

文章编号: 1000-0550(2011) 05-0970-10

南海北部深水区烃源岩形成和分布研究^①

李友川¹ 米立军² 张功成¹ 傅宁¹ 孙玉梅¹

(1. 中国海洋石油研究总院 北京 100027; 2. 中国海洋石油股份有限公司勘探部 北京 100010)

摘要 南海北部深水盆地与大西洋被动大陆边缘盆地烃源岩存在明显差异,大西洋被动大陆边缘盆地以中生界裂陷期湖相和拗陷期海相烃源岩为主,有机质主要来源于水生低等生物。南海北部深水区裂陷期可能发育第三系湖相烃源岩,但油气源分析结果表明,第三系海陆过渡相煤系烃源岩为本区主力烃源岩。南海北部深水区煤系烃源岩和海相烃源岩有机质主要来源于陆生高等植物,河流—三角洲体系是控制陆生高等植物生长和有机质富集的重要因素,海相烃源岩的有机质丰度存在由陆向海降低的趋势。南海北部深水区高有机质丰度烃源岩主要分布于盆地或凹陷周缘,以煤系烃源岩为主,部分为海相烃源岩,但盆地或凹陷沉积中心主要为有机质丰度相对较低的海相烃源岩,烃源岩条件较盆地或凹陷周缘地区差。

关键词 南海北部 深水盆地 海相烃源岩 煤系烃源岩 形成和分布

第一作者简介 李友川 男 1967年出生 硕士 有机地球化学 E-mail: liych@cnooc.com.cn

中图分类号 TE122.1⁺13 **文献标识码** A

南海北部深水区是指南海北部水深大于300 m 的陆源盆地区,主要包括珠江口盆地珠二拗陷的白云、荔湾、开平和顺德凹陷以及琼东南盆地中央拗陷带的乐东—陵水、松南—宝岛和长昌凹陷(图1)。近年来,中国海油在南海北部深水区的白云凹陷获得荔湾3-1等重大油气发现,揭开了国内深水油气勘探的序幕。关于南海北部深水区烃源岩已经开展了部分

研究工作^[1-4],但烃源岩的形成和分布仍然是该区油气勘探研究的薄弱环节。本文通过南海北部与大西洋被动大陆边缘盆地的对比分析,认识到南海北部深水盆地与大西洋被动大陆边缘盆地烃源岩的形成条件存在显著差异,南海北部深水区烃源岩的形成和分布具有其自身的特殊性。

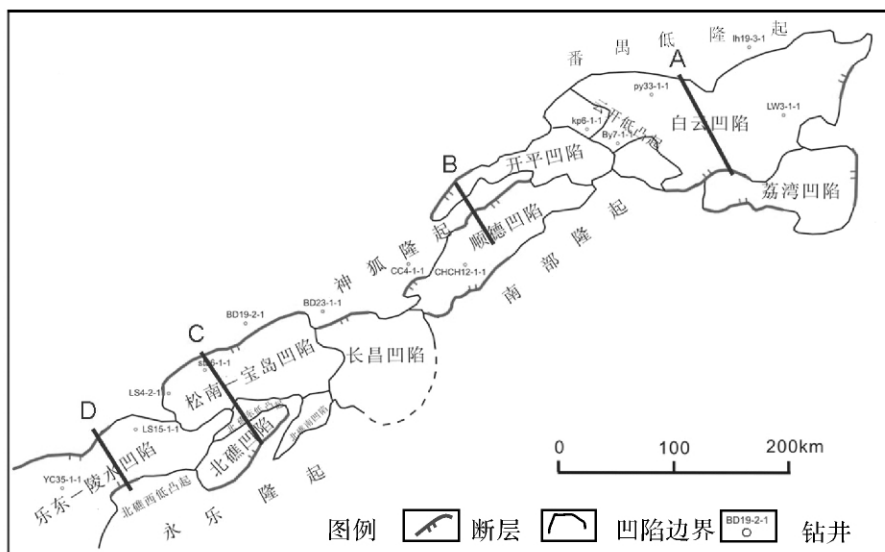


图1 南海北部深水区凹陷分布图

Fig. 1 Distribution of depressions in the northern of South China Sea

^①国家重点基础研究发展规划(973)项目(编号: 2009CB219400)及国家科技重大专项项目(编号: 2008ZX05025)联合资助。
收稿日期: 2010-07-25; 收修改稿日期: 2010-11-02

表 1 国外深水盆地烃源岩组合分类

Table 1 Classifications of source rock assemblage of abroad deep water basins

第一类: 海相烃源岩为主	第二类: 海相烃源岩、湖相烃源岩共存	第三类: 海相、海陆过渡相和湖相烃源岩共存
坳陷期: 海相烃源岩	坳陷期: 海相烃源岩	坳陷期: 海相烃源岩
裂陷期: 海相烃源岩		裂陷晚期: 海陆过渡相烃源岩
	裂陷早期: 湖相烃源岩	裂陷期: 海相烃源岩
北海盆地	墨西哥湾盆地	南美坎波斯、西非下刚果盆地等
		南海、东南亚、南亚部分盆地

1 南海北部与国外深水盆地烃源岩的差异性

国外深水盆地按烃源岩的发育特征可分为三种类型: 第一类盆地裂陷期和坳陷期均以海相烃源岩为主; 第二类盆地裂陷期发育湖相烃源岩, 坳陷期则发育海相烃源岩; 第三类盆地裂陷早期发育湖相烃源岩, 裂陷晚期发育海陆过渡相烃源岩, 坳陷期则发育海相烃源岩(表 1)。总体来说, 第一和第二类盆地主要分布于大西洋被动大陆边缘, 如北海盆地、墨西哥湾盆地、坎波斯盆地、下刚果盆地等; 第三类盆地主要分布于南海海域、东南亚和南亚等地区。南海北部深水盆地烃源岩的发育与东南亚和南亚存在较强的相似性, 而与大西洋被动大陆边缘盆地相差较大。

从烃源岩形成的地质时代看, 大西洋被动大陆边缘盆地湖相烃源岩和主要的海相烃源岩均形成于侏罗纪和白垩纪, 其湖相烃源岩的形成条件与中国东

部湖相烃源岩相似, 但海相烃源岩的形成条件则与南海北部深水盆地存在较大差异。中生代的海洋缺氧事件在大西洋被动大陆边缘盆地形成了优质的海相烃源岩, 其有机质以海相藻类为主, 有机质类型主要为 I 和 II₁ 型, 有机碳含量最高可达 10%^[5-6]。而南海北部深水盆地烃源岩形成于第三纪, 不存在海洋缺氧事件的影响, 有机质主要来源于陆生高等植物, 有机质类型主要为 II₂ 和 III 型, 湿热的气候条件及有利于陆生高等植物生长的环境是形成烃源岩的重要条件。

2 南海北部深水盆地烃源岩形成条件和影响因素

南海北部深水盆地发育三套可能的烃源岩: 裂陷早期的湖相烃源岩、裂陷晚期的海陆过渡相烃源岩和坳陷期的海相烃源岩(图 2)。但从油气源分析结果看, 琼东南盆地崖城 13-1 气田的油气主要来源于崖城组海陆过渡相烃源岩^[7-9]。白云凹陷无论浅水区

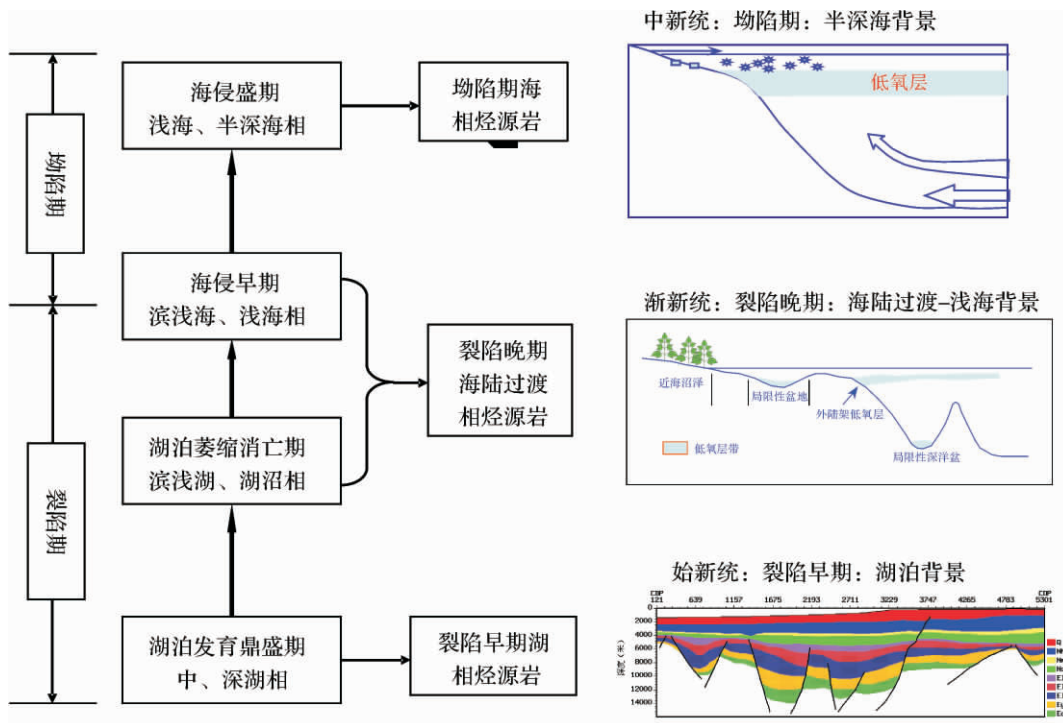


图 2 南海北部深水盆地演化与烃源岩发育史模式图

Fig. 2 Patterns of basin evolution and source rock development history in deep water region of the northern of South China Sea

还是深水区的油气均主要来源于恩平组海陆过渡相烃源岩,少部分来源于珠海组海相烃源岩^[3,10-11]。目前珠江口盆地和琼东南盆地深水区均很少发现裂陷早期湖相烃源岩对油气的贡献。因此,裂陷晚期海陆过渡相烃源岩和坳陷期海相烃源岩是南海北部深水区现实和有效的烃源岩,裂陷晚期海陆过渡相烃源岩为本区主要烃源岩^[12]。

2.1 裂陷晚期海陆过渡相烃源岩的形成条件和影响因素

南海北部深水区海陆过渡相烃源岩是湖盆收缩期伴随着间歇性海侵形成的一套由煤层、碳质泥岩和煤系暗色泥岩组成的有机质丰度较高的烃源岩。晚始新世—早渐新世是珠江口盆地拉张—断陷的晚期,断裂活动的差异性大,拉张强烈的地区继续深陷,成

为沉积中心;拉张作用减弱或停止的地区沉积充填使之准平原化、沼泽化,沉积中心消失。并且随着南海在早渐新世(32 Ma)的扩张,珠江口盆地和琼东南盆地存在频繁的海侵活动,分别形成了恩平组和崖城组海陆过渡相沉积^[12]。

恩平组沉积时期,珠江口盆地不仅浅水区的珠一坳陷、珠三坳陷和番禺低隆起发育煤系烃源岩,而且深水区的白云凹陷也可能有较为广泛的煤系地层分布,其原因在于:(1)恩平组沉积时期具有湿热的气候条件。恩平组孢粉组合以松粉—榆粉组合和泪杉粉—双沟粉组合为特征,反映气候较热且湿润,有利于植被发育。(2)珠二坳陷西部由于控制开平主洼半地堑的主断裂在始新世末已基本停止活动,沉积作用很快把洼地填平,湖区迅速沼泽化和河流平原化,

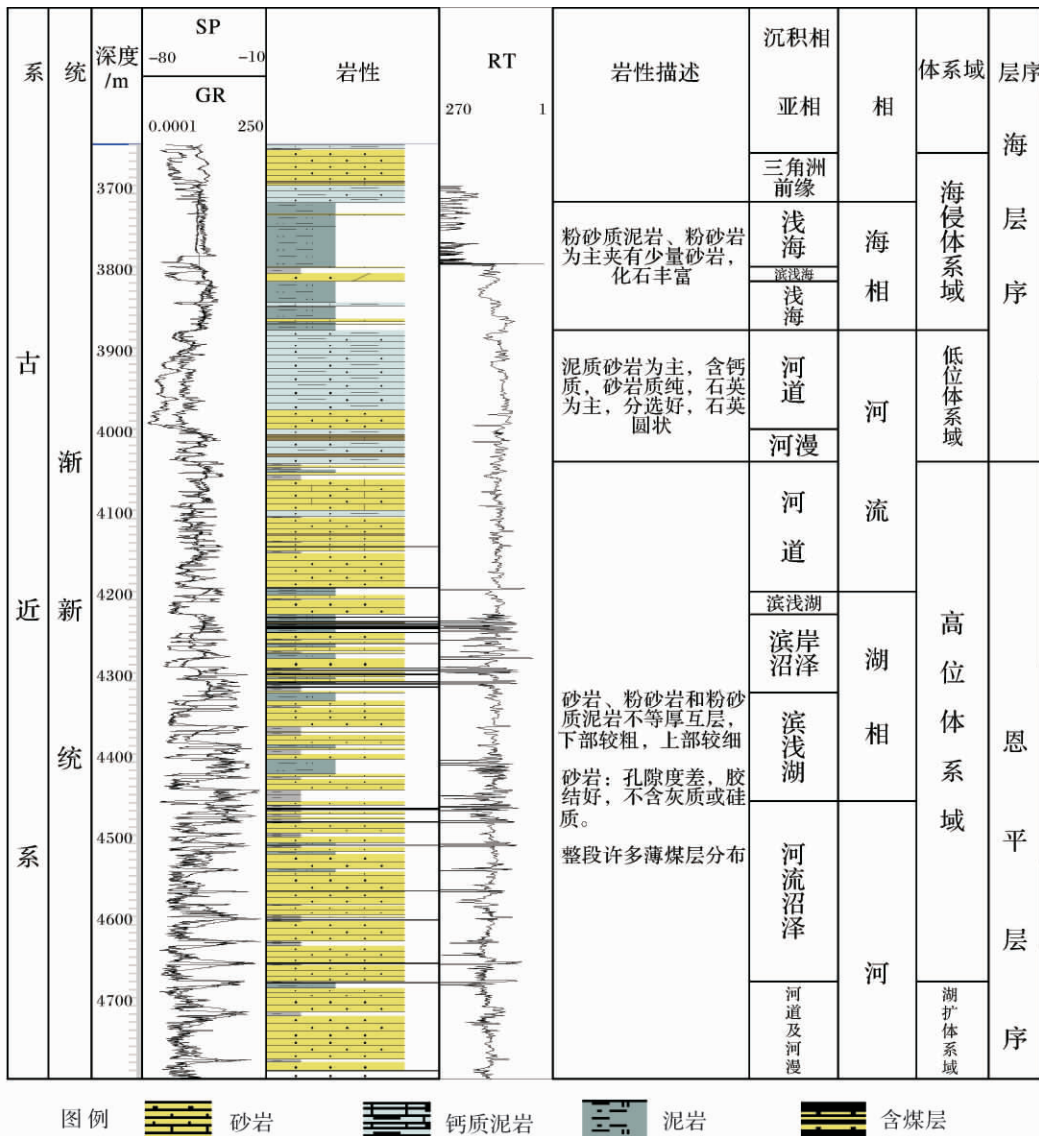


图3 PY33-I-1井恩平组层序地层综合剖面

Fig. 3 Comprehensive profiles of sequence stratigraphy of Enping Formation for Well PY33-I-1

整个珠二坳陷西部成为一个向东倾斜的大斜坡,在 KP6-1-1 井和 PY33-1-1 井之间的白云西洼形成了一个大型的三角洲体^[13]。开平凹陷 KP6-1-1 井恩平组为 200 多米的河流相砂岩为主的地层,河流间湾及河漫滩的薄层暗色泥岩富含有机质。白云凹陷西部 PY33-1-1 井滨岸沼泽和河流沼泽相沉积中均有煤、碳质泥岩和暗色泥岩发育(图 3)。番禺低隆起上与 PY33-1-1 井邻近的 PY27-2-1、PY20-1-1 等井在恩平组揭示河流平原沉积,同时发育含煤地层。此外,恩平组沉积时期,白云凹陷北部和南部均有水系进入白云凹陷^[13],为陆生高等植物的发育和煤系烃源岩的形成提供了良好的条件。(3) 白云凹陷恩平组为断—坳转换期沉积,恩平组沉积时期白云凹陷的滨岸带范围宽广,地势较缓,宜于近湖沼泽的广泛发育和长期维持,为在广大范围发生湖相与沼泽相交互沉积创造了条件,有利于的大范围堆积。因此,珠江口盆地白云深水区可能属于河流—三角洲—湖沼相共控的成煤模式(图 4),凹陷周缘坡折带河流—三角洲发育的地区可形成河沼相和三角洲平原沼泽相煤系地层,而凹陷边部由于滨浅湖沼泽化而形成湖沼相煤系地层。总体来说,这种模式下形成的煤系地层分布较为广泛而稳定。

琼东南盆地崖城组沉积时期的古气候与珠江口盆地恩平组沉积时期相似,具有湿热的气候条件,有利于陆生高等植物生长和发育。但是,琼东南盆地缺

乏大型的水系流入,有利的成煤环境主要为扇三角洲体系、滨岸带—潟湖体系及冲积扇体系。琼东南盆地崖南凹陷西北部发育扇三角洲沉积^[14],位于扇三角洲上的钻井普遍在崖城组揭示煤系地层。崖城组各段平均解释煤层数以崖城组三段最多,崖城组一段次之,崖城组二段最少,总体表现为煤层数量较多,但单层厚度薄的特征,单层厚度普遍小于 1 m,单井中揭示的最大总煤层厚度为 11.52 m(表 2),而扇三角洲以外地区钻井揭示的崖城组煤层发育一般较差,这说明琼东南盆地煤系地层的发育与扇三角洲关系密切。另外,琼东南盆地崖城组属于以断陷为主的沉积,沉积水体相对较深,滨岸带地势较陡而且范围较窄,与珠江口盆地相比,不利于形成湖沼相的煤系烃源岩,琼东南盆地的成煤模式属于以扇三角洲—滨岸带为主的成煤模式(图 5)。该模式在水进期滨海带向凹陷边缘推进,扇三角洲后退,水退期反之。每个演化阶段,扇三角洲平原、废弃朵体、朵体间洼地、海岸平原沼泽均能发育泥炭堆积。该模式发育早期,煤层厚度薄、分布面积不广;当发生较大海退时,扇三角洲、滨海带范围较广,聚煤作用范围相对扩大,但总体而言煤层分布较为局限而不稳定。

因此,南海北部珠江口盆地与琼东南盆地煤系烃源岩的形成条件存在差异。由于河流—三角洲体系发育程度及凹陷结构的差异,珠江口盆地深水区恩平组煤系烃源岩的发育程度优于琼东南盆地深水区崖城组。

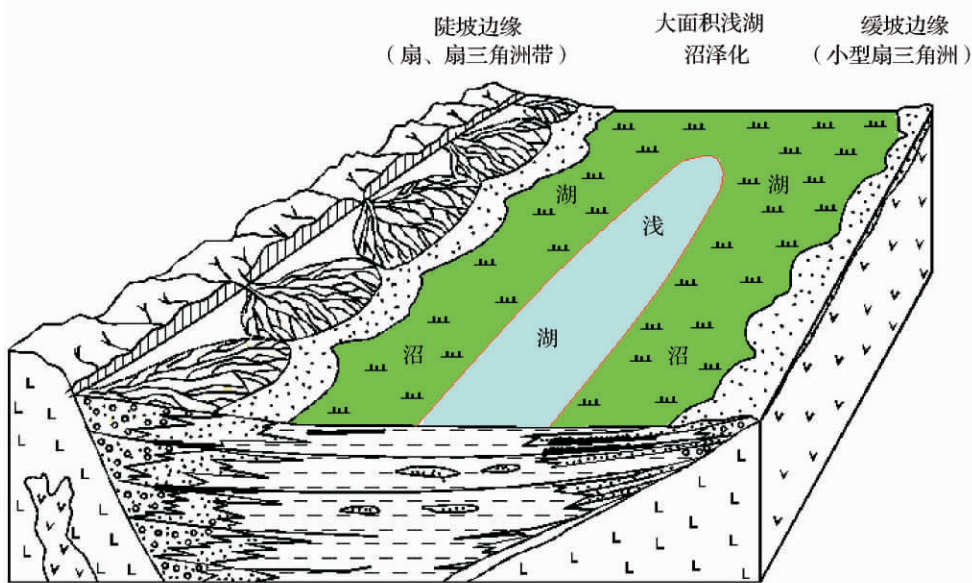


图 4 珠江口盆地深水区湖沼相成煤模式图

Fig. 4 The coal forming model of limnetic facies in deep water basins of Pearl River Mouth basin

表2 琼东南盆地钻井揭示的崖城组煤层数和煤层厚度统计表
Table 2 Statistics of number and thickness of coal beds of wells in Qiongdongnan basin

井号	崖三段		崖二段		崖一段	
	煤层数	煤层总厚度/m	煤层数	煤层总厚度/m	煤层数	煤层总厚度/m
YC13-1-1	3	1.03	-	-	-	-
YC13-1-2	31	11.52	-	-	-	-
YC13-1-3	8	3.56	-	-	-	-
YC13-1-6	8	4.61	-	-	-	-
YC13-1-a1	4	0.74	-	-	-	-
YC13-1-a2	12	1.43	-	-	-	-
YC19-1-1	5	3.14	1	1.09	2	1.27

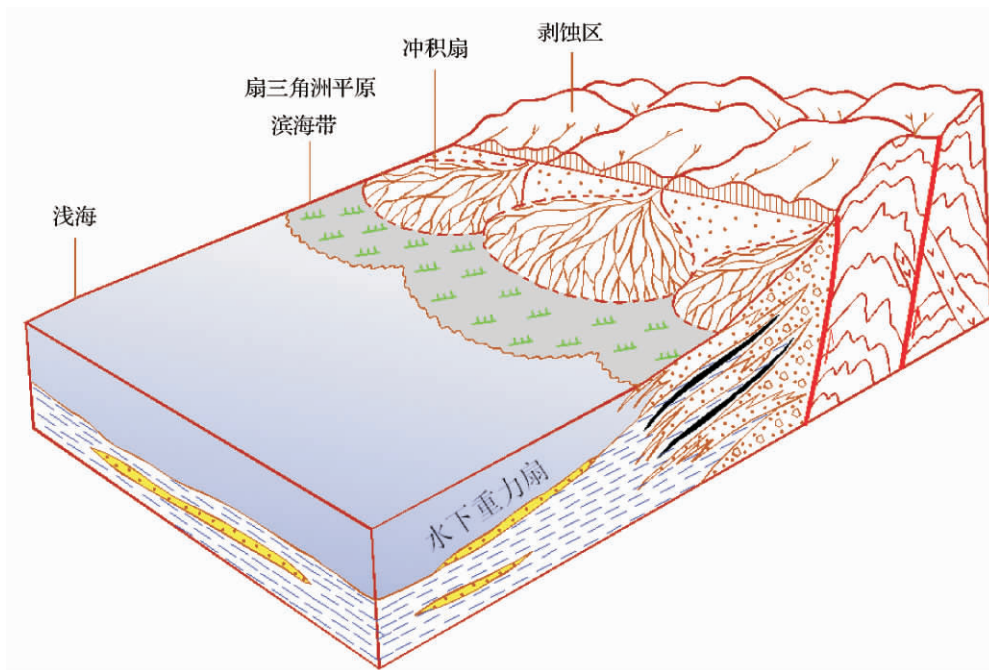


图5 琼东南盆地深水区扇三角洲和滨海带成煤模式图

Fig. 5 The coal forming model of fan delta and coast plain facies in deep water region of Qiongdongnan basin

2.2 拗陷期海相烃源岩的形成条件和影响因素

2.2.1 南海北部深水海相烃源岩的有机质来源

尽管珠江口盆地及琼东南盆地渐新统和中新统海相泥岩含有少量的海相沟鞭藻化石,但含量很低,孢粉组合中藻类的含量低于10%,而90%以上属于蕨类孢子和木本花粉。从有机质的组成看,南海北部深水海相烃源岩其有机质以陆生高等植物有机质为主,珠江口盆地珠海组从三角洲平原到浅水三角洲前缘,从浅水三角洲前缘到陆坡深水沉积,其有机质均以煤质、木质和壳质为主(图6)。煤质和木质植屑源自陆地植物群,木质为未降解的高等植物的导管组织和降解的大植物组织;煤质为炭屑或氧化的木质组织;壳质和孢质有机质是成分较稳定的非木质植屑,主要包括高等植物来源的角质、孢子、花粉和树脂等,

也有水生植物体非木质部分形成的碎屑。虽然不同海相沉积环境其有机质组成存在一定差异,三角洲平原和三角洲前缘距物源区较近,泥岩中相对富含煤质和木质,而处于半深海的陆坡距物源区较远,煤质和木质,尤其是煤质含量降低,而相对耐水解和抗氧化并易于被流水搬运的孢质和壳质含量较高。但是,无论是浅水沉积还是深水沉积均表现出以陆生高等植物有机质为主的特征。

2.2.2 南海北部海相烃源岩形成的主要影响因素

南海北部海相烃源岩中有机质主要来源于陆生高等植物,其有机质含量主要取决于两个因素:一是是否存在有利于陆生高等植物发育的沉积环境;二是陆生高等植物有机质是否能够被有效搬运到海洋中聚集并保存。

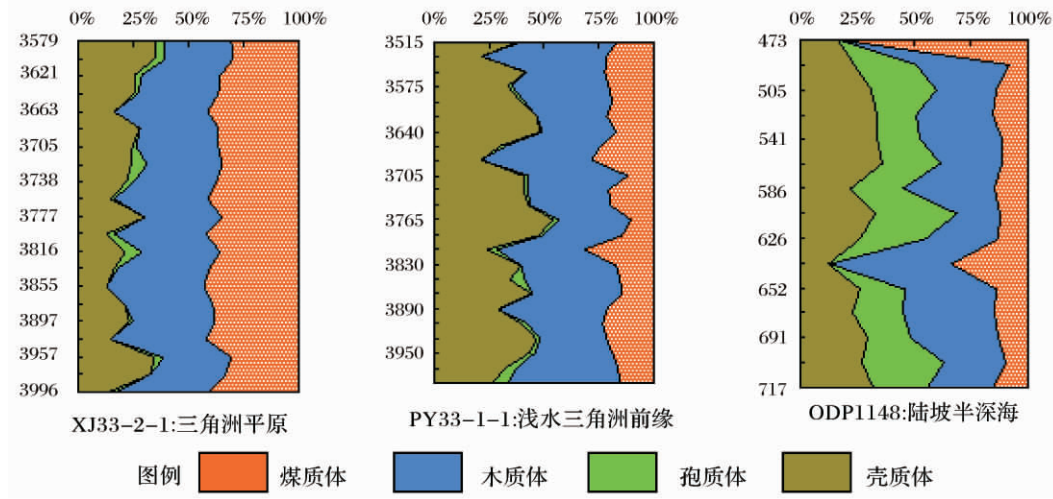


图 6 珠江口盆地珠海组不同沉积环境有机质组成特征

Fig. 6 Compounds of organic material of different depositional environments for Zhuhai Formation of Pearl River Mouth basin

首先,陆生高等植物生长发育条件的优劣决定了有机质的供给量。珠江口盆地古珠江自晚始新世恩平组沉积时期开始发育,珠海组沉积时期,古珠江的影响范围达到白云凹陷南部,白云凹陷发育浅水三角洲沉积^[14]。珠江口盆地珠一坳陷多口钻井在珠海组揭示沼泽相含煤沉积,白云凹陷 PY35-2-5 井珠海组泥岩有机碳含量最高可达 6% 以上,同样属于沼泽相沉积。由此可见,受古珠江的影响,珠江口盆地珠海组沉积时期陆生高等植物有机质来源较为丰富。琼东南盆地则与珠江口盆地存在较大差异,琼东南盆地

缺乏大型河流和三角洲沉积,盆地边缘主要发育一些扇三角洲、冲积扇和海岸平原沉积,其北部少数钻井在陵水组可见煤层,但煤层的发育程度较珠江口盆地珠海组差,说明珠江口盆地和琼东南盆地陆生高等植物的发育程度存在差异。这不仅反映在两个盆地含煤地层的发育程度上,而且海相泥岩的有机质丰度也存在差异。相同时代泥岩的有机质丰度相比,珠江口盆地珠海组、珠江组和韩江组海相泥岩有机质丰度高于琼东南盆地陵水组、三亚组和梅山组海相泥岩(图 7),说明珠江口盆地和琼东南盆地陆生高等植物的

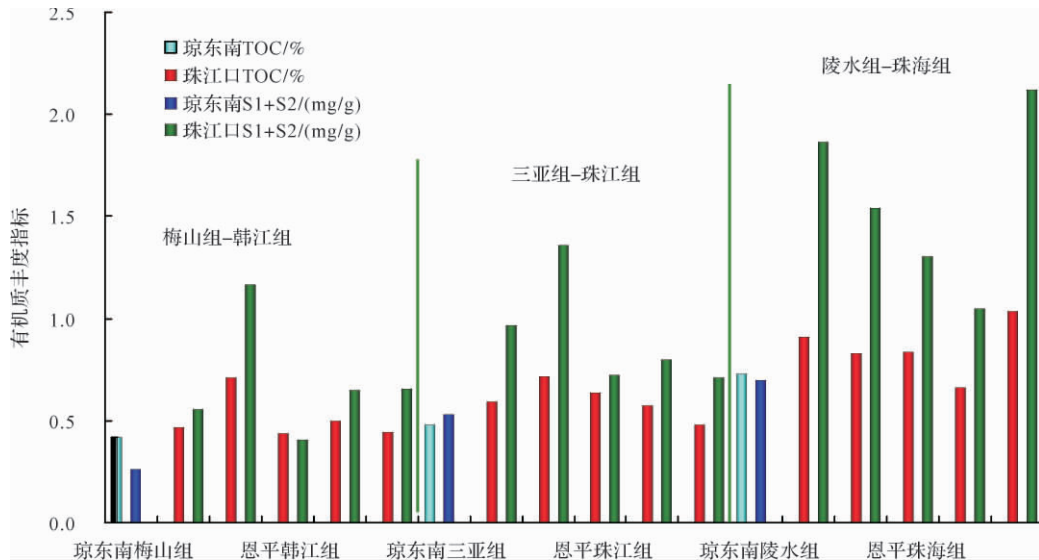


图 7 珠江口盆地与琼东南盆地不同时代海相烃源岩有机质丰度对比

Fig. 7 The correlation of organic matter content of marine source rocks for different formations in Qiongdongnan basin and the Pearl River Mouth basin

发育程度对南海北部海相烃源岩的形成具有重要影响。陆生高等植物越发育,陆生高等植物来源的有机质更加丰富,海相烃源岩的有机质丰度则更高。

第二,陆生高等植物有机质向海洋中的聚集。现代沉积研究表明,河流对陆生高等植物有机质的聚集具有显著作用。Valier Galy 等^[15]对恒河三角洲的研究表明,恒河和布拉马普特拉河沉积物中含有较为丰富的有机碎屑,有机碳平均含量为 0.35%,最大可达 1.50%。由此可见,河流体系有利于陆生高等植物有机物质在海洋环境中的富集。

波浪作用、洋流和风力也是陆生高等植物有机质由近岸向远洋富集的重要因素。马哈坎三角洲现代沉积研究发现,植物木质碎屑的密度为 1.00 g/cm³,与海水密度相近或稍小于海水密度(海水密度一般为 1.03 g/cm³)^[16],因此木质碎屑可以漂浮于海水中并通过波浪和洋流的作用搬运到远离海岸的泥岩中沉积。中国东南沿海陆地植物花粉可以通过洋流及风力作用搬运到巴士海峡聚集也是一个很好的实例^[13]。

2.2.3 南海北部海相烃源岩有机质丰度的横向变化特征

珠江口盆地白云凹陷 LW3-1-1 井珠海组和珠江

组泥岩的有机质丰度存在明显差异,该井珠海组泥岩有机碳含量介于 0.66% ~ 1.47% 之间,平均为 1.08%;珠江组泥岩有机碳含量介于 0.26% ~ 0.64% 之间,平均为 0.44% (图 8)。从沉积环境看,LW3-1-1 井珠海组为陆架浅海沉积,珠江组为陆坡半深海沉积,珠江组沉积时期的海水深度明显较珠海组沉积时期深,似乎存在沉积水体深度加大而有机质丰度降低的趋势。

从有机质丰度的横向变化看,珠江口盆地珠江组由浅水沉积向深水沉积有机质丰度存在明显降低的趋势(图 8)。位于珠一坳陷西江凹陷的 XJ33-2-1 井珠江组为三角洲平原和三角洲前缘沉积,珠江组泥岩有机碳含量为 0.22% ~ 1.98%,平均为 1.02%;位于番禺低隆起的 PY15-1-1 井珠江组为前三三角洲沉积,珠江组泥岩有机碳含量为 0.28% ~ 1.25%,平均为 0.63%;位于白云凹陷北坡的 PY33-1-1 井珠江组为陆架浅海沉积,珠江组泥岩有机碳含量为 0.37% ~ 0.94%,平均为 0.52%;位于白云凹陷南部的 LW3-1-1 井珠江组为陆坡半深海沉积,珠江组泥岩有机碳含量为 0.26% ~ 0.64%,平均为 0.44%;白云凹陷东南 ODP1148 站珠江组同样为陆坡半深海沉积,但沉积水体更深,珠江组泥岩有机碳含量为 0.04% ~ 0.39%,

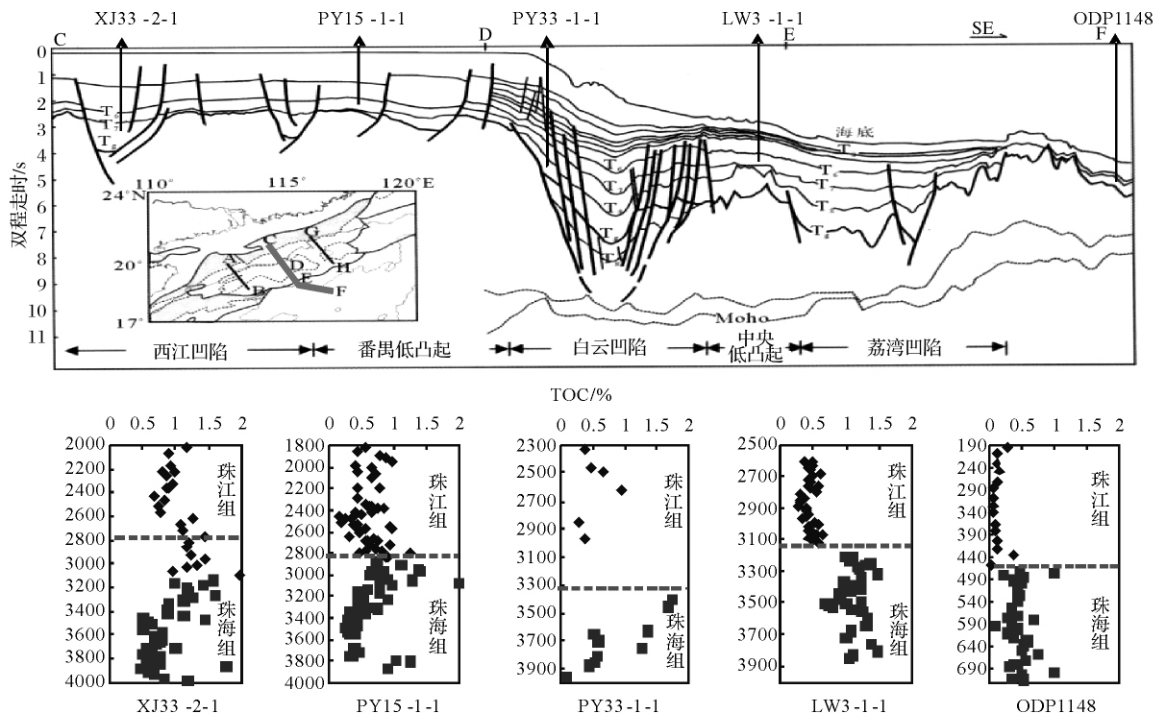


图 8 珠江口盆地浅水区至深水区珠海组和珠江组泥岩有机碳含量剖面

Fig. 8 Profiles of change of organic carbon content from shallow water area to deep water area for Zhuhai Formation and Zhujiang Formation in the Pearl River Mouth basin

平均为 0.25%。珠海组烃源岩同样也存在随着沉积环境的水体加深,有机质丰度降低的趋势(图 8)。

由此可见,南海北部海相泥岩有机质丰度的变化表现出明显的规律性,即随着沉积环境距离海岸越远,沉积水体深度加大,泥岩中有机质含量降低。产生此种现象的原因主要在于,该区海相烃源岩中海相藻类来源的有机质很少,对烃源岩的形成不具有显著的影响,而陆生高等植物来源的有机质是烃源岩中有机质的主体,因而陆生高等植物有机质的数量对该区海相烃源岩有机质丰度具有重要的控制作用。距离海岸较近的海相环境中陆生高等植物有机质来源较为丰富,能够形成有机质丰度较高的海相烃源岩,但随着离岸距离增大,陆生高等植物有机质的数量减少,海相烃源岩的有机质丰度因而降低。

3 南海北部深水区烃源岩的分布特征

不同盆地类型和地质背景下烃源岩的分布特征存在明显差异。中国东部湖相断陷盆地优质烃源岩主要分布于断陷内的中—深湖沉积相中^[17];优质的传统海相烃源岩主要分布于近滨潟湖、浅海陆棚、大陆坡及大洋底部等沉积环境^[18],它们的共同特征是有机质主要来源于水生低等生物。然而,南海北部深水盆地无论是海陆过渡相烃源岩还是海相烃源岩其有机质主要来源于陆生高等植物,因此烃源岩的分布具有其特殊性。

南海北部深水盆地或凹陷周缘的河流—三角洲、辫状河三角洲、障壁岛—潟湖、滨岸带等有利于陆生高等植物生长,有利于形成有机质高度富集的海陆过

渡相煤系烃源岩,而凹陷内高等植物的生长受到限制,不利于煤系烃源岩的发育,如崖南凹陷西北凸起区的很多钻井在崖城组揭示煤层(表 2),但崖南凹陷内 YC26-1-1 井在崖城组未见煤层。因此,煤系烃源岩主要发育于凹陷的周缘,盆地或凹陷内部煤系烃源岩的发育程度变差,一般发育海相烃源岩。但是,由于有机质主要来源于陆生高等植物,因此距岸较近的海相环境中陆生高等植物有机质来源较为丰富,能够形成有机质丰度较高的海相烃源岩,但随着离岸距离增大,陆生高等植物有机质的数量减少,海相烃源岩有机质丰度降低(图 9)。

从沉积环境看,岸后的滨海平原—沼泽环境水动力较弱,属于低能弱氧化环境,陆生高等植物来源的有机质充足,有利于形成较高丰度的海相烃源岩。滨海环境虽然陆生高等植物来源的有机质比较充足,但沉积环境水动力强,沉积环境具有较强的氧化性,不利于有机质保存,有机质丰度较低。浅海—半深海环境具有较好的有机质保存条件,陆生高等植物来源的有机质比较多,同时还有部分海相藻类等低等生物来源的有机质,具有较好的烃源岩形成条件。深海沉积虽然为低能的还原环境,有机质保存条件优越,但陆生高等植物来源的有机质很少,同时海相藻类等低等生物来源的有机质也比较少,烃源岩的有机质丰度普遍较低。

就油气勘探而言,南海北部深水区盆地或凹陷的周缘地区由于烃源岩有机质丰度高,烃源岩的生烃潜力大,在其它地质条件具备的情况下,有利于形成油气田,具有较好的油气勘探前景。而盆地或凹陷的沉

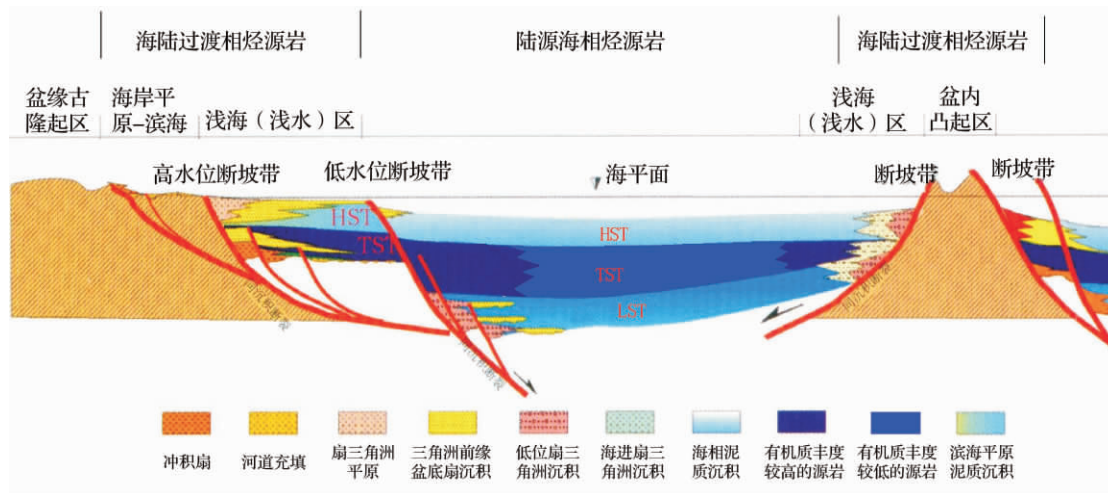


图 9 南海北部深水盆地烃源岩分布模式

Fig. 9 Distribution model for source rocks in deep water basin of the northern of South China Sea

降中心由于烃源岩质量较差,对油气勘探不太有利。

4 结论

(1) 南海北部深水盆地与大西洋被动大陆边缘盆地烃源岩的形成条件存在差异。大西洋被动大陆边缘盆地中生界湖相和海相烃源岩有机质主要来源于水生低等生物,以Ⅱ₁和Ⅰ型有机质为主;而南海北部深水海陆过渡相和海相烃源岩有机质主要来源于陆生高等植物,以Ⅱ₂和Ⅲ型有机质为主。

(2) 南海北部深水盆地海陆过渡相煤系烃源岩和坳陷期海相烃源岩的形成受控于河流—三角洲体系的发育程度。气候适宜的情况下,河流—三角洲体系越发育的地区煤系烃源岩也越发育,海相烃源岩的有机质丰度更高。

(3) 南海北部深水盆地或凹陷周缘既发育煤系烃源岩,海相烃源岩也具有较高的有机质丰度,是生烃条件有利的区域;而凹陷的沉积中心海相烃源岩有机质丰度普遍较低,生烃条件较差。

参考文献 (References)

- 米立军,刘震,张功成,等. 南海北部深水白云凹陷古近系烃源岩的早期预测[J]. 沉积学报, 2007, 25(1): 139-146 [Mi Lijun, Liuzhen, Zhang Gongcheng, et al. Early forecast and evaluation study on chief source rock in Baiyun Depression [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(1): 139-146]
- 张功成,刘震,米立军,等. 珠江口盆地—琼东南盆地深水古近系沉积演化[J]. 沉积学报, 2009, 27(4): 632-641 [Zhang Gongcheng, Mi Lijun, Liuzhen, et al. Sedimentary evolution of Paleogene series in deep water area of Zhujiangkou and Qiongdongnan Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(4): 632-641]
- 傅宁,米立军,张功成. 珠江口盆地白云凹陷烃源岩及北部油气成因[J]. 石油学报, 2007, 28(3): 32-38 [Fu Ning, Mi Lijun, Zhang Gongcheng. Source rocks and origin of oil and gas in the northern Baiyun Depression of Pearl River Mouth Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(3): 32-38]
- 赵红静,张敏,张春明,等. 珠江口盆地白云凹陷珠江组、珠海组烃源岩倾油倾气性判识[J]. 地质科技情报, 2010, 29(2): 5-9 [Zhao Hongjing, Zhangmin, Zhang Chunming, et al. Oil/gas potential identification for Zhujiang and Zhuhai Formations in Baiyun Depression, Pearl River Mouth Basin [J]. Geological Science and Technology Information, 2010, 29(2): 5-9]
- 黄永健,王成善,顾健. 白垩纪大洋缺氧事件: 研究进展及未来展望[J]. 地质学报, 2008, 82(1): 21-30 [Huang Yongjian, Wang Chengshan, Gu Jian. Cretaceous oceanic anoxic events: Research progress and forthcoming prospects [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(1): 21-30]
- 陈兰,夏敏全,万云,等. 黑色页岩与大洋缺氧事件研究进展[J]. 重庆科技学院学报: 自然科学版, 2009, 9(4): 1-8 [Chen Lan, Xia Mingquan, Wan Yun, et al. Study on black shale and oceanic anoxic events [J]. Journal of Chongqing University of Science & Technology, 2009, 9(4): 1-8]
- 傅宁,于晓果. 崖13-1气田油气混合特征研究[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(1): 19-22 [Fu Ning, Yu Xiaoguo. Mixing characteristics of oil and gas in YA13-1 gas field [J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(1): 19-22]
- 董伟良,黄保家. 南海莺—琼盆地煤型气的鉴别标志及气源判识[J]. 天然气工业, 2000, 20(1): 23-27 [Dong Weiliang, Huang Baojia. Identification marks and source discrimination of the coal type gas in Yinggehai and Qiongdongnan basins of South China Sea [J]. Natural Gas Industry, 2000, 20(1): 23-27]
- 潘贤庄,张国华,黄义文,等. 崖13-1气田天然气的混源特征[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 15(2): 99-104 [Pan Xianzhuang, Zhang Guohua, Huang Yiwen, et al. The mixed gas sources in Yacheng13-1 Gas-field [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2001, 15(2): 99-104]
- 朱俊章,施和生,庞雄,等. 珠江口盆地番禺低隆起天然气成因和气源分析[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(4): 456-459 [Zhu Junzhang, Shi Hesheng, Pang Xiong, et al. Natural gas origin and gas source studies of Panyu low uplift in the Pearl River Mouth Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2005, 16(4): 456-459]
- 朱俊章,施和生,何敏,等. 珠江口盆地白云凹陷深水LW3-1-1井天然气地球化学特征及成因探讨[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(2): 229-233 [Zhu Junzhang, Shi Hesheng, He Min, et al. Origins and geochemical characteristics of gases in Well LW3-1-1 in the deep sea area of Baiyun Sag, Pearl River Mouth Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 19(2): 229-233]
- 傅宁,邓运华,张功成,等. 南海北部叠合断陷盆地海陆过渡相烃源岩特征及成藏贡献——以珠二拗陷白云凹陷为例[J]. 石油学报, 2010, 31(4): 568-574 [Fu Ning, Deng Yunhua, Zhang Gongcheng, Li Youchuan, et al. Transitional source rock and its reservoir-forming property in superimposed rift-subsidence basin of Northern South China Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(4): 568-574]
- 庞雄,陈长民,彭大钧,等. 南海珠江深水扇系统及油气[M]. 北京: 科学出版社, 2007 [Pang Xiong, Chen Changmin, Peng Dajun et al. The Pearl River Mouth Basin Fan System & Petroleum in South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 2007]
- 邓运华. 论河流与油气的共生关系[J]. 石油学报, 2010, 31(1): 12-17 [Deng Yunhua. Analysis on correlation of river and petroleum [J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(1): 12-17]
- Valier Galy, Christian France-Lanord, Bruno Lartiges. Loading and fate of particulate organic carbon from the Himalaya to the Ganga-Brahmaputra data [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2008, 1: 1-21
- Arther Saller, Rui Lin, John Dunham. Leaves in turbidite sands: The main source of oil and gas in the deep-water Kutei Basin, Indonesia [J]. AAPG Bulletin, 2006, 90(10): 1585-1608
- 朱伟林. 中国近海新生代含油气盆地古湖泊学与烃源条件[M].

北京:地质出版社,2009 [Zhu Weilin. Paleolimnology and source rock Studies of Cenozoic hydrocarbon-bearing offshore basins in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009]

18 梁狄刚,郭彤楼,边立曾,等. 中国南方海相生烃成藏研究的若干新进展(三):南方四套区域性海相烃源岩的沉积相及发育的控制因素[J]. 海相油气地质, 2009, 4(2): 1-19 [Liang Digang,

Guo Tonglou, Bian Lizeng, et al. Some progress on studies of hydrocarbon generation and accumulation in marine sedimentary regions, Southern China (Part 3): Controlling factors on sedimentary facies and development of Paleozoic marine source rocks [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2009, 4(2): 1-19]

The Formation and Distribution of Source Rocks for Deep Water Area in the Northern of South China Sea

LI You-chuan¹ MI Li-jun² ZHANG Gong-cheng¹ FU Ning¹ SUN Yu-mei¹

(1. Research Institute, CNOOC Beijing 100027; 2. Department of Exploration of CNOOC(China), Beijing 100010)

Abstract Source rocks in deep water basins in the north of South China Sea are obviously different from the passive margin basins in Atlantic Ocean. Mesozoic lacustrine source rock in the rifting sequence and marine source rock in the post-rift depression are the main source rocks in the passive margin basins of Atlantic Ocean, and their organic matters in lacustrine and marine source rocks all mainly came from aquatic lower organisms. There maybe exist three kinds of source rocks, including lacustrine source rock, transitional coal-bearing source rock and marine source rock in deep water basins in the north of South China Sea, but the correlation of oil/gas and source showed that Tertiary coal-bearing source rocks in transitional sequence is the main source rock there. Organic matters in transitional coal-bearing source rock and marine source rock mainly came from terrestrial higher plants in the north of South China Sea, and fluvial deltaic system is one of the very important factors for controlling the growth of terrestrial higher plants and abundance of organic matter. Because of the influence of the Paleo-pearl River, coal-bearing source rock of Enping Formation distribute relatively widespread and stable in the Pearl River Mouth basin. But there is no large river system, and fan-delta is the main type of delta, so coal-bearing source rock of Yacheng Formation distributed relatively limited in Qiongdongnan basin. The formation of marine source rocks is influenced by the quantity of terrestrial organic matter and accumulation and reservation of organic matter. Because of the difference of paleo-geography condition between the Pearl River Mouth basin and Qiongdongnan basin, origin of terrestrial organic matter in the Pearl River Mouth basin is much more abundant than Qiongdongnan basin, and the content of total organic carbon for marine source rock in the Pearl River Mouth basin is higher than the same geological time source rocks in Qiongdongnan basin. Because the supply of terrestrial organic matter decrease from land to ocean, so the organic matter content of marine source rock also lower from land to ocean. Seen from the distribution of source rocks in north of South China Sea, source rocks with relative high organic matter content mainly distributed in the surrounding area of basin or depression, they are mainly composed of coal-bearing source rock, also include some marine source rock with abundant organic matter, but the organic matter content is popularly low in the depocenter of basin or depression, the surrounding area of basin or depression is more profit for oil and gas exploration.

Key words northern of South China Sea; deep water basin; marine source rock; coal-bearing source rock; formation and distribution