

南疆强震活动可公度特征 的初步探索

朱令人 陈松涛

(新疆维吾尔自治区地震局)

摘 要

根据“可公度性是周期性的扩大”这一思想,对南疆 $M_s \geq 6.0$ 级的强震活动进行了分区统计。发现各统计区几乎无例外地存在有强震活动的可公度性。大多数地震符合情况良好,个别区少量地震误差较大。以统计角度看,效果是明显的。经假设检验,相对误差为正态分布,其大小与预测期长短无关。特别是各统计区不同的可公度值之间有一个约为11年的最小公倍数,表现出极好的可公度特征。

在地震活动规律的研究中,人们首先注意的是周期性。但很快发现所谓周期是不严格的。因此有“视周期”、“准周期”、“复发周期”等用语。最近,翁文波教授指出可公度性是周期性的扩大^[1]。郭增建等同志近年多次阐述的倍九法^{[2][3]}是可公度性的一种。许绍燮等同志在研究华北—西南大震时,发现成对地震相隔距离有550公里和1100公里的特征^[4],实际上也是一种可公度性。据此,我们对南疆各地震统计区的 $M_s \geq 6.0$ 级强震活动的可公度特征进行了初步分析。

一、地震目录和统计区的划分

我们以新疆历史地震史料组近年编写的目录为基础,参考其他地震目录,考虑统计的需要,补充了一些边界附近的地震(如和田西南克什尔村1914年10月9日、1937年11月25日两次地震,1977年1月2日青海茫崖西地震)。为了资料的可靠、完备,只取用1895年以后的地震,目录见表1。

鉴于地震活动与地质构造有着密切的关系,故统计区基本上以地质构造单元为基础划分的。如库车—乌什统计区是以库车纬向构造带为基础。又考虑以下原因:(1)某些强震发生于不同构造单元的交汇部位。特别是喀什以西,有多组大的构造交汇,地震也特别多,难以一一划清。(2)地震较少的地带,如果区域划分太小,统计工作无法进行。因而统计区不是拘泥于一个构造单元。有的区是跨构造的,有的地震则在不同统计区中重复使用。根据

南疆强震($M_s \geq 6$)目录

表1

编号	发震时间		经度	纬度	震级 M_s	震中烈度	震源深度	参考地名
	年 月 日	时 分 秒						
1	1895.7.5	10	75.1	37.0	(7)	9	70	塔什库尔干
2	1898.6.21	07—20	76.6	39.8	$6\frac{1}{4}$	8		阿图什
3	1902.8.22	11—00	76°06'	39°54'	$8\frac{1}{4}$	>10	50—60	阿图什北
4	1906.3.3		82.7	41.7	(6)			库车
5	1910.7.12	15—36—12	76.0	37.0	$6\frac{3}{4}$		120	塔什库尔干东南
6	1914.10.9		78.0	35.0	6.5			和田西南克什尔村
7	1919.7.24	10—03—20	76.0	40.0	$6\frac{1}{2}$			阿图什
8	1920.10.12	14—54—48	81.0	36.0	$6\frac{1}{4}$			于田西南
9	1922.10.17	00—01—32	89.1	39.1	$6\frac{1}{2}$	$\geq V_{11}$		若羌东
10	1924.7.8	12—40—10	83°24'	36°57'	$7\frac{1}{4}$	10	33	民丰东
11	1924.7.12	03—44—44	83°24'	36°57'	$7\frac{1}{4}$	10	33	民丰东
12	1925.12.7	16—34—30	76.5	37.0	6			叶城西南
13	1926.8.7	06—45—59	78.7	35.4	$6\frac{1}{4}$			和田西南
14	1927.4.30	21—56—47	78.0	38.5	6			麦盖提东南
15	1927.9.23	21—54—13	85.6	42.3	$6\frac{3}{4}$	9	12	和静西
16	1933.9.26	01—51—27	86.9	38.3	$6\frac{3}{4}$			瓦什峡
17	1937.11.15		78.0	35.0	6.3			和田西南克什尔村
18	1944.9.28	00—25—07	75.0	39.1	7	8		喀什西南
19	1944.9.28	00—52—57	74.8	38.5	6			塔什库尔干北
20	1947.8.24	19—34—04	81.9	41.5	$6\frac{1}{4}$			拜城南
21	1948.2.13	12—57—11	80.5	36.0	$6\frac{1}{4}$			和田东南
22	1949.2.24	00—08—11	83.2	41.9	$7\frac{1}{4}$	9		轮台西北
23	1949.5.25	16—23—49	83.6	42.0	$6\frac{1}{4}$			库车东北
24	1953.7.10	03—02—08	78.3	39.9	6			巴楚附近
25	1955.4.15	11—40—58	74°32'	39°54'	7	9	25	乌恰西北
26	1955.4.15	12—13—25	74°32'	39°54'	7			乌恰西北
27	1959.6.28	03—11—28	80.0	41.9	$6\frac{1}{4}$		20	温宿北
28	1959.11.15	18—25—16	75°19'	38°45'	6.4	8	40	公格尔山附近
29	1961.4.1	23—18—26	77°48'	39°55'	6.5		20	巴楚西
30	1961.4.4	17—46—40	77.8	39.9	6.4			巴楚西

续表 1

编号	发 震 时 间		经 度	纬 度	震级 M _s	震中烈度	震源深度	参 考 地 名
	年 月 日	时 分 秒						
31	1961.4.14	00—34—39	77°45′	39°53′	6.8	9	20	巴楚西
32	1963.6.26		76°40′	36°24′	6.0		100	叶城南阿拉斯坦
33	1963.8.29	16—53—50	74°15′	39°48′	$6\frac{1}{2}$	8	15—20	乌恰西
34	1966.10.14	09—44—47	87.5	36.8	6		14	且末东南
35	1967.5.11	22—50—59	73°48′	39°18′	$6\frac{1}{4}$		21	乌鲁克恰提西南
36	1969.2.12	06—08—54	79°22′	41°27′	$6\frac{1}{2}$	8	16	乌什东北
37	1971.8.23	17—52—11	79°16′	41°27′	6.0	8	12	乌什东北
38	1971.8.24	04—47—17	79°16′	41°27′	6.1	8	12	乌什东北
39	1972.1.16	02—21—45	78.9	40.2	6.2	7	24	柯坪南
40	1974.8.11	09—14—00	73.8	39.4	7.3			乌恰西南
41	1974.8.27	20.56—04	74.0	39.9	6.0			乌恰西
42	1975.4.28	19—06—42	79.9	36.0	6.1		33	和田南
43	1975.6.4	10—24—33	80°06′	36°13′	6.1		45	和田南
44	1977.1.2	05—39—47	90.9	37.7	6.2			青海油沙山
45	1972.12.19	00—47—12	77°23′	39°58′	6.1		33	西克尔
46	1978.10.8	22—20—02	74.7	39.5	6.0			乌恰西
47	1979.8.29	10—01—32	83°14′ 50″	41°54′ 10″	6.0		25	库车

以上原则，共划分库车勒—乌什、柯坪—喀什、喀什—乌恰、乌恰—慕士塔格、帕米尔、西昆仑、阿尔金 7 个统计区。强震震中和各统计区的位置见图 1。

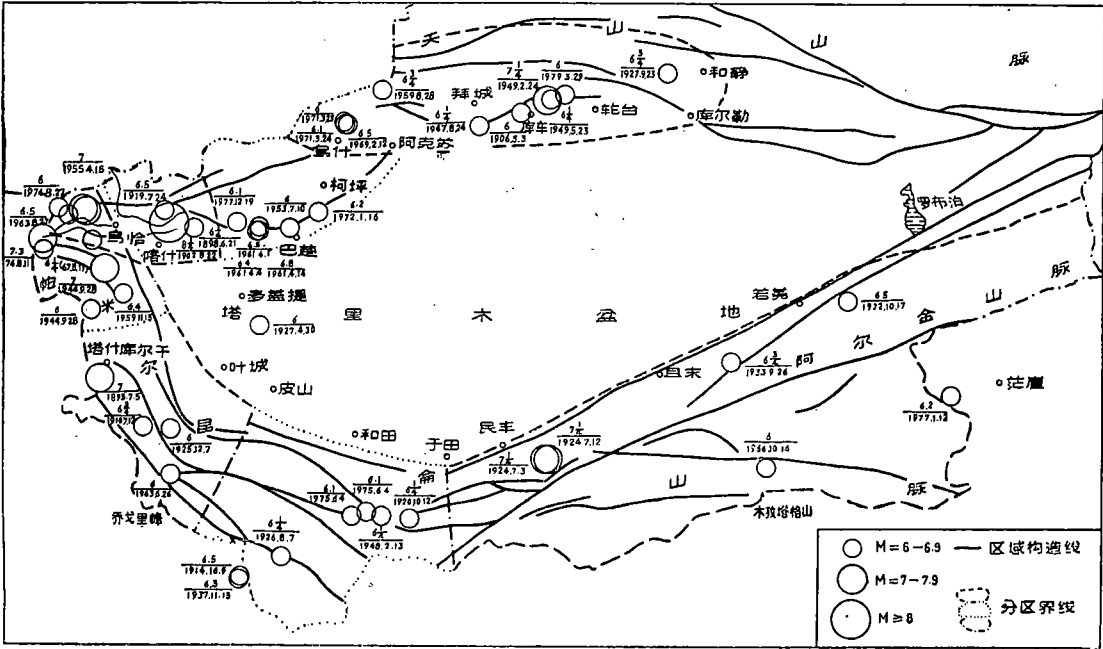


图 1 南疆强震分布及地质构造示意图

二、方 法

设某统计区强震时间为 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 相邻两次强震时间间隔为 $\Delta X_{i, i+1}$

$$\Delta X_{1, 2} = X_2 - X_1, \Delta X_{2, 3} = X_3 - X_2 \dots$$

$$\Delta X_{i, i+1} = X_{i+1} - X_i$$

如果不长时间内发生一组强震时, 可以有:

$$\Delta X_{i, i+2} \text{ (或 } \Delta X_{i, i+3} \text{)} = X_{i+2} - X_i \text{ (或 } \Delta X_{i+3} - X_i \text{)}$$

比较 $\Delta X_{1, 2}, \Delta X_{2, 3}, \dots, \Delta X_{i, i+2}, \Delta X_{i, i+3}, \dots$ 可以发现大体是某一值 $\widetilde{\Delta X}$ 的整数倍。

$$\text{即 } \Delta X_{i, i+1} \approx K \cdot \widetilde{\Delta X} \quad K = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{或 } \Delta X_{i, i+1} &\approx K \cdot \widetilde{\Delta X} \\ \Delta X_{i, i+2} &\approx K \cdot \widetilde{\Delta X} \end{aligned}$$

我们称 $\widetilde{\Delta X}$ 为可公度值。 $\widetilde{\Delta X}$ 按下式计算:

$$\widetilde{\Delta X} = \frac{X_n - X_1}{K} \quad (2)$$

式中 $X_n - X_1$ 为历史强震总间隔时间, K 为以可公度值为“周期”的正整数。

误差估计:

$$\text{绝对误差: } |\Delta X_k| = |\Delta X_{i, i+1} - K \cdot \widetilde{\Delta X}| \quad (3)$$

$$\text{相对误差: } \sigma_k = \frac{\Delta X_{i, i+1} - K \cdot \widetilde{\Delta X}}{\widetilde{\Delta X}} \times 100\% \quad (4)$$

三、各统计区强震活动的韵律特征

按前述公式对各统计区进行了计算, 包括可公度值、 K 值、绝对误差和相对误差诸项。表2为各统计区的计算表。图2为各统计区历史强震的 $M-t$ 图和按可公度值推算的地震(虚线)活动时间。

根据韵律特征, 强震活动时间可由下式推测:

$$T_i = T_0 + K \cdot \widetilde{\Delta X} \quad K = 1, 2, 3 \dots \quad (5)$$

T_0 取实际发震时间, 若为一组地震时, 取最大地震的发震时间。也可以把一组地震看作是 $K=0$ 情况的特例。

从图2可以看到, 各区大多数地震符合情况是良好的。个别区(柯坪—喀什)的少数地震的相对误差较大。具体数据见表2。

图3为全部相对误差的分组频次图。直观上看近于正态分布。我们用 X^2 检验了正态分布的假设:

表 2

统计区	i	xi			纬度	经度	M _s	$\Delta X_{i:i+1}$	$\Delta X_{i:i+2}$	$ \Delta X_k $	σ_k	K	强震活动的律值
		年	月	日									
库尔勒—乌什	1	1906	8	8	41.7	82.7	6	21.56		0.68	6.51	2	$\Delta \bar{X} = 10.44$ 年 K = 7
	2	1927	9	23	42.3	85.6	$6\frac{8}{4}$	19.92	21.43	0.55	5.27	2	
	3	1947	8	24	41.5	81.9	$6\frac{1}{4}$	1.51					
	4	1949	2	24	41.9	83.2	$7\frac{1}{4}$	10.34		0.10	-0.96	1	
		1949	5	25	42.0	83.6	$6\frac{1}{4}$						
	5	1959	6	28	41.9	80.0	$6\frac{3}{4}$	9.63		0.81	-7.76	1	
	6	1969	2	12	41°27'	79°22'	$6\frac{1}{2}$	2.11	10.12	0.32	-3.07	1	
	7	1971	8	23	41°27'	79°16'	6.0						
			8	24	41°27'	79°16'	6.1	8.01					
柯坪—喀什	1	1898	6	21	39.8	76.6	$6\frac{1}{4}$	4.17		1.51	-26.58	1	$\Delta \bar{X} = 5.68$ 年 K = 14
	2	1902	8	22	39°54'	76°06'	$8\frac{1}{4}$	16.92		0.12	-2.11	8	
	3	1919	7	24	40.0	76.0	$6\frac{1}{2}$	33.97		0.11	-1.94	6	
	4	1953	7	10	39.9	78.3	6	7.73	7.76	2.08	36.60	1	
	5	1961	4	1	39.9	77.8	6.5	0.03					
			4	4	39.9	77.8	6.4						
	6	1961	4	14	39.9	77.8	6.8	10.76		0.60	-10.56	2	
	7	1972	1	16	40.2	78.9	6.2	5.95		0.27	4.75	1	
喀什—乌恰	8	1977	12	19	39°58'	77°23'	6.1						$\Delta \bar{X} = 4.01$ 年 K = 20
	1	1898	6	2	39.8°	76.6°	$6\frac{1}{4}$	4.17		0.16	3.99	1	
	2	1902	8	22	39.9°	76.1°	$8\frac{1}{4}$	16.92		0.88	21.95	4	
	3	1919	7	24	40.0°	76.0°	$6\frac{1}{2}$	35.73		0.36	-8.98	9	
	4	1955	4	15	39.9°	74.5°	7	8.37		0.35	8.73	2	
			4	15	39.9°	74.5°	7						
	5	1963	8	29	39°48'	74°15'	$6\frac{1}{2}$	10.99		1.04	-25.94	8	
	6	1974	8	27	39.9°	74.0°	6.0	4.11		0.10	2.49	1	
	7	1978	10	8	39.5	74.7°	6.0						

续表 2

统计区	i	xi			纬度	经度	M _s	$\Delta X_{i:i+1}$	$\Delta X_{i:i+2}$	$ \Delta X_k $	σ_k	k	强震活动的律值
		年	月	日									
乌恰—慕士塔格	1	1944	9	28	39.1°	75.0°	7	10.54		0.80	-21.40	8	$\Delta \bar{X} = 3.78$ 年 K = 9
			9	28	38.5°	74.8°	6						
	2	1955	4	15	39.9°	74.5°	7	4.59		0.81	21.43	1	
			4	15	39.9°	74.5°	7						
	8	1959	11	15	38°45'	75°19'	6.4	3.71		0.01	0.26	1	
	4	1963	8	29	39°48'	74°15'	$6\frac{1}{2}$	3.70		0.08	-2.12	1	
	5	1967	5	11	39°18'	73°48'	$6\frac{1}{4}$	7.30		0.31	-8.20	2	
帕米尔	6	1974	8	11	39.4°	73.8°	7.3						$\Delta \bar{X} = 3.77$ 年 K = 21
			8	27	39.9°	74.0°	6.0	4.16		0.38	10.05	1	
	7	1978	10	8	39.5°	74.7°	6.0						
	1	1895	7	5	37.6°	75.1°	7	15.02		0.06	-1.59	4	
	2	1910	7	12	37.0°	76.0°	$6\frac{3}{4}$	15.40		0.32	8.49	4	
	8	1925	12	7	37.0°	76.5°	6	18.81		0.04	-1.06	5	
	4	1944	9	28	39.1°	75.0°	7	15.13		0.05	1.33	4	
			9	28	38.5°	74.8°	6						
西昆仑	5	1959	11	15	38°45'	75°19'	6.4	3.61		0.16	-4.24	1	$\Delta \bar{X} = 5.51$ 年 K = 11
	6	1963	6	26	36°24'	76°40'	6.0	3.87		0.10	2.65	1	
	7	1967	5	11	39°18'	73°48'	$6\frac{1}{4}$	7.25		0.29	-7.69	2	
	8	1974	8	11	39.4°	73.8°	7.3						
	1	1914	10	9	35.0°	78.0°	6.5	6.01		0.50	9.07	1	
	2	1920	10	12	36.0°	81.0°	$6\frac{1}{4}$	5.82		0.32	5.63	1	
	8	1926	8	7	35.4°	78.7°	$6\frac{1}{4}$	11.28		0.26	4.72	2	
	4	1937	11	15	35.0°	78.0°	6.3	10.25		0.77	-13.97	2	
阿尔金山	5	1948	2	13	36.0°	80.5°	$6\frac{1}{4}$	27.31		0.24	-4.36	5	$\Delta \bar{X} = 10.84$ 年 K = 5
	6	1975	4	28	36.0°	79.9°	6.1						
			6	4	36.2°	80.1°	6.1						
	1	1922	10	17	39.1	89.1	$6\frac{1}{2}$	1.71	10.94	0.10	0.92	1	
	2	1924	7	8	36°57'	83°24'	$7\frac{1}{4}$	9.23		1.61	-14.82	1	
			7	12	36°57'	83°24'	$7\frac{1}{4}$						
阿尔金山	8												$\Delta \bar{X} = 10.84$ 年 K = 5
	4	1933	9	26	38.3	86.9	$6\frac{3}{4}$	33.05		0.53	4.89	8	
	4	1966	10	14	36.8	87.5	6	10.22		0.62	-5.70	1	
	5	1977	1	2	37.7	90.9	6.2						

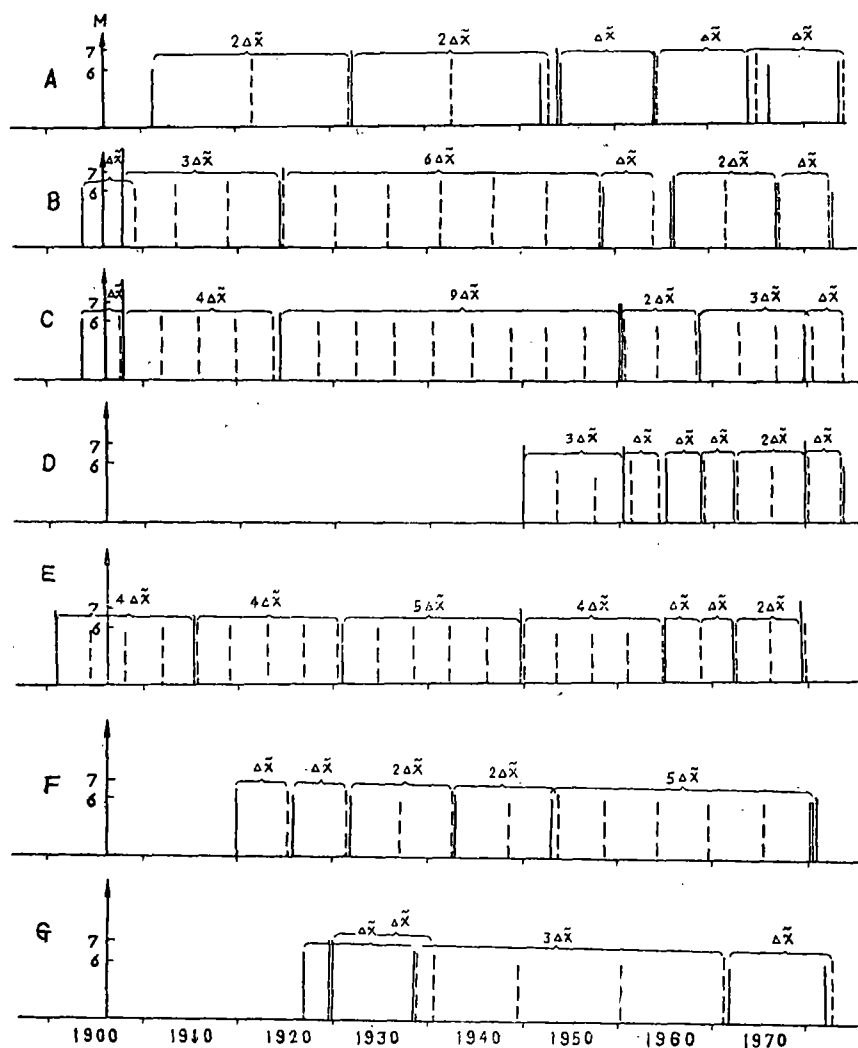


图2 各统计区强震及推算地震M—t图

A. 库尔勒—乌什统计区, B. 柯坪—喀什统计区, C. 喀什—乌恰统计区, D. 乌恰—慕士塔格统计区, E. 帕米尔统计区, F. 西昆仑统计区, G. 阿尔金统计区

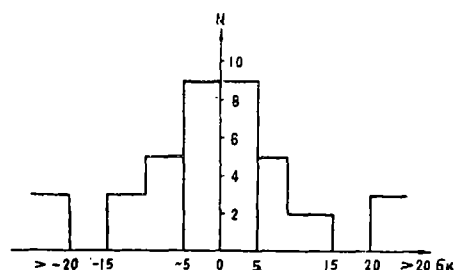


图3 相对误差分组频次图

得 σ_k 的均方差 $\sigma_{\sigma_k} = 12.014$, 均值 $\mu_{\sigma_k} = -0.314$. 取置信水平 $\alpha = 5\%$, 得统计量 $X^2 = 4.521$, 自由度 $v = 3$, 查表 $X_{\alpha}^2 = 7.815$. 由于 $X^2 < X_{\alpha}^2$, 所以接受假设, 原分布服从正态分布.

不同K值的相对误差绝对值 $|\sigma_k|$ 的频次分布见图4. 从这些图上可以看出: (1) 大多数相对误差在5—10%范围内, 少数的达20%以上. 如果对于 $K > 1$ 的计算其相对误差时, 按下列公式:

$$\sigma_k = \frac{\Delta X_{i, i+1} - K \Delta \tilde{X}}{K \cdot \Delta \tilde{X}} \times 100\% \quad (6)$$

则频数分布更向 0—5% 集中, 如图中虚线所示。(2) σ_k 的分布特性与 K 值大小无关。这两点表明, 利用可公度性(韵律)特征进行强震预测时, 通常相对误差在 10% 之内, (对各区是不一样的), 而且误差的大小与预测期的长短(反映在 K 值上)无关。

图 5 表示不同 K 值的频次分布。可以看到约 50% 是发生在 $K=1$ 的时间, $K \leq 2$ 的占 69%。可见绝大多数是在可公度值的一倍或二倍时间上发生。显然这对于给出预测地震时间的概率是有意义的。

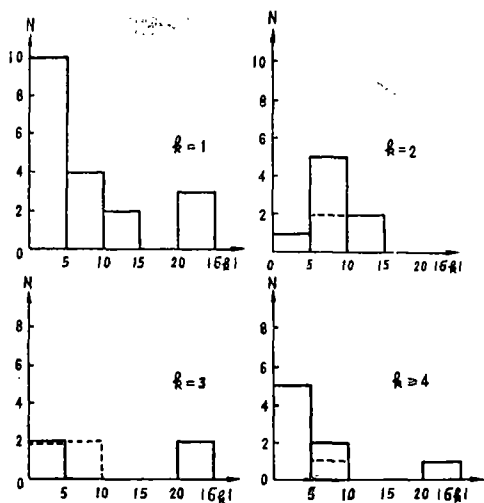


图 4 不同 K 值时 $|\sigma_k|$ 的频次分布

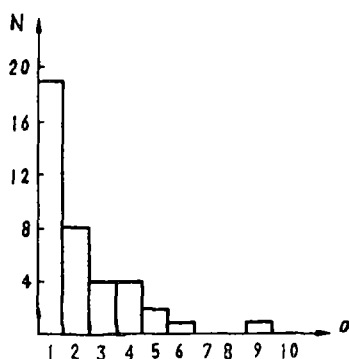


图 5 不同 K 值的频次分布

四、南疆强震活动的可公度特征

南疆各统计区强震活动的可公度值是不同的。我们进一步研究时, 令

$$\Delta \tilde{X}_i = n \cdot \Delta \tilde{X}$$

当 n 分别取 1、2、3 时, $\Delta \tilde{X}_i$ 大约均为 11 年左右, 表现了良好的可公度特征。平均值为 11.19 年, 最大绝对误差是 0.84 年, 最大相对误差是 7.5%, 应该说符合程度是相当好的(表 3)。

帕米尔地区(包括乌恰以西)7 级大震有 10 年的可公度值(表 4), 与南疆强震活动的可公度值接近。

五、讨 论

利用强震活动的可公度特征可以进行趋势预测。据前面的统计, 相对误差小于 10% 的约占四分之三, 而且误差较大的多在个别统计区内。因此, 对于大多数区预测时段不超过整个

表 3

统计区	$\Delta \tilde{x}_i$ (年)	n	Δx_i (年)	$ \Delta \tilde{x}_i - n \cdot \Delta x_i $	σn
库尔勒—乌什	10.44	1	10.44	0.75	7.51%
柯坪—喀什	5.68	2	11.36	0.17	
喀什—乌恰	4.01	8	12.03	0.84	
乌恰—慕士塔格	3.78	8	11.34	0.15	
帕 米 尔	3.77	8	11.31	0.12	
西 昆 仑	5.51	2	11.02	0.17	
阿 尔 金	10.84	1	10.84	0.35	
平 均			11.19		

帕米尔地区 7 级大震活动

可 公 度 性 计 算 表 4

x_i	M_i	$\Delta x_{i,i+1}$	K	$\Delta \tilde{x}$
1895.7.5	7	49.23	5	9.85
1944.9.28	7	10.54	1	10.54
1955.4.15	7			
1955.4.15	7	19.38	2	9.69
1974.8.11	7.3			
				$\Delta \tilde{x} = 10.03(\text{年})$

时间的20%（例如对库车—乌什地区来说，因 $\Delta \tilde{X}$ 约为10年，这样估计两年中可能发生6.0级以上强震，其余8年则不会发生），对于强震趋势估计是有意义的。根据K的频次分布，实际工作中可取 $K = 1、2$ ，且经常是取1，若届时发生地震再下推一倍。

利用可公度性特征预测强震活动会出现一定的虚报，从取 $K = 1$ 和2统计，虚报率为22.9%，若把 $K > 2$ 的情况统计进去，虚报率还要大些。但考虑到预测时要跨越 $\Delta \tilde{X}$ 的时间，所以实际虚报时段不是很大的。本文作者之一曾以比较好地预测了1977年12月19日西克尔6.1级地震和1979年3月29日库车6.0级地震。

当统计区地震的发生都是在 $K = 1$ 的时候，就是周期，当 $K > 1$ 时就表现出可公度性特征。

比较各统计区，发现它们的强震活动期是不一样的。如乌恰—慕士塔格区并非从本世纪初就开始有强震活动，而是从1944年才开始。阿尔金区是从1922年才开始，而其他各区大体上是从十九世纪末、二十世纪初就有强震活动。看来这是地震活动的客观现实，不是资料不全造成的假象。这种情况说明强震活动确实有更长时间的活动期和平静期的交替以及活动地区的转移问题。显然这是进行地震活动研究中需要注意的。

（本文1982年6月3日收到）

参 考 文 献

- 〔1〕翁文波，可公度性，地球物理学报，Vol.24，№.2，1981.
- 〔2〕郭增建等，预报地震的倍九法，地震战线，№.5，1977.
- 〔3〕郭增建、秦保燕，倍九法物理机制的讨论，1981.
- 〔4〕许绍燮、沈佩文，地震与地壳屈曲，地震战线，No.1，1980.



PRELIMINARY EXPLORATION ON COMMENSURABLE CHARACTERISTICS OF STRONG EARTHQUAKE ACTIVITIES IN SOUTH XINJIANG

Zhu Ling—ren Chen Song—tao

(*The Seismological Bureau of the Xinjiang Uygur Autonomous Region*)

Abstract

Based on "the idea that commensurability means the extension of periodicity," we have made different statistics in different regions for the strong earthquakes, $M_s \geq 6.0$, in South Xinjiang. It has been found that the commensurability of strong earthquake activities exists nearly in every region, and in most cases the results are satisfactory, only with a few exceptions in which errors are large. We have also found that the effect is clear from a point of view of the statistics, and that the relative error, which is free from the prediction period, is a normal distribution by means of assumed test. And the most important thing is that there is a period of about eleven years as a least common multiple for the different commensurable values in each region, which appears to be a better characteristic of the commensurability.

In spite of some false reports, we still think it practical for the trend estimation of strong earthquake time to make use of commensurability. In fact, good results were obtained in middle period prediction for the Xikeer earthquake of magnitude 5.7 on Dec. 19, 1977, and the Kuche's, 6.0, on March 29, 1979.

