

珠江口盆地珠三坳陷古湖泊与油气

朱伟林 黎明碧 段佩潜 汪品先 吴国瑄 赵泉鸿

(海洋石油勘探开发研究中心 河北高碑店 074010)

(同济大学 上海 200092)

摘要 珠江口盆地珠三坳陷发育早期为断陷湖泊发育期(古新世—早渐新世),勘探证实该时期是坳陷内主要烃源岩形成期。珠三坳陷古湖泊的演化经历了三个阶段:早期山间湖泊阶段、中期湖泊鼎盛阶段和晚期湖泊萎缩阶段,总体来说三个阶段的湖水性质为低矿化度、低CaCO₃含量的淡水,但生物发育以及沉积物供给等条件有所不同,湖泊鼎盛阶段浮游藻类大量发育,水体的垂直分层使有机质得到了保存,形成了本坳陷最好的生油岩,湖泊萎缩阶段大量陆源碎屑进入,广泛发育湖沼相沉积,形成了以煤系地层为主的气源岩。古湖泊不同阶段形成的两套烃源岩,决定了坳陷内存在两套油气体系。

关键词: 古湖泊 烃源条件 油气体系

ABSTRACT

Zhu Weilin *et al.* (China Offshore Oil Exploration and Development Research Center, Hebei): PALAEO-LIMNOLOGY AND HYDROCARBON POTENTIAL IN ZHU III DEPRESSION, PEARL RIVER MOUTH BASIN *China Offshore Oil and Gas (Geology)* 1997, 11(1): 13~18

The early stage of Zhu III depression of the Pearl River Mouth Basin (Palaeocene—Early Oligocene) was the development stage of rift lakes, which has been proved by exploration to be the developing stage of main source rocks in the depression. The palaeo-lakes in Zhu III depression experienced three evolution stages, i. e. early intermountain lake stage, middle lake flourishing stage and late lake regression stage. The lake water in three stages are generally characterized by fresh water with low salinity and low calcium carbonate content, but varied with organism and sediments source supply were different. At the lake flourishing stage, planktonic algae was largely developed and the organic matters were well preserved due to the water vertical stratification, thus the best oil source rocks in the depression were formed. At the lake regression stage, limnetic sediments were widely developed as result of the influx of large amount of terrigenous clastics which gas source rocks predominated by the two hydrocarbon source rocks developed at different evolution stages of palaeo-lakes resulted in the development of two oil/gas systems in the depression.

Keywords: palaeo-lake; source condition; oil/gas system

1 珠三坳陷地质概况

珠三坳陷位于南海北部大陆架珠江口盆地西部,面积1.1万km²,由文昌A凹陷、文昌B

1996-05-15 收到 1996-08-15 改回

凹陷、文昌C凹陷、琼海凹陷、阳江A凹陷及琼海凸起、阳江低凸起等7个次级构造单元组成(图1)。

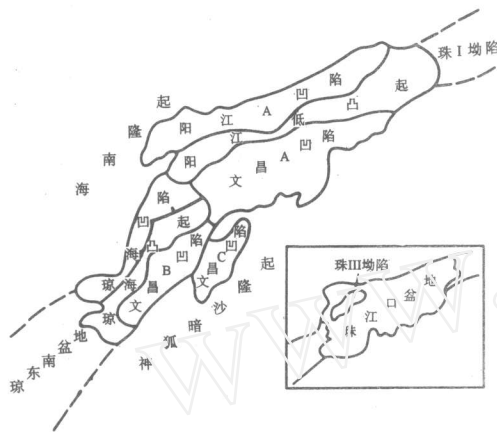


图1 珠三坳陷位置及构造单元划分

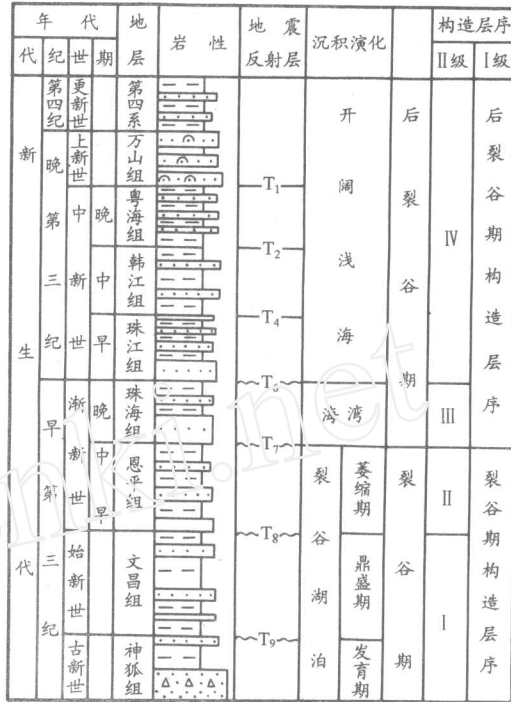


图2 珠三坳陷地层发育剖面及构造层序划分

珠三坳陷的发育演化与中国东部的大部分盆地相同,为第三纪发育起来的裂谷型盆地。古新世—早渐新世为裂谷充填阶段,沉积了一套粗—细—粗的湖相层序;晚渐新世及以后为裂后阶段,其中晚渐新世为裂后早期,沉积了一套海湾相潮汐砂、泥岩为主的层序,中新世及以后为裂后中晚期,沉积了开阔海相的砂泥岩层序(图2)。坳陷内最明显的不整合面为T₇⁰、T₆⁰和T₂⁰(图3),最大沉积厚度达11000m,迄今钻井揭示的最老沉积地层为古新统神狐组。

坳陷的古气候基本属于热带—亚热带气候,其演化可细分为4个阶段:(1)晚古新世—早渐新世,为热带—亚热带潮湿气候;(2)晚渐新世,为热带—亚热带海洋性气候;(3)早中新世,为温带—寒温带海洋性气候;(4)中中新世及以后,为热带—亚热带海洋气候。

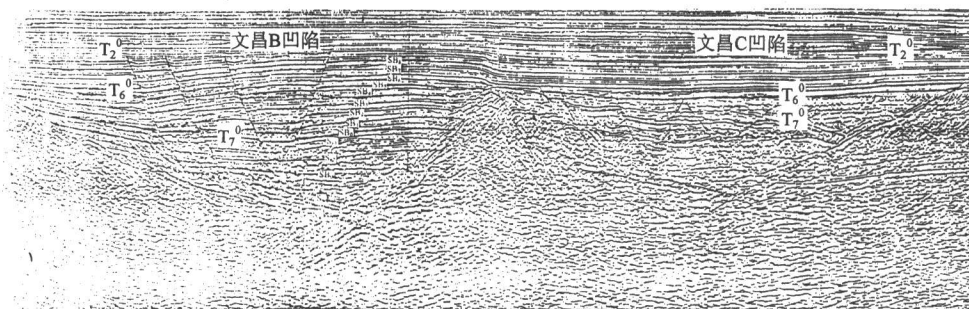


图3 珠三坳陷层序发育剖面

2 珠三拗陷古湖泊演化及其特征

珠江口盆地裂谷湖群与早第三纪我国北部的渤海湾盆地裂谷湖以及一些现代的裂谷湖(如东非裂谷湖群和贝加尔裂谷湖等)有相似性,都是由长形湖盆组成裂谷系统(图 4)。

珠三拗陷古湖泊为珠江口裂谷湖群的一部分,湖泊的演化主要经历了 3 个阶段(图 5): (1)山间湖泊阶段;(2)湖泊鼎盛阶段;(3)湖泊萎缩阶段。珠三拗陷古湖泊发育的 3 个阶段具有以下共同特征:(1)气候条件基本相同,为湿热气候;(2)湖水的矿化度普遍较低,一般小于 200mg/l;(3)湖水的 pH 值 < 8;(4)CaCO₃ 含量低,为重碳酸盐钠质软水^[3];(5)水体内的生物都为淡水种类。珠三拗陷古湖泊的这些特征与中国北部东营凹陷的古湖泊存在很大差别(表 1)。珠三拗陷古湖泊发育 3 个阶段的主要特征简述如下。

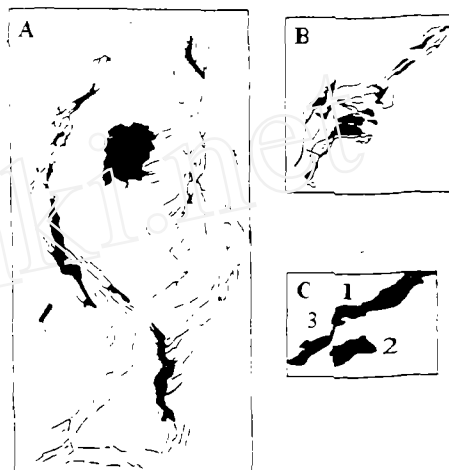


图 4 裂谷湖群比较示意

A——现代非洲裂谷湖系统; B——早第三纪渤海湾盆地裂谷湖系统; C——早第三纪珠江口盆地裂谷湖系统

(1)山间湖泊阶段(古新统神狐组)——湖泊形成期 珠三拗陷古湖泊随中国东部近海裂谷盆地的发育而出现。早第三纪早期断裂活动使目前的珠三拗陷所在区分割成一系列裂谷湖泊,这些湖泊位于丘陵和山地之间,大多数为具有边界主断层的半地堑湖泊。湖水的面积相对较小,但物源补给充分,以近源的粗陆源碎屑充填为主。该区周缘物源主与中酸性岩浆岩和变质岩。研究中根据孢粉型对地层在沉积过程中的水体环境进行了分析,孢粉型分为

表 1 珠三拗陷与东营凹陷早第三纪古湖泊特征比较

特 征	珠三拗陷古湖泊	东营凹陷古湖泊
碳酸盐岩、蒸发岩	无	发育
胶结物	硅质	钙质
纹理	略有扰动	无或有扰动
火山岩屑	中酸性火山灰,也有玄武岩屑	玄武岩屑
钙质化石	微体化石几无保存,有螺碎壳	丰富,有介形虫、螺、轮藻、瓣鳃类、等
浮游藻类	海侵前以盘星藻为主,海侵后以沟鞭藻为主	沟鞭藻、颗石藻、绿藻等
气候带	湿热	干旱 高湿交替
源区地质	中酸性岩浆岩、变质岩为主	碎屑岩、碳酸盐岩、变质岩
最大水深(m)	20~30	>100
湖水分层	有热分层	有盐度分层
矿化度分类	淡水(<200mg/l)	半咸水至超咸水为主
矿化类型	重碳酸盐钠质水	氯化钠型等
硬度分类	软水	硬水

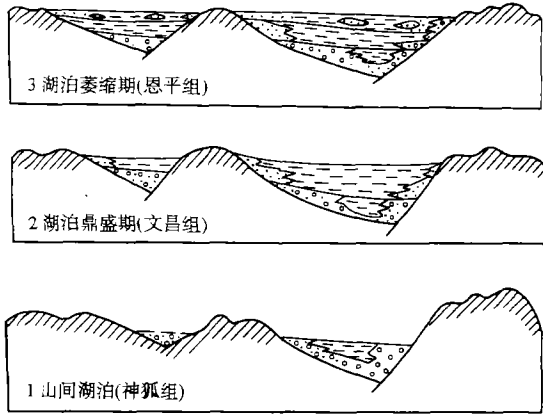


图5 珠三拗陷古湖泊演化图

心—还原条件及搬运分选作用强度三方面因素的极端情况。P端反映有机质以陆生植物源为E和氧化条件;A端代表最有利于盆地内原地有机质堆积与保存的还原条件,有机质以水生低等植物源为主;E端代表搬运分选作用强和氧化条件。图中神狐组数据点群分布于近中部,表明为几种因素的综合作用,有机质由陆生植物和水生生物组成。当时的湖泊范围相对较小,物质补给充分,水体中氧含量相对较高,介于氧化与还原环境之间。早期以红色、杂色粗碎屑沉积为主,为氧化环境,随着湖水范围逐渐扩大,沉积物内暗色泥岩的含量逐渐增大,到晚期湖盆逐渐成为还原环境。

(2) 湖泊鼎盛阶段(始新统文昌组)——湖泊繁盛期 文昌组沉积时期是珠三拗陷湖泊

地层	盘星藻	球藻	水生草本	沟鞭藻	红树花粉
珠一					
珠二					
珠三					
恩一					
恩二					
恩三					
文一					
文二					
文三					
神狐组					

含量(高值)

30%以上

20% - 30%

10% - 20%

零星出现

图6 珠三拗陷下第三系原地孢粉型的地层分布特征

原地孢粉型和异地孢粉型,它们具有不同的古环境意义。研究表明,神狐组沉积期间,不仅具有大量原地孢粉型生物,而且还存在异地孢粉型生物,尤其是地层中较易保存的盘星藻较发育(图6)。根据主要生物大量生成的生态环境推测,当时的湖泊水深一般在10m左右,湖泊内有机质生产力相对较高。图7为珠三拗陷神狐组至恩平组碎屑状有机质A—P—E综合图式,其三个端点不仅反映碎屑状有机质组分含量,而且还代表陆高等植物源离沉积地点的距离和盆地内原地有机质堆积与保存条件、氧

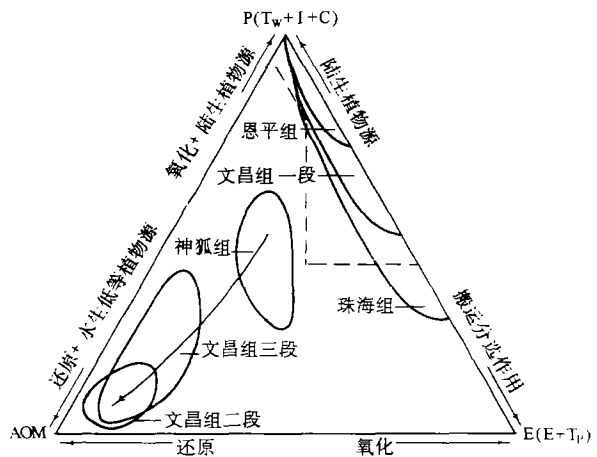


图7 珠三拗陷神狐组至恩平组有机质A—P—E综合图式

发育的鼎盛期。此期,湖面扩大到占珠三坳陷整个面积的近 3/5,约有 6000 多平方公里,前阶段呈分割状的小湖泊部分已经相连,湖水也相对加深,但没有超过 30m。该时期地形相对变缓,物源距离加长,但主要断层控制湖泊的状况仍存在。湖泊内有机质生产力高,以盘星藻为主的浮游生物大量繁衍(图 6),在钻井样本分析中,个别样本的盘星藻含量可达 36%(据有形盘的盘星藻统计)。更重要的是,该时期的沉积地层具有大量的有机质无定形,这些无定形大部分为藻类的碎片,其含量一般高达 80%~90%(图 8)。碎屑有机质数据点在 A—P—E 图式上位于 A 端(图 7),表明有机质主要由低等水生浮游生物组成,水体环境为还原环境。同时,图 7 的轨迹线指示,从神狐组到文昌组二段沉积时期,盆地内原地有机质增加而陆地植物有机质减少。由于湖盆内水深达到了 20~30m,所以应存在稳定的湖水垂直分层。湖盆底层水缺氧,十分有利于大量藻类有机质的保存。

(3) 湖泊衰减和萎缩阶段(渐新统恩平组)——湖泊消亡期

文昌组一段和恩平组沉积期间,湖泊萎缩。此阶段构造沉降作用明显减小,湖水变浅,地面起伏变缓,湖面变宽;物源补给充分,为补偿沉积和过补偿沉积,湖沼相沉积广泛发育,形成了湖沼沉积典型的煤系地层和碳质泥岩等。地层中很少见到浮游生物,仅见到零星的盘星藻和球藻类,湖泊内微体生物的生产力很低,外来的陆生植物碎屑很发育。碎屑有机质数据点在 A—P—E 图式上位于 P 端(图 7),表明有机质以陆生植物源为主。在岩心中可见到大量的生物扰动构造,说明水体较浅,富氧。这种环境并不利于有机质的保存,但由于该时期沉积速度快,陆源植物碎屑大量注入,仍能生成较大规模的以陆生植物碎屑为主的烃源母质。

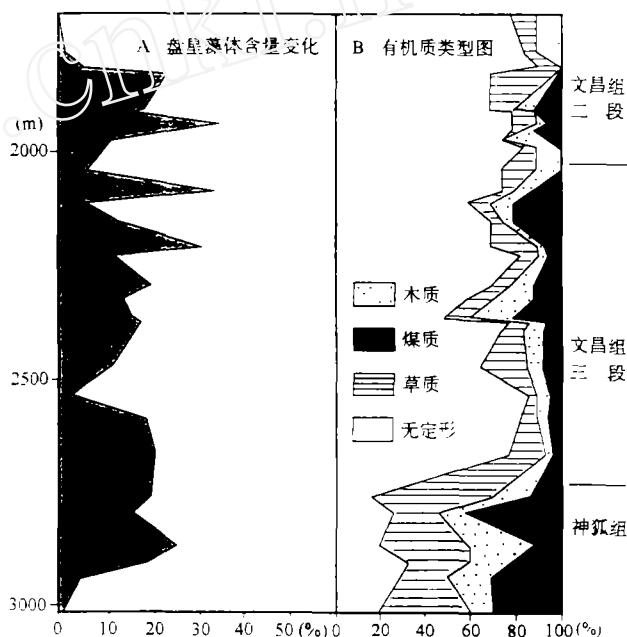


图 8 珠三坳陷盘星藻含量及有机质类型图

3 珠三坳陷古湖泊及烃源条件

由上述分析可以看出,古湖泊环境直接影响到湖泊内有机质的发育和保存,因而也就影响到含油气盆地的烃源条件。珠三坳陷古湖泊发育过程中最有利于烃源岩形成的阶段是湖泊鼎盛阶段和湖泊萎缩阶段,不同阶段生成了不同类型的烃源岩。

3.1 文昌组二、三段油源岩

文昌组二、三段沉积期为湖泊发育的鼎盛期,此时期沉积中心(或湖盆中心)主要位于文昌 B 凹陷,湖泊内主要发育内生的有机藻类,而外生的陆源植物等

相对较少。据有机相研究认为,该时期沉积的沉积物以湖泊菌藻腐泥母质和菌藻腐泥混源母质为主。油源对比和热模拟研究结果表明,这套地层以生油为主,有机包裹体的分析结果(主要有有机包裹体以液态烃包裹体为主)也证实了这一结论。

3.2 文昌组一段、恩平组气源岩 这套地层沉积期为湖泊的萎缩期,此时沉积中心发生了迁移,从原来的文昌 B 凹陷向东北方向转移,主要烃源岩位于文昌 A 凹陷,沉积厚度达数千米,以陆源有机碎屑物质为主。热模拟结果显示这套地层以生气为主,恩平组源岩与气样对比及钻探结果也证实了这一点。这套巨厚的气源岩是文昌 A 凹陷形成气藏的物质基础。

4 两套烃源岩决定了珠三拗陷存在两套油气体系

由以上分析可知,珠三拗陷发育两套不同类型的烃源岩。勘探结果也表明,目前在文昌 A 凹陷内找到的主要是气,而在文昌 B 凹陷周缘找到的主要是油。研究认为,珠三拗陷存在两套油气体系,即文昌—珠海、珠江油体系和恩平—珠海气体体系(图 9)。

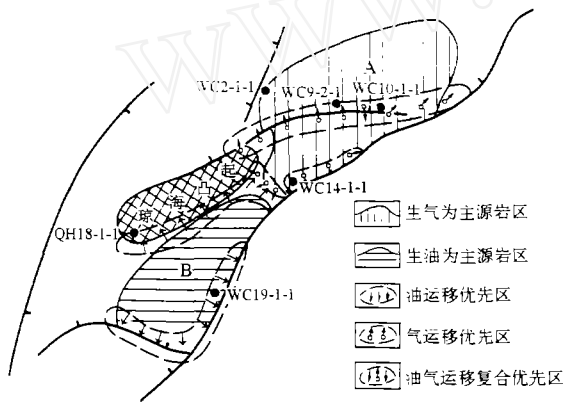


图 9 珠三拗陷含油气体系分布示意图

目前文昌 B 凹陷内的文昌组都处在生油窗内,为活跃生油岩,文昌组生成的油通过断层及边缘粗相带进入珠海组和珠江组下段砂岩中,在具有珠海组一段泥岩和珠江组泥岩或灰质泥岩盖层的构造内形成油藏。

该气体体系主要分布于文昌 A 凹陷及周缘。由于文昌组之上有巨厚的恩平组及以上地层,因而文昌组在恩平组沉积末期已开始排烃,珠海组沉积期间为生油高峰。而此时凹陷内的大部分构造尚未形成。恩平组的生排烃高峰与凹陷内构造的形成具有良好的配置关系,因此在文昌 A 凹陷内找气的潜力很大。恩平组生成的气通过主要断层和不整合面在异常压力的作用下直接进入上覆珠海组潮汐砂岩中,在具有珠海组和珠江组下段泥岩盖层的构造内形成气藏。

由此可见,珠三拗陷的古湖泊造就了两套良好的烃源岩,不同类型的烃源岩使得在珠三拗陷内找油和找气都具有很大潜力。

(编辑:张敏)

参 考 文 献

- 1 汪品先. 从岩相古地理到古湖泊学——陆相含油盆地研究的新途径. 见:含油气盆地古湖泊学研究方法. 北京:海洋出版社,1993
- 2 吴国璋,赵泉鸿. 早第三纪东营与珠三两个古湖泊的比较研究. 同济大学学报,1995,23(12):154~160
- 3 朱伟林,黎明碧. 珠江口盆地珠三拗陷层序地层学研究. 见:石油科技进展. 北京:石油大学出版社,1995