

苏鲁地区地壳岩浆底侵的地球物理判识

杨文采¹⁾ 汪集旻²⁾

1) 中国地质科学院地质所, 北京, 100037; 2) 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029

内容提要 底侵作用是研究壳幔物质交换与大陆增生演化的重要机制之一, 但是对岩浆底侵作用的判识是十分困难的科学问题。中国大陆科学钻探先行项目在苏鲁地区积累的地震学、地热学及地电学资料表明, 在苏鲁地区发生过与大陆裂谷同期的地幔岩浆底侵作用, 发生的时段主要为始新世, 它的发育与沿嘉山—响水大陆裂谷带在时空上有密切联系。这里的壳幔过渡带厚度可达 3 km, 推测为橄榄岩与基性麻粒岩互层。结合岩石学资料可以推算出由岩浆底侵作用造成大陆地壳增厚的平均速率约为 0.1 mm/a。

关键词 壳幔物质交换 岩浆底侵作用 地球物理判据 中国苏鲁地区

地球物理判据对研究地球内部的地质作用过程是不可缺少的, 但是信息的准确提取需要科学的态度与先进的方法。人们常把反射地震剖面 and 层析图像划分成几种几何模式, 并推测与之相关的地质作用过程。但是地球物理学家不能只停留在这种初步的解释上, 他们应该为各种已知的或未知的地质作用提供判据, 并进一步搞清其作用过程和机理。地质作用过程可能是物理的, 化学的和生物的, 更多情况下是综合的。但任何作用都需要有力的驱动, 其过程会或多或少地改变地下岩石的物理化学性质和环境。因此, 地球物理资料解释的立足点不仅在于几何模式, 而且在于地球动力学作用结果的追踪。据此, 笔者在本文中以地震、地热和大地电磁资料来说明白垩纪以来苏鲁地区壳幔过渡带岩浆底侵作用过程的特点及其发生过程。

底侵作用在 30 多年前已被提出 (Fyfe et al., 1973), 指的是上地幔局部熔融产生的基性岩浆侵入到下地壳底部使地壳增厚, 同时导致下地壳岩石强烈的变质与熔融。Furlong 等 (1986) 提出了一些地球物理判据, 对岩浆底侵作用的内涵与判识作了描述。此后, 不少学者对这一作用进行了深入的研究, 使岩浆底侵作用得到了广泛的认同 (Drummond et al., 1986; Klemperer, 1989; Durrheim et al., 1991; Deemer et al., 1994; Caress, 1995)。由于地壳岩石

的热导率普遍低于上地幔岩石, 来自地幔的热流可以在 Moho 面下方聚集而诱导局部熔融, 而高温幔源岩浆的底侵, 将使地壳升温变质并使其中角闪岩类熔融, 在地球内部产生少量 I 型花岗岩类。由此可见, 底侵作用是研究壳幔物质交换与大陆增生演化的重要途径之一。然而, 我们还不知道底侵作用的规模有多大, 也不知道主要发生在什么地质时期; 尤其是目前还没有证据表明 Moho 面下方有否大规模的玄武质岩浆房, 说他们“垫托”在陆壳的底部还不能完全令人信服。总之, 有必要通过具体地区的地球物理学判据来了解岩浆底侵作用的特征, 进而了解它在大陆壳幔相互作用与陆壳形成中的作用。

通过中国大陆科学钻探先行项目笔者在苏鲁地区积累了大量的地球物理资料 (Yang, 1997, 1998, 2000; Xu et al., 1998a, b; 杨文采等, 1999a, b, c; 胡振远等, 2000; 杨文采, 2001)。本文涉及的苏鲁地区包括苏鲁造山带和下扬子陆块的北缘。苏鲁造山带中高压超高压变质岩石出露于地表, 古生代地层缺失。下扬子陆块上盖层广布, 褶皱发育, 分布有白垩纪—新生代断陷盆地 (图 1)。根据已有的地质地球物理资料可知 (Yang, 1997, 1998, 2000; Xu et al., 1998a, b; 杨文采等, 1999a, b, c; 胡振远等, 2000; 杨文采, 2001), 苏鲁超高压变质带形成于印支期, 是华北—扬子克拉通碰撞造山带的根部。在侏罗纪, 下扬子陆

注: 本文为国土资源部重点科技项目 (编号 20001010203), 中国科学院知识创新工程项目 (编号 Kzcx1-0) 研究成果。

收稿日期: 2001-07-11; 改回日期: 2001-10-10; 责任编辑: 任希飞。

作者简介: 杨文采, 男, 1942 年生。1964 年毕业于北京地质学院物探系, 1984 年获得加拿大蒙特利尔 McGill 大学博士学位。现为中国地质科学院地质研究所研究员, 中国地质大学 (北京) 兼职教授、博士生导师。长期从事应用地球物理方法技术研究。通讯地址: 100037, 中国地质科学院地质研究所。

块继续向苏鲁地体下方俯冲。到白垩纪时苏鲁岩石圈逐渐由挤压转为拉张,此后形成了箕状断陷盆地与油气储层。本文讨论的重点就是白垩纪—古近纪—新近纪苏鲁岩石圈拉张发生时的壳幔相互作用与物质交换,将从地震学、地热学及地电学的角度出发,探讨岩浆底侵作用的发生、特征和后果,将看到苏鲁岩浆底侵在时间上与大陆裂谷作用同时发生,在空间上发育在裂谷的一侧,具有一些与其他地区(如美国盆岭省)不同的特征,很值得研究。

1 地震学证据

图 1 表示苏鲁地区的地质略图与大陆科学钻探选址区域地球物理剖面位置。在苏鲁地区的 3 条剖

面中(杨文采等,1999a,b,c),剖面Ⅲ体现 Moho 面过渡带特征最为典型。图 2 给出了剖面Ⅲ的详细地理位置和沿剖面基岩地质略图。由图 2 可见,这 139 km 长的测线的西北段基岩出露,岩性主要是东海群的片麻岩和经受高压或超高压变质的表壳岩石。在中段(由赵集到盆庙)地表全部为浮土覆盖,基岩面埋深从 20~200 m。根据浅钻资料可知,下方岩石为经受高压变质的片麻岩或表壳岩。盆庙以南基岩面急剧加深,反映了白垩纪—古近纪—新近纪裂谷盆地的特征。图版 1 是我们最近汇编的Ⅲ线地球物理综合剖面图,上面为布格重力异常图,中间为大地电磁反演对数电阻率剖面图,它们向北西已延长到郯庐断裂带中,下图为深反射地震剖面,它的初步解

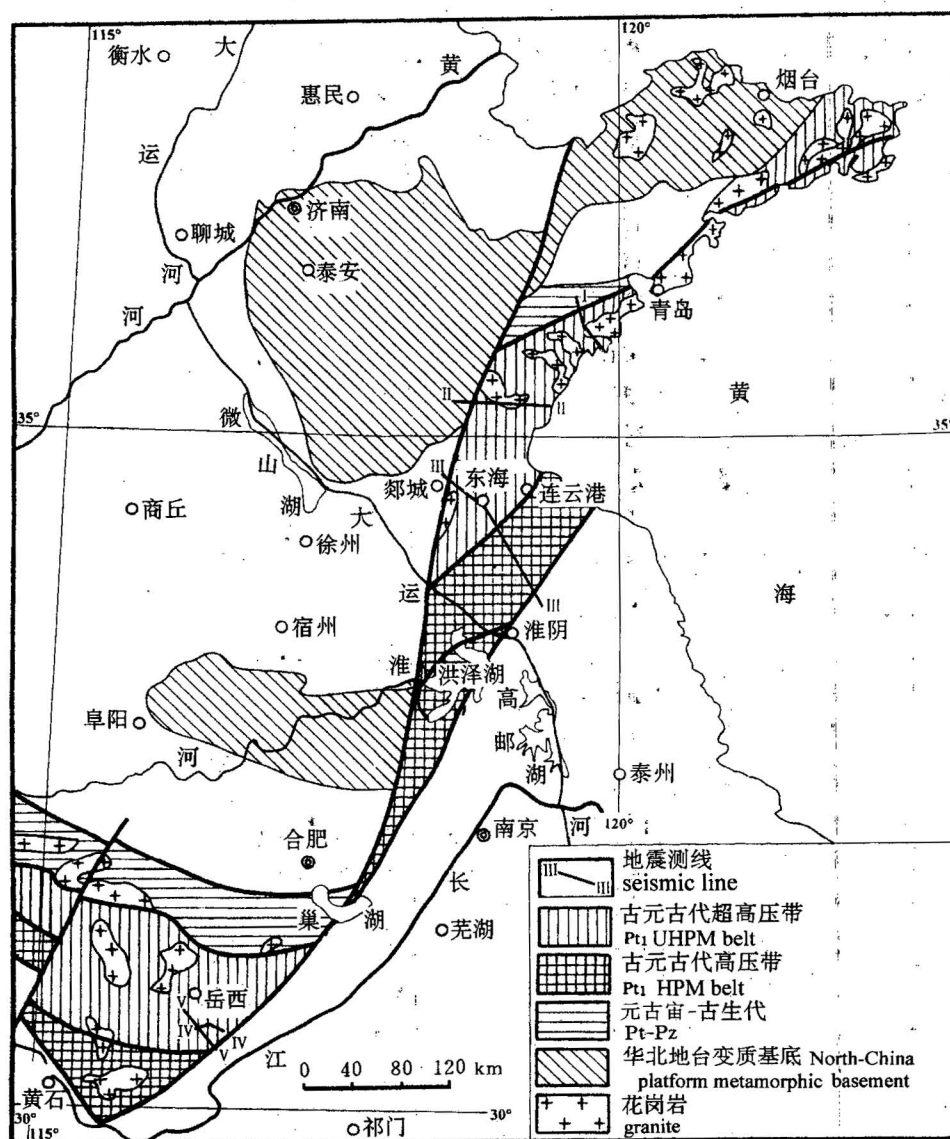


图 1 苏鲁地区地质略图与地震测线

Fig. 1 Geology and suevey lines in Sulu area

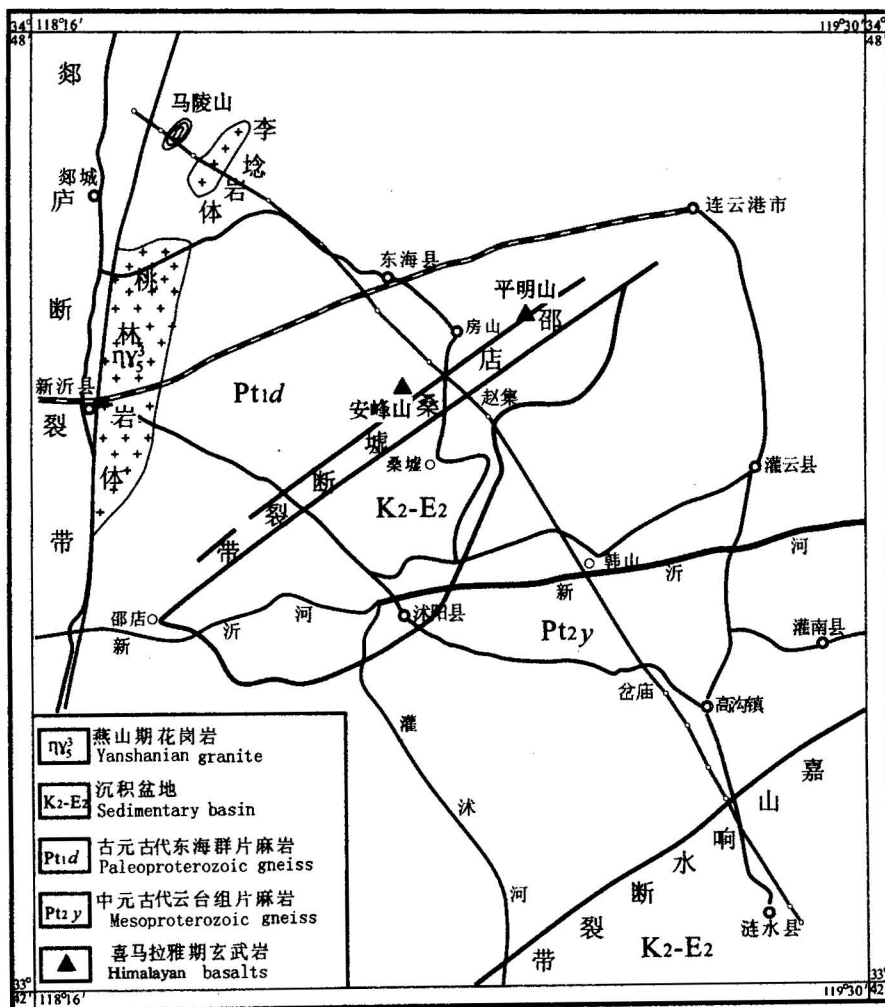


图2 沿Ⅲ线地质地理略图

Fig. 2 Schematic geology and geography along line III

释见文献(杨文采等, 1999b)。重力异常在高压—超高压变质岩区反映为宽缓的复式正异常群, 其局部高峰与超基性岩及榴辉岩体有关。在高沟—涟水之间出现正负相间的异常带, 与北美陆内裂谷带的典型反映类似, 正异常反映中下地壳的基性岩墙, 负异常反映上地壳裂谷盆地; 其中的负异常带对应上中地壳的低电阻率带, 反映中生代以来曾发生地幔热流上涌, 进一步提供了裂谷带的间接证据。沉积盆地底面(到 2.5 s)可从强反射层的底面勾画出来, 它在重力负异常处达到最深点(位于涟水北东 2 号点)。从深反射地震剖面上可直接看到插入 Moho 面以下的大陆裂谷的反射模式。从地震剖面南端还可看到陡倾插入上地壳的侧面波组(2 号点下方), 勾划了裂谷带的轮廓。据此可知, 嘉山—响水断裂带在白垩纪—古近纪—新近纪时转化为裂谷。

与岩浆底侵作用有关的强反射地震层出现在 9

~10 s 之间, 具有从南东向北西逐渐变薄的趋势。这个反射层的底面深度在 30~33 km 之间(对应双程走时为 10 s), 反映的正是 Moho 面的深度, 在 Moho 面之上的强反射层, 被认为是壳幔过渡带的标志。这种强反射的壳幔过渡带, 可以用下地壳底部的基性麻粒岩与超基性岩(或榴辉岩)的互层来解释。在东海县科学钻探靶区, 我们用大量露头样品或岩芯测得榴辉岩的密度均值为 3.53 g/cm³, V_P 波速度平均为 7520 m/s; 石榴子石二辉橄榄岩密度为 3.5 g/cm³, V_P 为 7830 m/s。在常温常压之下, 基性麻粒岩密度为 3.1 g/cm³, V_P 为 7170 m/s(杨文采等, 1999c)。因此, 麻粒岩与橄榄岩(或榴辉岩)之间有明显的波阻抗差异, 它们的互层将产生强反射带。最近, 本文第一作者与金振民等在江苏东海县南的第三系玄武岩中采到新鲜的橄榄岩包体样品, 初步鉴定包体为尖晶石二辉橄榄岩, 含橄榄石, 顽火辉石,

铬透辉石与尖晶石等矿物。

壳幔过渡带的物性特征与岩性特征反映了壳幔物质交换的一种重要方式,互层中的橄榄岩说明有局部熔融状态中的新生地幔岩浆底侵到下地壳底部。Moho 面是上地幔与下地壳之间一个十分活跃的开放边界,地幔岩浆可通过它添加到地壳之中,使地壳增生。Cox(1980)指出,当苦橄质岩浆底侵到下地壳时,由于其密度大于地壳麻粒岩,此岩浆会囤积在地壳底部并发生分异作用,分异成为下部的富橄榄石+辉石的堆积岩及上部的辉长岩及斜长岩,这种作用如果多次发生,就将产生对应 Moho 面过渡带的深反射夹层。高温的幔源岩浆底侵的加热效应,还可使地壳内角闪岩类熔融而产生少量的 I 型花岗岩类,而苏鲁地区这种燕山晚期的花岗岩也广泛分

布(图 1)。

从图版 I 可见,苏鲁地区 Moho 面上方的强反射带在岔庙下最厚,厚度约为 3 km 左右(双程走时接近 1 s),到东海县下方减薄为 1 km 左右,而且反射振幅也变模糊。李恒(MT6 号点)附近的反射信号及对应的由广角折射取得的地壳波速模型示如图 4,其中壳幔过渡带对应深度为 30~33 km 的强反射带, V_P 为波速从 6800 m/s 线性上升到 8200 m/s 的梯度带。波速的升增梯度带也是鉴别岩浆底侵作用后果的一项重要标志,因为它说明地幔岩浆底侵之后的分异使富橄榄石+辉石的堆积岩沉在底部,而在壳幔过渡带上部辉长岩或斜长岩成分增强(Cox,1980;White et al.,1987)。

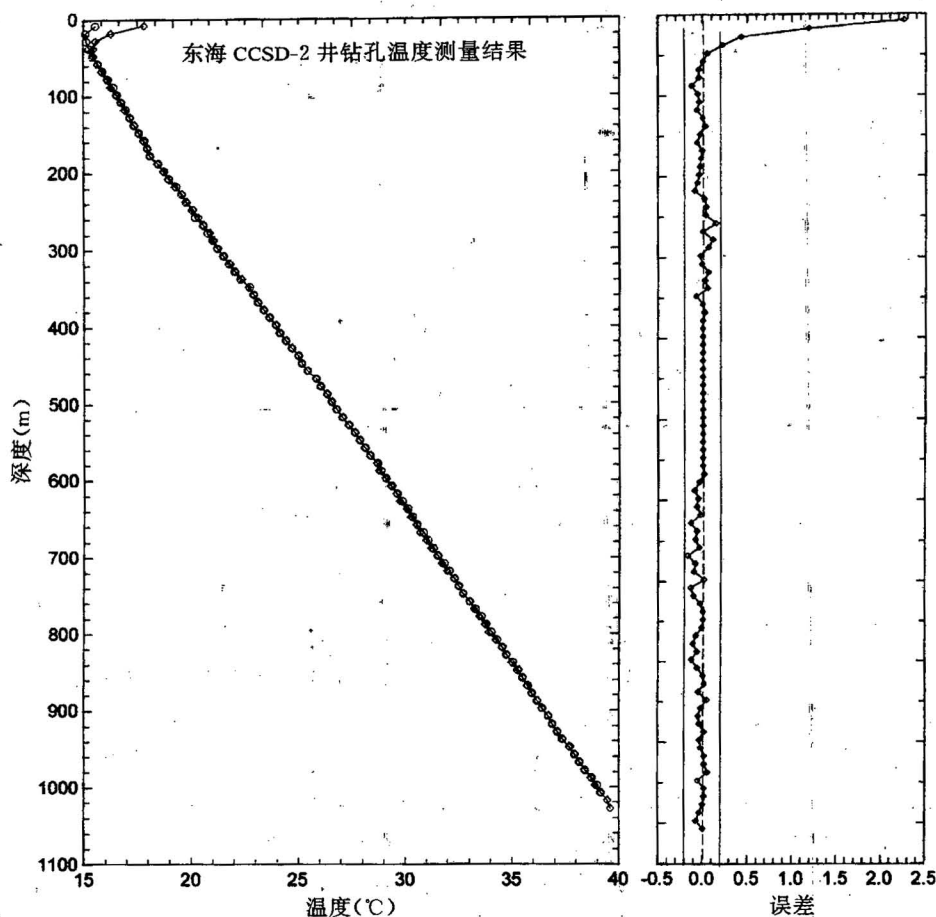


图 3 苏北东海县浅孔地温测量曲线

Fig. 3 Geothermal measurements from a shallow hole located at Donghai County, Jiangsu Province

2 地热学证据

1998~2000 年我们在苏鲁进行了 2 个钻孔的地温测量与地热研究。钻孔位于江苏省东海县南,此

处为超高压变质带的核心部位,地表为片麻岩及表壳岩,发现有柯石英及金刚石,两孔的深度分别为 430 m 和 1030 m。地温测量用半导体热敏电阻测温仪,分辨率为 0.05℃,经 6 次重复测量得出平均温

度和均方差示如图 3。拟合计算出地温梯度为 $25^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 。经岩石热导率、比热及热扩散率测定和生热率分析,计算出地表热流值为 $76\text{ mW}/\text{m}^2$ 。

在大陆地区, $76\text{ mW}/\text{m}^2$ 是一个相当高的热流值(汪集旻等,2001a,2001b),标志着它具有活动地质构造单元或构造活动带的基本地热特征。全球大陆平均热流值为 $65\pm 1.6\text{ mW}/\text{m}^2$ (Pollack et al., 1993)。晚近地史期的沉积盆地通常是大陆热流相对高的构造单元,中国东部中生代盆地大多数在 $65\sim 70\text{ mW}/\text{m}^2$ 范围内(Hu et al., 2000)。南边的苏鲁盆地亦为 $65\text{ mW}/\text{m}^2$ (早期测点较少,曾报道有约 $70\text{ mW}/\text{m}^2$ 的相对高值)(Hu et al., 2000)。古老变质岩出露区通常是大陆热流相对低的区域,华北燕山—太行山广大区域的热流值稳定在 $45\sim 50\text{ mW}/\text{m}^2$ 范围(Pollack et al., 1993; Hu et al., 2000)。邻近本区的鲁东南山区以及秦岭—大别山地区的地温资料都表明,从大区域意义看不会有较高的热流(Hu et al., 2000)。按以上资料与分析,测得的高热流值不仅意味着它在地史相对晚期曾处于重大的深部地质作用的控制或影响之下,而且这种地质作用在某种程度上仍在持续进行之中,地史早期已停止的构造活动几乎不可能再留下如此显著的高热效应痕迹。

根据放射性生热元素及生热率的分析结果认为,本区地表测得的热流量中,约有 33.4% (即 $25.4\text{ mW}/\text{m}^2$) 来源于地壳放射性元素的蜕变,其余 66.6% (即 $50.6\text{ mW}/\text{m}^2$) 来自地幔,后者称为地幔热流(汪集旻等,2001a, b)。本区地热流值高即主要高在地幔热流上,地幔热流值高和相对份额大说明中地壳以下能量与物质运动活跃,可能存在岩浆底侵等较强的壳幔作用。高的地幔热流带常有流体活动伴随,将导致地壳中的低阻带作为热流及流体上涌带(见下节)。总之,从地热角度上看苏鲁地区也是中生代地质作用强烈的活动构造带,曾发生过岩浆底侵等壳幔物质交换作用。

如果要分析地下深处的热流状态,就要了解壳幔岩石的热导率。苏鲁东海县浅孔岩心的热导率已经测定,结果示于表 1。由表可见,除石英岩之外,二辉橄榄岩和榴辉岩等地幔岩石热导率高于片麻岩与角闪岩。实际上,矿物热导率测量结果表明,橄榄石、正辉石及钙铝榴石等地幔常见矿物的热导率较长石类矿物高 $1\sim 3$ 倍,因此斜长岩等含长石较多的地壳岩石热导率较低。由于地热流值与热导率成正比, Moho 面下方地幔岩石中应有地热流的增高,其

积累将可能引起地幔岩石的部分熔融,产生一些玄武质岩浆并可穿过 Moho 面底侵到下地壳底部。因此,无论是地表热流值还是热导率测量的结果都支持苏鲁地区发生过岩浆底侵作用的认识,但是这种作用是怎么发生的? 现在是否还在发生? 局部熔融的作用是否还在其他地球物理资料上反映出来? 还有待于进一步研究。

表 1 东海县钻孔岩心热导率测量结果

Table 1 Measurements of thermal conductivity from cores

岩石名称	样品埋深 (m)	热导率 (W/mK)	密度 (kg/m^3)
榴辉岩	424~674	4.63~5.24	3479
二辉橄榄岩	211	4.86	3500
花岗片麻岩	60~365	3.78~4.63	2865
角闪斜长片麻岩	58~410	2.75~4.38	2676
黑云母斜长片麻岩	300~970	2.64~3.47	2755
黑云母斜长角闪岩	222~972	2.713~3.364	
石英岩	325~386	7.79~8.82	2665

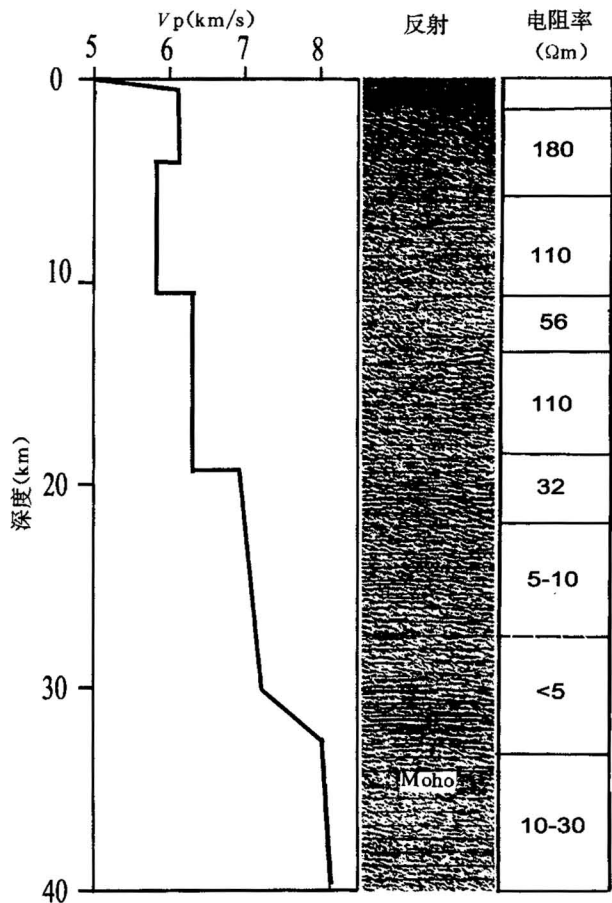


图 4 苏北地壳地震波速、反射与电阻率柱状图

Fig. 4 Seismic velocity, reflection and resistivity log of south Sulu crust

3 地电学证据

如果现今 Moho 面以下岩石发生局部熔融,必然引起岩石物理性质的改变。在图 4 中, Moho 面下岩石的纵波速度为 $8.1 \sim 8.2 \text{ km/s}$, 并不能说明现今有局部熔融的发生。实际上, 我们趋向于认为局部熔融的发生已成为过去, 因为大规模的火山活动自渐新世以来就已停止了。

温度升高和局部熔融对岩石电阻率的影响是比较灵敏的。在图 4 中我们已经看到, 对应壳幔过渡带为电阻率 $< 5 \Omega\text{m}$ 的低阻带; 在图 4 上还可看出, 35 km 以下地幔一般在 $30 \Omega\text{m}$ 以下, 间接地反映 Moho 面以下的岩石中地热流可能增大, 并向嘉山—响水裂谷带地壳延伸。但是, 低电阻率的岩块只反映它们处于相对高温中, 与地热流高值对应, 并不一定指示地幔岩石的局部熔融。当然, 如果在始新世发生过地幔岩石的局部熔融, 由于地壳岩石的热导率低, 其相对高温的状态仍可保持至今。

4 分析

从以上地震学、地热学及地电学判据可以确定苏鲁地壳在中新生代发生过底侵作用。但是, 还要进一步分析其热源和发生时间。从地震学判据可知, 这种底侵作用的主要结果只是 $1 \sim 3 \text{ km}$ 厚的壳幔过渡带, 并没有发生下地壳巨厚的强反射层, 说明这种作用不是区域性的地幔上隆与地壳拉伸诱发的。这一作用也只能发生在扬子克拉通向苏鲁地体下方俯冲之后, 即约 150 Ma 后, 因为反映底侵的壳幔过渡带切过了反映陆-陆俯冲的倾斜反射带(图版 I)。

中侏罗世以来在苏鲁地区的主要地壳热事件可以从区域地质图上找到依据, 这就是早白垩世的火山岩与古近纪的玄武岩群。晚侏罗世—早白垩世的火山岩大多数与碰撞造山带走向相同, 说明它们主要与碰撞造山的期后作用有关, 与底侵作用关系不密切。池际尚等人曾对中国东部新生代玄武岩及上地幔作了详细研究, 指出苏鲁地区玄武岩成分接近原生岩浆, 具有大陆裂谷岩浆作用的特征, 表明中白垩世至古近纪苏鲁岩石圈发生过破裂, 曾经形成过类似东非裂谷的大陆裂谷带(池际尚, 1988)。从图版 I 的电阻率剖面可知, 反映裂谷与底侵作用的低电阻率异常是连接的, 暗示裂谷与底侵作用具有相同的热源, 即中白垩世至古近纪的地幔上隆。古近纪的玄武岩群, 例如东海县南安峰山就是由玄武岩组成的山峰(它位于图 3 中部的重力正异常下方), 其活

动对现今地壳结构应有较大影响, 这些影响包括上述地球物理判据。池际尚等根据岩石地球化学资料计算得出古近纪苏北玄武岩的上地幔源区深度为 66 km , 局部熔融程度为 15% , 火山作用开始于白垩纪末到古新世, 到渐新世火山作用停歇(汪集旸等, 2001a)。由此可知火山与裂谷—底侵作用大约从 65 Ma 开始, 于 32.8 Ma 左右结束, 总共经历了约 32.2 Ma 。由于壳幔过渡带的最大厚度为 3 km 左右, 可知本区由岩浆底侵作用造成大陆地壳增厚的最大平均速率接近 0.1 mm/a , 比大陆裂谷水平扩张的速率约小一个量级。

5 结论

地震学、地热学及地电学的资料都表明, 在江苏北部发生过典型的地幔岩浆底侵作用, 发生的时段主要为古近纪, 它的发育与沿嘉山—响水大陆裂谷带在时空上有密切联系。这里的壳幔过渡带厚度可达 3 km , 从南向北减弱, 推测为橄榄岩与基性麻粒岩互层。参考岩石地球化学结果可以推算出由岩浆底侵作用造成大陆地壳增厚的平均速率大约为 0.1 mm/a 。

从以上分析可以看出, 判识地壳岩浆底侵的主要地球物理标志包括 Moho 面反射的强度与厚度, 对应的波速结构与大地电磁的低阻异常, 由地温梯度测量及岩石物性测量计算出的大地热流值等。当然, 对于裂谷型的岩浆底侵还有关于裂谷存在位置的地球物理证据, 如反射地震剖面上的高角处断层组及穿过 Moho 的透明反射等。还要注意的, 地球物理资料反映中新生代以来地球动力学作用的结果。对于古生代以前的作用判识的可能性较小。

金振民教授对本文提出了宝贵的修改意见, 王有学提供了参考波速图, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- 池际尚. 1988. 中国东部新生代玄武岩及上地幔研究. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 胡振远, 杨文采, 程振炎, 等. 2000. 苏鲁大陆科学钻探靶区深反射地震叠前深度偏移. 地球物理学报, 43(4): 488~498.
- 汪集旸, 胡圣标, 杨文采, 等. 2001a. 中国大陆科学钻探先导孔地热测量. 科学通报, 46(10): 847~850.
- 汪集旸, 胡圣标, 杨文采, 等. 2001b. 中国大陆科学钻探靶区深部温度预测. 地球物理学报, 44(6): 774~782.
- 杨文采, 程振炎, 等. 1999a. 苏鲁超高压变质带北部地球物理调查(I)——深反射地震. 地球物理学报, 42(1): 41~52.
- 杨文采, 胡振远, 等. 1999b. 郯城—涟水综合地球物理长剖面. 地球物理学报, 42(2): 206~217.
- 杨文采, 程振炎, 等. 1999c. 苏鲁超高压变质带北部的地球物理调查

(II)——综合地球物理方法. 地球物理学报, 42(4): 508~519.
 杨文采. 2001. 从地球物理资料看大别—苏鲁超高压变质带演化的运动学与动力学. 地球物理学报, 44(3): 61~75.

References

- Caress D W. 1995. Seismic imaging of hotspot——related crustal underplating beneath the Marquesas Island. *Nature*, 373: 600~603.
- Chi Jishang. 1988. The study of Cenozoic basalts and upper mantle beneath eastern China. Wuhan: China University of Geosciences Press (in Chinese).
- Cox K G. 1980. A model for flood basalt volcanism. *J. Petrol.*, 21: 629~650.
- Deemer S L, Hurich C A. 1994. The reflectivity of magmatic underplating using the layered mafic intrusion analog. *Tectonophysics*, 232: 239~255.
- Drummond B J, Colons C D N. 1986. Seismic evidence for underplating of the lower continental crust of Australia. *Earth Planet Sci. Lett.*, 79: 361~372.
- Durrheim R J, Mooney W D. 1991. Archean and Proterozoic crustal evolution: evidence from crustal seismology. *Geology*, 19: 606~609.
- Fountain D M, Arculus R, Key R W. 1992. *Continental Lower Crust*. Elsevier, Amsterdam-London.
- Fyfe W S, Leonardos O H. 1973. Ancient metamorphic—magmatite belts of the Brazilian African coasts. *Nature*, 224: 501~502.
- Furlong K P, Fountain D M. 1986. Continental crustal underplating; Thermal considerations and seismic-petrologic consequences. *Journal of Geophysical Research*, 91: 8285~8294.
- Hu S, He L, Wang J. 2000. Heat flow in the continental area of China: a new data set. *Earth Planet. Sci. Letter*, 179(2): 407~419.
- Klemperer S L. 1989. Deep seismic reflection profiling and the growth of the continental crust. *Tectonophysics*, 161: 232~244.
- Pollack H N, Hurter S J, Johnson J R. 1993. Heat flow from the Earth's interior: analysis of the global data set. *Rev. Geophys.*, 31: 267~280.
- Wang J, Hu S, Yang W. 2001a. Geothermal measurements in the pre-pilot holes of the Chinese continental scientific drilling. *Chinese Sci. Bull.*, 46(10): 847~850 (in Chinese).
- Wang J, Hu S, Yang W. 2001b. Prediction of the deep temperature in the target area of the China continental scientific drilling. *Chinese J. Geophys.*, 44(6): 774~782 (in Chinese with English abstract).
- White R S, Spence G D, Fowler S R, et al. 1987. Magmatism at rifted continental margins. *Nature*, 330: 439~444.
- Xu Zhiqin, Yang Wencai, Cong Bolin. 1998a. Drilling Operations of the Dabie-Sulu UHPM Belt, East China. Proposal to ICDP, Potsdam, Germany, 1~68.
- Xu Zhiqin, Yang Wencai. 1998b. Scientific Significance and Site-selection Researches of the First Chinese Continental Scientific Deep Drilling. *Continental Dynamics*, 3(1~2): 1~13.
- Yang Wencai. 1997. Crustal structure and development of Sulu UHPM Terrane in East-Central China. *Episodes*, 20(2): 40~43.
- Yang Wencai. 1998. Crustal structure and development of Dabie UHPM Terrane in East-Central China. *Continental Dynamics*, 3(1~2): 86~95.
- Yang Wencai, Cheng Zhenyan, Chen Guojie, et al. 1999a. Geophysical investigations of northern Sulu UHPM belt (I): Deep seismic reflection. *Chinese J. Geophysics*, 42(1): 57~70 (in Chinese with English abstract).
- Yang Wencai, Hu Zhenyuan, Cheng Zhenyan, et al. 1999b. Long profile of geophysical investigations from Tancheng to Lianshui, east-central China. *Chinese J. Geophysics*, 42(2): 206~217 (in Chinese with English abstract).
- Yang Wencai, Feng Hui, Cheng Zhenyan, et al. 1999c. Geophysical investigations of northern Sulu UHPM belt (II): Non-seismic methods. *Chinese J. Geophysics*, 42(3): 387~398 (in Chinese with English abstract).
- Yang Wencai. 2000. Analysis of deep intracontinental subduction. *Episodes*, 23(1): 20~24.

Geophysical Evidences for Magmatic Underplating in the Sulu Area, East China

YANG Wencai¹⁾, WANG Jiyang²⁾

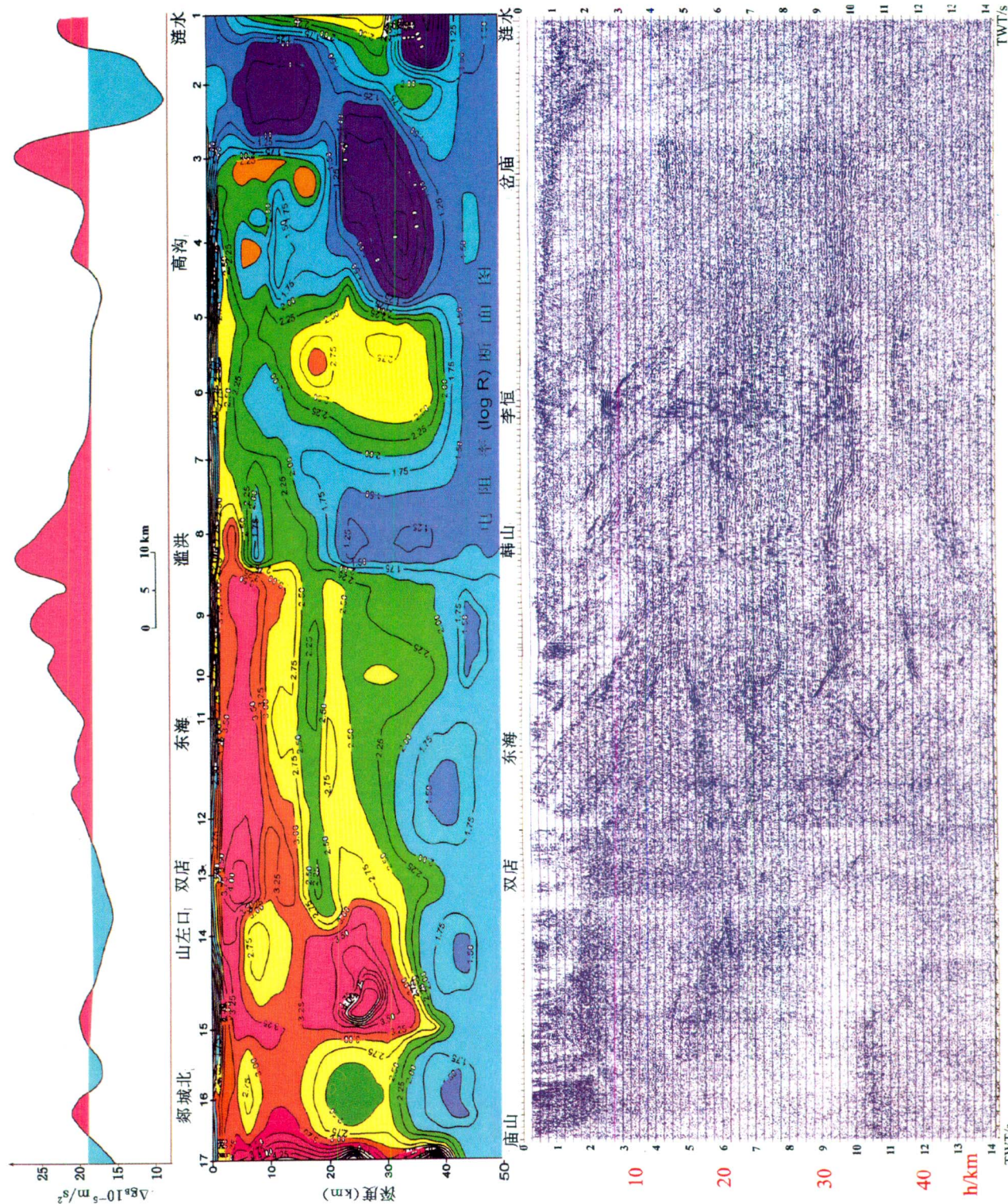
1) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

2) *Institute of Geology & Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029*

Abstract

Magmatic underplating is an important process in the interaction between the crust and mantle and for understanding continental accretion. However, identification of underplating process is a very difficult task. Based on seismic, geothermal and geoelectrical data collected during the site-selection investigations for the Chinese continental scientific drilling project, it is inferred that an event of magmatic underplating occurred accompanying the Jiashan—Xiangshui continental rift system in the Eogene Period. This magmatic underplating process had the same heat origin with the rift system. The thickness of the transition zone between the crust and the mantle is about 3 km and composition of the zone might be the interbed of peridotite and basic granulites. Together with the data of basalts in the area, it is estimated that the average rate of vertical thickening of the continental crust owing to the magmatic underplating is about 0.1 mm/year.

Key words: interaction between the crust and mantle; magmatic underplating; geophysical evidence; Sulu area; East China



布格重力(上) 大地电磁(中) 深反射地震(下)