

孙昌斌、谢新生、许建红, 2013, 罗云山山前断裂中段土门-贾朱村晚第四纪断错地貌特征, 中国地震, 29(3), 347~357。

罗云山山前断裂中段土门-贾朱村 晚第四纪断错地貌特征

孙昌斌^{1,2)} 谢新生²⁾ 许建红³⁾

1) 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京市海淀区学院路 29 号 100083

2) 中国地震局地壳应力研究所地壳动力学重点实验室, 北京市海淀区西三旗安宁庄路 1 号 100085

3) 中国地震局第二监测中心, 西安 710054

摘要 罗云山山前断裂位于山西临汾盆地西侧, 控制着盆地的西界。通过对该断裂 1:5 万地质填图、对河流冲沟阶地及山前断错地貌的调查, 介绍了罗云山山前断裂中段土门-贾朱村晚第四纪断错地貌特征。罗云山山前发育 D_1 、 D_2 、 D_3 等 3 级洪积扇, 罗云山山前断裂上升盘冲沟发育 $T_1 \sim T_5$ 等 5 级阶地。 D_1 洪积扇与 T_1 、 T_2 阶地形成于全新世早中期; D_2 洪积扇与 T_3 阶地形成于晚更新世中晚期; D_3 洪积扇与 T_4 、 T_5 阶地形成于中更新世中晚期。罗云山山前断裂中段不同部位断错地貌特征差异较大, D_1 洪积扇的断错在席坊沟一带断距约 2.9m; 在金殿镇峪口村南西山前断错约 3m。 D_2 洪积扇的断错在土门镇南西堡子村约 2.5m; 在杨家庄村西山前断错约 4m; 在景村西山前断错约 6m; 在襄陵镇浪泉沟南西侧山前断错约 7.7m。罗云山山前断裂中段山前断错地貌明显, 其最新活动时代为全新世。其中, 土门段最新活动时代为全新世早期, 龙祠段最新活动时代为全新世中晚期。罗云山山前断裂中段晚更新世中晚期以来活动速率为 0.18~0.54mm/a, 由北向南活动呈增强趋势; 全新世早中期以来活动速率为 0.4~0.9mm/a, 断裂活动主要集中于席坊沟-峪口一带。罗云山山前断裂中段从晚更新世中晚期到全新世活动速率有增大的趋势, 这与该断裂上升盘冲沟阶地从晚更新世中晚期到全新世抬升速率有增大的趋势以及临汾盆地从晚更新世晚期到全新世沉降速率也有增大的趋势具有较好的一致性。

关键词: 罗云山山前断裂 断错地貌 洪积扇 晚第四纪 临汾盆地

[文章编号] 1001-4683(2013)03-0347-11

[中图分类号] P315

[文献标识码] A

0 引言

罗云山山前断裂是山西临汾盆地的西边界断裂, 临汾盆地是历史强震的活跃区, 该盆地历史上曾发生 1303 年洪洞 8 级、1695 年临汾 7½ 级(王挺梅等, 1993a) 以及 649 年临汾 7½ 级地震(丁国瑜, 1998)。在 20 世纪 80~90 年代, 研究已表明该断裂存在全新世活动(苏宗正等, 1985; 国家地震局《鄂尔多斯周缘活动断裂系》课题组, 1988; 郑炳华等, 1990; 王挺梅

[收稿日期] 2013-03-20

[项目类别] 中国地震局地壳应力研究所基本科研业务专项(ZDJ2013-17)、地震行业科研专项(200908001) 共同资助

[作者简介] 孙昌斌, 男, 1979 年生, 助理研究员, 博士研究生。主要从事活动构造、构造地貌与古地震研究。

E-mail: chbsun@163.com

等,1993b),但一直缺少系统的断错地貌调查。近年来笔者对该断裂的冲沟阶地进行了调查研究(孙昌斌等,2011),并参与了该断裂1:5万地质填图,发现了龙祠-峪口全新世活动证据(许建红等,2011)。罗云山山前断裂晚第四纪以来的活动在空间上的分布是不均匀的。本文通过对该断裂1:5万地质填图、对河流冲沟阶地及山前断错地貌的调查,重点介绍了罗云山山前断裂中段土门-贾朱村断错地貌特征,以期为该地区的防震减灾研究提供有关此断裂的最新活动的地貌证据。

1 断裂的几何展布及其地质地貌特征

罗云山山前断裂位于临汾盆地西侧,控制着盆地的西界,北自效古河,经万圣寺、土门、峪里、尉村、范家庄,南西达西磴口与韩城断裂相接,总体走向NNE,在范家庄弧形转为NNW向,全长145km(图1)。根据该断裂的几何结构、活动性质以及活动时代,将其自北往南分为3段,即北段(土门以北)、中段(土门-贾朱村)、南段(贾朱村-西磴口)。本文的研究对象为中段的土门段(土门-土佳坡)和龙祠段(土佳坡-贾朱村)。

罗云山山前断裂上升盘基岩裸露,主要由太古代、古生代地层组成,局部地区保存有第四纪离石黄土。下降盘则全为第四系覆盖,在土门以北,有零星的上新世红色粘土出露。罗云山区属吕梁断隆的一部分,曾经历过复杂的构造变动,山前断裂在燕山运动时期为逆断层、逆掩断层,上新世以来,由于区域性拉张剪切活动,才使该断裂成为控制临汾盆地西界的正断层。临汾盆地厚达2km的新生界沉积中心偏向罗云山山前断裂一侧,显示了该断裂活动之强烈。第四纪以来断裂活动继承了上新世时期特征(王挺梅等,1993b)。

罗云山山前断裂是盆岭的分界线,两侧形成鲜明的地势对照。断裂西北侧为高耸陡峻的山地,隶属于吕梁山系,山地海拔高程为800~1300m,最高达1946m;而东南侧地势平坦,沿盆地边缘发育着黄土台地、洪积扇带和洪、冲积平原,海拔高程以500~550m为主(郑炳华等,1990)。罗云山山前断裂中段,山体前缘(指距离山前约500~700m的地段)与洪积扇的相对高差较大,约为200~300m;其北段和南段的相对高差较小,约为100~150m,山体前缘与洪积扇的相对高差中间高,南、北低,表明罗云山山前断裂中段的下降盘于晚更新世以来存在持续下降,下降速率高于南、北两段。第四纪以来临汾盆地中部临汾凹陷的沉降有逐渐增强的趋势(邓起东等,1993;苏宗正等,1993)。

1.1 洪积扇

罗云山山前断裂山前存在3级洪积扇,分别为 D_1 (晚期)、 D_2 (中期)、 D_3 (早期)洪积扇(图1)。

D_3 洪积扇分布比较零散,土门以北、尉村附近一带较为发育,由含古土壤层的黄土和砂砾石层组成。洪积台地面高程差异较大,在海拔600~1100m的断裂两侧均有分布,表明 D_3 洪积扇形成后,断裂有过一次较强的活动。尉村附近,洪积台地延伸约2km,宽1km左右。台地面缓缓倾向盆地,海拔650~730m,台地前缘相对高差80~90m。台地受到沟谷切割,出露中、晚更新世黄土。洪积台地后缘与基岩山地之间为罗云山山前断裂所在位置。根据采自晋王坟的年龄样品测定,轴系年龄为175ka BP(王挺梅等,1993b),结合地貌、岩性分析,认为 D_3 洪积扇形成于中更新世中晚期。

D_2 洪积扇沿罗云山山前断裂下降盘全线分布,是发育最广的1级洪积扇,由黄土、亚砂

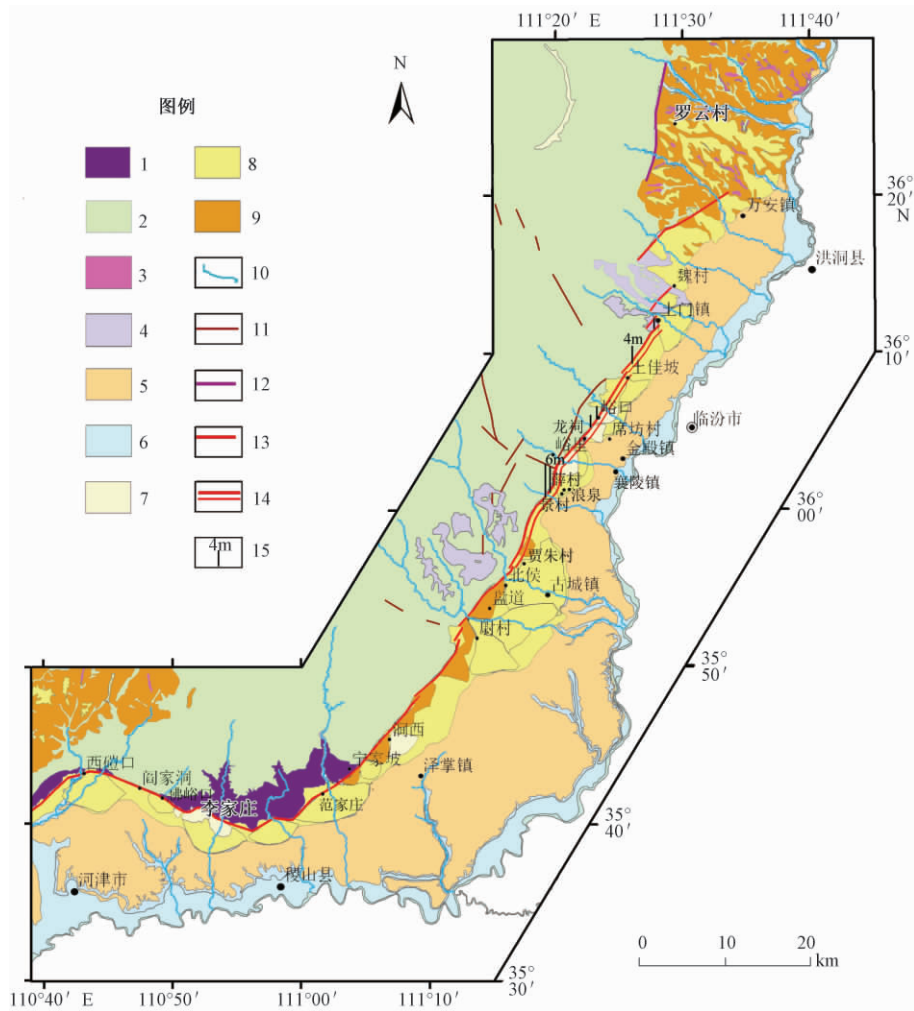


图1 罗云山山前断裂地质地貌及其中段不同部位垂直位错分布图

1 太古界混合花岗岩;2 古生界灰岩;3 上新统红粘土;4 中更新统冲积层;5 上更新统冲积层;6 全新统冲积层;7 D_1 洪积扇;8 D_2 洪积扇;9 D_3 洪积扇;10 水系;11 基岩区断层;12 早、中更新世断层;13 晚更新世断层;14 全新世断层;15 垂直位错(m)

土和砂砾石层组成,南段发育较北段更广泛,扇形地貌清晰可见。 D_2 洪积扇在土门~贾朱村一带,已被 D_1 洪积扇上叠覆盖,仅在 D_1 洪积扇的前缘可见到 D_2 洪积扇的出露,冲沟沟口洪积扇切割深 15~25m;在贾朱村~范家庄段, D_2 洪积扇主要见于大的冲沟地带, D_3 洪积台地夹于洪积扇之间的肩部;在范家庄~西磴口段, D_2 洪积扇广泛发育,扇形地貌清晰,扇与扇之间部分重叠,冲沟切割仅 3~5m。 D_2 洪积扇上往往堆积厚度不等的马兰黄土。根据襄汾县襄陵镇薛村西山前冲沟沟口 D_2 洪积扇,洪积砾石层上覆的浅棕色亚粘土热释光(TL)年龄为 (35.08 ± 2.98) ka BP 以及黄白色亚砂土光释光(OSL)年龄为 14.2~31.7ka BP,并结合地貌分析认为 D_2 洪积扇形成于晚更新世中晚期。

D_1 洪积扇分布较为广泛,往往沿基岩山前形成小规模洪积扇群,一般由洪坡积黄土、

亚砂土和砾石组成,通常与 D₂ 洪积扇为内叠式,但也可见上叠式,两者相对高差为 5~10m。在活动性最强的龙祠一带,洪积扇与基岩山地直接接触,后期的洪积扇叠置在前期的洪积扇上。据卫星影像分析与实地调查,龙祠以北的仙洞沟洪积扇和以南的峪里沟洪积扇叠置最为明显。这是晚更新世以来下降盘快速下降,而山前洪积物又不足以完全补偿沉降造成的,当然其中也有气候和水文方面的因素,但构造应是主导因素(国家地震局《鄂尔多斯周缘活动断裂系》课题组,1988)。这一带冲沟沟口洪积扇切割深 15~25m。根据临汾金殿镇席坊沟沟口南西侧 D₁ 洪积扇顶部灰黑色垆土的¹⁴C 年龄为 (7.52 ± 0.1) ka BP (许建红等,2011),以及沟口北东侧 D₁ 洪积扇面下 2m 处黑垆土的¹⁴C 年龄为 (3.295 ± 0.085) ka BP (王挺梅等,1993b),结合地貌相关分析,认为 D₁ 洪积扇时代为全新世早中期。

临汾盆地西缘山地冲沟多为暂时性洪流,水量匮乏,现代洪积扇不甚发育。

薛村黄土-古土壤剖面位于山西临汾盆地西缘襄汾县襄陵镇薛村西北山前 D₂ 洪积扇体上侵蚀冲沟的南西壁(图 2),冲沟经人工改造有所加深。罗云山山前断裂沿 D₂ 洪积扇后缘陡坎通过,剖面大体垂直断裂走向。该剖面地层描述见表 1。

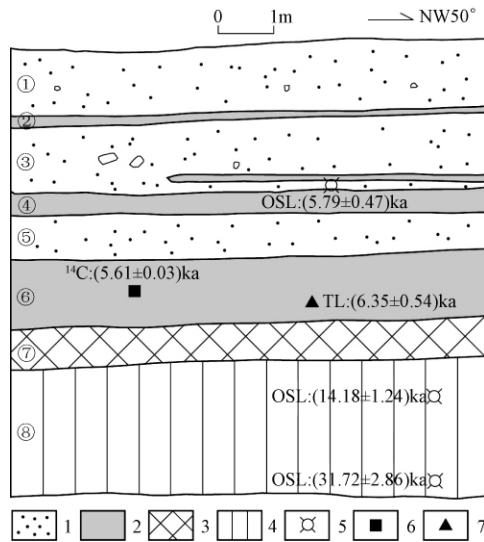


图 2 山西襄汾县襄陵镇薛村黄土-古土壤剖面

1 亚砂土;2 灰黑色垆土;3 古土壤;4 马兰黄土;5 光释光取样点;6 ¹⁴C 取样点;7 热释光取样点

表 1 山西襄汾县襄陵镇薛村黄土-古土壤剖面地层描述

层号	深度(m)	岩性特征	地层年代(ka BP)
①	>0~1.2	黄色亚砂土,含零星碎石,现代植物根系发育,含大量生物孔穴	/
②	>1.2~1.4	灰黑色垆土	/
③	>1.4~2.5	浅黄色亚砂土,含零星灰岩碎石;夹薄层灰垆土	5.7
④	>2.5~2.75	灰黑色垆土	/
⑤	>2.75~3.8	黄色亚砂土	/
⑥	>3.8~5.0	灰黑色垆土,含少量白色菌丝;在该层上部含有大量的陶寺晚期文化的绳纹陶片、灰烬、火烧土块等,陶片棱角分明	5.6~6.3
⑦	>5.0~5.8	红褐色古土壤,亚粘土,团块结构,坚硬,含较多白色菌丝	/
⑧	>5.8~10	黄白色亚砂土,疏松、均质,手搓有细腻感,未见底,洛阳铲下探 4.0m 遇砾石层;顶部黄土有胶结,团块结构	14.2~31.7

1.2 冲沟阶地

对仙洞沟、席坊沟、峪里沟、浪泉沟、三官峪、马匹峪、黄华峪和佛峪口沟等 8 条冲沟的阶地调查表明,罗云山山前断裂上升盘冲沟发育 $T_1 \sim T_5$ 等 5 级阶地。 T_1 阶地拔河约 3m, T_2 阶地拔河 8~10m, T_3 阶地拔河约 20m, T_4 阶地拔河约 30m, T_5 阶地拔河 40~50m。

由表 2 所列洪积扇和阶地形成年龄可知, D_1 洪积扇与 T_1 、 T_2 阶地形成于全新世早中期; D_2 洪积扇与 T_3 阶地形成于晚更新世中晚期; D_3 洪积扇与 T_4 、 T_5 阶地形成于中更新世中晚期。

表 2 罗云山山前洪积扇与山前断裂上升盘冲沟阶地的时间属性对比(单位 ka)

D ₁ 洪积扇		D ₂ 洪积扇		D ₃ 洪积扇	
3.295 ^{a)} ~ 7.52 ^{b)}		35.08 ^{c)} ~ 59.54 ^{d)}		127 ^{e)} ~ 175 ^{f)}	
T ₁ 阶地	T ₂ 阶地	T ₃ 阶地	T ₄ 阶地	T ₅ 阶地	
4.61 ^{g)} ~ 4.95 ^{h)}	9.84 ⁱ⁾ ~ 10.42 ^{j)}	49.14 ^{k)}	117.51 ^{l)}		

注: a) ¹⁴C 值取自王挺梅等(1993b); b) ¹⁴C 值取自许建红等(2011); c) TL 值取自襄汾县襄陵镇薛村; d) TL 值取自洪洞县万安镇吉家庄; e) TL 值取自洪洞县左家沟乡白村; f) 铀系法(王挺梅等, 1993b); g) TL 值取自(浪泉沟); h) TL 值取自(仙洞沟); i) TL 值取自(浪泉沟); j) TL 值取自(仙洞沟); k) TL 值取自(浪泉沟); l) TL 值取自(洪洞县西昌村西北冲沟)

2 断错地貌特征

野外调查及遥感影像显示,罗云山山前断裂活动主要集中在基岩与盆地接触部位。研究区域内不同部位因断层活动性差异断错地貌特征各异。在活动性强的部位断层线性迹象清晰,形成了断层崖和断层三角面山,断层断错了最新地貌面;在活动性弱的部位,断层崖线性特征不清楚,由于遭受河流侵蚀或坡面后退,断层陡崖多呈缓坡状,最新地貌面没有断错。以下将分别介绍罗云山山前断裂中段的土门段和龙祠段的断错地貌特征。

2.1 土门段(土门-土佳坡)

土门段北自土门镇,往南经坟上村、鸦儿沟村、杨家庄村至土佳坡村,长 8km(图 1)。土门一带断层位于洪积扇前缘,形成高 2~3m 陡坎,在土门镇南西堡子村见 D_2 洪积扇前缘 2.5m 高的 NE 向连续陡坎(图 4(b)),陡坎上下是含零星碎石的黄色亚砂土。土门镇晋王坟村北见 D_2 洪积扇后缘距今 8.14ka 的黄色亚砂土被断错(图 3)。杨家庄西山前见到 D_2 洪积扇 4m 高陡坎(图 4(c)),陡坎上下均为含零星碎石的黄色亚砂土。土门段最新活动时代为全新世早期,该段与龙祠段呈左阶雁行展布。

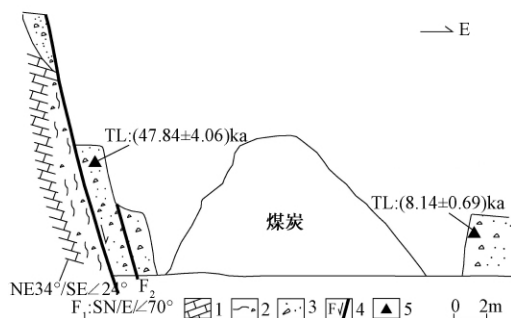


图 3 土门镇晋王坟北煤厂地质剖面

1 灰岩; 2 灰岩破碎带; 3 含碎石亚砂土; 4 断层; 5 TL 取样点



图4 罗云山山前断裂中段断错地貌

(a) 席坊沟和仙洞沟山前洪积扇平面分布图。1. 基岩;2. 上更新统洪积相;3. 上更新统冲积相;4. 下全新统洪积相;5. 上全新统冲积相;6. D₁ 洪积扇;7. D₂ 洪积扇;8. 罗云山山前断裂; (b) 土门镇堡子村 D₂ 洪积扇前缘陡坎, 坎高 2.5m (镜像 SW); (c) 杨家庄西山前 D₂ 洪积扇后缘陡坎, 坎高 4m (镜像 SW); (d) 金殿镇席坊沟南西侧断层剖面及 D₁ 洪积扇后缘陡坎, 坎高 2.9m (镜像 SW); (e) 席坊沟沟口北东岸断层剖面 (镜像 NE); (f) 襄汾县襄陵镇景村西山前冲沟沟口 D₂ 洪积扇断坎, 坎高 6m (镜像 SW)

2.2 龙祠段(土佳坡-贾朱村)

龙祠段北自土佳坡,经姑射村、龙祠村、峪里村、王庄村、薛村、景村、黄崖村至贾朱村,长 27km,走向 NE35°,倾向 SE,倾角 70°~90°。该段第四纪以来差异运动幅度是罗云山山前断裂最大的一段,龙祠沉降中心第四系厚度在 700m 以上,平均沉降速率为 0.35mm/a(王挺梅等,1993b)。该段断错地貌清晰,主要表现为断层三角面山,山前洪积扇后缘断错地貌陡坎等。金殿镇席坊沟沟口发育上叠式洪积扇, D_1 洪积扇叠置在 D_2 洪积扇之上(图 4(a))。该冲沟沟口南西侧见一断层剖面及 D_1 洪积扇后缘陡坎,坎高 2.9m,断层产状为 NE35°/SE \angle 70°(图 4(d))。该断层断错多层地层直达地表,从而表明这是断错全新世早中期地貌面而形成的断坎。

襄汾县襄陵镇景村西山前广泛发育 D_2 洪积扇,断裂沿基岩山前活动后,在冲沟沟口可见 D_2 洪积扇后缘陡坎,坎高 6m(图 4(f)),并在一些冲沟两侧的山前发育条岗状洪积台地(图 5)。断裂下降盘同期洪积扇在山前已连为一体,且小的冲沟沟口洪积扇面上堆积有晚更新世晚期以来的 6~10m 厚的黄土。根据景村探槽开挖及薛村剖面处的洛阳铲探测地层的结果,得知晚更新世晚期的洪积扇面在此处断错 6m。

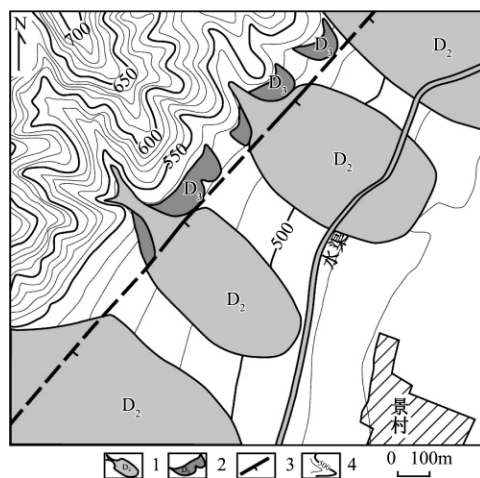


图 5 山西襄汾县襄陵镇景村西山前洪积扇平面分布图

1. D_2 洪积扇;2. D_3 洪积扇;3. 罗云山山前断裂;4. 等高线(m)

在龙祠段可见多个地质剖面。临汾市金殿镇席坊沟沟口北东岸,见 D_1 洪积扇后缘与灰岩直接接触,沟底洪积扇与灰岩之间的断层清晰可见(图 4(e),图 6)。图 7(a)为临汾市金殿镇晋掌村山前地质剖面,该剖面可见 $F_1 \sim F_3$ 等 3 条断层, F_1 断错了层①和层②,被层③覆盖; F_2 与 F_3 均断错了层②和层③,垂直断距分别为 2.5m 和 5.2m。由层③的测年结果可知,断层的最新一次活动事件发生在距今 2.82ka 之后。图 7(b)为襄陵镇浪泉沟 SW 侧地质剖面, D_2 洪积扇后缘存在连续分布的含 5% 灰岩碎石的黄色亚砂土陡坎,坎高 7.7m,走向 NE40°,由层②的测年结果可知,断层的活动时代为距今 4.07ka 之后。图 7(c)为金殿镇峪口村南西山前地质剖面, D_1 洪积扇后缘存在连续分布的含 4% 灰岩碎石的黄色亚砂土陡坎,坎高 3m,走向 NE40°,由层②的测年结果可知,断层的活动时代为距今 2.80ka 之后。图 7

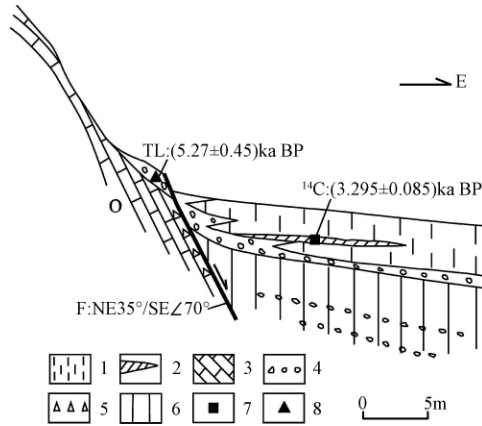


图6 席坊沟沟口北东岸地质剖面(据王挺梅等(1993b)图改编)

1 次生黄土;2 灰黑色亚粘土;3 灰岩;4 砾石;5 断层及断层泥;6 黄土;7 ¹⁴C 取样点;8 热释光取样点

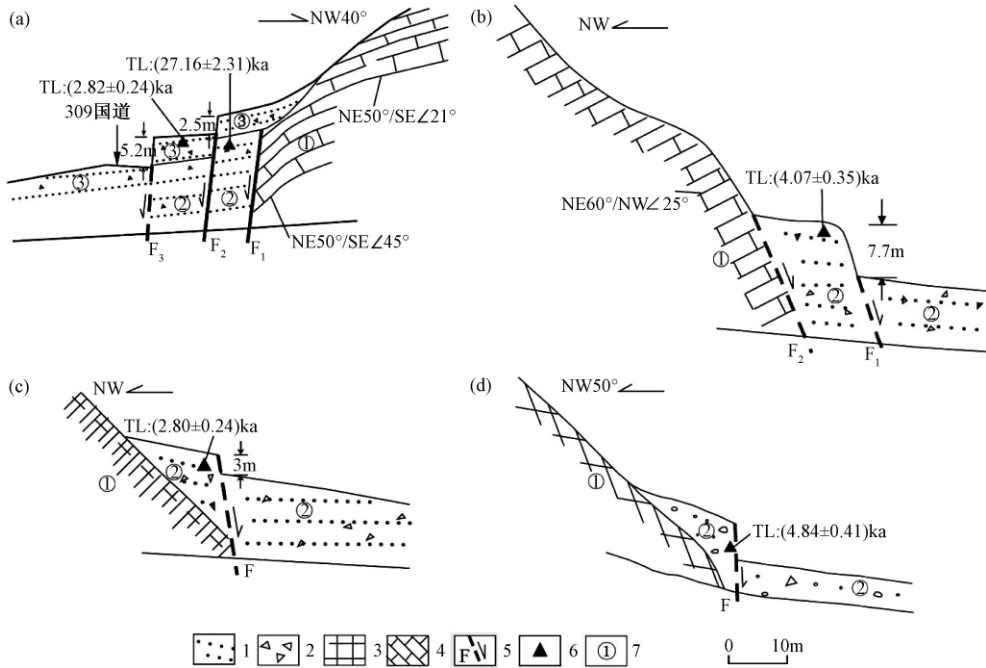


图7 龙祠段野外地质调查剖面图

1 亚砂土;2 碎石;3 灰岩(产状不明);4 灰岩;5 断层;6 TL 取样点;7 层号

- (a) 临汾市金殿镇晋掌村山前地质剖面 ①灰岩;②黄色亚砂土;③含15%灰岩碎石的黄色亚砂土
- (b) 临汾市襄陵镇浪泉沟 SW 侧地质剖面 ①灰岩;②含5%灰岩碎石的黄色亚砂土
- (c) 临汾市金殿镇峪口村南西地质剖面 ①灰岩;②含4%灰岩碎石的黄色亚砂土
- (d) 临汾市襄陵镇景村西山前地质剖面 ①灰岩;②含8%灰岩碎石的黄褐色亚砂土

(d) 为襄陵镇景村西山前地质剖面,断层断错了 D₂ 洪积扇后缘含8%灰岩碎石的黄褐色亚砂土,由层②的测年结果可知,断层的活动时代为距今4.84ka 之后。

罗云山山前断裂龙祠段(土佳坡-贾朱村)山前洪积扇后缘存在明显的断错地貌陡坎,其最新活动时代为全新世中晚期。

罗云山山前断裂中段不同部位断错地貌特征差异较大(图1), D_1 洪积扇的断错在席坊沟一带断距约2.9m;在金殿镇峪口村南西山前断错约3m。 D_2 洪积扇的断错在土门镇南西堡子村约2.5m;在杨家庄村西山前断错约4m;在景村西山前断错约6m;在襄陵镇浪泉沟南西侧山前约7.7m。因此,根据 D_1 、 D_2 洪积扇的形成时代及其位错量可以得出,罗云山山前断裂中段晚更新世中晚期以来活动速率为0.18~0.54mm/a,由北向南活动呈增强趋势;全新世早中期以来活动速率为0.4~0.9mm/a,断裂活动主要集中于席坊沟-峪口一带。

3 结论

通过上述资料,我们可以得出以下结论:

(1) 罗云山山前发育 D_1 、 D_2 、 D_3 等3级洪积扇,罗云山山前断裂上升盘冲沟发育 T_1 ~ T_5 等5级阶地。 D_1 洪积扇与 T_1 、 T_2 阶地形成于全新世早中期; D_2 洪积扇与 T_3 阶地形成于晚更新世中晚期; D_3 洪积扇与 T_4 、 T_5 阶地形成于中更新世中晚期。

(2) 罗云山山前断裂中段不同部位断错地貌特征差异较大, D_1 洪积扇的断错在席坊沟一带断距约2.9m;在金殿镇峪口村南西山前断错约3m。 D_2 洪积扇的断错在土门镇南西堡子村约2.5m;在杨家庄村西山前断错约4m;在景村西山前断错约6m;在襄陵镇浪泉沟南西侧山前断错约7.7m。

(3) 罗云山山前断裂中段土门-贾朱村山前断错地貌明显,其最新活动时代为全新世。其中,土门段最新活动时代为全新世早期,龙祠段为全新世中晚期。罗云山山前断裂中段晚更新世中晚期以来活动速率为0.18~0.54mm/a,由北向南活动呈增强趋势;全新世早中期以来活动速率为0.4~0.9mm/a,断裂活动主要集中于席坊沟-峪口一带。

罗云山山前断裂中段从晚更新世中晚期到全新世活动速率有增大的趋势,这与该断裂上升盘冲沟阶地从晚更新世中晚期到全新世抬升速率有增大的趋势(孙昌斌等,2011),以及临汾盆地从晚更新世晚期到全新世沉降速率也有增大的趋势(邓起东等,1993)具有较好的一致性。

致谢:文中释光样品由中国地震局地壳动力学重点实验室释光年代学室完成测试, ^{14}C 样品由美国BETA实验室完成测试,在此一并致谢。

参考文献

- 邓起东、苏宗正、王挺梅等,1993,临汾盆地晚第四纪沉积与最新构造运动,见:马宗晋,山西临汾地震研究与系统减灾,111~129,北京:地震出版社。
- 丁国瑜,1998,关于公元649年临汾地震的讨论,中国地震,14(3),38~42。
- 国家地震局《鄂尔多斯周缘活动断裂系》课题组,1988,鄂尔多斯周缘活动断裂系,98~102,北京:地震出版社。
- 苏宗正、程新原、安卫平,1993,山西临汾盆地的断陷沉降,见:马宗晋,山西临汾地震研究与系统减灾,102~110,北京:地震出版社。
- 苏宗正、阎风忠,1985,罗云山断裂全新世活动的新发现,山西地震,(4),6。
- 孙昌斌、谢新生、许建红,2011,罗云山山前断裂带阶地调查研究及其构造意义,中国地震,27(2),126~135。

王挺梅、郑炳华、李新元等,1993a,1695年临汾7½级地震的地震构造研究,见:马宗晋,山西临汾地震研究与系统减灾,172~189,北京:地震出版社。

王挺梅、郑炳华、李新元等,1993b,罗云山山前断裂第四纪活动特征,见:马宗晋,山西临汾地震研究与系统减灾,159~171,北京:地震出版社。

许建红、谢新生、孙昌斌,2011,山西罗云山山前断裂带中段龙祠-峪口全新世活动证据,地震地质,33(4),855~864。

郑炳华、王挺梅、李新元,1990,罗云山山前断裂带的考察与研究,见:陈章立,中国地震年鉴,416~423,北京:地震出版社。

Late Quaternary faulted landforms characteristics on the Tumen-Jiazhu village segment of the Luoyunshan piedmont fault

Sun Changbin^{1,2)} Xie Xinsheng²⁾ Xu Jianhong³⁾

1) School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

2) Key Laboratory of Crustal Dynamics, Institute of Crustal Dynamics, CEA, Beijing 100085, China

3) Second Crust Monitoring Center, China Earthquake Administration, Xi'an 710054, China

Abstract The Luoyunshan piedmont fault is located in west of Linfen basin, controlling the western border of the basin. Based on the fault 1:50000 geological mapping, river and gully terraces and piedmont faulted landforms survey, this paper mainly introduces late Quaternary faulted landforms characteristics on the Tumen-Jiazhu village segment of Luoyunshan piedmont fault. The Luoyunshan piedmont alluvial-pluvial fans are divided into three stages, named as alluvial-pluvial fans D_1 , D_2 , and D_3 . The gullies on the upthrown plate of Luoyunshan piedmont fault has five terraces: $T_1 \sim T_5$. Alluvial-pluvial fans D_1 and terraces T_1 and T_2 formed in the early and middle Holocene. Alluvial-pluvial fans D_2 and terraces T_3 formed in the middle-late stage of late Pleistocene. Alluvial-pluvial fans D_3 and terraces T_4 and T_5 formed in the middle-late stage of middle Pleistocene. Faulted landforms characteristics on different parts of the middle segment of the Luoyunshan piedmont fault are different. The dislocation of alluvial-pluvial fans D_1 is about 2.9m and 3m respectively in the Xifanggou area and the piedmont of southwest of Yukou village, Jindian town. The dislocation of alluvial-pluvial fans D_2 is about 2.5m, 4m, 6m and 7.7m respectively in the southwest of Puzi village, Tumen town, piedmont of west of Yangjiazhuang village, west of Jingcun village and piedmont of southwest of Langquangou, Xiangling town. The faulted landforms on the Tumen-Jiazhu village segment of Luoyunshan piedmont fault are obvious. The latest activity times of the fault is Holocene. The latest activity times of Tumen segment and Longci segment of the fault are early Holocene and middle-late Holocene respectively. Since the Middle-Late Pleistocene an activity rate of the middle segment of Luoyunshan piedmont fault is 0.18~0.54mm/a, and activity showed an increasing trend from north to south. Since Early-Middle Holocene it is 0.4~0.9mm/a, and fault activities mainly concentrated on the segment from Xifanggou to Yukou village. There was an increasing trend of the activity rate of the middle segment of Luoyunshan piedmont fault from the Middle-Late Pleistocene to Holocene. It is in good

agreement with an increasing trend of the uplift rate of the terraces on the upthrown plate of the fault from the Middle-Late Pleistocene to Holocene and the sedimentation rate of Linfen basin from the Late Pleistocene to Holocene.

Key words: The Luoyunshan piedmont fault Faulted landforms Alluvial-pluvial fans
Late Quaternary Linfen basin