

# 雪峰区(江口—洞口)深部地质构造初探<sup>①</sup>

范小林 江兴歌 蒋洪堪 陆国新

(地质矿产部石油地质中心实验室, 无锡 214151)

据雪峰地区陆壳地震反射测深结果,结合作者野外地质工作的认识,并参考MT地电断面结构,建立重力模型和进行人机交互对话联合解释,初步编制区内深部地壳构造的几何形态和介质分布状态的有关图件,据此得出:(1)区内存在元古代“漂移”微陆块(海山?)和古生代碰撞造陆作用下产生的构造岩浆(变质)岩脉群及中生代陆内俯冲伴生壳下塑性(碎裂)地幔岩(块);(2)区内古生代“软敛合”和中生代“陆壳的挤压”两种不同动力体制下的形变共存;(3)深部—浅部系列冲断构造块体和不对称扇形构造形变体是组成区内“华南造山带”中一个重要的构造单元。

**关键词** 雪峰区 重力模型 深部地质构造

**第一作者简介** 范小林 男 41岁 工程师 石油物探

## 0 引言

“华南造山带”(许靖华等,1987)概念的提出,对于研究雪峰褶皱山系形成的深部地质控制因素起到促进作用。新编中国地质图[地质矿产部中国地质图(1:500万)编辑委员会,1990]向我们展示雪峰地区中生代以来的大地构造背景处于扬子准地台与华南褶皱系之间的枢纽地带(图1)。野外地质揭示的雪峰山两侧沉积岩层构造形变东强西弱是“两个世代,两种体制”(朱夏,1986)下陆间(内)连续形变所致。已有的深部地球物理资料(地震、大地电磁测深、陆壳反射测量)和地表重力布格异常进行的综合地质-地球物理解释结果支持了这一推断。

## 1 地震反射特征与波速及地电结构

邻近江口—洞口区段的陆壳地震反射特征由图2(秦葆瑚,1991)绘出。图中所示反射层几何形态可分成北西与南东两个区段和上下3套以上不同波阻抗(或密度)界面分割的波系反射层。麻阳两侧地表0~1.0s(凤凰及其东侧可达2.0s)和麻阳区段2.5s以下为空白反射区,后者的地质属性与MT成果(蒋洪堪等,1992)对比,推断为古生代构造侵入岩脉群(岩体或变质杂岩)。麻阳南东段1.0~2.5s和其北西2.0~4.0s分别为往东南与向北西缓倾连续反射特征层,经与黔东南COCORP成果(唐勇,1988)对比,它代表了晚元古界板溪群深海复理石建造。麻阳北西—凤凰,4.0s是上下两套不同特征反射层的分界,其下次平行断续特征划线与5.0s以下隐约分辨出局部短(断)反射层系,我们推断它有可能代表中元古界变质火山碎屑岩系。

① 国家自然科学基金资助项目(编号:49070130)

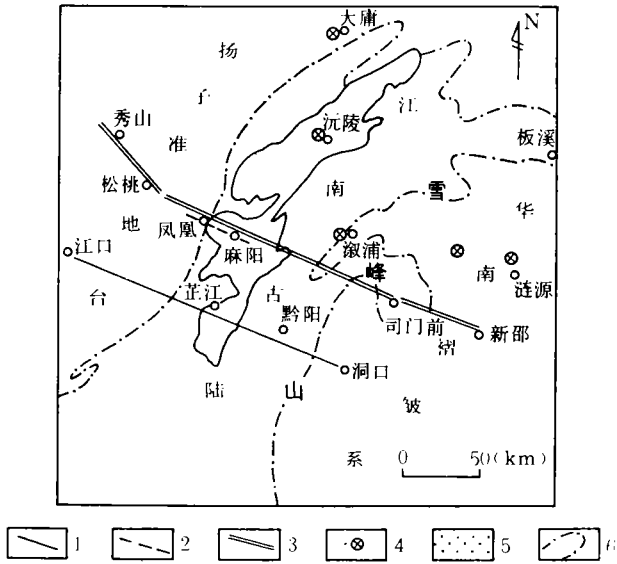


图 1 研究区大地构造背景与地球物理测深剖面位置示意图

1. 重力剖面; 2. 陆壳反射测量剖面; 3. 地震、大地电磁测深剖面; 4. 大地电磁测深点; 5. 中生代盆地; 6. 江南古陆边界

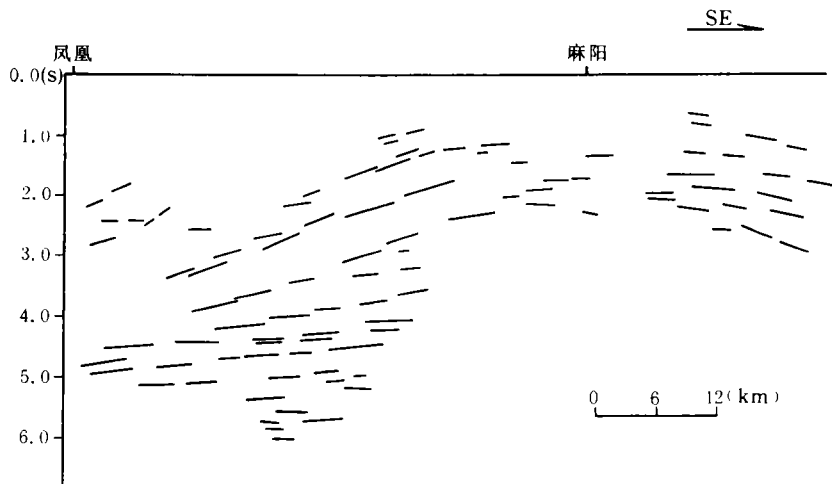


图 2 雪峰地区地震反射特征划线示意图

(据秦葆珊, 1991 简化)

横截雪峰地区地震测深资料反演结果(壳波速结构)由图 3(谢湘雄, 1990)可大致表达。自松桃往东南, 纵向上除沅麻盆地近地表波速为 4.0~5.0km/s 外, 壳内以 5.9~5.92km/s, 6.11~6.20km/s, 6.34~6.55km/s, 6.96~7.02km/s 为代表分成 4 层。侧向上以松桃之西地壳平均波速高, 松桃以东—麻阳段缺失地壳中深层反射, 雪峰山(司门前)区的平均波速中

和麻阳—沅水区段壳平均波速相对低而分割为四块。新邵附近深部波速结构不清及凤凰—麻阳区段地壳底界有相对上隆迹象。

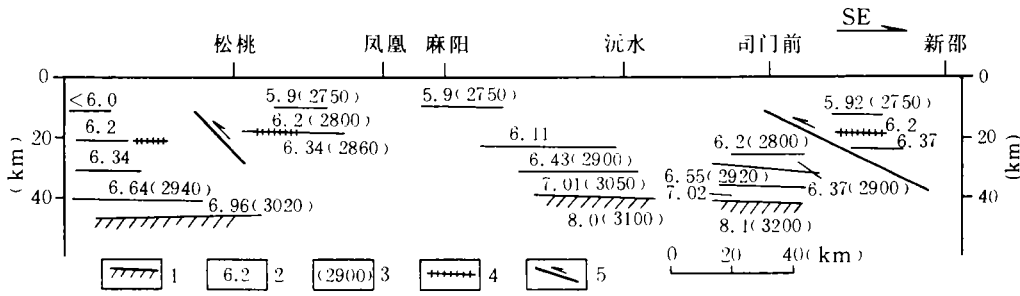


图3 雪峰地区地壳(上地幔)波速(密度)结构示意图

(据谢湘雄等,1990略改)

1. 莫霍面; 2. 波速(km/s); 3. 密度(kg/m³); 4. 壳内低速层; 5. 主要壳内冲断层

大地电磁测深(MT)资料(蒋洪塔等,1992)揭示的地电断面(图4)展示该地区岩石圈垂侧向具非均一层块结构,软流圈顶界面相对上隆浅埋(约100km)。凤凰—麻阳区段对应的地壳深部(含部分上地幔岩石圈顶部)存在电阻率为2900~5300Ω·m的高阻岩脉群,黔阳以东(洞口)地区壳深部直到岩石圈底界为3800~9350Ω·m高阻(壳幔)岩块。上述高阻岩脉群两侧及上覆层位的地电阻率相对低(几百欧姆米)。

## 2 重力模型

根据陆壳地震反射特征轮廓和地壳波速结构,地电断面结构及岩石密度参数,并结合野外(地表)地质条件与相关的地质资料作为控制因素,参照重力(场)异常值变化状态进行重力模型层块的建立与分划。模型物(块)体密度是变化的,由布格重力异常曲线在正负2mGal误差范围内,通过二维程序人机联作,采用多边形二度体重力异常计算方法(《重力资料勘探解释手册》编写组,1983)正(反)演计算。物(块)体密度选择是参考该地区岩石物性参数(表1)<sup>①</sup>和波速-密度经验公式(M. Talwani et al., 1959; J. E. Nafe et al., 1957)而定。

考虑到实际地质情况的复杂性,波速、密度(或电阻率)之间的“线性相关”只是相对的,亦并非由经验公式所能表达,因而在计算模型过程中,据实测重力异常与拟合异常相关程度,在地表至地下70km壳(幔)岩石圈范围内进行密度块体的分割(对比)调整。修改模型参数,直到拟合较好,密度值与厚度值相对稳定作为最终解释结果,图5大致表达了雪峰地区可能的壳(幔)岩石圈具层块非均一结构特征。当然,计算异常可由若干种不同类型的模式得出,但加以地表地质和多种地球物理参数的控制,可使布格重力异常拟合的多解性趋于接近实际地质情况。

① 陆国新、范小林等,扬子地区地球物理综合地质解释与深部地质组成,1990

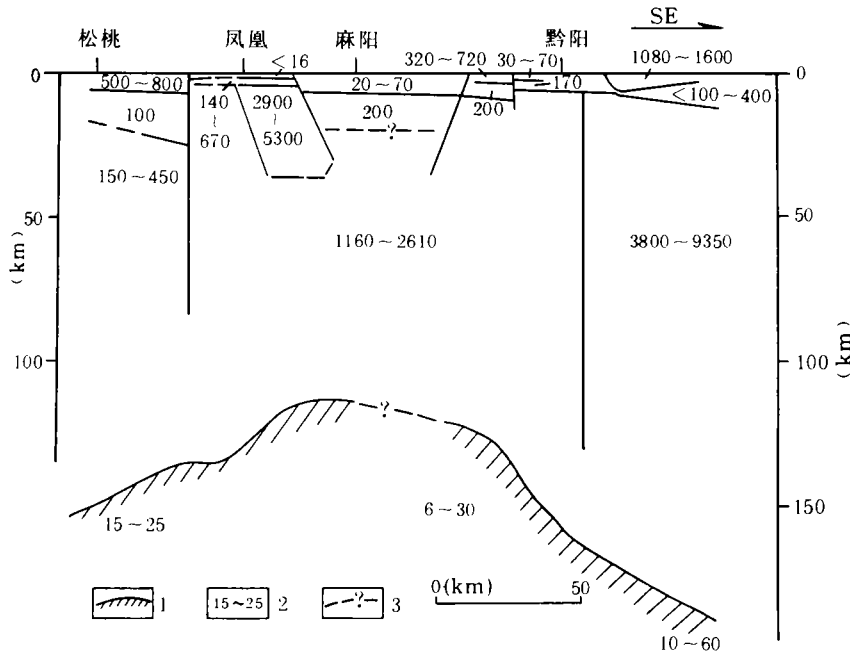


图 4 雪峰地区岩石圈地电断面结构示意图  
(据蒋洪塔等,1992)

1. 岩石圈底界面; 2. 地电阻率( $\Omega \cdot m$ ); 3. 推断地电界面

表 1 雪峰地区密度/波速简表

岩性	密度( $kg/m^3$ )	波速( $km/s$ )	岩性	密度( $kg/m^3$ )	波速( $km/s$ )
中生代盆地	2600~2650	<5.0	晚太古—早元古代 变质基底	2850~2900(?)	6.3~6.5
古生代沉积岩	2700~2750	5.0~6.4	古老陆块(海山?)	2920~2950	6.6~6.7
晚元古代(部分早古 生代)浅变质岩系	2600~2720	5.6~5.8	构造(变质)岩脉群	2900~2920	
中元古代变质岩系	2750~2800	5.9~6.1			

### 3 深部地质问题探讨

据作者野外(地表)地质观察地层、构造、区域岩相、区域构造形变等变化规律与图 5 模型相结合,建立相应表达该地区深部地质构造示意剖面。其重要意义在于探讨雪峰地区浅部构造形变特征与深部构造动力控制因素之间的关系这样一个基本地质问题。图 6 是经参考有关文献资料(Matthew H. Salisbury et al., 1990)结合雪峰及邻区区域地质、地史资料进行综合地质-地球物理解释后推断的雪峰地区深部壳(幔)可能的几何形态展布和介质分布状态。它代表元古代—中生代漫长地史演化过程中,壳(幔)岩石圈地质层体在经受了“两

个世代、两种体制”下改造(叠加或并列)作用之后在当今壳(幔)岩石圈截面上的残留体。我们试图利用它尽可能地从以下几个方面浅粗地讨论本区段改造前后的大地构造演化动力条件及改造后雪峰重力高异常的深部地质因素。

(1)晚元古代深海(洋?)复理石沉积建造(板溪群)与漂移阶段的早古生代被动边缘盆地相沉积层体,随洞口(黔阳东)地区深埋于 15~35km 范围内可能的古老微陆块(海山?)与扬子古陆之间加里东期的“软敛合”(朱夏,1990)而通过曾在晚元古代—早古生代地史阶段中作为扬子古陆张裂的边缘断裂(现为南东倾的 I、I、■ 断裂)且在该构造运动过程中相对北西迁移的 I、I、■ 等几条主要断裂缝合共同组成扬子陆块边缘的加积楔。野外地质表现出雪峰及其西侧晚元古界—早古生界被卷入相对宽缓舒展的构造形变,形变程度自东向西逐渐“由强变弱”,说明加里东期构造运动在这一地区并非十分剧烈而仅表现为温和的软碰

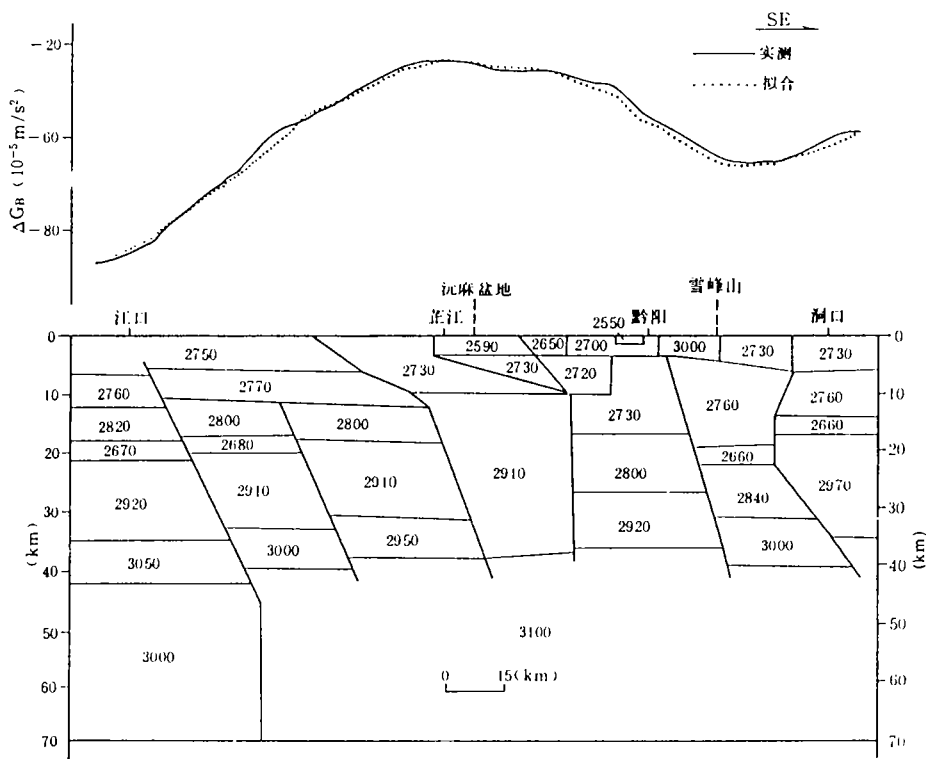


图 5 雪峰区可能的壳(幔)岩石圈密度模型与布格重力异常曲线

撞造陆(山)作用。伴随此次造陆(山)运动,在本区壳(幔)岩石圈深部因陆、块间碰撞后产生一个壳幔剪切熔融系统且由此伴生构造岩浆侵位。在此之后约 4 亿年漫长地史发展过程中,因持续的陆内形变使这类构造侵位岩脉群及中生代侵入岩共同被变质(变位)后固结于壳内,表现在当今物性上为高阻(2900~5300Ω·m)高密(2910kg/m³)和壳中深层及陆壳反射

时间 2.5s 之下缺失反射特征的块体残留于沉麻盆地及其两侧对应的地下壳内。以上论述可与 P. Rossi 等提出的地动力学模式(P. Rossi et al., 1991)相类比。

(2) 中新世期间, 随特提斯洋的渐趋消亡, 印度陆块及其北侧的羌塘、冈底斯块体与欧亚大陆间的“硬碰撞”自晚三叠世—晚白垩世相继发生。与此同时, 来自于雪峰区东部的“东

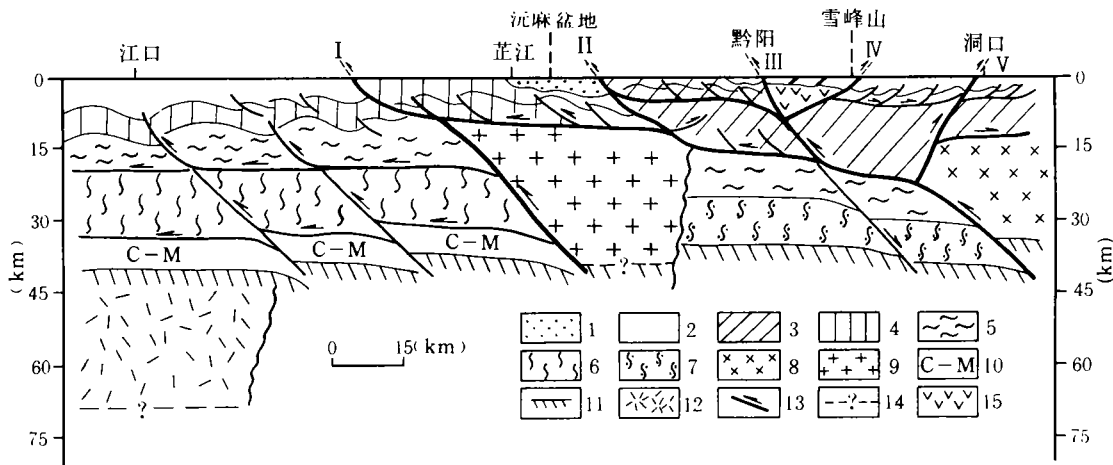


图 6 雪峰地区深部地质构造推断图

1. 中新世盆地; 2. 古生代褶皱系; 3. 晚元古代—早古生代褶皱系; 4. 晚元古界(板溪群); 5. 中元古界 6. 晚太古(?)—早元古界(扬子古陆); 7. 扬子古陆边缘; 8. 异地块(海山?); 9. 构造侵位(变质)岩脉群; 10. 壳幔混合层; 11. 莫霍面; 12. 塑性(碎裂)地幔岩; 13. 主要冲断(缝合)带; 14. 推断界面; 15. 残留古洋壳碎片(?)

部锋线”(朱夏, 1986)与之遥相呼应, 使处于华南大陆板内的扬子陆块与异地微陆块(海山?)之间的, 在“软敛合”后并没有完全“吃完而加入到陆壳之中”(朱夏, 1991)的原早古生代扬子古陆被动边缘盆地外侧窄而小的古洋盆物质碎片, 伴随被 I、II 等系列缝合断裂所限定的、曾为晚元古代复理石建千和古生界“漂移阶段”的沉积层体因“敛合后的榨挤”(朱夏, 1990)而挤出成造山带(褶皱山系)之时被带到地壳浅部[图 5、6 中黔阳附近地表的高密度(3000kg/m<sup>3</sup>)岩块]。这是通过深部壳(块)层滑脱、中部“基底拆离”(朱夏, 1986)、浅部盖层冲褶叠掩等多期(层)次板内构造形变来实现的。

(3) 前述加里东期相对北西迁移的 I、II、III 等南东倾缝合断裂带由图 6 表示出可深达上地幔, 隐喻标志古生代扬子古陆块基底边缘有可能向东南延伸到当今雪峰山东侧的湘中地区。当异地微陆块(海山?)相对扬子陆块沿着该边缘(缝合)带作相向推挤运动时, 扬子陆块边缘型堆(加)积楔首先被卷入形变(板缘缩短)。从现代解释断面图(图 6)上看, 该沉积楔作为大(扬子)陆块和小微陆块(海山?)之间一准原地推覆体沿着作为壳内层滑界面的边缘缝合带相对位移了数十(上百)公里。在滑移推覆过程中, 因特提斯(太平洋)运动方式(方向)的改变及进一步地陆内敛合背景波及华南大陆, 使“具高速、低速(阻、密)物性非均一展布特征的华南大陆板内岩石圈”(范小林等, 1991)层块(体)之间受板内斜向走滑挤压、旋转剪切等新构造活动影响铸就了我们在图 6 中所展现的非对称扇形构造形变体(现今的雪峰褶皱山系)。

(4)雪峰区重力高与壳内缺失中深层反射特征岩石层块(图 2、3)顶界起伏有很好的对应性,与沅麻盆地及其两侧对应的壳内高密岩块( $2910\text{kg}/\text{m}^3$ )与其上覆(周缘)岩石层块( $\leq 2800\text{kg}/\text{m}^3$ )之间存在明显的密度差(图 5)以及该区莫霍面、软流圈顶界面相对上隆(隆升)(图 3、5)有密切的相关性,并且壳内缺失反射特征层块(大致与高密岩块相对应)顶界面起伏还与雪峰区地形起伏形态趋于一致。因此,我们推断该重力高所反映的深部地质因素,主要是缺失壳内反射特征的层块(高密岩块)顶界起伏,莫霍界面、软流圈与岩石圈分界面起伏状态,雪峰地区地形起伏变化所产生的重力效应的总和。

最后提及一下,厚达 20~30km 的上地幔顶部低密度异常体出现在江口附近深部,它可能是新构造运动体制下更深层的岩石圈地幔向东南作“陆内俯冲”(范小林等,1991)波及壳幔软弱带(板垫层体),引起该处温压条件变化发生剪切(或熔融),形成塑性(碎裂)地幔岩块。这与大地热流<sup>①</sup>揭示该处地温较高( $Q_{\text{moho}}=2.43\text{mW}/\text{m}^2$ ,  $T_{\text{moho}}=468^\circ\text{C}$ )相一致。

## 4 概述与结论

雪峰地区经受了不同世代(体制)下动力条件的长期作用后所展示的壳(幔)岩石圈深部几何形态与地质内涵由图 6 轮廓性地表达。不对称板内扇形结构形变体组成地表(地下)地质景观是“华南造山带”中的一个重要构造单元,曾经历了上述“软敛合”和“硬碰撞”及后续的陆内进一步地敛合等构造运动。

综上所述,提出以下几点结论:

(1)重力高异常的形成主要是由地壳内构造侵位(变质固结)岩脉群体顶界面(莫霍面、软流圈顶界面)起伏和雪峰区地势起伏变化所产生的重力效应的总和引起。

(2)重力低异常被解释成上地幔顶部塑性(碎裂)地幔岩块( $3000\text{kg}/\text{m}^3$ )与相邻地幔岩层(块)( $3100\text{kg}/\text{m}^3$ )之间存在密度差和厚达 10 多公里、相对壳深部高密层体( $\geq 2800\text{kg}/\text{m}^3$ )具低密物性( $2750\text{kg}/\text{m}^3$  左右)的晚元古代—早古生代沉积层体为主要地质因素引起。

(3)扬子陆块基底边缘向东南延伸可达现代雪峰山东侧数十公里(湘中地区)。其与微陆块(海山?)间沉积层体被断裂缝合带所限定且经受了不同程度的多期(层)次板内构造形变。形变作用首先发生在扬子板缘而后涉及板内,深部块断逆冲所作推挤,浅部叠覆冲褶,最终形成呈非对称扇形几何形态的板内构造形变体。

感谢丘元禧、马文朴、张渝昌 3 位教授给予作者在野外和室内工作期间的支持与指导。对郁锦新同志无偿提供软件深表谢意。

(收稿日期,1992 年 3 月 24 日)

## 参 考 文 献

- 1 许靖华等. 是华南造山带而不是华南地台. 中国科学(B 辑), 1987, (10), 1107~1115
- 2 地质矿产部中国地质图(1:500 万)编辑委员会. 中国地质图(1:500 万)说明书. 北京:地质出版社, 1990, 66~67

① 金昕, 川湘桂地区地热调查报告, 1989

- 3 朱夏. 朱夏论中国含油气盆地构造. 北京:石油工业出版社,1986,56~60
- 4 秦葆珊. 台湾—四川黑水地学大断面所揭示的湖南深部构造. 湖南地质,1991,10(2):89~96
- 5 蒋洪堪等. 四川大足—福建泉州深部地电特征. 地球物理学报,1992,35(2):214~222
- 6 唐勇. 雪峰隆起西缘的逆冲推覆体. 海相沉积区油气地质,1988,2(2):17~21
- 7 谢湘雄等. 试论湖南省莫霍面形态及地壳厚度特征. 湖南地质,1990,9(2):10~18
- 8 《重力勘探资料解释手册》编写组编著. 重力勘探资料解释手册. 北京:地质出版社,1983,162~164
- 9 朱夏. 中国中生代沉积盆地构造发展述略. 中国中生代沉积盆地,北京:石油工业出版社,1990,1~6
- 10 朱夏. 活动论构造历史观. 石油实验地质,1991,13(3):201~209
- 11 范小林等. 华南中生代盆地形成机制与类型的地球物理研究. 石油物探,1991,30(3):92~97
- 12 Talwani M. et al. A Crustal Section Across the Puerto Rico Trench. *J. Geophys. Res.*, 1959,64(10):1545~1555
- 13 Nafe JE. and Drake CL. Variation with Depth in Shallow and Deep Water Marine Sediments of Porosity, Density, and the Velocities of Compressional and Shear Waves. *Geophysics*, 1957,22(4):523~552
- 14 Matthew H. Salisbry and David M. Fountain. *Exposed Cross-Sections of the Continental-Crust*. Published by Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/ Boston/ London, 1990,45~48,111~114,247~251,294~300
- 15 Rossi P. and Cocherie A. Genesis of a Variscan Botholith: Field, Petrological and Mineralogical Evidence from the Corsica—Sardinia Botholith. *Tectonophysics*, 1991,195(4):319~346

## PRELIMINARY STUDY ON THE DEEP GEOLOGICAL STRUCTURE IN THE XUEFENG AREA (THE JIANGKOU-DONGKOU SECTION)

Fan Xiaolin Jiang Xingge Jiang Hongkan Lu Guoxing

(Central Lab of Petroleum Geology, MGMR)

### Abstract

In accordance with the data of deep seismic sounding, MT sectional structure, gravity model of the continental crust in the Xuefeng Area, as well as the interactive comprehensive interpretation and understanding of the field observations in the area, a series of maps concerning about the geometry of deep crustal structures and median rocks are preliminarily compiled in this paper. It is concluded as: (1) The Proterozoic underplating "drifted" micro-continental blocks (or sea mounts), and tectonomagmatic (metamorphic) dike swarms formed under Palaeozoic collision and epeirogeny, and ductile (or brittle) pyroclitic masses accompanied with the Meso-Cenozoic intracontinental subduction must be occurred in the area. (2) Both the Paleozoic "mildly sutured" structure and the Meso-Cenozoic "intra-crustal squeeze" which were dominated by two different dynamic systems must have taken place. (3) A group of deep—shallow thrusting sheets and asymmetric deformation fan-tectosomes is a key tectonic (division) domain in S. China orogenic zone.