

青海德令哈巴音郭勒河断裂带的新活动特征

刘小龙¹, 袁道阳^{1 2}

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国地震预测研究所兰州科技创新基地, 甘肃 兰州 730000)

摘要:在青海德令哈巴音郭勒河北侧山前冲洪积扇上新发现了一条长约60 km的逆断裂带,属于本区NNW-NWW向的柴达木盆地北缘活动断裂系内的一条次级挤压构造。断裂在地貌上表现为明显的挤压逆冲断层陡坎,晚更新世晚期以来的平均垂直滑动速率为 0.41 ± 0.27 mm/a。探槽剖面确定了三次古地震事件,其年代分别为距今约 32.7 ± 1.45 ka、 15.54 ± 1.32 ka和 3.2 ± 0.33 ka。

关键词:青海;巴音郭勒河活动断裂;新活动;滑动速率;古地震

中图分类号: P315.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2004)04-0303-06

0 前言

柴达木盆地北缘发育了多条走向基本一致、呈NWW向首尾错列的活动褶皱与活动断裂带,统称为柴达木盆地北缘活动断裂系。它们组成青藏高原北部一条重要的活动构造带。自北西向南东主要包括大柴旦断裂、锡铁山-阿木尼克山南缘断裂、俄博山北缘断裂、巴音郭勒河断裂、牦牛山断裂、怀头他拉活动褶皱-逆断裂等^[1],是夹持在西侧NE向的阿尔金大型左旋走滑断裂与东侧NNW向的鄂拉山右旋走滑断裂带之间构造转换的过渡断裂。前人对本区的活动构造仅进行过踏勘性调查和初步研究^[2-4],还有一些断裂没有被发现。巴音郭勒河断裂就是一条新发现的、发育在德令哈以北的宗务隆山山前,以断层陡坎为特征的活动逆冲断裂带。通过详细的航、卫片解译和野外1/5万地质填图等研究,初步获得了该断裂的几何学、滑动速率及古地震特征等定量资料。

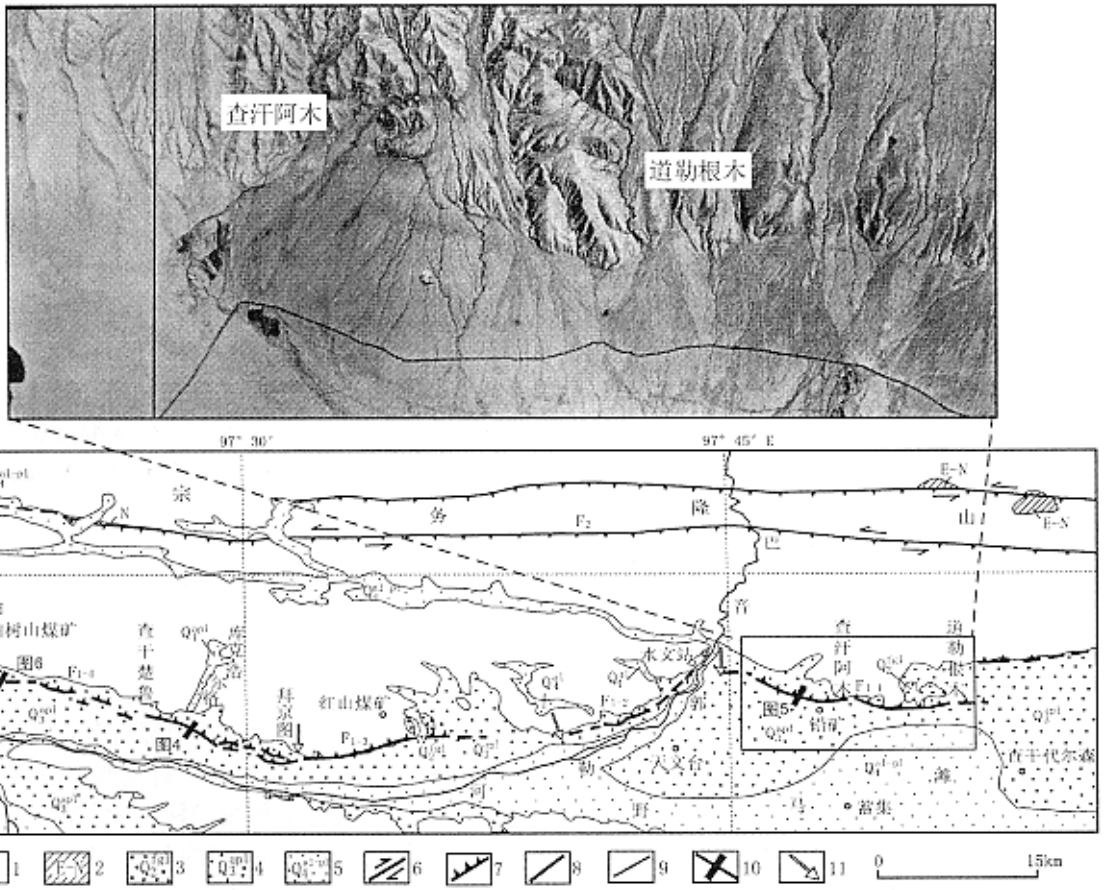
1 巴音郭勒河断裂的几何特征

巴音郭勒河断裂东起泽令沟农场,经道勒根木、铅矿,切过巴音郭勒河,向西经红山煤矿、查干楚鲁、柏树山煤矿到夏尔哈达止,全长约60 km,总体走向近EW。断裂在地貌上表现为非常清楚的断层陡坎,性质为逆断(图1)。断裂几何形态较为简单,按其几何学连续性的差异及展布方向的变化可分为四条次级断层段,分别为道勒根木-查汗阿木段(F_{1-1})、水文站段(F_{1-2})、红山煤矿段(F_{1-3})和拜京图-柏树山煤矿(F_{1-4})。其主要分段标志为断裂的转折及不连续性等。

2 断裂的运动学特征

2.1 断错微地貌特征

巴音郭勒河断裂的新活动以挤压逆冲为主,未发现确切的水平断错的地质地貌形迹。断裂在地貌上主要表现为分布于山前冲、洪积阶地之上清晰的断层崖和断层陡坎等。其分布和组合形态较为复杂,呈现出多条坎或断坎拐弯、分叉等现象。如在查汗阿木附近发育了I-IV级冲洪积阶地,断层切过阶地致使I-III级阶地均被断错,形成明显的顺坡向的断层陡坎。经实测I级阶地上断坎高1.7 m;II级阶地上断坎



1. 前三系 2. 第三系 3. 中更新世冰积物 4. 晚更新世冲洪积物 5. 全新世冲洪积物 6. 走滑断裂 7. 逆断裂 ;
8. Q_4 断裂 9. Q_3 断裂 ;10. 断层剖面位置 ;11. 分段界线 F_1 . 巴音郭勒河断裂 F_2 . 宗务隆山北缘断裂

图1 巴音郭勒河断裂展布图

Fig. 1 Distribution of Bayingyole River active fault.

高达4.05 m(为分别高约1.6 m与2.45 m 两道陡坎之和)在局部地段断坎有拐弯和分叉等现象(图2)。

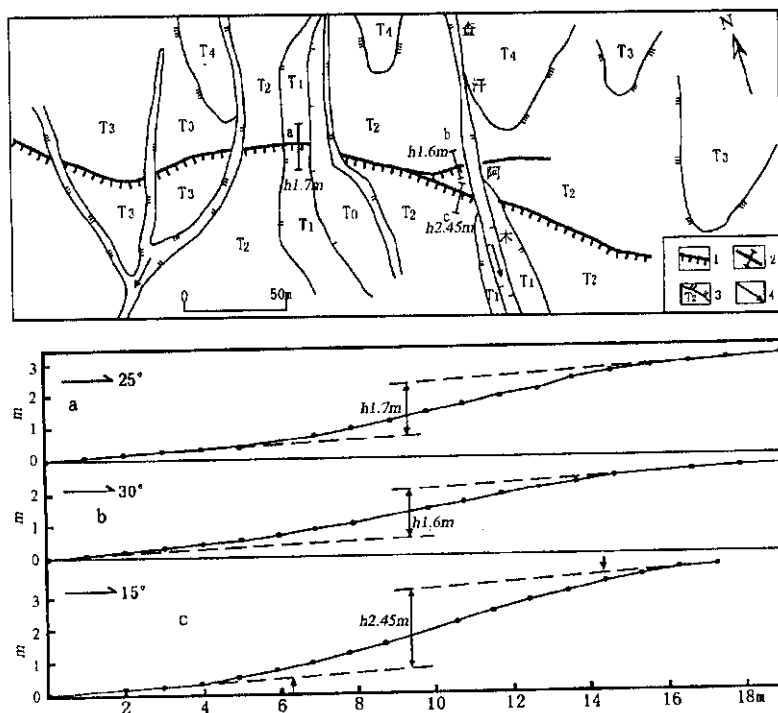
2.2 断裂的垂直滑动速率

沿巴音郭勒河断裂带断坎分布非常普遍,形态保存较为完整,尤其是Ⅱ级以上阶地大多被断错,部分地段Ⅰ级低阶地已发生了断错。沿断裂带实测了13条Ⅰ~Ⅲ级阶地上的典型断层陡坎剖面(表1)。

由表1可以看出,在实测的断层陡坎中,Ⅰ级阶地上的断坎共有5个,其中最大坎高约2.2 m,最低为0.9 m;Ⅱ级阶地上的断坎共有11个,其中最大坎高约4.5 m,最低坎为1.4 m;Ⅲ级阶地上的断坎共有2个,其中最大坎高约4.7~5.1 m,最低坎为4.7 m。它们分别代表了Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ级阶地形成以来的垂直断距。在柏树山煤矿附近的包木Ⅰ级冲洪积阶地中采样测得其TL年代为3 000 a左右,Ⅱ级阶地在库克浩尔格处

表1 巴音郭勒河断裂陡坎剖面原始数据

编号	地点	断错阶地	坎高/m	最大坡角/°	原始坡角/°	备注
1	塔塔拉	T_2	3.8~4.1	22	3	
2	查干楚鲁Ⅰ	T_2	4.2	22	3	
3	查干楚鲁Ⅱ	T_3	4.7~5.1	24	4	
4	拜京图Ⅰ	T_2	1.4	17	4	
5	拜京图Ⅱ	T_2	2.3	15	3	
6	库克浩尔格Ⅰ	T_2	4.5	20	4	
7	库克浩尔格Ⅱ	T_2	1.4	18	6	2道坎
		T_2	2.1	21		
8	查汗阿木Ⅰ	T_2	1.6	14	3	2道坎
		T_2	2.45	21	5	
9	查汗阿木Ⅱ	T_2	2.0	19	8	
10	查汗阿木Ⅲ	T_1	1.7	20	4	
11	夏勒达乌乐	T_1	2.2	25		3道坎
		T_1	1.7	17	1	
		T_1	0.9	11		
12	道勒根木Ⅰ	T_3	4.7	21	6	
13	道勒根木Ⅱ	T_1	0.9	15	3	



1. 断层陡坎 2. 实测断坎位置 3. 阶地及其级数 4. 冲沟流向

图 2 查汗阿木河流阶地上断层陡坎示意图

Fig. 2 The fault scarps on the river terraces in Chahan - amu.

TL 测年为 15.54 ± 1.32 ka, III 级阶地 TL 测年为 36.5 ± 1.8 ka。综合对比分析(图 3), 计算得到巴音郭勒河北缘断裂带晚更新世晚期以来的平均垂直滑动速率为 0.41 ± 0.27 mm/a 左右。

3 断裂的古地震特征

沿巴音郭勒河断裂带追踪考察, 并选择典型地段开挖探槽, 分别在库克浩特格、铅矿和柏树山煤矿等处发现了有古地震事件的断层剖面。现将各个剖面特征简述如下。

3.1 库克浩特格断层剖面

在库克浩特格沟口的 II 级冲洪积阶地上形成了清晰的断层陡坎, 实测坎高达 4.5 m。该冲沟东岸阶地边缘出露断层剖面(图 4), 共有两条次级断层, 断错了晚更新统一全新统的冲洪积砂砾石层。

岩性特征:

- ① 深灰色中粗含砾砂层, 砾石为次棱角状, 具有一定的分选性, 近水平层理, 最大砾径 3 ~ 5 cm, 成分复杂;
- ② 深灰黑色粗砾石层, 次棱角状至次圆状, 砾径最大可达 20 cm, 岩层倾斜;
- ③ 深灰黑色中细砂砾石层, 近水平层理;
- ④ 深灰色中粗砾石混杂堆积, 形成崩积楔;
- ⑤ 土灰黄色砂砾石层;
- ⑥ 土黄色含砾砂土层;

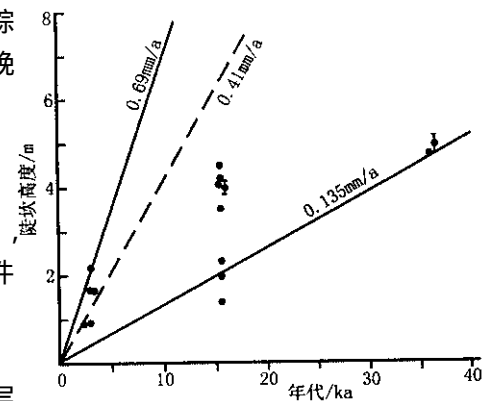
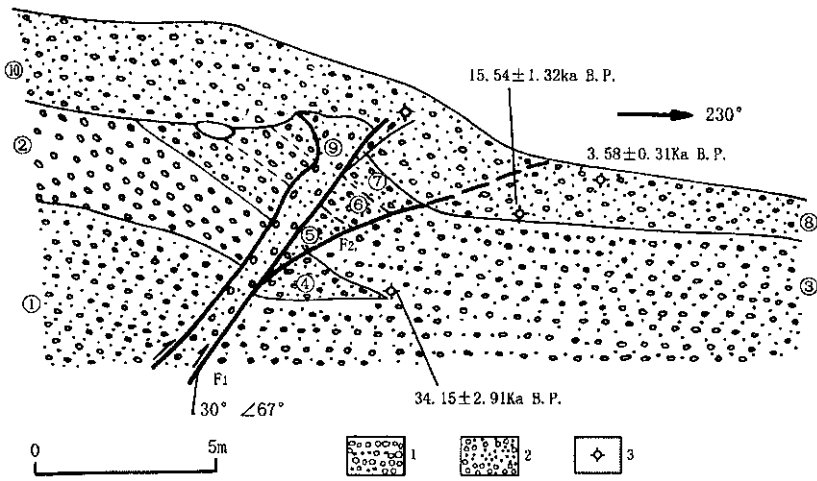


图 3 巴音郭勒河断裂垂直滑动速率图

Fig. 3 The vertical slip rate of Bayinguole River active fault



1. 粗砾石层 2. 细砂砾石 3. TL 采样点

图4 库克浩尔格断层剖面

Fig.4 The fault profile in Kukehaorge.

- ⑦ 深灰色砂砾石层,层理明显倾斜,砾石分选性和磨圆度较好;
- ⑧ 土灰色含粗砂砾石层,近水平层理;
- ⑨ 土黄色含砾砂土;
- ⑩ 含粗砂砾石层,略具层理。

剖面中共有两条次级断层,性质为逆断层。根据断错层位分析,大致有三次古地震事件:

事件 I 断层 F_1 活动断错层①、层②和层③下部,形成崩积楔层④,其活动年代接近④层顶部,TL 年代为 34.15 ± 2.91 ka;

事件 II 断层再次活动,向前扩展形成 F_2 ,并断错层④、层⑤和层⑥,后被层⑧覆盖,其年代接近⑧层底部,TL 测年为 15.54 ± 1.32 ka;

事件 III 断层 F_1 和 F_2 再次活动断错层⑩下部层位,其上仅被薄层的砂砾石所覆盖,其活动年代接近⑩层顶部的年代,其 TL 年代为 3.58 ± 0.31 ka。

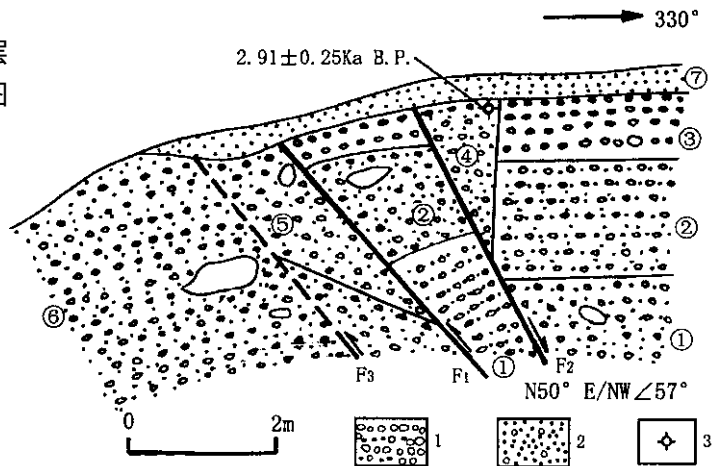
3.2 铅矿断层剖面

垂直铅矿西侧一冲沟 II 级阶地上的断层陡坎开挖探槽,揭露出清楚的断层剖面(图 5)。

岩性特征:

- ① 土灰黄色中粗砂层;
- ② 深灰色砂砾石层;
- ③ 灰红色砂砾石层;
- ④ 灰绿色砂砾充填楔;
- ⑤ 淡紫色砂砾石层,层理不清晰;
- ⑥ 土灰色、淡黄色砾石层,层理掀斜;
- ⑦ 地表堆积砂砾石层。

剖面中共发现三条次级断层,近平行排列,总体产状 $N50^\circ E/NW \angle 57^\circ$ 。其中主断层 F_1 的性质为逆断层,断错了层①—层⑤,同时



1. 粗砾石层 2. 细砂层 3. TL 采样点

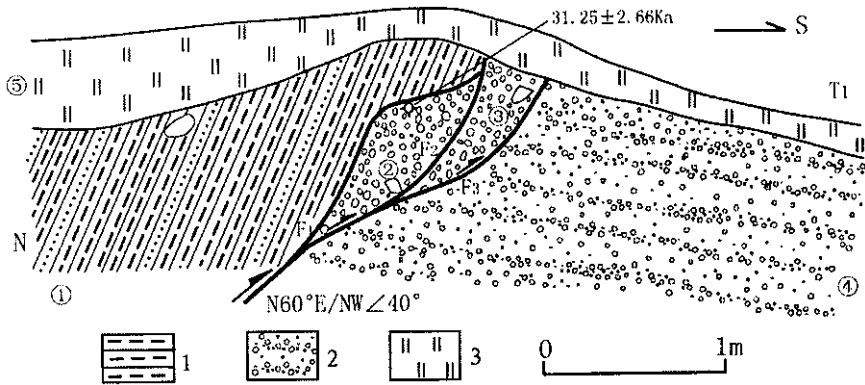
图5 铅矿断层剖面

Fig.5 The Fault profile in Qiankuang.

在 F_1 的上盘形成了正断层 F_2 和充填楔④; 在 F_1 的下盘开始发育一次级断层, 并可能断错层⑥, 它们均被层⑦覆盖, 应代表一次古地震事件, 其最晚活动年代接近 $2.91 \pm 0.25 \text{ ka}$ 。

3.3 柏树山煤矿断层剖面

在柏树山煤矿附近的包木冲沟 I 级阶地的东侧出露断层剖面(图 6)。



1. 泥岩 2. 砂砾石层 3. 含砂质土层

图 6 柏树山煤矿断层剖面

Fig. 6 The fault profile in the coal mine of Baishushan.

岩性特征:

- ① 暗紫红色泥岩, 夹薄砂层, 层理清晰, 其内页理化现象明显, 产状 $N60^\circ E/NW \angle 55^\circ \sim 65^\circ$, 时代为上新世;
- ② 淡黄色中粗砂砾石层, 层理不清楚;
- ③ 灰绿色中粗砂砾石层, 大小混杂堆积, 其顶部 TL 年代为 $31.25 \pm 2.66 \text{ ka}$;
- ④ 淡紫红色砂砾石层, 为冲洪积成因, 略具层理, 岩层倾角 5° , 构成该沟的 I 级阶地;
- ⑤ 地表堆积砂土层。

剖面中共发育了三条分支的次级断层, 呈叠瓦状向前挤压逆冲扩展, 总体产状 $N60^\circ E/NW \angle 40^\circ$ 。其中早期 F_1 的构造活动致使层①的第三系紫红色泥岩挤压逆冲在上更新统中粗砂砾石层②之上, 应代表一次较早的古地震构造事件, 年代略晚于 $31.25 \pm 2.66 \text{ ka}$; 另一次事件为 F_2 和 F_3 的构造活动, 致使层②挤压逆冲在层③之上, 层③又挤压逆冲在层④之上, 它们均被上部的表土层⑤所覆盖, 因此, 其年代应略早于地表土层⑤的年代。本区 I 级阶地年代约 3 000 a 左右, 由此确定这一次构造事件的年代也接近 3 000 a。

3.4 古地震活动特征的初步分析

古地震研究是通过保存于第四纪地层中位错及其与地震有关的微构造地貌证据来识别史前地震的年代、频率与强度。但由于受古地震遗迹保留程度、测年手段和研究方法等的限制, 在古地震识别和年代确定方面存在一定的不确定性, 可能造成古地震事件遗漏或重复等。本文利用逐次限定法^[5]进行对比分析, 以尽可能减少古地震事件的不确定性。

对巴音郭勒河断裂带上三个地质剖面的对比分析, 初步可以确定该断裂自晚更新世晚期以来有 3 次古地震事件, 其年代

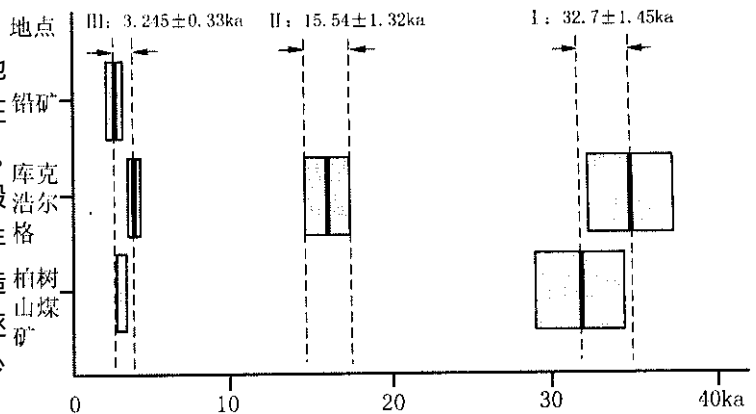


图 7 巴音郭勒河断裂古地震事件时空分布图

Fig. 7 Space-temporal distribution of palaeo-earthquake events along the Bayinguole River active fault.

分别为距今 32.7 ± 1.45 ka、 15.54 ± 1.32 ka 和 3.245 ± 0.33 ka ,显然 ,其古地震活动具有不均匀性特点 (图7)。

4 结论

通过对巴音郭勒河断裂带较详细的航片解译及野外的追踪考察 ,对断裂带的新活动特征取得了初步的认识 ,主要表现在 :

(1) 巴音郭勒河断裂是一条发育在德令哈以北的宗务隆山山前巴音郭勒河北缘 ,以断层陡坎为主的逆冲断裂带。该断裂属于本区 NNW - NWW 向的柴达木盆地北缘活动断裂系内的一条次级挤压构造。

(2) 巴音郭勒河断裂长约 60 km ,走向近东西 ,晚更新世 - 全新世活动显著 ,性质以逆断为主。在地貌上形成了明显的线性延伸的断层陡坎。晚更新世晚期以来的平均垂直滑动速率为 0.41 ± 0.27 mm/a。

(3) 通过对比分析 ,该断裂晚更新世晚期以来初步可以确定三次古地震事件 ,其年代分别为距今 32.7 ± 1.45 ka、 15.54 ± 1.32 ka 和 3.245 ± 0.33 ka ,古地震活动具有不均匀性特点。当然 ,由于探槽数量有限和年代测试的误差 ,所得到的古事件可能存在一定的不确定性 ,这有待今后深入研究加以解决。

[参考文献]

- [1] 袁道阳. 青藏高原东北缘晚新生代以来的构造变形特征与时空演化[D]. 中国地震局地质研究所 ,2003.
- [2] 叶建青 ,沈军 ,汪一鹏 ,等. 柴达木盆地北缘的活动构造[A]. 见 :活动断裂研究(5) [C]. 北京 :地震出版社 ,1996. 172 - 180.
- [3] 袁道阳 ,张培震. 青藏高原晚新生代构造和第四纪研究的进展及问题讨论[J]. 西北地震学报 ,2001 ,23(2) :199 - 205.
- [4] 王赞军 ,张晓青 ,江志萍 ,等. 柴达木盆地两条中央断裂的特征及其发生上限震级地震的位移量估算[J]. 西北地震学报 ,1999 ,21(2) :183 - 188.
- [5] 毛凤英 ,张培震. 古地震研究中的逐次限定方法与新疆北部主要断裂带的古地震研究[A]. 见 :活动断裂研究(4) [C]. 北京 :地震出版社 ,1994 ,153 - 164.

STUDY ON THE NEW ACTIVE FEATURES OF BAYINGUOLE RIVER ACTIVE FAULT , DELINGHA , QINGHAI PROVINCE

LIU Xiao-long¹ , YUAN Dao-yang^{1 2}

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

2. Lanzhou Base of Institute of Earthquake Prediction , CEA , Lanzhou 730000 , Chian)

Abstract : A new reverse fault zone 60 km long , was found on the alluvial and pluvial fan of the northern bank of Bayinguole river , Delingha , Qinghai Province. The fault is a sub-extrusion tectonics belongs to the northern margin of NNW - NWW oriented active fault system in Qaidam basin. Its tectonic geomorphology is characterized by clear linear fault scarps , the average vertical slip rate of the fault is about 0.41 ± 0.27 mm/a since late period of the late Pleistocene. About three palaeo-earthquake events are found by trenching along the active fault zone , their ages are 32.7 ± 1.45 ka , 15.54 ± 1.32 ka and 3.2 ± 0.335 ka , respectively.

Key words : Qinghai province ; Bayinguole river active fault ; New activity ; Slip rate ; Palaeo-earthquake