

# 甘肃及其邻域地壳中间界面的某些性质

董奇珍 李清河

(兰州地震研究所)

**提要** 本文根据地壳中间界面上反射波的运动学和动力学参数, 探测了地壳中间界面的埋深、复盖介质中波的传播速度、温度、压力、反射性、透过性、弹性等性质, 甘肃及邻区地壳中间界面与莫霍面具有相似的形态—埋深由东向西逐步增大。

**关键词:** 甘肃及邻域 地壳中间界面埋深 地壳中界面复盖介质物理特性

## 一、引言

研究大陆深部基底是现代地球科学主要新领域之一。详细了解深部岩层对探测地震成因、火山活动机理、煤和石油沉积层盆地的形成和演变历史以及地热能源等问题具有重要意义。据统计92.5%的中强地震均发生在地壳中间层。所以, 研究地壳中间界面的性质、势征对地震预报颇有实用价值。

随着科学技术的进化发展, 观测技术大大提高, 对一些较明显、波阻抗又大的地壳深界面上的反射波均能清楚地接收到。

文献〔1〕对地壳中间界面上反射波 $P_D$ 、 $S_D$ 波的性质、特征作了较详细地论述。本文根据 $P_D$ 、 $S_D$ 波的运动学和动力学参数, 用反射波法探测甘肃及邻区基底面和莫霍面之间的中间层分界面(可能是康氏面)的某些性质、特征。

## 二、资料的选取

本工作选用了2个人工地震和6个天然地震资料。其震源参数列于表1。

震中及其观测台分布示于图1。

西吉爆破的炸药量为2吨, 黄土炮源。成县爆破是将240吨左右的炸药分放在公路两旁的两个山洞里, 一次起爆。两次爆破均来用 $S_C-16$ 型示波仪和长城磁带仪记时, 时间服务精度为0.01秒, 炮点坐标在1:5000000平面图上确定。震中周围地震台网较密, 甘肃及邻区有几十个地震台清楚地观测到这些地震事件激发的各种地震波。

在选取天然地震时, 从不同方位初选15个地震。对这15个地震的震源参数进行重新测定。尔后, 选取几种方法测定结果较接近且 $h < 20\text{km}$ 的6个地震。对所选地震的几种记录进行了仔细分析。无论是爆破或是天然地震记录, 从震中距大于60km的记录开始, 一直追踪到300km左右的记录图上, 基本上都接收到了 $P_D$ 、 $S_D$ 波震相。8次事件中, 共观测到 $P_D$ 、 $S_D$ 波震相112个, 对其走时进行了改正。

表1 震 源 参 数  
Tab. 1 The focal Parameter

发 震 时 刻						地 理 坐 标				深度	震级	地 名
年	月	日	时	分	秒	$\varphi^{\circ}'$ (N)		$\lambda^{\circ}'$ (E)		km	ML	
1982	6	11	00	00	14.67	35	58.44	105	26.28	0	2.8	西吉爆破
1985	12	30	12	00	26.31	33	56.73	105	42.5	0	3.5	成县爆破
1986	10	9	06	32	53.0	37	26	105	39	0.1	3.7	中宁
	12	30	16	09	1.1	36	19	105	59	2.2	4.2	固原
1988	9	18	14	30	25.4	37	31	102	50	2.2	3.3	古浪
	10	13	07	49	38.7	36	22	103	18	1.0	4.0	兰州
		29	17	39	50.6	34	58	103	48	1.5	3.9	临潭
	12	23	07	25	35.4	39	24	96	56	3.0	2.6	玉门

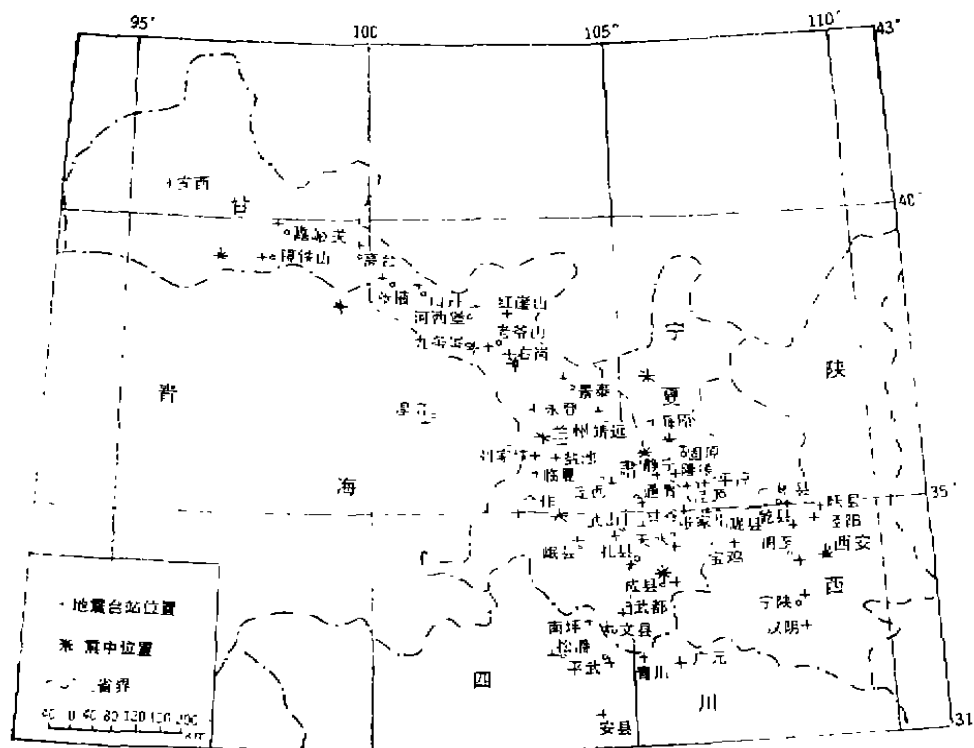


图1. 震中及地震台分布  
Fig. 1 distribution of epicentres and stations

### 三、P<sub>D</sub>、S<sub>D</sub> 波的走时曲线

地震波走时曲线是地震波运动学特征的再现，是检验地震波震相的有效方法，它客观地反映着区域地壳的实际结构。为此，我们首先绘制P<sub>D</sub>、S<sub>D</sub>波走时曲线。考虑到深度影响只会使时距曲线沿时轴平移，而不致于改变视速度，且本文选用的地震 $h \leq 3 \text{ km}$ ，深度差异不大。所以，我们将所选地震波走时参数绘制成一个综合的时距曲线。

用下式计算震中距

$$\Delta = 111.199 \left[ (\varphi_s - \varphi_e)^2 + (\lambda_s - \lambda_e)^2 \right. \\ \left. \cos^2 \left( \frac{\varphi_s + \varphi_e}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中 $\Delta$ 为震中距，单位是km； $\varphi_s$ 、 $\lambda_s$ 、 $\varphi_e$ 、 $\lambda_e$ 分别为观测点和震中的地理坐标，单位为度。

用下式计算高程差走时

A. 震源在地壳中的地震波高程差走时

$$\delta_{iH} = \frac{\delta_H (2H - h)}{V_1 \sqrt{(2H - h)^2 + \Delta^2}} \quad (2)$$

B. 表面源的地震波高程差走时

$$\delta_{iH} = \frac{2H\delta_H}{V_1 \sqrt{4H^2 + \Delta^2}} \quad (3)$$

式中 $\delta_{iH}$ 为台站海拔高程差走时， $\delta_H$ 为台站海拔高程与标准海拔高程之差， $H$ 为中间界面的埋深， $V_1$ 为中间界面上覆盖介质中波的传播速度， $h$ 为震源深度。因震中的海拔高程无条件测定，故以兰州台的海拔高程为标准。

P<sub>D</sub>、S<sub>D</sub>波的运动学参数示于表2。

表2. 地震波运动学参数和反射点埋深

Tab. 2 The Kinematic parameter and the buried depth of reflection point for seismic waves

地震	地震台	T <sub>PD</sub> (s)	T <sub>SD</sub> (s)	Δ(km)	V <sub>PD</sub> (km/s)	V <sub>SD</sub> (km/s)	H <sub>PD</sub> (km)	H <sub>SD</sub> (km)
西 吉 爆 破	海 源	14.7	21.3	59	5.88	3.61	25.5	23.0
	隆 德			71				
	固 原		20.8	59		3.62		21.7
	平 凉	25.5	37.6	125	5.95	3.51	23.9	21.2
	甘 谷		41.6	138		3.51		23.9
	兰 州		43.3	144		3.52		24.3
	盐 池		45.8	153		3.51		24.6
	陇 县		28.8	164		5.95		24.8
	临 夏		34.7	200		3.51		24.9
	礼 县	34.8	58.8	201	5.95	3.54	24.9	23.4
	岷 县	36.8		214	5.96		23.2	

续上表 1

地震	地震台	T <sub>PD</sub> (S)	T <sub>SD</sub> (s)	△ ( Km )	V <sub>PD</sub> (km/s)	V <sub>SD</sub> (km/s)	H <sub>PD</sub> (km)	H <sub>SD</sub> ( km )
西吉 爆破	宝鸡	39.9	67.5	232	5.93	3.50	22.8	21.5
	成县	43.0	72.8	251	5.95	3.51	24.8	23.9
	合作	43.4		253	5.95		25.9	
	通渭	18.7	29.5	87	5.97	3.38	24.4	24.5
	清远	18.8	30.4	98	5.90	3.61	24.7	24.7
	张家川		37.4	125		3.59		24.5
	天水	30.0	51.1	171	5.93	3.48	25.6	27.1
	景泰	32.1		182	5.95		29.0	
成县 爆破	武都		30.8	93		3.44		26.9
	甘谷	17.9	31.1	94	5.93	3.41	25.0	27.4
	张家川	23.3	38.8	130	5.97	3.58	24.1	20.3
	宝鸡	24.3		134	5.88		27.5	
	通渭	25.8	44.1	145	5.94	3.47	25.2	27.1
	文县	26.2	45.1	147	5.92	3.44	26.5	27.0
	岷县	28.8	48.9	164	5.95	3.50	24.8	25.3
	静宁	30.8	53.1	178	5.95	3.44	25.5	27.6
	平凉	32.9	56.1	190	5.97	3.50	25.5	25.9
	定西	35.2		206	6.02		24.8	
	乾县	40.1	68.6	235	5.99	3.50	24.9	26.2
	周至	41.4	70.1	241	5.95	3.51	25.5	24.8
	彬县	42.0	71.0	244	5.94	3.51	25.7	26.0
	宁陕	42.8	72.3	251	5.98	3.54	25.0	25.0
	平武	34.8	59.2	202	5.95	3.51	22.7	24.4
	广元	29.2		187	5.95		24.0	
中宁 地震	景泰	23.4	39.5	128	5.94	3.51	27.2	26.6
	兰州	34.2		198	5.95		23.5	
	盐池	35.2		203	5.95		25.7	
	定西	38.1		209	5.94		24.7	
固原 地震	平凉	21.5		119	5.95		23.5	
	张家川	26.0		148	5.95		25.6	
	定西	27.0		152	5.90		2.60	
	甘谷	32.2	54.4	185	5.80	3.54	24.5	24.8
	兰州	34.7		192	5.71		24.5	
	天水	37.5		215	5.88		24.0	
	礼县	44.4	74.4	258	5.82	3.53	25.1	24.6

续上表 2

地震	地震台	$T_{PD}(s)$	$T_{SD}(s)$	$\Delta(km)$	$V_{PD}(km/s)$	$V_{SD}(km/s)$	$H_{PD}(km)$	$H_{SD}(km)$
固原地震	临 夏 景 泰	43.9		257	5.96		24.5	
		35.0		200	5.92		29.0	
兰州地震	定 西 清 远 石 岗 老 爷 山 九 条 岭 通 渭 红 崖 山 岷 县 静 宁 武 山 河 西 堡 皇 源	27.0		152	5.90		26.0	
		25.8		143	5.92		27.9	
		26.8		148	5.92		29.7	
		31.5		178	5.93		29.3	
		34.5		197	5.93		28.8	
		38.0		220	5.93		24.4	
		38.0		220	5.98		29.7	
		39.6		226	5.84		24.5	
		39.7		230	5.93		25.1	
		41.5	69.8	247	6.07	3.61	24.7	24.9
		42.3		245			28.8	
		32.7	55.5	186	5.95	3.54	28.5	29.0
临潭地震	兰 州 甘 谷 礼 县 刘 家 峡 静 宁 天 水 成 县	22.9		125	5.87		24.7	
		24.8	44.1	141	6.02	3.39	24.5	24.8
		26.5		152	6.03		24.6	
		27.9		162	6.07		24.7	
		33.2	56.7	189	5.88	3.45	24.4	25.2
		33.9		199	6.03		24.8	
玉门地震	嘉 峪 关 安 西 高 台 镜 铁 山	21.8	36.8	119	5.95	3.51	28.8	28.1
		27.8	47.2	157	5.95	3.51	29.0	29.4
		42.6	72.3	248	5.95	3.50	29.2	29.9
			28.8	87		3.51		28.7
古浪地震	皇 源 盐 池 临 夏	30.5		172	5.90		28.5	
			53.8	182		3.49		25.2
			63.2	215		3.49		27.3

我们选用的地震 $h \leq 3 km$ ，均可近似地视为表面源。用下式求取 $P_D$ 、 $S_D$ 波的理论走时曲线。

$$T = (4H^2 + \Delta^2)^{\frac{1}{2}} / V \quad (4)$$

式中 $T$ 为反射波走时， $V$ 为反射波速度。其它符号同前。将 $P_D$ 、 $S_D$ 波定时参数和理论走时曲线绘于图2。

图2示出 $P_D$ 、 $S_D$ 波走时基本上都落在同一条最佳理论曲线上。在 $100km < \Delta < 120km$ 曲线段，波的射线中断，相应走时曲线出现间断。射线中断的原因可能是界面不连续或者是壳中介质结构的影响。 $P_D$ 、 $S_D$ 波出现的初始距离是59km。

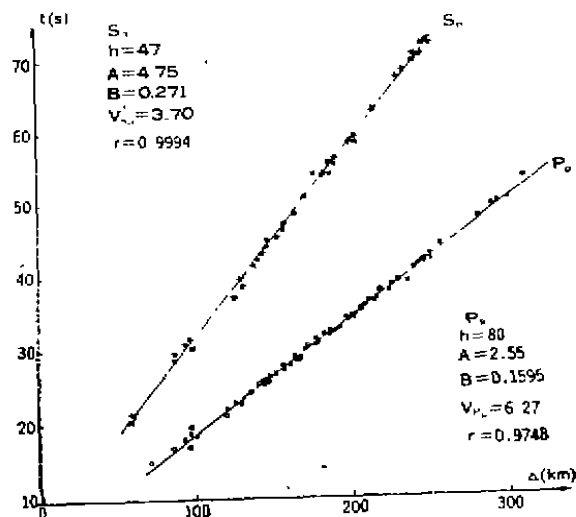


图2. 地震波走时曲线

Fig. 2 The travel time curves of seismic waves

## 四、地壳中间界面的性质

研究地震和人工爆炸产生的弹性波是测定地壳里面各层性质的重要方法。尤其利用反射波法可以较准确地求解地层厚度和速度。本文依据 $P_0$ 、 $S_0$ 波的动力学和运动学参数，用反射波法研究地壳中间界面的某些性质。

假定地壳中间界面是横向连续的水平面，地球曲率略去。将(4)和(5)式

$$T = ((2H+h)^2 + \Delta^2)^{1/2} / V \quad (5)$$

化成线性方程

$$y = ax + b \quad (6)$$

用最小二乘法反演地壳中间层。求得中间界面的埋深如下：甘肃东部 $\bar{H}_D = (24.8 \pm 1.1)$  km，甘肃西部 $\bar{H}_D = (29.4 \pm 0.5)$  km，陕西南部 $\bar{H}_D = (24.7 \pm 1.5)$  km，宁夏南部 $\bar{H}_D = (23.4 \pm 1.9)$  km，四川西北部 $\bar{H}_D = (24.0 \pm 1.0)$  km，青海东北部 $\bar{H}_D = (29.0 \pm 0.1)$  km。 $P_0$ 、 $S_0$ 波的真速度 $V_{P_0} = 5.95 \text{ km/s}$ ， $V_{S_0} = 3.51 \text{ km/s}$ ；视速度 $V_{P_0'} = 6.31 \text{ km/s}$ ， $V_{S_0'} = 3.74 \text{ km/s}$ 。

文献〔2〕作者获得甘肃地区高速夹层的埋深为24.8km。表3〔3〕为甘肃东部地震测深结果。

表3 地震测深结果

Tab. 3 Result of seismic Sounding

震 相	反 射 面 深 度	上 覆 层 平 均 速 度
$P_2^0$	14.39km	5.76km/S
$P_3^0$	23.96km	5.98km/S
$P_6^0$	29.17km	5.82km/S

表3中 $P_3^0$ 界面深23.9km，波速5.98km/s。 $P_3^0$ 界面和高速夹层与本文的中间界面非常接近。

为了了解中间界面的产状状态，我们用(4)式和(5)式分别求取各反射点的埋深及波速度。结果也列于表2。

由表2可知：(1)各反射点的速度不尽相同，纵波速度的最大变化幅度达0.36km/s，

横波速度的最大变化幅度是 $0.2\text{km/s}$ 。速度比为 $1.70$ 。(2)中间界面并非水平和连续。各反射点埋深均有不同变化、相邻两点深最大可差 $\pm 4.3\text{km}$ 。产生这些差异的原因当然不排除观测和计算过程中产生的误差,但更重要的原因是地壳介质各向异性和横向不均匀所致。(3)各反射点的埋深由东向西逐渐加深。由此可见,中间界面是一个起伏不平的倾斜面,地壳中间界面有由东向西逐渐加深的趋势,与本文作者研究莫霍面<sup>[4]</sup>的变化结果相似。

根据本文和文献〔4〕、〔5〕获得甘肃及邻区地壳中的速度分布绘于图3。

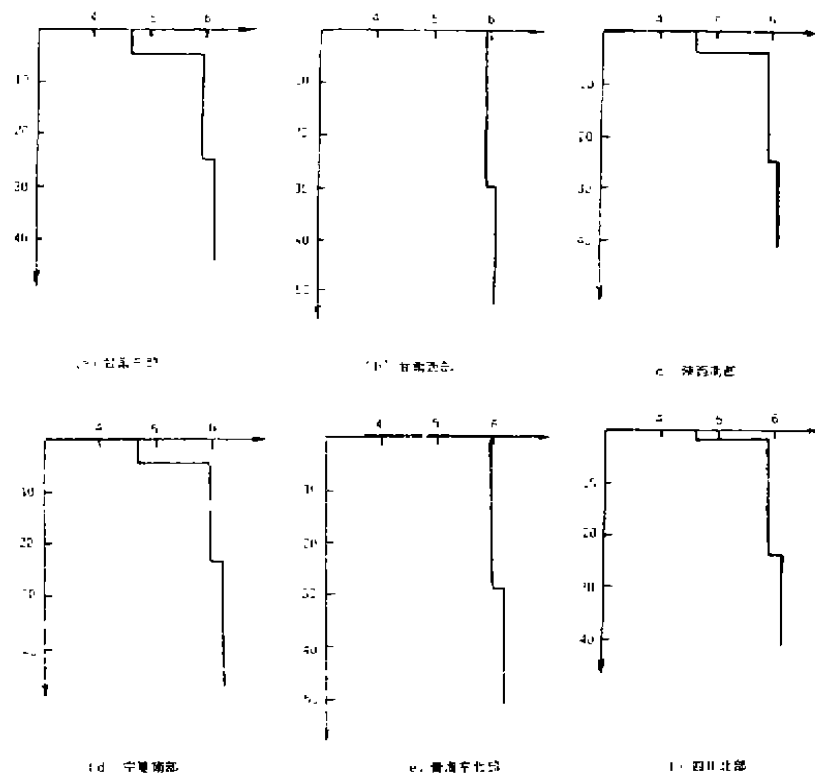


图3. 各区地壳中地震波速度分布

Fig. 3 The distribution of seismic velocity of middle crust in various region

各区地壳中的速度梯度值如表4。

图3和表4展示出沉积层中速度较小而速度梯度则较大,中间层和下层的速度梯度也不相同,互相差 $\pm 0.09$ 。

下面我们来研究中间界面的有关边界条件。

介质的速度与密度的乘积叫做界面的波阻抗。我们简单地用这种乘积来表示代表反射波和透过波振幅的反射系数和透过系数<sup>[8]</sup>。

反射系数

$$\gamma_D = D_1 / A_1 = \frac{\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1}{\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1} \quad (7)$$

表4 地壳中速度梯度值 (km/s)

Tab. 4 The gradient value of velocity in the crust

地 区	表 层	中 间 层	下 层
甘 肃 东 部	0.3235	0.0106	0.1043
甘 肃 西 部		0.0103	0.0906
陕 西 南 部	0.4638	0.0089	0.1184
四 川 北 部	0.9506	0.0092	0.1129
宁 夏 南 部	0.3793	0.0094	0.0794
青 海 东 北 部		0.0076	0.0910

$$\gamma_m = \frac{\rho_3 v_3 - \rho_2 v_2}{\rho_3 v_3 + \rho_2 v_2} \quad (8)$$

$$\gamma_0 = \frac{\rho_1 v_1 - \rho_0 v_0}{\rho_1 v_1 + \rho_0 v_0} \quad (9)$$

透过系数

$$B_0 = A_0 / A_1 = \frac{2 \rho_0 v_0}{\rho_1 v_1 + \rho_0 v_0} \quad (10)$$

$$B_D = \frac{2 \rho_1 v_1}{\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1} \quad (11)$$

$$B_m = \frac{2 \rho_2 v_2}{\rho_3 v_3 + \rho_2 v_2} \quad (12)$$

式中 $\gamma_0$ 、 $\gamma_D$ 、 $\gamma_m$ 分别为基底面、中间界面和莫霍面的反射系数， $B_0$ 、 $B_D$ 、 $B_m$ 分别为基底面、中间面、莫霍面的透过系数， $\rho_0$ 、 $\rho_1$ 、 $\rho_2$ 、 $\rho_3$ 、 $v_0$ 、 $v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_3$ 分别为表层、中间层、下层、上地幔的介质密度和速度。其它符号如图4所示。

由文献〔7〕得到

$$\rho = 0.768 + 0.301 V_P \quad (13)$$

式中 $V_P$ 的单位是km/s，密度 $\rho$ 的单位为g/cm<sup>3</sup>。

由(13)式求得各层介质密度为 $\rho_0 = 2.16$ g/cm<sup>3</sup>， $\rho_1 = 2.56$ g/cm<sup>3</sup>， $\rho_2 = 2.63$ g/cm<sup>3</sup>， $\rho_3 = 3.21$ g/cm<sup>3</sup>。取各层纵波速度为 $v_0 = 4.63$ km/s， $v_1 = 5.95$ km/s， $v_2 = 6.17$ km/s， $v_3 = 8.10$ km/s。求得 $\gamma_0 = 2.07 \times 10^{-1}$ ， $\gamma_D = 3.16 \times 10^{-2}$ ， $\gamma_m = 23.14 \times 10^{-2}$ ； $B_0 = 79.27 \times 10^{-2}$ ， $B_D = 96.8 \times 10^{-2}$ ， $B_m = 76.85 \times 10^{-2}$ 。

$$\gamma_0 / \gamma_D = 6.55$$

$$\gamma_m / \gamma_D = 7.32$$

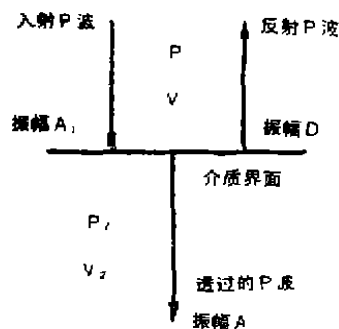


图4. 在一个岩性界面上波的反射和透过  
Fig. 4 The scheme of waves reflected and transmitted in a rock boundary



$$B_D/B_D=1.23$$

$$B_D/B_m=1.26$$

地震波振幅是地震强度的表征。为此，我们在地震图的同一分向上量取 $P_D$ 、 $P_m$ 的最大振幅 $y_D$ 、 $y_m$ 。由下式求 $y_D$ 、 $y_m$ 的比 $W$ ：

$$W_i = y_{mi}/y_{Di} \quad (i=1, 2, 3, \dots) \quad (14)$$

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n} \approx 3.46 \quad (15)$$

界面的波阻抗

$$Q_0 = \rho_0 v_0 \approx 10.0 \times 10^6 \text{ g/cm}^3 \cdot \text{S} \quad (16)$$

$$Q_D = \rho_1 v_D \approx 15.23 \times 10^6 \text{ g/cm}^3 \cdot \text{S} \quad (17)$$

$$Q_m = \rho_2 v_m \approx 16.23 \times 10^6 \text{ g/cm}^3 \cdot \text{S} \quad (18)$$

$$Q_D/Q_m \approx 0.66 \quad (19)$$

$$Q_m/Q_D \approx 1.07 \quad (20)$$

式中 $\bar{W}$ 为振幅比的平均值， $Q_0$ 、 $Q_D$ 、 $Q_m$ 为基底面、中间面、莫霍面的波阻抗， $v_0$ 、 $v_D$ 、 $v_m$ 为表层、中间层、下层的波速度。

由 $\gamma_m/\gamma_D=7.32$ 、 $Q_m/Q_D=1.07$ 、 $\bar{W}=3.46$ 、 $B_D/B_m=1.26$ 表明：中间面和莫霍面的反射强度与其反射波波特征的一致性是十分良好的。波阻抗大的界面反射强度大。中间

面的透过性胜于莫霍面和基底面。

但 $\gamma_0/\gamma_D=6.55$ 和 $Q_0/Q_D=0.66$ 是矛盾的，其原因还有待于进一步探讨。

由图5<sup>[10]</sup>得出大陆地壳中温度 $T$ 与深度 $D$ 的关系式

$$T = 20D - 0.163D^2 \quad (21)$$

温度与压力 $P$ 的关系式

$$T = 0.0714P - 2.08 \times 10^{-6}P^2 \quad (22)$$

式中 $T$ 的单位为度， $D$ 的单位为 $\text{km}$ ， $P$ 的单位为 $\text{kgf/Gm}^2$ 。

求得甘肃及邻区中间界面的温度为 $395.75^\circ - 447.1^\circ$ ，压力为 $6.816$

$\times 10^8 \text{ Pa} - 8.081 \times 10^8 \text{ Pa}$ ；莫霍面的温度为 $560.39^\circ - 595.0^\circ$ ，压力为 $1.1913 \times 10^9 \text{ Pa} - 1.3969 \times 10^9 \text{ Pa}$ 。曾融生先生求得莫霍面的温度是 $500^\circ \pm 150^\circ$ ，压力是 $1 \times 10^9 \text{ Pa}$ <sup>[10]</sup>，该结果与本文基本上是一致的。它表明温度和压力随界面埋深增加而增加。

在弹性理论中，一个安全弹性物体的弹性，只要有两个弹性参量就可以表征整个弹性物体的弹性性质。根据这一理论，我们假定地壳中间界面上覆盖介质是均质、等温和完全弹性

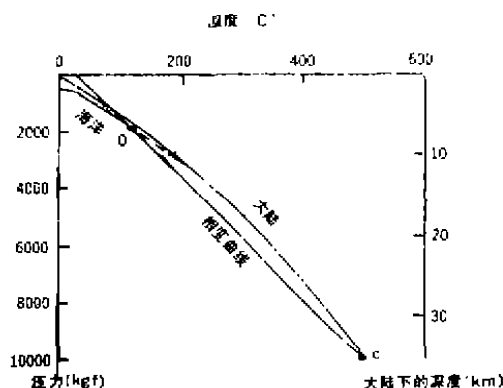


图5. 海洋和大陆的 $P-T$ 曲线

Fig. 5 The  $P-T$  curves of the ocean and the continent

的物体。那么, 弹性波速度 $v_P$ 、 $v_S$ 和介质密度 $\rho$ 与切变模量 $\mu$ 和Poisson比 $\sigma$ 有如下关系:

$$\mu = v_S^2 \rho \quad (23)$$

$$\sigma = \frac{1}{2} \left[ 1 - \frac{1}{(v_P/v_S)^2 - 1} \right] \quad (24)$$

由此求得  $\mu = 0.314 \times 10^{11} \text{Pa}$ ,  $\sigma = 0.233$ 。文献〔10〕获得花岗岩层的刚度为  $0.3 \times 10^{11} \text{Pa}$ 。文献〔7〕结出在地壳深24.4km处, 物质的切变模量为  $0.44 \times 10^{11} \text{Pa}$ , Poisson比为0.254。B·古登堡认为Poisson比都在0.25左右。这些结果和本文结果基本上都是一致的。

## 五、结 果

本文通过对天然地震和人工爆破的观测、分析、计算结果认为在基底面和莫霍面间存在一个波阻抗较壳中其它界面强的中间间断面。且求得甘肃及邻区中间界面的埋深为23km—29km; 中间界面上覆盖介质中波速度为  $V_{PD} = 5.95 \text{km/s}$ ,  $V_{SD} = 3.51 \text{km/s}$ , 波速比为1.70; 反射系数为  $3.16 \times 10^{-2}$ , 透过系数为  $96.83 \times 10^{-2}$ ; 波阻抗为  $15.23 \times 10^5 \text{g/cm}^2 \cdot \text{s}$ ; 介质密度为  $2.56 \text{g/cm}^3$ ; 温度为  $395.75^\circ \text{—} 447.11^\circ$ ; 压力为  $6.816 \times 10^8 \text{Pa—} 8.081 \times 10^8 \text{Pa}$ ; 切变模量为  $0.314 \times 10^{11} \text{Pa}$ ; Poisson比为0.233。

这些结果真实地描述了地壳中间界面的性质、特征, 同时也清楚地勾划出了中间界面的轮廓。地壳中间界面的波阻抗、反射性、弹性均次于莫霍面, 而透过性则胜于莫霍面和基底面。甘肃及邻区中间界面与莫霍面具有相似的形态, 即其埋深由东向西逐渐增深, 是一个倾斜的间断面。

## 参 考 文 献

- 〔1〕董奇珍, 地壳中间界面上的反射波, 地震地磁观测与研究, 1989, 10(5)。
- 〔2〕曾融生等, 我国西北地区地壳中的高速夹层, 地球物理学报, 1964, (2)。
- 〔3〕李清河等, 天水——礼县地区地壳速度结构, 西北地震学报, 1990, 2(2)。
- 〔4〕董奇珍, 甘川陕宁青部份地区的地壳结构, 西北地震学报, 1988, 10(1)。
- 〔5〕张诚等, 永登系列爆破甘宁青地区地震台网的观测解释与地壳结构, 西北地震学报, 1995, 7(4)。
- 〔6〕〔美〕J.G.G.海阿科克, 地壳, 地震出版社, 1983。
- 〔7〕张少泉, 地球物理学概论, 地震出版社, 1987。
- 〔8〕Bullard, J.A, and Giriggs, D.T, The nature of the Mohorovičić discontinuity, Geophys.J of R.A.S, Vol. 6, NO. 1, 1961。
- 〔9〕曾融生, 莫霍界面的性质, 地球物理学报, 1964, (2)。
- 〔10〕B·古登堡, 地球内部物理学, 科学出版社, 1965。

## SOME PROPERTIES FOR MIDDLE LAYER IN THE CRUST OF GANSU PROVINCE AND ITS SURROUNDING AREA

Dong Qizhen and Li Qinghe

[Abstract] According to kinematic and dynamic characteristics of reflection waves, the major properties of middle crust, such as buried depth, seismic velocity in overburied layer, temperature, pressure, reflectivity, transmissivity, elasticity and so on were investigated in this paper. The major parameters of middle crust are as follows: the buried depth are  $24.8 \pm 1.1$  km in the east of Gansu province,  $29.0 \pm 0.54$  km in the west of Gansu province,  $23.4 \pm 1.9$  km in the south of Ningxia Hui autonomous region,  $24.7 \pm 1.5$  km in the south of Shanxi province,  $24.0 \pm 1.0$  km in the north of Sichuan province,  $29.0 \pm 0.1$  km in the northeast of Qinghai province;  $V_p = 5.95$  km/s,  $V_s = 3.51$  km/s; reflectivity is  $3.16 \times 10^{-2}$ , transmissivity is  $96.83 \times 10^{-2}$ ; wave impedance is  $15.32 \times 10^6$  g/(cm<sup>3</sup>·s); temperature is about  $396^\circ - 447^\circ$  C; pressure is  $6.95 \times 10^8$  Pa;  $V_p/V_s$  is 1.70; shear module is  $0.314 \times 10^{11}$  Pa; Poisson ratio is 0.233; density is  $2.56$  g/cm<sup>3</sup>. The form of middle crust in Gansu and its neighbour region is similar to Moho, and the depth increases gradually from east to west.

[Key words] Gansu province and its surrounding area; Middle layer in the crust and its physical characteristics

## 欢迎订阅1992年度《华南地震》杂志

《华南地震》杂志(季刊,公开发行)立足华南,面向全国,地震学与“软科学”相结合,为您提供多方面地震科技信息。

本刊刊登地震学、地震地质、地震前兆、地震观测技术、地震工程、工程抗震、诱发地震、地震科技管理与决策的科技论文、研究简报和科技简讯,其中“诱发地震”和地震“软科学”两个专栏有自身特色。

本刊热情为地震科研、测报、管理人员,环境地质、国土规划、水电工程、基建的科技人员及有关院校师生服务。

本刊每期96页,每期定价2.00元,全年一套共10元(含邮资、包装费2元)。若9月底未收到本刊证订单,可来信本编辑部索取。

发行、订购:《华南地震》编辑部

开户银行:广州市交通银行先烈中路分理处,(邮码:510070)

帐号:255—0149006—68

收款单位:广东省地震局财务科

地址:广州市先烈中路81号大院之一 (邮码:510070)

《华南地震》编辑部

1991年12月