文章编号: 1009-3850(2001)02-0064-08

金马-聚源地区中深层成藏条件及勘探前景

魏力民, 曹 烈, 朱 彤, 谢小静

(西南石油局 地质综合研究院, 四川 成都 610081)

摘要: 笔者通过对四川盆地川西坳陷金马-聚源地区中深层成藏条件的地质综合研究, 认为金马地区中深层油气成藏主要有四个有利条件: ①上三叠统须家河组具有充足的气源; ②适时的燕山期古圈闭; ③良好的辫状河三角洲砾-砂-泥储盖组合; ④喜马拉雅期断层、裂缝对储集层的改善作用。从而进一步确立了该构造中深层为受燕山古隆起和有利岩相带控制的岩性-构造复合圈闭类型的气藏, 指出了金马及其以西地区是龙门山中深层天然气勘探的重点, 为龙门山中深层天然气勘探开发指明了方向。

关 键 词: 金马-聚源地区; 天然气; 成藏条件; 勘探前景

中图分类号: TE122.2 文献标识码: A

Medium-deep gas accumulation and exploration prospects in the Jinma-Juyuan district, Sichuan

WEI Li-min, CAO Lie, ZHU Tong, XIE Xiao-jing

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

Abstract: The prerequisites for the medium-deep gas accumulation in the Jinma-Juyuan district, Sichuan include: (1) sufficient gas sources in the Xujiahe Formation; (2) opportune Yanshanian palaeo-traps; (3) well-developed braided river-deltaic conglomerate-sandstone-mudstone reservoir-seal associations, and (4) betterment of the hydrocarbon reservoirs by the Himalayan faults and fractures. The medium-deep intervals are interpreted as the composite structural-lithologic traps governed by the Yanshanian palaeo-uplift and suitable sedimentary facies zones. The Jinma district and

收稿日期: 2000-08-24

other areas west of it may thus be delineated as the target areas of the medium-deep natural gas exploration and development in the Longmen Mountains.

Key words: Jinma-Juyuan district; natural gas; accumulation; exploration prospects

1　概况

彭县金马场地区位于川西平原边缘四川彭州市、都江堰市市境内, 处于四川盆地西部坳陷边缘的北东向构造带上, 其西为龙门山, 东为彭州-德阳坳陷, 该隆起区内分布有北东向的鸭子河构造和云西构造。金马场构造位于该隆起的西部(图 1), 为一北东向的宽缓鼻状背斜构造, 两翼对称, 倾角 3°~3.5°。其南东界为具区域意义的彭县断裂, 北西为关口断裂下盘的灌县-胥家场-桂花场向斜, 向斜南深北浅, 向北东翘起, 至彭县关口与隆丰场间消失, 整个鼻状构造宽达 10km, 长度为 20km, 受控于关口和彭县断裂, 形成于燕山期至喜马拉雅期。区内较大规模的断层不多, 但小断层(延伸在 300m 以内)在下沙溪庙组至千佛崖组较发育, 断层的存在使金马场的油气疏导条件得到了较好的保证。

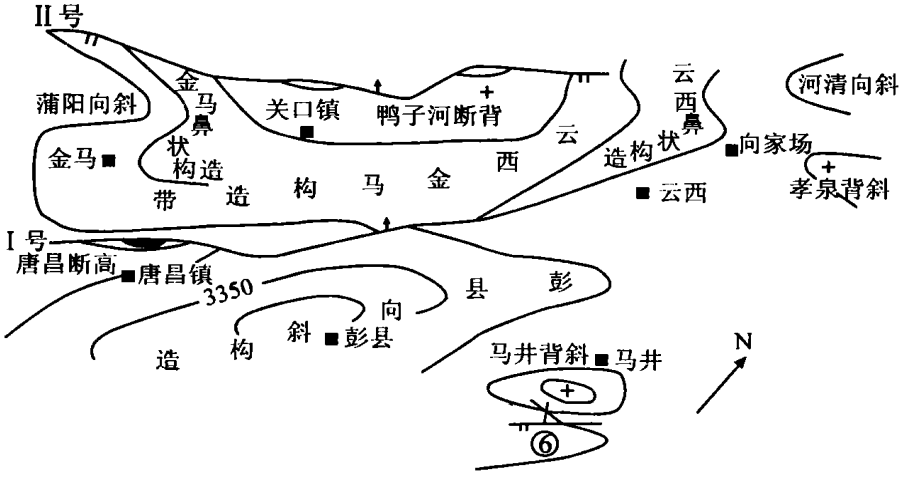

图 1　金马地区构造位置图(据二物, 1998)

Fig. 1　Tectonic setting of the Jinma district, Sichuan

本区地层层序主要为: 第四系(Q), 上侏罗统蓬莱镇组(J_3p)、遂宁组(J_3s), 中侏罗统沙溪庙组(J_2s)、千佛崖组(J_2q)和下白垩统白田坝组(J_1b)。区内砂岩成熟度较低, 胶结物含量高, 渗透率低。但在溶蚀作用发育的部位, 次生孔隙发育, 可形成较好的储层。

2　沉积环境

金马地区位于龙门山前缘, 处在灌县古河口主流径上, 属山前 5 个发育的古河口之一, 川鸭 609 井钻井揭示该区沙溪庙组—千佛崖组距离物源区较近, 粗碎屑结构比较发育, 主要

沉积环境为辫状河三角洲沉积(下三角洲平原),其储层砂体为辫状河叠置河口坝,微相沉积主体为纵向叠置、横向迁移。因山前坡降大,水动力较强,粒度一般较沙溪庙组更粗,块状层理发育,砂砾岩分选差,岩屑含量高,钙质胶结严重,但作为河口坝砂体,物性条件较好。纵向上均有由下而上从砾岩→含砾砂岩→砂岩→粉砂岩→泥岩的正韵律粒度特征,显示为水进条件下辫状河三角洲、分支河道到漫岸席状砂沉积环境类型。

3 测井响应特征

储层段的测井响应特征较为明显。沙溪庙组储层具体表现为低自然伽玛(40~70API),低自然电位(-20~40mV),低补偿中子(2%~12%),低补偿密度(2.4~2.5g/cm^2),较高声波时差(70~87μs/ft),中等电阻率(15~30Ω·m)。曲线形态(GR、RD)有箱形和钟形,表现为河道充填和边滩沉积,多期河流的侧向加积以及湖泛砂坪和湖泛泥坪沉积。含气较好砂体的测井曲线特征多呈箱形。

千佛崖组底部的砾岩储层具体表现为低自然伽玛(40~50API),低自然电位(-20~-35mV),低补偿中子(2%~12%),低补偿密度(2.4~2.5g/cm^2),较高声波时差(70~75μs/ft),中等电阻率(16~80Ω·m)。曲线形态(GR, RD)有箱形和钟形,含气较好砂体的测井曲线特征多呈箱形。

4 地震响应特征

4.1 地震相特征

通过对地震剖面振幅、连续性、周期宽度和反射结构等参数变化的分析,可以清楚地看到沙溪庙组从金马鼻状构造的鼻根部到倾没端,存在三种不同但又相互关联的地震相(图2):弱/较强变振幅不连续反射地震相(I);下切充填弱变振幅不连续地震相,局部强变振幅地震相(Ⅱ);强/较强振幅平行或亚平行连续/较连续地震相,局部为变振幅连续性差(Ⅲ)。从Ⅰ类地震相的区域中可看到,在走向和倾向剖面中反射的连续性从没有到很差,振幅一般很低,而间距一般是均匀的;Ⅱ类地震相的区域中,倾向剖面反射同向轴主要是水平的、平行成层的到局部无反射,局部地区可推断出侵蚀河道,振幅多变。在走向剖面反射是弱的,平行成层到细微丘状,连续性从差到可变连续,反射间距一般是均匀的;Ⅲ类地震相的区域,在走向和倾向剖面中的反射呈水平到平行层状,向上渐变为反射空白带,反射的连续性从较好到清晰,振幅由中等到很强,反射间距很规则,这些反射从整体上表现为一板状外形。

与川鸭60井和川鸭189井沉积相比较,金马地区Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ类地震相转为沉积相应该是(从关口到崇火铺)辫状河三角洲体系的上三角洲平原、下三角洲平源和水下三角洲平源。即在关口地区(包括川鸭189井)主要是辫状河道的沉积,在金马场地区主要是分流河道、河口坝和河道间泥沉积,在崇火铺及其以南地区为水下分支河道叠加或席状砂坪沉积。

4.2 含气地震异常响应特征

利用川鸭609井测井曲线,制作了川鸭609井的合成记录(图3),并利用川鸭189井VSP进行综合标定,通过标定,笔者确定了地震剖面上各反射层位的地质属性,以及川鸭609井所钻遇含气砂体的地震响应特征。由于工区内地表地震地质条件较差,T_2和T_1反射

波品质较差,连续性不好,只能勉强追踪,T_4 反射波以两个强相位稳定出现,能够连续追踪。

由于该区沙溪庙组的致密砂岩和泥岩的速度差异较大(致密砂岩平均声波时差为 60μs/ft,泥岩平均声波时差为 74μs/ft),因此在砂岩顶界面形成正的大反射系数,即中强振幅的亮点反射,当砂岩含气后速度降低,和致密砂岩之间的速度相比有很大差异(川鸭 609 井 2000m 气层声波时差从 60μs/ft 增加到 85μs/ft,也说明这一点),形成低波阻抗,但和泥岩的速度相近且略高一些(川鸭 609 井 2000m 气层下伏泥岩层声波时差平均为 80μs/ft),形成相对弱反射。因此,从地震剖面上是可以分辨出含气砂岩的。笔者认为沙溪庙组含气砂岩的地震响应模式为"中低频、弱振幅、低波阻抗"。

该区千佛崖组砾岩和泥岩的速度差异较大(砾岩平均声波时差为 60~63μs/ft,泥岩平均声波时差为 80μs/ft),因此在砾岩顶界面形成的大反射系数,即中强振幅的亮点反射,当砾岩含气后速度降低,和泥之间的速度相比仍有很大差(含气砾岩声波时差从 60~63μs/ft 增加到 68~73μs/ft,下伏泥岩层声波时差平均为 80μs/ft),还是形成中强振幅的亮点反射。因此,笔者认为千佛崖组含气砾岩为"中强振幅"地震响应模式。

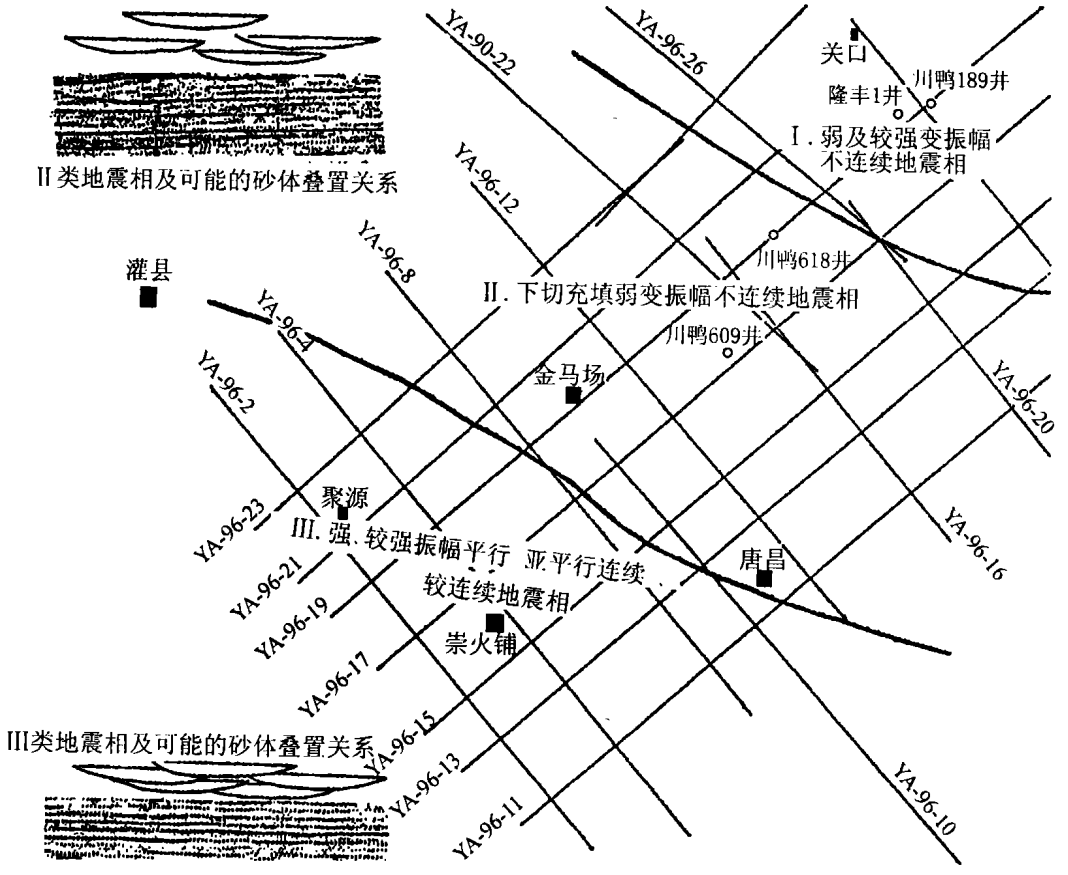

图 2　金马地区沙溪庙组地震相图

Fig. 2　Seismic facies diagram in the Shaximiao Formation, Jinma district, Sichuan

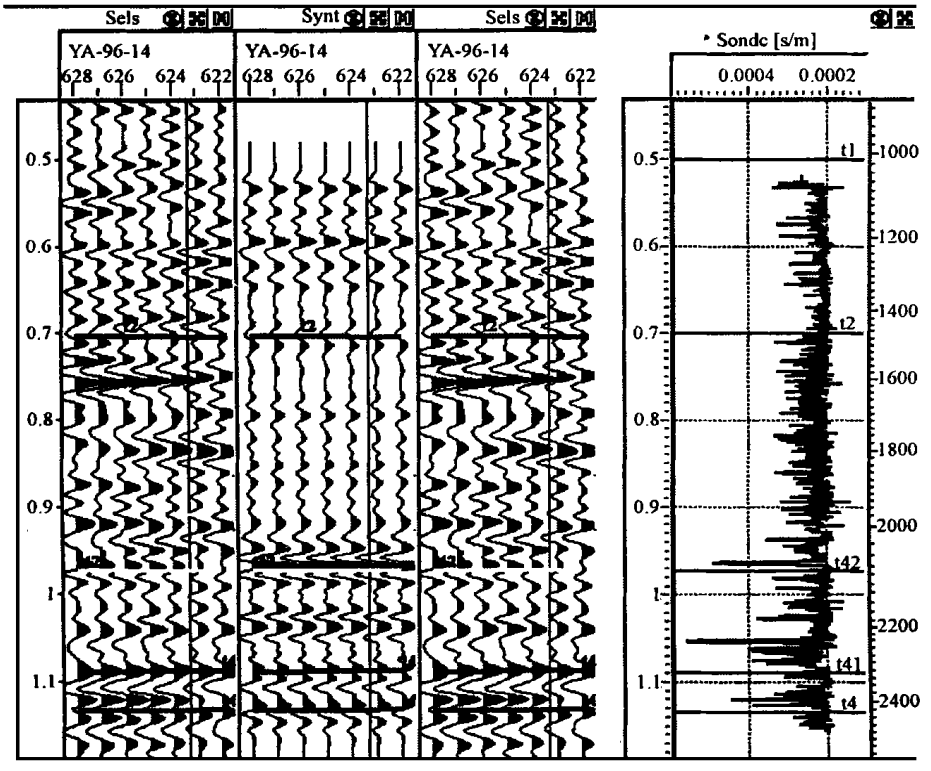

图 3 川鸭 609 井合成纪录

Fig. 3 Synthetic seismogram for the Chuanya-609 well

5 金马地区燕山期的基本构造面貌

据物探成果,在桂花场—唐昌镇一线以东地域显示出上三叠统须家河组五段呈北西薄南东厚的楔形体。因而在晚三叠世末,就须家河组五段下伏的须家河四段顶面构造而言,该地域呈现为北西高南东低的简单单斜构造,其顶面埋深在关口断裂附近的350m向南东至马井地区递增至750m;在桂场—唐昌镇一线以西地域,虽然出现了三凹两凸的复杂图面,但其主体构造自普朝寺经丰乐向南伸至聚源一带呈南倾宽缓的鼻状隆起,在该鼻状隆起的西翼出现了主隆起直交的次级两凹一凸,因此,该区的总体构造面貌仍为被复杂化了的北高南低的单斜背景。

下侏罗统自流井组沉积结束后,因燕山早幕运动后的剥蚀,自流井组仅残留分布在胥家场—桂花场—利家场—什邡县两路口一线以南地区,以北鸭子河地区自流井组被剥蚀殆尽,由中侏罗统千佛崖组直接超覆沉积于须家河组五段之上,这已为鸭子河地区的众多钻井所证实的地质事实。在该区以南,所残留的自流井组厚度自北向南增大(由 0m 至 150m),其残留层位逐渐变全。自流井组的断面形态呈南厚北薄继而尖灭的楔形体,表明金马-云西地区

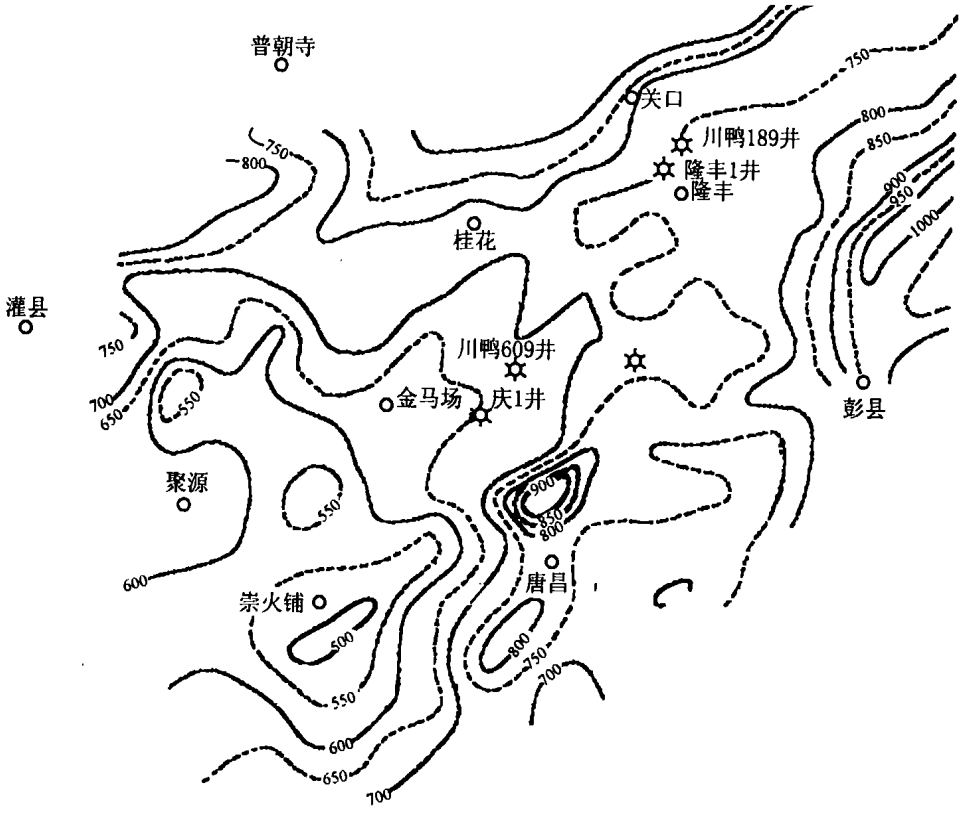

图 4　金马地区地震 T_4^1— T_2 反射层间地层厚度图

Fig. 4　Stratigraphic thickness through the T_4^1— T_2 seismic reflection section in the Jinma district, Sichuan

在燕山早期依然保持着由印支期承袭来的北西高南东低的单斜构造形态。

中侏罗世千佛崖期至沙溪庙期, 由地震 T_4^1— T_2 反射层间地层厚度等值线图(图 4) 显示出, 鸭子河地区依然为北薄南东厚的单斜构造, 而在庆兴场、金马场以西地区则出现了一个十分明显的厚度减薄带, 显示出该区存在有燕山中期的隆起, 虽然地震资料所提供的制图范围仅在灌县—花园场一线以东地区, 但据目前所掌握的区域地层厚度资料判断, 由于千伸崖组至沙溪庙组的厚度向南西加大, 可以肯定该隆起向南西倾没。以千伸崖组底计算的圈闭面积应不小于 200cm^2, 其幅度应不低于 200m, 为燕山中期出现的早期圈闭。由于 T_2 反射层之上缺乏全区的系统资料及地质条件的限制(鸭子河地区第四系之下仅残留蓬莱镇组), 对该区燕山晚期的构造面貌不便重塑, 但从四川省 1/50 万地质图上可以判读出, 在灌县—蒲阳镇—桂花场一带, 中白垩统夹关组直接覆盖在蓬莱镇组之上, 缺失下白垩统天马山组, 天马山组在南西侧的怀远附近才重新出现。因而推测庆兴场—金马场以西的古隆起在燕山晚期依然存在, 并可能向南西有所扩展。

灌县城西 3km 的玉堂乡螃蟹沟, 1955 年石油普查时发现大型油苗(软沥青), 产出于莲花口组的砂砾岩中, 厚度 100 余米, 沿走向延伸约 1000 余米。该大型油苗应为被断层破坏

了的古油藏。由于螃蟹沟近邻金马场古隆起区,似可将该油苗视为该区确实存在燕山期圈闭的一个佐证。根据重力资料(重力高)选定的庆兴1井在蓬莱镇组下部共获4层含气或气层显示这一状况,都说明了庆兴场—金马以西燕山晚期持续的古隆起依然存在,并对油气聚集成藏起着关键性的控制作用。

6 金马地区中深层油气成藏的条件

6.1 充足的须家河组气源

据"八五"研究可知(安凤山,1995),川西坳陷厚约2000~3000m的上三叠统生烃量为(6000~10000)×10^8m^3,单位面积生气强度高达(180~300)×$10^8m^3/km^2$,龙门山中段前缘的彭灌地区是川西上三叠统烃源岩的生烃中心。紧邻彭灌生烃中心的金马地区的侏罗系次生气藏气源亦来自远源的须家河组煤系地层,这些烃源岩生成的油气在多成因裂缝系统的输导下,经游离相、水溶相不断向上运移,为金马地区中深层油气藏的形成提供了充足的烃源条件。

6.2 适时的燕山古隆起形成早期圈闭

通过上述的"金马地区燕山期基本构造面貌"的分析,笔者认为从印支晚期到燕山期以来,金马-庆兴地区局部构造面貌由印支晚期的北高南低的单斜背景向燕山中期古隆起面貌过渡,由此在燕山中晚期形成了与须家河组油气大量生成相匹配的早期油气圈闭。

6.3 良好的储盖组合

据盆山耦合分析,龙门山推覆构造带自安县运动之后,一直相对宁静,直到晚侏罗世才呈现出再度活跃。平静期,沉积基准面上升,湖盆扩大,岸线溯源超覆,水进泥质层掩盖在滨岸体系之上,组成了良好的砂-泥储盖组合;而活跃期,湖盆萎缩,沉积基准面下降,沉积体系向盆推进,储集砂体深入湖盆,构成了另一种泥-砂-泥-砾-砂-泥储盖组合。

随着沙溪庙组自东向西,由北向南渐进的不整合的逐层超覆,在以上超面为代表的水进泥质层不断的溯源超覆中,组成了泥质岩对砂岩储集层,致密砂岩层对非致密层以及逐层超覆中的地层封盖。据统计,沙溪庙组的砂泥比值为50%~70%,其封盖条件最为理想。

而金马地区千佛崖组底部的砾岩层,纵向上均有由下而上从砾岩→含砾岩→砂岩→粉砂岩→泥岩的正韵律逆变的粒度特征,显然是水进条件下辫状河三角洲辫状水道到漫岸席状砂的沉积环境类型,漫岸席状砂及其上覆的湖相泥质层,对该低位粗碎屑沉积构成了良好的封盖。据统计,该类砾岩气藏的直接盖层厚3~43m。

6.4 喜马拉雅期断层、裂缝的改善作用

由川鸭609井实钻揭示,沙溪庙组1992~1996m含气层,岩心中小断层及裂缝发育,地层裂缝线密度高达21.5条/m,由此说明金马地区因位于彭县断裂上盘,在该区产生了许多与彭县断裂同期的次一级小断层和裂缝,这些小断层和裂缝不仅为油气再分配提供了运移通道,为沙溪庙组和千佛崖组致密储层储集能力得以改善提供了条件。

在上述油气成藏的四个有利条件分析的基础上,最终确立了金马地区中深层为受燕山古隆起及有利岩相带控制的岩性-构造复合圈闭类型油气藏。据初步估算,该区域早期圈闭面积按70km^2计算,其圈闭资源量可达300多亿立方米,具良好的勘探前景。

7　结论

(1) 通过金马-云西构造带燕山中晚期的古构造恢复, 确立了金马以西地区为一燕山古隆起区(古圈闭), 由此导致了金马地区中深层(沙溪庙组及千佛崖组) 含气状况优于鸭子河地区, 且千佛崖组底部砾岩层在鸭子河地区产水而在金马地区不产水的状况。

(2) 金马地区中深层油气成藏的四个有利条件: ①充足的须家河组气源; ②适时的燕山期古圈闭; ③良好的辫状河三角洲砾-砂-泥储盖组合; ④喜马拉雅期断层、裂缝对储集层的改善作用。从而笔者认为该构造中深层为受燕山古隆起和有利岩相带控制的岩性-构造复合圈闭类型的油气藏。

(3) 金马及其以西地区是龙门山中深层油气勘探的重点, 为龙门山中深层油气勘探开发指明了方向。

在本文成文之际, 以此思路所部署的川鸭 609 井在沙溪庙组获得高产油气流(无阻流量 $23\times 10^4 m^3$), 使川西龙门山中深层油气勘探取得了突破性进展。

参考文献:

[1]　张义纲, 等. 天然气的生成集聚和保存[M]. 南京: 河海大学出版社, 1991.