

文章编号: 0253-9985(2006)03-0295-10

扬子地块中 新生代构造演化对海相油气成藏的制约

郭旭升¹, 梅廉夫^{2,3}, 汤济广², 沈传波²

(1 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 650200 2 中国地质大学, 湖北 武汉 430074

3 中国地质大学 湖北省油气勘探开发理论与技术重点实验室, 湖北 武汉 430074)

摘要: 扬子地块中 新生代宏观构造演化和动力学的差异制约着中、古生界海相油气成藏。通过对扬子地块印支期以来构造演化的分析和扬子地块不同段典型油气藏的解析, 显示差异的构造演化造成扬子地块不同段的主要烃流体源、保存环境和成藏演化的不同。上扬子地块的烃流体源以油裂解气和干酪根裂解气为主, 海相地层中整体封闭环境发育, 存在古油藏—早期气藏—晚期气藏的成藏演化系列, 具有早期成藏、后期转化、晚期聚气的成藏模式。中、下扬子地块的烃流体源主要为二次生烃和海相早期原生气源, 在陆相地层与海相地层中均存在封闭体系, 具有反复的成藏、改造、成藏、破坏的成藏演化过程, 在断陷反转区具有下生上储、原生残余油气藏以及二次生烃等成藏模式, 而在反转断块区可能的成藏模式包括原生残余成藏和晚期次生成藏。

关键词: 构造演化; 海相油气成藏; 成藏模式; 中、新生代; 扬子地块

中图分类号: TE111.1 文献标识码: A

Constraint of Mesozoic-Cenozoic tectonic evolution of Yangtze massif on formation of marine reservoirs

Guo Xusheng¹, Mei Lianfu^{2,3}, Tang Jiguang², Shen Chuanbo²

(1 Southern Exploration and Development Division Company, SINOPEC, Kunming, Yunnan 650200 2 China University of

Geosciences, Wuhan, Hubei 430074 3 Hubei Key Laboratory of Petroleum Exploration & Development

Theory and Technology, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074)

Abstract Mesozoic and Paleozoic marine reservoirs are controlled by the difference between Mesozoic-Cenozoic macroscopic tectonic evolution and dynamics of Yangtze massif. Analyses of the tectonic evolution of Yangtze massif since Indosinian epoch and the typical oil and gas reservoirs in different segments of Yangtze massif show that differential tectonic evolution has resulted in the different major sources of hydrocarbon fluids, preservation conditions and reservoiring evolution in different segments of Yangtze massif. The sources of hydrocarbon fluids in the Upper Yangtze massif are mainly of cracking gas cracked from oil and kerogen. Completely enclosed environment is developed in marine formations. The reservoiring evolution series include the formation of fossil oil reservoir, early gas reservoir and late gas reservoir, and the reservoiring pattern is early reservoir formation—later transformation—late gas accumulation. The sources of hydrocarbon fluids in Middle and Lower Yangtze massifs are mainly of secondary hydrocarbon generation and early primary oil and gas sources in marine strata. Enclosed systems occur in both continental and marine strata. The reservoiring evolution process is exactly the process of repeated reservoiring, reformation, reservoiring and destruction. The reservoiring patterns in the reversed area of fault depression include reservoirs occurring above the source rocks, residual primary reservoirs and secondary hydrocarbon generation, while that in reversed fault block areas include residual primary reservoirs and late secondary reservoirs.

Key words Yangtze massif; Mesozoic-Cenozoic tectonic evolution; formation of marine oil/gas reservoir; reservoiring pattern

收稿日期: 2006-04-27

第一作者简介: 郭旭升 (1965—), 男, 高级工程师、博士, 石油地质勘探

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (2005CB422106)

传统上较狭义的扬子地块指介于中央造山系^[1]东段秦岭-大别-苏鲁造山带与江南隆起之间的中、古生界出露和覆盖地区,并以齐岳山断裂和郯庐断裂为界分成上、中、下扬子 3 个次一级地块,其中上扬子地块一般框定为四川盆地及其邻区较局限的范围。

扬子地块海相中、古生界具有优越的成藏条件,主要表现为巨厚的海相目的层、优质的烃源岩条件和好的生储盖组合^[2~5]。已有的勘探实践在扬子地块发现了大量不同规模的油气藏和众多不同程度的油气显示,如上扬子地块早期发现的威远气藏^[6,7]、新近发现的普光气藏^[8]和罗家寨气藏^[9]、中扬子地块的建南气藏^[10]和沔 31 残余油藏^[11]、下扬子地块的朱家墩气藏^[12]和句容残余油藏^[13]等。这些油气藏具有不同的成藏特征和成藏动力学机制及模式^[6~14]。一些学者从南方宏观上^[2,15~17]和上^[18]、中^[19]、下扬子^[20]区域上对产生这种差异的原因有过较为深入的讨论,趋于统一地认为除了这些油藏或气藏自身成藏条件的不同外,更主要的原因是中、新生代宏观构造演化和动力学的差异影响和控制了这些油藏或气藏的成藏特征和成藏模式,即构造作用是影响和控制扬子地块海相油气成藏的主要因素。

扬子地块中、新生代构造空间上主要表现为多作用边界的交接、不同层次构造的相互作用在构造格局上的叠加和变异;演化上表现为既有同一期构造发展上的连续性和叠加转换,更有不同期构造的深刻转型(反转)导致不同性质构造的叠

加。而它们在时空组合上的变化对扬子地块中、古生界海相油气成藏的影响和控制具体会表现在哪些方面还值得从扬子地块不同段中、新生代构造演化的差异、典型油气藏解剖、以及它们之间相互响应关系上展开讨论,以进一步明确中、新生代构造演化对海相油气成藏的制约作用和指导扬子地块不同区块海相油气的优选和评价。

1 构造演化

扬子地块中、新生代构造大体经历了印支期到燕山早期以挤压作用为主的变形、燕山晚期到喜马拉雅早期以伸展作用为主的变形、以及喜马拉雅晚期以隆升挤压作用为主的变形。但不同地区构造变形仍然有很大的差异。由于不同时期构造变形性质的明显转变和多次叠加,使扬子地块不同段中、古生界具有十分复杂的变形机制,形成了各地块特有的构造特征和改造格局。

1.1 印支期

印支期扬子与华北地块完全拼合在一起,而且印支地块和三江地区分别与华南和扬子地块相拼合。从印支运动开始,扬子地块开始进入中、新生代大陆构造演化阶段,该阶段扬子地块的构造格局表现为下扬子以断褶隆升构造为主和中、上扬子以隆拗构造为主,两地块间存在一定的差异(图 1)。

1.1.1 下扬子地块

下扬子地块从基底到盖层,具有很大的特殊

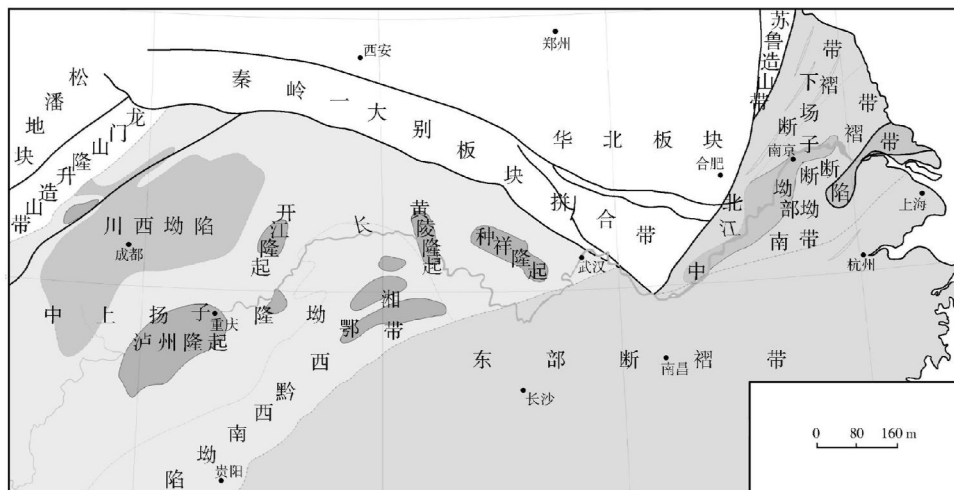


图 1 印支期扬子地块构造格局

Fig. 1 Map showing tectonic framework of Yangtze massif during Indosinian epoch

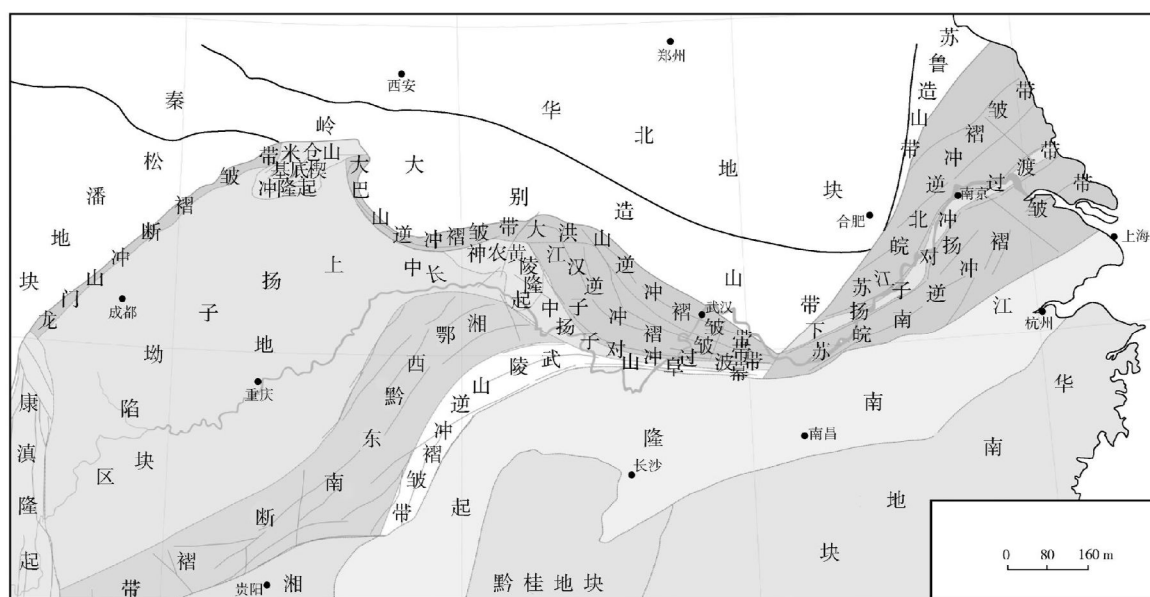


图 2 燕山早期扬子地块构造格局

Fig. 2 Map showing tectonic framework of Yangtze massif during early Yanshanian epoch

性, 相对于中、上扬子地块, 它的活动性较大而且活动时间较早。印支期由下扬子地块与华北地块通过郯庐断裂和苏鲁造山带拼合后形成断拗带, 包括中央拗陷带和南、北断褶带。印支期, 下扬子地块处于华北和华南两大地块夹持之间, 在区域挤压背景下同时遭受来自南北两侧的挤压作用, 发育南北对称的构造格局, 以压性断块以及逆冲褶皱为主的构造样式。大致以长江为界, 南部由南向北逆冲, 北部由北向南逆冲。

1.1.2 中、上扬子地块

中扬子地块印支期受到来自北部秦岭和南部江南隆起的联合挤压, 形成了主体的近东西向构造。受大别造山带挤压作用影响, 钟祥北西向隆起发育, 黄陵隆起亦开始于水下发育。

印支期上扬子地块整体为拗陷背景, 同时由于四川盆地西缘龙门山以及江南隆起的崛起导致北西-南东向挤压作用使得开江、泸州古隆起发育。印支期秦岭发生陆-陆碰撞造山过程中因岩石圈强烈挤压使扬子地块北缘向北俯冲, 造成北大巴山构造冲断。对北大巴山褶皱回返时期前人曾有加里东期和印支期两种归属, 近期成果认为两期褶皱均存在^[22]。南大巴山构造带在印支期已开始表现为挤压隆升的态势。

中、上扬子地块差异隆升变形的原因是印支期的挤压造山尚未推进到盆地内, 因此盆内以差异隆升为主要特征。在整体拗陷的基础上, 由于

基底的不规则活动, 在特定部位隆升导致沉积盖层变形, 形成与基底隆升有关的构造样式。例如开江隆起、泸州隆起、黄陵隆起、钟祥隆起等。印支期在造山带边缘发育大量与挤压作用有关的压性断块或逆冲褶皱构造样式。如龙门山、米仓山、大巴山、大洪山等造山带及其前缘的逆冲推覆构造。它们基本上具有类前陆盆地的大致模式。

1.2 燕山早期

印支期南、北完成地块拼合以后, 扬子地块进入燕山早期的陆内造山阶段, 它秉承了印支期挤压作用的基本格局, 但构造强度和范围都远大于印支期, 其构造运动对扬子地块影响范围广、强度大, 奠定了扬子地块现今基本的构造格局(图 2)。

1.2.1 中扬子地块

中上扬子构造带是以南北挤压下形成的陆内造山带为主体, 包括神农-黄陵、米仓山等隆起的格局。可以鉴别出南北两个大的陆内挤压推覆造山带, 其中南带较宽, 北带较窄。

1) 北部逆冲褶皱带及隆起

北部逆冲褶皱带及隆起包括神农-黄陵隆起、大洪山逆冲褶皱带和江汉逆冲褶皱带等。黄陵隆起在侏罗纪末强烈隆起, 与中扬子地块燕山早期强烈的构造运动是一致的。大洪山弧形构造带形成与神农-黄陵隆起的砥柱作用有关。江汉逆冲褶皱带主体包括潜江翟家湾背斜和沉湖土地堂向斜等构造。

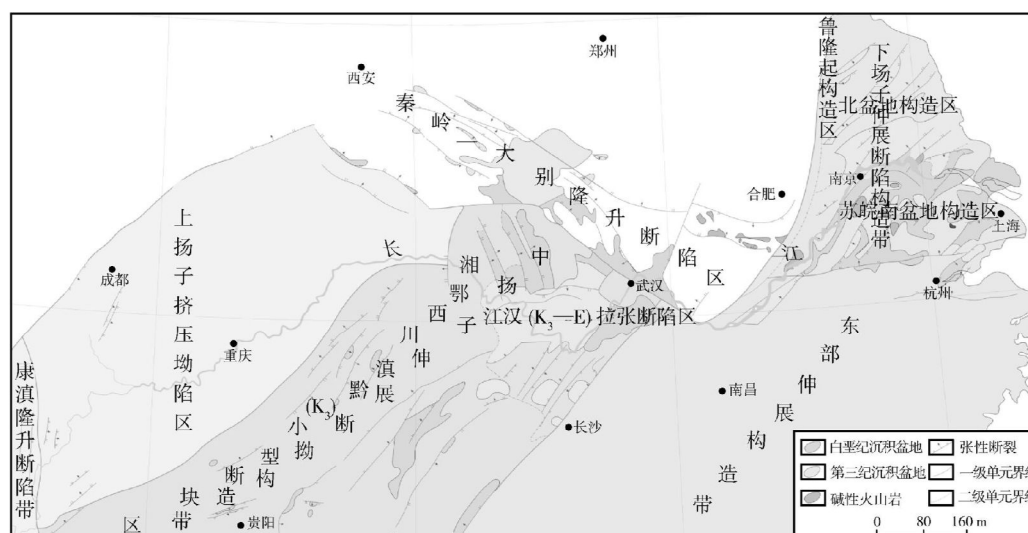


图 3 燕山晚期—喜马拉雅早期扬子地块构造格局

Fig. 3 Map showing tectonic framework of Yangtze Massif during late Yanshanian—early Himalayan epoch

2) 南部逆冲褶皱带

南部逆冲褶皱带包括有幕阜山武陵山逆冲褶皱带、湘鄂西黔东南断褶带。两带基本上为厚皮构造带。龙山、咸丰以南主要为隔槽式和等宽褶皱,呈狭长带状分布。龙山、咸丰以北为隔档式和等宽箱状褶皱,走向逐渐向北东东偏转呈弧形、斜列式展布。

3) 中扬子对冲过渡带

中扬子对冲过渡带处于南、北两个逆冲褶皱带之间,形成机制与大洪山和雪峰山的陆内造山活动有关。燕山早期,雪峰山等川黔湘交界区陆内造山的褶皱—冲断作用向北西扩展,而大洪山陆内造山的褶皱—冲断作用向南西扩展,分别通过远程和近程的陆壳挤压效应,南北双向挤压在中扬子南缘形成对冲过渡带。

1.2.2 上扬子地块

上扬子地块东北部包括米仓山隆起和大巴山逆冲褶皱带等,大巴山逆冲褶皱带形成与米仓山隆起以及川东构造有关。燕山早期,龙门山前陆造山带转换为隆升调整阶段,并伴有左旋走滑作用,大巴山前缘表现为向南西扩展褶皱—冲断作用。以建始—彭水断裂到齐岳山断裂间的深断裂带为界,武陵—黔江隆起带和川东构造带厚、薄皮构造北分开,而四川盆地的大部为逆冲褶皱带间的坳陷区,即从幕阜山武陵山逆冲褶皱带到四川盆地整体为一个构造渐变的过程。

1.2.3 下扬子地块

在印支期对冲挤压递进变形的基础上,下扬子地块进一步发展成为全区逆冲挤压格局,其逆冲推覆构造具有显著的对冲构造样式。如安徽境内,大致以长江为界,北侧主要呈向南东运动的推覆构造,而南侧则主要表现为由南向北的逆冲推覆构造,沿江前陆盆地的形成是处在南北对冲的构造背景。

1.3 燕山晚期—喜马拉雅早期

燕山晚期—喜马拉雅早期,扬子地块东、西部构造作用方式和格局发生重大改变,并朝不同的方向演化。东部中、下扬子地块进入了濒太平洋构造域,具有重大意义的伸展作用阶段,中古生界以断块活动为主要特征。而西部上扬子地块继续处于递进挤压变形叠加作用阶段(图 3)。

1.3.1 下扬子伸展断陷构造带

晚白垩世起,下扬子地块从早期的挤压应力环境转为区域拉张环境,进入拉张—断陷阶段,印支期—燕山早期形成的北北东、北西向断裂发生大规模拉张断陷,形成一系列叠置在不同基底或构造单元之上的半地堑或地堑。

1.3.2 中扬子伸展断坳构造带

以神农架隆起和黄陵隆起的西缘到长阳、松滋和澧县一线为界,中扬子地块可以划分为两大

主要构造区: 1) 江汉拉张断陷区, 即中、新生代陆相地层覆盖区。伸展作用使区内发育大量的正断层, 使已经在燕山早期遭受了强烈挤压的中、古生界呈断块活动。2) 湘鄂西断块区, 即海相地层裸露区。区内正断层发育, 但强度小于断陷区, 以断块为主, 如湘鄂西、大洪山断块区。断块区的正断层发育的强度和密度越往西越小, 到中、上扬子分界的齐岳山断裂消失。

1.3.3 上扬子挤压断褶区

在雪峰山、大巴山、米仓山和龙门山联合作用下, 上扬子地块仍然继续了燕山早期的构造挤压作用。由于不同构造向四川盆地内部的挤压作用具有时间上的同时性和先后性, 导致了构造过渡带和叠加带的形成。到燕山中期形成了中、上扬子对冲过渡带。燕山晚期—喜马拉雅早期形成了米仓山川东对冲过渡带, 该带向南可以与川中褶皱带和川西南断褶带相连。到古近世末, 由于大巴山构造域向南西的继续推进, 形成北西向的构造叠加在川东、川东北北东向构造上形成叠加构造格局。

1.4 喜马拉雅晚期

受太平洋板块向中国大陆的俯冲以及西部印度板块在三江地区与中国大陆的碰撞, 中、下扬子地块从燕山早期—喜马拉雅早期的伸展作用转变为喜马拉雅晚期的挤压隆升作用, 上扬子地块表

现为挤压隆升及褶皱叠加作用 (图 4)。

1.4.1 下扬子挤压隆升区

下扬子在经历了印支—早燕山期到晚燕山—早喜马拉雅期的构造反转后, 又一次从晚燕山—早喜马拉雅期的伸展构造反转为晚喜马拉雅期的挤压构造。在中新生代盆地边缘及盆地内部逆冲断裂发育, 出现局部的盆地反转。盆地内部的褶皱隆升, 造成差异升降和浦口组的剥蚀。如句容海安盆地新近纪以来, 受挤压作用, 发生构造反转, 伴有 K_2 —E 地层的褶皱作用。该期盆地反转的另一个显著特点是差异隆升, 如 23 Ma 以来苏南地区的差异抬升、剥蚀, 使句容地区原先的 K_2 —E 断陷盆地被分割成一系列小型构造残留盆地, 并发生强烈的抬升剥蚀。

1.4.2 中扬子拗褶隆升区

晚喜马拉雅期中扬子地块表现为弱挤压, 并以隆升、剥蚀为主, 伴有微弱的褶皱, 从而造成区内凸起、凹陷相间排列的构造格局。整体抬升剥蚀作用使古近系与新近系—第四系之间普遍出现角度不整合, 而且挤压作用造成逆冲断层的复活。

1.4.3 上扬子挤压隆升区

川西前陆盆地和龙门山地区在晚喜马拉雅期发生过两次较大的构造运动, 它们发生的时间分别为中中新世和晚中新世之间及早更新世和中更

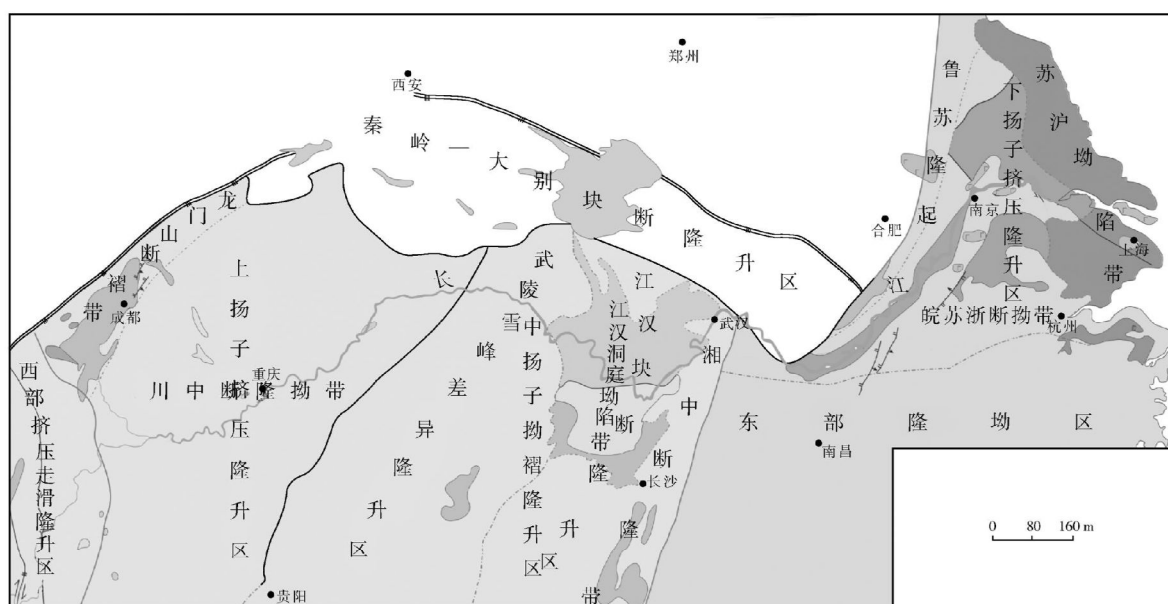


图 4 喜马拉雅晚期扬子地块构造格局

Fig. 4 Map showing tectonic framework of Yangtze massif during late Himalayan epoch

表 1 扬子地块不同段印支期以来构造发展差异表

Table 1 Differences of tectonic development in different segments of Yangtze massif since Indosinian epoch

构造阶段	构造变形	上扬子地块	中扬子地块		扬子地块
			陆相覆盖区	海相露头区	
晚喜马拉雅期	构造变形方式	断褶、隆升	坳陷褶皱隆升	褶皱隆升	褶皱隆升
	动力学形式	挤压作用	挤压隆升作用	挤压隆升作用	挤压隆升作用
晚燕山—早喜马拉雅期	构造变形方式	断褶、坳陷	断陷	断块	断陷
	动力学形式	挤压作用	伸展作用	伸展作用	伸展作用
早燕山期	构造变形方式	坳陷、褶皱	断褶	断褶	断褶
	动力学形式	挤压作用	挤压作用	挤压作用	挤压作用
印支期	构造变形方式	坳陷、隆起	坳陷隆升	坳陷隆升	断褶隆升
	动力学形式	挤压作用	挤压作用	挤压作用	挤压作用

注: 为构造负反转; 为构造正反转。

新世之间。形变特征主要是从北西向南东的挤压作用, 与印支—早燕山方式相似, 所以从构造叠加和构造样式的角度而言是一种同方向的叠加和加强^[23]。川东北地区北西—南东向的挤压作用已经结束, 代之而起的是从北东的大巴山向南西盆内的新一轮的挤压作用。在该挤压作用下形成了川东北地区广泛的北西向构造, 其发育从大巴山山前一直可以延伸到盆内的南部县和蓬安县一带, 形成了大量的北西向逆断层和褶皱。

总之, 由于所处构造部位的不同, 扬子地块中、新生代以来经历了差异性的构造发展。上扬子地块印支期以来的构造动力学性质单一, 挤压构造持续发展, 但方向有变而导致压性构造的持续相互叠加。中、下扬子地块构造动力学性质多变, 在印支期—燕山早期, 处于挤压环境中, 而在晚燕山—早喜马拉雅期, 处于伸展构造环境, 发生构造负反转, 断陷(陆相地层覆盖区)和断块(海相裸露区)发育, 至喜马拉雅晚期, 中、下扬子地块再次受到挤压作用, 在晚燕山—早喜马拉雅期的伸展构造基础上发生构造正反转, 形成断陷反转区和断块反转区, 因此, 中、下扬子地块发育多次构造变形性质的转换和构造反转(表 1)。在一定的构造演化段中, 相邻的两个地块也可以具有一定的相似性, 而区别于另一地块。整体而言中、下扬子具有更大的相似性。

2 成藏特征

2.1 下扬子地块

下扬子地块海相中、古生界中已发现朱家墩气藏和句容残留油藏, 各具相异的成藏机理和成

藏模式。

2.1.1 朱家墩气藏

朱家墩构造位于苏北盆地盐阜坳陷的盐城凹陷, 为由盐②、盐③两条走向北东, 倾向北西的高角度正断层所夹持的断背斜。气藏位于盐③断层上升盘, 即背斜的主体部位, 油气分布于阜宁组、泰州组、浦口组、五通组等层位。印支期—燕山早期, 朱家墩构造位于上扬子地块北部, 燕山早期的逆冲推覆作用使得海相烃源岩的埋深变浅。燕山晚期—喜马拉雅早期, 苏北地区受伸展构造作用, 发生构造负反转, 处于断陷—坳陷发育阶段, 接受厚层中、新生代陆相沉积, 因而盐城凹陷底部的海相烃源岩再次深埋, 再次进入生烃门限, 发生“二次生烃”。喜马拉雅晚期, 朱家墩构造再次反转, 在压性环境下, 形成了陆相地层封闭体系, 使“二次生烃”所生成的天然气在其内聚集成藏。因此朱家墩气藏具有成藏时间晚、成藏过程短的特点, 表现为古生界二次生烃和古生新储^[12]的成藏模式。

2.1.2 句容残留油藏

句容残留油藏位于南陵—句容推覆带北端, 隐伏于苏南茅山逆冲造山带西侧句容断陷白垩系地层之下的一个燕山侵蚀面潜山高部位。产油层位主要为三叠系下青龙组, 压力系数为 0.5~0.6 属低压残留油藏。

印支期—燕山早期的压性构造环境使得句容地区处于断褶—逆冲推覆带, 而晚侏罗世至早白垩世的逆冲推覆作用是中、古生界海相的内幕圈闭的形成期, 而句容地区中、上古生界烃源岩主要生烃期为晚白垩世^[13], 因此具有良好的成藏时空配

置关系,有利于油气的成藏。但燕山晚期—喜马拉雅早期的构造负反转作用使得张性断裂持续活动,地表水下渗,原生油藏被破坏。由于部分储集体的渗透性差,在印支面上整体开放环境下形成了一个自封闭式的储集空间,原油既不易散也不发生次生变化而保存下来,形成残留原生油藏。

2.2 中扬子地块

中扬子不同地区中、新生带构造演化不尽相同,在构造上,既存在断陷反转区,也发育反转断块区,差异的构造变形导致了油气成藏的多样性。

2.2.1 沔 31 油藏

沔 31 井区为江汉盆地沔阳凹陷的一个鼻状圈闭,披盖在古生界越舟湖构造之上,与圈闭伴生的越舟湖断层,深切中生界和上古生界烃源层。油藏产于白垩系中。对沔 31 油藏的油源有两种不同的认识,其一认为沔 31 井原油组分与 T_3-I_1 烃源层产烃较为接近,为“二次生烃”,即燕山晚期—喜马拉雅早期的构造负反转使烃源岩再次埋深而进入生烃门限。其二认为沔 31 井区在印支期为位于两个生烃凹陷之间的梁部,早燕山早期,位于北东向褶皱隆起带的中心部位,在早燕山末期,形成逆冲推背斜构造。燕山晚期—喜马拉雅早期的构造反转活动,未对背斜主体形态产生破坏,而越舟湖断层深切中生界和上古生界,使得下二叠统原生油气藏的原油运移至白垩系而聚集成藏。对于沔 31 油藏,可能存在古、中生界两种油源,其成藏模式为古生新储型。

2.2.2 宜 3 井

宜 3 井位于湘鄂西地区宜都—鹤峰复背斜宜都构造,核部出露最老地层为下寒武统石牌组,地表见多条高角度正断层切割。在灯影组和完井后井口见可燃气体。

印支期—燕山早期,湘鄂西地区处于坳陷—断褶阶段,其中燕山早期的断褶作用造成地层的抬升剥蚀。燕山晚期—喜马拉雅早期的构造负反转使湘鄂西地区处于断块发育阶段,未接受陆相沉积。喜马拉雅晚期,该区再次发生构造反转,处于隆升剥蚀阶段,使得宜都构造的寒武系地层大量被剥蚀,如该构造上的宜 2 井、宜 4 井、宜 7 井、宜 8 井下寒武统盖层埋深均不足 800 m,盖层埋藏深度达到 800 m 的宜 1 井、宜

6 井、宜 9 井又由于盖层质量较差,为断层所切割,因而钻探均失败。仅宜 3 井,由于下寒武统盖层埋深达 948 m,为有效盖层,钻井中未出现漏失现象,下寒武统盖层有一定的保存条件,故有可燃气体显示。

2.3 上扬子地块

上扬子地块中、新生代处于单一的构造旋回,印支期的造山作用和盆地演化间统一的运动学过程延续到燕山期和喜马拉雅期盆地,构造演化具有继承性,从而具有与中、下扬子地块截然不同成藏模式。

2.3.1 普光气藏

普光气藏位于四川盆地川东断褶带宣汉—达县地区的双石庙—东岳寨第 5 排北东向构造带的北部。圈闭类型为构造—岩性复合圈闭,产气层位为上二叠统长兴组和下三叠统飞仙关组。印支期—早燕山期,普光地区志留系—二叠系烃源岩正处于生油高峰期,大量烃类(油为主)向普光隆起运聚,形成古油藏。晚燕山—喜马拉雅早期,川东北地区处于挤压坳陷阶段,地层埋藏加深,当温度进入“石油窗”(150~200℃),油裂解而生成天然气^[24],且该阶段川东北地区发生褶皱作用,北东向构造形成。在上覆嘉陵江组膏盐层的封盖下,海相地层处于整体封闭环境中,油裂解的气态烃类在普光飞仙关组构造—岩性复合圈闭内聚集成天然气藏。喜马拉雅晚期,受大巴山由北东向南西的逆冲挤压,构造发生调整,但北西向构造所受影响较小,整体封闭环境未被破坏,普光飞仙关组气藏从而最终定位。普光气藏具有“早期成藏(油),后期转化,晚期聚气”的特征。

2.3.2 威远气藏

威远构造为四川盆地川中隆起带西南部乐山—龙女寺古隆起上的一穹隆背斜。该气藏由两个主要气藏组成:上震旦统气藏和下二叠统新统气藏,以上震旦统气藏为主。威远震旦系气藏的形成主要经历了 3 个阶段:1)加里东—印支期威远地区为一小型古鼻状构造,此时南部坳陷区烃源岩开始大量生成液态烃,并逐渐在威远等震旦系顶部小规模充注液态烃,主要聚集在印支期形成的资阳古背斜低部位的缝洞系统中;2)燕山期,威远古鼻状构造经过长期演变成为古背斜圈闭,主要捕集来自古隆起顶部及北部烃源岩区的干酪根

热解气; 3)喜马拉雅期, 威远地区成为老龙坝- 威远- 磨溪- 龙女寺隆起带的高部位, 威远背斜除继续捕集烃源岩干酪根热解天然气外, 资阳地区的古背斜及非背斜气藏中的天然气发生再次运移也可运移至威远背斜。同时, 喜马拉雅期威远背斜隆升幅度较大, 地层水中的脱附气也可能成为威远背斜的天然气来源^[25]。

3 中、新生代构造演化对海相油气成藏的制约

由于构造演化的差异, 造成扬子地块不同段的主要烃流体源、保存环境和成藏演化的不同, 从而制约着扬子地块不同段海相油气成藏模式(表 2)。

3.1 对烃流体源的制约

构造变形的差异导致烃流体源的不同, 上扬子地块以干酪根裂解气和油裂解气为主, 中、下扬子地块则有二次生烃、原生残留烃源和干酪根裂解气。

3.1.1 上扬子地块

上扬子地块古生界烃源岩的演化可分为两个阶段: 印支期-燕山期液态烃类的生成阶段和喜马拉雅期气态烃类的生成阶段。由于上扬子地块构造动力学性质单一, 挤压构造持续叠加发展, 海

相地层内部的整体封闭体系保存较好, 因而印支期-燕山期所形成的古油藏在随后的时间内逐步埋深, 在喜马拉雅期温度升高至“石油窗”后而裂解成气态烃类。因此, 上扬子地块海相地层存在干酪根裂解气和油裂解气两种重要的气态烃源, 而以油裂解气最重要^[24]。

3.1.2 中、下扬子地块

中、下扬子地块构造上存在断陷反转区(下扬子地块-江汉断陷区)和反转断块区(湘鄂西、大洪山等地区), 而不同的构造变形区, 烃流体源不同。

断陷反转区中, 燕山晚期-喜马拉雅早期的伸展作用使海相中、古生界整体处于开放环境, 地表水下渗造成古油藏的破坏, 但在封闭条件较好的环境中, 原生油藏可以被保存下来, 如句容油藏。同时该期的断陷作用促使海相地层的再次埋深, 使由于燕山早期的逆冲推覆作用抬升而停止生烃的中、古生界烃源岩再次进入生烃门限而“二次生烃”。反转断块区中, 燕山晚期-喜马拉雅早期的伸展作用较弱, 以断块作用为主, 主要为次生改造型气源。

3.2 对保存条件的制约

3.2.1 上扬子地块

上扬子地块自印支期以来, 在雪峰山、大巴

表 2 扬子地块构造运动对油藏成藏的制约因素表

Table 2 Controlling factors of tectonic movements in Yangtze massif on oil reservoiring

地区	上扬子地块		中扬子地块		下扬子地块	
动力学性质	单一持续挤压作用		挤压-伸展交替、多次反转		挤压-伸展交替、多次反转	
构造变形	压性构造持续叠加		断陷反转 (陆相覆盖区)	断块反转 (海相裸露区)	断陷反转	
油气藏	威远气藏	普光气藏	沱 31 油藏	宜 3 井	朱家墩气藏	句容残留油藏
烃流体源	油和干酪根裂解气	油裂解气	二次生烃或原生油源	干酪根裂解气	二次生烃	原生油源
典型油气藏	保存条件	整体构造保存环境和寒武系形成的整体封闭环境	整体构造保存环境和嘉陵江组形成的整体封闭环境	陆相地层形成的封闭体系	地层被剥蚀, 保存条件较差	陆相地层形成的封闭体系
成藏演化	古油藏-一气藏	古油藏-一气藏	原生油藏(残余或二次生烃)或原生油藏-一次生油藏	原生油气藏为后期构造运动所破坏	原生油气藏	原生油藏-原生残留油藏
成藏规律	早期油藏, 后期气藏, 晚期调整, 最终定位聚集		海相地层再次埋深, 烃源岩二次生烃, 聚集而成原生油气藏, 或燕山晚期-喜马拉雅早期对早期构造调整, 次生成藏	原生油气藏因构造运动造成地层抬升剥蚀而被破坏	海相地层再次埋深, 烃源岩二次生烃, 聚集而成原生油气藏或者海相原生油气藏受晚期构造破坏, 在微观封闭环境中部分油气残留	
成藏模式	早期成藏, 后期转化, 晚期聚气		下生上储、原生残留油气藏、二次生烃	原生残余成藏和晚期次生成藏	下生上储、原生残留油气藏、二次生烃	

山、米仓山和龙门山等构造系的联合作用下,继承性的挤压作用持续发展,其后期构造运动对早期的构造主要起调整及叠加作用。在下寒武统、下志留统和下三叠统等区域盖层的封盖下,中、古生界构造易于形成一个整体的封闭环境,从而使烃类能够在喜马拉雅期最终定型的构造中聚集成藏。

3.2.2 中、下扬子地块

对于海相地层,中、下扬子地块存在海相地层和陆相地层两种封闭体系。

燕山晚期—喜马拉雅早期的断陷作用虽然极大地破坏了中、下扬子地块早期海相封闭体系,但依然可能存在一些未被完全破坏的封闭体系,如句容残留油藏的自封闭体系。同时在海相地层裸露区,该时期的构造作用主要以断块作用为主,张性构造对天然气的保存具有不同的影响,不排除海相地层内幕可以存在较好封闭环境。

中、下扬子陆相地层覆盖区,在燕山早期进入至燕山晚期—喜马拉雅早期发生构造负反转,其断陷作用使得陆相地层大量沉积,白垩系—古近系膏盐岩和泥岩发育,同时在喜马拉雅晚期再次发生构造反转,使中、下扬子地块处于压性环境下,因此在陆相地层可以形成封闭体系,从而使海相烃源进入陆相储集层中聚集成藏,形成下生上储的成藏模式。

3.3 对成藏模式的制约

成藏要素和成藏演化的差异导致不同区域成域藏规律的不同,进而使得成藏模式呈多样化。

上扬子地块印支期以来构造变形性质单一,挤压构造持续叠加,因而具有完整的油藏到气藏演化过程:古油藏—早期气藏—晚期气藏,即早期形成油藏,后期经深埋转化为气藏,到喜马拉雅晚期通过构造调整而最终成藏并聚集。成藏模式可以归结为早期成藏(油),后期转化,晚期聚气。

断陷反转和断块反转控制着中、下扬子地块不同的成藏演化。在断陷反转区,燕山晚期—喜马拉雅早期的断陷阶段使烃源岩再次深埋而成熟,生产的烃类运移至陆相圈闭内而聚集成藏,因此成藏模式为二次生烃和古生新储,同时在类似构造区内,伸展断裂可以沟通海相地层的油气使之进入上覆陆相地层中,形成古生新储的次生油

气藏。在反转断块区,后期构造的伸展改造作用较弱的地区,可能存在晚期次生油气藏。断陷反转区和断块反转区同时还可具有相同的成藏模式,即未被完全破坏的海相封闭体系中,断陷反转区和断块区可以发现原生残留油气藏。

4 结 论

1) 中、新生代以来,由于所处构造部位的差异,扬子地块不同段构造特征和演化表现出明显的不同。而且在不同的演化期,上、中、下扬子3个地块表现出一定程度的联合和分异,反映出构造演化和动力学背景上的差异。中、下扬子由于受北部秦岭—大别—苏鲁造山带和南部江南隆起构造带以及濒太平洋域的控制和影响较为归一,具有演化和特征上的相似性,印支期—早燕山期的南北对冲作用、晚燕山期的伸展反转和晚喜马拉雅期的挤压反转都具有相似的表现,即燕山早期至燕山晚期—喜马拉雅早期的构造负反转和燕山晚期—喜马拉雅早期至喜马拉雅晚期的构造正反转,构造变形在陆相覆盖区为断陷反转,海相露头区为断块反转。上扬子地块构造力学性质较为单一,挤压构造在中、新生代以来继承性叠加发展为其主流,与中扬子的过渡通过湘鄂西到川东构造带之间的齐岳山断裂分割,其既是从湘鄂西到川东逆冲挤压构造中厚皮构造和薄皮构造的过渡带,又是中、上扬子伸展和挤压作用的分野。

2) 由于构造特征和构造演化上的巨大差异,扬子地块不同段的海相油气的成藏要素明显不同。宏观上可以认为构造特征和演化上的不同控制了海相油气如烃流体源、整体封闭环境和保存条件、圈闭类型和其埋藏过程等核心的成藏要素。上扬子地块的烃流体源以油裂解气和干酪根裂解气为主,且在海相地层中存在整体封闭环境,圈闭具有持续的埋藏和有效的保存。中、下扬子地块的烃流体源主要为二次生烃和海相早期原生油气源,其保存体系既可存在于陆相地层中,也可残存在整体开放的海相地层中,保存条件复杂和多变,圈闭具有反复埋藏、隆升剥蚀以及反转改造的特点。

3) 构造环境的差异使得扬子地块不同段在中、新生代以来具有明显的构造特征和演化上的不同,它们在宏观上控制了海相油气核心成藏要素,也可以理解为对海相油气成藏的显著的制约

作用。表现在油气成藏的主控因素上是对成藏演化和成藏模式的深层制约。因此, 扬子地块不同段可以建立不同的成藏演化和成藏模式, 上扬子地块存在古油藏—早期气藏—晚期气藏的成藏演化过程, 成藏模式可以表达为早期成藏, 后期转化, 晚期聚气。中、下扬子地块具有反复的成藏、改造、成藏、破坏的成藏演化过程, 在断陷反转区具有下生上储、原生残余油气藏以及二次生烃等成藏模式, 而在反转断块区可能的成藏模式包括原生残余成藏和晚期次生成藏。对上、中、下扬子地块海相油气成藏演化和模式的深刻理解有助于对上述 3 个地块中勘探区块的评价和优选, 以及勘探对策和先后次序的确定。

参 考 文 献

- 1 张国伟, 董云鹏, 赖绍聪, 等. 秦岭—大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带 [J]. 中国科学 (D 辑), 2003, 33 (12): 1 121~ 1 135
Zhang Guowei, Dong Yunpeng, Lai Shaocong et al. Mianlue tectonic zone and Mianlue suture zone on southern margin of Qinling-Dabie orogenic belt [J]. Science in China (Series D), 2003, 33 (12): 1 121~ 1 135
- 2 马力, 陈焕疆, 甘克文, 等. 中国南方大地构造和海相油气地质 [M]. 北京: 地质出版社, 2004
Ma Li, Chen Huanjiang, Gan Kewen et al. Geotectonics and marine petroleum geology in the South China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004
- 3 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 Ziai, Wang Jinyi. Thinking of Mesozoic-Paleozoic hydrocarbon exploration in South China [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22 (3): 195~ 202
- 4 郭彤楼, 田海芹. 南方中、古生界油气勘探的若干地质问题及对策 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23 (9): 244~ 247
Guo Tonglou, Tian Haiqin. Several geological issues about Mesozoic-Paleozoic oil and gas prospecting in southern China and the way of how to deal with [J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23 (9): 244~ 247
- 5 戴少武. 中国南方油气晚期成藏勘探实践及讨论 [J]. 天然气工业, 2004, 24 (1): 7~ 9
Dai Shaowu. Practice and discussion on exploring for late formed oil/gas reservoirs in South China [J]. Natural Gas Industry, 2004, 24 (1): 7~ 9
- 6 方朝亮, 蒋有录, 黄志龙. 典型油气藏地质特征与成因模式 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003
Fang Zhaoliang, Jiang Youlu, Huang Zhilong. Geological characteristics and forming models of typical oil/gas reservoirs [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003
- 7 邱蕴玉, 徐谦, 黄华梁. 威远气田成藏模式初探 [J]. 天然气工业, 1994, 14 (1): 9~ 13
Qiu Yunyu, Xu Qian, Huang Hualiang. Discussion on pool-formed patterns in Weiyuan gas field [J]. Natural Gas Industry, 1994, 14 (1): 9~ 13
- 8 马永生, 郭旭升, 郭彤楼, 等. 四川盆地普光大型气田的发现与勘探启示 [J]. 地质论评, 2005, 51 (4): 477~ 480
Ma Yongsheng, Guo Xusheng, Guo Tonglou et al. Discovery of the large-scale Puguang gas field in the Sichuan basin and its enlightenment for hydrocarbon prospecting [J]. Geological Review, 2005, 51 (4): 477~ 480
- 9 谢增业, 李剑, 单秀琴, 等. 川东北罗家寨飞仙关组气藏成藏过程及聚集效率 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26 (6): 765~ 769
Xie Zengye, Li Jian, Shan Xiqin et al. Reservoiring process and accumulation efficiency of Feixianguan Formation gas pool in Luo-jiazhai, northeastern Sichuan basin [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26 (6): 765~ 769
- 10 严金泉, 孙卫. 鄂西—渝东区石炭系油气成藏模式及富集规律 [J]. 西北大学学报 (自然科学版), 2001, 31 (5): 415~ 417
Yan Jinquan, Sun Wei. Types of gas pool formation and accumulation in the Carboniferous in western Hubei-eastern Chongqing [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2001, 31 (5): 415~ 417
- 11 叶舟, 支家生, 梁兴, 等. 江汉盆地前白垩系油气勘探前景展望 [J]. 天然气工业, 2005, 25 (2): 14~ 19
Ye Zhou, Zhi Jiasheng, Liang Xing et al. Oil and gas exploration prospects of Pre-Cretaceous in Jianghan basin [J]. Natural Gas Industry, 2005, 25 (2): 14~ 19
- 12 马安来, 包建平, 王培荣, 等. 盐城凹陷天然气成藏模式 [J]. 天然气工业, 2002, 22 (5): 23~ 27
Ma Anlai, Bao Jianping, Wang Peirong et al. The formation modes of gas reservoirs in Yancheng sag [J]. Natural Gas Industry, 2002, 22 (5): 23~ 27
- 13 刘东鹰, 王军. 下扬子句容地区油藏特征分析 [J]. 江汉石油学院学报, 2004, 26 (3): 48~ 49
Liu Dongying, Wang Jun. Analysis of reservoir properties in Jurong area of Lower Yangtze [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2004, 26 (3): 48~ 49
- 14 袁彩萍, 徐思煌, 梅廉夫, 等. 中国南方海相地层油气成藏要素的层次性分析 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2005, 27 (2): 137~ 141
Yuan Caiping, Xu Shihuang, Mei Lianfu et al. Hierarchical analysis on hydrocarbon accumulation elements of marine strata in South China [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2005, 27 (2): 137~ 141
- 15 赵宗举, 朱琰, 李大成, 等. 中国南方构造形变对油气藏的控制作用 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23 (1): 19~ 25
Zhao Zongju, Zhu Yan, Li Dacheng et al. Control affect of tectonic deformation to oil/gas pools in southern China [J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23 (1): 19~ 25

(下转第 325 页)

- 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)