

丽水、椒江凹陷伸展运动与油气形成的关系

王毅

(石油大学,山东东营 257062)

摘要:丽水、椒江凹陷基本的构造样式是伸展构造,伸展运动主要发生在晚白垩世—早第三纪古新世,伸展运动过程具“幕式”渐进伸展的特点。研究区不同构造部位其伸展特征不同,表现为伸展率南大北小、最大伸展期南早北晚的特征。晚白垩世以来的伸展构造样式的演变大致可归纳为两个序列:丽水凹陷的断裂构造系统演变是由多米诺正断层系统演变为铲式或坡坪式正断层系统;椒江凹陷的断裂系统的演变是由非旋转的平面式正断层控制的地堑—地垒系统演变为铲式或坡坪式正断层系统。伸展运动控制着沉积序列、沉积体系的分布,从而控制着生储盖组合的空间展布。裂陷盆地在结构上可以归纳为三层结构(即基底、裂陷期层序和裂陷后层序),油气呈三层楼式分布。丽水、椒江凹陷地区主要的油气分布在裂陷期层序本身,自生自储式油气藏应是寻找的主要目标。

关键词:丽水、椒江凹陷;伸展幕;伸展运动;伸展率;油气藏;分布规律

作者简介:王毅,男,38岁,副教授(博士),层序地层学,构造地质学与盆地分析

中图分类号:TE121.11 **文献标识码:**A

1 背景

丽水、椒江凹陷位于东海陆架盆地台北坳陷的西部,属台北坳陷的西部凹陷带,总体上呈NE—SW向展布^[1],北与钱塘凹陷相邻,东以雁荡凸起与福州、闽江凹陷相隔,西部和南部与闽浙隆起区相接,面积约 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图1)。

丽水、椒江凹陷为典型的东断西超的箕状凹陷,是晚白垩世以来发展起来的陆壳边缘裂陷盆地,经历了晚白垩世至古新世裂陷、始新世坳陷和中新世至第四纪区域沉降的构造演化阶段(表1)。

2 伸展构造运动学分析

丽水、椒江凹陷构造运动以正断裂活动为主,最基本的构造样式是伸展构造,以NNE—NE向断裂发育为特征。这些断裂使丽水、椒江地区的地壳肢解为各种形体的断块体。晚白垩世至早第三纪古新世,这些断块体之间顺NWW向水平引张方向离散导致发生伸展构造变形,并在地壳伸展变形过程中发育裂陷盆地。分别选择代表丽水凹陷南部、丽水凹陷北部和椒江凹陷等不同地区的85D174、86W206和86W292三条地震测线,采用剖面守恒的平衡剖面方法计算不同测线的水平伸展量^[2~3],

从而得出丽水、椒江不同地区的水平伸展情况。

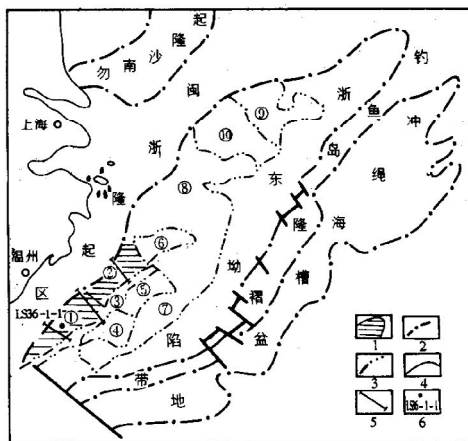


图1 丽水、椒江凹陷及邻区构造位置图

Fig.1 The locality of structures in Lishui-Jiajiang sag and its neighbouring regions

1—研究区;2—盆地边界;3—内部边界;4—海岸线;5—剖面位置;6—井位;①丽水凹陷;②椒江凹陷;③雁荡凸起;④福州凹陷;⑤闽江凹陷;⑥钱塘凹陷;⑦渔山隆起;⑧海礁隆起;⑨虎皮礁隆起;⑩金山凹陷

2.1 水平伸展量

2.1.1 丽水凹陷南部

85D174测线位于丽水凹陷南部,测线全长约63 000 m。盆地从裂陷、坳陷到整体沉降的整个演化过程中,该区共有19 500 m的总伸展量,总伸展系数为1.43,总伸展率为31%,是一个伸展活动强

烈的地区。伸展量和伸展系数最大的时期分别为 晚白垩世和下灵峰组沉积时期(图 2)。

表 1 丽水、椒江凹陷构造演化简表

Table 1 Time scale of tectonic evolution in Lishui-Jiaojiang Sag

地质时代			年龄/Ma	地震反 射波组	接触关系	构造运动	构造层	盆地演 化进程	大地构造事件 ^[4]
代	纪	世							
新 生 代	第四纪		1.64						
		上新世							
	晚第三纪		5.2			龙井运动	Ⅲ	区域沉降阶段	菲律宾海板块向琉球岛弧的俯冲及冲绳海槽盆地的形成与扩张
		中新世							
	早第三纪	渐新世	23.3	T ₂ ⁰		钱塘运动	Ⅱ	坳陷盆地阶段	库拉-太平洋板块向欧亚大陆板块的俯冲方向由北北西向转为北西西向
			35.4			玉泉运动			
		始新世	56.5	T ₃ ⁰		瓯江运动	Ⅰ	裂陷盆地阶段	库拉-太平洋板块向欧亚大陆板块的北北西向俯冲运动
		古新世	65.0	T ₀ ⁰					
中生代	白垩纪	晚白垩世	145	T ₀ ⁰		雁荡运动			
		前晚白垩世							

2.1.2 丽水凹陷北部

86W206 测线, 位于丽水凹陷的北部, 总长度为 90 000 m。沿该测线盆地总伸展量为 15 500 m, 总伸展系数为 1.23, 总伸展率为 17%, 与位于丽水凹陷南部的 85D174 测线相比, 是一个伸展活动相对较弱的地区。伸展量最大的时期为月桂峰组沉积时期, 其次为上灵峰组和明月峰组沉积时期(图 2)。

2.1.3 椒江凹陷

86W292 测线位于椒江凹陷的中部, 剖面总长度为 45 200 m。沿该测线盆地总伸展量为 8 175 m, 总伸展系数为 1.24, 总伸展率为 18%, 与 85D174 测线相比, 是一个伸展活动相对较弱的地区。伸展量最大的时期为下灵峰组沉积时期, 其次为晚白垩世沉积时期。从伸展系数直方图上可以看出, 椒江凹陷沿 86W292 测线的伸展活动持续时间较长, 一直持续到始新统沉积时期(图 2)。

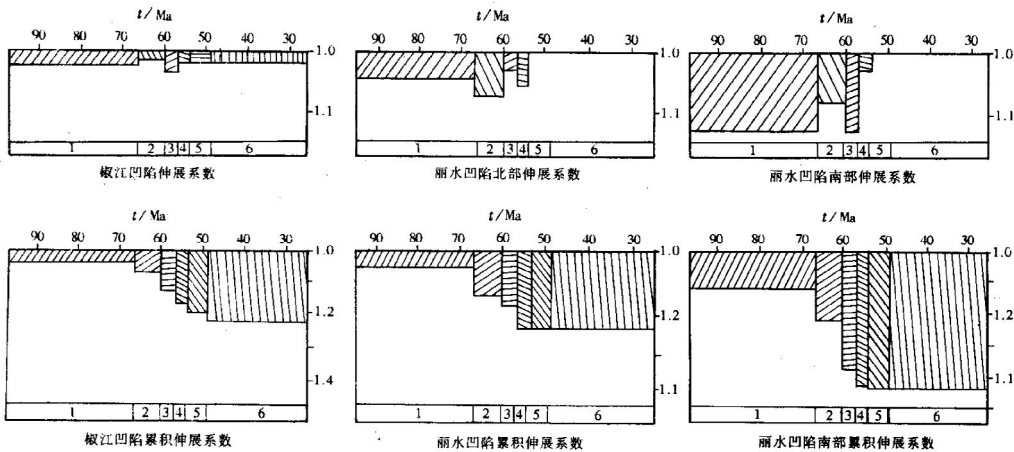


图 2 丽水、椒江凹陷伸展系数直方图

Fig.2 Block diagram of the extensional coefficient in Lishui-Jiaojiang Sag

1—石门潭组(K₂sh);2—月桂峰组(E₁y);3—灵峰组(E₁l);4—明月峰组(E₁m);5—瓯江组(E₂o);6—温州组(E₂w)

2.2 伸展运动特征

三条测线不同时期的水平伸展量分析表明,同一时期不同地区的伸展量有所差异,同一地区不同时期的伸展量也有所不同(表 2)。丽水凹陷南部地区最大水平伸展时期是晚白垩世,水平伸展结束时期是上古新世灵峰组沉积末期;而丽水凹陷北部地区和椒江凹陷最大水平伸展时期为早古新世,水

平伸展结束时期是上古新世末期。反映研究区南北水平伸展量的差异。水平伸展运动主要发生在晚白垩世一早第三纪古新世,并且水平伸展运动过程具有“幕式”渐进伸展的特点。其中晚白垩世和早第三纪古新世的下灵峰组沉积期的水平伸展量最为强烈,代表盆地自晚白垩世以来两次最重要的“伸展幕”。

表 2 丽水、椒江凹陷各测线不同时期水平伸展量统计表

Table 2 Statistics of the extensional quantities of different measure lines in different stages in Lishui-Jiaojiang Sag

测 线	86W292		86W206		85D174	
	伸展量/m	伸展系数	伸展量/m	伸展系数	伸展量/m	伸展系数
温州组	100	1.00	275	1.00	275	1.00
瓯江组	925	1.02	250	1.00	250	1.00
上灵峰组—明月峰组	1 025	1.02	4 475	1.05	2 300	1.03
下灵峰组	2 400	1.06	2 275	1.03	6 750	1.12
月桂峰组	1 100	1.02	4 925	1.07	4 200	1.08
上白垩统	1 750	1.04	3 300	1.04	5 450	1.12
总 计	8 175	1.22	15 500	1.23	19 500	1.43

3 伸展构造演化

丽水、椒江凹陷晚白垩世以来的伸展构造样式的演变大致可归纳为两个序列:丽水凹陷的断裂构造系统演变是由多米诺正断层系统演变为铲式或坡坪式正断层系统(图 3);椒江凹陷的断裂系统的演变是由非旋转的平面式正断层控制的地堑-地垒系统演变为铲式或坡坪式正断层系统。

3.1 丽水凹陷伸展构造演化

丽水凹陷断裂系统在晚白垩世晚期,由于伸展量较小,正断层系列中多是一些相对较小的高角度的多米诺式正断层组合的构造样式,形成以相对分隔的半地堑断陷盆地为特征。早第三纪古新世,随着伸展位移量的增大,晚白垩世晚期断层系统中的某些次级断层,例如灵峰构造带西侧断层,在渐进的伸展过程中演变成主干伸展断层,并且逐渐演变成主干的拆离断层。因此,容纳了大部分的伸展位移量,从而改变了伸展正断层的构造样式,出现铲式正断层和坡坪式正断层组合的构造样式,并使古新世断陷的沉积沉降中心靠近灵峰构造带西侧断层,形成了以西次凹为特征的格局。

3.2 椒江凹陷伸展构造演化

椒江凹陷在晚白垩世晚期伸展量较小,由于反向断层的存在,基本未发育较大的拆离断层,正断层多是一些高角度的非旋转平面式断层组合构造样式,以非旋转伸展为主。早第三纪古新世,随着伸展位移量的增大,早期的非旋转平面式断层逐渐

演化为旋转的铲式正断层和坡坪式正断层组合的构造样式,从而改变了原来的构造样式。同时,由于反向正断层的调节变形作用,凹陷内部的次级正断层并未演化成主干伸展断层,而是原来的边界正断层在渐进的伸展过程中演化为主干伸展断层和逐渐演化为大型的拆离断层,从而容纳了大部分的伸展位移量,使古新世的沉降沉积中心靠近凹陷的东部边界断层,形成与丽水凹陷不同的构造格局。

4 伸展作用与油气的关系

丽水、椒江凹陷晚白垩世以来的盆地是在岩石圈裂陷伸展作用过程中形成的,伸展作用控制着断块体升降、控制着盆地区断裂构造样式和沉积样式的形成与演化,从而影响着烃源岩、储集层和盖层的发育与分布,并制约着烃源岩成熟度和生烃过程以及油气的运移、聚集和保存。

4.1 伸展运动与烃源岩分布的关系

裂陷盆地中的断裂伸展运动直接影响着凹陷的形态及凹陷中沉积体系的分布,从而影响着烃源岩的发育。晚白垩世晚期的断陷初期,受平面式正断层控制多形成相对分割的不对称半地堑式盆地,地形起伏较大,持续时间较短,物源区较近,主要充填以河流相为主的粗碎屑岩和火山岩为特征,一般不利于烃源岩的发育。早古新世断陷中期(月桂峰组沉积期),伸展断层以旋转式铲形正断层活动为主,伸展断层的伸展活动最为强烈,盆地区内以断块掀斜运动为主要特征,凹陷区大幅度下降,多形

成相对闭塞的不对称的半地堑式盆地,且具有较稳定的沉降中心,出现欠补偿的湖相环境,发育厚度较大的暗色泥岩,是烃源岩发育的鼎盛时期,烃源岩干酪根类型以混合型为主。古新世断陷晚期,伸展作用有所减弱,断块的掀斜活动减弱,盆地的沉降速率也相应减小,相互联通的复式半地堑断陷盆地主要受坡坪式正断层控制,在全球海平面上升的影响下,主要发育一些补偿性和过补偿性盆地,烃源岩的发育不及断陷中期铲式断层控制的半地堑盆地,干酪根类型以腐殖型为主。因此,丽水、椒江凹陷主要烃源岩为下古新统月桂峰组湖泊泥岩和上古新统下部海相泥岩,以前者为主力烃源岩。特别是丽水凹陷北部地区和椒江凹陷最大水平伸展时期为早古新世,正好对应研究区主力烃源岩发育

期,位于丽水凹陷北部的 LS36-1 井工业性气流的发现即很好的证明。

4.2 伸展运动与生储盖组合分布的关系

地壳的伸展作用受“幕式”渐进伸展正断层作用的控制,促成盆地发育多个由水进到水退沉积层序构成的沉积旋回,出现了多套生储盖组合。以古新统发育的暗色泥岩作为生油层和盖层,碎屑岩作为储层,可形成 4 套良好的生储盖组合:下古新统自储自盖;下古新统顶部及下灵峰组底部砂岩—下灵峰组泥岩储盖组合;下灵峰组顶和上灵峰组底部砂岩—上灵峰组泥岩储盖组合;上灵峰组和明月峰组底部砂岩—明月峰组泥岩储盖组合。伸展断裂伸展运动控制着沉积序列、沉积体系的分布,从而控制着生储盖组合的空间展布。

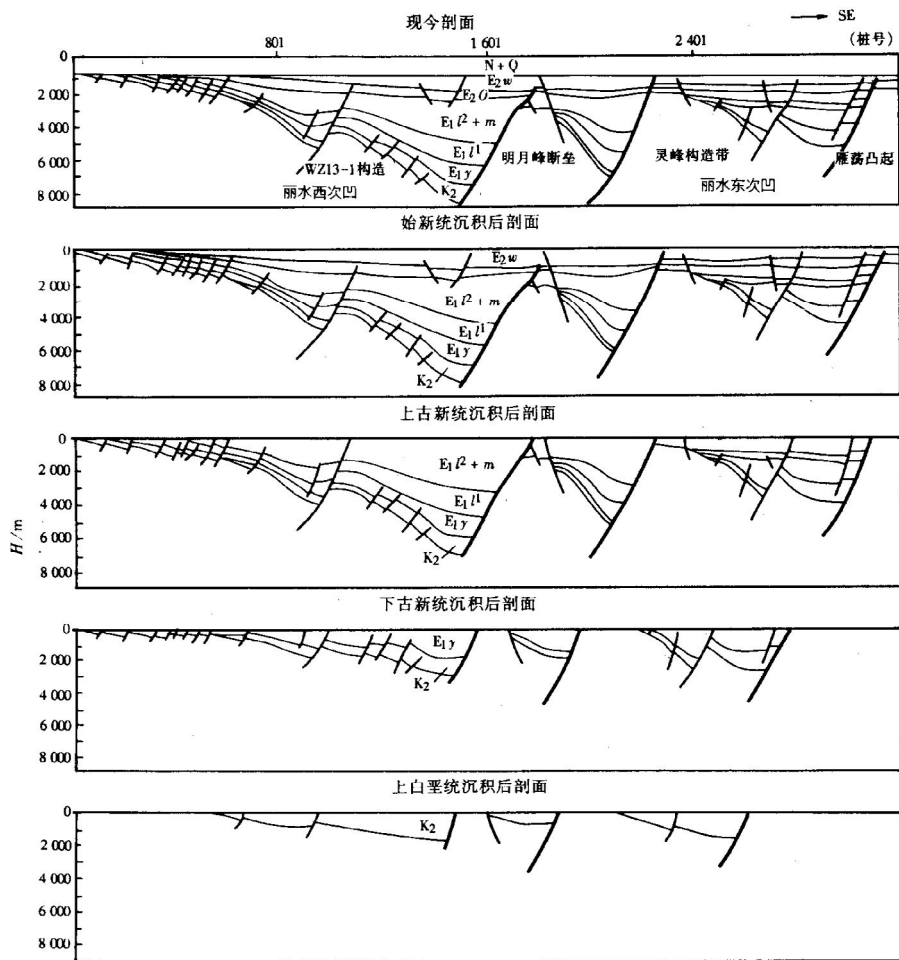


图3 丽水凹陷北部 85W206 测线平衡地质演化剖面

Fig.3 The balanced geological cross-section of 85W206 measure line in north of Lishui Sag

K₂—上白垩统; E_{1y}—月桂峰组; E_{1l1}—下灵峰组; E_{1l2+m}—上灵峰组和明月峰组; E_{2o}—瓯江组; E_{2w}—温州组; N+Q—新第三系和第四系

4.3 伸展构造与油气聚集的关系

丽水、椒江凹陷是晚白垩世—古新世断陷盆地,始新世转化为坳陷盆地。这类断陷盆地在结构上可以归纳为三层结构(即基底、裂陷期层序和裂陷后层序),油气也应呈三层楼式分布;但是,由于丽水、椒江凹陷地质发育历史的特殊性,在这三层楼式油气分布中实际上是不均一的。首先,研究区的基底岩系以片麻岩和花岗岩为主要特征,缺乏碳酸盐岩基底岩系,从而限制了油气在底层(即基底潜山岩系)的油气分布。第二,研究区伸展断裂主要的伸展活动期是晚白垩世和古新世,始新世末期发生的构造运动是主要的构造反转期,也是最后一次构造定形期;而油气主要运移期发生在中新世以后,加上伸展断陷期层序中发育大量的泥岩盖层,

这样也同样限制了古新统的油气沿断面向裂陷后层序的运移。因此,丽水、椒江凹陷地区的油气主要为裂陷期生油层序本身的自生自储,只要有好的圈闭条件,就有可能形成好的油气聚集。所以,中层断陷期层序自身的自生自储式油气藏应是寻找的主要目标。

参 考 文 献

- 1 龚再升. 中国近海大油气田[M]. 北京:石油工业出版社, 1996. 7~20
- 2 陆克政, 漆家福, 王毅, 等. 石油构造地质学[M]. 北京:石油工业出版社, 1998. 82~84
- 3 伍德华特 NB, 博耶 SE, 萨普丁. 平衡地质剖面[M]. 贾维民, 林秀霞, 译. 武汉:中国地质大学出版社, 1991. 90~98
- 4 陈景达. 中国大陆东-南缘含油气盆地地质学[M]. 山东东营:石油大学出版社, 1993. 17~29

RELATION BETWEEN EXTENSIONAL MOVEMENT AND FORMATION OF OIL-GAS POOLS IN LISHUI-JIAOJIANG SAG

Wang Yi

(*Petroleum University, DongYing, Shandong*)

Abstract: The basic structural style of Lishui-Jiaojiang Sag is extensional structure. The extensional movement happened in Late Cretaceous-Paleocene was characterized by episodic progressive extension. Different parts of extensional structures in the study area have different characters: the extensional rates change from small in the North to big in the south, and the period largest extension of in the south part was earlier than that in the North part. Since Late Cretaceous, the evolution of extensional structural style could be classified into two orders: the evolution of domino-style normal faults to the listric or ramp-flat normal fault system in Lishui Sag; the evolution of graben-horst system controlled by nonrotational planar normal faults to listric or ramp flat normal fault in Jiaojiang Sag. The extensional movement controlled the distribution of sedimentary sequences and systems, and the spatial distribution of source-reservoir-cap rock assemblage. The fault basin architecture can be divided into three-layers structure, and also, oil and gas are distributed in three lagers. The oil-gas pools of Lishui-Jiaojiang Sag are distributed mainly in the rift-depressed sequence. The oil-gas pools of self-generation and self-reservoiring should be the main target of exploration in Lishui-Jiaojiang Sag.

Key words: Lishui-Jiaojiang Sag; extensional episode; extensional movement; extensional rate; oil-gas pools; distribution regularity