

文章编号:1008-0244(2003)03-0013-07

塔里木西南缘下地壳低速层的成因： 斜长角闪岩的纵波速度和衰减的限制

岳兰秀^{1,2}, 谢鸿森¹, 刘丛强¹, 刘永刚¹

(1. 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:在 1.0 GPa, 室温~1200℃条件下, 测量了新疆库地地区斜长角闪岩的纵波速度(V_p)和品质因子(Q 值), 得出在 1.0 GPa 恒压下, V_p 和 Q 值随温度和深度的变化关系。结果显示, V_p 和 Q 值随温度的升高而下降, 观察实验样品并结合 V_p 和 Q 值与熔体含量的关系, 发现部分熔融是影响 V_p 和 Q 值变化的主要因素。依据实验结果, 并结合区域上压力梯度和温度梯度资料计算了 V_p 和 Q 值随深度的变化。结果表明 V_p 和 Q 值先随深度的增加而缓慢增大, 在 32 km 左右开始突然减小, 表明开始出现低速层。结合温度和熔体含量的关系得出, 低速层的出现可能是部分熔融的结果。塔里木及周边地区的地震测深以及地震反演的结果也显示, 在相同的温度和压力条件下, 地壳内部 32~44 km 的范围内存在低速层, 同时高温高压的实验结果与阿拉木图地区的 V_p 值相当一致, 可以推测塔里木西南缘下地壳的岩石成分中含有斜长角闪岩。

关键词:斜长角闪岩; 高温高压; 纵波速度; 弹性波衰减; 部分熔融; 下地壳低速层

中图分类号:P313.3 **文献标识码:**A

高温高压条件下岩石弹性波速的研究主要集中在以下两方面: ①高温高压条件下各种因素对弹性波速的影响, 如岩石的化学成分、矿物组成、矿物组构和含水性以及微裂隙对弹性波速度的影响因素; ②研究出露于地表的深部岩石剖面上的岩石弹性波速, 并结合区域地球物理特征和地球化学资料建立区域岩石圈的岩石结构和物质组成模型。然而对于岩石熔融过程中的弹性波速研究还不多见^[1-4]。另一方面, 对岩石衰减的研究大多数都是在相对低的温压条件下进行的, 并且多集中于沉积岩^[5-6]。对部分熔融过程中的弹性波衰减的研究还不多见。Sato 等分析了玄武岩熔融过程中弹性波的衰减^[7], 但并没有明确给出波速和衰减与部分熔融的定量关系。

前人已经利用天然地震或人工地震对新疆地区的地壳深部结构和构造特征进行了研究^[8-11], 但是目前还没有关于高温高压条件下岩石特性的资料用于研究该地区地壳深部物质的成分, 以及该区低速层的成因。为此本文测量了该区斜长角闪岩的弹性波的纵波速度和衰减, 为地球内部的物质解释提供了依据。

1 样品和实验方法

1.1 实验样品

实验所选用的岩石为新疆库地地区斜长角闪岩, 岩石青灰色, 致密块状, 面理发育, 岩石的矿物分布较均匀, 主要矿物成分为斜长石、角闪石、云母和少量的楣石, 岩石的化学成分见表 1。

表 1 斜长角闪岩主量元素分析结果(%)

Table 1. Chemical composition of the starting material(%)

组分	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	P ₂ O ₅	CO ₂	总量
质量分数	47.09	0.72	16.51	3.05	5.75	0.19	7.80	11.10	2.67	1.44	2.25	0.40	1.00	99.97

注: 由中国科学院地球化学研究所分析测试中心湿法分析。

收稿日期: 2002-10-08; 修回日期: 2002-12-02

基金项目: 国家自然科学基金(10299040 和 49902020); 中国科学院创新项目(KJCX-N12)

第一作者简介: 岳兰秀(1972—), 女, 博士研究生, 主要从事高温高压条件下弹性波衰减的研究。

实验样品按组构进行了定向切割(其中[X]为在面理面内平行线理方向,[Y]为面理面内垂直线理方向,[Z]为垂直面理方向),并且磨制成直径为12 mm,高为32.5 mm的圆柱体。为了使样品和压砧之间有很好的声耦合,对圆柱体岩石样品的上、下两个端面进行抛光。进行矿物鉴定的样品采用X方向,直径为12 mm,高为8 mm。

1.2 实验方法

实验是在中国科学院地球化学研究所地球深部物质实验室 YJ-3000 吨压机的紧装式六面顶高压装置上完成的,实验系统的详细介绍见文献[12]。换能器的谐振频率为1.0 MHz,采样间隔为0.1 μs。利用示波器记录通过样品的波形,测量出弹性波通过样品的时间 t ,用电感位移计记录岩石被压缩的距离 l ,利用公式: $v = (l_0 - l) / t$ 即可求出弹性波速度,其中 l_0 为样品的原始长度。

弹性波衰减的测量方法是频谱振幅比法^[5,6,13,14]。其基本原理就是利用低衰减(高 Q

值)的样品作为参考样品(一般用纯铝)^[15],根据实验样品和参考样品的振幅比与频率的关系来计算岩石的相对品质因子,从而可以获得弹性波的衰减特征。

实验包括两部分:(1)以 4×10^{-4} GPa/s 的速率升压至所需压力,稳定10 min后,测量样品弹性波速度,同时记录弹性波的谱,当压力为1.0 GPa条件时进行加温,测量在恒定压力,不同温度条件下的弹性波速和衰减,一般以20 °C/s的速率升温至所需温度,恒温10 min,再进行弹性波速度测量和记录波谱,以此反复至实验结束;(2)波速和衰减的测量结束后,在相同的实验条件下进行取样实验,将实验产物磨制成光薄片,在光学显微镜下利用线截法测量岩石中各种矿物和熔体的体积分数。

2 实验结果

在1.0 GPa条件下,斜长角闪岩的 V_p 和 Q 值随温度的变化关系见图1。

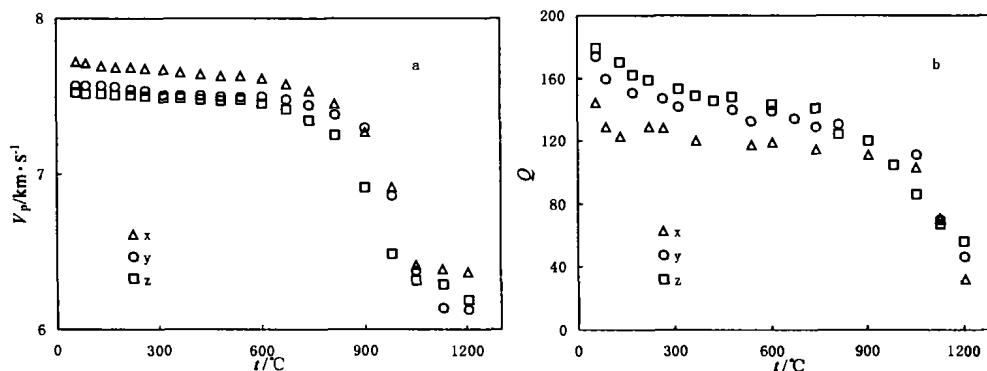


图1 1.0 GPa斜长角闪岩的 V_p - t 和 Q - t 曲线

Fig. 1. The plot V_p (a) and Q (b) versus temperature for plagioclase amphibolite.

从图1可以看出,斜长角闪岩的 V_p 和 Q 值随温度的升高而降低。在X和Y方向上,当温度小于740 °C时, V_p 下降的速率很小,当温度大于740 °C时, V_p 下降的速率突然增大。而在Z方向上, V_p 发生突变时的温度为670 °C(表2)。而 Q 值在X和Z方向上的突变温度为740 °C,在Y方向上发生突

变的温度为670 °C(表2)。从图中还可以看出,在X方向上 V_p 最大,在Y方向上次之,在Z方向上最小,即 $V_{p_x} > V_{p_y} > V_{p_z}$ 。 Q 值在三个方向上的大小与 V_p 正好相反,即 $Q_z > Q_y > Q_x$ 。

由实验产物的薄片鉴定结果看出,随着温度的升高岩石内部的矿物成分发生了变化(表3)。

表2 1.0 GPa下斜长角闪岩的 V_p 和 Q 值随温度变化的温度系数

Table 2. Temperature coefficient of plagioclase amphibolite at 1.0 GPa and different temperatures

温度系数 $t/^\circ\text{C}$	V_p		Q	
	$(\partial V_p / \partial T)_p$ (室温 ~ 740 °C)	$(\partial V_p / \partial T)_p$ (740 °C ~ 1 200 °C)	$(\partial Q / \partial T)_p$ (室温 ~ 810 °C)	$(\partial Q / \partial T)_p$ (810 °C ~ 1 200 °C)
X	-0.000 2	-0.003 2	-0.039 1	-0.217 2
Y	-0.000 2	-0.003 8	-0.044 7 ^①	-0.236 3 ^②
Z	-0.000 1 ^①	-0.002 8 ^②	-0.051 8	-0.295 8

注:①温度范围为室温 ~ 670 °C;②温度范围为 670 ~ 1200 °C。

表3 1.0 GPa,不同温度下斜长角闪岩的矿物成分的体积分数(%)

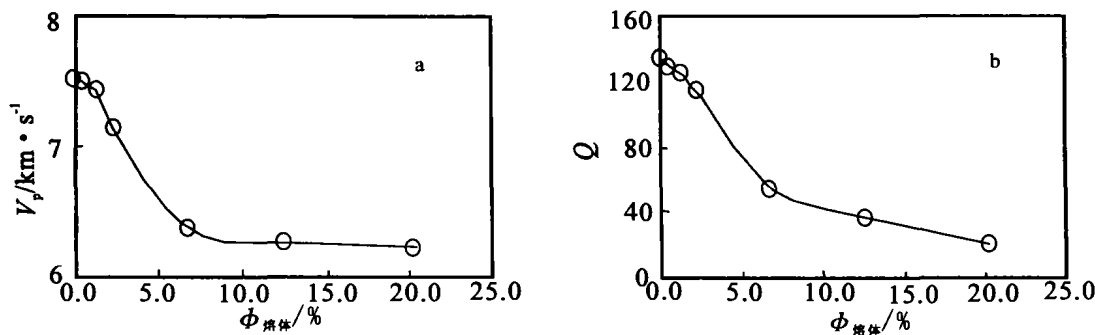
Table 3. The volume percent of minerals in plagioclase amphibolite at 1.0GPa and different temperature(%)

温度/°C	斜长石	角闪石	云母	榴石	辉石	石榴石	熔体	不透明矿物
1 202	23.4	34.8	3.1	2.9	11.0	2.7	20.3	0.6
1 130	31.0	41.1	2.6	1.8	7.3	2.4	12.5	0.8
1 051	35.6	43.0	5.4	2.4	3.8	1.5	6.7	0.9
836	38.7	46.8	6.5	3.0	0.9	0.2	2.2	1.2
736	37.3	49.5	7.4	1.9	0.5	0.1	1.2	0.6
647	34.4	54.7	6.5	1.5	0.6		0.4	0.8
577	41.3	51.8	3.7	2.2	0.3			0.3
473	42.5	48.6	5.1	2.4				0.7
342	35.5	48.6	13.3	2.0				
219	41.2	45.4	11.3	1.6				
室温	40.9	38.6	19.1	1.1				

3 讨论

温度是影响弹性波传播的主要因素之一,由图1(a)可以看出,斜长角闪岩的 V_p 随温度的升高而降低。在升温的初始阶段, V_p - t 曲线的斜率较小;随着温度的升高,其下降的速率突然变大(表2)。 V_p 随温度先缓慢下降,随后快速下降的变化趋势表明,在升温的初始阶段,温度是影响 V_p 下降的主要因素,由实验产物的薄片鉴定结果也可以看到,当温度小于 740°C 时,岩石的矿物成分基本保持不变;随着温度的升高, V_p 急剧下降,此时影响 V_p 变化的因素很多^[16,17],实验产物的薄片鉴定结果表明,当温度为 647°C 时,斜长石减少,有少量的黑云母通过脱水反应

转变为石榴石,并且开始出现熔体。相对于斜长石来说,石榴石是高波速的矿物,熔体是低波速的物质,但是由于生成的石榴石的量以及熔体的含量很少,对波速的影响不大,所以 V_p 下降仍缓慢。当温度大于 740°C 时,熔体的体积分数远大于石榴石的体积分数, V_p 快速下降,说明此时熔体是影响 V_p 下降的主要因素。 V_p 与熔体的变化关系见图2(a),可以看出随着熔体体积分数的增加, V_p 先缓慢降低,当熔体的体积分数介于 1.2% 和 7% 之间时,下降的速率突然增大,随着熔体体积分数继续增大,大于 7% 时, V_p 下降的速率又变小,说明熔体体积分数的增加对波速的影响减弱。所以部分熔融作用是波速降低的主要原因。

图2 斜长角闪岩的 V_p 和 Q 值与熔体的变化关系Fig. 2. The plot of V_p and Q versus melt in plagioclase amphibolite at 1.0 GPa.

V_p 随温度变化的各向异性的特征与前人研究的结果一致^[18,19],刘斌等的测量结果显示^[20],岩石的结构是影响弹性波速度各向异性的主要因素,赵志丹等认为^[21],各向异性主要由两个因素引起,一是岩石中的矿物含量及矿物单晶的各向异性,二是岩石中矿物定向排列形成的宏观线理

和面理。斜长角闪岩强的各向异性是由于其中角闪石含量较高,而且角闪石单晶不仅波速较高,各向异性也很强。

另一方面,温度也显著地影响了弹性波的衰减(图1b), Q 值随温度先缓慢下降,随后快速下降(表2)的变化趋势表明,在升温的初始阶段,温

度是影响弹性波衰减的主要因素,由实验产物的观察也可以看到,在温度小于740℃,岩石的矿物成分基本保持不变,矿物成分对衰减的影响不大。随着温度的升高, Q 值快速下降,镜下的矿物鉴定结果显示,此时岩石中的熔体的成分快速增加,表明熔体导致了弹性波快速衰减,熔体对衰减的影响与对波速的影响不同,其主要机理为熔体的流动^[22]、射流^[23]以及散射^[24]等。由熔体体积分数与 Q 的变化关系也可以看出(图2b), Q 值随熔体体积分数的变化关系与波速相似,当熔体体积分数小于2.0%时, Q 值缓慢下降,随后快速下降,当熔体体积分数大于7%时,下降的速率又变小,说明熔体含量的增加对衰减的影响变小。从而也说明了部分熔融是影响弹性波传播的主要因

素之一。

Q 值各向异性的特征与波速不同,这也是由不同的机理引起的,裂隙的存在导致弹性波从裂隙的一侧传递到另一侧的能量较少^[25],所以衰减较大;同时当颗粒边界接触不紧密时,接触面之间有相对运动,摩擦将把部分机械能转变为热能,引起能量的耗散。

4 地质意义

温度和压力是影响弹性波速度和衰减的主要因素,在地壳内部表现为深度对岩石的 V_p 和 Q 值的影响。为研究地壳的岩石组成,必须将实验结果的纵波速度,压力和温度关系换算成岩石波速随地壳深度的变化关系。

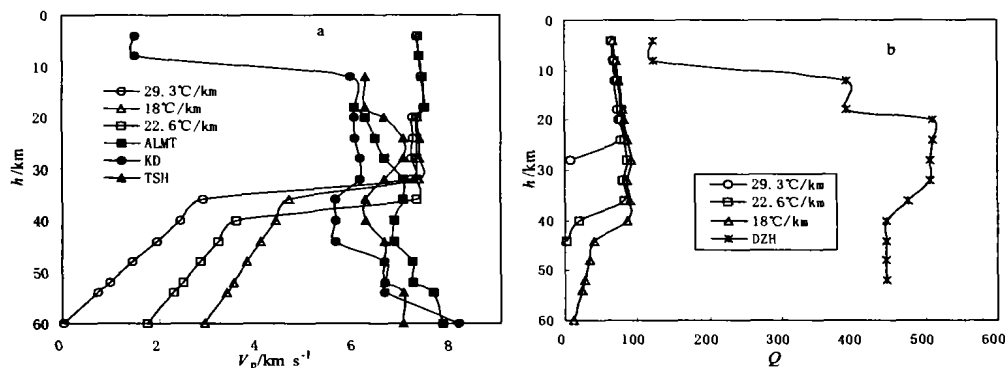


图3 斜长角闪岩的 V_p 和 Q 值与深度的变化关系

Fig. 3. The plot of V_p and Q versus depth in plagioclase amphibolite.

ALMT. 阿拉木图地区的地震测深速度结构^[8]; TSH. 天山山脉地区的地震测深速度结构^[8];
KD. 奎屯地区的地震测深速度结构^[10]; DZH. 泰安地区的地震测量的 Q 结构^[32]

由实验数据获得的常温常压条件下岩石的弹性波速度($V(0)$),岩石弹性波速的压力系数(由 V_p 与压力的关系得出)和温度系数(表2),结合新疆地区岩石的平均密度和重力加速度以及地温梯度,就可以求出岩石弹性波速度随深度的变化关系^[26],见图3(a)。新疆塔里木盆地南缘深部地热研究的地温梯度介于18~29℃/km之间^[27-30],平均地温梯度22.6℃/km。

从图3(a)可以看出当地温梯度为29℃/km时,随着深度的增加, V_p 增大,当达到28km左右时 V_p 值略有下降,当深度为36km时下降速度增大,开始出现低速层。当地温梯度为18℃/km和22.6℃/km时, V_p 表现出相似的变化趋势,只是出现低速层的深度不同,分别为36和44km。由新疆地区的地震测深资料可知,在奎屯(KD)地区上地

壳深度为0~15km左右,波速为1.5~5.9km/s;中地壳为15~36km,波速为6.0~6.0km/s;下地壳为36~48km,在38km处开始出现低速,为25.6km/s,42km处速度又增大为6.6km/s。天山山脉(TSH)地区的速度结构也表现出随深度的增加而增大,在一定的深度存在低速层。在上地壳的范围内,波速为5.6~6.2km/s;18~38km的中地壳,波速为6.6~7.0km/s;在38~42km的下地壳的上部出现了低速,波速为6.4~6.2km/s。天山地区的莫霍面比较深,达65km,在42km至莫霍面,波速又增大至7.4km/s。而阿拉木图(ALMT)地区的速度剖面变化不大,上地壳0~16km,波速为6.2~6.4km/s;在中地壳16~33km,速度为6.4~6.6km/s;下地壳速度增大,33~40km处,波速达到7.0km/s,40~42km处波速又下降为6.8km/s。

一般认为下地壳是由麻粒岩相的岩石组成的。我们的实验结果(图3a)表明,斜长角闪岩的纵波速度与阿拉木图地区的下地壳的波速值一致,地震探测的下地壳波速的范围为6.8~7.0 km/s,而实验测得的波速为6.9~7.1 km/s,说明塔里木西南缘下地壳的岩石成分中可能含有斜长角闪岩。Kern等^[33]研究的中国华北地壳的下地壳岩石的波速时,也证明了下地壳中存在斜长角闪岩。分析波速的地震剖面(ALMT, KD, TSH)发现,在下地壳普遍存在低速层。在阿拉木图地区下地壳的波速从7.0 km/s到6.8 km/s的降低,可能是由斜长角闪岩的岩性变化造成的,包括两种因素,一是角闪岩的种类不同,二是所含的斜长石和角闪石的含量不同。而由奎屯和天山地区的速度结构剖面可以看出,在下地壳波速降低的幅度很大,分别达到5.6和6.2 km/s,这不可能是由岩性引起的,说明是部分熔融影响的结果。Aizawa等^[34]也做了斜长角闪岩在1.0 GPa的熔融实验,得出在700℃时, V_p 有明显的降低,主要是由部分熔融作用引起的,与本文测得的740℃很相近。

图3(b)绘出了斜长角闪岩的 Q 值随深度的变化关系,可以看出随着深度的增加, Q 值开始缓慢增大,当达到某一深度时, Q 值突然减小。在地温梯度分别为18、29.3和22.6℃/km时, Q 值突然减小的深度分别为32、44和40 km。图3(b)中还近似绘出了地震测深获得的 Q 值^[32],在表层 Q 值为123左右;从表层到15 km处, Q 值为389;15~26 km处, Q 值为510;26~44 km处, Q 值又减小为450。由图3(b)可以看出实验获得的 Q 值与地震探测的 Q 值,二者随深度的变化趋势相似。由于高温高压实验测量的是斜长角闪岩的相对 Q 值,与地震实测的岩石的 Q 值不能直接比较。但其变化趋势相似从另一侧面支持了这一结论,即塔里木西南缘下地壳的岩石组分中含有斜长角闪岩。

对于地壳低速层成因的解释很多^[4,16,35],提

出了矿物脱水、相变或部分熔融是导致地壳低速层产生的主要原因。本文的实验数据解释了新疆下地壳低速层出现的原因主要是部分熔融的作用, V_p 和 Q 值与熔体体积分数的关系可以证明这一点(图2)。对于复杂的地质环境,造成下地壳低速层产生的原因很多,还需要其它方面的证据来进一步说明下地壳低速层形成的原因。

5 结论

实验测量了斜长角闪岩在1.0 GPa和室温~1200℃条件下的纵波速度(V_p)和品质因子(Q 值),得出以下结论。

(1)在恒压1.0 GPa下, V_p 和 Q 值随温度的升高而下降,在温度升高的初始阶段,下降的速率很小,当温度大于一定值时,下降的速率突然变大。由于 V_p 和 Q 值随温度变化的机理不同,而导致了 V_p 和 Q 值在三个方向上存在各向异性的特征不同,即 $V_{px} > V_{py} > V_{pz}$ 和 $Q_x > Q_y > Q_z$ 。

(2)观察实验样品发现,当 V_p 和 Q 值突然快速降低时,岩石内部开始出现熔体,随着熔体的增多, V_p 和 Q 值降低的幅度增大,当熔体体积分数大于7%时, V_p 和 Q 值降低的幅度又变小,说明熔体含量的增加对 V_p 和 Q 值的影响变小。证明熔体是影响斜长角闪岩的波速降低和衰减增大的主要原因。

(3)由实验测得的 V_p 和 Q 值随深度的关系与地震测深所得的 V_p 和 Q 值随深度的关系对比可知,二者随深度变化的趋势相似。实验测得的值与奎屯和天山山脉地区的值相差较大,而与阿拉木图地区的值相当一致,说明塔里木西南缘下地壳的岩石成分中含有斜长角闪岩。同时由地震测深探测的下地壳的低速层,可能是由斜长角闪岩的部分熔融造成的。

致谢:感谢郭捷研究员、张月明高级工程师在实验过程中给予的帮助。

参 考 文 献

- [1] Murase T, Kushiro I. Compressional wave velocity in partially molten peridotite at high pressure [J]. *Carnegie Inst. Wash. YB.*, 1979, 78: 559~562.
- [2] 周文戈, 谢鸿森, 赵志丹, 等. 高压下粗面玄武岩相变对其纵波速度影响的研究[J]. *科学通报*, 1999, 44(4): 424~427.
- [3] 赵志丹, 高山, 骆庭川, 等. 秦岭和华北地区地壳低速层的成因探讨——岩石高温高压波速实验证据[J]. *地球物理学报*, 1996, 39: 239~259.

- [4]张友南,马谨.深部地壳镁铁质岩石波速的研究[J].地球物理学报,1997,40:221~230.
- [5]刘斌, Kern H, Popp T.不同围压下孔隙度不同的干燥及水饱和岩样中的纵横波速度及衰减[J].地球物理学报,1998,41(4):537~546.
- [6]Kim D O, Katahara K W, Manghnani M H, *et al.* Velocity and attenuation anisotropy in deep-sea carbonate sediments [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1983, 88(B3):2 337~2 343.
- [7]Sato H, Manghnani M H. Ultrasonic measurements of Vp and Qp: relaxation spectrum of complex modulus on basalt melts [J]. *Phys. Earth planet. Inter.*, 1985, 41: 18~33.
- [8]胥颐,冯先岳, B H 萨茨洛夫.天山地区的深部速度结构[J].地震地质,1996,18(4):375~381.
- [9]胥颐.天山地震活动区的深部结构特征[J].地震地质,1996,14(2):135~142.
- [10]卢德源,李秋生,高锐,等.横跨天山的人工爆炸地震剖面[J].科学通报,2000,45(9):982~988.
- [11]马宗晋,赵俊猛.天山与阴山—燕山造山带的深部结构和地震[J].地学前缘,1999,6(3):95~102.
- [12]谢鸿森,张月明,徐惠刚,等.高温超高压下测量岩石矿物弹性波速的新方法及其地学意义[J].中国科学(B辑),1993,23(8):861~864.
- [13]Johnston D H, Toksoz M N. Thermal cracking and amplitude dependent attenuation [J]. *J. Geophys. Res.*, 1980, 85(B2): 937~942.
- [14]Kern H, Liu B, Popp T. Relationship between anisotropy of P and S wave velocities and anisotropy of attenuation in serpentinite and amphibolite [J]. *J. Geophys. Res.*, 1997, 102(B2): 3 051~3 065.
- [15]Johnston D H, Toksoz M N. Ultrasonic P and S wave attenuation in dry and saturated rocks under pressure [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1980, 85(B2):925~936.
- [16]Matsushima S. Compressional and shear wave velocities of igneous rocks and volcanic glasses to 900 °C and 20 kbar [J]. *Tectonophysics*, 1981, 75:257~271.
- [17]谢鸿森,周文戈,李玉文,等.高温高压下蛇纹岩脱水的弹性特征及其意义[J].地球物理学报,2000,43(6):806~811.
- [18]母润昌,高平,刘若新,等.华北地区韧性剪切带几种岩石的波速各向异性高温高压实验研究[J].地球物理学报,1995,38:213~220.
- [19]Kern H, Burlini L, Aschepkov I V. Fabric-related seismic anisotropy in upper-mantle xenoliths: evidence from measurements and calculations [J]. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 1996,95:195~209.
- [20]刘斌.不同温压下岩石弹性波速度、衰减及各向异性与组构的关系[J].地学前缘,2000,7(1):247~257.
- [21]赵志丹,谢鸿森,周文戈,等.大别山榴辉岩的密度和波速及其对壳—幔循环的启示[J].矿物岩石地球化学通报,2001,20(1):6~10.
- [22]Biot M A. Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media [J]. *J. Appl. Phys.*, 1962, 33(4): 1 482~1 498.
- [23]Mavko G M, Nur A. Wave attenuation in partially saturated rocks [J]. *Geophysics*, 1979, 44 (1): 161~178.
- [24]Yamakawa N. Scattering and attenuation of elastic waves [J]. *Geophys. Mag.*, 1962, 31(1): 61~103.
- [25]刘斌,葛宁洁, Kern H,等.不同温压条件下蛇纹岩和角闪岩中波速和衰减的各向异性[J].地球物理学报,1998,41(3):371~381.
- [26]刘永祥,伍旭光.高温高压下岩石波速与地壳深部的物质组成[J].地球物理学报,1997,40(2):211~220.
- [27]范善发,周中毅,解启东.深部碳酸盐岩油气生成和保存的特征及其模拟实验研究[J].沉积学报,1997,15(2):114~117.
- [28]王社教,胡圣标,汪集.塔里木盆地沉积层放射性生热的热效应及其意义[J].石油勘探与开发,1999,26(5):36~39.
- [29]潘长春,周中毅,范善发,等.塔里木盆地热历史[J].矿物岩石地球化学通报,1996,15(3):150~177.
- [30]任战利.中国北方沉积盆地热演化史的对比[J].石油与天然气地质,2000,21(1):33~37.
- [31]邵济安,韩庆军.内蒙古东部早中生代壳幔过渡带——捕虏体岩石高温高压弹性波速度实验证据[J].中国科学(D辑),2000,30(增刊):154~160.
- [32]周民都,张元生,李清河,等.天水地震区 Q 值结构[J].地球物理学报,1996,39:216~223.
- [33]Hartmut Kern, Shan Gao, Qing-Shen Liu. Seismic properties and densities of middle and lower crustal rocks exposed along the North China Geoscience Transect [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1996, 139: 439~455.
- [34]Yoshitaka Aizawa, Kazuhiko Ito, Yoshiyuki Tatsumi. Compressional wave velocity of granite and amphibolite up to melting temperatures at 1 Gpa [J]. *Tectonophysics*, 2002, 351: 255~261.
- [35]顾芷娟,郭才华,李彪,等.壳内低速高导层成因初步探讨[J].中国科学(B辑),1995,25(1):108~113.

ORIGIN OF LOW-VELOCITY LAYER IN THE LOWER CRUST OF SOUTHWEST TARIM: LIMITS OF VELOCITY AND ATTENUATION FOR PLAGIOCLASE AMPHIBOLITE

YUE Lan-xiu^{1,2}, XIE Hong-sen¹, ZHOU Wenge¹, LIU Cong-qiang¹, WU Feng-chang¹

(1. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

Abstract

Compressional wave velocity (V_p) and attenuation (Q) in amphibolite collected from Kudi, Xinjiang, were measured at high pressure (1.0 GPa) and high temperature (up to 1200°C). The experimental results showed that V_p and Q values decrease with increasing temperature, reflecting that V_p and Q are influenced by partial melting. The relationship of V_p and Q with depth, in the light of the correlations between V_p and Q and temperature and pressure, shows that V_p and Q increase with depth. The tendency of increasing is the same as that obtained by seismological studies. The low-velocity layer appears at the depth of 32km, at which the V_p and Q decrease rapidly. Seismic study in Tarim and its vicinity yielded the same result. The low-velocity layer is measured from 32km to 44km in the Kuytun, Tianshan and Alamtu areas. So it may be concluded that amphibolite probably exists in the lower crust of Southwest Tarim. And partial melting is the main reason for the existence of the lower-velocity layer.

Key words: plagioclase amphibolite; high temperature and high pressure; partial melting; compressional velocity; attenuation; low-velocity layer in the lower crust