

# 新疆柴窝堡盆地南缘断层晚第四纪的 最新活动和滑动速率\*

陈建波, 沈 军, 罗福忠, 向志勇, 李 军, 胡伟华, 吴传勇, 石广林

(新疆维吾尔自治区地震局, 乌鲁木齐 830011)

**摘要:** 通过航、卫片解译和野外实地踏勘对新疆柴窝堡盆地南缘断层晚第四纪以来的活动特征及活动速率方面有了新的认识: 研究认为该断层晚第四纪以来曾有过强烈的活动, 断层最新活动在南台子断错乌鲁木齐河 I 级阶地的全新世砂土卵砾石层, 形成 20~40 cm 的垂直断距, 在柴窝堡盆地盐湖以南断错冲沟河流 II 级阶地的晚更新世砾石层, 垂直断距大于 9 m, 初步估算晚更新世以来该断层的垂直活动速率为 0.09 mm/a, 引起的水平缩短速率为 0.5 mm/a。作为柴窝堡盆地南缘断层分支的板房沟断层, 其最新活动的证据是断错了乌鲁木齐河 I 级阶全新世砾石层。

**关键词:** 柴窝堡盆地南缘; 活动断层; 晚第四纪; 活动速率

**中图分类号:** P546

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2009)02-0188-05

## 0 引言

山前及山间新生的推覆构造体系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(吴刚, 1992; 邓起东等, 1999, 2000; 汪一鹏等, 2000; 李志海等, 2006)。沈军和宋和平(2007)关于乌鲁木齐市深地震反射探测剖面的研究使我们对乌鲁木齐地区活动构造的空间几何关系和发震模式有了清晰的认识。乌鲁木齐地区的构造模式属于较为典型的薄皮构造断裂系统, 其构造样式与北天山山前的乌鲁木齐拗陷十分相似, 如市区西部的活动构造受控于地下埋深约 10 km 的滑脱面, 地表所见的逆断层均是发育在地下滑脱面上的一条上翘逆断坡, 滑脱面向南汇聚到薄皮构造体系的根部断层——柴窝堡盆地南缘断层(伍致中, 韩富贤, 1991; 李学义等, 2006; 况军, 齐学峰, 2006; 沈军等, 2007)。柴窝堡盆地南缘断层是依连哈比尔尕山与柴窝堡盆地的分界断层(曹守连, 何登发, 1997), 该断层不仅控制了盆地的南缘边界, 而且在乌鲁木齐河东岸低级阶地保留有非常清楚的构造变形现象, 表明该断

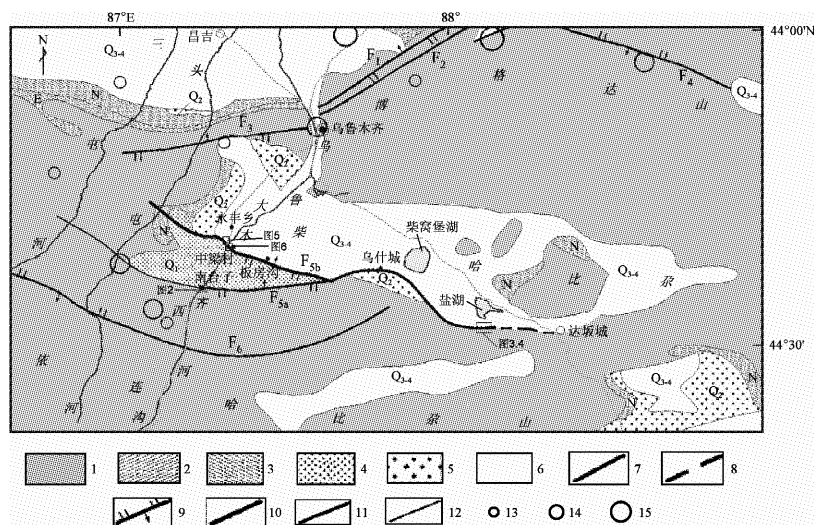
层在晚第四纪以来仍有强烈的活动, 是未来重要的孕震场所。更为重要的是柴窝堡盆地南缘断层位于乌鲁木齐南部, 距乌鲁木齐市城区仅 30 km, 其前缘的新生断层又穿越市区(沈军等, 2007), 一旦有大震发生, 不论是地震动效应还是前缘断层的地表断错, 都会给乌鲁木齐市带来严重破坏。对于这样一条现今仍然强烈活动的断层, 尚缺乏系统的研究, 对该断层的认识很多方面还处于空白阶段, 尤其对该断层晚第四纪以来的活动特征认识。本文拟通过对该断层的研究, 进一步了解和认识其展布及晚第四纪以来的活动特征, 为乌鲁木齐市的城市规划和建筑抗震设计提供可靠的参考依据。

## 1 地质背景概况

柴窝堡盆地是博格达山西南麓与依连哈比尔尕山(南山)东端之间的一个山间断陷, 是一个中、新生代都有明显活动的复合型盆地。盆地西北部与乌鲁木齐山前拗陷为邻, 东端延伸经柴窝堡至达坂城, 全长约 100 km, 宽约 20 km。该盆地新生代以来的拗陷幅度在 1.5 km 以上, 北大南小, 基底为石炭系—三叠系。柴窝堡湖附近钻孔资料

\* 收稿日期: 2008-04-22

基金项目: 中国地震局十五重点工程“乌鲁木齐城市活断层探测与地震危险性评价”项目(1-4-31)和天山北麓活动构造及地震危险性评价技术(200808013)联合资助。



1: 前新生代基岩区; 2: 古近系; 3: 新近系; 4: 下更新统; 5: 中更新统; 6: 上更新统一全新统; 7: 活动断层及编号; 8: 推测断层; 9: 逆断层; 10: 全新世活动断层; 11: 晚更新世活动断层; 12: 早第四纪断层; 13: 4.0~4.9 级地震; 14: 5.0~5.9 级地震; 15: 6.0~6.9 级地震;  $F_1$ : 碗窑沟断层;  $F_2$ : 雅玛里克断层;  $F_3$ : 西山断层;  $F_4$ : 二道沟断层;  $F_5$ : 柴窝堡盆地南缘断层 ( $F_{5a}$ : 主断层—南山断层、 $F_{5b}$ : 分支断层—板房沟断层);  $F_6$ : 依连哈比尔尕断层

图 1 柴窝堡盆地地质构造图  
Fig. 1 The seismic tectonic map of Chaiwopu Basin

揭露 (沈建林, 1990; 王俊明等, 2002), 第四纪以来该盆地堆积厚度约 20~80 m。目前盆地的沉积中心位于盆地北缘柴窝堡湖一带 (图 1)。

柴窝堡盆地南缘断层位于柴窝堡盆地南部边界, 是依连哈比尔尕山与柴窝堡盆地的分界断层, 该断层控制了盆地的南缘边界, 使得盆地两侧地貌高差达 1 000 m 以上。第四纪以来断层活动强烈, 从航、卫片看该断层具有较明显的线性影像特征, 且断层长度不小于 100 km, 具备发生强震的构造条件。该断层在柴窝堡盆地内呈近 EW 向展布, 从空间分布上可划分为两条: 由南向北依次为南山断层 ( $F_{5a}$ ) 和板房沟断层 ( $F_{5b}$ ), 其中南山断层为盆地南缘的主断层, 板房沟断层为盆地南缘的分支断层, 这两条断层控制着盆地的中段和西段。

2 柴窝堡盆地南缘活动断层晚第四纪活动特征

2.1 南山断层最新活动及滑动速率

南山断层东起盐湖南部盆地边缘, 向西延伸, 切过大西沟河 (乌鲁木齐河)、头屯河、三屯河, 消失在三屯河东约 8 km 处, 全长约 120 km。该断层是古生界地层与山前第四系地层之间的界线,

也是柴窝堡盆地与依连哈比尔尕山东段的分界断层, 从航、卫片看该断层有较明显的线性影像特征。根据该断层在不同区段遥感影像清晰程度的差异, 由东向西大体以大西沟河谷为界, 分东段和西段: 东段为南台子以东, 包括大西沟、板房沟、乌什城沟及东部的盐湖南部一带; 西段为南台子以西的头屯河至三屯河一带。断层东段古生代地层与盆地第四系断层分界明显, 地貌差异突出, 遥感影像清晰; 断层西段古生界与盆地第四系分界的断层地貌差异较小, 遥感影像比较模糊。下面就该断层东、西段的最新活动特征进行详细介绍。

2.1.1 断层东段

在南台子大西沟河 (乌鲁木齐河) 出山口处, 后峡公路以东的河谷东岸可见石炭系地层与上更新统砾石层的不整合接触界限。在不整合界限以北, 河流下游向西约 70~100 m 处, 河谷两侧各级阶地都有不同程度的变形, 出现明显的断坎。沿断坎上、下两侧的阶地的高差有较为明显的突变现象, 形成台阶式地貌。

沿断层陡坎走向, 在河谷东岸残留的 I 级阶地有该断层的活动迹象 (图 2)。断层由多组小的断层组成, 断层错断了河流相含砂土卵砾石层, 形成约 20~40 cm 的垂直断距, 在断层下盘一侧还形成约

50 cm厚的崩积楔。经确认该断层未断错地表黄土及碎石土层。区域性Ⅰ级阶地的形成时间约5 000~8 000 a (邓起东等, 2000), 而该断层阶地又位于区域性Ⅰ级阶地之下, 是残留的最低一级阶地, 属全新世堆积阶地, 故该断层是全新世活动断层。

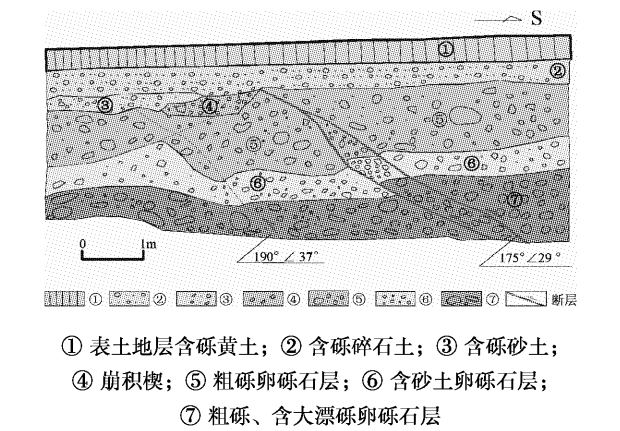


图2 南台子大西沟东岸Ⅰ级阶地南山断层剖面图  
Fig. 2 Fault section of Chaiwopu basin south boundary in east bank of Daxigou in Nantaizi

在盐湖西南大冲沟中可见到南支断层切错了Ⅲ级阶地, 新近系的砾岩向北逆冲于中更新世倾斜的砾石层与微倾斜的晚更新世阶地砂砾石层之上 (图3)。断裂由7~8条次级断层组成。 $F_1$ 为主干断层, 倾向230°, 倾角53°。断层切错了晚更新世早、中期微倾斜的砂砾石层, 砂砾石层与新近

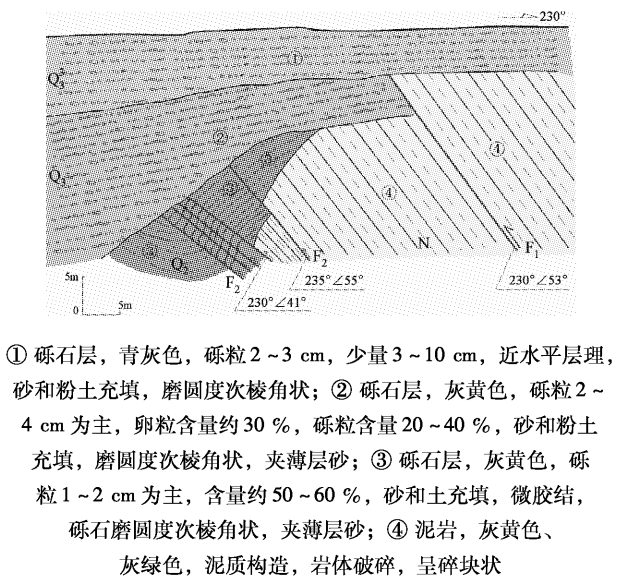


图3 盐湖西南冲沟南山断裂东段剖面图  
Fig. 3 Fault east segment section of Chaiwopu basin south boundary in south-west gully in Yanhu

系不整合面被错断, 垂直断距达5~6 m。断层被晚更新世晚期水平层理的砾石层覆盖。 $F_2$ 由一组倾向大致相同的小断层组成, 倾向235°, 倾角41°~53°, 断层错断了不整合于新近系之上的中更新世倾斜砾石层, 砾石层受挤压发生弯曲变形, 在底部形成一小向斜, 不整合面垂直断错1 m。中更新世砾石层中的砂层透镜体垂直断错0.3 m。这些小断层均被晚更新世阶地砾石层覆盖, 说明断裂在晚更新世早、中期有过显著活动。

另外在盐湖南一大冲沟中仍可见到断裂剖面, 断裂由2条断层组成 (图4)。 $F_1$ 断层倾向135°, 倾角10°。断层南侧新近系的泥岩、砂岩逆掩于Ⅱ级阶地堆积的晚更新世水平层理细砾石层、砂层之上, 经实测断层垂直断距大于9 m, 水平缩短量大于50 m, 说明该断层在晚更新世以来活动显著。根据该断层断错的最新地层岩性及胶结程度, 推测自晚更新世以来断层垂直活动速率约0.09 mm/a, 水平缩短速率约0.5 mm/a。 $F_2$ 为主干断层, 倾向165°, 倾角51°。断层南侧的石炭系凝灰岩向北逆冲于古近系红色泥岩、砾岩之上, 断层破碎带宽约15 m。

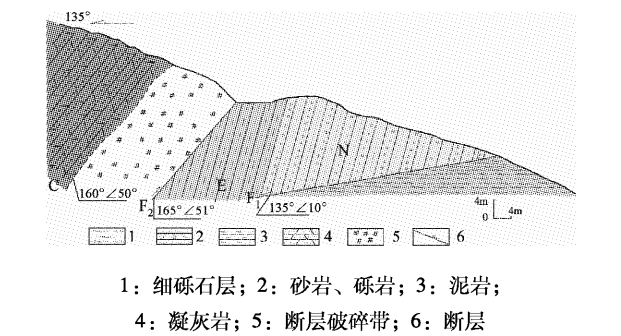


图4 盐湖南冲沟南山断裂东段剖面图  
Fig. 4 Fault east segment section of Chaiwopu basin south boundary in south gully in Yanhu

综上所述, 南山断层东段最新活动错断了河流Ⅰ级阶地的全新世砂土卵砾石层, 形成20~40 cm的垂直断距和50 cm厚的崩积楔。在盐湖南部一带, 断层还错断了河流Ⅱ级阶地的晚更新世水平层理细砾石层, 垂直断距大于9 m, 水平缩短量大于50 m, 反映出该断层自晚更新世以来垂直活动速率为0.09 mm/a; 水平缩短速率为0.5 mm/a, 因此南山断层东段是一条晚更新世及全新世活动的断层, 且断层东段由西向东活动年代有逐渐变老的趋势。

## 2. 1. 2 断层西段

该断层的遥感影像断续清楚。笔者仔细考察了头屯河上游昌吉牧场到三屯河东部一段，沿断裂可见古生界石炭系的灰岩、凝灰岩及砂岩向北逆冲到侏罗系之上，但在河谷切过断层地带，河谷的各级阶地（主要形成于晚更新世）均无明显变形，说明南山断层西段的新活动并不明显，属于早第四纪（中更新世之前）活动断层。

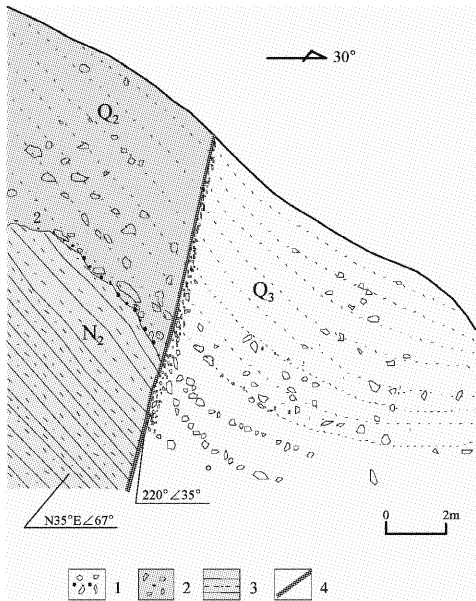
2.2 板房沟断层晚第四纪活动特征

板房沟断层东起板房沟与小东沟之间，从盆地边缘向盆地内切入。东段走向北西，过乌鲁木齐河后，向西延伸折转为近东西向，切过甘沟、小渠子沟，在楼庄子水库南侧（上游）约 1.8 km 处切过头屯河谷，再向西延伸 4 ~ 5 km 后消失，全长约 45 km，断层面南倾，性质为逆断层。该断层最醒目的地质地貌标志是控制盆地南坡的第四纪早期堆积物（早更新统或是中更新统冰碛、冰水冲洪积老砾石层）形成台地地貌。南山著名的菊花台风景区，就是由断层上盘发育的第四纪早期老砾石层抬升形成的。该台地老砾石层形成于中更新世，说明板房沟断层运动开始于中更新世。

航、卫片显示该断层线性特征明显，在盆地南坡老砾石台地边缘、永丰乡乌鲁木齐河谷两岸的河流阶地上都有一系列的 NW 向断层陡坎。在永丰乡至中梁村一带和乌鲁木齐河谷两岸多处发现该断层的露头。如在乌鲁木齐河谷西岸的 II 级阶地上，断层将上新统的泥岩和中更新统的砾石层逆冲于上更新统卵砾石层之上（图 5），断层面产状为  $220^{\circ}\angle 35^{\circ}$ ，沿断层面的砾石呈定向排列，局部砾石受挤压发生破碎和牵引，使得两侧的砾石层均表现为明显的弧型层理。

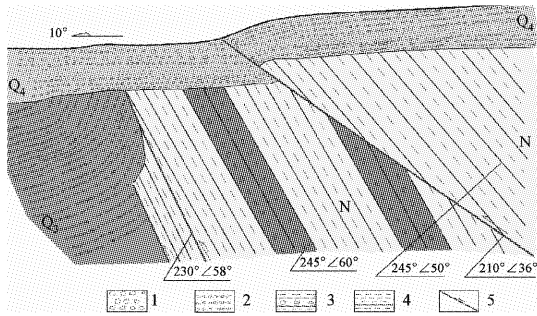
在乌鲁木齐河东岸的中梁村还发现该断层错断河谷 I 级阶地的最新活动形迹（图 6）。剖面显示早期板房沟断层由两条次级断层组成，北侧断层的产状为  $230^{\circ}\angle 58^{\circ}$ ，断层将新近系泥岩夹砾岩逆冲在上更新统砾石层上。断层最新活动表现为南侧断层，产状为  $210^{\circ}\angle 36^{\circ}$ ，该断层错断了上覆全新世 I 级阶地的河流相堆积，将新近系泥岩夹砾岩逆掩于全新统卵砾石层上，垂直断距为 0.4 m。

因此，种种迹象表明板房沟断层自晚更新世以来及全新世期间都曾有过明显活动，断层控制着老砾石台地边缘，陡坎地貌清楚，其最新一次活动是断错乌鲁木齐河 I 级阶地，垂直断距达 0.4 m。



1：上更新统冲洪积层，松散；2：中更新统冲洪积层，半胶结；3：新近系粉砂质泥岩；4：断层；

图 5 永丰乡乌鲁木齐河谷西岸板房沟断层剖面图  
Fig. 5 Fault section of Banfanggou in west bank of Urumqi river in Yongfeng village



1：全系统卵砾石层；2：上更新统砾石层；3：泥岩夹砾岩；4：泥岩；5：断层

图 6 中梁村乌鲁木齐河东岸 I 阶地板房沟断层地质剖面

Fig. 6 Fault section of Banfanggou in east bank of Urumqi river in Zhongliang village

3 结论与讨论

柴窝堡盆地南缘断层是依连哈比尔尕山与柴窝堡盆地的分界断层。该断层控制了盆地的南缘边界，使得盆地两侧地貌高差可达 1 000 m 以上。晚第四纪以来断层活动强烈。断层在柴窝堡盆地内呈 EW 向展布，从空间分布上可划分为南北两条，由南向北依次为南山断层和板房沟断层，其中南山断层为

盆地南部边界的主断层,板房沟断层为分支断层,这两条断层控制着盆地的中段和西段。

柴窝堡盆地南缘断层的活动性在空间上是变化的。其主断裂——南山断层东段,盆地沉降明显,断陷幅度大,与山体之间的差异运动强烈,断层地貌突出,活动新且强烈,断层最新活动在南台子错断了乌鲁木齐河I级阶地的全新世砂土卵砾石层,形成20~40 cm的垂直断距和50 cm厚的崩积楔,同时在盐湖南部一带,断层还错断了冲沟河流II级阶地的晚更新世水平层理细砾石层,垂直断距大于9 m,水平缩短量大于50 m,反映出该断层自晚更新世以来垂直活动速率为0.09 mm/a,水平缩短速率为0.5 mm/a,因此断层东段是在晚更新世及全新世活动。南山断层西段,沉降的盆地已隆起,与山体之间的差异运动变小,断层的活动性也因此减弱,演变为早第四纪活动断层。根据构造类比未来的强震可能发生在根部带,地表出露的柴窝堡盆地南缘断裂有清晰的全新世活动痕迹,显示出在全新世期间曾经发生过7级地震。

作为柴窝堡盆地南缘断层分支的板房沟断层,其活动性也具有东新西老的特征,最新活动的证据是在永丰乡中梁村附近断层错动乌鲁木齐河I级阶地砾石层,说明该断层为全新世活动断层。

## 参考文献:

- 曹守连,何登发.1997.柴窝堡盆地的构造演化[J].大地构造与成矿学,21(3):262-269.
- 邓起东,冯先岳,张培震,等.2000.天山活动构造[M].北京:地震出版社.
- 邓迅东,冯先岳,张培震,等.1999.天山北麓乌鲁木齐山前拗陷逆断裂—褶皱带及其形成机制[J].地学前缘,6(4):191-201.
- 李学义,王兵,陈杨.2006.准噶尔山前断褶带断裂模式和控油作用[J].新疆石油地质,27(3):285-287.
- 李志海,王海涛,赵翠萍.2006.2003年新疆石河子5.4级地震序列重新定位及发震断层与机制分析[J].地震研究,29(2):109-113.
- 沈建林.1990.柴窝堡盆地石油地质特征[J].新疆石油地质,11(4):297-310.
- 况军,齐雪峰.2006.准噶尔前路盆地构造与油气勘探方向[J].新疆石油地质,27(1):5-6.
- 沈军,宋和平,李军.2007.乌鲁木齐城市活断层发震构造模型初探[J].内陆地震,21(3):193-204.
- 汪一鹏,沈军.2000.天山北麓活动构造基本特征[J].新疆地质,18(3):203-210.
- 王俊明,窦松江,肖建玲.2002.柴窝堡盆地石油地质特征与油气勘探前景[J].新疆地质,20(4):384-388.
- 吴刚.1992.龙门山推覆构造带与地震活动[J].地震研究,15(3):291-297.
- 伍致中,韩富贤.1991.再论博格达推覆构造与油气[J].新疆地质,9(1):40-49.

## Latest Activity and Slip Rate of Southern Boundary Fault of Chaiwopu Basin in Xinjiang in Later Quaternary

CHEN Jian-bo, SHEN Jun, LUO Fu-zhong, XIANG Zhi-yong,

LI Jun, HU Wei-hua, WU Chuan-yong, SHI Guang-lin

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

### Abstract

Through satellite shot, ground survey and geologic exploration, we had a new understanding of the activity and slip rate on Southern margin fault of Chaiwopu basin since Late Pleistocene. It was suggested that this active fault once had strong activities since Late Pleistocene. Latest activity of the fault has leaped sand gravel stratum during Holocene at I river terrace with vertical displacement of 20~40 cm and colluvial wedge of 50cm, and has also leaped fine gravel landform with horizontal bedding during Late Pleistocene at II river terrace with vertical displacement of more than 9m, horizontal shortening displacement of more than 50m, vertical activity rate of 0.09mm/a since Late Pleistocene and horizontal shortening rate of 0.5mm/a. In addition, the activity of Banfanggou fault, which is the branch of the Southern margin fault of Chaiwopu basin, latest proof of leaping gravel landform at I river terrace.

**Key words:** Southern boundary of Chaiwopu basin; active fault; Late Pleistocene; activity rate