

从跨断层测量资料探讨唐山地震孕育的断裂运动特征

业成之

(国家地震局地壳应力研究所)

1976年唐山7.8级强震,在其孕育过程中,区域应力场在时间、空间上有一个明显的转变。由较为稳定、平衡状态逐步转为不稳定、不平衡的激发状态。受其影响的错综复杂的断裂及其运动方式,在一定范围内受到新的制约。从现今测量资料反映,这种制约是从距震中300公里以内的远点开始,范围由大到小。由非发震断裂逐步集中到发震断裂,再由该断裂逐步集中到震源体,其变化过程存在有一定的规律性。

一、断裂活动在形变剖面上的反映

通过京津唐沧地区跨活动断层的七条精密水准的二阶段复测成果,从形变剖面上,比较地震前后断裂的活动特征(图1):

1.通县—邦均形变剖面,走向近东西,跨越北东向夏垫断裂,1965—1971年反映该断裂两盘总趋势较为平直,但东盘略有抬升,约10毫米。1965—1975年显示临震前上盘明显上升,幅度约为30毫米。

2.通县—大孟庄形变剖面,走向北西,唐山大震前1966~1972年变化较平缓,无较大幅度变化。1966~1978年反映安平有较大幅度下沉,河西务断裂活动也较为明显,上盘下降20毫米左右。

3.宝坻—崔黄口形变剖面,走向近南北,跨越东西向宝坻断裂,1969~1973年断裂以南至崔黄口,无明显变化,但北盘在宝坻开始下沉,南北落差约10毫米,1969~198¹年震后反映西盘大幅度下沉,约80毫米。

4.固安—坝县形变剖面,走向北北西,跨越走向近东西的牛驼镇断裂,反映整个测线,北部抬升,南部下降,但该断裂上盘在1974年开始相对逐步上升的幅度增大。

5.白沟—信安形变剖面,走向近东西,该测线反映在唐山大震前后,坝县西存在明显的下沉中心,1967~1974年下沉约50毫米,1974年后下沉量增大至80毫米,并且沉降范围也比原来扩大。

6.任丘—唐官屯形变剖面,走向近东西,该测线反映在唐山大震前变化较平缓,仅显示大城断裂在1969~1973年上盘略有上升,约20毫米,1973年后变化幅度较大,在任丘—大城间明显隆起,大城断裂上盘逆冲达80余毫米。

7.陈圩—黄骅形变剖面,走向近东西,唐山大震前(1967~1973年),沧东断裂上盘上升约50毫米,1973年以后,至1979年,上盘上升量增大,达200多毫米。

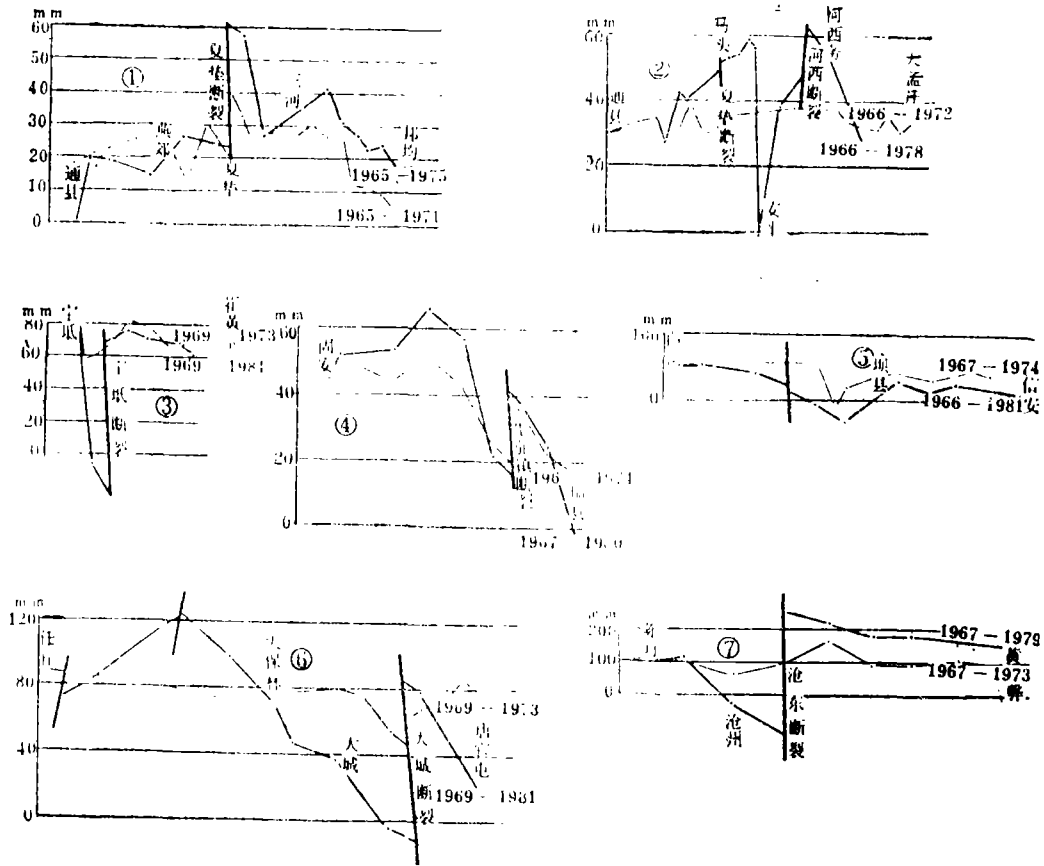


图1 形变剖面图

从以上七条跨断层形变剖面的变化，可以明显地看出，唐山地震前，在1973~1974年左右，京津唐沧地区的区域应力场已有明显的加强，在此条件下，块体之间次生的垂直运动，其幅度有明显的增大。规模较大的沧东断裂，夏垫断裂，在现今活动中，尤其在唐山大震前后，有较大的幅度变化，相对在块体内部的垂直运动幅度较小。

此外，还显示出距震中约250公里范围内所发育的北东—北北东向的断裂，在唐山地震的孕育过程，上盘相对下盘均有较大幅度的逆冲。沧东断裂逆冲200多毫米，夏垫断裂逆冲30毫米，大城断裂逆冲80多毫米，牛驼镇断裂逆冲20多毫米，而东西向的宝坻断裂，两盘落差虽也达70多毫米，但上盘并不显示有趋势性上升，而只是属于下盘的局部下沉。从而说明京津唐沧整个区域应力场，在唐山地震的孕育中，基本受近东西向主压应力的作用，对北东—北北东向的构造起直接的控制作用。

二、震前各测点活动方式的转变

在唐山地震前，京津唐沧地区的形变测点普遍显示出位移量有一个较长趋势的缓慢转折^[1,2]，反映断裂运动开始进入加强阶段。从表1中可以看出在1-13号点的转折时间在1973年7月左右，但这种转折不一定在断裂的三度空间中同时显示，仅在其垂直高差

表1 唐山地震前京津唐地区断裂运动变化特征表

序号	断层名称及产状	测点位置	运动正常阶段		运动加强阶段	
			观测年限(年月)		观测年限(年月)	
			水平	垂直(mm)	水平	垂直(mm)
1	八宝山断层 N45°E/SE/35°	北京 大灰厂	1968—1973 7.6(张顺) -2.1		1973—1976 3.2(压反) +0.2	
2	程各庄断层 N5°E/NW/60°	北京 张家台	1971.7—1973.7 0.2(压)		1973.7—1979.7 0.2	
8	夏垫断层 N45°E/SE/51°	河北 夏垫	1972.5—1973.5 0.9(反) +0.6		1973.7—1976.5 5.0(顺) -3.4	
4	沿河城断层 N55°E/SE/57°	北京 燕家台	1970.8—1973.7 -0.4		1973.7—1976.8 -0.2	
5	安营铺断层 N60°E/SE/50°	河北 衡水	1969.9—1973.7 0.5(压)		1973.7—1976.7 1.1(张)	
6	墙子路断层 N80°E/NW/55°	北京 墙子路	1971.8—1973.7 0.6(张顺) +0.2		1973.7—1976.7 0.2(压反) -0.2	
7	大西山断层 N10°E/SE/60°	北京 张山营	1969.8—1973.7 0.1(顺) -0.4		1973.7—1976.7 0.3(反) +0.5	
8	施庄村断层 N56°W/NE/75°	北京 施庄村	1969.9—1973.7 -0.4		1973.7—1976.7 +0.3	
9	李官营断层 NW27°/SW/75°	河北 李官营	1969.9—1973.9 3.7(压反) -0.68		1973.9—1979.9 2.0(张顺) +0.62	
10	擦崖区断层 NW59°/SW/75°	河北 擦崖子口	1970.6—1973.5 0.3(张反)		1973.5—1976.8 1.75(压顺)	
11	通县—南苑断层 N55°E/NW/70°— 80°	北京 范庄子			1974.8—1976.8 +4.1	
12	八宝山断层 N45°E/SE/35°	北京 大灰厂(台)	1969.6—1974.12 +1.8		1974.12—1976.8 +1.8	
13	八宝山断层 N45°E/SE/35°	北京 牛口峪	1970.8—1974.8 +0.1		1974.8—1976.8 -0.5	
14	沧东断裂 NNE/SE	河北 沧州	1973.1—1976.2 -2.1		1976.2—1976.7 -3.7	
15	桐城断裂 NW/S/60°	河北 河间	1970.7—1975.9 -0.1		1975.9—1976.6 +7.1	
16	大城断裂 NE/SE	河北 大城	1974.8—1975.9 -1.6		1975.9—1976.7 +19.5	
17	沧东断裂 NNE/SE	天津 夫小站	1974.8—1975.3 +2.5		1975.3—1976.5 12.0	

运动转折时间1973—1974年

运动转折时间为
1975—1976

注：“(张顺)”、“(压反)”表反表示张顺扭、压反扭，“+”表示上盘上升，“-”表示上盘下降。

或水平位移的某些方向上较为突出，其中较为典型的测点如北京大灰厂测点，反映八宝山断裂在1968—1973年水平活动显示张顺扭，趋势明显，在1973年后转为压反扭(图2)，至1980年才完成反扭过程，在这一阶段中，反映垂直运动量较小，约差一个数量级。北京张家台测点反映断裂长期作反扭运动，但在1973年其水平运动由压变张。河北怀来小水峪测点在1973年的转折中由压变张。北京张山营测点在1973年由顺扭转为反扭，上盘下降转为上盘上升。北京的大灰厂和牛口峪二形变台站，也出现类似的上述转折。大灰厂台站在1974年底开始转折，至发震时上盘上升1.8毫米，变化量为转折前的三倍多。牛口峪台站的活动方式虽然与大灰厂相反，但同样也在1974年8月开始转折，至发震时上盘下降0.5毫米，为加速前变化幅度的三倍多(图3)。

埋于第四系覆盖层内的测点，均不同程度地受非构造因素(环境地质条件)的干

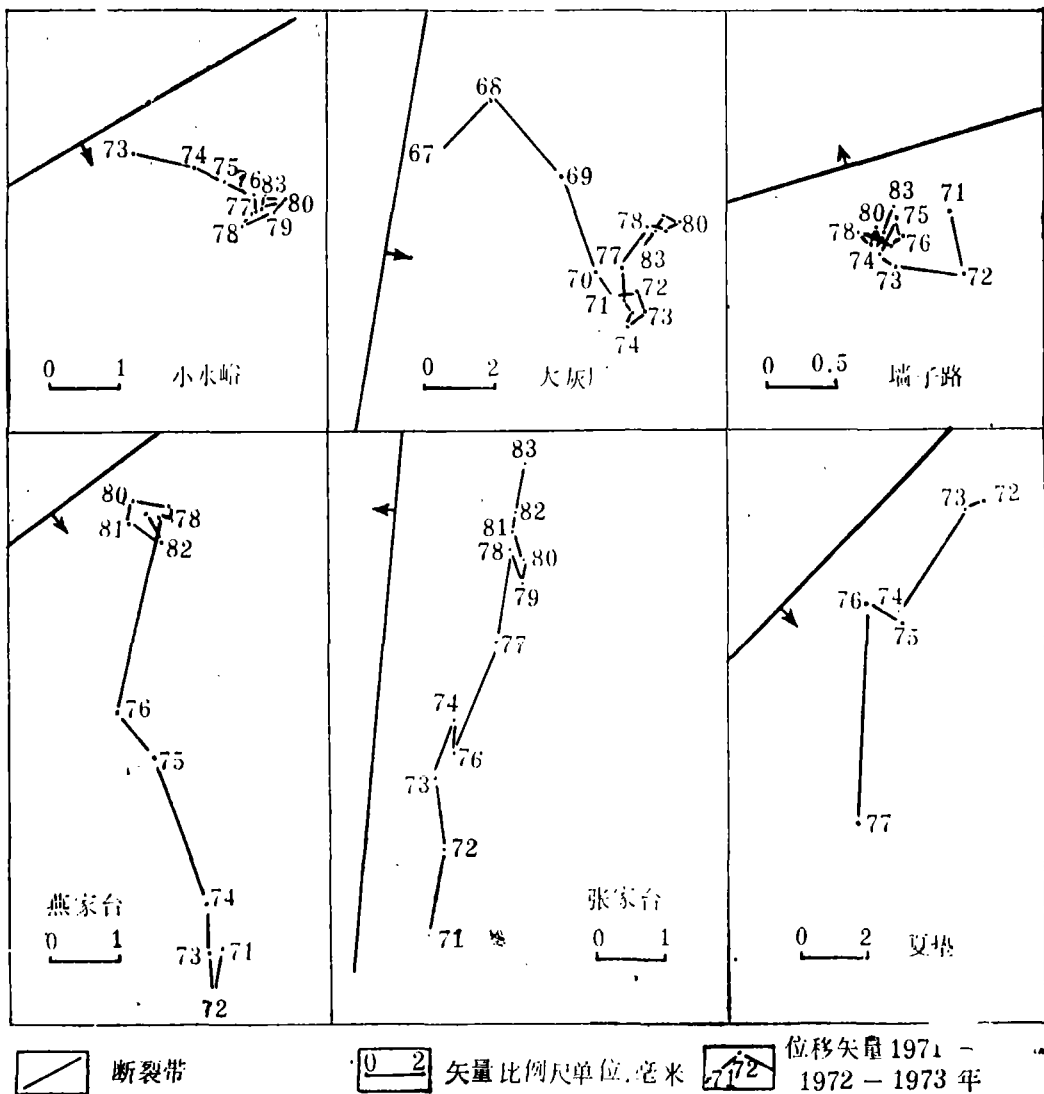


图2 京津地区断层位移矢量图

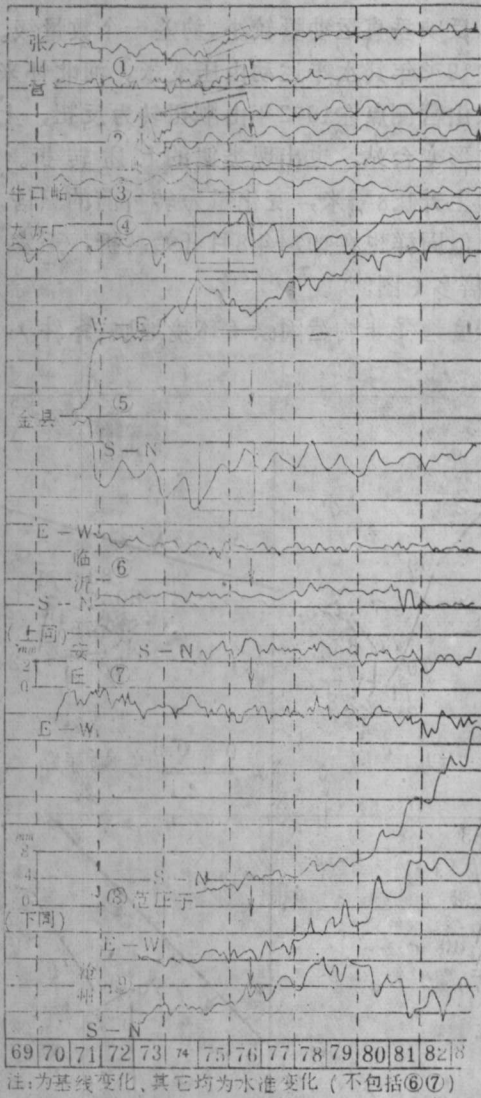


图3 唐山地震前测点作趋势性转折

唐山地震前后的变化过程，一般都经历三个阶段(图5)：

第1阶段为运动转折阶段，也是区域应力场加强的初始阶段，量级较小，转折缓慢，但受到构造条件，包括断层产状、介质成分、岩石岩体的结构等复杂因素的影响，故呈现转折的活动方式、程度也都是不均一的。从表1中可以看出，在三维变化中，各测点在不同方向显示出转折的变化。

第Ⅱ阶段为加速变化阶段，变化随初始阶段的变化方向，加速发展。变化的最大幅度为正常运动的5—7倍。

第Ⅲ阶段为反向变化阶段，也即是发震阶段，应力轴产生明显的转向，从而可以看出平时的应力作用方式与震时的应力作用方式是有明显的转变。

扰，所测成果呈周期性或趋势性变化，如范庄子、沧州测点。但据游丽兰用褶积滤波及多元回归法〔6〕处理后对断层活动的异常能有所反映。

在京津唐沧以外的测点，如辽宁金县，在震前两年水准资料也有较好的对应，但此阶段与辽宁海城地震相重，故不易区分。在距离震中大于630公里的如山东安丘、临沂二台站由于距离较远，则无明显的异常显示。

表1中14—17号点，即沧州、宁河、大城及小站四个测点，所反映地震前出现的转折时间为1975年底至1976年初，比上述13个点要晚二年左右，而且其特点为在转折出现后的不长时间，便进入加速阶段，运动速度比上述13个点要快得多，幅差大。如大城在1975年9月前运动幅度小于2毫米，而在1975年9月至震前运动幅度达19.4毫米。宁河在1975年9月前五年中始终保持小于2毫米的运动幅度，而在1975年9月至震前运动幅度达7.2毫米。如在临震前复测，估计还要超过此量的3—4倍(图4)。

三、孕震的时空变化

1. 震前活动断层的一般运动规律

律

根据以上断裂活动的特点，对应

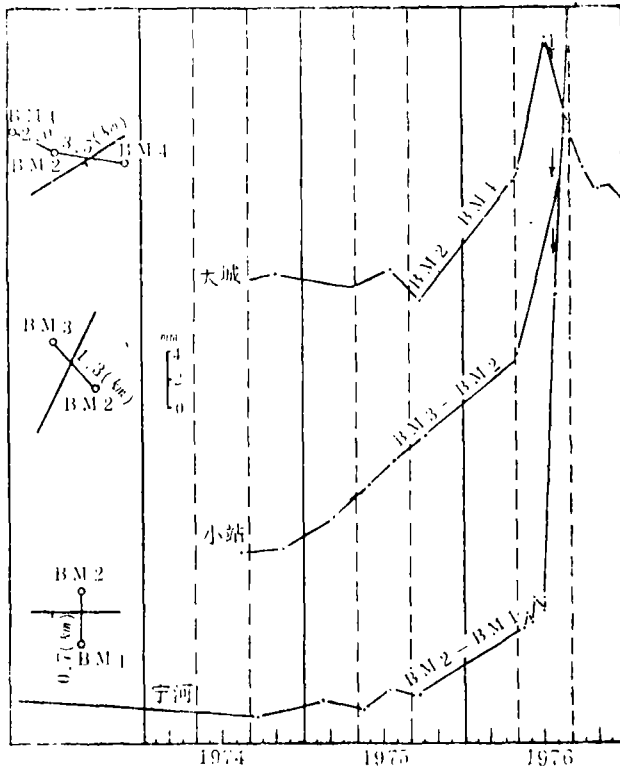


图4 发震构造带上测点的加速变化

2. 时空变化特征

以上所述断裂活动的三个阶段，在各测点均有不同程度的显示，但出现的时空序次大致可以分为四个阶段（图6）：

①1973年7月以前为区域断裂运动的正常阶段，区内各测点变化均在测量中误差的2—3倍以内，无趋势性反向转折等异常出现。

②为断裂运动的加强阶段，自1973年7月起，在距离震中的50—200公里范围内，1—13号点开始不同程度地出现第I阶段的运动转折，但此间在未来震中及其所在的断裂带上的测点，并没有任何异常变化的显示，仍处于正常运动状态。

③为发震断层形成阶段（1975年9月~1976年5月），在未来发震的沧东断裂带上的测点沧州、大城、小站开始进入第I阶段的变化，但在未来震源体的范围内，仍处于闭锁状态，无异常显示。^{〔3〕}

④为震源体形成阶段（1976年5月~1976年7月），在未来震中所在的震源体内的测点—宁河，开始进入第I阶段的变化。

以上四个阶段的变化过程，可以较为清楚地看出，地震的孕育，在断裂活动上所出

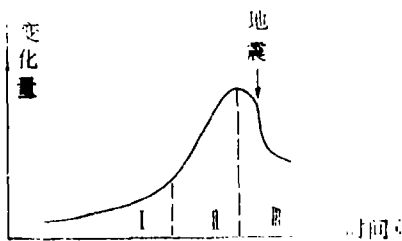


图5 断裂运动变化图

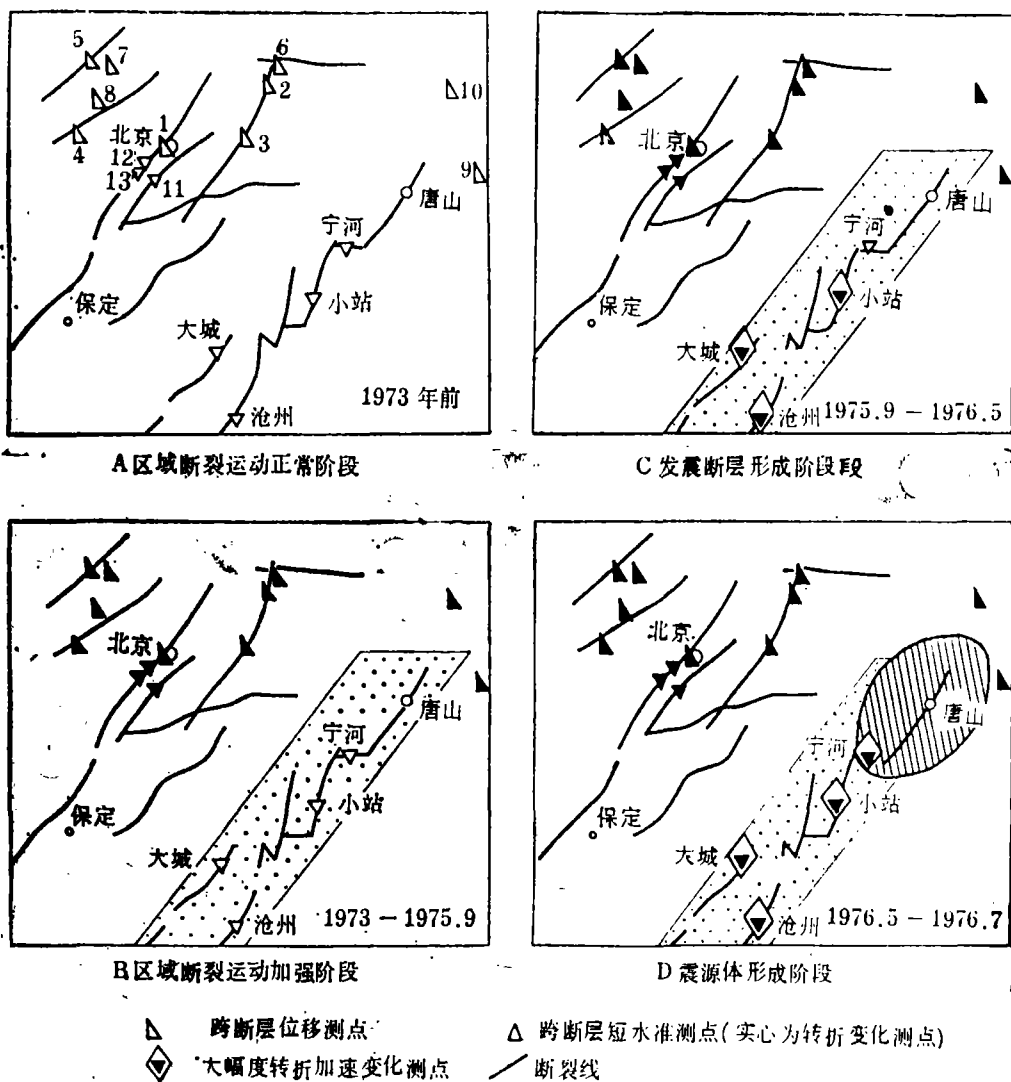


图6 唐山震前断裂运动的四个阶段

现的变化，在时空序列上，是以震中为中心，由远而近，先非发震构造，后发震构造。在发震构造上，也同样是先从远离震中的点逐渐缩小至震源体内的点。而且在发震构造及未来震源体内，开始进入第I阶段变化的时间较晚，约在震前半年到一年时间，但一旦出现，在第I阶段的时间间隔较短，便立即进入第II甚至第III阶段的变化，这就是整个地震孕育的断裂破裂过程。由粘滑机制的原理^[4]可以看出，发震构造中的未来震源，在区域应力场加强的过程中，为一闭锁区，发震构造带为一闭锁段，只有当应力不断加强到临震阶段，突破闭锁段、区的阻挡时，才可能产生幅度较大的断错。

四、结 语

强震的发生是地壳运动在长期缓慢蠕动不断加强过程中的突变运动，由于地壳表面系由不均匀弹性介质所组成，结构复杂，断层纵横，这些未被闭锁处于松弛状态的断裂，震前必然会有明显的位移信息产生。本文所述形变剖面的幅度的增大、断层上盘的逆冲以及各测点的转折变化等，都有力地证明这种前兆信息在断层活动上是确实存在，前兆期约为三年。当然在其生成的初始阶段是很不容易被识别，只有当其发展到第Ⅰ阶段后期、第Ⅱ阶段初，才逐渐清楚地显示出来。

未来强震震中的确定，从唐山地震前，断裂活动规律可以看出，震中位置往往是在区域性断裂活动较为明显中的一些不活动地带，根据粘滑机制理论，这些地段被闭锁，当应力加强时，它不可能象其周围没有被闭锁的断层那样，变化有明显加强。只有当区域应力加强到后期，即临震阶段，才有个瞬间的突变，然后发震，从宁河测点的变化来看，震前至少有两个月的突变过程，其前兆信息是清楚的。

参 考 文 献

- 〔1〕 王宋贤，北京地区断层活动的阶段性特征，地震地质，4，9，1982。
- 〔2〕 丁旭初，京津及冀北地区应力场的转变，地质力学文集。
- 〔3〕 张 超，伴随断层蠕动传播的准静态变形，地震学报，6，1，1984。
- 〔4〕 郭增建等，震源物理，地震出版社，1979。
- 〔5〕 游丽兰，用褶积滤波及多元回归方法处理断层位移测量资料，地壳形变与地震，4，1984。