

孙梦茹 刘文业 著

河流三角洲

储层油藏动态模型 和剩余油分布

石油工业出版社

河流三角洲储层油藏动态 模型和剩余油分布

孙梦茹 刘文业 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书采用多学科理论,应用多种信息和手段,深入论述了河流三角洲储层油藏动态模型研究的原理、方法与技术,阐述了胜坨油田宏观、微观参数的变化规律和控制因素,建立了宏观、微观参数动态模型。研究了胜坨油田剩余油形成机理和控制因素,建立了胜坨油田油藏动态模型,揭示了剩余油形成机理和分布规律,建立了剩余油分布模式,为改善油田开发效果,提高油田最终采收率提供了可靠的地质依据。

本书可作为油气勘探开发相关专业人员的重要参考材料,也是大专院校师生及科研人员的重要参考文献。

图书在版编目(CIP)数据

河流三角洲储层油藏动态模型和剩余油分布/孙梦茹,刘文业著.
北京:石油工业出版社,2004.7

ISBN 7-5021-4717-9

I. 河…

II. ①孙…②刘…

III. 三角洲相-储油层-研究

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 062260 号

河流三角洲储层油藏动态模型和剩余油分布

孙梦茹 刘文业著

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.cn

总 机:(010)64262233 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技排版中心排版

印 刷:北京密云华都印刷厂印刷

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:9.5

字数:230 千字 印数:1-1000 册

定价:25.00 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

近年来,油藏动态模型研究已成为国内外油气田开发中极为关注的重要领域,不仅国内外每年的学术期刊和学术会议均有大量的报道,而且在高含水开发油田提高采收率研究中得到普遍应用。

胜坨油田自“八五”以来广泛开展了精细油藏描述,为胜坨油田改善开发效果、增储上产奠定了坚实的基础。“九五”以来,为改善油田开发效果,提高采收率,在胜坨油田二区等多个处于高含水及特高含水开发期油田进行了油藏动态模型研究与应用,取得了很好的效益,笔者在深入研究的基础上编写了本书。该书系统地论述了油藏动态模型研究的原理和方法,砂体成因类型、控油断层封闭性及岩石物理相对油藏动态模型的控制和影响,研究了油藏动态模型对剩余油的控制作用,从而使读者可对油藏动态模型的特征、研究内容、油藏动态模型研究的理论方法和技术等进行全面的认识和深入的了解。

该书共分八章,第一章介绍了油藏动态模型的概念、研究意义及研究现状。第二章概述了胜坨油田石油地质概况,阐述了胜坨油田的地层格架、构造格架及演化、油气藏类型等。第三章论述了胜坨油田冲积扇、河流及三角洲三类成因砂体的沉积模型及空间展布。第四章阐述了胜坨油田控油断层封闭性的概念及原理,论述了胜坨油田控油断层封闭性机理及控制因素,并对控油断层封闭性进行综合评价,建立了胜坨油田控油断层封闭性模式。第五章阐述了胜坨油田储层非均质及岩石物理相模式。第六章论述了长期开发油田储层宏观参数演化规律和机理,建立了胜坨油田宏观参数动态模型。第七章论述了胜坨油田储层微观参数的演化规律和机理,建立了胜坨油田微观参数动态模型。第八章论述了胜坨油田剩余油形成机理和分布规律,建立了胜坨油田剩余油分布模式。

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,推动我国石油工业的快速发展。该书在编写过程中得到了刘泽容教授的悉心指导,并提出了修改意见,胜利油田胜利采油厂有关专家提供了大量的基础资料,在此一并表示衷心感谢。

书中不当之处,欢迎专家同行批评指正。

目 录

第一章 绪论	(1)
一、油藏动态模型概念	(1)
二、油藏动态模型研究现状和展望	(1)
第二章 胜坨油田石油地质概述	(5)
一、胜坨油田地层格架	(5)
二、胜坨油田构造格架及构造演化	(8)
三、胜坨油田油藏类型及分布	(10)
四、胜坨油田开发现状	(13)
第三章 胜坨油田砂体成因类型和空间分布	(15)
一、胜坨油田冲积扇砂体沉积模型	(15)
二、胜坨油田河流相砂体沉积模型	(18)
三、胜坨油田三角洲砂体沉积模型	(23)
第四章 胜坨油田控油断层封闭模式	(29)
一、控油断层封闭性概念	(29)
二、控油断层封闭性研究的原理和方法	(29)
三、控油断层封闭机理及影响因素	(35)
四、胜坨油田控油断层封闭性模糊综合评价	(37)
五、胜坨油田控油断层封闭模式	(40)
第五章 胜坨油田储层岩石物理相和非均质性研究	(45)
一、岩石物理相研究的原理和方法	(45)
二、胜坨油田主力油层岩石物理相模式	(49)
三、胜坨油田储层宏观非均质性模式	(50)
四、储层非均质性的控制因素	(62)
第六章 胜坨油田宏观参数动态模型	(63)
一、宏观参数动态模型的概念	(63)
二、胜坨油田宏观参数求取的原理和方法	(63)
三、胜坨油田宏观参数变化规律	(64)
四、胜坨油田宏观参数变化机理	(67)
五、胜坨油田宏观参数动态模型	(68)
第七章 胜坨油田微观参数动态模型	(71)
一、微观参数动态模型的概念	(71)
二、胜坨油田微观参数求取的原理和方法	(71)
三、胜坨油田微观参数动态模型	(73)
四、胜坨油田微观参数变化机理	(84)

第八章 胜坨油田剩余油形成机理和预测	(85)
一、剩余油的概念.....	(85)
二、剩余油研究的原理和方法.....	(85)
三、胜坨油田剩余油形成机理和控制因素.....	(98)
四、胜坨油田剩余油分布模式	(108)
五、胜坨油田提高剩余油采收率措施	(111)
参考文献.....	(142)

第一章 绪 论

一、油藏动态模型概念

大量的油田开发资料证实地下储层参数是随注水开发程度的加深而发生变化的,油藏宏观、微观及渗流特征也伴随发生变化。从定性分析看,随着开发程度的加深,储层物性的总体特征朝着变好的方向发展,但这种变化不是绝对的,在局部可能是因各种因素的影响而导致油藏的特征和性能变差,这种变化一方面使储层的均质性变好;另一方面使储层的非均质性增强,储层物性和渗流能力变差。如何更好地描述油藏的这种变化,将这种变化进行定量化表征,油藏动态模型的建立使之成为可能。

油藏动态模型是研究油藏内部宏观、微观及渗流参数随油田注水开发程度的加深而发生动态变化的变化过程、变化规律和变化机理,并通过这些研究建立可以描述、表征和预测油藏动态变化的物理化学和数学力学的地质模型。

二、油藏动态模型研究现状和展望

大量的油田开发实践证实,特别是长期注水开发的油田,油藏开发流体动力地质作用是在不停的发生和演变的,注入水对地下储层进行多种方式的动力地质作用,这些油藏动力地质作用对储层的改造和破坏是在不停的演变中,从而致使油藏开发流体动力地质作用影响的储层骨架、网络、渗流、地应力、物理化学场和流体场等各种参数也是在不断地变化的。这种变化造成地下储层结构和储层性质都发生复杂的变化,从而也致使特高含水期剩余油宏观和微观形成与分布进一步复杂化,但这种变化并不是混乱的,而是有一定规律可循的。

从大量的文献来看,研究长期注水开发油田储层参数变化规律和变化机理,前人已做了大量的工作,采用了很多方法,试图从不同角度侧面来探讨储层参数变化规律和变化机理,揭示微观分布规律。但总的来看是从一维二维定性研究储层参数变化规律较多,而从三维定量研究相对较少,尚未见从四维空间揭示储层参数变化规律和机理。多数学者从储层宏观参数研究变化规律较多,尚未见有人将宏观、微观、渗流和物理模拟四大类参数结合,研究不同含水期参数变化规律,同时还研究不同含水期剩余油宏观和微观形成机理和分布规律。多数学者从单一信息或单手段研究较多,很少有人将地质、地震、测井、油藏工程、动静态资料与渗流参数和物理模拟相结合来研究和揭示不同含水期储层参数变化规律、变化机理及剩余油的关系。未见研究不同含水期油藏流场的骨架场、网络场、渗流场、物理化学场、应力场和流体场等6场的特征和变化规律及与剩余油的关系。未见宏观、微观和渗流相结合;动静结合;二维、三维和四维相结合;研究物理化学场、应力场和流体场的特征、分布、演化与与微观剩余油的关系。尚未见应用仿真的理论和方法技术来研究和仿真不同含水期储层三大类参数和剩余油变化规律和动态变化过程。尚未见建立长期注水开发油田储层参数在不同含水期的四维数据体和四维

油藏地质模型来预测剩余油的分布。

目前国内外学者对油田长期注水开发后储层物性参数变化机理和变化规律研究做了大量的工作,取得了很多成果,下面分别从宏观参数、微观参数、渗流参数、剩余油分布和表征方法等方面来论述这个领域研究的现状和发展。

1. 储层宏观参数研究

储层宏观参数包括孔隙度、渗透率、粒度中值、含油饱和度等,这些参数的变化规律受微观变化规律和变化机理的影响和控制。目前进行宏观参数研究的人较多,研究的成果也很丰富,总的来看,宏观参数变化有如下规律:从室内用长短岩心长期注水冲刷实验及不同阶段取心并岩心分析数据对比看出,储层被注水冲刷及水淹后岩石孔隙度变化有增有减,高、中渗岩石孔隙度大多呈增大趋势,中低渗岩心孔隙度呈减小趋势,但增减幅度较小,一般均在测量允许的误差范围内,但部分油田水淹前后的取心并岩心统计表明孔隙度增大。长期注水冲刷后储层岩石渗透率变化较为复杂,各油田因实验条件、研究方法及储层地质条件的不同,所形成的认识也不尽相同。有的油田研究表明渗透率随注水程度加深而增大,而另一些油田研究则认为渗透率随注水开发程度加深而缓慢的减小。对含油饱和度参数变化规律的认识比较一致,无论各类油田,含油饱和度都随注水开发程度加深而减小。

2. 储层微观参数研究

微观参数研究是储层参数变化规律研究的重要内容之一,这方面的研究始终是储层研究的热点和难点,至今开展这方面工作的较少,随着油田注水开发阶段的加深,储层中孔喉发育和孔喉网络的关系自全部的点线接触→部分点线、分离式接触→分离、飘移式接触→全部飘式接触,同时胶结物、地层微粒、粘土矿物含量也随着减少,流体的数量和成分也随着发生变化。总的来说,流体性质变差,数量减少,储层物性变好。微观参数变化机理是油藏流场演变和油藏开发流体动力地质作用形成的。本项目组在 2001 年“胜坨油田胜二区长期注水冲刷储层物性参数变化规律研究”项目研究中提出了油藏开发流体动力地质作用的概念,并利用该新思路研究储层微观参数的变化机理和变化规律,揭示了剩余油微观形成机理和控制因素。

3. 储层渗流参数研究

渗流参数变化规律和变化机理研究难度很大,工作量也很大,从目前研究的数十个参数来看,随着油田长期注水开发阶段的加深,含水量增加,储层渗流参数物性向好的方向变化,其中孔隙形状因子变大,地表面降低、孔喉比变小、孔隙均质程度变好、孔喉半径增大、分选性变好,连通性、控油能力变好,即最终导致孔喉均质程度增高。

4. 储层物理化学场研究

储层物理化学场是近 20 年国际上活跃的研究领域。国际专题讨论会召开 8 次,1992 年美国黄石公园召开的 7 届会议影响最大,涉及地热系统、环境污染、核废料处理等诸多领域的水—岩反应。1992 年日本东京召开的 29 届和 1996 年中国北京召开的 30 届国际地质大会都将流体—岩石相互作用为一专题讨论。30 届国际地质大会“流体—岩石相互作用和机理”论文 55 篇、开放体系中矿物溶解和化学动力学论文 15 篇。1990 年,美国地球化学联合召开了“地表规模的流体搬运:理级与机遇”,英国皇家地质学会组织了“俯冲带流体的行为和影响”两次大型的学术会议。1993 年英国格拉斯哥召开了地质流体的专门会议,出版了《沉积盆地地质流体:成因、运移和演化》一书。该书收集了大陆边缘和大陆内部大规模的流体流动、变形与流体流动的关系、流体流动与储层演化的关系、流体化学、金属—有机质相互作用、流体演化以及烃类和金属的运移和沉淀、流体演化的示踪剂等内容。可见流体—岩石相互作用受重视的

程度。目前,世界上许多大型盆地都开展了这项研究,如北海油田大陆架、加拿大西部阿尔伯特盆地、美国加州 San Joaquin 盆地、伊利诺斯盆地、东俄亥俄盆地、墨西哥湾盆地、得克萨斯盆地西南部海湾沿岸(Gulf Coast)等。国内徐学纯(1995)提出,流体地质学(流体—岩石相互作用为重要研究内容)可为一门独立的学科存在。可见,国内外学者都已注意到了这一研究领域在地球科学中的重要地位。前人的研究主要是研究水和岩石的溶解、沉淀、吸附、离子交换作用,尚未见长期注水开发油田中油藏流场的骨架场、网络场、渗流场、物理化学场、应力场和流体场等 6 场如何伴随开发阶段的加深而演变和改造及对储层微观剩余油机理和分布规律的控制,以及对储层中可动油的控制等。

水岩作用可导致地应力变化,有的学者从油井套管损坏、报废这个侧面来研究注水开发油田地应力场的变化,如国外原苏联的巴拉哈内—萨布奇—拉马宁油田,因地应力场变化,引起现代地壳运动,自 1937 年至 1982 年,套管损坏和破裂报废 3200 口井;美国的威明顿油田,1974 年地震后,因地应力场改变,引起断层活动或产生新断裂,三年内套管损坏井达 300 多口;美国的密西西比南帕斯(Suofh pass)27 断块油田,在钻遇断层的 250 口井中,至 1971 年底已有 54 口井损坏,其中 21 口井报废;1963—1968 年,在原苏联第聂伯—顿涅茨盆地、外喀尔巴阡山、伏尔加格勒等地区的含盐层段发现有 35 口井套管损坏。有的学者从油井化学场变化、产能变化和地震前兆来研究应力场变化。有的学者将综合研究与实验相结合来研究注水开发油田储层的应力敏感性、固液耦合作用及对储层物性及流体的影响,深化和发展了油藏流场应力场研究,指导了油田勘探和开发。

应力场和渗流场变化又对压力场有影响,固液相互影响称耦合。20 世纪 40 年代,Terzaghi 最早研究可变形饱和介质中流体的流动;之后,Biot 对三向变形材料与孔隙压力的相互作用深入研究;20 世纪 80 年代后,岩土工程领域对固液耦合做了大量工作,多研究中高渗储层。目前,世界石油低渗透储量比例越来越大。开发实践表明低渗透油田油层孔隙度、渗透率随上覆压力变化明显,即固液耦合效应较中高渗透油田强很多,应进行储层应力敏感性研究。一方面证实固液耦合作用存在;另一方面,考虑岩体流变性,即储层蠕变、松弛和长期作用强度降低等现象,试图从低渗透油田开发效果和—些边界油藏能否有效动用角度,探讨低渗透油田不同物性参数储层对应力敏感程度,流固耦合利弊和界限分析,进而对储层润湿性、油水驱替力、驱替速度、孔喉大小、分选性、均匀程度和连通程度对剩余油形成分布的控制作用。

5. 剩余油研究

宏观和微观剩余油分布研究是一项世界性学科前沿的难题,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主题之一,在 SPE 文献中,有关剩余油研究的文章连年增加。国内外有关剩余油分布研究重点主要集中在以下三方面:①剩余油分布的描述;②剩余油饱和度的测量与监测技术的研究;③剩余油挖潜技术研究。下面重点介绍前两个方面的研究现状。

1) 剩余油分布规律研究

据国外大量的研究表明,油藏中剩余油分布形式与数量如下:①存在注水过程中水未洗到的低渗透夹层中,或者是水绕过的低渗透带中的剩余油,这种类型的剩余油量约占 27%;②由于地层压力梯度小,在油不流动的油层部位(滞流带)中存在的剩余油,占 19.5%;③未被井钻到的透镜体中的油,占 16%;④在—些小孔隙中被毛细管力束缚的剩余油,占 15%;⑤以薄膜状的形式存在于储层岩石表面上的剩余油,占 13.5%;⑥局部不渗透的遮挡(如封闭性断层等)处的剩余油,占 8%。

据国内有代表性学者现有研究分析,高含水后期和特高含水采油阶段剩余油的分布主要有以下几种类型(韩大匡,1995):①不规则大型砂体的边角地区,或砂体被各种泥质遮挡物分割所形成的滞油区;②岩性变化剧烈,主砂体已大面积水淹,其周围呈镶边或搭桥形态存在的差储层或表外层;③现有井网控制不住的砂体;④断层附近井网难以控制的部位;⑤断块的高部位、微构造起伏的高部位及切叠型油层的上部砂体;⑥井间的分流线部位;⑦正韵律厚层的上部;⑧注采系统不完善,如有注无采,有采无注或单向受效等而遗留的剩余油。

总之,在宏观上,剩余油主要分布在注入水未波及到的、或者波及程度比较低的部位,在微观上主要因储层润湿性、油藏流场演变和驱油效率低等遗留的剩余油,剩余油形成与分布主要受沉积相、构造、储层非均质性润湿性及井网条件等综合因素的控制。

目前对剩余油分布规律的认识较全面,但有简单化的趋势,有千篇一律之嫌。多认为剩余油主要分布在:①边缘相带,如河床边缘、堤岸相带、边边角角、低渗透差储层或表外储层;②封闭性断层附近、构造高部位与微构造起伏的高点;③正韵律厚层的上部;④井间分流线、井网控制不住、注采系统不完善的部位等。若与实际地质模型相对比分析来看,在有关剩余油形成与分布规律的认识上还很不深入,存在简单化现象。特别对特高含水期河流相储层来讲,剩余油形成与分布极为复杂,目前在认识上尚未突破。若剩余油形成与分布真是那么简单的话,国内外石油界就不会投巨资来测定、监测和预测剩余油的分布,同时特高含水期剩余油采收率提高就会有显著的突破。

2) 剩余油分布监测技术

国内外学术界均非常重视研究和发展剩余油饱和度的测定和监测技术,目前主要采用了取心技术、开发地质学方法、测井、地震、油藏工程技术等多学科综合方法技术来测定或监测不同类型油藏中剩余油的空间分布位置,这也是正在发展的国际学科前沿的难题。

第二章 胜坨油田石油地质概述

胜坨油田位于山东省东营市境内,其构造位置在济阳坳陷北部,坨庄—胜利村—永安镇二级构造带的中段,东邻民丰洼陷、西及西南邻利津洼陷、南接东营中央隆起断裂带、北面为胜北弧形大断层遮挡。

胜坨油田是由东西两个高点组成、被断层复杂化了的背斜构造油气藏(图 2—1)。油田内部断层发育,共有断层 58 条,均为正断层。主要断层 12 条,将油田分为 11 个断块,即坨 15、坨 107、坨 103、胜一区、胜二区、胜三区坨 7、坨 11 北、坨 11 南、坨 21、坨 28、坨 30,各断块自成独立的油水系统。“八五”以后又陆续发现了 13 个小圈闭油藏,即二区沙三、坨 121、坨 123、坨 71、坨 74、坨 76、坨 124、坨 128、坨 143、坨 144、坨 142、坨 145、坨 719。

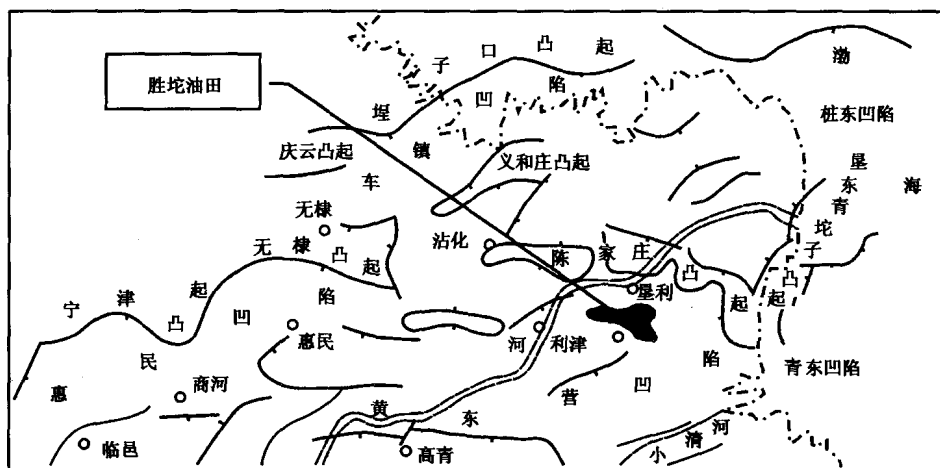


图 2—1 胜坨油田构造位置图

一、胜坨油田地层格架

胜坨油田下第三系发育较全(图 2—2),各地层的主要特征如下。

1. 沙河街组四段(E_{s4})

沙四段中、下部岩性为浅灰色硬石膏层,褐灰、深灰色泥岩及软泥岩成不等厚互层。含膏盐井段大于 1000m,(东风 2 号井 150m),盐岩、石膏单层厚 10m 以上。顶有薄层灰黑色页岩和黑色白云岩;中夹灰黄色杂卤石,浅灰黄色钙芒硝层;底有深灰、灰绿、紫红色泥岩与浅紫红、暗紫色白云质粉砂岩,灰质粉砂岩,局部有方解石脉。盐岩地层中常见 1~3mm 泥砾(东风 2 号井描述为泥柱),局部成层排列。埋深 3770~4152.5m。

沙四段底部为深灰色、杂色、灰白色砂砾岩、底砾岩。砂岩成分以石英、长石为主,少量岩块,含暗色矿物,分选差,石英砾成次棱角状,普遍含较多白色高岭土片。该段地层见少量孔店组孢粉化石,故亦可划归沙四段—孔店组,埋深 4152.5m。

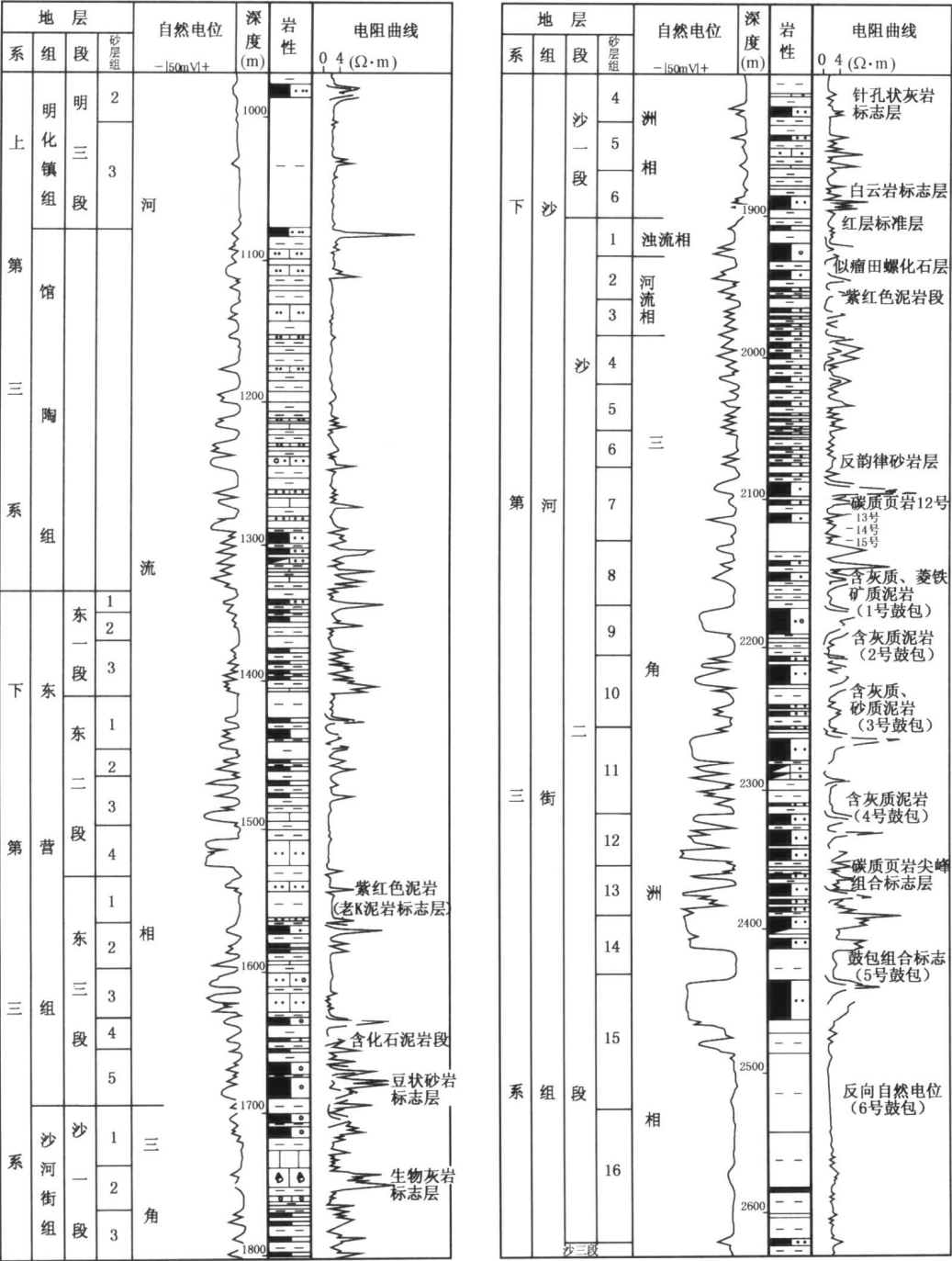


图 2—2 胜坨油田地层柱状图

上部岩性为深灰色页岩与褐灰色泥岩互层,夹黑色油迹白云岩,各类岩质纯、致密坚硬、性脆,加酸起泡,含较多隐晶质黄铁矿。由浅灰、深灰、褐灰色组成平直状微细层理,细层1~2mm,层系2~4mm,局部夹方解石脉及浅灰色砂条。埋深3515.0~3770.0m。

2. 沙河街组三段(E_{S_3})

沙三段下部岩性以深灰色、褐灰色泥岩为主,夹油页岩。埋深3150.0~3515.0m。

中部岩性以灰色、褐灰色泥岩为主,夹不规则砂岩透镜体。埋深2505.0~3153.0m。

沙三上亚段是胜坨油田二、三区主要含油层系,占油田储量的30.37%。划分了8个砂层组,即8~15砂层组,各砂层组呈反旋回特征;其岩性上部为厚层或块状粉、细砂岩,顶部偶夹薄层含砾、砾状砂岩。下部灰—深灰色质纯泥岩,泥岩段中下部夹厚约4~6m均匀含钙、含菱铁矿的深灰色泥岩段,测井曲线电阻略高,特征明显,称“鼓包”标志,按所在砂层组自上而下编号。该段地层埋深2138.0~2505.0m,沙河街组三段中、下部是主要生油层系,底部油页岩段是区域标准层,即地震第六反射层(T_6)。

3. 沙河街组二段(E_{S_2})

该段地层是胜坨油田的主要含油层系,占油田地质储量的43.91%,划分为七个砂层组。其岩性1~3砂层组为紫红色泥岩夹灰绿色砂质泥岩,砂岩粒级由粉—细—粗,底部含砾或细砾岩。具有三组标志,依次为介形虫泥岩段,旋脊似瘤田螺化石组合段,紫红色泥岩段。它们分别在电性特征上有明显响应。4~7砂层组岩性为紫红色、灰绿色、灰黄色泥岩薄层间互,杂色团块较多,砂岩呈透镜状细砂岩,局部地区砂岩底部发育细砾岩。该套地层夹多层碳质页岩,较稳定分布的有三层,即12、13、14号电阻尖峰标志。该段地层埋藏深度为1910.6~2138.0m。

4. 沙河街组一段(E_{S_1})

①第四至六砂层依次为泥质白云岩组(上),厚35m,以深灰色泥岩为主,夹三组薄层灰岩;灰岩类型组,厚45m,上部为2层泥灰岩,中部5~6层为白云岩、生物灰岩、鲕状灰岩,下部为2层致密灰岩;泥质白云岩组(下),厚30m,为深灰色泥岩夹黄灰色薄层泥质白云岩,中下部夹三层质纯灰白色白云岩,该白云岩在胜三区北部变为含油砂岩。

②沙一段第三砂层组为凹形泥岩组,厚30m左右。顶部为一层鲕状生物灰岩,紧接一组泥质长石粉砂岩夹灰质砂条。中部和下部全为灰色泥岩夹两薄层灰岩,该灰岩于胜二区变为砂岩并为油层,胜一区为气层。底部为灰白色针孔灰岩,孔洞最大达2~3cm,洞内含油呈油斑状,厚度稳定(2~3m),电性特征明显。

③沙一段第二砂层组为生物灰岩组,厚30m左右。顶部一组1~3层生物灰岩,呈显微—隐晶结构,含生物碎片30%,部分变为鲕状灰岩,中心体为多生物碎片,紧接生物灰岩下为一组灰白色含泥质长石细砂岩,含砾。该组砂岩变化较大,在胜二、三区均含油。中下部厚层灰色泥岩为主夹1~3薄层生物灰岩或鲕状灰岩。本组是区域性标准层和地震第二反射层(T_2)。

④沙一段第一砂层组为豆状砂岩组,厚40~50m。上部为两组较发育的暗棕褐色含油细粉砂岩夹薄层灰白色灰质砂岩,砂岩矿物成分石英占55%~58%,长石占38%左右,砂岩胶结疏松,分选较好。下部为灰色泥岩夹薄层灰岩及粉砂岩。本砂层组是沙一段主要含油段,其埋深为1709.5~1918.6m。

5. 东营组(E_d)

①东营组三段岩性主要为灰白色、浅灰绿色高岭土质砂岩夹灰绿、紫红色含砂泥岩。本段分五个砂层组,除一区不含油外,胜二、三区四五砂层组为主力油层。埋藏深度为1533.0~

1709.5m。

②东营组二段岩性以杂色、暗红色、灰绿色砂质泥岩和砂岩成不等厚互层。向下砂岩集中,单层加厚,下界划在紫红色泥岩顶,俗称老“K”泥岩,自然电位曲线平直段约 20~30m,埋深 1408.0~1533.0m。

③东营组一段为棕红色、紫红色泥岩、砂质泥岩夹灰白色粉细砂岩。砂岩成分以石英为主,分选差,含砾,高岭土普遍充填于颗粒之间。中部以下绿色泥岩增多,有杂色泥岩之称,底部为一组含砾砂岩及细砾岩,是胜三区东营组主力含油段,往一、二区岩性变粗,以含砾砂岩、细砾岩、泥岩组成不等厚互层,不含油。顶界以一组厚砂层(通称“胖砂岩”)控制,大部地区缺该套地层。

二、胜坨油田构造格架及构造演化

1. 构造格架

胜坨油田发育在东营凹陷北部陡坡带胜北大断裂的下降盘,属逆牵引背斜构造,轴线近东西向,地层较缓,在 $6^{\circ}\sim 1^{\circ}$ 之间,顶部倾角相对较大,为 $6^{\circ}(\pm)$,腰部倾角减少为 $3^{\circ}(\pm)$,至边部地层倾角更小,仅为 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}(\pm)$ 。该背斜发育了 12 条断层,切割成 11 个含油断块,含油面积 73.2km²,地质储量 $45924\times 10^4\text{t}$,动用储量 $43100\times 10^4\text{t}$ 。

研究区内断裂系统发育多种构造样式。平面上断层多为弧形、平直状,其中主干断层以弧形居多,而次级断层多为平直状;组合样式有平行式、近雁列式和斜交式;剖面上断层形态种类繁多,大致分为铲式、座椅式和平面式三种类型。铲式断层剖面形态上陡、下缓,构成向上凹的曲面。不仅规模较大的断层如胜北断层呈铲式,而且规模较小的断层也可呈铲式(图 2—3)。

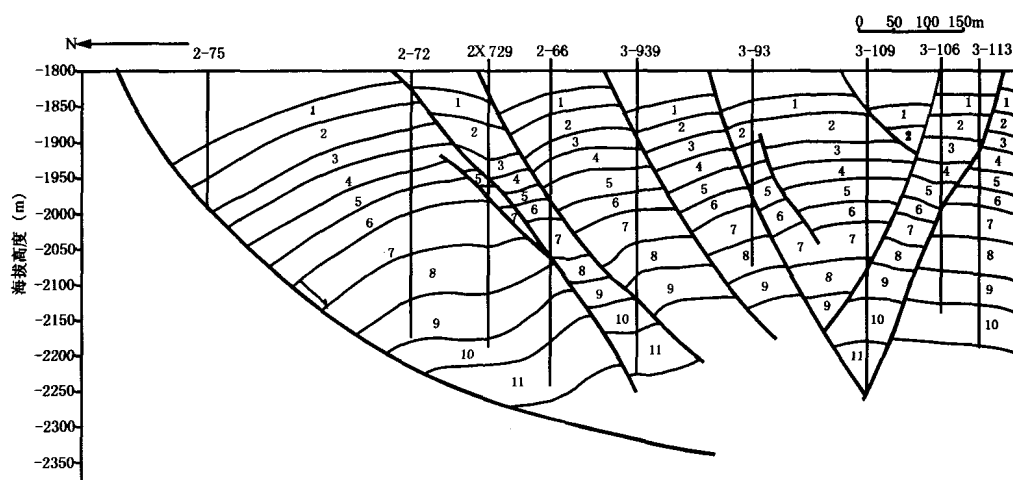


图 2—3 坨 30 断块 2—75 井—3—113 井构造剖面图

经剖面断点组合发现,断块内主断层断面形态呈上陡、中缓、向下又变陡,形似座椅,我们称其为座椅式断层。座椅式断层倾角的这种变化不仅与岩石的原始破裂角有关,而且与上下岩层的岩性有关。当上部岩层岩性以脆性的砂岩为主,中部以塑性的泥岩为主,而下部岩性又以脆性的砂岩为主时,正断层在剖面上易形成这种上陡、中缓、向下又变陡的形似座椅式的断层(图 2—4)。从沙二段沉积地层的岩性上分析,1~4 或 5 砂层组剖面岩性以“砂包泥”为主,6~7

砂层组岩性以“泥包砂”为主,而8~15砂层组又是以厚砂层与泥岩的互层为特征。纵向上这种岩性的变化可能是造成研究区断层断面弯曲呈座椅式断层的原因所在。平面式断层:断层面呈平面状,断层倾角较大,一般为主断层伴生的结果。

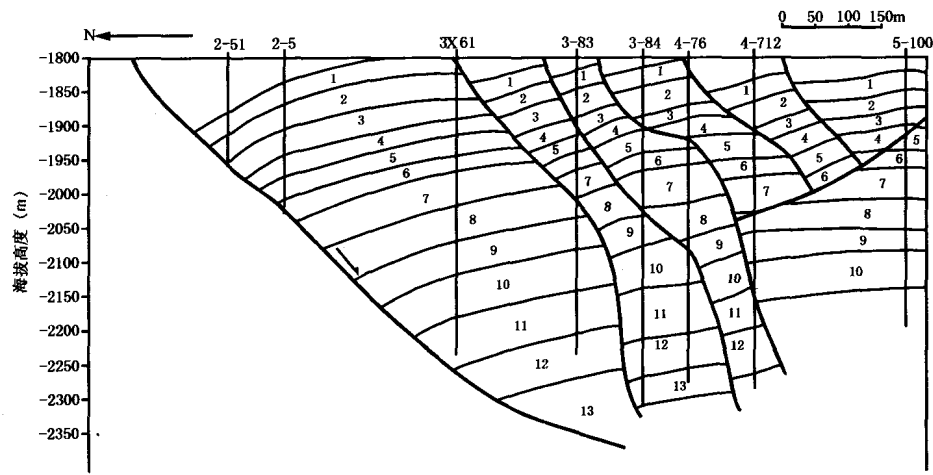


图 2—4 坨 30 断块 2-51 井—5-100 井构造剖面图

断层的剖面组合样式有:阶梯状、“Y”字型、枝状等,如图 2—5 所示。

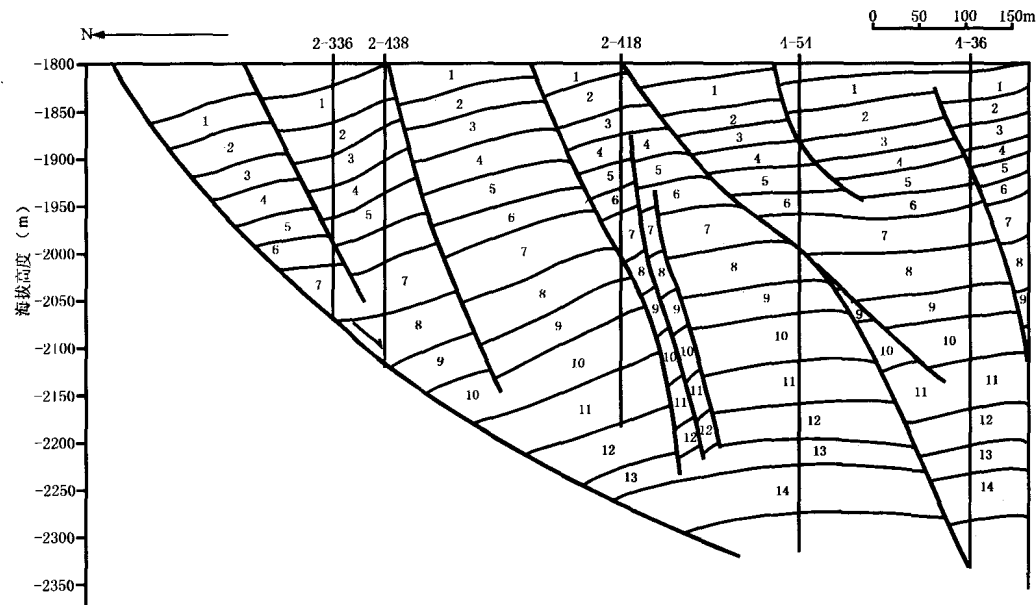


图 2—5 坨 30 断块 2-336 井—4-36 井构造剖面图

2. 构造演化

油田在沙三段沉积时期是个坳陷,沙二下亚段沉积后期开始隆起,东营组沉积时期构造运动最强烈,隆起幅度最大,往后持续隆起至明化镇早期,隆起幅度逐渐增加。

开始隆起就伴随发生断裂,产生了 4 号、9 号、11 号、7 号、5 号等断层;随着隆起幅度的增大,断裂活动增强,断层相继增多,2 号、3 号、12 号、13 号、14 号、14' 号等大部分断层就产生在沙二上一东营组沉积时期,其典型断裂性质见表 2—1。

表 2—1 胜坨油田典型断裂力学性质表

断裂名称	级别	产状			落差(m) T ₂ 地震标准层	钻遇井数(口)	延伸长度(km)	断裂面岩心			地震剖面显示	断裂面对油气控制作用	力学性质
		走向	倾向	倾角				井号	肉眼观察	镜下鉴定			
胜北 1 号	1	东西	南	上 60°~70° 下 35°~45°	>300	34	>50	3-4-3	见共轭剪切节理,泥岩挤压后粒度变细,表面光滑、细腻	两组微裂缝,有逆牵引现象,石英颗粒均见波状消光	逆牵引现象,见断面波	良好封闭性	压扭性
								3-2-9	见摩棱岩,并有变质沥青与稠油	微裂缝纵横交错,呈菱形块状,石英见波状消光	不明显	控制油气贫富	张扭性
胜北 7 号	2	东西	北	上 60° 下 40°	50~120	121	13	2-0-16	泥岩波揉皱	粘土矿物定向排列,消光方位一致	正牵引	早期封闭、晚期开启	张扭性
胜北 11 号	2	南北	西	上 65° 下 50°	50~80	42	9	3-8-18	小断层和裂缝发育,为泥岩充填	微裂缝为泥质、灰质填充		不封闭	张扭性
胜北 12 号	2	南北	东	上 65° 下 50°	30~50	35	2.5	3-5-11	小断层延伸短,断面粗糙	矿物无定向排列		封闭流体	张扭性
胜北 5 号	2	东西	南	上 50° 下 40°	60~100	45	>5	3-10-13	小断层				

从馆陶组沉积时期开始,构造运动逐渐趋于平静,表现在馆陶组—明化镇组沉积时期产生的新断层少,只是 11 号、7 号、5 号等老断层相继活动到这一时期。由于构造平缓,地层沉积厚度变化小,明化镇组加平原组的厚度从顶部到翼部相差不到 10m。

总的看来,油田的构造断裂活动可分为构造启动期、构造强化期和构造平静期等三期。

构造启动期:沙二下亚段沉积时期以前;

构造强化期:东营组沉积时期;

构造平静期:馆陶组—明化镇组沉积时期。

胜坨油田的拗(沙二下亚段沉积时期以前)—隆(沙二下亚段—沙一段沉积时期)—断(沙二段沉积末期—东营组沉积时期)—平(馆陶组—明化镇组沉积时期)的构造发育史控制了胜坨油田的油气分布及聚集规律。

三、胜坨油田油藏类型及分布

胜坨油田具有多种类型油气藏,多套生储层组合,含油气层系多,井段长,油层层数多,油层厚度大,断层控制油气的多次聚散和富集。

1. 胜坨油田油气藏特征

胜坨油田主要是胜北大断层所控制的被断层复杂化的断背斜油气藏,分为坨庄和胜利村两个断背斜各具特色的油气藏。

1) 胜利村断背斜油藏

胜利村断背斜的形成主要是胜北大断层长期发育而产生的逆牵引作用和沉积差异压实作用的结果,同时还受到陈家庄凸起南翼古断剥面基岩鼻状隆起的影响,因此其特点与一般断裂伴生背斜略有差异,主要表现在胜利村背斜规模大,圈闭面积达 30km^2 ,不同层位高点偏移现象不十分明显,背斜主要圈闭层位是沙二段和沙一段,沙一段底圈闭高度为 240m ,向下至沙二段变为 160m ,向上到馆陶组底部仅有 30m 。背斜形成于沙三段沉积末期,东营组沉积末期基本定形,东营运动期产生的与主断层——胜北大断层走向近于垂直的南北走向断层对背斜破坏严重,但它又是油气运移的通道,使胜利村断背斜聚集了丰富的油气资源,其储量丰度居济阳坳陷之冠(图 2—6)。

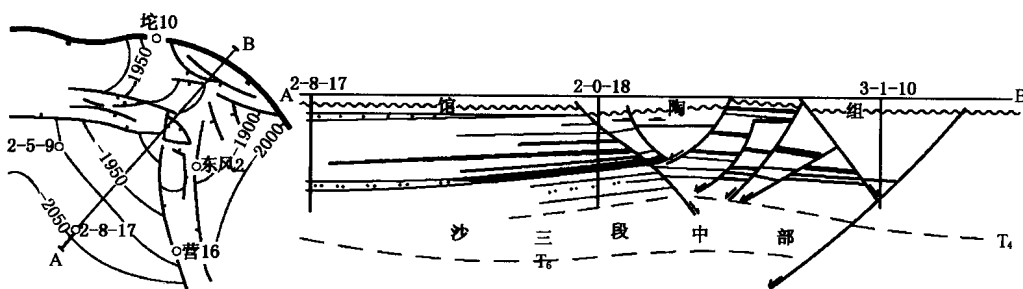


图 2—6 胜利村断背斜油藏平面及剖面图

2) 坨庄断背斜油藏

坨庄断背斜属保存相对比较完整的塑性拱张背斜,主要沿一条向盆倾斜的正断层的下降盘发育。由于塑性层的流动,并受上覆地层沉积和断层活动双重影响,油气主要分布在背斜向洼陷一侧,另一侧含油性较差(图 2—7)。

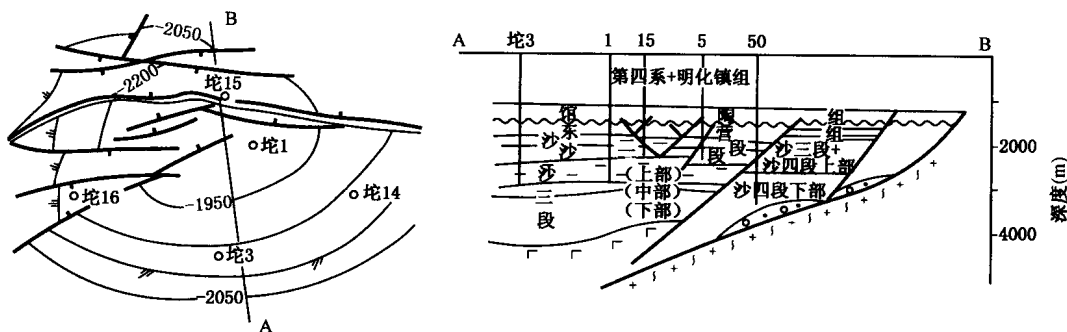


图 2—7 坨庄断背斜油藏平面及剖面图

该断背斜油气藏北界的胜北大断层及坨 15 井北界断层封闭,东、西、南三面均为与构造等高线大致平行的油水边界线所圈闭,在此构造闭合范围内均含油气。

以上两大类型的构造圈闭类型,在构造形成过程中,伴随一系列断裂活动,改变了原背斜面貌,造成油气多次聚散,又在纵向上具有多个储盖组合。于是又形成了许多以断块为单元的大小不等的油藏。这些油藏在同一断块或不同断块中具有不同的特点,如富集程度、油水系统、驱动类型、天然气饱和度、流体性质等方面。