

油气藏地质及开发工程国家重点实验室资助

辽东湾地区

油气成藏规律与勘探方向研究

徐国盛 周东红 田立新 等 著

LIAODONGWAN DIQU
YOUQI CHENGCAO GUILV YU KANTAN FANGXIANG YANJIU



科学出版社

油气藏地质及开发工程国家重点实验室资助

辽东湾地区油气成藏规律 与勘探方向研究

徐国盛 周东红 田立新 等著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书应用油气成藏动力学的原理和方法,重点对辽东湾地区油气成藏的主要控制因素进行系统剖析,从而深化对辽东湾地区油气成藏规律的认识,对勘探新领域和新目标的发现具有重要的现实意义,对我国类似地区的油气勘探也将具有重要的参考价值,并进一步丰富和完善含油气盆地石油地质理论。

本书可供从事油气勘探与开发的地质工作人员及工程技术人员,以及高等院校相关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

辽东湾地区油气成藏规律与勘探方向研究 / 徐国盛等著. —北京: 科学出版社, 2014. 3

(油气藏地质及开发工程丛书)

ISBN 978-7-03-039758-4

I. ①辽… II. ①徐…②周…③田… III. ①东湾—油气藏形成—研究
②辽东湾—油气田—油气勘探—研究 IV. ①P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 026127 号

责任编辑: 杨 岭 黄 桥 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 邝志强 / 封面设计: 墨创文化

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2014 年 3 月第一次印刷 印张: 19 3/4

字数: 470 000

定价: 89.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

本书作者

徐国盛	周东红	田立新
袁海锋	郭永华	罗小平
王应斌	吴昌荣	徐长贵
熊晓军	李 坤	王 军
郭 军		

前 言

目前,油气成藏研究不再是单方面的,而是综合利用地质、地球物理、地球化学手段和计算机模拟技术,在盆地演化历史中和输导格架下,通过能量场演化及其控制的化学动力学、流体动力学和运动学过程分析,恢复沉积盆地油气形成、演化、运移过程和总结油气聚集规律的综合性研究。这就形成了成藏动力学这样一门特色学科。近年来,由于油气勘探的深入和多学科联合研究的开展,成藏动力学在流体输导系统、盆地能量场演化与流体流动样式、油气成藏机理与充注历史分析、油气成藏模式等各个方面都取得了重要进展。油气成藏综合研究主要从以下几个方面进行:①结合地质、地球物理和计算机模拟技术研究构造发育历史、层序格架中的沉积演化和时空展布,数值模拟预测岩石性质和储层的孔渗性;②研究盆地的生、储、盖、运、圈、聚、保等成藏基本条件;③进行油-源对比追踪确定各油气藏与各源层的关系;④进行油气充注期次及油气运移方向研究;⑤结合隐蔽油气藏成藏机理的特殊性,分析成藏条件与成藏地质作用的匹配关系,恢复油气成藏过程,建立油气成藏模式,总结油气成藏规律。

本书针对辽东湾地区具体的地质情况,先后展开了区域地质背景及勘探历程研究、烃源岩特征资源潜力及油气源对比研究、温压场特征及其与油气分布关系研究、储盖特征及组合与展布研究、油气输导体系及输导效率研究、郯庐断裂带构造结构及其油气成藏效应作用的研究、典型油气田解剖及油气成藏规律研究、油气成藏主控因素及勘探方向研究。本书应用油气成藏动力学的原理和方法,重点对辽东湾地区油气成藏的主要控制因素进行系统剖析,从而深化对辽东湾地区油气成藏规律的认识,对勘探新领域和新目标的发现具有重要的现实意义,对我国类似地区的油气勘探也将具有重要的参考价值,并进一步丰富和完善含油气盆地石油地质理论。

本书首先明确辽东湾地区的主力烃源岩,定量分析评价各套烃源岩的地球化学特征及其差异性,通过原油和各套烃源岩的生物标志物特征的精细对比,确定各油气田的油气来源和生烃洼陷,评价各套烃源岩对油气成藏的相对贡献;并建立富烃凹陷的定量评价指标体系,计算辽东湾地区主要重点凹陷-辽中凹陷各次洼东三段、沙一段、沙三段三套主力烃源岩层的油气资源量。

在对辽东湾地区温压场特征进行的研究中,定性分析油气分布所处的温压带。辽东湾地区地温随埋深的增加而升高,呈较稳定的直线带状对应关系分布态势。中区平均地温梯度比北区、南区偏高。局部高地温梯度异常区沿辽西低凸起成串珠状分布,其延伸方向与辽东湾地区 NE 向主断裂方向一致。辽东湾地区异常压力主要分布在东营组二段下至沙河街组一段、三段,油气藏主要分布于异常高压带内部或异常高压带边缘的常压及过度压力带。

在研究区内,含油气碎屑岩储层主要发育在古近系,在新近系的明化镇组和馆陶组

分布较少。古近系储层分布于全区但展布特征复杂,宏观上砂体的分布明显受控于当时岩相古地理平面展布。微观上储集层物性随着深度的增大逐渐变差,且非均质性强。还发育有基底型潜山油气藏,其中主要为变质岩储层,裂缝是该类储层油气富集与产出的关键因素。辽东湾地区北部幅度大、范围广的东二段下-沙一段超压体系,岩性与超压双重封盖条件极为优越,沙三段烃源岩生成的丰富油气难以突破此套区域超压盖层,被封盖在其下,使沙一段、沙二段、潜山成为主要的成藏层系。

辽东湾地区输导体系可划分为六种类型:①断层型输导体系;②不整合型输导体系;③砂体输导体系;④断层-砂体输导体系;⑤断层-不整合输导体系;⑥断层-砂体不整合输导体系。研究区以砂体-断层输导体系为主,断层对油气的运移与聚集起着决定性的作用。而对潜山油气藏其断层-不整合输导体系的作用尤为突出。辽东湾地区断裂系统具有“主次分明、动静结合”的特点,对油气运聚起着重要的控制作用。在动态上,I、II级断裂活动性强,对油气主要起到了垂向上的输导作用,难以形成油气聚集,但在其活动性较弱的部位同样具有聚集和保存油气的能力;而III级断裂活动速率较低,主要起到汇聚油气的作用。在静态上,断层的封闭性是油气富集的主控因素之一。综合使用SGR泥岩断层泥比值和断面所能封闭的烃柱高度值等方法定量计算断层的封堵性。

剖析了郯庐断裂带(辽东湾段)对烃源岩的发育与演化、储层的分布与质量、圈闭的类型与规模、油气的运移与聚集等方面的重要影响。郯庐断裂在不同地段的断裂活动时间、断裂组合形式、断裂性质以及断裂规模不同,造成不同地段油气藏类型和规模也不同。郯庐断裂对油气成藏具有特殊性控制作用,表现为“走滑聚烃、主干定带、派生控藏”的特征。

本书最后对典型油气田(凸起带油气田JZ20-2N、JZ20-2、JZ25-1S及凹陷带油气田JZ21-1、JZ31-6、JX1-1、LD27-2)进行剖析,恢复了凸起带和凹陷带典型油气藏的成藏过程,建立了凸起带和凹陷带的成藏模式。凸起带油气成藏遵循“接力供烃、油气‘叠层’式成藏”的规律,凹陷带的油气成藏遵循“走滑富烃、油气‘树丛’式成藏”的规律。辽东湾地区油气成藏主要受以下因素控制:烃源岩演化决定油气藏的烃类流体性质、生油洼陷控制油气富集区的展布、圈闭有效性控制油气的分布层位和油气藏规模、断裂体系控制油气的运聚和侧向封堵。

本书分为八章。其中,前言由徐国盛编著;第1章由田立新编著;第2章由罗小平、郭永华编著;第3章由周东红、熊晓军编著;第4章由王应斌、郭军编著;第5章由徐长贵、王军编著;第6章由吴昌荣、李坤编著;第7章由袁海锋、徐国盛编著;第8章由徐国盛、徐长贵编著。最后,由徐国盛、周东红、田立新修改定稿。另外,龚德瑜、毛敏、梁家驹、张成富、段亮、何玉、王霄、杨成、刘文俊等做了大量的基础研究与图件制作工作。另外,中国海洋石油有限公司天津分公司的领导和有关技术专家如周心怀、李建平、孙书滨、李果营、王飞龙、吴奎、黄晓波、吴俊刚、郭涛等也为本书出版提供了技术支持并付出了辛勤的劳动。对贵公司领导及工作人员的支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

作者希望本书能对从事油气田勘探与开发地质工作人员和工程技术人员有所帮助，也可作为大专院校及企业在职教育培训教材。

鉴于作者水平有限，书中不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

徐国盛

2013 年 4 月

目 录

前言

第 1 章 区域地质概况及勘探历程	1
1.1 区域地质特征	2
1.1.1 区域构造特征	2
1.1.2 区域沉积特征	3
1.2 区域地层特征	10
1.2.1 地层发育特征	10
1.2.2 地层分布特征	11
1.3 勘探历程	18
第 2 章 烃源岩特征资源潜力及油气源对比	19
2.1 烃源岩的有机质丰度特征	19
2.1.1 东二下段烃源岩有机质丰度	19
2.1.2 东三段烃源岩有机质丰度	21
2.1.3 沙一段烃源岩有机质丰度	23
2.1.4 沙三段烃源岩有机质丰度	25
2.2 烃源岩有机质类型特征	27
2.2.1 东营组烃源岩有机质类型	27
2.2.2 沙河街组烃源岩有机质类型	30
2.3 主要烃源层热演化史恢复与展布特征	31
2.3.1 门限深度的确定	31
2.3.2 烃源岩热演化史恢复模型的建立基础	34
2.3.3 烃源岩成熟度横向展布及演化特征	36
2.3.4 烃源岩成熟度平面展布及演化特征	41
2.4 辽中凹陷资源潜力及富烃凹陷特征	44
2.4.1 基础地质参数的平面图分布特征	45
2.4.2 资源量计算基础参数的确定	46
2.4.3 辽中凹陷油气资源量的计算	49
2.5 辽中富烃凹陷评价	50

2.5.1 富烃(油、气)凹陷概念与研究意义	50
2.5.2 富烃(油、气)凹陷形成条件与基本特征	50
2.5.3 富烃(油、气)凹陷评价体系	58
2.5.4 辽中凹陷富烃(油、气)与渤海湾盆地其他凹陷对比	63
2.6 辽中凹陷主要构造油气源对比分析	65
2.6.1 LD27-2 油气地球化学特征及油气源分析	65
2.6.2 LD10-1 原油地球化学特征及油源研究	71
2.6.3 SZ36-1 油气地球化学特征及油气源分析	74
2.6.4 JZ21-1、JZ21-1S 原油地球化学特征及油源对比	81
2.7 小结	85
第3章 温压场特征及其与油气分布关系	87
3.1 现今地温场特征	87
3.1.1 地温场纵向分布特征	87
3.1.2 地温场平面分布特征	88
3.2 现今地压场特征	90
3.2.1 现今地层压力的计算方法	90
3.2.2 地压场纵向分布特征	93
3.2.3 地压场平面分布特征	97
3.3 压力与油气分布的关系	100
3.3.1 JZ20-2 气田压力与油气成藏的关系	101
3.3.2 JZ21-1 及 JZ16-4 油气田压力与油气成藏的关系	102
3.3.3 JZ25-1S 油气田压力与油气成藏的关系	103
3.3.4 JX1-1 油气田压力与油气成藏的关系	105
3.4 地温-地压系统特征	106
3.4.1 沉积盆地实际地温-地压系统模式	107
3.4.2 辽中凹陷典型构造区地温-地压系统及油气层分布特征	108
3.5 小结	111
第4章 储盖特征及生储盖组合	112
4.1 储层特征	112
4.1.1 储层的物性特征	112
4.1.2 储层的宏观展布特征	117
4.1.3 储层综合评价	120
4.2 盖层特征	121

4.2.1 盖层的宏观发育特征	121
4.2.2 盖层超压封闭特征	121
4.2.3 盖层封闭能力综合评价	125
4.3 生储盖组合特征	130
4.4 小结	132
第5章 油气输导体系	133
5.1 断层输导体系	133
5.1.1 断裂系统的分布特征	133
5.1.2 断层活动速率与油气运聚的关系	135
5.1.3 断裂系统对油气的封闭机理	138
5.2 不整合输导体系	143
5.2.1 不整合空间结构的划分	143
5.2.2 不整合输导体系实例分析	144
5.3 砂体输导体系	147
5.4 输导体系的时空配置	149
5.5 小结	152
第6章 郯庐断裂带（辽东湾段）对油气成藏的作用	153
6.1 郯庐断裂带（辽东湾段）结构解剖	156
6.1.1 郯庐断裂带（辽东湾段）平面展布特征	157
6.1.2 郯庐断裂带（辽东湾段）剖面结构特征	159
6.1.3 郯庐断裂带（辽东湾段）分段差异	164
6.1.4 郯庐断裂带（辽东湾段）构造样式	168
6.2 郯庐断裂带（辽东湾段）演化特征	170
6.2.1 郯庐断裂带（辽东湾段）分段演化特征	171
6.2.2 郯庐断裂带（辽东湾段）活动强度	174
6.2.3 郯庐断裂带（辽东湾段）活动期次	174
6.3 郯庐断裂带（辽东湾段）的油气成藏效应	176
6.3.1 影响烃源岩发育与演化	176
6.3.2 影响储层分布与质量	177
6.3.3 影响圈闭类型与规模	179
6.3.4 影响油气运移与聚集	181
6.4 辽东湾与周边地区油气构造特征对比	186
6.5 小结	189

第7章 典型油气田成藏解剖及油气成藏规律	191
7.1 低凸起带油气成藏特征	191
7.1.1 JZ20-2N 油气田油气成藏解剖	191
7.1.2 JZ20-2 油气田油气成藏解剖	195
7.1.3 JZ25-1S 油气田油气成藏解剖	205
7.2 凹陷带油气成藏特征	211
7.2.1 JZ21-1 油气田油气成藏解剖	211
7.2.2 JZ31-6 油田油气成藏解剖	225
7.2.3 JX1-1 油田油气成藏解剖	232
7.2.4 LD27-2 油田油气成藏解剖	245
7.3 辽东湾油气成藏模式及成藏规律	251
7.4 小结	254
第8章 油气成藏主控因素及勘探方向	255
8.1 辽东湾地区油气分布特征	255
8.1.1 油气平面分布特征	256
8.1.2 油气纵向分布特点	261
8.2 油气成藏主控因素	262
8.2.1 源岩对油气成藏的控制作用	263
8.2.2 圈闭对油气成藏的控制作用	265
8.2.3 断裂对油气成藏的控制作用	266
8.2.4 输导体系对油气成藏的控制作用	274
8.3 油气勘探方向	278
8.3.1 LD22-1 构造-LD27-1 构造勘探成效	279
8.3.2 JZ17-23 构造带的勘探前景	285
8.4 小结	291
参考文献	292
索引	302

第 1 章 区域地质概况及勘探历程

辽东湾坳陷位于渤海湾盆地东北部海域，呈北东向长条形展布（图 1-1），其东西两侧分别与胶辽隆起、燕山褶皱带相邻，南北分别与渤中坳陷、下辽河断陷盆地相接，面积约 11 000km²。在构造区划上，该区为渤海湾盆地的一个次级构造单元——下辽河坳陷在海域的延伸部分。经过近半个世纪的勘探，辽东湾坳陷共发现了 14 个大油气田和 29 个含油气构造，获各级石油地质储量 13×10^8 t，天然气地质储量 535×10^8 m³。

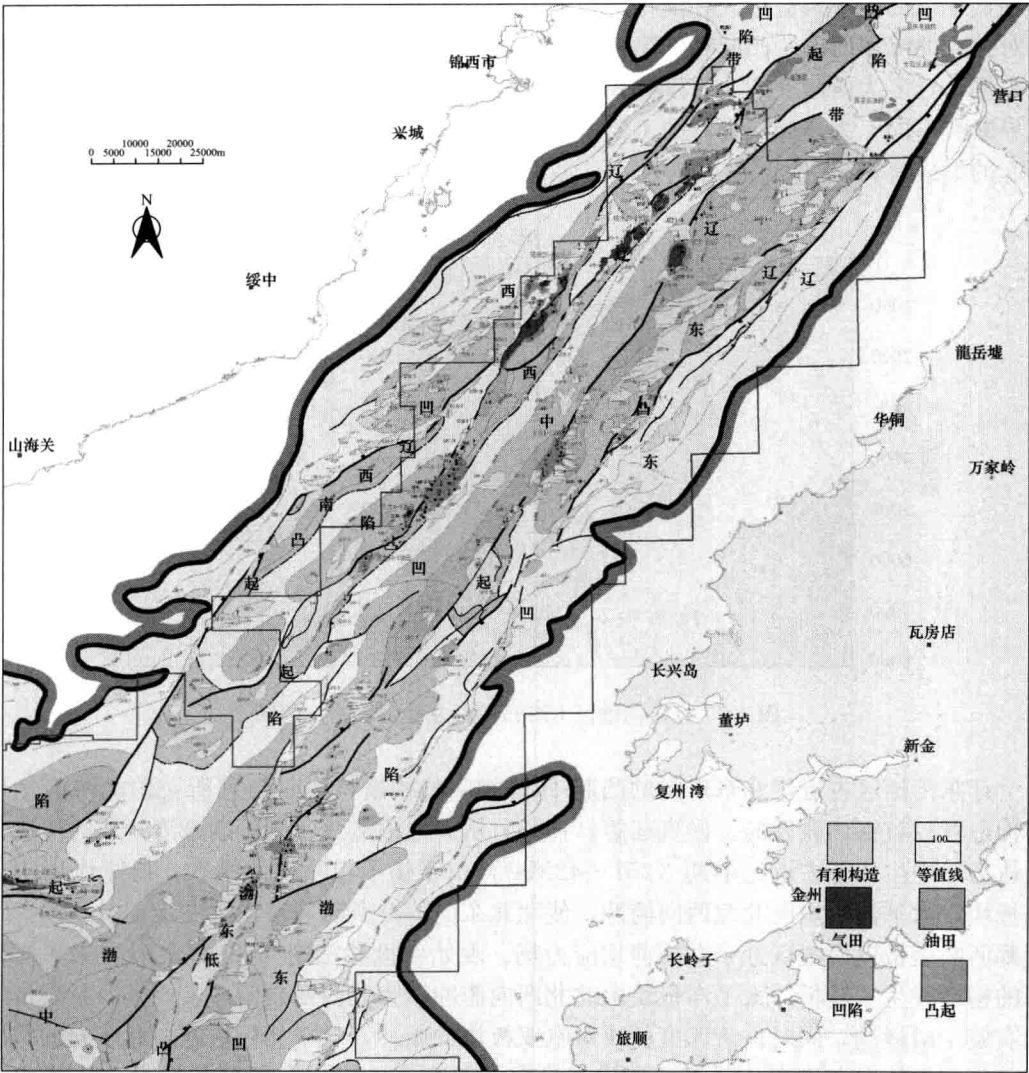


图 1-1 辽东湾地区地理位置及古近纪构造区划图

1.1 区域地质特征

1.1.1 区域构造特征

根据目前的研究成果,辽东湾地区古近纪划分为三凹两凸共五个次级构造单元,自西向东分别是辽西凹陷、辽西凸起、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,且相互平行(图 1-1)。其中,辽中凹陷面积最广、地层厚度最大、埋藏最深,是三个凹陷中规模最大的,辽西凹陷次之,辽东凹陷规模最小。与辽东凸起相比,辽西凸起在分布范围、纵向的连续性等方面显得规模更大(图 1-1),而且后者的发育时代也要比前者早。实际上,辽东凹陷曾属于东断西超的辽中凹陷的一部分,只是在盆地东部走滑构造形成和演化过程中产生了辽东凸起,使它们分隔开来并各自成为相对独立的沉积凹陷。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(图 1-1 和图 1-2)。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(图 1-2)。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。

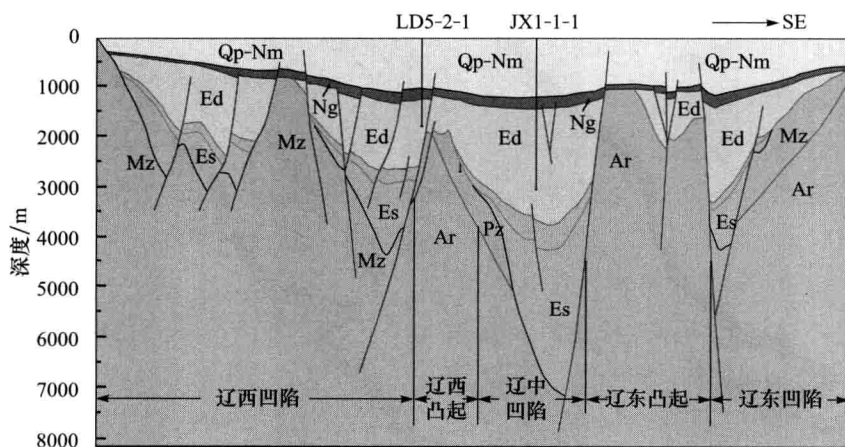


图 1-2 辽东湾地区 LZ185 测线新生界构造剖面图

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。侯贵廷等(1998)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(251~42Ma),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。晚始新世沙三期(42Ma之后)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,使郯庐断裂带转为右旋走滑运动。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中条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 之后），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（32.8~25Ma），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，盆地便进入了拗陷阶段。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，但盆地形成的大地构造背景的认识是基本一致的。

辽东湾古近纪的构造演化可划分为三个阶段：第一阶段是古新世-始新世中期（Ek-Es³）的伸展张裂陷阶段（56~38Ma）；第二阶段为始新世晚期-渐新世早期（Es²-Es¹）的第一裂后热沉降阶段（32.8~38Ma）；第三阶段为渐新世东营期的走滑拉分与地幔和上、下地壳的非均匀不连续伸展叠加的再次裂陷阶段（32.8~24.6Ma）。其中，第一阶段又分为两个裂陷幕，分别为古新世-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）（表 1-1）。

表 1-1 渤海含油气区古近纪构造演化阶段划分

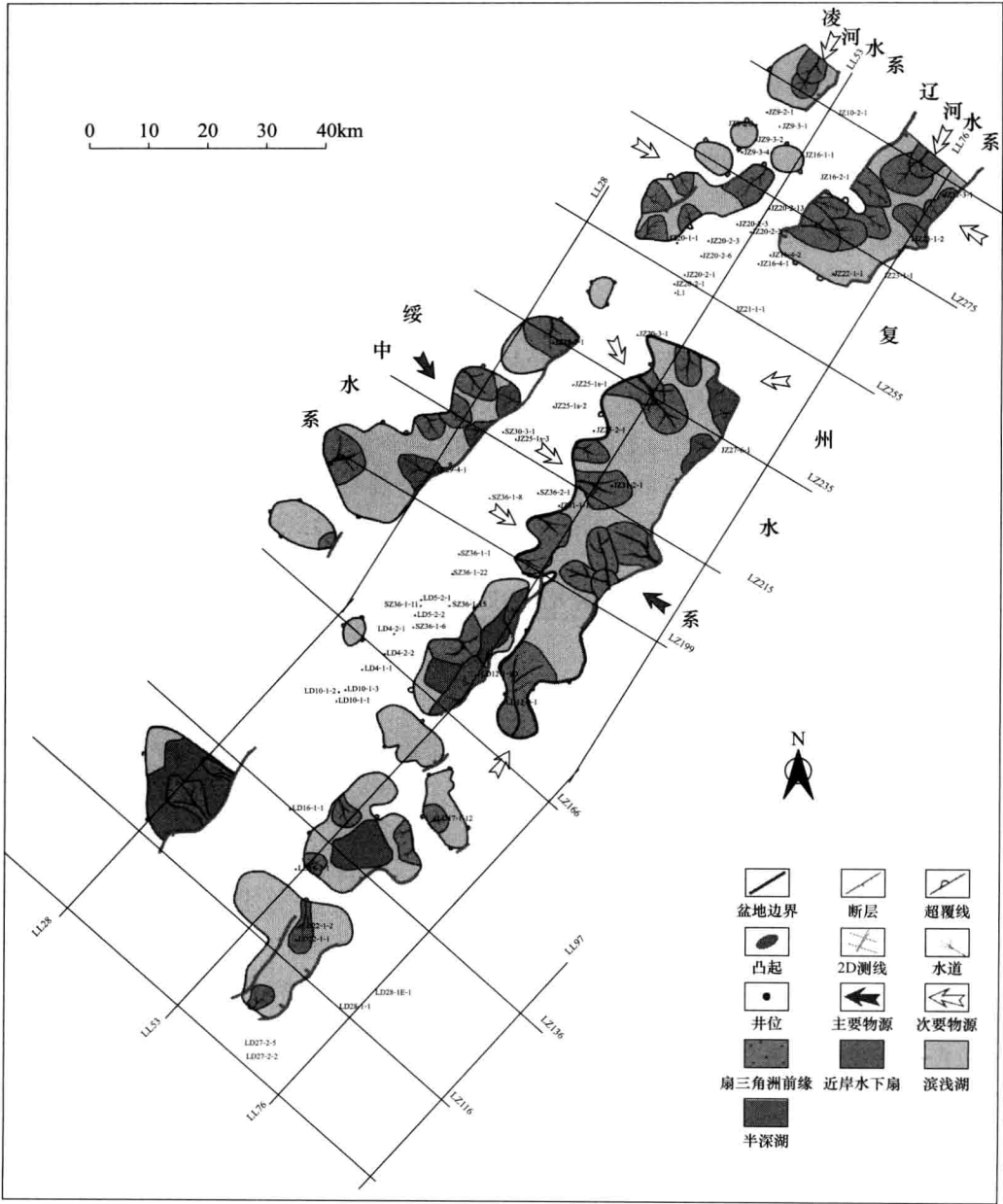
地质年代		地层		年龄/Ma	盆地构造演化阶段	构造沉降速率	盆地成因动力学机理
古近纪	渐新世	东营组	E ₃ d ¹	28.1	裂陷Ⅲ幕	100m/Ma	右旋走滑拉分伴随幔隆和上、下地壳的非均匀不连续伸展
			E ₃ d ²	30.3		100m/Ma	
			E ₃ d ³	32.8		190m/Ma	
	始新世	沙河街组	E ₃ s ¹	38.0	第一裂后热沉降阶段	80m/Ma	岩石圈热沉降
			E ₃ s ²				
			E ₂ s ³	42.0	裂陷Ⅱ幕	220m/Ma	北北西-南南东方向的拉张伸展伴随幔隆
		E ₂ s ⁴	65.0	裂陷Ⅰ幕			
		孔店组			E ₂ k ¹		
					E ₂ k ²		
	古新世	E ₁ k ³					
前第三纪				前第三系基底			

1.1.2 区域沉积特征

辽东湾古近系的沉积地质特征主要是受盆地构造格局及断裂的活动控制。常之瑞、赵澄林等、王存志等和米立军等都曾针对辽东湾不同区块的沉积特征进行了较为细致的工作。

（1）孔店组和沙四段沉积时期，盆地处于裂陷Ⅰ幕，是盆地形成的初始裂陷期，辽东湾地区为一系列小且彼此分隔的裂谷，统一盆地未形成，辽东湾由相互分割的小断陷组成。沉积局限在辽西凹陷和辽中凹陷，凹陷边缘主要发育小规模 的扇三角洲和近岸水

下扇沉积，中部为滨浅湖、浅湖沉积（图 1-3）。



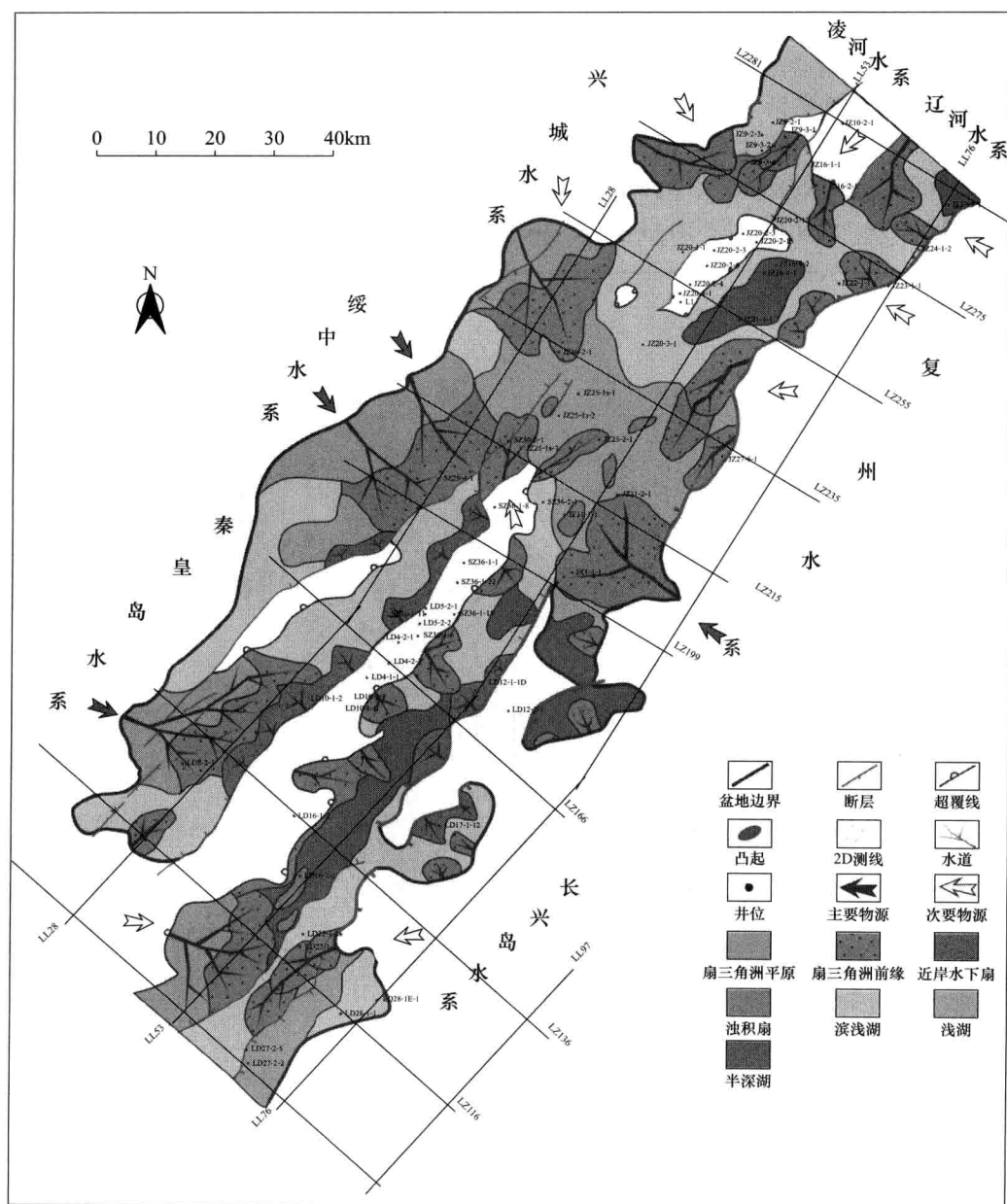


图 1-4 辽东湾地区沙三段沉积相分布图

盆地西侧兴城水系、绥中水系、秦皇岛水系和盆地东侧复州水系形成的扇三角洲规模较大。例如，绥中水系所控制的扇三角洲范围一直向辽西凹陷内部延伸至辽西低凸起西侧边界断层附近，南北长约 30km，东西宽约 25km，面积约 750km²。复州水系在辽中凹陷的东侧发育有八个扇三角洲沉积朵叶体，它们的规模大小不一，但各自的进积范围均不越过辽中凹陷的中心地带。

(3) 沙一段、沙二段沉积时期湖盆由快速断陷转为缓慢沉降,处于稳定热沉降期,盆地迅速扩张,湖盆范围较沙三段沉积时期明显扩大,但水体变浅,沉积以滨浅湖、浅湖相为主。由于构造活动减弱,盆地地形相对变缓。除缓中水系,东西两侧各水系仍继承性发育扇三角洲沉积体系,但规模较沙三段沉积时期有所扩大。该时期缓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四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,其他几个范围都已达到辽西凹陷的东部边界(图 1-5)。

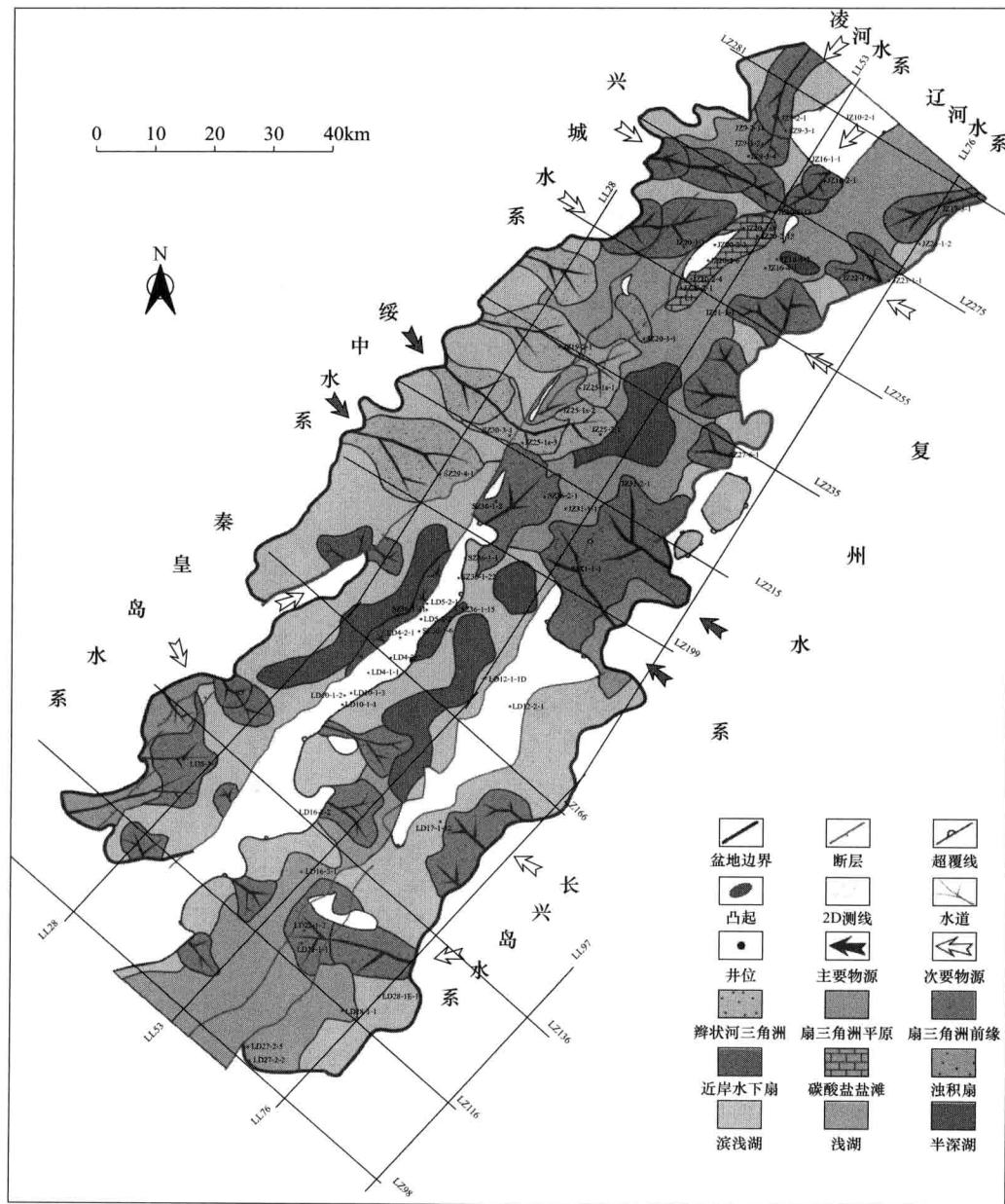


图 1-5 辽东湾地区沙一、二段沉积相分布图