

古构造对新场气田沙溪庙气藏的奠基作用*

黎邦荣 黎从军 徐炳高

(中国新星石油公司西南石油局研究院, 四川成都 610059)

新场气田沙溪庙气藏现今的产气井全部落在古构造范围内, 说明古构造对气藏分布范围和边界有明显的控制作用。从构造低部位到高部位, 天然气中甲烷含量、重烃含量、干燥系数、 ΔR_3 值以及 CO_2 和 H_2S 含量均呈现规律性变化, 说明古构造对天然气的运移方向也有很强的控制作用。今构造对古构造虽有较强的破坏作用, 但基本上没有改变天然气的分布格局, 对天然气的控制作用不明显, 仅在局部地区(古今构造高点叠合部位)有所反映。

关键词 古构造 新场气田 奠基作用 运移聚集

第一作者简介 黎邦荣 男 61 岁 优秀高级工程师 石油地质

1 古构造控制气藏的边界

1.1 古构造面貌

利用新场气田钻及沙溪庙组的 25 口钻井资料厘定出各井上侏罗统区域标准层——景福院页岩至沙溪庙组顶面的厚度, 拟编成新场构造蓬莱镇期(晚期)沙溪庙组顶面古埋深图(图 1)。

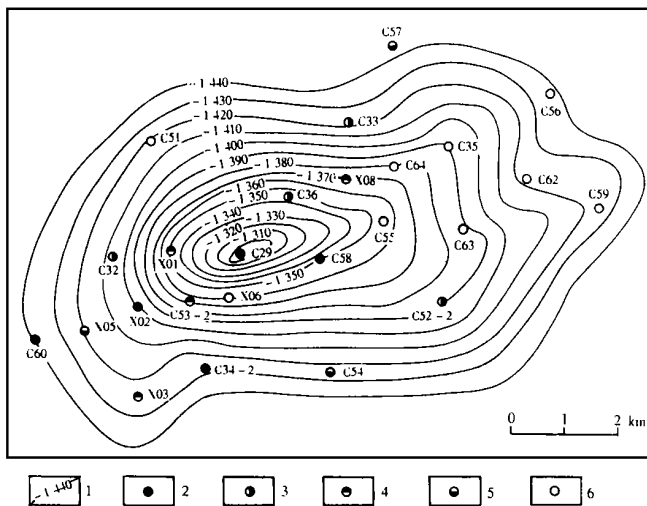


图 1 新场构造蓬莱镇晚期

J_2s 顶面古埋深图

1—古埋深等值线/m;

2—工业气井;

3—气流井;

4—低产气流井;

5—产气井;

6— J_2s 未测试井

* 本文是“八五”科技攻关项目“四川盆地西部碎屑岩领域天然气富集规律及大中型气田预测与评价”(85-102-07-02)的成果之一

收稿日期: 1998-09-22

图 1 清晰显示出, 在燕山中期, 沙溪庙组已成型为一个较完整的、近似穹隆状的短轴背斜, 走向 NEE, 长约 11 km, 宽约 5.5 km, 闭合面积 60.5 km^2 左右, 闭合高 140 m, 构造高点位于新场镇北约 2 km。构造东部平缓, 地层倾角仅 $1^{\circ}15'$, 南翼和北翼倾角较大, 皆为 $3^{\circ}12'$, 西翼倾角约 2° 。

1.2 古构造与产气井的关系

从图 1 上可以看到, 目前所有的产气井均在古构造圈闭范围之内。位于圈闭外边缘的井(如北缘的 C57 井)含气少而产水(测试产气 $826\text{ m}^3/\text{d}$, 产水 $0.34\text{ m}^3/\text{d}$); 圈闭内的井只产油气, 却不产水。测试产能相对最高($> 2 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)的 5 口工业气井有 3 口在构造较高部位, 其中产能最高($5.86 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)的 C29 井恰处于构造最高部位。

须特别指出的是: 沙溪庙组气层的含气丰度并不完全遵循构造控制规律。例如日产气超过 $2 \times 10^4\text{ m}^3$ 的工业气层, 在构造的高、中、低部位均存在(如 C29, X02 和 C60 井); 产能低的产层亦然(如 C58, X01, X05, C54 等井)。这一客观事实表明古构造并不能完全控制高产井的分布。这一点也是意料之中的事, 因为油气富集部位是多种因素联合作用的结果, 除构造条件外, 还有储集、运移、遮挡、保存等条件的影响, 所以单一的古构造是绝不可能完全控制的。对新场气田来说, 可能主要受储层的非均质性所制约。

我们认为古构造在天然气成藏过程中的控制作用, 主要体现在宏观上指明了气运移聚集的方向及气藏基本的含气范围两个方面, 即对气藏的形成起奠基的作用。

2 今构造对气藏无明显控制作用

2.1 今构造面貌

我们同样依据 25 口钻井资料, 拟编了新场构造沙溪庙组顶面构造图(图 2)。它是按各井

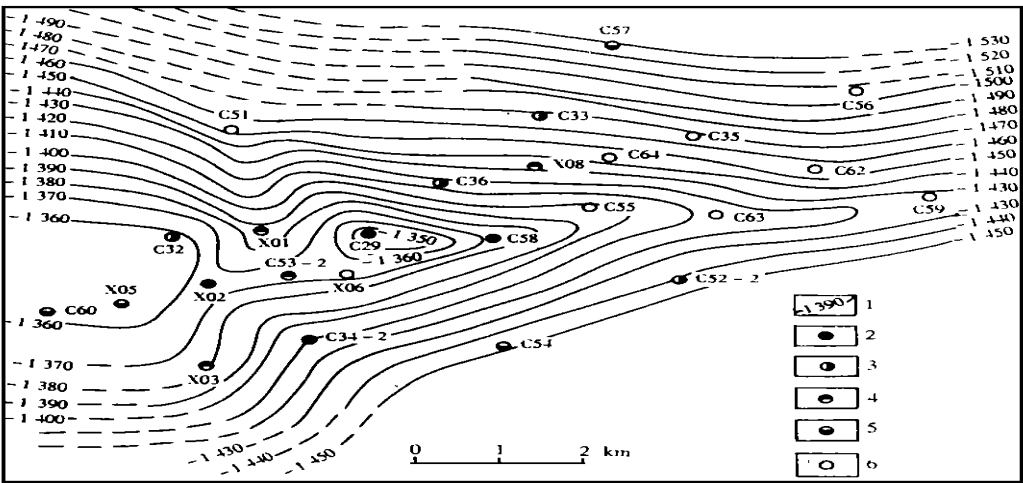


图 2 新场构造 J_{2s} 顶面构造图

1—构造等值线/m; 2—工业气井; 3—气流井; 4—低产气流井; 5—产气井; 6—J_{2s} 未测试井

厘定后的沙溪庙组顶的井深减去各井口标高编制的, 完全真实地反映了现今的构造面貌。今构造为一向近东方向缓倾的鼻状低隆, 隆高约 10 m, 东倾坡度很小, 只 $0^{\circ}48'$ 左右。鼻隆北翼倾角 $2^{\circ}35'$, 南翼倾角 $2^{\circ}44'$, 呈一“倒帚”形(东部帚柄低, 西部帚底高), 自西向东逐渐收敛。

2.2 晚期构造运动的改造

晚期(专指喜马拉雅期)构造运动对燕山中期古构造的改造是十分强烈和醒目的。从图2和图1的对比中,已清晰反映出构造面貌的巨大变化,西半部整体抬升,形成新的隆起高点(鼻状隆起的鼻根);东半部被压缩,并向东收敛变窄,整体呈现为向东非常平缓倾伏的鼻状构造。

2.3 今构造的高点不是天然气的主要富集区

前已述及,经历晚期构造运动后,早期(指燕山期)的构造面貌已发生巨大变化,在一般情况下势必引起油气的再次移聚形成新的油气布局,可是沙溪庙组气层看不到这种明显的迹象,其依据是原构造的西部,现今的鼻根高部位并不是天然气的高产区,如C60, X05井测试产量均低于 $1.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,较之位于鼻翼的、高度比它们低50 m的C34-2井产量($4.01 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)小得多。诚然,仅凭这点完全否定现今构造的控气作用是不够充分和令人信服的,因为现有资料和研究认识表明,沙溪庙组气藏的含气丰度(或产能)与储气砂体的厚度、物性、个数及流体压力等关系最为密切,而且含气砂体间常互不连通,自成独立压力系统(以C29, X03井产层最典型)。出现这种状况的原因,初步认为系由于燕山晚期成岩作用的不均一性,使大多数含气砂体四周的地层高度致密,形成对油气的成岩圈闭。这种圈闭类型的气藏,若没有相当强度的构造应力是很难导致天然气的再次运移。喜山运动在本区虽然有较强的表现,但其构造应力强度尚未达到使沙溪庙组发生断裂或大量裂缝的程度,这从沙溪庙组储层的裂缝普遍不发育,特别是高角度的构造缝罕见足以得到证明。因此,现今构造对油气移聚的影响甚微,可能仅在局部地区有一定程度的波及(例如C58, C60井)。

3 古、今构造叠合的高点是油气最富集的部位之一

位于古、今构造高点的C29井是目前沙溪庙组天然气产能最高的工业气井,自然测试无阻流量达 $7.911 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,比C34-2和X02两口工业气井的自然产能高1~2倍,比其它产气井则高数至数十倍。这明显反映出古今构造叠合的高部位对油气富集的控制作用,即是说继承性隆起的高部位仍然是油气富集最有利部位之一。这主要是因为晚期构造运动对早期构造的高点不仅没有改造破坏而且有所加强,致使其自始至终都是油气移聚的指向地区。

4 天然气组分变化与古构造的关系

为了探索古构造与天然气运移聚集的关系,特选择了自构造高部位至低部位的C29 $\rightarrow$ C36 $\rightarrow$ C33 $\rightarrow$ C57四口井及C29井高点西面的C32, C60井和南面的C34-2, C54井(图1),对沙溪庙组的天然气组分进行了统计和分析,提取其中可以反映运移方向的信息,编制了新场气田天然气组分所示气体运移指向图(图3)。从图3可清晰地看到,天然气组分的变化与新场燕山中期时的古构造形态有较密切关系。

(1) 构造高部位甲烷含量比低部位明显增高,如构造最高点的C29井和构造顶部的C36井,其含量均大于97.4%,而构造翼部的井,一般只94%左右。

(2) 重烃(C_2^+)含量与甲烷含量恰相反,构造高处均小于2%,而构造低部位均大于3.7%。

(3) 干燥系数(C_1/C_2^+)的变化趋势与甲烷含量一致,构造顶部均大于55,其中C29井竟高达114.24,构造翼部均小于30。

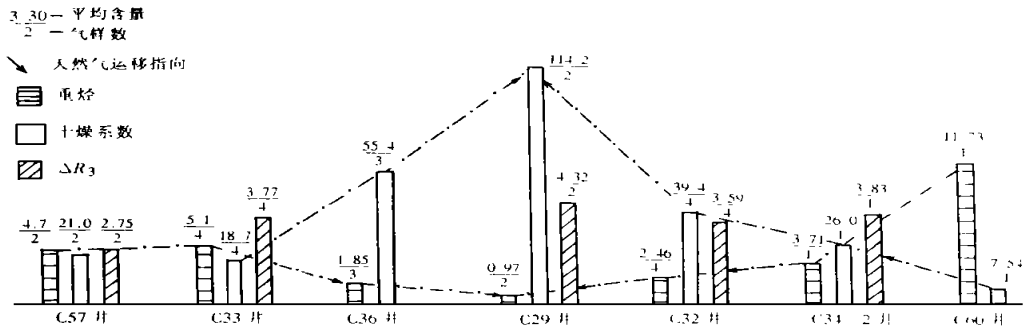


图 3 新场构造 J_{2s} 气藏天然气组分所示气体运移指向图

(4) ΔR_3 值* 随天然气的运移, 其组分中 iC_4 与 nC_4 和 iC_4 与 C_3 的比值发生有序的变化。自构造北翼边部的 C57 井至翼部的 C33 井, 及至顶部的 C29 井, ΔR_3 值由 2.745 $\rightarrow$ 3.767 $\rightarrow$ 4.322。

以上 4 项数据都一致地反映出天然气自古构造的翼部向顶部运移的特征, 特别是北翼更加明显。

除上述 4 项资料之外, 天然气中 CO_2 和 H_2S 的含量变化也能窥见到一些天然气运移指向的迹象。据图 3 所示, 古构造顶部的天然气不含 CO_2 (如 C29, C36 井), 而翼部则含 CO_2 , 且具古构造部位越低其含量相对越高的趋势, 如 C33 井 $\rightarrow$ C34 - 2 $\rightarrow$ C60 井 $\rightarrow$ C57 井, CO_2 含量由 0.0069 $\%$ $\rightarrow$ 0.0298 $\%$ $\rightarrow$ 0.0324 $\%$ $\rightarrow$ 0.3600 $\%$ 。 H_2S 的含量也大体有与 CO_2 相同的变化趋势, 如构造高点的 C29 井 H_2S 很少, 只 0.0040 $\%$, 而西翼边部的 C60 井增大为 0.0060 $\%$ 。

CO_2 和 H_2S 的上述变化趋势, 初步分析认为可能系以下原因引起的。根据目前对川西地质情况的了解及侏罗系气藏成藏机制的认识, 沙溪庙组气藏中 H_2S 的主要来源有两个途径: 一是先天的, 即三叠系须家河组母源气中的; 一是后天的, 即天然气在聚集过程中新产生的。前者在漫长的运移途中, 可能已消失殆尽。后者主要为天然气直接与溶于地层水中的硫酸盐作用, 使硫酸盐转变成碳酸盐及生成 H_2S 。其化学反应式为: $C_3H_8 + 2Na_2SO_4 \rightarrow 2Na_2S + 3CO_2 + 2H_2O + 2H_2 \uparrow$, 进一步反应 $Na_2S + CO_2 + H_2O \rightarrow Na_2CO_3 + H_2S \uparrow$ 。当饱含天然气的地层水在沙溪庙组砂层内, 因温、压降低, 天然气脱溶出来后, 必然向低势区 (通常为构造的高部位) 运移, 这是一个连续不断的过程, 直至气体全部从水中脱出时或低于水对气的溶解度时或地质条件发生改变 (如构造再次下沉) 使水的含气饱和度低于其脱溶的临界值时, 此过程才告结束。由此可见, 构造顶部聚集的天然气, 除自身脱溶的部分外, 就是最早脱溶运移而来的部分, 它们要么未与地层水接触, 要么只有相对短暂的接触, 因此, 生成的 H_2S 很少, 而少量的 CO_2 在与硫化物和水作用, 产生 H_2S 的过程中, 已全部 (或近全部) 转变成碳酸盐了, 故天然气中不存在 CO_2 的组分。构造翼部和低部位脱溶出的游离气在其运移聚集过程中, 因受到高部位气体所排驱的水的阻力, 移聚速度较慢, 由于游离气与水中的弥散气有保持动态平衡的关系, 致使其与地层水的硫酸盐有较长时间的直接接触, 所以它们比构造高部位生成较多 H_2S 和 CO_2 。随

* 黎邦荣, 陈发景, 王燮培, 等. 新疆塔里木盆地北部构造条件、圈闭类型及油气成藏模式研究 (85-101-04-02). 地质矿产部西北石油地质局地质大队, 1995

着所处的位置越低,游离气与弥散气的平衡过程也越长,气水接触时间也相应增加,所以 H_2S 和 CO_2 含量也就越高。

通过上面的分析,可以看出 H_2S 和 CO_2 含量变化也可以大体显示天然气运移的指向,即从其高含量向低含量方向运移。但是,这种运移指向只表示一个总的趋势,不是绝对的,还必须结合其他资料进行综合分析判断才可能完全符合实际。因为,地层水中硫酸盐含量与岩性关系密切,构造不同部位存在岩性差异时,其天然气中的 H_2S 和 CO_2 含量就会发生异常变化。又如后期构造变动,局部聚集的天然气,再次运移聚集,也可能引起 H_2S 和 CO_2 含量的变化,例如 C32 井原处在古构造西翼,位置高于北翼的 C33 井和南翼的 C34-2 井,但 H_2S 含量反比这 2 口井高出 26.1%,这可能就是因晚期构造运动使其成为现今构造的顶部,导致含 H_2S 较高天然气再次运移聚集到此的结果。

综上所述,古构造对天然气的运移聚集及富集成藏具有不可忽视的奠基作用,因此,搞清古构造的区域格局及其演化,对找准油气后备基地目标有着十分重要的指导意义。

致谢: 本文承蒙杨克明总工程师、安凤山优秀高级工程师指导,谨此致谢。

LAYING A FOUNDATION FOR SHAXIMIAO GAS POOLS IN XINCHANG GASFIELD BY PALEOSTRUCTURES

Li Bangrong Li Congjun Xu Binggao

(Research Institute, Southwest Bureau of Petroleum, CNSPC, Chengdu, Sichuan)

Abstract

Gas producing wells in Shaximiao gas pools, Xinchang Gasfields are all located in the extent of paleostructures, which indicates that the paleostructures laid a foundation for the distribution and the boundary of the gas pools. From lower to higher positions, the contents of methane, heavy HC, CO_2 and H_2S , the dry index, ΔR_3 value of natural gas all change regularly. This shows that the paleostructures have controlled over the migration of gas. Recent structures may have considerable destructiveness, but they cannot change the distribution pattern. Their control over gas pools is restricted in the superposed positions of the paleostructures with recent structures.