

辽河盆地新生代构造演化模式

陈正乐 马寅生 王小凤 吴铁生 武红岭 殷秀兰
 陈宣华 霍光辉 王庆丰 郑治宇 兰秀峰

摘要：辽河盆地新生代火山岩的分布规律和岩石学特征表明：辽河盆地新生代的构造环境为大陆裂谷。地壳深部资料显示出辽河地区存在上地幔隆起，它控制了浅部构造的发育。而辽河盆地新生代断裂构造组合，反演出辽河盆地新生代4期的构造应力作用方式。为此，笔者将造山和成盆作用纳入统一的动力学机制，提出了辽河盆地新生代构造演化的动力学模式。

关键词：辽河盆地；新生代；构造演化模式

分类号：P544.4，P546 **文献标识码**：A

DYNAMIC MODEL OF THE CENOZOIC TECTONIC EVOLUTION OF THE LIAOHE BASIN

CHEN Zhengle¹, MA Yinsheng¹, WANG Xiaofeng¹, WU Tiesheng²,
 WU Honglin¹, YIN Xiulan¹, CHEN Xuanhua¹, HUO Guanhui¹,
 WANG Qingfeng², ZHENG Zhiyu², LAN Xiufeng²,

1 *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Science, Beijing, 100081* ;

2 *Institute of the Liaohe Petroleum Bureau, Panjin, Liaoning Province, 12400.*

Abstract : The petrology of the Cenozoic volcanic rocks and their distribution in the Liaohe basin indicate a continental rift environment; The uparching of the upper mantle revealed by geophysical data has controlled the development of the structures on the surface. Four periods of tectonic stresses were determined from the combination pattern of the Cenozoic fractures. Finally, the authors propose a model of the formation and evolution of the Liaohe basin, combining orogeny with basin formation.

Key words: Liaohe basin; Cenozoic tectonic evolution; dynamic model

0 前言

辽河盆地是下辽河拗陷的陆地部分，是以古近系为主要勘探目的层的含油气盆地(图1)。辽河盆地古近系主要由古新世房身泡组、始新世—渐新世沙河街组四段(S₄)、三段(S₃)、二段(S₂)、一段(S₁)和东营组(D)组成^[1-2]。辽河盆地新生代的构造演化阶段的划分，目前争议不大，普遍认为可以划分为3期^[2]：古新世裂谷前期(房身泡期)火山活动期、始新世—渐新世裂谷期(沙四—沙三段为第一断陷期和沙二段—东营组为第二断陷期)和古近纪末(东营组末)盆地反转及新近纪—第四纪(馆陶组(Ng)—第四纪)的盆地拗陷期。辽河盆地不同时期地质构造的应力作用方式及其应力场的动力来源，前人曾有过许多论述^[3-11]，如地幔柱说、太平洋板块向西俯冲而产生的弧后伸展盆地、剪切伸展盆地等等。

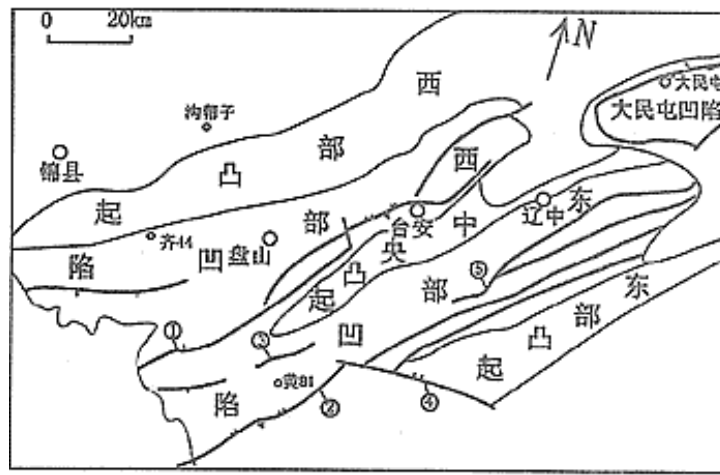


图1 辽河盆地构造单元划分与主要断裂构造简图

Fig.1 Structural units and main fault systems in the Liaohe basin

台安-大洼断裂； 营口-佟二堡断裂； 二界沟断裂；
腾契断裂； 茨榆坨断裂

笔者认为，要了解辽河盆地新生代地质构造演化的动力机制，必须先从盆地地质构造所反映的构造环境、应力作用方式入手，然后根据不同时期的区域构造背景确定影响盆地演化的动力学来源。

1 辽河盆地新生代火山岩与构造环境

房身泡期(裂谷前期)是区内火山活动最强时期，火山岩均沿着NE向断裂展布(图2) [1-3]，喷发方式以沿NE向断裂大面积溢出式喷发为主，每个凹陷有一个主喷发中心，主喷发中心正好位于NE(偏东)向的西八千断层和NE(偏北)的台安-大洼断层的交汇部位。裂谷第一断陷期，最初(S_4)火山活动局限于西部凹陷内，具有两个喷发中心，两地的火山岩总体也呈NE走向，后期(S_3)火山活动以东部凹陷为主，在凹陷中心呈NE向带状展布，具南、北两个喷发中心。第二断陷早期(S_{1+2})火山活动仍以东部凹陷为主，西部凹陷仅在西八千地区局部有分布；东部凹陷北段火山岩分布局限，南段分布稍广；到晚期(D)火山活动再次活跃，但仍局限于东部凹陷，总体也呈NE向条带状展布。新近系辽河盆地火山岩，仅有零星分布。

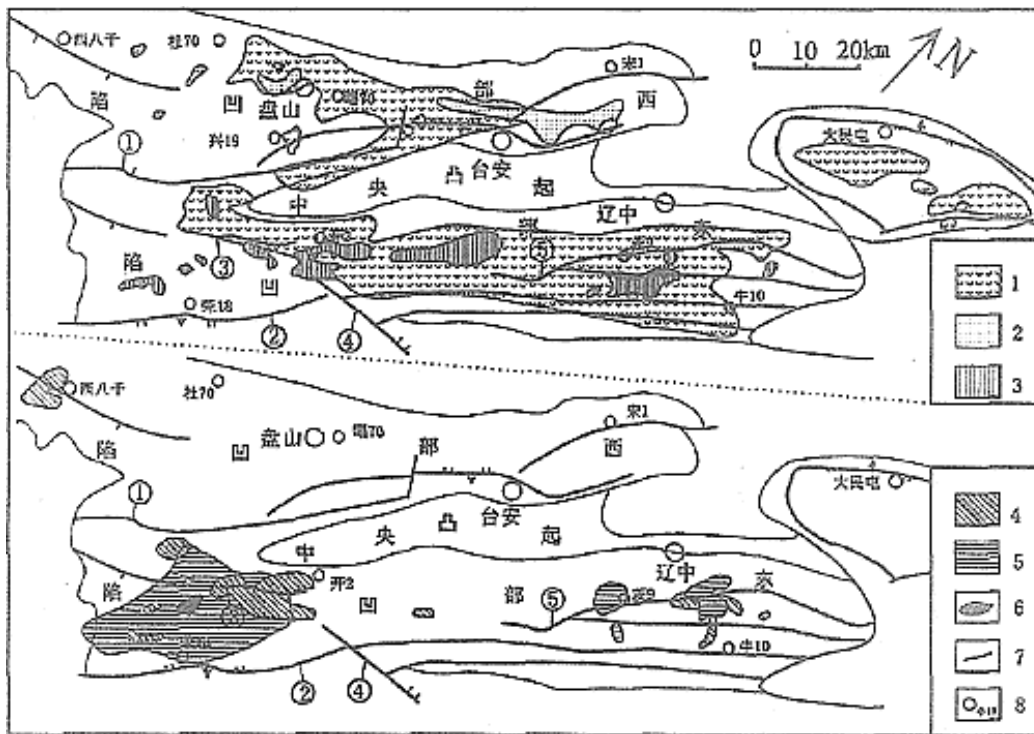


图2 辽河盆地新生代火山岩分布图(据孙镇城等, 1992年资料稍作修改)

Fig.2 Distribution of the Cenozoic volcanic rocks in the Liaohhe basin

1.房身泡期(裂谷前期)火山岩; 2.第一断陷早期(S_4)火山岩; 3.第一断陷晚期(S_3)火山岩;

4.第二断陷早期(S_{1+2})火山岩; 5.第二断陷晚期(D)火山岩; 6.馆陶期火山岩; 7.断裂; 8.钻孔及编号

辽河盆地新生代火山岩以玄武岩为主, 其次为辉石玄武岩、橄榄玄武岩, 另有玄武质熔结凝灰岩、玄武质角砾岩。SiO₂含量在45—53%之间, 基本上为基性火山岩。在火山岩系划分中, 辽河盆地古近系玄武岩大部分属碱性玄武岩系列(58.3%), 部分属拉斑玄武岩系列(24.4%), 个别为高铝(钙碱性)玄武岩系列(3.6%)。火山岩钾质—钠质系列划分图显示碱性玄武岩以钠质系列为主。里特曼指数以大于4为主(占72%), 小于4的占28%; 莱特碱度率显示东、西部凹陷火山岩样品均表现出以碱性系列为主, 另有过碱性和钙碱性系列。火山岩钙碱指数为44.3—51.3, 系拉张环境产物。稀土元素配分曲线型式基本一致, 为轻稀土富集右倾斜型, 无铕负异常或很弱, 反映火山岩岩浆源于同一地幔源区。

上述特征表明, 辽河盆地新生代玄武岩属大陆板内拉张环境的产物, 东、西凹陷火山岩岩浆来自同一地幔岩浆源区, 古近纪裂陷期的构造环境是大陆内裂谷。

2 辽河盆地深部构造背景

辽河盆地的布格重力异常等值线呈NE向展布^[12](图3), 局部有NW向异常的叠加干扰, 总的异常值较高。在此背景上正负异常交替, 并能较好地对应下辽河拗陷两凹夹一凸的构造样式。等值线往西南伸向辽东湾海域, 显示了辽河盆地向西南延伸状况。辽南地区地壳厚度图^[12](图4)显示: 辽河盆地~辽东湾地区地壳厚度等值线总体呈NE向。在辽南存在一系列凸起和凹陷带, 都呈NE向浑圆带状, 以中央的大洼—台安凸起带地壳厚度最薄, 反映辽河盆地中部为上地幔拱起部位。

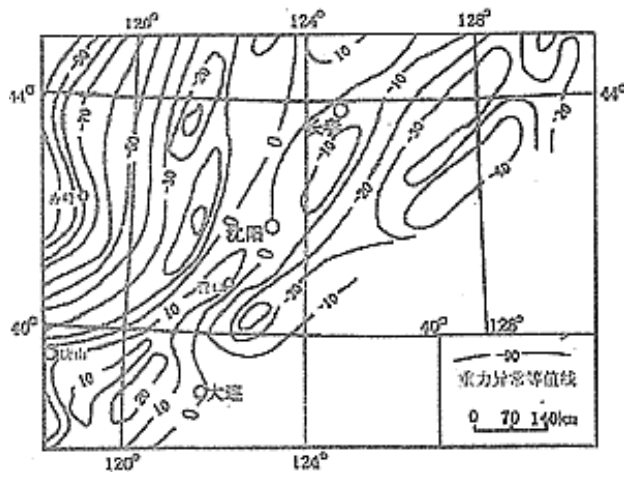


图3 辽南地区深部重力异常分布图
(据国家地震局, 1986年)

Fig.3 Distribution of the gravity abnormality in southern Liaoning province

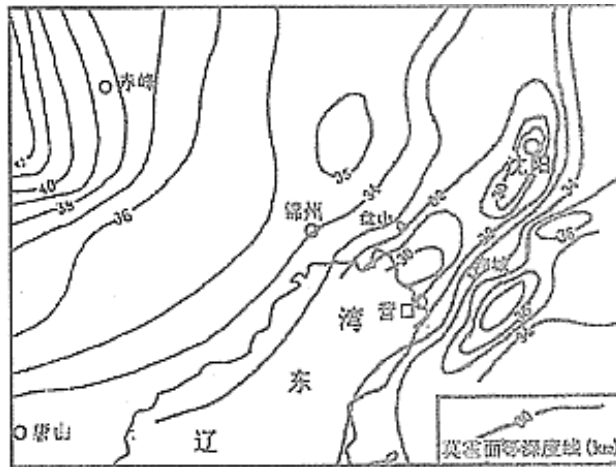


图4 辽南地区莫霍面分布图
(据国家地震局, 1986年)

Fig.4 Distribution of the Moho surface in southern Liaoning province

辽宁省地震局所作的阎阳-海城深地震剖面(图5) [13], 揭示辽南地区地壳结构与辽河盆地的地震解译剖面(图6)吻合得很好: 辽河盆地位于地壳厚度最小的上地幔隆起部位, 在其东侧的海城一带, 存在上地幔局部凸起, 郯庐断裂带北延恰处于上地幔隆起带上。该剖面深部构造与浅层构造相吻合, 同样构成两凹夹一凸的构造形态, 可见深部构造控制着浅部构造格局。

3 新生代断裂反映的应力作用方式

无论在造山带的露头区, 还是受沉积物覆盖的盆地, 确定断裂活动时间是断层研究中难度最大的一项工作。地震反射资料和钻井、测井资料为我们提供了确定盆地内断裂活动时间的信息。地震反射资料不仅可以确定断层的几何形态、断层位置, 而且还能确定断层两盘地层的厚度; 利用断层两盘沉积地层的厚度, 可以将同沉积断层和沉积之后形成的断层区分开来, 结合同位素测年, 就可以确定断层的活动时代。根据上述判别标志, 从辽河盆地现今断裂分布中, 区分出了沙四—沙三、沙二—沙一段和东营组同沉积断层(图7a、b、c)。根据断层与主应力方向之间的关系, 利用新生代同沉积断裂构造反推其形成时的应力作用方式(图7d、e、f)。

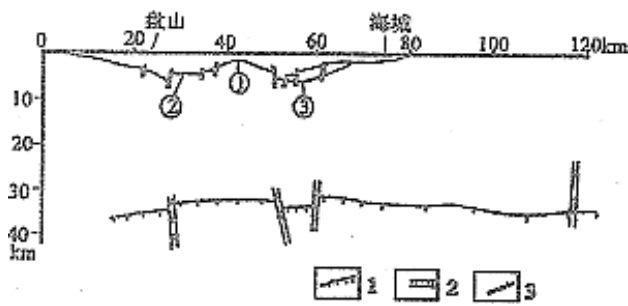


图5 间阳—海城深地震测深解译剖面图
(据卢造勋等, 1992年资料稍作修改)

Fig.5 Cross-section interpreted by seismic data in deep from the Lü yang to Haicheng
1.莫霍面; 2.深断裂; 3.断裂
中央凸起; 西部凹陷; 东部凹陷

辽河盆地沙四、沙三段同沉积构造主要是一组NE向的伸展正断层(图7a), 反映当时辽河盆地遭受NW—SE的伸展作用, 应力作用方式是最大主压应力(σ_1)方向直立, 中间主应力(σ_2)为NE—SW向, 最小主压应力(σ_3)为NW—SE向(图7d)。沙一、沙二段和东营组, 辽河盆地的同沉积构造有两组断层, 一组是新生的近EW向同沉积正断层, 另一组是继承早期活动的NE向同沉积断层(图7b、c)。近EW向的同沉积正断层反映近SN向的伸展作用。继承性的NE向同沉积断层在这一时期既表现有NW—SE向的伸展, 又表现有右旋扭动特征。这期的应力作用方式是 σ_1 直立, σ_2 近EW, σ_3 为近SN(图7e)。新近纪以来的构造活动比较微弱, 除早期馆陶组(Ng)发育一些断裂以外, 主要以拗陷沉积为主, 其应力作用方式与现今基本相同 σ_1 为NEE—SWW向(图7f)。

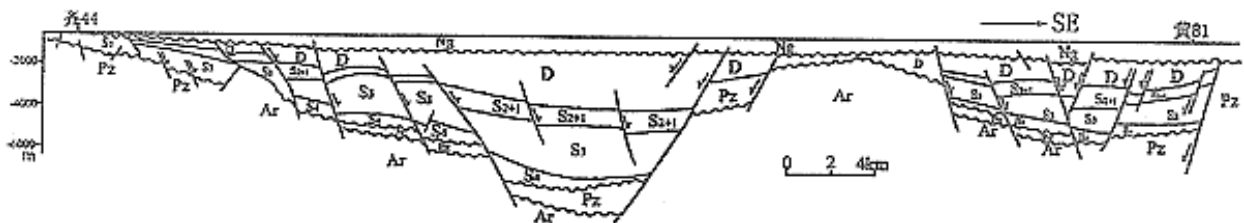
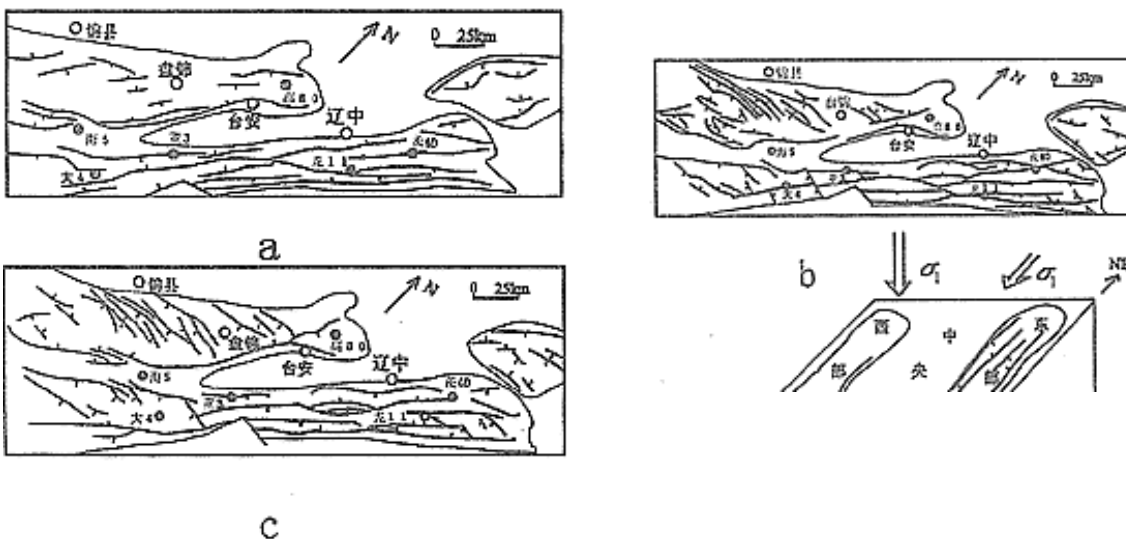


图6 辽河盆地齐44井—黄81井地震剖面解译图(据辽河石油勘探局, 1993年)

Fig.6 Cross-section from oil-well Qi-44 to Huang-81 based on the seismic data

Ng.馆陶组; D.东营组; S₁₊₂.沙河街组一段、二段; S₃.沙河街组三段; S₄.沙河街组四段; Pz.古生界; Ar.太古界



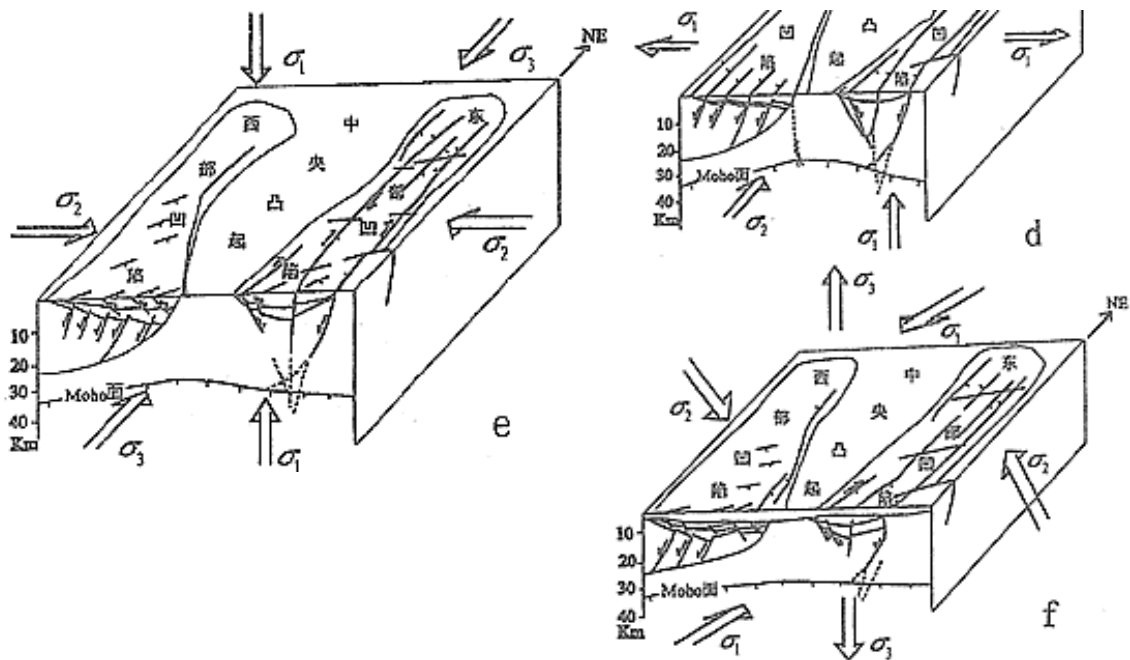


图7 辽河盆地新生代同沉积断裂分布及其推测的应力作用方式图
Fig.7 Cenozoic syn-sedimentary faults system and the inferred stress's pattern in the Liaohe basin

a.沙四-沙三段同沉积断裂；b.二~沙一段同沉积断裂；c.东营组同沉积断裂；d.第一断陷期应力作用方式；e.第二断陷期应力作用方式；f.新近纪以来应力作用方式

4 辽河盆地新生代构造演化的动力学模式

如上所述，辽河盆地新生代火山岩说明盆地新生代的构造环境是大陆裂谷，地壳深部构造背景显示辽河地区存在上地幔隆起；而辽河盆地新生代断裂演化反映出辽河盆地新生代经历过三次不同的构造应力作用。然而，区域地质分析表明，新生代中国陆块所受的边界力来自东边的太平洋板块、菲律宾板块以及西南方的印度板块 [14]。那么上述三个板块的作用是怎样造成辽河新生代的伸展裂陷的？地幔隆起是断陷盆地形成的结果还是原因？

随着大陆动力学研究的不断深入，造山带与相关沉积盆地的耦合关系日益受到重视，已有不少文献从不同角度论述了“造山”和“成盆”作用形成于统一的地球动力学机制 [15-16]。综合考虑以上诸因素，笔者推测辽河盆地新生代形成和演化的地球动力学模式为(图8)：

(1)中生代末中国东部受太平洋板块向NW方向俯冲的强烈挤压作用，弧后岩石圈遭受挤压，引发上地幔部分熔融物质上升聚集于岩石圈底界，使岩石圈隆起。由于熔融物质的增多，引发了横向流动，形成巨型“幔隆”与“幔拗”。此时，由于在强烈的构造动力作用下，重力均衡不能充分显示作用，而处于动力均衡状态(图8a)。

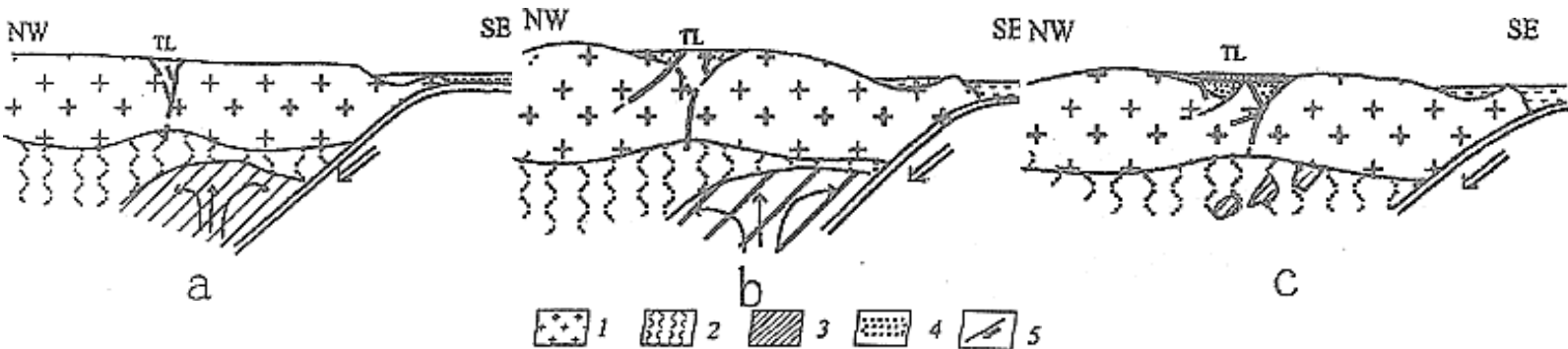


图8 辽河盆地新生代构造演化动力学模式

Fig.8 Dynamic model of the Cenozoic tectonic evolution of the Liaohe basin

a.板块俯冲,形成巨型的幔隆和幔拗;b.岩石圈伸展,裂谷盆地形成;c.盆地拗陷

1.岩石圈;2.软流圈;3.软流圈熔融物质;4.盆地沉积;5.板块俯冲方向

(2)新生代早期,壳下岩石圈热减薄(幔隆区)使岩石圈抗张强度降低,此时太平洋板块向西俯冲减慢或停止,同时熔融物质增多,挤压作用明显减弱或消失,使中国东部处于暂时的松弛—拉张状态,重力均衡作用和挤压造成的地幔隆起变成主导作用,重力均衡和地幔隆起将导致处于幔拗区的燕山造山带缓慢或强烈抬升,处于幔隆区的辽河地区沿薄弱带出现大规模的火山喷发,发生伸展作用,形成断陷盆地。这些薄弱带很可能是早期形成的郯庐断裂带(图8b)。

(3)古近纪末,太平洋板块向西俯冲短期加强或由于太平洋板块俯冲方向的改变,使得古近纪断陷盆地发生反转。之后,随着太平洋板块俯冲减弱,处于热异常的岩石圈向热平衡转化,盆地由伸展转入重力均衡作用下的拗陷演化阶段(图8c)。

作者简介:陈正乐(1967—),男,副研究员,主要从事构造地质、矿床地质、数学地质科研工作。

辽河石油勘探局.辽河盆地构造特征研究.辽河勘探院科研报告,1994。

孙镇城,等.辽河陷第三系.辽河勘探院科研报告,1992。

辽河石油勘探局.辽河油田勘探开发部署图册.1993。

作者单位:陈正乐 马寅生 王小凤 陈宣华 霍光辉 武红岭 殷秀兰 中国地质科学院地质力学研究所,北京 100081;

吴铁生 王庆丰 郑治宇 兰秀峰² 辽河石油勘探局勘探开发研究院,辽宁 盘锦 124000.

参考文献

- [1] 辽宁省地质矿产局.辽宁省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989.
- [2] 辽河油田石油地质志编辑委员会.辽河油田,中国石油地质志(三)[M].北京:石油工业出版社,1993.
- [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,1995.
- [4] 陈发景,赵海玲,陈昭年,等.中国东部中、新生代伸展盆地构造特征及地球动力学背景[J].地球科学,1996,21(4):357—365.
- [5] 冯福凯,宋立新.幔流底辟构造——环西太平洋盆地热动力学分析[J].地球科学,1996,21(4):383—394.
- [6] 陈发景,汪新文,张光亚,等.中国中、新生代前陆盆地的构造特征和地球动力学[J].地球科学,1996,21(4):366—372.
- [7] 李扬鉴,林 梁,赵宝金.中国东部中、新生代断陷盆地成因机制新模式[J].石油与天然气地质,1988,9(4):334—344.
- [8] 刘和甫.中国沉积盆地演化与旋回动力学环境[J].地球科学,1996,21(4):245—356.
- [9] 陈发景,汪新文.含油气盆地地球动力学模式[J].地质论评,1996,42(4):305—310.
- [10] 王 瑜.中国东部内蒙古—燕山造山带晚古生代晚期—中生代的造山作用过程[M].北京:地质出版社,1996.
- [11] 谭试典,王 冰.中国东部裂谷型盆地的重力构造[J].石油与天然气地质,1988,9(2):146—153.
- [12] 国家地震局“深部物探成果”编写组.中国地壳上地幔地球物理探测成果[M].北京:地震出版社,1986.
- [13] 卢造勋.内蒙古东乌珠穆沁旗至辽东地学断面[M].北京:地震出版社,1992.
- [14] 杨森楠,杨巍然.中国区域大地构造学[M].北京:地质出版社,1985.
- [15] 邓乃恭,任希飞.造山与成盆作用形成于统一的动力学机制[J].地质论评,1996,42(4):300—303.
- [16] 刘德来,陈发景,关德范等.松辽盆地形成、发展与岩石圈动力学[J].地质科学,1996,31(4):397—408.

收稿日期:1998-10-20