

塔里木盆地巴楚隆起古董山断裂带构造特征及活动时代

杨勇^{1,2}, 汤良杰^{1,2}, 岳淑娟³, 黄太柱⁴, 云露⁴, 谢大庆⁴

(1. 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249; 2. 中国石油大学 盆地与油藏研究中心, 北京 102249;

3. 中国石化 中原油田分公司 采油工程技术研究院, 河南 濮阳 457001; 4. 中国石化 西北油田分公司, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:根据二维地震资料解释成果,利用构造解析方法建立了塔里木盆地古董山断裂带的几何学模型,确定了断裂主要活动时代。古董山断裂带构造变形复杂,其形成演化过程与塔里木盆地周缘洋盆和造山带的演化密切相关,在加里东中期、海西早期、海西中期、喜马拉雅早期和晚期等关键变革期均发生了明显的断裂活动。古董山1号和2号断层控制断裂带两侧古生代地层的厚度变化,具有多期活动特征。古董山1号断层活动时间是加里东中期Ⅰ幕和Ⅲ幕,并具有持续增强的特征。古董山2号断层形成于海西早期,之后在石炭纪、古近纪末分别经历了负反转、正反转的过程。古董山3号控制了断裂带两侧前寒武系基底南西高北东低的构造格局,形成于喜马拉雅早期。古董山4号和5号断层形成于喜马拉雅晚期,其中古董山4号断层的逆冲推覆距离达20 km,强烈的剥蚀作用导致其上盘残留地层表现为一个单斜的构造形态。

关键词:多期断裂活动;构造特征;构造反转;断裂带;巴楚隆起

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Structural characteristics and active ages of the
Gudongshan fault belt in Bachu uplift, Tarim BasinYang Yong^{1,2}, Tang Liangjie^{1,2}, Yue Shujuan³, Huang Taizhu⁴, Yun Lu⁴, Xie Daqing⁴

(1. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Basin and Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 3. Research Institute of Production Technology, Zhongyuan Oilfield Company, SINOPEC, Puyang, Henan 457001, China; 4. Northwest Oilfield Company, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: 2-D seismic data interpretation combined with structural analysis was used to build a geometry model and determine active ages of the Gudongshan fault belt. The formation and evolution of this fault belt with complicated tectonic deformation may be closely related to the evolution of oceanic basins and orogenic belts around Tarim Basin. Faulting activities were the most obvious in key tectonic periods of Tarim Basin, namely the Middle Caledonian, Early Hercynian, Middle Hercynian, Early Himalayan and Later Himalayan. Faults No. 1 and No. 2 in the Gudongshan fault belt control the thickness of the Palaeozoic strata on both sides of the belt and also show signs of multiple-stage activities. Fault No. 1 was active during phase I and III of the Middle Caledonian and shows feature of progress intensification of its activity. Fault No. 2 was developed in the Early Hercynian and successively experienced negative inversion in the Carboniferous and positive inversion at the end of Paleogene. Fault No. 3 was formed in the Early Himalayan and controlled the tectonic framework of the Precambrian basement which is higher in southwest and lower in northeast. Faults No. 4 and No. 5 were developed in the Later Himalayan. The former has a thrust displacement up to 20 km and a denudation-caused monocline at the hanging wall.

Key words: multiple-stage faulting; structural characteristics; structure inversion; fault belt; Bachu uplift

断裂构造是塔里木盆地最重要的构造活动形式之一,它在控制盆地沉降沉积、隆起剥蚀、局部构造形成及油气运移聚集等方面起着重要作用^[1-2]。塔里木盆

地大型断裂带均具有多期活动的特征,根据断裂带的几何学特征及在纵向、横向上的变化可以精确刻画断裂的活动期次^[3-8]。古董山断裂带位于巴楚隆起北西

收稿日期:2012-10-12;修订日期:2013-12-24。

第一作者简介:杨勇(1986—),男,博士,构造地质学。E-mail:yy349971854@163.com。

基金项目:国家自然科学基金项目(41172125,40972090);国家重点基础研究发展规划(“973”计划)项目(2012CB214804,2005CB422107);全国油气资源战略选区调查与评价国家专项(第二批)(2009GYXQ02-05);中国石油化工股份有限公司项目(P11086);教育部博士点基金项目(200804250001);国家科技重大专项(2011ZX05002-003-001);中国石化西北油田分公司项目(KY2010-S-053)。

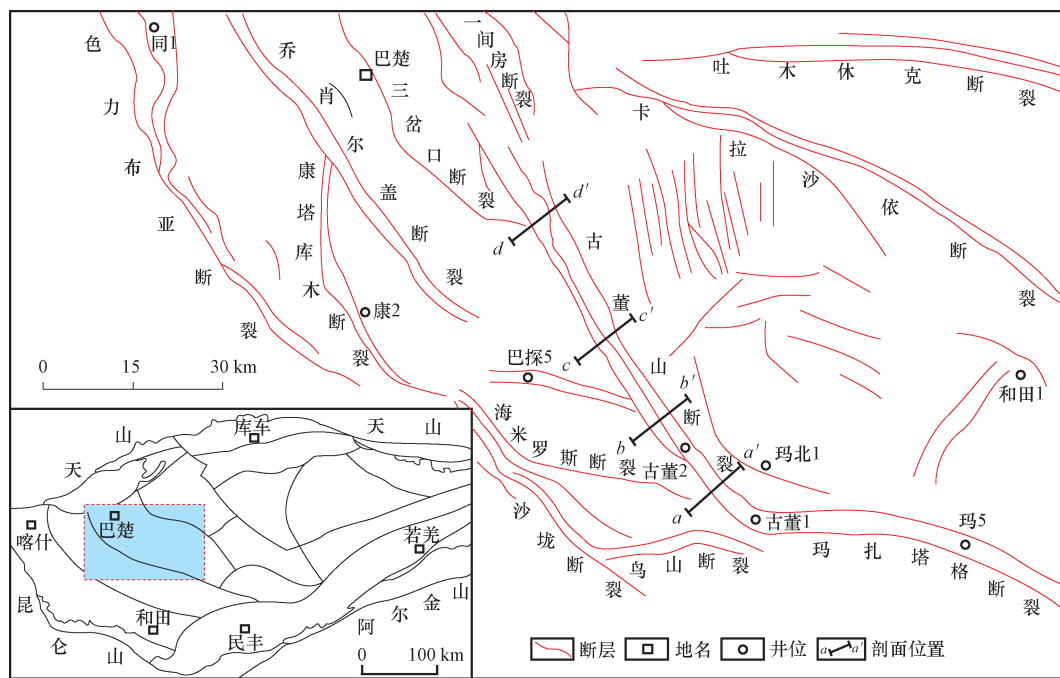


图 1 巴楚隆起南缘主要断裂带分布

Fig. 1 Distribution of the main fault belts in southern margin of Bachu uplift and location of the Gudongshan fault belt

走向-东西走向的变换部位(图1),构造变形复杂。目前在断裂带内部和两侧巴探5、古董2等数口探井,均未获得工业性油气流,岩心和电测资料表明失利的原因是目的层储层物性差、构造未落实,因此,通过古董山断裂带构造特征和活动时代的研究对认识该地区断裂系统演化和油气成藏规律有重要意义。

前人对古董山断裂带的构造变形特征和活动时代进行过大量研究,取得了不少认识:①古董山断裂带可分为两段,东南段为基底卷入型冲断层,西北段为盖层滑脱型冲断层^[9];②古董山断裂带在加里东中期、海西早期、喜马拉雅晚期发生过明显的断裂活动^[9-11],但是前人对古董山断裂带的活动时代是推测性质的,并没有对断裂活动时代进行精确的厘定和描述。为了对古董山断裂带有更深入的认识,在使用巴探5井、古董2井和玛北1井分层数据对层位进行精确标定的基础上(表1),通过地震剖面解释建立了古董山断裂带的构造几何学模型,确定了古董山断裂带内主要断裂的活动时代、运动学特征和区域动力学背景。

1 古董山断裂带构造几何学特征

古董山断裂带位于巴楚隆起中部,走向北北西向,长度约为 80 km,其向北西延伸与三岔口断裂带呈锐角相交,向南东方向延伸与鸟山断裂、玛扎塔格断裂相接(图 1)。从新的地震剖面解释成果看,该断裂带现今表

现为由北东向南西逆冲的推覆构造,断裂带内发育古董山 1 号—5 号等 5 条规模较大的逆冲断层(图 2—图 5)。文中主要选择了 4 条典型地震剖面详细分析了古董山断裂带的几何学特征,自南向北描述如下。

在 BC07-SN220 剖面上,古董山断裂带的构造特征类似于玛扎塔格断裂带^[3],发育背冲断块和在中、下寒武统膏盐岩中滑脱的逆冲断层,断层向上延伸止于上新统一第四系底面,并且滑脱逆冲断层被背冲断块一侧的断层所切断。但是古董山断裂带南段的构造变形比玛扎塔格断裂带要复杂的多,古董山 2 号断层上盘的断背斜被后期形成的古董山 4 号断层所强烈改造,仅在中下寒武统内能够观察到残留的断背斜,古董山 4 号断层上盘地层遭受了严重的剥蚀,现今表现为单斜的构造形态(图 2)。

在 BC04 - NE29 剖面上,古董山断裂带的构造变形要简单一些:古董山 2 号断层构造形态保存的完整,断层上盘已经不发发育断背斜,地层表现为单斜的构造形态(图 3)。这条剖面 and BC07 - SN220 剖面最大的不同是前寒武系基底明显具有南西高北东低的构造形态,导致中、下寒武统也是南西高北东低的构造格局,造成这种构造格局的原因是深部古董 3 号断层的活动,由于中寒武统膏盐岩的存在,这条断层是一条盲冲断层,向上并没有断入中下寒武统,仅仅是造成了断裂带内南西高北东低的构造格局。

在 BC04 - NE38 剖面上,古董山 4 号断层又切断了古董山 2 号断层,导致古董山 2 号断层仅保留下了发育在寒武系 - 奥陶系内部的那一段。古董 3 号断层

表 1 古董山地区巴探 5 井、玛北 1 井和古董 2 井揭示的古生代地层柱状图

Table 1 Stratigraphic column of the Paleozoic revealed by wells Batan-5, Mabei-1 and Gudong-2 in Gudongshan area

系	统	组	巴探 5		玛北 1		古董 2			
			底界深度/m	厚度/m	底界深度/m	厚度/m	底界深度/m	厚度/m		
二叠系	上统	沙井子组	1 104	247	1 995	706				
	中统	开派兹雷克组	1 581	477	2 462	467				
	下统	库普库兹满组	1 842	261	2 639	177				
		南闸组	1 888	46	2 748	109				
石炭系	上统	小海子组	1 970	83	2 821	73				
	下统	卡拉沙依组	2 174	204	3 124	303			555	76
		巴楚组	2 514	340	3 575	450			1 022	467
泥盆系	上统	东河塘组	2 561	47	3 610	36	1 064	42		
	中下统	克孜尔塔格组								
志留系	中下统	依木干他乌组								
		塔塔埃尔塔格组	2 706	145	3 762	152	1 340	276		
		柯坪塔格组	2 953	247	3 888	126	1 521	181		
奥陶系	上统	桑塔木	3 043	90	4 060	172	1 668	147		
		良里塔格组	3 211	168	4 307	247	1 800	132		
		恰尔巴克组								
	中统	一间房组								
		鹰山组	3 761	550	4 603	296	2 148	348		
	下统	蓬莱坝组	4 209	448	5 020	417	2 400	252		
寒武系	上统	丘里塔格下亚群	5 194	985	5 666	646				
	中统	阿瓦塔格组	5 437	243	5 989	323				
		沙依里克组	5 485	48	6 040	51				
	下统	吾松格尔组	5 681	196	6 229	189				
		肖尔布拉克组	5 799	118	6 318	89				
		玉尔吐斯组	5 802	3						

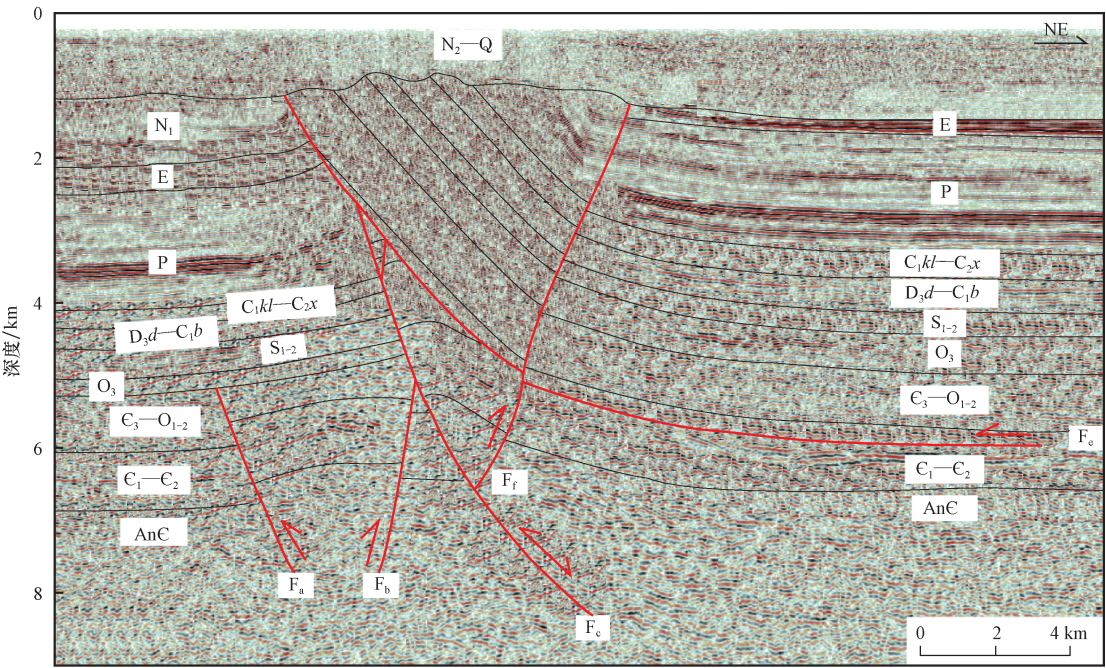


图 2 通过古董山断裂带的 BC07 - SN220 地震剖面(剖面位置见图 1 中的 a—a')

Fig. 2 BC07-SN220 seismic profile across the Gudongshan fault belt(a— a' in Fig. 1)

F_a. 古西断层;F_b. 古董山 1 号断层;F_c. 古董山 2 号断层;F_d. 古董山 3 号断层;F_e. 古董山 4 号断层;F_f. 古董山 5 号断层;

An C. 前寒武系;e₁—e₂. 中、下寒武统;e₃—O₁₋₂. 上寒武统一中、下奥陶统;O₃. 上奥陶统;S₁₋₂. 中、下志留统;D_{3d}—C_{1b}. 东河塘组—巴楚组;

C_{1kl}—C_{2x}. 卡拉沙依组—小海子组;P. 二叠系;E. 古近系;N₁. 中新统;N₂—Q. 上新统一第四系

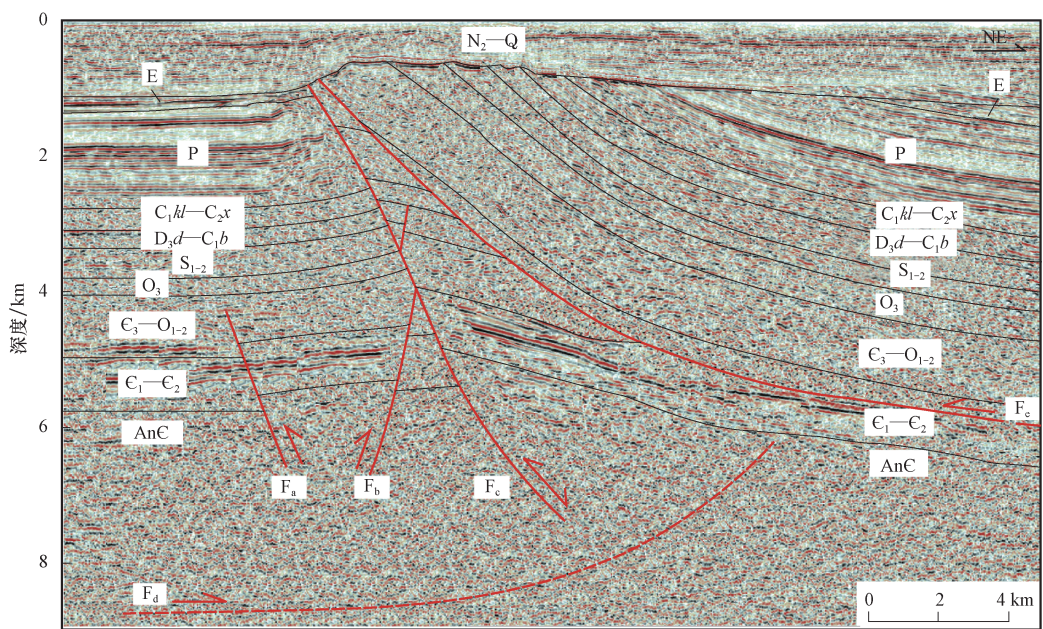


图 3 通过古董山断裂带的 BC04 - NE29 地震剖面(剖面位置见图 1 中的 $b-b'$)

Fig. 3 BC04-NE29 seismic profile across the Gudongshan fault belt($b-b'$ in Fig. 1)

(各地层的含义和断层名称同图 2。)

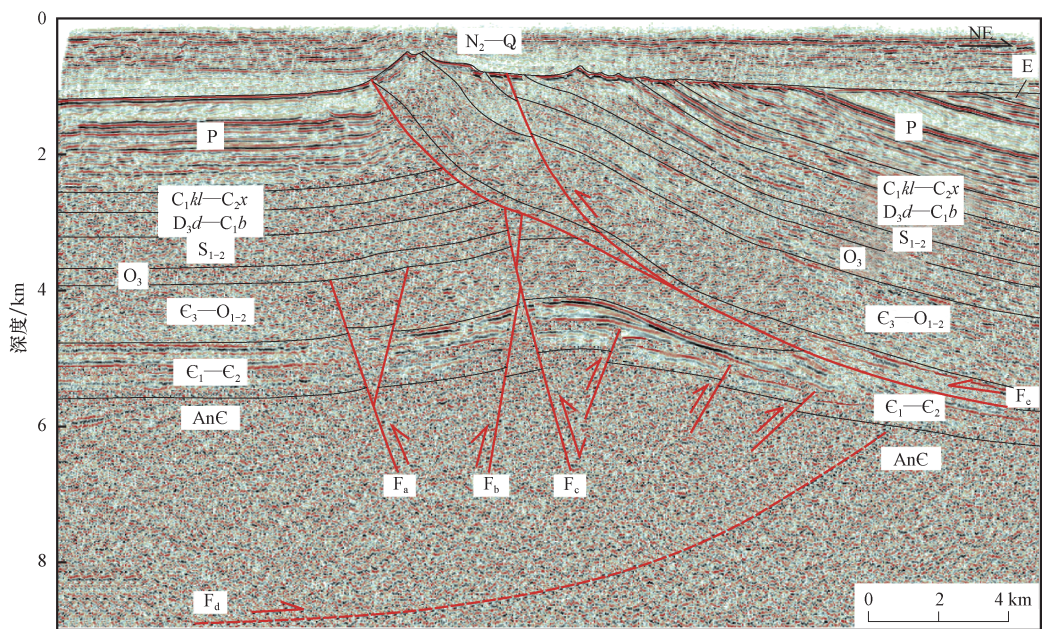


图 4 通过古董山断裂带的 BC04 - NE38 地震剖面(剖面位置见图 1 中的 $c-c'$)

Fig. 4 BC04-NE38 seismic profile across the Gudongshan fault belt($c-c'$ in Fig. 1)

(各地层的含义和断层名称同图 2。)

活动形成的断层传播褶皱在寒武系—中奥陶统内部构造形态保存比较完整,其北东翼发育有 3 条阶梯状分布的小型逆冲断层,向上延伸在中、下寒武统膏盐岩中消失。断层传播褶皱被后期的古董山 4 号断层活动所改造,从南西翼古近系被完全剥蚀,而北东翼仍然保留着少量的古近系(图 4),可以断定古董山 3 号断层的活动时间为古近纪末。

在 BC04 - NE64 剖面上,古董山 2 号断层几乎没有断距,但是仍然切断了古董山 1 号断层。由于区

域的隆升剥蚀,在古董山断裂北段中、下寒武统的埋深仅有 4 000 m,强烈的剥蚀导致古近系 - 中新统被完全剥蚀,二叠系也仅仅在断裂带南西侧有少量的残留(图 5)。

2 古董山断裂带活动时代

为了确定古董山断裂带的活动时代,统计了上述 4 条地震剖面上断裂带两侧的古生代主要地层厚度。

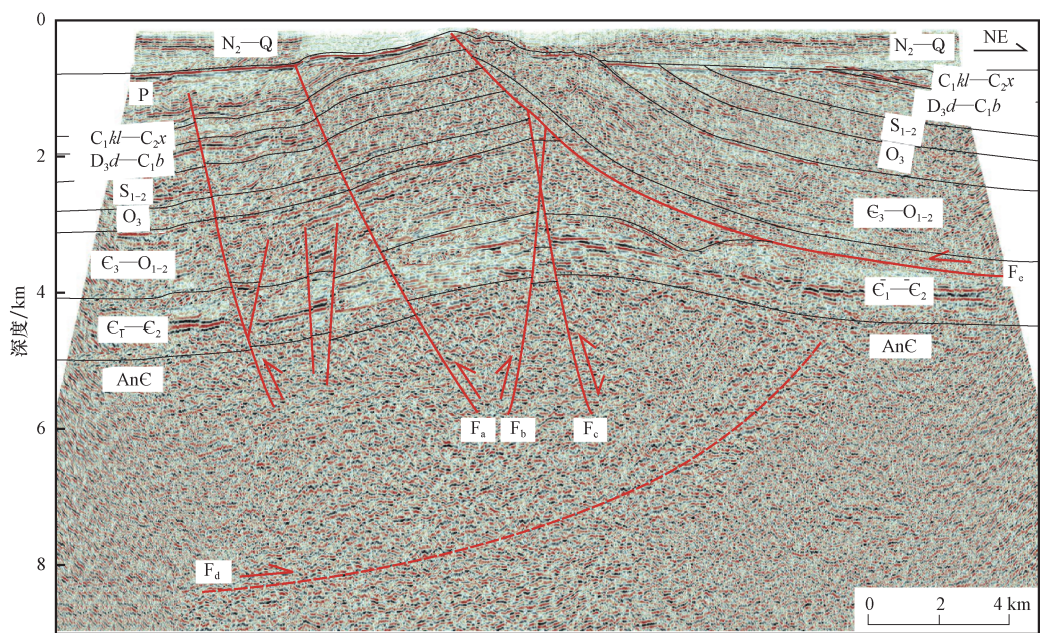


图 5 通过古董山断裂带的 BC04 - NE64 地震剖面(剖面位置见图 1 中的 $d-d'$)
Fig. 5 BC04-NE38 seismic profile across the Gudongshan fault belt($d-d'$ in Fig. 1)
(各地层的含义和断层名称同图 2。)

表 2 古董山断裂带两侧主要地震剖面上古生代地层厚度简表

Table 1 Thickness of the Paleozoic strata on both sides of the Gudongshan fault belt on the major seismic profiles of Tarim Basin

地层	BC07 - SN220 剖面			BC04 - NE29 剖面			BC04 - NE38 剖面			BC04 - NE64 剖面		
	两侧地层厚度/m			两侧地层厚度/m			两侧地层厚度/m			两侧地层厚度/m		
	南西侧	北东侧	厚度差	南西侧	北东侧	厚度差	南西侧	北西侧	厚度差	南西侧	北东侧	厚度差
P	1 604	1 608	4	1 513	1 509	-4	1 426	1 426	0	1 426	1 426	0
C_1kl-C_2x	224	348	124	244	354	110	269	372	103	298	379	81
D_3d-C_1b	307	455	148	337	460	123	372	485	113	412	494	82
S_{1-2}	394	299	-95	420	317	-103	457	327	-130	512	351	-161
O_3	241	488	247	268	487	219	278	485	207	300	486	186
E_3-O_{1-2}	594	690	96	774	839	65	870	926	56	1 036	1 069	33
E_1-E_2	914	914	0	851	851	0	822	822	0	913	913	0

上寒武统一中奥陶统、上奥陶统、东河塘组—巴楚组和卡拉沙依组—小海子组南西薄北东厚,中、下志留统则是南西厚北东薄(表 2)。结合断裂解释方案可以发现,古董山 1 号断层和古董山 2 号断层具有多期活动的特征,控制了断裂带两侧古生代地层的厚度变化。

2.1 古董山 1 号断层

古董山 1 号断层控制了断裂带两侧上寒武统—中奥陶统、上奥陶统的厚度变化,这两套地层在断层上盘(南西侧)厚度比下盘(北东侧)要薄很多(图 2—图 5,表 2),说明古董山 1 号断层在加里东中期 I 和 III 幕发生过明显的活动,造成上盘地层遭受剥蚀。

2.2 古董山 2 号断层

古董山 2 号断层控制了断裂带两侧中下志留统、东河塘组—巴楚组、卡拉沙依组—小海子组的厚度

变化,形成演化至少经历了 3 期构造变形。海西早期,古董山 2 号断层发生了一次逆冲作用,造成上盘中、下志留统遭受剥蚀,在上述 4 条典型地震剖面上,断层上、下盘残留的中、下志留统厚度比值为 0.69~0.76(表 3)。在东河塘组—巴楚组和卡拉沙依组—小海子组沉积期盆地整体的弱伸展环境中,古董山 2 号断层经历了持续的负反转活动,在东河塘组—巴楚组和卡拉沙依组—小海子组沉积期的生长指数分别是 1.20~1.48,1.27~1.55(表 3)。喜马拉雅早期,由于印度板块与欧亚大陆板块碰撞的远程效应,古董山 2 号断层复活,沿早期断面发生逆冲作用,这可以从 BC04 - NE29 剖面上该断层切入古近系并向上延伸止于上新统—第四系底面得到证实。

2.3 古董山 3 号、4 号和 5 号断层

在 BC04 - NE29 和 BC04 - NE38 等测线上(图 3

表 3 古董山 2 号断裂两侧主要地震剖面上地层厚度及地层厚度比值

Table 3 Strata thickness and thickness ratio of the corresponding strata on both sides of No. 2 fault on the major seismic profiles of Tarim Basin

地层	BC07 – SN220 剖面			BC04 – NE29 剖面			BC04 – NE38 剖面			BC04 – NE64 剖面		
	上盘厚度/ m	下盘厚度/ m	厚度比	上盘厚度/ m	下盘厚度/ m	厚度比	上盘厚度/ m	下盘厚度/ m	厚度比	上盘厚度/ m	下盘厚度/ m	厚度比
P	1 608	1 604	1. 00	1 509	1 513	1. 00	1 426	1 426	1. 00	1 426	1 426	1. 00
C ₁ kl—C ₂ x	348	224	1. 55	354	244	1. 45	372	269	1. 38	379	298	1. 27
D ₃ d—C ₁ b	455	307	1. 48	460	337	1. 37	485	372	1. 30	494	412	1. 20
S ₁₋₂	299	394	0. 76	317	420	0. 75	327	457	0. 71	351	512	0. 69

和图 4), 可以看到古董山 3 号断层活动在上覆地层中形成北东陡南西缓的断层传播褶皱, 造成了古董山断裂带前寒武系基底南西高北东低的构造格局, 在南西翼古近系被完全剥蚀, 而北东翼仍然保留着少量的古近系, 据此判断古董山 3 号断层的活动时间为古近纪末。

古董山 4 号断层是在古董山 3 号断层活动造成的南西高北东低的构造格局下形成的, 因此形成时间要晚于古董山 3 号断层, 并且古董山 4 号断层和 5 号断层向上延伸都是止于上新统一第四系底面, 结合巴楚隆起中新世末大规模断裂活动的构造背景^[12-16], 认为这两条断层的形成时间为中新世末。

3 古董山断裂带构造演化特征及断裂活动机制

古董山断裂带构造演化过程复杂, 在加里东中期 I 幕、Ⅲ幕、海西早期、海西中期、喜马拉雅早期和喜马拉雅晚期等关键变革期均发生了明显的断裂活动, 这些断裂活动与塔里木盆地周缘洋盆和造山带的演化密切相关。

中奥陶世晚期—奥陶纪末, 塔里木盆地南缘的库地洋和阿尔金洋逐渐闭合^[17-19], 受洋盆闭合产生的挤压应力的影响, 古董山 1 号断层在加里东中期 I 幕、Ⅲ幕都发生了逆冲活动, 并且在加里东中期Ⅲ幕的活动更强(图 6h, g)。

志留纪—中泥盆世, 阿尔金地块和中昆仑地块相继与塔里木板块发生碰撞, 塔里木板块南部处于碰撞后陆内挤压环境^[18,20], 古董山 2 号断层开始发育, 并切割先前形成的古董山 1 号断层(图 6f)。古董山 2 号断层在海西早期是逆冲断层, 后期在晚泥盆世—石炭纪和古近纪末先后经历了负反转和正反转的演化过程。

石炭纪, 由于古特提斯洋的扩张, 塔里木板块处于弱伸展环境并发生整体沉降^[17-18], 海西早期形成的古董山 2 号断层发生构造反转形成正断层, 这种构造反转一直持续到石炭纪末(图 6e)。

海西晚期—燕山期, 虽然盆地周缘发生了中天山地块与塔里木板块碰撞^[17-19]、甜水海—羌塘地体与塔里木板块的陆—陆碰撞^[18]、拉萨地块与古亚洲大陆的碰撞等重要的构造事件^[17-19], 但是古董山断裂带构造变形相对较弱, 表现为整体的隆升剥蚀(图 6d, 6c)。

喜马拉雅早期, 由于印度板块与欧亚大陆板块碰撞的远程效应, 周缘造山带隆升并向盆地内逆冲推覆, 古董山 3 号断层形成, 并在上盘形成断层相关褶皱, 在断裂带内形成了南西高北东低的构造格局, 此外, 在晚泥盆世—石炭纪发生负反转的古董山 2 号断层再次发生构造反转形成逆冲断层(图 6b)。喜马拉雅晚期, 由于印度板块与欧亚大陆板块开始全面碰撞, 在膏盐岩层内滑脱的古董山 4 号断层开始发育, 逆冲推覆距离达 20 km, 其上盘形成断层相关褶皱并发生强烈的剥蚀, 残留地层现今表现为一个单斜的构造形态(图 6a)。

4 结论

1) 古董山 1 号断层和古董山 2 号断层具有多期活动的特征, 控制了断裂带两侧古生代多套地层的厚度变化。古董山 1 号断层控制了断裂带两侧上寒武统一中奥陶统、上奥陶统厚度变化, 活动时期为加里东中期 I 幕和Ⅲ幕, 并且加里东中期Ⅲ幕断裂活动更强。古董山 2 号断层控制了断裂带两侧中、下志留统、东河塘组—巴楚组、卡拉沙依组—小海子组的厚度变化, 它最初是在海西早期形成的一条逆断层, 形成之后在石炭纪、古近纪末先后经历了负反转、正反转的过程。

2) 古董山 3 号、4 号和 5 号断层是在喜马拉雅期形成的。古董山 3 号断层活动时间为喜马拉雅早期, 其上盘发育的不对称褶皱造成了古董山断裂带前寒武系基底南西高北东低的构造格局。古董山 4 号断层活动时间为喜马拉雅晚期, 是一条在中、下寒武统膏盐岩层中滑脱的铲式逆冲断层, 逆冲推覆距离可达 20 km。

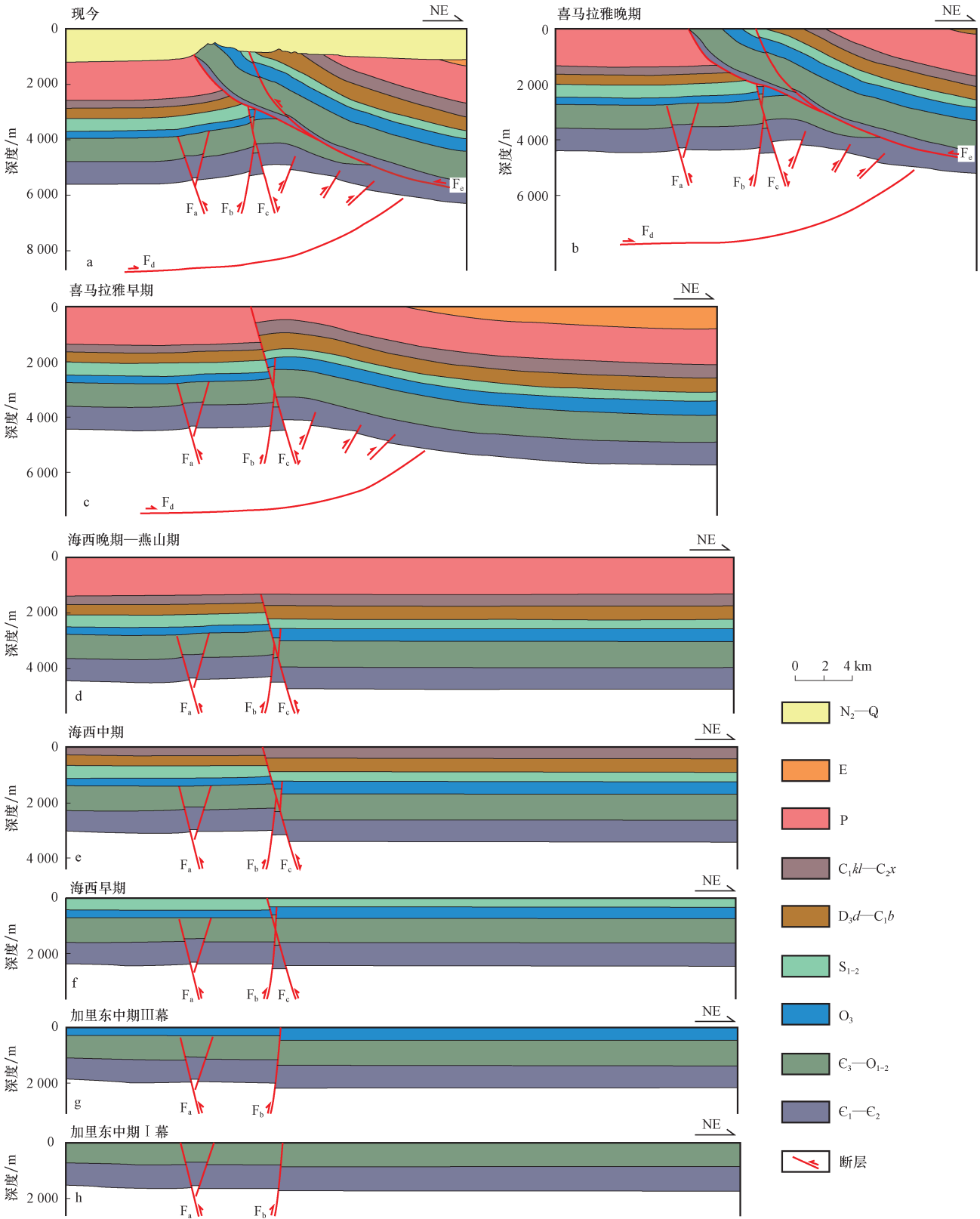


图 6 古董山断裂带构造演化剖面

Fig. 6 Tectonic evolution sections of the Gudongshan fault belt in Tarim Basin

3) 古董山断裂带自寒武纪以来发生了 6 期重要的断裂活动,复杂的断裂演化过程与塔里木盆地大的构造动力学背景是一致的,说明其形成演化可能周缘洋盆和造山带的演化有一定的关系,但是具体的动力学机制还有待于进一步探讨。

参 考 文 献

[1] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 156—165.
Jia Chengzao. Structural characteristics and oil & gas in Tarim Basin

[M]. Beijing:Petroleum Industry Press,1997:156 – 165.

[2] 汤良杰,漆立新,邱海峻,等.塔里木盆地断裂构造分期差异活动及其变形机理[J].岩石学报,2012,28(8):2569 – 2583.

Tang Liangjie, Qi Lixin, Qiu Haijun, et al. Poly-phase differential fault movement and hydrocarbon accumulation of the Tarim Basin, NW China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(8): 2569 – 2583.

[3] 杨海军,李曰俊,冯晓军,等.塔里木盆地玛扎塔格构造带断裂构造分析[J].地质科学,2007,42(3):506 – 517.

Yang Haijun, Li Yuejun, Feng Xiaojun, et al. Analysis on thrustings of the Mazhatage structural belt in the Tarim Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2007, 42(3): 506 – 517.

[4] 朱德丰,刘和甫,吴根耀.塔里木盆地西部吐木休克断裂带的主要特征和构造演化[J].地质科学,2008,43(2):207 – 227.

Zhu Defeng, Liu Hefu, Wu Genyao. Main characteristics and structural evolution of the Tumxuk fault zone in the western Tarim Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(2): 207 – 227.

[5] 赵明,孙兆玉,岳勇,等.巴楚隆起西段色力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. Evolution and sealing research of selibuya fault in the West of Bachu Uplift[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(4): 28 – 32.

[6] 孟庆龙,李曰俊,师骏,等.塔里木盆地西部色力布亚断裂和康西断裂的主要特征及活动时代[J].地质科学,2008,43(2):282 – 293.

Meng Qinglong, Li Yuejun, Shi Jun, et al. Main characters and active ages of the Serikbuya and Kangxi faults in the western Tarim Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(2): 282 – 293.

[7] 赵岩,李勇,吴根耀,等.塔里木盆地西部罗斯塔格地区断裂特征和活动时代[J].石油与天然气地质,2010,31(6):795 – 801.

Zhao Yan, Li Yong, Wu Genyao, et al. Characteristics and timing of faults in Luositage area, the western Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(6): 795 – 801.

[8] Sebastian A T, Jian G L, John W C. Structural evolution of the Piqiang Fault Zone, NW Tarim Basin, China[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2011, 40: 394 – 402.

[9] 张洪安,吴根耀,李曰俊,等.塔里木盆地西部巴楚断隆南界断裂带的主要特征和构造演化[J].地质通报,2011,30(10):1547 – 1556.

Zhang Hongan, Wu Genyao, Li Yuejun, et al. Main features and structural evolution of southern boundary fractural zone of the Bachu fault-rise in western Tarim Basin[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(10): 1547 – 1556.

[10] 赵明,王华,余腾孝,等.巴楚断隆西段古董山构造带断层封堵性与油气成藏的关系[J].中南大学学报(自然科学版),2009,40(4):1099 – 1105.

Zhao Ming, Wang Hua, Yu Tengxiao, et al. Relationship between sealing characteristics of Gudongshan tectonic belt and hydrocarbon accumulation in west part of Bachu fault-rift area[J]. Journal of Central South University(Science and Technology), 2009, 40(4): 1099 – 1105.

[11] He Guangyu, He Zhiliang, Zhang Hongan, et al. Paleozoic structural deformation of Bachu Uplift, Tarim Basin of Northwest China: Implications for plate drifting[J]. Journal of Earth Science, 2009, 20(4): 755 – 762.

[12] 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.

[13] 丁文龙,林畅松,漆立新,等.塔里木盆地巴楚隆起构造格架及形成演化[J].地学前缘,2008,15(2):242 – 252.

Ding Wenlong, Lin Changsong, Qi Lixin, et al. Structural framework and evolution of Bachu uplift in Tarim basin[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2): 242 – 252.

[14] 李曰俊,吴根耀,孟庆龙,等.塔里木盆地中央地区的断裂系统:几何学、运动学和动力学背景[J].地质科学,2008,43(1):82 – 118.

Li Yuejun, Wu Genyao, Meng Qinglong, et al. Fault systems in central area of the Tarim Basin: geometry, kinematics and dynamic settings[J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(1): 82 – 118.

[15] 任建业,张俊霞,杨怀忠,等.塔里木盆地中央隆起带断裂系统分析[J].岩石学报,2011,27(1):219 – 230.

Ren Jianye, Zang Junxia, Yang Huaizhong, et al. Analysis of fault systems in the Central uplift, Tarim Basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(1): 219 – 230.

[16] 肖安成,杨树锋,李曰俊,等.塔里木盆地巴楚隆起断裂系统主要形成时代的新认识[J].地质科学,2005,40(2):291 – 302.

Xiao Ancheng, Yang Shufeng, Li Yuejun, et al. Main period for creation of fracture system in the Bachu Uplift, Tarim Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2005, 40(2): 291 – 302.

[17] 汤良杰.塔里木盆地演化和构造样式[M].北京:地质出版社,1996:41 – 121.

Tang Liangjie. Evolution and tectonic patterns of Tarim Basin[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996, 41 – 121.

[18] 贾承造,魏国齐,姚慧君,等.塔里木盆地油气勘探丛书——盆地构造演化与区域构造地质[M].北京:石油工业出版社,1995:1 – 70.

Jia Chengzao, Wei Guoqi, Yao Huijun, et al. Oil and gas exploration books in Tarim basin: tectonic evolution and regional structural geology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995: 1 – 70.

[19] 何登发,贾承造,李德生,等.塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化[J].石油天然气地质,2005,26(1):64 – 77.

He Dengfa, Jia Chengzao, Li Desheng, et al. Formation and evolution of polycyclic superimposed Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(1): 64 – 77.

[20] 林畅松,李思田,刘景彦,等.塔里木盆地古生代重要演化阶段的古构造格局与古地理演化[J].岩石学报,2011,27(1):210 – 218.

Lin Changsong, Li Sitian, Liu Jingyan, et al. Tectonic framework and paleogeographic evolution of the Tarim basin during the Paleozoic major evolutionary stages[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(1): 210 – 218.

(编辑 高 岩)