

阿尔金山及毗邻地区的构造模拟实验分析

王 煜

(新疆维吾尔自治区地震局)

一、前言

阿尔金断裂久为地质界、地震界人士所重视。为了研究阿尔金及毗邻地区的构造应力场,作者应用地质资料设计了构造模拟区。对阿尔金山及毗邻地区进行模拟实验分析。

二、构造条件的选取

本文主要研究阿尔金断裂(新疆境内)及其邻区的情况。因此选取了图1所示的范围,对构造也作了必要的取舍,确定了模拟区的构造骨架(图1)。根据图1分别设计了软材料和全息光弹性构造模拟实验模型。

三、实验原理、过程和结果

1. 软材料(泥巴)实验

软材料受到外力作用后,即产生塑性变形。我们把粘土:粉砂土=3:2的泥巴置于水平加力架上。在刻划构造线时,采用了两种刻划方式:1)皮什盖—塔勒看里克断裂、阿尔格断裂、红柳沟断裂刻得深;阿尔金山断裂中等深度;阿尔金北缘断裂和且末河断裂刻得较浅。2)皮什盖—塔勒看里克断裂和阿尔格断裂刻透整个模型,其他断裂的刻法同1)。实验表明,加力方式相同时,在上述两种情况下模拟区内断裂的相对位移和变形基本相同。

实验中采用了多种加力方式,即 $N5^{\circ}E$ 和 $N20^{\circ}E$ 水平挤压,并分别作了南北双向同时加力、由南向北单向加力和由北向南单向加力三种不同的加力情况。

实验发现在 $N5^{\circ}E$ 的三种加力方式下,实验区内各条断裂的水平位移基本相同,但在双向挤压和由南向北挤压时,可以观察到区域内有明显的垂直位移,而由北向南挤压时则无明显的垂直位移。在 $N20^{\circ}E$ 水平挤压时,实验区内的位移和变形与 $N5^{\circ}E$ 时不同,阿尔金山断裂和且末河断裂整条断裂带上同时发生水平位移且变形量差不多,阿尔金北缘断裂稍有位移,其他几条断裂基本上没有水平位移,区内也没有明显的垂直运动,这显然与实际资料不相符。

本文仅对 $N5^{\circ}E$ 双向水平挤压情况作一叙述。施加水平挤压力后,阿尔金山断裂西段首先产生左旋水平错动,随着挤压力的增大水平位移逐渐扩展到阿尔金山断裂与其北缘断裂的交汇处(阿羌),从吐拉向东到依吞布拉克西沿阿尔金山断裂水平位移很小,但此段受挤压现象在照

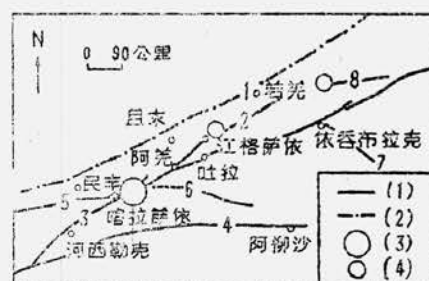


图1 构造模拟区断裂及震中分布图

1. 且末河断裂 2. 阿尔金北缘断裂 3. 阿尔金山断裂
4. 木孜塔格断裂 5. 皮什盖—塔勒看里克断裂 6. 阿尔格断裂 7. 依吞布拉克—茫崖断裂 8. 红柳沟断裂
(1) 断裂 (2) 物探断裂 (3) $7\frac{1}{4}$ 级地震
(4) 6—6.9级地震

片上可以清楚地观察到。从依吞布拉克以西向东,阿尔金断裂仍旧有左旋水平位移,但位移量没有西段大。在照片上还可看到且末河断裂、阿尔金北缘断裂的活动方式为左旋压扭性。木孜塔格断裂、红柳沟断裂、皮什盖—塔勒看里克断裂、阿尔格断裂均没有发生明显的水平位移,但这几条断裂的受挤压现象却是显而易见的。实验区内还有明显的垂直运动,沿木孜塔格断裂、帕斯坦附近以及阿尔金断裂、阿尔金北缘断裂和红柳沟断裂围成的三角地区都有较大幅度的隆起,而从民丰北到吐拉南则形成近东西向的凹陷带。

2. 全息光弹性实验

在全息光弹实验中采用光学灵敏材料环氧树脂制成的模型,一次曝光得到等差线条纹图,用光学不灵敏材料有机玻璃模型两次曝光得到等和线条纹。模型均为 $165 \times 110 \times 5$ 立方毫米的薄板。根据野外地质资料和软材料模拟实验结果,本实验中对模型施加 $N 5^\circ E$ 的均布载荷。使用FQG—200型激光全息光弹仪,所有的仪器和模型均布在防震台上,以便获得清晰的照片。

用环氧树脂模型,在正交平面偏振光场中从 $0^\circ \sim 80^\circ$ 同步转动起偏镜和检偏镜,测得模型的 $0^\circ \sim 80^\circ$ 等倾线,根据等倾线绘出该区主压应力轨迹线图(图2)。在园偏振光场中,对模型施加160公斤均布载荷,用环氧树脂模型一次曝光得到等差线条纹,由等差线条纹图绘出该区最大剪应力相对等值线图(图3)。用有机玻璃模型两次曝光获得等和线条纹图。



图2 主压应力轨迹线图

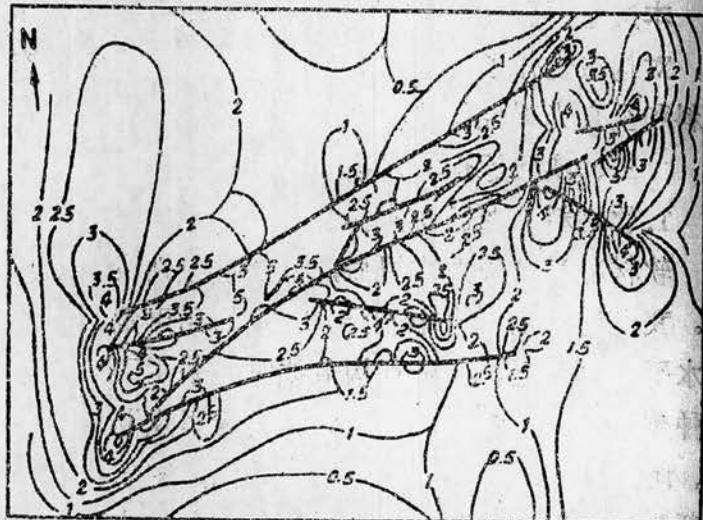


图3 最大剪应力相对等值线图

息光弹的主要特点之一就是在判读等和线和等差线条纹图的基础上,通过简单的计算就能求出各点的主应力值。但等和线的判读比较困难,在实验中我们用多重曝光法获得模型等和线零级条纹。然后根据等和线条纹符号的判别方法读出等和线条纹级次。在此基础上将模型划分成5毫米 $\times$ 5毫米的小方格650多个。用下列公式求出各节点的 σ_1 和 σ_2 值。

$$\sigma_1 - \sigma_2 = f_c n_c / d_c$$

$$\sigma_1 + \sigma_2 = f_p n_p / d_p$$

式中 d_p 、 d_c 分别为环氧树脂和有机玻璃模型的厚度($d_p = d_c = 5$ 毫米)。

n_p 、 n_c 分别为等差、等和条纹级次。

f_p 、 f_c 分别为等差、等和材料条纹值。

根据计算出的 σ_1 、 σ_2 值绘制了本区 σ_1 和 σ_2 相对等值线图(图4、图5)。

四、实验结果分析

1. 软材料(泥巴)实验

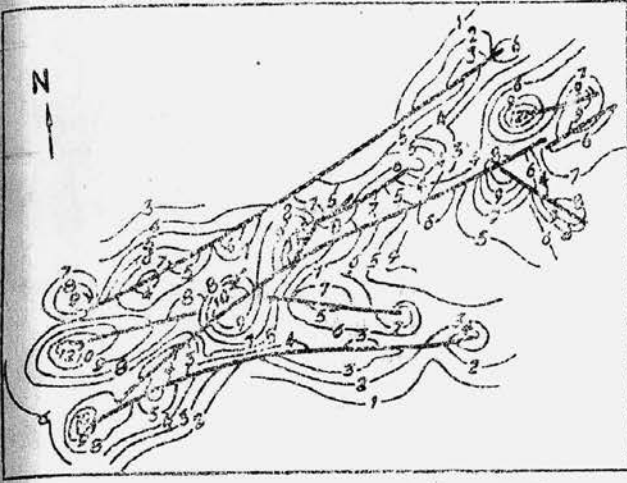
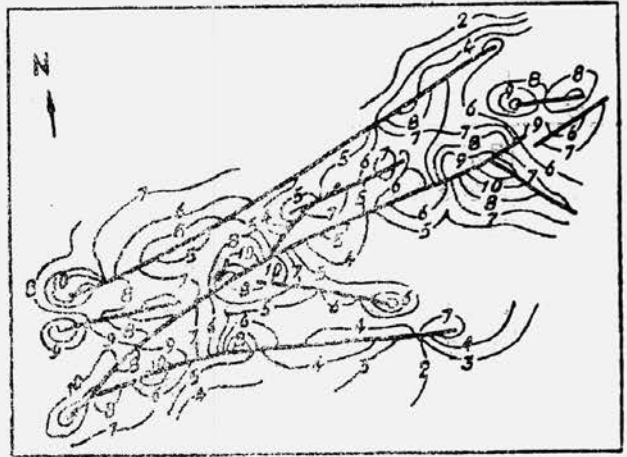


压,主,地带,木盆,裂为

体呈在且如在约在

裂面呈从力由段两

增

图4 主张应力 (σ_1) 相对等值线图图5 主压应力 (σ_2) 相对等值线图

泥巴实验证实: 在 $N5^\circ E$ 水平挤压力作用下, 无论是双向挤压, 还是由南向北单向挤压, 实验区的形变场基本一致。阿尔金断裂的活动方式呈左旋压扭性, 东段与西段以扭动为主, 西段的位移量稍大, 中段 (吐拉~依吞布拉克西) 以压性 (兼扭性) 为主。隆起的三角地带相当于阿尔金山脉, 地质资料证实阿尔金山北侧有侏罗系出露, 表明阿尔金山相对塔里木盆地上升。且末河断裂、阿尔金北缘断裂的活动方式为左旋压扭性, 依吞布拉克—茫崖断裂为右旋压扭性, 其他各断裂均以压性为主。

2. 全息光弹性实验

(1) 实验区内主压应力分布状态

实验区在 $N5^\circ E$ 水平挤压力作用下, 主压应力轨迹线显示了主压应力方向的变化。它总体呈 $N5^\circ E-S5^\circ W$ 方向展布, 但由于断裂的影响, 在各断裂之间主压应力方向有差异。例如在且末河断裂与阿尔金断裂之间差别最大处位于民丰~且末间, 呈 $N25^\circ \sim 30^\circ E$ 方向展布, 又如在依吞布拉克北呈 $N35^\circ E$ 左右方向展布。在没有断裂的地区主压应力轨迹走向偏差较小, 约在 5° 以内。

(2) 主压应力分布与断裂力学性质的关系

当主压应力轨迹线与断裂直角相交时, 断裂的力学性质为压性; 当主压应力轨迹线与断裂平行时, 断裂的力学性质为张性; 当主压应力轨迹线与断裂斜交, 断裂的走向接近剪切破裂面方位时, 断裂的力学性质为扭性; 而当断裂与剪切破裂面的方位有偏差时, 断裂力学性质呈张扭性或压扭性。

因此, 分析主压应力轨迹线可知阿尔金断裂呈左旋压扭性, 而各段的力学性质有差异。从阿羌向东主压应力轨迹线与断裂的夹角为 70° 以上, 在依吞布拉克附近, 断裂南盘的主压应力轨迹线与断裂的交角为 40° 左右, 从博斯坦~喀拉萨依主压应力轨迹线与断裂的夹角为 35° , 由喀拉萨依向西加大到 55° 。由此可知, 阿尔金断裂在依吞布拉克附近及博斯坦—喀拉萨依地段以左旋扭动为主, 在吐拉—依吞布拉克西及断裂的两端呈左旋压扭性。

其余各断裂的力学性质也各具特点, 将地质资料与实验结果列于表1, 从表中可以看到两者基本吻合。

(3) 应力集中区与地震之间的关系

材料力学中把由于结构构件存在园孔、切口等使横截面突然改变而引起的局部区域应力增大的现象称为应力集中。根据最大剪应力准则 (第三强度理论) 和库仑—莫尔理论, 通常

表 1

断裂力学性质对比表

序 号	断 裂 名 称	断 裂 的 力 学 性 质 (野 外 调 查 资 料)	模 拟 实 验 断 裂 所 呈 的 力 学 性 质
1	且末河	系物探断裂	左旋压扭性
2	阿尔金北缘	左旋	左旋压扭性
3	阿尔金	左旋	左旋
4	木孜塔格	压性	压性(西段兼扭性)
5	皮什盖—塔勒看里克	压性扭	左旋压扭性
6	阿尔格	压性	压性
7	依吞布拉克—茫崖	右旋压扭性	右旋压扭性
8	红柳沟	压性	压性

表 2

全息光弹实验分析结果与地震之间的关系

序 号	项 目 地 点	相 对 应 力 值			主压应力 轨迹走向	轨迹线走 向与断裂 的交角	所在断裂名称	历 史 强 震	
		最 大 剪 应 力 值	主 压 应 力 值	主 张 应 力 值				时 间	震 级
I	博斯坦	4.5	12	11	NE25°	40°	阿尔金	7月3日 1924年 7月12日	7 $\frac{1}{4}$ 7 $\frac{1}{4}$
I	依吞布拉克	4.5	10	12	NE30°	35°	阿尔金与依吞布拉克—茫崖断裂交汇处	曾被定为六级地震危险区	
II	江朵勒萨关	3.0	7	8	NE15°	60°	阿尔金南缘	1933年 9月26日	6 $\frac{3}{4}$
VI	若羌东	4.5	10	12	SN	90°	红柳沟	1922年 10月17日	6 $\frac{1}{2}$

把剪应力值高的区域视为应力集中区,认为此处易发生剪破裂。把由实验得出的应力集中区,与图1的强震震中对比,列于表2。

从表2可以看到,模型的四个应力集中区有三处与强震震中区吻合,而依吞布拉克应力集中区曾被定为六级地震危险区*。因此依吞布拉克北是值得密切注视的危险地段。

五、问题讨论

1.由泥巴实验和全息光弹性实验得到的阿尔金断裂的力学性质有相同之处,也有不同之处,阿尔金断裂呈左旋压扭性是两种实验的相同之处。而在个别地段就有些不同了,如泥巴实验证实吐拉—依吞布拉克西以压性为主,而全息光弹实验结果呈左旋压扭性。这可能由于泥巴是塑性材料而环氧树脂和有机玻璃板是弹性材料的缘故。

2.模拟实验所用的模型是理想化了的。地壳在漫长的地质史中呈现塑性,不然就无法解释各种褶皱的形成;而在发生地震的瞬间又表现为弹性体,传播各种类型的地震波。而在泥巴模拟实验中将地壳视为塑性体,在全息光弹实验中将地壳视为均一的弹性体,这种理想化了的地壳模型难以正确地反映地壳的实际结构和受力状态。

参加本次实验工作的还有范芳琴、金小玉同志。杨继林同志帮助清绘全部图件,特致谢。

参考文献(略)

但是,我们以次、力,

加速增长校里的智

之才疆地

测、动、备、题、

国目员素