

## 库车坳陷东秋里塔格断裂晚第四纪活动和滑动速率

吴传勇<sup>1</sup>, 沈军<sup>1</sup>, 陈建波<sup>1</sup>, 谢天<sup>2</sup>,李军<sup>1</sup>, 向志勇<sup>1</sup>, 宋正娜<sup>1</sup>, 王翠<sup>2</sup>

(1. 新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011;

2. 新疆大学资源与环境学院, 新疆 乌鲁木齐 830046)

**摘要:**东秋里塔格断裂是库车坳陷内活动最为强烈的断裂之一, 断错了波斯坦托克拉克河两岸的各级阶地。利用全站仪对河西岸的阶地变形进行了精确测量, 得到 I、II、III 级阶地形成以来东秋里塔格断裂的垂直断错量分别为 12.5 m、20 m 和 24.5 m, 并根据前人资料和区域类比的方法对各级阶地年龄进行了估计, 计算得到晚第四纪以来该断裂的平均垂直滑动速率为 1 mm/a 左右, 所引起的地壳缩短速率为 (1.97~2.13) mm/a。

**关键词:**库车坳陷; 东秋里塔格断裂; 晚第四纪活动; 滑动速率

**中图分类号:** P315.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0844(2007)02-0129-04

### Activity and Slip Rate of Dongqiulitag Fault in Kuqa Depression in Late Quaternary

WU Chuan-yong<sup>1</sup>, SHEN Jun<sup>1</sup>, CHEN Jian-bo<sup>1</sup>, XIE Tian<sup>2</sup>,LI Jun<sup>1</sup>, XIANG Zhi-yong<sup>1</sup>, SONG Zheng-na<sup>1</sup>, WANG Cui<sup>2</sup>

(1. Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China

2. Resources and Environment Institute of Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** Dongqiulitag fault is one of the most active tectonics in Kuqa depression. The piedmont alluvial-pluvial fans and terraces of Bositantuoke-lake river are dislocated by the fault in different degrees. Through the field work, the biggest displacement along the fault on the terraces are measured with total station and differential GPS (Ashtech Promark2), and the age of the terraces are estimated. According to the fact that vertical displacements of the fault on the terrace I ~ III are 12.5 m, 20 m and 24.5 m, the average vertical slip rate of Dongqiulitag fault since late Quaternary is about 1 mm/a, and the relative average shortening rate is 1.97~2.13 mm/a.

**Key words:** Kuqa depression; Dongqiulitag fault; Late quaternary; Slip rate

## 0 引言

东秋里塔格断裂是库车坳陷内第三排逆断裂—背斜带东段(东秋里塔格逆断裂—背斜)的主控断裂, 该断裂伴随东秋里塔格背斜同步发展演变, 并于晚第四纪在背斜南翼出露地表。近百年来多次中强地震(如 1949 年库车北 6.2 级地震和 1979 年库车 6.0 级地震)在该断裂附近发生(图 1), 表明其现今

构造变形依然强烈, 是库车坳陷内主要的地震构造之一。前人<sup>[1-2]</sup>曾对该断裂的构造几何学、运动学特征以及其形成以来的运移量等进行了一些研究, 但对断裂晚第四纪以来的最新活动和准确的滑动速率尚缺乏细致工作。

在挤压构造区, 通过对变形阶地的精确测量和年代学研究可以得到活动构造晚第四纪以来的滑动

收稿日期: 2006-07-07

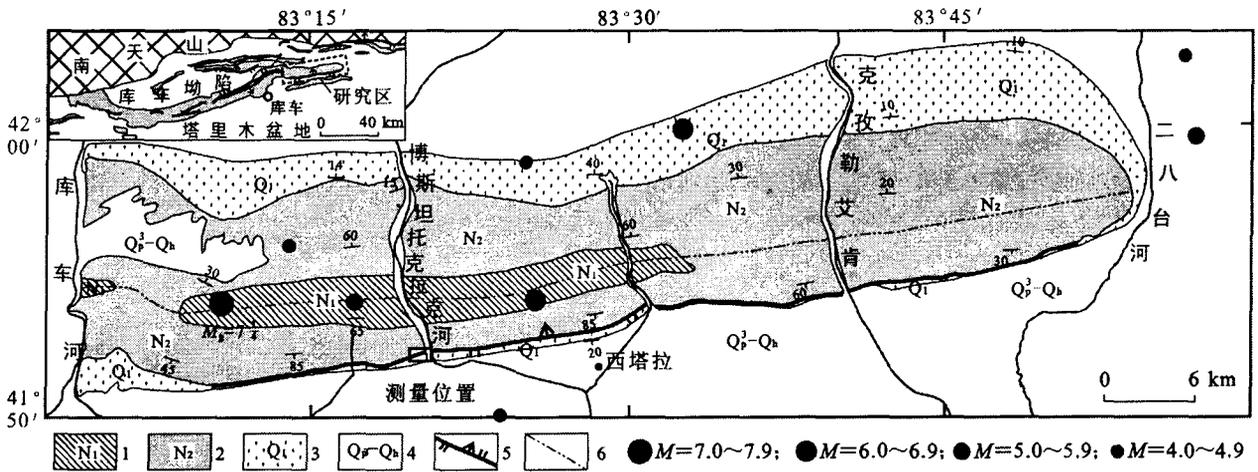
基金项目: 新疆科技攻关项目(200333116)

作者简介: 吴传勇(1978—), 男(汉族), 山东德州人, 硕士, 研究实习员, 主要从事活动构造方面研究。

速率<sup>[3-5]</sup>。2004 年 4 月,我们对东秋里塔格断裂进行了追踪考察,利用全站仪 (totastation) 和差分 GPS 对东秋里塔格背斜前缘的波斯坦托克拉克河阶地错变形进行了精确测量,并对不同阶地年龄进行了类比估算,以期对该断裂晚第四纪以来,特别是近万年尺度的活动特征、变形幅度和运动速率进行定量研究。

### 1 东秋里塔格断裂晚第四纪最新活动现象

东秋里塔格断裂西起库车河以东约 8 km 处,向东经波斯坦托克拉克河、克孜勒艾肯、至二八台河附近,全长 60 km 左右,大致沿同名背斜南翼展布,总体走向 NEE,断面倾向 NNW(图 1)。该断裂在地貌上较清晰,构成北侧背斜山体与山前第四纪台地和冲洪积扇的分界线,两侧地貌高差 400 m 左右。其新活动以向南的挤压逆冲为主,致使新近系和第四系均发生明显掀斜变形。



1. 中新统;2. 上新统;3. 下更新统;4. 更新统一全新统冲洪积物;5. 逆断裂;6. 背斜轴

图 1 东秋里塔格背斜构造略图

Fig. 1 Geological map of Dongqiulitage anticline and fault.

在东秋里塔格背斜南翼多处可见东秋里塔格断裂晚第四纪以来活动的证据。在波斯坦托克拉克河西岸的冲沟内,断裂断错了冲沟的 I 级基座阶地(图 2),剖面揭露了多条 N 倾的逆断层,最北侧的主断面明显断错了基座上覆的阶地砾石层。断面产状:  $30^\circ \angle 26^\circ$ 。同时,该冲沟的高级阶地也发生了明显的断错变形,地貌上形成高约 20 m 的断层崖,显示出东秋里塔格断裂晚第四纪以来仍有较强活动。

在牙哈河两岸、西塔拉以北以及克孜勒艾肯(河)一带,均可以见到新近系沿断裂向南逆冲到晚更新世沉积物之上,地表形成高度不等的断层陡坎,断裂多以低角度产出。

### 2 变形阶地测量

在挤压构造区通过对变形地貌面的精细测量和年代学研究,可以得到相对比较可靠的断裂在相应地貌面形成以来的平均活动速率。东秋里塔格断裂晚第四纪以来的活动切割了晚第四纪以来各级地貌面,形成高度不等的断层崖,对研究该断裂的变形速率问题提供了很好的条件。

波斯坦托克拉克河是由北向南穿过东秋里塔格背斜主体部位的较大河流,该河两岸普遍发育有保存较为完整的三级基座阶地。伴随着断裂作用,河流阶地相应发生了明显的断错变形。我们利用全站仪并结合差分 GPS 对该河西岸的阶地变形进行了精细测量。所使用的差分 GPS 为美国 SurveyTech 基金天测企业集体的 Promark2,其水平精度为 0.5

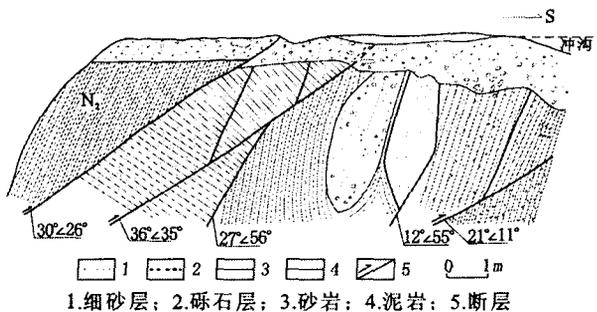


图 2 波斯坦托克拉克河西岸东秋里塔格断裂剖面  
Fig. 2 Profile of Dongqiulitage fault at the west bank of the Bositanuokelake river.

cm $\pm$ 1 ppm,垂直精度为 1 cm $\pm$ 2 ppm。此次测量的基本原理是利用差分 GPS 将已知点的坐标和海拔高度引入测区,然后利用全站仪对测区内其他未知点进行测量。全站仪的测量精度为 10 mm+测距 $\times 10^{-6}$ 。本次工作在断裂附近 0.325 km<sup>2</sup> 的范围内共测点 498 个,最大测距不超过 0.7 km。这样,本次测量精度可以控制在厘米级范围内,可以满足对近万年尺度构造变形研究的精度要求。

测量结果反映了断裂上、下盘阶地地面稳定平缓的情况(图 3),表明断错阶地的变形量主要集中在

断裂附近,由断裂断错作用所引起。测量过程中忽略了阶地面上小范围的起伏变化。根据同一阶地地面在断裂上、下盘间的高差,计算得到该级阶地的垂直断错量(表 1)。由于波斯坦托克拉克河位于东秋里塔格背斜的主体部位,此处也是断裂活动最为强烈的地段,活动速率基本上可以代表断裂最大平均滑动速率。另外,我们在波斯坦托克拉克河西岸发现该断裂的倾角为 26 $^{\circ}$ 左右,根据公式 $\Delta L = \tan\theta/H(\theta$ 为断裂倾角),粗略计算得到东秋里塔格断裂所引起的地壳缩量。

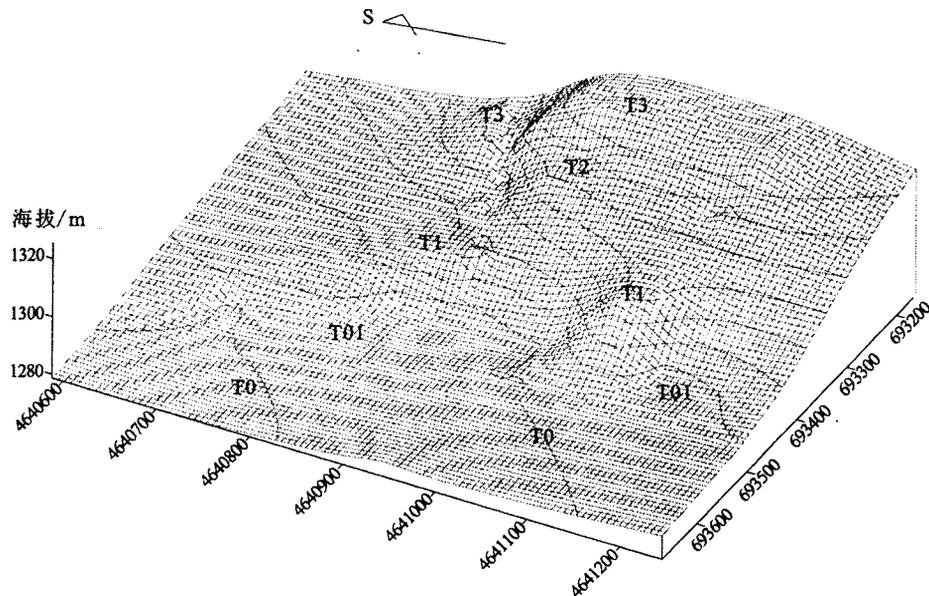


图 3 波斯坦托克拉克河西岸阶地变形立体地貌图(图中  $x$ 、 $y$  轴为公里网格坐标/m)

Fig. 3 Three-dimension map of the west bank of Bositantuokelake River.

### 3 变形阶地年代学估算

由于横穿东秋里塔格背斜的波斯坦托克拉克河各级阶地均为基座阶地,基座主要为上新统砂质泥岩和下更新统西域砾岩,上覆的阶地堆积物为 0.5~1 m 厚的卵砾石层,多以中粗砾石为主,没有发现有机碳,对于这样的沉积地层,很难利用试验测年的方法确定其准确年龄。我们根据柏美祥<sup>[6]</sup>和邓起东等<sup>[7]</sup>对天山地区河流阶地的研究,利用区域对比的方法对波斯坦托克拉克河河流阶地年龄进行了估算判定。

天山南北两侧的Ⅲ级阶地为广泛的区域性阶地,其平均年龄为 34380 $\pm$ 2370 aB. P.<sup>[6]</sup>。波斯坦托克拉克河是南天山山前较大的一级河流,其Ⅲ级阶地年龄具有一定的区域对比性,由此初步推断波斯坦托克拉克河Ⅲ级阶地的年龄在 30~40 kaB. P. 左右。Ⅲ级阶地形成以来东秋里塔格断裂的平均垂

直滑动速率为 0.61~0.82 mm/a;所引起的地壳缩短速率为 1.25~1.68 mm/a。

在波斯坦托克拉克河西侧 4km 的牙哈河Ⅱ级阶地沉积物的热释光年龄为 25.1 $\pm$ 1.9 kaB. P.<sup>[6]</sup>,由于这两条河流相邻并都穿过东秋里塔格背斜以及周围构造,我们可推定波斯坦托克拉克河Ⅱ级阶地与牙哈河相当,应为距今 2~3 万年左右<sup>[8]</sup>,这与文献<sup>[7]</sup>研究得到天山区域性Ⅱ级阶地的年龄基本一致。由此得到Ⅱ级阶地以来断裂的垂直滑动速率为 0.67~1.0 mm/a,所引起的地壳缩短速率为 1.37~2.05 mm/a。

根据文献<sup>[6]</sup>,Ⅰ级阶地为末次冰期以后形成,其年龄为 12~13 kaB. P. 左右,这与徐锡伟等<sup>[9]</sup>和冯先岳等<sup>[10]</sup>在北天山不同河流测试得到的Ⅰ级阶地年龄大体一致。由此估计波斯坦托克拉克河Ⅰ级阶地的年龄为距今 1.2~1.3 万年,得到Ⅰ级阶地以

来断裂的垂直滑动速率为 0.96~1.04 mm/a; 所引起的地壳缩短速率为 1.97~2.13 mm/a(表 1)。

计算结果可以看出, III、II、I 级阶地形成以来东秋里塔格断裂的平均滑动速率逐步递增。一般而言, 比较短的时间尺度上构造运动不会有明显变化, 这种变化很可能是由于阶地遭受断错变形之后, 上盘不断遭受剥蚀, 下盘接受沉积, 从而缩小了断裂真实的位错量, 所以越早形成的阶地, 其平均垂直位移速率越小。因此 I 级阶地形成以来断裂的平均滑动速率可能更接近真实值。

表 1 东秋里塔格断裂活动速率表

阶地 编号	阶地年 龄 a/10 <sup>3</sup>	阶地断错 量 H/m	垂直滑动速率 /[mm·a <sup>-1</sup> ]	地壳缩短速率 /[mm·a <sup>-1</sup> ]
I	12~13	12.5	0.96~1.04	1.97~2.13
II	20~30	20	0.67~1.0	1.37~2.05
III	30~40	24.5	0.61~0.82	1.25~1.68

## 4 结论与讨论

东秋里塔格断裂晚第四纪以来活动强烈, 其新活动以向南逆冲为主。该断裂断错了波斯坦托克拉克河两岸各级阶地, 根据精确测量结果以及年代学估计, 得到断裂晚第四纪以来该断裂平均垂直滑动速率为 1 mm/a 左右。

根据东秋里塔格断裂 26° 的倾角, 初步计算得到晚第四纪以来断裂所引起的地壳缩短速率为 1.97~2.13 mm/a, 这只是一条断裂对该区地壳缩短的贡献, 库车坳陷内还发育有其他晚第四纪的缩短构造, 小于该区总体 4.5 mm/a<sup>[11]</sup>、5~7 mm/a<sup>[12]</sup> 的缩短速率是合理的。

多种深部探测资料显示, 山前推覆构造在深部位置归并、收敛于地下的滑脱面, 地表的断裂活动受控于底部滑脱面的推覆运移, 不同构造活动速率的不同是由于其应变分配的不同所造成。也就是说如果在山前滑脱面的底部发生一次强震活动, 地表的断裂活动可能都会发生错动, 但是它们分配获得的应变量却大小不同。因此, 准确的得到不同构造带的滑动速率和地壳缩短速率, 会对研究大陆挤压构

造区山前推覆构造的形变分配以及大震活动特征提供更可靠的数据资料。

本次工作精确测量了东秋里塔格断裂的断错地貌, 获得了比可靠的变形数据, 但由于条件限制未能在该区取得合适的测年样品, 阶地年龄只能依靠前人资料和区域类比来判定, 可能存在一定误差, 这尚需以后进一步工作来补充完善。

## [参考文献]

- [1] 汪新, 贾承造, 杨树锋. 南天山库车冲断褶皱带构造几何学和运动学[J]. 地质科学, 2002, 37(3): 372-384.
- [2] 何光玉, 卢华复, 李树新, 等. 库车盆地秋里塔格构造带构造圈闭及油气勘探方向[J]. 地质科学, 2003, 38(4): 506-513.
- [3] 邓起东, P Molnar, E T Brown, 等. 天山南缘北轮台断裂库车楚段晚第四纪的最新活动和滑动速率[J]. 内陆地震, 2001, 15(4): 289-298.
- [4] 杨晓平, 邓起东, 张培震, 等. 利用阶地变形资料研究北天山吐谷鲁逆断裂—背斜带晚更新世以来的褶皱变形特征[A]//活动断裂研究(4)[C]. 北京: 地震出版社, 1995: 46-62.
- [5] 沈军, 赵瑞斌, 李军, 等. 塔里木盆地西北缘河流阶地变形测量与地壳缩短速率[J]. 科学通报, 2001, 46(4): 334-338.
- [6] 柏美祥. 新疆河谷阶地的年代[J]. 内陆地震, 1998, 12(1): 13-19.
- [7] 邓起东, 冯先岳, 张培震, 等. 天山活动构造[M]. 北京: 地震出版社, 2000.
- [8] 卢华复, 王胜利, J Suppe, 等. 天山中段南麓的第四纪褶皱作用[J]. 科学通报, 2002, 47(21): 1675-1679.
- [9] 徐锡伟, 邓起东, 张培震, 等. 新疆玛纳斯—霍尔果斯逆断裂—褶皱带河流阶地的变形及其构造含义[A]//活动断裂研究(2)[C]. 北京: 地震出版社, 1992: 117-127.
- [10] 冯先岳, 李军, 陈杰, 等. 新疆霍尔果斯断裂古地震初步研究[A]//活动断裂研究(2)[C]. 北京: 地震出版社, 1992: 95-104.
- [11] Allen M B, Vincent S J, Wheeler P J. Late Cenozoic tectonics of the Kepingtage thrust zone: Interaction between and Tien Shan and Tarim Basin, northwest China[J]. Tectonics, 1999, 18: 639-654.
- [12] 吴传勇. 库车坳陷活动构造与地震危险性初步评价[D]. 中国地震局兰州地震研究所硕士学位论文. 2005.