

地震余震向量线初探

宁积银

(国家地震局地震研究所, 武汉 430071)

刘建军

(湖北省自然辩证法研究会, 武汉 430071)

摘 要 提出了一种预测地震的新方法——地震余震向量线法。通过多年对众多震例的研究, 发现一次主震后, 其最后一次最大余震与主震的连线(余震线和向量线)与下一次相关地震之间存在一定的关联性。以余震线长、最后一次最大余震与主震发生的相隔时间、最后一次最大余震与主震的震级三个已知条件, 即可预测另一特定地区相关地震发生的地点、时间、震级三要素。

主题词: 震级预报; 余震; 主震; 地震活动性

1 地震余震向量线法的基本原理

地震的发生就是地应变能的释放过程。当一次主震发生后, 主震周围一定范围内相关构造所积累的地应变能受主震触发力的作用也陆续释放, 即发生一系列的余震。对于一些地震序列, 当一系列的余震发生后, 在主震的一侧地应变能可能得到完全释放, 而另一侧的地应变能可能由于无外界条件而未能释放。这样主震另一侧的未能释放的地应变能受地球自转作用力及其它各种作用力的影响可能向其他地方迁移, 从而重新积累并发生地震。

作者通过对众多地震的分析发现上述情况是存在的。地应变能以直线传播。将主震后最后一次最大余震到主震之间的距离称为余震线, 则应变能每年平均传播距离等于余震线的长度。应变能的传播沿着最后一次最大余震到主震的方向进行, 即下一次地震位于最后一次最大余震至主震之间直线的延长线上。如1920年海原 $8\frac{1}{2}$ 级地震, 其最后一次最大余震为同年12月25日的7级地震, 在余震线的延长线上, 于1927年发生了古浪8级地震(图1)。

作者研究发现, 在主震周围一定范围内余震线越长, 下一次相关地震发生的地点距前一次地震的距离越远; 最后一次最大余震与主震发生的时间相隔越长, 下一次相关地震孕育时间越长; 最后一次最大余震与主震的震级越大, 下一次相关地震释放的能量越大。因此, 根据余震线长度, 最后一次最大余震与主震的震级以及最后一次最大余震与

主震的相隔时间,即可对未来地震发生的时间、地点和震级作出大致的预测。作者称此方法为地震余震向量线法(图2)。

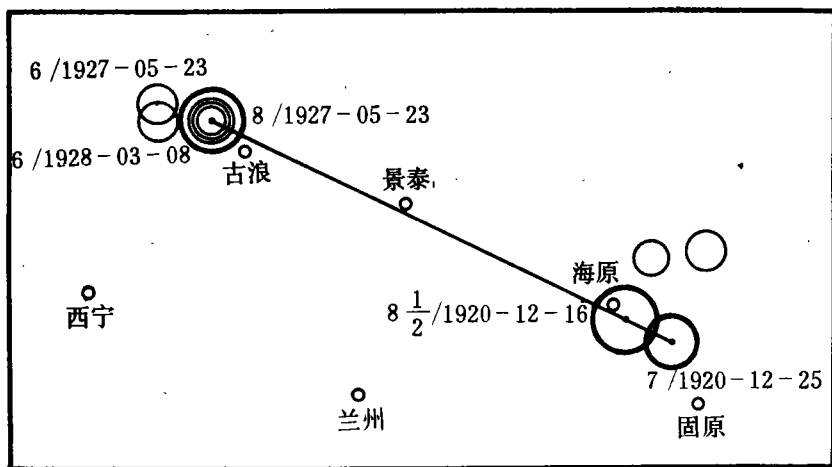


图1 海原地震余震向量线示意图

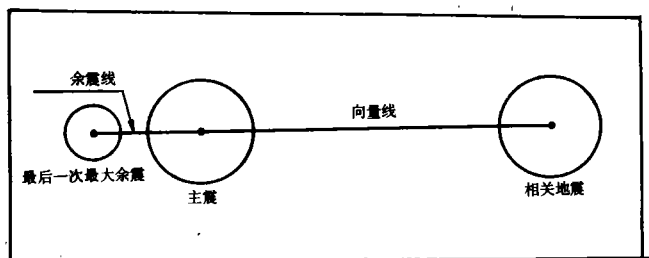


图2 余震向量线示意图

震为该次地震的最后一次最大余震,余震线长约30km,经过7.5年后,在海原地震余震向量线上约300km的古浪于1927年5月23日(北纬37.7°,东经102.2°)发生8级大地震,海原地震余震线与向量线约具有1:10的比例关系。

2.2 邢台地震

如图3,1966年3月22日在邢台(北纬37.5°,东经115.1°)发生7.2级大地震^[1],邢台主震后发生多次余震,在主震偏东侧发生几次较强余震,在1966年3月29日(北纬37°21′,东经115°2′)发生的6级地震为该地震序列中最后一次最大余震,余震线长约35kmi,它的向量线与唐山对应,相隔10年,在其余震向量线上的唐山(北纬39°07′,东经118°3′)于1976年7月28日发生7.8级大地震。唐山地震距邢台地震约350km,余震线与向量线约具有1:10的比例关系。

2.3 龙陵地震

如图4所示,1976年5月29日龙陵发生7.3级和7.4级两次大地震(北纬24°22′,

2 实例分析

2.1 海原地震

如图1所示,1920年12月16日在甘肃海原(北纬36.7°,东经104.9°)发生8 $\frac{1}{2}$ 级大地震^[1],主震后发生多次余震,其中1920年12月25日(北纬36.6°,东经105.2°)发生7级较强余

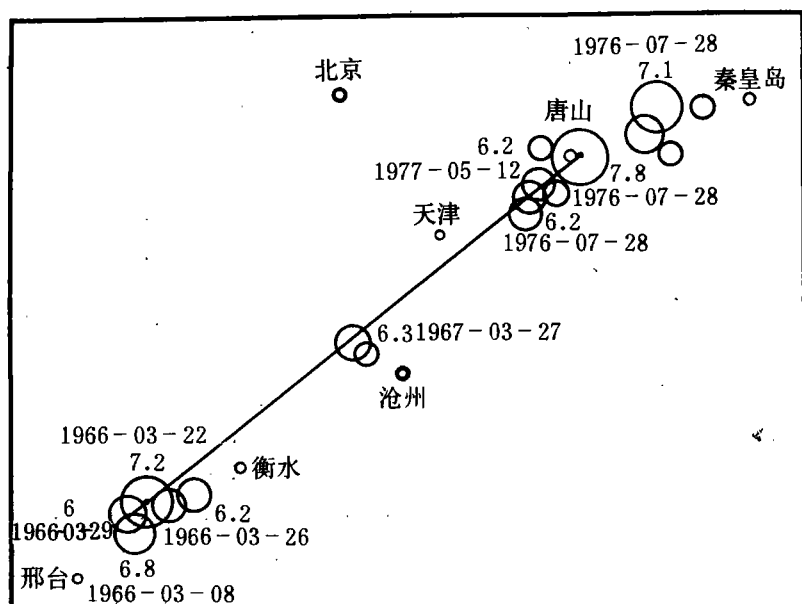


图3 邢台地震余震向量线示意图

东经 $98^{\circ}38'$ 和北纬 $24^{\circ}33'$, 东经 $98^{\circ}45'$)^[2], 在主震后的第 52 天于 1976 年 7 月 21 日 (北纬 $24^{\circ}49'$, 东经 $98^{\circ}36'$) 发生 6.8 级最后一次最大余震, 余震线长约 20km, 12 年后于 1988 年 11 月 6 日在余震线上距龙陵地震约 200km 的澜沧、耿马 (北纬 $22^{\circ}50'$, 东经 $99^{\circ}43'$) 发生 7.6 级和 7.2 级大地震。余震线与向量线约具有 1:10 的比例关系。

2.4 昂拉仁错地震

如图 5 所示, 1944 年 10 月 18 日在西藏昂拉仁错 (北纬 $31^{\circ}4'$, 东经 $83^{\circ}3'$) 发生 $6\frac{3}{4}$ 级地震^[1], 1944 年 10 月 29 日在北纬 $31^{\circ}3'$, 东经 $83^{\circ}4'$ 发生 $6\frac{3}{4}$ 级强余震为该地震的最后一次最大余震, 余震线长约 12km, 9 年后在余震向量线上距主震约 120km 的改则西于 1953 年 10 月 12 日发生 $6\frac{1}{4}$ 地震, 震中位置为北纬 $32^{\circ}4'$, 东经 $82^{\circ}9'$ 。余震线与向量线约具有 1:10 的比例关系。

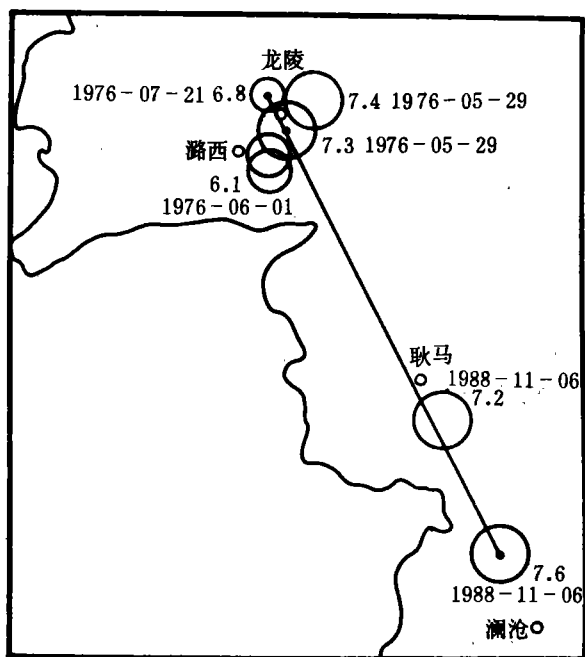


图4 龙陵地震余震向量线示意图

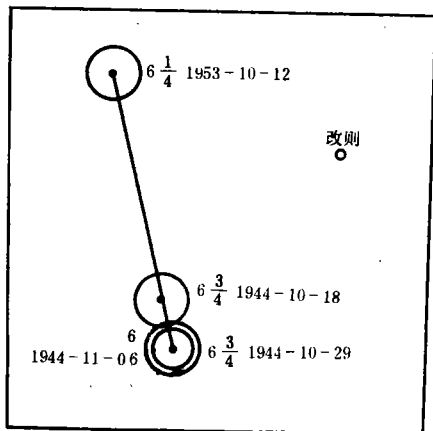


图 5 昂拉仁错地震余震向量线示意图

下发生了地震,即累积的应变能暂时得到缓解的作用时,在主震源周围一定范围内的各分枝断层(一般规模较小)上,也将先后发生一连串较小的地震,这就是余震,余震分布没有很强的规律性,但大体受主震周围地域的构造网络控制。当最后一个最大余震发生后,意味着

这一地区的应变能基本释放完。由于受这一区域性的构造网络地震活动的影响,可能导致邻近相关地域另一个断层网络能量的加速累积,从而有可能形成新震源。至于新震源能否在未来一定时段内发生地震,其影响因素是十分复杂的,作者拟另文研究。我们选取最后一个最大余震作余震线是因为最大余震一般都在主震断裂附近,所以余震向量线与地质构造网络的主控断裂大体一致,而这条主控断裂的另一端或特殊部位及其附近,很可能就是未来新震源。

主震后的余震序列大致分三种类型,第一种类型是主震后在余震序列的中末期将明显出现一个突跳过程,应选择突跳过程中震级最大的余震作为最后一次最大余震,对于不在同一天(24小时)发生的两次主震,将第二次主震作为第一次主震的最后一次最大余震。此种类型所对应的相关地震一般震级较大。第二种类型为主震后的余震基本上匀速衰减无明显突跳过程,应找主震周围缺余震区,选择缺余震区所对应的象限内余震序列后期突跳值最大的余震作为最后一次最大余震,实际判定时,应视具体情况灵活处理。此种类型所对应的相关地震一般震级较小。第三种类型为余震在主震周围对称发生,或

2.5 巴楚地震

如图 6 所示,1961 年 4 月 1 日新疆巴楚西(北纬 $39^{\circ}55'$, 东经 $77^{\circ}48'$) 发生 $6\frac{3}{4}$ 级地震^[1], 1961 年 4 月 14 日(北纬 39.8° , 东经 77.7°) 又发生 6.8 级强震,把该次地震作为最后一次最大余震,余震线长约 20km,余震向量线上约 220km 的乌什地区(北纬 $41^{\circ}27'$, 东经 $79^{\circ}22'$) 于 1969 年 2 月 12 日发生 $6\frac{1}{2}$ 级地震,1971 年 3 月 23 日、24 日又发生 6 级和 6.1 级地震。巴楚地震余震线与向量线约具有 1:11 的比例关系。

3 讨论及结语

当某一个地区的潜在震源在各种条件的激化

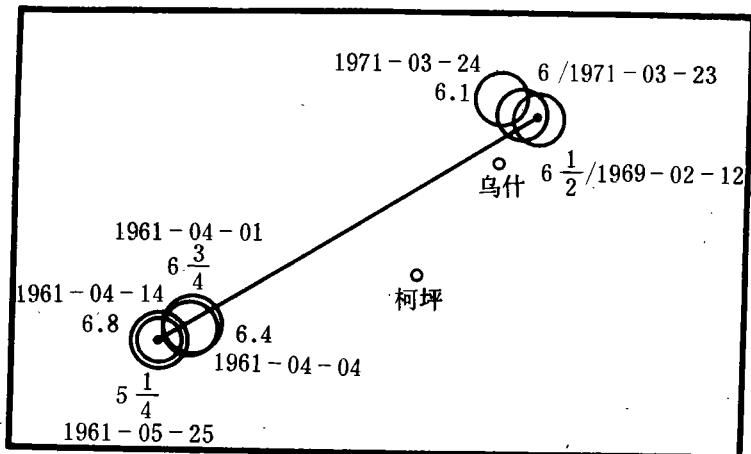


图 6 巴楚地震余震向量线示意图

者以主震震中为圆心重复发生,此种类型无震兆信息。

为证实余震线方法对地震预测预报的有效性,根据地震余震向量线的基本原理对中国大陆 1920—1990 年 106 例 6.5 级(包括 6.5 级)以上的地震进行了初步普查,普查结果如表 1 所示,有余震记载 33 例,有余震记载 73 例,在有余震记载 73 例中,有余震线 62 例约占 84.9%,有余震而无余震线 11 例约占 15.1%,在有余震线的 62 例中,大震预示大震 24 例约占 38.7%,大震预示小震 31 例约占 50%,其它 7 例(未到时间 2 例,境外情况不明 3 例,特殊情况 2 例)约占 11.3%。限于篇幅,本文仅给出了 5 例具体分析。

余震向量线法是作者根据大量震例总结出来的,能否在实践中应用还待于今后实际检验,目前该方法的物理机制还不甚清楚,尤其是该方法还不能适用于所有地震,因此,该方法还有待于今后进一步完善。

本文承蒙赖锡安研究员指导,韩键副研究员提出宝贵的修改建议,在此致谢!

表 1 余震向量线法预示地震普查表(1920—1990)

序号	地点	震级	纬度	经度	发震时间	余震 线	大△大 小示小	下一次地震 的地点	震级	发震时间
1	乌拉湖	6 $\frac{1}{4}$	35°	90°51'	1920.5.2	有	大示大	乌拉湖	6	1926.6.4
2	海源	8 $\frac{1}{2}$	36.7°	104.9°	1920.12.16	有	大示大	古浪	8	1927.5.23
3	固原	6 $\frac{1}{2}$	35.8°	106.2°	1921.4.12	⊗				
4	渤海	6 $\frac{1}{2}$	39.2°	102.5°	1922.9.29	⊗				
5	罗布泊南	6 $\frac{1}{2}$	39.5°	90.0°	1922.10.17	⊗				
6	炉霍	7.3	31.5°	101.0°	1923.3.24	⊗				
7	普耳	6 $\frac{1}{2}$	22.0°	100.5°	1923.7.1	⊗				
8	民丰东	7 $\frac{1}{4}$	36.8°	83.8°	1924.7.3	⊗				
9	大理	7	25.7°	100.0°	1925.3.6	有	大示大	腾冲	6 $\frac{1}{2}$ 6 $\frac{1}{2}$	1929.10.17 1930.9.22
10	东宁	6 $\frac{1}{2}$	44.0°	131.0°	1927.5.18	—				
11	古浪	8	37.7°	102.2°	1927.5.23	—				
12	库尔勒北	6 $\frac{3}{4}$	42.3°	85.6°	1927.9.23	⊗				
13	腾冲	6 $\frac{1}{2}$ 6 $\frac{1}{2}$	25.8°	98.7°	1929.10.17 1930.9.22	有	境外情况不明		※	
14	哈拉湖	6 $\frac{1}{2}$	38.1°	98.2°	1930.7.14	⊗				
15	富蕴	8	47.1°	89.8°	1931.8.11	有	大示大	乌鲁木齐北	6	1934.8.7
16	昌马	7 $\frac{1}{2}$	39.7°	96.7°	1932.12.25	有	大示大	甘沟	6	1944.4.19
17	茂文西	7 $\frac{1}{2}$	31.9°	103.4°	1933.8.25	有	大示大	松潘南	6	1938.3.14
18	若瑟西南	6 $\frac{3}{4}$	38.3°	86.9°	1933.9.26	⊗				
19	青河南	6 $\frac{1}{2}$	46.3°	90.5°	1933.2.13	⊗				
20	申札东北	7	31.3°	89.0°	1934.12.15	有	大示大	赤布罗湖	6	1938.12.3
21	申札西	6 $\frac{1}{2}$	30.8°	88.2°	1935.1.3	⊗				

续表 1

序号	地点	震级	纬度	经度	发震时间	余震 线	大△大 小示小	下一次地震 的地点	震级	发震时间
22	康乐	$6\frac{3}{4}$	35.4°	103.4°	1936.2.7	有	大示大		※	
23	灵山	$6\frac{3}{4}$	22.5°	109.4°	1936.4.1	有	大示小		※	
24	马边	$6\frac{3}{4}$	28.9°	103.6°	1936.4.27	有	大示大	康定东	6	1941.6.12
25	阿拉湖	$7\frac{1}{2}$	35.5°	97.6°	1937.1.7	有	大示小		※	
26	菏泽	7	35.4°	115.1°	1937.8.1	有	大示小		※	
27	东宁	7.3	44.0°	131.0°	1940.7.10	⊗				
28	错拉南	$6\frac{3}{4}$	27.5°	91.9°	1941.1.21	有	大示大	连那	※	
29	耿马	7	23.6°	99.4°	1941.5.16	有				
30	景洪西	7	22.7°	99.9°	1941.12.26	有	境外情况不明		※	
31	思茅	$6\frac{3}{4}$	23.1°	100.3°	1942.2.1	⊗				
32	乌孜别里 山口西北	$6\frac{1}{2}$	39.3°	73.3°	1943.4.5	⊗				
33	新源	$7\frac{1}{4}$	44.0°	84.0°	1944.3.10	⊗				
34	喀什西南	7	39.1°	75.0°	1944.9.28	有	大示大	格尔山	6.4	1959.11.15
35	昂拉仁错	$6\frac{3}{4}$	30°4′	83°3′	1944.10.18	有	大示大	改则西北	$6\frac{1}{4}$	1953.10.12
36	宁安南	7.2	44.0°	129.5°	1946.1.11	⊗				
37	达日南	$7\frac{3}{4}$	33.3°	99.5°	1947.3.17	⊗				
38	朗县东南	7.7	28.6°	93.6°	1947.7.29	⊗				
39	拜城南	$6\frac{1}{2}$	41.5°	81.9°	1947.8.24	⊗				
40	理塘	$7\frac{1}{4}$	29.5°	100.5°	1948.5.25	有	大示大	中甸	6	1961.6.21
41	拜城	$7\frac{1}{4}$	42.0°	84.0°	1949.2.24	有	大示小		※	
42	孟海西	7	21.7°	100.1°	1950.2.3	有	境外情况不明		※	
43	墨脱	8.6	28.4°	96.7°	1950.8.15	有	大示小		※	
44	米林南	$6\frac{1}{2}$	28.7°	94.2°	1950.9.30	—				
45	米林	$6\frac{1}{2}$	28.4°	93.8°	1951.4.15	有	大示小		※	
46	当雄	8	31.1°	91.4°	1951.11.18	有	大示小	安多西南	※	
47	澜沧	$6\frac{1}{2}$	22.7°	99.8°	1952.6.19	⊗				
48	当雄	$7\frac{1}{2}$	31.0°	91.5°	1952.8.18	⊗				
49	冕宁石一 带	$6\frac{3}{4}$	28.3°	102.2°	1952.9.30	⊗				
50	措勤乐	$6\frac{3}{4}$	31.4°	85.7°	1953.12.3	⊗				
51	山丹	$7\frac{1}{4}$	39.0°	101.3°	1954.2.11	有	大示小		※	
52	腾格里沙 漠	7	38.8°	104.2°	1954.7.31	有	大示小		※	
53	西堤	$6\frac{1}{2}$	33.2°	82.4°	1955.1.29	—				
54	康定	$7\frac{1}{2}$	30°0′	101°48′	1955.4.14	⊗				

续表 1

序号	地点	震级	纬度	经度	发震时间	余震 线	大△大 小示小	下一次地震 的地点	震级	发震时间
55	乌哈西	7.3	39.9°	74.6°	1955.4.15	有	大示大	乌哈西	6 $\frac{1}{2}$	1963.8.29
56	静河	6 $\frac{1}{2}$	44.2°	83.6°	1955.4.24	有	大示大	伊宁东北	6.4	1962.8.20
57	渡口	6 $\frac{3}{4}$	26.6°	101.8°	1955.9.23	有	大示小	渡口北	※	
58	东宁	7	43.9°	130.6°	1957.1.3	—				
59	阿木中	6 $\frac{1}{2}$	30°38′	84°29′	1958.10.21	有	大示小		※	
60	赛里木河	6 $\frac{1}{2}$	44°33′	80°52′	1958.12.21	⊗				
61	松潘	6 $\frac{3}{4}$	32.7°	103.7°	1960.11.9	有	大示小	选都西南	※	
62	巴楚	6 $\frac{3}{4}$	39°55′	77°48′	1961.4.1	有	大示大	乌什东北	6 $\frac{1}{2}$	1969.2.12
63	查罗尔错	6.5	34°09′	81°54′	1961.6.4	有	大示小		※	
64	北霍鲁逊湖	6.8	37.1°	96.0°	1962.5.21	—				
65	阿兰湖	7	35.7°	97.0°	1963.4.19	⊗				
66	乌孜别里山口西北	6.6	38.8°	73.3°	1963.10.16	有	大示小		※	
67	乌鲁木齐	6.6	43.9°	87.8°	1965.11.13	有	大示小	吐鲁番	※	
68	东川	6.5	26.1°	103.1°	1966.2.5	有	大示小	昭通	7.1	1974.5.11
69	札达东	6.6	31.5°	80.5°	1966.3.6	有	大示小		6.3	1978.4.4
70	邢台	7.2	37.28°	115°02′	1966.3.22	有	大示小	唐山	7.8	1976.7.28
71	炉霍	6.8	31.7°	100.3°	1967.8.30	有	大示小		※	
72	乌什县北	6.5	41°27′	79°22′	1969.2.12	有	大示小	乌什	特	
73	渤海	7.4	38.2°	119.4°	1969.7.18	有	大示小		※	
74	通海	7.7	24°06′	102°36′	1970.1.5	有	大示小		※	
75	玛多北	6.8	35°30′	98°06′	1971.3.24	⊗				
76	杂多	6.5	32°12′	95°24′	1971.4.3	有	大示大	玉树南	6.4	1979.3.29
77	普洱	6.9	22°48′	101°06′	1971.4.28	有	大示大	普洱东南	6.8	1979.3.15
78	安多	6 $\frac{1}{2}$	32.4°	92.2°	1971.5.23	有	大示大	杂多西	6.4	1975.5.5
79	甘孜	7.6	31°30′	100°24′	1973.2.6	有	大示大	道孚	6.9	1981.1.24
80	玛尼	7.3	35°18′	86°30′	1973.7.14	有	大示小		※	
81	松潘	6.5	32°54′	104°06′	1973.8.11	⊗				
82	昭通	7.1	28°06′	104°00′	1974.5.11	有	大示小		※	
83	巴里坤东	7.1	45°04′	93°47′	1974.7.5	有	大示小	哈密西	※	
84	乌恰西	7.3	39°24′	73°48′	1974.8.11	有	大示大	乌恰西	6.1	1978.10.18
85	九龙	6.5	29°26′	101°48′	1975.1.15	有	大示小		※	
86	噶尔	6.9	32°36′	78°36′	1975.1.19	有	大示小		※	
87	海城	7.3	40°42′	122°42′	1975.2.4	有	大示小		※	

续表 1

序号	地点	震级	纬度	经度	发震时间	余震 线	大△大 小示小	下一次地震 的地点	震级	发震时间
88	龙陵	7.3 7.4	24°22' 24°33'	98°38' 98°45'	1976.5.29	有	大示小	澜沧—耿马	7.6 7.2	1988.11.6
89	唐山	7.8	39°38'	118°11'	1976.7.28	有	大示小		※	
90	松潘	7.2 7.2	32°42' 32°29'	104°05' 104°09'	1976.8.16	有	大示小		※	
91	盐源	6.7	27°30'	101°05'	1976.11.7	—				
92	佐地莱	6.6	32°39'	88°23'	1977.11.18	—				
93	普洱	6.8	23°07'	101°15'	1979.3.15	有	大示小		※	
94	玉树	6.2	32°4'	97°3'	1979.3.29	⊗				
95	申札	6.6	30°34'	88°35'	1980.2.22	有	大示小		※	
96	亚东	6.8	27°24'	88°48'	1980.11.20	⊗				
97	道孚	6.9	31°0'	101°10'	1981.1.24	有	大示小		※	
98	西捷	6.5	34°27'	91°26'	1981.6.10	⊗				
99	亚热	6.6	31°41'	82°17'	1982.1.24	有	大示小		※	
100	乌恰	6.7	39°58'	75°04'	1983.2.13	有	大示小		※	
101	乌恰	7.4	39°40'	75°37'	1985.8.23	有	大示大	乌恰	6.4	1990.4.17
102	文部	6.5	34.6°	91.7°	1986.6.21	—				
103	唐古拉山	6.8	34.4°	91.9°	1988.11.5	有	大示大			未到时间
104	澜沧耿马	7.6 7.2	22.9° 23.1°	99.8° 99.4°	1988.11.6	—				
105	巴塘	6.7	30.0°	99.2°	1989.4.16	有	大示大			未到时间
106	小金	6.6	31.6°	102.5°	1989.9.22	⊗				
107	共和— 兴海	6.9	36.1°	100.1°	1990.4.17	—				

注：※资料不全待查，⊗无余震记载，一有余震记载无余震线，△

大示大
小示小

大震预示大震、大震预示小震、小震预示大震、小震预示小震。

(1995年3月10日收到)

参 考 文 献

- 1 顾功叙主编. 中国地震目录(公元前1831年—公元1969年). 科学出版社, 1983.
- 2 国家地震局分析预报中心编. 中国西部地震目录(1976—1979). 地震出版社, 1989.

(下转 69 页)

ANALYSIS OF THE WATER TEMPERATURE ANOMALY IN NO. 4 WELL AT WENJIN STREET IN HENGSHUI CITY

Luo liangcai Wu Tiesuo

(Seismological Bureau of Hengshui Prefecture of Hebei Province, Hengshui 053000)

Abstract

The No. 4 well at Wenjin Street in Hengshui City showed a large amplitude anomaly of water temperature in September 1991. By water quality analysis and the general investigation of the well, it is preliminarily proved that the large amplitude increase of the water temperature had no relation with earthquake. Then, by investigation on the range of scatter of thermal anomaly of water temperature, in-situ experimental observation and analyzing the downhole water-extracting equipment, the real reason for the water temperature increase has been found out. The thorough investigation of the anomaly has stabilized the production and living orders, and produced a good social result.

Subjective words: water temperature, anomaly

(上接 64 页)

A PRELIMINARY STUDY OF AFTERSHOCK VECTOR

Ning Jiying

(Institute of Seismology, SSB, Wuhan 430071)

Liu Jianjun

(Association of Natural Dialectic of Hubei Province, Wuhan 430071)

Abstract

In this paper, a new method for earthquake prediction, called aftershock vector method, is discussed. Studies have shown that, after a main earthquake, there exists a relationship between the line of the mainshock vector and the last biggest aftershock and the next correlative earthquake occurred in a certain area. By using the known data, such as vector length, time interval between the mainshock and the last biggest aftershock, and the earthquake magnitudes of the mainshock and the biggest aftershock, the three elements—place, time, and magnitude—of the next earthquake possibly occurred in a certain area can be predicted.

Subjective words: prediction of earthquake magnitude, aftershock, mainshock, seismicity