

龚薇, 方传极, 梁凯, 等. 显著地震地方平太阴时在台湾强震中应用研究[J]. 华南地震, 2020, 40(1): 35-39. [GONG Wei, FANG Chuanji, LIANG Kai, et al. Application Study on Local Mean Lunar Times of Remarkable Earthquake in Taiwan Strong Earthquakes [J]. South China journal of seismology, 2020, 40(1): 35-39]

显著地震地方平太阴时在台湾强震中应用研究

龚薇, 方传极, 梁凯, 陈传昌

(福建省地震局南平地震台, 福建 南平 35010)

摘要: 根据显著地震地方平太阴时分布预报地震的思路, 对台湾地区 1971 年以来 14 组 M_s 7 级以上地震前显著地震特征进行了回顾性研究。研究结果显示, 台湾地区 14 组 M_s 7 级以上地震中, 9 组地震前存在两个以上显著地震, 约占总地震数 64%。9 组存在两个显著地震中, 只有 1 组地震前显著地震地方平太阴时夹角 $\Delta\tau \geq 45^\circ$, 其余 8 组地震前显著地震地方平太阴时夹角 $\Delta\tau \leq 45^\circ$, 且主震都发生在其满足条件的显著地震后 29 天内。结果表明, 地方平太阴时夹角 $\Delta\tau \leq 45^\circ$ 可应用于台湾强震前的短临预测。

关键词: 地方平太阴时; 显著地震; 地震预测; 台湾地区

中图分类号: P315.73 文献标志码: A 文章编号: 1001-8662(2020)01-0035-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2020.01.005

Application Study on Local Mean Lunar Times of Remarkable Earthquake in Taiwan Strong Earthquakes

GONG Wei, FANG Chuanji, LIANG Kai, CHEN Chuanchang

(Nanping Seismic Station, Fujian Earthquake Agency, Nanping 353000, China)

Abstract: According on the idea of predicting earthquakes by local mean lunar times of remarkable earthquake, the characteristics of 14 groups earthquakes with $M_s \geq 7.0$ in Taiwan area since 1971 was studied retrospectively. The results showed that among 14 groups earthquakes with $M_s \geq 7$, 5 groups did not have more than two remarkable earthquakes before the strong earthquake, and 9 groups had more than two remarkable earthquakes before the strong earthquake, about 64% of the total earthquakes. Among the 9 groups, the local mean lunar times angle of remarkable earthquake before the earthquake was greater than 45° in only 1 group, and the local mean lunar times angle were less than 45° in other 8 groups. Meanwhile, the main earthquakes occurred within 29 days after the remarkable earthquakes. The results show that the angle of local mean lunar times less than 45° can be applied to the short-impending prediction before strong earthquake in Taiwan area.

Keywords: Local mean lunar times; Remarkable earthquake; Earthquake prediction; Taiwan area

收稿日期: 2019-10-31

作者简介: 龚薇(1986-), 女, 工程师, 主要从事地形变观测与分析预报工作。

E-mail: 565624493@qq.com.

0 引言

大地震的孕育和发生是震源区及其附近地壳应变能的积累和快速释放过程。当地震孕育到后期,震源区及其附近应变能高度积累,此阶段震源区及其附近处于极不稳定的临界状态。临界状态的一个重要特点是触发因素将起重要作用。固体潮的引潮力是一种重要的触发因素。

许多学者曾对该问题从不同角度进行了研究,得到了不同的结论。张国民等探讨了中国大陆 $M_s \geq 7.0$ 地震的成组活动和引潮力的调制触发关系,认为我国大陆活跃期内 7 级强震明显受潮汐力的调制触发,并且还探讨了潮汐力对强震活动触发作用的力学机制^[1];吴小平等选择了云南地区 4 级以上地震,根据主应力方向的潮汐力与发震时刻天体位置特征,研究了潮汐力触发机制,结果认为云南地区的地震在新月期间和上下弦附近较易受到潮汐应力的触发^[2];张晶等分析了引潮力水平分量动态变化与强震发震时间之间的关系,结果显示在一定时空范围内前震、主震及余震序列发震时刻的引潮力存在优势方向^[3];Heaton 研究了地震活动受引潮力的触发作用,发现对倾滑型地震或斜滑型大地震,潮汐应力有明显的触发作用^[4]。

1996 年以来陈荣华等提出了利用大地震前震源区附近先后发生的几次显著地震地方平太阴时夹角较小和引潮力方位夹角较小的这种分布特点,作为地震短临预报的一种前兆现象的可能性,并利用这一现象结合其他前兆成功进行了几次地震短临预报^[5-8]。如果某一地区发生的几个显著地震都易被引潮力触发,则反过来说明这一地区的应变能可能已积累到临界状态,大地震可能很快会发生。显著地震指的是在震源区及其附近不经常发生的,其震级比正常活动水平明显高的地震。在震源区及其附近在十几天至一百多天的时间里发生的显著地震序列,存在相邻显著地震具有时间间隔缩短,震级上升或基本不降低和地方平太阴时夹角这三个特点,则该地区在未来几天至几十天时间内可能会发生大震。

本文参照陈荣华的研究思路,对台湾地区 7 级地震之前的显著地震地方平太阴时分布的关系进行分析讨论。

1 显著地震地方平太阴时的定义和计算方法

地球的固体潮是由月亮和太阳的共同作用下引起的,固体潮汐波的周期变化及其复杂,有半

日、周日、1 月、半年、1 年、8.85 年和 18.6 年的多种周期变化。月亮半日,周日的固体潮最大,约是太阳的 2.17 倍。震中的地方平太阴时主要考虑月亮半日波和周日波。

地震发生时震中的地方平太阴时 τ 计算公式^[9]为:

$$\tau = (t-8) \times 15 + \lambda + h - s \quad (1)$$

式(1)中 t 为地震发生时的北京时间; λ 为震中的地理经度; h 为太阳平黄经; s 为月亮平黄经; τ 以角度表示,月亮下中天时, $\tau=0^\circ$ 。

根据固体潮理论,由于地球的自转,月亮在地球内任一点形成的起潮力是一个主要周期为 12 小时 25 分钟左右的周期性函数,也就是说,月亮在地方平太阴时相隔 180° 的二个位置上,对地球内任一点的起潮力基本上相同的。因此,相邻显著地震的地方平太阴时夹角 $\Delta\tau$ 为^[9]:

$$(1) \Delta\tau = |\tau_2 - \tau_1| \quad (0^\circ \leq |\tau_2 - \tau_1| \leq 90^\circ)$$

$$(2) \Delta\tau = 180^\circ - |\tau_2 - \tau_1| \quad (90^\circ \leq |\tau_2 - \tau_1| \leq 180^\circ)$$

$$(3) \Delta\tau = |\tau_2 - \tau_1| - 180^\circ \quad (180^\circ < |\tau_2 - \tau_1| \leq 270^\circ)$$

$$(4) \Delta\tau = 360^\circ - |\tau_2 - \tau_1| \quad (270^\circ < |\tau_2 - \tau_1| \leq 360^\circ)$$

上式中, τ_1 为相邻显著地震前一个地震的地方平太阴时, τ_2 为后一个地震的地方平太阴时。 $\Delta\tau$ 较小的实质是如果某地区的显著地震一再地容易被月亮引潮力的某方位附近触发,这里选用 $0^\circ \leq \Delta\tau \leq 45^\circ$ 为异常。地方平太阴时夹角 $\Delta\tau \leq 45^\circ$, 说明两次显著地震发生时月亮引潮力的方向基本一致,即显著地震的发生可能受月亮引潮力方向触发,由此说明震源可能已处于应力临界状态,该处即将发生较大地震。

2 资料选取与显著地震的确定

台湾地区地处亚欧板块与菲律宾板块挤压碰撞的前沿地带,区域动力背景复杂,该区域地震活动具有频次高,强度大的特点。根据《中国强震目录》,台湾地区 1900 年以来发生 52 次 7 级以上地震,其中 87% 的 7 级地震复发间隔小于 4 年,6 级以上地震平均每年 3 次,5 级以上地震平均每年多达 10 次,其地震活跃的强烈程度可见一斑。由于福建地震台网 1971 年开始运行,对于台湾地区 M_L 4.0 级以上地震具有一定的定位能力,本文选取台湾地区 1971 年以来台湾地区发生 M_s 7 地震进行回顾性研究(图 1 和表 1),所研究台湾 M_s 7 级地震的震级以中国强震目录为准。1971 年以来台湾地区发生 16 次 M_s 7 级以上地震(双震型地震或

震群型地震视为一次地震), 故 16 次 M_s 7 级以上地震分成 14 组进行地方平太阴时研究。

对于显著地震的确定, 本文选取以震中为中

心, 同一构造带几十至 100 km 左右范围内震前发生的接近大震时间的两个显著地震的地方平太阴时分布。主震震级用 M_s 、显著地震震级用 M_L 表示。

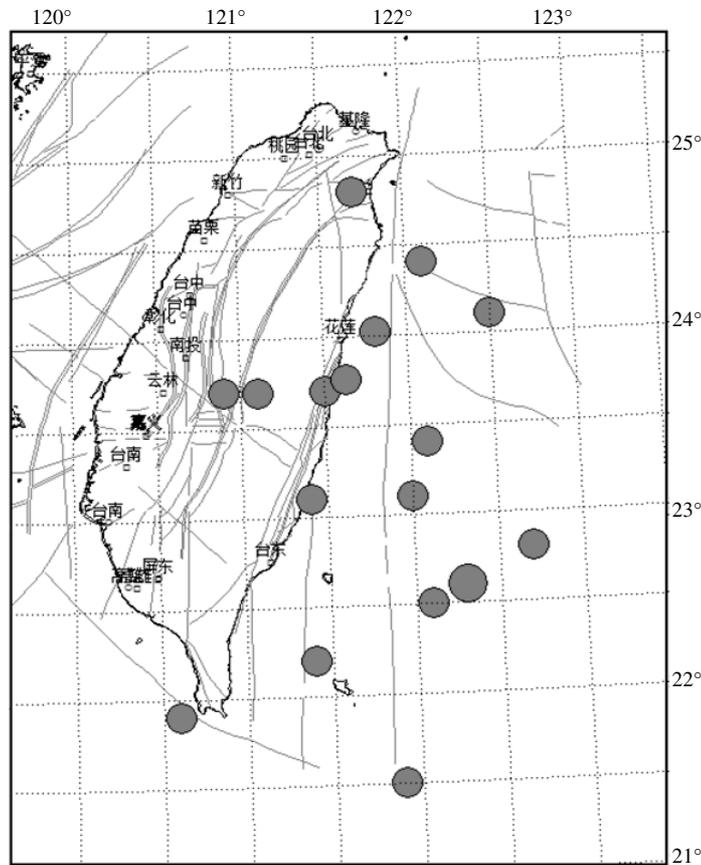


图 1 台湾地区 1971 年闽台地区震中分布图

Fig.1 Epicenter distribution of earthquakes in Taiwan

表 1 中国台湾地区 1971 年以来 $M_s \geq 7.0$ 地震目录

Table 1 Earthquake catalogue with $M_s \geq 7.0$ in Taiwan, China since 1971

序号	发震时间/(年-月-日 h:min)	经度/(°)	纬度/(°)	震级	地名
1	1972-01-04 11:16	22.50	122.70	7.2	台湾火烧岛
2	1972-01-25 10:06	23.20	121.80	8.0	台湾火烧岛
3	1972-01-25 11:41	23.00	122.20	7.6	台湾新港
4	1972-04-24 17:57	23.10	121.80	7.3	台湾凤林
5	1975-03-23 15:32	22.80	122.70	7.0	台湾火烧岛
6	1978-07-23 22:42	22.60	121.00	7.3	台湾兰屿
7	1978-12-23 19:23	23.50	122.10	7.0	台湾大港口
8	1986-11-15 05:20	24.10	121.70	7.3	台湾花莲
9	1990-12-14 03:50	23.83	121.53	7.0	台湾花莲
10	1994-05-24 12:00	23.97	122.27	7.0	台湾花莲
11	1994-06-05 09:09	24.48	121.42	7.0	台湾宜兰
12	1996-09-06 07:41	21.30	121.54	7.1	台湾兰屿
13	1999-09-21 01:47	23.56	120.49	7.5	台湾南投
14	1999-09-21 05:46	23.42	120.54	7.0	台湾花莲
15	2002-03-31 14:52	24.24	122.06	7.5	台湾花莲
16	2003-12-10 12:38	23.06	121.24	7.0	台湾台东
17	2006-12-26 20:26	21.54	120.36	7.2	台湾恒春

3 计算与分析

对 14 组强震前显著地震进行分析, 分析结果

见表 2、表 3。其中 τ 为地方平太阴时、 $\Delta\tau$ 为地方平太阴时夹角、 T 为计大震前一个显著地震距大震的时间间隔。

表 2 7 级地震及其震前显著地震地方平太阴时分布

Table 2 M_s 7.0 earthquakes and the local mean lunar times of the significant earthquake before the M_s 7.0 earthquakes

序号	发震时间/(年-月-日 h:min)	经度/(°)	纬度/(°)	震级	τ	$\Delta\tau$	T
1	1972-01-04 11:16	22.50	122.70	7.2		无显著地震	
	1972-01-04 20:15	22.60	121.60	4.3	86		
2	1972-01-14 01:38	22.70	121.70	4.0	54	32	
	1972-01-25 10:06	23.20	121.80	8.0	43	11	
	1972-01-25 11:41	23.20	121.80	7.6	67		
	1972-04-17 18:49	23.30	122.30	6.1	238		
3	1972-04-21 21:20	24.30	122.20	4.5	226	12	
	1972-04-24 17:57	23.10	121.80	7.3	140		
4	1975-03-23 15:32	22.80	122.70	7.0		无显著地震	
	1978-06-07 15:29	22.00	120.70	4.0	217		
5	1978-07-06 13:53	22.90	121.50	4.3	201	16	
	1978-07-23 22:42	22.60	121.00	7.3	121		
	1978-11-08 02:02	24.10	122.10	4.6	306		
6	1978-11-24 10:39	24.00	122.20	4.0	236	70	
	1978-12-23 19:23	23.50	122.10	7.0	6		
7	1986-11-15 05:20	24.10	121.70	7.3		仅一个显著地震	
	1990-12-13 11:00	23.88	121.65	6.0	216		
8	1990-12-14 01:28	23.87	121.67	4.3	66	30	
	1990-12-14 03:50	23.83	121.53	7.0	100		
	1994-05-23 13:36	24.18	122.05	5.8	51		
9	1994-05-23 23:17	24.05	122.05	6.0	191	40	
	1994-05-24 12:00	23.97	122.27	7.0	16		
	1994-05-24 12:00	23.97	122.27	7.0	16		
10	1994-05-24 13:48	23.92	122.30	5.6	42	26	
	1994-06-05 09:09	24.48	121.42	7.0	188		
11	1996-09-06 07:41	21.30	121.54	7.1		无显著地震	
	1999-09-04 20:54	22.87	121.12	4.0	28		
12	1999-09-04 22:01	23.12	121.05	4.2	54	26	
	1999-09-21 01:47	23.56	120.49	7.5	263		
	1999-09-21 05:46	23.42	120.54	7.0	321		
	2002-03-05 05:16	24.63	121.67	4.1	191		
13	2002-03-27 00:25	24.83	121.43	4.1	213	22	
	2002-03-31 14:52	24.24	122.06	7.5	14		
	2003-12-06 14:34	23.20	121.30	4.6	71		
14	2003-12-09 06:04	23.42	121.40	4.7	272		
	2003-12-10 12:38	23.06	121.24	7.0	355		
15	2006-12-26 20:26	21.54	120.36	7.2		无显著地震	

表 3 7 级地震地方平太阴时夹角分布统计

Table 3 Distribution statistics of the local mean lunar times of M_s 7.0 earthquakes

震级	$\Delta\tau \leq 45^\circ$ 地震个数	$\Delta\tau \geq 45^\circ$ 地震个数
7	8	1

由表 2、3 可以看出, 14 组 M_s 7 级地震中, 震前难以找出两个显著地震的有 5 组, 震前存在两个显著地震的有 9 组。在 9 组存在两个显著地震中, 有 8 组显著地震地方平夹角 $\Delta\tau \leq 45^\circ$, 只有 1 组显著地震地方平太阴时夹角 $\Delta\tau \geq 45^\circ$ 。在符合地方平太阴时夹角 $\Delta\tau \leq 45^\circ$ 8 组地震中, 主震都发生在其满足条件的显著地震后的 29 d 内。结果表明, 地方平太阴时夹角 $\Delta\tau < 45^\circ$ 可以用于台湾地区强震的短临预报。

4 结语

(1) 台湾地区 14 组 M_s 7 级地震中, 5 组在震前不存在两个显著地震, 9 组在震前存在两个显著地震, 约占总地震数 64%; 9 组存在显著地震中, 只有 1 组显著地震地方平太阴时, 而其余 8 组显著地震的地方平太阴时, 约占总地震数 57%。

(2) 在 8 组地方平太阴时夹角中, 主震都发生在其满足条件的显著地震后 1 个月内, 所以此方法对台湾地区的短临预测应该有一定对应效果。

参考文献:

- [1] 陈荣华, 张晶, 李志海. 固体潮应力对大地震前显著地震触发的两个例子[J]. 内陆地震, 2009, 23(4): 413-416.
- [2] 庄映辉, 周坤隆, 洪千盛. 水库渗流条件下探讨钻孔固体潮应变与降雨差异响应[J]. 华南地震, 2018, 38(S1): 57-63.
- [3] 张晶, 郗钦文, 杨林章, 等. 引潮力与潮汐应力对强震触发的研究[J]. 地球物理学报, 2007, 50(2): 448-454.
- [4] 高锡铭, 殷志山, 王威中, 等. 固体潮应力张量对地震的触发作用[J]. 地震学报, 1981, 3(3): 264-275.
- [5] 杜品仁. 潮汐与地震关系初探[J]. 地震科学研究, 1981(1): 14-20.
- [6] 陈荣华, 丁香. 大地震前震源区附近显著地震地方平太阴时分布特别及解释[J]. 地球物理学报, 1996, 39(增刊): 224-230.
- [7] 陈荣华. 显著地震地方平太阴时分布及其在伽师地震短临预报中的应用[J]. 地震, 1998, 18(2): 134-1.
- [8] 陈荣华. 引潮力对显著地震触发作用与大震关系及在雅江地震预报中的应用[J]. 地震, 2003, 23(1): 53-56.