

唐山地震前后京、津、唐、张地区的综合断层面解

刁桂苓 于新昌

(河北省地震局)

一、绪 言

由许多断层面解得到的等效应力场的统计结果,可以认为即代表了该区域的应力场^[1]。华北地区震源机制结果,显示出两个最大剪切应力方向的一致性,说明该区域处于统一的应力场中^[2]。唐山地震前后,区域应力场发生了什么变化,是人们关心的问题。本文从较大的范围,较宽的时间尺度,以小地震资料得到的综合断层面解,来探讨京津唐张地区区域应力场时间与空间上的变化。

由单台小地震资料研究有关京津唐张区域应力场,1973年已有文章发表^[3]。许忠淮^[4](华祥文¹⁾收集了丰富的资料,对唐山地震前后京津唐张区域应力场进行了一定的研究工作。我们利用许忠淮、华祥文提供的数据,并补充我们掌握的资料,进行一些新的工作。

二、资 料 和 方 法

许忠淮给出1966年以来,京津唐张地区多台的地震初动资料。这些台站是:蔚县、沙城、车耳营、白家疃、平谷、马道峪、喇叭沟门、迁西、昌黎、北戴河等。并有部分资料由北京有线传输台网获得。各台由三分向短周期记录读取,传输台网单分向记录经白家疃台远震记录校正后获得。震中分布于京津唐张全区,即北纬 38° — 41° ,东经 114° — 120° 。

华祥文给出白家疃台1958年—1976年7月和北安河台1975年9月—1978年3月的单台地震初动资料。震中分布的范围与许忠淮的资料范围相差不大,也遍布于京津唐张全区。

我们又读取了天津台网1976年8月—1977年4月宝坻东堤头地震的初动资料。震中位置取自地球物理所值班室目录。

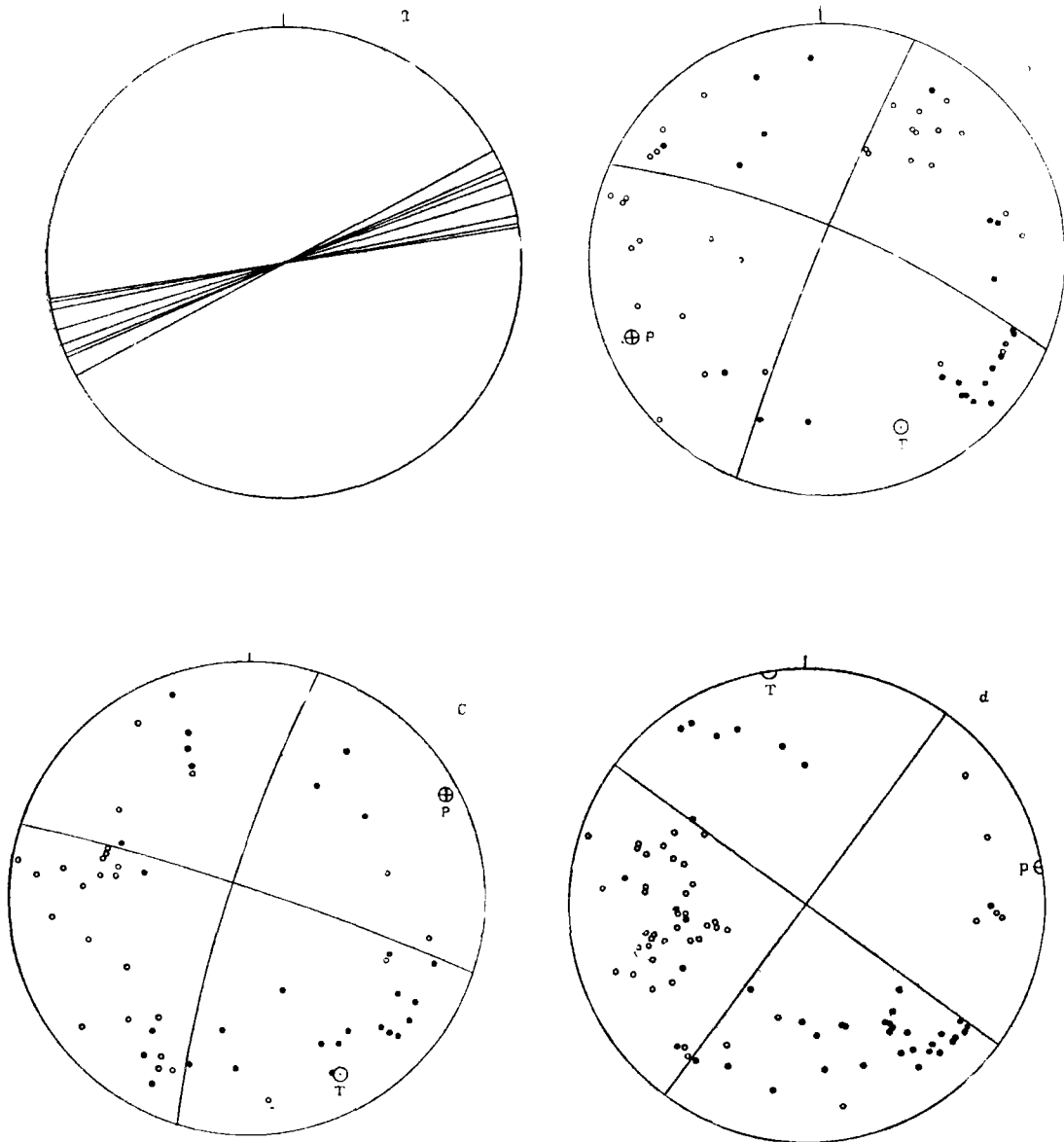
我们采用文献^[3]的方法,对1)2)给出的数据直接引用未重新计算。在我们的摸索过程中,限定如下条件:综合断层面解所用符号以地方震为主;对震中距在15公里以内,100公里以外的地震初动符号,取用读取三分向,校核过震中位置的符号;凡在一地形成序列的地

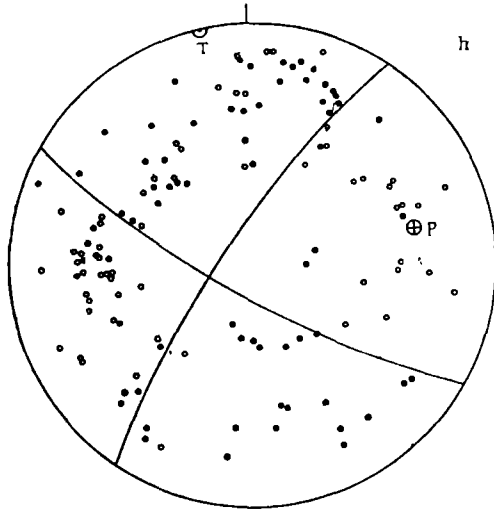
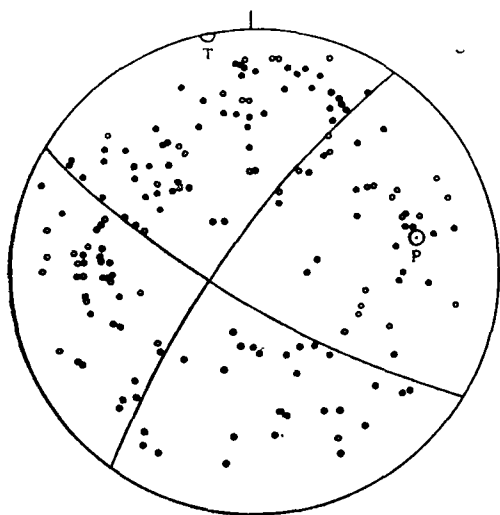
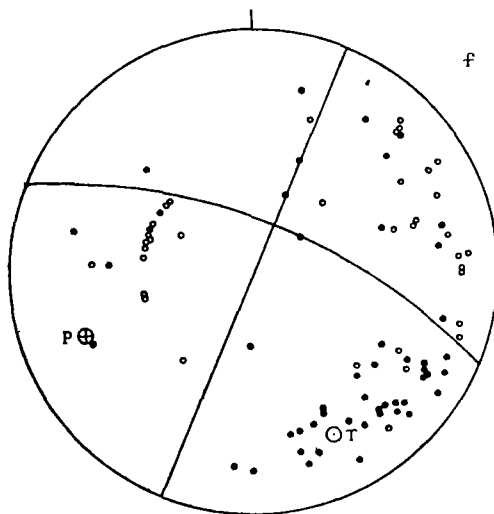
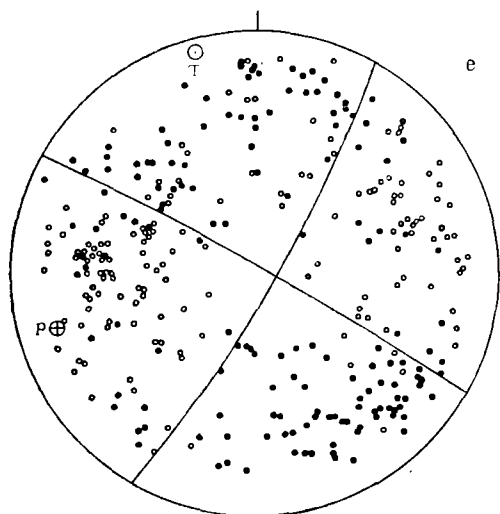
1)内部资料

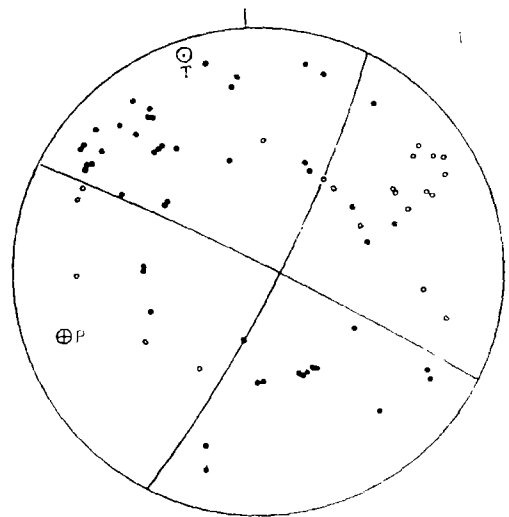
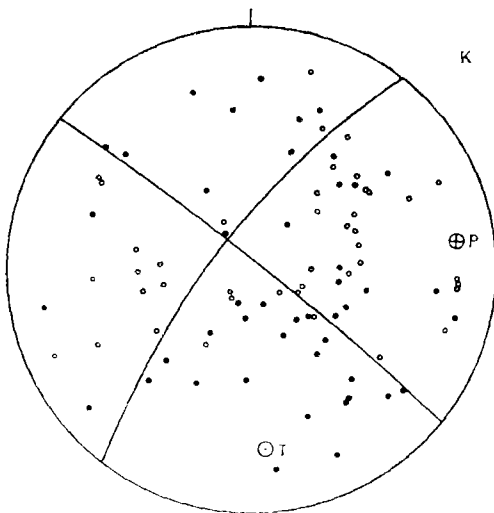
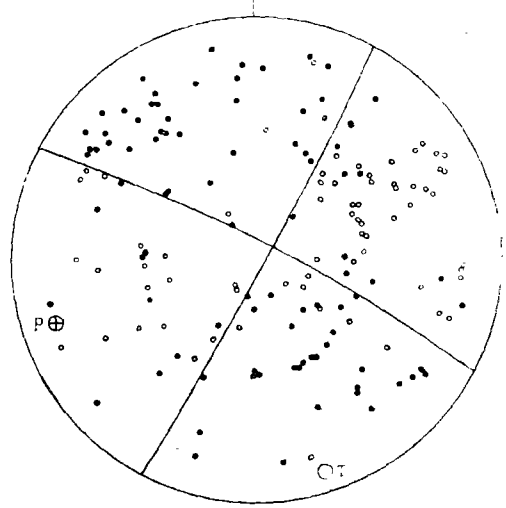
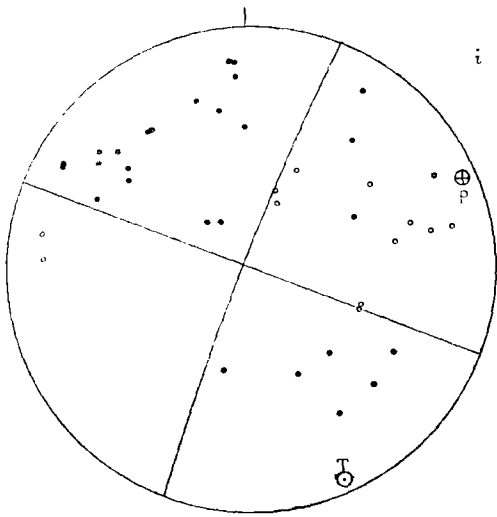
震，取震中距较小（震中距 $\Delta \leq 50$ 公里）的资料，至于震中距较远的台站记录的符号，只取一、二个做为代表。

三、结 果

我们将取用的资料分单台、多台；不同时间间隔；不同区域做得结果，见表1、图1。其中图1（a）是所有综合断层面解的P轴方位平面投影。分布方位相当集中。图1（b）——图1（n）是跨越唐山地震前后，京津唐张地区不同区域不同时间资料所得综合断层面







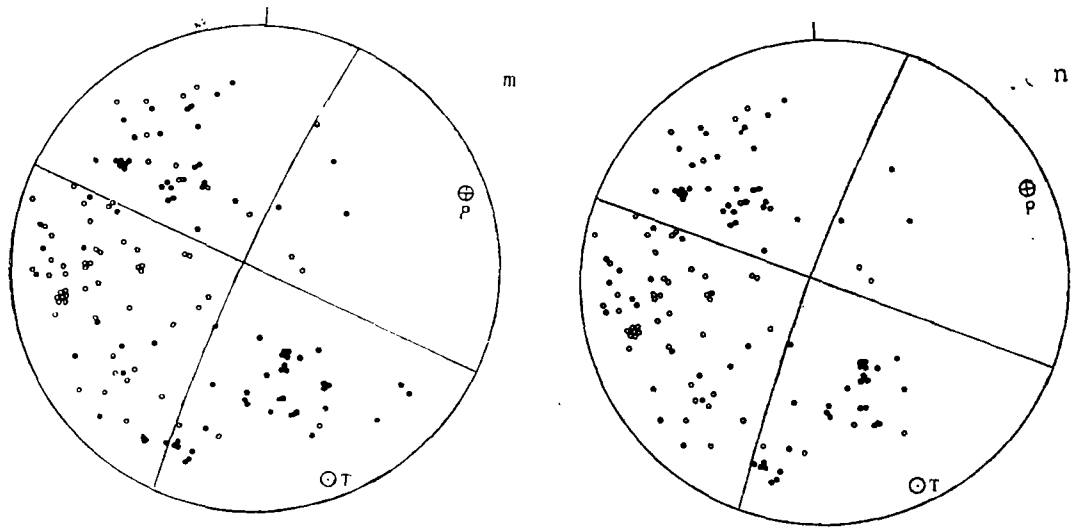


图1 P轴平面投影, 综合断层面解

解。它们有着很好的一致性,即:最大压应力主轴方位为北东东——南西西向,最小压应力主轴方位为北北西——南南东向,而且都接近水平向;两个最大剪切应力方向分别为北北东——南南西和北西西——南东东向。这完全符合于华北统一应力场的结果〔2〕。它们说明京津唐山区应力场的方向(最大压应力方向和最大剪切应力方向)比较稳定,并未受到唐山地震的显著影响。

图1(b)(c)(d)由白家疃、北安河两单台,分别用1958年——1966年、1967年——1971年、1972年——1976年唐山震前的资料做得。三个结果除显示综合断层面解的相似之外,每一结果中的矛盾符号占全部符号的比例(简称矛盾比)显示很大的差异。依时间顺序分别为21.8%、22.2%、10.5%。1971年以前差别不大,但1972年至唐山地震前矛盾比成倍降低。既然单台结果有这种现象,我们又统计了多台的结果,按不同时期,不同区域做得如图1(e)——图1(n)。为使矛盾比随时间区域变化更加明显,我们仅将矛盾比数值做得图2。图2(h)、图2(i)是1966年——1971年、1972年——1976年7月27日的矛盾比低值区域的震中分布。

由图2可以得出:

- 1.京津唐张地区地震资料所得综合断层面解的矛盾比,一般为20%左右,而唐山震前震区附近资料所得结果矛盾比仅10%左右,大大低于平均水平。
- 2.唐山震区附近地区地震资料所得结果,自有资料以来(1966年起),矛盾比持续低值到唐山大震。
- 3.矛盾比处于低值的区域1972年后扩大了。
- 4.唐山震后,震区外围的资料所得结果的矛盾比又恢复到一般的平均水平。

综合台断面解

表 1

图号	资料来源范围	资料来源	A 节面		B 节面		X 轴		Y 轴		P 轴		T 轴		B 轴		符号数	矛盾符号数	矛盾比 %	X ² -检验 $\alpha = 0.1$ $X_a^2 \geq 2.706$ $\frac{X^2}{P} = 0.20 \quad P = 0.10$
			走向	倾向	倾向	倾角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角				
b	白家台 15 < Δ <= 100 公里 1958—1966	1)	23 SE	85	114 SW	75	205 15	113 5	250 7	158 15	4 74	55	12	21.8	0.1136	8.535				
c	白家台 15 < Δ <= 100 公里 1967—1971	1)	17 SE	80	108 SW	85	198 5	107 10	62 3	163 10.5	315 78.5	54	12	22.2	0.1687	8.9630				
d	白家台、北安河台 15 < Δ <= 100 公里 1972—1976.7.27.	1)	36 直立	90	126 直立	90	216 0	306 0	81 0	351 0	0 90	86	9	10.5	4.8866	0.0207				
e	多台北纬 38°—41° 东经 114°—120° 1966—1971	[4]	29 NW	80	119 SW	85	209 5	300 10	254 10	344 8	95 84	305	67	22.0	0.7377	43.804				
f	多台北纬 38°—41° 东经 114°—116° 1966—1971	[4]	23 直立	90	113 SW	65	203 25	113 0	250 17	155 7	23 65	86	18	20.9	0.0465	11.416				
g	多台北纬 38°—41° 东经 116°—120° 1966—1971	[4]	36 SE	75	122 NE	75	32 15	126 15	79 21	349 0	259 68	169	34	20.2	0.00148	19.2249				
h	多台北纬 38°—41° 东经 116°—117° 1966—1971	[4]	36 SE	75	122 NE	75	32 15	126 15	79 21	349 0	259 68	129	31	24.3	1.3101	28.2179				
i	多台北纬 38°—41° 东经 117°—120° 1966—1971	[4]	23 SE	85	113 直立	90	203 0	113 5	68 4	158 4	293 85	40	8	7.5	3.9063	0.2778				
j	多台北纬 38°—41° 东经 114°—120° 1972—1976.7.27.	[4]	29 NW	87	118 SW	80	209 10	299 8	254 8	153 5	44 79	157	32	20.4	0.00143	18.1039				
k	多台北纬 38°—41° 东经 114°—116° 1972—1976.7.27.	[4]	38 SE	71	129 SW	86	219 4	128 18	82 9	175 16	322 71	88	23	26.1	0.7210	25.4596				
l	多台北纬 38°—41° 东经 116°—120° 1972—1976.7.27.	[4]	29 NW	80	119 SW	85	209 5	300 8	254 10	344 8	95 84	71	8	11.3	3.3888	1.4535				
m	多台北纬 38°—41° 东经 114°—120° (除去唐山) 1976.8—1977.4.	1)[4] 自做	23 SE	83	113 直立	90	23 0	113 7	67 5	158 5	293 83	144	29	20.1	0.00173	14.448				
n	多台北纬 38°—41° 东经 116°—120° (除去唐山) 1976.8—1977.4.	1)[4] 自做	23 SE	83	113 直立	90	23 0	113 7	67 5	158 5	293 83	134	28	20.9	0.0672	17.675				

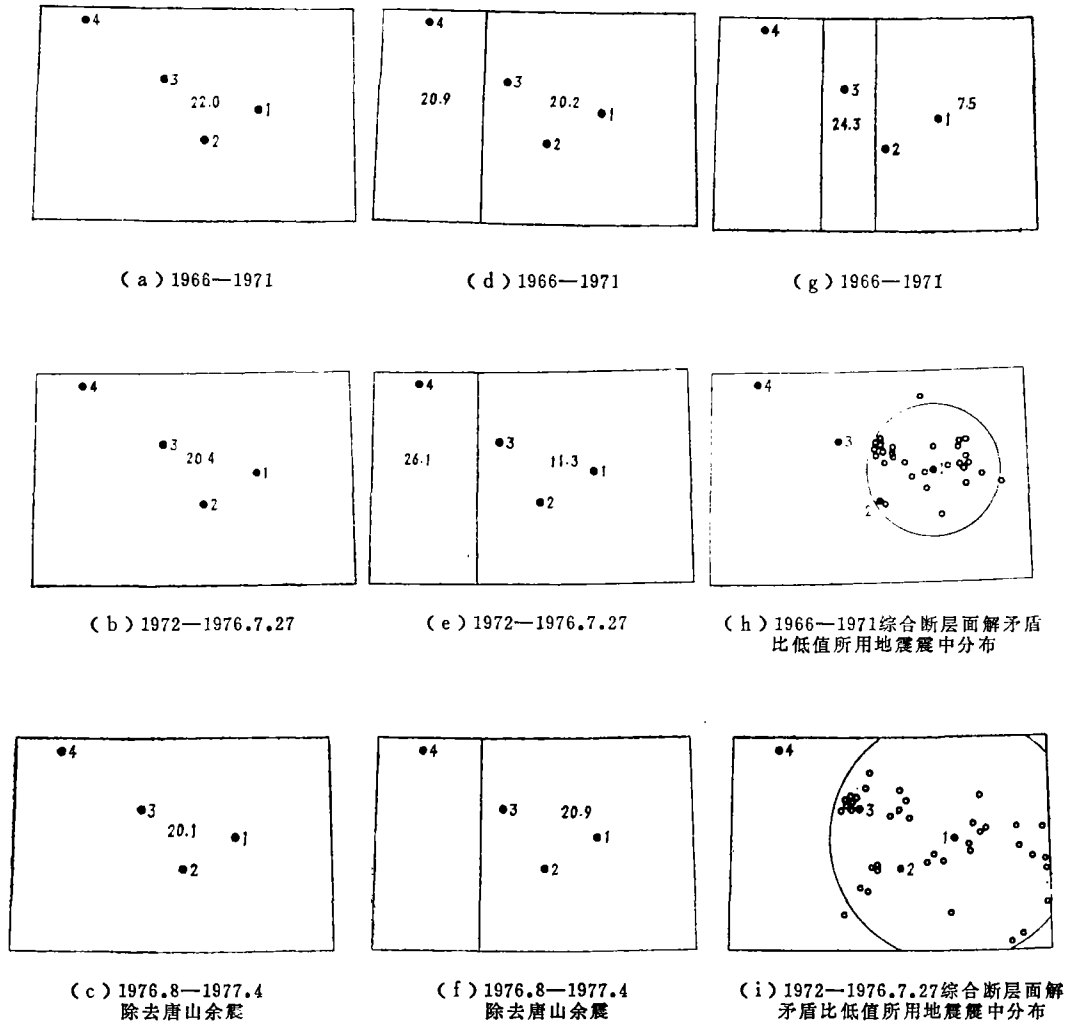


图2 1.唐山2.天津3.北京4.张家口

四、讨 论

(一) 结果的可靠性分析

我们测定了地震纵波初动符号做得综合断层面解。其中不符合断层面解的符号A出现的概率为P，符合断层面解的符号 \bar{A} 出现的概率为 $q = 1 - P$ ，且所有符号n是相互独立的。在n个符号中，符号A可能出现0, 1, 2, ..., n次。以 $X = K$ 表示在n个符号中，符号A恰好出现K次的事件，因此随机变量X能取值 $K = 0, 1, \dots, n$ 。

由概率论给出，这个随机变量的概率函数可表示如下：

$$P(X = k) = \binom{n}{k} P^k (1 - P)^{n-k} \quad (1)$$

这就是统计学中的二项分布。

对随机变量X作n次观测，检验X是否服从二项分布 $F(x)$ ，我们可以进行 χ^2 -检验。我

们把X可能取值的范围分为r个区域,用 n_i 表示落在第i区域的观测个数, π_i 表示第i区域由二项分布 $F(x)$ 所确定的概率,则当 $n \rightarrow \infty$ 时

$$X^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(n_i - n\pi_i)^2}{n\pi_i} \quad (2)$$

渐近 $r-1$ 个自由度的 X^2 分布。

在求综合断层面解中,X可能的取值范围是A, \bar{A} 。即 $r=2$ 。故

$$x^2 = \frac{(k - nP)^2}{nP} + \frac{[(n-k) - nq]^2}{nq} \quad (3)$$

A出现的概率P是未知的,由估计理论可知:在简单子样中某种元素出现的概率是这种元素在总体中的概率的一个有效估计。所以我们用概率即断层面解的矛盾比的平均水平为参数P的估计值。

我们先取 $P=0.20$ 用公式(3)计算 x^2 值,选显著水平 $\alpha=0.1$, $X^2_0 \geq 2.706$,进行检验。结果是:拒绝 $P=0.20$ 的有,图1(d)、图1(i)、图1(l);其余断层面解均不拒绝 $P=0.20$ 。

我们再取震前震区附近的结果确定 $P=0.10$ 。取同样的显著水平进行检验。结果是:不拒绝 $P=0.10$ 的有图1(d),图1(i),图1(l)。其余的断层面解全部拒绝。

上述所有 X^2 值均列于表1中。

检验结果中,被 $P=0.20$ 接受的断层面解恰被 $P=0.10$ 拒绝;被 $P=0.10$ 接受的断层面解恰被 $P=0.20$ 拒绝,而这三个综合断层面解又正是唐山震区附近的结果。 X^2 一检验证实,唐山震区附近震前资料所做的综合断层面解,矛盾比降低的现象,不是一种随机波动,与外围和全区结果相比,这种变化通过 X^2 一检验,差异是显著的。矛盾符号出现的概率变小结果可靠。

(二)震源断层面解的矛盾符号形成原因多种多样。对于同一地区、相同的方法所获得结果,考察在时间进程中的变化,许多因素就归结为系统性的影响,由此造成的矛盾比会限制在一定范围内波动。唐山地震前震区附近的结果中矛盾比成倍降低,不能用偶然的因素来解释。京津唐张地区地应力状态不是绝对均一的,地下发震构造系统的方向也不完全相同。因此,区域内应力分布图案比较复杂,服从于它们的地下发震构造方向上的差异,就会形成矛盾符号。象唐山这样的大地震的孕育以至爆发,必然会对应力分布图案造成很大的影响,相应也涉及到地下发震构造的方向。这一因素的影响,是可以造成矛盾比大幅度升降的。

(三)唐山震前震区附近资料所得综合断层面解的矛盾比处于低值的现象并不孤立。图2(h)是1966年——1971年矛盾比低值取用地震的震中分布,大约在唐山110公里范围内。图2(i)是1972年——1976年7月27日矛盾比低值所取用地震的震中分布图,地震分布在距唐山约200公里范围内。由此可见,低矛盾比的区域扩大了。图3(a)是1966年——1971年震中分布,图3(b)是1972年——1976年7月27日震中分布,相比得出距唐山110公里范围内,1971年前 $M_L \geq 4$ 地震仅一次,而1972年后却增加到八次。李全林等唐山震前b值扫描结果^[6],1972年后低b值区也都在 116° 以东地区;马鸿庆也得出唐山震前距唐山200公里范围内处于低b值的结果^[6]事实证明,我们所做综合断层面解矛盾比下降的现象,和孕震地区的地震活动增强,b值降低有着密切的关系。

(四) 综合断层面解矛盾比降低显示了所采用小震的破裂取向趋于一致。沙道夫斯基根据加尔姆地区的观测事实提出, 利用压应力轴取向趋于一致做长期预报〔7〕。地震破裂一致必

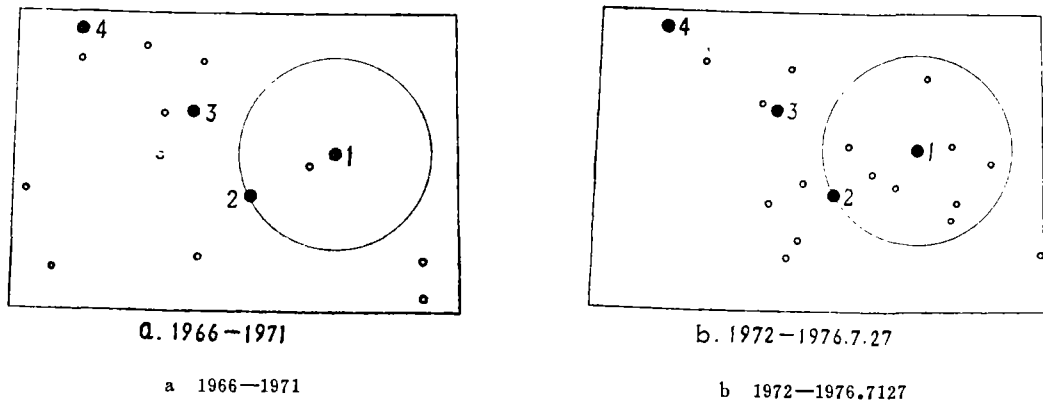


图3 京津唐张 $M_L \geq 4$ 震中分布

然得出压应力轴取向一致的结果, 唐山地区的事实与加尔姆地区的现象相吻合。根据实测资料所得综合断层面解矛盾比的升降, 可能显示了地震过程中应力积累释放的一个侧面, 这就为我们提供了一种大震前的新信息。据此, 我们可在给定地区观察由地震资料得到的综合断层面解的矛盾比, 随时间、地区的变化, 找出危险区, 做出大震的早期警报。

象唐山这样的大地震孕震时间可能很长, 由于资料的限制, 对大震十年前的矛盾比低值起始时间无法查找。在大地震的孕育过程中, 低矛盾比的区域要扩大, 但这一详细的扩展过程, 目前我们尚未做出更好的结果。至于本文对资料的分区方法相当粗略, 可能存在一个最佳的分区结果, 我们并未做出。鉴于我们的工作很粗糙, 欢迎批评指正。我们大量运用许忠淮、华祥文提供的资料, 在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- 〔1〕N. Yamakawa, Stress field in focal region. J. geophys. Res, 19.4.1971.
- 〔2〕李钦祖等, 华北地区的应力场及其与地震的关系, 1977年度河北省地震学术讨论文选。
- 〔3〕李钦祖等, 由单台小地震资料所得两个区域应力场, 地球物理学报, 16.3.1973.
- 〔4〕许忠淮等, 京、津、唐、张地区地震应力场的方向特征, 地震学报. 1.2.1979.
- 〔5〕李全林等, b值时空扫描, 地球物理学报, 21.2.1978.
- 〔6〕马鸿庆, 华北地区几次大震前的b值异常变化, 地球物理学报, 21.2.1978.
- 〔7〕Sadovsky, 中亚某些地区强地震发生前的过程, Tectonophysics, 14.3-4, 1972.