

由背景噪声多阶面波反演阿拉斯加地壳 三维横波速度结构

袁艺^{1,2}, 陈晓非^{3,4}

(1. 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871;

2. 中国地震局第二监测中心, 西安 710054;

3. 广东省地球物理高精度成像技术重点实验室(南方科技大学), 深圳 518055;

4. 南方科技大学地球与空间科学系, 深圳 518055)

摘要: 阿拉斯加由若干具有不同构造演变历史的地块构成, 其南部边缘受太平洋板块向北美板块俯冲影响, 整体构造运动活跃, 具有很大的研究价值。本研究从美国阿拉斯加及加拿大西北部地区的310个台站共6年的背景噪声数据中提取出瑞利多阶频散曲线, 最终得到研究区域地壳的三维横波速度结构。我们在阿拉斯加地下约10 km~20 km深度范围发现一广泛分布的中地壳低速层。该低速层位于阿拉斯加内陆区域, 包括Seward半岛, Yukon-Koyukuk地块, Yukon-Tanana地块及阿拉斯加东南部部分区域。低速层与阿拉斯加四大地热区域中的两个(CAHSB和SEP温泉分布区)高度重合。中地壳低速层与当地地热资源的对应性一定程度上证实了我们所得速度模型的可靠性, 同时对该低速层的进一步研究或许有助于阿拉斯加温泉带起源的探索。

关键词: 中地壳低速层; 阿拉斯加温泉带; F-J方法; 多阶面波成像

中图分类号: P631.4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1749.2024.06.01

0 引言

阿拉斯加是一系列复杂地质构造活动的产物。根据不同的构造变形史可将其划分为三个部分^[1]: 北部以早白垩纪的海-陆碰撞和中白垩纪的拉伸延展为特征^[2]; 南部经历了中生代及之后的地体增生过程^[3]; 南北之间的部分大致以Denali和Tintina这两条新生代的右旋走滑断层为边界^[1]。也可将南部进一步划分, 在Border Ranges和Denali断层之

间是Wrangellia复合块体, Border Ranges断层南部包括南缘复合块体和沿整个阿留申岛弧的活跃俯冲构造运动^[4]。

USArray的TA台网在阿拉斯加布设后, 当地台站覆盖率大大增加, 涉及整个阿拉斯加地下结构的研究开始涌现。这些研究多结合各种数据类型和方法, 如H/V比, 接收函数, Rayleigh波, Love波和地震体波等^[2, 4-7]。在利用Rayleigh面波频散特性反演速度模型时, 以上研究均只使用面波的基阶模式, 同样包含面波能量的各高阶模式被完全忽视。

收稿日期: 2023-09-08

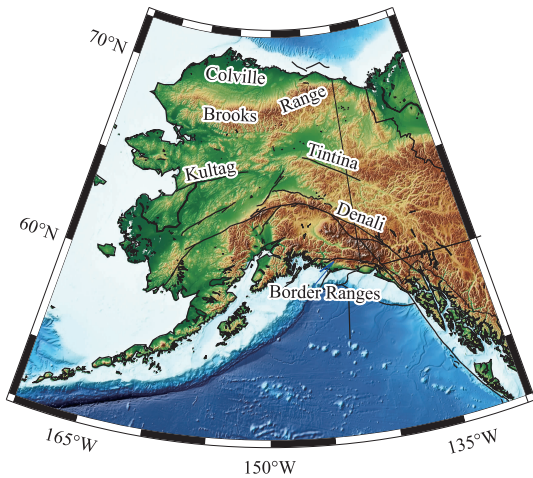
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(92155307); 广东省地球物理高精度成像技术重点实验室(2022B1212010002); 深圳市科技计划资助(KQTD20170810111725321)

第一作者: 袁艺(1987—), 女, 博士, 助理研究员, 主要从事背景噪声面波成像研究, E-mail: yuanyigre@126.com。

通信作者: 陈晓非(1958—), 男, 教授, 院士, 博士生导师, 主要从事地震波传播和震源破裂动力学理论和数值模拟, E-mail: chenxf@sustech.edu.cn。

尽管一般情况下 Rayleigh 面波基阶模式能量最强,在反演中可确定速度模型的主要特性,但是高阶模式提供的额外信息能进一步约束速度模型的精细结构(尤其是浅部),降低反演的非唯一性,提高反演的稳定性。

笔者尝试应用 F-J 方法从背景噪声中提取 Rayleigh 面波多阶频散曲线来反演阿拉斯加及加拿大西北部的三维地壳横波速度结构,希望能得到纵向分辨率更高的地壳模型。



图中标记了主要断层,用黑色实线表示,包括 Tintina 断层,Denali 断层,Kulltag 断层及 Border Ranges 断层;最大的盆地(Colville 盆地)和北部的 Brooks Range 山脉,阿拉斯加与加拿大西北部接壤,图中西经 141°以西和北纬 60°以南属于阿拉斯加

图 1 阿拉斯加地形图

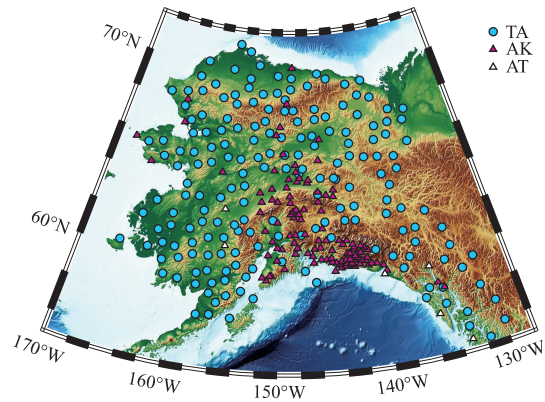
Fig. 1 Topographic map of Alaska

1 数据与方法

1.1 数据

本次研究所用数据为下载自 IRIS 台网的宽频带垂直分量连续波形数据(BHZ),从 2015 年 1 月 1 日持续至 2020 年 12 月 31 日,共 6 年。包括 310 个台站,跨越整个阿拉斯加及加拿大西北部的一小部分(图 2)。下载数据并解压缩后,我们将各台网下各个台站的 miniseed 数据格式通过 mseed2sac 转换得到该台站不同时间段的多个 SAC 格式数据,再按照时间先后顺序连接起来,并去均、去势、去仪器响应。为提高计算效率,我们将原本的 40 Hz 采样频率降采样至 10 Hz,然后以一天为单位进行切割。笔者应用了 Li 等^[8] CCpy 软件包计算频域上的互

相关函数,然后通过 F-J 方法计算频散谱(F-J 谱),从中提取多阶频散曲线。



不同的颜色和形状指代不同的台网

图 2 研究区域所有 310 个台站分布图

Fig. 2 The distribution of 310 stations used in the study area

1.2 F-J 方法

F-J 方法^[9]是一种从互相关结果中准确、高效提取多阶频散曲线的方法,笔者只做简单的介绍。频域上互相关 $\tilde{C}(r, \omega)$ 的 F-J 谱可定义为:

$$I(\omega, k) = \int_0^{+\infty} \tilde{C}(r, \omega) J_0(kr) r dr \quad (1)$$

(1)式可进一步写为:

$$I(\omega, c) \approx A \cdot \text{Im} \left\{ g_z \left(z=0, \frac{\omega}{c}, \omega \right) \right\} \quad (2)$$

并有:

$$\text{Im} \left\{ g_z \left(z=0, \frac{\omega}{c}, \omega \right) \right\} \propto \frac{1}{S(c, \omega)} \quad (3)$$

其中 $g_z(z=0, \kappa, \omega)$ 是核函数, $J_0(\kappa r)$ 是零阶贝塞尔函数, $S(c, \omega)$ 是频散函数。满足 $S(c, \omega) = 0$ 的 $c_n(\omega)$, $n=0, 1, 2, \dots$ 即某一频率 ω 对应的基阶及各高阶频散曲线相速度,在这些频散点附近,核函数 $g_z(z=0, \frac{\omega}{c}, \omega)$ 趋向无穷大, $I(c, \omega)$ 也趋向于无穷大,提取谱图上最亮的点即可得到频散曲线。配合“两步分区法”来计算 F-J 谱,继而提取频散曲线。

1.3 两步分区法

对于一个特定的阵列,可计算得到相应的 F-J 谱 $I(\omega, k)$,如式(1)所示。由此可知,F-J 方法是基于台阵的方法,我们需要用特定大小的小阵列在整个研究区域内移动,得到每个小阵列对应的 F-J 谱,然后提取多阶频散曲线,反演得到一维横波速度结构,每个一维速度模型大致对应小阵列的平均中心位置,最后将所有的一维速度模型插值得到研究区域的三维速度模型。若单个小阵列展布很大,那相

应的一维速度模型就会对整个小阵列覆盖区域的速度结构做平均,且整个研究区域的小阵列数目较少,最后的三维模型分辨率会较低;若小阵列展布很小,一维速度模型的平均效应也很小,整个研究区域一维速度模型的数目较多,但是根据式(1),准确计算小阵列的 F-J 谱 $I(\omega, k)$ 是需要一定的展布的,阵列太小得不到可靠的 F-J 谱。综上,为得到较高分辨率的三维速度模型,单个小阵列的展布大小需要在 F-J 谱准确性与所得一维速度模型的平均效应之间做权衡。笔者应用两步分区法,第一步是根据研究区域的地质特征,结合其内阵列 F-J 谱的形态,将所有台站或分为 8 个次级区,每个次级区内阵列所得的 F-J 谱相似度较高;第二步在每个次级区内各自反复测试合适的小阵列展布。两步分区适合地下结构较复杂、区域台站覆盖不均匀的情形,可明显提高三维速度模型的分辨率。

经过测试,在 8 个次级区中,我们将 4 个次级区中内部小阵列的台站数固定为 15,另外 4 个次级区中的小阵列内台站数目固定为 18,共提取到 378 组多阶频散曲线(同一个 F-J 谱中提取的基阶及高阶频散曲线为一组)。

1.4 反演设置

反演的参考模型为 Ward 和 Lin^[2] 所得模型 60 km 以上的部分,模型共 21 层,深度范围从 1 km~60 km,具体见表 1 所示。开始反演前,对各次级区域内的各小阵列,先将参考模型在其所覆盖的小区域上进行平均,得到的一维横波速度模型就是各小阵列的参考模型。以该参考模型为中线,左右各拓展 0.4 km/s 得到该小阵列反演时的模型空间。反演开始时,在每个小阵列的模型空间中同时产生 80 个初始模型,同步开始进行 80 次彼此独立的反演,反演采用 BFGS 拟牛顿算法^[10]。这样的设置是为了方便后续反演结果的统计分析:对每个小阵列提取的频散曲线,我们从反演出的 80 个独立的一维模型中选取标准差最小的 40 个,并对其加权平均求出该小阵列下方的最终一维横波速度模型及各个深度上的标准差。

表 1 参考模型(模型取自 Ward 和 Lin^[2])

Tab. 1 The reference 3-D Vs model of the study

Depth /km	Thickness/km	Number of layers
1-21	2	10
21-45	3	8
45-60	5	3

2 结果

为得到整个研究区域下方的三维横波速度结构,需要将整个研究区域沿经纬度网格化,并计算得到每个网格点上的速度值。笔者设置同一深度上的网格间距为 $0.25^\circ, 1.4$ 中得到的 378 个一维横波速度模型作为已知条件,用于计算各深度上各网格点的横波速度值。即某深度 h 上某网格点处的速度可由位于该点 2° 范围内的所有已知一维模型在该深度 h 的速度值加权平均得到,权重计算公式如下:

$$W_i(h) = \begin{cases} \frac{1}{(1+d_i)\sigma_i(h)}, & \text{已知点和网格点距离} \leq 2^\circ \\ 0, & \text{已知点和网格点距离} > 2^\circ \end{cases} \quad (4)$$

其中 $\sigma_i(h)$ 为第 i 个已知一维速度模型在深度 h 上的标准差, d_i 为其与待求网格点的距离。距离待求网格点越远,模型标准差越大,在计算待求网格点横波速度值时所占的权重就越小。

2.1 水平横波速度剖面

图 3 即为插值得到的三维横波速度模型在各个深度上的水平速度剖面。5 km 速度剖面图上,最明显的是北端的大范围低速区,对应 Colville 盆地。25 km 深度上,北部的低速带清晰勾勒出 Brooks Range 的轮廓。45 km 深度上,北部的低速带依然可以看出 Brooks Range 的位置;再向北,Colville 盆地下方已经变为高速异常,与以往研究认为该区域下方为冷且厚的岩石圈^[11]及该处的低表面热流($\leq 60 \text{ mWm}^{-2}$)^[12]一致;东北部的北美克拉通块体也呈现出了高速异常。到 60 km,Colville 盆地下方的高速特征愈发明显。

2.2 纵向横波速度剖面

除了各深度的水平速度剖面,我们展示了如图 4 右上角位置所示的 6 条测线对应的垂直速度剖面,来进一步观察研究区域下方的速度结构。各纵向剖面图深度至 60 km,可看到地壳约 10 km~20 km 范围存在一较大规模的低速层。对应测线 AA', BB' 和 CC' 的剖面上,10 km~20 km 的中地壳低速层在北端非常明显,向南延伸的过程中逐渐向地表倾斜;而对应测线 DD', DE' 和 CF', 上述中地壳低速层在这些剖面内分布更广泛、连续,且基本平行于地表。

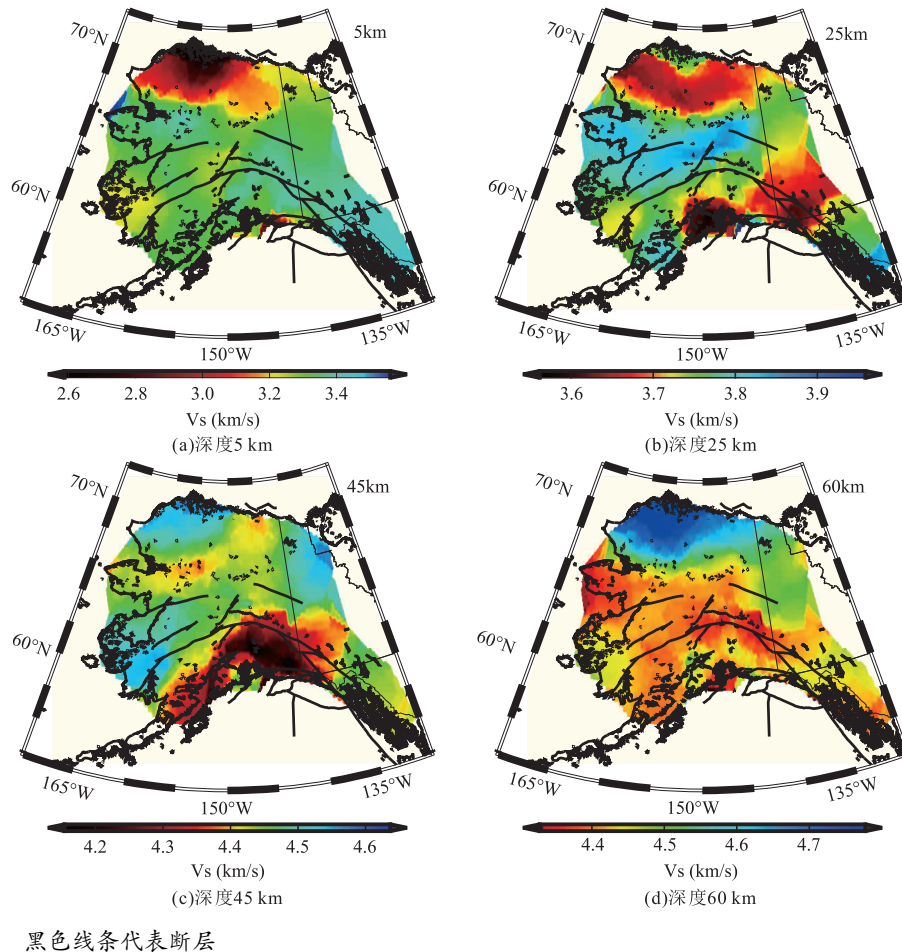


图3 各深度的三维横波速度水平剖面

Fig. 3 Four horizontal vs profiles of the 3-D model at various depths

3 模型验证

笔者采用 Lu 和 Ben-Zion^[13] 提出的波形模拟方法来验证及评估我们得到的三维横波速度模型的分辨率。我们首先从所有台站中尽量均匀地选择 39 个台站作为虚拟震源,如图 5 中红色三角所示;然后应用有限差分方法^[14-15]由本文所得三维速度模型正演背景噪声互相关函数,并与观测数据处理得到的实际互相关函数波形对比,走时矫正后计算二者的相关系数,即比较合成与实际波形的相似度,结果如图 6 所示。图 6 比较了合成与实际互相关函数在 3 s~7 s, 5 s~10 s, 8 s~15 s 及 12 s~20 s 四个周期范围的相关系数,可以看到整体的相关性在随着周期增大而增加,且最低约在 0.64 以上。

4 讨论

图 7 为图 4 纵向速度剖面上中地壳低速层的水

平分布,见图中橘色区域。该区域外形像一条近东西向延伸的窄带,起始于 Seward 半岛,向东依次经过 Yukon-Koyukuk 地块和 Yukon-Tanana 地块,剩下的部分零星分散在阿拉斯加东南部等地。

因为阿拉斯加中地壳低速层并未在之前的研究中被提及过,有必要首先对其存在的可靠性做个测试,测试结果见图 8 所示。我们选取 3 个小阵列,其平均中心位置均位于图 7 的橘色区域以内,用黑色三角形标注。测试分为两组,第一组仅提取 3 个小阵列的基阶频散曲线用于反演,第二组除了基阶,还提取了高阶频散曲线。我们分别由两组一维速度模型计算出多阶频散曲线,并画在小阵列提取出的 F-J 谱上(见(a1)-(c1)及(d1)-(f1)中红线)。两组计算出的频散曲线都可以较好地拟合 F-J 谱中的基阶模式,但第一组的高阶频散曲线与 F-J 谱的高阶模式有一定差距,没有第二组拟合得好。显然,由多阶频散曲线反演的一维速度模型((d2)至(f2))准确性更高。对比两组的一维模型,发现第二组在约 10 km~20 km 处的低速特征更突出。这个测试一

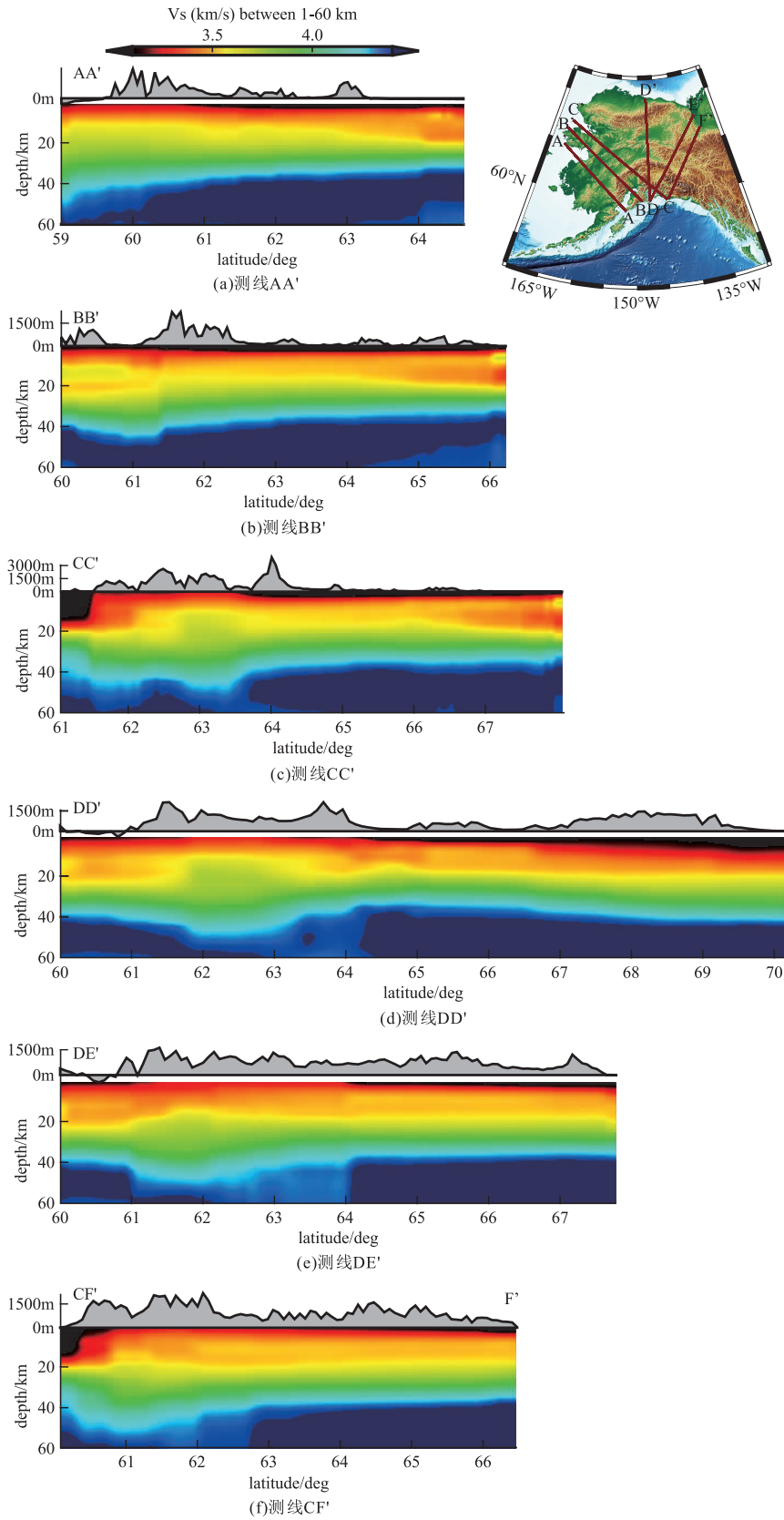
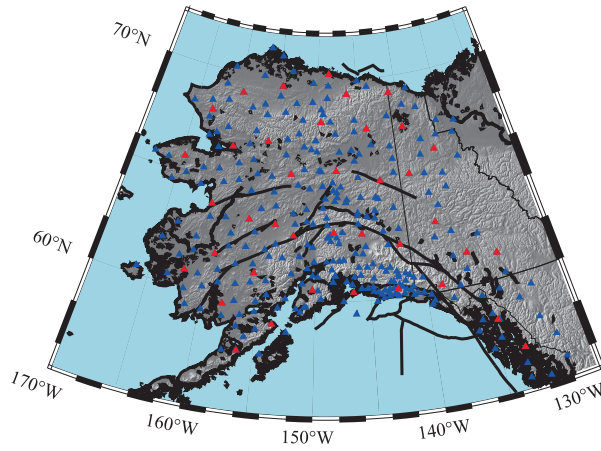


图 4 右上角图中的 AA', BB', CC', DD', DE' 及 CF' 六条测线下方深 60 km 的垂直速度剖面
 Fig. 4 Six vertical V_s profiles AA', BB', CC', DD', DE', CF' up to 60 km and their positions are shown in the upper right panel as dark red lines



图中红色三角共 39 个,代表选定的震源

图 5 虚拟震源分布图

Fig. 5 The distribution of virtual sources

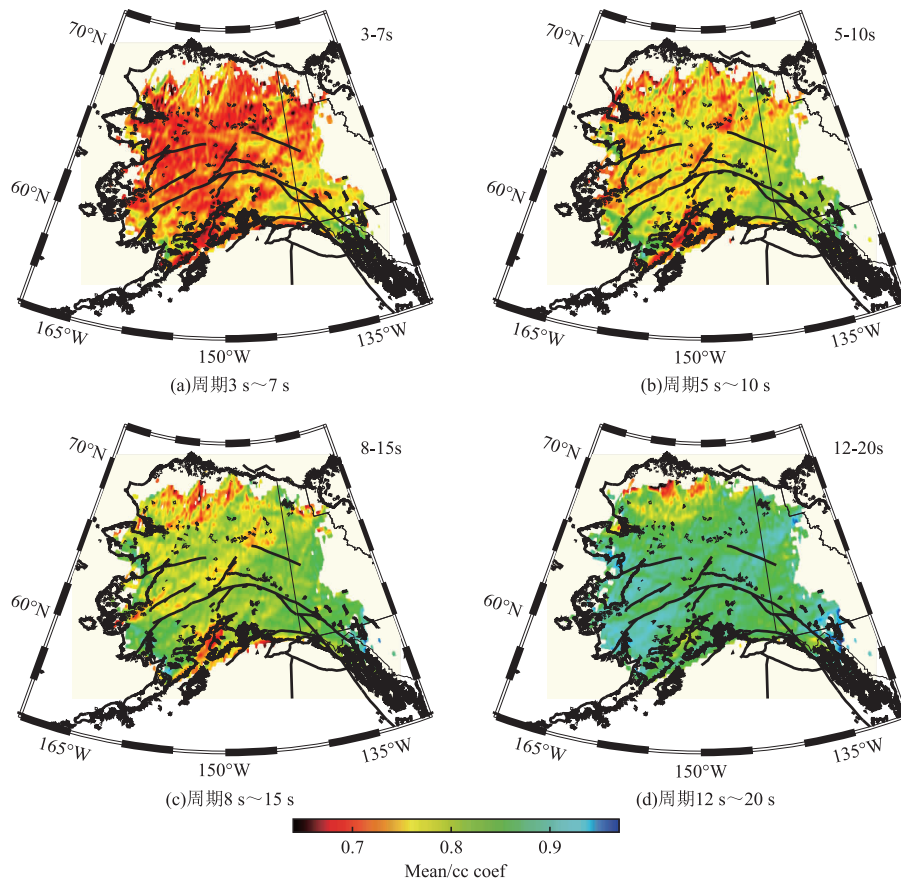
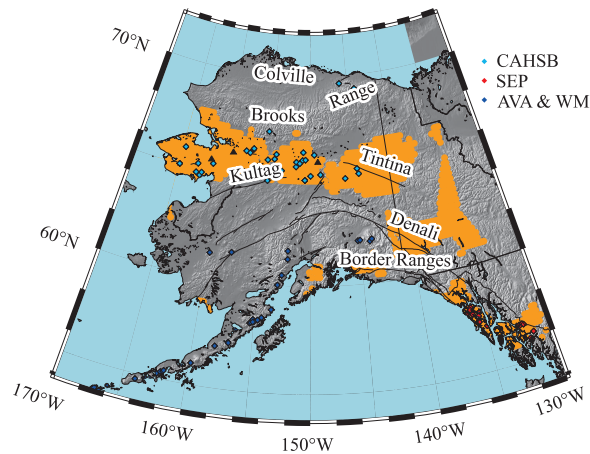


图 6 合成与实际互相关函数波形在四个周期范围的平均相关系数空间分布图

Fig. 6 The spatial distribution of the average correlation coefficient between the synthesized and actual cross-correlation function waveforms over four periods



图中不同颜色的菱形符号代表阿拉斯加四个温泉分布带,易见橘色区域与 CAHSB 及 SEP 两个温泉带重合度较高

图 7 中地壳低速层分布(橘色区域)及与地热资源分布区域的重合性

Fig. 7 The mid-crust LVL distribution (orange areas) and the coincidence of LVL and geothermal regimes

方面证实了我们中地壳低速层的可靠性,另一方面说明高阶模式确实可以约束更精细的速度结构(尤其是在浅层),甚至一定程度上可以代替接收函数方法。

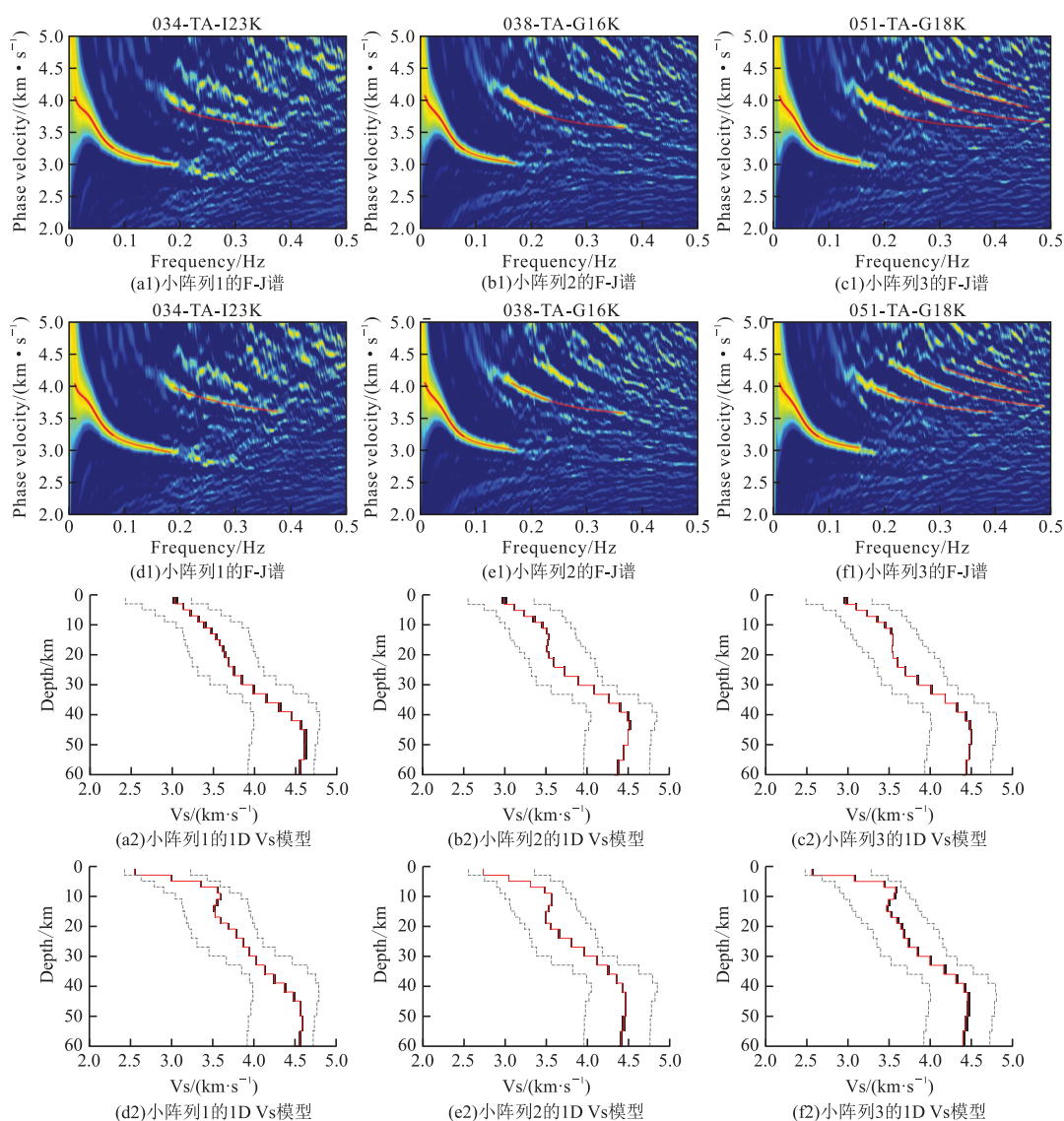
图 7 中,不同颜色的菱形标记代表阿拉斯加四个温泉带分布:①CAHSB 中部阿拉斯加温泉带;②AVA阿留申火山带;③WM Wrangell 山脉带;④SEP 东南部长条带;中地壳低速层(橘色区域)与 CAHSB 及 SEP 两个温泉带重合度较高,尤其是与低温或适温(30 °C~88 °C)温泉 CAHSB 的重合相当明显。与位处俯冲板块引发的火山活跃区的 AVA 及 WM 温泉带相比,SEP 大多数温泉被认为是断层(而非火山)相关的^[16-17],而 CAHSB 则与最近的火山及岩浆运动毫无关系^[18]。目前关于 CAHSB 和 SEP 两个温泉带的热源还不明确,若温泉带与图 7 中地壳低速层的重合不是偶然,或许可以假设中地壳低速层是部分熔融的,其中的高温物质通过我们无法分辨出的细小裂隙上涌到地表附近,加热了地下水,导致其喷出成为温泉;或者是地下水通过各种裂隙渗入到中地壳高温物质附近,通过热传导被加热,再上涌至地表。这只是一种可能的解释,但本文中地壳低速层的发现及其与当地温泉带分布的重合性为至今未明的温泉热源研究提供了新的思路,对该低速层的进一步研究或许有助于阿拉斯加地热能源的探索。

本研究方法的最大特点就是应用多阶频散曲线反演研究区域的地下速度结构,在基阶频散曲线确定的速度模型基本框架上,由高阶频散曲线约束精

细结构,从而提高反演模型的纵向分辨率,降低反演的非唯一性,增强反演结果的稳定性。而正是因为有了高阶模式的参与,本文三维横波速度模型在中地壳的低速特征才得以体现,如果只有基阶频散曲线参与反演,笔者就不会有中地壳低速层这个发现。事实上,到目前为止,已有多项应用多阶背景噪声面波成像技术的研究在世界多个地区发现了中(或中下)地壳低速层的分布,这些地区包括美国西部^[19]、中国东北的松辽盆地及兴一蒙造山带^[20]、中国华南区域^[21]和冰岛^[22]等等。这些研究表明,除了火山作用这类常见因素,中地壳低速层有更复杂的成因。

5 结论

我们应用 F-J 方法从背景噪声中提取 Rayleigh 面波多阶频散曲线,并反演得到阿拉斯加 60 km 以上的三维横波速度结构。面波高阶模式可以为反演提供额外的信息,降低反演的非唯一性,约束速度模型的更精细结构(尤其是浅部)并最终提高模型的纵向分辨率。在三维模型的纵向切面上,我们发现深度约 10 km~20 km 范围存在较广泛分布的低速层,且该中地壳低速层与阿拉斯加两大温泉带(CAHSB 和 SEP)重合度较高。笔者猜测中地壳低速层或许为部分熔融状态,通过细小裂隙上涌加热地下水;或者地下水渗入后被加热,然后再涌向地面。中地壳低速层真实的状态及其与当地地表温泉带的关系还需要更多的研究来探索发现。



每一列代表一个小阵列,小阵列的平均中心位置见图7中黑色三角形所示。第一组测试从3个小阵列的F-J谱(a1)到(c1)中分别提取基阶频散曲线,反演得到一维横波速度模型(a2)到(c2),再正演得到多阶频散曲线(见(a1)到(c1)中红线);第二组测试从3个小阵列的F-J谱(d1)到(f1)中分别提取基阶及高阶频散曲线,反演得到一维横波速度模型(d2)到(f2),再正演得到多阶频散曲线(见(d1)到(f1)中红线)

图8 中地壳低速层可靠性测试

Fig. 8 The validation test of mid-crust LVL

参考文献:

- [1] MOORE T E, BOX S E. Age, distribution and style of deformation in Alaska north of 60°N: Implications for assembly of Alaska[J]. *Tectonophysics*, 2016, 691: 133–170.
- [2] WARD K M, LIN F C. Lithospheric structure across the Alaskan cordillera from the joint inversion of surface waves and receiver functions[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2018, 123(10): 8780–8797.
- [3] TROP J M, RIDGWAY K D. Mesozoic and Cenozoic tectonic growth of southern Alaska: A sedimentary basin perspective[M]//Special Paper 431: Tectonic Growth of a Collisional Continental Margin; Crustal Evolution of Southern Alaska. New York: Geological Society of America, 2007: 55–94.
- [4] BERG E M, LIN F C, ALLAM A, et al. Shear velocity model of Alaska via joint inversion of Rayleigh wave ellipticity, phase velocities, and receiver functions across the Alaska transportable array[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2020, 125(2):

- S53E—500.
- [5] L FENG, M H RITZWOLLER. “A 3-D shear velocity model of the crust and uppermost mantle beneath Alaska including apparent radial anisotropy,” *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, vol. 124, no. 10, pp. 10468 - 10497, 2019, doi: 10.1029/2019JB018122.
- [6] GAMA I, FISCHER K M, EILON Z, et al. Shear-wave velocity structure beneath Alaska from a Bayesian joint inversion of S_p receiver functions and Rayleigh wave phase velocities[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2021, 560: 116785.
- [7] JIANG C X, SCHMANDT B, WARD K M, et al. Upper mantle seismic structure of Alaska from Rayleigh and S wave tomography[J]. *Geophysical Research Letters*, 2018, 45(19):10350—10359.
- [8] LI Z B, ZHOU J, WU G X, et al. CC-FJpy: A python package for extracting overtone surface-wave dispersion from seismic ambient-noise cross correlation [J]. *Seismological Research Letters*, 2021, 92(5): 3179—3186.
- [9] WANG J N, WU G X, CHEN X F. Frequency-Bessel transform method for effective imaging of higher-mode Rayleigh dispersion curves from ambient seismic noise data [J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2019, 124(4): 3708—3723.
- [10] BYRD R H, LU P H, NOCEDAL J, et al. A limited memory algorithm for bound constrained optimization [J]. *SIAM Journal on Scientific Computing*, 1995, 16(5): 1190—1208.
- [11] O’DRISCOLL L J, MILLER M S. Lithospheric discontinuity structure in Alaska, thickness variations determined by S_p receiver functions [J]. *Tectonics*, 2015, 34(4): 694—714.
- [12] BATIR J F, BLACKWELL D D, RICHARDS M C. Heat flow and temperature-depth curves throughout Alaska: Finding regions for future geothermal exploration [J]. *Journal of Geophysics and Engineering*, 2016, 13(3): 366—378.
- [13] LU Y, BEN-ZION Y. Validation of seismic velocity models in southern California with full-waveform simulations[J]. *Geophysical Journal International*, 2022, 229(2): 1232—1254.
- [14] ZHANG W, CHEN X F. Traction image method for irregular free surface boundaries in finite difference seismic wave simulation[J]. *Geophysical Journal International*, 2006, 167(1): 337—353.
- [15] ZHANG W, ZHANG Z G, CHEN X F. Three-dimensional elastic wave numerical modelling in the presence of surface topography by a collocated-grid finite-difference method on curvilinear grids[J]. *Geophysical Journal International*, 2012, 190(1): 358—378.
- [16] R. J. Motyka, S. A. Liss, C. J. Nye, and M. A. Moorman, “Geothermal resources of the Aleutian arc,” *Alaska Division of Geological & Geophysical Surveys*, PR 114, 1994. doi: 10.14509/2314.
- [17] R. J. Motyka and M. A. Moorman, “Geothermal resources of southeast Alaska,” *Alaska Division of Geological & Geophysical Surveys*, PR 93, 1987. doi: 10.14509/2274.
- [18] R. A. Page, G. Plafker, and H. Pulpan, “Block rotation in east-central Alaska: A framework for evaluating earthquake potential?,” 1995, 23(7): doi: 10.1130/0091-7613(1995)023<0629:BRIECA>2.3.CO;2.
- [19] WU G X, PAN L, WANG J N, et al. Shear velocity inversion using multimodal dispersion curves from ambient seismic noise data of USArray transportable array[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2020, 125(1): <https://doi.org/10.1029/2019JB018213>.
- [20] ZHAN W, PAN L, CHEN X F. A widespread mid-crustal low-velocity layer beneath Northeast China revealed by the multimodal inversion of Rayleigh waves from ambient seismic noise[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2020, 196: 104372.
- [21] CHEN J Q, PAN L, LI Z B, et al. Continental reworking in the eastern South China Block and its adjacent areas revealed by F-J multimodal ambient noise tomography[J]. *Journal of Geophysical Research (Solid Earth)*, 2022, 127(11): e2022JB024776.
- [22] ZHANG S, ZHANG G H, FENG X P, et al. A crustal LVZ in Iceland revealed by ambient noise multimodal surface wave tomography[J]. *Frontiers in Earth Science*, 2022, 10: 1008354.

The 3D vs structure of Alaska's crust from multimodal ambient noise tomography

YUAN Yi^{1,2}, CHEN Xiaofei^{3,4}

(1. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. The Second Monitoring and Application Center, China Earthquake Administration, Xi'an 710054, China;

3. Guangdong Provincial Key Laboratory of Geophysical High-resolution Imaging Technology, Southern University of Science and Technology, Shenzhen 518055, China;

4. Department of Earth and Space Sciences, Southern University of Science and Technology, Shenzhen 518055, China)

Abstract: Alaska consists of several terranes with different evolution histories and is subducted by the Pacific plate at the southern edge. It is tectonically active, which makes a detailed study of the subsurface velocity structures necessary. In this paper, Rayleigh wave multimodal dispersion curves are extracted from ambient noise recorded at 310 stations in Alaska and northwestern Canada over six years, and a 3-D Vs model of Alaska and northwestern Canada's crust is obtained. We find a widespread mid-crust low-velocity layer (LVL) in about 10–20 km depth. The LVL covers part of interior Alaska between the Brooks Range and the Denali faults, including the Seward Peninsula, the Yukon-Koyukuk terrane, the Yukon-Tanana terrane, and part of the southeastern Alaska, which largely coincide with the Central Alaskan Hot Spring Belt (CAHSB) and the South-eastern Panhandle (SEP). The correspondence between the LVL and geothermal regions indicates that the involvement of higher-mode dispersion curves in the inversion processes could provide additional information and make our final velocity model more accurate. Besides, the mid-crust LVL may shed light on exploring Alaskan geothermal resources.

Keywords: mid-crust low-velocity layer; hot spring regimes in Alaska; F-J method; multimodal surface wave tomography