

云南扬子准地台区地壳浅部速度构造特征^{*}

胡鸿翔

(中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

冯永革

(北京大学地球物理系, 北京 100871)

摘要 描述了云南扬子准地台区洱源—江川深地震测深剖面初至波的详细分析解释结果. 所用方法为改进的射线追踪法. 结果表明, 在剖面中段沉积盖层巨厚, 基底面下陷最深可达 10 km 以上, 并且中新世代沉积也比别处厚. 此凹陷区对应攀西古裂谷的南段, 此处地震活动与岩浆侵入活动相对剖面的两端弱. 剖面西段基底面起伏剧烈, 在洱海地区形成小盆地. 此处基底层内存在上隆的高速带, 并对应有剧烈而又频繁的地震活动和基性岩浆岩活动. 同样情况也存在于剖面的东段. 说明地震活动性及岩浆活动与基底层内高速物质的分布存在对应关系. 该高速物质估计为基性或超基性岩浆岩带, 它是上地幔内半熔融岩浆物上涌的产物, 它的活动触发了本地区众多地震.

主题词 云南 波速构造 扬子构造区 地震活动性 岩浆活动

中国图书分类号 P313.2; P315.5

0 引言

洱源—江川测线走向南东方向, 位于云南地区的扬子准地台一级构造单元内. 测线的两端是云南重要的地震活动带, 其所经地区是云南省物产丰富经济发达的地县, 因此弄清这一带靠近地表的沉积层与基底层的速度细结构与构造活动, 对于该地区的经济建设与地球科学的研究都有实际意义.

该测线的野外观测工作是在 1982 年完成的, 野外资料的初步分析处理工作于这之后完成, 有关该测线的初步研究成果也随后发表^[1]. 但当时的工作着重于该地区的深部构造研究, 地壳浅部的细结构这一重要方面却未详细涉及, 本研究工作是对原先工作的重要补充与发展. 为了使所得结果精确可靠, 这里采用的是改进了的 SEIS-81 射线追踪程序, 所用震相为距离在 0~100 km 的初至波, 它能很好地满足本课题的研究需要.

1 测区构造背景与资料情况

测区位于云南省一级构造单元分界线红河断裂之北东侧扬子准地台内. 测线从北西走向

收稿日期: 1998-04-25

^{*} 国家自然科学基金资助课题, 批准号: 49574221.

第一作者简介: 胡鸿翔, 男, 1936 年 12 月出生, 研究员, 主要从事地壳上地幔深部构造研究.

南东,始自盐源丽江台缘拗褶带的丽江台缘拗褶区,向东南穿过程海断裂后进入大姚楚雄上迭拗陷,前者地表以华力西旋回构造为主,后者为燕山旋回构造.这是楚雄盆地的一部分,其东部边界为元谋绿汁江大断裂,这是条二级构造单元分界线.据众多地球物理特征判断,该盆地为攀西古裂谷的南段部分^[2].过了其东部边界测线进入康滇古隆起区,在此分别经过武定易门隆褶区和昆明建水褶皱区两个三级构造单元,其分界线即普渡河滇池断裂.在此隆起区内,地表广布震旦纪的晋宁-澄江旋回构造,新生代盆地仅分布于局部地区.

测线所经地区的大断裂,多呈南北走向,并且以左旋性为主,而在红河大断裂南侧,与此相反,断裂多呈北西走向并以右旋为主.测线中部的楚雄盆地是一深大上迭拗陷区,其南部估计终止于红河断裂带,北部延续进入四川省境内^①.

有关该测区的构造背景示于图1.

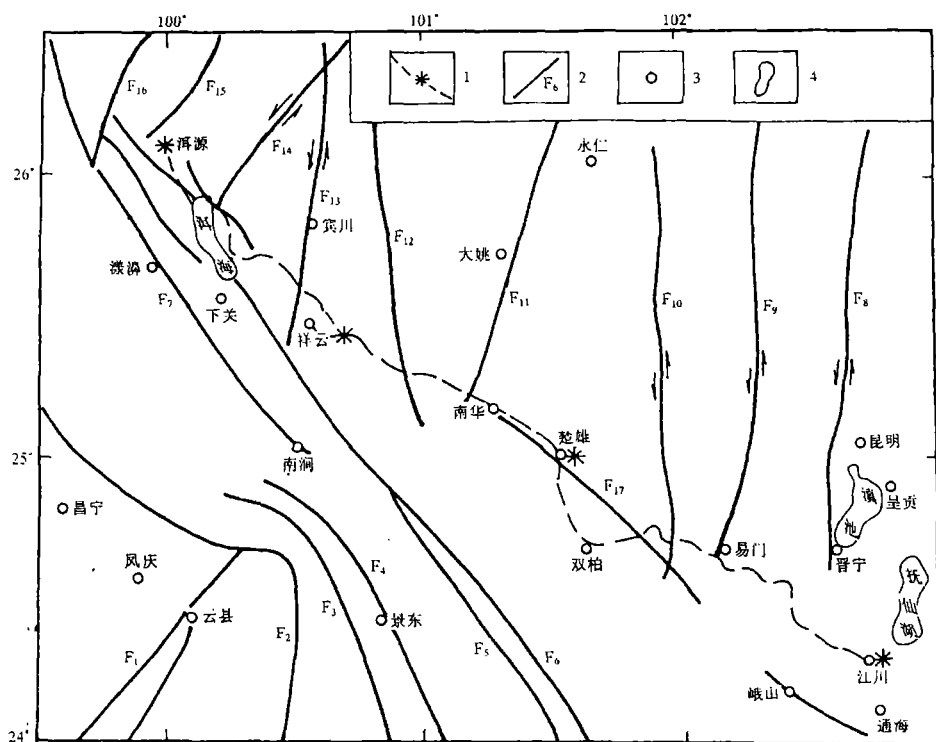


图1 测区的地质构造背景

Fig. 1 The tectonic pattern of surveying region.

1 测线与炮点; 2 断裂及其编号; 3 城镇; 4 湖泊;

F₁南定河断裂; F₂澜沧江断裂; F₃无量山断裂; F₄把边江断裂; F₅羊拉藤条江断裂; F₆红河断裂;
F₇维西乔后巍山断裂; F₈普渡河滇池断裂; F₉罗次易门断裂; F₁₀元谋绿汁江断裂; F₁₁渡口南华断裂;
F₁₂鱼泡江断裂; F₁₃程海断裂; F₁₄普河断裂; F₁₅洱源鹤庆断裂; F₁₆剑川丽江断裂; F₁₇楚雄建水断裂

在此地区的野外观测取得了良好的资料成果,测线长约350 km,其上布置了4个炮点:洱源、祥云、楚雄与江川.炮点间距约100 km,而初至波的追踪可达100 km,因而观测系统基本完整.有关走时资料情况可参见文献[1].这里离炮点较近的(十几公里内)初至波震相反映的是沉积盖层内的回折波,较远处的震相才反映基底层内的弱梯度回折波.

① 云南省地质局区域地质调查队.云南省地质图(五十万分之一)说明书.1981.

此处用的是经改进的 SEIS-81 程序. 原来程序剖面上的地形表面(或界面)的拐点数不能超过 29 个, 因而大大降低了构造形态的追踪计算精度. 经改进后拐点数增至 150 个, 地形表面的起伏状况也可反映在剖面上, 这样就省去了作地形校正的要求, 因而减少了由此产生的计算误差, 并提高了剖面计算结果的精度. 同时这里从沉积层至基基层的初始速度构造模型已预先用 Pavlenkova 方法计算好^[3,4], 它提供了较为精确的原始计算模型. 其次这里每个观测点对应于一条理论地震射线, 要求射线在地表的终止点与实测点间的距离不超过 0.1 km, 而 80% 以上测点的理论计算走时与实测走时的差不能超过 0.03 s, 由此所算得的速度模型应是较为精确的, 其从海拔 2.5 km 至 10.0 km 深度的速度等值线分布示于图 2.

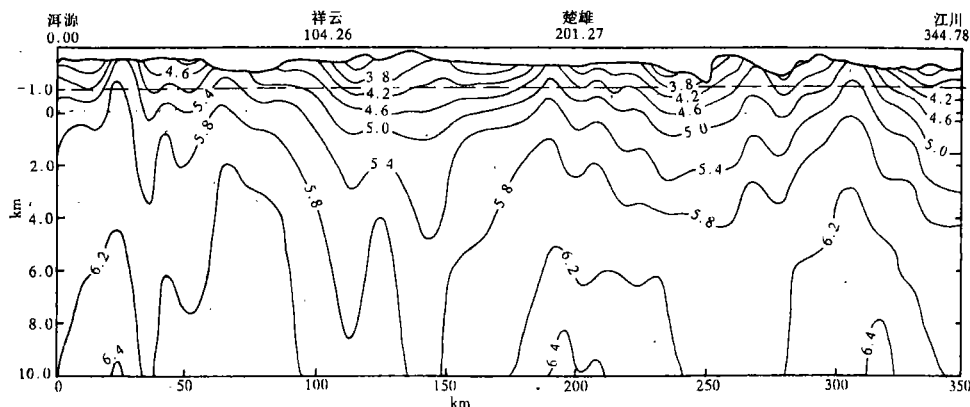


图 2 洱源—江川剖面的速度等值线分布

Fig. 2 The distribution of velocity isoplethes on the Eryuan-Jiangchuan profile.

2 资料的分析解释与结果

2.1 资料分析

从图 2 可以看到, 基基层以速度高与梯度小为特点. 沉积层与此相反, 层速度低且梯度大, 表现为速度等值线密布. 它们之间的分界大约在 5.80 km/s 速度等值线上, 这与当地基基层界面速度相当. 该等值线粗略地相当于本地区震旦纪或更早些的地层. 在沉积层内部速度等值线的分布也是上下显著不均, 上部明显密集于下部. 在剖面西段, 上部对应于更年青的中生代和新生代沉积建造, 而下部大体为古生代地层, 它们间的分界大体是 4.90 km/s 这条速度等值线, 因为这里古生代地层出露的局部地段正好对应了该速度等值线. 然而古生代地层的界面速度是多变的, 不仅在地区间有巨大差异, 即使在本剖面中段的楚雄盆地区域也沉积了巨厚的中新生代地层, 古生代沉积分布很少, 该 4.90 km/s 的等速线仅反映中生代地层内一种速度分布. 同样由于速度横向不均匀性的存在, 沿基底界面的速度也不会是均一的. 因此这条等值线只能粗略地表示其相应界面的位置.

其次, 等值线的上下起伏变化在某种程度上反映了界面的深浅变化. 在其急剧变化处可能存在断裂的影响. 还由于断裂破碎带的作用, 这类地方一般速度偏低. 因此在图 2 的一些地方, 不仅可以分辨出一些凹陷的位置和规模, 还可判定出一些断裂的位置及其性质.

2.2 剖面解释结果

在祥云西侧有程海断裂, 此断裂以西为剖面西段, 基底面深度变化较大, 其最深处位于洱源东南 30 km 处的箐河断裂之东侧, 估计洱海所在地下伏的岩层为前寒武系苍山群. 箐河断

裂西侧基底面明显隆起,二迭纪地层出露地表,基底面深度不到 1.5 km,并有二迭纪基性辉长岩和辉绿岩的侵入。程海断裂为正断层,西盘相对东盘抬升,其东西两侧有第三纪酸性花岗斑岩和二迭纪辉长岩等侵入。此剖面西段速度结构明显复杂,各种断裂纵横交错,是云南省重要的中甸剑川大理地震带所在地,近期于 1996 年初发生过 7.0 级丽江大地震。

从程海断裂往东至元谋绿汁江断裂为大姚楚雄上迭拗陷,剖面的这段约 180 km 长,实际上这两断裂为楚雄盆地东西边界。盆地内断裂不如剖面东西两端密集,但这里基底面深陷,最深处可达 15.0 km,其位置就在祥云与楚雄间 $X=140$ km 附近(图 2)。在此深陷区的东西两侧分别有渡口南华断裂和鱼泡江断裂,二者看来都是正断层。此处中新世代沉积建造巨厚,古生代地层很少,地表大片出露白垩纪和侏罗纪地层,局部有早第三纪的岩浆侵入。由此往东,基底面逐渐抬升,并在楚雄附近形成隆起区,过了楚雄建水断裂后,基底面又逐渐下沉,最深处达 6.0 km。此下沉区的规模远逊于其西边的深凹陷,看来楚雄建水断裂是其分界,断裂东部为牟定斜坡,西部为双柏凹陷,深陷区的鱼泡江断裂以西为西部冲断构造带。在楚雄盆地广大地区,地壳相对稳定,地震活动远比剖面的东西两段弱。

剖面东段为元谋绿汁江断裂以东地区,这里为康滇古隆起,地表广泛分布古老的震旦亚界地层,为晋宁澄江运动产物。按说此处的 5.80 km/s 等值线应接近地表,但这里地表附近速度较低,说明此处风化层较厚,等值线已不是原来的含义了。

元谋绿汁江断裂的断面向东倾,并东盘抬升。在其东侧还可分辨出罗次易门断裂,它也是南北走向并东盘抬升,在其东侧曾有晚元古代花岗岩活动,该地区为康滇古隆起的武定易门隆褶区,其东部边界为南北走向的普渡河滇池断裂。此隆褶区的介质速度高于其东西两侧,说明此处地层较为古老。普渡河滇池断裂是三级构造单元分界线,其断面西倾并西盘抬升,它的东侧为昆明建水褶皱区,地表除了震旦亚界地层外,多处出露新生代沉积,总的速度值比断裂西侧偏小。此剖面东段为各种方向断裂交错地区,速度构造复杂,为云南省另一重要地震活动带——通海石屏带,近代发生过 1970 年的通海 7.7 级大地震。

根据以上分析与推测,可以大体勾划出本剖面速度结构的地质解释图(图 3)。

3 推测与讨论

(1) 本剖面中段的楚雄盆地中新世代沉积层巨厚,基底面下陷达十几公里,估计这是由于此处莫霍面上隆,地壳受拉张力作用地表发生广泛沉降造成的。这里地处攀西古裂谷的南部,由先前研究的结果可知^[1],在祥云至楚雄一带地壳底部莫霍界面明显隆起,其深度大约为 40~45 km,隆起区东西两侧都存在断裂构造,此处莫霍界面速度仅 7.75 km/s,在其下部存在厚度约 10 km 的裂谷垫,其东西向宽度可达 110 km。裂谷形成时盆地的下陷区堆积了巨厚的沉积物,形成了如今云南省最大的盆地。在裂谷的东西两侧未发现地震活动集中的构造活动现象,说明该裂谷已较古老,估计现在正走向衰亡阶段。

(2) 在剖面的西段(祥云以西),地震活动强烈而频繁,这里为中甸剑川大理地震带。基底层内速度值偏高,6.20 km/s 以上的速度区成穹状隆起,并分布较浅。高速带的隆起区显然表示此处存在某种向上拱的力量,估计其与岩浆的深部活动有关,这种力量往往引起构造应力分布的变化,成为地震发生的触发因素。同样的情况也存在于剖面的东段,这里为通海石屏地震带,其深处高速带也大幅度向上隆起。在楚雄附近,另一处的高速带埋深较大,楚雄地区仅是一较小规模的地震活动带。这说明云南地区地震活动带的分布与基底层内高速物质的分布存在明显的对应关系,并且地震活动强度与高速物质埋藏的深度有关,即埋深越小活动强度越大。

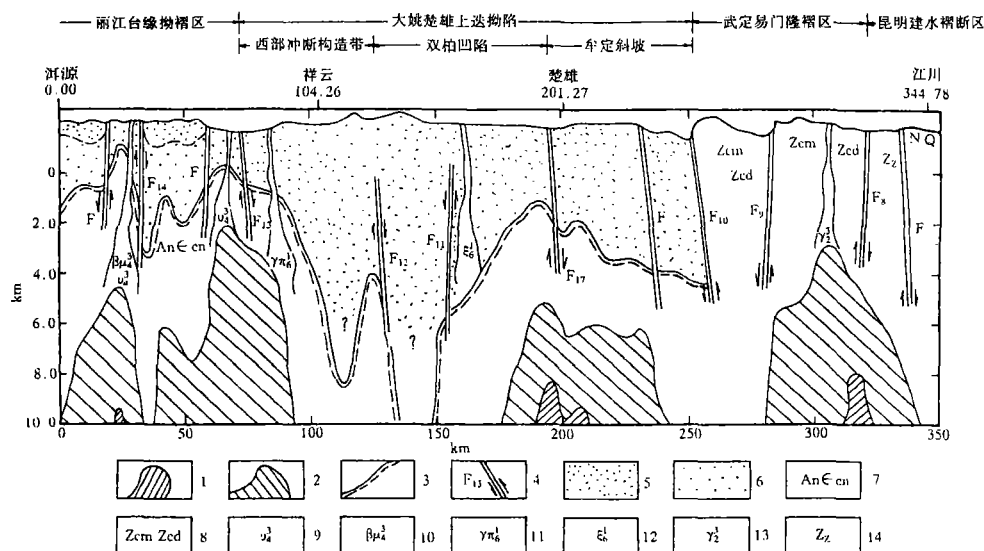


图3 剖面沉积层与基底层的速度结构

Fig.3 The velocity structures of epidermis and basement layer on the profile.

- 1 速度大于 6.40 km/s 区; 2 速度 6.20~6.40 km/s 区; 3 粗略推测的基底面;
- 4 断裂及其编号; 5 中生代至新生代地层; 6 古生代地层; 7 前寒武纪苍山群;
- 8 震旦亚代长城系; 9 二迭纪辉长岩; 10 二迭纪辉绿岩; 11 第三纪花岗斑岩;
- 12 早第三纪正长岩; 13 晚元古代花岗岩; 14 震旦亚代

这种情况在云南地区其它剖面上也有反映,其中尤以普洱附近的基底层内的高速异常区最为显著^[5,6].

(3) 在剖面的东西两段,对应于高速物质上隆的顶部,地表的确都有过岩浆侵入活动.剖面东段为古老的震旦亚代地层,侵入岩为晚元古代花岗岩.剖面西段多为二迭纪或白垩纪侵入岩.只在楚雄盆地两侧才分布有较年青的第三纪侵入岩.但从上隆的高速带的速度值估计,它应属于超基性岩或基性岩类物质,并且它至今还在激烈活动,它实际上是地幔半熔融热物质上涌的反映.在剖面西段的宾川以西地表出露大片二迭纪峨眉玄武岩,东段的昆明以东也有分布,这些岩浆岩估计就是半熔融物质在裂谷形成时期喷发而形成的.

参考文献

- 1 胡鸿翔,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.
- 2 阚荣举.攀西古裂谷及其南延部分的地球物理场特征.见:八十年代中国地球物理学进展.学术书刊出版社,1989.275~283.
- 3 中国科学院地球物理研究所,福建省地质矿产局编著.福建地热地球物理研究.北京:中国科学技术出版社,1992.115~119.
- 4 Pavlenkova N L. The intercept-time method-possibilities and limitations. J. Geophys., 1982, 51: 85~95.
- 5 胡鸿翔,高世玉.滇西地区地壳浅部基底速度细结构的研究.中国地震,1993,9(4):356~363.
- 6 胡鸿翔,李学清.云南地区孟连一思茅一马龙剖面的基底速度细结构.见:中国固体地球物理学进展.海洋出版社,1994.100~106.

THE CHARACTERISTICS OF VELOCITY STRUCTURE IN SHALLOW PART OF THE CRUST IN YANGTZE PARAPLATFORM REGION OF YUNNAN PROVINCE

Hu Hongxiang

(*Institute of Geophysics, CSB, Beijing 100081*)

Feng Yongge

(*Department of Geophysics, Beijing University, Beijing 100871*)

Abstract

In this paper, the results of detailed interpretation on primary waves in the Eryuan-Jiangchuan deep seismic sounding profile in Yangtze paraplatfrom region of Yunnan Province are presented. Here the improved ray-trace method is used. The results show that in the middle part of the profile there is very thick sedimental cover. The basement interface here is depressed and its depth is more than 10 km. The Meso-Cenozoic sediment thickness is also greater than other places. This depressed region is corresponding to southern part of ancient Panxi rift valley. In this place the seismicity and magmatic intrusion are relatively weaker than other two ends of profile. In its western part the basement relief is quite changeable and a small basin formed in the Erhai lake region. In the basement layer there exist raised places with higher velocity and there are corresponding violent frequent seismicity and basic magmatic intrusion. The similar situation also takes place in eastern part of the profile. It means that in the basement layer there exist some corresponding relations between seismicity, magmatic activities and distribution of high velocity matters. These high velocity matters are estimated to be some basic or ultrabasic magmatic materials. They are the products of semimelting magmatic matter upwelling from deep upper mantle. Their activities trigger occurrences of a lot of earthquakes in the region.

Key words Yunnan, Velocity structure, Yangtze tectonic region, Seismic activity, Magma activity