

文章编号: 0253-9985(2001)01-0026-04

苏北盆地盐城凹陷深盆地气藏

钱基¹, 金之钧², 张金川², 姜振学²

(1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 石油大学, 北京 102249)

摘要: 盐城凹陷是苏北-南黄海盆地中的一个陆上断陷。在地质历史时期, 该断陷持续沉降, 构造发育稳定, 为深盆地气藏形成提供了必要条件; 凹陷内的阜宁组、泰州组等烃源岩具有良好的生烃能力, 使得深盆地气藏的气源充足; 泰州组二段砂岩储层为孔隙度小、渗透率低的致密储层, 为深盆地气藏的形成奠定了必要的基础。盐城凹陷天然气藏具有气水倒置趋势、低异常压力与静水柱压力交替出现、含气井段长且产气量低的特征。深盆地气藏中的天然气以甲烷为主, 气源主要来自腐殖型有机质的热裂解, 深大断裂形成了该凹陷深盆地气藏的主要通道。经多条件叠合法分析, 盐城凹陷深盆地气藏发育的最有利区是南洋次凹及新洋次凹的南部。

关键词: 深盆地气藏; 气水倒置; 致密储层; 深大断裂; 盐城凹陷

第一作者简介: 钱基, 男, 46岁, 高级工程师(博士), 盆地分析、油气分布规律及勘探决策

中图分类号: TE122 **文献标识码:** A

1 概述

深盆地气藏是现今世界上最具有潜力的热点勘探类型之一^[1], 多发育在盆地构造下倾方向或致密储层下部层位的气源岩与致密储层密切相连的部位(图1)。储层的构造下倾方向或下部层位物性致密, 在不要求常规的圈闭遮挡情况下饱含天然气, 向构造上翘方向或上部层位, 储层物性虽然可能变好, 但却通过区域性气水过渡带逐渐转变为饱含水状态, 在剖面上形成了底部的致密储层含气带、中部的气水过渡带以及上部的含水带组合, 即具有通常所谓的深盆地气藏“气水倒置”现象。

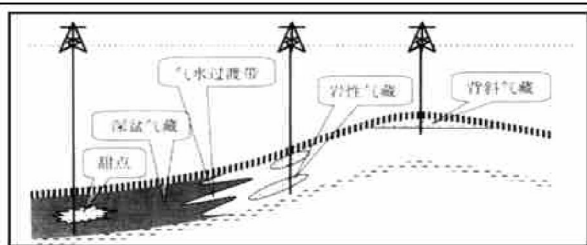


图1 深盆地气藏理想剖面示意图

Fig. 1 Sketch map of ideal profile for deep basin gas pool

深盆地气藏的形成要求有特殊的地质条件。其中最为主要的两个根本条件是: (1) 致密储层中的天

然气分布与源岩紧密相连, 为“有根”状态, 即在致密储层与源岩之间不存在起封隔分离作用的含水层, 在整体上表现为无边水和底水存在(从源岩到气层)的基本特征; (2) 储层致密(据统计, 孔隙度要求一般小于12%, 渗透率小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$), 由源岩运移来的天然气必须对地层水进行活塞式的整体排驱, 将倒置的气水界面逐渐向上推进, 直至储层物性变化的临界点。

统计研究表明^[2], 北美深盆地气藏通常出现于前陆或山间盆地之中, 存在于盆地斜坡的下倾部位、前渊中心以及构造深部位, 分别形成斜坡型、前渊型和深凹型深盆地气藏(图2)。

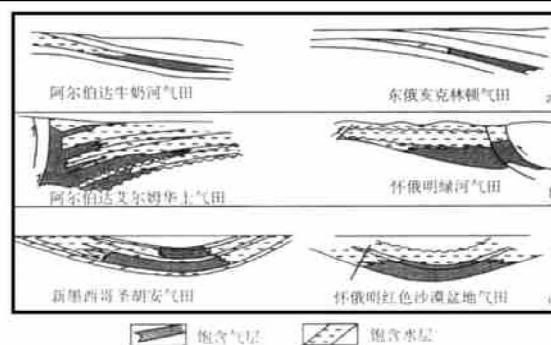


图2 北美深盆地气藏分类图

Fig. 2 Classification of deep basin gas pools in North America

a—斜坡型; b—前渊型; c—深凹型

2 成藏条件

盐城凹陷是苏北- 南黄海盆地的一个陆上断陷, 陆上部分面积约 2 100 km², 为一南断北超的箕状断陷。凹陷可进一步划分为南洋次凹、中央断隆带和新洋次凹 3 个次一级构造单元。盐城凹陷共在朱家墩构造带上钻探井 7 口, 在阜宁组一段- 浦口组均见丰富的油气显示, 其中盐参 1 井在泰州组获日产天然气 5.8 × 10⁴ m³, 盐参 1 井在阜宁组一段获日产天然气 13.6 × 10⁴ m³, 展示了盐城凹陷良好的天然气勘探前景。

(1) 盐城凹陷在地质历史中持续沉降, 构造发育稳定, 是深盆气成藏的前提条件。钻探表明, 目前的勘探层系从泰州组、阜宁组到第四系东台组, 最大沉积厚度达 5 000 m 左右。根据邻区对比^[3],

拗陷泰州组下部除存在浦口组外, 还存在中生界及古生界。

(2) 阜宁组二段、泰州组二段、浦口组及中、古生界(推断)烃源岩具有较高的生烃能力(表 1), 为深盆气藏的形成奠定了雄厚的物质基础。泰州组二段源岩为浅湖相沉积的暗色泥岩、泥灰岩, 全区分布稳定, 厚度在 100 m 左右, 有机质丰度为 0.97 %~ 2.22 %, 平均 1.08 %, 有机质类型以腐殖型为主, 次为腐殖腐泥型, R_o 最高达 1.15 %。因此, 泰州组二段源岩现为大量生烃- 高成熟阶段, 以生气为主; 浦口组目前只有 4 口井钻遇, 苏 104 井钻遇浦口组灰黑色泥岩厚度为 109 m, 苏 95 井浦口组黑色泥岩厚度为 66 m, 泥岩有机质丰度为 0.81 %~ 1.03 %, 从沉积环境和岩相组合上看, 有机质类型以腐殖型为主。

表 1 盐城凹陷各层生油岩有机质丰度值

Table 1 Organic matter abundances of source rocks in Yancheng Sag

层位	厚度/m	有机碳/ %	沥青 A/ %	总烃/ %	生烃潜量/ mg. g ⁻¹
E ₁ f ₄	100	1.53/15	0.053 8/15	0.020 6/15	4.93/13
E ₁ f ₂	200	2.35/21	0.248 3/21	0.112 6/7	8.10/16
E ₁ f ₁	300	0.38/12	0.008 2/12	0.005 7/6	0.23/8
K ₂ t ₂	100	1.08/42	0.038 1/22	0.035 0/14	0.68/39
K ₂ p	66~ 100	0.03~ 1.08	0.001 33~ 0.084 8	0.004~ 0.028 8	未分析

注: 表中分母代表样品数

(3) 致密储层的存在为深盆气藏形成提供了必要条件。阜宁组一段储层砂岩主要发育在底部, 处于晚成岩 A 期。砂岩孔隙度最大达 19.8 %, 平均 15.3 %; 渗透率最大为 642.5 × 10⁻³ μm², 平均 111.8 × 10⁻³ μm², 属中孔中渗砂岩; 泰州组二段储层已接近晚成岩作用的 B 期, 砂岩实测孔隙度为 1.6 %~ 6.1 %, 平均 4.8 %, 渗透率小于 1 × 10⁻³ μm², 属于低孔、低渗砂岩储层(图 3)。

3 成藏特征

(1) 盐城凹陷阜宁组以下层位的储层一般为致密状, 符合深盆气成藏的储层条件。纵向上, 泰州组二段具备深盆气藏所要求的“瓶颈”条件(图 4)。

(2) 盐参 1 井阜宁组一段(3 766.0 ~ 3 782.0 m)日产气 13.6 × 10⁴ m³, 凝析油 4.88 m³, 而泰州组(4 027.75~ 4 049.70 m)只产少量气和水; 盐城 1 井泰州组 3 788.0~ 3 983.0 m 井段 5 层合试日产气 5.8 × 10⁴ m³, 同时产水 79.1 m³, 由此可以看出, 泰州组含气井段长, 但产量相对较低, 表现为深盆气藏的含油气特征。

(3) 盐城凹陷已发现的朱家墩气藏具有低异常压力系数特征。阜宁组一段气藏的储层物性为中孔中渗, 具有正常压力(如盐参 1 井阜宁组一段气藏压力系数为 1)且产量较高, 属于常规气藏; 泰州组储层致密, 地层实测压力系数一般在 0.918 5~ 0.998 2 之间; 泰州组气藏压力系数为 0.918; 盐城 1 井泰州组压力系数为 0.93, 属于低压异常。虽然压力异常幅度较低, 但出现了表示深盆气藏特征的

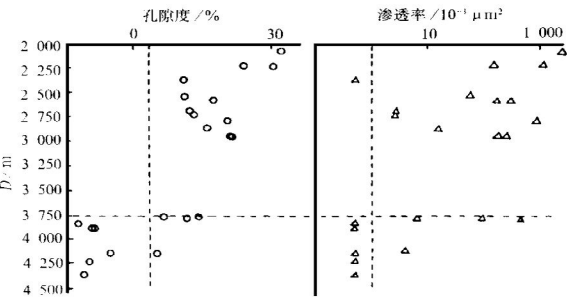


图 3 盐参 1 井物性特征剖面图

Fig. 3 Profile of physical property in Yancan- 1 Well

(横虚线为阜宁组一段与泰州组分界线, 线上的数值异常与玄武岩有关)

地层压力与静水柱压力的交会特征, 深盆气藏的发 育深度为 3 770 m(图 5)。

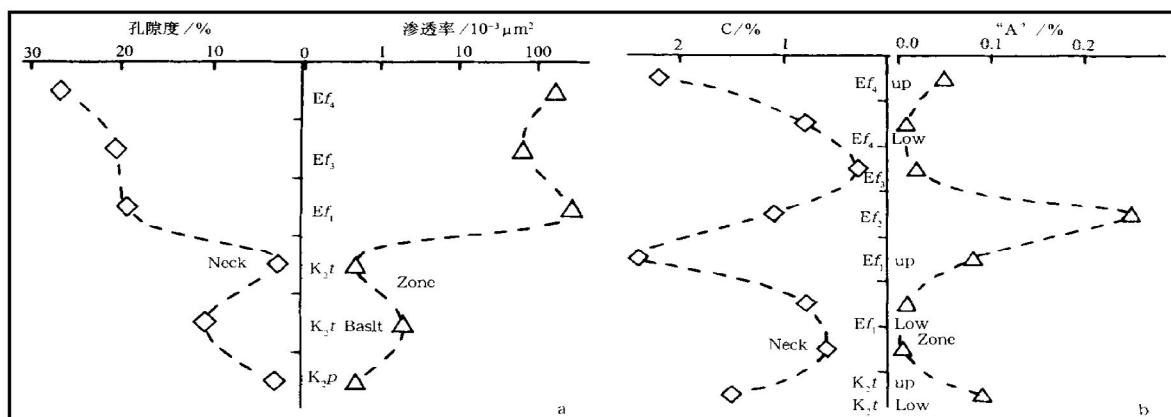


图 4 盐城凹陷某井不同层位物性(a)和有机质丰度(b)瓶颈图

Fig. 4 Bottleneck map showing physical property(a) and organic matter abundances(b) of different horizons in a certain well of Yancheng sag (各层位的数值变化无深度概念)

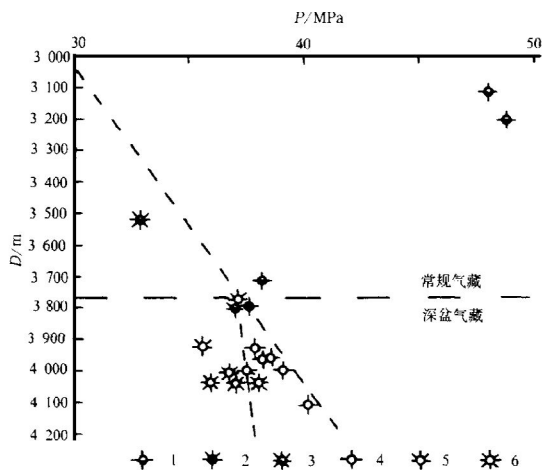


图 5 盐城凹陷异常地层压力特征

Fig. 5 Characteristics of abnormal formation pressure in Yancheng Sag

1—YcH1E_{if}; 2—YcH1K_{2t}; 3—XcH1E_{if}—K_{2t};
4—XcH1K_{2t}; 5—Yc1E_{if}; 6—Yc1K_{2t}

(4) 几口探井天然气主要成分均为 CH₄, 含量稳定, 干燥系数为 17.58~50.44, 均表明为干气型气藏。盐参 1 井和盐城 1 井天然气碳同位素特征一致, 且具有 $\delta^{13}\text{C}_1 < \delta^{13}\text{C}_2 < \delta^{13}\text{C}_3 < \delta^{13}\text{C}_4$ 正常同位素分布特征, 表明天然气为正常热裂解成因, 根据 $\delta^{13}\text{C}$ 同位素判断, 朱家墩构造上的天然气来源于腐殖型有机质, 具有煤成烃和混源的特征, 即深盆气的成藏受多种源岩条件控制, 断裂在深盆气成藏过程中起到了关键作用(图 6)。盐城凹陷及周缘钻探揭示, 下伏浦口组及中、古生界均存在气源岩条件, 因此, 下伏浦口组及中、古生界气源岩生成的天然气可通过盐城凹陷深大断裂向上运移, 进入泰州组致密储层形成深盆气藏。

(5) 多控制因素相互匹配的叠合分析表明, 盐城凹陷深盆气藏发育的最有利区带为南洋次凹及

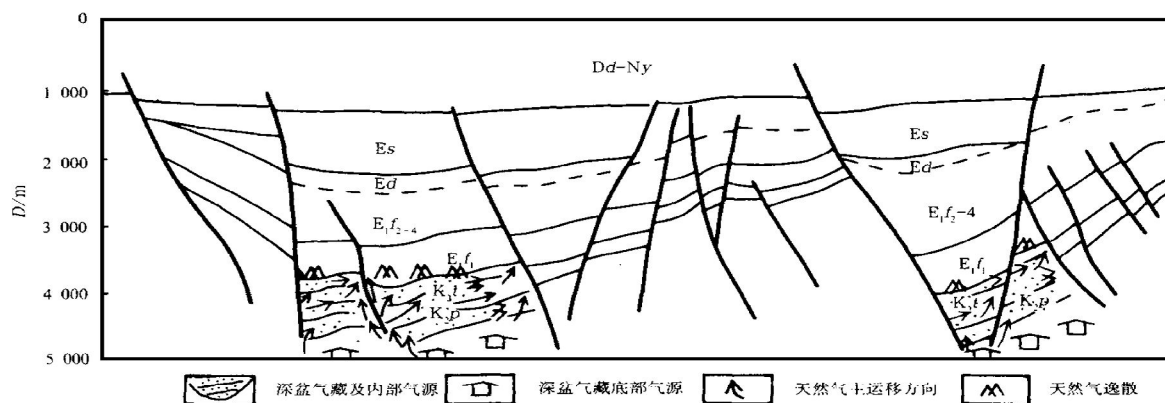


图 6 盐城凹陷(NY80)深盆气藏模式示意图

Fig. 6 Sketch map of deep basin gas pools in Yancheng Sag(NY80)

新洋次凹的南侧(图 7)。

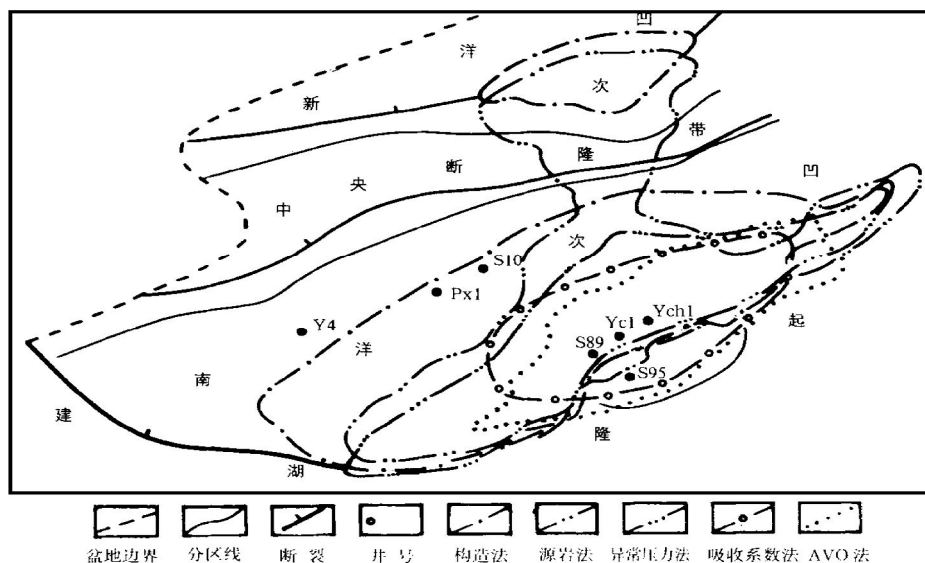


图 7 盐城凹陷泰州组深盆气分布预测图

Fig. 7 Prediction of deep basin gas in Taizhou Formation in Yancheng Sag

4 结论

(1) 苏北盆地盐城凹陷构造稳定、气源丰富, 泰州组及其下伏层位储层致密、含气层段长、地层压力表现为低异常并出现与静水柱的交会特征, 为典型的深盆气成藏类型, 深盆气藏发育的顶界深度在 3 770 m 以下。

(2) 盐城凹陷深盆气藏具有多气源特征, 泰州组天然气既有下伏泰州组源岩供给的天然气, 也有深源供给的天然气。深盆气的成藏受断裂作用控

制明显, 与北美典型的深盆气成藏模式存在较大差异。

参 考 文 献

- 1 Shirley K. Rocky Mountain success, global potential-new strategy aids deep gas hunt[J]. Explorer, 1999, 5: 8~ 13
- 2 金之钧, 张金川. 深盆气藏及其勘探对策[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(1): 4~ 5
- 3 钱基. 苏北盆地油气田的形成与分布特征[J]. 石油大学学报, 2000, 24(4): 21~ 25

GAS POOLS OF DEEP BASIN IN YANCHENG SAG, SUBEI BASIN

Qian Ji¹ Jin Zhijun² Zhang Jinchuan² Jiang Zhenxue²

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, China Petroleum & Chemical Corporation, Beijing; 2. Petroleum University, Beijing)

Abstract: Yancheng Sag is a continental fault-sag situated in Subei-South Yellow Sea Basin. The sag continuously subsided and developed steady, this laid foundation for the deep pool formation; the Funing and Taizhou Formations possessed favourable hydrocarbon generation ability, the second member dense sandstone reservoir of the Taizhou Formation was characterized by low porosity and permeability, both of them provided necessary condition for the pool formation. Yancheng natural gas pools have the tendency of gas and water upside down, and are characterized by alternate low abnormal pressure and hydrostatic pressure, long well section and low gas production rate. The gas is mainly methane derived from pyrolysis of humic organic matter. The deep faults and fractures act as the passages. The most favourable areas are Nanyang and Xinyang subsags.

Key Words: deep basin gas pool; gas-water upside down; dense reservoir; deep fracture; Yancheng Sag