

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

苏鲁大别造山带岩石圈三维P波速度结构特征

徐纪人 杨文采 赵志新 程振炎

中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

内容提要 本文全面收集整理并解析了地学断面、地震测深、体波和面波层析成像资料,得到了苏鲁大别造山带及其邻区岩石圈 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 三维P波速度数据体。研究结果表明,苏鲁与大别造山带高压、超高压变质带的岩石圈速度结构具有上地壳明显高速且上凸;中地壳增厚;下地壳埋藏较深且下凹等相似的基本特征。苏鲁和大别超高压变质带下的莫霍面比其周围深2~4 km,深度分别达到32~33 km和34~38 km。在大别造山带,有地壳低速体从南向北俯冲到上地幔的迹象,可能显示了扬子地块地壳物质向华北地块俯冲,坠入上地幔的残留体。超高压变质带岩石圈底部的地幔,往往有明显高速层或高速体存在。苏鲁与大别地区的岩石圈速度结构不同特征及其成因在于苏鲁地区上地壳P波速度更高,但是,下地壳下凹没有大别地区明显,而且区域构造较为均一。这可能是受到郯庐断层面左行平移的主控影响所致。郯庐断裂带的上、中地壳和上地幔表现为相对低速异常,郯庐断裂及其地下延伸部分将岩石圈地幔浅部低速层和深部高速层切为两段,其影响深达岩石圈底部约90 km处。

关键词 苏鲁大别造山带 超高压变质带 岩石圈 三维P波速度结构 郯庐断裂

位于华北、扬子两大地块交接地带的苏鲁大别造山带是一条古老造山带。大量地质学、岩石学等研究结果(Hacker et al., 1998; 杨经绥等, 2002; 许志琴等, 2003)表明,早在约240~220 Ma年前扬子与华北地块在苏鲁大别地区相聚,经历俯冲、折返和上隆3个激烈构造运动阶段,形成了大规模的高压、超高压变质带(UHPM带)。随后转入造山运动后期,逐渐发展至今天的构造状态。

苏鲁大别造山带被郯庐断裂所切断,分成苏鲁(东部)和大别(西部)两部分。苏鲁造山带以郯庐断裂为西界,分布有嘉山—响水、烟台—五莲断裂等北北东向断裂带。大别造山带则更为复杂,不仅有襄樊—广济、晓天—磨子潭、六安断裂等北西西向断裂带,还有多组北东向的断裂分布。无论苏鲁还是大别,从南到北都顺序排列着高压变质带和超高压变质带等构造单元(图1)。自从在大别—苏鲁地区发现了柯石英和金刚石,确认这里是世界上规模最大的超高压变质带之后,苏鲁大别超高压变质带成为研究陆陆碰撞、超高压变质作用以及大陆动力学的重要现场(Xu Zhiqin et al., 1998)。目前,在解释超高压变质岩石是如何快速俯冲,又快速折返到地表或地壳浅层的动力学机制等关键科学问题上,尚缺乏

有力的科学证据,成为当前大陆科学研究领域里的一大难题。

为了探明苏鲁大别造山带超高压变质带形成机制及其动力学过程,不仅需要地表更需要岩石圈内部的科学证据。地球物理方法是洞察地球内部结构与状态,研究岩石圈形成及演化的有力工具。其中,地震波三维速度结构研究结果具有物理意义明确、精度高、定位准确、可直接判读等优点,是研究地球内部岩石速度与密度结构、探索构造运动机制与演化历史的首选方法。近年来,中国积极开展深部构造探查工作并积累有大量的基础资料,目前已初步具备开展岩石圈三维速度结构研究的基本条件。本文充分整理解析已有观测资料,得到现阶段最为详细的岩石圈三维P波速度数据体,并对苏鲁大别造山带岩石圈结构进行解释,取得了新认识,试图在解决超高压变质带形成机制等难题方面有所突破。

1 资料及其精度

苏鲁大别地区是中国深部地球物理调查工作最详细的地段之一。20世纪80年代以来开展的地学断面构造探查为研究岩石圈,特别是为研究地壳与上地幔三维P波速度结构提供了可靠的基础资料。

注:本文为国家重大科学工程项目“中国大陆科学钻探工程”和国土资源部重点项目(编号20001010203)的成果。

收稿日期:2003-05-20; 改回日期:2003-08-24; 责任编辑:王思恩。

作者简介:徐纪人,女,1947年生。北京大学地球物理系毕业,1993年获得日本京都大学理学博士。研究员。主要从事大陆及海沟地震发生机制,岩石圈应力场和地球动力学等研究。通讯地址:100037,北京市百万庄大街26号;电话:010-68992952;Email: xujiren@ccsd.org.cn。

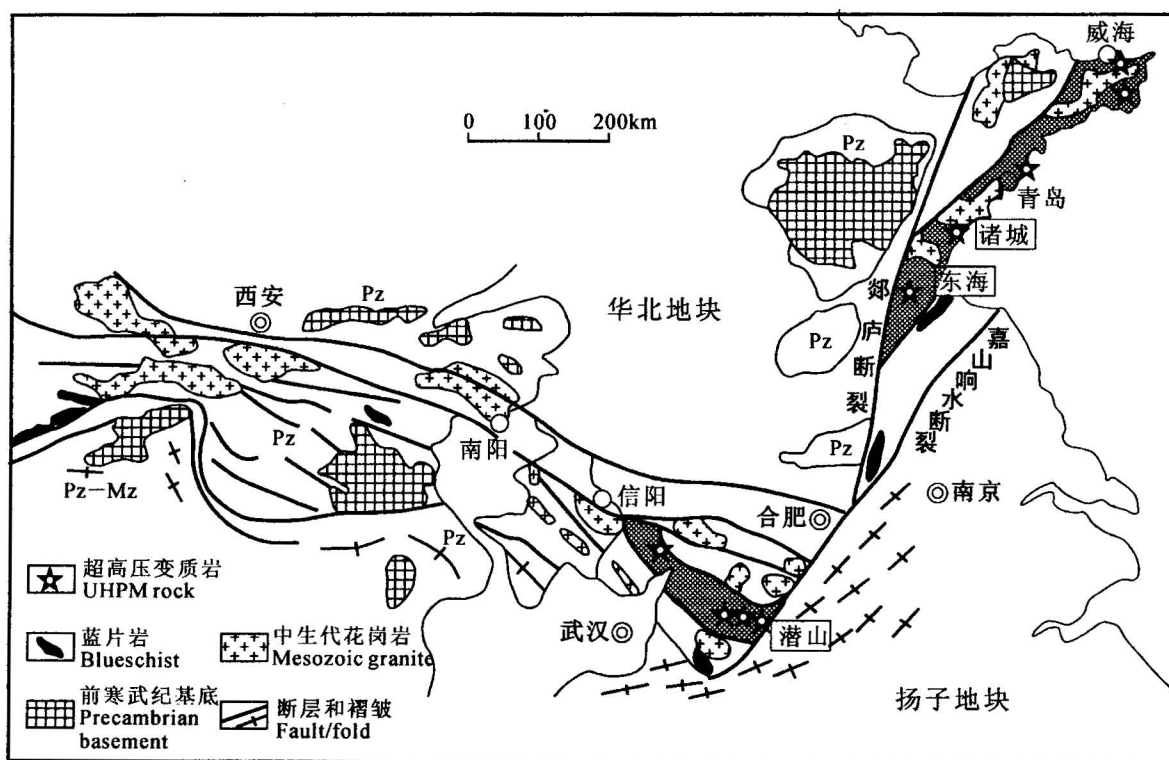


图 1 苏鲁大别造山带地区构造简图

Fig. 1 Tectonic map in the Sulu-Dabie orogen

图中阴影区为超高压变质带;原图引自杨文采等, 2001, 本文有修改

Darken areas show the ultra-high-pressure metamorphic belts (UHPM)

在建立苏鲁大别造山带地壳三维 P 波速度数据体的过程中, 本文重点使用了以下三类资料。一是经过本区的地学断面资料。其中包括, 青海门源至福建宁德、湖北随州至内蒙古喀喇沁旗、江苏响水至内蒙古满都拉、上海奉贤至内蒙古阿拉善左旗等地学断面(国家地震局地学断面编委会, 1991, 1992a, 1992b, 1992c)。二是在大别山地区, 重点使用了 1994 年和 2001 年两次大规模的广角反射/折射地震调查所得到的 P 波速度剖面结果(王椿镛等, 1997; 董树文等, 1998; 刘福田等, 2003)。三是在苏鲁地区, 特别是苏鲁超高压变质带, 充分利用了中国大陆科学钻探工程(CCSDE)地球物理选址调查(杨文采等, 2001, 2003)、人工爆破地震测深(王有学, 2002)以及天然地震层析成像(钱辉, 2002)等项观测研究结果。此外, 笔者等还认真收集、整理并使用了研究论文、专著等发表的地震测深资料 and 结果(国家地震局深部物探成果编写组, 1986)。

根据资料来源、类型及其分布, 笔者等采用了相应的资料读取、采集和处理方法。从地表至 50 km 深

的地壳和上地幔部分, 主要采用了爆破地震测深的 P 波速度剖面结果。在同一深度内, 以 50 km 间隔取值后经过构造单元移植、插值处理。经验证, 处理后的资料误差在允许范围内, 特别在地壳内有较好的精度, 一般在 1% 左右, 最大为 3%。深度 50~100 km 的地幔部分则采用了地震层析成像 P 波速度结果并进行垂直插值。在深度 50 km 上下的两种资料交接处, 采用了速度平滑插值处理。其资料精度虽不如浅部地壳部分, 但相对以往结果具有最好的精度。综合解析处理上述资料后, 笔者等得到了苏鲁大别造山带及其周围区域(北纬 28°~40°, 东经 105°~125°)岩石圈 1°×1° 的 P 波速度三维数据体。虽然少数地区(例如山东半岛东部)尚缺乏基础观测资料, 但从整个研究区域来看, 本文获得了 2002 年为止最新资料在内的、目前最为完整并且精度较高的苏鲁大别地区岩石圈 P 波速度结构的三维数据体。本文将重点讨论从地表至 50 km 深度范围的地壳与上地幔 P 波速度结构。

为了充分反映岩石圈三维 P 波速度结构特征,

利用本文得到的P波速度三维数据体,绘出苏鲁大别造山带及其周围地区在2 km、5 km、10 km、20 km和30 km等不同深度的P波速度平面等值分布以及莫霍面深度分布图(图版I~II),以及沿经线116°、118°的P波速度剖面图(图版II)。

2 地壳P波速度三维结构

从地壳浅层2 km深的P波速度平面等值分布图上可以看出(图版I-1),与周围地区相比较,苏鲁大别造山带明显表现出高速异常条带分布。在苏鲁地区,尽管现在地貌上已看不到高山峻岭,但是P波速度结构显示出苏鲁造山带与其周围地区有明显差异,P波速度达到5.6~6.2 km/s,明显高于其周围地区4.2~5.4 km/s的平均P波速度。而且两个P波速度的高速中心集中分布在连云港附近的苏鲁超高压变质带和泰山地区,表明超高压变质带与海拔1500 m泰山都具有相同的浅层P波速度的高速结构。在大别地区,沿着大别造山带的高压、超高压变质带,呈现为P波速度5.9~6.0 km/s的高速条带分布,明显高于其周围地区4.8~5.2 km/s的平均波速。其中最大P波速度值集中在岳西、红安到桐柏一带,呈串状分布。研究区域内仅有东北的渤海湾是P波低速结构地区,波速值为3.2~4.8 km/s。从下述分析可知,该区的低速异常有很深的根,可能与地壳和整个岩石圈减薄有关。

上地壳5 km深的P波速度平面等值分布图显示(图版I-2),苏鲁大别造山带及其周围地区可以划分为3个区域:西部为低速异常区,反映鄂尔多斯、四川盆地低速沉积构造;中部是正常波速区,反映华北以及扬子克拉通构造;东部为苏北和南黄海低速异常区,反映了第三纪以来的盆地构造。西、中部之间的分界线为北北东走向,大体与鄂尔多斯地块西缘以及向四川盆地东缘的延伸线相一致。在中部正常波速区域内,苏鲁大别造山带明显表现出高速异常条带分布,反映出印支期造山带的山根出露。而在苏鲁带西部与大别造山带东部的连接处,近东西向的波速值为6.1 km/s高速异常体明显被左旋走滑的郯庐断裂所错开,错距约达450~500 km之遥。因此,上地壳5 km深的P波速度分布图深刻反映了苏鲁大别造山带岩石圈地壳构造与郯庐断裂的左旋走滑构造运动之关系,为研究苏鲁大别造山带、超高压变质带与郯庐断裂的构造运动及其动力学机制等提供了佐证资料。

在10 km深的P波速度平面等值分布图上,与5

km深的P波速度分布相比较,P波速度6.3 km/s高速异常区的范围已大大缩小,仅集中分布在苏鲁超高压变质带的中部和大别超高压变质带的南部(图版I-3)。这反映了苏鲁大别超高压变质带的上地壳变质岩基底的波速构造。根据实验结果,在10 km深的苏鲁大别超高压变质岩,如片麻岩、榴辉岩等,P波波速都在6.1~6.3 km/s以上(高山等,1997),均高于其他地区上地壳均匀基底的P波速度。说明了超高压变质带的上地壳底部高速、高密度变质岩结构是该区表现为高速异常的根本原因。此外在10 km深的P波速度平面等值分布图上,明显分布有从南边的上海附近起到庆阳的北西向低速异常带,其最低P波速度在5.7~6.0 km/s左右,并呈串状分布。该低速异常带在构造上的意义尚不清楚,有可能与地壳内的流体聚集有关。如能证实,将对地下石油、天然气等资源探查有指导性意义。

20 km深的P波速度平面等值分布显示(图版I-4),苏鲁大别造山带大部分地区的P波波速为6.3~6.6 km/s,均属于正常中地壳波速范围。仅在西部庆阳附近等局部地区有低于6.1 km/s的低速异常。该低速异常区与10 km深的低速异常带的西北段相关,说明该低速异常体的规模相当大。其构造以及资源探查方面的意义有待于进行深入研究。

30 km深的P波速度分布图显示(图版II-1),本研究区东部的部分地区,包括南黄海和渤海湾—濮阳一带已进入上地幔,而其他地区仍处在下地壳范围内。因而在同一30 km深度上,P波波速值从西部的6.3 km/s变化到东北部的8.0 km/s,有比较大的速度差。从岩石圈速度结构上看,苏鲁造山带的P波速度为6.6~6.7 km/s,大体属于下地壳正常波速范围,而其东北的华北裂谷系以及西南的黄海为P波速度大于8.0 km/s的高速条带。华北裂谷系以郯庐断裂为东界,进入上地幔范围。黄海作为大陆架,地壳深度小于30 km,也已进入上地幔。其P波波速值大体在7.9~8.0 km/s范围之内。

从图版II-2的莫霍面深度分布图中可以看出,按照地壳厚度,本文研究区域基本上可划分为西部、中部和东部3部分。西部地区,即东经112°~114°以西地区的地壳厚度最厚,为40~50 km,属于克拉通型地壳;东部,黄海以及华北裂谷系的地壳厚度较薄,为26~31 km,属于大陆边缘以及大陆裂谷带地壳厚度;中部地区又可以按照地壳厚度分为两种;地壳厚度为31~35 km的是减薄大陆地壳,莫霍面埋深为36~39 km深的属于残留山根地壳。后者主要

分布在大别山造山带之下。在中部地区,无论是苏鲁还是大别造山带的莫霍面埋深或地壳厚度均明显大于其周围地区。苏鲁造山带夹在黄海以及华北裂谷系之间,莫霍面最深为33 km。大别造山带更为明显,沿北西西向呈现串状残留山根地壳,最深为36~38 km深,约比其周围地区深3~4 km。

总之,从不同深度的岩石圈地壳P波速度结构可以清楚地反映出研究区的构造特征。苏鲁大别造山带及其高压、超高压变质带,上地壳为明显高速异常条带分布,反映出印支期造山带的山根出露;中地壳为正常速度结构;而下地壳显示为陆陆碰撞造山的残留山根型地壳特征,特别是大别地区,其莫霍面深达36~38 km,呈现为明显下凹的条带状莫霍面分布特征。

3 P波速度剖面与岩石圈三维速度结构

为了研究包括地幔部分在内的苏鲁大别造山带岩石圈三维P波速度结构特征,本文利用P波速度三维数据体作了0~100 km深的波速剖面图。现结合典型图件(图版Ⅱ-3,4)分别加以分析与解释。

沿东经116°的P波速度剖面横穿大别造山带以及大别高压、超高压变质带,图中数字为各层波速值,红线代表沿剖面的莫霍面深度(图版Ⅱ-3)。P波速度剖面清楚地显示出,大别高压、超高压变质带的岩石圈具有上地壳为明显高速层、中地壳增厚、下地壳底部显示残留山根且莫霍面下凹,整体表现为地壳增厚并且有上凸、下凹等形状特征。此外,该P波速度剖面图还显示出,大别超高压变质带存在南部的襄樊—广济断裂之下的中地壳物质向北部的六安断裂俯冲的迹象。并且在六安断裂之下及其以北的寿县一定远断裂以内,有7.6 km/s的地壳低速块体落入深度约50 km的上地幔高速层内的图像显示。这很可能是扬子地块地壳物质向北东方向俯冲,坠入上地幔而遗留下的痕迹。在大别造山带这种现象并非偶然,其他一些横穿大别高压、超高压变质带的岩石圈P波速度剖面图上,也可以看到极为类似的速度结构。徐惠芬等的研究结果(2000)也曾报道过该区一些类似的速度结构特征。详细研究这些P波速度异常块体的成分及其生成年代等,有可能在判读扬子地块与华北地块碰撞、挤压、俯冲等动力学过程方面取得新突破。

横穿苏鲁造山带及其高压、超高压变质带的P波速度剖面图,也大体反映了与大别地区类似的岩

石圈P波速度结构特征。特别是在地壳部分,上地壳为明显高速层、中地壳增厚、下地壳下凹且莫霍面埋深较深等。但是,苏鲁造山带及其高压、超高压变质带的上地壳P波速度更高,上凸程度比大别造山带更明显;而下地壳下凹程度则不如大别造山带,呈现出古老造山带山根减弱的特性。

东经116°、118°剖面图(图版Ⅱ-3,4)显示的苏鲁大别造山带及其高压、超高压变质带岩石圈P波速度结构的另一个特征是其地幔部分往往有明显高速层或高速体存在。这种高速层或高速体结构往往存在于岩石圈底部的地幔范围内,有可能反映出造山带及超高压变质带的壳幔相互作用的某些特点。该特征形成的动力学机制有待进行更详细深入地资料验证以及相应的理论研究。

此外,P波速度剖面图还可以清楚显示出某些深大断裂带的几何与物性特征。沿东经118°的P波速度剖面通过苏鲁与大别造山带的连接处,大约在北纬32.5°至33°附近横穿中国东部最大规模的郯庐断裂带(图版Ⅱ-4)。因此在该剖面上以北纬32.5°至33°为界,其北部为华北地块,而南部为扬子地块的P波速度波速结构。东经118°的剖面图显示,位于北纬32.5°至33°的郯庐断裂带P波速度结构的基本特征为上地壳明显低速、增厚且下凹;中地壳减薄;下地壳增厚且向上凸起。并且断裂带向下的上地幔延长部分,存在有7.6 km/s的地壳低速异常体。该低速体有继续向下延伸的倾向,低速体与其之下延伸的低速结构切断上地幔高速体。因此,根据沿东经118°P波速度剖面以及各平面P波速度分布图可以推断,郯庐断裂带为一基本直立,略微向东南倾斜的深大断裂,其影响范围远超出地壳深度范围,达到岩石圈地幔底部约90 km深处。

4 讨论和结论

(1) 综合利用已有的广角地震调查以及体波、面波层析成像数据,建立区域岩石圈地壳上地幔三维P波速度数据体是有意义的。由广角反/折射取得的地壳与上地幔P波速度数据的精度和空间分辨率比较高,是研究P波速度三维结构的优选数据。但是,广角调查取得的P波速度资料,一般限于Moho面下方几千米范围,更深的地幔波速数据要依靠地震层析成像取得。由于面波空间分辨率较低,地震体波层析成像的结果明显优于面波层析成像取得的数据结果。

(2) 苏鲁大别高压、超高压变质带地壳P波速

度特征是,上地壳10 km 深度以内为高速异常结构,而中下地壳的波速趋于正常。这种P波速度结构表明,由碰撞后俯冲到上地幔的地壳有一部分已折返至上地壳,但并不是原来俯冲到上地幔的全部地壳整体折返回到地表。此外,大别山下亦仍残存有几千米厚的山根,其结果与前人的工作一致(杨文采,2003),是印支期碰撞造山遗留的踪迹。由于苏鲁地区的岩石圈比大别山热得多(杨文采等,2002),因此苏鲁造山带的山根已被后期的地质作用改造掉了(Yang Wencai, 2002; David James, 2002)。在大别造山带下面,中地壳的P波速度也略高于周围地区(见图版Ⅱ-3,东经116°波速剖面),可能与燕山期岩浆岩侵位有关。

(3) 三维P波速度结构的莫霍面深度揭示了华北裂谷系的深部发育情况。从渤海湾到濮阳一带,华北裂谷系对应的地壳厚度减少到不足32 km。从这一裂谷系向西南延伸,可断续追溯至南阳、江汉和洞庭湖地区,都有与地壳减薄现象相对应的P波速度异常。

(4) 郯庐断裂带在P波速度结构图上反映为上、中地壳以及上地幔呈相对低速异常(见图版Ⅱ-4,东经118°波速剖面),证实这是一条近直立的岩石圈断裂带。在早中生代以走滑为主,晚中生代及新生代处于拉张环境中(朱光等,2001; Xu Jiren et al., 2002),局部发育为陆内裂谷。

(5) 如前所述,体波层析成像结果比面波层析成像更具有高分辨率。笔者等计划对研究区岩石圈地幔进行高分辨率的体波层析成像研究,并用取得的结果取代现在模型中的面波层析资料,建立一个完全由广角地震调查以及体波层析成像数据制作的三维波速模型。笔者等相信,随着本研究的深入开展,不仅在岩石圈深部结构而且在大陆动力学研究方面将取得越来越多的新成果。

致谢:作者衷心感谢朱介寿教授、曹家敏教授在资料解析处理等方面给予的大力帮助。

参 考 文 献

- 董树文,吴宣志,高锐,等. 1998. 大别造山带地壳结构与动力学. 地球物理学报, 41(3): 349~361.
- 国家地震局地学断面编委会. 1991. 江苏响水至内蒙古满都拉地学断面. 北京:地震出版社.
- 国家地震局地学断面编委会. 1992a. 青海门源至福建宁德地学断面. 北京:地震出版社.
- 国家地震局地学断面编委会. 1992b. 湖北随州至内蒙古喀喇沁旗地学断面. 北京:地震出版社.
- 国家地震局地学断面编委会. 1992c. 上海奉贤至内蒙古阿拉善左旗地学断面. 北京:地震出版社.
- 国家地震局《深部物探成果》编写组. 1986. 中国地壳上地幔地球物理探测成果. 北京:地震出版社.
- 高山,金振民, Kern H, 金淑燕, 许志琴, 董树文, 杨天南. 1997. 大别超高压榴辉岩高温高压下地震波速和密度的初步实验研究——对造山带地壳深部组成和莫霍面性质的启示. 科学通报, 42(8): 862~865.
- 刘福田,徐惠芬,刘劲松,等. 2003. 大陆深俯冲带的地壳速度结构——大别造山带深地震宽角反射/折射研究. 地球物理学报, 46(3): 365~372.
- 钱辉. 2002. 江苏东海大陆钻址区层析成像. 中国地质科学院地质研究所博士后论文.
- 王椿庸,张先康,陈步云,等. 1997. 大别造山带的地壳结构研究. 中国科学(D辑), 27(3): 221~226.
- 王有学. 2002. 苏鲁—大别超高压变质造山带广角测深地壳结构研究. 中国地质科学院地质研究所博士学位论文.
- 徐惠芬,刘福田,王清晨,等. 2000. 大别—苏鲁碰撞造山带的地震层析成像研究——岩石圈三维构造. 地球物理学报, 43(3): 377~385.
- 许志琴,张泽明,刘福来,杨经绥,李海兵,杨天南,邱海峻,李天福,孟繁聪,陈志忠,唐哲民,陈方远. 2003. 苏鲁高压—超高压变质带演化的折返构造及折返机制. 地质学报, 77(4): 433~.
- 杨经绥,许志琴,吴才来,等. 2002. 含柯石英锆石的SHIRIMP U—Pb定年: 胶东印支期超高压变质作用的证据. 地质学报, 76(3): 355~372.
- 杨文采,余长青. 2001. 根据地球物理资料分析大别—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): 346~359.
- 杨文采. 2003. 大别超高压变质带的深部构造. 中国科学(D辑), 33(2): 183~192.
- 杨文采,汪集旻. 2002. 苏鲁地区地壳岩浆底侵的地球物理判识. 地质学报, 76(2): 173~179.
- 朱光,宋传中,王道轩,等. 2001. 郯庐断裂带走滑时代的⁴⁰Ar/³⁹Ar年代学研究及其构造意义. 中国科学(D辑), 31(3): 250~256.

References

- David James. 2002. How old roots lose their bounce. Nature, 417(27): 911.
- Dong Shuwen, Wu Xuanchi, Gao Rui, et al. 1998. On the crust velocity levels and dynamics of the Dabieshan orogenic belt. Chinese J. Geophys., 41(3): 349~361 (in Chinese with English abstract).
- Editorial Committee of Global Geoscience Transect, China Seismology Bureau. 1991. The geoscience transect from the Xiangshui, Jiangsu Province to the Mandula, Inner Mongolia. Beijing: Seismological Press (in Chinese).
- Editorial Committee of Global Geoscience Transect, China Seismology Bureau. 1992a. The geoscience transect from the Menyuan, Qinghai Province to the Ningde, Fujian Province. Beijing: Seismological Press (in Chinese).
- Editorial Committee of Global Geoscience Transect, China Seismology Bureau. 1992b. The geoscience transect from the Shuizhou, Hubei Province to the Karaqingqi, Inner Mongolia. Beijing: Seismological Press (in Chinese).
- Editorial Committee of Global Geoscience Transect, China Seismology Bureau. 1992c. The geoscience transect from the Fengxian, Shanghai to the Arashanzuoqi, Inner Mongolia. Beijing: Seismological Press (in Chinese).
- Editorial Committee of Results on Deep Geophysical Survey, China Seismology Bureau. 1986. Geophysical survey of crust and upper mantle in China. Beijing: Seismological Press (in Chinese).
- Gao Shan, Jin Zhenmin, Kern H, et al. 1997. Experimental study on seismic velocity and density of the eclogites in the Dabie UHPM belt at High *P-T* conditions——Inspiration for the formation of deep crust and the property of Moho surface in orogen belts. Chinese Science Bulletin, 42(8): 862~865 (in Chinese).

- Haker B R, Ratschitecyur L, Webb L, Ireland T, Walker D, Dong Shuwen. 1998. U/Pb zircon ages constrain the architecture of the ultrahigh-pressure Qinling-Dabie orogen, China. *Earth and Planetary Science Letters*, 161: 215~230.
- Liu Futian, Xu Heifen, Liu Jinsong, et al. 2003. The crustal velocity structure of the continental deep subduction belt: Study on the eastern Dabie orogen by seismic wide-angle reflection/refraction. *Chinese J. Geophys.*, 46(3): 365~372. (in Chinese with English abstract).
- Qian Hui. 2002. Tomography study on the drilling area of the Chinese Continental Scientific Drilling Project in the Donghai, Jiangsu Province. Institute of Geology, Chinese Academy Geological Sciences, Post-doctoral thesis.
- Wang Chunhang, Zhang Xiankang, Chen Buyun, et al. 1997. Study on the crust structures of the Dabie orogen belts. *Science in China (Series D)*, 27(3): 221~226.
- Wang Youxue. 2002. Study on the crustal velocity structure of the Dabie-Sulu UHPM belt by seismic wide-angle sounding. Institute of Geology, Chinese Academy Geological Sciences, Ph. D. thesis.
- Xu Huifen, Liu Futian, Wang Qingchun, et al. 2000. Seismic tomography beneath the Dabie-Sulu collision orogen—3D velocity structure of lithosphere. *Chinese J. Geophys.*, 43(3): 377~385 (in Chinese with English abstract).
- Xu Jiren, Zhao Zhixin, Oike Kazuo. 2002. Tectonic characteristics of seismogenic stress field in East Asia. In: Fujinawa Y, Yoshida A, eds. *Seismotectonics in Convergent Plate Boundary*. Tokyo: TERRAPUB, 481~497.
- Xu Zhiqin, Yang Wencai, Cong Bolin, et al. 1998. Drilling operations in the Dabie-Sulu UHPM belt, East China. A Proposal to ICDP.
- Xu Zhiqin, Zhang Zeming, Liu Fulai, et al. 2003. Exhumation structure and mechanism of the Sulu ultrahigh pressure metamorphic belt, Central China. *Acta Geologica Sinica*, 77(4): 433~? (in Chinese with English abstract).
- Yang Jingsui, Xu Zhiqin, Wu Cailai, et al. 2002. SHRIMP U-Pb on coesite-bearing zircon: Evidence for Indosinian ultrahigh-pressure metamorphism in Su-Lu, East China. *Acta Geologica Sinica*, 76(3): 355~372 (in Chinese with English abstract).
- Yang Wencai, Yu Changqing. 2001. Kinetic and dynamics of development of the Dabie-Sulu UHPM terranes based on geophysical evidences. *Chinese J. Geophys.*, 44(3): 346~359 (in Chinese with English abstract).
- Yang Wencai. 2002. Geophysical profiling across Sulu ultra-high-pressure metamorphic belt, Eastern China. *Tectonophysics*, 354: 277~288.
- Yang Wencai. 2003. Deep Structure of the ultra-high-pressure metamorphic belt, the Eastern Dabie Orogen, Eastern China. *Science in China (Series D)*, 33(3): 183~192.
- Yang Wencai, Wang Jiyang. 2002. Geophysical evidence for crustal magma underplating in Sulu area of east China. *Acta Geologica Sinica*, 76(2): 173~179.
- Zhu Guang, Song Chuanzhong, Wang Daoxuan, et al. 2001. Study on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of the strike-slip in the Tanlu fold. *Science in China (Series D)*, 31(3): 250~256.

图版说明

图版 I

苏鲁大别造山带及其周围地区在2 km(1)、5 km(2)、10 km(3)和20 km(4)深度上的P波速度平面等值分布图。纵、横坐标分别为经、纬度(单位为度),图内数字为P波速度值(单位为km/s)。

图版 II

苏鲁大别造山带及其周围地区在30 km深(1)的地震波P波速度平面等值分布以及莫霍面深度分布图(2)。纵、横坐标分别为经、纬度,图内数字为P波速度值(单位为km/s)或莫霍面深度值(单位为km)。沿东经116°(3)、东经118°(4)南北向岩石圈波速剖面图。剖面分布图中的纵、横坐标分别为深度(km)和纬度。图内数字在1、2、4为地震P波速度值(单位km/s),图2为莫霍面深度值(单位km)。

Three-dimensional Velocity Structures of the Sulu—Dabie Orogen Belt

XU Jiren, YANG Wencai, ZHAO Zhixin, CHENG Zhenyan

Institute of Geology, Chinese Academy Geological Sciences, Beijing, 100037

Abstract

A 3-D lithospheric structure of P-wave velocity in the Sulu—Dabie orogen area has been studied based on the results from the Global Geological Transect projects (GGT), wide-angle seismic sounding, teleseismic tomography and other data. The obtained results are shown in plates with the data density of $1^\circ \times 1^\circ$. The lithospheric structures in the ultra-high pressure metamorphic (UHPM) belts in the Sulu and Dabie areas show similar characteristics more or less. Higher P-wave velocity exists in the upper crust and forms a convex high-velocity region. The thicken middle crust is characterized by normal or lower P-wave velocity. The Moho discontinuity is depressed under the UHPM terranes. The Moho discontinuity in the Sulu and Dabie orogen areas are deeper than their surroundings and the depths reach 32~33 km and 34~38 km, respectively. The P-wave velocity of the upper crust in the Sulu UHPM belt is higher than that in the Dabie area. The depressing of the Moho discontinuity beneath the Dabie, however, is obviously deeper than that beneath the Sulu region. It is attributable to the effect of the left-lateral strike-slip movement along the Tanlu fault in the Sulu area.

Key words: Sulu-Dabie orogen belt; ultra-high pressure metamorphic belt (UHPM); lithospheric structure; 3-D structure of P-wave velocity; Tanlu fault

