

文章编号: 1009-3850(2010)02-0073-05

川西马井气田蓬二气藏储层特征

吴 强¹, 陈德友², 李 炯¹

(1. 中国石化 西南分公司工程监督中心, 四川 德阳 618000 2. 塔里木油田公司, 新疆 库尔勒 841000)

摘要: 马井气田蓬二气藏是马井构造目前最具开发潜力的气藏。本文分析了蓬二气藏储层的沉积相、砂体展布与岩石学特征、储层物性以及地球物理响应特征。研究结果表明, 该气藏储层沉积微相为水下分流河道、河口坝, 储层具有低伽玛、低密度、低中子、高声波、相对高电阻率的测井响应特征, 地震响应模式为低频、强振幅、低阻抗。

关键词: 川西; 马井气田; 蓬莱镇组; 储层

中图分类号: TE122.2⁺3

文献标识码: A

马井气田地处四川省什邡市马井镇, 构造位置位于四川盆地西部龙门山中段逆冲推覆带前缘彭县断层下盘, 马井气田为一北东走向的低幅度隐伏背斜, 其西侧为彭县向斜, 北侧为德阳向斜, 东侧为仁和场向斜。

马井气田自第一口勘探井(川马 601 井)于 1998 年在蓬莱镇组四段发现工业气流以来, 相继发现了下白垩统七曲寺组气藏、上侏罗统蓬莱镇组蓬一、蓬二、蓬三气藏以及中侏罗统下沙溪庙组气藏, 截至 2006 年, 马井气田已完钻 67 口井, 获得工业气井 61 口, 马井气田已成为川西坳陷一个较为重要的小型气田。蓬二气藏砂体分布稳定, 储层物性较好, 是马井气田目前最具开发潜力的气藏。

1 沉积相特征和有利含气微相

马井地区蓬莱镇组为一套三角洲湖泊环境的碎屑岩砂泥互层沉积, 与上覆白垩系苍溪组呈平行不整合接触。蓬莱镇组蓬三段(蓬二气藏)平均埋深在 1210~1720 m 之间, 沉积厚度约 200~240 m, 总体上为三角洲平原至三角洲前缘分支河道、河口坝与砂泥坪沉积; 岩性为一套棕色、深棕色泥岩与浅绿

灰色、褐灰色细砂岩、粉砂岩呈略等厚互层。经历了湖进—最大水进期—湖退的演化, 储集层主要发育在湖退的分支河道和湖进的河口坝砂体中, 分流河道的迁移导致了储集砂岩在纵横向上的不稳定性。

蓬二气藏总体沉积环境为三角洲平原前缘的沉积, 在该沉积环境中发育的主要沉积微相有分支河道、分流间湾、河口坝至浅湖泥等微相, 其沉积微相有以下主要特征:

(1) 分支河道: 以褐灰色细粒岩屑砂岩为主, 次为中粒岩屑砂岩, 砂体底部以滞留砾石冲刷以及正粒序旋回为特征; 测井曲线多为箱形和箱形—钟形组合; 地震特征为透镜状较连续的低频强振幅特征。

(2) 河口坝: 以灰色、褐灰色细粒岩屑石英砂岩及粗粉砂岩为主, 测井曲线为漏斗形—箱形组合。

(3) 分流间湾: 分布于三角洲平原分支河道间, 以灰绿色粉、细砂岩与泥质岩互层为特征, 测井曲线为齿形。

(4) 浅湖泥坪: 以棕色、灰绿色泥岩、含粉砂质泥岩为特征。

经勘探实践验证, 分支河道、河口坝砂体为最有利的含气微相^[1], 该类型砂体因其粒度偏粗, 泥质

收稿日期: 2010-01-24 改回日期: 2010-07-09

作者简介: 吴强(1969—), 男, 工程师, 主要从事石油天然气勘探及钻井地质监督工作。E-mail: w2905744@126.com

含量低, 钙质胶结成岩作用相对较弱, 次生溶孔发育, 形成了较好的储渗条件。在马井构造蓬二气藏中获工业产能的砂层均属于该两种有利的含气微相, 因此分支河道及河口坝的空间分布很大程度上决定了马井构造蓬莱镇组气藏的规模。

2 储层特征

2.1 储层单元的划分与对比

储层的正确划分是对含气砂体进行研究, 进而制定勘探开发方案的基础。根据地层发育情况, 按景福院页岩、李都寺灰岩、梨树湾页岩、苍山页岩以及相对稳定的泥岩段作为主要的对比标志层, 结合测井曲线特征, 将马井气田蓬莱镇组划分为四段, 自上而下即蓬四段、蓬三段、蓬二段、蓬一段。

与上述四段相对应, 将蓬莱镇组自上而下划分为蓬一、蓬二、蓬三、蓬四四个气藏。依据地层特征和小层对比, 将蓬二气藏内部发育稳定并且有一定展布规模的砂体划分为五层, 自上而下分别为: J_2^1 、 J_2^2 、 J_2^3 、 J_2^4 、 J_2^5 (表 1)。

经过多年的钻探, 并结合地震解释结果, 对各砂层的对比结果表明 J_2^2 和 J_2^3 砂层分布范围较广, 其余砂层分布局限(图 1)。

J_2^1 砂层: 砂层主要分布在南部的马蓬 46 马蓬 47 井区和马蓬 39 马蓬 7 井区, 厚度平均 6~9m, 总体上砂体横向展布范围小, 钻井过程中天然气显示

表 1 马井气田蓬二气藏气层划分表
Table 1 Division of the gas bearing beds in the Peng₂ gas pool (J_2) of the Majing Gas Field

地层	气藏代号	砂层编号	沉积微相	备注
蓬三段 (J_3^3)	蓬二气藏 (J_2)	J_2^1	分支河道	J_2^1 、 J_2^2 为工业 气层
		J_2^2	分支河道 河口坝	
		J_2^3	分支河道 河口坝	
		J_2^4	分支河道 河口坝	
		J_2^5	分支河道 河口坝	

相对较差。

J_2^3 砂层: 该套砂层分布范围广, 是蓬二气藏内分布面积最大的, 从构造西南翼低部位的马蓬 46 井 马蓬 47 井区到西翼的马蓬 48 井 马蓬 12 井区, 到构造中部的马蓬 2 井 华浅 4 井区, 再到东翼的马沙 2 马井 102 井区均有分布, 但砂层厚度差异较大, 在构造西翼、西南翼的厚度较大, 一般在 12~18m 之间, 构造中部和东部砂层厚度一般在 6~10m 之间。钻井多见油气显示, 可见该砂层的主体部分分布在构造西翼和和西南翼, 该层是目前气藏开发的主要层段。

J_2^2 砂层: 该套砂层与 J_2^3 有类似的分布特征, 砂体厚度总体大于 10m, 钻井多见油气显示, 目前在马蓬 43 井、马井 102 井等井获得工业产能, 该层是今后值得继续开发、评价的一个主要砂层。

J_2^4 砂层: 砂层主要分布在构造北部和南北向 -

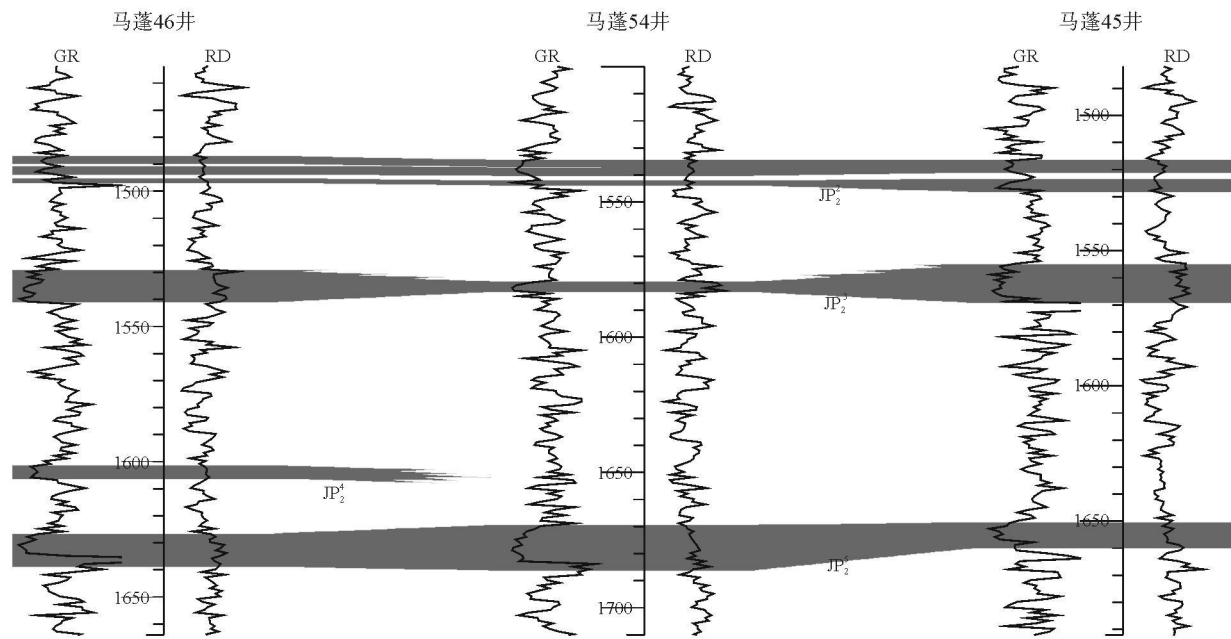


图 1 马井气田蓬二气藏剖面图
Fig 1 Profile through the Peng₂ gas pool (J_2) in the Majing Gas Field

南西向的分支河道中,砂层厚度在区域内分布厚度一般小于 10^m,储层品质较差,钻井油气显示相对较差,目前仅马蓬 46井混合测试获得工业产能。

J₂砂层:为近年的新突破层,从目前钻穿该套地层的实钻资料和地震资料来看,该砂层主要分布在构造的北翼、西和西南翼,厚度一般 10^m左右,在构造西南翼的钻井呈现较好的油气显示,在构造北翼和西翼,由于储层品质较差,钻井油气显示差,目前已有马蓬 48井获得工业产能,该层是今后值得继续开发、评价的又一个砂层。

2 2 储层特征

蓬二气藏储层岩性以灰色 灰绿色细粒岩屑砂岩和岩屑石英砂岩为主,次为粗粉砂岩 (表 2),砂岩成份以石英为主,含量 60% ~70%,次为岩屑,含量 25% ~34%,少量长石,含量为 5% ~8%;分选中等 -好,磨圆为次棱角状;胶结物成份以方解石 (10% ~15%)为主,泥质 (1% ~2%)次之,白云石、硅质少量,硬石膏偶见;胶结类型多为孔隙式。

蓬二气藏砂岩孔隙度一般在 6% ~14%之间 (表 3),最小值 3.38%,最大值 15.66%,平均值 10.50%;基质渗透率一般在 0.04 ~3.5×10⁻³μm²之间,最小值为 0.025×10⁻³μm²,最大值为 3.945×10⁻³μm²,平均值 0.844×10⁻³μm²。按照国内外对致密储层和常规储层的划分标准,蓬二气藏储层属致密储层范畴。

3 地球物理响应特征及含气性识别

3 1 地震响应特征

根据马蓬 11、马蓬 12、马沙 2、马蓬 43、马蓬 45、马蓬 46等井合成地震记录标定可以得出,蓬莱镇组气藏含气砂体在地震剖面上均具有“低频、强振幅、低阻抗”特征 (图 2),具体表现为储集砂体密度和速度在含气后均较围岩有明显的降低^[2],因而与上覆围岩间存在较大的波阻抗差。

含气性相对较好的砂体普遍呈低频、较强 强振幅反射特征,含气砂体顶界均与较强 强波谷反射对应;储层的含气性与波阻抗有密切的关系,含气砂体基本表现为相对低阻抗特征,并且含气级别越高或者储层的物性越好,相应的波阻抗值愈低,形成一个相对低阻抗的亮点。

3 2 测井响应特征

马井地区测井主要为常规综合测井,即主要反映岩性特征的自然伽玛测井;主要反映地层孔隙特征的声波时差、补偿中子和补偿密度测井;主要反映地层渗透性的自然电位测井以及反映流体特征的电阻率测井,这些测井信息基本包括了地下岩石基本的地球物理特征。

通常情况下,川西储层的含气测井响应是“三低、两高”,即低伽玛、低密度、低中子,高声波、相对高电阻或中等电阻率^[3];马井气田蓬二气藏储层除

表 2 马井气田蓬二气藏含气砂层岩石特征表

Table 2 Lithology of the gas-bearing sandstones in the Peng 2 gas pool (J₂) of the Majing Gas Field

气藏	砂层	碎屑含量 /%			胶结物含量 /%			基质 /%	分选度	磨圆度	胶结类型	岩石类型
		石英	长石	岩屑	方解石	白云石	其它	泥				
J ₂	J ₂	70.6	5	24.4	11.5	1~2	石英加大	3.2	中等	次棱角状	孔隙式为主	含钙岩屑石英砂岩为主
	J ₂	67.2	7.0	26.0	12.6	1~2	石英加大	3	中等好	次棱角状	孔隙式为主	含钙岩屑砂岩为主
	J ₃	67.3	7.1	25.6	11.6	1~2	石英加大	1.5	中好	次棱角状	孔隙式为主	含钙岩屑砂岩为主

表 3 马井气田蓬二气藏部分含气砂层孔渗特征表

Table 3 Porosity and permeability of the gas-bearing sandstones in the Peng 2 gas pool (J₂) of the Majing Gas Field

气藏	砂层	孔隙度 /%				渗透率 /×10 ⁻³ μm ²				备注
		样数	最小值	最大值	平均值	样数	最小值	最大值	平均值	
J ₂	J ₂	17	3.72	13.37	10.25	13	0.025	0.806	0.37	统计数据中不包括含裂缝的样品
	J ₂	66	5.28	13.72	10.84	60	0.063	2.471	1.197	
	J ₂	49	3.38	15.66	10.70	45	0.076	3.945	0.964	
	J ₂	6	6.08	12.66	10.22					
总计		138	3.38	15.66	10.50	118	0.025	3.945	0.844	

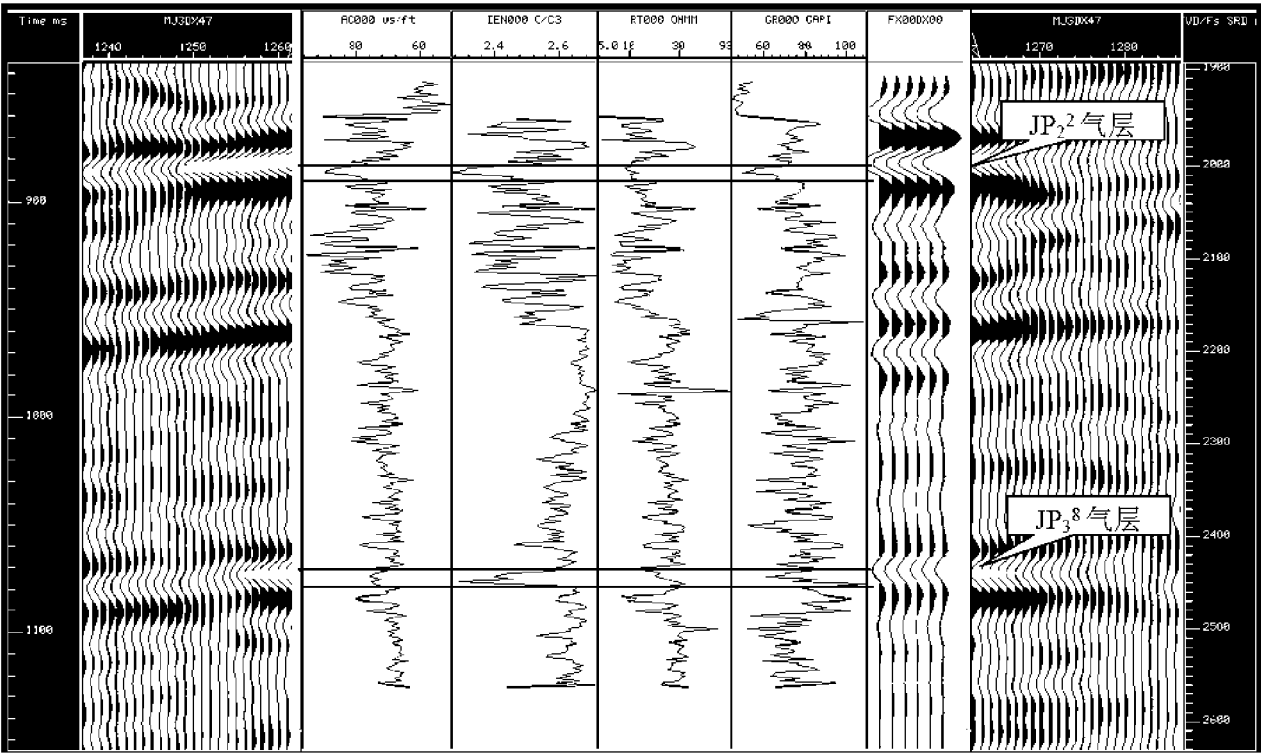


图 2 马蓬 11 井合成地震记录

Fig 2 Synthetic seismogram through the Mapeng-11 well

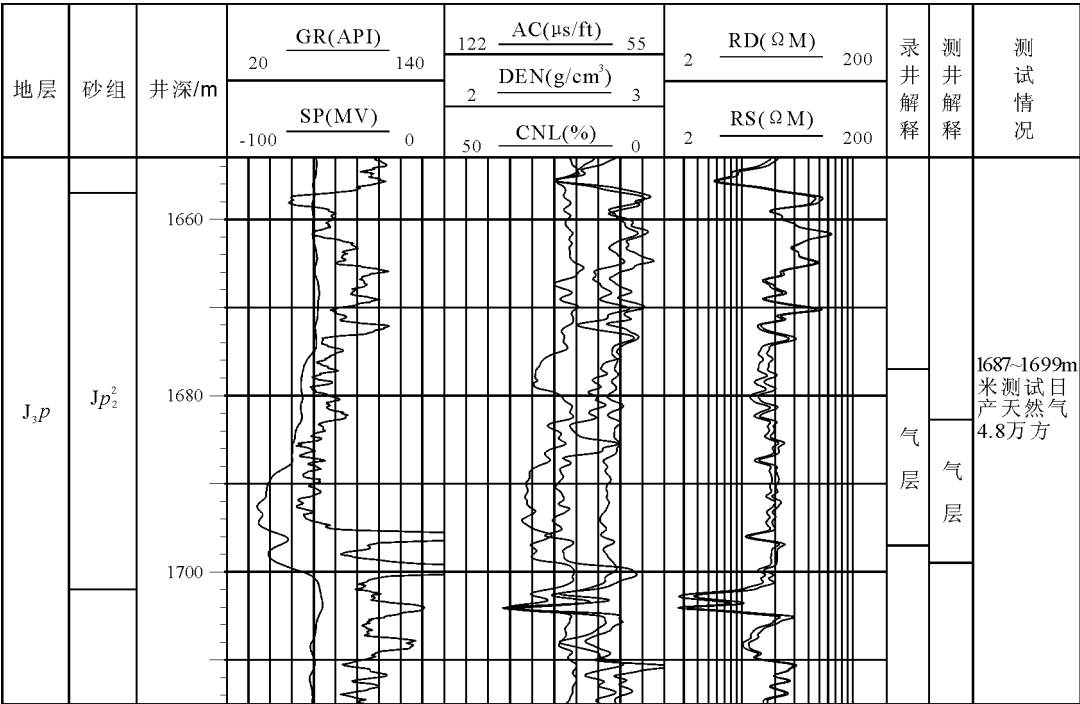


图 3 马蓬 52D-1 井 J_2^2 气层测井响应特征图

Fig 3 Well logs of the J_2^2 beds of the Mapeng 52D-1 well

具以上特征外,还有不少的层位具有中低电阻率特征,另外多口井的 J₂、J₂底部具中高伽玛特征,即所谓的“高伽玛砂岩”,中低电阻率和中高伽玛的测井响应是本区的一大特点。

根据测井响应特征分析,马井地区利用声波时差与中子测井值差比的方法进行含气性识别是一种非常有效的方法,其核心是利用中子测井响应对天然气的挖掘效应,即当地层含气时,由中子测井值降低所造成的视等效时差小于实测的声波时差,两者的差比值会大大增加这种差异性,由此差异便可判断地层的含气性。

图 3是用该方法得到的马蓬 52D-1井测井处理成果图,从图中可清楚看到在井深 1687~1699m,声波时差与中子测井值差异异常增大,“挖掘效应”十分明显,综合解释为气层,该层经射孔测试,就获得工业天然气产量。由此表明该测井处理解释技术用于马井蓬莱镇气藏含气性判别是非常有效的。

4 结 论

(1)马井气田蓬二气藏有利沉积微相为分支河道和河口坝,岩性以细粒岩屑砂岩为主;砂层主要集

中在马井构造西部以及西南部,储层物性相对较好,是马井构造目前最具开发潜力的气藏。

(2)马井地区地层的可对比性好,蓬二气藏内各小层可对比性亦好,空间分布位置较稳定;J₂气层是蓬二气藏开发评价的主力层。

(3)低频、强振幅、低阻抗的地震响应特征的钻探成功率高,含气砂体顶界一般与强波谷反射相对应。

(4)低伽玛、低密度、低中子,高声波以及局部的中低电阻率和中高伽玛是砂层的含气响应特征,利用挖掘效应识别含气性是一种非常有效的方法。

参考文献:

[1] 朱彤,何志国,魏力民.川西坳陷马井构造浅中层天然气成藏条件及模式探讨[J].天然气工业,1999,19(增刊):58-61.
[2] 尹朝云,谢雄光.马井气田蓬莱镇组气藏开发综合配套技术[A].杨克明.致密岩石油气藏 2[C].成都:四川科学技术出版社,2007.104-109
[3] 黎从军,黄跃,谢用良.马井气田低致密储层预测技术研究[A].杨克明.川西坳陷致密碎屑岩领域天然气成藏理论与勘探开发方法技术[C].北京:地质出版社,2004.567-572

Reservoir characteristics and exploration in the Peng₂ gas pool of the Majing Gas Field, western Sichuan

WU Qiang, CHEN De-you, LI Jiong

(1. Southern Branch, SINOPEC, Deyang 618000, Sichuan, China; 2. Tarim Oil Field Company, Korla 841000 Xinjiang, China)

Abstract: The Peng₂ gas pool(J₂) is believed to be highly prospective at present in the Majing Gas Field, western Sichuan. The reservoir rocks in general consist of the delta plain delta front deposits including the distributary channel and channel mouth bar microfacies, which have the geophysical logs with low gamma ray logs, low density, low neutron logs, high acoustic logs and high electrical resistivity logs, and the seismic responses with low frequency, strong amplitude and low impedance. The research of reservoir characteristics may assist in the improvement of our knowledge of the reservoirs and further exploration in the study area.

Key words: western Sichuan, Majing Gas Field, Penglaizhen Formation, reservoir rock