

杨顺虎, 苗来成, 朱明帅, 等. 蒙古戈壁天山断裂带晚新生代构造变形与构造地貌研究[J]. 中国地质, 2014, 41(4):1159-1166.  
Yang Shunhu, Miao Laicheng, Zhu Mingshuai, et al. Late Cenozoic structural deformation and tectono-geomorphic features along the Gobi-Tianshan Fault System[J]. Geology in China, 2014, 41(4): 1159-1166(in Chinese with English abstract).

# 蒙古戈壁天山断裂带晚新生代构造变形 与构造地貌研究

杨顺虎<sup>1</sup> 苗来成<sup>1</sup> 朱明帅<sup>1</sup> 李兴波<sup>1</sup> 李景晨<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 2. 陕西省地质调查中心, 陕西 西安 710016)

**摘要:** 跨越中蒙边境线的戈壁天山断裂带是一条大型左旋走滑断裂带, 东西展布约 700 km。通过解译分析 Landsat ETM 卫星遥感影像和 SRTM 数字高程模型(DEM)数据, 对戈壁天山断裂带晚新生代构造活动及其地貌特征进行了研究。结果表明, 沿戈壁天山断裂带发育了一系列断层陡坎、系统的水系错位、挤压脊等典型的走滑构造地貌类型。遥感影像解译结果还显示 3 处系统水系错位, 均受戈壁天山断裂左旋走滑运动的影响, 表现出系统的左旋水平位错。结合历史地震数据、先存的基底构造和断层系统, 本区地震活动性呈现出不可预测性和复杂性。此外, 发育在断裂带上的 3 个大型挤压脊构造中: Karlik Tagh 和 Gurvan Sayhan 就位于走滑断裂的终端, 其走滑分量减弱并逐渐转为以逆冲分量为为主的构造特征。Nemegt Uul 位于 2 条不连续的走滑断裂的汇合和叠置部位。走滑断层均穿过了挤压脊构造, 同时伴随有逆冲作用分量, 造成了挤压脊沿走向和垂直走向上的构造地貌生长, 显示了是陆内造山带演化的重要过程。

**关键词:** 晚新生代; 构造地貌特征; 挤压脊构造; 戈壁天山断裂带

**中图分类号:** P546 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2014)04-1159-08

中亚地区是研究新生代陆内构造变形和山脉隆升的理想场所, 其新生代构造活动很大程度上受制于印度板块向北与欧亚板块持续汇聚和碰撞挤压的远程效应<sup>[1-5]</sup>。与备受地质学家青睐的邻区——青藏高原相比, 从青藏高原以北直至蒙古国中部杭爱山以南地区的新生代构造活动研究程度较低。其活动构造展布范围、活动样式和构造变形的几何学、运动学特征研究主要是通过遥感解译、大地测量数据及有限的野外调查<sup>[4-10]</sup>获取。

跨越中蒙边境线的戈壁阿尔泰山—天山地区的戈壁天山断裂带构造位置特殊, 是该区域内一条大型左旋走滑断裂带, 近东西延伸超过 700 km。对该条断裂新生代以来的构造活动研究资料匮乏<sup>[4, 11, 12]</sup>,

限制了区域地质研究进展, 而它对调节印度板块与欧亚板块碰撞挤压产生的构造变形起着非常重要的作用<sup>[13, 14]</sup>。因此该断裂带新生代以来的构造活动研究, 对于认识和理解陆内构造变形的地球动力学机制具有重要意义。

本文在高分辨率遥感影像解译分析的基础上, 结合前人资料, 对戈壁天山断裂带新生代以来的几何学、运动学特征及其区域构造地貌形态进行了分析研究。

## 1 地质特征

戈壁天山断裂带位于青藏高原以北杭爱山以南地区, 区域上保留了古生代古亚洲洋的闭合过程

收稿日期: 2014-06-04; 改回日期: 2014-06-16

基金项目: 中国地质调查局项目(1212011120332、1212010561510、1212011120330)和科技部科技基础性工作专项(2012FY120100)联合资助。

作者简介: 杨顺虎, 男, 1986 年生, 博士生, 构造地质学专业; E-mail: yangshunhu@mail.iggcas.ac.cn。

中陆壳的增生和拼贴历史的记录<sup>[15-17]</sup>。这一时期由地块边界断裂、蛇绿岩缝合带、变质组构以及线性的岛弧杂岩体等共同构成的基底断裂为区域构造格架奠定了基础,产生了NWW、NEE、W-E 3个走向的地表构造痕迹,并限定了随后的陆内构造变形<sup>[10, 15, 17-23]</sup>。戈壁天山断裂带便是在此基础上继承而来,受到印度—欧亚大陆碰撞作用影响在晚新生代重新活动。该断裂近E-W走向,横切了较老的NW-SE走向的基底断裂,构成了区域上左旋转换挤压带,有调节戈壁阿尔泰、北山地区地壳向NE方向位移的作用<sup>[8, 11, 24, 25]</sup>。戈壁天山断裂带西端线性构造明显,并显示左旋走滑构造特征,而东端则以高角度逆为主要特征<sup>[4]</sup>。

## 2 卫星遥感影像数据及处理方法

活动构造研究过程中所应用的数据源很大程度上来自于卫星遥感影像数据。本研究获取了美国15~30 m的空间分辨率的Landsat ETM (Landsat Enhanced Thematic Mapper)和SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) 90 m空间分辨率的数字高程地形模型(DEM)影像数据。本文利用ArcGIS, ENVI等遥感影像处理软件对上述遥感数据进行了影像增强、融合、镶嵌、解译等相关处理。这些经过处理的卫星遥感影像为高纬度干旱地区活动构造分析提供了行之有效的辅助手段。

## 3 构造地貌特征分析

基于SRTM数字高程地形图像(DEM)提取的

研究区域地形坡度图(图1),可以很好地显示由于断层作用造成的地形坡度陡变现象。在此基础上解译出的研究区域的地质构造解译图。戈壁天山断裂带表现出了非常明显的线性构造,呈E-W向延伸至少700 km,同时清晰可见发育在新生代冲、洪积扇上的断层陡坎等地貌特征,受现代冲积扇的影响,断裂痕迹在东端连续性不是很好,但空间上仍断续分布。在SRTM数字高程地形图像和Landsat ETM卫星遥感影像上,断裂所在地盆—山构造地貌特征明显,受区域构造格局控制也呈现出NWW、NEE、W-E向3个方位展布。新生代冲积物大量发育,指示了区域构造隆升以及邻近山脉的剥蚀情况。受干旱少雨气候影响,区域内河流不发育,多为内流河,流域面积较小。戈壁天山断裂带是晚新生代左旋走滑断裂,地貌上沟通了天山山脉最东端正在隆升的巴里坤塔格和喀尔力克塔格以及戈壁阿尔泰山西南端,向东延伸连接了Nemegt Uul,终止于外蒙古南部Gurvan Sayhan地区。几何形态上显示为典型的左旋走滑断裂构造地貌特征<sup>[27]</sup>。

### 3.1 新生代构造活动性证据

由于特殊的地理位置以及恶劣的气候因素,研究地区基础设施薄弱,实地野外考察难度很大,因此,相应的晚新生代构造演化和第四纪以来的构造地貌特征主要依赖于卫星遥感影像的解译<sup>[28, 29]</sup>。在许多地区,可以通过以下特征来识别晚新生代的构造地貌活动性,山前呈蛇曲状弯曲(图2-a,c);发育在第四纪冲积物上的断层陡坎(图2-b,d~g)以及深切河谷也可以指示正在抬升中的造山运动等。同

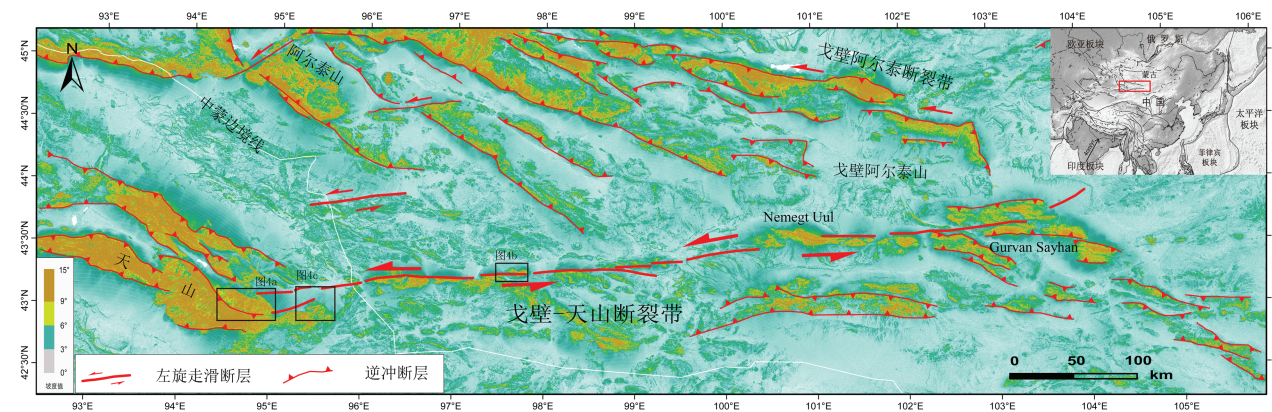


图1 研究区地理位置、地形坡度及地质构造解译图(内插图示研究区位置<sup>[26]</sup>)

Fig.1 Mosaic of the study area converted into a slope grid showing area with terrain slopes and geological interpretation of the Gobi-Tianshan area (insert shows approximate location of the study area<sup>[26]</sup>)

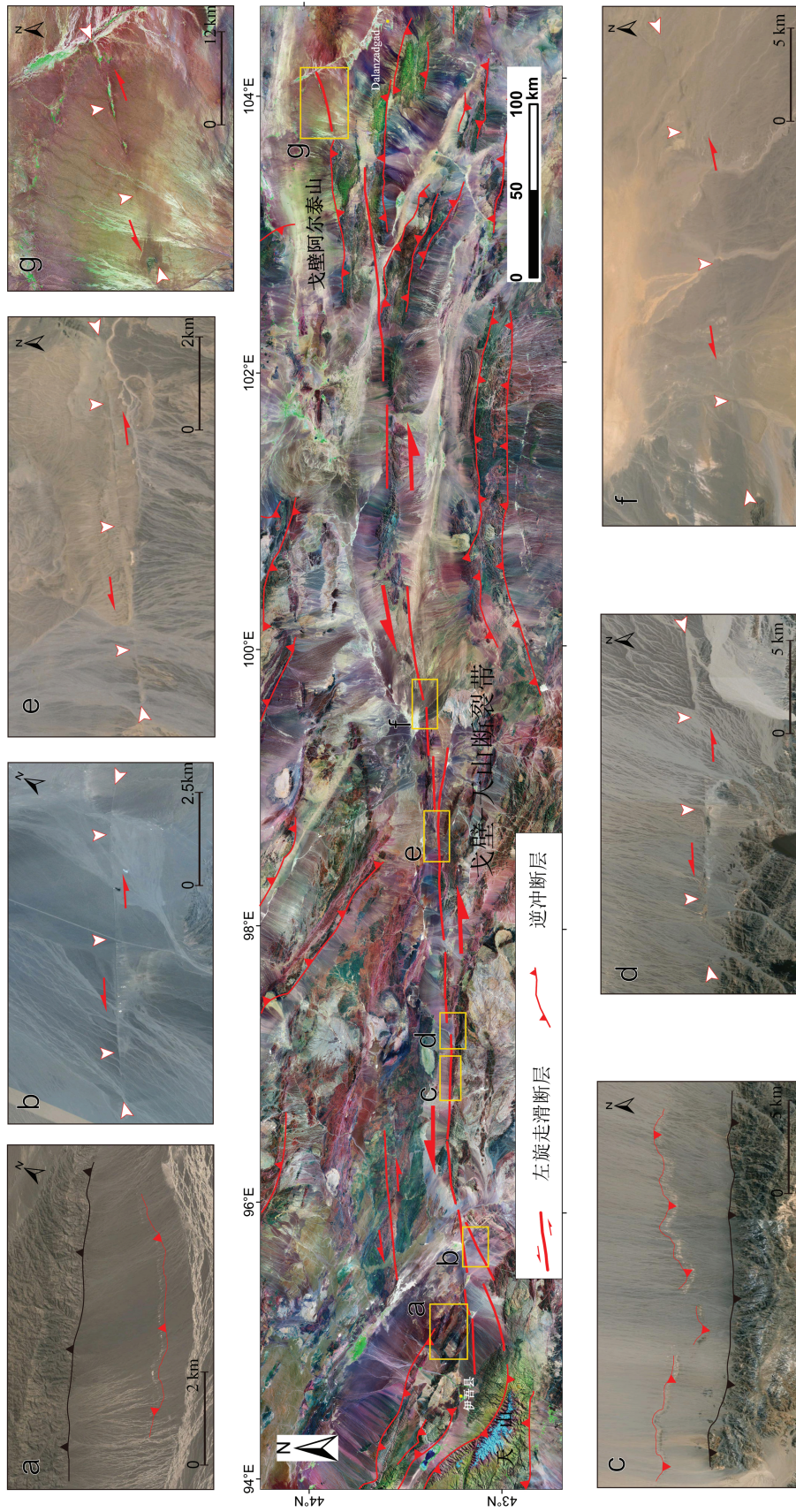


图2 新生代构造活动性解释图(a~f)影像来自 Google Earth)  
 a,c—山前蛇曲地貌, 指示逆冲断层痕迹; b,d-g—断层陡坎地貌, 指示左旋走滑断层痕迹  
 Fig.2 Seven views of the topographic expression of Quaternary fan deposits along the Gobi-Tianshan Fault System (images of a-f after Google Earth)  
 (a,c)—Low mountain-front sinuosity geomorphic types, indicating thrust faulting; (b, d-g)—Fault scarp geomorphic types, indicating lateral strike-slip faulting

时,左旋走滑断裂带系统错断地表地貌(图4)也可以指示新生代研究区域的构造活动性<sup>[5,28]</sup>。

研究表明,断裂带的构造活动性与地震活动密切相关<sup>[30-32]</sup>。历史地震资料显示沿戈壁天山断裂带地震活动性总体较弱,断裂带东西两端地震活动性强于中部地区(图3)。最大的一次地震是1960年发生在断裂带最东端Gurvan Sayhan地区的Ms 6.9级地震,震源机制解显示为逆冲断裂为主,兼具左旋走滑分量<sup>[18]</sup>。

### 3.2 挤压脊构造地貌特征

挤压脊是走滑断裂带特征性的构造地貌。卫星遥感影像显示,沿戈壁天山断裂带两侧发育一系列不同规模的挤压脊构造(图3)。这些挤压脊构造主要发育在断裂带的两端和2条走滑断层分支发生叠置的部位。其中,3个规模较大(达千米级)的挤压脊自西至东分别是Karlik Tagh、Nemegt Uul和Gurvan Sayhan。

Karlik Tagh:是戈壁天山断裂带西端的一个重要的挤压脊构造。最高峰为4900 m,在天山山脉的

最东端(图3-a)。其南北两侧以逆冲断裂为界,山前发育巨量冲积物。逆冲断裂在西北部呈NW走向,在东北部呈NE走向,并且与戈壁天山走滑断裂带相连接。逆冲断裂与走滑断裂共同构成了典型的马尾状构造特征<sup>[33]</sup>,被认为是戈壁天山走滑断裂带的消亡部位<sup>[34]</sup>。区域上,Karlik Tagh是一个从以逆冲为主的造山带向以走滑为主的转换挤压过渡的部位。

Nemegt Uul:发育在戈壁天山断裂带上的Nemegt Uul,从形态上来看是一个拉长的S形挤压脊构造,呈右阶展布于戈壁阿尔泰山南部(图3-b)。其南北两侧山前均发育有活动的逆冲断裂,并具有左旋走滑分量,断裂切割了第四纪冲积物以及白垩纪碎屑沉积物<sup>[35]</sup>。Nemegt Uul最高峰在其南部,最大的河流穿过山脉流向北部。主断裂从Nemegt Uul东北部穿过整个地区延伸至西北部<sup>[12]</sup>。

Gurvan Sayhan:是戈壁天山断裂东端的挤压脊构造,发育的一系列山脉呈右阶样式展布,这些山体均以逆冲断裂为边界(图3-c)。与Karlik Tagh类

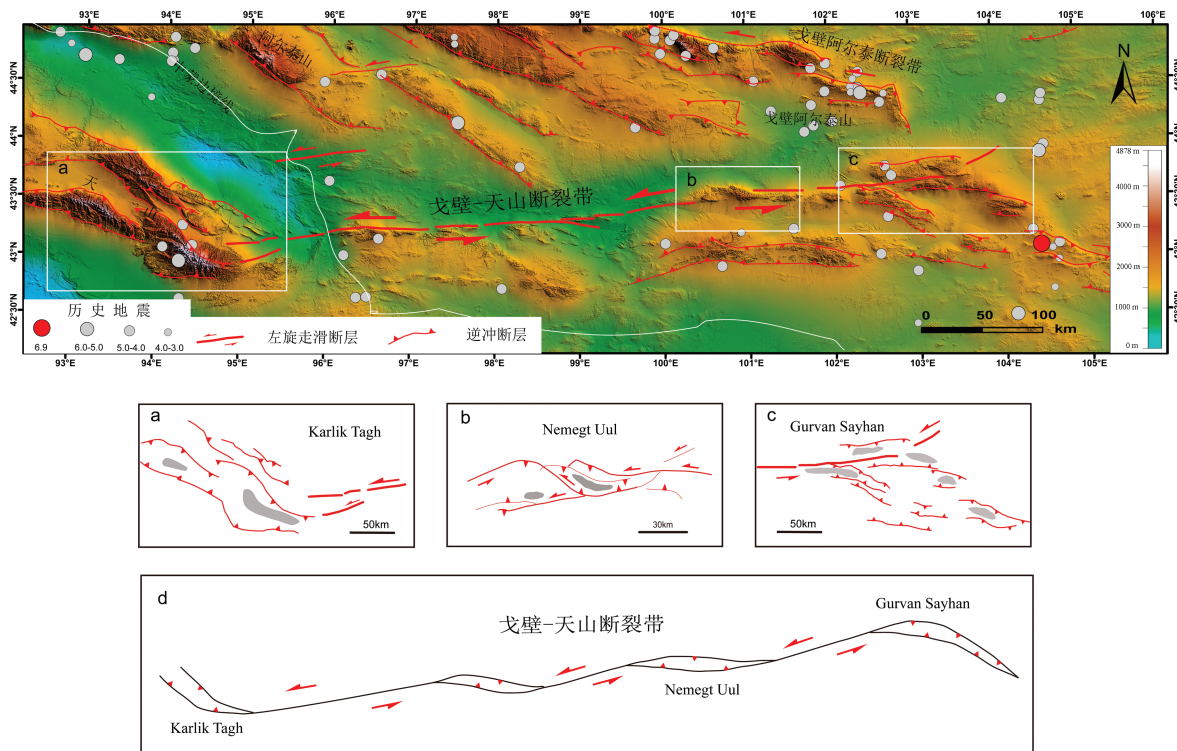


图3 研究区SRTM(DEM)地形图、挤压脊构造特征解译以及戈壁—天山断裂带几何形态解译图(a~d)

Fig.3 SRTM color shaded relief map of the GTFS  
Geological interpretation showing the structural feature of the GTFS (a~d)

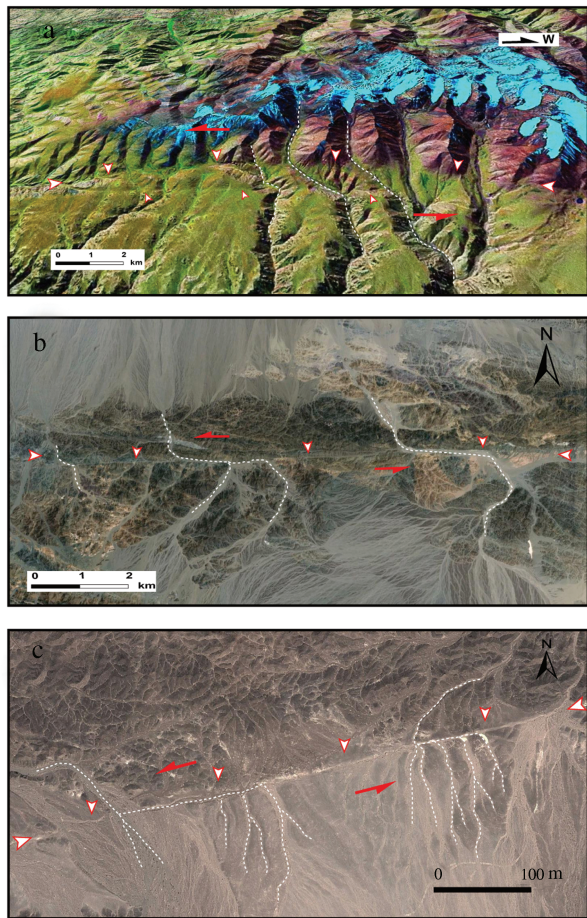


图4 系统水系错断解译图

Fig.4 Geomorphic interpretation of the displaced rivers along the GTFS

似,此地区的走滑断裂与逆冲断裂共同构成了马尾状构造样式,指示的戈壁天山断裂带可能在此消亡<sup>[11]</sup>。走滑断裂位于北部边界,从遥感影像上解译得出走滑断裂地表痕迹穿过整个地区,向东北部逐渐消失。

根据SRTM数字高程数据分析结果得出戈壁天山断裂带的平面几何形态如图3-d所示。

### 3.3 系统的水系错断

沿戈壁天山断裂带,水平错断水系、冲积扇等一系列规模不等的与走滑活动相关的构造地貌特征也非常发育。在断裂带最西端,天山山脉最东端的Karlik Tagh地区,发育了不同规模水系(图4-a、c)。根据Landsat ETM遥感影像,这些水系表现出系统的左旋水平位错,这主要是受戈壁天山断裂左

旋走滑运动的影响。同样,在断裂中部地区,也识别出了同样被断裂左旋错断的不同规模的水系(图4-b)。这些水系被左旋错断的距离不等,图4-a、b上错断距离最大可达(2000±30)m,图4-c错断距离在100~150 m。根据反向恢复结果,戈壁天山断裂带南北两侧的地质地貌特征能够非常好地匹配起来,这表明在这些不同规模的水系形成后,该断裂可能发生了从100 m到2000 m不等的左旋水平位移。

## 4 讨论与结论

在Landsat ETM卫星遥感影像处理和SRTM DEM数据分析解译的基础上,对东戈壁天山断裂带的晚新生代构造活动及其地貌特征概括如下。

戈壁天山断裂带是在印度—欧亚大陆碰撞作用的影响在晚新生代重新活动的断裂,沿断裂带发育了一系列系统错断的河流、断层陡坎等构造地貌,这些构造地貌特征均表明戈壁天山断裂带晚新生代以来的构造地貌仍在持续的生长。

### 4.1 戈壁天山断裂带左旋位错量分析

本次卫星遥感影像解译分析发现戈壁天山断裂带存在有明显水系系统错断的地方有3处。测量结果表明最大左旋位移量为(2000±30)m。这说明水系形成至今,在戈壁天山左旋走滑断裂带的持续作用下,累积了至少2000 m的左旋位移量。

戈壁天山断裂带自新生代以来重新活动总的位移量的定量分析,通过经验公式:总的位错量 $D$ 与断裂带长度 $L$ 之间的关系 $D=0.03L$ <sup>[36]</sup>可以得出。戈壁天山断裂展布长度至少为700 km,因此估算出新生代以来,其总的左旋位错量约为20~30 km。与前人研究结果近似<sup>[8, 34]</sup>。

### 4.2 地震活动性分析

戈壁天山地区基底属古生代造山区,处于青藏高原与杭爱山2个刚性地块之间,加之侏罗纪—中新世及古生代—中生代大范围的火山活动并伴有的放射性生热以及白垩纪广泛发育的裂谷盆地共同作用减弱了研究区域地壳强度<sup>[16, 37-40]</sup>。同时,戈壁天山地区存在大量不同性质不同走向的断层,共同构成了一个相互作用的断层系统,区域应力载荷可以通过不同规模和性质的断层活动作用分解和减弱。因此本地区基底构造性质与断层系统共同造

成了地震活动的复杂性和不可预测性。

### 4.3 挤压脊与断裂带关系

研究区位于陆内转化挤压构造环境内,处于2个刚性块体之间,受印度—亚洲板块碰撞应力场影响明显。其地形、构造地貌特征以盆—山构造地貌发育为特点,并通过逆冲和走滑断层相联系,普遍发育挤压脊构造地貌。发育在戈壁天山断裂带上的3个大型挤压脊构造主要是在2个构造部位下形成并发育起来的:走滑断裂终端和2个单独走滑断裂汇聚与叠置部位。其中,2个挤压脊构造(Karlik Tagh和Gurvan Sayhan)位于走滑断裂的终端,其走滑作用减弱并转为逆冲作用和区域隆升作用为主;另一个(Nemegt Uul)位于2条不连续的走滑断层叠置部位,挤压脊纵剖面显示花状—半花状构造特征,显示了典型走滑断层的构造特征<sup>[38]</sup>。通常,走滑断裂发育在这些挤压脊的山前部位,但是在上述3个挤压脊构造部位,走滑断裂均穿过了山脉,且均伴随有逆冲分量,因此造成了挤压脊沿走向上和垂直走向上的构造地貌生长。这也是陆内造山带演化的重要过程<sup>[5,7,18,41]</sup>。

总之,蒙古戈壁天山断裂带晚新生代构造变形与地貌分析研究,对于深入理解构造地貌生长与陆内造山带的演化关系提供了一个很好的切入点。

**致谢:**感谢中科院地质与地球物理研究所贾营营博士、刘鸣博士以及中国地质科学院地质力学所刘锋博士在本文成文过程中给予的帮助。

### 参考文献(References):

- [1] Molnar P, Tapponnier P. Cenozoic tectonics of Asia: Effects of a continental collision[J]. *Science*, 1975, 189(4201): 419-426.
- [2] Tapponnier P, Peltzer G, Le Dain A Y, et al. Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine[J]. *Geology*, 1982, 10(12): 611-616.
- [3] Cobbold P R, Davy P. Indentation tectonics in nature and experiment: 2. Central Asia[J]. *Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala*, 1988, 14: 143-162.
- [4] Tapponnier P, Molnar P. Active faulting and cenozoic tectonics of the Tien Shan, Mongolia, and Baykal Regions[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 1979, 84(B7): 3425-3459.
- [5] Cunningham D. Tectonic setting and structural evolution of the Late Cenozoic Gobi Altai orogen[J]. *Geological Society, London, Special Publications*, 2010, 338(1): 361-387.

- [6] Yin A, Harrison T M. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan Orogen[J]. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2000, 28(1): 211-280.
- [7] Cunningham D. Active intracontinental transpressional mountain building in the Mongolian Altai: Defining a new class of orogen[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2005, 240(2): 436-444.
- [8] Cunningham W D. Lithospheric controls on late Cenozoic construction of the Mongolian Altai[J]. *Tectonics*, 1998, 17(6): 891-902.
- [9] Bayasgalan A, Jackson J, McKenzie D. Lithosphere rheology and active tectonics in Mongolia: relations between earthquake source parameters, gravity and GPS measurements[J]. *Geophysical Journal International*, 2005, 163(3): 1151-1179.
- [10] Yin A. Cenozoic tectonic evolution of Asia: A preliminary synthesis[J]. *Tectonophysics*, 2010, 488(1/4): 293-325.
- [11] Cunningham W D, Windley B F, Dorjnamjaa D, et al. Late Cenozoic transpression in southwestern Mongolia and the Gobi Altai—Tien Shan connection[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1996, 140(1/4): 67-81.
- [12] Owen L A, Cunningham W D, Windley B F, et al. The landscape evolution of Nemegt Uul: A late Cenozoic transpressional uplift in the Gobi Altai, southern Mongolia[J]. *Geological Society, London, Special Publications*, 1999, 162(1): 201-218.
- [13] 张国伟,董云鹏,姚安平.关于中国大陆动力学与造山带研究的几点思考[J].*中国地质*, 2002, 29(1): 7-13.  
Zhang Guowei, Dong Yunpeng, Yao Anping. Some thoughts on the study of continental dynamics and orogenic belts[J]. *Geology in China*, 2002, 29(1): 7-13(in Chinese with English abstract).
- [14] 舒良树,朱文斌,王博,等.新疆古块体的形成与演化[J].*中国地质*, 2013, 40(1): 43-60.  
Shu Liangshu, Zhu Wenbin, Wang Bo, et al. The formation and evolution of ancient blocks in Xinjiang[J]. *Geology in China*, 2013, 40(1): 43-60(in Chinese with English abstract).
- [15] Sengör A M C, Natal'in B A, Burtman S. Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia[J]. *Nature*, 1993, 364: 299-307.
- [16] Wilhem C, Windley B F, Stampfli GM. The Altaids of Central Asia: A tectonic and evolutionary innovative review[J]. *Earth-Science Reviews*, 2012, 113(3-4): 303-341.
- [17] Windley B F, Alexeev D, Xiao W, et al. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt[J]. *Journal of the Geological Society*, 2007, 164(1): 31-47.
- [18] Cunningham D. Mountain building processes in intracontinental oblique deformation belts: Lessons from the Gobi Corridor, Central Asia[J]. *Journal of Structural Geology*, 2013, 46(0): 255-

- 282.
- [19] Lamb M A, Badarch G. Paleozoic Sedimentary Basins and Volcanic-Arc Systems of Southern Mongolia: New Stratigraphic and Sedimentologic Constraints[J]. *International Geology Review*, 1997, 39(6): 542-576.
- [20] Lamb, M A, Badarch G. Paleozoic sedimentary basins and volcanic arc systems of southern Mongolia: New geochemical and petrographic constraints[J]. *Geological Society of America Memoirs*, 2001, 194: 117-149.
- [21] 杨经绥, 吴才来, 陈松永, 等. 甘肃北山地区榴辉岩的变质年龄: 来自锆石的U-Pb同位素定年证据[J]. *中国地质*, 2006, 33(2): 317-325.  
Yang Jingsui, Wu Cailai, Chen Songyong, et al. Neoproterozoic eclogitic metamorphic age of the Beishan eclogite of Gansu, China: Evidence from SHRIMP U-Pb isotope dating[J]. *Geology in China*, 2006, 33(2): 317-325(in Chinese with English abstract).
- [22] Xiao W, Windley B F, Sun S, et al. Palaeozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altaids: implications for the growth of Central Asia[J]. *Journal of the Geological Society*, 2004, 161(3): 339-342.
- [23] Xiao W J, Mao Q G, Windley B F, et al. Paleozoic multiple accretionary and collisional processes of the Beishan orogenic collage [J]. *American Journal of Science*, 2010, 310(10):1594.
- [24] Vassallo R, et al. Uplift age and rates of the Gurvan Bogd system (Gobi - Altay) by apatite fission track analysis[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2007, 259(3/4): 333-346.
- [25] Vassallo R, Jolivet M, Ritz J F, et al. Transpressional tectonics and stream terraces of the Gobi-Altay, Mongolia[J]. *Tectonics*, 2007, 26(5): TC5013.
- [26] Calais E, Vergnolle M, San'kov V, et al. GPS measurements of crustal deformation in the Baikal-Mongolia area (1994-2002): Implications for current kinematics of Asia[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2003, 108(B10): 2501.
- [27] Cunningham W D, Mann P. Tectonics of strike-slip restraining and releasing bends[J]. *Geological Society, London, Special Publications*, 2007, 290(1): 1-12.
- [28] Roberts N, Cunningham D. Automated alluvial fan discrimination, Quaternary fault identification, and the distribution of tectonically reactivated crust in the Gobi Altai region, southern Mongolia[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2008, 29(23): 6957-6969.
- [29] 付碧宏, 张松林, 谢小平, 等. 阿尔金断裂系西段—康西瓦断裂的晚第四纪构造地貌特征研究[J]. *第四纪研究*, 2006, 26(2): 228-235.  
Fu Bihong, Zhang Songlin, Xie Xiaoping, et al. Late Quaternary tectono-geomorphic features along the Kangxiwar fault, Altyn Tagh fault system, northern Tibet[J]. *Quaternary Sciences*, 2006, 26(2): 228-235 (in Chinese with English Abstract).
- [30] King G C P, Stein R S, Rundle J B. The growth of geological structures by repeated earthquakes 1. conceptual framework[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 1988, 93(B11): 13307-13318.
- [31] Stein R S, King G C P, Rundle J B. The Growth of Geological Structures by Repeated Earthquakes 2. Field Examples of Continental Dip-Slip Faults[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 1988, 93(B11): 13319-13331.
- [32] Bilham R, King G. The morphology of strike-slip faults: Examples from the San Andreas Fault, California[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 1989, 94(B8): 10204-10216.
- [33] Biddle K T, Christie-Blick N. Glossary- strike-slip deformation, basin formation, and sedimentation[J]. *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM)*, 1985, 37: 375-384.
- [34] Cunningham D, Owen L, Snee L, et al. Structural framework of a major intracontinental orogenic termination zone: the easternmost Tien Shan, China[J]. *Journal of the Geological Society*, 2003, 160(4): 575-590.
- [35] Tomurtogoo O. Geological Map of Mongolia, 1:1000000[M]. *Mongolian Academy of Science, Institute of Geology and Mineral Resources*, 1999.
- [36] Cowie P, Scholz C H. Displacement-length scaling relationships for faults: data synthesis and conclusion[J]. *Journal of Structural Geology*, 1992, 14: 1149-1156.
- [37] Webb L E, Graham S A, Johnson C L, et al. Occurrence, age, and implications of the Yagan-Onch Hayrhan metamorphic core complex, southern Mongolia[J]. *Geology*, 1999, 27(2): 143-146.
- [38] Meng Q R, Hu J M, Jin J Q, et al. Tectonics of the late Mesozoic wide extensional basin system in the China-Mongolia border region[J]. *Basin Research*, 2003, 15(3): 397-415.
- [39] Meng Q R. What drove late Mesozoic extension of the northern China-Mongolia tract? [J] *Tectonophysics*, 2003, 369(3/4): 155-174.
- [40] Johnson C L. Polyphase evolution of the East Gobi basin: sedimentary and structural records of Mesozoic-Cenozoic intraplate deformation in Mongolia[J]. *Basin Research*, 2004, 16(1): 79-99.
- [41] Cunningham D. Structural and topographic characteristics of restraining bend mountain ranges of the Altai, Gobi Altai and easternmost Tien Shan[J]. *Geological Society, London, Special Publications*, 2007, 290(1): 219-237.

## Late Cenozoic structural deformation and tectono-geomorphic features along the Gobi-Tianshan Fault System

YANG Shun-hu<sup>1</sup>, MIAO Lai-cheng<sup>1</sup>, ZHU Ming-shuai<sup>1</sup>, LI Xing-bo<sup>1</sup>, LI Jing-chen<sup>2</sup>

(1. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2. Shaanxi Center of Geological Survey, Xi'an 710016, Shaanxi, China*)

**Abstract:** The Gobi-Tianshan Fault System (GTFS) extending over 700 km long is one of the largest strike-slip faults in the Central Asia Orogenic Belt (CAOB), which was considered to accommodate the eastward extrusion of Tibet. On the basis of tectono-geomorphic interpretation of satellite remote sensing images along GTFS, this study aims to document the Late Cenozoic structural deformation and geomorphic features. Geomorphic features, such as fault scarps, displaced rivers and varied restraining bends, are well developed around the GTFS. Visible fault scarps cutting across Late Cenozoic alluvial sediments, whereas low mountain-front sinuosities and deeply incised narrow canyons in the range front can indicate Late Cenozoic fault activity. The authors identified a ca. 2000 m-long lateral offsets of rivers, which are related to prolonged geomorphic growth of the GTFS. Historical earthquake data are consistent with deforming continental interior region, with tectonic loading shared amongst a network of faults, which indicates a complex earthquake prediction. Meanwhile, three restraining bends were identified in the study area: Karlik Tagh, Gurvan Sayhan and Nemgt Uul, of which the first two restraining bends are located in the two termination zones of the strike-slip fault, whereas the last one occurs in the converging and overlapping position of two separate strike-slip fault segments. Strike-slip fault cutting through the regions of restraining bend mountain ranges might have been an important mountain-building process in the CAOB.

**Key words:** Late Cenozoic; tectono-geomorphic features; lateral offset landforms; Gobi-Tianshan Fault System

---

**About the first author:** YANG Shun-hu, male, born in 1986, doctor candidate, majors in structural geology; E-mail: yangshunhu@mail.iggcas.ac.cn.