

# 辽东湾海域锦州 27 构造区 局部异常超压成因机制

邓津辉<sup>1,2</sup>, 武 强<sup>2</sup>, 魏 刚<sup>2</sup>, 徐长贵<sup>2</sup>, 柴永波<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(北京)海洋学院, 北京 100083;

2. 中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300452)

**摘要:**辽东湾海域锦州 27 构造区紧邻辽中超压生烃凹陷, 具有强充注能力。该区局部发育近源堆积的扇三角洲相沉积, 其储层砂岩类型主要为岩屑砂岩, 自身具有一定的孔隙, 但渗透性相对较差。从扇三角洲前缘主体到远端, 随着泥质含量增加, 渗透性变得更差。辽中凹陷生成的烃类在超压作用下沿断层及连续性分布砂体向构造高部位充注, 而先前保存于孔隙中的流体由于渗透性能差而不能通畅排出, 最终在锦州 27 构造区油气强充注下形成近源扇三角洲前缘远端低渗透性储层内的“憋压”。

**关键词:**锦州 27 构造区; 超压凹陷; 强充注能力; 岩屑砂岩

**中图分类号:** TE132.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-1926(2009)06-0930-05

## 0 引言

超压现象在渤海湾盆地广泛存在, 比较常见的是自源型超压(如泥岩负载、烃类生成所造成的超压)和它源型超压(如构造应力和流体传导造成的超压<sup>[1-3]</sup>)。它源型超压源于非原地流体的充注作用, 主要通过渗透性较好的连通砂体侧向输导和输导断层的垂向输导完成传递, 是油气充注的强动力, 对于油气成藏具有重要意义。超压的存在对储层孔隙演化产生了重要影响, 往往会抑制压实作用, 保留原生孔隙并能产生一些次生孔隙, 从而使超压层段储层物性变好<sup>[4-6]</sup>。

## 1 问题的提出

锦州 27 构造区位于渤海湾盆地辽东凸起中段, 紧邻辽中富生烃凹陷, 是非常有利的成藏区带。该区主要油气富集层位是上渐新统东营组二段、始新统一下渐新统沙河街组一段和二段, 储集岩性为细砂岩或粉砂岩。该区先后钻探多口探井, 实测地层压力证实除锦州 27-1 井在沙河街组 1 800 m 以下存在异常超压外, 其余多口井均为正常压力(图 1)。

应用岩心、测井等资料对锦州 27 构造区东营组、沙河街组储层物性分析, 发现锦州 27-1 井孔隙度、渗透率在超压层段并未得到明显改善, 反而渗透率在超压层段明显变差(图 2), 这与传统的超压改善储层物性认识不符。在油气层分布上, 现已钻探的多口井虽均发现油气, 但油气层的分布明显受到超压的制约, 常压区主要为油层, 而在锦州 27-1 井超压储层中均为气层, 即超压的存在不利于液态烃类的

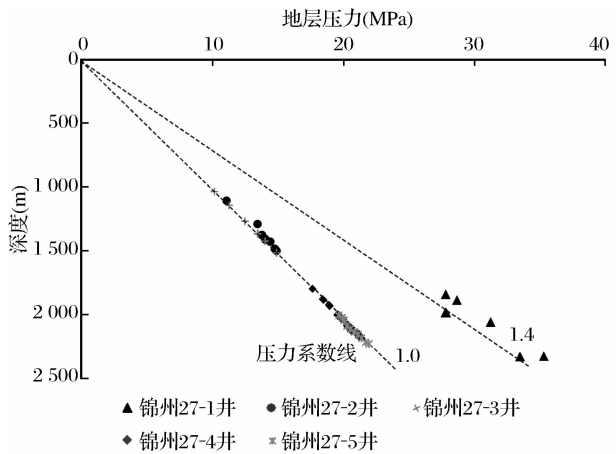


图 1 锦州 27 构造区地层压力与深度关系

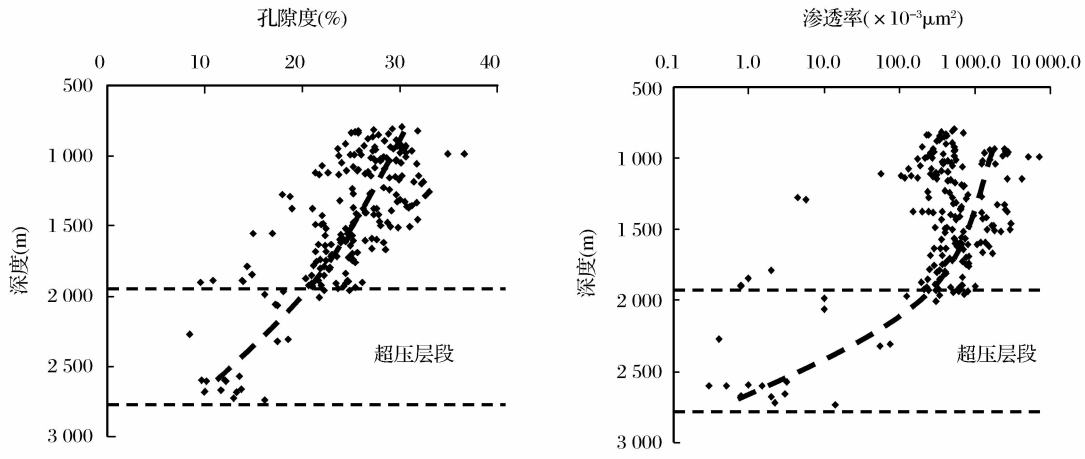


图 2 锦州 27-1 井孔隙度、渗透率与深度关系

充注。这与传统的超压认识不相符,本文试图对这一问题进行分析。

2 区域地质概况

辽东湾地区位于渤海湾盆地东北部,是下辽河裂谷盆地向渤海海域的自然延伸,构造格局上分为“三凹夹两隆”(图 3)。辽中凹陷位于辽东湾中部,受泥岩负载、烃类生成及裂解和粘土矿物脱水等一系列复杂

地质因素的影响,辽中凹陷北洼发育异常高压,这也为油气向低势区运聚提供了强动力。经过几十年勘探,先后在辽中凹陷及围区发现锦州 21-1、金县 1-1、旅大 27-2 等多个大型油气田,显示了辽中凹陷巨大的生烃、排烃能力。锦州 27 构造区位于辽中凹陷中部,紧邻辽东凸起,郯庐走滑断裂贯穿构造区,受走滑断层影响,构造区内发育一系列张性的走滑调节断层,为辽中凹陷成熟烃类向构造区运移提供了机会。

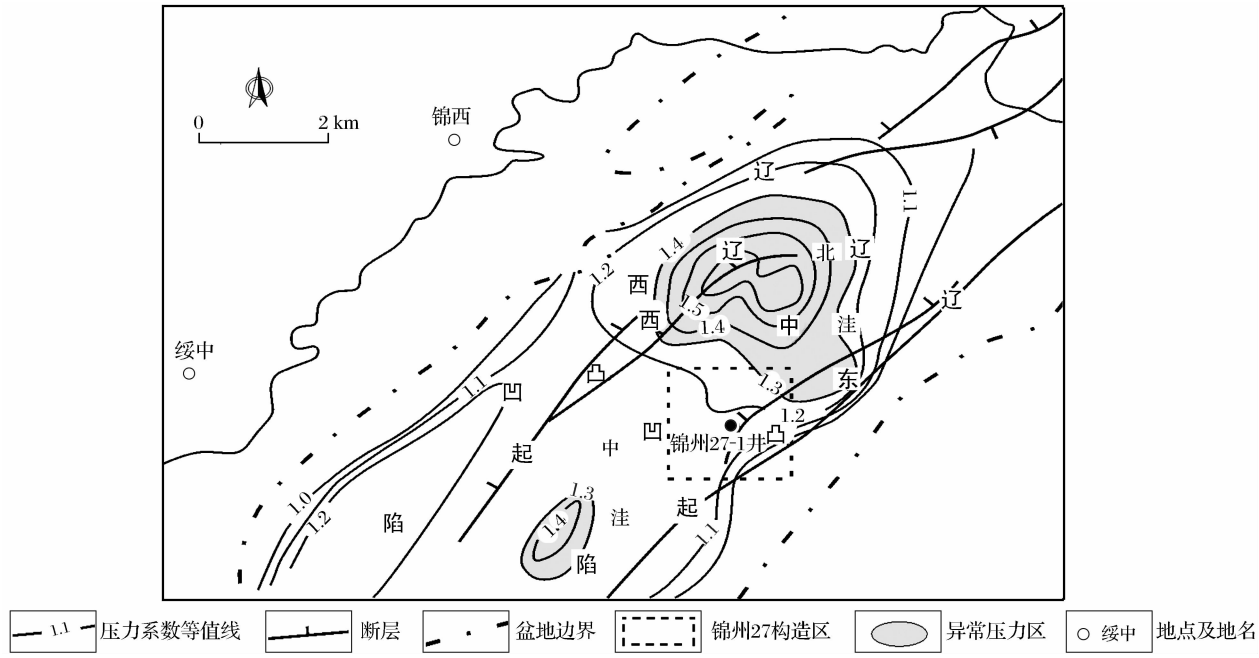


图 3 辽东湾地区中北部构造格局及超压分布特征

3 局部超压形成条件

3.1 临近超压凹陷

辽中凹陷北洼古近系发育巨厚沉积,厚度达 6 000 m 以上,平均沉积速率超过 150 m/Ma。解习

农<sup>[7]</sup>指出:泥岩沉积速率低于 100 m/Ma 时地层几乎不超压,随着沉积速率的增大,超压幅度会越来越大。快速沉积使得地层流体不能被快速排出,是导致泥岩负载的主要原因。辽中凹陷生油岩主要为古近系湖相烃源岩,自 2 500 m 进入生烃门限,干酪根

主要以Ⅱ<sub>1</sub>型为主,为好—较好生油岩,主要发育上渐新统东营组三段、始新统一下渐新统沙河街组一段和三段3套烃源岩,暗色泥岩厚度最大可达上千米,具有极强的生烃能力。快速沉积和强烈的生烃活动导致辽中凹陷北洼成为一巨大的超压洼陷。此外,随着埋深增大和温度升高,粘土矿物脱水作用也是造成辽中凹陷北洼超压的影响因素之一。

### 3.2 储层质量差

受古地貌对物源供给控制,辽东凸起中段古近系发育多个水系分散、规模较小的物源供给系统,形成多个远源或近源的三角洲或近岸水下扇<sup>[8]</sup>,造成锦州27构造区内不同构造主要目的层系储层砂岩类型变化较大,主要以成熟度较高的长石砂岩和岩屑长石砂岩为主,少量为长石岩屑砂岩。而出现超压的锦州27-1井则主要以低成熟度的岩屑砂岩为主,反映了锦州27-1井所处构造为近源堆积(图4)。近源堆积岩屑砂岩主要是母岩崩解产物快速埋藏沉积而形成的,因此不稳定岩屑含量相对较高,孔隙连通性相对长石砂岩或石英砂岩较差<sup>[9]</sup>。对锦州27-1井成岩作用分析认为该井主要目的层段处于晚成岩A期,是次生孔隙形成的有利时期,长石、岩屑的溶蚀进一步增加了孔隙度。对锦州27-1井及该井周围目的层段精细沉积相研究证实,锦州27-1井位于近源堆积的扇三角洲前缘远端(图5),储层厚度变薄,泥质含量增加,虽有次生孔隙发育,但孔隙总体向混合孔隙过渡,连通性较差,同时粘土矿物重结晶易堵塞喉道,使得渗透率降低较快。

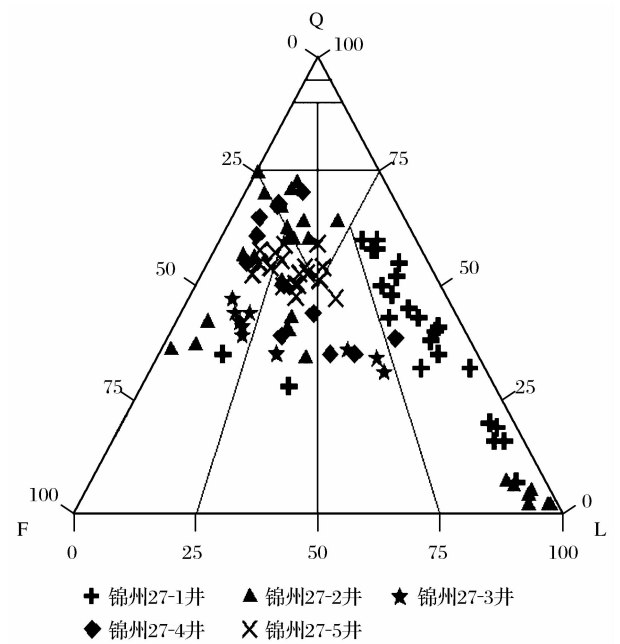


图4 锦州27构造区碎屑颗粒组分特征

### 3.3 强充注能力

辽中凹陷超压体系的存在,为凹陷周围临近构造区油气充注提供了强动力。辽中凹陷发育始新统一下渐新统沙河街组、上渐新统东营组等多套烃源岩,在渐新统东营组沉积末期至中新统馆陶组沉积初期大规模排烃,与区域性断层强活动期相匹配<sup>[10]</sup>,同时在辽中凹陷超压体系的驱动下,油气易于沿活动断层向辽东凸起方向运移。从锦州27-1井钻探结果看(图6),该井在1 800~2 100 m之间超过300 m的井段薄砂层均为气层,且全井段均未见水。推测其原因可能主要是天然气相对石油运移所需要的储层物性条件相对宽松。通过对锦州27-1井沙河街组岩屑流体包裹体分析,岩内部分石英碎屑粒边因微裂隙发育并富含烃类包裹体,发育丰度极高,GOI可达30%左右,包裹体沿切穿石英颗粒的微裂隙(面)成带状分布,包裹体中液烃呈透明无色及淡黄色,分别显示强的蓝色、浅蓝绿色荧光及浅褐黄色荧光。天然气成藏特征和包裹体发育特征均显示了锦州27构造区在辽中凹陷强超压体系的影响下具有极强的油气充注能力。

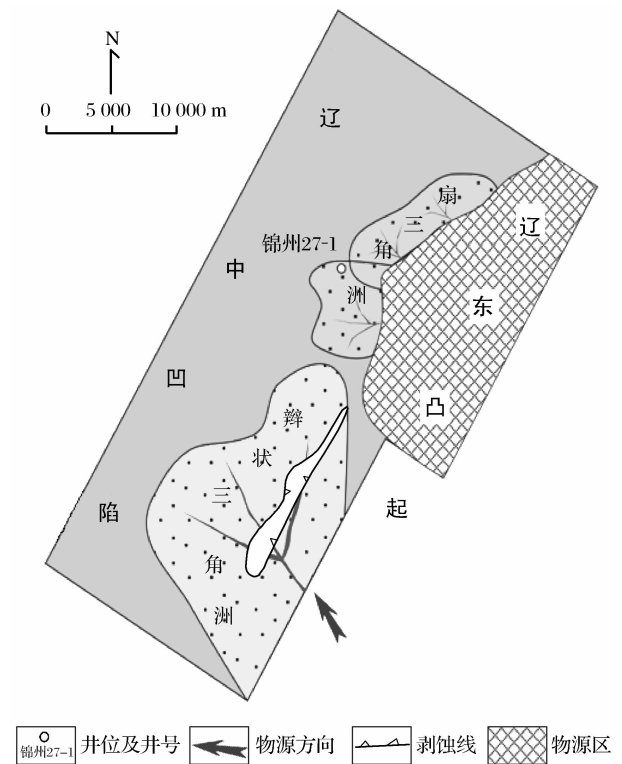


图5 锦州27构造区目的层段局部精细沉积相特征

## 4 局部超压成因机制及与油气成藏的关系

超压沉积盆地中,超压传递是超压流体流动的结果,也是造成传递超压的主要方式之一。传递超

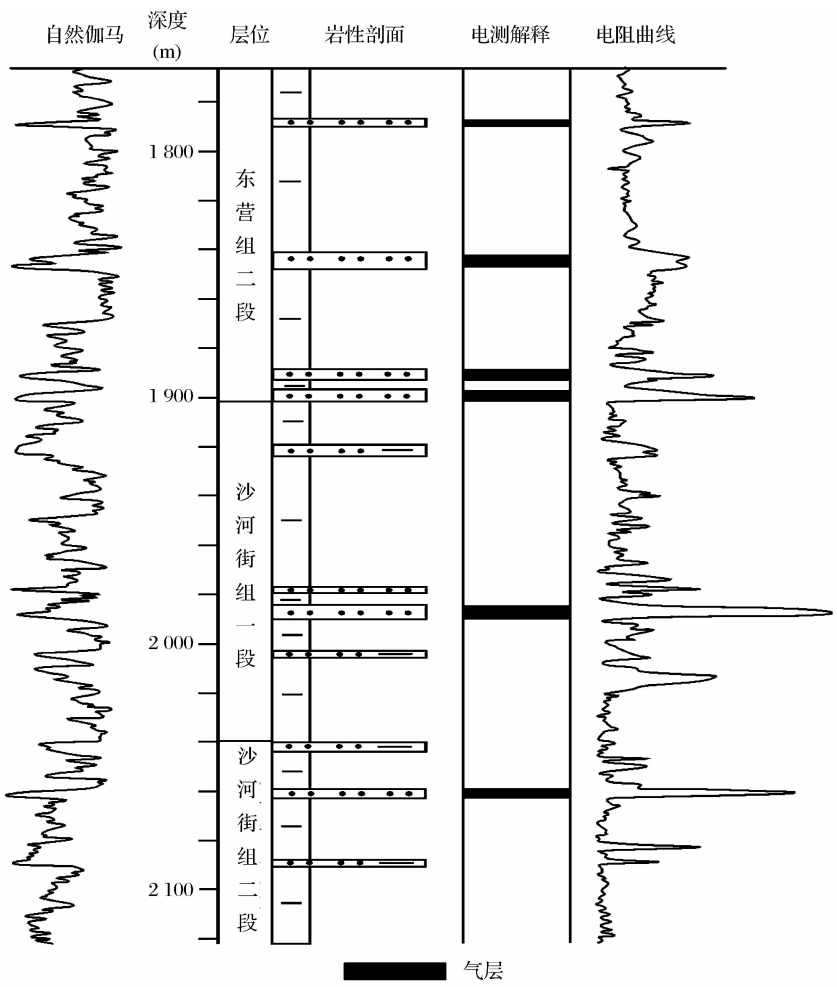


图 6 锦州 27-1 井超压层段综合剖面

压产生的必要条件就是流体注入作用发生在相对封闭的环境<sup>[11]</sup>。由于锦州 27 构造区临近辽中北洼超压凹陷,超压传递可能是凹陷与周围构造区实现压力动态平衡的最主要方式。对于渗透性较好的岩层,超压在传递过程中可以通过渗透性岩层和油气输导断层的耦合组成的输导体系得到缓慢释放,逐渐趋于正常压力;而对于渗透性差的岩层,虽然具备一定的孔隙,但由于孔隙连通性差,流体在孔隙间流动受限制,因此容易形成高压(图 7)。超压流体在压力差驱动下向孔隙充注,先前充填于孔隙中的流体却不能通畅排出,使得流体被“憋”在孔隙间,压力

不能得到有效释放。而此时凹陷内生成的烃类流体又不断充注,最终形成低渗透性储层强充注能力下的“憋压”。而对于锦州 27 构造区其他区域,由于储层物性较好,超压流体在孔隙中流动时压力易得到有效释放,因此显示为常压。锦州 27 构造区的局部超压正是在辽中凹陷强生烃和排烃能力及构造区局部低渗透性储层双重因素影响下形成的,该类超压在四川盆地川东地区碳酸盐岩低渗透性储层中也有发现<sup>[12]</sup>。渗透性是影响该类超压的关键,并不是超压对储层物性没有改善,而是储层的物性差导致了超压的形成。储层质量变好,物性得到改善,超压就

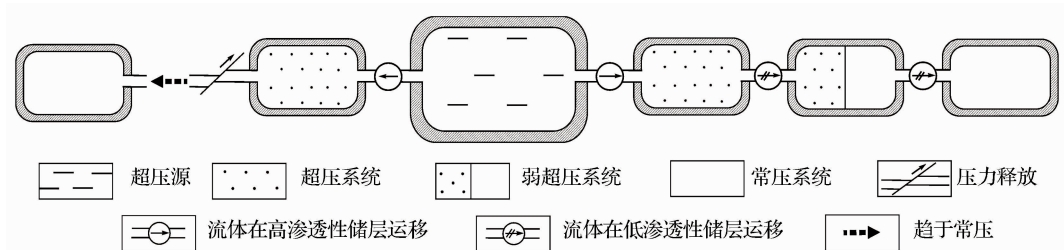


图 7 锦州 27 构造区不同渗透性储层压力形成机制

会得到有效释放,而这些区域也将是高丰度油气藏的富集区。

## 5 结语

受古地貌的控制,锦州 27 构造区发育多个物源供给系统,造成构造区内砂岩类型变化较大,锦州 27-1 井区储层岩性主要为渗透性差的岩屑砂岩。在辽中凹陷超压强动力驱动下,构造区充注能力极强,而先前保存于孔隙中的流体由于储层渗透性差而不能通畅排出,最终形成锦州 27 构造区的局部异常超压。

强充注能力下锦州 27 构造区局部区域储层质量差是造成局部异常压力的根本原因,而超压也是储层质量差的直接表现。随着向锦州 27-1 井区扇三角洲主体储层变厚、物性变好的部位压力会得到有效释放,也是构造区最有利的成藏部位。因此下一步的勘探方向将是寻找沉积相中成分成熟度相对较高,刚性颗粒含量较高,分选相对较好,杂基含量相对较少的沉积相带。

## 参考文献:

[1] 譙汉生. 渤海湾地区异常高压与烃的生成与运移[J]. 石油勘探与开发, 1985, 12(3): 1-4.

- [2] 解习农, 刘晓峰. 超压盆地流体动力系统及其与油气运聚关系[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(2): 103-108.
- [3] 郝芳. 超压盆地生烃作用动力学与油气成藏机理[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [4] 陈中红, 查明, 曲江秀, 等. 沉积盆地超压体系油气成藏条件及机理[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(2): 97-102.
- [5] 蒋恕, 蔡东升, 朱筱敏, 等. 辽东湾地区孔隙演化的机理[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2007, 32(3): 366-372.
- [6] 万志峰, 夏斌, 何家雄, 等. 沉积盆地超压形成机制及其对油气运聚成藏过程的影响[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(2): 219-223.
- [7] 解习农, 李思田, 刘晓峰. 异常压力盆地流体动力学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2006.
- [8] 加东辉, 徐长贵, 杨波, 等. 辽东湾辽东带中南部古近纪古地貌恢复和演化及其对沉积体系的控制[J]. 古地理学报, 2007, 9(2): 155-166.
- [9] 刘锐娥, 孙粉锦, 张满郎, 等. 鄂尔多斯盆地北部上古生界储集岩的化学分类及储集性评价[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(3): 196-199.
- [10] 王元君, 王峻, 周心怀, 等. 辽东湾辽中凹陷 J27 区东营组岩性圈闭成藏条件研究[J]. 成都理工大学学报, 2008, 35(5): 523-527.
- [11] 刘晓峰. 超压传递: 概念和方式[J]. 石油实验地质, 2002, 24(6): 533-535.
- [12] 徐国盛, 刘树根, 李仲东, 等. 四川盆地天然气成藏动力学[M]. 北京: 地质出版社, 2005.

## Forming Mechanism of Abnormally Overpressure in the Partial Jinzhou 27 Structure Area, Liaodong Bay

DENG Jin-hui<sup>1, 2</sup>, WU Qiang<sup>2</sup>, WEI Gang<sup>2</sup>, XU Chang-gui<sup>2</sup>, CHAI Yong-bo<sup>2</sup>

(1. School of Marine Sciences, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Tianjin Branch of CNOOC Limited, Tianjin 300452, China)

**Abstract:** The Jinzhou 27 structure area lies in the north of the Liaodong Bay nearby the Liaozhong hydrocarbon-generation over-pressured sag and has a strong charging ability. Near-source fan delta is developed in this area, and its sandstone is litharenite. There is some porosity in litharenite while permeability is comparatively bad. From the main body of the fan delta front to its distal end, permeability becomes worse with increase of shale content. Hydrocarbons made from the Liaozhong sag charged into higher positions of the structure area driven by overpressure, but the fluids in the pores could not escape freely because of bad permeability. As a result, overpressure was formed in the distal end of the fan delta reservoir.

**Key words:** Jinzhou 27 structure area; Over-pressured sag; Strong charging ability; Litharenite.