文章编号：1006-6616（2015）04-0481-11

恩平凹陷南部隆起带油气成藏模式

谢 飞[1]，吴智平[1]，颜世永[1]，何 敏[2]，宋 佳[1]
（1. 中国石油大学（华东）地球科学与技术学院，山东 青岛 266580；
2. 中海石油（中国）有限公司深圳分公司，广州 510000）

摘 要：南部隆起带是恩平凹陷的主要成藏带。利用基础资料，系统分析了南部隆起带油气成藏的条件与特征，总结了南部隆起带油气成藏的模式。恩平凹陷南部隆起带油气主要来自北侧 EP17 洼始新统文昌组中深湖相烃源岩，南部隆起带之下缺失文昌组沉积，存在油气的有利仓储区，油气通过沟通有利仓储区的断裂运移，主要有仓上-上盘诱导裂缝带垂向输导—连通砂体侧向输导—滑动破碎带侧向封堵—断块油气藏、仓上-上盘诱导裂缝带垂向输导—连通砂体侧向输导—它源自圈背斜油气藏以及仓上-下盘诱导裂缝带垂向输导—连通砂体侧向输导—滑动破碎带侧向封堵—断鼻油气藏 3 种成藏模式。

关键词：恩平凹陷南部隆起带；成藏条件；有利仓储区；成藏模式
中图分类号：TE122. 3 **文献标识码：**A

恩平凹陷具备良好的油气地质条件，是珠江口盆地已证实的富烃凹陷[1]。凹陷的油气勘探始于 1983 年，迄今为止共钻探井 21 口，探明和控制地质储量超过 5×10^7 m^3。研究者针对恩平凹陷的沉积、构造、烃源岩、储层等方面已开展了一些工作，并取得了一些有益认识[2~4]。恩平凹陷南部隆起带距离生烃洼陷较远，且下部缺失文昌组沉积。近年来，在凹陷南部断裂隆起构造带上钻探数口油流井，油气集中在韩江组、珠江组等浅层中，说明油气从生烃洼陷到成藏区、从深部到浅部经过了较长距离的侧向运移。油气的侧向运聚对于油气勘探和地质研究具有重要意义，可以拓展勘探领域，只要条件合适，在距离生烃区上百千米之外依然可以成藏，不是勘探禁区，这也是以后的一个重要勘探方向[5]。本文在恩平凹陷南部隆起带成藏条件分析的基础上，总结油气富集规律，建立成藏模式，对恩平凹陷及其周边地区乃至其他远源成藏区带的下部勘探提供油气成藏方面的依据。

1 研究区地质背景

恩平凹陷位于珠江口盆地珠一坳陷西端，整体呈北东—南西走向，西接阳江凹陷，东北与西江主洼连接，东南接番禺低隆起（见图 1）[6]。恩平凹陷具有北断（低角度边界断层，断层倾角小于 30°）南超的半地堑结构。凹陷北部边界断层为一条大规模的基底先存断裂，

收稿日期：2015-06-15
基金项目：中海石油（中国）有限公司重大科技攻关项目“珠一坳陷浅层油气富集规律研究”（YXKY-2012-SZ-01）
作者简介：谢飞（1991-），男，山东东营人，硕士研究生，主要从事断裂控藏方面的研究。E-mail：xiefei0124@163. com

形成于前新生代基底逆冲断裂的反转。凹陷具有残留和改造的特点，在北部边界断裂和南部缓坡联合控制下，凹陷内部发育断块山和地貌山分隔半地堑。在珠江口盆地大地构造背景下，恩平凹陷新生代经历晚白垩世—早渐新世裂陷阶段、晚渐新世—中中新世拗陷阶段以及中中新世以后的断块升降阶段等 3 个构造演化期[7]。

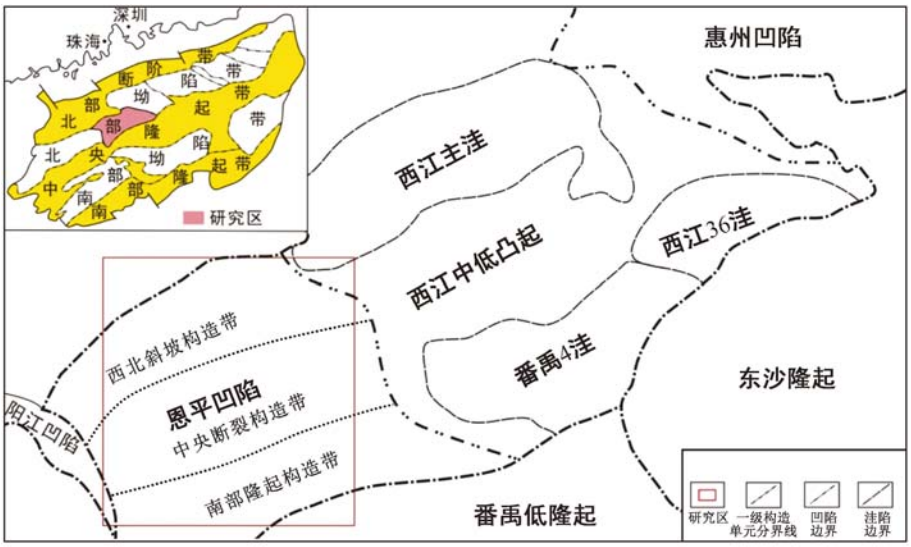

图 1 恩平凹陷位置及构造单元划分

Fig. 1 Position and tectonic unit division of Enping sag

恩平凹陷由 EP17、EP18 和 EP12 共 3 个洼陷组成，均为北断南超的箕状洼陷，凹陷北部为控制断陷的边界断层，向南为缓坡带，缓坡带末端受一组北东向断层切割形成南部凹槽，可以划分为 3 个构造带，分别是南部隆起断裂构造带、中央断裂构造带、西北斜坡构造带（见图 1）。地震和钻井资料揭示，恩平凹陷新生代自下而上发育有文昌组、恩平组、珠海组、珠江组、韩江组、粤海组、万山组 + 第四系等 7 套沉积地层[8~10]。

2 油气成藏条件

2.1 烃源岩条件

与珠江口盆地内其他凹陷类似，在恩平凹陷发育的早期（裂陷阶段），洼陷内充填了文昌组、恩平组 2 套烃源岩系。其中，文昌组中深湖相泥岩为主力烃源岩[11]，分布广，厚度大。EP17 洼文昌组中深湖相沉积分布面积最大，为 550 km^2，最大厚度达 32 km；EP18 洼文昌组展布面积 380 km^2，最大厚度 2.0 km；EP12 洼文昌组展布面积 360 km^2，最大厚度 1.6 m（见图 2）。恩平组主要发育冲积扇-河流-湖沼沉积体系和河流三角洲-滨浅湖沉积体系，相对较薄，在 EP17、EP18 和 EP12 洼最大厚度分别为 2.2 km、2.2 km 和 600 m。

基于钻井烃源岩岩石热解数据，并参照烃源岩评价标准，恩平凹陷文昌组烃源岩为中—好级别，生烃门限约 2700 m，恩平组镜质体反射率（R_o）主要分布于 0.7% ~1.3%，为中熟；文昌组 R_o主要分布在 1.3% ~4.0%，为高熟—过成熟阶段。恩平凹陷有机质类型主要为Ⅱ$_1$—Ⅱ$_2$型。恩平组为Ⅱ$_2$—Ⅲ型，类型较差；文昌组为Ⅱ$_1$—Ⅲ型，类型较好。综合珠江口盆地区域类比和恩平凹陷烃源岩评价结果，始新统文昌组为恩平凹陷的主力烃源岩层系。

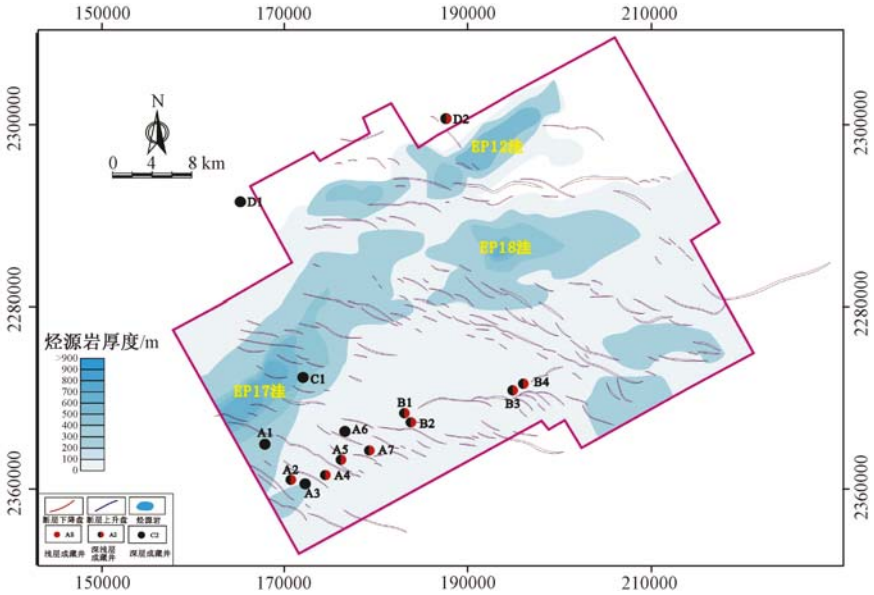

图 2　恩平凹陷生烃洼陷划分

Fig. 2　Hydrocarbon generation division of Enping sag

2.2　储集层条件

恩平凹陷位于古珠江三角洲前缘相带，发育有多套储层，现已发现的商业性油层主要分布于珠江组下段和韩江组上段，以三角洲平原—三角洲前缘沉积为主[12]，珠海组为次要含油气层段，恩平组和文昌组为潜在含油气层段。

2.3　盖层条件

连续、稳定分布的区域盖层对一个含油气盆地或凹陷中的油气聚集具有重大意义[13~14]。恩平凹陷新近系内部发育 4 套比较连续、区域稳定分布的海泛泥岩盖层（MFS16.0，MFS17.0，MFS17.8，MFS18.5）[15]，其中以 MFS17.0 和 MFS18.5 两套海泛泥岩区域分布最为稳定，且厚度较大，可作为良好的区域性盖层。珠江组下段、恩平组和珠海组泥岩只在局部洼陷中发育，虽然单层厚度不大，但突破压力较高，质量好，完全有封盖油气层的能力，可作为局部盖层。

2.4　储盖组合条件

恩平凹陷发育多套储盖层组合，自下而上分别为：珠海组砂岩-珠江组下段砂岩-T50 界面附近泥岩储盖层组合，珠江组上段砂岩-T42 界面附近泥岩储盖层组合，韩江组下段砂岩-T35 界面附近泥岩储盖层组合，韩江组上段砂岩-T32 界面附近泥岩储盖层组合，粤海组砂岩-T30 界面附近泥岩储盖层组合。

2.5　断层发育条件

恩平凹陷断裂以北东向、北西向及近东西向为主要发育方向，可以分为 2 个层系。深部断裂多为线性，平行或侧列排列；浅部次级断裂呈雁列式（帚状）或平行式展布。断裂性质以伸展和走滑伸展叠加为主。

恩平凹陷断裂体系发育演化可以划分为 3 期，依次是：①文昌组—恩平组沉积期多幕式拉张裂陷阶段，应力场表现为北北西—南南东向拉张，北东向断裂是主控断层，近东西向断裂为次级断层；②珠海组—韩江组下段沉积期，应力场表现为近南北向拉张，拉张作用力

小，断裂活动性弱，整体构造背景相对平静，北东向断裂基本消亡，北西向断裂继承性活动，地层披覆沉积；③韩江组上段—粤海组沉积期，在区域整体热沉降拗陷的背景下，叠加北东东向（东西向）右旋走滑，发育近东西走向的走滑断裂带（帚状、雁列），先存北西向断裂活化、改造。

2.6 圈闭条件

圈闭是油气聚集和保存的场所，也是油气藏形成的重要条件，传统的圈闭分类方案将圈闭分为构造、地层、水动力和复合圈闭等[16]。恩平凹陷最为发育的圈闭类型是断层控制的构造圈闭，主要集中在新近系珠江组和韩江组层系中；古近系主要发育岩性圈闭，集中于恩平组下部的砂体中。受北西西向断层切割，在南部隆起带上形成了一系列断阶，圈闭类型基本为受断层控制的翘倾半背斜、断背斜、断鼻等。

3 有利仓储区

通过对断层-砂体油气运移的大量研究，通常认为断至烃源岩内的断层可以作为油气的运移通道，形成下生上储的组合模式。但距离烃源较远的含油构造，断层则无法直接沟通源岩。对于这种远源成藏的构造，张善文等[17]提出了“网毯式油气成藏体系”观点，所谓“网”包括为成藏体系提供油气的油源网和聚集油气的聚集网，所谓“毯”是指在链接油源网和聚集网的稳定分布的仓储层中形成的形如“毯状”的油气聚集；邓运华等[18]提出了“中转站”模式，烃源岩成熟后生成的油气在温-压作用下向近岸水下扇砂体发生初次运移，砂体内的油气达到一定饱和度后，压力增高，伴随着断层活动，油气沿断面从近岸水下扇砂体向上部的圈闭中运移，随着砂体内油气向上运移，压力降低，断层活动停止，导致烃源岩中初次运移来的油气再次在砂体内聚集，周而复始，这个近岸水下扇砂体就犹如一个“中转站”。本文将这两种模式结合，把“中转站”或“毯”称为有利仓储区。

恩平凹陷南部翘倾构造带紧邻富烃的 EP17 洼，该带下伏地层缺失文昌组沉积，且周缘不存在断至文昌组烃源岩的大断层。但此构造带下部存在一个有利仓储区，油气可通过断至有利仓储区的断裂运移至浅部成藏。

3.1 基底不整合面、文昌组地层产状决定了“仓储”的存在

油气的运移通道包括不整合面、砂体、裂缝及断层，决定恩平凹陷南部隆起油气优势运移方向的主要因素是文昌组地层产状及与之相关的不整合面和侧向砂体。恩平凹陷文昌组内部存在超压现象，当文昌组烃源岩达到生烃门限后，在超压和浮力的驱动下，油气自烃源岩向新近系有利圈闭汇聚。许新明[19]等对该过程总结了 3 种油气运聚方式：①文昌组内部的自生自储；②在异常高压作用下，文昌组内部产生裂缝，油气沿裂隙向上或地层上倾方向运移；③当油气抵达文昌组基底 Tg 或 T80 不整合面时，不整合面之上的底砾岩连通孔隙和之下的半风化岩石的“孔-洞-缝”系统，构成不整合面上下油气侧向、斜向或垂向运移的通道。

3.2 下部砂体的油气优势运聚区决定了“仓储”的位置

3.2.1 依据断面形态确定油气充注点

作为油气运移的重要载体，任何一条断层实际上都是一个具有长、宽、高（厚）三维空间的不规则的板状地质体。绝大多数油气在断裂带中都将沿着最大流体势降低方向上某一有限的通道空间运移，这个通道称之为断面优势运移通道（见图 3）[20]，底部的油气总是沿

断面优势运移通道向上运移到浅部。本文根据断面优势运移通道在恩平凹陷 T70 立体显示图上确定了油气充注点（见图 4）。

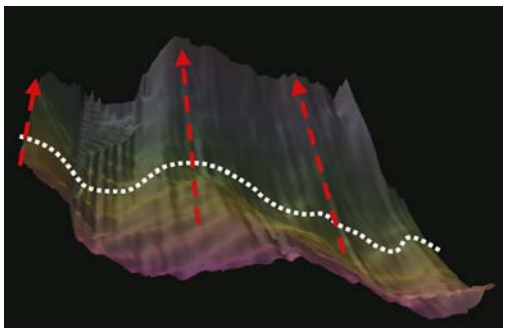

图 3　M 断层断面形态

Fig. 3　Fracture surface morphology of M fault

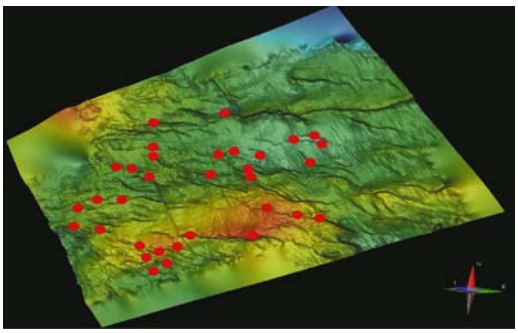

图 4　恩平凹陷 T70 油气充注点

Fig. 4　Hydrocarbon charging points of T70 in Enping sag

3.2.2　流体势指示优势运移方向

油气进入到连通的砂体输导层后，其侧向运移方向受到流体势场空间分布特征的控制，油气总是由高势区向低势区运移，运移路径为势能等值线的法线方向，油气优势运移路径应为势能汇聚的洼槽带[21]。基于此思想，本文通过统计恩平凹陷油层埋深和油、水密度等资料，得到流体势计算公式：

$$\Phi = gz + p/\rho \tag{1}$$

式中：Φ——流体势，J/kg；z——研究点到基准面的距离（埋深），m；ρ——流体密度，kg/m^3；g——重力加速度，m/s^2；p——地层压力，Pa。

根据式（1）对恩平凹陷油势进行计算，并将计算结果绘成平面分布图。按照上述油气沿洼槽汇聚运移形成优势路径原理，可以得到恩平凹陷油气优势运移路径（见图 5）。

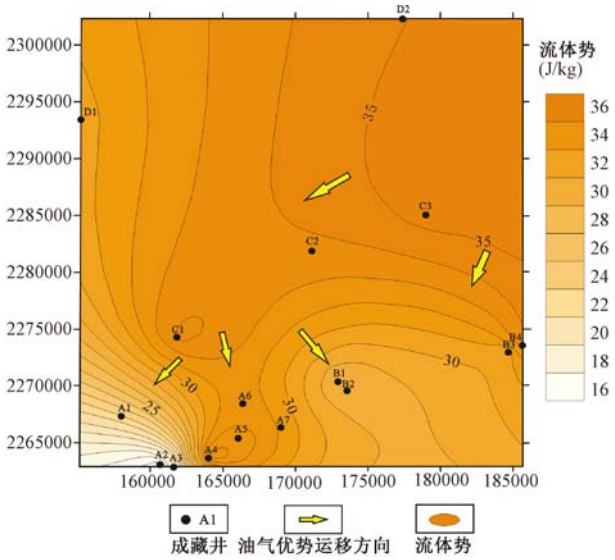

图 5　恩平凹陷恩平组流体势

Fig. 5　Fluid potential of Enping formation in Enping sag

3.2.3 构造脊确定构造高部位

油气从构造低部位向高部位运移，在构造高部位富集成藏[22]。通过 T70 的立体显示图，可以清楚地识别出恩平凹陷的构造高部位，从而识别出油气优势运聚区。

3.3 下部砂体的横向连通性决定了“仓储”的范围

在三维空间上砂岩体之间是相互叠置或连接的，这是砂岩体构成输导体的基本连通方式，而表征这种连通特征的关系称为砂体连通性[23]。Allen[24]提出了用砂地比的临界值在剖面上判定砂体连通程度的理论模型；King[25]认为存在一个砂地比特征门限值，低于该门限值时砂岩体之间基本不连通，这一砂地比门限值被称为“逾渗阈值”。砂体连通概率计算公式：

$$P = \begin{cases} 0 & (h \leqslant C_0) \\ 1 - e^{[-(-h-C_0)^2/b^2]} & (h > C_0) \end{cases} \tag{2}$$

式中：P 为砂体连通概率；h 为砂地比；C_0为逾渗阈值；$b = (C - C_0)/\sqrt{3}$，为连通指数，其中，C 为完全连通系数。

选取恩平凹陷远源成藏井，就其成藏层系的砂地比与油层厚度的关系进行分析，认为砂地比大于 15% 时储层开始连通，而砂地比大于 40% 时几乎完全连通（见图 6）。另外，砂地比还同时反映了砂岩厚度及地层厚度的变化趋势，是目前油气在储层砂体运移研究中较为重要的参数。本文以恩平凹陷恩平组砂地比等值线绘制砂体连通概率图（见图 7）反映恩平凹陷不同部位恩平组砂岩的连通性，可以看出恩平凹陷恩平组砂地比较高，整个凹陷连通性都很好。

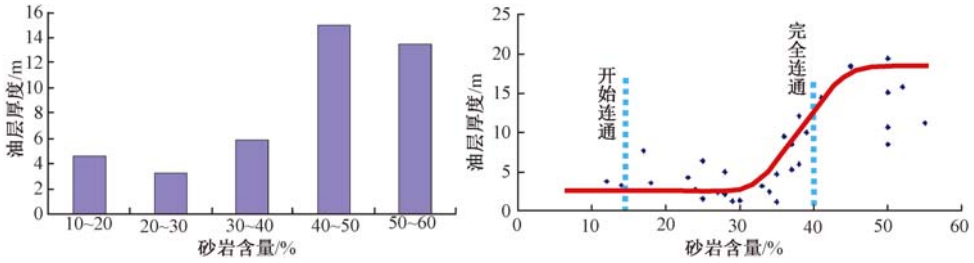

图 6 恩平凹陷逾渗阈值的确定

Fig. 6 The ascertainment of percolation threshold in Enping sag

3.4 有利仓储区的确定

根据断面形态确定油气充注点，以流体势确定油气大概的运移方向，再通过叠合恩平凹陷恩平组砂体连通性图和立体显示图识别出构造高部位，并结合浅部层系有利成藏区，即可确定恩平凹陷恩平组的有利仓储区（见图 8）。

4 油气成藏模式

恩平凹陷南部隆起带油气藏均为远源仓上成藏，油气输导分为 2 个阶段。第一阶段：文昌组烃源岩排烃时，油气沿文昌组不整合进入富砂沉积背景的恩平组后在有利仓储区聚集；第二阶段：油气通过切穿有利仓储区的断裂垂向输导，在垂向输导过程中侧向分流聚集成藏（见图 9）。

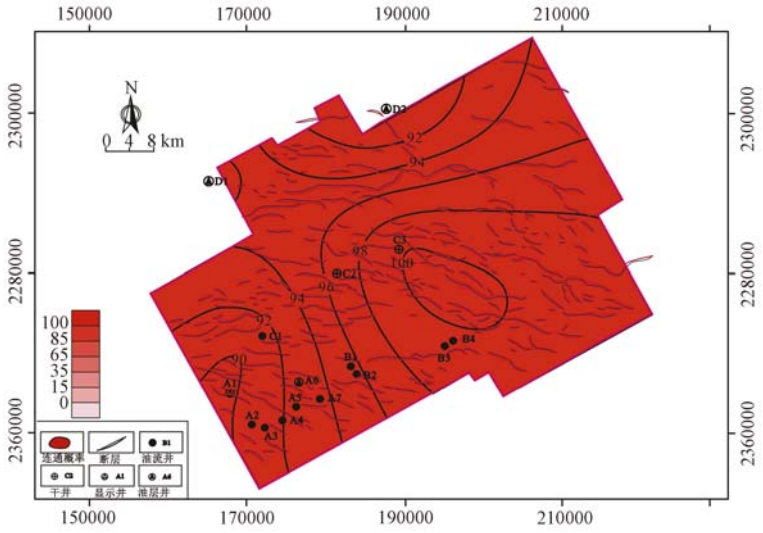

图 7　恩平凹陷恩平组砂体连通概率图

Fig. 7　The sandbody connecting probability of Enping formation in Enping sag

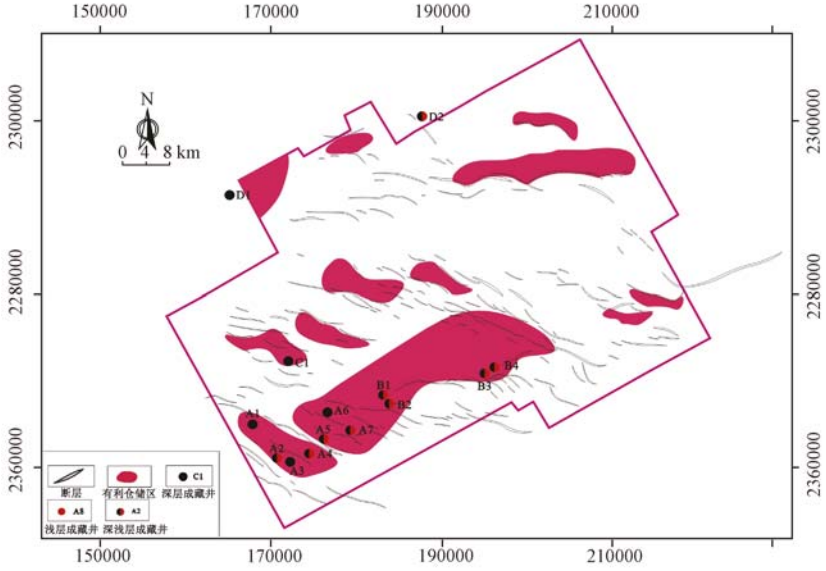

图 8　恩平凹陷恩平组有利仓储区分布

Fig. 8　The distribution of favorable storage area of Enping formation in Enping sag

受断裂活动特征的影响，断裂上下两盘油气运移和聚集特征也不相同。通常情况下断裂上盘油气相对富集，这是由断裂内部结构特征所决定的。大量的野外观察描述结果表明，断层两盘并非以面接触，而是以断裂带相隔。断裂带内部通常由滑动破碎带和诱导裂缝带 2 个部分组成[26]，诱导裂缝带主要分布在滑动破碎带两侧有限区域或断裂末端应力释放区，以断裂伴生的低级别及多次序裂缝发育为特征。滑动破碎带因断层岩和断层泥发育，孔渗性明显低于围岩，难以成为油气侧向运移的有效输导通道，但可以成为油气侧向运移的遮挡物。诱导裂缝带则因多次序裂缝发育，孔渗性明显高于围岩，可以成为油气沿断裂向上运移的有

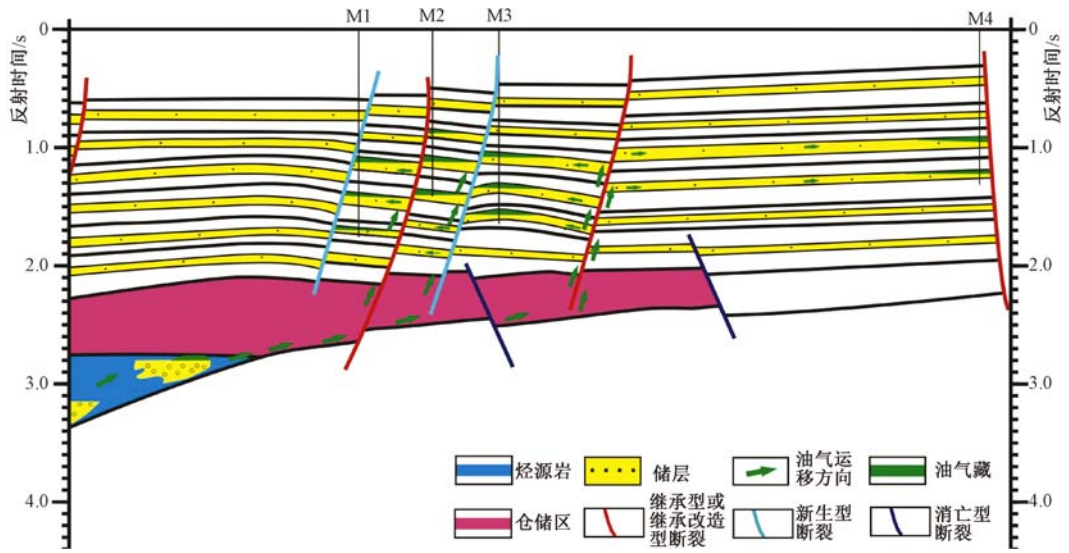

图 9 恩平凹陷南部隆起带油气运聚模式

Fig. 9 The hydrocarbon accumulation model in the south uplift of Enping sag

效输导通道，但不能成为油气侧向运移的遮挡物[25]。当输导断裂为倾斜断裂时，上盘作为断裂活动时的主动盘，诱导裂缝带发育，有利于沿输导断裂向上运移的油气向上盘砂体中侧向分流运移和聚集；而下盘作为断裂活动时的被动盘，诱导裂缝带相对不发育，不利于沿输导断裂向上运移的油气向下盘侧向分流运移聚集。

4.1 仓上-上盘诱导裂缝带垂向输导—连通砂体侧向输导—滑动破碎带侧向封堵—断块油气藏成藏模式

油气在有利仓储区聚集后，后期活动的断层切穿仓储区，油气沿断层上盘诱导裂缝带垂向输导，流经物性较好且上倾的砂层，或者受到上覆区域盖层的封堵时，一部分油气发生侧向分流，进入上盘连通砂体向高部位继续运移，遇到倾向与连通砂体倾向相反的断裂时，受此断裂的滑动破碎带封堵，油气在此聚集。油气分流量主要取决于砂体与断层的物性及产状的配置关系，保存量多少主要取决于封堵断裂的侧向封堵能力。此种模式主要在 M1 井和 M2 井处（见图 9）。

4.2 仓上-上盘诱导裂缝带垂向输导—连通砂体侧向输导—它源自圈背斜油气藏成藏模式

与上述第一种成藏模式的输导方式类似，油气沿断层上盘诱导裂缝带垂向输导，流经物性较好且上倾的砂层，或者受到上覆区域盖层的封堵时，一部分油气发生侧向分流，进入上盘连通砂体向高部位继续运移，在连通砂体的隆起背斜处聚集成藏。油气分流量主要取决于砂体与断层的物性及产状的配置关系，保存量多少主要取决于背斜圈闭的范围。此种模式主要在 M3 井处（见图 9）。

4.3 仓上-下盘诱导裂缝带垂向输导—连通砂体侧向输导—滑动破碎带侧向封堵—断鼻油气藏成藏模式

尽管大多数断裂下盘诱导裂缝带不发育，但也有少部分断裂下盘诱导裂缝带相对较为发育。油气沿断层下盘诱导裂缝带垂向输导，流经物性较好且上倾的砂层，或者受到上覆区域盖层的封堵时，一部分油气发生侧向分流，进入下盘连通砂体向高部位长距离运移，遇到倾向与连通砂体倾向相反的断裂时，受此断裂的滑动破碎带封堵，油气在此聚集。油气分流量

主要取决于砂体与断层的物性及产状的配置关系，保存量多少主要取决于封堵断裂的侧向封堵能力，此种模式主要在 M4 井处（见图 9）。

5　结论

恩平凹陷南部断裂带油气主要来自 EP17 洼，在垂向上分布多套储盖组合，断层控制了圈闭的展布和类型。

南部断裂带是恩平凹陷油气的优势运聚区，其下存在油气的有利仓储区，通过沟通有利仓储区的断裂，油气得以从深部恩平组运移到浅部的珠江组和韩江组。

恩平凹陷南部隆起带有 3 种成藏模式，分别为仓上-上盘诱导裂缝带垂向输导—连通砂体侧向输导—滑动破碎带侧向封堵—断块油气藏成藏模式，仓上-上盘诱导裂缝带垂向输导—连通砂体侧向输导—它源自圈背斜油气藏成藏模式，仓上-下盘诱导裂缝带垂向输导—连通砂体侧向输导—滑动破碎带侧向封堵—断鼻油气藏成藏模式。

参　考　文　献

[1] 刘丽华，陈胜红，于水明，等. 恩平凹陷成藏条件分析及商业性突破［J］. 中国海上油气，2011，23（2）：76～80.
LIU Li-hua，CHEN Sheng-hong，YU Shui-ming，et al. Analyzing conditions of hydrocarbon accumulation and a commercial break-through in Enping sag，Pearl River Mouth Basin［J］. China Offshore Oil and Gas，2011，23（2）：76～80.

[2] 王家豪，刘丽华，陈胜红，等. 珠江口盆地恩平凹陷珠琼运动二幕的构造-沉积响应及区域构造意义［J］. 石油学报，2011，32（4）：588～595.
WANG Jia-hao，LIU Li-hua，CHEN Sheng-hong，et al. Tectonic-sedimentary responses to the second episode of the Zhuqiong movement in the Enping Depression，Pearl River Mouth Basin and its regional tectonic significance［J］. Acta Petrolei Sinica，2011，32（4）：588～595.

[3] 傅宁，丁放，何仕斌，等. 珠江口盆地恩平凹陷烃源岩评价及油气成藏特征分析［J］. 中国海上油气，2007，19（5）：295～299，305.
FU Ning，DING Fang，HE Shi-bin，et al. Source rocks evaluation and reservoir characteristics analysis in Enping sag，Pearl River Mouth Basin［J］. China Offshore Oil and Gas，2007，19（5）：295～299，305.

[4] 陈长民，施和生，许仕策，等. 珠江口盆地（东部）第三系油气藏形成条件［M］. 北京：科学出版社，2003：1～87.
CHEN Chang-min，SHI He-sheng，XU Shi-ce，et al. The condition of hydrocarbon accumulation of Tertiary petroleum system in Pearl River Mouth Basin［M］. Beijing：Science Press，2003：1～87.

[5] 胡朝元. “源控论”适用范围量化分析［J］. 天然气工业，2005，25（10）：1～3.
HU Chao-yuan. Research on the appliance extent of “source control theory” by semi-quantitative statistics characteristics of oil and gas migration distance［J］. Natural Gas Industry，2005，25（10）：1～3.

[6] 傅宁，何仕斌，张功成. 珠江口盆地恩平凹陷油气充注期次及时间［J］. 矿物岩石地球化学通报，2009，28（1）：42～47.
FU Ning，HE Shi-bing，ZHANG Gong-cheng. Hydrocarbon accumulation period and age in Enping Depression，Pearl river estuary basin［J］. Bulletin of Mineralogy，Petrology and Geochemistry，2009，28（1）：42～47.

[7] 陈长民. 珠江口盆地东部石油地质及油气藏形成条件初探［J］. 中国海上油气地质，2000，14（2）：73～83.
CHEN Chang-min. Petroleum geology and conditions for hydrocarbon accumulation in the eastern Pearl River Mouth Basin［J］. China Offshore Oil and Gas，2000，14（2）：73～83.

[8] 陈国俊，吕成福，李玉兰，等. 珠江口盆地恩平凹陷文昌组浊积体含油气性分析［J］. 沉积学报，2008，26（5）：881～885.

CHEN Guo-jun, LÜ Cheng-fu, LI Yu-lan, et al. Analysis of the oil and gas-bearing turbidite within Wenchang Formation in Enping Depression, Pearl River Mouth Basin, China [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26 (5): 881 ~ 885.

[9] 柳保军, 申俊, 庞雄, 等. 珠江口盆地白云凹陷珠海组浅海三角洲沉积特征 [J]. 石油学报, 2007, 28 (2): 49 ~ 56, 61.
LIU Bao-jun, SHEN Jun, PANG Xiong, et al. Characteristics of continental delta deposits in Zhuhai Formation of Baiyun Depression in Pearl River Mouth Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28 (2): 49 ~ 56, 61.

[10] 赵中贤, 周蒂, 廖杰. 珠江口盆地第三纪古地理及沉积演化 [J]. 热带海洋学报, 2009, 28 (6): 52 ~ 60.
ZHAO Zhong-xian, ZHOU Di, LIAO Jie. Tertiary paleogeography and depositional evolution in the Pearl River Mouth Basin of the northern South China Sea [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2009, 28 (6): 52 ~ 60.

[11] 吕成福, 陈国俊, 王天琦, 等. 恩平凹陷第三系文昌组异常岩性体特征 [J]. 石油学报, 2008, 29 (3): 368 ~ 371, 377.
LÜ Cheng-fu, CHEN Guo-jun, WANG Tian-qi, et al. Characteristics of lithology anomalous body in tertiary Wenchang formation of Enping Sag [J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 29 (3): 368 ~ 371, 377.

[12] 何清吟, 叶加仁, 舒誉. 恩平凹陷南部断裂带油气成藏特征及主控因素 [J]. 石油天然气学报, 2014, 36 (9): 43 ~ 48, 4.
HE Qing-yin, YE Jia-ren, SHU Yu. The characteristics and main controlling factors of hydrocarbon accumulation in the southern fault zone of Enping depression [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2014, 36 (9): 43 ~ 48, 4.

[13] Bethke C M, Reed J D, Oltz D F. Long-rang petroleum migration in the Iillinois Basin [J]. AAPG Bulletin, 1991, 75 (5): 925 ~ 945.

[14] Bekele E, Person M, Marsily G. Petroleum migration pathways and charge concentration: A three dimensional model (discussion) [J]. AAPG Bulletin, 1999, 83 (1): 1015 ~ 1019.

[15] 王维, 杨香华, 叶加仁, 等. 恩平凹陷珠江组盖层的沉积学评价思路与方法 [J]. 石油实验地质, 2014, 36 (2): 249 ~ 256.
WANG Wei, YANG Xiang-hua, YE Jia-ren, et al. Ideas and methods of sedimentologic evaluation on cap-rocks in Zhujiang Formation, Enping sag [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36 (2): 249 ~ 256.

[16] 田在艺, 张庆春. 中国含油气沉积盆地论 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996.
TIAN Zai-yi, ZHANG Qing-chun. Theory of petroliferous sedimentary basins in china [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996.

[17] 张善文, 王永诗, 石砥石, 等. 网毯式油气成藏体系—以济阳坳陷新近系为例 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30 (1): 1 ~ 10.
ZHANG Shan-wen, WANG Yong-shi, SHI Di-shi, et al. Meshwork carpet type oil and gas pool forming system: Taking Neogene of Jiyang depression as an example [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30 (1): 1 ~ 10.

[18] 邓运华. 断裂-砂体形成油气运移的“中转站”模式 [J]. 中国石油勘探, 2005, (6): 14 ~ 17, 90.
DENG Yun-hua. Transfer station model of oil-gas migration formed by fault-sandbody [J]. China Petroleum Exploration, 2005, (6): 14 ~ 17, 90.

[19] 许新明, 刘丽华, 陈胜红, 等. 珠江口盆地恩平凹陷新近系油气成藏主控因素分析 [J]. 地质科技情报, 2015, 34 (1): 100 ~ 106.
XU Xin-ming, LIU Li-hua, CHEN Sheng-hong, et al. Analysis of the main control factors on Neogene hydrocarbon accumulation in Enping sag, Pearl River Mouth Basin [J]. Geological Science and Technology Information, 2015, 34 (1): 100 ~ 106.

[20] 刘惠民. 济阳坳陷临南洼陷油气运聚方向与分布规律 [J]. 现代地质, 2009, 23 (5): 894 ~ 901.
LIU Hui-min. Hydrocarbon migration and accumulation direction and distribution of Linnan sag in Jiyang depression [J]. Geoscience, 2009, 23 (5): 894 ~ 901.

[21] 王明臣, 刘峻桥, 付广. 源外斜坡区油侧向优势运移路径及控藏作用——以松辽盆地台 9 区块葡萄花油层为例 [J]. 科学技术与工程, 2015, 15 (2): 58 ~ 65.
WANG Ming-chen, LIU Jun-qiao, FU Guang. Preferable pathway of oil lateral migration and its controlling factors of slope area out of source area: Taking P oil layer of Tai 9 area of Songliao Basin as an example [J]. Science Technology and

Engineering, 2015, 15 (2): 58 ~ 65.

[22] 王家亮，张金川，张杰，等. 海拉尔盆地贝尔凹陷的油气运聚分析 [J]. 现代地质，2003，17 (4)：459 ~ 465.
WANG Jia-liang, ZHANG Jin-chuan, ZHANG Jie, et al. Oil migration and accumulation in the Beier depression, the Hailaer Basin [J]. Geoscience, 2003, 17 (4): 459 ~ 465.

[23] 罗晓容，雷裕红，张立宽，等. 油气运移输导层研究及量化表征方法 [J]. 石油学报，2012，33 (3)：428 ~ 436.
LUO Xiao-rong, LEI Yu-hong, ZHANG Li-kuan, et al. Characterization of carrier formation for hydrocarbon migration: Concepts and approaches [J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33 (3): 428 ~ 436.

[24] Allen J R L. Studies in fluviatile sedimentation: An ecploratory quantitative model for the architecture of avulsion-controlled alluvial suites [J]. Sedimentary Geology, 1978, 21 (2): 129 ~ 147.

[25] King P R. The connectivity and conuctivity of overlapping sand bodies [C] //Buller A T. North Sea oil and gas reservoirs-Ⅱ. London: Graham&Trotman, 1990: 353 ~ 358.

[26] 吴智平，陈伟，薛雁，等. 断裂带的结构特征及其对油气的输导和封堵性 [J]. 地质学报，2010，84 (4)：570 ~ 578.
WU Zhi-ping, CHEN Wei, XUE Yan, et al. Structural characteristics of faulting zone and its ability in transporting and sealing oil and gas [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84 (4): 570 ~ 578.

[27] 武卫峰，徐衍彬，范立民，等. 断裂对沿不整合面侧向运移油气的聚集作用 [J]. 东北石油大学学报，2013，37 (3)：11 ~ 17，124 ~ 125.
WU Wei-feng, XU Yan-bin, FAN Li-min, et al. Research on role of faults in the accumulation of oil gas migrating laterally through unconformity surface [J]. Journal of Northeast Petroleum University, 2013, 37 (3): 11 ~ 17, 124 ~ 125.

RESERVOIR-FORMING PATTERN OF THE SOUTH UPLIFT IN ENPING SAG

XIE Fei[1], WU Zhi-ping[1], YAN Shi-yong[1], HE Min[2], SONG Jia[1]

(1. *School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao* 266580, *Shandong, China*;
2. *Shenzhen Brach of CNOOC Ltd.*, *Guangzhou* 510000, *China*)

Abstract: The south uplift is the main hydrocarbon accumulation-forming zone of Enping sag. Using the basic data, we analyzed the conditions and characteristics of hydrocarbon accumulation in the south uplift and summarized the pattern of hydrocarbon accumulation. Hydrocarbon in the south uplift of Enping sag is mainly generated from the deep lacustrine source rock in Eocene Wenchang formation in the north EP17 sag. Although the south uplift lacks Wenchang formation deposits, there exists hydrocarbon favorable storage area. Hydrocarbon migrates mainly along the fractures which connect the favorable storage area. There are three patterns of hydrocarbon accumulation model: vertical migration along induced fracture zone of upper storage area and hanging wall, lateral migration along connected sand bodies, lateral sealing by gliding fracture zone, fault block reservoir; vertical migration along induced fracture zone of upper storage area and hanging wall, lateral migration along connected sand bodies, anticline reservoir trapped from other sources; vertical migration along induced fracture zone of upper storage area and footwall, lateral migration along connected sand bodies, lateral sealing by gliding fracture zone, fault nose reservoir.

Key words: the south uplift in Enping sag; accumulation condition; favorable storage area; reservoir-forming pattern