

南黄海盆地崂山隆起中、古生界断裂特征

李慧君^{1,2}, 林年添³, 金兴⁴, 彭杰³, 王守进³

(1. 国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 山东 青岛 266071;

2. 青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071;

3. 山东科技大学山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 山东 青岛 266590;

4. 山东正元建设工程有限责任公司, 山东 济南 250101)

摘要:近年来,南黄海盆地油气地质调查工作取得了新进展,即发现崂山隆起新近系下伏地层可能为海相地层,但由于勘探程度低等原因,崂山隆起海相地层的分布依然不清。海相地层的残留状况往往与断裂分布有密切关系,因此,探讨崂山隆起中、古生界断裂特征及其控制作用,对于研究海相地层的分布具有重要作用。以新采集的 seismic 资料解释为基础,采用类比方法,探讨南黄海盆地崂山隆起主要断裂带的构造样式和变形特征,确定中、古生界断裂的分布规律。结果表明:崂山隆起主体部分主要发育高角度逆冲断裂,少量分布反转断裂和正断裂;研究区西北部发育由北向南的逆冲断裂,东南部则发育由南向北的逆冲断裂,具有对冲特征;构造变形程度西强东弱。深化了断裂系统对研究区残留海相地层分布控制作用的认识,为深入开展研究区油气调查提供地质构造依据。

关键词:南黄海盆地;崂山隆起;断裂特征;构造变形特征;控制作用

中图分类号:P631.4

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2012)06-0069-07

The Fracturing Characteristics of Mesozoic and Paleozoic Eras in Laoshan Uplift of South Yellow Sea Basin

LI Huijun^{1,2}, LIN Niantian³, JIN Xing⁴, PENG Jie³, WANG Shoujin³

(1. Key Lab of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, the Ministry of Land and Resources, Qingdao, Shandong 266071, China; 2. Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao, Shandong 266071, China;

3. Key Lab of Depositional Metallization & Sedimentary Minerals of Shandong Province, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China;

4. Shandong Zhengyuan Construction Engineering Co. Ltd, Jinan, Shandong 250101, China)

Abstract: The geological surveys for oil and gas in the South Yellow Sea Basin have made new progress recently and found that there might be marine strata below Neogene system of Laoshan uplift, but their distribution remain unclear because of low exploration level. There is a high correlation between the residue status, distribution of marine strata and the distribution of faults in study area. Therefore, in research of Laoshan uplift, the characteristics of Mesozoic and Palaeozoic faults and their control actions are of significance in further studying the distribution of marine strata. Based on the seismic information newly collected and by using the analogous analysis method, the tectonic style and deformation characteristics of main fracture zones in Laoshan uplift were studied. The results showed that the high angle thrust faults were mainly developed in the main body part of Laoshan uplift and a few reverse faults were distributed. The thrust fractures with north to south direction were developed in the northwestern region of the studied area and the thrust fractures with south to north direction were developed in southeast region. The degree of

收稿日期:2012-06-13

基金项目:国家自然科学基金项目(41174098);国家高技术发展计划("863"计划)项目(2012AA061202)

作者简介:李慧君(1965—),男,黑龙江双城人,高级工程师,主要从事地球物理与地质构造的研究工作。

E-mail:lihuijun2001@sina.com

林年添(1962—),男,福建宁德人,教授,博士,主要从事地震信号处理、成像方法及地质与地球物理综合研究,本文通信作者。E-mail:linnt@sina.com

tectonic deformation in western area is higher than eastern area. These discoveries are helpful to recognize the control action of fracture system on the distribution of residual marine strata, providing a basis of geological structure for intensive exploration of oil and gas in study area.

Key words: South Yellow Sea Basin; Laoshan uplift; fracture characteristics; characteristics of structural deformation; control action

南黄海在区域上可划分为两隆一盆三个一级构造单元,即千里岩隆起区、南黄海盆地和勿南沙隆起区^[1-4],如图 1 所示。其中南黄海盆地包括烟台凹陷、崂山隆起和青岛凹陷。南黄海盆地位于下扬子地块东北部,是扬子地块的下扬子地台向海域的延伸部分^[1-2,5]。崂山隆起位于南黄海中部,为中、新生代盆地隆起,属二级构造单元,位于烟台凹陷与青岛凹陷之间,总体呈近东西向展布。

长期以来,南黄海盆地经历了多期次构造运动改造,发育了数百条不同期次、不同性质、不同规模和级别的断裂。它们在控制盆地沉降沉积、隆起剥蚀、局部构造的形成以及油气运移聚集等方面起着重要作用。大型断裂系统的多期次活动、叠加改造和转化,控制了盆地隆坳格局的变迁。最典型的就是千里岩隆起区与烟台凹陷之间的断裂——千里岩断裂,是控制烟台凹陷的主要断裂,不仅在地震剖面上特征显著,而且在重力图和磁力图上也有很好的反映。随着地质调查工作的不断推进,相关研究取得了一些进展^[3,4,6-7],近年在崂山隆起新近系之下发现有效地震反射,但由于缺少钻井资料及地震勘探程度低等原因,新近系下伏地层的属性及构造变形特征依然不清,针对崂山隆起内部断裂特征及其分布的研究鲜见报导。本文以新采集的地震剖面解释为基础,探讨南黄海盆地中部隆起带(崂山隆起)断裂的分布特征、成因及其控制作用。将有助于进一步深化断裂系统对崂山隆起构造变形及残留海相地层分布格局的变迁、演化等方面的认识,丰富挤压背景下隆起区沉积层构造变形的研究理论,为南黄海盆地油气勘探和预测提供地质构造依据。

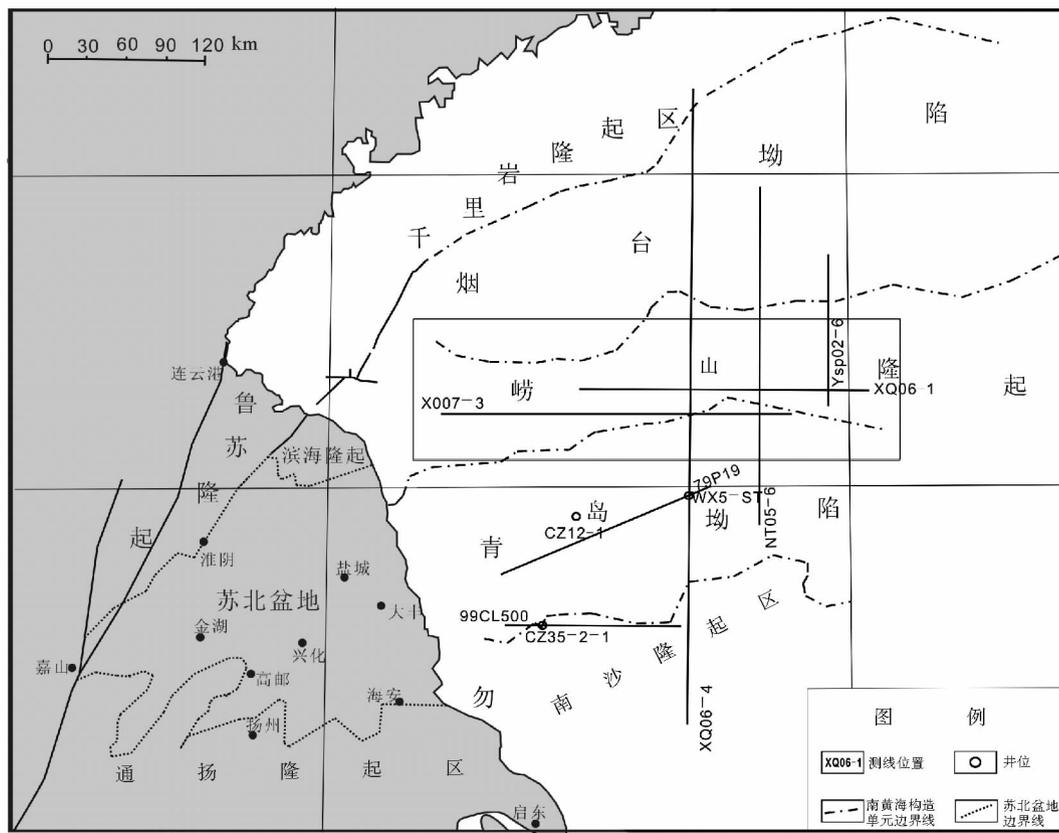


图 1 南黄海盆地崂山隆起位置图^[3-4]

Fig. 1 The location of Laoshan uplift in the South Yellow Sea Basin^[3-4]

1 南黄海盆地地质背景

南黄海盆地位于下扬子地台的东北部,郟庐断裂带以东的活动区^[1],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^[7,9-13]。印支运动早期,下扬子加里东台地的南部产生裂谷,北侧则为被动型边缘拗陷;印支运动晚期,南部裂谷伴随着郟庐断裂的左旋走滑而进一步扩大和裂陷,形成青岛拗陷,北侧则因苏胶造山带的形成和发展,出现中生代前陆盆地,即烟台拗陷。两拗陷之间相对稳定的区域即崂山隆起,呈近东西向展布^[14]。

钻探和物探资料表明,南黄海海域海相地层的沉积演化与下扬子陆区、中扬子区具有共同特点,其岩性与陆地基本一致,区域构造上,南黄海是扬子区的重要组成部分^[3]。崂山隆起是南黄海的构造稳定区,也是下扬子区面积最大的稳定区块^[10]。南黄海的地质演化历史、地层层序与下扬子区陆地相似^[2,15],即自震旦纪晚期至早三叠世各时代地层较齐全^[15-16],为稳定的浅海沉积环境,发育一套以海相沉积为主的碳酸盐岩和碎屑岩地层。这套地层分布范围十分广泛,包括除千里岩隆起以外的所有构造单元。

苏北-南黄海盆地主要存在北东-北北东向、近东西向(海区)以及北西向断裂构成的断裂体系。构造运动形式为挤压作用和拉张作用,压性构造形迹如推覆构造,拉张作用形成的张性构造与压性构造格局全然不同。各级别构造与断裂有密切关系,因此开展断裂研究对恢复盆地结构具有重要意义^[17]。

2 崂山隆起带断裂特征

2.1 断层分类

南黄海地区中古生界经历了多期次构造运动,断裂发育,印支期后至少经历了三次由逆冲活动形成的复杂的冲断体系。与冲断活动相呼应,进入中生代以来,南黄海地区至少经历了三次复杂的拉张伸展作用,控拗及控凹断层一般为先存的逆断裂及走滑逆断层反转而成,完全新生的正断层较少。一般而言,各期次断裂具有不同的方向,因此,可以分别按方向或期次对断裂系统进行划分。

2.1.1 按断裂系统的倾向划分

研究区断裂总体倾向为正北、近正南与南南东倾向。

1) 北倾断裂系统

北倾断裂系统是南黄海海域具主导地位的断裂系统(图2、图3)。南黄海烟台拗陷、崂山隆起和青岛拗陷均较发育,尤以烟台拗陷、崂山隆起最为突出。崂山隆起北倾断裂则以逆冲断裂为主,断裂的走向主要为近东西向。

2) 南倾及南南东倾断裂系统

南倾断裂系统发育程度较弱,主要发育于崂山隆起南部与青岛拗陷的分界处。原因是:①由于改造作用明显,在现有条件下难于获得更好的地震资料,因此未发现南倾断裂;②由于应力分布所致,在崂山隆起内部,特别是在崂山隆起东北部可能不存在或很少存在南倾断裂。

2.1.2 按断裂系统的属性或成因划分

按断裂系统成因或属性可划分为挤压型与拉张型两类。

1) 挤压型断裂系统

挤压型断裂是南黄海海域各区块主要的逆断层系统,虽经燕山期的拉张作用,无论断层后期是否反转,从现今断层两侧地震反射特征依然能识别出该类断层的痕迹。对于反转程度较低的断层,在海相中、古生界中仍保留一定的逆断距,更易于识别。上述北倾以及南倾断层大多具有这类断层特征。在崂山隆起西北部,该性质断裂较发育,而且多数保留了逆冲性质(图2、图3),未形成反转断层。其主要原因是烟台拗陷与崂山隆起间存在的大型断裂,使后期张性应力在此处被释放了,以至于该断裂以南先存断裂基本保留原貌。

2) 拉张型断裂系统

张性断裂是陆相中新生界发育的主要断裂类型,其中正断裂往往由早期(印晚期或燕山早期)的逆断层

反转而成,构成了盆地内凸起和凹陷的边界断裂。该类断裂在崂山隆起内部少见,多见于崂山隆起南、北边界,基本继承了早期挤压逆断层的构造倾向(图 4、图 5)。

2.2 南北的对冲推覆

对冲推覆体系是苏北-南黄海盆地断裂体系的组成部分,下扬子地区海相地层的主要构造样式是逆冲推覆构造。大多数断裂是对冲体系的组成要素,或是其继承与发展。该对冲推覆体系,源于印支、燕山期扬子板块与华北板块的碰撞拼接。研究表明,苏北地区的对冲推覆构造体系在南黄海亦有分布,但其分布及强弱与距造山带的远近不同而有所差异。图 2 和图 3 是 2 条反映由北向南的推覆构造剖面图,图 4 和图 5 是 2 条反映由南向北的推覆构造剖面图,说明在南黄海有一定的对冲断层存在,但规模相对较小。原因是中东部地区与盆地西部相比远离造山带,变形相对较弱,不完全具备西部地区的构造与断裂特征,表明盆地的构造变形西强东弱。

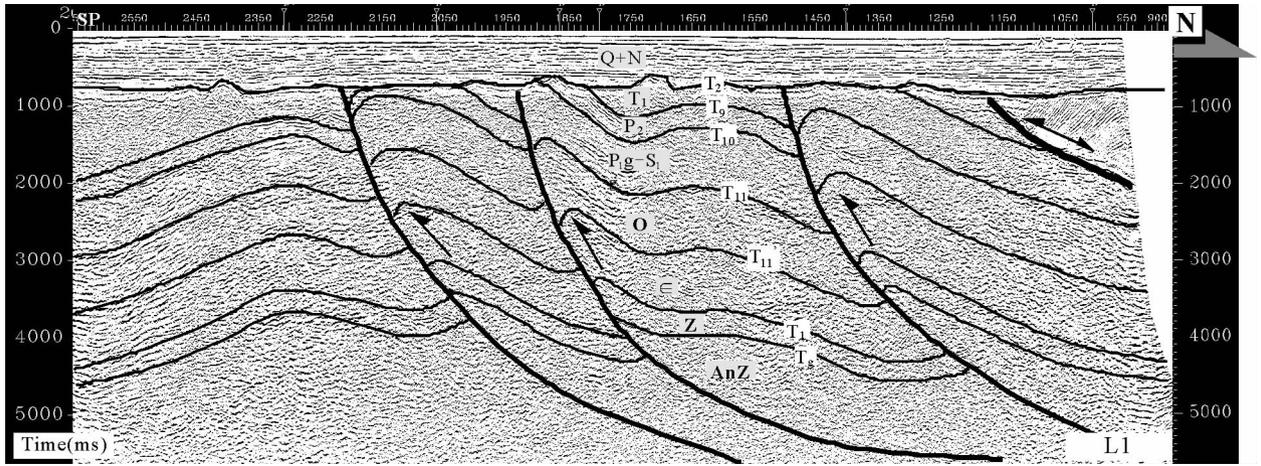


图 2 L1 测线地震地质解释剖面图

Fig. 2 The geological interpretation section of seismic line L1

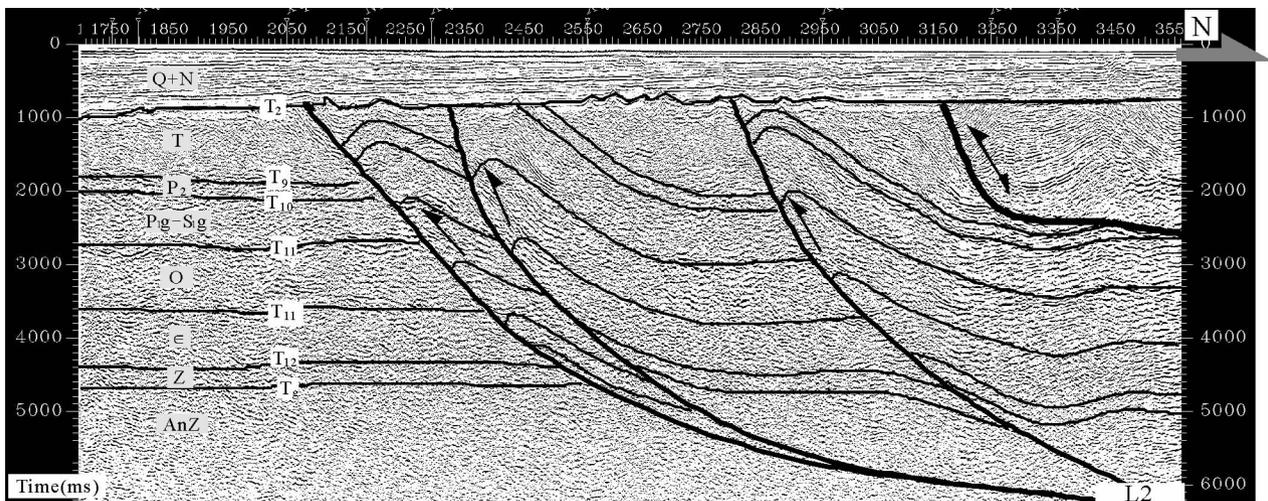


图 3 L2 测线地震地质解释剖面图

Fig. 3 The geological interpretation section of seismic line L2

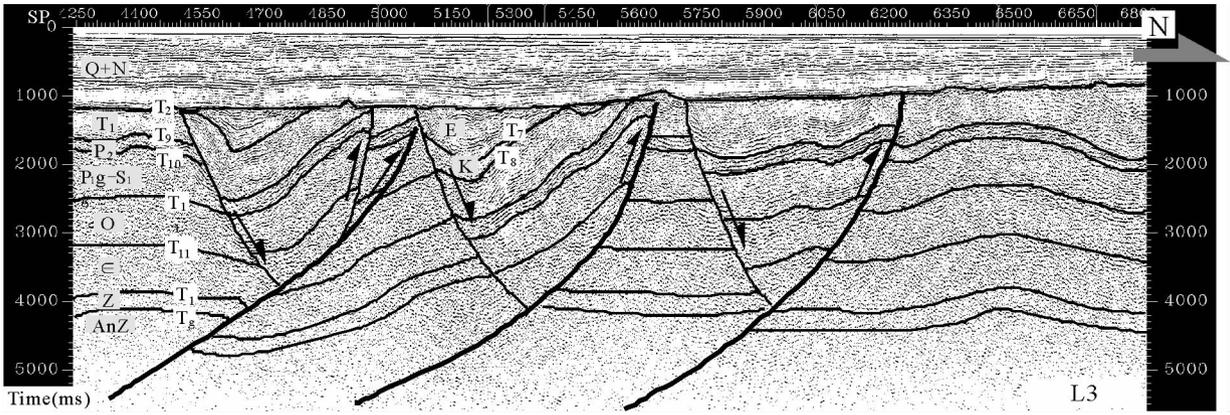


图 4 L3 测线地震地质解释剖面图

Fig. 4 The geological interpretation section of seismic Line L3

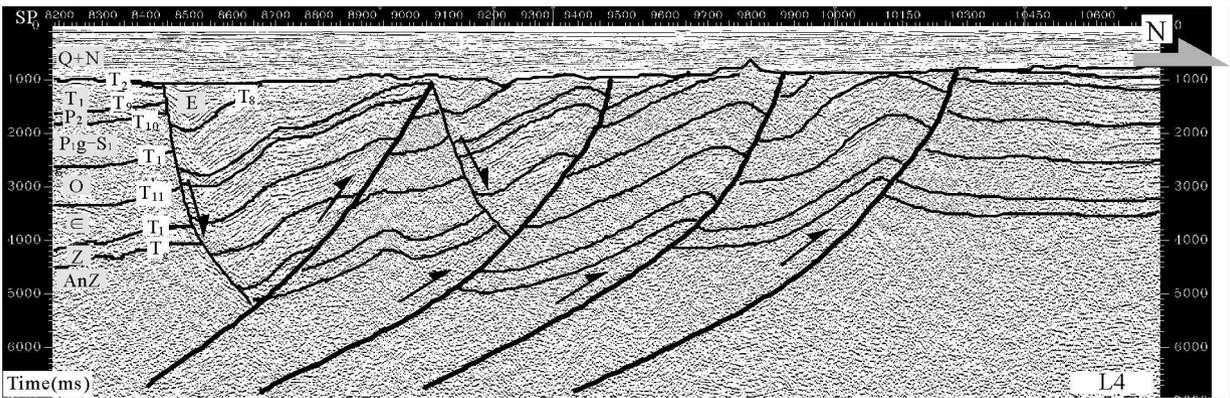


图 5 L4 测线地震地质解释剖面图

Fig. 5 The geological interpretation section of seismic Line L4

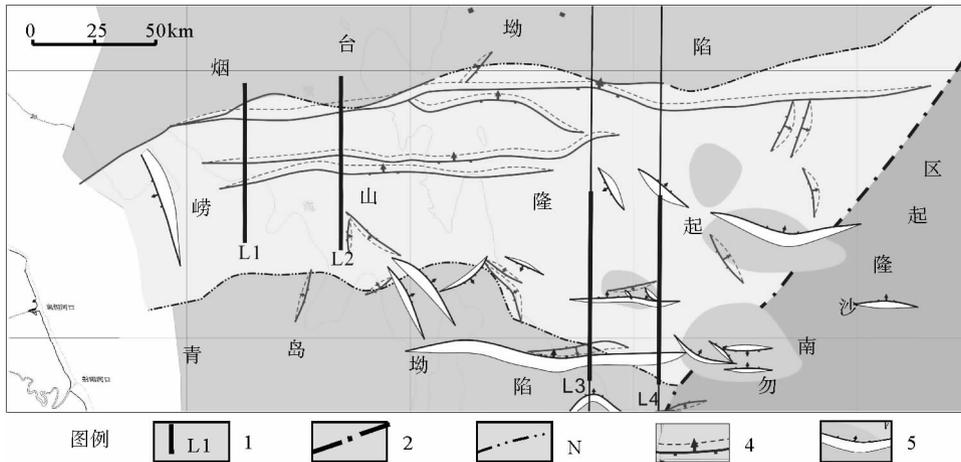


图 6 崂山隆起中、古生界断裂系统纲要图

Fig. 6 The structure outline of Mesozoic and Palaeozoic Eras in the Laoshan uplift of South Yellow Sea

1. 测线名及其位置; 2. 一级构造单元边界线; 3. 二级构造单元边界线; 4. 逆断层; 5. 正断层

2.3 断裂分布特征及其控制作用

从前述讨论不难看出,崂山隆起的断裂以北倾的逆冲断裂为主,主要分布在研究区西北部,见图6(该图崂山隆起部分是在图1基础上修编而来)。构造变形呈西北强东南弱,断裂走向以东西向为主,西部断裂分布相对密集,呈层状的地震反射不如东部明显,东部地区有效地震反射层较清楚,但接近勿南沙隆起区,地层厚度明显减薄。

综上所述,崂山隆起中、古生界变形程度西部高于东部。东部及勿南沙隆起区具有克拉通盆地特征,远离造山带,变形强度相对较弱,为一稳定区块。

3 结论

通过对南黄海盆地崂山隆起地震资料的解释及海陆对比分析,认为:

1)南黄海盆地崂山隆起中、古生界发育以北倾逆断层为主的断裂体系,控制崂山隆起的边界断层南北有别,北部与烟台坳陷交界处,多以正断层为主,该组断层是由前期逆断层反转而来,特征明显,易于识别;而南部与青岛坳陷交界则不具备这一特征,多以逆断层为主。

2)无论是隆起内部断裂还是控制隆起的边界断裂,总体走向呈近东西向。

3)南黄海与陆地一样,存在对冲体系,但弱于陆地,对冲体系在崂山隆起也有体现,北部及边界的向南逆冲推覆断裂为主动型,而南部及边界的向北逆冲推覆断裂为被动型。

4)崂山隆起中、古生界构造变形程度西部强于东部。

参考文献:

- [1]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 and Quaternary Geology,1995,15(1):7-24.
- [2]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.
- [3]ZHANG M H, XU D S, CHEN J W. Geological structure of Yellow Sea area from regional gravity and magnetic interpretation[J]. Applied Geophysics,2007,4(2):37-44.
- [4]张海启,陈建文,李刚,等. 地震调查在南黄海崂山隆起的发现及其石油地质意义[J]. 海洋地质与第四纪地质,2009,29(3):107-113.
ZHANG Haiqi, CHEN Jianwen, LI Gang, et al. Discovery from seismic survey in Laoshan uplift of the South Yellow Sea and the significance[J]. Marine Geology and Quaternary Geology,2009,29(3):107-113.
- [5]郭玉贵,李延成,许东禹,等. 黄东海大陆架及邻域大地构造演化史[J]. 海洋地质与第四纪地质,1997,17(1):1-11.
GUO Yugui, LI Yancheng, XU Dongyu, et al. The tectonic evolution of the Yellow Sea and East China Sea shelf and adjacent areas[J]. Marine Geology and Quaternary Geology,1997,17(1):1-11.
- [6]王丰,李慧君,张银国. 南黄海崂山隆起地层属性及油气地质[J]. 海洋地质与第四纪地质,2010,30(2):95-102.
WANG Feng, LI Huijun, ZHANG Yinguo. Stratigraphic geologic attribute and hydrocarbon geology in Laoshan uplift of South Yellow Sea[J]. Marine Geology and Quaternary Geology,2010,30(2):95-102.
- [7]李刚,陈建文,肖国林,等. 南黄海海域的海相中、古生界油气远景[J]. 海洋地质动态,2003,19(8):12-16.
LI Gang, CHEN Jianwen, XIAO Guolin, et al. Petroleum prospect of marine paleozoic in the South Yellow Sea[J]. Marine Geology Letters,2003,19(8):12-16.
- [8]杨艳秋. 南黄海南部二叠系上统-三叠系下统的分布特征及油气勘探的意义[D]. 长春:吉林大学,2004:35-39.
- [9]温珍和,张金川. 南黄海盆地找油新方向的探讨[J]. 海洋地质与第四纪地质,1989,19(2):19-28;35-37.
WEN Zhenhe, ZHANG Jinchuan. A discussion about new directions for oil finding in Southern Yellow Sea Basin of China [J]. Marine Geology and Quaternary Geology,1989,19(2):19-28.
- [10]张家强. 南黄海中、古生界油气勘探前前景[J]. 海洋地质动态,2002,18(11):25-27.
ZHANG Jiaqiang. Oil and gas exploration prospect of Mesozoic and Paleozoic in South Yellow Sea[J]. Marine Geology Letters,2002,18(11):25-27.
- [11]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.

- OUYANG Kai,ZHANG Xunhua,LI Gang. Characteristics of stratigraphic distribution in the middle uplift of South Yellow Sea[J]. Marine Geology and Quaternary Geology,2009,29(1):59-66.
- [12]陈建文. 南黄海盆地油气勘探战略选区[J]. 海洋地质动态,2002,18(11):28-29.
CHEN Jianwen. Selected strategic areas for petroleum explorations in the South Yellow Sea Basin[J]. Marine Geology Letters,2002,18(11):28-29.
- [13]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.
DAI Chunshan,LI Gang,CAI Feng,et al. The pretertiary and its hydrocarbon exploration targets in Yellow Sea[J]. China Offshore Oil and Gas:Geology,2003,17(4):225-231.
- [14]冯志强. 姚永坚. 对黄海中、古生界地质构造特征及油气远景的新认识[J]. 海洋地质动态,2002,16(6):367-373.
FENG Zhiqiang,YAO Yongjian. New understanding of Mesozoic-Paleozoic tectonics and hydrocarbon potential in Yellow Sea[J]. Marine Geology Letters,2002,16(6):367-373.
- [15]姚永坚,夏斌,冯志强,等. 南黄海古生代以来的构造演化[J]. 石油实验地质,2005,27(2):124-128.
YAO Yongjian,XIA Bin,FENG Zhiqiang,et al. Tectonic evolution of the South Yellow Sea since the Paleozoic[J]. Petroleum Geology & Experiment,2005,27(2):124-128.
- [16]李国玉. 海相沉积是中国 21 世纪油气勘探的主战场[J]. 海相油气地质,1998,3(1):1-5.
LI Guoyu. Marine sequence: A new and major objective of petroleum exploration in 21st century in China[J]. Marine Origin Petroleum Geology,1998,3(1):1-5.
- [17]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(3):47-55.
WANG Wei,CHEN Gao,WANG Jialin,et al. Analysis for regional structural characteristics of north Jiangsu South Yellow Sea Basin[J]. Journal of Seismology,1999,1(3):47-55.

“沉积·资源·环境”研究专栏征稿

征稿范围:

- ◇地质基本科学问题、应用及发展
- ◇全球环境变化与沉积作用
- ◇盆地分析与板块运动
- ◇盆地运动学的新理论
- ◇能源的勘探与开发
- ◇大地构造沉积学
- ◇层控矿床
- ◇岩相古地理
- ◇生物成矿作用
- ◇流域开发与环境保护
- ◇层序地层与事件地质
- ◇油气储集层的成岩作用

欢迎相关领域专家、学者和工程技术人员踊跃投稿,来稿请注明“沉积·资源·环境”专栏。稿件经专家评审通过后优先发表,并实行优稿优酬。

投稿平台:http://xuebao.sdust.edu.cn/index_z.asp

电子邮箱:zkglhxx@163.com; zkzxcg@sdust.edu.cn

联系电话:0532-86057859