

# 高青地区油气成藏模式与富集特征

蒋有录

荣启宏

(石油大学, 山东东营 257062)

(胜利石油管理局, 山东东营 257015)

本文分析了高青油气田的成藏地质背景、成藏模式及油气富集规律, 指出研究区具有独特的成藏地质背景, 油气藏类型丰富多样, 油气沿高青大断层呈带状分布, 且具有明显的分区性, 不同构造单元具有不同的成藏模式, 高青大断层及馆陶组泥岩盖层对油气分布起控制作用。

**关键词** 油气藏 油气分布 油气运移 断层封闭性 盖层

**第一作者简介** 蒋有录 男 39岁 副教授 石油地质

高青油气田位于东营凹陷南部与青城凸起的交界部位, 地层发育复杂, 含油层系和油气藏类型多。在油气成藏富集规律及油气分布规律方面, 具有一般油气田所没有的显著特征。因此, 探讨这类地区的油气富集规律及成藏模式, 具有重要的实际意义和理论意义。

## 1 地质背景

高青地区处于东营凹陷西南缘和青城凸起的东缘, 油气田分布范围分属于3个构造单元。以高青大断层为界, 东部下降盘属于东营凹陷博兴洼陷, 断层上升盘南部属于高青凸起, 北部为北坡剥蚀带。由青城凸起、青城北坡剥蚀带和高青断裂带3大部分组成, 其间被高青大断裂呈半环状分割(参见图2)。

根据地层发育特征, 可将该油气田分为南、北、东3大区域。青城凸起为南区, 上第三系直接覆盖于中生界地层之上, 主要含油层系为中生界; 北区是青城凸起向惠民凹陷的里则镇洼陷过渡的斜坡区, 为一下第三系剥蚀带, 上第三系覆盖于下第三系孔店组、沙河街组等不同组段地层之上, 主要含油层系为孔店组。高青大断层以东的断裂带为东区, 地层发育较全, 东营组为主力含油层系(图1)。

高青大断层控制青城凸起和博兴洼陷的形成和演化。该断层从中生代末期开始活动, 早第三纪为强烈活动期, 进入晚第三纪, 活动强度逐渐减弱, 至明化镇组沉积后期, 断层基本停止活动。高青断层的活动对本区的地层发育、保存和构造的形成、油气聚集起了控制作用。在断层上升盘, 尤其在东南部断层转

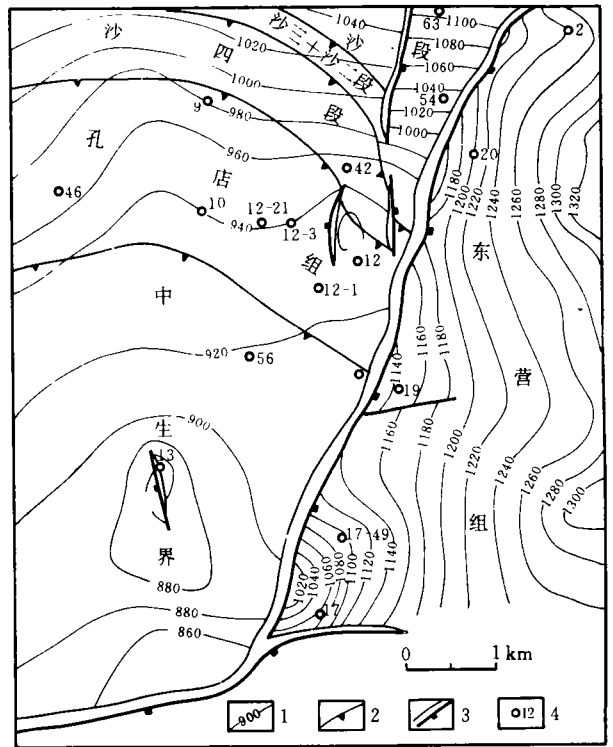


图1 高青地区馆陶组底构造图

及剥上第三系地层展布图

- 1. 馆陶组底构造等高线; 2. 地层剥蚀尖灭线; 3. 断层线; 4. 井号

折部位, 地层强烈抬升, 长期遭受剥蚀, 至馆陶组中期才接受沉积, 上第三系沉积较薄; 而断层下盘强烈沉降, 堆积巨厚的下第三系沉积。

## 2 成藏地质条件

我国陆相盆地油气勘探实践表明(胡见义等,

1991),一个地区含油气丰度的高低关键取决于该区的油气源条件、油气源与圈闭的时空配置关系。一些油气十分富集、勘探成效较大的凹陷,如东营凹陷、辽河西部凹陷,油气富集的主要因素首先是具有充足的油气源。在这些富油凹陷内,油气富集区带的展布取决于油气源与圈闭的时空配置关系。相反,那些勘探成效较小、含油气丰度较低的凹陷,如临清拗陷的德州凹陷、莘县凹陷,主要是由于油气源条件较差所致(蒋有录等,1997)。

### 2.1 油气源条件

油气源条件是油气藏形成的物质基础。从宏观上看,高青地区东邻东营凹陷西南部的博兴洼陷,北部斜坡带接惠民凹陷的里则镇洼陷。因此,研究区油气源条件较为优越。根据成藏地质背景及油源对比地化分析资料,认为本区油气主要来自博兴洼陷沙四上段生油层,其次为沙三中下段。

高青地区的油藏埋藏较浅,在运移过程中及成藏以后遭受到强烈的生物降解作用,某些常用的油

源对比标志已不明显,但一些生物标志物仍显示着原油与生油岩的亲缘关系。如高 17 井和高 41 井,原油的  $\gamma$  蜡烷/ $C_{30}$  藿烷值分别为 0.22 和 0.2, Pr/Ph 值分别为 0.54 和 0.91; 而博兴洼陷中高 23 井沙四段原油和高 31 井沙四上段泥岩,  $\gamma$  蜡烷/ $C_{30}$  藿烷值均为 0.26, Pr/Ph 值分别为 0.64 和 0.86, 显示了高青地区原油与博兴洼陷沙四上段生油岩具有亲缘关系。

从区域上看,包括博兴洼陷在内的东营凹陷南部斜坡地区,沙四上段厚度稳定(200m 左右),岩性以灰质页岩、暗色泥岩为主,有机质含量丰富,有机碳 1%~25%,可生成大量油气。但根据主要生油岩埋深、成熟生油岩体积、单位面积生排烃量等参数,博兴洼陷为二类生油洼陷,里则镇洼陷划为三类。显然,与东营凹陷中北带相比,凹陷南部斜坡区油气源相对不足。高青地区又处于博兴洼陷的最西缘,油气源不很充足,致使远离油气源的青城凸起中西部地区的圈闭落空(图 2)。

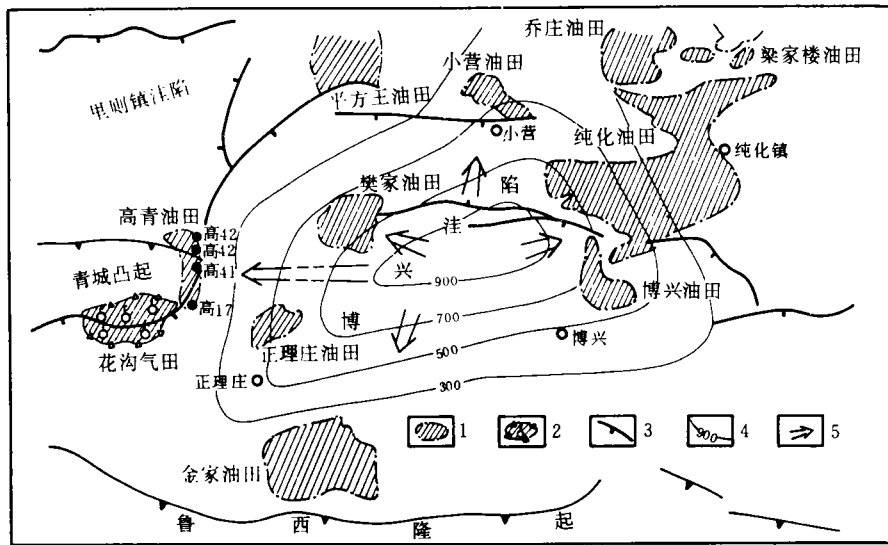


图 2 高青油气田油气源条件图

1. 油田; 2. 气田; 3. 断层; 4. 生烃强度等值线,  $10^4 t/km^2$  (沙四上); 5. 油气运移方向

### 2.2 储、盖层条件

高青地区储集层十分发育,从中生界到下第三系孔店组、沙河街组、东营组,直至上第三系馆陶组、明化镇组,各种类型的储集体十分发育。除砂岩类储层外,还发育火成岩储层(任福宽,1990),主要是玄武岩,还有辉绿岩及安山岩。

主要含油气层北区孔店组为河流相砂体,因埋

藏较浅(900~1400m),压实成岩作用弱,储集物性较好。据对 3 口井 400 余块样品的分析,平均孔隙度为 30.8%,渗透率为  $670 \times 10^{-3} \mu m^2$ 。东区东营组为巨厚三角洲前缘砂体,埋藏浅,分布范围广,物性中等。根据高 17 断块两口井 700 多块样品的分析,平均孔隙度达 35.2%,但由于岩性较细,孔隙中细小孔隙所占比率大,致使渗透率中等,平均为  $398 \times$

$10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。火成岩储集物性较差,分为裂缝型和孔洞型两种。其它层段储集砂体也很发育。因此,本区储层条件非常优越,从而为油气的运移、聚集提供了充裕的空间。

与发育的储层相比,本区盖层发育相对较差。东区东营组巨厚的三角洲前缘沉积没有形成稳定的泥岩盖层;北区孔店组为河流相沉积,泥岩分布也不稳定,未能形成区域性盖层。沙河街组中上部在东区形成高青大砂岩体,也不存在区域性稳定分布的泥岩盖层。因此,上第三系馆陶组稳定泥岩成为对本区油气藏形成起关键作用区域性盖层。

本区馆陶组以河流-洪泛平原沉积为特征,以紫红色泥岩为主,夹薄层粉砂岩,厚 80~300m,单层厚度较大,一般大于 20m,且全区广泛分布。在不同地区覆盖于不同地层之上:在北区覆盖于孔店组及沙河街组不同层段之上,在南区和东区分别覆盖于中生界和东营组之上。馆陶组下伏地层的这种区域性分布特征,决定了本区油气分布的分区性。

据压汞-吸附法对高青地区馆陶组泥岩进行的微观特征分析,显示本区泥岩盖层属于低压突破型盖层,具有较强的封盖能力。如对高气 2 井埋深 863.4m 馆陶组泥岩的测试,突破压力为 0.54MPa,气柱高度 52m,遮盖系数为 104%,孔隙中值半径 9.45nm,大孔隙集中范围为 10~40nm,其含量为 28.1%(李继江等,1994)。按照济阳坳陷上第三系泥岩盖层的评价标准,属于 I 级至 II 级盖层,具有较好的封闭性能。

### 2.3 圈闭条件

高青断层下降盘的断裂带,受大断层多期活动的影响,由南向北沿断层形成了串珠状分布的 3 个小型鼻状构造,即高 17、高 19、高 20 鼻状构造。它们的构造幅度及大小,由南向北逐渐变小。早第三纪末,由于东营凹陷整体抬升,处在凹陷西缘的高青断裂带抬升,下第三纪地层遭到强烈剥蚀。由于断层抬升程度的差异,地层由北向南剥蚀程度加重,其上被以泥岩为主的馆陶组覆盖。馆陶组沉积时期,这些构造仍在发育。

北部斜坡带为一下第三系剥蚀带,其构造形态呈南高北低,向北倾没。下第三系地层由新到老,由北至南逐层受到剥蚀,呈迭瓦状展布,以泥岩为主的上第三系馆陶组地层覆盖在下第三系不同层位之上,从而形成了大量地层不整合圈闭。另外,该区断裂发育,形成了大量断块圈闭。

南部凸起区的构造较为简单,中生界组成的潜山地层埋深为 800~1100m,总体呈平板状,由北向南抬高。在平台式的中生界地层之上,以泥岩为主的上第三系馆陶组、明化镇组地层覆盖其上,形成馆陶组披覆构造。

本区大多数油气藏以馆陶组泥岩为盖层,并结合其它资料,推测本区油气大规律运移聚集时期大致为晚第三纪馆陶晚期和明化镇早期。此时,高青断裂的活动已不强烈,包括东区断裂带各鼻状构造在内的构造圈闭及凸起、斜坡带的地层圈闭及断块圈闭均已形成,从而为油气聚集提供了场所。

## 3 油气运聚成藏模式

生油洼陷生成的油气在向外运移过程中,总是沿着阻力最小的路径就近运移聚集。由于高青大断层以东沙三段—东营组发育多期三角洲砂体,砂体横向分布范围广,厚度大,从而来自东侧博兴洼陷沙四上段和沙三中下段生油岩的油气运移通道通畅,有利于油气从洼陷中心区向本区运移(图 2)。

如图 2 所示,博兴洼陷生成的油气向四周运移,在其洼陷周围形成了明化镇、博兴、金家、正理庄、高青、樊家、乔庄、梁家楼、平方王等油气田。北部几个油气田油气可能还来自北部的利津或牛庄洼陷。高青油气田离洼陷较远,但由于运移通道好、洼陷生油范围大,油气可大量向本区运移。沙四上和沙三中下生油层生成的油气,经初次运移进入到沙三一沙二段三角洲砂体中,沿地层上倾方向向高青断裂带运移。由于重力分异作用,油气在未遇到泥质盖层时,将以垂向运移为主,遇到泥质岩层时在其下沿上倾方向运移,总的趋势是向浅部上倾方向运移。最后在馆陶组下部泥岩盖层及东营、沙河街组内部泥岩盖层的封盖下,运移至高青断裂带(图 3 和图 4)。

在南部地区,由于具有高 17 等幅度较大的鼻状构造,油气运移至高青断裂时,在馆陶组泥岩封盖下的东营组砂体中聚集成油气藏。因砂体连通性好,重力分异较充分,故形成典型的油气藏。另一部分油气横穿断层,进入凸起区的中生界聚集成藏。少量的油气通过断层纵向运移进入馆陶组形成气藏,个别形成油气藏(图 3)。

在北部地区,油气运移至高青断裂带时,因缺乏较大的构造,油气不能在断裂带大规律聚集起来,而沿高青大断裂向上运移,进入断层下盘孔店组及沙

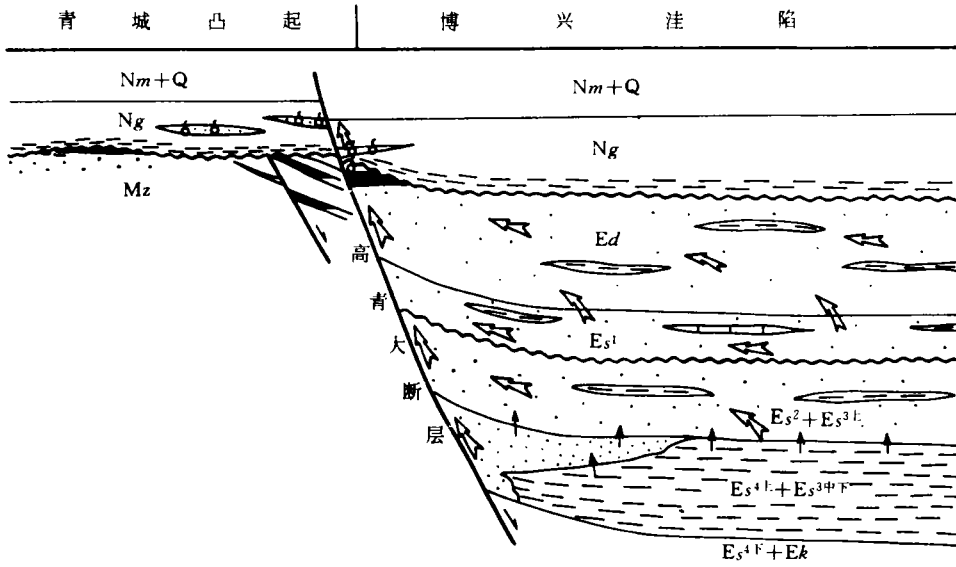


图 3 高青油气田东、南区成藏模式图

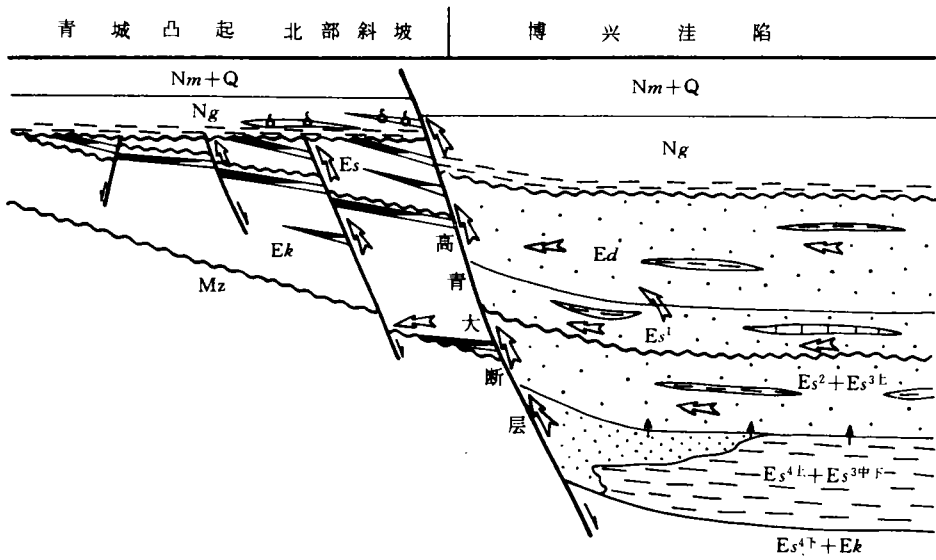


图 4 高青油气田北区成藏模式图

河街组的储集体中。油气沿这些储集层向上倾方向运移,被馆陶组底部的不整合或断层遮挡,形成油气藏,少部分油气进入馆陶组,形成稠油油藏和纯气藏(图 4)。

#### 4 油气富集特征及其控制因素

##### 4.1 油气富集特点

高青油气田自下而上分布有中生界、孔店组、沙四段、沙三—沙二段、沙一段、东营组、馆陶组等 7 套含油气层系。其中东营组油气最富集,探明程度最高,其次为孔店组,中生界居第 3 位。

纵向上,油气藏埋深大致介于 850~2500m,主要油气层埋深集中于 900~1500m。埋深小于 1000m 的浅层,主要分布天然气和稠油;大于 1500m 的油气藏,主要分布于东区断裂带。主力含油气层埋藏较

浅,且均含有丰富的天然气,上述 3 套主力含油层系一般埋深为 950~1350m。

在平面上,油气富集区沿高青断裂带两侧呈带状分布,各含油层系分布具有明显的分区性。在北部斜坡区,馆陶组底部不整合面附近油气特别富集。

中生界油气藏主要分布于南部凸起区东部,即靠高青断层附近的高 41、高 58、高 57 等断块,以高 41 断块油气最富集。由此向西油气富集程度急剧降低。如高 13 井中生界仅见到 2 层 6.3m 油层,试油产量很低。高 56 井中生界无油气。

孔店组油气藏主要分布于北部斜坡带,在北区广泛分布,但主要富集于靠近馆陶组底部不整合面和高青大断层附近的高 12、高 42 块,向北、向西油气富集程度明显降低,油气富集带较窄。由于断层的分割作用,在各含油砂组迭合含油面积图上出现“天窗”,如高 12-35 井全井无油气显示。由于斜坡带上、下第三系之间的剥蚀面向北倾没,聚集在斜坡带的油气层由南向北依次为孔店组、沙四段、沙一段,油气层埋深依次增大。

沙河街组油气藏在东区断裂带和北区均有分布。沙一段油气藏主要集中于北区高 54 断块,沙二、三段主要分布于东区断裂带。沙四段油气层主要分布于北部斜坡带,是北区的主力含气层系之一,也是一套潜在的重要含油层系。

东营组油气藏分布于大断层东部,油气富集于高 17、高 19 等鼻状构造中,且绝大多数集中于构造幅度最大的高 17 断块。

馆陶组油气藏全区分布,以纯气藏、稠油油藏为特征,在东区高 17 断块、北区都有较富集层。

另外,本区火成岩油气藏分布也较广泛,在中生界、孔店组、馆陶组都有发现,主要是玄武岩油气藏(任福宽,1990)。

#### 4.2 控制油气富集的主要因素

本区油气藏类型多样,油气分布广,控制因素极其复杂。控制油气分布的主要因素有以下 3 个方面。

##### 4.2.1 断层对油气运移聚集起主要控制作用

断层在油气藏形成过程中起通道和遮挡双重作用。在不同时期、不同层段,这两种作用表现不同。在断层活动期,主要表现为通道作用;而在停止期,多数表现为遮挡作用(Hooper,1991)。

高青大断层控制着东营凹陷西部与青城凸起区地层的发育和分布。该断层活动时期长,断距大,无疑是沟通洼陷区沙河街油气源与断裂带东营组、凸

起区中生界、北坡孔店组等储油气圈闭的重要通道。当油气从博兴洼陷运移到断裂带时,一部分油气在断裂带上发育的构造中聚集起来,如高 17、高 19 鼻状构造。另一部分则穿过断层横向和纵向运移进入到上升盘的中生界和孔店组、沙河街组地层中,继续向上倾方向有利构造运移聚集。由于油气源有限,加上断层及岩性的阻挡,使进入上升盘的油气不能作较长距离的横向运移。因此,大部分油气在断裂带附近聚集起来,距大断层越近,含油层组越多油层越厚,油气越富集;越向西,运移的油气数量越少,油气越不富集(表 1)。由于天然气运移速度快,易于运移,可运移较远距离,但石油运移相对较短,因而在本区,越向西油气层越浅,以馆陶组稠油和天然气为特征,如高 9 井。再往西,至高 45、高 46 井已没有油气。

表 1 北区孔店组油层厚度与距离高青大断层距离关系

距断层距离	井号	一类厚度(m)	二类厚度(m)	含油层组(个)	备注
近 ↓ 远	12	33	3.4	3	
	12-1	8.4	9.6	1	
	12-3	11.5	0	2	
	12-21	5.0	0	1	
	10	0	7.0	1	稠油、馆陶组含气
	9	0	7.5	1	稠油、馆陶组含气

不仅高青大断层对油气聚集起主要作用,各断块区的一些边界断层也有重要作用。如高 17 断块和高 19 断块的南部边界断层,都对这两个断块的油气富集起了重要遮挡作用。北区高 12-15 井之所以未见油气,成为孔店组含油层系的一块“天窗”,主要是由于断层的分割作用。

##### 4.2.2 不整合对油气富集有重要影响

北区孔店组油气富集于靠南部剥蚀线附近,孔店组、沙四段油气主要富集在剥蚀线附近,离剥蚀线的远近,成为北区斜坡带油气富集程度的主要控制因素。这说明不整合对油气富集起了很重要的作用。其主要原因是,不整合代表了长时期的沉积间断,风化淋滤作用使下伏地层孔隙度、渗透性变好,其上覆盖有馆陶组泥岩,这一剥蚀带是储集体上倾方向的中继线,因此非常有利于捕获来自下倾方向的油气。

#### 4.2.3 馆陶组泥岩盖层是油气富集层位具有明显分区性的主要原因

高青油气田3大区各发育一套主要含油层系,即北区孔店组、南区中生界、东区东营组,它们的上覆地层均为馆陶组(北区孔店组油气富集区块上覆馆陶组)。这不是偶然的巧合,而是馆陶组泥岩盖层发挥了重要作用。正是在这套区域性稳定的泥岩盖层遮挡下,这3套含油层系油气得以富集起来了。

## 5 结论

(1)高青油气田具有良好的成藏地质条件,凸起区、斜坡带和断裂带3大区构造、地层发育特征的差异,决定了其成藏机制及油气分布的明显分区性。

(2)本区油气主要沿高青大断裂两侧分布,呈条带状。不论是凸起区,还是北部斜坡带,向西随离高青大断裂距离的增大,油气富集程度都急剧降低。

(3)控制本区油气分布的因素极为复杂,主要控制因素为高青大断裂和馆陶组泥岩盖层。馆陶组泥岩分别直接覆盖于东区、北区和南区的主力含油层系东营组、孔店组和中生界之上,显示了这套区域性盖层的重要性。

### 参 考 文 献

- 1 胡见义,黄第藩.中国陆相石油地质理论基础.北京:石油工业出版社,1991
- 2 蒋有录,熊继辉.临清坳陷东部地温及有机质热演化特征.石油大学学报,1997,(1)
- 3 任福宽.高青地区的火成岩油藏.石油技术,1990
- 4 李继红,戴启德等.济阳坳陷浅层天然气的盖层特征及保存条件的综合评价.地质论评,1994,增刊
- 5 Hooper E C D. Fluid migration along growth faults in compacting sediments, *Journ. Petrol. Geol.* 1991,2,161~180

(收稿日期:1996年9月9日)

## FORMATION PATTERN OF OIL-GAS POOLS AND DISTRIBUTION OF HYDROCARBON IN GAOQING AREA

Jiang Youlu

(Petroleum University, Dongying)

Rong Qihong

(Shengli Petroleum Administration Bureau, Dongying)

### Abstract

The formation pattern and distribution characteristics of oil-gas pools were discussed on the basis of geological data from Gaoqing oil field. It was pointed out that there were some distinct features for the formation of oil-gas pools and various reservoirs in the study area, and different structural units had distinct patterns for formation of oil-gas pools. The distribution of oil and gas was mainly controlled by Gaoqing fault and mudstone caprock of Guantao formation.