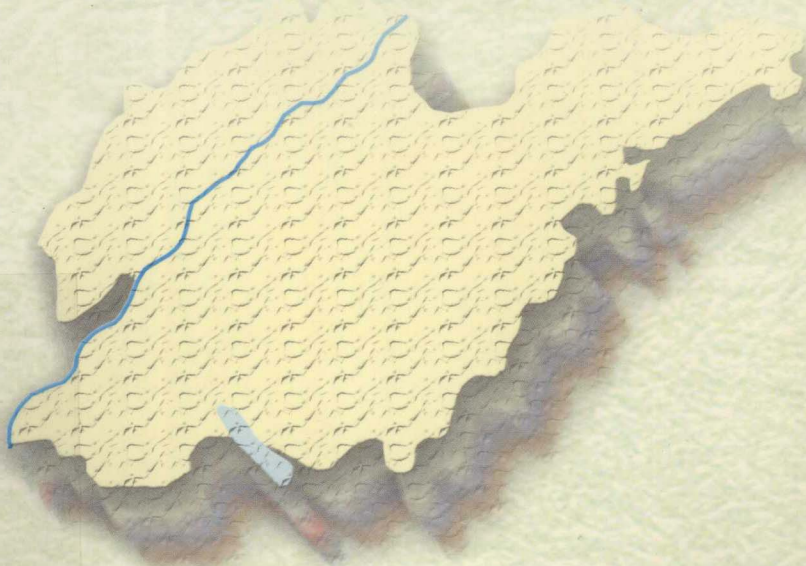


孤东地区下第三系

沉积相及 油气聚集特征

谭河清 彭存仓 著



中國石化出版社

内 容 提 要

本书以丰富的地质、钻井、测井等基础资料,以孤东地区下第三系地层为研究对象,利用层序地层学、储层描述、沉积学新理论等对其进行了系统的研究。重点对孤东地区下第三系沉积相识别、分类和评价进行了深入研究,建立起孤东地区层序格架,同时与油气成藏研究紧密结合,阐明了下第三系成藏理论,能有效地指导油田的勘探与开发。可供从事油气田勘探开发的工程技术人员、科研人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

孤东地区下第三系沉积相及油气聚集特征/谭河清, 彭存仓著.

—北京:中国石化出版社, 2003

ISBN 7-80164-410-7

I.孤… II.①谭… ②彭… III.①油田-老第三纪-沉积相-研究-东营市 ②油田-老第三纪-油气聚集-特征-东营市 IV.P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 053160 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

河北省徐水县印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 32 开本 5.375 印张 120 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

定价:20.00 元

前 言

孤东油田位于山东省东营市黄河入海口北侧,是 20 世纪 80 年代我国东部发现的又一大型整装滩海油田。含油面积 64.3km^2 ,探明地质储量 26287 万 t。孤东油田自下而上钻遇的地层有古生界中奥陶统,中生界上侏罗—下白垩统,新生界下第三系的沙河街及东营组;上第三系的馆陶组和明化镇组以及第四系平原组地层。主要含油层系为上第三系上馆陶组,局部发育下馆陶组和下第三系的东营组、沙河街组等含油层系,包括 20 个主要开发单元。其中馆陶组为高饱和、高粘度、高渗透率层状构造油藏,储量 23172 万 t,是主要开发层系;东营组为受断层控制的构造油藏,储量 387 万 t,沙河街组是受断层遮挡的地层油藏,储量 2728 万 t。

孤东油田自 1986 年 5 月正式投入开发以来,经历了产能建设、注水见效高速稳产、井网调整持续稳产、控水稳油减缓递减等四个开发阶段。

近几年来,孤东油田开展了以沉积微相、微构造和储层参数变化研究为主的精细油藏描述工作,较深入地研究了平面、层间及层内剩余油分布状况,为老油田精细挖潜奠定基础。“九五”以来已推广应用了七区中、七区西、四区、二三区、孤东沙河街等 5 个区块共 14 个开发单元的精细油藏描述成果,覆盖地质储量 16824 万 t,占孤东油田地质储量的 64%,以此指导老区整体调整、剩余油富集区的综合挖潜,见到了明显的增储增产效果。

2001 年 4 月以来,孤东采油厂地质研究所组织了“孤东

地区下第三系沉积相及油气聚集特征研究”，并邀江汉石油学院合作。主要的研究工作包括：以沉积学新理论为指导，研究孤东地区下第三系沉积特征，划分沉积相类型，查明其横向展布及纵向演化特征，建立沉积模式；对孤东地区下第三系进行层序划分和对比，建立等时地层格架，划分出三级层序；研究下第三系储层成因类型、储集性能特征、沉积相对储层发育的控制作用，进行储层横向预测，指出储层发育有利区带；综合本区下第三系油源、储盖组合、构造、运移等资料，研究油气聚集特征；并提出了下第三系有利勘探目标。

本书共分六章，是孤东采油厂在孤东地区下第三系沉积相及油气聚集特征研究中的成果总结。全文的编写由谭河清、彭存仓主持，并邀孤东采油厂和江汉石油学院有关的专家和研究人員参加。通过全体编写人员的努力，本书大体上反映了孤东油区的地质研究水平，能够为国内外类似油田和地区的研究提供一些有益的借鉴和参考。

第一章介绍了孤东地区下第三系区域地质背景，包括区域构造概况和地层划分。

第二章对孤东地区下第三系的沉积相特征进行了系统论述，鉴别出了辫状河三角洲沉积，并描述了它在沙河街组和东营组各层段中的展布情况。

第三章介绍了孤东地区下第三系的层序地层划分与对比，讨论了层序界面特征、体系域类型与特征，并对各三级层序特征进行了论述，建立了孤东地区下第三系层序地层的完整格架。

第四章描述了孤东地区下第三系储层的成因类型及其展布和储集物性特征，应用神经网络原理对主要层段的储层厚度进行了横向预测，并对各层段储层的孔隙度进行了横向预

测。结合测井约束反演,进行了储集区带评价。

第五章对孤东地区下第三系的油气成藏条件进行了综合分析。在对油源、储盖组合、圈闭、油气运聚模式等进行了系统分析的基础上,进行油气成藏条件综合评价,划分有利区带。

第六章在综合研究分析的基础上,提出了孤东地区下第三系勘探选区意见。

本书的编纂,参阅了我们和江汉石油学院近两年来的合作研究成果,是我们集体劳动的结晶。编纂过程中,得到了胜利油田孤东采油厂总地质师曾流芳同志的大力支持和江汉石油学院高振中、罗顺社、何幼斌、彭德堂等教授和专家的无私帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于时间和编写水平的限制,文中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

作者
2003年5月

目 录

第一章 区域地质背景	(1)
第一节 区域构造概况	(1)
第二节 地层划分	(4)
第二章 沉积相	(8)
第一节 沉积相类型与特征	(8)
第二节 沉积相展布与演化	(23)
第三章 层序地层	(44)
第一节 层序划分与对比	(44)
第二节 层序界面特征	(47)
第三节 体系域类型与特征	(53)
第四节 三级层序特征	(57)
第四章 储集层	(60)
第一节 储层成因类型及其展布	(60)
第二节 储层物性特征	(68)
第三节 储层厚度预测	(75)
第四节 储层孔隙度预测	(93)
第五节 储层测井约束反演	(103)
第六节 储集区带评价	(107)
第五章 成藏条件研究	(124)
第一节 油源与储盖组合	(124)
第二节 圈闭	(131)

第三节 油气运移与聚集	(139)
第六章 勘探部署意见	(152)
第一节 勘探选区	(152)
第二节 勘探决策分析	(157)
参考文献	(163)

第一章 区域地质背景

孤东地区地理上位于山东省东营市，总体上位于黄河入海口以北，仙河镇以东，向南为黄河入海口，向西为孤东水库，向北及向东紧邻渤海大堤。包括孤东油田、孤南油田、红柳油田及河滩油田等油田，是胜利油田的主要产油区之一。

第一节 区域构造概况

孤东地区构造上位于渤海湾盆地济阳拗陷沾化凹陷东北部，包括孤南洼陷与孤北洼陷的大部分地区及其之间的中央低凸起。孤东地区东南紧接垦东凸起，西南接孤南洼陷，西北为孤北洼陷，西与孤岛凸起相望，东北与桩东洼陷相邻（见图 1-1 中阴影部分）。

济阳拗陷属于渤海湾盆地的一个次级构造单元，始新世至渐新世时期的喜山运动济阳幕构造运动造就了济阳地区凸起、凹陷错列的构造格架。拗陷内有四排凸起和三排凹陷，呈向南西收敛、向北东撒开的格局。四排凸起自西北向东南依次为：埕子口凸起 - 庆云凸起，义和庄凸起 - 无棣凸起 - 宁津凸起，陈家庄凸起 - 滨县凸起，青城凸起 - 广饶凸起；三排凹陷自西北向东南为：车镇凹陷、沾化凹陷 - 惠民凹陷、东营凹陷。整个运动期间，各凹陷内北东向断裂的活动相当活跃，而且北强南弱，使各沉积凹陷均呈北断南超的“箕状凹陷”。

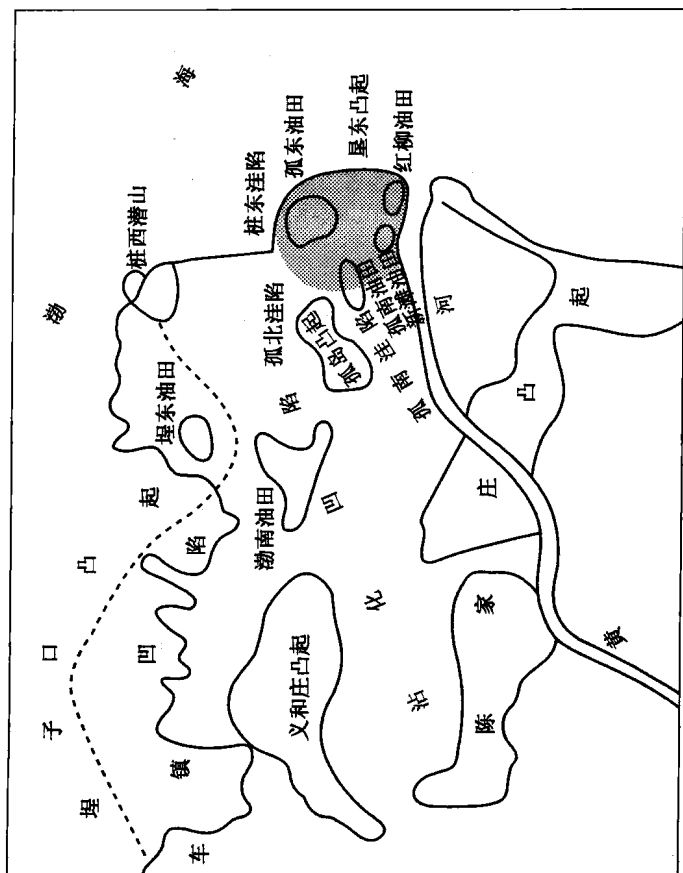


图 1-1 济阳坳陷构造分区及研究区位置图

济阳拗陷第三系裂陷盆地是在晚侏罗世—早白垩世负反转盆地的基础上发育而成的。根据盆地内构造发育的特征、地层充填序列和火山活动特征，盆地的演化可以划分为两期：裂陷充填期(E)和拗陷期(N)。然后根据区域性不整合面、构造活动特征、沉积发育特征和火山岩特征，裂陷充填期又可进一步划分为四个裂陷幕：Ⅰ幕(E_{1-2k})，Ⅱ幕(E_{2s4})，Ⅲ幕($E_{2s3} - E_{2s2}^{\text{下}}$)，Ⅳ幕($E_{2s2}^{\text{上}} - E_3d$)。孤东地区下第三系东营组和沙河街组，是裂陷充填期Ⅱ幕(E_{2s4})、Ⅲ幕($E_{2s3} - E_{2s2}^{\text{下}}$)、Ⅳ幕($E_{2s2}^{\text{上}} - E_3d$)形成的，但孤东地区并没有发现沙四亚段地层(未钻穿或未发育)。

裂陷Ⅰ幕(E_{1-2k})、Ⅱ幕(E_{2s4})相当于裂陷盆地的初裂陷阶段。济阳拗陷第三系裂陷盆地继承晚侏罗世—早白垩世的特点，发育了干旱气候条件下的滨湖、浅湖泥岩沉积，地层展布明显受控于北西向断裂。

裂陷Ⅲ幕($E_{2s3} - E_{2s2}^{\text{下}}$)是盆地发生强烈裂陷伸展的一幕。盆地总体构造格局呈北东向，北东、北北东和东西向断裂活动强烈。孤东地区发育了潮湿气候条件下巨厚的河流、三角洲沉积为特征的沉积建造，构成了重要的生储组合及储油构造。该幕火山活动强烈，主要发育橄榄拉斑玄武岩，岩浆起源深度据计算约为 59.4km，表明已存在明显的地幔上涌现象。

裂陷Ⅳ幕($E_{2s2}^{\text{上}} - E_3d$)是盆地裂陷收敛的一幕。拗陷内主要的断裂活动减弱，沉积中心转向了沾化凹陷。济阳拗陷第三系裂陷盆地沉积南北差异性增强，拗陷南部发育一套以浅湖相灰色泥岩夹细砂岩、生物灰岩和河流冲积相细砂岩、含砾砂岩夹灰色、灰绿色及紫红色泥岩为主的沉积组合。而位于拗陷东北部的孤东地区则以湖泊、三角洲沉积为主，沉

积厚度较大。该幕发育的火山岩以橄榄玄武岩为主，集中发育在惠民凹陷玉皇庙地区。裂隙Ⅳ幕晚期，济阳拗陷第三系裂隙盆地整体抬升受到剥蚀。

沾化凹陷位于济阳拗陷东北部，总体上为轴向北东、北断南超的复式半地堑式断陷，面积约 2800km²。在南北向上形成缓坡、洼陷、陡坡的构造样式；东西向上，由一系列北西向或近南北向的断裂复杂化，形成多个次级洼陷和洼间低凸起，加之缓坡带的鼻状低凸起近南北向伸入凹陷内，而使近东西向半地堑凹陷带分割成串珠状或斜列的次级洼陷。

受渐新世末期的喜山运动东营幕构造运动影响，孤东地区断层活动比较复杂。孤东地区处于渤海湾盆地两大基底断裂系统交汇处，即鲁西断裂系统和郑庐断裂系统，前者由北东、北西和东西向三组断层组成，后者断层主要为北东、北东东走向。在下第三系断陷期，孤东地区处于渤海湾盆地南北向伸展构造区和北东向走滑构造区相结合的部位，因此该区受两个断裂系统和两个构造区的共同影响，加上本区又属于一个洼陷中的隆起区，东西两侧面临深洼陷，因此断层活动比较复杂。

第二节 地层划分

孤东地区下第三系地层发育较好，分布普遍。其岩性以陆源碎屑沉积为主。自下而上依次为三个组，即孔店组、沙河街组、东营组。

按照渤海湾盆地的统一划分原则，沙河街组可分为四个岩性段，其上的东营组和其下的孔店组均划分为三个岩性段（表 1-1）。

表 1-1 孤东地区下第三系地层系统划分

地 层 系 统				绝对年龄 (Ma)	地震反 射界面
系	组	段			
上第三系	馆陶组	Ng		24.6	T ₁
下 第 三 系	东营组	东一段	Ed ₁	28.1	T' ₁
		东二段	Ed ₂	32.8	
		东三段	Ed ₃		
	沙河街组	沙一段	Es ₁		37.0
		沙二段	Es ₂	T ₃	
		沙三段	Es ₃ ^上	T ₄	
			Es ₃ ^中	T ₆	
			Es ₃ ^下	T' ₆	
		孔店组	沙四段	Es ₄	
	孔一段		Ek ₁	50.5	T ₇
	孔二段		Ek ₂	54.9	T ₈
	孔三段		Ek ₃	65.0	T _r

孤东地区沙河街组和东营组发育较完整，分布较普遍，但由于物源供应及沉积构造的影响，地层一般北部较薄，南部较厚。岩性以陆源碎屑岩为主，夹少量碳酸盐岩和白云岩。在沙四期，由于孤东地区所处盆地当时整体构造相对抬升，孤东地区处于剥蚀状态而未接受沉积，所以沙四段地层缺失。受沙二末期区域构造抬升的影响，沙二段受到不同程度的剥蚀，部分地区缺失沙二段。所以孤东地区沙二段比较薄，并不像济阳坳陷其它裂陷盆地那样发育，并且中间没有明显的界限，所以我们没有将沙二段细分，仅仅将沙三段细分为三个亚段(表 1-1)。各段和亚段的地层特征分述

如下。

沙河街组(E_s)

沙三段(E_{s3})：厚度为 35 ~ 572m，岩性主要为浅灰色、灰色、深灰色泥岩、油泥岩、灰质泥岩和泥质粉砂岩、粉砂岩为主。可进一步分为三个亚段。

沙三段下亚段($E_{s3}^{\text{下}}$)：厚度一般在几十米到 200m 之间，北薄南厚，北部一般在几十米以内，南部多在 200m 左右，局部近 300m。岩性主要为灰色—深灰色泥岩与灰质油泥岩，部分为灰绿色粉砂岩、泥质粉砂岩与砂质泥岩、泥岩互层，局部有含砾细砂岩和砂岩等。

沙三段中亚段($E_{s3}^{\text{中}}$)：厚度一般在几十米到 200m 之间，仍呈现北薄南厚，北部一般不超过 100m，南部多在 100m 以上，部分超过了 200m。岩性主要为灰—深灰色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩互层，部分为灰白色粉砂岩、灰质砂岩，局部有少量含砾细砂岩和砂岩等。

沙三上亚段($E_{s3}^{\text{上}}$)：分布范围较中、下亚段广，厚度一般在 100 ~ 300m 之间，中部较厚，一般在 240m 以上，其它地区除个别井外，一般小于 150m。岩性主要为浅灰色、灰色泥岩、粉砂质泥岩和灰质泥岩与灰色、深灰色粉砂岩、泥质粉砂岩和灰质粉砂岩呈互层状分布，部分为白色、浅灰色粉砂岩、细砂岩，局部有砂岩和灰质砂岩等。

沙二段(E_{s2})：分布范围较沙三段小，厚 4.5 ~ 253m，南部 KD6 井区厚度较大，达 250 余米，北部 GD30 井区达 170 余米，其余地区较薄。岩性以灰色、深灰色泥岩及灰色粉砂岩为主，夹灰色钙质砂岩、钙质泥岩及灰白色含砾砂岩。局部与上伏沙一段地层呈不整合接触。

沙一段(E_{s1})：分布范围广，几乎全区均有分布。厚

3~341.5m,呈现中部厚、四周薄的特征,中部 GD30~GD282 井区一带可达 300m 左右,其余地区多在 100m 以下。岩性以深灰色泥岩、钙质泥岩、灰质油泥岩为主,夹褐色油页岩、浅灰色生物屑灰岩、白云岩。

东营组(Ed)

东三段(Ed₃):厚 38~355.5m,一般在 150m 以上,中部 GD30~GD282 井区一带可达 300 余米。岩性以灰白色含砾砂岩、灰色钙质粉砂岩及深灰色泥岩、钙质泥岩为主,夹杂色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及深灰色油页岩、油泥岩。

东二段(Ed₂):厚 37.5~314.5m,总体较东三段薄,一般不超过 200m,中西部部分地区在 200m 以上,最厚可达 310 余米。岩性以灰白色含砾砂岩、灰色粉砂岩及绿灰色、深灰色泥岩为主,夹灰色泥质粉砂岩。

东一段(Ed₁):厚 20~334.5m,总体上呈东北薄、西南厚的特征,东北部一般在几十米范围内,西南部在 100~200m 之间,中西部则多在 200m 以上,GD282~GD8 井一带达 300m 左右。岩性以浅灰色含砾砂岩、砾状砂岩、灰色粉砂岩为主,夹灰白色泥质粉砂岩及灰绿色、紫红色泥岩。

第二章 沉 积 相

第一节 沉积相类型与特征

一、沉积相类型

孤东地区下第三系为一套冲积—湖泊沉积，共识别出3种相、9种亚相及23种微相，包括辫状河三角洲相、曲流河三角洲相、湖泊相，各相中的亚相及微相类型见表2-1。

表2-1 孤东地区下第三系沉积相、亚相、微相类型一览表

沉积相	亚 相	微 相
辫状河三角洲	辫状河三角洲平原	分流河道、河漫沉积
	辫状河三角洲前缘	水下分流河道、水下天然堤、支流间湾、河口砂坝、远砂坝
	前辫状河三角洲	前三角洲泥
曲流河三角洲	曲流河三角洲前缘	水下分流河道、水下天然堤、支流间湾、河口砂坝、远砂坝
	前曲流河三角洲	前三角洲泥
湖 泊	滨 湖	滨湖砂坝、滨湖泥
	浅 湖	浅湖泥、浅湖砂坝、生物碎屑灰岩
	半深湖	半深湖泥、白云岩
	深 湖	深湖泥、油页岩

辫状河三角洲相在孤东地区下第三系中属首次发现，并且非常发育，主要分布在东营组、沙二段和沙三段中，以东

营组中最为发育。曲流河三角洲相主要见于沙河街组中。湖泊相以沙河街组第一段分布面积最广，以半深湖、浅湖为主，孤东地区西部的沙河街组二、三段及东营组中也有分布，但主要为浅湖亚相。

二、辫状河三角洲相

辫状河三角洲是由辫状河进积到停滞水体中形成的富含砂和砾石的三角洲。

在孤东地区发现的辫状河三角洲相由辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘及前辫状河三角洲亚相三部分组成。

(一) 辫状河三角洲平原亚相

辫状河三角洲平原部分由分流河道及河漫沉积组成(图 2-1)，分流河道沉积以河道砂坝侧向加积而形成的沉积物为主，岩性较粗，为砾岩、含砾砂岩及砂岩，局部见粉砂岩。它们组成若干向上变细层序，一般自下而上为砾岩—含砾砂岩—砂岩，有时顶部出现一薄层泥质粉砂岩。单—层序的厚度一般为 0.5~5m 不等，层序底部发育冲刷面，其上分布有河床滞留砾石沉积。层内见平行层理、大—中型板状交错层理及槽状交错层理，局部见滑塌构造。此外，砂体侧向迁移加积形成的“侧积交错层”亦较发育。

河漫沉积主要由紫红色粉砂岩、粉砂质泥岩及泥岩组成。泥岩分布不稳定，常被上覆砂岩所侵蚀而保存不完整。

(二) 辫状河三角洲前缘亚相

辫状河三角洲前缘是辫状河三角洲沉积最活跃的场所，其沉积物亦是辫状河三角洲的主体，由水下分流河道、水下天然堤、支流间湾、河口砂坝及远砂坝组成，其中水下分流河道沉积为前缘的主体(图 2-2)。

水下分流河道分布于辫状河三角洲前缘靠陆一侧，是辫

