

文章编号:1001-8166(2007)08-0835-07

## 用转换函数研究珠峰站地壳结构\*

苏有亮<sup>1,2</sup>, 郭志<sup>1,2</sup>, 王卫民<sup>1</sup>, 高星<sup>1</sup>

(1. 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100085; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:**为开展高喜马拉雅地区地质构造—气候反馈作用的研究, 中国科学院青藏高原研究所于2004年开始在珠峰地区建立了综合观测研究站, 并于2004年下半年开始相继开展了大气边界层(含辐射和土壤观测)、大气湍流和辐射系统、风温廓线、无线电探空系统、沙尘暴观测、冰川变化等大气科学观测研究、地表过程的环境研究和地球动力学研究。为了解珠峰站下方的地质构造, 于2005年8月在综合观测研究站布设了宽频带地震仪(记录器为Reftek130, 摆为STS2), 并于2006年5月取得首批数据。利用宽频带地震仪提供的三分量地震波形记录, 应用转换函数及快速模拟退火算法对珠峰站下的地壳横波速度结构进行了反演。反演结果表明, 珠峰站的莫霍(Moho)面深度在70 km, 地壳结构复杂, 尤其在中上地壳, 明显呈高低速互层结构, 反映了板块边界处构造活动、物质交换活跃, 表明这些地区还未达到均衡。为高喜马拉雅地区地质构造—气候反馈作用的研究提供地球物理依据。

**关键词:**波形反演; 速度结构; 转换函数; 模拟退火算法

**中图分类号:**P313.2

**文献标识码:**A

### 1 引言

以珠峰为代表的特高海拔地区也是全球构造作用最活跃的现代造山带, 这里的抬升速度约为10 mm/a; 其南坡为恒河水系和前陆沉积盆地, 同时珠峰地区也是冬夏季风作用的场所, 是世界降雨最多的地区之一, 快速的岩石圈抬升, 强的降雨和恒河水系的巨大的剥蚀造就了世界上最大的孟加拉湾海底沉积扇。因而, 以珠峰为代表的高喜马拉雅地区是研究构造—气候反馈作用最理想的地区之一。

中国科学院青藏高原研究所珠穆朗玛峰综合观测研究站位于定日县巴松乡(28°17'30"N, 86°48'53"E), 海拔高度4 276 m, 距登山大本营10 km左右, 距定日县城约80 km, 距拉萨约650 km(图1)。自2004年以来, 先后开展了年冰川及环境变化, 大气边界层过程和卫星遥感应用, 大气动力学过

程和大气环境分析, 气象水文过程, 大气降水稳定同位素过程研究, 温室气体积雪冰过程, 地球物理, 陆面遥感, 大气数值模拟, 大气观测与大气遥感, 大气辐射等方面的观测和研究<sup>[1]</sup>。

为开展珠峰站下方地壳精细结构研究, 青藏高原研究所于2005年8月在本站布设了宽频带地震仪, 并于2006年5月取得首批数据。本文利用所记录的宽频带三分量记录, 采用转换函数的方法和快速模拟退火方法, 对台站下方精细速度结构进行了研究, 并对其地质意义进行了初步的探讨。

### 2 方法

本文采取的方法为转换函数方法, 它实际上是为避免接收函数反演中数值计算不稳定问题而进行的改进。Zhao等<sup>[2]</sup>提出由P波垂直分量与转换函数合成理论径向分量, 与观测远场P波的径向记录

收稿日期:2007-05-15; 修回日期:2007-06-27.

\* 基金项目:国家重点基础研究发展计划项目“青藏高原形成对全球变化的响应与适应对策”(编号:2005CB422001); 中国科学院知识创新工程重要方向项目“青藏高原内陆俯冲与造山作用”(编号:KZCX3-SW-143)资助.

作者简介:苏有亮(1983-), 男, 海南儋州人, 硕士研究生, 主要从事地震波传播理论研究. E-mail:youliangsu@yahoo.com.cn

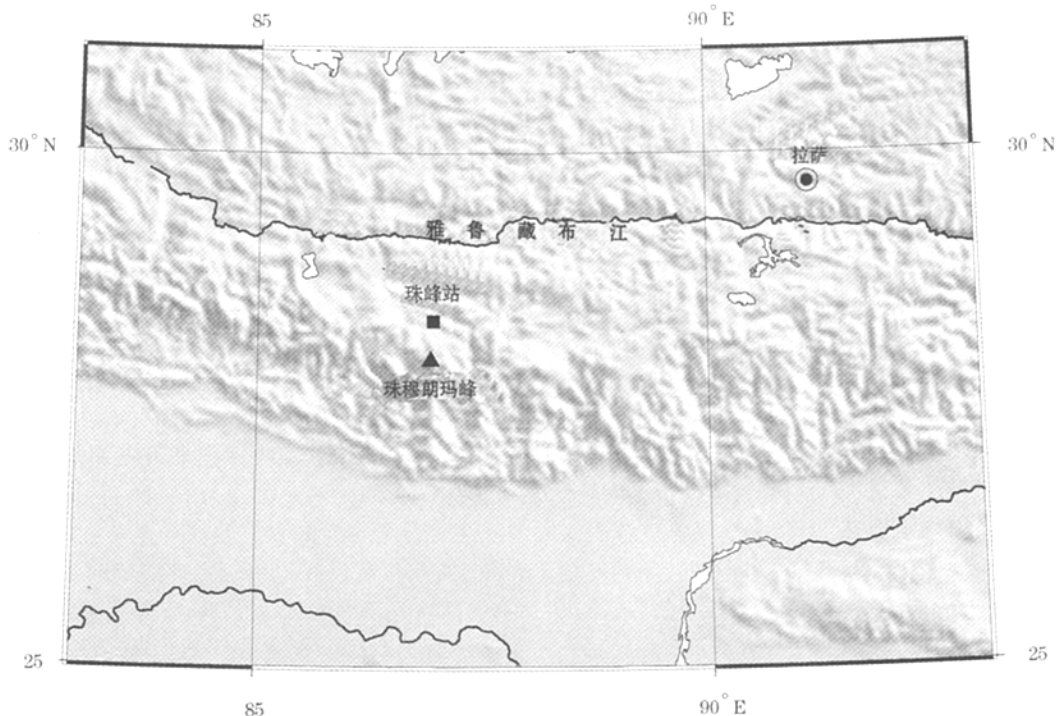


图1 珠峰站地理位置示意图

Fig. 1 Map of geographical position of Himalaya observation station

采用波形反演方法研究地震站下的地壳结构,其局限是只能计算特定射线的响应。周莹<sup>[3]</sup>用广义反射透射系数矩阵方法计算转换函数,使其包含了地壳(多层结构模型)内的多次反射和转换波的贡献,王卫民等<sup>[4]</sup>用转换函数方法研究了我国台湾地区的地壳结构,高星等<sup>[5]</sup>利用转换函数对中国及临近地区地壳结构进行了研究,并对方法进行了评价,从实际效果看,转换函数已经成为研究地壳结构十分有效的方法。

为了考虑地壳内的多次反射和转换波的贡献,我们对正演计算作了改进,主要用广义反射、透射系数矩阵方法计算转换函数,在反演计算中,采用快速模拟退火算法,并且在目标函数引入了模型光滑约束条件,以保证全局搜索的实现。

### 3 数据的选择和处理

珠峰站布置的宽频带地震仪为美国 Reftek130 型地震仪(摆为 STS2),本文所采用的数据时间从 2005 年 10 月至 2006 年 4 月,记录格式为按照日期分段的 msd 格式,共计 161 个文件(161 天的记录)。在从野外采集得到原始数据后,首先将数据格式转

换为 SAC 格式文件。在完成数据格式转换后,要得到符合本文需要的地震记录,主要进行以下 3 方面的工作:

(1) 检查文件质量,剔除记录不合要求的数据。由于仪器等方面的原因,3 个分量记录会有不同的记录长度,为了处理资料方便,我们只选取了那些三分量记录长度相同的文件,一般而言,由于仪器工作的时间都比较长,这种处理不会影响实际需要的地震事件的数量。

(2) 选取符合条件的地震事件。根据挑选出的符合长度要求的文件的时间记录,结合中国地震台网(CSN)提供的地震目录,确定在仪器工作时间段内发生的地震事件(本文选取了自 2005 年 9 月 1 日至 2006 年 12 月 31 日之间所记录的地震,共 9 393 个),根据发震时刻,依据 P 波走时表估算 P 波到时,按照 P 波到时前 6 分钟,到时后 30 分钟,截取地震波形。用转换函数方法研究地壳结构,要求台站下方的 P 波入射角很小,因此需挑选远场(震中距  $30^\circ < \Delta < 90^\circ$ )条件下的地震事件,同时,为了保证波形的质量,一般选取震级大于 5.5 级的地震事件。

(3) 优选地震波形。一般而言,由于仪器服务

时间比表长,一般会有较多的满足震级和方位角要求的远震事件。但由于干扰或仪器本身的原因,一些波形会存在一定的质量问题,会严重影响反演结果,因此,应对所选择的地震事件进行再挑选。同时,为保证反演的可靠性,从理论上讲应均匀选择不同方位的震源,但在实际工作中会有一些的难度,因为就本台站所接收到的地震信息,主要来自发生于东南亚和东北亚的地震事件,如果台站恰位于构造复杂地区,会对结果产生一定的影响。根据经验,要得到理想的结果,一般要有 20 个以上均匀分布的有效记录,在实际操作中,除了考虑方位角和震中距外,波形的质量至关重要,应该挑选那些三分量记录清楚、信噪比好的地震记录。表 1 给出了本台站所使用的 21 个地震事件信息。

4 结果及分析

图 2 给出了本工作所使用的 21 个地震波形记录资料以及波形反演结果,其中图 2a 为正演波形资料,粗线为垂向分量,细线为径向分量;图 2b 为反演后径向拟合波形,粗线为实际记录,细线为理论波形。

表 1 珠峰站所使用的有关地震事件信息

Table 1 Seismic event information that recorded in Himalaya observation station,

(发震时刻为年/(第)日/时/分/秒)

(the format of origin time is year/(No)day/hour/minute/second)

反方位角 (BAz°)	震中距 (Δ°)	发震时刻 (T)	射线参数 (p)
33.8	61.1	2006-119 17:2:17	6.8
87.1	67.1	2006-126 18:31:41	6.4
53.3	36.2	2006-128 9:17:55	8.6
37.5	75.5	2006-130 2:48:32	5.8
21.4	45.9	2006-139 14:46:42	7.9
33.6	60.6	2006-142 13:7:14	6.8
41.7	57.1	2006-142 13:11:24	7.1
23.2	45.0	2006-175 21:17:12	8.0
41.5	70.6	2006-189 20:45:11	6.1
49.0	42.6	2006-198 11:9:28	8.1
50.0	39.0	2006-200 10:58:57	8.4
89.2	32.4	2006-209 7:40:34	8.8
78.2	50.1	2006-218 18:19:33	7.6
51.2	46.4	2006-229 15:22:57	7.9
45.3	56.5	2006-236 21:54:11	7.1
78.9	38.1	2006-243 22:59:35	8.4
6.3	75.0	2006-244 10:24:24	5.8
20.3	51.4	2006-259 9:48:26	7.5
39.6	73.5	2006-261 3:51:25	5.9
49.7	42.8	2006-262 14:0:52	8.1
51.2	54.1	2006-273 17:53:44	7.3

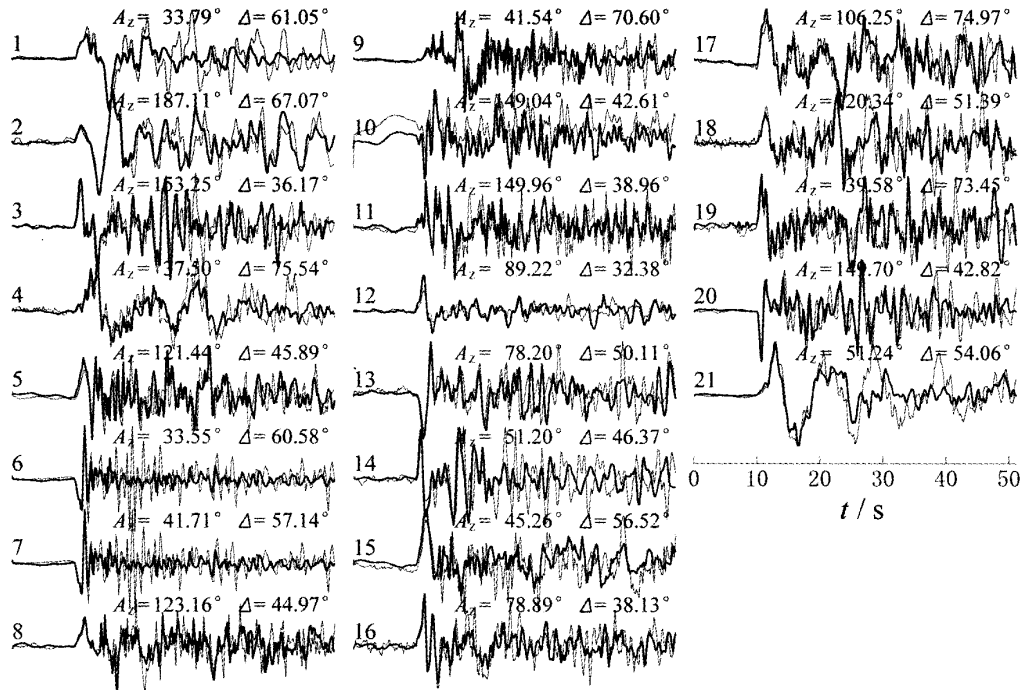


图 2a 正演计算所使用的地震事件波形图

Fig. 2a Seismic waveform of station

(粗线为垂向分量,细线为径向分量,振幅已规一化,方位角和震中距标于上方)  
(thick line for vertical component, thin line for radial component, the amplitude has been normalized, azimuth and epicenter marked in up of each figure)

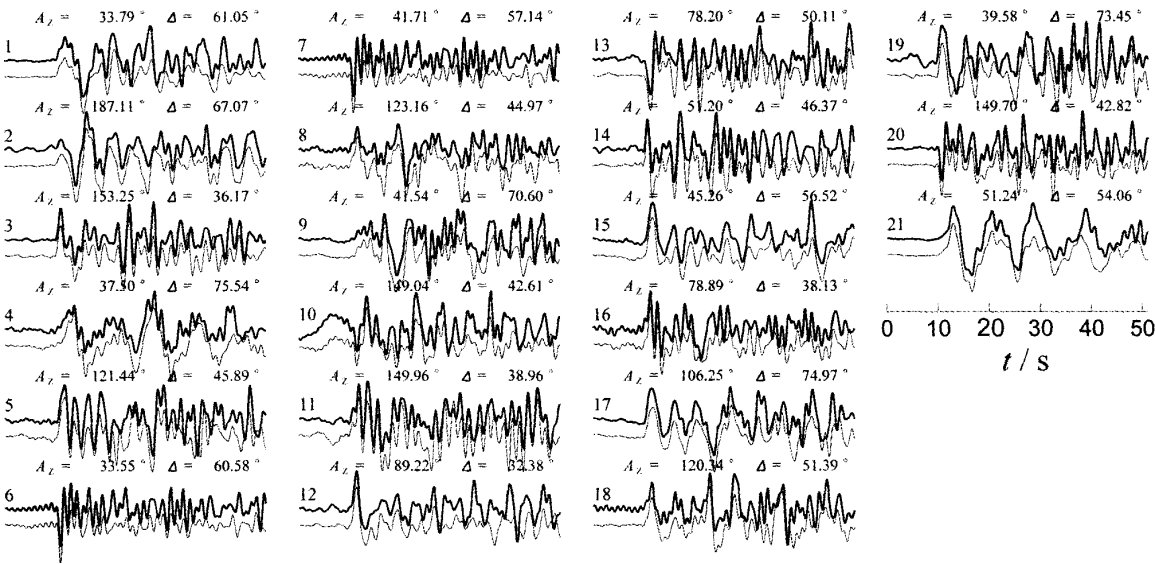


图 2b 理论模拟波形反演结果

Fig. 2b Waveform inversion result of station

(粗线为实际记录, 细线为理论波形, 振幅已归一化, 方位角和震中距标于上方)

(thick line for observed and thin line for synthetic, amplitude has been normalized, azimuth and epicenter marked in up of each figure)

在实际运算中, 给出初始模型 S 波速度 ( $V_s$ ), 相应的 P 波速度 ( $V_p$ ) 和密度  $\rho$  根据 PREM 模型<sup>[6,7]</sup>的关系曲线换算得到。在得到的横波速度结构中, 一般以  $V_s > 4.40 \text{ km/s}$  且有明显间断面的第一个稳定深度确定莫霍面位置。为提高反演结果的准确性, 我们采取 Cross-validation 方法进行约束, 从 21 个记录中随机抽取 10 个进行反演 (5 次), 表 2 为反演得到的 S 波速度随深度分布的平均结果, 图 3 为 S 波速度结构图。

4.1 速度结果分析

从表 2 和图 3 可清楚地看到珠峰站 S 波速度随深度的变化。其特点是速度结构十分复杂, 高低速层交替出现, 尤其在深度  $0 \sim 73 \text{ km}$  范围内表现尤为明显。  $2 \sim 10 \text{ km}$  存在一个大约  $8 \text{ km}$  厚的高速层, 速度最高达到  $4.4 \text{ km/s}$ ; 在  $11 \text{ km}$  左右有一个厚度  $2 \text{ km}$  的低速夹层, 速度小于  $4 \text{ km/s}$ ;  $12 \sim 30 \text{ km}$ , 虽然速度略有起伏, 但基本随深度呈线性递增;  $30 \sim 46 \text{ km}$  存在一个  $15 \text{ km}$  的低速层, 速度首先从  $4.6 \text{ km/s}$  递减为  $3.8 \text{ km/s}$ , 而后又增加到  $4.5 \text{ km/s}$ ;  $46 \sim 70 \text{ km}$  速度随深度略减, 在  $70 \text{ km}$  和  $73 \text{ km}$  处发生速度突变, 达  $4.6 \text{ km/s}$  和  $4.9 \text{ km/s}$ ;  $79 \sim 92 \text{ km}$  间为一低速层, 此后速度稳定在  $4.9 \text{ km/s}$ 。

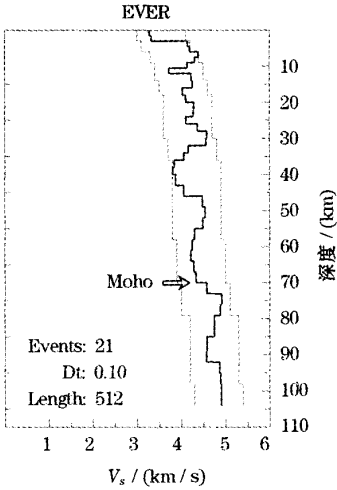


图 3 用转换函数方法得到的 S 波速度结构图

Fig. 3 S-wave velocity structure obtained from transform function method

从表 2 中可以看到  $V_s > 4.40 \text{ km/s}$  的间断面有 3 个, 一个在  $24 \sim 26 \text{ km}$  处, 速度从  $4.1 \text{ km/s}$  上升为  $4.4 \text{ km/s}$ ; 第 2 个在  $43 \sim 46 \text{ km}$  处, 速度从  $4.1 \text{ km/s}$  变为  $4.5 \text{ km/s}$ ; 第 3 个在  $67 \sim 70 \text{ km}$  处, 速度从  $4.3 \text{ km/s}$  变为  $4.6 \text{ km/s}$ , 如果将第一个稳定深度的明显间断面确定为莫霍面位置, 则为  $70 \text{ km}$ 。

4.2 地质意义初探

地质上,珠峰站位于喜马拉雅造山带特提斯喜马拉雅沉积带上。喜马拉雅造山带的北界为雅鲁藏布江缝合带,其南部界线为喜马拉雅前缘逆冲断裂带。喜马拉雅造山带由北向南北藏南拆离断裂,主中央逆冲断裂,主边界断裂和主前缘断裂分隔为特提斯喜马拉雅被动大陆边缘沉积带,高喜马拉雅结晶基底和低喜马拉雅浅变质带<sup>[8~11]</sup>。

特提斯喜马拉雅被动大陆边缘盆地位置于雅鲁藏布江缝合线与藏南拆离系之间,一般分为南北两个沉积亚带,南亚带为大西洋型稳定大陆边缘沉积,中生代沉积厚度约 5 km;北亚带位于雅鲁藏布江混杂带之南,与南亚带之间没有截然的界线,为渐变关系。为一套深水复理石沉积,夹有较多的硅质岩层。

表 2 珠峰站下方 S 波速度随深度分布

Table 2 Himalaya observation station information and Moho depth obtained from inversion calculation

深度	$V_s$	深度	$V_s$	深度	$V_s$	深度	$V_s$
(km)	(km/s)	(km)	(km/s)	(km)	(km/s)	(km)	(km/s)
0.0	3.3	18.0	4.1	40.0	3.9	73.0	4.9
1.5	3.3	20.0	4.3	43.0	4.1	76.0	4.9
3.0	4.1	22.0	4.3	46.0	4.5	79.0	4.7
4.5	4.2	24.0	4.1	49.0	4.5	82.0	4.7
6.0	4.4	26.0	4.4	52.0	4.5	85.0	4.6
7.5	4.3	28.0	4.6	55.0	4.3	89.0	4.6
9.0	4.1	30.0	4.6	58.0	4.3	92.0	4.9
10.5	3.7	32.0	4.2	61.0	4.2	95.0	4.9
12.0	4.2	34.0	4.1	64.0	4.3	98.0	4.9
14.0	4.3	36.0	3.8	67.0	4.3	101.0	4.9
16.0	4.0	38.0	3.8	70.0	4.6	104.0	4.9

由于缺少大化石,对放射虫化石动物群的研究不够,地层时代限制较差,缺少横向对比,地层厚度不明。估计晚三叠纪至晚白垩纪时期的沉积厚度大于 5 km。在南亚带晚白垩纪特提斯被动大陆边缘沉积之上为一套古新世至始新世中期的有孔虫灰岩及砂岩沉积,为藏南特提斯洋沉积的最高海相层<sup>[12]</sup>。

珠峰台站所在地层主要为奥陶纪到三叠纪的地层,岩层向北缓倾,倾角为 10~20°。地层岩石基本上未变质,普遍含有丰富的腕足类、珊瑚类等化石。台站所在位置地层的下部被藏南拆离断裂所截,该断裂一直向南延伸到珠峰峰顶,向北倾,倾角为 10~20°。藏南拆离断裂为一强烈变形的糜棱岩带,顺层有大量的浅色花岗岩或岩脉侵入,根据上述浅色花岗岩独居石 Th-Pb 年龄指示的藏南拆离断裂活动的时代为 17 Ma。其向北滑动距离大于 25 km。藏

南拆离断裂之下为高喜马拉雅结晶岩,由深变质的太古带沉积变质岩和新生代浅色花岗岩组成。上述地壳结构可以在珠峰清楚的观察到。在珠峰,最上部是灰白色的未变质的珠峰灰岩,中间为强烈变形的黄带组,即藏南拆离断裂糜棱岩带,下部为黑色的高喜马拉雅结晶岩<sup>[11,13,14]</sup>。

珠峰站的速度精细结构,为我们研究青藏高原隆升的动力学机制提供了一定的证据。在青藏高原,深度  $h < 33$  km 的浅震很多,但是震源深度  $33 \text{ km} < h < 120$  km 的中深源地震却很少,只分布在喜马拉雅与金沙缝合带之间,特别是  $h > 70$  km 的地震发生在 90°E 以东<sup>[15]</sup>。从我们得到的速度结构分析,在深度 70 km 以内,台站下方速度结构复杂,反映了板块边界处构造活动、物质交换活跃,表明这些地区还未达到均衡。这种速度结构还可能表明,印度—欧亚的碰撞的方式并不是表现为俯冲,而是碰撞后地层相互融合而共同隆升,可能是导致喜山地区地壳构造复杂的重要原因。

5 结 语

本文利用宽频带地震仪提供的三分量地震波形记录,应用转换函数及快速模拟退火算法对中国科学院青藏高原研究所珠峰综合研究站下的地壳横波速度结构进行了反演。反演结果表明,珠峰站下的地壳结构复杂,尤其在中上地壳,明显呈高低速互层结构,反映了板块边界处构造活动、物质交换活跃,表明这些地区还未达到均衡;珠峰站的莫霍(Moho)面深度在 70 km 左右,这一结构为高喜马拉雅地区缺少中—深地震提供了证据。此外,这一结果也为高喜马拉雅地区地质构造—气候反馈作用的研究提供地球物理依据。

参考文献(References):

[1] Institute of Tibetan Plateau, Chinese Academy of Sciences. The 2006 Annual Reports of Zhufeng Composite of ITP/CAS[R]. 2007. [中国科学院青藏高原研究所. 中国科学院青藏高原研究所珠峰综合实验站 2006 年度总结报告[R]. 2007.]

[2] Zhao L S, Sen M K, Stoffa P, et al. Application of very fast simulated annealing to the determination of the crustal structure beneath Tibet[J]. *Geophysical Journal International*, 1996, 125: 355-370.

[3] Zhou Ying. Waveform inverse for fine crustal structure beneath seismic station[D]. Beijing: Institute of Geophysics, Chinese Academy of Sciences, 1999. [周莹. 接收台站精细地壳结构的波形反演[D]. 北京: 中国科学院地球物理研究所, 1999.]

[4] Wang Weimin, Yao Zhenxing. A Study on the 3D crustal structure beneath Taiwan by teleseismic transform function method[J]. *Chi-*

- nese Journal of Geophysics, 2003, 46(5): 628-632. [王卫民, 姚振兴. 用转换函数方法研究台湾地区三维深部结构[J]. 地球物理学报, 2003, 46(5): 628-632.]
- [5] Gao Xing, Wang Weimin, Yao Zhenxing. Crustal structure of China mainland and its adjacent regions[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2005, 48(3): 591-601. [高星, 王卫民, 姚振兴. 中国及邻近地区地壳结构[J]. 地球物理学报, 2005, 48(3): 591-601.]
- [6] Zhu Jieshou, Cao Jiamin, Cai Xuelin, et al. Study for three-dimensional structure of earth interior and geodynamics in China and adjacent land and sea regions[J]. *Advances in Earth Science*, 2003, 18(4): 497-503. [朱介寿, 曹家敏, 蔡学林, 等. 中国及邻近陆域海域地球内部三维结构及动力学研究[J]. 地球科学进展, 2003, 18(4): 497-503.]
- [7] Liu Qiyuan, Kind R, Li Shuncheng. The receiver functions at the stations of the Chinese digital seismic network (CDSN) and their nonlinear inversion[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 1997, 40(3): 356-367. [刘启元, Kind R, 李顺成. 中国数字地震台网的接收函数及其非线性反演[J]. 地球物理学报, 1997, 40(3): 356-367.]
- [8] Wang Erqi, Wang Gang, Fan Chun, et al. Orogeny and gravitational collapse along the convergent plate boundary and their mechanical origin: A case study on the Yarlung Tsangpo-Himalaya Belt[J]. *Earth Science Frontiers*, 2006, 13(4): 18-26. [王二七, 王刚, 樊春, 等. 板块汇聚带的造山和重力垮塌作用及其力学成因: 以雅鲁藏布江—喜马拉雅山汇聚带为例[J]. 地学前缘, 2006, 13(4): 18-26.]
- [9] Liu Yan, Siebel Wolfgang, Li Jian, et al. Characteristics of the main central thrust and southern Tibetan detachment in the Tingri area, southern Tibet, and ages of their activities[J]. *Geological Bulletin of China*, 2004, 23(7): 636-644. [刘焰, Siebel Wolfgang, 李剑, 等. 藏南定日地区主中央冲断层与藏南拆离系的特征及其活动时代[J]. 地质通报, 2004, 23(7): 636-644.]
- [10] Wang Yang, Zhang Kaijun. Cenozoic polyphase deformation of Tibetan-Himalayan orogen: A review[J]. *Journal of Nanjing University(natural sciences)*, 2006, 42(2): 199-219. [汪洋, 张开均. 青藏高原新生代构造研究最新进展和构造发展的阶段性[J]. 南京大学学报: 自然科学版, 2006, 42(2): 199-219.]
- [11] Yin An. Cenozoic tectonic evolution of the Himalayan Orogen as constrained by along-strike variation of structural geometry, exhumation history, and foreland sedimentation[J]. *Earth Science Frontiers*, 2006, 13(5): 416-515. [尹安. 喜马拉雅造山带新生代构造演化: 沿走向变化的构造几何形态、剥露历史和前陆沉积的约束[J]. 地学前缘, 2006, 13(5): 416-515.]
- [12] Liu Xianbin, Gao Lianfeng, Wan Xiaoqiao, et al. Sequence stratigraphy of the boundary between the Jurassic and the Cretaceous strata in the northern Tethys-Himalayas sea area[J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 2006, 26(4): 62-68. [刘宪斌, 高莲凤, 万晓樵, 等. 特提斯—喜马拉雅北带侏罗纪—白垩纪界线层序地层分析[J]. 矿物岩石, 2006, 26(4): 62-68.]
- [13] Wang Erqi, Zhou Yong, Chen Zhiliang, et al. Geologic and geomorphic origin of the East Himalayan Gap[J]. *Chinese Journal of Geology*, 2001, 36(1): 122-128. [王二七, 周勇, 陈智樑, 等. 东喜马拉雅缺口的地质与地貌成因[J]. 地质科学, 2001, 36(1): 122-128.]
- [14] Ding Lin. Paleocene deep-water sediments and radiolarian faunas: Implications for evolution of Yarlung-Zangbo foreland basin, southern Tibet[J]. *Science in China(Series D)*, 2003, 33(1): 47-58. [丁林. 西藏雅鲁藏布江缝合带古新世深水沉积和放射虫动物群的发现及对前陆盆地演化的制约[J]. 中国科学: D 辑, 2003, 33(1): 47-58.]
- [15] Zeng Rongsheng, Ding Zhifeng, Wu Qingju, et al. Seismological evidences for the multiple incomplete crustal subductions in Himalaya and southern Tibet[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2000, 43(6): 780-797. [曾融生, 丁志峰, 吴庆举, 等. 喜马拉雅及南藏的地壳俯冲带—地震学证据[J]. 地球物理学报, 2000, 43(6): 780-797.]

## A Study of Crust Structure Beneath Himalaya Mountain Using Transform Function Method

SU You-liang<sup>1,2</sup>, GUO Zhi<sup>1,2</sup>, WANG Wei-min<sup>1</sup>, GAO Xing<sup>1</sup>

(1. Institute of Tibetan Plateau, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** An integrated observational station was established for studying geological structure and climate feedback effect in Himalaya mountain region, the station began to operate and gather from the late half of 2004. The research conducted in the station included atmospheric boundary layer research including radiation and soil observation, atmospheric turbulence and radiation system research, wind temperature profile research, radiosonde observation research, sand and dust storm observation, glacier change observation, environmental study of surface

process and geodynamic research. In August, 2005, a broad-band seismometer(model is Reftek 130 and pendulum is STS2) was installed in this station for studying the crust structural beneath Himalaya mountain, we collected first data in May 2006. In this paper, based on three-componenets teleseismic records from broad-band seismometer, the S wave velocity structure beneath the Himalaya was investigated by using the transform function method and the simulated annealing techique. The result shows that, the Moho depth is 70 km beneath Himalaya Mountain and the crust structure is complex. Particularly, there exists low-velocity and high-velocity interlock exist in upper or middle crust. It indicates that tectonic movement and substance exchange are active in the plate boundary regions where the crust remains in the state of imbalance. This study will provide credible geophysical evidence for the study of geological structure and climate feed back effect in Himalaya region.

**Key words:** Wave modelling; Velocity structure; Transform function; Simulated annealing.

## 《地球科学进展》“973 项目研究进展”专栏公告

1997 年 6 月 4 日,国家科技领导小组第三次会议决定要制定和实施“国家重点基础研究发展规划”,随后由科技部组织实施了国家重点基础研究发展计划(亦称“973”)。其战略目标是加强原始性创新,在更深的层面和更广泛的领域解决国家经济与社会发展中的重大科学问题,以提高我国自主创新能力和解决重大问题的能力,为国家未来发展提供科学支撑。

自 1998 年起至 2006 年,围绕农业、能源、信息、资源环境、人口与健康、材料、综合交叉和重要科学前沿等领域,已先后批准了 297 个项目,其中资源环境领域有 44 项,此外,其他方面含有资源环境和全球变化范畴的项目约有 28 项,合计达 72 项,占总项目的 24.2%。

为了更好地宣传、交流我国“973”原创性项目的研究成果,提升这些项目的科学价值,《地球科学进展》编辑部自 2005 年第 11 期开辟“973 项目研究进展”专栏以来,到 2006 年第 12 期已刊登了 13 项的 15 篇综述论文,得到了广大读者的好评和积极关注,普遍认为增进了对“973”项目的了解,有利于项目之间的交流。为此,我们希望继续不断得到广大“973”项目首席科学家的大力支持和踊跃投稿,扩大刊登“973”项目中有关资源环境和全球变化方面的项目介绍、最新研究成果和进展。该专栏文章可包括以下几方面内容:

(1)对已结题的项目,主要围绕该项目取得的研究成果及其应用价值、发展前景、与国际水平的差距等内容。

(2)对正在进行的项目,主要就项目研究的现状、进展、新成果及发展前景等内容。

(3)对刚申请批准的项目,围绕该项目研究的目的、意义、关键科学问题及其要达到的目标等内容。

凡是无项目首席科学家署名的来稿,最好经首席科学家的同意和认可,并签署意见。撰写的文章要求客观、公正、实事求是,内容完整,数据翔实,应有必要的文献、英文文摘等内容。具体格式要求参阅《地球科学进展》的投稿须知。

**专栏负责人:**林海 教授 **联系方式:**linhai@mail.nsf.gov.cn; linh@igsrr.ac.cn

**编辑部地址:**兰州市天水中路 8 号 730000 **电 话:**0931-4968256

**E-mail:** adearth@lzb.ac.cn **网 址:**http://www.adearth.ac.cn

投稿时请注明“973 项目研究进展”栏目,栏目稿件经审核达到发表要求的将尽快刊出,免收审稿费,酌收一定的版面费并致稿酬,同时免费赠送全年期刊一套(1~12 期)。

欢迎从事“973”项目研究的科学家、学者赐稿;谢谢对我们工作的支持和帮助。

《地球科学进展》编辑部

2007 年 8 月