

# 祁连山西段玉门断裂晚第四纪活动特征 及相关问题的讨论\*

陈文彬<sup>1</sup>, 刘百箴<sup>1</sup>, 徐锡伟<sup>2</sup>, 戴华光<sup>1</sup>, 王 峰<sup>2</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:**新的证据显示, 位于祁连山西段酒西盆地南部的玉门断裂的最新活动时代为晚更新世末, 并兼有一定的走滑分量. 这一结果表明, 酒西盆地块体周边断裂的活动具有同时性的特点, 酒西盆地块体可能发生过顺时针旋转.

**关键词:**第四纪; 祁连山; 玉门断裂; 块体

**中图分类号:** P534.63; P542\*.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(1999)04-0389-06

## 0 引言

目前, 有关青藏高原北界的阿尔金断裂带与祁连山构造带之间的变形分配、构造转换问题已成为一个研究的热点. 祁连山北缘断裂带最西段为酒西盆地南缘断裂带, 而对该断裂带活动情况的认识尚存争议, 主要体现在两个方面: 一是其活动时代问题, 前人一般认为其活动时代限于中更新世末以前<sup>[1, ①]</sup>, 而陈杰等(1998)通过研究穿过断裂带的石油河和白杨河阶地则认为该带以褶皱变形方式持续活动<sup>[2]</sup>; 二是关于断层的活动性质问题, 目前人们也有两种不同的看法, 一种认为该断裂以逆冲为主兼有一定左旋走滑分量<sup>[3]</sup>, 而另一种则认为该断裂没有水平走滑分量<sup>①</sup>. 这些认识上的差异也反映了由于对该断裂带研究的薄弱, 因而缺少有力的证据. 由于该断裂带所处的特殊位置(青藏、塔里木和阿拉善等3大块体的交汇地带), 弄清这些问题对正确认识有关区域新构造变形等问题至关重要.

玉门断裂属酒西盆地南缘断裂带的一支(图1). 研究表明<sup>[4, 5]</sup>, 酒西盆地南缘 NWW 向断裂构成一个大型推覆构造, 而玉门断裂则是其推覆构造的前锋断裂, 由于该推覆构造前展式发展的特点, 玉门断裂的活动情况直接反映了整个酒西盆地南缘断裂带的最新活动. 因此, 笔者对玉门断裂进行了实地考察, 所得到的证据表明, 该断裂在晚更新世仍有较强活动, 且显示了一定的左旋走滑分量, 笔者还就这一结果对区域构造方面的意义进行了讨论.

## 1 玉门断裂的第四纪活动特征

玉门断裂位于酒西盆地的南部, 西起青草湾, 经玉门市、青头山, 止于小红泉以东, 呈北西

收稿日期: 1999-03-30

基金项目: 地震科学联合基金资助项目(198026)

\* 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC1999065

作者简介: 陈文彬(1965-), 男, 工程师, 博士生, 主要从事新构造、活动构造、工程地震研究.

① 国家地震局兰州地震研究所, 酒泉钢铁公司抗震防灾规划基础研究, 1990.

西向,大致与其南部的祁连山北缘大断裂平行展布,长约70 km(图1)。

玉门断裂是划分酒西盆地内次级单元的特征构造。酒西盆地分为4个次级构造单元:南部基岩隆起带、中央向斜拗陷带、北部单斜斜坡带和西部凹陷<sup>[6]</sup>,其中前三者的展布方向与北西西走向的祁连山北缘大断裂大致平行,而南部基岩隆起带与中央拗陷带之间的分界即为玉门断裂(图1)。断裂以北为中央拗陷带,新生代地层总体上为一宽缓的向斜,褶皱比较微弱,呈现现代洪积平原地貌。断裂以南为南部基岩隆起带,地貌上为相对高出约600 m的台地,构成第3级夷平面<sup>[2]</sup>,呈现现代侵蚀地貌。隆起带构造由著名的老君庙背斜为代表的一组褶皱构造和一组南倾逆冲断层组成,背斜北翼陡南翼缓,北翼被一组南倾断层逆冲错断<sup>[6]</sup>,成为构造变动最为强烈的地带,其中主断层即为玉门断裂,或称庙北断裂或庙北逆掩断层<sup>[4]</sup>。



图1 玉门断裂区域构造略图

Fig. 1 Regional structures around the Yumen fault.  
① 阿尔金北缘断裂带; ② 嘉峪关断裂; ③ 玉门断裂;  
④ 酒西盆地南缘主断裂; ⑤ 昌马断裂带

玉门断裂与酒西盆地南缘主断裂之间有着密切关系,它们是同属于一个酒西盆地南缘推覆构造的两支重要断层<sup>[5,6]</sup>;同时,推覆构造带内部的主要滑动断裂的活动时代由南向北依次变新,表现出前展式特点。因此,玉门断裂不仅是酒西盆地南缘断裂带的重要成员,而且也是最为活跃的一支,它的活动变形更能体现北祁连与酒西盆地两块体之间的最新变形情况。

根据断裂的构造特征和活动性特点,以大红泉为界,将断裂分为东、西两段。断裂西段一般未出露地表而成为盲断层,陈杰等(1998)对横切过背斜的石油河、白杨河阶地纵剖面的研究表明,该断裂的活动并未停止于中更新世,而是以活动背斜的形式仍在持续着构造变形。东段出露地表,且有清楚的地貌显示。

根据断裂的构造特征和活动性特点,以大红泉为界,将断裂分为东、西两段。断裂西段一般未出露地表而成为盲断层,陈杰等(1998)对横切过背斜的石油河、白杨河阶地纵剖面的研究表明,该断裂的活动并未停止于中更新世,而是以活动背斜的形式仍在持续着构造变形。东段出露地表,且有清楚的地貌显示。

### 1.1 玉门断裂东段的几何展布与地貌特征

玉门断裂东段西起大红泉,向东止于大黄沟以西,全长约16 km。断层在走向上有一个明显的转折,主体部分走向北西西(280°),沿走向由5个左阶雁列的次级断层组成,阶距大致为300 m。断层于小红泉东5 km处附近转为北西向(310°),由2~3条次级断层呈右阶雁列延续,东端可能与祁连山北缘主断裂合并(图2)。

断层由南向北逆冲,地貌上形成南部隆起与北部洪积平原之间的鲜明对比,断层三角面和断崖陡坎呈线性延伸。由于南盘抬升,遭受侵蚀,许多冲沟横向切入,使古地貌面残缺不全。冲沟切入深度不大,最大深度约100 m,常见宽阔的沟谷。

以西沟口的洪积扇作参照,大致可划分出以下几期洪积扇。 $D_0$ 指现代仍在进行堆积的洪积扇,冲沟频繁改道,青灰色现代洪积物裸露地表,没有黄土覆盖,在卫星影像下色调最深; $D_1$ 主要展布于玉门断裂以北,扇顶位于断层线上, $D_1$ 基本被主冲沟废弃,扇面上有薄的黄土覆盖; $D_2$ 主要沿玉门断裂展布,由于受后期洪积扇的改造,洪积扇的形态常呈反三角形,有大约30 cm厚的黄土覆盖,扇切割较弱; $D_3$ 多残留于玉门断裂所形成的断坎北侧,扇面上有50 cm厚的黄土覆盖,有明显的扇切割,在断层带上上盘的切割深度可达15 m,在下盘也可见到两级

阶地,深度1~2 m;D<sub>4</sub>分布于西沟的主冲沟两侧;D<sub>5</sub>和D<sub>6</sub>主要为西沟老洪积扇面的残留,时代为第四纪早期.本区的阶地在大红泉发育最全,可见到8级阶地,根据航、卫片判读与野外对比调查,T<sub>2</sub>时代与D<sub>1</sub>相当,T<sub>3</sub>时代与D<sub>2</sub>相当,T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>时代与D<sub>3</sub>相当,T<sub>6</sub>、T<sub>7</sub>与D<sub>4</sub>相当,T<sub>8</sub>与D<sub>5</sub>相当.

地貌面的年代主要受构造运动和气候两种因素的控制,在一定区域内同一级地貌面的年代可以对比.参照国家地震局地质研究所等(1993)的结果,D<sub>6</sub>为全新世洪积扇;D<sub>1</sub>相当于晚更新世晚期,大黄沟口II级阶地的热释光年龄为 $13.0 \pm 2.1 \text{ ka}^{[2]}$ ;D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>相当于晚更新世早、中期,其中于D<sub>3</sub>上取得的热释光年龄为 $45.5 \pm 5.6 \text{ ka}$ ;D<sub>5</sub>相当于中更新世;D<sub>6</sub>形成于早更新世.

玉门断裂东段断错的最新地貌面为D<sub>2</sub>、T<sub>2</sub>,留下清晰的断层地貌,但在全新世地貌面上无断错显示

### 1.2 玉门断裂最新活动时代的构造学证据

剖面1:见于大红泉冲沟西壁(图3)图中N<sub>1</sub>地层构成一背斜,背斜核部的若干横向张性小断层使上覆Q<sub>3</sub>砾石层产生挠曲、位错及砾石的定向排列,最大位错(砾石层底面)可达1 m,说明此背斜在Q<sub>3</sub>时期仍有显著的褶皱变形.从砾石被挤入的情况判断应为同震褶皱变形的结果.主断面并未出露,但大红泉冲沟西侧的II~VI级阶地在断层通过处全部错断形成线性陡坎(图3),坎高可达十余米,由此判断主断层应从陡坎前缘通过.

从剖面上可分辨出两次古地震事件,第一次事件(距今 $26.8 \pm 2.1 \text{ ka}$ )造成覆盖于N<sub>1</sub>面上的砾石层的错动及砾石的定向排列;第二次事件(距今 $14.1 \pm 1.1 \text{ ka}$ )使得覆盖于该砾石层之上的砂砾石层及两者之间的不整合面发生挠曲及错动.

剖面2:位于小红泉东一较大冲沟东侧(图4a).剖面显示有3条倾向南西的逆断层,其中

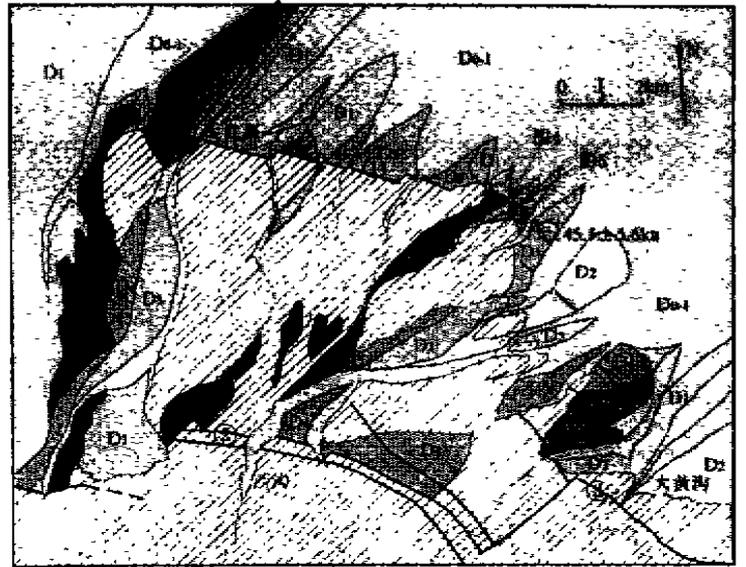


图2 玉门断裂东段构造-地貌图

Fig. 2 Tectonic and geomorphic map of the eastern segment of the Yumen fault.

条带区为前第四纪基岩; D<sub>1</sub>-D<sub>6</sub>洪积扇;  
□ 热释光年龄; ① 玉门断裂; ② 河西盆地南缘主断裂

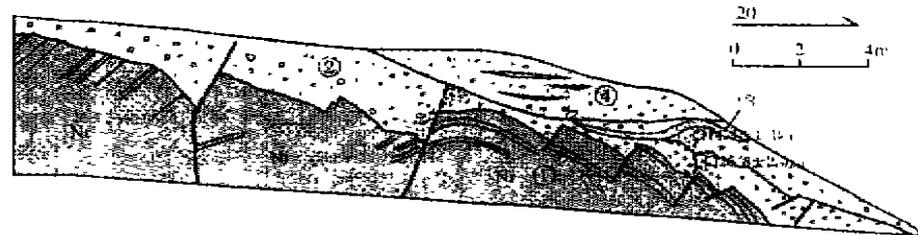


图3 大红泉冲沟西壁剖面

Fig. 3 A profile on the west side of the Dahongquan gully

① 桔黄色粘土岩夹砂岩; ② 松散砂砾石层;  
③ 浅黄色亚砂土层; ④ 砂砾石夹黄土层; □ 热释光年龄

$F_1$ 、 $F_2$  断距较大. 就  $F_1$  而言,  $Q_1$  逆冲于  $Q_2$  之上, 可见垂直断距大于 15 m.

$F_2$  错断了  $Q_2$  砾石层, 并逆冲于  $Q_3$  砾石层之上, 断层附近砾石层发生强烈挠曲, 垂直断距 ( $Q_2$  顶面) 5.8 m (图 4b). 断面平直, 向上分叉成两分支断层, 断面上有约 2 cm 厚的半胶结挤压破碎物质. 剖面顶部有一层覆盖于断层之上的冲洪积层未被错动.

$F_3$  规模较小, 由两条次级断层组成, 累计垂直错距 40 cm, 但它断错的地层的时代最新, 为

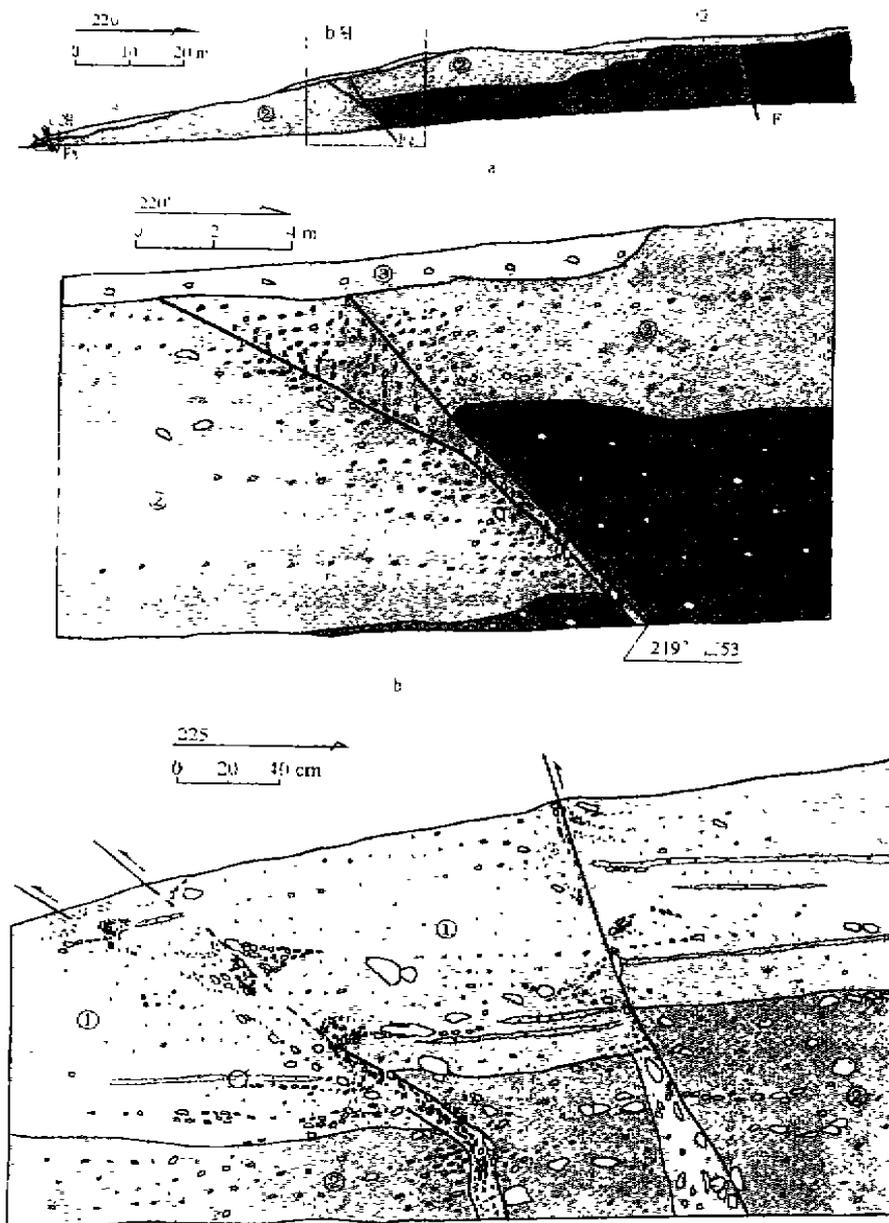


图4 小红泉东冲沟(位置见图2)东壁剖面

Fig 4 A profile on the east side of one gully east of Xiaohongquan gully  
 a 总剖面; b  $F_2$  断错情况; c  $F_3$  断错情况, ①: 河流相土黄色松散砂层夹砾石层;  
 ②: 青灰色砾石层; ③: 砂砾石夹黄土层; ④:  $Q_2$  半胶结黄褐色砂砾石层; ⑤:  $Q_1$  黄灰色砾岩

Q<sub>3</sub>末期的漫滩砂堆积层(图4c). F<sub>3</sub>通过处的I级阶地未见变动.

除以上两个代表性剖面外,沿断裂还可见到若干错断晚更新世砾石层的剖面.这些事实表明,玉门断裂在晚更新世仍有较强活动.从断裂通过处观察,全新世形成的I级洪积扇及I级阶地上未见活动地貌显示.

### 1.3 玉门断裂的走滑活动

断裂西段没有走滑活动的地貌显示,而断裂上盘斜列的背斜构造指示该构造带形成时期(第四纪早期)主压应力场为近南北向,可能代表了该构造带曾经有过一定的右旋扭动的历史.断裂东段断层迹线比较直,在剖面上断层面也很平直(图4),一些微地貌现象也显示了此段在大约晚更新世时期发生过左旋走滑活动.在大红泉附近,断裂的走滑情况不清楚,而在小红泉以东有明显的微地貌反映,沿断裂一些冲沟及山脊发生了明显的左旋位错(图5).

## 2 讨论

如前所述,玉门断裂的最新活动情况代表了酒西盆地南缘断裂带的最新活动,对比盆地周边断裂的活动特点,容易得出一个结论:围绕盆地的边界断裂的活动具有同时性特点.

酒西盆地北西边界为阿尔金北缘断裂带东段(巴个峡以东),该断裂中更新世以来水平活动的强度逐渐减弱<sup>[7]</sup>,宽滩山以东晚更新世以后没有活动<sup>[8]</sup>.盆地东界为嘉峪关断裂,该断裂的主要活动时期为中、晚更新世,无全新世活动证据,凡在北大河等处所见到的若干断层剖面上,覆盖于断层之上的新堆积物均未经受过变动,这些新堆积物底部的<sup>14</sup>C年龄均大于10 ka<sup>①</sup>.

酒西地块体周边断裂活动的同时性特点可能暗示块体具有独立块体的特征,这种独立性不仅表现在块体几何和周边断裂活动时间的一致性上,而且也体现在块体的运动学方面.

盆地北界阿尔金北缘断裂带东段,呈明显的左旋走滑特点.断层活动将一系列河谷、冲沟左错,疏勒河左旋量达2 800 m,断裂的走滑量自西向东呈衰减趋势<sup>[9]</sup>,但在宽滩山一带航、卫片上仍有十分清楚的左旋位错地貌,常有20~30 m的断错现象<sup>[9]</sup>.另据邢成起等<sup>[10]</sup>,阿尔金北缘断裂带东段晚更新世以来水平走滑分量远大于垂直分量,该断裂带不是地壳缩短地带,而是使两侧块体擦肩而过,显而易见,该断裂带东段对青藏块体的北上几乎不起阻挡作用.更值得一提的是,阿尔金断裂在巴个峡以东其走向发生明显转折,由北北东转为近东西向,作为走滑断裂在走向的这种转折部位应该造成局部挤压,产生隆起.而本区阿尔金断裂在转折部位的内侧并未造成较大规模的隆起,这样阿尔金断裂的转折有利于酒西地块体的旋转.

盆地东界的嘉峪关断裂为挤压逆冲活动性质,断面多倾向南西,倾角较大.断层活动使盆地基底西高东低,落差达数百米.值得注意的是,该断裂的逆冲量是不均衡的,北西段大于南东段,使得榆树沟山—文殊山北北西向隆起表现出强烈的西北部向上翘起的特征,造成北大河在

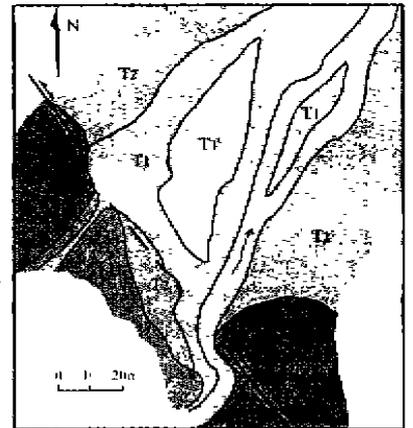


图5 玉门断裂一冲沟  
(位置见图2)水平  
位错实测平面图

Fig.5 A planimetric map showing  
the dislocation of a gully  
by the Yumen fault.  
T<sub>1</sub>—T<sub>4</sub>为4级阶地

① 同389页①.

中更新世以来经历了4~7次由北西向南东的迁移改道,隆起带东缘沿嘉峪关断裂在山前形成洪积扇均向南西侧叠<sup>①</sup>。榆树沟山西北部恰好处在酒西盆地块体的东北角,也就是冲突最为强烈的部位,首当其冲地成为地壳聚敛的前沿

玉门断裂的左旋活动也支持了酒西盆地块体顺时针旋转的观点。

另外,酒西盆地块体周边断裂在全新世以来都无明显活动,一种解释是由于昌马断裂的向北逆冲兼左旋走滑活动对阿尔金断裂左旋量的大量吸收和转换,而酒西盆地周围断裂活动的同时性特点使这种解释更加合理。

### 3 认识与结论

(1)酒西盆地南缘断裂的最晚活动时代为晚更新世末,西段为活动盲断层、活动褶皱的方式,东段为走滑兼逆冲的方式,并造成南部隆起带在地貌上西高东低的特点。

(2)围绕酒西盆地的各边界断裂的主要活动时期为中、晚更新世,全新世以来基本停止活动,块体周边断裂的活动时代具有一致性。

(3)酒西盆地块体在向北推挤的过程中可能产生顺时针旋转,所造成的直接结果就是榆树沟山-文殊山NNW向隆起。

#### [参考文献]

- [1] 国家地震局地质研究所,国家地震局兰州地震研究所.祁连山-河西走廊活动断裂系[M].北京:地震出版社,1993
- [2] 陈尔,卢演仿,丁国瑜.祁连山西段酒西盆地区阶地构造变形的研究[J].西北地震学报,1998,20(1):28-36
- [3] 魏顺民,等.祁连山-河西走廊活动断裂带与地震[A].见:中法合作活断层对比研究[C].北京:地震出版社,1993
- [4] 霍永录,等.酒泉西部油藏形成及分布规律[J].玉门石油科技,1986,(1):1-17.
- [5] 黄华芳,等.酒西盆地南缘推覆构造及其含油气领域[J].石油与天然气地质,1993,14(3):187-190.
- [6] 玉门油田石油地质志编写组.中国石油地质志卷十三,玉门油田[M].北京:石油工业出版社,1989.
- [7] 陈国星,等.阿尔金断裂东段第四纪活动的时空特征[J].中国地震,1987,3(增刊):35-51
- [8] 李庆山.河西走廊西部地区的活动构造特点[A].见:赵国光主编.地壳构造与地壳应力文集5[C].北京:地质出版社,1991.
- [9] 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.
- [10] 邢成起,等.关于阿尔金北缘活动断裂带运动方式的转变机制的讨论[J].西北地震学报,1998,20(2):52-57

#### ACTIVITY OF THE YUMEN FAULT, WESTERN QILIAN MOUNTAINS, DURING LATE QUATERNARY AND ITS IMPLICATION TO REGIONAL TECTONIC MOVEMENTS

CHEN Wen-bin<sup>1</sup>, LIU Bai-chi<sup>1</sup>, XU Xi-wei<sup>2</sup>, DAI Hua-guang<sup>1</sup>, WANG Feng<sup>2</sup>

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

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

#### Abstract

Field investigation reveals that the latest time when Yumen fault, western part of Qilian Mountains was active is the end of the late Pleistocene, and that the fault is coincident with other faults around west Jiuquan basin. It is also found that Yumen fault had not simply restricted to dip-slip motion, strike-slip motion is indicated. The results suggest that west Jiuquan basin block might have rotated clockwise.

**Key words:** Quaternary; Qilian Mountains; Yumen fault; Block

① 同389页①.