

文章编号: 1001- 6112(2005)04- 0353- 07

南华北盆地中部凹陷结构分析及油气意义

翟常博¹, 黄泽光¹, 林良彪²

(1. 中国石化 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151;

2. 成都理工大学 沉积地质研究所, 成都 610059)

摘要: 结合区域地质与地球物理两方面的资料, 运用盆地分析方法, 研究表明南华北盆地中部凹陷自晚侏罗世以来, 演化历经了走滑—拗陷—断陷—拗陷原型的序列叠加过程, 与区域大地构造环境演变一致; 并指出南华北盆地的演化主要受秦岭—大别造山带与郯庐断裂的双重控制。其自身结构特征及后期构造变化对油气成藏具有重要的勘探指导意义。

关键词: 地震波阻; 结构分析; 盆地演化; 油气前景; 谭庄—沈丘凹陷; 周口拗陷; 南华北盆地

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

长期探索证明, 周口拗陷肯定存在油气聚集过程, 但是勘探尚未掌握油气聚集规律。问题在于周口拗陷演化形成了复杂的结构(图 1), 需要从整体上重新建立勘探思路, 才能正确把握勘探方向。本文从盆地系统动态整合的思路出发, 探讨周口拗陷

的次级凹陷——谭庄—沈丘凹陷地质作用和油气响应的关系, 以期在建立新的勘探模式的基础上, 通过实践检验, 突破发现井。除此以外, 解剖盆地结构不仅对周口拗陷勘探有重要价值, 对我国东部打开前三系勘探新局面也将起到重要的钥匙作用。

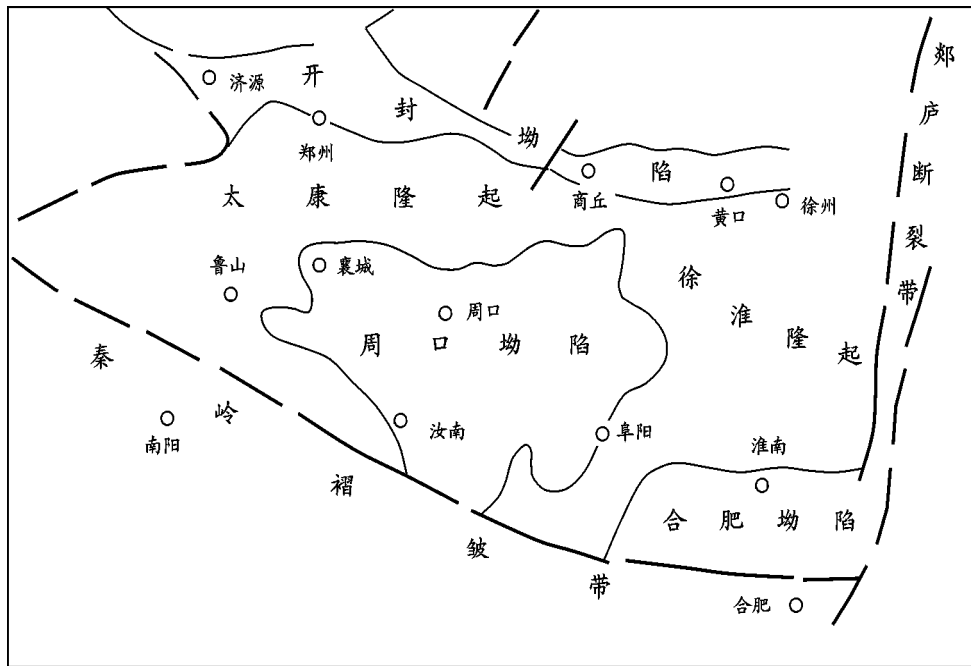


图 1 周口拗陷构造位置图

Fig. 1 Structural location of the Zhoukou Depression, the southern North China Basin

收稿日期: 2005- 03- 30; 修订日期: 2005- 06- 15。

作者简介: 翟常博(1979—), 男(汉族), 陕西镇安人, 助理工程师, 主要从事石油构造与盆地分析研究。

基金项目: 中国石化科技攻关项目(P02071)。

1 盆地结构

本文运用盆地原型分析方法,选择周口坳陷次级构造单元——谭庄—沈丘凹陷西部进行重点解剖。谭庄—沈丘凹陷位于周口坳陷中部,已开展了大量区域地质分析和油气综合评价勘探工作,解剖部位地震勘探网已达 $1 \times 0.5 \text{ km}$,钻井 21 口,井深最大达 5 196 m。凹陷结构比较复杂,因此从凹陷建立盆地基本地质演化关系对周口坳陷整体评价有重要类比意义。

1.1 谭庄—沈丘凹陷地震波组和层序

目前通过主要地震资料解释分析了 11 条主干剖面,建立了谭庄—沈丘凹陷盆地地质结构,其中南北向的有: ZK-01-315, ZK-01-318, ZK-01-322, ZK-01-323.7, ZK-01-328, ZK-01-331.9, ZK-01-336, ZK-01-360, ZK-01-365; 东西向的有: ZK-01-494(参考剖面), ZK-498.5, ZK-501.5。地震剖面 ZK-01-315 过周 12 井, ZK-01-323.7 过周 23 井, ZK-01-331.9 过周 16 井, ZK-01-365 过周 11 井, 周 10 井。

地震资料地质解释的目的是建立凹陷地区基本地震层序、凹陷沉积和构造特征,提出凹陷盆地原型及其并列叠加模式,为凹陷地质作用和油气响应分析建立基础。地震剖面的地震波组划分、属性和命名见表 1。

根据地震波组时—深换算深度,对照钻井、测井的分层深度和岩性、古生物资料,判断波组属性。因为深度数据拾取方法不同,波组深度与钻井深度两者出现差异往往是正常的,对比误差大体控制在 100 m 之内,关键在于明确特征反射层在区域构造解释中代表什么地质组成。钻井分层岩性和古生物化石组合特征是判断波组地质属性的重要依据,例

如周参 11 井 1 840~ 2 310 m 古生物鉴定,对确认早第三纪早期地层起到重要影响。

反射波组界面特征和产状,是确认层序不整合面或构造变动面的重要依据。根据本区已被识别为主要不整合界面的地震 T_7, T_5, T_1, T_0 波组,虽然其中涉及尚待确定的地质属性,如早第三纪/白垩纪关系等,但层序关系可以与我国东部区域广泛类比,有利于进一步工作的开展。

1) T_1 反射波组地质属性(图 2)。该波组已由众多钻井证实,属第四系与上第三系同下伏地层的分界面。根据对比,工区周 12 井上第三系底界为 1 446 m,与 T_1 波的时间 t_0 值 1.27 s 对应,换算深度为 1 442.35 m;周 16 井上第三系底界为 1 494 m,对应 T_1 波组换算深度为 1 490.91 m。工区内其它井深度与 T_1 波组换算深度也很吻合,因此 T_1 波组是上第三系区域性披覆底界没有任何疑问。层序命名为 T_1 。

2) T_4 波组地质属性(图 2)。 T_4 波组在本区有明显的强反射特征, ZK-01-315, 318, 322, 323 等剖面都可以连续稳定追踪。该波组基本分布在周 16—周 23 连井测线以北,反映沉积北厚南薄,向南超覆,明显受断层控制。在 ZK-01-315 剖面上,周 12 井位置与 T_4 明显可追踪的强波组 t_0 为 1.3 s,换算成埋藏深度后为 1 484.35 m,与钻井划分的下第三系底界深度 1 488 m 一致。从周 12 井 1 446~ 1 488 m 录井岩性看,42 m 地层主要为浅灰、灰绿色泥岩夹粉砂岩,底部 3 m 含砾砂岩与下伏红层明显可分,反映了底砾岩性质,可能对应下第三系上部廖庄组—核桃园组,依此取名层序 T_0 — T_4 为 T 。 T_4 组产状西倾,向东逐渐抬升消失,与下伏波组界面也存在下削上超,因此层序 T 顶底界面均为不整合面接触关系,是一个独立的层序。

3) T_5 反射波组地质属性(图 3)。虽然剖面 T_5 与 T_4 波组产状基本一致,但依内部波组趋势关系看,

表 1 谭庄—沈丘凹陷地震层序划分表

Table 1 Geophysical stratum division in the Tanzhuang-Shenqiu Sag

地层系统		代号	接触关系及接触类型		反射波组	对应层组	
			顶面	底面			
新生界	第四系	Q				T	
	上第三系	N		整—局部上超	T_0, T_1		
	下第三系	上	E_3	整—局部削蚀	上超	T_4	T
		下	E_1-E_2	整—局部削蚀	上超	T_5	T
中生界	白垩系上统	K_2	削蚀—局部整一	底超	T_7	T	
	上侏罗—下白垩统	J_3-K_1	整—削蚀	削蚀—局部整一	T_8	T	

与 T 层序构成剥蚀不整合面关系。依此将 T₄—T₅ 命名为层序 T_v, 层序上下界面均为不整合面。整体上看 T_v 分布范围比 T_v 大, 但与 T_v 具有同样的断陷属性, 从 T_v 波组追踪对比钻井地层看, 周 11 井自 1 840~ 2 310 m 发现有时代属古新—始新世网纹中华金星介、结垢玛纳斯土星介、近三角形真星

介、美丽美星介等介形虫化石及强壮冠轮藻、戈壁轮藻等, 因此层序 T_v 属性应相当于古—始新统, 但是 T_v 波组位置插在周 11 井井深 1 724~ 2 889 m 之间, 都是大仓房—玉皇顶组范围。为了对照相关钻井分层, 现列表如下(表 2)。

4) T₇ 反射波组地质属性(图 4)。T₇ 反射波组

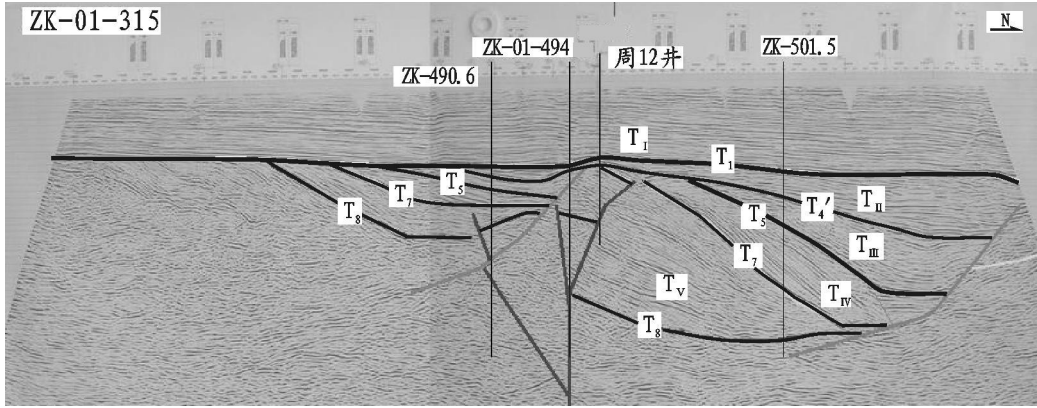


图 2 周口坳陷 ZK-01-315 地震解释剖面(南北向)

Fig. 2 Seismic profile of line ZK-01-315 in the Zhoukou Depression(SN)

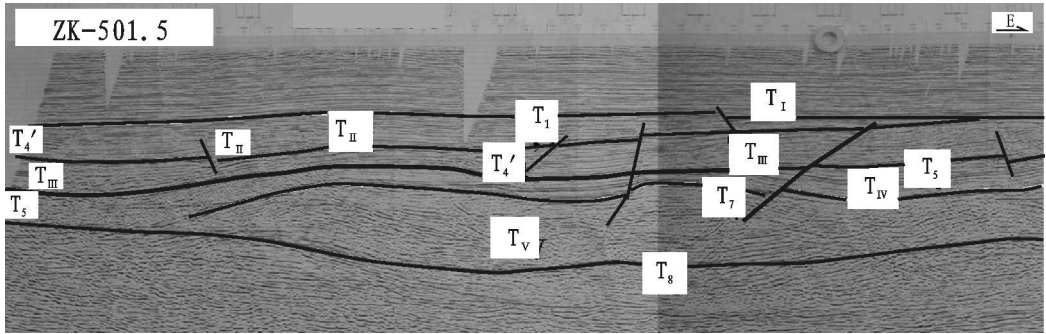


图 3 周口坳陷 ZK-501.5 地震解释剖面(东西向)

Fig. 3 Seismic profile of line ZK-501.5 in the Zhoukou Depression(EW)

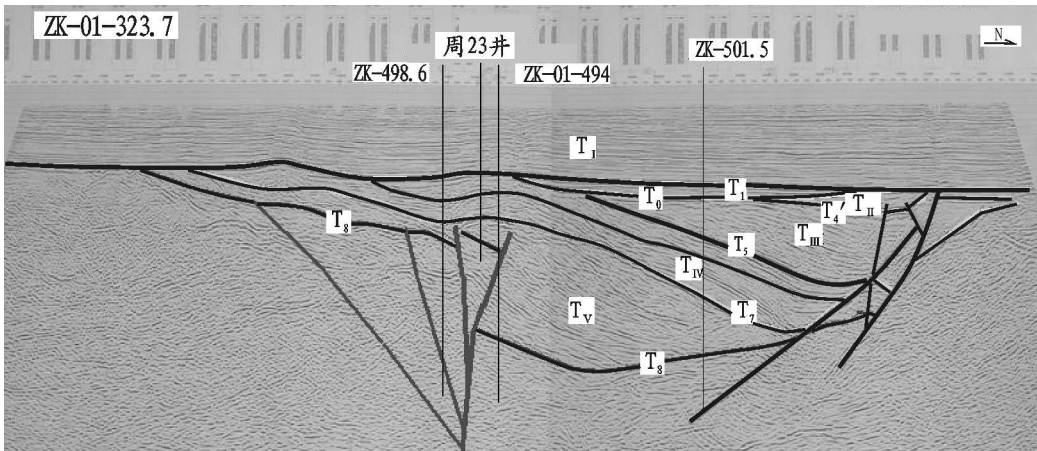


图 4 周口坳陷 ZK-01-323.7 地震解释剖面(南北向)

Fig. 4 Seismic profile of line ZK-323.7 in the Zhoukou Depression(SN)

也明显具有强反射特征,追踪稳定,只在浅层追踪相对较差。本文目前认为 T_7 反射波组可能代表上白垩统底界,相当于中国东部安徽合肥盆地响导铺组、江苏浦口—赤山组,具有披盖性致拗陷特征,与古新统断陷地层时代可以下沿至上白垩统的概念不同、层次不同。

5) T_8 反射波组地质属性(图4)。 T_8 反射层由于波组连续性差,只在区域内进行过简单追踪比较,本质上是假想波组。但波组显示趋势明确,与下伏地层存在不整合关系明朗。根据周23井揭示,对应于 T_7 反射波组以下地层,自井深2459~3059 m 属于侏罗—白垩系,厚636 m,其3095 m 底砾岩不整合界面之下,见煤系地层(3797 m),划为石炭—二叠系,相应于 T_8 反射层特征清晰,由此将 T_7 — T_8 反射波组之间命名为 T 层序,属上侏罗—下白垩统。 T 层序可以覆盖在下伏不同层位上。

1.2 谭庄—沈丘凹陷地震地质解释

根据上述地震波组属性,对凹陷西部一些主要地震剖面进行了初步地质解释。从各波组追踪来看,总体解释效果反映了动态盆地性质,具体情况如下:

1) 层序 T 。各剖面层组均呈水平展布,厚度变化是区域性的,与我国东部上第三系—第四系沉积面貌完全一致。

2) 层序 T 。反映为典型的断陷楔形结构特征,区内只在断陷南部边缘周12井钻及42 m,沉积直接不整合覆盖在 J_3 — K_1 地层上。

3) 层序 T 。从波组追踪情况分析,是下第三系上部断陷叠加之下又一个断陷沉积实体, T 与 T 是早晚2期断陷发育的表现(图4),这在中国东部是常见的^[1]。 T 层序结构与上叠断陷一致,但保存范围比 T 实体大,说明晚期断陷沉降是向西迁移的。依断面波解释认为早期断陷具有同向并列结构特征,晚期断陷可以叠加在并列结构上,发展多期性断裂活动。

4) 层序 T 。在南北向的各条剖面上,层序 T 产状与上叠断陷趋势似乎一样,但在东西向剖面上,层序 T 则反映为反向沉积,结构为拗陷特征。以 ZK-501.5 为例,原始沉积中心在东部桩号365000~374000,现已反转抬升剥蚀,为层序 T 上覆。在 ZK-501.5 剖面上(图3),层序 T 向西以区域性超覆为特征,层序 T 直接覆盖。从整体结构特征上看,层序 T 原始沉积走向大体北西,中间剥蚀隆升部位沿 ZK-01-315 与 ZK-501.5 线交点同 ZK-01-328 与 ZK-490.6 交点连线附近分布,在此隆升部位西南叠

加有向西展布的早期断陷。

5) 层序 T 。从所有南北向剖面分析,层序 T 厚度由南向北减薄,但地层埋藏关系则是南浅北深,结构特征上凸下拗,其上覆层序 T 顺势沉降中心迁移,反映层序 T 沉降结构具有走滑盆地特征。根据层序 T 内部地震波组向南延伸垂向上都突然消失的特征和断面波出现位置,认为层序 T 反转隆升与沉积过程中走滑断层形成的“突包”作用有关。从目前突包带已钻结果来看,层序 T 底界之下为侏罗系中—下统或石炭—二叠系煤系地层,反映层序 T 形成的盆地沉积是在一个复杂结构构造不整合面基础上沉降的,中生代盆地体制改造了先存的结构,但目前地震深部信息尚不足以识别下—中侏罗统和石炭—二叠系分布与走滑盆地的关系。目前从东西向地震剖面分析,层序 T 总体为向斜结构,如 ZK-501.5 剖面(图3)显示,原始沉降中心在与 ZK-01-315 交点附近;突包上层序 T 受到剥蚀,但继续向南,减薄的沉积继续延展,这也是走滑断层控制沉积不同于拉张断层的特征。周11井钻探还见到油气显示,周10井已获低产油流。实际上,走滑盆地形成的断层发育和内部块体扭动与断陷断层发育差异很大,从类比出发,充分吸收走滑盆地断层发展模式,重新分析区域地震资料,以掌握圈闭发育情况,对进一步勘探决策是十分重要的^[2,3]。

2 原型组合与演化模式

根据前面建立的基本地震层序和谭庄地区部分地震剖面地质解释,提出如下凹陷演化模式:

谭庄—沈丘凹陷自晚侏罗世以来,盆地演化经历了走滑—拗陷—断陷—拗陷原型的序列叠加过程,与区域大地构造环境演变一致^[4](图5)。模式提出晚侏罗—早白垩世期间,华北地块南部地壳处于左行扭动环境^[5],在 NW—EW 区域性弯转构造带上,沿着近 EW 的共轭断层错位边界,发生左行走滑运动,形成张扭性盆地。盆地基面沉降中心走势 NW,接受了上侏罗—下白垩统沉积,主体沉积分布北东向扩展,大体呈菱形分布。目前谭庄地区地震剖面显示拉分盆地上侏罗—下白垩统沉积向西北方向减薄尖灭的位置,大致在 ZK-501.5 测线以北,为断陷反向快速沉降埋藏。盆地南部沉积减薄/尖灭的位置大致在 ZK-480 测线以南附近,但由于主控断层滑移活动影响,南部沉降幅度不大,沉积经受剥蚀较强。主控盆地发育的滑移断层大体沿

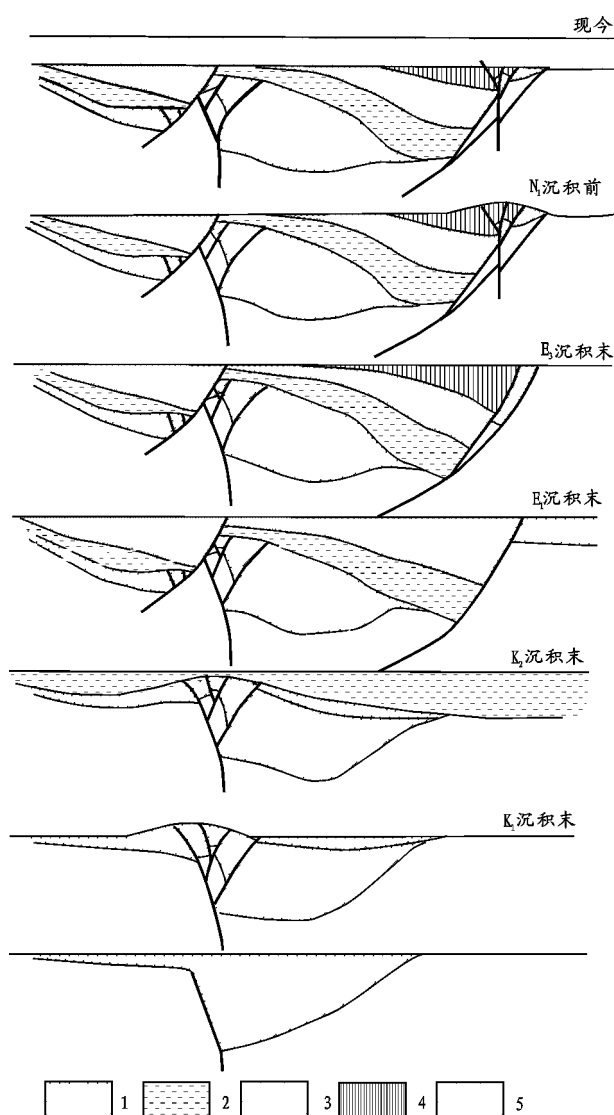


图 5 谭庄—沈丘拗陷中生界原型演化模式

1. J₃-K₁; 2. K₂; 3. E₁; 4. E₃; 5. N-Q

Fig. 5 Sketch map showing the evolution of Mesozoic prototype basin in Tanzhuang-Shenqiu Sag

东西向 ZK-01-490.6 测线南北分布, 控制了北部盆地强烈沉降。随着块体扭动, 主控断层发展为花式反转构造形式的突包带, 盆地反转, 沉积向东北迁移, 而后被晚白垩世拗陷沉积广泛披盖。

走滑盆地形成后, 由于新生代华北南部陆块应力场环境发生变化, 触发区域内走滑运动, 可能也利用了先存走滑断层配套的扭裂面, 形成以拉张应力为主的断陷, 走向 NEE, 发育在走滑盆地西北、东南两翼, 其主断层展布构成现今凹陷南北区划边界^[6,7]。西北部新生代断陷北断南超, 东南部则南断北超, 形成近 NEE 向对生并列结构, 其结合部的隆升结构即由走滑盆地主体及上覆披盖晚白垩世拗陷的沉积组成。早第三纪断陷发育 2 期, 早期断陷

发育规模较大, 沉积分布广泛, 具有同向并列结构; 晚期断陷沉降中心沿原来断陷沉降迁移发展, 与区域块体扭动控制相适应^[8]。西北部早期断陷规模较大, 其南部并列的小断陷主断面有切开走滑盆地突包带的情况, 导致突包带局部隆升和上覆沉积剥蚀。东南部断陷主体发育在凹陷东南, 缓坡沉积超覆在突包带上, 对下伏花式构造改造影响不大。目前已知在凹陷北部, 断陷发展后期受到新的走滑活动影响, 形成新的花式构造, 改造了断陷结构, 造成凹陷东北部发育大型反转构造, 经剥蚀为新第三纪拗陷沉积覆盖。花式断层还有延续到新第三纪的情况。从新第三纪以来, 整个凹陷转化为统一的拗陷, 沉积厚度一般在 1 400~1 700 m, 同中国东部普遍出现的情况一样^[9,10]。

上述原型叠加关系说明, 谭庄—沈丘凹陷晚侏罗—早白垩世张扭性盆地是区域盆地沉降主体, 沉积巨厚。目前周 11 井虽已揭示厚 2 300 m, 但从地震剖面看厚度将超过 3 倍, 现在揭示的沉积只是上部。一般走滑盆地的沉积特征, 烃源岩发育在张扭期主控断层下降盘, 主要出现在层序下部, 因此晚侏罗—早白垩世生、储、盖油气组合关系还有待勘探查明。区域内走滑盆地在早第三纪断陷叠加改造之前, 接受过区域性晚白垩世拗陷的叠加披盖, 因此走滑盆地反转剥蚀作用时间不长, 拗陷披盖有利于走滑盆地沉积实体的保持和自生组合油气聚集条件^[11]。从地震资料考察, 第三纪断陷叠加方式对走滑盆地有很大影响, 反向沉降只影响到走滑盆地边缘沉积的埋藏, 主体部位只有晚白垩世和新第三纪—第四纪的沉积上载, 因此走滑盆地的烃源岩成熟门限与自身沉降关系较大, 上覆叠加沉降只是起到保持作用。从盆地原型叠加序列所反映的热体制变化看, 热上涌主要发生在走滑成盆张扭期, 两期拗陷都起到了调整热体制和沉积载荷的均衡作用, 因此, 推断盆地主体部位的烃源岩成熟度并不因叠加而过熟失效。从这一关系分析, 走滑盆地自身迅速沉降对源岩转化生烃起到重要作用, 而在盆地反过程压力释放有助于排烃和油气运移^[12]。断陷叠加有助于区域性源岩转化, 形成多期性的运移聚集^[13]。因此走滑盆地自身结构特征及其后期构造变化对油气成藏具有重要的勘探指导意义^[14,15]。

3 油气意义

由上研究推断, 作为南华北盆地内的分单元周口拗陷, 其复杂结构盆地构成的原型序列同样是从

古体制拗陷世代转化为新体制变格盆地叠加^[16],经历了前渊—走滑—拗陷—断陷—拗陷过程。同时构造体制变化过程反映了相应的热体制变化过程,类比推断为热下潜—局部上涌—迁移的岩石层组成变化过程^[2]。此构造—热体制的变化与各世代盆地演化中的油气物质分布及其组合变化具响应关系^[17]。就周口拗陷来说,具体分析赋存于新生界下第三系、中生界上侏罗—下白垩统、下侏罗统、上古生界及下古生界不同原型实体中的烃源岩系及其储盖关系的动态响应,对已发现油气显示和低产油气流的中生界上侏罗—下白垩统和石炭—二叠系煤系的油气资源前景具有重要的勘探意义。

致谢:本文受到中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所张渝昌教授、秦德余教授等人的大力帮助和指导,谨致谢意!

参考文献:

- 徐汉林,沈杨. 中国东部中生代盆岭构造特征[J]. 石油实验地质, 1999, 21(4): 285~290
- 张渝昌. 中国含油气盆地分析[M]. 南京: 南京大学出版社, 1997
- 林鹤鸣,夏邦栋. 下扬子区中生代溧水—南陵拉分盆地的厘定[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(4): 276~281
- 万天丰. 郟庐断裂带的演化与古应力场[J]. 地球化学, 1995, 20(5): 526~534

- 鲁国明,朱光,李学田等. 郟庐断裂带对合肥盆地油气地质条件的控制[J]. 石油实验地质, 2002, 24(3): 216~222
- 余和中,吕福亮,郭庆新等. 华北板块南缘原型沉积盆地类型与构造演化[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 111~117
- 吕俊祥,黄泽光,翟常博. 南华北地区中生代盆地成盆环境分析[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 118~123
- 徐嘉炜. 郟庐断裂带的平移运动及其地质意义[A]. 见: 国际交流地质学术论文集(1)[C]. 北京: 地质出版社, 1980
- 唐智. 我国东部含油气盆地的构造特征[A]. 见: 第一届全国构造地质学学术会议论文集(第三卷)[C]. 北京: 科学出版社, 1982
- 陈发景,汪新文. 中国中、新生代含油气盆地构造和动力学背景[J]. 现代地质, 1992, 6(3): 317~327
- 杨克绳. 从中国沉积盆地的结构看塔里木盆地找油方向[J]. 石油实验地质, 1994, 16(3): 243~249
- 吴冲龙,杨甲明. 油气系统动力学的概念模型与方法原理[J]. 石油实验地质, 1998, 20(4): 319~327
- 练铭祥,薛冰,杨盛良. 苏北新生代盆地断陷和拗陷的形成机理[J]. 石油实验地质, 2001, 23(3): 356~360
- 漆家福,陈发景. 渤海湾新生代裂陷盆地的伸展模式及其动力学过程[J]. 石油实验地质, 1995, 17(4): 316~323
- 潭明友. 渤海湾盆地东营—惠民凹陷孔店期原型盆地分析[J]. 石油实验地质, 2003, 25(4): 348~352
- 吉让寿,秦德余,高长林等. 东秦岭造山带与盆地[M]. 西安: 西安地图出版社, 1997
- 付广,杨勉. 断陷盆地油气成藏模式及分布特征[J]. 石油实验地质, 2001, 23(4): 408~411

STRUCTURE AND PETROLEUM ANALYSIS OF THE TANZHUANG-SHENQIU SAG IN THE SOUTH OF NORTH CHINA BASIN

Zhai Changbo¹, Huang Zeguang¹, Lin Liangbiao²

(1. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China;

2. Research Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China)

Abstract: Based on regional tectonic background and geophysical information, with basin analysis, it is believed that a series of prototype basin which have experienced strike-slip, depression, fault-down and again depression exist in the Tanzhuang-Shenqiu Sag after the Late Jurassic. And this basin mode evolution is consistent with geotectonic background. Structure and subsequent deformation are valuable for pool exploration. The orogenic zone of Qinling-Dabie and fault zone of Tanlu control the evolution of southern North China Basin.

Key words: seismic sequence; structure analysis; evolution of prototype basin; petroleum prospect; the Tanzhuang-Shenqiu Sag; the Zhoukou Depression; the southern North China Basin