

中国南方白垩系油气成藏规律

陈波^{①*}, 张昌民^①, 罗明霞^①, 雷清亮^②, 韩定坤^②, 周晓俊^③

① 长江大学地球科学学院, 荆州 434023;

② 中国石油化工有限公司中南分公司, 长沙 410117;

③ 华北油田公司第五采油厂, 辛集 052360

* Email: chpo@yangtzeu.edu.cn

收稿日期: 2008-04-17; 接受日期: 2008-08-01

中国石油化工有限公司油气勘探先导项目(编号: KT-2006-15)资助

摘要 南方白垩系多以红色、紫红色碎屑岩为主, 夹蒸发岩, 由于缺乏烃源岩, 在勘探上一直没有受到应有重视。随着油气勘探的深入, 近年来陆续发现大量白垩系油气藏或油气显示, 显示出白垩系良好的勘探潜力。研究发现白垩系发育优质储层和高效盖层, 同时白垩系与下伏古生代-早中生代海相地层和上覆新生代陆相地层构成叠合盆地, 这两套层系均发育多套优质烃源岩。在南方特别是中下扬子地区喜马拉雅期以来强烈的拉张断陷作用伴生了大量的断裂, 这些断裂沟通了白垩系与上下覆地层的烃源岩, 形成了断裂型和不整合型的不连续的生储盖成藏组合, 来自古近系烃源岩和具有二次生烃能力的中生代、古生代烃源岩的充足油气在白垩系形成新生古储型、古生新储型和少量自生自储型油气藏, 其油气富集成藏关键因素是临近生烃中心、油气源充足, 其二是断裂系统相对发育, 为白垩系油气成藏提供了必要输导体系。

关键词

南方白垩系
叠合盆地
新生古储油气藏
古生新储油气藏
二次生烃
输导体系

中国南方白垩系是指秦岭-大别-苏鲁造山带以南、龙门山造山带以东、华南造山带以北的地区分布的白垩系, 面积约 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图 1)。与全球油气分布时代的规律一样, 白垩系也是中国重要的油气聚集成藏的层位, 油气资源相当富集, 但南北白垩系差异很大, 北方白垩系发现了大量的油气资源, 如松辽盆地、鄂尔多斯盆地和准噶尔盆地等。与之相反, 在南方白垩系发现的油气资源寥寥无几。

南方白垩系多以红色、紫红色碎屑岩为主, 夹蒸发岩, 大多为河湖相沉积, 附以微咸-咸湖的沉积组合, 俗称“红层”, 客观上影响了对其勘探潜力的评价。但事实上, 白垩系在南方中新生代含油气盆地与中、古生代海相盆地的沉积构造演化过程中起着承下启上的作用, 作为新生界的基底, 南方大部分新生代盆

地都是在白垩纪盆地的基础上发育起来, 同时白垩纪地层大部分覆盖在古生代-早中生代海相地层上, 与海相地层共生。在这种情况下, 白垩系发育的优质储层和以蒸发岩系为代表的高效盖层具备成为重要的它生油气成藏的层位, 弥补了烃源岩层系不发育的制约。近年来的勘探证实了这一认识, 在江汉、苏北盆地先后发现多种成因的白垩系油气藏等, 这些发现揭示了南方白垩系独具特色的成藏规律和良好的勘探前景。

1 南方白垩系油气成藏的地质条件

1.1 白垩纪盆地性质与分类

1.1.1 前白垩系基底特征

南方白垩纪盆地基底主要为古生代的碳酸盐岩

台地沉积及早中生代的海相碎屑岩沉积。侏罗纪末的燕山运动使不同地区构造变形和剥蚀程度不同, 前白垩系基底稍有差异。上扬子地区前白垩系基底改造作用较弱, 大部分地区仍保存三叠纪-侏罗纪沉积。中扬子地区遭到强烈挤压变形, 主要由相对古老的古生界组成。下扬子地区前白垩系基底以上古生界(泥盆系-三叠系)为主, 西北及西南部边缘存在元古界变质岩、结晶岩基底, 所占面积较小, 中生代侏罗纪地层在苏北盆地零星分布, 主要分布在苏南地区溧水、溧阳、芜湖盆地等。

通过上述分析可以发现, 白垩系与下伏中、古生代海相地层的接触关系主要有两种: (i) 白垩系直接覆盖在中、古生代海相地层之上, 局部在白垩系与中古生界之间还夹有侏罗系, 如江汉盆地、苏北盆地、鄱阳盆地和四川盆地。(ii) 白垩系直接覆盖在元古宙地层之上, 如衡阳盆地。

1.1.2 白垩纪盆地性质

白垩纪盆地由于所处位置和成盆时期不同, 形成不同类型的盆地。晚侏罗世至早白垩世, 受库拉-

太平洋板块北北西向快速向亚洲及中国东部大陆之下俯冲的影响, 形成类似于安第斯型的压性陆缘弧^[1], 该时期主要表现为强烈的挤压冲断及大规模左旋走滑, 在左旋压扭性构造应力场作用下, 由于江南隆起、九岭隆起及武陵-雪峰隆起之间的相对左旋运动, 分别在其后缘形成拉分盆地, 即鄱阳盆地、衡阳盆地及江汉-洞庭盆地^[2]。在下扬子及华南地区因其主要受控于北东及北北东向断裂的左行压扭性作用, 在断裂走向变化处形成走滑拉分火山岩盆地如宁芜盆地、庐枞盆地, 石场-中楼盆地及溧水-南陵盆地^[3]。

在四川盆地及扬子西缘, 因受库拉-太平洋板块活动的影响减弱, 主要表现为继印支期以来的持续挤压构造环境。构造样式上亦表现出由西向东的冲断体系, 仍然属于前陆(拗陷型)盆地^[4]。

晚白垩世至古近纪期间, 太平洋板块逐渐转为向亚洲大陆的正面俯冲, 导致中国东部地区广泛的伸展活动, 并形成一系列箕状或地堑式断陷盆地如江汉、洞庭、麻阳、鄱阳、衡阳、苏北等盆地。这些断陷盆地的发生发展主要受控于早期(燕山期及更早)断裂的复活及正断活动, 一般为早期逆冲断裂发生

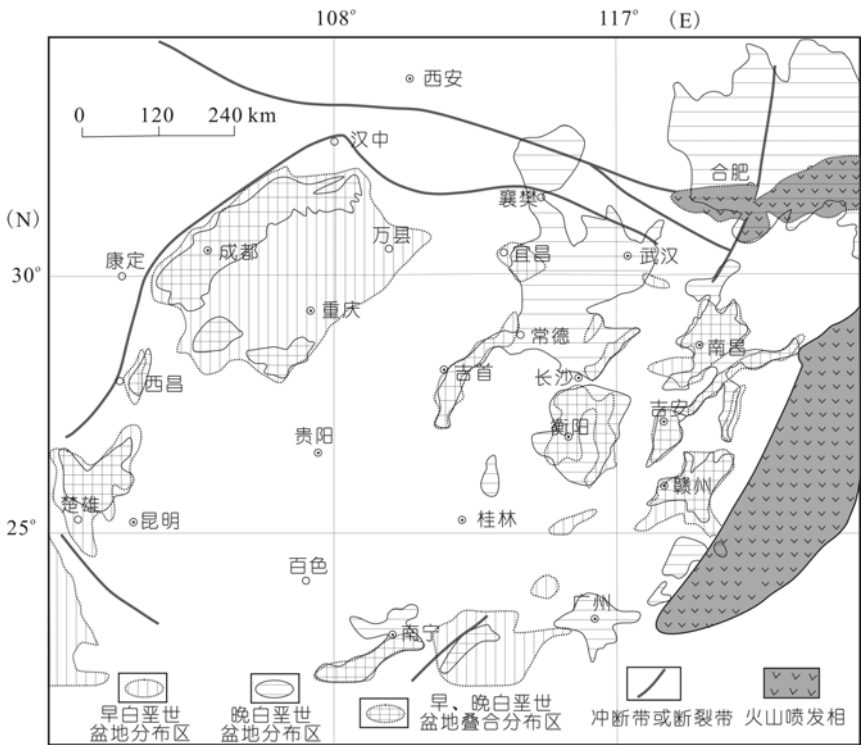


图1 中国南方白垩纪盆地分布示意图

负反转活动所致, 形成上白垩统与古近系叠合的盆地。

四川盆地因有刚性的川中陆核及陆壳基底以及其构造位置处于太平洋板块及雅鲁藏布江洋壳俯冲影响的“末端”, 在早喜马拉雅期基本没有张裂表现, 表现为继印支-燕山期的压性构造环境的继续, 从而形成了上白垩统-古近系拗陷型沉积。

1.1.3 白垩纪盆地类型

按照盆地的构造性质划分, 白垩纪盆地分为 3 种类型: (i) 前陆(拗陷型)盆地, 以四川盆地为代表, 早晚白垩世, 在川西具有前陆盆地的性质, 盆地内具有拗陷性质, 晚白垩世盆地整体呈现拗陷性质, 二者不完全重叠。(ii) 断陷盆地, 发育于晚白垩世, 如江汉、苏北、洞庭盆地等, 并与上覆古近纪断陷盆地全部或部分叠合。(iii) 拉分盆地, 主要发育于早白垩世, 部分盆地与晚白垩世断陷盆地重叠, 如洞庭盆地和鄱阳盆地等。

从油气成藏与勘探的角度看, 只有那些最终成盆, 保存条件良好的地区, 油气才可能赋存成藏。根据白垩纪盆地的演化历史及与之伴生的烃源层的不同, 将南方白垩纪盆地划分为 3 种类型: (i) 侏罗纪-白垩纪盆地: 烃源岩主要发育在古生代或中生代地层如四川盆地、鄱阳盆地、楚雄盆地。(ii) 白垩纪-古近纪盆地: 白垩系直接覆盖在元古宙地层之上, 以新生界和中生界白垩系暗色泥岩为烃源岩如衡阳盆地。(iii) 叠合盆地: 白垩纪地层下覆古生代地层、上叠新生代地层, 共同构成叠合盆地, 在古生代和新生代地层中均发育有良好烃源岩, 叠合盆地中白垩系具备多烃源岩条件, 如江汉盆地、苏北盆地、洞庭盆地等。

1.2 南方白垩系油气地质条件

在白垩纪时期, 南方处于干旱-半干旱气候条件, 白垩系沉积以红色砂泥为主, 夹暗色砂泥岩和泥膏盐或膏泥岩, 总体上由冲积扇-辫状河三角洲-滨浅湖-沙漠等沉积体系组成, 早期沉积相对较粗, 湖泊相不发育, 中期沉积相对较细、湖泊相沉积范围扩大, 晚期气候干旱加剧, 盆地逐渐盐化和沙漠化。湖盆沉积类型与湖盆大小有关, 较大的湖盆如四川、江汉、苏北等盆地沉积类型全, 并发育较大范围的浅水盐湖沉积, 而小型的湖盆则以粗粒沉积为主。白垩系的沉

积特征决定了其烃源岩条件较差, 而储、盖条件好的特点。

1.2.1 白垩系烃源岩条件

我们以江汉盆地为例说明白垩系烃源岩条件。江汉盆地白垩系渔洋组以红色砂、泥岩为主, 暗色泥岩累计平均厚度为 79.0 m, 占渔洋组总厚度的 16.4%。根据井资料统计, 白垩系暗色泥岩有机碳含量为 0.16%~0.81%, 平均为 0.34%; 氯仿沥青“A”为 0.0032%~0.087%, 平均为 0.0105%; 烃含量在 $(50 \sim 125) \times 10^{-6}$, 平均为 102.7×10^8 。母质类型以 III 型为主, 总体上属差-非烃源岩^[5]。四川盆地、苏北盆地和鄱阳盆地与之相似, 其他小型盆地则更差。

虽然白垩系自身烃源岩条件受限, 但与白垩系共生的海相地层或古近系烃源岩发育。根据对江汉盆地前白垩系烃源岩研究^[6], 海相地层发育下寒武统(ϵ_1)、上奥陶统五峰组-下志留统龙马溪组底部(O_3w-S_1l)、下二叠统栖霞组-茅口组(P_1q+m)、上二叠统龙潭组(P_2l)、下三叠统大冶组(T_1d)和上三叠统-下侏罗统(T_3-J_1)煤系六套烃源岩系(表 1)。其中, 下寒武统、上奥陶统五峰组-下志留统龙马溪组、上二叠统龙潭组、上三叠-下侏罗统四套烃源岩的有机碳平均含量均达 1.0% 以上, 为好的烃源岩。另外两套烃源岩的有机碳平均含量分布在 0.47%~0.65%, 评价为差-中等烃源岩。

1.2.2 白垩系储层条件

白垩系沉积时期大量发育粗碎屑沉积, 包括冲积扇、河流沉积、三角洲沉积和风成沉积等, 这些粗碎屑岩沉积分布广泛, 是良好的潜在储层。根据江汉盆地井资料统计, 砂岩在白垩系所占比例不小于 20%, 最大达到 90%, 位于盆地中部樊参 1 白垩系渔洋组二段平均孔隙度为 15.4%, 平均渗透率为 $77.6 \times 10^{-3} \mu m^2$ 。在苏北盆地, 句 12 井白垩系葛村组为浅红色油斑中砂岩, 致密坚硬, 岩芯表面含油不均匀, 部分呈斑状, 大部分被原油浸染呈褐色, 其孔隙度为 18.69%、渗透率为 $58.63 \times 10^{-3} \mu m^2$ ^[2]。

风成砂岩是白垩系另一类优质储层。晚白垩世风成沉积发育, 风成砂丘砂岩是一种优质储层, 砂岩多为石英砂岩, 分选好。根据苏北白垩系赤山组 10

表 1 江汉盆地前白垩系海相烃源岩评价表^{a)}

层位	岩性	源岩厚度/m	有机碳/%	氯仿沥青 A/ 10^{-6}	总烃/ 10^{-6}	干酪根类型	镜质体反射率/%
T ₃ -J ₁	泥岩、煤	100~256	0.8~2.52/1.92	19~850/230	11~354/146	III-II ₂	0.95~2.21
T _{1d}	泥质灰岩	30~185	0.4~0.82/0.47	10~550/80	2~370/32	II ₁₊₂	0.98~2.48
P _{2l}	泥岩、煤	15~35	1.2~3.38/2.55	6~1199/19	4~216/50	II ₂ 为主	1.04~2.51
P _{1q+m}	泥质灰岩	150~400	0.4~0.93/0.65	8~946/130	3~295/38	II ₁ 为主	1.23~2.56
O _{3w} -S _{1l}	泥页岩	80~383	0.98~4.24/2.33	7.5~170/47	3~94/23	I-II ₁	1.38~2.86
Є ₁	泥页岩	50~250	0.6~2.82/1.78	30~386/59	3~74/21	I-II ₁	1.61~3.02

a) 据文献 [6], /后数字代表平均值

口井的风成砂岩数据统计 [8], 一般厚度大于 200 m, 砂岩成分较单一, 泥、钙质胶结, 分选性较好, 孔隙度一般大于 16%, 渗透率多数大于 $20 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 少数井平均高达 $105 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以上. 总体而言, 南方白垩系一般是不缺少储层的.

1.2.3 白垩系盖层条件

白垩系既发育有区域盖层又发育局部盖层, 区域盖层主要是膏盐岩层. 由于膏盐岩层分布稳定, 又具有可塑性, 在盆地后期的构造变形中不容易破裂, 是最稳定、高效的盖层. 白垩纪盆地在干旱背景下普遍发育膏盐岩, 根据四川盆地的统计, 膏盐和芒硝的厚度超过 400 m, 一般在 50~200 m 之间, 分布广且稳定 [9]. 同样在江汉盆地白垩系也发育膏盐、泥膏盐层, 分布广泛, 谢风桥油田白垩系油藏的形成就与白垩系膏盐岩密切相关 [10] (图 2).

另一类盖层为棕红色泥岩或粉砂质泥岩及灰色细粒岩, 由于这些沉积体大都为近源沉积, 分选差, 也具有良好的封闭性, 构成局部盖层.

1.2.4 白垩系有利成藏组合

根据生储盖层在时间和空间上的配置关系, 通常将生储盖组合划分为连续的生储盖组合和不连续的生储盖组合两大类. 根据接触方式和通道特征, 将各类组合进一步划分出若干具体的组和型式 [11]. 由于白垩系自身烃源岩不发育, 主要发育不连续的有利生储盖组合类型 (图 3), 再根据沟通储层与烃源岩方式分为断裂型与不整合型两类.

断裂型是白垩系油气成藏中最为常见的组合类型. 断裂是白垩系储层与其他烃源岩层系间的重要输导系统, 同时断裂作用使白垩系储层与烃源岩层系在空间上对接或位于其上, 形成有利的生储盖组

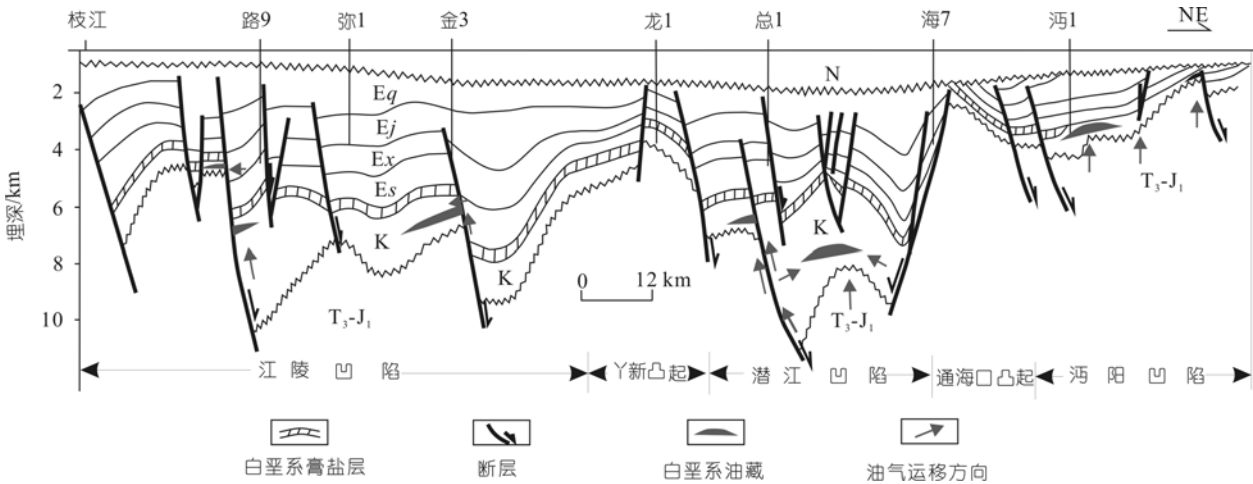


图 2 江汉盆地白垩系膏盐岩层分布与白垩系油气成藏 [10]

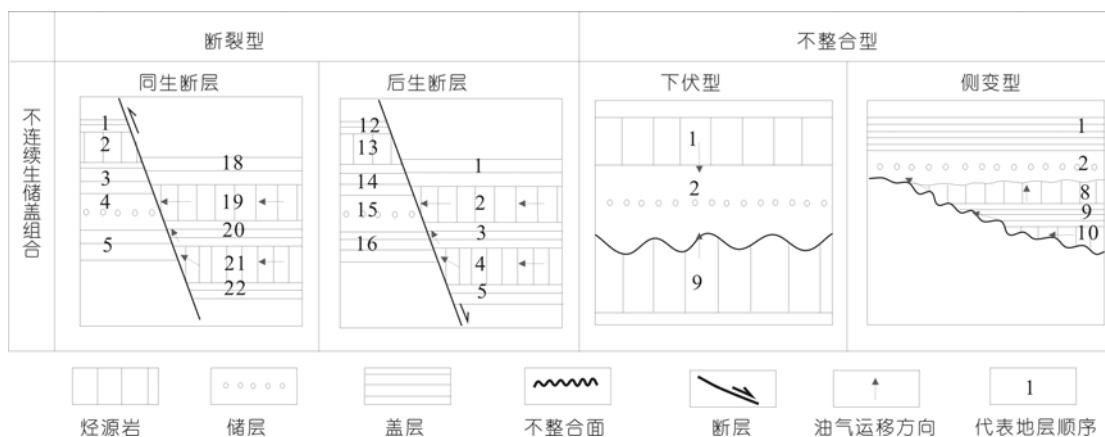


图 3 南方白垩系有利生储盖组合类型

合(图 3)。尤其是在新生古储类成藏组合中, 该种类型的油气藏往往位于大断层的上升盘, 下降盘生油深凹中的新生界烃源岩的埋深或者低于上升盘白垩系储层, 或者与白垩系储层对接, 新生界烃源岩生成的油气通过断层垂向运移或者直接穿过断层在白垩系圈闭中聚集成藏。

不整合型成藏组合通常借助于不整合面沟通白垩系储层与其他烃源岩层系。在该组合类型中, 油气不仅沿不整合和砂体进行侧向运移, 可能还沿断层作垂向运移, 两种输导类型并存。

2 白垩系油气成藏规律

近年来, 随着油气勘探的不断深入, 在南方陆续发现许多白垩系油田或油气藏, 为白垩系油气成藏规律的研究和勘探取得重大突破提供了有价值的线索, 下面我们以典型白垩系油气藏分析白垩系油气成藏规律。

2.1 白垩系典型油气藏分析

2.1.1 谢风桥油田白垩系油藏

谢风桥油田位于江汉盆地江陵凹陷万城断裂带南段, 该区构造自西向东分由 4 个局部构造单元组成, 即采穴断阶、复兴场断阶、梅槐桥洼陷及南岗断阶(图 4)。目前在该构造区块内已发现谢风桥油田和采穴油田两个白垩系油田及多个白垩系含油构造, 主要沿万城断裂带分布¹⁾。其中, 谢风桥油田由复兴场 I 号

断块(简称复 I 断块)白垩系油藏和谢风桥断鼻古近系油藏组成, 其间被万城断层分割。

万城断层是江陵凹陷西部重要的控洼断层, 在断层下降盘的梅槐桥洼陷沉积的白垩系、古近系厚度超过千米, 是区域内的主要生烃洼陷, 而上升盘断裂带地层不具备生烃能力, 晚白垩世地层抬升直接与下降盘古近系烃源岩对接, 油气沿万城断层运移到白垩系储层中^[12]。

从图 4 不难发现, 谢风桥油田白垩系油藏形成的主要原因有: (i) 梅槐桥洼陷古近系为白垩系成藏提供了充足的油源。该地区梅槐桥洼陷是江汉盆地的重要生烃洼陷, 其发育的古近系新沟嘴组和沙市组暗色泥岩是该区的主力烃源岩, 为白垩系提供充足的油源, 特别是多次生烃的存在为采穴构造和复兴场构造白垩系提供多次油气充注条件, 为白垩系油气成藏提供了保证^[13]。(ii) 万城断层是油气成藏的良好输导体系。白垩系油气藏的它源性质决定了其成藏必须具备良好的输导体系。万城断层自晚白垩世开始发育, 沙市组沉积期和荆沙组沉积期为断裂活动的高峰期, 潜江组沉积末期基本停止, 万城断层的这种活动规律为白垩系成藏提供两方面的作用, 其一是使万城断层上升盘白垩系储层与下降盘古近系烃源岩形成了良好的配置关系; 其二是万城断裂带成为油气的关键输导层, 油气沿断裂带垂向或侧向运移到白垩系储层中聚集(图 4)。(iii) 高效盖层有利于圈闭的形成与油气藏的保存。江汉盆地白

1) 陈波, 等. 江汉西南缘探区有利勘探目标优选与评价. 中石化中南石油分公司研究报告, 1997

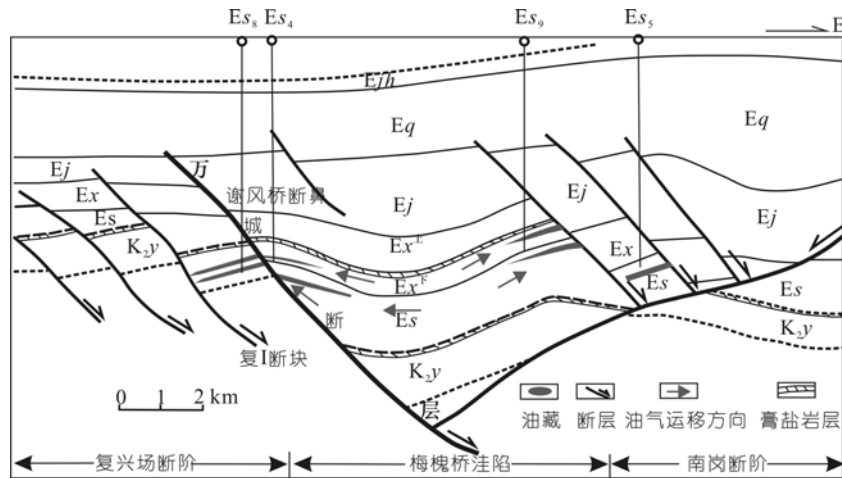


图4 谢风桥油田复I断块白垩系油藏成藏模式示意图

垩系中上部发育膏泥岩沉积, 由于膏泥岩特有的塑性特征, 成为白垩系中下部储层的高效盖层, 特别是膏盐岩层对断层的涂抹作用强化了断层面局部的封闭性, 为圈闭的形成及后期构造抬升改造时提供了良好的封闭条件^[14]。

2.1.2 开先台白垩系油藏

开先台白垩系含油构造位于江汉盆地沔阳凹陷的彭场断裂构造带, 1997年在开先台断鼻进行第一口白垩系探井钻探, 经压裂在白垩系获 1 t/d 的工业油流; 1998 年继续钻探沔 31 井, 于上白垩统渔洋组(井深 1653~1659.89 m)发现油层两层, 厚 2.2 m, 常规试油获 5 t/d 工业油流(图 5)。

开先台含油构造中白垩系渔洋组的原油主要来自上三叠-下侏罗统煤系^[2]。虽然沔 31 井原油在族组成等方面与煤系烃源岩具有较大的差异, 与煤系地层排烃及运移的色层效应有关。因此开先台白垩系油藏为古生新储型油藏。其主要成藏要素包括: (i) 邻近中、古生界烃源岩生烃中心。按照前中生代构造单元的划分, 沉湖复向斜为中、古生界的生烃中心, 开先台构造位于该生烃中心的中南部, 油源条件极好。晚侏罗-早白垩世的燕山运动对开先台地区产生了强烈的抬升剥蚀作用, 造成上三叠-下侏罗统煤系烃源岩生烃暂停, 生成的油气散失。随着上白垩统-古近系的沉积加载, 上三叠-下侏罗统煤系烃源岩开始生二次生烃, 目前烃源岩成熟度适中, 仍处于生油

阶段, 为极好的烃源岩层。(ii) 断层和不整合提供了油气运移的良好通道。开先台构造是由两条相向断层所夹持的断鼻构造, 断层沟通了源岩与储层, 油气通过断层向上运移至白垩系圈闭并储集成藏。同时, 白垩系储层和三叠-侏罗系源岩之间为不整合面, 油气通过不整合侧向运移, 在不整合附近的白垩系砂体中也富集成藏。

2.1.3 朱家墩白垩系气藏

朱家墩气田位于苏北盆地盐城凹陷南洋次凹的深凹带中, 是由盐②、盐③两条断层所夹持的断背斜构造(图 6)。1998~1999 年, 对朱家墩背斜构造上老井进行复查及重新试油, 在古生界风化壳附近之上的上白垩统泰州组及古近系阜宁组砂岩、泥灰岩及玄武岩储层中获得工业性油气流。并确定朱家墩构造含气面积不小于 24 km², 控制天然气储量 179×10⁸ m³, 预测潜在资源量为 316×10⁸ m³^[21]。

关于朱家墩气田的气源问题存在很大争论^[15~19], 比较一致的看法是朱家墩气田的气主要来自于下伏海相烃源岩并含白垩系泰二段陆相烃源的混合气^[20,21]。所以朱家墩气田具有古生新储和自生自储集一身的特点。

朱家墩气田的成藏模式与成藏机理同开先台油藏类似, (i) 朱家墩气藏位于古生界的二次生烃中心, 气源较为丰富。(ii) 有沟通源岩的深大断层, 油气可沿断层向上运移, 朱家墩气田的盐②、盐③断层对气

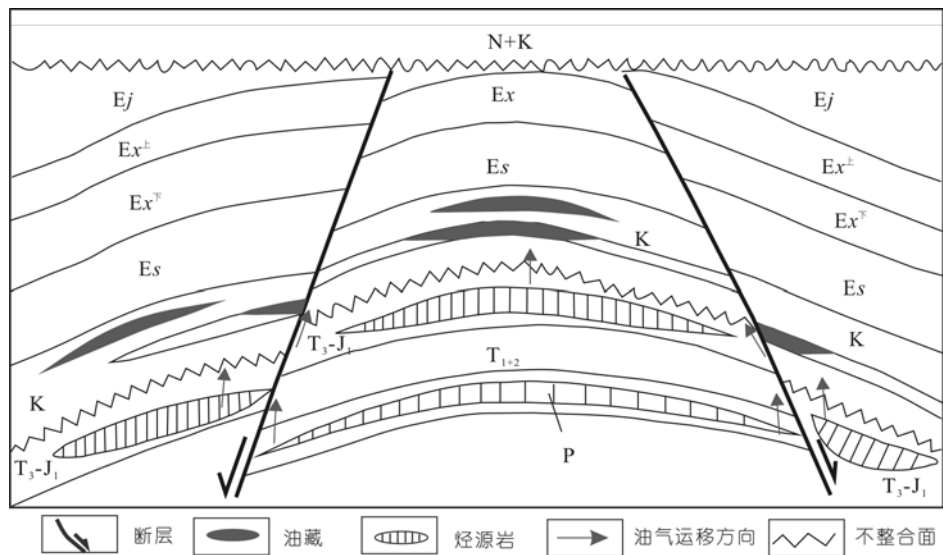


图 5 开先台地区油气成藏模式示意图 [12]

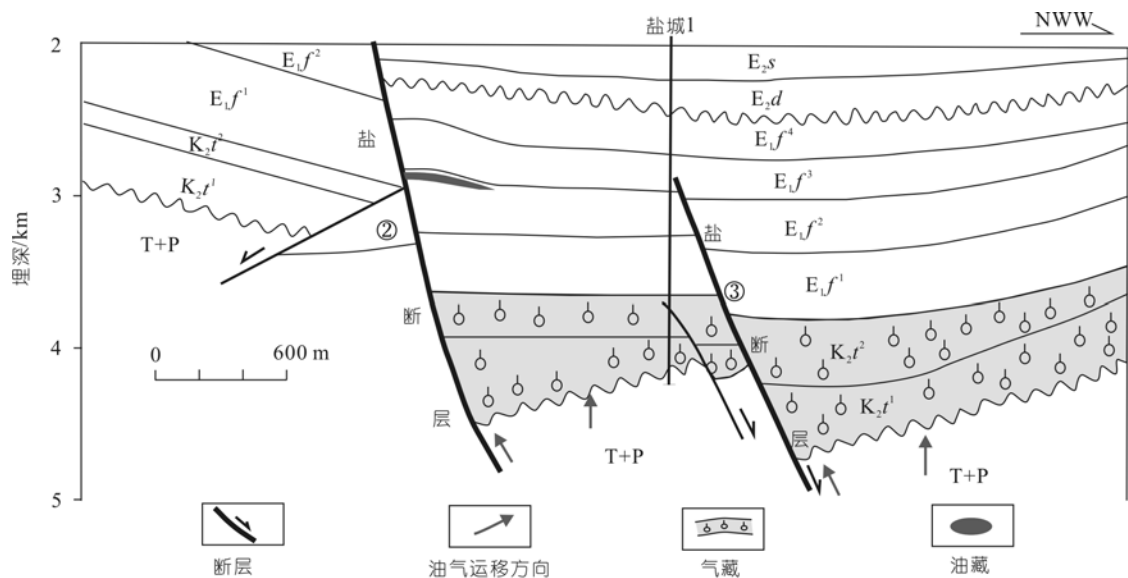


图 6 盐城朱家墩白垩系气田成藏模式图 [19]

田的形成起到了关键作用。断层沟通深浅部气源岩，为油气的运移提供了良好通道。其中，盐②断层长期活动，为油气的垂向运移通道，为气源多次充注提供条件。盐③断层起侧向封堵作用。(iii) 有较好的油气盖层与保存条件，该组合位于断层发育区，保存有一定的难度，因此对盖层及保存条件的要求更为严格。朱家墩构造顶部的阜二段、阜一段泥岩总厚达 450 m，泥岩质纯，封盖能力特强，有效的阻止了气藏向上逸散。

2.2 南方白垩系油气成藏规律分析

从上述已发现的白垩系油气成藏特征可以发现，由于白垩系自身具备良好的储层和盖层条件，决定其油气成藏的关键是油气输导条件和油源。

2.2.1 油气输导条件是白垩系成藏的关键因素

由于白垩系油源主要来自上覆或下伏的烃源岩层，白垩系储层与烃源岩之间的油气输导体系就显得尤为

重要。从已发现的白垩系油气藏看, 断裂系统是油气输导体系的主要输导层, 对沟通烃源岩与储层起主导作用, 其次是不整合面及大面积分布的储层砂体。断裂系统主要提供垂向运移的通道, 不整合面和渗透性储层为油气提供侧向输导通道。除前述的典型油气藏外, 如南鄱阳盆地“古生新储”型油气藏^[22,23], 也得益于良好的油气输导体系(图 7)。白垩系及其上、下伏地层所经历的多期、不同性质构造演化历史决定其具备由断裂和不整合面构成的良好的油气输导体系。

2.2.2 临近富烃坳陷是白垩系油气成藏的前提条件

南方白垩系自身烃源岩不发育, 油源来自上下覆地层的烃源岩, 因此临近上下覆原型盆地的富烃坳陷或生烃中心是白垩系油气成藏的前提条件。富烃坳陷或生烃中心是烃源岩厚度、有机质类型、热演化程度的综合体现。由于油气总是由高浓度区(生烃中心)向低浓度区(生气中心边缘)扩散和渗透, 临近富烃坳陷或生烃中心的圈闭理应优先捕获运移中的油气, 目前发现的白垩系油气藏多分布在富烃坳陷中心及其周缘, 说明临近富烃坳陷对白垩系油气成藏的重要性。

白垩系盆地油气具多源的特点, 发育海相和陆相多套烃源岩, 白垩系与古近系烃源岩往往通过断裂与富烃坳陷形成临近关系, 如江汉盆地西南缘谢风桥油田白垩系油源。中生代-古生代的富烃坳陷或生烃中心则与二次生烃密切相关, 如朱家墩气藏与开先台油藏的油气源。南方海相叠合型盆地古生界和中生界烃源岩经历了多期次、多旋回的深埋和抬升, 二次生烃较为普遍。上古生界、下三叠统及上三叠统-下侏罗统烃源岩到中三叠世-中、晚侏罗世时已经先后进入生烃

门限, 部分可能达到生油高峰。晚侏罗世-早白垩世的燕山运动造成中下扬子区古生界-中生界的冲断褶皱及抬升剥蚀, 致使先期的一次生烃过程中止而保存了部分生烃潜力^[24]。在晚白垩世-新近纪特别是古近纪期间, 因沉积加载使上古生界、下三叠统及上三叠统-下侏罗统烃源岩再次深埋并“二次生烃”, 为上覆白垩系提供油气源。这也是在南方苏北盆地、江汉盆地东南部(沉湖地区)、鄱阳盆地南部凹陷及江南-雪峰-黔中隆起带的下二叠统及下三叠统烃源岩热演化程度较低, 目前仍处于生烃高峰阶段的原因。

由于白垩系圈闭的形成早于或同步于中、古生界烃源岩的二次生烃, 因此南方中、古生界烃源岩的二次生烃、晚期成藏为白垩系提供了充足的油源。

2.2.3 高效的盖层条件为白垩系油气藏提供了可靠的保存条件

已经发现的白垩系油气藏通常都发育在白垩系膏泥岩或膏盐岩发育区, 这些膏泥岩、泥膏盐或膏盐是白垩系最高效的盖层。由于中国南方在喜山晚期的构造改造作用相当强烈, 没有良好的保存条件油气藏就会被破坏, 而白垩系发育的高效盖层则使油气藏在该期构造作用后得以有效保存。

3 主要认识

(1) 南方白垩系成藏具备良好的烃源岩条件, 但烃源岩来自白垩系下伏和上覆的古生界、中生界及新生界, 南方中新世以来强烈的拉张断陷作用, 为白垩系与它生烃源岩之间提供以断裂为主的输导体系。

(2) 白垩系发育优质储集层, 中国南方白垩系储集层的岩性除苏北盆地泰州组发育玄武岩外, 其他

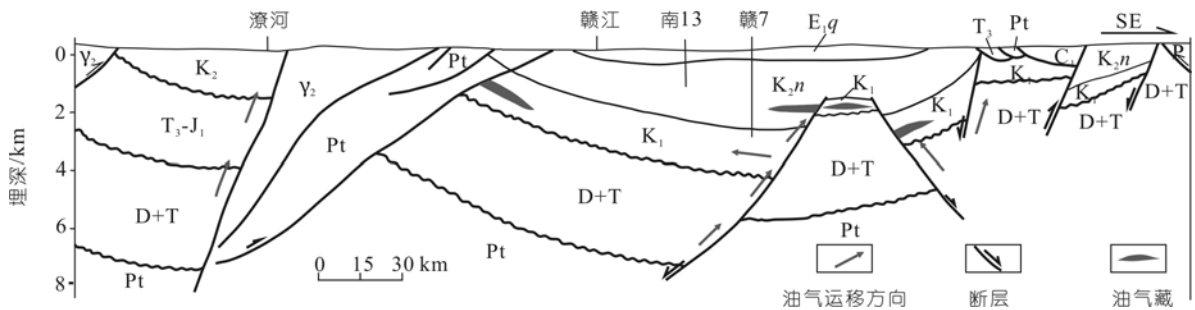


图 7 南鄱阳盆地白垩系油气运移成藏模式

地区均以砂岩为主。从白垩系的沉积特征看, 主要发育冲积扇、河流-三角洲沉积体系及风成沉积体系, 为优质储层的发育提供分布广泛的沉积砂体。

(3) 白垩系高效盖层发育, 由于白垩系沉积时期气候干燥, 在白垩系顶部发育有含膏泥岩、泥膏盐和膏盐岩层, 该套地层虽厚度小, 但分布范围广, 封盖性能极好, 成为白垩系的区域性盖层。同时, 白垩系之上的新生界泥岩及膏盐岩地层也可作为良好的盖层。

(4) 以断裂系统为主的油气输导系统发育, 中国南方经历了多期构造运动, 断裂、不整合面发育, 特别是新生代以来的强烈拉张作用在白垩系中发育大

量断裂, 为油气运移提供输导通道。

(5) 南方白垩系主要发育新生古储和古生新储型油气藏, 少量自生自储油气藏, 从盆地勘探潜力分析, 以发育多套烃源岩系的叠合盆地勘探潜力最大, 如江汉、苏北及鄱阳盆地等。

(6) 南方白垩系的成藏模式并非孤立存在, 与中国南方同处于特提斯域的中东地区也广泛发育^[25], 在波斯湾盆地, 来自下古生代, 特别是志留系的油气向上运移至白垩系, 受白垩系区域性膏盐岩层的封盖, 在白垩系聚集成藏, 形成古生新储型油气藏^[26-28], 与南方白垩系油气成藏特征具有可对比性。

致谢 对中国石油化工股份有限公司中南分公司邹家建教授、肖秋苟博士和刘中戎博士在本文的研究工作中给予耐心指导和热心帮助及两名匿名评审人对本文提出的宝贵意见, 在此一并致谢。

参考文献

- 1 马力, 陈焕疆, 甘克文, 等. 中国南方大地构造和海相油气地质. 北京: 地质出版社, 2004. 59—82
- 2 王根海, 赵宗举, 李大成, 等. 中国南方海相油气地质及勘探前景. 见: 高瑞祺, 赵政璋, 主编. 中国油气新区勘探(第五卷). 北京: 石油工业出版社, 2001. 126—135
- 3 余晓宇, 徐宏节, 何治亮. 江苏下扬子区中、古生界构造特征及其演化. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 226—230
- 4 汪泽成, 赵文智, 张林, 等. 四川盆地构造层序与天然气勘探. 北京: 地质出版社, 2002. 76—84
- 5 李群, 吴慕宁, 王必金. 江汉盆地东部白垩系多源次生成藏条件分析. 江汉石油学报, 2003, 25(1): 14—16
- 6 叶舟, 支家生, 梁兴, 等. 江汉盆地前白垩系油气勘探前景展望. 天然气工业, 2005, 25(2): 14—18
- 7 岳文浙, 丁保良. 江苏白垩纪陆相层序地层学研究. 火山地质与矿产, 1999, 20(4): 287—344
- 8 姜月华, 业治铮. 江苏及临区中生代含油气盆地的类型、沉积特征和地球动力学背景. 火山地质与矿产, 1999, 20(1): 1—12
- 9 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉, 等. 四川盆地形成与演化. 北京: 地质出版社, 1996. 86—87
- 10 段金钟. 江汉盆地白垩系石油地质与勘探前景. 石油与天然气地质, 1989, 10(1): 89—93
- 11 张厚福, 方朝亮, 高先志, 等. 石油地质学. 北京: 石油工业出版社, 1999. 112—114
- 12 陈波, 肖秋苟. 江汉盆地西南缘万城断层封闭性及其对油气成藏的控制. 石油天然气学报, 2006, 28(3): 1—5
- 13 陈波, 韩定坤, 罗明霞, 等. 江汉盆地西南缘二次生烃及其对油气成藏的影响. 石油与天然气地质, 2006, 27(4): 557—562
- 14 陈波, 韩定坤, 罗明霞, 等. 江汉盆地白垩系油气藏特征与勘探潜力. 石油天然气学报, 2006, 28(6): 27—31
- 15 陈安定, 刘东鹰, 刘子满. 江苏下扬子区海相中、古生界烃源岩晚期生烃的论证与定量研究. 海相油气地质, 2001, 6(4): 27—33
- 16 马安来, 包建平, 王培荣, 等. 盐城凹陷天然气藏成因研究. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 42—44
- 17 许正龙. 苏北朱家墩气田气源的新证据. 高校地质学报, 2002, 8(4): 423—427
- 18 陈安定, 王文军, 岳克功, 等. 盐城朱家墩气田气源及发现意义. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 45—49
- 19 陈红, 文可东, 陈力军. 从苏北盆地黄桥和朱家墩气田成藏特征看江汉盆地勘探前景. 海相油气地质, 2005, 10(4): 23—29
- 20 郭念发, 郑绍贵. 苏北盆地天然气成藏特征及选区评价. 天然气工业, 1999, 19(3): 6—14
- 21 刘宏宇. 苏北盆地上白垩统典型油气藏与成藏模式预测. 海洋石油, 2006, 26(1): 11—16
- 22 梁兴, 叶舟, 吴根耀, 等. 鄱阳盆地构造-沉积特征及其演化史. 地质科学, 2006, 41(3): 404—429
- 23 梁兴, 叶舟, 郑华平, 等. 南鄱阳拗陷海相烃源岩晚期生烃论证. 海相油气地质, 2005, 10(3): 7—17
- 24 赵宗举, 朱琰, 李大成. 中国南方中、古生界古今油气藏形成演化控制因素及勘探方向. 天然气工业, 2002, 22(5): 1—5
- 25 Konguhov A I, Maleki B. The Persian Gulf basin: geological history, sedimentary formations and petroleum potential. Lithol Mineral, 2006, 41(4): 344—361 [DOI](#)
- 26 Konert G, Afifi A M, Al-Hajri S A, et al. Paleozoic stratigraphy and hydrocarbon habitat of the Arabian plate. AAPG Memoir, 2001, 74: 483—515
- 27 Macgregor D S. The hydrocarbon systems of North Africa. Mar Petrol Geol, 1996, 13(3): 329—340 [DOI](#)
- 28 Sun L N, Shahin Y M, Loydell D, et al. Anatomy of a world-class source rock: distribution and depositional model of Silurian organic-rich shales in Jordan and implications for hydrocarbon potential. AAPG Bull, 2005, 89(10): 1397—1427 [DOI](#)