

# 合肥盆地中生代充填序列及其对大别山 造山作用的指示\*

李 忠 孙 枢 李任伟 江茂生

(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

**摘要** 大别山北麓合肥盆地中生代充填序列显示两个演化阶段. 第 1 阶段为早侏罗世至晚侏罗世早期, 中-晚侏罗世以出现至少 4 次明显的反粒序陆相碎屑沉积单元为特征, 堆积了巨厚的类磨拉石建造, 反映区域挤压背景下不断增强的大别山北部冲断-造山作用和临近山前的挠曲下陷. 第 2 阶段为晚侏罗世晚期至白垩纪, 其中包含两个裂陷幕, 第 1 幕( $J_3$ )为钙碱性-碱性火山喷溢夹火山碎屑堆积, 深部可能反映扬子大陆俯冲岩板折断并诱发幔源岩浆上涌; 第 2 幕( $J_3 \sim K_1$ )发育 3 000~3 500 m 的大套湖相、河流相及山麓相沉积, 反映区域拉张背景和强烈的山-盆差异升降运动

**关键词** 合肥盆地 中生代充填序列 盆-山关系 造山作用 大别山

随着超高压变质岩岩石学和地球化学及其构造背景研究的深入, 大别造山带已逐渐成为国际大陆动力学研究的热点之一. 然而, 该区造山带沉积学研究明显滞后, 严重制约着认识的深入和进一步完善. 合肥盆地是一个发育较完整的中生代内陆盆地, 与大别造山作用密切相关. 前人出于地层研究和油气远景勘探目的, 曾对合肥盆地沉积演化及相关构造格架作过研究<sup>[1~4]</sup>, 或从地质-地球物理剖面综合解释探讨了大别造山带与合肥盆地的构造耦合关系<sup>[5]</sup>, 对盆地演变提出了初步认识. 但以往对合肥盆地充填物及其序列特征的研究欠深入, 对盆地类型及其区域造山带构造动力体制尚缺乏完整认识, 就陆-陆碰撞时间、缝合带位置、大别微陆块的存在与否等问题尚有争论<sup>[6~9]</sup>. 为此在许多从区域构造角度进行的研究中, 合肥盆地分别被赋予山间盆地或断陷盆地<sup>[2, 4, 10, 11]</sup>、继承盆地<sup>[8]</sup>和后陆盆地<sup>[5, 12]</sup>等不同含义. 本文对合肥盆地充填序列与沉积演化作了新的探索研究, 试图补充并深化对大别山造山作用及其北部盆-山关系的认识.

## 1 合肥盆地区域地质构造

合肥盆地紧邻大别山北麓(图 1), 盆地南界可达晓天-磨子潭断裂, 北至颖上-定远断裂, 东界为郟庐断裂, 西至长山东断裂. 盆地走向近东西, 现在保存的充填物范围东西长约 180 km, 南北宽达 125 km.

合肥盆地具有南北分带特征. 盆地南带即北淮阳地区, 又称“北淮阳断裂褶皱带”, 是指六安-确山断裂以南、晓天-磨子潭断裂以北、豫西断裂以东、郟庐断裂以西, 长约 400 km, 宽

2000-02-15 收稿

\* 中国科学院重大资助项目(批准号: KZ951-A1-401-07)

20~40 km 近东西向的狭长地带, 其基底为浅变质(以绿片岩相为主)、构造变形强烈的佛子岭群及梅山群, 上覆中生界侏罗-白垩系碎屑岩夹火山岩和火山碎屑岩建造; 该带介于华北板块和大别造山带之间, 演化历史复杂, 构造属性长期存有争议<sup>[8, 13~17]</sup>. 盆地北带以六安-确山隐伏深断裂为南界(图 1), 基底为晚太古代的霍丘群和五河群混合岩化深变质岩系, 说明控制其演变的基底构造背景与南带有异. 上覆中生界侏罗-白垩系层序与南带可以对比<sup>[2, 18]</sup>, 但岩相与厚度明显不同. 在叶集-舒城断裂以南尚发育残留的晓天盆地, 其中充填了上侏罗统-白垩系, 岩性组合与上述盆地南带同时代地层类似, 其底部为中酸性火山岩并直接覆于佛子岭群变质基底之上.

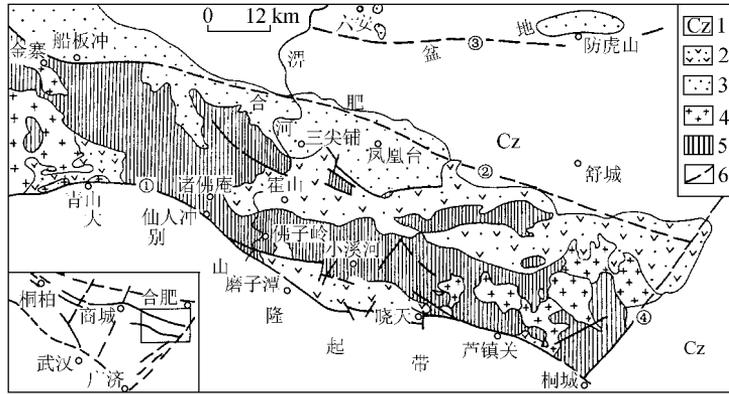


图 1 大别山-合肥盆地构造框架与地层出露

1 示新生界, 2 示晚侏罗-白垩系火山岩和火山碎屑岩, 3 示侏罗系碎屑岩, 4 示燕山期花岗岩, 5 示佛子岭群及梅山群, 6 示断裂或隐伏断裂; ①为晓天-磨子潭断裂, ②为叶集-舒城断裂, ③为六安-确山断裂, ④为庐庐断裂

## 2 盆地充填物及其沉积岩相

### 2.1 盆地南带

合肥盆地南带侏罗-白垩系在霍山-金寨地区出露较好, 自下而上包括三尖铺组( $J_2s$ )、凤凰台组( $J_2f$ )、毛坦厂组( $J_3m$ )、黑石渡组( $K_1h$ )和晓天组( $K_1x$ ), 为一套厚达 5 000~7 000 m 的中生代陆相碎屑沉积夹火山岩-火山碎屑岩充填(图 2).

三尖铺组, 厚度大于 1 700 m, 其底界不整合覆于佛子岭群不同层位之上, 自下而上由 3 个沉积成因单元构成, 由于缺乏有效的的时间标定, 这些单元按 Miall<sup>[19]</sup>对冲积过程沉积的划分大致相当于 4~5 级(下同).  $J_{2s_1}$ : 杂色底砾岩, 副砾岩为主, 砾径一般小于 0.3m, 砾石分选、磨圆极差; 上部灰色泥质粉砂岩夹厚层砂岩.  $J_{2s_2}$ : 灰色、褐色粉砂质泥岩、粉砂岩夹细砾岩、砂岩层, 楔状、槽状交错层理发育, 小型斜层理及生物逃逸迹常见.  $J_{2s_3}$ : 下部灰色、暗褐色粉砂质泥岩夹含砾砂岩, 发育钙质结核、偶见交错斜层理; 上部灰色、浅褐红色含砾砂岩、砂砾岩与厚层中细砂岩互层, 发育大型槽状交错层理及楔状斜层理. 总体呈现游荡河-辫状河及其冲积平原沉积, 其中  $J_{2s_1}$  和  $J_{2s_2}$  显示两个正粒序单元,  $J_{2s_3}$  构成一个反粒序单元, 古流主体指向北东(图 3(a)).

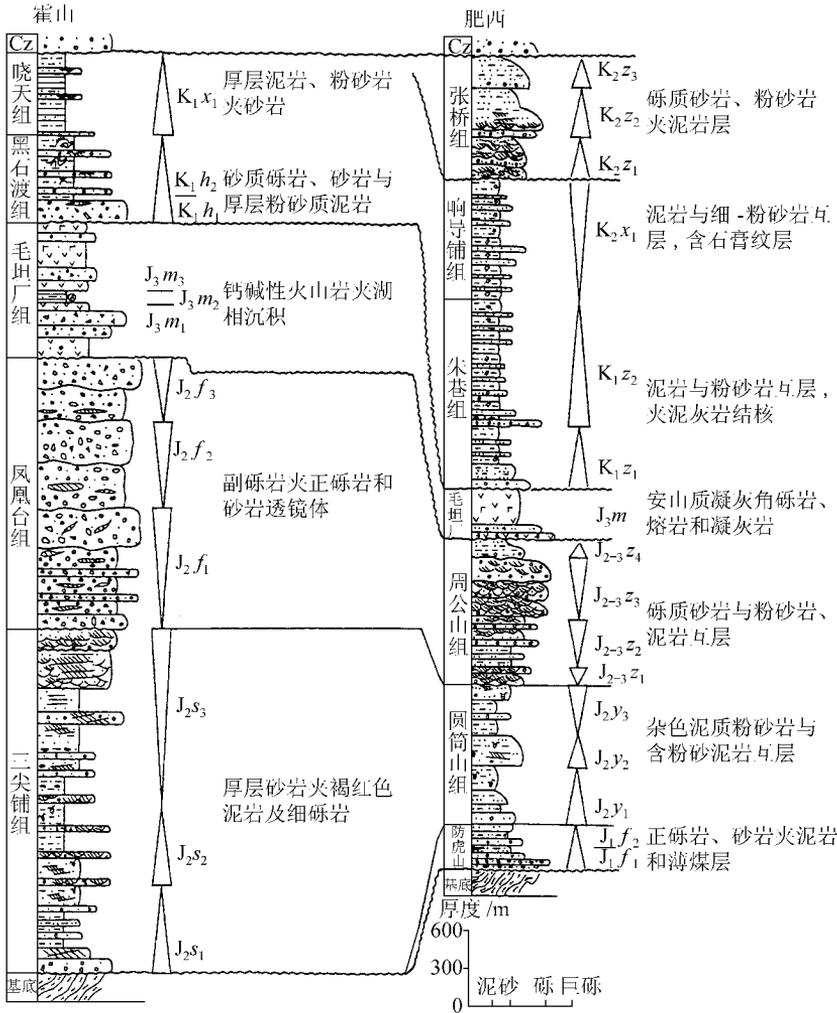


图 2 合肥盆地典型地层和沉积岩相柱状图

凤凰台组与三尖铺组呈平行不整合接触，厚度大于 1 800 m，由 3 个沉积成因单元构成。  
 $J_{2f_1}$ : 下部杂色、灰紫色砾岩，正砾岩为主，透镜体砂岩及斜层理发育，冲刷界面频繁出现；上部为巨厚层副砾岩。 $J_{2f_2}$ : 下部灰色、灰紫色巨砾岩(正砾岩为主)夹细砾岩、砾质砂岩透镜体，古流主体指向北(图 3(b), (c))；上部为巨厚层砾岩，副砾岩比例大，最大砾径可达 1.3 m。 $J_{2f_3}$ : 层序基本同  $J_{2f_2}$ ，上部偶夹砾质砂岩透镜体(厚 0.5~1.0 m)。凤凰台组为典型的以碎屑流为特征的冲积扇<sup>[19]</sup>沉积； $J_{2f_1}$ 、 $J_{2f_2}$  和  $J_{2f_3}$  分别构成 3 次明显的反粒序沉积过程。

毛坦厂组，厚度约 900~1 000 m，由 3 个成因地层单元构成。 $J_{3m_1}$ : 安山岩、安山凝灰岩与火山角砾岩、凝灰质砂砾岩构成 6 个中酸性火山喷发旋回，砾径一般小于 0.2 m； $J_{3m_2}$ : 灰色薄层含粉砂泥岩，含叶肢介等，反映火山喷发间隙发育湖泊沉积环境； $J_{3m_3}$ : 安山岩、粗面质晶屑凝灰岩构成 3 个中酸性火山喷发旋回。该组与凤凰台组呈角度不整合接触。

黑石渡组，由两个沉积成因单元构成。 $K_1h_1$ : 杂色砂砾岩、角砾岩夹透镜状砂岩，显示山麓冲积扇和砾砂质辫状河沉积，最大砾径可达 0.55 m； $K_1h_2$ : 灰色粉砂质泥岩夹含砾砂岩、细

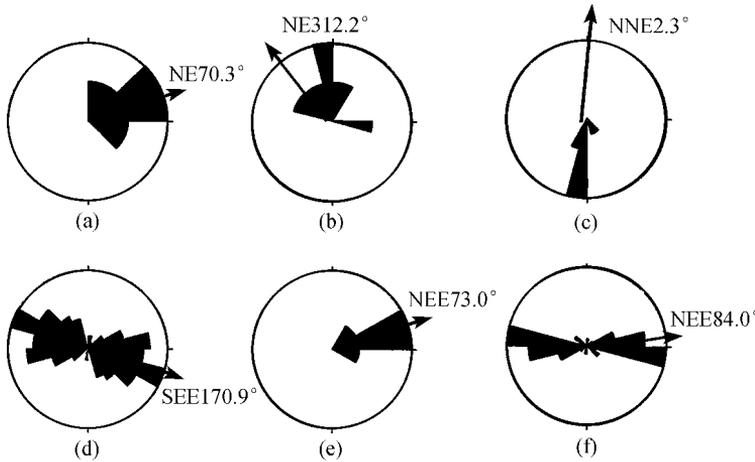


图3 研究区侏罗系碎屑沉积古流组构玫瑰花图

(a) 三尖铺组斜层理( $n=8$ ); (b) 凤凰台组斜层理( $n=18$ ); (c) 凤凰台组叠瓦状砾石倾向( $n=9$ ); (d) 周公山组砾石长轴( $n=128$ ); (e) 周公山组斜层理( $n=10$ ); (f) 周公山组砾石长轴( $n=56$ )

砂岩, 发育层间滑动构造和交错层理, 为滨湖-浅湖相沉积。K<sub>1</sub>h<sub>1</sub> 和 K<sub>1</sub>h<sub>2</sub> 总体显示正粒序单元。

晓天组, 下部 K<sub>1</sub>x<sub>1</sub> 单元为灰-深灰色泥页岩夹薄层粉砂岩、细砂岩, 发育小型斜层理、植物碎片发育, 为典型的湖泊相沉积; 上部单元缺失或出露不全。晓天组角度不整合伏于第三系红桥组红色厚层砂砾岩之下。

## 2.2 盆地中北带

合肥盆地中北带侏罗-白垩系在六安-肥西地区出露较好, 自下而上包括防虎山组(J<sub>1f</sub>)、圆筒山组(J<sub>2y</sub>)、周公山组(J<sub>2-3z</sub>)、毛坦厂组(J<sub>3m</sub>)、朱巷组(K<sub>1z</sub>)、响导铺组(K<sub>2x</sub>)和张桥组(K<sub>2z</sub>), 为一套厚达 4 000 ~ 5 500 m 的中生代陆相碎屑夹火山碎屑充填沉积(图 2)。

防虎山组, 厚度约 400 m, 底部不整合覆于佛子岭群灰黑色石墨片岩、灰色云母石英片岩之上, 由两个沉积成因单元构成。J<sub>1f1</sub>: 下部灰色、褐灰色砂质砾岩、正砾岩为主, 厚度 30 ~ 40 m, 砾径一般小于 0.2 m, 砾石分选、磨圆中等, 见叠瓦状构造; 上部为灰色泥质粉砂岩夹薄层页岩及煤层, J<sub>1f1</sub> 显示了砂砾质游荡河<sup>[19]</sup>沉积特征。J<sub>1f2</sub>: 灰白色含砾砂岩夹粉-细砂岩及砾岩, 砂岩成熟度较高, 发育中大型交错层理, 具有游荡河砂坝沉积特征, 古流主体指向北东东。

圆筒山组, 厚度约 1 000 ~ 1 300 m, 总体为一套紫红色粉砂岩、粉砂质泥岩与灰绿色粉砂质泥岩互层, 偶夹厚层含砾中-细砂岩, 攀升层理、生物扰动构造、潜穴、干涉波痕发育, 反映了比较典型的细粒曲流河<sup>[19]</sup>及其洪泛平原沉积。其中自下而上可分出两个正粒序沉积成因单元(J<sub>2y1</sub>, J<sub>2y2</sub>)和一个反粒序沉积成因单元(J<sub>2y3</sub>)。

周公山组, 厚度 900 ~ 1 300 m, 由 4 个沉积成因单元构成。J<sub>2-3z1</sub>: 为紫红色含砾粗砂岩、砂岩, 中含多个明显的冲刷面, 交错层理发育。J<sub>2-3z2</sub>: 下部为 150 ~ 200 m 砂岩、粉砂岩不等厚互层, 生物扰动构造发育; 向上变为浅褐色、灰色厚层砂砾岩、中粗砂及粉砂岩互层, 发育冲刷面构造以及大型槽状交错层理、波状斜层理、波状层理组合, 砾石分选、磨圆中等至差, 砾径一般小于 0.2 m。J<sub>2-3z3</sub>: 灰色厚层砂砾岩、中粗砂夹粉砂岩层, 向上砾岩比例增大, 冲

刷面频繁出现,发育大型槽状交错层理,古流主体指向东(图 3(d)~(f)).  $J_{2-3Z_4}$ : 为褐灰色中细砂岩、含砾砂岩夹粉砂岩和粉砂质泥岩,顶部有缺失.  $J_{2-3Z_1}$ ,  $J_{2-3Z_2}$  和  $J_{2-3Z_3}$ : 显示 3 个反粒序单元,总体均为砂砾质辫状河流及其冲积平原沉积.

毛坦厂组,厚度约 150~350 m,由灰色、褐灰色安山质凝灰角砾岩、熔岩和凝灰岩组成两个不完整的火山喷发旋回.

朱巷组,厚度约 1 500 m,由两个沉积成因单元构成.  $K_{1Z_1}$ : 棕褐色粉砂质泥岩夹灰色-深灰色泥岩、粉-细砂岩,底部发育棕红色砾岩、含砾粗砂岩,上部含石膏,显示正粒序单元为主;  $K_{1Z_2}$ : 棕褐色、褐灰色粉砂质泥岩与火山岩屑质细砂岩不等厚互层,偶夹灰绿色泥岩薄层和泥灰岩结核. 总体反映砂质游荡河-曲流河及其冲积平原沉积,但从  $K_{1Z_1}$  到  $K_{1Z_2}$  单元,粗碎屑冲积体系的影响已明显减弱.

响导铺组,厚度 800~900 m,总体为一个成因单元( $K_{2X_1}$ ): 棕褐色、灰褐色粉砂质泥岩与中细粒砂岩、粉砂岩不等厚互层,普遍含石膏纹层或透镜体,发育水平层理、波状层理,显示洪泛平原及局限的干盐湖沉积特征.

张桥组,厚度 900~1 000 m,由两个成因单元构成.  $K_{2Z_1}$ : 棕褐色粉-细砂岩、粉砂质泥岩互层,波状斜层理发育;  $K_{2Z_2}$ : 棕红、灰紫色厚层砾岩、砂岩夹粉砂质泥岩薄层,底部槽状交错斜层理与冲刷面常见,正粒序单元发育,为砂质曲流河及冲积平原沉积,但从  $K_{2Z_1}$  到  $K_{2Z_2}$ ,高能冲积河流影响趋于显著.

### 3 盆地充填序列及演化

合肥盆地充填序列反映早侏罗世至晚侏罗世早期、晚侏罗世晚期-白垩纪充填物的岩性(相)和结构及其区域动力学环境差异明显,之间以角度不整合接触(图 4).

#### 3.1 早侏罗世-晚侏罗世早期演化阶段

研究区早侏罗世在地形起伏不大的背景下,形成了以游荡河为特征的沉积;中侏罗世随着山-盆地势的加剧,沉积体系呈现了从辫状河流-冲积平原组合向冲积扇-洪泛平原组合的变化,过补偿沉积显著增强,中后期巨砾级副砾岩的极度发育说明搬运介质具有明显的洪水性质和碎屑流特征;随后盆地沉积中心一度北移,盆地南缘中侏罗统强烈剥蚀和隆起为盆地北部周公山组上段提供了部分物源<sup>[18]</sup>. 对上述成因单元统计表明,早-中侏罗世碎屑岩以 2~3 个正粒序单元为主,中-晚侏罗世则出现至少 4 个反粒序单元(图 2). 在古流向方面,盆地南部主体向北与盆地北部主体北东东向的差异,说明南缘霍山-金寨一带横向水系发育,而向北到六安-肥西一带已有明显的轴向水系影响.

综上所述,侏罗系碎屑岩自下而上主体表现为河流-洪泛平原碎屑岩建造向类磨拉石建造的演变特征,此期间有频繁抬升、暴露、冲刷剥蚀记录. 中上段主体呈现反粒序单元、总体由南而北的相带分布、盆地“南断北超”或沉积中心限于盆地南带<sup>[18]</sup>等特征迹象,初步说明侏罗纪合肥盆地充填沉积受到大别造山带北部冲断作用的影响,并成为强烈物源剥离和沉积单元进积作用的主要控制因素. 研究认为,合肥盆地南部侏罗纪曾经历挤压动力作用,这使得早期形成的碰撞造山带发生了至少 4 次显著的幕式冲断和进一步的陆内隆升造山,并为凤凰台组那样有充足物源供给的沉积过程准备了条件.

应该说明,合肥盆地侏罗系碎屑组分的研究<sup>[18]</sup>表明,早-中侏罗世以“北淮阳复理石”为

主要物源类型, 而中-晚侏罗世主要物源则受到“北大别杂岩带”的显著叠加影响, 这一结果极可能是由于后者冲断叠覆于前者之上. 然而, 侏罗系碎屑自下而上总体仍然反映混合物源影响, 统计结果表明岩屑和砾石组分复杂, 因此要厘定上述 4 次冲断过程的构造古地理意义尚有待深入研究.

### 3.2 晚侏罗世晚期-白垩纪阶段

该阶段以一套钙碱性-碱性的安山质火山熔岩开始. 金寨-霍山一带, 由毛坦厂组安山质和粗面质熔岩及其火山碎屑岩构成裂陷 I 幕, 由黑石渡组和晓天组巨厚层棕褐-褐灰色细碎屑岩夹深灰色泥岩构成裂陷 II 幕(图 4). 毛坦厂组火山岩套源于上地幔, 但具有强烈的碱质和钙质混染作用<sup>[10]</sup>, 与造山后明显的断陷作用有关, 并非同碰撞造山期火山活动结果; 后期的裂陷 II 幕发育湖泊与细粒冲积体系沉积, 并构成一个完整的正-反粒序单元, 反映了明显的伸展和

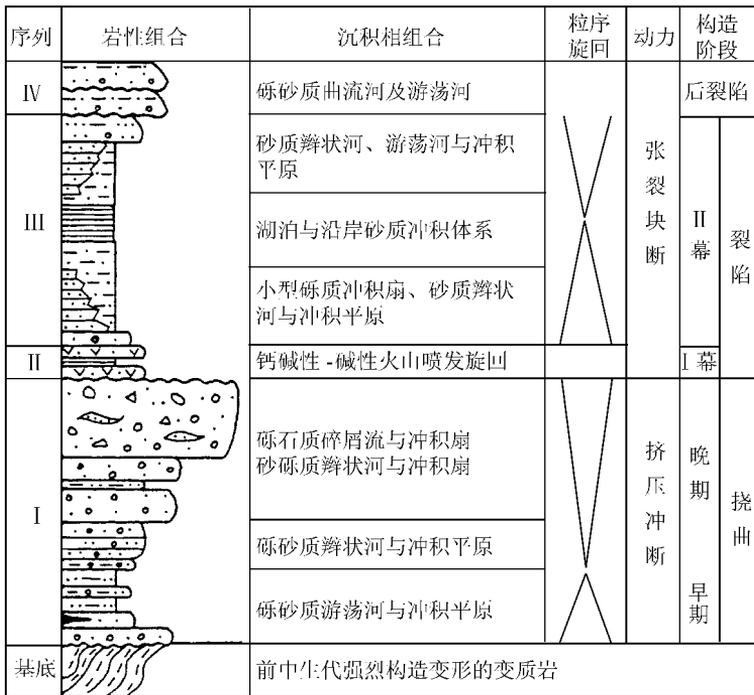


图 4 合肥盆地充填序列

裂陷过程.

霍山-金寨一带由于剥蚀严重, 缺失晚白垩世沉积纪录, 因此所反映的裂陷旋回是不完整的. 而在六安-肥西一线或其北部, 毛坦厂组构成的裂陷 I 幕, 朱巷组-响导铺组构成的相对比较完整的裂陷 II 幕可与上述金寨-霍山地区对比. 除此之外, 在其上部还发育张桥组, 并以棕红、灰紫色厚层细砾岩、砂岩夹粉砂质泥岩为特征, 构成了裂陷 II 幕的后裂陷期沉积. 各幕之间以角度不整合接触.

## 4 合肥盆地形成与中生代大别造山作用的关系

区域上华北南部地区(俗称南华北)有着独特的盆地演化过程而与华北北部不同, 究其根

源,可能与扬子陆内俯冲及其显著的物质-能量-动量交换活动对邻近华北南缘的影响密切相关.中生代大别及邻区经历了从挤压隆升到伸展裂陷的演变,以往研究对此也有所认识.然而,这一演变的确切时代界限及其地球动力学过程,特别是以往对侏罗纪盆地构造动力环境的认识是非常粗略和模糊的.就北淮阳地区而言,多数研究认为这一界限在三叠纪末期<sup>[5, 8, 10, 11]</sup>或早侏罗世末期<sup>[2]</sup>,即合肥盆地主体被认为是在拉张背景下充填形成的断陷盆地.

本项研究对合肥盆地中生代特别是侏罗纪构造体制的转换及其与大别造山作用的关系提出了新的资料和认识:

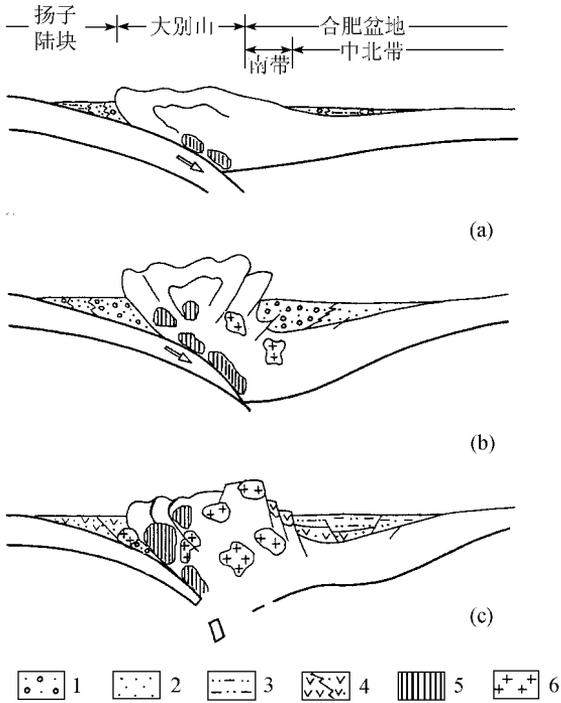


图 5 合肥盆地和大别山构造关系与沉积演化阶段  
(a) 早侏罗世, (b) 中-晚侏罗世, (c) 晚侏罗世-早白垩世; 1 示砾质碎屑岩, 2 示砂质碎屑岩, 3 示泥岩/细碎屑岩, 4 示火山岩/火山碎屑岩, 5 示榴辉岩, 6 示花岗岩

(1) 合肥盆地中晚侏罗世,以明显的多次反粒序陆相碎屑沉积为特征,后期堆积了至少 2 000~3 000 m 巨厚的类磨拉石建造,反映了区域挤压背景下不断增强的大别北部幕式冲断-造山作用和临近山前的挠曲下陷.晚侏罗世至白垩纪包含两个裂陷幕,第 I 幕( $J_3$ )为钙碱性-碱性火山喷溢夹火山碎屑堆积;第 II 幕( $J_3 \sim K_1$ )发育 3 000~3 500 m 的大套湖相、河流相及山麓相沉积,反映区域拉张背景和强烈升降运动(图 5).这一认识与前人<sup>[20, 21]</sup>有关大别山主要隆升发生在 140~120 Ma 的研究结果基本一致,这也说明大别山垂向隆升主幕与合肥盆地南部巨厚类磨拉石建造发育的中-晚侏罗世并不对应.

(2) 合肥盆地侏罗系构造-地层格架呈“南断北超”.据研究<sup>[18, 22]</sup>,南部侏罗系无论埋深和曾经达到的埋藏温度都远大于盆地北部,主体物源来自大别造山带;此外尚有梅山群或佛子岭群逆掩于侏罗系之上的现象(尽管对其成因认识不一).因此,单纯的拉

张断陷模式已很难解释中生代充填序列,特别是侏罗系的沉积序列、成因和产状.

(3) 关于合肥盆地南缘边界晓天-磨子潭断裂和叶集-舒城断裂在侏罗-白垩纪的构造属性,目前尚有不同认识<sup>[3, 4, 8]</sup>,而造山带山-盆转型期构造活动的复杂性和应力转换的多期叠加改造因素,使我们不能简单地以现存构造面的倾向和叠复关系来判定地史时期的构造活动属性.

显然,印支期后,由于扬子板块进一步的陆内俯冲,深部俯冲岩板强烈的拖曳作用成为大别山北麓挠曲下陷的主要驱动力.此时,区域上的挤压冲断-造山作用一度占据主导,导致了合肥盆地侏罗系碎屑物向北进积和超覆,并构成多次反粒序充填序列.之后,以毛坦厂组安山质和粗面质熔岩开始,形成了区域上可比的晚中生代裂陷旋回<sup>[23]</sup>,所反映的深部地球动力学过程可能是由于大陆俯冲岩板折断,俯冲终止,继而深部热流陡增,并诱发地幔上涌,区域挤压构造体制相应转换为伸展体制.当然,由于紧邻大别造山带并受控于早期东西向构造痕迹,该期伸展构造在合肥盆地内仍以西北西或东西走向为主,而非中国东部常见的北东-北北东

向.

综上所述, 合肥盆地侏罗-白垩纪显示出的两个明显不同的演化阶段, 有着深刻的地球动力学背景(图 5). 合肥盆地暨北淮阳地区山-盆转换的构造动力学体制并不能简单地以三叠纪末期划界, 而本文对合肥盆地演化阶段划分的认识, 尽管细节尚有待深入研究, 但有其客观事实依据和合理性.

致谢 野外调研工作得到金福全教授的热情支持和帮助, 谨此致谢.

### 参 考 文 献

- 1 金福全, 颜学怀. 北淮阳区地层研究的新进展. 合肥工业大学学报, 1987, (9): 3 ~ 11
- 2 韩树芬. 安徽北部中生代沉积盆地分析. 北京: 地质出版社, 1996. 89 ~ 94, 117 ~ 129
- 3 刘德良, 沈修志, 李秀新, 等. 合肥盆地深部推覆-伸展构造及含油气控制分析. 南京大学学报, 1993, 5(2): 208 ~ 216
- 4 Han J, Zhu S, Xu S. The generation and evolution of the Hefei basin. In: Zhu X, ed. The Chinese Sedimentary Basins. Amsterdam: Elsevier, 1989. 125 ~ 135
- 5 王清晨, 从柏林, 马 力. 大别造山带与合肥盆地的构造耦合. 科学通报, 1997, 42(6): 575 ~ 580
- 6 Ernst W G, Zhou G, Liou J G, et al. High-pressure and superhigh-pressure metamorphic terranes in the Qinling-Dabie mountain belt, central China: early- to mid-Phanerozoic accretion of the western paleo-Pacific Rim. Pacific Sci Assoc Information Bull, 1991, 43: 6 ~ 15
- 7 Okay A I, Sengor A M C, Sant M. Tectonics of an ultrahigh-pressure metamorphic terrane: the Dabie Shan/Tongbai Shan orogen, China. Tectonics, 1993, 12: 1 320 ~ 1 334
- 8 徐树桐, 刘贻灿, 江来利, 等. 大别山的构造格局和演化. 北京: 科学出版社, 1994. 13~19, 135 ~ 137
- 9 Cong B, Wang Q. Tectonic framework of the ultrahigh-pressure metamorphic zone from the Dabie mountains. Scientia Geologica Sinica, 1998, 7(4): 449 ~ 460
- 10 徐贵忠. 大别山东北部地质构造及金成矿作用. 北京: 地质出版社, 1994. 1 ~ 72
- 11 杨森楠, 陈仁义, 钱熊虎. 中生代时期大别山的造山运动和造山带构造. 地球科学, 1987, 12(5): 495 ~ 502
- 12 李曰俊, 胡世玲, 金福全, 等. 杨山晚古生代沉积盆地成因类型及其与桐柏-大别造山带关系的探讨. 地质科学, 1997, 32(1): 19 ~ 26
- 13 杨志坚. 论桐柏-大别山地区构造演化特征. 地质学报, 1982, (2): 123 ~ 135
- 14 徐贵忠, 郝 杰. 大别山北麓佛子岭群的特征及其形成的大地构造环境. 地质科学, 1988, (2): 97 ~ 109
- 15 王道轩. 北淮阳构造特征及其演化. 合肥工业大学学报, 1987, (9): 29 ~ 35
- 16 马文璞. 大别山北麓的石炭系及其大地构造意义. 地质学报, 1991, 65(1): 17 ~ 26
- 17 董树文, 孙先如. 大别山碰撞造山带基本结构. 科学通报, 1993, 38(6): 542 ~ 545
- 18 李 忠, 李任伟, 孙 枢, 等. 合肥盆地南部侏罗系砂岩碎屑组分特征及其物源构造属性. 岩石学报, 1999, (3): 438 ~ 445
- 19 Miall A D. The geology of fluvial deposits. New York-Berlin: Springer-Verlag, 1996. 75 ~ 98, 191 ~ 250
- 20 Chen J, Xie Z, Liu S, et al. Cooling age of Dabie orogen, China, determined by  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  and fission track techniques. Sci in China, Ser B, 1995, 38(6): 749 ~ 757
- 21 杨坤光, 马昌前, 许长海, 等. 北淮阳构造带与大别造山带的差异性隆升. 中国科学, D 辑, 1999, 29(1): 27~103
- 22 薛爱民, 杨小毛. 利用磷灰石裂变径迹资料反演合肥盆地古地温和估计沉降率与剥蚀率. 地球物理学报, 1994, 37(6): 787 ~ 794
- 23 马杏垣, 刘和甫, 王维襄, 等. 中国东部中、新生代裂陷作用和伸展构造. 地质学报, 1983, (1): 22 ~ 31