

文章编号: 0253-9985(2002)01-0066-04

东营凹陷低压系统的特征及成因机制*

刘晓峰, 解习农

(中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074)

摘要: 钻井测试证实: 东营凹陷的边缘凸起带、盆倾断裂带及中央隆起带发育有低压油气藏。边缘凸起带上的低压层多分布于小于 2 000 m 的浅层; 隆起带上的位于 2 000 m 以下的深层; 在盆缘断裂带, 深、浅层均有分布。轻烃的扩散作用、流体(油气)沿断裂和不整合面的压力释放作用及因盐度差引起的渗流作用是低压形成的主要原因。东营凹陷不仅气藏具有低压异常, 而且在稠油油藏和常规油藏中也有广泛的分布。气藏及稠油油藏的低压多集中于 2 000 m 以上的浅层, 常规油藏的低压则多集中于 2 000 m 以下的深层。

关键词: 低压系统; 扩散作用; 压力释放; 东营凹陷

第一作者简介: 刘晓峰, 男, 32 岁, 讲师(硕士), 盆地流体分析和成藏动力学

中图分类号: TE122

文献标识码: A

尽管世界范围内已发现了相当数量的低压油气藏, 但人们对于低异常压力的了解远远不如对高异常压力, 尤其对低压系统形成机制尚需深入研究。东营凹陷是超压系统比较发育的断陷盆地, 沙河街组三段中、下亚段和沙河街组四段是超压层系。然而, 许多资料已证实东营凹陷存在着低压异常, 如盆地边缘的浅层低压气藏^[1]。笔者以此对上述问题进行了一些探讨, 以期引起同行专家的重视。

1 特征

关于低压异常的分类, 尚无统一的意见。美国埃克森(EXXON)公司根据墨西哥湾地质情况提出

压力系数 $PI < 0.96$ 为低压异常; 前苏联认为 $0.8 < PI < 1.0$ 为低压异常, $PI < 0.8$ 的为异常低压^[2]。笔者对东营凹陷内 2 000 余个实测地层压力资料统计发现, 按前苏联的分类方案, 超压的占 20%, 低压的占 17%, 常压的占 63%, 其中异常低压($PI < 0.8$)占 28%。

1.1 低压封存箱

东营凹陷 He31-73 井的压力值在 1 900 m 之上接近静水压力值(图 1a), 1 900~2 100 m 处出现了低压异常($PI < 0.75$); 2 100~2 270 m 之间为较高的低压, 之下又出现了低压异常。Powley^[3]首先正式提出了异常压力流体封存箱的概念——压力

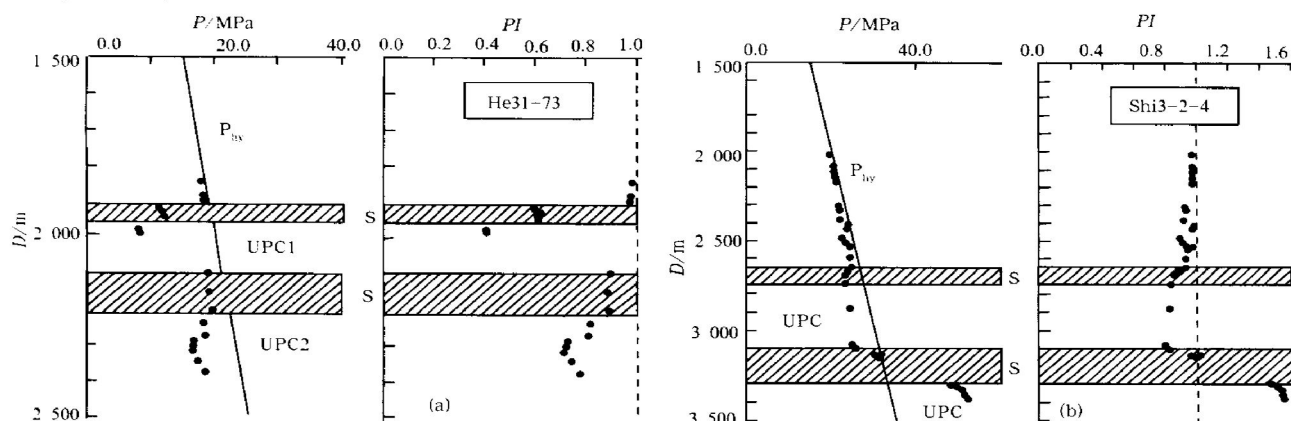


图 1 东营凹陷的低压封存箱

Fig. 1 Under pressure compartments in Dongying Depression

P_{hy} —静水压力; UPC—低压封存箱; OPC—超压封存箱; S—压力封闭

封存箱是一些各自封闭的呈盒子状的地质实体, 有超压封存箱和低压封存箱两类。低压封存箱的概念可用来描述本区的低压系统。He31-73 井存在

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(NO. 49872045)

收稿日期: 2001-05-28

两个低压封存箱, 浅部低压封存箱(UPC1) 要比深部低压封存箱(UPC2) 低压异常显著; Shi3- 2- 4 并在 2 300 m 之上为常压系统, 之下开始出现低压系统, 在 3 100 m 处又为常压, 再向下出现了超压系统($PI > 1.5$), 从上自下呈现常压- 低压封存箱- 常压- 超压封存箱的组合。

1.2 深度

滨南地区(含滨南、尚店、平方王、林樊家和平南油田) 在 1 000~ 3 000 m 之间均发育低压异常(图 2A); 利津地区的低压异常发育于 1 000~ 3 500 m, 但以 1 000~ 2 500 m 最为发育(图 2B); 单家寺地区的

低压异常集中发育在 1 000~ 2 000 m 之间(图 2C); 胜坨地区(含胜坨、宁海油田) 低压异常存在于 1 700~ 2 700 m(图 2D); 永安镇地区的异常低压出现在 1 800~ 3 100 m, 一般为 $0.8 < PI < 0.96$ (图 2E); 高青地区(含高青、花沟、正理庄油气田) 大致于 800~ 3 500 m 发育不同程度的低压异常(图 2F); 纯化地区的低压异常发育在 2 200~ 2 800 m(图 2G); 东辛地区在 1 800~ 3 000 m 间存在低压异常, 2 500 m 之下低压显著(图 2H); 梁家楼地区的低压异常较集中分布在 2 600~ 3 400 m(图 2I); 现河庄地区(含现河庄、史南油田) 在 1 800~ 2 800 m 发育低

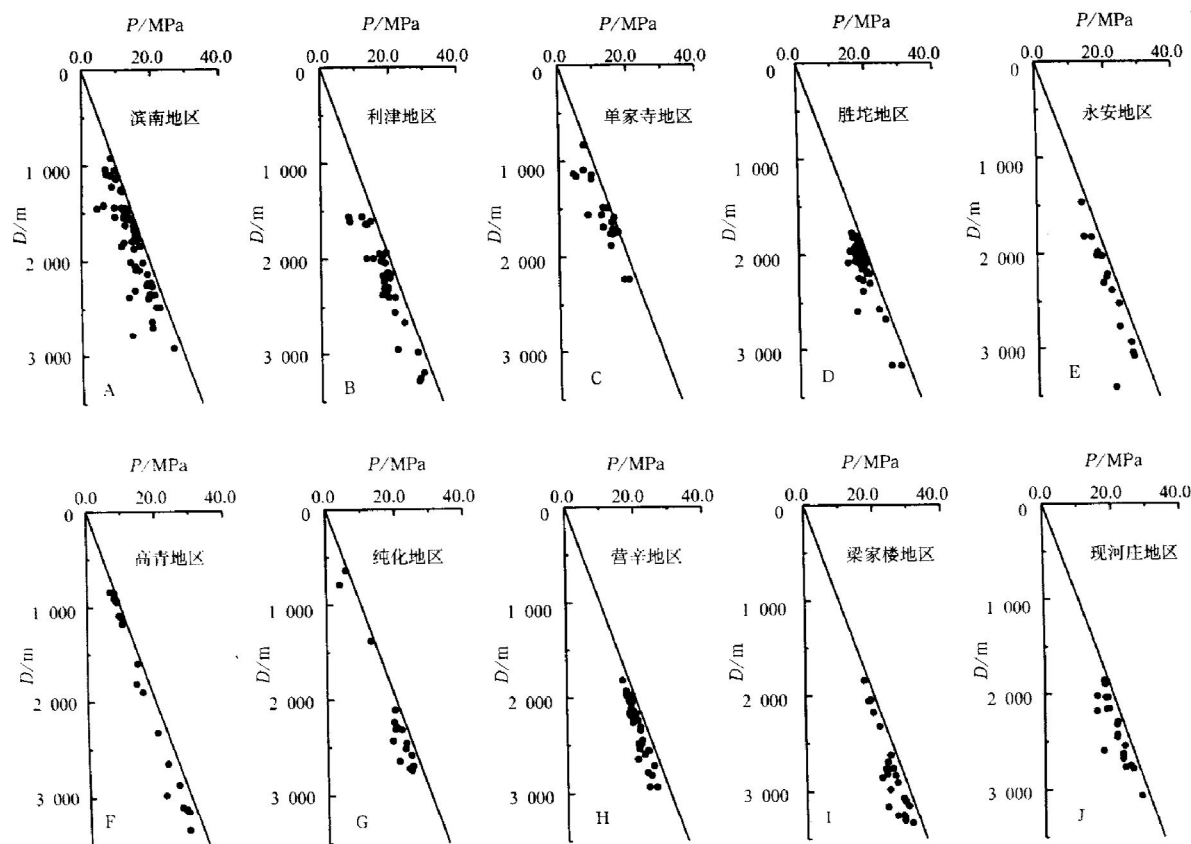


图 2 东营凹陷各区测试压力- 深度图(略去超压和常压)

Fig. 2 Test pressure- depth plots of different fields in Dongying Depression

压异常(图 2J)。此外, 草桥地区于 800~ 1 500 m, 存在低压异常, 八面河地区于 2 500~ 2 700 m 出现低压异常。

2 分布

2.1 剖面特征

东营凹陷内的低压系统在剖面上的分布有一定的规律性: 单家寺、草桥地区低压系统集中发育于浅层(一般 $< 2 000$ m); 东辛、现河庄、梁家楼、纯化地区的低压异常集中发育于深层($> 2 000$ m); 滨南、胜坨、永安、高青、利津等地区的低压由浅至

深均发育。

2.2 平面特征

异常低压($PI < 0.8$) 集中发育在凹陷边缘和中央隆起带, 而在牛庄、利津、民丰和博兴洼陷内部无异常低压, 低压异常也不甚发育。单家寺的异常低压分布在滨县凸起之上, 胜坨地区的异常低压发育在边缘盆倾断层内侧的二台阶之上, 中央隆起带多发育于西段, 东南段较少。总体而言, 西北边缘的异常低压远比西南边缘发育。结合剖面分布, 发育于浅层的低压系统, 一般位于凹陷边缘凸起之上; 发育于深层的低压异常主要位于中央隆起带和边缘

盆倾断裂带。

3 形成机制

低压的形成机制有不同的一些观点^[4-6],但都集中于讨论引起压力降低的作用。东营凹陷在第四纪构造沉降作用较显著,现今地温梯度高(可达每百米 5℃),故不可能发生抬升和降温作用。因此,东营凹陷低压异常主要由轻烃的扩散作用、流体(油气)沿断裂和不整合面迅速运移而导致的压力释放作用及由盐度差引起的渗流作用所致。

3.1 轻烃扩散作用

轻烃分子扩散是一种很普遍的自然现象^[7],甚至在欠压实异常高压下也能毫无阻碍地进行^[8]。油气藏中的轻烃通过盖层的扩散是十分可观的。东营凹陷边缘存在有利的轻烃扩散条件。(1)凹陷边缘区域性盖层封堵性相对较差,易使原油中轻质组分散失。凹陷边缘多以馆陶组泥岩为区域性盖层,该组泥岩粘土矿物粒间孔隙中值半径为 37.8 nm,为沙河街组一段(4.95 nm)的 7.6 倍,其封堵性比沙河街组的低得多。(2)高地温梯度更易使轻烃扩散。凹陷边缘地温梯度每百米一般大于 4.2℃,油气藏长期处于高温的加热过程中,轻质组分(主要为烷烃)大量散失。(3)浅层地层水矿化度远比深部地层水矿化度低,低矿化度地层水轻烃扩散系数大,更易扩散。(4)浅层油气为深部运移而来,较深部油气更富集低碳数烃类,从而更易扩散。凹陷边缘浅层气藏、稠油油藏中的低压系统正因此而形成。此外凹陷边缘附近的原油密度在 0.90~0.93 之间的一些低压常规油藏也是轻烃扩散的结果。

3.2 断裂和不整合面的压力释放作用

由于流体的运移或散失而导致孔隙流体压力降低的问题容易理解。流体的生成、流入可以导致

孔隙流体压力增高,当流体运移或散失时也就相应地导致压力降低^[9]。断裂和不整合面作为油气运移的输导通道,可导致油气的散失和再分配。沿这些输导层运移的流体(油气)往往是突发而迅速的。对于超压的原生油气藏而言,这些通道连接了高压和静水压力环境,巨大的压力差促使油气快速逸散。在没有增压作用补充的情况下,油气藏内的压力便会降至正常压力或低压。东营凹陷浅层的许多次生油气藏,就是这种作用的结果^[10]。凹陷内部和中央隆起带附近的低压系统多由此种作用形成,而与扩散作用的关系不大。

3.3 渗透作用

研究表明,存在盐度差的透镜状砂岩非常有利于渗透作用,可使高压异常逐渐过渡到低压异常^[10]。东营凹陷渗透性的砂层比较发育且连通性好,深部地层水的盐度很高,并且由深至浅盐度显著降低,这些因素有利于渗透作用的发生,故而渗透作用的参与也是可能的。

4 与油气的关系

4.1 低压油气藏的分布

以往研究认为,东营凹陷的低压异常主要与气藏有关,天然气藏呈环带状分布,外环便是低压纯气藏的聚集带,压力系数 $PI < 0.96$,温度梯度达每百米 4.2℃,如陈家庄、盐家、单家寺、林樊家、金家、草桥等气藏。但是,并非所有的气藏均呈低压,埋深在 1 400 m 之上的气藏为静水压力;1 400~1 900 m 之间的气藏为低压,且异常低压也很发育(图 3A);之下又为静水压力,个别出现了超压。

对于稠油油藏,虽然大多数为静水压力,但低压异常也比较发育,尤其在 800~1 700 m 之间,异

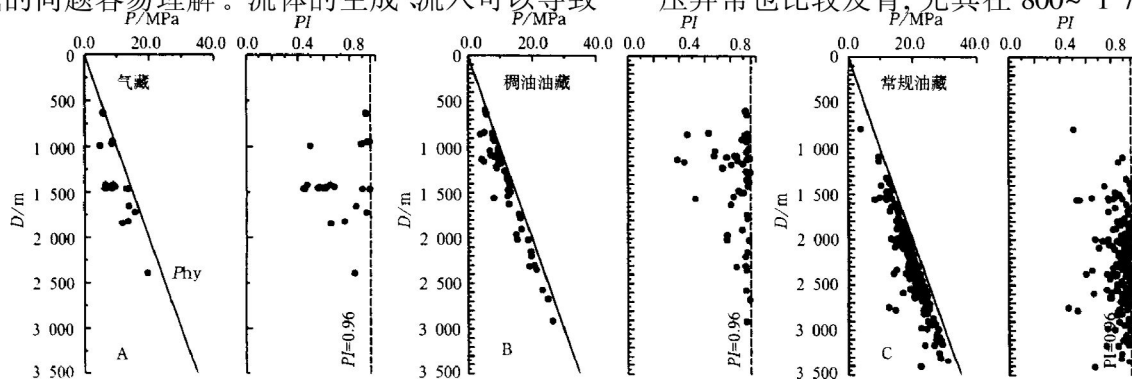


图3 东营凹陷不同油气藏的低压系统

Fig. 3 Under pressure systems of different oil-gas pools in Dongying Depression

常低压很发育, 呈现出由浅至深低压异常减弱的趋势(图 3B)。

常规油藏的低压异常在低压系统中所占比例最大, 在 1 400~ 3 400 m 的区间内均有不同程度的发育(图 3C)。

总之, 不仅气藏具有低压异常, 而且稠油油藏和常规油藏中也有发育。从低压发育的程度而言, 气藏和稠油油藏明显强于常规油藏: 就分布的深度而言, 气藏和稠油油藏的低压集中于 2 000 m 之上的浅部地层, 常规油藏的低压则集中于 2 000 m 之下的深部地层。

4.2 运聚和保存

位于盆倾断裂带和中央隆起带附近的低压系统的形成是油气沿断裂迅速运移的结果, 这就揭示了低压异常与油气运移的成因联系。因为许多储层的低压异常是由于其成藏之后, 油气再度逸散所致, 所以低压系统的存在, 说明油气藏的保存条件欠佳, 同时, 亦可为寻找新的油气藏(次生)提供方向。

参 考 文 献

- 1 张春生, 李春光. 东营凹陷天然气藏类型及分布特征[J]. 天然气工业, 1997, 17(4): 23~ 25
- 2 马启富, 陈斯忠, 张启明, 等. 超压盆地与油气分布[M]. 北京: 地质出版社, 2000. 1~ 253
- 3 Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartments[J]. AAPG Bull, 1990, 74(1): 1~ 12
- 4 Warbrick R E, Osborne M J. Mechanisms that generate abnormal pressures: an overview[A]. In: Law B E, Ulmishek G F, Slavin V I. Abnormal pressures in hydrocarbon environments[C]. AAPG Memoir, 1998, 70: 13~ 43
- 5 Zhou Guojun. Origin of subpressure and hydrocarbon exploration in Shiwu fault depression, Songliao basin, China[J]. AAPG Bull, 1994, 78(8): 1 336
- 6 李延钧, 陈义才, 黄健全, 等. 吐哈盆地红南-红西地区油气负压系统成因[J]. 西南石油学院学报, 1999, 21(1): 6~ 9
- 7 陈荣书. 石油及天然气地质学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994. 1~ 245
- 8 李明诚. 石油与天然气运移(第二版)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994. 1~ 249
- 9 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
- 10 李春光. 试论东营盆地高压油气藏的特征及找油意义[J]. 石油学报, 1992, 13(1): 37~ 43
- 11 Fertl W H. Abnormal formation pressures: implications to exploration, drilling, and production of oil and gas resources[M]. New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1978. 1~ 365

ORIGIN AND CHARACTERISTICS OF UNDER PRESSURE SYSTEMS IN DONGYING DEPRESSION

Liu Xiaofeng Xie Xilong

(Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei)

Abstract: Data derived from DST(Drill Strata Test) suggest that low pressure systems developed in Dongying Depression. The low pressure oil and gas reservoirs are usually located in the marginal uplift zone, marginal fault zone and central uplift zone. The low pressure system in the marginal uplift zone is shallower than 2 000 m; in the central uplift zone, it is distributed in the strata deeper than 2 000 m; and near the marginal fault zone, it developed in both shallow and deep strata. The distribution of low pressure was determined by the origin mechanisms. The main causes of the low pressure origins were diffusion of light hydrocarbons, pressure release resulting from quick fluid and hydrocarbon escape along faults and surfaces of unconformities, and osmosis due to salinity differences. The low pressure anomaly does not only exist in gas pools in the depression, but also in heavy oil pools and normal oil pools.

Key Words: under pressure system; diffusion; pressure release; Dongying Depression