



活动断裂研究

理论与应用

《活动断裂研究》编委会
国家地震局地质研究所

要目

利用大型探槽研究新疆北天山玛纳斯和吐谷鲁逆断裂-褶皱带
全新世古地震

天山北麓玛纳斯活动逆断裂-褶皱带的变形特征与构造演化

新疆乌恰地震破裂带

青藏高原晚第四纪的运动特征

1500年宜良地震地表破裂带初步研究

从虾拉沓盆地的形成与发展看鲜水河断裂活动的演化过程

郛庐断裂带中段全新世活断层的几何结构与分段

地震出版社



活 动 断 裂 研 究

理 论 与 应 用

Research on Active Fault

3

《活动断裂研究》编委会

国家地震局地质研究所

地 震 出 版 社

Seismological Press

1 9 9 4

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

本书是《活动断裂研究》系列出版物的第三集,主要反映近年来我国活动断裂大比例尺填图和综合研究所获取的最新成果,涉及到断裂细结构和变形机制、分段性、滑动速率、古地震、强震重复间隔、地震危险性评价等方面的内容,同时还有关于活动断裂研究最新方法的文章及活动断裂研究最新成果的报道,反映了我国活动断裂理论研究和实际应用方面的最新进展。

本书可供从事构造地质、地震地质、地球物理、工程地震及工程勘探和工程建筑的科技人员及有关院校的师生参考。

活 动 断 裂 研 究

理 论 与 应 用

Research on Active Fault

《活动断裂研究》编委会

国家地震局地质研究所

责任编辑:朱向军

*

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路9号

中国地质大学轻印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*



787×1092 1/16 13.75 印张 4 插页 348 千字

1994 年 2 月第一版 1994 年 2 月第一次印刷

印数: 0001—1000

ISBN 7-5028-1096-X / P · 666

(1489) 定价: 15.00 元

《活动断裂研究》编委会

顾问: 丁国瑜

Advisor: Ding Guoyu

主编: 邓起东

Chief Editor: Deng Qidong

副主编: 汪一鹏 张培震

Associate Chief Editor: Wang Yipeng Zhang Peizhen

委员: (以姓氏笔划为序)

丁国瑜	马宗晋	方仲景	王国治
邓起东	卢寿德	卢演侔	刘国栋
刘光勋	刘百篪	汪一鹏	时振梁
杨懋源	张宏卫	张培震	张裕明
聂宗笙	高维明	曹树民	韩慕康

Editorial Committee:

Ding Guoyu	Ma Zongjin	Fang Zhongjing	Wang Guozhi
Deng Qidong	Lu Shoude	Lu Yanchou	Liu Guodong
Liu Guangxun	Liu Baichi	Wang Yipeng	Shi Zhenliang
Yang Maoyuan	Zhang Hongwei	Zhang Peizhen	Zhang Yuming
Nie Zongsheng	Gao Weiming	Cao Shumin	Han Mukang

编辑: 朱向军 那燕

Editors: Zhu Xiangjun Na Yan

重点文章提要

利用大型探槽研究新疆北天山玛纳斯和吐谷鲁逆断裂-褶皱带全新世古地震

在新疆北天山玛纳斯-吐谷鲁逆断裂带上开挖了三个大型探槽,发现了全新世存在三次古地震证据及1906年玛纳斯7.7级地震破裂,得到该断裂带全新世大地震重复间隔为5000—6000a。最后一次大地震至今的离逝时间仅87a,所以,从古地震研究出发,该断裂近期大地震危险不大。

天山北麓玛纳斯活动逆断裂-褶皱带的变形特征与构造演化

玛纳斯逆断裂-背斜带是天山山前所发育的三排逆断裂-褶皱带中的第二排。对背斜和断裂的再造复原表明,中更新世以来地壳缩短量为12.5—13km,缩短率高达163%—186%。晚更新世以来,构造变形主要沿山前逆断裂发生,背斜主体和核部断裂的新活动不明显。山前断裂晚更新世以来的垂直滑动速率大于 0.25mm/a 。

新疆乌恰地震破裂带

新疆乌恰地震破裂带是指1985地震沿克兹勒苏河漫滩及阶地上出现的东西—北西向地震断层带,主要由地震断层、地震挠曲-断层崖、挤压脊和鼓包等组成。右旋走滑位移量为0.5—1.55m,垂直位移0.17—1.70m,水平缩短量0.27—2.73m。

青藏高原晚第四纪的运动特征

晚第四纪青藏高原整体上向东运动,但南北两部分向东运动的速度及方式不同。以澜沧江缝合线为界,北部以北西西向左旋走滑断层为边界的次级块体向东运动,这种运动不均匀地受阻于龙门山逆断层带,造成各次级块体运动速度的差别;南部以近南北向的张性断层及少量北西向右旋走滑断层向东扩张,在东南部扩张转变为川滇块体向东南方向的滑动。南北两部分内部次级块体的运动速度都有向澜沧江缝合线方向减小的趋势。

1500年宜良地震地表破裂带初步研究

该地震地表破裂带以左旋走滑为主。破裂方式由南向北发展,具有多点破裂的特征,讨论了该次地震的发展构造和震级。

从虾拉沓盆地的形成与发展看鲜水河断裂活动的演化过程

虾拉沓盆地位于鲜水河断裂带次一级的炉霍与道孚两条断裂左旋左阶斜列

的阶区内，属拉分型盆地。盆地的形成是伴随炉霍断裂向南东推进发展，而道孚断裂相应后退的分期活动，使盆地由北西向南东迁移。

郯庐断裂带中段全新世活断裂的几何结构与分段

郯庐断裂带中段全新世活断层沿 F_3 断裂发育，由 11 条次级断层组成，这 11 条次级断层在几何形态、运动性质、位移分布等方面均表现出明显的差异。以华桥—窑上段与麦坡—何庄段之间的岩桥区为界，可划分为南北两段。

目 录

利用大型探槽研究新疆北天山玛纳斯和吐谷鲁逆断裂-褶皱带

全新世古地震	邓起东 冯先岳等 (1)
天山北麓玛纳斯活动逆断裂-褶皱带的变形特征与构造演化 ...	张培震 邓起东等 (18)
天山北缘活动逆断裂带的自相似性特征	徐锡伟 邓起东等 (33)
新疆乌恰地震破裂带	冯先岳 (45)
青藏高原中部的活动断层	吴章明 汪一鹏等 (56)
青藏高原晚第四纪的运动特征	吴章明 (74)
红河断裂带者龙-东峨段细结构特征	虢顺民 计凤桔等 (84)
红河断裂带戛洒-东峨段水系发育与断裂位错分布的研究	向宏发 严富华等 (93)
1500 年宜良地震地表破裂带初步研究	曹忠权 申旭辉等 (104)
小江断裂带中段东、西支活动特征的对比	宋方敏 曹忠权等 (115)
鲜水河断裂带的断塞塘及其在古地震研究中的意义	李天招 杜其方等 (126)
从虾拉沓盆地的形成与发展看鲜水河断裂活动的演化过程	李天招 游泽李等 (135)
罗山东麓活动断裂的几何学特征及全新世滑动速率	闵 伟 王 萍等 (140)
老虎山活动断裂地震破裂带研究	袁道阳 刘百箴等 (151)
老虎山断裂古地震研究	袁道阳 刘百箴等 (160)
皇城-双塔断裂带东段(祁连-双塔段)晚更新世以来的活动特征	贾云鸿 苏向洲等 (170)
郯庐断裂带中段全新世活断层的几何结构与分段	晁洪太 李家灵等 (180)

研究方法

利用断层滑动资料确定构造应力主方向的方法	谢富仁 (191)
----------------------------	-----------

研究简报

巴彦乌拉山东麓断裂的初步研究	宋方敏 曹忠权 (202)
我国活动断裂大比例尺地质填图工作	张宏卫 (207)

CONTENTS

Study on Holocene Paleoearthquakes by Large Trench in the Manas-Tugulu Reverse Fault and Fold Zone Along Northern Margin of Tianshan Mountain, in Xinjiang	Deng Qidong Feng Xianyue et al. (1)
Tectonic Deformation, Crustal Shortening, and Slip Rate Estimation Along the Manas Reverse Fault- Fold Zone	Zhang Peizhen Deng Qidong et al. (18)
Structural Self- Similarity of the Active Reverse Fault Zone of the Northern Tianshan	Xu Xiwei Deng Qidong et al. (33)
Surface Rupture Associated with the 1985 Wuqia Earthquake, in Xinjiang	Feng Xianyue (45)
The Active Faults in the Central Tibetan Plateau	Wu Zhangming Wang Yipeng et al. (56)
Movement of the Tibetan Plateau in Late Quaternary	Wu Zhangming (74)
Characteristics of the Detailed Structure Along the Zhelong- Donge Section of the Honghe Fault	Guo Shunmin Ji Fengju et al. (84)
Study on Drainage System Development and Fault Displacement Along the South Segment (Gasa- Donge Segment) of the Honghe Fault Zone	Xiang Hongfa Yan Fuhua et al. (93)
Research on Surface Rupture Zone of the 1500 Yiliang Earthquake, Yunnan	Cao Zhongquan Shen Xuhui et al. (104)
Contrasts of Characteristics of the Eastern and Western Branches of the Central Section of the Xiaojiang Fault Zone	Song Fangmin Cao Zhongquan et al. (115)
Study on Paleoearthquakes Based on Sag Ponds and Associated Sediment Along the Xianshuihe Fault Zone	Li Tianshao Du Qifang et al. (126)
Study on Evolutionary Process of Fault Activity From View of Formation and Development of the Xialatuo Basin	Li Tianshao You Zeli et al. (135)
Geometric Pattern and Holocene Slip Rates Along the Eastern Piedmont Fault of the Luoshan Mountain	Ming Wei Wang Pin et al. (140)
Research on Earthquake Ruptures Along the Laohushan Active	

Fault Zone	Yuan Daoyang	Liu Baichi et al.	(151)
Research on Paleo Earthquakes Along the Laohushan Active			
Fault Zone	Yuan Daoyang	Liu Baichi et al.	(160)
Active Characteristics of the Eastern Segment (Qilian-Shuangta			
Segment) of the Huangcheng- Shuangta Fault Zone Since Late			
Pleistocene	Jia Yunhong	Su Xianzhou et al.	(170)
Geometric Structure and Segmentation of the Holocene Fault			
in the Central Section of the Tanlu Fault Zone			
.....	Chao Hongtai	Li jialing et al.	(180)
The Method of Determination of the Principal Direction of Stress			
From Fault Slip Data		Xie Furen	(191)
Preliminary Research on the Eastern Piedmont Fault of the Bayanwula			
Mountain	Song Fangmin	Cao Zhouquan	(202)

利用大型探槽研究新疆北天山玛纳斯 和吐谷鲁逆断裂-褶皱带全新世古地震

邓起东^① 冯先岳^② 杨晓平^①

彭斯震^① 张培震^① 徐锡伟^①

一、引 言

天山是一个中新生代再度隆起的大陆内部再生造山带,中生代在其南北两侧形成山前拗陷,新生代末山体不断向两侧逆冲,形成由多排新生代不同时期的逆断裂-背斜带,组成典型的前展式山前逆断裂-褶皱系(冯先岳等,1991)。北天山山前发育有三排逆断裂-背斜带(图1),由南向北,其形成时代逐渐变新,其中第二排和第三排逆断裂-背斜带在中、晚第四纪仍在活动,因而逆断裂切割河流阶地,形成断层崖,在背斜地段,阶地发生穹状变形,形成阶地褶皱。我们已经指出这些逆断裂-背斜带均为断裂扩展褶皱,它们是深部逆断裂型滑脱断裂作用不断向北扩展的结果(邓起东等,1991)。

第二排逆断裂-背斜带包括有西段霍尔果斯、中段玛纳斯和东段吐谷鲁等三条逆断裂-背斜带。前者与玛纳斯逆断裂-背斜作左阶排列,后者则与之作右阶排列,主逆断裂均向南倾斜,背斜南翼缓,北翼陡或倒转,这些基本特征均反映了由南向北的挤压作用。已有的填图结果说明,它们在晚第四纪均有活动。1992年我们在其中段和东段的玛纳斯逆断裂和吐谷鲁逆断裂带上开挖了三个大型探槽(图1),以开展古地震研究。

玛纳斯逆断裂-背斜带作东西向延伸,长50余公里,组成背斜的最老地层为始新-渐新统(E_2 - s_3),早更新世与中更新世砾石层之间存在明显的不整合,但中更新统亦已发生倾斜,晚更新世阶地也已发生褶皱变形。背斜北翼倒转,南翼较缓,玛纳斯河以东背斜逐渐倾伏,过渡到吐谷鲁背斜。在背斜核部和北翼发育了两条逆断裂,核部逆断裂(F_m^1)走向 100° 左右,倾向南,倾角一般在 40° - 50° 之间,上盘始新-渐新统(E_2 - s_3)逆冲于渐新-中新统(E_3 - N_1)、中新统(N_1)等不同时代地层之上,这一条断裂的新活动不明显,在穿过河流阶地处阶地未被断裂切割。玛纳斯背斜北翼山前断裂(F_m^2)发育于背斜的山前地带,走向 100° ,倾向南,倾角在 40° - 50° 之间,第三纪地层向北逆冲于第四纪沉积物之上,断裂切割河流阶地,形成不同高度的断层崖,已知被切割地层的热释光年龄最新为距今 $5700 \pm 400a$,且玛纳斯河I级阶地上亦形成低断层崖遗迹(已遭破坏),所以,晚全新世亦可能仍有活动(张培震,1993)。在玛纳斯河东西两岸,山前断

① 国家地震局地质研究所,北京 100029;

② 新疆维吾尔自治区地震局,乌鲁木齐 830011。

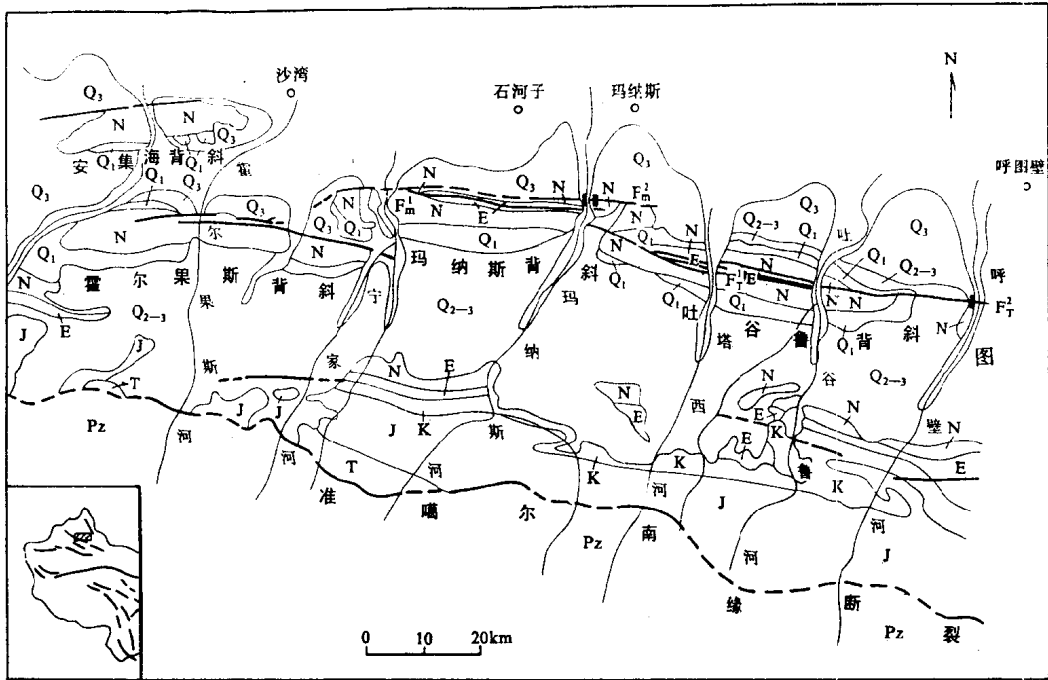


图1 北天山山前逆断裂-背斜带和大型探槽位置分布图

Fig.1 Distribution of reverse fault-fold zones and location of large trenches at northern piedmont Tianshan Mountain. F_m^1 and F_m^2 represent the reverse fault of Manas anticline core and reverse fault of its piedmont respectively. F_t^1 and F_t^2 represent Tugulu reverse fault. Black rectangles indicate the location of the trenches

F_m^1 and F_m^2 分别为玛纳斯背斜核部逆断裂和山前逆断裂； F_t^1 和 F_t^2 为吐谷鲁逆断裂；黑色长方形为探槽位置；左下角图中带斜线方块为研究区位置

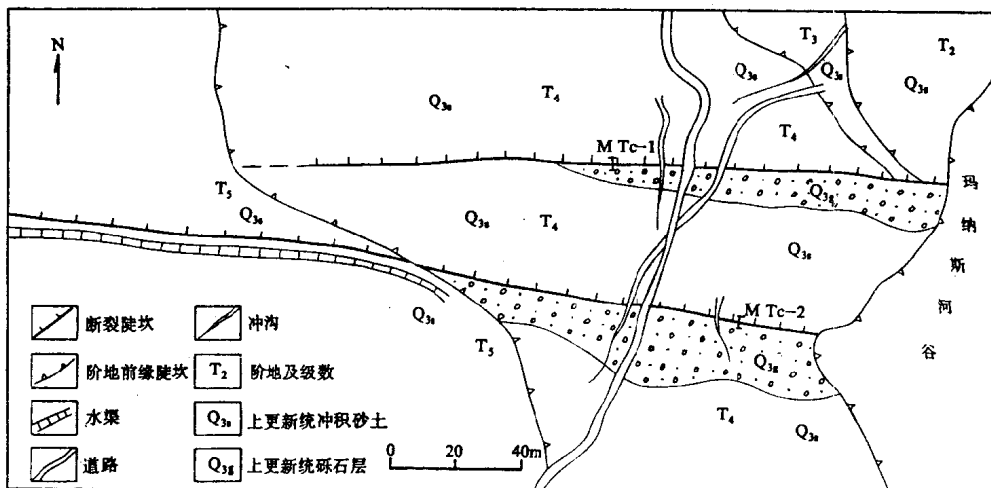


图2 玛纳斯河西岸断层崖平面分布图和探槽位置

Fig.2 Plan view of the fault scarp in the west bank of Manas river and location of the trenches

裂切割 I—IV 级阶地，在西岸沿断裂形成两支断层崖，总高度 8m，探槽 (MTc-2) 分布于南支断层崖上 (图 2)，东岸则仅发育一条断层崖，探槽 (MTc-4) 位置见图 1。

吐谷鲁逆断裂-背斜带发育于第二排逆断裂-背斜带东段，作近东西向延伸，长约 60km，亦由始新一渐新统以上地层组成，东端在吐谷鲁河 (雀儿沟) 和呼图壁河之间即已倾伏，在背斜核部发育有两条逆断裂，由南向北分别为 F_T^1 和 F_T^2 ，已有的填图资料说明 F_T^1 主要分布在雀儿沟以西的背斜主体部分，错断新生代不同时代的地层，但在第四纪已不再活动。 F_T^2 断裂自背斜主体地区向东继续延伸，过雀儿沟后延至呼图壁河两岸。断裂切割第四纪地层，并在呼图壁河西岸 I—IV 级阶地上形成不同高度的断层崖 (图 3)。IV 级阶地上的断层崖高约 6—7m，走向 105° ，沿断层崖存在坡度变化，并在其下部存在最新自由面，其坡角约 $14-16^\circ$ ，高度仅 0.2—0.3m (图 4)，它反映了断层的最新活动。据研究，它极可能是 1906 年玛纳斯地震的产物 (张培震等, 1993)。断层崖下方逆断层直接出露于冲沟壁。我们在 IV 级阶地边缘一条冲沟的西壁沿谷坡成台阶状切削了 9 个台阶组成的大型探槽 (HTc-1)，探槽走向 15° ，9 个台阶状子剖面最长为 19m，最短 10m，最高 1.6m，最低 0.9m，总高度约 10m。

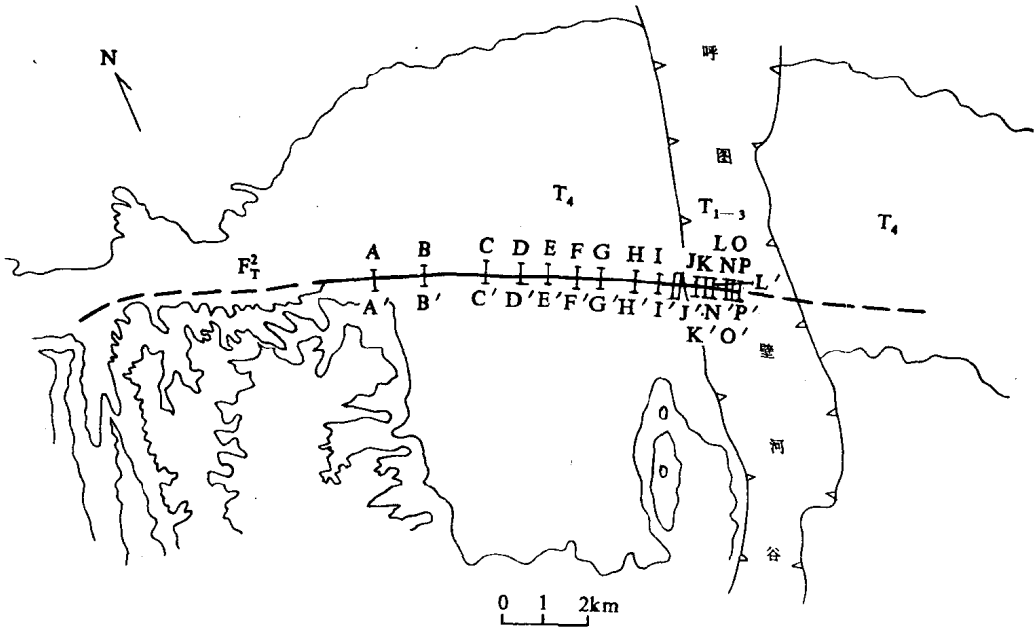


图 3 呼图壁河西岸断层崖和探槽分布图

Fig.3 Distribution of the fault scarp and the trenches in the western bank of Hutubi river
粗线表示吐谷鲁逆断裂 (F_T^2)；A-A' 等表示实测断层崖地形剖面位置及编号；带空心三角的细线表示 T_4 阶地陡坎；空心长方形为探槽位置；等高线仅示相对高度变化

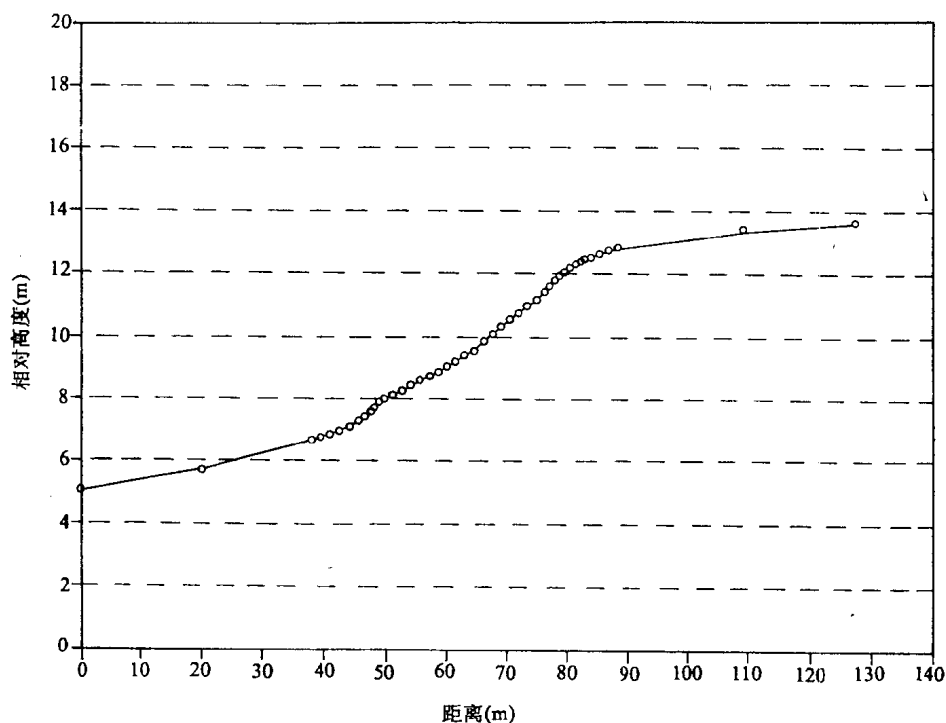


图4 HTc-1探槽附近断层崖地形剖面 (H-H'剖面位置见图3)

Fig.4 Topographical profile of the fault scarp near the trench HTc-1
(the location of profile H-H' is shown in Fig.3)

二、探槽资料分析

以下对这三个大型探槽的实际资料和研究结果叙述如下:

1. 玛纳斯河西岸探槽 (MTc-2)

玛纳斯河西岸探槽位于玛纳斯河西岸IV级阶地南支断层崖上, 该支断层崖走向 95° , 崖高3m (图2)。探槽与断层崖走向垂直, 南北长15m, 最深5m, 一般4m, 宽4m。由于断裂带上砾石层经变形十分疏松, 极易垮落, 探槽南段下部宽度和深度均小于4m。

探槽中地层自上至下为 (图5):

①淡灰褐色次生黄土夹零星细砾石, 厚0.1—0.2m;

②淡灰褐色次生黄土夹少量砾石, 下部热释光年龄为距今 $0.36 \pm 0.03 \pm$ 万年^①, 层厚0—0.7m;

③灰黄色次生黄土, 含砾石, 呈三角形, 近断层处砾石增多, 最厚达0.8—0.9m, 中、下部热释光年龄为距今 0.59 ± 0.05 万年;

① 本文的热释光年龄均由国家地震局地质研究所热释光实验室测定。

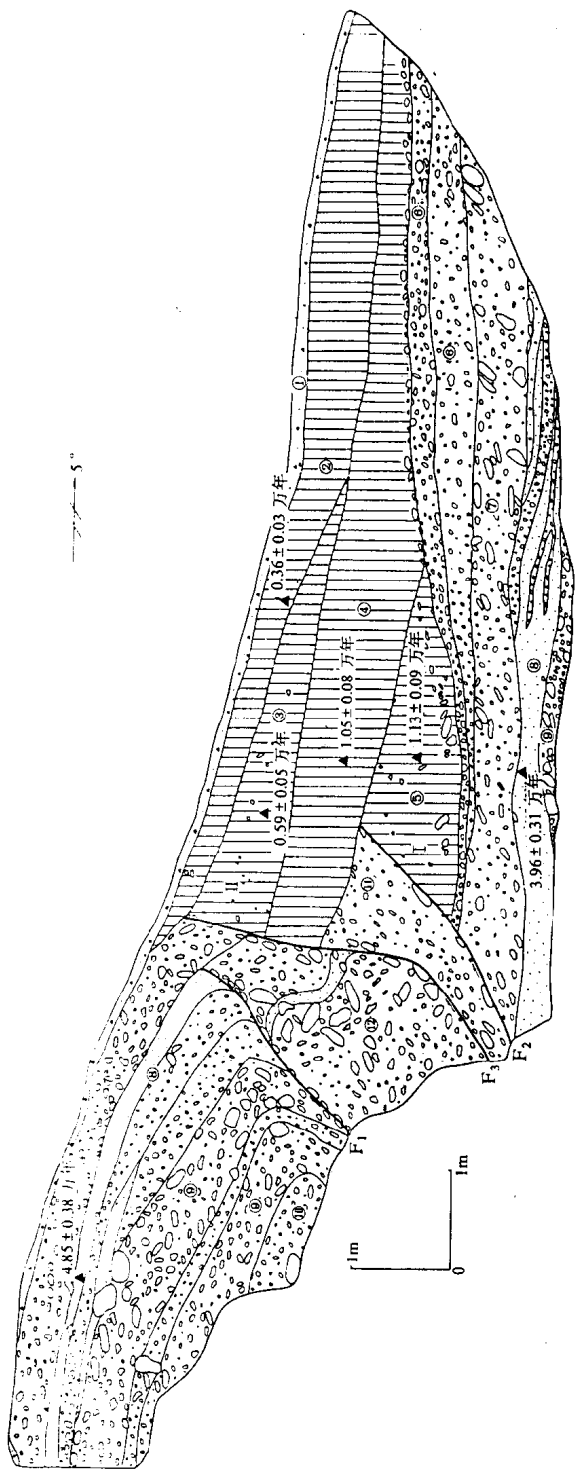


图 5 MTC-2 探槽西壁剖面
Fig.5 Trench log of the trench MTC-2 (western wall)

④浅灰褐色坚硬次生黄土, 中部热释光年龄为距今 1.05 ± 0.08 万年, 底部有中细砾石组成的底砾, 厚 0.2—0.9m;

⑤灰黄色次生黄土夹砾石, 近断层处和底部砾石增多, 有个别大砾石, 呈三角形, 近断层处最厚 1.1m。中部热释光年龄为距今 1.13 ± 0.09 万年;

⑥灰黑色和灰褐色粗砾石层, 砾石磨圆良好, 砾径一般 1—5cm, 大者 6—12cm。西壁上部为灰褐色砾石层(⑥a), 下部为灰黑色砾石层(⑥b), 向南尖灭; 东壁仅出露部分灰黑色砾石层, 大部被剥蚀掉。本层厚 0—0.7m;

⑦浅灰黑色巨大砾石层, 砾石磨圆良好, 砾径一般 5—10cm, 大者可达 30cm。东壁在此层中部夹中粗粒砾石层透镜体, 砾径一般 2—5cm, 个别 8cm 左右。下部为灰黑色粗砾层, 砾径 3—15cm, 个别 20cm。本层厚 0.36—1.1m。在断层上盘本层上部遭受剥蚀, 因砾石表面有钙膜而呈灰白色;

⑧灰黑色中、细砂层, 层理清楚。断层下盘西壁见砂层夹细砾层透镜体, 砂层热释光年龄为距今 (3.96 ± 0.31) 万年; 东壁砂层顶部为细砾层。断层上盘西壁砂砾层以下见细砂砾石层夹砂层透镜体, 砂层热释光年龄为距今 4.85 ± 0.38 万年; 东壁全为细砾层, 砂层消失。本层 0.2—0.54m;

⑨灰黑色粗大砾石层, 砾径一般 5—15cm, 含 20—30cm 的粗大砾石。断层下盘仅在西壁中部揭露其顶部; 断层上盘西壁在本层中部出露中、细砾层, 砾径 1—3cm, 东盘中部中、细砾石层加厚。本层厚度达 1.4m;

⑩灰褐色中、细粒砾石层, 砾径 1—5cm, 有个别达 15—20cm 以上的大砾石, 出露厚 0.4m;

⑪灰褐色中、细粒砾石、砂和次生黄土混杂组成的断层带, 砾径 1—5cm, 有个别粗大砾石, 断层面附近砾石定向排列;

⑫灰黑色中粗粒砾石和砂组成的断层带, 个别砾径 10—20cm, 断面附近砾石定向排列, 探槽西壁见已变形的砂层, 与层⑧砂层相当。

探槽两壁均揭露出三条切割砾石层的逆断层, 根据切割地层的新老关系分别命名为 F_1 、 F_2 和 F_3 。其中, F_1 走向 273° , 倾向南, 倾角 47° , 断层切割层⑧、⑨、⑩, 但被层⑦覆盖, 断层使上盘各层发生强烈弯曲变形, 西壁层⑧砂层被切断, 总断距 0.9m, 垂直断距 0.66m; F_2 走向 305° , 倾向南, 倾角 46° , 断层切割层⑥、⑦, 被层④所覆盖, 并在断层下盘层④和层⑥之间形成三角形崩积楔 I (层⑤), 由崩积砾石和次生黄土组成, 近断层处和楔体底部砾石增多, 楔高 1.1m; F_3 走向 300° , 倾向南, 倾角 74° , 向下部变缓, 断层切割层④, 但被层②所覆盖, 并在层②和层④之间形成三角形崩积楔 II (层③), 亦由次生黄土夹砾石组成, 近断层处砾石增多, 楔高 0.8—0.9m。上述三条不同时代的断层及两期崩积楔清楚地反映了三条断层的活动过程, 它们说明了沿这一断层崖发生的三次古地震事件。第一次事件发生于层⑧形成以后, 层⑦堆积以前, 由于层⑧的热释光年龄为距今 3.9—4.8 万年, 这一事件大致应发生在距今 40000a 以后; 事件 II 应发生在热释光年龄为距今 1.05 ± 0.08 万年的层④堆积以前, 从崩积楔次生黄土的热释光年龄为距今 1.13 ± 0.09 万年来看, 这一事件应发生在距今 1.1 万年左右; 事件 III 发生在热释光年龄为距今 0.36 ± 0.03 万年的层②堆积之前, 崩积楔内次生黄土的热释光年龄为距今 0.59 ± 0.05 万年, 所以, 该事件大致发生在距今 6000a 左右。由另文的论证可知 (张培震等,

1993), 1906 年玛纳斯地震只在吐谷鲁断裂东段形成地表破裂, 而在玛纳斯山前断裂上并没有表现出最新活动的断崖层, 仅表现为断裂上盘的褶曲、隆起, 这与本探槽断层均未切割层②和①是一致的。所以, 1906 年玛纳斯地震加上本探槽全新世所发生的事件Ⅱ和Ⅲ, 其重复间隔大致为 5000—6000a, 最后一次事件至今的离逝时间仅 87a。

2. 玛纳斯河东岸探槽 (MTc-4) 剖面

玛纳斯河东岸探槽亦位于Ⅳ级阶地的断层崖上, 断层崖走向 95° , 崖高 3.4m, 探槽与断层崖走向垂直。此探槽是沿公路边水渠一侧进一步开挖修理而成的, 长 18m, 高 4m。

探槽地层剖面如下 (图 6):

- ① 开挖水渠的现代人工堆土;
- ② 灰黄色表土层, 含少量坡积砾石, 厚 0.06—0.22m;
- ③ 灰褐色次生黄土夹少量砾石, 砾径一般 1—6cm, 个别 10cm, 层厚最大 0.9m, 下部热释光年龄为距今 0.61 ± 0.05 万年和 0.79 ± 0.06 万年;
- ④ 由次生黄土夹砾石组成的楔体, 砾径一般 2—5cm, 最大 11cm, 楔体高 0.3cm;
- ⑤ 灰白或浅灰褐色含钙次生黄土, 含少量细砾石, 中部热释光年龄为距今 0.87 ± 0.07 万年, 本层曾遭剥蚀, 残存厚度 0.8m;
- ⑥ 由灰褐色含细粒砾石的次生黄土组成的楔体, 近断层处和底部砾石增多, 高 0.54m;
- ⑦ 灰黑色中粒砾石层, 含次生黄土, 层厚 0.1—0.16m;
- ⑧ 灰褐色细砂层, 含个别细粒砾石, 水平层理, 层厚 0.12—0.2m, 热释光年龄为距今 1.499 ± 0.12 万年, 从上下层序来看, 估计这一年龄值可能偏老;
- ⑨ 灰褐色含砂中粒砾石层, 砾径 2—8cm, 层厚 0.15m 左右, 近断层处加厚至 0.34m;
- ⑩ 灰黑色中细粒砾石层, 砾径 1—5cm, 疏松, 砾石磨圆良好, 层厚 0.14—0.16m, 为标志层;
- ⑪ 含砂粗粒砾石层, 一般砾径 5—10cm, 层厚 0.18m 左右, 近断层处尖灭;
- ⑫ 灰褐色粉细砂层, 含细粒砾石透镜体, 本层厚度为 0.3—0.5m, 为标志层, 下盘近断层处加厚, 热释光年龄为距今 1.348 ± 0.11 万年;
- ⑬ 由不同粒径的砂砾石组成的崩积楔体, 砾径小者 2—5cm, 大者 15—25cm, 相互混杂, 近断层处砾石加粗, 楔体高 0.7m;
- ⑭ 灰褐色中粒砾石层含粗砂, 砾石一般砾径 2—8cm, 个别 10cm, 砾石磨圆良好, 层厚 0.2—0.4m;
- ⑮ 灰褐色中、粗砂层, 含细粒砾石, 磨圆良好, 层厚 0.12—0.22m, 热释光年龄为距今 (2.12 ± 0.16) 万年;
- ⑯ 灰褐色粗粒砾石层, 砾径 5—10cm, 个别 15—30cm, 出露厚 0.15—0.3m;
- ⑰ 灰黑色细砾层, 含砂, 受断层影响而变形, 层厚 0.06—0.1m;
- ⑱ 灰褐、灰黑色中粗粒砾石层, 含粗砂, 上部砾石较小, 下部有大砾石, 砾径一般 3—10cm, 大者达 15cm 左右, 砾石堆积较为杂乱;
- ⑲ 浅灰褐色含个别砾石的次生黄土, 最厚 0.3m, 向上尖灭;



图6 MTc-4 探槽剖面

Fig.6 Trench log of the trench MTc-4 (eastern wall)