

沉积结构单元

在油藏研究中的应用

刘建民 著

石油工业出版社
Petroleum Industry Press

沉积结构单元 在油藏研究中的应用

——以沾化凹陷东部馆上段为例

刘建民 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书用多学科的理论和方法,综合研究和揭示了河道砂储层沉积结构单元特征、空间分布、时间演化,建立了曲流河和辫状河两种成因类型结构单元模式,阐明河流相结构单元与宏观、微观剩余油分布规律和形成机理的关系,论述了河流相储层剩余油挖潜措施。

本书可供油田开发工作者及大专院校、科研单位师生、研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

沉积结构单元在油藏研究中的应用 / 刘建民著.
北京:石油工业出版社,2003.6

ISBN 7-5021-4299-1

I. 沉…

II. 刘…

III. 沉积结构-应用-油藏-研究

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 050836 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 7.75 印张 180 千字 印 1—1000

2003 年 6 月北京第 1 版 2003 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-4299-1/TE·3019

定价:18.00 元

序

《沉积结构单元在油藏研究中的应用》一书是作者在河流相储层常规沉积相研究基础上进一步发展的研究成果。作者刘建民从事油田开发工作十余年,在油田开发及地质方面有一定的造诣,为石油工业发展做出了应有贡献。该书是他多年工作的结晶,他抓住我国东部陆相断陷湖盆强非均质特征油田,在长期注水开发后,如何揭示剩余油形成机理、分布规律这个国际前沿难题,引入 A. D. Miall 的河流相沉积结构单元这个新理论、新方法,研究和解剖了孤岛和埕岛等三个油田馆上段河流相储层的结构单元,进行了结构单元划分,研究了河流相沉积结构单元分布规律,建立了辫状河和曲流河结构单元模式,揭示了剩余油分布规律和形成机理,提出了剩余油挖潜的措施。

该书的特色是首次将 A. D. Miall 的露头区宏观河流相结构单元研究的新思路、新方法,加以发展应用于地下油藏研究中,研究和解决覆盖区河流相储层宏观、微观非均质性及对剩余油分布规律和形成机制的控制作用等难题,为长期注水开发河流相沉积砂岩油田提高采收率提供了科学依据,深化了陆相断陷湖盆油田开发地质学的理论和方法。该书是本学科领域的重要参考书。

葉連俊

前 言

我国石油勘探自 20 世纪 60 年代提出勘探战略向东转移后,在东部找到了一大批大、中型油田,东部油气田的储量和产量占我国总储、产量的一半以上。东部油气田主要分布在陆相断陷湖盆内,储层非均质性很强,给油田勘探开发带来很大困难。各油田经历数十年的注水开发,目前已进入特高含水阶段,综合含水率超过 90%,采收率仅 29%,尚有大量剩余油分散分布在地下储层中,要建立储层精细地质模型,揭示储层宏观、微观非均质性,揭示宏观和微观剩余油形成机理和分布及控制因素,才能实现油田提高最终采收率的目的。

该书以注水开发多年的孤岛、孤东和埕岛三个油田馆上段河道砂储层为研究对象,综合应用多学科的理论和方法,最大限度的应用计算机技术,引入 A. D. Miall 的河流相储层沉积结构单元的理论和方法,研究和揭示了孤岛、孤东和埕岛三个油田馆上段河道砂储层沉积结构单元的特征、类型、空间分布、时间演化,建立了两种成因类型结构单元模型,揭示了河流相储层结构单元和剩余油分布的关系,对指导孤岛、孤东和埕岛三个油田提高原油采收率具有重要意义。

本书共分八章,其中第一章 论述了河道砂储层结构单元模型的目的和意义、国内外研究现状,主要研究内容和特色、技术路线和技术难点。第二章论述沾化凹陷下第三系地层格架、构造格架和构造演化,沾化凹陷上第三系馆陶组上段储层沉积特征、油气藏类型和分布规律。第三章论述河流相储层沉积结构单元研究的原理和方法,河流相储层沉积结构单元划分。第四章论述河流相储层沉积结构单元分布规律、河流相储层沉积结构单元模式。第五章以埕岛油田为例论述河流相储层砂体成因类型、砂体展布和演化规律。第六章以孤东油田为例论述馆上段储层微观非均质模型和三维地质模型。第七章以孤岛油田为例论述馆上段沉积模型和宏观非均质模型。第八章论述河道砂储层宏观剩余油分布规律、河道砂储层微观剩余油分布规律、河道砂储层剩余油形成和分布的主要控制因素,河道砂沉积结构单元对剩余油分布的控制作用、河道砂储层剩余油形成机理。

该书将常规储层沉积学研究和河道砂沉积结构单元研究相结合,揭示了孤岛、孤东和埕岛油田储层的宏观微观非均质性,宏观微观剩余油分布规律、形成机理、主要控制因素,论述了辫状河和曲流河砂体沉积结构单元对剩余油形成和分布的控制作用,提出了河道砂储层剩余油挖潜的措施。希望该书能对油田开发地质、油藏工程及剩余油研究领域起到抛砖引玉的作用,推动石油开发技术的发展。

本书编写过程中得到刘泽容教授的悉心指导并提出了修改意见,孤岛、孤东和埕岛油田有关专家为本书提供了大量的基础资料,给予很大帮助,借此机会表示衷心的感谢。

由于时间紧迫,加之笔者水平有限,书中不当之处,欢迎专家和同行批评指正。

目 录

第一章 绪论	(1)
一、储层沉积结构单元及剩余油研究现状	(1)
二、河流相储层沉积结构单元研究的主要内容和特色	(4)
三、技术路线和技术难点	(5)
第二章 沾化凹陷石油地质概述	(6)
一、沾化凹陷地层格架	(6)
二、沾化凹陷构造格架和构造演化	(11)
三、沾化凹陷馆陶组上段储层沉积特征	(14)
四、油气藏类型及分布	(21)
第三章 储层沉积结构单元研究原理和方法	(28)
一、储层沉积结构单元研究原理和方法	(28)
二、河流相储层结构单元划分	(30)
第四章 河流相储层沉积结构单元模式	(39)
一、河流相储层结构单元分布规律	(39)
二、河流相储层结构单元模式	(41)
第五章 河流相储层结构单元成因类型和砂体展布规律	(46)
一、埕岛油田河流相储层结构单元成因类型	(46)
二、河流相储层砂体展布规律	(51)
三、埕岛油田河流相储层砂体演化规律	(57)
第六章 孤岛油田馆上段储层非均质模型	(62)
一、孤岛油田馆上段沉积模型	(62)
二、孤岛油田馆上段微构造模型	(67)
三、孤岛油田馆上段非均质模型	(71)
第七章 孤东油田馆上段储层非均质模型	(75)
一、孤东油田馆上段沉积模型	(76)
二、孤东油田馆上段非均质模型	(78)
三、孤东油田馆上段三维地质模型	(82)
第八章 河流相储层剩余油分布规律和形成机制	(88)
一、河流相储层宏观剩余油分布规律	(88)
二、河流相储层微观剩余油分布规律	(97)
三、河流相储层剩余油形成和分布的主要控制因素	(98)
四、河流相储层结构单元对剩余油分布的控制作用	(100)
五、河流相储层剩余油形成机理	(104)
六、河流相储层剩余油挖潜措施及应用效果	(113)
参考文献	(114)

第一章 绪 论

我国油气田的分布是以陆上油气田为主,而陆上油气田又以东部为主,东部油区原油地质储量占全国陆上的 91%,年产油量占全国陆上的 80%以上,目前已开发三十余年,绝大部分油田都已进入高含水、特高含水开发期,但仍是我国油气田开发的主阵地。因油藏构造复杂、储层非均质性强,在含水达 80%~90%的情况下,地质储量采出程度仍较低,仅有 20%~25%。如胜利油区 2002 年 12 月含水 90.1%,地质储量采出程度为 22.4%,地下储层中还剩余近 80%地质储量的原油,扣除 30%的残余油,仍还有近一半地质储量的可动剩余油有待挖潜采出。仅从数量上看,这部分潜力是相当可观的,但因储层非均质性强、高油水粘度比,以及长期水驱和频繁的调整挖潜,致使储层内剩余油分布零散而复杂,油田开发进入零散剩余油深度挖潜开发阶段,再因剩余油监测及识别技术有限,油田开发剩余油难度越来越大。故开展剩余油形成、分布的研究极为重要,也是油田开发和地质工作者长期以来一直在攻关研究的难题和国际前沿技术。

我国东部油田以河流相为主要特征,据不完全统计,河流相储层石油储量占我国已开发油田动用储量的 53.3%(薛培华等,1991)。我国(15 个主要油区 71 个油田,占全国已开发 315 个油田的 20%,占已开发总储量的 70.4%)不同类型碎屑岩储层可动剩余油分布概率研究表明,河流成因储层内不但存在较多可动剩余油,而且是其中潜力最大的(表 1—1)。如胜利油区的孤岛、孤东、胜坨等大型油田储层均属河流相砂体,其剩余油形成、分布主要受储层非均质性控制,而河流相储层沉积结构单元的三维空间变化是储层非均质性的根本成因。因此研究储层沉积结构单元的特征、类型、空间分布、时间演化,建立河流相储层沉积结构单元模型及其与剩余油形成分布的关系,从不同类型河流成因储层的内部结构、构造、侧向与垂向等变化特征,及其对流体渗流的控制和影响作用,研究河流成因储层沉积结构单元对剩余油形成、分布的控制作用,可更好地指导高含水、特高含水期河道砂油田剩余油预测和挖潜,提高资源利用率、油田采收率,提高油田开发水平。

表 1—1 我国不同类型碎屑岩可动剩余油分布概率对比表(徐安娜等,1998)

沉积相	含水 100%驱油效率(%)	含水 98%驱油效率(%)	目前水驱采收率(%)	可动剩余油分布概率(%)	
				含水 100%	含水 98%
三角洲	64.6	52.6	36.1	28.5	16.5
滩坝	67.1	53.1	39.9	27.3	13.2
扇三角洲	57.9	49.9	40.5	17.4	9.4
河流	62.5	47.5	30.2	32.3	17.3
冲积扇	54.4	45.3	30.9	23.5	14.4
湖底扇	58.2	45.6	27.8	30.4	17.8

一、储层沉积结构单元及剩余油研究现状

1. 河流相储层沉积结构单元研究现状

石油和天然气生成于沉积岩中,绝大部分也储存于沉积岩中,沉积相研究是沉积岩石学研

究的主要内容之一。其基本研究方法是通过沉积岩的组分、结构、构造、颜色、古生物,以及地球化学等特征研究,推断(或反演)其古沉积环境,进而建立其沉积相模式。

随着石油、天然气勘探开发及其技术的发展,储层沉积相研究也得到了广泛应用和发展。在油气藏地质研究中,沉积相研究则主要通过取心井岩心单井相分析,结合区域地质背景,确定井剖面储层岩石沉积相模式,并应用测井曲线特征建立不同岩石相所对应的测井相模式;再从取心井出发进行测井相连井剖面对比,建立二维沉积相剖面,进而结合储层测井定量解释参数分布等特征,从二维到三维建立全区储层沉积相分布模型,指导油气开发生产。

沉积相研究手段也随着现代科技的进步和沉积理论的发展,从宏观到微观研究方法及手段都有了较大的进步和发展。宏观上不断发展、完善、建立更加全面、科学合理的沉积相模式,应用水槽试验、现代沉积研究等将今论古,研究古沉积建造沉积机理与特征,且随着油田精细开发与挖潜的开展和需要,沉积相规模或级别也进一步细划,由沉积相进一步细划到沉积微相(少数还细划到了微微相),逐步适应油藏开发分析,尤其是油田开发中后期剩余油分布与挖潜研究的要求。微观上从低倍显微镜发展到高倍显微镜、电子显微镜等;从岩心观察、普通薄片分析,发展到铸体薄片分析;使我们对沉积岩微观沉积特征有了更深入和清楚的认识,使沉积相研究产生了较大的飞跃。

国内研究目前将河流相沉积分为河床、堤岸、河漫沉积、废弃河道四个亚相,包括 8 个微相(曾允孚,夏文杰,1984):河床滞留沉积、边滩沉积(曲流河)或心滩沉积(辫状河)、天然堤、决口扇、河漫滩、河漫湖泊、河漫沼泽微相、废弃河道。并建立了相应的辫状河及曲流河沉积模式,对各沉积微相的沉积成因、沉积结构构造及岩性特征有了深入的研究和认识,对油田勘探开发起到了较大的指导作用。

国外研究以美国 A. D. Miall 1996 年所著《河流沉积学》为代表的最新研究,将河流沉积分为 5 种岩石相(砾石相、砂相、细碎屑相、非碎屑相、伴生相),建立了 16 种河流沉积模式:①具有重力流沉积的砾石床辫状河;②浅砾石床辫状河;③深砾石床辫状河;④砾石床游荡河;⑤砾石床曲流河;⑥砾砂质曲流河;⑦砂床曲流河;⑧短暂砂床曲流河;⑨细粒曲流河;⑩网状河;⑪具有交错坝的低弯度河;⑫浅的常年砂床辫状河;⑬深的常年砂床辫状河;⑭高能砂床辫状河;⑮远漫流砂床辫状河;⑯暴涨常年漫流砂床河。将河流沉积相细分为 16 个沉积结构单元(河道 8 个,溢岸 8 个)(表 1—2)。

A. D. Miall 的结构单元分析法主要形成并应用于宏观露头研究,是根据大的露头特征描述,编绘露头二维和三维图,划分出一系列不同等级的界面和结构单元;如何用于地下储层研究,是一很值得探讨的前沿研究方向。

表 1—2 16 种河流沉积结构单元(A. D. Miall, 1996)

分 类	沉积结构单元	备 注
河道沉积	CH 单元	河道
	GB 单元	砾石坝和底床
	SG 单元	沉积物重力流沉积
	SB 单元	砂质底床
	DA 单元	下游增生大型体
	LA 单元	侧向加积沉积
	LS 单元	纹层砂席
	HO 单元	洼坑

续表

分 类	沉积结构单元	备 注
溢岸沉积	LV 单元	天然堤沉积
	CR 单元	决口水道沉积
	CS 单元	决口扇沉积
	FF 单元	泛滥平原细粒物
	CH<FF>单元	废弃河道充填物
	煤	生物化学沉积
	古土壤	
	蒸发岩	

2. 剩余油研究现状

由于对剩余油的研究和认识,关系到各种挖潜措施的效果和效益,关系到油田开发水平,也关系到油田生产建设和发展,因此其地位和作用随着油田开采程度的加深及开发难度的加大日益突出和重要。各种挖潜措施的制定,层系井网调整、“控水稳油”以及三次采油等方案的设计等,都要以剩余油研究及认识为前提和基础。同时,剩余油分布研究也是一项世界性难题,已经成为国际学术会议,如世界石油大会、国际储层表征会议以及 SPE、AAPG 等专业性年会讨论的重要课题之一。我国东部的大庆油田开展了以剩余油研究和挖潜为主要内容的国家级科技攻关项目研究,胜利油田开展了“九五”部级重大科技攻关项目“高含水期油田剩余油分布监测、描述与挖潜技术研究”,标志着我国最大规模的剩余油研究与攻关。

当前国内外研究重点在三个方面:

①剩余油形成的控制因素,提出了主要原因为储层平面、层间、层内非均质性及沉积结构构造、微构造引起的不均匀驱油,以及受断层封闭性、开发井网限制而导致的滞流作用。

②剩余油形成机理研究,主要是用简化的孔隙模型来研究,常用的简化模型有单孔隙模型、双孔隙模型和多孔隙网络体系模型。国外以双孔隙模型来研究剩余油在孔隙中被捕集与俘留的机理。国内大庆油田应用微观渗流物理模拟技术,对大庆油田 5 口检查井的 25 块天然岩样和人造微观网络模型分别进行了水驱模拟实验。

③剩余油预测方法技术研究,国内外石油界的专家们,用各自善长学科的理论和技术来开发或建立剩余油预测方法技术。经过近几年的发展,预测剩余油的技术层出不穷,推动了剩余油的理论研究。这些方法有开发地质学方法、油藏数值模拟方法、开发地震、测井方法、示踪剂测试法以及岩心分析法等。国外普遍认为测井、岩心分析和单井示踪剂测试方法是目前用于确定剩余油饱和度的三大方法,有广阔应用前景。在我国,利用岩心分析法及测井方法确定剩余油分布是当前最成熟的方法技术。

其中,对油田生产来说,最核心的是阐明剩余油分布规律,为剩余油挖潜指明方向。前人研究表明,在我国以河流体系为主的储层中,单一河道或砂体的宽度一般较窄,大型河流的河道宽度可以在 800m 以上,中小型河道多在 800m 以下,甚至只有几十米,多为不规则的条带状。因此,对大型河流系统来说,平面非均质控制的剩余油易于出现在岩性变化剧烈的砂体边缘地带。对中小型河流系统,则容易存在于注采井网很难控制的宽度既狭窄、形状又多变的砂体。层内非均质性控制的剩余油,主要指的是韵律性,层内岩石的结构、构造,如层理、纹理、基

岩团块以及层内的泥岩夹层或物性夹层等。对于正韵律厚油层,注入水受重力作用向下运动,造成下部水淹严重,而在上部留下剩余油。对于层理、纹理等的影响,由于它们往往伴随着局部渗透性的突变,或微细泥质条带的遮挡,这些部位往往是层内含油饱和度局部较高的地方;层内泥岩夹层或物性夹层的存在,对于油水流动起遮挡作用。

但是,实际情况要比上述同期单一沉积体系复杂得多。由于河道的变迁,加之河道下切、叠积造成了各期沉积砂体形态极不规则,砂体间的接触关系也复杂多变。如孤岛与孤东地理位置毗邻、物源基本一致、相同层位储层的垂向韵律规律也有很大差异,剩余油分布规律更是有很大差异。因此,本书认为在研究剩余油时,不仅要采用岩心分析、测井等方法确定剩余油分布,更要阐明剩余油形成机理,特别重视不同沉积类型储层在剩余油形成和分布上的差异。此外,平面上剩余油分布在岩性变化剧烈的砂体边缘地带、非主力低速相带、注采井网不完善地区等等这些认识过于简单,尚未揭示其内在实质。孤岛、孤东油田生产上已经发现这种高孔高渗油藏剩余油平面分布要复杂得多,因此,有必要针对这类河道砂储层,通过密闭取心和动态等资料,结合室内微观驱油实验,研究剩余油分布规律、微观形成机理和控制因素。

二、河流相储层沉积结构单元研究的主要内容和特色

本书首次将 A. D. Miall 的宏观露头河流相储层沉积结构单元研究的理论和方法引入覆盖区油气储层研究,为了揭示河流相储层结构单元的非均质性及与特高含水期剩余油分布规律和形成机理,从油藏基本地质特征、沉积体系、沉积微相、储层沉积结构单元,宏观、微观非均质,到剩余油分布规律、形成机理等方面,开展了系统的研究,主要研究内容和特色如下。

①首次将 A. D. Miall 的(露头)结构单元分析法,发展应用于胜利油区沾化凹陷东部馆上段岩心规模沉积微相及沉积模式研究,为油田地质研究中借助钻井取心、测井等资料进行河流成因储层沉积微相研究提供了新的方法学手段。

②建立了岩心规模 1~6 级界面的划分标准,为覆盖区河流相储层沉积结构单元研究奠定基础。

③在沾化凹陷东部上第三系馆陶组上段河流成因储层中,首次鉴别划分了 7 个沉积结构单元:河道滞流沉积(CHL)、侧向加积沙坝(LA)、向下加积沙坝(DA)、天然堤(LV)、决口水道(CR)、决口扇(CS)和洪泛平原(FF),分别论述了 7 个结构单元的特征和分布规律。

④建立了沾化凹陷东部的沉积结构单元模式,其中馆上段 5~1+2 砂层组为细粒曲流河沉积模式,馆 6 砂层组为砂质辫状河沉积模式。

⑤综合应用检查取心井资料分析、油藏工程、油藏数值模拟、动态分析和开发地质学、沉积学等理论和方法,从不同角度研究揭示了孤岛、孤东、埕岛三个油田馆上段河流成因储层剩余油分布特征和分布规律。

⑥从注采层系规模、单层规模两级规模,层间、层内、平面三个层次,系统分析揭示了河流成因储层沉积微相对剩余油分布的控制作用;指出了河流成因储层两级规模三个层次的剩余油分布在相似注采方式和强度下,主要与根本的控制因素是储层纵横向沉积相变。油田开采状况是剩余油形成分布的外在因素。

⑦应用岩心水驱油试验、宏观及微观水驱油物理模拟实验、以及水驱油数值模拟手段相结合揭示了河流成因储层水驱油规律及剩余油形成机理。

三、技术路线和技术难点

针对沾化凹陷东部孤岛、孤东、埕岛等大型油田上第三系馆上段河道砂储层沉积结构单元、剩余油分布规律和形成机理研究,采用的技术思路是:应用多学科理论和方法,以河流沉积学理论和现代沉积研究为基础,以计算机技术、测井解释技术、油藏数值模拟技术、油藏工程综合分析技术、岩心分析试验等技术为手段,综合利用油藏地质、钻井、测井、试油试采及生产动态等多信息资料,建立精细的储层沉积结构单元模型及剩余油分布模型,进而研究揭示河道砂储层沉积结构单元与剩余油分布的关系,并结合室内岩心驱油试验、微观驱油物理模拟试验等研究,阐明河道砂储层沉积结构单元对剩余油分布的控制作用和机理。为河道砂储层的剩余油预测和挖潜,提高油田采收率和开发水平提供科学依据和方法。

技术难点主要有:

- ①建立岩心规模 1~6 级河流相储层结构界面划分标准。
- ②地下埋藏区河流相储层沉积结构单元分类依据和特征。
- ③建立地下埋藏区河流相储层沉积结构单元模型。
- ④地下埋藏区河流相储层结构单元模型和剩余油形成分布的相关性。

第二章 沾化凹陷石油地质概述

沾化凹陷在构造上隶属于渤海湾新生代第三纪盆地——济阳拗陷,是济阳拗陷东北部的一个次级盆地单元,可视为一个以早第三纪为主要发育期、轴向北东向的断陷小盆地。凹陷具有“北断南超、东西双断、断层发育、分割性强和凹凸相间”的特点。早第三纪时期,凹陷长期接受来自其邻近凸起的多方向、多类型、多期次的近源、短轴快速沉积。沙四上亚段、沙三段和沙一段的暗色泥岩和油页岩为其主要烃源岩;多方向发育的储集岩体、多组强烈活动的同生断裂带和多个层序界面共同构成了沾化凹陷油气运、聚的立体网络,形成了以潜山披覆构造带为核心,构造、地层、岩性多种油气藏类型共同发育的复式油气聚集带。

研究区位于济阳拗陷沾化凹陷的东北部,北东邻黄河口凹陷,南到富林洼陷,西邻义和庄凸起。依地理位置涉及埕岛、桩西、孤东、孤岛、河口等地区,在这些地区分布着埕岛、桩西、五号桩、长堤、孤东、孤南、孤岛、渤南、埕东、老河口等多个油气田(图2—1)。

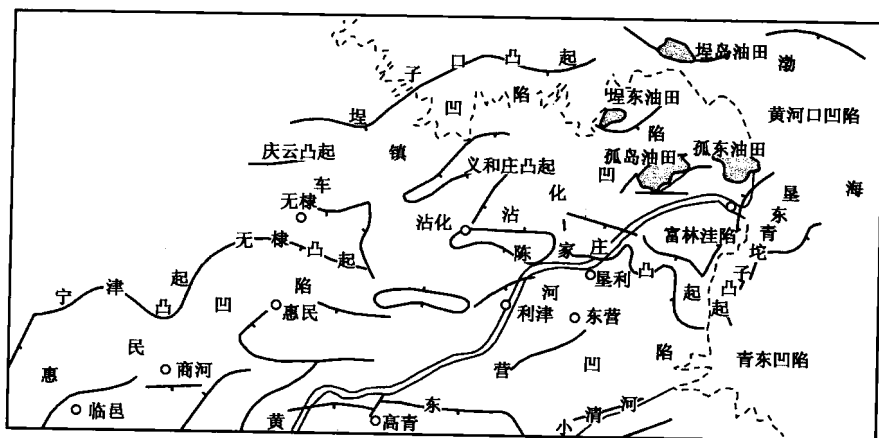


图2—1 研究区构造位置图(据杜贤樾等,1999)

一、沾化凹陷地层格架

沾化凹陷是在前第三系基底背景上发育起来的第三纪凹陷。该区地层发育特征与整个华北地区的地层序列一致,古生界各区保留不全,普遍有侏罗系,少有白垩系,下第三系孔店组缺失,有沙河街组、东营组,上第三系为馆陶组、明化镇组(表2—1、图2—2)。

基底岩系由太古界的泰山群、下古生界的寒武系、下、中奥陶统和上古生界的石炭系、二叠系以及中生界的三叠系、侏罗系、白垩系组成,它们几经改造,形成了向斜和背斜,构成了胜利油区的基底。第三系分布广泛,厚度大,变化也大。凹陷最深部位厚度达7000m以上,向边缘地带变薄,凸起上最薄处厚仅数百米。包括5个组,自下而上为孔店组、沙河街组、东营组、馆陶组和明化镇组,岩性以陆源砂、泥岩为主,夹少量化学岩。

表 2—1 沾化凹陷地层发育简表(据刘仁君等,1998)

界	系	组(段)	代码	厚度(m)	岩性特征	电性特征	化石组合
新生界	第四系	平原组	Q	300~420	未成岩的砂质粘土层夹砂层及少量砾石层		
	上第三系	明化镇组	Nm	800~900	浅棕色砂质泥岩、泥岩夹薄层砂岩透镜体	以“弓形”电阻为特征,其上有“泥兜”泥岩与第四系平原组相隔;其下以“弓形”电组、低平电阻出现而结束	以单囊、双囊松粉属及草本植物花粉增多为标志
		馆陶组	Ng	500~800	顶部泥岩夹砂岩;中部砂岩增多、增厚,泥岩与粉砂、细砂岩间互出现;下部以块状砂岩、砾质砂岩、砾岩夹薄层泥岩为特征	电阻特征:上部为中低型和笔架状,下部较高;自然电位曲线上部呈指状,下部出现两个大型箱形负异常	土星介、达尔文介、粗肋孢子—山核桃粉属组合;毛球藻组合
	上第三系	东营组	Ed	400~500	上部灰白色砂砾岩,反旋回;中部砂、泥岩互层;下部以灰色泥岩为主	自下而上电阻由高渐低;自然电位曲线由漏斗形变为指形	弯脊东营介组合、单峰华花介组合、网面球藻属—皱面球藻属组合
		砂一段	Es ₁	50~320	下部灰质泥岩、泥岩;底部为生物灰岩、白云质岩类;向洼陷内地层增厚、生物灰岩变薄	上部低平电阻、下部高阻	惠民小斗介组合、棒球藻组合
		砂二段	Es ₂	0~160	构造顶部局部缺失,低部位为薄层砂砾岩;翼部或向洼陷内为砂、泥岩互层,泥岩中有红或绿色夹层	中高电阻,呈梳状;自然电位曲线呈指状负异常	济南土星介、椭圆拱星介组合
		砂三段	Es ₃	20~600	顶部以砂岩为主,夹薄层泥岩;构造翼部为砂泥岩互层;中下部为泥岩集中段,在构造顶部未见沉积	中高电阻,自然电位曲线呈指状负异常;中部低阻,下部中高阻	中国华北介组合;渤海藻—副渤海藻
		砂四段	Es ₄	0~75	构造顶部缺失,仅孤乐 17 井钻遇泥膏岩(未钻穿)		金星介、南星介组合
	中生界	白垩系	K ₁ —J ₃	750~1000	大套中性喷发岩,红色及杂色泥岩、砾岩、白云质砂岩	上部电阻低平,自然电位无明显异常;中下部块状高阻	蒙阴女星介、扇形轮藻
		侏罗系	J ₁₊₂	250~360	火山碎屑岩、泥岩夹煤层	块状高阻,自然电位低平	
古生界	石炭—二叠系	C—P		0~350	上部石英砂岩,红、灰色泥岩互层,夹薄铝土层、煤层;下部海陆交互层及煤层,构造顶部遭受剥蚀		
	奥陶—寒武系	O—Є		1400~1500	海相灰岩、隐晶白云岩;仅钻遇 39.5m 马家沟组		棘皮动物、牙形石、三叶虫组合
	前震旦系	AnZ			花岗岩麻岩(本区无井钻遇)		

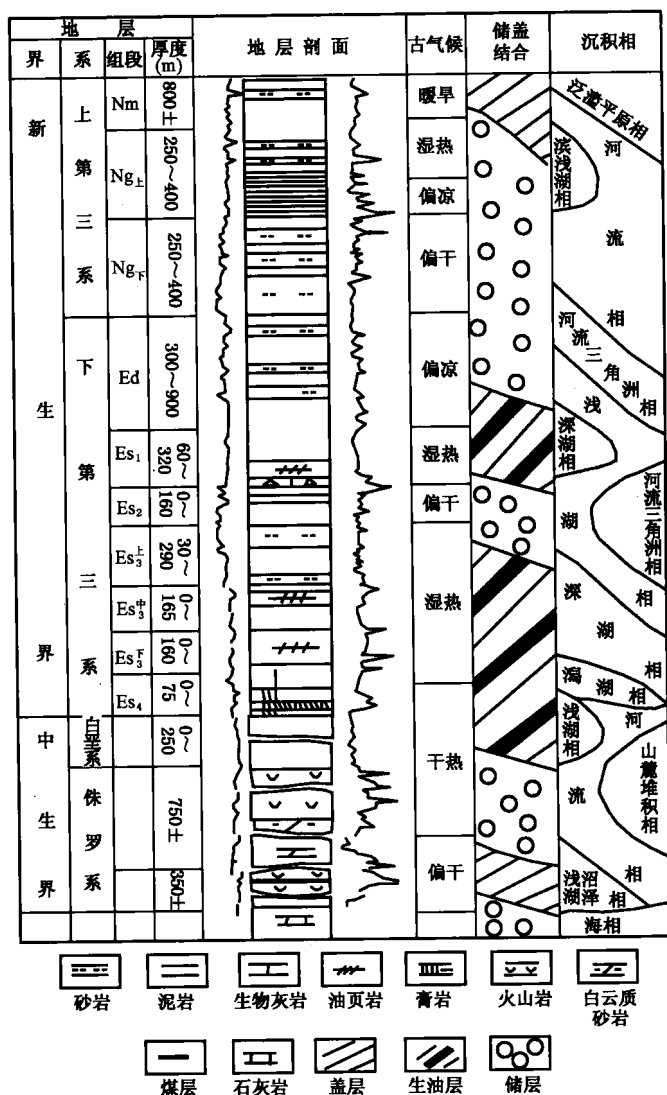


图 2—2 地层综合柱状图

1. 下第三系地层格架

孔店组分为三个岩性段,由灰绿色、紫灰色玄武岩夹泥岩、砂质泥岩和砂、泥岩互层组成,不整合于白垩系王氏组之上。

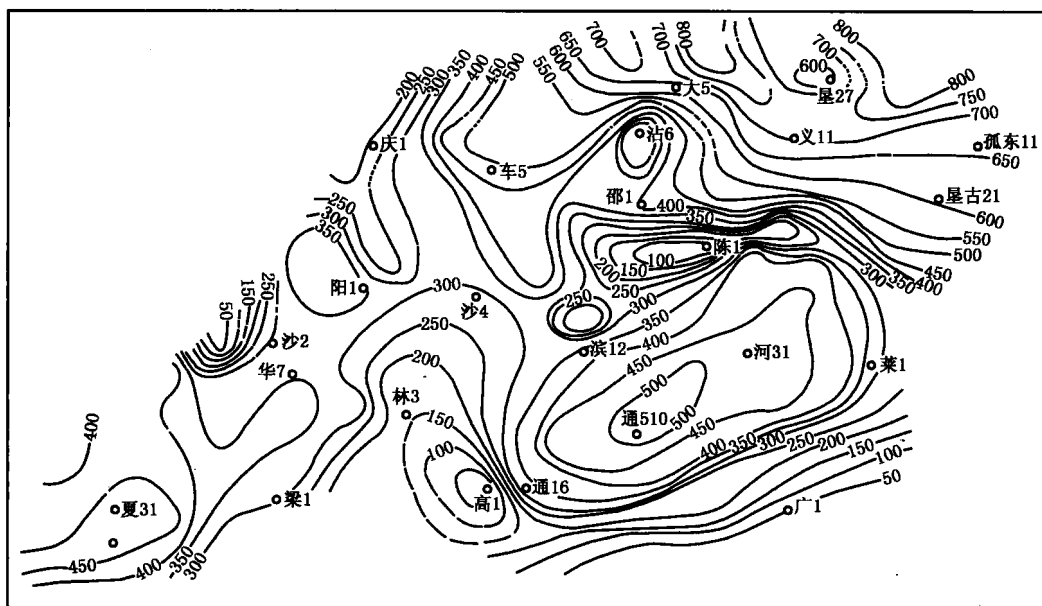
沙河街组与孔店组整合或假整合接触,分为四个岩性段。沙四段上部主要为半闭塞的潟湖沉积,地层以灰质泥岩、石灰岩与簿层砂岩互层为主,湖盆中心发育膏岩沉积,在湖岸带受古地形的控制常发育有生物灰岩、藻灰岩,在斜坡带相变为砾状砂岩或含砾砂岩;沙三段为深湖一半深湖沉积环境,地层以灰色泥岩、油页岩、油泥岩为主,与沙四段为连续沉积。沙三段分上、中、下三个亚段,地层总厚度 350~1400m,与上覆沙二段呈不整合关系。沙三下亚段沉积期湖盆进入稳定发展期,气候湿润,湖底广阔,以静水沉积的细粒成分为主。自下而上先后沉积了四套油页岩,在第三套油页岩顶发育一套浅灰色低阻泥岩,称为“稳定泥岩段”。沙三中亚段的下部以第二套油页岩为主,沙三中亚段的上部出现砂岩和泥岩间互沉积。沙三上亚段沉积期随湖域退缩,地层分布范围变小,在斜坡带地层变薄以至缺失。沙二段湖盆中心以暗色泥

东营组与沙河街组呈整合或假整合接触,分为三个岩性段,为灰绿色、灰色、少量紫红色泥岩与砂岩、含砾砂岩、砾状砂岩的不等厚互层,或夹薄层碳酸盐岩。从凹陷中心向边缘岩性逐渐变粗,砂砾岩增加,泥质岩减少。整个东营组的厚度不稳定,顶部多遭剥蚀,从凹陷中部向边缘直到凸起部位厚度逐渐减少,剥蚀程度越来越大,缺失地层越多,不少凸起上完全缺失东营组。

上第三系包括馆陶组和明化镇组。馆陶组与下伏地层为区域性不整合接触,分为上、下两个岩性段,为陆源砂岩、泥岩和砾岩,厚度变化较大,从几十米到千米以上。明化镇组与馆陶组为整合或假整合接触,岩性为棕黄色、棕红色泥岩夹浅灰色、棕黄色粉砂岩及海相薄层。第四系平原组呈区域性不整合覆于明化镇组之上(表 2—1)。

1) 馆陶组下段

馆陶组尤其是馆下段沉积时期,胜利油区古地形基本上保持渐新世末期的面貌,凹陷周围的凸起或隆起为主要物源区,因此各凹陷中心沉积厚度大,向凸起逐渐变薄,且其下部在凸起上缺失。如义和庄凸起顶部、陈家庄凸起、青城凸起、林樊家构造高部位以及东营凹陷、惠民凹陷的南部斜坡地带均缺失馆下段,且馆上段也明显减薄。胜利油区馆陶组沉积厚度以沾化凹陷最大,车镇凹陷其次,东营凹陷和惠民凹陷的沉积厚度明显减薄(图2—3)。



— 9 —

除了厚度变化外,砂、砾岩的厚度变化也较大。凹陷的东北部其厚度一般为 300~500m,西南渐薄,至 50~100m;砂岩的百分含量从 50%~70%向南变为 10%~30%(图 2—4)。馆陶组砂岩是胜利油区的主要储油岩之一,目前它拥有全区 1/4 以上的探明储量。近年来,孤东油田及海上埕岛油田的发现,展示了馆陶组含油的美好前景。馆陶组与下伏地层为区域性不整合接触。

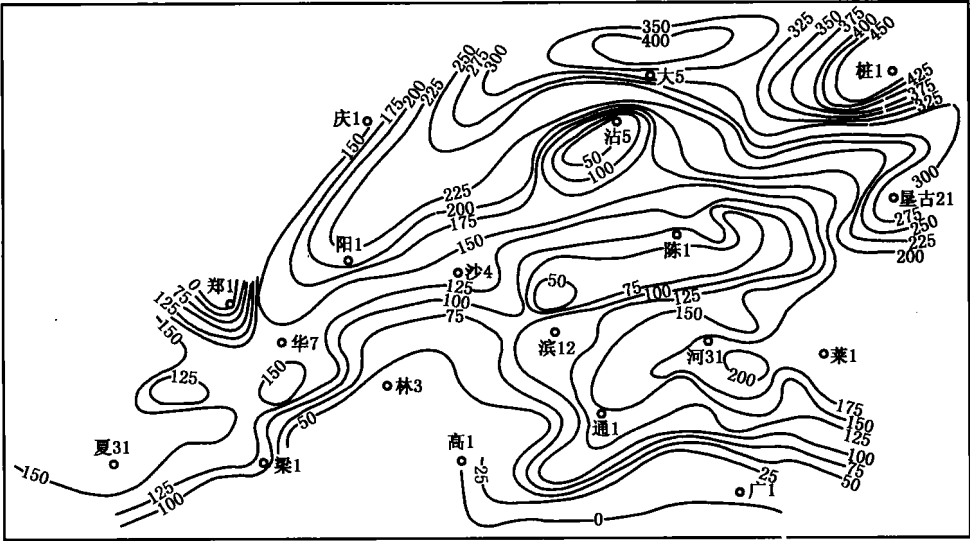


图 2—4 胜利油区馆陶组下段砂岩厚度(m)图

上亚段岩性为紫红色、暗紫色、灰绿色泥岩、砂质泥岩与粉砂岩互层,夹粉、细砂岩。下部砂岩较发育,上部泥岩较发育。视电阻率曲线基值较低,上部为小锯齿状,中、下部呈中—高阻尖峰。自然电位曲线上部略平直,下部见中低幅度负异常。厚度为 120~380m。馆陶组的厚度变化较大,油区南薄北厚。东营、惠民凹陷一般厚 200~400m,车镇、沾化凹陷厚 750~1000m,个别地区可大于 1000m。淮北凹陷一般厚 70~250m,分段不明显,岩性粗,以砂、砾岩为主。

下亚段岩性为灰色、浅灰色、灰白色块状砾岩、含砾砂岩、砂岩夹灰色、灰绿色、紫红色泥岩、砂质泥岩。惠民凹陷的岩性相对较细,下部为杂色泥岩与灰绿色粉砂岩的不等厚互层。视电阻率曲线呈低值略平,见稀疏的中低阻尖峰。自然电位曲线一般为高幅度箱状负异常。厚度一般为 200~500m。

2)馆陶组上段

馆上段地层厚 427~470m,为一套由粗到细的砂泥岩组成的正旋回,横向上分布稳定。按旋回对比、分级控制的原则,又将本区的馆上段自下而上分为六个砂层组(表 2—2)。

表 2—2 馆上段地层特征

分 层		地层厚度(m)	岩 性 特 征
Ng ^上	1+2	70~76	主要为一套泥岩,夹少量薄层粉细砂岩
	3	58~63	主要为泥岩夹细粉砂岩
	4	43~54	砂岩与泥岩互层
	5	60~70	砂岩、粉细砂岩与泥岩互层
	6	73~80	中粗砂岩、细砂岩夹泥岩为特征

在孤岛地区,馆上段为砂岩、粉砂岩和泥岩互层,砂岩以细砂岩为主,厚约 230~250m。油气主要分布在馆陶组上段 3、4、5、6 砂层组,馆陶组上段 5、6 砂层组有少量稠油分布。

馆上段 1+2 砂层组主要为一套夹少量薄层粉细砂岩透镜体的泥岩,地层厚 70~76m;馆上段 3、4、5、6 砂层组为砂、泥岩互层,馆上段 5、6 砂层组出现中粗砂岩。砂层厚度依次为:馆上段 3 砂层组为 58~63m,馆上段 4 砂层组为 43~54m,馆上段 5 砂层组为 60~70m,馆上段 6 砂层组为 73~80m(表 2—2)。

二、沾化凹陷构造格架和构造演化

1. 胜利油区构造概况

古生代胜利油区是华北地台的一部分,早古生代为海相沉积,晚古生代为海陆交互相沉积。中、新生代华北地台解体,渤海湾盆地形成,经历断陷、断拗、拗陷三个发展阶段,沉积了巨厚的陆相地层。胜利油区处于渤海湾盆地东南部,含济阳拗陷、昌潍拗陷以及临清拗陷之一部分,还包括渤海海域的埕北凹陷、桩东凹陷和青东凹陷。沂(河)沭(河)断裂呈 NNE 向通过油区东部边缘。早第三纪本区几度受到海水入侵,晚第三纪海水也多次入侵。下第三系沙河街组四、三、一段是良好的生油岩层,上第三系明化镇组为区域性盖层。由于构造运动的作用及构造变动的影响,尤其是沂沭断裂长期活动并出现左旋与右旋的交替变化,油区沉积厚度及岩相随之改变,因此形成多种类型的圈闭和复杂的油气藏类型。区内不仅同生岩层和后生岩层含有大量油气,而且基底岩层含油量也相当丰富;不仅砂、砾岩层含有大量油气,而且泥岩、火成岩和变质岩层含油气也屡见不鲜。多套含油气层系和多种类型的油气藏在空间上的交互叠加形成复式油气聚集带。复式油气聚集带有同生构造带、单斜构造带、潜山披覆构造带和洼陷等 4 种类型的油气聚集带。复式油气聚集带是复式油气区的基本单元。

胜利油区断裂活动较强,大断层有多期性和继承性的特点,其平面展布可分为近 EW、NE 及 NW 向三组。这些断层把该区分解成多个次级洼陷(或凹陷)和凸起相间的构造格局。从北往南分布着埕北凹陷、沾化凹陷中的孤北、五号桩、渤南、孤南等洼陷。它们既具有相互连通的统一性,又具有一定的分割性,呈南断北超箕状特征,在洼(凹)陷边上发育了埕北、桩西、长堤、孤东、孤岛、埕东等低凸起,洼(凹)陷都以深断裂与低凸起接触,低凸起的太古界、古生界、中生界组成了前第三系潜山,下第三系逐步超覆披覆在潜山上,上第三系又披覆其上,形成了多个潜山披覆背斜构造。受埕北断层、五号桩断层、埕南断层这三条北西向展布的区域性断层的影响,埕北低凸起、埕北凹陷、埕子口凸起、桩西—长堤—孤东潜山披覆构造带走向以北西向为主,呈长条形展布的形态。受孤北断层、孤南断层两条近东西向断层的控制,孤岛潜山披覆构造形成一个近东西向的构造带。

济阳拗陷有四排凸起和三排凹陷。四排凸起自西北而东南依次为:呈子口凸起—庆云凸起、义和庄凸起—无隶凸起—宁津凸起、陈家庄凸起—滨县凸起、青城凸起—广饶凸起。凸起之间三排凹陷自西北而东南依次为:车镇凹陷、沾化凹陷—惠民凹陷、东营凹陷。山东境内临清拗陷含德州凹陷及莘县凹陷,其间为堂邑凸起。昌潍拗陷含侯镇凹陷和潍北凹陷。相通的拗陷其间以构造线延伸方向作为二者的界线。例如,宁津凸起的延伸方向经禹城洼陷东缘与聊考断裂相接,系济阳拗陷与临清拗陷的分界线;广饶凸起的延伸方向系济阳拗陷与昌潍拗陷分界线。相通的凹陷其间亦以构造线延伸方向或以正向构造带作为二者的界线。例如,宁津凸起与堂邑凸起的伸展方向即为德州凹陷、莘县凹陷的界线;青坨子凸起与广饶凸起的顺延线可作为东营凹陷与青东凹陷的界线;桩西—五号桩—孤东构造带使沾化凹陷、桩东凹陷分隔。