

甘肃东部地区地震的时间分布特征与未来中强地震的时间估计

吴宗林 贾晓鹰 汤晓昌

(天水市地震办公室)

地震的时间预报是地震灾害预报中最困难也是最极需解决的问题,探讨一定范围内地震的时间分布特征无疑是解决这一问题的途径之一。1974年徐钟济等提出,甘孜—康定地震带 $M \geq 6.0$ 级地震的时间间隔服从对数正态分布^[1];1985年洪时中等通过 X^2 检验后提出,鲜水河带 $M \geq 6.0$ 级地震的时间间隔服从对数正态分布^[2];1985年张国民在研究华北地区大震的时间分布特征时,认为在一个地震活动期内大震的累计频度是时间的指数函数,即 $N = Ae^{bT}$ ^[3];1986年戴英华等指出,中国各主要地震区的地震时间分布服从韦布尔分布,即 $\lambda(T) = KT$ ^[4];1989年张立人指出,在一个地震区内相邻大震的时间间隔遵循泊松分布,即 $f(t) = Ue^{-t}$ ^[5];近年来,袁鸿庆通过研究不同地震区(带)的地震时间分布特征后指出,地震的时间间隔与其频数之间存在两种类型的分布关系式: $\log N\Delta t = a - b\Delta t$ 或 $\log N\Delta t = a - b\log\Delta t$ 。

尽管许多人对地震时间分布特征做了大量研究工作,并取得了一定成果,但由于采用的方法和原则不同,即便对同一地震区,所取得结果也不一定相同,即上述各种理论和方法仍然处于尝试阶段,还不具有普遍性。在如此繁多的分布型式关系式中,甘肃东部地区到底适合那种分布,使用某种方法后,将会得到怎样的结果,这就是本文将要回答的问题。

一、统计范围的确定及资料的取舍

甘肃东部地区是我国地震活动的频发区。该区以秦岭北缘深大断裂为中心,其北包括西海固地区(双方地震在空间上连成一片,难以区分,在时间上也具有继发性和呼应性),以北纬 $37^{\circ}00'$ 为界,南至白龙江深大断裂带的南缘,即北纬 $33^{\circ}00'$,西自东经 $102^{\circ}00'$,东至东经 $107^{\circ}00'$ (图1)。本文在统计时主要使用甘肃地震数据库和西北地震数据库的资料。震级下限定为 $M_s \geq 5.0$,时间起始于1800年。

二、中强地震的时间分布特征

1800年至今约190年间,甘肃东部地区共发生 $M_s \geq 5.0$ 级地震59次,平均3.2年1次,

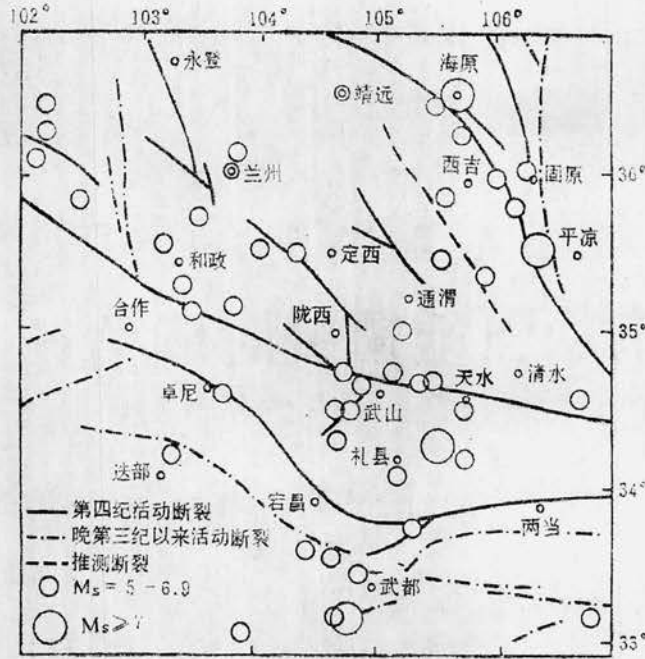


图 1

除去余震后还有42次，其间隔41个（具体数字略）。为了研究该区地震的分布规律，本文取 $X = \log \Delta t$ ，以 $X = 0.20$ 为统计区间，将 Δt 值划分成7个区间，并按区间统计 Δt 的出现频次，其结果见表1。

表 1

区 间	时 间 范 围		频 次		概率%	累计概率%
	真 数	对 数	实 际	理 论		
1	≤ 1.58	≤ 0.20	17	13.80	35.10	35.10
2	2.51	0.40	8	7.50	19.07	54.17
3	3.98	0.60	6	5.25	13.35	67.52
4	6.31	0.80	3	4.08	10.38	77.90
5	10.00	1.00	2	3.35	8.25	86.42
6	15.85	1.20	3	2.85	7.25	93.67
7	25.12	1.40	2	2.49	6.33	100.00

用柯尔莫哥洛夫法检验计算，均值 $X = 0.41$ ，标准离差 $S = 0.37$ 。结果表明，当 $\alpha = 0.05$ 时， $D_{n\alpha} = 0.2076$ ，因为 $D_n < D_{n\alpha}$ ，所以1800年以来甘肃东部地区 $M_s \geq 5.0$ 级地震的时间间隔 Δt 是服从对数正态分布的。据此可以得出七个区间的理论概率，进而求出各区间的理论频数（见表2）。

表 2

区 间	理论概率%	累计概率%	频 数		
			实 际	理 论	缺 失
1	28.43	28.43	17	11.66	+5.4
2	20.37	48.80	8	8.35	-0.35
3	23.44	72.24	6	9.61	-3.61
4	12.84	85.08	3	5.26	-2.26
5	9.22	94.30	2	3.78	-1.78
6	4.00	98.30	3	1.64	+1.36
7	1.81	99.61	2	0.54	+1.46

由表 1、表 2 可知，在 Δt 序列中， Δt 的值分布较广，可以不到一年，也可以长达 23 年，为了研究 Δt 数列的分布特征，根据 Δt 的实际情况，取 $X = \log \Delta t$ ，以 $X = 0.20$ 将 Δt 数列划分为 7 个区间，并统计出各区间范围内的出现频次。结果发现，当取双对数坐标时，7 个区间的 Δt 值与其各自相对应的频次均呈一定的线性关系（见图 2），即较适合袭鸿庆提出的分布关系式：

$$\log N \Delta t = a - b \log \Delta t \quad (1)$$

采用最小二乘法可以拟合出图 2 中的直线方程：

$$\log N \Delta t = 1.14 - 0.88 \log \Delta t \quad (2)$$

该方程的相关系数为 -0.94 ，显著性水平为 0.01 ，可见具有较高的可信度。由公式 (2) 可求得表 1 中的理论频次及 Δt 值在各区间的出现概率及累计概率。

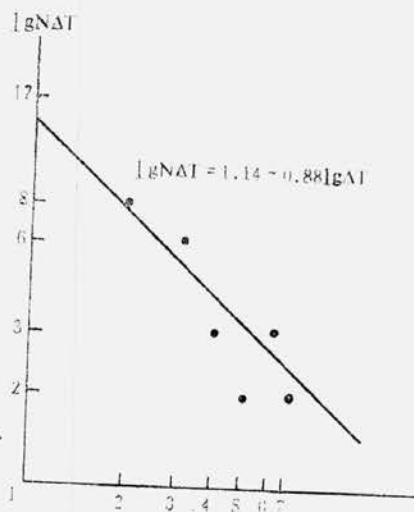


图 2

三、甘肃东部地区中强地震的背景估计

由表 1 可知，甘肃东部地区自 1800 年至今的 190 年中共发生 59 次 $M_s \geq 5.0$ 级地震，但是地震在时间轴上是不均匀分布的，这种不均匀分布特征可由公式 (2) 表示。由表 1 可知，该区发生一次 $M_s \geq 5.0$ 级地震后，10 年内再次发生 $M_s \geq 5.0$ 级地震的概率是 86.42%，这就为我们预估今后若干年内再次发生 $M_s \geq 5.0$ 级地震的可能性提供了一种方法。若该区内发生一次地震后，经过若干年仍未发生地震，此时也可根据无震时间，利用表 1 中的发震概率，对当前地震发生的危险程度进行评估。

结合表 2 可以看出，在 3、4、5 三个区间内实际频次与理论频次相差较多，缺失明显。根据格里汶科定理，即当样本容量趋近无限大时，经验分布函数与母体的分布函数之差从概率 1 收敛于 0，可以认为随着数据量的不断增大，未来的数据落在正值段上的可能性就会更小，而落在负值段上的可能性较大。因此可以认为，甘肃东部地区下一次 $M_s \geq 5.0$ 级地震发生在距前次地震（1989 年 11 月 2 日固原 5.1 级）2.5—10 年内的可能性较大（发震概率 67.52%—86.42%），亦即发生在 1992 年 4 月以后到 1999 年 10 月前这段时间的可能性较大，尤其是 1992 年 4 月到 1993 年 10 月的可能性更大（概率是 67.52%）。

应用地震时间分布特征对一个地区的地震趋势进行估计，虽然在地点、震级和时间三个方面的预测范围较大，但可以为其他方法提供地震趋势背景，并可逐步缩小地震三要素的预报范围。上述利用地震时间分布特征作出的概率估计，对近年来一直被定为重点监视区或需要注意监视的甘肃东南部地区来说，无疑是有现实意义的。

本文得到陈希泉同志的指导和支 持，王立万同志清绘了图件，特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 徐钟济等, 地震发生时间的概率预报(一), 地球物理学报, Vol.17, No. 1, 1974.
- [2] 洪时中、秦卫平, 鲜水河地震带强震复发规律与未来 $M \geq 6.0$ 级地震的时间估计, 鲜水河断裂带地震学术讨论会文集, 地震出版社, 1985.
- [3] 张国民等, 华北强震的时间分布及地球物理解释, 地球物理学报, Vol. 28, No. 6, 1985.
- [4] 戴英华, 中国各主要地震区中强地震的重复概率, 地震, No. 3, 1986.
- [5] 张立人, 大震系的层次、频度及时间分布特征, 西北地震学报, Vol. 11, No. 2, 1989.

CHARACTERISTICS OF TEMPORAL DISTRIBUTION OF EARTHQUAKES
AND ESTIMATION ON OCCURRENCE TIME OF MODERATE—STRONG
EARTHQUAKES IN EASTERN GANSU PROVINCE

Wu Zonglin, Jia Xiaoying, Tang Xiaochang
(*Seismological Office of Tianshui City, Gansu Province*)