

南黄海盆地崂山隆起海相中—古生界构造地质特征

袁 勇,陈建文,张银国,吴淑玉,雷宝华,张鹏辉,孙 晶,王建强

(中国地质调查局青岛海洋地质研究所,青岛 266071;

海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室,青岛 266071)

摘 要:南黄海盆地位于下扬子地台的东北部、郯庐断裂带以东的活动区内,是一个在前震旦系变质岩基底之上,经海相中—古生界、陆相中生界和新生界多期沉积叠覆而成的叠合盆地。近年来,在崂山隆起上的地震剖面获得了较好的深层反射,隆起上存在较连续分布、厚度超过 4~5 km 的中生界—上古生界地层。但由于中—古生界海相地层的勘探程度低,制约着该区油气勘探的进程。通过地震资料解释,结合邻区钻井与区域地质资料,研究了崂山隆起区海相中—古生界地层的构造地质特征,结果表明,崂山隆起区以下志留统高家边组泥岩滑脱带为界划分为上下 2 套海相构造层,其形成演化受晋宁运动、广西运动、东吴运动以及印支运动等影响,经历了基底形成、被动边缘克拉通、稳定台地、抬升剥蚀及陆内造山阶段。其中海相上构造层假整合或不整合覆于海相下构造层之上,由于受后期印支、燕山等构造运动的强烈改造作用,造成其在崂山隆起区遭受强烈的隆升褶皱和剥蚀夷平,逆冲断裂广泛发育,并伴随着逆掩推覆和滑脱作用,上构造层的上部地层显著减薄甚至缺失,残留厚度变化较大。该区断裂发育较弱,主要有 2 组方向的断裂,一组为 EW 向断裂,这类断裂规模较大,但不发育;一组为 NE 向断裂。

关键词:海相中—古生界;构造演化;断裂分布;南黄海盆地;崂山隆起

中图分类号:P618.13

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2016.01008

黄海是一个大陆架浅海,一般以山东半岛的成山角和朝鲜半岛的瓮津之间的连线为界,将黄海分为南黄海和北黄海 2 部分^[1]。黄海位于西太平洋构造域,由华北地块和扬子地块及其相邻的褶皱带构成,历经多期构造变动,形成了前中生代海相克拉通盆地和中—新生代裂陷及走滑—拉分盆地等不同类型盆地叠合的残留盆地群^[2]。南黄海盆地位于下扬子地台的东北部,郯庐断裂带以

东的活动区内,是一个在前震旦系变质岩基底之上,经海相中—古生界、陆相中生界和新生界多期沉积叠覆而成的叠合盆地^[3]。根据南黄海中—新生代陆相沉积盆地基底性质、沉积、地质构造特征,南黄海盆地可划分为烟台坳陷、崂山隆起和青岛坳陷 3 个二级构造单元,各构造单元具有不同的地质构造发展历史和构造层特点^[4](图 1)。

南黄海盆地的前期油气勘探主要集中在陆相中—新生界,而近年新一轮的油气资源调查在崂山隆起发现疑似海相中—古生界地层的有效地震反射,因此,南黄海盆地海相地层的油气勘探成为石油地质界关注的焦点^[5]。虽然经过多年的勘探研究,已较系统地认识了南黄海盆地及其崂山隆起地区的构造、沉积等地质条件,但由于南黄海钻

收稿日期:2015-11-25

基金项目:国家海洋局海底重点实验室基金“南黄海海相中、古生界地层沉积相分析及其构造演化研究”(KLSG1102);中国地质调查局项目(GZH200800503)

作者简介:袁 勇(1988—),男,博士后,主要从事地质综合解释及油气地质学方面的研究工作. E-mail:yuany010@126.com

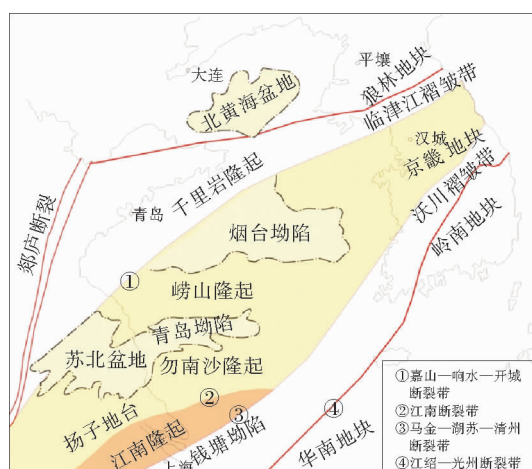


图 1 南黄海盆地及邻区大地构造位置略图(据文献[12])

Fig. 1 Tectonic map of the South Yellow Sea Basin and its adjacent region (form reference [12])

遇中—古生界的探井较少,特别是在崂山隆起区无钻井,且地震勘探程度低,制约了油气勘探的进程,影响地质模型的建立^[6]。

1 区域地质背景

根据已有的地质及勘探资料,初步确定南黄海盆地在地质上位于扬子板块东段,是下扬子地块向海域的延伸部分。近年来众多学者针对扬子板块东段的展布范围做了大量的研究,并提出了众多观点,主要分歧有 2 点:①关于扬子板块的北界。裴振洪等^[7]、任纪舜^[8]认为扬子板块的北界是嘉山—响水断裂,苏鲁造山带属华北板块;蔡乾忠^[9]认为扬子板块的北界是芝罘—开城断裂,苏鲁造山带属扬子板块。②关于扬子板块过南黄海后向东延伸的问题。裴振洪等^[7]、任纪舜^[8]认为扬子板块过南黄海后与朝鲜半岛对应,朝鲜半岛属扬子板块范畴;郝天珧等^[10]则认为朝鲜半岛属华北板块,扬子板块与朝鲜半岛之间以一条近南北向的断裂相隔。在第 1 种观点中又存在 2 种认识:一种认识是下扬子地块对应于朝鲜半岛的京畿地块和沃川坳陷,江绍断裂与光州断裂相连,朝鲜半岛上的岭南地块对应于华南板块;另一种认识是下扬子地块对应于沃川坳陷和岭南地块,京畿地块与临津江褶皱带一起对应于苏鲁造山带,而江山—绍兴断裂入海后向东延伸至济州岛以南地区^[11]。

在前人认识的基础上,结合近年来所获得的地质、地球物理资料和钻井资料,最新研究认为,下扬子地块北界为苏鲁—临津江造山带,该造山带是华北、扬子两大块汇聚碰撞的结果^[12];南界,以江山—绍兴断裂与华南板块相接,江山—绍兴断裂进入海域后向东延伸,其南部为江南隆起、钱塘坳陷、沃川褶皱带和华南—岭南地块;西界,以郯庐断裂与中扬子地块、秦岭—大别造山带和华北板块分界;扬子板块向东越过南黄海进入朝鲜半岛,与朝鲜半岛的临津江坳陷、京畿地块、沃川坳陷相对应(图 1)。

2 南黄海盆地崂山隆起构造演化

通过对南黄海盆地崂山隆起的地震资料解释,结合南黄海盆地钻、测井资料,参考下扬子板块陆上地质信息,对比各地层接触关系(不整合、假整合等),对崂山隆起的构造演化形成了系统的认识。近年大量学者对南黄海地区的地壳运动时期进行了细致的划分。目前主流观点认为南黄海盆地是下扬子地块的主体部分,其沉积构造演化与苏北地区具有相似性,同时与区域构造演化、主要构造活动密切相关,主要经历了 8 个主要的发展阶段:震旦纪—中奥陶世板块扩张阶段;晚奥陶世—志留纪板块汇聚;挤压隆升阶段;晚志留世—早泥盆世隆升剥蚀阶段;中泥盆世—中三叠世稳定台地阶段;晚三叠世—中侏罗世陆内挤压隆升剥蚀阶段;晚侏罗世—早白垩世挤压扭动阶段;晚白垩世—古近纪陆内伸展拉张阶段以及晚古近纪—第四纪陆内造山阶段。杨长清等^[5]认为,南黄海盆地崂山隆起主要经历了基底形成、克拉通发育、稳定台地—陆内裂陷、抬升剥蚀与隆起形成以及坳陷沉降等 5 个阶段。选取南黄海盆地过崂山隆起的一条二维地震剖面,解释了该剖面地层演化过程,揭示了崂山隆起的演化模式(图 2)。

中元古代末期晋宁运动之后华东地区包括扬子地块基本形成统一的变质基底^[13]。加里东构造运动以隆升作用为主,区域上形成大的隆起和坳陷,崂山隆起形成。地震资料显示,在海相下构造层中形成有平缓的背斜隆起构造,并表现为海相下构造层与上覆海相上构造层的假整合或不整

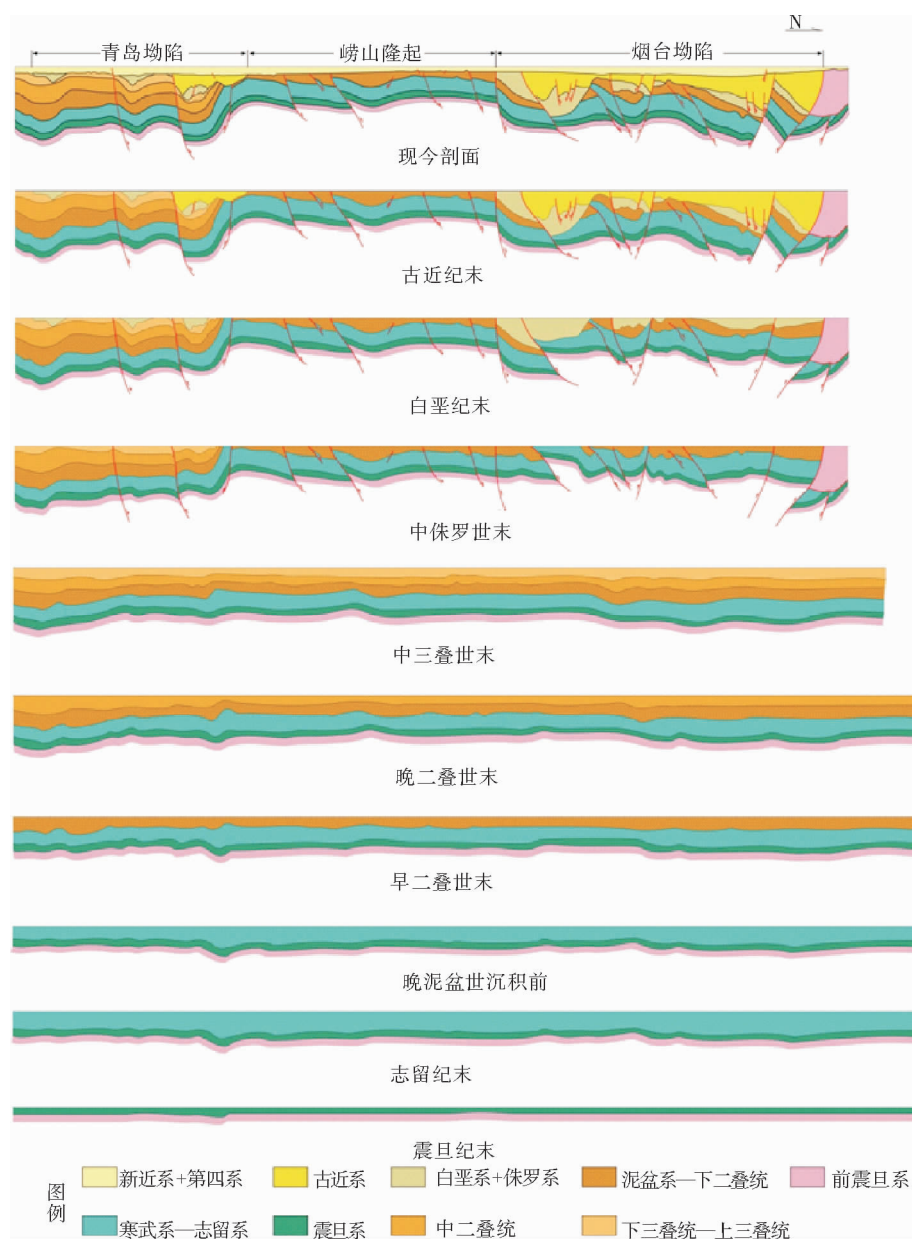


图 2 南黄海盆地崂山隆起演化模式(据文献[11])

Fig. 2 Tectonic evolution of the Laoshan Uplift of the South Yellow Sea Basin (from reference [11])

合接触。整体的隆升、剥蚀作用,造成海相下构造层上部的志留系(甚至包括奥陶系)的大量剥蚀,同时造成中、下泥盆统的沉积缺失。

早、晚二叠世之间东吴运动使南方的东部地区以挤压汇聚作用为主,表现为洋盆、裂陷槽的关闭及大面积的隆起抬升,并使下二叠统茅口组及其以下地层遭到一定程度的剥蚀,上二叠统与下二叠统茅口组呈假整合接触。南黄海钻井揭示,上二叠统龙潭组与下二叠统栖霞组之间存在沉积间断,且发现栖霞组顶部存在灰岩风化壳,并缺失

孤峰组,说明在早、晚二叠世之间有一个短暂的抬升剥蚀期。地震剖面亦显示,栖霞组顶面为一低频连续强反射,与上二叠统反射呈平行关系。据此,东吴运动在南黄海表现为小幅度的地壳抬升,造成上下二叠统之间为平行不整合。同时这一构造运动在南黄海有一定的区域性,对晚二叠世的沉积具有一定的控制作用。东吴运动之后,南黄海地区则由晚古生代的浅海台地演变为滨海沼泽。

中三叠世末期,中上扬子地区,印支运动主要表现为一场隆升运动,形成大型的 NE 向隆起和

拗陷。在印支运动之后紧接着发生了规模宏伟的陆内造山运动——燕山运动,早燕山运动延续至侏罗纪中期。在南黄海,目前对印支运动和早燕山运动二者尚难剥离开^[11]。印支—燕山早期运动主要表现为一场隆升—褶皱造山运动,隆升作用使崂山隆起及其以北地区的上二叠统龙潭组—下三叠统青龙组甚至上古生界遭受大面积剥蚀缺失,使崂山隆起最终定型。褶皱造山作用在南黄海地区形成一系列褶皱和断裂,造成上覆侏罗系、白垩系甚至古近系不整合于古生界之上,同时还形成一系列的逆冲和逆掩推覆构造。

发生于中新世和渐新世之间的盐城运动是区内一场区域性的褶皱造山运动,该运动使渐新统及以下地层发生显著的褶皱作用,造成中新统不整合或超覆不整合于渐新统及其以下的各期地层之上。经过盐城运动之后,南黄海结束了断陷发育的历史,而进入拗陷发展阶段。南黄海地区中新统一上新统普遍以角度不整合覆于渐新统三垛组及其以下不同层位的地层之上,盆地边缘不受断裂控制,盆地中沉积厚度基本稳定^[11]。

3 崂山隆起中—古生界地层分布特征

3.1 中古生界上下构造层划分

通过地震解释发现,新近系、古近系以及白垩系与下伏的古生界,包括下三叠统青龙组和上二叠统龙潭一大隆组,在形变方面存在明显的不同,表现为强烈的不整合接触。这反映了印支运动在本区作用的结果,即伴随着构造变动,印支运动在南黄海不但形成了一系列逆冲断层,而且使上三叠统青龙组及其以下地层遭到强烈变形、并经受了长期的隆升剥蚀,构造复杂、地层厚度变化剧烈。海相中—古生界的顶面作为一个区域性的不整合面,而成为划分构造层的主要构造界面之一^[12]。

根据崂山隆起地震解释的各反射界面的接触关系及其地质意义,结合该地区的沉积背景及构造特征等,以下扬子板块的地质勘探成果为基础,以 T_g 地震反射界面(前震旦系变质岩顶面—晋宁运动构造面)和 T_8 地震反射界面(中三叠世末的印支运动构造面)为界,将研究区划分为3个大的构造层:即基底构造层,海相中—古生界构造

层,陆相中—新生界构造层^[12]。其中,海相中—古生界构造层又以 T_{11} 地震反射界面(志留纪末的加里东运动构造面)为界,进一步划分为海相下构造层、海相上构造层^[12]。

海相下构造层为前震旦系变质岩顶面(T_g)至加里东面(T_{11})之间的一套层系,包括震旦系、寒武系、奥陶系、志留系,由晚震旦世至志留纪的台地相—盆地相碳酸盐岩、碎屑岩组成。该构造层与上覆构造层呈构造平行不整合或角度不整合接触关系。海相上构造层为 T_8 与 T_{11} 界面之间的一套变形层系,假整合或不整合覆于海相下构造层之上,其上被中—新生界陆相构造层构造不整合覆盖。该构造层包括上泥盆统、石炭系、二叠系及下三叠统,由晚泥盆世—早三叠世台地相碳酸盐岩—裂陷槽相硅质岩、碎屑岩—滨海沼泽相含煤岩系组成^[11]。该构造层由于受后期印支、燕山等构造运动的强烈改造作用,造成其在崂山隆起地区遭受强烈的隆升褶皱和剥蚀夷平,逆冲断裂广泛发育,并伴随着逆掩推覆和滑脱作用,形成了与下伏构造层相对独立的断裂体系,构造层上部地层显著减薄甚至缺失,残留厚度变化较大^[6]。

3.2 构造层分布

通过地震解释,崂山隆起区中—古生界是一个比较平缓的箱状背斜构造,构造相对简单并发育有大型的背斜和向斜构造,两翼均伴生有向构造顶部逆冲的断裂带。通过地质、地震资料解释,圈定了该区海相上下构造层的残留厚度分布范围(图3、4)。上下构造层自西向东总体呈现厚—薄—厚的沉积格局,而上构造层的残留厚度变化幅度比较大,下构造层相对稳定。崂山隆起地区前震旦系顶面最大埋深7~10 km,最小埋深2 500~3 000 m。海相下构造层顶面一般埋深500~2 500 m,最大埋深位于隆起中部与NE向拗陷的复合部位,埋深5 000 m左右。寒武系—志留系的残留厚度为1 500~3 500 m,局部地区可能缺失志留系甚至部分奥陶系。海相上构造层顶面埋深500~1 000 m,局部地区可达3 000 m;海相上构造层残留厚度为0~2 000 m,中部最厚可达3 000 m,主要由泥盆系—下二叠统组成,大部分区域缺失上二叠统龙潭组和下三叠统青龙组^[11]。



图3 崂山隆起区海相上构造层地层分布(据文献[11])

Fig. 3 Distribution of marine upper structural layer on the Laoshan Uplift (form reference [11])



图4 崂山隆起区海相下构造层地层分布(据文献[11])

Fig. 4 Distribution of marine lower structural layer on the Laoshan Uplift (form reference [11])

3.3 构造断裂特征

南黄海地区海相构造层内发育有多个滑脱层,主要有下寒武统幕府山组、下志留统高家边组和上二叠统煤系地层 3 个滑脱层^[11]。同时,还有 2 个构造滑脱面:加里东构造面和印支构造面^[11]。由于这些滑脱层和构造滑脱面的存在,使印支运动及燕山运动的作用力沿滑脱层或滑脱面而消减,滑脱层之下的震旦系一下古生界受后期构造运动改造程度明显减弱,滑脱层上下构造层形变特征具显著差异,从而造成上覆构造层的构造较复杂,而下伏构造层的构造相对稳定、简单。在崂山隆起地区印支面(T₀地震反射界面)以下的古生界中地层褶皱、逆冲断层非常发育,并且形成叠瓦状逆冲推覆构造,使古生界成为破碎的断片,构造十分复杂,而印支面之上则断裂较少,地层较平缓,构造相对简单。

南黄海水相中一古生界总体为一隆两拗的格局,基本上是以崂山隆起为界,分为南、北 2 个拗陷,隆起上和拗陷中的构造线的方向总体表现为 NEE 向至近 EW 向^[11]。崂山隆起地区断裂发育较弱,主要有 2 组方向的断裂,一组为 EW 向断

裂,这类断裂规模较大,但不发育;一组为 NE 向断裂(图 5)。这些断裂主要为逆冲或逆掩断裂,并以下志留统高家边组或下寒武统泥页岩作为主要滑脱面。同时这些断裂一般不切割印支面,是印支运动时期或印支运动之前形成的^[11]。研究区断裂呈弧形弯曲,整体呈较大规模的 EW 向展布,其性质有正断层,也有逆断层,正断层是由早期逆断层在晚期反转所形成,该类断层形成于印支期,晚期具有再次活动^[11]。

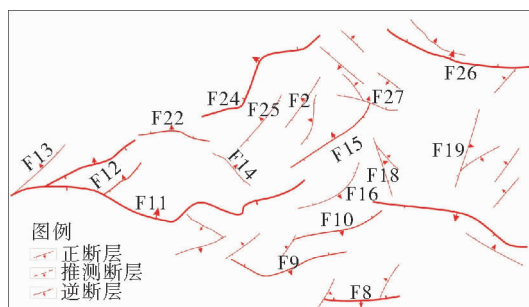


图5 崂山隆起海相中一古生界断裂分布(据文献[11])

Fig. 5 Distribution of marine Mesozoic and Paleozoic faults on the Laoshan Uplift (form reference [11])

4 结论

(1)崂山隆起区以下志留统高家边组泥岩滑脱带为界划分为上下 2 套海相构造层,其形成演化受晋宁运动、广西运动、东吴运动以及印支运动等影响,经历了基底形成、被动边缘克拉通、稳定台地、抬升剥蚀及陆内造山阶段。加里东构造运动以隆升作用为主,区域上形成大的隆起和拗陷,崂山隆起开始形成。印支—燕山早期运动主要表现为隆升—褶皱造山运动,使上二叠统龙潭组一下三叠统青龙组、甚至上古生界遭受大面积剥蚀缺失,使崂山隆起最终定型。盐城运动是区域性褶皱造山运动,经过盐城运动之后,断陷发育结束,进入拗陷发展阶段。

(2)海相上构造层假整合或不整合于海相下构造层之上,由于受后期印支、燕山等构造运动的强烈改造作用,海相上构造层在崂山隆起地区遭受强烈的隆升褶皱和剥蚀夷平,逆冲断裂广泛发育,并伴随着逆掩推覆和滑脱作用,上构造层上部地层显著减薄甚至缺失,残留厚度变化较大。下构造层分布相对稳定,其顶面最大埋深位于隆起

中部与北东向坳陷的复合部位。

(3)崂山隆起区断裂发育较弱,主要有 2 组方向的断裂,一组为 EW 向断裂,这类断裂规模较大,但不发育;一组为 NE 向断裂。这些断裂主要为逆冲或逆掩断裂,并以下志留统高家边组或下寒武统泥、页岩作为主要滑脱面。

参考文献:

- [1] 王谦身,安玉林. 南黄海西部及邻域重力场与深部构造[J]. 科学通报,1999,44(22):2448-2453.
- [2] 戴春山,李 刚,蔡 峰,等. 黄海前第三系及油气勘探方向[J]. 中国海上油气(地质),2003,17(4):225-231.
- [3] 欧阳凯,张训华,李 刚. 南黄海中部隆起地层分布特征[J]. 海洋地质与第四纪地质,2009,29(1):59-66.
- [4] 姚永坚,冯志强,郝天珧. 对南黄海盆地构造层特征及含油气性的新认识[J]. 地质前缘,2008,15(6):232-240.
- [5] 杨长清,董贺平,李 刚. 南黄海盆地中部隆起的形成与演化[J]. 海洋地质前沿,2014,30(7):17-21.
- [6] 孙 晶,王建强,肖国林. 南黄海盆地中部隆起海相上构造层分布及断裂系统特征[J]. 海洋地质前沿,2014,30(10):18-25.
- [7] 裴振洪,王果寿. 苏北—南黄海海相中—古生界构造变形类型划分[J]. 天然气工业,2003,23(6):32-36.
- [8] 任纪舜. 中国及邻区大地构造图(1:500 万)及其说明书[M]. 北京:地质出版社,1999:2-10.
- [9] 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.
- [10] 郝天珧,Mancheol S,阎晓蔚,等. 黄海中央断裂带的地球物理证据及其与边缘海演化的关系[J]. 地球物理学报,2003,46(2):179-184.
- [11] 陈建文. 南黄海前第三系油气前景研究成果报告[R]. 青岛:青岛海洋地质研究所,2009.
- [12] 李慧君. 南黄海盆地海相中—古生界构造区划[J]. 海洋地质前沿,2014,30(10):8-13.
- [13] 周小进,杨 帆. 中国南方新元古代—早古生代构造演化与盆地原型分析[J]. 石油实验地质,2007,29(5):446-451.

GEOTECTONIC FEATURES OF THE MARINE MESOZOIC-PALEOZOIC ON THE LAOSHAN UPLIFT OF THE SOUTH YELLOW SEA BASIN

YUAN Yong, CHEN Jianwen, ZHANG Yinguo, WU Shuyu, LEI Baohua,
ZHANG Penghui, SUN Jing, WANG Jianqiang

(Qingdao Institute of Marine Geology, CGS, Qingdao 266071, China;

Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China)

Abstract: The South Yellow Sea Basin is located in the northeast of the lower Yangtze platform and the active region to the east of Tanlu faults zone. It is a multi-cycle superimposed basin consisting of the marine Mesozoic-Paleozoic basin overlaid by the continental Mesozoic-Cenozoic basin on the basis of the Presinian cratonic basement. In recent years, high quality deep reflections have been obtained from the seismic profiles passing through the Laoshan Uplift. It is found that the continuous Mesozoic and Paleozoic is more than 4~5 km in thickness. Because of the insufficient exploration for marine Mesozoic-Paleozoic, the oil and gas exploration in the area is restricted. Based on the seismic data, combined with drilling data from its adjacent areas as well as regional geological data, we studied the Mesozoic-Paleozoic geotectonic characteristics of the Laoshan Uplift. The results show that there are two marine structural layers on the Laoshan Uplift, separated by a mudstone detachment zone of Lower Silurian, i. e. the Gaojiabian Formation. This area experienced the evolutionary stages of the formation of basement, the development of craton, the stable platform, the uplift and erosion, and the continental orogeny. The upper structural layer is relatively complex, where thrust folds and imbricate thrust faults are developed. It lies unconformably upon the lower structural layer. The fracture development of this area is weak. There are two main groups of fractures. Faults developed along E-W direction are relatively large, and those developed in N-E direction are subordinate.

Key words: marine Mesozoic-Paleozoic; tectonic evolution; faults distribution; South Yellow Sea Basin; Laoshan Uplift