

文章编号:0253-9985(2007)06-0755-07

塔里木盆地东南部车尔臣断裂的分段特征及动力学机制

王步清,王清华,韩利军,韩杰,王利刚

(中国石油天然气股份有限公司 塔里木油田分公司 勘探开发研究院,新疆 库尔勒 841000)

摘要:塔里木盆地东南部的车尔臣断裂是早古生代末以来长期活动的深大断裂带。直到中生代末期,阿尔金断裂系、西昆仑断裂系和车尔臣断裂系才成为统一的断裂系统。车尔臣断裂由西至东可划分为两段:西段早古生代末以来多次强烈活动,分支断裂发育;东段主要在中生代以前活动,中生代以后微弱活动。印度板块与欧亚板块碰撞的远程应力控制了车尔臣断裂中生代末以来的构造变形。中、新生代时,车尔臣断裂西段不但受阿尔金构造带的作用力,还受西昆仑构造带的作用力,因此断裂活动强度大;车尔臣断裂东段由于阿尔金构造带的挤压应力被阿尔金山的隆升及阿尔金山前的构造变形所消减,断裂活动强度小。

关键词:分段特征;动力学;阿尔金断裂;车尔臣断裂;塔里木盆地东南部

中图分类号:TE111.2 **文献标识码:**A

Segmentation characteristics and dynamic mechanism of the Che' erchen Fault in the Southeast Tarim Basin

Wang Buqing, Wang Qinghua, Han Lijun, Han Jie, Wang Ligang

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Tarim Oilfield Company, PetroChina, Korla, Xinjiang 841000, China)

Abstract: The deep and large-scale Che' erchen Fault has been active since the end of the Early Paleozoic. However, it wasn't until the end of the Mesozoic that the Altun Fault, the West Kunlun Fault, and the Che' erchen Fault, were combined as one whole system. According to the geometric and dynamic characteristics of the fault, the Che' erchen can be divided into two segments from west to east: the western segment and the eastern segment. The former with its well-developed branches has experienced several intense tectonic activities since the end of the Early Paleozoic, while the latter was active before the Mesozoic but less active after the Mesozoic. The long-distance stress resulted from collision between the Indian Plate and the Eurasian Plate had controlled the structural deformation of the Che' erchen Fault since the Mesozoic. During the Mesozoic and the Cenozoic, faulting in the western segment of the Che' erchen Fault was rather strong due to the structural stresses of both the Altun Fault and the West Kunlun Fault; while faulting in the eastern segment of the fault was less intensive because the compressive stress from the Altun Fault was offset by the rising of the Altun Mountain and the piedmont tectonization of the Altun Mountain.

Key words: segmentation characteristic; dynamics; Altun Fault; Che' erchen Fault; Southeast Tarim Basin

车尔臣断裂是塔里木盆地东南地区西北部的边界断裂。该断裂自早古生代末以来长期活动并控制了塔东南的沉积、影响了塔东南的构造变形,

对塔东南的油气生成、运移和聚集产生了重要的影响。有关研究单位和学者对车尔臣断裂进行了大量的研究并提出一些有价值的观点^[1-8], 但由

收稿日期:2007-08-28。

第一作者简介:王步清(1974—),男,博士,构造地质。

基金项目:“油气勘探和开发理论与技术”湖北省重点实验室开放课题基金资助项目(96007)。

于塔东南地区2004年以前地震测网稀、地震资料较少,研究人员对车尔臣断裂特别是其深部构造和分段特征的认识是不全面的。笔者根据塔东南地区2004—2005年新采集的地震资料进行了深入的观察和细致的解释,在地震剖面解释的基础上结合钻井资料和野外地质调查资料、利用盆地构造变形分析理论描述了车尔臣断裂的几何学特征,首次提出车尔臣断裂中、新生代构造变形的动力学机制。

1 车尔臣断裂的分段特征

1.1 平面分段特征

车尔臣断裂与阿尔金主断裂近似平行,走向为北东东向,总体呈舒缓波状,西起克里雅河一带,往北东延伸到塔里木盆地东北侧的罗布泊地区。塔里木盆地南缘早古生代末—中泥盆世的古亚洲洋演化阶段、晚泥盆世—三叠纪的古特提斯构造域活动和中生代末以来的新特提斯构造域活动对车尔臣断裂的形成与演化有重要影响。

塔里木盆地东部地区重力垂向一阶导数异常和航磁垂向一阶导数平面图显示,重力高值带和航磁正异常带沿车尔臣断裂带展布,具有雁行分布特征,指示车尔臣断裂左行走滑^①。车尔臣断裂两侧重磁异常形态、分布和幅度均有较大的差异,表明断裂两侧地层、基底和构造具有较大的差异。

平面上车尔臣断裂由西至东可分为两段。西

段克里雅河一带往北东延伸至且末附近,延伸长度在600 km以上,分支断裂发育,在平面上呈分支复合,可分为车尔臣深断裂和车尔臣主断裂。东段由古城3井向北东—北东东向延伸,延伸长度在1 000 km以上。该段车尔臣断裂中生代末以后不活动或微弱活动,几何学和运动学上是中段车尔臣深部断裂往北东方向的延伸,为隐伏断裂,地表踪迹难觅(图1)。

沿车尔臣断裂带西段断续有较老地层出露地表,由西至东出露新近系,局部可见元古界变质岩和上更新统一全新统风积黄土(图1)。由于该区域车尔臣断裂冲断活动剧烈,地层被抬升较高,使较老地层没有被全新统覆盖。在分布规律上,较老地层具有右行雁列分布特征,反映车尔臣断裂新生代左行走滑冲断。

从塔东南地区的河流转向规律可以发现新生代车尔臣断裂的活动规律。且末以西的南东—北西向河流在流经车尔臣断裂带时,河水的流向基本没有发生改变,如克里雅河、牙尔通古孜河和安迪尔河;而且末附近的车尔臣河在流经车尔臣断裂带时,其流向发生近90°的急转弯(图1)。造成这种现象的原因是且末以西的车尔臣断裂活动强度都较大,地层被总体抬升,河流垂直方向没有明显的地势差,断裂的活动对水流方向改变不大;且末附近处于断裂活动强度的一个转折带,其西南段车尔臣断裂活动强度大,东北段活动非常微弱,断裂冲断作用造成的差异抬升使地理海拔急剧变

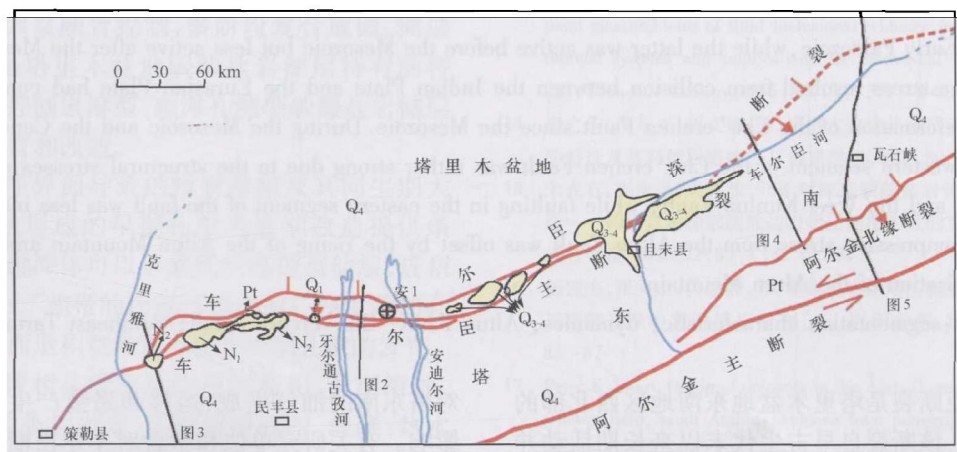


图1 车尔臣断裂带地质略图及平面几何形态

Fig. 1 Geometry and location of the Che'erchen fault belt

① 卢华复,肖中尧,王良书,等. 塔里木东部断裂系统及油气成藏主控因素研究报告. 南京大学,2006

化,在北东-南西向造成一个明显的地势差,从而使车尔臣河急剧转向(图1)。

1.2 剖面分段特征

前人研究认为策勒至克里雅河一带的断裂仍属于车尔臣断裂带,但地震剖面展示该断裂的几何学形态与车尔臣断裂的其他区段存在较大的差异,此外,在动力学机制上也难以解释与西昆仑构造带近似垂直发育的大规模断裂。卢华复等^[7]认为泥盆纪末期塔里木盆地南部发育塔南前陆冲断褶皱带,前锋断裂由西至东分别为铁克里克断裂、车尔臣断裂和龙首山断裂,它们走向基本一致,为近东西向。新生代阿尔金断裂大规模的走滑作用使这几条前锋断裂的产状发生较大的改变:铁克里克断裂与西昆仑构造带近似平行,为北西-南东走向;车尔臣断裂与阿尔金断裂带近似平行,总体为北东-南西走向;龙首山断裂与北祁连构造带近似平行,为北西-南东走向。因此,策勒至克里雅河一带的断裂实际上是车尔臣断裂与铁克里克断裂的过渡构造,相当于调节断裂,不归入车尔臣断裂带。

地震资料表明,车尔臣断裂在剖面上可分为两段:西段断裂活动强度大,早古生代末以来多次活动;从且末地区往北东称之为车尔臣断裂东段,主要是在晚古生代及以前活动,中、新生代活动微弱。

西段车尔臣断裂新生代活动强度大、分支断裂发育,可分为车尔臣深部断裂和车尔臣主断裂。车尔臣深部断裂强烈活动时间主要是在晚奥陶世—晚泥盆世。车尔臣主断裂发育多条分支断裂,靠近车尔臣主断裂北侧的断裂称为车尔臣北

支断裂,靠近车尔臣主断裂南侧的断裂称为车尔臣南支断裂(图2)。根据构造变形和地层缺失情况,车尔臣北支断裂在泥盆纪末、晚白垩世和上新世—全新世构造活动可以识别出来;车尔臣主断裂在二叠纪末、晚白垩世和上新世—全新世发生由南东向北西的冲断活动;车尔臣南支断裂在晚白垩世和上新世—全新世由南东向北西冲断。车尔臣深断裂、车尔臣北支断裂、车尔臣主断裂和车尔臣南支断裂均为基底卷入的逆冲断裂,可能具有共同的基底滑脱面,总体上活动时间由北往南依次变新,在剖面上组成后展式叠瓦逆冲断裂。车尔臣深部断裂上盘是前震旦系的残山,志留系和泥盆系填平补齐沉积在前震旦系之上;而下盘是厚度巨大的寒武系和奥陶系。车尔臣深部断裂代表了早古生代末塔东南前陆冲断带的山前逆冲大断裂,前锋断裂在现今塔里木盆地的塔东地区和塘沽孜巴斯凹陷可以发现,其代表断裂为塔东I号断裂。

上新世—全新世,车尔臣深断裂没有表现出明显的活动,而车尔臣主断裂系统这一时期强烈活动,发育生长层序,形成生长背斜,反映受持续的挤压应力作用。有关资料显示,这一期构造活动时间和构造样式与塔里木盆地北侧的库车冲断推覆构造带、西南侧的西昆仑构造带和东南侧的阿尔金构造带可以很好地对应,表明上新世—全新世塔里木盆地处于统一的挤压应力背景下,存在区域性的构造运动^[9~11]。车尔臣断裂受阿尔金走滑大断裂以及塔东南埋藏较浅刚性基底的影响,塔东南地区的构造变形强度较弱,构造变形样

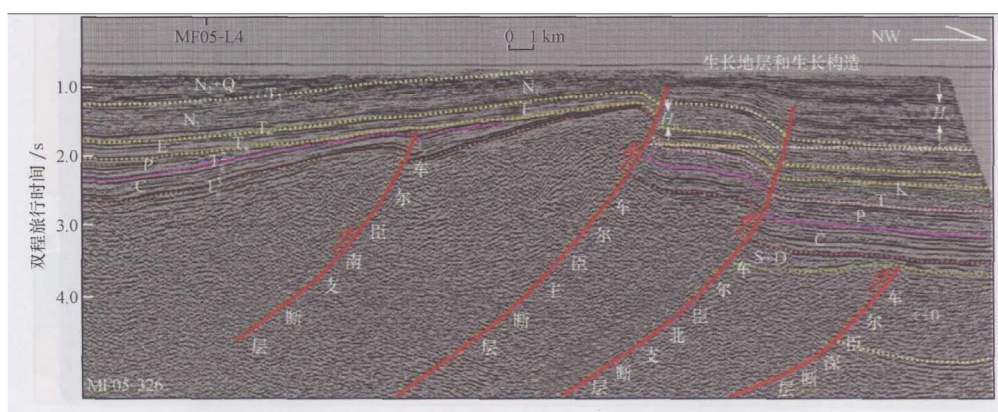


图2 车尔臣断裂西段的几何形态(1)

Fig. 2 Geometry of the western segment of the Che'erchen Fault(I)

(平面位置见图1)

式相对简单,与库车前陆冲断带、塔西南前陆冲断带具有较大的差异。

同构造沉积是逆冲褶皱造山带中的常见现象,生长地层与生长褶皱往往相伴而生^[12]。生长构造的形成方式一般有两种:与断层相关褶皱有关的膝折带迁移方式^[13,14]和翼部旋转方式^[15]。分析地震剖面 MF05-326 上层序的几何学特征,车尔臣主断裂上盘的生长地层和生长背斜的形成方式属于翼部旋转方式。生长楔的沉积速率(H_s)大于生长速率(H_u),即 $H_s/H_u > 1$,生长地层的顶部没有遭受剥蚀(图2)。

西段车尔臣断裂在剖面上分支复合,有些区域只可见车尔臣深断裂和车尔臣主断裂,分支断裂不发育,活动强度稍弱(图3),反映即使同样处于活动强烈的地段车尔臣断裂的几何学特征沿走

向上亦发生了较大的变化。

车尔臣断裂东段在中、新生代不活动或微弱活动,只能通过构造层序的差异来确定断裂的位置和形态,几何学上表现为西段车尔臣深部断裂往北东方向的延伸。车尔臣断裂下盘沉积了除泥盆系之外的所有地层,而断裂上盘即塔东南只有侏罗系及较新地层(图4)。断裂下盘寒武—奥陶系层序地层特征表明,寒武—奥陶系层序往车尔臣断裂并没有减薄,而是地震反射同相轴突然消失,显示被断裂突然切断的特征,塔东南寒武—奥陶纪的原型盆地沉积有对应地层。车尔臣断裂侏罗纪之前的多次冲断活动使塔东南寒武—奥陶系被剥蚀殆尽(图4);侏罗纪时塔东南水域逐渐扩大,大范围沉积了具有填平补齐特征的侏罗系和白垩系;中生代末及以后,车尔臣断裂发生微弱活

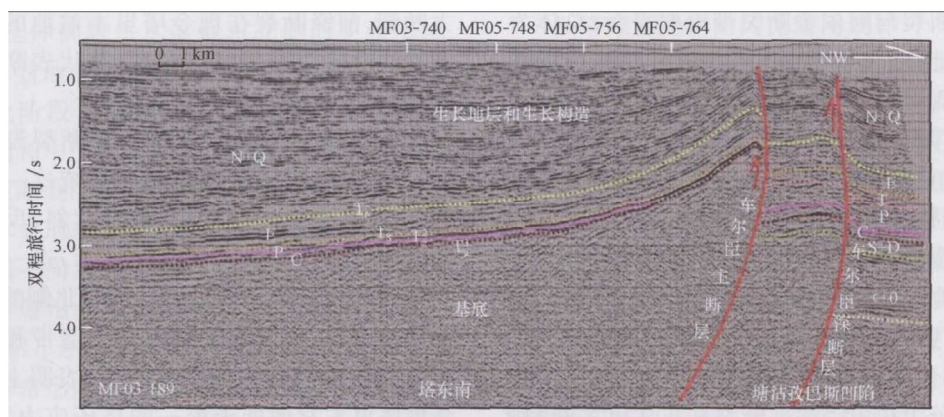


图3 车尔臣断裂西段的几何形态(2)

Fig. 3 Geometry of the western segment of the Che'erchen Fault(II)

(平面位置见图1)

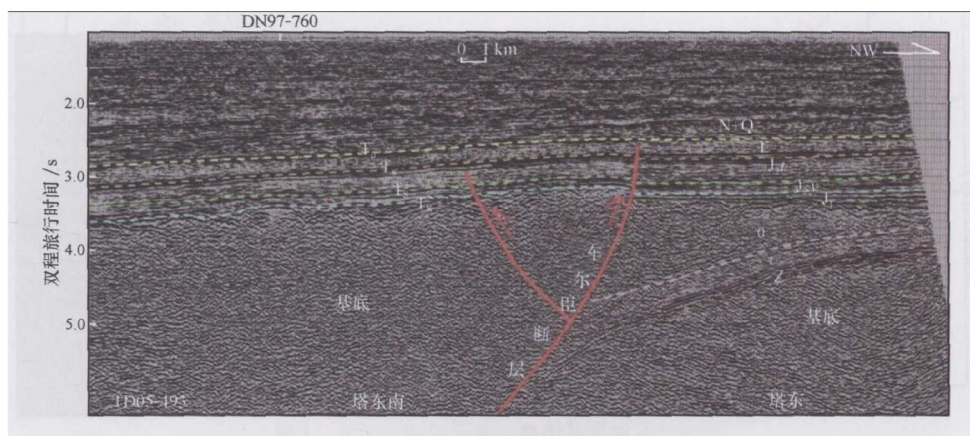


图4 车尔臣断裂东段的几何形态

Fig. 4 Geometry of the eastern segment of the Che'erchen Fault

(剖面位置见图1)

动,断裂错断侏罗系和白垩系;新生代时地层微弱变形。

2 车尔臣断裂与阿尔金断裂的关系

关于阿尔金断裂,前人进行了大量的研究。由于研究方法的不同、采样地点的不同以及个人研究思路的差异,对阿尔金断裂的认识也有较大的差异。有研究人员认为阿尔金构造带的早期可能是一条早古生代的板块俯冲-碰撞带^[16,17];崔军文等认为阿尔金断裂晚古生代开始活动^[18];岩石地球化学研究表明,阿尔金西段榴辉岩与柴北

缘鱼卡、绿梁山、锡铁山和都兰北等处的榴辉岩相似,张建新等据此推断阿尔金主断裂加里东期活动以来左行走滑总量达 400 km^[19];刘永江等认为阿尔金断裂从中生代开始活动^[20]。

对柴达木盆地和塔东南地区的研究表明,阿尔金断隆在中生代时并没有分割塔东南瓦石峡凹陷和柴达木盆地,阿尔金大规模隆升主要发生于新生代。首先,塔东南的侏罗系与柴北缘的侏罗系往阿尔金山的沉积不是超覆尖灭,而是被阿尔金北缘或南缘断裂突然切断;其次,塔东南的侏罗系地震相研究表明,瓦石峡凹陷南缘阿尔金山前带中侏罗统杨叶组为深湖相沉积,粒度较细,反映经过了较长

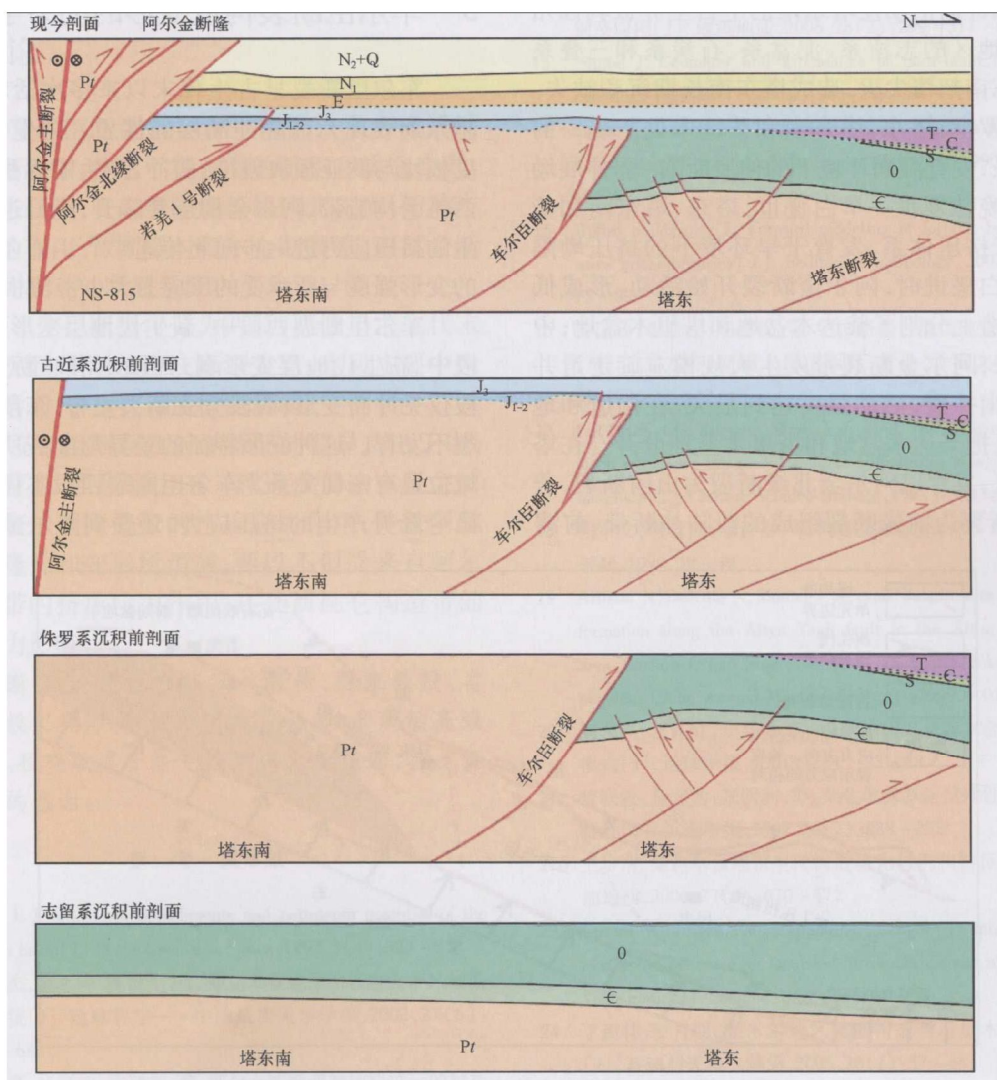


图5 过塔东南 NS-815 测线的地质-地球物理演化剖面

Fig. 5 Geological-geophysical evolutionary profile across seismic line NS-815 in the Southeast Tarim Basin
(平面位置见图1;虚线表示不整合接触)

距离的搬运^①;最后,塔东南与柴北缘的侏罗纪—古近纪经历了相似的构造演化,早侏罗世发育伸展断陷沉积、中侏罗世发育弱伸展断陷沉积、晚侏罗世—早白垩世转变为干旱环境下的挤压断陷沉积、晚白垩世整体隆升剥蚀、古近系发育稳定的弱伸展断陷沉积^[21,22],相似的构造演化表明现今分割的两个盆地当时具有相似的构造和古地理环境。

图5所示的过阿尔金—塔东南—塔东的地质地球物理综合演化剖面表明,车尔臣断裂严格控制了侏罗系以前的地层分布。车尔臣断裂相当于早古生代末的塔南前陆冲断带的山前断裂,而塔东断裂则相当于当时隐伏于地下的前锋断裂。这一次前陆冲断活动使塔东南的下古生界被剥蚀殆尽,塔东地区的志留系、泥盆系、石炭系和三叠系等往塔东南超覆尖灭,造成塔东南长期沉积缺失。早、中侏罗世,塔东、塔东南和柴达木处于统一的伸展体系,发育湿润环境下的伸展断陷—弱伸展断陷沉积;晚侏罗世—早白垩世,塔东、塔东南和柴达木处于挤压体系,发育干旱环境下的挤压断陷沉积;晚白垩世时,阿尔金断裂开始活动,形成低隆,在构造上分割了柴达木盆地和塔里木盆地;中新世以来,阿尔金断裂带发生大规模左旋走滑并向北、向南扩展,活动强度达到最大,在构造和地理上明显把柴达木盆地和塔里木盆地分开。在塔东南地区,发育以阿尔金北缘断裂为山前断裂、若羌 I 号断裂为前锋断裂组成的前陆冲断带,前渊

处于若羌 I 号断裂附近,前陆斜坡为若羌 I 号断裂到车尔臣断裂带附近,车尔臣断裂带为前缘隆起。因此,瓦石峡凹陷中新世末以来的盆地性质可归为前陆盆地,其特点是范围较小、缺少薄皮推覆构造。天然地震层析成像的结果显示,塔东南插入阿尔金断隆之下 80 km,在山前断裂带有较厚的中、新生代沉积物质被卷入变形^[23],反映了冲断推覆变形的构造地质特征。

车尔臣断裂活动时间早、活动期次多,阿尔金北缘断裂活动时间较新、活动次数相对较少,两者在时空上构成后展式的断裂构造样式(图5)。

3 车尔臣断裂构造变形的动力学机制

车尔臣断裂早古生代末以来多次活动,晚加里东期表现为前陆冲断层的性质。中生代末,印度板块与欧亚板块碰撞、俯冲,产生的远程应力使西昆仑构造带、阿尔金构造带隆升,隆升过程中产生的挤压应力进一步向北传递^[24,25]。车尔臣断裂的变形强度与所承受的压应力大小密切相关。

车尔臣断裂西段中、新生代地层变形强烈,东段中、新生代地层变形弱;西段走滑冲断变形,东段仅见冲断变形;西段分支断裂发育,东段分支断裂不发育。这种变形特征的差异与断裂所处的区域位置有密切关系。车尔臣断裂西段不但承受西昆仑隆升产生的挤压应力,还受到阿尔金隆升产

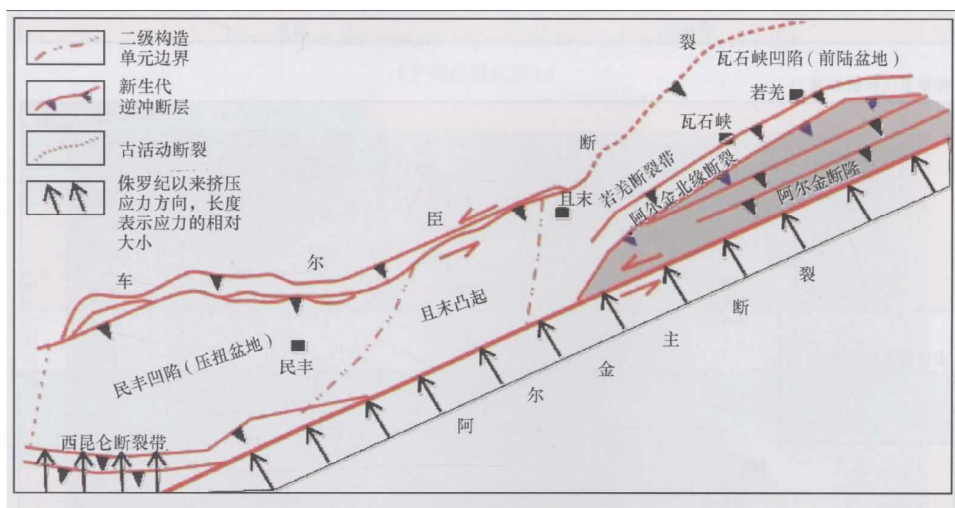


图6 塔东南上新世以来的构造应力和盆地类型示意图

Fig. 6 Sketch map showing the structural stress and basin types in the Southeast Tarim Basin since the Pliocene

① 肖中尧,范卫平,齐英敏,等.塔东南及邻近地区石油地质评价及目标优选研究报告.塔里木油田公司勘探开发研究院,2006

生的挤压应力,因而断裂活动强度大、分支断裂发育;同时由于西段具有多个挤压应力方向,导致车尔臣断裂平面组合复杂,具有走滑冲断活动的特征。车尔臣断裂东段主要受阿尔金断裂带的挤压应力作用,阿尔金构造带向北的挤压应力使阿尔金山隆升,构造应力被消减较多,挤压应力往北西快速消减,瓦石峡凹陷南缘山前带产生了少量北东向逆冲断裂和褶皱,形成若羌构造带,而瓦石峡凹陷北西侧断裂基本不发育,车尔臣断裂东段在中、新生代仅有轻微活动(图6);地震解释与构造成图表明,车尔臣断裂东段的走滑变形在平面和剖面上都难以识别。

4 结论

1) 车尔臣断裂是早古生代末以来多次活动的深大断裂带,控制了塔东南的沉积和构造变形。中生代末以来,受南缘印度板块向北碰撞、俯冲产生的应力作用,该断裂与阿尔金断裂系、西昆仑断裂系成为统一的断裂系统。

2) 车尔臣断裂可分为两段:西段早古生代末以来多次强烈活动,分支断裂发育;东段主要中生代以前活动,中生代以后微弱活动。

3) 车尔臣断裂几何学特征的差异是由于中、新生代时东、西段受力不一致造成的。东段主要受来自阿尔金构造带的挤压应力作用,并被阿尔金山的隆升和变形所消减;西段不但受来自阿尔金构造带的挤压应力作用,还受西昆仑构造带的挤压应力影响。

致谢:本论文得到陈汉林教授、贾东教授、肖中尧高级工程师、罗俊成高级工程师、齐英敏高级工程师、程晓敢博士等专家和老师的帮助,在此表示诚挚的感谢。

参 考 文 献

- 1 Tang L J. Multilevel detachments and petroleum potential of the Tarim basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 1992, 5(4): 327 ~ 338
- 2 汤良杰,金之钧,戴俊生,等.柴达木盆地及相邻造山带区域断裂系统[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 2002, 27(6): 676 ~ 682
- 3 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[J]. *地质学报*, 1999, 73(3): 193 ~ 205
- 4 王凤俊,丁长辉,刘兴晓,等.塔里木盆地车尔臣断裂带构造-岩相特征及形成机理探讨[J]. *世界地质*, 2005, 24(1): 53 ~ 57
- 5 史华安,秦江红,陈玉华,等.新疆车尔臣河平原深部第四系划分研究[J]. *干旱区地理*, 2003, 26(3): 239 ~ 245
- 6 温声明,丁长辉,刘兴晓,等.塔里木盆地塔东南地区构造特征[J]. *石油地球物理勘探*, 2005, 40(S0): 19 ~ 24
- 7 卢华复,王胜利,罗俊成,等.塔里木盆地东部断裂系统及其构造演化[J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(4): 433 ~ 441
- 8 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]. *石油与天然气地质*, 2005, 26(1): 64 ~ 77
- 9 雷刚林,张因伟,刘志宏.库车前陆逆冲带生长地层及其在油气勘探中的意义[J]. *新疆石油地质*, 2001, 22(2): 107 ~ 111
- 10 刘胜,汪新,伍秀芳,等.塔西南山前晚新生代构造生长地层与变形时代[J]. *石油学报*, 2004, 25(5): 24 ~ 28
- 11 崔军文,张晓卫,李朋武,等.阿尔金断裂:几何学、性质和生长方式[J]. *地球学报*, 2002, 23(6): 509 ~ 516
- 12 张广良,张培震,闵伟,等.逆冲-褶皱造山过程中生长地层识别及应用[J]. *地震地质*, 2006, 28(2): 299 ~ 311
- 13 Suppe J. Geometry and kinematics of fault-bend folding[J]. *American Journal of Science*, 1983, 283: 684 ~ 721
- 14 Suppe J, Medwedeff D A. Geometry and kinematics fault-propagation folding[J]. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 1990, 83: 409 ~ 454
- 15 Rafini S, Mercier E. Forward modeling of forland basins progressive unconformities[J]. *Sedimentary Geology*, 2002, 146(1): 75 ~ 89
- 16 何国琦,李茂松,刘德权,等.中国新疆古生代地壳演化及成矿[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,香港:香港文化教育出版社,1994. 43 ~ 47
- 17 Liu Liang, Che Zicheng, Wang Yan, et al. The evidences of Sm-Nd isochronage for the early Paleozoic ophiolite in Mangya area, Altun mountain[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1998, 43(9): 754 ~ 756
- 18 崔军文,唐哲民,邓晋福,等.阿尔金断裂系[M]. 北京:地质出版社,1999. 39 ~ 49
- 19 Arnaud N, Delville N, Montel J M, et al. Paleozoic to Cenozoic deformation along the Altyn Tagh fault in the Altun Shan massif area, Eastern Qilian Shan, NE Tibet, China[R]. *American Geophysical Union Annual Meeting Abstracts*, 1999. 1 018
- 20 刘永江,葛肖虹,叶慧文,等.晚中生代以来阿尔金断裂的走滑模式[J]. *地球学报*, 2001, 22(1): 23 ~ 28
- 21 曾联波,金之钧,张明利,等.柴达木侏罗纪盆地性质及其演化特征[J]. *沉积学报*, 2002, 20(2): 288 ~ 292
- 22 王步清.柴达木盆地新生代构造演化与沉积特征[J]. *新疆石油地质*, 2006, 27(6): 670 ~ 672
- 23 Gerard Wittlinger, Paul Tapponnier, Geogees Poupinet, et al. Tomographic evidence for localized lithospheric shear along the Altyn Tagh Fault[J]. *Science*, 1998, 282: 74 ~ 76
- 24 丁道桂,罗月明.帕米尔地区碰撞构造与塔里木盆地的改造[J]. *石油与天然气地质*, 2005, 26(1): 57 ~ 64
- 25 何治亮,毛洪斌,周晓芬,等.塔里木多旋回盆地与复式油气系统[J]. *石油与天然气地质*, 2000, 21(3): 207 ~ 213

(编辑 李 军)