

对地震平均时间强度和平均震级时间间隔的初步研究

郭新平

(乌鲁木齐市地震办公室)

一、引言

对地震序列的研究,一般总是将震级序列或时间间隔序列分开进行。研究的结果往往因人而异,进而划分出不同的地震活动期。再之,用周期分析的方法对其周期的提取,总是拟合效果好,外推预报差。另外,单纯地根据地震活动的密集与分散,强度的增大或减小,往往难以确定其后是否有强震发生。从目前的研究看来,震级 M 和时间 T 还没有定量的直接联系。而在其它科学学科里,某些概念是和时间相互联系的。如物理学中的速度、功率、电流强度等均是随时间变化的函数。为此,本文提出了一种震级和时间相互联系的方法,来研究地震活动。

二、数学原理和有关公式

(1) 分段函数及其平均值

数学中的分段函数是指自变量取不同区间值时,函数表达式不同,故称为分段函数,用 $f(t_i)$ 表示。其平均值为:

$$\overline{f(t)} = \frac{\sum_{i=1}^n f(t) \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}$$

式中 n 为所分段数, Δt_i 为每一段长度。

将上述概念引伸到地震活动序列中,由于地震的发生必然要有一个时间积累过程,故将相邻两次地震的时间间隔 Δt_i 视作下次地震的取值区间,震级的大小 m_i 视作这段时间的能量释放强弱。且把它们分别当作自变量和函数的取值。于是,就可建立震级 M 和和时间间隔 ΔT 的相互联系,并可求 M 的平均值。类似地,以震级累加值为自变量,每一次地震震级 m_i 作为自变量的取值区间,相应的时间间隔 Δt_i 作为函数值,就可建立时间间隔和震级的联系,进而求 ΔT 的平均值。

(2) 随机变量的数学期望(平均值)

地震是随机事件, 而离散性随机变量 X 的数学期望为

$$E(X) = \sum_{i=1}^n x_i P_i。$$

式中 x_i 为随机变量 X 的不同取值, P_i 为相应的概率。将此应用于地震事件中, 取震级 M 为随机变量, 每一次地震震级 m_i 为 M 的不同取值。相应的时间间隔 Δt_i 与 n 次地震总时间

$\sum_{i=1}^n \Delta t_i$ 之比为 m_i 的相应频率。以频率代替概率, 则可用随机变量的平均值求 M 的平均值。

相应地, 以时间间隔 ΔT 作为随机变量, 每一个 Δt_i 为 ΔT 的不同取值。相应的震级 m_i 与 n 次地震的震级累加值 $\sum_{i=1}^n m_i$ 之比为 Δt_i 的相应频率, 则可求时间间隔 ΔT 的平均值。

(3) 地震平均时间强度和平均震级时间间隔公式

从分段函数的观点出发或从随机变量的角度考虑, 求 n 次地震的震级平均值与时间间隔的平均值, 其表达式是一致的, 即

$$\overline{M} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} ; \quad (1)$$

$$\Delta \overline{T} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}。 \quad (2)$$

将(1)式定义为平均时间强度, (2)式定义为平均震级时间间隔。上述两式克服了单纯以地震强度或地震频度预测地震的局限性, 将二者有机地结合起来, 提供了一种新的预测地震趋势的方法。

上述公式不同于用频次求平均震级和平均时间间隔。很显然, 只有当 $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_n$ 或 $m_1 = m_2 = \dots = m_n$ 时, (1)式和(2)式才能写成下述形式:

$$\overline{M} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n} ; \quad (3)$$

$$\Delta \overline{T} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}{n}。 \quad (4)$$

说明只有在等间隔或等震级的情况下, 方可用次数求它们的平均值, 而实际上地震的发生是不符合上述情形的。

三、实际应用与结果

应用上述方法, 对以下地区的地震活动进行了计算分析。

(1) 乌鲁木齐地区

该地区指以乌鲁木齐为中心, 周围100公里内。选取1980年以来该区发生的 $M_s \geq 2.0$ 的地震, 以15次地震事件滑动计算。结果表明, 地震的平均时间强度对该区 $M_s \geq 4.5$ 级地震有较明显的反应。其特征是震前平均时间强度首先降低, 经过一定阶段后开始逐步升高, 地震发生在升高过程中或升高之后。在无强震期间, 平均时间强度变化平稳(图1)。

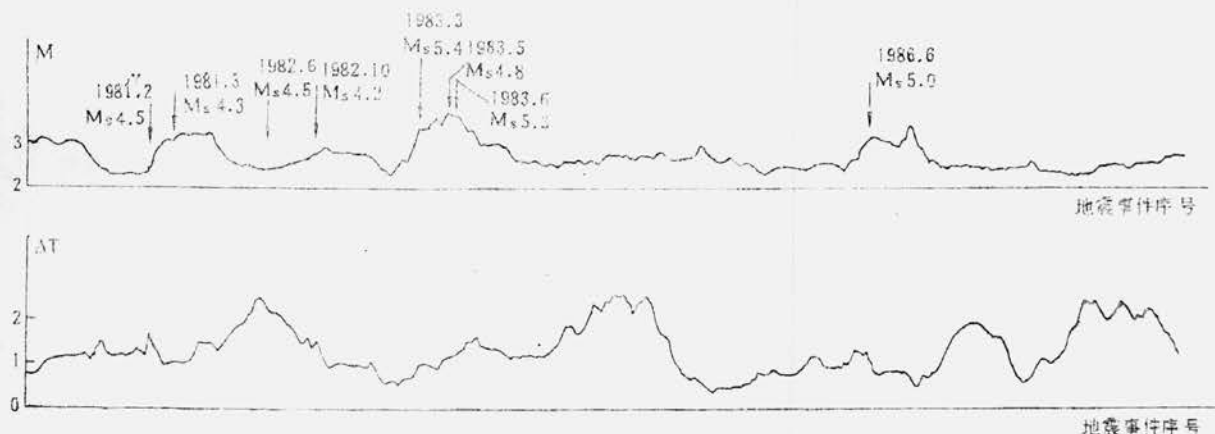


图1 乌鲁木齐地区平均时间强度与平均震级时间间隔变化曲线

从该区发生的两次(组) $M_s \geq 5.0$ 级地震来看, 其震前平均震级时间间隔经历了增大—减小—平稳这样几个阶段的变化。说明了在蕴震过程的不同阶段, 平均震级时间间隔会发生相应的变化。在地震平静期, 平均震级时间间隔基本上处于高值变化中(图1)。

(2) 北天山地区

其范围是北纬 $42^{\circ}30' - 45^{\circ}00'$, 东经 $80^{\circ}00' - 95^{\circ}00'$ 。选取 1895—1988 年 $M_s \geq 4.7$ 级的地震, 以 7 次地震事件滑动计算。结果表明, 该区发生的两次 7 级左右地震前(1944 年乌苏南 $M_s 7.2$ 级地震和 1965 年乌鲁木齐东北 $M_s 6.9$ 级地震)平均时间强度变化由正常转入增强, 临震前几年, 平均时间强度开始降低。乌苏南 7.2 级地震后平均时间强度变为增强, 并持续一段时间。而乌鲁木齐东北 6.9 级地震后平均时间强度仍和震前变化趋势相同。

上述两次地震均发生在平均震级时间间隔由低值升为高值的转折阶段。在强震发生前平均震级时间间隔表现为低值。在地震平静期, 则表现为高值(见图2)。

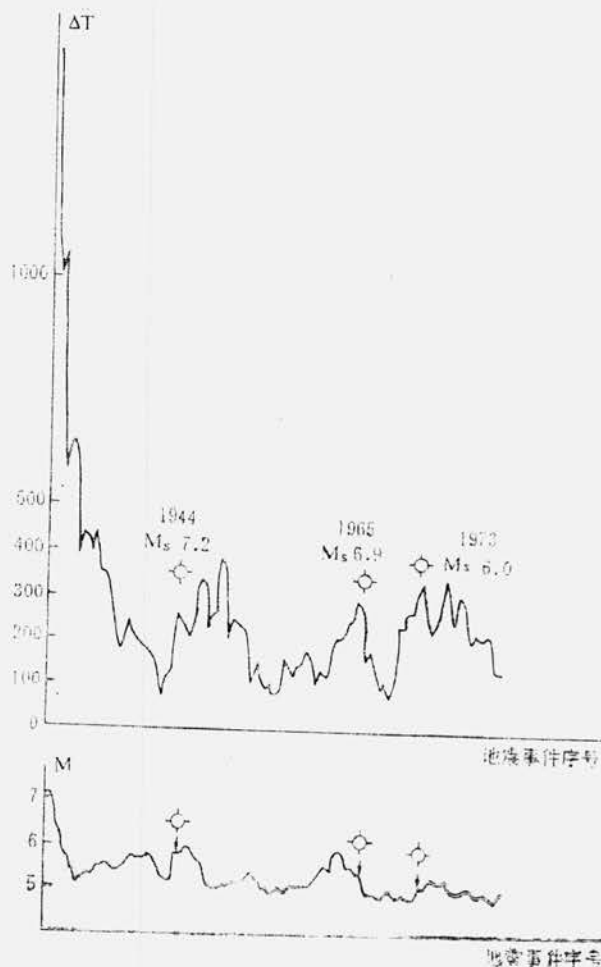


图2 北天山地区平均时间强度与平均震级时间间隔变化曲线

(3) 新疆西部地区

该地区的范围是：北纬 $37^{\circ}00'$ — $42^{\circ}00'$ ，东经 $73^{\circ}18'$ — $79^{\circ}30'$ 。选取 1895 年以来的 $M_s \geq 4.7$ 级且震源深度在 100 公里以内的地震，以 9 次地震事件进行滑动计算。结果表明：对该区发生的 4 次 $M_s \geq 7.0$ 级地震（包括一次双震），平均时间强度均有明显反应。其共同特征是平均时间强度呈现增强—降低—再增强—再降低的变化，其曲线表现为双峰形。地震发生在两峰间的波谷段。曲线第一波峰反映了平均时间强度的增强，是有预报意义的。第二波峰主要是由主震或强余震造成的。进一步深入分析发现，当地震发生在第一波峰的降低阶段，其后的余震强度高。如 1974 年乌什 7.3 级地震和 1985 年乌恰 7.4 级地震，它们的余震均为 6 级以上。当地震发生在第二波峰的上升阶段时，其后的余震强度低。如 1944 年乌恰 7.0 级地震和 1955 年乌恰 7 级双震，它们的余震强度均在 6 级以下。

该区 4 次 $M_s \geq 7.0$ 级大震有 3 次发生在平均震级时间间隔的高值阶段。只有 1955 年乌恰 7 级双震发生在低值上升阶段，且 $M_s \geq 6.0$ 级地震也具有主要在高值发震的特征。在地震活动强度较低时，平均震级时间间隔的表现特征不尽相同（见图 3）。

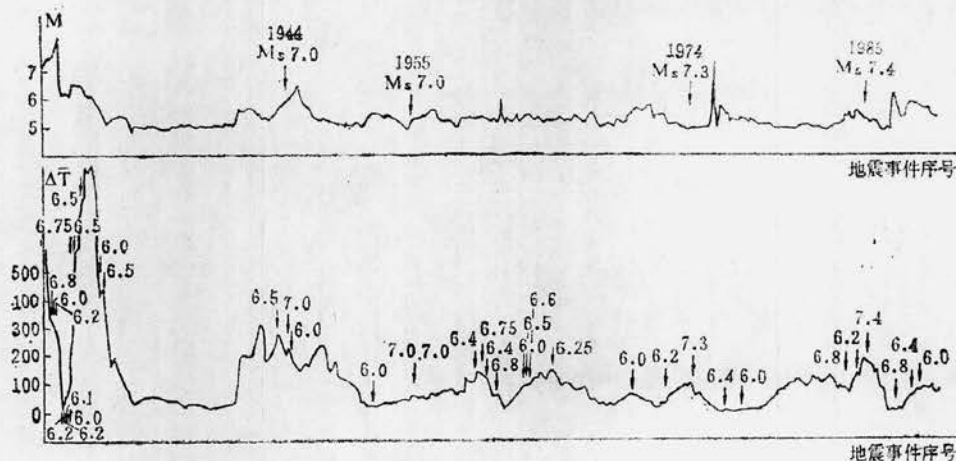


图 3 新疆西部地区平均时间强度与平均震级时间间隔曲线

四、公式的几何意义与物理意义

不论是从分段函数的观点出发，还是从随机变量的角度考虑，平均时间强度与平均震级时间间隔公式的几何意义是一致的。即是几次地震震级与时间间隔所围面积的几何重心的震级坐标与时间间隔坐标，它反映了两维情形下，由震级与时间间隔组成的平面的重心。当无一定强度地震时，其重心呈现稳定的随机变化。当一定强度地震蕴育时，该重心将发生不同于正常的变化。

平均时间强度反映了单位时间内的地震强度，表示了地震强度随时间的平均变化。从本文的研究结果可知，平均时间强度从平时的无序变化变为持续地上升或下降，正是强震孕育过程的表现。反之，一定时段内个别地震或少量地震的增强或减弱且集中度不高时，不足以引起平均时间强度的持续改变。所以，平均时间强度是从整体上而不是从局部上来衡量地震强度的变化。

平均震级时间间隔反映了时间间隔随震级的平均变化。它使时间间隔的衡量置于地震强度标准下，提供了在强度标准下对地震活动的密集与分散进行整体判别的定量方法。

五、对未来地震趋势的估计

根据地震平均时间强度，结合对地震活动性的分析，作者对新疆西部地区和北天山地区划分了地震活动期（段）。现简述如下：

1. 新疆西部地区

1903—1943年为该区地震活动平静期，其平均时间强度从1902年阿图什8级大震后急速下降，后趋于稳定。曲线形态表现为一条直线，数值低。说明地震活动强度持续减弱，并维持在较低水平。

1944—1988年为地震活动增强期。该期平均时间强度数值高，变化大。说明地震活动集中且强度增加。

表1为该地震活动期与增强期地震活动性的比较。由表1可以看出，活动期与平静期的时间基本相同，但地震频度却几乎相差3倍。

表 1

项 目 活 动 期	持续时间	地 震 次 数 (M _s)					合 计
		4.7—4.9	5.0—5.9	6.0—6.9	7.0—7.9	8.0—8.9	
1903—1943	41年	18	54	9	0	0	81
1944—1988	45年	89	120	22	5	0	236

2. 北天山地区

该区地震活动频度与强度都低于新疆西部地区。表2列出了该区地震活动时段的划分情况及地震活动情况。由表2可见，平均时间强度的变化与地震活动的增强与平静有很好的对应。

表 2

项 目 时 段	持续时间	活动段 特征	平均时间 强度特征	地 震 次 数 (M _s)					备 注
				4.7—4.9	5.0—5.9	6.0—6.9	7.0—7.9	8.0—8.9	
1906—1921	15年	增强		0	1	3	1	1	7次滑动，故无平均 时间强度
1922—1931	10年	平静	下降	0	8	0	0	0	
1932—1944	13年	增强	上升	3	15	5	1	0	
1945—1954	10年	平静	下降后稳定	4	15	0	0	0	
1955—1965	11年	增强	上升后转 入下降	5	13	6	0	0	
1966—1988	23年	平静	稳定	12	18	1	0	0	1973年精河6.0级 地震为孤立型。

根据上述研究，新疆西部地区与北天山地区的平均时间强度目前均处于稳定变化状态，因此认为未来几年内新疆西部地区不会发生 $M_s \geq 7.0$ 级地震，北天山地区不会发生 $M_s \geq 7.0$ 级左右地震。

新疆地震局黄克强提供了资料，朱令人同志提出了宝贵的修改意见，冯德益同志审阅了全文，在此一并致谢。

PRELIMINARY STUDY ON AVERAGE TIME STRENGTH AND AVERAGE
MAGNITUDE TIME INTERVAL OF EARTHQUAKES

Guo Xinping

(*Seismological Office of Urumqi City, Xinjiang, China*)