

西秦岭北缘断裂带新活动特征

滕瑞增 金瑶泉 李西候 苏向州

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

摘要 在本文中, 作者在近几年进行的大比例尺活断层地质填图工作的基础上, 介绍了西秦岭北缘断裂带晚第四纪以来活动的基本特征, 研究了该断裂带的空间展布情况、几何学和运动学特征、断层活动速率、古地震与地震重复周期等。结果表明, 该断裂带自第四纪以来由压性逐渐演变为左旋扭动, 其水平滑动速率为 2.1—2.8mm/年, 垂直滑动速率为 0.4—0.7mm/年, 地震复发周期约为 5000 年。

关键词: 西秦岭北缘断裂带; 地震复发周期; 断层位移

1 引言

西秦岭北缘断裂带是我国西部地理、地貌、地质构造及地壳结构的重要分界线, 也是我国的主要地震带之一。对于该断裂带, 前人做了大量的地质工作, 但是, 有关其晚更新世以来活动情况尚未有人做过深入、系统的考察研究。由于地震研究工作的需要, 我们选择了该断裂带作为活动断层的研究对象, 开展了大比例尺(1:5万)活断层地质填图, 对众多断裂的活动性进行了鉴别, 从中筛选出晚更新世以来活动的断裂, 进而查明其断裂的运动学、几何学特征, 了解其演化历史、地震活动规律, 为地震监测、工程地震、水利开发等提供基础资料。通过考察, 收集到较丰富的也是前所未有的地质资料, 因篇幅所限, 本文仅介绍了主要的考察结果。

2 西秦岭北缘断裂带空间展布规律

西秦岭北缘断裂带是秦岭—昆仑东西向复杂构造带的组成部分, 也是祁吕贺兰山字型构造前弧的组成部分^[1,2]。该断裂带由多条断裂组成, 其生成历史悠久, 经历了多期构造运动, 规模大, 切割深, 活动性强。新生代以前, 沿该断裂带褶皱伴随迭瓦状逆冲断裂随处可见, 显示遭受了自北向南的推挤, 沿山前断裂多处可见上古生代地层被推复于第三纪地层之上。这种推挤方式一直持续到新第三纪末或第四纪初。在喜山运动顶盛时期, 青藏高原急剧隆升, 我国中部经向构造重新开始活动, 六盘山至今仍以 4mm/年的活动速率抬升, 河西系构造以 2—3mm/年的活动速率呈升降变化。在这样构造环境中, 在北东—北东东向压应力作用下, 西秦岭构造带的活动方式有所变化, 大部分断裂的活动趋于僵化或半僵化状态, 少部分断裂转变为左旋走滑活动。这些显示走滑活动的断裂组成了西秦岭北缘带第四纪以来断裂活动的主体——剪切带, 见图 1。

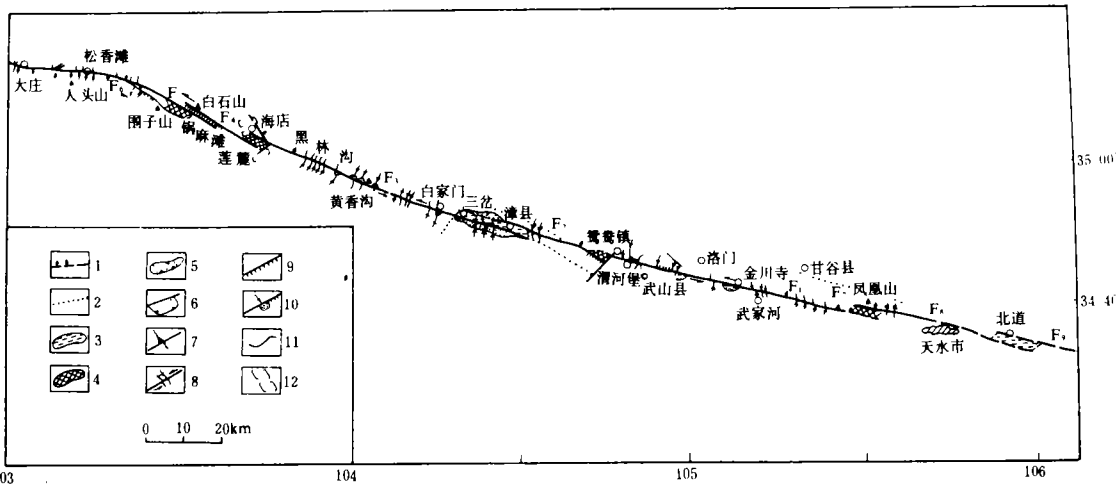


图 1 西秦岭北缘活动断裂空间分布图

1. 实测、推断全新世活断裂; 2. 弱活动断裂; 3. 拉分盆地; 4. 阶区分拉构造;
 5. 第四纪盆地; 6. 中更新世断陷盆地; 7. 断塞塘沉积及冲沟位移; 8. 冲沟水系位移;
 9. 晚更新世断层崖; 10. 洪积堆位移; 11. 古地裂缝; 12. 北北西向拗陷;
 F₁ 鸳鸯镇—凤凰山断裂; F₂ 酸刺湾—三岔断裂; F₃ 漳县断裂; F₄ 锅麻滩
 北侧断裂; F₅ 锅麻滩南侧断裂; F₆ 围子山—土房大庄断裂; F₇ 凤凰山北麓
 断裂; F₈ 凤凰山南麓断裂; F₉ 天水—宝鸡断裂;

Fig. 1 Space distribution of active faults at northern edge of western Qinling Mt.

图 1 中 F₁—F₆ 和 F₈—F₉ 断裂是西秦岭北缘断裂带内晚更新世乃至全新世以来主要活动断裂,它们呈左行雁列展布,总体走向为北西西,其断面呈高角倾斜,倾向不一。由于断裂的不连续,因此断裂之间形成了大小不同的 7 个阶区,其中主要有 4 个,它们是:北道阜阶区,位于 F₈ 和 F₉ 之间,控制渭河谷地,其内晚第四纪沉积厚度达 40 余米,至今仍在沉陷之中,沉积速率达 3.7mm/年^①;凤凰山阶区,分隔了凤凰山南麓和鸳鸯断裂,其间相对沉陷而成为拉分构造;鸳鸯镇阶区,分隔了鸳鸯断裂和漳县断裂,在阶区内沿滂沙河谷北东向张性正断层发育;莲麓阶区是漳县断裂与锅麻滩断裂的交替处,拉分沉陷明显。上述 4 个阶区阶距均大于 3km,将西秦岭北缘断裂带分隔成三段:西段为锅麻滩断裂带,由三条次一级断裂组成,地处高山区;中段为漳县断裂,由 F₂、F₃ 组成,在地貌上属于中高山区;东段为鸳鸯镇—凤凰山断裂,属中低山区。天水以东因未做详细工作,不属本文研究的范围。

3 西秦岭北缘断裂带的新活动特征

第四纪以来,西秦岭北缘断裂带的活动以左旋水平扭动为主,其垂直活动很弱。各种新活动标志明显,沿断裂带多处可见断层切割全新世地层,有的断层通天,有的仅被全新世晚期堆积物覆盖。沿断裂带山脊、河流、洪积锥扇、阶地、山麓坡积层及文化层等被平移错断的现象屡见不鲜。沿该断裂带线性地貌清晰,断崖、陡坎发育,古地裂缝、地震崩积楔、坡积楔、

① 滕瑞增等,祁吕系西翼褶皱带地震地质考察研究报告,1980.

充填楔、断层楔及断塞塘淤积分布较为普遍。

沿鸳鸯镇——凤凰山断裂的中段，不同时期形成的黄土梁脊和大小河沟被平移，二级阶地也被错断，在武家河附近，河床被左旋平移 24m，二级阶地出现挠曲，南侧砾石层底面与北侧高差 3.9m，同时有 0.7m 错距。以断层为界两盘砾石层厚度相差 1.7m，表明在砾石层沉积过程中断层即发生过错动(图 2)

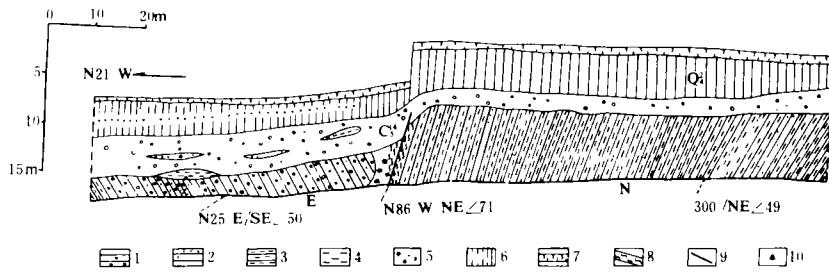


图 2 武家河鸳鸯断裂水平和垂直位移素描

Fig. 2 Sketch of horizontal displacement of the Yuanyangzhen—Fenghuangshan fault.

在北坡寺，断层活动显示异常强烈，并形成中更新世以来的山间断陷小盆地，控制河沼相沉积，全新世构造形迹甚为明显。在渭河北岸武山一带，多处可见断层切割了三、四级阶地，四级阶地顶面垂直断距为 10.8m，底面为 20m，三级阶地顶面为 4m，底面 14m 左右，表明在阶地形成过程，断层持续活动，见图 3。

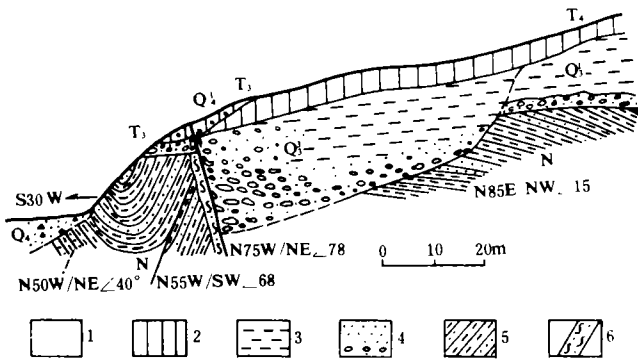


图 3 刘家庄西北鸳鸯断裂错断三级阶地

- 1. 坡积黄土层； 2. 风成黄土； 3. 冲积亚砂土；
- 4. 砂砾石层； 5. 泥岩夹砂岩； 6. 断层泥

Fig 3 The third terrace faulted by Yuanyangzhen—Fenghuangshan fault at northwest Liujiashuang.

在渭河堡，鸳鸯断裂错断三级阶地，形成了晚更新末至全新世初期的典型断塞塘淤积，断层带上遗留下清晰的地震崩积楔、地震充填楔及可能是公元 143 年甘谷 7 级地震时造成的地裂缝充填，如图 4 所示。值得指出的是，由于断裂的多次活动，至使早期地震崩积楔和淤积层再次遭受错动，留下密集的劈理面和错动面。

漳县断裂东起鸳鸯镇，西至海店峡，长 100km，其间有一处不连续段并形成了漳县拉分盆地，全新世活动断裂在盆地中间地带，沿漳河南北两岸

通过。在漳县西南，漳河三、四级阶地被错并平移了阶地内大小冲沟，最大位移达 60 余米，一般在 30—40m 之间。在壑岘实测三级阶地垂直断距为 20m，切割了阶地面上全新世中期(5000 年)形成的坡积层，地震断层楔清晰可辨。在白家门附近，可见中更新世阶地砾石层与

第三系呈断层接触,沿断层带冲沟左旋平移 30.8m,断塞塘淤积、地震崩积楔及地震坡积楔甚为清楚,如图 5 所示。

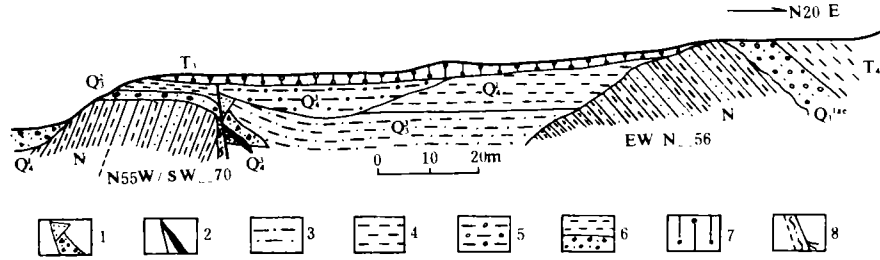


图 4 渭河堡断塞塘淤积及地震崩积楔充填楔地裂缝充填

- 1. 地震崩积及充填楔; 2. 地震裂缝充填; 3. 黄绿色断塞淤积;
- 4. 灰褐色断塞淤积; 5. 坡积层含陶片炭灰; 6. 阶地砾石层及冲积亚砂土;
- 7. 坡积含磁片; 8. 断层及断层泥

Fig. 4 Fault pit, collapsed and sedimentary wedge, filled wedge and ground fissures in Weihebao.

漳县断裂进入车厂沟、黄香沟、黑林沟一带,形成一系列断层谷地,一系列大小冲沟被错断,最大位移量达 160 余米,最小即最新的位移量仅 7m。沿断裂多处可见断塞塘沉积。

锅麻滩断裂是西秦岭北缘断裂带西段的主干断裂,它由三条次一级断裂斜列组成,它们之间不连续地段的活动显示异常强烈,断裂端点的扩张发展十分明显突出。经实地考察 1936 年康乐——临潭间 $6\frac{3}{4}$ 级地震即是 F。断裂东端扩张活动的结果。断层新的扩张主要显示,形成全新的破裂带和全新的断层地貌。断裂切割了 5000 年前形成的坡积层和阶地堆积,断错二级阶地,其垂直断距 2.3m,水平位移达 8m;断层崖下倒石堆(冲积锥)左旋平移了 11m,冲沟水系普遍被错移,一般位移量为 20—

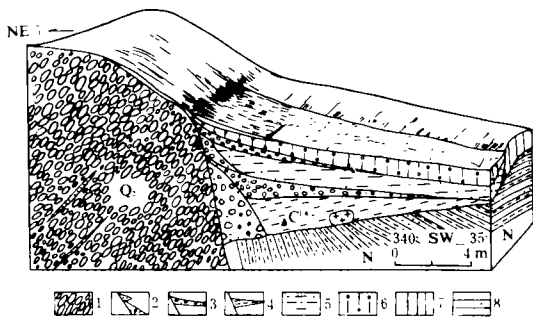


图 5 白家门南西 500 米漳县断裂两次古地震事件构造剖面图

- 1. 卵石层; 2. 地震崩积楔; 3. 地震坡积楔;
- 4. 地震淤积楔; 5. 淤坡积壤土层; 6. 坡积次生黄土层;
- 7. 风成黄土; 8. 泥岩夹砂岩;
- 9. C¹⁴炭样位置(13550±320 年)

Fig 5 Section of two paleoearthquakes on the Zhangxian fault being 500 m distant at southwest of Baijiamen.

30m,有的达 40—70m,最大达 190m,这此数据分别代表晚更新世以来不同时期的错动量。沿该断裂带古地震裂缝时有所见,如在大槐沟主断裂一侧的灰岩中,发育有帚状古地裂,灰岩地裂缝未遭溶蚀,说明其形成的时间很晚。人头山下“窗棂脊构造”比较引人注目,断层槽清晰。经探槽揭露,从剖面上可见,其新活动极为明显,如图 6 所示。

根据实测到的 270 余个断层活动数据,大致可划分出五个不同时期的断层位移量:晚更新世早期以来的位移量为 250—300m;晚更新世中期以来的位移量为 70—180m;晚更新世末期位移量为 40—60m;全新世早期位移量为 20—30m;全新世中期以来的位移量为 7—

11m。由于断裂活动是不均匀的,不同地段受不同环境及介质条件等诸因素的影响,其活动强度的差别显著,因之上述断层的活动数据不是绝对的。

根据实测断层活动数据初步计算出西秦岭北缘断裂带几条主要活动断裂的活动速率,见表1。

表1

断裂名称	垂直活动速率(mm/年)	水平滑动速率(mm/年)
鸳鸯镇—凤凰山断裂	0.44	2.8
漳县断裂	0.54	2.54
锅麻滩断裂	0.72	2.10

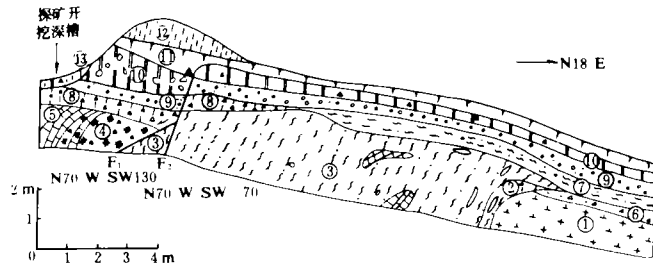


图6 松香滩1号探槽西壁素描图

1. 灰绿色花岗闪长岩; 2. 黑色黄褐色断层泥; 3. 黑色断层泥; 4. 断层碎裂岩; 5. 含铜灰岩; 6. 花岗闪长岩残积层; 7. 坡积层; 8. 含砂土角砾层; 9. 坡积层; 10. 含砾黄土层; 11. 腐植土层; 12. 人工堆积土; 13. 充填土; 14. ▲C¹⁴样位置; 15. ×CT热释光样位置 (C¹⁴: 5482±60; CT: 12540±2500)

Fig 6 Sketch of western wall of No. 1 test pit at Songxiangtan.

4 古地震与地震周期

沿西秦岭北缘断裂带内的全新世活动断裂多处发掘出古地震遗迹。诸如渭河堡断塞塘、壑岷断层楔、白家门断塞塘、黄香沟多次断塞淤积及松香滩地震沟槽等。通过探槽揭露及淤积物测年分析,自全新世以来断裂的活动可以分为三个活动期:早期活动时间约在10000—13000年,表现为普遍接受一次断塞淤积;中期活动约在4500—6000年,表现为断裂错动了早期淤积层并再次接受了新的淤积,有的断裂切割了一

级阶地;第三活动期即为历史强震活动时段,此期间发生了公元143年甘谷7级地震,公元前193年临洮6—7级地震和公元前47年陇西6 $\frac{3}{4}$ 级地震,最晚一次是1936年康乐南西6 $\frac{3}{4}$ 级地震。其中有的因震中不确切,很难说明是本带活动的结果。

西秦岭北缘断裂带地震活动强度一般,周期长达5000年左右。尽管其地震活动是不均一的,但大致有相对的统一活动周期和活动期次。根据历史地震和古地震发掘研究认为,鸳鸯镇—凤凰山断裂发生了143年7级地震,其第三活动期已结束。沿漳县断裂未发现全新世晚期古地震遗迹,加之历史时期缺震,将该段划为未来强震危险区^①是正确的。锅麻滩断裂全新世早、中期古地震遗迹较明显,未发现全新世晚期古地震遗迹,而且1936年6 $\frac{3}{4}$ 级地震震级偏小,因此该断裂活动可能仍处于第三活动期内,今后有可能发生强震。

① 滕瑞增等,南北地震带北段地震地质特征及强震危险区判定初步意见,1985.

5 结论

综上所述,可以得出以下几点初步结论:

(1)随着青藏高原的崛起与南北向、北北西向构造的强烈活动,西秦岭北缘断裂带自第四纪以来其力学性质由挤压演化为左旋扭动。

(2)在西秦岭北缘断裂带内,表现为强烈水平扭动特征的断裂仅限于少数高角度逆冲断裂。几条主要断裂组合成左旋左阶剪切带,在从天水至太子山将近 300km 范围内,可以划分出 4 个主要阶区,分隔成若干个构造段。

(3)断裂活动方式从中更新世开始演化,晚更新世活动加剧,全新世仍在活动。由于这些断裂的活动,使不同地貌单元的阶地、冲沟、水系、山脊及全新世堆积被平移错动,齐家文化层(距今 3000—4000 年)亦受其影响。

(4)晚更新世以来断裂的水平滑动速率为 2.1—2.8mm/年,垂直滑动速率为 0.4—0.7mm/年。断裂的水平活动显示东强西弱,垂直活动则与其相反。

(5)据古地震发掘结合历史地震研究结果,可以认为西秦岭北缘断裂带的活动强度一般,最大震级与各个构造段规模相对应,地震活动周期长(约 5000 年),有的构造段已进入地震复发周期。

(本文 1993 年 9 月 15 日收到)

参考文献

- 1 李四光. 地质力学概论. 北京: 科学出版社, 1973.
- 2 李四光. 旋卷和一般扭动构造. 北京: 科学出版社, 1955.

RECENT ACTIVITY CHARACTERISTICS OF THE FAULT ZONE AT NORTHERN EDGE OF WESTERN QINLING MT.

Teng Ruizeng, Jin Yaoquan, Li Xihou, Su Xiangzhou
(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB Lanzhou 730000*)

Abstract

In this paper, based on the filling active faults in geologic map with large scale in recent years, the authors present the basic activity characteristics of the fault zone at northern edge of western Qinling Mt. since late Quaternary period, and study the spatial distribution, geometry and kinematics characteristics, slip rate of fault, paleoearthquake and seismic recurrence period. The results show that the active way of the fault zone changes from compression to left-lateral slip since Quaternary period, with a horizontal slip rate 2.1—2.8mm/year and a vertical slip rate of 0.4—0.7mm/year. The recurrence period of earthquake is about 5000 years in the fault zone.

Key Words: Fault zone; Northern edge of western Qinling Mt.; Fault displacement;
Earthquake recurrence period