

文章编号: 1009-3850(2000)03-0066-05

川西坳陷新场气田储集岩的地质特征

郭东晓

(中国新星石油公司西南石油局, 四川成都 610081)

摘要: 四川盆地西部德阳市境内的新场气田, 其纵向上分布有8个气藏, 平面上相互叠置, 是目前国内在致密砂岩中所发现的最大气田。笔者通过对新场气田砂岩储集岩的地质特征、成岩作用和储集条件的研究, 气田的主要储集空间为次生的残余粒间孔和粒间溶孔, 大部分砂岩的孔喉都能使天然气通过。天然气主要聚集在储集岩与围岩在物性上或孔隙结构上有较大差异的部位。因此, 在勘探上, 应该从单纯寻找高孔渗带转移到寻找物性差异带上来。

关键词: 川西坳陷; 储集特征; 新场气田

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

The geology of hydrocarbon reservoirs in the Xinchang gas field, West Sichuan depression

GUO Dong-xiao

Southwest China Bureau of Petroleum, China Xinxing Petroleum Corporation, Chengdu 610081, Sichuan, China

Abstract: Eight gas pools are hosted in the Xinchang gas field in Deyang, western Sichuan, which is known as the largest gas field found in dense sandstones in China. The research on the geology, diagenesis and reservoir quality of the reservoir sandstones in the gas field has disclosed that secondary and residual intergranular spores and solution openings may serve as main pore spaces. The natural gas may pass through most of the pore throats of the sandstones, and tend to be accumulated commonly in the localities where there are large discrepancies physically or in pore types of the reservoir rocks. Therefore the emphasis on the future research should be shifted from the highly permeable zones to the physically different zones.

Key words: West Sichuan depression; reservoir quality; Xinchang gas field

收稿日期: 1999-11-15

作者简介: 郭东晓(1960—), 女, 四川成都人, 工程师, 从事储量管理工作。

在川西坳陷的中部,有一个北东东向的隆起带,它的北面是梓潼凹陷,南面是成都凹陷。该隆起的西部是鸭子河、孝泉等背斜,向东有丰谷、新盛场等背斜。新场气田就位于该隆起带的西段,由孝泉背斜及向东延伸的平缓鼻状背斜所组成。新场气田是由侏罗系陆相碎屑岩中多个次生气藏所组成的大型气田,现已获得一定的探明储量。由于气田埋藏较浅,类型独特,天然气为干气不含 H_2S ,从而成为在四川盆地内天然气勘探中所发现的具有高效益的新领域。

1 气田的地质概况

1.1 地层

白垩纪、侏罗纪地层为氧化、干燥条件下沉积的陆相碎屑岩。岩性为棕红/紫红色泥岩、泥质砂岩、砂质泥岩和砂岩,呈互层状。侏罗纪地层在纵向上可以分成5个组:

下统白田坝组(J_{1b}) 该组为暗紫色泥岩与灰色砂岩互层,含泥灰岩。

中统千佛崖组(J_{2q}) 该组以杂色泥岩为主夹砂砾岩,底部为薄层介屑灰岩,千佛崖组是产气层;沙溪庙组(J_{2s+x}) 为紫红色砂质泥岩、泥岩与砂岩互层,含钙质团块,是气田的主要产气层段。

上统遂宁组(J_{3sn}) 该组以砖红色砂质泥岩为主,是川西坳陷内的区域性盖层;蓬莱镇组(J_{3p})以棕红色泥岩为主夹砂岩,中、下部见砾岩层,是气田的主力产层。

本区侏罗系红色地层为氧化条件下的沉积物,有机质含量低,生烃条件差。据前人研究,气源是来自于下伏上三叠统的煤系地层。天然气的组分分析表明,侏罗系的气与上三叠统的气是同源。

1.2 构造运动

对气田的形成有影响的构造运动为印支运动,表现为区域性的抬升,使川西的海相沉积结束,转为内陆沉积;燕山运动使川西地区形成了大隆大凹,造成白垩纪地层与侏罗纪地层之间和侏罗系内部的多个沉积间断,表现为平行不整合接触。此时的孝泉-新场构造已具有一定的规模。以侏罗系底面为准,该构造与北面的梓潼凹陷和南面的成都凹陷的正向幅度差分别达到1500m和1000m。喜马拉雅运动是川西地区影响最大的构造运动,表现为强烈的水平挤压,该运动结束了盆地的沉积史,使地层褶皱、断裂,构造定形。

1.3 储产层特点

新场气田主要的产气层段有上侏罗统蓬莱镇组、中侏罗统沙溪庙组以及千佛崖组。在这些产层中,除少数为泥质岩或砾岩外,绝大部分为砂岩。

1. 蓬莱镇组气藏

该组为气田的主力气藏,产层埋深600~1000m。储集岩为细粒长石岩屑砂岩、岩屑石英砂岩和粗粉砂岩。砂岩物性好,平均孔隙度达13.58%,平均渗透率为 $3.63 \times 10^{-3} \mu m^2$,近似常规储层,为川西地区致密砂岩天然气勘探所发现的最好的一类储层,砂岩储层的有效厚度为10m左右,储层水平缝发育。气藏为低超,压力梯度达(1.2~1.4)MPa/100m,单井产气量为 $(0.5 \sim 2) \times 10^4 m^3/d$,经加砂压裂后,产量可以提高一个数量级。

2 沙溪庙组气藏

该组产气层埋深为 2150~2450m, 岩性为细粒长石砂岩和岩屑砂岩, 平均孔隙度为 8%, 渗透率为 $0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。砂岩单层厚度一般为 10~20m。气藏具异常高压, 压力梯度为 (1.7~2.0)MPa/100m。储集类型为孔隙-裂缝型。气井初产量不大, 但稳产时间长, 经过储层改造, 产气可以提高到 $15 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 左右。

3. 千佛崖组气藏

该组气藏埋深为 2650~2750m, 储层为河流相砂砾岩, 储层基质孔隙度为 4%左右, 但裂缝发育。气藏具异常高压, 压力梯度为 2.0MPa/100m。

经过一段时间的开发表明, 蓬莱镇组气藏和沙溪庙组气藏均属于无底水和边水的气藏。一些气井在开采过程中虽有少量水随气产出, 但矿化度都在 1000×10^{-6} 以下, 系凝析水。

2 储集岩的成岩作用

对于油气勘探来说, 成岩作用是要研究在不同的成岩阶段, 储集岩孔隙被破坏或建设的情况。本区侏罗纪地层经历的主要成岩作用是:

机械压实作用 上覆载荷和侧向挤压是川西坳陷内压实作用的主要形式, 是岩石致密化和孔隙度减小的主要原因。新场气田位于龙门山中段, 受侧向挤压程度相对较弱, 主要受上覆载荷的压实作用, 使孔隙度损失约为 30%。

胶结作用 主要有粘土和碳酸盐矿物沉淀及硅化作用等。常见的如绿泥石呈薄膜状分布于孔隙衬里, 是砂岩中的一期胶结物; 伊利石呈鳞片状分布, 有明显的堵塞孔隙喉道的作用; 高岭石呈书页状或糖粒状分布, 是粒间孔隙的充填物^[1]。这些粘土矿物主要对储集岩的孔隙起破坏作用, 但自身的晶间孔仍能储集天然气。

硅化作用指孔隙中的自生石英或次生石英加大边, 它占据部分粒间孔隙, 呈镶嵌状结构, 可使面孔隙率平均减小 17.52%, 是储集岩早期致密化的重要原因之一。

碳酸盐胶结物主要是方解石、白云石及少量菱铁矿, 这类矿物的沉淀和重结晶使储集岩孔隙度降低。

矿物交代作用 矿物交代作用是本区侏罗纪地层中常见的成岩现象, 有高岭石向伊利石, 高岭石向埃洛石的转化。转化前后晶间孔的形态发生变化对储集岩的喉道大小有一定的影响。

溶解作用 溶解作用是本区重要的建设性成岩作用。薄片中可以看到大量的粒间溶孔、粒内溶孔和晶间溶孔。溶解作用可使储集岩的孔隙度提高 5%以上。

3 储集岩的孔隙结构及储集条件

3.1 孔隙类型及分布

原生粒间孔 该孔主要分布在埋藏较浅 (小于 800m) 的 $J_3p^4-J_3p^3$ 段中。为颗粒支撑的粒间孔, 孔隙内洁净, 孔隙宽度在 50~150 μm 之间, 是较大的一类孔隙。

残留粒间孔 该孔是原生粒间孔经过成岩改造后残留的孔隙。孔隙内生长有高岭石、伊利石等粘土矿物或颗粒有次生加大现象, 使原来的粒间孔隙缩小。孔径一般为 40~70 μm , 是经过成岩改造后最主要的孔隙。分布于 $J_3p^{1-2}-J_2s$ 中。

粒间溶孔 该溶孔指在原生粒间孔的基础上,溶蚀了长石、岩屑颗粒边缘或钙质胶结物后所形成的孔隙,孔径为 50~170 μ m,为最大的一类孔隙。气田储集岩中广泛分布着该类孔隙。

粒内溶孔 该溶孔包括长石内溶孔、岩屑内溶孔和铸模孔。以长石颗粒内溶孔为主,孔隙内无自生矿物充填,粒内溶孔普遍发育于各孔隙层段内。

晶间孔 晶间孔是指粘土矿物晶体之间的孔隙。晶间孔要比上述的孔隙类型小一个数量级。主要有高岭石晶间孔、绿泥石晶间孔和伊利石晶间孔。高岭石晶间孔较大,由长石向高岭石转化而成,本区长石向高岭石转化的深度为 1850~2360m,主要发生在长石岩屑砂岩中。

通过对本区岩石薄片、铸体薄片和电镜扫描的资料分析发现,残余粒间孔和粒内溶孔是经过成岩改造后形成的最主要的孔隙类型;晶间孔则是数量最多的孔。

4 储集条件分析

根据毛管压力曲线和孔隙度及岩性特点^[2],可将本区的储集岩分成四种类型(表 1)。从表中可以看到,好的储集岩主要分布在埋藏较浅的 J_{3p} 组和 J_{2s} 组内,它是气田的主力产层段。

表 1 储集岩分类
Table 1 Classification of the reservoir rocks

类 型 项 目	好的储集岩	较好的储集岩	差的储集岩	非储集岩
P_h/MPa	0.25×1.0	1.0~2.5	2.5~5.0	>5
$\bar{X}\phi$	9.3~10.8	10.0~12.5	12.3~13.4	13.4~15.2
$\phi/\%$	15~10	10~7	7~4	>4
毛管曲线类型	粗歪度	中~粗歪度	细~中等歪度	直线型、台阶型
岩性	细粗粉砂岩	中细砂岩	泥质钙质细砂岩、砾岩	泥岩、粉砂岩
层位	J _{3p}	J _{3p} , J _{2s}	J _{2s} , J _{2q}	各层

从上述孔隙类型的分析中可以发现,本区储集岩中粒间孔和粒间溶孔最大,对物性参数值的影响也最大;晶间孔数量较多,主要构成岩石的孔喉部分。若用 0.1 μ m 作为砂岩储层的喉道下限,则研究区内能检测出的孔喉大部分是有效的。因此,在川西对于天然气来说,储集空间并不是主要问题。由于地层的非均质性和孔隙结构的差异性,较差的孔隙结构又会阻止天然气的逸散,起到了除盖层之外的又一种屏蔽作用。

岩石的非均质性在宏观上最突出的表现为裂缝发育程度不同,以及孔渗性在小范围内有较大的变化;在微观上则表现为孔隙结构的差异。多年来都习惯于在高孔渗带中寻找储层。在川西坳陷中的探表明,物性好的层段并不都是工业气层,而在一些物性条件并不好的层段却获得了工业气流。即使在孔隙度大致相同的岩性段内,由于孔隙结构的差异,也能形成储层与储层的组合。图 1 就是岩性与孔隙度相近,因孔隙结构差别很大,而形成孔隙结构

差的岩层对孔隙结构好的岩层封盖的例子。由于孔隙结构好的岩石具有较多的大孔隙,如粒间孔、粒间溶孔等;孔隙结构差的岩石具有较多的小孔隙,如粒内溶孔、晶间孔等;孔隙喉道复杂,如呈弯曲的片状等,就构成了毛细管封闭。在这些部位就能成为天然气聚集的场所。

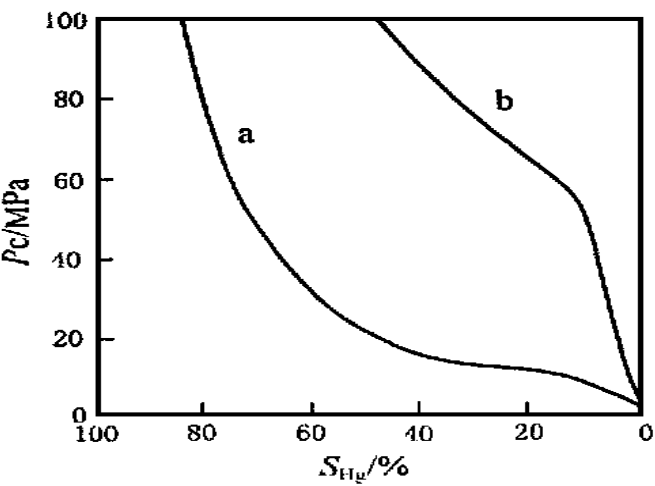


图1 113-浅1井J₃p气层与盖层压汞曲线图

气层,井深610.91~611.04m,细砂岩, $\phi=11.12\%$; b. 盖层,井深606.65~606.78m,粉砂岩, $\phi=11.44\%$
Fig.1 P_c versus S_{Hg} curves for the gas beds and overburden of the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the 113-1 well, showing the gas beds represented by the fine-grained sandstones ($\phi=11.12\%$) at the depth of 610.91–611.04 m (a), and the overburden represented by the siltstones ($\phi=11.44\%$) at the depth of 606.65–606.78m (b)

4 结论

通过对新场气田储集岩孔隙结构的研究,笔者发现主要的储集空间为次生的残余粒间孔和粒间溶孔。天然气对储层的要求不高,但对封盖条件的要求却是苛刻的,只要储层与围岩有物性差异或孔隙结构上有较大的差异,天然气就可以聚集,因此,对封闭条件的研究也应该成为储层研究的重要内容。

参考文献:

[1] 沈明道. 粘土矿物及微组构与石油勘探[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1993.
[2] 罗蛰潭, 王允诚. 油气储集层的孔隙结构[M]. 北京: 科学出版社, 1986.