

地震前兆异常的统计分析

曾 炬 罗兰格 侯建明 孙玉海

(河北省地震局)

摘 要

本文通过华北十二次5.0级以上地震前兆异常的清理总结,用数理统计的方法分析了地震前兆异常的某些特征,得出了用于计算预报发震时间和震级的统计公式,并用唐山7.8级地震进行检验,取得较好的效果。因此,可以在今后的预报实践中作为试验性的综合预报方法应用。

地震综合预报中,对在空间、时间和强度上与地震孕育过程相关联的可能地震前兆进行统计分析和深入研究,是使经验性地震预报向定量方向提高的必由之路。本文正是在这一思想基础上,利用华北地区地震综合预报清理攻关的十二个五级以上地震的震例报告资料进行统计分析的结果。这十二次地震列于表1。

表 1

序号	发震日期	地震	震 级	震中位置		P轴方位	T轴方位	资料来源
				纬 度	经 度			
1	1969.7.18	渤海	7.4	38°.2	119°.4	246°	155°	国家地震局预报中心
2	1973.12.31	里 坦	5.3	38° 28 '	116° 33 '	266°	169°	河北王泽皋
3	1976.4.6	和林格尔	6.3	40° 14 '	112° 12 '	73°	324°	内蒙古地震局
4	1976.9.23	巴音木仁	6.2	39° 59 '	106° 27 '	40°	151°	'
5	1976.11.15	宁 河	6.9	39° 24 '	117° 50 '	109°	11°	河北刁桂岭
6	1977.5.12	宁 河	6.3	39° 23 '	117° 48 '	91°	359°	'
7	1977.11.27	宁 河	5.5	39° 12 '	118° 01 '	110°	200°	'
8	1979.6.19	介 休	5.1	37° 06 '	111° 54 '	167°	59°	山西地震局
9	1979.8.25	五 原	6.0	41° 14 '	108° 07 '	46°	135°.3	内蒙古地震局
10	1981.8.13	丰 镇	5.5	40° 30 '	113° 26 '	213°	111°	'
11	1981.11.9	隆 尧	5.8	37° 24 '	114° 58 '	81°	345°	河北地震局
12	1983.11.7	荷 泽	5.9	35° 17 '	115° 17 '	251°	352°	山东地震局

注:表中震级以《中国东部地震目录》为准

一、统计分析的条件

华北断块在地质构造上是一整体,块内发生的中强以上地震大都是受着华北总体应力场所控制。在文献〔2〕中曾指出:“根据四十年来震源机制结果,我们得到关于华北地区现今应力场的结论是:华北地区的地壳介质总体上处于一致性较好的统一的基本应力场之中”。从表1列的十二次5.0级以上地震P轴和T轴方位分布基本符合上述结论。

因此,以上十二次地震,可以看成是华北块体内,在总体应力场作用下所产生的结果。

为了得到用于统计分析的可靠样本,还要为众多的异常现象作逐项的判别工作。即对各单项观测资料作历史的分析判断。资料必须连续可靠,排除了各种可能的干扰因素,而历史资料在地震发生前后显现明显的变化并和地震有一定的对应关系,在此基础上确认前兆异常的可靠性。本文提及的十二次地震的前兆异常,就是经过上述原则的筛选判别的。

这样,进行统计分析就有了基础和条件。

二、 M_s —R 的关系

对地震震级 M_s 与前兆异常的震中距离R的关系,通过表2、3进行统计分析。

表2 前兆异常分布范围统计表

震级 范围	前兆异常总数	R		200km以内		300km以内		500km以内		500km以外		备 注
		项 目	占数 的异 比 常 例	前常 兆 异 数	占数 的异 比 常 例	前常 兆 异 数	占数 的异 比 常 例	前常 兆 异 数	占数 的异 比 常 例	前常 兆 异 数	占数 的异 比 常 例	
5.0~5.9	49		84%	41	92%	45	92%	49	100%			其中有二项地磁低点位移和日变反向未统计在内
6.0~6.9	30		60%	18	77%	23	77%	28	93%	2		其中有四项地磁低点位移和日变反向未统计在内
>7.0	13		8%	1	54%	7	54%	13	100%			仅一次渤海地震

从表2、3的统计,可以看出如下明显特征:

1、前兆异常在空间上是相对集中的。其展布范围与震级有一定关系。对于5.0~5.9级地震,84%的前兆异常在距震中的200KM范围内;对于6.0~6.9级地震,77%前兆异常在300km范围内;7.0级以上地震前兆异常大约集中在500km范围内。即地震震级越大,前兆异常展布范围也越大。这一特征在地震预报中粗略估计震级和预报震中区

表 3 震级与前兆异常分布范围统计表

震级范围 项目	200KM以内			300KM以内			500KM以内			500KM以外		
	观目 测 项 数	异目 常 项 数	比 例 %	观目 测 项 数	异目 常 项 数	比 例 %	观目 测 项 数	异目 常 项 数	比 例 %	观目 测 项 数	异目 常 项 数	比 例 %
5.0~5.9	362	41	11.3		45			49				
6.0~6.9	189	18	9.5	231	23	10.0		28			2	
>7.0	10	1	10.0	25	7	28.8	69	13	18.8			

是有一定意义的。

2、前兆异常的项目数与前兆的观测项目数相比，仅占少部份。上表3中5.0~5.5级地震仅占11%，6.0~6.9级地震占10%，7.0级以上地震占18.8%。

三、 M_s — $\lg T$ 的 关 系

从前兆异常开始到发展的持续天数定义为：“震前异常持续时间”，用T表示。取T值的常用对数后，在数轴上分别表示之。结果表明每次地震都有一个 $\lg T$ 值的 优势分布段。其情况列于表4。这个优势分布是与地震震级有关的，落入优势分布区域内所有 $\lg T$ 取算术平均值后与震级的对数成线性关系。用最小二乘法原理，通过回归计算，建立的线性回归方程是：

表 4

地 震	震 级	$\lg T$ 的 优 势 分 布 段	优势分布段的 $\lg T$ 均值	总异常数	优势分布段的 异 常 数
渤 海	7.4	2.1461—2.5065	2.3509	13	10
里 坦	5.3	1.1461—1.5185	1.3459	7	4
和林格尔	6.3	1.6232—1.9868	1.7079	11	6
宁 河	5.5	1.5441—1.8808	1.7232	12	5
介 休	5.1	0.9542—1.4914	1.2073	5	4
五 原	6.0	1.9345	1.9345	8	2
丰 镇	5.5	1.6434—1.8692	1.7563	5	2
隆 尧	5.8	1.6021—1.8865	1.7537	8	4
荷 泽	5.9	1.9542—2.0607	2.0079	9	4

$$\lg T = 6.2522 \lg M_s - 3.0275 \dots\dots\dots (1)$$

它的相关系数 $r = 0.884$ ，置信度达99%。 $\Delta \lg T = \pm 0.1491$ 。如图1。

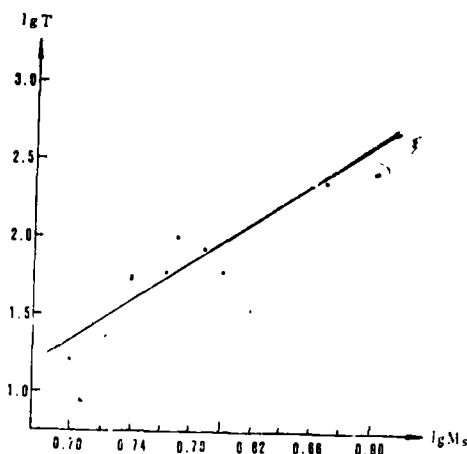


图1 $\lg T$ 与 $\lg M_s$ 关系图

这里需说明几点。

1、进行这项统计是取九次地震得出的结果。因为唐山7.8级地震发生后，一年内的余震受主震影响较大，异常开始时间的确定是困难的。如果这些地震也参加统计，会带来假象；另外，巴音木仁地震震前兆异常数仅一项，偶然性较大。所以，宁河6.9级、6.3级和巴音木仁6.2级三次地震没有参加这项统计计算。

2、优势分布段是指 $\lg T$ 在数轴上的分布相对集中的一段。表4中各次地震的优势分布段的“段长”是不一样的，除介休5.1级地震“段长”是0.54外，其余均小于0.38。所以，优势分布段的点是相当

集中的。

3、这里没考虑 $\lg T < 1$ 的异常，这类异常是我们通常所说的临震异常，我们认为它的异常时间与震级是没有关系。所以，在这里未列入统计。

四、 $M_s - \lg \bar{t}$ 的关系

在(1)式中， $\lg T$ 值在地震发生之前是无法求得的。为了在地震预报中有实用价值，还需要进行 $M_s - \bar{t}$ 关系统计计算。

这项统计分两步来实现。首先，以本次地震中最早出现的异常的前一天，为 t' 的起算日。以这一天为准到出现各异常的天数分别为 $t'_1, t'_2, t'_3, \dots$ ，把 $t'_1, t'_2, t'_3, \dots$ 分别取对数，并在数轴上表示出来，求得优势分布段（其原则与 T 相同）。而后，以优势分布段中最早出现的异常前一天作为 t 值的起算日，优势分布段内的各异常距起算日的天数依次为 $t_1, t_2, t_3, \dots$ ，求出其算术平均值 $\bar{t}$ 。同样，每一个地震都可求得一个 $\bar{t}$ 。分别取对数，列于表5。

用表5所列的 $\lg \bar{t}$ 、 $\lg M_s$ 值作参数（剔除了离散度大的五原6.0级地震），解得线性回归方程表达式：

$$\lg \bar{t} = 5.0194 \lg M_s - 2.3351 \dots \dots \dots (2)$$

相关系数 $r = 0.829$ ，置信度达98%， $\Delta \lg \bar{t} = \pm 0.1616$ ，如图2。

这样，通过以上的震例统计分析，在地震预报的实践中，可以根据某一地区，一定范围内（空间上有集中性），先后出现的前兆异常进行统计。如果异常项目数与观测项目数之比超过了百分之十，异常出现的时间又相对集中，经统计可确定优势分布段。这时则可求得 $\bar{t}$ ， M_s 和 T 。 $\bar{t}$ 与 T 之和是 t 值起算日至发震日的天数。通过上述的计算过程，可为地震综合预报提供震级，时间的一个定量指标。对于发震地点的预报，则通过前兆异常空间分布的集中性这一特点来判定。

表 5

地 震	震 级 Ms	lgMs	$\bar{t}$	lg $\bar{t}$
渤 海	7.4	0.8692	96	1.9823
里 坦	5.3	0.7243	10	1.0000
和林格尔	6.3	0.7993	48	1.6812
宁 河	5.5	0.7404	44	1.6435
介 休	5.1	0.7076	14	1.1461
五 原	6.0	0.7782	1	0.0000
丰 镇	5.5	0.7404	38	1.5798
隆 尧	5.8	0.7634	12	1.5052
荷 泽	5.9	0.7709	30	1.4771

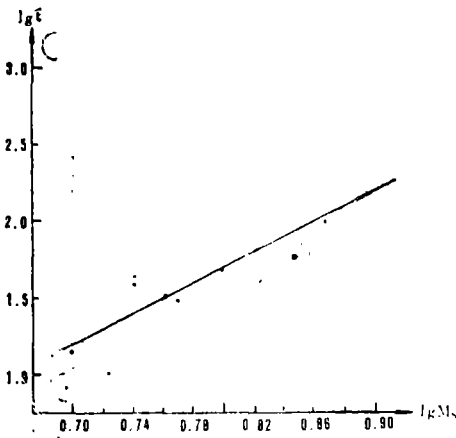


图 2 lg $\bar{t}$ 与lgMs关系图

五、对唐山震例检验的结果

为了了解上述统计所得结论的效果，现在用一九七六年七月二十八日唐山7.8级地震进行检验。

从文献〔1〕中选取安各庄水气、唐山山049井水位、唐山人民公园井水位、唐山地电、宝坻地电、昌黎地电、务1水气、大灰厂形变、青光地电、雄县水气、文安水气、香河形变等十二个趋势性异常。经计算、优势分布段在

$$\lg T = 2.6571 \sim 2.9289$$

之间，包括了宝坻地电至香河形变八个异常。计算得：

$$\begin{aligned} \bar{t} &= 206 \text{天}, \text{ Ms} = 8.4 \text{级} \\ T &= 564 \text{天}, t + T = 770 \text{天} \end{aligned}$$

t的起算日是一九七四年三月三十一日，往后770天，即为一九七六年五月十日。上述前兆异常集中分布于天津周围150km范围内。因此，根据上述计算结果，可作津天一带，一九七六年五月前后，可能发生8.4级左右地震的预报。

考虑到当前的预报水平，以上检验结果是较好的。说明上述统计方法有一定的实用价值。

六、说 明

1、上面进行的统计分析工作，因资料和样本个数的限制，还存在一些问题。今后随着资料的积累，有不断深入研究的必要。

2、统计分析的样本分布，在统计区域内最好是较均匀分布。但是，上面的统计分析中，7.0级以上地震的样本仅渤海7.4级地震一次，没有8.0级左右地震，这是一个缺陷。这也许是对唐山地震检验结果与实际差得较大的原因。

3、对唐山地震的统计计算检验中，因文献〔1〕中的前兆异常只提供了异常开始的月份。因此，在计算中均以本月1日作为异常的开始日，这可能与实际有差距。

(1986年2月27日收到初稿)

参 考 文 献

〔1〕国家地震局《一九七六年唐山地震》编辑组，一九七六年唐山地震，1982年，地震出版社。

〔2〕杨理华、李钦祖，华北地区地壳应力场，1980年，地震出版社。

〔8〕丁国瑜、马宗晋，国际地震预报讨论会文选，1981年，地震出版社。