

# 浅谈草滩地震

余永安

(西安市地震办公室)

1977年8月23日,西安市北郊草滩公社发生2.9级地震,9月5日又在同一地方发生2.2级地震。震后现场考察结果表明,两次地震在宏观上可视为同源地震,它们的震中位置基本一致,极震区未造成破坏,但有感范围比较大。特别值得注意的是,震后西安地裂缝日趋明显,并不断向两侧扩展,市区从南向北清楚地显示出五条北东、北东东向规则排列的地裂缝,地面建筑及各种工程设施均遭受到不同程度的破坏,引起了社会上的广泛重视,地震工作者更为关切。因为它既可能造成震害,又直接影响到社会主义建设事业,本文就草滩地震的一些基本情况提出几点粗浅看法。

## 一、现场考察的烈度分布特征

草滩2.9级地震主要的基本参数为:发震时刻:1977年8月23日04时05分32秒;震中位置:北纬 $34^{\circ}25'$ ,东经 $108^{\circ}58'$ ;震源深度5公里;震级( $M_s$ ):2.9级;震中烈度:Ⅴ度。

地震发生后,西安市地震办公室组织各区、县地震办及30多个群测点、七十多人现场进行了考察,陕西省地震局也派人指导。考察结果表明:这次地震有感范围比较大,面积大约为1011平方公里。东至临潼县西泉公社,西至咸阳市窑店公社,北至高陵县通远公社,南至西安市南郊的曲江公社。等震线大体呈北东、南西向伸长的椭圆形,长短轴之比约二比一。

震中烈度为Ⅴ度。范围北至高陵县的崇皇公社,南至西安市北郊谭家公社,东至东郊耿镇,西至咸阳市红旗公社,呈北东 $40^{\circ}$ 左右椭圆形,长轴约20公里,短轴约12公里。Ⅴ度区面积约为176平方公里(图1)。

Ⅴ度区内的主要现象有:睡觉的人大部分被惊醒,听到了如墙倒、爆破似的沉闷响声,感到炕或床被拱起,先上下颠簸,后左右晃动,房屋掉土,木屋架作响,顶棚闪动,部分墙皮脱落,一些家具等生活器皿发出互相碰撞声,这在极震区草滩公社、水流公社尤感明显。建筑物及地面没有破坏,人畜无伤亡。

草滩地震的特点是震级小,有感范围偏大,对于象西安这种几百万人口的大城市来说,其社会影响是很大的。

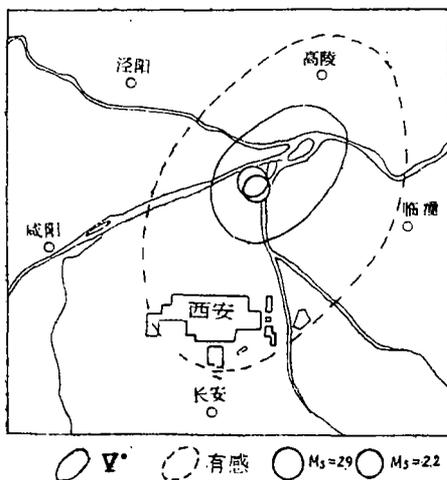


图1 西安市草滩2.9级地震等震线图

## 二 影响地震烈度分布的因素与发震构造

2.9级地震与2.2级地震的等烈度线形状相似，这表明两次地震的发震断层、断层位移相同，其地震烈度受到相同的介质条件，构造条件和场地条件的制约。

### (一) 场地条件

场地条件包括地貌、水文地质和表土特性。草滩地震的烈度分布比较规则，Ⅴ度区内地势平坦，正好处于泾、渭、灞河交汇处，表土为饱和的砂、粘土，地下水位埋藏很浅，一般只有几米。

### (二) 地质构造条件

草滩地震发生在西安市北郊渭、泾、灞、泾河汇合的西南边缘。区内出露地层全是第四系全新统晚期的砂砾、砂及砂质粘土，地貌上属渭河河漫滩与一级阶地。第四系地层之下为第三系砂砾岩夹泥岩，基底为前寒武系片麻岩、混合岩及花岗岩体。

1、西安地区在构造上属于渭河断陷盆地中次一级构造—西安凹陷东北与骊山断凸的接合部。新生代以来强烈拗陷，沉积了巨厚的新生界地层，第四系平均厚度达600米以上。西安凹陷中又有更次一级的小凹陷，西安市正好处于新筑、耿镇小型凹陷与斗门小型凹陷之间的过渡地带。草滩地区处于新筑—耿镇小型凹陷的边部，第四纪沉积厚度超过800米（图2）。

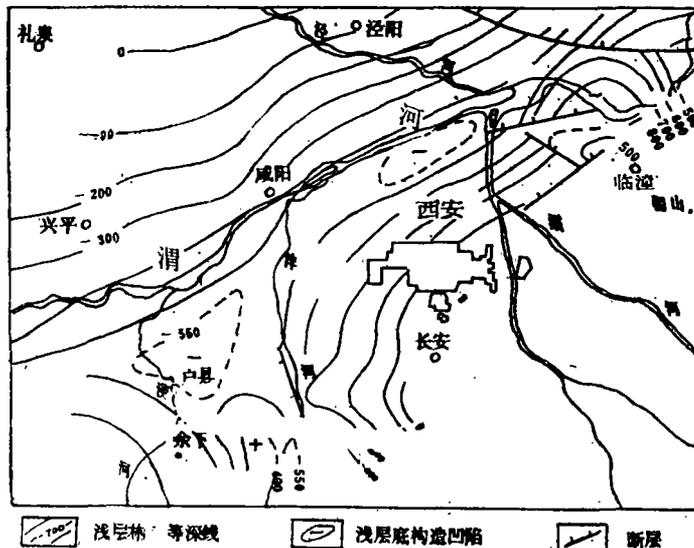


图2 西安地区地影反射浅层构造图（据三普资料）

2、西安地区整个新生代期间断裂活动强烈。第四纪以来，新构造运动仍十分活跃，表现出新的断块运动，致使老断裂进一步活动，并出现一系列第四纪及现代正在活动着的断层。据地面地质、地球物理勘探、地震反射探测、卫片解译所知，这些断裂主要有四组（图3），以东北和北东向构造为主，北西居次，前者发育早而强烈，后者迟而缓和。位于新筑—耿镇小型凹陷边部的草滩地区断裂发育，既有近东西向的渭河大断裂，也有北西、北北西向灞河、泾河主干断裂，同时存在着两个方向的次级新生代断裂。第四纪以来断层活动强烈，渭河大断裂断开第四系100米以上。

### (三) 烈度分布与发震构造

地震的烈度分布与地震断裂（即发震构造）的走向、倾向、破裂方式有直接关系，同时也受介质

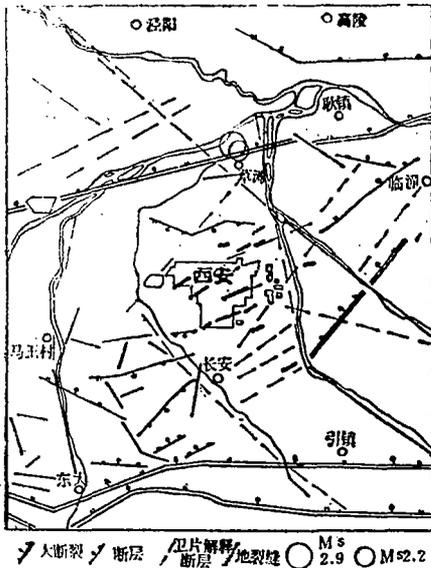


图3 西安地区断裂构造图

中曾发现过掩埋型古裂缝, 部分建筑物上也有表现。如位于北郊辛家庙地裂带南400米处1—2米厚人工填土层之下, 是北东东走向、长度超过20米的裂缝。位于城西南郊的带钢厂地裂带西侧、西工大防空洞内三条间距为250米的北东向地裂缝, 类似情况在铁炉庙—吉祥村地裂带的中段、小寨西北建工学院内也有发现, 疑是华县大地震留下的古裂缝。1977年草滩两次地震之后, 开始在市区南北逐渐显示出长约2—12公里的五条北东、北东向等间距排列的地裂缝。草滩地震与西安地裂缝的关系: 其一, 西安地裂缝主要受草滩地震的影响逐渐成形。其二, 根据几年来我们对西安地裂缝的观测和研究, 地裂缝活动的方式总的表现为南盘下降的正断层, 伴有侧向扩张, 有的上盘(活动盘)显示有少量左旋分量, 似乎走向北 $70^{\circ}$ ~ $80^{\circ}$ 东或更接近东西走向者滑动分量较明显, 走向偏北者则走向滑动分量小或不显, 总的反映张性活动特点, 与华北区构造应力场完全一致。值得注意的是地裂缝的产状与石油勘探所揭示的基底断裂与盆地边界断层以及第四系黄土中断层的产状、与草滩地震可能的发展断层都有着惊人的一致性, 看来绝不是偶然的。

2、西安地区历史上曾发生过四级以上中、强地震十多次, 最大一次地震是1568年5月15日 $6\frac{3}{4}$

级地震。四级以上中强地震的特征是: ①伴随渭河地震带活动高潮期发生, 从1607年10月2日 $4\frac{3}{4}$ 地震之后到现在的近四百年间地震活动水平很低。②震中位置基本上都在市区东北角新筑—耿镇凹陷周边。近几年来, 西安地区小震活动大致沿西安—耿镇—阎良北东向条带分布。无疑这些地震多与活动断裂密切相关(图4)。

草滩地震的震源深度为五公里, 即已接近第三纪地层底部, 其岩性主要是砂砾岩、砂岩夹泥岩, 成岩作用稍差, 因而弹性模量相对小些, 同时该区由于历史上曾发生过十几次中强地震, 因而基岩也较破碎。这就说常, 这种塑性较大的岩石本身不足以积累较大的应力, 而只能形成缓慢蠕变。当然, 从岩石缓慢的塑性变形直到瞬间的破裂可能同时发生, 在后一种情况下同时伴有地震; 当发生塑性变形时, 或者完全无震, 或者仅有弱震。草滩地震及西安地裂缝这种长周期的连续性活动可能是现今新构造运动的一种表现形式。

3、草滩地震及近几年来西安所发生的小震活动沿西安—耿镇—阎良呈北东向分布, 这与历史上中强地震主要集中在西安、灞桥以北三河汇集区有一致性。该区第四纪以来为强烈拗陷区, 近年来的

条件的制约。利用经验公式 $M = (0.68 \pm 0.03) I_0 + (1.39 \pm 0.17) \lg h - (1.40 \pm 0.29)$ 所计算的极震区烈度与现场实际考察所定烈度基本相符, 而试用 $\lg R = 1.03M - 2.97$ (式中R为有感区长轴之一半)计算, 震级比台网所定震级大一级。所以草滩地震有感范围偏大可能与表层较松散、富水的土质条件及断层破裂方式有关。草滩两次地震等震线呈规则的椭圆状, 长轴方向为北东向, 极震区两侧的等震线基本对称, 考虑到地质构造部位, 推测震源断面走向为北东向, 断面近乎直立, 水平错动为主, 因此, 发震构造可能与渭河大断裂次级断层的新近活动有关。

### 三 几个问题的讨论

1、草滩地震在极震区未产生明显震害, 但震后几年来, 西安地裂缝却不断发展, 地面破裂日趋成规则的北东东、北东方向展布。地震之前, 在工程开挖

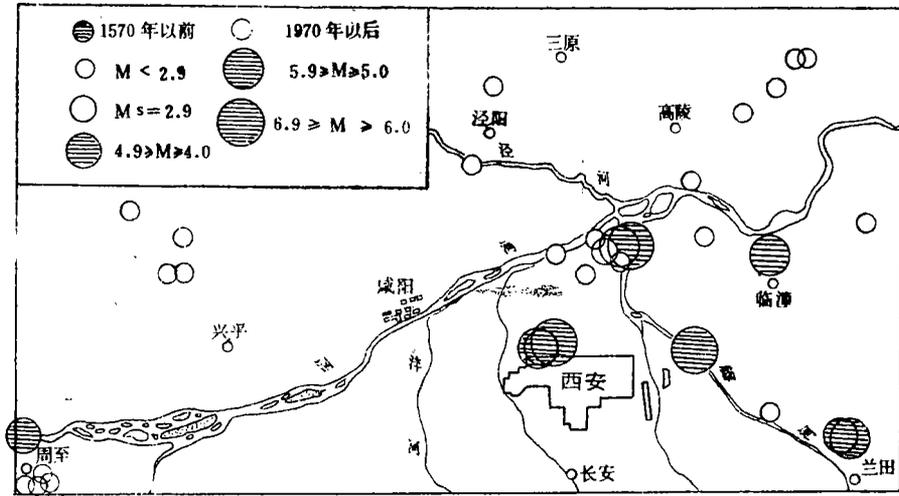


图4 西安地区地震震中分布图

形变资料表明仍以下沉为主。因此，垂直应力和水平应力叠加后是有“促震效应”的。另一方面，与整个西安凹陷布格重力负异常相反，这个小型凹陷却为布格重力正异常区，草滩地震及以前的历史地震就发生在正负异常过渡的梯级带上。

4、地面地质及各种地球物理资料表明，在西安地区明显存在着一个沿北西南方向边界相同的狭长区域。在这个狭长地带内，各种地球物理勘探资料基本相符，地震反射资料所确定的新生代断裂从中新世开始至第四纪中曾有规律的发生过三次地区上的迁移，可能预示着在西安凹陷中存在着东北西南方向的应力源传递现象，而第四纪至现代东北凹陷区断裂及地震活动明显比西南强烈，说明目前应力活动主要集中在东北区，而从西安地裂缝向西南方向扩展速度相对明显，是否预示着应力活动有向西南迁移的态势。继草滩地震发生后，1982年6月在周至曾出现小震群活动，这种现象和地质构造部位比较符合且具有震源孕育的组合模式中调整单元的性质。简言之，如果把西安凹陷的两端—西安、周至作为未来强震发生的调整单元，其中间比较平静的地段作为能量积累单元，将会有助于我们予测未来强震发生的可能地段。

### 参考文献

- [1] 陈培善等，震源机制与烈度分布的关系，地球物理学报，18，1，1975。
- [2] 陈培善等，用位错模型研究震级与烈度的关系，地球物理学报，18，3，1975。
- [3] 郭增建等，从水平力和垂直力的相互作用讨论我国境内地震的孕育和发生，地球物理学报，20，8，1977。
- [4] 郭增建等，震源物理，地震出版社，1979。
- [5] 李善邦，中国地震，地震出版社，1981。
- [6] 刘景文等，试论西安地裂缝与地震，史前地震与第四纪地质文集，陕西科学技术出版社，1982。