

黄海海域地质构造特征及其油气资源潜力

姚伯初

(国土资源部广州海洋地质调查局,广州 510075)

摘要:综合前人的研究成果,利用2000年以来在黄海采集的综合地球物理资料,结合我国及邻国在该海域的钻井成果,分析和讨论了黄海地区从古生代至新生代的构造演化历史;对南、北黄海沉积盆地形成的构造背景和盆地的构造类型进行了研究,认为在古生代它们是台地相沉积,中生代和新生代是张裂盆地;通过对我们采集的地震剖面之分析和研究,认为盆地中的中生界和古近系发育了良好的烃源岩,新近系发育了良好的区域盖层,储层在盆地中普遍发育。因此,在南、北黄海沉积盆地中可以找到中、小型油田。另外,对盆地中的古生界应加强研究,在保存较好并且中新生代沉积较薄的地方做探查工作,应该有一定的油气前景。

关键词:区域构造;构造演化史;沉积盆地;烃源岩;黄海

中图分类号:P736.1

文献标识码:A

文章编号:0256-1492(2006)02-0085-09

黄海海域位于中国东部,西北以庙岛群岛以北的渤海海峡与渤海为邻,南以长江口之启东嘴至济州岛西北角连线与东海为界,海域面积38万km²。中部以山东半岛成山角至朝鲜白翎岛连线为界,将黄海划分为北黄海和南黄海,北黄海面积约8万km²,南黄海面积30万km²^[1]。

我国对黄海的地质调查始于上世纪60年代。1962年,中国科学院海洋研究所利用“五一”型地震仪在南黄海开展地震调查;1964年,原地质部海洋地质研究所第五物探大队在南黄海进行了地震初查工作,1969年提交了“南黄海物探成果报告”;1975年,国家计委地质局航空物探大队对黄海进行了航磁测量,基本圈定了南、北黄海盆地的分布范围;1974年,海洋地质调查局利用我国自行设计制造的“勘探一号”双体钻探船,在南黄海南七凹陷首次钻探了黄海一井,从此揭开了南黄海油气勘探的序幕;1979年,中国海洋石油公司与法国道达尔石油公司签订了南黄海北部第一个地球物理勘探协议并投入实际工作;1980年,英国BP石油公司在南黄海南五凹陷钻探了无锡20-1-1井,钻及阜宁组四段未见油气显示;1984年该公司又在南黄海23/06合同区块(南一凹陷)钻常州6-1-1A井,试获原油2.45t,这是南黄海第一口出油井。至今在南黄海的探井共计22口,其中油气显示最好的是英国克拉夫石油公司在南黄海北坳10/36区块钻探的诸城1-2-1井,钻遇晚白垩世泰州组,有强烈荧光显示及裂隙渗出,表

示中生界为主要烃源岩^[2]。20世纪70年代以来,朝鲜在其西朝鲜湾即北黄海盆地东部开展油气勘探,于中生代地层见工业油气流,增强了我们对黄海油气勘查的信心。

2000年以来,中国地质调查局在黄海开展了较大规模的地质地球物理调查,对南、北黄海沉积盆地有了较深入认识^[3-6]。本文利用这些资料,结合区域地质构造运动,试图讨论黄海中新生代构造特征及其油气资源潜力。

1 地形地貌特征

南黄海海底地形近南北向展布,中间偏东分布的一近南北向海槽(水深70~90m)把南黄海海底划分成不对称的东西两部分。西部海底宽缓,存在两个台阶,第1个台阶水深为20~30m,第2个台阶水深70m左右。东半部比较窄,在水深40m左右有一台阶。中部海槽在济州岛外流入东海,再向南进入冲绳海槽。

北黄海为一向东南方向敞开的箕状洼地,海底平坦,平均坡度30.94',西坡平缓,平均坡降为4×10⁻⁴,东坡稍陡,平均坡降为7×10⁻⁴,中间是较深的洼地,北部为倾斜的浅海平原,海底缓缓向南倾斜。北黄海大部分海域水深小于50m,最深处为60多米。

在北黄海东北部,分布着北西走向的西朝鲜湾潮流沙脊,沙脊之间的水道向南汇入山东半岛与朝鲜海州半岛之间的南黄海黄河古海谷系,该海谷向南穿过南黄海,在济州岛附近转向东,之后转向东南进入冲绳海槽。在南黄海西部分布着古黄河水下三

作者简介:姚伯初(1940—),男,教授级高级工程师,主要从事海洋地球物理、区域地质构造等调查研究。

收稿日期:2005-10-08;改回日期:2006-02-20。周立君编辑

角洲和苏北浅滩^[7-8]。在其南部分布着黄河-长江古三角洲^[7]。

2 区域地质构造特征

在大地构造位置上,黄海位于苏胶-临津江褶皱带连结的华北地块(北黄海)和华南地块(南黄海)处。苏胶-临津江褶皱带包括千里岩隆起区和刘公岛隆起区(图1),华北地块与华南地块在印支运动时沿秦岭-大别-苏胶-临津江褶皱带缝合^[8-9],缝合带被郯庐断裂所错断。

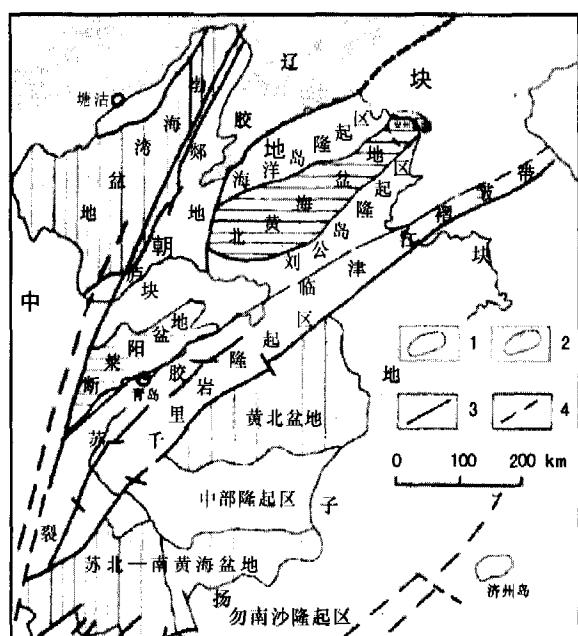


图1 黄海海域地质构造简图(据文献[2])

- 1. 以中生界为主的沉积盆地; 2. 中新生代沉积盆地;
- 3. 主要断裂; 4. 推测断裂

Fig. 1 The diagrammatic map of the tectonic geology in the Yellow Sea area

- 1. the sedimentary basins mainly filled with the Mesozoic sediments; 2. the sedimentary basins of Mesozoic-Cenozoic;
- 3. main faults; 4. inferred faults

秦岭-大别-苏鲁造山带是倍受瞩目的陆-陆碰撞造山带,也是我国中央山系的一部分。造山带中发育有含金刚石和柯石英的超高压榴辉岩和多种类型的超高压、高压变质岩,构成了大别-苏鲁高压-超高压变质带。变质带绵延达1 000 km以上,向西可能与西秦岭勉略构造带相联,向东越过黄海与朝鲜半岛的临津江变质带相沟通。秦岭造山带横亘于中国大陆中部,介于华北地块和华南地块之间,近东西向展布,属中国中央造山系的一个造山带。秦岭造山带东西向延长千余公里,其南北自始至终存在固定

边界。它在其地质演化历史中经历多期大地构造演化阶段,造成复杂的多期构造之叠加复合^[10]。它曾是古特提斯海东部分支,是华北地块和华南地块在印支期的碰撞缝合带;在中新生代,它又发生了强烈的陆内造山作用,形成了今日的险峻山脉。

Metcalfe^[11]研究东亚和东南亚构造时指出,这里的全部前白垩纪地块都是直接或间接地从冈瓦纳大陆漂移过来的。他认为,在古生代,组成亚洲的一些地块位于冈瓦纳大陆北部的印度-澳大利亚边缘,包括塔里木(还有昆仑和阿拉善)、柴达木、印支-东马来西亚、华南、华北、锡布马苏(Sibumasu)、羌塘、拉萨、Kurosegawa、西北和东南海南、西缅甸和Woyla等地块。在古生代至中生代,这些从冈瓦纳大陆北部裂离出来的地块向北漂移,碰撞增生,最后形成东亚和东南亚大陆。在这些地块的张裂、漂移和碰撞过程中,包括了古、中和新特提斯洋的张开与闭合历史。在泥盆纪,华南地块、华北地块、印支地块、塔里木地块和羌塘地块与冈瓦纳大陆分离,位于古赤道附近;它们和冈瓦纳大陆之间,古特提斯洋形成。在早石炭纪,印支地块和华南地块沿松马线缝合,形成Cathaysia land地块,其西部仍未缝合,存在一洋盆,直到三叠纪才碰撞缝合,称做哀牢山缝合线。到晚三叠纪,华北地块与Cathaysia land发生碰撞缝合,中国东部大陆形成。晚二叠纪,华北地块在郯庐断裂以东首先和华南地块发生碰撞,并且在晚三叠纪最终沿秦岭-大别缝合带两地块发生碰撞缝合^[12]。在大别-苏鲁地区存在柯石英与含金刚石的超高压变质带^[13-15],表明沿秦岭-大别造山带三叠纪时曾在其西部盆地中产生巨厚的沉积^[16-17]。由上述讨论可见,在古生代,华北地块和华南地块一直位于古赤道附近,直到晚三叠纪,它们才最终碰撞缝合在一起。碰撞缝合过程是晚二叠纪先在郯庐断裂以东发生碰撞;在郯庐断裂以西的碰撞缝合直到晚三叠纪才完成。

晚三叠纪中国东部大陆形成之后,经历了中生代环太平洋大陆边缘的构造发展历程。发生于中国东部不同的构造-岩浆带样式与库拉-太平洋板块在中生代的俯冲及大陆板块之相互作用有关^[18]。中生代NNE向的构造叠加在近东西向古亚洲构造之上,形成了晚中生代岩浆分布的复杂格局。郭令智^[19]认为中国东部在燕山运动时期为安第斯型大陆边缘,最终的碰撞缝合线在海域20 m水深线附近。但是,中国东部的岩浆活动带与南美洲西部有相当大的差别,例如,安第斯造山带的花岗岩和以安山岩为主的火山岩带分布于相当清楚而狭窄的地带

内,宽约70~80 km,持续时间约70 Ma;而中国东部花岗岩带和火山岩带要宽得多,达1 000 km,持续时间长达150 Ma,且火山岩中以英安岩与流纹岩占优势。说明不能简单地用安第斯型大陆边缘来描述中国东部中生代大陆边缘。

Condie^[20]研究西太平洋在晚中生代至新生代构造演化史时指出,在200~150 Ma期间,库拉板块俯冲于东南亚洲大陆边缘,太平洋板块在此时迅速增长。深海钻探和地磁异常资料表明,在约135 Ma以前,鄂霍茨克海地块和西伯利亚板块发生碰撞。此时在亚洲板块东南边缘存在一条向西北俯冲的活动带,库拉板块正在消亡于亚洲板块之下。黄海位于此俯冲带的背后,处于弧后或弧背的构造环境,应是张性构造环境(图2A)。在约100 Ma以前,太平洋板块还在迅速增长,并开始俯冲于日本之南的亚洲边缘之下;库拉板块仍在俯冲于从日本至东北亚洲板块之下(图2B)。图2C和2D表示西太平洋边缘在新生代的构造发展历史,白令海是被岛弧圈捕的库拉洋之一部分,拉兹卡-太平洋脊迅速向东南方向移动,库拉板块迅速消亡。

对于中生代亚洲东部大陆边缘的性质,至今仍

存在两种看法:安第斯型俯冲边缘和阿尔卑斯碰撞边缘。从西南日本经台湾到菲律宾的巴拉望岛,存在一条古近纪变质岩带,被认为是中生代俯冲带。例如,台湾古近纪基底岩,即大南澳变质杂岩,出露于中央山脉的东部斜坡。它包含了黑色片岩、绿色片岩、矽质片岩、大理岩及少量花岗岩、混合岩、片麻岩、角闪岩、蛇纹岩及变质基性岩。依据岩性分布特征,大南澳变质杂岩又可分为西部的太鲁阁带及东部的玉里带。已有资料表明,这个变质杂岩在中生代应经历过至少两次构造运动,但因早期地质作用的记录保存不全,导致部分资料解释的困难,因此许多科学家对古近纪构造运动存在不同看法,大体上有两类看法:安第斯型俯冲带模式和阿尔卑斯碰撞模式。碰撞模式认为只有微大陆与古亚洲大陆的碰撞作用才能解释所观测的地质资料,而俯冲模式对微大陆的存在持保留意见。在台湾邻近地区,如菲律宾、琉球岛弧及西南日本,也存在类似的讨论。根据国内外研究的成果,中生代亚洲东部边缘为一活动边缘,与之配套的火山弧应位于南海的东沙群岛、台湾、东海的钓鱼岛隆褶带(琉球)到西南日本,而当时的黄海地区则是弧背(后)陆地,该地区一直处于

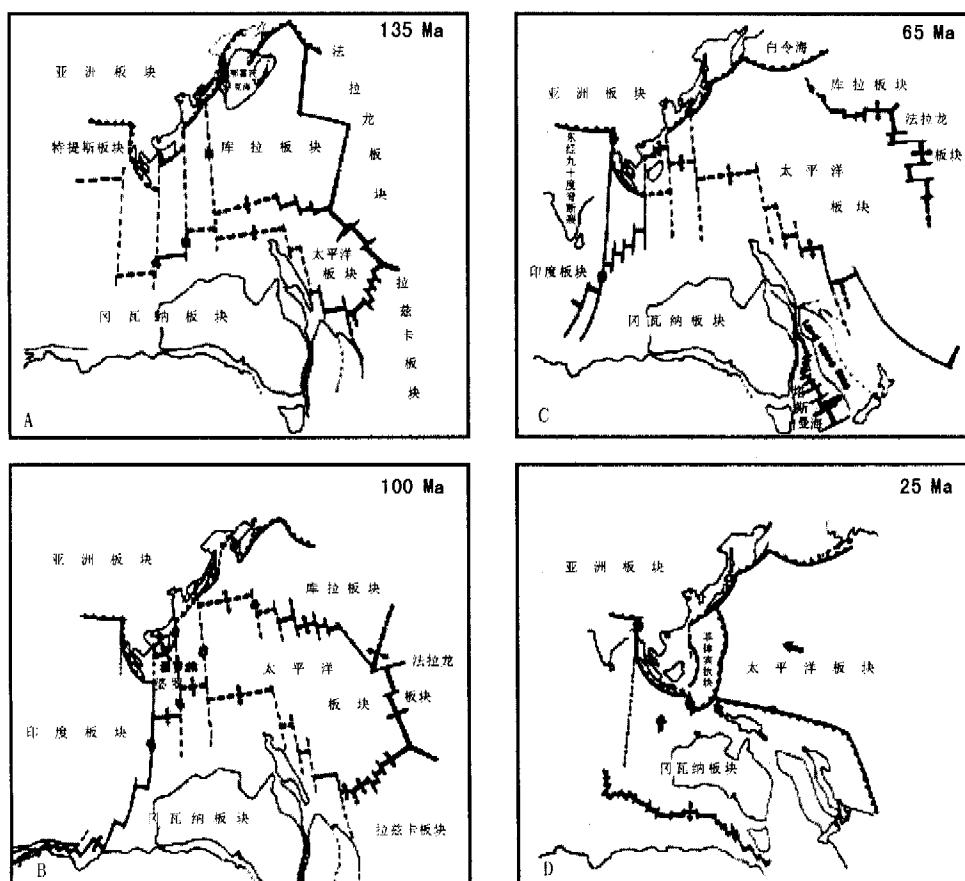


图2 东亚及东南亚地区中新生代的构造演化简史(据文献[20])

Fig. 2 The tectonic history of the East and Southeast Asia in Mesozoic-Cenozoic(after reference [20])

张性构造环境。在此构造环境下,地表发生一些张性断裂,形成一些断陷盆地,这就是黄海盆地形成的地质构造背景。

3 地震反射剖面特征

从2000年起,在南、北黄海做了综合地球物理调查。图3表示苏北-南黄海盆地之地震剖面,剖面经过无5-ST1井。在剖面上,可识别出 T_2^0 至 T_7^0 共5个地震反射界面。 T_2^0 是一水平、双相位地震反射波组,表示它是一构造运动之后的沉积界面,和钻井资料对比,它代表渐新世末盐城运动所产生的剥蚀界面。 T_3^0 是一被断裂切割的反射界面,它代表始新世末吴堡运动的界面。 T_4^1 是一低频、双相位、被断裂切割的弯曲反射波组,它代表古新统泰州组的顶界面之反射波。这里未识别出新生代沉积底界面的反射波 T_4^0 。 T_6^0 是一倾斜的双相位强反射波,它代表上三叠系的底界,是反映印支运动的界面。 T_7^0 可能是三叠系的底界面,或是二叠系大隆组之顶界。从剖面看出,在印支运动之后,该区地表出现正断层,形成半地堑式的断陷,在断陷内沉积了陆相沉积。始新世末的吴堡运动是一次强烈的构造运动,对此前沉积有极其强烈的改造,在此次运动之

后出现近水平沉积。从剖面看出,在 T_2^0 之上是一套近水平沉积,表示在渐新世之后,南黄海地区发生区域沉降,沉积了海陆交互相至海相沉积。

图4是南黄海黄北盆地东北坳陷的南北向地震剖面。剖面北部是千里岩隆起,南部为东北坳陷。在剖面上我们鉴别出 T_2^0 、 T_3^0 、 T_4^1 、 T_4^0 、 T_6^0 、 T_7^0 和 T_8^0 共7个反射波组,它们代表至少5个区域不整合界面,其时代在图3中已说明。从剖面看出,在千里岩隆起南部的断裂 F_1 是一条深断裂,它向南倾斜,并切割至 T_8^0 之下的地层。在隆起之上,缺失 T_2^0 — T_6^0 之间的地层,说明它长期处于隆起部位,经受了长期的剥蚀。而东北坳陷的形成时间较早,至少是在印支运动之后。该剖面另一特征为 T_3^0 和 T_2^0 是强烈不整合面,反映始新世末吴堡运动和古近纪末盐城运动是两次强烈的构造运动,前者可能存在挤压活动,使地层产生挤压变形;后者则是抬升活动,使地层遭受较长时间的剥蚀。这说明两个问题:第一,北黄海盆地东北坳陷是在印支运动后形成的,是张裂运动形成的,并非由造山运动后岩石圈弯曲而形成的凹地;第二,东北坳陷是一断陷,它是在张性应力作用下基底(T_6^0)沿断裂 F_1 下滑而产生的半地堑,从而形成一断陷,在断陷内 T_6^0 — T_8^0 地层得以保存。因此,黄北盆地是一断陷盆地,并非前陆盆地。

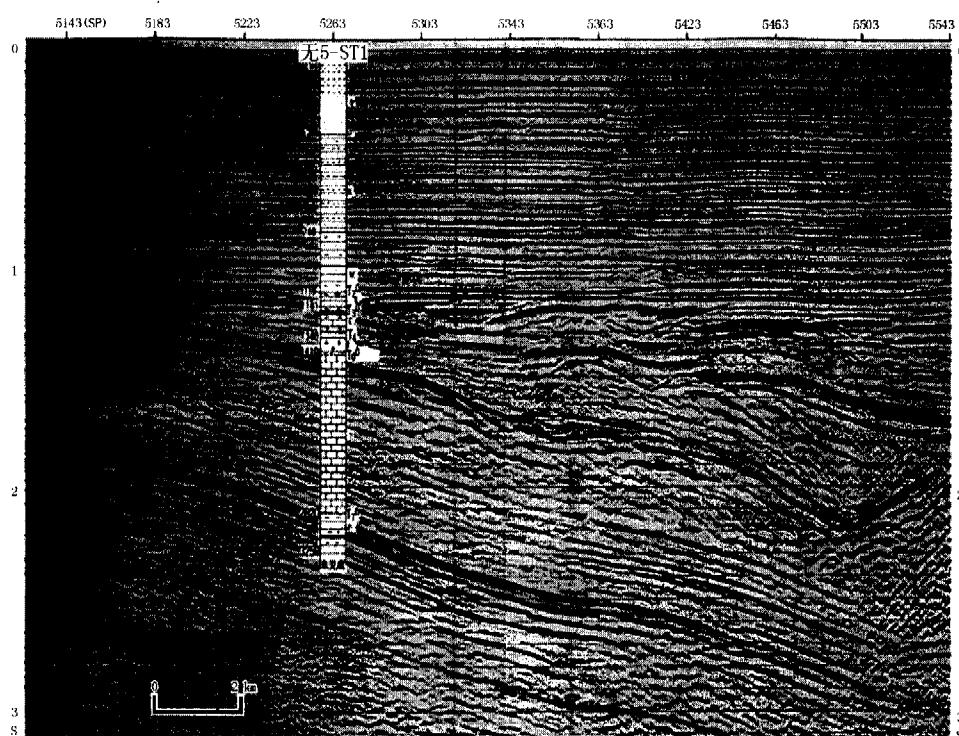


图3 苏北-南黄海盆地的地震剖面
(地震反射波组与无5-ST1井钻探的地层层位对比,以确定地震反射波组所对应的地质时代)

Fig. 3 The seismic profile of Subei-South Yellow Sea basin

There show the interpreted seismic reflections that correlate with Wu 5-ST1 well data to distinguish the ages of the seismic reflections

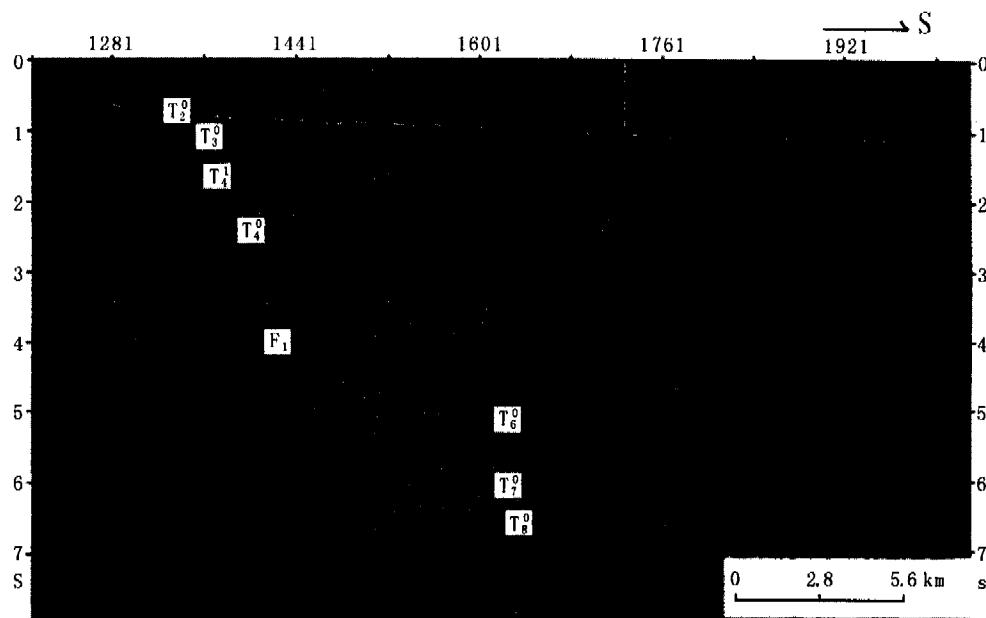


图4 南黄海黄北盆地东北坳陷地震反射剖面

Fig. 4 The seismic profile in the NE depression of Huangbei basin of the South Yellow Sea

图5是北黄海盆地东部坳陷的南北向地震剖面。这里我们对比出 T_2 — T_8 五个反射波组。 T_4 是一弯曲的、且遭受到断裂切割的反射波组，其下的地层反射波组基本和它一样弯曲，反应它代表一次强烈的挤压构造运动。 T_5 和 T_6 基本上是和 T_4 一起起伏，反映它们是在 T_4 时期遭受改造的。由此可见，北黄海东部坳陷是在 T_6 时形成的断陷，当时应是张性断陷，断陷在此后一段时间内沉积了陆相沉积；在 T_4 (古新世初期)出现一次强烈的挤压构造运动，使

断陷内的沉积发生强烈变形。此后，这里又发生区域沉降，断陷内再次接受沉积；到渐新世末，这里又发生挤压构造运动，此次构造运动并不强烈，但抬升时间较长，因此剥蚀了不少地层。在古近纪末，这里又发生了一次区域抬升的构造运动，致使地层遭受剥蚀；后期又发生了南北向挤压，故在南部出现逆冲断层。此次运动之后，这里发生了区域沉降，全区逐步沉降到水下，接受了海陆交互相到海相沉积。

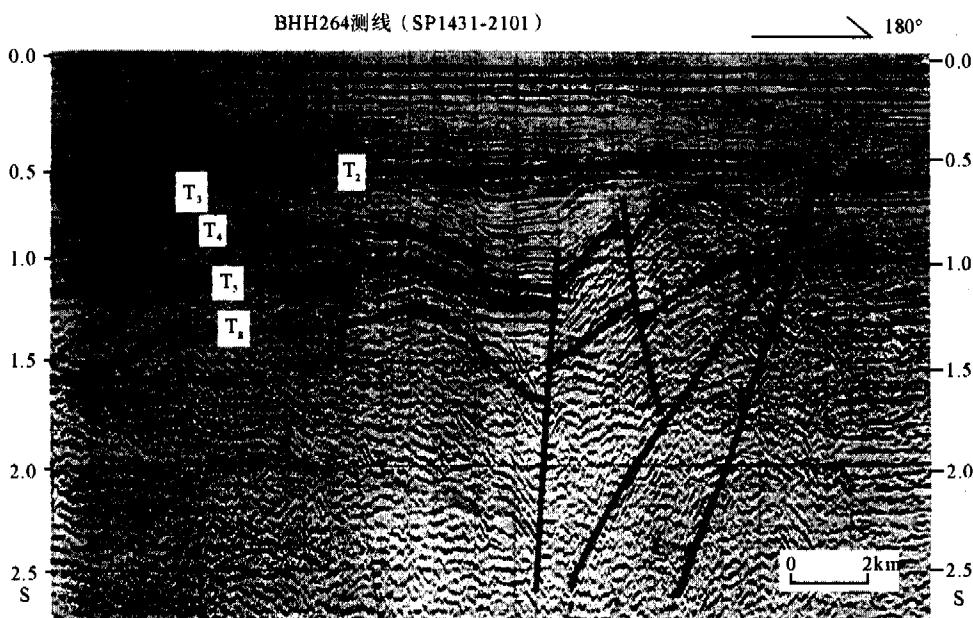


图5 北黄海盆地东部坳陷的地震反射剖面

Fig. 5 The seismic profile in the eastern depression of the North Yellow Sea basin

图6是北黄海东部坳陷的另一地震剖面,剖面走向为NE—SW向($53^{\circ} \sim 233^{\circ}$)。在剖面上,亦可对比出 T_2 — T_5 五个反射波组,均为不整合界面反射波。 T_2 为一水平强振幅反射波,与下伏地层呈不整合接触。 T_3 是一双相位反射波组,在剖面上为一背斜顶部反射波,反映在始新世末期这里存在挤压活动。 T_4 是单相位反射波,也是一背斜顶部之反射波,此背斜和 T_3 的弯曲度差不多,说明它们是在 T_3 时(始新世末)形成的。 T_5 亦是背斜顶部之反射波组,但 T_5 所形成之背斜的弯曲度比 T_4 与 T_3 的大,说明在侏罗纪末这里发生了一次挤压构造活动,此次挤压活动比白垩纪末的挤压构造活动强烈,因此所形成的背斜之弯曲度比渐新世末所形成的背斜大。 T_6 是一背斜顶部之反射波,此背斜与 T_5 之背斜相近,因此,它是与 T_5 同时形成的背斜构造。在剖面西南部存在一条向北东向倾斜的断层,它断到基底 T_6 之下的地层中。如将此剖面恢复到挤压前,那么,在 T_6 时(侏罗纪早期),它是刚产生的一条向北东方向倾斜的正断层,此后断陷内接收 T_6 — T_5 (侏罗纪)陆相沉积。侏罗纪末,这里发生一次挤压构造活动,此后这里继续接受湖相沉积。白垩纪末,这里发生了另一次挤压构造活动,构造运动之后,这里仍是湖泊沉积环境,继续接受陆相沉积。古近纪末期,这里有一次区域抬升构造活动,湖泊干涸,但随后全区发生区域沉降,逐步沉入水下,接受海陆交互相至海相沉积。

由上述剖面分析看出,在晚侏罗纪早期,北黄海地区发生了一次区域拉伸构造运动,在当时的地表产生一系列北东向断裂,以及北东向地堑、半地堑;此后在这些地堑、半地堑内沉积了湖相沉积。新生代初期这里发生了区域挤压构造活动,使地堑、半地堑内的沉积发生挤压变形。此次挤压构造活动之后,北黄海地区再次发生拉张构造运动,并随之发生区域沉降,断陷内继续接受陆相沉积。渐新世末,这里又有一挤压活动,对地层产生又一次挤压变形。此后,该地区发生区域沉降,全海域逐步接受了海陆交互相至海相沉积。

谯汉生、于兴何等研究俄罗斯远东上布列亚盆地时指出,该盆地为一中生代裂谷盆地,盆地内发育中侏罗统、上侏罗统一下白垩统和上白垩统^[21],均为陆相沉积。此盆地在中、新生代的构造位置与黄海相似,只是在新生代稍有变化。该盆地为一裂谷盆地,与黄海盆地相似。在中生代位于亚洲东部边缘,受NW—SE向张性应力作用,在当时的地表产生北东向裂谷,裂谷内随后接受陆相沉积。

4 油气地质条件分析

由上述讨论可知,中国东部大陆是在印支运动时期由华南地块、华北地块沿秦岭-大别造山带缝合而成。印支运动之后,中国东部和东南部主要受库拉板块(新生代为太平洋板块)俯冲的影响,即所谓

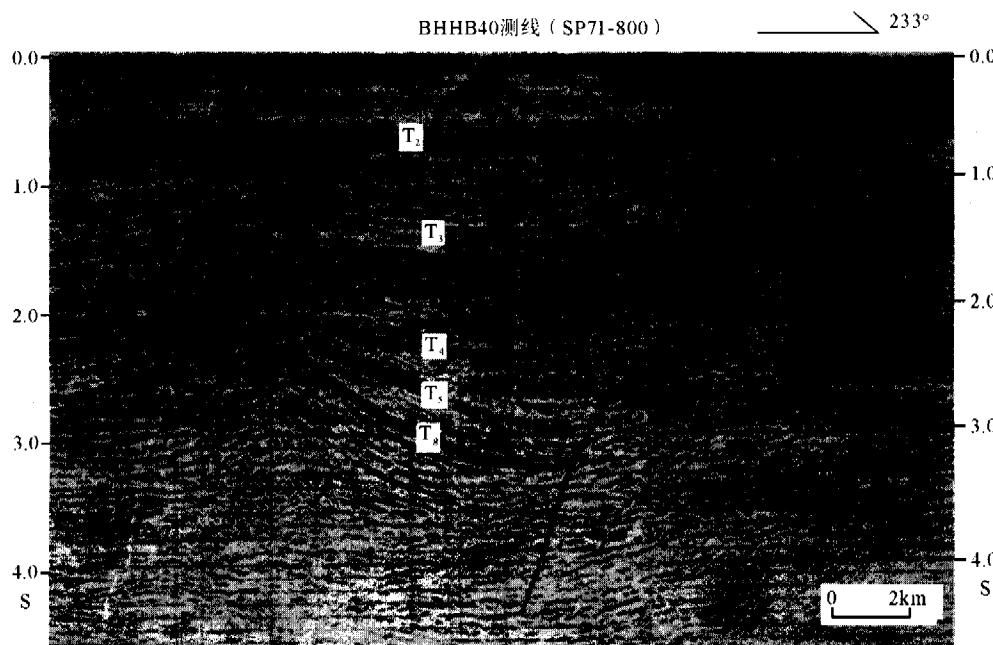


图6 北黄海盆地东部坳陷地震反射剖面

Fig. 6 The seismic profile in the eastern depression of the North Yellow Sea basin

“太平洋构造域”之影响。在这一俯冲带的后方,黄海地区一直在受张性应力场作用,在当时,地表发生张性正断层,以及产生地堑、半地堑。黄海中新生代沉积盆地就是由这些地堑、半地堑发展而来的。在中生代侏罗纪和白垩纪,以及新生代古近纪期间,这些地堑、半地堑内沉积了湖相沉积,这些湖相沉积中包含着烃源岩和储层,而新近纪及第四纪沉积则为区域盖层。

北黄海发育有古近系、白垩系和侏罗系三套烃源岩,总厚度达2000 m。其中,古近系暗色页岩的地层厚度为200~3000 m;白垩系暗色页岩厚1000~2000 m;侏罗系黑色页岩厚600~1000 m。根据朝鲜的钻井资料,北黄海盆地侏罗系、白垩系和古近系黑色页岩的有机碳含量分别为0.9~1.66、1.6和0.5~0.7;氯仿沥青“A”的含量分别为0.102、0.203和0.01~0.001;总烃的含量分别是800~1000、1000~1800和1000以下; R_o 值分别达0.71~1.32、0.73~0.80和0.40~0.60^[6]。由此可见,北黄海盆地的三套烃源岩均有一定厚度,有机碳含量较高,且均已进入生油气门限。因此,该盆地具备生成油气田的物质基础。由于中生代末及渐新世末发生过两次较强烈的挤压构造活动,在盆地中形成了许多背斜构造和断块构造,以及盆地中发育了近岸及三角洲砂岩沉积,故盆地中发育了好的构造及良好的储层。这些油气地质条件使我们确信在北黄海盆地中可以找到中、小型油气田。

根据地球物理资料和钻探推测,南黄海地区可能存在5000~10000 m厚的古生界和中、下三叠统^[22]。由苏北盆地的钻井资料及区域地质资料认识到,下寒武统暗色泥岩、中寒武统碳酸盐岩、上奥陶统泥质岩、下志留统暗色泥岩、上石炭统碳酸盐岩、下二叠统栖霞组碳酸盐岩和孤峰组暗色泥岩、上二叠统龙潭组和大隆组暗色泥岩、下三叠统青龙组碳酸盐岩、始新统阜宁组暗色泥岩和渐新统戴南组灰黑色泥岩是主要烃源岩。盆地中储层广泛发育,主要是多套碳酸盐岩、砂岩和不整合剥蚀面附近的次生裂隙。在盆地中,上新统—第四系为区域盖层,各时期的泥岩构成局部盖层。由上述分析可见,南黄海的油气勘探领域很广,古生界、中生界和新生界都可能视为勘查对象,都可能找到油气。这里需要讨论的是南黄海侏罗系的问题。目前苏北盆地和南黄海盆地的钻井资料均未揭示侏罗系,但这并不是说这里不存在这一套地层。从区域地质资料看,南黄海盆地和北黄海盆地在印支运动之后,都处于亚洲东部大陆边缘,都是位于弧背(后)构造环境,在侏

罗纪—白垩纪时,这里均处于张性构造环境,在当时,地表均发生张性断裂和断陷,不可能出现北黄海在侏罗纪时发生断陷,而南黄海没有发生的现象。因此,南黄海中、新生代盆地均应在侏罗纪开始发生;而且,和北黄海一样,当时的断陷应是比较深的,即和北黄海盆地一样,应沉积一套深湖相泥岩,作为中生界主要烃源岩。从地震剖面看,南黄海黄北盆地中生界是比较厚的,其中应主要是侏罗纪沉积。

5 讨论

从大地构造的格架看,北黄海位于我国北部的华北地块东部,而南黄海位于华南地块东缘。在古生代,华北地块和华南地块一直位于古赤道附近,直到晚三叠纪,它们才最终碰撞缝合在一起。碰撞缝合过程是晚二叠纪先在郯庐断裂以东发生碰撞,在郯庐断裂以西的碰撞缝合直到晚三叠纪才完成。黄海海域位于郯庐断裂以东,在这里,华北地块与华南地块在晚二叠世沿苏胶-临津江褶皱带缝合,该地区此后一直抬升,直到早侏罗世全面成陆。从晚侏罗世开始,库拉板块已几乎完全俯冲并消失于亚洲大陆之下,年青的太平洋板块开始俯冲于亚洲东部边缘。由于年青的太平洋板块仍然比较热,俯冲下去之后对上覆亚洲岩石圈板块产生较强的抬升作用,在火山弧后的地表发生区域拉伸应力场。这一拉伸应力场在地表产生张性断裂,以及地堑、半地堑,黄海地区中生代沉积盆地开始诞生。此后在地堑、半地堑中,沉积了陆相沉积以及基性火成岩。从晚白垩世开始,中国东部由于燕山造山带岩石圈的拆沉,开始又一次区域抬升和拉张构造活动,在黄海地区,原来中生代的断陷开始抬升,水体减少;但随着断陷被进一步拉伸,断陷扩大,其内部水体逐步加深,又开始接受沉积。这就是黄海中、新生代沉积盆地的发展历程。

宋晓东、李思田等^[23]利用天然地震资料对中国大陆及邻近海域进行了Pn波速度异常研究,他们发现中国东部大型沉积盆地如渤海湾盆地和松辽盆地之下的Pn波速度在7.7~7.85 km/s之间,比西部盆地(如塔里木盆地和四川盆地)低0.2~0.35 km/s。他们认为这是因为中国东部自晚中生代以来一直受拉张应力场作用,地壳和岩石圈减薄,地幔上涌,使地幔顶部地震波速度减小。在他们的计算结果图上,北黄海地区具有明显的低Pn速度,在7.7~7.75 km/s之间,说明该地区自晚中生代以来经受过较强烈的拉张作用。由于弧背(后)地区是陆

地,安第斯型俯冲带的俯冲角度较大,因此,其产生的拉伸应力场不太强,故在弧背地区产生的断陷之面积不大,也不深。所以,这些断陷虽然接受了湖相沉积,其泥岩体积不大,因此,在这些盆地中烃源岩之体积不大,到目前仅探查到一些中、小型油气田。要想找到大型油气田,南黄海古生界是有可能的,这就需要我们对该地区在地质演化史中多次构造运动之影响进行详尽研究,研究这些构造活动对古生界油气藏的生烃、运移、聚集和保存过程的影响,提出合适的勘探方向和思路,采用高新勘探技术才能有望取得希望的成果。

参考文献(References)

- [1] 赖万忠. 黄海海域沉积盆地与油气[C]//黄海海域油气地质. 北京: 海洋出版社, 2003; 28-37. [LAI Wan-zhong. The sedimentary basins and oil and gas resources in the Yellow Sea [C]. Beijing: China Ocean Press, 2003; 28-37.]
- [2] 蔡乾忠. 黄海与周边地质构造及盆地含油气性的区域对比[C]//黄海海域油气地质. 北京: 海洋出版社, 2003; 14-27. [CAI Qian-zhong. The regional contrast between the geological tectonics and oil and gas resources of sedimentary basins in the Yellow Sea and its adjacent area [C]//The Petroleum Geology in the Yellow Sea. Beijing: China Ocean Press, 2003; 14-27.]
- [3] 戴春山, 李刚, 蔡峰, 等. 黄海海域前第三系及油气勘探方向[C]//黄海海域油气地质. 北京: 海洋出版社, 2003; 58-68. [DAI Chun-shan, LI Gang, CAI Feng, et al. The prospecting direction for the pre-Tertiary system in the Yellow Sea Area [C]//The Petroleum Geology in the Yellow Sea. Beijing: China Ocean Press, 2003; 58-68.]
- [4] 王嘹亮, 易海, 姚永坚, 等. 南黄海海域沉积特征[C]//黄海海域油气地质. 北京: 海洋出版社, 2003; 90-99. [WANG Liao-liang, YI Hai, YAO Yong-jian, et al. The sedimentary characteristics in the Yellow Sea Area [C]//The Petroleum Geology in the Yellow Sea. Beijing: China Ocean Press, 2003; 90-99.]
- [5] 姚永坚, 冯志强, 王嘹亮, 等. 南黄海构造样式的特征及含油气性[C]//黄海海域油气地质. 北京: 海洋出版社, 2003; 100-110. [YAO Yong-jian, FENG Zhi-qiang, WANG Liao-liang, et al. The characteristics of the tectonic style and petroleum resources in the South Yellow Sea [C]//The Petroleum Geology in the Yellow Sea. Beijing: China Ocean Press, 2003; 100-110.]
- [6] 刘光鼎. 雄关漫道真如铁——论中国油气二次创业[C]//黄海海域油气地质. 北京: 海洋出版社, 2003; 1-5. [LIU Guang-ding. The second start of an undertaking for petroleum in China [C]//The Petroleum Geology in the Yellow Sea. Beijing: China Ocean Press, 2003; 1-5.]
- [7] 刘锡清, 丛鸿文, 孙家松. 地形特征[C]//刘光鼎主编. 中国海区及邻域地质地球物理特征. 北京: 科学出版社, 1992; 3-11. [LIU Xi-qing, CONG Hong-wen, SUN Jia-song. The characteristics of the topography [C]//LIU Guang-ding, eds. The Characteristics of Geology and Geophysics in China Seas and Its Adjacent Regions. Beijing: Science Press, 1992; 3-11.]
- [8] 蔡峰. 北黄海盆地的油源岩及其勘探领域[J]. 海洋地质动态, 1995(7); 4-6. [CAI Feng. The hydrocarbon-bearing formation and prospecting direction in the sedimentary basin of North Yellow Sea [J]. Marine Geology Letters, 1995(7); 4-6.]
- [9] 孙肇才. 由陆及海谈在黄海区域地质构造格局问题上的几点思考[C]//黄海海域油气地质. 北京: 海洋出版社, 2003; 46-57. [SUN Zhao-cai. The several ideas on the regional tectonic geology in Yellow Sea area from land to sea [C]//The Petroleum Geology in the Yellow Sea. Beijing: China Ocean Press, 2003; 46-57.]
- [10] 张国伟, 董云鹏, 赖绍聪, 等. 秦岭造山作用与大陆动力学[C]//中国地质学会 80 周年学术文集. 北京: 地质出版社, 2002; 152-161. [ZHANG Guo-Wei, DONG Yun-peng, LAI Shao-cong, et al. The Qinling orogeny and continental dynamics [C]//Academic Papers, 80th Anniversary of the Geological Society of China. Beijing: Geological Publishing House, 2002; 152-161.]
- [11] Metcalfe I. Pre-Cretaceous of SE Asian terranes [C]//Hall R, Blundell D, eds. Tectonic Evolution of Southeast Asia. Geological Society Special Publication 106, 1996; 97-122.
- [12] Nie Y S, Rowley D B. Comment on paleomagnetic constraints on the geodynamic history of the major blocks of China from the Permian to the present [J]. Journal of Geophysical Research, 1994, 99, 19 035-18 042.
- [13] Wang X M, Liou J G, Maruyama S. Geosite-bearing eclogite from the Dabie Mountains, central China: Petrogenesis, P-T paths and implications for regional tectonics [J]. Journal of Geology, 1992, 100; 231-252.
- [14] Okay A I, Sengor A M C, Satie M. Tectonics of an ultrahigh pressure metamorphic terrane: The Dabie Shan/Tongbai Shan orogen, China [J]. Tectonics, 1993, 12; 1 320-1 334.
- [15] Maruyama S, Liou J G, Zhang R. Tectonic evolution of the ultrahigh-pressure (UHP) and high-pressure (HP) metamorphic belts from central China [J]. The Island Arc, 1994, 3; 112-121.
- [16] Zhou D, Graham S A. Songpan-Ganzi Triassic flysch complex as a remnant ocean basin along diachronous Qinling collisional orogen, central China [J]. Geological Society of America, 1993, 25; 118.
- [17] Nie Yin A, Rowley D B, Jin Y. Exhumation of the Dabie Shan ultra-high pressure rocks and accumulation of the Songpan-Ganzi flysch sequence, central China [J]. Geology, 1995, 22; 999-1 002.
- [18] 李思田, 莫宣学, 杨士恭, 等. 中国东部及邻区中、新生代盆地演化及地球动力学分析[C]//李思田, 路凤香, 林畅松等主编. 中国东部及邻区中、新生代盆地演化及地球动力学背景. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997; 4-18. [LI Si-tian, MO Xu-an-xue, YANG Shi-gong, et al. Evolution of Mesozoic and Cenozoic Basins of Dynamic Analyses in the East and Its Adjacent Area [C]//LI Si-tian, LU Feng-xiang, LIN Chang-song eds. Evolution of Mesozoic and Cenozoic Basins in East-

- ern China and Their Geodynamic Background. Wuhan, China University of Geosciences Press, 1997; 4-18.]
- [19] 郭令智,施央申.西太平洋中、新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成和演化[J].地质学报,1983,57(1):25-37. [GUO Ling-zhi, SHI Yang-shen. The formation and evolution of Mesozoic and Cenozoic active margin and island arcs tectonics in Western Pacific[J]. Geological Journal, 1983,57(1):25-37.]
- [20] Condie K C. Plate Tectonics & Crustal Evolution[M]. Third Edition. Pergamon Press, 1989.
- [21] 谢汉生,于兴何.裂谷盆地石油地质[M].北京:石油工业出版社,2004. [QIAO Han-sheng, YU Xing-he. The petroleum geology of rifting basins [M]. Beijing: Petroleum Industry
- Press, 2004.]
- [22] 张家强.南黄海中古生界油气勘探前景[C]//黄海海域油气地质.北京:海洋出版社,2003: 75-80. [ZHANG Jia-qiang. The prospecting foreground of the Paleozoic-Mesozoic petroleum in the South Yellow Sea[C]//The Petroleum Geology in the Yellow Sea. Beijing: China Ocean Press, 2003:75-80.]
- [23] 宋晓东,李思田,李迎春,等.岩石圈地幔结构及其对中国大型盆地的演化意义[J].地球科学,2004,29(5):531-538. [SONG Xiao-dong, LI Si-tian, LI Ying-chun, et al. The lithospheric mantle structure and its significance on the evolution of the great sedimentary basins in the Eastern China[J]. Earth Science,2004,29(5):531-538.]

THE GEOTECTONIC CHARACTERISTICS AND THE PETROLEUM RESOURCES POTENTIAL IN THE YELLOW SEA

YAO Bo-chu

(Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510075, China)

Abstract: On the basis of previous data, using comprehensive geophysical data collected in the Yellow Sea since 2000 and together with drilling data from China and neighboring countries, we probed and discussed the tectonic evolution history of the sea from Paleozoic to Cenozoic and studied the tectonic background of the formation of the sedimentary basins and the tectonic types of the sedimentary basins in the Yellow Sea. We believe that there were platform sediments in the Paleozoic and the rifting depression sediments from Mesozoic to Cenozoic in the Yellow Sea area. According to the researches on the seismic data, we recognize that there exist good hydrocarbon rocks from Paleozoic, Mesozoic to Cenozoic, and good caprocks in Neogene and Quaternary. The reservoir rocks were widespread in the sedimentary basins. Therefore, we believe that we should explore the Mesozoic and Cenozoic in the Yellow Sea for oil. However, we should also research the Paleozoic in the sedimentary basins, and focus on the places where preserved good and overly-ing sediments are thin, as these places have good petroleum resources.

Key words: regional structure; evolutional history; sedimentary basin; hydrocarbon source rock; the Yellow Sea