



可可托海—二台断裂断层泥的高压状态参数 和动态弹性参数的测定

为了研究断层的深部构造和深部断层物质的力学性质,在国外曾有人对一些大断裂带进行过地球物理勘探,得到横跨断裂带的速度剖面 and 密度剖面。在物探资料的反演过程中,由于构造和物性二者均是未知的因素,取得断层物质高压状态参量的实验数据是有意义的。人们在实验室中对断层泥的压密效应进行过实验研究。

我国对大断裂带的波速勘探和重力勘探工作正处于开始阶段,为了配合这项工作的进行,我们着手在实验室中研究断层泥的高压状态参数。本文报告了对西北地区的一条重要断裂可可托海——二台断裂断层泥的研究结果。

实验在一个小型高压容器中进行。将断层泥试料放入容器内,通过活塞对断层泥施加压力,测定活塞的位移得到断层泥体积随压力的变化从而得到其密度随压力的变化。实验的最高压力达500MPa。实验结束后得到直径为2.5厘米、长6厘米的圆柱形试件供波速测量使用。

波速测量在我们研制的1GPa岩石三轴高压容器中进行。容器的结构和内测量引线方式见文献[1]。这个容器的最高使用压力为1.05GPa,本实验只做到500MPa的压力范围,因为断层泥的存在深度估计不会超过15公里。使用SYC—2型波速仪进行测量,探头的频率为1MHz。纵波和横波均有良好的波形,可准确读出传播的走时。容器内的压力用锰铜丝压力计测量。压力、密度的测量误差为1%,波速的测量误差为2%。实验的加压速率为100MPa/m。

对断层带上的乌伦古河南、干沟、托斯巴斯套、老山口、水磨沟和海子口六个点的7种断层泥样品进行了研究。采样点的位置和现场地质情况在文献[2]中已有详细的介绍。

图1、图2和图3分别给出了可可托海—二台断裂断层泥的密度、纵波速度和横波速度随压力的变化曲线。由图可见,当压力小于200MPa时,断层泥的密度、纵波速度和横波速度随压力增加较快。当压力超过200MPa后,密度和波速随压力稳定增长。根据这些曲线的

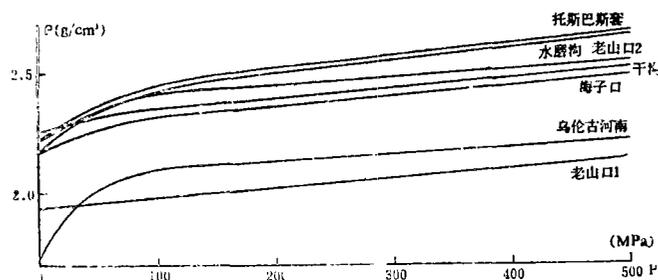


图1 可可托海—二台断裂断层泥密度随压力的变化

斜率，可以得出可可托海——二台断裂断层泥的密度、纵波速度和横波速度的压力梯度。这些数据均列于表1。

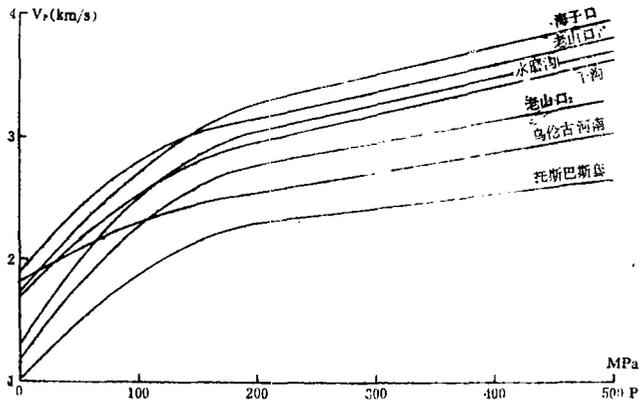


图2 可可托海——二台断裂断层泥纵波速度随压力的变化

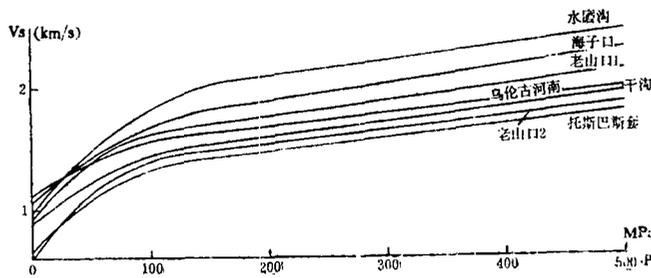


图3 可可托海——二台断裂断层泥横波速度随压力的变化

表1 可可托海——二台断裂断层泥的密度、波速压力梯度、Birch系数和动态弹性模量

样 品		乌兰古河南	干沟	托斯巴 斯套	老山口 1	老山口 2	水磨沟	海子口	平均值
压力 梯度	密度压力梯度 (g/cm ³ ·GPa)	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4
	纵波速度压力梯度 (km/S·GPa)	1.7	2.3	1.2	2.2	1.9	1.8	2.2	1.9
	横波速度压力梯度 (km/S·GPa)	1.1	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.21
Birch 系数	ap (g/cm ³)	1.65	1.80	1.62	1.48	1.99	1.72	1.79	1.72
	bp (10 ⁻⁶ gs/cm ²)	1.96	2.04	4.00	1.73	1.79	2.59	1.76	2.27
	as (g/cm ³)	1.66	1.82	1.86	1.46	2.09	1.67	1.92	1.78
	bs (10 ⁻⁶ gs/cm ²)	2.75	3.62	4.39	3.27	2.39	4.04	2.37	3.26
动态 弹性 模量	动态杨氏模量E (10 ³ Mpa)	5.70	6.38	2.31	7.00	2.59	3.75	6.75	4.93
	动态剪切模量G (10 ³ Mpa)	2.14	1.91	1.03	1.71	0.89	2.13	2.54	1.76

由断层泥的密度 ρ 、纵波速度 V_p 和横波速度 V_s ，很容易得出不同压力下断层泥的纵波阻抗 ρV_p 和横波阻抗 ρV_s 。这些数据对讨论地震波在断层带的透射和反射问题，具有重要的意义。

六十年代Birch研究岩石高压状态参数时发现，岩石的密度与波速之间满足线性关系

$$\rho = a + bV$$

此关系被称作Birch定律。式中 ρ 为岩石的密度， V 为岩石的波速， a 和 b 为常数，称为Birch系数，因岩石品种而异。我们对可可托海——二台断裂的断层泥也作出其200Mpa以上的高压下密度——波速关系曲线，这些曲线满足Birch定律：

$$\rho = a_p + b_p V_p$$

$$\rho = a_s + b_s V_s$$

式中 ρ 为断层泥的密度， V_p 和 V_s 分别是断层泥的纵波波速和横波波速。我们算出了可可托海——二台断裂断层泥的Birch系数 a_p 、 b_p 、 a_s 和 b_s ，这些数据也列在表1中。

由下式算出断层泥的动态杨氏模量 E 和动态剪切模量 G （表1）。

$$V_p = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

实验表明，可可托海——二台断裂断层泥的密度和波速均随压力增加而增长。与岩石相比，断层泥的密度和波速随压力增长更快。本实验测得可可托海——二台断裂断层泥的波速压力梯度在1.1—2.3km/S·GPa之间，密度压力梯度平均值为0.4g/cm³·GPa，均比岩石相应的压力梯度高一个数量级。

过去曾测定了可可托海——二台断裂断层泥的静态杨氏模量，其平均值为1.30×10³MPa。本实验得到的动态杨氏模量平均值为4.93×10³MPa，后者比前者高出一个数量级。此差别比岩石的动态弹性常数与静态弹性常数之间的差别大得多。因此，在处理缓慢的较大变形问题时，要用静态常数，在处理波的传播等快速小扰动时，要用动态常数，二者不能互相代用。

本研究是地震学联合科学基金资助的课题

（本文1986年5月2日收到）

（国家地震局地球物理研究所 刘晓红 郝晋升 方亚如 蔡戴恩 李纪汉 耿乃光）

参 考 文 献

- 〔1〕王耀文、郝晋升、刘永恩，10000公斤/厘米²高压容器的研制，地球物理学报，Vol.24，No.1，1981。
〔2〕新疆维吾尔自治区地震局，富蕴地震断裂带，地震出版社，1985。

THE MEASUREMENTS OF HIGH PRESSURE PARAMETERS AND DYNAMIC ELASTIC PARAMETERS FOR GOUGE OF KEKETUOHAI-ERTAI FAULT

Liu Xiaohong, Hao Jinsheng, Fang Yaru,
Cai Daien, Li Jihan and Geng Naiguang
(Institute of Geophysics, SSB)