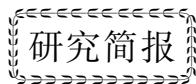


文章编号: 0253-3782(2001)02-0217-04



## 初析西秦岭北缘断裂带凤凰山一天水断裂 晚更新世晚期以来的活动特征<sup>\*</sup>

韩竹军 向宏发 虢顺民

(中国北京 100029 中国地震局地质研究所)

关键词 活动断裂 滑动速率 地表破裂带

中图分类号: P315.2 文献标识码: A

西秦岭北缘断裂带是青藏高原东部一条重要的北西西向断裂。其空间上与鲜水河断裂带、东昆仑断裂带、海原断裂带平行,运动性质上以左旋走滑为主。England 和 Molnar(1990)、汪一鹏和马杏垣(1998)认为:这几条平行的走滑断裂把青藏高原东部划分成一些条形块体,它们依次向东滑移,同时可能伴有顺时针方向的转动。不仅如此,沿着西秦岭北缘断裂带历史上还多次发生过 6.5 级以上地震,如公元前 47 年漳县 6 3/4 级地震、128 年甘谷 6 1/2 级地震、143 年甘谷 7 级地震、734 年天水 7 级地震、1756 年武山 6 1/2 级地震和 1936 年康乐 6 3/4 级地震等。与海原断裂带、鲜水河断裂带、龙门山断裂带等相比(国家地震局地质研究所,宁夏回族自治区地震局,1990;李坪,1993;邓起东等,1994;Burchfiel *et al.*, 1995),西秦岭北缘断裂带虽开展过一些研究,但有待加强(康来迅,1990;滕瑞增等,1991)。本文通过野外调查、年代测定,对西秦岭北缘断裂带凤凰山一天水断裂晚更新世晚期以来的活动特征进行了讨论。

### 1 活动证据与活动速率

凤凰山一天水断裂西起天水市西关子镇东北的张家寺,向东经凤凰山南侧的席家寨、姚家沟,过吊沟门、董家湾,延入天水市北的牛家山、赵家咀;向东至北道附近,继续向东,构造迹象不太明显(图 1)。断裂在走向上呈舒缓波状,总体走向 285°,长约 46 km。在地貌上以一系列的断层陡崖、断层谷及沟脊的水平位错为特征。但以董家湾为界,东西两侧的地貌表现有所不同。在董家湾以西,以线性断层陡崖及短水系位错为主(图 2),地势上北高南低,断阶平台也十分发育,陡坎高 15~20 m 不等,断阶平台上堆积晚更新世黄土。在董家湾以东,断裂进入罗玉河沟谷地带,过高家山后离开河谷向东至天水北的赵家咀、皇城地区,地貌上以断层沟谷及断层垭口等地貌为特征,陡崖地貌和短水系小尺度位错已不明显。

在凤凰山至吊沟门一带,断裂发育在上第三系与古生界之间。在凤凰山西南 450 m 的断层露头上,可见晚更新世马兰黄土( $Q_3$ )被断错,断层直达地表。马兰黄土垂直断距为 22 m。晚第三纪黄绿色、褐色泥岩垂直断距至少为 50 m。从该观察点向东 200 m 有断层垭口,垭口宽 12 m,山脊和冲沟的左旋位错在 35~40 m 之间。但在吊沟门附近,冲沟的左旋位错可达 120 m(图 2)。

\* 地震科学联合基金项目(198023)资助。

2000-08-01 收到初稿, 2000-11-23 收到修改稿, 2000-12-18 决定采用。

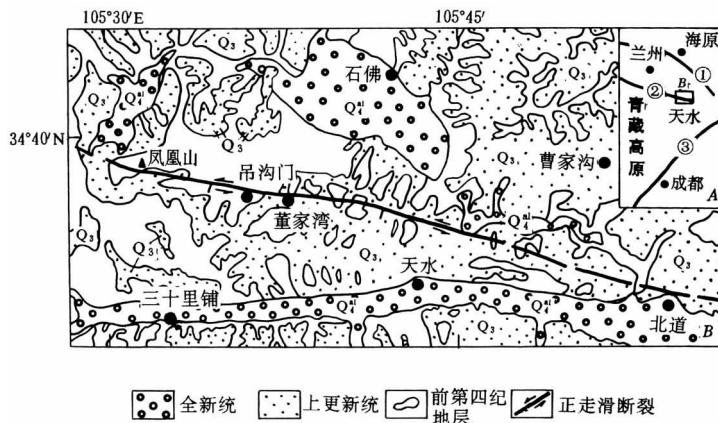


图 1 西秦岭北缘断裂带凤凰山一天水断裂平面分布图

右上角 A 图为青藏高原东缘主要断裂带。① 海原断裂带，② 西秦岭北缘断裂带，

③ 龙门山断裂带；B 图为凤凰山一天水断裂分布图

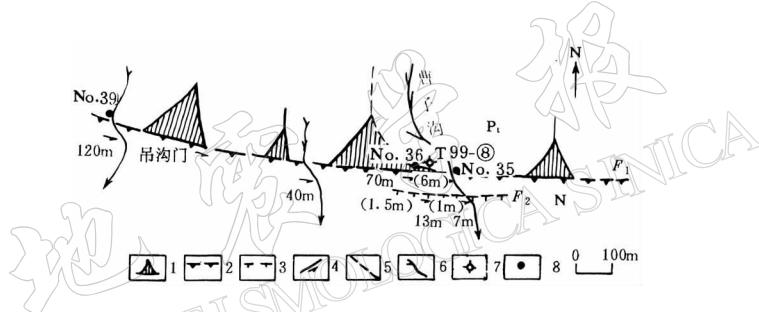


图 2 天水西吊沟门—董家湾一带断裂位错平面图

1. 断层三角面, 2. 断层陡崖, 3. 断层陡坎, 4. 断层水平位错方向与错量(括号内的  
数据为垂直断错量), 5. 山脊线, 6. 水系, 7. 热释光采样点, 8. 观察点号

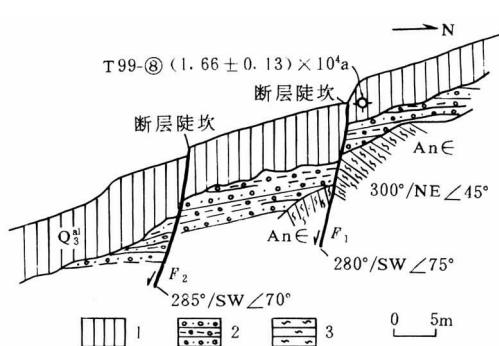


图 3 吊沟门东 0.8 km 处断层剖面

1. 含砂砾黄土 ( $Q_3$ ), 2. 砂砾石层,  
3. 下古生界绿片岩

位错量 7 m(图 4). 表明断裂的最新活动已南移到  $F_2$  断层上.

在吊沟门东 0.8 km 处的曹子沟附近, 脊沟位错与断层陡坎最为典型. 天水—凤凰山断裂在这里表现为两条平行的断层(图 2 中  $F_1$  和  $F_2$ ). 其中  $F_1$  与基岩断层崖相连, 在剖面上见断错基岩和上覆第四系(图 3);  $F_2$  位于  $F_1$  南约 20 m 处, 主要发育在晚第四纪砂砾石层和黄土中(图 3). 它们均具有左旋水平错动性质, 同时也有垂直位错分量. 断裂水平运动不仅切断山脊, 形成眉脊地貌, 而且最新一期活动还左旋错断了曹子沟全新世冲积层堆积(图 4 中照片). 据实测, 在曹子沟两壁的堆积层中,  $F_1$  垂直断距 6 m,  $F_2$  垂直断距 1.5 m; 在冲沟内全新世冲积层中,  $F_1$  断距不明显, 而  $F_2$  的垂直断距 1 m, 左旋水平

$F_2$  断层错断的曹子沟中全新世堆积物,热释光年龄距今 0.64 万年。根据水平位错量 7 m 和垂直位错量 1 m 分别计算,得到全新世以来  $F_2$  断层的平均水平位错速率为 1.1 mm/a, 垂直位错速率为 0.16 mm/a。为了准确地测定冲沟的形成年代,对曹子沟发育过程进行了调查。该冲沟长约 700 m, 是罗玉河最新的一级支沟, 罗玉河是渭河的次级支流, 发育 4 级阶地。剖面调查揭示, 曹子沟是在下切罗玉河  $T_2$  阶地的基础上发育起来的, 即曹子沟形成于罗玉河  $T_2$  阶地堆积之后、沟内最新堆积物之前(图 4)。热释光测年表明,  $T_2$  上部黄土(T99-⑧)的年龄距今  $1.66 \pm 0.13$  万年。曹子沟中最新堆积物(T99-⑨)的热释光年龄距今  $0.64 \pm 0.05$  万年, 表明曹子沟形成于 1.66 万年后、0.64 万年前。 $F_1$  切错  $T_2$  阶地的垂直位错量 6 m 应视为距今 1.66 万年以来的位错量,由此得到其平均垂直位错速率为 0.37 mm/a。上述水平和垂直位错速率与西秦岭北缘断裂带天水—凤凰山断裂以西其它断裂段的活动速率相比, 虽略小, 但大体为同一量级(康来迅, 1990; 滕瑞增等, 1991)。

凤凰山一天水断裂全新世中期以来 7 m 的水平位错和 1 m 的垂直位错, 在成因机制上与地震地表破裂有着密切关系。野外调查也发现, 在  $F_2$  断层通过  $T_2$  阶地的临空部位, 有与断层同向的地裂缝以及新鲜的断层陡崖和滑坡体。初步推测: 该处  $F_1$  和  $F_2$  断层及其沿线的破裂形迹可能是 734 年天水 7 级地震地表破裂带的表现。

## 2 结论

凤凰山一天水断裂属全新世活动断裂, 平均水平位错速率为 1.1 mm/a(0.64 万年以来), 平均垂直位错速率为 0.37 mm/a(约 1.66 万年以来)和 0.16 mm/a(约 0.64 万年以来)。吊沟门—董家湾区段, 距今 6 400 年以来曾发生过突发性事件, 推测与 734 年天水 7 级地震有关, 但仍需进一步的研究。

对冉勇康研究员和中国石油天然气管道勘探设计院的支持和帮助表示感谢。

## 参 考 文 献

- 邓起东, 陈社发, 赵小麟, 等. 1994. 龙门山及其邻区的构造和地震活动性及动力学[J]. 地震地质, 16(4): 389~403  
国家地震局地质研究所, 宁夏回族自治区地震局. 1990. 海原活动断裂带[M]. 北京: 地震出版社, 1~6  
康来迅. 1990. 西秦岭北缘断裂带晚更新世晚期以来断裂运动的基本特征及运动机理[J]. 中国地震, 6(3): 53~61  
李坪主编. 1993. 鲜水河—小江断裂带[M]. 北京: 地震出版社, 203~208  
滕瑞增, 金瑶泉, 李西候, 等. 1991. 西秦岭北缘黄香沟断裂的活动期次与地震复发周期关系[A]. 见: 活动断裂研究编委会编. 活动断裂研究(1)[C]. 北京: 地震出版社, 96~104  
汪一鹏, 马杏垣. 1998. 中国活动构造基本特征[A]. 见: 北京大学地质学系主编. 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集[C]. 北京: 地震出版社, 199~204

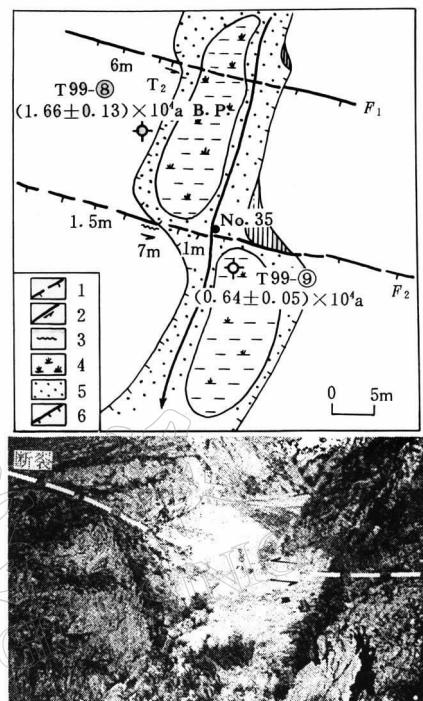


图 4 吊沟门东 0.8 km 处曹子沟位错平面图

1. 断层陡坎, 2. 断层水平位错量, 3. 裂缝,  
4. 耕地, 5. 冲沟堆积, 6. 阶地前缘。

照片: 曹子沟左旋位错, 镜向北

Burchfiel B C, Chen Zhiliang, Liu Yuping, *et al.* 1995. Tectonics of the Longmen Shan and adjacent regions[J]. *Int Geol Rev*, **8**: 661~735

England P, Molnar P. 1990. Right-lateral shear and rotation as the explanation for strike-slip in eastern Tibet[J]. *Nature*, **344**: 140~142

## PRIMARY STUDY ON ACTIVE FEATURES OF FENGHUANGSHAN— TIANSHUI FAULT, WEST QINLING NORTH BOUNDARY FAULT ZONE SINCE THE LATE OF LATE-PLEISTOCENE

Han Zhujun Xiang Hongfa Guo Shunmin

(Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing 100029, China)

**Key words:** active fault; slip rate; surface rupture zone

