

东秦岭—大别造山带中新世代 盆地构造特征与形成机制

张 淼, 云金表

(中国石化 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要:东秦岭—大别造山带中新世代伸展—走滑关联断裂体系控制的中新生代盆地与大别地区变质核杂岩组成了完整的伸展拆离体系。盆地沿北西西与北东向基底断裂带分布特征、盆地沉降方向的转变过程以及与造山带北侧前陆盆地体系的时空分布关系, 均揭示盆地群的发育经历了造山挤压与区域伸展 2 个发育阶段。它与东秦岭—大别造山带由挤压到造山后伸展的演化过程具有同步特点。综合造山带深部地球物理特征、造山后期“气球膨胀式”花岗质杂岩的发育过程, 推断造山带上叠伸展盆地具有区域伸展与造山带深部调整双重体制动力。盆地群的形成是东秦岭—大别造山带陆内俯冲、松弛与区域伸展共同控制形成的产物。

关键词:伸展盆地; 前陆盆地; 造山松弛; 东秦岭—大别造山带

中图分类号: P542.2

文献标识码: A

Mechanics and evolution of Mesozoic and Cenozoic basins in the East Qinling–Dabie Orogenic Belt

Zhang Miao, Yun JinBiao

(SINOPEC Petroleum Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: In the East Qinling–Dabie Orogenic Belt, the Mesozoic and Cenozoic basins controlled by the Mesozoic and Cenozoic stretching and strike–slip faults formed a complete stretching and detachment system together with metamorphic core complexes in Dabie area. These basins have experienced two evolution stages including orogenic extrusion and regional extension in response to the NWW and NE oriented basement faults, the changes of basin subsidence direction, and the time–space relationship of foreland basins to the north of the orogenic belt, which is in accordance with the evolution history of the East Qinling–Dabie Orogenic Belt. The geophysical characteristics of deep formations in the orogenic belt and the generation of granite complex during the late stage of orogenic movement showed that the basins in the orogenic belt were controlled by regional extension and deep adjustment. The basins were formed due to the subduction and relaxation of the East Qinling–Dabie Orogenic Belt and regional extension.

Key words: extensional basin; foreland basin; orogenic relaxation; East Qinling–Dabie Orogenic Belt

1 区域构造背景

1.1 区域大地构造特征

东秦岭—大别造山带是华北板块、扬子板块的缝合带, 是古生代—中晚三叠世洋陆俯冲碰撞造山过程的产物。晚中生代以来, 经历了伸展作用改造过程(图 1)^[1-4]。

造山带以商丹断裂系为界, 北部至鲁山断裂系属于华北板块南缘增生带, 南缘到勉襄断裂系属于扬子板块北缘增生带。两大板块及其之间的地体构造在中晚三叠世最终碰撞形成了现今造山带的

基本格架^[5-6]。东秦岭—大别造山带发育一系列与郟庐断裂平行的北北东向断裂, 如方城—南阳、栗园—泌阳、唐河—南阳、桐柏等断裂^[7]。它们将造山带分为不同的段落, 其中栗园—泌阳、方城—南阳断裂将东秦岭造山带分为 3 段, 自西向东分别是东秦岭南襄盆地、桐柏、大别山。3 段地质特征明显不同, 西段前中晚三叠世深部造山根带与中浅层次的岩石出露齐全; 中段主要为晚白垩世—新生代地层组成的盆地覆盖区, 尽管盆地总体为南北走向, 但一级构造为北西西走向, 二级构造受北北东向断裂的控制, 表现出既受北西西向、又受北北东

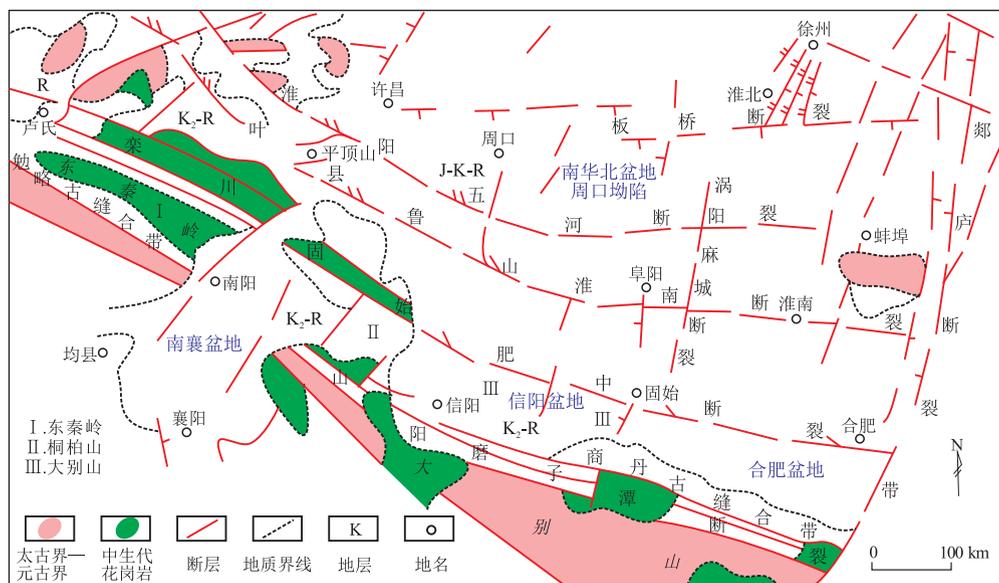


图 1 东秦岭—大别山造山带及其相关盆地分布

Fig.1 East Qinling-Dabie Orogenic Belt and its associated basins

向断裂控制的特点;东段则广泛出露由造山带根部中深层次变质岩石组成的逆冲推覆体^[8],又称淮阳地盾^[9]。中生代沉积也明显具有 3 段沉积特征,西段仅有零星发育的新生代沉积地层,形成类似走向北西西向的淅川、西峡等山间盆地;中段为东西向、南北向断裂共同控制的断陷盆地,如南襄盆地的泌阳凹陷、南阳凹陷、桐柏盆地、南华北盆地的周口拗陷;东段(信阳—大悟断裂以东)南侧为向北逆冲的大别山逆冲推覆体,北侧为信阳盆地、合肥盆地。上述盆地中生代具有前陆盆地性质,晚白垩世—古近纪时期逐渐转化为伸展型盆地^[10-11]。

1.2 深部构造特征

秦岭—大别山既是扬子与华北板块的地质分界线,也是地球物理场的明显分界线。地表地质与深部地球物理资料表明,东秦岭—大别造山带现今地壳为东西向狭长分布、不对称扇状反向多层次逆冲推覆构造叠置的复合型造山带^[1,9,12]。然而东秦岭深层反射地震表明,岩石圈具有明显的三分性,上地壳(0~20 km)以古东西向构造为主,经中部(20~80 km)水平流变过渡层到深部(50~80 km)为新的南北向结构与状态,构成岩石圈上、下部结构近于正交或斜交关系,呈现为非耦合的层圈结构关系^[1,9],即“立交桥”式三维岩石圈结构框架^[2,7]。不过深反射剖面上现今莫霍面(或岩石圈底面)仍与造山带平行,且具有起伏变化,反映了先期东西向构造在中新生代北北东向深部动力学调整过程中逐步改造和调整适应的特征^[13-14]。综合区域地质特征,造山带是经古生代—中晚三叠世洋陆俯冲

碰撞形成的,又经历了中生代板内俯冲岩石圈增厚过程,晚白垩世—古近纪造山带发生了不均匀“去根揭顶”作用,从而导致地壳减薄。

2 南襄及邻区盆岭区伸展盆—岭构造特征

泌阳凹陷、桐柏和信阳盆地控盆边缘断裂体系与桐柏—大别地区广泛出露的深层次变质岩组成了晚中生代—早新生代伸展盆岭构造系统^[3]。

2.1 晚中生代—早新生代走滑—伸展关联断层体系

泌阳、南阳凹陷和桐柏断陷古近系地层沉积时期皆由走滑—伸展关联断层体系控制。盆地沿区域性基底断裂东西展布,被北北东向断裂限制,近于直交的北西西向伸展断层与北北东向走滑断层组成同沉积走滑—伸展关联断层体系,二者两面控制形成了一系列扇形、菱形断陷盆地(图 2)。以泌阳凹陷为例,东面是栗园—泌阳断层,南缘是唐河—栗园断层,二者在交会处共有相同的拆离面。据地震与钻井资料研究,北西西—南东东向基底断裂为主干断层的断裂体系,控制了南缘断裂系统,晚期主干断层上盘局部有反转,局部被近南北向断层错开。

该断裂系统在古近系核桃园组二段以下,主要由同沉积边界主干断层、次级同向断层以及由它们导致的旋转断块组成。南缘赵凹—安棚、双河、井楼鼻状构造的右行雁列排列及其边界断层走向的变化,反映断裂系统主干断层具有右旋张扭特征。其次,地震解释发现南缘主干断层下降盘上发育一系列近南北向的断层,它们控制了鼻状构造与其间

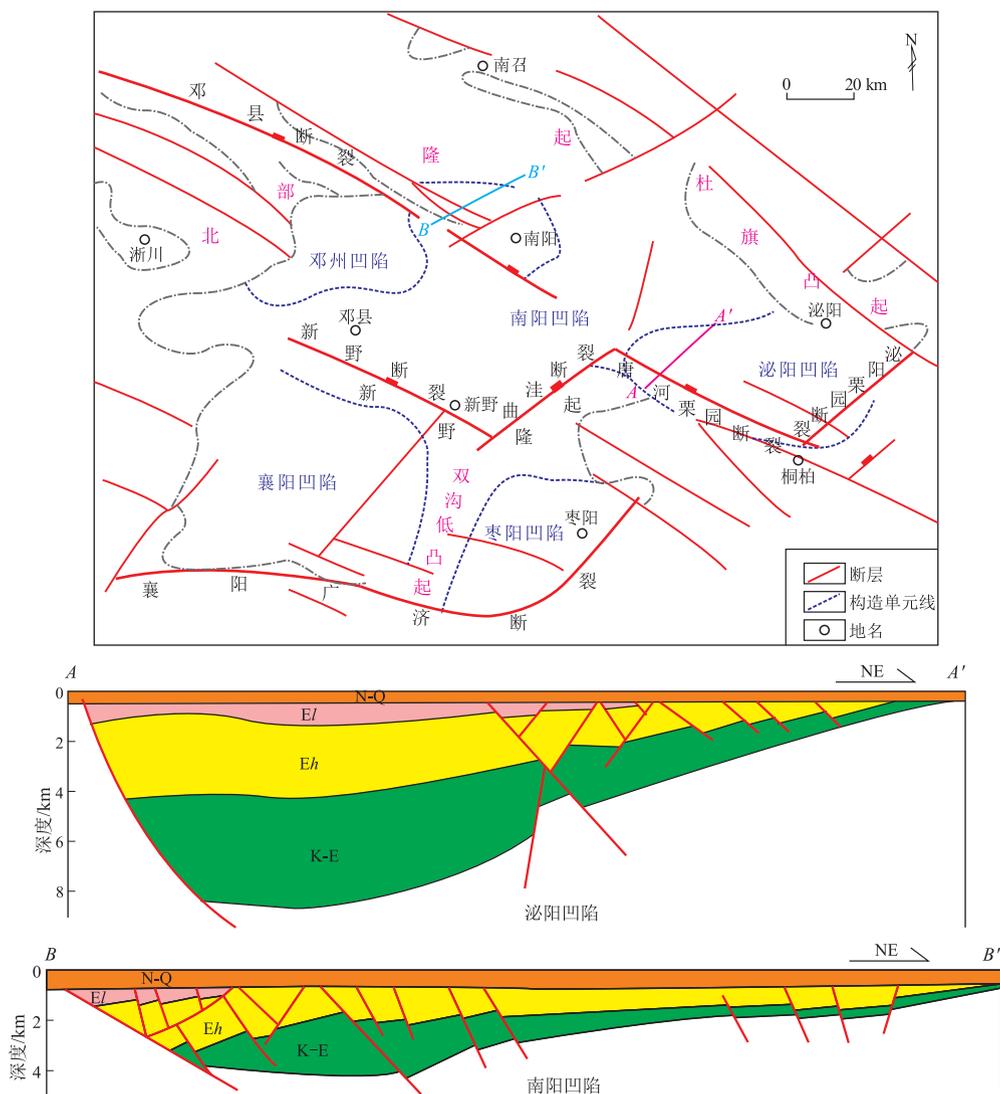


图2 东秦岭造山带上叠盆地与基底(关联)断层的关系

Fig.2 Relationship between superimposed basins above the East Qinling Orogenic Belt and basement faults

的低洼区,构成了拉张伸展构造的调节断层。南缘断裂系统在核桃园组二段以上,个别地方表现为逆断层(井楼地区反转构造较为清楚)。同样个别次级断层也表现为逆断层,如控制南缘鼻状构造南侧断层在安棚南表现为逆断层。

东缘断裂是由北北东向和北西西向盆缘断裂和少量反向同沉积断层组成的断裂体系,以前者为主,在盆地发育过程中几乎始终是盆地的东部边界,控制着盆地地层的发育与沉降格局。北北东向晚期主要表现为走滑扭动特征,形成了下二门、梨树凹和栗园地区剖面正花状构造、半花状构造。据沉积沉降史分析,断层对早期玉皇顶—大仓房组地层的控制不很明显,自核桃园组沉积开始,东缘断裂的控制逐渐加强,与南缘断裂共同构成走滑伸展关联断层体系,与此同时,沉降中心逐渐东移,反映出东缘断裂由早期以走滑为主,逐渐向以倾滑为主

转化的过程(图3)。

2.2 纵向拆离变形系统

研究区南阳、泌阳凹陷和桐柏断陷盆地及其控凹边界断层和上升盘山岭区构成了完整的地壳拆离伸展变形系统。由地震资料可知,控制南阳、泌阳凹陷和桐柏断陷的南缘断层,即唐河—栗园断裂,不仅是一条控制盆地形成的同沉积生长正断层,致使近断层一侧地层厚度较大,远离断层沉积地层厚度明显变薄,形成明显的不对称地堑结构;同时断裂带倾角上陡下缓,至盆地中部逐渐变缓与拆离带相接,组成典型的犁式结构,上盘地层在逆牵作用下发生不断回倾,出现了滚动背斜特征,形成了赵凹—安棚、双河、井楼等鼻状构造,在此背景上形成了以岩性尖灭为主的油气藏。断裂带的扩张出现了边界断层的阶梯状构造,形成了断陷边缘潜山披覆构造带,它很可能是未来油气勘探的重要目标。

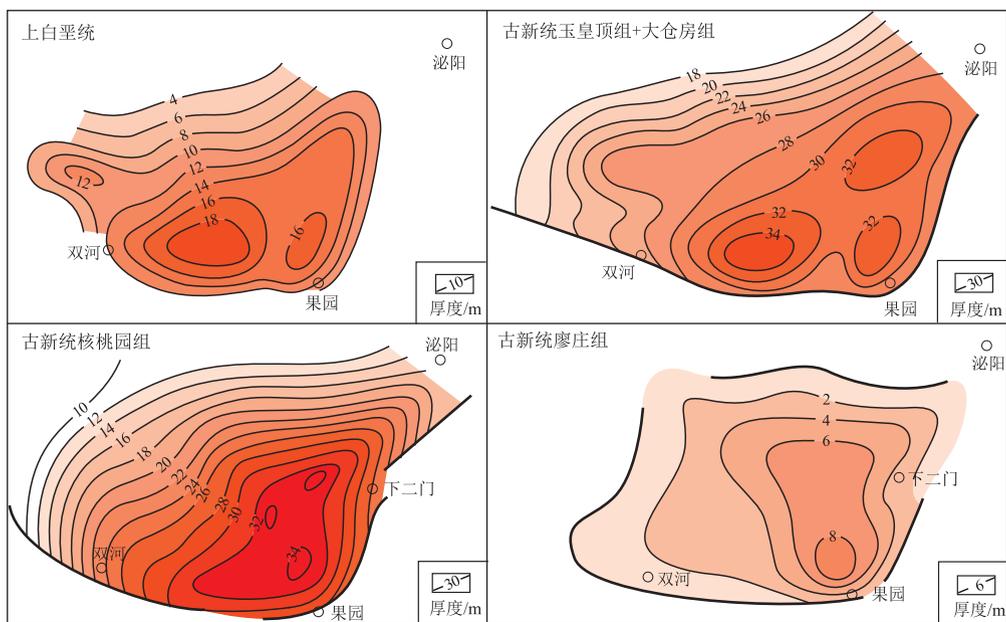


图 3 南襄盆地泌阳凹陷不同时期地层等厚图

Fig.3 Stratigraphic isopach during different periods of the Biyang Sag, Nanxiang Basin

桐柏山中变质核杂岩见于桐柏县西彭家寨背斜区,其核部为麻粒岩相变质岩,南北宽 3~5 km,东西长约 20 km,周围由古生代浅变质岩系包围。浅变质岩系中普遍发育平行分布的糜棱岩,在空间上构成低倾角近于面状分布的韧性剪切带。与此相伴生的还有大量燕山期花岗岩侵入,如桐柏花岗岩杂岩体就是一个 2 期 4 次侵入形成的同源杂岩体 (161 Ma, 126~116 Ma)。岩体边部发育片麻理,且其走向和围岩包体走向与区域构造走向一致。

3 东秦岭—大别北缘中生代构造特征

3.1 信阳盆地与合肥盆地构造特征与演化

信阳盆地是位于大别山北缘山前上叠于造山带上的中生代沉积盆地,向东与合肥盆地相连。信阳盆地基底由前中侏罗统变质岩组成,中生代沉积地层由中侏罗统朱集组(厚 1 393~2 200 m)、上侏罗统段集组(厚 1 448~2 803 m)和金刚台组(厚 2 583~5 239 m)、下白垩统陈棚组(厚 306~1 200 m)红色砾岩、火山碎屑岩、中酸性火山岩,上白垩统周家湾组(厚 252~1 366 m)红色、紫色砂砾岩,古近系李庄组(厚 2 202 m)河—湖相棕红色砂泥岩组成,新近系尹庄组(0~600 m)杂色黏土层夹粉细砂岩。其中,上侏罗统、下白垩统、古近系与下伏地层之间为不整合接触。由地层组成物质与分布可以看出,中侏罗世—早白垩世地层沉积时期,盆地明显具有前陆性质。合肥盆地是与信阳盆地具有相似构造位置和地层沉积、构造特征的坳陷。多

年的研究证明,合肥盆地的形成演化与大别造山带密切相关。侏罗纪时期,大别山北麓断裂系直接控制合肥盆地的沉积边界,白垩纪开始与板块俯冲消减作用有关的基性侵入岩和岩脉扩大到整个大别山北部和合肥盆地,此时大别山继续隆起,导致盆地沉降中心向北迁移,向北地层变薄超覆。新近纪以后,大别山北麓断裂系的走滑挤压活动形成盆地中的反转构造,大量中生界地层卷入了造山带,它与向北逆冲的大别造山带构成盆山藕合关系^[10-11]。

3.2 周口坳陷构造特征与演化

周口坳陷是位于豫南北秦岭—大别造山带北侧华北板块之上的中生代沉积区。坳陷的基底由中新元古代变质岩和古生代地台型沉积地层组成。中生界上侏罗统—下白垩统内陆河—湖相地层靠造山带明显增厚,中北部主要以箕状断陷形式分布,形成南部挤压造山和地壳挠曲沉降^[11]、中北部地壳拉张断陷的变形格局。晚白垩世—早古近纪是周口坳陷伸展扩展的主要时期,逐渐形成了以内陆河流—湖泊沉积为主的 16 个次级断陷。新近纪以来,坳陷进入了萎缩沉降阶段,形成了大面积分布的平原河流相沉积。故周口坳陷具有“下断上坳”结构。

综合盆—山地质特征可以看出,周口坳陷早期发育与燕山期造山活动相对应,以挤压造山和岩石圈挠曲沉降为主,前陆盆地发育期从晚白垩世后造山带经历了应力松弛缓慢抬升的调整过渡,自第三纪进入差异隆升和拉张断陷—坳陷发展阶段。

4 造山带相关沉积盆地形成机制探讨

综合中生代沉积盆地发育期次、构造特征、分布规律、盆地性质及其转变过程,结合区域地质特征及其演化、深部地质地球物理场特征,可将东秦岭—大别造山带地区中生代盆地演化,大体分为华北板块陆内俯冲挤压和造山后松弛2个发育阶段。前一个阶段是造山带北缘前陆盆地发育的主要时期,后一个时期则是伸展盆地(走滑—伸展盆地)形成的主要时期。这一过程与秦岭—大别造山带以及华北板块区地壳的演化密切相关,前一个时期与造山带和华北板块挤压导致岩石圈加厚有关,也是北北东向基底断裂形成的主要时期,同时为造山带崩塌准备了前提。进入古近纪时期,开始区域伸展,首先为南北向伸展,逐渐转化为东西向伸展,逐渐有取代南北拉张的趋势。总之,东秦岭—大别造山带相关沉积盆地的形成是东秦岭—大别造山带在东西向拉张应力场下进一步演化的结果。即中三叠世后,东秦岭—大别造山带进入了陆内造山阶段,造山带由中心分别向华北、扬子板块俯冲,从而导致了造山带前缘周口坳陷、合肥盆地的前陆盆地的发育。同时产生了与郯庐断裂带同向的北北东向基底断裂。自晚白垩世开始,整个中国东部进入东西向的伸展环境,然而由于原有构造体制的影响,开始时期造山带及其相邻地区仍表现出造山带的南北松弛特点^[15],形成南北拉张的构造体制和由北西西向伸展断层、北北东向断层共同组成的走滑—伸展关联断层体系^[16-17]。随着深部东西拉张体制向上影响的加强,北北东向走滑断层也逐渐转化成了伸展断层,从而出现了造山带进一步分段和盆地(坳陷)分块以及扇形断陷的形成。由此可见,东秦岭—大别造山带北侧主要为前陆盆地与伸展盆地的叠合盆地,造山带上叠盆地主要为重力伸展盆地(图4)。

东秦岭—大别造山带不仅是一个发育于中三叠世以前的造山带,造山带及其前缘地区也是众多中、新生代沉积盆地发育的地区,包括上叠造山带的南襄盆地(或南襄断陷区)、信阳、板桥、桐柏、留

山、任店和石碛河盆地等一系列中生代小型伸展断陷盆地,以及造山带北侧的周口断陷区(或周口坳陷)和合肥盆地。这些盆地的特征及其时空分布与造山带的演化有着密切的关系,反映了造山带由中生代早期挤压造山到晚中生代以来的伸展过程。

参考文献:

- [1] 袁学诚. 秦岭造山带地壳构造与楔入成山[J]. 地质学报, 1997, 71(3): 227-235.
Yuan Xuecheng. The crustal structure of the Qinling Orogen and wedging mountain building [J]. Acta Geologica Sinica, 1997, 71(3): 227-235.
- [2] 任纪舜, 陈廷愚, 牛宝贵, 等. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 1-205.
Ren Jishun, Chen Tingyu, Niu Baogui, et al. Tectonic evolution and mineralization of the lithosphere in eastern China and adjacent areas [M]. Beijing: Science Press, 1990: 1-205.
- [3] 许志琴, 卢一伦, 汤耀庆, 等. 东秦岭复合山链的形成: 变形、演化及其板块动力学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1988: 1-193.
Xu Zhiqin, Lu Yilun, Tang Yaoqing, et al. The formation of the East Qinling Composite Mountain Chain: Deformation, evolution and plate dynamics [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1988: 1-193.
- [4] 黄汲清. 中国地质构造基本特征的初步总结[J]. 地质学报, 1960, 40(1): 1-37.
Huang Jiqing. Preliminary summary of geological structure characteristics in China [J]. Acta Geologica Sinica, 1960, 40(1): 1-37.
- [5] 张国伟, 郭安林, 董云鹏, 等. 大陆地质与大陆构造和大陆动力学[J]. 地学前缘, 2011, 18(3): 1-12.
Zhang Guowei, Guo Anlin, Dong Yunpeng, et al. Continental geology, tectonics and dynamics [J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(3): 1-12.
- [6] 张国伟, 董云鹏, 赖绍聪, 等. 秦岭—大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带[J]. 中国科学: D 辑: 地球科学, 2003, 33(12): 1121-1135.
Zhang Guowei, Dong Yunpeng, Lai Shaocong, et al. Mianlüe Tectonic Zone and Mianlüe Suture Zone on southern margin of Qinling-Dabie Orogenic Belt [J]. Science in China: Series D: Geosciences, 2004, 47(4): 300-316.
- [7] 张国伟, 孟庆任, 于在平, 等. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征[J]. 中国科学: D 辑: 地球科学, 1996, 26(3): 193-200.
Zhang Guowei, Meng Qingren, Yu Zaiping, et al. Orogenesis and dynamics of the Qinling Orogen [J]. Science in China: Series D: Geosciences, 1996, 39(3): 225-234.
- [8] 郭华, 吴正文, 柴育成, 等. 大别山造山带中生代逆冲推覆构造系统[J]. 现代地质, 2002, 16(2): 121-129.
Guo Hua, Wu Zhengwen, Chai Yucheng, et al. Mesozoic overthrust-nappe tectonic system in the Dabieshan Orogenic Belt [J]. Geoscience, 2002, 16(2): 121-129.
- [9] 袁学诚, 任纪舜, 徐明才, 等. 东秦岭邓县—南漳反射地震剖面及其构造意义[J]. 中国地质, 2002, 29(1): 14-18.

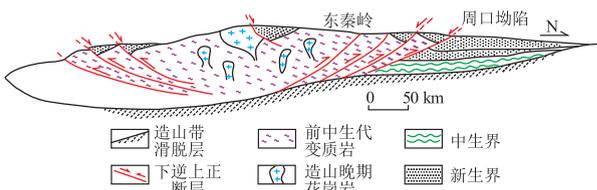


图4 东秦岭造山带与盆地形成演化关系

Fig.4 East Qinling Orogenic Belt and basin evolution

Yuan Xuecheng, Ren Jishun, Xu Mingcai, et al. Reflection seismic profile from Dengxian to Nanzhang, eastern Qinling, and its tectonic implication[J]. *Geology in China*, 2002, 29(1): 14-18.

[10] 宋明水, 江来利, 李学田, 等. 大别山造山带对合肥盆地的构造控制[J]. *石油实验地质*, 2002, 24(3): 209-215.

Song Mingshui, Jiang Laili, Li Xuettian, et al. Tectonic control of the Dabieshan orogenic belt over the Hefei Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2002, 24(3): 209-215.

[11] 熊保贤, 刘和甫. 南华北盆地与东秦岭—大别造山带的耦合关系[J]. *地质前缘*, 2000, 7(3): 152.

Xiong Baoxian, Liu Hepu. Coupling relationship between the Southern East China Basin and the East Qinling-Dabie Orogen[J]. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(3): 152.

[12] 袁学诚, 徐明才, 唐文榜, 等. 东秦岭陆壳反射地震剖面[J]. *地球物理学报*, 1994, 37(6): 749-758.

Yuan Xuecheng, Xu Mingcai, Tang Wenbang, et al. Eastern Qinling seismic reflection profiling[J]. *Acta Geophysica Sinica*, 1994, 37(6): 749-758.

[13] 徐明才, 高景华, 刘建勋. 东秦岭深地震剖面上莫霍基本特征的研究[J]. *地质与勘探*, 2000, 36(1): 40-43.

Xu Mingcai, Gao Jinghua, Liu Jianxun. Research of Moho basic features on eastern Qinling deep seismic profile[J]. *Geology and Prospecting*, 2000, 36(1): 40-43.

[14] Mooney W D, Meissner R. Multi-genetic origin of crustal reflection

seismicity: A review of seismic reflection profiling of the Continental Lower Crust and Moho[M]//Fountain D M, Aroulus R, Kay R W. *Continental Lower Crust*. Amsterdam: Elsevier, 1992: 45-79.

[15] 但卫, 杨坤光, 马昌前. 东大别罗田地区纵弯式褶皱及其地质意义[J]. *大地构造与成矿学*, 2006, 30(4): 422-429.

Dan Wei, Yang Kunguang, Ma Changqian. The buckling fold and its geological significance in Luotian area of Eastern Dabie Mountains[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2006, 30(4): 422-429.

[16] 王勇生, 盛勇, 向必伟, 等. 北淮阳浅变质岩带卢镇关群变质压力及其对大别造山带演化的指示[J]. *地质论评*, 2012, 58(5): 865-872.

Wang Yongsheng, Sheng Yong, Xiang Biwei, et al. Metamorphic pressure of the Luzhenguan Group in the North Huaiyang low-grade metamorphic belt and its indication for evolution of the Dabie Mountains[J]. *Geological Review*, 2012, 58(5): 865-872.

[17] 王勇生, 朱光, 王道轩, 等. 大别山东缘郟庐两期走滑剪切带形成的温压条件与造山带折返的关系[J]. *大地构造与成矿学*, 2004, 28(3): 228-238.

Wang Yongsheng, Zhu Guang, Wang Daoxuan, et al. Relation between P-T conditions of two phases of Tanlu strike-slip shear zones and delamination of the orogenic belts on the eastern margin of the Dabie Mountains[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2004, 28(3): 228-238.

(编辑 韩 彧)

(上接第 182 页)

[12] 侯杰杰, 包书景, 毛小平, 等. 页岩气资源潜力评价的几个关键问题讨论[J]. *地球科学与环境学报*, 2012, 34(3): 7-16.

Hou Dujie, Bao Shujing, Mao Xiaoping, et al. Discussion on the key issues of resource potential evaluation for shale gas[J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2012, 34(3): 7-16.

[13] 郝运轻, 谢忠怀, 周自立, 等. 非常规油气勘探领域泥页岩综合分类命名方案探讨[J]. *油气地质与采收率*, 2012, 19(6): 16-19, 24.

Hao Yunqing, Xie Zhonghuai, Zhou Zili, et al. Discussion on the comprehensive classification of shale in unconventional oil and gas exploration area[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2012, 19(6): 16-19, 24.

[14] 涂乙, 邹海燕, 孟海平, 等. 页岩气评价标准与储层分类[J]. *石油与天然气地质*, 2014, 35(1): 153-158.

Tu Yi, Zou Haiyan, Meng Haiping, et al. Evaluation criteria and classification of shale gas reservoirs[J]. *Oil & Gas Geology*, 2014, 35(1): 153-158.

[15] 邵龙义, 李猛, 李永红, 等. 柴达木盆地北缘侏罗系页岩气地质特征及控制因素[J]. *地质前缘*, 2014, 21(4): 311-322.

Shao Longyi, Li Meng, Li Yonghong, et al. Geological characteristics and controlling factors of shale gas in the Jurassic of the northern Qaidam Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2014, 21(4): 311-322.

[16] 朱彤, 曹艳, 张快. 美国典型页岩气藏类型及勘探开发启示[J]. *石油实验地质*, 2014, 36(6): 718-724.

Zhu Tong, Cao Yan, Zhang Kuai. Typical shale gas reservoirs in USA and enlightenment to exploration and development[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2014, 36(6): 718-724.

(编辑 徐文明)