

王林, 田勤俭, 李德文, 张效亮, 2017. 蔚广盆地南缘断裂带唐山口段山前断层活动性研究. 震灾防御技术, 12 (2): 319—328.
doi: 10.11899/zzyfy20170208

蔚广盆地南缘断裂带唐山口段 山前断层活动性研究¹

王 林¹⁾ 田勤俭¹⁾ 李德文²⁾ 张效亮³⁾

1) 中国地震局地震预测研究所, 地震预测重点实验室, 北京 100036

2) 中国地震局地壳应力研究所, 北京 100085

3) 中国地震灾害防御中心, 北京 100029

摘要 蔚广盆地是山西地堑系北端京西北盆岭构造区内的一个半地堑盆地, 蔚广盆地南缘断裂带为控制该盆地形成的边界断裂。该断裂带位于唐山口段的山前断裂在冲洪积扇体上形成了线性特征显著的断层陡坎。横跨断层陡坎开挖的探槽表明该条山前断裂属于全新世活动断裂, 探槽揭示了 2 条活动断层以及相应的 3 次古地震事件。在距今约 9ka 时其中一条断层首次活动, 之后在距今约 7.3ka 时该条断层再次活动并引发了另一条断层的形成与同步活动。最后它们又发生了第三次活动, 而最新一次活动的时间由于相应地表沉积的缺失而无法获得。这 3 次古地震事件的累积垂直位错约为 8.1m。估算出整条山前断裂的平均复发周期约为 1.7ka、平均滑动速率约为 1.6mm/a。此外还依据经验公式估算出了各次古地震的参考震级。

关键词: 蔚广盆地南缘断裂带 山前断裂 断层陡坎 探槽 古地震 滑动速率

引言

蔚广盆地南缘断裂带位于山西地堑系北端的京西北盆岭构造区内, 是蔚县-广灵半地堑盆地 (简称蔚广盆地) 南边界断裂带, 是一条由多条断层组成的具有正断性质的活动断裂带。前人对该断裂带的分段性 (徐锡伟等, 2002)、新构造运动特征 (周廷儒等, 1991; 王乃樑等, 1996; 李树德, 1997)、断层几何结构特征 (王林等, 2011; Wang 等, 2013) 等都有过一定的研究。已有的研究大都集中于盆地的主边界断裂, 对于盆内山前地区冲洪积扇体上发育的较新活动断层的研究相对有限, 仅对断裂带东段局部有过一定研究 (程绍平等, 1998), 然而这些较新的山前活动断层正是近期或将来孕育、发生地震可能性较高的断层, 因此加强对这些山前断层的研究对于首都圈区域地震危险性的分析和判断具有一定的科学意义。

在“我国地震重点监视防御区活动断层地震危险性评价项目”之“首都圈地区蔚县-广灵断

1 基金项目 “中国地震局地震预测研究所基本科研业务费专项” (2015IES010202) 与“我国地震重点监视防御区活动断层地震危险性评价项目” (201210916) 共同资助

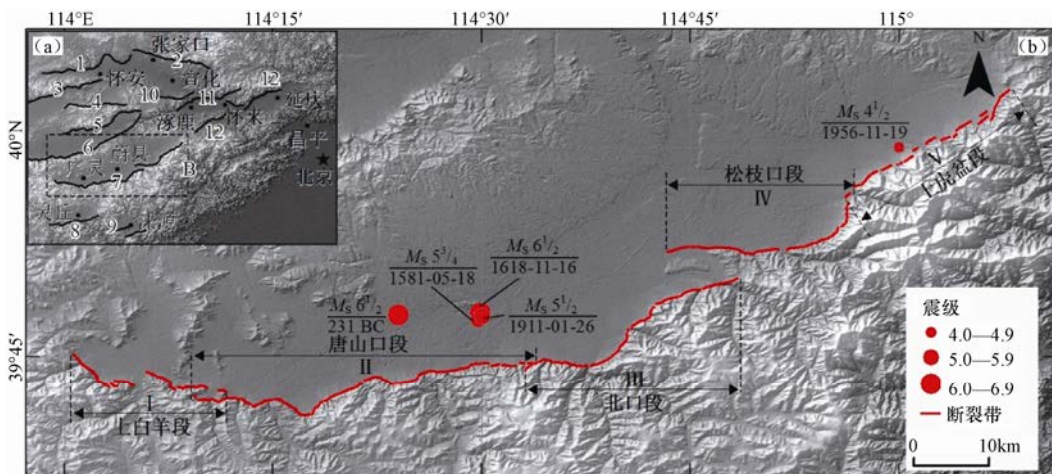
[收稿日期] 2016-03-30

[作者简介] 王林, 男, 生于 1982 年。博士, 助理研究员。主要从事构造地质、构造地貌和地震地质方面的研究。E-mail: wanglin23010509@163.com

裂条带状地质填图”课题的支持下,本文通过高分辨率遥感影像解译、野外地质地貌调查以及开挖探槽等手段,对蔚广盆地南缘断裂带唐山口段山前断层的活动性进行了研究,得到了该段断层古地震期次、断层活动速率等方面的一些参数以及一些新的认识。

1 地质构造概况

京西北盆岭构造区中发育有怀涿、蔚广、延矾、阳原、灵丘、怀安和涿源等一系列断陷盆地单元(图1(a)),这些断陷盆地多为半地堑盆地,盆地的主控断裂一般总体走向为NEE,个别断裂走向近EW。该区内的蔚广盆地就是一个受南部边界正断层控制的、南深北浅的不对称半地堑盆地,蔚广盆地南缘断裂带即为控制该盆地南边界的正断层系(图1(b))。蔚广盆地在新生代 N_2 晚期至 Q_1 早期之间开始裂陷并发育(周廷儒等,1991;徐锡伟等,2002),其南缘断裂带经历了长期的构造演化历程,上升盘不断地抬升形成山体区,下降盘不断地沉降和接受沉积而形成盆地地区。自从有历史记载以来,盆地内已经发生过5次地震,主要包括公元前231年 $M_S 6\frac{1}{2}$ 级地震,1581年 $M_S 5\frac{3}{4}$ 级地震,1618年 $M_S 6\frac{1}{2}$ 级地震,1911年 $M_S 5\frac{1}{2}$ 级地震以及1956年 $M_S 4\frac{1}{2}$ 级地震等。



图(a)中的断层名称: 1 怀安-万全盆地北缘断裂; 2 张家口断裂; 3 天镇-阳高盆地北缘断裂; 4 怀安镇盆地南断裂;
5 阳原盆地北缘断裂; 6 六棱山北麓断裂; 7 蔚广盆地南缘断裂; 8 太白维山北麓断裂; 9 涿源盆地南缘断裂;
10 宣化盆地南缘断裂; 11 怀涿盆地北缘断裂; 12 延矾盆地北缘断裂

图1 蔚广盆地的构造位置(a)及盆地内断裂的几何展布与分段特征(b)

Fig. 1 The tectonic location of the Yuguang basin (a) and the spatial distribution and segmentation of the main faults in the basin (b)

该断裂带先是继承和利用了燕山运动中、晚期形成的北东向压型结构面,在此基础之上才进一步发展成为张性断裂体系,经历了一个构造反转的过程(周廷儒等,1991;王乃樑等,1996;李树德,1997)。根据次级断层空间展布的几何结构和长期断裂作用造成的断错地貌差异,蔚广盆地南缘断裂带可以划分为5个地震破裂段落,自西向东依次为上白羊段、唐山口段、北口段、松枝口段以及上虎盆段(徐锡伟等,2002),如图1(b)所示。蔚广盆地南缘断裂晚更新世以来的活动部位主要集中在松枝口、北口、唐山口等3个段落上,它们是控制

蔚广盆地第四纪持续活动的主边界断裂段，与盆地的沉降中心部位相对应。而东、西两端的上虎盆段、上白羊段晚更新世以来的活动性已经十分微弱。

2 山前断层的地貌特征

唐山口段的山前断裂在高分辨率遥感影像上呈明显的线性特征，在地表形成了断层陡坎。陡坎高约 7m (图 2 (c))，沿着陡坎的走向，由于沉积、侵蚀环境的差异造成了陡坎断续分布的形态 (图 2 (b))。有的地方存在河流冲沟，侵蚀性较强，陡坎形态侵蚀破坏较为严重，与此同时在陡坎前缘还形成了较新的小型扇体；有的地方发育干沟，侵蚀程度相对较弱，陡坎形态遭到部分破坏；有的地方则未发育任何冲沟，陡坎形态相对完整。

图 2 (d) 为横跨盆地边界断裂和扇体中山前断裂的剖面结构示意图，反映出了总体剖面结构。其中较新的次级山前断裂将 Q_p^3 扇体的扇面明显错断，在地表形成线性良好的断层陡坎，并在陡坎前缘形成了楔状沉积。

3 探槽分析

在野外工作中，横跨断层陡坎开挖的探槽进一步揭示并确定了断层的存在，并在多套地层采集了 OSL 样品、 ^{14}C 样品。在室内工作中，首先对探槽壁的照片进行校正、拼接，制作了探槽照片拼接图，在此基础上，对地层进行了精确的解译和矢量化，进一步得到了探槽地层剖面图，并以相应地层的颜色以及砾石砾径、分选性、磨圆性等特征制定了具体形象的填充符号，对不同的地层加以形象的显示。以探槽照片拼接图、探槽地层剖面图为基础，结合 OSL 样品、 ^{14}C 样品的年龄测试结果，对断层的古地震事件期次、断层活动速率等方面进行了详细的研究。

3.1 地层特征

探槽照片拼接图、探槽地层剖面图如图 3 (a) 和 3 (b) 所示，OSL 样品、 ^{14}C 样品的测试结果分别见表 1、表 2¹。通过探槽照片拼接图以及探槽地层剖面图，初步判定存在 2 条断层 F1、F2，将地层整体上切割成了 3 个断块 I、II、III。

探槽内各层的特征简述如下：

层 (1)：浅红色粉砂质粘土。该层 OSL5 样品年龄值为 (6.69 ± 0.63) ka。

层 (2)：黄色粉砂质粘土。

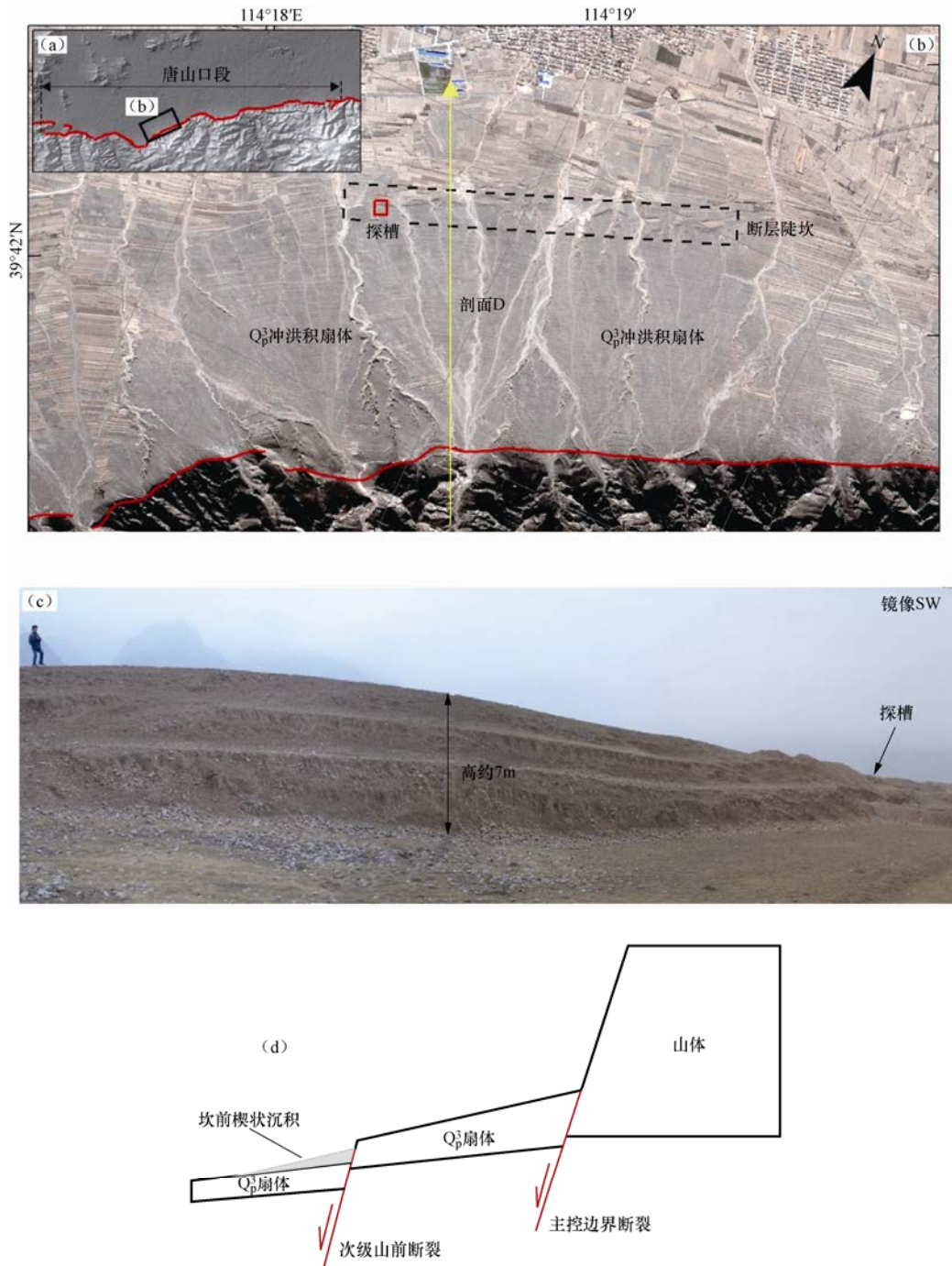
层 (3)：黄褐色粉砂质粘土。该层位于断块 I、II 中的样品 OSL6、11 的年龄值分别为 (9.20 ± 0.79) ka、 (8.75 ± 0.74) ka，可以看到两者相差不大，取两者的均值约 9.0ka 作为该层的年龄值。

层 (4)：红色粗砾砾石层，砾径 5—20cm，分选度差，磨圆度差。

层 (5)：红色中砾砾石层，砾径 1—5cm，分选度中等，磨圆度中等，基质填充，基质呈暗褐色。

层 (6)：黄色粉砂质粘土层与中砾砾石层互层。其中砾石层砾径 1—5cm，分选度中等，磨圆度中等。该层位于断块 II 中的样品 OSL7、8、9、10 的年龄值分别为 (17.78 ± 1.50) ka、 (17.07 ± 1.42) ka、 (17.12 ± 1.45) ka、 (17.43 ± 1.52) ka；位于断块 III 中的样品 OSL1、2 的年龄

1 OSL 样品由中国地震局地壳应力研究所光释光实验室测试完成； ^{14}C 样品由中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室测试完成。



(a) 断层陡坎所处的断裂带段落位置；(b) 高分辨率遥感影像上的线性陡坎，其中黑色虚线框为陡坎位置；红色小方框表示探槽位置，与图(c)中所指示的探槽相对应；黄色箭头线段表示图(d)中剖面所对应的剖面线的分布位置；(c) 断层陡坎野外实际地貌形态及开挖的探槽；(d) 横跨主控边界断裂、次级山前断裂的剖面结构示意图

图2 唐山口段山前断裂在扇体中形成的陡坎

Fig. 2 The fault escarpment formed in the proluvial fan along the Tangshankou fault segment

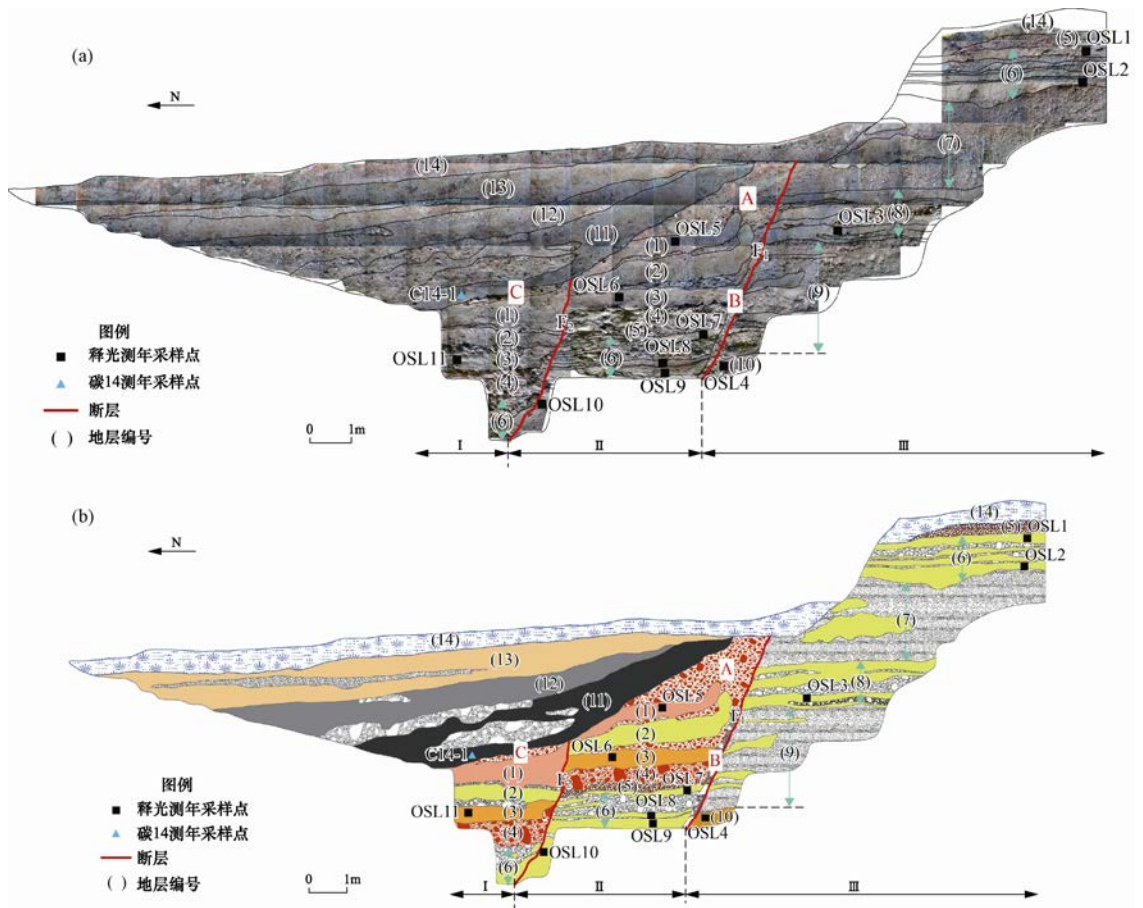


图3 探槽照片拼接图 (a) 及探槽地层剖面图 (b)

Fig. 3 Photo stitching of trench (a) and the profile of the stratum layers in trench (b)

值分别为 (17.89 ± 1.55) ka、 (15.57 ± 1.32) ka，可以看到大部分样品的年龄值都在 17ka 左右，取所有这些样品的平均值约 17.1ka 作为该层的年龄值。

层 (7)：中砾-粗砾砾石层，中砾、粗砾呈双向粒序，分选度好，磨圆度中等，局部夹杂黄色粉砂质粘土层透镜体。

层 (8)：黄色粉砂质粘土层夹中砾-粗砾砾石层。其中中砾砾径 1—5cm，分选度中等，磨圆度中等；粗砾砾径 10—15cm，分选度差，磨圆度差。该层位于断块 III 中的样品 OSL3 的年龄值为 (22.45 ± 2.10) ka。

层 (9)：中砾-粗砾砾石层，中砾、粗砾呈双向粒序，分选度好，磨圆度中等，局部夹杂黄色粉砂质粘土薄层或透镜体。

层 (10)：黄褐色粉砂质粘土。该层位于断块 III 中的样品 OSL4 的年龄值为 (28.28 ± 2.62) ka。

层 (11)：含 ^{14}C 的黑色腐殖质粘土层，局部夹砾石透镜体。其中砾石透镜体为中砾-粗砾混杂堆积，分选度差，磨圆度差。该层 C14-1 样品年龄值为 (7.85 ± 0.14) ka。

层 (12)：灰黑色粉砂质粘土，少量的细砾、中砾零星均匀地分布其中，局部夹砾石透镜体。其中砾石透镜体为中砾-粗砾混杂堆积，分选度差，磨圆度差。

层(13): 淡黄色粉砂质粘土, 少量的细砾、中砾零星均匀地分布其中, 局部夹砾石层。其中砾石层为中砾, 砾径 1—5cm, 分选度中等, 磨圆度中等。

层(14): 地表耕植土。

表 1 探槽 OSL 样品测年结果表

Table 1 Dating results of the OSL samples

编号	α 粒子计数率 /ksec	K ₂ O/%	含水量/%	饱和含水系数	环境剂量率 /Gy · ka ⁻¹	等效剂量/Gy	年龄/ka
OSL1	10.71±0.22	2.12	5.00	0.06	4.40±0.34	78.52±2.63	17.89±1.55
OSL2	10.92±0.23	2.12	5.00	0.05	4.43±0.42	69.05±1.87	15.57±1.32
OSL3	12.17±0.24	2.28	15.02	0.64	4.36±0.13	97.95±4.76	22.45±2.10
OSL4	10.89±0.23	2.32	15.98	0.75	4.01±0.37	113.50±5.30	28.28±2.62
OSL5	9.67±0.22	2.10	15.85	0.52	3.79±0.35	25.38±1.12	6.69±0.63
OSL6	10.16±0.22	2.32	7.98	0.33	4.32±0.41	39.76±1.22	9.20±0.79
OSL7	10.24±0.22	2.28	8.82	0.38	4.27±0.37	75.91±2.00	17.78±1.50
OSL8	12.17±0.24	2.06	5.97	0.24	4.59±0.44	78.43±1.86	17.07±1.42
OSL9	10.63±0.22	2.00	5.96	0.27	4.20±0.40	71.91±1.98	17.12±1.45
OSL10	11.38±0.24	2.08	5.17	0.22	4.46±0.41	77.68±2.66	17.43±1.52
OSL11	11.17±0.21	2.24	8.47	0.36	4.45±0.40	38.94±1.05	8.75±0.74

表 2 探槽 ¹⁴C 样品测年结果表

Table 2 Dating results of the ¹⁴C sample

编号	实验室编号	野外编号	距今年代/a BP
C14-1	CG-7182	YX1011C14-1	7850±140

3.2 构造现象

在探槽中出露并发现了构造张裂楔、崩积楔、堆积楔等现象, 以及地层断错、拖曳、韵律变化等现象(图 3(a)、(b)), 下面对这些现象分别进行简要介绍:

①剖面中的楔体 A 兼具构造楔和崩积楔的特征。一方面, 它沿着 F1 的倾向向下方尖灭, 表现出构造楔的特征, 这应该是断层活动过程中断面张性开裂及后续的填充形成的; 另一方面, 它沿着水平方向在层(1)与层(11)之间尖灭, 表现出崩积楔的特征, 这应该是断层活动过程中以及后来一段时间内的快速崩积作用形成的。

楔体 A 由红色的中砾-粗砾混杂堆积而成, 砾径 1—15cm, 分选度差, 磨圆度差, 局部夹黄色粉砂质粘土小块。楔体 A 的年龄介于下面的层(1)与上面的层(11)的年龄之间。

②断层破碎带 B 的宽度可以达到 0.3m 左右, 反映了 F1 的多次活动, 破碎带内存在明显的砾石长轴定向排列的现象(图 4 中黑色虚线段所示), 两侧的各套近水平地层到破碎带之处都戛然而止。

③剖面中存在地层的倾斜、不整合现象。除了楔体 A 之外, 断块 I、II、III 中各套地层基本上都近于水平分布, 而上覆于断块 I、II 的层(11)—(13)则均向南倾, 其中层(11)南倾约 20°并不整合于断块 II 中层(1)的左半部层位之上, 层(12)、(13)倾角依次减小, 层(13)已近水平。

④剖面中位于 F1 的下降盘存在着楔状堆积体，由层（11）—（13）组成，分别由黑色、灰黑色、淡黄色的粉砂质粘土构成，它们覆于断块 I、II 之上，其中层（11）是富含 ^{14}C 的黑色腐殖质粘土层，这 3 套地层属于静水堆积，层位均向北尖灭，整体上呈现水平的楔状形态，属于堰塞塘堆积。

⑤剖面中显示了地层沉积韵律的变化。断块 II 中层（4）以后（包括层（4））的堆积显示了由粗到细的两个沉积韵律的变化，分别对应着后面将要描述的 2 次最新的古地震事件。层（4）为粗砾，代表了一些近源物质较短时间内速度较快的混杂堆积，层（1）—（3）以粉砂质粘土为主，代表以较长时间内速度较慢的静水堆积，层（4）至层（1）—（3）完成了沉积由粗至细的韵律变化。类似地，楔体 A 为粗砾，代表了一些近源物质在较短时间内速度较快的混杂堆积，层（11）—（13）以粉砂质粘土为主，表示其以较长时间内速度较慢的静水堆积为主，层（4）至层（11）—（13）完成了沉积由粗至细的韵律变化。

此外，断块 III 中层（10）以后（不包括层（10））的堆积也显示了 2 个沉积韵律的变化。层（9）与层（7）的组成与结构相近，均为呈双向粒序、分选性好、磨圆性中等的中砾-粗砾砾石层，而层（8）与层（6）的组成与结构相近，均为黄色粉砂质粘土层与砾石层互层，那么从层（9）到层（8），然后再从层（7）到层（6）则为 2 个相邻的相似的沉积韵律的变化，根据层（10）、层（8）与层（6）内的样品年龄值，可以估计出沉积韵律的变化周期约为 6ka，这种沉积韵律的变化可能更多地代表一种气候的变化和旋回。

⑥剖面中断块 I 中层（3）、层（4）与层（6）右端沿 F2 发生拖曳，断块 II 中层（1）与层（2）右端沿 F1 发生拖曳。

3.3 古地震事件分析

确认探槽内存在的最早一次古地震事件 E3 的主要依据有 2 点：①层（6）与层（3）之间较长时间的沉积间断；②层（4）中分选性差、磨圆性差的红色粗砾砾石层。层（6）OSL 样品均值约为 17.1ka，层（3）OSL 样品均值约为 9.0ka，两者之间时间间隔约 8.1ka，这么长的时间间隔却只存在快速堆积的一套厚约 0.5m 的层（4），而前述层（9）到层（8）、层（7）到层（6）的 2 个沉积韵律变化的周期均约为 6ka，对应的沉积层厚度却分别达到了 3.9m、3.3m 左右，相比之下可以推断层（6）与层（3）之间存在较长时间的沉积间断。层（6）形成之后可能处于局部相对抬升的状态，沉积作用停止，在其表面逐渐形成了层（5）这一套类似风化层的物质，之后在某一时刻 F1 发生第一次活动，即 E3 发生，使得近源物质在较短时间内大量快速堆积形成了一套分选性、磨圆性均较差的层（4）。层（4）虽然在形态上不如楔体 A 那么显著和典型，但是从物质成分、结构、成因等方面来看却与楔体 A 有着同样的性质，即都是断层活动造成的近源快速堆积体。根据层（6）与层（3）的年龄，E3 约发生在距今 17.3—9ka，但应更接近于层（3）的年龄，即 9ka 左右。

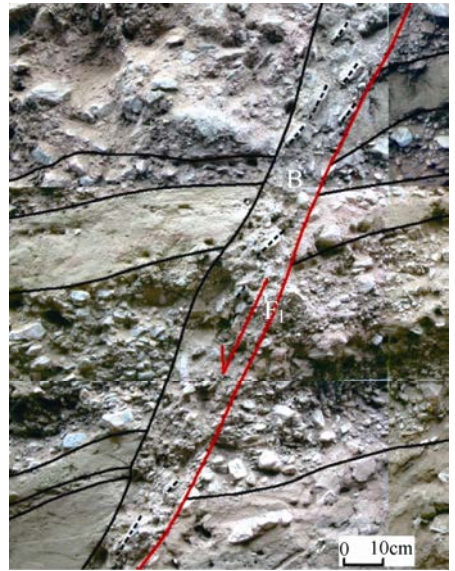


图 4 断层破碎带 B 及带内的砾石定向排列
Fig. 4 The fault fracture zone B and the preferred alignment of gravels

探槽内的第二次古地震事件 E2 主要以楔体 A 以及次级断层 F2 的存在为代表, 其中楔体 A 在 E2 之后形成, 是 F1 活动的结果, 而 F2 则可能是 E2 发生时与 F1 同时活动的结果。楔体 A 下面存在沉积层 (1), 上面覆盖有层 (11), E2 应该发生在层 (1) 的地层年代之后以及层 (11) 的地层年代之前, 而层 (1) 中 OSL5 年龄值为 (6.69 ± 0.63) ka, 层 (11) 中 C14-1 样品年龄值为 (7.85 ± 0.14) ka, 两者虽然出现反序, 但是差异不大, 取两者平均值约 7.3ka 作为 E2 距今的大致年代。F2 活动的最直接的体现就是楔体 C 的存在以及 F2 两侧被错断的一系列地层, 即层 (1) — (6), 并使得断块 I 中的层 (3)、层 (4) 与层 (6) 右端沿 F2 发生拖曳现象, 其中层 (5) 在断块 II 中存在, 而在断块 I 中由于 F2 活动时的构造扰动而卷入层 (6) 上半部的粉砂质粘土薄层、砾石层之中, 三者混杂在一起难以区分, 因此未将层 (5) 表示出来, 笼统地将这三者归入层 (6) 之中。F2 发生活动之后其断块 I 下降, 间接造成了后来的层 (11) 形成过程中对陡坎之处出露的新鲜的层 (1) 的左上部分的冲刷、侵蚀, 最终造成了层 (1) 左上角的缺失, 使得层 (11) 与层 (1) 在此处不整合接触。F2 断错了层 (1) 而被层 (11) 覆盖, 因此 F2 应该发生在层 (1) 的地层年代之后以及层 (11) 的地层年代之前, 这点与楔体 A 是相似的, 即约为距今 7.3ka 左右。

从崩积楔 A 进一步被断错的形态来看, 后来应该还存在最新的一次古地震事件 E1, 它仍是 F1 再次活动的结果, 这次事件使得断块 II 中之前形成的沉积层 (1)、层 (2) 右端最终形成了较为严重的拖曳, 并使得崩积楔 A 的物质进一步崩落并夹杂于层 (1) 与层 (2) 以及层 (2) 与层 (3) 之间。然而, 由于该剖面上部可能有人为扰动, 导致这次活动的坎前堆积被破坏, 而无法识别出被断错的最新地层, 难以对事件 E1 进行准确定年。

如果将 E1、E2、E3 近似地视为在同一断层重复发生的一组特征地震, 那么它们的震级应该是相近的, 同震位移量也是相近的。根据被断错的层 (6) 可以得到 F1 的累积垂直位移量约为 6.9m, 根据被断错的层 (1)、层 (2)、层 (3) 可以得到 F2 的累积垂直位移量约为 1.2m, 两者之和 8.1m 即为 E1、E2、E3 这 3 次事件形成的总的累积位移量, 约为 8.1m, 由此可以估算出整条山前断裂各次事件的平均同震位移量约为 2.7m, 而根据 E3、E2 的发生时间可以估算出整条山前断裂的平均复发周期约为 1.7ka, 最后通过平均同震位移量与平均复发周期的比值可以估算出整条山前断裂的平均滑动速率约为 1.6mm/a (表 3)。

表 3 蔚广盆地南缘断裂带唐山口段山前断层探槽全新世古地震事件

Table 3 The Holocene paleoearthquake events of the piedmont fault along the Tangshankou fault segment

古地震事件	发生时间	复发周期	累积位移量	平均同震位移量	平均滑动速率
E3	9ka				
E2	7.3ka	1.7ka	8.1m	2.7m	约 1.6mm/a
E1	-				

邓起东等 (1992) 曾对华北地区正走滑断层进行统计, 得到了震级 (M) 和单次同震位移量 (D) 的回归关系:

$$M = 7.56 + 0.69 \lg D \quad (1)$$

将 $D=2.7\text{m}$ 代入该上式估算出单次古地震震级约为 7.9 级。

董瑞树等(1993)通过综合回归得到了中国东部地区震级(M)和活动断层段长度(L)之间的关系:

$$M = 4.094 + 1.699 \lg L \quad (2)$$

根据前述前人的分段结果,唐山口段的长度 L 约为34km,将其代入上式估算出该段断层的最大潜在地震震级约为6.7级。

综合上面2种地震震级的估算方法,取两者的平均水平7.3级作为古地震震级的估计值。

以上讨论的仅是同震(累积)垂直位移量。从前述探槽的地貌特征来看,横跨陡坎的各种冲沟、干沟并未表现出明显的左旋或右旋走滑特征,因此认为山前断层以垂直倾滑运动为主,并无走滑运动分量。

4 结论与讨论

(1) 蔚广盆地南缘断裂带唐山口段山前断裂属于全新世活动断裂。

(2) 该断裂至少由2条断层——F1和F2组成。F1在全新世时期有过3次古地震事件,它在距今约9ka时首次活动(E3),之后在距今约7.3ka时再次活动并引发了F2的形成与同步活动(E2)。最后它们又发生了第三次活动(E1),然而由于人为破坏,导致这次活动相应的地表沉积缺失,无法识别出被断错的最新地层,难以确定E1发生的时间,因此最新一次古地震的离逝时间尚无法估计。

(3) 3次古地震事件的同震累积垂直位移量约为8.1m,单次平均同震垂直位移量约为2.7m,整条山前断裂的平均复发周期约为1.7ka、平均滑动速率约为1.6mm/a,估算出古地震的参考震级约为7.3级。

参考文献

- 程绍平, 杨桂枝, 1998. 河北蔚县九宫口断层重叠带的断层生长、位移转移和演化. 地震地质, 20(1): 1—8.
- 邓起东, 于贵华, 叶文华, 1992. 地震地表破裂参数与震级关系的研究. 见: 国家地震局地质研究所编, 活动断裂研究(2). 北京: 地震出版社, 247—264.
- 董瑞树, 冉洪流, 高铮, 1993. 中国大陆地震震级和地震活动断层长度的关系讨论. 地震地质, 15(4): 395—400.
- 李树德, 1997. 中国东部山西地堑系的形成机制及构造地貌、地震探讨. 北京大学学报(自然科学版), 33(4): 467—474.
- 王林, 田勤俭, 李德文等, 2011. 京西北蔚县—广灵半地堑盆地南缘断裂带的断层生长研究. 地震地质, 33(4): 828—838.
- 王乃樑, 杨景春, 夏正楷等, 1996. 山西地堑系新生代沉积与构造地貌. 北京: 科学出版社.
- 徐锡伟, 吴为民, 张先康等, 2002. 首都圈地区地壳最新构造变动与地震. 北京: 科学出版社.
- 周廷儒, 李华章, 李清泗等, 1991. 泥河湾盆地新生代古地理研究. 北京: 科学出版社.
- Wang L, Tian Q. J., Li D. W., et al., 2013. Fault-growth pattern of the South Margin normal fault of the Yuguang Basin in Northwest Beijing and its influencing factors. ActaGeologicaSinica(English Edition), 87(3): 707—719.

The Activity of the Piedmont Fault along the Tangshankou Segment of Yuguang Basin Southern Marginal Fault

Wang Lin¹⁾, Tian Qinjian¹⁾, Li Dewen²⁾ and Zhang Xiaoliang³⁾

1) Institute of Earthquake Science, China Earthquake Administration, Beijing 100036, China

2) Institute of Crustal Dynamics, China Earthquake Administration, Beijing 100085, China

3) China Earthquake Disaster Prevention Center, Beijing 100029, China

Abstract The Yuguang basin is a half-graben basin in the basin-range tectonic zone northwest to Beijing, where the Yuguang basin southern marginal fault (YBSMF) that is located at the northern end of the Shanxi graben system controlled the formation of the basin. A linear fault escarpment formed in the pluvial fan along the piedmont fault zone of the Tangshankou segment of YBSMF. A trench across this escarpment revealed three paleoearthquake events in two active faults. The first activity occurred in one fault at about 9ka for the first time, and then the second activity occurred at about 7.3ka, which caused the formation and synchronous activity of another fault. For the third fault activity we cannot determine the active time due to lack of relevant surface deposition. The accumulative vertical displacement of these three events is about 8.1m. We estimate that the average recurrence period of the piedmont fault is about 1.7ka, and the average slip rate of the piedmont fault is about 1.6mm/a. Besides, we estimate the reference magnitude of each event according to the empirical formula.

Key words: Yuguang Basin South Marginal Fault; Piedmont fault zone; Fault escarpment; Trench; Paleoearthquake event; Fault slip rate