

# 山西断陷盆地内强震的原地重复特点

武 烈

(山西省地震局)

## 摘 要

山西的一些断陷盆地是华北地震区内6级以上地震活动的重要场所。本文在详细研究每个6级以上地震的震中部位、烈度等震线特点、时间序列特征、发震构造走向后得出：在同一盆地内，6级以上地震原地重复发生，而且震级相近，时间间隔较短，发震构造走向正交或斜交，发震构造的类型也有所不同。

## 一、前 言

山西隆起区的轴部，展示着一系列的断陷盆地(以下简称盆地)。每个盆地长100~150公里，宽15~40公里。盆地的两侧发育了规模宏大的深大断裂，在盆地内部也发育了许多隐伏的断裂，如北北东、北东、北西及近东西向的活动断裂。它们既控制了盆地的基本格局，也影响着地震的分布。特别是6级以上的地震(以下简称强震)，几乎均分布于各盆地之中。在现代构造应力场的控制下，活动断裂的水平滑动及围限断块的差异性升降运动，构成了山西隆起区构造运动的两种主要形式。不同的构造部位，形成不同的应力状态。王春华等所做的汾渭断陷带现代构造应力场的模拟实验表明，应力的集中区和强震的分布基本吻合<sup>[1]</sup>。本文将详细分析山西境内一系列强震发生的特点以及孕震构造特点。

## 二、各个盆地内强震原地重复发生

根据《中国地震目录》<sup>[2]</sup>，山西境内发生 $M \geq 6$ 级的强震15次(图1)。

从图1可以看出，6—6.9级地震和7—8级地震，相间密集地分布于各个盆地中。在同一盆地内发生的一些强震，不但震级相近，而且大部分震中位置相距较近(表1)。

同一盆地内相近的两次强震的破坏区和极震区均重合30%以上，有的高达100%(见表1及图3—7)。

一次强震的震源体的空间范围如何确定，目前尚无统一的概念。笔者认为，对浅源地震而言，一次强震在地表造成的破坏，其极震区的范围，可以认为是震源体在地表的投影，极震

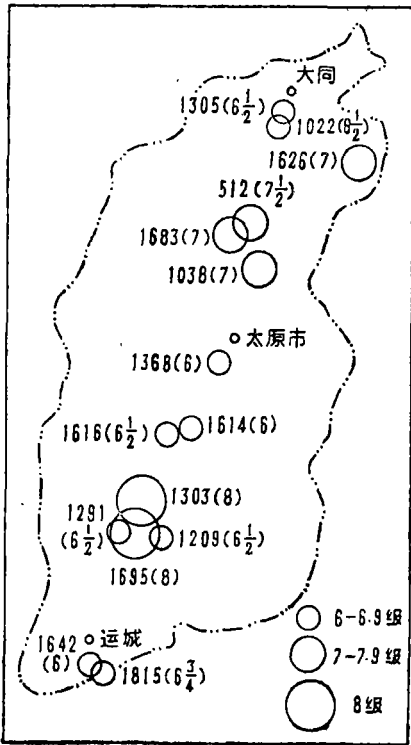


图1 山西6级以上强震分布图

Fig . 1 Distribution of the strong earthquakes ( $M \geq 6$ ) in Shanxi province.

同一盆地内两次强震破坏区面积重合比例表

表 1

| 盆地名称 | 重合的地震                                          | 烈度等线重合面积比例 |        | 距 离  | 不重合的地震   |
|------|------------------------------------------------|------------|--------|------|----------|
|      |                                                | 破坏区(%)     | 极震区(%) |      |          |
| 大同盆地 | 1022应县 $6\frac{1}{2}$<br>1305怀仁 $6\frac{1}{2}$ | 95         |        | 10公里 | 无        |
| 忻县盆地 | 512代县 $7\frac{1}{2}$                           | 60         | 30     | 30公里 | 1626灵邱 7 |
|      | 1683原平 7                                       |            |        |      |          |
|      | 1083定襄 $7\frac{1}{4}$<br>1683原平 7              | 60         | 45     | 30公里 |          |
| 太原盆地 | 1614平遥 $6\frac{1}{2}$<br>1618介休 $6\frac{1}{2}$ | 30         |        | 30公里 | 1368徐沟 6 |
| 临汾盆地 | 1303洪洞 8<br>1695临汾 8                           | 60         | 65     | 40公里 | 无        |
| 平陆盆地 | 1642平陆 8<br>1815平陆 $6\frac{3}{4}$              | 100        | 100    | 15公里 | 无        |

区的长轴长度可认为是发震断裂的长度。如果两次强震的极震区面积重合30%以上，而且他们的震源深度相近，则可认为这两个强震的震源体是重合的。上述六组11个强震，其深度均在12~17公里之间的康氏面以上的花岗岩层中，这是山西一系列盆地内强震发生的优势深度和层位，极震区的面积均重合30%以上，有的高达100%。上述五个盆地中的六组强震，均可认为它们的震源体是重合的，或者说是原地重复发生。需要说明一点，临汾盆地内1209年浮山 6 ½级，1291年临汾 6 ½级地震应属洪洞 8 级强震的前震系列，故未单独分析。

### 三、原地重复的两次强震时间间隔较短

山西各个盆地内一系列的强震，均发生于华北地区历次地震活跃期中，与华北较大范围内应力场的加剧以及华北块体整体性运动有关。对每个强震而言，应有一定的积累应变能的孕震期。关于强震原地重复时间问题，丁国瑜提出强震可能原地重复，只是时间尺度要大，大于我们使用资料的一两千年。郭增建等从热学角度提出强震的原地重复时间，应包括原来震源体内岩石的降温时间和重新积累应变能的时间<sup>[3]</sup>。显然，上述的研究结果，应该是对同一震源体内，同一发震断裂而言的。从山西各个盆地内一系列强震的时序列图分析（图2），同一盆地内，原地重复的两次强震，除512年代县7级和1683年原平7级地震时间间隔较长外，其它几组时间间隔均较短，远小于第一个强震前的和第二个强震后的平静期。假如两个重复的强震的震源体分别是两个独立的应变能积累单元，第一个强震发生后，它的应变能积累单元解体，开始积累第二个强震的应变能，虽然应变能的积累速率可能不同，但是在较短的时间内无论如何也不可能积累成强震。所以，山西各个盆地内，原地重复的两次强震时间间隔较短，可能反映了这样一个事实，两次强震是同时积累应变能的，它们的闭锁结构有着密切的联系，或者说第一个强震发生前的较长时间，早已开始积累第二个强震的应变能了。

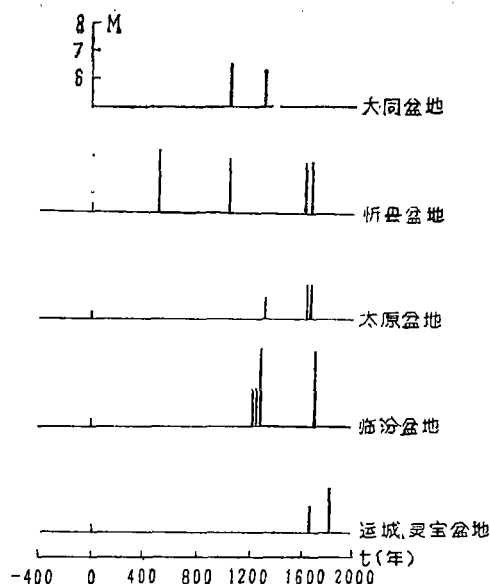


图2 山西各盆地6级以上强震时间序列图

Fig. 2 Temporal and spatial distribution of the strong earthquakes ( $M_s \geq 6$ ) in Shanxi basins.

### 四、原地重复的两次强震烈度等震线走向呈正交或斜交

图3—7表明<sup>[2], 1)</sup>，11次强震的烈度等震线走向分为两组，一组是北北东—北东

1) 武烈、贾宝卿、许良贵、冀贵成、山西境内七次强震及有关几个问题的讨论，1984。

东, 和所在的盆地走向一致; 另一组是北北西—北西西, 和所在的盆地走向正交或斜交。原地重复的两次强震的等震线走向均呈正交或斜交。这种情况, 绝非一种偶然现象。极震区沿着一定的走向跨越不同的地质、地貌单元, 显然是受控于发震构造的。

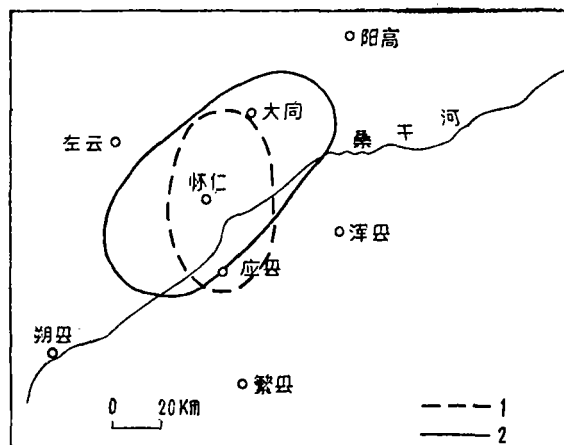


图3 应县、怀仁地震破坏区

1. 1022年大同—应县6 1/2级地震 2. 1305年大同—怀仁6 1/2级地震

Fig. 2 Destructive area of the Yingxian, Huairan earthquake.

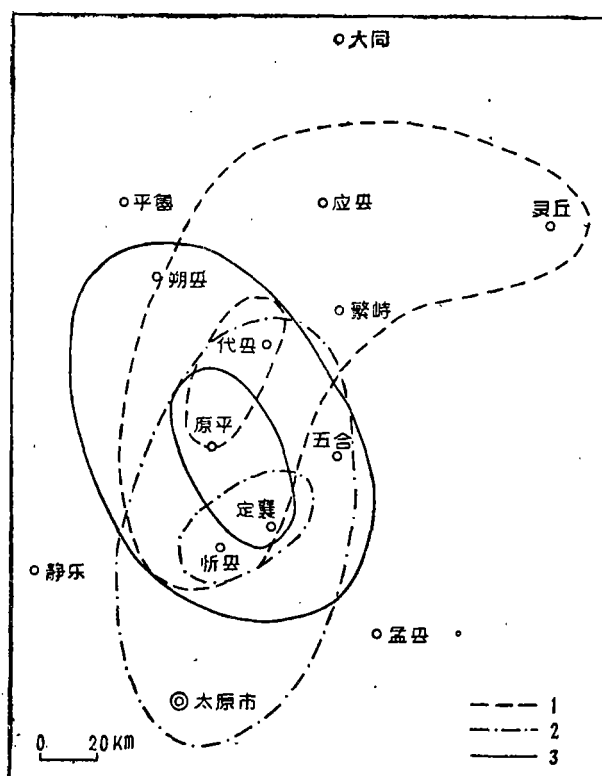


图4 代县、定襄、原平地震烈度等震线图

1. 512年代县7 1/2级地震 2. 1038年定襄7 1/2级地震 3. 1683年原平7级地震

Fig. 4 Isoseismal map of the Daixian, Dingxiang, Yuanping earthquake.

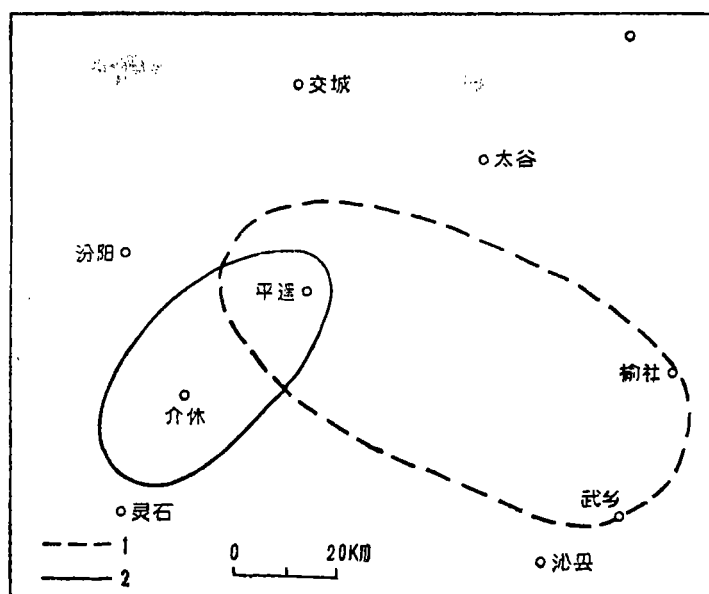


图5 平遥、介休地震破坏区图

1. 1614年平遥6 $\frac{1}{2}$ 级地震 2. 1618年介休6 $\frac{1}{2}$ 级地震

Fig. 5 Destructive area of the Pingyao, Jiexiu earthquake.

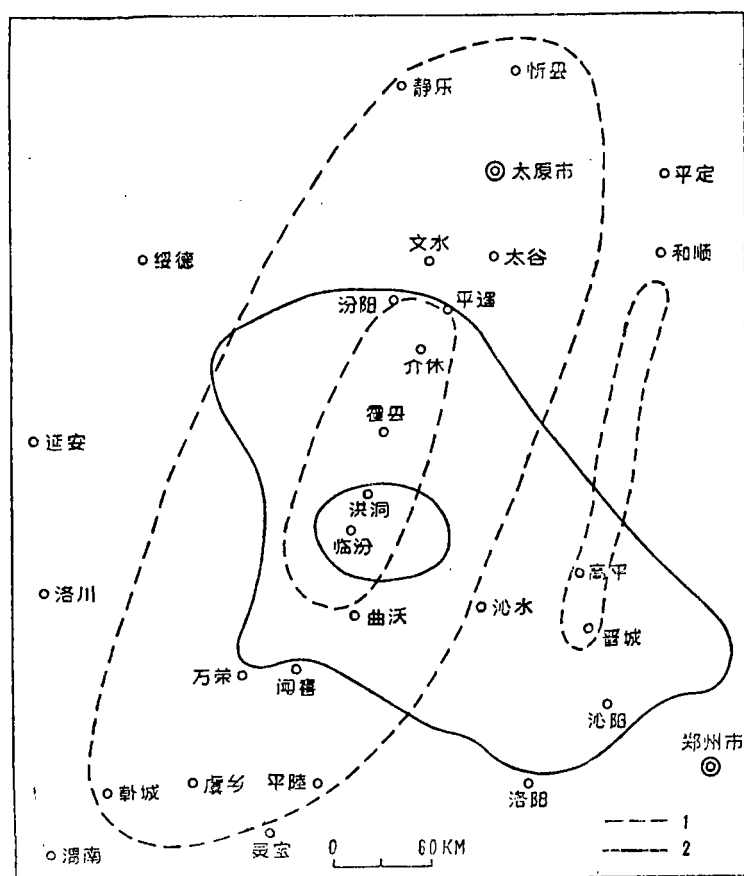


图6 洪洞、临汾地震烈度等震线图

1. 1303年洪洞地震 2. 1695年临汾地震

Fig. 6 Isoseimal map of the Hongtong, Linfen earthquake.

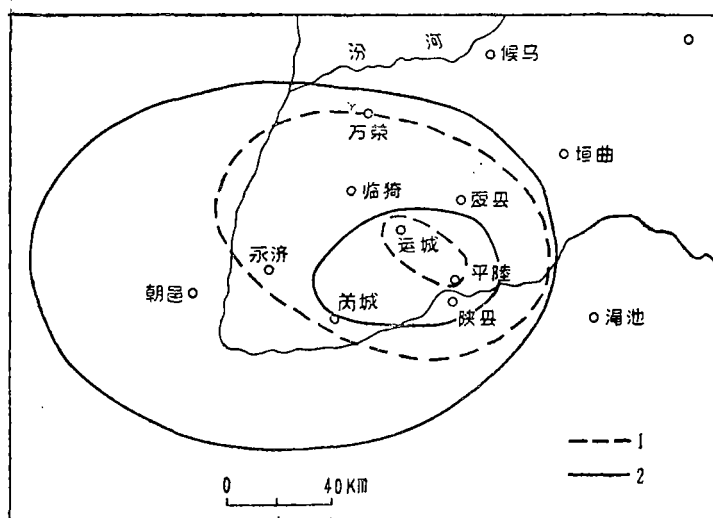


图7 平陆两次地震的烈度等震线图

1.1642年平陆6级地震2.1815年平陆6 $\frac{3}{4}$ 级地震

Fig. 7 Isoseismal map of the Pinglu earthquakes.

进一步研究分析重复的两次强震烈度等震线特点,除大同盆地的一对重复强震不明显外,其它几对均显示了第一个强震烈度等震线成长条形,长轴和短轴之比为 $3:1 \sim 5:2$ ,而第二个强震烈度等震线成椭圆形,长轴和短轴之比为 $2:1 \sim 3:2$ 。相同震级的情况下,第一个强震的破坏区范围远大于第二个强震的破坏区范围,这可能与孕震构造类型有关。

## 五、原地重复的两次强震孕震构造分析

众所周知,一个强震的烈度等震线形状,在局部地段可能由于种种因素而变化较大,但是长轴方向则严格受控于发震构造走向。华北地区现代地壳处于一致性较好的统一应力场中,主压应力轴为北东东向,主张应力轴为北北西向,应力轴倾角都不大,一些强震均是地壳介质在该应力场作用下,沿着北北东、北西西两个最大剪切应变方向发生水平错动的结果〔4〕。山西的一系列强震烈度等震线所展示的两组走向特点,基本上和上述情况吻合。需要提出的平陆6 $\frac{3}{4}$ 级和灵邱7级地震的发震构造走向转为北东东,这可能和山西隆起区南北两头巨大的横向构造的牵制有关。

前面谈过,控制盆地边界的和在盆地内隐伏的北北东、北东、北东东向断裂以及和盆地走向正交或斜交的北西向断裂,是山西隆起区轴部主要活动断裂,是正在蓬勃发展中的年青活断层〔5〕。从断块的升降运动分析,断裂一侧的山区强烈上升,切割剧烈,而另一侧则向盆地渐变过渡,形成垂向运动差异强烈的地区,这两点是一系列强震分布在盆地内的主要原因。在区域应力场的作用下,两组最大剪切应变方向的断裂相交,或者相顶而不交,形成积累强大应变能的闭锁区,并具有共轭剪切错动的性质,这是山西各个盆地内蕴育强震的一个主要的闭锁结构形式,也是强震原地重复发生的构造原因。当发震的那组断裂错动时,由于

相交的另一组断裂尚处于闭锁状态，所以显示了单断走滑型的特点。另一组处于闭锁状态的断裂，产生了一定的位错，使其闭锁状态更加强化和加剧，当然也含着第一个地震的能量转换成分，当它最后断裂发震时，由于它的某一段（交叉部位）已被前一个地震所错动，同时前一个地震的发震断裂尚未处于新的闭锁状态，所以显示了双断或多断迭错型的特点〔6〕。

孕育一个强震，条件是各方面的，笔者认为，山西各个盆地中相对区域应力场方向，两组最大剪切应变方向的活动断裂相交（或相顶）的闭锁结构是主要的条件。但是山西境内的各个盆地内6~6.9级和7~8级地震为什么相间密集分布，7~8级地震全部发生于忻县、临汾盆地中呢？要回答这个问题，需要深入了解这两个盆地在华北块体整体性运动时应力集中的状态，盆地内深部构造的特点等。笔者认为主要是临汾、忻县两盆地闭锁条件优越。众所周知，山西隆起区轴部的各个盆地，是在北东东向挤压，北北西向引张力作用下形成的。在逐渐拉开的过程中，盆地一侧逐渐下沉。显然，拉开得越大，盆地越宽，盆地边界的断裂延深越大，盆地下沉得越深。各盆地相比，临汾、忻县两盆地最窄，只有15~20公里，新生代以来的沉积厚度分别只有1700米和800米，而大同、太原、运城等盆地则较宽，一般为30~40公里，新生代以来的沉积厚度分别为2300米、3200米和5300米。以此分析，临汾、忻县两盆地的边界断裂及盆地内的其它组断裂延深不及其他盆地大。一系列的强震深度均在12~17公里之间，在这个深度上，临汾、忻县两盆地边界断裂和盆地内的其它组活动断裂可能未沟通，从而形成能积累强大应变能的优越闭锁条件。

山西各个盆地内强震孕育、发生有一定的特点，深入研究它，对今后危险地段的预测、发震构造走向的预测将是有益的。

（本文1984年6月18日收到）

### 参 考 文 献

- 〔1〕王春华等，汾渭断陷带形成机制及其地震活动性的实验研究，中国活动断裂，地震出版社，1982。
- 〔2〕顾功叙，中国地震目录，科学出版社，1983。
- 〔3〕郭增建等，震源物理，地震出版社，1979。
- 〔4〕李钦祖等，唐山地震的震源机制，地震地质，V. 1、2，№4，1980。
- 〔5〕丁国瑜，中国内陆活动断裂基本特征的探讨，中国活动断裂，地震出版社，1982。

THE CHARACTERS OF THE REPETITION OF THE STRONG  
EARTHQUAKES IN THE SAME LOCATION OF SHANXI  
SUBSIDENCE BASIN

Wu Lie

(*Seismological Bureau of Shanxi Province, China*)

**Abstract**

Shanxi subsidence basin is an important area in North China, where strong earthquakes ( $M \geq 6.0$ ) always visit. This paper deals with the location of epicenters of the earthquakes, the isoseismal lines, the temporal sequences and the tectonic strike of all the strong earthquakes ( $M \geq 6.0$ ) in this area.

The following preliminary results can be done in this paper:

In the same subsidence basin, there are earthquakes of  $M \geq 6.0$  which occur repeatedly in the same spot with approximate magnitude, short interval, oblique or normal strike and the different kinds of seismogenic structure.