

# 地震发生时间和地质构造有关的一个证据

## ——地震地方平太阴时与断层走向的关系\*

陈荣华 丁鉴海 丁香

(中国北京 100036 国家地震局分析预报中心)

**摘要** 研究地震发震时的地方平太阴时  $\tau$  和地震断层走向两者之间的关系. 共计算了 24 组 53 个地震的地方平太阴时  $\tau$ . 根据月亮在地球内任一点形成的起潮力是一个主要周期大约为 12 小时 25 分钟左右的周期性函数, 月亮在地方平太阴时相隔  $180^\circ$  的两个位置上, 对地球内任一点的起潮力基本上相同这一现象, 计算了原地重复发生的两个地震  $\tau_1 - \tau_2$  或  $\tau_1 - \tau_2 \pm 180^\circ$  的值  $\Delta\tau$ . 计算结果表明: ① 如果同一地点的前后地震断层走向一致, 则  $\Delta\tau$  一般较小; 如果断层走向不一致, 则  $\Delta\tau$  一般较大; ② 不同地区的地震, 即使断层走向相近, 其地方平太阴时  $\tau$  的分布也较分散, 且不表现出有在月亮上、下中天附近集中的倾向. 这些结果说明: 月亮固体潮对地震的触发作用和地震断层走向有关; 在研究月亮固体潮与地震的关系时, 不宜把不同地区的地震放在一起进行统计, 必须考虑不同震源区孕震环境的差异.

**主题词** 断层走向 固体潮 地震触发

## 引言

固体潮与地震的关系一直是地震学家们关心的问题, 对这一问题的研究已经发表了大量的文章. 在固体潮与地震关系的研究中, 越来越多的地震学家注意到必须考虑地质构造背景(杜品仁, 徐道一, 1989; 丁鉴海等, 1994; Klein, 1976; Heaton, 1982; Kilston, 1983; Palumbo *et al.*, 1986). 深入研究固体潮对地震的触发作用与地质构造的关系, 不仅对地震成因有着重大的理论意义, 而且对地震预报也有重要的实际意义. 在固体潮中, 月亮起着主要的作用. 本文研究地震发震时地方平太阴时和地震断层走向两者之间的关系.

## 1 方法与资料

地方平太阴时  $\tau$  为(李瑞浩, 1988; 郗钦文, 侯天航, 1986)

$$\tau = (t_1 - 8) \times 15^\circ + L + h - s \quad (1)$$

式(1)中  $\tau$  由月亮下中天起算, 以角度表示.  $t_1$  为北京时间,  $L$  为地震震中的地理经度,  $h$  为太阳平黄经,  $s$  为月亮平黄经.

$$s = 270.43416 + 481267.88314T - 0.00113T^2 + 0.000002T^3 \quad (2)$$

\* 1995-05-11 收到初稿, 1995-11-02 收到修改稿并决定采用.

$$h = 279.69668 + 36000.76892T + 0.00030T^2 \quad (3)$$

式(2)和式(3)中,  $T$  为自 1899 年 12 月 31 日世界时 0 时起算的儒略世纪数.  $T$  可从天文年历中查出, 或由式(4)计算

$$T = \frac{1}{36525} \left[ (Y - 1900) \times 365 + \frac{Y - 1901}{4} \text{的整数部分} + d + 0.5 + \frac{t_1 - 8}{24} \right] \quad (4)$$

其中,  $Y$  为地震发生年份,  $d$  为地震发生年份自 1 月 1 日至发震日期的整日数.

地震的实际发生时间和地质构造有关. 本文着重研究月亮位置对地震的触发作用和断层走向的关系. 为减少其它因素的影响, 我们研究原地重复发生的地震. 本文中断层走向的资料取自经过仔细研究的“中国震例”(张肇诚等, 1988, 1990a, b; 1997). 1994 年 12 月和 1995 年 1 月在北部湾连续发生了两次 6.1 级地震. 由地质构造图查得, 该处构造较为简单, 断层走向为北西向. 据此我们假设这两次地震的断层走向相近. 本文全部地震目录见表 1. 表 1 中共有 24 组 53 次地震. 其中第 7 组四川炉霍、道孚地震, 第 9 组河北邢台地震, 第 14 组四川小金地震, 第 15 组四川巴塘地震和第 23 组黑龙江德都地震这 5 组地震, 每组有 3 次地震, 其余 19 组, 每组均只有两次地震.

## 2 计算结果与分析

所计算的地震地方平太阳时  $\tau$  也列于表 1. 根据固体潮理论(北京大学地球物理系等, 1990), 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大约为 12 小时 25 分钟的周期性函数. 这就是说, 月亮在地方平太阳时相隔  $180^\circ$  的两个位置上, 对地球内任一点的起潮力基本上是相同的. 基于这一现象, 本文计算了表 1 中同一组地震地方平太阳时之差  $\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2$ , 或一次地震的地方平太阳时与另一次地震地方平太阳时加上或减去  $180^\circ$  后之差, 即  $\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2 \pm 180^\circ$ . 对组内有 3 次地震的情况, 即原地重复发生 3 次地震, 则依时间先后次序两两相减, 这样 53 次地震总共有 29 对地震的  $\Delta\tau$  值, 其值见表 1.

表 1 原地重复发生的地震目录及  $\tau$  与  $\Delta\tau$  计算结果

组序	年-月-日	时:分	纬度/N	经度/E	震级	地点	断层走向	$\tau$	$\Delta\tau$
1	1977-07-23	14:57	42°07'	83°24'	5.4	新疆库车	N50°E	100°	4°
	1979-03-29	10:01	41°54'	83°27'	6.0	新疆库车	N38°E	104°	
2	1983-12-15	18:52	42°48'	87°30'	5.2	新疆和静	N45°W	128°	28°
	1991-06-06	16:02	42°41'	87°15'	5.2	新疆和静	N85°W	280°	
3	1986-04-23	23:17	47°30'	89°36'	5.4	新疆富蕴	N33°W	146°	37°
	1987-09-19	05:58	47°20'	89°24'	5.8	新疆富蕴	N17°W	109°	
4	1978-04-22	23:04	41°54'	85°46'	5.4	新疆库尔勒	N78°W	132°	67°
	1988-05-26	02:21	41°57'	85°40'	5.2	新疆库尔勒	NWW	245°	
5	1983-02-13	09:40	40°08'	75°20'	6.8	新疆乌恰北	N70°W	96°	37°
	1983-04-05	14:50	40°06'	75°06'	6.2	新疆乌恰北	N54°W	269°	
6	1985-08-23	20:41	39°35'	75°36'	7.4	新疆乌恰	N50°W	176°	25°
	1990-04-17	09:59	39°35'	75°36'	6.4	新疆乌恰	N51°W	201°	
7	1973-02-06	18:37	31°30'	100°24'	7.6	四川炉霍	N55°W	217°	16°
	1981-01-24	05:13	31°00'	101°10'	6.9	四川道孚	N40°W	201°	
	1988-06-02	14:11	30°36'	101°30'	5.0	四川道孚	N33°W	347°	

续表 1

组序	年-月-日	时:分	纬度/N	经度/E	震级	地点	断层走向	$\tau$	$\Delta\tau$
8	1973-08-11	15:15	32°53'	104°00'	6.5	四川松潘	N20°W	64°	2°
	1976-08-16	22:06	32°42'	104°06'	7.2	四川松潘	N10°W	62°	
9	1966-03-08	05:29	37°21'	114°55'	6.8	河北邢台	N27°E	247°	13°
	1966-03-22	16:19	37°32'	115°03'	7.2	河北邢台	N19°E	234°	
	1981-11-09	02:01	37°24'	114°58'	5.8	河北邢台	N36°E	245°	
10	1976-11-07	02:04	27°32'	101°03'	6.7	四川盐源	N10°E	197°	78°
	1976-12-13	14:36	27°21'	101°03'	6.4	四川盐源	N50°W	299°	
11	1986-07-10	09:15	27°24'	101°24'	5.1	四川盐源	N53°E	83°	84°
	1986-08-12	18:45	27°24'	101°24'	5.2	四川盐源	N73°W	179°	
12	1975-02-04	19:36	40°39'	122°48'	7.3	辽宁海城	N70°W	19°	23°
	1978-05-18	20:33	40°42'	122°36'	5.9	辽宁海城	N70°W	176°	
13	1974-04-22	08:29	31°23'	119°16'	5.5	江苏溧阳	N69°W	125°	19°
	1979-07-09	18:57	31°28'	119°15'	6.0	江苏溧阳	N60°W	106°	
14	1989-03-01	21:00	31°30'	102°26'	5.0	四川小金	N15°W	11°	47°
	1989-09-22	10:25	31°33'	102°23'	6.6	四川小金	N15°W	238°	
	1991-02-18	17:06	31°35'	102°23'	5.0	四川小金	N15°W	189°	
15	1989-04-16	04:04	29°58'	99°15'	6.7	四川巴塘	N79°W	281°	20°
	1989-04-25	10:13	29°59'	99°25'	6.7	四川巴塘	N76°W	261°	
	1989-05-03	13:53	30°01'	99°27'	6.4	四川巴塘	N72°W	216°	
16	1985-06-21	10:33	42°34'	112°31'	5.3	内蒙苏尼特右旗	N24.5°W	115°	64°
	1991-09-30	09:01	43°04'	112°35'	5.4	内蒙苏尼特右旗	N27.5°E	231°	
17	1988-11-06	21:03	22°50'	99°43'	7.6	云南澜沧	N30°W	331°	3°
	1988-11-30	16:13	22°22'	100°17'	6.7	云南澜沧	N10°W	328°	
18	1989-10-18	22:57	39°57'	113°49'	5.7	山西大同	N39°E	114°	31°
	1991-03-26	02:02	39°58'	113°51'	6.1	山西大同	N26°E	263°	
19	1987-02-26	03:56	38°04'	91°15'	6.1	青海茫崖	N86°W	60°	47°
	1990-01-14	11:03	37°53'	92°02'	6.6	青海茫崖	N20°W	287°	
20	1984-02-17	10:37	37°57'	100°47'	5.1	青海祁连	N55°W	317°	7°
	1991-01-02	10:58	38°06'	99°55'	5.1	青海祁连	N63°W	310°	
21	1967-03-27	16:58	38°30'	116°30'	6.3	河北河间	N10°E	54°	34°
	1973-12-31	19:00	38°28'	116°33'	5.3	河北河间	N35°E	200°	
22	1991-07-01	14:18	24°54'	99°00'	5.0	云南施甸	N11°W	324°	6°
	1991-07-22	19:58	24°48'	99°00'	5.2	云南施甸	N75°W	150°	
23	1986-02-09	20:42	48°39'	126°32'	5.0	黑龙江德都	N8°E	315°	13°
	1986-03-01	01:07	48°40'	126°32'	5.4	黑龙江德都	N7°E	148°	
	1986-08-16	04:20	48°40'	126°35'	5.5	黑龙江德都	N11°E	306°	
24	1994-12-31	10:57	21°00'	109°24'	6.1	北部湾	NW	173°	17°
	1995-01-10	18:09	20°24'	109°24'	6.1	北部湾	NW	156°	

我们把 24 组共 29 对原地发生的地震分成 A 和 B 两部分. A 部分为一对地震中两次地震的发震断层同为北西向或北东向且两条发震断层交角小于 45°; B 部分为一对地震中其中一条发震断层为北东向, 另一条为北西向, 或两条断层虽然同为北西向, 但其交角大于 45°. 由表 1 可知, B 部分共有 5 对地震. 他们是第 10, 11, 16, 19 和 22 组地震. 其余 19 组 24 对地震都为 A 部分.

对 A 和 B 两部分地震的  $\Delta\tau$  值进行统计, 结果见图 1、图 2 和表 2. 由此可见, 在 A 部

分 24 对断层走向相近的地震中, 有 21 对地震的  $\Delta\tau \leq 45^\circ$ , 占 87.5%, 其中有 16 对地震即 75% 以上的地震对的  $\Delta\tau < 30^\circ$ ; 第 4 和第 14 组共 3 对地震的  $\Delta\tau > 45^\circ$ , 但第 14 组两对地震的  $\Delta\tau$  值分别为  $47^\circ$  和  $49^\circ$ , 接近  $45^\circ$ . 在 B 部分 5 对断层走向不一致的地震中, 有 4 对地震的  $\Delta\tau > 45^\circ$ , 占 80%, 且其中有 3 对地震即 75% 的地震对, 其  $\Delta\tau > 60^\circ$  而接近于  $90^\circ$ . 第 22 组地震其  $\Delta\tau = 6^\circ$ .

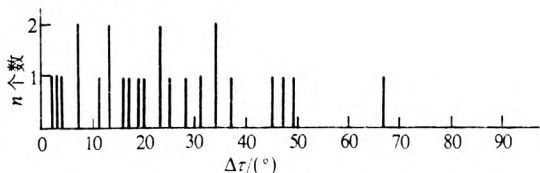


图 1 断层走向相近的 24 对原地重复发生的地震对的  $\Delta\tau$  值分布图

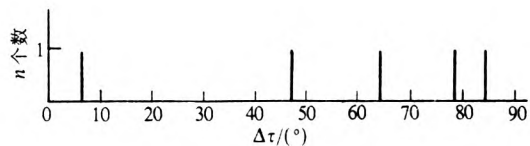


图 2 断层走向不一致的 5 对原地重复发生的地震对的  $\Delta\tau$  值分布图

如果原地重复发生的地震, 其发震时的地方平太阳时  $\tau$  和发震断层走向无关的话, 则  $\Delta\tau$  在  $0^\circ \leq \Delta\tau \leq 45^\circ$  和  $45^\circ < \Delta\tau \leq 90^\circ$  范围的概率应该基本相同, 各为

表 2  $\Delta\tau$  分布

$\Delta\tau$	A 部分数目	B 部分数目
小于等于 $45^\circ$	21 (其中 16 个小于 $30^\circ$ )	1
大于 $45^\circ$	3	4 (其中 3 个大于 $60^\circ$ )
共 计	24	5

50% 左右. 本文结果显然说明, 地震的地方平太阳时和地震断层走向有关, 即对大部分地震来说, 同一地点的前后较大地震, 如果前后地震的断层走向相近, 则地震对月亮位置的响应也相近, 如果同一地点的前后地震断层走向不一致, 则地震对月亮位置的响应差别较大.

表 1 中大部分地震的断层走向为北西向. 在第 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 22 和 24 组共 16 组断层走向为北西向的 35 次地震中, 地震的地方平太阳时  $\tau$  的分布见图 3. 从图 3 可以看出, 虽然这些地震的断层走向都为北西向, 但发震时的地方平太阳时  $\tau$  的分布除在第一象限稍少外, 基本上是相当均匀的, 且并不表现出有在月亮的上、下中天附近, 即  $\tau = 180^\circ$  或  $0^\circ$  附近集中的倾向. 这一现象说明, 当我们把不同地区的地震放在一起考虑时, 由于不同地区各种地质构造、介质状况等条件的不同, 以及不同地震孕育过程规律的不同, 即使断层走向这一因素相近, 不同震源区对月亮固体潮的响应也会不同. 因此, 在研究月亮固体潮与地震的关系时, 必须考虑不同震源区孕震环境的差异.

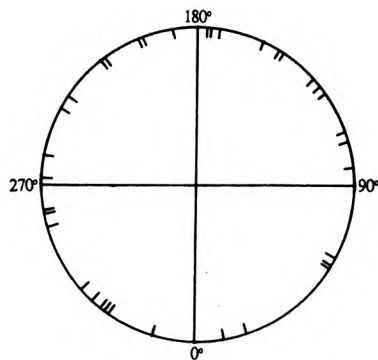


图 3 断层走向为北西向的地震发震时地方平太阳时  $\tau$  的分布

### 3 讨论与结论

(1) 如果同一地点的前后地震, 其断层走向相近, 则  $\Delta\tau$  较小; 如果断层走向不一致,

则  $\Delta\tau$  较大. 说明月亮固体潮对地震的触发作用与地震断层走向有关.

(2) 不同地区的地震, 即使断层走向相近, 其地方平太阳时  $\tau$  的分布也较分散, 且并不表现出有在月亮上、下中天附近集中的倾向. 因此在研究月亮固体潮与地震的关系时, 不宜把不同地区的地震放在一起进行统计, 必须考虑不同震源区孕震环境的差异.

(3) 小地震的频繁发生有可能触发较大地震, 也可能不触发较大地震. 因此, 对较大地震前有较多小地震发生的情况, 较难区别较大地震的发生究竟是由固体潮触发的, 还是由小地震触发的. 本文对此未作更深入的研究. 但是, 对表 1 中那些相隔几天至几个月的原地重复发生的地震对(这些地震对的后一次地震, 震前有可能有较多较小的地震)进行单独统计, 上述两点结论仍然成立.

(4) 1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级大地震后, 地震序列持续很长时间, 较大地震接连不断. 唐山地震序列中除 7 月 28 日当天有两次 6 级以上地震外, 另外还有两次 6 级以上地震, 分别是 1976 年 11 月 15 日 21 时 53 分的 6.9 级地震和 1977 年 5 月 12 日 19 时 17 分的 6.3 级地震(张肇诚等, 1990a). 本文曾试图研究 7.8 级地震和 6.9 级、6.3 级地震的断层走向和地方平太阳时  $\tau$  的关系. 唐山 7.8 级地震的断层走向为北东向, 关于 6.9 级和 6.3 级地震的断层走向有两种不同的意见: 一种认为是北西向, 另一种认为是北东向(张诚等 1990). 而且 6.9 级地震前 6 小时, 即 15 时 46 分唐山震区曾发生一次  $M_s = 4.4$  地震(国家地震局分析预报中心, 1980), 这次 4.4 级地震的发生可能对 6.9 级地震的发生时间有影响. 由于上面这两个原因, 唐山 7.8 级地震和 6.9 级、6.3 级地震的断层走向和地方平太阳时  $\tau$  的关系比较复杂, 故本文的研究未包括唐山这 3 次地震.

本研究曾得到郗钦文研究员的大力帮助, 在此表示感谢.

## 参 考 文 献

- 北京大学地球物理系, 武汉测绘学院大地测量系, 中国科学技术大学地球物理教研室, 1990. 重力与固体潮教程. 北京: 地震出版社. 406
- 杜品仁, 徐道一, 1989. 天文地震学引论. 北京: 地震出版社. 258
- 丁鉴海, 黄雪香, 戴淑玲, 1994. 地震活动的月相效应. 地震, (4): 7~13
- 国家地震局分析预报中心, 1980. 中国东部地震目录. 北京: 地震出版社. 756
- 李瑞浩, 1988. 重力学引论. 北京: 地震出版社. 414
- 张肇诚, 罗兰格, 李海华, 等, 1988. 中国震例(1966~1975). 北京: 地震出版社. 222
- 张肇诚, 罗兰格, 李海华, 等, 1990 a. 中国震例(1976~1980). 北京: 地震出版社. 421
- 张肇诚, 罗兰格, 李海华, 等, 1990 b. 中国震例(1981~1985). 北京: 地震出版社. 294
- 张肇诚, 罗兰格, 李海华, 等, 1997. 中国震例(1986~1989)、(1990~1991). 北京: 地震出版社(待出版)
- 张诚, 曹新玲, 曲克信, 等, 1990. 中国地震震源机制. 北京: 学术书刊出版社. 466
- 郗钦文, 候天航, 1986. 固体潮与引潮常数. 中国地震, 2(2): 32~41
- Heaton T H, 1982. Tidal triggering of earthquake. *Bull Seism Soc Amer*, 72(A6): 2 181~2 200
- Klein F, 1976. Earthquake swarms and the semidiurnal solid earth tide. *Geophys J R astr Soc*, 45(2): 245~295
- Kilston S, Knopoff L, 1983. Lunar-solar periodicities of large earthquakes in southern California. *Nature*, 304(5 921): 21~25
- Palumbo A 1986. Lunar and solar tidal components in the occurrence of earthquakes in Italy. *Geophys J R astr Soc*, 84(1): 93~100