

· 研究论文 ·

苏北盆地构造演化研究进展

邱海峻¹, 许志琴², 乔德武¹QIU Hai-jun¹, XU Zhi-qin², QIAO De-wu¹

1. 国土资源部油气资源战略研究中心, 北京 100034; 2. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037

1. *Strategic Research Center of Oil and Gas Resources, Ministry of Land and Resources, Beijing 100034, China;*2. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*

摘要: 苏北盆地位于苏鲁造山带南侧、下扬子地台的东北部, 盆地所处的特殊构造位置使其演化历史颇为复杂。总结了近年来苏北盆地构造演化研究方面的进展, 如盆地基底、深部构造、形成机制、盆地与下扬子区构造演化之间的关系等研究的进展。对近年来获得的新认识进行分析和归纳, 提出了今后苏北盆地构造演化研究中一些值得关注的问题, 如盆地基底构造与浅部构造之间的关系、苏鲁造山带与盆地构造演化的联系、郯庐断裂对盆地形成的影响、盆地形成的动力学机制等。

关键词: 苏北盆地; 构造演化; 盆山耦合

中图分类号: P512.2; P54

文献标识码: A

文章编号: 1671-2552(2006)09~10-1117-04

Qiu H J, Xu Z Q, Qiao D W. Progress in the study of the tectonic evolution of the Subei basin, Jiangsu, China. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(9~10):1117~1120

Abstract: The Subei basin is located in the northeastern part of the Yangtze platform, at the southern side of the Sulu orogen. This special tectonic location makes its evolution very complex. This review focuses on the recent progress in the study of the tectonic evolution of the Subei basin, especially on the basement, deep structure and formation mechanism of the basin and its relationship with the lower Yangtze region. This paper presents some problems to which attention should be paid in the future study of the tectonic evolution of the Subei basin through an analysis and summing-up of new geological data obtained in this area. They include the relation between the basement structure and shallow structure of the basin, relation between the Sulu orogen and the tectonic evolution of the Subei basin, influence of the Tanlu fault on the basin formation and kinematic mechanism of the formation of the Subei basin.

Key words: Subei basin; tectonic evolution; coupling between basins and mountains

苏北盆地位于江苏省东北部, 属苏北—南黄海盆地西部的陆上部分, 总体走向东北(图1)^[1], 延伸长度大于260 km, 面积约38000 km²。盆地西界为郯庐断裂, 北接苏鲁造山带, 向东伸入黄海, 南以扬州—如皋一线为界。地球物理和钻井资料证实, 古生代以来的沉积厚度超过11000 m, 其中古近纪断陷沉积厚度超过6000 m, 新近纪拗陷沉积厚度1000~1300 m^[2]。盆地自形成后经历了多期构造运动的改造, 具有构造分割性强的特点。盆地内发育近东西向的“一隆两拗”的构造格局, 自北向南分别为盐阜拗陷、建湖隆起、东台拗陷, 2个拗陷又由数个单断裂谷式凹陷所组成^[3]。在大地构造上, 苏北盆地位

于中、新生代西太平洋构造域的弧后区, 属下扬子构造—沉积区的一部分。华北板块与下扬子板块的碰撞造山带位于其北部, 东部为环太平洋构造域, 使该地区保留有丰富的古构造信息和物质记录, 特殊的构造位置使其构造演化的研究一直是热点问题。近年来, 随着地质、钻井和地震资料的逐渐丰富, 不同学者对其构造演化取得了许多新的认识。

1 苏北盆地基底特征

1.1 盆地基底

苏北盆地位于苏鲁造山带南缘, 嘉山—响水断裂带将二

收稿日期: 2006-04-20; 修订日期: 2006-07-12

科技项目: 国家油气专项研究项目《全国油气资源战略选区调查与评价综合研究》资助。

作者简介: 邱海峻 (1972-), 男, 博士, 副研究员, 从事大地构造学研究。E-mail: qhj149@163.com

者分隔。苏鲁造山带南缘主要出露新元古代(青白口纪)锦屏岩群($Pt_{2-3}J$)和云台岩群($Pt_{2-3}Y$),向北过渡为太古宙—古元古代东海群/胶南群。在连云港锦屏山、云台山区出露有较为完整的新元古代岩层。下部锦屏岩群的原岩为一套含磷碳酸盐岩—碎屑岩建造,夹碱性玄武岩,属初始裂陷海槽沉积;上部云台岩群的原岩为一套细碧—石英角斑质和碱流纹质火山—沉积建造,形成于弧后张裂边缘海环境^[4-5]。苏鲁造山带南侧主要为北东、北东东向构造,表现为一系列向北西逆冲推覆的构造岩片及其间强烈的褶皱^①。苏北盆地夹持于苏鲁造山带和江南隆起之间,不同程度地保留着震旦系—中三叠统海相沉积盖层,在皖中保留有这些盖层,但上古生界已剥蚀殆尽^②。因此,其基底具有3层结构的特征,即中元古界变质岩基底、扬子地台海相中生界—古生界基底和中、上三叠统一白垩统活动陆缘型海陆过渡相、陆相碎屑岩类、中酸性火山岩基底。由于中、新生代盆地的基底多为中生界—古生界破碎的沉积层,而非刚性基底,在断陷发育过程中,受基底影响,盆地内部构造非常破碎,所形成的构造圈闭主要为复杂的小断块。

1.2 盆地深部构造

深部构造是浅部中、新生代盆地构造形成的基础,二者有一定的成因联系,如松辽盆地深部是莫霍面隆起,其起伏状态与中、新生代沉积盆地的宏观面貌成镜相关系。王魏等^③认为,苏北盆地莫霍面为一东西走向且与上部断陷盆地呈同相关系的负相构造,中生界—古生界推覆构造发育,新生界为北东至东西向构造体系,断裂分布总体为北东向和北西向,北西向断裂控制着地层的保存、火山岩的发育,北东向构造起配套作用。马力等^④曾指出,苏北盆地的莫霍面深度与第三纪沉积厚度呈同相而非镜相倒映关系,经典的裂谷盆地理论无法解释其形成机理,可应用“单剪切继承性薄皮盆地”模式阐明盆地的形成机制,并指出壳内低速层是引张过程中物质不均衡的调节层,边界大断层力学性质的转换(逆冲、推覆转为引张滑动)和帚状断裂体系构造骨架的继承,是盆地构造演化的重要特点。对盆地北侧紧邻的苏鲁造山带深部构造的研究也取得了许多进展。徐佩芬等^⑤采用地震层析成像技术,在大别—胶南造山带东延的胶南碰撞带深部发现了鳄鱼(楔状)构造,认为中朝板块的地壳在16~25 km的深处可以呈楔状向南插入扬子板块地壳和岩石圈地幔之间,可达80 km以上。这表明尽管在地表碰撞带的主断层面是向南倾斜的,而深部则是向北倾斜的。扬子板块在地表呈向北仰冲的状态。而大别东段的剖面则表明,扬子板块和大别板块楔入了中朝板块的莫霍面附近^⑥。杨文采等^⑦通过郟城—涟水综合地球物理剖面研究认为,印支期扬子

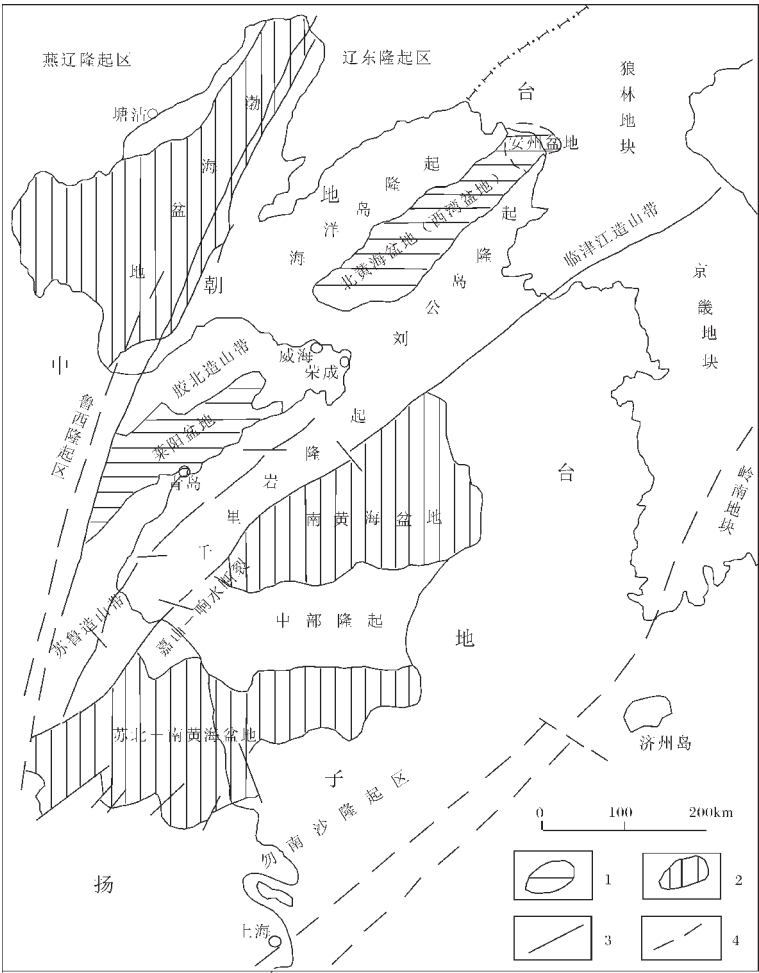


图1 苏北盆地大地构造位置示意图^⑧

Fig.1 Map showing the tectonic location of the Subei basin
1—中生代为主的沉积盆地;2—中、新生代盆地;3—主要断裂;4—推测断裂

克拉通向苏鲁下方俯冲,而苏鲁地体向北倾斜,形状类似于“地幔楔”。嘉山—响水断裂带具有不对称断裂裂谷的性质,很可能是郟庐古裂谷系的一个裂谷支。因此,苏北盆地的深部构造与北部苏鲁造山带和西部郟庐断裂深部构造的关系仍是一个值得关注的问题。

2 苏北盆地形成机制

关于盆地形成和演化的主流观点,仍是用“拉张作用”和“裂谷盆地”来解释成因的,即板块俯冲引起地幔物质上拱、导致壳层裂陷等一系列连锁反应的结果。杨琦等^⑨认为,苏北盆地是由多期、多类型盆地叠加的复合残留盆地,自元古宙下扬子板块形成后,主要经历了古—中生代地台、中生代前陆盆地、走滑拉分盆地时期和新生代断陷、拗陷盆地时期。在古—中生代发展过程中是一个整体,晚白垩世盆地演化出现分化,发育伸展盆地群,形成一系列叠置在中、古生代盆地之上的箕状断陷,箕状断陷的发育受中—古生界内部先存逆冲

断裂的控制。刘玉瑞等^[12]认为,苏北盆地主要受伸展和右行走滑双重应力地质作用影响,右行扭动是诱导形成走滑断层的主因,主要受郯庐断裂活动的控制,因此苏北盆地北东向张性断层占主导,北西向(反向)构造不发育或呈隐伏状。

目前,对于苏北盆地的形成机制有2种观点值得重视。一种观点认为,苏北盆地受逆冲推覆体系控制,是逆冲断片重力回滑的结果,构成了推覆体的“后缘凹陷”。练铭祥等^[13]认为在区域拉张背景下,苏北盆地在一系列逆冲推覆处通过断裂而形成,既非弧后盆地,也非裂谷盆地,而是一种特殊成因的板内盆地。盆地内新生代断陷-坳陷发育在中—古生界逆冲推覆体上,其结构、规模和区域分布受逆冲推覆体的控制。一些学者对苏北出露的构造岩片研究后认为,这些岩片是碰撞后韧性伸展构造作用的结果。相同的伸展背景为盆山耦合研究提供了一定的依据。另一种观点认为,在断陷形成的过程中,断片和充填物的重力作为断层持续下滑的动力证据并不充分。陈安定^[14]认为,该盆地新生代的构造现象既是中生代时期构造作用的延续,也是始新世以来复杂应力环境作用的结果。大量分布的正断层是盆地内最主要的构造形迹,从横剖面上看,相邻断陷的古生界基底均呈正三角形“滑动块体”串联,而新生界则呈“倒三角形”或楔状体嵌入其中(图2)。陈安定^[14]还认为,印支—燕山中期,中国东部只受到太平洋—库拉板块一种力源作用,地层变形强烈,受力方向单一,以北西、北西西向挤压或左行剪切为主,发育了大量逆冲推覆构造。始新世,印度板块向欧亚大陆冲撞引发的北东向挤压力加入到本区,使苏北盆地从此处在因两大板块非匀速推进而产生的二元交变动力环境中:印度板块力源占主导时,产生“右旋扭动”力偶,使燕山早—中期逆断层复活反转的同时,由于中国西部大陆的不断抬升,本区总的以沉积作用为主;而太平洋板块力源占主导时又产生“左行剪切挤压”,在整体抬升的基础上,斜坡—凸起处的过度削蚀进一步加强了箕状盆地结构。2种力源的时空交替实际形成了一个完整的“断—

坳—隆”沉积—抬升构造旋回。由此可见,对于苏北盆地的形成机制目前还有许多分歧,解决这些问题尚需要进一步的资料积累和深入研究,尤其需要将盆地形成机制放入一个更为宏观的构造背景之下去讨论和研究。

3 苏北盆地与下扬子地区构造演化的关系

裴振洪等^[15]将下扬子地区的演化划分为以原型沉积为主和以后期改造为主的两大构造阶段。第一阶段为海相原型盆地沉积阶段,扬子板块经历了震旦纪—早古生代裂陷充填—中期稳定沉降—晚期聚敛挠曲的盆地演化过程。晚泥盆世—中三叠世,经加里东运动后,下扬子南北两侧的活动性陆缘沉降区封闭隆升,陆壳加厚,整体表现为稳定的克拉通环境。伴随着古特提斯洋的局部关闭,扬子板块与华北板块持续挤压,本区中三叠世末海水全面退出,发生区域性的抬升及局部褶皱。第二阶段为盆地改造及后期演化阶段。进入三叠纪晚期,扬子板块与华北板块拼贴碰撞,西伯利亚板块向南挤压,导致海水主体退出中国大陆,各板块汇聚成为统一的大陆板块,下扬子及邻区均进入了一个新的构造演化体制——大陆板内变形体制。该阶段又可划分为类前陆盆地阶段、火山磨拉石盆地阶段、断陷盆地阶段和坳陷盆地阶段。

朱光等^[16]认为,在扬子与华北板块的陆—陆碰撞中,若郯庐断裂带发生同造山活动,必然在其周边影响到前陆变形的构造格局。他们认为晚白垩世—古近纪发生断陷的苏北盆地,控盆断裂多为南倾,主要是利用前陆期向北逆冲的逆冲断层。盆地下前陆期北倾的逆冲断层主要走向为北东东,平行于苏鲁造山带。下扬子地区前陆逆冲—推覆构造及相应的褶皱轴随着向西接近郯庐断裂带而逐渐转变为走向北东至北北东向。闫吉柱等^[17]在研究了下扬子区地震剖面、钻井及地表资料后认为,中生代中期(约240~157 Ma)下扬子区发育了中部对冲周缘前陆盆地和南部单冲前陆盆地。对冲周缘前陆盆地是下扬子板块与华北板块发生陆—陆碰撞,下扬子地区

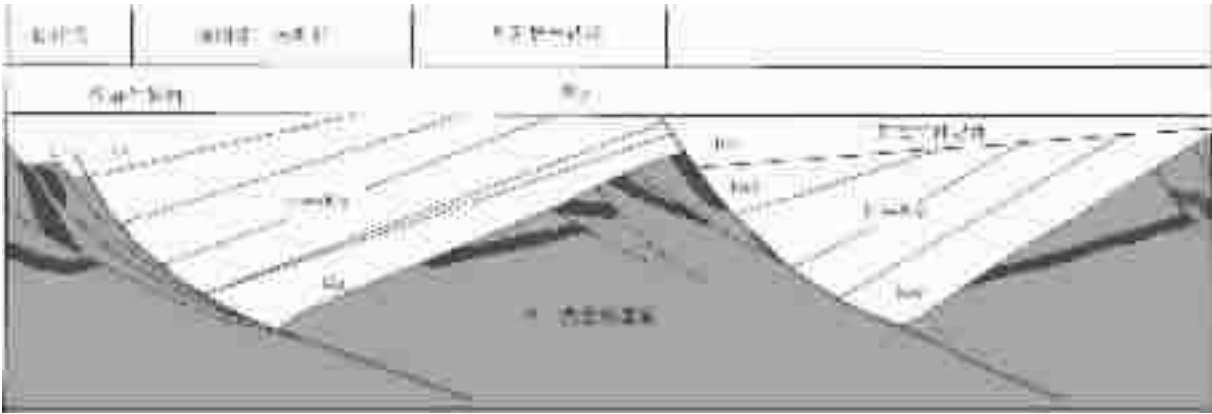


图2 苏北中、新生界箕状断陷与古生界基岩的叠置关系示意图^[14]

Fig.2 Superimposition of the Mesozoic-Cenozoic dustpan-shaped fault depression on Paleozoic basement in the Subei basin

N₁y—盐城组;E₃s—三垛组;E₃d—戴南组;E₃f—阜宁组;K₃t—泰州组;K₃p—浦口组;M₂—中生界

近同时产生了北部和中南部分别由北西往南东和由南东往北西逆冲的冲断构造而呈对冲结构,并在对冲中心地带沉积了中、上三叠统和中、下侏罗统;单冲前陆盆地属于华南前陆盆地的前缘部分。按照这种分析,苏北盆地应位于该体系的北部,朱光等^[16]、余晓宇等^[18]也有类似的观点。但是,这种对冲机制很难解释苏北盆地北缘地表露头所见岩片均为南东倾向,且具有明显的向南东滑脱的特征。同时,穿过苏鲁造山带的地震剖面也显示浅部的扬子板片具有向北逆冲的特征。

尚彦军等^[19]针对下扬子中生代地块呈一南西窄而北东宽的楔形,通过对晚白垩世盆地的几何学、沉积学、岩石学等方面的资料研究,认为下扬子区晚中生代为一个完整的构造逃逸系统,即下扬子楔形地块自南西向北东方向逃逸,西南部为挤压区,东北部为引张区,中部为过渡区。

上述观点表明,苏北盆地自形成后经历了多期盆地转换、盆地改造和多期的断裂活动、褶皱运动,形成了非常复杂的构造面貌,因此对其构造演化的研究仍是一个复杂而饶有趣味的难题。

4 盆山耦合研究

造山带和盆地是紧密相连的2个大地构造单元,二者具有密切的成因耦合关系,许多学者对盆山耦合进行了有益的探索^[20~22]。苏北盆地及其所处的下扬子板块与苏鲁造山带之间毫无疑问存在着密切的构造关系。吴根耀等^[23]曾提出了4个途径来探讨造山作用与盆地演化间统一的运动学过程和动力学机制:区域挤压应力场和区域拉张应力场空间上的相互依存,走滑断裂的转换作用,造山带坍塌(或深部构造),构造逸脱。之后,他又提出2类组合:一是深部造山浅部成盆,二是浅部造山深部保持稳定地块的记录。目前,关于苏北盆地西侧的合肥盆地与大别-张八岭造山带的耦合关系已有学者进行了探讨^[24]。作为大地构造位置上的近邻,苏北盆地与苏鲁造山带之间盆山耦合关系的研究^[25]才刚刚起步,全面系统的工作还有待深入开展,这将是本区研究的一个热点领域。

综合分析上述研究成果可知,随着资料的积累和认识的深化,对苏北盆地构造演化的研究在取得很多成果的同时也产生了一些新的疑问:断陷的形成是否由逆冲推覆带后缘断片回滑机制形成的?盆地内的东西向、北东向、南北向构造带之间的构造配置关系如何?苏北盆地东部和西部的构造差异、生油条件差异的原因是什么?苏北盆地的形成演化阶段与郯庐断裂的走滑、挤压运动阶段究竟关联到何种程度?苏北盆地的形成与苏鲁造山带之间的关系如何?太平洋板块俯冲方向的改变、印度板块和亚洲板块的相互作用对形成苏北盆地的应力场有何种影响?这些问题的研究和解决既可丰富、完善苏北盆地的构造演化模式,又能为本区的油气地质勘探和油气资源远景评价提供重要的基础地质资料。

致谢:本文在完成过程中得到任收麦副研究员和李思田、张建新、李海兵等研究员的大力帮助,在此表示感谢。

参考文献:

- [1]蔡乾忠.黄海与周边地质构造及盆地含油气性的区域对比[A].见:黄海海域油气地质[M].北京:海洋出版社,2003.14-27.
- [2]杨琦,陈红宇.苏北-南黄海盆地构造演化[J].石油试验地质,2003,25(增刊):562-565.
- [3]邱旭明.苏北盆地断块圈闭分类及油气藏特征[J].石油天然气地质,2003,24(4):371-374.
- [4]樊金涛.苏北海州群细碧角斑岩系的成因[J].中国区域地质,1995,(2):118-124.
- [5]邱海峻,许志琴,张建新,等.苏北连云港地区蓝闪绿片岩相岩块的发现[J].岩石矿物学杂志,2003,22(1):34-40.
- [6]朱光,徐嘉炜,刘国生,等.下扬子地区前陆变形构造格局及其动力学机制[J].中国区域地质,1999,18(1):73-79.
- [7]王巍,陈高,王家林,等.苏北-南黄海盆地区域构造特征分析[J].地震学刊,1999,(1):47-55.
- [8]马力,钱基,穆日孔,等.苏北-南黄海盆地的构造演化和烃类生成[J].南京大学学报(地球科学版),1993,5(2):148-163.
- [9]XU Peifen, LIU Futian, YE Kai, et al. Flak tectonics in the Sulu orogen in eastern China as revealed by seismic tomography [J]. Geophysical Research Letters, 2002, 29(10):23.
- [10]万天丰.论中国大陆复杂和混杂的碰撞带构造[J].地学前缘,2004,11(3):207-220.
- [11]杨文采,胡振远,程振炎,等.郯城-涟水综合地球物理剖面[J].地球物理学报,1999,42(2):206-217.
- [12]刘玉瑞,刘启东,杨小兰.苏北盆地走滑断层特征与油气聚集关系[J].石油与天然气地质,2004,25(3):279-293.
- [13]练铭祥,薛冰,杨盛良.苏北新生代盆地断陷和坳陷的形成机理[J].石油实验地质,2001,23(3):256-260.
- [14]陈安定.苏北箕状断陷形成的动力学机制[J].高校地质学报,2001,7(4):408-417.
- [15]裴振洪,王果寿.苏北-南黄淮海相中生界构造变形类型划分[J].天然气工业,2003,23(6):32-36.
- [16]朱光,王勇生,牛漫兰,等.郯庐断裂带的同造山运动[J].地学前缘,2004,11(3):169-182.
- [17]闫吉柱,俞凯,赵曙白,等.下扬子中生代前陆盆地[J].石油试验地质,1999,21(2):95-99.
- [18]余晓宇,徐宏节,何治亮.江苏下扬子区中、古生界构造特征及其演化[J].石油与天然气地质,2004,25(2):226-231.
- [19]尚彦军,夏邦栋,林鹤鸣,等.下扬子区晚中生代逃逸构造初探[J].石油与天然气地质,1997,18(3):177-182.
- [20]刘和甫.盆地-山岭耦合体系与地球动力学机制[J].地球科学,2001,26(6):581-596.
- [21]李继亮,肖文交,闫臻.盆山耦合与沉积作用[J].沉积学报,2003,21(1):52-60.
- [22]吴根耀,马力.试论“盆”“山”耦合和脱耦及其动力学[J].石油与天然气地质,2003,26(2):99-109.
- [23]吴根耀,马力.“盆”“山”耦合和脱耦:进展,现状和努力方向[J].大地构造与成矿学,2004,28(1):81-97.
- [24]赵宗举,朱珠,徐春华,等.合肥盆地与大别-张八岭造山带的耦合关系[J].石油试验地质,2003,25(6):670-678.
- [25]吴根耀,马力,陈焕疆,等.苏皖地块构造演化、苏鲁造山带形成及其耦合的盆地演化[J].大地构造与成矿学,2004,27(4):337-353.