

# 珠江口盆地东部第三纪沉积环境与古地下水流模式

梁杏 王旭升 张人权 支兵发

(中国地质大学工程学院, 武汉 430074)

**摘要:** 通过对珠江口盆地东部第三纪沉积环境的分析, 认为构造运动控制的海平面升降既影响着同期沉积物的沉积特征, 也决定了古地下水流的运动模式. 珠江口盆地东部海陆交互式的环境演变, 使入渗势与压实势此消彼涨, 它们共同影响着第三纪古地下水流模式的变化.

**关键词:** 珠江口盆地; 第三纪; 沉积环境; 古地下水流模式; 入渗势; 压实势.

中图分类号: P641

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2000)05-0542-05

**作者简介:** 梁杏, 女, 副教授, 1958年生, 1982年毕业于武汉地质学院水文地质工程地质系, 主要从事与水文地质、地下水系统分析和地质环境演变等方面的教学与科研工作.

珠江口盆地是中生代末期开始发育的陆缘张性盆地, 具有南北分带、东西分块的构造格局, 下断上坳的双层结构和先陆后海的沉积组合. 盆地东部老第三纪文昌组泥岩和恩平组泥岩为主要生油岩, 晚渐新世珠海组及早中新世珠江组厚层砂岩与生物礁(滩)为主要储层, 珠江组上部的泥岩构成区域性盖层<sup>[1]</sup>. 根据盆地第三纪沉积环境的演变, 分析古水流运动特征对珠江口盆地油气的勘察与开发具有指导意义.

## 1 盆地演化概况

珠江口盆地的形成与演化<sup>①</sup>, 主要受印度板块与欧亚板块的碰撞以及太平洋板块对欧亚板块北西向西向俯冲的影响. 在新生代发生了5次构造运动, 自老而新为: 晚白垩世—古新世神狐运动, 早、中始新世之间珠琼运动一幕, 中、晚始新世之间珠琼运动二幕, 渐新世中期南海运动及中中新世末至晚中新世末东沙运动. 珠江口盆地东部北界为断阶, 向南包括有珠I坳陷、东沙隆起、珠II坳陷和潮汕坳陷构造单元(图1).

盆地的演化可划分为3个阶段: (1)晚白垩世至

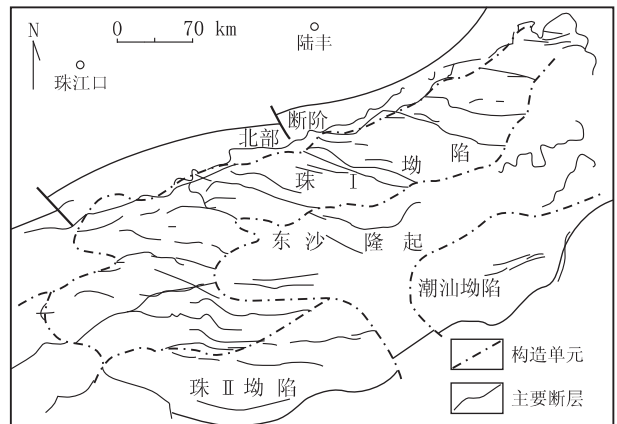


图1 珠江口盆地东部构造略图

Fig. 1 Tectonic framework of eastern Pearl River Mouth basin

早渐新世为断(裂)陷阶段, 开始形成本区南北分带、东西分块的构造格局, 在断陷内沉积了生油岩系. (2)晚渐新世至中中新世为坳陷阶段, 发生裂后整体沉降, 在南海扩张及全球海平面上升影响下, 坳陷中沉积了海进式碎屑岩, 隆起边缘及台地上生长与沉积了生物礁、滩及碳酸盐岩, 研究区主要储层及其上区域性盖层均形成于此阶段, 此时期构造活动相对宁静. (3)晚中新世至今为块断升降阶段, 强烈的断裂活动不仅使原有断裂复活, 并产生了大量新的断裂, 其中不少断至下构造层甚至基底.

需要指出的是, 中新世以来, 本区海进、海退频繁, 且规模较大, 盆地北缘始终是海陆交互相沉积,

收稿日期: 2000-05-29

基金项目: 中国海洋石油南海东部公司科研项目.

①李传宇, 朱乃龙, 许仕策, 等. 珠江口盆地(东部)石油地质研究报告集, 第1集—第6集. 中国海洋石油南海东部公司科技研究中心, 1985~1992.

而不是纯海相沉积。

## 2 第三纪沉积环境

本区第三系沉积厚度巨大,下部为陆相沉积,上部主要为海相沉积,且总体上呈海进。由于拗陷与隆起同时存在,且又有次级拗陷存在,再加上有多个沉积间断发生隆升剥蚀,故同一时代的同一地层厚度及沉积相均有较大差异,陆相沉积变化更大。自老向新地层由陆相到海相依次简述如下。

### 2.1 陆相沉积

(1)古新世:冲积扇砂砾岩沉积为主,伴有火山岩及火山碎屑岩,厚数十 m 至 1 000 余 m。(2)早始新世文昌组:湖相灰黑色泥岩夹薄层砂岩与粉砂岩,拗陷中厚度可达 2 000 m。文昌组属非补偿沉积,故以泥岩为主,在某些拗陷中,暗色泥岩比例可达 60%~80%,靠近物源及浅拗陷处泥岩比例小,远离物源的南部深拗陷泥岩比例增大。(3)晚始新世—早渐新世恩平组:平原河流相、沼泽相及湖相砂泥岩互层,夹较多煤线或薄煤层,厚度数百 m 到 1 000 多 m。从文昌期到恩平期,由非补偿沉积变为补偿沉积,湖泊变浅,分隔的多个拗陷逐渐向连片的河流及泛滥平原过渡,故岩性一般以砂岩为主。

### 2.2 海相沉积

(1)晚渐新世珠海组:属海陆交互相,后期随海进转变为以海相为主。前期由北部万山隆起及南部东沙隆起供给物源,为较厚砂岩中夹薄层泥岩,含砂比达 80%~90%(陆缘)至 70%,厚度达 1 000 m,构成席状砂层,从北部拗陷翻越东沙隆起进入南部拗陷带。(2)早中新世珠江组:本组可划分为上下两段。下段形成以砂岩为主的古珠江三角洲体系,离物源区愈远,泥岩比例愈大。上段由于持续海侵,海岸北移,水深加大,前三三角洲相与浅海相泥岩明显增多,形成以泥岩为主的区域性盖层;东沙隆起则逐步被海水淹没,形成自北而南抬高的碳酸盐台地,发育生物礁、滩,其上仍覆盖泥岩。珠江组厚度 500 m 左右,总体上比较连续。(3)中中新世:此时海进范围加大,古珠江三角洲继续向北退缩,规模变小,后期大面积为前三三角洲相及大陆架相泥岩覆盖,构成区域性盖层。本组厚度近 1 000 m。(4)上新世:以浅海相泥岩为主,夹砂岩,厚度为 100~450 m。从岩性看成岩程度不高。

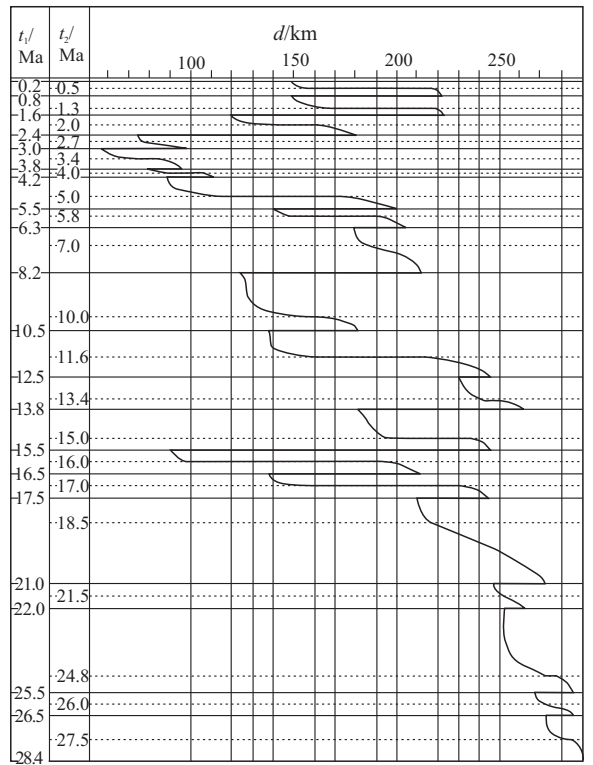


图 2 珠江口盆地海岸上超变化<sup>[2]</sup>

Fig. 2 Variation of sea-coastal onlap in Pearl River Mouth basin

$t_1$ . 层序年龄;  $t_2$ . 海泛面年龄;  $d$ . 离岸距离

### 2.3 古地理特征

构造运动控制着海平面变化,决定着珠江口盆地不同时期的古地理特征。盆地东部新第三纪(30 Ma)以来相对海平面变化,总体表现为海平面上升。总上升幅度 250 m 以上,海岸线由南、南东逐渐向西北推移,盆地范围逐步扩大,如图 2 所示。距今 30 Ma 时海岸线位于中央隆起带南侧。距今 26.0~24.8 Ma 时,发生海进,使珠 II 拗陷大部分沦为海洋。距今 21 Ma 时,出现一次大海退,海岸线退至中央隆起带南侧。距今 16 Ma 时,出现大规模海侵,海岸线接近北部断阶一线。10.5 Ma 时,出现又一次大海退,岸线向海倒退约 200 km,退至中央隆起带南缘,导致神狐隆起出现大面积剥蚀。5~3 Ma 时,出现大海进,全新世海进规模最大,持续至今。

从海岸上超变化(图 2)来看,在以上海平面变化的大背景下,珠江口盆地第三纪由于多次的海进海退,海平面位置变化比较复杂,只有 16 Ma, 5 Ma 的两次海进使海岸线推至盆地的北缘,其他大部分时期海岸线仍然在珠 I 拗陷中部摆动。

根据李传宇等<sup>①</sup>和龚再升等<sup>[2]</sup>对珠江口盆地东部新第三纪早中新世—老第三纪沉积条件和海岸线上超变化的分析,盆地古地理特征按陆相阶段、海相阶段简述如下。

**2.3.1 陆相阶段(古新世—始新世)** 中生代末期,万山隆起、神狐暗沙、一统暗沙隆起与东沙隆起基本上形成毗邻的山间盆地,其间发育着小型断陷盆地。早期地形高差大,大部分地区为风化剥蚀区,风化剥蚀强烈,仅在山间盆地有河流相沉积。

通过早期风化剥蚀,地形高差相对减小。至文昌期,由于构造运动继续活跃,形成了一些断陷盆地,发育着典型的湖相沉积物,周边发育冲积扇。这一时期本区大部分地区为剥蚀区。钻孔资料表明,湖相沉积物以一套厚层泥岩为主,底部夹砂岩,生物化石稀少,仅有陆相孢子花粉。恩平期,由于剥蚀夷平,珠江口盆地基本上发展为湖沼、河流平原—三角洲。始新世晚期形成古珠江。下部以含陆相孢粉化石为特征,上部发育多层煤和炭质泥岩。

**2.3.2 海相阶段** (1)渐新世(珠海期,30~25 Ma)。渐新世本区为海陆交互相,后期海岸向西北上超,海盆不断扩大,转为海相为主。东部为河流平原及海湾,西部以平原河流及海相三角洲为主。渐新世后期海岸上超,古珠江三角洲后退。根据钻孔资料发现,珠海组下部有钙质超微、甲藻、硅藻化石,证实这一时期海岸上超到达珠 I 坳陷以西地区。珠海组上部有钙质超微有孔虫、少量甲藻和红树林花粉等。沉积物主要来自西北万山隆起及东部的东沙隆起区。(2)早中新世早期(珠江期,25~16 Ma)。早中新世早期本区西部为三角洲—滨外坝—生物礁环境,东部为陆架浅滩环境,此时海岸继续上超,古珠江三角洲范围进一步缩小。珠 I 坳陷一带已为滨海平原。开平—白云坳陷以北有一浅水台地,发育大量生物礁滩。早中新世中期,古珠江三角洲继续发育,但大部分地区已成为浅海陆架环境。隆起区为碳酸盐岩台地,台地上发育生物礁。早中新世晚期,海岸向北推进,珠江三角洲向北退缩,除古珠江口和古韩江口(大致在珠 I 坳陷东北部)以外,大部分地区为前海陆架环境。(3)中中新世以来。中中新世开始,南海盆地下陷,海岸向北上超加剧,珠江口盆地形成广海沉积环境。上新世末期(约 3 Ma),珠江口盆地曾发生明显海退,第四纪以来又发生大规模海岸上超(图 2)。

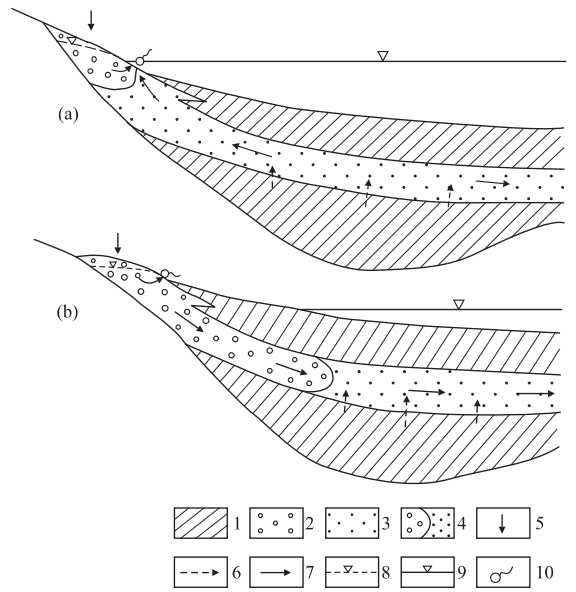


图 3 坳陷盆地北缘压实水流与入渗水流关系

Fig. 3 Relation between compaction water and infiltrating water in northern border of sag basin

a. 海岸上超时期压实水控制流场; b. 海退时期入渗水控制流场。图右侧均存在区域排泄带。1. 低渗透层(含压实释水层); 2. 高渗透层(含入渗水); 3. 高渗透层(含同生水及压实水); 4. 不同类型水界线; 5. 降水入渗; 6. 压实释水; 7. 地下水流向; 8. 地下水位; 9. 海水位; 10. 泉

### 3 古地下水流场分析

#### 3.1 第三纪地层的含水性

古新世为冲积扇砂砾岩沉积伴有火山岩及火山碎屑岩,厚度变化大,地层局部缺失;并入基底的相对隔水层。

始新世至早渐新世的文昌组、恩平组为平原河流相沼泽相及湖相砂泥岩互层沉积。湖相灰黑色泥岩厚度较大,分布稳定,是主要压实释水层,也是生油层。

晚渐新世至早中新世珠海组、珠江组由海陆交互相转变为以海相沉积为主,为较厚砂岩中夹薄层泥岩,形成以砂岩为主的古珠江三角洲体系,离物源区愈远,泥岩比例愈大。晚期由于持续海侵,泥岩沉积明显增多。在东沙隆起形成自北而南抬高的碳酸盐台地,其上有泥岩覆盖。该套砂岩与碳酸盐岩为区域含水岩层,其上泥岩层为隔水岩层。

中中新世至上新世主要为浅海相泥岩夹砂岩沉积,厚度较大且稳定,构成区域垂向隔水岩层。

### 3.2 古流场的水动力条件分析

古水动力条件分析包括驱动水流运动的“势源”与“势汇”,珠江口盆地东部第三纪古水流运动的“源”为压实势与入渗势.压实势的存在是无可置疑的.由沉积厚度大的泥岩(生油岩系)中心构成压实势最高点.盆地不断沉降接受沉积,上覆载荷不断增加,压实水流不断产生,从而长期保持一定的压实势.这里指文昌组、恩平组泥岩压实释水层.

入渗势是高渗透性岩层出露地表接受大气降水入渗水流并抬高水位而形成的势能.珠江口盆地东部可能积聚入渗势的地方是珠 I 坳陷邻接北部断阶的部位.

本区可能形成入渗水流系统的是珠江口三角洲沉积体系.三角洲前缘的泥质沉积构成承压含水层的顶板,三角洲砂体构成含水层.但是,如果海水入侵将三角洲前缘泥质盖层尖灭带淹没在海水之下,则入渗水势较小,压实水势与入渗水势在距海岸不远的三角洲砂体中达到平衡,并在该处形成由入渗水及压实水共同补给的海底泉.这种情况下,控制含水层地下流动仍是压实势.含水层中的地下水由坳陷中心压实势最高的部位向两侧分流:以某坳陷中心为界,一部分压实水流往北向近岸处排驱,另一部分则向南驱动(图 4a).

在新第三纪,无论海进还是海退,海岸线都在远离现在岸线数十 km 到 200 余 km 的地方,因此可以形成一定强度的入渗势(岸边入渗势),入渗势与压实势共同成为控制含水层地下水流动的驱动力.入渗势强时,陆源入渗淡水便自陆而海向含水层推进,使近岸部分含水层水淡化,并驱使水流向南推移(图 4b).

势汇(排泄)包括裸露区及海底的面状排泄、边岸带及断裂带的线状排泄与生物礁滩薄泥岩盖层及缺乏泥岩盖层的点状排泄.

### 3.3 古地下水运动模式

珠江口盆地东部第三纪自始新世至上新世经历由陆相沉积到海相沉积阶段,沉积了由泥岩到砂岩再到砂泥岩互层,即压实释水层—含水层—隔水层的序列.对应这种沉积环境的演变,古地下水流模式也可以分为几种(以珠江口盆地珠 I 坳陷为例).

(1)早中新世无隔水盖层期:含水层无相对隔水层覆盖,为潜水含水层.此时,在海平面升降的影响下,珠 I 坳陷北部储层部分直接出露于地表,而大部分被海水淹没.含水层的势源:在珠 I 坳陷北部裸露

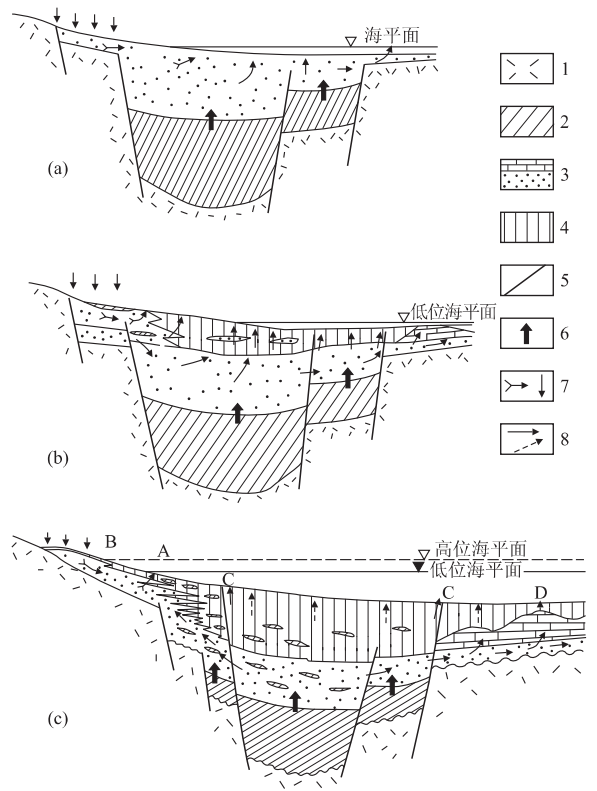


图 4 珠江口盆地珠 I 坳陷地下水运动模式

Fig. 4 Groundwater flow pattern of Zhu I sag in Pearl River Mouth basin

a. 早中新世无隔水盖层期; b. 早中新世薄隔水盖层期; c. 早中新世厚隔水盖层期. 1. 前第三系基岩; 2. 下第三系泥岩—压实释水层; 3. 主要含水层(砂岩及碳酸盐岩、生物礁); 4. 垂向隔水岩层; 5. 断裂; 6. 泥岩压实释水; 7. 降水及入渗水流; 8. 地下水流向, 虚线表示面状越流; A. 交汇排泄带; B. 边岸排泄带; C. 断裂排泄带; D. 生物礁滩(含裸岩层)排泄带

区可以获得大气降水入渗补给,在其下部可以获得泥岩压实释水补给,而此时为泥岩压实初期,压实水量强度较大,构成储层地下水的主要来源;主要势汇:此时期含水层的排泄主要受古地形的影响,在相对低洼处,入渗水与压实水直接向海底泄流(面状势汇).该时期地下水径流强度相对较大,如图 4a 所示.

(2)早中新世薄隔水盖层期:含水层从潜水转化为承压水,东沙隆起东南一带为碳酸盐岩台地,生物礁发育,构成局部透水层段,为无盖层区低位海平面时,北部裸露区可获得大气降水入渗补给;下部泥岩压实释水仍为含水层补给的主体;含水层的排泄主要向无盖层的碳酸盐岩台地排泄;此外,北部裸露区构成边岸排泄带,部分贯穿性断层也和上覆弱透水层形成越流排泄,如图 3b 所示.



(3)中中新世以后厚隔水盖层期;随着上覆泥岩沉积厚度的进一步加大,弱透水性的泥岩层覆盖整个含水层.海岸上超多次发生,高、低位海平面变幅减弱.此时含水层的补给排泄特征宏观上与图 4b 模式相同,但入渗水势与压实势均减弱,仍保留着多种排泄方式,即北部边岸排泄、断裂排泄、生物礁滩排泄,越流减弱甚至消失.图 4c 为该时期珠 I 坳陷地下水流的运移模式.

通过上述讨论表明,珠江口盆地东部第三纪古地下水流模式,既不同与一般沉积盆地压实释水以沉积中心向盆地边缘运动模式<sup>[3]</sup>,也不同与沉积后期的以地形势(或入渗势)为主体的重力势运动模式<sup>[4,5]</sup>.珠江口盆地东部海陆交互式的环境演变,使入渗势与压实势此消彼涨,多势源(汇)构成复杂的地下水流特征,而入渗势与压实势共同影响着盆地第三纪古地下水流模式的变化.

本文中得到了南海东部公司科技研究中心

的大力协助,该中心的谢家声、许仕策和李平鲁等高级工程师提出了许多宝贵意见与见解,谨此致谢.

#### 参考文献:

- [1] 陈长民,饶春涛.珠江口盆地(东部)新生代油气藏形成条件及类型[J].复式油气田,1996,1(1):20~25.
- [2] 龚再升,李思田.南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集[M].北京:科学出版社,1997.
- [3] 沈照理,朱宛华,钟佐燊.水文地球化学基础[M].北京:地质出版社,1993.
- [4] Toth J. Cross-formational gravity-flow of groundwater: a mechanism of the transport and accumulation of petroleum [J]. Problems of Petroleum Migration, 1980. 121~167.
- [5] Engelen G B, Jones G P. Developments in the analysis of groundwater flow systems [M]. Oxfordshire: IAHS Press, 1986.

## TERTIARY SEDIMENTARY ENVIRONMENTS AND PALAEO-GROUNDWATER FLOW PATTERNS IN EASTERN PEARL RIVER MOUTH BASIN

Liang Xing Wang Xusheng Zhang Renquan Zhi Bingfa

(Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The analysis of the Tertiary sedimentary environments in the eastern Pearl River Mouth basin shows that the sea level fluctuations controlled by the tectonic movements not only affected the syndepositional features, but also determined the patterns of palaeo-groundwater flow. The environmental evolution marked by the alternation of continental and marine facies may give rise to the change between the infiltration potential and the compaction potential. In consequence, both potentials affect the changes in the Tertiary palaeo-groundwater flow patterns.

**Key words:** Pearl River Mouth basin; Tertiary; sedimentary environment; palaeo-groundwater flow pattern; infiltration potential; compaction potential.