

中国台湾地区与大陆西北地区地震活动对应性探讨

杜娟¹, 陆小华²

(1. 青海省地震局, 青海 西宁 810001; 2. 北京农业职业学院, 北京 100085)

摘要:中国台湾地区和大陆西北地区都是破坏性地震活动发生较为频繁的地区。应用数理统计的方法对这两个地区100年来破坏性地震活动的对应关系进行探讨,当台湾地区发生6级以上地震活动后两年内,大陆西北也发生6级以上地震的概率为95.08%;两地7级以上地震活动时间间隔的置信度为90%的区间估计都为2~4年;通过对两地7级以上地震活动时间间隔的相关性分析,可以看出无显著性差异。

关键词:台湾地区;中国西北地区;地震活动;相关关系

中图分类号: P315.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2011)02-0182-04

Discussion on the Corresponding Relationship of Seismicity between Taiwan and Northwestern Regions in China

DU Juan¹, LU Xiao-hua²

(1. Earthquake Administration of Qinghai Province, Xining 810001, China;
2. Beijing Agricultural Professional College, Beijing 100085, China)

Abstract: Strong earthquakes often occurred in Taiwan and northwestern regions in China. The corresponding and symmetry relation of the seismicity in recent 100 years between two regions is discussed using mathematical statistics method. The results show that the probability of $M_s \geq 6.0$ earthquakes in the northwestern region is 95.08% in two years after $M_s \geq 6.0$ earthquakes in Taiwan region. The time interval among $M_s \geq 7.0$ earthquakes with 90% confidence degree were 2~4 years for both regions. There is no obvious difference in distribution of time interval of $M_s \geq 7.0$ earthquakes for two regions by analyzing corresponding relationship between seismicity of two regions.

Key words: Taiwan region; Northwestern region of China; Seismicity; Corresponding relation

0 引言

中国的台湾地区和大陆的西北地区(包括新疆、西藏、青海、甘肃、宁夏等省)都是地震活动较为强烈的地区。我国地震工作者在长期的地震监测预报实践中发现,发生在台湾的强烈地震和发生在中国大陆西北强烈地震之间似乎存在着某种程度的对应关系,往往是在台湾发生了一个破坏性地震后不久,相应地在中国大陆的西北也会发生破坏性的地震。很多学者从地震大形势、地球动力学和地质构造等方面探讨了大陆西北和台湾地震活动的成因及特

征^[1-10],本文主要应用数理统计的方法进行分析^[12],探讨这两个地区在地震活动性方面的对应关系。

1 台湾地区和西北地区6级以上地震活动的对应情况

1.1 台湾地区和大陆西北地区6级以上地震活动的对应关系

采用1900年到1999年台湾和大陆西北6级以上的地震为样本,计算当台湾发生6级以上地震后的两年内在西北也发生6级以上地震的概率。

方法:从1900—1999年100年间,以年为单位进行统计,若当年台湾发生6级以上地震,就记为“1”,没发生6级以上地震就记为“0”;在台湾发生6级以上地震后的2年内,相应的西北发生6级以上地震,记为“1”,没发生6级以上地震就记为“0”。

统计时间截止到1994年,因为1994年到1997年之间台湾无6级以上地震发生,而1998年和1999年台湾有6级以上地震发生,但相应西北没有6级以上地震发生;并且1998年和1999年以后2年已超出样本统计时间,故减去1998和1999年2个年份。

所以,台湾发生6级以上地震的年份统计由1900年至1997年,其间共有61个年份发生6级以上地震。其后的两年内在西北也发生6级以上地震的年份为58个。记 $n_1 = 61, n_2 = 58$ 。由样本计算1900—1997年台湾发生6级以上地震后,两年内西北也发生6级以上地震的概率估计为

$$p\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = \frac{58}{61} \approx 0.9508 = 95.08\%$$

1.2 大陆西北地区 and 台湾地区6级以上地震的对应关系

采用1900年到1999年100年间台湾和西北6级以上地震为样本,计算当西北发生6级以上地震后,两年内在台湾也发生6级以上地震的概率,方法同上。

经统计,100年间西北共有73个年份发生6级以上地震,两年内相应地在台湾也发生6级以上地震的年份为57个。记 $m_1 = 57, m_2 = 73$,由样本计算1900—1999年西北地区发生6级以上地震后,两年内相应地在台湾地区也发生6级以上地震的概率估计为

$$p\left(\frac{m_1}{m_2}\right) = \frac{57}{73} \approx 0.7808 = 78.08\%$$

虽然两个地区6级以上地震发生的频度都很高,但从统计角度看,在台湾发生6级以上地震后,两年内西北发生6级以上地震的概率约为95.08%,可以利用台湾6级以上地震的发生作为西北地区两年内也可能发生6级以上地震的预警。

2 中国西北地区和台湾地区7级以上地震活动相关性分析

2.1 台湾地区和大陆西北地区7级以上地震间隔分析

从1900年到1999年的100年时间段内,台湾

共发生7级以上地震38个,剔除余震,共有7级以上地震活动33个;大陆西北5省(区)共发生7级以上地震32个,剔除余震后,共发生7级以上地震31个(表1)。

表1 台湾地区和大陆西北地区7级地震间隔时间对比

台湾地区				大陆西部地区			
时间	震级/M	间隔/年	间隔/月/月	时间	震级/M	间隔/年	间隔/月/月
1908-01-07	7.3			1902-08-22	8.0		
1909-04-15	7.2	1	15	1906-12-23	8.0	4	52
1909-11-21	7.3	0	7	1914-08-05	7.0	8	92
1910-04-12	7.7	1	5	1915-12-03	7.0	1	16
1910-06-17	7.0	0	2	1920-12-16	8.5	5	60
1915-01-06	7.2	5	55	1920-12-25	7.0	0	4
1917-07-04	7.0	2	30	1924-07-03	7.2	4	43
1920-06-05	8.0	3	35	1927-05-23	8.0	3	34
1922-09-02	7.5	2	27	1931-08-11	8.0	4	51
1925-04-17	7.0	3	31	1932-12-25	7.5	1	16
1930-08-21	7.0	5	64	1934-12-15	7.0	2	24
1935-04-21	7.0	5	56	1937-01-07	7.5	2	25
1935-09-04	7.2	0	5	1944-03-10	7.2	7	86
1936-08-22	7.2	1	11	1944-09-28	7.0	0	6
1937-12-08	7.0	1	16	1947-03-17	7.7	3	30
1938-09-07	7.0	1	9	1947-07-29	7.7	0	4
1938-12-07	7.0	0	3	1949-02-24	7.2	2	19
1941-12-17	7.0	3	36	1950-08-15	8.5	1	18
1943-11-24	7.0	2	23	1951-11-18	8.0	1	15
1947-09-27	7.5	4	46	1952-08-18	7.5	1	9
1951-10-22	7.3	4	49	1954-02-11	7.2	2	18
1951-11-25	7.5	0	1	1954-07-31	7.0	0	5
1951-11-25	7.2	0	0	1955-04-15	7.0	1	9
1957-02-24	7.2	6	75	1963-04-19	7.0	8	96
1959-04-27	7.5	2	26	1973-07-14	7.3	10	123
1959-08-15	7.0	0	4	1974-07-05	7.1	1	12
1063-02-13	7.0	4	42	1974-08-11	7.3	0	1
1964-01-18	7.0	1	11	1985-08-23	7.3	11	132
1966-03-13	7.8	2	26	1990-04-26	7.0	5	56
1972-04-24	7.3	6	73	1996-11-19	7.1	6	79
1975-03-23	7.0	3	35	1997-11-08	7.5	1	12
1990-12-14	7.1	18	224				
1999-09-21	7.6	9	105				

台湾样本容量 $n = 32$,平均值为 $\bar{x} = 35.84 \approx 36$ (月), $s = 42.78 \approx 43$ (月),用 T 分布做发震时间间隔的区间估计。取 $\alpha = 0.10$,即置信度为90%,查表求得 $t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1) = t_{0.05}(31) = 1.6955$,代入区间估计计算公式

$$\left(\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1), \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1)\right)$$

得台湾地区7级以上地震活动的平均间隔时间(单位:月)为(23,49),化为年度约为2到4年。

同样,中国大陆西北地区取 $n = 30$,平均值为 $\bar{x} = 38.23 \approx 38$ (月), $s = 36.88 \approx 37$ (月);用 T 分布做

地震活动时间间隔的区间估计。取 $\alpha=0.10$, 即置信度为 90%, 查表求得 $t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1) = t_{0.05}(30) = 1.6973$, 代入区间估计公式计算得到平均间隔时间为 $(26.80, 49.66) \approx (27, 50)$, 即按年计算西北 90% 的 7 级以上地震活动的时间间隔也在 2 到 4 年之间。

2.2 台湾地区 and 西北地区 7 级以上地震活动相关性分析

从上述讨论中可以看到, 中国台湾和西北地区 7 级以上地震活动在时间间隔上具有相似性。为了分析台湾地区和西北地区 7 级以上地震活动之间的对应关系, 对 1900 年至 1999 年之间发生在台湾和西北 7 级以上地震活动的间隔时间做秩和检验, 以判断这两个地区之间 7 级以上地震活动在时间间隔

的分布方面有无显著性差异。

资料选取台湾和西北 5 省区 1900 年至 1999 年发生的 7 级以上地震的时间间隔, 剔除了同一次强震活动的短期强余震。

台湾地区(以年为单位), 数据如下: 1, 0, 1, 0, 5, 2, 3, 2, 3, 5, 5, 0, 1, 1, 1, 0, 3, 2, 4, 4, 0, 0, 6, 2, 0, 4, 1, 2, 6, 3, 18, 9。共 32 个数据。

西北地区(以年为单位), 数据如下: 4, 8, 1, 5, 0, 4, 3, 4, 1, 2, 2, 7, 0, 3, 0, 2, 1, 1, 1, 2, 0, 1, 8, 10, 1, 0, 11, 5, 6, 1。共 30 个数据。

以年为单位做秩和检验。将台湾和西北地区 7 级以上地震发生的时间间隔数据按从小到大的排列如表 2(其中西北地区数据用斜体表示)。

表 2 台湾和西北地区 7 级以上地震活动的间隔时间做秩和检验的结果

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
数据	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
序号	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
数据	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
序号	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
数据	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5
序号	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62		
数据	5	5	5	5	6	6	6	7	8	8	9	10	11	18		

计算各数据秩的平均值:

$$r(0) = (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12) / 12 = 6.5$$

$$r(1) = (13 + 14 + 15 + 16 + 17 + 18 + 19 + 20 + 21 + 22 + 23 + 24 + 25 + 26) / 14 = 19.5$$

$$r(2) = (27 + 28 + 29 + 30 + 31 + 32 + 33 + 34 + 35) / 9 = 31$$

$$r(3) = (36 + 37 + 38 + 39 + 40 + 41) / 6 = 38.5$$

$$r(4) = (42 + 43 + 44 + 45 + 46 + 47) / 6 = 44.5$$

$$r(5) = (48 + 49 + 50 + 51 + 52) / 5 = 50$$

$$r(6) = (53 + 54 + 55) / 3 = 54$$

$$r(7) = 56$$

$$r(8) = (57 + 58) / 2 = 57.5$$

$$r(9) = 59 \quad r(10) = 60 \quad r(11) = 61 \quad (r(18) = 62)$$

$$n_1 = n_{台} = 32, \quad n_2 = n_{西} = 30$$

$$T_{西} = 6.5 \times 5 + 19.5 \times 8 + 31 \times 4 + 38.5 \times 2 + 44.5 \times 3 + 50 \times 2 + 54 \times 1 + 56 \times 1 + 57.5 \times 2 + 59 \times 0 + 60 \times 1 + 62 \times 0 = 969$$

$$n_1(n_1 + n_2 + 1) / 2 = 32(32 + 30 + 1) / 2 = 1008$$

$$\sqrt{n_1 n_2 (n_1 n_2 + 1) / 12} = \sqrt{32 \times 30 (32 \times 30 + 1) / 12} \approx 277.27$$

$$u = \frac{969 - 1008}{277.27} \approx -0.1407$$

$$\text{由于 } |u| = 0.1407 < 1.96 = u_{0.975} = u_{1-\frac{\alpha}{2}}, (\alpha = 0.05)$$

3 结论和讨论

中国大陆西北地区及台湾地区都是我国地震频

发地区。本文仅用数理统计的方法对这两个地区近 100 年来的破坏性地震活动的对应关系进行了探讨, 结论如下:

(1) 当台湾发生6级以上地震活动后2年内,大陆西北地区也发生6级以上地震的概率为95.08%;西北地区和台湾地区7级以上地震活动时间间隔的置信度为90%的区间估计都为2到4年。

(2) 通过对大陆西北地区 and 台湾7级以上地震活动时间间隔的相关性分析,并以年为单位做的秩和检验可以看出,西北和台湾7级以上地震活动在时间间隔的分布方面无显著性差异。

(3) 由于大陆西北地区 and 台湾所处的地质环境不同,其地震成因存在差异;两地6级以上地震发生的自然概率与数理统计概率也有差异,今后应结合地质构造、地震成因及地震的自然概率,对两地的破坏性地震的对应关系做进一步研究。

[参考文献]

- [1] 李海华,冯学才.南北地震带北段地震大形势的初步分析[J].西北地震学报,1985,6(增刊):49-60.
- [2] 郭大庆,郭建康,肖丽珠.我国西北地区地震大形势研究[J].西北地震学报,1993,14(增刊):5-13.
- [3] 石特临,郭大庆,郭永铎,等.青藏高原北部地区强震活动特征与地震大形势[J].西北地震学报,1989,11(4):46-54.
- [4] 刁守中.由台湾海峡7.3级地震分析中国地震大形势[J].高原地震,1995,7(2):31-35.
- [5] 杨立明,肖丽珠,张小美,等.青藏高原北部地区强震活动形势与中国大陆地区地震活动的关系研究[J].西北地震学报,2001,23(3):243-249.
- [6] 陈立德,罗平,蔡静观,等.中国大陆大震形势研究[J].地震研究,1995,18(4):331-340.
- [7] 夏玉胜,胡爱真,唐艳红.构造机理与地震大形势分析[J].高原地震,1997,9(4):1-8.
- [8] 郑剑东.青藏高原西北缘地球动力学初探[J].地震地质,1996,18(2):119-127.
- [9] 陈俊勇,王泽民,庞尚益,等.论珠穆朗玛峰地区地壳运动[J].中国科学(D辑),2001,31(4):265-271.
- [10] 李小明.地质作用的驱动力和大地构造学[J].世界地质,2002,21(3):209-217.
- [11] 白超英.从板块碰撞看新疆活动的迁移[J].西北地震学报,1992,14(3):90-93.
- [12] 吴翊,李永乐,胡庆军.应用数理统计[M].北京:国防科技大学出版社,1995:10-60.