

信息量与分维在地震预报中的应用*

张晓东

(青海省地震局)

摘 要

本文从C.E.Shannon的信息量公式出发,定义了地震序列信息量公式,推导了关于b值的地震序列信息量公式,并以门源地震的余震序列为例,计算了余震的实际信息量和理论信息量,同时将二者进行了对比,得到了 $H(\Delta M) = \alpha - \beta \ln \Delta M$ 的结果,由此得出了地震序列的信息维数值。本文还计算了海城地震前震和余震序列、参窝水库和隆尧震群序列、唐山和门源余震序列的信息量和信息维的时间扫描值,得到以下主要结果:(1)余震的信息维是随时间波动、衰减的;(2)强震前信息维降低。

在地震的孕育过程中,其孕震过程和震源体的状态极为复杂,是一个多元变量的复杂大系统。这个系统的演化有确定性的一面,同时也有随机性的一面。因此要求人们在研究中把确定性和随机性有机地结合起来。本文拟用信息量与分维的观点于地震预报的研究中。

一、地震信息量及应用

1. 信息量的概念〔1〕

1948年,美国数学家C.E.Shannon在其著名论文《通信的数学理论》中提出,信息是系统不确定性的减少,其信息量公式如下:

$$H(X) = \sum_{i=1}^n P(X_i) h(X_i) = - \sum_{i=1}^n P(X_i) \log P(X_i), \quad (i=1, 2, 3, \dots, n)。$$

式中 X_i 为随机现象(事件)独立出现的可能状态, $h(X_i)$ 为某一状态所具有的不确定性的数量,其值为 $-\log P(X_i)$,其中 $\sum_{i=1}^n P(X_i) = 1$, $P(X_i)$ 为某一状态出现的概率, $H(X)$ 为 $h(X_i)$ 的数学期望,即整个系统各个状态所具有的平均不确定性的数量。公式中的底取2, $H(X)$ 的单位为比特/状态。如果底取e,其单位是奈特;取10为底则其单位是哈特莱。

2. 地震序列信息量

*本文为作者1988年研究生硕士学位论文。

由于地震的发生是确定性与随机性的对立统一, 所以它的强度序列中隐含着丰富的信息, 即隐含着孕震系统和震源变化的信息。近些年发展起来的普里高津的耗散论和哈肯的协同学中〔2〕, 都有由确定性方程得到不确定解的论述。一个确定性方程中某一序参量(慢变量)演化到一个临界值时, 其解就成为随机的了。我们认为当震源处于临界状态时, 地震的发生时间在一个时间段内就成为随机的了。

各种类型的地震序列都存在着随机性的一面(如都遵守统计规律的古登堡—里克特公式), 但是不确定性的对于在一个地区在一个时间段内可能是变化不大的, 而对于不同地区或同一地区的不同时间段以及不同的地震序列类型其不确定性是不一样的, 这也是提出地震序列信息量的原因所在。文献〔3〕研究了地震序列中地震的时、空、强聚散程度, 用相继发生的地震的时间、单位面积内的地震频度、地震强度以及断层面总面积4个特征量对地震序列进行分析研究。本文从地震序列本身出发, 定义一个新的量来量度地震序列的有序化程度。

取一个地震序列, 其中震级在 M_i 和 $M_i + \epsilon$ 之间的地震数为 N_i 。 $\epsilon = \Delta M$ 为统计地震的间隔。如果统计区域内地震的总数为 N , 据C.E.Shannon公式得:

$$P(X_i) = N_i/N.$$

对于参窝水库震群、海城地震前震及余震有

$$H_{JW}(\epsilon) > H_{Hq}(\epsilon) > H_{Hu}(\epsilon).$$

其中JW为参窝水库震群; H_q 为海城地震前震; H_u 为海城地震余震。并且存在着

$$H(0.1) > H(0.2) > \dots > H(0.8).$$

也就是说, 对于某一地震序列, 当 $\epsilon_2 > \epsilon_1$ 时则有

$$H(\epsilon_1) > H(\epsilon_2).$$

一般情况下, 前兆震群序列的信息量大于前震序列的信息量, 前震序列的信息量又大于余震序列的信息量(表1)。也就是说对于一个完整的地震序列, 其发展是一个信息量减少的过程。我们又统计了诸如唐山地震序列、门源地震序列、邢台隆尧震群序列等, 这些地震序列或震群序列均存在上述性质。

在统计中我们发现, 对于海城前震序列, 其信息量为:

$$H(\epsilon) = - \sum_{i=1}^n (N_i/N) \log(N_i/N). \quad (1)$$

$H(\epsilon)$ 表征地震序列所具有的平均不确定性。

3. 地震信息量的具体应用

我们按(1)式计算了一些地震序列的信息量值, 统计结果列于表1中。从表1可以看出, 对于不同的 ϵ , 统计效果一致。即

$$H(\epsilon) = 0.715 - 0.933 \ln \epsilon, \quad (2)$$

相关系数 $r > 0.99$ 。对于海城余震序列有

$$H(\epsilon) = 0.409 - 0.834 \ln \epsilon, \quad (3)$$

相关系数 $r > 0.99$ 。对于参窝水库震群序列存在

$$H(\epsilon) = 0.852 - 0.890 \ln \epsilon, \quad (4)$$

相关系数 $r > 0.99$ 。表2是实际计算的信息量值和用(2) — (4)式计算的信息量值。

表 1

震例 ϵ $H(\epsilon)$	参窝水库震群	海城地震前震	海城地震余震
$\epsilon=0.1$	2.891	2.868	2.357
$\epsilon=0.2$	2.295	2.215	1.760
$\epsilon=0.3$	1.946	1.841	1.365
$\epsilon=0.4$	1.652	1.551	1.180
$\epsilon=0.5$	1.446	1.357	0.928
$\epsilon=0.6$	1.333	1.206	0.831
$\epsilon=0.7$	1.184	1.070	0.720
$\epsilon=0.8$	1.028	0.907	0.649

表 2

地震序列 $H(\epsilon)$ 奈特	参窝水库震群		海城地震前震		海城地震余震	
级	实际 $H(\epsilon)$	由(4)式 计算 $H(\epsilon)$	实际 $H(\epsilon)$	由(2)式 计算 $H(\epsilon)$	实际 $H(\epsilon)$	由(8)式 计算 $H(\epsilon)$
$\epsilon=0.1$	2.891	2.902	2.868	2.863	2.357	2.329
$\epsilon=0.2$	2.294	2.284	2.215	2.216	1.760	1.750
$\epsilon=0.3$	1.946	1.924	1.841	1.838	1.365	1.413
$\epsilon=0.4$	1.652	1.667	1.551	1.569	1.180	1.173
$\epsilon=0.5$	1.446	1.468	1.357	1.362	0.928	0.987
$\epsilon=0.6$	1.333	1.307	1.206	1.192	0.831	0.835
$\epsilon=0.7$	1.184	1.170	1.070	1.048	0.720	0.706
$\epsilon=0.8$	1.028	1.050	0.907	0.923	0.649	0.595

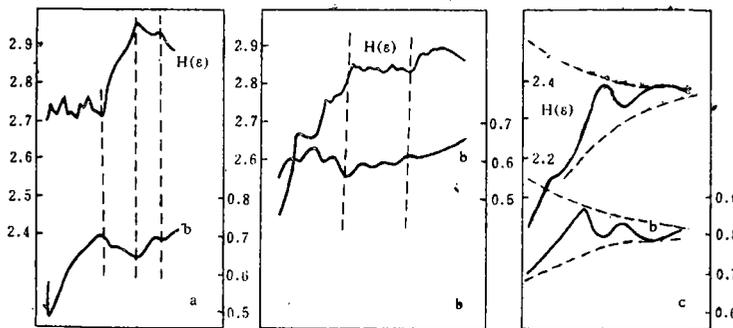


图 1 $H(\epsilon)$ 与 b 值的扫描结果

a. 参窝水库震群 b. 海城地震前震 c. 海城地震余震

Fig. 1 The scanning of the $H(\epsilon)$ and the b value

我们对上述的3个地震序列进行了 $H(\epsilon)$ 和 b 值的时间扫描。这里所做的时间扫描,是在一定的地震次数的基础上开始,按时间顺序每次累加上下一个地震,然后计算其 $H(\epsilon)$ 与 b 值。每累加一个地震得到一个扫描点(图1)。

如果我们想得到反映某一地区的或某一地震序列的较稳定的 $H(\epsilon)$,可用累加的方法处理。在灰色系统理论中,消除序列的随机性(或波动性)的方法是对序列进行累加,常用的是一次累加。本文称之为一次累加地震序列信息量,记为 $H^{(1)}(\epsilon)$,定义如下^[15]:

取一地震序列,其中震级大于或等于 M_1 级的地震总数为 K_1 ,令 $K = \sum_{i=1}^n K_i$,依C.E.

Shannon公式可得:

$$H^{(1)}(\epsilon) = - \sum_{i=1}^n (K_i/K) \log(K_i/K). \quad (2)$$

用(2)式计算了海城、唐山、门源地震序列。在工作中发现这种统计方法得到的结果,可用下式来计算:

$$H^{(1)}(\epsilon) = \alpha - \beta \ln \epsilon.$$

$H^{(1)}(\epsilon)$ 的性质与 $H(\epsilon)$ 的性质相近。唯一的区别是这里的 β 值对于一个序列和一个地区非常稳定,这正是我们所需要的。 β 值有着非常重要的意义。

对于参窝水库震群有:

$$H^{(1)}(\epsilon) = 0.610 - 0.984 \ln \epsilon, \quad r \geq 0.999.$$

对于海城地震前震有:

$$H^{(1)}(\epsilon) = 0.596 - 0.981 \ln \epsilon, \quad r \geq 0.999.$$

对于海城地震余震有:

$$H^{(1)}(\epsilon) = 0.287 - 0.948 \ln \epsilon, \quad r \geq 0.99.$$

在我们统计的地震序列中, β 均在0.9至1.0之间。从这里也可以看出,前兆震群与前震很难区分开,而余震与前两者区别很大。

4. 地震序列信息量扫描结果分析

图1a是参窝水库震群的 $H(\epsilon)$ 与 b 值扫描图。利用 $H(\epsilon)$ 的变化可以把参窝水库的震群活动分为3个阶段。初期是信息量稳定阶段,中期是信息量激增阶段,后期是信息量下降阶段。后两个阶段 $H(\epsilon)$ 与 b 值有很好的负相关关系。

图1b是海城地震前震的 $H(\epsilon)$ 与 b 值扫描图。利用 $H(\epsilon)$ 可把海城地震的前震分为三个时期。初期是 $H(\epsilon)$ 呈阶梯状上升期,中期是 $H(\epsilon)$ 平稳期,地震主要集中在这一时期。该期持续的时间占整个序列持续时间的20%,但发生地震的次数占整个序列地震总数的55%。在此期间内 b 值出现阵发性的小锯齿状波形,总趋势是上升的。后期可以分为两个部分,前一部分是 $H(\epsilon)$ 增加期,后一部分是 $H(\epsilon)$ 下降期。当 $H(\epsilon)$ 下降到临近中期水平时,发生了海城地震序列的主震。

由图1a、b可见,当前兆震群的 $H(\epsilon)$ 下降时,发生了前震。当前震的 $H(\epsilon)$ 下降时发生了主震。所以 $H(\epsilon)$ 的变化可用来预报地震。

图1c是海城地震余震的 $H(\epsilon)$ 与 b 值扫描图。余震的 $H(\epsilon)$ 比前震和前兆震群的 $H(\epsilon)$ 小得多,大约小0.5以上。 $H(\epsilon)$ 和 b 值呈阻尼式的衰减,它反映了震后应力场的调整过程。

二、地震序列信息维及应用

1. 拓扑维和分维

几何对象的一个重要的特征就是它的维数。维数是要确定几何体中一个点的位置所需的独立坐标的数目。在欧氏空间中维数是非常明了的。对于更抽象或更复杂的对象，只要局部可以和欧氏空间对应，也很容易确定出维数。如拉伸、压缩和扭曲等维数不会改变，这就是拓扑维〔4-6〕。

人们过去在显微镜下观察水中的花粉做布朗运动。在放大倍数低的显微镜下仅能观察到布朗运动的直线段，而在放大倍数高的显微镜下，这个直线段又是由许多折线连成。只要有足够的分辨能力，就可以发现原以为是直线段的部分，其实由大量更小尺度的折线连成。总之，这是一条处处连续又处处不可导的曲线，这个函数叫韦尔斯特拉斯函数。可以证明，布朗粒子轨迹的分维 D_0 为2，大大高于它的拓扑维数 $d = 1$ 。只要大于拓扑维就是分维。

把一个正方形的每个边长增加为原来的3倍，得到一个大正方形，它正好等于 $3^2 = 9$ 个原来的正方形。类似地把一个正方体每边增加原来的3倍，就得到 $3^3 = 27$ 个原来大小的立方体。依此类推，一个 d 维几何体的每个独立方向都增加为原来的 l 倍，得到 N 个原来的对象，这三个数之间的关系为：

$$l^d = N,$$

两边取自然对数，则：

$$d = \frac{\ln N}{\ln l}.$$

这时 d 不必再是整数，可用 D_0 表示。这就是分维的定义。

2. 各种分维的定义

(1) 柯尔莫哥洛夫容量维

如果 $N(\varepsilon)$ 是能够覆盖住一个点集的直径为 ε 的球的最少数目，则点集的容量维定义为：

$$D_0 = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(\varepsilon)}{\ln(1/\varepsilon)}.$$

(2) 信息维数

不难看出，在容量维的定义中有一个缺陷，即定义中只考虑了所需直径为 ε 的球的个数，而对每个球所覆盖的点数的多少不加区别。照此定义，全体有理数构成的集合维数为1，实数集的维数也是1。这与实变函数论的精神不符合，作为改进，便产生了信息维的定义：

$$D_1 = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln \left[- \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \right]}{\ln(1/\varepsilon)}.$$

其中， P_i 是一个点落在第 i 个球中的概率。

(3) 关联维数

关联维使得人们能够仅凭借系统的一个解序列，即可提取出吸引子维数的信息。其定义为：

$$D_2 = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\ln C(\epsilon)}{\ln(1/\epsilon)}。$$

其中 $C(\epsilon) = (1/N^2) \sum_{ij} \theta(\epsilon - |x_i - x_j|)$ ， $\{x_i, i = 1, 2, \dots, n\}$ 为吸引子的一个解序列。

$$\theta(\epsilon - |x_i - x_j|) = \begin{cases} 1 & \epsilon - |x_i - x_j| \geq 0; \\ 0 & \epsilon - |x_i - x_j| < 0. \end{cases}$$

它根据每一对点之间距离的大小来决定整个吸引子的维数〔7、8〕。

3. 地震序列信息维及应用

根据地震序列信息量的概念和应用以及信息维的定义，可以得出地震序列信息维的公式为：

$$H(\epsilon) = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i = - \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N}。$$

因为

$$D_1 = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\ln \left(- \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \right)}{\ln(1/\epsilon)} = - \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\ln H(\epsilon)}{\ln \epsilon}，$$

所以地震序列信息维的公式为：

$$D_1 = - \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\ln H(\epsilon)}{\ln \epsilon}。 \tag{3}$$

这里的 ϵ 是统计地震时所取的间隔 ΔM 。

计算信息维时，要画出 $\ln H(\epsilon)$ 和 $\ln \epsilon$ 的关系曲线，取中间的线性部分（无标度区）的斜率就是地震序列信息维。

我们在工作中发现，地震序列的无标度区是 $0.2 < \epsilon < 0.8$ 。在无标度区用最小二乘拟合求出直线的斜率和相关系数等参数。然后对 D_1 进行扫描。参窝水库的前兆震群的相关系数及海城地震前震的相关系数 $r \geq 0.995$ ，海城地震余震的相关系数 $r \geq 0.993$ 。参窝水库震群 D_1 值最后稳定在 0.57，海城地震前震最后稳定在 0.63，其余震最后稳定在 0.77。

图 2 是对海城地震的前兆震群、前震、余震的 D_1 值的扫描结果。从图中可以看出以下特点：

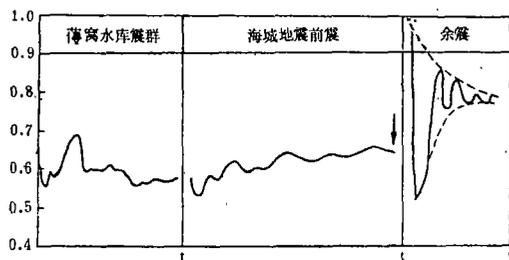


图 2 参窝水库震群、海城地震前震及余震的 D_1 值扫描
 Fig. 2 The scanning of the D_1 value of Shenwo reservoir swarm, foreshock and aftershock of the Haicheng earthquake

(1) 参窝水库震群的 D_1 变化可分为三个阶段, 同按 $H(\epsilon)$ 划分的三个阶段是一致的。初期 D_1 的变化经过增高和下降两个过程, 中期是 D_1 呈单调下降过程, 后期是 D_1 的平稳过程。

(2) 海城地震的前震的 D_1 的变化呈波动上升趋势。在 D_1 下降时发生主震。同前兆震群的变化特点极不相同。

(3) 这三个地震序列最后稳定的 D_1 值分别为:

参窝水库震群 $D_1 = 0.57$;

海城地震前震 $D_1 = 0.63$;

海城地震余震 $D_1 = 0.77$ 。

而且三者相比, 震群的 D_1 小于前震的 D_1 , 余震的 D_1 最小, 震前的序列信息维小于震后的序列信息维。

(4) 海城地震的余震的 D_1 的变化是呈振荡式衰减的。在每一个波谷处都有大的地震发生。反应了震后应力场的调整过程。门源及唐山地震的余震的 D_1 值也反应了上述特点(图3)。

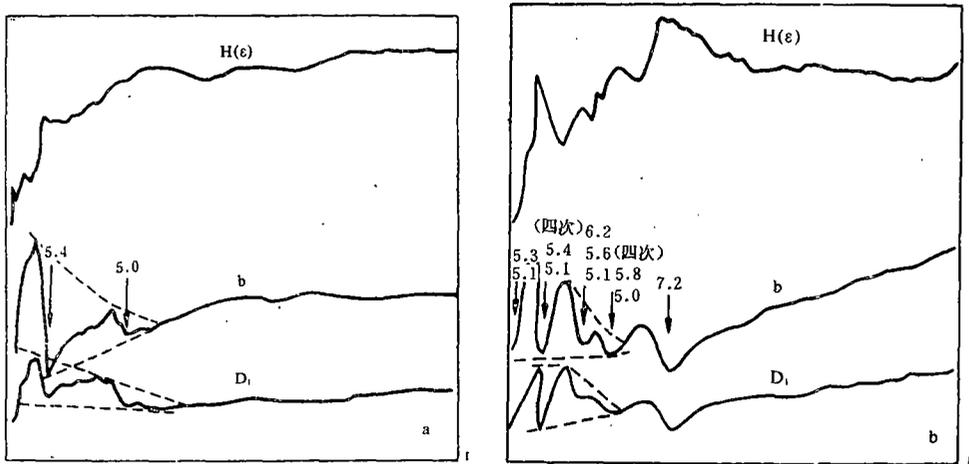


图3 门源和唐山地震的 $H(\epsilon)$ 、 b 和 D_1 变化图

a. 门源地震 b. 唐山地震

Fig. 3 Variations of the $H(\epsilon)$, b and D_1 of the Menyuan earthquake and the Tangshan earthquake

令人感兴趣的是唐山地震余震(图3b)的 D_1 值在7.2级强余震发生前正好有一个非常大而且与正常衰减规律不协调的突跳。

图4是参窝水库与隆尧震群的 D_1 变化图。隆尧震群是在邢台地震后于1968年6月20日开始的。其活动范围在北纬 $37^{\circ}22'$, 东经 $114^{\circ}44.5'$ 附近。从图中可, 见震群的发展从信息维的角度可以分为三期。初期信息维激增(包括一个下降阶段); 中期信息维的变化呈平稳波动状并有所降低; 后期信息维下降到整个序列的最低点, 然后保持平稳。此时震群活动即将结束[9]。

4. 信息维与 b 值关系的讨论

从图5可见, 前震与余震的 D_1 与 b 值正相关性很好。而从图6可见, 震群的 D_1 与 b 值没有明显的相关关系。据此可以把震群和前震区别开。

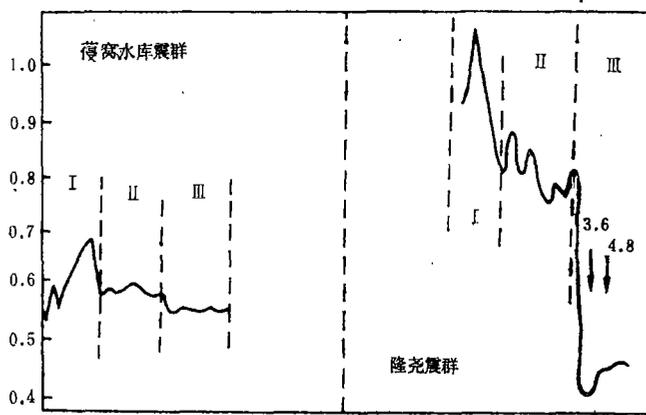


图4 参窝水库及隆尧震群信息维变化图

Fig. 4 Variations of information dimension of Shenwo reservoir swarm and Longyao swarm

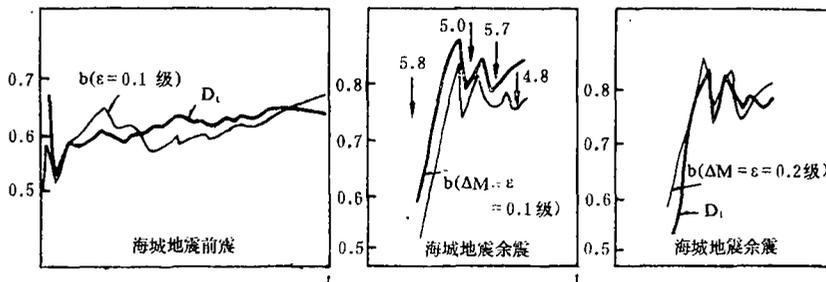


图5 海城地震的前震及余震的信息维与b值的关系

Fig. 5 Relationship between the b value and information dimension of foreshock and aftershock of the Haicheng earthquake

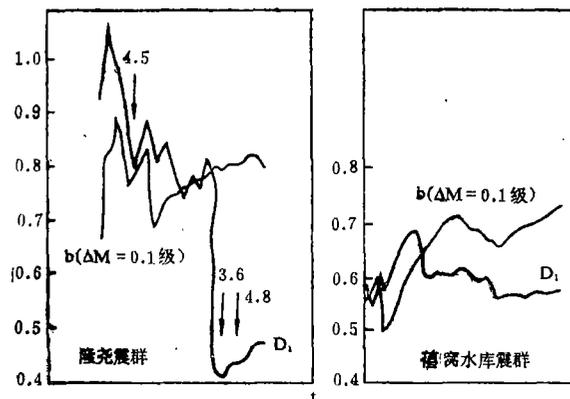


图6 参窝水库震群与隆尧震群的信息维与b值的关系

Fig. 6 Relationship between the b value and information dimension of swarms of Shenwo reservoir and Longyao

b值受统计间隔、统计方法的影响较大。而 D_1 是统计了各种间隔的 $H(\epsilon)$ 后,再在直线的无标度区求斜率得到的,它的变化不受统计间隔的影响。可见 D_1 的变化对于地震预报更有意义。从图2可见,临震时 D_1 有一下降段而b值一直是单调上升的。从这个结果看 D_1 的临震信息比b值明显^[10-14]。

三、利用b值计算地震序列信息量

1. 半开区间统计的b值与 $H(\epsilon)$ 的关系

根据Gutenberg公式 $\lg N = a - bM$,对半开区间的统计要求N是所有大于或等于M级地震的地震个数,a、b是常数。取震级在 M_i 和 $M_i + \epsilon$ 之间的地震数目, ϵ 为统计间隔,可得下式:

$$\begin{aligned} \lg N_i &= a - bM_i, \\ \lg N_{i+1} &= a - b(M_i + \epsilon). \end{aligned}$$

整理上面两式可得:

$$N_i = N_{i+1} \cdot 10^{b\epsilon}.$$

令 $C = 10^{b\epsilon}$,则

$$P_i = \frac{N_i - N_{i+1}}{N} = \frac{C - 1}{C^i} \cdot C^i, \quad (i=1, 2, \dots, n).$$

经推导,可得到:

$$H(\epsilon) = (1 - C^{-n}) \left(\frac{\ln C}{C - 1} + \ln \frac{C}{C - 1} \right), \quad (4)$$

$$C^n = 10^{(M_{max} - M_{min})b}.$$

M_{max} 为序列最高震级, M_{min} 为序列统计时的震级下限。在一般的统计情况下, $C^{-n} < 0.01$,可把(4)式近似为:

$$H(\epsilon) = \frac{\ln C}{C - 1} + \ln \frac{C}{C - 1}. \quad (5)$$

表3是关于海城地震前震的实际统计的 $H(\epsilon)$ 值和用(4)式和(5)式计算的 $H(\epsilon)$ 值。所用的b值是用最小二乘拟合求出的。

表3

$\Delta M\epsilon$ (级)	实际 $H(\epsilon)$	用(4)式计算 $H(\epsilon)$	用(5)式计算 $H(\epsilon)$
$\epsilon = 0.1$	2.868	2.885	2.891
$\epsilon = 0.2$	2.215	2.201	2.205
$\epsilon = 0.3$	1.841	1.803	1.807
$\epsilon = 0.4$	1.551	1.530	1.534
$\epsilon = 0.5$	1.357	1.325	1.330
$\epsilon = 0.6$	1.206	1.184	1.192
$\epsilon = 0.7$	1.070	1.076	1.088
$\epsilon = 0.8$	0.907	0.901	0.906

2. 闭区间统计b值与 $H(\epsilon)$ 关系

Gutenberg公式 $\lg N = a - bM$ 的闭区间统计的要求是, N 为震级在 $M - \varepsilon/2$ 和 $M + \varepsilon/2$ 之间的地震数目。仿照上一节的推导, 我们得到闭区间统计的 b 值与 $H(\varepsilon)$ 的关系为:

$$H(\varepsilon) = f(C) + f(C^a). \quad (6)$$

这里定义:

$$f(x) = \frac{\ln x}{x-1} + \ln \frac{x}{x-1}, \quad C = 10^{b \cdot \varepsilon}.$$

且 $C^a = 10^{a b \cdot \varepsilon} = 10^{(M_{max} - M_{min}) b}$, 一般情况下(6)式可近似为:

$$H(\varepsilon) = f(C) = \frac{\ln C}{C-1} + \ln \frac{C}{C-1}. \quad (7)$$

应该说明的是, 这里的 b 值是用微分最小二乘法求出的, 而上一节的 b 值是用积分最小二乘法求出的。如果 b 值相差不大, 则要求统计的样本要足够多^[16]。

四、小结

本文给出了地震序列信息量 $H(\varepsilon)$ 及地震序列信息维 D_1 的定义及计算方法, 并结合有关震例对 $H(\varepsilon)$ 、 D_1 及 b 值进行了扫描, 对不同地震序列的 $H(\varepsilon)$ 、 D_1 及 b 进行了对比分析。分析结果在文中做了较详细的叙述。最后给出了利用 b 值计算 $H(\varepsilon)$ 的理论公式。并得出了 $H(\varepsilon) = \alpha - \beta \ln \varepsilon$ (α 、 β 为常数)的统计结果。

本文得到秦保燕老师的精心指导, 在此表示衷心的感谢

(本文1988年11月1日收到)

参 考 文 献

- [1] 萧南槐, 大系统论, 广东人民出版社, 1986.
- [2] Herman Haken, 协同学, 徐镛申等译, 原子能出版社, 1984.
- [3] 朱传镇等, 前兆性地震序列的判别及其在地震预测中的应用, 待发表.
- [4] 施德祥等, 分数维几何学简介, 自然杂志, Vol.38, No.1, 1986.
- [5] 郝柏林, 分形与分维, 科学杂志, Vol.38, No.1, 1986.
- [6] 于泳、郝柏林, 相变和临界现象, 科学出版社, 1986.
- [7] 姚勇, 熵、分维、李雅普诺夫指数与混沌, 自然杂志, Vol.10, No.5, 1987.
- [8] Geoffrey King, 自相似断层系统对地球岩石层上部和其它固体中大应变调整: b 值的几何学解释, 世界地震译丛, No.5, 1986.
- [9] 茂木清夫, 地震前兆与预报研究, 国家地震局分析预报中心, 中国科技大学出版社, P62, 1986.
- [10] 国家地震局分析预报中心, 中国东部地震目录, 地震出版社, 1986.
- [11] 李全林等, b 值时空扫描, 地球物理学报, Vol.21, No.2, 1978.
- [12] 王碧泉, 余震序列研究综述, 地震, No.3, 1983.
- [13] 耿乃光, b 值模拟实验的进展和我国 b 值模拟实验的开端, 地震学报, Vol.8, No.3, 1986.
- [14] 邢台地震办公室, 邢台地震目录, 地震出版社, 1976.
- [15] 邓聚龙, 灰色控制系统, 华中工学院出版社, 1985.
- [16] 霍俊, 实用预测学, 科学普及出版社, 1985.

AN APPLICATION OF INFORMATION VALUE AND FRACTION
DIMENSION IN SEISMIC PREDICTION

Zhang Xiaodong

(*Seismological Bureau of Qinghai Province*)

Abstract

In this paper, using C.E.Shannon's information formula the author defines earthquake sequence information formula and obtains earthquake sequence information formula of the b value. Taking Menyuan aftershock sequence and other sequences for examples, practical earthquake sequence information and theoretical ones are calculated and compared each other. A result is obtained, it is $H(\Delta M) = \alpha - \beta \ln \Delta M$ and information dimension of earthquake sequence is obtained too. This paper calculates information and information dimension of foreshock and aftershock sequences of Haicheng earthquake, swarm sequences of Shenwo reservoir and Longyao, and Tangshan and Menyuan aftershock sequences. The following main results are got:

- (1) Information dimension of aftershock sequences waves and reduces with time.
- (2) Information dimension drops before strong earthquakes.