

广西地震活动与我国主要地震区 (带)地震活动的相关分析

杨仕升
(广西地震局, 南宁 530022)

摘要 应用灰色系统理论的关联分析方法研究了广西地震活动与我国主要地震区(带)地震活动的相关性. 结果表明广西地震活动与东南沿海地震带地震活动的关联程度最大 ($r=0.86$), 根据这一结果, 对广西与东南沿海地震带的地震活动的相关性作了进一步探讨, 发现本世纪以来广西地震活动与东南沿海地震带的地震活动同步起伏, 两区(带)之间发生中强地震的互相对应关系特别明显.

主题词 地震带 地震活动性 灰关联度

1 引言

几十年来, 国内不少学者对不同地区地震活动的相关性进行了研究^[1,2], 他们根据地震活动的时序特征(震级、频度或能量等), 应用回归分析或经典统计方法, 通过求出相关系数或相关概率来确定不同地区之间地震活动的相关程度.

本文采用 1970~1996 年 6 月中国地震台网记录的完整地震目录资料, 以 6 个月为时间段, 首先计算出各地震区(带)描述地震活动的定量指标——地震活动水平 A 值的时间序列, 然后运用灰色系统理论的关联分析方法求得广西地震活动与我国 13 个主要地震区(带)地震活动关联程度的量化结果. 根据这些结果, 本文结合本世纪以来的历史记载地震资料和仪器记录地震资料, 对广西与东南沿海地震带地震活动的相关性作了进一步探讨.

2 地震活动定量指标和我国地震区(带)的选取

对某一区域, 描述其地震活动性的指标很多, 如地震频度、最大震级、累积能量等, 本文则采用地震活动水平 A 值来作为描述地震活动的指标^[3].

$$A = \frac{1}{b} \lg \sum_{i=1}^N 10^{bM_i} \tag{1}$$

式中: N ——6 个月时段内震级为 M_i 的地震数目;

M ——起算震级以上的某一震级;

b ——震级-频度关系 $\lg N = a - bM$ 中的系数(本文用最大似然法求出).

由(1)式可以看出, 利用地震活动水平 A 值来作为描述一定时空范围内地震活动的定量

收稿日期: 1996-11-19
作者简介: 杨仕升, 男, 1960 年 7 月生, 工程师, 从事地震预报和灾害物理研究.

指标是比较合适的,因为它比较全面地反映了地震活动的特征,它考虑了大小地震的比例系数 b 值,同时它既克服了单纯采用频度或震级描述地震活动的片面性,又避免了用累积能量带来的过大量级差别的应用不便。

综合中国地震烈度区划图(1990)和中国大地构造概要关于我国主要地震区(带)划分的研究成果^[4,5],本文划出 13 个地震区(带)来与广西地震活动相比较,它们的编号和名称分别为: 1 东南沿海地震带、2 台湾地震区、3 华中地震区、4 华北地震区、5 东北地震区、6_s 南北地震带南段、6_n 南北地震带北段、7 滇西地震区、8 藏北地震区、9 昆巴地震区、10 青甘地震区、11 南疆地震区、12 北疆地震区(图 1)。

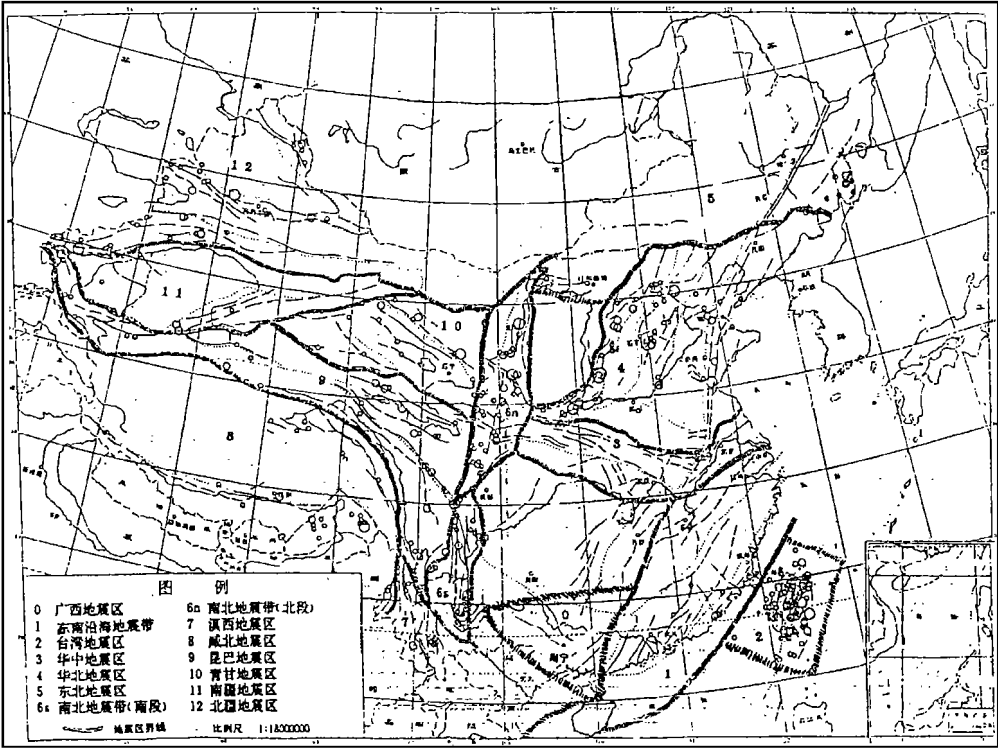


图 1 广西及我国主要地震区(带)

Fig. 1 The Guangxi seismic zone and the master seismic zones (belts) of China.

3 地震活动的灰关联分析方法

根据谭承业的研究^[6],地震可以看作一个系统,它具有灰色系统的特征.当把我国范围内的地震作为一个系统时,则各地震区(带)就成为其子系统.研究某一子系统与其它子系统之间地震活动的关联性,采用灰色关联分析方法是合适的.灰关联分析的基本思想是通过各比较序列与参考序列几何相似的程度来判断其关联性大小,是系统动态过程的发展态势的量化比较分析.其主要计算步骤是先计算关联系数再计算关联度^[7].

3.1 计算关联系数

关联系数是时间的函数.根据 1970~ 1996 年 6 月的地震目录资料,取 $M \geq 2.0$ 地震(考虑到广西地震数量较少,所以取低一级地震),以 6 个月为单位划分得到 53 个时段,按(1)式计

算得到广西地震活动水平 A 值时间序列,将其设为参考序列 $\{A_0(t)\}$;同理,取 $M_L \geq 3.0$ 地震,计算出各地震区(带)的地震活动水平 A 值时间序列,设为比较序列 $\{A_j(t)\} (t = 1, 2, \dots, 53, \text{分别为 } 1970 \sim 1996 \text{ 年 } 6 \text{ 月间以 } 6 \text{ 个月为单位划分的各个时段}; j = 1, 2, \dots, 12, \text{分别对应于本文中的我国各主要地震区(带)})$.

根据关联系数的定义,在某一时段 t ,比较序列 $\{A_j(t)\}$ 与参序列 $\{A_0(t)\}$ 之间的关联系数 $S_{oj}(t)$ 为

$$S_{oj}(t) = \frac{\Delta_{\min} + d\Delta_{\max}}{\Delta_{oj}(t) + d\Delta_{\max}} \tag{2}$$

式中 $\Delta_{oj}(t)$ —— t 时段两序列的绝对差,即

$$\Delta_{oj}(t) = |A_0(t) - A_j(t)|;$$

$\Delta_{\min}, \Delta_{\max}$ ——分别为各个时段的绝对差中的最小值和最大值,即

$$\Delta_{\min} = \min_j \min_t |A_0(t) - A_j(t)|,$$

$$\Delta_{\max} = \max_j \max_t |A_0(t) - A_j(t)|;$$

d ——分辨系数,其作用是提高关联系数之间差异的显著性, $d \in (0, 1)$, 本文取 $d = 0.5$.

3.2 计算关联度

由于用关联系数来比较两序列的关联程度,其信息过于分散,所以用计算出的两序列各个时段的关联系数之平均值即关联度来表示,它反映了发展变化全过程的关联程度

$$r_{oj} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T S_{oj}(t) \tag{3}$$

式中: r_{oj} ——比较序列 j 与参考序列 o 的关联度; T ——序列的长度,即序列所有时段数(本文 $T = 53$); $S_{oj}(t)$ ——序列 j 与 o 在某一时段 t 的关联系数.

由此得到广西地震活动与各地震区(带)地震活动的关联度,通过关联度排序,即可得到与广西地震活动关联程度最大的地震区(带).

4 计算结果

本文原始资料选用国家地震局分析预报中心提供的仪器记录地震目录,以广西有地震仪器记录以来的 1970~ 1996 年 6 月为研究时间范围,6 个月为单位划出 53 个时间段,根据 (1) 式计算出广西及其它地震区(带)的地震活动水平 A 值时间序列 $\{A_j(t)\} (t = 1, 2, \dots, 53, j = 0, 1, 2, \dots, 12)$, 计算结果示于图 2(计算东南沿海地震带时,已除去广西地区的地震; $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{12}$ 分别代表广西地震区、东南沿海地震带、台湾地震区、华中地震区、华北地震区、东北地震区、南北地震带南段、南北地震带北段、滇西地震区、藏北地震区、昆巴地震区、青甘地震区、南疆地震区、北疆地震区的地震活动水平值).

根据 (2) 式计算出广西与各地震区(带)地震活动水平 A 值时间序列的关联系数,结果示于图 3(整个计算 $\Delta_{\min} = 0, \Delta_{\max} = 8.762; S_{o1}, S_{o2}, \dots, S_{o12}$ 分别代表广西地区地震活动与东南沿海地震带等各地震区(带)的地震活动的关联系数).

最后再根据 (3) 式计算得到广西地震活动与各地震区(带)地震活动的关联度,结果由表 1 给出.

由表 1 可以看出,广西地区地震活动与东南沿海地震带地震活动之间的关联程度最大 ($r_{o1} = 0.86$).

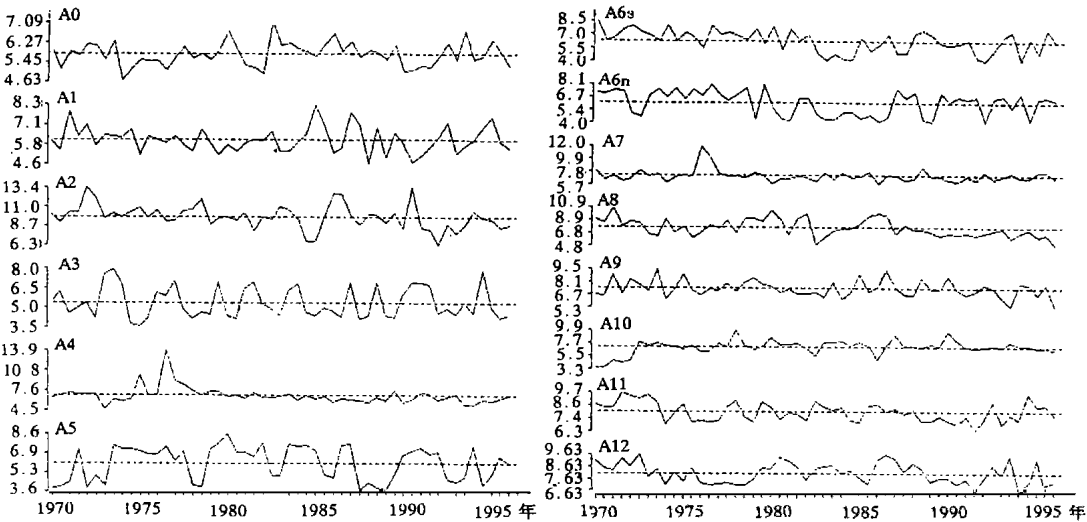


图 2 广西及我国主要地震区(带)地震活动水平 A 值随时间变化曲线

Fig. 2 The changes of the seismic level A values in Guangxi and in the master seismic zones (belts) of China with time.

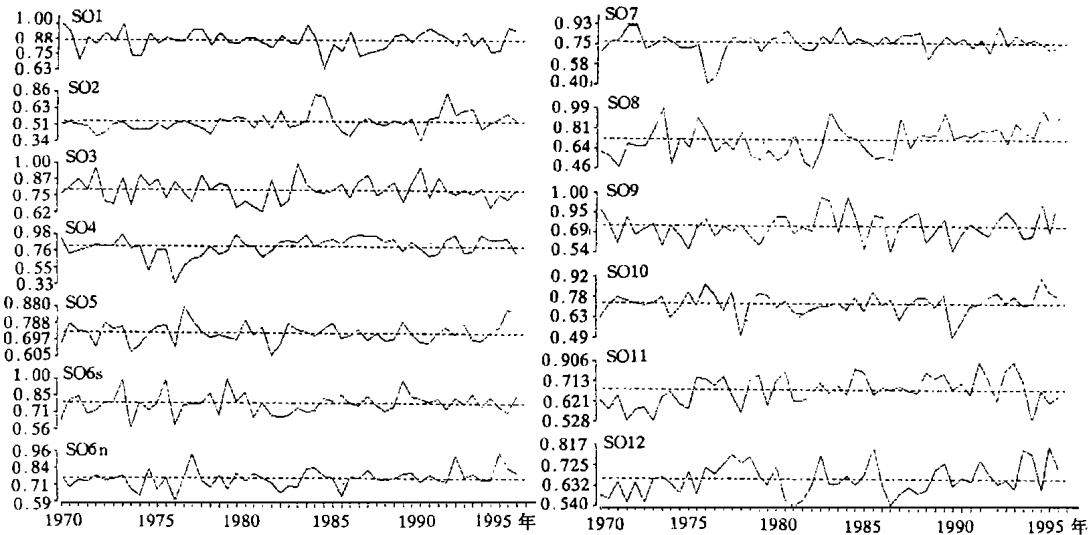


图 3 广西地震活动与我国主要地震区(带)地震活动的关联系数随时间变化曲线

Fig. 3 The variation curves of the seismicity association coefficients in Guangxi and in the master seismic zones (belts) of China with time.

5 广西地震活动与东南沿海地震带地震活动相关性的进一步讨论

广西本属东南沿海地震带,因此通过计算得出两区(带)之间地震活动关联程度最大的结果是可以理解的.由于具有完整仪器记录的地震资料的时间较短(1970~1996年),所以下面再结合1900年以来两区(带)的历史记载地震资料和仪器记录地震资料,对其相关性作进一步探讨.

5.1 地震幕的同步相关性

本世纪以来,东南沿海地震带发生 $M \geq 6.0$ 地震 10次(不计余震,且除去广西地区的地震),广西地区发生 $M \geq 5.0$ 地震 22次.根据地震幕活动特征,划分为 4幕相对活跃期和相对平静期(表 2),地震 $M-t$ 图见图 4.由图 4可以看出,本世纪以来广西地震的相对活跃期与东南沿海地震带的地震相对活跃期有较好的同步相关性.由表 2也可看出,相对活跃期和相对平静期的差异是显著的,主要表现在强震次数和最大震级两项上.

5.2 中强地震活动互相呼应的相关性

由于广西与东南沿海地震带地震活动的相对活跃期同步相关,所以不难理解两区之间中强地震发生的互相呼应关系.由表 3给出的具体对应关系可以得知:

(1) 广西地区发生 9次 $M \geq 5.4$ 地震中有 7次对应东南沿海地震带发生的 $M \geq 5.0$ 地震,对应率为 78% (仅有一次对应 $M \geq 5.0$ 地震,其余 6次均对应 $M \geq 5.4$ 地震).

表 1 广西地震活动与各地震区(带)地震活动的关联度

地震区(带)	关联度 r_{ij}
1 东南沿海地震带	0.86
2 台湾地震带	0.54
3 华中地震区	0.79
4 华北地震区	0.81
5 东北地震区	0.73
6 _s 南北地震带南段	0.78
6 _n 南北地震带北段	0.76
7 滇西地震区	0.77
8 藏北地震区	0.71
9 昆巴地震区	0.74
10 青甘地震区	0.72
11 南疆地震区	0.67
12 北疆地震区	0.66

表 2 本世纪东南沿海地震带和广西地区的 4 个地震幕

活跃期	平静期	$\Delta F(\text{年})$	强震数		最大震级 (M_L)	
			东南沿海	广西	东南沿海	广西
1905-1921		16	8	1	7.4	5.6
	1922-1928	7	2	0	5.6	5.2
1929-1941		13	8	1	6.9	6.9
	1942-1957	16	0	0	5.2	5.2
1958-1969		12	6	3	6.6	6.0
	1970-1985	16	1	1	5.4	5.4
1986-(1997)			(5)	(3)	(7.4)	(6.4)

注: 括号内的年限为文献 [8]推测的时间,强震数和最大震级指迄今已发生地震的个数及最大震级.

(2) 东南沿海地震带发生 $M \geq 5.4$ 地震 30次,对应广西地区发生 $M \geq 4.1$ 地震 23次,对应率为 77%.在这 23次对应地震中,发震时间超前于东南沿海地震带的有 14次,占 61%,滞后于东南沿海地震带的有 9次,占 39%.

6 结论

本文应用 1970~ 1996年 6月完整的中国地震台网记录资料,在计算出地震活动水平 A 值后,通过灰关联分析方法研究了广西地震活动与我国主要地震区(带)地震活动的相关性.结果表明,广西地震活动与东南沿海地震带地震活动关联程度最大($r_{01}= 0.86$).在此基础上,利用 1900年以来两区(带)的历史记载地震资料和仪器记录地震资料,进一步探讨了广西与东南

表 3 东南沿海地震带发生中强地震前后 1 年左右广西发生 $M_L \geq 4.1$ 地震的相关情况

东南沿海地震带			广西地区		
发震时间	地点	震级 (M_L)	发震时间	地点	震级 (M_L)
1905-03-28	澳门	5.4	1905-07-01	乐业	4.1
1906-03-28	金门海外	6.5			
1906-03-29	厦门	5.6			
1907-10-15	福建泉州	5.4			
1911-05-15	广东海丰	6.3	1911-02-05	贵港	5.6
1913-09-26	海南琼山	5.4	1913-08-16	来宾	4.1
1918-02-13	广东南澳	7.3	1918-02-12	贺县	4.5
1921-03-19	广东南澳	6.9	1921-11-09	河池	5.0
1925-01-27	广东和平	5.4	1925-05-15	平果	5.2
1926-02-12	江西石城	5.6	1926-11-24	河池	5.2
1929-10-24	东沙东北	6.7	1930-06-15	平果	5.2
1931-08-12	原湖	5.4	1931-06-20	巴马	4.9
1931-09-21	海南琼东	6.9	1931-08-15	河池	4.1
1934-05-21	福建安溪	5.9	1934-12-20	巴马	5.2
1936-04-23	广东中山	5.4	1936-04-01	灵山	6.9
1937-06-23	福建莆田	5.4	1938-03-15	玉林	4.5
1940-03-02	福建永安	5.6	1939-09-05	平果	4.5
1941-09-21	江西寻乌	6.0	1941-05-15	巴马	4.5
			1958-09-25	灵山	6.0
			1970-11-10	宜山	5.4
1962-03-19	广东河源	6.4	1962-03-20	田林	5.4
1962-07-29	广东河源	5.5			
1964-09-23	广东河源	5.7			
			1966-10-03	那坡	4.9
1968-04-01	福建华安	5.6	1967-07-15	凌云	4.5
1969-07-26	广东阳江	6.6			
1969-12-17	海南琼海	5.4			
1977-09-15	广东	5.0	1977-10-19	平果	5.4
1982-02-25	江西龙南	5.4	1983-12-05	乐业	5.0
1986-01-28	广东阳江	5.4			
1987-08-02	江西	5.8	1988-11-10	北部湾	5.4
1992-09-14	东沙东北	6.2	1993-02-10	大化	4.9
1994-09-16	台湾海峡	7.4	1994-12-31	北部湾	6.4
1995-02-25	福建金门	5.6	1995-01-10	北部湾	6.4
1995-06-05	海南东方	5.2	1995-07-25	那坡	4.7

沿海地震带地震活动的相关性.发现本世纪以来广西地震活动与东南沿海地震带地震活动同步起伏,广西有近 80%的中强地震与东南沿海地震带发生的强震相对应,而东南沿海地震带也有近 80%的中强地震与广西发生的 $M_L \geq 4.1$ 地震相对应.

参考文献

1 余永毓.中国板内浅源地震与板缘地震的相关分析.西北地震学报,1983,5(1): 123~127.

2 .我国及邻区板内地震与板缘地震的关系.地震地质,1979,1(3): 12~ 23.

3 ,曹学锋.地震活动性的量化问题.地震,1983,(6): 13~ 16,22

4 .中国地震烈度区划图(1990).北京:地震出版社,1990.

5 .中国大地构造概要.北京:地震出版社,1977. 106~ 109.

6 ,阮圣娜,杨桂芬.地震灰色模型的建立及讨论.地震研究,1986,9(6): 685~ 692.

7 ,郭萍编著.灰色理论与方法.北京:石油工业出版社,1992. 25~ 26

8 ,吴德珍,王正尚,罗振暖.华南近海地震形势初步分析.华南地震,1994,14(2): 1~ 10.

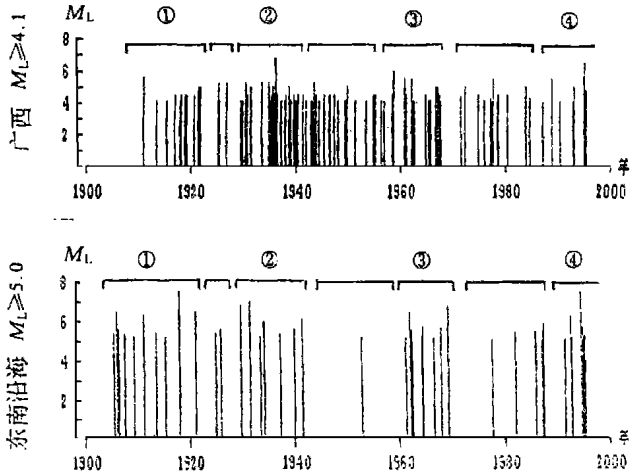


图 4 本世纪以来广西及东南沿海地震带地震活动

$M-t$ 图

Fig. 4 The $M-t$ map of seismicity in Guangxi and in southeast coastal seismic belt since 1900.

THE CORRELATIVE ANALYSIS OF SEISMIC ACTIVITY IN GUANGXI AND IN THE MASTER SEISMIC ZONES (BELTS) OF CHINA

YANG Shisheng

(Seismological Bureau of Guangxi, Nanning 530022)

Abstract

In this paper, the correlativity of seismic activity in Guangxi with those in the master seismic zones (belts) of China has been studied by using correlative analysis method of grey system theory. The results show that the degree of association of seismic activity is the largest between the Guangxi seismic zone and the southeast coastal seismic belt ($r= 0.86$). Based on the results, the correlativity of seismic activity in the Guangxi seismic zone with that in the southeast coastal seismic belt has been discussed further. It is found out that the change of seismic activity has been synchronous in the Guangxi seismic zone and in the southeast coastal seismic belt since 1900, and that the correspondence relation of moderately strong earthquakes in the zone with those in the belt is very obvious.

Key words Seismic belt, Seismic activity, Grey associative degree