

文章编号: 1001-6112(1999)-02-0128-04

# 浅析川西坳陷燕山中、晚期构造圈闭的有效性

岳东明 王 信

(中国新星石油公司西南石油局研究院, 四川成都 610081)

摘要: 川西坳陷致密砂岩领域, 蕴藏有丰富的天然气资源。勘探表明:  $K_1 - T_{3x}^2$  有 16 套含气组合的 40 个气层, 埋深 200 ~ 4500m。气层错落叠置, 连片成带, 其空间展布显示出了燕山中、晚期构造的关键作用。究其原因, 是燕山中、晚期为川西坳陷主力烃源岩的生气高峰期, 大多数砂岩储层尚未致密仍处于有效聚集孔隙阶段, 致使当时的正向构造带成为主要的油气聚集带。因此, 川西坳陷勘探进程中, 应加强燕山中、晚期构造圈闭的研究。

关键词: 燕山中、晚期; 构造圈闭; 川西坳陷

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

川西坳陷系四川盆地西部自晚三叠世以来相对沉降地带, 大致为白垩系分布的范围。该区沉积厚度大, 资源量丰富, 据目前测算约有  $7000 \times 10^8 m^3 \sim 15000 \times 10^8 m^3$ 。历年来的勘探已发现了中坝、新场、孝良等 9 个大、中型气田, 探明加控制储量仅约  $1200 \times 10^8 m^3$ 。按北美致密化砂岩可采天然气量与资源量比值 0.47, 估算出该区的可采资源量  $3290 \times 10^8 m^3 \sim 7050 \times 10^8 m^3$ , 还有  $2090 \times 10^8 m^3 \sim 5850 \times 10^8 m^3$  的天然气资源量尚待勘探。近年来的勘探证实: 川西坳陷气藏极为复杂, 依靠寻找构造高部位和有利沉积相带, 加以各种油气响应模式, 虽能一定程度地提高钻井命中率, 但如果加以古构造圈闭的研究, 相信更能提高勘探效益, 获得更多的天然气资源。

## 1 古构造圈闭的提出

在常规的天然气圈闭中, 由于储层未致密, 天然气分子由于在水中的巨大浮力作用, 向构造的高部位运移、聚集, 因此, 常规气藏具有明显的气水界面。川西坳陷各主要砂岩储层在喜山期前已致密或超致密, 低渗透储层使天然气不能单靠浮力运移, 除非断裂和裂缝的输导, 否则难以成藏。因此, 川西坳陷的构造圈闭只能属于次要地位, 这为寻找致密砂岩含气盆地的古构造圈闭提供了理论依据。

威逊逊(Willson, 1975, 1977)曾提出, 如果油气运移是早期的, 而且发生在储层翘起或褶皱之前, 那就有必要查明是否存在成岩圈闭的可能性, 这就喻

表 1  $T_3-J_1$  烃源岩主要阶段生气量

Table 1 Gas-generating amount in the major stages of  $T_3-J_1$  hydrocarbon source rock

地 史 时 期	$T_{3x}$ 末	$J_1$ 末	$J_3$ 末	$K_1$ 末	E 末
天然气生成量 ( $10^{12} m^3$ )	50	70	242	50	20
累积生气量占总生气量的比例 (%)	11.5	27.7	83.8	95.3	100

收稿日期: 1998-10-30; 修订日期: 1999-3-21

基金项目: 国家“九五”科技攻关课题(96-110-03-01-03)

作者简介: 岳东明(1964-), 男(汉族), 四川南江人, 工程师, 石油地质专业

示了古构造的关键作用。据“八五”国家科技攻关计算表明川西坳陷主力烃源的生气高峰期是燕山中、晚期(表 1), 而川西坳陷的构造圈闭主要形成于喜山期, 错过了油气生成高峰期, 早期生成的天然气已聚集成藏, 且因储层致密, 难以运移到新的构造圈闭内聚集成藏。构造圈闭非断裂输导油气, 难以有效聚集油气成藏。相反, 燕山中、晚期构造圈闭内的气藏恰因储层致密, 和无区域性的断裂破坏而能较好地保持在原圈闭范围内, 尽管原常规圈闭已演变为非常规圈闭。由此表明川西坳陷具备寻找古构造圈闭的油气地质条件。如川西北九龙山气田、汉王场构造、新场  $J_{2s}$  组气藏、合兴场  $T_{3x}^2$  气藏等工业气井的分布大多偏离今构造的高部位, 背斜高部位却钻遇一批水井或干井, 说明今构造未有效控气。相反, 所钻获的工业气井却大多分布于燕山期构造的高部位(即侏罗系地层厚度减薄带), 其含气范围明显受控于古构造。

## 2 古构造圈闭的有效性

决定圈闭有效性的因素包括圈闭形成的时期、圈闭规模、圈闭所处位置、圈闭的气源及圈闭的演化等, 对川西坳陷致密含气盆地而言, 我们认为圈闭形成的地史时期是决定圈闭有效与否的首要因素, 即圈闭的适时性首先决定圈闭的有效性。因为适时性是指圈闭有效聚集孔隙期适时于油气生成高峰期, 由此决定了适时圈闭能高效聚集油气, 而非适时圈

闭因储层致密无足够的天然气充注, 难高效聚集油气成藏, 大多为无效或低效圈闭。因此, 本文分析川西坳陷燕山中、晚期构造圈闭的有效性重点是分析其适时性。

前已述及, 燕山中、晚期是川西坳陷主力烃源岩的油气生成高峰期, 要判别燕山中、晚期川西坳陷构造圈闭的适时性与否, 只需分析该构造圈闭是否具备有效聚集孔隙条件。

“八五”国家科技攻关应用川西坳陷有关地化、地层、实验分析等成果资料和川合 100 井的回剥分析数据, 编制了川西坳陷天然气生成与致密化进程比较图(安风山, 1997), 据此图可推测川西坳陷各主要含气层圈闭的有效聚集孔隙期。如沙溪庙组  $T_{3x}^2$  砂岩孔隙度丧失率为 70%, 按砂岩初始孔隙度 36.5% 计算, 丧失孔隙度约为 25%, 即沙溪庙组沉积末  $T_{3x}^2$  砂岩孔隙度约 12%。按国际通用的孔隙度低于 10% ~ 12% 为致密岩石, 表明该期  $T_{3x}^2$  砂岩尚未完全致密,  $T_{3x}^2$  砂岩尚处于有效聚集孔隙阶段。至  $K_1$  末,  $T_{3x}^2$  砂岩孔隙度丧失率达到 87%, 仅存有约 4% 的孔隙度, 油气难以在其内运移, 为低效聚集孔隙阶段。依此大致确定出其他主要含气层系圈闭的有效聚集孔隙为:

- 须家河组二段( $T_{3x}^2$ ),  $T_{3x}^2 - J_{2s}$ ;
- 须家河组四段( $T_{3x}^4$ ),  $T_{3x}^2 - J_{3sn}$ ;
- 上沙溪庙组( $J_{2s}$ ),  $J_{2s} - J_{3p}$ ;
- 蓬莱镇组( $J_{3p}$ ),  $J_{3p} - Q$ ;
- 下白垩统( $K_1$ ),  $K_1 - Q$ 。

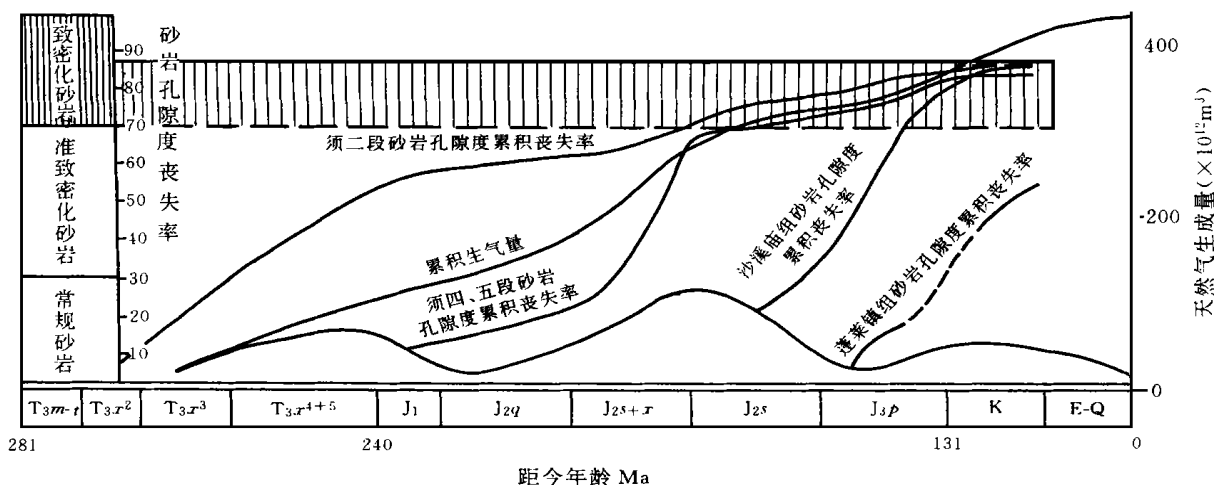


图 1 川西坳陷天然气生成与砂岩致密性进程比较图

Fig. 1 Process of natural gas generation compared with that of sandstone compaction in the West Sichuan Depression

以上表明燕山中、晚期  $T_{3x}^2 - K_1$  层系里的构造圈闭均具适时性, 大多为有效圈闭。由于燕山中、晚期的构造圈闭经历了喜山期的演化, 其有效性能否保持直接影响到古构造圈闭的勘探效益。因此, 本文还需分析构造活动、气藏埋深、油气散失等因素对圈闭有效性的影响。

人们往往易于认为天然气分子小, 活动能力强、散失程度高、早期气藏难以保存。由此认为, 气田规模越大, 只能是气田形成时间越晚, 或天然气的补给运移正在进行。然而, 据 D. Leythaeuser 与 B. M. Krooss 合作研究并计算出的荷兰哈宁根气田的油气半衰期是 69.9~81.2Ma 年(樊太亮译, 1992), 表明油气有较长的保存期, 而非人们易于认为的高油气散失。同荷兰哈宁根气田比较, 川西坳陷各圈闭层的上覆厚度远大于哈宁根气田的上覆层厚度(500m $\pm$ ), 加之岩石的致密补充封盖油气作用, 油气散失的半衰期应更长, 另外, 川西坳陷受印度板块的俯冲, 仍处于隆升阶段, 脱落、脱附作用产生的游离气仍不断补给气藏。因此, 这些因素均有利于早期气藏的保持。

气藏随埋深加大到一定程度后, 随着地层压力的递增, 天然气开始“回溶”于地层水中。当  $R_0$  值超过 2.75% 后, 含气盆地由退解阶段进入变质阶段, 甲烷气渐进消亡, 气藏被破坏。据测试, 川西坳陷的  $R_0$  值均未超过 2.4%, 目前尚处于干气生成阶段。所以古圈闭的有效性尚不致因埋深大而被破坏。

各期构造活动对川西坳陷的主要油气聚集带无大的破坏作用。相反, 正是由于这些构造活动, 致使川西坳陷隆起带持续隆升, 水溶气不断脱溶产生游离气, 加之深部的游离气沿深大断裂向浅层运移, 不仅有利于浅部气藏形成, 而且不断充注早期气藏, 有助于早期圈闭有效性的保持。当然不排除隆升所致的地层剥蚀造成天然气散失和近地表断层的散失油气的破坏性, 但这些因素仅是局部的, 非区域性的。

上述有效性要素分析表明, 燕山中、晚期川西坳陷形成的构造圈闭大多有效, 只要无断层破坏, 古构造圈闭应是川西坳陷重要的圈闭类型, 加速这类圈闭的勘探将有助于天然气资源的充分利用。

### 3 孝泉 $J_{2s}$ 气藏圈闭有效性分析

孝泉气田位于四川省德阳市境内, 区域构造位置为川西坳陷绵竹—盐亭隆起带, 该气田发育闭合

高度为 65m、闭合面积为 27km<sup>2</sup> 的喜山期背斜。沙溪庙组气藏是孝泉气田的主力气藏, 由多个互不连通、自成压力体系的储集体组成。

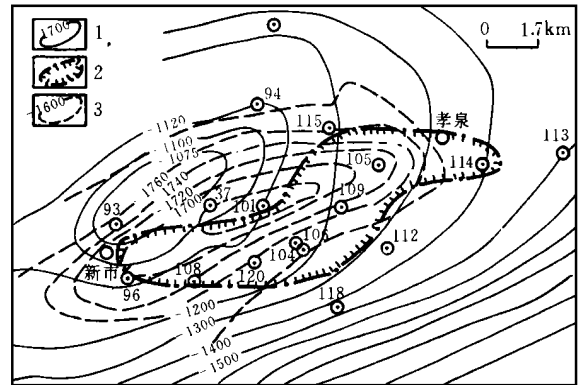


图 2 川西孝泉气田上沙溪庙气藏产能与构造关系图

1. 今构造等值线; 2. 产能范围; 3.  $K_1$  末  $J_{2s}$  构造

Fig. 2 Relationship between producibility

and tectonics for the Upper Shaximiao gas pools in the

Xiaquan gas field, West Sichuan

通过利用钻井地层厚度编制地层厚度叠加图作构造演化分析, 发现孝泉地区  $J_{2s}$  组在  $J_{3sn}$  组沉积末无完整的背斜, 在蓬莱镇组沉积末发育了一个完整的 NE 向长轴背斜, 该背斜高点位于孝泉齐福南的川孝 101 井区, 闭合高约 60m(图 2)。至  $K_1$  末, 背斜的闭合范围进一步扩大, 隆起幅度增大到约 170m。表明孝泉地区  $J_{2s}$  组在油气生成高峰期发育有构造圈闭, 因其处于有效聚集孔隙期而能高效聚集油气成藏。此气藏的天然气因储层致密化“冻结”油气的的作用而难以向喜山期背斜的高部位运移, 而保留于原背斜闭合范围内; 另一方面, 由于气、水抗机械压实和化学溶蚀能力的差异所致的差异成岩作用, 储层向储集体演化, 原常规圈闭的层型气藏向非常规圈闭的储集体型气藏演化, 但原气藏的实质仍可保留, 也就是说常规古构造圈闭的有效性仍可保持。今背斜轴部及北西翼未获工业气井, 而燕山期背斜范围内能钻获工业气井的勘探事实则较好地反映出古构造圈闭的有效控气性。

## 4 结 论

燕山中、晚期既是川西坳陷天然气生成高峰期, 又是该坳陷陆相碎屑岩领域圈闭的有效聚集孔隙期, 该期的构造圈闭大多有效, 且这些圈闭的有效性

在后期演化中能较好的保持。因此,川西坳陷后期勘探,除继续寻找现有圈闭目标外,还应加强隐蔽性较强的、非常规的古构造圈闭的勘探研究,尤其是对燕山中、晚期的构造圈闭进行重点研究和勘探,这将有助于油气资源开发利用的扩大化和快速化。

#### 参 考 文 献

- 1 周文. 川西汉王场香二成岩圈闭气藏研究. 天然气工业, 1991, (2)
- 2 Krooss B M et al. 樊太亮译. 穿过天然气藏盖层的扩散烃损失的量化一再评价. 油气地质译丛, 1992, (4)

## SIMPLE ANALYSIS ON THE EFFECTIVENESS OF THE MIDDLE AND LATE YANSHANIAN TECTONIC TRAPS IN THE WEST SICHUAN DEPRESSION

YUE Dongming WANG Xin

(Research Institute of Southwest Petroleum Bureau, CN SPC, Chengdu, Sichuan 610081, China)

#### Abstract

The tight sandstone tracts of the West Sichuan Depression are rich in natural gas resources. Exploration reveals that there are 16 sets of gas-bearing assemblages composed of 40 gas layers in  $K_1-T_3x^2$  formations at the depth from 200m to 4500m. The gas layers are scattered and overlapped, and connect into zones. Their space distribution shows the key effect of the Middle and Late Yanshanian tectonics. As the Middle and Late Yanshanian periods were peak time of gas generation from major hydrocarbon source rock in the West Sichuan Depression and most sandstone reservoirs had not been compacted yet and still remained in the porous stage with effective accumulation, main hydrocarbon accumulation belts formed along the normal tectonic belts at that time. Therefore, the research of the Middle and Late Yanshanian tectonic traps should be reinforced in the course of exploration in the West Sichuan Depression.

**Key Words:** the Middle and Late Yanshanian periods; tectonic traps; the West Sichuan Depression