

现今断层活动与强地震

蒋成恩 黄佩玉

(国家地震局地壳应力研究所)

摘 要

本文用京津地区跨断层短水准短基线测量资料,对近期断层的活动强度,活动方式及各不同方向断层之间的相互关系进行研究,从中探求了1976年唐山7.8级地震前,该区域断层活动的特征。结果表明,断层运动主要是以水平运动为主,但是总的活动强度不大。从断层活动量看,北北东和北东向断层大于东西向和北西向断层。

1973年底以前北北东向和北东向断层上大多数观测点显示出右旋活动,东西向断层为右旋活动,北西向断层为左旋活动,表明是受近东西方向作用力的结果。

1974年初以后,逐步出现了与1973年底以前断层的活动速率和方式不同的特点,这种变化很可能是唐山7.8级地震孕育过程在活断层上的一种反映。根据这种特征,提出了判别强地震中期异常的一种方法。

一、引 言

京津地区位于燕山山脉的东南端,从1966年3月邢台地震后,为了测定地表断层现今活动程度和特征,布设了一定数量的跨断层短水准短基线的测量场地,在二十年的工作实践中,积累了一定数量的观测资料,同时,也经受了强地震的检验,从而加深了对这一观测手段的认识。

本文试图通过对观测数据进行简单的常规处理,确定断层的正常活动与异常活动状态,分析各不同性质断层活动的相互关系,唐山7.8级地震前断层位移测量的图像特征,表明现今断层活动能作为中强地震前中期前兆的现象之一。

二、资料情况

由于本地区活动断层比较多,根据地震地质宏观调查后,跨断层测量场地基本上是在晚近地质时期以来活动较明显的断层上(图1)。各测点场地的地质情况及各测线布设图形列于表1。

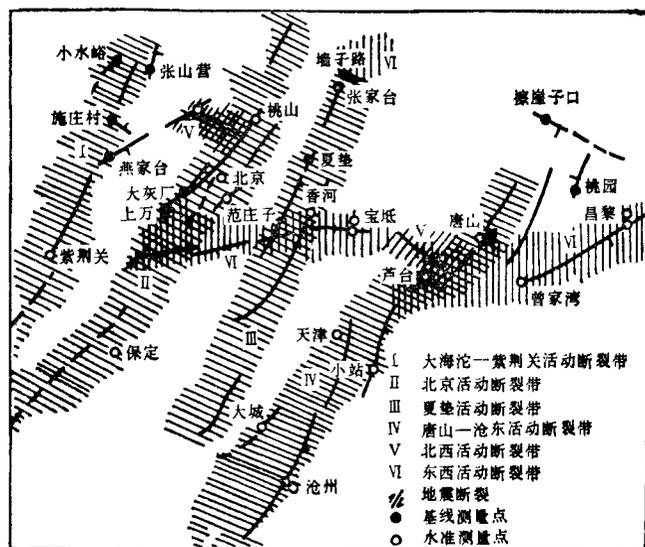


图1 京津唐地区活动断裂带及测点分布略图

Fig. 1 Asketch map of active fault setting places of surving point in Beijing TianJing and Tangshan regions

文中所选用的测量场地各测线的资料是可靠和基本可靠的（标石稳定，测线跨过断层面）。由于观测场地采用流动性观测，重复观测周期不甚固定，一般每月观测1—6次。为了消除一部份随机误差的影响，用五点三次滑动的方法作一次预处理，然后用下面近似公式计算断层两侧相对的水平位移量。

1) 测量场地上有与断层成正交和斜交的两条测线

$$\Delta S = (\Delta L_{\perp} - \Delta L_{\alpha} \cdot \sin \alpha) / \cos \alpha$$

2) 测量场地上仅有与断层斜交的一条测线

$$\Delta S = \left((\Delta L_{\alpha} + \Delta H \cdot \frac{\sin \alpha}{\tan \beta}) \right) / \cos \alpha$$

上两式中： ΔL_{\perp} ， ΔL_{α} ：分别为相邻两期垂直、斜交基线长度的一阶差分。值。 ΔH 为相邻两期高差的一阶差分； α 为斜交基线方向与断层走向的夹角； β 为断层的倾角。

以下所讨论的断层活动量的具体数值均为计算值。

三、断层活动的确定方法

1. 观测值包括的成份

跨断层位移测量是在地表出露的断层上进行重复观测，其观测值中可能包含了以下三类成份：

(1) 构造变动（构造应变、断层运动）；

(2) 天文因素（如潮汐作用）引起的形变，通常很小，用常规的大地测量方法不易得到；

在这方面有许多地震科学工作者做了很多的处理工作，如用多元回归、褶积滤波、三角函数拟合、类比等方法。下面用类比的方法来判定跨断层测线的观测值是否是断层两侧相对运动量，在同一场地上用跨断层（段）与不跨断层测线进行类比，在标石、岩性、测线长度等基本条件相同并且所受地壳表层的非构造形变的影响量级可视为相同的情况下，判断断层的活动及断层两侧的相对位移量，对研究断层现今活动的动态与强地震的关系是可行的方法之一（图 2）。

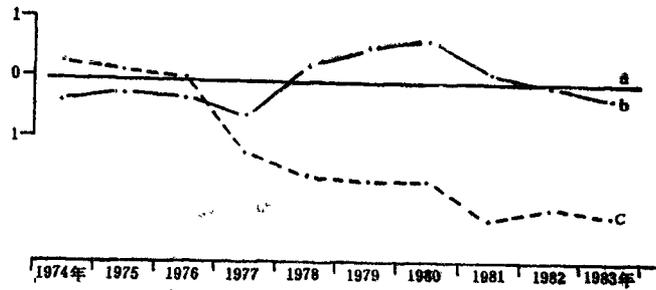


图 2 大灰厂跨断层与不跨断层测值曲线对比图
 a. 不跨断层归零曲线
 b. 与断层垂直基线变化曲线
 c. 与断层斜交基线变化曲线

Fig. 2 Surviving value curve contrast between across and being across fault in Dahuichang
 a. Normalized zero curve for being no across fault
 b. Variation curve for baseline perpendicular to a fault
 c. Variation curve for baseline inclined to a fault

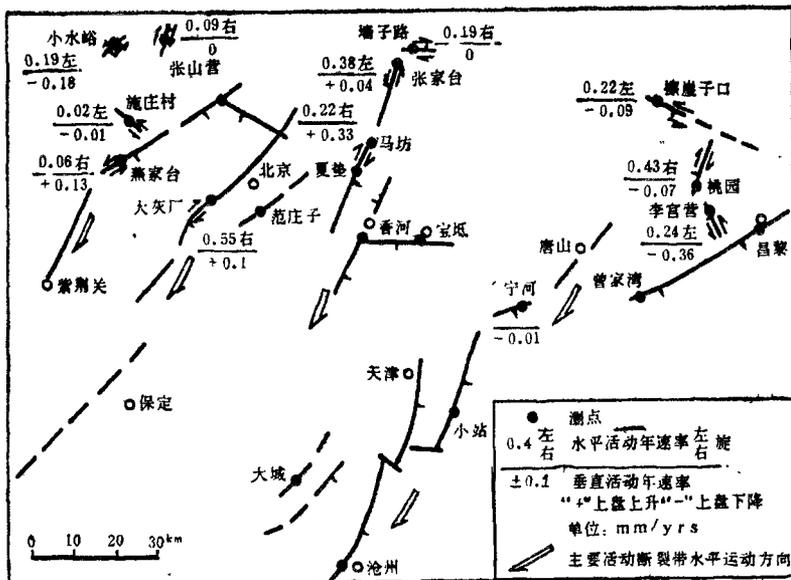


图 3 京津唐地区断层运动略图（1970—1973）

Fig. 3 Sketch map of fault movement in Beijing Tianjing and Tanshan region (1970—1973)

2. 一定范围内各活动断层之间的相互关系

用类比的方法,可以证明本手段能观测到断层位移量。在一定区域内不同方向的断层活动与受力状态有关。从图3中可见,1984年初以前,在京津地区的观测点,北东向、北北东向断层活动多数是以右旋为主,断层上盘上升,而北西向断层活动为左旋,从该区域两组主要断层活动所显示的图像分析,只能是受近东西向作用力,才有可能产生这种结果。实测资料与华北地区现今构造应力场的光弹模拟实验的结论基本一致^[1]。在这里且不可否认单个测点对某些强地震的对应关系,这种测点通常称为灵敏点。这种特殊现象的出现,为今后台站(测点)的选址提供了有益的信息。

3. 断裂的趋势运动

断层的活动形式大致可分为水平运动和垂直运动,两者是相互联系的,在断层位移的重复观测中,其测值的变化在一定的时段内表现出同一方式的运动,称为趋势变化。有关研究资料表明,断层活动可分为缓慢蠕动方式和地震发生时的瞬间在发震断层上大大幅度位移方式,所以趋势变化不是几天或几个月的短期变化,而是指一年以上较长时间的沿同一方式进行的缓慢运动。图4示出研究地区一些测点的趋势变化。

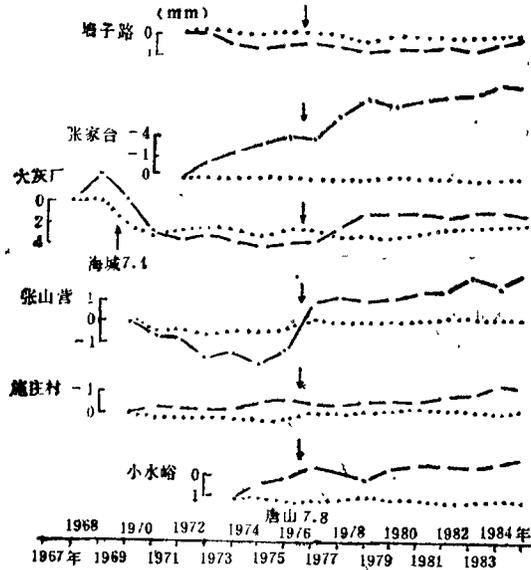


图4 趋势变化曲线图(实线为基线,虚线为水准)

Fig. 4 Curves of potential change (solid line are baseline, dotted line are leveling)

四、强地震发生前断裂活动特征

该区域位于燕山纬向构造带东南端,地质构造复杂,活动断裂众多。近年来邻区发生过多次6级以上地震,如唐山7.8级地震;历史上三河—平谷8.0级地震都发生在活动断裂带上。

根据近年的跨断层位移实测资料分析,强地震发生前大致有如下几方面特征:

1. 强烈地震多发生在断裂活动速率变化大的断裂带上

地震是地壳运动的一种表现形式，一个地区断裂活动的速率和性质，往往与该地区所受力作用的方向和大小有关。而断裂活动速率的增大和活动性质的改变，又多可预示该区将有强烈地震发生的可能。如唐山 7.8 级地震前，沧东断裂的水准测量资料反映断裂活动年速率为 14 毫米，属我国东部地区一级活动断裂带^[2]，唐山 7.8 级地震正发生在此断裂北端端部与东西向断裂带的交汇处。又如我国西南地区的鲜水河断裂带也属于一级活动断裂带，1972—1973 年，且都测点垂直活动年速率达 40 毫米，1976 至 1983 年虾拉沱测点平均水平活动年速率为 6.6 毫米，1973 年炉霍 7.9 级地震和 1981 年道孚 6.9 级地震都发生在此断裂带上。再如邢台地震带，它处于华北地台翼中拗陷与临清拗陷间的隆挠凸起上的一个北北东向延伸的束鹿地堑及其边缘地带，从新生界地层厚度看，翼中拗陷与束鹿地堑带相差 250—1000 米*，可见该区域存在强烈的差异升降运动，因而形成了强地震的构造环境，1966 年 3 月发生了邢台 6.8 级及 7.2 级两次强地震。

2. 地震前断裂活动特征

断裂活动是一个很复杂的运动过程。但是，其运动方式不外乎两种情况，一是断裂正常运动，即匀速缓慢的运动，如每年观测到的年周期变化和趋势变化图像。另一种则是在正常运动的基础上，出现了加速运动、反向运动、或停止运动过程，称为异常活动。以唐山 7.8 级地震为例，在距震中约 250 公里以内的地区，跨断层测点反映的运动特征是正常—加速—反向—地震（图 5）。其运动速率见表 2。

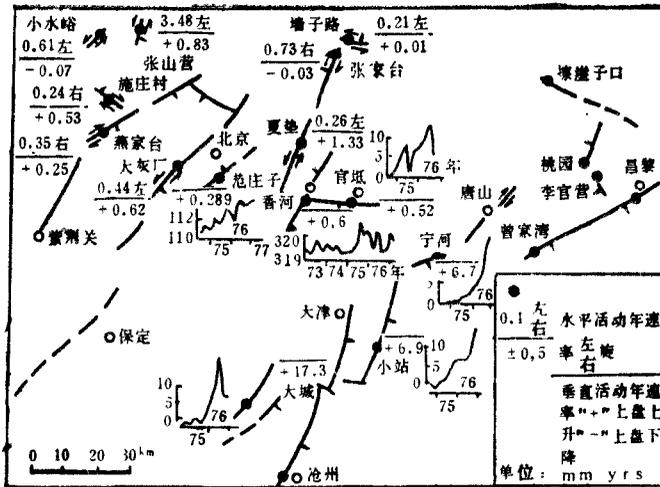


图 5 京津唐地区唐山地震前加速运动略图 (1975.5—1976.7)

Fig. 5 Sketch map of quickening move before Tanshan earthquake in B.J; T.J and T.S region (1975.5—1976.7)

*中国科学院地质研究所，邢台地震带构造总结，1968，

表 2
Table 2各测点活动量统计表
Statistical table of activity amount for each surveying points

点名	起止时间 年·月	水平活动			垂直活动			
		扭动量 (mm)	年速率 (mm)	累计量 年速率	升降量 (mm)	年速率 (mm)	累计量 年速率	
张山营	1970.4—1975.3	+2.96	+0.41		-1.03	-0.18		
	75.5—76.5	-3.48	-3.48	$\frac{-3.55}{-0.21}$	+0.82	+0.82	$\frac{-0.01}{0}$	
	76.6—84.12	-2.13	-0.25		+0.20	+0.02		
上万	80.11—84.12	-1.04	-0.25	$\frac{-1.04}{-0.25}$	-0.59	-0.14	$\frac{-0.59}{-0.14}$	
	70.8—75.4	-0.71	-0.16		+0.52	+0.11		
燕家台	74.8—76.2	+1.37	+0.91		+1.48	+0.99		
	76.2—76.7	-1.53	-3.67	$\frac{-2.16}{-0.15}$	-0.47	-1.12	$\frac{+0.33}{+0.02}$	
	76.7—77.12	-2.18	-1.54		-0.73	-0.52		
	77.12—84.12	+0.92	+0.13		-0.47	-0.07		
张家台	71.6—75.2	-5.22	-1.42		-4.05	-1.10		
	75.2—76.7	+0.35	+0.25	$\frac{-9.17}{-0.68}$	+2.16	+1.52	$\frac{-3.11}{-0.23}$	
	76.7—78.7	-3.11	-1.56		-1.34	-0.67		
	78.7—84.12	-1.19	-0.19		+0.07	+0.01		
小水峪	73 — 76	-1.36	-0.45		-0.19	-0.06		
	76 — 78	+0.52	+0.26	$\frac{-1.75}{-0.16}$	+0.23	+0.12	$\frac{-0.11}{-0.01}$	
	78 — 84	-0.91	-0.15		-0.15	-0.03		
大灰厂	67.10—73.12	+4.38	+0.71		-3.24	-0.25		
	73.12—76.7	-1.24	-0.48	$\frac{+1.12}{+0.07}$	+1.14	+0.44	$\frac{-0.34}{-0.02}$	
	76.7—78.6	-2.24	-1.17		+0.04	+0.02		
	78.6—84.12	+0.22	+0.03		+1.74	+0.27		
墙子路	72 — 74	+0.53	+0.26		+0.06	+0.03		
	74 — 76	-0.07	-0.04		-0.03	-0.02		
	76 — 79	+0.10	+0.03	$\frac{-0.37}{-0.03}$	+0.19	+0.06	$\frac{+0.35}{+0.03}$	
	79 — 84	-0.93	-0.19		+0.13	+0.03		
施庄村	69.9—73.12	-0.09	-0.02		-0.24	-0.06		
	73.12—75.12	-0.40	-0.40		-0.10	-0.10		
	75.12—80.12	-0.06	-0.01	$\frac{-1.13}{-0.07}$	+0.48	+0.08	$\frac{+0.27}{+0.02}$	
	80.12—84.12	-0.58	-0.14		+0.13	+0.03		
夏 垫	72 — 74	+4.05	+2.02	$\frac{+3.99}{+1.00}$	+1.39	+0.70	$\frac{+2.32}{+0.58}$	唐山7.8级地震后, 井水溢出停测
	74 — 76	-0.06	-0.03		+0.93	+0.46		
范庄子	74 — 80				+7.36	+1.23	$\frac{+24.37}{+2.47}$	无基线
	81 — 84				+17.37	+5.79		
宁 河	70.7—75.7				+0.04	0		
	75.7—76.6.29				+7.69	+7.69		
	76.6.29—76.12				+48.15	+114.64	$\frac{+94.14}{+7.24}$	无基线
	76.12—78				+9.01	+4.50		
	78 — 83				+30.80	+6.16		

续表 2

桃 山	77 — 84	+0.93	+ 0.4		+0.40	+0.06	$\frac{+0.40}{+0.06}$	无基线
桃 源	70.1—72.3	+0.93	+0.43	$\frac{+0.93}{+0.43}$	-0.15	-0.07	$\frac{-0.15}{-0.07}$	1973年后停测
李官营	70.4—73.5	-0.74	-0.24	$\frac{-0.74}{-0.24}$	+1.10	+0.36	$\frac{+1.10}{+0.36}$	1973年后停测
擦崖子口	70.7—73.5	-0.63	-0.22	$\frac{-0.63}{-0.22}$	-0.27	-0.09	$\frac{-0.27}{-0.09}$	1973年后停测

“+”表示上盘右旋或上盘上升；“-”表示上盘左旋或上盘下降。

3. 断层活动的时空关系

在一定区域内，各活动断裂带上测点的活动特征，如果出现多测点近似同步性变化，可视为异常标志之一。图 3 和图 5 展示了该区域内各不同方向断层上测点几乎在 1974 年底后陆续发生了加速、反向等近似同步性变化，例如大城短水准测点 1975 年 9 月前变化不大，1975 年 9 月至 1976 年 6 月断层上盘上升大 17.3 毫米，6 月后出现反向变化。香河短水准测点，1971—1973 年底前，其变化较平稳，年速率为 0.1 毫米，1975 年初开始出现加速变化，同年 8 月底达到 1.69 毫米的变化量，显示断层上盘上升，是该点观测以来出现的最大的连续性变化，尔后出现缓慢的反向变化。又如张山营短水准短基线测点，1970 年 4 月至 1975 年 3 月前，水平运动每年年周期变化十分清楚，按观测值计算年速率为 0.41 毫米的趋势变化，而 1975 年 5 月至 1976 年 5 月年周期变化消失出现了加速运动，其年速率为 3.48 毫米。尔后则出现了反向运动至 1976 年 7 月 27 日止，其变化量达 1.01 毫米。以上足以说明各断层的运动是区域性受力加强的反映。

由于各断层的构造条件和介质的差异，应力应变的传播速度亦有不同，这样导致断层出现异常活动的时间也不同，一般是由震中区逐步向外推移（见下表）

点 名	断层名称	距震中距离 (公里)	异常起始时间 (年·月)	速 率 (毫米/年)
宁 河	宁河—昌黎断裂	30	不清楚	
夏 垫	夏垫断裂带	112	1973.7	1.31
大 灰 厂	八宝山断裂带	180	1974.1	0.31
张 山 营	大海坨断裂带	230	1975.4	3.00

4. 短期突变特征

强地震发生前数月内，大城跨断层短水准高差大幅度变化（图 6）。大灰厂基线测量资料在 16 天内变化 1.1 毫米（图 7），是该测点 1967 年建点观测以来从未出现过的加速变化，经过核实后，这一变化不属外界因素影响所致。很可能是唐山 7.8 级地震前断裂剧烈活动的反映，这一特征变化对今后的短期地震预测是很有意义的。

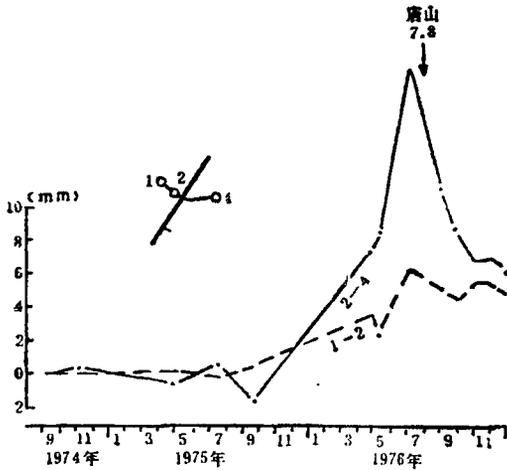


图6 大城短水准变化曲线图

Fig. 6 Curves map of the change of short leveling at Dachang

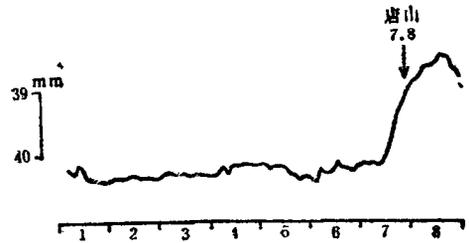


图7 1976年大灰厂基线变化曲线图

Fig. 7 Curves map of the change of baseline at Dahuichang in 1976

五、几点看法

1. 跨断层位移测量是研究断裂带活动现状的一种可行方法。在强地震孕育过程中，在距震中约250公里范围内的活动断裂上的测点是有一定反映的，它对强地震中期异常的研究有着重要的意义。

2. 震中区内断层的相对运动，在位移测量的结果中并不突出，这很可能是因为在地震孕育过程中断层处于闭锁状态。该区段应力集中，而位移不大，这就为寻找未来强地震的可能震中位置提供一种依据。

3. 在判定断层是否活动的方法上，目前还没有统一的认识。尤其在测值变化不大的情况下，更难以定论。但是，在同一测量场地上，用类比的方法布设与断层走向平行或其它方向的不跨越断层的多余测线以及用标石阵方法等，是可以确定断层活动量的大小的。

需要指出，本文仅是初步尝试，所涉及的问题有待于测量学、地质学、地球物理等多方面的大力合作，才能使观测到的变化值得到更完善的解决。

参 考 文 献

- (1) 郭世凤等, 华北地区现今构造应力场的光弹模拟实验, 地震科学研究, 地震出版社, 第二辑, 1980.
- (2) 刘光勋等, 中国东部活动断裂的现代构造运动, 地震地质, 4, 4, 1982.

RECENT FAULT MOVEMENT AND STRONG EARTHQUAKE

人 Jiang Chengen Huang Peiyu

(*Earth's Crustal Institute of Dynamics S. S. B*)

Abstract

Using the results of short baseline and short leveling surveys across active faults at Beijing Tianjing and in its vicinity, this paper investigates the intensity and style of active faults and the interaction of different active faults in recent years. It also studies the characteristics of active fault movement in this region before Tangshan Earthquake of magnitude 7.8 in 1976. The results show that active faults take mainly horizontal movement and the intensity of activity is not too strong. NNE and NE faults have stronger movement than EW and NW faults.

It is concluded that the direction of principal pressure is nearly EW based on the right-lateral slip in NE, EW and NNE faults at most of the observation points and the left-lateral slip in NW faults before the end of 1973.

After 1974 it appears that the faults move differently in rate and style compared with that before the end of 1973. The change may be the response of active faults to the forming processes of Tangshan earthquake of magnitude 7.8. A method to identify the middle term anomalies of earthquake is proposed including the following three considerations: 1. To determine the segments of potential earthquake in future according to the processes of high and active rates on fault zones. 2. The change of normal fault activities may be a identification of forming processes of strong earthquake. 3. The interaction relationships between active faults in different direction.