

莺歌海盆地泥丘的成因及其与油气的关系

咎立声 何家雄

(南海西部石油公司研究院, 湛江 524057)

莺歌海盆地沉积中心的 T_2 至 T_6 反射层, 是沉积巨厚的富含有机质的泥岩, 埋藏于生油门限深度 3250m 以下, 有机质业已成熟并生成烃类, 使泥岩孕育着高温、高压状态的烃类聚集。盆地边缘沉积的粗粒砂砾, 沿着盆地基底斜坡向沉积中心下潜产生的侧应力, 使沉积中心巨厚的泥岩沿着纵向上的断裂和裂缝上拱, 产生泥岩底辟形成泥丘构造。泥丘两侧及顶部的圈闭构造, 捕获从生油岩中形成的油气及泥岩上拱过程中释放的油气, 而聚集成藏。

关键词 泥岩相区 泥丘构造 底辟构造 油气圈闭 烃类聚集
第一作者简介 咎立声 男 53岁 高级工程师 构造地质

一、盆地概况

莺歌海盆地北为海南隆起区, 南为西沙隆起区, 东为琼东南盆地, 西为昆崙隆起区, 西北与河内地堑相连, 盆地走向北西—南东向, 面积约 $4.5 \times 10^4 \text{km}^2$ 。

1号断层将盆地分为北部斜坡和中部拗陷二个二级构造单元。1号断层是红河断裂带的延伸部分, 从盆地西北通向盆地, 其主要活动期为白垩纪至早第三纪早期, 基本上控制了下第三系沉积范围。中部拗陷的构造走向为北西—南东向, 平行于红河断裂带和印支板块东北部的地质构造线。拗陷西南无资料, 边界不清。莺歌海盆地是印支板块和华南板块接触带上的断裂扩展拗陷, 基底埋深很大, 地震得不到反射资料, 内幕还没发现背斜构造。

拗陷在白垩纪和古新世为断陷沉积, 始新世至上新世为拗陷沉积, 拗陷内第三系沉积厚度逾万米。据地震地层学的解释, 泥丘分布在中部拗陷中间部位, 泥岩占地层总厚度的 90% 以上, 尤以中新统的泥岩为最发育, 总厚达 5000m (表 1)。

二、泥丘存在的依据

在盆地中部拗陷中有许多丘状无反射地震相, 无反射地震相的边缘反射层全部中断。从 T_1 至 T_6 , 该反射层层速度在盆地东北部为 4200~4900m/s, 在盆地西南部深度加大, 层速度却剧减为 2400~2700m/s, 在丘状无反射地震相的泥丘两侧层速度剧减为 2200~2350m/s, 因而认为丘状无反射地震相内部充填物为泥岩。莺 2 井在 2000~2335m 钻入无反射地震相的顶部时发生井喷, 泥浆喷出高度达 4m, 被迫停钻, 泥浆比重由 1.1~1.2 加大到 1.42~1.

44 时才平衡地层压力,恢复正常钻进。莺 2 井钻入无反射地震相的顶部,证明是由泥岩所组成。由此推断,无反射地震相是由于泥岩挤入和刺穿地层而形成的泥岩底辟构造,因其外形为丘状,故称它为泥丘。

表 1 地质层位与地震层位对照表

地 层		莺 1 井		莺 2 井		地层最大厚度(m)	地震层序	地震反射层	
		井深(m)	厚度(m)	井深(m)	厚度(m)				
补心高加海水深度		76.7		120.4					
第 四 系		315	238.3	427	306.6	2700	IV		
上第三系	上新统 莺歌海组	1126.5	811.5	1885	1485				
	中新统	黄流组	1764	637.5	2335 ▽	450 ▽	3900	III	— T ₄ — — T ₄ ' —
		梅山组	2090	326			2100	II	
		三亚组	2237	147					
下第三系	渐新统 陵水组					2700	I	— T ₇ — — T ₈ —	
	始新统 流沙港组								
	古新统 长流组					?			
白垩系								— T ₀ —	

三、泥丘展布特征及成因

平面上泥丘展布于盆地中部拗陷的中部,共发现 9 个泥丘,长轴为近南北向,分为三个泥丘组合体,呈雁行式排列。泥丘分布在北西-南东向,长约 130km,宽约 43km 的条带上。泥丘面积小的只有 3.8km²,最大可达 700km²,一般的也有几十至一百多平方公里(图 1)。

地震剖面上泥丘内部反射类似电视荧屏干扰时显示出的一片斑点,地震正常反射中断。泥丘底辟物质主要来源是 T₄'—T₆ 及部分下第三系渐新统泥岩,泥丘纵向上出现的深部层位是 T₆ 及部分以下地层。泥丘向上一一般刺穿 T₂ 层,地震反射表现为纵向上无反射带,围岩的反射至此中断,侵入边界清楚,这属于纵向刺穿一类,刺穿层位从 T₆ 刺穿到 T₂ 以上各层,这类占多数。另一类是层间塑性流动造成层间突然局部加厚,在地震剖面上表现为眼球状,属于横向层间加厚,呈眼球状反射层,很少刺穿地层,这类为数不多。按泥丘顶部形态可分为两类,一类是顶部有上拱现象,另一类是泥丘侵入后在失水脱气及重力作用下,其顶部为下陷现象。

泥丘位于巨厚的泥相区,从 T₀ 构造图反映出泥丘位于盆地最深部位,T₀ 埋深超过 6s,由此可见泥丘发育在晚第三纪,下沉堆积速度最快、粒度最细地区。

在地震剖面上,泥丘形态有蘑菇状、柱状、塔状、扁球状,有的顶部隆起,有的顶部塌陷。泥丘刺穿的最高部位多数在上新统中上部(T₂ 以上),因而泥丘是在上新世晚期形成的(图 2)。

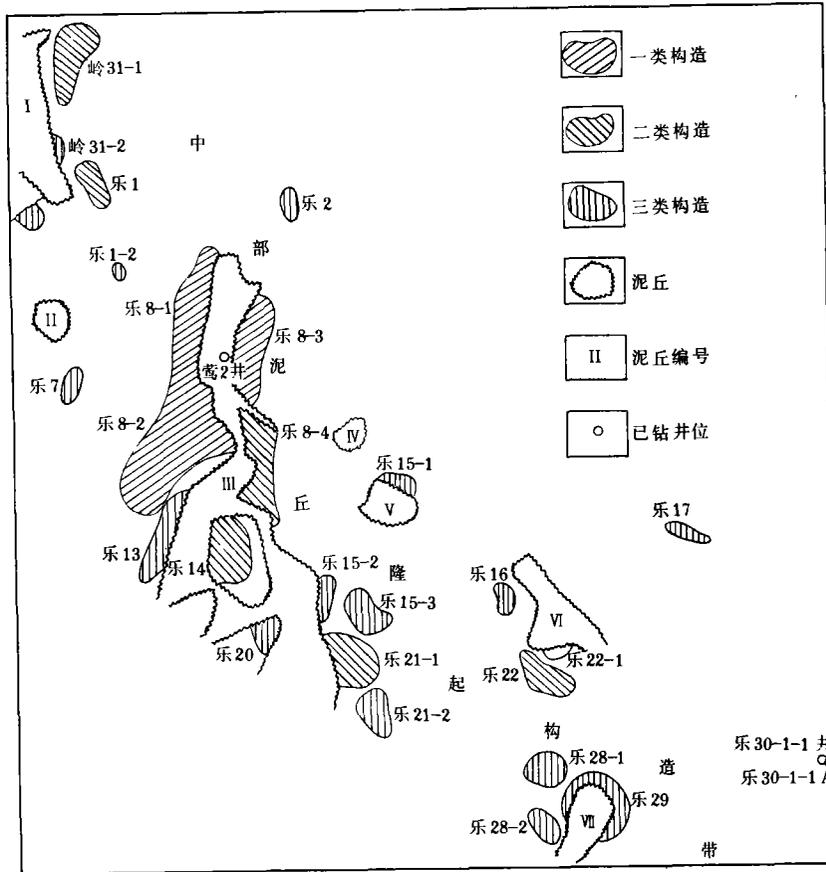


图1 莺歌海盆地中部局部构造分布图

莺歌海盆地古河道遗迹叶瓣三角洲的展布,指示出主要物源方向来自西北的红河三角洲。莺歌海盆地生物礁的分布环绕海南岛一侧,说明古地形高海水浅,海南岛不是主要物源区。莺歌海盆地第三纪沉积厚度逾万米,对沉积物需求量来看,只有红河三角洲能满足供给。

1. 有机质的成熟为泥岩底辟孕育着能量

莺歌海盆地中部拗陷沉积的第三系泥岩,富含有机质,盆地地温梯度高达4℃/100m。根据镜质体反射率(R^o)、粘土矿物分析和生物标记检测,编制的几条热演变史剖面,确定盆地第三系生油门限为3250m。第三系生油岩有机质热演化特征是油窗范围窄,生油带薄,生气带厚,以产气为主。在3250m以下为成熟生油岩,以产油为主,4400m左右达到高熟凝析油湿气阶段,5000m以下则出现过熟干气阶段,6200m以下气消失。上第三系中新统泥岩中下部以产气为主,大量油气产生为泥岩底辟孕育着能量。

2. 断裂带的产生为泥岩底辟的形成提供有利因素

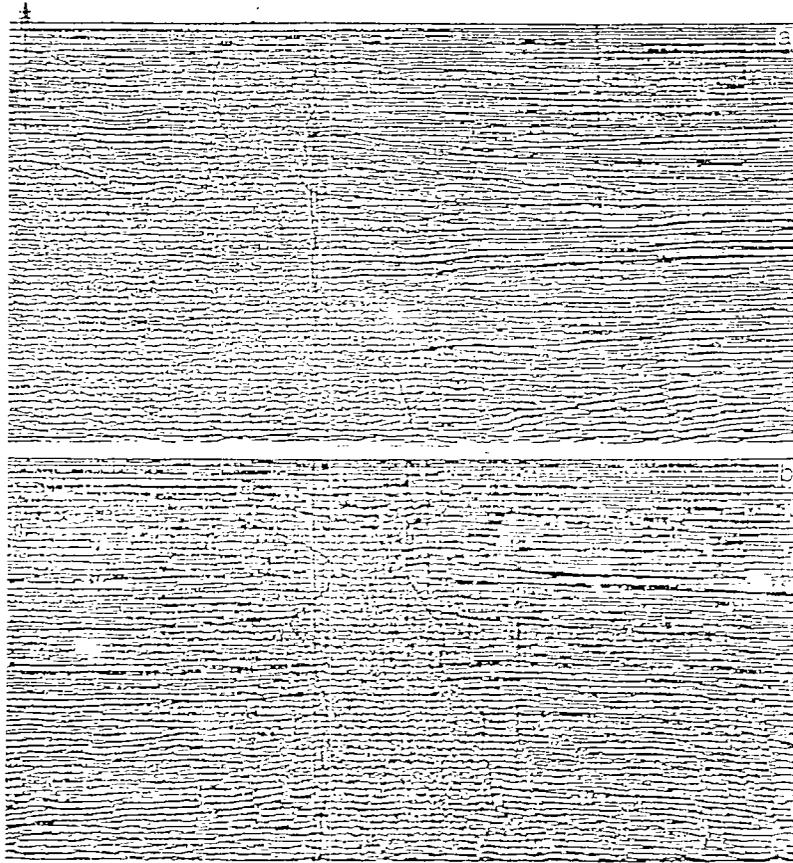


图2 泥丘典型地震剖面

a. 柱状隆起状泥丘(y102); b. 塌陷状泥丘(4508)。

莺歌海盆地是在红河地缝合带基础上发育起来的裂谷盆地,1号断裂带是红河大断裂的延伸部分。第四纪喜马拉雅山开始急剧上升,在印支地块率先向东移动之后,随着印度板块继续北进,此时华南地块也开始向东移动。印度板块再向北嵌入到一定程度,就会使构造逃逸现象集中体现在华南地块上,它的东移速度最终超过了印支地块,从而使红河断裂从早期的左行剪切活动变为晚期的右行剪切活动(图3),处于红河断裂带东南延伸部分的莺歌海盆地,第三纪早期的左行剪切活动和晚第三纪末期的右行剪切活动,都导致盆地中部形成近南北向的断裂,为高塑性软泥沿断裂向上挤入或底辟构造形成提供了有利条件(图4)。

岩相分区表明,拗陷高部位颗粒粗,以砂砾为主密度大,砂岩密度为 $2.1\sim 2.8\text{g}/\text{cm}^3$,另外高部位也有碳酸盐岩分布,密度也比较大,为 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$,拗陷低部位几乎为纯泥岩,密度小,一般在 $1.5\sim 2.2\text{g}/\text{cm}^3$,从盆地两侧到拗陷中间部位,由于存在着岩性密度差而产生静压力差。另一方面拗陷中间部位下降块,应力最集中,抗应力又最弱,拗陷中间部位泥岩分布区最容易产生裂缝和断裂。上新世初期拗陷下降最快,从盆地边缘到拗陷沉积中心,为陆坡至半深海的沉积环境,从陆坡至半深海的基底斜坡上,沉积物下滑产生的侧压力,使拗陷中心半深海沉积的 T_4 至 T_6 反射层及部分下第三系渐新统沉积的泥岩上拱,由于它们本身又孕育着高温高压油气,极易沿着裂缝和断裂向上挤入,形成与泥岩底辟有关的构造。

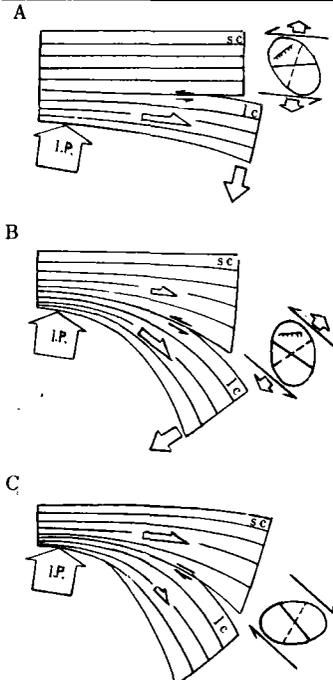


图 3 喜马拉雅碰撞与第二、第三期盆地形成的关系示意图(据茹克)
 A. 晚始新世, B. 中中新世, C. 第四纪;
 IP. 印度板块, IC. 印支板块, SC. 华南板块。

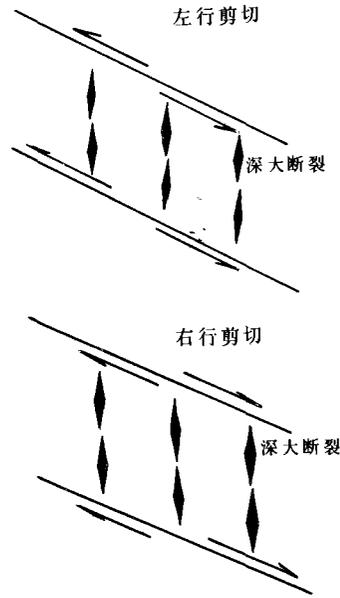


图 4 盆地基底断裂剪切滑动和盖层产生泥丘通道示意图

四、泥丘与油气的关系

盆地边缘沉积物沿着盆地基底斜坡向盆地沉积中心下滑,造成盆地沉积中心的泥岩底辟,泥岩上拱或者刺穿上部地层形成泥丘构造,与此同时盆地边缘粗粒沉积物砂砾也下滑到盆地沉积中心泥丘两侧,与泥丘直接接触(图 5,6)。

泥丘发育时间主要在晚第三纪晚期,泥丘刺穿上部地层 T_2 时, T_2 至 T_0 反射层在泥丘两侧伴生半背斜或者鼻状构造。 T_2 反射层的圈闭埋藏深度小,位于未成熟的生油岩中,但是泥丘上拱过程中,泥丘中孕育的高温高压烃类在上拱过程中释放出来,进入与之接触的 T_2 储集层中去。 T_4 及 T_1 反射层的圈闭形成时埋深在 4000m 左右,圈闭形成期与生油层排烃期相一致,另一方面泥岩上拱过程中释放出来的烃类,都可以进入圈闭构造中去。 T_0 反射层的圈闭形成时其埋深超过 5000m,该反射层圈闭构造只能形成气藏。

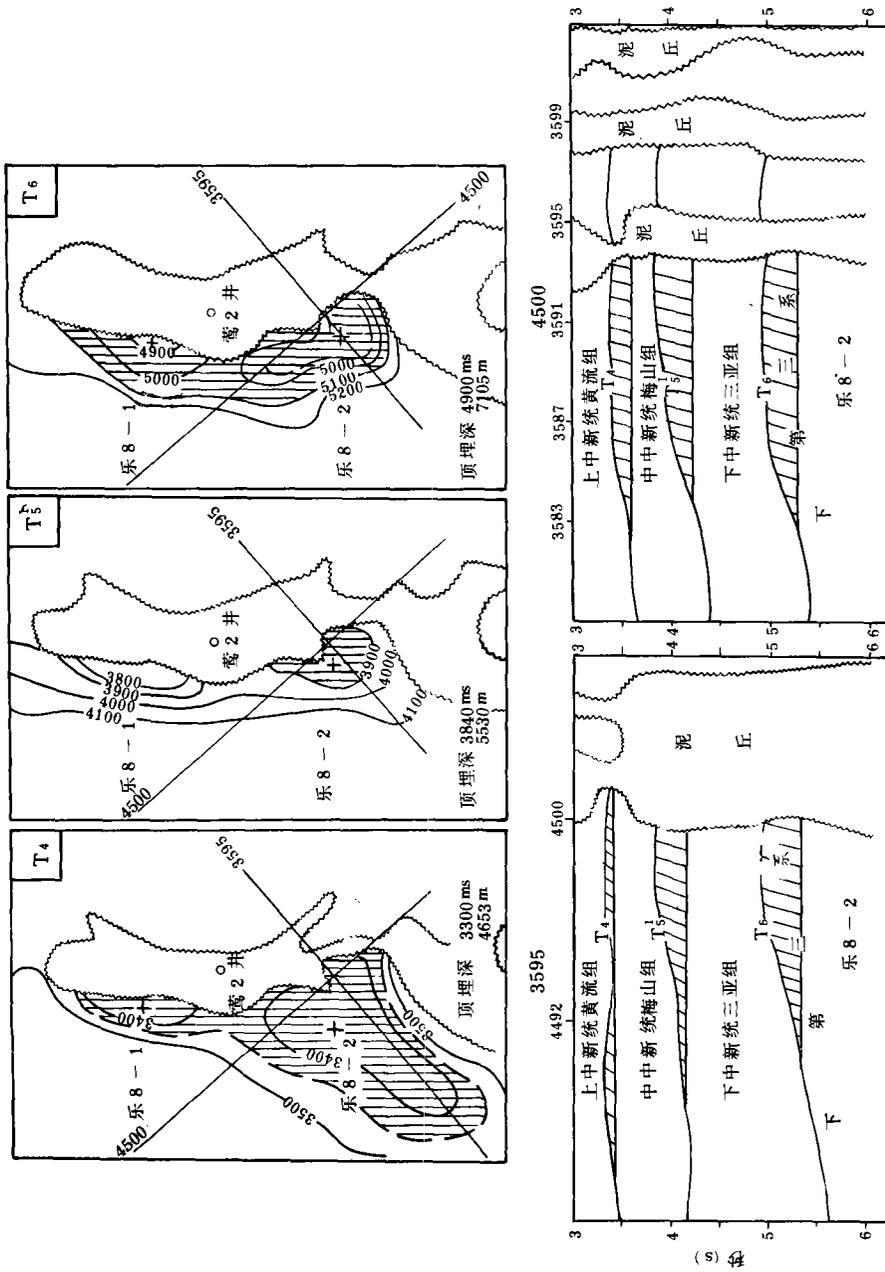


图5 “泥丘形”半背斜构造油气藏预测图

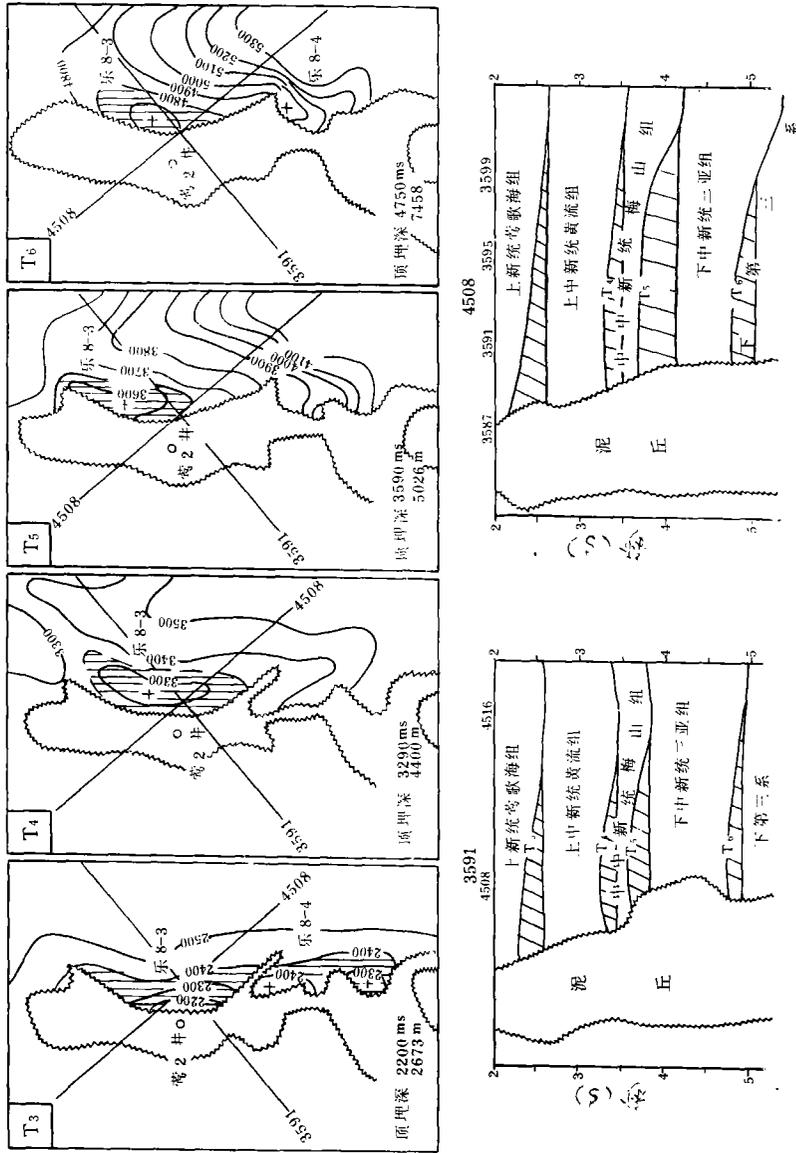


图 6 “泥丘形”鼻状构造油气藏预测图

