

Shengtuo Conglomeratic
Reservoir Geology and Reservoir Evaluation

胜坨砂砾岩体 储层地质与油藏评价

赵红兵 王风华 谭滨田 崔永北 著

石油工业出版社

胜坨砂砾岩体 储层地质与油藏评价

赵红兵 王风华 谭滨田 崔永北 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书针对胜坨地区砂砾岩储层非均质性强、开采难度大、油藏认识难的特点,以储层地质学理论为指导,以油藏描述和油藏评价技术为手段,综合运用地震、地质、地球化学、测井、录井、试油、分析化验等资料,对砂砾岩体的层序地层、沉积相、储层评价、砂体预测和地质建模等方面进行论述,介绍了砂砾岩体沉积期次精细划分与对比方法、砂砾岩储层沉积相描述方法和砂砾岩油藏评价技术。

本书可作为油气勘探开发领域的科技工作者和管理者参考用书,也可供石油院校、地质院校与油气勘探开发专业有关的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

胜坨砂砾岩体储层地质与油藏评价/赵红兵等著.

北京:石油工业出版社,2012.11

ISBN 978-7-5021-9315-7

I. 胜…

II. 赵…

III. ①砂岩油气田-储集层-研究-东营市

②砂岩油气田-油藏评价-研究-东营市

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 243962 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

编辑部:(010) 64523589 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

2012年11月第1版 2012年11月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:15

字数:381千字

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

胜坨地区构造位置处于东营凹陷北部坨一胜—永断裂带中段，其北靠陈家庄凸起，西临利津生油洼陷，南接东营中央背斜隆起带，东为民丰洼陷，勘探面积约 230 平方千米。该区古近纪地层中广泛发育有各种类型的砂砾岩体油藏。区内含油层系多，砂体沉积类型多，构造复杂，是一个具有多种油气藏类型的复式油气聚集区带。历经 47 年勘探开发，相继发现了 7 套含油气层系，截至目前，区内累计上报探明含油面积 100.75 平方千米，探明石油地质储量 5.48 亿吨，累计产油量达到 1.82 亿吨。目前胜坨地区已全面进入以寻找岩性、构造—岩性等隐蔽油气藏为主的高勘探程度阶段，区内探井及滚动井密度高达 1.5 口/平方千米以上。

多年的勘探开发实践表明，复杂砂砾岩体滚动开发存在诸多技术难题，主要表现在：砂砾岩体为多期碎屑流沉积物的叠加，纵向上多期叠合，横向变化快，形成复杂的沉积格局，标志层不明确，地层对比难度大；储层埋藏较深（一般在 3000 米左右），地震资料主频为 20 赫兹，理论上砂体分辨能力极限只能达到 30 米左右，储层描述难度大；储层内幕非均质性强，连通性差，油水分布复杂，油藏评价难度大。

本书以胜坨地区沙三段、沙四段砂砾岩体储层作为目的层，以层序地层学、储层沉积学和石油地质学理论为指导，以精细油藏描述技术为手段，进行砂砾岩体储层精细描述与油藏评价。利用小波变换等多种技术手段对砂砾岩沉积期次进行精细划分与对比；根据大量的岩心资料等证据，描述了不同沉积条件下所形成的扇三角洲、近岸水下扇、滑塌浊积扇和重力流水道等沉积类型；在储层精细评价基础上，对隐蔽圈闭的形成机制及空间展布、成藏机理及动力学机制、不同储集体类型的勘探技术系列深入综合研究，完善了隐蔽油气藏勘探理论体系。

本书主要由赵红兵、王风华、谭滨田和崔永北执笔编写，并由赵红兵负责全书文字和图件的审定统稿工作。该书为近年来胜坨砂砾岩体油藏评价部分研究成果，先后参加课题研究和编写工作的有李存磊、张鹏辉、李景哲、袁勇、李雪、李岩等多位同志。本书的编写得到胜利油田公司许多个人和单位的关心和帮助，胜利采油厂地质研究所给予了很大的帮助和支持，提供了许多成果和资料，为研究工作提供了必要的基础。胜利采油厂地质研究所多位同志对本书初稿进行了审阅，并提出了具体修改意见。对于所有关心、帮助本书编写和出版工作的个人和单位，在此一并致谢。

由于基础研究工作繁重，研究时间很短，有些观点还没有上升到理论高度，加之编者水平有限，书中难免存在一些问题和不妥之处，敬请各位读者批评指正。

2012 年 6 月 6 日

目 录

第一章 油田地质概况	(1)
第一节 区域地质特征	(1)
第二节 地层发育特征	(2)
第三节 构造格架与构造演化特征	(5)
第二章 层序地层划分与对比	(9)
第一节 地震层序划分	(9)
第二节 基于测井曲线小波变换的砂砾岩地层层序划分	(12)
第三节 基于沉积相反演的砂砾岩体层序精细划分	(22)
第四节 层序地层格架的建立	(34)
第三章 沉积环境与物源分析	(37)
第一节 概述	(37)
第二节 古地貌特征	(38)
第三节 特征元素特征	(40)
第四节 岩石学特征与物源分析	(42)
第五节 物源体系模式	(48)
第四章 沉积相与砂体分布	(50)
第一节 概述	(50)
第二节 扇三角洲沉积体系	(50)
第三节 近岸水下扇沉积体系	(64)
第四节 滑塌浊积扇	(73)
第五节 重力流水道沉积体系	(75)
第六节 沉积模式及沉积相分布	(79)
第五章 储层综合评价	(90)
第一节 成岩作用	(90)
第二节 成岩阶段划分	(102)
第三节 成岩模式及成岩相	(103)
第四节 储层物性特征	(108)
第五节 储层非均质性评价	(121)
第六节 孔隙发育特征	(127)
第七节 储层综合评价	(131)
第六章 地震储层预测技术	(148)
第一节 概述	(148)
第二节 精细构造解释	(149)
第三节 地震属性分析技术	(159)

第四节 地震反演技术 (170)

第七章 油气成藏与油藏类型 (180)

 第一节 成藏条件分析 (180)

 第二节 油气藏类型 (195)

 第三节 油气藏分布规律 (199)

第八章 精细三维地质建模 (201)

 第一节 概述 (201)

 第二节 胜坨油田坨 128 块储层建模 (212)

参考文献 (231)

第一章 油田地质概况

第一节 区域地质特征

东营凹陷位于山东省东部，北至垦利县城，南抵广饶县城，东达莱州湾，西过高青县城，东西长 90km，南北宽 65km，面积为 5700km²。东营凹陷北部为陈家庄凸起、滨县凸起；东北有青坨子凸起，南为鲁西隆起和广饶凸起，西为青城凸起。该凹陷是中国东部陆相箕状断陷湖盆的典型代表，属于渤海湾盆地中的一个三级构造单元，是在中、古生界基岩古地形背景上经构造运动发育起来的、四周有凸起环绕的晚白垩世—新近纪的断—坳复合盆地。从伸展构造角度看，它是陈南断裂上盘的掀斜半地堑盆地。总的特点是基底构造相对简单，盖层构造比较复杂，褶皱少、断层多，不同性质、不同级序的正断层组成盆倾断裂体系（图 1-1）。其中基底断裂对凹陷的发育演化有明显的控制作用。

胜坨地区勘探面积 230km²，地理位置在山东省东营市垦利县境内，构造位置处于济阳坳陷东营凹陷胜北断裂构造带的中段（图 1-1）。胜北断裂构造带是东营凹陷北部陡坡带中段的一个次级构造单元，呈近东西向展布，其北部以陈南断层与陈家庄凸起相连，东部为永北断裂带，西接利津断裂带，南部由一系列同生断层与凹陷相沟通。

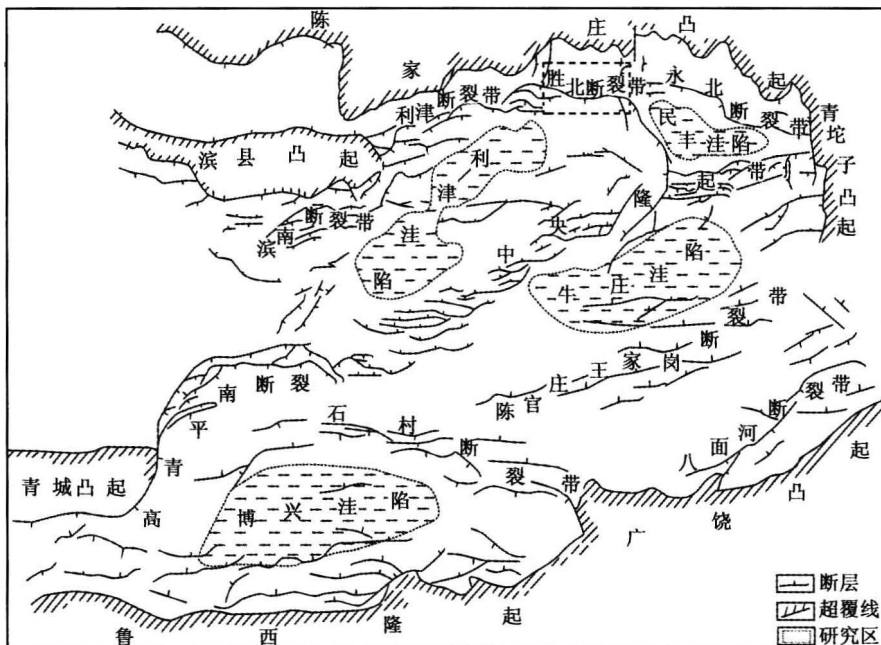


图 1-1 东营凹陷胜坨地区区域构造位置图

由于长期继承性发育的洼陷，受到周围基岩凸起和大型盆倾同生断裂带的控制，大型构造断裂带发育，多种多样断裂形成的圈闭就成为油气聚集的有利场所。洼陷中生成的油气就近运移到这些圈闭中聚集成油气藏。仅围绕利津洼陷就已发现了16个油田，形成了东营凹陷中最大的一个油气聚集区，集中了东营凹陷68%的油气储量。同时也是济阳拗陷最大的一个油气聚集区，集中了济阳拗陷三分之一的油气储量。

第二节 地层发育特征

胜坨地区地层由基底和盆地沉积两大部分组成，基底主要由浅灰色花岗片麻岩、变粒岩及肉红色伟晶岩脉组成，厚度约15000m。古近系分布普遍，厚度大，向边缘地带厚度减薄，至凸起处厚度仅为数米。总体上由南往北依次超覆沉积在基岩古断剖面上，北部地层薄、南部地层厚，同时由于边界断裂产状的不同，地层总体上中部薄、东西厚。根据钻井和地震资料揭示，以及岩石学和古生物特征，该区古近纪、新近纪地层可分为4个地层组，自下而上依次为沙河街组、东营组、馆陶组和明化镇组（图1-2）。其中沙三上亚段—东营组遭受严重剥蚀，地层保存不全。

时代	岩石地层			年龄 (Ma)	反射 标准层	厚度 (m)	岩性描述	构造演化阶段	
	组	段	亚段					分期	裂陷幕
N ₂	明化镇组				T ₀	600~1300	棕黄色、棕红色泥岩夹浅灰色、棕黄色粉砂岩及部分海相薄层	裂后期	沉降加速
N ₁	馆陶组					200~500	为灰色、浅灰色、灰白色厚层块状砾岩、含砾砂岩、砂岩夹灰色、灰绿色、紫红色泥岩、砂质泥岩		热回沉
E ₃	东营组	一段		28.1	T ₁	0~500	为灰绿色、灰色、少量紫红色泥岩与砂岩、含砾砂岩、砾状砂岩不等厚互层，或夹薄层碳酸盐岩	裂陷IV幕	裂陷IV幕
		二段		32.8					
		三段		38.0					
	沙	沙一段	上	38.0	T ₂	0~300	绿色、灰绿色泥岩与砂岩、含砾砂岩互层，夹碳质泥岩		
E ₂	沙河街组	沙二段	下		T ₃	0~500	灰色、深灰色泥岩与粉砂岩互层，夹钙质砂岩、含砾砂岩、油页岩及薄层碳质页岩	裂陷III幕	裂陷III幕
		中				300~500	深灰色泥岩夹多组浊积砂岩或薄层碳酸盐岩，底部发育油页岩		
		下		42.0	T ₆	100~300	深灰色泥岩、灰质泥岩夹含砾砂岩，底部砂岩发育，顶部为一组薄层灰质泥岩及油页岩		
	沙四段	纯上			T ₆ '	100~300	灰色泥岩、油页岩、灰质泥岩夹薄层白云岩、灰质粉砂岩	裂陷II幕	裂陷II幕
		纯下				150~300	大套灰色含砾砂岩为主，夹深灰色灰质泥岩		
		下		50.4	T ₈	0~400	以灰色砾岩为主，夹灰色灰质泥岩、灰绿色泥岩		

图1-2 胜坨地区地层柱状图

一、太古宇

太古宇泰山群 (Arts) 是胜利油区最古老的基底岩层, 它常组成凸起的核部, 如埕子口凸起、无棣凸起、陈家庄凸起、滨县凸起和广饶凸起等。泰山群在陈家庄凸起及其以北的埕子口凸起和无棣凸起埋藏较浅, 为 580 ~ 1450m; 在滨县凸起、广饶凸起等埋藏较深, 均在 1500m 以下。

二、古近系

胜坨地区古近系分布普遍, 厚度大, 其变化也很大。从洼陷区向边缘地带逐渐变薄, 凸起上最薄处仅厚数百米。岩性以陆源砂岩、泥岩为主, 夹少量化学岩, 含两个组, 自下而上为沙河街组和东营组。

1. 沙河街组 (Es)

区内沙河街组分布广泛、厚度较大。直接沉积于基岩之上, 岩性上可分为 4 段, 各段在岩性和厚度上从南部向北部边缘都有不同程度的变化。现分述如下:

1) 沙四段可以三分。下部岩性以灰色砾岩为主, 夹灰绿色泥岩。

中部地层东西差异不大, 以大套灰色含砾砂岩为主, 夹深灰色灰质泥岩, 电阻为中—高阻, 地层厚度为 150 ~ 300m。

上部地层岩性为灰色泥岩、油页岩、灰质泥岩夹薄层白云岩、灰质粉砂岩, 电阻为中—高阻, 地层厚度为 100 ~ 300m。

2) 沙三段以湖相沉积的暗色砂岩、泥岩为特征。岩性主要为灰色及深灰色泥岩夹砂岩、油页岩及碳质泥岩, 油页岩集中出现于下部。沙三段假整合或不整合于沙四段之上, 凹陷边缘常因超覆沉积而缺失部分底部地层。厚度一般为 700 ~ 1000m, 可以分为上、中、下三部分。

下部地层岩性为深灰色泥岩、灰褐色油页岩夹粗碎屑砂砾岩。厚度一般为 100 ~ 300m, 向凹陷边缘逐渐变薄或缺失。油页岩特征明显, 以褐灰色、褐黄色为主, 页理不太发育; 质地细腻、含油率高; 岩性简单, 主要为泥岩和油页岩。

中部地层岩性以灰色、深灰色巨厚泥岩为主, 或夹有多组浊积砂岩或薄层碳酸盐岩。视电阻率曲线自下而上逐渐降低, 对应含油渗透层或碳酸盐岩层见高阻尖峰。自然电位曲线近于平直, 对应砂层为指状或箱状负异常。厚度一般为 300 ~ 500m, 向边缘减薄, 本段地层岩性全区较稳定。

上部地层岩性为灰色、深灰色泥岩与粉砂岩互层, 夹钙质砂岩、含砾砂岩、油页岩及薄层碳质页岩, 厚 0 ~ 500m。砂砾岩以反旋回为主, 砂岩顶部常为钙质砂岩、含砾砂岩或鲕状灰岩。视电阻率曲线基值不高, 大部分呈锯齿状夹高阻尖峰。油页岩、碳质泥岩集中层段高阻尖峰也集中。自然电位曲线为钟状和弧形负异常。

3) 沙二段可分为两部分。

下部岩性为绿色、灰色泥岩与砂岩、含砾砂岩互层, 夹碳质泥岩。其上半部见少量紫红色泥岩, 一般洼陷区与下伏沙三段呈整合接触。视电阻率曲线基值较低, 夹部分中、低阻尖峰。自然电位曲线为指状负异常。地层分布不稳定, 多出现在各凹陷中部, 面积较小, 向边缘和凸起往往缺失。厚度为 0 ~ 200m, 最大厚度不超过 350m。

上部岩性为灰绿色、紫红色泥岩与灰色砂岩的互层, 夹钙质砂岩、含砾砂岩及含砾砂

岩。与其下部呈假整合接触。视电阻率曲线基值较下部略高，呈锯齿状，夹中、低阻尖峰。自然电位曲线见指状负异常。地层分布范围较小，厚度为 0 ~ 100m。

4) 沙一段与沙二段为连续沉积。岩性主要由灰色、深灰色、灰褐色泥岩、油泥岩、碳酸盐岩和油页岩组成，可以三分。

下部岩性为灰色、深灰色、灰绿色泥岩夹砂质灰岩、白云岩及钙质砂岩。视电阻率曲线为低幅小锯齿状；自然电位曲线较平直。厚度一般为 30 ~ 70m。

中部岩性为灰色、深灰色泥岩夹生物灰岩（螺灰岩、介形虫灰岩）、鲕状灰岩、针孔状藻白云岩及白云岩等。视电阻率曲线总的为高阻尖峰，为 3 组梳状高阻尖峰。自然电位曲线略呈小突负异常。厚度一般为 40 ~ 80m。

上部岩性为灰色、灰绿色、灰褐色泥岩，夹钙质砂岩、粉细砂岩。视电阻率曲线为中、低锯齿状尖峰。自然电位曲线近于平直，局部见幅度不高的负异常。厚度一般为 40 ~ 180m。

沙一段全区分布广泛，且较稳定，是重要的对比标志层段。

2. 东营组 (Ed)

本组与下伏沙一段呈整合或假整合接触。岩性为灰绿色、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。本组可分为 3 段。

东三段以砂岩与泥岩不等厚互层为特点。岩性较粗，色调较浅，可构成下粗上细的一个正旋回。中、下部为浅灰色、灰白色砂岩、含砾砂岩夹灰绿色砂质泥岩及褐灰色泥岩；上部为灰绿色、少量紫红色泥岩夹细砂岩，厚度一般为 0 ~ 420m。

东二段以灰绿色及深灰色泥岩、砂质泥岩为主，夹薄层灰白色及浅灰色粉砂岩、钙质粉砂岩，少量白云质灰岩，总体较东一段细。胜坨地区岩性较粗，砂岩发育，下部以灰绿色及紫红色泥岩、砂质泥岩为主，夹灰白色含砾砂岩、砂岩，上部为灰绿色粉细砂岩夹棕红色、灰绿色泥岩、砂质泥岩，组成一个正旋回。中、下部视电阻率曲线近于平直，上部呈低阻小尖峰状。自然电位曲线为中、高幅度的箱状、指状负异常。厚度一般为 0 ~ 280m。

东一段为湖盆演化旋回末期沉积，其顶部遭受不同程度的剥蚀，岩性为灰绿色及紫红色泥岩、粉砂质泥岩，夹浅灰色及灰白色砂岩、含砾砂岩。胜坨地区岩性较细。视电阻率曲线呈低阻小尖峰，自然电位曲线为小鼓包负异常，相对泥岩处近平直。厚度一般为 0 ~ 110m。

三、新近系

胜坨地区新近系自下而上发育馆陶组和明化镇组。

1. 馆陶组 (Ng)

馆陶组与下伏地层为区域性不整合接触，可以分为两段。

馆下段岩性为灰色、浅灰色、灰白色厚层块状砾岩、含砾砂岩、砂岩，夹灰色、灰绿色、紫红色泥岩、砂质泥岩。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。

馆上段岩性为紫红色、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。视电阻率曲线差值较低，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。

2. 明化镇组 (Nm)

岩性为棕黄色、棕红色泥岩夹浅灰色、棕黄色粉砂岩及部分海相薄层。与下伏馆陶组呈

整合或假整合接触。一般上部略粗，下部细。上部粉砂岩发育，下部夹钙质铁锰结核、石膏晶体及灰绿色泥质条带。视电阻率曲线基值在明化镇组顶、底端为低值，向中部逐渐抬高，俗称“弓形电阻”；上部出现高电阻集中层段，下部出现少量高阻尖峰。自然电位曲线见中等幅度的正异常。这是淡水层的反映。

地震反射剖面上，明化镇组基本呈一水平层。厚度一般为 650 ~ 1300m。顶部与第四系平原组呈区域性不整合接触。

第三节 构造格架与构造演化特征

一、区域构造背景

济阳拗陷是一个中、新生代断—拗陷复合型盆地，其内部构造极为复杂，谓之“盆中有盆、盆上有盆、盆下有盆”（王秉海等，1992）。中、晚始新世沙河街组沉积时期以来的盆—岭构造格局，为断陷与拗陷的叠合，而断陷期则形成凹凸相间的结构。古近纪，拗陷南部发育了东营等次级凹陷和众多更次一级的小洼陷，在地貌上表现为“群山环湖、群湖环山”的景观。凹（洼）陷呈“北断南超、北深南浅”的箕状结构，由于断块体差异升降造成的前古近系基岩起伏，又将东营凹陷进一步分隔成更次一级的洼陷，即利津、民丰、牛庄、广利东和博兴等 5 个洼陷。凹陷内的各小洼陷之间，在沉积、构造及含油气性方面，有更多的共性，但也有一定的差异，有些可构成比较独立的沉积、构造及含油气单元。

拗陷内断裂构造活动强烈，各级断层合计近 2000 条，所有比较大的断层基本都是同沉积断层。同沉积边界断裂控制了古近系沉积凹（洼）陷的发育，凹（洼）陷走向与控制其发育的主要断裂的走向基本一致。主要的同沉积断裂，还控制了碎屑岩沉积体系和各种伴生构造的发育。大型同沉积断裂带一般都形成断裂构造带，在断裂带及其两侧，不仅各种构造圈闭发育，而且各种砂砾岩隐蔽圈闭也很发育，从而形成重要的复式油气聚集和富集带，东营凹陷北部的坨—胜—永断裂构造带，已探明石油地质储量就达到 $5.5 \times 10^8 \text{t}$ ，占整个济阳拗陷的八分之一。

二、主要构造系统分析

胜坨地区所处的独特构造位置决定了其丰富的油气资源，而该区的主要构造系统由北部陡坡带断裂系统和中央背斜构造带组成。下文结合东营凹陷的构造特征说明胜坨地区的主要构造系统。

1. 北部陡坡带断裂系统

东营凹陷北部陡坡带的结构非常复杂，总体上看可以分为两套断裂系统。一套为沿陈家庄凸起南侧古剥蚀面发育的陈南断裂带，该断裂带是该区规模最大的一条断裂带，控制了整个胜坨地区的发育演化。该断裂东段较陡，倾角约 $30^\circ \sim 40^\circ$ ，呈北西西向延伸；断裂的西段较缓，倾角为 $10^\circ \sim 20^\circ$ 。断层的主活动期为孔店组—沙四段沉积时期，东段一直到 T_0 界面仍有明显活动，之后断裂活动则向西迁移到胜北断裂带。另一套断裂系统为陈南断层南侧凹陷盖层内发育的一套断裂体系，从西向东为坨 94 断裂带和胜北断裂带及永北断裂带。其中胜北断层西段主要呈近东西向延伸，但断层的走向在东部向东南方向发生偏转。构造活动期主要在沙三段到东营组沉积时期。断层上盘发育伴生的滚动背斜，延伸长度在 20km 以上。

胜北断层主体平面延伸近东西向，在二维测线 617 线以东，向东南转折延伸并逐渐消失。从剖面上看，该断层上部较陡，倾角约 70° 左右，向下变缓与陈南断层连为一条断层。沿断层的逆牵引作用，在上盘发育一大型逆牵引背斜构造。后期由于沙三中亚段以下塑性泥岩的拱张作用而发生顶部塌陷，形成相交于构造顶部的东西、南北两条地堑断裂系。沙河街组上部地层陷落 40 ~ 100m 左右。胜利村构造是盆地内油气富集程度最高、储量最丰富的一个构造。

胜北断层形成于沙四上亚段沉积时期，生长指数分析表明，在沙三段—东营组沉积时期，该断裂有过多次强烈活动，并构成了中部盆地单元（ T_6' 界面到 T_1 之间的盆地单元）的主控边界断裂系的一部分。这一套断裂带非单条发育，而由一系列的断层以非常复杂但又有序的方式组合。总体上看这些断裂延伸长度在 20km 左右，延伸方向为北东东向，并呈左阶斜列展布。在断裂发育的主体区段，断层的断距较大，而断层的几何学特征相对简单。但是，在断层消失部位及两条断裂的相互交错部位，断层的几何学特征变得相当复杂，表现为断裂频数增高，单条断层的断距明显变小，这些部位即所谓的断层位移传递带或将两条主断层连接起来的“桥式构造区”。

2. 中央背斜构造带

胜坨地区南缘为中央背斜构造带，其构造特征非常复杂，一般认为该带的成因机制是非构造变动引起的褶皱变形，即由塑性地层流动形成的塑性拱张带或底辟构造带。东营凹陷的充填序列中，孔店组和沙四段下、中部发育一套含膏盐的蒸发岩系，密度小于上覆沉积岩，因而存在底辟构造发育的物质基础。在凹陷中央背斜带轴部区确实也发育一系列塑性岩脊，并有配套的断裂。但是，盐底辟或塑性岩层拱张作用只是导致了中央背斜带构造的进一步复杂化。中央背斜带的东段和西段构造结构不同，主体成因机制也有明显差别。

弧形滑脱生长断裂系统是由不同构造组合而成的一个复杂构造系统，形成时期为沙四上亚段—沙二段沉积时期，并控制了 this 时期盆地的沉降中心和滨南—利津洼陷的发育范围。该构造系统对盆地的油气运移和聚集有明显的控制作用，东营凹陷内环油气富集带的展布与这一构造系统密切相关。在这一构造系统内的不同构造部位，油气圈闭类型具有不同的特征。北部断裂带主要控制滚动背斜型油藏，胜坨油田因此得以形成。

三、构造发育史

区域北界基底大断层陈南断层自始至终控制着东营凹陷和胜坨地区构造的发生和发展，其主走向为北东东—北西西向，倾角东陡西缓，在胜坨地区延伸距离在 25km 左右；坨—胜—永断裂带是同生断层发育区，主要断层胜北断层沙四段沉积末期开始活动，近东西向展布，在胜坨地区延伸距离为 25km，在胜利村背斜东北向东南延伸，形成一弧形断层。董集、民丰洼陷是沙三下亚段沉积时期开始形成，沙三中、上亚段沉积时期继承性发育的洼陷，为胜坨地区的负向构造单元。

胜坨地区在沙三段下、中部及沙三上亚段沉积前的各沉积时期是一个洼陷区，沉积厚度大，至沙三段上部的沉积后期开始隆起，东营组沉积时期隆起幅度最大，构造运动最强烈，往后持续隆起至明化镇组沉积早期，隆起的幅度逐渐增加，形成以胜北断层下降盘发育的胜利村（东部）和坨庄（西部）两个背斜构造。以沙二段顶面为例，各时期的闭合幅度及含油高度见表 1-1。

表 1-1 各时期闭合幅度与含油高度表

地区		一区	二区	三区	
				东部	西部
含油高度 (m)		155	230	150	180
闭合幅度 (m)	现今	160	235	170	230
	明化镇组沉积前	150	180	125	210
	馆陶组沉积前	145	175	125	195
	东二段沉积前	75	60	50	125
	东三段沉积前	20	30	40	40

隆起一开始就伴随发生断裂,随着隆起幅度的增大,断裂活动也增强,断层相继增多,隆起幅度最大的时期是沙二段至东营组沉积时期,胜坨地区大部分断层产生于该期。

从馆陶组沉积时期开始构造运动逐渐趋于平衡,表现在馆陶组—明化镇组沉积时期产生的新断层少,只是某些老断层相继活动到此时。地层产状很平缓,明化镇组至平原组的地层厚度从构造顶部到翼部相差不到 10m。

综上所述,胜坨地区的构造活动可分为 3 期:①构造启动期:沙二段下部 4—7 砂组沉积期以前;②构造强化期:东营组沉积时期;③构造平静期:馆陶组—明化镇组沉积时期。

胜坨地区的坳(沙二下亚段沉积以前)—隆(沙二下亚段沉积—沙一段沉积期)—断(沙二上亚段—东营组沉积期)—平(馆陶组至明化镇组沉积时期)的构造发育史控制了胜坨油田的油气分布及聚集规律。

四、分区构造

根据胜坨地区的构造和地层发育特点,可将其划分为 3 个次级构造单元,即北部二台阶、中部背斜—鼻状构造带、南部洼陷带。

1. 北部二台阶

二台阶是陈南断层和胜北断层所夹持的地带,呈东西向条带状展布。陈南断层是基底断层,自始至终控制了盆地的发生、发展;胜北大断层是一条继承性断裂,最大落差为 800m,近东西向延伸 25km。二台阶受陈家庄凸起的影响,该区发育一系列多期沉积的砂砾岩体。二台阶以北新近系馆陶组覆盖在前震旦系基岩之上,二台阶在陈南大断层古断层剥蚀面形成的陡坡,发育古近系沙河街组水下扇体。其沙三段、沙四段有厚层块状砂砾岩体,由南向北超覆在陈家庄凸起的古断剥面上,东营组和部分沙一段遭受剥蚀,是寻找砂砾岩体岩性油气藏和地层油气藏的重要地区。

2. 中部背斜—鼻状构造带

中部背斜—鼻状构造带包括坨庄、胜利村两个背斜构造和宁海鼻状构造。

胜利村构造和坨庄构造是长期发育的同生断层胜北断层下降盘上的逆牵引作用和塑性岩层流动形成的背斜构造,由东(胜利村)、西(坨庄)两个构造高点组成,中间以鞍部相连。宁海构造是在宁海鼻状构造向南倾没的背景上,由于断层发育而形成的断块构造。

(1) 坨庄构造

坨庄构造发育比较典型,伴生断层的下降盘,上塑性层明显加厚,上层构造也向伴生断

层回倾,构造简单,倾角较平缓($3^{\circ}\sim 5^{\circ}$),断层落差为50~100m,具有顺区域倾斜方向的宽缓南翼,为主要含油断块。

坨庄构造上发育13条断层,且多在构造西部和北部,仅一条断层(东西向)过顶部,构造分割成南北两块,北为坨15块,构造相对较复杂;南为坨1断块,是一区主体含油部分,构造比较完整。

(2) 胜利村构造

与坨庄背斜构造不同,胜利村背斜构造是以基岩隆起的古地质体作背景、同生断层的“逆牵引”和泥脊三重因素混合作用形成的。胜利村构造生长在陈家庄凸起向盆地伸出的古鼻梁上,沙二段沉积以前各段地层继承古地形高背景沉积,向鼻梁顶部减薄。由于沙三中亚段以下泥脊的作用发生顶部塌陷,形成相交于构造顶部的东西、南北两条地堑断裂系列。沙河街组上部地层落差为40~100m,而构造东北翼部受同生断层胜北大断层的影响,发生较大角度回倾,即“逆牵引”。

胜利村构造中断层发育,共发育45条断层,且集中发育在构造顶部,钻遇井点数达60%,最多一口井钻遇5个断点。断层落差大小悬殊,大者大于500m,小者数米到数十米,均为正断层,倾角一般为 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$,大断层切割到深部时体面角变缓。背斜构造被多条断层分割为多断块,使胜利村构造分成二区、三区的坨11南、坨11北、坨7、坨9南、坨9北、坨21、坨28、坨30等9个含油断块。

胜利村构造和坨庄构造以鞍部相连。整个胜一坨构造东西长15km,南北宽4.0~7.5km,面积为 62km^2 ,闭合高度为170~230m。

(3) 宁海构造

宁海构造基本上井井钻遇断层,平均单井钻遇断点在两个以上,围绕鼻状构造发育两条主要断裂,即坨26和坨94两条二级断裂。坨94断层不仅在坨85井附近分支为两条断层,而且在南部转弯处,还派生出两条三级断层,形成一个扫帚状断裂系统。两大断层向东北方向可能合并,并与胜北断层相接,向西尚不清楚。两条主要断裂将宁海构造切割成为3个大的台阶,其地层发育及含油气情况差别都较大。

高台阶:即坨82断块,是鼻状构造的主体。该块距物源最近,砂砾发育,地层变薄,沙一段在不同程度上受到剥蚀,馆陶组直接超覆在沙一段上。一向北抬高的斜坡,沙二段至沙三段地层倾角约 12° 。坨82井钻遇渐新统厚度仅668m,2545m即进入震旦系变质岩系。

中台阶:广义的中台阶包括坨24断块和坨26、坨94两大断层的夹缝带。渐新统厚度为1200~1300m。可以划分为坨24及坨94两个断块。坨94断块沙二段以上地层微弱北倾,向下逐渐变为微弱南倾;坨24断块地层则以向东倾斜为主。中台阶含油层系较多但较分散,油层也比较薄,以沙三中亚段含油层系分布最广。

低台阶:位于坨94大断层及分支坨62-3断层下降盘。由于长期持续沉降,渐新统厚度大,发育齐全,保存完整。该台阶内被坨62、坨89两条断层切割为3个断块,即坨62、坨89、坨6等3个断块,组成坨62断块区。其中坨62、坨89两个断块含油气丰富,主要含油层系为沙二段至沙三顶部5套含油层系,即东营组、沙一段、沙二段及沙三中、下亚段。

3. 南部洼陷带

南部洼陷带是东营凹陷的一个次级负向构造单元,是沙三下亚段沉积时期开始形成,沙三中、上亚段沉积时期继承性发育的洼陷,地层发育,发育多套生油岩。在沙三中亚段沉积时期发育多套浊积砂体,是寻找浊积岩性油藏的有利地区。

第二章 层序地层划分与对比

胜坨地区沙四上亚段—沙三段中砂砾岩体广泛发育，由于研究区砂砾岩体是在山高、坡陡、水深的沉积环境中快速堆积的产物，造成该地区沉积体系复杂，缺乏生物化石及稳定的、可全区有效追逐对比的泥岩隔层。传统的生物化石结合岩—电关系进行地层划分的方法，难以适应于该地区砂砾岩体沉积期次的划分和对比。

针对砂砾岩沉积期次划分与对比的难点，通过井—震结合技术分析、FMI 相层序分析、小波分析等多种技术分析相结合，以基于基准面变化的层序地层理论为基础，对胜坨地区砂砾岩沉积期次进行精细划分，确定划分方案，建立等时地层格架。

第一节 地震层序划分

地震地层学是在 20 世纪 70 年代兴起的一门新的地学分支，目前已广泛应用于油气勘探的各个领域，地震地层学的关键是等时地层格架的建立，地震地层的划分依据是在地层层序上有重要意义的地震标准反射层——等时界面。

一、划分依据

地震反射界面结构分析是利用地震资料进行层序地层学研究的基本方法，沉积地层中所形成的地震反射物性界面一般是具有速度—密度差异的层面和不整合面（C. E. Payton, 1977），这些界面可作为划分年代地层单位的主要依据，这也是进行地震地层学研究的核心内容之一。同时由于地震资料分辨率有限，一般主要进行长期旋回层序的界面识别和划分，但地震资料信息量大，可进行横向追踪、对比研究，有利于建立区域性层序地层格架。

地震反射同相轴有几种接触关系：上超、下超、削截和顶超，这些特殊的反射波终止或消失现象通常反映地层的角度不整合和超覆不整合的接触关系，同时也表示其附近有一界面的存在。层序界面在地震上的标识是界面之上的上超、下超，界面之下的削截、顶超等。胜坨地区可见到明显的削截、顶超和上超现象。

削截是指地震同相轴的顶部反射终止现象，它既可以是下伏倾斜地层的顶部与上覆水平层间的反射终止，也可以是河谷底面的侵蚀造成的下伏水平地层反射的终止。它代表一种侵蚀作用，说明在下伏地层沉积之后，经过了较强烈的构造运动（抬升、剥蚀）或强烈的切割作用（河谷下切）。削截面是层序边界的组成部分。研究区沙三段底界面，即 T_6 反射层削截现象较为明显，是区域不整合的典型标志（图 2-1）。

上超是指地层沿原始倾斜面逐层向上终止，它代表水域不断扩大时逐层超覆的沉积现象，代表沉积物的向岸推进作用，表示层序底部在前期形成的层序界面上逐层上超。胜坨地区高台阶上 T_6 反射层的古冲沟内上超现象比较典型（图 2-2）。

顶超是下伏原始倾斜层序的顶部与由无沉积作用的上界面上形成的反射终止现象，见于层序的顶界面，通常以很小的角度逐步收敛于上覆层序界面反射上，代表无沉积作用或水流

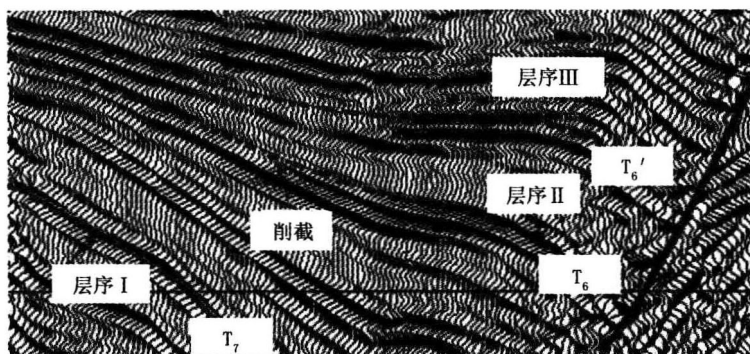


图 2-1 削蚀地震反射特征与层序界面

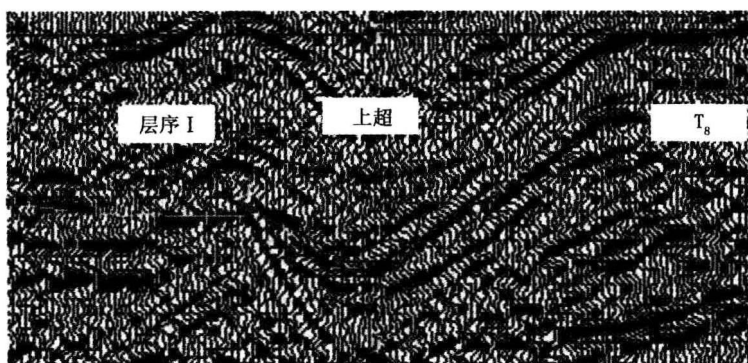


图 2-2 古冲沟内的上超地震反射特征与层序界面

冲刷作用的沉积间断，所以顶超面也是一种不连续面。胜坨地区这种顶超现象主要出现在二台阶上的扇三角洲顶面沉积（图 2-3）。

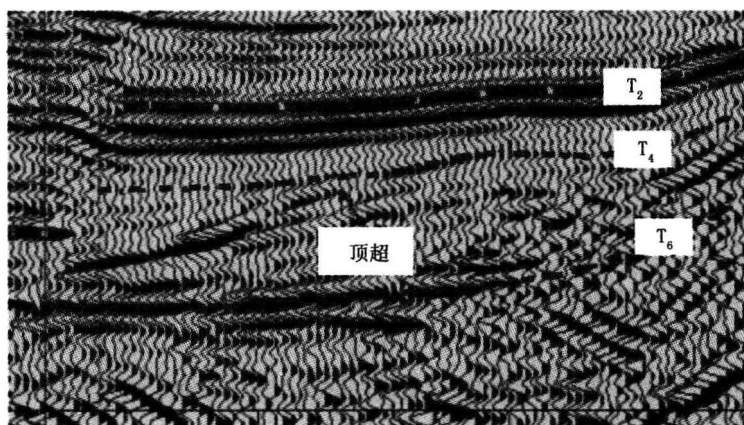


图 2-3 顶超地震反射特征与层序界面

二、地震反射层组边界特征

层序界面一般对应于沉积盆地中的不整合面及其相对应的整合面（Vail, 1977, 1984,

1987; Van Wagoner, 1990)。在地震剖面上, 主要通过识别一些特殊的地震反射界面和地震反射结构(或地震相), 来确定不整合面的分布和特征, 进而确定层序界面, 划分层序。

依据上述划分依据, 在胜坨—宁海地区地震剖面上划分出几个层序组边界(图2-4)。

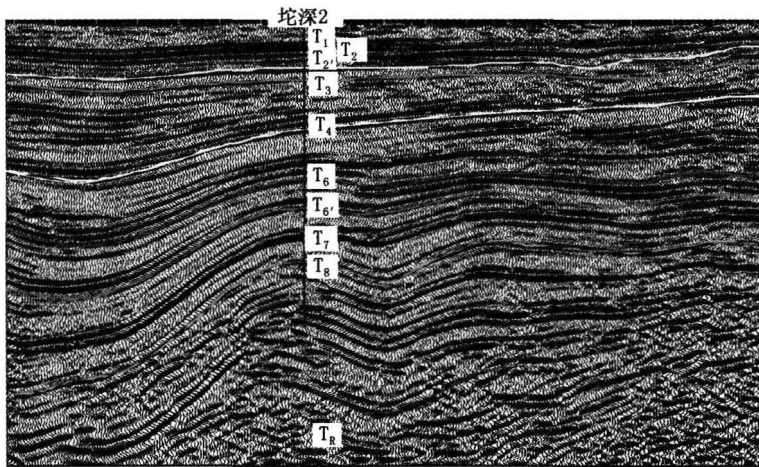


图2-4 胜坨—宁海地区地震剖面

T₁ 反射界面: 由2~3个强相位组成, 高频、强振幅, 连续性好, 全区可对比。代表着东营组顶部不整合面和馆陶组底砾岩的地震响应。

T₂ 反射界面: 一般由2个相位组成, 高频、强振幅, 连续性好, 全盆地内可连续追踪且变化不大。这组强反射层为沙一段中下部生物灰岩地层的响应, 为沙一段与沙二段的分界面。

T₂' 反射界面: 由2~3个弱相位组成, 亚平行、连续性差。在湖盆的边缘地区, 特别是在陡坡带可见到明显的上超、削蚀等反射终止现象。沙二下亚段为河流三角洲发育晚期形成的平原相沉积, 沙二上亚段暴露出水面, 为红色河流相沉积。T₂' 反射界面为沙二下亚段与沙二上亚段之间的反射界面。

T₃ 反射界面: 由2个中等反射波组组成, 亚平行、连续性中等。从沙三段到沙一段沉积时期, 济阳拗陷经历了沉降—返回上升—沉降的发展过程, 沙二下亚段为河流三角洲发育晚期形成的沼泽化还原沉积, 沙三上亚段为三角洲前缘和平原相沉积, 沙二上亚段暴露出水面, 为红色河流相沉积。T₃ 反射界面为沙二下亚段与沙三上亚段之间的反射界面。

T₄ 反射界面: 由2~3个反射波组组成, 在研究区西部宁海地区, T₄ 是一组白云岩和灰质泥岩的顶面反射, 为高频、强振幅、连续性好, 如从利津洼陷追踪过来由2~3个强反射组成, 易追踪。在研究区东南部地区, T₄ 和 T₆ 之间前积反射发育, 顶超和下超显著。主要是三角洲顶积层顶面反射, 连续性较差。

T₆ 及 T₆' 反射界面: 由3~4个强相位组成, 在陡坡带又分成上、下2个强相位, 称为 T₆ 和 T₆' 反射层, 间隔达0.1~0.2s, T₆'—T₆ 之间见有前积反射结构, 顶超特征明显, 反映了 T₆ 和 T₆' 都是全盆地内可追踪的时间界面, 是沙三下亚段底部稳定发育的油页岩集中段的地震响应。

T₇ 反射界面: 一般为2个较强的同相轴。其地质意义为沙四段上、下的分界面, 是一套灰质、白云质泥岩底界的反射。在研究区陡坡洼陷带 T₇ 以下主要以欠压实的泥岩为特征。