

北天山西段库松木楔克山山前断层新活动特征初探

陈建波^{1,2}, 沈 军², 李 军², 杨继林², 胡伟华², 赵 欣³, 曾宪伟¹

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011; 3. 新疆师范大学生命与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘要:库松木楔克山山前断层是位于北天山西段再生造山带北缘一条重要的边界断层,是本次新发现和确定的一条活动断层。断层分为东、中、西三段:东段主要由4条断层斜列组合而成,单条断层长度为9~13 km,在晚更新世~全新世仍在强烈活动,晚更新世以来的垂直错动量为3~4 m,垂直活动速率为0.23~0.33 mm/a,全新世以来的垂直错动量为0.5~0.8 m;中段断层活动错断了中更新世至全新世地貌,形成多级断层陡坎和长约8~10 km的地震形变带,晚更新世以来垂直活动速率为0.5 mm/a;西段自晚更新以来无活动显示。

关键词:北天山; 库松木楔克山山前断层; 全新世活动断层; 断层陡坎; 活动速率

中图分类号: P548

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2007)04-0335-06

Preliminary Study on New Active Characteristics of Kusongmuxieke Mountain Front Fault in the West Segment of North Tianshan

CHEN Jian-bo^{1,2}, SHEN Jun², LI Jun², YANG Ji-lin², HU Wei-hua², Zhao Xin³, ZENG Xian-wei¹

(1. Earthquake Institute of Lanzhou, CEA, Lanzhou 730000, China;

2. Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China;

3. Life and Environment Science Institute of Xinjiang Normal College, Urumqi 830054, China)

Abstract: Kusongmuxieke mountain front fault is one of important border faults of the north fringe of rejuvenated orogenic belt in west segment of north Tianshan, it is found and determined in our research that it is an active fault. The fault can be divided into three segments. The east segment mainly consists of four en echelon faults with length of 9~13 km, and still moves intensively in Later Pleistocene and Holocene Epoch. Since Later Pleistocene, vertical slippage of single fault has been 3~4 m, vertical active rate is 0.23~0.33 mm/a, and vertical slippage of single fault is 0.5~0.8 m since Holocene Epoch. New movement of the middle segment dislocates different geomorphologic units which formed from Middle Pleistocene to Holocene Epoch, forms multilevel fault escarpments and a 8~10 km long earthquake deformation belt. Since Later Pleistocene the vertical active rate is 0.5 mm/a. The west segment has no movement since Later Pleistocene.

Key words: North Tianshan; Kusongmuxieke mountain front fault; Holocene active fault; Fault scarplet; Active rate

0 引言

天山位于亚洲中部,东西长约2 500 km,南北宽约300~500 km,平均海拔约4 000 m,最高峰超

过7 000 m。天山造山带形成于晚古生代,到中生代时天山内部形成了一些山间盆地。印度板块在始新世向北与欧亚板块碰撞^[1],在距碰撞带向北约

收稿日期:2007-01-29

作者简介:陈建波(1976-),男(汉族),浙江人,在读硕士生,主要从事地震地质及活动构造方面的研究。

2 000 km 的天山受 SN 向挤压力的作用再度于早中新世隆起^[2-4]。利用全球定位系统(GPS)进行的大地测量结果表明,西天山 SN 向的缩短速率约 20 mm/a^[5],成为构造运动强烈、地震活动的多发地区。

天山的构造研究主要集中在天山与准噶尔和塔里木盆地交界的逆冲—褶皱带上,前人对该带的演化历史、动力学、几何形态、活动性、发震构造等都曾作了研究^[6-15]。研究认为印度板块与欧亚板块碰撞所形成的 SN 向挤压力是形成天山南北两侧构造格局的主要原因。地壳持续的缩短与增厚使天山不断向南北两侧盆地推覆扩展,使的天山山前第四纪以来的活动构造极其发育。同时山前新生的推覆构造体系也是天山地区现今中强地震孕育和发生的主要场所,此类构造多为震源盲断坡—滑脱面—地表断坡的复杂发震模式^[11]。由于推覆构造体系的大震孕育场所一般位于滑脱面的根部,而根部断层晚第四纪以来活动多趋于微弱,地震发生后位移沿滑脱面向前传递至推覆体前缘的逆断裂—背斜带上,根部断层附近几乎没有地表形变分布,因此目前对该类构造古地震问题的研究一般依据揭露推覆体前缘的新生断层获取^[16-17]。

库松木楔克山山前断层正是发育在天山推覆体前缘的逆断裂—背斜带上的一条新生活断层,同时也是北天山西段再生造山带北缘一条重要的边界断层。已往的资料显示前人没有对该断层的研究。在历史地震资料中,该断层上没有发生过大于 7 级地震的记载,但在野外考察中我们却发现新鲜的断层陡坎和古地震地震地表形变带分布。因此对该断裂的晚第四纪以来的运动学特征及古地震方面进行详细研究,更进一步了解整个北天山西段推覆构造体系的构造发展演化、变形机制及形变分配等问题,具有十分重要的科学意义。

1 地质概况

库松木楔克山山前断层东起基普克一带,向西经扫子木图沿着库松木楔克山前及北缘延伸至赛里木湖,总体呈 290°~300°方向延伸,长约 160 km,断面向南倾,倾角 40°~60°。平面上断层呈一略向北突出的弧形(图 1)。库松木楔克山山前断层具有多期活动的特点。野外考察表明,沿断层上新统和下更新统西域砾岩普遍发生褶皱变形,形成一系列背斜构造。断层大致可分为东、中、西三段,其中东段和中段的新活动明显,断层错断了中更新世以来的各级地貌面和沟谷阶地,并在地表形成断层陡坎和古

地震地表变形遗迹,为全新世活动的断层,而西段在晚更新世期间却未见明显活动。本文就该断裂的东段和中段的最新活动特征进行介绍。

2 库松木楔克山山前断层特征

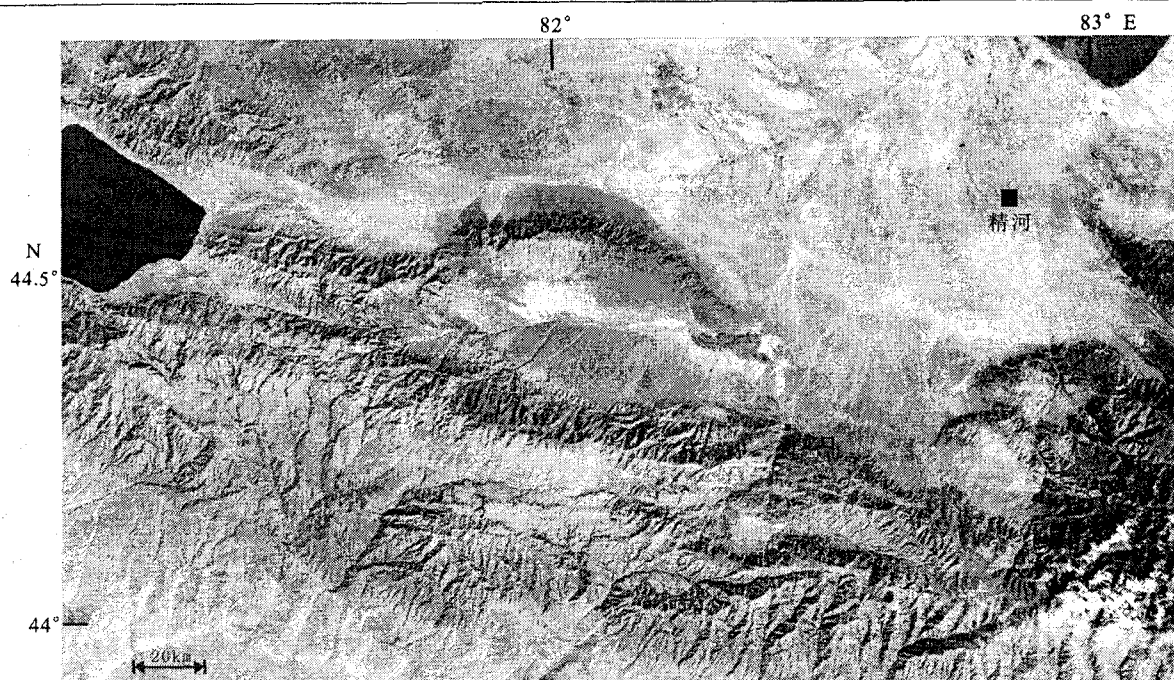
2.1 断层东段

断裂东段东起基普克西,向西经乌拉斯泰、乌兰特干、扫子木图至龙口以西的阿沙勒河西岸,总体走向 300°~310°,全长约 50 km。由四条走向 280°~290°的断层斜列组合而成,单条断层的长度 9~13 km,断层面倾向南,主要表现为逆断层性质。

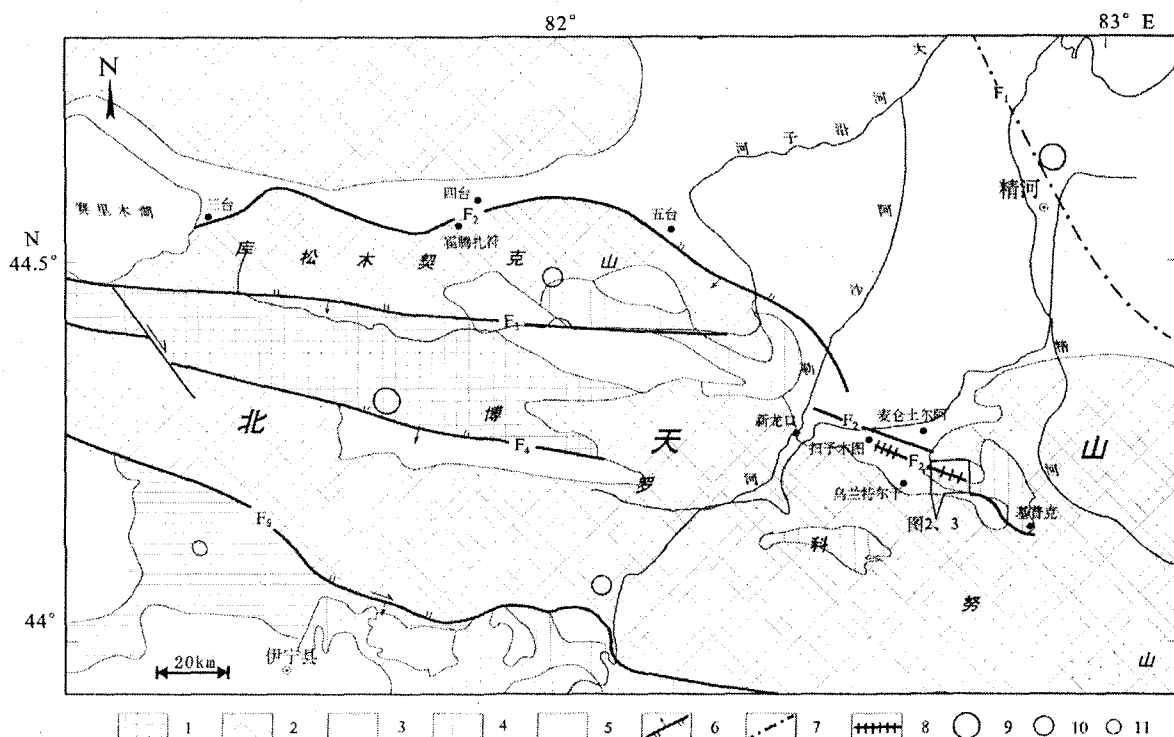
在基普克以西的乌拉斯泰沟出山口处的实测断层剖面图(图 2)中可见断层活动使上新统红褐色砂岩向北逆冲在晚更新世冲积扇之上,断层破碎带宽 10 m,由断层角砾及挤压破碎物质组成,断层带内揭示有 8 条断层面(F_1-F_8),且断面均向南倾,倾角基本上在 66°~85°之间,性质为逆冲断层。根据剖面中揭示的断层切层特点及堆积物岩性特征分析,推测沿该断层可能有 4 次较大的地震事件:第一次事件表现为断层 F_1 、 F_3 、 F_4 、 F_6 、 F_7 的快速活动,其中 F_1 、 F_3 和 F_4 错断层⑤,而后快速堆积了楔状体⑥,之后被层④所覆盖;第二次事件表现为 F_1 、 F_3 、 F_5 和 F_8 的快速活动,错断了层④,顶部被层③覆盖;第三次事件表现为 F_3 和 F_5 的快速活动,错断了层③,顶部被层②覆盖;第四次事件表现为 F_3 的再次活动,错断层②,而后,堆积了层①,层①堆积以后没有活动,既距今约 11.24 ± 0.96 ka 以来断层未见有过活动。

另外在距离图 2 剖面位置以北约 60 m 的河流 I 级阶地上又发现该断层的最新活动的迹象(图 3)。由剖面揭示断层 F 错断了层①、层②和层③,并沿断层面砾石呈定向排列,断层活动还使得层②中的粗砂层明显向河流上游弯曲变形,在 I 级阶地上形成南高北低的顺坡向断层陡坎,经测量断坎的垂直高度为 0.4 m。同时在陡坎附近的现代河床上仍保存有一跌水,跌水的垂直高度为 0.7 m。根据层②顶部¹⁴C 样品测年结果为 $2\,250 \pm 60$ BP,说明该断裂最新活动表现为由南向北推移,断层在全新世晚期仍有强烈活动,其最新一次活动(古地震事件)的垂直错动幅度应为 0.7 m 左右。

在乌兰特干北断层错断晚更新世冲洪积扇,在地表形成走向 280°~290°的顺坡向断层陡坎,长度可达 4~5 km。从天然露天剖面可见断层上(南)盘的上新统褐红色泥岩向北逆掩在晚更新世冲积层



(a) Landsat TM图像



(b) 地震构造图

图 1 北天山西段的 Landsat TM 图像(a)和地震构造图(b)

Fig. 1 Landsat TM mosaic image (a) and seismic tectonics map (b) of west segment of North Tianshan.

之上,并将晚更新世冲积砾石层错断,断层面倾向 186°,倾角 26°,表现为具有典型的低角度逆掩断层性质。断层上盘的上新世地层褶皱变形,近断层处岩层直立甚至倒转,下盘的晚更新世砾石层明显牵

引变形,倾角达 75°。反映出该段的构造变形及运动特点具断层扩展褶皱类型。通过对这一地区冲洪积扇上断层陡坎的测量,断层陡坎的最大主坡角为 20°,陡坎上、下原始地貌面的垂直落差约为 3 m,反

映了断层的垂直断距。根据邓起东等^[11]的研究,北天山山前地区冰水冲洪积扇可划分出三期。对比看,这套洪积扇相当于北天山山前地区的第二期冰水冲洪积扇,即距今 1.2~1.3 万年,属晚更新世晚期堆积。由此推断,断层自晚更新世晚期以来的垂直活动速率为 0.23~0.25 mm/a。

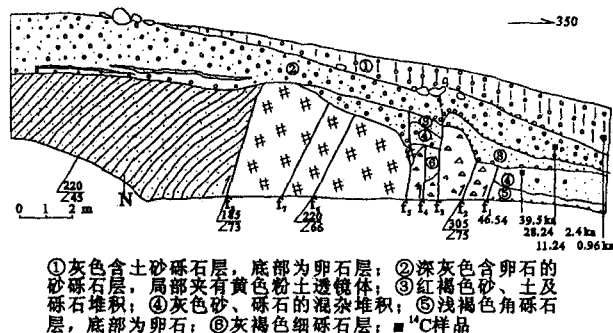


图2 乌拉斯泰沟口断层实测剖面图

Fig. 2 Profile of Kusongmuxieke mountain front fault at the jaw of Wulasty gully.

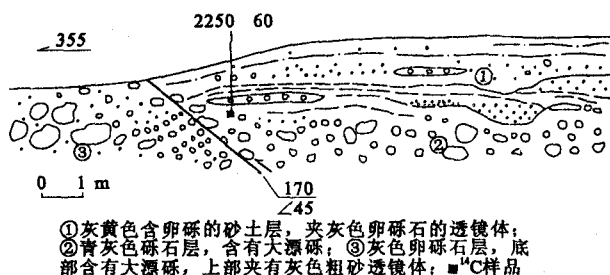


图3 乌拉斯泰沟口东岸断层剖面

Fig. 3 Profile of the fault at east bank of Wulasty gully's jaw.

在扫子木图一带断层仍表现断层扩展类型的活动特点,即断层上盘的上第三系或下更新统西域组砾岩褶皱变形,形成多个 NWW 走向的背斜构造,并组成山前低山丘陵区;断层北侧(下盘)为晚更新世冲洪积平原。主断层在这些背斜北翼前缘,地貌上表现为低山丘陵与冲洪积平原的分界线,局部地段错断晚更新世冲洪积扇,地表形成沿断层走向分布的南高北低的断层陡坎。在新龙口以北阿沙勒河以东的地区,断层沿由下更新统西域组砾岩(Q_{1x})组成的背斜山山脚延伸,其中背斜北翼前缘处的早更新世砾岩层倾角可达 72° 。断层最新活动错断了晚更新世—全新世的冲洪积扇和冲沟沟床,地表形成近 EW 走向的断层陡坎。通过对全新世洪积扇上断层陡坎地形剖面的测量可见有三条断层陡坎(图4),其中陡坎1的主坡角 15° ,垂直高度为 0.5 m;陡坎2的主坡角 14° ,垂直高度为 0.6 m;陡坎3主坡角 12° ,垂直高度为 0.8 m。另外在一条全新世小冲

沟沟床上断层通过处形成三级跌水,对这些跌水实地测量自南向北的垂直高度分别为 0.48~0.55 m, 0.55~0.6 m, 0.35~0.6 m(图5)。这三级迭水与图5反映的三条陡坎相对应,根据断层陡坎的形成高度及坡角的分布特征,分析认为这很可能为一次地震事件的结果,仍表明断层在全新世时期曾有过明显活动,其全新世以来的垂直错动量应该在 0.5~0.8 m 之间。对于天山逆断层—褶皱型地震,这种位移相当于 7~7.5 级地震的地表错动量^[11]。

在新龙口西的阿沙勒河西岸,断层错断了晚更新世的冲洪积扇,地表形成一条走向 $310^\circ\sim 320^\circ$ 的顺坡向断层陡坎,陡坎长约 3 km,经实测,断层陡坎主坡角为 $17^\circ\sim 20^\circ$,垂直断距 4 m。推算断层晚更新世晚期以来的垂直活动速率为 0.31~0.33 mm/a。

2.2 断裂中段

库松木楔克山前断裂中段东起大河沿子河出口处的萨尔吐别克,向西沿着库松木楔克山山前延伸至四台以西的霍腾扎符一带,全长约 60 km。平面上呈一向北突出的弧形展布,弧顶在五台以西的山前,弧东侧断层走向 $310^\circ\sim 320^\circ$,弧西侧断层走向 $60^\circ\sim 70^\circ$,断层面倾向南,具逆断层性质兼有走滑错动。断层的最新活动主要反映在弧顶部位,错断了山前中更新世冰水台地,晚更新世冲洪积扇及全新世小冲沟,地表形成不同高度的多级断层陡坎。

在四台的 312 国道南约 3 km 的冲洪积扇上发育三级走向 75° 的断层崖,崖坡北倾,主坡角 $21^\circ\sim 25^\circ$,组了一条地表形变带,断续延长 8~10 km,航空及卫星影像上十分清晰。自西向东实测形变带中三条断层崖的地形剖面(图6(a)、(b)、(c)),西面一条断层崖的垂直高度为 7 m;中间一条高度为 6 m;东面一条高度为 7 m。表明冲洪积扇原始地形面的累积垂直断错量达 20 m。从组成断层崖堆积物的岩性看,是一套由巨砾(大者体积达 $10\sim 20\text{ m}^3$)、漂砾、砾石及碎石土的混杂堆积,砾石有一定的磨圆,表明这是一套冰水堆积物。这套冰水冲洪积扇的顶面与广大戈壁面联为一体,组成了山前最为广泛的冰水冲洪积平原。对比看,相当于北天山地区的第一期冰水冲洪积扇,即距今 7.5~13 万年^[11],形成于晚更新世早期。冰水冲洪积扇上部透镜状风积黄土中取热释光(TL)测年样品一个,测试结果为距今 $39.57\pm 3.36\text{ kaBP}$,由此推断库松木楔克山山前断层中段晚更新世以来的垂直活动速率应为 0.5 mm/a 左右。

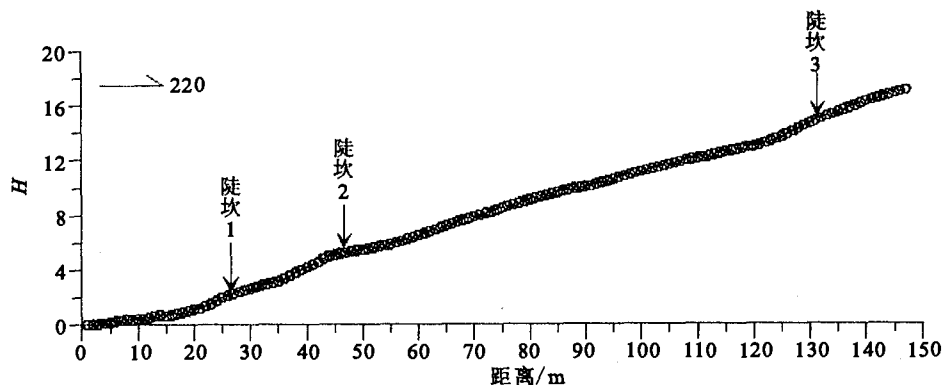


图4 新龙口以东洪积扇上断层陡坎地形剖面

Fig. 4 The topographic profile of fault escarpment at alluvial-proluvial fan in the east of Xinlongkou.

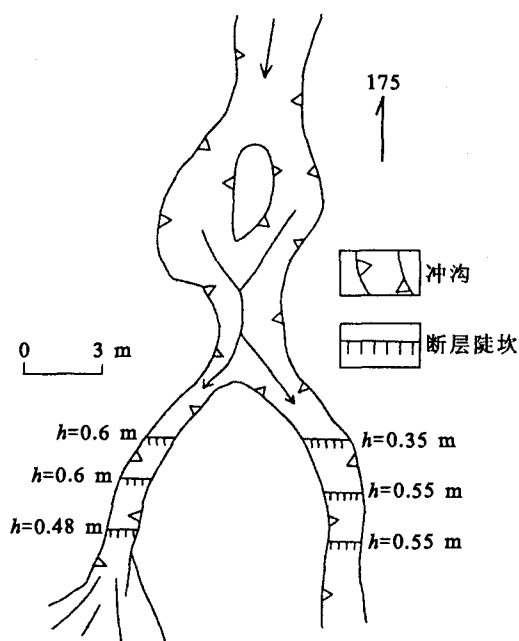


图5 新龙口以北全新世冲沟断错平面图

Fig. 5 The plane map of dislocating Holocene gully in the north of Xinlongkou.

另外在断层崖北侧普遍发育有全新世以来的小型冲沟,在断层崖的坡脚带断层最新活动右旋错断了这些全新世小冲沟。图7表明断层在全新世时期有过明显活动,其右旋水平错动量为1.8~2.5 m。

3 结论

库松木楔克山山前断层是位于北天山西段再生造山带北缘一条重要的边界断层,同时也是一条区域性的活动断层。按其活动性特征由西向东可将该断裂划分为东、中、西三段,其中中段和东段晚更新世—全新世仍在强烈活动,西段自晚更新以来无显示活动。

东段:主要由四条走向 $280^{\circ}\sim 290^{\circ}$ 的断层斜列

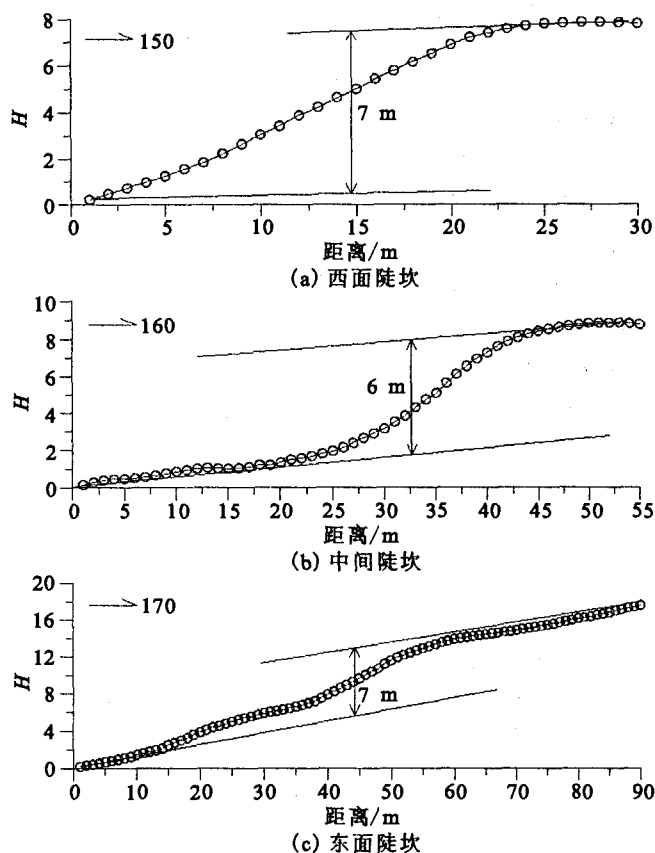


图6 四台以南山前冲洪积扇上的断层陡坎地形剖面

Fig. 6 The topographic profiles of the fault escarpments on alluvial-proluvial fan in front of Kusongmuxieke mountain at the south of Sitai.

组合而成,全长约50 km,单条断层的长度9~13 km,主要表现为逆断层性质。在地表形成长约7~8 km的地表形变带,断层在晚更新世—全新世仍在强烈活动,自晚更新世以来断层的垂直错动量约为3~4 m,垂直活动速率为0.23~0.33 mm/a;全新世以来的垂直错动量为0.5~0.8 m。

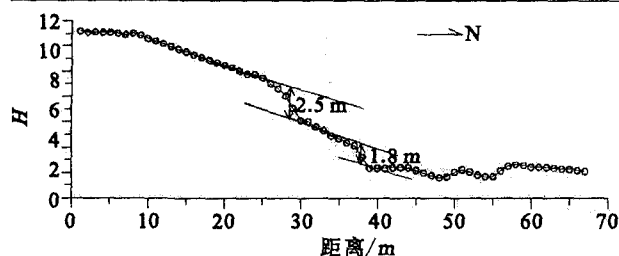


图7 四台以南全新世冲沟右旋错动

Fig. 7 The plane map of Holocene gully's right lateral slip on front of Kusongmuxieke mountain at the south of Sitai.

中段:在平面上呈一向北突出的弧形展布,具逆断层性质兼有走滑错动,全长约60 km。断层的最新活动主要反映在弧顶部位,错断了山前中更新世冰水台地,晚更新世冲洪积扇及全新世小冲沟,地表形成不同高度的多级断层陡坎,并在地表形成长约8~10 km的地震形变带。断层自晚更新世以来断层的垂直错动量为6~7 m,垂直活动速率为0.5 mm/a。

由于本文部分定量数据主要来自对地形的实地测量,断层陡坎剖面可能存在多解,但大致上仍可定量反映出该断层的最新活动特征,对评价该断层的潜在地震危险性提供一定的参考依据。

[参考文献]

- [1] Molnar P E, Tapponnier P. Cenozoic tectonics of Asia: Effects of a continental collision[J]. Science, 1975, 189: 419-426.
- [2] Auzac J P, Tapponnier P, Bai M, et al. Active thrusting and folding along the northern Tien Shan and late Cenozoic rotation of the Tarim relative to Dzungaria and Kazakhstan[J]. Jour. Geophysics Review, 1993, 98: 791-808.
- [3] Handrix M S, Dumitru T A, Graham S A. Late Oligocene-early Miocene unroofing in the Chinese Tianshan: An early effect of the India-Asia collision[J]. Geology, 1994, 22: 487-490.
- [4] Yin A, Nie S, Craig P, et al. Late Cenozoic tectonic evolution of the southern Chinese Tianshan[J]. Tectonics, 1998, 17(1): 1-27.
- [5] Abdurakhmatov K A, Mazhanov S A, Hager B H, et al. Relatively recent construction of the Tianshan inferred from GPS measurements of present-day crustal deformation rates[J]. Nature, 1996, 384: 450-453.
- [6] Molnar P E, Brown P, Burchfiel B C, et al. Quaternary climate change and the formation of river terraces across grouting anticlines on the north flank of the Tianshan, China[J]. Geology, 1994, 102: 583-602.
- [7] 冯先岳, 邓起东, 石建邦, 等. 天山南北缘活动构造及其演化[A]//活动断裂研究(1)[C]. 北京:地震出版社, 1991.
- [8] 张培震, 邓起东, 杨小平, 等. 天山的晚新生代构造变形及其地球动力学问题[J]. 中国地震, 1996, 12(2): 127-140.
- [9] 杨晓平, 冯先岳, 等. 北天山地区活动逆断裂-褶皱带构造与潜在震源区估计[J]. 地震地质, 1998, 20(3): 193-200.
- [10] Burchfiel B C, Brown E T, Deng Qi-dong, et al. Crustal shortening on the margins of Tianshan, Xinjiang, China[J]. Intern. Geol. Review, 1999, 41: 665-700.
- [11] 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.
- [12] 赵瑞斌, 杨主恩, 周伟新, 等. 天山南北两侧山前拗陷带中新构造特征与地震[J]. 地震地质, 2000, 22(3): 295-304.
- [13] 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.
- [14] 沈军, 吴传勇, 李军, 等. 库车拗陷活动构造的基本特征[J]. 地震地质, 2006, 28(2): 269-278.
- [15] 吴传勇, 沈军, 陈建波, 等. 新疆南天山库车拗陷晚第四纪以来地壳缩短速率的初步研究[J]. 地震地质, 2006, 28(2): 279-288.
- [16] 邓起东, 冯先岳, 尤惠川, 等. 新疆独山子-安集海活动逆断裂带晚第四纪活动特征及古地震[A]//活动断裂研究(1)[C]. 1991: 37-56.
- [17] 邓起东, 冯先岳, 杨晓平, 等. 利用大型探槽研究新疆北天山玛纳斯和吐鲁番逆断裂-褶皱带全新世古地震[A]//活动断裂研究(3)[C]. 1994: 1-17.