

鄂尔多斯盆地西南部延长组 过剩压力与油藏的关系

杨 颢^{1,2}, 郭正权², 黄锦绣², 杜金良^{1,2}

(1. 西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069; 2. 长庆油田公司 勘探开发研究院, 陕西 西安 710021)

[摘要] 鄂尔多斯盆地西南部长8油藏的发现, 揭示出盆地长8具有形成大中型油田的地质条件。从流体运移的角度, 应用平衡深度法原理, 计算出过剩压力, 建立了研究区的过剩压力体系, 分析产生过剩压力的地质条件及控制因素, 认为长7段的过剩压力是油气初次运移的主要动力, 并根据不同层段之间过剩压力差值, 预测出有利目标区, 为寻找类似油田提供了理论依据。

[关键词] 鄂尔多斯盆地; 过剩压力; 运移; 目标预测; 油藏

[中图分类号] P618.130.1 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2006)02-0049-04

Overpressure Relation to Oilfields in Yanchang Formation SW Ordos Basin

YANG Yang^{1,2}, GUO Zheng quan², HUANG Jin xiu², DU Jin liang²

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China;

2. Academy for Exploration and Development, Changqing Oilfield, Xi'an 710021, Shaanxi, China)

Abstract The find of Xifeng oilfields from the Chang8 formation in the Southwestern Ordos basin implies that the Chang8 possesses the geological condition to form great oilfields. Using balance depth principle, this paper calculates overpressure in the oilfield, set up overpressure system, analyzes the geological condition and control factor to form overpressure, and realizes that overpressure of chang7 serves as the important power for the oil primary migration. According to the difference in overpressure in different layers and sections, favorable target areas are predicted. This work supplies a theory to find the similar large oilfields.

Key words Ordos basin; overpressure; migration; budgeting target; oil reservoir

0 引言

研究区位于鄂尔多斯盆地西南部, 区内上三叠统延长组长7段是延长组最主要的烃源岩段, 发育有3层碳质泥岩、油页岩、黑色泥岩等, 这些具有生烃能力的泥岩位于长7段的下部。从长7段向上向下分别是长6、长8油层段, 它们分别沉积了厚层的砂岩。长8油层段的砂岩在本段的顶部, 与长7烃源岩直接接触; 而长6油层段的砂岩主要在中上部, 下

部主要以泥岩为主, 夹薄层泥质粉砂岩, 泥岩累计厚度15~20 m, 使得长7的烃源岩不能与长6段的砂岩直接接触。研究区, 只有长7段下部的长8油层段形成亿吨级规模油田, 而在其上的长6、长4+5、长3油层段; 延安组延10、延9、延6; 直罗组等虽有含油显示, 但没有形成规模油田。然而在盆地研究区之东北的安塞、靖安等地区, 长2、长3、长4+5、长6则是主要的含油层段, 已形成亿吨级的规模油田^[1]。

研究表明^[2-3, 7-11], 一个地区泥岩或页岩(烃源层)中流体以最大过剩压力为界, 向上下运移, 一般

[收稿日期] 2006-01-17

[基金项目] 国家重点基础研究发展规划项目(2003CB214607)

[作者简介] 杨 颢(1968-), 男, 甘肃宁县人, 工程师, 硕士研究生, 从事石油地质综合研究。

向上运移量大于向下运移量。但向下运移的烃类由于有上覆泥岩封盖,可较好的聚集起来,形成油田。

1 地下流体压力数据的获得

地下流体的压力分为正常静水压力和异常压力,后者具有过剩压力。对于压实曲线中正常段任一点的流体压力,按静水压力梯度易于获得。

地下流体压力数据一般可以通过压力实测、泥岩声波时差值计算(图 1)、地震参数计算等方法获得。此研究采用泥岩声波时差数据计算地下异常压力数据。

对于异常压实段的压力(p_z)可以利用深度平衡法进行计算。该方法目前应用较为广泛,效果明显,其通用的公式为

$$p_z = \gamma_w Z_e + \gamma_b (Z - Z_e)$$

式中: Z_e 为平衡深度; γ_b 为深度 $Z - Z_e$ 段岩柱的压力梯度; γ_w 为静水压力梯度。

计算中考虑到泥岩压实曲线的正常段趋势延伸到泥岩骨架值时(H 点深度)应发生转折,故当压力计算点深度大于 H 时,对压力计算的公式做修改^①

$$p_z = \gamma_w Z_e + \gamma_b (H - Z_e) + \gamma_w (Z - H) \quad (1)$$

正常压实带的声波-深度关系为

$$\Delta t_e = \Delta t'_0 e^{-CZ_e}$$

式中: Δt_e 为正常压实带中 Z 深处的传播时间; t'_0 为外推的地表传播时间; C 为正常压实趋势线斜率。

对式(1)两边取对数,整理得

$$Z_e = (-1/C)[\ln(\Delta t_e / \Delta t'_0)] \quad (2)$$

将式(2)带入式(1),整理得

$$p_z = \gamma_b Z + H(\gamma_b + \gamma_w) - (\gamma_b - \gamma_w)[\ln(\Delta t'_0 / \Delta t_e)]$$

从地层异常压力中减去静水柱压力,就是过剩压力,可以反映油气纵向运移的特点。在等效深度的计算中,泥岩的骨架声速取值为 200, C 值根据回归得出,回归时的相关系数均大于 0.8(图 2),从而保证了等效深度计算的可靠性。

2 过剩压力纵横向特点

研究计算中,共统计了 50 口井的声速测井数

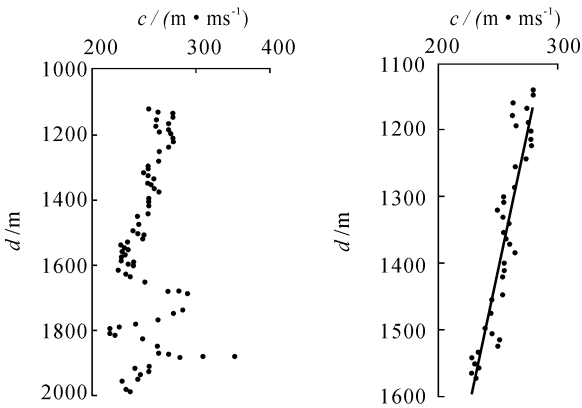


图 1 庄 18 井声速与深度关系

Fig. 1 AC and Depth Relation of Zhuang 18

图 2 庄 18 井声速与深度回归关系

Fig. 2 AC and Depth Regression of Zhuang 18

据,经回归后发现,相关系数大于 0.8 的只有 38 口井。从计算结果的纵向上看,长 4+5 底部向上的地层处于静水压力状态,没有产生过剩压力,从长 6 段开始出现过剩压力,从长 6 段~长 8 段,过剩压力最高达 23.6 MPa,最低 1.8 MPa;最大过剩压力出现在长 7 段,该段过剩压力最大 23.6 MPa,最小有 10.2 MPa(图 3)。以长 7 为界,向上向下过剩压力均变小,横向上不连续,呈现纺锤型,表现出中间高、两边低的趋势。

用长 7 段的过剩压力减去长 8 段的过剩压力(图 4),差值最大达到 16.2 MPa,最小 4.7 MPa,高差值带的差值大于 11.0 MPa,低差值带的差值小于 8.0 MPa。过剩压力差值大的地方流体更容易向下运移。这些差值高的地方与最近的探明储量位置或新发现的油田位置符合很好。

用长 7 段过剩压力减去长 6 段过剩压力,差值一般大于 12.0 MPa(图 5),高过剩压力差区块呈南西—北东带状延伸,延伸距离较大,主要分布在镇原、合道、西峰、白豹、宁县—固城川一带。

对比长 7 减去长 8 过剩压力差值和长 7 减去长 6 过剩压力差值可以看出,后者过剩压力差值大于前者,尽管差值大,但是由于长 6 段下部主要以泥质沉积为主,沉积体疏导能力不足,砂体不发育,没有足够的储集空间,加之长 8 段的砂体发育,物性好于长 6 段,因而向下运移更易形成油藏。

3 地层过剩压力的形成原因

综合目前研究结果,形成地层过剩压力的作用

① 陈荷立. 陕甘宁盆地延长组地下流体压力分布及油气运聚条件研究. 西安:长庆石油勘探局 1988.

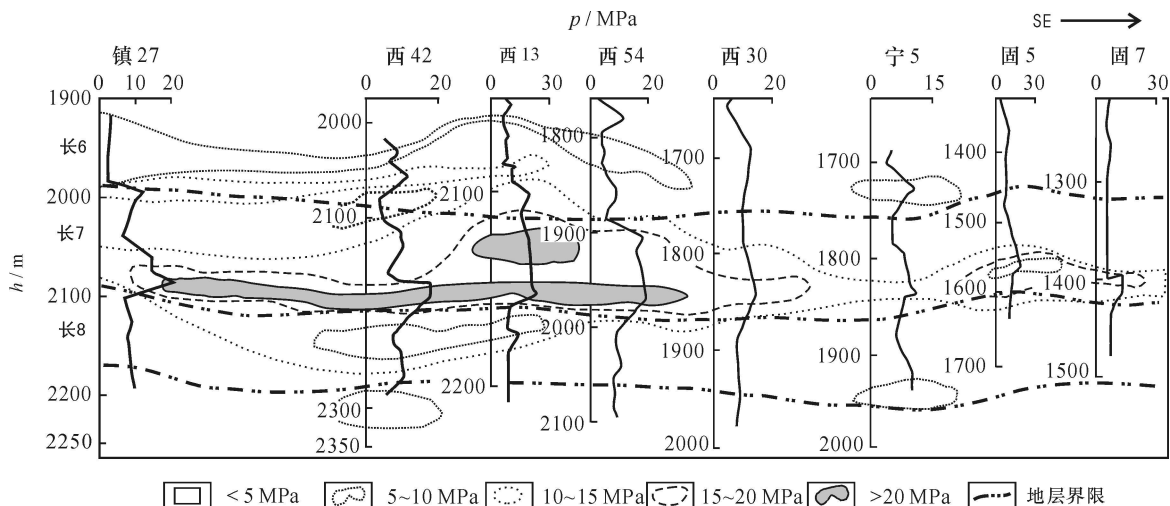


图 3 镇 27—固 7 井过剩压力剖面

Fig. 3 Zhen 27 Gu 7 Overpressure Cross Plot

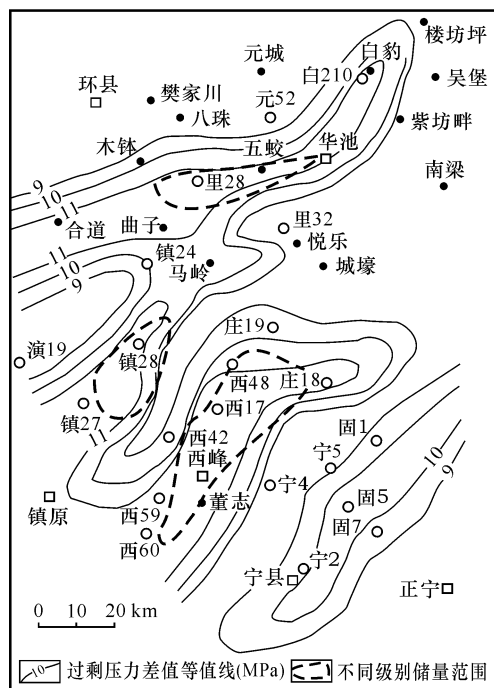


图 4 长 7 减长 8 过剩压力差等值线
Fig.4 Chang 7 Subtraction Chang 8
Contour Map of Overpressure

主要有压实作用;构造作用;烃类的生成;水热增压;蒙脱石向伊利石转变并排出大量的水;渗透作用等。

对研究区相关资料综合分析后认为, 研究区产生的过剩压力的原因:

(1) 烃类的大量生成。在逐渐埋藏过程中有机质转变成烃引起流体体积增加, 在流体疏导体系的疏导能力有限的条件下, 容易产生高压, 并最终导致形成异常压力封隔体。对盆地长 7 段优质烃源岩的生烃能力研究表明^[4-6], 其平均 TOC 高达

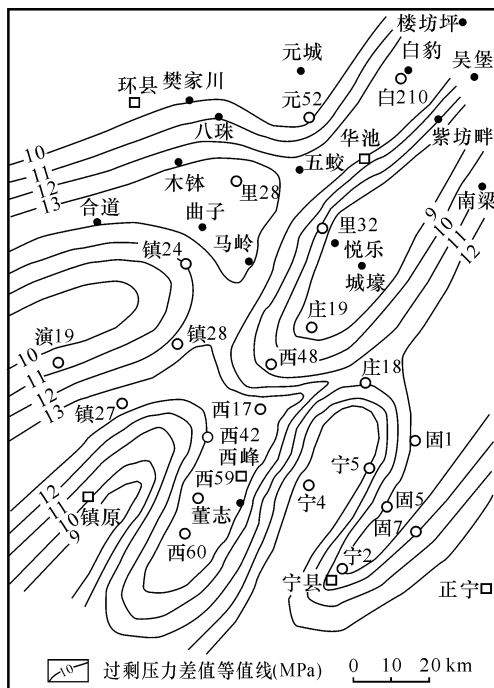


图 5 长 7 减长 6 过剩压力差等值线
Fig. 5 Chang 7 Subtraction Chang 6
Contour Map of Overpressure

11. 72%, 有机生物来源以湖生低等生物为主, 并已达到生油高峰阶段, 最高液态烃产率达 430 kg/t TOC , 最终气态烃产率达 $777 \text{ m}^3/\text{tTOC}$ 。在 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 范围内, 总生烃量达 $1609 \times 10^8 \text{ t}$, 大量烃类生产导致体积急剧膨胀, 对长 7 段的砂岩物性统计表明, 其平均孔隙度为 9.25%, 平均渗透率为 $0.15 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 在生成的烃类流通不畅的情况下, 形成生烃膨胀增压。

(2) 蒙脱石向伊利石转变, 并排出大量的水, 如

果岩石是封闭的,那么所释放出来的水导致地层中流体体积的增大,在地层流体容纳空间不变的情况下,形成膨胀增压,导致地层产生异常压力。延长组伊利石含量最高的是长 7 段^①,对粘土矿物的分析表明,盆地伊利石主要是由蒙脱石演变而来的,在转化过程中,排出大量的水分,导致体积的增大。由于长 7 段砂岩主要以浊积类型沉积,其周围被泥岩所包围,加之浊积砂岩的物性较差,砂岩中的伊利石向蒙脱石转化形成的水流动不畅,在短时间内形成高压,也是形成地层过剩压力的重要因素。

(3)压实作用是减少砂岩体积和储集空间的成岩作用,也是本区地层压力异常形成的控制因素之一。研究表明,鄂尔多斯盆地延长组的压实作用导致孔隙度减少 12%~14%,流体的容纳空间缩小导致地层压力的增大。

(4)水热增压鄂尔多斯盆地延长组成岩作用序列研究表明,随着埋深不断增大、压实作用的不断增强、地层温度不断提高,从同生期的近常温到早成岩阶段早期的 50℃~70℃,次到早成岩阶段晚期的 80℃~90℃,再到晚成岩早期的 130℃左右。本区包裹体测温同样表明,在最大埋深时地层的温度达到 120℃~140℃,个别样品的温度达到 150℃,地层温度的升高导致流体体积膨胀,在流体容纳空间没有增加的情况下,形成热膨胀增压。

研究区所处的沉积环境和沉积相带为过剩压力的形成提供了地质背景。从沉积学角度看,三角洲前缘和半深湖环境中容易出现欠压实作用。因为三角洲和湖泊转换地带存在地形坡度的突然变化,该带沉积物供给充分,沉积速率高,致使下覆泥岩中的水不能及时排出。半深湖环境中以泥岩沉积为主,粗碎屑物质很少,随泥岩厚度的积累,深部泥岩的孔隙度也会偏离正常的压实曲线。这在鄂尔多斯盆地长 7 段泥岩声波时差曲线上表现尤为突出。

4 过剩压力与油藏的关系

过剩压力是流体垂向运移的主要动力,上下层间的过剩压力差越大,越容易发生垂向运移。研究区长 6 段下部砂体不发育泥岩直接与长 7 段中下部的烃源岩接触,缺少烃类运移的通道,故向上运

移需要较大的压差。长 8 段顶部砂岩发育,并且与其上长 7 段最好的烃源岩相接触,烃类从烃源岩中很容易直接进入长 8 段储层中。由于研究区的储集体属于低孔低渗,烃类完成初次运移后不易进行二次运移,基本保持了初次运移及结束后的烃类分布状态。勘探结果已经证实,上下层间高过剩压力差分布带是烃类主要的富集区(见图 4)。

5 结论

(1)过剩压力的存在为油气的垂向运移提供了基础,其上下层间存在过剩压力差,是油气运移的动力。对于低孔低渗储集体,上下层间高过剩压力差分布带是油气的富集区带。

(2)研究区烃类的大量生成、蒙脱石向伊利石的转化、压实作用、水热增压是过剩压力形成的最主要方式。

(3)应用过剩压力理论能较好的解释西峰油田上生下储模式,也为在盆地其他地区寻找类似油田提供了理论依据。

[参 考 文 献]

- [1] 刘池洋,赵红格,王 锋,等.鄂尔多斯盆地西缘(部)中生代构造属性[J].地质学报,2005,79(6):738-747.
- [2] 万从礼,付金华,张 军.鄂尔多斯西缘前陆盆地构造热事件与油气运移[J].地球科学与环境学报,2005,27(2):43-47.
- [3] 席胜利,刘新社.鄂尔多斯盆地中生界石油二次运移通道研究[J].西北大学学报:自然科学版,2005,35(5):628-632.
- [4] 杨 华,张文正.论鄂尔多斯盆地长 7 段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用:地质地球化学特征[J].地球化学,2005,34(2):147-154.
- [5] 王 平,周 义,季海银.靖安油田北区局部构造与石油富集关系研究[J].长安大学学报:地球科学版,2003,25(4):9-12.
- [6] 辛仁臣,朱九成,陈连明.三角洲前缘砂体中石油二次运移与聚集过程物理模拟及结果分析[J].地球科学——中国地质大学学报,2002,27(6):780-782.
- [7] 刘文龙,李思田,孙德君,等.松辽盆地深层孔隙流体压力预测[J].地球科学——中国地质大学学报,2000,25(2):137-142.
- [8] 罗晓容.油气运聚动力学研究进展及其存在问题[J].天然气地球科学,2003,14(5):337-346.
- [9] 张云峰,王朋岩,陈章明,等.烃源岩之下岩性油藏成藏模拟试验及其机制分析[J].地球科学——中国地质大学学报,2002,27(4):436-443.
- [10] 罗晓容.油气初次运移的动力学背景与条件[J].石油学报,2001,22(6):24-29.
- [11] 谢庆帮,贺 静.陕甘宁盆地南部延长组低渗砂岩储层评价[J].天然气工业,1994,14(3):16-19.

① 黄思静.鄂尔多斯盆地中南部延长组主要油层组有利储集体特征及展布研究.长庆油田,2001.