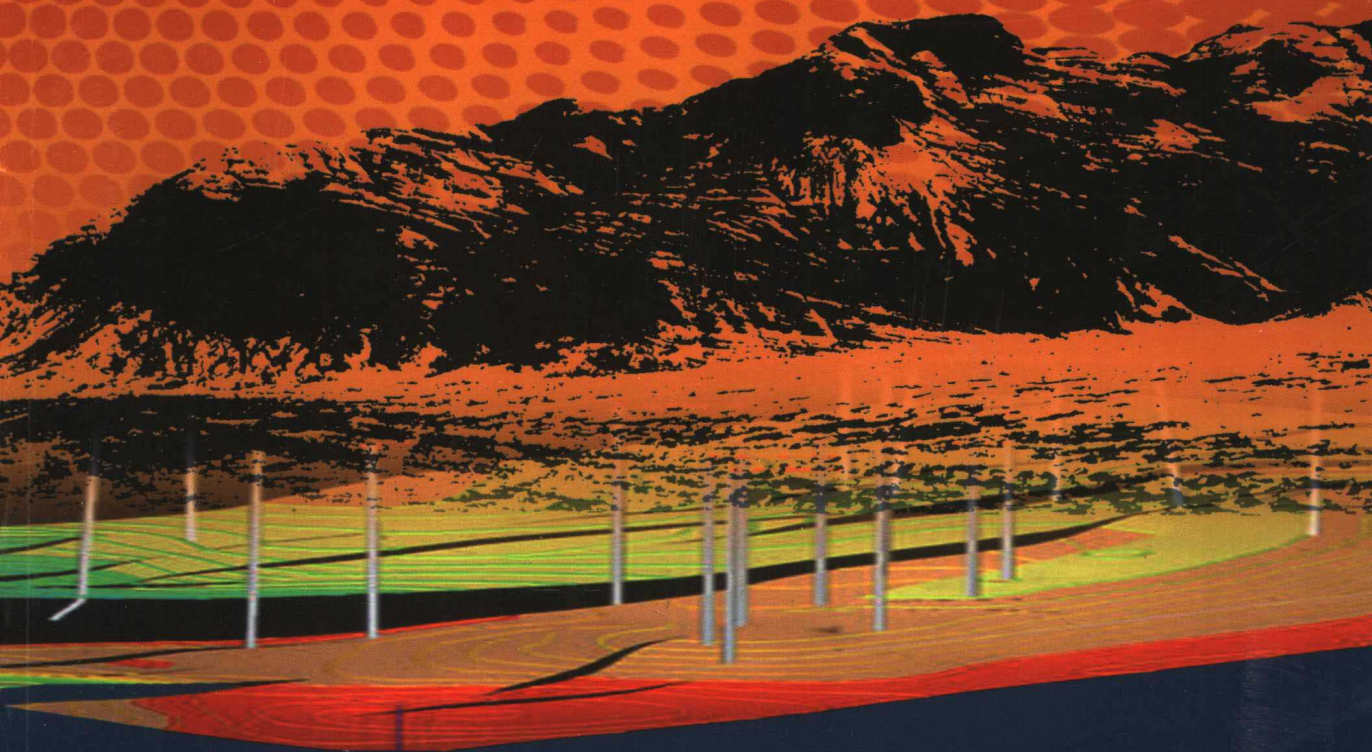


东营凹陷南坡沙四段 沉积相与油气分布

张学才 著



石油工业出版社

东营凹陷南坡沙四段 沉积相与油气分布

张学才 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书应用储层沉积学和油气成藏地球化学新理论、新方法,探索了东营凹陷南坡沙四上亚段的油气成藏条件、控制因素和分布规律;重点论述了该地区高分辨率层序地层学特征、沉积相分布规律、油气运移聚集机理、油气聚集的主控地质要素和成藏模式等,对东营凹陷南坡沙四上亚段油气勘探开发具有实际意义。

本书可供从事石油地质研究、油气勘探开发的地质工作者及有关院校相关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

东营凹陷南坡沙四段沉积相与油气分布 / 张学才著.

北京:石油工业出版社,2008.6

ISBN 978-7-5021-6567-3

I. 东…

II. 张…

III. ①拗陷-沉积相-研究-东营市

②拗陷-油气藏-分布规律-研究-东营市

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 054509 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.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

2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 9.5

字数: 237 千字 印数: 1—1000 册

定价: 32.00 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

从 20 世纪 90 年代开始,我国的油气勘探进入了油气藏精细和定量分析研究阶段。渤海湾含油气盆地经过数十年的勘探,油田发现的规模越来越小,储量品质也逐渐变差,处于开发中后期的油田稳产难度也越来越大。对于东营凹陷来说,中浅层领域的勘探程度已经很高,发展的空间相对较小,随着地震技术和钻井技术的不断提高,深层和复杂地区的勘探势必提到议事日程上来。

近年来,胜利油田勘探战线以严谨求实的科学态度和敢于冒险的开拓精神,取得了以隐蔽油气藏勘探理论为代表的丰硕成果,在我国乃至世界石油地质理论的研究领域取得了新的重大的突破,初步形成了陆相断陷盆地隐蔽油气藏勘探的理论体系,为同类盆地的油气勘探提供了新的理论依据。

李丕龙、张善文等(2003,2004)以济阳坳陷为例,形成了陆相断陷盆地“断坡控砂”、“复式输导”及“相势控藏”三大核心理论为支柱的隐蔽油气藏勘探理论体系。首先建立了陆相断陷盆地“断坡控砂”的 4 种模式。从陆相断陷盆地的地质特征和时空演化出发,系统分析了以断裂为主要表现形式的构造运动对沉积体系的控制作用;同时,通过模拟实验与勘探实践统计法相结合,实现了不同砂体模式的定量计算。模式的建立有效地解决了陆相断陷盆地隐蔽圈闭形成及预测的重大技术难题。其次,创立了陆相断陷盆地“网毯式”、“T”型、“阶梯型”和裂隙型等 4 种基本的输导体系类型及其共同组成的复式油气输导体系,全面系统阐明了各种模式的形成条件、主控因素以及隐蔽圈闭与油气来源之间的成因联系、沟通方式和控油气规律。第三,建立了陆相断陷盆地油气成藏的基本模式及相一势耦合控藏的定量描述方法。在剖析大量已发现油气藏的形成条件和地质特征的基础上,从油气成藏的基础理论出发,系统分析了(岩)相和(流体)势及其耦合在成藏中的作用,给出了相一势耦合的定量描述方法,为复杂地质条件下油气钻探目标提供了理论指导。

郑和荣、王宁等(1996)对东营凹陷北部沙三段、沙四上亚段岩性油气藏分布规律、成藏特征进行了研究,总结了岩性油气藏的成藏规律和模式。张金亮、孔凡群(1996)通过对董集三维地震资料的特殊处理与解释,结合沉积相分析,对东营凹陷北部沙三下亚段坨 71 井区进行了三维油藏定量描述研究,认为该区为水道浊积岩混合体,并预测了研究区内的滑塌浊积体和浊积舌形体,为砂砾岩体的勘探奠定了基础。张金亮等(2006)总结了东营凹陷斜坡带油气成藏规律,探讨了陡坡带砂砾岩扇体、缓坡滩坝砂体和洼陷带三角洲砂体的成藏特征,提出了“环洼控砂的滩坝砂体模式和勘探预测技术”、“三角洲旋回复合输导成藏模式和勘探技术”,以及“粗粒三角洲的近源高势能深洼控砂模式及其勘探技术”。

在新的理论、技术指导下,东营凹陷油气勘探工作取得了一定的成果,但如何在勘探程度低的地区更加高效地表征沉积体系,判断砂体的展布形态;如何在纵向上勘探程度复杂的地区确定某一层位的沉积体系,推测砂体分布;以及如何利用微相划分来对储层进行更加精细表征等方面尚存在难点。

东营凹陷斜坡带不同区域的勘探程度存在较大差异,如何根据现有的资料对勘探程度稍低地区进行有利目标预测是一个亟待解决的问题。东营凹陷是一个大型二级正向构造带,勘

探程度较高，其探明储量也占总储量的 90% 以上；相对而言，占盆地四分之三面积的凹陷陡坡、缓坡单斜带及洼陷带勘探程度较低，而这些地区是地层、岩性类油藏的有利分布区。另外，由于地面条件、资料状况和勘探历史不同，勘探程度和发现的资源量也有很大的差异。如青南洼陷地面条件复杂、资料较少，探井目前不及东营平均水平的十分之一。广阔的洼陷带、斜坡带、凹陷周缘的凸起、边缘洼陷以及部分地面条件差的地区仍具有较大的勘探空间，将是今后勘探的重要靶区。

斜坡带不同含油气层系勘探程度存在较大的差别，加强勘探程度低的层位的油气成藏规律研究是非常必要的。东营凹陷探井深度多小于 3400m，主要勘探层系为古近系沙河街组地层，其他层系及埋深大于 3400m 的地层处于低勘探程度阶段。其一，凹陷内部新近系和东营组并没有引起足够的重视，与北部沾化凹陷相比差距很大。凹陷内新近系储量占了总储量的不足 0.1%，不少探井和开发井没有足够的资料；东营组储量也仅占总储量的 5.5%。凹陷内部浅层总体上处于高钻遇密度、低认识程度的状态，相信进一步研究和勘探后会有不少新发现。其二，自 1964 年钻探第一口深探井（营 5 井）以来，3500m 以下深探井较少，勘探程度低，东营凹陷深部普遍发育的沙四段和孔店组，探井更是寥寥可数，这显然与勘探程度和研究程度较低有关，也反衬出东营凹陷深部层系还大有潜力可挖。

另外，南部缓坡带沙四段滩坝砂油藏勘探有待于进一步深化。滩坝砂由于自身沉积背景，其储层主要表现为单层厚度薄、横向变化快，地质研究确定储层有利发育区之后，常规地震方法受其分辨率的限制，砂体的空间分布难以准确描述，这已经成为长期以来制约沙四段勘探的瓶颈问题。沙四段砂岩储层忽有忽无，物性忽好忽差，油井产量忽高忽低。

针对东营凹陷南坡的勘探难点，我们拟定了一套适合缓坡带地层、岩性油气藏勘探的技术路线，并以此为框架进行研究工作。针对东营凹陷，特别是隐蔽油气藏发育的地区，提出并成功应用该勘探理论，取得了较好的勘探效果。随着勘探技术、理论以及计算机手段的显著发展，勘探技术专业化程度不断提高，只有准确把握工区古地貌、古沉积环境和地质特征，带着地质观点去分析和思考，才能准确评价和认识各种理论、技术、成果。

在本书的编写过程中，参阅了中石化胜利油田地质科学研究所、物探研究院部分研究成果，还引用了张金亮、宋明水和张鑫等多位合作者的图件，在此一并表示感谢！

由于水平有限，书中难免有不妥及错误之处，敬请读者批评指正。

2008 年 3 月

目 录

第一章 地质背景	(1)
第一节 地层发育特征	(1)
第二节 构造特征及其演化	(9)
第二章 高分辨率层序地层格架	(17)
第一节 层序地层划分标志	(17)
第二节 沙四段高分辨率层序地层学特征	(19)
第三节 层序界面的选取和层序划分	(26)
第四节 高分辨率层序地层格架的建立	(28)
第三章 沉积环境的地球化学分析	(30)
第一节 古环境分析	(30)
第二节 同位素分析	(41)
第三节 稀土元素分析	(45)
第四章 岩石学特征及物源分析	(49)
第一节 沉积岩颜色指数与沉积环境	(49)
第二节 岩石类型及特征	(51)
第三节 碎屑岩成分成熟度	(55)
第四节 结构成熟度	(57)
第五节 重矿物分布特征	(59)
第五章 沉积相与砂体分布	(61)
第一节 广利地区沉积相分析	(61)
第二节 王家岗地区沉积相分析	(76)
第三节 纯梁地区沉积相分析	(91)
第四节 湖泊亚相划分及沉积相分布	(112)
第六章 油气成藏机理及有利目标	(115)
第一节 原油成因类型及油源对比	(115)
第二节 油源对比及成因分析	(118)
第三节 烃源岩地球化学特征	(121)
第四节 油气成藏条件与成藏机理	(129)
第五节 有利区预测	(139)
参考文献	(143)

第一章 地质背景

第一节 地层发育特征

一、地层发育特征

东营凹陷位于山东省北部，东西长 90km，南北宽 65km，面积约为 5700km²，属于渤海湾盆地济阳坳陷中的一个中、新生代断陷，其南为鲁西隆起，北为陈家庄凸起，东有青坨子凸起，西有滨县、青城凸起，是一个四周有凸起环绕，但又与其他凹陷相通的晚侏罗世—古近纪断陷复合盆地（图 1-1）。东营凹陷具有北断南超的特点，新近纪以后属于华北近海坳陷盆地的一部分。凹陷内部发育一系列正向二级构造单元，它包括北部陡坡带、中央断裂背斜带（中央隆起带）、牛庄洼陷、利津洼陷、博兴洼陷、民丰洼陷以及南部缓坡带，东营凹陷南部斜坡带区域范围南部接鲁西隆起和草桥—广饶凸起，北部与东营凹陷的牛庄洼陷和利津洼陷相接，东部为青坨子凸起，西部跨过青城凸起与惠民洼陷相接，勘探面积约 2500km²。

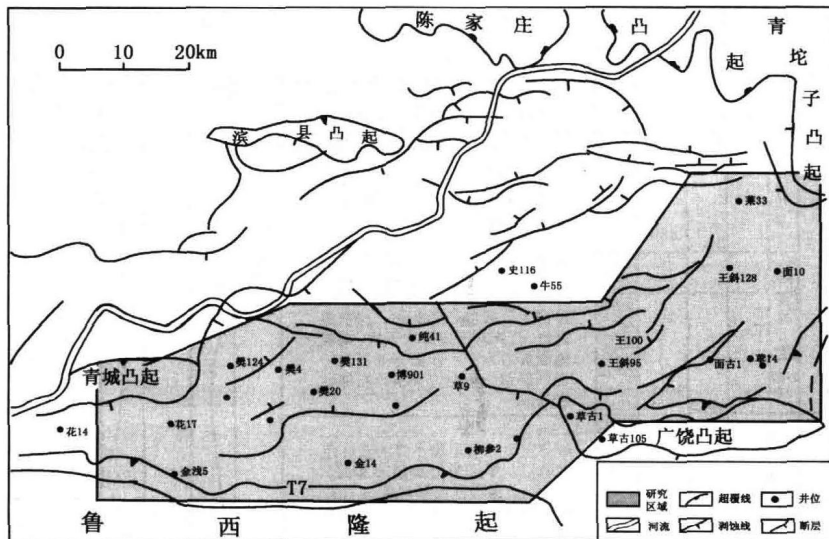


图 1-1 东营凹陷研究区域位置图

由钻井揭示地层来看，东营凹陷地层层序自下到上依次为太古宇、古生界、中生界和新生界，缺失元古宇、上奥陶统、志留系、泥盆系、下石炭统、上二叠统、三叠系和古新统。新生界又进一步划分为古近系、新近系、第四系等，其中古近系和新近系组成了主要的盆地充填沉积，并发育多个生储层系（图 1-2）。下面对古近系地层发育进行详细论述。

古近系地层由下向上可细分为孔店组、沙河街组的沙四段（Es₄）、沙三段（Es₃）、沙二段（Es₂）、沙一段（Es₁）和东营组。

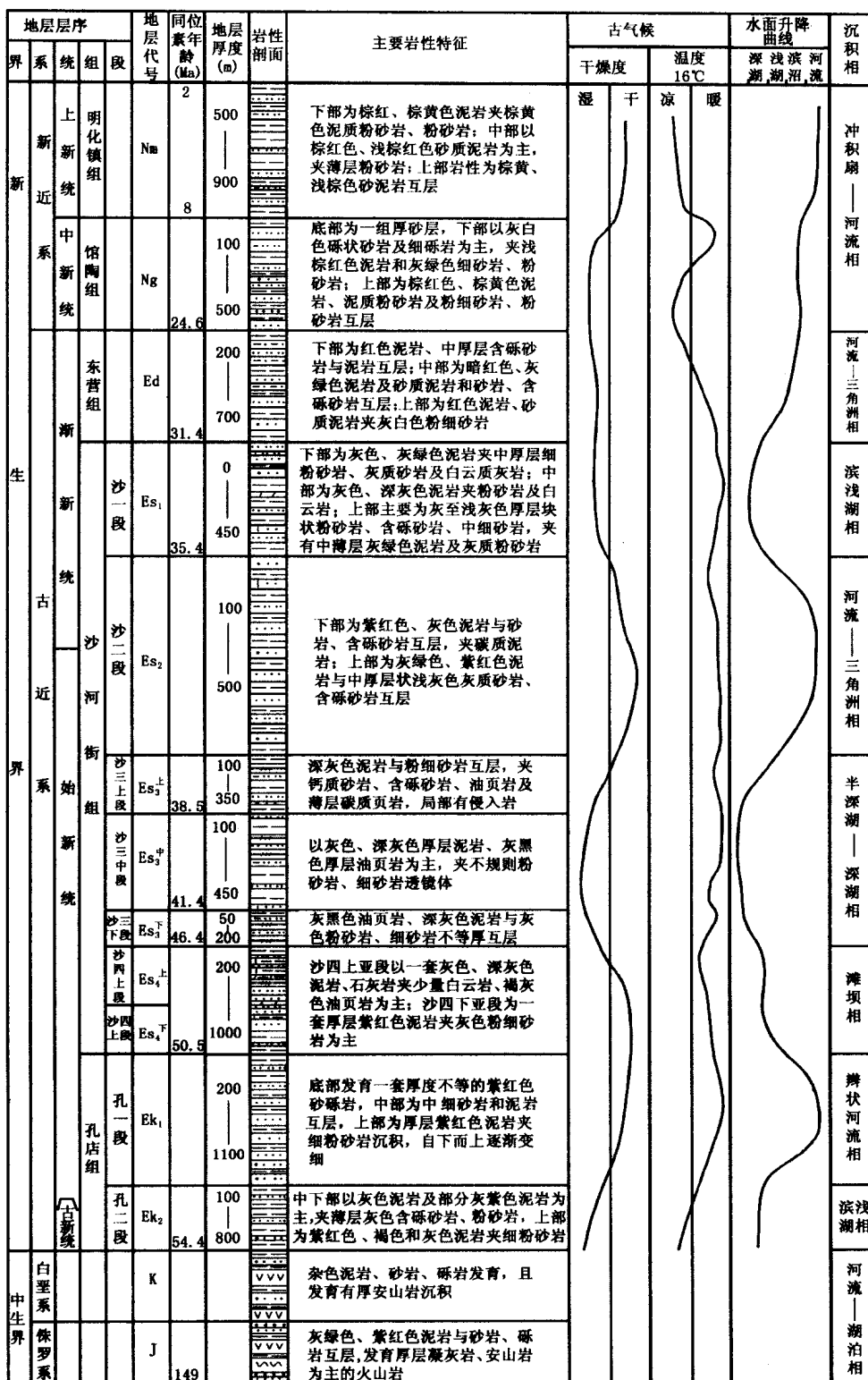


图 1-2 东营凹陷南坡地层综合柱状图

1. 孔店组

孔店组自下而上可分为孔三段、孔二段、孔一段，东营凹陷孔三段遭受剥蚀，在录井和取心上均不见孔三段沉积。从岩性组合和剖面结构来看，沉积具有红—黑两分性。

孔二段中下部岩性主要以灰色、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，视电阻率曲线呈低平小锯齿状，自然电位曲线近于平直；上部为紫红色、褐色和灰色泥岩夹细粉砂岩沉积，视电阻率曲线呈微齿状，自然电位曲线较为平直。孔二段孢粉化石以喜湿热的杉粉属为主，并含有较高比例的无口器粉属和榆粉属，表明气候较为湿热。

孔一段则主要为红色岩性沉积，沉积厚度变化较大，由南坡向北部洼陷逐渐加深，北部辛镇沉积最厚可达 1800m，凹陷西部沉积厚度明显大于东部，博兴洼陷有一沉降中心。

2. 沙四段

沙四下亚段以灰色、紫红色泥岩为主，夹砂岩、粉砂岩、含砾砂岩及薄层碳酸盐岩，视电阻率曲线变化较大，盐岩石膏和碳酸盐岩层多为高阻尖峰，自然电位曲线在对应砂岩层为明显负异常。介形类主要为火红美星介，还有淡水和半咸水的真星介属、金星介属和拟星介属的分子；腹足类为滨县椎实螺、东营琥珀螺；藻类为潜江扁球轮藻，孢粉组合与孔一段相似。

沙四上亚段自下而上可分为 5 个砂组。第五砂组以深灰色、灰绿色泥岩为主，夹灰色砂岩、粉砂岩、含砾砂岩、含膏泥岩及薄层碳酸盐岩，局部形成膏盐聚集区；第四、第三砂组为中细砂岩、灰白色砂岩夹灰质泥岩或薄层白云岩、灰质粉砂岩，电阻率曲线呈梳状尖齿，特征明显，全区对比性较好；第二、第一砂组为褐灰色厚层灰质页岩、油页岩、灰质泥岩夹薄层粉砂岩、泥质粉砂岩和泥质白云岩，由于地层中灰质含量高，电阻率曲线呈大幅异常的尖刀状，特征明显。

3. 沙三段

以湖相沉积的暗色砂、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，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，凹陷中部最厚可达 1200m 以上。本段可分为 3 个亚段，自下而上分别为沙三下亚段、沙三中亚段、沙三上亚段。

4. 沙二段

为河流—三角洲沉积，本段可分为两部分。沙二下部为紫红色、灰色泥岩与砂岩、含砾砂岩互层，夹碳质泥岩，主要特点是发育紫红色泥岩，一般凹陷中部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；沙二上部为灰绿色、紫红色泥岩与中厚层状浅灰色灰质砂岩、含砾砂岩互层，电阻率曲线基值较下部略高，呈锯齿状，夹中、低阻尖峰。东营凹陷沙二段分布范围较小，分布不稳定，多出现在各凹陷中部，厚度为 0~250m，最大厚度不超过 450m，向南部边缘凸起和隆起逐渐缺失，局部有火成岩侵入，自然电位曲线为指形、漏斗形、箱形、钟形和低幅齿形。

沙二段沉积时期植物成分以亚热带为主，并出现半干旱—干旱气候下旱生植物类型，环境分析属亚热带半干旱气候。

5. 沙一段

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、碳酸盐岩和油页岩组成，可分为三部分。沙一下部为灰色、深灰色、灰绿色泥岩夹中厚层状细粉砂岩、灰质砂岩及白云质灰岩，视电阻率曲线为低平小锯齿状，自然电位曲线较平直；沙一中部为灰

色、深灰色泥岩夹粉砂岩、生物灰岩、鲕状灰岩及白云岩等，视电阻率曲线总体为高阻尖峰，自然电位曲线略呈负异常；沙一段上部主要为灰至浅灰色厚层块状粉砂岩、含砾砂岩、中一细砂岩，夹有中薄层灰色生物灰岩、灰绿色泥岩及灰质粉砂岩，视电阻率曲线为中低锯齿状尖峰，自然电位曲线近于平直，局部地区见指状或箱状。沙一段全区分布广泛，且较稳定，是重要的对比标志层段，地层厚度一般为 100 ~ 290m，为湖泊相沉积。

沙一段沉积时期气候以亚热带为主，植物成分以暖湿带至亚热带为主，而广温性的半干旱和干旱气候下的麻黄粉属减少，表明气候又趋湿热，环境分析属南亚热带湿润期，有利于有机质的生成。

6. 东营组

前人的研究表明，东营凹陷内东营组和沙一段之间为连续沉积，沙一段沉积晚期，湖水一度加深，之后随盆地的构造抬升，湖盆收敛，陆源物质大量注入，在此背景下发育了东营组。东营凹陷南坡东营组厚度变化较大，一般在 100 ~ 540m 之间，东营组可分为 3 段。东三段（Ed₃）主要为厚层块状棕红色泥岩、中一厚层粗—含砾—砾状砂岩与泥岩互层，底部夹少量石英质页岩薄层；东二段（Ed₂）为杂色、暗红色、灰绿色泥岩及砂质泥岩和细—粗砂岩、含砾—砾状砂岩互层，向下砂岩单层加厚，下界划在紫红色泥岩顶，俗称老“K”泥岩；东一段（Ed₁）岩性为棕红色、紫红色泥岩、砂质泥岩夹灰白色粉细砂岩。

东营组沉积时期气温开始逐渐转凉，环境分析该沉积时期为降温期，属北亚热带气候。

二、地层划分与对比

东营凹陷南坡孔店组埋藏深，钻井揭露程度低，古生物化石极少见且并不连续。因此长期以来对于孔店组红层的划分对比是一个尚未解决的难题，目前前人对于孔店组的划分主要局限于丁家屋子地区。本次研究结合前人观点，运用录井、地震、电性以及岩性特征，对东营凹陷南坡孔店组进行了地层划分与对比。

1. 沙四上亚段与沙四下亚段—孔一段界线划分

(1) 岩性划分依据

从岩性上看，该区沙四上亚段多为一套灰色、深灰色泥岩、石灰岩夹少量白云岩、褐灰色油页岩。沙四上亚段底部岩性变化不一，但是与沙四下亚段—孔一段顶部沉积分界明显。草桥—乐安—陈官庄一线沙四上亚段底部岩性主要为灰色、深灰色泥岩夹中薄层灰色粉砂岩及少量薄层含砾砂岩，而沙四下亚段顶部沉积主要为紫红色泥岩夹中厚层砾岩及含砾砂岩，向北陈官庄地区砾岩减少，顶部主要以中厚层中粗砂岩为主，沙四上亚段灰色湖相沉积和沙四下亚段—孔一段陆上河流相红层沉积分异较为明显。由录井图上可以看出，丁家屋子地区沙四上亚段底部主要为灰色、深灰色泥岩夹薄层粉细砂岩沉积，而沙四下亚段顶部为河流相发育末期沉积，粒度较细，地层中主要为质纯中厚层紫红色泥岩夹中薄层粉细砂岩，单层紫红色泥岩厚度往往大于 8m，向南部斜坡带延伸砂岩粒度和厚度均有增加，砂岩含量普遍较高，上、下界面相变明显。因此经过分析研究，从全区角度来看，可以将大段红层沉积的出现作为沙四上亚段与沙四下亚段—孔一段的分界（图 1-3、图 1-4）。

(2) 测井曲线划分依据

在测井曲线上，该界面上、下分界较为明显，从全区来看，上、下界面自然电位曲线变化不明显，因此本次研究主要考虑了电阻率曲线（或感应电导率曲线）结合补偿声波时差曲线特征来划分沙四上亚段和沙四下亚段—孔一段界线。沙四上底部红色泥岩段之上存在一

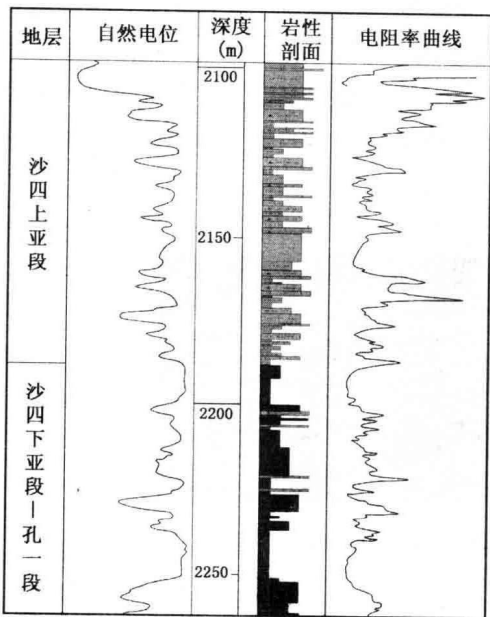


图 1-3 东营凹陷南坡梁 228 井岩性划分依据

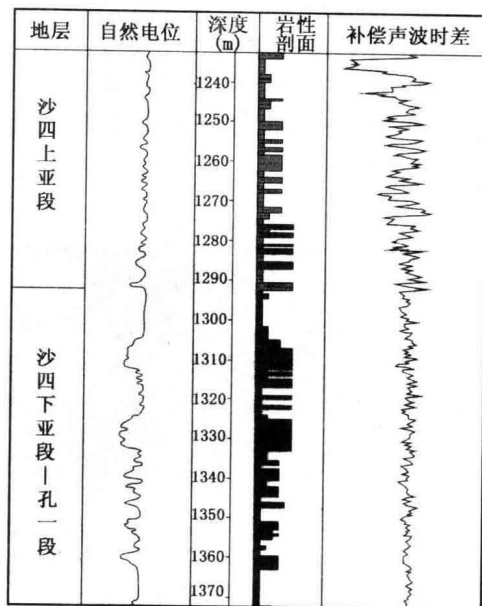


图 1-4 东营凹陷南坡广 4 井岩性划分依据

低电阻泥岩段，主要为灰色和灰绿色砂泥岩，在全区厚度不一但较为稳定，可以作为一标志层，且界线之上沙四上亚段补偿声波时差曲线多呈高中幅尖刺状，而界线之下补偿声波时差曲线呈低幅尖峰状或微齿状，和沙四上亚段区别明显（图 1-5、图 1-6）。

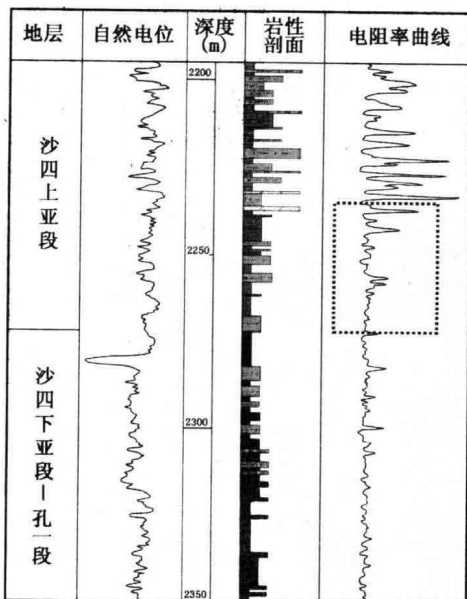


图 1-5 东营凹陷南坡纯古 1 井电性曲线划分依据

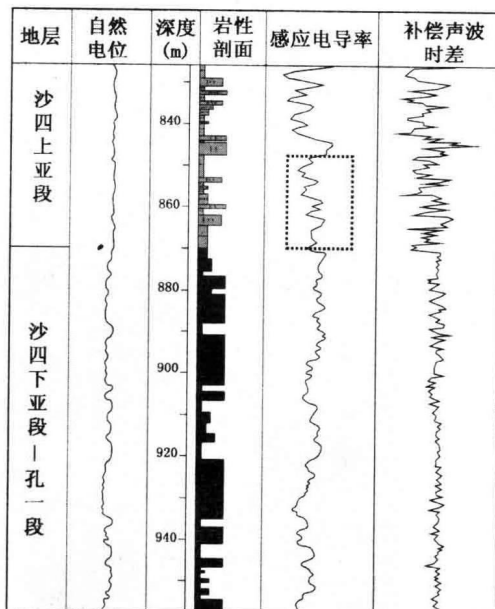


图 1-6 东营凹陷南坡广 12 井电性曲线划分依据

(3) 不整合面划分依据

在地震剖面上可以看出，孔店组超覆沉积于下伏不整合面上，在南坡南部顶部遭到上覆

地层削蚀，而沙四上亚段和沙四下亚段之间存在一不整合面，表明沙四下亚段—孔一段与沙四上亚段为不整合接触关系（图 1-7）。这是因为沙四上亚段沉积时期，济阳运动已经发生，湖盆下降，东营凹陷周边山地上升，使得斜坡带沙四下亚段顶部沉积遭遇剥蚀，从而与上部沉积形成了沉积间断。在录井图上均可见不整合面，如王 100 井、王斜 95 井、梁 241 井、纯古 1 井等。

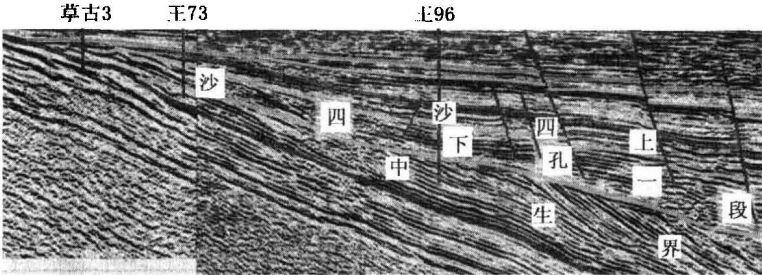


图 1-7 东营凹陷南坡草古 3—王 73—王 96 井地震剖面图

2. 孔一段与孔二段界线的划分

由于孔二段沉积末期—孔一段沉积时期喜马拉雅早期运动导致凹陷整体抬升，东营凹陷南坡孔二段遭受剥蚀，在南坡北部边缘钻遇王 46 井和王古 100 井孔二段。王 46 井钻探中发现暗色泥岩，油田工作人员在 4205.9 ~ 4450m 井段的岩屑及岩心样品中获得了孢粉化石，分析结果表明：孢粉组合以喜湿热的杉粉属占优势，喜冷的桦科分子有一定含量，这一组合反映出孔二段沉积时期气候湿热的特征，与孔一段干热气候形成明显对比；此外，在王古 100 井 3593 ~ 3732m 孢粉分析也得出同一结果。通过钻井取心看出王 46 井 4404.1 ~ 4409.1m 钻遇冲积扇混杂砂砾岩沉积，与孔二段下部暗色湖相沉积具有明显差异，结合录井资料，井段 4385 ~ 4404 均为砂砾岩沉积，与钻遇取心岩性变化相似，因此王 46 井孔二段为井段 3779 ~ 4385m，王古 100 井孔二段为井段 3448 ~ 3732m，在王古 100 井区以南尖灭（图 1-8）。

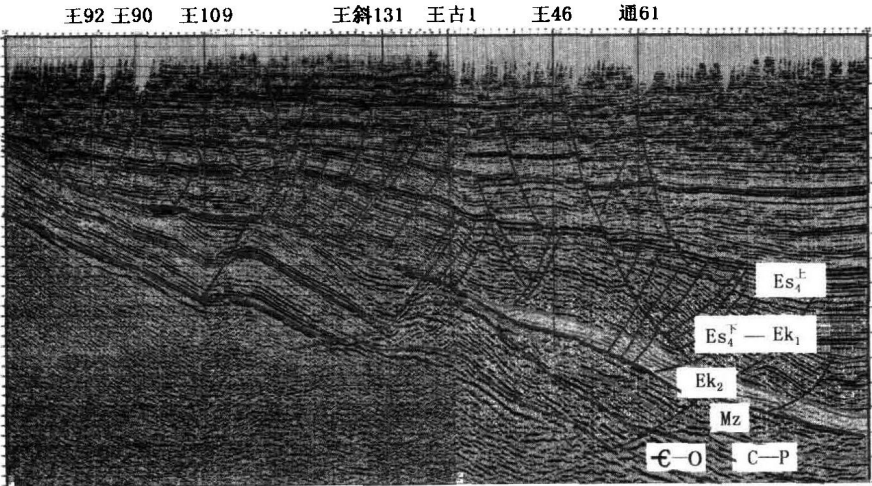


图 1-8 东营凹陷南坡王 92—通 61 井地震剖面图

3. 孔店组与下伏地层的界线划分

东营凹陷孔店组下伏地层多为中生界，由于地层剥蚀等作用的影响，南坡东部部分井区孔店组下伏地层可直接与上古生界接触。

(1) 不整合面划分依据

地震剖面显示孔店组下伏中生界顶部地层削截明显，孔店组与下伏中生界（或上古生界）地层之间存在着一大型的角度不整合面，界面起伏较大，呈凹凸不平接触，这是由于燕山运动使盆地整体抬升造成区域性地层剥蚀，形成沉积间断。孔店组与中生界界线应划分在地层不整合面处（图 1-9）。

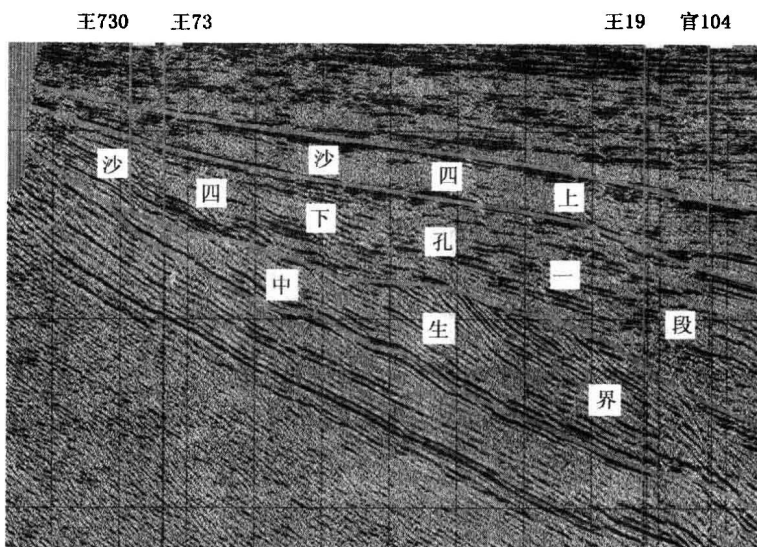


图 1-9 东营凹陷南坡王 730—官 104 井地震剖面图

(2) 测井曲线划分依据

孔店组与中生界自然电位曲线上、下差别不大，没有明显特征；通过研究电阻率曲线（或感应电导率）和补偿声波时差曲线，可以看出，在界线上、下曲线特征出现明显变化，在界线以下感应电导率和补偿声波时差遽然增大（电阻率减小），形成一个明显上升台阶，可以作为孔店组和中生界的分界。

(3) 岩性划分依据

从岩性变化来看，孔店组底部地层中富含火山岩成分，但主要以玄武岩为主，丁家屋子少数井区孔一段底部见薄层凝灰质砂岩，砾石多具磨圆性，底部砾岩厚度明显薄于下伏地层。

4. 孔店组地层划分与对比

东营凹陷南坡孔店组地层非常发育，特别是丁家屋子地区孔店组地层厚度巨大，由北往南，孔店组地层呈现出有规律的递减，其中北部王 46 井孔店组地层厚度最大，达到 1695m，其次为王斜 71 井，孔店组斜井沉积厚度达到了 1646m；处于中间部位的王斜 131 井孔店组斜井沉积厚度为 1047m，王 100 井孔店组厚 674.5m；南部的王斜 95 井孔店组厚 441.5m，而南坡南部顶部草 43 井厚度只有 87m。

丁家屋子地区西部陈官庄—乐安—章桥地区钻遇的孔店组地层相对于丁家屋子来说厚度较小，由北向南地层起伏较大，但总体上呈现由南向北的递减趋势。北部官 125 井厚 444m；

乐安地区地势高低不平，如通古 11 井孔一段井深 295.5m，而通古 3 井仅有 87.5m；南部草桥地区，地层厚度变化不大，如广 5 井厚度为 105m，南部广 12 井厚度为 130m（图 1-10、图 1-11）。

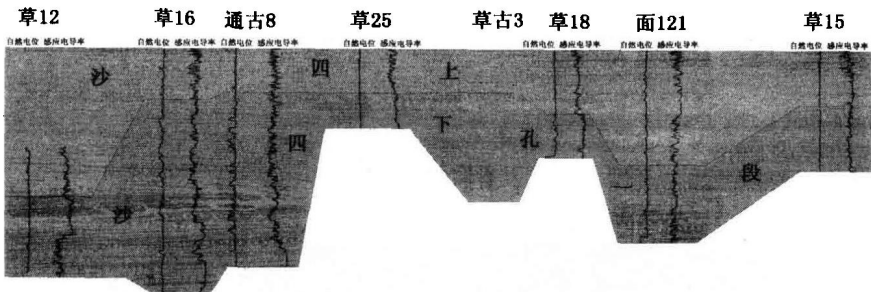


图 1-10 东营凹陷南坡地层划分与对比（东西向剖面）

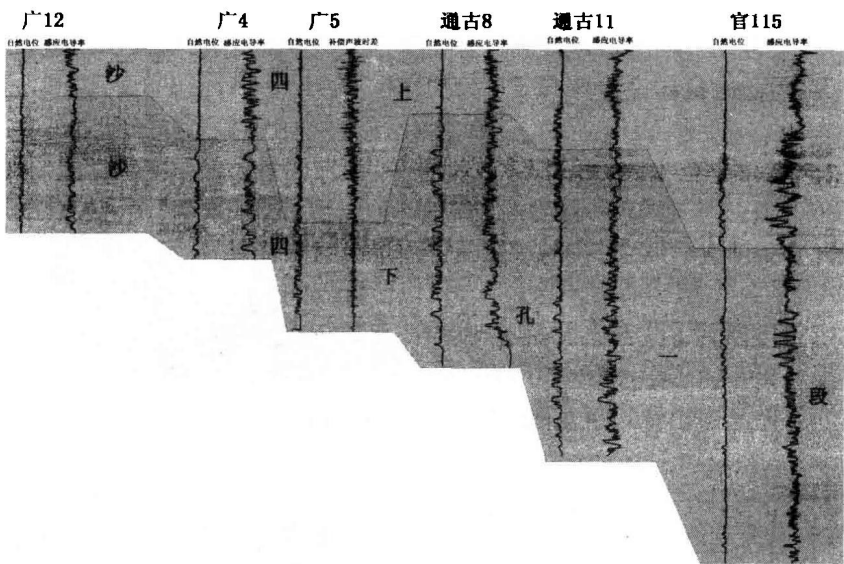


图 1-11 东营凹陷南坡地层划分与对比（南北向剖面）

5. 地层划分与前人比较

对于东营凹陷南坡沙四段及孔店组，各个采油厂都有自己的一套分层，前人对于孔店组与沙四段地层界线划分并不统一，对于顶部红层划分存在争议，此外，沙四段内部分层各家标准不一，名称不同（图 1-12）。

纯梁采油厂将沙四上亚段分为 5 个砂组，沙四中亚段为蓝灰段，沙四下亚段为红层沉积；现河采油厂将沙四上亚段分为 4 个亚段以及蓝灰段，沙四下亚段和孔一段作为一个整体并未分开；东辛采油厂分为沙四上、沙四中和沙四下亚段，并将沙四中亚段分为纯上段和纯下段，蓝灰段为纯下段底部沉积；地质录井公司认为应该将沙四段和孔一段界线定在深灰色地层以下 13~37m 红色地层中 2.5m 电阻率曲线明显抬升阶段以上；地质研究院将蓝灰段以及以上地层作为沙四上亚段沉积，沙四下亚段为红层沉积，上下界面被不整合面分开。

笔者将沙四上亚段分为 5 个砂组，第五砂组相当于蓝灰段，研究表明，沙四下亚段红色砂泥岩沉积与上覆深灰色湖相砂泥岩沉积差异明显，且可通过不整合面将其分割开来，具有

很强的可操作性。油田工作人员在广利地区地震剖面上发现莱深 1 井沙四下亚段与孔店组之间存在不整合面，但笔者通过研究认为该不整合面在全区不具有普遍性，只能作为局部地区不整合面，沙四下亚段与下伏孔一段在岩性和沉积体系上具有连续性，其界线不易区分，因此将其定为沙四下亚段—孔一段。

纯梁采油厂 分层		现河采油厂 分层		东辛采油厂 分层		地质 研究院	地质录井 公司	物探研究院	本次分层	
沙四上亚段	第一砂组	沙四一		沙四一	沙四一	沙四上	沙四段	沙四段	沙四上亚段	第一砂组
				沙四上亚段	沙四二					第二砂组
	第二砂组	沙四二			沙四三					第三砂组
				沙四三	纯上段					四砂组
		沙四四		沙四中亚段						第五砂组 (蓝灰段)
	沙四中亚段	蓝灰段		蓝灰段	纯下段					
沙四下亚段		沙四下亚段		沙四下亚段		沙四下	孔一段	孔一段	沙四下亚段—孔一段	
孔一段		—孔一段		孔一段		孔一段				

图 1-12 东营凹陷南坡沙四段—孔一段各家分层方案

第二节 构造特征及其演化

一、构造演化

作为华北地台的一部分，渤海湾盆地济阳拗陷经受了喜马拉雅、加里东、海西、印支、燕山等多期构造运动的影响，东营凹陷作为济阳拗陷的一部分，其构造演化过程及盆地形成期与济阳拗陷有着一致性。东营凹陷的形成和发展大致经历了 3 个大的阶段：基底形成阶段、裂前隆起阶段、断陷盆地发育阶段。

东营凹陷隶属渤海湾盆地济阳拗陷，其沉积背景发育特征受控于整个渤海湾盆地的发育。济阳拗陷东营凹陷形成演化过程划分为 3 个阶段：即裂陷期、断陷期和拗陷期。

1. 裂陷期

裂陷期是陆相断陷盆地发育演化的初始阶段，东营地区断陷盆地裂陷期发育于燕山运动时期（中生代侏罗纪—白垩纪），经历了较明显的负反转和正反转交替的构造转型过程，以强烈的断裂活动、岩浆喷发和快速充填沉积为主要特征。燕山活动早期构造运动较弱，构造运动主要表现为断裂和局部的褶皱，形成轴向不同的复背斜和复向斜。燕山运动中期，构造活动逐渐加强，以剧烈的岩浆运动伴以强烈的断裂作用为特征，其强烈构造活动和断裂的负反转奠定了济阳裂陷的雏形；东营凹陷内作为控盆边界断层的几条基底主断层陈南断层、石村断层以及高青断层等开始形成，使盆地构造反差进一步增大，凸起部分继续遭受剥蚀，而凹陷内则沉积了较厚的中—上侏罗统至下白垩统，凹陷内凹凸相间的构造格局开始形成，使得区域内地形高低不平。燕山运动晚期，盆地整体抬升，东营凹陷区域隆起，强烈的隆起致使凸起和凹陷斜坡部位遭受剥蚀，造成了大型区域地层不整合接触；从地震剖面上可以看出，该时期东营凹陷已基本形成两个比较明显的沉积中心，一个位于凹陷西部博兴洼陷，另

一个位于东营北部（图 1-13）。

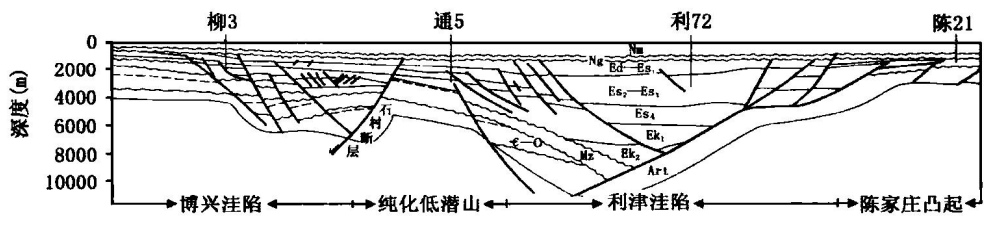


图 1-13 东营凹陷 593 测线地震地质剖面

2. 断陷期

断陷期是济阳拗陷发育的主要阶段，以一、二级主断层持续活动、盆地主体不断陷落、岩浆侵入和（相对）深水沉积为主要特征。古近纪是东营凹陷的主要发育期，这与太平洋板块运动方向由晚白垩世时期的北北西转为北西西有关。此时，郯庐断裂带由左旋走滑转化为右旋张性走滑，使得古近纪该区乃至周围的广大区域出现优势拉张，主断裂利用和继承了前期的既成断裂，而在时间和强度上均不需要经过先使其破裂的过程，可直接沿原断面将地壳拉开。在喜马拉雅运动造成的强烈构造运动影响下，发生断裂、伸展、掀斜，除一级、二级断层持续活动外，同时产生了大量的三、四级断层。东营凹陷按照构造和断陷旋回，东营凹陷古近纪可以划分为 4 个“幕式”伸展期，分别对应于孔店组、沙四段、沙三段—沙二上、沙二下—东营组。每个伸展期后，盆地普遍经历了短暂的区域抬升，使部分先期发育的地层遭受剥蚀。

(1) 断陷初始期（I 幕）

孔店组沉积时期属于断陷沉积初期，伴有强烈的火山活动，孔店组沉积初期由于燕山运动尾幕的构造运动造成盆地抬升，孔店组剥蚀下伏中生界地层，与下伏地层呈角度不整合接触，这在东营凹陷南坡表现十分清楚，在地震地质图上可以看出明显削截（图 1-14）。

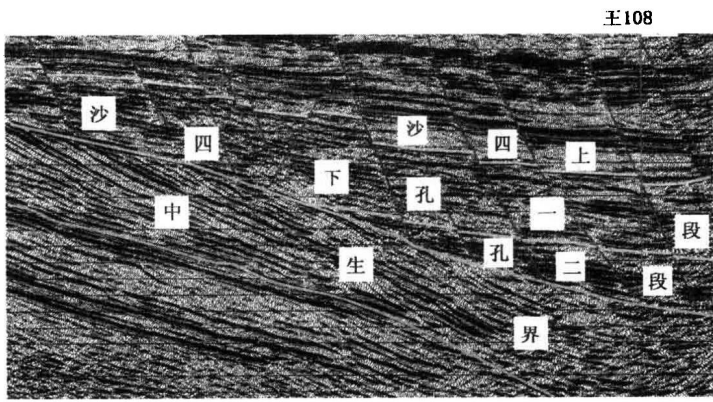


图 1-14 东营凹陷南坡 281 线地震剖面图

前人研究认为，孔三段沉积时期，东营凹陷孔三段地层沉积厚度大于 1000m，凹陷处于周缘断层活动性强的背景下，与周缘地区地形高差大，四周同时供给碎屑物质，凹陷区形成了补偿式沉积。但由于该沉积时期处于燕山运动末期，全区普遍上升，孔三段沉积不断大面积剥蚀，孔二段沉积末期至孔一段沉积早期，喜马拉雅运动期开始形成，渤海湾盆地发生重要构造运动，盆地普遍抬升。

(2) 断陷发展期 (II 幕)

济阳坳陷沙四段沉积时期,喜马拉雅期济阳运动开始发生,块断运动造成济阳坳陷下降及周边山体上升,经过断陷初始期构造转型的调整,受郯庐断裂活动右旋平移运动影响,形成一系列北东向构造走向的湖盆和断裂体系,沙四上部沉积末期有沉积间断。该沉积时期东营凹陷周围鲁西隆起、广饶凸起、陈家庄凸起等不断上升,遭受剥蚀,惠民与东营之间的青城凸起在该时期形成水下高地,东营凹陷和惠民凹陷基本分离,其后的沙四段沉积格局发生了重大变化。

东营凹陷沙四段沉积期继承了孔店组沉积期的构造应力场,近南北向或北东东向拉伸应力场控制了盆地的发育,除一级和二级断层继续活动外,部分三、四级断层开始发育,南部斜坡八面河断裂带开始形成。与孔店期相比,总体上北西向断层伸展活动进一步减弱,在东营凹陷内部可能存在多条在该时期或更早些停止活动的北西向断层,石村断层活动强度大幅度减弱,南北向断层的活动性也减弱,北东向断层活动进一步加剧;陈南断裂与石村断裂南侧发育的两个沉降和沉积中心继续有效,并发育了多个独立的沉积中心,沉积最大厚度在1500m以上(东营凹陷利津—民丰洼陷)。

东营南坡构造运动频繁,由地震剖面上可以看出,东营南坡沙四段有着不同于孔店组和中生界的断层体系(图1-15),3个单元的断层体系各自为政,并没有一断到底,形成了复杂的三层网状结构。沙四段沉积时期南坡上王家岗断裂带的活动增强,对于凹陷南斜坡沉降有着一定的控制作用,其断层主要为北倾断层,初步形成了阶梯式的断陷下沉模式。此外,该时期受石村断层活动的影响,东营南坡明显分为了东西两段,西段博兴洼陷处于石村断层下降盘,受断层活动影响快速沉降,南坡东部缓坡则相对缓慢沉降。

从南北向结构剖面(图1-16)可以看出,东营凹陷东西部地层沉积具有差异,凹陷东部沙四段自南向北地层厚度逐渐增大直至牛庄—民丰洼陷,北部地层较陡,地层向北部陈家

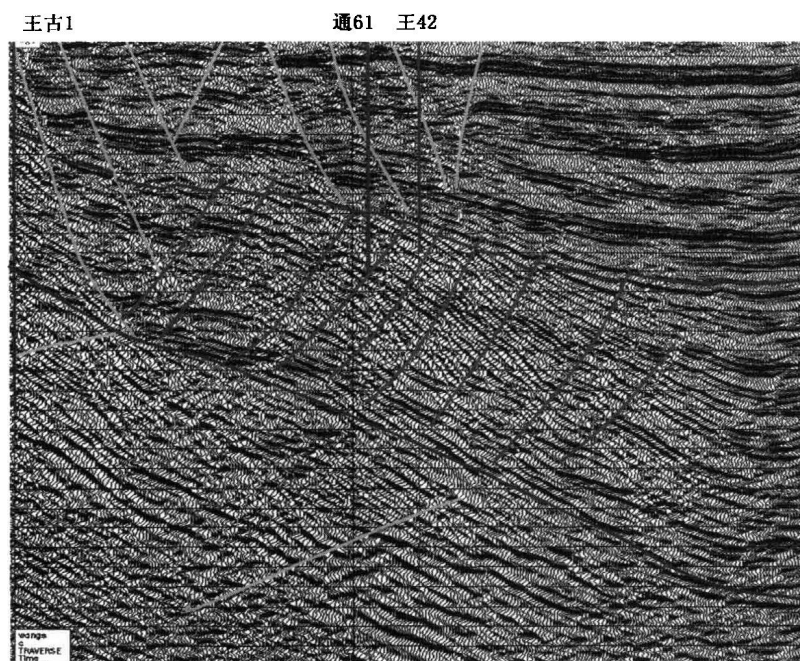


图1-15 东营凹陷南坡三层断裂体系地震剖面图