

文章编号: 0253- 9985(2005) 02- 0185- 08

横贯黄海的中朝造山带与北、南黄海成盆成烃关系

蔡乾忠

(国土资源部青岛海洋地质研究所, 山东青岛 266071)

摘要: 中国大陆边缘和西太平洋洋壳之间的黄海海域, 属于过渡型地壳结构。由于受周边大地构造制约, 北黄海盆地的基底属于华北地块, 而南黄海盆地则属于下扬子地块, 地壳结构极为复杂。由郯庐断裂平移走滑活动、苏北板块沿断裂向北的巨大推覆作用, 以及鲁苏超高压变质带的切入等迹象, 结合地层古生物及岩石测年为 220~ 230 Ma, 表明三叠纪早期, 华北地块与下扬子地块发生碰撞, 形成横贯于黄海中部的中朝造山带。该带由苏胶造山带- 千里岩隆起带- 临津江造山带组成, 西宽东窄形似楔状, 整体呈北东东向。中侏罗世以后, 由于造山带的再度隆起导致两侧的北、南黄海产生裂陷, 而开始沉积上侏罗统和白垩系。北黄海盆地蕴藏着两套含油气系统, 其中, 以深湖或半深湖相沉积的上侏罗统是盆地内主要烃源岩, 上侏罗统及下白垩统砂岩和砂质砾岩为良好储层构成的含油气系统, 已得到 606 井等产油井的证实; 以第三系沼泽相煤系为烃源层, 第三系硅质碎屑岩为储层的含油气系统, 应重视天然气的勘探。南黄海盆地进一步划分为北部坳陷、中部隆起区及南部坳陷。南、北部坳陷的烃源岩主要为下第三系阜宁组及戴南组, 其次, 泰州组上段和浦口组为可能的烃源岩。中部隆起由于长期处于隆升状态, 缺失中生代和早第三纪沉积, 中部隆起应加强下古生界油气勘探, 有望在深部发现志留- 泥盆系高产天然气藏。

关键词: 中朝造山带; 成盆成烃; 含油气系统; 化石

中图分类号: TE111. 2

文献标识码: A

Relationship between Sino-Korean orogenic belt traversing Yellow Sea and basin evolution and hydrocarbon generation in North and South Yellow Sea basins

Cai Qianzhong

(Qingdao Marine Geology Research Institute, Ministry of Land and Resources P. R. C, Qingdao, Shandong)

Abstract: Yellow Sea area, located between the margin of China's mainland and the oceanic crust of the Western Pacific Ocean, has transitional crustal structure. Being controlled by the surrounding tectonics, the basement in North Yellow Sea basin is of the North China landmass, while that in South Yellow Sea basin is of the Lower Yangtze landmass, as a result, the crustal structure is very complicated. Based on the strike-slip movement of Tancheng-Lujiang fracture, massive northward overthrusting of North Jiangsu plate along the fracture and the cut-in of Shandong-Jiangsu ultra-high pressured metamorphic zone, and in combination with stratigraphic paleontologic study and dating of rock to be 220~ 230 Ma, it is believed that North China landmass would have collided with the Lower Yangtze landmass in early Triassic, leading to the formation of Sino-Korean orogenic belt traversing the middle of Yellow Sea. The NEE trending Sino-Korean orogenic belt, with a wedge shape being wide in the west and narrow in the east, is composed of Sujiao orogenic zone, Qianliyan uplift zone and Linjinjiang orogenic zone. Since Middle Jurassic, the reuplifting of the orogenic belt resulted in the rifting and subsiding of the North and South Yellow Sea basins and deposition of Upper Jurassic and Cretaceous strata. There are two petroleum systems in North Yellow Sea basin. The first one, with the Upper Jurassic deep or semi-deep lacustrine sediment to be the major source rocks and the Upper Jurassic and Lower Cretaceous sandstones and sandy conglomerate to be the good reservoirs, has been verified by well pro-

作者简介: 蔡乾忠, 男, 72 岁, 教授级高级工程师, 构造地质及石油地质

收稿日期: 2005- 01- 20

ducing wells, such as the 606 well. While the second one, with the Tertiary paludal coal measures to be the source rocks and the Tertiary siliceous clastic rocks to be the reservoirs, has gas potentials. South Yellow Sea basin can further be subdivided into northern depression, middle uplift zone and southern depression. In the southern and northern depressions, Lower Tertiary Funing and Dainan Formations are the major source rocks, and the Taizhou and Pukou formations are the possible source rocks. The Mesozoic and Lower Tertiary are absent in the middle uplift zone, since it has long been uplifting. Exploration of the Paleozoic should be strengthened in the middle uplift zone, where prolific gas reservoirs are expected to be discovered in Silurian-Devonian.

Key words: Sino-Korean orogenic belt; basin evolution and hydrocarbon generation; petroleum system; first discovery of fossil

中国大陆边缘和西太平洋洋壳之间,属于过渡型地壳结构,厚度 14~30 km。北黄海盆地的基底属于华北地块,而南黄海盆地则属于下扬子地块。盆地西侧基底地壳结构极为复杂,反映了南黄海成盆前曾有过重大地质事件,包括郯庐断裂平移走滑活动、苏北板块沿断裂向北的巨大推覆作用,以及苏鲁超高压变质带的切入等。这些均是华北地台与下扬子地台发生碰撞的产物。这次碰撞形成了横贯于黄海中部の中朝造山带。该带由苏胶造山带-千里岩隆起带-临津江造山带组成。印支期(朝鲜称松林运动)是该带主要形成期。

1 苏胶造山带

主要分布于胶东至苏北一带,自北而南由胶北造山带、嘉山-响水口断裂带和鲁苏超高压变质带三部分组成。西侧被郯庐断裂所阻断,西宽东窄形似楔状向黄海延伸联接千里岩隆起(图 1)。

1.1 胶北造山带

胶北造山带分布于胶东地块北部,为华北与下扬子地台分界线。由栖霞-牟平养马岛一带呈近东西走向分布的构造混杂岩及外来岩体组成,为郯庐断裂带以东中朝地块与下扬子地块碰撞缝合最北端的界线。

胶北地区最古老的结晶基底为晚太古代胶东群。该群岩性为黑云变粒岩、黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、角闪黑云变粒岩、石榴黑云变粒岩、浅粒岩等。区域上呈东西向的褶皱带,普遍遭受角闪相、局部麻粒岩相两期以上的退变质作用,同位素年龄值大于 1 721 Ma。

胶东群之上为粉子山群,其基本特征是具有 4 套变质岩石组合,自下而上是黑云变粒岩、浅粒岩、含电气石墨透闪变粒岩、石榴矽线黑云片岩夹大理岩组合,大理岩、白云质大理岩、滑石片岩、透闪岩及透闪变粒岩组合,石墨大理岩、石墨透闪

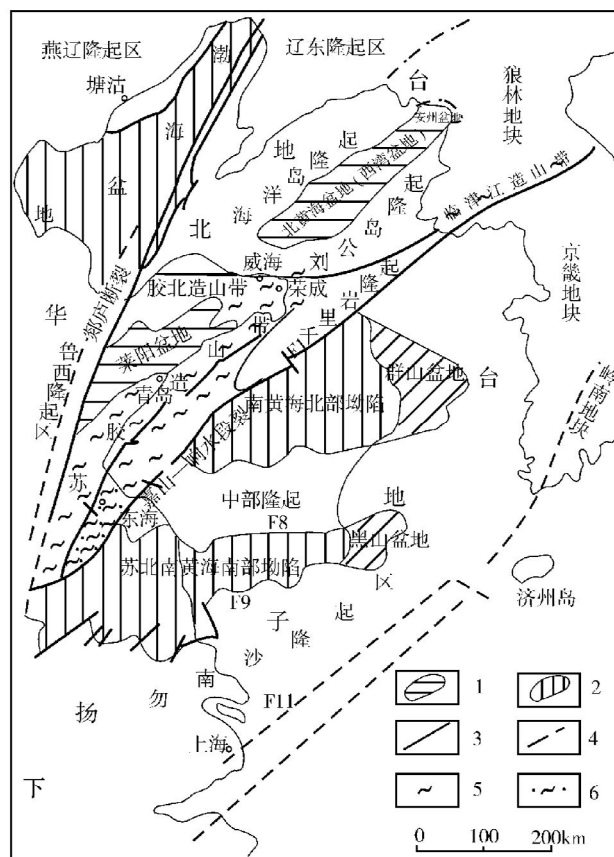


图 1 黄海及邻区区域地质构造图

Fig. 1 Map showing regional tectonics in Yellow Sea and surrounding area

- 1—以中生代为主的沉积盆地; 2—中新世沉积盆地;
3—主要断裂; 4—推断裂; 5—鲁苏超高压变质带;
6—毛北榴辉岩

岩、石墨黑云变粒岩夹二云片岩组合, 矽线黑云片岩、矽线二云片岩夹黑云变粒岩组合。与下伏胶东群为韧性剪切带接触, 同位素年龄为 1 375.0~1 449.5 Ma, 定为中下元古代。

烟台以南的栖霞地区, 从寨里于家一道村沿陡崖沟谷两侧在粉子山群之上出露一套浅变质或未变质的地层。该套地层可分为 4 个岩性段。

(1) 豹山口组: 下部紫色板岩段, 底部为 0.3

m 的砾状石英岩;中部大理岩夹泥板岩段;上部泥板岩夹少量石英岩段。呈东西向展布,厚 1 071~1 275 m。

(2) 辅子芥组:由薄-中厚层石英岩、石英砂岩组成,夹少量硅质板岩、石英砂岩,见有类似三脊大波痕及交错层结构,为一套滨海相沉积建造,厚 534~826 m。可与苏、浙、皖地区上泥盆系五通组相对比。

(3) 南庄组:下部为青灰色板岩夹薄层泥质灰岩;中部为大理岩夹钙质板岩,层内见有蠕动滑移结构;上部为一套钙泥质建造。厚 1 133~1 610 m。杨志坚和笔者等曾于 1988 年在该组大理岩中发现腕足类包括巨型长身贝等化石: *Gigantoproductus* sp., *Marginiferids* sp., *Spiriferids* sp.。经南京古生物研究所和南京地质矿产研究所鉴定并结合岩性确定时代为晚泥盆世-石炭纪。尔后山东区测队再次在该组上部板岩、薄层灰岩中发现腕足类及双壳类化石: *Athyridina* (gen et sp. Intd.), *Strophomenida* (gen et sp. Intd.), 经中国地质大学专家鉴定其时代为晚泥盆世-石炭纪,并经杨遵仪教授确认(无窗贝类常见于湖南上泥盆统锡矿山组)。近年,我们在南庄组上部还发现苔藓虫化石层。

(4) 香芥组:下部为中厚层灰岩夹薄层泥灰岩,上部为灰白色、青灰色中厚层灰岩夹薄层泥质白云质灰岩,为一套碳酸盐岩建造,灰岩质纯为优质水泥原料。顶部出露不全,为第四系覆盖,可见厚度 96~1 307 m。灰岩层富含海百合茎化石^[1]。

1992 年,许靖华教授在青岛海洋地质研究所开办“大地构造相”讲习班期间,带领学员对栖霞剖面进行了野外观察,认为可能为下扬子地台北缘的边缘相沉积^[2]。

胶北造山带主要包括胶北褶皱山系,东延连接黄海的千里岩隆起,其西段因受郯庐断裂推覆平移走滑而切断,它的原型走向应与秦岭-大别造山带相连而成为华北地台与下扬子地台的区域分界线。

从栖霞向东追踪,在牟平养马岛后海张乐口,可见到十分壮观的胶东群大理岩与不生根的斜长角闪岩互相包裹的混杂岩体。原岩层已受强烈的碰撞形变,发育逆冲错动、挤压褶皱及近乎直立的剪切面。在该处还首次发现方镁石高温矿物,表明该岩系为高温变质产物。胶东群内块状或脉状

的斜长角闪岩为地壳深部物质,是大陆相接的产物。

1.2 鲁苏超高压变质带

变质带从威海、荣成、文登、乳山、青岛、胶南、诸城、日照、莒南一直延续到苏北,长逾 400 km。穿插在北东向剪切断裂带之间的超高压变质岩系中,分布有大量的榴辉岩和石榴石橄榄岩。在威海市避暑山庄海滩上,麻粒岩中保存有完好的榴辉岩体,含细小石榴子石晶体(现已被填海掩埋)。荣成所见榴辉岩“从矿物化学成分-成因判别,它们形成于上地幔环境,成岩温、压计算结果为 950~1 100 °C, 2 000~2 400 MPa,与上地幔相当,即荣成榴辉岩为碱性橄榄玄武岩浆在上地幔环境结晶形成。部分榴辉岩经历了壳内角闪岩相退变质作用,退变质温度大致为 550~700 °C,压力为 1 300~1 500 MPa,相当于下地壳环境”^[3]。

张之孟曾评述过胶东榴辉岩的构造环境。“山东荣成县发现的含柯石英榴辉岩,引起了全世界学者的关注,这意味着上述岩石形成于超高压或高压状态(大于 2 800 MPa,约 700 °C)。更有趣的是,最近测定相关岩石的年龄值为 230~240 Ma,表明超压发生于紧随这两大陆碰撞或洋壳消减之后的早、中三叠世。这一时期正是大规模褶皱冲断、拆离、飞来峰构造和韧性剪切发生的时间,导致两个古陆之间发生数百公里的缩短。当晚三叠世大陆缩短作用达到顶峰时,在“尖角”的末端恰好发育了郯庐断裂,它的左旋平移运动有助于释放在缝合线东段集中的构造应力和超压状态。郯庐断裂把含柯石英区错开成大别山和苏北东海县两区,它自中三叠世末(230 Ma)以来的位移量为 700 km”^[4]。

胶东榴辉岩的岩石学、矿物学和地球化学特征及其成因研究,确认地块东缘出露的榴辉岩和超基性岩类,普遍发育韧性变形带,具典型的构造混杂岩特点。根据榴辉岩的 Sm-Nd 等时线值确定的地质年龄:荣成榴辉岩为 232 Ma,诸城榴辉岩为 222 ± 6 Ma,日照榴辉岩为 220 Ma^[3]。大别山榴辉岩 230 Ma,与胶东榴辉岩地质年龄基本相当,反映鲁苏榴辉岩的形成时代为 220~230 Ma,即华南陆块与华北陆块的碰撞俯冲事件发生在三叠纪早期^[5]。

由深部反射地震资料推测,在苏北东海县毛北地区进行的大陆钻探并将穿过多个强反射带,

钻遇榴辉岩层、破碎带和剪切带,包括片麻岩及少量超基性岩,至5 000 m完钻时,将穿过4套糜棱岩带。

1.3 嘉山-响水口断裂带

此带分布于苏北地区东北部,呈北东向入黄海与千里岩隆起西南端相交。它有可能属于郯庐断裂平移走滑北推所产生的次级剪切走滑断层。在磁异常图上,东经123°处存在南北向的条带状异常,显示了嘉山-响水口断裂活动所产生的影响。

2 千里岩隆起带

该带位于黄海中部,整体为海水覆盖,其中仅出露形似哑铃状的千里岛。该岛长0.82 km、宽0.24 km,面积0.2 km²。地层岩性主要有黑云母质混合岩、黑云母质条纹状混合岩、混合岩化浅粒岩、长石石英岩、黑云母片岩,并有黑云母花岗岩呈岩株状侵入,属胶东群。

在重力图上,主要为重力正异常,仅在西南角出现一个重力负异常。重力值异常值为 $5.0 \times 10^{-5} \sim 42.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。在高正值异常的背景上叠加了几个次级的低重力正异常。次级异常走向主要为北东向、少量为东西向及北西向。

在磁异常图上,以强烈的正负磁场波状起伏为特征。梯度大而密集的磁异常主要反映的是晚太古代胶东群变质岩系基底。另外,还有一些次级磁异常,推测是中生代以来燕山、喜山期岩浆活动所致。据磁性体埋藏深度分析,隆起之上仅残存几百米厚的覆盖层。

3 临津江造山带

临津江造山带位于朝鲜中部,呈东西向展布,是划分南北板块的分界线。

临津江群是朝鲜于1959~1960年进行1:20万区域地质调查时建立的新地层单位。此前,这套浅变质岩被划为元古界祥原群的一部分。其后,从地层中首次发现了轮藻、海百合茎等化石。朝鲜地质学家考虑其岩性、岩相等特征,将其划归中、上泥盆统。临津江群是以海相层为主,间夹陆相层的冒地槽型沉积,岩性主要为碎屑岩夹碳酸盐岩和少量火山岩。在南北军事分界线以北,临津江群大体倾向南或南南东,为一复式单斜构造。以底砾岩与元古界祥原群灭恶山组或寒武系中统武振组呈不整合接触,局部为断层接触,观察时未

见该群顶部层位。剖面自下而上分为安峡组、扶压山组和朔宁组,最大出露厚度大于3 000 m,产腕足类、头足类、腹足类、苔藓虫、海百合茎、介形虫等动物化石以及磷木、轮藻等植物化石。出露厚度自东往西有减薄趋势,如铁原-金川剖面,出露厚度2 440~3 030 m,层位较全,延至西海岸康翎地区仅存1 658~1 980 m,上部朔宁组大部分缺失。

1988年,笔者等赴朝鲜进行地质考察,在朝鲜中央矿物资源调查团李竹南博士陪同下,先后对朝鲜中部军事分界线以北的黄海北道,江原和开城境内的松林、沙里院、金川、兔山、谷山、元山、法洞等地实地考察了泥盆系临津江群和志留系一奥陶系的多条标准剖面并作跟踪对比。尔后笔者提出了临津江群与胶北“栖霞群”有可能属于同期而非同源的沉积体系^[6]。

朝鲜西海岸康翎地区出露的临津江群西延已潜没于南黄海,它与山东半岛两地相距仅300 km,且同处于北纬37°~38°,两剖面的厚度均在3 000~5 000 m。“血缘”关系密切,有较强的可比性。

1993年,笔者等再度赴朝鲜地质考察时,朝鲜中央矿物资源调查团介绍了最新出版的朝鲜大地构造图,将朝鲜构造划分为“三块两带”,即自北至南为狼林地块、临津江褶皱带、京畿地块、沃川褶皱带和岭南地块。据称在京畿地块的宁越有志留纪地层,沃川群中发现南相的震旦纪冰碛层,在全州有南相的二叠—三叠纪煤系地层。这些重要的最新地质资料均显示京畿地块同胶东地块相近似,属于下扬子地台东延部分^[7]。

由美国斯坦福大学的台湾学者与汉城大学、延世大学、江原大学教授组成的研究小组认为,韩国和朝鲜以军事分界线附近为界分属两个不同的板块。两板块曾相隔数万里,只是在距今约2.3亿年前才实现“统一”的。在大约3亿年前,位于赤道南方的“冈瓦纳大陆”开始缓慢北上,与位于北纬地区的北中国大陆相撞,才产生了朝鲜半岛。研究者指出,在沿着临津江东西方向存在一个“临津江褶皱带”,这就是两个板块相撞所留下的痕迹。

在京畿道北部地区的全谷、涟川等地还发现了两个巨大的板块相撞所产生的证据——角闪岩体,推测它是从地下50 km深处缓慢隆起到地表上来

的。同位素测年表明这些岩石是在约 2.3 亿年前形成的。临津江造山带正是位于北中国大陆和南中国大陆相撞地带的延长线上。笔者认为, 临津江造山带和北、南黄海盆地之间的千里岩隆起、胶北造山带是华北地块与下扬子地块相撞的缝合线。

任纪舜等^[8]认为, 秦岭-大别山和苏胶-临津江带是受太平洋动力体系的强烈影响而形成的多旋回复合造山带。该带在侏罗纪末-白垩纪初滨太平洋燕山造山阶段经受了褶皱作用, 相伴造山带边缘而产生的断裂, 发育了山前盆地。

综上所述, 上述三带相连构成了横贯东亚的中朝造山带。它是华北地台与下扬子地台之间的分界线, 也是划分北、南黄海盆地边界的标志。

4 北黄海盆地

盆地位于北纬 $37^{\circ}47' \sim 39^{\circ}02'$, 东经 $121^{\circ}50'$ 。向东与朝鲜西海相通。北黄海盆地面积约 $1.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。在朝鲜境内的部分朝鲜称其为西朝鲜湾盆地, 面积约 $0.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

据不完全统计, 1977~1994 年, 朝鲜在西朝鲜湾盆地已完钻 13 口井。其中, 在距朝鲜西海岸 130 km 处(约东经 124° 附近)所钻的 610 井, 于井深 2 284~2 305 m 白垩系砂岩中, 测试日产油约 60 t。606 井在侏罗系-白垩系测试日产油 31 t, 产水 18 m^3 。405 井侏罗系中日产油 60 t, 取得了北黄海油气的重大突破(图 2)。

北黄海盆地成盆受控于中朝造山带。印支运

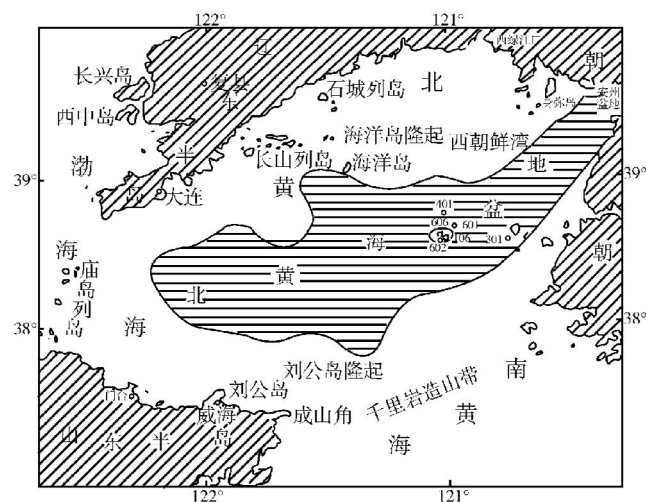


图 2 北黄海(西朝鲜湾)盆地位置图^[1]

Fig. 2 Location map of North Yellow Sea (Sŏ Chosŏn Man) basin

动晚期, 狼林地块下沉, 在华北地台三叠系一中侏罗统侵蚀面上, 发生裂陷, 沉积了上侏罗统一下白垩统。

根据综合地球物理资料分析, 盆地以地垒、地堑和掀斜断块为主, 呈北东-北东东走向。断层以正断层为主, 受北西方向构造的制约, 主要发育期为晚中生代一早第三纪。盆地构造区划分为东部坳陷(系晚中生代沉积中心)、中部坳陷和西部坳陷。总体是在古生代及早元古代隆起背景上形成的, 属新华夏系构造体系的组成部分。

根据最近的航磁资料, 在海域内存在一系列北西向排列的若干条推测是晚期形成的断层或火成岩磁性体。这有可能是在北东向成盆基础上, 由于盆地东、西两侧地块的南北向走滑活动而形成的特殊古地貌的反映。

海上钻井未钻达三叠系和下侏罗统。上侏罗统(T_5 以下)龙城亚群总厚约 750 m。下部龙胜组由河流相沼泽相的粉砂岩、页岩及砂岩与薄煤层互层组成, 厚约 200 m(未钻穿), 上部新义州组由富含有机质的黑色页岩和砂岩、间夹薄灰岩层、底部由砾状砂岩组成, 厚约 550 m, 为半深湖相沉积的良好烃源岩。推测该统在凹陷中心厚度将超过 3 000 m, 可与山东胶莱盆地的莱阳组相对比。

下白垩统(T_4 以下)为一套红色碎屑岩, 由细砂岩到粗粒砂岩及砂质砾岩组成, 为河流三角洲相沉积。下白垩统之上, 海、陆两地均受区域侵蚀作用影响而缺失上白垩统。

第三系(T_4-T_2)以硅质碎屑岩为主。渐新统普遍发育有褐煤层。始新世-渐新世盆地内充填了 3 000 m 以上的湖相、河流三角洲相的沉积物, 包括泛滥平原沼泽相煤系, 显示这个时期高降雨量和湿润气候。至中新世-上新世湖盆转为浅湖三角洲相沉积, 进入更新世海侵遍及北黄海盆地。

北黄海盆地含油气系统^[9]的研究集中于东部坳陷。上侏罗统与早第三纪时期的成烃环境, 具有明显不同的地化特征, 发育了各自独立的两套含油气系统。

上侏罗统湖盆沉积环境为缺氧或近乎缺氧的停滞水体, 有大量的细菌输入, 使陆源有机质受到彻底的细菌再造作用。上侏罗统烃源岩及所产原油显示以 iv 型或 ⑥ 型干酪根为主。从钒/镍比值低(0.03)和岩样与原油的生物标记物成分极其相似等方面看, 油气可能未经远距离运移。由此确

认,北黄海盆地东部坳陷(西朝鲜湾),因受中朝造山带隆升导致北侧裂陷加剧而成为大型的深成构造湖。其中沉积的上侏罗统是盆地内主要烃源岩,具有良好的成烃潜力,获得商业性油气的可能极大,606井等产油井就是有力的佐证。

下第三系源岩有机质构成及沉积环境以煤成油为特征。表明源岩中高等植物类脂组分占绝对优势,总有机碳含量高达7%,为典型的Ⅲ型干酪根。有机地化分析原油的钒/镍比值高(0.9),说明第三系与上侏罗统为不同的烃源岩系统。下第三系中原油芳香烃含量低,成烃环境更趋氧化性,原油成熟度明显低于中生界,说明下第三系烃源岩远不如中生界。

上侏罗统砂岩储集岩,渗透性较低,一般为 $0.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 1.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,孔隙度中等,平均为10.8%。下白垩统细-粗粒砂岩和砂质砾岩储集岩平均渗透率比较高为 $7.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、孔隙度平均为11%,高含量高岭石是影响砂岩储集性能的主要不利因素。第三系硅质碎屑储层主要分布于渐新统-中新统,平均孔隙度为22.6%、渗透率为 $1.125 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。^[10,11]

5 南黄海盆地

盆地北界为中朝造山带千里岩隆起、南界为勿南沙隆起南缘。其内构造区划为:北部坳陷、中部隆起区、南部坳陷,总面积约 $8.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,中新世最大沉积厚度大于7 000 m,属裂陷-坳陷型盆地。

北部坳陷面积约 $5.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地基底为震旦系或前震旦系变质岩,在下扬子地台基础上沉积了自晚白垩世至第四纪的地层。

上白垩统泰州组:以黄7井为例,钻厚1 065 m,下段以湖相沉积为主,上段岩性与苏北泰州组类似,在诸1-2-1井岩心裂隙中见液体原油及沥青荧光显示,为坳陷内主要烃源岩。

阜宁组:以黄5井为例,钻厚1 090.2 m,富含化石,属浅湖-半深湖沉积环境,是坳陷内主要生、储油层,时代为古新世。

戴南组:分布较窄,仅见于西部凹陷,为一套下黑上红的砂泥岩地层,以浅湖相为主夹沼泽相,是南黄海盆地生油层之一,最大钻厚1 101 m,时代为始新世。

三垛组:以河流相沉积为主的红色碎屑岩,时

代为渐新世。

上第三系盐城组和第四系遍及盆地,覆盖全区,总厚不到1 000 m。

北部坳陷构造区划可分6个次级构造单元。包括北凹、西凹、中凹、南凹、东北凹和东凹等。整体结构为北断南超,沉积层向中部隆起区超覆,形似箕状或半地堑。

根据最新地震调查资料,在千里岩隆起带南侧发育有与盆地之间的边界断层,走向北东、倾向南东,延伸长达280 km。在布格重力图上表现为密集梯度带,是一条由北向南的逆冲断裂,推测垂直断距可达10 300 m,应属苏胶造山带与下扬子地台的过渡带中的断裂系统。随着燕山运动的改造,断层负反转成同生正断层,加剧了北部坳陷沉降,中生界沉积厚达7 000 m以上,成为坳陷沉积中心(图3)。

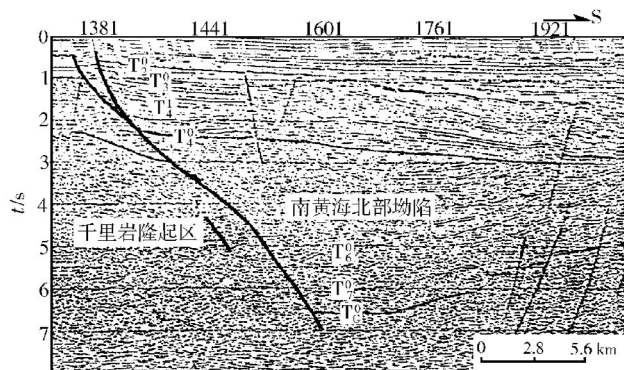


图3 F₁断层剖面特征(NHH412测线)

Fig. 3 Seismic cross section along seismic line NHH412 showing characteristics of faults

北部坳陷晚中生代地层,除泰州组生油层外,目前,应特别重视“黑浦口”的研究。苏北东台坳陷所钻拓1井、苏泰111井及黄桥长生1井都见到很厚的“黑浦口”。这套黑色泥岩有利于油气的生成,今后应加强对“黑浦口”的追踪和研究。

依据所钻的5口井,韩国对群山盆地白垩系烃源岩进行了评价工作。认为:白垩纪烃源岩有机质含量很低,除部分井段有机质含量为0.5%以上,大部分井段有机质含量在0.2%以下。根据Haema-1井烃源岩元素分析结果,显示出至2 250 m井段均为未成熟源岩。总体评估后认为:探区内白垩纪很难发育有烃源岩。只有Kachik-1

井700~1 200 m的几个井段,白垩纪有机碳含量在0.5%以上,尚值得进一步加强研究。

根据黄7井揭示,泰州组上段暗色泥岩厚277 m,总有机碳含量0.59%,总烃含量 237×10^{-6} 。诸城1-2-1井泰州组上段取心具强烈荧光显示,原油由裂隙外溢。岩样经挪威国家石油公司分析,总有机碳含量1.177%,总烃 $1\,136 \times 10^{-6}$, R_o 为0.57%(2 500~3 290 m),有机质类型接近腐泥型,与元素分析和显微组分分析结论相同。确认泰州组上段具有良好的生烃潜力。据盆地模拟资料,该段分布面积达5 544 km²,有效生油岩体积为504.6 km³,是北部坳陷已知最佳烃源岩。

中央隆起区位于黄海下扬子中部隆起部位,向西潜伏向东抬升并敞开,整体产状呈东西向,面积约25 990 km²。重力反映为高值异常区,磁异常以块状平缓变化的正负磁场为特征,磁性基岩埋深达6~7 km,最深可达7.4 km。地震资料揭示在水平沉积层之下,连续分布着一套地震相特征横向变化不大的中三叠世—二叠纪地层,厚度为2 000~4 500 m。构造环境比苏北、苏南稳定。该隆起形成于印支运动早期,长期处于隆升状态,在其两侧发育有主控断裂,对南、北两个坳陷的中生代和早第三纪沉积起到分割阻断作用,隆起上缺失中生代和早第三纪沉积,直接覆盖厚约500~1 500 m的上第三系和第四系。

依据相邻的苏北滨海地区地震剖面及钻井资料的对比分析,苏北黄桥174井在古生代地层钻遇具有商业开采价值的二氧化碳气藏,并在泥盆系五通组中发现了天然气,气源层为志留系坟头组。经化验,中古生界烃源岩有机碳、沥青“A”与总烃含量相对较高。天然气的强烈显示,表明深部具有更好的油气生成和保存条件^[12]。

另据苏北盐城朱家墩天然气藏分析,烃源岩主要来自古生界,储集岩系主要是中、新生界的阜宁组和泰州组,属于“古生新储”类型。它之所以成藏,一个极其重要的因素便是当古生界烃源岩进入二次生烃后,有了得天独厚的良好盖层条件,使天然气得以保存,并富集成藏。朱家墩气藏的发现为海区的油气勘探提供了宝贵的借鉴经验。以往海区曾有多口井钻遇到古生界,包括具有良好生烃条件的龙潭煤系,如上二叠统大隆组烃源岩有机碳含量约为0.97%,属中等质量烃源岩;龙

潭组烃源岩有机碳含量为0.89%~1.86%,属于好烃源岩^[13],但勘探都以失败而告终,其主要原因就是受到印支期构造运动的侵蚀破坏,使烃类逸散不能富集成藏。据此,笔者曾多次建议,在中部隆起的适当构造部位,以下古生界为勘探目的层,有望在深部志留—泥盆系发现高产天然气藏。

南部坳陷面积约 2.4×10^4 km²。可进一步划分为7个凹陷和3个凸起带,坳陷向西延伸与苏北盆地连通,习称苏北—南黄海盆地。

南部坳陷为南断北超的半地堑裂陷。以F₈断层、F₉断层分别作为与中部隆起区、勿南沙隆起区的分界断层。断层活动始于中生代中晚期,结束于中新世。

坳陷内晚中生代陆相地层沉积一般较薄,以泰州组为主,具有西厚东薄的沉积特征。

中新世最大厚度达8 200 m。其下第三系已被钻井揭示到阜宁组、戴南组和三垛组。不整合之上为上第三系、第四系。

1984年9月,南黄海石油公司与英国BP公司合作,在南一凹陷常州6-1-1A井钻遇阜宁组油层,测试获折算日产油2.45 t,并能点燃。这是南黄海第一口发现井。坳陷内常12-1-1井和无13-1-1井揭示石炭系,最大钻遇厚度814 m,可划分为下统骊山组,中统黄龙组和上统船山组。其上的二叠系栖霞组和龙潭组及大隆组,钻井揭示最大厚度为598 m,含藻类化石。

南部坳陷东端基底为上古生界和三叠纪的海相碳酸盐岩和前白垩系褶皱。在基底隆起之上散布有3个呈北西西走向,彼此相距约30 km的孤立小凹陷。沿走向呈长条状,一般长40~50 km、宽7~15 km。凹陷呈半地堑,充填着早第三纪地层,至晚第三纪成为广盆沉积。

苏北—南黄海盆地的烃源岩除下第三系阜宁组、戴南组外,对晚中生代和古生代地层中可能存在的烃源岩,应根据苏北盆地的勘探成果加以探索和评估。

苏北盐城凹陷主要烃源岩有泰州组上段和浦口组。据陆英报导^[14],该凹陷的泰州组上段残余有机碳含量平均值为1.08%、沥青“A”值平均为0.038 1%、总烃平均值为 350×10^{-6} 、每克有机质的生烃潜量最大值只有4.87 mg、最小值为0.03 mg,其平均值为0.68 mg。干酪根显微组分以惰质组和镜质组为主,干酪根类型以Ⅲ型为主,

次为 ㊸ 和 ㊹ 型。 R_o 值最高达 1.155%、最小为 1.012%，平均 1.040%，由此推断泰州组上段烃源岩处于大量成烃的高成熟阶段。

据盐城凹陷盘 ㊸ 井采样分析：浦口组有机碳含量为 0.13%~0.41%，平均值为 0.24%。苏 104 井残余有机碳含量为 0.81%~1.03%，沥青“A”值为 0.014 1%~0.042 4%，主要以 ㊸ 型干酪根为主，反映了浦口组具有一定的生烃能力。

浦口组中上部主要为泥岩、石膏、盐岩，具有分布广、厚度大的沉积特征。这套地层最大厚度可达 1 300 m，为良好的区域性盖层。泰州组上段中下部为浅湖相夹近岸水下扇沉积，其中泥岩厚度占地层总厚的比例较大，一般可达 74%~87%，且分布范围广，是较好的区域性盖层。

勿南沙隆起南界大致以 F_{11} 断裂带与华南褶皱带的闽浙隆起区相邻，西与苏南隆起相连，区域走向北东东，面积约 18 508 km²。

重力资料反映为一正值高背景区，磁异常为一宽缓、平静的负磁场，磁性基岩埋深 3~4 km。据区域地震调查剖面揭示，绝大部分地区为上第三系(500~1 600 m)和第四系水平层直接覆盖在中、古生代海相地层之上，个别零星小断陷具有中新界残留沉积。

2001 年，在勿南沙隆起西北常州 35 背斜带西南部常州 35-2 构造北部进行预探井，完钻井深 2 728.0 m，完钻层位栖霞组。全井无荧光显示，测井解释：水层 7 层，厚 349.7 m、干层 8 层，厚 540.7 m。常州 35-2-1 井钻穿三叠系青龙组和二叠系龙潭组。在龙潭组 2 193 m 和 2 232 m 的井壁取心样品中，见微弱浅黄色荧光光圈，在 2 192~2 193 m 气测有异常，由 0.09% → 0.966% → 0.078%，测井曲线 2 191.8~2 196.1 m 井段电阻偏高，这些特征说明此处可能有薄气层或顶气底水层存在。在龙潭组 2 339~2 402 m 和孤峰组 2 408~2 468 m 井段见到较厚的暗色泥岩层，为可能的生油层(图 4)。

通过常州 35-2-1 预探井，勘探家们初步得出结论：一是印支运动对下扬子地台油气运聚有重大影响；二是油气保存条件是勘探成败的关键。

勘探古生界构造，必须具备如下基本地质条件，“构造落实、保存良好、组合合理、盖层完整”。在前三项得以满足后，要特别强调盖层的重要性。



图 4 过常州 35-2-1 设计井
位 99CL500 测线

Fig. 4 Seismic line 99CL500 crossing the designed site of
Changzhou 35-2-1 well

参 考 文 献

- 1 蔡乾忠. 黄海与周边地质构造及盆地含油性的区域对比[A]. 见:《海洋地质》杂志社编. 黄海海域油气地质[C]. 山东青岛: 海洋出版社, 2003. 16~17
Cai Qianzhong. Geological structures in Yellow Sea and surrounding area and regional correlation of basins' petroliferous properties[A]. In: Periodical Office of Marine Geology. Petroleum Geology in Yellow Sea Waters[C]. Qingdao, Shandong: Marine Press, 2003. 16~17
- 2 蔡乾忠. 许靖华教授在胶东地质考察简介[J]. 海洋地质动态, 1992, (1): 15
Cai Qianzhong. Introduction of reconnaissance by Professor Xu Jinghua in Jiaodong Area[J]. Marine Geology Letters, 1992, (1): 15
- 3 韩宗珠. 山东荣城榴辉岩和石榴橄榄岩的岩石学矿物化学及其成因[J]. 青岛海洋大学学报, 1992, 22(1): 68
Han Zongzhu. Petrology, mineral chemistry and genesis of eclogite and garnet peridotite from Rongcheng, Shandong province [J]. Bulletin of Qingdao Marine University, 1992, 22(1): 68
- 4 孙之孟, 朱平. 论东亚中生长大陆边缘和中国东海的构造背景[J]. 海洋地质译从, 1992, (1): 11~12
Zhang Zimang, Zhu Ping. "The second international symposium on the technical evolution and petroleum potential of East China Sea" [J]. Collected Translations of Marine Geology, 1992, (1): 11~20
- 5 李曙光, 葛宁洁, 刘德良, 等. 大别山北翼大别群中 C 类榴辉岩的 Sm-Nd 同位素年龄及其意义[J]. 科学通报, 1989, 34(7): 522~525
Li Shuguang, Ge Ningjie, Liu Deliang, et al. Sm-Nd isotopic age of eclogite of type C in Dabie Group in the northern limb of Dabie Mountain and their significances[J]. Chinese Science Bulletin, 1989, 34(7): 522~525

(下转第 196 页)

- mental basins[J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(4): 311–315
- 9 张敏, 张俊. 塔里木盆地牙哈油气田沥青垫特征及成因[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(1): 49–52
- Zhang Min, Zhang Jun. Characteristics and origin of tar mats in Yaha oil-gas fields, Tarim Basin: features of hydrocarbons and origin of tar mats[J]. Oil & Gas Geology, 1998, 19(1): 49–52
- 10 段毅, 周世新. 塔里木盆地石炭系烃源岩热模拟实验研究——①生物标志化化合物的组成和演化[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 13–16
- Duan Yi, Zhou Shixin. Study on thermal simulation of Carboniferous source rocks in Tarim Basin: ①Composition and evolution of biomarkers[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(1): 13–16
- 11 张景廉, 朱炳泉, 陈义贤, 等. 辽河断陷石油无机成因的地球化学证据[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 192–194
- Zhang Jinglian, Zhu Bingquan, Chen Yixian, et al. Geochemical evidences of inorganic origin for oils in Liaohe faulted depression[J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(3): 192–194
- 12 张景廉. 论石油的无机成因[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 193–198, 247–48
- Zhang Jinglian. Discussion on inorganic origin of petroleum[M]. Beijing: Oil Industry Press, 2001. 193–198, 247–248
- 13 • о: • шцк т • • • • нхр оль к о а коо оль ифр д • т ош • ш к т к о б • к б и ц о л а о к • о б ц о к б • о ц б р к л а о б к [C]. • к б : • а а и а • а • а, 1982. 164–176
- 14 • шцк т • • • • шр ш • • • • б и ц о б • к б а т т о б и т а • ш о л т о л а о д а • б а (о к о б т • а а д о ш т к к к) [A]. • • о: • шцк т • • • • о л т о л к о а коо оль ифр д • т ош • ш к т к о б • к б и ц о л а о к • о б ц о к б • о ц б р к л а о б к [C]. • к б : • а а и а • а • а, 1982. 5–166
- 15 • а • т • • • • ш д • о • о • о • б о а А б р к • ц ц • к и а о н к а • • т б р к • ш о б и т а • ш о б р к [A]. • • о: • т б и ц • к • • • т ш о к б • о б • к т к ц и о л а о б и т а • ш о л т о л к т б р т ш • к [C]. • б: • а а а, 1986. 118
- 16 • шр ш • • • • шк б ц д б р к б о б к к о а к о б и т а • ш о л • б р к • • т ош • ш т м]. • к б : • а а и а • а • а, 1986. 79–81, 91
- 17 科兹洛夫斯基 E. A. 科拉超深钻井(上)[M]. 张铁生, 译. 北京: 地质出版社, 1989. 164–166
- Kotslovsky E. A. Ultra deep drilling in Kola(I) [M]. Translated by Zhang Tiesheng. Beijing: Geological Publishing House, 1989. 164–166
- 18 罗群, 黄捍东, 庞雄奇, 等. 自然界可能存在的断层体圈闭[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 148–151
- Luo Qun, Huang Handong, Pang Xiongqi, et al. A kind of possible natural fault petroleum trap[J]. Petroleum Exploration & Development, 2004, 31(3): 148–151
- (上接第192页)
- 6 蔡乾忠. 朝鲜临津群地质考察进一步表明我胶东地块应属下扬子台地[J]. 石油与天然气地质, 1988, 9(4): 333–342
- Cai Qianzhong. The Jiaodong block of China is further proved to be a part of the Yangzi Plate by geological survey in Linjin Group of Korea[J]. Oil & Gas Geology, 1988, 9(4): 333–342
- 7 蔡乾忠. 中国东部与朝鲜大地构造单元对应划分[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1995, 15(1): 7–24
- Cai Qianzhong. Corresponding division of geotectonic units of Eastern China and Korea[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1995, 15(1): 7–24
- 8 任纪舜. 从全球看中国大地构造[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 15
- Ren Jishun. China tectonics in the light of global[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999. 15
- 9 Magoon L. B. 含油气系统——从烃源岩到圈闭[M]. 张刚, 蔡希源, 译. 北京: 石油工业出版社, 1998. 55
- Magoon L. B. Petroleum system—from source to trap[M]. Translated by Zhang Gang, Cai Xiyuan. Beijing: Petroleum Industry Publishing House, 1998. 55
- 10 Massoud M. S., Kinops S. D. 西朝鲜湾盆地侏罗系西姆屋居组湖成油源岩的潜力[J]. 王国纯, 胡桂馨, 译. 国外海上油气, 1992, (1): 1–8
- Massoud M. S., Kinops S. D. Potential of lacustrine source rock in Jurassic Simuiju Fm in Sor-Choson-Man basin[J]. Translated by Wang Guochun, Hu Guixin. Marine Oil and Gas Abroad, 1992, (1): 1–8
- 11 罗斌杰, 王春江, 董成默, 等. 朝鲜安州盆地原油地球化学特征[J]. 石油学报, 1995, 16(4): 40–47
- Luo Binjie, Wang Chunjiang, Dong chengmo, et al. Organic geochemical characteristics of oils from Anzhou basin, DPR Korea[J]. Acta Petrolei Sinica, 1995, 16(4): 40–47
- 12 程石麟. 苏北黄桥地区二氧化碳气藏的地质特征和成因讨论[J]. 石油与天然气地质, 1987, 8(2): 214–215
- Cheng Shilin. Geological features of CO₂ pool in Huangqiao region, north Jiangsu, and its genesis[J]. Oil & Gas Geology, 1987, 8(2): 214–215
- 13 蔡东升, 冯晓杰, 张川燕, 等. 黄海海域盆地构造演化特征与中、古生界油气勘探前景[J]. 海洋地质动态, 2002, 18(11): 23–24
- Cai Dongsheng, Feng Xiaojie, Zhang Chuanyan, et al. Characteristics of structural evolution and petroleum exploration potential of Mesozoic in yellow Sea basin[J]. Marine Geology Letters, 2002, 18(11): 23–24
- 14 陆英. 盐城凹陷天然气成藏条件分析[J]. 海洋地质动态, 2002, 18(11): 33–35
- Lu Ying. Analysis of reservoiring conditions of gas in Yancheng sag[J]. Marine Geology Letters, 2002, 18(11): 33–35