

文章编号: 0253-9985(2006)03-0316-10

中国南方海相层系油气成藏特点与勘探方向

肖开华¹, 沃玉进¹, 周雁¹, 田海芹^{1, 2}

(1 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

(2 中国石油化工股份有限公司 南方勘探开发分公司, 云南 昆明 650233)

摘要: 在漫长的地质历史中, 中国南方地层经历了多旋回构造运动与强烈后期改造, 中、古生界油气的生成、运移、聚集成藏、保存和破坏经历了多期阶段式发展和演化的复杂过程。以四川盆地为代表的构造相对稳定、保存条件好的地区, 具有多源供烃、早期聚集、油气转化、晚期定型的特点; 中、下扬子中、新生界覆盖区, 具有二次生烃、晚期成藏的特点; 湘鄂西、滇黔桂等碳酸盐岩裸露区, 则表现为早期生烃、后期破坏改造的特点。依据生烃期的早晚以及油气在完成初次聚集后至最终成藏定型是否突破了原始封闭体系, 南方海相油气成藏模式可划分为原生型、次生型和再生型 3 种类型。依据不同地区的成藏条件与特点, 南方海相领域的油气勘探应按重点展开、力求突破和区域侦察 3 个层次进行, 即重点展开四川盆地, 力求突破黔西北地区、中扬子江汉平原南部及下扬子句容、海安地区, 区域侦察黔南、滇桂及湘鄂西地区。

关键词: 成藏条件; 成藏特点; 成藏模式; 勘探方向; 中国南方海相

中图分类号: TE112.3 文献标识码: A

Petroleum reservoiring characteristics and exploration direction in marine strata in southern China

Xiao Kaihua¹, Wo Yujin¹, Zhou Yan¹, Tian Haiqin^{1, 2}

(1 Research Institute of Petroleum Exploration & Production, SINOPEC, Beijing 100083)

(2 Southern Exploration and Development Division Company, SINOPEC, Kunming, Yunnan 650233)

Abstract In the long geological history, the marine strata in southern China have experienced polycyclic tectonic movement and intensive late reformation, and the hydrocarbon generation, migration, accumulation, preservation and destruction in Mesozoic and Paleozoic have experienced multi-stage phasic development and evolution. Areas with relatively stable tectonic settings and well preservation conditions, such as Sichuan basin, are characterized by multiple sources, early accumulation, oil-gas conversion, and late finalization; the Middle and Lower Yangtze areas overlain by Mesozoic and Cenozoic strata are characterized by secondary hydrocarbon generation and late reservoiring, while the areas with outcropping carbonates, such as western Hunan and Hubei and Yunnan-Guangxi-Guizhou regions, are characterized by early hydrocarbon generation and late destruction and reformation. According to early or late hydrocarbon generation and whether the original sealing systems have been broken in the course of primary hydrocarbon accumulation through to the finalization of the oil and gas pools, the reservoiring models of petroleum in marine strata in southern China can be divided into three types, including primary, secondary and regeneration types. Based on the reservoiring conditions and characteristics in different areas, exploration of marine strata in southern China should be carried out in three different levels: key exploration should be carried out in Sichuan basin, try by all measures to get breakthroughs in northwestern Guizhou, southern Jiangnan plain in Middle Yangtze area and Jurong-Hai'an regions in Lower Yangtze area, and regional reconnaissance should be carried out in southern Guizhou, Yunnan-Guangxi and western Hunan and Hubei regions.

Key words reservoiring condition; reservoiring characteristics; reservoiring pattern; exploration direction; marine strata in southern China

收稿日期: 2006-04-04

第一作者简介: 肖开华 (1963-), 男, 高级工程师, 石油地质

基金项目: 国家“十五”重点科技攻关项目 (2004BA616A-06); 中国石油化工股份有限公司科研项目 (P03077)

中国南方中、古生界海相地层分布面积约 $150 \times 10^4 \text{ km}^2$, 震旦系至中三叠统海相地层累计厚度最大超过 10 000 m, 发育多套生储盖组合, 原始成油气条件优越, 并有过大量油气生成、运移、聚集与成藏过程^[1]。但由于经历了多旋回构造运动与强烈后期改造, 油气地质条件复杂, 且地区差异性明显。

1 成藏地质条件

1.1 多旋回构造运动与改造

在漫长的地质历史中, 中国南方发生有多次

构造运动。其中, 对南方海相地层建造和后期改造及油气成藏有重要影响的主要构造运动为加里东运动、东吴运动、印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动(表 1)。

在加里东运动的发展进程中, 华南洋逐渐消亡, 扬子板块与华夏板块逐渐拼合, 并最终在中国南方形成一个统一的华南板块。加里东运动对扬子地区的影响相对较弱, 无造山作用, 无明显的岩浆活动, 地层间以平行不整合接触为特征, 在克拉通内形成大型的隆起与坳陷; 在滇黔桂及华南其他地区影响相对较强, 存在褶皱造山

表 1 中国南方构造运动及其特征
Table 1 Tectonic movements and characteristics in southern China

地质时代			构造旋回划分			大地构造 发展阶段		主要地质事件		
			构造运动名称及性质		构造旋回					
新 生 代	第四纪	Q	喜马拉雅运动第四幕		喜马拉雅亚旋回	陆缘活动带发展阶段	断陷活动加强，幔源性、超基性岩浆活动，形成第四个油气聚集期			
	第三纪	N	喜马拉雅运动第三幕							
		E ₃	喜马拉雅运动第一幕							
		E ₂								
		E ₁								
中 生 代	白垩纪	K ₂	燕山运动第四幕	阿尔卑斯旋回	印支燕山亚旋回	断陷盆地形成，陆相火山岩成带活动，形成第三个油气聚集期				
		K ₁	燕山运动第三幕							
	侏罗纪	J ₃	宁镇运动							
		J ₂								
		J ₁								
	三叠纪	T ₃ ²⁻³	印支运动							
		T ₃ ¹								
		T ₂								
		T ₁								
	古 生 代	二叠纪	P ₂				东吴运动	印支—海西旋回	板内活动带发展阶段	汇聚 造山 拉张
P ₁			黔桂运动							
石炭纪		C ₃	柳江运动	柳江运动	柳江运动	柳江运动	柳江运动			
		C ₂								
		C ₁								
泥盆纪		D ₃	广西运动	广西运动	广西运动	广西运动	广西运动			
		D ₂								
		D ₁								
志留纪		S ₃	加里东运动	加里东运动	加里东运动	加里东运动	加里东运动			
		S ₂								
		S ₁								
奥陶纪		O ₃	都匀运动	都匀运动	都匀运动	都匀运动	都匀运动			
		O ₂								
		O ₁								
寒武纪		Є ₃	郁南运动	郁南运动	郁南运动	郁南运动	郁南运动			
		Є ₂								
		Є ₁								
元 古 代	震旦纪	Z ₂	晋宁运动	晋宁旋回	晚期亚旋回	板块俯冲碰撞	形成江绍带和华南残留洋盆			
		Z ₁								
	丹洲时期	Pt ₃						四堡运动	早期亚旋回	早期亚旋回
	四堡时期	Pt ₂								

作用和较明显的岩浆活动。从总体来看,加里东运动从东南向西北活动强度有由强变弱的特征。此时,下寒武统烃源岩已进入生、排烃期。加里东期形成的台缘转折带为中国南方第一个油气聚集期的主要油气聚集带,沿此带集中分布了扬子区大多数古油藏及沥青显示点,如麻江古油藏、瓮安古油藏等。这些古油藏又在后期的构造中遭到破坏(表 2)。四川盆地乐山-龙女寺古隆起此时业已形成,并成为四川盆地重要的油气运移指向区。

发生于海西期早、晚二叠世之间的东吴运动在中国南方普遍存在,主要为造陆性质的振荡运动,造成中国南方广大地区的总体隆起抬升,部分地区还遭到一定程度的剥蚀。发生在中三叠世与晚三叠世之间的印支运动结束了中国南方长达 400 Ma 的海相沉积历史,使之进入了一个以陆相沉积叠加覆盖或长期抬升剥蚀为主要特征的新的地质历史阶段。它不仅使中国南方大部分地区的中、古生界盖层沉积发生褶皱,形成以梳状、箱状为特征的过渡型褶皱带,同时导致中国南方地区这一时期显著的岩浆活动和变质交代作用。在扬子地区,它主要表现为隆升运动,形成大的北东向隆起和坳陷。而此时上奥陶统顶部一下志留统底部黑色泥岩已进入生油高峰,上古生界源岩在部分地区也已成熟,加里东期后保存下来的先期原油及氧化沥青随各地不同的沉降埋藏进一步演化,这也提供了部分烃源。这些烃源在适当的条件下于古生界(包括中、下三叠统)地层中聚集成藏,形成了中国南方第二个油气聚集期。如泸州、开江古隆起周边的卧龙河、沙罐坪、建南、榕

山镇等处发现了 C_2 、 P_1 、 P_2ch 、 T_1 等多层位印支期油源的储层沥青;四川南镇米仓山、贵州瓮安古油藏及南丹大厂 D_2 礁型古油藏等也在此聚油气期形成。

印支运动以后,中国南方进入了燕山-喜马拉雅期的陆内碰撞造山与断(坳)陷盆地发育阶段。燕山早期,随着前陆盆地沉积的增厚、深埋,促进下伏海相烃源岩热演化,并使古油气聚集带已生存的原油裂解成天然气,发生相态转换,使原始海相含油气系统向纯含气系统转化,形成了中国南方第三个油气聚集期;前陆盆地斜坡带和隆起带是较有利的油气聚集带。燕山中期,构造运动对海相含油气系统在中国南方除四川盆地外都有强烈的改造破坏作用。晚燕山至早喜马拉雅运动对中、下扬子区重建整体封闭保存系统和再生含气系统具有建设作用,形成了中国南方第四个油气聚集期;四川广元天井山、广西邕西等古油藏在此油气聚集期形成。晚喜马拉雅期是四川盆地结束沉降转向褶皱抬升的转折期,对含气系统的调整与最终定型具有重要影响。

1.2 多源供烃(气)

中国南方经历了多期原型盆地的并列叠加,发育了 4 套区域性烃源岩(下寒武统、上奥陶统五峰组一下志留统底部、下二叠统栖霞组和上二叠统)和 4 套局部性烃源岩(上震旦统陡山沱组、中泥盆统罗富组-上泥盆统榴江组、下石炭统、下三叠统下部)(表 3)。由于不同地域的古构造环境、古气候、古动植物繁荣程度等的差异以及后期构造改造等的差异,致使中、古生界海相烃源岩的分

表 2 中国南方部分古油藏统计

Table 2 Statistics of some fossil oil pools in southern China

时期	古油藏名称	烃源层	储层	盖层	成藏期	破坏期
加里东期	贵州麻江	ϵ_1	O_1-S	S_{1-2}	加里东晚期	印支-燕山期
	湖南南山坪	ϵ_1	Z_2	ϵ_1	加里东晚期	印支-燕山期
	浙江泰山	$Z_2-\epsilon_1$	$Z_2-\epsilon_1$	ϵ_1-O	加里东早期	海西-印支期
海西-印支期	四川南镇米仓山	ϵ_1	$Z_2-\epsilon_1$	ϵ_1	P-T	印支-燕山期
	浙江康山	Z_2-O_2	S_2	S_2	印支期	早、中燕山期
	浙江坡塘	$Z_2-\epsilon_1$	Z_2	ϵ_1	印支期	早、中燕山期
	贵州瓮安	ϵ_1	ϵ_1	ϵ_1	C-P	印支-早、中燕山期
	广西板其	D, P	P	T_{1-2}	T	燕山期
	广西南丹大厂	D_{1-2}	D_2	D_2	P-T	燕山期
燕山期	四川广元天井山	P, T	D	D	燕山期	喜马拉雅期
	广西邕西	D_1, P_2, T_1	T_1	J	K_2	燕山-早喜马拉雅期

表 3 中国南方海相烃源岩特征

Table 3 Characteristics of marine source rocks in southern China

烃源岩发育层位	主要岩石类型	分布范围
T ₁	以深灰色泥晶灰岩、泥质条带状灰岩为主的碳酸盐岩	主要分布于下扬子区南部, 为局部性发育的烃源岩系, 烃源岩主要发育于该组下部
P ₂	黑色硅质泥岩、含硅含碳质泥页岩及泥灰岩夹薄层泥晶灰岩	分布于南方大部分地区, 为广泛发育的主力烃源岩系
P ₁	以黑灰色生物灰岩、藻灰岩与泥灰岩、含沥青质灰岩为主, 夹泥页岩及含硅泥质条带灰岩	分布于南方大部分地区, 为广泛发育的主力碳酸盐岩烃源岩系
C ₁	以深灰色泥页岩、泥灰岩为主	滇东、南盘江、桂中地区, 为局部烃源岩
D ₂ —D ₃	以深灰色、灰黑色泥页岩为主	滇东、黔南、桂西和十万大山地区, 为局部烃源岩
O ₃ 顶部—S ₁ 底部	以深灰—灰黑色泥页岩为主	南方扬子区广泛发育的主力烃源岩系
ε ₁	以深灰—黑色碳质泥页岩为主, 次为深灰色泥晶灰岩夹薄层泥晶云岩及少量硅质岩	南方广泛发育的主力烃源岩系, 中扬子区为牛蹄塘组, 下扬子为幕府山组下部, 浙赣区为荷塘组下部
Z ₂ 陡山沱组	以深灰—黑色含碳质泥灰岩和泥页岩为主, 局部夹泥晶灰岩和泥晶云岩	为中扬子区发育的烃源岩, 属局部性烃源岩

布、发育程度、热演化史、有机质类型等均存在较大的差异。这几套烃源岩的存在为中国南方海相油气成藏奠定了坚实的物质基础。它们不仅是古油藏的主要油源, 同时也是现今气藏的重要气源之一。依据中国南方已发现气藏的天然气特征分析, 其具有多种来源: 一是原始烃源岩干酪根直接生气(含二次生烃); 二是古油藏原油裂解成气; 三是非烃类气体。

1.2.1 干酪根直接生气

中国南方原始烃源岩先天优越, 干酪根直接生烃已由不少研究成果所证实, 并取得基本一致的认同。但干酪根直接生气随烃源岩有机质干酪根类型的不同而有所区别。腐泥型泥质烃源岩 R_o 在 1.3% ~ 2.0% 阶段可直接生气, 腐泥型碳酸盐岩 R_o 在 1.3% ~ 2.5% 阶段和腐殖型泥质烃源岩 R_o 在 0.7% ~ 1.2% 阶段具有直接供气条件。

二次生烃亦是干酪根直接生气的一种。下扬子地区朱家墩气田的发现证明二次生烃为晚期成藏作出了重要贡献, 可以成为天然气藏的主力烃源^[2]。朱家墩气田天然气碳同位素资料表明, 气田天然气为有机质在热成熟阶段经热催化作用降解形成的热解气。气源应是下伏的海相烃源岩^[3], 即二次生烃所形成的天然气。

1.2.2 原油裂解气

早期聚集早期成藏的液态烃, 被中、新生代的

巨厚沉积层再次深埋, 当 R_o 大于 2.0% 时经高温裂解作用转换成为裂解天然气。早期的油气藏在深埋、改造的过程中, 其液态烃就会向气态烃转化, 成为晚期气藏的重要烃源。四川盆地震旦系—三叠系不同层位天然气的正烷烃、类异戊二烯烃、支链烷烃及环烷烃 4 类不同结构的系列化合物皆具 C_{12} 的绝对优势, 在其组成中又以异构烷烃占很大比例, 反映它们具有基本相同的气源, 属次生成因, 是油型裂解气长期溶解于地层水中、晚期大幅度抬升脱气聚集而成藏的, 证明早期聚集的裂解气在晚期成藏中有重要贡献。

1.2.3 非烃气源

中国南方中、新生代盆地经历过多期次的构造变革。特别是晚期的伸展、拉张, 伴随着多期次的火山岩侵入与喷发, 为无机成因气的形成、释放、聚集创造了有利条件。黄桥 CO_2 气田的发现表明了非烃气在晚期成藏中的作用。黄桥 CO_2 气碳同位素值为 -2.75‰ ~ 5.88‰, 与太平洋热液的 CO_2 碳同位素值 (-6.00‰ ~ 11.94‰) 并不相似, 而是稍重于真正岩浆脱气所形成的 CO_2 的碳同位素值, 同时又轻于碳酸盐岩热变质分解产生的 CO_2 的碳同位素值 (-20.00‰ ~ 2.00‰), 实际上是处于幔源岩浆成因与碳酸盐岩变质成因的重叠区间, 应是以幔源为主的混合气^[4]。即使在构造变动微弱的四川盆地, 也不能排除无机成因气在第二世代含油气系统建造过程中的作用。威远

气田威 28 井井深 3 626~3 736 m 的前震旦系花岗岩中发现成分异常的天然气, Ar 的体积百分含量为 0.205%~0.275%, He 的体积百分含量为 1.197%~1.604%, 均较灯影组天然气高出一个数量级。其 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -32.35‰ , $\delta^{13}\text{C}_2$ 值为 -31.91‰ , $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 值为 -12.51‰ , 而威 28 井 2 820~2 905 m 井段震旦系储层天然气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 -32.53‰ , $\delta^{13}\text{C}_2$ 值为 -31.61‰ , $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 值为 -12.51‰ 。两者十分相似, 应该是同源的^[5], 说明威远气田可能有部分深源气进入气藏。

1.3 主要储集岩类

中国南方海相层系储集岩以碳酸盐岩为主, 分布于上震旦统灯影组、下寒武统石龙洞组-中上寒武统、下奥陶统、上石炭统黄龙组、下二叠统茅口组、上二叠统长兴组、下三叠统飞仙关组、下三叠统嘉陵江组 8 个层位。志留系、泥盆系、二叠系发育的碎屑岩, 由于成岩压实、胶结作用较强, 储集物性差, 基本上不能作为常规油气储集层, 但在裂缝发育的情况下可具有一定的储集性能。

早古生代储集岩主要发育于台地边缘沉积区, 以白云岩为主, 少量砂岩。晚古生代储集岩以开阔海台内浅滩和台地边缘礁、滩相沉积为主(表 4)。

岩溶型、礁滩白云岩化及裂缝型储层仍是中国南方海相的重要储层。中国南方海相受加里东构造运动影响长期隆升。碳酸盐岩储层于暴露期间在地表水作用下, 其岩溶型储层与白云岩储层发生成岩演化形成白云岩化和古岩溶型等优质储层, 从而形成有利的成藏组合。在具备有效成藏组合的前提下, 有关条件的次级组合控制了油气

的分布及规模。威远气田震旦系碳酸盐岩储层就是一个岩溶型储层的典型例子^[6]。其主要产层为震旦系灯影组白云岩和藻白云岩, 有效储集层厚 70~100 m, 储集空间除孔隙外尚有溶洞、晶洞、裂缝等, 平均孔隙度为 3.22%、渗透率为 $1.0 \times 10^{-3} \sim 38.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

1.4 保存条件

中国南方自古生代以来共发育下寒武统、下志留统、中-下三叠统、上三叠统-下白垩统、上白垩统-第三系等 5 套区域性盖层, 不同层位盖层分布状况存在较大差异。其中, 下寒武统及下志留统是南方扬子区下组合重要的区域性盖层; 中、下三叠统膏盐岩盖层对南方海相油气成藏具有重要的控制作用, 是四川盆地天然气富集的重要因素之一; 上覆陆相层系封盖层对中、下扬子地区“二次生烃”或晚期生烃成藏具有不可缺少的作用。

构造运动控制盆地的形成和演化, 同时对油气的生成、运移、聚集、保存和破坏改造起着关键性的作用。其破坏作用主要表现为隆升剥蚀及伴随构造运动的断层切割作用等^[7]。加里东运动使中国南方志留系遭受大规模破坏, 目前尚具盖层意义的志留系主要分布在扬子区。印支运动对中、下三叠统的剥蚀作用也具有普遍性。其中, 扬子区、思茅和闽西南大田-漳平地区只剥掉部分中三叠统; 南盘江地区和十万大山盆地北部现仍保留广泛分布的中、下三叠统; 川中、雪峰江南基底拆离带后缘(玉山-邵东-全州-连县一带)、闽南粤东之三明-汕头地区的中三叠统已被剥蚀。除上述地区外, 中国南方几乎已无中、下三叠统分布。燕山运动是给中国南方海相以彻底改造的一

表 4 中国南方海相储层特征

Table 4 Characteristics of marine reservoirs in southern China

层位	主要岩性	储层沉积相类型	储层分布范围及产气情况
T _{1j}	白云岩、灰岩	局限海台地相为主	主要分布于川东、中扬子地区, 在川东、川东南、川东北为产层
T _{1f} ²	礁滩白云岩	台地边缘滩相、开阔海台地台内滩为主	主要分布于川东北、川东地区, 为本区重要产气层, 如普光气田
P _{2ch}	礁滩白云岩	开阔海台地台内礁、台内滩为主	主要分布于川东地区, 为主要产层之一
P _{1m}	灰岩	碳酸盐岩浅缓坡相	主要分布于川东、中扬子地区
C _{2h}	白云岩	局限海台地相为主	分布广泛, 为川东地区重要产气层
O ₁	灰岩、白云岩	局限海台地相为主	主要分布于扬子区
Є ₂₊₃	白云岩	局限海台地相为主	主要分布于扬子区
Z _{2dy}	白云岩	局限海台地相、台地边缘礁滩相为主	分布广泛, 为四川盆地威远气田主力产层

次运动,它不仅包括褶皱推覆、剥蚀间断、火山喷发、岩浆侵入等一系列重大地质变化,也促成了早期前陆盆地和晚期张性盆地的形成和发育。燕山中期的构造运动对区域盖层的剥蚀作用主要表现在四川盆地以外的地区。喜马拉雅期秦岭-大别造山带以南地区西部受印度板块碰撞,东部受太平洋板块碰撞,夹持在其间的南方广大地区呈现为 NE 向展布的三隆两坳的构造格局。在隆起区被剥蚀地层层位多,区域盖层下第三系、白垩系、侏罗系均已荡然无存;而坳陷区则有一定第三系、白垩系、侏罗系存在。

构造运动对保存条件的影响还表现在中、古生界地层实体的保存程度和稳定性上。具刚性基底、构造稳定的四川盆地华蓥山以西地区,整个海相构造层形变微弱,地层纵、横向连续性好,在多旋回构造改造过程中只被为数不多的断层所切割,以发育低-微幅度褶皱构造样式为特点,中、古生界地层实体及其油气成藏组合保存好,有利于油气保存。华蓥山以东地区及中、下扬子南部志留系滑脱层以下的下古生界构造层,构造形变相对较弱,地层纵、横向连续性相对较好。江汉盆地北部、湘鄂西、滇黔桂大部分地区及山前推覆带地区,发育叠瓦状推覆构造、冲断块构造、滑脱型褶皱推覆构造、冲褶构造等构造样式,构造形变较强,后期受伸展改造而负反转幅度小或无,地层纵、横向连续性相对较差,断裂发育,多发生较强的位变或序变,多表现为长期隆升遭受强烈剥蚀的特征,地层保存状况较差,对其油气成藏组合的油气保存不利。江汉盆地南部、苏北盆地等地区,除受早期强烈的挤压作用而造成中、古生界发生不同程度的位变和序变外,还受到较强的后期伸展改造作用,负反转明显,多为陆相中、新生界覆盖区,发育具负反转特征的叠瓦状推覆、冲断块、滑脱型褶皱推覆、冲褶等构造样式,但陆相中、新生界覆盖又有利于保存系统的重建,有利于晚期再生型油气成藏组合的保存。

水文地质条件是油气保存条件的综合反映,主要受盖层条件、目的层埋深、断裂等影响。中国南方海相中、古生界地层水资料相对较少。据 131 口井的中国南方海相层系地层水资料分析,四川盆地海相中、古生界地层水总体处于交潜停止带,反映油气保存条件好;江汉盆地南部及苏北盆地东部主体、滇黔桂局部地区地层水处于交替阻滞

带,反映油气保存条件一般;其余地区基本均处于自由交替带,反映油气保存条件差。

2 成藏特点与成藏模式

2.1 成藏特点与主要控制因素

中国南方海相沉积盆地的演化史、构造演化史、油气运聚与成藏史分析表明,中、古生界油气的生成、运移、聚集成藏、保存和破坏经历了多期阶段式发展和演化的复杂过程,历史上形成过大量油气藏,也破坏了一些油气藏;造就现今油气成藏的主要特点是多期生烃与晚期定型。但现今海相油气的分布、保存与晚期构造运动的叠加改造密切相关。因此,多期生烃并不一定能经晚期调整后定型成藏,其主要影响因素是油气生成、运移并聚集成藏以后的保存条件。依据南方海相油气的成藏特点与主要控制因素,可以分为 3 种不同类型的地区:一是以四川盆地为代表的构造稳定、保存条件好的地区;二是以中、下扬子中、新生界覆盖区为代表的具二次生烃条件的地区;三是以湘鄂西及滇黔桂为代表的碳酸盐岩裸露区。

2.1.1 四川盆地——多源供烃、早期聚集、油气转化、晚期定型

以四川盆地为代表,其显著特点是构造相对稳定,中、下三叠统膏盐岩盖层区域性连片分布,油气保存条件好,早期古隆起、古斜坡对油气聚集起重要控制作用。其中,高效的保存条件为油气转化和最终定型成藏提供了保障。

四川盆地天然气藏主要分布于古隆起背景上或在其附近的现今圈闭内。加里东、印支两期三大古隆起控制了震旦系—中三叠统海相层系的天然气富集^[8]。其中,加里东期的乐山-龙女寺古隆起控制了震旦系—奥陶系的天然气富集,如威远气田;开江、泸州两个印支期的古隆起控制了石炭系—中三叠统的天然气富集,如川东北普光等一系列气藏的分布与开江古隆起相关;川南的气田也主要分布在泸州古隆起上。同时,古隆起还控制了碳酸盐岩储层的形成和分布,由此形成的古圈闭也有利于早期油气聚集。

2.1.2 中、下扬子区——二次生烃、晚期成藏

以中、下扬子中、新生界覆盖区为代表,其特

点是发育有巨厚的陆相中、新生界, 油气成藏主要受二次生烃强度的控制。尽管该类地区在中、新生代沉积覆盖前海相原型盆地、油气系统及原生油气藏均可能已遭受强烈的改造, 但晚燕山期以来, 由于上覆中、新生代沉积的叠加, 重建了封闭保存体系和油气成藏组合, 同时由于上覆陆相中、新生界的叠加, 致使海相中、古生界烃源岩发生再次深埋并超过前期最大埋深, 从而使中、古生界烃源岩具备晚期增熟生烃能力而形成二次生烃成藏。客观地讲, 在中、下扬子中、新生界覆盖区这一以“二次生烃、晚期成藏”为主要成藏特点的地区, 也并不能排除在局部相对稳定的地区或层系(如志留系滑脱层之下的下古生界)仍然存在“早期生烃、早期聚集、长期保存”的成藏特点和油气藏类型。

2.1.3 湘鄂西及滇黔桂等地区——早期生烃、破坏改造

该类地区的主要特点是绝大部分缺乏陆相层系的覆盖。与其他地区相比, 该类地区沉降期短、隆升期长, 海相层系烃源岩只具有一次相对连续的生烃过程, 且生烃过程结束相对较早; 无后续烃源补给; 油气生成并聚集成藏后经历的改造时间长, 同时缺乏连片分布的优质塑性盖层的保护, 后期构造运动所引起的剥蚀、断裂、岩浆活动及大气淡水下渗淋滤作用是油气藏最主要的破坏改造因素。

2.2 成藏模式

依据生烃期的早晚以及油气在完成初次聚集后至最终成藏定型是否突破了原始封闭体系, 可将南方海相油气成藏模式划分为原生型、次生型和再生型 3 种类型^[9] (图 1)。

原生型成藏模式可以理解为燕山期前生成的烃类在海相油气系统内形成油气藏, 在其赋存历史中, 油气藏的位置、规模和类型基本未遭受大的变动或油气藏的规模、位置、类型等虽被改造、重新调整, 但没有打破原有的生储盖组合, 未突破原海相含油气系统范围, 原生型成藏组合没被破坏, 并在燕山期后经调整并最终定型成藏。该成藏模式具有在整体封存条件下受良好储盖组合控制的单源或混源的“早期生烃、早期聚集、晚期定型”的

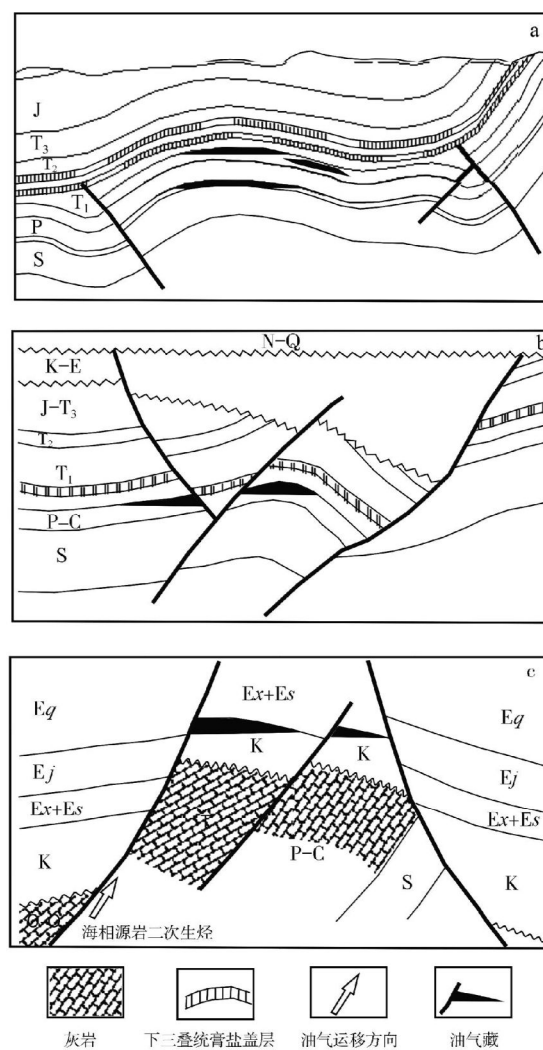


图 1 中国南方海相油气成藏模式

Fig. 1 Sketch map showing reservoir patterns in marine strata in southern China

a 原生型成藏模式; b 次生型成藏模式; c 再生型成藏模式

“两早一晚”的成藏特点。原生型成藏模式主要出现于陆相中生界覆盖、海相原型盆地保存好的四川盆地范围内, 如建南气田 (图 2)、普光气田等。

次生型成藏模式是指由于构造运动等改造因素的破坏, 油气突破了原始含油气系统的区域盖层, 在原始成藏系统外的圈闭内形成、赋存的新油气藏。该成藏模式强调的是突破原成藏系统, 油气的运移是从“藏”到“藏”的方式, 因此不包括从源到藏的晚期生烃油气成藏方式。次生型成藏模式具有“早期生烃、晚期聚集、晚期成藏”的“一早两晚”的成藏特点, 主要存在于四川盆地范围以外海相原型盆地保存条件较差、受后期构造改造强烈的地区 (图 2)。

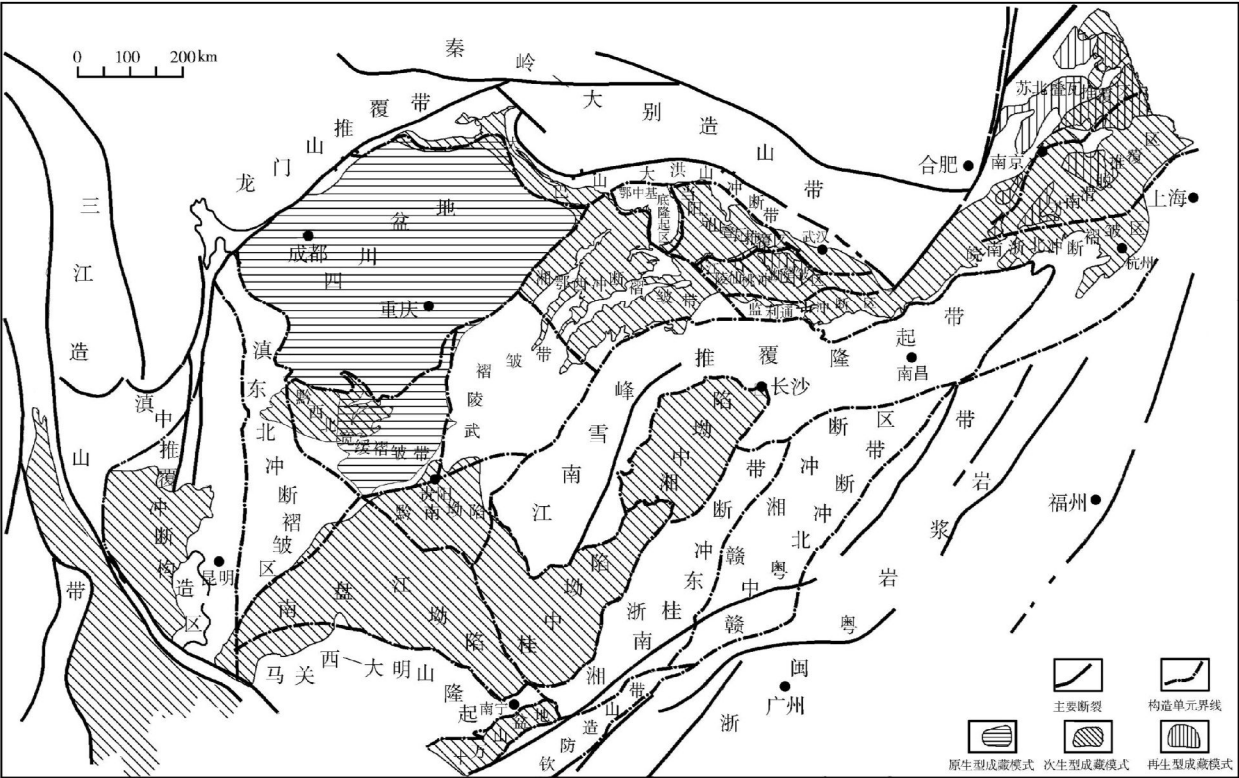


图 2 中国南方海相油气成藏模式分布

Fig. 2 Sketch map showing areal distribution of the reservoiring patterns in marine strata in southern China

再生型成藏模式主要是指中燕山期构造运动造成陆内基底拆离和俯冲、强烈翻转以及抬升,使海相地层系统发生强烈形变、缩短、抬升和剥蚀,原生油气藏遭受强烈破坏后,于晚燕山期及喜马拉雅期由于上覆陆相中、新生界的覆盖叠加,使得海相中、古生界烃源岩再次深埋、增熟、再次生烃,所生烃类于改造后的海相地层系统内部聚集或经断裂、不整合等向上覆陆相地层运移聚集并最终成藏。该成藏模式具有“晚期生烃、晚期聚集、晚期成藏”的“三晚”的成藏特点^[10~12]。再生型成藏模式主要出现于有一定厚度的陆相中、新生界覆盖的中、下扬子区(图 2)。目前发现的下扬子盐城朱家墩气田、中扬子沔 31 井上白垩统油藏就属于该种类型成藏模式。

3 勘探方向

中国南方地域广阔,各区块成藏条件存在明显差异。依据油气地质条件研究与认识程度及不同类型成藏模式的发育地区,提出下一步勘探方向。

3.1 勘探对象

一是原生天然气藏,主要发育于晚期构造活动相对稳定、陆相中生界覆盖、海相原型盆地保存好的地区或层系,如四川盆地范围内,还可能存在于具下志留统滑脱层的中、下扬子区下组合及构造变形较弱、保存条件可能较好的黔西北地区。二是再生天然气藏,主要发育于有较好、较厚中、新生界覆盖、具二次生烃条件的中、下扬子地区中、新生代盆地区,已发现下扬子朱家墩气田。三是次生油气藏,句容地区、凯里虎庄残余油藏属于与之相关的类型,只是它们应属于残余油气藏而非新生的油气藏。在 3 类气藏中,原生天然气藏是最具勘探前景的气藏类型,其次为再生天然气藏。

3.2 勘探层次

依据不同地区的成藏条件与特点,将南方海相领域分为重点展开、力求突破和区域侦察 3 个层次开展油气勘探工作(表 5)。

表 5 中国南方天然气勘探层次划分

Table 5 Levels of gas exploration in southern China

勘探层次	地区
重点展开区	四川盆地川东北、川东、川东南地区
力求突破区	黔西北地区、下扬子句容、海安地区及中扬子江汉平原南部地区
区域侦察区	湘鄂西及黔南-滇桂地区、秦岭-大别山前推覆带及雪峰-江南隆起西北缘逆冲推覆带下盘

四川盆地区海相层系虽经后期改造,但总体面貌未受明显破坏,以发育原生型成藏组合为特征,具有“沉降期长、隆升期短、多层源岩持续生烃、晚期定型成藏”的特点^[13]。中、上古生界已发现众多天然气藏,勘探工作应以储层预测和成藏规律研究为重点,进一步扩大勘探成果。盆地内大部分地区的下组合埋藏深度较大,在目前的工艺技术条件下,近期多数还不能成为合理的勘探对象。但在川东、川东南埋藏相对较浅的地区,应投入一定的工作量,加强研究与评价,优选目标,尤其应充分重视其烃源条件的研究。

黔西北地区发育下寒武统区域性盖层,历次构造运动均以整体升降为主,有利于原生型油气成藏组合的保存。中、下扬子地区先天成油气条件优越,后期改造强烈,志留系滑脱层之上的原始生储盖组合被强烈改造,但区内发育多套海相源岩,具有“二次生烃、晚期成藏”的特点。该类地区包括两个类型的勘探对象:一是陆相中、新生界盆地的再生型成藏组合,针对此类型气藏的研究与勘探,应将海相地层系统与上覆陆相中、新生界作为一个整体进行研究与勘探;二是下志留统滑脱层下伏的下古生界原生型成藏组合,该类成藏组合应加强晚期拉张断裂改造程度的研究。

湘鄂西和黔南-滇桂地区均具有抬升剥蚀改造持续时间长、隆升幅度大、大气淡水下渗深度大、油气保存条件差的特点,其勘探对象应主要为次生(残存)型成藏组合,勘探前景较差。此外,应探索评价秦岭-大别山前推覆带及雪峰-江南隆起西北缘逆冲推覆带下盘原地体,开拓天然气勘探新领域。

参 考 文 献

- 1 王根海. 中国南方海相地层油气勘探现状及建议 [J]. 石油学报, 2000, 21(5): 1~6
Wang Genhai. Petroleum exploration in the marine strata in southern China: exploration situation and proposal [J]. ACTA Petro-

- lei Sinica 2000, 21(5): 1~6
- 2 戴少武, 贺自爱, 王津义. 中国南方中、古生界油气勘探的思路 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 195~202
Dai Shaowu, He Zifa, Wang Jinyi. Thinking of Mesozoic-Paleozoic hydrocarbon exploration in South China [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(3): 195~202
- 3 刘东鹰, 郭冬茹. 断裂在盐城朱家墩气藏成藏中的作用 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(4): 5~6
Liu Dongying, Guo Dongru. Analysis on fault effect in Zhujiadun gas pool in Yancheng sag [J]. Petroleum Exploration & Development, 2003, 30(4): 5~6
- 4 杨方之, 周荔青, 郭念发, 等. 江苏黄桥二氧化碳气田 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001
Yang Fangzhi, Zhou Liqing, Guo Nianfa, et al. Jiangsu Huangqiao carbon dioxide gas field [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001
- 5 张虎权, 卫平生, 张景廉. 也谈威远气田的气源——与戴金星院士商榷 [J]. 天然气工业, 2005, 25(7): 4~7
Zhang Huquan, Wei Pingsheng, Zhang Jinglian. About the origin of natural gas in Weiyuan field—a discussion with Academician Dai Jinxing [J]. Natural Gas Industry, 2005, 25(7): 4~7
- 6 罗啸泉, 郭东晓, 蓝江华. 威远气田震旦系灯影组古岩溶与成藏探讨 [J]. 沉积与特提斯地质, 2001, 21(4): 54~60
Luo Xiaquan, Guo Dongxiao, Lan Jianghua. An approach to the palaeokarsts and pool accumulation in the Dengying Formation (Sinian) of the Weiyuan gas field, Sichuan [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2001, 21(4): 54~60
- 7 郭彤楼, 楼章华, 马永生. 南方海相油气保存条件评价和勘探决策中应注意的几个问题 [J]. 石油实验地质, 2002, 24(1): 3~9
Guo Tonglou, Lou Zhanghua, Ma Yongsheng. Several problems on oil and gas preservation and their commercial prospecting in marine sequences of south China [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2002, 24(1): 3~9
- 8 赵宗举, 朱琰, 王根海, 等. 叠合盆地油气系统研究研究方法——以中国南方中、古生界为例 [J]. 石油学报, 2002, 23(1): 11~17
Zhao Zongju, Zhu Yan, Wang Genhai, et al. The studying method of petroleum system in superposition basin—as an example by analyzing Mesozoic & Paleozoic in southern China [J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23(1): 11~17
- 9 王庭斌. 天然气与石油成藏条件差异及中国气田成藏模式 [J]. 天然气地球科学, 2003, 14(2): 79~86
Wang Tingbin. Differences in reservoiring conditions of oil and natural gas and reservoiring models of gas fields in China [J]. Natural Gas Geoscience, 2003, 14(2): 79~86
- 10 梁兴, 马力, 吴少华, 等. 南方海相油气勘探思路与选区评价建议 [J]. 海相油气地质, 2001, 6(3): 1~16
Liang Xing, Ma Li, Wu Shaohua, et al. Review on petroleum exploration in marine strata regions in the southern China with suggestions of oil potential area evaluation [J]. Marine Origin Petro-

- leum Geology, 2001, 6(3): 1-16
- 11 王庭斌. 中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 127-132
- Wang Tingbin Gas pools in China have mainly been formed and finalized during tectonic movements since Neogene [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 127-132
- 12 王庭斌. 中国气田的成藏特征分析 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(2): 103-110
- Wang Tingbin Reservoir characteristics analysis of gas fields in China [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(2): 103-110
- 13 沃玉进, 肖开华, 周雁, 等. 中国南方海相层系油气成藏组合类型与勘探前景 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(1): 11-16
- Wu Yujin, Xiao Kaihua, Zhou Yan, et al. Types of marine plays in southern China and exploration prospects [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(1): 11-16

(编辑 李 军)

(上接第 304 页)

- 16 刘树根, 罗志立. 从华南板块构造演化探讨中国南方油气藏分布的规律性 [J]. 石油学报, 2001, 22(4): 24-30
- Liu Shugen, Luo Zhili Study on the distribution characteristics of petroleum deposits from the plate tectonic evolution in South China [J]. Acta Petroli Sinica, 2001, 22(4): 24-30
- 17 赵宗举, 俞广, 朱琰, 等. 中国南方大地构造演化及其对油气的控制 [J]. 成都理工大学学报 (自然科学版), 2003, 30(2): 155-168
- Zhao Zongju, Yu Guang, Zhu Yan, et al. Tectonic evolution and its control over hydrocarbon in southern China [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2003, 30(2): 155-168
- 18 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉, 等. 四川盆地形成与演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1996
- Guo Zhengwu, Deng Kangling, Han Yonghui, et al. The formation and development of Sichuan basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996
- 19 徐政语, 林柯. 中扬子地区显生宙构造演化及其对油气系统的影响 [J]. 大地构造与成矿学, 2001, 25(1): 1-8
- Xu Zhengyu, Lin Ke Phanerozoic tectonic evolution and its influence on the petroleum system in the Middle Yangtze region [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2001, 25(1): 1-8
- 20 陈沪生, 张永鸿. 下扬子及邻区岩石圈结构构造特征与油气资源评价 [M]. 北京: 地质出版社, 1999
- Chen Husheng, Zhang Yonghong The lithospheric textural and structural features as well as oil and gas evaluation in the Lower Yangtze area and its adjacent region, China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999
- 21 叶舟, 马力, 梁兴, 下扬子独立地块与中生代改造型残留盆地 [J]. 地质科学, 2006, 41(1): 81-101
- Ye Zhou, Ma Li, Liang Xing The independent Lower Yangtze block and Mesozoic reformed residual basins [J]. Chinese Journal of Geology, 2006, 41(1): 81-101
- 22 乐光禹. 大巴山造山带及其前陆盆地的构造特征和构造演化 [J]. 矿物岩石, 1998, 18(增刊): 8-15
- Yue Guangyu Tectonic characteristics and tectonic evolution of Dabashan orogenic belt and its foreland basin [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1998, 18(S0): 8-15
- 23 刘树根, 赵锡奎, 罗志立, 等. 龙门山造山带——川西前陆盆地系统构造事件研究 [J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(3): 221-230
- Liu Shugen, Zhao Xiqu, Luo Zhili, et al. Study on the tectonic events in the system of the Longmen mountain—West Sichuan foreland basin, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2001, 28(3): 221-230
- 24 赵文智, 王兆云, 何海清, 等. 中国海相碳酸盐岩烃源岩成气机理 [J]. 中国科学 (D), 2005, 35(7): 638-648
- Zhao Wenzhi, Wang Zhaoyun, He Haiqing, et al. Gas generating mechanism of marine carbonates in China [J]. Science in China Ser(D), 2005, 35(7): 638-648
- 25 王一刚, 陈盛吉, 徐世琦. 四川盆地古生界—上元古界天然气成藏条件及勘探技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001
- Wang Yigang, Chen Chengji, Xu Shiqi Gas accumulation conditions and exploration technology of Palaeozoic—Upper Proterozoic in Sichuan basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001

(编辑 高 岩)

中石化“盐下油气成藏理论与勘探技术国际研讨会”在京召开

由中国石油化工股份有限公司科技部、中国石化集团国际石油勘探开发有限公司和中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院共同举办的“盐下油气成藏理论与勘探技术国际研讨会”, 于 2006 年 4 月 26 日至 28 日在北京国际会议中心召开。

参加本次会议的中外代表共 90 余人, 包括来自俄罗斯、哈萨克斯坦、阿塞拜疆等国的代表 19 人。会议交流论文 16 篇, 其中涉及滨里海盆地地质特征及勘探前景的论文有 9 篇, 涉及地球物理勘探方法的论文有 4 篇, 关于盐下钻井技术和钻井工艺的论文有 3 篇。大会集中交流了滨里海盆地盐下勘探成果、勘探经验、勘探热点和难点问题, 进一步明确了盆地勘探方向和目标。

滨里海盆地以其丰富的油气资源、优越的地理位置成为中石化开拓海外的重点地区, 盐下油气勘探能否突破成为该盆地未来勘探工作的重心。通过研讨, 不仅拓宽了盐下油气勘探思路, 也为进一步加强国际间的合作与交流、尽快实现与国际接轨及更好地参与国际竞争奠定了基础。

(熊利平)