

● 周心怀 刘震 李潍莲 著 ●

辽东湾断陷 油气成藏机理

LIAODONGWAN DUANXIAN
YOUQI CHENGCAO JILI



石油工业出版社

辽东湾断陷油气成藏机理

周心怀 刘 震 李潍莲 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了作者在渤海湾盆地辽东湾断陷油气成藏机理研究方面取得的重要成果,主要包括辽东湾断陷的基本地质条件、成藏条件、成藏动力、成藏过程和油气分布规律等内容,对进一步认清辽东湾断陷在地质模式和油气分布特征等方面的独特性、挖掘该凹陷的油气勘探开发潜力具有重要参考价值。

本书可供从事海上油气勘探开发研究的相关人员及石油院校师生阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

辽东湾断陷油气成藏机理/周心怀,刘震,李潍莲著.
北京:石油工业出版社,2009.12
ISBN 978-7-5021-7440-8

I. 辽…
II. ①周…②刘…③李…
III. 辽东湾-油气藏-形成-研究
IV. P168.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 192277 号

出版发行:石油工业出版社
(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)
网 址:www.petropub.com.cn
发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店
印 刷:保定彩虹印刷有限公司

2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷
787×1092 毫米 开本:1/16 印张:16
字数:403 千字 印数:1—1000 册

定价:60.00 元
(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)
版权所有,翻印必究

前 言

辽东湾断陷是渤海湾盆地重要的含油气单元。由于海上勘探开发成本和难度较高,辽东湾断陷属于勘探程度中等地区,但不同二级构造单元勘探程度差异明显,总体油气勘探潜力较大。同时,由于郯—庐断裂的作用,辽东湾断陷又与渤海湾盆地典型陆相断陷存在一定的差异性,在地质模式和油气分布特征等方面独具特色。

作者经过较长时期的研究和总结,在该断陷基本地质条件、成藏条件、成藏动力、成藏过程和油气分布规律等方面,获得了一些体会和认识。

在详细油—油对比、油—岩对比研究的基础上,提出辽西低凸起中北部整体上具有双向油源、不对称供烃的特征,即锦州 25-1S 油田主体原油具有混源特征,油源来自辽西凹陷沙三下段烃源岩和辽中凹陷沙三中上段烃源岩,并且辽西凹陷沙三下段烃源岩贡献更大。以锦州 25-1S-4D 井为代表的第二类原油油源为辽西凹陷沙三段烃源岩。锦州 20-2 油气田原油和辽中凹陷北洼沙河街组及辽西凹陷沙一段烃源岩具有很好的对比关系,并且辽中凹陷沙河街组烃源岩贡献相对较大。

辽西低凸起锦州 25-1S 地区沙河街组碎屑岩储层发育,储集体类型主要为扇三角洲、近岸水下扇和浊积扇;锦州 20-2 地区沙河街组砂体不发育。沙河街组碎屑岩储层岩石类型以岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩为主,成岩过程受压实作用、胶结作用、溶解作用、交代作用等影响,现主要处于早成岩 B 期和中成岩 A 期。锦州 25-1S 沙二段储层以 I 类和 II 类储层为主,锦州 20-2 地区以 IV 类储层为主。发现锦州 25-1S 地区潜山变质岩储层具有垂向上分带、平面分布不均、储层发育“二元主控”的特征。垂向上分为有利储层段和致密段;有利储层平面分布不均、厚度相差较大,最厚可以达到 183m,最薄只有 24m,总体表现出西部较薄、东部较厚的特点;风化淋滤作用和构造断裂作用是古潜山变质岩地质体发育演化裂缝性储层的两种最重要的地质作用,是裂缝性潜山油藏形成的主要地质条件。

辽东湾地区发育两种类型的地温—地压系统。锦州 25-1S 地区主要表现为统一的静压型地温—地压系统,能量较低,深部流体上窜的动力较弱;锦州 20-2 地区主要表现为高压型复式温压系统,具有较高的能量,有利于油气沿断裂、不整合等输导通道向浅部运移。提出辽西低凸起中北部压力演化过程划分为两个阶段,两个阶段超压成因不同:第一个阶段的超压主要是原地的欠压实作用形成的;第二阶段超压主要是他源超压侧向传导形成的。

将辽西低凸起中北部输导系统划分为 4 种类型:①断层型输导系统;②不整合型输导系统;③阶梯式输导系统;④不整合—断层—砂体复合型输导系统。其中,①②③型输导系统在锦州 25-1S 地区有分布;②④型输导系统主要分布在锦州 20-2 地区。断层古封闭性研究表明辽西 1 号、2 号断层在油气成藏期具有下部(沙三段)侧向输导、中上部(2000m 以上)垂向输导特征,为辽西凹陷的油气向辽西低凸起运移的主要通道。不整合具有两种不同的结构类型:一元结构潜山不整合和二元结构潜山不整合。提出潜山半风化岩层的风化破碎亚带、风化裂缝亚带为辽中凹陷的油气向辽西低凸起运移的重要通道。

在地层埋藏史、热史恢复的基础上,根据流体包裹体方法确定了锦州 25-1S 油气田的主要成藏期。发现锦州 25-1S 油气田具有早期充注、单次成藏的特征;成藏期为东一段沉

积末期。

建立了锦州 25 - 1S 和锦州 20 - 2 两种不同的油气成藏模式。锦州 25 - 1S 具有“双向油源、辽西为主—复式输导—双向运移—不对称充注—单次成藏”的特征；油气输导系统在辽西低凸起西侧以断层输导为主，在东侧以不整合—断层—砂体组成的复式输导系统为主，并于东营组沉积末期一次充注成藏。锦州 20 - 2 具有“双源供烃、辽中为主—复式输导—双向运移—不对称充注”的成藏特征；油气输导系统在辽西低凸起西侧以断层和不整合组成的阶梯式输导为主，东侧以不整合—断层—砂体组成的复式输导系统为主。

辽西低凸起中北段油气成藏主要受油源、储层、输导系统、流体动力 4 种因素控制。辽西低凸起中北段油气富集程度高，低凸起上碎屑岩储层油气分布受沉积相和构造双重控制，变质岩储层油气分布受岩性和构造的双重控制。

在辽西低凸起带预测了 5 个沙二段碎屑岩储层和一个太古宇变质岩潜山储层的有利勘探目标，并认为凹陷陡坡带内侧、辽西西斜坡和辽西深洼槽的隐蔽油气藏为今后的有利勘探方向。

本书第一章、第二章由周心怀执笔；第三章由刘震、李潍莲执笔；第四章由周心怀执笔；第五章由刘震执笔；第六章由周心怀、刘震执笔；第七章由刘震、李潍莲执笔；第八章由刘震、周心怀执笔；第九章由周心怀、刘震执笔。全书由周心怀统一定稿。

由于作者水平的局限，书中有错误和纰漏之处，欢迎读者提出批评和意见。

作 者
2009 年 5 月

目 录

第一章 区域地质概况	(1)
第一节 区域构造特征	(1)
一、构造单元划分	(1)
二、构造演化特征	(3)
第二节 层序地层特征	(4)
一、层序地层格架	(4)
二、层序地层特征	(5)
第三节 沉积特征与演化	(7)
一、孔店—沙四层序沉积相展布特征	(7)
二、沙三层序沉积相展布特征	(7)
三、沙二—沙一层序沉积相展布特征	(8)
四、东三层序沉积相展布特征	(9)
五、东二层序沉积相展布特征	(9)
六、东一层序沉积相展布特征	(11)
第二章 典型油气藏解剖及油气藏基本特征	(12)
第一节 典型油气藏解剖	(12)
一、锦州 20-2 凝析气田	(12)
二、锦州 25-1S 油气田	(14)
三、绥中 36-1 油田	(15)
第二节 油气藏基本特征	(18)
一、形态特征	(18)
二、储层特征	(18)
三、油气藏类型	(19)
四、流体特征	(20)
第三章 烃源岩特征与油气源分析	(21)
第一节 烃源岩评价	(21)
一、烃源岩有机质丰度	(21)
二、烃源岩有机质类型	(24)
三、烃源岩有机质成熟度	(24)
第二节 油气源特征	(27)
一、原油特征	(27)
二、烃源岩甾烷、萜烷指纹分布特征	(42)
第三节 辽西低凸起主要油气田油源分析	(45)
一、锦州 20-2 凝析气田	(45)
二、锦州 25-1S 油气田	(47)

三、绥中 36-1 油田	(52)
第四章 储层特征及其控制因素分析	(54)
第一节 碎屑岩储层特征	(54)
一、沉积相和储层岩石学特征	(54)
二、储层成岩作用及成岩阶段划分	(60)
三、储层孔隙类型与演化及次生孔隙分布规律	(71)
四、储层综合评价及预测	(81)
第二节 变质岩储层特征及评价	(84)
一、储层岩性特征	(84)
二、储集空间类型	(88)
三、变质岩储层裂缝分析	(95)
四、储层分布与储集性能	(100)
五、岩性、物性和含油性三者之间关系	(109)
六、储层发育控制因素及有利储层预测	(112)
第三节 变质岩储层地震预测	(116)
一、基本原理	(116)
二、潜山裂缝性储层地震预测技术流程	(118)
三、锦州 25-1S 太古宇潜山储层预测效果	(118)
四、结论	(122)
第五章 流体动力场及演化特征	(123)
第一节 地温场特征及与油气分布关系	(123)
一、大地热流分布特征	(123)
二、现今地温场特征	(124)
三、与油气分布的关系	(126)
第二节 地压场特征及与油气分布关系	(127)
一、现今地压场剖面特征	(127)
二、现今地压场平面特征	(130)
三、与油气分布的关系	(130)
第三节 地温—地压系统特征及与油气分布关系	(132)
一、地温—地压系统的基本原理	(132)
二、地温—地压系统特征	(133)
三、与油气分布的关系	(135)
第四节 异常高压的成因	(135)
一、凹陷区异常高压发育机理	(136)
二、锦州 20-2 凝析气田超压成因及侧向传递机制	(139)
第五节 辽西低凸起中北部压力演化过程分析	(144)
一、古压力恢复原理及方法	(144)
二、辽东湾中北部压力演化过程分析	(146)
第六章 输导体系发育特征	(153)
第一节 断层输导体特征及其输导性能	(153)

一、主控断层的性质和形态特征	(155)
二、主控断层活动性分析	(161)
三、锦州 25-1S 油气田成藏期主控断层封闭性分析	(170)
四、断层输导体对油气成藏的控制	(181)
第二节 砂体输导层特征及其输导性能	(184)
一、沙河街组砂体输导层特征及其输导性能	(184)
二、东营组砂体输导层特征及其输导性能	(186)
第三节 不整合输导特征及其输导性能	(188)
一、辽西低凸起潜山分布特征	(189)
二、辽西低凸起中北段潜山不整合输导性能	(190)
第四节 辽东湾地区输导体系展布特征	(198)
一、辽东湾中北部输导系统的类型及分布	(198)
二、辽东湾地区输导体系展布特征	(202)
第七章 油气藏形成过程	(205)
第一节 烃源岩生烃史分析及排烃期确定	(205)
一、研究方法和步骤	(205)
二、剥蚀厚度取值的确定	(206)
三、生烃史分析	(207)
四、排烃期的确定	(210)
第二节 油气成藏期次研究	(210)
一、基本方法和原理	(210)
二、研究流程	(211)
三、锦州 25-1S 沙河街组油气藏成藏期次分析	(211)
第三节 锦州 25-1S 油田油气成藏期次特征分析	(218)
第八章 油气藏成藏模式与成藏主控因素	(219)
第一节 典型油气藏成藏模式	(219)
一、锦州 20-2 单向双源独立型成藏模式	(219)
二、锦州 25-1S 双向油源混合型成藏模式	(219)
三、绥中 36-1 单向单源成藏模式	(220)
第二节 油气成藏条件与成藏主控因素	(221)
一、油气成藏条件	(221)
二、油气成藏主控因素	(222)
第九章 油气分布规律与有利勘探区带预测	(224)
第一节 油气分布规律	(224)
一、输导体系单一且油气分布相对集中	(224)
二、油气主要集中在 3 套含油层系	(225)
三、已发现油气藏主要位于辽西低凸起上	(228)
四、已发现油气藏以构造型为主	(229)
五、构造转换带控制油气分布	(229)
第二节 隐蔽圈闭预测	(233)

一、陡坡带隐蔽圈闭分布模式	(233)
二、缓坡带隐蔽圈闭分布模式	(234)
三、洼槽带隐蔽圈闭分布模式	(235)
四、低凸起隐蔽圈闭分布模式	(235)
第三节 有利勘探区带预测	(236)
一、沙河街组有利勘探区带	(237)
二、东营组有利勘探区带	(238)
致 谢	(240)
参考文献	(241)

第一章 区域地质概况

辽东湾地区系指渤海东北部海域，南界大致为辽东半岛南端（老铁山）与河北省秦皇岛市连线，面积为 $2.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。在构造区划上，辽东湾地区为渤海湾盆地的一个次级构造单元，是下辽河拗陷在海域的延伸部分（赵澄林等，1992；罗毓晖等，1999）。

辽东湾自 1979 年开始实施钻探以来，共钻构造 45 个，已发现 8 个油气田和 24 个含油气构造。辽东湾含油气层系多、储量大，在东营组、沙河街组、馆陶组及潜山均已发现工业油气，发现三级地质储量约 $13 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中探明地质储量约 $7.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，是渤海海域最主要的油气产区之一。

第一节 区域构造特征

一、构造单元划分

辽东湾地区古近纪划分为三凹两凸共 5 个次级构造单元，自西向东依次是辽西凹陷、辽西低凸起、辽中凹陷、辽东凸起、辽东凹陷。各构造单元均呈北东—南西向展布（图 1-1）。凸起和凹陷多以陡倾的深断裂为界，这种深断裂通常发育在凹陷的东侧，且多为西倾；但辽东凹陷的西界断裂与辽西凹陷和辽东凹陷的边界断裂不同，为东倾断裂，这种差异与郯庐断裂带的晚期走滑运动及辽东凸起的形成有关（图 1-2）。

辽西凹陷、辽中凹陷均为东断西超，由北向南又均可细分为北、中、南 3 个次洼；辽东凹陷为西断东超。辽中凹陷面积最广，古近纪沉降幅度最大，厚度愈 6000m，是主力生烃凹陷；辽西凹陷次之；辽东凹陷规模最小。实际上，辽东凹陷曾属于东断西超的辽中凹陷的一部分，只是在早渐新世沙一、沙二段沉积时期营滩走滑断裂带穿过辽中凹陷，断裂带内的差异升降和挤压形成了辽东凸起，使它们分隔开来并各自成为相对独立的沉积凹陷（罗毓晖等，1999）。

与辽东凸起相比，辽西低凸起在分布范围、纵向的连续性等方面显得规模更大、发育时代更早（王国纯，1998）。辽西低凸起南北长约 174km，东西宽约 8 ~ 9km，面积约 1620 km^2 ；北与辽河中央凸起相连，南与石臼砭凸起相接。辽西低凸起总体几何形态为西陡东缓、南高北低。辽西低凸起东以斜坡与辽中凹陷相邻，西以辽西 1 号、辽西 2 号、辽西 3 号断层为界与辽西凹陷相邻，具有“凹中隆”的特点，是油气聚集的有利区带，目前已发现的大中型油气田多位于此带，如锦州 9-3、锦州 20-2、锦州 25-1S、绥中 36-1、旅大 4-2、旅大 5-2 等油气田。

辽东湾地区古近纪北东走向的凸起—凹陷相间的构造格局是与其所在的渤海湾盆地的构造背景有密切联系的。侯贵廷和钱祥麟等人从大地构造角度分析渤海湾盆地的构造背景，认为中生代至古近纪早期（42Ma 之前），由于扬子板块向北楔入，持续作用于华北板块，太平洋板块向北北西向俯冲，使北北东向的郯庐断裂带发生左旋走滑运动，致使郯庐断裂带以西地区处于左旋剪切应力场（侯贵廷，1998；钱祥麟，1999）。晚始新世沙三期（42Ma 以

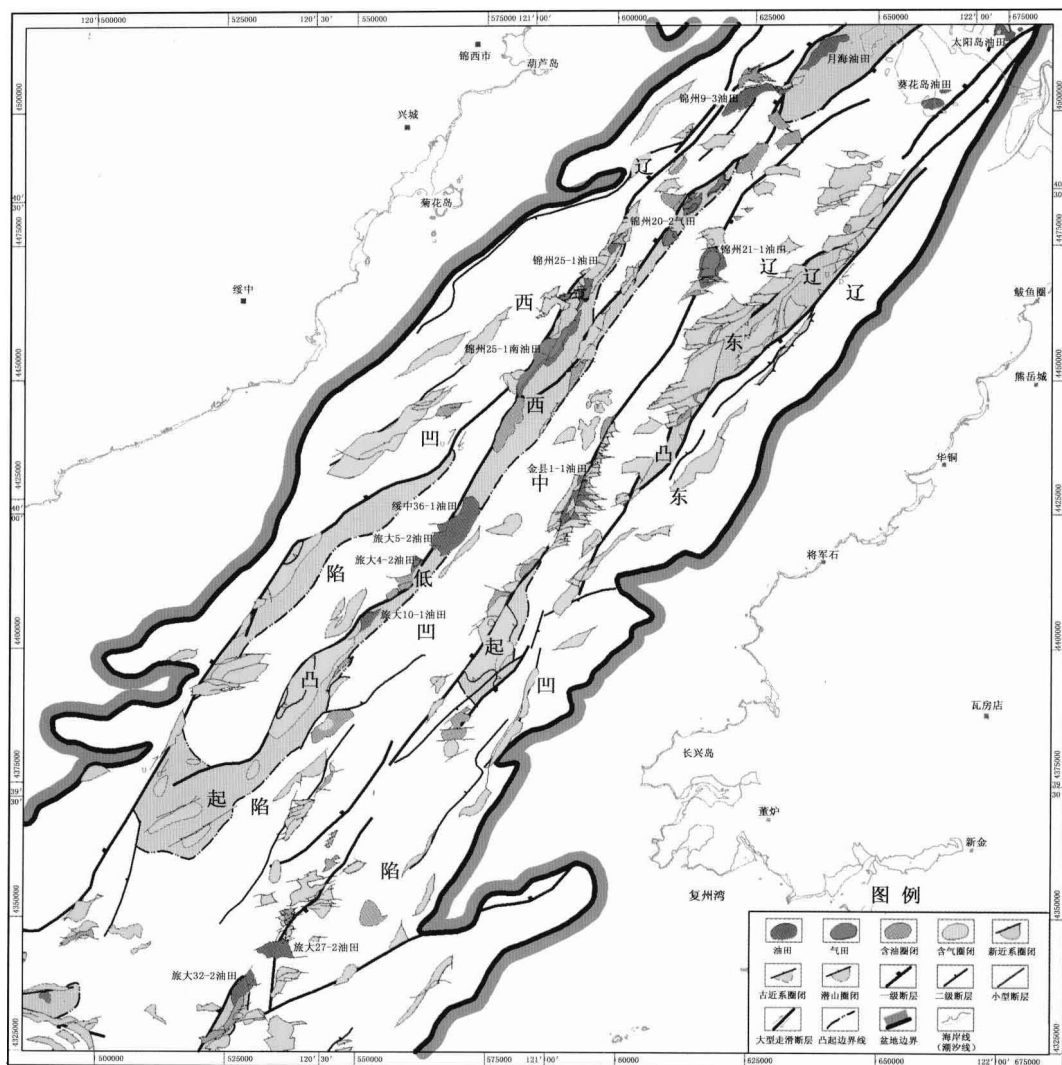


图 1-1 辽东湾地区地理位置及古近纪构造区划图 (据渤海油田勘探开发研究院, 2007)

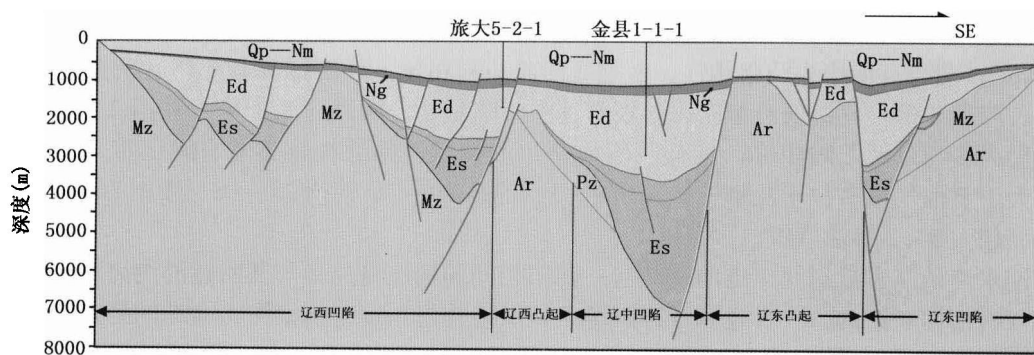


图 1-2 辽东湾地区 LZ185 测线新生界构造剖面图 (据渤海油田勘探开发研究院, 2002)

来)太平洋西岸的构造发生了转折,太平洋板块由北北西向俯冲转为北西西向俯冲(Montgomery, 1990),使郯庐断裂带转为右旋走滑运动(钱祥麟, 1999)。同时,由于印度板块对欧亚板块的俯冲,对华北板块施加北东向的挤压力,华北板块向东逃逸并沿着古生代就已存在的燕辽太行断裂带发生右旋张剪运动,沧县隆起从太行山隆起分离形成渤海湾盆地西部的走滑构造带,致使渤海湾盆地处于右旋剪切拉分伸展的应力场中(侯贵廷, 1998)。由以上分析可见,晚始新世以来(42Ma),在渤海湾盆地东侧为营潍走滑构造带,西侧为黄骅—德州—东明走滑构造带,在两个走滑构造带之间形成了拉分伸展区,渤海湾盆地成为走滑拉分盆地,叠合在中生代盆地之上。渐新世东营期(25~32.8Ma),渤海湾盆地东西两侧的走滑构造系统加剧了走滑运动,在盆地的局部派生了挤压应力场,伸展作用减弱,而反转构造和花状构造在走滑构造带上比较发育。之后,盆地便进入了坳陷阶段。关于渤海湾盆地及辽东湾地区的盆地类型及形成的构造动力学机制可能有其他不同的解释(马杏垣等,1983;朱夏等,1983;赵重远等,1990;漆家福,1994),但盆地形成的大地构造背景的认识是基本一致的。

二、构造演化特征

辽东湾古近纪的构造演化可划分为3个阶段:古新世—始新世中期(Ek—Es₃)的伸展裂陷阶段;始新世晚期—渐新世早期(Es₂—Es₁)的第一裂后热沉降阶段;渐新世东营期的走滑拉分再次裂陷阶段(表1-1)。

表 1-1 辽东湾古近纪构造演化阶段划分 (据渤海石油研究院)

地质年代		地层		年龄 (Ma)	盆地构造 演化阶段	构造沉降速率 (m/Ma)	盆地成因动力学机理
古 近 纪	渐 新 世	东 营 组	E ₃ d ₁	28.1	裂陷Ⅲ幕	100	右旋走滑拉分伴随幔隆和上、下地壳的非均匀不连续伸展
			E ₃ d ₂	30.3		100	
			E ₃ d ₃	32.8		190	
	沙 河 组	E ₃ s ₁	38.0	第一裂后热沉降阶段	80	岩石圈热沉降	
		E ₃ s ₂					
		E ₂ s ₃	42.0				裂陷Ⅱ幕
	始 新 世	E ₂ s ₄	65.0	裂陷Ⅰ幕	150	北北西—南南东方向的拉张伸展 伴随幔隆	
		孔 店 组					E ₂ k ₁
							E ₂ k ₂
	古新世	E ₁ k ₃					
	Pre—E				前古近系基底		

1. 古新世—始新世中期(Ek—Es₃)的伸展裂陷阶段(56—38Ma)

此阶段又分为古新世—始新世早期(Ek—Es₄)的裂陷Ⅰ幕(56—42Ma)和始新世中期(Es₃)的裂陷Ⅱ幕(42—38Ma)。古新世—始新世早期,由于地幔拱升,地壳受拉张变薄并导致北东向张性断裂发育,形成了控制辽东湾半地堑格局的主断裂。在断裂下降盘为辽西凹陷、辽中凹陷的雏形,上升盘形成夹于两凹之间的狭长的高地,即辽西凸起的雏形。始新世沙三段沉积时期,强烈拉张导致大规模的断裂活动,形成两凹(辽西凹陷、辽中凹陷)夹一凸(辽西凸起)的构造格局。在两个凹陷内沉积了辽东湾地区的主要烃源岩系。

2. 始新世晚期—渐新世早期 (Es₂—Es₁) 的第一裂后热沉降阶段 (38—32.8Ma)

沙一、沙二段沉积时期, 由于受喜马拉雅运动一幕的影响, 始新世末期构造的抬升运动使水体变浅。此期各主要断层活动相对较弱, 全区以稳定的盆地沉降为主。营滩走滑断裂带穿过辽中凹陷, 断裂带内的差异升降和挤压作用形成了辽东凸起的雏形。

3. 渐新世东营期的走滑拉分再次裂陷阶段 (32.8—24.6Ma)

渐新世东营期的右旋走滑拉分伴随幔隆和上、下地壳的非均匀不连续伸展, 辽东湾再次发生较强烈的断陷活动, 进入再次裂陷阶段, 两凹一凸的构造格局演变为三凹两凸。东一段沉积末期, 湖盆整体抬升, 结束了断陷沉积期。

新近纪辽东湾进入整体的拗陷下沉阶段。

第二节 层序地层特征

一、层序地层格架

一般来说, 层序地层单元是被区域性不整合面所限定, 它严格受控于区域沉积 (地层) 构造事件。同一层序地层单元是在同一构造应力场作用和同一沉积背景下形成的不同时期沉积体系域的组合, 它具有相近的岩相组合特征、圈闭类型、地震反射波组、电性特征、生物组合和岩石类型。因此, 层序地层划分是在区域地层研究与地震层序、测井层序、岩石地层和生物地层等地层单元综合研究的基础上, 建立的某一地区或某盆地内合理的层序地层格架和划分方案, 能够有效地指导油气田勘探开发。

通过细致深入地研究渤海湾盆地辽东湾地区大量地震反射剖面、钻井剖面的岩性组合、测井曲线、古生物资料及构造运动演化特征, 并考虑到地震反射剖面的分辨率, 以及对个别界面的识别和区域追踪难度, 可将辽东湾划分为前古近系、古近系和新近系 3 个一级层序, 其中又将古近系划分为 6 个三级层序 (表 1-2), 自下而上依次为孔店—沙四层序、沙三层序、沙二—沙一层序、东三层序、东二层序、东一层序。

表 1-2 渤海海域古近系层序地层划分表

地质年代	地层		年龄 (Ma)	地震反射	三级层序	岩性	古生物组合			沉积环境
							介形类	孢粉类	藻类	
古近纪	渐新世	东营组	E ₃ d ₁	T ₂	SE ₃ d ₁	灰、深灰、黄绿、灰褐色泥岩与浅灰、灰白色砂岩互层	化石稀少	水龙骨单缝孢属—威粉属—椴粉属组合	光面球藻属—粒面球藻属组合	河流、三角洲、沼泽、湖泊
				T ₃ ^上						
			E ₃ d ₂	T ₃ ^中	SE ₃ d ₂	灰、深灰、褐灰色泥岩夹薄层粉—细砂岩	细弯脊东营介—近三角华花介组合	榆粉属组合	皱面球藻属—网面球藻属组合	三角洲、湖泊
			E ₃ d ₃	T ₃	E ₃ d ₃	深灰色泥岩夹砂岩透镜体	光亮西营介组合			湖泊
	新近世	沙河街组	E ₃ s ₁	T ₄	SE ₃ s ₁₊₂	特殊岩性段, 底部常为生物碎屑灰岩, 碎屑云岩	惠民小豆介—具刺湖花介组合	栎粉属组合	薄球藻属—棒球藻属组合	湖泊、碳酸盐生物滩
			E ₃ s ₂	T ₅		灰绿、灰褐色泥岩与中—粗砂岩互层	椭圆拱星介组合	麻黄粉属—芸香粉属组合	光面球藻属—盘星藻属组合	扇三角洲、湖泊碳酸盐台地

续表

地质年代		地层		年龄 (Ma)	地震 反射	三级 层序	岩性	古生物组合			沉积环境
								介形类	孢粉类	藻类	
古近纪	始新世	沙河街组	E ₂ s ₃	42.0	T ₆ ³	SE ₂ s ₃	深灰、黑灰、灰褐色泥岩夹灰—褐色油页岩	华北介组合	小亨氏栉粉—小栉粉组合	渤海藻属—副渤海藻属—细瘤面锥藻属组合	扇三角洲、湖泊、水下扇
			E ₂ s ₄				灰色灰岩、云岩与膏岩互层局部夹深灰—褐色泥岩，高部位为红色的粗碎屑砂岩，底部为砾岩				
	孔店组	E ₂ k ₁	SE ₁ k	灰、灰绿、红色泥岩夹云岩，条带灰岩	未见化石	小刺鹰粉—水龙骨单缝孢属—桦科组合	洪积扇、水下扇、湖泊				
		E ₂ k ₂									
		E ₁ k ₃									
	古新世			65.0	T ₈						
Pre - E				前古近系基底							

二、层序地层特征

1. 前古近系层序

前古近系层序的顶界面即为古近系层序的底界面，为一级区域不整合面，代表着盆地的基底面。此层序界面在地震剖面上为一个明显的削截面和上超面。该界面之下为基底地层，主要包括太古宇、中上元古界变质岩、花岗岩，古生界碳酸盐岩和中生界火成岩地层，且不同部位基底的时代和岩性不同；界面之上为沙河街组或孔店组的陆相碎屑岩，因而界面上下地层的岩性、电性、古生物特征差别显著。

辽东湾在太古宇变质岩、混合花岗岩潜山中发现丰富油气，在古生界碳酸盐岩潜山亦发现少量油气。

2. 古近系层序

古近系主要为断陷期沉积，上覆的新近系为裂后拗陷期沉积，两者之间为一级区域不整合面，在地震反射剖面及电测曲线均有显著的界面特征。辽东湾盆地构造格局控制了盆地古近系不同沉积层序的分布和演化。

(1) 孔店—沙四层序。

孔店—沙四时期，辽东湾沉积比较局限，只有辽西凹陷和辽中凹陷接受沉积，沉积中心位于辽中凹陷的中部，地层展布受盆地形态控制，呈北东—南西向分布。此时辽东凹陷还未形成，无孔店—沙四沉积地层分布。

辽东湾地区钻达孔店组、沙四段的井少，从目前揭示的岩性看，是以泥岩与碳酸盐岩互层为主，且均夹有红色岩层，总体上为干旱环境下的小型湖泊和冲积扇沉积。

(2) 沙三层序。

在辽东湾地区沙三层序沉积范围明显扩大，主要沉积仍集中在辽西凹陷与辽中凹陷，且辽中凹陷沙三段沉积厚度普遍大于辽西凹陷。辽西凹陷沙三段地层厚度达 1400 ~ 1800m，辽

中凹陷沙三段地层厚度达 2000 ~ 2400m。

辽东湾地区沙三段以暗色泥岩或油页岩为主，主要为湖泊环境，边缘发育扇三角洲或水下扇；沙三段是主力烃源岩发育层段。

(3) 沙二—沙一层序。

沙二—沙一时期，盆地处于第一裂后热沉降阶段，盆地范围内沙二—沙一沉积广泛，但沉积厚度总体不大，全区平均厚度 200 ~ 300m，最厚为 600m 左右。

辽东湾地区沙二段是灰色泥、页岩与中—粗砂岩互层沉积，发育湖泊、碳酸盐岩台地和扇三角洲各种沉积环境；沙一段为特殊岩性段，暗色泥岩和油页岩广泛发育，底部为生物碎屑灰岩、碎屑云岩，为湖泊和碳酸盐生物滩环境；沙一—沙二段是辽东湾北区的主力含油层系之一。

(4) 东三层序。

东三沉积时期，断裂活动强烈，是辽东凸起的主要形成时期，盆地呈现出明显的三凹两凸形态。在构造格局的限定下，东三段沉积主要发育在辽中凹陷，辽西凹陷次之，辽东凹陷发育较少。辽中凹陷东三段沉积厚，最厚可超过 2200m；辽西凹陷东三段地层普遍较薄，800m 以下地层分布范围最广，最厚不超过 1400m；辽东凹陷沉积中心处东三段地层达到 1500m 左右，但地层分布极为局限。辽西凸起除旅大 4-2、旅大 4-1、旅大 10-1 一线附近东三时期处于湖平面之上、遭受剥蚀或无沉积外，其他部位均在水下接受沉积，因而可以说辽西凸起对东三的控制强度减弱，而辽东凸起对东三的沉积控制较强，截挡了东部物源向辽中凹陷的进入，只有在金县 1-1-1 井附近东部复州水系的物源进入辽中凹陷，形成一个比较大的辫状河三角洲沉积。

东三段岩性主要为深灰色泥岩夹砂岩透镜体，其沉积环境以湖泊为主；东三段主要为区域盖层，但在辽中凹陷的深洼部位亦可成熟供烃。

(5) 东二层序。

相对东三层序来说，东二层序全区的沉积范围变化不大，但沉积厚度明显变薄。辽中凹陷东二地层最厚达 1400m，辽西凹陷普遍在 600m 左右，辽东凹陷一般均在 300m 以下。此时的剥蚀或无沉积区多位于辽东凸起，但较东三层序而言，范围明显减小；辽西凸起仅在南部有小范围的剥蚀无沉积区。

东二段发育厚层状中—细粒砂岩，主要为三角洲沉积；为辽东湾地区的主力含油层系之一。

(6) 东一层序。

东一层序沉积范围更广，除辽东凸起中北部外均接受沉积。沉积中心北移到辽中凹陷的北部，东一沉积厚度最厚达 1000m 左右；辽西凹陷在 600m 以下；辽东凹陷大多在 400m 左右。

东一段为灰、黄绿色泥岩与浅灰色砂岩互层，沉积环境主要为河流、三角洲和湖泊。

3. 新近系层序

新近系为裂后拗陷期沉积，自下而上为馆陶组和明化镇组，全区为一套辫状河到曲流河的陆源粗碎屑沉积。新近系是辽东湾南区旅大 16-1、旅大 27-2 油气田的重要储油层系。

新近系之上为第四系所覆盖。

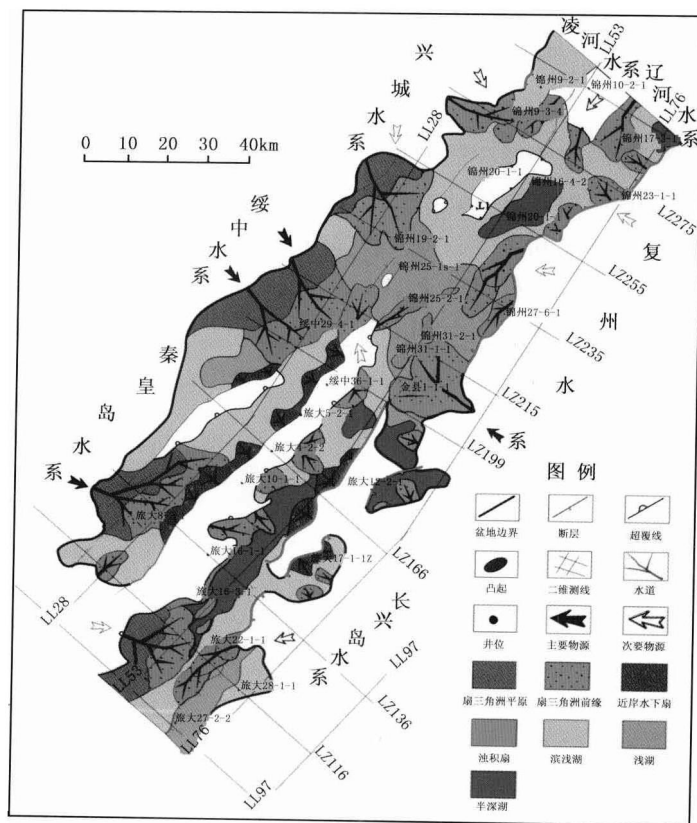


图 1-4 沙三层序沉积相分布图 (据渤海油田勘探开发研究院, 2006)

凹陷的中心地带, 其中金县 1-1-1 井附近的扇三角洲面积最大, 约 400km²; 在其前方的浅湖—半深湖地带发育有 2 个浊积扇体, 为三角洲前缘砂体滑塌成因。北部的凌河水系和辽河水系沿辽中凸起方向汇入辽东湾地区北部, 形成 3 个南北向展布的扇三角洲沉积体, 但规模较小。

三、沙二—沙一层序沉积相展布特征

沙二—沙一层序沉积时期是辽东湾地区的第一稳定热沉降阶段, 此时盆地的规模迅速扩张, 湖盆范围较沙三层序明显变大, 但水体变浅, 沉积以滨浅湖、浅湖相为主。由于构造活动相对减弱, 盆地地形也相对变缓。分隔辽西凹陷与辽中凹陷的辽西低凸起的规模开始变小, 它作为盆内物源的作用明显减弱。除绥中水系外, 东西两侧各水系仍继承性发育扇三角洲沉积体系, 但规模较沙三层序有所扩大。该时期绥中水系的沉积特征发生了较大的变化, 在辽西凹陷中段发育 4 个辫状河三角洲沉积体, 除了北部的一个面积较小、延伸距离较短之外, 其他几个范围都已达到辽西凹陷的东部边界, 尤其是中部的两个辫状河三角洲在锦州 25-1S 构造处越过辽西低凸起进入了辽中凹陷内部, 延伸距离约 50km。辽西低凸起锦州 20-2 构造周围还发育碳酸盐岩滩坝相沉积 (图 1-5)。