第 37 卷 第 5 期 地 震 学 报 Vol. 37, No. 5
2015 年 9 月 (722-732) ACTA SEISMOLOGICA SINICA Sept., 2015

赵延娜，段永红，邹长桥，魏运浩，邱勇，林吉焱，李学民. 2015. 江西九江—福建宁化接收函数剖面研究. 地震学报，**37**(5)：722-732. doi:10.11939/jass.2015.05.002.
Zhao Y N, Duan Y H, Zou C Q, Wei Y H, Qiu Y, Lin J Y, Li X M. 2015. Study of the receiver function profile from Jiujiang, Jiangxi Province to Ninghua, Fujian Province. *Acta Seismologica Sinica*, **37**(5): 722-732. doi:10.11939/jass.2015.05.002.

江西九江—福建宁化接收函数剖面研究*

赵延娜[1,2)] 段永红[2),♣] 邹长桥[2)] 魏运浩[2)]
邱 勇[2)] 林吉焱[2)] 李学民[2)]

1) 中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所
2) 中国郑州 450002 中国地震局地球物理勘探中心

摘要 江西九江—福建宁化剖面沿 NW-SE 方向穿过华南大陆东部的扬子地块和华夏地块两个地质单元. 通过收集沿该剖面布设的 35 个流动宽频带地震台站 2012—2014 年记录的远震波形资料，采用 P 波接收函数 *H-k* 扫描叠加和 CCP 叠加两种方法，对该剖面下方的地壳厚度和泊松比分布进行了研究. 结果表明：沿剖面地壳厚度为 29—33 km，扬子地块东南边缘与华夏地块的莫霍形态差异明显，萍乡—广丰断裂北侧的萍乡凹陷带深部存在明显的莫霍面上隆现象，为研究区域中地壳最薄处；研究区大部分台站下方的泊松比值相对较低，介于 0.21—0.24 之间，萍乡—广丰断裂两侧泊松比值稍高，可达 0.26，表明不同构造单元地壳深部岩石组成存在差异；萍乡—广丰断裂可作为江绍拼合带的自然西延，是扬子地块与华夏地块在赣北地区的拼合界线，推测其深部的物质组成有相似之处.

关键词 接收函数 华南大陆东部 *H-k* 扫描叠加 共转换点叠加 地壳厚度 泊松比
doi:10.11939/jass.2015.05.002 **中图分类号**：P315.63 **文献标志码**：A

Study of the receiver function profile from Jiujiang, Jiangxi Province to Ninghua, Fujian Province

Zhao Yanna[1,2)] Duan Yonghong[2),♣] Zou Changqiao[2)] Wei Yunhao[2)]
Qiu Yong[2)] Lin Jiyan[2)] Li Xuemin[2)]

1) *Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing* 100081, *China*
2) *Geophysical Exploration Center, China Earthquake Administration, Zhengzhou* 450002, *China*

Abstract: The profile from Jiujiang, Jiangxi Province to Ninghua, Fujian Province, passes through the Yangtze block and the Cathaysia block from northwest to southeast in the east of South China continent. This paper selected teleseismic records from 35 temporary broadband stations along the profile from June 2012 to June 2014 so as to obtain the crustal thickness and Poisson's ratio by the *H-k* stacking method and common conversion point (CCP) stacking

* **基金项目** 国家自然科学基金项目(41174052)资助.
收稿日期 2015-01-10 收到初稿，2015-03-10 决定采用修改稿.
♣ **通讯作者** e-mail: yhduan123@126.com

method. The results show that the crustal thickness of the studied area ranges 29—33 km. The depth of Moho of the southeast edge of the Yangtze block has an obvious difference from that of the Cathaysia block. The depth of the Pingxiang-Leping depression zone to the north of Pingxiang-Guangfeng fault exhibits obvious uplift of Moho in the deep, being the thinnest part of the studied area. The average value of Poisson's ratio obtained from *H-k* stacking method shows that the Poisson's ratios are as low as 0.21—0.24 beneath crust of most of the studied area. At the two sides of the Pingxiang-Guangfeng fault, the Poisson's ratio value is higher, reaching about 0.26, which means the different constitution of the rock in the deep for the disparate tectonic units. All above evidences suggest that the Pingxiang-Guangfeng fault can be considered as the extension of Jiangshan-Shaoxing coherence belt, meanwhile it is the convergent boundary of Yangtze block and Cathaysia block in the north of Jiangxi Province, therefore it is inferred that the two blocks are composed of similar material in the deep.

Key words: receiver function; the east of South China continent; *H-k* stacking; common conversion point (CCP) stacking; crustal thickness; Poisson's ratio

引言

华南大陆东部地处欧亚板块、太平洋板块和印度洋板块交界处的舌状突出部位，包括福建、江西、浙江和广东 4 省. 其主体由扬子地块和华夏地块构成，两地块经历了聚合—裂解—再聚合的复杂构造演化模式(舒良树，2012). 其壳幔间的相互作用具有异常的深部过程，是欧亚大陆东部边缘构造框架极其重要的一部分(张国伟等，2013). 对该地区壳幔结构的研究将为华南大陆东部的构造形态及其构造演化特征提供基础性资料.

早在 20 世纪 80—90 年代，研究人员就已利用人工地震的方法对华南大陆东部进行了大量探测. 例如：门源—宁德地学大断面穿过了华南大陆腹地赣闽地区，其中由国家地震局组织布设的信阳—永平—宁德地学剖面，给出了沿剖面的地壳厚度变化和速度变化(林中洋等，1990)；结合与该剖面近垂直相交形成“十字”形的赣州—永平—杭州剖面给出了江西上饶地区的莫霍面形态(熊小松等，2009)；福建省地震局在福州盆地及其周围地区完成了 5 条地震测深剖面，研究了该地区地壳结构的初步特征(廖其林等，1987，1988，1990). 在“十五”活断层探测项目中，中国地震局地球物理勘探中心先后在泉州、福州和漳州等地区开展了活断层探测工作，其中漳州的宽角折射剖面的研究(朱金芳等，2006)以及福州盆地的宽角反射/折射与深地震反射联合剖面的探测研究(朱金芳等，2005)，给出了该地区较为精细的地壳结构特征.

21 世纪以来，随着数字化观测技术及宽频带流动地震台站数量的迅速发展，宽频带地震观测方法被广泛应用. 其中，接收函数法逐渐成为研究地震观测台阵下方地壳和上地幔结构的一种简易高效的方法. 该方法也被用来研究华南大陆东部的深部结构特征. 例如：杨中书等(2010)利用接收函数法得到了江西省 13 个固定台站下方的地壳厚度和泊松比；Ai 等(2007)和叶卓等(2013)先后研究了中国大陆东南缘地壳及上地幔过渡带的结构及其变化特征；Huang 等(2010)利用地震层析成像法得到了华南大陆东部地区的上地幔结构，

并分析了其动力学特征；He 等(2013)利用接收函数法在华南大陆完成了 NW-SE 向 4 个剖面，给出了华南大陆地区的地壳厚度和泊松比，并讨论了扬子地块与华夏地块的拼合界线. 综上，前人在华南大陆东部及沿海地区开展的大量地震测深工作以及天然地震探测研究，获得了沿海地区较为详尽且丰富的地壳和上地幔结构信息. 但由于深地震测深技术条件的限制以及宽频带观测所使用的固定台站间距太大，故对华南大陆东部腹地赣闽地区的地壳精细结构仍缺乏深入研究，有待更密集的观测进行补充证实.

本文研究区域位于华南大陆东部江西省境内(25.7°N—30°N、114°E—118.5°E)，扬子地块与华夏地块在此汇聚. 该研究区大部分位于华南复合陆内造山区内，地质构造较为复杂. 本文采用 P 波接收函数 *H-k* 扫描叠加法和共转换点(common coversion point，简写为 CCP)叠加法获取研究区的地壳厚度及泊松比，据此分析该区域莫霍面形态和泊松比变化特征，并探讨扬子地块与华夏地块拼合带的构造特征.

1 方法

1.1 接收函数 *H-k* 扫描叠加法

接收函数中包含了直达 P 波、Ps 波和多次反射波(PpPs，PpSs＋PsPs)等震相信息. 根据直达 P 波与后至震相的到时差与莫霍面深度 H 的关系(式(1))，给定一个地壳平均速度 v_P，即可估计出 H 和 k($k=v_P/v_S$)：

$$H=\frac{t_{Ps}}{\sqrt{\frac{1}{v_S^2}-p^2}-\sqrt{\frac{1}{v_P^2}-p^2}},\ H=\frac{t_{PpPs}}{\sqrt{\frac{1}{v_S^2}-p^2}+\sqrt{\frac{1}{v_P^2}-p^2}},\ H=\frac{t_{PpSs+PsPs}}{2\sqrt{\frac{1}{v_S^2}-p^2}},\tag{1}$$

式中，t_{Ps} 和 t_{PpPs} 和 $t_{PpSs+PsPs}$ 分别为 Ps，PpPs 和 PpSs＋PsPs 震相与直达 P 波的到时差，p 为射线参数. 由于接收函数对 P 波速度并不敏感，而是强烈地依赖于 S 波速度或 v_P/v_S，因此 Zhu 和 Kanamori(2000)提出用 *H-k* 格点搜索和叠加方法来直接获取地壳厚度 H 和速度比 k. *H-k* 域内叠加函数 $S(H, k)$定义为

$$S(H, k)=\omega_1 r(t_{Ps})+\omega_2 r(t_{PpPs})-\omega_3 r(t_{PpSs+PsPs}),\tag{2}$$

式中：$r(t)$为径向接收函数；ω_i 为权重因子，$\sum_{i=1}^{3}\omega_i=1$. 每个 H 和 k 均对应一个到时，根据该到时可以获得其在接收函数中所对应的振幅. 将该振幅加权后按照式(2)进行叠加，对在一定范围内的 H 和 k 进行扫描，当 $S(H, k)$值达到最大时即得到准确的地壳厚度 H 和波速比 k. 然后，利用波速比与泊松比的正相关关系，即

$$\sigma=\frac{1}{2}\left[1-\frac{1}{\left(\frac{v_P}{v_S}\right)^2-1}\right]\tag{3}$$

来估计地壳的泊松比. 研究表明，泊松比的变化在一定程度上反映了地壳(特别是下地壳)中铁镁质及长英质的含量(Zandt，Ammon，1995). 对于下地壳岩石而言，当泊松比 $\sigma<0.26$($v_P/v_S<1.75$)时代表地壳岩石由酸性成分组成；$0.26\leqslant\sigma<0.28$($1.75\leqslant v_P/v_S<1.81$)时代表地壳岩石由中性成分组成；$\sigma\geqslant0.28$($v_P/v_S\geqslant1.81$)时代表地壳岩石由基性成分组成. 通常下地壳的波速比较整体地壳的平均波速比值高 0.02 左右(Zandt，Ammon，1995). 因此通过研究区泊松比的变化特征可以推测出其地壳岩石组成特征.

1.2　接收函数 CCP 叠加法

CCP 叠加法是 Zhu(2000)在共反射点叠加法基础上发展而来的．该方法首先根据研究区的速度模型对接收函数进行射线追踪获取射线路径，经过对接收函数作时深转换和入射角校正之后，每个振幅可以看作对应深度界面所产生的转换波，而该振幅大小则反映了转换点介质的阻抗变化．进行 CCP 叠加时，我们将台站下方结构划分为若干个面元，再将每个面元内所有转换点所对应的振幅进行叠加后作为已设像素点范围的叠加结果，所有面元叠加完成后即可得到直观的 CCP 叠加剖面．

2　资料

如图 1a 所示，江西九江—福建宁化剖面北起九江市德安县，南至抚州市乐安县，然后向东南延伸至福建宁化县．观测台阵共由 35 台宽频带流动地震仪组成，其数据采集器型号为 Reftek130B，拾振器由 10 台 Guralp-CMG3T(120 s)和 25 台 CMG3ESPC(60 s)组成，台站间距平均为 12 km．本文所使用的数据为该台阵于 2012 年 6 月—2014 年 6 月所记录的远震波形数据．从远震记录波形中挑选出震中距为 30°—90°、$M_S \geqslant 5.0$、震相清晰、信噪比较高的 148 次远震事件的地震波形数据，远震事件震中分布如图 1b 所示．可以看出，远震事件位于研究区四周，覆盖了其较完整的方位．

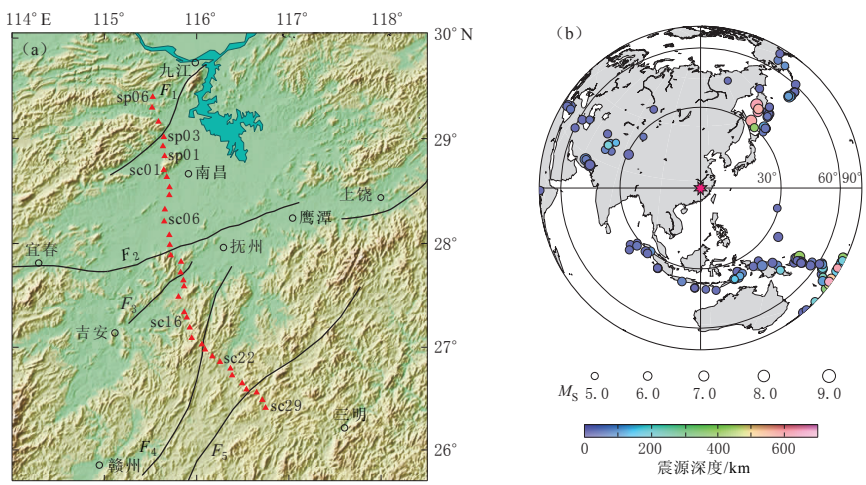

图 1　研究区台站(a)及所用远震事件震中分布图(b)，图(b)中星号代表研究区域

F_1：九江—靖安断裂；F_2：萍乡—广丰断裂；F_3：永丰—抚州断裂；F_4：于都—乐安断裂；F_5：邵武—河源断裂

Fig. 1　Distribution of the seismic stations (a) and the epicenters of teleseismic events (b) used in this study, where the red star in Fig. 1b indicates the studied area

F_1: Jiujiang-Jing'an fault; F_2: Pingxiang-Guangfeng fault; F_3: Yongfeng-Fuzhou fault; F_4: Yudu-Le'an fault; F_5: Shaowu-Heyuan fault

3　数据处理

3.1　接收函数提取及 *H-k* 叠加

本文采用时间域反褶积法来计算接收函数(吴庆举，曾融生，1998；Zhu，Kanamori，2000)．首先对波形数据拾取 P 波到时，并截取 P 波初至前 50 s 至后 150 s 的波形记录；由于地震传感器存在漂移现象，且三分向漂移量也不一样，因此需将地震记录去线性、去均

值并进行 0.05—2.5 Hz 的巴特沃斯带通滤波；然后利用后方位角把原始的 ZNE 三分向地震记录旋转到 *ZRT*(垂向，径向和切向)坐标系中，垂直分量分别对径向分量和切向分量在时间域作最大反褶积，得到基本消除了路径和震源影响的接收函数；再用系数为 2.5 的高斯滤波对接收函数进行低通滤波，在消除 1 Hz 以上的高频信号的同时，保留了远震波形的有效成分(段永红等，2005)；最后把单台计算得到的接收函数按后方位角排列画到一张图上，手动挑选出具有清晰 Ps、PpPs 和 PpSs＋PsPs 震相的接收函数数据，共得到 1157 条高质量的接收函数记录.

H-k 叠加时速度模型参考了人工地震探测结果(尹周勋等，1999；熊绍柏等，2002)，赣北 P 波平均速度取 6.2 km/s，赣南 P 波平均速度取 6.3 km/s. 本文根据数据中 Ps、PpPs 和 PpSs＋PsPs 震相的清晰程度，加权值分别取 0.5，0.4 和 0.1. 图 2 给出了台站的接收函数和 *H-k* 扫描叠加结果. 为体现样本的普遍性，分别选取研究区北部的 sp06、中部的 sc06 和南部的 sc16 台站来进行展示. 图中上部分分别为 sp06、sc06 和 sc16 3 个台站的接收函数，红线标示的为 Ps、PpPs 和 PpSs＋PsPs 震相位置；下部分分别为 3 个台站的 *H-k* 扫描叠加结果，白色椭圆为地壳厚度 *H* 和波速比 *k* 的最佳取值范围. 可以看出，接收函数清晰地显示了莫霍界面的转换震相(Ps)和后续震相(PpPs 和 PpSs＋PsPs)，表明本文接收函数分析结果可靠. 表 1 为利用 *H-k* 扫描叠加法得到的 35 个流动台站下方的地壳厚度及波速比，泊松比由波速比的最优值计算得出. 根据波速比的最佳取值范围，得到泊松比的误差范围为±0.02.

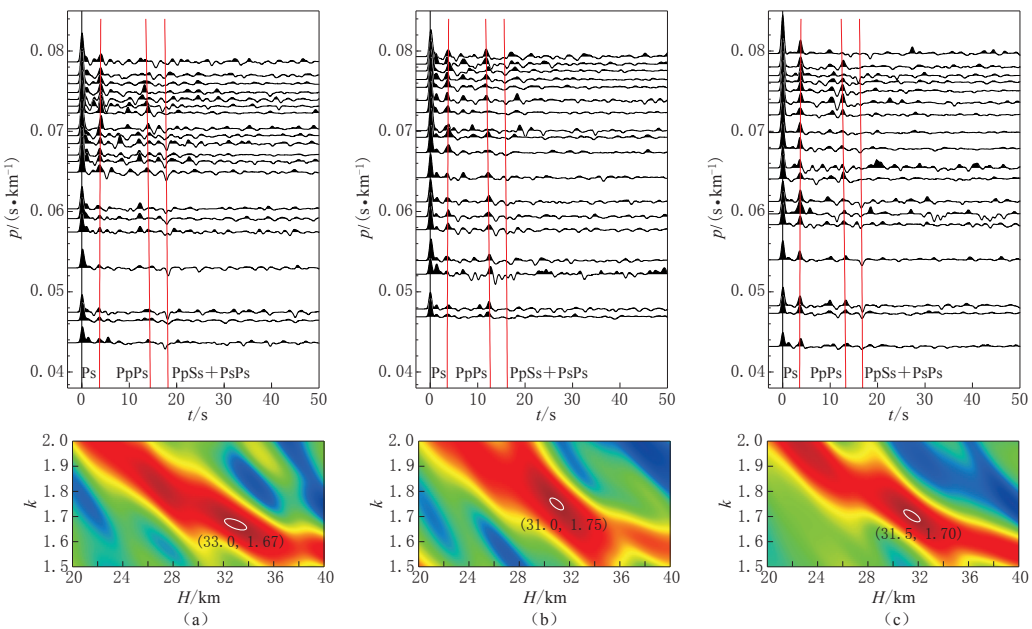

图 2 sp06(a)、sc06(b)和 sc16(c)台站的接收函数(上)和 *H-k* 扫描叠加结果(下)

Fig. 2 Receiver functions (upper) and *H-k* stacking results (lower) of the stations sp06 (a), sc06 (b) and sc16 (c)

3.2 CCP 叠加

图 3 为利用 CCP 叠加法得到的叠加剖面，所使用的速度模型系根据该区域人工地震测深结果(Li *et al*，2006；Teng *et al*，2013)，对 IASP91 模型修改后获得，地壳平均速度

表 1　H-k 扫描叠加法得到的各台站下方地壳厚度 H、波速比 k 及泊松比 σ

Table 1　Crustal thickness, v_P/v_S ratio and Poisson's ratio beneath the stations obtained by H-k stacking method

台站名称	接收函数数量	H/km	k	σ	台站名称	接收函数数量	H/km	k	σ
sp06	43	33.0±1.3	1.67±0.03	0.220±0.016	sc13	32	32.1±1.3	1.75±0.04	0.258±0.017
sp05	23	31.6±0.8	1.72±0.03	0.245±0.013	sc14	30	32.0±1.1	1.69±0.03	0.231±0.016
sp04	26	30.8±1.3	1.72±0.03	0.245±0.013	sc15	40	31.1±1.5	1.65±0.04	0.210±0.023
sp03	29	31.3±1.0	1.70±0.03	0.235±0.015	sc16	44	31.5±1.0	1.70±0.03	0.235±0.015
sp02	30	31.3±1.2	1.67±0.03	0.220±0.016	sc17	47	31.6±1.2	1.73±0.04	0.249±0.013
sp01	28	29.1±1.3	1.71±0.03	0.240±0.014	sc18	21	31.4±1.3	1.70±0.03	0.235±0.015
sc01	19	29.6±1.5	1.71±0.04	0.240±0.014	sc19	24	32.3±1.6	1.69±0.04	0.231±0.019
sc02	35	28.9±1.3	1.71±0.05	0.240±0.022	sc20	32	32.0±2.1	1.69±0.05	0.231±0.025
sc03	53	28.7±0.9	1.72±0.03	0.245±0.013	sc21	25	31.4±1.4	1.70±0.03	0.235±0.015
sc04	43	29.9±1.4	1.67±0.04	0.220±0.020	sc22	26	31.3±1.4	1.66±0.03	0.215±0.016
sc05	71	29.4±1.1	1.69±0.03	0.231±0.016	sc23	28	32.3±1.4	1.69±0.04	0.231±0.019
sc06	59	31.0±0.8	1.75±0.03	0.258±0.013	sc24	28	31.5±0.9	1.73±0.03	0.249±0.013
sc07	26	29.8±1.0	1.66±0.03	0.215±0.017	sc25	24	32.5±1.1	1.67±0.02	0.220±0.011
sc08	41	30.5±1.4	1.72±0.03	0.245±0.013	sc26	22	32.4±1.8	1.72±0.04	0.245±0.017
sc09	29	30.7±1.3	1.74±0.03	0.253±0.013	sc27	26	32.9±1.2	1.70±0.03	0.235±0.015
sc10	34	30.8±1.4	1.70±0.03	0.235±0.015	sc28	27	33.0±1.7	1.69±0.04	0.231±0.019
sc11	22	30.6±1.5	1.74±0.04	0.253±0.017	sc29	30	33.0±1.5	1.67±0.03	0.240±0.016
sc12	40	31.7±1.5	1.68±0.04	0.226±0.021					

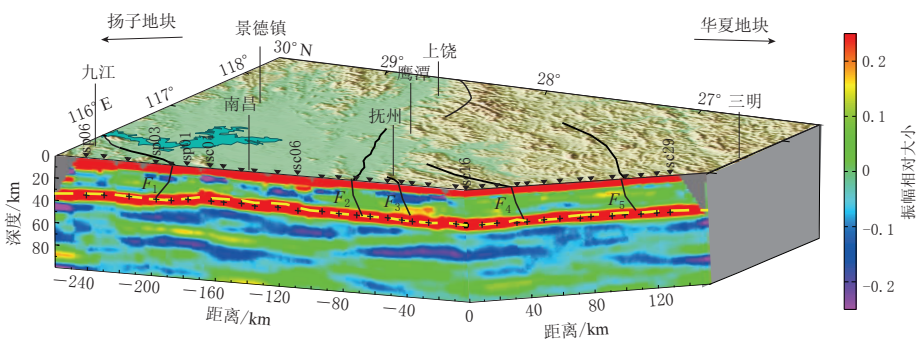

图 3　研究区 CCP 叠加剖面

黄色虚线表示由 CCP 叠加法得到的莫霍面变化，黑色十字表示 H-k 扫描叠加法得到的相应台站下方的地壳厚度

F_1：九江—靖安断裂；F_2：萍乡—广丰断裂；F_3：永丰—抚州断裂；F_4：于都—乐安断裂；F_5：邵武—河源断裂

Fig. 3　CCP stacking profile in the studied area

The yellow dashed lines represent the depth of Moho by CCP stacking method, and the black crosses represent the crustal thickness beneath the corresponding stations by H-k stacking method.

F_1: Jiujiang-Jing'an fault; F_2: Pingxiang-Guangfeng fault; F_3: Yongfeng-Fuzhou fault; F_4: Yudu-Le'an fault; F_5: Shaowu-Heyuan fault

取为 6.28 km/s. 叠加时通过调整共转换点面元大小和光滑系数，增加共转换点面元内参与叠加的射线数量，以增强莫霍界面的 Ps 转换波的成像效果(Zhu，2000；武岩等，2011). 通过对比可知，CCP 叠加法得到的结果与 H-k 扫描叠加法得到的结果具有很好的一致性.

4 结果与分析

4.1 莫霍界面形态

图 4a 为利用 *H-k* 扫描叠加法得到的各台站下方地壳厚度投影图. 从 CCP 叠加结果(图 3)和图 4a 可以看出，沿剖面地壳厚度为 28.7—33 km，平均深度为 31 km. 该结果与该地区深地震测深资料得到的地壳厚度(32 km 左右)(Li *et al*，2006；Teng *et al*，2013)基本一致，与前人在该地区接收函数研究得到的地壳厚度(He *et al*，2013；Li *et al*，2013，2014)也相吻合. 从莫霍面形态的变化趋势来看，地壳厚度沿剖面可以分为北、中、南 3 段：北段(sp06—sp02 台站)属于扬子地块的江南造山带，其地壳厚度偏大，莫霍面深度为 31—33 km；中段(sp01—sc08 台站)显示莫霍面明显抬升，地壳厚度变薄，最薄达到 28.7 km左右；南段(sc09—sc29 台站)显示莫霍面又逐步加深，地壳厚度为 31—33 km. 萍乡—广丰断裂即位于中段与南段的交界部位. 总体来看，沿剖面莫霍面的形态为两边深中间浅.

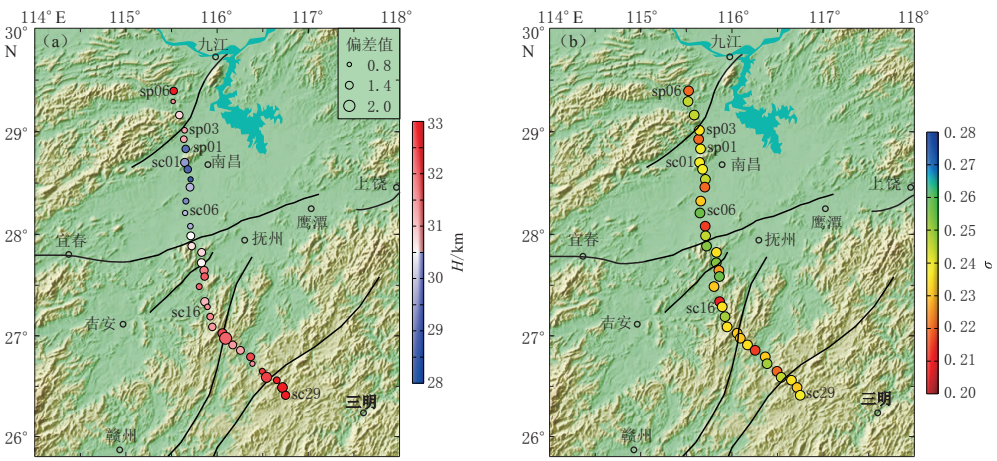

图 4 *H-k* 扫描叠加法获得的各台站地壳厚度(a)和泊松比(b)

Fig. 4 Crustal thickness (a) and Poisson's ratio (b) beneath the stations in the studied area obtained by *H-k* stacking method

从上述结果可以看出，萍乡—广丰断裂两侧的地壳厚度存在明显差异：断裂北侧的扬子地块边缘有明显的地壳减薄现象，对应于该部分的地表形态为萍乡—乐平凹陷(张岳桥等，2009)；而断裂南侧的华夏地块边缘地壳厚度相对较大，没有明显减薄现象，因此可以推断萍乡—广丰断裂是华夏地块与扬子地块的构造分界带.

对扬子地块内部构造的形成机制研究(邓小万，2001；张国伟等，2013)显示，扬子地块的边缘地带在海西—印支期构造阶段(早泥盆世—晚三叠世中期)构造活动较为强烈，地块向北运动与华北板块的北缘碰撞形成褶皱带，扬子地块南部和西部则表现为大规模的拉张和裂陷，局部形成了规模较大的裂陷槽或裂谷，推测扬子地块在海西—印支构造期的向北运动是使边缘地壳遭受拉伸减薄的主要原因. 在该构造阶段期间，华夏地块经历了起始于晚二叠世的陆陆碰撞造山作用，碰撞挤压作用造成华夏地块地壳结构发生褶皱变形(张岳桥等，2009)，导致与扬子地块相邻部分的华夏地块边缘的地壳增厚，而且没有明显受到

扬子地块南缘地壳遭受的拉伸减薄效应的影响.

4.2　地壳泊松比和地壳组成

从 *H-k* 扫描叠加结果(表 1)和台站下方地壳泊松比(图 4b)来看，研究区台站下方地壳的波速比值介于 1.65—1.75 之间，平均值为 1.70，泊松比值在 0.21—0.26 之间. 该结果与He 等(2013)在江南造山带和华夏地块获得的波速比(1.66—1.73)基本一致. 除在断裂附近的泊松比跳跃较大以外，以萍乡—广丰断裂为界，断裂以北泊松比总体稍高于断裂以南. 从整条剖面来看，萍乡—广丰断裂两侧的泊松比明显偏高.

研究区的整体泊松比值为 $\sigma \leqslant 0.26$，根据地壳岩石与泊松比的关系，我们推测研究区的地壳组成以长英质岩石为主. 前面已经指出，华夏地块由于受陆内碰撞造山作用使地壳增厚，而地壳增厚诱发的深熔作用导致了华南地区独特的印支期过铝质花岗岩的发育(张岳桥等，2009). 本文得出的华夏地块具有较低的泊松比值与该结果一致. 而萍乡—广丰断裂两侧的泊松比值偏高可能是由于深部幔源物质的侵入造成的(舒良树，2012).

一般情况下，泊松比值会随着地壳年龄的增加而增大，前寒武纪地盾地壳具有较高的泊松比值，其平均值为 0.29，误差范围为 0.02；地台的泊松比值变化较大，平均值为0.27，误差范围为 0.03；古生代造山带的泊松比值为 0.27；中生代—新生代构造活跃区域或者新构造区域泊松比值变化较大，但总体较低，平均值为 0.25，误差范围为 0.04(Zandt，Ammon，1995). 本文研究结果显示，研究区地壳泊松比平均值为 0.21—0.26，均值为 0.23. 以萍乡—广丰断裂为界，北部扬子地块泊松比平均值为 0.236，南部华夏地块泊松比平均值为 0.224. 由此推测研究区在中生代构造活动仍然相对活跃.

Ji 等(2009)利用接收函数 *H-k* 扫描叠加法对中国大陆主要地块的地壳厚度和泊松比作了研究，并统计出主要地块的地壳泊松比平均值，其中扬子地块地壳泊松比平均值为 0.249，华夏地块泊松比平均值为 0.243. 其所选取的样本均取自华南大陆边缘地区(江苏、上海、浙江、云南)，由于沿海地区地壳较薄，泊松比较内陆偏高(Ai *et al*，2007；Zhao *et al*，2013)，所以本文得出的扬子地块和华夏地块的泊松比值更能代表华南大陆内部的泊松比结构.

5　讨论与结论

通过对华南大陆东部地区 35 个台站提取的接收函数进行 *H-k* 扫描叠加和 CCP 叠加，得到了江西九江—福建宁化剖面的地壳厚度和泊松比以及莫霍界面形态，并分析了研究区内扬子地块与华夏地块拼合带的构造特征.

两种方法得到的江西九江—福建宁化剖面的地壳厚度结果具有很好的一致性. 研究区地壳厚度较薄，在 29—33 km 之间，这与华南大陆东部地壳的人工地震测深结果和宽频带地震观测结果基本一致. 该剖面显示莫霍面起伏不大，总体形态呈两端下伏中间隆起状. 扬子地块与华夏地块的分界带萍乡—广丰断裂北侧的莫霍面呈上隆状，此形态揭示两地质单元在晚古生代—早中生代经历了先碰撞(地块边缘地壳增厚)后拉伸(地块边缘地壳减薄)的构造过程. 据此推测在构造后期的地幔热物质上涌推动扬子地块向北运动，造成扬子地块与华夏地块之间的地壳拉伸减薄，并于该时期形成了萍乐凹陷带. 本文结果显示的这种构造效应在扬子地块边缘表现得更为明显.

本文研究区地壳的波速比平均值为 1.65—1.75，相对应的地壳泊松比平均值为0.21—

0.26，代表了华南大陆东部内陆的泊松比结构. 泊松比值显示研究区地壳岩石以长英质岩石为主，表明研究区地壳结构相对稳定，壳幔垂向物质交换活动较弱. 沿萍乡—广丰断裂的波速比值明显高于两侧，可能受深部残存新元古代蛇绿混杂岩的影响. 该结果进一步证明了该断裂是赣北地区两地块的汇聚边界，为江绍断裂的自然西延. 根据地壳年龄与泊松比值的对应关系，推测本文研究区在中生代—新生代期间构造运动活跃.

朱露培教授提供了接收函数叠加程序，吴庆举研究员和张瑞青副研究员在数据分析方面给予了指导，审稿专家对本文提出了修改建议，在此一并表示衷心感谢.

参 考 文 献

邓小万. 2001. 扬子板块板内构造形成机制浅析[J]. 贵州地质，**18**(4)：228-231.

Deng X W. 2001. Analysis on the formed mechanism of the intraplate tectonics in the Yangtze plate[J]. *Guizhou Geology*，**18**(4)：228-231 (in Chinese).

段永红，张先康，刘志，方盛明，王夫运，徐朝繁，原秦喜. 2005. 长白山—镜泊湖火山区上地幔间断面接收函数研究[J]. 地球物理学报，**48**(4)：834-842.

Duan Y H，Zhang X K，Liu Z，Fang S M，Wang F Y，Xu Z F，Yuan Q X. 2005. Study on upper mantal discontinuities using the receiver function in the Changbaishan-Jingpohu volcanic area[J]. *Chinese Journal of Geophysics*，**48**(4)：834-842 (in Chinese).

廖其林，王振明，王屏路，余兆康，黄向荣. 1987. 我国华南沿海地区地壳与上地幔速度结构特征[J]. 科学通报，**32**(12)：933-935.

Liao Q L，Wang Z M，Wang P L，Yu Z K，Huang X R. 1987. The velocity structure characteristics of the crust and upper mantle in the coast of South China[J]. *Chinese Science Bulletin*，**32**(12)：933-935 (in Chinese).

廖其林，王振明，王屏路，余兆康，吴宁远，刘宝诚. 1988. 福州—泉州—汕头地区地壳结构的爆炸地震研究[J]. 地球物理学报，**31**(3)：270-280.

Liao Q L，Wang Z M，Wang P L，Yu Z K，Wu N Y，Liu B C. 1988. Explosion seismic study of the crustal structure in Fuzhou-Quanzhou-Shantou region[J]. *Acta Geophysica Sinica*，**31**(3)：270-280 (in Chinese).

廖其林，王振明，邱陶形，袁定强，王洪涛，吴宁远，刘宝诚. 1990. 福州盆地及其周围地区地壳深部结构与构造的初步研究[J]. 地球物理学报，**33**(2)：163-173.

Liao Q L，Wang Z M，Qiu T X，Yuan D Q，Wang H T，Wu N Y，Liu B C. 1990. Preliminary research of the crustal structure in Fuzhou basin and its adjacent area[J]. *Acta Geophysica Sinica*，**33**(2)：163-173 (in Chinese).

林中洋，王椿镛，胡鸿翔，陈学波. 1990. 中国门源—宁德地学大断面[C]//1990 年中国科学院地球物理研究所 40 周年所庆论文集. 北京：地震出版社：114-117.

Lin Z Y，Wang C Y，Hu H X，Chen X B. 1990. The Menyuan-Ningde geoscience section of China[C]// *The Collected Papers for the 40th Anniversary Celebration of Institute of Geophysics*，*Chinese Academy of Sciences in* 1990. Beijing：Seismological Press：114-117 (in Chinese).

舒良树. 2012. 华南构造演化的基本特征[J]. 地质通报，**31**(7)：1035-1053.

Shu L S. 2012. An analysis of principal features of tectonic evolution in South China block[J]. *Geological Bulletin of China*，**31**(7)：1035-1053 (in Chinese).

吴庆举，曾融生. 1998. 用宽频带远震接收函数研究青藏高原的地壳结构[J]. 地球物理学报，**41**(5)：669-679.

Wu Q J，Zeng R S. 1998. The crustal structure of Qinghai-Xizang plateau inferred from broadband teleseismic waveform[J]. *Acta Geophysica Sinica*，**41**(5)：669-679 (in Chinese).

武岩，丁志峰，朱露培. 2011. 利用远震接收函数的共转换点叠加方法研究华北克拉通上地幔过渡带结构[J]. CT 理论与应用研究，**20**(4)：485-494.

Wu Y，Ding Z F，Zhu L P. 2011. Mapping the upper mantle discontinuities beneath North China Craton from common

conversion points method with teleseismic receiver functions[J]. *Computerized Tomography Theory and Applications*, **20**(4): 485-494 (in Chinese).

熊绍柏，刘宏兵，王有学，尹周勋，滕吉文，胡鸿翔. 2002. 华南上地壳速度分布与基底、盖层构造研究[J]. 地球物理学报，**45**(6)：784-791.

Xiong S B, Liu H B, Wang Y X, Yin Z X, Teng J W, Hu H X. 2002. A study on velocity distribution in upper crust and tectonics of basement and cover in South China[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, **45**(6): 784-791 (in Chinese).

熊小松，高锐，李秋生，卢占武，王海燕，李文辉，管烨. 2009. 深地震探测揭示的华南地区莫霍面深度[J]. 地球学报，**30**(6)：774-786.

Xiong X S, Gao R, Li Q S, Lu Z W, Wang H Y, Li W H, Guan Y. 2009. The Moho depth of South China revealed by seismic probing[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, **30**(6): 774-786 (in Chinese).

杨中书，崇加军，倪四道，曾文敬. 2010. 利用远震接收函数研究江西省地震台站下方莫霍面深度及泊松比分布[J]. 华南地震，**30**(1)：47-55.

Yang Z S, Chong J J, Ni S D, Zeng W J. 2010. Study on Moho depth and Poisson's ratio distribution beneath seismic stations in Jiangxi Province by teleseismic receiver function[J]. *South China Journal of Seismology*, **30**(1): 47-55 (in Chinese).

叶卓，李秋生，高锐，管烨，贺日政，王海燕，卢占武，熊小松，李文辉. 2013. 中国大陆东南缘地震接收函数与地壳和上地幔结构[J]. 地球物理学报，**56**(9)：2947-2958.

Ye Z, Li Q S, Gao R, Guan Y, He R Z, Wang H Y, Lu Z W, Xiong X S, Li W H. 2013. Seismic receiver functions revealing crust and upper mantle structure beneath the continental margin of southeastern China[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, **56**(9): 2947-2958 (in Chinese).

尹周勋，赖明惠，熊绍柏，刘宏兵，滕吉文，孔祥儒. 1999. 华南连县—博罗—港口地带地壳结构及速度分布的爆炸地震探测结果[J]. 地球物理学报，**42**(3)：383-392.

Yin Z X, Lai M H, Xiong S B, Liu H B, Teng J W, Kong X R. 1999. Crustal structure and velocity distribution from deep seismic sounding along the profile of Lianxian-Boluo-Gangkou in South China[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, **42**(3): 383-392 (in Chinese).

张国伟，郭安林，王岳军，李三忠，董云鹏，刘少峰，何登发，程顺有，鲁如魁，姚安平. 2013. 中国华南大陆构造与问题[J]. 中国科学：地球科学，**43**(10)：1553-1582.

Zhang G W, Guo A L, Wang Y J, Li S Z, Dong Y P, Liu S F, He D F, Cheng S Y, Lu R K, Yao A P. 2013. Tectonics of South China continent and its implications[J]. *Science China: Earth Sciences*, **56**(11): 1804-1828.

张岳桥，徐先兵，贾东，舒良树. 2009. 华南早中生代从印支期碰撞构造体系向燕山期俯冲构造体系转换的形变记录[J]. 地学前缘，**16**(1)：234-247.

Zhang Y Q, Xu X B, Jia D, Shu L S. 2009. Deformation record of the change from Indosinian collision-related tectonic system to Yanshanian subduction-related tectonic system in South China during the Early Mesozoic[J]. *Earth Science Frontiers*, **16**(1): 234-247 (in Chinese).

朱金芳，徐锡伟，张先康，黄宗林，陈祥熊，方盛明，刘保金，郑荣章. 2005. 福州盆地及邻区地壳精细结构的深地震反射与高分辨率折射及宽角反射/折射联合探测研究[J]. 中国科学：D 辑，**35**(8)：738-749.

Zhu J F, Xu X W, Zhang X K, Huang Z L, Chen X X, Fang S M, Liu B J, Zheng R Z. 2005. Joint exploration of crustal structure in Fuzhou basin and its vicinities by deep seismic reflection and high-resolution refraction as well as wide-angle reflection/refraction[J]. *Science in China: Series D*, **48**(7): 925-938.

朱金芳，方盛明，张先康，曲国胜，黄宗林，张成科，赵金仁. 2006. 漳州盆地及其邻区地壳深部结构的探测与研究[J]. 中国地震，**22**(4)：405-417.

Zhu J F, Fang S M, Zhang X K, Qu G S, Huang Z L, Zhang C K, Zhao J R. 2006. Exploration and research of deep crustal structure in the Zhangzhou basin and its vicinity[J]. *Earthquake Research in China*, **22**(4): 405-417 (in Chinese).

Ai Y S, Chen Q F, Zeng F, Hong X, Ye W Y. 2007. The crust and upper mantle structure beneath southeastern China [J]. *Earth Planet Sci Lett*, **260**(3/4): 549-563.

He C S, Dong S W, Santosh M, Chen X H. 2013. Seismic evidence for a geosuture between the Yangtze and Cathaysia blocks, South China[J]. *Sci Rep*, **3**. doi:10.1038/srep02200.

Huang Z H, Wang L S, Zhao D P, Xu M J, Mi N, Yu D Y, Li H, Li C. 2010. Upper mantle structure and dynamics beneath southeast China[J]. *Phys Earth Planet Inter*, **182**(3/4): 161-169.

Ji S C, Wang Q, Matthew H, Salisbury. 2009. Composition and tectonic evolution of the Chinese continental crust constrained by Poisson's ratio[J]. *Tectonophysics*, **463**(1/2/3/4): 15-30.

Li Q S, Gao R, Wu F T, Guan Y, Ye Z, Liu Q M, Kuo-Chen H, He R Z, Li W H, Shen X Z. 2013. Seismic structure in the southeastern China using teleseismic receiver functions[J]. *Tectonophysics*, **606**: 24-35.

Li S L, Mooney W D, Fan J C. 2006. Crustal structure of mainland China from deep seismic sounding data[J]. *Tectonophysics*, **420**(1/2): 239-252.

Li Y H, Gao M T, Wu Q J. 2014. Crustal thickness map of the Chinese mainland from teleseismic receiver functions[J]. *Tectonophysics*, **611**: 51-60.

Teng J W, Zhang Z J, Zhang X K, Wang C Y, Gao R, Yang B J, Qiao Y H, Deng Y F. 2013. Investigation of the Moho discontinuity beneath the Chinese mainland using deep seismic sounding profiles[J]. *Tectonophysics*, **609**: 202-216.

Zandt G, Ammon C J. 1995. Continental crust composition constrained by measurements of crustal Poisson's ratio[J]. *Nature*, **374**(6518): 152-154.

Zhao B, Zhang Z, Bai Z M, Badal J, Zhang Z J. 2013. Shear velocity and v_P/v_S ratio structure of the crust beneath the southern margin of South China continent[J]. *J Asian Earth Sci*, **62**: 167-179.

Zhu L P. 2000. Crustal structure across the San Andreas fault, southern California from teleseismic converted waves[J]. *Earth Planet Sci Lett*, **179**(1): 183-190.

Zhu L P, Kanamori H. 2000. Moho depth variation in southern California from teleseismic receiver functions[J]. *J Geophys Res*, **105**(B2): 2969-2980.