

文章编号: 0253- 9985(2004) 02- 0216- 06

准噶尔盆地南缘构造特征及有利勘探方向

孙自明¹, 何治亮¹, 牟泽辉²

(1. 中国石化石油勘探开发研究院西部分院, 新疆乌鲁木齐 830011;

2. 中国石化西部新区勘探指挥部, 新疆乌鲁木齐 830011)

摘要: 在对准噶尔盆地南缘及邻区构造演化和对地震等地球物理资料分析的基础上, 研究了该区中生界构造样式, 识别出压缩、走滑和反转三大构造样式类型。根据构造样式空间分布, 对构造变形在平面上的东西分段性与南北分带性、垂向上变形的差异性以及走滑扭动变形特征和扩展方式进行了研究。该区油气成藏条件优越, 构造控油作用明显, 山前冲断带的断层相关褶皱、山前逆冲断裂下盘的背斜构造和山前冲断带前缘外围带的背斜构造为有利勘探方向。

关键词: 构造样式; 构造变形; 勘探潜力; 准噶尔盆地南缘

中图分类号: TE111. 2 文献标识码: A

Structural features and favorable exploration areas in southern margin of Junggar basin

Sun Ziming¹ He Zhiliang¹ Mou Zehui²

(1. West Branch of Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang;

2. West Frontal Area Exploration Headquarters, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang)

Abstract: Three structural styles, including compression, strike-slip and inversion, are identified in the southern margin of Junggar basin based on analysis of structural evolution and seismic interpretation in this area and adjacent area. According to the spatial distribution of these structural styles, the E-W segmentation and S-N zonation of structural deformations, vertical differences of deformations, as well as deformational features of strike-slip wrench movement and their extending patterns have been studied. This area has favorable hydrocarbon accumulation conditions, and the control of structures on hydrocarbons is remarkable. The favorable exploration areas include fault-related folds in piedmont thrust zones, anticlinal structures in the footwalls of piedmont thrusts and the anticlinal structures in the outer zone of piedmont thrust belt.

Key words: structural style; structural deformation; exploration potential; southern margin of Junggar basin

准噶尔盆地南缘指北天山以北的准噶尔盆地南部山前褶皱-冲断带地区, 西起精河, 东到木垒哈萨克自治县, 长约 650 km; 南与依林黑比尔根山相邻, 北到准噶尔盆地腹部昌吉凹陷, 南北宽 40~90 km, 面积约 $3.0 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该带已先后发现了独山子、柴窝堡、齐古、呼图壁、甘河、三台、吐谷鲁、卡因迪克和霍尔果斯等油气田(藏)以及西湖背斜、南小渠子背斜、北小渠子背斜和古牧地背斜等多个含油气构造, 具有较大的勘探潜力。

1 区域构造演化

该区石炭纪以来经历了 3 个演化阶段(图 1)。

1.1 早期前陆盆地阶段

石炭纪至早二叠世, 北天山-博格达地区总体处于陆缘裂陷至有限洋盆环境。早石炭世, 准噶尔洋继承了晚泥盆世开始的南北双向俯冲构造格局, 在北天山逐渐发育成以巴音沟蛇绿岩为代表的伊林黑比尔根山有限洋盆, 而博格达地区则

逐渐演化为陆间裂谷,堆积了一套以下石炭统塔普捷尔泉组为代表的浅水碎屑岩、凝灰岩和火山碎屑岩。

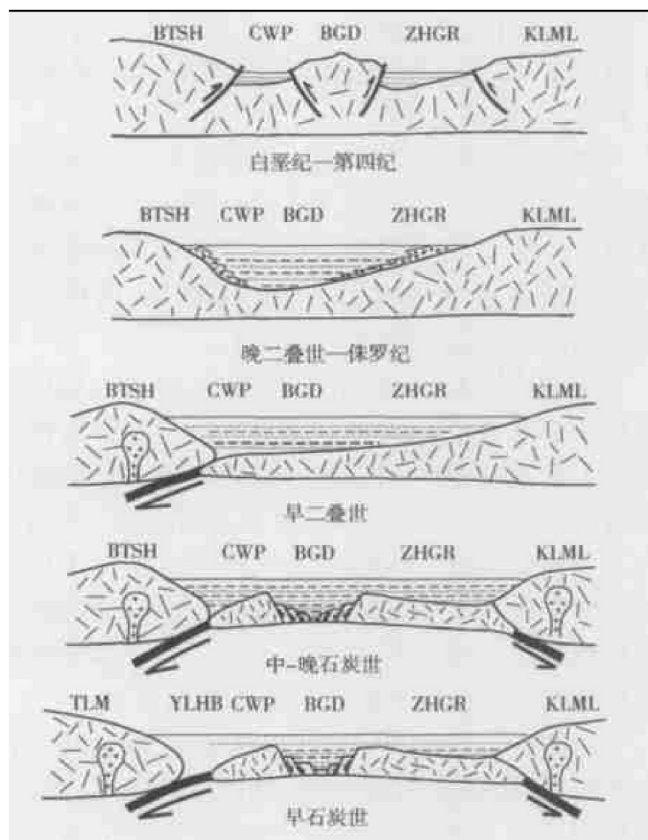


图1 准噶尔盆地南缘东部构造演化示意图

Fig.1 Diagram showing tectonic evolution in the eastern part of the southern margin of Junggar basin

TLM—塔里木板块; YLHB—伊林黑比尔根山洋; CWP—柴窝堡; BGD—博格达; ZHGR—准噶尔; KLML—卡拉麦里山; BTSH—北天山

中晚石炭世,受准噶尔板块与塔里木板块碰撞的影响,伊林黑比尔根洋封闭,北天山逐渐褶皱隆升,发育大套火山喷发岩、碎屑岩夹碳酸盐岩沉积。博格达陆缘裂谷则以发育柳树沟组为代表的中基性火山岩、火山喷发岩、火山碎屑岩和深水放射虫硅质岩,总厚度达3 000 m;而平行不整合其上的祁家沟组则为陆棚沉积和复理石建造。

早二叠世,伊林黑比尔根山地区急剧隆起,仅在北天山、博格达山和吐哈盆地等地残留局限海湾,至此该区进入早期前陆盆地阶段。伊林黑比尔根山及其前缘推覆体构成早期前陆盆地的后活动翼,伴有火山喷发活动;安集海北—昌吉—博格达—吐鲁番构成前渊,沉积巨厚碎屑岩系。

1.2 陆内坳陷阶段

中晚二叠世,该区以内陆河湖相沉积为主,在

昌吉前渊沉积了芦苇沟组和红雁池组半深湖—深湖相烃源岩,为该区油气生成奠定了物质基础。三叠纪基本继承并发展了晚二叠世的沉积格局,主要发育山麓冲—洪积相和河湖相碎屑岩沉积。阜康至吉木萨尔一带为河湖相沉积,暗色泥岩发育,并具有一定的生烃能力。

早—中侏罗世,准噶尔盆地处于区域伸展构造背景下的缓慢沉降时期^[1~3],盆地腹部发育一些张性正断层,并控制着沉积中心的位置,但断陷作用较弱;盆地南、北边缘发育冲—洪积相带,平面上相带南窄北宽,形成下侏罗统八道湾组和中侏罗统西山窑组煤系烃源岩,构成该区第二套主要烃源岩。中—晚侏罗世,盆地转入挤压构造背景,盆地腹部出现正反转构造*,主要接受干旱气候条件下的巨厚内陆河湖相沉积。

1.3 晚期前陆盆地阶段

侏罗纪晚期的燕山早期运动使盆地沉积范围缩小。吐谷鲁群在区内发育齐全,沉积相的横向分布为淡水湖泊相、河湖相及山麓相。渐新世晚期至中新世初期,受印度板块和欧亚板块强烈碰撞造山影响,天山山系进一步褶皱隆升和博格达山整体抬升,最终形成准噶尔统一陆内盆地。同时在准噶尔南缘形成晚期前陆盆地,接受巨厚(上第三系和第四系厚度达5 000 m)内陆河湖相沉积。

2 基本构造样式与构造变形特征

2.1 构造滑脱层及主要分布区

该区主要存在6个构造滑脱层:①二叠系上统芦苇沟组泥岩和油页岩,博格达山尤其博格达山北麓最为明显,如在西大龙口沟可见到逆断层沿油页岩层面顺层滑动;②侏罗系下统八道湾组煤系和③中统西山窑组煤系,这两套地层的构造滑脱现象在全区均可见到,如吉木萨尔石场沟等;④白垩系吐谷鲁群上部泥岩,主要见于独山子—昌吉一带;⑤下第三系安集海河组泥岩,主要发育于霍尔果斯至吐谷鲁一带;⑥上第三系塔西河组盐膏层和膏泥岩层,主要发育于四棵树凹陷。

2.2 基本样式

准噶尔南缘地区构造成因主要为挤压和压扭应力体制,经历了印支期、燕山期和喜山期多期构造变形的改造与叠加,目前识别出的构造样式主要有以下3大类型。

* 孙自明,常秉章,张建忠.准噶尔盆地中部IV区块构造特征与勘探方向选择.2003

2.2.1 压缩构造

2.2.1.1 褶皱

断层传播褶皱: 是区内最常见的构造样式, 其形成与下伏逆冲断层的断坡有关, 褶皱(背形)产生于断坡之上, 与断坡同时或近于同时形成^[4~6]。这种褶皱一般一翼很陡而另一翼很缓, 背斜核部岩层变形强烈。独山子、齐古和苜蓿沟背斜等属于这种类型(图2)。

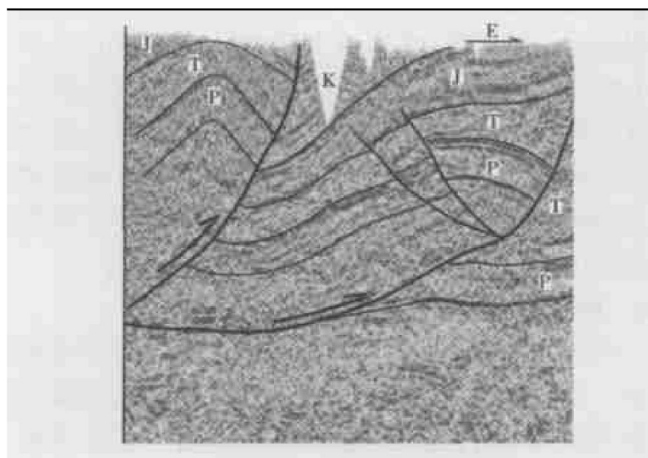


图2 柴窝堡凹陷永丰次凹东西向地震剖面
Fig. 2 E-W seismic section in Yongfeng subsag in Chaiwopu sag, Junggar basin

断层转折褶皱: 是逆冲岩块在爬升断坡过程中形成的褶皱^[5,7,8]。在四棵树凹陷, 固尔图逆掩断裂上盘随坡-坪变化形成一系列断层转折褶皱, 发育层位为上第三系, 断层滑脱层位为上第三系塔西河组膏泥岩层(图3)。

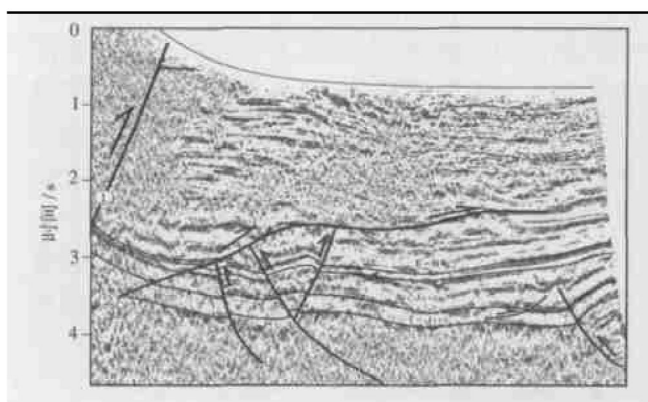


图3 四棵树凹陷西部南北向地震解释剖面
Fig. 3 S-N seismic section in western Sikeshe sag, Junggar basin
①—四古南断裂; ②—固尔图逆掩断裂

滑脱褶皱: 一般发育于冲断构造前缘, 是沿软弱层顺层滑脱的结果, 在褶皱之下顺层滑脱的位移逐渐消减以致消失。在西湖、玛纳斯北至呼图壁一带和四棵树凹陷地区, 主要发育层位分别为上、下第三系, 博格达推覆带主要发育层位为三叠系。

2.2.1.2 断层

叠瓦状逆断层: 主要由相同倾向的逆冲断层系组成, 向下可交汇于主断层上, 剖面上构成叠瓦状组合^[4,5,8]。阜康断裂带以及四棵树凹陷南部发育一组断面南倾并向北逆冲的逆断层, 博格达山南缘则以向南逆冲的逆断层为主。

双重构造和三角带: 双重构造(duplex)由顶、底板冲断层及其所夹断块组成^[5,8]。古牧地背斜深部为双重构造^[9], 其顶板滑脱层为侏罗系西山窑组煤层, 底板滑脱层在二叠系底部附近, 其间发育一系列南倾分支逆断层。三角带主要见于山前冲断带前锋^[10~12], 阜康断裂带前缘古牧地背斜构造呈楔状插入未变形的前陆地层, 由下部的底板拆离断层和上部的顶板拆离断层围限而成。

对冲构造和背冲构造: 指两条或两条以上背向倾斜、相向逆冲的逆冲断层组成的逆断层系, 它们共用一个下降盘, 剖面上形成对冲断层谷。四棵树凹陷在燕山期也呈现南北对冲特点; 柴窝堡凹陷达坂城次凹表现为柴湖断层与博南断层的对冲, 两断层之间形成对冲断层谷。背冲构造由两条或两条以上相向倾斜、背向逆冲的逆断层组成, 它们共用一个上升盘, 控制着不同规模断块或断褶构造的发育, 博格达山总体为扇形背冲构造组合。

冲隆构造: 亦称突起构造(pop up), 是由于主冲断层沿下滑脱面向上逆冲, 形成另一支反向冲断层所组成, 在剖面上为“y”型结构。如吐谷鲁背斜下部、固尔图东背斜和柴窝堡背斜等。

挤压背斜: 主要分布于山前冲断带前缘外围深洼陷及其下斜坡, 长轴与山前冲断带平行, 构造幅度小。如沙湾东背斜和呼西背斜等。

2.2.1.3 盐丘构造

主要发育于四棵树凹陷南部, 是塑性较强的膏泥岩层或薄层状砂泥岩层在侧向挤压力作用下发生塑性变形而形成向上突起的构造, 在地震剖面上背斜核部为杂乱反射。如高泉背斜, 其下的(高泉)异常地质体*, 地震反射结构“底平、顶凸”, 具有盐构造的基本特征。

* 况军, 俞正国, 杨雁至, 等. 准噶尔盆地南缘深浅层构造特征及含油评价. 1987

2.2.2 走滑构造

2.2.2.1 花状构造

主要发育于准噶尔盆地南缘第三排构造,如安集海背斜西部,断层在剖面上向上、向外分叉,形成一个总体向上扩展的断层带,构成正花状构造(图4)。

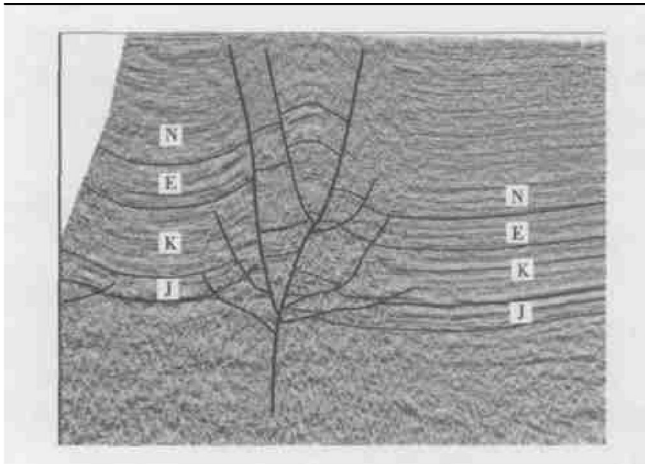


图4 昌吉凹陷安集海背斜西部南北向地震剖面

Fig. 4 S-N seismic section in western Anjihai anticline in Changji sag, Junggar basin

2.2.2.2 雁列构造

包括雁列褶皱和雁列断层。位于博格达山南麓的红雁池-柳树沟断裂为一右行扭压断层,剖面上石炭系和二叠系向南逆冲于二叠系之上,同时在下盘二叠系形成一组呈北东东向延伸的短轴褶皱构造,褶皱轴线与主断裂呈 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 锐夹角。雁列断层在乌鲁木齐地区常见。

2.2.3 反转构造

反转构造的形成是由于在构造演化中伸展构造系统和挤压构造系统相互转换和相互作用的产物,与地球动力学条件的改变有关^[13, 14],实质上属于一种叠加构造。该区早-中侏罗世总体处于伸展构造环境,中-晚侏罗世之后又经历多期挤压,正反转构造发育,以上逆下正型反转构造为主。

2.3 构造变形

2.3.1 平面上

根据构造变形特征的差异,分别以红车断裂和乌鲁木齐-米泉断裂*为界,准噶尔盆地南缘自西向东可划分为西段、中段和东段3部分。

西段位于奎屯东断裂以西,主要指四棵树凹

陷地区,深层侏罗系具有南北对冲构造格局,浅层第三系总体以自南向北的逆冲推覆构造为特征。区内广泛发育侏罗系、白垩系和第三系,构造线呈近东西向或北西西向展布。

中段位于红车断裂以东到乌鲁木齐-米泉断裂,区内广泛发育二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系和第三系,构造线呈近东西向或北西西向展布。深、浅层构造差别较大,浅层发育自南向北的逆冲推覆构造,构造变形强烈;深部变形较弱,构造较开阔。根据变形特征,自南向北可划分为后缘冲断掀斜带、前缘断褶带和前缘外围带(图5),后缘冲断掀斜带变形地层主要为侏罗系,构造变形简单,褶皱、断裂不甚发育,总体为一向北陡倾的掀斜;前缘断褶带变形地层为侏罗系、白垩系和第三系,北界为呼图壁断裂,发育三排东西向背斜构造^[4, 15~18]和三排向斜构造;前缘外围带变形地层主要为白垩系和第三系,变形较弱,构造开阔平缓。

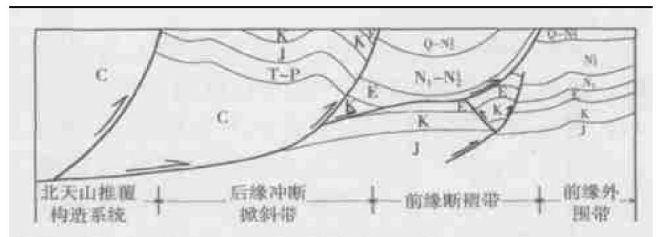


图5 准噶尔盆地南缘中段构造模式示意图

Fig. 5 Diagram showing structural patterns in the middle segment of the southern margin of Junggar basin

东段位于乌鲁木齐-米泉断裂以东,包括北天山至博格达山地区,总体呈“两隆两坳”的构造格局:从南向北分别为北天山隆起、柴窝堡凹陷、博格达山隆起和阜康凹陷,发育北天山、博格达山南和博格达山北3大东西向逆冲推覆构造系统。

北天山冲断推覆构造带由一系列向北逆冲的逆冲断层组成,可见到石炭系由南向北依次叠瓦逆冲于二叠系、三叠系和侏罗系之上;其上盘石炭系变形强烈,紧闭、斜歪或倒转褶皱发育。博格达山南缘冲断推覆构造带发育于博格达南坡,南界为白杨树沟断裂带,北界为红雁池-柳树沟逆断层。博格达山北缘冲断推覆构造带发育于博格达山北部山前,呈弧形向北凸出,南界为三工河断裂,北界为阜康断裂带,变形地层包括二叠系至第三系。

* 关于乌鲁木齐-米泉断裂的基本构造特征,作者拟另文论述

2.3.2 垂向上

深、浅层构造不协调是该区构造变形的最显著特征之一,其成因与构造滑脱面关系密切。

①深、浅层构造不协调,深层构造较宽缓完整。霍尔果斯、玛纳斯和吐谷鲁背斜为3个新生代紧闭线型褶皱,背斜核部地表出露下第三系,北翼逆冲断层发育于安集海河组泥岩,其上形成宽缓向斜构造(即冲断滑脱体)。冲断滑脱体水平滑脱距离较大,其前缘地层变形强烈,产状陡立甚至倒转,形成地表紧闭线性复杂褶皱。逆冲断层之下变形较弱,形成相对宽缓的背斜构造。

②浅层次逆断层推覆滑脱,与深部构造形成垂向叠加。如安集海背斜东部为浅层断层传播褶皱与深部正花状构造的叠加,古牧地背斜为浅层断层传播褶皱与深部双重构造的叠加,而吐谷鲁背斜则为浅层断层传播褶皱与深层冲隆构造的叠加,深、浅构造之间均有逆冲断层发育。

2.3.3 走滑扭动变形

主要表现在3个方面:一是规模较大的走向近东西的逆冲断裂具有一定的右行扭动性质,如四古南断裂;二是同一条断裂的不同段落走滑扭动方向不同,如三工河断裂,该断裂为“博格达弧形构造”的组成部分,该断裂在弧形构造顶点的甘河子镇以西为左行扭动,以东为右行扭动;三是斜切近东西向或北西西向断裂的北北东向或北东向断裂具有左行扭动性质,如乌鲁木齐附近存在一条北东向构造扭折带*,切割并错开北西向和东西向断裂。

2.3.4 山前冲断带

中段发育三排背斜构造,其形成时期从第一排山前推举带到第三排构造以及前缘带外围的沙湾东背斜和西湖背斜等都依次变新。第一排构造形成于中生代末,在距今约3万年以来不再活动^[16,19];第二排构造形成于上新世末至早更新世初,在早更新世末至中更新世又经历了强烈活动^[19,20];第三排构造形成于早更新世末、中更新世之前,为现代活动构造^[19]。变形方式自南向北从叠瓦状逆冲向滑脱挤压过渡。

3 油气成藏条件与有利勘探方向

3.1 油气成藏条件

(1) 位于多个油气系统复合叠合区,存在多套

烃源岩,油源条件优越。

该区位于二叠系、侏罗系、白垩系和下第三系多个油气系统^[21~23]复合叠合区,存在上二叠统(芦草沟组和红雁池组)、上三叠统、下中侏罗统、下白垩统和下第三系(安集海河组)5套烃源岩,其中,上二叠统芦草沟组和红雁池组、下中侏罗统和下第三系安集海河组为有效烃源层;而对形成工业油气藏起作用的主要是上二叠统和下中侏罗统两套烃源岩。上二叠统烃源岩主要分布于南缘东段和中段。西段的四棵树凹陷仅发育侏罗系和下第三系两套烃源岩。

(2) 发育4套生储盖组合,不同区段主要储集层有别。

第1套组合。以上二叠统红雁池组、芦草沟组暗色泥岩、油页岩为烃源岩,中、下三叠统与上二叠统泉子街组、梧桐沟组为储层,上三叠统黄山街组、郝家沟组为盖层。如齐古油田三叠系油气藏。

第2套组合。阜康凹陷三叠系小泉沟群暗色泥岩为有效烃源岩,以上三叠统暗色泥岩为烃源层,下侏罗统八道湾组、三工河组砂岩为储层,下侏罗统八道湾组和三工河组上部泥岩为盖层。如阜康断裂带中的油气藏等。

第3套组合。以中下侏罗统暗色泥岩及煤层为油源层,侏罗系砂岩为储层,中上侏罗统泥岩为盖层。如齐古油田下侏罗统八道湾组油气藏。

第4套组合。安集海河组生一沙湾组+塔西河组下部砂岩储一塔西河组上部泥岩盖组合。

由于区内逆冲推覆和构造抬升的差异性活动等特征,不同区段生储盖组合也存在差异。西段主要发育第3套组合,中段主要发育第1、第2、第4套组合,东段主要发育第1、第2套组合。中段第一排背斜构造带主力储集层为侏罗系,成藏组合为自生自储式;由于断裂沟通了下部侏罗系烃源岩层和浅部圈闭,第二、三排背斜构造成藏组合主要为下生上储式。

(3) 构造圈闭发育,平面上成排成带分布。

受逆冲推覆和扭压作用的影响,山前带局部构造数量众多,平面上成排成带分布。圈闭类型以背斜圈闭为主,圈闭面积较大。多期构造挤压,不仅形成了高效的富油气系统和众多断裂的发育,使印支-燕山期形成的古构造圈闭优先捕获

* 王家林,吴健生,于鹏,等. 2001年度准噶尔盆地综合地球物理资料处理解释研究. 2003

油气形成原生油气藏,而且喜山期形成的浅层圈闭也可通过“油源断层”沟通聚集来自深部烃源层的油气,形成次生油气藏,如独山子油气藏等。

(4) 具有多期成藏、晚期成藏特征。

昌吉凹陷生烃史与山前圈闭形成史研究表明^[18, 22~25],印支晚期—燕山期山前第一排构造形成,此时,区内二叠系、三叠系烃源岩正处于生排油高峰期,可以形成原生油藏;至燕山晚期—喜山期,凹陷内侏罗系烃源岩进入生油高峰期,二叠系和三叠系烃源岩则处于大量排气时期,它们都能为山前油气聚集提供足够的物质保障。而山前带构造圈闭主要形成于喜山晚期,油气成藏期主要是在现今。

3.2 有利勘探方向

山前冲断带的断层相关褶皱:位于或近邻生油区,纵向上又有沟通深部油源和浅层圈闭的“油源断层”,可以形成自生自储式或下生上储式成油组合,有利于油气聚集,且圈闭面积和圈闭幅度一般均较大,勘探潜力大。如齐古油田和独山子油田等。

山前逆冲断裂下盘的背斜构造:由于山前逆冲断裂上盘地层变形强烈,次级断层发育,构造较破碎,而下盘地层则大多保存较完整,且在下盘深层往往发育宽缓背斜构造,其规模一般较大,且保存条件好。

山前冲断带前缘外围带的背斜构造:位于山前冲断带前缘外围带,埋藏深度较大,构造平缓,幅度较小,圈闭面积较大,组成地层主要为白垩系至上第三系。这些背斜虽然形成较晚(喜山晚期),但保存条件较好,且位于生烃区,是有利的聚气构造。如果存在沟通下伏侏罗系烃源岩和浅层圈闭的断层,则其成藏条件更为有利,如西湖背斜和呼图壁背斜等已被证实为含油气构造。

参 考 文 献

- 1 陈发景,汪新文.中国西北地区早—中侏罗世盆地原型分析[J].地学前缘,2000,7(4):459~469
- 2 陈建平,赵文智,秦勇,等.中国西北地区侏罗纪煤系油气形成(之一)[J].石油勘探与开发,1998,25(3):1~5
- 3 王素华,钱祥麟.中亚与中国西北盆地构造演化及含油气性[J].石油与天然气地质,1999,20(4):321~325

- 4 贾承造,何登发,雷振宇,等.前陆冲断带油气勘探[M].北京:石油工业出版社,2000
- 5 何登发,周路,雷振宇,等.断层相关褶皱原理在前陆冲断带构造建模中的应用[A].见:中国石油勘探与生产分公司编.中国中西部前陆盆地冲断带油气勘探文集[C].北京:石油工业出版社,2002.177~186
- 6 Suppe J, Medwedeff D A. Geometry and kinematics of fault-propagation folding[J]. Eclogae geol Helv, 1990, 83(3): 409~454
- 7 John Suppe. Geometry and kinematics of fault-bend folding[J]. American Journal of Sciences, 1983, 283: 684~721
- 8 朱志澄.逆冲推覆构造研究进展和今后探索趋向[J].地学前缘,1995,2(1~2):51~58
- 9 吴建华,向书政,吴晓智,等.准噶尔盆地南缘东部构造样式与形成机制[J].新疆石油地质,2002,23(3):208~210
- 10 曹守连.褶皱冲断带前缘构造——三角带评述[J].世界地质,1997,16(3):18~22
- 11 Jones P B. Triangle zone geometry, terminology and kinematics[J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1996, 44(2): 139~152
- 12 Banks C J, Warburton J. “Passive roof” duplex geometry in the frontal structures of the Kirthar and Sulaiman mountain belts, Pakistan[J]. Journal of Structural Geology, 1986, 8(2): 229~237
- 13 刘和甫.沉积盆地地球动力学分类及构造样式分析[J].地球科学——中国地质大学学报,1993,18(6):699~725
- 14 田在艺,张庆春.中国含油气盆地论[M].北京:石油工业出版社,1996.311
- 15 李忠权,张寿庭,陈更生,等.新疆准噶尔盆地南缘构造特征差异及成因[J].矿物岩石,1998,18(3):82~86
- 16 邓起东,冯先岳,张培震,等.乌鲁木齐山前拗陷逆断裂褶皱带及其形成机制[J].地学前缘,1999,6(4):191~201
- 17 吴晓智,向书政.霍玛吐冲断构造模式的建立[J].石油地球物理勘探,1996,31(增刊1):82~87
- 18 吴晓智,王立宏,徐春丽.准噶尔盆地南缘齐古—小渠子地区构造特征及油气勘探前景[J].石油勘探与开发,1994,21(1):1~7
- 19 赵瑞斌,杨主恩,周伟新,等.天山南北两侧山前拗陷带中新生代构造特征与地震[J].地震地质,2000,22(3):295~304
- 20 李军,冯先岳,陈杰,等.霍尔果斯活动逆断裂—褶皱构造研究,活动断裂研究(2)[M].北京:地震出版社,1992.105~116
- 21 张义杰,柳广弟.准噶尔盆地复合油气系统特征、演化与油气勘探方向[J].石油勘探与开发,2002,29(1):36~39
- 22 宋岩,王喜双,房德权.准噶尔盆地含油气系统的形成与演化[J].石油学报,2000,21(4):20~25
- 23 王震量,陈荷立,宋岩.准噶尔盆地侏罗系天然气藏特征[J].石油与天然气地质,2001,22(2):133~136
- 24 王屿涛,谷斌,王立宏.准噶尔盆地南缘油气成藏聚集史[J].石油与天然气地质,1998,19(4):291~294
- 25 赵桂萍.准噶尔盆地南缘异常高压及其与油气成藏的关系[J].石油与天然气地质,2003,24(4):327~331