

阿尔金断裂带内的构造应力场

胥 颐 谷建忠

(新疆维吾尔自治区地震局)

一、引言

地震烈度区划很重要的依据之一是发震构造,只有在区域应力场的配置下才能讨论其是否发震,因此区域应力场的研究对地质构造的地震危险性判断具有重要意义。本文根据W. Ellsworth[4, 5]提出的算法编制了程序,在PDP11/23型和M-24型计算机上对阿尔金断裂带上一些断层错动数据进行了计算,反推出该地区的构造应力场。

近年来,新疆地震局部分同志在阿尔金断裂带取得了一些断层错动数据。根据这些数据计算的应力场与其它方法计算的结果大体吻合。

二、原理和方法

如图1所示,设 $\vec{u}_i$ 为每个断层面上的单位滑动矢量, $\vec{n}_i$ 为法向单位矢量, $\vec{b}_i$ 为同时垂直于 $\vec{u}_i$ 和 $\vec{n}_i$ 的单位矢量,若平均应力张量为:

$$S = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

则作用在第 i ($i=1, \dots, m$)个断层面单位面积的力 $\vec{f}_i$ (图2)为:

$$\vec{f}_i = S \cdot \vec{n}_i \quad (2)$$

相应的剪切应力为:

$$\vec{\tau}_i = \vec{f}_i - f_{ni} \vec{n}_i \quad (3)$$

其中 $f_{ni} = \vec{f}_i \cdot \vec{n}_i$ 为 $\vec{f}_i$ 的法向分量。如果在某个应力张量 S 的作用下,每个断层面上的剪切应力 $\vec{\tau}_i$ 与该面上的滑动矢量 $\vec{u}_i$ 之间的夹角 α_i 都很小,则该应力张量 S 就有可能代表了驱动这些

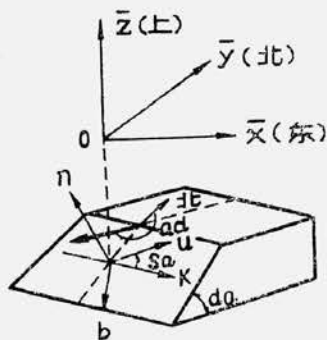


图 1

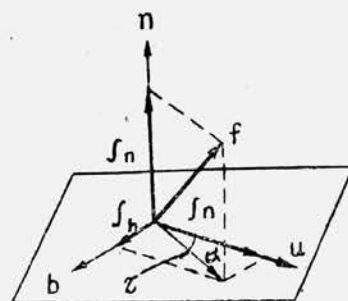


图 2

断层运动的构造应力张量。

根据上述思想,我们可以利用实际观测的 m 个断层($m > 5$)的倾向 dd_i ,倾角 da_i 以及滑动角 sa_i 计算出每个断层的 $\vec{u}_i$ 、 $\vec{n}_i$ 和 $\vec{b}_i$ 。由于阿尔金断裂具有左旋走滑性质,故 $-90^\circ \leq sa \leq 90^\circ$ 。通过 $\vec{u} = (u_1, u_2, u_3)^T$ 和 $\vec{n} = (n_1, n_2, n_3)^T$ 得到矩阵 $A_{m \times 3}$;通过 $\vec{b} = (b_1, b_2, b_3)^T$ 和 $\vec{n} = (n_1, n_2, n_3)^T$ 得到矩阵 $B_{m \times 3}$,各矩阵的详细定义见文献[1]。令:

$$G = A^T A - B^T B \quad (4)$$

对矩阵 G 作特征值分解,找出与最大特征值相对应的特征矢量 $X = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)^T$,利用下式

$$\begin{aligned} S_{11} &= -a(X_1 + X_2) \\ S_{22} &= (a/b)[(1+b)X_1 - X_2] \\ S_{33} &= (a/b)[-X_1 + (1+b)X_2] \\ S_{12} &= X_3 \\ S_{13} &= X_4 \\ S_{23} &= X_5 \end{aligned} \quad (5)$$

$$a = \sqrt{2/3}, \quad b = 1 + \sqrt{3}$$

求出应力张量矩阵 S ,这里利用了 S 的对称性。继续对矩阵 S 作特征值分解,分解出的特征值就是主应力 σ_1 、 σ_2 和 σ_3 ,而相应的特征矢量即为主应力在地平坐标中的方向余弦 l 、 m 、 n 。进一步换算成方位角和伏角来表示其空间方位。

另一方面,针对计算出的应力张量矩阵 S ,可以建立应力状态下的特征方程:

$$\sigma^3 - I_1 \sigma^2 + I_2 \sigma - I_3 = 0 \quad (6)$$

式中 I_1 、 I_2 和 I_3 的定义见文献[2]。解应力方程得到主应力 σ_1 、 σ_2 和 σ_3 。将它们分别代入:

$$\begin{aligned} (S_{11} - \sigma) \cdot l + S_{12} \cdot m + S_{13} \cdot n &= 0 \\ S_{21} \cdot l + (S_{22} - \sigma) \cdot m + S_{23} \cdot n &= 0 \\ S_{31} \cdot l + S_{32} \cdot m + (S_{33} - \sigma) \cdot n &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

并将其中任意二式与

$$l^2 + m^2 + n^2 = 1 \quad (8)$$

联立求解,即可得到与主应力 σ 相应的方向余弦 l 、 m 和 n 。

三、计算结果和讨论

图3为阿尔金断裂带阿羌地区的平面示意图,图中数字表示断层错动数据的大致位置。错动数据列于表1。为了避免在计算中出现相关性,对于产状相同的断层,计算时只取其中一个,而滑动角则取其各个滑动角的平均值。图4为断层面在上半球乌尔夫网投影图上的位置,表2为计算结果,图5为三个应力轴的空间方位,图边的小箭头表示固定一轴垂直地表时主应力轴的方位。在计算过程中发现有的断层 α 角过大,故舍去后再次计算。为了与其它方法进行比较,表3给出了利用强震机制和地表形变资料计算的结果。

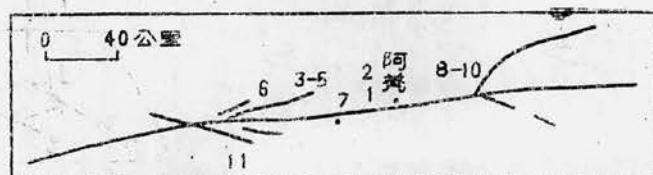


图 3

阿尔金断裂带部分断层测量数据

表 1

编 号	产 状		滑 动 角	α 角	备 注
	倾 向	倾 角			
1	170	45	86	43.8	舍 去
2	165	64	5	14.8	
3	325	84	13	23.7	
4	290	88	1.0	47.2	舍 去
5	160	50	31	12.8	
6	158	58	28	11.9	
7	155	77	25	13.4	
8	305	57	- 42	1.0	
9	140	40	28.4	25.8	
10	170	70	60	33.4	舍 去
11	165	70	3	14.3	舍 去

应力轴计算结果

表 2

σ_1		σ_2		σ_3	
方 位 角	伏 角	方 位 角	伏 角	方 位 角	伏 角
198	84	301	23	106	66
固 定 一 轴 垂 直 地 表					
197	水平	垂直	垂直	107	水平

其它方法的计算结果

表 3

应 力 轴 方 法	σ_1		σ_2		σ_3	
	方位角	伏 角	方位角	伏 角	方位角	伏 角
强震机制	210	82	—	—	147	70
地表形变	190	81	302	28	87	61

阿尔金断裂位于青藏高原带的西北边界，根据板块学说，印度洋板块自上新世末以来，不断地向北运移，在喜马拉雅山前与亚洲板块发生碰撞，并朝亚洲大陆下俯冲。特别是由于南边印度洋板块的挤压以及北西方向塔里木块体的阻挡，势必造成青藏块体向北东方向运动，从而使阿尔金断裂表现出左旋走滑的性质〔8〕。本文的结果也表明，以上的分析是合理的。

本文所用的断层错动数据均由本局地震地质研究队的同志提供。在程序的调试过程中曾得到国家地震局地球物理研究所许忠淮同志的帮助，在此表示感谢。

参 考 文 献 (略)

