

地震活动盛衰呼应关系及其逻辑组合集成预报

刘 鼎 文
(贵州省地震局)

摘要

本文研究包括: 1) 以中国陆壳 $M_s \geq 7$ 强震为例, 引用二值逻辑变量, 讨论了地震活动盛衰呼应关系。结果表明, 这类呼应关系历史拟合率不高, 不是理想呼应关系; 2) 为了综合利用不理想呼应关系, 把它改造成为理想呼应关系, 使之适用于预报, 作者提出应用逻辑代数函数方法, 进行逻辑组合集成预报, 并使用 25 个预报因子, 具体组建一个预报中国陆壳 $M_s \geq 7$ 强震年度危险性的逻辑代数函数方程。该方程历史拟合率高, 外推检验效果良好。本文最后还就逻辑代数函数方法对地震学应用的前景作了必要的讨论。

一、引言

在地震预报研究中, 由于地震资料的可靠性、连续性和长期性, 利用地震活动盛衰特点, 估计未来的地震趋势, 通常是人们关注的课题之一。其研究方法, 大体上可以分为两类: 一类是利用同地地震活动本身盛衰的周期特点, 预报该地区未来的地震危险; 另一类则是利用异地地震活动, 即利用研究区以外的其它一个或多个地区的地震活动, 与所研究区地震活动彼此之间的盛衰呼应关系, 预报该地区的地震危险。由于地震活动规律本身的复杂性, 利用地震活动盛衰周期特点进行外推预报, 效果通常不够理想。而利用多地区的呼应关系所作的推论, 往往又相互矛盾。为了改善这种情况, 以消除矛盾, 广泛利用地震资料, 提高预报效果, 得出明确而肯定的判断, 有必要在研究地震活动盛衰呼应关系的基础上, 寻找一种集成方法。作者认为, 逻辑代数函数(简称逻辑函数)方法可能是一种较有前途的集成方法。本文即是这方面研究的一个例证。

二、地震活动盛衰呼应关系

地震活动盛衰呼应关系, 是指同地或异地地震活动中, 存在着这样一种现象: 即前一时期有(或无)某一地震事件, 可能成为经一定时间间隔后的后一时期某地有(或无)某一地震事件的信号。我们把这种现象, 称为同地或异地的地震活动盛衰呼应关系, 统称为地

本文 1982 年 11 月 8 日收到, 1983 年 10 月 17 日收到修改稿。

震活动盛衰呼应关系。

例如,我们从地震目录^{1,2)}可检得 1914—1973 年中国陆壳 $M_s \geq 7$ 地震的同地呼应关系(呼应时差 3 年,见表 1),以及日本(包括日本海及日本以东部分太平洋海域: $\varphi: 30^\circ-45^\circ N, \lambda: 130^\circ-145^\circ E$) 强震³⁾与 1914—1973 年中国陆壳强震的呼应关系(呼应时差 1 年,见表 2)。

表 1

呼(中国陆壳强震)					应(中国陆壳强震)				
发震时间 (年.月.日)	φ (N)	λ (E)	震中参考地点	M_s	发震时间 (年.月.日)	φ (N)	λ (E)	震中参考地点	M_s
1915. 12. 3.	29.5	91.5	西藏拉萨东	7.0	1918. 2. 13.	23.5	117	广东	7.3
1920. 12. 16.	36.4	105.8	宁夏海原	8.5					
12. 25.	35.6	106.3	宁夏泾原	7.0	1923. 3. 24.	31.3	100.8	四川炉霍	7.3
1924. 7. 3.	36	84	新疆	7.2	1927. 5. 22.	37.6	102.6	甘肃古浪	8.0
7. 11.	36.5	84	新疆	7.2	1934. 12. 15.	31.3	89	西藏	7.0
1931. 8. 10.	47.1	89.8	新疆富蕴	8.0	1937. 1. 7.	35.5	97.6	青海都兰	7.5
8. 18.	47.4	90.0	新疆	7.2	7. 31.	35.3	115.3	山东菏泽	7.0
1934. 12. 15.	31.3	89	西藏	7.5	1944. 3. 9.	42.5	82.5	新疆库车	7.2
					9. 27.	39.1	75.0	新疆哈什	7.0
1941. 5. 16.	23.6	99.4	云南镇康	7.0	1947. 3. 17.	33.3	99.5	青海	7.8
12. 26.	22.7	99.9	云南澜沧	7.0	7. 29.	28.6	93.6	西藏	7.8
1944. 3. 9.	42.5	82.5	新疆库车	7.2	1950. 8. 15.	28.7	96.7	西藏察隅	8.5
9. 27.	39.1	75.0	新疆哈什	7.0	1951. 11. 18.	31.1	91.4	西藏	8.0
1947. 3. 17.	33.3	99.5	青海	7.8	1952. 8. 17.	31	91.5	西藏	7.5
7. 29.	28.6	93.6	西藏	7.8	1954. 2. 11.	39.0	101.3	甘肃山丹	7.3
1948. 5. 25.	29.7	100.3	四川	7.3	7. 31.	38.8	104.2	甘肃民勤	7.0
1949. 2. 23.	42	84.0	新疆	7.3	1955. 4. 14.	30.0	101.9	四川康定	7.5
1951. 11. 18.	31.1	91.4	西藏	8.0	4. 15.	39.9	74.6	新疆乌恰	7.0
1952. 8. 17.	31	91.5	西藏	7.5	4. 15.	39.9	74.7	新疆乌恰	7.0
1963. 4. 19.	35.7	97.0	青海	7.0	1966. 3. 22.	32.6	115.0	河北邢台	7.2
1970. 1. 4.	24	102.7	云南通海	7.7	1973. 2. 6.	31.5	100.4	四川炉霍	7.9
					7. 14.	35.3	36.5	西藏北部	7.3

通常,我国在地震趋势研究中或年度会商中,对某一地震区(带)地震活动高潮期和平静期的划分^[1],是上述地震活动盛衰呼应关系的一个特例,不过其时间尺度的精度较低。

为了从数学上精确定量地研究呼应关系,可引进二值逻辑变量,规定把某一事件发生作为“是”,并取值为“1”;把该事件不发生作为“非”,并取值为“0”。所谓呼应关系,是指空间 ω 的某一事件 X 在时间坐标为 i 时的取值 X_i^t ,与另一空间 λ (或同一空间 ω) 的另一事件 Y (或同一事件 X),在同一时间坐标系中,从时间 i 起算经过 K 个单位时间后的 i 时

1) 《世界大地震简目》,国家地震局业务组,1973。

2) 《世界大震目录》,西南地震工作协作区办公室,1981。

3) 为讨论方便,今后把 $M_s \geq 7$ 地震简称为强震,把中国大陆地壳 $M_s \geq 7$ 地震简称为中国陆壳强震。

表 2

呼(日本及其附近海域强震)					应(中国陆壳强震)				
发震时间 (年.月.日)	φ (N)	λ (E)	震中参考地点	M_s	发震时间 (年.月.日)	φ (N)	λ (E)	震中参考地点	M_s
1919. 5. 3.	40.5	145.5	日本东海中	7.6	1920. 12. 16. 12. 25.	36.4 35.6	105.8 106.3	宁夏海原 宁夏泾原	8.5 7.0
1923. 6. 1. 7. 13.	35.8 31.0	141.8 130.5	日本南海中 日本九州	7.2 7.2	1924. 7. 3. 7. 11.	36 36.5	84 84	新疆	7.2
9. 1. 9. 2.	35.3 35	139.5 139.5	日本东京南 日本东京南	8.2 7.7	1925. 3. 16.	25.5	100.3	云南大理	7.1
1924. 8. 14.	36	142	日本	7.0	1931. 8. 10. 8. 18.	47.1 47.4	89.8 90.0	新疆富蕴 新疆	8.0 7.2
1930. 11. 25.	35	139	日本	7.1					
1931. 3. 9. 11. 2.	40.5 32	142.5 131.5	日本东部海中 日本	7.7 7.5	1932. 12. 25.	39.7	97.0	甘肃昌马	7.5
1932. 11. 13.	43.8	137	日本海	7.0	1933. 8. 25.	32.0	103.7	四川	7.5
1933. 3. 2. 6. 18.	39.3 38.5	144.5 143	日本以东海中 日本以东	8.5 7.3	1934. 12. 15. 1. 7. 7. 31.	31.3 35.5 35.3	89 97.6 115.3	西藏	7.0
1936. 11. 2.	38.3	142.3	日本	7.3	1937. 1. 7. 7. 31.	35.5	97.6	青海都兰	7.5
								山东荷泽	7.0
1940. 8. 1. 11. 19.	44.5 39	139 141.8	日本	7.7 7.1	1941. 5. 16. 12. 26.	23.6 22.7	99.4 99.9	云南镇康	7.0
1943. 6. 13. 9. 10.	42.8 35.3	143.3 134	日本	7.4 7.4	1944. 3. 9. 9. 27.	42.5 39.1	82.5 75.0	新疆库车 新疆哈什	7.2 7.0
1946. 12. 20.	32.5	134.5	日本	8.2	1947. 3. 17. 7. 29.	33.3 28.6	99.5 93.6	青海	7.8
								西藏	7.8
1947. 11. 4.	44	140.5	日本	7.1	1948. 5. 25.	29.7	100.3	四川	7.3
1948. 4. 17. 6. 28.	33 36.5	135.8 136	日本	7.3 7.3	1949. 2. 23.	42	84.0	新疆	7.3
1951. 4. 16. 6. 5.	31 30	137 132	日本	7.0 7.0	1952. 8. 17.	31	91.5	西藏	7.3
1953. 11. 25.	34	141.5	日本	8.1					
11. 26.	34.4	141.8	日本	7.0	1954. 2. 11.	39.0	101.3	甘肃山丹	7.3
11. 26.	34.3	141.6	日本	7.0	7. 31.	38.8	104.2	甘肃民勤	7.0
1962. 4. 12. 4. 23.	38.2 42.9	142.3 143.5	日本	7.2 7.2	1963. 4. 19.	35.7	97.0	青海	7.0
1969. 1. 19. 4. 21.	45 32.2	143.2 131.9	日本	7.0 7.7	1970. 1. 4.	24	102.7	云南通海	7.7
1972. 12. 4.	33.2	140.8	日本东南海中	7.6	1973. 2. 6. 7. 14.	31.5 35.3	100.4 36.5	四川炉霍 西藏北部	7.9 7.3

的取值 Y_i^j (或 X_ω^i) 相等

$$Y_\lambda^j = X_\omega^i \quad (1)$$

或

$$X_\lambda^j = X_\omega^i \quad (2)$$

如以 ω 取代 λ , 还可以写出两个式子, 因其分别为式(1)、(2)的特例, 我们将其略去了. 上两式中时间坐标满足下式

$$K = j - i \quad (3)$$

式中 K 是一个常数, 表示 Y_k 或 X_k 对 X_ω 的滞后时间, 我们把它记在 X_ω 的左上角, 如 $^K X_\omega$ 。显然 K 是一个有预报意义的量。由于 X_k 是 Y_k 的特例, 因而我们只讨论式(1)的情况。当 Y_k 与 X_ω 同时取 1 或 0 时, 我们称之为同态呼应; 当 Y_k 取 1 (或 0), 而 X_ω 取 0 (或 1) 时, 我们称之为反态呼应。由于反态呼应可以通过 Y_k (或 X_ω) 取补而形式地表为式(1), 化为同态呼应, 因而, 我们可以不失一般地只讨论同态呼应。

如果我们所研究的时段长含有 N 个单位时间, 其间 $X = 1$ 的事件样本数为 $n_{1.}$, 则该事件的平均复发周期 \bar{T} 为

$$\bar{T} = \frac{N}{n_{1.}} \quad (4)$$

因而平均来说, 当最多经过 $[N/n_{1.}] + 1$ 个单位时间后, $X = 1$ 的事件即出现重复现象。因而式(3)中 K 的合理取值应为 1、2、…, 而其最大者应为

$$K_{\max} = \left[\frac{N}{n_{1.}} \right] + 1 \quad (5)$$

式中: $[N/n_{1.}]$ 表 $N/n_{1.}$ 的整数部分。但在本文后面的研究中, K 值在个别情况下, 有时也取为 $[N/n_{1.}] + 2$ 。

在所研究的时段内, 满足式(1)的 X 对 Y 的呼应关系的全体, 可以用 2×2 的列联表表示(表 3)。

表 3

		Y		Σ
		0	1	
X	0	n_{00}	n_{01}	$n_{0.}$
	1	n_{10}	n_{11}	$n_{1.}$
Σ		$n_{.0}$	$n_{.1}$	N

表 3 所反应的呼应效果, 可通过加 Yates 修正后的 χ^2 检验得出

$$\chi^2 = \Sigma \Sigma \frac{(|n_{ij} - E_{ij}| - 0.5)^2}{E_{ij}} \quad (6)$$

式中

$$E_{ij} = \frac{n_{i.} \times n_{.j}}{N} \quad (7)$$

如果

$$\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha} \quad (8)$$

则对于显著水平 α , 认为呼应有一定效果。通常作 χ^2 检验, 要求 $N \geq 50$, $(E_{ij})_{\min} \geq 5$ 。而一般取自由度为 1, $\chi^2_{0.05} \approx 3.84$, $\chi^2_{0.01} \approx 6.64$ 。

由表 1 不难得出各种同态呼应拟合率:

$$\alpha = \frac{n_{11}}{n_{1.}} \quad (9)$$

$$\beta = \frac{n_{00}}{n_{0.}} = \frac{n_{00}}{N - n_{1.}} \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{n_{00} + n_{11}}{N} \quad (11)$$

式中 α 表 $X = 1$ 呼应 $Y = 1$ 的拟合率, β 表 $X = 0$ 呼应 $Y = 0$ 的拟合率, γ 表 $X = 1$ 呼应 $Y = 1$ 与 $X = 0$ 呼应 $Y = 0$ 的总拟合率.

由同态呼应各拟合率, 可进一步推出相应的反态呼应各拟合率:

$$\alpha' = \frac{n_{10}}{n_{1.}} = 1 - \frac{n_{11}}{n_{1.}} = 1 - \alpha \quad (12)$$

$$\beta' = \frac{n_{01}}{n_{0.}} = 1 - \frac{n_{00}}{n_{0.}} = 1 - \beta \quad (13)$$

$$\gamma' = \frac{n_{10} + n_{01}}{N} = \frac{N - (n_{00} + n_{11})}{N} = 1 - \gamma \quad (14)$$

式中: α' 表 $X = 1$ 呼应 $Y = 0$ 的拟合率, β' 表 $X = 0$ 呼应 $Y = 1$ 的拟合率, γ' 表 $X = 1$ 呼应 $Y = 0$ 与 $X = 0$ 呼应 $Y = 1$ 的总拟合率.

从预报观点看, 我们总希望找到一种呼应关系, 使 α, β, γ (或 α', β', γ') 尽可能大. 特别是当 $\alpha = \beta = \gamma = 100\%$ (或 $\alpha' = \beta' = \gamma' = 100\%$) 时, 相应的呼应关系称为理想呼应关系.

作为从严格数值角度研究呼应关系的一个例子, 本文全面研究了全球强震活动与中国陆壳强震活动的同态呼应关系, 被研究的后者的时段为 1914—1973 年. 由地震目录 (同前面脚注) 检得 $n_{1.} = 27$, $N = 60$, 并取 $X = 1$ 的样本数 $n_{1.} \geq n_{1.}/2$ 的全球各国家或地区与中国陆壳强震的全部资料, 有关主要参数和计算所得的 α, β, γ 及 χ^2 的结果一并列于表 4.

由表 4 可见, 对一定的滞后时间而言, 除全球个别地区的强震与中国陆壳强震呼应关系的拟合率较高, 并能通过统计检验外, 其余的拟合率均不高, 并且不能通过统计检验. 因而, 简单的呼应关系用于预报存在着困难.

三、地震活动盛衰呼应关系的逻辑组合集成预报

由前述可见, 利用两地(或同地)简单的强震呼应关系, 进行外推预报存在困难. 而利用两地以上与另一某地的呼应关系来进行预报, 又往往得出矛盾的结果. 例如, 从表 4 中抽取 α, β, γ 都较高的伊里安岛、新几内亚地区和千岛群岛. 同时, 按强震滞后二年对中国 1974 年后的陆壳强震进行外推预报, 发现在 1974—1980 年中, 除 1974、1976 和 1978 年外推结果分别为无震及有震彼此一致外, 其余各年结果均不一致. 即使表面上一致的 1974、1976 和 1978 年, 预报结果与实震情况也不一致. 因而, 从预报观点看, 须寻求一种方法, 一方面要能避免仅使用两地资料而尽可能多地使用多地资料, 另一方面又要求消除在使用多地资料时可能出现的矛盾现象, 并使内符程度较高, 力争实现理想呼应, 以提高预报效果. 这种方法, 无疑应是一种集成方法. 作者认为, 逻辑函数方法可能就是所寻求的这样一种集成方法.

地震预报, 从逻辑函数的观点来看, 可以把某一地区连续发生的某一震级以上的地震事件, 看成是与其相呼应的具有一定超前时间的各种有关信号事件逻辑组合的结果. 这种组合关系, 如果用一个逻辑函数来表达, 则可以认为, 未来可能发生的地震事件, 是历史

表4 全球各主要国家和地区与1914—1973年中国陆壳强震的同态呼应关系一览表

Table 4 The schedule of the same state echo relations on a rised or fallen seismicity between the strong earthquakes in the main countries and areas on a global scale and the strong continental crustal earthquakes in China for 1914 to 1973

X	K	n_{11}	n_{11}	n_{00}	$\frac{n_{\Sigma}}{(n_{11}+n_{00})}$	α (%)	β (%)	γ (%)	χ^2	统计检验结果
阿富汗、兴都库什	1	13	7	27	34	53.8	57.4	56.7	0.168	
	2	13	4	24	28	30.8	51.1	46.7	0.723	
	3	14	7	26	33	50.0	56.5	55.0	0.015	
土耳其	1	12	5	26	31	41.7	54.2	51.7	0.004	
	2	13	6	26	32	46.2	55.3	53.3	0.049	
	3	13	6	26	32	46.2	55.3	53.3	0.049	
马鲁古群岛、 马鲁古海峡	1	16	9	26	35	56.3	59.1	58.3	0.582	
	2	15	7	25	32	46.7	55.5	53.3	0.022	
	3	15	5	23	28	33.3	51.1	46.7	0.561	
伊里安岛、 新几内亚	1	31	14	16	30	45.2	55.2	50.0	0.055	
	2	31	19	21	40	61.3	72.4	66.7	5.583	$\chi^2 > \chi^2_{0.05}$
	3	30	13	16	29	43.3	53.3	48.3	0.000	
新赫布里底群岛	1	32	13	15	28	40.6	53.6	46.7	0.037	
	2	32	14	15	29	43.8	53.6	48.3	0.003	
	3	33	14	14	28	42.4	51.9	46.7	0.033	
斐济群岛、斐济海	1	14	8	27	35	57.1	58.7	58.3	0.542	
	2	14	7	26	33	50.0	56.5	55.0	0.015	
	3	14	5	24	29	35.7	52.2	48.3	0.241	
汤加群岛	1	22	11	22	33	50.0	57.9	55.0	0.104	
	2	22	10	21	31	45.4	55.3	51.7	0.046	
	3	23	12	22	34	52.2	59.5	56.7	0.377	
智利及智利 以西海域	1	32	14	15	29	43.8	53.6	48.3	0.003	
	2	32	15	16	31	46.9	57.1	51.7	0.003	
	3	31	12	14	26	38.7	48.3	43.3	0.567	
中美各国及 其以西海域	1	20	9	22	31	45.0	55.0	51.7	0.000	
	2	20	9	22	31	45.0	55.0	51.7	0.000	
	3	20	8	21	29	40.0	52.5	48.3	0.076	
北美各国及 其以西海域	1	37	17	13	30	45.9	56.5	50.0	0.006	
	2	37	18	14	32	48.6	60.9	53.3	0.206	
	3	38	18	13	31	47.4	59.1	51.7	0.046	
阿留申群岛	1	18	7	22	29	38.8	52.4	48.3	0.115	
	2	18	7	22	29	38.8	52.4	48.3	0.115	
	3	17	6	22	28	35.3	51.2	46.7	0.439	
勘察加半岛	1	17	6	22	28	35.3	51.2	46.7	0.439	
	2	17	5	21	26	29.4	48.8	43.3	1.533	
	3	17	10	26	36	58.8	60.5	60.0	1.135	

上已经发生的一连串信号事件在所建逻辑函数约束下的逻辑关系的重演。从而可以进行

续表 4

X	K	n_{1*}	n_{11}	n_{00}	$\frac{n_{11}}{(n_{11} + n_{00})}$	α (%)	β (%)	γ (%)	χ^2	统计检验结果
千岛群岛	1	28	9	14	23	32.1	43.8	38.3	2.600	$\chi^2 > \chi^2_{0.05}$
	2	28	17	22	39	60.7	68.8	65.0	4.115	
	3	28	14	19	33	50.0	59.4	55.0	0.219	
日本、日本海及日本以东海域	1	39	18	12	30	46.2	57.1	50.0	0.001	
	2	38	18	13	31	47.4	59.1	51.7	0.046	
	3	38	17	12	29	44.7	54.5	48.3	0.046	
台湾及其附近海域	1	17	6	22	28	35.3	51.2	46.6	0.439	
	2	16	4	21	25	25.0	47.7	41.7	2.510	
	3	16	7	24	31	43.8	54.5	51.7	0.031	
菲律宾及其附近海域	1	27	14	20	34	51.9	60.6	56.7	0.496	
	2	27	12	18	30	44.4	54.5	50.0	0.033	
	3	27	13	19	32	48.1	57.6	53.3	0.033	
马里亚纳群岛	1	13	8	28	36	61.5	59.6	60.0	1.080	
	2	14	8	27	35	57.1	58.7	58.3	0.542	
	3	14	6	25	31	42.9	54.3	51.7	0.015	
秘鲁及其西部海域	1	22	9	20	29	40.9	52.6	48.3	0.046	
	2	22	10	21	31	45.4	55.3	51.7	0.046	
	3	22	11	22	33	50.0	57.9	55.0	0.104	
印 尼	1	24	11	20	31	45.8	55.6	51.7	0.025	
	2	24	10	19	29	41.7	52.8	48.3	0.025	
	3	24	10	19	29	41.7	52.8	48.3	0.025	
所罗门群岛	1	25	11	19	30	44.0	54.3	50.0	0.017	
	2	24	10	19	29	41.7	52.8	48.3	0.025	
	3	23	11	21	32	47.8	56.7	53.3	0.006	

注: 1) 上表计算时取 $n_{1*} = 27$, $N = 60$;

2) 上表最后一栏统计检验结果除表列 $\chi^2 > \chi^2_{0.05}$ 两行外, 其余各行均不能通过检验.

逻辑外推预报。

作者在前文^[2]概述了应用逻辑函数方法进行集成预报的一般原则, 并在另文^[3]中研究了适用于地震预报的逻辑函数构成的一般方法。本文在进一步研究全球各国家和地区与1914—1974年间, 中国陆壳强震的同态呼应关系的基础上, 选用25个强震活动因子, 经过繁杂的逻辑组合与运算, 组建了一组适用于中国陆壳强震年度预报的逻辑函数判定方程, 其具体形式为:

$$Y = \bigcup_{i=1}^{286} C_i = C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_{286} \quad (15)$$

式中每一个 C_i , 均由预报因子 X_r, X_s, \dots, X_w 的交运算组成, 其一般形式为

$$C_i = X_r \cap X_s \cap \dots \cap X_w \quad [r, s, \dots, w \in (1, 2, \dots, 25); \\ r < s < \dots < w] \quad (16)$$

如

$$C_{100} = X_4 \cap X_{14} \cap X_{18} \cap X_{21} \quad (17)$$

形如式(16)的286个式子, 所不同的仅是 C 及各 X 的脚标。为了醒目, 我们把它们一并

表 5 公式 (16)、(19) 中各预报因子脚标表

Table 5 Table of the subscript for the varying predicting factors in the formula (16) and (19)

$C_i = X_r \cap X_s \cap \dots \cap X_w$			$C'_i = X'_r \cup X'_s \cup \dots \cup X'_w$		
i	$r \cdot s \dots w$	i	$r \cdot s \dots w$	i	$r \cdot s \dots w$
1	1 · 3	61	4 · 9 · 11	121	5 · 16 · 19
2	· 5	2	· 13	2	20
3	· 9	3	· 21	3	21
4	· 13	4	· 24	4	· 18 · 25
5	· 14	5	· 25	5	· 20 · 25
6	· 16	6	· 11 · 12	6	· 21 · 25
7	· 25	7	· 15	7	· 24 · 25
8	· 4 · 20	8	· 18	8	6 · 7
9	· 11 · 12	9	· 19	9	.8
10	· 15	70	· 20	130	9 · 20
1	· 18	1	· 21	1	· 23
2	· 19	2	· 24	2	· 24
3	· 20	3	· 12 · 25	3	· 25
4	· 21	4	· 13 · 15	4	· 10 · 20
5	· 19 · 20	5	· 18	5	· 24
6	2 · 4	6	· 19	6	· 16 · 25
7	· 5	7	· 20	7	· 19 · 20
8	· 17	8	· 21	8	· 25
9	· 22	9	· 23	9	· 20 · 23
20	· 10 · 20	80	· 24	140	· 25
1	· 24	1	· 14 · 19	1	· 11 · 12 · 20
2	· 11 · 20	2	· 15 · 19	2	· 16 · 20
3	· 13 · 20	3	· 21	3	· 20 · 21
4	· 23	4	· 25	4	· 21 · 24
5	· 24	5	· 16 · 19	5	· 12 · 16 · 20
6	· 25	6	· 21	6	· 21 · 25
7	· 14 · 20	7	· 24	7	· 24 · 25
8	· 16 · 20	8	· 18 · 25	8	· 15 · 16 · 20
9	· 23	9	· 19 · 20	9	· 11 · 15 · 18 · 20
30	· 19 · 24	90	· 23	150	7 · 14
1	· 23 · 24	1	· 25	1	· 16
2	· 9 · 15 · 18 · 20	2	· 20 · 21	2	· 11 · 18
3	3 · 8	3	· 23	3	· 19
4	· 9	4	· 25	4	· 21
5	· 11	5	· 21 · 25	5	· 12 · 18
6	· 13	6	· 23 · 25	6	· 19
7	· 19	7	· 24 · 25	7	· 21
8	· 25	8	· 12 · 14 · 18	8	· 23
9	· 4 · 18	9	· 19	9	8 · 13
40	· 20	100	· 14 · 18 · 21	160	· 19
1	· 6 · 15	1	5 · 6	1	20
2	· 16	2	· 10	2	24
3	· 18	3	· 12	3	25
4	· 20	4	· 15	4	9 · 23
				220	12 · 17
				280	· 25
				1	18 · 19 · 25
				2	· 20 · 25
				3	19 · 24 · 25
				4	20 · 24 · 25

续表 5

$C_i = X_r \cap X_s \cap \dots \cap X_w$			$C'_i = X'_r \cup X'_s \cup \dots \cup X'_w$				
i	$r \cdot s \dots w$	i	$r \cdot s \dots w$	i	$r \cdot s \dots w$	i	$r \cdot s \dots w$
5	· 12 · 18	5	· 17	5	· 15 · 23	5	· 14 · 15 · 23
6	· 14 · 20	6	· 9 · 11	6	· 9 · 17	6	· 12 · 14 · 18 · 20
7	· 16 · 18	7	· 14	7	· 10 · 20	7	· 24
8	· 21	8	· 11 · 18	8	· 24	8	· 20 · 21
9	· 18 · 20	9	· 19	9	· 11 · 20	9	· 15 · 23 · 24
50	· 21	110	· 20	170	· 23	230	· 14 · 15 · 21 · 24
1	· 24	1	· 21	1	· 24	1	13 · 17
2	· 20 · 21	2	· 24	2	· 25	2	· 14 · 20
3	4 · 7	3	· 13 · 18	3	· 12 · 20	3	· 24
4	· 8	4	· 19	4	· 24	4	· 15 · 23
5	· 10	5	· 20	5	· 25	5	· 25
6	· 6 · 11	6	· 21	6	· 13 · 20	6	· 16 · 20
7	· 18	7	· 14 · 18	7	· 23	7	· 23
8	· 19	8	· 20	8	· 24	8	· 24
9	· 20	9	· 24	9	· 25	9	· 18 · 24
60	· 25	120	· 16 · 18	180	· 14 · 23	240	· 19 · 20

列于表 5. 表 5 中略去了同列中各行朝上看相同的数字, 如 C_{14} 由 X_1, X_{11}, X_{21} 三因子的交组成, 而表中相应于 i 为 14 的行中, 只列出第 3 个因子 X_{21} 的脚标 21, 前两个因子的脚标均被略去, 但它们在其上同列相应的行中可以找到. 公式 (16) 中各预报因子均略去了式(3)所示含义的左上角标, 而脚标系全球 25 个国家和地区的编号, 因而我们规定把第 r (或 s, \dots, w) 区发生 $M_r \geq 7$ 地震后的第 K 年相应的 ${}^K X_r$ 取值为 1, 否则为 0. 各 r, s, \dots, w 及所属的 K 的具体含义是:

$X_1 = {}^1 X_1$, 脚标 1 表苏联中亚细亚;

$X_2 = {}^1 X_{21}$, 脚标 2 表土耳其;

$X_3 = {}^3 X_3$, 脚标 3 表巴基斯坦;

$X_4 = {}^1 X_4$, 脚标 4 表阿富汗、兴都库什地区;

$X_5 = {}^1 X_5$, 脚标 5 表缅甸;

$X_6 = {}^2 X_6$, 脚标 6 表苏门答腊 ($\varphi: 3.5^\circ - 5.5^\circ S, \lambda: 94^\circ - 105^\circ E$);

$X_7 = {}^2 X_7$, 脚标 7 表爪哇岛、爪哇海 ($\varphi: 7.5^\circ - 11^\circ S, \lambda: 111^\circ - 121^\circ E$);

$X_8 = {}^2 X_8$, 脚标 8 表苏拉威西岛、苏拉威西海 ($\varphi: 1^\circ - 6^\circ S, \lambda: 120^\circ - 126^\circ E$);

$X_9 = {}^1 X_9$, 脚标 9 表马鲁古群岛、马鲁古海峡 ($\varphi: 5.5^\circ N - 9.0^\circ S, \lambda: 123^\circ - 129^\circ E$);

$X_{10} = {}^2 X_{10}$, 脚标 10 表加罗林群岛 ($\varphi: 6^\circ - 13^\circ N, \lambda: 134^\circ - 142^\circ E$);

$X_{11} = {}^2 X_{11}$, 脚标 11 表伊里安岛、新几内亚 ($\varphi: 0^\circ - 10^\circ S, \lambda: 131^\circ - 155^\circ E$);

$X_{12} = {}^3 X_{12}$, 脚标 12 表新赫布里底群岛 ($\varphi: 11^\circ - 22^\circ S, \lambda: 157^\circ - 171^\circ E$);

$X_{13} = {}^1 X_{13}$, 脚标 13 表斐济群岛、斐济海 ($\varphi: 15^\circ N - 22^\circ S, \lambda: 172^\circ E - 176^\circ W$);

$X_{14} = {}^3 X_{14}$, 脚标 14 表汤加群岛 ($\varphi: 17^\circ - 25^\circ S, \lambda: 167^\circ E - 171^\circ W$);

$X_{15} = {}^2 X_{15}$, 脚标 15 表智利及智利以西海域;

$X_{16} = {}^1 X_{16}$, 脚标 16 表秘鲁及秘鲁以西海域;

表 6

1914(年)	¹ X ₁	¹ X ₂	³ X ₃	¹ X ₄	¹ X ₅	² X ₆	² X ₇	² X ₈	¹ X ₉	² X ₁₀	³ X ₁₁	³ X ₁₂	¹ X ₁₃	³ X ₁₄	² X ₁₅	¹ X ₁₆	³ X ₁₇	² X ₁₈	³ X ₁₉	² X ₂₀	² X ₂₁	³ X ₂₂	¹ X ₂₃	¹ X ₂₄	¹ X ₂₅	^Y 实测	^Y 计算	
15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

续表 6

	1X_1	1X_2	1X_3	1X_4	1X_5	1X_6	1X_7	1X_8	1X_9	$^2X_{10}$	$^2X_{11}$	$^2X_{12}$	$^2X_{13}$	$^2X_{14}$	$^3X_{15}$	$^3X_{16}$	$^3X_{17}$	$^3X_{18}$	$^3X_{19}$	$^2X_{20}$	$^2X_{21}$	$^3X_{22}$	$^1X_{23}$	$^1X_{24}$	$^1X_{25}$	Y	震计 实震	
43	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
44	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1950	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	68	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	69	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1970	70	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	71	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	72	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$X_{17} = {}^3X_{17}$, 脚标 17 表哥伦比亚;

$X_{18} = {}^2X_{18}$, 脚标 18 表阿拉斯加湾、阿拉斯加、加拿大西海、加拿大西部、美国西海、美国西部、墨西哥西海、墨西哥西部;

$X_{19} = {}^3X_{19}$, 脚标 19 表堪察加半岛 ($\varphi: 50^{\circ}\text{--}58^{\circ}\text{N}$, $\lambda: 156^{\circ}\text{--}170^{\circ}\text{E}$);

$X_{20} = {}^2X_{20}$, 脚标 20 表千岛群岛 ($\varphi: 43^{\circ}\text{--}52^{\circ}\text{N}$, $\lambda: 146^{\circ}\text{--}157^{\circ}\text{E}$);

$X_{21} = {}^2X_{21}$, 脚标 21 表日本、日本海及日本以东海域 ($\varphi: 30^{\circ}\text{--}45^{\circ}\text{N}$, $\lambda: 130^{\circ}\text{--}145^{\circ}\text{E}$);

$X_{22} = {}^3X_{22}$, 脚标 22 表琉球群岛 ($\varphi: 24.5^{\circ}\text{--}29.5^{\circ}\text{N}$, $\lambda: 124^{\circ}\text{--}130^{\circ}\text{E}$);

$X_{23} = {}^1X_{23}$, 脚标 23 表台湾及其附近海域;

$X_{24} = {}^1X_{24}$, 脚标 24 表菲律宾及其附近海域 ($\varphi: 5^{\circ}\text{--}18^{\circ}\text{N}$, $\lambda: 119^{\circ}\text{--}129^{\circ}\text{E}$);

$X_{25} = {}^1X_{25}$, 脚标 25 表马里亚纳群岛 ($\varphi: 11^{\circ}\text{--}22^{\circ}\text{N}$, $\lambda: 141^{\circ}\text{--}148^{\circ}\text{E}$)。

式(15)为与或标准表达式, 如利用 De Morgan 律, 可将该式化为或与标准表达式

$$Y' = \bigcap_{i=1}^{286} C'_i = C'_1 \cap C'_2 \cap \cdots \cap C'_{286} \quad (18)$$

式中 Y' 是 Y 的“补”; 而 C'_i 是式(16)中将每一个预报因子取“补”, 再将交运算全部改为并运算的结果

$$C'_i = X'_r \cup X'_s \cup \cdots \cup X'_w \quad [r, s, \dots, w \in (1, 2, \dots, 25); \\ r < s < \cdots < w] \quad (19)$$

式中, X'_r, X'_s, \dots, X'_w 分别为 X_r, X_s, \dots, X_w 之补, 如

$$C'_{100} = X'_4 \cup X'_{14} \cup X'_{18} \cup X'_{21} \quad (20)$$

$C'_i (i = 1, 2, \dots, 286)$ 的全部式子同样可用表 5 来表达。

表 6 利用地震目录(同前面脚注)列出了上述 25 个地区的起算资料及按式(15)、(16)和表 5 预报中国陆壳强震所得出的结果。该结果表明, 按式(15)、(16)和表 5 组合全球 25 个国家和地区的强震盛衰活动的综合效应, 与 1914—1973 年这 60 年中国陆壳强震盛衰的实际情况完全一致, α, β, γ 均高达 100%, 构成理想呼应。

对于 1974—1982 年对中国陆壳强震外推预报检验的结果列于表 7¹⁾。从表中可见, 外推预报结果与实震情况也相吻合。

表 7

	1974 年	1975 年	1976 年	1977 年	1978 年	1979 年	1980 年	1981 年	1982 年
Y(预报)	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Y(实震)	1	1	1	0	0	0	0	0	0

四、讨论与结论

逻辑函数方法对地震学应用的前景有如下两个方面值得注意:

1) 我们在此补充使用了《地震》1982 年第 1 期及 1983 年第 1 期上的有关强震资料。

1. 逻辑函数方法有利于蕴震模式的研究

我国陆壳应力条件比较一致,主张应力和主压应力几乎都是水平的^[4]。这反映了我国陆壳强震发生的地壳区域应力场主要来源于太平洋板块和印度板块对我国陆壳的挤压。但从本文前述地震活动盛衰呼应关系的研究结果来看,仅位于同一板块某一地区或某些地区的强震活动与中国陆壳强震活动的盛衰呼应关系并不好,而由全球 25 个国家和地区综合的逻辑结果才与中国陆壳强震构成理想呼应关系。由此可见,中国陆壳强震发生是全球各大板块,及其次级小板块在水平方向上相互驱动又相互制约造成中国陆壳岩块受力破裂的结果。这种驱动与约制相矛盾着的运动规律,反映了中国陆壳强震发生的盛衰规律,这些规律至少对 1914 年以来中国陆壳强震而言,由逻辑关系式(15)(16) [或式(18)(19)]及表 5 得到了较好的反映。众所周知,任何一个逻辑函数,均可用一个等效的逻辑电路来模拟它^[5],因而与式(15)(16) [或式(18)(19)]及表 5 相应的等效逻辑电路,可能就是从全球板块构造角度考虑的中国陆壳强震发生的最好模式。如进一步考虑除全球板块运动所产生的力源之外的其它力源,如太阳光球磁场^[6]、地球内部核反应^[7]、地球局部热应力^[8]、地幔对流和重力作用^[9]等因素对中国陆壳强震发生的触发作用,在深入研究并重新建立更大规模的逻辑集成预报方程后,也许就能找到更完善的中国陆壳强震的蕴震模式。

2. 逻辑函数方法是一种有前途的地震集成预报方法

地震预报,从呼应观点来看,无疑是要寻找一种指标,使某种信号事件与某种地震事件构成一种理想呼应关系。然而这种指标,迄今为止并未找到。本文研究的全球强震活动与中国陆壳强震活动之间呼应关系的结果,至少表明上述指标在所论的强震活动之间不存在。作者还研究了太阳活动及地球自转与中国陆壳强震活动之间的呼应关系,其结果更不理想。因而,当今的地震预报必需走综合的、集成的道路^[10]。逻辑函数方法能将不同的物理量、几何量、信息量加以综合,能最大限度地吸收和融合各单项研究(文献[11—16])的成果,因而它无疑是地震集成预报有前途的方法之一。由于逻辑函数方法巧妙地利用了概率论中事件和的概率大于单一事件的概率这一特性,因而它能减少虚报和漏报,提高预报准确率。另外,逻辑函数方法计算简单,结论明确,还可以通过预报实践用增加最小项或最大项的办法^[5]来修订预报方程,以反映地震活动的动态变化,具有一定的动态追踪性。

逻辑函数方法对地震预报除它的适用性外,也还有它的局限性。众所周知,地震是小概率事件,为了用逻辑函数方法对小概率事件的地震进行预报能尽量减少漏报,势必要动用较多的预报因子,但预报因子数越多,组成逻辑函数工作量越大。如本文用 25 个因子组成逻辑函数至少要经过 3.36×10^7 次逻辑判断与组合,如因子数增至 30 个,则相应次数增至 1.07×10^9 次。一般来说,每增加 1 个因子,相应的工作量要增加一倍。同时,逻辑函数方法作为一种科学方法,仍属统计法,而其本质是一种归纳法。众所周知,归纳法不是万能的^[17,18]。因而用逻辑函数方法进行外推预报,漏报、虚报理应在所难免,只不过它比任何单一方法更有效而已。另外,由于资料局限,逻辑函数方法目下只能用于较大范围、较长时间、较大震级的地震趋势估计,难以用于短、临震预报。再则,逻辑函数方法仅仅是一种数学方法,地震预报问题的根本解决,仍有赖于地震预报理论的深入研究。

本文组建的逻辑函数方程可实际用于中国陆壳强震年度危险性的判定, 其稳定性与实用性, 仍有待于实践进一步检验并视情况修订之。

参 考 文 献

- [1] 时振梁、环文林、曹新玲、武宦英、刘耀武、黄玲琼, 中国地震活动的某些特征, 地球物理学报, **17**, 1, 1—13, 1974.
- [2] 刘鼎文, 地震预报对策的研究, 地震研究, **6**, 2, 197—210, 1983.
- [3] 刘鼎文, 关于甘、宁、青、新四省(区)强震年度危险性的逻辑函数判定, 西北地震学报, **5**, 4, 20—26, 1983.
- [4] Ma Zongjin, The Main Seismotectonics Characteristics of Continents (Abstract), International Symposium on Continental Seismicity and Earthquake Prediction, September 8—9. 1982. Beijing. China.
- [5] 陈俊亮, 数字电路逻辑设计, 人民邮电出版社, 1980.
- [6] 胡福民, 大地震事件的一个可能的天文因素——太阳光球磁场, 地球物理学报, **25**, 3, 270—275, 1982.
- [7] 严佩岚、茅志祥, 关于地球内部核反应是地震源动力的问题(综述), 国际地震动态, 2, 8—10, 1982.
- [8] 郝书俭、高华根、王春华, 京津唐地区居里等温面及其与地震的关系, 地球物理学报, **25**, 3, 264—269, 1982.
- [9] 罗焕炎, 从大陆地壳动力学观点试论我国地震的成因和机制, 地震地质, **1**, 1, 1—10, 1979.
- [10] 梅世蓉, 地震综合预报的必要性与展望(综述), 国际地震动态, 6, 1—3, 1982.
- [11] 吴佳翼、郁曜君、何淑韵, 华北地震同日本地震的相关性, 地球物理学报, **22**, 4, 415—438, 1979.
- [12] 罗平、陈立德, 缅甸地震与我国云南西部地震的相关性, 地震研究, **4**, 1, 87—93, 1981.
- [13] 杨桂芬, 我国西南地区7级以上强震前中强地震分布图象及滇缅地震的呼应关系, 地震研究, **4**, 3, 275—281, 1981.
- [14] 李启斌、肖兴华、李致森, 中国大陆强地震与地球自转角速度长期变化关系的初步分析, 地球物理学报, **16**, 71—80, 1973.
- [15] 王碧泉、杨锦英、王春珍, 大震前地震活动的图象识别, 地震学报, **4**, 2, 105—115, 1982.
- [16] 王碧泉、马秀芳, 用模式识别方法研究强震产生的动力因子, 地震学报, **5**, 3, 257—267, 1983.
- [17] 恩格斯, 自然辩证法, 205页, 人民出版社, 1971.
- [18] 刘鼎文, 地震预测若干基本问题的辩证思考, 贵州社会科学, 4, 19—23, 1983.

THE RELATIONS BETWEEN A RISED AND FALLEN SEISMICITY AS WELL AS THEIR COMBINED INTEGRATED EARTHQUAKE PREDICTION BY USING LOGICAL ALGEBRA

LIU DINGWEN

(The Seismological Bureau of Guizhou Province)

Abstract

The author's research in this paper consists of: 1) By way of example for the strong continental crustal earthquake with magnitude $Ms \geq 7$ in China, the relations between a rised and fallen seismicity have been discussed by using bi-value logical variable, the result for research declares that there are not high historical corresponding percentages for the abovementioned relations, which is only an un-ideal relation; 2) In order to together utilizing these un-ideal relations, to reform them into an ideal relation, and make the ideal relation adequate for earthquake prediction, author puts forward that to carry out an integrated earthquake prediction regarding a combined re-

lation between a rised and failed seismicity by using the method for logical algebra function, and particularly, by use of 25 predicting factors refering to the data in 60 years, the logical algebra function equations which are useful to judging annual risk of the strong continental crustal earthquake with magnitude $M_s \geq 7$ in China have been established, there are very high historical corresponding percentages as far as these equations, the tests of their extrapolation are also very good. And finally, the prospects applying the method for logical algebra function to seismology have been discussed necessarily.

欢迎订阅《中国地震》

为适应我国地震科学事业发展的需要,《地震科学研究》自1985年起将更名为《中国地震》,调整和充实内容,向国内外公开发行。

《中国地震》是国家地震局机关主办的学术性刊物。其任务是全面反映我国地震科技工作的成果和进展,促进国内外学术交流,发现人才,为繁荣我国的地震科学事业服务。主要内容为:刊登我国地震科研和监测工作的各项成果和学术论文;发表有关地震科技工作方针、政策和管理等方面的文章;报道国内外地震科技动态、学术活动和重大震情等;开展学术讨论和争鸣。读者对象为地震、地球物理、地震工程、地质及其他相关学科和科技工作者、科研管理人员、业务领导干部、有关大专院校师生和群测群防工作者等。

《中国地震》为季刊,每季度末月出版,每期80页,胶版纸印刷,定价:0.80。邮局刊号6-73,国外发行由中国图书进出口总公司办理。欢迎订阅。

《中国地震》编辑部