

# 阿尔金南缘断裂安南坝段滑动量的初步研究

陈文彬<sup>1</sup>, 戴华光<sup>1</sup>, 徐锡伟<sup>2</sup>, 曾文浩<sup>1</sup>

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国地震局地质研究所, 北京 100029)

**摘要:** 结合航、卫片解译, 对阿尔金南缘断裂东端附近的安南坝段的断裂滑动量进行了野外调查. 结果显示, 在安南坝盆地南缘, 冲沟的阶地位错量分别为  $T_1=2.5$  m,  $T_2=23$  m,  $T_3=48$  m,  $T_4=96$  m,  $T_5=185$  m. 最大走滑量可达 3 500 m, 估计平均水平滑动速率约为 3 mm/a.

**主题词:** 阿尔金断裂带; 位错; 滑动; 安南坝盆地

**中图分类号:** P315.2   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1000-0844(2000)04-0424-05

## 0 引言

阿尔金断裂带被分为南缘断裂和北缘断裂<sup>[1]</sup>, 二者在衔接部位构成一个十分狭长的右行阶区, 阶距 10 km 左右, 重叠距大于 100 km, 阿尔金山主峰就处在两条断裂带所夹持的阶区之东端. 一般认为, 南、北断裂间的这一阶区为普通的走滑断裂带上的阶区, 通过这一阶区的转换, 青藏地块向东北方向的前进由南缘断裂转移到北缘断裂, 而南缘断裂的走滑活动在阶区东端一带停止. 丁国瑜认为南缘断裂的东端与党河南山挤压带相转换, 是阿尔金断裂带自西向东破裂过程中的第 3 个阶段<sup>[2]</sup>. 传统上还认为, 阿尔金断裂带、祁连山北缘断裂带和海原断裂带及香山-天景山断裂共同组成青藏高原的北部边界断裂, 也是现代最为活跃的大型断裂带, 并且这一断裂带还被作为青藏地块向东作大规模滑移的一条主边界. 然而最新研究进一步证实, 祁连山北缘断裂带以挤压活动为主, 且它的中段自晚更新世晚期以来便停止活动<sup>[3,4]</sup>, 那么, 处在 3 条断裂带最东段的海原断裂带上自早更新世末以来 12 km 的左旋位移量<sup>[3]</sup>是如何自西向东传递的? 于是人们开始考虑在祁连山中、南部存在一条自西向东的走滑断裂或断裂带的可能性, 如果这一断裂存在, 则其西端必然要与阿尔金断裂带建立联络, 其中一个很大的可能就是直接与阿尔金南缘断裂相勾通.

安南坝指南缘断裂带最东段, 第四纪晚期以来活动非常明显, 至今还保留有清楚的地震形变带. 这些新活动支持了上述的推测, 然而这需要有关走滑量和走滑速率的详细资料, 特别是要有大位移量的实际资料加以证实. 为此, 笔者对该断裂段进行了较仔细的野外调查, 本文主要根据调查资料讨论安南坝段的走滑速率, 并试图找到能够说明阿尔金南缘断裂在安南坝段产生大断距的证据.

收稿日期: 2000-09-05

基金项目: 地震科学联合基金资助项目(198100); 国家自然科学基金资助项目(49972070)

中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC 2000047

作者简介: 陈文彬(1965-), 男, 甘肃通渭人, 工程师. 在读博士生, 主要从事新构造、活动构造和工程地震研究.

# 1 构造背景

阿尔金南缘断裂的安南坝段西起别勒, 经安南坝盆地南缘和玉勒肯盆地, 止于当金山口附近. 断裂略呈向南突出的弧形, 总体走向  $N80^{\circ}E$ . 苏干巴斯陶以西, 断裂主要沿着阿尔金山脉中由盆地、谷地或狭谷串珠状组成的负地形中间穿过, 向东转入阿尔金山主峰的南缘, 构成阿尔金山山体与洪积扇之间的天然分界(图 1). 断裂多呈高角度, 倾向南, 由黑色、黄褐色、白色等杂色粉状、片状、团块状断层泥及破碎物组成的断裂破碎带宽达 100 m 以上.

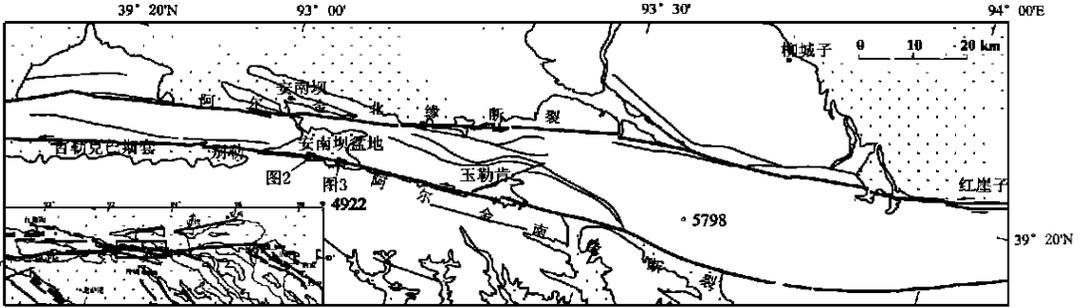


图 1 阿尔金南缘断裂最东段的平面分布  
Fig. 1 Distribution of the easternmost segment of the south Altun fault.

# 2 阿尔金南缘断裂在安南坝段的水平位错

为了简化问题, 本文选择单条活动断裂的区段, 其中没有活动的分支断裂, 避免了由多条平行断裂同时活动而造成的复杂性.

## 2.1 安南坝盆地南缘中段冲沟 $g_4$ 和冲沟 $g_5$ 及其阶地的水平位错

研究点的具体位置见图 1, 其断裂断错冲沟和阶地的详细情况见图 2. 图中阿尔金南缘断裂呈 NEE 向切过, 有 2 条冲沟从南部山体中冲出, 经过断裂时发生左旋拐弯, 阶地发生位错, 沿断裂呈现一反向坎, 并在坎下形成类似断塞塘沉积.

冲沟  $g_4$  较宽阔, 沟床上广泛堆积了裸露的青灰色巨大砾石, 砾石有一定的磨圆, 航、卫片上呈深色调; 冲沟西侧可以识别出 2 级阶地,  $T_1$  与河漫滩间的界限较难区分, 大部分已基本被冲沟废弃, 阶面不平整, 常见类似现代沟床上的巨大砾石, 但由于受黄土的覆盖, 砾石色调稍浅, 并有一定的植被.  $T_2$  高出  $T_1$  约 1 m, 黄土覆盖较厚 (约为 0.5 m), 植被较好. 在断层两侧,  $T_2$  前缘边界 ( $T_2$  与  $T_1$  间的分界线) 被水平左旋位错了 55 m.

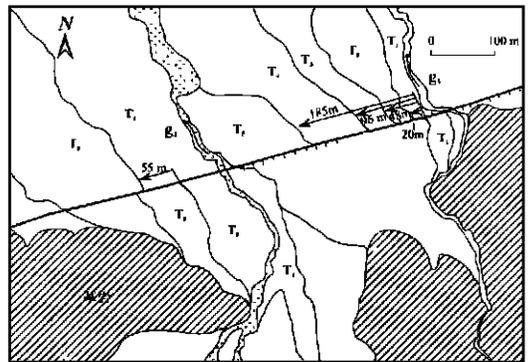


图 2 安南坝盆地南缘冲沟  $g_4$  和  $g_5$  的阶地错位  
Fig. 2 Offsets of the terraces of gullies  $g_4$  and  $g_5$  in south Annanba basin.

冲沟  $g_5$  较窄, 但切割较深. 在断裂北盘的冲沟西侧可区分出 5 级阶地:  $T_1 \sim T_5$  上都有不同程度的黄土覆盖, 一般级数越高, 黄土加积越厚, 植被变差, 航、卫片上色调变白. 断裂南盘的冲沟西侧有一广阔的滩地, 类似于断塞塘性质, 难以识别出阶地, 只有在紧靠冲沟的边上有  $T_1$  发育, 且与滩地有 10 m 以上的落差. 造成这种现

在, 是由于断裂南盘的冲沟西侧有一广阔的滩地, 类似于断塞塘性质, 难以识别出阶地, 只有在紧靠冲沟的边上有  $T_1$  发育, 且与滩地有 10 m 以上的落差. 造成这种现

象的原因是, 冲沟在断裂南盘不断下切, 没有形成多级的阶地堆积, 而由于断裂的不断左旋位错, 在断裂北盘的西岸形成堆积区, 在东岸形成侵蚀区, 因此在西岸保留下发育较好的阶地. 因此  $T_2 \sim T_5$  的位错量应从滩地的东缘量起, 实际量得的位错量分别为:  $T_2=20\text{ m}$ ,  $T_3=48\text{ m}$ ,  $T_4=96\text{ m}$  和  $T_5=185\text{ m}$ .

## 2.2 安南坝盆地东端冲沟 $g_8$ 的水平位错

冲沟  $g_8$  的具体位置见图 1, 其断裂的详细断错见图 3. 图中可以清楚地看到冲沟在断裂通过一线产生 S 形左旋拐弯, 冲沟下切强烈, 在冲沟两侧形成深 20 m 以上的悬崖, 冲沟中布满巨大的砾石, 呈青灰色. 冲沟仅发育了 2~3 级阶地:  $T_0$  为河漫滩, 上有薄的黄土覆盖之痕迹, 仍表现为现代河床一般的巨大砾石堆砌, 色调较现代河床稍浅;  $T_1$  高出  $T_0$  约 2 m, 阶面上有不足 50 cm 厚的黄土覆盖, 阶面较平整, 植被较好. 由于断裂北盘抬升, 在  $T_0$  和  $T_1$  上留有非常清楚的反向坎, 坎高 1 m 左右.  $T_2$  高出  $T_1$  十余米, 黄土较厚;  $T_3$  仅有一些残留, 与  $T_2$  间的界线不很清楚. 再往高则为冲沟二侧的高台地, 从冲沟冲开的陡峭的剖面上看, 台地顶部有 3 m 多厚的黄土, 下面有约 5 m 厚的冰水沉积物, 底部露出基岩及断裂破碎带物质, 显然这一高台地已不是冲沟形成的, 不能作为本冲沟的更高级阶地. 冲沟与阶地的水平位错量分别为:  $T_1=2.5\text{ m}$ ,  $T_2=26\text{ m}$ , 冲沟为 150 m.

值得一提的是, 冲沟  $g_8$  为区内的一条较大冲沟, 但只发育 2~3 级阶地, 冲沟的左旋位错也只有 150 m, 这些情况与冲沟的级别是不相称的, 而且从冲沟对前述的高台地的强烈下切情况看, 现代冲沟的取道是在  $T_3$  阶地形成前由于高台地构成的堤坝(由于断裂长期的北升南降而形成的反向坎)发生决堤而形成的, 也就是说, 这一冲沟早期是从比现在的位置更往西的地方流下的.

## 2.3 安南坝盆地南缘的大位错

由于阿尔金南缘断裂东段基本是从谷地中通过的, 因此不易找到明显的水系或山脊大幅水平位错, 像冲沟从一侧的山坡上冲下后到了断裂上便沿着断层而行, 无法确定冲沟的位错有多大. 为此笔者通过对安南坝盆地的冲沟形态分析及洪积扇的分期, 恢复某个时期的地理原貌, 以便确定断裂的大位错.

如前所述, 冲沟  $g_8$  在其  $T_3$  形成以前是从更向西的地方流下的, 它尽可能西的位置可作为其最大位移, 对其西侧的洪积扇进行分期, 发现那些发育于高台地之下的洪积扇自东向西依次变老(图 4a);  $a_1$  指最新一期洪积扇, 扇面上有薄的黄土覆盖, 航、卫片上色较深, 其时代应相当于冲沟  $g_8$  的  $T_1 \sim T_3$ ;  $a_2$  黄土覆盖较厚, 色调浅于  $a_1$ , 有较深的扇切割;  $a_3$  色浅, 有厚的黄土覆盖;  $a_2$ 、 $a_3$  的规模大, 显然不是现在位于其扇顶的小冲沟所能形成, 很可能是由规模较大的冲沟  $g_8$  早期形成阶地的残留, 也就是说  $g_8$  经历了至少 3 次改道才到了现在的河道. 按此对断裂两盘进行位错恢复(图 4b), 结果显示, 不仅  $g_8$  的冲沟与早期洪积扇得以恢复, 其它冲沟(如  $g_9$ 、 $g_{10}$  等)能够得到较好的对应.

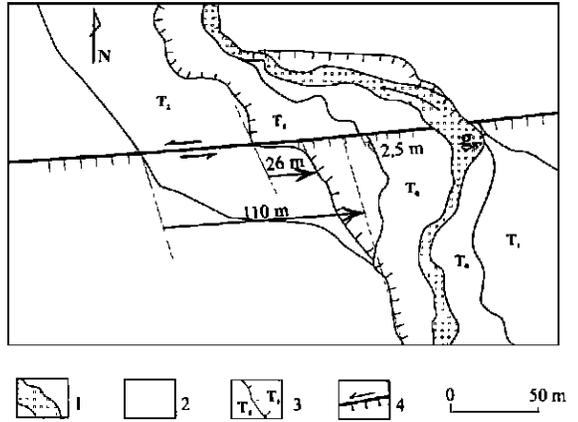


图 3 安南坝盆地东端冲沟  $g_8$  的阶地位错

Fig. 3 Offsets of the terraces of gully  $g_8$  at the east end of the Annanba basin.

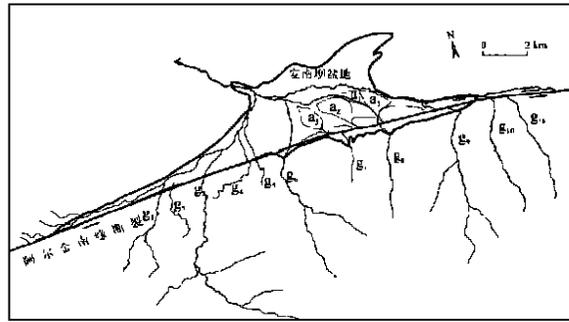
图 4b 的位错恢复还得到冲沟形态类型方面证据的支持. 由表 1 可见, 冲沟  $g_4 \sim g_{11}$  的剖面形态都呈“U”字形, 沟中植被较好,  $g_1 \sim g_3$  为“V”字形, 侵蚀强烈; 冲沟沟口处的宽度与冲沟在断裂上游的长度之比接近一个数量级. 造成这种巨大差异的原因是,  $g_1 \sim g_3$  同处在盆地的西端, 而盆地的西端是在断裂的持续左旋活动中得以不断扩张的场所. 断裂不断左旋位错, 盆地不断向西扩大, 而新形成的盆地使得局部的侵蚀基准面突然降低, 冲沟的下切作用突然加剧, 形成“V”字形沟谷(确切地说, 由于是在原来较宽的沟谷中突然下切, 这些沟谷的形态更像象“Y”字形), 这一点在航、卫片上显得非常清楚. 位于安南坝盆地以东的玉勒肯盆地, 在盆地形态上及向西扩张的特性上与安南坝盆地极其相似, 这也可作为断裂大幅左旋走滑的佐证. 还需一提的是, 航片上清楚地显示, 冲沟  $g_4$  的上游被  $g_3$  袭夺, 这也反映了冲沟  $g_3$  溯源侵蚀之强烈.

按图 4b 的恢复结果, 阿尔金南缘断裂在安南坝盆地的左旋位错量至少达 3 500 m.

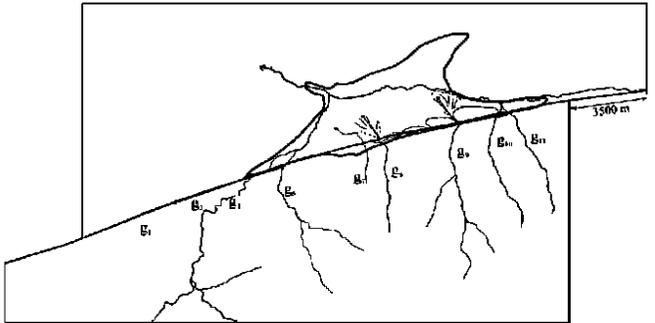
### 3 讨论

河流或冲沟阶地的形成主要受气候和构造的控制, 一定区域内气候变化具同时性, 在相同的构造背景下, 阶地的形成一般是同步的, 同一级阶地的时代相近. 通过对冲沟  $g_4, g_5, g_8$  的阶地位错调查表明: 仅  $g_8$  有  $T_1$  的位错数据, 为 2.5 m, 这显然是一次地震所造成的.  $T_2$  的位错量分别为 55 m、20 m、26 m, 其中  $g_4$  的位错量明显偏大, 与  $g_5$  的  $T_3$  的量值相当, 可能是由于对  $g_4$  的阶地分级有误, 因此取  $T_2$  的位错量的平均值为 23 m.  $T_3, T_4, T_5$  的位错只在  $g_5$  的阶地上量得, 有趣的是, 其值大致成倍递增.

对断裂的位错恢复得到断裂 3 500 m 的位错量, 由于这一位错是在  $Q_2$  高台地上形成的, 因此这一位错量所对应的年代不早于中更新世末, 以 120 ka 计算, 其滑动速率约为 3 mm/a, 这一量值与祁连山东段的老虎山断裂、毛毛山断裂的走滑速率大致相当<sup>[6]</sup>, 虽然这一结果远不足以证明阿尔金南缘断裂通过祁连山中、南部的某一断裂与毛毛山、老虎山及海原断裂带共同组成一个大型走滑断裂带, 但至少说明, 如果这一断裂带存在的话, 它完全可能与阿尔金南



a 安南坝盆地及其冲沟分布



b 推测断裂位错前的盆地及冲沟分布

图 4 阿尔金南缘断裂安南坝段的水系位错恢复

Fig. 4 Reconstruction of the displacement of the water system caused by the south Altun fault in the Annanba basin.

表 1 安南坝盆地南部冲沟特征及其参数

冲沟 编号	冲沟剖 面形态	冲沟长 /m	冲沟宽 /m	宽长比 /%
$g_{11}$	“U”形	5 070	270	5.3
$g_{10}$	“U”形	5 470	290	5.3
$g_9$	“U”形	6 820	360	5.2
$g_8$	“U”形	4 750	230	5
$g_7$	“U”形	2 150	130	6
$g_6$	“U”形	5 900	120	2
$g_4$	“U”形	2 540	130	5.1
$g_3$	“V”形	大于 7 000	40	小于 0.6
$g_2$	“V”形	2 190	小于 20	小于 0.9
$g_1$	“V”形	3 850	小于 30	小于 0.8

## 缘断裂相接.

前已述及, 阿尔金南、北缘断裂之间的阶区, 阶距 10 km 左右, 重叠距大于 100 km, 阶区的长宽之比达 10: 1, 像这样狭长的阶区在所有走滑断裂带上是极其罕见的. 据研究, 走滑断裂带上的阶区有从发育到发展再到消亡的过程, 阶距与重叠距之间有一个理论上的平衡比例, 一般阶距过大, 重叠距就要增大; 反之, 重叠距就要减小, 或二侧断裂相互贯通, 阶区消亡. 像阿尔金断裂带上的这一阶区之所以能够长期存在, 其中必有其它的原因. 前面的结果显示, 阿尔金南缘断裂有很强的左旋走滑活动, 在玉勒肯盆地可见清晰的古地震破裂带; 资料显示, 阿尔金北缘断裂在与南缘断裂重叠的段落(如位于安南坝西的拉配泉等处)也有强烈活动. 因此, 南、北缘断裂的同时活动可能是维持阶区的直接原因. 同时, 阿尔金南缘断裂东段约 3 mm/a 的平均走滑速率与北缘断裂全新世以来( $4 \pm 2$ ) mm/a 的走滑速率<sup>[7]</sup>基本一致, 说明南缘断裂不仅没有在阶区东端停止活动, 而且还分配了与北缘断裂大致相当的走滑变形量, 这一变形量是如何被其它构造转移或吸收的是一个需要研究的问题.

## 4 结论

安南坝盆地南缘, 阿尔金南缘断裂引起的各级阶地的平均走滑位错分别是  $T_1$  为 2.5 m,  $T_2$  为 23 m,  $T_3$  为 48 m,  $T_4$  为 96 m,  $T_5$  为 185 m.

阿尔金南缘断裂在安南坝盆地南缘的最大走滑量可达 3 500 m, 估计平均水平滑动速率约为 3 mm/a.

### [参考文献]

- [1] 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.
- [2] 丁国瑜. 第四纪断层上断裂活动的群集及迁移现象[J]. 第四纪研究, 1989, (1): 36—47.
- [3] 向光中, 吕德徽, 郭万武, 等. 青藏地块北部新生代构造演化及地球动力学初步研究[J]. 西北地震学报, 1992, 14(增刊): 81—87.
- [4] 刘百箴, 李清河, 刘小凤, 等. 祁连山活动地块东北部活动构造的定量研究与大地震危险性分析[J]. 西北地震学报, 2000, 22(2): 187—190.
- [5] 国家地震局地质研究所, 等. 海原活动断裂带[M]. 北京: 地震出版社, 1990.
- [6] 刘百箴, 袁道阳, 何文贵, 刘小凤. 海原断裂带西端强震危险性分析[J]. 西北地震学报, 1992, 14(增刊): 49—56.
- [7] Meyer, B., P. Tapponnier, Y. Gaudemer, G. Peltzer. Rate of left-lateral movement along the easternmost segment of the Altyn Tagh fault, east of 96°E (China)[J]. Geophys. J. Int., 1996, 124: 29—44.

## ON THE DISPLACEMENT ALONG THE SOUTH ALTUN FAULT AT THE ANNANBA BASIN

CHEN Wen-bin<sup>1</sup>, DAI Hua-guang<sup>1</sup>, XU Xi-wei<sup>2</sup>, ZENG Wen-hao<sup>1</sup>

(1. Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China;

2. Institute of Geology, CSB, Beijing 100029, China)

**Abstract:** The displacement along the south Altun fault in the Annanba basin was investigated. The result reveals that the offsets of terraces  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  and  $T_5$  are 2.5 m, 23 m, 48 m, 96 m and 185 m respectively. The biggest offset is determined to be 3500 m, which suggests a slip rate of about 3 mm/a.

**Key words:** Altun fault zone; Dislocation; Slipping; Annanba basin