

The Background Research of Structure Evolution in Qikou Sag

Xianbao Chen

Exploration and Development Research Institute of Dagang Oilfield, Tianjin
Email: chencxb@163.com

Received: Jan. 22nd, 2017; accepted: Feb. 19th, 2017; published: Feb. 22nd, 2017

Abstract

The existence of the extensional dextral conversion is true in The Bohai Bay Basin Paleogene, beginning from the three-section of Shahejie formation. The major extensional dextral conversion focuses on the west and east of basin and the central Gulf of The Bohai depression. There are small extensional dextral conversions in The Kongdian formation. The stretch mode of the Qikou Sag is a huge pull-apart basin. There are episodic changes of the Paleogene of Cainozoic; from I episodic of the rift to II episodic of the rift. The Qikou sag changed from plurality of the sedimentary units to the single sedimentary unit in this epoch. After the intense fault depression period in Paleogene, the Qikou sag gets into the thermal precipitation stage in Neogene.

Keywords

The Qikou Sag, Structure Evolution, Paleogene, Neogene

歧口凹陷构造发育演化背景研究

陈宪保

大港油田勘探开发研究院, 天津
Email: chencxb@163.com

收稿日期: 2017年1月22日; 录用日期: 2017年2月19日; 发布日期: 2017年2月22日

摘要

渤海湾盆地右旋转换伸展作用在古近纪演化时期都存在, 变形主要是沙三段沉积时才开始的, 早期集中在盆地的西部、渤中坳陷和渤海湾盆地的东部, 孔店组很少发育。伸展方式为一个巨大的拉分盆地变形模式。歧口凹陷新生代古近纪发生幕次变化过程; 由裂陷I幕向裂陷II幕转变过程, 歧口凹陷均发生多个独立沉积单元向单一活动的沉降单元转变。新近纪时期, 歧口凹陷结束了古近纪时期的强烈断陷过程, 进入了裂后期的热沉降阶段。

关键词

歧口凹陷, 构造演化, 古近系, 新近系

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

古地貌构造是控制沉积体系发育的关键因素之一, 所以研究古地貌构造有助于揭示物源体系 - 沉积体系的发育特征与空间配置关系。通过在济阳拗陷和准噶尔盆地的勘探实践证明, 盆地形成期的古地貌构造直接影响着物源和沉积体系的空间配置, 并进而制约着油气的成藏。

歧口凹陷构造发育演化背景分析是开展系统、综合地质研究工作的基础, 但至今尚没有从凹陷结构构造开展系统、综合的基础地质研究工作。因此在歧口凹陷——这样一个重要的富油气凹陷开展其结构构造地质综合研究, 开展有利勘探方向预测具有重要的理论价值和油气勘探的实践意义。

2. 盆地变形模式

歧口凹陷是渤海湾盆地中的一个典型的断陷盆地, 其形成和演化过程与渤海湾盆地密切相关。作为中国东部除松辽盆地之外, 第二个最大的含油气盆地, 渤海湾盆地的沉积、构造形成和演化机制以及盆地油气勘探的研究一直是产业界和学术界的关注的重点。长期以来对于该盆地构造发育模式的代表性认识主要有以下几种: 一是认为渤海湾盆地是一个发育在郯庐走滑断裂和太行山走滑断裂之间的、巨大而又简单的拉分盆地(Klimetz, 1983), 或者是一个由一系列不同规模的拉分盆地右阶排列嵌套在一起的复式拉分盆地(Nabelek 等, 1987); 二是认为渤海湾盆地是一个简单的、由 NWW-SEE 向拉伸作用而形成的裂谷盆地, 几乎没有走滑作用(Liu Guodong, 1987)。上述两个模式的主要问题是拉分盆地或复式拉分盆地模式忽视了位于渤海湾盆地东北的下辽河拗陷和位于西南的临清拗陷中伸展裂谷带发育的事实, 这两个拗陷中的裂谷带宽度可以达到 100 km 的规模; 简单伸展裂谷盆地的模式不能解释渤中拗陷近东西向断层的发育, 也不能解释辽河拗陷内与正断层近于平行的走滑作用。Allen 等(1997)根据渤海湾盆地构造发育特征, 强调右旋转换伸展作用在渤海湾盆地古近系盆地发育过程中的重要性。认为渤海湾盆地整体上类似于一个拉分盆地, 但是与经典的拉分盆地模式的主要差别, 一是规模更大, 二是控制盆地变形的构造不是简单的走滑断层, 而是走滑伸展断层带[1] [2] [3] [4] [5]。

图 1 是以上述 Allen 模式为基础, 结合新的资料建立的一个渤海湾盆地的构造变形模式图。其中图 1A 表示渤海湾盆地古近纪的裂陷作用初始期盆地的发育状况, 于孤立的半地堑中沉积了孔店组河流湖泊相地层。根据前人的研究结果, 发育于孔店组近底界处的火山岩 K-Ar 年龄为 55 Ma, 表明裂陷作用的开始时间基本上在古新世/始新世的过渡边界上。区域分布上, 这个时期的裂陷作用集中发育在渤海湾盆地西部的冀中、黄骅和临清拗陷内。在渤海湾盆地的东南部的济阳凹陷也沉积了该地层, 厚度较小, 而中部的渤中拗陷则几乎没有孔店组的沉积。在东北部的辽河拗陷, 一些学者认为局部有孔店组发育, 但是地震解释中普遍认为古近系起始为沙河街组。

所以, 我们做新认识渤海湾盆地在古新世—始新世初期的主要的沉降中心在冀中凹陷和临清拗陷, 盆地的构造样式为 NE-SW 或 NNE-SSW 走向的正断层限定的半地堑或地堑系, 其中半地堑或地堑内的

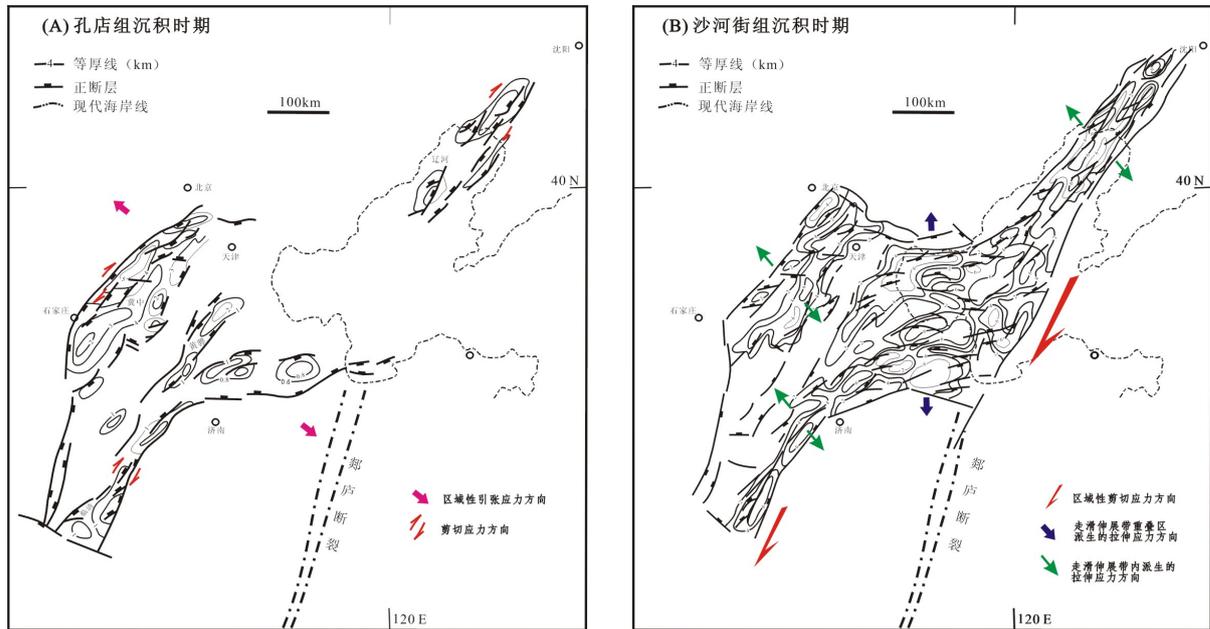


Figure 1. Model of the ancient tectonic evolution of the Bohai Bay Basin

图 1. 渤海湾盆地古近纪构造演化模式

次级断层与边界主断层顺时针方向偏转斜交，形成孤立小断陷。这种斜交关系表明在同裂陷时期存在右旋转换伸展作用。至于济阳凹陷的东西走向的半地堑是印支期逆断层的负反转的结果[2] [6] [7]。

图 1B 是沙河街组时期渤海湾盆地的盆地发育状况，主要是沙三段沉积时期的状况。沙三段地层年龄多为 42~45 Ma，即中始新世。这一时期主要为深湖相沉积，包括深水浊积岩。这个时期是古近纪期间第一次在渤海湾盆地整个地区都出现了伸展和沉降，在冀中和临清拗陷仍然是持续的右旋转换伸展作用控制的断陷式活动。在渤海湾盆地的东部，早期局部发育的辽河拗陷，在这个时期受到不连续的 NE 或 NNE 向走滑断层的控制向西南南方向线形延伸，构成了渤中拗陷，以至整个渤海湾盆地的东部边界带，该带与中生代郯庐断层带的延伸方向和发育部位基本一致。根据该带内次级断层与主边界走滑断层的斜交关系判断也具有右旋转换伸展作用的特征。在渤中拗陷的中西部发育的黄骅拗陷和东濮拗陷，在这个时期也显示出了显著的 NNE 向的走滑断层和斜交走滑断层的次级正断层组合的构造样式。这些切入到基底的走滑断层向上延伸进入盖层往往形成负花状构造，控制和影响盖层的构造变形。

在沙三段沉积时期，渤中成为渤海湾盆地的主要沉降中心，沉积了厚达 3 km 以上的地层，尽管控盆断层走向有较大的变化，但是其总体为近东西向的正断层，渤中拗陷边缘发育基底断块式凸起，其中最大的为海中隆起，近东西向分布。在渤中拗陷的东部发育了 NE 向的斜列式排列的正断层，是其北部辽河拗陷中右旋断层系的延伸。在济阳拗陷这个时期的仍然是沿近东西或 NEE 向正断层的持续伸展沉降。

东营组沉积是渤海湾盆地同裂陷阶段的最后阶段，主要为大型三角洲沉积充填盆地，整个渐新世时期，盆地的基本构造样式没有发生变化，末期伸展断陷作用基本停止，并出现了弱反转和抬升剥蚀，形成裂后不整合界面。

综合上述，右旋转换伸展作用在渤海湾盆地的古近纪演化的时期都存在，变形的早期冀中在盆地的西部，在渤中拗陷和渤海湾盆地的东部，孔店组很少发育，这些地区的变形主要是从沙河街组沉积，特别是沙三段沉积时才开始的。这是因为这个时期渤海湾盆地的东部沿中生代的郯庐断裂右旋伸展作用发生，并从拗陷向 SSW 延伸，导致了其与西部右旋转换伸展带之间的重叠，二者之间产生了交互作用，发育了近东西向的正断层调节重叠效应产生的伸展应变。这个时期的变形方式类似于一个巨大的拉分盆地

变形模式。

黄骅拗陷位于渤海湾盆地的中部，其新生代的变形模式与渤海湾盆地的一致，同时又具有其所处部位表现出来的特殊性。孔店组沉积时期，黄骅拗陷主要沉降区在孔南地区，呈 NNE 向发育了沧东和南皮两个沉降中心，并受到西部的沧东断层和东部的孔西断层、徐西断层的控制，从孔西断层和徐西断层右阶斜列式的展布可以判断这个变形格局是右旋转换伸展所控制的。到沙三段—沙二段沉积时期，孔南地区持续沉降，但是幅度显著减弱，最大的沉降中心向北迁移到歧口凹陷区，一系列 NE 向的断层控制了多个分隔的断陷盆地，从控制这个时期沉降中心的断层的性质和斜列展布表明盆地的变形格局开始向区域上的拉分变形时期转变；到沙一段—东营组时期，盆地的沉降中心基本呈东西向展布，并受到近东西向正断层的控制，研究区的变形格局完全处于区域渤海湾盆地的拉分伸展区(图 2)。上述黄骅拗陷的变形格局的变化也表明从盆地孤立局部的变形格局向整体区域拉分伸展变形的过程是均一的过程，而呈幕式演化，即经历了 Ek、Es3-Es2、Es1-Ed 三幕演化过程。每个变形幕所遭受的应力场、形成的盆地性质、控制的沉积过程和构造变形都不一致，由此可能导致各个变形幕期间油气成藏组合和成藏过程的差异和变化。

此外，盆地基底的先存构造对变形格局的控制是一个不能忽视的重要因素。上述黄骅拗陷前两个变形幕的主边界断层主要是在燕山主期 NNE 向逆冲断层带的负反转作用而形成，到沙一段沉积时期，拉分变形产生了近 SN 向的拉伸应力场，印支期的近东西向断层就处在一个有利的活动方位上，其负反转控制了近东西向的沉降中心。

大神堂—埕宁隆起地质剖面构造演化及阶段划分

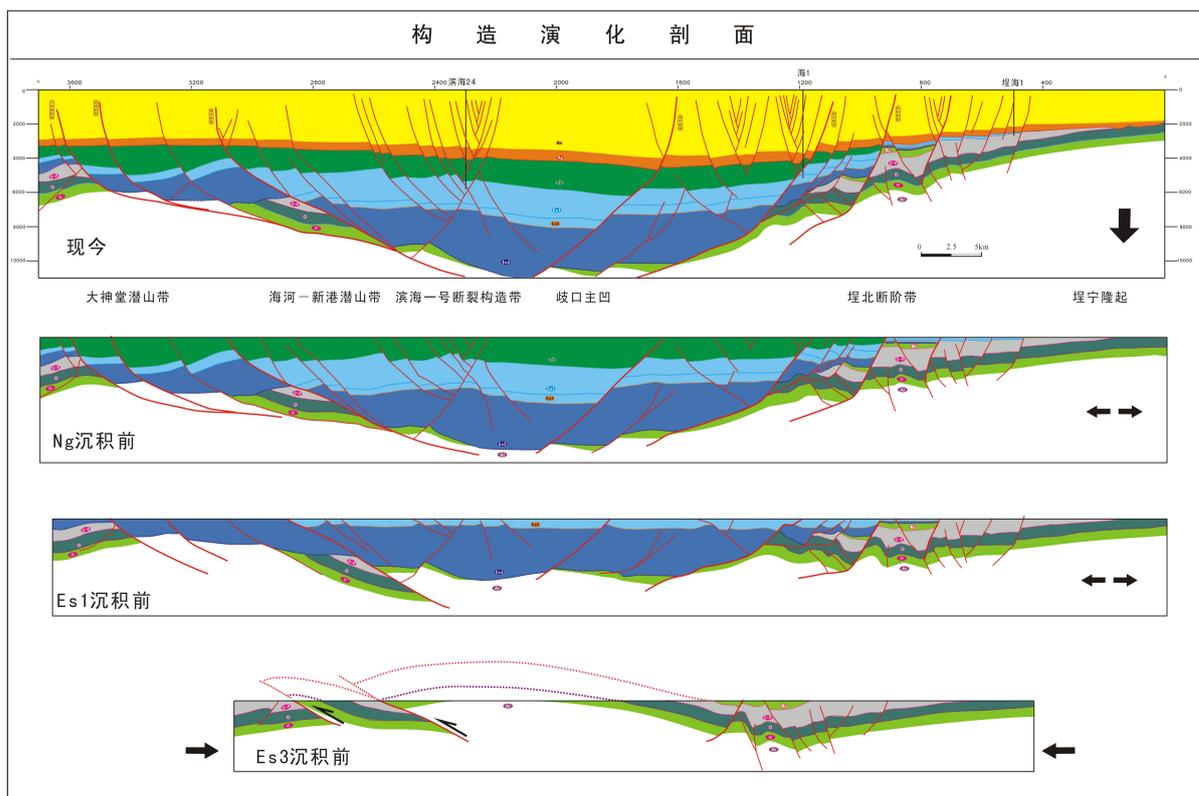


Figure 2. Dashentang-Hengning uplift geological tectonic evolution
图 2. 大神堂—埕宁隆起地质剖面构造演化

3. 动力学背景

歧口凹陷的演化过程始终离不开区域动力学的控制，周缘板块的重组和深部热物质的活动对它的发生和发展有重要的影响。在前新生代，由于华南地块和华北地块碰撞导致的印支期东西向分布的褶皱逆冲断裂带以及由于伊泽纳崎板块发生了向欧亚大陆 NNW 向的高速斜向俯冲，使得中国东部在燕山期呈现左旋压扭环境，形成的包括郯庐断裂带发生大规模左旋走滑在内的一系列 NNE 向走滑断裂、褶皱和逆冲断裂带的发育造就了黄骅拗陷新生代大规模断陷作用的基础。

在古新世—始新世早期，印度板块以 17 cm/a 速率高速向欧亚大陆俯冲，造成软流圈向东的流动，而此时太平洋板块向西的俯冲速度较慢，深入到地壳深部的太平洋板块形成阻挡软流圈继续向东运动的屏障，造成软流圈热物质发生向地壳浅部的上涌。与此同时，太平洋板块向中国东部大陆的俯冲方向为近 NW 向，郯庐断裂发生小规模右行走滑，太平洋板块俯冲后退，进一步促进了渤海湾盆地软流圈上涌，岩石圈发生拆沉减薄，裂陷作用在渤海湾西部和东北部局部地区开始发生(图 3)。在黄骅拗陷仅仅局限在的孔南地区，而歧口地区仍处于隆升剥蚀阶段[8] [9] [10]。

在始新世中期，太平洋板块对欧亚大陆的俯冲由之前的近北西向转为正西—北西西向(图 3)，而中国东部区域性走滑断裂郯庐断裂带的走向为北北东向。因此，俯冲方向的改变必然造成郯庐和兰聊等大型断裂右旋走滑活动的加强。黄骅拗陷正好处于这种北西南东向右旋转换拉伸应力场控制下，歧口凹陷结束了之前的隆升剥蚀，全面进入了裂谷伸展断陷阶段，即裂陷 I 幕。燕山期形成的诸多北东向逆冲推覆断层在北西南东向伸展应力场的控制下，发生负反转，形成基底卷入型正断层，控制了沙河街三段时期的沉积作用。歧口凹陷边界沧东断层在深部发生伸展滑脱，并控制了其上盘断块的逆时针掀斜，形成了多米诺式半地堑系。该时期，北东向断裂的活动十分强烈，平均古落差在 400 m 以上，沧东断层的古落差甚至达到了 650 m。这些强烈活动的断裂在歧口凹陷形成多个独立发展的沉积—沉降中心，最大厚度达到了 3400 m。在始新世晚期发生了区域性的“济阳运动”，沙河街组二段歧口凹陷发生抬升，结束了沙河街组三段的大面积湖扩，发生了水退，沧东断层以北、赵北断层以南全为暴露区，北部的北塘凹陷也没有沙二段的沉积。整个凹陷只有歧口凹陷主体区接受沉积，形成一个独立的浅湖盆环境。

晚始新世开始，印度板块和欧亚大陆之间已经由之前的软碰撞完全转化为全面的硬碰撞，在促使华南板块向东南方向逃逸的同时，应力通过地壳远程传递效应作用到华北板块的活动，以及太平洋板块的持续性近东西向对欧亚大陆的俯冲，进一步加强了郯庐断裂和兰聊断裂的右旋转换伸展，在两者之间形成了包括歧口凹陷海域地区在内的应力叠置区域派生出了南北向拉伸应力场。因此，在沙河街组三段已经微弱活动的印支期形成的逆冲断层，如海河断层、新港断层等，开始大规模反转形成控制海域沉积作用的滑脱正断裂，歧口凹陷进入了裂陷 II 幕。同时，沧东断裂的活动仍然很强，控制陆上的北东向半地堑的沉积。因此，在渐新世早期，歧口凹陷仍然表现为多个沉积—沉降中心，但是这些小型次级凹陷有相互联通的趋势，沉降中心的优势展布方向已由北东向转为近东西向，陆上地区地层的沉积厚度相对沙河街组三段发生了减薄，而歧口凹陷海域成为最大的沉降中心。同时，在海河断裂和歧中断层的控制下，滨海一号断裂带开始形成，这是歧口凹陷中最重要的非潜山型凸起，是断层引起两侧地层发生塌陷形成的相对褶皱隆起。渐新世中晚期，构造活动逐渐平静下来，断裂对沉积的控制作用也相对减弱，沧县物源、埕宁物源和燕山物源以及盆地内部沙垒田和北大港潜山物源不断的充填到歧口凹陷内，在歧口海域——最大的沉积沉降中心，形成厚度较大的暗色泥岩，在其周围多为三角洲或浊积扇体沉积。相对沙河街组一段沉积时期，东营组地层厚度变化不大，但多为孔渗性较差的泥岩或者页岩。这一时期是歧口凹陷由断陷向拗陷转化的过渡阶段。

上述讨论表明，歧口凹陷新生代古近纪各沉积时期的断裂的展布、活动性的变化，以及构造单元的

渤海湾盆地构造演化阶段及其动力学背景

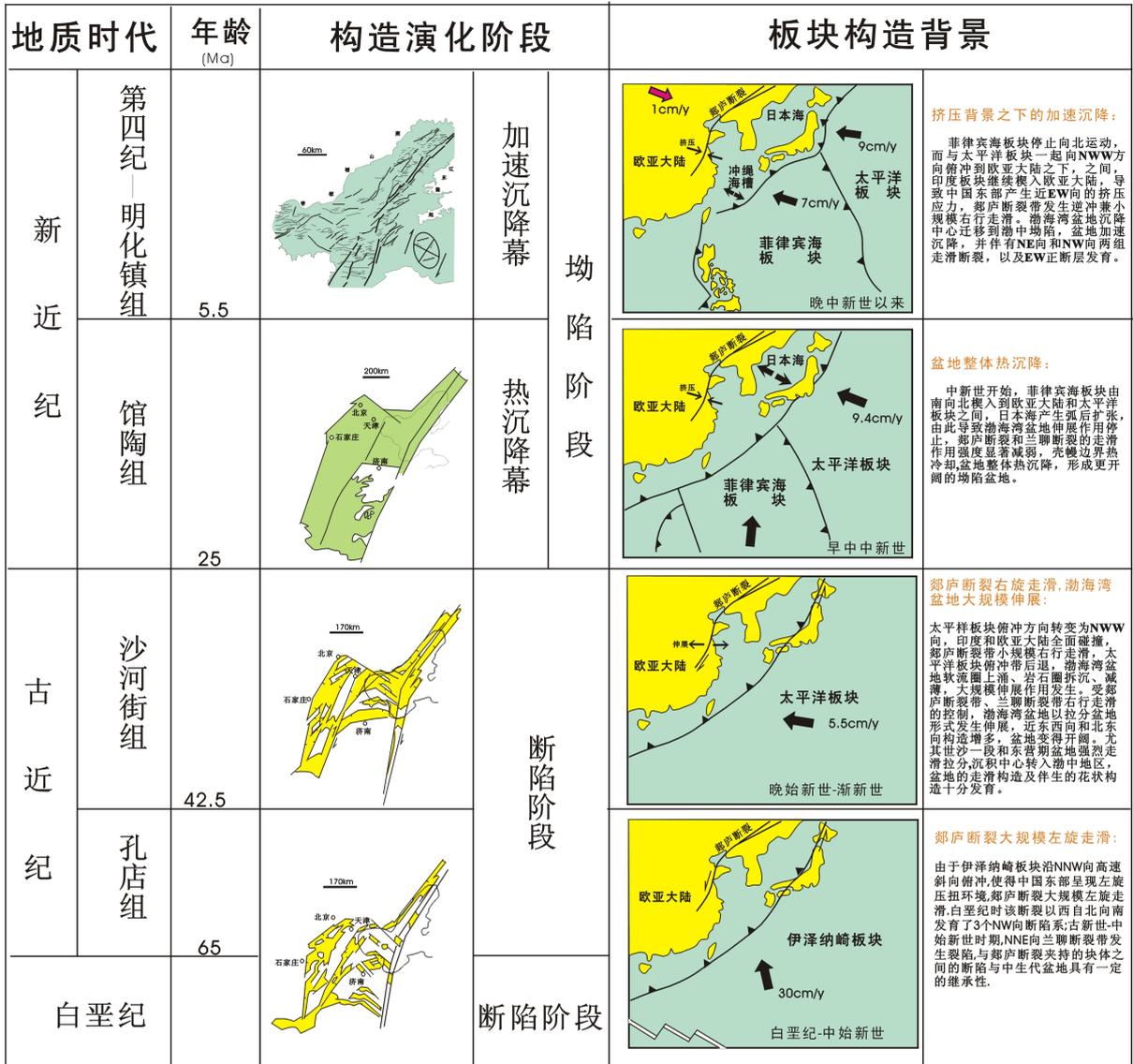


Figure 3. The tectonic evolution of the Bohai Bay Basin is extremely dynamic
图 3. 渤海湾盆地构造演化阶段极其动力学背景

分布，反映了歧口凹陷的构造活动的幕次变化过程，即由裂陷 I 幕到裂陷 II 幕转变时，均发生了多个独立沉积 - 沉降单元向单一活动的沉降单元的转变。同时，沉积单元优势方向又北东向转为东西向，构造活动的重心由西向东、由北向南的迁移的过程。

新近纪时期，太平洋板块的持续的向西俯冲，以及菲律宾海板块在澳洲板块的推动下向西北的楔入和日本海的扩张造成了整个渤海湾盆地的微弱挤压应力场(图 3)。歧口凹陷结束了古近纪时期的强烈断陷过程，进入了裂后期的热沉降阶段。馆陶组，歧口凹陷进入河流相沉积时期，构造活动微弱，局部走滑构造发育，常在二级断层的浅部形成花状构造，整体的沉降速率不超过 50 m/Ma，但是沉降中心依然位于歧口海域。通过歧口凹陷新近纪沉降史研究发现，进入明化镇组沉积时期以后，在区域上存在沉降加快的现象，而且是逐渐递增的，明化镇组下段要比馆陶组快，而明化镇组上段一第四系又要比明化镇组

下段快。这种现象与经典的裂后沉降发生幂指数衰减模式是背道而驰的，对于这种现象的产生有多种解释，一般归结于周缘板块的重组和地球深部热作用。

基金项目

中国石油天然气股份公司重大专项(编号：2008E-0601)资助。

参考文献 (References)

- [1] 肖敦清, 卢异, 付立断, 等. 断陷湖盆斜坡构造类型及特征——以歧口凹陷为例[J]. 石油地质与工程, 2013, 27(1): 1-6.
- [2] 周立宏, 卢异, 肖敦清, 等. 渤海湾盆地歧口凹陷盆地结构构造及演化[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(3): 373-382.
- [3] 王文革, 张志攀, 卢异, 等. 黄骅坳陷歧口凹陷新生代走滑断裂特征及控盆作用[J]. 天然气地球科学, 2012, 23(4): 713-719.
- [4] 王芝尧, 侯素英, 刘志英. 歧口凹陷古近纪构造演化及其对油气成藏的影响[J]. 现代地质, 2013, 27(3): 681-687.
- [5] 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.
- [6] 郭兴伟, 施小斌, 丘学林, 等. 渤海湾盆地新生代沉降特征及其动力学机制探讨[J]. 大地构造与成矿学, 2007, 319(3): 273-280.
- [7] 王辉, 卢异, 张志攀, 陈宪保. 歧口凹陷新生代伸展断裂展布及演化特征[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(6): 1008-1014.
- [8] 王光奇, 漆家福, 岳云福. 歧口凹陷及周缘新生代构造的成因和演化[J]. 地质科学, 2003, 38(2): 230-240.
- [9] 王战, 孟庆任, 等. 黄骅坳陷地区地质构造演化与油气分布[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 1-111.
- [10] 艾能平, 任建业, 祁鹏, 史双双, 佟殿君, 胡德胜. 歧口凹陷伸展滑脱构造系统的厘定及其地质意义[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(3): 343-351.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org