

松辽盆地十屋断陷水动力场 与低压气藏的关系*

楼章华 卢庆梅

(浙江大学地球科学系, 浙江杭州 310027)

赵庆吉 肖海燕 唐黎明

(地质矿产部吉林石油普查勘探指挥所, 吉林长春 130062)

松辽盆地十屋断陷在1 250 m以上为正常压实带, 1 500 m以下为低压带, 其间为压力过渡带, 其对应的水动力场分别为自由水交替带, 交替停滞带和交替阻滞带。由于交替阻滞带和交替停滞带天然气散失量大于地下水补给量, 且愈下地下水补给量愈小, 从而导致随埋深增加压力系数降低, 形成低压气藏。交替阻滞带和交替停滞带中的气层才是该区的主要产气层。

关键词 低压气藏 水动力场 水化学场 十屋断陷

第一作者简介 楼章华 男 35岁 教授 石油地质

十屋断陷位于松辽盆地东南隆起区的南部, 具有明显的先断后拗的构造特征, 主要沉积地层为上侏罗统火石岭组(J_3h), 下白垩统沙河子组(K_1sh)、营城组(K_1y)、登娄库组(K_1d)和泉头组(K_1q)。自泉头组沉积开始, 十屋断陷伴随整个松辽盆地开始下拗, 成为统一拗陷的一部分。晚白垩世后期至第三纪, 十屋断陷长期持续的抬升作用, 使得上白垩统遭受强烈剥蚀, 导致第四系直接覆盖在泉头组之上。十屋断陷的烃源岩为沙河子组和营城组, 纵向上气层、含气层段较多, 主要工业气层分布在沙河子组、营城组、登娄库组和泉头组。

1 现今水动力场模式

1.1 地层压力类型

地层压力系数是指作用于地层孔隙空间的实测流体压力与理论压力值的比值。基于研究层段压力系数的特点, 采用A. A 奥尔洛夫提出的分类方案** (表1)。

十屋断陷在压力剖面上明显存在3带: 0~1 250 m为正常压力带, 1 250~1 500 m为过渡带, 大于1 500 m为低压带。

1.2 现今水动力场模式

在分析运移动力、运移通道、供水方式与供水区、泄水方式与泄水区的基础上, 结合砂岩成岩自生矿物组合、地层压力、水化学在空间上的变化规律, 十屋断陷的现今水动力场纵向上可以划分为与压力场分带一致的3个水文地质分带^[1]: (1) 自由水交替带 (相当于泉

表1 压力系数与地层压力分类

压力系数	压力分类
<0.96	低 压
$0.96\sim1.06$	常 压
$1.06\sim1.2$	高 压
>1.2	异常高压

* “八五”国家科技攻关项目(85-102-09-02-02)

** 岳志兰编译. 国外一些异常压力油气田(藏)的特征. 地质矿产部石油地质研究所, 1989

收稿日期: 1994-06-06 改回日期: 1996-01-28

头组二段及其以上地层);(2)交替阻滞带(相当于登娄库组三段-泉头组一段);(3)交替停滞带(相当于登娄库组二段及其以下地层)(图1)。

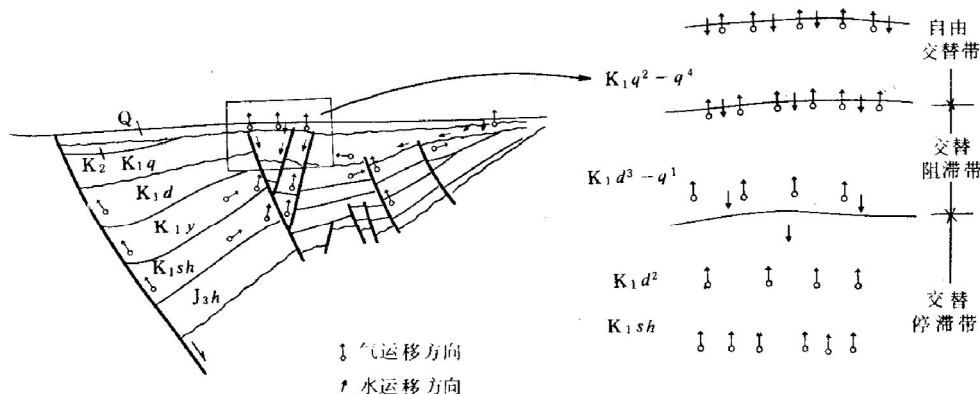


图1 十屋断陷现今水动力场模式

十屋断陷大范围内缺失青山口组及其以上地层,第四系直接覆盖在泉头组三、四段地层之上,缺乏区域性的良好盖层,砂泥比高,泥岩封闭能力差,构造活跃,断层发育,垂向连通性好,天然气的散失作用十分明显。在近地表20~50 m的第四系及其以下的泉头组三、四段都有良好的气测显示,且 $\delta^{13}C_1$ 值大于-30‰,说明天然气产自下部地层。根据流体势分析^[2,3,4],气势(图2,3)与水势(图4,5)在纵向上的变化正好相反,气势往上升高,气向上运移,水势(用水头表示)往下降低,水向下流动。在自由交替带地下水供排平衡,保持正常的地层压力。交替阻滞带(1 250~1 500 m)存在封隔层,对天然气和水有不同程度的封闭作用,可以视为该区的盖层,天然气能通过此封隔层由下部高气势区向上部的低气势区缓慢散失,而地下水的下渗则明显受到此封隔层的阻滞,流动速度迅速减慢,在大于1 500 m的交替阻滞带停滞。在交替阻滞带和交替停滞带,天然气散失量大于地下水下渗补给量,且愈下地下水的补给量愈小,从而导致封闭层以下地层随埋深增加压力系数降低以及自由交替带与交替阻滞带、交替停滞带之间的势能差加大。相比于纵向上的变化,横向上的地下水迳流是十分次要的,自由交替带的平面水头差很小,可以认为侧向流动很弱;交替阻滞带、交替停滞带的平面水头差较大,由东向西降低,但由于往西地层的埋深增加,砂泥比降低,孔渗性变差,地下水的流动变弱、停滞。同时天然气由深部往上运移过程中的部分散失,也是导致水势由东向西降低的原因^[5]。

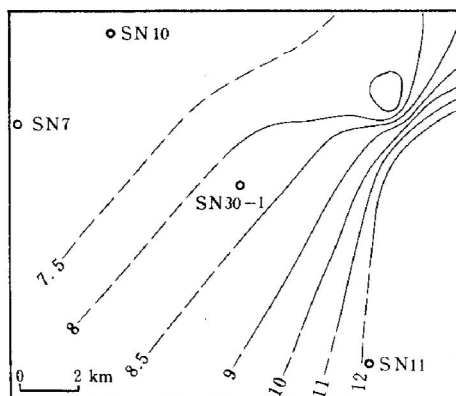


图2 泉2~4段气势分布图

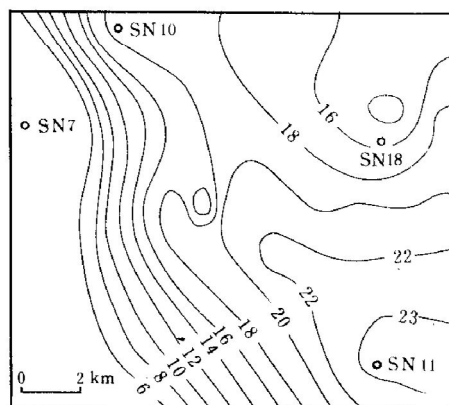


图3 泉1段气势分布图

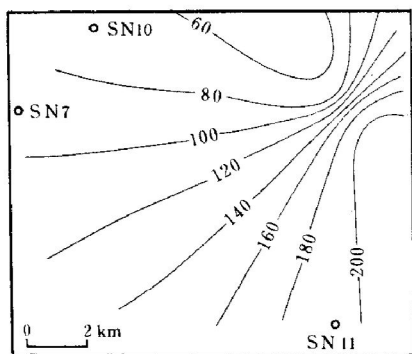


图4 泉2~4段水头分布图

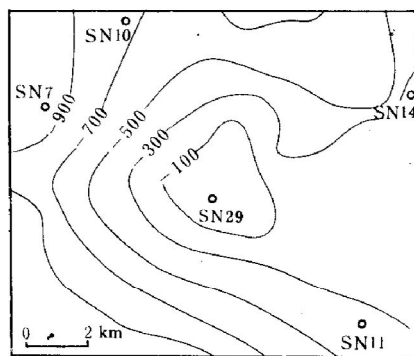


图5 泉1段水头分布图

2 水动力场演化模式

水文地质旋回^[1,6]是恢复水动力场演化模式的重要概念。每个水文地质旋回又可划分为两个阶段:(1)压实水交换阶段,以沉积水压实排出形成离心流为特征;(2)渗入水交换阶段,以大气水下渗为特征。

十屋断陷可以划分出 I, II 两个水文地质旋回(图 6)。登娄库组沉积以前,为压实水交换阶段(I_a),以泥岩层段压实排水形成离心流为特征;登娄库组沉积以后到泉头组沉积以前,为渗入水交换阶段(I_b),以登娄库组遭受剥蚀和大气水下渗为特征;晚白垩世期间,盆地区域性下降接受沉积,为压榨水交换阶段(II_a),断陷中的有机质开始生烃,通过离心流运移,在登娄库组以下的地层中聚集成藏,地层压力以高压为特征;晚白垩世末到第三纪末,为大气水渗入交换阶段(II_b),整个东南隆起区抬升,断层活跃,遭受剥蚀,原生气藏天然气开始漏失,少部分在泉头组三、四段聚集成次生气藏。这个阶段,大气水开始下渗补给,由于泉头组一段的阻滞作用,其下地层能量降低,导致形成低压。第四纪开始,研究区的构造又处于相对稳定阶段,接受了部分沉积,整个水动力场(图 1)继承了 II_b 阶段的特征。

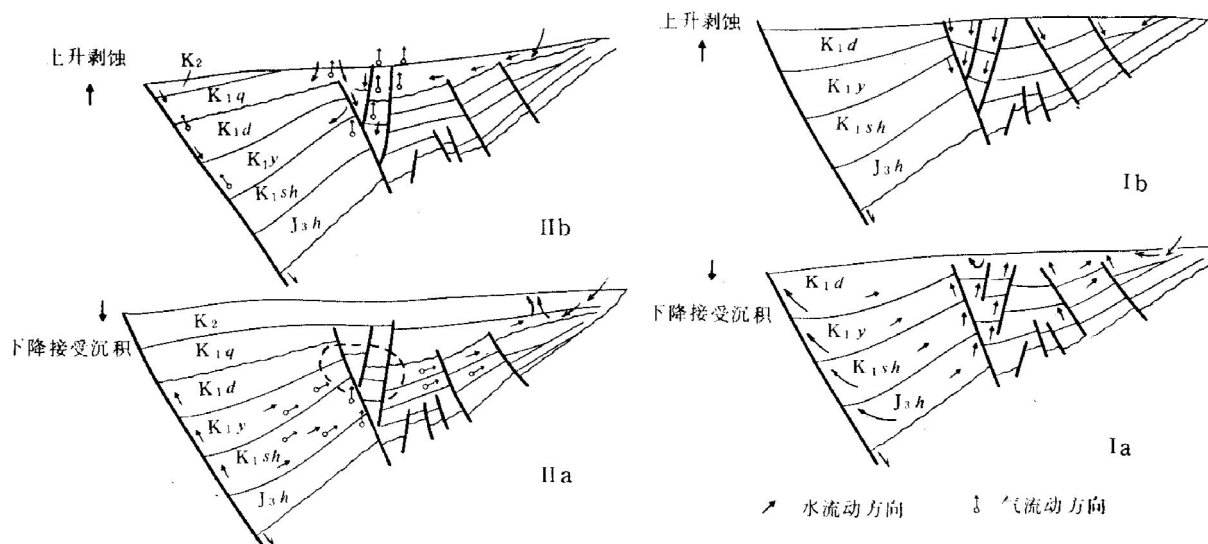


图6 十屋断陷现今水动力场模式

3 油田水文地质与气藏关系

3.1 水化学场的垂直分带

十屋断陷的水化学场具有明显的垂直分带,但矿化度、离子浓度和离子组合参数在纵向上的变化并非随

埋深或增大或减小而简单变化(图 7)。原因在于水化学场既受到水动力场的控制,同时还受到泥岩压实排水淡化作用、泥岩压滤浓缩作用、粘土矿物脱水作用、细菌作用等因素的影响^[7],从而出现油田水文地质分带与水化学场垂直分带的不一致性。

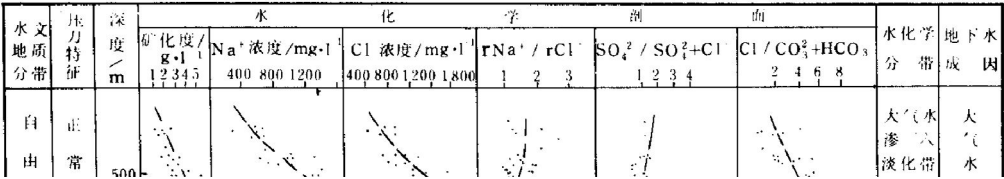


图 7 十屋断陷油田水化学垂直分带图

3.2 天然气藏特征

十屋断陷长期处于相对活跃的水动力背景,天然气藏的形成、破坏、保存都与油田水文地质密切相关。晚白垩世以前,凹陷中发育的不对称离心流促使天然气运移聚集成藏。白垩纪末大气水开始下渗,气藏被破坏,天然气向上散失,少部分在向上散失过程中再次聚集成气藏。平面上水头差别大,没有统一的气水边界,气藏规模和储量都小。气藏类型以岩性气藏或岩性-构造复合气藏为主。

自由交替带的连通性好,流体交替强烈,多数砂层,尤其是厚层砂体都为水层,有良好的气测显示,夹有少量薄层气层,气层压力系数与水层相似,气柱高度很小,产量和储量都小。交替阻滞带和交替停滞带流体交替弱,产量和储量明显比自由交替带的大,产能相对稳定。

4 结论

- (1)十屋断陷供水区是上方地表大气水的垂直下渗补给。替代了部分天然气散失后的孔隙空间,因此泄水方式是流体替代,无直接泄水区。
- (2)十屋断陷处于大气水下渗的水动力环境,垂向上可以划分为自由交替带、交替阻滞带、交替停滞带。
- (3)地温梯度和地温降低可以导致地层压力、地层压力系数降低,但地下水下渗在深部受阻、减弱、消失,以及天然气的漏失作用造成的流体供排不平稳,是交替阻滞带及其以下地层产生负压的主要原因。
- (4)十屋断陷的气藏规模小,没有统一的气水边界。自由交替带只有少数薄层砂层为气层,气柱高度小,产量和储量都小。交替阻滞带和交替停滞带中的气层才是主要的产气层。

参 考 文 献

- 1 地质矿产部水文地质工程地质研究所. 油田水文地质与水文地球化学——以冀中坳陷为例. 北京:科学出版社,1987. 1~149
- 2 Hubbert M K. The theory of ground-water motion. *Journal of Geology*, 1940, 48: 785~944
- 3 Hubbert M K. Entrapment of petroleum under hydrodynamic conditions. *AAPG Bull.*, 1953, 37(8): 1954~2 026
- 4 陶一川. 油气运移聚集的流体动力学机理问题. *石油与天然气地质*, 1983, 4(3): 254~267
- 5 Belitz K, Bredehoeft J D. Hydrodynamics of Denver basin: explanation of subnormal fluid pressures. *AAPG Bull.*, 1988, 72(11): 1334~1359
- 6 程汝楠编译. 古水文地质及其应用. 北京:地质出版社, 1981. 1~26
- 7 楼章华, 蔡希源. 影响油田水化学性质的主要因素. *石油实验地质*, 1995, 17(增刊): 26~31

HYDRODYNAMIC FIELDS AND LOW-PRESSURE GAS POOLS IN SHIWU FAULT-DEPRESSION, SONGLIAO BASIN

Lou Zhanghua Lu Qingmei

(*Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang*)

Zhao Qingji Xiao Haiyan Tang Liming

(*Jilin Headquarters of Petroleum Exploration, MGMR, Changchun, Jilin*)

Abstract

In Shiwu fault depression of Songliao Basin, sediments buried shallower than 1 250 m belong to normal pressure zone; that deeper than 1 500 m belong to low-pressure zone; sediments between above mentioned zones are in transitional zone. Hydrodynamic fields corresponding to these zones are respectively free replacing zone, obstructive replacing zone and irreplacing zone. The amounts of gas losses in the obstructive replacing and irreplacing zones are greater than that of subsurface water leakage recharge, and the deeper the gas buried, the less the subsurface water recharge amount would be. This resulted in the decrease of pressure coefficient with the increasing of buried depth, and the formation of low-pressure gas pools. It is considered that gas reservoirs in the obstructive replacing zone and irreplacing zone are the main productive beds of the region.