

兰州马衔山北缘断裂中段晚第四纪活动的新证据^①

袁道阳^{1,2}, 梁明剑³, 雷中生¹, 刘兴旺^{1,2}

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 兰州地球物理国家野外科学
观测研究站, 甘肃 兰州 730000; 3. 四川省地震局, 四川 成都 610041)

摘 要: 马衔山北缘断裂为兰州市区南侧一条规模较大的区域性活动断裂带, 总体走向 $N60^{\circ}W$, 长约 115 km。该断裂大致可划分为 4 条次级断裂段, 自东向西分别为内官营段、马衔山段、七道梁段和雾宿山段。其中, 内官营段为晚更新世活动段, 雾宿山段为全新世活动段并为 1125 年兰州 7 级地震的发震断裂, 而中间的马衔山段和七道梁段以往研究所获得的新活动证据不多, 认识不统一。近期经过详细的追踪考察, 获得了马衔山段和七道梁段晚第四纪活动的新证据, 结合该区多次历史地震的活动特征, 表明其为晚第四纪活动断裂, 具左旋走滑兼倾滑运动特征。

关键词: 兰州; 马衔山北缘断裂; 晚第四纪; 新活动性; 历史地震

中图分类号: P315.241 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2013)01-0145-09

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2013.01.0145

New evidence for Late Quaternary Activity in the Middle Segment of the Northern Margin Fault of Maxian Shan in Lanzhou

YUAN Dao-yang^{1,2}, LIANG Ming-jian³, LEI Zhong-sheng¹, LIU Xing-wang¹

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

2. Lanzhou National Observatory of Geophysics, Lanzhou, Gansu 730000, China;

3. Earthquake Administration of Sichuan Province, Chengdu, Sichuan 610041, China)

Abstract: In the southern mountainous region of Lanzhou city, there are four large-scale regional active fault zones of late Quaternary. These are the northern margin fault of Maxian Shan ("Shan" means Mountain) (F_1), the southern margin fault of Maxian Shan (F_2), the southern margin fault of Xinglong Shan (F_3), and the northern margin fault of Xinglong Shan (F_4). They make up the Maxian Shan—Xinglong Shan active fault system. The northern margin fault of Maxian Shan is the longest among them. The fault's eastern end begins in Neiguanying, moves along Miaowan, Yangzhai, and Yinshan, then meets with the southern margin fault of Xinglong Shan in Moyunguan of Qidaoliang and continues along Tianjiagou, Hutun, Guanshan, Xianshui-gou, and the western part ends in Bapanxia, Yellow River. The fault strike direction is about $N60^{\circ}W$ and the total fault length is about 115 km.

The geometrical features of the northern margin fault of Maxian Shan are simple. The fault is divided into four segments according to the fault displacement, fault bending, fault step, and differences in recent activity. The secondary faults are the Neiguanying segment (F_{1-1}), the Maxian Shan segment (F_{1-2}), the Qidaoliang segment (F_{1-3}), and the Wusu Shan segment (F_{1-4}). Field investigations indicate that the northern margin fault of Maxian Shan is a seismic fault zone characterized by segmentation. Its eastern segment, the Neiguanying secondary fault,

① 收稿日期: 2013-03-20; 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2013003

基金项目: 国家自然科学基金(41030317, 40872132); 中国地震局“十五”国家重大建设项目

作者简介: 袁道阳(1965—)男(汉族), 博士, 研究员, 主要从事活动构造及其应用研究. E-mail: daoyangy@163.com

is a late Pleistocene fault. The west segment, the Wusushan secondary fault, is active in the Holocene and produced the Lanzhou $M7$ earthquake. However, there is no geological and dating evidence for the recent activity of the middle segments, that is, the Maxian Shan and Qidaoliang secondary faults. Nonetheless, in recent years, field investigations have indicated that the middle segments were active during the late Pleistocene and early Holocene, on the basis of left-lateral strike-slip and dip-slip features.

According to historical data in the Lanzhou area, several moderate to strong earthquakes with magnitude of about 5~6 occurred in the Maxian Shan area in 1524, 1629, and 1901 A.D. besides the Lanzhou $M7$ earthquake in 1125 A.D. and Yongjing $M6.5$ earthquake in 1590 A.D. These earthquakes may have correlated with the activity of the northern margin fault of Maxian Shan.

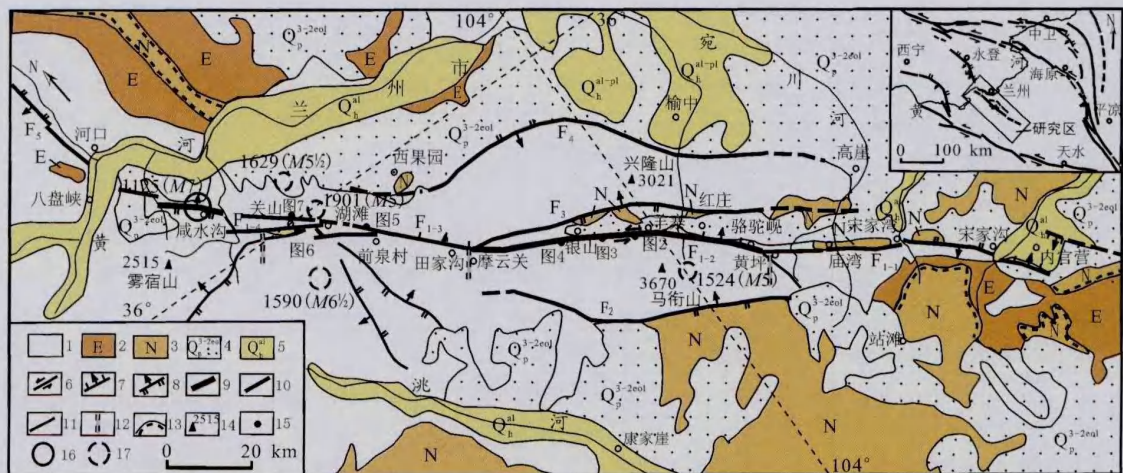
The northern margin fault of Maxian Shan was active in late Quaternary and produced several moderate to strong or even large historical earthquakes; therefore, this fault is active and has the potential to produce earthquakes in future.

Key words: Lanzhou; Northern margin fault of Maxian Shan; Late Quaternary; New activity; Historical earthquake.

0 引言

马街山北缘断裂是兰州市区南侧一条规模较大的区域性活动断裂带,其新活动性及未来的大震危险性对兰州市的安全非常重要。该断裂东自定西内官营,向西经庙湾、羊寨、银山,在七道梁的摩云关附近与兴隆山南缘断裂交汇后,向西经田家沟、湖滩、关山、咸水沟至八盘峡止,全长约 115 km,总体走向

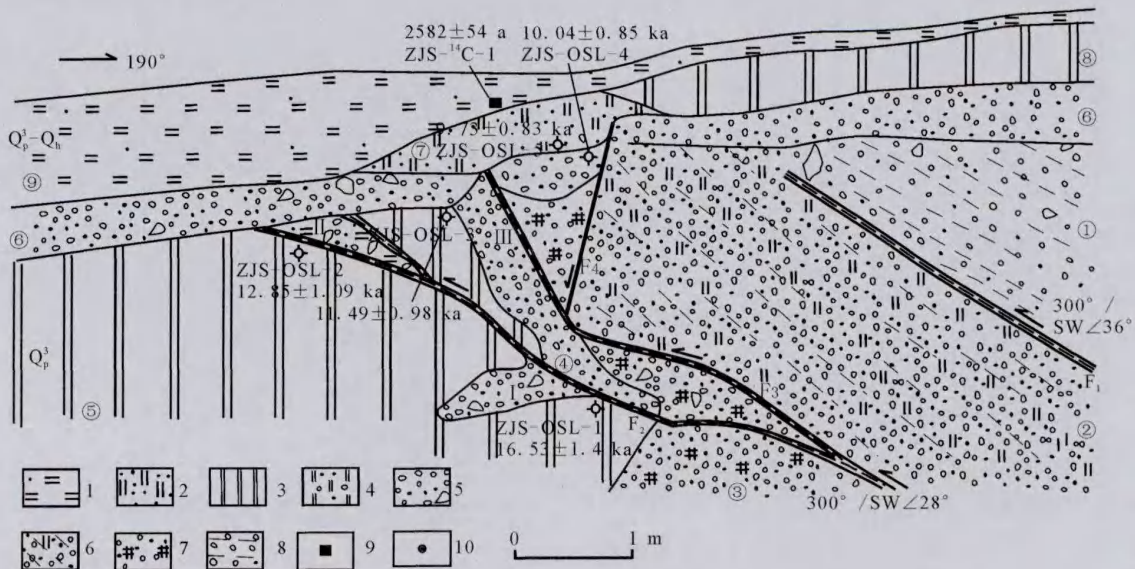
$N60^\circ W$ (图 1)。根据断裂几何结构和活动性的差异,该断裂大致可以划分为 4 条次级断裂段,自东向西分别称为内官营段、马街山段、七道梁段和雾宿山段。该断裂早期具挤压逆冲特性,大约自中更新世以来断裂活动以左旋走滑为主兼具倾滑运动分量^[1]。由于断裂沿线黄土覆盖厚,滑坡、崩塌等地质灾害严重,致使许多地段断裂形迹不清楚,获得断裂



1. 前古近系; 2. 古近系; 3. 新近系; 4. 晚更新世风成黄土; 5. 全新世冲洪积物; 6. 走滑断裂; 7. 正断裂; 8. 逆断裂; 9. 晚第四纪断裂; 10. 晚更新世断裂; 11. 第四纪早中期断裂; 12. 分段界限; 13. 不整合; 14. 山脉及高程; 15. 地质剖面点; 16. 地震震中; 17. 推测震中; F_1 : 马街山北缘断裂 (F_{1-1} : 内官营段; F_{1-2} : 马街山段; F_{1-3} : 七道梁段; F_{1-4} : 雾宿山段); F_2 : 马街山南缘断裂; F_3 : 兴隆山南缘断裂; F_4 : 兴隆山北缘断裂; F_5 : 庄浪河断裂

图 1 兰州马街山北缘断裂带地质构造图

Fig. 1 Geological structural map of Maxian Shan active fault in Lanzhou area.



1. 腐植土; 2. 含砂砾石土; 3. 次生黄土; 4. 含土砂砾石层; 5. 砂砾石层; 6. 含土砂砾石层;
7. 断层破碎带砾石层; 8. 砂砾石层; 9. ^{14}C 采样点; 10. 光释光 (OSL) 采样点

图2 张家寺村南断层剖面

Fig. 2 Fault profile at south of Zhangjiashi village.

新活动的地质地貌证据较为困难,致使其新活动性认识一直不大统一。早期认为该断裂为一条晚更新世断裂^[2]或晚第四纪断裂^[3],但至今仍有人认为是第四纪早中期断裂^①。宋方敏等^[4-5]通过地质填图研究认为:马衔山北缘断裂西段为全新世晚期活动段并为1125年兰州7级地震的发震断裂。那么,断裂中段其新活动性到底如何呢?本文通过沿断裂中段的马衔山段和七道梁段详细的追踪考察,新获得了其晚第四纪活动的地质剖面证据,结合该区历史地震活动资料,综合评价其晚第四纪新活动特征。

1 马衔山北缘断裂中段新活动的地质证据

1.1 马衔山次级段的新活动性调查结果

沿马衔山北缘断裂中段考察,我们曾获得了其晚第四纪左旋走滑造成小冲沟和山脊断错的较多线索,但地质剖面较少^[1]。近年来,我们沿断裂中段又进行了详细的追踪考察,新发现了多处断层剖面,得到了其晚第四纪新活动的一些地质剖面证据,现选择几个典型剖面简述如下。

(1) 张家寺断层剖面

①·兰州环宇科英地震灾害防治研究所,兰州大学体育馆工程场地地震安全性评价,2012。

在马街山次级段的羊寨—银山南侧半山腰一带,断裂在地貌上非常清晰,表现为一系列小山脊、冲沟左旋位错,断距 15~30 m 不等^[1]。其中,当断裂穿过张家寺村南一条近南北向的冲沟时,在其东岸二级阶地边缘出露一断层剖面(地理坐标: N35°48′0.6″, E103°55′47.2″;图 2)。剖面岩性特征为:

① 灰绿色砂砾石层,砾石成分主要为变质岩系,具较清晰层理,已明显倾斜变形;

② 暗紫红色砂砾石层,略具层理,挤压揉皱明显;

③ 淡紫红色断层破碎带,以泥质和砂碎石为主;

④ 土灰色砂砾石层,砾石成分较杂,主要为砂岩及灰岩等,混杂堆积;

⑤ 土黄色次生黄土,其顶部光释光(OSL)年代为 11.49 ± 0.98 ka(ZJS-OSL-3)至 12.85 ± 1.09 ka(ZJS-OSL-2)之间,中下部的年代为 16.53 ± 1.4 ka(ZJS-OSL-1);

⑥ 土黄色、淡紫红色砂砾石层,构成冲沟二级阶地的下部堆积物,底部含较大砾石,砾石成分较杂,分选和磨圆度较差,其中下部光释光年代为 10.04 ± 0.85 ka(ZJS-OSL-4);

⑦ 土灰色含砂砾石土层,其底部光释光年代为 9.73 ± 0.83 ka(ZJS-OSL-5);

⑧ 土黄色次生黄土状土,构成二级阶地中部层位;

⑨ 灰黑色腐植土层,偶含砾石或碳粒等,其底部 $14C$ 年代为 2582 ± 54 a(ZJS- ^{14}C -1)。

剖面中发育 4 条次级断层,其中 F1 为主逆断层,由层①灰绿色砂砾石层挤压逆冲在层②暗紫红色砂砾石层之上,产状为: $300^\circ/SW \angle 36^\circ$,终止于该冲沟二级阶地的底部。

F₂ 为逆断层,产状为: $300^\circ/SW \angle 28^\circ$,由层④挤压逆冲在层⑤之上,形成明显的挤压断层带。该断层可能有 2 期构造活动,分别形成崩积楔 I、II,直接覆盖在下部次生黄土之上,代表断层早期的构造事件,其年代分别接近于 16.53 ± 1.4 ka 和 11.49 ± 0.98 ka 与 12.85 ± 1.09 ka 之间。

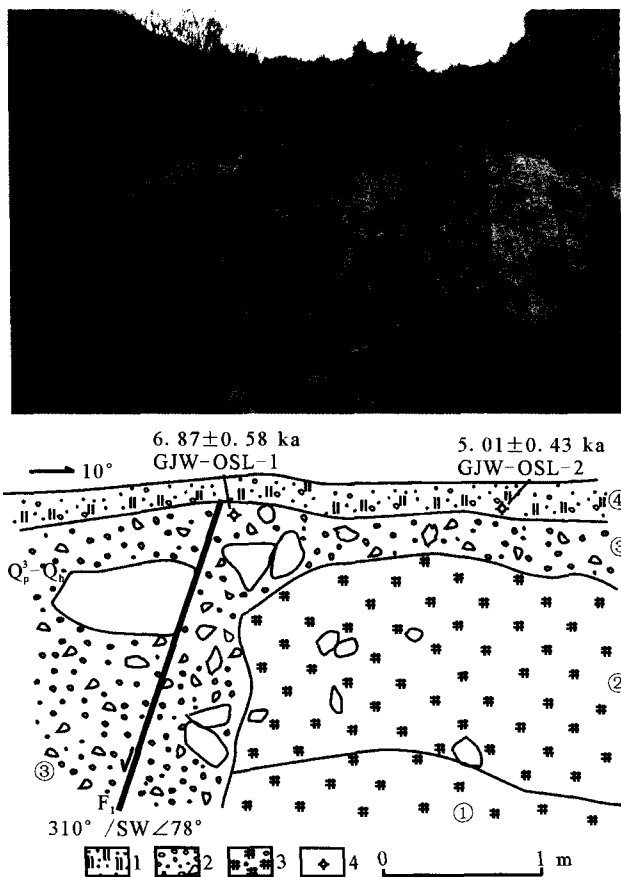
F₃ 为 F₂ 的分支断层,逆断层,产状为: $300^\circ/SW \angle 46^\circ$ (上部),由层②挤压逆冲在层③、④之上,形成明显的断层条带,并在其上形成一条次级正断层 F₄,断错了二级阶地砾石层,代表断层新的一次构造事件,其年代介于 9.73 ± 0.83 ka 和 10.04 ± 0.85 ka 之间。

由上述分析可知,本段断裂最新活动断错了该

冲沟二级阶地下部砂砾石层,表示其晚更新世晚期—全新世有明显构造活动。

(2) 上高家湾断层剖面

在马街山次级段银山乡的上高家湾一带,断层在地貌上仍较清晰。断裂穿过上高家湾南侧一冲沟边缘的坡洪积物时,见一天然断层剖面(地理坐标: N35°49′57.1″, E103°51′27.7″;图 3)。其岩性特征如下:



1. 含砾石砂土; 2. 砂砾石层; 3. 断层破碎带; 4. 光释光(OSL)采样点

图 3 上高家湾断层剖面

Fig. 3 Fault profile at Shanggaojiawan.

① 灰绿色断层破碎带,中夹少量碎石;

② 淡黄色破碎带,中夹粗大砾石,较致密;

③ 土灰色、土黄色砂砾石层,砾石成分以灰岩、砂岩为主,分选和磨圆度较差,属近源堆积物,其顶部光释光年代为 6.87 ± 0.58 ka(GJW-OSL-1);

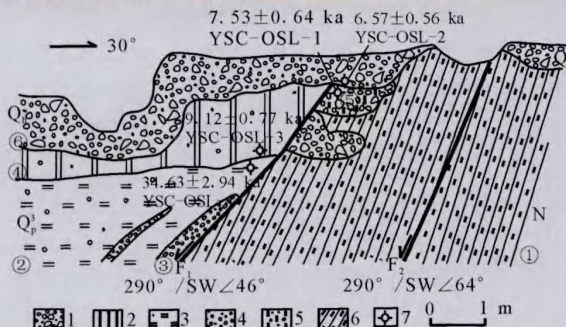
④ 土黄色砂土层,含砾石较多,为地表坡积或冲洪积成因,厚度约 0.3 m,其底部光释光年代为 5.01 ± 0.43 ka(GJW-OSL-2)。

剖面中断层产状为: $310^\circ/SW \angle 78^\circ$,性质为正断层,断面清晰,发育在断层破碎带南侧的层③砂砾石层中,仅被地表厚约 0.3 m 的层④坡洪积砂砾石

层覆盖。说明该断层最新的一次构造活动时代介于 5.01 ± 0.43 ka 和 6.87 ± 0.58 ka 之间。表明本段断裂全新世早中期有过活动。

(3) 银山水泥厂断层剖面

在马街山次级段的银山乡水泥厂后山,在断裂通过处的坡积物中见一断层剖面(地理坐标: $N35^\circ 50' 8.2''$, $E103^\circ 51' 13.3''$;图4)。其岩性特征如下:



1. 砂质砾石层; 2. 黄土状土; 3. 砂砾石层; 4. 条带状砂砾石层; 5. 土灰色砂砾石模体; 6. 新近系砂泥岩; 7. 热释光(OSL)采样点

图4 银山水泥厂断层剖面

Fig. 4 Fault profile of near the Yinshan Cement.

①新近系紫红色砂泥岩;

②土灰色次生黄土,偶含砾,其顶部光释光年代为 34.63 ± 2.94 ka(YSC-OSL-4);

③灰绿色砂砾石层,在断层带附近砾石略具定向性;

④土黄色黄土状土,质较纯,其底部释光年代为 9.12 ± 0.77 ka(YSC-OSL-3);

⑤土灰色含砂土砾石层,顶部释光年代为 7.53 ± 0.64 ka(YSC-OSL-1);

⑥灰白色砂质砾石层,砾石成分主要为来自马街山的变质岩,残坡积成因,底部砂土释光年代为 6.57 ± 0.56 ka(YSC-OSL-2)。

主断层 F_1 发育在第四系坡积砂砾石土层与新近系砂岩之间,断面清晰,可见近水平擦痕,性质为正断层,产状: $290^\circ/\text{SW} \angle 46^\circ$,断层活动断错了上部

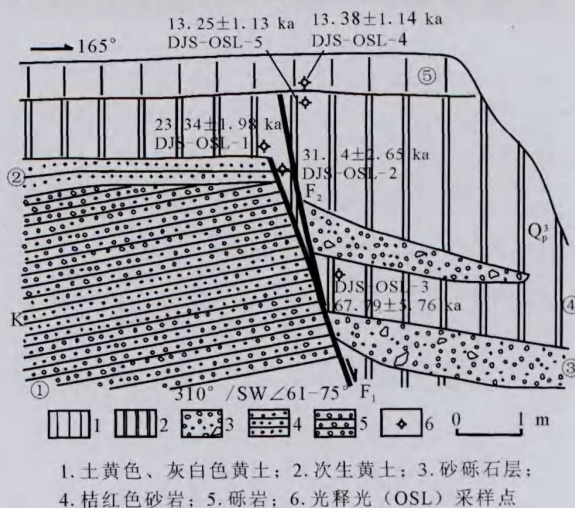


图5 大尖山断层剖面图

Fig. 5 Fault profile at Dajianshan.

黄土和含砂土砾石层,其时代介于 7.53 ± 0.64 ka 和 6.57 ± 0.56 ka 之间。这表明本段断层全新世早中期有过活动。

综合以上野外考察中新发现的多个断层剖面 and 年代样品测试结果,马街山次级段为全新世早中期有新活动的断层段。

1.2 七道梁次级段的新活动性调查结果

沿马街山北缘断裂中段的七道梁次级段追踪考察,也发现了一些断裂晚第四纪活动的新证据。以下是部分断层新活动的地质剖面。

(1) 大尖山断层剖面

在马街山北缘断裂穿过七道梁大尖山公路边时,在黄土台地边发现一断层剖面(地理坐标: $N35^\circ 56' 1.8''$, $E103^\circ 39' 43.1''$;图5)。剖面岩性特征为:

①暗紫红色砂砾岩,砾石粗大,分选磨圆差,时代为白垩系;

②鲜桔红色含砾石粗砂层,近水平层理;

③土灰黄色砂质砾石层,砾石成分较杂,以灰

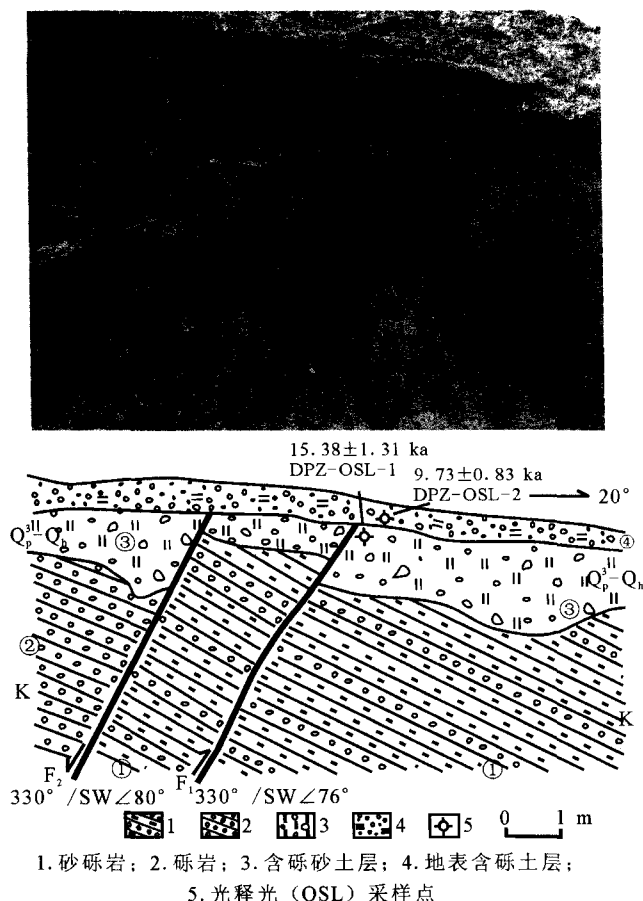


图6 陡坡子断层剖面

Fig. 6 Fault profile at Doupozi.

岩、砂岩为主,坡洪积成因;

④土黄色次生黄土,时代 Q_p^3 ;

⑤地表较疏松黄土,淡土黄、灰白色,厚约 1 m。

断层性质为正断层,发育两条次级断层,产状为: $310^\circ/\text{SW}/61-75^\circ$ 。其中, F_1 断错下部黄土及砂砾石层③,终止在层②附近,其活动年代介于 $23.34 \pm 1.98 \text{ ka}$ (DJS-OSL-1) 与 $31.14 \pm 2.65 \text{ ka}$ (DJS-OSL-2) 之间; F_2 断错层④黄土,终止在层⑤疏松之下,其活动年代介于 $13.38 \pm 1.14 \text{ ka}$ (DJS-OSL-3) 与 $13.25 \pm 1.13 \text{ ka}$ (DJS-OSL-4) 之间,由此表明该断层段为晚更新世晚期有过活动。

(2) 陡坡子断层剖面

关山乡北侧的冰林沟为一条 NWW 向的断层沟谷,在该沟的陡坡子村附近(地理坐标: $N36^\circ 01' 28.2''$, $E103^\circ 35' 28.2''$; 图 6) 的坡积物中见一断层剖面。其岩性特征如下:

①灰白色、紫红色砂岩,厚层状,近水平层理,时代白垩系(K);

②紫红色砂岩、砾岩,节理非常发育,岩石破碎,

时代白垩系(K);

③由灰白色砂岩构成的砾石层,较破碎;

④土黄色含砾砂土层,顶部 OSL 年代为 $15.38 \pm 1.31 \text{ ka}$;

⑤地表含坡积砾石土层,底部 OSL 年代为 $9.73 \pm 0.83 \text{ ka}$ 。

剖面中发育两条次级断层,性质为逆断层和正断层,产状 $330^\circ/\text{SW}/80-76^\circ$ 。主要发育在白垩系基岩中,但是断层的最新活动断错了上部残坡积物。根据测年结果,断层最新活动时代介于 $9.73 \pm 0.83 \text{ ka}$ 和 $15.38 \pm 1.31 \text{ ka}$ 之间。

(3) 杨家庄西侧断层剖面

在湖滩乡以西的杨家庄村西上山土路旁发现一断层剖面(地理坐标: $N35^\circ 58' 48.5''$, $E103^\circ 36' 54.5''$; 图 7)。其岩性特征如下:

①暗紫红色砂砾石层,主要为白垩系母岩风化后再堆积的残坡积层,略具近水平层理;

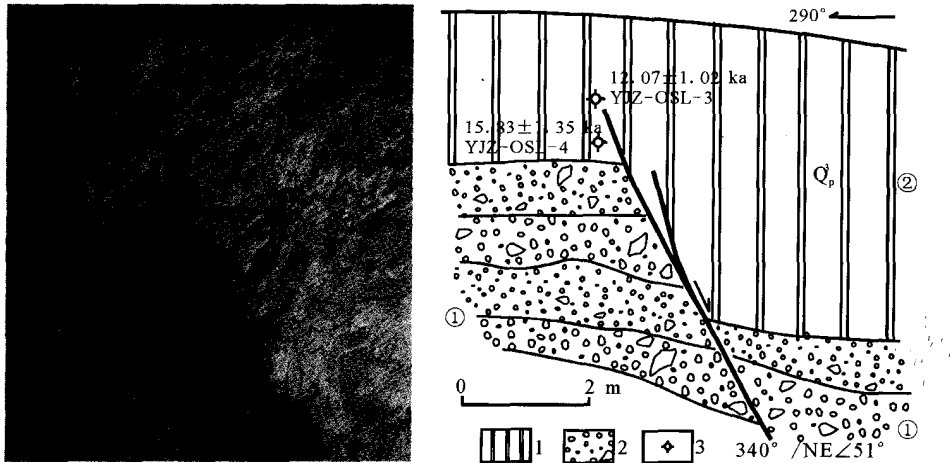
②厚层土黄色次生黄土,时代 Q_p^3 。

断层性质为正断层,上部分叉为两条次级断层,主断层产状为: $340^\circ/\text{NE}/51^\circ$ 。断层活动断错了下部紫红色砂砾石层①,斜距达 1.6 m; 断层向上延伸,断错了其上的次生黄土,其活动年代介于 $12.07 \pm 1.02 \text{ ka}$ (YJZ-OSL-3) — $15.83 \pm 1.35 \text{ ka}$ (YJZ-OSL-4) 之间,表明其最新活动时代为晚更新世晚期。

从上述分析可以看出,马衔山北缘断裂中段(马衔山段和七道梁段)在晚更新世晚期—全新世以来仍有新活动表现,其地质剖面 and 年代学证据是较充分的。只是由于沿马衔山北缘断裂带滑坡、崩塌等地质灾害较为严重,加之黄土覆盖厚,致使一些断错地貌现象难以长期保存,也使得一些断层剖面存在一些非构造因素,需要在野外认真加以甄别。

2 马衔山北缘断裂的历史地震活动特征

在马衔山地区不但现今小震活动沿断裂条带现象明显^[6-7],而且历史上还有多次中强以上地震也发生在该地区,其中最大的地震为 1125 年兰州 7 级地震,其极震区位于今兰州市西固区以南至河口一带,其发震断裂为马衔山北缘断裂西端的咸水沟断裂段^[1,4-5]。其次为 1590 年永靖东南 $6\frac{1}{2}$ 级地震,其极震中区也位于永靖东南的马衔山区,震中烈度达 VIII ~ IX 度左右,其发震构造很可能为马衔山北缘断裂中西段^[8]。根据对兰州地区历史地震资料的考证分



1. 土黄色、灰白色次生黄土；2. 紫红色砂砾石层；3. 热释光（OSL）采样点

图 7 杨家庄西侧断层剖图

Fig. 7 Fault profile at Yangjiazhuang.

析^[9-10,2]，我们重新校核或修正了区内其它几次破坏性历史地震的基本参数，并试图探讨其与该区断裂（段）新活动之间的关系。

(1) 1524 年马街山地震

据嘉靖《陕西志》记载，嘉靖“三年九月，会宁县地震，是月，河州卫地震”。考虑到本次地震史料来源较可靠，而会宁和河州地震又发生在同年同月，均出自同一史料，加之两地相距不远，故认为这两地的地震很有可能为同一次地震。

会宁县位于甘肃省中部，祖厉河流域上游。西汉置祖厉县，属安定郡。唐为会州地，元至正十二年（1352 年）改为会宁州，明代降为会宁县，所以史料中称“会宁县地震”，县城在今会师镇。

河州今临夏市，位于甘肃省中部大夏河下游左岸，因濒临大夏河而得名。秦置枹罕县，属陇西郡。西汉属金城郡。前凉张骏置河州，故后世有河州之称。元为河州路地。明代，临夏为临洮府河州治所。

根据历史地震震中确定的原则，本次地震的震中位置应大致位于河州、会宁两州县的中间，该区正好是兰州以南的马街山区（35.7°，104.0°，图 8）。该区主要为中高山区，在明朝时期人烟稀少，如果在山区发生一次 5 级左右地震，其灾情本身就不重，加之交通不便，因此很难有具体破坏的灾区报上来，所以只在两端的河州、会宁等地有震感记载。现该区属于榆中县马坡、羊寨、银山、上庄等乡。本次地震震中距河州、会宁两州县直线距离均为 95 km，按中国西部Ⅳ度等效圆半径与震级的关系，震级应为 5½ 级；按历史地震烈度、震级简表，震级应为 5 级。综合确定其震级为 5 级左右。

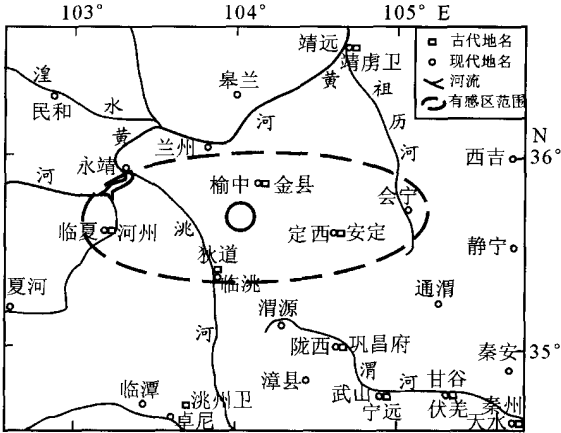


图 8 1524 年马街山地震有感区图

Fig. 8 The felling area of Maxian Shan earthquake in 1524 A. D.

(2) 1629 年兰州地震

明崇祯二年二月，即公元 1629 年 2 月 23 日—3 月 24 日，在兰州发生了一次中强地震。据 1686 年（康熙二十五年），陈如稷的《兰州志》卷三记载：“崇祯二年二月地震，城堙，民舍摇倒无数”。在此记载之后，仍有一些相关记载，但都相对简单，而且记录的破坏程度不一。例如，清乾隆四十三年黄建中的《皋兰县志》记载：“崇祯二年二月地震，堙损民舍甚多”；同治年间的《兰州府志》仅提到“崇祯二年二月地震”。

根据史料记载的破坏程度，按最早的康熙本这次地震的烈度可达Ⅶ度，按乾隆本其烈度可定为Ⅵ度，而按同治本其烈度只能定为Ⅴ度。考虑到《兰州志》为康熙二十五年刊本，地震发生后 58 年的版本，

而且为正史,其可信度最高。因此,将本次地震烈度定为Ⅶ度。

由于本次地震史料记载简单,但结合过去各种版本的地震目录对这次地震的评定情况,综合考虑兰州市区及邻区活动构造分布及新活动特征^[7-8],将本次地震的震中确定在兰州市西南更合理,大约 36.1° , 103.7° ,精度2类,震级 $5\frac{1}{2}$ 级,震中烈度Ⅶ度。

(3) 1901年兰州西地震

2000年的兰州市《西固区志》记有:“光绪二十六年(1900年)春夏大旱,五月始雨。次年因遭地震,曾豁免皋兰县西乡等四乡353个村庄所借籽种2790石”;《城关区志》也记有:“1901年(光绪二十七年)夏,兰州地震,皋兰山、五泉山山崖崩落,石破尘飞,数日始止”。

据宣统元年(1909年)《皋兰县地理调查表》,1901年前后,皋兰县分为城内、附北城、附城西川、东乡、东北乡、西乡、西北乡、南乡、北乡等9个乡镇。根据史料记载,在1901年地震后被豁免的有西乡及其附近的乡,即附城西川、西乡、西北乡、南乡,其中西乡受灾位于四乡之首。西乡下辖今张家寺、青石台、陈官营、新城、西固城、钟家河、河口镇等36个村(堡),其中10个今属永靖县,2个今属红古区;附城西川有2个村庄;西北乡辖崖渠川、水阜门、上中川等;南乡辖雷坛河、八里窑、后五泉、阿干镇、马莲湖、西果园。由此可见,在1901年地震中受灾的四乡主要分布在今永靖县以北,兰州市西固区、七里河区及城关区的皋兰山、五泉山一带,即主要分布在马衔山北缘断裂中西段及其附近地区。

根据史料中西乡等四乡的范围及皋兰山、五泉山“山崖崩落”,“石破尘飞”的记载推测,震中位置应位于今兰州市西固区以南的永靖县关山乡一带(36.0° , 103.5°)。由史料记载的破坏情况,其震级可定为5级,震中烈度Ⅶ度。

从上述分析可知,无论是1524年马衔山地震、1629年兰州地震,还是1901年兰州西地震等主要发生马衔山北缘断裂中段、西段所在的马衔山、七道梁和雾宿山一带,推测应与马衔山北缘断裂的最新构造活动有关。

3 结论与讨论

综合考虑马衔山北缘断裂带中段的马衔山段和七道梁段的地质剖面证据和年代测试结果,以及兰

州地区中强以上历史地震资料的考证分析,可以得到如下认识:

(1) 马衔山北缘断裂应为一条规模较大的晚第四纪活动断裂带,其新活动具有分段性,其中断裂中段的马衔山次级段和七道梁次级段晚更新世—全新世以来新活动的证据充分,性质为左旋走滑兼具逆断或正断特性。

(2) 根据兰州地区中强以上历史地震资料考证和综合分析,在马衔山北缘断裂经过的马衔山、七道梁和雾宿山一带除了发生过1125年兰州7级地震、1590年永靖东南 $6\frac{1}{2}$ 级地震之外,还发生了多次5~6级中强破坏性地震,推测应与马衔山北缘断裂各次级段的最新构造活动有关。

(3) 由于马衔山北缘断裂规模较大、晚第四纪新活动性强,断裂具分段活动特征,而且历史上曾发生过数次中强以上地震,因此,该断裂今后仍存在再次发生中强以上地震的构造条件和潜在危险性。由于受地震年代久远、史料记载简单等客观因素制约,以及地震震级偏小、震害较轻等影响,本文所讨论的1524年马衔山地震、1629年兰州地震和1901年兰州西地震等的基本参数可能存在较大的不确定性,但是其大致震中位置位于兰州市区南部的马衔山区应是马衔山北缘断裂晚第四纪新活动的一个佐证。

参考文献

- [1] 袁道阳,雷中生,刘百篪,等. 兰州1125年7级地震考证与发震构造分析[J]. 中国地震,2002,18(1): 67-75.
YUAN Dao-yang, LEI Zhong-sheng, LIU Bai-chi, et al. Examination of Historical Data of the 1125 Lanzhou M7.0 Earthquake and Analysis of Seismogenic Structure[J]. Earthquake Research in China, 2002, 18(1): 67-75.
- [2] 国家地震局兰州地震研究所,甘肃省计划委员会. 甘肃省地震危险区划研究[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1993.
Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Planning Committee of Gansu Province. Research on the seismic risk zoning in Gansu province[M]. Lanzhou: Lanzhou University Press, 1993.
- [3] 袁道阳,刘百篪,才树华,等. 兰州马衔山北缘断裂带的新活动特征研究[J]. 地震地质,2002, 24(3): 315-323.
YUAN Dao-yang, LIU Bai-chi, CAI Shu-hua, et al. Principal Features of Recent of the Active Northern Marginal Fault of Maxianshan Mountains, Lanzhou, Gansu Province[J]. Seismology and Geology, 24(3): 315-323.
- [4] 宋方敏,袁道阳,陈桂华,等. 甘肃马衔山北缘断裂西北段几何结构及其新活动[J]. 地震地质,2006,28(4): 547-560.
SONG Fang-min, YUAN Dao-yang, CHEN Gui-hua, et al. Geometric Structures and Recent Activity Along the Northwest Segment of North Marginal Fault of Maxianshan

- Mountains, Gansu Province [J]. *Seismology and Geology*, 2006, 28(4): 547-560.
- [5] 宋方敏, 袁道阳, 陈桂华, 等. 1125年兰州7级地震地表破裂类型及其分布特征[J]. *地震地质*, 2007, 29(4): 834-844.
- SONG Fang-min, YUAN Dao-yang, CHEN Gui-hua, et al. Pattern and Combination Features of the Surface Ruptures of the 1125 A. D. Lanzhou M7 Earthquake [J]. *Seismology and Geology*, 2007, 29(4): 834-844.
- [6] 袁道阳, 刘小凤, 郑文俊, 等. 兰州马街山—兴隆山活动断裂系的新构造变形特征和机制[J]. *中国地震*, 2003, 19(2): 125-131.
- YUAN Dao-yang, LIU Xiao-feng, ZHENG Wen-jun, et al. Tectonic Deformation Feature and Mechanism of the Maxianshan—Xinglongshan Active Fault System in the Lanzhou Area [J]. *Earthquake Research in China*, 2003, 19(2): 125-131.
- [7] 袁道阳, 刘小凤, 郑文俊, 等. 兰州地区活动构造格架与变形特征[J]. *地质学报*, 2004, 78(5): 626-632.
- YUAN Dao-yang, LIU Xiao-feng, ZHENG Wen-jun, et al. Active Tectonic Framework and Deformation Features in Lanzhou Area [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2004, 78(5): 626-632.
- [8] 袁道阳, 雷中生, 张俊玲, 等. 1590年7月7日甘肃永靖东南地震考证[J]. *震灾防御技术*, 2007, 2(2): 158-165.
- YUAN Dao-yang, LEI Zhong-sheng, ZHANG Jun-ling, et al. Textual Research on the Southeastern of Yongjing Earthquake in Gansu Province on July 7, 1590 A. D. [J]. *Technology for Earthquake Disaster Prevention*, 2007, 2(2): 158-165.
- [9] 谢毓寿, 蔡美彪主编. 中国地震历史资料汇编(第一卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- XIE Yu-shou, CAI Mei-biao. Summary of the Chinese Historical Earthquake Records (no1) [M]. Beijing: Science Press, 1983.
- [10] 国家地震局兰州地震研究所. 陕甘宁青四省(区)强地震目录[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1985.
- Lanzhou Institute of Seismology, SSB. Catalogue of Shanxi, Gansu, Ningxia and Qinghai Four Provinces or Municipality Strong Earthquakes [M]. Xi'an: Shanxi Scientific and Technological Press, 1985.
- [11] 国家地震局兰州地震研究所. 甘肃省地震资料汇编[M]. 北京: 地震出版社, 1989.
- Lanzhou Institute of Seismology, SSB. Summary of the Gansu historical earthquake records [M]. Beijing: Seismological press (in Chinese), 1989.
- [12] 袁道阳, 王兰民, 何文贵, 等. 兰州市地震活断层探测新进展[J]. *地震地质*, 2008, 30(1): 236-249.
- YUAN Dao-yang, WANG Lan-min, HE Wen-gui, et al. New Progress of Seismic Active Fault Prospecting in Lanzhou City [J]. *Seismology and Geology*, 2008, 30(1): 236-249.
- [13] 史志刚, 雷中生, 袁道阳, 等. 1306年宁夏固原地震考证与发震构造探讨[J]. *西北地震学报*, 2011, 33(1): 342-348.
- SHI Zhi-gang, LEI Zhong-sheng, YUAN Dao-yang, et al. Textural Research on the Guyuan Earthquake in 1306 in Ningxia Region, and Discussion on Its Seismogenic Structure [J]. *Northwestern Seismological Journal*, 2011, 33(4): 342-348.
- [14] 刘兴旺, 雷中生, 袁道阳, 等. 1609年甘肃红崖堡7¼级地震考证[J]. *西北地震学报*, 2011, 33(2): 143-148.
- LIU Xing-wang, LEI Zhong-sheng, YUAN Dao-yang, et al. Textural Research on the Hongyapu M 7¼ Earthquake in 1609 [J]. *Northwestern Seismological Journal*, 2011, 33(2): 143-148.
- [15] 雷中生, 袁道阳, 郑文俊, 等. 756年张掖—酒泉地震考[J]. *西北地震学报*, 2012, 34(1): 72-77.
- LEI Zhong-sheng, YUAN Dao-yang, ZHENG Wen-jun, et al. Textural Research of Zhangye—Jiuquan Earthquake in 756 A. D. [J]. *Northwestern Seismological Journal*, 2012, 34(1): 72-77.