaritatus*; 20. *Monocolpopollenites tranquillus*.