

文章编号: 1006-6616 (2002) 03-0265-07

辽河盆地东部凹陷北段构造样式形成机制

刘立¹, 谢文彦², 郭克园¹, 蔡国刚¹

(1. 辽河油田分公司勘探开发研究院盆地所, 盘锦 124010; 2. 辽河油田分公司, 盘锦 124010)

摘要: 辽河盆地东部凹陷北段新生代盆地具下断上拗的双层结构, 是伸展和走滑联合作用的断陷盆地。通过盆地的几何学、运动学、动力学分析表明: 东部凹陷的形成可分为断陷期和拗陷期两个不同的阶段。在断陷期的过程中, 伸展及走滑作用的影响程度是不同的。断陷早期以伸展作用为主, 中期伸展和走滑联合作用, 晚期以走滑作用为主。在这种独特机制作用下, 不同时期断陷由不同类型的半地堑组成。断陷阶段早期构造样式主要为非旋转或旋转半地堑; 中期主要为滚动半地堑及复式半地堑; 晚期主要为走滑半地堑; 拗陷是新生代盆地萎缩期的构造样式。不同时期构造样式的研究, 实际上再现了构造样式的演化史, 同时也是含油气系统成藏动态过程的研究前提。

关键词: 构造样式; 伸展; 走滑; 半地堑; 辽河盆地

中图分类号: P542+.3

文献标识码: A

0 概述

盆地构造样式分析所要考虑的问题主要包括: ①几何学, ②运动学, ③动力学, ④时间, 这四个因素有一定联系, 前人对于东部凹陷的构造样式类型认识不一, 有人认为是以伸展作用为主形成的^[1], 有人认为是以走滑作用为主, 笔者经过对本区构造样式的研究, 提出了研究区构造样式的类型及形成机制, 认为本区构造样式的形成与凹陷在不同的构造演化阶段伸展作用和走滑作用的影响程度不同造成的。

1 大地构造背景

辽河盆地属华北地台北延部分, 东临辽东台隆, 西接燕山沉降带, 北达内蒙地轴与松辽盆地相望, 是中、新生代发育起来的裂谷盆地。在辽河盆地范围内, 最高的幔隆位于海城—沈阳一带, 最小地壳厚度 30km~32km, 累计沉积厚度达万米以上。

新生代辽河盆地可划分为“三凹三凸”, 即西部凸起、西部凹陷、中央凸起、东部凹陷、

收稿日期: 2002-03-11

作者简介: 刘立 (1966-), 女, 1989 年毕业于成都理工大学, 现为中油勘探开发研究院流动站、辽河油田工作站博士后, 长期从事石油地质研究工作。

东部凸起及北部的大民屯凹陷等几个部分，总体上呈 NE 向展布（图 1）。东部凹陷北段是东部凹陷的一部分，西以古近系尖灭线为界，东到营口—佟二堡大断裂，面积约 1300km²。

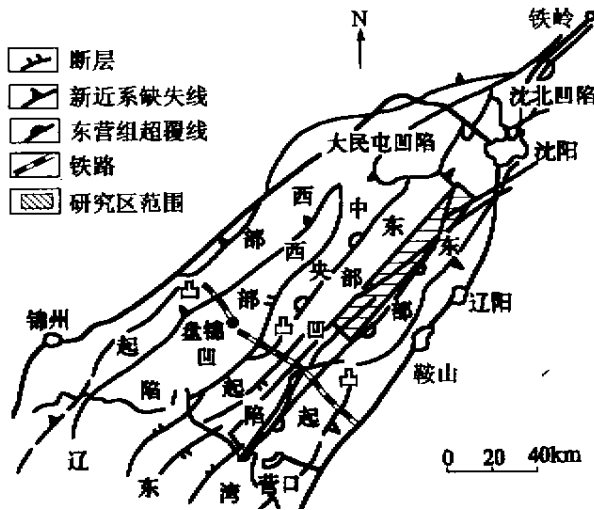


图 1 辽河盆地构造单元划分及工区位置图

Fig.1 The tectonic units of Liaohe basin and the location of the working region

2 构造样式类型的划分依据

构造样式的主要控制因素是断层，依据剖面形态，正断层可分为板式正断层、铲式正断层和坡坪式正断层^[2,3]。东部凹陷北段在断裂活动的控制下。根据主控断层几何学、运动学、动力学及其演化特征，可将这些组成断陷的半地堑划分为五种样式（图 2），即地垒与半地堑、旋转半地堑（多米诺式半地堑）、滚动半地堑、复式半地堑、走滑半地堑。再加上拗陷，共有六种构造样式。

3 构造样式及其主要特征

古近纪，在伸展和走滑的共同作用下，辽河盆地东部凹陷发育了独具特色的构造样式，其形成和分布反映了本区地质构造的形成演化。这六种构造样式的主要特征简述如下（表 1，图 2）：

（1）地垒与半地堑：始新统早期（ $E_{1-2}f$ ），非旋转，断层两盘只作相对差异升降运动，是裂谷盆地发育初期的构造样式（图 2，a）。

（2）旋转半地堑：始新统晚期（ E_2s^3 ），断块发生旋转，多个旋转半地堑可组合成多米诺式半地堑系，是裂谷盆地发育早期的构造样式（图 2，b）。

（3）滚动半地堑：渐新统早期（ $E_3s^2 - E_3d^3$ ）之始，滚动半地堑是受铲式正断层控制而形成的，其中包含了走滑作用对其改造作用，是裂谷盆地发育中期的构造样式（图 2，c）。

（4）复式半地堑：渐新统早期（ $E_3s^2 - E_3d^3$ ）稍后，受坡坪式正断层控制，主要洼陷靠近主控断层，次要洼陷远离主控断层，半地堑基底呈弧形弯曲，中间常隔以断坪隆起或中央

构造带，是裂谷盆地发育中期的构造样式（图 2，c）。

（5）走滑半地堑：渐新统晚期（ E_3d^{1-2} ），指受走滑断层控制的半地堑或被走滑断层强烈改造的半地堑，常发育“入”字形雁列褶皱、负花状构造及反转构造，是裂谷盆地发育晚期的构造样式（图 2，d）。

（6）拗陷是拗陷期（ N_g ~现在）的构造样式。此时辽河盆地进入萎缩阶段，基本无断层控制，盆地以热沉降为主（图 2，e）。

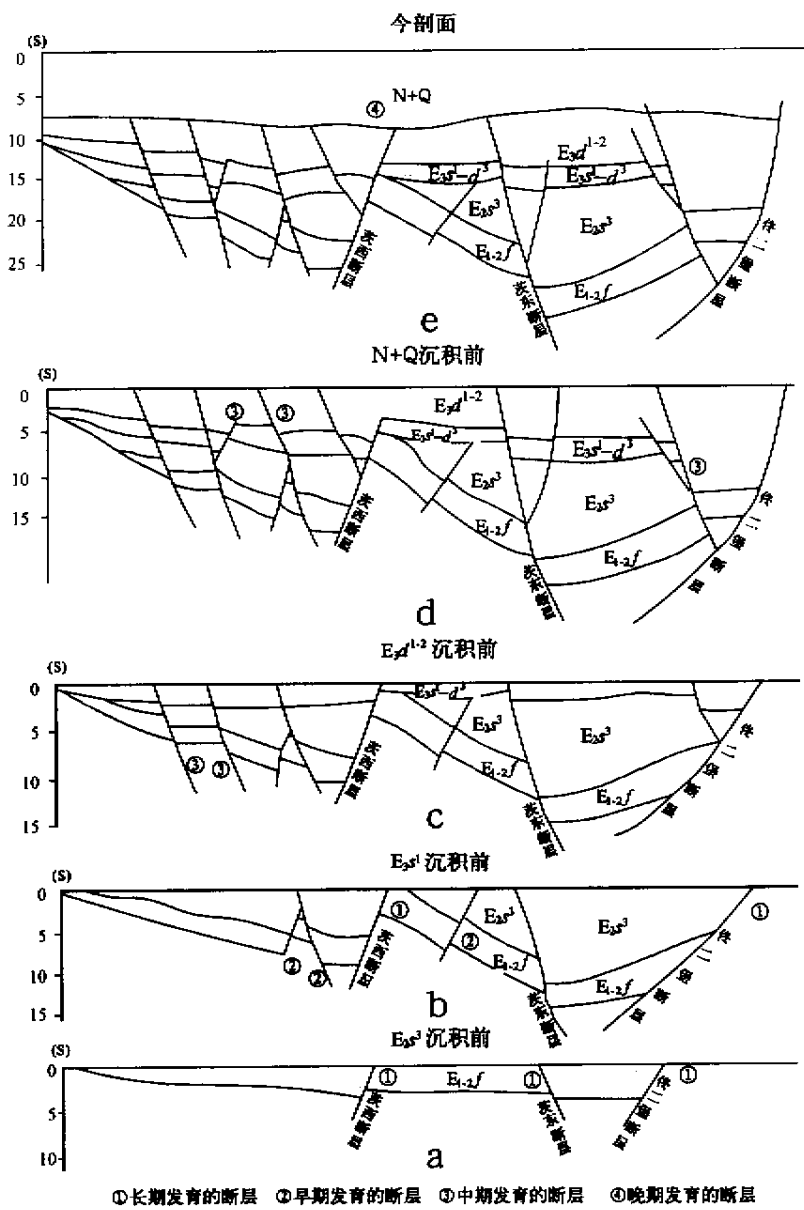


图 2 东部凹陷北段 130.0 测线发育剖面及构造样式演化

Fig.2 The developing section of main line 130.0 and the evolution of the structure styles

表 1 东部凹陷北段基本构造样式及其主要特征

Table 1 The basic structure styles and its main characteristics of the northern section of the east sag on Liaoh basin

基本样式	断层几何学特征	断块运动学特征	动力学特征	盆地演化特征
地垒与半地堑	板式	非旋转，断层两盘只作相对差异升降运动	伸展作用为主	裂谷盆地发育早期
旋转半地堑	板式	旋转，断层上下盘断块向重力均衡方向旋转，断面旋转，多个旋转半地堑可构成多米诺式掀斜半地堑	伸展作用为主	裂谷盆地发育早期
滚动半地堑	铲式	旋转，断层面上盘滚动掀斜，断面面可以转动	伸展与走滑复合叠加	裂谷盆地发育中期
复式半地堑	坡坪式	旋转，断层面上盘发生复杂的滚动掀斜或反向掀斜，断面面多为非旋转	伸展与走滑复合叠加	裂谷盆地发育中—晚期
走滑半地堑	马尾式	旋转，上下盘地层发生水平错动，垂向形成正花状或负花状	走滑作用为主	裂谷盆地发育晚期
拗陷	基本无断层控制		以热沉降为主	裂谷盆地发育末期

4 构造样式的形成机制

构造样式的形成与构造背景、岩石圈结构及区域应力场的演化有着不可分割的联系。在我国，喜马拉雅运动对本区的影响是巨大的，本区不同构造样式的形成机制如下：

（1）非旋转半地堑 在断陷初期（ E_{1-2f} ）形成（图 3）。新生代初期的喜马拉雅运动Ⅰ幕继承了白垩纪以来的 NW—SE 向挤压应力场的特征，同时受太平洋板块俯冲边界力的作用，地壳内部的热体制进行了重新调整，产生新的热对流中心，大陆软流圈物质急剧上升，沿 NE 和 NNE 向的断裂形成深部隆起带，反映了太平洋板块俯冲对大陆地壳深部热对流体制的改造和破坏。本区茨榆屯潜山带厚度较大的玄武岩，正是深部热物质上升的反映。同时，在岩石圈底辟作用及热物质侧向流动产生的拖力作用下，岩石圈产生初始断陷。此时，应力场方向开始转为 NW—SE 向的拉张，上地幔的熔融岩浆沿深断裂侵入地表，地壳在引张力的作用下发生伸展，并发育火山岩沉积体系，由于此时断块的旋转角速率小于 $0.65^{\circ}/\text{Ma}^{\text{①}}$ ，可视为以非旋转半地堑为主。

（2）旋转半地堑 旋转半地堑发育在断陷早期（ E_2s^3 ）（图 3）。喜马拉雅运动Ⅱ幕对应古近纪 NW—SE 向的拉张应力。此时断裂活动十分强烈，岩石圈的引张强度增加，断陷活动继续强烈发生。由于热对流及地幔流体的不均匀分布和作用，在不同部位、不同深度发生不同层次的伸展。盆地的构造样式受拆离面深度、伸展量大小等因素的控制，断陷初期伸展量较小，未发育狭义的拆离断层，而板式正断层则比较发育。随着沉积物自身的重力作用及旋转角度的逐渐增大，此时本区伸展量达 1.8km，同时发生了强烈的深陷和块体的旋转，旋转

① 刘立. 辽河盆地东部凹陷北段构造沉积演化及油藏形成机制模拟. 博士论文, 2000, 27 ~ 29.

发育期	形成机制	构造样式模式	东部凹陷北段构造样式 (NW-SE)	同陷强化阶段及地壳接触关系	控制因素(构造样式)	沉积演化	超层序	超层序组	巨层序	构造运动
同裂谷期	裂谷后热沉降作用为主			坳陷期 中新统 Ng-现在	基本无 断层控制 (坳陷)	冲积扇 沉积体系	坳陷超 层序	裂谷后热 沉降超层 序组	新生代大 陆裂谷盆 地巨层序	喜马拉雅运动 V 幕
	走滑作用为主			断陷晚期 渐新统晚期 E _{3d} ¹⁻²	走滑断层 (走滑半地堑)	冲积平原 沉积体系	上部断陷 超层序	同裂谷沉降 超层序组		喜马拉雅运动 IV 幕
	伸展走滑共同作用			断陷中期 渐新统早期 E _{3s} ² -E _{3d} ³	坡坪式 正断层 (复式半地堑)	滨浅湖 及辫状河 (扇)三角 湖沉积体系	中部断陷 超层序			喜马拉雅运动 III 幕
					铲式 正断层 (滚动半地堑)	湖相 沉积体系	下部断陷 超层序			
	伸展作用为主			断陷早期 始新统晚期 E _{2s} ³	旋转 正断层 (旋转半地堑)		初始断陷 超层序	裂谷初始沉 降超层序组		喜马拉雅运动 II 幕
				断陷初期 始新统早期 E _{1-2f}	非旋转 正断层 (非旋转半地堑)	火山岩 冲积平原 沉积体系				

图3 东部凹陷北段构造形式形成机制

Fig.3 The formation mechanism of the structure styles

角速率 $1.8^{\circ}/\text{Ma}^{\text{①}}$ 。随着拆离面的深度增加,岩石圈的结构形式和热状态重新调整,发育断层面旋转的正断层,从而导致旋转半地堑的形成。

(3) 滚动半地堑和复式半地堑 滚动半地堑和复式半地堑发育在断陷中期 ($E_3s^2 - E_3d^3$) (图3)。本期应力场的特征有明显的规律性且出现旋回性变化,后一期的应力场的特征或多或少地叠加着前一期应力场的特征。本阶段处于喜马拉雅运动Ⅲ幕,是由拉张应力场到挤压应力场的过渡阶段。伸展活动减弱 ($1.58\text{km} \sim 1.73\text{km}$)^①,走滑活动逐渐增强。断块旋转明显,旋转角速度为 $1.8^{\circ} \sim 2.2^{\circ}/\text{Ma}^{\text{①}}$ 。滚动半地堑和复式半地堑发育,走滑半地堑开始形成。在构造样式的控制和沉积响应的制约下,发育了沙二段、沙一段、东营组早期三个沉积旋回。沙二期整体拱升,滚动半地堑开始形成;沙一段:滚动半地堑形成,复式半地堑逐渐形成,沉积范围扩大。另外,由于构造应力场由张性到压性的逐渐转化,东营组早期走滑半地堑开始形成。

(4) 走滑半地堑 走滑半地堑形成于断陷晚期 (E_3d^{1-2}) (图3)。新近纪—更新世为 NW—SE 向挤压应力场,该时期进入断陷的晚期,伸展活动较弱,伸展量较小 (E_3d^{1-2} 沉积时期伸展量 1.73km),沉积速率减小 ($150\text{m}/\text{Ma}$)^①,走滑活动较强。由于走滑作用,由沙一段沉积初期到东营组沉积末期,洼陷形状由似圆形变为椭圆形沿主干断裂分布,全盆地在大规模的右旋走滑应力场的作用下,早期的低幅构造幅度加大,形成新的构造并与前期形成的构造一起定型,反映了右旋走滑在东营组沉积末期最强并发育走滑半地堑。

(5) 拗陷 (N_g —现在) 在裂谷盆地发育的后期,都存在着向拗陷转化的过程^[4],拗陷是拗陷期的构造样式。此时辽河盆地进入萎缩阶段,基本无断层控制,盆地以热沉降为主,沉积速率最小,为 $27\text{m}/\text{Ma}^{\text{①}}$,主要表现为盆地整体的填平补齐,为拗陷型沉积,沉积了一套冲积扇沉积体系。

总之,辽河盆地构造样式的形成,与西伯利亚、印度及太平洋板块自中生代开始不断地向中国大陆斜向俯冲与碰撞影响之下的中国东部大陆深部地壳结构发生的深刻变化有关。在形成的断裂系统中,郯庐断裂的主要分支在辽河盆地的延伸部分规模最大,在中生代到古近纪早期,郯庐断裂以左旋活动为特征。古近纪晚期,太平洋板块西缘俯冲方向由 NW—NNW 转为 NW^[5],同时,印度板块在中国西南部与欧亚大陆相接,对中国大陆东部和中部产生推挤,构成 NE 向为主的挤压应力场,郯庐断裂由左旋转化为右旋。在此期间,形成了辽河盆地东部凹陷北段各个时期的构造样式。

5 结论

(1) 通过对本区大地构造背景及盆地结构研究可知,本区具有下断上拗的双层结构,是伸展和走滑联合作用的裂谷盆地。在断陷发育的不同阶段,伸展及走滑作用的影响程度是不同的。断陷早期 ($E_{1-2}f - E_2s^3$) 以伸展作用为主,断陷中期 ($E_3s^2 - E_3d^3$) 伸展和走滑联合作用,断陷晚期 (E_3d^{1-2}) 以走滑作用为主,拗陷期 (N_g —现在) 辽河盆地进入萎缩阶段,基本无断层控制。

(2) 通过构造几何学、运动学、动力学的研究表明:在伸展和走滑联合机制作用下,不

① 刘立. 辽河盆地东部凹陷北段构造沉积演化及油藏形成机制模拟. 博士论文, 2000, 27~29.

同时期断陷由不同类型的半地堑构造样式组成，断陷早期主要为非旋转或旋转半地堑；中期主要为滚动半地堑和复式半地堑；晚期主要为走滑半地堑，拗陷为拗陷期的构造样式。

(3) 不同时期构造样式的研究，实际上再现了盆地的演化史，构造样式对油气的生成、运移、聚集及保存的具有重大的控制作用，构造样式的研究是含油气系统对成藏的动态过程研究的前提。

参 考 文 献

- [1] 廖兴明, 姚继峰, 等. 辽河盆地构造与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996, 29 ~ 27.
- [2] 陆克政, 漆家福, 等. 渤海湾新生代含油气盆地构造模式 [M]. 北京: 地质出版社, 1997, 20 ~ 105.
- [3] 漆家福, 陈发景. 下辽河—辽东湾新生代裂陷盆地的构造解析 [M]. 北京: 地质出版社, 1997, 29 ~ 27.
- [4] 孙肇才, 张渝昌. 中国含油气盆地分析 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993, 21 ~ 22.
- [5] 焦汉生, 纪友亮. 中国东部大陆裂谷与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1999, 4 ~ 6.

THE FORMATION MACHANISM OF THE STRUCTURE STYLES OF THE NORTHERN SECTION OF EAST SAG IN LIAOHE BASIN

LIU Li¹, XIE Wen-yan², GUO Ke-yuan¹, CAI Guo-gang¹

(1. Institute of Basin, Academy of Exploration and Exploitation, Branch Co. of Liaohe Oilfield, Panjin 124010 ;

2. Branch Co. of Liaohe Oilfield, Panjin 124010, China)

Abstract : Cenozoic East Sag of Liaohe Basin consists of double structure and is a fault-depression basin with extending and strike-slipping. There is different tectonic effects in different periods that is to say extension predominated in the early and strike-slip in the late through the research about the geometric, kinematics and dynamics of the basin. Fault depression is composed of different-type half-grabens. Structural style evolution sequence is from non-tilting half-graben to tilting half-graben, structure styles in the early of fault depression, rollover half-graben and half-graben and ramp-sag are in the middle, and half-graben and ramp-sag and strike-slipping half-graben in the late. Depression (From Ng to now) is the style in the period of Cenozoic rift basin shrinking. The research of different period structure style reproduces actually the history of structure styles evolution. At the same time, it is a precondition of petroleum system about oil pool formation processing.

Key words : structure styles ; extending ; strike-slipping ; half-graben ; mechanism ; Liaohe basin