

宁河地区的前震波形特征

卫 鹏 飞

(天津市地震局)

摘 要

唐山7.8级地震后, 随即在宁河地区发生一系列地震, 称为宁河地震群。

在宁河地震群中发现有七个地震的波形与该区一般地震波形不同, 但它们彼此又极为相似。正是这七个波形相似的地震却具有明显的前震性质, 在其后差不多时间里, 几乎对应了宁河地区全部 $M_s \geq 5.5$ 级中强地震。

根据这些波形相似的前震, 讨论了宁河地震主破裂面有可能是北西方向左旋节面。

一、前 言

1976年7月28日唐山发生7.8级强烈地震, 随后在宁河地震台记录 $\bar{S}-\bar{P} \leq 5$ 秒的范围内相继发生了一系列地震, 其中发生 $M \geq 5.0$ 级地震20次, $M \geq 6.0$ 级地震4次, 1976年11月15日是最大的一次地震, 其震级为6.9级。

在宁河地震群中6级以上强震均分布在宁河地震台以东或以南地区, 这些地震的震源机制解一致性相当好, 表现为统一的构造应力场。这几次地震两组节面走向分别为北东 $51^\circ-62^\circ$ 和南东 $130^\circ-151^\circ$ 。主压应力轴为南东 $97^\circ-116^\circ$, 与北北东向的唐山地震主压应力轴比较, 宁河地区稍稍向南偏转而近乎东西方向(图1)*。

宁河地震群一般认为属唐山余震。但其地震活动性、强震释放特点, b值, 应力值以及宏观烈度异常都说明这个地震群又有一定的特殊性。因此, 对这个地震群作进一步的研究, 在理论上和实践上

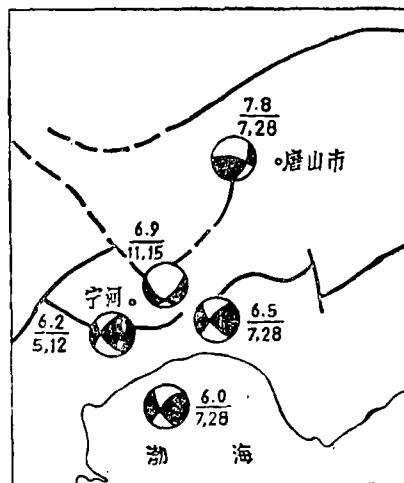


图1 宁河地震震源机制

* 天津地震局预报研究室, 宁河6.9级与6.5级地震总结资料汇编1, 1977。

都具有重要的意义。

我们在测量宁河台参数,判读宁河台纪录图纸中感到宁河地震震相较为复杂,很多地方震反映出来的往往不是简单的 $\overline{P}$ 、 $\overline{S}$,而波形也具有其独特之处。本文仅就宁河地震群中发现的一组作为前震的几个波形相似地震问题提出来加以讨论。

关于波形相似地震的陆续发现已有不少报导。奥米里(Omori, 1905, 1919), 白克赫姆(Berckhemer, 1962), 奥格(Okie, 1969), 楚邱那(Tujlurl, 1973)的论文中都谈到这方面的例子。宫村(Miyamura, 1965)在和歌山地震群中发现过2—3个相似地震,松泽(1973)也举出过1928年5月在瑞士发现过这种例子。特别是滨口博之,长谷川昭(1975)详细论述了他们在1968年5月十胜进海7.8级地震中发现许多波形相似地震的问题,并认为这些波形相似的地震具有共同的空间力学条件,称为地震族(Earthquake Family)。他们还提出了按照相似地震这种具有空间上和力学上的共同性来考虑进行地震分类,而不象通常那样按照时间、震级来划分余震、震群等传统分类方法。当然这种想法是很不成熟的,相似地震并非普遍,他们所引用的相似地震的例子震级也都是比较小的^[1]。

二、宁河地震群中的前震波形相似特征

宁河地震台1976年8月中旬开始纪录,仪器为DD-1三分向微震仪。由于台址地处平原,覆盖层松散,仪器放大倍率不高,通常为2400倍,频率特性在0.1—10秒的周期范围内变化不大,一般宁河地区2.0级以上地震均能控制,以纪录2.0—5.0级地震较为可靠。

宁河地震台纪录的数以百计宁河地区地震,波形大体差不多, $\overline{P}$ 波在垂直向上有清楚的初动,周期一般为0.2秒。水平向上 $\overline{P}$ 波不清楚,名为“掉头”, $\overline{S}$ 波最大振幅往往出现在初至波或初至波附近0.5—1.0秒,卓越周期变化不大,大都为0.3—0.4秒,最大振幅出现后,后续波按梯度很快衰减, $\overline{S}$ 波段中没有大的起伏。整个波形延续时间短,大多在1分钟以内,形态呈大头小尾之“燕型”。

这类波形的地震在宁河地震群中比比皆是,为宁河地区较为典型的地方震震相。图2给出了几个实例,以示一般。

在宁河地震群这类波形的大量地方震震相中,有7个地震的震相明显与别的地震不同,波形极为特殊,且彼此又十分相似,我们认为它们所表现的明显的前震特征,具有重要的意义。

表1 7个相似地震的参数

编号	发 震 时 刻	震 级	震 中 位 置	宁河台 $\overline{S}-\overline{P}$	初 动
1	76.10.7 0.5 ^h 33 ^m	M _L 3.5	39°18' 118°03'	3.7 ^S	—
2	76.10.24 22 ^h 12 ^m	M _L 4.3	39°25' 118°00'	4.1 ^S	—
8	77.2.13 18 ^h 10 ^m	M _L 4.0	39°30' 118°00'	5.8 ^S	—
4	77.4.26 01 ^h 55 ^m	M _L 3.2		3.6 ^S	
5	77.4.26 16 ^h 52 ^m	M _L 3.3	39°18' 117°58'	3.6 ^S	—
6	77.6.5 02 ^h 11 ^m	M _L 3.7	39°20' 118°06'	3.9 ^S	—
7	77.11.5 05 ^h 46 ^m	M _L 3.6	39°28' 118°02'	4.0 ^S	—

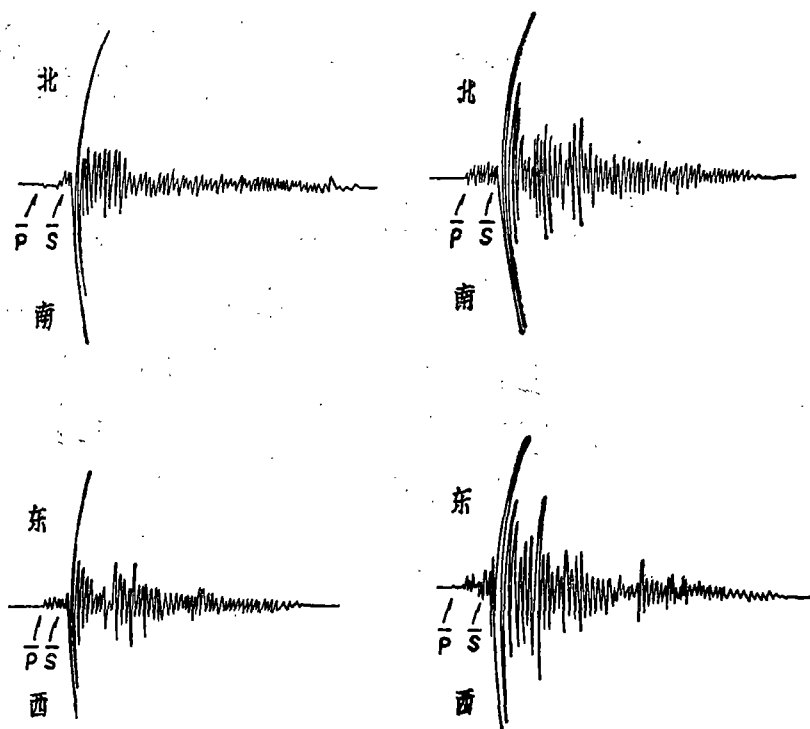
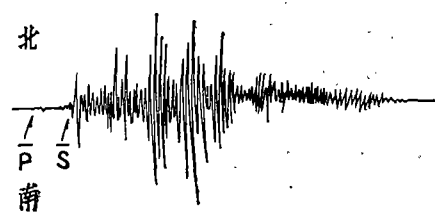


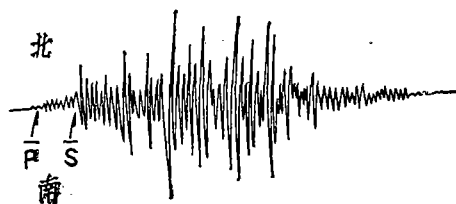
图2 宁河地区常见地方震

1976.11.17.15^h22^m $M_L = 3.7$

1977.2.6.01^h29^m $M_L = 3.9$



4号地震



7号地震

图3 波形相似前震

这些震相在地方震里比较少见,突出的波形特征是水平向上 $\bar{S}$ 波波段又长又大,衰减慢,几起几落呈多波组状,明显的可以分为5组,组与组之间间隔约4—5秒。最大振幅都不出现在 $\bar{S}$ 波初至波附近,往往在第4个起伏波组上。振动周期明显变大, $\bar{P}$ 波为0.3—0.4秒, $\bar{S}$ 波卓越周期达0.5—0.8秒,整个波形延续时间多达1分半钟以上,形态呈两头小中间大之“纺锤型”。

我们从图中也可以看出,震级越相近,波形相似性越好,这与前人的结论是一致的。从放大镜中观看 $\bar{P}$ 波的初动半周期,也是极为相似的(图3与图4)。

宁河地震群中的77年4月26日4号地震与同年11月5日7号地震波形完全相似,两者间隔竟达6个半月。

这7个波形相似的地震,可能是反映震源介质条件和振动力学性质的。尤其引人注意的正是这组波形相似的地震具有明显的大震前震性质,它们的出现几乎对应了宁河地区全部较强地震(一般 $M \geq 5.5$ 级)。对应情况详见表2。

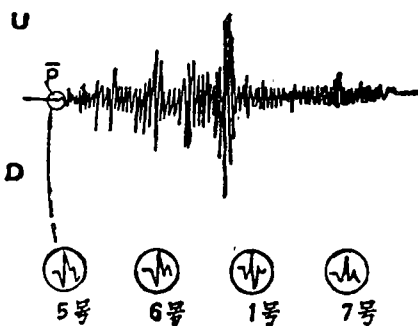


图4 相似地震垂直向初动

表2 宁河相似地震与较强地震关系表

波 形 相 似 前 震	宁 河 中 强 震	间 隔
76.10.7 M _L 3.5 汉沽东	76.10.23.19 ^h 06 ^m M _S 5.6 39°24' 117°59' 宁河	16天
76.10.24. M _L 4.3 丰南南	76.11.15.21 ^h 53 ^m M _S 6.9 39°28' 117°51' 宁河	22天
77.2.13 M _L 4.0 丰南南	77.3.7. 08 ^h 28 ^m M _S 6.0 39°58' 118°52' 卢龙	22天
77.4.26 M _L 3.2 宁河东	77.5.12 19 ^h 17 ^m M _S 6.2	16 天
77.4.26 M _L 3.3 宁河东	39°23' 117°48' 芦台	
77.6.5 M _L 3.7 宁河东	77.6.10. 10 ^h 08 ^m M _S 5.3 39°27' 118°05' 丰南	6 天
77.11.5 M _L 3.6 丰南南	77.11.27 06 ^h 46 ^m M _S 5.6 39°25' 118°00' 芦台东	22天

从表2看出,宁河台有纪录以来几乎每次较强地震发生前均有波形相似地震的发生。一般出现波形相似前震之后的16—22天,宁河地区就要发生一次中强地震。如1976年11月15日宁河6.9级地震,震前22天有相似地震组发生,震后一直没有出现,1977年4月26日相似地震组又出现,接着16天后发生5月12日宁河6.2级地震。6月5日又出现一次相似地震组,由于间隔时间较短,6月10日发生一次5.3级地震。以后相似地震组又长时间没有出现,至11月5日相似地震组又再度发生,22天后于11月27日宁河又发生一次晚期最大余震,达5.6级。1980年1月10日20时29分相似地震组突然又在宁河出现,由于震级较小,结果于2月7日在宁河东丰南发生一次晚期较强余震,震级5.2级。

三、讨 论

我们对宁河地震群中得到的这几个相似地震亦称为一个地震组, 这组地震可能具有共同的空间力学条件(其震中分布见图5)。考虑到测量精度误差和深度的影响, 可以认为这组

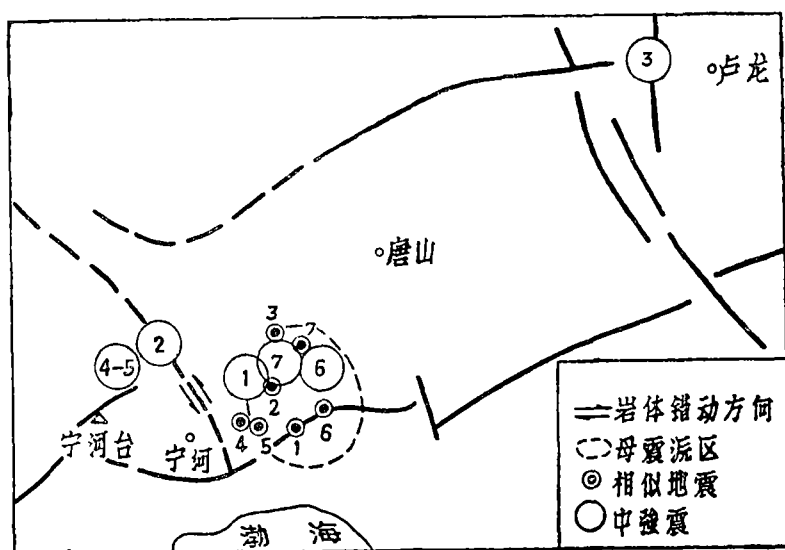


图5 宁河地震震中分布图

地震属同一“母震源”。相似地震的出现是在较大地震孕育的过程中, 应力增强到一定程度对母震源作用的结果。应力再继续增大, 就要产生错动破裂, 发生较强地震。因此, 波形相似地震具有一定的前震特征。从图5可以看出, 六次较强地震中, 五次都发生在宁河母震源西北处。只有1977年2月13日出现的3号波形相似地震, 22天后虽没有在宁河地区发震, 却在卢龙发生6.0级地震, 无疑母震源这次受到了唐山全区应力增强的影响, 结果是在唐山菱形块体的对角发震, 而没有在宁河母震源邻近的角上发震, 这应是一次例外。不过仍可看出, 3号波形相似地震恰恰位于母震源的最边缘, 且宁河地震台纪录它的 $\bar{S}-\bar{P}$ 也最大, 达5.8秒。

这里, 利用孕震组合模式中所划分的积累单元和调整单元, 可对上述现象进一步作很好的解释。我们认为, 这种单元的划分尺度是可以有大有小的。大可以建立积累场和调整场。同样在唐山孕育地震过程中, 积累单元和调整单元都是很大的, 天津南部大城断裂, 沧县断裂带热异常地区和燕山带一些温泉地区都可视为调整单元。唐山主震发生后, 有的同志曾把震源区由几条断裂围成的唐山断块这个菱形块体北东、南西两个对角视作调整单元, 很好的解释了震源区的余震活动。就宁河地区而言, 上述母震源就是一个小的调整单元, 那里介质已比较破碎, 从它发射的相似波形地震的频率变低, 周期明显加大可以得到证实。能够设想, 这个小的调整单元位于某一积累单元, 亦即某种走滑断层的端部, 当应力在断层附近集

中时,母震源这个小单元里的应力就必须调整,达到一定的强度就可以激发波形相似地震的发生,同时把应力不断地传递转移到主滑断层上去。当积累的应力进一步强大而达到岩体破裂强度时,就发生了宁河地区的较强地震。宁河地震群中波形相似地震组的出现对组合模式的设想可能是一个证据。

宁河地区出现的一组波形相似地震的垂直向初动都是向下的,可以确定母震源所在地区震前为压缩区。当较强地震发生时,震源岩体是向震前为拉伸的区域错动的(见图5)。

根据组合模式的这种分布求解,宁河地区主破裂面为北西方向左旋节面的设想还是完全可能的。这与某些同志的看法是一致的*[2]。

宁河地区发现的波形相似地震还是不多见的,特别是它所具有的前兆特征颇有意义,这反映了宁河地震群值得研究的一个侧面。关于较强地震的前震波形特征及其物理意义还有待今后进一步的观测探讨。

(本文1979年12月14日收到)

参 考 文 献

[1]浜口博之、长谷川昭,波形相似地震的发生及两三个问题,日本《地震》,〔28〕4,1975。

[2]郭增建、秦保燕,震源物理,地震出版社,1979。

CHARACTERISTICS OF FORESHOCK WAVEFORMS IN THE NINGHE REGION

Wei Peng-fei

(The Seismological Bureau of Tianjin)

Abstract

After the Tangshan earthquake($M_s=7.8$, July 28, 1976) a series of earthquakes occurred in the Ninghe region. It is called the Ninghe earthquake swarm. In the ~~Ninghe earthquake~~ swarm are found ^{of} seven earthquakes whose ~~waveforms~~ are different from others in the region, but similar to each other. These earthquakes with similar waveforms are characterized significantly by the foreshock. Such earthquakes are regularly followed by moderate-strong earthquakes with magnitude $M_s \geq 5.5$ about the same period in the Ninghe region. Based on ^{the} such foreshocks with ~~similar waveforms~~, the main fracture plane in the Ninghe region ^{was} ~~has been~~ investigated, and it may be the left-lateral nodal plane ^{of} orientated NW.