

新丰江余震震群的“应力窗口”效应 与华南地区的地震活动

蒋维强

(广东省地震局)

P315.4

提要 本文取1962至1990年12月广东省新丰江地震的余震序列资料,从应变释放的角度定量地分析新丰江的余震活动特点以及与华南地区中强地震活动的关系,并与理论分析结果对比。发现新丰江地震的余震应变释放过程具有4次明显的应变异常增加,而且,从新丰江地震以来,华南地区发生的所有5.0以上中强地震都与新丰江余震应变释放的明显异常增加相“联系”,新丰江余震震群的出现是华南地区构造应力场增强的背景下余震区应力加强的效应,可以起到监视华南地区5.0级以上中强地震的“应力窗口”作用。

从1986年以来,新丰江地区的余震活动有所加强,其应变释放明显增加,表明华南地区的构造应力场在加强,其地震活动可能达到较高的水平。

关键词 新丰江余震 应变释放 地震活动

华南地区, 余震序列,

一、引言

1962年广东省新丰江6.1级地震的余震连绵不断,有时出现明显的起伏现象,表现为余震的突然增多、强度增大。这是因为大震后,其震源及其附近地区存在大量的小破裂面,这些小破裂面构成该区应力分布较为复杂,该区于主震后仍然处于华南地区的构造应力场的控制之下。当区域应力场增强时,那些和区域应力最大剪切面方向一致的处于准断错状态的破裂面,将敏感地发生快速错动而释放应变能。这就是所谓的“应力窗口”效应。

姜秀娥等人系统地研究了华北地区的海城、唐山、邢台等地震的余震震群的“应力窗口”效应。研究了余震序列的频度、b值、平均震级、P波初动优势分布等,指出这些余震活动异常是余震区应力增强的反应,并与表征华北地区总体地震活动水平的其它地震活动性指标,有同步变化^{〔1〕〔2〕}。

本文收集了新丰江余震序列的资料,从应变释放的角度分析余震序列的特点与华南地区中强以上地震的关系,希望能以新丰江的余震活动,监视华南地区5.0级以上的中强地震。

二、余震区应变释放的理论简介〔3〕

考虑到地壳内温度、压力都较高和地震孕育及余震释放均有相当长的时间过程,选用图1所示的岩石综合流变模型模拟震源体的岩体特性,并设孕震过程是在瞬间加载情况下震源体应变的积累和增长的过程。其大

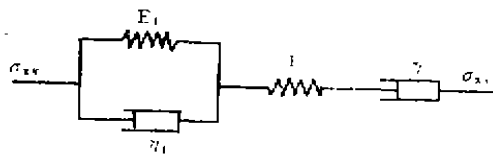


图1 岩石综合流变模型

Fig. 1 The synthetic rheology model

震后系统的总应变为:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{xy}(t) &= \varepsilon_{E_2}(t) + \varepsilon_{\eta_2}(t) + \varepsilon_{E_1}(t) \\ &= \frac{1-\alpha}{E_2} \sigma_{xy} + \frac{\sigma_{xy} T}{\eta_2} + \frac{1-\alpha}{\eta_2} \sigma_{xy} \times t + \varepsilon_0 e^{-\frac{t}{\tau_1}} \\ &\quad + \frac{1-\alpha}{E_1} \sigma_{xy}\end{aligned}\quad (1)$$

式中 E_1 、 η_1 、 E_2 、 η_2 为图1相应元件的弹性系数或粘滞系数, $\tau_1 = \eta_1 / E_1$, ε_{E_2} 、 ε_{η_2} 、 ε_{E_1} 为相应元件的应变, σ_{xy} 为加载在震源体上的应力, α 为主震所释放的应变与总应变之比, $\varepsilon_0 = \frac{\sigma_{xy}}{E_1} (\alpha - e^{-\frac{T}{\tau_1}})$, T 为大震发生的时间。

因为新丰江地震所释放出来的应变能占整个序列(不包含不遵循余震衰减规律的余震震群)所释放的应变能的90%以上, 故 $(1-\alpha)$ 近似于零, 当 t 不太大时, (1)式可简化为:

$$\varepsilon_{xy}(t) = \varepsilon_0 e^{-\frac{t}{\tau_1}} + C \quad (2)$$

(2)式中 $C = \sigma_{xy} \times T / \eta_2$, 该式表明大震后系统的应变呈指数衰减的形式。

新丰江余震区具备了应力场易于集中的构造条件, 当华南地区的构造应力场加强时, 设该余震区的应力增长为 $\Delta\sigma$ 。考虑到余震阶段主要是弹性后效部分的元件在作用, 用图1中的 E_1 和 η_1 , 并联的部分表示老震区介质, 则由于 $\Delta\sigma$ 引起的余震区应变增长为:

$$\Delta\varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{E_1} \left(1 - e^{-\frac{t-t_1}{\tau_1}} \right) \quad (3)$$

余震区的总应变为(2)和(3)式之和:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{xy}(t) &= \varepsilon_0 e^{-\frac{t}{\tau_1}} + \frac{\Delta\sigma}{E_1} \\ &\quad \left(1 - e^{-\frac{t-t_1}{\tau_1}} \right)\end{aligned}$$

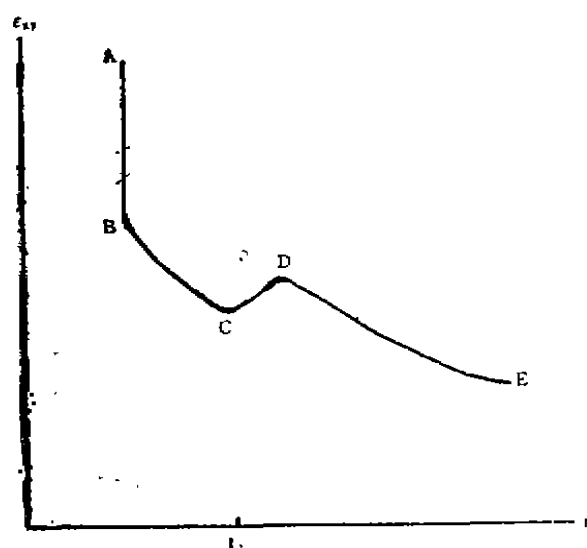


图2 余震应变释放理论曲线示意图

Fig. 2 The theoretic strain release curve of aftershock sequence.

式中 t_1 为余震发生的时间, 当 $t-t_1 \leq 0$ 时, $\Delta\sigma = 0$ 。此时, 总应变曲线如图2所示, 其AB段相当于主震应变释放, BC段为应变按正常指数衰减, CD段为应变异常增大, DE为应变增高后在新水平上的正常衰减。

如果华南地区的构造应力场再次加强, 在总应变曲线上将会再次出现类似CD段的应变异常增大。

三、新丰江地震的余震序列应变释放特点 与华南地区的地震活动

新丰江地震具有很系统的余震序列资料, 这些资料足以定量地描述余震序列的活动特征, 1970年至今的地震目录都已经输入计算机, 为研究工作提供了便利条件, 但1962年至1969年的许多余震资料尚未输入计算机, 特别是 $M_L < 2.0$ 的地震, 因此, 要十分精确地定量描述余震序列活动特征的研究还有困难。

由于震级增加2, 其能量大约增加一千倍, 1962年至1969年的新丰江余震序列有不少 $M_L \geq 4.0$ 的地震, 许多 $4.0 > M_L \geq 3.0$ 的地震, 只要我们收集到所有 $M_L \geq 3.0$ 的地震, 加上其它已经输入了计算机的 $M_L < 3.0$ 的小震资料, 就可以达到足够的精度, 从应变释放的角度, 定量地分析新丰江地震的余震序列活动的特点。因此, 本文取1962年至1990年12月的新丰江地震的余震序列资料, 其中1962至1969年的资料为所有 $M_L \geq 3.0$ 的地震和已输入计算机的 $M_L < 3.0$ 的小地震。以半年累计月滑动作新丰江地震的余震序列应变释放曲线于图3, 从图3中

可以看到余震应变释放有下述三点:

(1) 在大震后的一定时间内, 新丰江地震的余震应变释放符合图2所示的震后应变释放曲线的特点, 即呈指数衰减特征。由于图3的纵坐标为对数坐标, 故图中应变释放曲线呈现出线性特点。

(2) 在余震应变释放正常衰减的背景下, 迭加了4次明显的应变增加的异常变化, 与图2所示的余震应变异常增大的理论分析结果相吻合, 而且与华南地区的5.0级以上中强地震的发生

相关。第一次明显异常变化从1964年底开始, 于是发生了1968年的福建华安5.2级和1969年的广东阳江6.4级地震; 第二次异常变化从1972年开始, 之后, 发生了1977年的广西平果5.0级地震; 第三次异常变化从1981年开始, 一年后便发生了江西龙南5.0级地震; 第四次异常变化从1986年开始, 不久便接二连三地发生了1986和1987年两次广东阳江5.0级地震和1987年的江西寻乌5.5级地震。

(3) 前三次明显的应变异常增加后, 逐步进入正常的按指数衰减过程, 并发生5.0级以上的地震, 而第四次明显的应变异常增加后, 虽然发生了三次5.0级以上地震, 而其应变仍然在增加, 说明近来华南地区的构造应力场仍然在加强, 其地震活动水平仍然可能较高。

四、结 语

图3所示新丰江地震的余震序列应变释放曲线与图2所示的余震应变释放的理论分析结

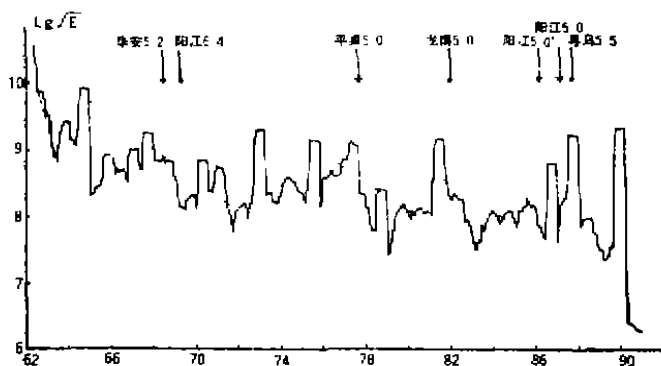


图3 新丰江余震应变衰减曲线

Fig. 3 The strain release curve of Xingfengjiang aftershock sequences

果的特征相吻合,表明新丰江地震的余震活动水平能够反映区域构造应力场的水平。自1962年新丰江地震以来,华南地区发生的所有5.0级以上的中强地震都与新丰江余震应变释放的明显应变异常增加相“联系”,表明新丰江地区的特殊介质与应力状态以它敏感的先行,可以起到监视华南地区5.0级以上中强地震的“应力窗口”作用。

从1986年以来,新丰江地区的余震活动有所加强,其应变释放明显增加,虽然在华南地区已经发生了三次5.0级以上地震,新丰江余震序列的应变释放还没有进入正常的按指数衰减的阶段,反而进一步加强,表明近年来华南地区的构造应力场仍然在加强,其地震活动仍然可能达到较高的水平。因此,进一步加强对华南地区的监测预报工作是非常必要的。

参 考 文 献

- (1) 姜秀娥、陈非比、汤淮,邢台震群的应力场“窗口”效应,地震,1981,(2)。
- (2) 姜秀娥、单锦芬、徐京华、李晓玲,华北强地震余震震群应力场“窗口”效应,西北地震学报,1982,4,(4)。
- (3) 张国民、孙士铨,华北几次大震余震应变释放特征及“应力窗口”的机制讨论,地震,1985,(1)。

THE “STRESS WINDOW” EFFECT OF XINGFENGJIANG AFTERSHOCK SEQUENCES AND THE SEISMIC ACTIVITY IN SOUTH CHINA

Jiang Weiqiang

(Seismological Bureau of Guangdong Province)

[Abstract] With the data of Xingfengjiang aftershock sequences from 1962 to December 1990, the relations between the features of Xingfengjiang aftershock activity and the activity of middle strong earthquakes in South China are studied by the means of strain release. By comparing the results of the strain release and the theory results, it founds that four obvious abnormality are increases in the strain release process of Xingfengjiang aftershock. Furthermore, all of the middle-strong earthquakes ($M_s \geq 5.0$) took place in South China have something to do with the obvious abnormal increases of strain release in Xingfengjiang aftershock. The aftershock swarm in Xingfengjiang is the effect of the strengthened stress at the aftershock region under the background of the strengthened tectonic stress field in South China, which can be regarded as a “stress window” to watch the formation of middle strong earthquakes ($M_s \geq 5.0$) in South China.

From 1986, the activity of Xingfengjiang aftershock has been enhanced and the strain release has been increased obviously. It shows that the tectonic stress field is strengthened in South China and the level of seismic activity may be high.

[Key words] The aftershockes in Xinfengjiang; Strain release; Seismic activity