

文章编号: 1001- 6112(2006)01- 0001- 07

南华北中生代火山岩与前渊盆地

黄泽光^{1,2}, 高长林²

(1. 同济大学 海洋地质与地球科学学院, 上海 200092;

2. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要: 运用地球化学理论和方法对南华北中生代火山岩研究后得知: 火山岩的岩石类型为安山玄武岩、安山岩、英安岩、流纹岩类, 为碱钙性和碱性, 高钾, 稀土总量高, 富轻稀土; 火山岩的形成构造环境既不是板块俯冲碰撞, 也不是裂谷作用; 火山岩形成于板块俯冲碰撞期后, 与地幔柱活动有关; 在白垩纪, 合肥盆地和周口盆地的形成大地构造环境应是与岩石圈的热伸展有关。构造格局由地幔柱活动—伸展热隆作用(140~ 85 Ma)所主导, 空间上各单元组成热隆核—剥离断裂带—下滑系统配置样式, 盆地形成于下滑系统, 盆地类型为前渊盆地。

关键词: 地球化学; 地幔柱; 火山岩; 前渊盆地; 大别山; 南华北

中图分类号: TE121. 1

文献标识码: A

南华北白垩系地层分布较广, 然而对该期盆地特征还存在多种认识, 主要有: 断陷盆地^[1,2]、伸展盆地^[3]、前陆盆地^[4]和残留盆地^[5]。孙肇才在研究南华北油气勘探中的几个区域地质背景问题时提出: “已知 J_3-K_1 (以 K_1 为主, 同位素年龄值 140~ 100 Ma 左右) 的火山岩, 主要分布在肥中—固始—确山以南特别是集中在舒城—信阳以南的狭义的北淮阳或北大别地区。具体到合肥和周口 2 个盆地, J_3-K_1 而以 K_1 为主的火山岩, 主要分布在合肥盆地南部的舒城坳陷以及周口盆地平舆隆起以南的当地称张桥断裂(确山—固始—肥中断裂带的组成)带中。假如我们把 K_1 的谭庄—沈丘‘凹陷’看成是前陆盆地, 这些分布在谭庄—沈丘凹陷以南, 即主要分布在周口盆地南部凹陷带中(以汝南凹陷为主)显然与张桥断层有关的 J_3-K_1 火山岩, 岂不与前陆的压性冲断发生矛盾, 如果是这样, 周口与合肥 J_3-K_1 时期大别山北侧的平面应力场如何解释?”^[4,6]

1 火山岩带地质特征

在南华北南部, 沿大别造山带北部的河南信阳—罗山—光山—商城和安徽金寨—霍山—舒城—一线分布有一套中生代火山岩, 位于华北陆块与大别地块的接合部位, 其分布范围与地质上习称的北淮阳构造带相吻合。火山岩呈 EW 向带状断续沿信阳—舒城断裂和桐柏—磨石潭断裂分布, 向东覆于郟庐断裂之上, 与庐枞盆地依稀相连, 整个火山岩带长 300 km 左右, 宽约 10~ 15 km(图 1)^[7]。

自信阳向东, 按火山活动类型及火山构造本身的特点, 在该火山岩带内自西向东可依次划分出信阳盆地、石山口盆地、浚河盆地、金寨火山隆起构造、霍山—舒城盆地和晓天盆地等几个次级构造单元。其中 NE 向的商(城)—麻(城)断裂和郟庐断裂与区域 NW 向断裂交会部位的金寨和舒城地区形成 2 个火山—侵入活动中心, 并以金寨火山隆起构造为中心, 东、西两段的火山活动及物质成分有一定的差异, 但火山活动的时代基本一致, 主要为晚侏罗世—早白垩世。可将火山岩划分为 2 个独立的火山活动旋回(表 1)。第一火山旋回形成一套高钾钙碱系列火山岩, 且主要分布于商城—麻城断裂以东地区; 第二旋回形成的火山岩见于各火山构造单元中, 在东段主要为钾玄岩系列火山岩, 而西段下部有少量钾玄岩系列中的粗面粒玄岩, 向上部则出现高水平钾钙碱性系列的高钾英安岩、流纹岩。在区内各火山构造单元中, 火山岩普遍以超覆不整合或断裂接触方式覆于不同时代的基底岩石之上。在信阳—舒城断裂以北的金寨地区可见火山岩覆于中侏罗世红色磨拉石沉积岩之上^[7]。

北淮阳中生代火山岩岩石类型发育齐全, 主要有熔岩类、火山碎屑岩类、火山碎屑沉积岩类及潜火山岩类, 以熔岩类、火山碎屑岩类为主。熔岩类火山岩在全区分布广泛, 包括安山质、粗安质、粗面质、英安质、流纹质、玄武质熔岩。火山碎屑岩有: 火山角砾岩、角砾熔岩、熔角砾岩、角砾凝灰岩、凝灰岩和熔结凝灰岩等^[6-10]。

收稿日期: 2005- 11- 01。

作者简介: 黄泽光(1965—), 男(汉族), 湖南湘潭人, 博士后、高级工程师, 主要从事石油地质研究。

基金项目: 中国石化科技开发项目(P02071)。

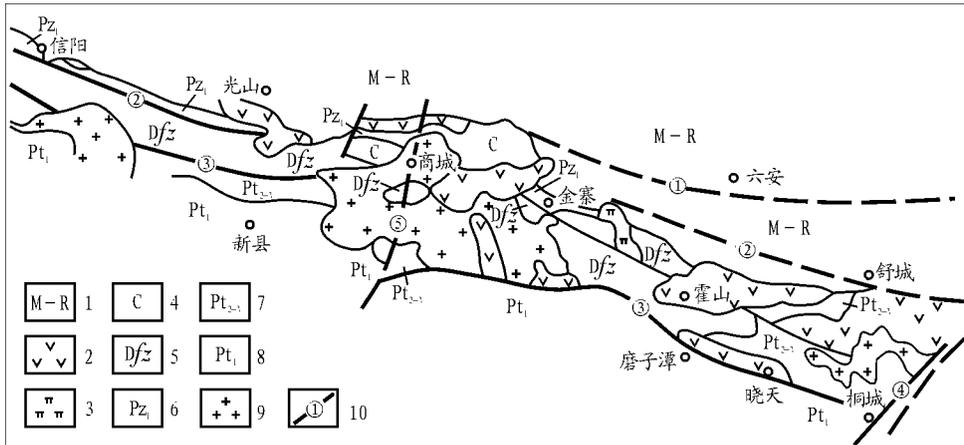


图 1 大别造山带北缘中生代火山岩分布

- 1. 中—新生界; 2. 中生代火山岩(HKCA, SHO 未分); 3. 中生代偏碱性火山岩(SHO); 4. 石炭系杨山群;
- 5. 泥盆系佛子岭群; 6. 下古生界(梅山群); 7. 中—新元古界卢镇关杂岩; 8. 元古界大别杂岩; 9. 中生代花岗岩;
- 10. 断裂和编号: 六安断裂; 信阳—舒城断裂; 桐柏—磨子潭断裂; 郟庐断裂; 商城—麻城断裂

Fig. 1 Distribution of volcanic rocks in the northern Dabie orogenic belt during Mesozoic

表 1 大别造山带北部中生代火山岩旋回划分

Table 1 Cycles of volcanic rocks in the northern Dabie orogenic belt during Mesozoic

时代	信阳—商城地区				金寨地区				霍山—舒城地区				晓天地区			
	旋回	地层	年龄/Ma	岩性	旋回	地层	年龄/Ma	岩性	旋回	地层	年龄/Ma	岩性	旋回	地层	年龄/Ma	岩性
K ₁		上天梯组	115 ~ 97	珍珠岩、沸石岩、流纹岩、流纹质碎屑岩	陈棚组		124 ~ 97	流纹岩、英安质、粗安质熔岩及其碎屑岩, 以碎屑岩为主	响洪甸组		126 ~ 121	上部: 粗面质、碱玄质、白榴石响岩质熔岩及碎屑岩; 下部: 白榴石玄武岩、碧玄岩	望母山组		124 ~ 90	粗面质熔岩及碎屑岩
		陈棚组		流纹质、英安质、粗面质熔岩及碎屑岩												
J ₃					段集组			凝灰质砂砾岩		白云庵组		粗面质、英安质、流纹质熔岩及碎屑岩	黑石渡组			凝灰质砂砾岩
					金刚台组			上部: 粗面质、粗安质、流纹质熔岩及碎屑岩; 下部: 流纹质、粗安质、安山质熔岩及碎屑岩		黄石滩组	152 ~ 137	粗安质、安山质熔岩及碎屑岩	毛坦厂组			上部: 粗安质熔岩及碎屑岩; 下部: 安山质熔岩及碎屑岩

2 火山岩地球化学特征及构造环境

2.1 主量元素地球化学特征

根据大别造山带北缘中生代火山岩主量元素成分算得, 大别造山带北缘火山岩的钙指数(CA)为 54, 属碱钙性。由里特曼(Rittmann)组合指数 ρ 和 σ 直方图明显可见, 本区火山岩主要为碱钙性, 部分

为碱性和钙碱性(图 2, 3), 总体上应为碱钙性^[11-13]。

2.2 稀土元素地球化学特征

大别造山带北缘火山岩稀土元素数据表明, $w(REE) = (208.45 \sim 445.00) \times 10^{-6}$, $w(LREE)/w(HREE) = 12.17 \sim 15.15$ 。在稀土配分曲线中(图4), 轻稀土呈陡倾的曲线, 重稀土曲线平坦, 表

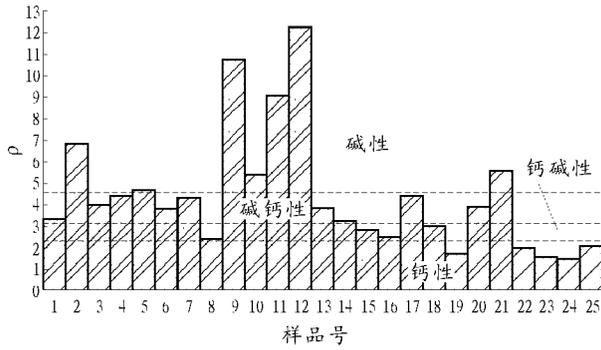


图 2 大别山北缘火山岩里特曼组合指数 ρ 直方图^[13]

Fig. 2 Diagram of the Rittmann ρ in volcanic rock in the northern Dabie orogenic belt

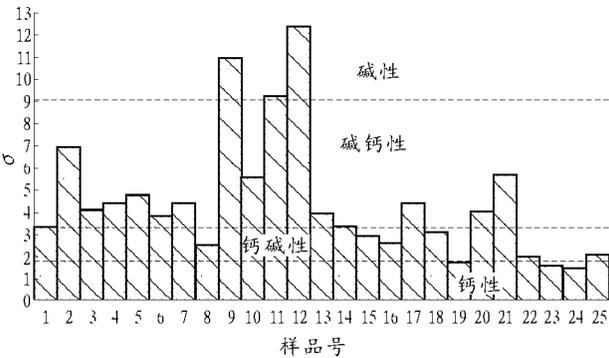


图 3 大别山北缘火山岩里特曼组合指数 σ 直方图^[13]

Fig. 3 Diagram of the Rittmann σ in volcanic rock in the northern Dabie orogenic belt

明轻稀土富集。已有研究成果表明,安山岩可形成多类构造环境,各类安山岩的稀土分配形式有很大的不同。造山安山岩中,低钾安山岩稀土总量较低,为轻稀土略亏损的平坦型,且出现钕负异常;向中钾安山岩和高钾安山岩过渡时,轻稀土越来越富集,稀土总量增加,负钕异常逐渐消失(图 5)^[14]。大别造山带北缘中生代火山岩主要为高钾安山岩类,轻稀土富集。然而,它们的形成构造环境是否是俯冲碰撞呢?

Thorpe 等^[15]研究了智利北部板块边缘火山岩群安山岩的稀土元素分布特征, $(Ce/Yb)_N = 3.5 \sim 11.3$ 。Whitford 等^[16]研究了印度尼西亚爪哇和巴厘第四纪熔岩(玄武安山岩、安山岩)的稀土元素地球化学特征, $(La/Yb)_N = 4.13 \sim 8.68$ 。从柏林^[17]研究认为,岛弧安山岩的 $(La/Yb)_N = 0.80 \sim 3.82$ 。从大别造山带北缘火山岩与岛弧区火山岩 $(Ce/Yb)_N$ 和 $(La/Yb)_N$ 对比图可知(图 6),本区火山岩的上述地球化学参数值存在明显的差异。由此可以推断大别造山带北缘中生代火山岩的形成构造环境一定是在板块俯冲和碰撞时期。

2.3 火山岩形成构造环境初探

北淮阳构造带作为华北与大别地块的陆-陆碰撞边界,记录了大别造山带多次裂解、闭合的历史。

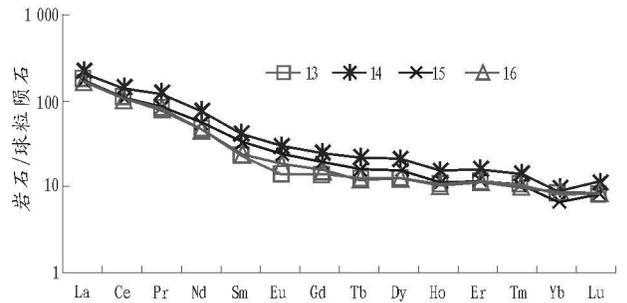
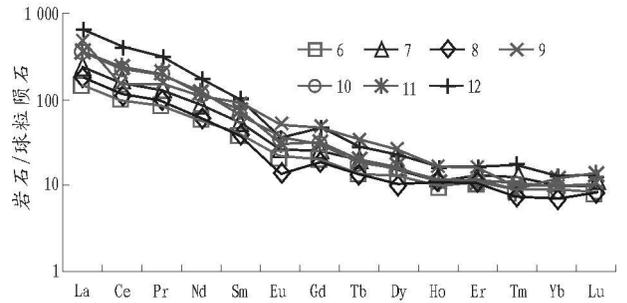
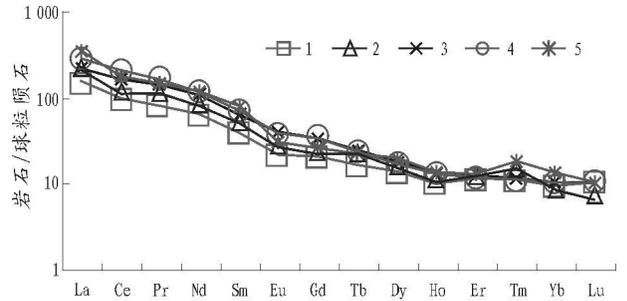


图 4 大别造山带北缘中生代火山岩稀土分配曲线

1~ 5. 晓天火山岩盆地; 6~ 12. 霍山-舒城火山岩盆地; 13~ 16. 金寨地区

Fig. 4 Chondrite-normalized REE distribution patterns of the Mesozoic volcanic rocks in the northern Dabie orogenic belt

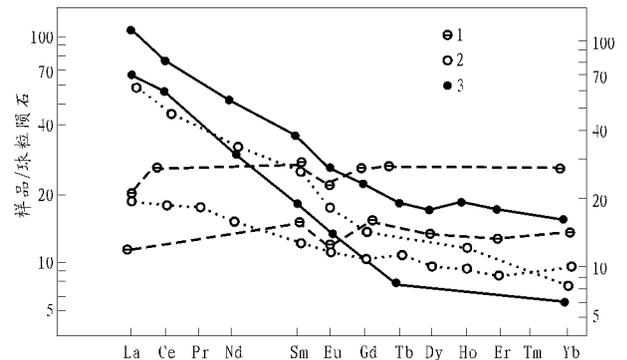


图 5 造山带安山岩稀土分配曲线^[14]

1. 低钾安山岩; 2. 中钾安山岩; 3. 高钾安山岩

Fig. 5 Chondrite-normalized REE distribution patterns of andesite in orogenic belts

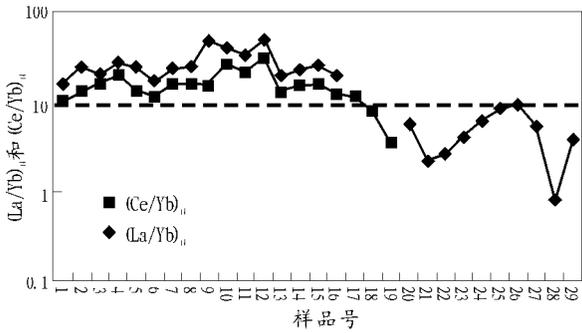


图 6 大别造山带北缘火山岩与岛弧区火山岩 $(Ce/Yb)_N$ 和 $(La/Yb)_N$ 对比

1~ 20. 大别造山带北缘安山岩; 21, 26. 智利北部安第斯玄武安山岩^[15]; 22, 27. 印尼爪哇安山岩; 23, 24. 印尼爪哇巴厘玄武安山岩; 25. 印尼爪哇巴厘英安岩^[16]; 28, 29. 岛弧安山岩^[17]

Fig. 6 $(Ce/Yb)_N$ and $(La/Yb)_N$ comparison of volcanic rock between the northern Dabie orogenic belt and the island arc

大别与华北地块最终实现陆—陆拼合的时代为印支期, 似乎已被多数地质工作者所接受。需要指出的是, 这种记录仅见于超高压变质带和区内变形变质事件的同位素年龄记时, 尚缺乏碰撞期的火成岩记录, 但区内大规模岩浆活动主要形成于晚侏罗世—早白垩世, 揭示了造山带的构造背景。

里特曼把组合指数 σ 和戈蒂里指数 τ 结合起来, 用以研究火山岩成分与其形成构造环境之间的关系^[13]。勒夫勒对上述方法加以修正, 本文则运用勒夫勒的修正方法^[18]。上述学者研究认为, A 区代表非造山带(稳定构造区)火山岩, B 区为造山带和岛弧区火山岩, C 区为 A 区和 B 区火山岩派生的偏碱性、碱性岩, 其中的钠质型一般与 A 区有联系, 钾质型一般与 B 区有联系。

从大别造山带北缘的火山岩在上述图中的投点可见, 上述大别造山带北缘火山岩的化学参数在里特曼组合指数 σ 和戈蒂里指数 τ 图中的投点既不在 B 区(消减带火山岩)也不在 A 区(板内稳定区火山岩), 而是在 C 区^[6]。那么, 它们形成的构造环境是怎样的呢? Peccerillo^[14] 用 SiO_2 与 K_2O 作图, 将与消减带有关的火山岩分为低、中、高 3 个系列和钾玄武岩系列。从大别造山带北缘火山岩在硅—钾图中的投点(图 7)^[14] 可见, 主要分布于高钾区。前已述及, 在 $lg\sigma - lg\tau_{25 \times 100}$ 图中, C 区为 A 区和 B 区火山岩派生的偏碱性、碱性岩, 其中的钠质型一般与 A 区有联系, 钾质型一般与 B 区有联系, 大别造山带北缘火山岩主要为高钾火山岩。由此认为, 本区火山岩的形成构造环境不是消减带, 但与板块消减作用有关。在白垩纪, 大别造山带及其北缘经历过热隆伸

展并产生伸展盆地, 此时的周口盆地即为这类构造环境。

3 热隆伸展和伸展盆地

关于大别热伸展构造, 近年来已有不少学者进行过研究。索书田等^[19] 将大别山剥露面内构造样式归结为变质核杂岩与多层拆离带, 形成于 200~170 Ma, 控制了高压/超高压单元(HPR/UHPK)的布局, 并把这种构造伸展与造山带根部拆沉相联系; 王国灿等^[20] 认为, 大别造山带在 150~96 Ma 表现为穹窿组合形态, 推测其成因与伸展拆沉作用相关, 将罗田、岳西穹窿形成过程(130~120 Ma)与斜向碰撞、向东侧向挤出相联系, 133~118 Ma 大别经历过 NNW—SSE 向大规模热伸展作用, 由此导致造山带不同程度重新加热与岩浆核杂岩形成, 也使其南北宽度拓展到 140 km; 许长海认为^[11], 大别造山带经历过造山折返期(240~170 Ma)、热隆伸展期(140~85 Ma)与构造推隆期(90~32 Ma)3 个重要阶段。依据地球化学约束, 大别造山带在早白垩世时“去根”, 造山根大规模拆沉作用导致大别山强烈热隆伸展与岩浆活动。热隆伸展包括强热伸展阶段(140~105 Ma)和晚期衰退阶段(105~85 Ma), 热隆作用集中在大别—红安地块。在白垩纪, 大别造山带及其北缘经历过热隆伸展并产生伸展盆地, 此时的周口盆地即为这类构造环境, 为伸展盆地。

(U-Th)/He 年代学近年来已成为约束低温热史的重要手段, 该体系利用锆石的低温封闭特性

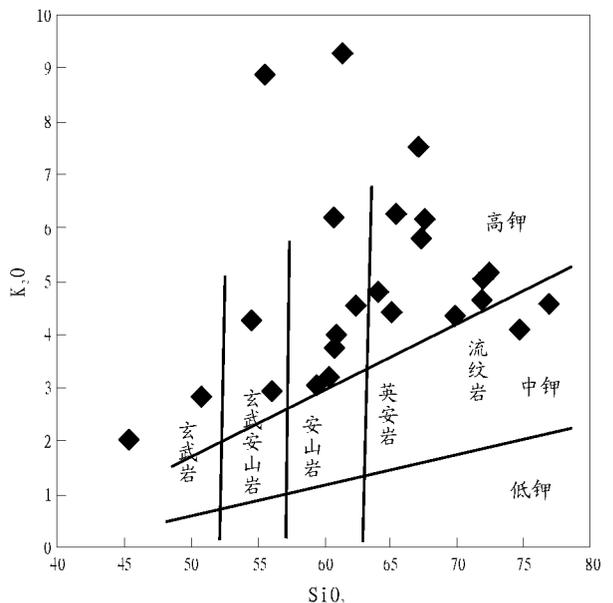


图 7 大别山北缘火山岩硅—钾投点^[14]

Fig. 7 SiO_2 vs K_2O diagram of volcanic rocks along the northern edge of Dabie orogenic belt

(200 °C左右) 来有效刻划岩石剥露到近地表 6 km 左右的深度差异情形, 由此限定区域热构造形态及其成型时代(剥露到近地表处)。大别山锆石(U-Th)/He 测年结果空间分布显现出热穹轮廓^[11]。154.5~113.7 Ma 年龄集中在热穹外围翼部, 而热穹核部(U-Th)/He 年代则为 107.0~85.3 Ma, 要比其翼部年轻得多。这说明大别热穹翼部较好地残留了早期热构造演化记录, 核部范围逐渐缩小并在 85 Ma 左右最终成型, 且剥露定位到近地表深度 6 km 左右。

140~85 Ma 为大别热穹伸展作用时期, 并以大别热穹构造、北淮阳火山岩带、基底广泛熔融以及合肥、周口等伸展盆地的发育为特征。这一热穹伸展事件可以划分为强热伸展阶段(140~105 Ma) 和晚期衰退阶段(105~85 Ma)。

1) 强热伸展阶段。由于受强热伸展影响, 北淮阳地区率先形成大规模突发性火山喷溢(140~117 Ma), 穹/锥状火山岩的分布多受磨子潭—晓天断裂、信阳—舒城断裂控制。火山岩主要分布在金寨、霍山、舒城和晓天等地, 岩性多为安山岩、粗安岩与粗面岩, 流纹岩、英安岩次之。140 Ma 合肥盆地沉积为火山熔岩—碎屑岩与河流—冲积平原相, 沉积凹陷与造山带延向一致。周口盆地白垩纪发育巴村组、永丰组、商水组碎屑岩沉积与滨湖、浅湖和较深湖相, 沉积凹陷与造山带延向一致。

2) 晚期衰退阶段。许长海研究认为, 大别山(U-Th)/He 锆石年代分布显现穹状热穹样式。当岩石由 200 °C 等温面剥露到距离地表 3~4 km 过程中不再显现热穹轮廓, 这时大别山以断块作用为主导, 各断块间差异隆升/剥露作用显著减弱。在晚白垩世, 合肥盆地可分解为近 EW 向和 NNE 向 2 个优选断陷方位, 而盆地中、西部区域普遍表现为构造隆起, 断陷沉降主体迁移至 NE 区域, 盆地断陷过程很大程度上受太平洋域构造演化的制约。

4 讨论与结论

杜建国等^[6] 研究认为, 大别造山带北部的北淮阳中生代火山岩带形成于后造山阶段的晚侏罗世—早白垩世。火山岩可以划分为 2 个独立的火山旋回, 分别对应于高钾钙碱性系列(HKCA) 和钾玄系列(SHO)。从岩石构造组合和岩石地球化学数据提供的约束条件分析, 前者形成于晚侏罗世的陆内挤压环境, 造山带是有“山根”的增厚陆壳, 而早白垩世钾玄岩系列岩石的出现表征着造山带已发生“去根”作用, 北淮阳处于陆壳减薄的拉张环境。许长

海^[11] 认为, 在 140~85 Ma, 大别造山带进入热穹伸展作用时期, 并由此引发了广泛基底熔融、北淮阳剧烈火山喷溢以及合肥盆地断陷等过程。这次热穹事件包括强热伸展阶段(140~105 Ma) 和晚期衰退阶段(105~85 Ma)。90 Ma 左右造山带热穹样式最终被热断陷交切短轴热穹格局所取代, 这种格局在 K₂-E 时期(90~32 Ma) 一直为大别山主导构造样式。杨坤光等^[21] 采用同位素定年、角闪石压力计法、裂变径迹法, 结合微裂隙内流体包裹体均一温度测定值分析, 得出北淮阳构造带和大别造山带中加里东期、海西期、燕山期一些岩体的形成年龄和结晶深度, 从而得出自晚古生代以来北淮阳构造带和大别造山带隆升时间和隆升幅度的差异: 北淮阳构造带经历 3 个阶段性隆升(早—中石炭世、三叠纪—中侏罗世、晚侏罗—早白垩世), 总隆升幅度约 10 km; 大别造山带仅经历 2 个阶段性隆升(三叠纪—中侏罗世、晚侏罗—早白垩世), 最大隆升幅度大于 15 km。前者主体隆升发生在中侏罗世末(约 150 Ma) 之前, 后者主体隆升发生在中侏罗世末(约 150 Ma) 之后(图 8)^[21]。大别和北淮阳构造带的隆升为合肥盆地和周口盆地提供了充分的物质来源^[22-24]。

我国东、西部的山前盆地具有较大的油气勘探前景, 学者进行了大量研究探索^[25-30]。研究认为, 中亚和我国中生代一些所谓的前陆盆地与 Dickinson 等人的最初概念不同, 故提出后续前陆盆地、继承性前陆盆地、类前陆盆地和陆内拗陷盆地^[31-34]。车自成认为^[35], 山前凹陷的概念最初由阿尔汗格尔斯基提出, 可用来表示造山作用之后在山脉前缘形成的盆地。笔者同意车自成的主张, 恢复这一已有的名称, 称之为山前凹陷盆地(表 2)^[35]。

周口盆地钻井岩石中的白垩系砂岩石英(Q)、

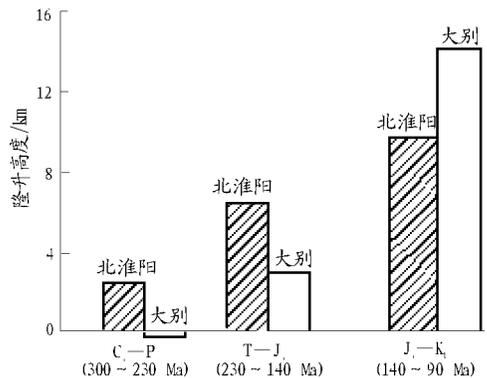


图 8 北淮阳与大别不同步隆升^[21]

Fig. 8 Column of different uplift between the northern Huaiyang and the Dabie region

表 2 山前凹陷盆地与前陆盆地对比^[35]

Table 2 Comparison between foredeep and foreland basins

构造特征	山前凹陷盆地	前陆盆地
构造位置	位于造山带或活动隆起带前缘	位于俯冲或碰撞型造山带山前
构造期	发生在造山期之后数亿年	与造山作用大致同期
区域应力	起始于伸展环境, 后期被挤压环境改造	一直处于挤压环境下
成因	早期起因于重力陷落, 后期为冲断负荷作用下的挠曲变形	冲断负荷作用下的挠曲变形
构造样式	平面上为箕形凹陷, 剖面上为反转构造	平面上为箕形凹陷, 剖面上为冲断构造
与生油凹陷的关系	生油凹陷形成于重力陷落时期	生油凹陷主要与下伏被动陆缘有关

长石(F)、岩屑(L)含量统计值特征似乎指示周口盆地白垩系沉积地层形成的构造环境是前陆盆地, 其常量元素地球化学特征似乎表明周口盆地白垩系砂页岩物源区的构造环境为活动大陆边缘。周口盆地白垩系砂页岩 ΣREE 和 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 组成变化不大, 与俄罗斯地台砂岩、粉砂岩具有相似的特征, 这表明已经过较充分的混合, 周口盆地白垩系形成的构造环境应是山前凹陷盆地, 其中的沉积物物源来自造山带^[36]。

运用地球化学理论和方法研究南华北中生代火山岩, 可知: 1) 本区的火山岩为高钾玄武安山岩、安山岩、英安岩、流纹岩类, 为碱钙性和碱性, 稀土总量高, 富轻稀土; 2) 本区火山岩形成的构造环境既不是板块俯冲碰撞, 也不是裂谷作用; 3) 本区火山岩形成于板块俯冲碰撞期后, 与地幔枝活动有关; 4) 在白垩纪, 合肥盆地形成的大地构造环境应是岩石圈的热伸展有关。构造格局由地幔枝活动—伸展热隆作用(140~ 85 Ma)所主导, 空间上各单元组成热隆核—剥离断裂带—下滑系统配置样式^[11, 19], 盆地形成于下滑系统。考虑到在石油地质学中的盆地、拗陷、凹陷概念已有一定的定义和使用条件, 因此建议把这类盆地称为前渊盆地。

参考文献:

- 胡居文. 华北地区中生代盆地与油气[J]. 石油与天然气地质, 1989, 10(4): 378~ 391
- 张功成, 王定一, 吕锡敏. 南华北中、新生代盆地构造特征[A]. 见: 张功成, 徐宏编. 中国含油气盆地构造[C]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 201~ 212
- 何明喜. 东秦岭(河南部分)新生代拉伸造山作用与盆岭伸展构造[M]. 西安: 西北大学出版社, 1995. 53~ 116
- 孙肇才. 板内形变与晚期成藏[M]. 北京: 地质出版社, 2003. 43~ 50
- 袁政文, 何明喜, 宋建华等. 周口残留盆地油气勘探前景分

- 析[J]. 石油实验地质, 2004, 25(6): 679~ 684
- 吕俊祥, 黄泽光. 南华北地区中生代盆地成盆环境分析[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 118~ 123
- 杜建国, 张鹏. 大别山造山带北部的中生代火山岩[J]. 现代地质, 1999, 13(1): 57~ 65
- 董亨茂. 中国沉积盆地复杂性的成因剖析及其油气赋存特征[J]. 石油实验地质, 2004, 26(5): 415~ 421
- 赵宗举. 合肥盆地与大别—张八岭造山带的耦合关系[J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 670~ 678
- 吴根耀. 中国东部燕山期高原的发育及对矿产和油气资源评价的启示[J]. 石油实验地质, 2002, 24(1): 3~ 12
- 许长海, 周祖翼, 马昌前等. 大别造山带 140~ 85 Ma 热隆伸展作用——年代学约束[J]. 中国科学(D 辑), 2001, 31(11): 925~ 937
- 邱家骥, 林景任. 岩石化学[M]. 北京: 地质出版社, 1991. 100~ 101
- Rittmann A. 火成岩的稳定矿物组合计算方法[M]. 金秉慧译. 北京: 地质出版社, 1979. 1~ 55
- Gill J B. Orogenic andesites and plate tectonics[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1981. 1~ 90
- Thorpe R S, Potts P J, Francis P W. Rare earth data and petrogenesis of andesite from the north Chilean Andes[J]. Contrib Mineral Petrol, 1976, 54: 65~ 78
- Whitford D J. Spatial variations in the geochemistry of Quaternary lavas across the Sunda arc in Java and Bali[J]. Contrib Mineral Petrol, 1979, 70: 341~ 356
- 从柏林. 岩浆活动与火山岩组合[M]. 北京: 地质出版社, 1979. 1~ 185
- 勒夫勒 H K. 含 SiO₂ 低于 43% 的岩石里特曼“系列指数”的修正[J]. 地质地球化学, 1980, (10): 48~ 50
- 索书田, 钟增球, 游振东. 大别地块超高压变质期后伸展变形及超高压变质岩石折返过程[J]. 中国科学(D 辑), 2000, 30(1): 9~ 17
- 王国灿, 杨巍然. 大别造山带中生代隆升作用的时空格局——构造年代学证据[J]. 地球科学, 1996, 21(5): 524~ 528
- 杨坤光, 马昌前. 北淮阳构造带与大别造山带的差异性隆升[J]. 中国科学(D 辑), 1999, 29(2): 97~ 103
- 宋明水. 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

- 23 张云银. 郟庐断裂带含油气性研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(1): 28~ 32
- 24 余和中, 吕福亮. 华北板块南缘原型沉积盆地类型与构造演化[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 111~ 117
- 25 曹高社. 合肥盆地中-新生界烃源岩地球化学与构造背景分析[J]. 石油实验地质, 2004, 26(3): 287~ 291
- 26 吉让寿, 刘光祥, 潘文蕾等. 试论前陆—伸展盆地[J]. 石油实验地质, 2003, 25(增刊): 539~ 542
- 27 高长林, 刘光祥, 张玉箴等. 东秦岭—大巴山逆冲推覆构造与油气远景[J]. 石油实验地质, 2003, 25(增刊): 523~ 531
- 28 谈彩萍, 刘翠荣. 中国东部老油区油气成藏特征[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 144~ 150
- 29 全书进. 周口坳陷上古生界油气资源潜力分析[J]. 石油实验地质, 2004, 26(6): 542~ 546
- 30 闫吉柱. 下扬子区中生代前陆盆地[J]. 石油实验地质, 1999, 21(2): 95~ 99
- 31 汪新文, 陈发景, 李光等. 塔北库车坳陷的变形特征及其与油气关系[J]. 石油与天然气地质, 1994, 15(1): 40~ 50
- 32 高长林, 叶德燎, 张玉箴等. 塔里木中生代盆地扩张和盆地俯冲与地幔柱[J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 661~ 669
- 33 刘志宏, 卢华复, 贾承造等. 库车再生前陆盆地的构造与油气[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 297~ 303
- 34 高长林. 前陆盆地的类型及油气远景[J]. 石油实验地质, 2000, 22(2): 99~ 104
- 35 车自成, 刘良, 罗金海. 中国及其邻区域大地构造学[M]. 北京: 科学技术出版社, 2002. 1~ 515
- 36 高长林, 黄泽光, 张玉箴. 周口白垩系砂泥岩的化学特征及其构造学意义[J]. 石油天然气地质, 2005, 26(2): 237~ 241

VOLCANIC ROCKS AND FOREDEEP BASIN IN MESOZOIC, THE SOUTHERN NORTH CHINA

Huang Zeguag^{1,2}, Gao Changlin²

(1. School of Oceanic Geology and Geosciences, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: Volcanic rocks have been studied with geochemical theory and method in Mesozoic, the southern North China. The rock types include andesite-basalt, andesite, dacite, liparite which are calc-alkalic and alkalic, high K, high Σ REE and rich in LREE. The forming tectonic environment of volcanic rocks is not related to plate subduction-collision or rifting, but mantle plume after plate subduction-collision. The forming tectonic environment of Hefei and Zhoukou is related to thermal extension. The tectonic framework is controlled by mantle plume action(140~ 85 Ma). The space style of tectonic unites is composed of thermal dome-detachment fault-sliding system. The basin is formed in sliding system and the basin type is foredeep.

Key words: geochemistry; mantle plume; volcanic rock; foredeep basin; the Dabie mountains; the southern North China