

东海盆地瓯江凹陷构造样式 及其形成机制

韩宝富^{1,2,3}, 杨长清^{2,3}, 刘 健¹, 杨传胜^{2,3}, 杨艳秋^{2,3}, 孙 晶^{2,3}

(1 长江大学地球科学学院, 武汉 430100;

2 国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛 266071;

3 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

摘 要:瓯江凹陷自晚白垩世形成以来受多期构造运动的影响, 构造应力场不断发生变化, 导致其盆地演化及构造特征复杂, 形成多种形态的构造样式。通过对全区的新老地震资料处理、解释, 总结了研究区内构造样式类型及分布区域, 分析了其形成机制。结果表明: 研究区内主要发育伸展、挤压及复合 3 种构造样式。其中伸展构造样式在凹陷西部和东部都有发育, 可分为地垒式、地堑式、半地堑式、堑式铲式、多米诺式; 挤压构造样式发育于凹陷西南部, 主要为断鼻构造; 复合型构造样式分为火山岩构造、花状构造、反转构造, 主要发育于凹陷中南部地区。

关键词:瓯江凹陷; 构造样式; 分布规律; 构造运动

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2017.04007

东海陆架盆地是我国海上油气资源勘探的重要领域之一, 瓯江凹陷是东海陆架盆地油气资源勘探的重要分布区, 然而现阶段针对瓯江凹陷的勘探程度仍然较低。构造样式是含油气盆地分析的重要内容, 通过对构造样式的分析可以总结油气聚集规律、圈闭特征及具体形成位置, 对下一步的勘探具有指导意义。本文根据瓯江凹陷新老钻井资料、新增地震资料及经重新处理后质量更好的老地震资料, 对瓯江凹陷构造样式进行了系统研究, 探讨了其形成机制, 希望对该区下一步油气勘探有所助益。

1 区域地质背景

东海陆架盆地处于欧亚板块东南缘, 夹持于欧亚板块、太平洋板块与印度板块之间, 是在元古界、古生界复杂基底上发生、发展形成的中、新生代叠合含油气盆地^[1]。由于地处欧亚板块与太平洋板块连接部位, 自中、新生代以来经历了多期构造运动, 其构造演化应力场不断发生变化^[2], 在盆地中形成广泛存在的 NE、NNE、NW 向断裂, 使早期地层受到不同程度的拉张、褶皱变形、剥蚀等地质作用。

瓯江凹陷位于东海陆架盆地西南部, 介于浙闽隆起区与雁荡低凸起之间, 盆地形态主要受 NE 向分段断裂的控制, 总体呈 NE—SW 向展布; 可分为瓯江东凹和西凹 2 部分, 面积约为 $1.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[3-5] (图 1)。

瓯江凹陷中、新生界的沉积厚度达 9 000 m,

收稿日期: 2016-12-30

基金项目: 国家自然科学基金(41476053); 中国地质调查局项目(DD20160153)

作者简介: 韩宝富(1989—), 男, 在读硕士, 主要从事海洋油气地震资料解释与构造研究。E-mail: hanbaofu312@163.com

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

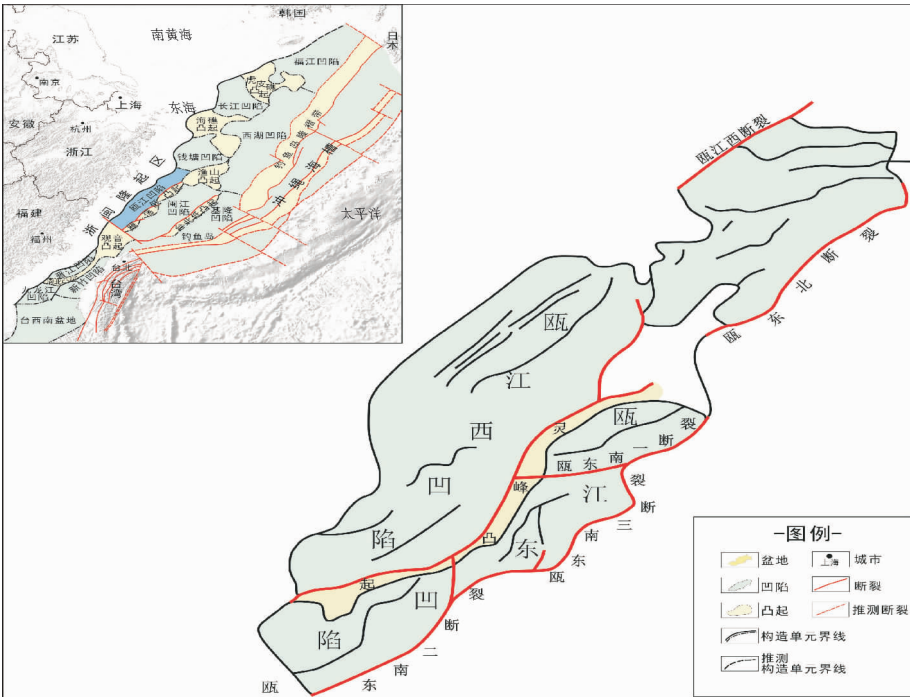


图 1 瓯江凹陷区域构造位置(据文献[2,5]修改)

Fig. 1 Tectonic map of the Oujiang Sag (modified from references [2,5])

有白垩系沉积,属于断陷早期充填性的沉积(表 1),分布范围较小。有少数钻井钻遇了白垩系上统石门潭组和下统渔山组。古新统在瓯江凹陷较为发育,可分为 3 个组:下部为月桂峰组,为湖相—扇三角洲相,与石门潭组呈角度不整合接触;中部为灵峰组浅海相沉积;上部为明月峰组滨岸沼泽相沉积。在坳陷期沉积了瓯江组和平湖组,瓯江运动使明月峰组与瓯江组呈角度不整合接触。受玉泉运动(T_3^0)影响,该区普遍抬升使早期沉积地层遭受长期剥蚀,造成地层缺失。龙井运动(T_2^0)是新近纪末的一次水平挤压运动,在龙井运动的影响下瓯江凹陷受到区域性抬升剥蚀、褶皱,局部构造加强、定型。

2 构造样式发育与分布

东海陆架盆地自晚古生代以来长期处于中国东部陆缘伸展构造带内,受不同的构造应力场环境影响,从断陷阶段的拉张应力场,到褶皱回返阶段的挤压应力场,再到区域沉降阶段的拉张应力场^[6],瓯江凹陷经历了不同构造应力场的叠加,在不同的应力背景下形成了分布在凹陷各位置的构

表 1 瓯江凹陷地层划分(据文献[6]修改)

Table 1 Stratigraphic division of Oujiang Sag (modified from reference [6])

地层				地震波组	构造运动	构造演化阶段	
界	系	统	组				
新生界	第四系	全—更新世	东海群	T ⁰	龙井运动	区域沉降	
		新近系	上新统(N)				三潭组
			中新统(N)				柳浪组
	古近系	渐新统(E)	玉泉组	T ⁰	玉泉运动	坳陷	
		龙井组					
		渐新统(E)	花港组	T ⁰	瓯江运动		
		始新统(E)	平湖组				
		始新统(E)	瓯江组	T ⁰	雁荡运动	断陷	
		明月峰组					
		古新统(E)	灵峰组				
中生界			月桂峰组	T ⁰	渔山运动		
			石门潭组				
			闽江组				
			渔山组				
中生界			上白垩统	T ⁰	渔山运动		
			下白垩统			厦门组	

造样式。

2.1 伸展构造样式

伸展构造是由正断层组合而成,而伸展构造发育期均以铲形正断层为主,绝大多数正断层为上陡下缓、凹面向上^[7]。在瓯江凹陷内伸展构造分布广泛。根据其断层与地层的组合关系可以分为地垒式、地堑式、半地堑式、堑式铲式、掀斜断块

和多米诺式构造组合。

(1) 地垒式组合

该组合样式是由 2 条背向倾斜的正断层组成,它们共用一个上升盘,在拉张应力环境下早期地层不均匀沉降,在剖面上形成地垒块,整体的构造在剖面上为凸、凹相间的格局。

(2) 地堑式组合

该组合样式是由 2 条相向倾斜的正断层组成,它们共用一个下降盘,其间地块下降,剖面上形成“Y”字型结构,控制着不同规模凹陷构造的发育,该组合常与地垒式相伴而生(图 2)。

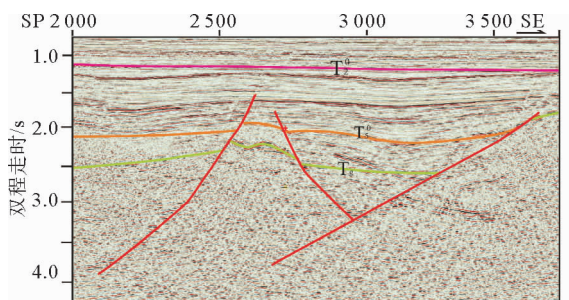


图 2 地堑—地垒式构造组合

Fig. 2 Graben-horst structures

(3) 半地堑构造

该构造由一条同生断层构成边界断层,在边界断层的另一侧则是向凹陷倾斜的斜坡,形成一侧由主干弧形或铲形正断层控制的不对称盆地,剖面上呈箕状形态^[6](图 3)。

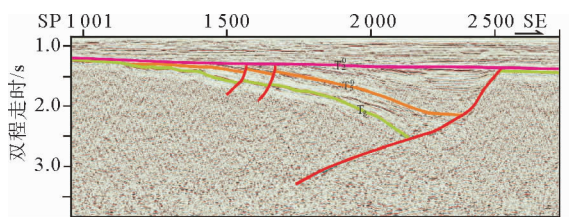


图 3 半地堑构造组合

Fig. 3 Half-graben structures

(4) 堑式铲式构造组合

该构造组合中断层属于同生断层,断层往往呈一定的弧面形态,上部略陡,下部略缓。基底面一般呈凹面向上的简单断陷,也有呈凸起的由 2 个半地堑组成的堑式铲式正断层构造组合结构(图 4),瓯江西断裂带附近发育这种构造组合。

(5) 掀斜断块

掀斜断块是早期地层在拉张应力作用下,岩

石块体沿剪切破裂面发生旋转掀斜、不均匀沉降^[8,9],造成岩体伸展变薄,形成半地堑、地垒相间排列(图 5)。这种构造组合在凹陷西南地区常有分布。掀斜断块的发育一般经历 5 个阶段:①旋转掀斜;②重力下沉、早期断块解体,在高部位产生第 2 条掀斜断层;③重力滑塌产生侧向挤压;④脊部拱升;⑤掀斜运动衰退,进入拗陷期。

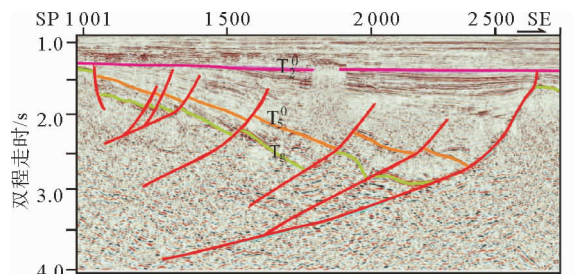


图 4 堑式铲式正断层构造组合

Fig. 4 Normal faulting Shovel-like structures

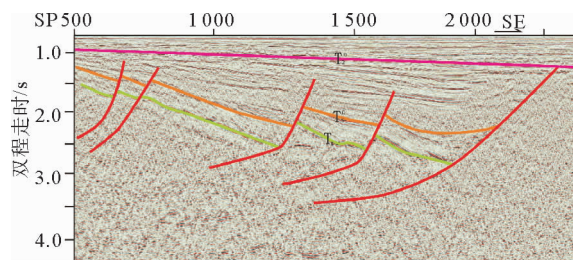


图 5 掀斜断块

Fig. 5 Tilted block structures

(6) 多米诺式构造组合

该构造组合一般是由一系列走向平行、倾向相近的断层组成(图 6)。断层面一般为近平面状,上下倾角基本一致。在凹陷西北地区发育一系列走向为 NE 向的断层,形成这种构造组合。

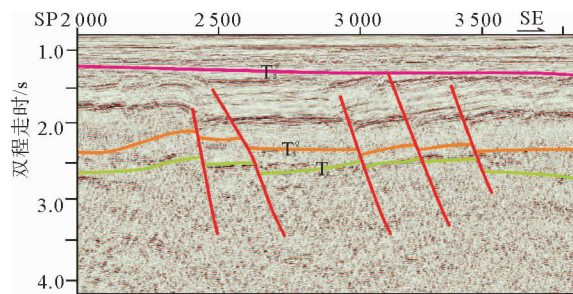


图 6 多米诺式组合

Fig. 6 Domino-like faults

2.2 挤压构造样式

在水平挤压应力作用下,地层发生冲断、褶皱,形成样式繁多的压缩构造。本区主要识别出断鼻构造。断鼻构造是一种受断裂控制的特殊背斜构造样式,一般是在后期的挤压应力场环境下形成。本区西南部的断背斜(图 7)形成于渐新世至中新世的挤压应力场环境。

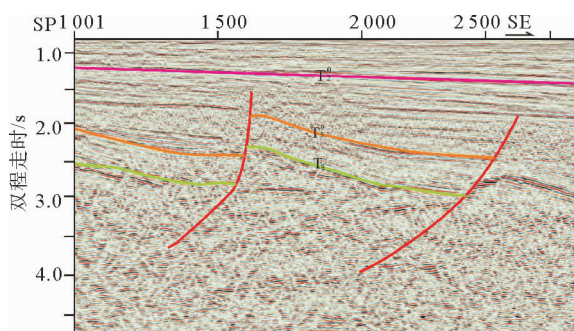


图 7 断鼻构造

Fig. 7 fault-nose structures

2.3 复合型构造样式

(1) 花状构造

花状构造一般是在一条主控断层控制下,其上盘形成一系列的补偿分支断层,分支断层倾向与主断层倾向相反或一致,有逆断层也有正断层,分支断层向下延伸归并到主断层面之上,在剖面上形成树枝状(似花状)结构(图 8),是一种扭动环境下的产物,它代表的是走滑断层构造特征。在凹陷中部断裂带附近发育这种组合。

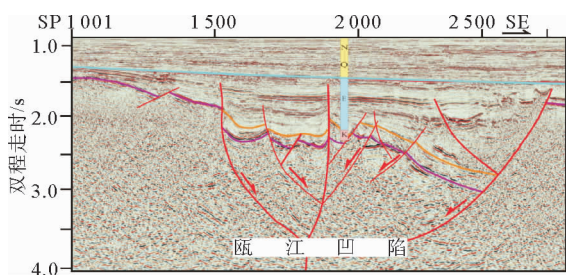


图 8 花状构造样式

Fig. 8 Flower-like structures

(2) 反转构造

反转构造是指构造变形作用发生反向变化所产生的、与前期构造性质相反的一种叠加构造,分

为正和负反转构造 2 种。研究区主要发育正反转构造,发生在白垩纪末期及渐新世,前期为拉张应力场,后期反转为挤压应力场。在这种应力场改变的情况下,在凹陷中部相对隆起区形成了反转构造样式(图 9)。

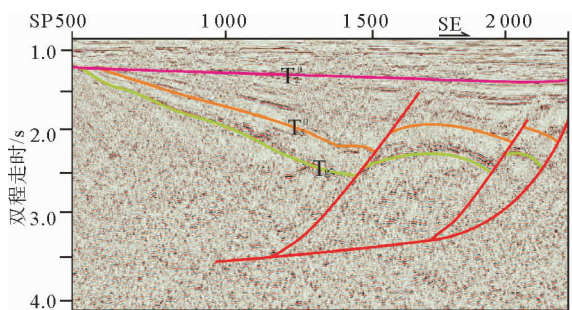


图 9 反转构造样式

Fig. 9 Inverse structures

(3) 火山岩构造

东海陆架盆地火成岩非常发育,根据其存在方式主要有披盖、刺穿和层间型等类型(图 10)。披盖反射具有低频率、强振幅和波状等特征,反映了基性和中基性熔岩;刺穿反射具有多种形状,其内部无正常反射,根部清楚,顶部呈弧状强反射;层间型反射具有突发强振幅、延伸不长的特征。根据最新地震剖面解释,在凹陷南部常有火山岩发育。

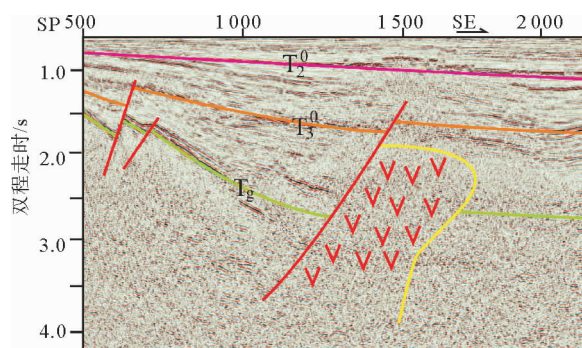


图 10 火山岩构造

Fig. 10 Volcanic-rock structures

3 构造样式形成机制

东海陆架盆地在其形成和发育过程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^[10]。中生代早期的基隆运动是形成凹陷的一

次大规模张性运动,奠定了东海陆架中生代盆地的基础^[11]。渔山运动(燕山运动二幕)以拉张为主,规模上比基隆运动更强、更广,形成瓯江凹陷,伴随着广泛的岩浆活动。瓯江凹陷形成后受多期构造运动影响,区域应力场改变,地层变形强烈,形成了该区域不同的构造样式(表 2)。

表 2 瓯江凹陷构造样式

Table 2 Tectonic styles in Oujiang Depression

构造样式		应力场	形成时间	发育区域
伸展构造	地垒式			瓯江西凹陷
	地堑式			
	半地堑式	水平张力、	晚白垩世、	
	铲式构造	重力下滑	古新世	
	掀斜断块			瓯江东凹陷
	多米诺式			
挤压构造	断背斜	水平挤压	渐新世、 中新世	凹陷西南部
复合构造	火山岩构造			凹陷中南部
	花状构造	水平挤压、	渐新世、	
	反转构造	水平扭动	中新世	

伸展构造样式是在拉张应力场环境下形成的。在晚白垩世—古新世时期(雁荡运动期),库拉板块向北削减,太平洋板块沿 NW 向持续向欧亚板块低角度俯冲,导致剧烈的岩浆活动,使得地壳受热膨胀隆起,在地壳表层产生了拉张应力场,引起局部的沉降效应和构造张裂作用,产生一系列 NE、NNE 的张性正断^[12,13],形成了分布在研究区不同位置的伸展构造样式。

挤压构造样式是在挤压应力场环境下形成的。瓯江运动是一次压扭性运动,运动的强度与规模在早期都不大,但引起大范围区域性抬升,使得研究区长期处于挤压反转抬升,造成已沉积地层褶皱变形。玉泉运动后,太平洋板块俯冲方向由 NNW 转向 NWW,东海陆架盆地由张应力场转变为挤压应力场^[14-16],研究区普遍抬升,在凹陷西南部地区发育有断背斜构造组合。

本区的复合构造样式是先经历白垩纪末的拉张应力环境,随后经过 2 次应力反转,使得早期地层发生褶皱变形,在凹陷中部及南部发育有火山岩构造样式、花状构造样式及反转构造样式。

4 结论

(1)东海盆地瓯江凹陷构造样式分为伸展构造样式、挤压构造样式、复合型构造样式。其中,伸展构造样式可分为地垒式、地堑式、半地堑式、堑式铲式、多米诺式;挤压构造样式主要为断背斜构造;复合型构造样式分为火山岩构造、花状构造、反转构造。

(2)构造样式是在多期构造运动作用下形成的。其中伸展构造样式在全区都有发育;挤压构造样式主要发育在凹陷西南部地区;复合构造样式主要发育于凹陷中南部地区。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 杨传胜,李 刚,杨长清,等.东海陆架盆地及其邻域岩浆岩时空分布特征[J].海洋地质与第四纪地质,2012,32(3):125-133.
- [3] 陈国俊,李 超,梁建设,等.东海陆架盆地瓯江凹陷明月峰组沉积相及沉积特征分析[J].天然气地球科学,2011,22(5):760-769.
- [4] 郑求根,周祖翼,蔡立国,等.东海陆架盆地中新世构造背景及演化[J].石油与天然气地质,2005,26(2):197-201.
- [5] 郝乐伟,王 琪,梁建设,等.东海陆架盆地瓯江凹陷油气成藏机制探讨[J].天然气地球科学,2014,25(6):848-859.
- [6] 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.
- [7] 王建强,孙 晶,陈建文,等.南黄海盆地烟台坳陷构造样式及其特征[J].海洋地质前沿,2016,32(1):54-59.
- [8] 姚 超,焦贵浩,王同和,等.中国含油气构造样式[M].北京:石油工业出版社,2004.
- [9] 张锦伟,赵汗青,傅志飞.东海陆架盆地南部构造演化及对油气的控制作用[J].海洋石油,2011,31(2):8-12.
- [10] 朱伟林,王国纯.中国近海前新生代油气勘探新领域探索[J].地学前缘,2000,7(3):215-226.
- [11] 邱 燕,王立飞,黄文凯,等.中国海域新生代沉积盆地[M].北京:地质出版社,2016.
- [12] 张胜利,夏 斌.丽水—椒江凹陷构造演化特征与油气聚集[J].天然气地球科学,2005,16(3):324-328.
- [13] 夏 斌,张敏强,万志峰,等.东海丽水—椒江凹陷构造样式与含油气远景[J].华南地震,2007,27(3):1-8.
- [14] 陈斯忠.东海盆地主要地质特点及找气方向[J].中国海上油气,2003,17(1):6-13.
- [15] 张建培,张田唐,贤 君.东海陆架盆地类型及其形成的动力学环境[J].地质学报,2014,88(11):2033-2043.
- [16] 许薇龄,乐俊英.东海的构造运动及演化[J].海洋地质与第四纪地质,1988,8(1):9-21.

