

扶扬油层地层压力场成因

楼章华 曾允孚

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002)

高瑞祺 姜传金

(大庆石油勘探开发研究院, 黑龙江大庆 163712)

松辽盆地北部东区扶扬油层地层压力场具有明显的分区性。向心流区和越流区为正常压力区, 离心流区为高压区, 滞留区为低压区。地层压力的形成与演化主要取决于地层孔隙流体的供(液)-排(液)系统。区域水动力场的形成与演化是控制地层压力形成与演化和油气分布的关键因素。此外, 天然气的漏失作用、蒸发作用、不稳定矿物的水化作用及地温下降作用, 对地层压力场的形成与演化也起着重要的控制作用。

关键词 松辽盆地 地层压力 低压成因

第一作者简介 楼章华 男 31岁 博士后 石油地质

0 前言

随着勘探程度的提高, 在松辽盆地北部东区(图1)扶扬油层(K_1q^{3+4})先后发现了一系列高一低压油、气田(藏)。它们和常压油、气田(藏)差别较大, 不仅表现在特点、分布、成因、评价等地质方面, 而且影响到钻井、测井、固井、测试等工程、工艺方面所采取的措施。但是, 国内外有关这方面的专著、论文都非常少见, 尤其是对低压和低压油、气田(藏)的涉及更为零星。

扶扬油层油、气藏的分布呈现出油心气环水盆边的分布规律。地层压力的分布具有明显的分割性(图1), 可以分为4个区: I、I区为正常压力区, 压力系数为1.02~0.97; II区为高压区, 压力系数为1.20~1.06, 往边缘变为正常压力, 压力系数为1.06~0.96; IV区为低压区, 压力系数为0.96~0.75。

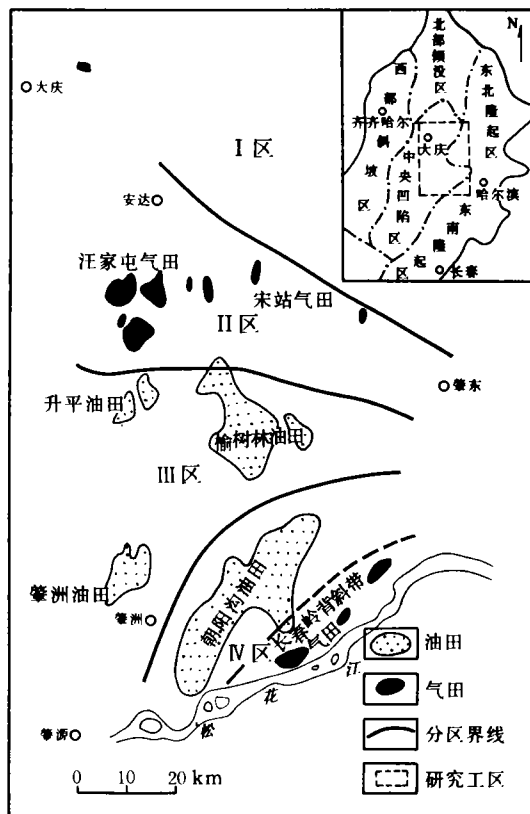


图1 研究区位置与地层压力场分区图

1 压力分类

1.1 分类原则

地层压力是指作用于地层孔隙空间的流体压力。在任何地质背景中,正常地层压力都将等于地表到地下地层水的静水压头(即静水压力)。通常认为凡不符合地层正常压力趋势线的都统称为异常地层压力,其中超过静水压力的地层压力称为高异常压力(高压),低于静水压力的地层压力称为低异常压力(低压)。压力梯度是单位深度的压力值。而压力系数是压力实测值与理论值的比。基于研究层段的压力系数特点,采用 A. A. 奥尔洛夫(1982)提出的分类方案较为合理(表 1)。

表 1 压力系数及其分类

压力系数	压力分类
<0.96	低 压
0.96~1.06	常 压
1.06~1.20	高 压
>1.20	异常高压

1.2 地层压力的分布规律

扶扬油层压力系数变化较大(图 2), I 区为正常压力区,地层压力与深度的关系散点都落在地层压力正常趋势线上,略偏左上方(图 3A)。II 区为正常压力区,散点落在正常压力趋势线附近,且略偏右下方的多(图 3B)。III 区为高压区,地层压力与深度之间的关系散点多落在正常压力趋势线的右上方(图 3C)。IV 区为低压区,地层压力与深度的关系散点都落在正常压力趋势线的左下方(图 3D)。

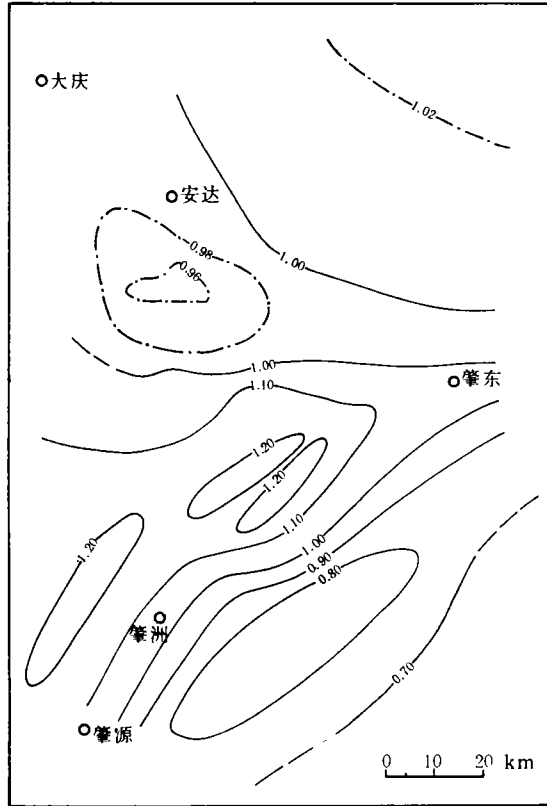


图 2 压力系数平面分布图

2 地层压力场的成因

区域水动力场的形成、演化控制了地层压力场的分布格局。同时也受到天然气的漏失作用、水化作用、地温下降作用和侵蚀卸载作用的影响。

2.1 区域水动力场控制压力场的形成

扶扬油层水动力场的形成与演化(另文详述)具有如下的特征(图 4),凹陷内部泥岩压实排液补给。补给大于排泄,形成往边缘减弱的高压,导致离心流,同时形成高压区。盆地边

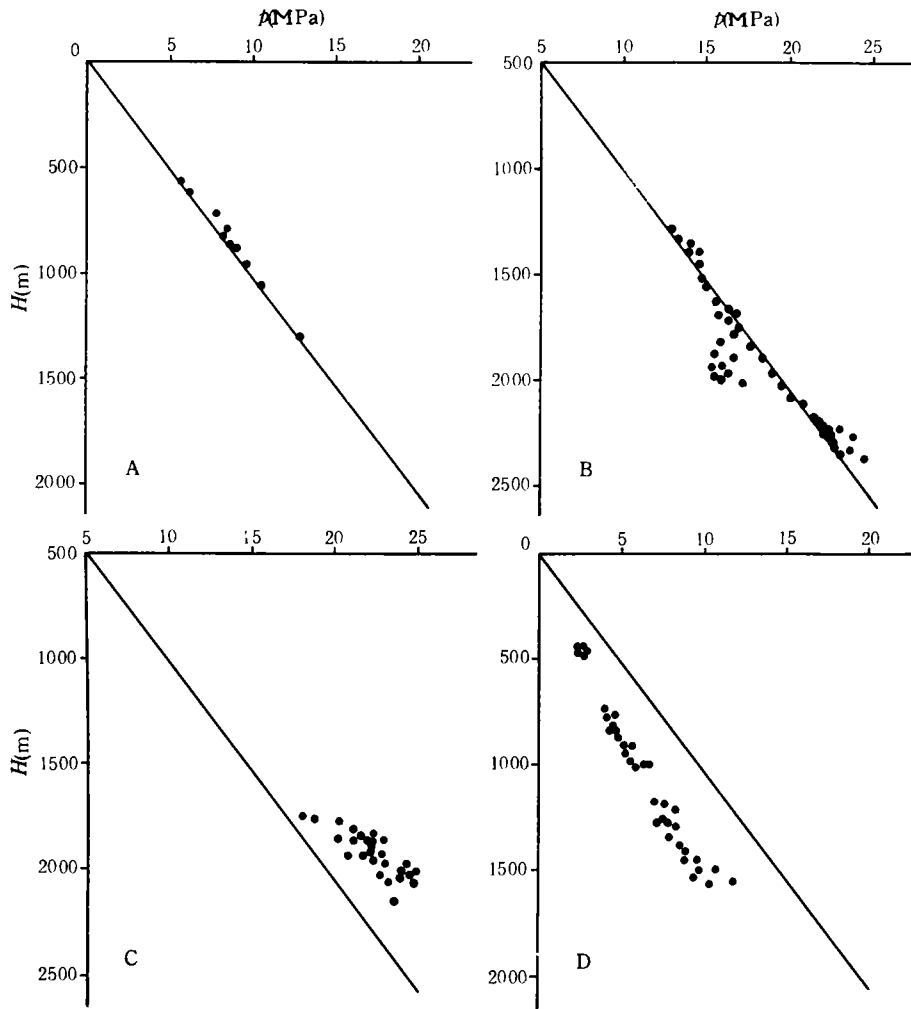


图 3 地层压力与深度关系图

缘雨水下渗补给,重力诱导形成向心流。地层连通性好,流体供排平衡,形成正常地层压力。向心流和离心流的交会形成越流泄水区,形成往中心区压力系数减小的正常压力区。

随着埋深增加,泥岩压实强度增加,排水数量减少,最后趋于消亡。长期的离心流导致泄水降压,离心流的强度、高压和地层能量也随之减弱,影响范围缩小。从而导致(1)北部 I 区向心流和 II 区越流往凹陷内部推进;(2)南部 III 区,一方面上覆盖层厚度大,封闭性好,地面雨水下渗微弱;另一方面随着断层活动性减弱和封闭,以及离心流的退缩和消亡,供水作用也趋于消亡,水动力环境封闭滞留,随着蒸发泄水、剥蚀卸载、地温下降和晚期油气藏形成后的天然气大量漏失,形成明显的低压区。

2.2 天然气漏失作用

天然气主要来源于深部,进入扶扬油层以后,由于断层的半封闭性,使得天然气向四周抬起方向运移。凹陷及其北部地区,天然气在往北部运移过程中,与向心流交会,能量降低,

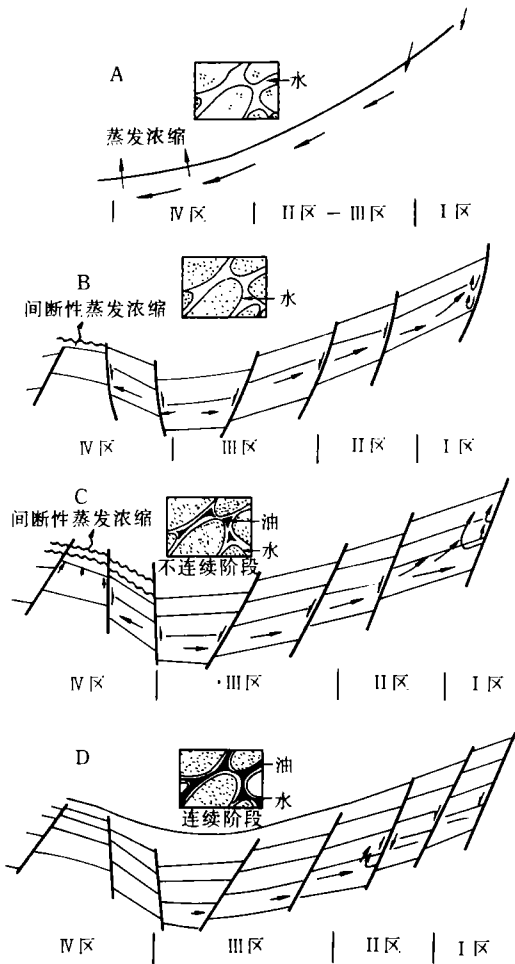


图4 扶扬油层水动力场演化模式

- A. 扶扬油层沉积时期
- B. 青山口期—嫩三末
- C. 嫩三末—四方台期
- D. 四方台期—现今

个相同的连通水动力环境，地层压力大于或接近正常压力。离心流消亡后，地下水蒸发和天然气漏失等原因导致地层能量降低。总体上分析，扶扬油层内部在垂向上连通性好，地层压力出现系统下降。RFT 测井所得的单井地层压力趋势线和正常压力趋势线平行(图5)，两线间的距离反映损失能量的大小，各井略有差别。由于扶扬油层的相对连通性，气聚集在扶扬油层的顶部，形成气上水下的正常气水组合关系。

2.3 不稳定组分的水化作用

扶扬油层的砂岩是典型的不稳定砂岩，不稳定组分(长石、火山岩岩屑)的含量高达65%~90%。不稳定组分与孔隙水之间容易发生水化作用，消耗孔隙水，形成含结晶水的粘土矿物和沸石类矿物。岩石学研究证明，酸性火山岩岩屑普遍有不同程度地水化作用特征，形成以蒙脱石、伊利石为主的粘土矿物组合。长石和岩屑的浊沸石化也十分明显。水化作用

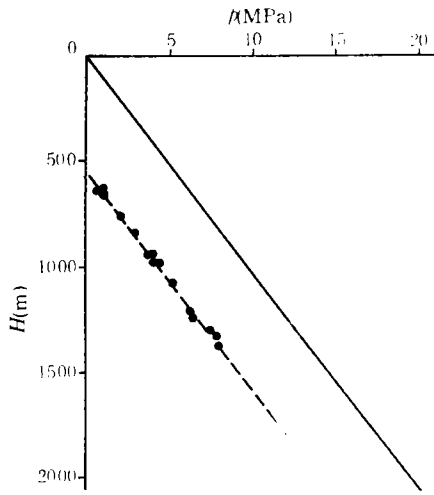


图5 IV区X井地层压力与深度关系图

导致越流区天然气聚集(J. To'th, 1978), 部分漏失, 形成聚集-漏失的动态平衡。由于储层连通性好, 封闭性较差, 气柱高度小, 地层压力以正常压力为主。局部地区地层的封闭性较好, 气柱高度大, 地层压力显示弱高压特征。

南部朝阳沟—长春岭地区(IV区), 晚期弱离心流使得凹陷南部油和来自深部的气伴随离心流水动力往朝阳沟阶地运移、聚集。离心流消亡后, 由于天然气的渗透能力强, 继续往上绕一侧的长春岭背斜带运移、聚集, 同时大量漏失, 使得一方面油气分离, 油分布在朝阳沟阶地上, 气分布在长春岭背斜带上。另一方面, 气的大量漏失导致地层压力降低。

IV区离心流活跃时期, 扶扬油层处于一

使得部分孔隙水转化为结晶水,减小孔隙流体的体积。这种孔隙水的消耗量大于矿物转变引起体积增大的数量,导致孔隙流体压力下降。

2.4 地温降低作用

扶扬油层经历了地温梯度和地温降低的过程。地温下降导致液体体积缩小。对气体的影响更大,温度下降,导致压力降低。

2.5 侵蚀卸载作用

Ⅳ区长期间断性抬升遭受剥蚀,增加了孔隙空间,降低了岩石密度和地层压力。

(收稿日期:1992年4月21日)

参 考 文 献

- 1 J. To'th. Gravity-induced cross-formational flow of formation fluids, Red earth region, Alberta, Canada; analysis, patterns and evolution. *Water resources research*, 1978, 14(5): 805~843

ON THE ORIGIN OF PRESSURE FIELD IN THE FUYANG FORMATION OF THE NE SONGLIAO BASIN

Lou Zhanghua

Zeng Yunfu

(Guiyang Geochemical Institute, Academia Sinica)

(Chengdu College of Science & Engineering)

Gao Ruiqi Jiang Chuanjin

(Daqing Institute of Petroleum Exploration and Development)

Abstract

The pressure field in the Fuyang Formation can be obviously divided into 4 areas which are mainly controlled by the origin and evolution of hydrodynamic field. The pressures in centripetal and cross-formational flow areas are normal with the coefficients decreasing from 1.02 to 0.97 along flow direction, while the pressure in centrifugal flow area is dominated by overpressures, with the coefficients decreasing from 1.30 to 1.06 along flow direction, being normal pressures towards its rim, and motionless area is dominated by subpressures with the coefficients of 0.96~0.75. The pressures are related with the recharge-discharge system of pore fluids and pressure field is also influenced by (1) gas escaping, (2) evaporation of water, (3) hydration of unstable debris, such as feldspar and volcanic fragments, (4) unloading caused by bed evasion, and (5) geothermal decrease.