第 15 卷 第 1 期
2001 年 3 月

现 代 地 质
GEOSCIENCE
Journal of Graduate School, China University of Geosciences

Vol. 15 No. 1
Mar. 2001

阿尔金断裂晚新生代左旋走滑位错的地质新证据

张岳桥, 陈正乐, 杨 农

(中国地质科学院 地质力学研究所, 北京 100081)

摘要: 通过对沿阿尔金断裂中段 (位于东经 88°至 92°) 发育的晚第三纪走滑盆地沉积历史和走滑变形过程的野外观测以及对第四纪索尔库里盆地形成和演化过程的沉积环境复原的分析, 提出了阿尔金断裂中段晚新生代左旋走滑位错的地质新证据。研究表明, 晚第三纪走滑盆地经历了中新世晚期至上新世早期斜张走滑拉分和上新世晚期以来左旋错动的演化过程, 沉积体沿断裂的错位分布特征指示至少发生了 80 km 的左旋走滑位错。发育于阿尔金山链内部的索尔库里盆地起源于晚第三纪早期强烈的侵蚀作用, 成为柴达木盆地快速沉积的主要物源区。该侵蚀盆地于中晚更新世闭合并演化成一个独立的沉积盆地。通过侵蚀盆地外流通道的复原指示阿尔金断裂自晚第三纪以来累积了 80～100 km 的左旋位错。在此基础上, 结合穿越断裂构造的Ⅰ级区域水系形成的洪积裙宽度和主干河道沿断裂迹线的拐折长度, 探讨了阿尔金断裂晚新生代左旋走滑位错量沿走向分布的特征, 估算了左旋走滑速率。

关键词: 阿尔金断裂; 索尔库里盆地; 左旋走滑位错; 晚新生代

中图分类号: P542 **文献标识码**: A

文章编号: 1000—8527(2001)01—0008—05

0 引 言

阿尔金断裂横亘在青藏高原北缘, 走向延伸 1 600 km, 是印度大陆和欧亚大陆在新生代碰撞过程中形成的显著的陆内巨型走滑变形构造形迹[1,2]。对其新生代左旋走滑位移历史的研究是检验青藏高原生长过程和隆升机制的各种构造模式的关键, 如构造挤出模式[3,4]、地壳分散变形模式[5]等。过去的研究主要侧重于活动断裂的地表破裂特征和全新世左旋平移活动的地貌错动标志和平移速率的估算[6～8], 对早期尤其是晚新生代以来的断裂平移过程缺乏深入研究。前人对阿尔金断裂位移量的确定主要是从断裂两侧发育的构造带的位错关系来推算的[9,10], 所得出的结果从几十公里到几百公里不等, 相差达十倍之多。本文通过沿阿尔金断裂中段发育的上新世走滑盆地的沉积历史和构造变形过程的野外观测和分析以及对索尔库里盆地形成和演化过程的沉积环境的复原分析, 提出阿尔金断裂晚第三纪以来 80～100 km 的左旋走滑位错的地质新证据。

1 晚第三纪走滑盆地

沿阿尔金断裂中段, 晚第三纪沉积物主要分布在 3 个狭长带内, 从东到西相应为戈壁岭、依吞布拉克和库木塔什 (图 1)。对戈壁岭和依吞布拉克晚第三纪沉积物的地层层序分析表明, 走滑盆地的形成和演化经历了两期走滑断裂的作用过程 (图 2)。早期变形发生在中新世晚期至上新世早期, 断裂的斜张走滑导致盆地的拉开, 其中记录了一套厚度大于1 200 m、由砾岩和砂泥岩组成的河湖相沉积, 它们代表了同走滑变形期 (syntransform) 的沉积序列 (图 2, 依吞布拉克和戈壁岭剖面)。晚期变形发生在上新世晚期以后, 断裂运动性质由斜张走滑转变为斜压走滑, 导致了走滑盆地的萎缩和抬升以及沉积地层的轻微压缩变形。

通常地, 无论是拉分 (pull-apart) 走滑盆地抑或是释放弯曲 (releasing bend) 走滑盆地, 同走滑变形期沉积物堆积应是沿走滑主断裂两侧对称或不对称地分布[11,12]。然而, 在阿尔金走滑盆地中, 依吞布

收稿日期: 2000—10—25

基金项目: 中国地质科学院地质力学所开放实验室和国土资源部青年地质学家基金项目 (Qn979812)。

作者简介: 张岳桥 (1963—), 男, 研究员, 构造地质学专业, 主要从事构造地质、新构造和盆地构造的研究。

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

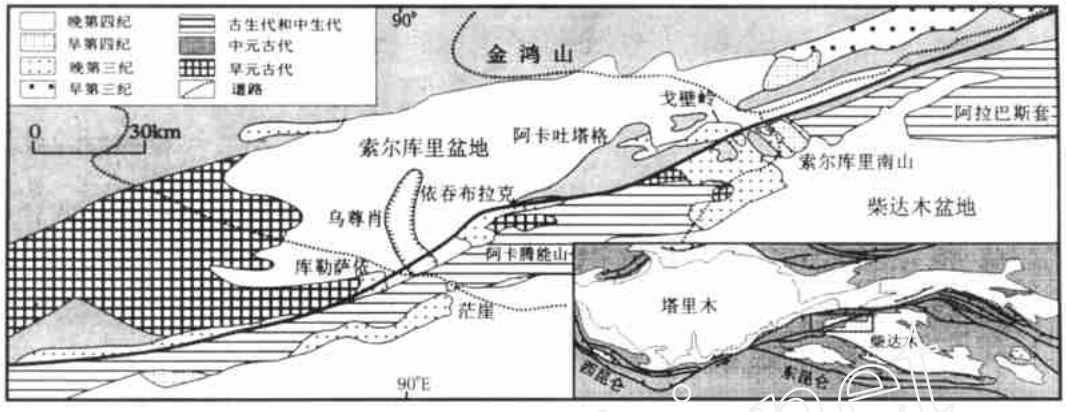

图 1　阿尔金断裂中段索尔库里地区地质构造简图和晚第三纪走滑盆地的分布

Fig. 1　Simplified map showing structural geology and distribution of Neogene strike-slip basins along the central segment of the Altyn Tagh Fault

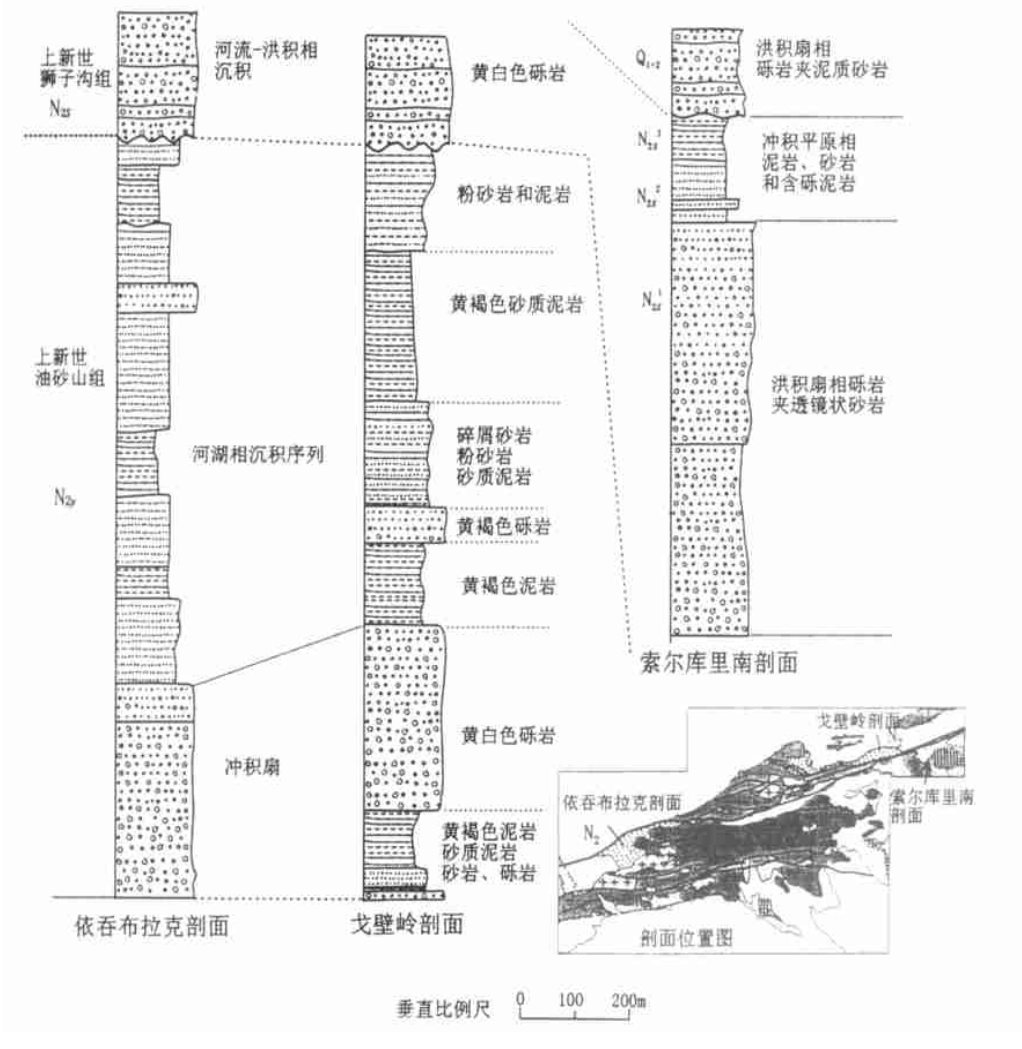

图 2　阿尔金断裂中段晚第三纪走滑盆地与外流通道沉积序列的对比

Fig. 2　Comparison of sedimentary sequences between strike-slip basin and outlet channel deposits along the central Altyn Tagh Fault

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

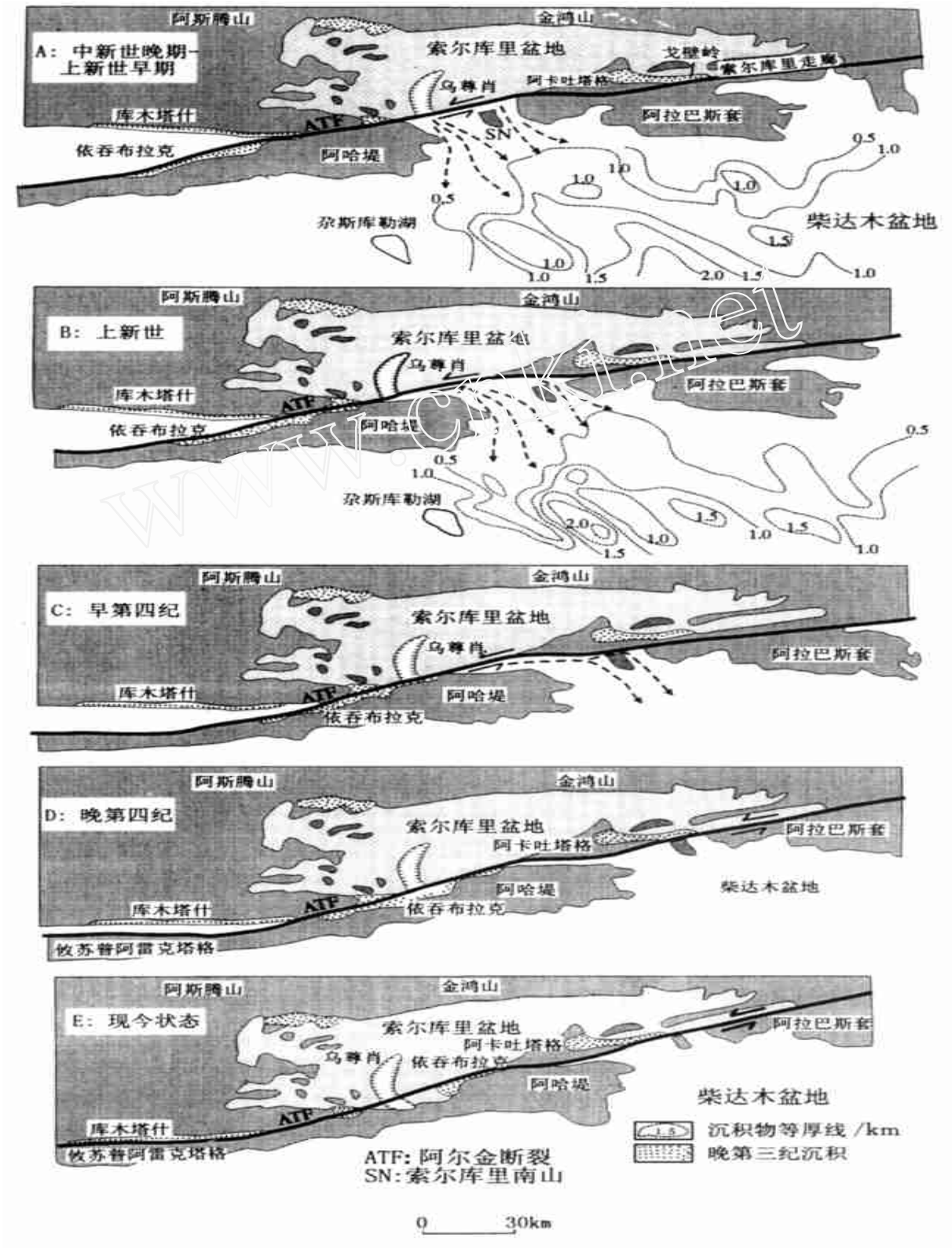

图 3 阿尔金断裂中段晚新生代左旋走滑位移的历史和索尔库里盆地形成的演化过程

箭头指示早期索尔库里侵蚀盆地物质的搬运通道和方向

Fig. 3 Late Cenozoic left-lateral slip history of the central Altyn Tagh Fault and formation of the Suoerkuli Basin

Arrows indicate outlet channels and direction of material transportation from early Suoerkuli erosional basin

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　晚新生代阿尔金断裂带左旋走滑位错量

Table 1　Late Cenozoic left-lateral strike-slip offsets of the Altyn Tagh fault zone

	西段（东经 85～87°）	中段（东经 86～91°）	东段（东经 94～97°）
确定标志	车尔臣河山前洪积裙宽度 主干河道沿断裂迹线拐折	晚第三纪沉积体错移 索尔库里盆地外流通道错移	党河山前洪积裙宽度 疏勒河山前洪积裙宽度
位错量	120～125 km	80～100 km	60～75 km
走滑速率	12～25 mm/a	8～20 mm/a	6～13 mm/a

拉克和库木塔什这两个晚第三纪沉积体并不展示这种走滑盆地特有的几何形态特征。库木塔什是一个南断北超的狭长沉积体，长 60 km，宽 2 km，发育于阿尔金断裂的北侧；而依吞布拉克是一个北断南超的沉积体，发育于阿尔金断裂的南侧。研究表明，这两个晚第三纪沉积体起源于一个统一的走滑盆地，形成于中新世晚期至上新世早期的断裂斜张走滑作用及晚期的斜压走滑作用时期，早期的统一走滑盆地被断裂左旋错移，导致了目前错动分离的状态。这两个晚第三纪沉积体的构造复原结果（图 3）表明，阿尔金断裂自晚第三纪以来至少发生了 80 km 的左旋位移。

2　索尔库里盆地

索尔库里盆地在地形上表现为一个大凹陷（图 1），东西长约 150 km，南北宽约 40 km，坐落在阿尔金山内部，属于山间盆地。盆地内充填晚第四纪沉积物，盆地的南北两侧发育巨型的山麓冲积扇；沉积中心位于乌尊肖湖，阿尔金活动断裂横切该湖盆，遥感影象极为显著。

该盆地的形成和演化过程常与阿尔金断裂左旋走滑拉分作用相联系[13]。然而，遥感解译和野外观察表明，盆地并不显示走滑拉分的几何学和运动学特征。基于盆地发育的地形地貌形态特征和柴达木盆地西北缘晚新生代沉积地层的发育和分布特征，我们认为索尔库里盆地起源于一个侵蚀地貌盆地，发育于晚第三纪，构成了柴达木盆地晚第三纪沉积作用的主要物源区之一。该侵蚀盆地的外流通道位于乌尊肖湖，其通往柴达木盆地的出口处受阿尔金断裂左旋走滑而向东错动，位于现今阿哈堤以东的索尔库里南山一带。在这一带地区，记录了一套大于 800 m 厚的砾岩和砂泥岩（图 2，索尔库里南剖面），充填在深切基岩的侵蚀河道之中，时代定为上新世晚期，其上被早第四纪一套砾岩层覆盖。这套河流相沉积层向西北为阿尔金断裂截切，是连接索尔库里侵蚀地貌盆地和晚第三纪柴达木沉积盆地的唯一通道。索尔库里侵蚀地貌盆地的最终封闭并演化成一个独立的沉积盆地发生在中、晚更新世。根据古地貌和沉积环境的复原（图 3），指示阿尔金断裂自晚第三纪以来积累了 80～100 km 的左旋走滑位移。

3　阿尔金断裂晚新生代左旋位错的空间分布特征及其走滑速率

综上所述，阿尔金断裂中段晚新生代发生了 80～100 km 的左旋走滑位移（表 1），导致了沿断裂发育的走滑盆地的错移和索尔库里侵蚀地貌盆地的封闭和外流通道的向东错移。阿尔金断裂西段和东段晚新生代左旋位错量可以通过穿越断裂构造Ⅰ级区域水系形成的洪积裙宽度和主干河道沿断裂迹线的拐折来推算[6, 10]。这样的水系有 3 条。车尔臣河穿越阿尔金断裂西段，山前形成的洪积裙宽度约 75 km，主干河道沿断裂迹线的拐折长度为 45～50 km，推测该段断裂晚新生代左旋位错量为 120～125 km。党河和疏勒河穿越阿尔金断裂东段，山前形成的洪积裙宽度分别为 70～75km 和 60 km，主干河道跨越断裂时没有发生明显的拐折，推测断裂东段左旋位错量为 60～75 km。

根据上述的地质和地貌错移数据资料，阿尔金断裂晚新生代的左旋走滑位错量明显地由西向东减小。这种沿走向变化的特征指示部分走滑位移量是通过青藏高原内部 NE-SW 向的地壳缩短变形而变化的。Meyer 等[14]运用剖面平衡法并考虑侵蚀和沉积过程中的物质守衡，估算了位于昆仑断层和阿拉善地块之间的青藏高原晚新生代的地壳缩短量。结果显示，沿 N30°E 方向的地壳缩短量为（120±30）km，由此推算沿 N70°E 方向的阿尔金断裂至少发生了（156±40）km 的左旋走滑位移。与这个结果相比，本文获得的阿尔金断裂晚新生代左旋走滑位错量可能代表了它的下限值。

由于缺乏左旋位错的绝对年代学资料，目前无法精确计算断裂走滑速率。根据阿尔金断裂中段晚第三纪地质体的错动关系，所获得的 80～100 km 的左旋位错至少发生在距今 5～10 Ma，即自中新世

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

晚期或上新世早期以后。根据这种年龄假设，阿尔金断裂晚新生代的平均左旋走滑速率为：西段 12～25 mm/a，中段 8～20 mm/a，东段 6～13 mm/a。这个估计值与全新世左旋走滑速率估计值范围基本一致[7, 15]。

参考文献：

[1] Molnar P, Tapponnier P. Cenozoic tectonics of Asia: effects of continental collision [J]. Science, 1975, 189: 419—426.

[2] Tapponnier P, Molnar P. Active faulting and tectonics in China [J]. J Geophy Res, 1977, 82: 2905—2930.

[3] Tapponnier P, Peltzer G, Armijo R. On the mechanics of the collision between India and Asia [A]. Coward M P, Ries A C. Collision Tectonics [C]. London: Blackwell Science, 1986. 19: 115—157.

[4] Avouac J P, Tapponnier P. Kinematic model of active deformation in central Asia [J]. Geophy Res Lett, 1993, 20: 895—898.

[5] Burchfiel B C, Deng Q D, Molnar P, et al. Intracrustal detachments within zones of intracontinental deformation [J]. Geology, 1989, 17: 478—452.

[6] 国家地震局"阿尔金活动断裂带"课题组. 阿尔金活动断裂带 [M]. 北京: 地震出版社, 1992. 319.

[7] Peltzer G, Tapponnier P, Armijo R. Magnitude of Late Quaternary left-lateral displacements along the northern edge of Tibet [J]. Science, 1989, 246: 1285—1289.

[8] Molnar P, Burchfiel B C, Zhao Z, et al. Geomorphic evidence for active faulting in the Altyn Tagh and northern Tibet and qualitative estimates of its contribution to the convergence of India and Eurasia [J]. Geology, 1987, 15: 249—253.

[9] 郑剑东. 中国阿尔金断裂研究进展 [A]. 现今地球动力学研究及其应用 [C]. 北京: 地震出版社, 1994. 254—259.

[10] 虢顺民, 向宏发. 阿尔金构造系渐新世-中新世以来断裂左旋位错时空分布规律研究 [J]. 地震地质, 1998, 20 (1): 9—17.

[11] Nilsen H, Sylvester A G. Strike-slip basins [A]. Busby C J. Tectonics of Sedimentary Basins [C]. London: Blackwell Science, 1996. 425—457.

[12] May S R, Ehman K D, Gray G G, et al. A new angle on the tectonic evolution of the Ridge basin, a "strike-slip" basin in southern California [J]. Geol Soc Am Bull, 1993, 105: 1357—1372.

[13] 郭召杰, 张志城. 阿尔金盆地群构造类型与演化 [J]. 地质论评, 1998, 44 (4): 357—364.

[14] Meyer B, Tapponnier P, Bourjot L, et al. Crustal thickening in Gansu-Qinghai, Lithospheric mantle subduction, and oblique, strike-slip controlled growth of the Tibet Plateau [J]. Geophy J Int, 1998, 135: 1—47.

[15] Meyer B, Tapponnier P, Gaudemer Y, et al. Rate of left-lateral movement along the eastern segment of the Altyn Tagh Fault, east of 96E (China) [J]. Geophy J Int, 1996, 124: 29—44.

NEW GEOLOGICAL EVIDENCE FOR LATE CENOZOIC LEFT-LATERAL DISPLACEMENT ALONG THE ALTYN TAGH FAULT

ZHANG Yue-qiao, CHEN Zheng-le, YANG Nong

(*Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing* 100081, *China*)

Abstract: Based on field observations, this paper analyses sedimentary processes and deformation history of the strike-slip basins developed along the central segment of the Altyn Tagh Fault zone (located between long. 88°E and long. 92°E) and puts forwards to geological evidences for Late Cenozoic left-lateral strike-slip offset along the fault zone. This study shows that the Neogene strike-slip basins experienced an early pull-apart opening probably occurred during latest Miocene to Early Pliocene and a late extinction by left-lateral strike-slip faulting since Late Pliocene. Spatial distribution of Neogene sediments along two sides of the fault indicates a minimum left-lateral offset of 80 km. The vast Suoerkuli Basin developed in the Altyn Tagh Mountain was initially originated from an erosional basin during Neogene, which became the main source area for the deposition of the Qaidam Basin. This erosional basin was closed and evolved into a depositional basin during middle-Late Pleistocene. The outlet channels of the Neogene Suoerkuli basin have been displaced left-laterally for about 100 km by the active trace of the Altyn Tagh Fault. The mean rate of left-lateral slip on the Altyn Tagh Fault is estimated based on above observations taking into account the offsets of fluvial fan systems of the first-order rivers across the Altyn Tagh Mountain.

Key words: the Altyn Tagh Fault; the Suoerkuli Basin; left-lateral strike-slip offset; Late Cenozoic

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net