

文章编号: 1009-3850(2003)04-0009-05

华南地区地壳速度结构分析

郑圻森^{1,2}, 朱介寿¹, 宣瑞卿¹, 蔡学林¹

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 核工业航测遥感中心, 河北 石家庄 050002)

摘要: 笔者利用地球物理综合剖面上获取的 P 波速度值, 对岩石圈地壳进行分层研究, 划分出上、中、下地壳。按照大地构造单元进行数据的归类总结, 计算出地壳各层平均速度和厚度值, 以及地壳的平均速度和厚度值, 最终通过所取得的数据资料的分析研究, 探讨地球内部结构的动力学过程。

关键词: 地壳; 速度; 动力; 华南

中图分类号: P542

文献标识码: A

1 前言

20 世纪 70 年代以来, 国内外地球科学家对华南及邻近地区岩石圈结构与演化进行了广泛的地质学、地球物理、地球化学以及矿产资源和环境灾害等多学科综合研究, 取得了很大进展并获得大量成果, 该区正在成为岩石圈结构与动力学研究的热点地区之一。

华南地区位于欧亚板块与太平洋板块的交接地带。中生代时期, 华南地区位于欧亚大陆动力体系、印度洋动力体系和太平洋动力体系等三向海陆动力体系的中心部位, 它既受欧亚大陆动力体系控制, 同时又受到太平洋动力体系与印度洋动力体系的影响, 地质历史漫长, 演化复杂。它的动力学特征主要表现为大陆边缘地壳生长和大陆增生, 板内与板缘、深部与浅部物质与能量的交换及深层过程, 独特的演化过程与南亚和西南太平洋的壳-幔-核结构密切相关^[1, 2]。随着华南地质研究的深入, 人们已经认识到对深部地质背景的深入研究和了解, 是提高华南构造研究深度的关键^[3]。利用地震测深所得到的 V_p 值, 对岩石圈地壳进行分层研究, 是研究地球内部结构特征及其动力学过程的重要方面。

2 大地构造背景

华南地区包括扬子地块、华夏地块以及位于它们之间的华南褶皱系, 自西向东可划分为扬子地块、华南地块及东海大陆架。它北邻华北地块, 西邻青藏地块, 西南邻印支地块, 东南邻东南亚弧盆体系和菲律宾海板块(图 1)。区内岩石圈结构复杂——上扬子地区存在岩石圈中下部大型高速块体或慢块构造, 以及发育大陆根或岩石圈根; 上扬子克拉通地区四川盆地西缘及北缘造山带发育有较典型的岩石圈楔状构造或鳄鱼构造, 岩石圈楔状构造为研究大型盆地与造山带耦合作用的大陆动力学特征提供了重要依据。华南地块由华夏块体和赣湘桂加里东褶皱带构成。华南地块及下扬子地区由于燕山期强烈的岩石圈伸展变形, 发生岩石圈折沉作用, 引起岩石圈大幅度减薄, 形成我国东南沿海巨量花岗岩带和火山岩带, 以及世界级的大型、超大型有色、多金属矿床, 从而构成了岩石圈与软流圈复杂的结构。

3 数据的采集

地壳基本数据的获取是从 30 多条以人工地震

收稿日期: 2003-11-04

第一作者简介: 郑圻森, 1965 年生, 高级工程师, 硕士, 博士生, 主要研究方向为地球物理层析成像。

资助项目: 国家自然科学基金重点项目(47934150)和国土资源部专项计划(20001010)。

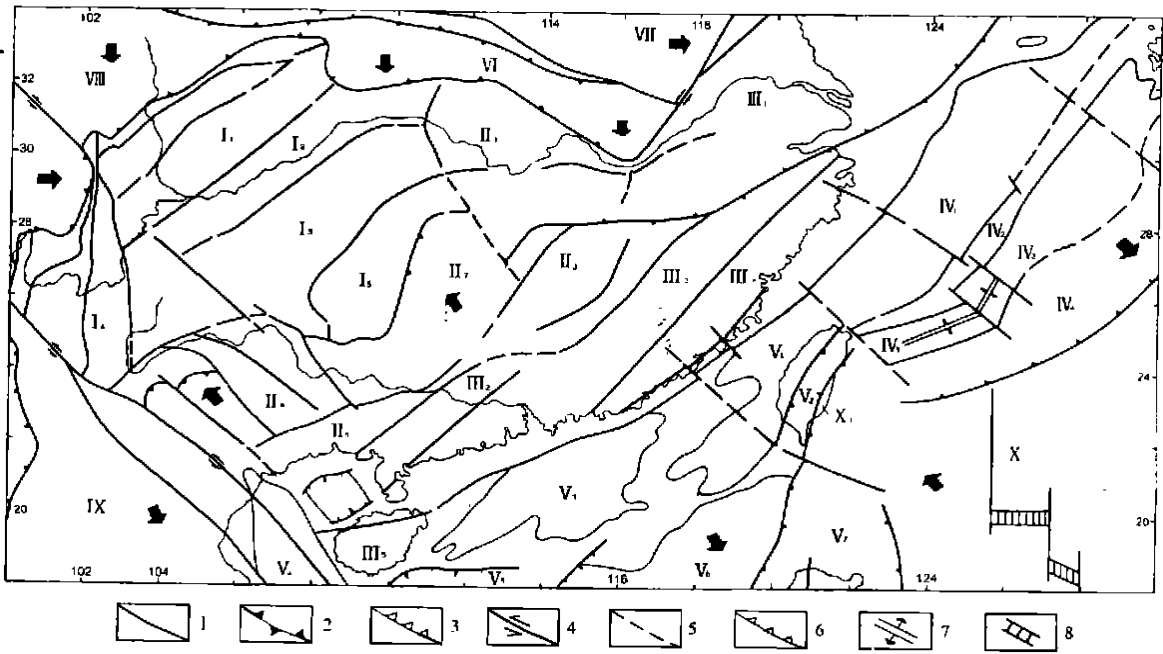


图1 华南及邻区大地构造略图(据蔡学林, 2002 年)

I . 上扬子克拉通陆根状岩石圈: I₁. 川中地块; I₂. 川东地块; I₃. 鄂湘黔地块; I₄. 川滇地块; I₅. 雪峰地块; II . 弱减薄型碎块状岩石圈: II₁. 江汉地块; II₂. 湘桂构造带; II₃. 赣中南构造带; II₄. 桂西南构造带; II₅. 钦州构造带; III. 强减薄型碎块状岩石圈: III₁. 下扬子地块; III₂. 云开地块; III₃. 浙闽粤地块; III₄. 闽东地块; III₅. 海南岛地块; IV. 东海强减薄型碎块状岩石圈: IV₁. 东海陆架盆地; IV₂. 钓鱼岛隆起构造带; IV₃. 冲绳海槽; IV₄. 琉球岛弧带; V . 南海陆架构造区: V₁. 台西南盆地; V₂. 台湾地块; V₃. 珠江口盆地; V₄. 莺歌海盆地; V₅. 琼东南盆地; V₆. 南海中央海盆地; V₇. 菲律宾岛弧带; VI. 秦岭-大别构造带; VII. 华北地块; VIII. 松潘-甘孜地块; IX. 印支地块; X. 菲律宾海板块; X₁. 台东地体。1. 断裂带 2. 碰撞缝合带; 3. 逆冲断裂带; 4. 走滑断裂带; 5. 隐伏断裂带; 6. 俯冲带; 7. 边缘海伸展裂谷; 8. 陆内伸展裂谷。箭头表示中生代块体相对运动方向裂带编号

Fig. 1 Geotectonic outline of southern China and its adjacent areas (after Cai Xuelin, 2002)

I = Upper Yangtze continental root lithosphere; I₁= central Sichuan block; I₂= eastern Sichuan block; I₃= Hubei-Hunan-Guizhou block; I₄= Sichuan-Yunnan block; I₅= Xuefeng block; II = weakly thinned fragmental lithosphere; II₁= Jianghan block; II₂= Hunan-Guangxi tectonic zone; II₃= south-central Jiangxi tectonic zone; II₄= southwestern Guangxi tectonic zone; II₅= Qinzhou tectonic zone; III= strongly thinned fragmental lithosphere; III₁= Lower Yangtze block; III₂= Yunkai block; III₃= Zhejiang-Fujian-Guangdong block; III₄= eastern Fujian block; III₅= Hainan Island block; IV= East China Sea strongly thinned fragmental lithosphere; IV₁= East China Sea continental shelf basin; IV₂= Diaoyu Island uplifted tectonic zone; IV₃= Okinawa trough; IV₄= Ryukyu island arc; V=South China Sea continental shelf tectonic province; V₁= southwestern Taiwan Basin; V₂= Taiwan block; V₃= Zhujiangkou Basin; V₄= Yinggehai Basin; V₅= southeastern Hainan Basin; V₆= Central Sea Basin in the South China Sea; V₇= Philippine island arc; VI= Qinling-Dabie tectonic zone; VII= North China block; VIII= Songpan-Garze block; IX= Indo-Sinian block; X= Philippine Sea plate; X₁= eastern Taiwan terrane. 1= fault; 2= suture zone; 3= thrust fault; 4= strike-slip fault; 5= concealed fault; 6= subduction zone; 7= marginal sea intensional rift; 8= intracontinental intensional rift. The arrow indicates relative motion direction of the Mesozoic and Cenozoic blocks

测深剖面为主并参考重力反演和地震面波频散反演数据, 以及其它地球物理数据所得的剖面上得到的,

数据丰富, 能够清楚地说明问题。按照大地构造单元进行数据的统计归并, 这是以往没有进行的工作。

从每条剖面端点起, 平面上一按直线距离每隔 50km 一个点, 在深度上按每 1km 一个点进行数据采集。在图 1 上确定每个采样点所处的大地构造单元, 按照大地构造单元制表。在人工地震测深剖面图上, 按 V_p 速度值的大小(上地壳小于 6.2km/s, 中地壳 6.2~6.7km/s, 下地壳小于 6.7km/s), 结合地质分析, 把岩石圈地壳划分为上、中、下地壳, 得到该点地壳各层的厚度, 并读取每公里深度上相应的 V_p 速度值, 通过计算获得上、中、下地壳的 V_p 平均速度值, 最后得到该点的 P_n 波速度值, 将得到的所有数据汇总成表(表 1)。

4 地壳平均速度计算

由于深度采样是每公里取一个数, 所以地壳各层的平均速度是用各层速度总和除以采样点数, 而在每一个大地构造单元内, 上、中、下地壳以及地壳的平均速度(V_p)用厚度的加权平均法进行计算, 计

算公式为:

$$V_p = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots}{\frac{h_1}{v_1} + \frac{h_2}{v_2} + \frac{h_3}{v_3} + \dots}$$

$$\text{或 } V_p = \frac{v_1 h_1 + v_2 h_2 + v_3 h_3 + \dots}{h_1 + h_2 + h_3 + \dots}$$

其中 $h_1, h_2, h_3, \dots$ 为每个取样点上、中、下地壳各层的厚度; $v_1, v_2, v_3, \dots$ 为每个取样点上、中、下地壳各层的 P 波速度值。

由此得到各个构造单元的上、中、下地壳的平均速度和平均厚度, 地壳的平均厚度和平均速度, 以及平均 P_n 波速度值(构造单元内各个点的 P_n 波速度值的总和除以点数)。

5 数据资料结果分析

从表中可以清晰地看到, 在华南地区的最西部增厚型岩石圈(龙门山构造带)上、中、下地壳各层平均厚度为 20.20km、20.10km、17.00km, 平均速度为

表 1 华南地区地壳结构速度简表

Table 1 Mean velocity and thickness values for individual crustal depths in different parts of southern China

岩石圈构造演化类型	构造单元	采集点数 / 个	上地壳		中地壳		下地壳		地壳平均厚度 / km	地壳平均速度 / km·s ⁻¹	Pn 波平均速度 / km·s ⁻¹
			平均速度 / km·s ⁻¹	平均厚度 / km	平均速度 / km·s ⁻¹	平均厚度 / km	平均速度 / km·s ⁻¹	平均厚度 / km			
增厚型岩石圈	龙门山构造带	10	5.91	20.20	6.42	20.10	6.94	17.00	57.40	6.38	7.92
克拉通型岩石圈	川中地块(I ₁)	14	5.75	17.54	6.35	16.42	6.84	12.67	45.67	6.29	7.88
	川东地块(I ₂)	6	6.00	17.67	6.27	10.17	6.69	15.00	42.83	6.30	8.01
	鄂湘黔地块(I ₃)	9	5.94	12.83	6.35	19.67	6.76	10.56	43.06	6.33	7.90
	川滇地块(I ₄)	31	5.81	21.05	6.13	14.50	6.70	16.23	50.40	6.19	7.87
	雪峰地块(I ₅)	2	5.96	14.50	6.39	16.50	7.01	10.50	41.50	6.40	8.10
	平均值(共 62 个点)		5.87	18.53	6.31	15.33	6.78	14.30	47.25	6.30	7.90
弱减薄型岩石圈	江汉地块(II ₁)	20	5.82	14.10	6.33	12.55	6.76	9.65	36.30	6.24	7.88
	湘桂构造带(II ₂)	10	5.88	14.70	6.36	11.10	6.95	9.00	34.80	6.30	8.14
	赣中南构造带(II ₃)	9	5.86	13.06	6.22	10.67	6.78	8.00	31.72	6.21	8.04
	桂西南构造带(III ₄)	27	5.90	10.09	6.25	13.00	6.88	8.41	31.50	6.10	8.00
	钦州构造带(II ₄)	2	5.41	10.00	6.21	13.00	6.87	10.50	33.50	6.17	8.10
	平均值(共 68 个点)		5.79	12.34	6.27	12.28	6.85	8.87	33.49	6.21	7.99
强减薄型岩石圈	下扬子地块(III ₁)	30	5.47	10.73	6.25	12.10	6.88	10.43	33.27	6.19	8.00
	云开地块(III ₂)	3	5.59	9.83	6.31	14.33	6.85	6.33	30.50	6.18	8.09
	浙闽粤地块(III ₃)	13	5.98	10.27	6.30	13.77	6.82	7.23	31.27	6.31	8.01
	海南岛地块(III ₅)	2	5.63	13.50	6.41	7.00	6.90	5.00	25.50	6.08	8.00
	平均值(共 48 个点)		5.71	10.66	6.29	12.48	6.86	9.08	32.23	6.20	8.01

关性,从华南地区最西部到东部随着地壳厚度的变薄而降低 ($6.38\text{km/s} \rightarrow 6.30\text{km/s} \rightarrow 6.21\text{km/s} \rightarrow 6.20\text{km/s}$), P_n 波从最西部到东部总体上是升高的 ($7.92\text{km/s} \rightarrow 7.90\text{km/s} \rightarrow 7.99\text{km/s} \rightarrow 8.01\text{km/s}$),也体现出与地壳厚度良好的对应关系。

6 讨论与结论

深部地质构造的研究是当代地球科学的前沿领域。根据速度结构分析所划分的华南地区岩石圈地壳圈层结构,为进一步研究地壳结构特征、地壳结构与构造演化的关系,以及地球内部动力学特征提供了可靠的依据。

青藏高原是由于第三纪印度板块向欧亚大陆强烈碰撞、挤压,使地壳南北向大规模缩短、地壳增厚而形成的^[4]。受青藏高原隆升的影响,华南地区西部(川、滇、湘、黔地区)岩石圈地壳厚度相对较大,是一个稳定的块体。燕山期—喜马拉雅期,华南地区东部地幔物质上涌,使得地壳物质重新分配,进而引起地壳变薄。并且渐新世以来板块俯冲形成东部以伸展变形为主的伸展变形构造区,伸展作用也使得东部地壳变薄,表现在 V_p 速度值上从西部到东部

呈降低趋势,与地壳厚度变化表现出很好的相关性。从西部到东部随着底侵作用的增强,使得 P_n 波速度值呈现逐渐增加的趋势,较好地对应于岩石圈地壳厚度的变化情形。中新世以来,东南亚沟弧盆系的南面和西面,澳大利亚板块、印度板块不均匀向北俯冲运移和碰撞,东面为菲律宾海板块和西太平洋板块向西俯冲运移,北缘的大陆华南地块向南或南东方向发生俯冲碰撞,在这种海陆动力学共同作用下,形成了全球最大的东南亚沟弧盆系。总体上转为叠加挤压状态,反映了地震不活跃时期。

参考文献:

- [1] 谢奕克,马荣生,张禹慎,等. 华南大陆地壳生长过程与地幔柱构造[M]. 北京:地质出版社,1996.
- [2] 滕吉文,张中杰,胡家富,等. 中国东南大陆及陆缘地带的瑞利波频散与剪切波三维速度结构[J]. 地球物理学报, 2001, 44(5): 663.
- [3] 王祖伟,周永章,赵凤清,等. 华南地区深部地质研究进展[J]. 地球科学进展, 1997, 12(3): 259—263.
- [4] 李红谊,刘福田,孙若味,等. 中国大陆东部及海域地壳上地幔结构研究[J]. 地震学报, 2001, 23(5): 477.

An approach to the crustal velocities in southern China

ZHENG Qi-sen^{1,2}, ZHU Jie-shou¹, XUAN Rui-qing¹, CAI Xue-lin¹

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Centre for Nuclear Industry Aerial Survey and Remote Sensing, Shijiazhuang 050002, Hebei, China)

Abstract: The crustal architectures of southern China are examined by using the P-wave velocity values (V_p) acquired from synthesized geophysical profiles. The lithospheric crust may be divided, according to the V_p values, into upper, middle and lower crust. The average velocity and thickness for individual crustal depths and for the whole crust are calculated respectively. All these data may assist in the research of the geodynamics of the Earth's internal architectures.

Key words: crust; velocity; geodynamics; southern China