

1920年海原8.5级地震断层晚更新世以来活动特征的初步研究

周俊喜 刘百麓 李玉龙

(兰州地震研究所)

近年来,随着地震地质工作的深入开展,地震断层在最新地质时期的活动特点越来越为人们所重视^[1-7]。因为如果能够较准确地确定地震断层的活动速率及幅度,再结合历史地震的活动性就可以大致确定该地区的大震重现周期。无疑这对烈度区划和地震预报的研究将是有益的。作者在阅读航空照片的基础上,对1920年海原8.5级地震的破裂带进行了野外考察,试图对上述问题进行初步探讨。

1. 区域地质构造特征

1920年海原地震破裂带严格受毛毛山—西、南华山—六盘山断裂带控制(图1)。

该断裂带在卫星照片和航空照片上影像清晰,延伸达500余公里。平均海拔在3000米左右的毛毛山、老虎山、大崮槐山及其北侧发育的活断层呈左型雁列;西、南华山呈右型斜列。区内地势险峻,山脉多表现为北陡南缓。活断层多沿山脉北部展布。区内第四系沉积厚度大于200米。第四纪山麓洪积扇相重迭而发展,堆积物厚度巨大。该带至少形成在加里东期。沿带断层切割新生代地层,特别是晚更新世以来的构造活动痕迹更是屡见不鲜。例如:车轮口北断层使泥盆系紫红色粉砂岩及灰白色砂砾岩逆冲到更新世晚期黄土层之上。芽条沟断层切割了全新世松散砾石层及土层。窝子滩断层使下志留统逆冲在晚更新世砾石层之上,并使砾石层倾斜,倾角大于 45° 。车家湾断层使第三系冲复到全新世砾石层之上等等。此外,山地两侧断层崖清晰;晚更新世砾石层以 $20\sim 30^\circ$ 倾斜;山前洪积扇极为发育,常连接成裙,倾斜近 10° ;并由于山体的强烈抬升,使洪积扇被切割 $40\sim 50$ 米的现象,都为该区近期的活动提供了佐证。所以毛毛山~西、南华山~六盘山断裂带是一条规模大,晚更新世以来强烈活动的构造带。

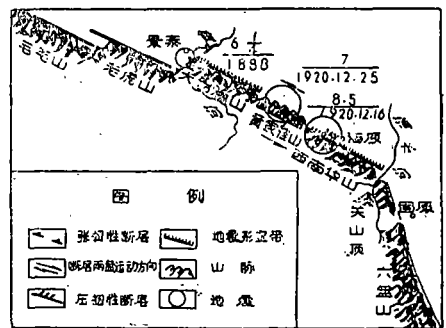


图1 毛毛山—六盘山断裂带地貌示意图

1.高密湾 2.干盐池 3.梢马饮 4.大沟门
5.菜园 6.新庄洼 7.兴泉堡

2. 兴泉堡~海原断裂带晚更新世以来活动的基本特征

1920年海原地震的地震断层主要由兴泉堡~海原和硝口~老虎腰峁两条断层组成,全长近250公里。本文仅对兴泉堡~海原地震断层进行了研究。

兴泉堡~海原断裂带长约200公里。该断裂带晚更新世以来的活动突出地表现在对微地貌的位错变形方面。因为微地貌的形成是近万年或几万年的事情,所以微地貌的位错变形能够集中地代表晚更新世以来构造的活动性状。通过 $1/38000$ 和部分 $1/15000$ 航空照片的判读

和野外考察证明，西、南华山断裂带晚更新世以来是一条以左旋走向滑动为主的断裂带，其水平走滑量可达200米左右。证据如下：

(1) 水系位移

高密湾地区被错断的水系，按规模可大致分为两类。I类水系，宽近百米，长度较大，反映它们的形成历史较早，水平左旋位移量最大可达600米。II类水系，宽不足20米，长度较小，横穿断裂带时，被左旋位错，平面上呈S状同步直角弯转，平均左旋位移量约200米（图2）。造成一系列明显的窗棱脊构造地貌（Shutter-ridge tectonic geomorphology）。

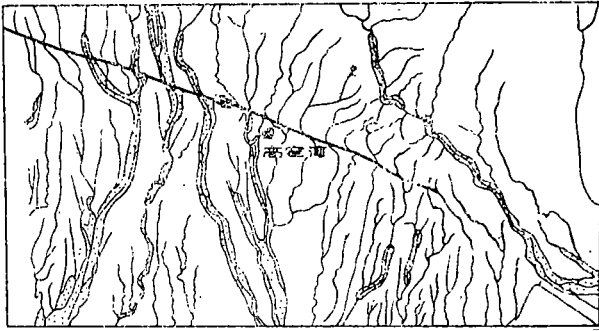


图2 高密湾水系错动图

（据1:38000航空照片绘制）

弯转，其左旋位移量平均也在200米上下。在此处还见到数条最小的冲沟被左旋错断38米。这显然是断裂较新活动的证据。在菜园东南还可见到错动量达1300米左右的数条错断水系。

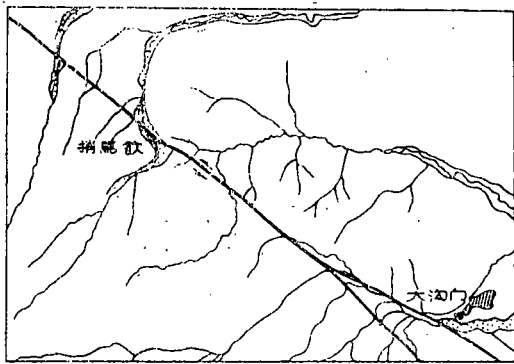


图3 稍马饮附近水系错动图

（据1:38000航空照片绘制）

平错动有关的微地貌错动景观的一个组成部分。

(2) 错断山脊

山脊错移的现象在高密湾附近表现得最为突出。断裂通过处，地貌上为一线状洼地，断层三角面清晰。断裂两侧的山脊明显地衔接不起来，具有清楚的多个剪刀点，形成窗棱脊构造地貌形态。多个窗棱脊构造所显示的水平错动量都是200米（图5）。断裂两侧阶地面的坡度角也不协调统一，北侧阶地面的坡角有明显增大的趋势，表明该断裂带在高密湾附近除

错断水系的现象沿带还有多处。如西安州西的梢马饮，断裂通过处水系明显弯转。流经梢马饮的一条II类水系被断裂切割，致使河道加宽，近代河床沉积穿过断层与地层呈断层接触。反映其左旋位移量也在200米左右（图3）。

断裂向东南延伸至大沟门附近分为南、北两条分支断层。南侧一条分支断层对水系的左旋错移现象也是极其清晰的（参照图3）。数条近南北走向的树枝状水系，在断裂带附近呈S状直角同步

弯转，其左旋位移量平均也在200米上下。在此处还见到数条最小的冲沟被左旋错断38米。这显然是断裂较新活动的证据。在菜园东南还可见到错动量达1300米左右的数条错断水系。在断裂带的不同部位上，水系的左旋位移量并不是完全相等的。它取决于水系的形成早晚和断裂带在不同地段的活动程度。根据水系位错距离是河流形成年代的函数〔8〕〔9〕的观点，我们统计了比较可靠的不同长度的水道与水平断距的关系（表1），从表1可以看出二者之间有良好的线性关系。而河流长度与形成年代的关系是，河流越老，长度越大。

图4表示至少在中更新世以来断层的错动速率是相当稳定的。

需要指出，单纯水系的弯曲还不一定都是反映了断层的近期活动。它们必须是与断层水

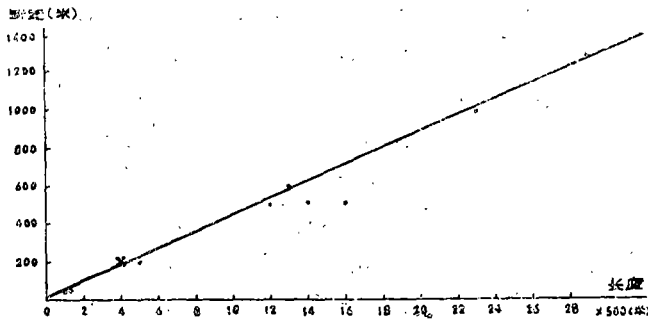


图4 水系长度与水平断距关系图

表1

地点	河流长度 (米)	河流宽度 (米)	断距 (米)	备注
游蜓沟	14×500	80~100	500	
菜园沟	23×500	100~150	1000	
菜园东沟	27×500	150	1300	
山岔台东沟	650	<15	38	山岔台东1000米
大沟套	500	<15	38	2014点西700米
高密湾西1号沟	16×500	80~100	500	
高密湾西2号沟	14×500	100	600	
高密湾西3号沟	4×500	20	200	
高密湾东1号沟	4×500	20	200	
2号沟	4×500	20	200	
3号沟	4×500	20	200	
4号沟	4×500	20	200	
捎马饮	5×500	20	200	
石卡关沟	12×500	100	500	



图5 高密湾山脊断错示意图

除了具水平错动外，还具有北升南降的垂直分量。

类似现象在捎马饮和黄湾附近也同样可以看到。捎马饮处，由新第三系组成的低山被断裂切割后，左旋错移了约200米。西安州盆地被断裂切割，其东、西缘的界线在断裂带附近也发生S状直角同步弯转。使得盆地东缘，断裂带北侧的山咀向盆地内突出；而盆地西缘，断裂带北侧的高地背离盆地而向西位移，幅度约200米。

(3) 错断洪积扇和河漫滩

黄家洼山南麓山前洪积扇极其发育，并连接成裙，这些洪积扇被兴泉堡~海原断裂带切割，形成绵延的陡坎，表现出北升南降的性质。目前可见坎高约1.5米。

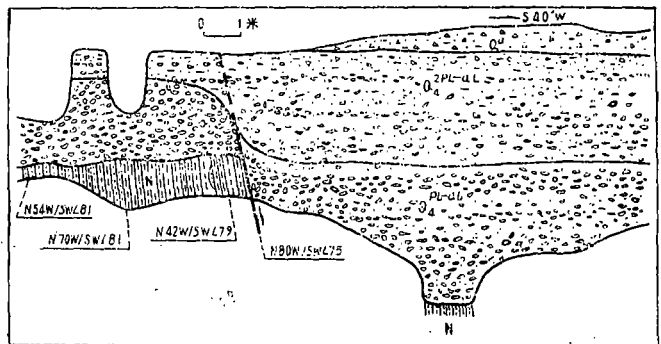


图6 景泰县马厂山北全新世断层探槽素描图

图6是景泰南马厂山北全新世断层探槽素描图。由图可见，新第三系与全新世冲积~洪

积砾石层呈断层接触。断层两侧的全新统有明显差异，其北的全新统主要以砾岩为主，厚度大于2米；而断裂南侧的全新统以含砾亚砂土，砾岩为主。砾石的滚圆度也较北侧的为差。该断层走向北80°西，倾向南西，倾角75度。断裂上方为海原地震北升南降的地震形变带。全新世以来，该断层的垂直断距为3.8米。据断裂北侧的第三系产状在平面上的牵引现象，反映该断裂带第四纪以来具左旋运动特点。但水平左旋位移量不易确定。沿带向西追索不足50米，见河漫滩被切割，形成50厘米高的断坎（图7）。断坎在航空照片上显示得很清楚，在野外考查中也得到实际验证。近南北走向的河床面的自然倾向应该朝北，但因断裂近期垂直差异活动的结果，使河床面向南逆倾，地表出现一近东西走向的北高南低的拱起。

（4）断头河和断尾河的产生

沿断裂带数十条水系的同步弯转和断头河、断尾河的形成，是断裂带水平位移的结果。在大沟门一带，数条水系流经断裂带时，在南侧分支断裂附近做同步弯转，到北侧分支断裂处被断裂切割而成断尾河。断头河的情况如图3所示。此外，新庄洼~小山处，河流的下游河谷宽度达1000余米，而上游因受断层影响仅为一个不太长的狭谷，说明这是一个明显的断头河。

（5）错断河的侧向侵蚀

从菜园至安桥堡，由水系弯转所反映的断裂带左旋位移特点又出现了新的情况。在菜园东南，有一个加里东期的花岗岩体，地势上为一高地，安桥堡位于该岩体的东部。诸条水系的左旋位移主要表现在断裂带北侧全新世河床沉积物的加宽这一现象上。这是因为安桥堡地势是向东南掀斜的，河流主要冲刷东岸而在西岸沉积，当断裂带左旋位移时，就必然要产生河床沉积物在断裂带北侧逐渐向西加宽的现象。它们所反映的左旋位移量也在200米左右（图8）。

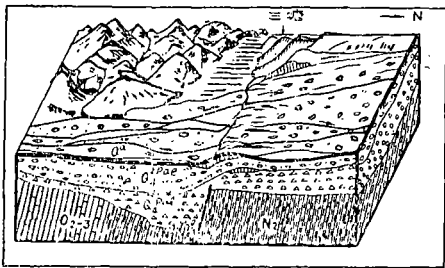


图7 三塘南东全新世断层地貌剖面示意图

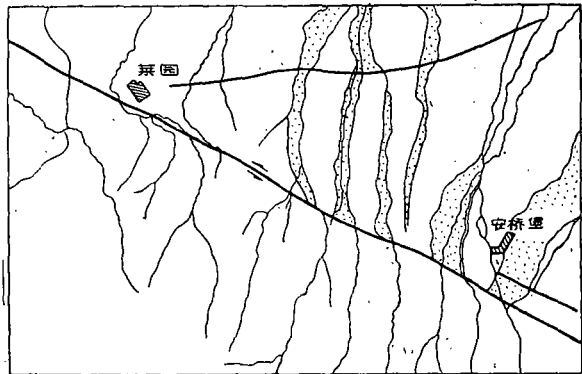


图8 菜园附近水系错动图

新庄洼的情况与安桥堡相类似，只是左旋位移量加大，约1300米。依据这些河流的规模，它们至少与高密湾地区的I类水系相当。它们的形成历史比较早，现今所反映的左旋位移量也应该是较大的（图9）。

（6）断陷谷

兴泉堡~海原断裂带的西段由两条北西西走向的断层组成。南侧一条断层为老山与北部丘陵地带的分界线，发育在奥陶系与新第三系之间。断面倾向南西，倾角较陡，可达60°~

70°。奥陶系深变质岩系向北逆冲到新第三系桔黄色泥岩、砂岩之上。北侧一条断层发育在新第三系之间。断面倾向南西，倾角50°~60°，表现为北升南降的正断层性质。两条断层之间为一谷地。野外考查证明，断裂谷地的基底为新第三系，地表可见1~2米厚的风成黄土层。在谷地内第三系上复4~5米未经胶结的、呈次棱角状的灰绿色冲积~洪积砾石层，可能属全新统底部层位。野外多处见到新第三系与全新世冲积~洪积砾石层为正断层接触，而地表黄土层未见明显错动。依此判断该谷地可能是全新世晚期的产物（参照图7）。

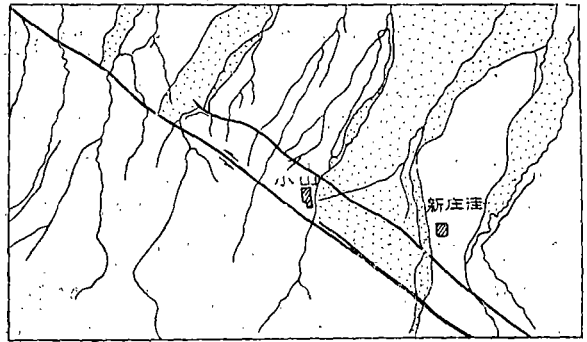


图9 新庄洼附近水系错动图
(据1:38000航空照片绘制)

(7) 干盐池盆地的成因

黄家洼山南缘断裂向东南延伸至干盐池湖南岸的中部，西华山北缘断裂向西北延伸可到干盐池湖北岸的中部。两条断裂在平面上呈左行左旋雁列（图10）。野外考察证明它们都具有左旋走滑运动特点，即断裂北盘向西，南盘向东运动。这就使两条雁列的断层之间产生拉张，形成断层塘。郭增建等1958年对海原地震破裂带访问考查时得知，海原地震使干盐池盐湖向北迁移了约1公里^[10]。说明断裂活动在该地产生新的下陷，使湖水向低处流动，造成了干盐池盐湖的迁移。这就为干盐池盆地的断裂活动成因提供了直接的证据。盐湖的形成是左行左旋断层长期错动形成的断层塘。

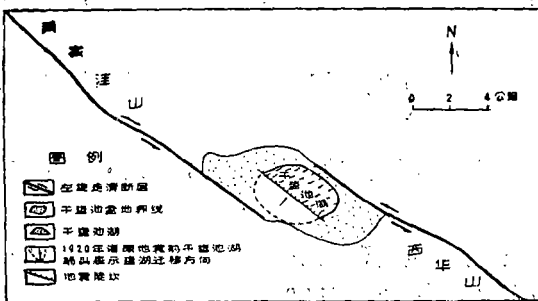


图10 干盐池断层塘

干盐池盆地的第四纪沉积物超过200米，反映它至少在第四纪以来长期处于拉张沉降状态。从而间接证明，黄家洼山南缘断裂和西华山北缘断裂的现今左旋运动特点是继承了该带第四纪以来活动特点的结果。

3. 断层滑动速率和大震重现周期的讨论

综上所述，兴泉堡~海原断裂带切割了第四纪以来的各个时代的地层和微地貌，其错动幅度随时代不同而异，但最普遍出现的

水平断距是200米。因而，只要确定断错200米的地貌的年令，就能估计断层滑动速率。由于放射性碳的年令测定没跟上，我们只能用地层对比法估计某些微地貌的形成年代。

前已提及，断裂带在高密湾地区将数条水系、山脊平均左旋错移200米。断裂北侧的高山区由前寒武系深变质岩系组成，而南侧的山前丘陵由截然不同的三部分组成。最下部为中更新统棕褐色老黄土。中部为稍有胶结的冲积~洪积砾石层，属晚更新世早期的沉积物。最顶部为浅褐黄色，疏松、无层理、风积成因的乌兰黄土，无疑属晚更新世晚期的产物，厚约5米。值得注意的现象是在乌兰黄土层中，距顶部3.5米处见倾斜的河床沉积砾石层，并与现今河床沉积物的物质成分相类似。它一方面说明兴泉堡~海原断裂带的新活动，使得乌兰

黄土中的河床砾石层产状变陡。但更重要的可能证明了高窑湾地区的一系列规模相近的Ⅱ类水系可能形成在乌兰黄土形成的后期,即晚更新世晚期。利用地质类比法,同样可以认为在该带的其它地区,与高窑湾水系规模相类似的水系也大致是同时期的产物。

全新世距今约1万零三百年^[11]。文献^[12]证实晚更新世的下限距今约十万八千到11万四千年,就是说晚更新世大约经历了十万年的时间。在十万年内,风成沉积的乌兰黄土近5米,平均每沉积1米需要二万年。根据河床砾石层在乌兰黄土中的出露高度,可以大致判定水系形成在距今约四万年前后的时间内。

在四万年内,断裂带平均左旋断错了200米,年滑动速率为5毫米/年。暂时利用海原地震5米断距资料*,推算该带的大震重现周期为1000年。

需要指出的是:断裂带的滑动速率和大震的重现周期的推算都是初步的。主要是水系的形成年代还缺乏C¹⁴绝对年令值的验证。所有这些问题有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Kerry E. Sieh, Prehistoric large earthquakes produced by slip on the San Andreas fault at pallett creek, California, J. G. R., 83, B8, 1978.
- [2] Kerr E. Sieh, Slip along the San Andreas fault associated with the great, bulletin of Seismological society of America, 68, 5, 1978.
- [3] Robert E. Wallace, Profiles and ages of young fault scarps, north-central nevada, Geological society of america Bulletin, Vol. 88, № 9, september, 1977.
- [4] Николаев Н.И., Лебедева О.А., Николаев П. Н., Сейсмодислокации горного кряма, известия высших учебных заведений геология и разведка, №.12.1979.
- [5] R. Berge, T.S. Kaufman, 地震的放射性碳年令测定, 陈以健译, 地震地质译丛, Vol 4, №. 2, 1982.
- [6] D.P. Kuss, 田纳西州西北部里尔福特湖区晚全新世断裂与地震重复率, 徐学炎译, 地震地质译丛, Vol 4, №. 2, 1982.
- [7] А.А. Никонов, 利用放射性碳同位素分析和考古资料确定中亚山脉地震构造运动及古地震年代, 袁正明译, 地震地质译丛, Vol. 4, №. 2, 1982.
- [8] 朱成男等, 红河断裂带的断错水系发育与地震活动问题, 地震研究, Vol. 5, №. 3, 1982.
- [9] 丁国瑜, 活动走滑断裂带的断错水系与地震, 地震, №. 1, 1982.
- [10] 国家地震局兰州地震研究所、宁夏回族自治区地震队, 1920年海原大地震, 地震出版社, 1980.
- [11] 中国科学院贵阳地球化学研究所第四纪组、C¹⁴组, 辽宁省南部一万年来自然环境的演变, 中国科学, №. 4, 1977.
- [12] 王靖泰等, 中国东部晚更新世以来海面升降与气候变化的关系, 地理学报, Vol. 35, №. 4, 1980.

* 汪一鹏等, 1920年海原地震震中区最大水平位移及其断错水系。