

下扬子区中生代溧水-南陵拉分盆地的厘定

林鹤鸣 夏邦栋

(南京大学地球科学系, 南京 210093)

溧水-南陵盆地是一具两个沉陷中心的中生代拉分盆地, 两侧边界断裂为一对走向为 NNE 的左旋左阶的雁行走滑断裂, 并与宁芜拉分盆地有着成因上的联系, 两者组成一个拉分盆地系列。盆地具有以下沉积特征: (1) 沉积物累积厚度达 6 000 m, 沉积速度大于 690 m/Ma; (2) 沉积相在盆地平面和横剖面上均表现出明显的不对称; (3) 古水流方向在盆地的边缘指向盆地内部, 在盆地轴部则与盆地走向一致, 砾石含量和粒径顺古水流方向减少或变小; (4) 盆地边界断裂的走滑作用造成扇体位移以及古水流的持续转向; (5) 火山岩从钙碱性向碱性转变反映出盆地所处大地构造环境由挤压向引张的变化。

关键词 溧水-南陵 拉分盆地 下扬子区 西横山组 厘定

第一作者简介 林鹤鸣 男 25 岁 硕士生 沉积-大地构造

位于下扬子区苏、皖交界的溧水盆地和南陵盆地具有共同的边界断裂: 南陵-方山断裂和茅西断裂, 为一对走向为 NNE 的左旋雁行走滑断裂。对溧水盆地, 一种意见认为是断陷型的火山岩盆地^{*, ** [1]}, 另一意见提出具拉分性质^{***}, 但未给出具体证据。笔者认为, 溧水盆地和南陵盆地实际上是一个盆地, 一个走向为 NNE-SSW 的狭长条状的拉分盆地, 我们称之为溧水-南陵盆地。盆地长约 130 km, 宽约 40 km, 总面积约 5 200 km²。

1 背景条件

1.1 大地构造背景

孕育拉分盆地的大地构造位置有三种: (1) 大陆板块之间长的走滑边界带; (2) 活动岛弧中的走滑系统; (3) 聚敛带中楔状断块边界的走滑系统^[2]。溧水-南陵拉分盆地就发育于第三种构造环境中, 位于扬子板块的东段——下扬子区。扬子古板块于古生代向华北板块俯冲, 至中三叠世黄马青期发生碰撞, 形成大别造山带^[3, 4]。下扬子区位于这个造山带的南侧, 是一个向东开口的楔形块体, 其北界为 NNE 向左行走滑的郯庐断裂, 南界为近 EW 向的青阳-广德断裂, 该断裂在印支期至燕山期为左行走滑, 至燕山晚期转变为右行走滑。自中生代拉丁尼克期 (即黄马青期) 开始, 由于受到南北两侧强烈的挤压作用以及边界断裂的走滑作用, 下扬子区被向东挤出, 形成一个走滑系统^[5]。

* 贵州工学院, 中国科学院, 华东富铁科研队等. 溧水中生代火山岩地区基底构造的研究. 1977

** 江苏省地质矿产局地质矿产研究所. 江苏省溧水地区主要内生矿产构造控制研究报告. 1987

*** 陈克荣, 华仁民, 陈武等. 江苏溧水中生代火山杂岩岩石学研究及铜金矿远景预测. 南京大学地质系. 1990

1.2 盆地形成的构造条件

溧水-南陵拉分盆地的形成明显地受到一对 NNE 向的断裂——南陵-方山断裂和茅西断裂所控制, 盆地的范围限制在两断裂之间。由于这两条断裂在南陵 SW 附近汇聚, 同时在盆地 NE 端另有南京-湖熟断裂发育, 使得盆地成为 NNE 向伸长的楔形(图 1)。

作为盆地西界的南陵-方山断裂, 走向约 25°, 延伸超过 300 km。它控制了上侏罗统西横山组的沉积作用, 导致了该组在断裂 NW 侧缺失, 象山群沉积厚度在断裂两侧也具有很大差异。而且, 断裂两侧的区域构造线明显不同, NW 侧多为 NE-NNE 向, 而 SE 侧主要为近 EW 向^[6]。断裂两侧的区域性航磁异常具明显差异, SE 侧为负异常区, NW 侧为高正异常区^{[7]*}。在断裂北西侧的凤凰山-云台山-太平山一带发育有雁列式褶皱, 有力指示了该断裂具有左行平移性质^[5, 6], 其水平错距超过 30 km^[8]。

作为盆地东界的茅西断裂, 走向约 30°, 总长超过 110 km^[7]。钻孔资料表明, 断裂东侧缺失黄马青群、象山群及西横山组, 说明该断裂是控制中生代沉积作用的重要构造线。它的左行走滑性质得到了研究者的普遍认同^[5, 8, 9], 沿茅山山脉及其 SSW 延长方向上有一系列古生界到下三叠统组成的雁列式褶皱清楚地指明了该断裂的这一运动学特点。

走向约 310° 的南京-湖熟断裂是一带有左行走滑性质的正断层, 该断裂 NE 侧的句容盆地中缺失黄马青群、象山群和西横山组沉积, 表明其自始至终都参与了对盆地发育的控制。

应该强调指出的是, 在雁列式的走滑断裂之间形成拉分盆地是必然的^[10, 11]。南陵-方山断裂和茅西断裂是一对同时代发育的走滑断裂, 其主体部分近于平行, 仅其 SW 端有一角度相交, 故提供了形成拉分盆地的必要的构造条件; 而南京-湖熟断裂就是 Crowell 拉分盆地模式

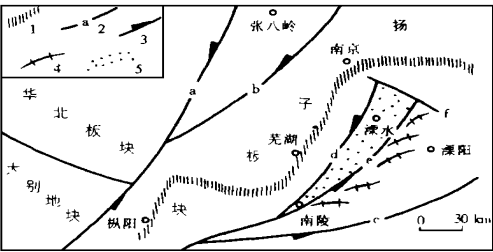


图 1 盆地形态和所处大地构造位置略图
1—长江断裂带; 2—选择性断裂; 3—走滑方向;
4—背斜; 5—溧水-南陵盆地
a—郟庐断裂; b—滁河断裂; c—青阳-广德断裂;
d—南陵-方山断裂; e—茅西断裂; f—南京-湖熟断裂

中位于盆地尾部的斜滑断裂^[11]。应该指出的是, 拉分盆地的宽度在其演化过程中是不变的, 由其主断层的初始间距决定, 但盆地的长度则随主断层侧接(overlap)的增加而伸长, 如加利福尼亚的索尔顿海槽和死海断裂系^[2]。溧水-南陵拉分盆地由于上述两条雁行断裂的走滑作用而产生, 因此, 盆地的宽度就是两断裂的间距(约 40 km), 长度则由两断裂的侧接量所决定(约 120 km), 其长宽比约为 3: 1, 符合于拉分盆地的形态学特点。

Rodgers^[12]指出, 当控制盆地的两条边界断裂的侧接量达到两者之间的间距的两倍时,

图 2 溧水-南陵拉分盆地的几何形态(B)与 Rodgers 的理论模式(A)的对比^[12]

1, 2—沉陷中心; ①南陵-方山断裂; ②茅西断裂; ③南京-湖熟断裂; ④小丹阳-枯竹山断裂; ⑤芜湖北断裂

在盆地的两端会出现两个沉陷中心, 其间则发展成为相对的隆起(图 2A)。南陵-方山断裂与

* 贵州工学院, 中国科学院, 华东富铁科研队等. 溧水中生代火山岩地区基底构造的研究. 1977

茅西断裂之间的侧接量(120 km),超过了两断裂之间的间距(40 km)的两倍,在盆地内应存在两个沉降中心,这就是我们目前见到的溧水盆地和南陵盆地,它们分别位于整个拉分盆地的两端(图2B)。确认这一特征对于我们对比分析溧水和南陵两个相邻盆地的形成和演化历史以及指导对该两盆地进行油气勘探具有重要意义。

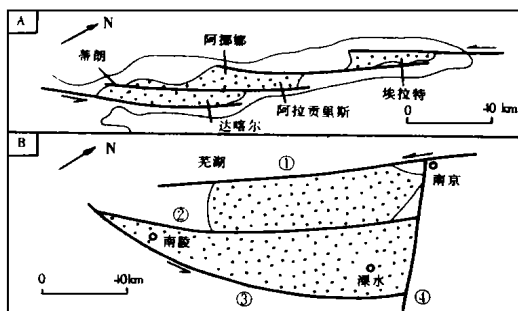


图3 亚喀巴(Aqaba)湾的拉分盆地分布图(A)及溧水-南陵盆地与宁芜盆地的平面位置图(B)^[14]

①滨江断裂; ②南陵-方山断裂; ③茅西断裂;

④南京-湖熟断裂

此外还应指出,一系列雁行走滑断裂可以引起一系列相互平行的拉分盆地形成,如死海断裂带中的亚喀巴(Aqaba)湾(长180 km,宽15~20 km)中发育了一组(4条)左旋的雁行走滑断裂,相应地形成了三个拉分盆地^[14](图3A)。溧水-南陵盆地和位于其西侧的中生代宁芜盆地,似乎也存在着与亚喀巴湾类似的构造组合条件。根据姜波等人^[6]的研究,宁芜盆地也是由一对左旋雁行断裂——滨江断裂和南陵-方山断裂所控制而成的拉分盆地(图3B),该盆地亦呈NNE向延伸,长约60 km,宽约20 km,发生于晚侏罗世,消亡于晚白垩世。显然,

溧水-南陵盆地和宁芜盆地同受着一组(3条)左旋雁行走滑断裂——滨江断裂、南陵-方山断裂和茅西断裂的控制(图3B)。这三条断裂作为青阳-广德断裂的分支断裂,与青阳-广德断裂一起构成了一个马尾状断裂系统,它们具有相同的走滑方式,相同或相近的演化经历,并共同构成了两个拉分盆地发育和演化的构造组合条件。

2 盆地的沉积特征

溧水-南陵拉分盆地的发育始于中侏罗世象山期的后期,主体沉积为晚侏罗世早期的西横山组,盆地演化后期为火山岩所充填,至晚白垩世初结束。在溧水地区充填了上侏罗统西横山组的沉积岩和龙王山组、大王山组以及下白垩统娘娘山组的火山岩,在南陵地区则表现为一套厚达4 607 m的中基性-中酸性火山岩及火山碎屑沉积岩。西横山组主要出露于溧水盆地的西横山地区,是一套以砂岩、砾岩为主兼泥岩、泥灰岩的陆相碎屑沉积,厚度大于1 661 m。下面将以盆地的沉积特征为研究对象,来揭示其拉分性质。

2.1 沉积作用的快速性

拉分盆地是沉积作用非常有利的场所,常常具有很高的沉积速率和巨大的沉积厚度。Reading^[15]指出与走滑作用有关的盆地的沉积速度可以达到1 000 m/Ma。这种沉积作用的快速性和巨厚性在国外一些著名的古代和现代拉分盆地中均能得到很好的体现^[10, 11, 13, 16~19]。在溧水-南陵拉分盆地中,西横山组的可见厚度最大为1 661 m,其沉积时限若以晚侏罗世整个牛津期2.4 Ma计,那么,该盆地的沉积速度至少可达690 m/Ma。加上其上覆的火山岩系,盆地的沉积物总厚度大于6 000 m。

2.2 沉积相变化

经典的拉分盆地理论认为,拉分盆地的沉积相在横向上变化快,在盆地横剖面上表现出明显的不对称^[2, 20]。在溧水-南陵拉分盆地中,这一特点表现得非常鲜明。

盆地的相分布在平面上和横剖面上表现出不对称,这与盆地两侧边界断裂的活动性的差

异有关。南陵-方山断裂的活动性强, 断裂两侧的相对落差大, 但其活动持续性差, 故形成的扇体厚度较大, 扇坡坡角较大, 扇体规模较小。观音山剖面所见西横山组底部扇体即属此类, 是以泥石流占优势的扇砾岩(图 4A), 砾岩厚度达 300 m, 但分布局限, 尖灭快, 砾石粒径不一, 分选性差, 为杂基支撑。茅西断裂活动强度相对较弱, 上下盘相对落差较小, 其活动持续发展, 形成了规模较大但扇坡坡角较缓的扇体。溧水县天生桥(距茅西断裂约 15 km)的西横山组扇砾岩属此(图 4A), 是以洪流为主导营力而形成的, 砾石分选性好, 磨圆度好, 砂岩夹层甚至砾岩层中常发育有大型前积层理, 与山间河流相沉积频频交互。由于两

边界断裂的相对落差的不同, 导致了盆地基底向 NW 方向的倾斜, 从而使得盆地横剖面在沉积物厚度上表现出不对称(图 4B)。据研究南陵地区的盆地基底也是向 NW 方向倾斜的^[21]。溧水盆地内部普遍发育河流相沉积和湖相沉积, 其中湖相沉积偏向盆地的西侧(图 4A), 使得盆地的相分布在平面上和剖面上均表现出明显的不对称(图 4)。

相变的快速性表现得也很明显。西横山组下段在南陵-方山断裂附近(观音山)表现为扇砾岩, 向盆地轴部方向(赵村)则迅速相变为辫状河沉积, 发育河床沉积与河心沙坝沉积。西横山组上段在茅西断裂附近(天生桥、蛇山)也为扇砾岩, 向盆地轴部方向则代之为曲流河沉积, 发育河床沉积及天然堤等(图 4A)。在处于盆地轴部的赵村剖面中非常发育的湖心相泥岩中, 常见有大型前积层的块状砂岩夹层, 证明来自盆地边侧的曲流河常常深入到湖心, 形成水下三角洲。

2.3 古流向和最大粒径的变化

在溧水地区, 笔者观测了盆地西部西横山组下段和盆地东部西横山组上段古流向点共 40 余个, 统计结果表明, 盆地 NW 侧的古水流俱指向 SE 或 SSE, 盆地 SE 侧的古水流则都指向 NW 或 NNW, 至盆地轴部, 古水流则与盆地的走向一致(图 4A), 体现了拉分盆地流向单一且物质为横向补给和纵向搬运的特点。这一特点在砾石特征的变化方面也有反映, 盆地 NW 侧, 自边缘向盆内方向, 作为主体的灰岩砾石含量减少, 同时, 其粒径变小, 观音山的砾岩剖面, 灰岩砾石的含量高达 85%, 粒径达 30 cm, 而在盆地轴部赵村灰岩砾石的含量仅为 30%, 粒径最大只有 10 余厘米; 盆地东南作为特征性的火山岩砾石顺古水流方向粒径变小, 含量下降, 如在天生桥的砾岩剖面, 火山岩砾石的含量为 40%, 粒径最大达 50 cm, 而在赵村剖面的砾岩中, 火山岩砾石的含量仅为 5%, 其粒径最大不超过 15 cm(图 4A)。

2.4 扇体位移

溧水县天生桥西横山剖面的上段砾岩随着层序向上变新, 砾石主要成分的变化是下、中三叠统灰岩(a)渐变为古生界灰岩和砂岩(b), 再渐变为中生界火山岩(c)。其中由 a 变为 b 属于正常变化, 符合于砾岩层位向上砾石来源的层位变老的反序规律; 但由 b 变为 c 则是不正常

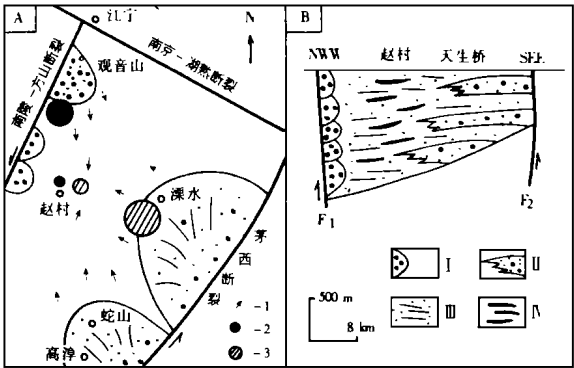


图 4 溧水-南陵拉分盆地的扇砾岩平面展布(A)与沉积相横剖面略图(B)
1—古水流方向; 2—灰岩砾石; 3—火山岩砾石;
I—泥石流沉积; II—洪流沉积; III—河流沉积; IV—湖相沉积;
F₁—南陵-方山断裂, F₂—茅西断裂

的,是对上述反序规律的违反。这种现象的最佳解释是在沉积过程中沉积区相对于源区发生了位移,即由于茅西断裂的左行平移,在天生桥处连续沉积了两条不同河流所带来的砾石。前一条河流带来了青龙群的灰岩砾石(a),并在其上继续堆积了古生代的灰岩与砂岩砾石(b),后因茅西断裂的走滑作用,沉积区逐渐远离了这条河流,并向另一条河流靠近,而后者带来的是中生代的火山岩砾石(c),可以将这种异常变化称为砾石成分变化的反序之反序规律,它是鉴定同沉积走滑作用的重要标志。

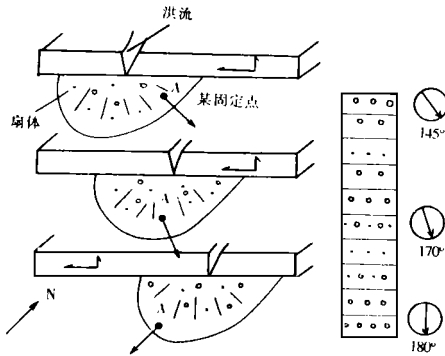


图5 断裂的走滑作用对观音山扇砾岩古流向的影响示意图

边界断裂的走滑作用还可以在冲积扇的古水流方向的变化上表现出来。笔者实测的观音山剖面扇砾岩中的20余个古流向数据表明,自这段砾岩的底部向上,古水流的指向由S变为SSE,再变为SE(图5)。这就说明,在河流位置及其流向固定的情况下,由该河流供应物质而形成的扇体的位置及扇体上各固定点的位置在逐步发生移动(图5)。该现象清楚地显示了南陵-方山断裂同沉积走滑作用的存在,这也是拉分盆地沉积学方面的一条重要特征。

2.5 火山沉积作用

拉分盆地由于其局部的地壳拉伸和岩石圈伸展作用,常产生高的热流和火山作用。而且火山岩的成分常常反映其构造环境,拉斑玄武岩和碱性玄武岩形成于大陆之间的走滑边界带,钙碱性岩浆则是弧后和大陆碰撞带内走滑活动带的典型特征^[2]。

溧水-南陵拉分盆地自西横山组沉积开始,即已发生了零星的火山活动^[6],晚侏罗世后期至早白垩世早期,共发育了龙王山组、大王山组和娘娘山组三个旋回的火山活动,其强度从老到新逐次减弱。龙王山组与大王山组均为钙碱性的安山质到玄武质火山岩,而娘娘山组却以弱碱性-碱性为主,反映盆地所处大地构造环境的改变。下扬子区自晚三叠世黄马青期至晚侏罗世,为大陆碰撞带内的楔状走滑系统,南北两侧边界断裂均为左行走滑,正是这种强烈挤压的背景,产生了龙王山组和大王山组的钙碱性的火山岩。早白垩世早期,这种强烈的挤压应力逐渐消失,南侧的青阳-广德断裂也由原来的左行走滑转变为右行走滑^[22, 23],下扬子区由原来挤压状态下的走滑系统^[5],转变为引张状态下的向东的构造逃逸系统,发育娘娘山组的碱性火山岩,类似于新生代土耳其的安纳托利亚(Anatolian)地区^[24]。

参 考 文 献

- 董铃翔. 溧水火山岩区基底构造特征——再造中生代古构造应力场. 见: 构造地质论丛编辑部. 构造地质论丛(七). 北京: 地质出版社, 1987. 8~21
- Mann P, Hempton M R, Bradley D C, et al. Development of pull apart basins. Journal of Geology, 1983, 91: 529~554
- 徐树桐, 江来利, 刘贻灿等. 大别山区(安徽部分)的构造格局和演化过程. 地质学报, 1992, 66(1): 1~14
- 夏邦栋, 李培军. 中国东部扬子板块同华北板块在中-晚三叠世拼接的沉积学证据. 沉积学报, 1996, 14(1): 12~21
- 夏邦栋, 李培军, 尚彦军等. 下扬子区中生代走滑活动带初析. 石油与天然气地质, 1994, 15(3): 193~200
- 姜波, 徐嘉伟. 一个中生代的拉分盆地——宁芜盆地的形成及演化. 地质科学, 1989, (4): 314~321
- 江苏省地质矿产局. 江苏省及上海市区域地质志. 北京: 地质出版社, 1985. 667~673
- 徐嘉伟. 郯城-庐江平移断裂系统. 见: 构造地质论丛编辑部. 构造地质论丛(三). 北京: 地质出版社, 1984. 18~32
- 李培军, 夏邦栋. 走滑挤压盆地——以中晚三叠世下扬子区沿江盆地为例. 地质科学, 1995, 30(2): 130~138

- 10 Burchfiel B C, Stewart J H. Pull apart origin of the central segment of Death Valley, California. *Geol Soc America Bull*, 1966, 77: 431~ 442
- 11 Crowell J C. Origin of late Cenozoic basins in southern California. In: Dickinson W R, ed. *Tectonics and sedimentation*. SEPM Spec Pub, 1974, 22: 190~ 294
- 12 Rodgers D A. Analysis of pull apart basin development produced by en echelon strike slip faults. In: Ballance P F, Reading H G, eds. *Sedimentation in oblique slip mobile zones*. Int Ass Sediment Spec Pub, 1980, 4: 27~ 41
- 13 Schubert C. Origin of Cariaco Basin, Southern Caribbean Sea. *Marine Geology*, 1982, 47: 345~ 360
- 14 Berr Abraham Z, Almador G, Garfunkel Z. Sediments and structure of the Gulf of Elat. *Sediment Geol*, 1979, 23: 239~ 267
- 15 Reading H G. Sedimentary basins and global tectonics. *Proceeding of the Geologists Association*, 1982, 93: 321~ 350
- 16 Royden L H, Horvath F, Burchfiel B C. Transform faulting, extension, and subsidence in the Carpathian Pannonian region. *Geol Soc America Bull*, 1982, 93: 717~ 725
- 17 Crowell J C. The tectonics of Ridge Basin, southern California. In: Crowell J C, Link M H, eds. *Geologic history of Ridge Basin southern California*. SEPM Pacific Spec, 1982. 25~ 42
- 18 Steel R J, Gloppen T G. Late Caledonian (Devonian) basin formation western Norway. Signs of strike slip tectonism during infilling. In: Ballance P F, Reading H G, eds. *Sedimentation in oblique slip mobile zones*. Int Ass Sediment Spec Pub, 1980, 4: 79~ 103
- 19 Zak I, Freund R. Asymmetry and basin migration in the Dead Sea Rift. *Tectonophysics*, 1981, 80: 27~ 38
- 20 Reading H G. Characteristics and recognition of strike slip fault systems. In: Ballance P F, Reading H G, eds. *Sedimentation in oblique slip mobile zones*. Int Ass Sediment Spec Pub, 1980, 4: 7~ 26
- 21 徐树桐, 周海渊, 董树文等. 安徽主要构造要素的变形和演化. 北京: 海洋出版社, 1986. 1~ 145
- 22 常印佛, 刘湘培, 吴言昌. 长江中下游铜铁成矿带. 北京: 地质出版社, 1991. 1~ 39
- 23 陆镜元. 安徽南部构造格局的演化. *地质学报*, 1984, 58(4): 293~ 303
- 24 Sengör A M C, Görür N, Saroglu F. Strike slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: turkey as a case study. In: Biddle K T, Christie-Blick N, eds. *Strike slip deformation, basin formation, and sedimentation*. SEPM Spec Pub, 1985, 37: 227~ 264

DEFINITION OF MESOZOIC LISHUI-NANLING PULL-APART BASIN IN LOWER YANGTZE REGION

Lin Heming Xia Bangdong

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing)

Abstract

Lishui-Nanling Basin is a Mesozoic pull apart basin which possesses two sedimentary depression. The boundary faults of the basin's two sides are left-step sinistral *en echelon* strike slip faults with NNE strike. The basin has similar origin to that of Ningwu pull-apart basin. They constitute a pull-apart basin set. The basin has following features: (1) The stratigraphic thickness is up to 6 000 m, and the sedimentation rate is more than 690 m/Ma. (2) The sedimentary facies show evident asymmetry in basin's plane and cross sections. (3) The palaeocurrent directions of the basin margins point to intra-basin, those in the axial region of the basin are accord with the basin axis. Along the palaeocurrent directions, the content and the size of the gravel decreases. (4) Strike slip movement of the boundary faults led to the fan/source displacement and the continuous change of the palaeocurrent directions. (5) Volcanic rocks changed from calc-alkaline into alkaline into alkali in the basin, indicating the change of its tectonic background from compression to extension.