

# 扬子板块北缘壳(慢)岩石圈结构与古生代盆地

范小林 陆国新 蒋洪堪 江兴歌

(地矿部石油地质中心实验室, 无锡 214000)

**提 要** “七·五”计划期间, 在扬子板块北缘地带所作地震测深(DSS)和大地电磁测深(MTS)成果揭示了该地带壳(慢)岩石圈结构, 提供了分析古生代盆地形成演化的深部地质依据。本文据深部地球物理资料探讨古生代盆地的深部地质结构与其所处大地构造背景之内涵。早古生代扬子板块北缘秦巴地区为被动边缘型盆地, 江南大别区为陆内裂谷; 晚古生代, 秦岭大巴地区为前陆盆地, 江南大别地区为陆表海盆。

**关键词:** 扬子板块北缘 岩石圈结构 古生代盆地

## 1 引 言

扬子板块北缘古生代盆地始于青白口期“古中国地台”<sup>[1]</sup>的解体。在此之后, 经漫长地史演化至今, 已成为陆陆(块)“敛合后的进一步推掩, 压榨”<sup>[2]</sup>组成的秦岭——大别褶皱山系的一部份。近年来, 作者参加扬子地区古生代盆地研究工作<sup>②</sup>, 接触到对于研究盆地褶皱山系极有意义的深部地球物理资料(DSS, MTS), 借其所展示的深部岩石圈结构几何形态与物质组成, 探索城口——房县(大巴断裂)北侧和襄樊——广济断裂南侧的扬子板块北部边缘地带古生代盆地的大地构造格架, 以期与更多的专家同行们共同讨论。

## 2 扬子板块北缘岩石圈结构

“七·五”计划期间, 在扬子板块北缘地带开展了地震测深<sup>[3]</sup>和大地电磁测深<sup>[4,5]</sup>工作(图1)。提供了该地带岩石圈丰富的最新深部地质、地球物理信息。

### 2.1 秦岭大巴地区

秦岭大巴地区(川东北盆地—秦巴褶皱山系—华北板块南缘)深部地球物理深测资料的综合地质解释断面由图2<sup>[4]</sup>表达。深部壳(慢)岩石圈物性结构差异是以商丹断裂地缝合带为界而体现。根据波速资料, 在断裂以南可清楚地分出五层: 上地壳( $H_z=10-12$  km),

① 本文收稿日期, 1992-03-06

② 陆国新, 等·地矿部 75-54-02-01-01-05 专题报告, 1990。

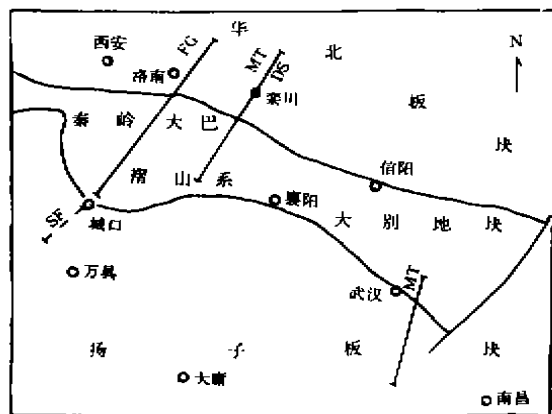


图1 扬子板块北缘地质、地球物理工作剖面位置

Fig. 1 Working profile of geology and geophysics in the north marginal of Yangtze plate

SP: 石油地震勘探剖面; FG: 野外地质剖面;  
MT: 大地电磁测深剖面; DS: 地震测深剖面

中生代盆地沉积体( $P_1$ ),  $V=5.3-5.7$  km/s。中地壳( $H_{\Phi}=20-22$  km)由扬子板块北缘古生代盆地基底绿片岩相层( $V=6.0$  km/s)和扬子板块基底的角闪岩相层( $V=6.3-6.5$  km/s)以及中地壳底部的壳内低速层( $V=5.7-6.0$  km/s)共同组成。下地壳( $H_T=34-38$  km)代表扬子板块(古陆块)主体达麻粒岩相( $V=7.14$  km/s)以及其北侧部份延伸(边缘引张塌陷)的深埋层块组成的高角闪岩相层( $V=6.5$  km/s)。顺便提及, 中地壳底部层厚约2-4 km的壳内低速层代表扬子和华北两大板块聚合后的“陆内挤压”<sup>[6]</sup>在薄弱的扬子板缘壳层间析离滑移标志层。断裂北侧, 固结程度高的太古界华北板块基底( $V=6.2$  km/s)岩石已出露地表, 且组成了典型的古老陆壳<sup>[7]</sup>式的大陆边缘地壳结构, 地壳平均波速高于南侧的扬子型地

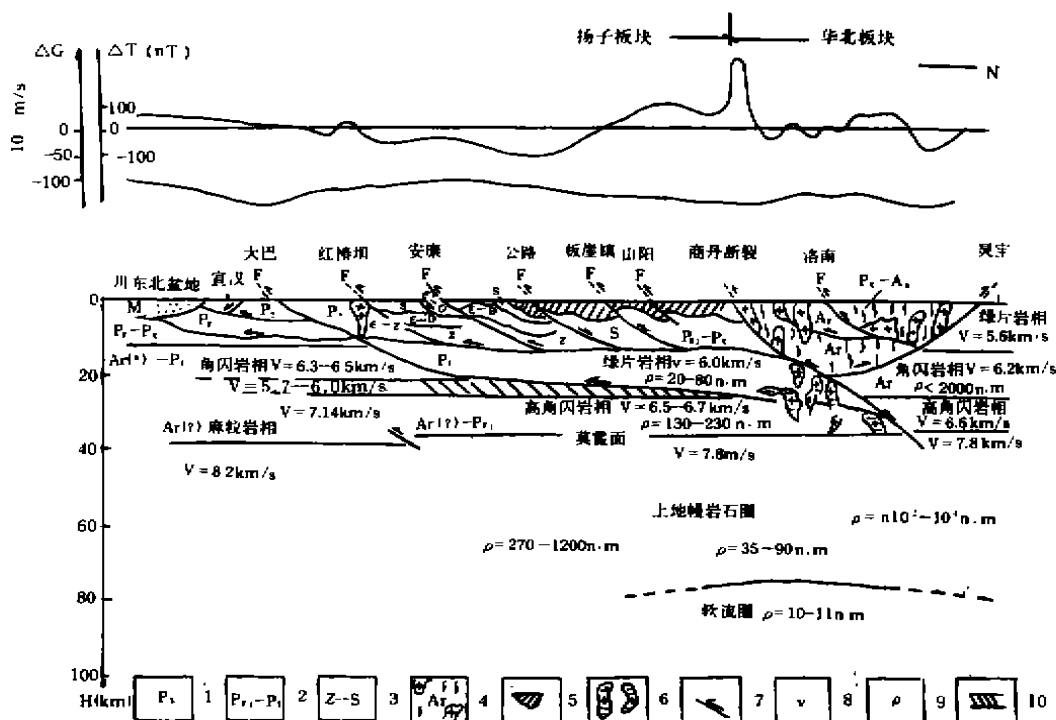


图2 扬子板块北缘秦巴地区地质—地球物理综合解释断面

Fig. 2 Fracture of cumulative explanation in geology and geophysics area of the north marginal in Yangtze plate

1、古生界 ( $V=5.2-5.7$  km/s); 2、早古生界—元古界 ( $V=6.0$  km/s); 3、早古生界 ( $V=5.7-5.76$  km/s,  $\rho=100-200 \Omega \cdot m$ ); 4、太古界 ( $V=6.2$  km/s,  $\rho=2000 \Omega \cdot m$ ); 5、泥盆系; 6、岩石破碎(高温)带; 7、主要冲断层; 8、波速; 9、电阻率; 10、壳内低速层

壳。据波速,可分出三层:绿片岩相层( $V=5.6$  km/s),角闪岩相层( $V=6.2$  km/s)和高角闪岩相层( $V=6.6$  km/s)。岩石圈地幔的侧向不均匀性也被大地电磁测深(MTS)所证实。商丹断裂带此侧岩石电阻率为 $n \times 10^2 - 10^3 \Omega \cdot m$ ,以南为 $270 - 1200 \Omega \cdot m$ ,断裂带对应的深部软流圈顶界微微上隆( $H=83$  km),其上部岩石圈地幔电阻率较低( $\rho=35 - 90 \Omega \cdot m$ ),且该断裂带根部近地幔深处存在因板块碰撞造陆作用后的“陆内挤压”引起扬子板缘下插于华北板块之下过程中岩不破碎(高温)而呈 $20 \Omega \cdot m$ 的低阻异常。商丹断裂以南醒目的壳内低阻层( $20 - 80 \Omega \cdot m$ )代表了前述组成扬子板缘中壳的绿片岩相层和壳内低速层(构造滑移层),其上覆边缘沉积盖层( $100 - 200 \Omega \cdot m$ ),下伏因软流层顶界上隆浅埋受高温影响的扬子板块基底边缘(角闪岩相下壳层)电阻率仅 $130 - 230 \Omega \cdot m$ 。断裂之北,具 $200 - 2000 \Omega \cdot m$ 的高阻块体代表了太古界华北板块基底岩石。

## 2.2 江南大别地区

该地区(江南隆起—鄂城拗陷—大别南缘)所作大地电磁测深<sup>[5]</sup>工作成果的综合解释推断如图3所示。大别地块(中元古界从华北板块基底中裂移离出来的碎块)与扬子板块深部地缝合带仍为襄樊—广济断裂,只是其在深部呈向北缓倾犁式形态。该断裂两侧因

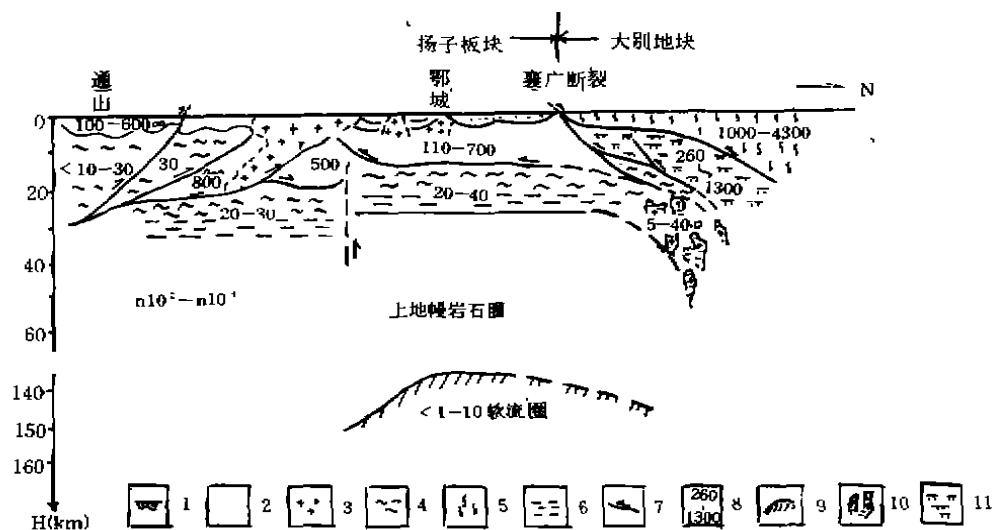


图3 扬子板块北缘江南大别地区地质—地球物理综合解释断面

Fig. 3 Fracture of cumulative explanation in geology and geophysics at Dabie area of the north marginal in Yangtze plate

- 1、第三纪—白垩纪; 2、中、古生界; 3、岩体; 4、元古界; 5、太古界; 6、构造糜棱岩层; 7、主要冲断层; 8、电阻率, 欧姆米; 9、软流圈顶界; 10、岩石破碎(高温)带; 11、古生界—元古界

深部地质组成不同而存在电性差异。北侧为华南大陆出露的最古老基底岩石(大别群)高阻块( $1000 - 4300 \Omega \cdot m$ )至少深达壳内 $18 - 20$  km。南侧则以相对年轻的扬子型元古界(层厚 $10$  km左右,电阻率小于 $50 \Omega \cdot m$ )和中古生界沉积层组成的电阻率平均小于 $1000 \Omega \cdot m$ ,厚约 $10 - 15$  km左右的电性层。高阻大别地块之下伏厚达 $10 - 15$  km相对低电阻( $260 - 1300 \Omega \cdot m$ )层体可能代表了扬子板块北部边缘地区和大别地块南缘元古界—古生界混合堆积物。襄樊—广济断裂深部(约 $20$ 千米以下)具向北俯冲形式特征的 $5 - 40 \Omega \cdot m$ 低阻异常代表了类似于秦巴地区陆—块碰撞后陆内俯冲作用下的岩石破碎高温带,其南侧呈

层状断折的电阻率同样为  $20-40 \Omega \cdot m$  的壳内低阻层体的下部(厚约 5 千米)是扬子板块与大别地块碰撞之后在扬子板缘壳层内部由于层滑运动产生的所谓构造糜棱岩带。上部则为扬子板块基底边缘(古生代盆地基底层)堆积物(厚约 10 千米的元古界地层)。岩石圈底界埋深在 160 km 到 130 km 里。扬子板块通山地区深部岩石圈地慢电性特征为  $n \times 10^2 - 10^3 \Omega \cdot m$ , 体现了相对高阻地慢岩块, 它可能是扬子板块主体川中古陆古老岩石圈边部在该地区的延伸。

### 3 扬子板块北缘古生代盆地

当今岩石圈结构与物质组成是反映了地史阶段中不同大地构造环境, 不同时代的陆(洋)岩石圈结构的组合与叠加的总效应。用现代勘探地球物理方法得到的深部地球物理信息去复原再造现已成为褶皱山系一部份的古生代盆地的可能性甚微。我们试以“研究古生代盆地必须研究古生代造山带”<sup>[11]</sup>为原则, 以深部地球物理资料, 地球化学研究成果和区域地质条件相结合, 探讨古生代盆地的成因与演化将成为可能。

地质与地球物理共同解释扬子板块成因于川中、鄂中、南黄海三个古微陆块及其周缘中元古界沉积楔(含岛弧火山岩系)大约在 10 亿年前后的晋宁“内硅铝造陆运动”<sup>[12]</sup>, 形成各向异性, 固结程度低的年轻板块, 并成为“古中国地台”<sup>[13]</sup>的一部份。青白口期, “古中国地台”处于全球引张构造背景之下发生解体, 扬子板块北缘古生代盆地开始在陆内裂谷基础上发展起来。

扬子板块北缘大片出露厚达万米的沉积盖层(青白口系—三叠系), 其中青白口系—早震旦为陆缘拉裂型堆积。图 2 和图 3 分别表现出在秦岭大巴地区仅早古生代地至今仍厚达 10 多千米, 江南大别地区中、古生界地层的叠合厚度也不过 10 km 左右, 就古生代地层而言, 现代仍体现为西厚东薄特征。经地质(含岩石学分析)地球物理综合解释, 扬子北缘(秦岭大巴和江南大别)在早古生代期间是分别具被动边缘和张裂边缘性质的盆地。

秦岭大巴地区的古生代盆地基底结构形态展布特征由图 2 表现为被动大陆边缘型。扬子板块基底为角闪岩—麻粒岩相, 扬子板块边缘基底为绿片岩相—高角闪岩相。其上覆数千米厚的早古生代沉积盖层从大巴断裂往北逐渐增厚可延伸到现代秦岭地区北倾“犁式”商丹断裂附近, 由此表现出较大的引张和边缘沉降特点。据地球化学研究成果<sup>[9]</sup>, 已鉴定出古秦岭洋向北单向俯冲消减, 在商丹断裂附近残留有加里东期引张型古洋壳。扬子板块与华北板块在拼贴后(可能是一种软碰撞型式)形成的加里东褶皱系成为现在商丹断裂以南大片出露晚古生代地层的物源区。地球物理探测揭示出(含地表地质推断)数千米厚的残留泥盆系地层在内的地壳层总厚度达 12 km(波速为 5.7—6.0 km/s)。我们认为该套泥盆系地层(图 2 中图例 5, 近地表阴影层)与更往南边出露的晚古生代地层是组成这个地区宽广的晚古生代前陆盆地的实体, 这与用地球化学方法鉴定出秦巴地区存在泥盆纪前陆盆地的认识<sup>[10]</sup>较为接近。它的形成是与当时早古代盆地处于薄弱的扬子板块基底边缘, 华北板块相对扬子板块的碰撞后仰冲加载, 使轻弱的岩石圈发生挠曲所致, 同时, 在扬子板块西缘, 古特提斯海的初始扩张也为其形成作出了一定的贡献。

大别地区南侧浠水、蕲春、宿松一带见有相当于青白口系(张八岭群)—震旦系底部

沉积建造为一套拉裂型构造环境下的陆内裂陷堆积<sup>①</sup>,上覆早古生界地层呈不整合披盖。这似乎表明,当秦岭大巴地区拗、拉成被动边缘海洋,江南大别地区仅表现为拗、拉成裂谷状态,持续引张并不显著。地球物理揭示的扬子板缘基底之上的中、古生界地层厚约 10 km,受扬子与大别两块体挤压后的扬子板缘和大别块体边缘堆积的元古界—古生界地层(部份紧压于古老大别群之下)厚 10—15 km,则表明该地区虽与秦岭大巴地区一样处于扬子板块北缘,但因早古生界本区段表现为陆内拉裂特征,晚古生界本区远离古特提斯海,受其扩张影响甚微,加之前述秦巴加里东褶皱山系形成可能为软拼贴,并未强烈波及本地区,而使它仅表现为在陆内裂谷基础上发展起来的陆内拗陷(陆表海盆),晚古生代地层与下覆层体呈不整合披盖接触。由此体现出江南大别地区古生界地层总厚度要薄于秦巴地区,它并不是一个沉降很深,沉积巨厚的实体。所以,我们认为,在整个古生代期间,大别地块与扬子板块之间拉距不大,始终具陆内拗,拉,拗盆地性质。

综上所述,可由图 4 概念性表达出来。

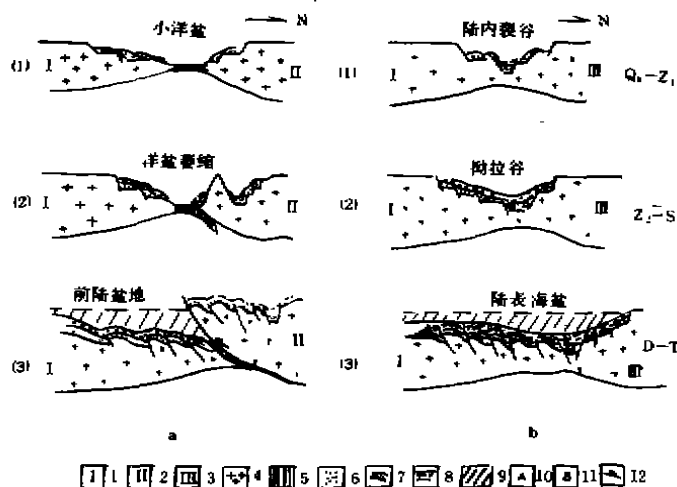


图 4 扬子板块北缘古生代盆地演化示意

Fig. 4 Evolution of Paleozoic basin in the north margin of Yangtze plate

- 1、年轻的扬子板块；2、古老的华北板块；3、古老的大别地块；4、陆壳；5、洋壳；6、边缘碎屑沉积；  
7、泥、页岩；8、浊流火山碎屑物；9、晚古生代堆积；10、秦岭大巴地区；11、江南大别地区；  
12、主逆冲推覆断层

扬子板块北缘自青白口期始以形成盆地以来,在空间上自东向西表现为陆内裂谷—被动边缘—小洋盆(图 4, A (1), B (1)),具明显的“拗、拉槽”特征。在时间上表现为青白口系—震旦系为拉裂,震旦纪—奥陶纪中期为强烈裂移期,以至在秦岭大巴地区拉出了初始洋盆,在江南大别地区为陆内裂谷。早古生代晚期,受加里东运动影响,秦岭大巴地区伴随洋盆向北萎缩而逐渐关闭,扬子板块与华北板块之间具再度联合趋势(图 4, A (2)),江南大别地区则表现由陆内的裂谷逐渐地转化成“拗拉谷”盆地(图 4, B (2))。在空间上自西向东表现出拗拉槽灭亡的特征。晚古生代,在扬子板块西缘出现了古特提斯海的扩张

① 丁道桂,等.地矿部 75—54—02—01—01—03 专题报告.1990.

迹象, 固结程度低的扬子板块北缘西段(秦巴地区)因此受到影响, 伴随着扬子板块北缘与华北板块的“加里东拼贴”后褶皱山系形成, 板缘岩石圈加载挠曲, 山系南侧出现了巨厚的前陆堆积(图 4A (3))。在扬子板块北缘中段(江南大别区)受古特提斯海扩张及扬子与大别(华北)之间板内岩石圈介质调整的双重影响较弱, 仅表现为构造沉降, 形成陆表海盆(图 4, B (3))。在空间上, 表现为中段江南大别区为浅海环境为主, 西段则以浅海—深海环境为主。

## 4 结 语

当今岩石圈结构反映了古生代期间岩石圈被“新全球构造运动”<sup>[11]</sup>以来的“变格”<sup>[11]</sup>后板内形变之结果。印支—燕山运动的兴起, 古特提斯海的关闭, 南北向挤压应力使得扬子板块与华北板块(大别地块)相向运动, 由此导致陆内俯冲(仰冲)及其伴生的层间折离(滑移), 扬子板块上覆古生代盆地的基底层块深深扎入华北板块(大别地块)之下。图 2, 3 人们展示出中新生代以来扬子板块北缘的板内形变式样是因古生代期间, 秦岭大巴地区和江南大别地区所处大地构造环境不同而表现出差异。秦巴地区为深、浅二套滑移系统(浅部,  $P_1P_2$  之间; 深部, 壳内低速层)控制下的由北往南, 由深到浅的板内形变; 江南大别地区表现为扬子板块边缘元古界地层内部层间拆离向北, 大别地块沿软弱的扬子板缘地带向南呈双向对冲板内形变。扬子板块北缘板内形变总效应由褶皱冲断堆覆山系来实现。

试以地球物理信息得到的大陆内部岩石圈结构(构造)状态与深部地质组成来探讨古生代盆地形成与演化是作者的尝试, 其中有不少问题尚需努力研究探讨, 望同行们批评指正。

致谢: 作者近年来开始研究岩石圈结构与盆地之间的关系, 工作过程中始终得到张渝昌教授悉心指导, 深表谢意。

## 参 考 文 献

- 1 黄汲清指导, 任纪舜, 等. 中国大地构造演化. 科学出版社, 1980.
- 2 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, 石油工业出版社, 1990.
- 3 蔡学林, 等. 武当山推覆构造模式. 成都地质学院院报, 1988, 57 (4).
- 4 蒋洪塔, 等. 十堰—洛阳大地电磁测深观测结果. 物探与化探, 1990, 14 (4).
- 5 蒋洪塔, 等. 湖北麻城—九宫山剖面深部地质特征初探, 1990, 14 (5).
- 6 朱夏. 关于中国大陆边缘构造演化、海洋地质与第四纪地质, 1987, 7 (3).
- 7 吴宗繁, 等. 冀东陆壳结构的岩石学模型. 地震地质, 1991, 13 (4).
- 8 朱夏. 活动论构造历史观. 石油实验地质, 1991, 13 (3).
- 9 高长林, 等. 东秦岭俯冲消减古洋壳的地球化学鉴定. 石油实验地质, 1990, 12 (2).
- 10 高长林, 等. 陕南东秦岭泥盆系前陆盆地的地球化学鉴定. 石油实验地质, 1991, 13 (4).
- 11 朱夏. 朱夏论中国含油气盆地构造. 石油工业出版社, 1986.
- 12 A. Kyöner, Tectonic evolution in the Achaean and Proterozoic, Tectonophysics, 187, 1991, 393—410.

## THE CRUST—MANTLE LITHOSPHERE STRUCTURE AND THE PALEOZOIC BASINS ON THE NORTHERN MARGIN OF YANGTZE PLATE

Fan Xiaolin, Lu Guoxin, Jiang Hongkan and Jiang Xinge

(Central Laboratory of Petroleum Geology, MGMR, Wuxi 214000)

### Abstract

Deep seismic sounding and magnetotelluric sounding data revealed the crustal—mantle lithosphere structure on the northern margin of Yangtze plate and provided deep geological evidence for analysis of formation and evolution of the Palaeozoic basins. In this paper, the relationship between deep geological structure of the Paleozoic basins and tectonic setting is discussed from the data of deep geophysical soundings. There were a basin of passive margin on the northern border of Yangtze Plate and a intracontinental rift basin in Qinglin—Daba and Jiangnan—Dabie regions during Early Palaeozoic. Then they become foreland basin and epicontinental sea basin, respectively, in Late Palaeozoic.

**Key words:** Northern margin, Yangtze plate, Lithosphere structure, Paleozoic basins