

近年来阴山~燕山地震带 地震活动的某些特征

孙加林 武慧聪

(内蒙古自治区地震局)

引 言

1966年至1969年,在我国华北的东部,先后发生了邢台6.8、7.2、河间6.3、渤海7.4级地震,依据这些地震活动的某些特征和迁移的趋势,当时我国地震界曾提出辽南地区可能是未来强震发生的一个重要地点的预报意见。1975年2月4日海城7.3级地震在预料之中发生了。1975年底,有人提出:“海城地震可能是一个转折,东西向的华北块体北界将出现地震活跃”¹⁾,并提出几个可能发震地点。相隔仅三个多月,1976年4月6日在阴山—燕山地震带中段的和林格尔发生了6.3级地震;接着7月28日在该带东段的唐山发生了震惊中外的7.8级大地震;9月23日又在该带西段的巴音木仁发生了6.2级地震,这期间还发生了磴口震群,凉城震群等。致使华北块体的北界长达近1000公里的条带上呈现了强震集中的活跃状态。以后几年,又先后发生了1979年五原6.0、1981年丰镇5.8、1983年磴口5.2级地震和一些震群。本文试图对海城7.3级地震后,阴山—燕山地震带发生的这一系列强震、中强地震,在时间进程,空间演变和其发震机制等方面的某些特征作一次探讨。

一、资 料 选 取

阴山—燕山地震带的范围与阴山—燕山构造带相同,即华北块体的北界,也就是呼和浩特—五原地震带,三河—滦县地震带的总称。所谓三个地段是:东经 $112^{\circ}10'$ — $112^{\circ}40'$ 的中段,即和林格尔—凉城地区;东经 $117^{\circ}40'$ — $118^{\circ}40'$ 的东段,即唐山—宁河地区;东经 $106^{\circ}20'$ — $107^{\circ}10'$ 的西段,即磴口—巴音木仁地区。三个地段两两间相距恰好为500公里。为了从地震活动图象角度研究近年来阴山—燕山地震带地震活动特征,其空间范围取北纬 38° — 42° ,东经 105° — 120° ,略大于阴山燕山构造带的空间尺度。时间从1976年至1983年,所使用的资

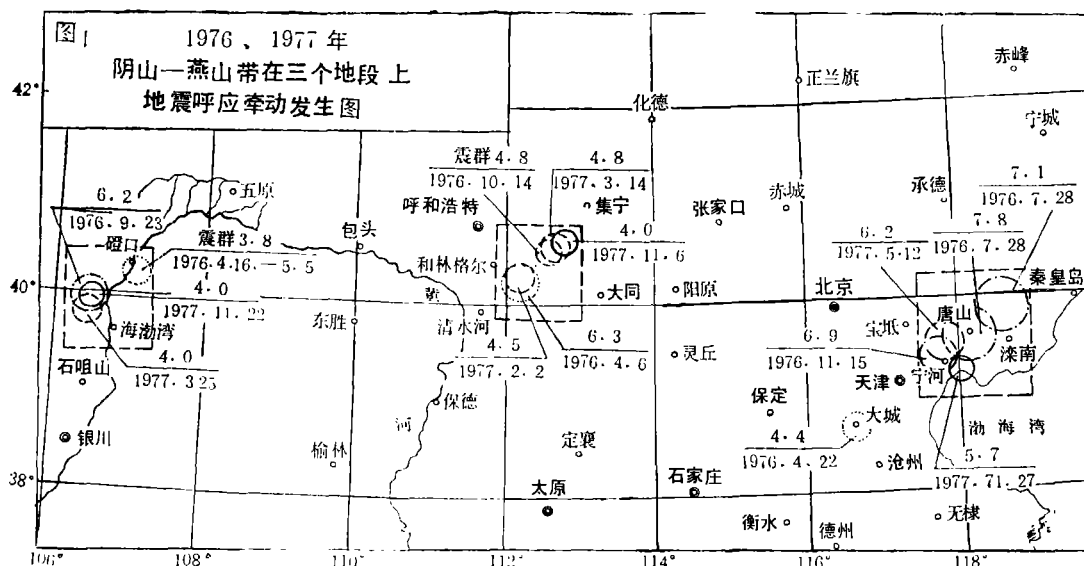
1) 杨理华在1976年全国地震趋势会商会上的发言, 1976, 12。

料为国家地震局分析预报中心的《中国东部地震目录》，地震的起始震级为 4.0（均换算为 M_s 震级）。

二、地震活动特征

1. 在三个地段上，强震中强震相呼应

海城 7.3 级地震后，在整个华北地区地震活动异常平静的背景上，1976、1977 年阴山—燕山地震带的中、东、西三个地段上先后发生了一系列强震、中强震、震群及其强余震。这些地震见图 1



1976年 4月6日	和林格尔 6.3	$\phi_N 40^\circ 14'$	$\lambda_E 112^\circ 12'$
4月16日	磴口震群	$40^\circ 08'$	$107^\circ 07'$
4月22日	大城 4.4	$38^\circ 41'$	$116^\circ 40'$
1976年 7月28日	唐山 7.8	$39^\circ 38'$	$118^\circ 11'$
	唐山 7.1	$39^\circ 50'$	$118^\circ 39'$
9月23日	巴音木仁 6.2	$39^\circ 57.5'$	$106^\circ 27'$
10月14日	凉城震群	$40^\circ 31'$	$112^\circ 30'$
11月15日	宁河 6.9	$39^\circ 24'$	$117^\circ 42'$
1977年 2月2日	和林格尔 4.5	$40^\circ 15'$	$112^\circ 12'$
3月14日	凉城 4.8	$40^\circ 30'$	$112^\circ 30'$
3月25日	巴音木仁 4.3	$39^\circ 48'$	$106^\circ 36'$
5月12日	宁河 6.2	$39^\circ 12'$	$118^\circ 01'$

1977年11月6日	凉城4.0	$\phi_N 40^{\circ}36'$	$\lambda_E 112^{\circ}36'$
11月22日	巴音木仁4.0	$39^{\circ}56'$	$106^{\circ}30'$
11月27日	宁河5.6	$39^{\circ}25'$	$118^{\circ}00'$

唐山—宁河地区的7.8, 6.9, 6.2, 5.6级地震恰好在唐山地震序列中,是具有划阶段的几次重要地震;大城4.4级地震是唐山地震前的信号震;磴口震群恰好是巴音木仁6.2级震前5个月在其附近发生的前兆震群;凉城震群又正好是和林格尔6.3级地震后6个月,在其附近发生的诱发震群。

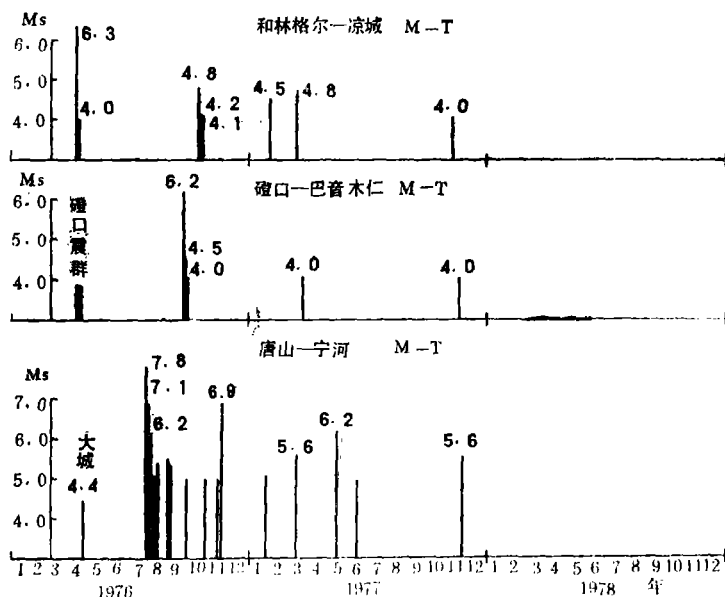


图2 1976、1977年阴山—燕山地震带三个地段上地震呼应牵动发生对比图

我们选取和林格尔~凉城地区 $M_s \geq 4.0$, 磴口~巴音木仁地区 $M_s \geq 4.0$, 唐山~宁河地区 $M_s \geq 5.0$ 级地震, 做1976、1977、1978年三个地区 $M \sim T$ 图(图2)。由图1、图2, 可以清楚地看到三个地段上强震、中强震、强余震及强震前的前兆震群、前兆震间是呼应牵动发生的。1978年在和林格尔和巴音木仁震区均未发生 ≥ 4.0 级地震, 在唐山震区未发生 ≥ 5 级地震。为了证明1976, 1977年阴山~燕山地震带上在三个地段上强震及其有关地震的呼应牵动性, 作者在《和林格尔6.3、唐山7.8、巴音木仁6.2级等地震呼应关系的初步探讨》¹⁾一文中详细计算了上述地震发震时刻间隔的相关系数和进行三个地区地震能级的相关分析, 结果表明在0.01、0.05置信水平上三个地区两两相关显著。

1976年、1977年, 阴山—燕山带地震活跃的同时, 在欧亚大陆及日本海同纬度, 出现了全球性的7级以上地震的活跃。其中有: 1976年4月8日苏联乌兹别克7.3级, 5月7日意大利7.1级, 5月17日苏联乌兹别克7.5级, 11月24日土耳其7.7级, 1977年3月5日罗马尼

1) 孙加林, 《对和林格尔6.3、唐山7.8、巴音木仁6.2级等地震呼应关系的初步探讨》, 中国地震学会《第一次全国地震科学学术讨论会论文摘要汇编》, 1979。

亚7.5级，3月9日日本海7.6级等强震。因此，1976、1977年我国阴山~燕山地震带发生唐山7.8级等强震、中强地震是与同纬度的全球性强震活动有着密切关系。

2. 唐山7.8、和林格尔6.3、巴音木仁6.2级地震具有相同的发生机制

表 1

地 震	发震时间	A 节 面			B 节 面			P 轴		T 轴		N 轴		作者、 时间
		走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	走向	仰角	走向	仰角	走向	仰角	
和林格尔6.3	1976.4.6	NE26°	NW	75°	NW61°	NE	72°	73°	2°	342°	24°	168°	67°	孙加林 1979
		41°	SE	85°	129°	NE	70°	267°	18°	167°	10°	78°	69°	邱 群 1976
唐山7.8	1976.7.28	30°	SE	90°	120°	SW	90°	75°	0°	345°	0°	210°	90°	张之立 等1980
		36°	SE	80°	123°	NE	73°	260°	19°	168°	5°	65°	70°	张之立 等1980
巴音木仁6.2	1976.9.23	NE15°	SE	52°	NW84°	NNE	89°	40°	34.5°	151°	17°	262°	50°	孙加林 1979

文献〔1〕、〔2〕分别给出唐山7.8和和林格尔6.3、巴音木仁6.2级地震的震源机制解，见表1。三个地震的震源区的主压应力释放的方向均为北东向。从余震空间展布及烈度等震线长轴方向以及波谱分布等资料证明，唐山7.8级地震（北东41°）、和林格尔6.3级地震（北东26°）、巴音木仁6.2级地震（北东15°）均为北东向断层在华北统一区域应力场作用下，发生右旋走滑错动的结果，它们具有相同的破裂机制。图3给出了三个地震的震源机制解和烈度等震线分布。从而进一步证明在大范围统一动力源作用下，应变能积累可能在多点进行〔3〕。当一个强震发生，将迅速牵动另一个应变能积累区，因此造成具有相同破裂方式的和林格尔、唐山、巴音木仁地震相继发生。并且它们的间距各为500公里，与文献〔4〕统计的全国强震之间相隔500公里的优势分布相一致。

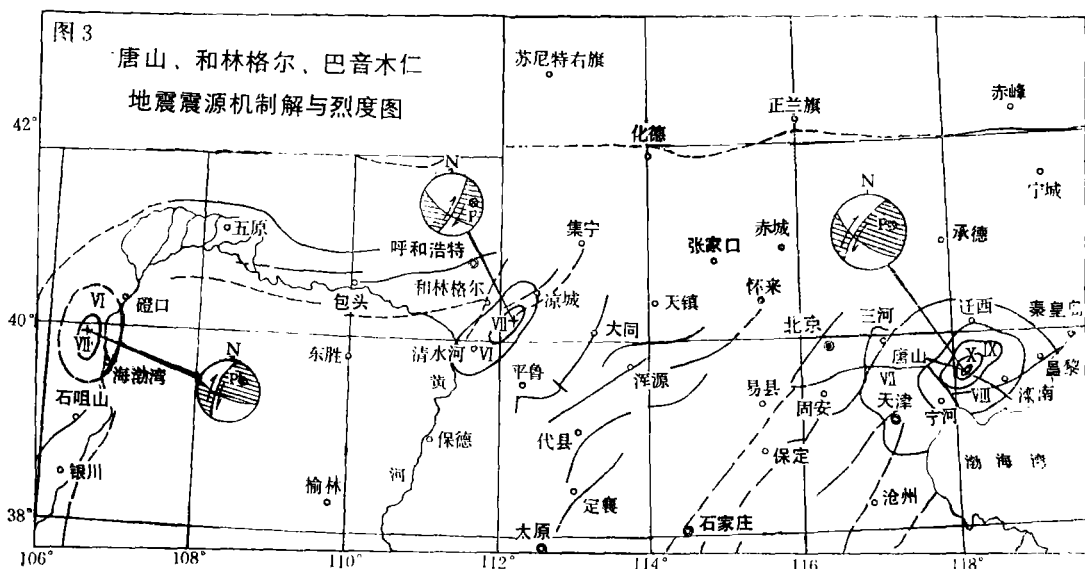


图 3

3. 1978年地震活动格局的某种变化

1978年, 阴山~燕山地震带4级地震活动出现大范围的活跃, 但空间分布却改变了1976、1977年的格局。和林格尔~凉城地区, 磴口~巴音木仁地区均无4级地震发生, 唐山~宁河地区无5级地震发生。而在狼山山前、晋冀蒙交界和京津之间却出现4级地震的密集活动。三个新的地区代替了1976、1977年强震、中强震活动的三个地段(图4a)。作者于1978年5月和1979年4月曾两次指出阴山~燕山带地震活动的这种新特点, 特别强调了要注意狼山和

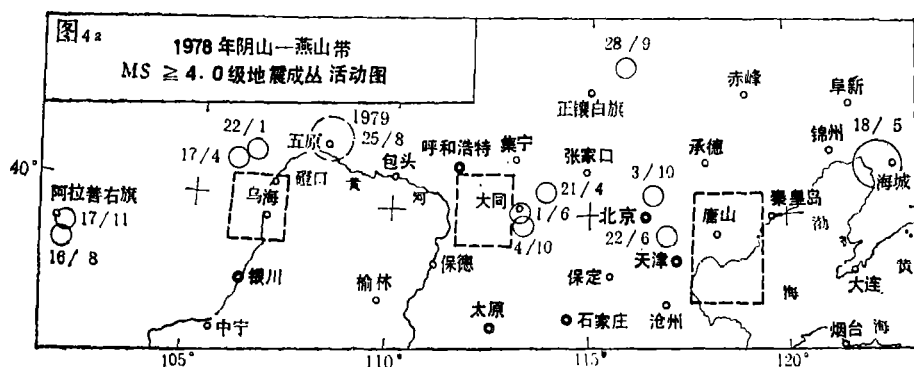


图 4 a

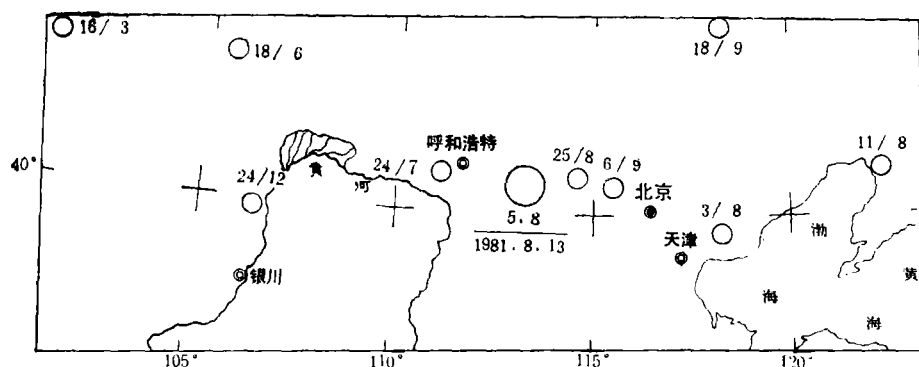


图 4 b 1981年阴山—燕山带4级地震成丛活动图

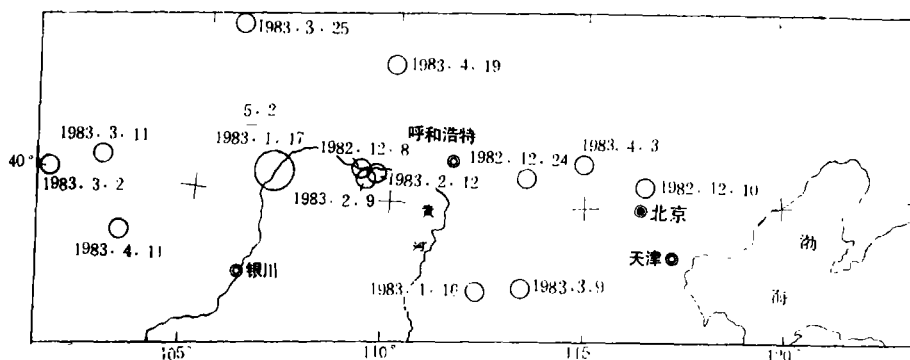


图 4 c 1982.12—1983.4阴山—燕山带4级地震成丛活动图

晋冀蒙交界有中强地震发生的可能¹⁾、²⁾。不久,果然在新的4级地震活动地区分别发生了1979年五原6.0级地震和1981年丰镇5.8级地震。

4. 三次4级地震成丛活动与三次中强地震

1978年以后,唐山、和林格尔、巴音木仁三个强震区的余震活动明显衰减下去(图2),但阴山~燕山带的其它地段上4级地震活动却出现几次间歇式的活跃,图4(a, b, c)给出北纬38°—44°,东经104°~122°范围的三次4级地震成丛活动的空间分布。图5给出1978~1983年上述地区的4级地震M~T图。图4、图5都反映出1979年五原6.0、1981年丰镇5.8、1983年磴口5.2级三次中强地震并不是孤立发生的,而是与阴山~燕山带三次4级地震成丛活动有密切联系。唐山地震后,阴山~燕山带三次4级地震成丛活动及三次中强地震伴随发生,可能是唐山地震后,较大范围应力场调整的反应,并有逐渐衰减的趋势,如1979年五原6.0,1981年丰镇5.8,1983年磴口5.2。1978年后的4级以上地震活动表现为整个阴山带与燕山带间的呼应成对发生,不再是1976,1977年在三个地段上呼应牵动发震的特征。

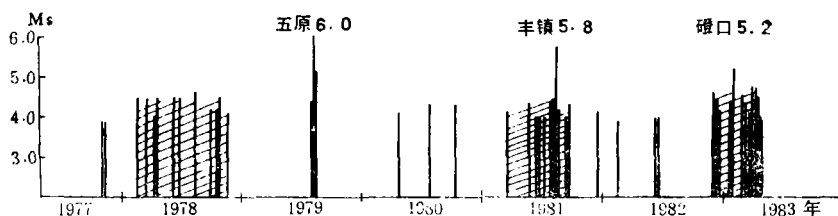


图5 1978、1981、1983年阴山—燕山带三次4级地震成丛活动及三次中强地震M—t图

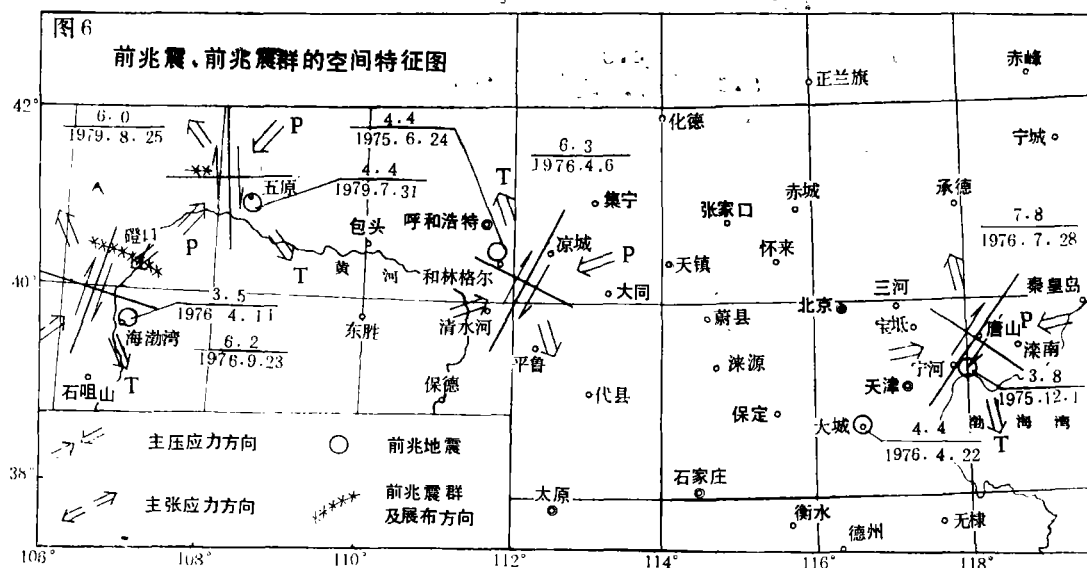


图6

5. 前兆震群及前兆地震

几年来,阴山~燕山带发生的几次强震和中强地震,均无明显临震前震,但是有前兆震

1) 作者在1978年5月20日北京八达处紧急会商会上发言

2) 作者在1979年4月19日北京华北震情会商会上发言(有文字报告)

群或前兆地震,这也是它们的重要特征。如唐山7.8、和林格尔6.3、巴音木仁6.2、五原6.0级地震均在震前数月,在其附近发生4级左右前兆地震,这些前兆地震除在时间空间上逼近主震外,还大多具有发生在主震的震源应力场引张区的特点(图6)。唐山7.8、五原6.0、巴音木仁6.2、丰镇5.8级地震前,均在震前5个月在其附近或稍远距离发生前兆震群(图6)。前兆震群除在时空距离上与主震较靠近外,一般具有低衰减系数($P \leq 1$)和较高的b值(震群在与地震破裂面相共轭的辅助面附近或平行线上)(5),如唐山地震前,山东庙岛震群 $b = 0.82$;巴音木仁地震前,磴口震群 $b = 0.75$;五原地震前,乌加河震群 $b = 0.86$ 。一些震例还证明前兆震群不一定就距主震很近,可 $\geq 100\text{KM}$,但此时震群衰减系数很小,并在时间上距未来主震较短,如1983年磴口5.2级地震前的包头震群(6)1)。

6. 诱发地震与震中迁移

文献[7]指出,一次强震发生后的不长时间,在另一个地区发生一个中等地震,这个中等地震便称诱发地震。作者也曾注意到,1975年以来,阴山~燕山带发生的强震、中强地震大都具有这种特征。如1975年2月4日海城7.3级地震后,华北地区4级地震活动较为平静,仅在这一年的6月24日在未来和林格尔6.3级地震的附近发生了4.4级地震;1976年4月6日和和林格尔6.3级地震后,4月11日在未来巴音木仁6.2级地震附近发生乌达3.6级地震;4月22日在未来唐山7.8级地震的西南发生大城4.4级地震;1976年7月28日唐山7.8级地震后,1977年5月10日在未来溧阳6.0级地震附近发生溧水4.1级地震;1979年7月9日溧阳6.0级地震后,7月31日在未来五原6.0级地震附近发生乌前旗4.4级地震等。

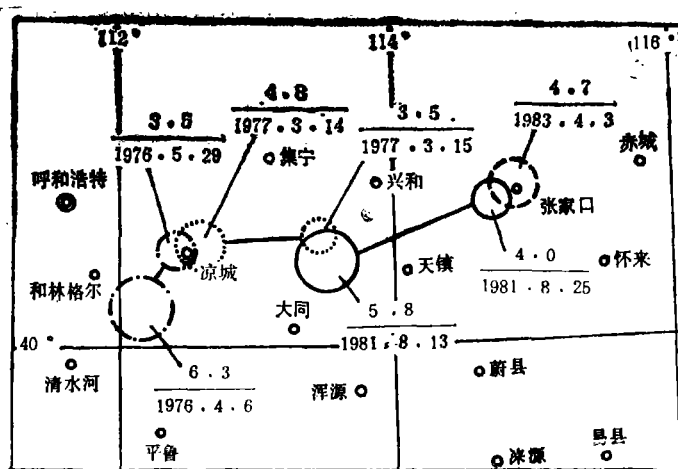


图7 和林格尔6.3—凉城4.8—丰镇5.8—张家口4.7级地震活动图

诱发地震的发生与强震或中强地震的震中迁移有一定联系。如1976年4月6日和和林格尔6.3级地震发生后,5月29日在未来凉城4.8级地震处发生3.5级强烈有感地震(多年来此处无3级地震),1977年3月14日凉城第二次4.8级地震后,3月15日在未来丰镇5.8级地震处发生两次3.4级地震(之前多年此处也无3级地震);1981年8月13日丰镇5.8级地震后,8月25日在未来张家口4.7级地震附近(1983年4月3日)发生宣化4.0级地震。几年时间,和

1) 刘正荣《根据地震频度衰减预报地震的工作细则》

林格尔~凉城~丰镇~张家口, 构成一条中强地震迁移路线(图7)。近年来, 在阴山~燕山带的西段, 也存在类似特征, 即1976年巴音木仁6.2~1978年狼山4.5~1979年五原6.0~1980年乌前旗4.5~1982年包头西4.6级地震等。强震、中强地震的诱发地震或者称作另一次强震、中强震的前兆震, 这是一种引人注目的中等地震。其动力学特征, 有待通过波谱分析来研究。

三、讨 论

1. 同一地震带上的地震活动的发展过程, 实际是在统一应力场作用下, 随时间推移, 沿着构造带应变能经过长期积累逐步释放的过程。阴山—燕山地震带从公元1000年以来应变释放曲线(图8)看, 大体经历了两次地震活动期。第一次是从1022年到1730年, 它的高潮期是以三河~平谷8级大震为标志, 释放了绝大部分应变能, 第二次活动期是从1731年开始, 在本世纪20年代(1922年渤海6.5, 1929年毕克齐6.0级地震)进入应变能加速积累阶段, 1976年以唐山大地震的发生为主要标志, 出现了应变能大释放阶段。近年来的地震活动成为剩余应变能释放阶段。从1978年以来, 三次4级地震成丛活动和相应发生三次中强地震, 均为应力场调整的反应, 这种剩余应变能释放还要持续若干年, 还会伴随一些中强地震发生。

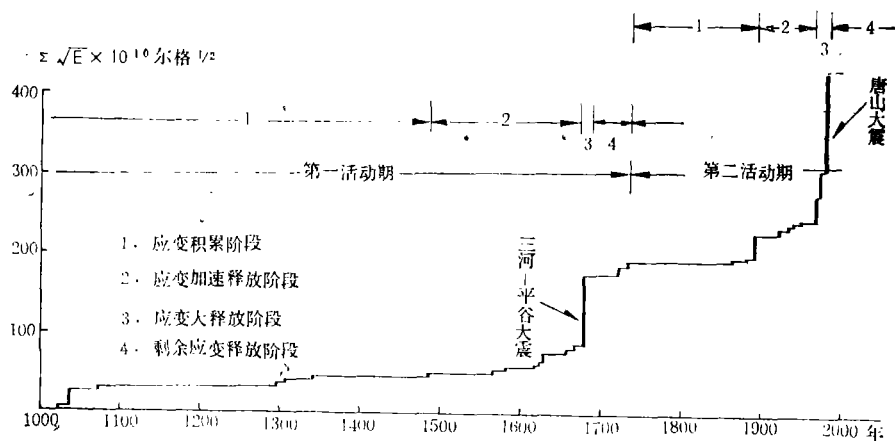
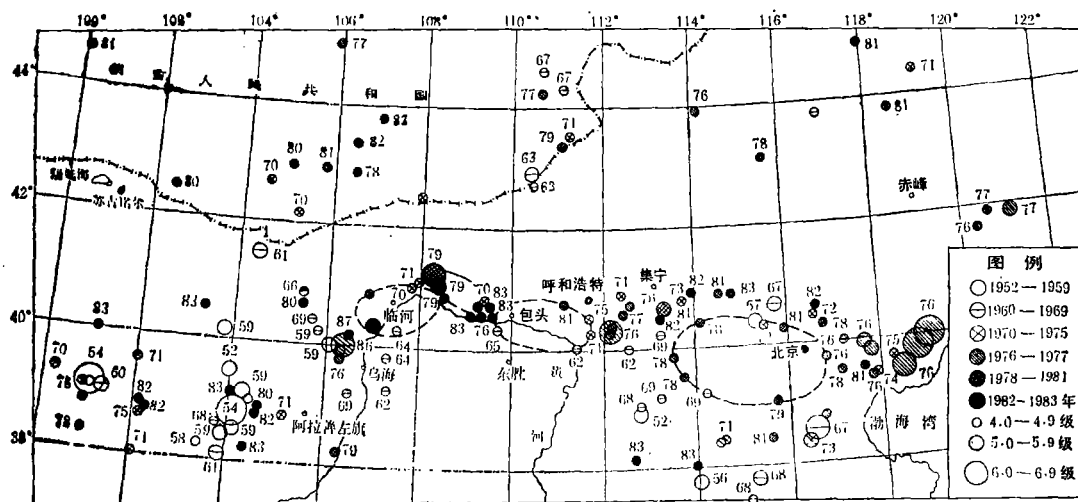


图8 阴山—燕山地震带两次地震活动期

2. 1976年以来, 在长达1000公里的阴山—燕山地震带上, 发生了一系列强震、中强地震, 但目前还明显存在几个地震活动空段(空区)。如<1>京西北, <2>呼和浩特~包头间, <3>包头~乌拉特前旗, <4>狼山山前(图9)。按照茂木清夫第一类地震空区观点, 这四个地震空段(空区)在不久的将来, 还要由相应震级的地震来填满, 这意味着地震活跃期已基本结束呢? 还是四个空段(空区)将作为未来地震活跃期的主要地震活动地段? 有待进一步研究。

3. 1976年以来, 阴山~燕山地震带一系列地震活动提供了较丰富的资料和一些初步认识, 但是否具有普遍意义, 还需在实践中检验和提高。



(注: 地理底图系内蒙古自治区测绘局编制印刷)

图9 1952—1983年阴山—燕山带 $M_s \geq 4.0$ 级地震分布及目前存在的几个空段(区)

(1983.11.7收到修改稿)

参 考 文 献

- (1) 梅世蓉主编, 一九七六年唐山地震, 地震出版社, 1982, 第43页。
- (2) 孙加林, 内蒙古地区的震源机制与区域应力场, 地震科学研究, 1, 1979。
- (3) 马宗晋, 华北地壳的多(应力集中)点应力场与地震, 地震地质, 2, 1, 1980。
- (4) 许绍燮等, 地震活动图象, 地震学报, 4, 3, 1982。
- (5) 孙加林, 前兆震群中出现高 b 值及其可能机制, 西北地震学报, 4, 1980。
- (6) 孙加林等, 包头~乌拉特前旗震群及区域小震活动和局部应力场特征, 地震, 6, 1983。
- (7) 赵根模, 我国板内大地震之间的一种关系—诱发作用, 地震研究, 4, 3, 1981。