

以新的七级半以上地震目录探讨 地震间距的优势分布

高 建 国

(中国科学院物理研究所)

一、前 言

1977年以来,我国历史地震资料的收集和整理工作进展很快,对过去的地震目录尤其是对中强地震目录作了许多的订正和补充。这种基础性工作,将使过去人们对地震规律的研究,譬如所谓的地震阶段性、周期性、成丛性、条带性、迁移性、呼应性、围空性等等,都将是一次检验^[1]。

本文根据新近整理的七级半以上地震目录,重新探讨了我国强震分布的间距。我国强震分布的间距优势分布,是许绍燮教授等^[2]提出的,他们根据地球物理所早先发表的《中国强地震简目》(1976),发现我国 $M \geq 7\frac{1}{2}$ 地震间距有两个优势分布,一个是短距离的为480~550公里,另一个是长距离的在1100公里左右。并用失稳屈曲机理解释了这一现象。

笔者在学习过程中,着重探讨了以下两个问题:(1)为什么说480~550公里和1,100公里左右的地震间距是优势分布,即其它间距与这两个间距的比值关系;(2)对于重新收集到的地震资料,这种优势分布是否还能成立。

文中还用美国大陆地震资料作了类似的验证。

二、资 料 说 明

任何地震研究的实际工作,资料是第一位重要的。表1为我国有记录以来 $M \geq 7\frac{1}{2}$ 级地震目录。从表中来看,新增补、新订正的地震约占总数的三分之一左右,绝大部分在中国西部地区。其中值得称道的是,《西藏地震史料汇编》增补了我国历史地震在这一地区的空白。据1956年出版的《中国地震资料年表》记载,西藏最早地震记载是在1893年,这一次从古藏文中找到了642年地震的史实,整整移前了1,251年。还增加了三次8级大震和几十次中强地震。其次是四川、甘肃等省区也增补和修订了不少强地震。当然,这里刊载于表1中的64次强震,只供讨论和修订,以求进一步的完善。

表中在参考地名右上角的参考资料见附注,未有角标者为国家地震局《中国强震简目》

表1 7½ 以上地震目录(供讨论)
Table 1 A new catalogue of earthquakes ($M \geq 7\frac{1}{2}$)

编号	地震时间 年月日	震中位置		震级	震中烈度
		北纬 (度)	东经 (度)		
	前 7.11.13			(7-8)	
	180秋	39.4	99.5	(7½)	+
	512.5.21	39.0	113.0	(7½)	+
	839	34.6	102.5	(7½)	+
	849	39.5	106.5	(≥8)	十一
一	1290.9.27	41.6	119.3	(≥7½)	
二	1303.9.17	36.3	111.7	(8)	十一
三	1411.9.29	29.7	90.2	(8)	十一
四	1556.1.23	34.5	119.7	(8)	十一
五	1597.10.6	38.5	119.5	(7½)	
六	1604.12.9	25.0	119.5	(8)	
七	1605.7.13	19.9	110.5	(7½)	+
八	1654.7.21	34.3	105.5	(8)	十一
九	1668.7.25	35.3	118.6	(8½)	十二
十	1679.9.2	40.0	107.0	(8)	十一
十一	1695.5.18	36.0	101.5	(8)	+
十二	1709.10.14	37.4	105.3	(7½)	九~十
十三	1718.6.19	35.0	105.2	(7½)	+
十四	1733.8.2	26.2	103.1	(7½)	+
十五	1739.1.8	38.9	106.5	(8)	≥十
十六	1752	31.4	79.9	(≥7¼)	≥十
十七	1786.6.1	29.7	102.1	(7½)	+
十八	1806.6.1	28.2	92.8	(8)	十一
	1812.8.8	43.7	83.0	(7-8)	
十九	1816.12.6	31.3	100.7	(≥7½)	+
廿	1830.6.12	36.4	114.2	(7½)	+
廿一	1833.8.26	28.3	85.5	(8)	十一
廿二	1833.9.6	25.1	103.0	(8)	十一
	1842.6.11	43.6	93.0	(7½)	九
廿三	1850.9.12	27.8	120.3	(7½)	+
廿四	1870.4.11	30.0	99.1	(7½)	+
廿五	1871.6	28.1	91.0	(7½)	+
廿六	1879.7.1	33.2	104.7	(8)	十一
廿七	1883.10	30.2	81.2	(7½)	+
廿八	1888.6.13	38.5	119.0	(7½)	
	1902.8.22	39°53'	76°12'	8¼	≥十
	1906.12.23	43.9	85.6	8	+
	1910.4.12	25.5	122.5	7¾	
	1914.8.5	43.3	93.1	7½	>八
廿九	1916.8.28	30.0	81.0	7.5	
	1920.6.5	23.5	122.7	8	
卅	1920.12.16	36.5	105.7	8½	十二
	1922.9.2	24.5	122.0	7½	
卅一	1927.5.23	37.6	102.8	8	十一
	1931.8.11	46.8	89.9	8	十一

续表 1

编 号	地震时间	震中位置		震级	震中烈度	
	年 月 日	北纬 (度)	东经 (度)			参 考 地 名
卅二	1932.12.25	39.7	97.0	甘肃玉门昌马	7 ¹ / ₂	十
卅三	1933.8.25	32.0	103.7	四川茂汶迭溪 ¹⁾	7 ¹ / ₂	十
卅四	1937.1.7	35.5	97.6	青海都兰西南	7 ¹ / ₂	十
卅五	1947.8.17	33.3	99.5	青海达日附近	7 ³ / ₄	
卅六	1947.7.29	28.6	93.6	西藏朗县南	7 ³ / ₄	
	1947.9.27	24.8	123.0	台湾宜兰东海中	7 ¹ / ₂	
卅七	1950.8.15	28.5	96.0	西藏墨脱南 ⁴⁾	8.5	十一
卅八	1951.11.18	31.1	91.5	西藏那曲县桑雄 ⁴⁾	8	>十
	1951.11.25	22.9	121.5	台湾台东东北海中	7 ¹ / ₂	
卅九	1952.8.18	31.0	91.5	西藏那曲县桑雄 ⁴⁾	7 ¹ / ₂	十
四十	1955.4.14	30.0	101.8	四川康定折多塘 ¹⁾	7 ¹ / ₂	>九
	1959.4.27	24°47'	122°42'	台湾宜兰东海中	7 ¹ / ₂	
	1966.8.13	24.1	122.6	台湾花莲东	7.8	
四十一	1970.1.5	24.0	102.7	云南通海	7.7	>十
	1972.1.25	23.1	122.1	台湾台东东北海中	7.6	
四十二	1973.2.6	31.5	100.4	四川炉霍	7.9	十
四十三	1976.5.29	24°21'	98°51'	云南龙陵	7.5	九
	1976.5.29	24°33'	98°45'	云南龙陵	7.6	九
四十四	1976.7.28	39.6	118.2	河北唐山	7.8	十一

(1977) 和中国科学院地球物理研究所《中国强地震简目》所载。编号者为下面讨论中所用到的地震, 也为了节省表 2 的篇幅。

三、中国强地震间距的优势分布

地震间距是按照旋转椭球体的球面三角公式求得的。按照〔2〕文, 作了两个约定: (1) 相隔距离宽度分别按〔2〕文表 4 中取 405—666 公里和 1,000—1,230 公里; (2) 台湾和新疆除外。这条与〔2〕文略有差别, 因为我们作过全国的、全国除台湾外的、全国除台湾和新疆外三种情况地震间距图, 发现最后一种的地震间距—地震对频数图最好, 其他两种的优势不如它。此外, 越早的地震对应关系也不太好, 可能与早期地震遗漏较多有关。经计算, 得到了高震级地震的间距表 (见表 2), 共有 77 对。其中“另一次 $M \geq 7\frac{1}{2}$ ” 所记中文数码为表 1 中的地震编号。“*” 者为〔2〕文已有。

将表 2 中间隔距离和间隔时间作成图 1, 把文献〔2〕中图 12 的空白填上了, 这说明新资料支持了〔2〕文的观点。即使是这样, 我们还不能满意, 因为在其他间距上的点子并没有填

1) 高建国、郭殿灿, 山西地震, 1982 年, 2 期。

2) 兰州地震研究所区划抗震研究室, 甘肃强地震目录, 1981 年。

3) 高建国、姚国干, 国际地震动态, 1982 年, 2 期。

4) 陈家璠主编, 西藏地震史料汇编, 西藏人民出版社, 1982 年。

5) 国家地震局地球物理研究所, 北京及邻区地震目录汇编, 1978 年。

6) 黄圣睦等, 西藏新编地震历史资料的初步地震学解释, 1981 年。

7) 罗灼礼等, 四川地震资料汇编, 第二卷, 四川人民出版社, 1981 年。

表2

中国高震级地震的间距

Table 2

Distributions of strong earthquakes of China

八级地震	另一次 $M \geq 7\frac{1}{2}$	相隔时间 (年)	相隔距离(公里)		八级地震	另一次 $M \geq 7\frac{1}{2}$	相隔时间 (年)	相隔距离(公里)	
			短距	长距				短距	长距
1604.12.29 泉州8 (编号六)	七 九	1 64		1,084* 1,145	1833.9.6 嵩明8 (廿二)	十七 十八 廿四 廿五	47 27 37 38	518* 666 1,190	
1654.7.21 天水8 (八)	九 十 十一 十五	14 25 41 85		1,203 1,200 579 519	1879.7.1 武都8 (廿六)	十七 十九 廿四 卅一 卅五 卅六 四十 四十一 四十三 四十三	93 63 9 48 68 68 76 91 94 97	460 432 639 518 485 449 1,038 447 1,117	
1668.7.25 莒县8 $\frac{1}{2}$ (九)	六 八 十 十一 十二 十三 十五	64 14 11 27 41 50 71		1,145 1,203* 541* 648 1,215 1,220 1,146	1920.12.16 海原8 $\frac{1}{2}$ (卅)	廿八 卅三 四十四	32 13 56	 532 1,149	1,195
1679.9.2 三河8 (十)	八 九 十一 十二 十三	25 11 16 30 39		1,200 541* 656 1,057 1,180	1927.5.23 古浪8 (卅一)	廿 廿六 卅二 卅三 卅四 卅五 卅七	97 48 5 6 10 20 23	 518 557 627 521 564* 1,191	1,023
1695.5.18 临汾8 (十一)	八 九 十 十二 十三 十五 十七	41 27 16 14 23 44 91		579 648 656 576* 583 547 1,122	1950.8.15 墨脱8 $\frac{1}{2}$ (卅七)	廿五 卅一 卅五 卅八 卅九 四十 四十二 四十三	79 23 8 1 2 5 23 26	430 629* 530* 516 588 539* 529*	1,191
1739.1.8 平罗8 (十五)	八 九 十一 十三 十七	85 71 44 21 47		519 547 448* 1,097*	1951.11.18 那曲8 (卅八)	廿九 卅二 卅三 卅七 四十 四十三	35 19 18 1 4 25	 530* 1,005 1,081 1,171 1,005 1,039	
1806.6.11 错那8 (十八)	十四 十六 十七 廿一 廿二 廿七	73 53 20 27 27 77		1,140 1,197 1,017 571 1,165 1,054					
1833.8.26 袁拉木8 (廿一)	十八 廿五 廿七 廿九	27 37 50 83		571 425 427 535					

图1 中国高震级 ($M=7\frac{1}{2}-8\frac{1}{2}$) 地震间隔距离与时间图

●为〔2〕文原有的 ×为笔者新添上的

Fig.1 Relationship between the distance of distributions of strong earthquakes ($M=7\frac{1}{2}-8\frac{1}{2}$) of China and time difference of two earthquakes

上。如果其他间距上的点子比这两个间距上的点子还要多,那么这两个间距还不能称之为优势分布。为了解决这一问题,用计算机计算表1中所有中文编码地震的每两个地震

之间的间隔时间和间隔距离,加以归类,制成图2,即地震间距—地震对频数图,随着不同的间隔时间分成12幅。由图2可见,在500~600公里和1,150~1,300公里地震间距上确实存在着两个峰值,尤其短距上可称异峰突起,其幅度均比两边高3~4倍之多。

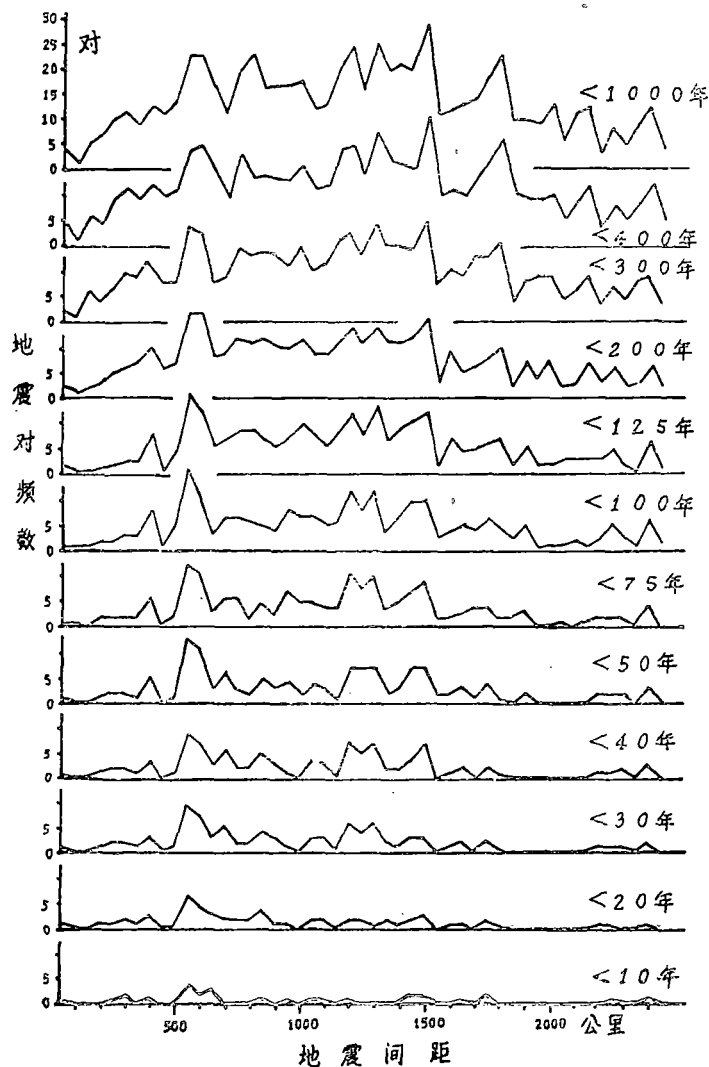
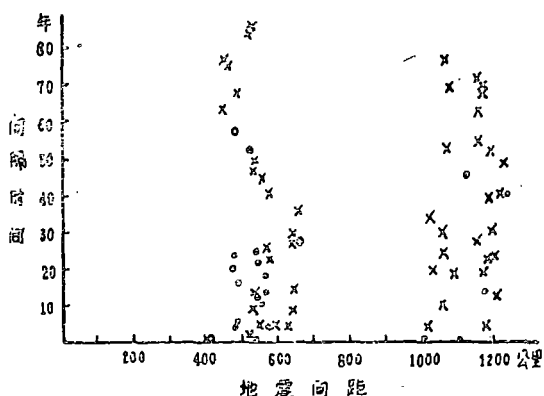


图2 中国强地震间距—地震对频数图

Fig.2 Relationship between distributions of strong earthquakes of China and quantity of two earthquakes

四、美国强地震间距的优势分布

为了验证强震间距的优势分布是否具有普遍性，用美国地震资料作了相类似的计算。表3是美国大陆强地震目录，取自记载美国有史以来地震记录较为详细的《气候年鉴》一书中“地震”一章〔8〕。

表3

美国大陆强地震目录

Table 3 A Catalogue of strong earthquakes of continent of U.S.A.

编 号	地震时间 年 月 日	震 中 位 置			震 中 烈 度	编 号	地震时间 年 月 日	震 中 位 置			震 中 烈 度
		北纬 (度)	西经 (度)	参 考 地 名				北纬 (度)	西经 (度)	参 考 地 名	
1	1638.6.11	46.5	72.5	大约在圣劳伦斯盆地	九	16	1899.12.25	33.5	116.5	加州圣哈辛托、赫 米特	九
2	1663.2.5	47.6	70.1	圣劳伦斯河地区	十						
3	1732.9.16	45.5	73.6	圣劳伦斯盆地	九	17	1906.4.18	38	123	旧金山西北	十一
4	1811.12.16	36.6	89.6	密苏里州新马德里	十二	18	1915.10.2	40.5	117.5	内华达普莱蒙特谷	十
5	1812.1.23	36.6	89.6	密苏里州新马德里	十二	19	1918.4.21	33 ⁸ / ₄	117	里费费德县	九
	1812.2.7	36.6	89.6	密苏里州新马德里	十二	20	1922.8.10	35 ⁸ / ₄	120 ¹ / ₄	Cholame谷	九
6	1812.12.21	34	120	加利福尼亚南部海岸	十	21	1927.11.4	34.5	121.5	阿格洛角	九~十
7	1836.6.10	38	122	旧金山湾	九~十	22	1929.11.18	44	56	纽芬兰格兰德河岸	十
8	1838.6.	37.5	122.5	旧金山地区	十	23	1932.12.20	38.7	117.8	内华达西	十
9	1857.1.9	35	119	洛杉矶德祥堡	十~十一	24	1933.8.10	33.6	118.0	长滩	九
10	1868.10.21	37.5	122	加利福尼亚海沃德	九~十	25	1940.5.18	32.7	115.5	埃尔森特罗	十
11	1870.10.20	47.4	70.5	加拿大南部有感	九	26	1952.7.21	35.0	119.0	克恩县	十一
12	1872.8.26	36.5	118	加利福尼亚欧文斯谷	十~十一	27	1954.7.6	39.4	118.5	内华达Fallon东	九
13	1886.8.31	32.9	80.0	南卡罗来纳州查尔斯顿	九~十	28	1954.8.23	39.6	118.5	内华达Fallon东	九
14	1892.4.19	38.5	122.5	Vacaville	九	29	1954.12.16	39.3	118.2	内华达迪克西谷	十
15	1892.4.21	38.5	122	温特斯	九	30	1959.8.17	44.8	111.1	蒙大拿Hebgen湖	十

由于原资料只给出地震震中烈度，并未给出震级，故以十度及十度以上地震来对应中国的8级地震，以九度以上地震对应“另一次 $M \geq 7\frac{1}{2}$ ”级地震，同样作出强地震间距—地震对频数图，发现间距为400~500公里的地震对频数十分显著（见图3），而1,250~1,300公里间距上的峰值虽然也有，但较小。

我们的计算采用了电子计算机，分析了所有具有这种“成对”规则的强地震之后，证明了客观确实存在着间距的优势分布，比单独列举“成对性”地震似更具有定量性。优势分布反映出8级或十度以上地震发生前后的地震活动时空分布背景，规律性的揭示从一个侧面沟通了看来似乎互不相关的各个强震之间的联系。至于中国和美国强震间距在短距上的不同，是否与发震层构造、区域应力场和板块活动性有关，尚难以断定。

五、优势间距和其它间距的比值关系

在前言中，我们提出了优势间距和其它间距的比值关系问题。如果把优势间距内的地震数目当作“信号值”，而把优势间距左右两倍间距内的地震数目当作“噪声值”，两者之比

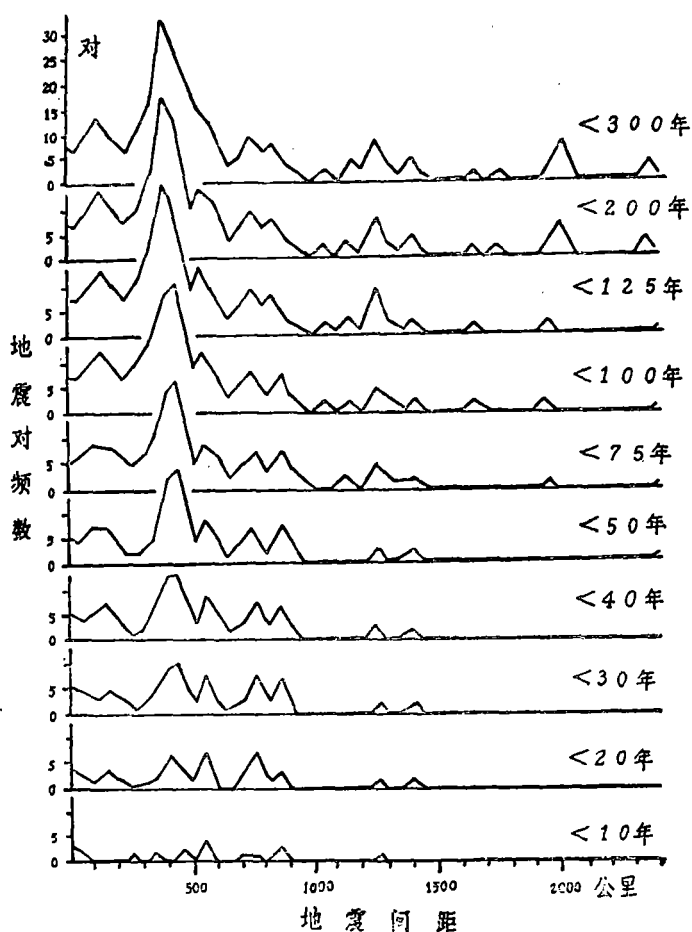


图3 美国强地震间距—地震对频数图

Fig. 3 Relationship between distributions of strong earthquakes of U.S.A. and quantity of two earthquakes

值可用无线电电子学上常用的名词“信噪比”来表示。

例如统计中国强地震短距优势分布500~600公里,在统计年差在50年之内有24对,这当作“信号”。而优势间距左右两倍间距300~500公里和600~800公里内,共有21对地震,这看成“噪声”。两者之比即“信噪比”等于 $24/21=1.14$ 。如此类推,将中国和美国的地震间距“信噪比”作成表4。

由表可见,当统计年差太少时,有可能“信噪比”结果不太稳定,这是由于统计地震太少的缘故。把美国地震统计的资料,与中国地震资料的结果合在一起,至少可以发现三个比较一致的事实:

(1) 四组信噪比随统计年差数有着较强的分布规律,这反映了优势分布的客观存在性。

(2) 无论是中国强震或是美国强震,短距的信噪比都在统计年差50年之内达到最大值,长距的最大信噪比,中国在30年以内,美国在40年以内,两者只相差10年,结果也较为

表4 强地震间距优势分布信噪比统计

Table 4 Statistical data for signal-to-noise ratio of predominant distributions of distance of strong earthquakes

统计年 差之内	中 国 地 震						统计年 差之内	美 国 地 震					
	500~600公里	噪声	信噪比	1,150~ 1,300KM	噪声	信噪比		400~500 KM	噪声	信噪比	1,250~ 1,300KM	噪声	信噪比
10年	6	4	1.50	1	7	0.14	1,000年	46	109	0.42	65	211	0.31
20年	11	13	0.85	5	15	0.33	10年	3	9	0.33	2	0	
30年	16	17	0.94	16	20	0.80	20年	11	16	0.69	2	0	
40年	16	20	0.80	19	27	0.70	30年	20	22	0.91	2	1	2.00
60年	24	21	1.14	21	40	0.53	40年	27	30	0.90	8	1	3.00
75年	24	28	0.86	29	57	0.51	50年	37	34	1.09	8	2	1.50
100年	28	40	0.70	32	74	0.43	75年	43	51	0.84	5	5	1.00
125年	29	48	0.60	33	94	0.35	100年	51	70	0.73	5	6	0.83
200年	34	70	0.49	39	123	0.32	125年	58	75	0.77	9	7	1.29
300年	37	82	0.45	51	164	0.31	200年	60	79	0.76	9	7	1.29
400年	39	97	0.40	57	179	0.32	300年	60	79	0.76	9	10	0.90

一致。

(3) 两组长距最大信噪比的统计年差, 均超前于两组短距的, 这反映出地震的长、短距在机制上的差异, 似乎对于解释超长距不甚明显有利。

六、结 语

笔者曾指出由于地震波是传递深部应力变化的信使, 因此, 从地震的四要素(时间、地点、震级和震源深度)中得到的地震信息是十分丰富的〔4〕。本文的结果就是从地震目录中得到的。用1977年以来重新整理的地震历史资料, 检验了〔2〕文部分结果的可靠性。大量事实说明了, 强地震确实存在着优势分布。这一结果也有利丁国瑜、李永善同志提出的我国及邻近地区强震网络特征的推断。

当然, 强地震之间短距在中国和美国地区为什么存在不一致性, 强地震的优势分布是否只是在中国或美国地区存在, 是否只在大陆板内地区存在, 环太平洋地震带和大洋脊地震带是否也存在? 这些都是值得进一步探索的。

(本文1983年8月收到)

参 考 文 献

- 〔1〕郭履灿、高建国, 论地震活动性图象的畸变, 1982年“大陆地震活动及地震预报国际学术讨论会”论文摘要。
- 〔2〕许绍燮、沈佩文, 北京周围地区地震的分布特点与地壳屈曲, 地震学报, 2, 2, 1980。
- 〔3〕A. Ruffner, E. Bair, The Weather Almanac, 1977, 127—154, Detroit, Michigan 48226。
- 〔4〕高建国, 地震目录与地震信息, 山西地震, 3, 1981。

A PRELIMINARY STUDY ON PREDOMINANT DISPERSION OF EARTHQUAKE DISTANCE BY NEW CATALOGUE OF EARTHQUAKES ($M \geq 7\frac{1}{2}$)

Gao Jianguo

(*Institute of Physics, Academia Sinica*)

Abstract

In this paper, we recollected all data of the $M \geq 7\frac{1}{2}$ earthquakes occurred in China during the years 7 B.C.—1976. The new catalogue of earthquakes have new improvement mainly in the region of west China. we discovered two predominant distributions: before or after each earthquake ($M \geq 8$) and another earthquake ($M \geq 7.5$). There's hardly any difference between the work of professor Xu Shaoxie et al. and the two predominant distributions, one at a shorter distance of 500—600km, the other at a longer distance of 1150—1300km. In addition, we found that the dispersion would be best if less than 30 years of time difference between two earthquakes, We also found the similar result of strong earthquakes occurred in U. S.A.