

南黄海盆地烟台坳陷构造样式及其特征

王建强,孙 晶,陈建文,雷宝华,张银国

(国土资源部海洋油气与环境地质重点实验室,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;
中国地质调查局青岛海洋地质研究所,青岛 266071)

摘 要:南黄海盆地是发育在扬子板块前震旦系结晶基底上的叠合盆地,烟台坳陷是其主要的陆相中新生界地层沉积区。烟台坳陷自中生代以来受多期构造运动的影响,构造应力场发生转变,导致盆地演化及其构造特征复杂,形成多种形态的构造样式。通过对全区地震资料解释,总结了研究区内构造样式类型,并分析了其成因。研究区经历了燕山期和喜山期拉张和挤压应力的不断转变,不同的构造运动体制形成了不同的构造样式。研究表明,研究区内主要包括伸展、反转及走滑等 3 种构造样式。

关键词:南黄海盆地;烟台坳陷;构造样式;构造运动

中图分类号:P618.13

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2016.01009

含油气盆地的地质结构和形成演化研究一直是石油地质和油气勘探的重要研究课题。含油气盆地是在地质发展历史一定阶段和在一定构造体制下形成发展的统一的动力学系统^[1]。构造运动贯穿整个盆地发育过程,盆地所受力学性质的不同,造成其内部不同的构造格架和构造样式。构造样式是同一构造变形或同一应力作用下所产生构造的总和^[2]。区域性的或基底的构造样式决定着盆地的沉积模式,而盆地沉积模式和构造样式控制着盆地中圈闭类型及其分布^[3]。

构造样式分析是盆地分析的重要内容,通过构造样式研究,一可以总结不同应力场作用下形成经典样式特征及圈闭分布位置;二可以在低勘探程度盆地中借鉴条件相似的盆地预测构造样式及相应的圈闭形成及分布特点;三可以研究盆地

的沉积充填特征,进而控制盆地烃源岩分布及有利相带展布^[4]。因此,构造样式的系统认识对于盆地油气富集规律、油气藏形成特点等具有重要意义。

下扬子地区苏北盆地在中生界和新生界都发现了工业油流,而作为下扬子主体的南黄海盆地,其油气勘探工作虽始于 20 世纪 60 年代,但仍是我国海域目前唯一没有获得油气突破的地区。目前的研究成果表明,南黄海盆地中新生界存在多套有利的生储盖组合,晚白垩世晚期—始新世末,烟台坳陷发育 2 期明显的湖泊相沉积,存在 2 套烃源岩,主要分布于上白垩统泰州组(K_2t)及始新统阜宁组(E_2f)中上部。ZC1-2-1 井测井表明始新统戴南组(E_2d)存在油层和油水同层,说明上白垩统泰州组已生油,并发生运移,为有效烃源岩。烃类的生成、运移及聚集过程显示,该坳陷具有良好的油气勘探前景,因此,其构造样式及分布特征的研究,对南黄海盆地中新生界进一步的油气勘探具有重要的意义,局部构造样式分布特征仍是控制油气聚集的主要因素。

收稿日期:2015-11-25

基金项目:国土资源部海洋油气资源和环境地质重点实验室
基金项目(MRE201311);中国地质调查局项目(GZH200800503)

作者简介:王建强(1985—),男,博士,助理研究员,主要从事盆地分析及油气地质方面的研究工作. E-mail:wangjianqiang163@163.com

1 区域地质背景

南黄海盆地横跨中国东部的秦岭—大别造山带、扬子地台和华南褶皱带三大构造单元,是下扬子地台的主体,扬子板块与华北板块从早三叠世开始沿大别—胶南造山带发生陆—陆碰撞,到三叠纪末完成陆—陆碰撞进入陆内俯冲阶段,在造山带的两侧形成盆地^[5-7]。南黄海盆地西临下扬

子苏北盆地,东临京畿地块,是在古生代残留盆地基础上发育的中新生代盆地,是海相中古生界和陆相中新生界的叠合盆地^[8,9],因此,特殊的大地构造位置决定了盆地的沉积特点,主要发育了 3 种盆地类型:即巨厚海相地层的地台型沉积盆地、巨厚陆相中新生界地层断陷型盆地及新近系和第四系地层的坳陷型盆地^[10]。南黄海盆地自北向南依次划分为 3 个二级构造单元,即烟台坳陷、崂山隆起和青岛坳陷(图 1)。

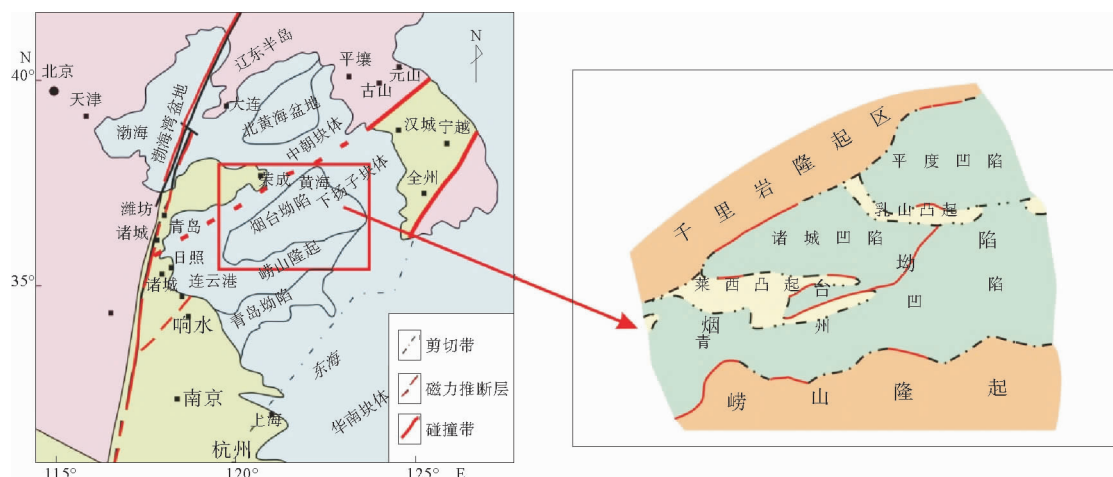


图 1 南黄海盆地大地构造示意图

Fig. 1 The regional tectonic map of the South Yellow Sea Basin

烟台坳陷位于南黄海盆地北部,是一个由侏罗系、白垩系、古近系和新近系地层构成的 NEE 向中生代断陷区,是南黄海盆地陆相中新生界的主要沉积区。由于印支运动、燕山运动和喜山运动强烈的构造作用,造成基底在不同部位与不同时代地层呈不整合接触。该坳陷的北部边界为千里岩断裂,该断裂为南倾的由 NEE 向转为 NE 向的张扭性正断层;南部边界为北倾、NEE 向的正断层控制。千里岩断裂以北属于苏鲁超高压变质带,千里岩断裂以南属于扬子板块。烟台坳陷这样特殊的大地构造位置决定了该坳陷无论是内部结构,还是构造格局都有它的特殊性。根据钻井及地震资料解释揭示,烟台坳陷陆相中新生界自下而上划分为三叠系,侏罗系,白垩系下统葛村组、中统浦口组—赤山组、上统泰州组,古近系阜宁组、戴南组、三垛组,新近系下盐城组、上盐城组,第四系东台群(表 1)。

2 构造样式与地质特征

南黄海盆地在发育过程中处于不同的应力场,从早期的挤压应力场,到晚侏罗—早白垩世初始裂陷期相对松弛状态下的走滑、挤压、拉张^[11],到晚白垩世时期的拉张应力场,到古近纪末期褶皱回返挤压应力场,再到区域沉降阶段的拉张应力场,烟台坳陷经历了不同构造应力场的叠加,不同的应力场背景形成了不同的构造样式。

2.1 伸展构造样式

同沉积时期的拉张和填充作用在盆地发育演化过程中具有不均衡性。在区域性拉张作用下,大型的同沉积发育控制着盆地的形成、发展和演化,伸展构造是南黄海盆地烟台坳陷中新生界发育最广的构造样式。根据构造形态特征及其成

表 1 南黄海盆地烟台坳陷地层划分

Table 1 Stratigraphic sequence of the Yantai Depression, South Yellow Sea Basin

地质时代				地震波组	盆地类型	构造运动	构造旋回
界	系	统	组				
新生界	第四系Q		东台群	T ₂ T ₄ T ₇	坳陷	东台运动	喜马拉雅旋回
	新近系N	上新统	上盐城组			盐城运动	
		中新统	下盐城组			诸城运动	
	古近系E	渐新统	三垛组		断陷	吴堡运动	燕山旋回
		始新统	戴南组			仪征运动	
		古新统	阜宁组			黄桥运动	
中生界	白垩系K	上统	泰州组	T ₈	前陆盆地	燕山早期运动	印支旋回
		中统	赤山祖				
			浦口组				
	侏罗系J	下统	葛村组				
		中下统	象山组				
	三叠系T						

因,将其划分为翘倾断块、潜山披覆、滚动背斜等构造样式(图 2)。

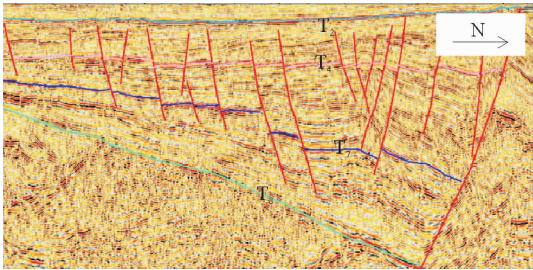


图 2 顺向翘倾断块构造

Fig. 2 Concordant tilting block structure

2.1.1 翘倾断块构造样式

(1)顺向翘倾断块构造样式

顺向翘倾断块构造是斜坡带普遍发育的构造样式。随着箕状盆地的发育,沉积在斜坡上的地层不断加厚,造成基岩断块的掀斜角增大,上覆在基岩断块上较易滑动的盖层向盆内倾滑,从而产生一系列与斜坡倾向大体相同的断层,构成顺向的断块构造。这组断层具有同生性,因而对沉积有一定的控制作用。在南黄海盆地烟台坳陷的各凹陷缓坡带发育这种顺向翘倾构造样式(图 2)。

在顺向翘倾构造断块中,若不同方向的顺向断层相互切割,形成断块、断鼻构造圈闭,或与各类岩性体结合,组成构造—岩性圈闭。顺向断层

体系往往与盆地同期发育,对沉积具有一定的控制作用。在油气运移和聚集上起着较大的作用。因此,顺向断层的发育有利于油气的成藏,是盆地、构造带、圈闭评价中的一个重要的因素。

(2)反向翘倾断块构造样式

反向翘倾断块构造是由于断块的倾向与断层倾向相反形成的^[12],俗称掀斜构造。在箕状断陷内可产生次级反向翘倾构造,形成众多平行排列的反向正断层,构成中小尺度的反向断块构造。如南黄海盆地烟台坳陷中的次级反向断块构造(图 3)。

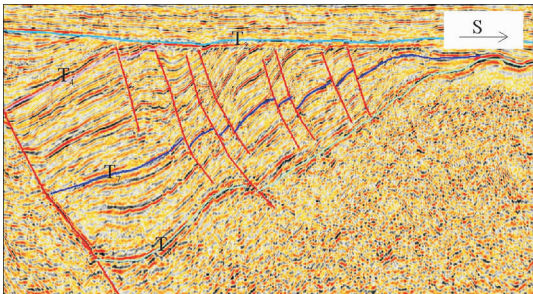


图 3 反向翘倾断块构造

Fig. 3 Anti-tilting block structure

(3)垒堑式断块构造样式

在陆相断陷盆发育过程中,地壳由于受到双向引张动力作用,导致均匀剪切差异沉降,会产生

堑垒相间的构造格架^[13,14]。地垒一直处于高部位,是油气运移聚集的有利部位。综合全区来看,这种构造样式在诸城凹陷缓坡带分布较多(图 4)。

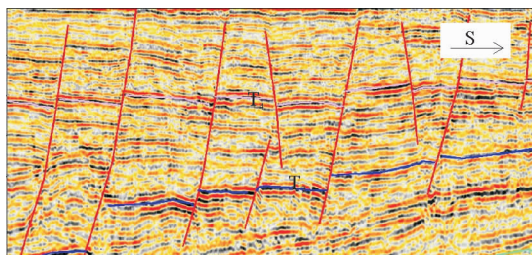


图 4 堑垒式断块构造

Fig. 4 Graben-horst block structure

2.1.2 潜山披覆构造样式

南黄海盆地烟台坳陷古潜山主要发育在莱西凸起上。古潜山被中生界地层所覆盖,内幕沉积主要为古生界碳酸盐岩沉积。大量古潜山的存在,主要形成了翘倾断块披覆构造(图 5)和背斜披覆构造(图 6)2 种类型的潜山披覆构造样式。

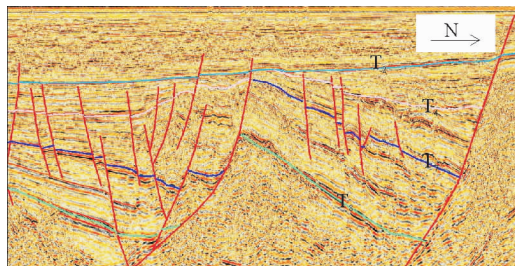


图 5 翘倾断块披覆构造

Fig. 5 Basal tilting and drape block structure

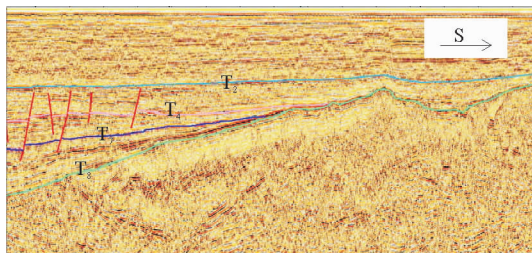


图 6 背斜潜山构造

Fig. 6 Buried anticline structure

2.1.3 滚动背斜构造样式

受同生伸展断层形成和发展所控制。在同沉

积生长断层上盘,靠近断层的边缘,由于断层伸展而形成沉降空间,上盘地层在重力作用下发生弯曲而形成的一种类似背斜的构造(图 7)。

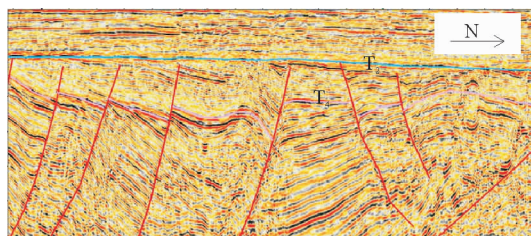


图 7 滚动背斜构造

Fig. 7 Rolling anticline structure

2.2 反转构造样式

不同的动力学环境可以形成性质不同的构造样式,一旦动力学环境发生变化,前期形成的构造样式将随之发生改变,形成一种新的类型,即反转构造样式。反转构造包括正和负 2 种类型,其中正反转构造是前期伸展环境形成的正断层在后期挤压环境中断层性质发生改变,变为逆断层;而负反转构造刚好相反,是由前期挤压环境形成的逆断层在后期伸展环境中变为正断层。南黄海盆地在中生代以来,主要存在白垩世初期、渐新世和上新世 3 期构造反转事件^[15]。烟台坳陷由于受到太平洋板块与欧亚板块汇聚作用的影响,在中新生代伸展运动背景下受到挤压作用,局部早期伸展断层发生反转,形成正反转构造,其中渐新世末期构造反转作用影响最大(图 8)。

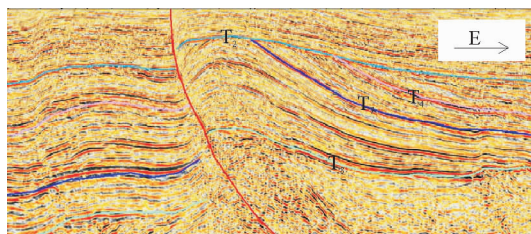


图 8 正反转构造

Fig. 8 Positive inversion structure

2.3 走滑构造样式

由于扭动应力场常与挤压应力场或伸展应力场复合而形成压扭或张扭应力场,相应地形成与

正花状构造或负花状构造伴生的走滑构造组合。在南黄海盆地,渐新世末期在近东西向挤压应力场作用下,断层发生张扭性走滑运动,形成了一系列负花状构造(图 9)。

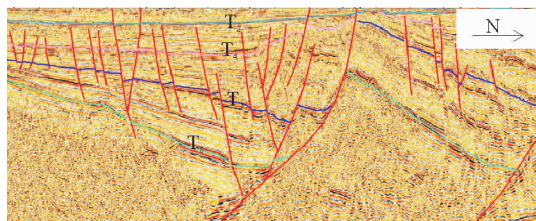


图 9 花状构造

Fig. 9 Flower structure

3 构造样式成因

南黄海盆地是在前震旦系变质岩基底上发育的一个多期多旋回叠合盆地,在其形成和发育过程中经历了多期构造运动,从而形成了现今复杂的地质构造格架。自晚震旦世到早一中三叠世,南黄海盆地主要沉积了巨厚的海相碳酸盐岩夹海陆过渡相地层,经历了晚震旦世至早古生代一台两盆陆缘海、晚古生代后加里东地台的陆表海和早、中三叠世海盆消亡 3 个演化阶段^[16,17]。南黄海盆地下古生界主要以宽缓背斜为主,构造运动相对简单,上古生界存在复杂逆掩推覆构造,地层倒转、重复频繁。自中生代以来,烟台坳陷经历多期构造运动影响,区域应力场改变,地层变形强烈,形成了不同的构造样式格局(表 2)。

表 2 烟台坳陷构造样式

Table 2 Structural styles in the Yantai Depression

构造样式	应力场	形成时间	发育区域
伸展构造	水平拉张、 重力下滑	白垩纪、 古近纪	诸城凹陷、 青州凹陷、 平度凹陷
正反转构造	水平挤压	古近纪末、 新近纪末	诸城凹陷
负反转构造			
走滑构造	花状构造	古近纪末	莱西凸起

南黄海盆地构造格局受印支—早燕山造陆运动影响发生根本性的转变,华北板块与扬子板块

发生碰撞与拼接后,构成上下 2 套完全不同的构造体系。两大板块碰撞前主要表现为升降运动;晚三叠世—早侏罗世两大板块碰撞拼接后,本区与古特提斯洋的联系完全中断,海水全面退出,海相沉积结束,进入了陆相中生代前陆盆地发育阶段^[17]。晚侏罗世—早白垩世是南黄海盆地应力场调节时期,挤压推覆作用逐渐减弱,取而代之的是走滑拉张作用逐渐增强。千里岩断裂反转为同生正断层,南黄海盆地烟台坳陷自此进入了断裂控制下断陷盆地,盆地性质发生改变。

在晚白垩世,受环太平洋构造域的影响,南黄海地壳处于伸展状态,区域应力场进入拉张环境,形成了大规模拉张断陷,形成了一系列叠置在不同基底或构造单元之上的地堑或半地堑结构^[18]。

在古近纪早期,南黄海盆地烟台坳陷继承了晚白垩世时期拉张伸展特点,拉张作用增强,断裂活动强烈,呈现出垒、堑相间的构造格局。盆地持续沉降,接受沉积,盆地填平补齐连为一体。该时期,由于受到郯庐断裂走滑作用及太平洋板块向欧亚板块俯冲的共同影响,烟台坳陷东西所受应力作用存在差异,导致出现了不同构造样式。始新世末,太平洋板块俯冲方向由原来的 NNW 向转为 NWW 向,吴堡运动主要表现为以断块升降为主,伴有局部挤压活动,强烈的断裂活动导致基底发生掀斜,使得下伏的断拗构造层也随之发生掀斜,导致凸起和部分斜坡断拗构造层遭受剥蚀。渐新世时,太平洋板块向 NWW 向俯冲作用加强,应力场性质发生改变,盐城运动(三垛运动)主要表现为强烈的挤压作用,同时伴随剪切走滑活动^[16],盆地迅速抬升,形成一系列 NW 向褶皱构造和逆断层,部分凹陷具有走滑特征断裂。挤压反转强的背斜在背斜顶部地层被剥蚀,弱的沉积地层减薄,渐新世地层被强烈削蚀而大多缺失。渐新世末的挤压改造运动结束了南黄海盆地箕状断陷的发展历史,整体进入区域沉降阶段,断裂活动明显趋弱。

4 结论

(1)南黄海盆地烟台坳陷构造样式分为伸展构造样式、反转构造样式及走滑构造样式等 3 种样式。其中,伸展构造样式以翘倾断块、潜山披

覆、滚动背斜等构造样式为主;反转构造样式以正负反转为主;走滑构造样式主要形成了一系列负花状构造。

(2)构造样式由多期构造运动形成。其中,伸展构造样式由燕山中期运动和喜山运动形成;走滑构造样式主要受盐城运动(三垛运动)影响;反转构造样式形成于动力学环境发生改变的时期。

参考文献:

- [1] 宋小勇,储呈林,芮志峰.东海盆地西湖凹陷构造样式及其演化[J].高校地质学报,2010,16(1):86-93.
- [2] 陈海云,于建国,舒良树,等.济阳拗陷构造样式及其与油气关系[J].高校地质学报,2005,11(4):622-632.
- [3] 付兆辉,施明华,秦伟军,等.张扭性断陷盆地的构造样式[J].海洋地质前沿,2012,28(10):1-9.
- [4] 王福国,梅廉夫,施和生,等.珠江口盆地珠一坳陷古近系构造样式分析[J].大地构造与成矿学,2008,32(4):448-454.
- [5] 郑求根,蔡立国,丁文龙,等.黄海海域盆地的形成与演化[J].石油与天然气地质,2005,26(5):647-654.
- [6] 王建强,李双林,孙晶等.南黄海盆地北部拗陷海底烃类渗漏与深部油气属性[J].岩性油气藏,2015,27(5):122-127.
- [7] 王建强,孙晶,肖国林,等.南黄海盆地构造特征及油气地质意义[J].海洋地质前沿,2014,30(10):34-39.
- [8] 李廷栋,莫杰,许红.黄海地质构造与油气资源[J].中国海上油气(地质),2003,17(2):79-88.
- [9] 王连进,叶加仁,吴冲龙.南黄海盆地前三系油气地质特征[J].天然气工业,2005,25(7):1-3.
- [10] 张银国,梁杰.南黄海盆地二叠系至三叠系沉积体系特征及其沉积演化[J].吉林大学学报(地球科学版),2014,44(5):1406-1418.
- [11] 闫吉柱,俞凯,赵曙白,等.下扬子区中生代前陆盆地[J].石油实验地质,1999,21(2):95-99.
- [12] 陈发景,汪新文,陈昭年,等.伸展断陷盆地分析[M].北京:地质出版社,2004:248-251.
- [13] 吴奇之,王同和,李明杰,等.中国油气盆地构造演化与油气聚集[M].北京:石油工业出版社,1999:93-95.
- [14] 陆克政,漆家福.渤海湾新生代含油气盆地构造模式[M].北京:地质出版社,1997:150-156.
- [15] 李楠,李巍然,龙海燕.南黄海盆地北部拗陷正反转构造[J].海洋地质与第四纪地质,2013,33(3):95-100.
- [16] 姚永坚,夏斌,冯志强,等.南黄海古生代以来构造演化[J].石油实验地质,2005,27(2):124-128.
- [17] 杨琦,陈红宇.苏北—南黄海盆地构造演化[J].石油实验地质,2003,(25)S1:562-565.
- [18] 郭旭升,梅廉夫,汤济广,等.扬子地块中、新生代构造演化对海相油气成藏的制约[J].石油与天然气地质,2006,27(3):295-304.

THE STRUCTURAL STYLE AND FEATURES OF THE YANTAI DEPRESSION, SOUTH YELLOW SEA BASIN

WANG Jianqiang, SUN Jing, CHEN Jianwen, LEI Baohua, ZHANG Yinguo

(Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 266071, China;
Laboratory of Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China;
Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey, Qingdao 266071, China)

Abstract: The South Yellow Sea is a superimposed basin formed on the Pre-Sinian metamorphic basement of the Lower Yangtze Platform. The Yantai Depression is a depositional domain filled by terrestrial Meso-Cenozoic deposits. Since Mesozoic, the depression has affected by multiphase tectonic movement. Changes in tectonic stress fields have led to a complex basin evolutionary history with different structural characteristics and a variety of tectonic styles. Based on the seismic data of the region, we summarized the tectonic styles in this region and discussed about their origin. The study area has suffered from the changes in stress during the Yanshan and Himalayan movements. There occur extensional, inversed and strike-slip tectonic styles in the region up to the difference in tectonic regime.

Key words: South Yellow Sea; Yantai Depression; structural style; tectonic movements