

# 震源应力场与构造应力场

魏柏林

藏绍先

(广东省地震局) (北京大学地球物理系)

## 摘

## 要

每个地震按照双力偶模型所得到的震源应力场, 有的反映构造应力场, 有的反映转换应力场。凡是在已存在的活动断裂上由粘滑发震的震源机制解而得出的P、B和T轴与构造应力场的最大、中等、最小的压力主轴是对应的, 只是略有偏离。分析了岩块相对滑动产生的转换应力场, 证明由转换应力场所产生的脆性剪切破裂而发震的震源机制解得出的P、B、T轴则与构造应力场三个主轴方向可以完全不符。通过对具体震例分析表明, 当考虑了转换应力场之后可对几个地震区的应力场得到统一的解释。因此, 在一个地区根据震源机制解来恢复构造应力场时必须先判明: 是构造应力的直接作用下的粘滑或剪切破裂, 还是转换应力场所形成的共轭剪切破裂, 前者可直接恢复构造应力场, 后者则应经过转换才能恢复构造应力场。

## 引

## 言

地震在地壳中不是到处都发生的, 而是发生在地壳变动剧烈地带, 也就是构造应力作用强烈的地带。因此要准确预测地震发生的地点, 必须要了解地震带中的构造应力场作用方式。目前在推测地壳的应力状态的方法中常用震源机制解的方法<sup>[1-5]</sup>。本文的目的是阐明由单个机制解所得到的震源应力场与构造应力场的关系, 讨论如何根据看来似乎矛盾的震源应力场来恢复构造应力场。

## 一、震源应力场

震源应力场是震源在发震时刻的应力场。目前, 一般认为双力偶是地震的较合适的力学模式。它能较好地解释地震波的幅射场, 双力偶点源模式是由一对正交的节面和平行节面的两对力偶所组成。如果一个节面为断层面, 另一个节面则是断层面滑动向量所指的方向。当研究震源的应力状态时, 采用等效应力来代替双力偶的力场。它的压力轴P是初动膨胀象限的两节面的角平分线, 张力轴T是在初动压缩象限的角平分线, B轴是两节面的交线。当区域构造应力超过当地岩石破裂强度时, 就发生地震。我们即可按双力偶点源模式, 从震源机

制解中得到这等效应力场——震源应力场。

同在一个区域构造应力场的作用下，有些地区震源机制解大多数具有一致性，如华北地区（粗略统计）。有些地区震源机制解则显得很紊乱，如松潘地区和苏鲁皖等地。现将地震带中有些地震机制解所反映的震源应力场不一致的情况按时、空或序列特征归类如下：

### 1. 同时同地区的地震震源应力场不同

这是指所发生的地震是在一个地震带中或一个地震序列中所占的时、空范围。

#### （1）双震型（震群型）

1976年松潘地震〔6〕，在8天时间、约25公里的范围内发生了三次大震，其P轴分别为 $63^\circ$ ， $111^\circ$ ， $95^\circ$ 。

1966年邢台地震〔7〕，3月8日、3月22日、3月29日及1967年12月3日几次地震的震源机制解的P轴都不相同。

#### （2）主余型

这类地震余震机制解有的和主震一致，有的则大不一样，如海城、平谷、新西兰、伊朗加华等〔8〕。

### 2. 同一地区不同时间的地震震源应力场不同。

这是指先后不是一个地震序列而发生在一个地震带中的地震。

（1）1967年8月30日的甘孜—炉霍6.8级地震是一个正断层倾滑型地震，T轴呈NW—SE向，P轴直立；1972年7月乾宁两次5.6级地震\*，P轴NW—SE向，T轴近于直立，是个逆倾滑型地震；而1973年2月6日炉霍7.9级地震是一个典型的走滑型地震，P轴近东西向，呈水平状态。四个地震都位于鲜水河断裂带上或其附近，而震源应力场各异。

（2）贝加尔裂谷带地震〔10〕，大部分大震机制解的T轴方向与裂谷走向垂直，大致呈NW—SE向，与裂谷的引张应力场基本一致。然而却有些小震机制解T轴和裂谷走向一致，有的则近直立。

其次还有莱因地堑〔11〕、喜马拉雅地震带〔12〕、新丰江水库〔13、14〕及苏鲁皖等地区〔15〕的各个单一地震的主压应力轴都显示了不同方向。

## 二、构造应力场

构造应力场是在地壳构造运动中产生的应力场。它是在一定的地质时期内，一定的区域范围中，具有相对稳定性的一种作用方式。我们可根据褶皱断裂及各种岩石的永久变形来恢复地质时期中的构造应力场。而现在构造应力场，一般根据震源机制解的统计结果、形变测量资料、应力测量结果及新构造运动等来推断。

地震断层成因说认为，在构造应力场作用下，地壳中可发生两种类型的破裂过程从而导致地震的发生：（1）脆性剪切破裂；（2）原有破裂面（如断层面、节理面或其它裂隙）上的粘滑〔17〕。

在地壳的一定地段，在一定的构造应力场作用下，沿着一些裂隙，岩块作相对运动。这种相对运动分为两类：一类是无震的滑动，这是大量而到处存在的；另一类是突然的有震滑

• 据廖家全同志提供的资料

动,即粘滑。根据J.D.Byerlee<sup>[19, 20]</sup>(1967、1970)和C.H.Scholz<sup>[21]</sup>(1968)实验观测,在岩石粘滑之前常有缓慢的平稳滑动,即断层蠕动。当滑动岩块沿某一断层长期蠕滑过程中,某一段岩块受阻被锁住,粘结得较牢地段积累了一定的应力。当所积累的应力超过其粘结强度(总的剪切阻抗)时,岩块就沿断层突然粘滑而发生地震。如1966年3月8日邢台6.8级地震、1976年7月28日唐山7.8级地震、1973年2月6日炉霍7.9级地震等就是沿着当地的主干断裂或与主干断裂平行的断裂,由于粘滑作用而发生的。又如1830年磁县7.5级地震、1975年海城7.3级地震则是与主干断裂共扼的NNW向老断裂发生突然粘滑的结果。鉴于新生代以来我国地壳构造应力场基本上是稳定的,构造活动是继承性的,这些地震基本上都是构造应力场直接作用的结果,也即是由粘滑机制形成的震源应力场,大体上反映了构造应力场,只是有些角度的偏离。

有些地震不是直接由区域构造应力场而是由次生的应力场引起的。次生应力场产生的原因有多种,如大地构造的不同部位、岩块的相对滑动都会使应力场变化,因而由单个地震机制解得到的应力场与构造应力场有较大的差异。我们称它为转换应力场。区分这种应力场与构造应力场是十分必要的,但此项工作十分复杂,这里只讨论一种可能情况即岩块滑动引起的转换应力场。

在一些大震,如邢台、通海、炉霍等地震<sup>[9]</sup>前后的形变都有沿主干断裂呈四象限分布的特征,即滑动岩块前方因挤压形变呈现隆起,后方因引张而变为下陷,M.A.Chinnery<sup>[22, 23, 24]</sup>利用位错理论所做的实验也说明了这点。

地震的破裂过程或岩块沿老断裂滑动过程可以认为相对运动的两盘间的摩擦较小。如果忽略相互摩擦,则可以使讨论简化。设两端有不均一的滑动(如图1所示),由于 $S_2$ 对 $S_1$ 和 $S_3$ 作相对运动, $S_2$ 就会对 $S_1$ 沿运动方向产生压应力,记为 $f_1$ ,对 $S_3$ 产生张应力,记为 $f_3$ 。设原有构造应力场主应力为 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ ,而 $f_1$ 、 $f_3$ 在 $\sigma_1\sigma_3$ 平面内,并与 $\sigma_1$ 夹角为 $\theta$ 。在 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ 坐标系中,由 $f_1$ 产生的附加应力场只有三个分量 $\sigma'_{11}$ 、 $\sigma'_{33}$ 、 $\sigma'_{13}$ ,由下式求得

$$\begin{pmatrix} \sigma'_{11} \\ \sigma'_{33} \\ \sigma'_{13} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos^2\theta & \sin^2\theta & -\sin 2\theta \\ \sin^2\theta & \cos^2\theta & -\sin 2\theta \\ -\frac{1}{2}\sin 2\theta & \frac{1}{2}\sin 2\theta & \cos 2\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_1 \cos^2\theta \\ f_1 \sin^2\theta \\ -\frac{1}{2}f_1 \sin 2\theta \end{pmatrix} \quad (1)$$

由 $f_3$ 产生的附加应力场为

$$\begin{pmatrix} \sigma'_{11} \\ \sigma'_{33} \\ \sigma'_{13} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_3 \cos^2\theta \\ f_3 \sin^2\theta \\ -\frac{1}{2}f_3 \sin 2\theta \end{pmatrix} \quad (2)$$

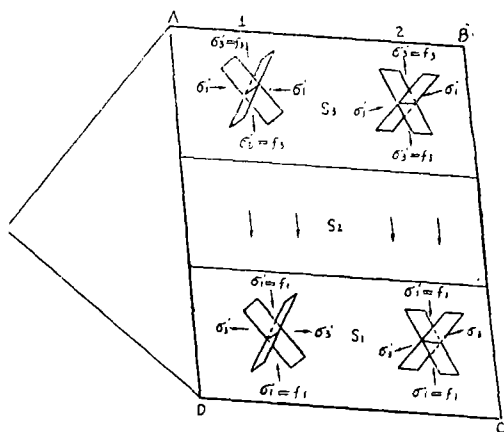


图1 倾向滑动所产生的转换应力场示意图

ABCD为滑动面, $S_2$ 为滑动岩块, $S_1$ 、 $S_3$ 分别为 $S_2$ 前后方邻接岩块, $\sigma'_1$ 、 $\sigma'_2$ 为转换应力场主压,主张应力轴

图1—1中 $\sigma'_2$ 垂直断层面,图1—2中 $\sigma'_2$ 平行断层面走向, $S_2$ 中箭头示断层上盘运动方向

Fig.1 Transformed stress field was caused by trend-slip mechanism.

在 $S_1$ 中产生的转换应力场 $\sigma_{ij}$ 为附加应力场 $\sigma'_{ij}$ 和原构造应力场的迭加:

$$[\sigma_{ij}] = \begin{pmatrix} \sigma_1 + f_1 \cos^2 \theta & 0 & -1/2 f_1 \sin 2\theta \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ -1/2 f_1 \sin 2\theta & 0 & \sigma_3 + f_1 \sin^2 \theta \end{pmatrix} \quad (3)$$

在 $S_3$ 中得到的转换应力场为:

$$[\sigma_{ij}] = \begin{pmatrix} \sigma_1 + f_3 \cos^2 \theta & 0 & -1/2 f_3 \sin 2\theta \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ -1/2 f_3 \sin 2\theta & 0 & \sigma_3 + f_3 \sin^2 \theta \end{pmatrix} \quad (4)$$

从式(3)和(4)中可以看出主应力轴的方向已经变化。

对于 $S_1$ , 最大主应力轴在水平面转动了角度 $\phi_1$

$$\phi_1 = \frac{1}{2} \text{tg}^{-1} \left[ \frac{f_1 \sin 2\theta}{(\sigma_1 - \sigma_3) + f_1 \cos 2\theta} \right] \quad (5)$$

$\phi_1$ 在 $0^\circ$ 到 $\theta$ 之间, 最大和最小主应力 $\sigma'_1$ 和 $\sigma'_3$ 为:

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cos^2 \phi_1 + \sigma_3 \sin^2 \phi_1 + f_1 \cos^2 (\theta - \phi) \quad (6)$$

$$\sigma'_3 = \sigma_1 \sin^2 \phi_1 + \sigma_3 \cos^2 \phi_1 - f_1 \sin^2 (\theta - \phi) \quad (7)$$

当 $f_1 \cos 2\theta \gg \sigma_1$ 时, 即滑动引起的应力积累足够大。由公式(5)、(6)、(7)可得 $\phi_1 = \theta$ , 当 $f_1 > \sigma_2 > \sigma'_3$ ,  $\sigma'_1 \approx f_1$ ,  $\sigma'_3 = \sigma_1 \sin^2 \theta + \sigma_3 \cos^2 \theta$ 时, 中等主应力仍为 $\sigma_2$ , 这时最大主应力与运动方向一致, 产生与运动方向成 $\theta$ 角的走滑断裂; 而当 $\sigma_2^2 < (\sigma_1 \sin^2 \theta + \sigma_3 \cos^2 \theta)$ 时, 转换应力场的中等主应力轴变为水平,  $\sigma'_2 = \sigma_1 \sin^2 \theta + \sigma_3 \cos^2 \theta$ , 而 $\sigma'_3 = \sigma_2$ , 这时便会在 $S_1$ 中产生逆断层倾滑地震。

同理, 在 $S_3$ 中最大主应力轴在 $\sigma_1$ 、 $\sigma_3$ 平面内转动了 $\phi_2$ 角。

$$\phi_2 = \frac{1}{2} \text{tg}^{-1} \left[ \frac{f_3 \sin 2\theta}{(\sigma_1 - \sigma_3) + f_3 \cos 2\theta} \right] \quad (8)$$

当 $|f_3 \cos^2 \theta| \gg \sigma_1$  (在本文中均以压缩应力为正) 时, 由(4)式可以得到

$$[\sigma_{ij}] = \begin{pmatrix} f_3 \cos^2 \theta & 0 & -1/2 f_3 \sin 2\theta \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ -1/2 f_3 \sin 2\theta & 0 & f_3 \sin^2 \theta \end{pmatrix} \quad (9)$$

这时 $\phi_2 = \theta$ , 而最小应力轴沿滑动方向, 最小应力 $\sigma'_3 = f_3$ , 另一水平主应力为 $\sigma_1 \sin^2 \theta + \sigma_3 \cos^2 \theta$ 。当 $(\sigma_1 \sin^2 \theta + \sigma_3 \cos^2 \theta) > \sigma_2$ 时, 则 $\sigma'_1 = \sigma_1 \sin^2 \theta + \sigma_3 \cos^2 \theta$ ,  $\sigma'_2 = \sigma_2$ , 这时在 $S_3$ 中产生走滑地震; 当 $(\sigma_1 \sin^2 \theta + \sigma_3 \cos^2 \theta) < \sigma_2$ 时, 则 $\sigma'_1 = \sigma_2$ ,  $\sigma'_3 = \sigma_1 \sin^2 \theta + \sigma_3 \cos^2 \theta$ , 这时如果满足破裂条件, 在 $S_3$ 中将产生正断层倾滑破裂。

实际上, 岩块的运动要复杂得多, 当岩块滑动产生沿滑动方向的应力 $f_1$ 和 $f_3$ 不完全在 $\sigma_1$ 、 $\sigma_3$ 平面时, 这时转换应力场变为:

$$[\sigma_{ij}]' = \begin{pmatrix} \sigma_1 + f_1 \cos^2 \alpha & f_1 \cos \alpha \cos \beta & f_1 \cos \alpha \cos \gamma \\ f_1 \cos \alpha \cos \beta & \sigma_2 + f_3 \cos^2 \beta & f_3 \cos \beta \cos \gamma \\ f_1 \cos \alpha \cos \gamma & f_3 \cos \beta \cos \gamma & \sigma_3 + f_3 \cos^2 \gamma \end{pmatrix} \quad (10)$$

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 分别为 $f_1$ 、 $f_3$ 与 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ 轴的交角,  $K$ 取1或3。转换应力场变得较为复杂, 产生的断裂面的取向和滑动方向的关系也变得复杂。而两种极端且易于区别的情况是转换应力场的中等主应力 $\sigma'_2$ 平行于 $\sigma_2$ 和垂直 $\sigma_2$ 。这两种情况在实践中常出现, 提供了由转换应力场

区分构造应力场的可能,也证实了上面的简化推论的可用性。下面先以走滑型地震为例,讨论 $\sigma'_1 \parallel \sigma_2$ 和 $\sigma'_1 \perp \sigma_2$ 的两种情况。

(1)  $\sigma'_1$ 平行 $\sigma_2$

以邢台地震为例,把3月8日的邢台6.8级地震作为 $S_2$ 岩块突然滑动的结果(图2)。当 $f_1 \cos^2 \theta \gg \sigma_1$ 时,由于 $S_2$ 岩块南东盘向南西滑动,对其后方的 $S_3$ 岩块产生了引张,因而所形成的转换应力场的最小主应力 $\sigma'_1$ (张应力)平行滑动方向(即断裂走向),其量值等于 $f_3$ ,而另一水平主应力为 $\sigma'_1 = \sigma_1 \sin^2 \theta + \sigma_3 \cos^2 \theta$ ,当 $\sigma'_1 > \sigma_2$ 时则产生了3月22日的7.2级及3月29日的6.0级两个走滑地震。同理 $S_2$ 岩块NW盘向NE盘滑动,对其前方 $S_1$ 岩块产生挤压,形成转换应力场的最大主应力 $\sigma'_1$ 平行断裂走向,另一水平主应力 $\sigma'_1$ 小于 $\sigma_2$ ,产生了1967年12月3日的5.7级走滑地震。

2.  $\sigma'_1$ 垂直于 $\sigma_2$

这种情况相当转换应力场在 $S_1$ 中的水平分量( $\sigma_1 \sin^2 \theta + \sigma_3 \cos^2 \theta$ )大于 $\sigma_2$ ,变为转换应力场 $\sigma'_1$ ,而 $\sigma'_1$ 取垂直方向,因此在 $S_1$ 中产生了逆断层倾滑地震。如1976年松潘地震,长期在北西—南东向的主压应力的构造应力场作用下,虎牙断裂( $F_1$ )和其共轭的北东东向的黄龙断裂( $F_2$ )都在长期蠕动,而在 $F_2$ 上的 $S_2$ 岩块在蠕动过程中对其前方的 $S_1$ 岩块产生了足够大的转换应力场,其最大主应力 $\sigma'_1 = f_1$ ,且平行于滑动方向,故发生了8月16日的逆断层倾滑地震(图3)。而在 $F_3$ 上的 $S_2$ 岩块由于长期积累能量,加之8月16日地震的触发,而沿 $F_3$ 产生了粘滑,致使发生了8月22日的6.7级地震,而它又在其延伸方向上激发了8月23日的7.2级走滑地震。尽管震源应力场各异,但构造应力场仍然是一致的。这也就解决了原来对构造应力场的两种意见的争论。

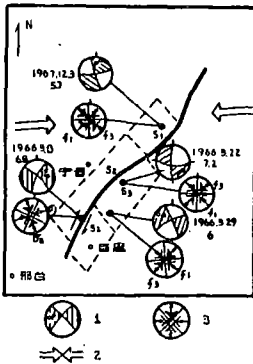


图2 邢台地震震源机制图

1.地震机制图解 2.双力偶模型等效力图,  $\sigma_1$ 、 $\sigma_3$ 分别为滑动岩块( $S_2$ )的压、张应力,  $f_1$ 、 $f_3$ 分别为转换应力场( $S_1$ 、 $S_3$ )压、张应力 3.构造应力场主压应力方向

Fig.2 The Xingtai earthquake mechanism.

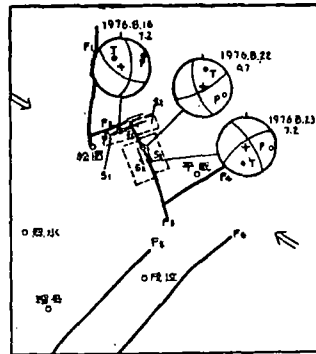


图3 松潘地震震源机制图

$F_1$ 岷江断裂,  $F_2$ 黄龙断裂,  $F_3$ 虎牙断裂,  $F_4$ 平武断裂,  $F_5$ 茂汶断裂,  $F_6$ 龙门山断裂

Fig.3 The Songpan earthquake mechanism.

这种 $S_2$ 对 $S_1$ 产生逆倾滑地震的例子还见于鲜水河断裂上(图4)。如1972年9月27日、30日在乾宁附近发生两次5.6级逆断层倾滑型地震,该处即位于炉霍 $S_2$ 岩块前方的 $S_1$ 岩块

中。由于鲜水河断裂一直在近东西向挤压作用下，断裂南盘不断向南东运动，因此炉霍 $S_2$ 岩块不仅对乾宁 $S_1$ 岩块产生挤压，它本身也由长期蠕滑突然于1973年2月6日转为粘滑而发生7.9级地震。不仅如此，在其长期蠕滑之前，它对其后的 $S_3$ 岩块可引起引张，当引张足够强时，产生转换应力场的最小应力平行于滑动方向，且 $\sigma'_3 = f_3$ ，当另一水平主应力小于 $\sigma_2$ 时，此主应力变为转换应力场的 $\sigma'_2$ ， $\sigma'_1 = \sigma_2$ 且在垂直方向，此时在 $S_3$ 中产生正断层倾滑地震，如1967年8月30日炉霍6.8级地震（图4）即在 $S_2$ 位置。虽然这四个地震的震源应力场不同，但其构造应力场仍然是统一的，即在近东西向挤压下的结果。

前面的一般讨论也完全适用于倾滑型地震。

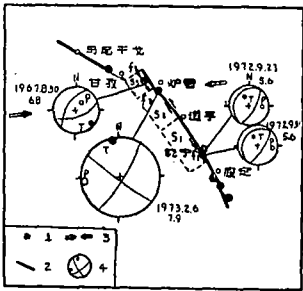


图 4 炉霍地震震源机制图  
1.震中 2.断裂 3.构造应力场主压应力方向 4.震源机制解  
Fig.4 The Luhuo earthquake mechanism.

三、震源应力场与构造应力场的关系

恢复构造应力场的步骤如下：

1. 首先鉴定某区的地震是在构造应力场作用下沿老断裂的粘滑产生，还是转换应力场引起的剪切破裂。可按表中项目予以鉴别。

| 项 目 \ 机制类型            | 构 造 应 力 场                       | 转 换 应 力 场        |
|-----------------------|---------------------------------|------------------|
| 地震裂缝与原有断裂的关系          | 平行或接近平行                         | 接近平行或斜交          |
| 等震线长轴与原有断裂            | 一致或接近一致                         | 接近一致或斜交          |
| 断层面解的节面 I、II 与原有断裂的关系 | 其中有一节面平行原有断裂走向或两节面与当<br>地共轭裂隙平行 | 与滑动的断裂成近45°斜交或正交 |
| P、T轴与发震断裂及共轭裂隙的关系     | 成45°交角或接近45°交角                  | 平行或垂直            |

2. 根据粘滑机制恢复构造应力场。按双力偶点源模式作出的震源机制解的P、T轴总是和两共轭剪切面成45°交角。而岩石力学实验结果显示P轴与破裂面约成30°交角。这是 在无裂隙的均匀介质中的结果。如果在有裂隙的岩石中，由于粘滑而产生的地震，其机制解P、T轴必然与老裂隙成45°交角，而实际情况是构造应力场的主压应力轴或主张应力轴在共轭裂隙所夹的角域内的任何偏转都可造成同样的结果，即得出的震源机制解都是相同的（图5）。若是走滑型（图5为平面图）则主压应力轴和主张应力轴在共轭裂隙内呈水平方向的60°或90°角域内变化；若是倾滑型（图5为剖面图）则两个主轴成垂直方向同等角域的变化。

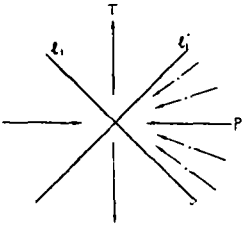


图 5  
 $l_1, l_1'$ 为共轭裂隙， $\leftarrow \bullet \rightarrow$ 为构造应力场主压应力方向  
P、T为机制解的主压应力与主张应力

若要定出两个主轴的方向,首先要定出稳定的轴向。若P轴最稳定,P轴的仰角小于 $45^\circ$ ,一般接近 $0^\circ$ 呈水平状态,T轴则在垂直P轴的面内呈 $0^\circ-180^\circ$ 的变化。如喜马拉雅地震带,P轴垂直喜马拉雅构造带的走向,且近于水平状态。若T轴接近 $0^\circ$ 或 $180^\circ$ 时,则为走滑型地震。当T轴接近直立( $90^\circ$ )时,则为逆断层倾滑型地震。在整个地震带中后者占优势,且和印度板块与欧亚板块相撞的地质事实相符,其构造应力场的主压应力方向为南北向。

若T轴最稳定,T轴的仰角小于 $45^\circ$ ,一般接近 $0^\circ$ 呈水平状态,P轴则在垂直T轴的面内呈 $0^\circ-180^\circ$ 的旋转变换,如新丰江水库地震<sup>[14]</sup>。

鉴定两主轴的稳定性后,再来限定轴的方向。

(1)对于走滑型地震轴向的限定,可以从机制解中找出节线最小方位角 $\theta$ 与节线最大方位角 $\phi$ ,则P轴(或T轴)最大变化范围为(图6):

$$\phi < P < 90^\circ + \theta \quad \phi > \theta$$

$$0^\circ < P < 90^\circ + \theta - \phi$$

$$\text{设 } \theta = 15^\circ \quad \phi = 45^\circ$$

$$\text{则 } 0^\circ < P < 60^\circ$$

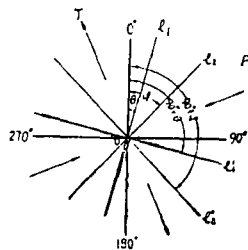


图 6

$l_1, l_1', l_2, l_2'$  为两对共轭裂隙,  
P、T 为主压、主张应力轴

这样大致可以限定P轴变化约在 $60^\circ$ 范围。

(2)从机制解中找出个别的倾滑型地震。因倾滑型地震机制解的T轴(正断层)或P轴(逆断层)方位角更接近构造应力场的对应轴。但要注意避免使用转换应力场引起倾滑地震。

倾滑型地震轴向的限定和构造带性质有密切关系,如贝加尔的地震T轴与构造应力场拉张轴完全一致<sup>[10]</sup>。T轴的水平方向变化可按区域构造轴向来定,而垂直方向变化则视有无走滑型地震出现。若走滑型地震B轴垂直,则P、T轴都近水平;若B轴倾斜,则反映P轴或T轴亦倾斜。根据走滑型B轴倾斜的大小可确定T轴的方位及倾角。

### 3. 据转换应力场来恢复构造应力场

首先要找出岩块滑动的断裂是区域主干断裂还是共轭裂隙。根据地震震源机制解的P轴和T轴的方位角确定哪一个轴接近于平行区域断裂走向。

然后沿着滑动断裂划分出滑动岩块 $S_2$ ,它可作蠕滑,也可作粘滑。再找出 $S_2$ 前方邻接滑动岩块 $S_1$ 及后方邻接岩块 $S_3$ ,再找出转换应力场的 $f_1$ 与 $f_3$ 的方向。

根据 $S_1$ 的 $f_1$ 方向及 $S_3$ 的 $f_3$ 方向以及 $S_2$ 的滑动方向就可将该区构造应力场方向确定:即P轴或T轴与 $f_1$ 或 $f_3$ 成 $45^\circ$ 交角,若以北东向断裂面和构造应力场呈东西向主压应力轴为例, $f_1$ 与 $f_3$ 右旋 $45^\circ$ 即为构造应力场主压应力方向,而北西向裂隙 $f_1$ 与 $f_3$ 左旋 $45^\circ$ 则为构造应力场的主压应力方向。

(本文1981年6月22日收到)

### 参 考 文 献

- [1] J.H.Hodgson, Nature of faulting in large earthquakes, B.S.S.A., 68, 611-643, 1957,

- [2] A.E. Scheidegger, The tectonic stress and tectonic motion direction in Europe and western Asia as calculated from earthquake fault plane solution, B.S.S.A., 54, 1519—1528, 1964.
- [3] E.I. Shirokova, General features in the orientation of principal stresses in the earthquakes foci in the mediterranean-Asia seismic belt. Bull (IZV) Acad. Sci. USSR. Geophys. ser. 1, 12, 1967.
- [4] D.P. McKenzie, The relation between the fault plane solutions for earthquakes and the directions of the principal stresses, B. S. S. A., 59, 591—601, 1969.
- [5] N. Yamakawa, Stress fields in focal regions, J. Phys. Earth, 19, 4, 347—353, 1971.
- [6] 四川省地震局, 一九七六年松潘地震, 地震出版社, 1979.
- [7] 何志桐, 谢挺, 邢台地震系列空间分布, 构造应力场及其发生过程的探讨, 地球物理学报, Vol. 20, No. 2, 1977.
- [8] 魏柏林, 余震震源机制变化原因, 地球物理学报, Vol. 23, No. 1, 1980.
- [9] 罗灼礼, 震源应力场、形变场和倾斜场, 地震学报, Vol. 2, No. 2, 1980.
- [10] N. A. Logatchev and P. Mohr., Geodynamics of the baikal rift zone, Tectonophysics, 45, 71—85, 1978.
- [11] L. Ahorner, Present-day stress field and seismotectonic block movements along major fault zones in central Europe, Tectonophysics., 29, 233—247, 1975.
- [12] 国家地震局震源机制研究小组, 中国地震震源机制研究, 第二集, 1973.
- [13] 中国科学院地质研究所破裂与震源力学组, 广东省科技局新丰江地震总结组, 新丰江水库区微震震源力学的初步研究, 地质科学, No. 3, 1975.
- [14] 魏柏林, 新丰江水库地震震源应力场与构造应力场, 地震地质, Vol. 3, No. 1, 1981.
- [15] 方仲景等, 苏鲁皖地区晚新生代构造应力场的初步探讨, 地震地质, Vol. 1, No. 4, 1979.
- [16] N. Hast., The state of stresses in the upper part of the Earth's crust, Eng. Geol., 2 (1), 1967.
- [17] J.D. Byerlee and W.F. Brace, Stick-slip, stable sliding and earthquakes - effect of rock type, pressure, strain rate and stiffness, J.G. K., 73, 6031—6037, 1968.
- [18] Kiyoo Mogi, Earthquake as fractures in the earth, Advances in rock mechanics, 1, A. 559—568, 1974.
- [19] J.D. Byerlee, Frictional characteristics of granite under high confining pressure, J.G.R., 72, 3639—3648, 1967.
- [20] J.D. Byerlee, The mechanics of stick-slip, Tectonophysics., 9, 475—486, 1970.
- [21] C. H. Scholz, Microfracturing and the inelastic deformation of rock, J.

G.R., 73, 1417, 1968.

[22] M.A. Chinnery, The stress changes that accompany strike-slip faulting, B.S.S.A., 53, 4—6, 921—932, 1962.

[23] M. A. Chinnery, Secondary faulting, I Theoretical aspects Canadian, J. Earth sciences, 3, 1966.

[24] M.A. Chinnery secondary faulting II Geological aspects Canadian, J. Earth Sciences, 3, 1966.

## THE STRESS FIELD OF EARTHQUAKE SOURCE AND THE TECTONIC STRESS FIELD

Wei Bai-Lin

(*Seismological Bureau of Guangdong Province*)

Zang Shao-xian

(*Department of Geophysics Peking University*)

### Abstract

Some of the stress fields obtained from earthquake mechanism according to double couple model of earthquake represent tectonic stress field, but some of them represent the transformed stress field. The axes P, B, and T obtained from earthquake mechanism correspond with the maximum, intermediate and minimum principal axes of the tectonic stress respectively if the earthquake was caused by stick-slip mechanism on an acting fault, though there may be a departure from the real directions. The transformed stress field was analysed when blocks of the crust moved relatively. The axes P, B, and T are entirely different from the principal axes of the tectonic stress if the earthquake was caused by transformation stress field. Through analysing several earthquake sequences, it was shown that uniform stress field was obtained from earthquake mechanism when the transformation stress field was taken into account. Therefore, to obtain the tectonic stress field from an earthquake mechanism, it must be clarified that the earthquake was caused by stick-slip or shear fracture due to tectonic stress or caused by conjugate shear fracture due to transformation stress some criteria were given. The tectonic stress could be obtained directly from the former, but some transformations have to be done if the tectonic stress was obtained from the latter.