

# 华南上地壳速度分布与基底、盖层构造研究

熊绍柏<sup>1)</sup> 刘宏兵<sup>1)</sup> 王有学<sup>2)</sup> 尹周勋<sup>1)</sup> 滕吉文<sup>1)</sup> 胡鸿翔<sup>3)</sup>

1) 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100101

2) 中国地质大学研究生院, 北京 100083

3) 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

[摘 要] 对华南地区有代表性的几条宽角地震剖面进行了研究, 利用初动到时资料拟合剖面地地壳上部详细的速度分布, 结合其他地球物理资料与地质资料对地壳基底和沉积盖层的构造进行了综合解释。结果表明, 浙-闽-粤东部地区在地壳基底上分布一系列中生代火山岩断陷盆地, 火山岩盖层厚度变化为 1000—4000m。浙西—皖南以及湘-赣地区地壳基底起伏较大, 盖层主要为古生界, 并发育许多受基底形态与边界断裂控制的小型中生代白垩纪盆地。华南西部的楚雄盆地为一构造复杂的深拗陷, 其中侏罗—白垩系的厚度超过 10km, 并被分割为东部斜坡和西部拗陷两个单元, 而西部拗陷又被一中央隆起分割为东、西两个更次级的凹陷。区内一些主要的断裂构造在速度等值线图上均有明显的反映, 如东部的江绍断裂、莲花山断裂和吴川—四会断裂以及西部的程海断裂和绿汁江断裂都是重要的构造分界, 此外众多的基底断裂多是盆地与隆起的边界。

[关键词] 华南地区, 宽角地震剖面, 上地壳速度分布, 基底起伏, 盖层构造。

## 1 引 言

华南大陆是元古代以来扬子古陆块和华夏古陆块(本文称后者为华南块体)在漫长的地质演化历史中多次拼合-裂解-再拼合而成的复杂大陆板块<sup>[1]</sup>, 所谓地壳基底应该是指这些古老物质构成的陆壳部分。华南的基底主要为下元古界变质-结晶地层( $P_{cl}$ ), 其下可能有上太古界, 统称为  $A_r-P_{cl}$ 。在地壳基底之上, 许多地区沉积有古生代地层, 特别是早古生代的地层经过加里东运动形成广阔的加里东褶皱区。直至三叠纪末, 统一的华南大陆最终形成, 进入滨太平洋活动期, 华南大陆受到东部古太平洋板块活动的强烈影响产生断陷, 形成一系列中-新生代断陷盆地。燕山运动还伴随强烈的岩浆活动, 形成华南地区广泛分布的花岗岩体。

基底与盖层构造对研究岩石圈结构演化以及矿产分布很有意义, 强烈的岩浆活动和断裂作用对有用矿物的生成和聚集十分有利, 特别是中、新生代盆地中的沉积层是油气聚

[收稿日期] 2001-11-03 收到, 2002-06-05 收到修定稿。

[基金项目] 中国科学院重点项目(KZ952-S1-410)和国家自然科学基金项目(40074020)。

[作者简介] 熊绍柏, 研究员, 生于 1940 年, 1964 年毕业于北京石油学院勘探系, 主要从事地壳和岩石层深部结构的研究。

集的场所,因此备受重视.近20年来在华南地区完成了数千公里的人工地震宽角反射剖面,主要是用于深部构造的研究<sup>[2-4]</sup>.实际上,这些资料中的Pg波初动到时非常准确,它能提供地壳上部大约10km深度范围内结构的许多信息,过去大多没有被充分利用.在攀西裂谷的研究中曾对浅层速度结构进行过研究,但缺乏对其进行地质与构造的解释<sup>[5,6]</sup>;作者在青藏高原西部的人工地震研究中曾尝试对浅层速度分布进行综合地质解释,获得了有意义的结果<sup>[7,8]</sup>.胡鸿翔等(1998)<sup>[9]</sup>研究云南地区浅部速度分布,分析了地震活动性与基底内高速物质的关系.本文侧重上地壳速度分布的地质解释以及地壳基底起伏与沉积盖层结构的研究.

## 2 资料与方法

### 2.1 资 料

人工地震宽角反射剖面的P波记录中,近炮点的初动波组可以看成是从上地壳回折到地面的回折波,这需要假设地壳表层地震速度随深度连续增大.事实上,这种假设与实际情况非常相近,特别是当地表为沉积地层或风化层时,由于地层的压实程度随深度增大和风化作用随深度的减弱或者裂隙随深度增大而减少,地层介质的密度是随深度而增加的,相应的地震波速度随深度而增大.即使在地表附近存在速度界面的情况下,也可以近似地作为速度梯度很大的过渡带处理.这种初动波组一般由两部分组成,最接近炮点的部分是沉积盖层的回折波,稍远的部分是地壳基底的回折波,统称之为Pg波.

在华南地区选择了5条有代表性的剖面示于图1.(1)黄山—温州剖面穿过皖南和浙西北古生代沉积区以及浙东晚侏罗世火山岩覆盖区,其间的江绍断裂带是扬子与华南两大块体(或板块)边界的东段<sup>[10]</sup>;(2)宁德—云霄剖面以NE—SW方向穿过福建东部火山岩覆盖区和闽东南地热活动带;(3)连县—港口剖面位于华南大陆南部边缘广东境内,西段为粤西北古生代沉积岩分布区,中段穿越武夷—云开岩浆隆起区花岗岩带,沿海地带为浙—闽—粤火山岩覆盖区;(4)泉州—邵阳剖面穿过了华南腹地的湘赣地区,东段与宁德—云霄剖面相交于福建永春附近;(5)洱源—江川剖面位于华南西部,通过楚雄盆地和



图1 地震测线位置图

Fig. 1 The location of seismic profiles

川滇南北构造带,楚雄盆地属于大姚—楚雄拗陷,是上扬子地区一个中型的侏罗—白垩纪盆地,是近年油气勘探的重点地区之一. 以上剖面可以作为华南各个典型构造地区的代表. 地震测点间距一般为 2—3km,漳州至云霄地段达到 1.1km. 炮点间距差别较大,泉州—邵阳剖面平均 50km,其他为 80—100km,但宁德与永春两炮点之间相距达到 190km. 初动  $P_g$  波组在剖面内的分布范围从炮点向远方延伸平均可达到 100km,其射线穿透地层的最大深度平均约 10km. 影响  $P_g$  波的分布范围和穿透深度的主要因素是覆盖层的厚度和速度. 图 2 是取自浙皖地区屯溪—温州剖面的一个实际的  $P_g$  波记录截面图<sup>[10]</sup>,从图上清楚可见龙游和屯溪附近沉积盆地所引起的  $P_g$  波到时延迟.

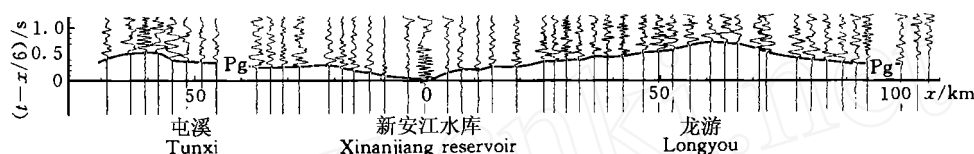


图 2 屯溪—温州剖面新安江炮点记录的  $P_g$  波截面图

( $t-x$ )/6 为折合时间.

Fig. 2 A  $P_g$  wave record section of the shotpoint Xinanjiang of Tunxi—Wenzhou profile

## 2.2 方法

利用  $P_g$  波研究上地壳结构的步骤是: (1) 从地震记录图上读取各测点的  $P_g$  波到时; (2) 利用文献[11]曾使用的截距时间法建立上地壳速度结构初始模型; (3) 用众所周知的 seis81 或 seis83 程序对  $P_g$  波到时进行二维射线追踪拟合, 获得上地壳最佳速度分布并构制速度等值线图; (4) 对速度等值线剖面图进行地质与构造解释并绘制构造解释剖面图.

地质与构造解释的主要内容是地壳基底的埋深与性质及其横向变化, 沉积盖层的厚度与变化, 断裂构造的位置并推断其性质. 关键问题是解释的依据. 关于华南地壳的基底一直存在争议, 因为华南内部大部分地区被沉积岩覆盖, 只在周围地区有元古代的古老地层出露. 华南东部江绍断裂带、浙皖交界处的白际山一带和浙东南地区有所出露, 江绍断裂以西为元古代( $P_1$ )浅变质岩系, 江绍断裂以东深部可能有太古代深变质岩系( $A_1$ ), 多数情况是上太古界与下元古界( $A_1-P_1$ ), 二者很难分开. 根据文献[12]提供的资料, 华南的浅变质花岗岩系地震  $P$  波速度为 5.90—6.07km/s, 深变质岩系的速度为 6.14—6.30km/s, 海相中—古生界为 5.59—5.80km/s, 陆相中—新生界为 4.92—5.00km/s. 这些资料为划分基底与盖层以及盖层内部进一步细分提供了重要依据. 具体划分时还需要结合实际的速度等值线图, 一般沉积盖层的速度随深度的变化比较大, 相应的速度等值线较密集; 古老的基底岩石比较均匀, 相应的速度等值线比较稀疏. 同样, 盖层内部时代较新的中—新生代地层速度等值线密集, 比较古老的古生代地层等值线相对较稀疏. 此外, 还必须参考已有的地面地质资料和钻孔资料, 同时结合其他的地球物理资料, 如在解释浙皖地区的基底深度时对比航磁研究的结果, 发现磁性地壳顶部的埋深与 5.8km/s 的速度等值线基本吻合, 于是确定以此速度等值线作为地壳基底的位置. 确定断裂构造的主要依据是速度等值线束的走向突变以及地质构造图上已知的断裂带, 但二者有时并不完全一致. 断裂带的性质一般较难确定, 只有在有可靠的地质资料或速度等值线图上特征非常明显

时才定为逆断层。在研究过程中还参考了测线所经地区的区域地质构造资料和相关图件。

关于  $P_g$  波的研究,除本文的方法外,还有走时反演成像方法,王椿镛等<sup>[13]</sup>在大别造山带的上地壳结构研究中已经应用。

### 3 结 果

#### 3.1 浙闽火山岩盖层厚度与华南、扬子板块边界

图 3 和图 4(见插页)分别是屯溪—温州剖面和云霄—宁德剖面的上地壳速度等值线分布及其地质解释横剖面。由图 3 可见,屯溪—温州剖面长 365km,明显可分成东、西两个特征不同的部分,其间以江绍断裂( $F_9$ )分界。西部沉积拗陷与基底隆起相间分布,整个属于钱塘拗陷区。3 个次级凹陷是金衢盆地凹陷、新安江水库凹陷和皖南歙县盆地,新安江水库凹陷内为古生代沉积地层,其余两凹陷在古生界基础上发育中生代盆地,凹陷内发育侏罗—白垩系。元古代基底在白际山和江绍断裂带有出露,其最大埋深达 5km。江绍断裂本身是一个区域构造边界,它的西部属于扬子板块范围,东部为华南板块,在分界处地壳明显向西仰冲。江绍断裂以东的华南板块部分基底深度变化不大,地面被晚侏罗世的火山岩地层覆盖。该区火山岩盖层的厚度在 3km 左右,在松阳盆地一带可达到 4km。从图 4 可见,福建地区的闽东火山岩盖层厚度变化比较大,如闽清附近和嵩口南北地带不足 1km,德化附近以及安溪湖头镇以南地带厚达 3km。总之,构成浙闽火山岩断拗的浙东和闽东火山岩盖层厚度在 1—4km 之间。

闽东南的漳州—安溪一带为一地热活动带,有多处 90 以上的热泉,是华南地热流值最高的地区之一。从图 4 可见,这些地方的地壳上部为许多大型的花岗岩基,因此可推测地热的异常活动与地壳深部的岩浆活动及花岗岩本身的放射性有关。

#### 3.2 华南陆缘的地壳浅部构造特征

图 5(见插页)是华南南部的连县—港口剖面地壳上部速度分布及其解释剖面。该剖面地带明显的特征是上地壳速度偏高,只在剖面东段的惠阳盆地有中—新生代的低速沉积和最东端的浙闽粤火山岩拗陷延伸到广东的部分速度较低。为了显示清楚起见,该图的速度等值线距取为 0.05km/s,而一般是 0.1km/s。吴川—四会断裂( $F_3$ )和莲花山断裂带( $F_{12}$ — $F_{15}$ )是此区的两个构造分界带。吴川—四会断裂以西为古生代沉积区,可以划分出下古生界和上古生界,属于湘桂弧间盆地的连县凹陷。据广东地质资料<sup>[14]</sup>,该区的晚古生代海相碎屑岩和碳酸盐岩沉积厚度达到 5—8km。该断裂带以东至莲花山断裂带之间为武夷—云开隆起区,分布许多大型花岗岩体。其中也有古生代凹陷,其中的震旦系至下古生界复理石厚度可达 20km,并强烈变质。从化以东至沿海地带为第四纪差异升降带,惠阳以西以上升为主,以东以沉降为主,惠阳盆地是一个断裂带侵蚀盆地,其中有较厚的中—新生代沉积。

#### 3.3 湘赣地区的地壳浅部构造

图 6(见插页)是泉州—邵阳剖面(即泉州—黑水剖面东段 HQ-E)的上地壳速度分布及其地质解释剖面图,该剖面横穿扬子板块和华南板块两大构造单元,在福建境内永春附近与宁德—云霄剖面交叉。华南与扬子板块之间的分界可能是在茶陵盆地东缘断裂( $F_8$ )

一带,也可能是衡东断裂( $F_4$ ),两大板块的界线十分复杂,可能该区存在二者复杂的过渡带。扬子板块部分为湘中拗陷,而华南板块内部构造较为复杂,可划分出4个次级构造:赣西南拗陷,武夷—云开隆起区、浙闽粤火山岩断拗和沿海的长乐—南澳带,宁都盆地东缘断裂( $F_{15}$ ),通过大田附近的政和—大埔断裂带( $F_{20}$ ),以及长乐—南澳断裂带( $F_{23}$ )是次级构造的分界带。剖面东段与宁德—云霄剖面有相似特征:分布许多大型花岗岩基和小型的晚侏罗世火山岩断陷盆地。长乐—南澳带为一动力变质带。武夷—云开隆起区的特征与华南南部广东的情形相似,由许多花岗岩体和古生代沉积凹陷组成。

剖面西段分布多个中生代白垩纪盆地,包括邵阳、衡阳、攸县、茶陵、永兴、吉泰、兴国和宁都等8个盆地,以衡阳盆地和吉泰盆地最大。盆地内中生代沉积层的地震速度很低,速度等值线密集,很好确定。但古生界的速度比较高,有的地方不好确定。在确定这些盆地内部沉积盖层结构时我们参考了一些钻孔资料<sup>1)</sup>,均标注在图6中。特别是在确定衡阳盆地东部的基底埋深时,一口3.5km钻到震旦系的钻孔起了关键的作用,仅从速度等值线图不易判断出古生界的厚度。中生代盆地主要受到基底形态和边界断裂的控制,即地壳基底拗陷带一般也是沉积盆地,并且在区域上是被边界断裂所限的断陷盆地,这些断陷盆地是在古生代褶皱基底的基础上发育而成。盆地中一般有1—3km厚度的白垩系地层。

### 3.4 云南洱源—江川剖面地带的地壳浅部构造

图7(见插页)是该剖面上地壳的速度等值线图及其地质解释剖面。这个剖面的显著特征是地壳上部的速度很低,速度等值线密集,且低速上地壳的厚度很大。地表速度普遍小于4km/s,剖面西段古生界地层出露区和东端川滇隆起带稍高,可达4.5—5km/s。在确定本区的地壳基底埋深时参考了钻孔资料 and 大地电磁测深的结果,楚雄附近一口钻孔5.3km深处的地层为下侏罗统;拗陷区东部斜坡带大地电磁测得地壳结晶基底顶部深达6km。这两个控制数据显示的地壳基底与6km/s的速度等值线吻合。另外,从速度等值线图直接观察,该等值线上线下的速度特征也明显不同。因此,我们确定用该等值线作为地壳基底的顶部位置是合理的。

该剖面地处扬子板块的上扬子区,被程海断裂( $F_5$ )和元谋—绿汁江断裂( $F_{10}$ )分成三个构造单元,自西向东为盐源—丽江拗陷带的丽江拗陷,大姚—楚雄拗陷带和川滇隆起带。大姚楚雄拗陷带被楚雄—通海断裂( $F_9$ )分成楚雄盆地西部凹陷和东部(牟定)斜坡带两个次级单元。拗陷内发育巨厚的中生代沉积地层。从速度等值线分布特征看到,白垩系与侏罗系之间的界线大约为5km/s的等值线是很清楚的。深拗陷内的地壳基底深不见底,埋深超过了10km。拗陷底部有三叠系,可能还有古生界。楚雄盆地西部凹陷被楚雄—南华( $F_8$ )和渔泡江断裂( $F_6$ 和 $F_7$ )进一步分割,特别是后者为两条断裂组成的断裂带,断裂带中有一深部隆起将西部拗陷分割成两个次级深凹陷,这在以往未曾发现,将对在该盆地的油气勘探具有一定意义。川滇隆起带的地表速度明显偏低,主要是元古代古老地层受长期风化破碎的结果。另外,一些新生代凹陷中的速度也很低。

1) 徐克定. 个人交流. 1994.

## 4 结 论

4.1 本文提出了一种充分利用深地震测深宽角地震资料的新途径,即用初动到时拟合上地壳的速度分布,通过综合地质解释研究地壳基底和盖层的构造并划分大地构造单元,结果证明是可行的。

4.2 华南分布许多中生代侏罗—白垩纪断陷盆地是该区寻找油气资源最有利的场所,特别是楚雄盆地巨厚的中生界地层和坳陷—隆起—斜坡带的构造格局更令人关注。

4.3 华南广泛分布的花岗岩体和大量的基底断裂是寻找岩浆型热液矿床有利的地带,同时也有丰富的地热资源。

4.4 闽浙粤东部的火山岩坳陷中,晚侏罗世火山岩盖层的厚度是地质学家所关注的问题,本文研究给出了比较明确的结论为 1—4km。其中火山岩盖层较薄的地方应该是寻找基底变质矿产的有利地带。

作者感谢袁学诚教授、王椿镛教授和林中洋教授给予了使用资料的方便;还感谢徐克定教授在地质解释研究方面所给予的指导和帮助。

## 参 考 文 献

- [1] 程裕淇. 中国区域地质概论. 北京:地质出版社,1994. 379—382.  
CHENG Yü-Qi. The Generality of Regional Geology in China (in Chinese). Beijing: Geological Publishing House, 1994. 379—382.
- [2] 熊绍柏,赖明惠,刘宏兵等. 屯溪—温州地带的岩石圈结构与速度分布. 见:李继亮主编. 东南大陆岩石圈结构与地质演化. 北京:冶金工业出版社,1993. 250—256.  
XIONG Shao-Bai, LAI Ming-Hui, LIU Hong-Bing, et al. The structure and velocity distribution in the lithosphere for Tunxi-Wenzhou region. In: LI Ji-Liang ed. The structure and geological evolution of the lithosphere of southeastern continent of China. Beijing: Metallurgical Industry Publishing House, 1993. 250—256.
- [3] 胡鸿翔,陆涵行,王椿镛等. 滇西地区地壳结构的爆破地震研究. 地球物理学报,1986,29(2):133—144.  
HU Hong-Xiang, LU Han-Xing, WANG Chun-Yong, et al. Explosion investigation of the crustal structure in western Yunnan province. Chinese J. Geophys. (Acta Geophysica Sinica), 1986, 29(2):133—144.
- [4] 尹周勋,赖明惠,熊绍柏等. 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. 地球物理学报,1999,42(3):383—392.  
YIN Zhou-Xun, LAI Ming-Hui, XIONG Shao-Bai, et al. Crustal structure and velocity distribution from deep seismic sounding along the profile of Lianxian-Boluo-Gangkou in South China. Chinese J. Geophys., 1999, 42(3):383—392.
- [5] 尹周勋,滕吉文,熊绍柏. 渡口及其邻近地区地壳浅层结构的研究. 地球物理学报,1987,30(1):22—30.  
YIN Zhou-Xun, TENG Ji-Wen, XIONG Shao-Bai. A study on fine structure in the upper crust of Dukou and its adjacent region. Chinese J. Geophys. (Acta Geophysica Sinica), 1987, 30(1):22—30.
- [6] 熊绍柏,郑 晔,尹周勋等. 丽江—攀枝花—者海地带二维地壳结构及其构造意义. 地球物理学报,1993,36(4):434—443.  
XIONG Shao-Bai, ZHENG Ye, YIN Zhou-Xun, et al. The 2-D structure and its tectonic implications of the crust in the Lijiang-Panzhihua-Zhehai region. Chinese J. Geophys. (Acta Geophysica Sinica), 1993, 36(4):434—443.
- [7] 刘宏兵,熊绍柏,于桂生. 藏北西部地壳浅层速度结构及构造地质意义. 见:青藏项目专家委会编. 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究. 北京:科学出版社,1995. 25—31.  
LIU Hong-Bing, XIONG Shao-Bai, YU Gui-Sheng. The velocity structure and its geological implication of shallow crust in

- west region of northern Xizang Plateau. (in Chinese). In: The Authority Committee of Qinghai-Xizang Project ed. Study on Formation, Evolution, Environment Changes and Ecosystems of Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau. Beijing: Science Press, 1995. 25—31.
- [8] 熊绍柏, 刘宏兵等. 青藏高原岩石圈结构与构造的人工地震探测研究. 见: 潘裕生等主编. 青藏高原岩石圈结构演化与动力学. 广州: 广东科技出版社, 1998. 1—9.
- XIONG Shao-Bai, LIU Hong-Bing, et al. Explosion seismological research of lithospheric structure of Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau. (in Chinese). In: PAN Yr-Sheng et al. eds. Lithosphere Structure, Evolution and Dynamics of Qinghai-Xizang Plateau. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 1998. 1—9.
- [9] 胡鸿翔, 冯永革. 云南扬子准地台区地壳浅部速度构造特征. 西北地震学报, 1998, 20(4): 12—17.
- HU Hong-Xiang, FENG Yong-Ge. The characteristics of velocity structure in shallow part of the crust in Yangtze paraplatform region of Yunnan Province. *Northwestern Seismological Journal*, 1998, 20(4): 12—17.
- [10] 熊绍柏, 刘宏兵. 浙皖地区地壳—上地幔结构和华南与扬子块体边界. 地球物理学进展, 2000, 15(4): 4—17.
- XIONG Shao-Bai, LIU Hong-Bing. Crust-mantle structure of Zhejiang-Anhui region and the boundary between Yangtze block and Huanan block. *Progress in Geophysics*, 2000, 15(4): 3—17.
- [11] 熊绍柏. 福建地壳深部构造的爆炸地震学研究. 见: 陈宗基等编. 福建地热地球物理研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 115—117.
- XIONG Shao-Bai. Explosion seismology study for deep crustal structure of the geothermal region in Fujian Province. (in Chinese). In: TAN Tong-Ke et al. ed. The Studies on Geothermal and Geophysics in Fujian Province. Beijing: Science & Technology Press of China, 1992. 115—117.
- [12] 苏浙皖闽油气区石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷8): 苏浙皖闽油气区. 北京: 石油工业出版社, 1992. 25—26.
- Redaction Group for Petroleum Geology of Oil and Gas Region in Jiangsu, Zhejiang, Anhui and Fujian Provinces. *Petroleum Geology of China Vol. 8: Oil and Gas Region in Jiangsu, Zhejiang, Anhui and Fujian Provinces.* (in Chinese). Beijing: Petroleum Industry Press, 1992. 25—26.
- [13] 王椿镛, 张先康, 丁志峰等. 大别造山带上部地壳结构的有限差分层析成像. 地球物理学报, 1997, 40(4): 495—502.
- WANG Chun-Yong, ZHANG Xian-Kang, DING Zhi-Feng, et al. Finite-difference tomography of upper crustal structure in Dabieshan orogenic belt. *Chinese J. Geophys. (Acta Geophysica Sinica)*, 1997, 40(4): 495—502.
- [14] 刘以宣. 华南沿海区域断裂构造分析. 北京: 地震出版社, 1981. 50—55.
- LIU Yi-Xuan. Fault Tectonics Analyses of South China Coastal Area (in Chinese). Beijing: Seismological Press, 1981. 53—55.

## A STUDY ON VELOCITY DISTRIBUTION IN UPPER CRUST AND TECTONICS OF BASEMENT AND COVER IN SOUTH CHINA

XIONG SHAO-BAI<sup>1)</sup> LIU HONG-BING<sup>1)</sup> WANG YOU-XUE<sup>2)</sup>

YIN ZHOU-XUN<sup>1)</sup> TENG JI-WEN<sup>1)</sup> HU HONG-XIANG<sup>3)</sup>

1) Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2) Graduate School of China University of Geosciences, Beijing 100083, China

3) Institute of Geophysics, State Seismological Bureau, Beijing 100081, China

[Abstract] A study on five representative wide-angle seismic profiles in South China is

completed. The fine velocity distribution patterns are fitted with the travel times of first arrive Pg waves. Combining with other geophysical data and geological data, we make a synthesis explanation for the tectonics of basement and cover. It is proved that some fault basins infilled with Mesozoic volcanic rock above the basement are distributed in the eastern region of Zhejiang, Fujian and Guangdong provinces and the thickness of the volcanic rock layer is 1000—4000m. In the regions of western Zhejiang, southern Anhui, Hunan and Jiangxi Provinces, the basement surges obviously and the cover is mainly Palaeozoic group, and some Mesozoic Cretaceous smaller basins controlled by boundary faults develop there. The Chuxiong basin in western South China is a deep depression with complex structure, in which the thickness of Jurassic-Cretaceous systems is over 10km. This basin is divided into two parts of eastern ascent and western depression, and the western depression is farther divided by a center uplift into two smaller deep depressions. Some Main faults in the researched region are reflected clearly in the contour velocity diagrams. Jiangshan-Shaoxing fault, Lianhuashan fault and Wuchuan-Sihui fault in the eastern region, and Chenghai fault, Luzhijiang fault in the western region are all the important tectonic boundaries, also flock basement faults are primarily the boundaries of the basins and the uplifts.

[Key words] South China, Wide-angle seismic profile, Velocity distribution of upper crust, Basement surge, Cover structure.

## 新书介绍:《地震静电预测学》

### Earthquake Static Electricity for the Prediction

郝建国与张云福教授合著的《地震静电预测学》一书,由石油大学出版社出版。该书系统地介绍了一种短临前兆信息的探索研究过程及有关结果,阐述了作者对地震预测研究的看法和认识,认为确定性地震预测研究是解决地震预报问题的主要途径。

该书作者以其 20 余年来对震前静电观测研究的结果,结合震前观测到的各种各样的静电现象,认为震前静电异常,普遍存在且较易观测的地球物理现象,深入进行震前静电异常观测研究必将成为解决近震区短临预报的重要手段之一。

地震预测的研究离不开前兆的观测。自 1976 年唐山大地震以来,作者从众多的前兆现象中选择了“大气电位异常变化”现象作为前兆项目之一进行探索。在百家幢地震台(它是我国建台最早的、观测项目较为齐全的地震基准台)进行了深入细致且连续的观测研究。由于作者对大气电场的物理基础、大气电位仪器的结构原理等具有较为深入的研究与操作经验,所以大气电位观测记录与台站上的地震记录可进行实时对照,因此观测资料具有严谨的科学基础。

作者的研究还涉及到静电学、大气电学、电化学、岩石力学以及国内外有关试验报道等专门的知识,结合观测结果进行了深入细致的探讨,从而对其结果给出了虽属初步却是独到的理论解释。

作者依据多项前兆的研究结果指出:震前存在普遍的静电异常现象,进而用连续 20 余年的系统观测研究资料论证了在每次较大的近场地震发生前均可观测到明显而稳定的大气电场负异常;且在较长一段时间观测不到异常时,近场也没有较大地震发生。并用大量震例证明了震前观测到的异常特征与将要发生的地震时、空、强三要素间存在着一定的规律性联系。最后,通过深入的理论研究,用垂直电偶极子理论较好地解释了负异常特征;用界面电荷的累积效应解释了异常的巨大数值。全书共分为 10 章,1—4 章主要介绍地震和地震预测,静电和地震静电异常的基本理论和特征;5—8 章主要介绍对震前大气电场异常的观测研究结果及其分析和检验;第 9 章主要探讨了震前大气电场异常的物理依据;第 10 章为仪器和资料处理。

作者始终如一地从事此项科学难题的研究,并将其结果全面而系统地以专著的形式发表出来,实属不易。这与作者对地震预报的强烈的责任心分不开,也与作者对待这一科学难题的严肃认真态度分不开。地震预报是当代世界性的科学难题,正如秦馨菱院士指出:“虽然大气电场异常是否是确定性或可靠的地震前兆信息仍需多方面专家的鉴定和认可,也还需在地震预报实践中不断得到检验,但所取得的进展对地震预测研究的深入开展肯定是有意义的,也定将成为地震预测研究前进的基石之一。”

可以预期,该书的出版,必将引起广大地震预测预报同行们的兴趣,并将为探讨以震前大气电场异常作为地震前兆之一的研究开辟,更为广阔的前景!本书深入浅出,内容新颖,图文并茂,可供地震预测预报研究人员、大专院校有关专业师生及广大科技爱好者阅读和参考。

(张以勤)



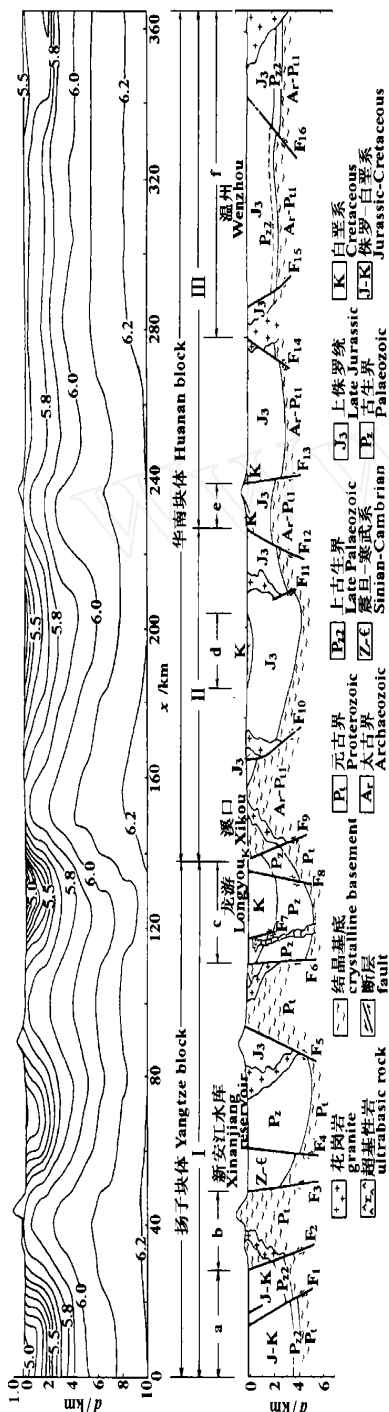


图 3 屯溪—温州剖面上地壳速度分布等值线图及其地质解释横剖面  
I 钱塘坳陷; II 陈蔡—崇安隆起区; III 浙闽火山岩断拗. a 歙县盆地; b 白际山隆起;  
c 金衢盆地; d 松阳盆地; e 丽水—余姚断裂带; f 福鼎坳陷; 速度单位 km/s, 以下各图同.

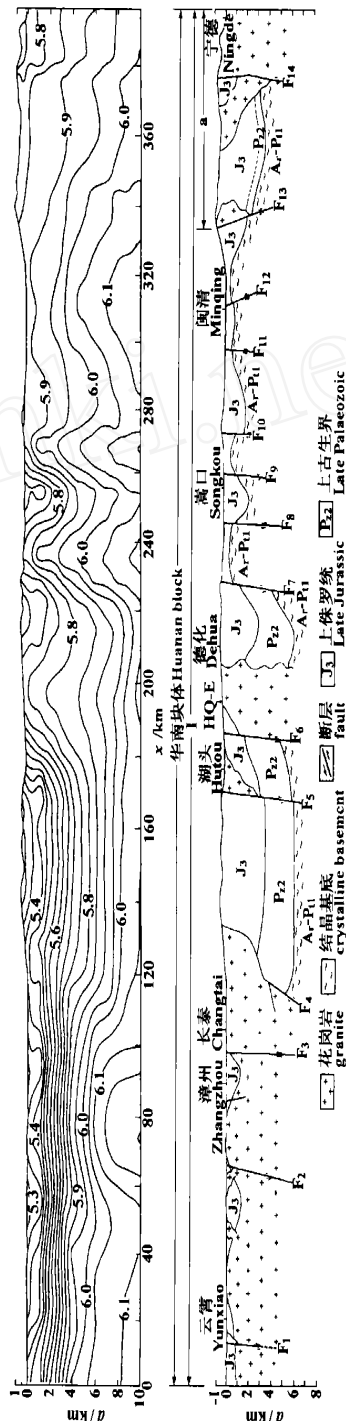


图 4 福建宁德—云霄剖面上地壳速度分布等值线图及其地质解释横剖面  
I 浙—闽—粤火山岩断拗. a 福鼎坳陷.  
Ningde—Yunxiao profile in Fujian province

Fig. 4 The velocity contour distribution pattern and its geological interpretation lateral section of upper crust for Ningde—Yunxiao profile in Fujian province

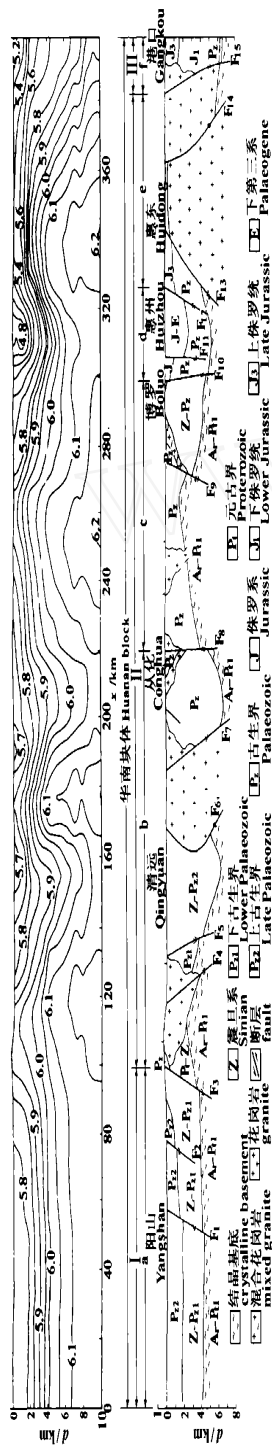


图 5 广东连县—港口剖面上地壳速度分布及其地质解释横剖面  
I 湘—桂弧间盆地；II 武夷—云开隆起区；III 浙—闽—粤火山岩断陷；a 连县拗陷；b 粤中拗陷；  
c 增城—台山隆起；d 惠阳盆地；e 莲花山断裂带；f 闽—粤火山岩断陷。

Fig. 5 The velocity distribution pattern and its geological interpretation lateral section of upper crust for Lianxian—Guangkou profile

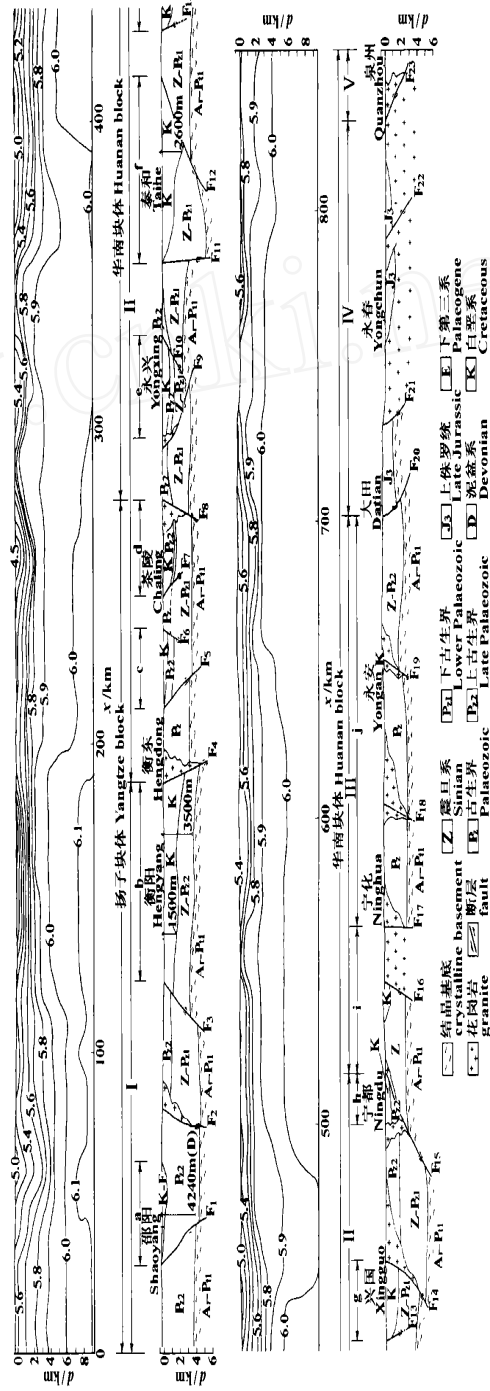


图 6 泉州—邵阳剖面上地壳速度分布及其地质解释横剖面  
I 湘中拗陷；II 赣西南拗陷；III 武夷—云开隆起区；IV 浙—闽—粤火山岩断陷；V 长乐—南澳带。  
a 邵阳盆地；b 衡阳盆地；c 攸县盆地；d 茶陵盆地；e 永兴盆地；f 吉—泰盆地；g 兴国盆地；  
h 于都盆地；i 武夷岩架隆起；j 水梅拗陷。

Fig. 6 The velocity distribution pattern and its geological interpretation lateral section of upper crust for Quanzhou—Shaoyang profile

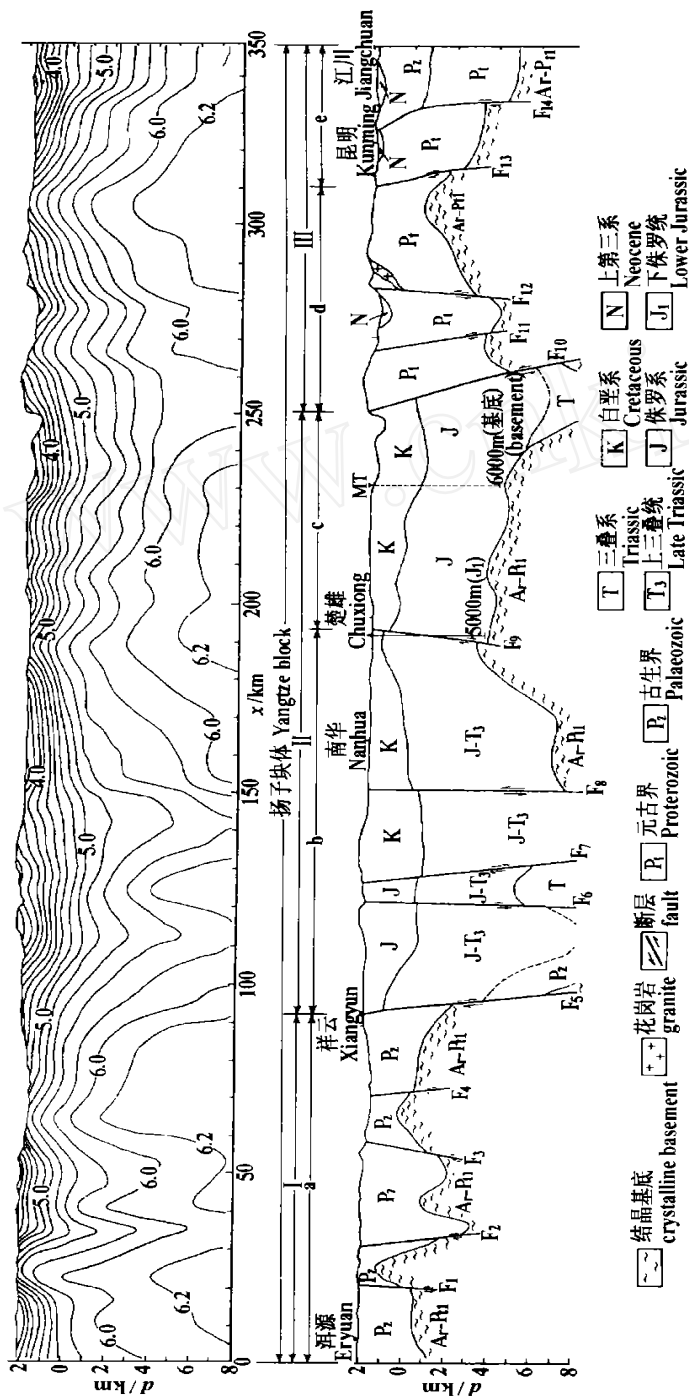


图 7 云南洱源—江川剖面上地壳速度分布及其地质解释横剖面

I 盐源—丽江拗陷； II 大姚—楚雄拗陷； III 川滇隆起带。 a 丽江拗陷； b 楚雄盆地西部拗陷； c 牟定斜坡； d 武定—易门隆起； e 昆明—建水拗陷。

Fig. 7 The velocity distribution and its geological interpretation lateral section of upper crust for Eryuan—Jiangchuan profile in Yunnan province