

DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2019080501

东海陆架盆地南部中生代断裂系统与盆地结构

杨艳秋^{1,2}, 杨长清^{1,2}, 杨传胜^{1,2}, 孙晶^{1,2}

1. 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

2. 青岛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:以东海陆架盆地南部为研究对象,运用丰富的二维地震资料,在对中生界断裂体系精细刻画的基础上,分析了断裂的展布特征,并就断裂系统对盆地结构的控制作用进行了研究,结果表明:该区域中生界断裂系统十分发育,断层表现出张性或张扭性特征并具有多期活动的特点;根据断裂平面展布及组合特征,可划分出 3 类构造样式,8 种断裂组合;根据断裂发育时间,可将断裂的活动期次划分为燕山期和喜山期;受控于 NE 和 NNE 向的断裂系统,中生界盆地构造格局表现为“三四两凸”结构特征;断裂发育的时间及特点对中生界盆地的构造演化和沉积过程起着重要的控制作用。

关键词:断裂系统;盆地结构;东海陆架盆地南部;中生代

中图分类号:P736.1

文献标识码:A

Mesozoic fault system in the Southern East China Sea Shelf Basin and its bearing on basin structures

YANG Yanqiu^{1,2}, YANG Changqing^{1,2}, YANG Chuansheng^{1,2}, SUN Jing^{1,2}

1. Qingdao Institute of Marine Geology, CGS, Qingdao 266071, China

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

Abstract: Upon the detailed description of fault system, this paper is devoted to the distribution pattern of faults in the study area of the southern East China Sea Shelf Basin and its control over basin structures. A great amount of 2D seismic data is used in the process. Results show that Mesozoic fault systems are well developed in the region as the results of multistage tensional or transtensional movements. Based on their lateral distribution pattern and features of assemblage, the faults can be divided into 3 tectonic styles and 8 groups. The faulting activities are mainly prevailed in the Yanshanian and Himalayan periods. The structural pattern of the Mesozoic basin is controlled by the NE and NNE fault systems. There are three depressions and two uplifts in the Mesozoic basin. It is recognized that these faults have played critical roles in the Mesozoic tectonic evolution and sediment deposition in the southern East China Sea Shelf Basin.

Key words: fault system; basin structure; East China Sea Shelf Basin; Mesozoic

断裂系统是指在一定区域构造应力场内形成的各种不同性质的断裂(断层)组合,是沉积盆地内最为常见的构造样式之一,也是沉积盆地构造研究的核心^[1-5]。它们的空间排布、相互交切关系,以及断层的力学机制和位移等信息具有密切的成因关系,反映统一的运动学和动力学规律。盆地内地层的沉积、烃源岩的分布、圈闭的形成及油气藏的演化等都与断层的分布和活动密切相关^[6-10],同时,断裂也控制着盆地的结构和演化。因此,断裂系统研究对于解决东海陆架盆地南部中生代的基础地质问题、深化油气勘探都具有重要的意义。

鉴于此,本文利用最新处理的二维地震资料,

对东海陆架盆地南部中生代断裂体系进行了精确、立体的刻画和描述,并在对断裂系统与盆地结构等方面分析的基础上,探讨盆地构造演化的过程,重塑盆地的发育演化历史。

1 区域地质概况

东海陆架盆地位于欧亚板块东南缘,处于华南板块之上,西邻浙闽隆起带,东至钓鱼岛隆褶带(图 1),东西宽约 200~300 km,南北长约 1 500 km,面积 26.7 万 km²,海水深度 50~200 m。

东海陆架盆地是在元古界、古生界复杂基底上

资助项目:中国地质调查局项目(DD20160153, DD20190211),“东海陆架盆地西部坳陷带含油气远景调查评价”(1212010310403)

作者简介:杨艳秋(1976—),女,正高级工程师,主要从事海洋油气地质研究, E-mail: qimgyyq@126.com

通讯作者:杨长清(1965—),男,研究员,主要从事石油地质研究与盆地分析, E-mail: yangcq65@126.com

收稿日期:2019-08-05; 改回日期:2019-09-26. 周立君编辑

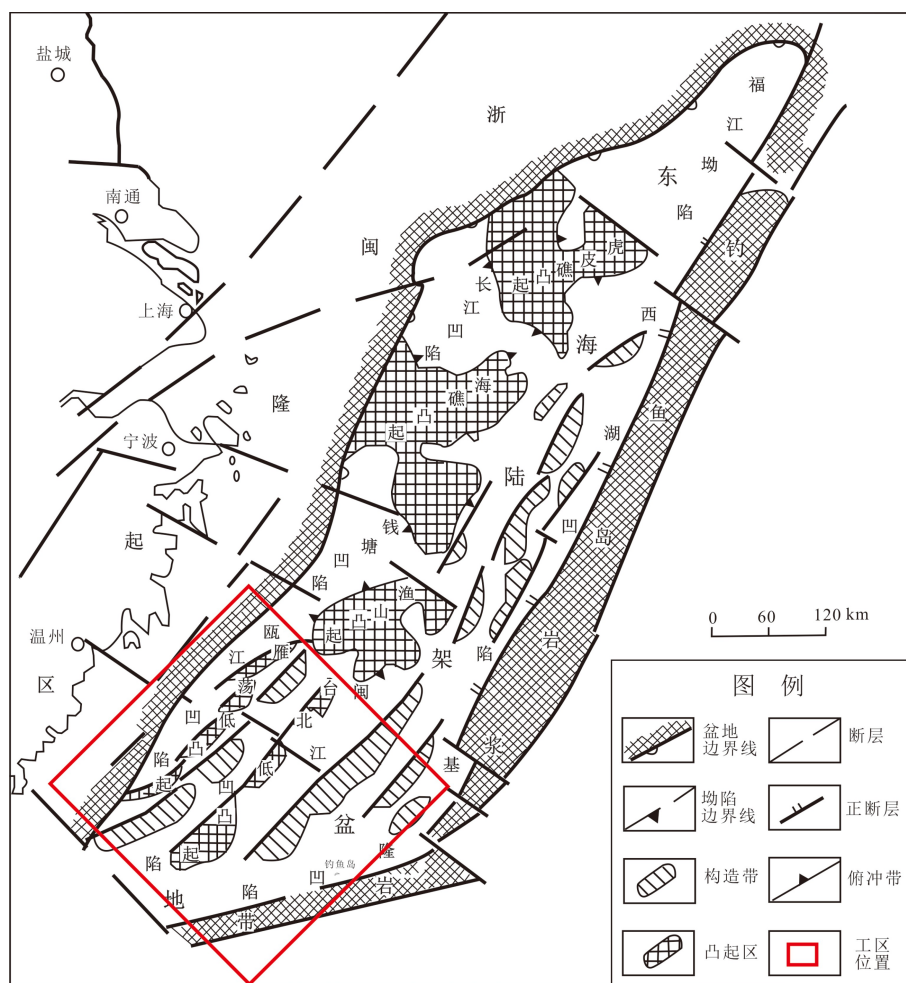


图 1 东海陆架盆地区域构造及研究区位置

Fig.1 Regional tectonic map showing the location of the East China Sea Shelf Basin

发生、发展形成的中、新生代叠合含油气盆地, 钻井揭示的东海陆架盆地沉积地层由老到新为侏罗系、白垩系、古新统、始新统、渐新统、中新统、上新统和第四系(表 1)^[11-17]。

根据地震反射结构特征和钻井相关的资料, 通过海陆对比分析, 划分出 6 个地震反射界面(T_g 、 T_6^0 、 T_5^0 、 T_4^0 、 T_3^0 和 T_2^0), 对应 6 个不整合面, 其中全区性构造运动为基隆运动、渔山运动、雁荡运动、瓯江运动、玉泉运动和龙井运动。通过海域地震资料解释、钻井资料分析及对比, 海—陆中生代的主要构造运动期次基本可以对比, 其中基隆运动大致相当于印支运动, 渔山运动和燕山运动中期相吻合, 而雁荡运动则基本处于燕山运动末期, 新生代的瓯江运动相当于喜山运动一幕, 玉泉运动相当于喜山运动二幕, 龙井运动则为喜山运动三幕。

2 断裂体系特征

东海陆架盆地南部中生界的断裂系统主体以

NE-NNE 走向为主, 与盆地二级构造单元的展布格局基本一致, 局部区带发育 NW 走向断裂, 其延伸长度长短不一, 既有绵延达 200 km 的断裂带, 也有仅数千米的小断层, 平均长度约为 50 km, 西部的断裂比东部更发育, 主要断裂要素见表 2。

2.1 断裂分布特征

东海陆架盆地南部中生界性质多数为张性断裂, 表现为正断裂, NE 至 NNE 向断裂数量多, 规模大, 分布范围广, 是盆地内的主控断裂。从中生界顶界断裂平面展布特征看(图 2), 中生界断裂具有东西分带的特征, 西部断裂发育, 以 NE-NNE 向为主; 中部断裂较发育, 以 NE 向为主, 同时发育 NEE、NW 向断裂; 而东部断裂不发育。断裂从时间上表现为从西向东由老到新, 发育在不同的地层中。

垂向特征上, 在同一构造单元的上下不同反射层内, 断层的分布存在很好的一致性和协调性, 表现为断层的走向、倾向及平面组合方式等都具有很好的相似性。断层在平面上的组合形式常见有平

表 1 东海陆架盆地南部地层划分表
Table 1 Stratigraphy of the southern East China Sea Shelf Basin

地层				地震波组	构造运动	盆地类型	构造层
界	系	统	组				
新生界	第四系	全新世—更新世	东海群	T_2^0	龙井运动	坳陷	新生代构造层
	新近系	上新统	三潭组				
		中新统	柳浪组				
			玉泉组				
			龙井组				
	古近系	渐新统	花港组	T_3^0	玉泉运动	断坳	
		始新统	平湖组				
			古新统	瓯江组	T_4^0	瓯江运动	
		明月峰组					
		灵峰组					
		月桂峰组					
中生界			上白垩统	石门潭组	T_5^0	雁荡运动	断陷
	闽江组						
	下白垩统		渔山组	T_6^0	渔山运动		
	上侏罗统		厦门组				
	中—下侏罗统		福州组				
	前中生界				T_g	基隆运动	

表 2 东海陆架盆地南部中生界主要断裂要素
Table 2 Essential factors of main faults of the Southern East China Sea Shelf Basin

断裂名称	断裂性质	垂直断距/m			断裂产状		延伸长度/km	断开层位
		T_5^0	T_6^0	T_g	走向	倾向		
F2	正断层	1 000~5 000		300~6 000	北东	北西	160	T_g - T_5^0
F1-4	正断层	1 000~3 000		1 000~5 000	北北东	北西	75	T_g - T_5^0
F1-3	正断层	1 000~3 000		1 000~5 000	北东	北西	38	T_g - T_5^0
F1-2	正断层	1 000~3 000		500~5 000	北北东	北西	62	T_g - T_5^0
F1-1	正断层	500~2 000		1 000~3 000	北北东	北西	150	T_g - T_5^0
F3	正断层	500~1 500	1 000~2 500	100~3 000	北北东	北西	250	T_g - T_5^0

行排列的迭瓦状,斜列分布的雁列式,多种形态组合的树枝状等。

2.2 断裂系统划分

中生界断裂一般发育在凹凸相间处、构造带及局部构造围区及地层转折部位,根据断裂的分布特征及规模,可将断裂分为 2 大类,即控凹控凸断裂和控制局部构造断裂(图 2)。

2.2.1 控凹控凸断裂

这组断裂发育于凹凸相间部位,走向为 NE-NNE 向,并在全区分布,延伸长,具明显的方向性,断裂规模大,起控制或分割二级构造单元的作用。

如 F1 断裂,由南部 NNE 向、中部 NE 向和北部 NNE 向几条雁列式排列的大断裂组成的断裂带,延伸长度逾 325 km,断距近 3 000 m(图 2a-e); F3 断裂总体呈 NE 走向,延伸长度达 250 km,断距近 2 000 m(图 2g); F2 断裂呈 NE 走向,延伸长度逾 160 km,断距近 4 000 m(图 2b)。F1、F2 和 F3 断裂对中生界的形态和结构都具有控制作用。

2.2.2 控制局部构造断裂

主要形成于燕山—喜山期,通常发育于局部构造的陡翼,对局部构造的发生、发展有明显的控制作用。延伸长度具有一定的方向性,主要发育在凹

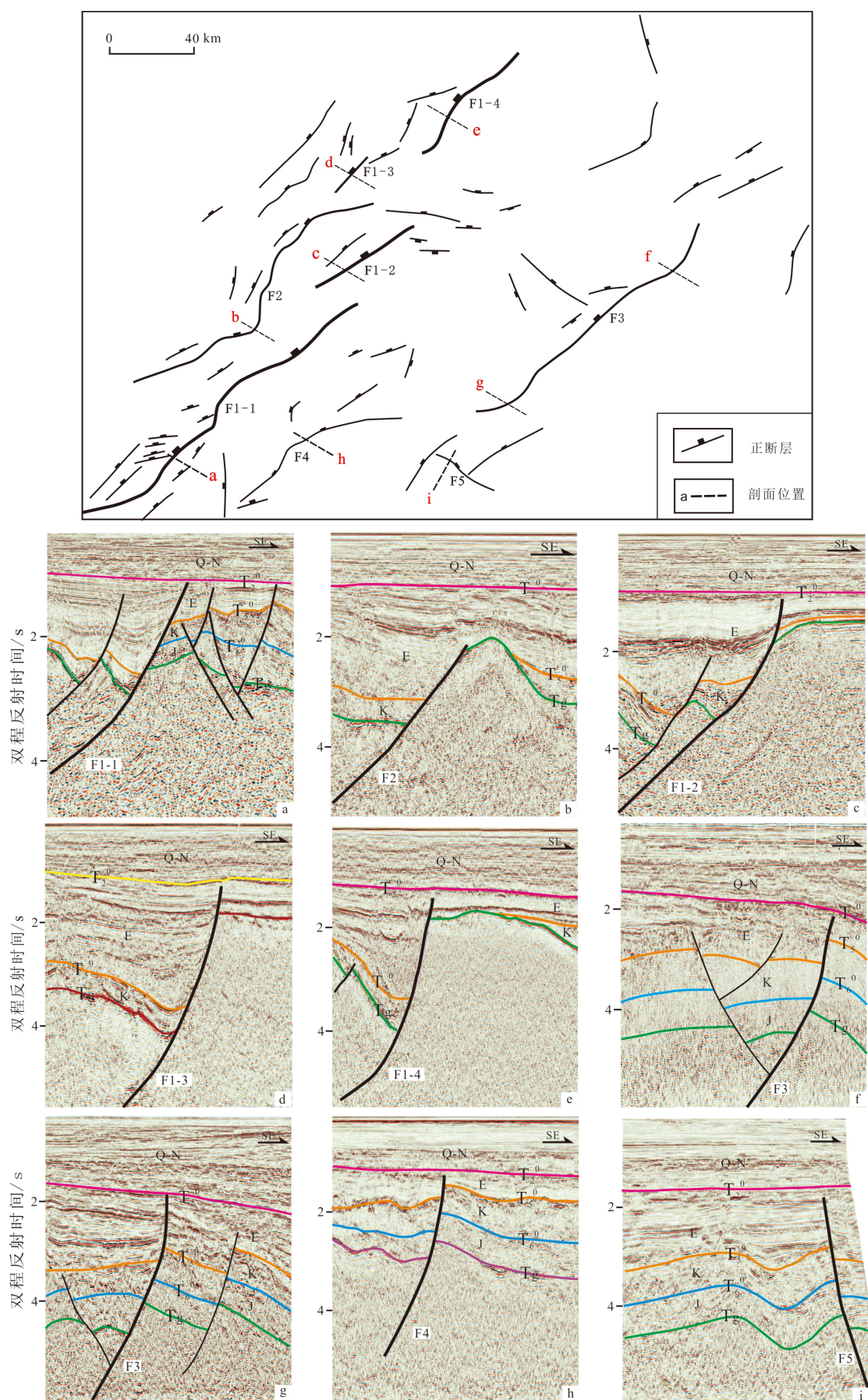


图 2 东海陆架盆地南部中生界断裂的平面及剖面特征

Fig.2 The map and cross sections of Mesozoic fault systems in the southern East China Sea Shelf Basin

陷内部。如 F4 断裂, 总体呈 NE-NEE 走向, 延伸长度达 87 km, 是控制凹陷内局部构造的主要断裂 (图 2h); F5 断裂, 总体呈 NW 走向, 延伸长度达 33 km, 是控制凸起上局部构造的断裂 (图 2i)。

2.3 断裂构造样式

东海陆架盆地南部中生界在演化过程中受多期构造变形的叠加影响, 形成多种构造样式^[18-19], 根据不同构造应力可划分为伸展构造、挤压构造、走滑构造及反转构造, 按断裂组合样式又进一步划分为半地堑、地堑、挤压背斜、断背斜、花状构造等(表 3)。

伸展构造样式主要发育于断陷期盆地内, 在凹陷内形成了一系列半地堑、地堑和由正断层不均匀升降引起的掀斜断块构造。挤压型构造样式主要形成于侏罗纪末期和白垩纪末期挤压应力场环境, 在凹陷内发育挤压背斜和断背斜。走滑构造样式中负花状构造主要发育于凸起上; 而在侏罗纪末期和白垩纪末期挤压应力场环境下形成的正反转构造则发育在凹陷内。

2.4 断裂活动性

断层生长指数可以反映同生断层两盘相对活动的速度大小及时代。根据沉积补偿原理, 认为同一时代地层在断层两盘上的差异能够定量地反映该断层的发生和发展过程^[20-22]。生长指数(IG)计算公式: $IG=(Hh-Hf)/Hf$

其中, Hh 为上盘地层厚度, Hf 为下盘地层厚度。

选择 2 条 NE 向控凹断层 F1、F3 和 1 条 NW 向断层 F4, 计算其生长指数, 并对其活动性进行分析。从断层生长指数的变化可以看出(图 3), F1 和 F3 断裂在白垩纪强烈活动, 并剥蚀了部分侏罗纪的下盘地层, 到古新世活动性减弱, 始新世—渐新世再次减弱或几乎不活动; F4 断裂有两个变化最明显的构造活动时期, 第一次是白垩纪的裂陷活动, 造成侏罗系的下盘有强烈的剥蚀; 第二次是古新世的南北方向最强烈拉张的时期, 始新世—渐新世明显减弱。

2.5 断裂活动期次

通过对地震解释剖面中中生界断裂与地层切割关系的分析, 认为其形成时期可分为燕山期和喜山期。

由图 2 中的剖面可见, 侏罗纪没有发生明显的断裂作用, 而白垩系的发育及其沉积厚度主要受燕山期断裂控制, 燕山期断裂以拉张为主, 是区内裂陷、拗陷的主控断裂, 也是形成凹陷和凸起的主要

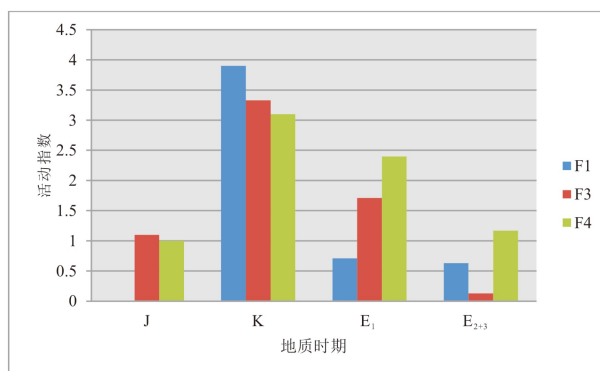


图 3 主要断裂生长指数对比

Fig.3 Comparison of growth indices of main faults

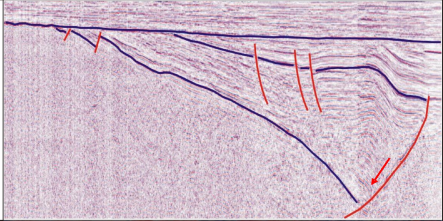
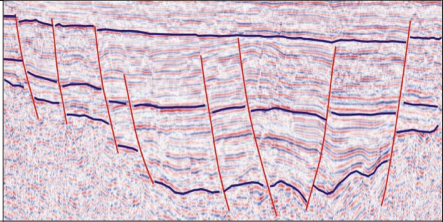
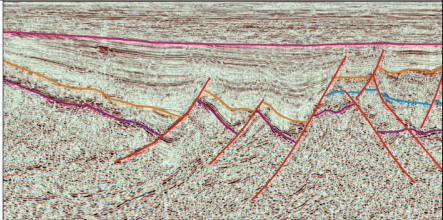
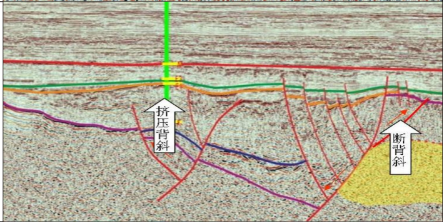
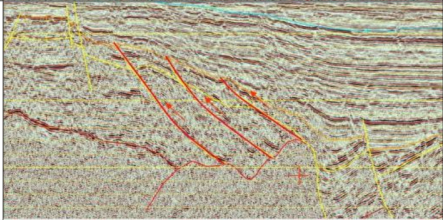
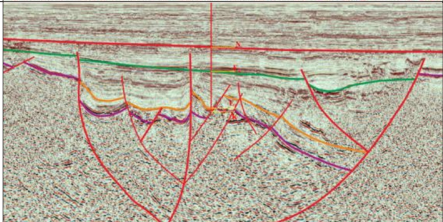
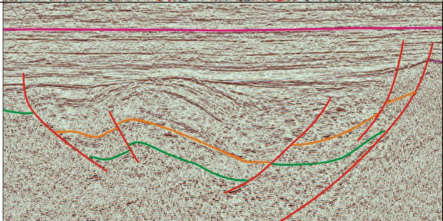
断裂。白垩系沉积后, 主要受喜山期断裂控制, 喜山期断裂除部分为燕山期继承性断裂外, 大部分是新的活动断裂, 在拉张应力作用下, 沉积中心向东南倾斜的幅度增大, 但对区内大的沉积构造格局影响不大, 区内新生代沉积主要是受控于区域沉降幅度的变化。

3 断裂对中生界构造与沉积的控制作用

由于东海陆架盆地岩层主要呈刚性, 运用层长守恒法则绘制平衡剖面, 即假定地层在变形前后的真厚度不变, 并且岩层在变形后的长度和初始沉积时的长度是相同的^[23]。使用该方法选取横穿研究区内各凹陷的地震测线 AA' 制作平衡剖面(图 4)。

侏罗纪时期, 伊泽奈崎板块开始以低角度向欧亚大陆板块俯冲, 受此俯冲作用的影响, 东海陆架盆地东缘基底地层遭受挤压作用开始发育低隆起, 并遭受剥蚀, 在隆起带后缘产生拗陷作用, 形成沉降带, 接受侏罗纪沉积。由图 4 可见, 在侏罗纪, 西部的瓯江断陷带尚未形成, 雁荡低凸起带与其西部的浙闽隆起带应该为一个整体, 为古剥蚀区, 也是东海陆架盆地的主要物源区。大量的碎屑物质从盆地西部注入, 盆地开始持续沉降。闽江斜坡带和基隆凹陷带为一整体, 沉积中心位于基隆凹陷带, 最大厚度近 2 000 m, 但其中间厚两边薄的地层变化规律反应了其具有拗陷型的结构特征, 盆地内部没有发生明显的断裂作用, 也没有明显的岩浆活动, 沉积充填断裂控制不明显, 沉积层序向两侧超覆。到侏罗纪末期, 由于受到燕山运动 I 幕影响, 构造活动强烈, 盆地整体开始抬升, 导致侏罗纪地层被大量的剥蚀。此外, 雁荡低凸起带也开始慢慢发育, 形成一个水下低凸起。

表 3 东海陆架盆地南部中生界断裂构造样式
Table 3 Mesozoic tectonic styles of the Southern East China Sea Shelf Basin

类 型	构造组合	构造样式剖面
伸展构造	半地堑构造组合	
	地堑式构造组合	
	掀斜断块构造组合	
挤压构造	背斜	
	叠瓦式断裂组合	
走滑、反转构造	花状构造	
	反转构造	

白垩纪时期,太平洋板块向北西方向俯冲的速度和角度增大,受太平洋板块向欧亚大陆板块俯冲后撤作用的影响,位于陆缘隆起带后侧的东海陆架盆地地区受到拉张作用影响,产生伸展变形,形成地

堑、半地堑构造组合,控制白垩纪沉积,并伴有局部的岩浆侵入。由图 4 可见,白垩纪时期,瓯江断陷带为四条雁列式断层控制的东断西超的半地堑结构,表现为四个小型箕状断陷组成的复式断陷,主

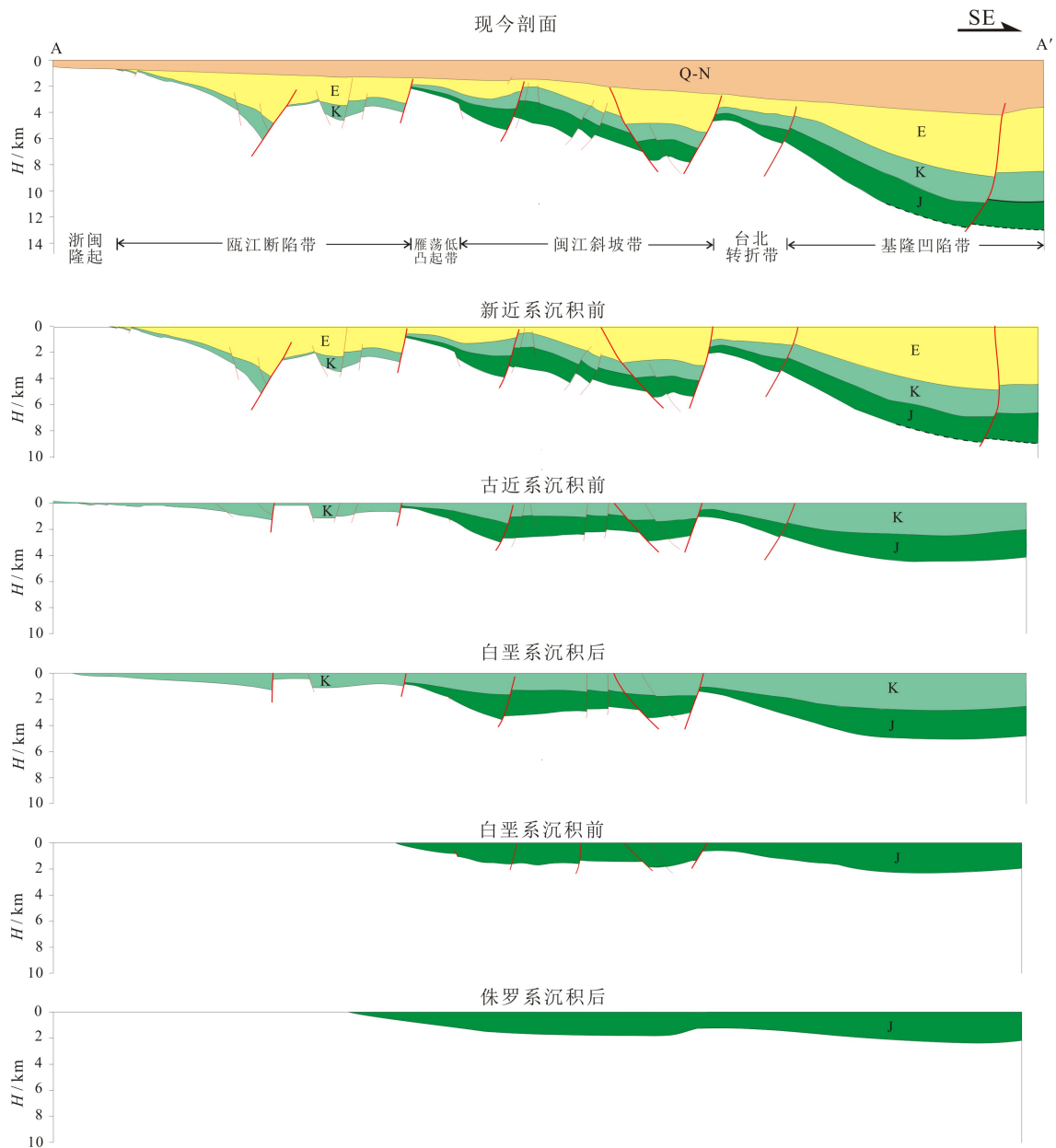


图 4 东海陆架盆地南部构造演化剖面(测线位置见图 5)

Fig.4 Tectonic evolution of the Southern East China Sea Shelf Basin(see Fig. 5 for location of the profile)

边界断层表现为上陡下缓的剖面形态,其向下延伸可能拆离到壳幔间的薄弱层内,表现出张扭性的特点。闽江斜坡带和基隆凹陷带在剖面上表现为一种近似箕状断陷的构造样式,地层向西逐渐减薄,超覆特征明显,向东则逐渐加厚。白垩纪地层沉积之后,研究区可能经历短暂的隆升剥蚀,在闽江斜坡带和雁荡低凸起带古近系底界面可见下伏地层削截的现象。

4 中生代盆地结构特征

中生界构造层在东海陆架盆地南部几乎都有

分布,由两个亚构造层组成,即侏罗系亚构造层和白垩系亚构造层。受上述断裂体系的控制,中生界构造层在平面上呈现 NE 向展布,具有“东西分带”的结构特征,在剖面上表现为由坳陷向断陷的发展,呈现“三凹两凸”的构造格局,自西向东分别为瓯江断陷带、雁荡低凸起带、闽江斜坡带、台北转折带和基隆凹陷带(图 5)。从横穿研究区内各凹陷的地震测线 AA'和 BB'可以看出(图 6),各构造单元的结构存在明显差异。

4.1 瓯江断陷带

瓯江断陷带受 F1-1、F1-2、F1-3、F1-4 雁列式排

列的西倾正断层控制, 为东断西超的箕状断陷。凹陷内主要为白垩系亚构造层, 断裂较发育, 总体呈 NE 走向, 倾向 NW。根据凹陷内发育的 F2-1 和 F2-2 断裂, 可进一步划分为东西 2 个次凹(图 6)。

4.2 雁荡低凸起带

该构造带主要由呈雁列式排列的 3 个古凸起所组成, 位于 F1-1、F1-2、F1-3、F1-4 断裂的上升盘, 呈 NE 条带状展布, 从西往东呈一斜坡。凸起上北部主要为白垩系亚构造层, 南部为白垩系亚构造层

和侏罗系亚构造层(图 6), 该构造带中生界断裂较少, 总体呈 NE、NEE 走向。

4.3 闽江斜坡带

该构造带呈 NE 走向, 从西往东呈一斜坡, 由白垩系亚构造层和侏罗系亚构造层组成。从剖面上看(图 6), 凹陷最深处位于东侧 F3 断裂的下盘, 但 F3 断裂对中生界基本没有控制作用。凹陷内部出现火成岩, 主要形成于燕山晚期和喜山期, 发育在北部。中生界断裂较发育, 总体呈 NE、NEE 和 NNE 走向。

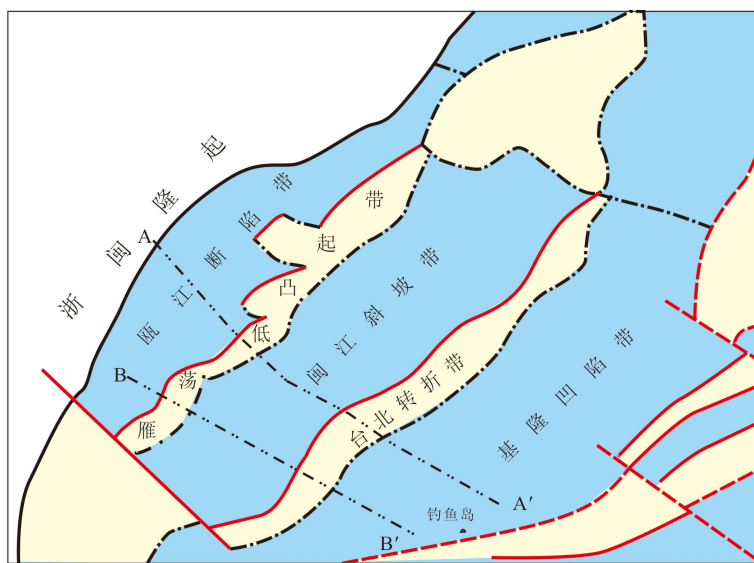


图 5 东海陆架盆地南部中生界构造区划图

Fig.5 Mesozoic tectonic division of the Southern East China Sea Shelf Basin

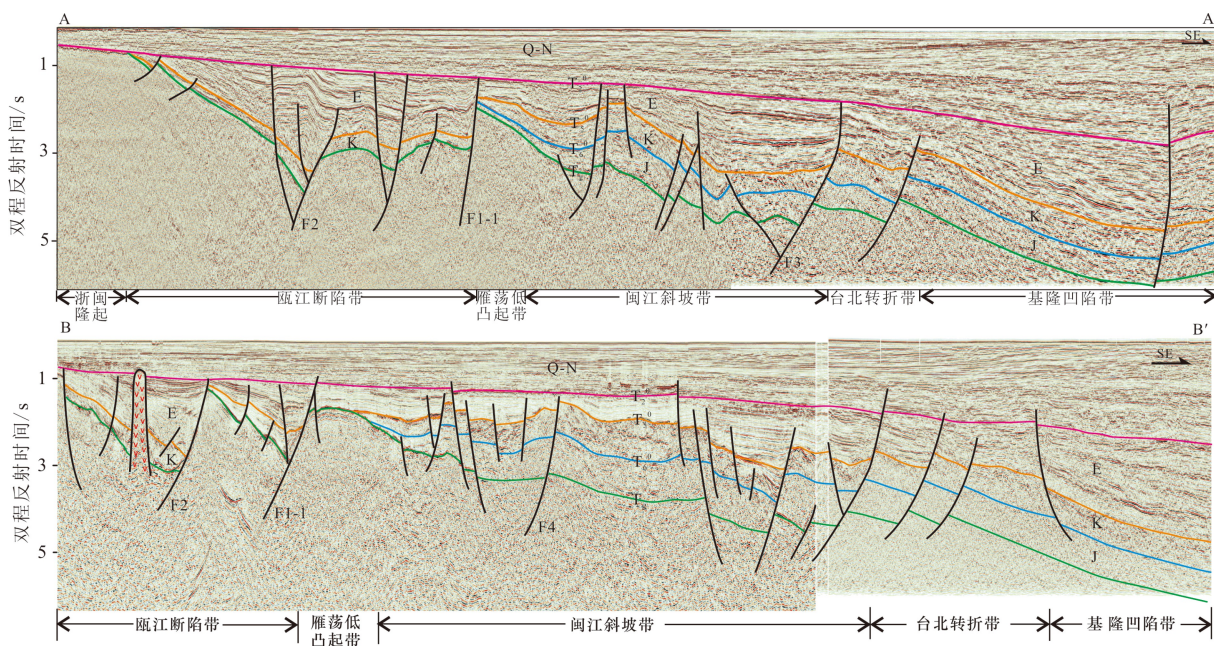


图 6 过东海陆架盆地南部中生界地震剖面(测线位置见图 5)

Fig.6 Mesozoic seismic transect across the southern East China Sea Shelf Basin(see Fig. 5 for location of the profile)

4.4 台北转折带

该构造带位于F3断裂的上升盘,呈NE向展布,从西往东呈一斜坡,由白垩系亚构造层和侏罗系亚构造层组成(图6)。凸起上火成岩较发育,主要为喜山晚期的中基性—基性侵入岩。中生界断裂不发育,总体呈NE、NEE和NNE走向。

4.5 基隆凹陷带

位于东海陆架盆地南部的东侧,呈NE走向,由白垩系亚构造层和侏罗系亚构造层组成。西侧与台北转折带以斜坡过渡接触,为中生界的沉积中心。该构造带断裂不发育,主要以伸展构造样式为主。

5 结论

(1)东海陆架盆地南部中生界断裂系统十分发育,具有多期活动的特点,在平面上断裂主要走向为NE-NNE,与盆地三级构造单元的展布格局基本一致。根据断裂的分布特征,可分为控凹控凸断裂和控制局部构造断裂;断层在平面上的组合形式常见有平行排列的迭瓦状,斜列分布的雁列式,多种形态组合的树枝状等。

(2)NE和NNE向断裂体系的发育控制了中生界盆地的“东西分带”结构特征,呈现“三凹两凸”的构造格局,自西向东分别为瓯江断陷带、雁荡低凸起带、闽江斜坡带、台北转折带和基隆凹陷带。

(3)侏罗纪时期,盆地内部没有发生明显的断裂作用,也没有明显的岩浆活动,沉积充填断裂控制不明显;白垩纪时期,控坳断裂开始发育,控制白垩纪沉积,并伴有局部的岩浆侵入。

参考文献 (References)

- [1] 张厚福,方朝亮,高先志,等.石油地质学[M].北京:石油工业出版社,1999. [ZHANG Houfu, FANG Chaoliang, GAO Xianzhi, et al. Petroleum geology[M]: Beijing: Petroleum Industry Press, 1999.]
- [2] 蔡华,张建培,唐贤君.西湖凹陷断裂系统特征及其控藏机制[J].天然气工业,2014,34(10): 18-26. [CAI Hua, Zhang Jianpei, TANG Xianjun. Characteristics of the fault systems and their control on hydrocarbon accumulation in the Xihu Sag, East China Sea [J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(10): 18-26.]
- [3] 郑荣才,彭军,高红灿,等.川西坳陷断裂活动期次、热流体性质和油气成藏过程分析[J].成都理工大学学报:自然科学版,2003,30(6): 551-558. [ZHENG Rongcai, PENG Jun, GAO Hongcai, et al. Analysis of fracture active stages, heat fluid nature and the process of forming reservoir in western Sichuan Sag [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2003, 30(6): 551-558.]
- [4] 陈晓红,何文渊,冯子辉.松辽盆地徐家围子断陷主要断裂对气藏的控制作用[J].天然气工业,2012,32(3): 53-56. [CHEN Xiaohong, HE Wenyuan, FENG Zihui. Controlling effect of major faults on the gas reservoirs in the Xujiaweizi fault depression, Songliao Basin [J]. Natural Gas Industry, 2012, 32(3): 53-56.]
- [5] 裴森奇,李跃纲,张本健,等.川西地区上三叠统天然气成藏主控因素及勘探方向[J].天然气工业,2012,32(10): 6-9, 13. [PEI Senqi, LI Yuegang, ZHANG Benjian, et al. Major controlling factors of gas pooling and exploration directions in the Upper Triassic in the western Sichuan Basin [J]. Natural Gas Industry, 2012, 32(10): 6-9, 13.]
- [6] 谢玉洪,童传新,范彩伟,等.琼东南盆地断裂系统特征与演化[J].大地构造与成矿学,2014,39(5): 795-807. [XIE Yuhong, TONG Chuanxin, FAN Caiwei, et al. Characteristics and evolution of fault system in Qiongdongnan Basin [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2014, 39(5): 795-807.]
- [7] 能源,漆家福,张春峰,等.金湖凹陷断裂特征及其石油地质意义[J].大地构造与成矿学,2012,36(1): 16-23. [NENG Yuan, QI Jiafu, ZHANG Chunfeng, et al. Structural features of the Jinhu sag in the Subei Basin and its petroleum geological significance [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2012, 36(1): 16-23.]
- [8] 王文君,李伟,冯德永,等.青东凹陷古近纪构造演化与盆地转型[J].大地构造与成矿学,2012,36(1): 32-38. [WANG Wenjun, LI Wei, FENG Deyong, et al. Paleogene structural evolution and basin transformation of the Qingdong sag [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2012, 36(1): 32-38.]
- [9] 张林,吴智平,李伟,等.济阳拗陷伸展背景下的变换构造研究[J].大地构造与成矿学,2012,36(1): 24-31. [ZHANG Lin, WU Zhiping, LI Wei, et al. Research on the extensional transfer structures in the Jiyang depression [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2012, 36(1): 24-31.]
- [10] 王玺,陈清华,朱文斌,等.苏北盆地高邮凹陷边界断裂带构造特征及成因[J].大地构造与成矿学,2013,37(1): 20-28. [WANG Xi, CHEN Qinghua, ZHU Wenbin, et al. Structural characteristics and origin of boundary fault belts of the Gaoyou sag in the Subei Basin [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2013, 37(1): 20-28.]
- [11] 王文娟,李刚,杨长清,等.东海陆架盆地地震层序特征及地质属性[J].海洋地质与第四纪地质,2013,33(3): 117-122. [WANG Wenjuan, LI Gang, YANG Changqing, et al. Characteristics of seismic sequences in the East China Sea Shelf Basin and their geological attributes [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2013, 33(3): 117-122.]
- [12] 杨长清,杨传胜,李刚,等.东海陆架盆地南部中生代构造演化与原型盆地性质[J].海洋地质与第四纪地质,2012,32(3): 105-111. [YANG Changqing, YANG Chuansheng, LI Gang, et al. Mesozoic tectonic evolution and prototype basin characters in the southern East China Sea Shelf Basin [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2012, 32(3): 105-111.]
- [13] 须雪豪,陈琳琳,汪企浩.东海陆架盆地中生界地质特征与油气资源潜力浅析[J].海洋石油,2004,24(3): 1-7, 55. [XU Xuehao, CHEN Linlin, WANG Qihao. Analysis of Mesozoic geological characteristics

- and resource potential in the East China Sea shelf basin [J]. *Offshore Oil*, 2004, 24 (3): 1-7, 55.]
- [14] 郑求根, 周祖翼, 蔡立国, 等. 东海陆架盆地中新世代构造背景及演化[J]. *石油与天然气地质*, 2005, 26 (2): 197-201. [ZHENG Qiugen, ZHOU Zuyi, CAI Ligu, et al. Meso-Cenozoic tectonic setting and evolution of East China Sea shelf basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2005, 26 (2): 197-201.]
- [15] 姜亮. 东海陆架盆地油气资源勘探现状与含油气远景[J]. *中国海上油气(地质)*, 2003, 17 (1): 1-5. [JIANG Liang. Exploration status and perspective of petroleum resources in east China sea shelf basin [J]. *China Offshore Oil and Gas (Geology)*, 2003, 17 (1): 1-5.]
- [16] 冯晓杰, 蔡东升. 东海陆架盆地中新世代构造演化对烃源岩分布的控制作用[J]. *中国海上油气*, 2006, 18 (6): 372-375. [FENG Xiaojie, CAI Dongsheng. Controls of Mesozoic and Cenozoic tectonic evolution on source rock distribution in East China Sea shelf basin [J]. *China Offshore Oil and Gas*, 2006, 18 (6): 372-375.]
- [17] 杨艳秋, 杨长清, 杨传胜, 等. 东海陆架盆地西部中生界圈闭特征[J]. *海洋地质前沿*, 2017, 33 (4): 49-52. [YANG Yanqiu, YANG Changqing, YANG Chuansheng, et al. Mesozoic traps in the west of the East China Sea shelf basin [J]. *Marine Geology Frontiers*, 2017, 33 (4): 49-52.]
- [18] 杨艳秋, 杨长清, 李刚, 等. 东海陆架盆地南部构造样式及分布特征[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2012, 32 (3): 113-118. [YANG Yanqiu, YANG Changqing, LI Gang, et al. Structural styles and their distribution pattern in the Southern East China Sea Shelf Basin [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2012, 32 (3): 113-118.]
- [19] 杨传胜, 杨长清, 张剑, 等. 东海陆架盆地中生界构造样式及其动力学成因探讨[J]. *海洋通报*, 2017, 36 (4): 431-439. [YANG Chuansheng, YANG Changqing, ZHANG Jian, et al. Mesozoic tectonic styles and their dynamic mechanisms in the East China Sea Shelf Basin [J]. *Marine Science Bulletin*, 2017, 36 (4): 431-439.]
- [20] 雷宝华. 生长断层活动强度定量研究的主要方法评述[J]. *地球科学进展*, 2012, 27 (9): 947-956. [LEI Baohua. Review of methods with quantitative studies of activity intensity of the growth fault [J]. *Advances in Earth Science*, 2012, 27 (9): 947-956.]
- [21] 曹高社, 李茹, 毕景豪, 等. 乌伦古坳陷东南部中生代早期断裂构造生长指数分析[J]. *河南理工大学学报: 自然科学版*, 2017, 36 (1): 46-51, 57. [CAO Gaoshe, LI Ru, BI Jinghao, et al. Analysis on the growth index of fault in the southeast Wulungu depression at early Mesozoic period [J]. *Journal of Henan Polytechnic University: Natural Science*, 2017, 36 (1): 46-51, 57.]
- [22] 王锦喜, 刘琼, 张树林. 江汉盆地西南缘主干断层活动性分析[J]. *重庆科技学院学报: 自然科学版*, 2005, 7 (3): 6-11. [WANG Jinxi, LIU Qiong, ZHANG Shulin. An analytical study of the activity of main faults in the southwest of Jiangnan Basin [J]. *Journal of Chongqing University of Science and Technology: Natural Science*, 2005, 7 (3): 6-11.]
- [23] Dickinson W R, Suczek C A. Plate tectonics and sandstone compositions [J]. *AAPG Bulletin*, 1979, 63 (12): 2164-2182.