

文章编号: 1009-3850(2005)04-0078-05

# 山东博兴地区压力系统分析及油气成藏动力学机制

梁书义<sup>1</sup>, 蒋有录<sup>1</sup>, 丘东洲<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学, 山东 东营 257061; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

**摘要:** 博兴地区沙三段、沙四段油藏普遍具有异常高压。本文利用泥岩声波时差资料研究了地层压力在单井、剖面和平面上的分布特征, 异常高压带在各井出现深度大致在2100~2500m左右, 层位上与沙三段大套泥岩出现有关, 剩余流体压力剖面上具有分带性, 明显受构造位置、沙三段泥岩以及断层等因素控制, 平面上高剩余流体压力值与洼陷区相伴生, 且构造陡坡带剩余流体压力梯度值较大, 缓坡带剩余流体压力梯度值较小, 油气基本聚集于异常压力系统中的相对低压区和常压区。根据异常压力在平面上的分布特点以及油气藏形成特征, 将博兴地区的成藏动力学机制划分为自源封闭型成藏动力学机制和它源开放型成藏动力学机制两种类型。

**关键词:** 博兴; 异常压力; 油气成藏; 动力学机制; 山东

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

博兴地区西北部以黄河为界, 南到金家, 西至青城、花沟, 东抵纯化、梁家楼地区, 勘探面积2200km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>; 构造上处于济阳坳陷东营凹陷西南部, 包括博兴洼陷及其周围的青城凸起、北部斜坡带、纯化—梁家楼地区。博兴洼陷是东营凹陷内一个次一级构造单元, 东西向呈地堑式, 南北呈箕状, 面积1320km<sup>2</sup>(图1)。博兴地区沙河街组三段、四段普遍具有异常高压现象。通过研究地层压力系统的纵向和平面分布, 可揭示油气成藏动力学机制, 并分析油气运聚成藏特征。

## 1 地层压力特征

声波在砂泥岩地层中的传播速度与岩石孔隙度有关, 孔隙度越大, 传播速度越小, 传播时间也就越长。利用声波时差资料可以研究泥岩压实并计算地层异常压力, 包括测井数据选取、正常压实趋势的建立及地层流体压力计算等, 进而在此基础上分析地层压力的剖面及平面分布特征。

### 1.1 单井压力结构分析

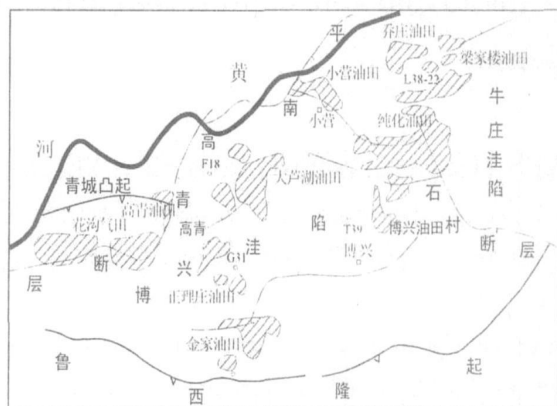


图1 博兴地区构造位置及油气田分布图

Fig.1 Tectonic setting and distribution of oil and gas fields in the Boxing region

分析博兴地区100余口探井声波资料, 认为单井地层流体压力可分为正常压实带和欠压实带两类(图2, 图3)。

(1)地层压力纵向上两段式结构特征明显。上

收稿日期: 2005-04-05

第一作者简介: 梁书义, 1973年生, 博士研究生, 从事石油地质研究。

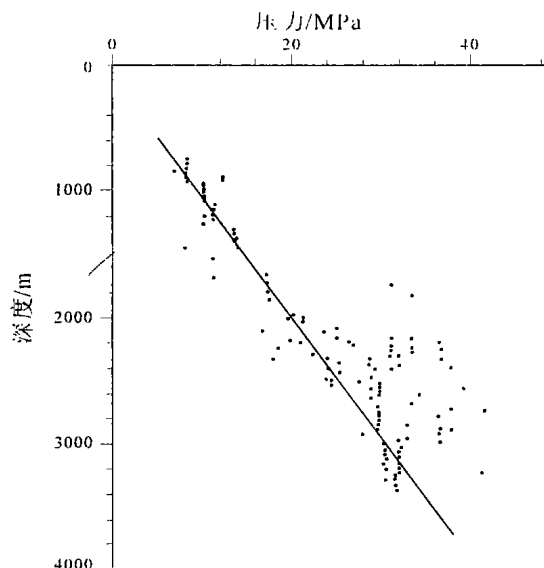
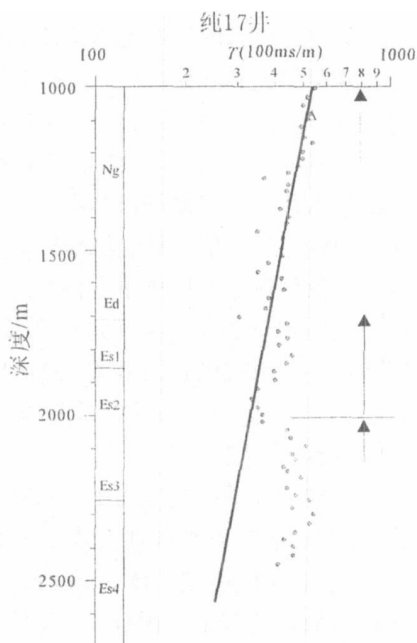


图2 博兴地区实测地层压力-深度变化图

Fig. 2 Plot of measured stratigraphic pressure vs. depth in the Boxing region

段从地表到2100~2500m左右,大体相当于静水压力段,属于正常压实带;下段是异常高压带,从2100~2500m左右开始,流体压力偏离了正常静水压力梯度线,出现了异常高的孔隙流体压力,属于欠压实带。



(2)异常高压带在各井出现的深度不同,但层位上有一定规律。博兴洼陷东部纯化油田,高压带的出现可浅到2100m左右,梁家楼油田和大芦湖油田一般都在2500m左右,异常高压带的分布大都与沙三段大套泥岩的出现有关。

## 1.2 异常压力剖面结构特征

从博兴洼陷纯化-梁家楼-利津洼陷的南北向剩余流体压力横剖面图(图4)上可以看出,异常孔隙流体压力有以下几个明显的特征:

(1)异常压力在洼陷中出现的深度一般比在斜坡和构造高部位要深,出现的层位一般从沙三上开始,从洼陷中心向边缘,层位逐渐下移至沙三中下亚段。剩余压力随层位变深而逐渐增大。

(2)在洼陷中心剩余流体压力值最大,向洼陷边缘、正向构造带高部位,随着泥岩的减少、砂岩的增加及断层的切割,剩余流体压力值逐渐减少直至消失。

(3)异常高剩余流体压力值在剖面上具有明显的分带性,横向上有相应的延伸和分布,这与沙三、沙四段泥质沉积有关。

(4)断层活动会造成一定的流体压力释放,但多数断层主要起封闭作用。断层通过对沉降幅度及岩性的控制,从而表现出对异常压力的控制作用,如盆

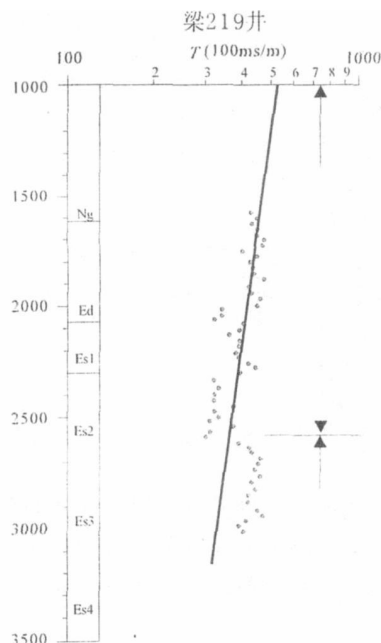


图3 博兴地区纯17井、梁219井泥岩声波时差与深度关系图

Fig. 3 Plots of acoustic logs vs. depth for mudstone in Chun-17 and Liang-219 wells

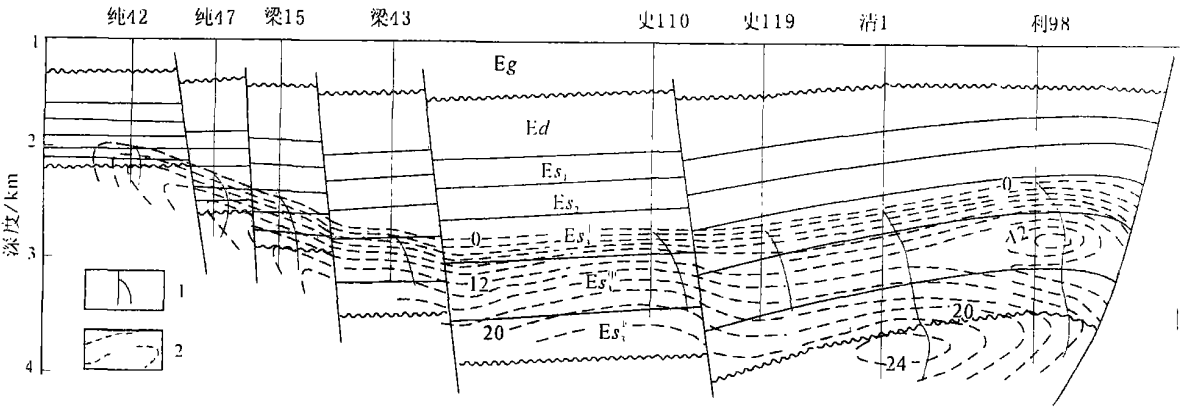


图4 博兴洼陷西部至利津洼陷南北向剩余流体压力剖面图

1. 单井剩余压力曲线; 2. 剩余压力等值线(MPa)

Fig. 4 N-S section of the residual fluid pressure from western Boxing depression to Lijin depression

1= Residual pressure curve per well; 2= Isoline of residual pressures (MPa)

倾断层内侧地层压力异常, 而外侧地层压力正常; 但高青大断层内侧主要发育巨厚砂体, 不利于形成异常压力。

1.3 异常压力平面结构特征

从博兴洼陷剩余流体压力平面分布图(图 5)上可以看出, 剩余压力的平面分布有以下特征:

(2)在高青断裂陡坡带, 剩余流体压力值线密集, 南部缓坡带剩余流体压力等直线稀疏。

(3)与欠压实带相对应, 异常高压带的空间分布与博兴、利津、牛庄等生油洼陷基本一致, 而博兴地区油气的聚集基本分布于异常压力系统中的相对低压区和常压区。

2 油气成藏动力学机制

成藏动力学系统是盆地内流体运动的一个客观存在的复杂的天然系统<sup>3, 4]</sup>。该系统包含两个最基本的部分, 一是与沉积层方向一致的若干个成藏动力学的子系统, 这些子系统彼此相邻又分割开, 各个子系统基本包含了成藏的最基本条件, 诸如油源层、输导层、储层、封盖层、圈闭及成藏动力学条件, 而且这些成藏条件在地质历史中有机配合所发生的动力学过程及结果也基本上是在这些系统中进行的; 二是联络这些子系统的连通体系, 包括切过各子系统的断层、不整合面以及各个子系统在盆地边缘的岩性、岩相变化带<sup>5, 6]</sup>。

成藏动力学系统的压力状态反映了油气运聚的方式及动力, 油气供给条件代表了该系统的充注条件及方式, 封闭性能则反映了该系统与外界交换或流体能够混合的程度。因此, 可根据反映成藏动力系统的这 3 个不同方面的重要特征进行组合分类。

根据地层压力剖面与平面分布特点以及油气藏形成特征, 将博兴地区的成藏动力学机制划分为两种类型, 既自源封闭型成藏动力学机制和它源开放型成藏动力学机制。

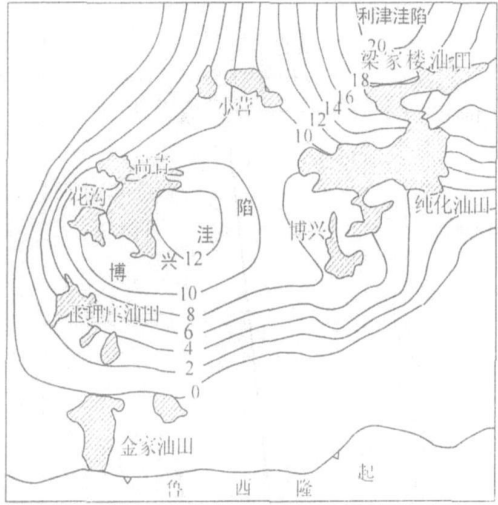


图5 博兴洼陷沙三中剩余流体压力平面分布图

Fig. 5 Planar distribution of the residual fluid pressure in the third member of the Shahejie Formation in the Boxing depression

(1)剩余流体压力值在与研究区有关的利津、博兴、牛庄洼陷区较大, 向高青断裂带、南部缓坡带以及纯化-梁家楼构造高部位等地区, 剩余压力值逐渐减少直至消失。

## 2.1 自源封闭型成藏动力学机制

以该机制形成的油气藏主要包括博兴洼陷东部纯化油田、博兴油田、小营油田的沙四段油藏和梁家楼油田、乔庄油田的沙三段油藏以及博兴洼陷中部大芦湖油田的沙三段油藏。油气来源于该层系泥质烃源岩,故为自源;储集砂体多为异常高压,形成自生自储型生储配置关系,具相对封闭和半封闭特征。其排烃运移方式是烃源岩层在相邻储集层垂向排烃的同时,储集体内有较大规模的侧向运移,尤其是沙四段。

沙三段油藏为厚层泥质烃源岩包裹的浊积砂体储油为主。烃源岩中的油气在剩余流体压力作用下,向相对低压的砂体运移,进入构造部位相对较高、剩余流体压力相对较小的沙三段浊积砂体中。被断层切割的砂体,压力易于释放,聚集油气的条件更好。目前该区发现的沙三段油藏多数为断层-岩性复合油藏。沙四段聚集体以薄层砂岩为主,纵向上砂泥岩频繁间互,砂岩横向分布范围广,有利于油气的侧向运移。

从油气充注和聚集方式看,博兴地区沙三、沙四段成藏动力学系统属于正常充注,聚集方式为高阻。从泥岩声波时差资料可以看出,沙三、沙四段普遍处于欠压状态。目前在这些层系中发现的油藏多具有异常高压,说明封闭条件良好。从已探明石油地质储量来看,沙三、沙四段含油气层系的石油地质储量占博兴地区的60%以上。这与东营凹陷中央隆起带和北带有明显差异,在这些地区,大多数油气富集于砂二段及以上层系中,而沙三、沙四段生油层中的油气不超过总探明储量的三分之一。

## 2.2 它源开放型成藏动力学机制

属于该机制成藏的油气藏包括博兴地区沙二段及以上所有层系油气藏以及高青地区孔店组和中生界油气藏。油气来自其他层系,砂体较发育,流体易于在其中运移,形成它源开放型成藏动力学机制,形成的油气藏埋藏较浅。从实测地层压力和泥岩声波时差资料来看,该类油气藏为正常压力。

这类油气藏油气来自于沙三段和沙四上段烃源岩层系,其运移方式包括侧向运移和垂向运移。下伏烃源岩层生成的油气经初次运移紧邻烃源岩层的上覆储集层或断裂发育带,在输导层中发生侧向运移,油气在浮力及突发性的构造作用下沿断层作垂向运移,在上覆地层中有利的圈闭中聚集成原生油气藏。有部分油气藏是属于次生的,即已经形成的原生油气藏由于受到构造运动的破坏,油气沿

断层或不整合运移到后期的圈闭中聚集成藏。但总体来说,次生油气藏数量少、分布局限,梁家楼、纯化地区沙二段油藏主要应为下伏原生油气藏遭破坏后,油气沿断裂运移聚集形成的次生油气藏。

在这种成藏动力学系统中,断层和不整合起了重要作用。对于南部缓坡的断块油气藏和地层不整合油气藏,侧向运移的油气一方面沿断层进行垂向运移,遇到适宜的断层圈闭聚集成藏。另一方面油气沿断层进入古、新近系之间的不整合进行长距离侧向运移,在金家地区古近系不整合圈闭中聚集成藏。在西部地区,博兴洼陷生成的油气沿发育的砂体进入在高青断裂带中,主要沿高青大断层进行垂向运移。若下降盘发育局部构造,则形成油气聚集,如高17、高19等鼻状构造的东营组油气藏;油气进入上升盘,主要形成中生界和孔店组潜山油气藏和地层不整合油气藏。

## 3 结 论

(1)地层压力纵向上具有两段式特征,正常压实带与欠压实带分布明显,异常高压带在各井出现深度不同,大致在2100~2500m左右,层位上往往与沙三段大套泥岩出现有关。

(2)异常高剩余流体压力值在剖面上具有分带性,异常高压在洼陷区出现深度要深,剩余流体压力值大,向洼陷边缘、正向构造高部位,剩余流体压力值逐渐减少直至消失。断层对于异常高压往往具有控制作用。

(3)剩余流体压力值平面上与洼陷区相伴生,构造陡坡带剩余流体压力梯度值较大,缓坡带剩余流体压力值较小,博兴地区油气的聚集基本分布于异常压力系统中的相对低压区和常压区。

(4)根据异常压力在平面上的分布特点以及油气藏形成特征,将博兴地区的成藏动力学机制划分为两种类型,既自源封闭型成藏动力学机制和它源开放型成藏动力学机制,不同的油气藏具有不同的油气运聚成藏特征。

## 参考文献:

- [1] 王秉海 钱凯,等.胜利油区地质研究与勘探实践[M].东营:石油大学出版社,1992.
- [2] 郑和荣,等.东营凹陷下第三系地层异常高压体系及其石油地质意义[J].石油勘探与开发,2000,27(4):67—70.
- [3] 田世澄 陈永进,张兴国,等.论成藏动力系统的流体动力学机制[J].地学前缘,2001,8(4),329—336.

[4] 田世澄, 陈建渝, 张树林, 等. 论成藏动力学系统[J]. 勘探家, 1996, 1(2): 20—24.

[5] MAGOON L B, DOW W G. The petroleum system: from source to trap [J]. AAPG Memoir 60, 1994: 3—24.

## The pressure systems and dynamic mechanisms for oil and gas accumulation in the Boxing region, Shandong

LIANG Shu-yi<sup>1</sup>, JIANG You-lu<sup>1</sup>, QIU Dong-zhou<sup>2</sup>

(1. *University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong, China*; 2. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China*)

**Abstract:** The abnormal high pressures appear in the oil and gas pools from the third and fourth members of the Shahejie Formation in the Boxing region, Shandong. In the light of the distribution of stratigraphic pressures in a single well, section and plan with the aid of the acoustic logs for mudstone, the abnormal high-pressure zones in individual wells are delineated at the depth of about 2100—2500 m, horizontally related to the occurrence of mudstone in the third member of the Shahejie Formation. The residual fluid pressures are zoned, and constrained by tectonic setting, mudstone from the third member of the Shahejie Formation and faults. The high residual fluid pressure values occur in the depressions. The residual fluid pressure gradients are higher in structurally steep slope zones, and lower in the ramp zones. The oil and gas are often accumulated in the relatively low-pressure areas and normal pressure areas within the abnormal systems. Two types of dynamic mechanisms for oil and gas accumulation have been distinguished for the Boxing region: authigenic enclosed type and allothigenic open type.

**Key words:** Boxing; abnormal pressure; oil and gas accumulation; dynamic mechanism; Shandong