

塔里木盆地色力布亚断裂带变形特征和演化史

姚文倩^{1,2}, 汤良杰^{1,2}, 谢大庆³, 杨勇^{1,2}, 蒋华山³, 张宇航^{1,2}, 余腾孝³, 曹自成³

(1. 中国石油大学 盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 2. 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249; 3. 中国石化 西北油田分公司, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:色力布亚断裂带为塔里木盆地麦盖提斜坡与巴楚隆起两个构造单元间的边界断裂带,其构造样式和构造演化与巴楚地区及柯坪地区的形成演化具有一定的相关性。结合最新的钻井、测井以及二维地震资料解释,提出了原来的色力布亚断裂带可分为两个断裂带。剖面上主要表现为基底卷入高角度逆冲挤压断裂样式和正花状走滑断裂样式,与柯坪隆起上的皮羌断裂早期共同构成了皮羌-色力布亚断裂带;而亚松迪断裂属于叠加型逆冲断裂,剖面上表现为浅层倾向南西的盖层滑脱型逆冲断层和深层倾向北东的基底卷入型逆冲断层的相互叠加。平面上呈现出分段性,主要分为北段和南段。断裂带整体表现为深层高角度逆冲断裂和正花状构造样式,而南段向上切入新近系和第四系,且新近系和第四系发生微弱的褶皱变形,并且伴有局部的沿古近系的盖层滑脱。结合巴楚地区和柯坪地区的区域演化,认为色力布亚断裂带的构造演化主要经历了加里东晚期断裂形成阶段、海西晚期(二叠纪晚期)、喜马拉雅早-中期(古近纪—中新世)及喜马拉雅晚期(上新世—第四纪)4个阶段。

关键词:逆冲断裂;走滑断裂;构造演化;色力布亚断裂带;塔里木盆地

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Deformation and tectonic evolution of the Selibuya fault zone in Tarim Basin

Yao Wenqian^{1,2}, Tang Liangjie^{1,2}, Xie Daqing³, Yang Yong^{1,2}, Jiang Huashan³,
Zhang Yuhang^{1,2}, Yu Tengxiao³, Cao Zicheng³

(1. Basin and Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3. Northwest Oilfield Company, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: The Selibuya fault zone separates the Maigaiti Slope and the Bach Uplift in the Tarim Basin, and its structural styles and tectonic evolution Fault zone is related to some extent with the evolution of Bachu and Keping. Referring to the latest data of drilling, logging and 2D-seismic interpretation, we proposed that the previous defined Selibuya Fault zone be divided into two fault zones including Selibuya and Yasongdi. On sectional view, the former mainly features in basement-involved high-angle thrust extrusion and consists, together with the early Piqiang fault on Keping uplift, Piqiang-Selibuya fault zone, while the later is a superimposed thrust fault resulted from the superimposition of the SW-dipping shallow thrust fault of cap rock slipping type and the NE-dipping deep basement-involved thrust fault. On plane view, the Selibuya fault zone recognized in this paper can be divided into a north segment and a south segment. The whole Selibuya fault zone are characterized by high-angle deep thrust and positive flower structures. The south segment of this fault zone cuts upward into the Neogene and Quaternary, leading to the weak folding of the Neogene and Quaternary and the associated local decollement along the Paleogene cap rock. Combined with the evolution of Selibuya and the regional evolution of Bachu and Keping, it is believed that Selibuya fault zone went through mainly four main stages: the Late Caledonian, the Late Hercynian, the Early-Middle Himalayan, and Late Himalayan.

Key words: thrust fault, strike-slip fault, tectonic evolution, Selibuya fault zone, Tarim Basin

研究区位于塔里木盆地西部,以色力布亚-玛扎塔格断裂带为边界划分了塔西南坳陷和巴楚隆起两大

收稿日期:2012-05-08;修订日期:2013-07-08。

第一作者简介:姚文倩(1985—),女,硕士,构造地质学。E-mail:goldentimeyao@163.com。

基金项目:国家自然科学基金项目(41172125,40972090和40672143);全国油气资源战略选区调查与评价专项(2009GYXQ02-05);国家重点基础研究发展计划(“973”计划)项目(2012CB214804,2005CB422107和G1999043305);教育部博士点基金项目(200804250001);国家科技重大专项(2011ZX05002-003-001HZ);中国石油化工股份有限公司项目(P11086)。

构造单元^[1]。传统观点认为色力布亚断裂带延伸长度大于 120 km,向北延伸切断柯坪断裂与皮羌断裂相接^[1],向南延伸与康塔库木断裂呈锐角斜交,整体走向从北北西向转为北西向,其形成演化过程控制了麦盖提斜坡西段的构造演化。前人对于色力布亚断裂带性质的研究,认为是一组具有走滑性质的双重构造^[1-2],也有人认为是与皮羌断裂属于同一条断裂,走向和性质一致^[3]。对于色力布亚断裂带的分段性研究,有以下几种观点:①将其划分为色力布亚断裂和东南侧斜列的康塔库木断裂以及海米塔格断裂^[1];②认为其包括西段的色力布亚断裂和东段的康西断裂两个不同的断裂系统^[2];③将色力布亚断裂带划分为北段、中段和南段^[3-5]。就色力布亚断裂带构造演化,早期观点认为是始于海西晚期,印支期—燕山期继续活动,在燕山期有多次强烈活动^[6-8]。另一种认为是经历了三叠纪、渐新世、上新世以及第四纪 4 个阶段^[1],也有人认为经历了加里东期、中新世及更新世 3 个演化阶段^[2]。而最新的观点提出了加里东中晚期和海西期两个阶段^[5]。

在地震资料解释过程中,发现色力布亚断裂带地震反射特征具有以下特点:①断裂带两侧同一地层的倾角变化太大,且与断层的倾角不能互补;②断层带内部出现多个断点;③断层带内部出现杂乱反射或者空

白区。针对这些现象,文中提出了色力布亚断裂带走滑断裂样式,并将原来的色力布亚断裂带划分为色力布亚断裂带和亚松迪断裂带。认为色力布亚断裂带延伸长度约为 84 km,早期与皮羌断裂属于同一条断裂,并将其划分为北段和南段(图 1),在此基础上选取了过断裂带的解释剖面进行了构造带复原,识别出色力布亚断裂带形成演化主要经历的 4 个阶段。

1 色力布亚断裂与亚松迪断裂特征

主要选取了过色力布亚断裂带北段和南段的 5 条典型剖面及过亚松迪断裂的 1 条剖面进行详细描述(图 1),分析每一段断裂的几何学样式及运动学特征,将色力布亚断裂带和亚松迪断裂带进行区分,进而探讨色力布亚断裂带的活动期次。

1.1 色力布亚断裂北段

通过对 NE136(图 2)和 NE125(图 3)测线剖面解释可以看出,色力布亚主断层面倾向北东向,断层倾角在 70°~90°,向上陡峭直立。断层切断基底至中新统,古近系以下的地层基本呈等厚展布,其上地层则向北东方向逐渐超覆尖灭,而上新统一第四系沿北东向超覆于下伏地层之上,形成一个明显的角度不整合面,反

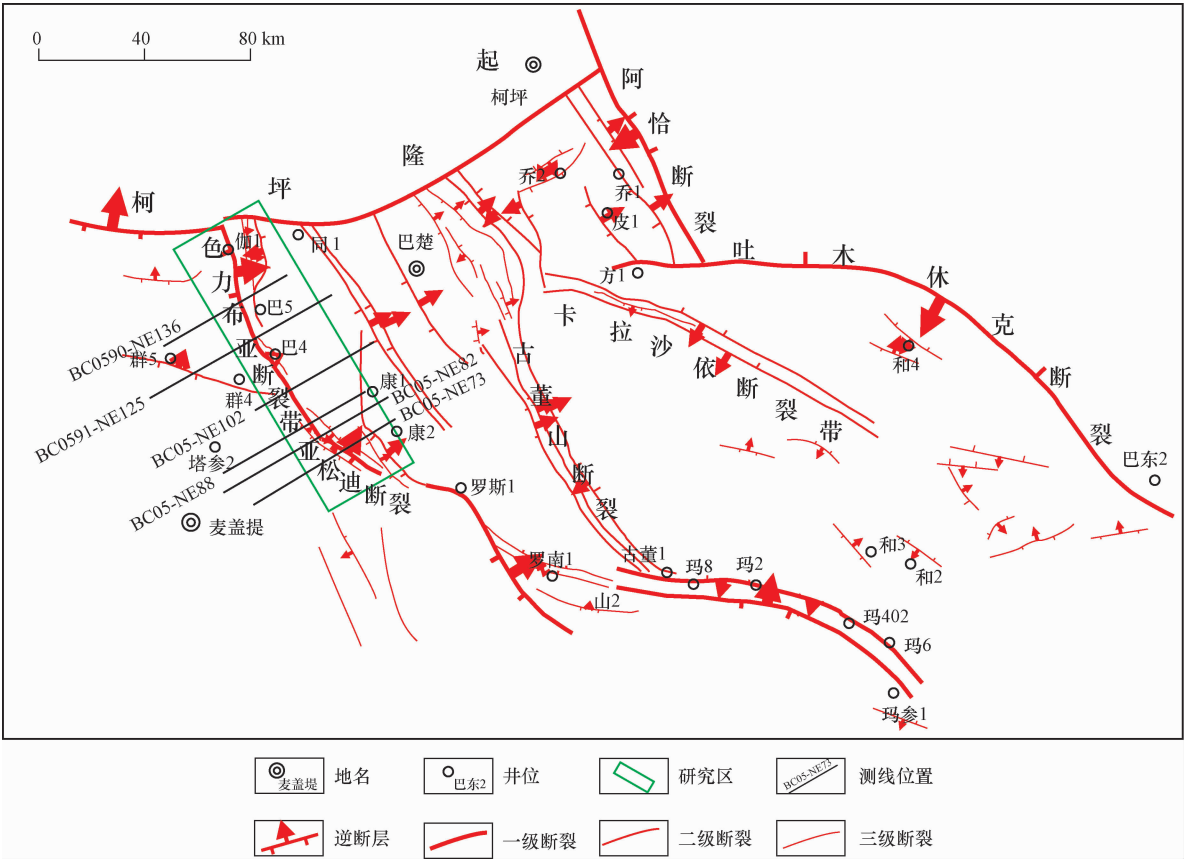


图 1 色力布亚断裂带及解释测线分布位置

Fig. 1 Map showing the distribution of the Selibuya fault zone and the location of seismic lines

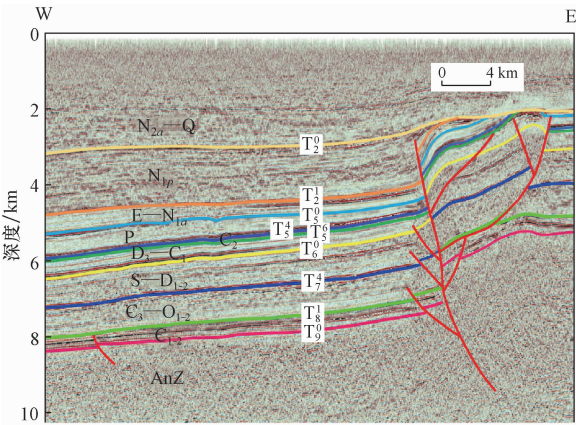


图 2 NE136 测线解释剖面(测线位置见图 1)
Fig. 2 Interpretation profile of NE136 line
(see Fig. 1 for the location)

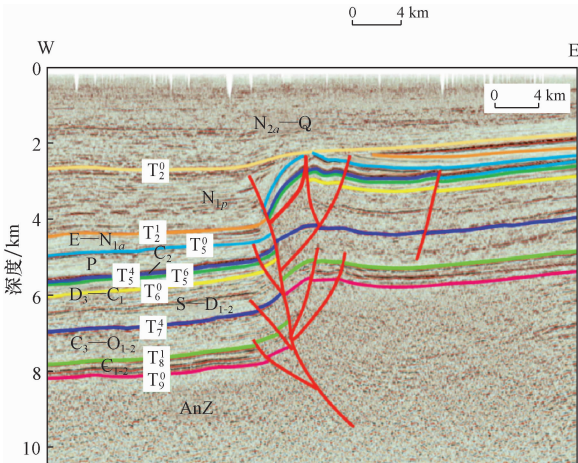


图 3 NE125 测线解释剖面(测线位置见图 1)
Fig. 3 Interpretation profile of NE125 line
(see Fig. 1 for the location)

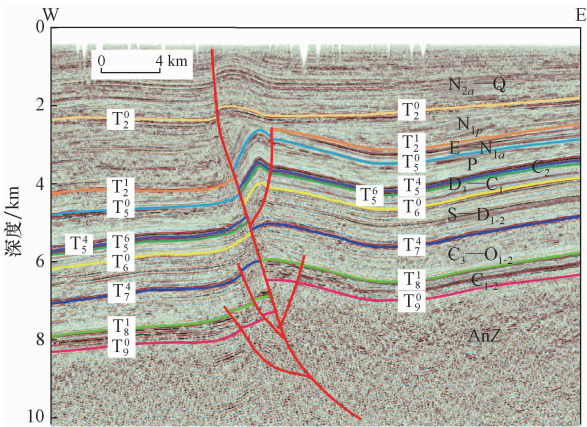


图 4 NE102 测线解释剖面(测线位置见图 1)
Fig. 4 Interpretation profile of NE102 line
(see Fig. 1 for the location)

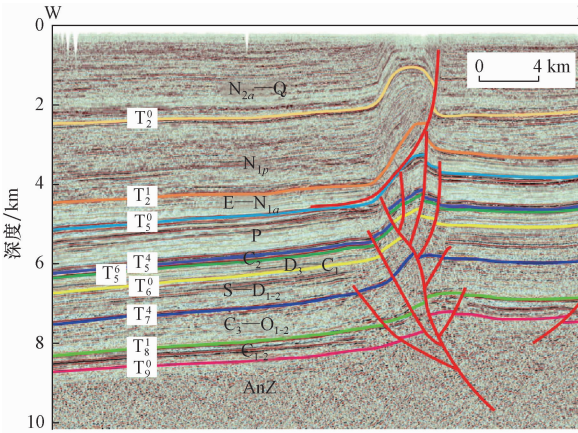


图 5 NE88 测线解释剖面(测线位置见图 1)
Fig. 5 Interpretation profile of NE88 line
(see Fig. 1 for the location)

映出色力布亚断裂带在中新世末有一次较强烈的构造运动。主断裂的上盘发育有一条反向的逆冲断层——同岗断层,为一条上陡下缓的犁状逆冲断层。该断裂沿中、下寒武统内膏岩层自西向东滑脱冲断而形成,主要切割上寒武统一中新统,断层根部沿中、下寒武统内平行延伸约 12 km 与主断层面相交终止。同岗断层的上盘同时也发育了一条与其反向的逆冲断层,与同岗断层形成了同岗构造,隆起部位缺失了石炭系—中新统,由此认为同岗构造是于上新统沉积之前而形成。

1.2 色力布亚断裂南段

色力布亚断裂向南段的变化由 NE102 测线解释剖面上可以清楚的看出(图 4),该剖面上同岗构造已经消失,后期的构造活动逐渐显现出来,色力布亚主断层向上切入了第四系。上新统以下断距大,地层变形较强,以上断距则较小,地层变形微弱,说明色力布亚断裂在第四纪发生了一定强度的活动,但其主要活动

还是发生在第四纪之前。在色力布亚主断裂的上盘可见一条伴生的反向逆冲断层,切割志留系至中新统,且与主断裂之间形成一个两翼不对称且背斜轴部近于直立的背冲背斜,北东翼陡而南西翼缓倾,判断该伴生断层是由麦盖提斜坡向巴楚隆起方向逆冲。图中还可见色力布亚主断裂的下盘伴生两条同向逆冲断层,推测是作为协调由巴楚隆起向麦盖提斜坡方向的逆冲应力而形成的。

进入色力布亚断裂带南段上新世—第四纪地层受色力布亚主断裂影响发生轻微褶皱变形的现象表现更为明显,出现了清晰的分层差异变形现象。由 NE88 测线地震剖面上可见(图 5),沿古近系膏岩层内发育一条上陡下缓的浅层逆冲滑脱断层,倾向南西,滑脱约 3km 后向上冲断第四系直至出露地表。深层断裂表现出了明显的正花状构造,主断裂继承了北段的特征。不同的是在志留系—中新统形成了多条分支断裂向上散开,在顶部形成了向上逆冲的断垒,形似“逆断层”,

各断面向下收敛,与主断层合并,具有明显的“挤压、逆断、背形”特征。至 NE82 测线地震剖面上(图 6),这种分层差异变形现象依然清晰可见,而主要的分支断裂出现在基底至志留系。

1.3 亚松迪断裂

自 NE82 测线剖面向南约 7 km 处开始,最显著的变化是色力布亚断裂上的花状构造基本消失,出现了深层基底卷入的逆冲断裂和浅层盖层滑脱逆冲断裂相叠加的构造,定义此处开始为亚松迪断裂。由 NE73 测线剖面所揭示的构造现象可以看出,深层的基底卷入逆冲断裂倾向北东,倾角约 40°,主要切断至志留系,断距较小,其上盘伴生两条并列的反向逆冲断层,倾角陡立,切断基底至中新统,断距稳定,浅层的盖层滑脱逆冲断层向上冲出地表,断面上陡下缓,阻碍了并列的两条断层向上继续伸长。

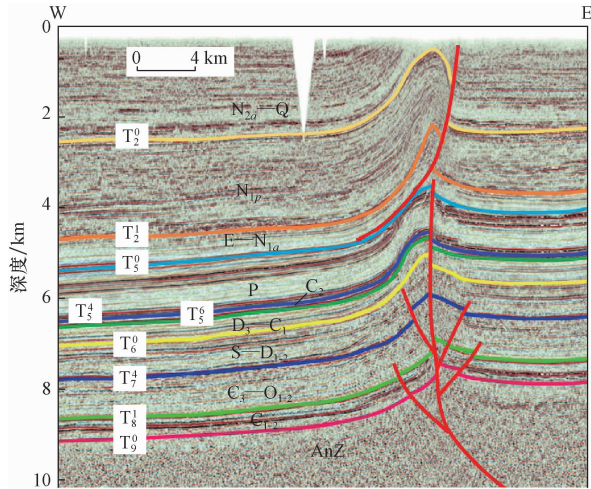


图 6 NE82 测线解释剖面(测线位置见图 1)
Fig. 6 Interpretation profile of NE82 line
(see Fig. 1 for the location)

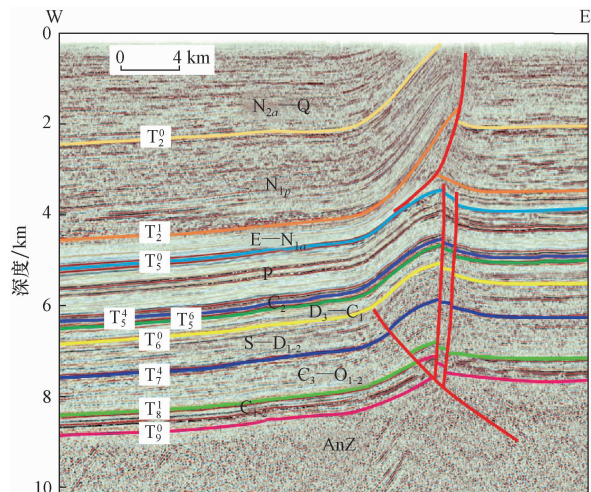


图 7 NE73 测线解释剖面(测线位置见图 1)
Fig. 7 Interpretation profile of NE73 line
(see Fig. 1 for the location)

2 色力布亚断裂构造演化

依据地震剖面上断层断开的层位、断层控制下发育的褶皱的层位来判断断层活动的起始及终止时间,然后根据断层断距大小,判定断层活动的主要时期,通常断距下大上小为长期继承发育的断层。而平衡剖面是进行构造演化分析的有效工具,基于色力布亚断裂的分段性,结合区域构造背景和沉积地层展布等,分别制作过其南段和北段的平衡剖面来分析,识别出色力布亚断裂带主要经历了加里东晚期阶段、海西晚期阶段、喜马拉雅早-中期及喜马拉雅晚期 4 个构造演化阶段。

从过色力布亚断裂带北段的 NE125 测线的演化剖面可以看出(图 8 左),色力布亚断裂带于加里东晚期在巴楚低幅隆起的背景下形成,此时断裂切穿了基底至中-下泥盆统,并在两旁侧生出分支断裂,这些分支断裂的形成主要是由于挤压作用而形成的调节断层。由断距可以看出,该时期色力布亚断裂活动性并不强。至海西晚期,可以看出,断层在强烈挤压作用下再次活动,且活动强度较大,错开的断距达到了 1 500 km。喜马拉雅时期,断层以走滑扭压作用为主,上盘因受挤压作用强烈新生了同岗断裂,且上盘缺失了部分二叠纪和古近纪地层。

从过色力布亚断裂带南段的 NE88 测线的演化剖面可以看出(图 8 右),色力布亚断裂带南段也是于加里东晚期开始形成,此时的断层形态与同时期北段形态一样,且具有两侧分支断裂进行调节作用。至海西晚期,断裂再次活动,从剖面的挤压程度及断裂的断距来看,此时断层活动性较强;至喜马拉雅期,断裂受到了强烈的走滑挤压作用,早-中期走滑作用明显,上盘表现为正花状构造,至晚期,由于古近系巨厚膏岩层系而在强烈挤压作用下发生了明显的滑脱逆冲作用冲出地表。

综合北段和南段的构造演化历史,对平衡剖面所反映出来的缩短量和缩短率的变化特征进行了分析(表 1)。从表中可以看出,色力布亚断裂带总体经历了加里东晚期、海西晚期、喜马拉雅早中期和喜马拉雅晚期等 4 期构造变形,且喜马拉雅期是活动性最强烈的时期。

3 色力布亚断裂成因机制

色力布亚断裂带的形成经历了 4 期构造的影响,加里东晚期是断裂的雏形期,海西晚期是断裂的发展期,喜马拉雅期是断裂的强烈活动期。

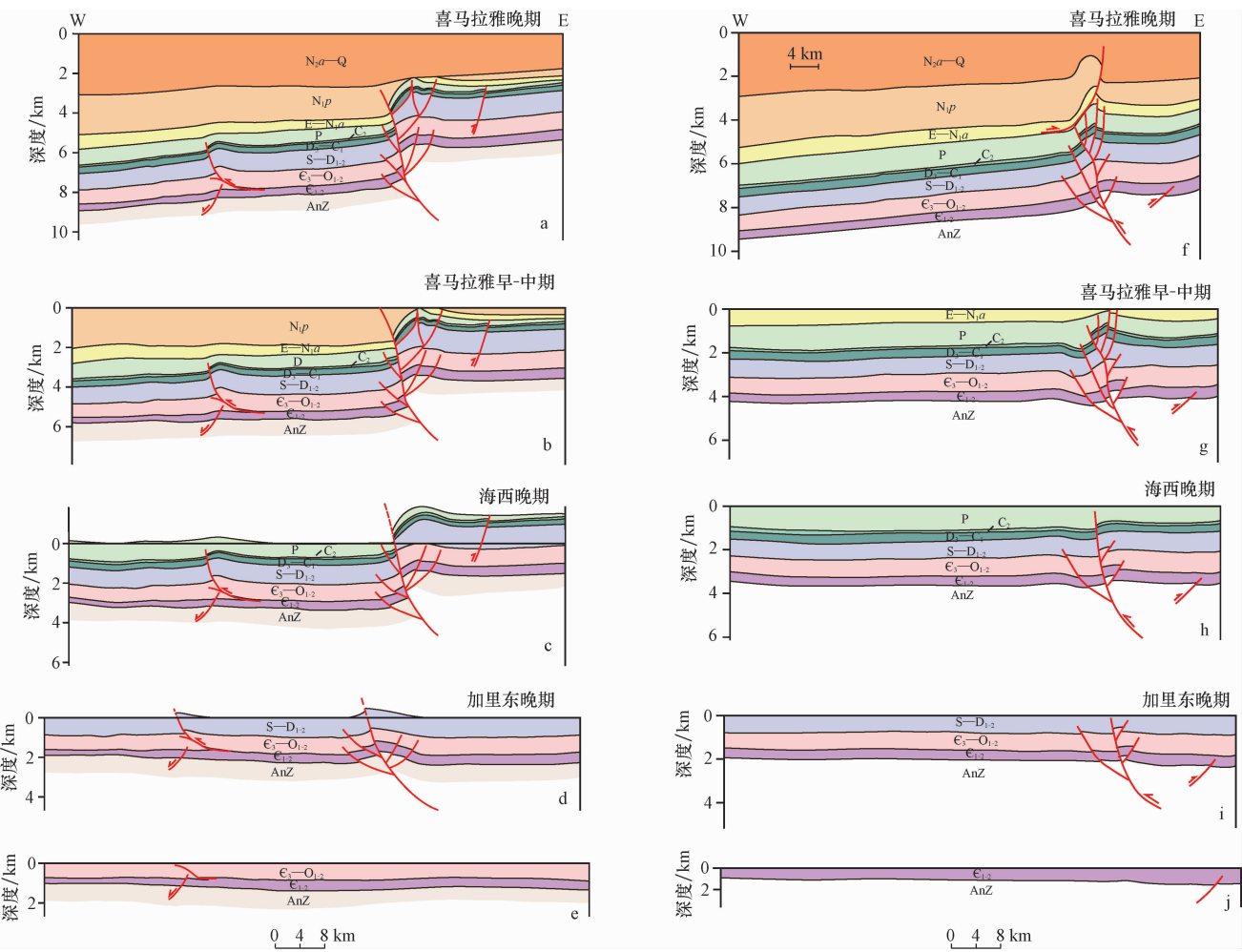


图 8 BC05-BJZY-NE125(左)和BC05-BJZY-NE88(右)测线平衡演化剖面
Fig. 8 Balanced evolution sections of BC05-BJZY-NE125 line (left) and BC05-BJZY-NE125 line (right)

表 1 麦盖提斜坡西段不同测线在不同地质历史时期的缩短量与缩短率
Table 1 Amounts and ratios of shortening of the west segment of the Maigaiti slope at different geological periods on different lines

测线	各地层沉积时期缩短量/km						现今长度/km	总缩短量/km	总缩短率/%
	E + N + Q	P	D ₃ + C	S + D ₁₊₂	Є ₃ + O ₁₊₂	Є ₁₊₂			
1	1.9	3.1	0.3	1.2	0.3	0.2	78.4	15.9	8.93
2	7.9	2.7	0.5	1.0	0.2	0.2	65.6	12.5	19.1

注:测线 1 为 BC05-BJZY-NE125;测线 2 为 BC05-BJZY-NE88。

中奥陶世末,由于南侧北昆仑洋和北侧天山洋的俯冲消减导致加里东中期运动,塔西南地区 and 巴楚西段基底整体逐渐发生抬升,在碰撞形成的挤压应力场作用下,亚松迪断层开始发育。

志留纪一中泥盆世,巴楚麦盖提地区仍处于北东倾斜的斜坡环境。由于中昆仑地体在中泥盆世末与塔里木板块碰撞,巴楚仍受到北东-南西向挤压应力场的控制,色力布亚断裂开始活动,但是活动性较弱,同时亚松迪断裂小幅活动。

晚泥盆世一中二叠世,伴随着古特提斯洋的形成,塔里木板块又处于弱伸展构造环境之中,盆地整体沉

降,巴楚与麦盖提地区沉积了一定厚度的上泥盆统一中、下二叠统。该时期还发生了较大规模的岩浆岩活动。

晚二叠世开始,古特提斯洋向中昆仑地体(这时为塔里木地块的西南缘)下俯冲导致海西晚期运动发生,塔西南及巴楚地区再次处于挤压应力作用下,色力布亚断裂复活,北段上盘二叠系被完全剥蚀,中段和南段也遭受不同程度的剥蚀。至三叠纪古特提斯洋向中昆仑地体下的俯冲加剧,巴楚、柯坪及其西南地区形成了塔西隆起,隆起普遍缺失三叠系-白垩系,这种隆升状态一直持续到白垩纪,造成古生界不同程度的剥蚀^[9-13]。

上新世开始,印度板块加速北冲,这一强烈的构造事件导致了柯坪逆冲推覆断裂带的形成,伴随着柯坪逆冲推覆作用力的传递,麦盖提斜坡、巴楚断隆随之发生右旋,此时的色力布亚断裂带以走滑为主,同时发生小规模逆冲,表现为剖面上的正花状构造。上新世末—第四纪,在印度—欧亚板块强烈挤压应力的传递作用下,色力布亚断裂带南段以及亚松迪—玛扎塔格一带,发育了沿古近系底部膏岩的盖层滑脱逆冲推覆断裂并冲出地表,由此形成了色力布亚断裂带南段的深、浅两层构造样式的叠加,而此时由于应力未能传递至色力布亚断裂北段,故未能在北段形成浅层的滑脱变形。

4 结论

- 1) 色力布亚断裂带表现为分段性及分层性,其中北段表现为逆冲+走滑作用相叠加,且具有分层性,深层表现为挤压逆冲断裂,浅层表现为走滑断裂为主的正花状构造特征;而南段表现为逆冲+走滑+逆冲作用相叠加,深层为基底逆冲断裂,中层为走滑断裂为主的正花状构造,浅层为挤压作用下形成的滑脱逆冲断层;
- 2) 色力布亚断裂带虽然具有分段性,但在其形成演化过程中两段表现出了相似性,受区域构造应力的影响,整体经历了加里东晚期断裂形成阶段、海西晚期断裂再活动阶段以及喜马拉雅早、中期和喜马拉雅晚期断裂强烈活动并最终定型阶段。

参 考 文 献

[1] 肖安成,李景义,张春生.塔里木盆地色里布亚断裂系的走滑双重构造特征[J].江汉石油学院学报,1998,20(2):6-11.
Xiao Ancheng, Li Jingyi, Zhang Chunsheng. Structure and kinematic genesis of the selibuyastrike-slip duplex in the Tarim Basin[J]. Journal of Jiangnan Petroleum Institute, 1998, 20(2): 6-11.

[2] 孟庆龙,李曰俊,敬兵,等.塔里木盆地西部巴什托普断裂的主要特征及其油气勘探意义[J].地质科学,2008,43(3):569-575.
Meng Qinglong, Li Yuejun, Jing Bing, et al. Main characteristics of the Bashituopu fault and its petroleum potential in the western Tarim Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(3): 569-575.

[3] 曹自成,杜永明,岳勇,等.巴楚隆起色里布亚断裂活动及其控油作用[J].断块油气田,2009,16(3):5-7.
Cao Zicheng, Du Yongming, Yue Yong, et al. Selibuya fault activity and its control on oil and gas in Bachu Uplift[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2009, 16(3): 5-7.

[4] 肖安成,杨树锋,李曰俊,等.塔里木盆地巴楚—柯坪地区新生代

断裂系统[J].石油与天然气地质,2005,26(1):78-85.
Xiao Ancheng, Yang Shufeng, Li Yuejun, et al. A studying of Cenozoic fracture systems in Bachu-Kalpin area, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(1): 78-85.

[5] 赵明,张兆玉,岳勇,等.巴楚隆起西段色里布亚断裂演化及其封闭性研究[J].石油天然气学报,2008,30(4):28-32.
Zhao Ming, Sun Zhaoyu, Yue Yong, et al. The study of the elvolution and sealing of the Selibuya strike-slip duplex in the Tarim Basin[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(4): 28-32.

[6] 马海陇.巴楚隆起断裂构造特征及演化[D].北京:中国地质大学(北京),2010.
Ma Hailong. The structural styles and petroleum distribution in Bachu area of Tarim Basin[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2010.

[7] 胡望水,陈毓遂,肖安成,等.塔里木色里布亚—玛扎塔格断裂系与油气[J].新疆地质,1996,14(1):61-67.
Hu Wangshui, Chen Yusui, Xiao Ancheng, et al. Doformation of Serikbuya-Mazartag Fault System in Tarim and its relation with oil-gas[J]. Xinjiang Geology, 1996, 14(1): 61-67.

[8] 张光亚,赵文智,王红军,等.塔里木盆地多旋回构造演化与复合含油气系统[J].石油与天然气地质,2007,28(5):654-663.
Zhang Guangya, Zhao Wenzhi, Wang Hongjun, et al. Multicycle tectonic evolution and composite petroleum systems in the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(5): 654-663.

[9] 谢晓安,胡素云,卢华复.探讨塔里木盆地巴楚断隆的正反转构造[J].地质评论,1998,44(1):1-6.
Xie Xiaolan, Hu Suyun, Lu Huaifu. Positive inversion structure in the Bachu Fault-Uplift in the Tarim Basin[J]. Geological Review, 1998, 44(1): 1-6.

[10] 杜永明,余腾孝,郝建龙,等.塔里木盆地玉北地区断裂特征及控制作用[J].断块油气田,2013,(2):170-174.
Du Yongming, Yu Tengxiao, Hao Jianlong, et al. Fracture characteristics and control action on hydrocarbon accumulation in Yubei area of Tarim Basin[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2013, (2): 170-174.

[11] 郑兴平,刘永福,张杰,等.塔里木盆地塔中隆起北坡鹰山组白云岩储层特征与成因[J].石油实验地质,2013,(2):157-161.
Zheng Xingping, Liu Yongfu, Zhang Jie, et al. Characteristics and origin of dolomite reservoirs in Lower Ordovician Yingshan Formation, northern slope of Tazhong uplift, Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2013, (2): 157-161.

[12] 刘亚雷,胡秀芳,王道轩,等.塔里木盆地三叠纪岩相古地理特征[J].断块油气田,2012,19(6):696-700.
Liu Yalei, Hu Xiufang, Wang Daoxuan, et al. Characteristics of Triassic lithofacies palaeogeography in Tarim Basin[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2012, 19(6): 696-700.

[13] 翟晓先.塔里木盆地塔河特大型油气田勘探实践与认识[J].石油实验地质,2011,33(4):323-331.
Zhai Xiaoxian. Exploration practice and experience of Tahe giant oil-and-gas field, Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2011, 33(4): 323-331.