

塔里木盆地南缘冲断带构造特征 及其油气地质特征*

周新源^{①②} 罗金海^{②③} 王清华^②

(①石油大学, 北京 102249; ②中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司, 库尔勒 841000;

③西北大学地质学系, 西安 710069)

摘要 通过对西昆仑北缘冲断带与阿尔金北缘冲断带的典型剖面与区域动力学分析, 揭示了两个冲断带不同的构造特征、形成机制和含油气性. 西昆仑北缘冲断带以丰富的断层相关褶皱和三角带等构造类型明显不同于阿尔金北缘冲断带, 其形成过程主要与西昆仑造山带向北的推挤作用有关. 阿尔金北缘冲断带的形成过程受到了阿尔金断裂系左行走滑活动的影响, 压扭作用强烈, 冲断规模较小, 构造类型相对不丰富. 与西昆仑北缘冲断带总体垂直的阿其克构造是这两个不同冲断带相互转换的产物. 西昆仑北缘冲断带的油气藏主要赋存于与断层相关的背斜圈闭之中, 阿尔金北缘冲断带的油气藏主要赋存于与古隆起有关的低背斜—断块圈闭之中. 针对这两个构造带应该采取不同的勘探对策.

关键词 塔里木盆地 西昆仑 阿尔金 冲断带 油气前景

塔里木盆地南部分别与西昆仑和阿尔金山相邻, 山前自西向东分布着叶城凹陷、和田凹陷、民丰凹陷和若羌凹陷. 以前通常把阿尔金山作为塔里木盆地的一个组成部分, 称之为阿尔金断隆, 后来由于在阿尔金山内部发现了蛇绿岩、榴辉岩和高压变质岩石等^[1~8], 现在一般认为它是一条早古生代的碰撞造山带. 民丰凹陷和若羌凹陷是阿尔金造山带的山前凹陷, 而叶城凹陷和田凹陷则是西昆仑造山带的山前凹陷(图 1).

西昆仑和阿尔金山前都发育自造山带向盆地的

冲断构造带, 它们总体上构成塔里木盆地南缘冲断构造带. 但是, 由于这两个造山带的山前冲断带在构造特征方面的显著差异, 以及塔西南坳陷与东南坳陷在油气前景方面的不同, 长期以来, 许多研究者对西昆仑北缘冲断带进行了广泛的研究^[9~15], 对阿尔金造山带山前的冲断构造带则基本上没有进行相应的研究.

本文分别对西昆仑和阿尔金山前的典型剖面 and 地质构造进行对比分析, 试图揭示这两个山前冲断带不同的构造特征和它们之间的过渡关系, 探讨它

2003-10-17 收稿, 2004-05-20 收修改稿

* 国家重点基础研究发展规划项目(编号: G1999043303)资助

们不同的动力学成因,并在此基础上分析这两个山前构造带的油气地质特征和油气前景。

1 西昆仑北缘冲断带和阿尔金北缘冲断带的构造特征

西昆仑北缘冲断带与阿尔金北缘冲断带具有不同的构造特征,它们之间的差异不仅反映在构造样式上,也反映在地质构造的规模上(图 1)。

1.1 西昆仑北缘冲断带的构造特征

西昆仑北缘冲断带具有 5 个显著的构造特征: (i) 发育叠瓦冲断构造,这是冲断带共有的一般构造特征。在甫沙南部一带,西昆仑造山带中的元古界地层向叶城凹陷呈叠瓦状逆冲(图 2(a)); (ii) 发育断层传播褶皱(或断展褶皱, fault-propagation fold)。在叶城凹陷的甫沙与柯克亚一带,上覆地层由于吸收了伏隐伏断层的位移而形成断层传播褶皱,柯克亚油田的圈闭就是属于这种褶皱构造(图 2(a)); (iii) 发育反冲断层和三角带构造。在桑株一带,向前陆方向逆冲的断层在前方受阻后发生反向逆冲,形成反

冲断层。反冲断层与正常的逆冲断层和底板逆冲断(triangle zone),层构成一个特征的三角形区域,形成三角带构造三角带内地层多次重复,有关钻井已多次钻遇二叠系(图 2(b)); (iv) 发育断层转折褶皱(或断弯褶皱, fault-bend fold)。这种构造以和田南最为典型,隐伏逆冲断层的断面呈明显的阶梯状,发育断坪和断坡,断坡上覆地层在断层滑动时被动形成断层转折褶皱(图 2(c)); (v) 发育盲冲断层。西昆仑北缘冲断带中的断层大致以铁克里克北缘断裂(图 1 中的①)为界,南侧的逆冲断层主要是显露型的,断层的前锋已经冲出地表;而北侧的逆冲断层则主要是盲冲型的,断层的前锋仍深埋地下,最大的隐伏断裂——和田断裂(图 1 中的⑧)的前锋目前已距铁克里克北缘断裂至少 40 km。该地区之所以大量发育盲冲断层,主要与四套区域性的滑脱层位有关,即寒武系底部膏泥岩层、下二叠统普司格组(P₁p)顶部(400~670 m 厚)和底部(75~206 m 厚)泥岩、古新统阿尔塔什组(E₁a)膏盐层(0~136 m),它们较强的塑性为逆冲断层的发生提供了良好的物质基础。滑脱面的深度差异是造

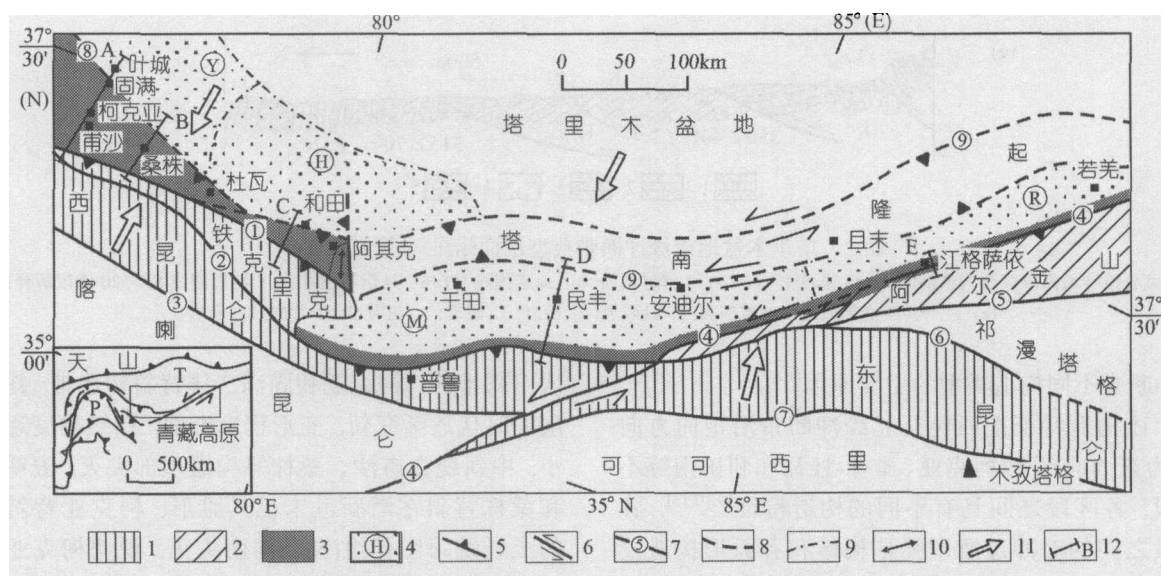


图 1 塔里木盆地南缘冲断带及邻区构造纲要图

1. 昆仑造山带; 2. 阿尔金造山带; 3. 塔里木盆地南缘冲断带; 4. 塔里木盆地南缘山前凹陷: ①示叶城凹陷, ②示和田凹陷, ③示民丰凹陷, ④示若羌凹陷; 5. 逆断层; 6. 走滑断层; 7. 区域性断裂及其编号: ①铁克里克北缘断裂(铁北断裂), ②库尔浪-乌依塔格断裂(西昆北断裂), ③康西瓦断裂(西昆中断裂), ④阿尔金主断裂, ⑤阿尔金南缘断裂(阿南断裂), ⑥吐拉-青根河断裂, ⑦木孜塔格-布喀达坂断裂(东昆南断裂), ⑧和田断裂, ⑨车尔臣断裂; 8. 隐伏断裂; 9. 塔里木盆地次级构造单元界线; 10. 阿其克背斜枢纽线; 11. 示意性的区域主压应力方位; 12. 图 2 中剖面位置及其编号。左下方小图是本文研究区位置示意图, T 示塔里木盆地, P 示帕米尔高原

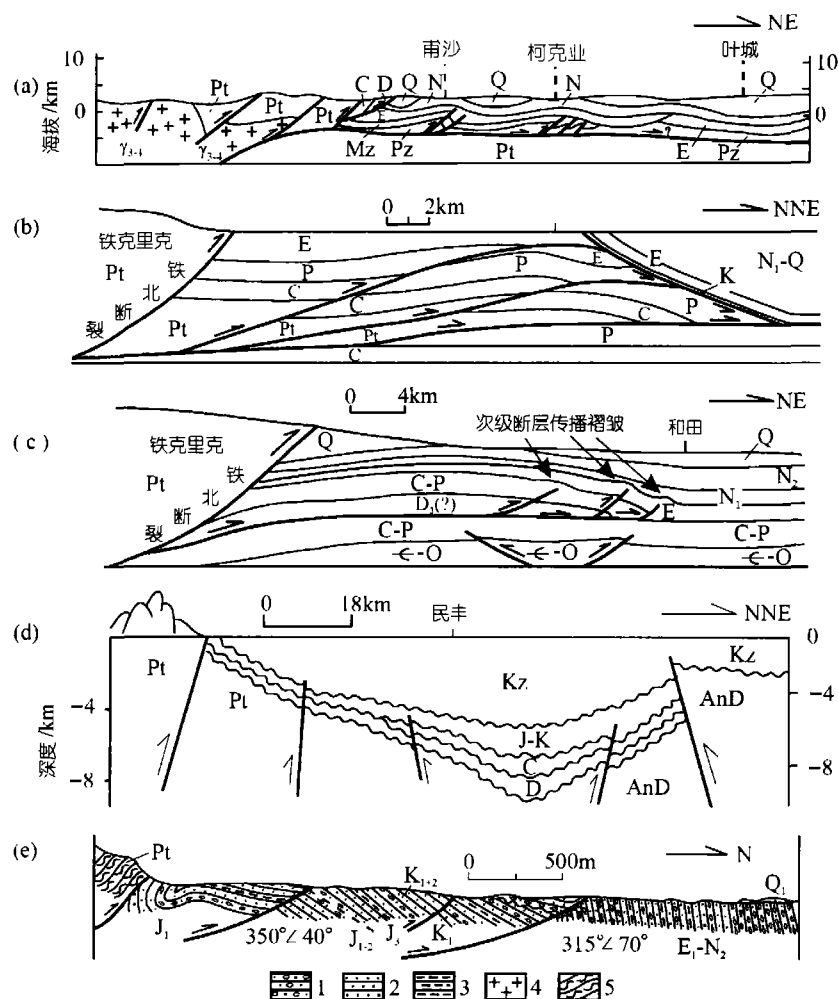


图 2 塔里木盆地南缘冲断带典型剖面(剖面位置见图 1)

(a) 新藏公路叶城南段综合构造剖面; (b) 地震测线 HT97-112 解释剖面; (c) 地震测线 HT96-204 解释剖面; (d) 地震测线 SN-520 南段解释剖面; (e) 且末县江格萨依路线地质剖面。1. 砂砾岩; 2. 砂岩; 3. 泥岩; 4. 花岗岩; 5. 片岩、片麻岩

成该冲断带不同构造类型的主要原因^[10]。

上述构造特征把西昆仑北缘冲断带沿走向方向(大致为东西向)分成柯克亚、桑株-杜瓦和田南等不同区段, 各区段之间具有不同的构造特征^[9,10,13]。各构造段之间的对冲过渡型弧形构造和各弧形构造段间的斜冲走滑带是各构造段之间的调节方式, 也是塔西南前陆盆地板内变形的产物^[9]。

西昆仑北缘冲断带是中生代以来逐渐形成的, 但现今所见的冲断带则主要是在始新世以后大规模冲断活动中形成的^[9,10]。在柯克亚一带, 从南向北依

次出露甫沙、柯克亚和固满 3 排背斜构造带, 褶皱地层的时代逐渐变新, 变形程度渐弱, 褶皱幅度逐渐减小。中新统在甫沙、桑株等构造顶部尖灭, 表明甫沙和桑株背斜在渐新世末已具雏形; 柯克亚背斜北翼的上新统阿图什组(N_{2a})向南尖灭, 说明柯克亚构造隆起时间为中新世末; 在固满背斜顶部上新统之上出现一组地层尖灭, 说明固满背斜是上新世以后开始形成的^[15]。在桑株河西岸, 上石炭统灰岩被推覆至上新统阿图什组(N_{2a})砾岩之上形成飞来峰构造。此外, 西昆仑北缘冲断带的南部边界断裂——铁克里克

北缘断裂在杜瓦一带切割了上更新统(Q_3)砾岩;在西昆仑山前普遍可以见到中更新统(Q_2)地层以角度不整合覆盖在西域组(Q_{1x})之上。这些事实说明,尽管新生代以来西昆仑北缘的冲断活动从始新世已有反映,但大规模的冲断活动则是在中新世-更新世期间完成的。

西昆仑北缘冲断带现在可能仍是活动的,理由是:(i)柯克亚一带的全新统已被卷入褶皱^[9];(ii)在一些地震剖面上,更新统中生长地层的三角形态尚未完全闭合,说明西昆仑山前冲断系的前锋断裂——和田断裂目前仍在活动。

1.2 阿尔金北缘冲断带的构造特征

与西昆仑北缘冲断带相比,阿尔金山北缘冲断带一个显著的特征是冲断构造发育程度较差,表现在两个方面:(i)冲断层的数量与位移幅度普遍小于西昆仑山前;(ii)在西昆仑北缘冲断带中发育的断层相关褶皱和三角带等构造在阿尔金北缘冲断带中不发育(图 2(d), (e))。

阿尔金北缘冲断带沿冲断方向(大致南北向)的规模不大,这一点在该地区的地势特征上表现得十分明显。在阿尔金地区的航空像片和卫星影像上,阿尔金山与民丰凹陷、诺羌凹陷在地貌上沿着阿尔金主断裂(图 1 中的④)形成强烈的反差,阿尔金山一侧地势起伏较大,而山前凹陷一侧地势较平坦。在阿尔金山与山前凹陷之间的过渡地区,存在着一个向北倾斜的缓坡地带,这个缓坡地带就是由阿尔金北缘冲断带向北的冲断活动造成的,只不过这个缓坡地带冲断方向上的规模明显不如西昆仑北缘,这种差异可能与阿尔金断裂的左行走滑活动有关。在江格萨依地区明显可以看到南侧元古界长英质片麻岩以 80° 左右的高角度向北逆冲在侏罗系煤系地层之上(图 2(e)),而侏罗系与其上覆的第三系地层组成向北的缓坡地带,该缓坡地带南北向宽约 3 km。再向北地层逐渐近水平产出。

穿过阿尔金北缘冲断带的地球物理勘探资料,特别是地震资料较少,因而在图 2 中选用了地面地质剖面(图 2(e))。该地面地质资料与有限的地震地质资料结合起来,仍然可以反映阿尔金北缘冲断带的构

造特征。它们首先说明了在阿尔金北缘存在向北的冲断构造带,而不仅仅是阿尔金断裂系的左行走滑,这也是本文立论的基础。其次,在阿尔金山前,向北冲断的冲断层下盘的中侏罗统-上新统地层呈 70° 左右的高角度向北陡倾,由于向北冲断的规模不大,在这个有限的冲断带内不可能形成明显的断层相关褶皱和三角带等构造。

侏罗纪时期,民丰凹陷和若羌凹陷地区为断陷盆地,山前地带可以看到几十米厚的侏罗系底砾岩向南超覆到元古界之上。新生代期间随着东昆仑与阿尔金山的强烈抬升,造山带向盆地推挤,盆地内的块断活动与山前带的冲断活动开始发育。冲断活动使山前的侏罗系-上新统地层陡倾,原来北倾的侏罗系底部不整合面也向北倒转。由于更新统地层近水平地以角度不整合覆盖在下伏的古新统-上新统地层之上(图 2(e)),推断阿尔金北缘的冲断活动主要发生于上新世中晚期。

与西昆仑北缘冲断带类似,阿尔金北缘冲断带现今也是活动的,在航空像片和卫星影像上,从阿尔金山脉向北流出的河流在山口处都一致地向左偏转,它们应该是阿尔金主断裂现今仍在走滑的反映,由于该断裂是压扭性的,它在左行走滑的同时也向北冲断。

2 西昆仑北缘冲断带与阿尔金北缘冲断带的过渡关系——阿其克横向转换构造

2.1 阿其克构造的特点及其形成机制分析

构造特征显著不同的西昆仑北缘冲断带与阿尔金北缘冲断带都位于塔里木盆地南缘,阿其克构造是二者之间的横向转换构造。

阿其克构造是塔里木盆地南缘冲断带中一个非常特殊的构造单元,由阿其克断背斜和阿其克断层组成(图 1)。阿其克断背斜是一个南部翘起并被铁克里克北缘断层切割、向北逐渐倾没的、枢纽近南北向的鼻状背斜。背斜核部出露的最老地层是志留系(?)浅变质岩系,上泥盆统奇自拉夫组(D_3q)砾岩、含砾砂岩以角度不整合覆盖其上。西翼地层出露完好,从核部向西依次为上石炭统、二叠系、下白垩统及古近系;

东翼被阿其克断层切割, 石炭系、二叠系及古近系断续出露. 背斜西翼地层倾角 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$, 东翼地层多直立、并有部分倒转, 显示自西向东的推覆作用. 卷入背斜的地层与西昆仑北缘冲断带中的地层类似, 由于乌恰群(E_3-N_1) wq) 已被卷入褶皱, 其形成时代主要为上新世-更新世. 阿其克断层位于阿其克鼻状背斜近核部东翼, 断面倾向 $230^{\circ}\sim 255^{\circ}$, 倾角 $65^{\circ}\sim 70^{\circ}$, 为一高角度的走滑-逆冲断层, 断层带内碎裂岩发育. 反射地震资料表明, 阿其克断层除了在阿其克背斜范围内直接出露外, 还以隐伏的方式向北延伸 40 余公里(图 1). 该构造的特殊性在于它的延伸方向与冲断带的走向是近于垂直的, 因为在一般的山前冲断带中, 褶皱构造的枢纽走向一般都是与冲断带的总体走向是一致的, 西昆仑北缘冲断带和阿尔金北缘冲断带中的其它褶皱构造都是如此.

阿其克横向转换构造是其两侧不同动力学体制相互作用的产物, 它的发育过程可以分为两个阶段: (i) 上新世-更新世期间, 西昆仑北缘冲断带的东侧沿 NNE 方向发生向北的逆冲推覆, 而东侧阿尔金断裂系的左行走滑活动产生 SW 的挤压力, 在这两个不同动力学体制的交接部位——阿其克一带则形成压扭性应力场, 在该应力场中进一步形成南北向的阿其克背斜, 背斜的西翼缓, 东翼陡, 这是由西侧的挤压动力大于东侧所致(图 3(a)); (ii) 随着挤压作用进一步增强, 沿着阿其克背斜陡翼(东翼)发生破裂, 阿

其克断层形成. 在两侧压扭性应力作用下, 阿其克断层兼具向东逆冲与右行走滑性质(图 3(b)).

2.2 塔里木盆地南缘冲断带的动力学分析

塔里木盆地南缘冲断带是塔里木地块新生代以来分别向西昆仑、东昆仑和阿尔金造山带之下陆内俯冲的结果. 横穿西昆仑—塔里木结合地带的深地震反射剖面表明, 塔里木岩石圈向南俯冲于西昆仑岩石圈之下^[16]. 尽管这种陆内俯冲的距离可能不大, 但却在西昆仑造山带与塔里木地块之间造成了近南北向的挤压应力场^[17], 在这个近南北向挤压应力场的作用下形成了西昆仑北缘冲断带. 阿尔金地区天然地震波资料表明, 阿尔金主断裂(图 1 中④)在深部以低角度南倾, 显示了阿尔金断裂系在左行走滑之外还具有从南向北的逆冲推覆特征, 反映该断裂具有压扭特征, 这种压扭作用与塔里木地块向南的陆内俯冲作用有关^[18]. 因此, 西昆仑与塔里木之间呈近南北向的挤压应力场, 而阿尔金与塔里木之间则呈近南北向的左行压扭应力场, 这种应力场性质的差别是造成西昆仑北缘冲断带与阿尔金北缘冲断带不同构造特征的动力学原因. 在横穿塔南隆起的反射地震剖面上, 塔南隆起边界断层——车尔臣断裂(图 1 中⑨)的背冲特征和负花状构造清楚地反映了该地区的压扭性区域应力场; 而在阿其克断层以西的西昆仑北缘地区则主要显示了近南北向的挤压特征.

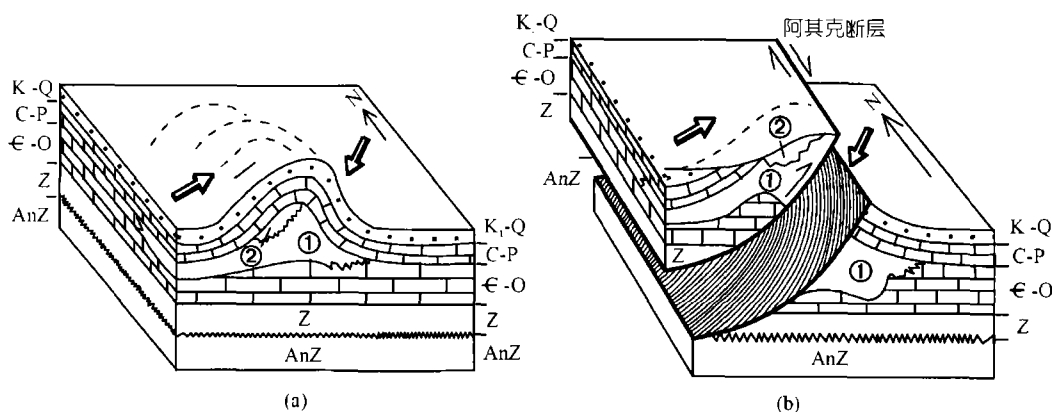


图 3 阿其克横向构造转换带的形成过程

(a) 上新世-更新世期间和田-阿其克段与于田-民丰段的非共轴挤压形成阿其克背斜; (b) 挤压作用进一步增强, 阿其克断层沿着阿其克背斜的陡翼发育. 在非共轴应力作用下阿其克断层兼具逆冲与走滑性质. ①代表志留系(?)浅变质岩, ②代表上泥盆统奇自拉夫组砾岩. 图中空心箭头代表最大主压应力轴的方向

塔里木地块的边界特征是导致上述应力场差别的主要原因之一。近菱形的塔里木地块在阿其克以西地区的边界基本平行于西昆仑造山带, 因而近南北向的挤压是近似共轴的; 而在阿其克以东地区的边界则与阿尔金造山带有较大的夹角, 因而近南北向的挤压是非共轴的, 于是便导致了压扭性应力场(图 1)。

阿尔金山前冲断构造带沿冲断方向的规模远远小于西昆仑山前冲断带(图 1), 但山前大量的中-新生界地层已经陡倾, 甚至倒转(图 2(e)), 而这种现象在西昆仑山前并不多见, 表明阿尔金山前冲断带内地层的变形也是十分强烈的, 强烈的变形应该与强烈的压扭作用相关。因此, 虽然压扭作用普遍存于一切山前冲断带中, 但压扭作用, 特别是扭动作用引起的构造变形应该引起充分地重视。

3 塔里木盆地南缘构造带的油气地质特征与勘探对策

3.1 塔里木盆地南缘构造带的油气地质特征

西昆仑北缘冲断带与阿尔金北缘冲断带不同的构造特征决定了它们具有不同的油气地质特征, 不同的油气圈闭和油气藏类型是其主要差别。

西昆仑北缘冲断带具有良好的油气地质特征, 主要取决于 3 个因素: (1) 冲断带内部发育四套主要烃源岩, 分别是: (i) 寒武-奥陶系局限台地相碳酸盐岩夹泥质岩, 有机质含量较高, 是一套优质的烃源岩^[19]; (ii) 石炭-二叠系泥岩、碳酸盐岩, 这是塔西南重要的烃源岩之一; (iii) 侏罗系煤系地层; (iv) 第三

系碳酸盐岩和泥岩; (2) 冲断带内部发育多套储层和盖层组合。储层有多种类型, 孔隙型储层广泛发育于寒武-奥陶系白云岩、石炭系生屑灰岩及其以上的砂岩储层中, 溶蚀缝洞型储层主要是下奥陶统碳酸盐岩的溶蚀缝洞型储层和石炭系碳酸盐岩由于古岩溶作用而形成的溶蚀孔缝型储集体, 裂缝型储层是在构造变形过程中伴随着褶皱和断层而形成的储层; 盖层主要是石炭系泥灰岩、泥岩夹层和古新统膏岩层; (3) 冲断带内大量发育油气圈闭。西昆仑北缘冲断带中大量的断层相关褶皱为该地区提供了良好的油气圈闭, 广泛发育的盲冲断层又为油气向圈闭的运移提供了通道, 因而总体上有利于油气成藏。该构造带的油气藏主要赋存于与断层相关的背斜圈闭之中(图 4(a))。

民丰凹陷和若羌凹陷的烃源岩主要是石炭系浅海陆棚相碳酸盐岩和侏罗系煤系及湖相泥岩, 石炭系生油凹陷位于于田-民丰一带, 侏罗纪期间发育民丰-且末-若羌 3 个沉积沉降中心。石炭-二叠系灰岩、白云岩和侏罗系碎屑岩构成储层, 在于田县普鲁发育侏罗系油砂。由于阿尔金山前冲断构造不发育, 故缺乏西昆仑山前那样的冲断圈闭构造。但正因为冲断活动较弱, 塔东南烃源岩可能保存较好, 其主要圈闭型式是与古隆起有关的低背斜-断块构造。该构造带的油气藏主要赋存于这种低背斜-断块圈闭之中(图 4(b))。安迪尔凸起是这种低幅度的古隆起之一, 该凸起的东侧为且末侏罗系生油凹陷^[20], 西侧为于田-民丰石炭系生油凹陷^[21], 凸起是两个凹陷不同时代油气运移的指向区。

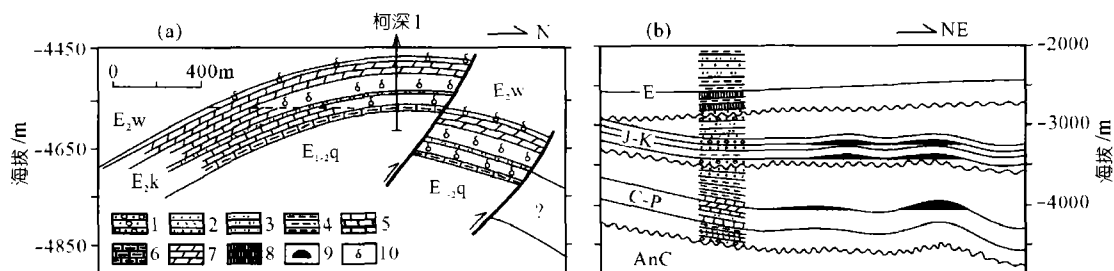


图 4 塔里木盆地南缘典型油气藏剖面

(a) 叶城凹陷柯克亚背斜卡拉塔组(E_2k)凝析气藏剖面(该图的上覆地层被略去), (b) 民丰凹陷预测油藏剖面(该图的新近系-第四系被略去)。1. 砂砾岩; 2. 砂岩; 3. 粉砂岩; 4. 泥岩; 5. 灰岩; 6. 泥灰岩; 7. 白云岩; 8. 膏岩; 9. 油藏; 10. 气藏。 E_2w 示始新统乌拉根组, E_2k 示始新统卡拉塔组, E_{1-2q} 示古新-始新统齐姆根组

3.2 塔里木盆地南缘构造带的勘探对策

塔里木盆地南缘构造带不同的构造特征需要采取不同的勘探对策。西昆仑北缘冲断带规模较大,构造类型复杂,地震资料信噪比较低,构造建模比较困难,圈闭难以落实。对该地区的油气勘探应当进一步深化区域、区带综合地质研究,加深对油气成藏条件的认识,评价和优选有利勘探方向和目标;同时加强山地震害攻关,加强对二维、三维地震资料采集与处理、解释技术的研究,以期进一步落实圈闭;此外还要加强山前构造带复杂地层条件下钻井工艺技术研究,逐步形成高陡地层防斜、巨厚砾岩层快打、膏岩及泥岩防缩井防卡、高压气层的防喷防压以及优化井身结构的配套技术。

阿尔金北缘构造带由于规模较小,油气勘探前景区主要位于冲断带前缘凹陷内的古隆起与低背斜-断块构造。针对该地区油气勘探的主要对策首先是进一步加强该地区综合地质研究,加深对油气成藏条件的认识;其次是提高在反射地震剖面上识别低幅度背斜构造的技术。

4 主要结论

(1) 塔里木盆地南缘分别发育西昆仑北缘冲断带和阿尔金北缘冲断带,这两个冲断带具有不同的构造特征和冲断规模。前者的冲断规模远远大于后者,并且以丰富的断层相关褶皱和三角带等构造区别于后者。

(2) 造成这两个冲断带不同特征的原因是它们受到的动力学体制不同。西昆仑北缘冲断带主要是在西昆仑向北的推挤作用下形成的,叶城凹陷和和田凹陷中广泛发育的滑脱层位又进一步促进了冲断构造带的形成;阿尔金北缘冲断带则是在阿尔金山向北冲断与阿尔金断裂系左行走滑的联合作用下形成的,压扭作用强烈,走滑作用的规模远远大于冲断作用的规模。

(3) 阿其克构造(包括阿其克断背斜和阿其克断层)位于这两个冲断带过渡部位,是两个不同动力学体制相互作用的产物,其动力学意义值得重视。它也是东西两侧不同冲断构造特征与油气地质特征的分界构造。

(4) 西昆仑北缘冲断带与阿尔金北缘冲断带具有不同的油气地质特征,前者的油气藏主要赋存于与断层相关的背斜圈闭之中;后者的油气藏主要赋存于与古隆起有关的低背斜-断块圈闭之中。针对这两个构造带应该采取不同的勘探对策。

参 考 文 献

- 1 车自成,刘良,刘洪福,等. 阿尔高压变泥质岩石的发现及其产出环境. 科学通报, 1994, 40(14): 1298~1300
- 2 刘良,车自成,罗金海. 阿尔金西段榴辉岩的确定及其构造意义. 科学通报, 1996, 41(16): 1485~1488
- 3 刘良,车自成,王焰,等. 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的 Sm-Nd 等时线年龄证据. 科学通报, 1998, 43(8): 880~882
- 4 郭召杰,张志诚,王建君. 阿尔金山北缘蛇绿岩的 Sm-Nd 等时线年龄及其地质构造意义. 科学通报, 1998, 43: 1981~1984
- 5 张建新,张泽明,许志琴,等. 阿尔金构造带西段榴辉岩的 Sm-Nd 及 U-Pb 年龄——阿尔金构造带中加里东期山根存在的证据. 科学通报, 1999, 44(10): 1109~1113
- 6 王焰,刘良,车自成. 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的地球化学特征. 地质论评, 1999, 45(增刊): 1010~1014
- 7 Sobel E R, Arnaud N. A possible middle Paleozoic suture in the Altyn Tagh, NW China. Tectonics, 1999, 18(1): 64~74
- 8 吴峻,李继亮,兰朝利,等. 阿尔金红柳沟蛇绿岩研究进展. 地质科学, 2001, 36(3): 342~349
- 9 曲国胜,陈杰,陈新安,等. 西昆仑-帕米尔造山带及其北缘前陆盆地内变形构造. 地质论评, 1998, 44(4): 419~429
- 10 罗金海,何登发. 西昆仑北缘冲断带和田段的构造特征. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 237~281
- 11 张国清,吴晓智,唐勇. 塔西南南沙-克里阳地区盆地接触带构造特征及油气勘探有利区带. 新疆石油地质, 2000, 21(6): 459~463
- 12 肖安成,杨树锋,陈汉林,等. 西昆仑山前冲断系的结构特征. 地学前缘, 2000, 7(增刊): 128~135
- 13 王世虎,徐希坤,宋国奇. 塔西南坳陷和田凹陷前陆逆冲断构造特征. 石油实验地质, 2001, 23(4): 379~383
- 14 刘生国,肖安成,胡望水. 塔西南坳陷西南缘构造类型与圈闭特征. 西安石油学院学报(自然科学版), 2001, 16(2): 1~5
- 15 胡望水,陈毓遂,肖安成,等. 塔西南坳陷主要断裂构造特征及其控油作用. 新疆石油地质, 1997, 18(3): 201~207
- 16 高锐,黄东定,卢德源,等. 横过西昆仑造山带与塔里木盆地结合带的深地震反射剖面. 科学通报, 2000, 45(17): 1874~1879
- 17 肖序常,刘训,高锐,等. 西昆仑及邻区岩石圈结构构造演化——塔里木南-西昆仑多学科地学断面简要报道. 地质通报, 2002, 21(2): 63~68
- 18 许志琴,杨经绥,张建新,等. 阿尔金断裂两侧构造单元的对比及岩石圈剪切机制. 地质学报, 1999, 73(3): 193~205
- 19 丁勇,宫继萍,王辉. 塔里木盆地西南坳陷生油岩综合评价. 石油实验地质, 1999, 21(4): 336~339
- 20 王建国,王林凤,周琦. 塔里木盆地东南区侏罗系油气勘探前景. 石油与天然气地质, 2000, 21(3): 259~264
- 21 车自成,刘洪福,刘良,等. 塔里木板块东南边界与塔东南盆地演化. 童晓光,梁狄刚,贾承造,主编. 塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京:地质出版社, 1996. 99~109