

地震与太阳、月亮位置的关系(一) ——强震孕育区广义前震序列的某些时间特征^{*}

高 伟¹⁾ 许绍燮²⁾ 刘蒲雄¹⁾ 彭克银¹⁾

1) 中国北京 100036 国家地震局分析预报中心

2) 中国北京 100081 国家地震局地球物理研究所

摘要 考查了强震孕育区在主震前一段时间内, 广义前震序列地震的发震时刻与太阳和月亮地方时角的关系. 其群体特征表明, 某一震级以上地震的发震时间受到太阳和月亮地方时角的调制性影响, 统计结果表明两者之间的相关性很强, 具有一定的物理意义. 同时分析了太阳和月亮对发震时间作用之间的差异, 从抑震性角度讨论了可能的作用机制.

主题词 发震时刻 地震活动性 地方时角 抑震时区 强震孕育区 广义前震

引言

某一特定区域地震活动的时间分布图象中包含着有关地壳应变积累、释放过程的信息, 同时也包含着介质物理特性以及与其相关的外部作用的信息. 通过研究强震孕育区主震发生前广义前震序列与外部影响因素的时间上的对应关系, 了解孕育区介质物理特性和大地震的机制, 寻找具有统计意义的时间模式和震兆信息, 是一项具有实际意义的基础性工作.

我们知道, 地震的类型、强度和时空分布图象, 是由地壳岩石介质条件本身和构造内生作用力所决定的, 因此, 地震活动图象能反映出构造活动、构造应力和介质物理特性变化过程中的某些信息. 中国地震专家代表团(1978)首先注意到唐山和(罗)弗朗恰地震其孕震区广义前震序列中等以上地震发震时刻日月地方时角分布的特殊分布图象, 以及进一步的研究工作(高伟, 1985; 高伟等, 1989), 使我们认识到, 强震的孕育区与一般的区域相比, 在构造应力状态和介质的几何和物理状态上存在着某种差异, 特别是临近主震发生前的一段时间内, 这种差异更为突出. 由于我们无法直接得到有关孕震区介质特性和应力状态的信息, 故必须通过孕育区内所发生的地震, 以及各物理参数和外部观测量的关系来推断. 本文正是基于这一基本想法所作的初步探索和研究.

外部作用对地球本体的影响有两种基本的方式: 一种是相互作用力; 另一种是质量传递. 它们对地震的发生能否产生影响, 这种影响的作用大小以及能否观测到这种影响作

^{*} 国家地震局“八五”攻关项目部分资助课题.
1994-08-31 收到初稿, 1995-07-25 收到修改稿.

用,这将同时取决于其作用量的时空变化特征、物理特性与孕震区介质的几何条件和物理特性以及作用量的量级、变化速率与孕震区构造应力在临近地震发生的失稳状态时的变化速率.因此,通过外部作用量来研究强震孕育区的地震活动的时间分布特征和孕震区介质的物理力学性质,其最理想的作用量应是快速变化的、周期性的和易于观测的量.我们知道,满足这些条件的对象应首推太阳和月亮,因为它们对地球本体的作用(引力和电磁等效效应)不仅随时间变化而呈现周期性的变化,而且对不同区域其作用也变化.事实上,如果太阳或月亮的某一参量对地震的发生有较明显的作用,那么该参量的变化速率一定大于地震前导致地震发生的应力的改变速率.因为太阳或月亮对地球上某一区域的作用大小与太阳或月亮相对于该地方的地方时角有关,因此,我们首先考查某一特定区域(强震孕育区)内地震发震时刻太阳和月亮地方时角的分布特征.

1 方法和资料统计结果

一般地讲,对不同时刻发生的地震,太阳和月亮所处的地方时角是不同的.根据天文学公式,我们可计算出发震时刻相对于该震地点的太阳和月亮所处的地方时角.如图 1 所示,在天球坐标系中, A 为震源、 M 为月亮、 S 为太阳; A' , M' , S' 分别为 A , M , S 所处的子午线与赤道的交点, O 为地心, P 为北极; H_m , H_s 为月亮和太阳的地方时角.

$$\begin{cases} H_m = 15^\circ(t_0 - 12) + h + L - \alpha_m \\ H_s = 15^\circ(t_0 - 12) + h + L - \alpha_s \end{cases} \quad (1)$$

式中, h 为太阳平黄经, L 为震源经度, α_m , α_s 为月亮和太阳赤经, t_0 为世界标准时.图 1 b 中所示数字 0, 6, 12, 18 表示太阳或月亮地方时,单位为小时.

本世纪 60 年代以来,我国华北和西南连续发生了数次强烈地震,对这些地震前其孕震区内中小地震活动有了不同时间尺度的记录,我们选择了其中的 4 次地震作为研究对象,考查其时间分布特征.所研究的地震如表 1 和表 2 所列.我们的具体作法是,通过选择不同的时间尺度、空间范围和震级下限,寻找具有群体分布特

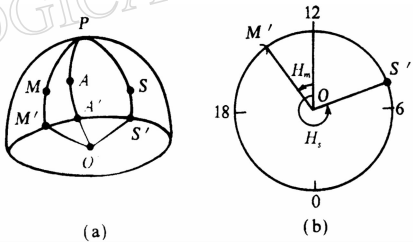


图 1 天球坐标系中太阳、月亮和震中位置图

表 1 本文所研究广义前震序列的主震目录

地点	日期	发震时刻	震中位置	震级
河北邢台	1966-03-22	16 : 19 : 46	37°32'N, 115°03'E	7.2
云南通海	1970-01-05	01 : 00 : 37	24°00'N, 102°42'E	7.7
辽宁海城	1975-02-04	19 : 36 : 06	40°39'N, 122°48'E	7.3
河北唐山	1976-07-28	03 : 42 : 53.8	39°36'N, 118°12'E	7.8

表 2 所用广义前震序列的基本参数

地点	起止时间	震 中 范 围	震级下限
河北邢台	1965-07-01~1966-03-07	35°30'N~39°40'N 113°00'E~117°06'E	1.5
云南通海	1950-01-01~1970-01-04	21°50'N~26°10'N 100°40'E~104°45'E	4.0
辽宁海城	1970-01-01~1975-02-03	38°30'N~42°40'N 120°40'E~124°50'E	3.0
河北唐山	1959-01-01~1976-07-27	37°30'N~41°40'N 116°10'E~120°15'E	3.0

征图象异常的区域,并使这种区域面积达到最大,时间范围最大,震级下限降到最低(取大于某一震级以上的所有地震),得到图 2a~l(图中数字说明同图 1),它们分别是邢台地震、通海地震、海城地震、唐山地震各主震前其震源区内地震($M_L \geq 1.7$ 、 $M_L \geq 4.3$ 、 $M_L \geq 3.2$ 、 $M_L \geq 3.3$)发震时刻的太阳和月亮以及分别独立的地方时角的分布图. 由于地震记录的条件限制(西南地区从 1965 年开始,华北京津唐地区从 1959 年开始,邢台地区从 1965 年开始,海城地区从 1970 年开始,才有较完整的记录),时间的起点选择受到很大的限制,无法完整地考查更长时间间隔内图象的演变全过程,这是本项工作所无法弥补欠缺的地方.

从图 2 中我们可以看到,通海、唐山、海城、邢台等地震前孕震区内某一震级以上地震发震时刻太阳、月亮的地方时角分布较特殊,当太阳和月亮处于某一段地方时区时,这些孕震区较少发生某一震级以上的地震,即当太阳和月亮处在某一段地方时区时,有可能不利于或抑制孕震区发生地震,我们称这种地方时区为抑制地震时区. 以后简称为抑震时区. 事实上,在不知道震源机制的情形下,我们是无法区分易震时区(触发时区)和无作用区(非触发时区)的,此时唯有判断抑震时区才是可行的、有意义的. 从图 2 可知,通海地震日月的抑震时区为 6~12 点,太阳的抑震时区为 0~12 点,月亮的抑震时区为 6~12 点和 18~24 点,唐山和海城地震日月的抑震时区均为 18~24 点,太阳和月亮的抑震时区仍均为 18~24 点,邢台日月的抑震时区为 6~12 点,太阳的抑震时区为 6~12 点,而月亮的抑震时区(0~12 点)

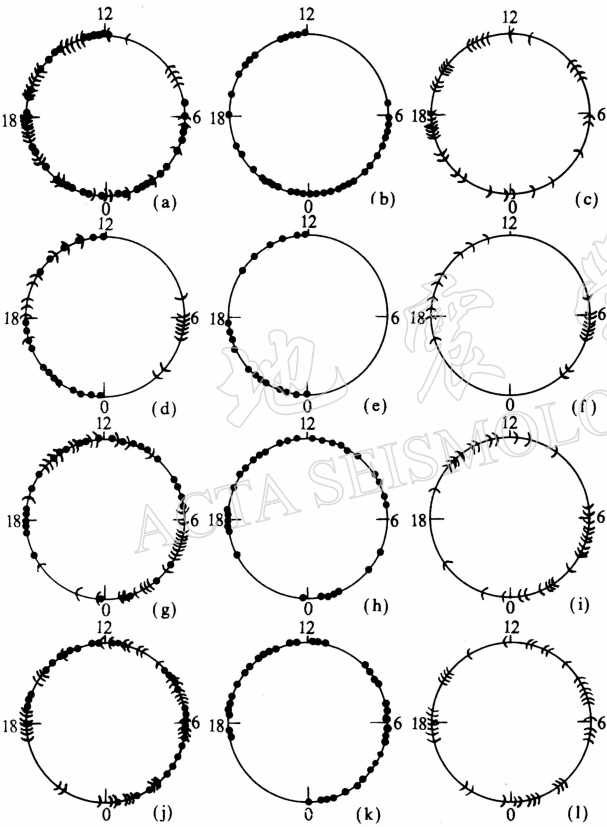


图 2 邢台(a, b, c)、通海(d, e, f)、海城(g, h, i)、唐山(j, k, l)地震发震时刻日月地方时角分布图

不明显. 首先我们从概率统计角度估计,造成这种分布图象的随机涨落的可能性大小. 由于地球绕太阳运行、月球绕地球运行以及地球自转角速度在我们所考虑的时段内是均匀不变的. 在地球参照系中,太阳和月亮均以匀速各自独立地绕地球运行,太阳的运行周期为 24 小时,月亮的运行周期是 24 小时 50 分 28 秒. 因此,我们作这样的假设,孕震区地震的发震时刻 H_0 与当时的太阳和月亮的地方时角无关. 那么,对于不同的太阳和月亮的地方时角,孕震区内发生地震事件的概率是等同的,即对每一地震的发生,天体(太阳或月亮)处在任一角域(时区) α 的概率均为 $\alpha/2\pi$. 对于 n 次地震,有 m 个天体处在同一角域 β 的事件显然是 n 重贝努利试验,服从二项式分布,角域 β 内出现 m 个以上天体事件的概率为

$$P_n(k \geq m) = \sum_{k=m}^n \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k q^{n-k} \tag{2}$$

式中, $p=\beta/2\pi$, $q=1-p$, 由于一次地震对应着两个相互独立的天体(太阳与月亮), n 次地震共有 $2n$ 个天体, 则角域 β 内出现 m 个天体事件的概率为

$$P_{2n}(k \geq m) = \sum_{k=m}^{2n} p_{2n}(k) = \sum_{k=m}^{2n} \frac{(2n)!}{k!(2n-k)!} p^k q^{2n-k} \tag{3}$$

表 3 为我们对上述地震抑震时区出现 m 个以上天体事件概率的计算和对原假设进行 χ^2 检验的结果. 从其计算结果来看, 所求事件的概率是非常大的(均大于 0.93), 这样大的概率事件没有发生, 说明我们的原假设 H_0 不合理, χ^2 检验的结果表明, 在显著性水平 0.01, 0.05, 0.10 和 0.25 下, χ^2 检验拒绝原假设, 即不能认为太阳和月亮的地方时角对上述地震孕育区内某一震级以上地震的发震时刻没有影响. 因此, 抑震时区的出现不是随机涨落造成的, 它包含着孕震区内介质特性和构造应力场的重要信息.

表 3 概率统计和 χ^2 检验结果

地震	n	m_{ms}	P_{2n}	m_s	P_{ns}	m_m	P_{mm}	χ^2_{2n}	χ^2_s	χ^2_m	α_{2n}	α_s	α_m
唐山	39	9	0.9 990	3	0.9 987	7	0.9 337	9.04	8.21	1.92	0.01	0.01	0.25
邢台	39	7	0.9 997	2	0.9 998	6	0.9 487	11.46	10.47	3.08	0.01	0.01	0.10
海城	32	8	0.9 956	5	0.9 302	4	0.9 748	6.75	2.66	4.16	0.01	0.25	0.05
通海	18	2	0.9 995	1	0.9 999	3	0.9 993	9.48	18.00	10.88	0.01	0.01	0.01

2 分析与讨论

一般认为(国家地震局科技监测司, 1990), 朔望(或上下弦)日是较特殊的, 因为在这些日期里, 地球受太阳和月亮共同作用的引潮力最大(或最小), 故地震的发生次数应比其它日期里发震次数或多或少. 我们知道, 在一个阴历月中, 太阳与月亮的相对位置是不断变化的, 月亮与太阳的黄经之差(即月相) $\Delta\lambda=\lambda_m-\lambda_s$ 从 0° 均匀变成 360° , 此过程周而复始. 下面以通海地震为例, 分析估计一下不同月相时, 震源区发生某一震级以上地震的最大可能的次数. 为了直观起见, 在这里我们以 $\Delta H=H_m-H_s=\alpha_m-\alpha_s$ 来代替 $\Delta\lambda=\lambda_m-\lambda_s$ (验算可知其最大误差小于 7°). 从图 2d~f 可以看到, 天体较均匀地分布在地方时 12~24 点和 0~6 点之间, 并且太阳较均匀地分布在 12~24 点之间, 而月亮则较均匀地分布在 0~6 点和 12~18 点之间. 按此理想的均匀分布(即太阳均匀地分布在 12~24 点时区, 月亮分别均匀地分布在 0~6 点和 12~18 点两个时区), 一般情况下, 18 次地震中, 只有当太阳落在 12~24 点时区, 同时月亮落在 0~6 点时区或 12~18 点时区时, 才有发生地震的可能. 因此, 一个月内的任意一天 24 小时内最多有 12 个小时适于地震的发生. 而在特殊月相的日期内(朔望和上下弦日), 一天内适于发震的时段将受到更为苛刻的限制, 例如, 朔日($|\Delta H|<24^\circ$, 即取 3.75 天)时, 满足此条件的月亮处在其地方时 12~18 点的时区, 太阳处在其地方时 12~20 点的时区(在此不计同样满足朔日条件的小于 2 小时的时区, 即月亮地方时 0~2 点和太阳地方时 22~24 点的时区, 望日和上下弦日也同样处理). 由于在时区 12~18 点内共发生 9 次地震(以月亮地方时角表示), 故朔日最多发震次数为 9 次, 易于发震的时段为月亮地方时 12~18 点, 即朔日一天 24 小时内只有连续的 6 个小时适于地震发生, 而另外 18 个小时不利于地震发生; 望日($|\Delta H\pm 180^\circ|<24^\circ$, 即取 3.75 天)时, 满足条件的月

亮处在其地方时 0~6 点的时区, 太阳处在其地方时 12~20 点的时区, 由于在时区 0~6 点内共发生 9 次地震(以月亮地方时角表示), 故望日最多发震次数为 9 次, 易于发震的时段为月亮地方时 0~6 点, 即 24 小时内只有连续的 6 个小时适于地震发生, 而另外 18 个小时不利于地震发生, 故朔望日最多发震次数为 18 次. 同理, 上下弦日($|\Delta H \pm 90^\circ| < 24^\circ$, 即各取 3.75 天)时, 适于发震的时段分别为月亮地方时 18~24 点和 0~6 点, 同样也只有连续的 6 个小时, 上下弦日最多发震次数为 18 次, 而另外 18 个小时不利于地震发生; 平日(除朔望和上下弦日以外的日期, 即上半月取 7.5 天和下半月取 7.5 天)时, 最多发震次数为 36 次. 其频次分别为, 朔望日时 18 次/7.5 天, 上下弦日时 18 次/7.5 天, 平日时 36 次/15 天. 从这里我们看到, 对于通海地震孕育区而言, 在一个月中, 没有哪一个日期(月相)有较明显的发震优势. 相对而言, 月相对地震的抑制作用是次一级的. 地震的发震时刻受到较严格的太阳和月亮的地方时角和它们的相对位置的调制. 只有当太阳和月亮的地方时角满足一定的条件情况下, 地震的发生才不受到抑制. 注意我们这里所说的是抑制地震, 而不是触发地震. 实际上通海地震的月相分布情况如图 3(图中横坐标为发震时刻的太阳地方时, 单位为小时; 纵坐标为 $\Delta\lambda$ 和 ΔH , 单位为度)所示. 从图中我们可知, 朔日无震, 望日 2 次, 上下弦日 6 次, 平日 10 次, 共计 18 次地震. 折算成频次基本相同. 据此, 容易推断其它震例.

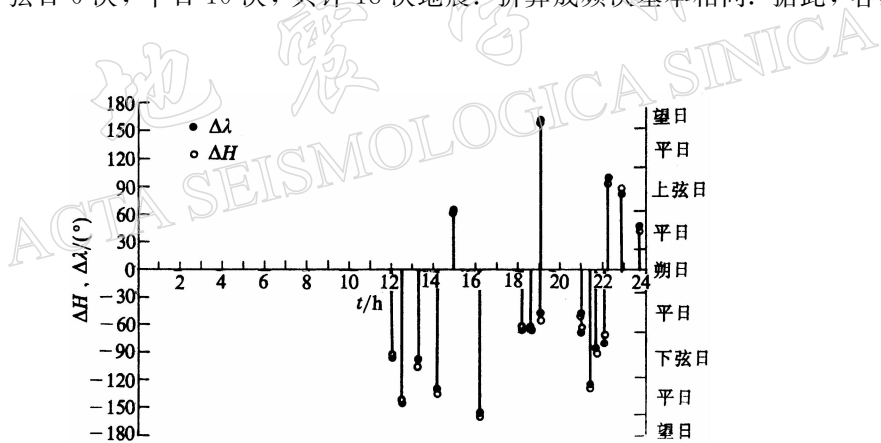


图 3 通海地震($M_L \geq 4.3$)发震时刻和月相分布图

下面我们考察一下太阳和月亮对地震发震时刻的抑制作用的差异. 从图 2 太阳和月亮独立的分布图中可以看出, 邢台地震前, 太阳对其孕育区内的地震抑制作用较强, 月亮的抑制作用不明显; 通海地震前, 太阳和月亮的抑震时区大小相同, 但方式有差别; 唐山地震前, 太阳和月亮的抑制作用相同; 海城地震前, 太阳和月亮都有抑制作用, 但抑制程度相对地较弱. 从这些震例中我们看到, 太阳和月亮对强震孕育区某一震级以上的地震均存在着不同程度的调制抑制作用, 在时间和空间的进程中, 这种调制抑制作用是否也存在着变化? 为此我们考察了通海和唐山等地震, 从图 2e, f, k, l 和图 4(图中数字说明同图 1)的对比中, 我们可以看到这种变化. 在图 4a, b, c(通海地震)中, 当把太阳和月亮视为等同天体时, 没有显示出抑震时区(图 4a); 而把太阳和月亮分别处理时, 太阳地方时角分布显示出的抑震时区为 0~6 点(图 4b), 月亮显示出的抑震时区为 18~24 点(图 4c). 从 1965 年开始到主震前, 这种抑震时区扩大到图 2e, f 所显示的太阳的抑震时区 0~12 点, 月亮的抑震时区 6~12 点和 18~24 点. 在图 4d, e, f(唐山地震)中, 当起始时间为 1970 年 10 月 1

日,震级降到 $M_L \geq 3.2$ 时,太阳又出现弱抑震时区 6~12 点(图 4e),月亮的抑震时区(对照图 2k, l)反而变弱(图 4f). 从以上震例我们可以看到,太阳和月亮的地方时角对强震孕育区内某一震级以上地震的发震时刻

有不同程度的抑制作用,它们的抑震时区的大小和时区是存在着差异的. 太阳的抑制作用相对大于月亮的抑制作用,如邢台、唐山、通海地震等;月亮的抑制作用大于太阳,如海城地震. 从引潮力的作用来看,我们知道太阳引潮力只是月亮引潮力的 $1/2$. 因此,从引潮力的角度解释太阳的抑制作用大于月亮的抑制作用,将会遇到一定的困难. 如果我们承认太阳对地震发震时刻抑制作用大于月亮,那么,可行的途径之一是考虑太阳引潮力以外的因素影响作用. 而太阳引潮力以外的最明显的影响因素是磁作用,其中包括太阳所产生的地磁日变化效应和磁暴. 下面我们在线性动力学过程范围内就问题作一般性讨论. 事实上,我们在前面的讨论中,隐含着线性条件. 从图 2 和图 4 中我们知道,在 1950~1970 年间,通海地震抑震时区为:太阳 0~6 点,月亮 18~24 点;在 1965~1970 年间,它为:太阳 0~12 点,月亮 6~12 点和 18~24 点. 邢台地震的抑震时区为:太阳 6~12 点. 海城、唐山地震日月的抑震时区均为 18~24 点. 考察抑震时区比考察易震时区(触发时区)更为合理简单,因为在我们研究所得到的图象结果中,在不知道物理机制的情况下,我们很难确定和区分哪段时区是触发时区,哪段时区是太阳或月亮对地震发生无作用时区. 例如对邢台地震,在 0~6 点和 12~24 点 18 个小时的区间内我们无法判断哪段时区是易震时区,哪段时区是无影响时区,但我们可以确定 6~12 点时区是邢台地震的抑震时区. 对这些震例我们可以简单地假定抑震力时间曲线,而不去确定其它时段作用因子的曲线形态. 例如,在图 5 中(图中横坐标表示太阳(或月亮)地方时,单位为小时,纵坐标表示抑震力),曲线(矩形)为归一化抑震力的外包络线,归一化的抑震力 $f(t)$ 的曲线形态在矩形区内可以是任意单值形式,我们对此进行富氏展开(郑治真, 1979),那么

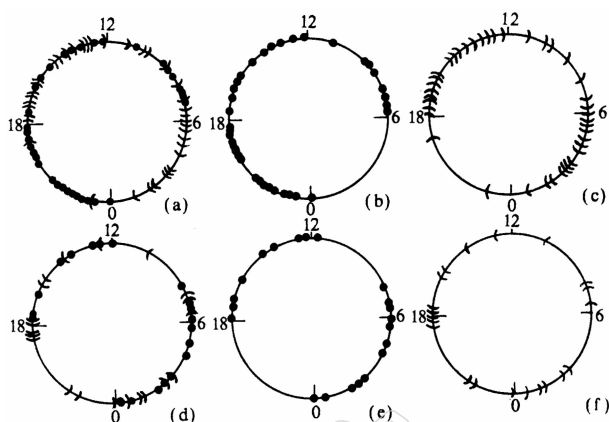


图 4 1950~1970 年通海地震(a, b, c), 1970~1976 年唐山地震(d, e, f)发震时刻日月地方时角分布图

而太阳引潮力以外的最明显的影响因素是磁作用,其中包括太阳所产生的地磁日变化效应和磁暴. 下面我们在线性动力学过程范围内就问题作一般性讨论. 事实上,我们在前面的讨论中,隐含着线性条件. 从图 2 和图 4 中我们知道,在 1950~1970 年间,通海地震抑震时区为:太阳 0~6 点,月亮 18~24 点;在 1965~1970 年间,它为:太阳 0~12 点,月亮 6~12 点和 18~24 点. 邢台地震的抑震时区为:太阳 6~12 点. 海城、唐山地震日月的抑震时区均为 18~24 点. 考察抑震时区比考察易震时区(触发时区)更为合理简单,因为在我们研究所得到的图象结果中,在不知道物理机制的情况下,我们很难确定和区分哪段时区是触发时区,哪段时区是太阳或月亮对地震发生无作用时区. 例如对邢台地震,在 0~6 点和 12~24 点 18 个小时的区间内我们无法判断哪段时区是易震时区,哪段时区是无影响时区,但我们可以确定 6~12 点时区是邢台地震的抑震时区. 对这些震例我们可以简单地假定抑震力时间曲线,而不去确定其它时段作用因子的曲线形态. 例如,在图 5 中(图中横坐标表示太阳(或月亮)地方时,单位为小时,纵坐标表示抑震力),曲线(矩形)为归一化抑震力的外包络线,归一化的抑震力 $f(t)$ 的曲线形态在矩形区内可以是任意单值形式,我们对此进行富氏展开(郑治真, 1979),那么

$$f(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos \omega_k t + b_k \sin \omega_k t \quad (4)$$

式中, $a_0 = \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f(t) dt$, $a_k = \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(t) \cos \omega_k t dt$, $b_k = \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(t) \sin \omega_k t dt$ ($k = 1, 2, 3, \dots$), $\omega_k = 2k\pi/2T$, $2T$ 为 24 小时(太阳)或 24 小时 50 分(月亮). 若 $f(t)$ 的曲线形态较简单,则起主要作用的项基本上是前几项($k = 1, 2, 3$),即日波(ω_1 , a_1 和 b_1)、半日波(ω_2 , a_2 和 b_2)和 $1/3$ 日波(ω_3 , a_3 和 b_3)作用量的叠加作用. 这些基本项的系数 a_k 和 b_k 是由 $f(t)$ 的形态所决定的. 从实际情况来讲,引力和电磁作用(傅承义等, 1985; 方俊, 1984)主要形态确实是由日波等决定的. 但就引力而言,引潮力主要形态是由日波和半日波所决定的,

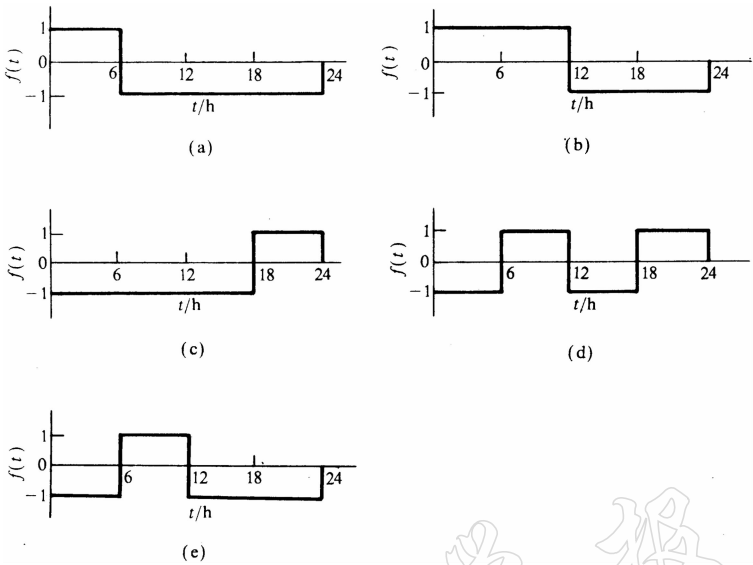


图 5 抑震时区归一化抑震力外包络线图象

(a) 1950~1970 年通海地震太阳的；(b) 1965~1970 年通海地震太阳的；
(c) 1959~1976 年唐山地震和 1970~1975 年海城地震太阳和月亮的、1950~1970 年通海地震月亮的；
(d) 1970~1976 年唐山地震太阳的、1965~1970 年通海地震月亮的；(e) 1965~1966 年邢台地震太阳的

1/3 日波是一级以下的小量，太阳的效应约为月亮的 1/2. 从某些震例可知，月亮的作用较太阳的作用小. 如果不考虑存在所谓共振的条件，从引力的潮汐效应来解释某些图象，存在一定的困难. 另一种解释的可行途径是考虑电磁作用. 我们知道，就电磁作用效应而言，太阳对地球的作用明显大于月亮. 因此可推测，对某些孕震区，可能主要是太阳的电磁作用机制起抑制作用. 例如对满足图 5 抑震力条件的矩形、sint 和三角形波等理想曲线进行富氏分解，通过计算可得

邢台地震(1965~震前)

$$f_s(t_s) = a_1 \cos \omega_1 t_s + a_3 \cos \omega_3 t_s + b_1 \sin \omega_1 t_s + b_2 \sin \omega_2 t_s + b_3 \sin \omega_3 t_s$$

通海地震(1950~震前)

$$f_s(t_s) = a_1 \cos \omega_1 t_s + a_3 \cos \omega_3 t_s + b_1 \sin \omega_1 t_s + b_2 \sin \omega_2 t_s + b_3 \sin \omega_3 t_s$$

$$f_m(t_m) = a_1 \cos \omega_1 t_m + a_3 \cos \omega_3 t_m + b_1 \sin \omega_1 t_m + b_2 \sin \omega_2 t_m + b_3 \sin \omega_3 t_m$$

通海地震(1965~震前)

$$f_s(t_s) = b_1 \sin \omega_1 t_s + b_3 \sin \omega_3 t_s \quad f_m(t_m) = b_2 \sin \omega_2 t_m$$

海城地震(1970~震前)和唐山地震(1966~震前)

$$f_s(t_s) = a_1 \cos \omega_1 t_s + a_3 \cos \omega_3 t_s + b_1 \sin \omega_1 t_s + b_2 \sin \omega_2 t_s + b_3 \sin \omega_3 t_s$$

$$f_m(t_m) = a_1 \cos \omega_1 t_m + a_3 \cos \omega_3 t_m + b_1 \sin \omega_1 t_m + b_2 \sin \omega_2 t_m + b_3 \sin \omega_3 t_m$$

唐山地震(1970~震前)

$$f_s(t_s) = b_2 \sin \omega_2 t_s$$

以上各式中，我们省略掉了 a_0 项，以及 $k \geq 4$ 的 a_k, b_k . 因为它们不是决定曲线主体形态的主要项. a_k, b_k 的数值在此也省略掉，这些基本项的系数 a_k 和 b_k 是由 $f(t)$ 的形态所决定的，

它们对讨论问题的影响不大. 由此可知, 在理想的情形下, 邢台地震抑震力主要是由太阳效应所产生的 $\sin\omega_1 t_s$, $\sin\omega_2 t_s$, $\sin\omega_3 t_s$, $\cos\omega_1 t_s$, $\cos\omega_3 t_s$ 诸项力叠加的结果; 唐山和海城地震的抑震力主要是由太阳和月亮所产生的 $\sin\omega_1 t$, $\sin\omega_2 t$, $\sin\omega_3 t$, $\cos\omega_1 t$, $\cos\omega_3 t$ 诸项叠加所产生的; 通海(1950~1970 年)地震的抑震力主要是由太阳和月亮的 $\cos\omega_1 t$, $\cos\omega_3 t$, $\sin\omega_1 t$, $\sin\omega_2 t$, $\sin\omega_3 t$ 叠加所决定的; 而通海(1965~1970 年)地震的抑震力主要是由太阳的 $\sin\omega_1 t_s$, 月亮的 $\sin\omega_2 t_m$ 所决定的. 从区间覆盖角度考虑, $\sin\omega_1 t$, $\sin\omega_2 t$ 是基本的周期项, 它们的组合叠加即可满足抑震力的要求. 由以上震例的抑震力波谱分析的结果可知, 抑震时区现象的出现是某些日波、半日波(及 $1/3$ 日波)等周期性日月效应叠加作用形成的. 从通海的两段不同的时间资料统计结果可知, 随着时间推移, 接近主震发生前, 起主要抑制作用的周期项减少为太阳的 $\sin\omega_1 t_s$, 月亮的 $\sin\omega_2 t_m$, 这反映了孕震区介质的几何结构和物理特性等方面的变化过程. 从潮汐引力计算的结果表明(高伟, 1985; 高伟等, 1989), 用潮汐应力叠加到构造应力场, 触发调制是矛盾的. 由于实际作用于孕震区介质的力是多个周期项的叠加, 而临近主震前一段时间内, 只有个别周期项($\sin\omega_1 t_s$, $\sin\omega_2 t_m$)起主要抑制作用, 因此可推断, 太阳的电磁作用可能将起主要作用, 或同时存在着共振效应. 采用此方法可对其它地震作类似的分析. 笔者认为, 本文所说明的观测现象是具有较强信息的, 而对其解释只是初步的.

3 结论

根据前面的统计结果、分析和讨论, 可以得到如下认识:

(1) 邢台、通海、海城、唐山强震前, 其孕震区内, 某一震级以上地震的发震时间的群体特征表明, 发震时刻具有受到周期性抑制的特征, 即存在抑震时区.

(2) 对某些地震, 发震时刻的最后决定因素之一是太阳和月亮的相对位置以及两者与震源区的相对位置.

(3) 不同地震的抑震时区的差异反映了地震机制和介质的几何、物理特性以及构造应力场等的差异性.

(4) 太阳效应的抑震作用较月亮效应的抑震作用更为引人注目, 从而表明可能电磁效应起了主要作用.

本文的工作是探索性的尝试, 其中某些问题尚需进一步探讨研究.

参 考 文 献

- 方俊, 1984. 固体潮. 北京: 科学出版社. 442pp
- 傅承义, 陈运泰, 祁贵仲, 1985. 地球物理学基础. 北京: 科学出版社. 447pp
- 高伟, 1985. 震源区地震的群体特征所表现的外力作用. 国家地震局地球物理研究所硕士论文. 1~42
- 高伟, 许绍燮, 黄元泰, 余洋, 1989. 强震震源区中等地震发震时刻的特征. 地震预报方法实用化研究文集: 地震学专辑. 北京: 学术书刊出版社. 502~513
- 国家地震局科技监测司(主编), 1990. 地震现场工作大纲和震情分析指南. 北京: 地震出版社. 109pp
- 郑治真, 1979. 波谱分析基础. 北京: 地震出版社. 303pp
- 中国地震专家代表团, 1978. 出国参考察报告: 罗马尼亚弗朗恰地震情况调查. 北京: 科学技术文献出版社. 56pp