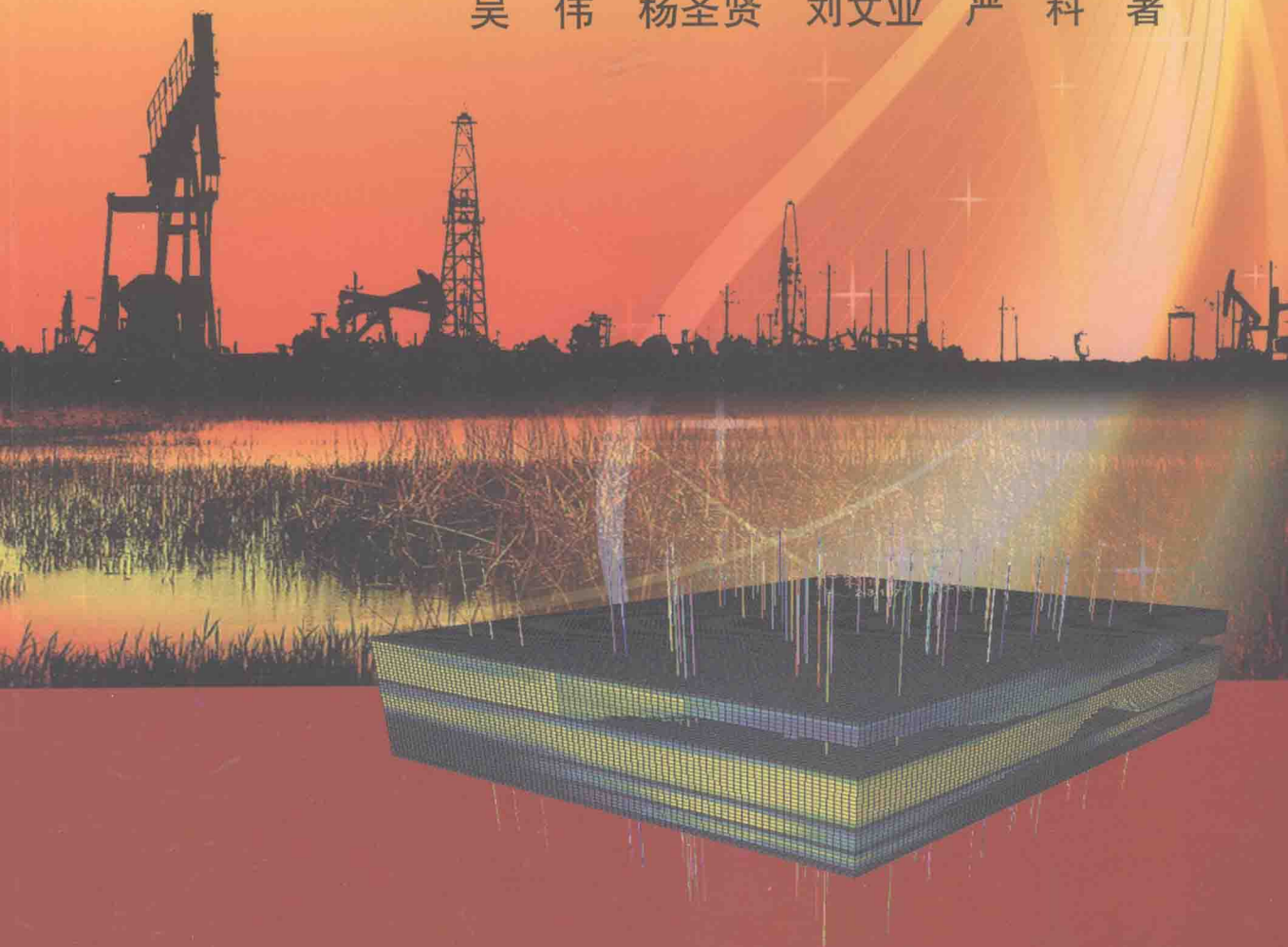


胜坨油田勘探开发 50 年实践与认识丛书

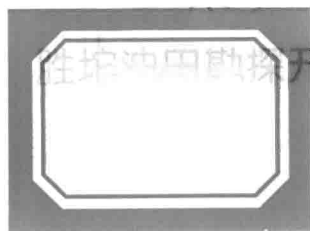
(卷二)

油藏地质

吴 伟 杨圣贤 刘文业 严 科 著



石油工业出版社



开发 50 年实践与认识丛书（卷二）

油 藏 地 质

吴 伟 杨圣贤 刘文业 严 科 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是对胜坨油田开发 50 年来油藏地质研究理论、方法及创新成果的回顾和总结。全书共分 7 章,从胜坨油田的地层格架、构造特征、沉积特征、储层特征、流体系统、油藏地质模型及剩余油形成分布等方面做了全面的介绍,为胜坨油田的高效开发、挑战采收率极限奠定了坚实的基础。

本书可供从事石油地质研究及油气勘探的科研人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

油藏地质/吴伟等著. —北京:石油工业出版社, 2013. 12

(胜坨油田勘探开发 50 年实践与认识丛书; 2)

ISBN 978 - 7 - 5021 - 9825 - 1

I. 油…

II. 吴…

III. 油田开发 - 石油天然气地质 - 研究 - 东营市

IV. P618. 130. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 244944 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

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

2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本: 1/16 印张: 17

字数: 427 千字

定价: 120.00 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

序

时光荏苒，岁月如梭。作为我国渤海湾盆地最早发现并投入开发的整装大油田，胜坨油田已进入勘探开发的第 50 个年头。50 年风霜雪雨，50 年拼搏奋斗，胜坨油田已累计为国家生产原油 $1.81 \times 10^8 \text{t}$ ，取得了令人瞩目的开发效果和巨大的经济效益，同时也见证了我国石油工业的崛起和腾飞。抚今追昔，从油田开发初期的艰苦创业到开发中期年产油登上 $600 \times 10^4 \text{t}$ 顶峰时的荣耀辉煌，再到开发后期探索老油田可持续发展的信心与成就，胜坨油田在 50 年勘探开发历程中，积累了丰富的油田开发实践经验，形成了一套极具特色的油田勘探开发理论、方法和技术系列，同时也凝聚着几代石油人的心血与汗水。为了系统总结胜坨油田勘探开发 50 年来的技术成就，同时也为胜坨油田今后的持续有效发展提供技术支撑，中国石化胜利油田分公司胜利采油厂组织相关专家、技术人员，历时两年完成了《胜坨油田勘探开发 50 年实践与认识丛书》的编写工作。

《胜坨油田勘探开发 50 年实践与认识丛书》包括《勘探技术》、《油藏地质》、《开发技术》、《工艺技术》共 4 卷，系统阐述了胜坨油田在油气勘探、油藏地质研究、油田开发、采油工艺技术领域的理论、方法及创新成果。该套丛书既是胜坨油田 50 年勘探开发历程的回顾与总结，也是胜坨油田 50 年勘探开发技术、成果的集成与展示，更是几代石油人劳动智慧的结晶。正是他们 50 年来代代相传的辛勤耕耘、无私奉献，铸就了胜坨油田辉煌的成就。

当前，胜坨油田已进入特高含水后期开发阶段，综合含水为 96.1%，采出程度为 37.9%，油田开发的难度越来越大，油田可持续发展面临严峻挑战。在胜坨油田勘探开发 50 周年的历史节点上，希望本套丛书的出版能够给奋战在胜坨油田勘探、开发战线上的人们以启迪，推动和提高今后一个时期胜坨油田的勘探开发工作水平，同时也希望本套丛书能够为业内同行专家及其他油田的勘探、开发工作提供借鉴。

最后，借本套丛书出版发行之际，向胜坨油田勘探开发 50 周年致敬！向胜坨油田的开发建设者们致敬！预祝胜坨油田的开发取得更大的成绩！

《胜坨油田勘探开发 50 年实践与认识丛书》编写组

2013 年 9 月

前 言

胜坨油田位于济阳坳陷东营凹陷北部，是主要发育在古近系中、以河流—三角洲沉积体系为主的整装大油田，石油地质储量 $4.78 \times 10^8 \text{t}$ 。胜坨油田自 1964 年投入开发以来，先后经历了无水采油期、低含水期、中含水期、高含水期和特高含水期，至今已经历了 50 年的勘探开发历程，油田综合含水为 96.1%，采出程度为 37.9%，处于特高含水开发后期，油田开发取得了良好的经济效益和社会效益。

在胜坨油田 50 年的开发历程中，由于陆相油田的高度复杂性，对于地层、构造、沉积、储层、流体及剩余油的研究和认识并不能一蹴而就，而是处于一个不断深化和发展的过程中。一直以来，胜坨油田的开发决策者与技术人员高度重视油藏地质研究工作，通过科技进步和技术创新，不断探索、深化老油田地质规律认识，在多年的开发实践中，逐步形成了极具特色的油藏精细描述理论与方法，并取得了大批的油藏地质研究成果，为油田的高效开发、挑战采收率极限奠定了坚实的基础。

本书是对胜坨油田开发 50 年来油藏地质研究理论、方法及创新成果的回顾和总结，全面介绍了胜坨油田的地层格架、构造特征、沉积特征、储层特征、流体系统、油藏地质模型及剩余油形成分布。全书共分 7 章，第一章地层格架，阐述了胜坨油田地层层序、地层特征及地层精细划分与对比方法和成果；第二章构造特征，阐述了胜坨油田区域构造特征、断裂系统及断层封闭性、低级序断层特征及微构造特征；第三章沉积特征，阐述了胜坨油田区域沉积背景与沉积体系、沉积相与沉积微相及储层建筑结构特征；第四章储层特征，阐述了胜坨油田储层微观特征、储层物性特征及储层宏观非均质性；第五章流体系统，阐述了胜坨油田流体性质、流体差异分布特征机理及油藏开发流体动力地质作用；第六章油藏地质模型，阐述了胜坨油田油藏地质建模方法及建模策略、储层静态模型及储层动态模型相关成果；第七章剩余油形成与分布，阐述了胜坨油田剩余油的规模级次及控制因素、剩余油分布研究方法、特高含水期剩余油分布特征及剩余油富集模式。

本书各章节编写人员如下：第一章、第三章由吴伟编写，第二章、第五章由杨圣贤编写，第六章由刘文业编写，第四章、第七章由严科编写。全书由吴伟统一负责审核、统稿。本书编写过程中得到中国石化胜利油田分公司物探研究院、中国石化胜利油田分公司地质科学研究院等单位、专家的帮助和指导，在此一并表示感谢。

因笔者水平有限，书中不当之处，欢迎专家和同行批评指正。

目 录

第一章 地层格架	(1)
第一节 地层层序	(2)
一、层序划分	(2)
二、层序界面特征	(3)
三、层序及体系域	(4)
第二节 地层特征	(6)
一、古近系	(6)
二、新近系	(8)
第三节 地层精细划分与对比	(9)
一、地层的旋回性和层次性	(9)
二、相控旋回等时地层对比	(10)
三、高分辨率层序地层对比	(16)
四、基于测井频谱分析的地层对比	(27)
第二章 构造特征	(35)
第一节 区域构造特征	(35)
一、区域构造应力分析	(35)
二、区域构造特征	(36)
第二节 断裂系统及断层封闭性	(38)
一、断裂系统特征	(38)
二、断层封闭性	(42)
第三节 低级序断层特征	(48)
一、低级序断层的成因机制	(48)
二、低级序断层综合识别方法	(49)
第四节 微构造特征	(52)
一、微构造类型	(52)
二、微构造成因	(54)
三、微构造影响油水运动的机理	(55)
第三章 沉积特征	(58)
第一节 区域沉积背景与沉积体系	(58)
一、沉积背景	(58)
二、沉积体系	(59)
第二节 沉积相及沉积微相	(62)
一、冲积扇相	(62)
二、河流相	(68)

三、三角洲相	(77)
四、重力流	(93)
第三节 储层建筑结构	(105)
一、基本理论	(105)
二、胜坨油田河流相储层建筑结构	(110)
三、胜坨油田三角洲前缘储层建筑结构	(114)
第四章 储层特征	(131)
第一节 储层微观特征	(131)
一、储层岩矿特征	(131)
二、储层成岩作用	(132)
三、储层孔隙结构特征	(137)
第二节 储层物性特征	(143)
一、不同类型储层物性差异	(143)
二、储层参数测井解释	(145)
三、水驱开发对储层的影响	(154)
四、储层敏感性分析	(162)
第三节 储层宏观非均质性	(165)
一、储层宏观非均质性表征方法	(165)
二、层内非均质特征	(169)
三、层间非均质特征	(174)
四、平面非均质特征	(175)
五、储层宏观非均质程度定量表征	(179)
第五章 流体系统	(187)
第一节 流体性质	(187)
一、原油性质	(187)
二、天然气性质	(188)
三、地层水性质	(188)
第二节 流体差异分布特征	(189)
一、油气的差异充注	(189)
二、砂体内部油水的差异分布	(190)
三、油水界面的差异分布及机理	(191)
第三节 油藏开发流体动力地质作用	(198)
一、油藏开发流体风化作用	(198)
二、油藏开发流体剥蚀作用	(200)
三、油藏开发流体搬运作用	(201)
四、油藏开发流体沉积作用	(201)
第六章 油藏地质模型	(202)
第一节 建模方法及建模策略	(202)
一、确定性建模方法	(202)
二、随机建模方法	(204)

三、油藏动态建模方法	(206)
四、油藏地质建模策略	(207)
第二节 储层静态模型	(208)
一、构造模型	(208)
二、沉积模型	(211)
三、参数模型	(212)
第三节 储层动态模型	(216)
一、储层参数演化规律表征	(217)
二、储层动态建模方法	(219)
三、储层动态模型实例	(219)
第七章 剩余油形成与分布	(222)
第一节 剩余油的规模级次	(222)
一、油藏规模级	(222)
二、油层规模级	(223)
三、层内规模级	(223)
四、孔隙规模级	(224)
第二节 剩余油分布研究方法	(224)
一、剩余油饱和度测试方法	(224)
二、孔隙规模剩余油研究方法	(226)
三、油层及层内规模剩余油研究方法	(226)
四、油藏规模剩余油研究方法	(229)
第三节 特高含水期剩余油分布特征	(230)
一、微观分布特征	(230)
二、层间分布特征	(233)
三、层内分布特征	(235)
四、平面分布特征	(245)
第四节 特高含水期剩余油富集模式	(252)
一、剩余油分布状态	(252)
二、剩余油富集模式	(253)
参考文献	(257)

第一章 地层格架

胜坨油田位于渤海湾盆地济阳坳陷东营凹陷北部，北邻陈家庄凸起，东部为垦东青坨子凸起，西部为滨县凸起，南部与洼陷相沟通（图 1-1）。

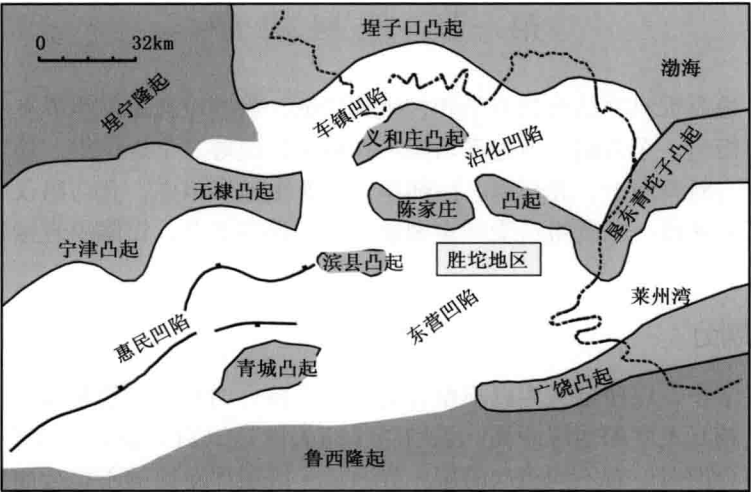


图 1-1 胜坨油田区域位置图

胜坨油田所处的济阳坳陷东营凹陷是在古生界和前寒武系结晶基岩较为稳定的地台基础上发展起来的中、新生代陆相湖盆，根据地震、钻井、电测和生物地层等多项研究资料的揭示和证实，东营凹陷从老到新包含的地层有：太古宇泰山群，古生界寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系，中生界侏罗系和白垩系，以及新生界古近系、新近系、第四系。

太古宇泰山群（Art）是济阳坳陷最古老的基底岩层，岩性较复杂，以多种片麻岩为主，其次为斜长角闪岩、角闪岩，局部为黑云母石英片岩及黑云斜长变粒岩。根据区域地质对比，这套复杂的变质岩系总厚度约 15000m。泰山群在坳陷边缘或坳陷内部古陆隆起区常直接伏于新生界之下，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、无棣凸起埋覆较浅，为 580 ~ 1450m，滨县凸起、广饶凸起等埋藏较深，均在 1500m 以下。

元古宇、古生界上奥陶统、志留系、泥盆系和下石炭统及中生界三叠系在整个济阳坳陷缺失。济阳坳陷内发育的古生界、中生界在区域上存在较大差异，胜坨油田所处的东营凹陷主要发育中生界上侏罗统和下白垩统，岩性由陆上湖沼含煤碎屑岩、中基性火山喷出岩及河流相红色碎屑岩组成。由于胜坨油田位于东营凹陷北部边界，北邻陈家庄凸起，受陈南大断层继承性强烈活动影响，陈家庄凸起南翼不断翘起，造成断棱及南侧的断面遭受强烈剥蚀，形成沟梁相间的古地形，古生代、中生代地层大部分被剥蚀，出露大面积的太古宇片麻岩。另外在盆地拉张时期，由于次级断裂的作用，在陈家庄南翼的二台阶上分离出一些小的块

体。由于这些块体分离早，有的块体顶部仍然保存了部分古生代、中生代，但发育局限，分布范围较小。

新生界是东营凹陷胜坨油田的主要沉积地层，自下而上分为古近系、新近系、第四系。古近系古新统零星出现，始新统和渐新统十分发育，以湖相碎屑岩为主，夹碳酸盐岩、盐岩、石膏和基性火山岩，新近系和第四系以河流相碎屑岩为主，上新统至第四系夹多期海相地层。新生界分布普遍，厚度大，变化也较大。凹陷最深部位厚度可达 7000m 以上，向边缘地带变薄，凸起上厚度仅为数百米。由于古近系是胜坨油田的主要含油层系，因此重点描述古近系特征。

第一节 地层层序

根据钻井、地震资料并结合岩石学和古生物特征，将胜坨油田新生界在纵向上分为古近系孔店组、沙河街组、东营组，新近系馆陶组和明化镇组等 5 个地层组。地层由南往北依次超覆沉积在基岩古断剥面上，北部薄，南部厚。在 5 个地层组中，孔店组仅分布在低台阶以南，高台阶沙三上亚段—东营组遭受严重剥蚀，地层保存不全，馆陶组直接覆盖在太古宇基岩上。

一、层序划分

在层序地层学中，层序定义为以不整合面或与不整合面对应的整合面为界的一套相对整合的、成因上相互关联的地层序列。识别层序的关键是识别不整合面及不整合面的级别，不同级次的不整合面对应着不同级次的层序界面。一级层序对应的不整合面延伸面积超过盆地或占据盆地大部分区域；二级层序对应的不整合面分布在盆地边缘；三级层序对应的不整合面仅分布于局部地区。

（一）一级层序

在学术界，也有学者称一级层序为巨层序或超层序，认为其形成受控于全球性板块运动的最高级别的周期性。在含油气盆地的层序地层研究中，一级层序是指控制盆地原型的层序地层单元，大致的持续时限为 10 ~ 30Ma。

（二）二级层序

在地层序列中，二级层序也是持续时间很长的层序地层单元，Vail 等建议其时限为 9 ~ 10Ma。二级层序也是构造层序，其发育受控于构造演化的周期性和幕式演化，其界面常是较明显的区域性不整合断面和与之对应的整合面。

（三）三级层序

是时限在 1 ~ 3Ma 的层序地层单元，其界面是不整合间断面和与其相应的整合面。此种不整合常常是低角度的侵蚀不整合，由低位 LST、湖扩 EST 和高位 HST 3 种体系域组成，其间为湖泛面所限制。三级层序是层序地层研究中最基本的单元，其内部的体系域构成也是确定三级层序的重要标记。正常情况下，三级层序内部具有 3 个体系域：低位域、水进域、高位域，但其中的高位域有时可能被侵蚀，低位域在某些情况下不发育，因此有些层序只有两个体系域。三级层序的成因迄今尚无明确共识，多数学者推断是气候周期导致的基准面变化控制了三级层序的形成和旋回式交替，部分学者则质疑上述观点，提出板内应力的强化和松弛引起的沉降速率变化可以造成相当于三级层序甚至更低级别高频层序和旋回式的交替。

通过关键井、地震剖面分析并结合典型测井和岩相分析，可将胜坨油田古近系划分为 1 个一级层序、4 个二级层序、10 个三级层序（图 1-2）。

地层				绝对年龄 (Ma)	层序单元			地震 反射界面	构造幕	
界	系	组	段、亚段		一级	二级	三级			
新 生 界	新近系	明化镇组	Nm	24.6	N		Nm	T ₀	拗陷稳定期	
		馆陶组	Ng ^上			Ng ^上	T ₁			拗陷初始期
			Ng ^下			Ng ^下				
	古近系	东营组	Ed	32.8	E		Ed	T ₁ '	断陷萎缩期	
		沙河街组	Es ₁	37.0			Es ₂ ^上 —Es ₁	T ₂		
			Es ₂ ^上					T ₂ '		
			Es ₂ ^下					T ₃		
			Es ₃ ^上	42.0			Es ₃ ^上 —Es ₂ ^下	T ₄	断陷鼎盛期	
			Es ₃ ^中				Es ₃ ^中	T ₆		
			Es ₃ ^下				Es ₃ ^下	T ₆ '		
			Es ₄ ^上				Es ₄ ^上	T ₇		
			Es ₄ ^中					断陷发展期		
			Es ₄ ^下				Es ₄ ^下			
		孔店组	Ek ₁	50.5			T ₈	断陷初始期		
			Ek ₂	54.9						
			Ek ₃	65.0						

图 1-2 胜坨油田主要含油层系地层层序

二、层序界面特征

（一）一级层序界面

古近系底界（T_R）：为区域性角度不整合面，全拗陷范围发育。下伏地层包括中生界、古生界或更老地层，多数褶皱变形或高角度倾斜。古近系与不整合面的接触关系在各凹陷中部为大体平行的样式；在斜坡上往往为超覆样式。全区易于追踪对比，连续性中等到较好，振幅中等偏强。

古近系顶界（T₁）：济阳拗陷古近系沉积末期，受东营运动的影响，济阳拗陷发生整体抬升，湖平面下降，沉积物露出水面，遭受长时期的风化、剥蚀，形成大范围的区域不整合，横向上延伸距离远，纵向上持续剥蚀时间久。不整合在地震、测井、岩性剖面上都有明显反应。在地震剖面上，T₁ 反射同相轴下可见明显的削蚀现象。

（二）二级层序界面

胜坨油田古近系有 4 个二级层序：孔店组、沙四段、沙三下亚段—沙二下亚段、沙二上亚段—东营组，其间存在 3 个二级层序界面。

沙四上亚段与孔店组分界面（T₈）：沙四上亚段砂砾岩段泥多砂少，孔店组上部砂泥岩段砂多泥少；沙四上亚段仅泥岩为红色，孔店组砂、泥岩均为红色。孔店组电阻率基值稍高，与沙四上亚段之间有个台阶。

沙三段—沙四段分界面 (T_6'): 广泛发育不整合面, 在沙四段发育地区与之平行或以微角度相交, 在斜坡地区沙三段不断上超。沙三下亚段与沙四上亚段之间的分界面在南北向地震剖面上可见削截现象, 沙三下亚段底部稳定发育的油页岩对应视电阻率曲线为尖峰状, 基线呈弧形, 沙四上亚段视电阻率曲线也为尖峰状, 但基线平直。

沙二段上亚段、下亚段的分界面 (T_2'): 在凹陷中地层大致平行, 斜坡超覆, 凸起上为披覆, 在湖盆的边缘地区可见到明显的上超、削蚀等反射终止现象。从沙三段—沙一段沉积期间, 湖盆的沉积范围具有扩大—缩小—扩大的规律, 沙二上亚段暴露水面, 为红色河流相沉积。东营凹陷边部见到沙一段直接盖在沙三上亚段之上, 因此沙三上亚段、沙二段、沙一段之间存在剥蚀、超覆不整合面。沙二下亚段为河流三角洲发育晚期形成的沼泽化还原环境; 沙二上亚段则属于干燥气候条件下的氧化浅湖至河流相红色碎屑岩相沉积。

(三) 三级层序界面

胜坨油田古近系中比较明显的三级层序界面有: 东营组底 (T_1'), 沙三上亚段底界 (T_4), 沙三中亚段底界 (T_6), 沙三下亚段底界 (T_6'), 沙四上亚段、沙四下亚段的界线 (T_7)。

东营组底 (T_1'): 与下伏沙一段呈整合或假整合接触, 地震反射连续性好, 易追踪。

沙三上亚段底界 (T_4): 由 2~3 个反射波组组成, 在胜坨油田西部宁海地区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, 易追踪。在胜坨油田东南部 T_4 和 T_6 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。

沙三中亚段底界 (T_6)、沙三下亚段底界 (T_6'): T_6 及 T_6' 反射界面由 3~4 个强相位组成, 在陡坡带分成上、下 2 个强相位, 间隔达 0.1~0.2s, T_6' — T_6 之间见有前积反射结构, 顶超特征明显, 反映 T_6 和 T_6' 都是全盆地内可追踪的时间界面。

沙四上亚段、沙四下亚段的界线 (T_7): 一般为 2 个较强的同相轴, 其地质意义为沙四上亚段、沙四下亚段分界面是一套灰质、白云质泥岩底界的反射, 在洼陷带 T_7 以下主要为欠压实的泥岩。

上述三级层序界面上、下各层序地层单元的内部反射结构各有特点: 沙四上亚段内部反射结构为亚平行反射、杂乱反射; 沙三下亚段的内部反射结构为斜交前积反射、平行反射; 沙三中亚段为斜交前积反射; 沙三上亚段—沙二下亚段的内部反射结构为亚平行反射、S 型斜交前积反射; 沙二上亚段—沙一段为平行、亚平行反射; 东营组为前积反射、亚平行反射。

三、层序及体系域

胜坨油田古近系可分为 10 个三级层序。而在主要含油气层系沙河街组中, 钻遇程度和研究程度较高的三级层序主要有 5 个:

沙四上亚段: 为断陷初期半干旱气候条件下的产物。与下伏地层沙四下亚段呈不整合接触, 与上覆地层沙三段呈不整合或整合接触关系。厚度一般为 100~400m, 最大可达 650m, 岩性主要为一套灰色、深灰色、灰褐色湖相泥岩夹碳酸盐岩、砂岩及油页岩, 陡坡带发育有砂砾岩体, 砂砾岩含量一般为 50%~70%, 局部可达 90%~100%。从下往上, 总体呈现粗—细的正旋回。沙四上亚段沉积初期, 气候以干旱为主, 洼陷中水体很浅, 发育低位体系域。沉积中期, 断陷加剧, 气候开始向半干旱—半潮湿转变, 水体明显加深, 可容空间变大, 形成了水侵体系域。沉积后期, 构造活动趋于宁静, 而气候逐渐变得潮湿, 湖泊水体范

围仍在扩大，深度相对减小，形成高位体系域。在沙四上亚段沉积末期，构造运动使盆地整体抬升，部分地区遭受剥蚀，形成不整合面。

沙三下亚段：为深断陷期潮湿气候条件下的产物。与下伏地层沙四段呈不整合或整合接触，与上覆地层沙三中亚段呈整合或局部不整合接触关系，厚度一般为 100 ~ 300m，最厚处可达 800m，岩性主要为深灰色深湖一半深湖相泥岩与灰褐色油页岩的不等厚互层，夹少量石灰岩及白云岩。下部和上部的砂质沉积较多，中部相对较少，从下往上构成粗—细—粗的完整旋回。凹陷边缘发育有砂泥岩互层，砂岩百分含量一般 50% ~ 70%。

沙三中亚段：为深断陷期潮湿气候条件下的产物。与下伏地层沙三下亚段及上覆地层沙三上亚段呈整合或局部不整合接触，厚度一般为 300 ~ 500m，最大厚度 600m。岩性主要为灰色、深灰色巨厚深湖一半深湖泥岩，或夹有多组浊积砂岩，从下往上构成粗—细—粗的完整旋回，部分地区此旋回并不明显。沙三下亚段、沙三中亚段沉积期间，湖盆处于深陷期，气候潮湿，层序的形成、发育与构造运动关系密切。每个层序形成的断裂拉张初期，由于气候潮湿，降雨量大，相对湖平面不断上升，湖水持续加深，但可容空间仍旧相对较小。在坡折外侧，河流下切，沉积一般仅限于坡折带内侧形成低位体系域。中期，湖盆持续拉张，并伴有基底的整体沉降，相对湖平面迅速上升跃过坡折带发生初始湖泛，湖水加深至最大，沉积物的供给相对不足而形成湖侵体系域。晚期，拉张作用减弱至基本停止，沉积物的供给逐渐大于可容空间的增加，相对湖平面降低，水位变浅，湖水不断后退，可容空间逐渐减小，形成高位体系域。随着湖水的后退，先前的沉积物出露地表遭受剥蚀或沉积物发生过路作用而造成沉积间断，或末期盆地的局部抬升使沉积物遭受剥蚀，造成局部地层的剥蚀而形成小范围的不整合。

沙三上亚段—沙二下亚段：为断陷萎缩期气候由潮湿向干旱转变条件下的产物，与下伏地层沙三中亚段、上覆地层沙二上亚段呈局部不整合或整合接触，厚度一般为 300 ~ 700m，最大厚度可达 900m。沙三上亚段主要为灰色、深灰色泥岩与粉砂岩的互层，夹钙质砂岩，含砾砂岩、油页岩及薄层碳质页岩。沙二下亚段为绿色、灰绿色泥岩与砂岩、含砾砂岩的互层并夹碳质泥岩，顶部可见少量紫红色泥岩。从下向上总体呈现粗—细—粗的完整旋回或细—粗的反旋回。沙三上亚段—沙二下亚段沉积初期，气候潮湿，湖盆再次拉张，形成断裂坡折，在坡折外侧河流下切，在坡折内侧水体仍较深，形成低位体系域。中期，拉张加剧，基底整体沉降，湖水超过坡折，形成较广泛的湖侵体系域。层序发育晚期，气候由潮湿向干旱转变，湖水明显后退，水体变浅，沉积物供给速率增加，发育高位体系域。

沙二上亚段—沙一段：为盆地整体抬升后再次扩张，气候由干旱向潮湿转变的产物，与下伏地层沙二下亚段及上覆东营组呈局部不整合或整合接触。沙二上亚段厚度一般为 200m，岩性主要为灰绿色、紫红色泥岩与灰色砂岩的互层，沙一段厚度一般为 300 ~ 400m。从下向上总体呈现粗—细的正旋回。沙二上亚段—沙一段沉积初期，盆地整体抬升，下伏地层遭受剥蚀。沙二上亚段沉积时，湖盆开始初始拉张，气候干旱，湖泊水体较浅，范围局限，发育低位体系域。沙一段沉积时，盆地整体沉降，气候变得潮湿，湖泊水体加深，范围明显扩大，发育湖侵体系域。沙一段晚期，基底局部抬升，水体收缩，开始发育高位体系域，湖盆边缘地层遭受剥蚀，形成局部不整合界面。

第二节 地层特征

一、古近系

(一) 孔店组 (Ek)

孔店组形成于裂陷盆地的初裂陷阶段，其分布明显受控于主控断裂。胜坨油田位于东营凹陷北部陡坡带，孔店组无井钻遇。地震剖面显示在胜坨油田南部深层发育孔店组，从岩性上可分为3段（孔三段、孔二段、孔一段）。

1. 孔三段

岩性为灰绿色、紫灰色厚层玄武岩夹少量紫红色、灰绿色及灰色泥岩、砂质泥岩，顶部夹少量薄层碳质泥岩。视电阻率曲线为很高的尖峰，自然电位曲线为低幅度负异常。孔三段不整合于上白垩统之上。

2. 孔二段

主要是一套暗色湖相沉积，岩性为灰色、深灰色泥岩夹砂岩、硬砂岩、含砾砂岩、油页岩、碳质泥岩及煤层等，厚度一般为100~700m，可以分为上、下两部分。下部岩性以灰色、深灰色泥岩及部分灰紫色泥岩为主，夹灰色及浅灰色含砾砂岩、粉砂岩、凝灰质砂岩等，视电阻率曲线呈低平小锯齿状，自然电位曲线近于平直。上部岩性为灰色、深灰色泥岩与灰色、浅灰色砂岩、钙质粉砂岩呈不等厚互层，夹油页岩、碳质泥岩及煤层。视电阻率曲线由下而上逐渐增高，出现成组的高阻尖峰，自然电位曲线呈指状负异常。

3. 孔一段

岩性为棕红色砂岩与紫红色泥岩不等厚互层，夹少量绿色泥岩，下部见较多的灰色砂岩，有自下而上逐渐变细、砂岩厚度减薄的趋势。上部常有含膏泥岩、薄层石膏和钙质砂岩，成组出现。视电阻率曲线呈较高而明显的锯齿状，上部有成组出现的高阻尖峰。自然电位曲线上见成组的负异常，其幅度自下而上逐渐降低。厚度为300~850m。孔一段在东营凹陷均不同程度的发育，厚度变化也较大，最厚处大于1000m。

(二) 沙河街组 (Es)

胜坨油田沙河街组分布广泛、厚度较大，与下伏孔店组为整合或假整合接触，从岩性上可分为4段（沙四段、沙三段、沙二段、沙一段），各段在岩性、厚度上存在区域上的变化。

1. 沙四段

下部为浅灰色、杂色、灰白色砂砾岩地层，局部地区含少量膏盐，为中、高电阻层。厚度为200~400m，直接与下伏的震旦系、前寒武系花岗岩接触。中部为一套巨厚的浅灰色硬石膏层，深灰色泥岩夹薄层灰黄色杂卤石，与钙芒硝层呈互层出现，介形虫化石少，孢粉化石丰富，为干旱气候条件下的化石组合。上部沉积一套厚250m以上的灰质岩、泥页岩层，地层电阻率为中、高阻。沙四段沉积末期，在东营凹陷发生一次较大规模的地壳运动，表现为玄武岩喷发和辉绿岩浅层侵入，断裂活动使部分地区地壳上升，露出水面而受到风化剥蚀，形成地层不整合。胜坨油田北部沙四段中砂砾岩体十分发育，已发现较大规模的砂砾岩油藏。

沙四段沉积时期，气候干燥，蒸发量大，陡坡带边界断裂活动开始增强，盆地开始扩

张, 沉积范围明显大于孔店组。边界断层向湖一侧发育大量的洪积扇等陆上粗碎屑物质和蒸发盐湖形成的膏盐地层, 以红色的砾岩、含砾砂岩、泥岩、膏盐为主, 陡坡带地层较洼陷带明显加厚。陡坡上沙四上亚段多遭受剥蚀, 与上覆地层呈不整合接触。沙四上亚段为断陷初期半干旱气候条件下的产物, 北部陡坡带最大厚度可达 650m, 主要发育一套灰色、深灰色、灰褐色湖相泥岩夹碳酸盐岩、砂岩及油页岩, 直接超覆在基岩之上。此时边界断层活动开始剧烈, 东营凹陷陈南断裂带活动不断向北迁移, 扇三角洲等砂砾岩体随可容空间的增大不断向北迁移, 沿陡坡断裂带呈裙状分布, 砂砾岩体的分布明显受古地形的控制, 对应古冲沟发育大量扇体, 地层厚度比洼陷带和缓坡带明显加厚, 形成多个厚度中心, 陡坡带砂岩高值区一般为 50% ~ 70%, 局部可达 90% 以上。纵向上呈由粗到细的正旋回, 以扇体的退积作用为主。

2. 沙三段

该时期气候温暖, 雨量充足, 湖盆稳定沉降, 是湖泊发育最兴盛时期, 湖区面积最大。沙三下亚段岩性以深灰、褐灰色湖相泥岩为主, 夹油页岩。沙三中亚段—沙三上亚段则以灰色、褐灰色泥岩为主, 夹不规则砂岩透镜体。总的来看, 该时期地层岩性主要为半深—深湖相暗色泥岩, 夹砂岩及大段油页岩。暗色泥岩厚达千米以上, 占该段地层总厚度的 79%。沙三段是胜坨油田主要的生油层系, 底部油页岩段是区域标准层。

沙三下亚段与沙四上亚段呈退覆接触, 部分地区地层超覆在基岩之上。由于边界断层的持续活动, 北部陡坡带断裂下降盘地层持续下陷, 形成深湖区, 同时凸起上物源下卸, 直接深入湖中, 形成水下扇体的堆积。沿陡坡带凸起边缘, 构造坡折带广泛发育深水扇三角洲或近岸水下扇体。沙三中亚段沉积时期, 湖盆持续拉张, 裂陷已达到鼎盛, 湖水加深至最大, 可容空间大大增加, 沉积物的供给相对不足, 造成欠补偿沉积, 陡坡带仅发育有规模不大的深水浊积扇。沙三上亚段沉积时期, 拉张作用逐步减弱, 轴向大规模三角洲逐渐向湖盆中心推进, 沉积物的供给逐渐大于可容空间的增加, 水体变浅, 湖水不断后退, 可容空间减小, 部分地区发育扇三角洲体系。

3. 沙二段

沙二段分为沙二下亚段、沙二上亚段 2 个部分。沙二下亚段沉积时期, 东营盆地整体向上抬升, 虽然气候潮湿, 雨量充沛, 但隆起区物源丰富, 河流携带大量陆源碎屑入湖形成三角洲, 从而导致湖水变浅, 湖泊萎缩。随着三角洲不断向湖推进和扩大, 水系汇合, 三角洲连片, 形成多水系的复合三角洲。沙二下亚段与下伏的沙三段呈整合接触, 共划分了 8 个砂层组, 即沙二段 8 ~ 15 砂层组, 各砂层组地层呈反旋回特征, 其上部为厚层或块状粉砂岩、细砂岩, 顶部偶夹薄层含砾、砾状砂岩, 下部为灰、深灰色纯泥岩。泥岩段的中、下部有一组含钙、含菱铁矿的深灰色泥岩, 比上、下泥岩的电阻率值略高, 微电极和感应电导率测井曲线特征明显, 俗称“鼓包”泥岩, 是各砂层组划分、对比的标志层。沙二下亚段是胜坨二区胜坨、三区主要含油层系, 其储量占油田总储量的 30.4%。沙二上亚段时期, 由于气候干燥, 湖盆收缩, 湖水退缩于利津洼陷, 东营凹陷大部分地区为三角洲平原及河流沉积。岩性为灰绿色、紫红色泥岩与灰色砂岩的互层, 夹钙质砂岩、含鲕砂岩及含砾砂岩。

4. 沙一段

沙一段沉积时期, 湖泊经历了 3 个发育阶段。早期, 气候较沙二段沉积末期湿润, 湖盆加深扩展, 但水质仍较咸; 中期, 湖盆均衡下沉, 湖面相对稳定, 淡水补给充分, 水质变淡, 生物繁盛; 晚期, 陆源物质大量注入, 湖盆萎缩, 陆源碎屑沉积较为发育。沙一段共分

为6个砂层组，沙一段4~6砂层组为泥质白云岩段，该段上部以深灰色泥岩为主，夹3组薄层石灰岩；中部有5~6层白云岩、生物灰岩和鲕状灰岩；下部为深灰色泥岩夹黄灰色薄层泥质白云岩、灰白色白云岩，该白云岩在胜坨三区北部为含油砂岩。沙一段3砂层组以发育“针孔灰岩”为特征。该段顶部为一层鲕状生物灰岩和一组泥质、灰质粉砂岩；中部和下部为灰色泥岩夹两薄层石灰岩，该石灰岩在胜坨二区为含油砂岩，而在胜坨一区则为气层；底部为灰白色针孔灰岩，厚约2~3m，孔洞直径最大可达2~3cm。针孔石灰岩分布相对稳定，电性特征明显，是胜坨油田沙河街组对比的标准层。沙一段1砂层组是沙一段的主要含油层，其上部为棕褐色含油细粉砂岩、灰白色灰质砂岩，俗称“豆状”砂岩，砂岩胶结疏松，分选较好；下部为灰色泥岩夹薄层石灰岩及粉砂岩。沙一段2砂层组顶部为一组生物灰岩，生物碎片含量30%左右，部分为鲕状灰岩。生物灰岩下面为一组灰白色泥质细砂岩，部分含砾。

（三）东营组（Ed）

东营组与下伏沙一段呈整合或假整合接触，早期继承沙一段晚期的三角洲沉积，中、晚期盆地回返上升，主要为河流相沉积。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。从凹陷中心向边缘岩性逐渐变粗，砂砾岩增加，泥质岩减少。东营组可分为3段（东三段、东二段、东一段）。

1. 东三段

该段以砂岩与泥岩不等厚互层为特点。东营凹陷岩性较粗，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。在视电阻率曲线底部见中、高阻尖峰，向上呈低阻小锯齿状。中、下部自然电位曲线为明显的高幅度箱状、指状负异常，上部近于平直，偶见小鼓包状负异常。厚度一般为0~420m。

2. 东二段

东二段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。

3. 东一段

该段为湖盆演化末期沉积，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。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。厚度为0~110m。

胜坨地区整个东营组的厚度不稳定，由于顶部多遭剥蚀，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，缺失地层越来越多。常常依序缺失东一段、东二段、甚至东三段，不少凸起上完全缺失东营组。

二、新近系

（一）馆陶组（Ng）

东营组沉积末期（即古近系末期）发生了一次范围较大的构造运动，济阳凹陷内新近系馆陶组与古近系东营组之间为区域性不整合接触。馆陶组可以分为馆陶组下段、馆陶组上段。

1. 馆陶组下段

岩性为灰色、浅灰色、灰白色厚层块状砾岩、含砾砂岩及砂岩夹灰色、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。

2. 馆陶组上段

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、低幅度的负异常。厚度为 120 ~ 380m。

(二) 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岩条带。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 地层精细划分与对比

地层划分与对比是油藏地质研究和精细油藏描述的基础，其目的是明确地层接触关系，了解地层在空间上的变化规律，建立等时地层格架。

当前，地层精细划分与对比的方法主要有：相控旋回等时地层对比、高分辨率层序地层对比和测井频谱分析地层对比 3 种。相控旋回等时地层对比是 20 世纪 60 年代以来由我国石油地质工作者依据陆相盆地多级次震荡运动学说和湖平面变化原理提出的地层对比方法，在我国陆相油田精细油藏描述和油田开发中得到了广泛应用。高分辨率层序地层对比是在 20 世纪 90 年代中期传入我国的，以其理论的新颖性、系统性和高精度的成因地层对比方案对我国的油藏描述产生了重要影响。近几年，随着多种数学运算、数值滤波和频谱分析技术的引入，通过从测井曲线中提取振幅、波长、频率等波谱信息并进行统计分析，能够识别出地层中的洪泛面、剥蚀面，指示沉积环境的变化，在此基础上进行地层精细划分与对比。3 种方法在技术上各有优势，在近些年胜坨油田的油藏地质研究中都得到了应用。

一、地层的旋回性和层次性

受地壳运动、湖平面变化、气候及沉积物供给等多种因素控制，陆相湖盆中地层的沉积具有旋回性和层次性。沉积岩的成层性和旋回性是其本身的重要特点，也是开展地层划分对比的依据。沉积旋回性在沉积岩中的主要表现就是沉积物性质（岩性、粒度等）的周期性变化，大到沉积建造，小到韵律纹层都是沉积物旋回性的表现。一般认为，构造运动和气候变化控制大的旋回，搬运介质的周期性变化影响小旋回。以地壳的升降运动为例，在同一个沉积盆地内，同一次升降运动所表现出的沉积旋回特征是相似的，因而可以利用沉积旋回进行地层的划分和对比。胜坨油田古近系的层次性主要划分为 4 级。

(一) 单油层

单油层为岩性、物性基本一致，具有一定厚度，上、下为隔层分开的储油层。单油层具