

渭河盆地地震活动的一些特点

李 博

(陕西省地震局)

地震地质和历史地震活动都表明渭河盆地是一个新构造运动剧烈的强震活动区。但自1568年5月15日西安附近6 $\frac{1}{4}$ 级地震至今413年,该区再未发生5 $\frac{1}{4}$ 级以上地震,目前的微小地震活动水平也非常低,每月能定震中的地震平均只有一、二次,震级 M_s 大都小于2级。这类似于1923年日本关东大地震的附近地区,代表着一种类型的地震活动区。本文根据历史强震和当前微弱地震的有限资料,对此地区的地震活动特征作一初步分析。

一、历史强震的活动特征

从公元前1177年起,本区有记载的5 $\frac{1}{4}$ 级(7度)以上地震共14次,其中6级以上地震有700到800年的复发周期。在能量释放上表现为在相对较短时间内的集中释放,如1487年到1568年约80年的时段内,就发生了1487年临潼6 $\frac{1}{4}$ 级、1501年朝邑7级、1556年华县8级和1568年西安6 $\frac{3}{4}$ 级等一串地震。能量积累的时间长,释放的时间较集中是本区地震活动的突出特征。

渭河盆地位于山西隆起区断陷地震带的最南端,在地质构造上和该带其它断陷盆地有着成因上的联系^[1]。在地震活动上,丁韞玉等同志指出,该带6 $\frac{1}{4}$ 级以上地震及其相应的中等地震的集中活动区在空间上有较明显的迁移现象¹⁾,刘正荣同志分析了1556年华县大震前地震活动在时间和空间上的“填满”特征^[2]。对于几百年前的历史地震,没有精细的地震资料可供使用,但对陕西关中及其邻近地区,明朝以来有感地震遗漏的可能性不大。图1给出了1487年临潼6 $\frac{1}{4}$ 级、1501年朝邑7级、1556年华县8级和1568年西安6 $\frac{3}{4}$ 级地震发生以前,在它们附近发生的有感地震震中分布。可以看出,震前的地震活动随时间呈现出明显的起伏,其时间尺度和主震震级有关。临潼6 $\frac{1}{4}$ 级地震前,从1481年2月到1485年为地震活动加强阶段,其间共发生6次有感地震。其后到1487年8月10日主震止为平静阶段,其间未发生一次有感地震。假如把这两个时段之和认为是主震之前应力集中的异常阶段,那么异常时间约为6年半。朝邑7级地震之前,从1492年10月10日到1496年1月28日为地震活动增强阶段,其

1) 丁韞玉等:关中地区及其邻区的地震活动特征(打印稿)

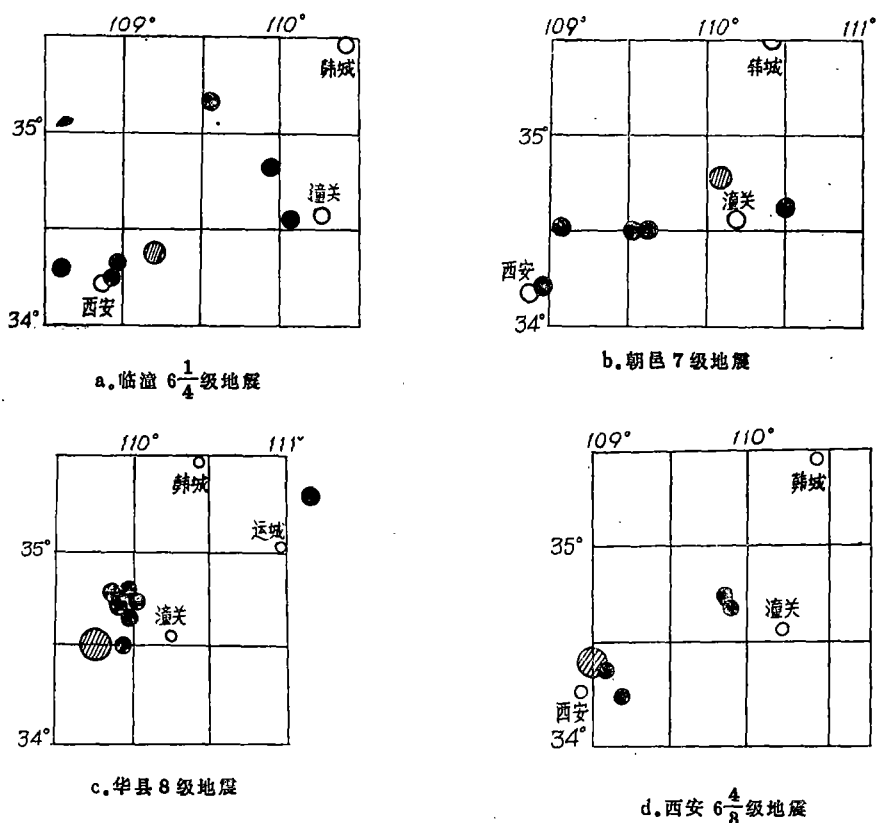


图1 临潼等历史地震前震中分布

间共发生 5 次有感地震。其后到 1501 年 1 月 19 日主震止为平静阶段，其间仅 1500 年 7 月 6 日山西荣河发生一次有感地震，异常时间为 8 年 2 个月。华县 8 级地震之前，从 1530 年到 1543 年 12 月 8 日为增强阶段，其间共发生 6 次有感地震（二次是震群），其后到 1556 年 1 月 23 日主震止为平静阶段，其间仅 1553 年山西运城发生一次有感地震，异常时间约 26 年。西安 $6\frac{4}{8}$ 级地震之前，地震活动增强阶段因和华县 8 级地震的余震阶段相混，难于判断。但从 1561 年到 1568 年 1 月兰田 5 级地震（1568 年 5 月 15 日主震的直接前震）止是平静阶段，其间未发生一次有感地震，异常时间大于 7 年。考虑到历史地震资料和折算震级的粗糙，对应不同震级地震的前兆异常时间，基本符合力武常次从十一种其它前兆现象所得出的对数关系(1975)。这个结果对判断本区大震的长期活动趋势有一定实用意义。

二、近期微弱地震活动特征

图 2 示出了 1970 年以来用仪器定位的陕西省微小地震 ($M_s \geq 1.5$) 震中分布图。可以清楚地看出，地震较集中地分布在北东走向和北西走向的两个相互交叉的条带中，且以北东带为主。在陕西境内北东带北起韩城、澄城南至石泉；北西带北起陇县、千阳南至旬阳。显然，这是原有的地壳破裂，在北东东——南西西方向主压应力作用下活动的结果，描述了目前陕西省微弱地震的主要活动图象。应当指出的是，这和陕西省断裂构造的总体组合方向是

一致的, 反映出走向北东和北西的两组断裂构造基本控制着目前陕西境内的微小地震活动。

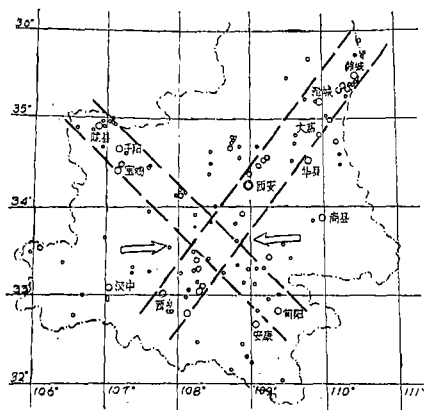


图 2

征现象说明渭河盆地的区域应力场和华北等更大范围的应力场存在着一定的联系, 从而在地壳变动乃至地震活动上表现出来, 这是地震活动分析中应该注意的现象。

为了研究历史上 6 级以上地震和目前微小地震活动的空间关系, 我们取大小为 34° — 36° N, 108° — 109° E 的空间范围, 其中的震中分布表明, 历史上大震 ($M \geq 6$) 集中活动的地区正好是目前微小地震活动的平静区 (图 3), 此区与 1556 年华县 8 级大震的Ⅱ度烈度区基本一致, 长轴约为 300 公里。假如此平静区并非真正的无震区而是在积累着能量, 那么按历史地震的能量积累速度 (图 4), 可知此平静区目前已积累了大约 6.5 级地震的能量。虽然这不同于地震活动性研究中的“空白区”概念, 但作为一种概念的推广, 可能反映着相似的力学本质。结合断裂构造来看, 近期关中东部的微小地震主要沿渭河盆地的北东走向北山断裂带分布, 而发生在 1556 年华县 8 级地震的近东西向的华山大断裂以及发生在 1501 年朝邑 7 级地震的盆地与朝邑横向隆起构造带交会部位的近南北向断裂, 目前显然是被某种尚不知的机制所锁住。对预报地震来说, 这个平静区 (或被锁住的断裂构造) 显然更应引起特别的注意。

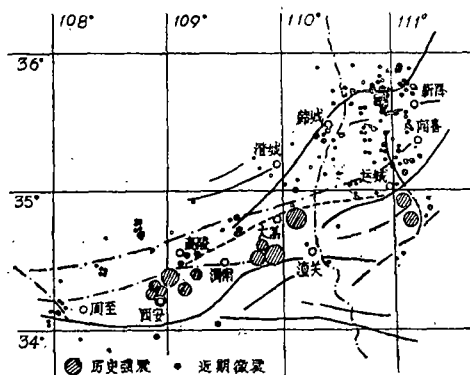


图 3 近期微震和历史强震的震中分布

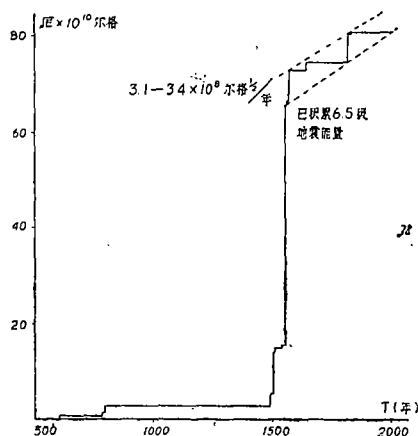


图 4 能量释放曲线

三、震源机制及其解释

渭河盆地的微小地震主要沿北东走向的北山断裂带分布。我们对其中11个 $M_s \geq 2.0$ 、P波初动符号较多的地震,求得了单个断层面解,对($35^\circ-36^\circ\text{N}$; $110^\circ-111^\circ\text{E}$)的86个微震求得了平均解¹⁾,结果见图5。可看出,压应力主轴的优势方位在北东东向,接近于东西向,倾角较大,比较陡直,张应力主轴一致性较好地位于北北西方位,接近于南北向,倾角较小,近于水平。以上说明,该区近期存在着一个比较均匀的构造应力场,它与大华北的区域应力场方向一致,且与地堑构造形成和运动的力学机制一致。由此可见,在华北大区域的地壳中广泛展布着一个统一的应力场,它不仅控制着近期发生的若干强震,而且也控制着一些地区的微小地震。在这一应力场的作用下,平行于最大剪切力方向的北山断裂带,其运动表现为右旋走滑兼有很大的倾滑分量,即断层东南一侧的块体相对北西块体向西南向上运动(图6)。在主要是张性构造的地堑中,它起码说明某些局部地带的抬升运动²⁾。国家地震局第二测量队的水准测量表明,近期在渭河地堑北缘地区出现了沿北东向主断裂方向的垂直形变隆起带,隆起值越接近晋南越大²⁾。这可作为以上推断的一个实测证据。

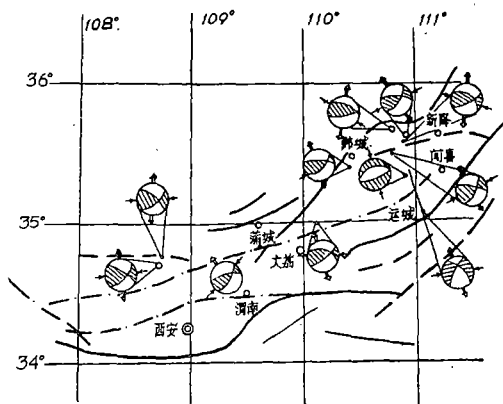
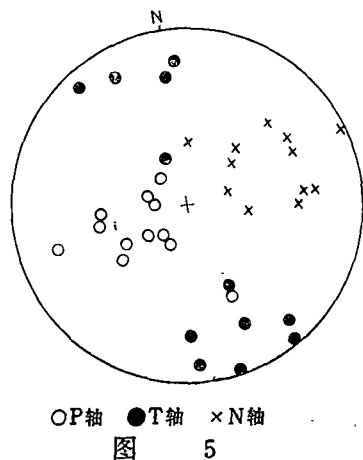


图6 北山断裂带的震源机制

四、讨 论

一、渭河盆地6级以上中强震具有700到800年的发生周期,但是在1487到1568年约80年的时间内,在一个不大的空间范围内却接连发生了四个6½级以上的地震,且其最大烈度区相互衔接,连成串(图7)80年的时段和复发周期相比,仅约占1/10,同一时期在渭河盆地甚或更大的地区再没有中强震发生,这表明这些地震孕育的过程和发震构造存在着某种内在的联系,并非相互孤立。通常人们认为大地震所需的应变能量是在很长的时间内逐步累积起来的,结合渭河盆地地震发生周期长的特点,可以设想这些地震是一个基本同一的时期内孕育起来的。在地震形成的物理过程中,力、介质和形变是三个最基本的要素。这些地震是在一个同一的应力作用过程中,只是由于相应地段的介质性质和构造贮能条件不同,才产生了不

1) 陕西地震队,陕西及其邻区的弱震机制

2) 兰州地震大队测量队,关中东部地形变概况和地震趋势意见

同的应变积累和决定了地震发生的先后次序。当然先前地震的发生对后续者的具体地点、时间乃至强度也会产生不可忽视的调整作用。

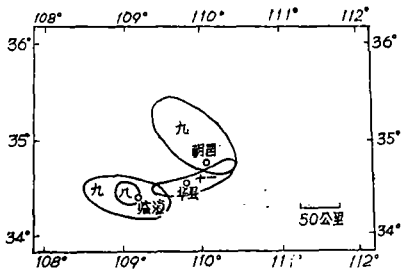


图7 1487、1501、1556和1568年四个6½级以上强震的最大烈度区

1556年的8级地震是发生在东西走向的盆地南侧深大断裂上或盆地内部东西走向的大断裂上。1501年的7级地震则发生在盆地内部凹陷地带和横向隆起构造带相交会的部位。而1487年的6½级地震和1568年的6¾级地震又发生在横穿盆地的北西走向的小尺度断裂上。尽管它们的构造性质不同，但在力学上的不稳定性却是共同的，产生地震上密切相关。这一现象在地震危险性判定上应引起注意。

二、根据近期微弱地震的震源机制，渭河盆地的区域应力场是近东西向的压缩和近南北向的引张。在这一应力场作用下，微弱地震大都发生在盆地上一些北东走向和北西走向的断裂上，而盆地南侧近东西向的深大断裂却异乎寻常的平静，微小地震都几乎没有。联系华北地区在同一方向应力场作用下，近年的一些强震大都发生在北东走向或北西走向的走滑断层上这一事实，可以设想区域应力场作用方向的改变，也许是渭河盆地发生强震的基本条件，或许象1556年华县8级地震这样的特强地震并非发生在盆地上东西走向的深大断裂上。

渭河盆地南沿的东西向秦岭大断裂，是一个差异运动的正断层，尤以盆地东段的华山断裂最为强烈，假如1556年华县8级地震真发生在这里。但从那时以来，尤其近代伴随地震的构造活动非常低，因此从构造物理上逐步探讨其活动机制非常必要。建议进行跨断层的形变测量，架设蠕变仪，进行地震、重力和地磁的探测工作等，否则研究工作是无法深入的。

五、结 论

目前渭河盆地（以及灵宝盆地）的微震平静区正好是历史上的强震活动区。假如此平静区并非真正的无震区是正在积累能量，那么按照历史地震的能量积累速度似乎已积累了6.5级地震的能量。但按历史上强震的时空活动特征，目前尚不到发震时间。微震活动平静似乎表明存在着某种“锁住”机制，但由于地震能量积累和释放的机制尚不清楚，目前尚不能对此作出解释。

微震震源机制表明，渭河盆地在大华北地区北东东向区域应力场的作用下，主要是走向平行于最大剪切力方向的北东向北山断裂带在活动，其运动表现为右旋走滑兼有很大的倾滑分量。微震的发生主要是由于地堑内某些局部地带的抬升，而并非地堑内部相对于两侧山地的沉降运动。

参 考 文 献

- [1] 邓起东等，山西隆起区断陷地震带地质条件及地震发展趋势概述，地质科学，1973，1
- [2] 刘正荣，测震学基础，科学出版社，233—234页
- [3] L. Ahorner, Present-day stress along major fault zones in central Europe,

SOME CHARACTERISTICS OF SEISMICITY IN THE WEI RIVER GRABEN

Li Bo

(*Seismological Bureau of Shanxi Province*)

Abstract

The historical strong earthquakes and the recent micro ones in the Wei River graben show some characteristics in time-spacial distribution, source mechanism, and in their relations to the fractured structure of this area and the stress field in larger area around. The study of these characteristics indicates that the main area of historical strong earthquakes is just the present quiet area where the stress of seismic monitoring should be put on. But there are no conditions for generating a strong earthquake at present.