

1966年邢台地区7.2级地震前地震 破裂方向上的可能障碍物*

刘万琴

(国家地震局地球物理研究所)

摘要

本文通过对1966年3月22日邢台7.2级地震前 $M_s > 4.6$ 地震的破裂方向及地震活动的时空分布图象综合分析,推测邢台震区南部莲子镇附近存在一障碍物。并认为它是支配这一时期地震活动的重要因素之一。

一、引言

一般认为,障碍物是介质力学性质的差异或断层的曲折等原因造成的。由于在其附近应力容易集中,从而成为大地震或余震之源,它的存在对地震活动图象会产生重要的影响。根据这个思路,我们用过去一些大地震前的中强地震的破裂方向推测障碍物的存在,如果可能的话,对于探索地震活动图象的多样性的物理机制,提供有意义的依据。

二、资料

1966年3月22日河北省邢台地区发生7.2级地震,它的发震时刻是16点19分46秒(北京时间),震中位置是 $37^{\circ}32'N$ 、 $115^{\circ}03'E$,震源深度约为9公里。这个地震发生前,3月6日在它的震中附近发生一个 $M_s = 5.2$ 的地震,当时地球物理研究所曾立即派出考察队到现场进行宏观考察,并在其南面的耿庄桥(图1(a))设一地震台,安装了高灵敏度的短周期地震仪。3月8日 $M_s = 6.8$ 地震发生后,有关人员组成邢台地震考察队,建立一组装有高灵敏度短周期地震仪的台网,直到现在仍有一组合网监视着这一地区的地震活动。1976年河北省地震局整理出版了1965年7月至1975年12月“邢台地震目录”,本文均用此目录。

三、 M_s 大于4.6级地震的破裂方向特征与障碍物

表1列出1966年3月22日7.2级地震前 M_s 大于4.6的地震发震时刻,震中位置及

* 1981年1月5日收到。

震源参数。I类精度的震中其位置误差小于3公里, II类精度误差小于5公里。图1(a)给出这些地震的震中位置及破裂方向, 图1(b)是邢台震区的基底断裂与这些地震的震中分布。3月6日 $M_s = 5.2$ 地震因没有找到记录图纸, 由等震线图2估计其发震断层是北

表1 1966年3月22日7.2级地震前 $M_s \geq 4.6$ 地震的震源参数

编 号	发震时间		纬 度	经 度	M_s	深 度 (公里)	精 度	破裂方向 方位角	破裂速度 (公里/秒)	破裂长度 (公里)
	年.月.日	时-分-秒								
1	1966.3.6	18-12-19	37°28'N	115°02'E	5.2	9	I	33°		
2	3.8	05-29-14	37°21'N	114°55'E	6.8	10	I	24°	3.29	27.0
3	3.8	10-04-17	37°18'N	114°54'E	4.6		II	150°	0.92	7.8
4	3.8	11-46-42	37°24'N	114°54'E	5.1		II	145°	1.1	10.0
5	3.8	15-36-41	37°18'N	114°54'E	5.2		II	90°	0.8	6.2
6	3.11	14-20-43	37°18'N	114°54'E	5.0		II	40°	3.3	15.2
7	3.15	18-43-24	37°22'N	114°52'E	4.8	20	I	170°	0.94	9.4
8	3.20	00-59-31	37°16'N	114°58'E	5.6	20	I	80°	1.0	6.3
9	3.20	01-45-22	37°17'N	115°00'E	5.1	15	I	80°	1.6	11.3

北东, 3月8日 6.8级地震的震源参数直接引用1971年国家地震局组织的震源机制会战结果。本文用广义瑞雷波方向性函数^[4]确定编号3—9共7个地震的破裂速度、破裂方向

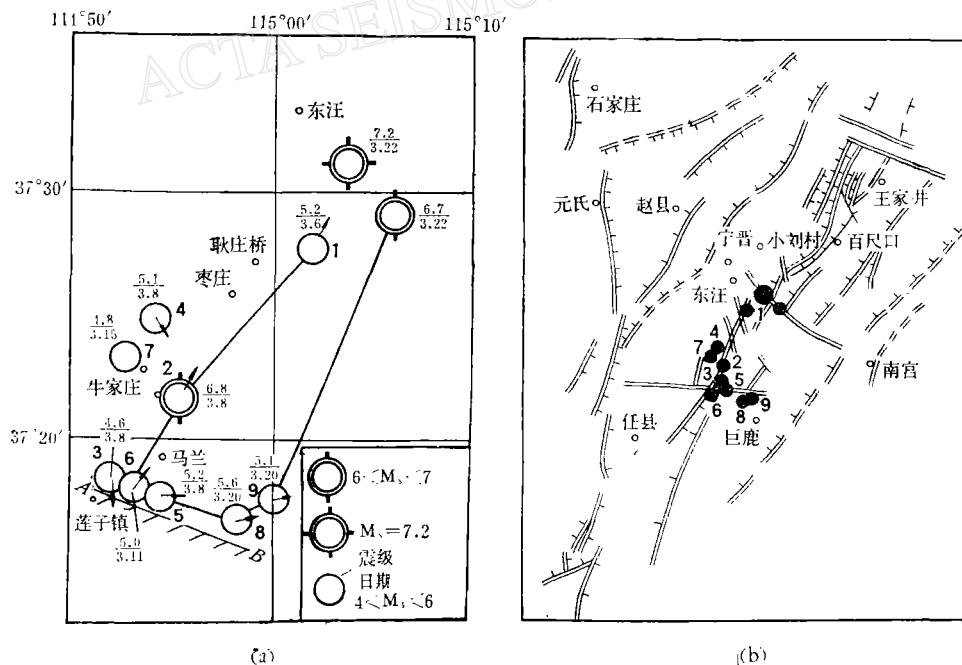


图 1

(a)——3月22日7.2级地震前 $M_s > 4.6$ 的地震震中及破裂方向分布图(箭头表示破裂方向)

(b)——3月22日7.2级地震前 $M_s > 4.6$ 的地震震中及基底断裂分布图(圆圈旁的数字是表1的地震编号)

及破裂长度。这 7 个地震只有 3 月 20 日 $M_s = 5.6$ 地震可由国内外 17 个地震台的 P 波初动符号作出断层面解。图 3 给出 3 月 6 日 $M_s = 5.2$, 3 月 8 日 $M_s = 6.8$, 3 月 20 日 $M_s = 5.6$ 及 3 月 22 日 7.2 级地震的断层面解。

广义瑞雷波方向性函数确定震源参数简述如下: 某一方位角的台站的瑞雷波振幅谱(作分子)分别与其他台站振幅谱(作分母)相比, 用多条广义方向性曲线确定该方位角的第一极小值频率。方位角的定义是台站相对于断层走向的夹角, 然后用方位角余弦与极小值周期的线性关系确定破裂方向、破裂速度等。我们使用了这 7 个地震的基式仪记录的瑞雷波垂直分量。频谱分析过程中

图 2 3 月 6 日 $M_s = 5.2$ 地震的等震线图 使用矩形窗, 窗长度为 1 分多钟, 采样间隔 0.23 秒左右。图 4 给出 3 月 11 日 $M_s = 5.0$ 地震的各台瑞雷波记录及台站方位角分布。表 2 列出各地震相应台站的第一极小值周期。图 5 给出各个地震的 $T_{\min} - \cos \theta$ 图。

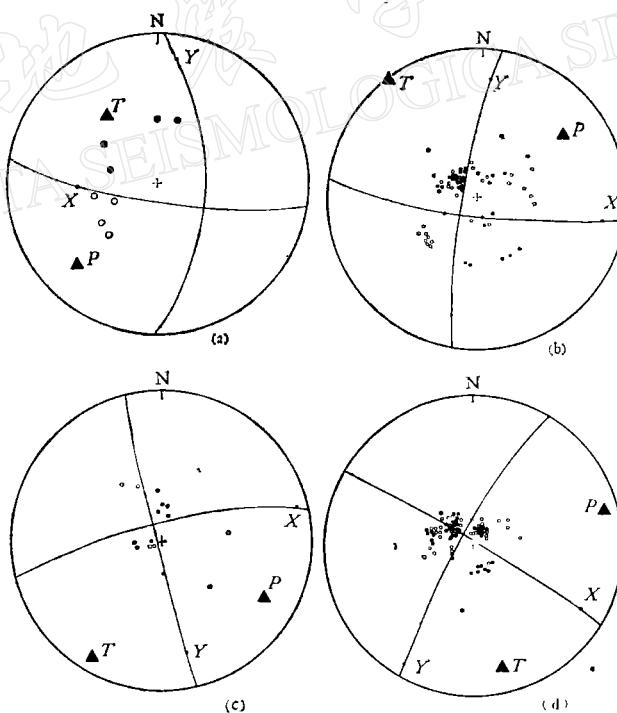
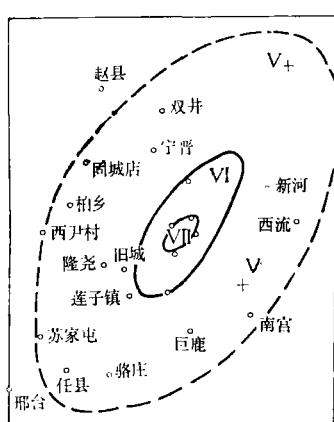


图 3 四个地震的断层面解

(a) —— 3 月 6 日 $M_s = 5.2$ 地震断层面解

(b) —— 3 月 8 日 $M_s = 6.8$ 地震断层面解

(c) —— 3 月 20 日 $M_s = 5.6$ 地震断层面解

(d) —— 3 月 22 日 $M_s = 7.2$ 地震断层面解

(震源球下半球投影在乌尔夫网上。实心圆表示初动是压缩, 空心圆表示初动是膨胀)

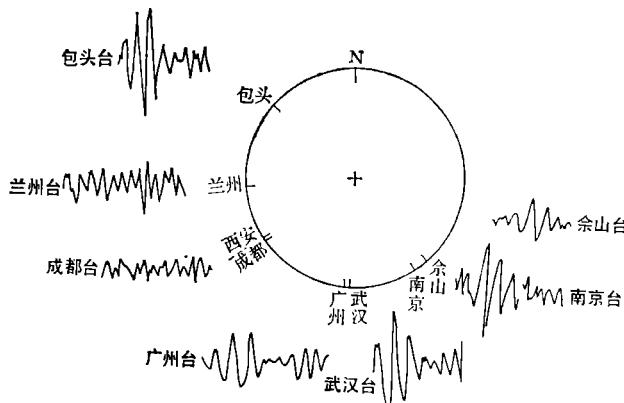
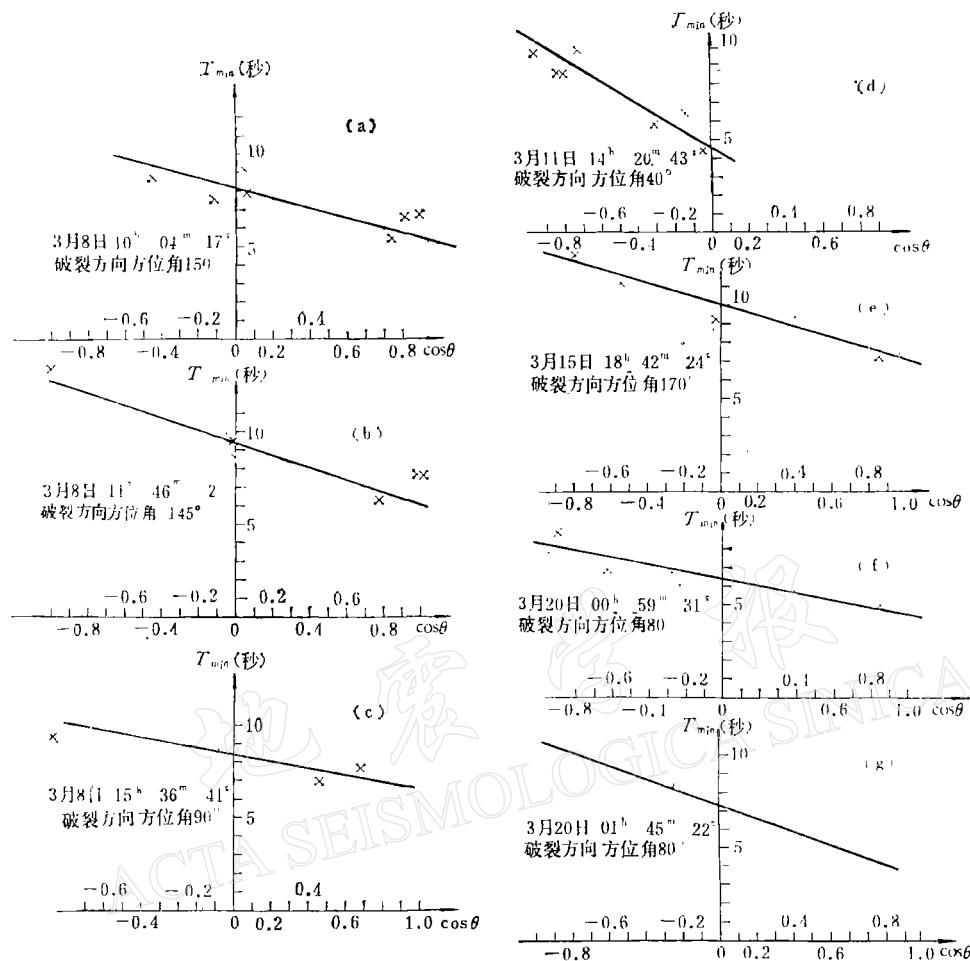
图4 3月11日 $M_s = 5.0$ 的地震各台瑞雷波垂直向记录及台站方位角分布

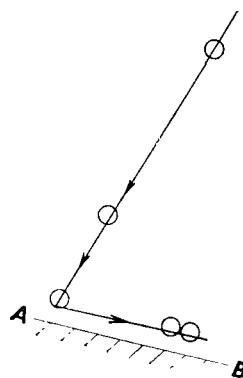
表2 各地震相应台站的第一极小值周期

台 站	地震编号 周期 (秒)	3	4	5	6	7	8	9
		3	4	5	6	7	8	9
武 汉	5.6	6.5	7.8	8.5	7.5	6.1	8.3	
长 春	7.7	8.2			11.6	4.9	5.6	
西 安	9.4	8.8						
成 都	8.3	9.5	10.6	9.8	9.1	9.0	11.1	
余 山	6.7	7.7	7.8	6.4				
兰 州	8.8	10.2	9.2	9.8	9.1	7.7	10.0	
南 京	6.8	7.7	7.1	5.8		5.9	6.8	
包 头		13.7			5.3	12.8	6.8	8.0
广 州				8.8	8.5	6.1	6.8	7.2

从图1(a)看到,这几个地震的破裂方向不一致,北北东向、北东东向及南东向都有,但与地震所在地的基底断裂基本吻合,这些关系是大家所熟悉的。下面讨论这几个地震的破裂方向随时间发展变化情况。首先我们认为,3月8日6.8级地震发生后几个小时内,在它震中附近很短时间内接连发生三个震级为4.6—5.1的地震,其发震断层分别为北北西和北西向,这是受3月8日6.8级地震的影响,与北北东断层相交的次一级构造活动表现。对于其他地震分析如下:3月6日在3月22日 $M_s = 7.2$ 地震震中附近发生了 $M_s = 5.2$ 地震,然后沿着一条北北东向的断层几乎以等时间间隔向南发展,相继发生3月8日6.8级及3月11日 $M_s = 5.0$ 的两个地震,它们的发震断层都是北北东向,与3月6日 $M_s = 5.2$ 的发震断层取向一致,破裂方向都是北北东,而且3月11日 $M_s = 5.0$ 的地震破裂速度明显地比其他地震的破裂速度偏高,与3月8日6.8级地震一样,都等于3.3公里/秒。当然,由于台站不多,由 $T_{\min} - \cos \theta$ 图确定的破裂速度有一定的误差。但是本文都是使用我国基准台的基式仪记录,这几个地震震中位置变化相对于传播路径很小,可以忽略不计。那么相同台站对同一地区的地震记录所得到的第一极小值的明显变化,能比较真实地反映3月11日地震的破裂速度比其它地震大。这个地震发生后,好象在其附近存在一障碍物,使地震破裂沿断层的传播遇到阻碍,没有继续向南发展。3月15

图 5 编号 3—9 地震的 $T_{\min} - \cos \theta$ 图

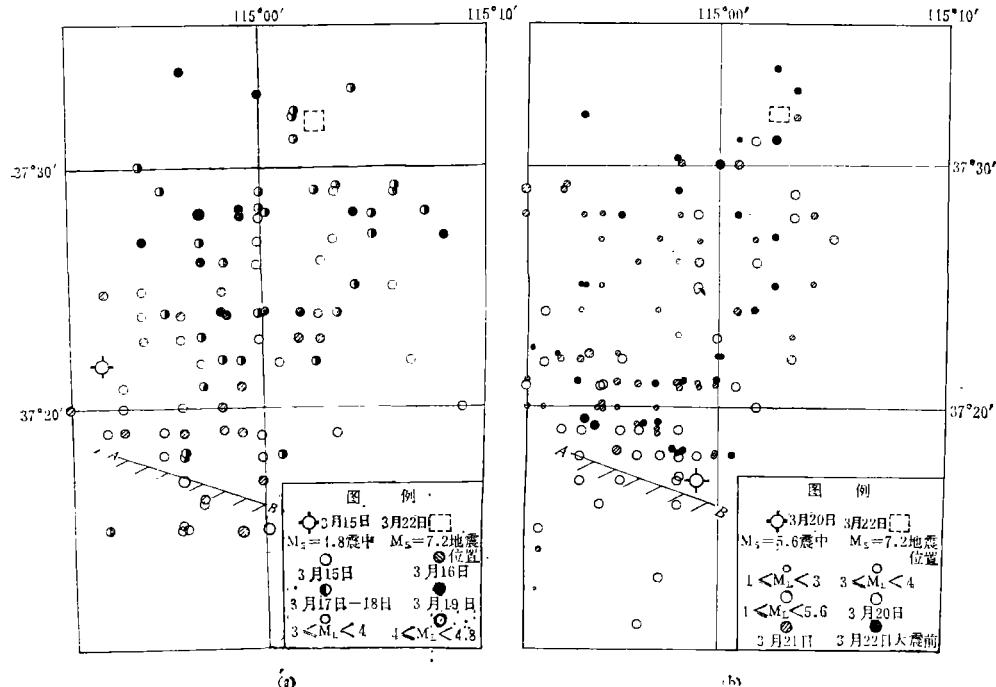
日 $M_s = 4.8$ 地震又跳回到 6.8 级地震的震中附近。使这段北北东向的断层暂时停止活动。但是地震并没有终止而是拐弯了。3 月 20 日与这北北东断层偏离 $60^\circ - 70^\circ$ 的地方，先后发生 $M_s = 5.6, 5.1$ 两次地震，它们的发震断层均为近东西，破裂方向为北东东。有关上述地震破裂的传播遇到障碍物的过程见图 6。图中箭头表示地震破裂传播方向，圆圈表示地震。据此，我们推测在莲子镇（图 1(a)）附近存在一障碍物，它的位置大概在 3 月 11 日 $M_s = 5.0$ 到 3 月 20 日 5.6 级两个地震震中的连线中的 AB 线段（如图 1(a)）。



四、结果讨论

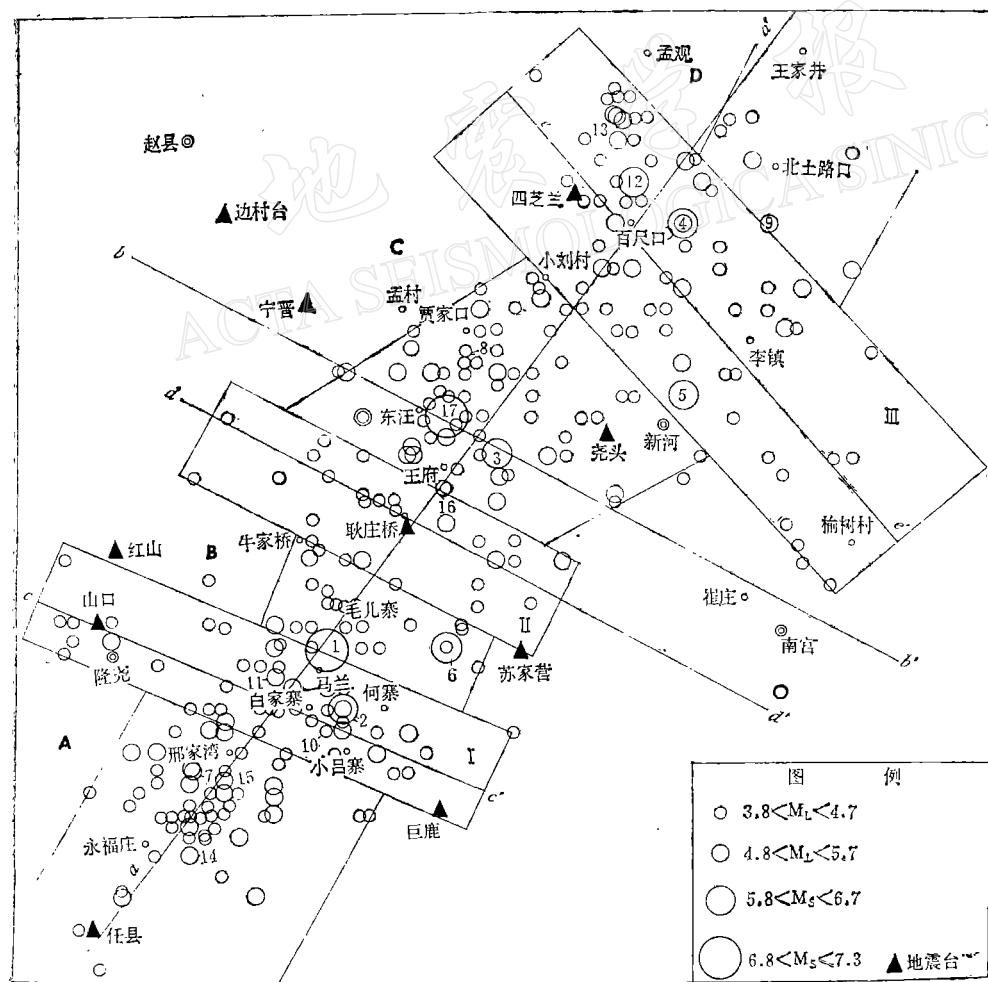
图 6 3 月 22 日 7.2 级大震前 $M_s > 4.6$ 的地震传播遇到障碍物示意图

震源区的构造环境及震源的破裂方式可能是



(a)

(b)



(c)

图 7

(a)——3月15日到19日地震震中分布 (b)——3月19日到22日大震前地震震中分布

(c)——邢台地震序列的震中分布^[3]

构成地震类型的基本因素之一,它们对震前,震时及震后的各种现象的各种表现形式应该能给予部分解释.下面我们讨论 7.2 级大震前的地震活动图象、震后地面建筑物的破坏及地形变对障碍物 AB 的响应.

“邢台地震目录”中,3月14日前较小的地震没有给出震中位置,故此我们只能作出3月15日—19日及3月20日—22日大震前震中分布图(图7).图中的 AB 线段是本文推测的障碍物位置.从图7(a)看到,15日在 AB 线段附近发生一个 $M_s = 4.8$ 级地震后,16日—19日的地震震中位置逐日向北发展,3月19日的震中基本上在未来大震附近.图7(b)中3月20日发生 $M_s = 5.6, 5.1$ 地震后,20日到22日大震前的震中迁移基本重复由南往北发展的过程,只是地震震级小了.从这些地震活动图,我们可以看到以障碍物为界,地震分布有明显差异,大多数地震发生在障碍物 AB 以北,南面地震很少.图7(c)是文献[2]给出的邢台地震序列的震中分布.从这个图我们也可以看到,地震序列的震中分布以障碍物 AB 为界的事.应该说明,7月19日08时56分,在障碍物以南邢家湾(图7(c))附近发生了 $M_s = 5.1$ 的地震,它是在主震发生后四个月才发生的,这并不妨碍我们认为障碍物存在的看法.因为强调图1(a)中 AB 附近障碍物的存在,只是说明此处介质的力学性质不连续或断层的曲折,并不是说地震永远不能越过它在其另一面发生.是否发生地震则取决于介质的力学性质和应力积累的程度等多方面原因.

图8(a)和图8(b)分别是3月8日到3月22日大震前的 $M_L > 3$ 的 $\log N - \log t$ 图及

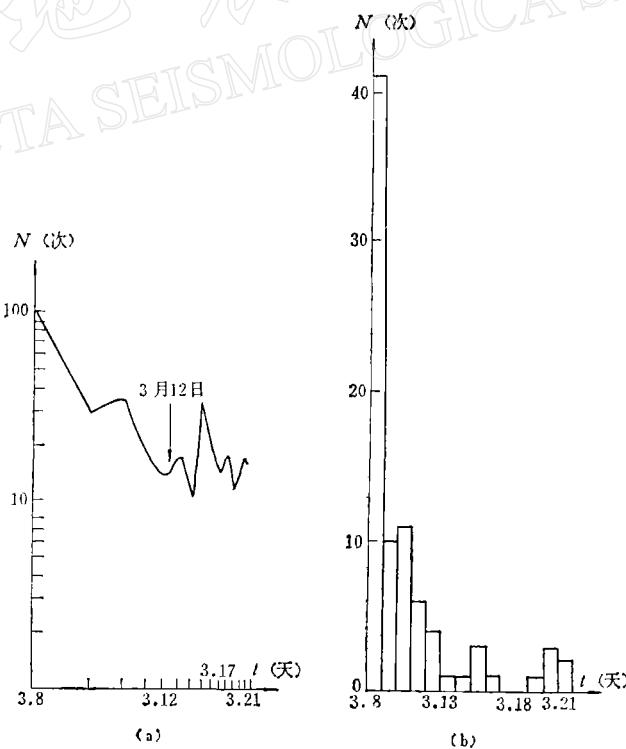


图 8

(a)—— $M_L > 3$ 的 $\log N - \log t$
(b)—— $M_L > 4$ 的 $N - t$

$M_L > 4$ 的 $N-t$ 图, 所以取不同的 M_L 值作起点, 是为了图形清晰起见, 并不改变图形的基本形态. 从图 8(a) 看到, 这个序列的地震频度随时间变化不符合余震变化规律(大森定律), 其中 3 月 12 日是个转折点, 图 8(b) 看得更清楚, 3 月 12 日后地震频度明显减少, 开始出现 7.2 级大震前的平静, 这个时间与 3 月 11 日地震沿北北东向断层传播遇到障碍物的时间是同步的.

图 9 是文献 [3] 据航空照片判读得到的 3 月 8 日 $M_s = 6.8$ 及 3 月 22 日 $M_s = 7.2$ 地震时房屋倒塌的优势方向图. 从图中明显地看到, 在莲子镇附近即障碍物一带, 房屋倒塌方向以东西为主, 并以它为界在北部破坏很重, 而南面则很轻, 房屋倒塌很少, 这不是偶然现象, 反映了这一带构造环境的差异, 这与我们推测这里存在障碍物是一致的.

图 10 是文献 [4] 给出的 1966 年震后相对于 1960 年三角点坐标变化的邢台震群地面水平形变图及 1966 年 4—5 月相对于 1965 年高程变化的邢台震群地面垂直形变图. 图中 AB 线段是本文推测的障碍物. 从图看到, 无论是垂直形变还是水平形变, 障碍物 AB

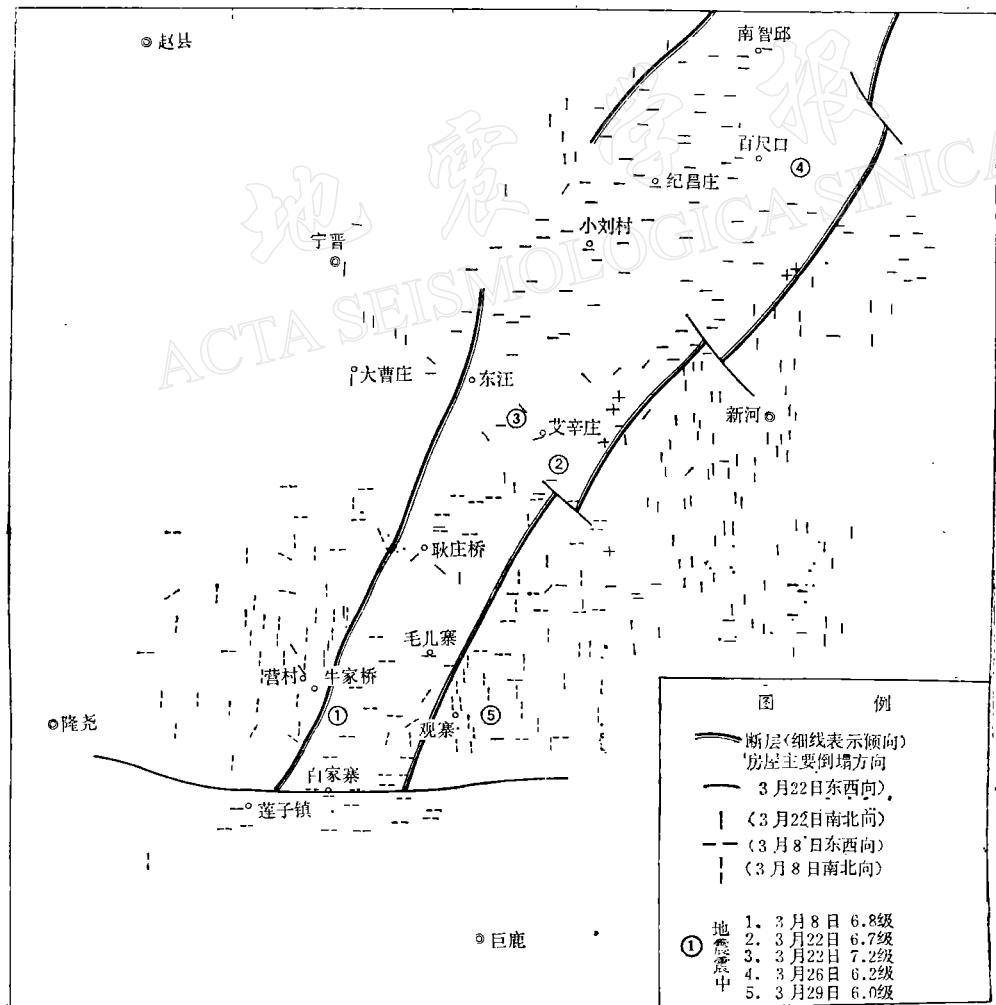


图 9 1966 年 3 月邢台地震房屋破坏倒塌优势方向分布^[3]

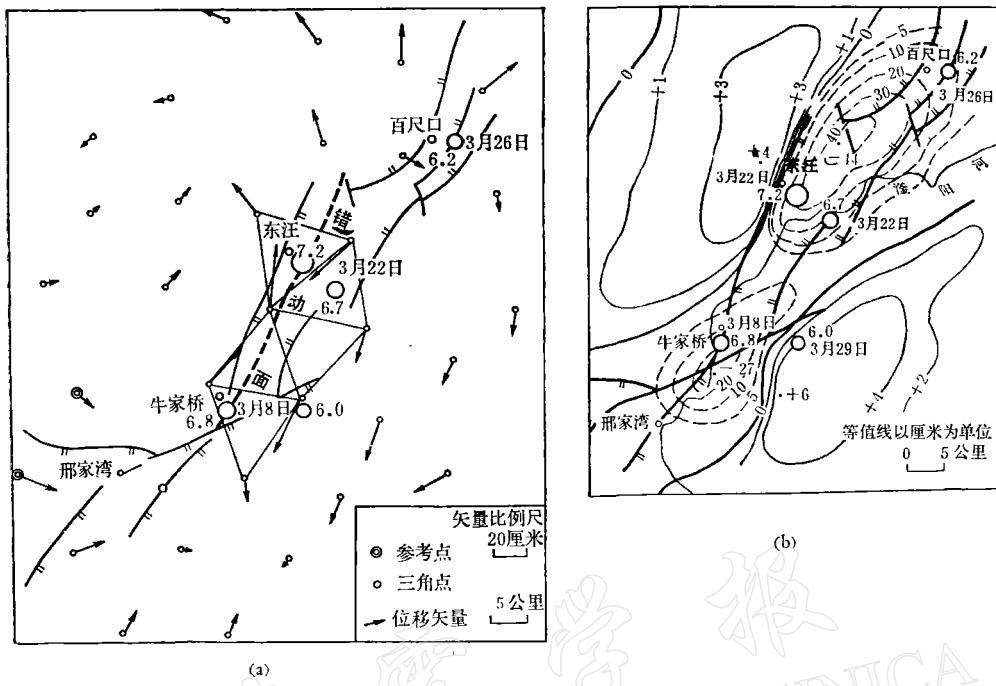


图 10 1966 年邢台地震前后地形变图

(a)——邢台震群地面水平形变^[4] (1966 年震后相对 1960 年三角点坐标的变化)
 (b)——邢台地震群地面垂直形变^[4] (1966 年 4—5 月相对 1965 年高程变化)

都是分界线,在它以北水平形变量较大,垂直形变梯度也大,而在它的南面水平形变较小,垂直形变变化缓慢。

五、结 束 语

小地震的发生有的是经常的,有的是突然的,有时是群发性的,有时作为大地震的前震或余震的形式出现。地震活动图象也是多样性的。造成这些复杂图象的原因是多方面的,例如不同的发震原因和构造环境,地震台网检测能力和定位精度的差别等。通过本文工作,我们认为在尽可能提高地震台网的检测能力和定位精度的基础上,利用中强地震的震源参数和地震活动等资料推测震源深部的某些特殊构造是可能的,从而加深我们对地震活动多样性的了解。

本工作得到陈运泰、林邦慧等同志的支持和帮助,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 刘万琴、黄家正,用广义瑞雷波方向性函数估计 5—6 级地震的震源参数,地震学报,4, 1, 1982.
- [2] 何志桐、谢挺,邢台地震系列的空间分布、构造应力及其发生过程的探讨,地球物理学报,20, 2, 131, 1977.
- [3] 时振梁等,建筑物的破坏和断层附近的地面运动,地球物理学报,21, 3, 234, 1978.
- [4] 国家地震局地震测量队,1966 年邢台地震的地形变,地球物理学报,18, 3, 153, 1975.

ON A POSSIBLE BARRIER ALONG THE RUPTURE DIRECTION OF THE M=7.2 XINGTAI EARTHQUAKE OF 1966

LIU WANQIN

(Institute of Geophysics, State Seismological Bureau)

Abstract

Through the observed data of the rupture direction of an earthquake of magnitude $M_s > 4.6$ and the pattern of temporal-spatial distribution of seismicity before the $M = 7.2$ earthquake occurred on March 22, 1966 in the Xingtai region, it may be revealed that there exist a "Barrier" somewhere near the town of Lianzizhen. This barrier is supposed to be an important factor controlling the seismicity during this period.