

文章编号: 1009—0207(2004) 01—0024— 03

# 致密砂岩储层储渗体差异识别技术

——以新场气田沙溪庙组气藏为例

邓力健

(中国石化新星西南分公司井下作业处, 四川 德阳 618000)

**摘 要:** 运用地震、测井多种处理解释手段基础上, 以动态信息为线索, 以测试与实验分析相结合为手段, 以表征储层储渗差异现象的地质模型为突破口, 以建立等效地球物理模型为纽带, 筛选并形成了识别储渗体差异性的方法技术。

**关键词:** 致密气藏; 储渗体; 识别

**中图分类号:** TE 122. 23

**文献标识码:** A

## 1 地质背景及地质特征

四川盆地川西坳陷的构造活动因受东、西两侧断裂挤、推的影响, 具多期次、低强度、继承性的特征。在坳陷的构造中, 以燕山中、晚期为低幅隆起, 喜马拉雅期形成现今构造格局的鸭子河—孝泉—丰谷北东东向隆起带为天然气长期运移的指向带, 对气藏形成极为有利。新场气田便是该隆起带上的孝泉背斜向北东东方向倾没的一个鼻状构造, 该气藏受构造、岩性双重控制, 属超高压构造—岩性复合型气藏类型(图 1)。沙溪庙组气藏由 4 套稳定的含气砂体组成, 这些属于三角洲平原河道叠置砂体每层约 6~ 30m, 埋深 2150~ 2500m, 平面叠合含气面积 100km<sup>2</sup>。

沙溪庙组气藏储集岩岩石类型为浅绿灰色块状中—细粒岩屑长石砂岩, 局部夹有少量薄层棕红色混岩、粉砂质泥岩及泥质粉砂岩。碎屑矿物成份和含量十分相近, 碎屑以石英为主, 含量 40%~ 50%, 长石次之占 20%~ 40%, 岩屑 20%~ 35%, 胶结物以方解石为主, 少量泥质硅质。这一特定的岩性经历了燕山、喜山两期构造运动及漫长的成岩后生改造, 形成了当今致密化特征: 据 28 口井 1973 个样品统计平均岩芯分析孔隙度为 9. 03%, 平均岩芯

分析渗透率为  $0. 157 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 试井分析有效连通渗透率低于岩芯分析渗透率 1~ 2 个数量级, 一般  $< 0. 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 相当一部分  $< 0. 01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 排驱压力 1. 93~ 7. 89MPa, 中值半径 0. 014~ 0. 05 $\mu\text{m}$ , 储集层非均质性严重, 孔喉比差, 具有大孔小喉的配置特点。储层物性及孔隙结构条件均属典型致密储层范畴。

沙溪庙组气藏储层产能的大小受裂缝和基质物性条件的控制, 自然产能悬殊, 由小于  $0. 3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$  到大于  $5. 0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ , 工业气井成功率低(30% 左右)。产层具强水敏、碱敏和中等速敏效应。地层压力梯度为 0. 018~ 0. 02MPa/m。

从以上叙述可以看出, 新场气田沙溪庙组气藏是典型的致密砂岩气藏, 在储层致密化背景下寻找气藏中相对中、高产富集区块, 沿用常规方法对储层储渗体识别显然是难以奏效的。本文通过试井、测井、地震三相技术对储渗体储渗条件差异性进行探讨, 从中总结出规律, 从而指导气田的开发。

## 2 储渗体储渗条件差异机理

沙溪庙组气藏储渗体储渗条件差异机理: 长石含量是形成相对高孔隙度和中、中高产能的基本条

收稿日期: 2003— 10— 17

作者简介: 邓力健(1966— ), 女, 中石化西南分公司井下作业处研究所从事科研和管理工作。

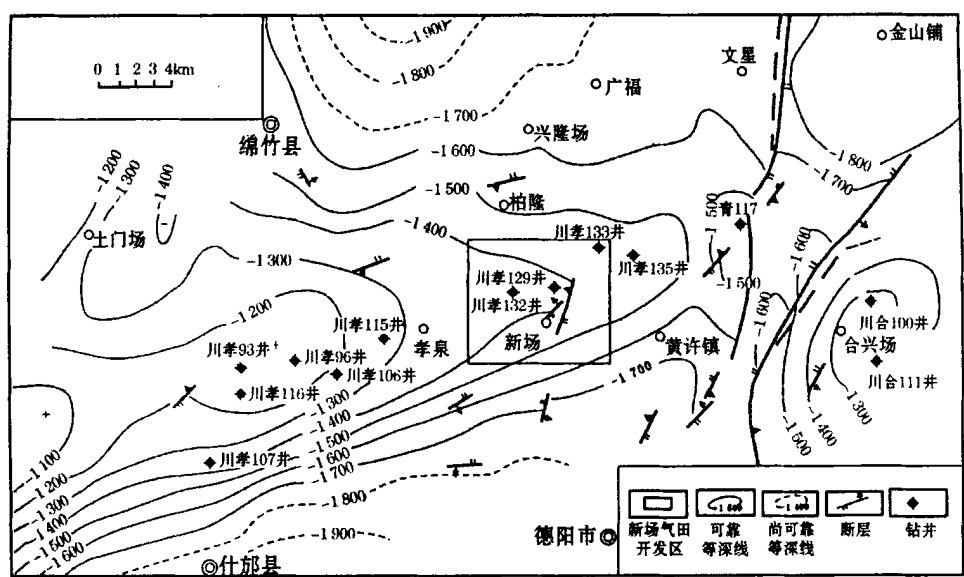


图 1 新场地区沙溪庙组顶构造图(T<sub>2</sub>)

件; 孔隙结构的差异对产能的大小具有决定性的控制作用; 成岩晚期溶蚀强弱是大孔喉发育的主要因素; 微裂缝的发育状况是决定不同成岩环境的主要因素; 微裂缝网络系统分布控制着储渗体产状。

沙溪庙组气藏各井在气层厚度及孔隙度近似的情况下, 产能相差悬殊; 岩性和物性条件近似的储层, 其含气性能却并不相同, 反映储渗体储渗条件的差异性(表 1)。

3 储渗体差异识别技术

3.1 储渗体差异识别的试井分析技术

通过新场气田沙溪庙组气藏气井测试及试井分析, 我们可以清楚地划分出由三种数量级别的渗透性能所控制的具有不同产能的储层类型(表 2),

表 2 沙溪庙组气藏储渗体动态特征分类

类型	试井分析渗透率 (10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> )	显示	测试产能(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d)	生产稳定性	边界反应	代表井(层)
I	0.1- 1	好	自然产能> 1.0 自然解堵> 2.0	中产稳产	未见低渗边界	160, 129, 132
II	0.01- 0.1	一般	自然产能 0.2- 1 压裂改造 2.0- 10	低产稳产	同上	133, 136
III	> 0.1	强烈	难以求稳, 最高达 10	高产快速递减	小	158, 113, 803
IV	< 0.01	无	干层			151

3.2 储渗体差异识别的测井分析技术

鉴于常规测井解释方法对致密储层评价的局限性, 我们开发应用测井相技术, 选择对含气性及储集性显示灵敏的 AC 曲线、反映岩性的相对纯净

储渗体动态特征可由平面向复合渗流模型表征, 并且可以通过试井分析确定储渗体范围和产状以及储渗体渗流特征参数、储量等。

表 1 单井产能、厚度、孔渗性综合数据表

井号(层)	储层有效厚度 (m)	测试自然产能 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d)	试井分析渗透率 (10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> )	测井解释孔隙度 (%)
CX- 134- 2(A)	21	4. 0158	0.3372	9. 1- 10. 4
CX136(C)	19. 1	1. 1511	0.045	13
CX154(A)	3	少量	0.003	11. 0
CX158(A)	11. 2	4. 9555	0. 3	10. 6- 12. 2
CX160(A)	18	1. 3058	0.4007	12. 5
X803(A)	17	0. 7316	0. 145	9. 08- 10. 34

度的 GR 曲线、反映储层渗透性及流体性质的 RD、RS 曲线作为指相曲线构造测井相分析的最小集合, 参考动态特征与静态物性参数分类成果, 建立测井相模型, 在储层分类评价中即体现了类似性又

反映了差异性(图 2)。

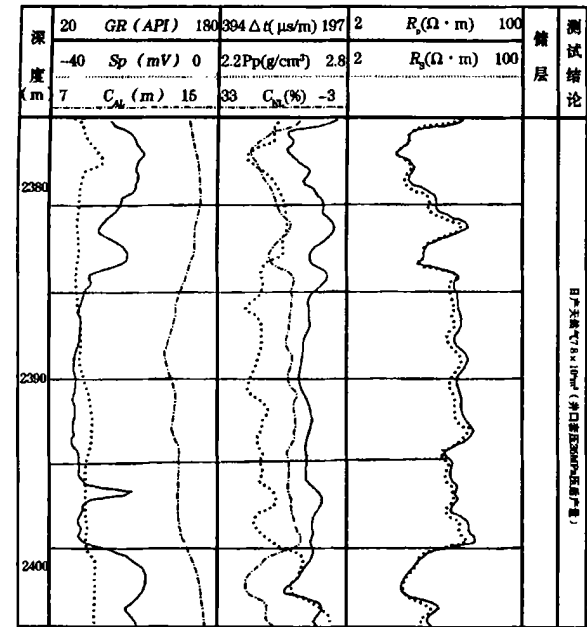


图 2 新场气田××井沙溪庙组储层测井特征曲线

3.3 储渗体差异识别的地震分析技术

由于储层物性和充填在其中的流体性质的空间变化,造成了地震反射波速度、振幅、相位、频率

等相应的变化,当储渗体的这些特征参数的变化达到了相应的限度时就要在地震剖面上表现出来。

我们对钻遇沙溪庙组的所有井,在准确标定的基础上,对其各砂体的测井响应特征及产能状况,结合地震资料进行了仔细的分析比较,发现利用地震保幅剖面上沙溪庙组气藏各砂层的波形特征,振幅、频率及波阻抗这几种参数可以把各已知井的地质模型在地震剖面上表现出来,我们把这种方法称之为储渗体差异的波形识别法。通过典型井的分析,沙溪庙组气藏储渗体差异现象在地震剖面上其波形特征与其他参数结合可以较为清晰的分辨。

通过对沙溪庙组气藏所有钻井特别是对典型井的仔细分析研究,我们确定地震响应模式为“低频强振幅、低波阻抗”。

3.4 储渗体差异识别综合模型

运用上述技术方法及多学科全方位的研究成果,对沙溪庙组气藏找到了渗流网络差异为核心的控制因素,总结了储渗体类型划分与识别的四种综合模型,连通相对高渗透体,低渗透体,局限渗透体,致密体(表 3)。

表 3 储渗体差异识别综合模型

类别	评价	物 性		孔隙结构	电 性			地震响应	动态特征	长石含量 (%)	含气饱和度 (%)	微裂缝网络
		φ (%)	k (×10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> )		ρD (g/cm <sup>3</sup> )	Ac (μs/m)	Sp (mV)					
I	连通相对高渗体。储集规模大,自然产能高,具有较好经济开采价值	> 9	> 0.2	粒间溶孔发育,喉道粗,孔喉连通呈网络状	≤2.45	≥255	负异常幅度大	低频,低波阻抗,强振幅,其振幅绝对值, > 25000, 且延伸范围大	K 有效= 0.2 × 10 <sup>-3</sup> ~ 1 × 10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> , 测试自然产能大于 1 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d, 生产较稳定	> 35	> 50	发育
II	低渗透体,储集规模大,低产稳定,加砂压裂改造效果显著,可达中高产	> 7	> 0.1	粒间孔、溶蚀孔发育,喉道细小或部分堵塞	≤2.5	≥239	负异常	相对低频,低波阻抗,较强振幅,振幅值绝对值一般 19000 ~ 25000, 延伸范围大。	K 有效 = 0.1 × 10 <sup>-3</sup> ~ 0.2 × 10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> , 测试自然产能 0.2 × 10 <sup>4</sup> ~ 1 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d, 低产量长期稳产	25~ 35	> 50	欠发育
III	局限渗透体,储集规模小,初期产量高,迅速递减,无工业开采价值	6~ 9	0.1~ 0.17	粒间孔、粒间溶孔发育,孔喉连通好,局部呈网络状	2.4~ 2.5	≥246	具负异常	在地震剖面上不易识别,频率较低,延伸范围小	K 有效 > 0.1 × 10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> , 测试产能初期大于 1 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d, 投产后继减快	40~ 50		局部发育
IV	致密体,加砂压裂增产效果差,现阶段不具开采价值	< 6	< 0.1	孔隙喉道极少,基本无连通孔喉,方解石呈孔隙式胶结。	> 2.5	≤246	负异常不明显	弱振幅,高频,高波阻抗	K 有效 < 0.1 × 10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> , 自然产能很低,小于 0.1 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d	< 25	< 40	不发育

4 成果的应用

各砂体 I、II 类储渗体在实践中发挥作用,不仅是相对中、高产富集区块预测与评价的依据,也是压裂开发评层选井的依据(如表 4)。

5 结论

(1) 沙溪庙组气藏储渗体储渗条件差异机理:长石含量是形成相对高孔隙度和中、中高能的基本条件;孔隙结构的差异对产能的大小具有决定性的控制作用;

(下转第 30 页)

(2) 多相带组合、高频率的多旋回沉积构成了北二西严重的层间非均质性。小薄层广泛发育, 萨二、萨三分层系数较大, 各层间的渗透率非均质程度差异很大。并且层间隔层分布广、厚度大, 构造裂缝北西方向延伸, 使层间非均质性程度更加剧烈。

(3) 平面非均质性受沉积相带控制, 双重渗透率方向性严重。

(4) 通过对本地区层内、层间、平面非均质性的研究, 并结合动态资料得知对水驱油、采收率有一定的影响。层间非均质性导致“单层突进”、层内非均质性导致“死油区”、平面非均质性导致“平面舌

进”, 在客观上影响剩余油的分布。

参考文献:

[1] 龙胜祥, 王果寿. 含油气盆地分析与资源评价[M]. 北京: 地质出版社, 1999.  
[2] 随军, 吕晓光. 大庆油田河流——三角洲相储层研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000.  
[3] 马世忠, 杨青彦. 曲流点坝沉积模式、三维构形及其非均质模型[J]. 沉积学报, 2000, 18(2): 35-38.  
[4] 陆克政, 朱筱敏. 含油气盆地分析[M]. 北京: 石油大学出版社, 2001.

(上接第 26 页) 成岩晚期溶蚀强弱是大孔喉发育的主要因素; 微裂缝的发育状况是决定不同成岩环境的主要因素; 微裂缝网络系统分布控制着储渗体产状。

表 4 新场气田沙溪庙组气藏典型井压裂效果表

井号	储集类型	无阻流量( 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d)		增产倍比
		压前	压后	
L102- 2	II	0. 1000	31. 7744	318
L104	II	0. 929	29. 1511	31
CX168- 1	II	0. 8986	23. 0184	25
X816	II	1. 1419	25. 8675	22
CX170- 1	I	3. 404	20. 2715	6
CX170- 2	I	3. 9245	24. 38	6
CX373	I	2. 5132	24. 9140	10

(2) 在储层致密化背景下寻找气藏中相对中、

高产富集区块, 沿用常规方法技术显然是难以凑效的。充分运用地震、测井多种处理解释手段, 以动态信息为线索, 以测试与实验分析相结合为手段, 以表征储层储渗差异现象的地质模型为突破口, 以建立等效地球物理模型为纽带, 形成的识别储渗体差异性的方法技术是一种非常有效的实用技术。

参考文献:

[1] 郭正吾. 四川盆地西部浅层致密砂岩天然气勘探模式[J]. 天然气工业, 1997, (3): 5-9.  
[2] 魏力民, 等. 新场气田中侏罗统上沙溪庙组气藏中高产带分布规律[J]. 天然气工业, 1999, 19(增刊): 45-49.  
[3] 符晓, 等. 四川盆地西部天然气资源与勘探开发[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2001.

Minghuazheng episode. The overpressure of bonan sag forms at later period.

**Key Words:** paleo-porosity function; paleo-pressure; overpressure; evolvement history; Bonan sag

**A DISCUSSION ON PETROLEUM MIGRATION IN THE LULIANG OILFIELD OF JUNGGER BASIN ON NEUTRAL NITROGEN COMPOUNDS/** LIAO Jian-de, XIANG Bao-li, WANG li, et al. *Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oilfield Company, CNPC, Karamay 834000, China/ Xinjiang Shiyou Xueyuan Xue bao*, 2004, 16(1): 16 ~ 17

**Abstract:** Nitrogen Compounds is the one of available study methods in petroleum migration of crude oils at present. The results suggest that Xishanyao formation oils across Luliang field migrate laterally from southwest to northeast, as well as from J2x4 oils leg to J2x1 oils leg according to the absolute concentration and the ratio values of the neutral nitrogen compounds of crude oils.

**Key Words:** Luliang oilfield; neutral nitrogen compounds; Petroleum Migration; crude oils

**THE MATHEMATIC MODEL FOUNDATION AND APPLICATION OF THREE PRESSURE-FACES IN CLAY-SHALE FORMATION/** ZHANG Guang-yin, YOU Hong-jun, FENG Quan-hui, et al. *Jiangsu Petroleum & Engineering Institute, Jiangsu Yangzhou/ Xinjiang Shiyou Xueyuan Xue bao*, 2004, 16(1): 18 ~ 20

**Abstract:** The mathematic model foundation and application of three pressure-faces, which included pore pressure and crack pressure and collapsing pressure, were mainly introduced in this paper, and this new technological application not only effectively solved the difficult problems in exploitation of the deep layer but also truly forecasted the true pressure of layer under well and had the theoretical and instructional meaning.

**Key Words:** Three pressures; Pore pressure; Crack pressure; Collapsed pressure

**THE MECHANISM AND MEANING OF FORMATION'S OVER-PRESSURE/** WANG Shi-li, LIU Guang-rui. *Exploration & Development Science Institute, Zhongyuan oilfield Copany./ Xinjiang Shiyou Xueyuan Xue bao*, 2004, 16(1): 21 ~ 23

**Abstract:** Abnormal formation pressure is very common in settling central of oil and gas bearing basin, so how to calculate formation pressure is very important for prospective evaluation. The article discussed form mechanism and application of abnormal formation pressure from four aspects and expounded its strategic signification for exploration and development of oil and gas bearing basin.

**Key Words:** formation pressure; overpressure; abnormal; compaction curve

**RESERVOIR DIFFERENTIAL DISCRIMINATION TECHNOLOGY IN TIGHT SANDSTONE FORMATION/** Deng Li-jian. *Downhole Operation Department of Southwest Petroleum Bureau, Oil Company of SINOPEC, Deyang, Sichuan 618000, China / Xinjiang Shiyou Xueyuan Xue bao*, 2004, 16(1): 24 ~ 26

**Abstract:** Based on multiprocessing and interpretation measures of earthquake and well logging, according to dynamic information, and the testing is combined with experimental analyses, meanwhile, the geological model token reservoir differential discrimination is taken as a breakthrough, with the ties of geophysical models, reservoir differential discrimination technology is screened out and formed.

**Key Words:** tight gas reservoir; reservoir; discrimination.

**THE HETEROGENEITIES SPECIALITY OF BETTER THICK OIL RESERVOIR IN THE WESTERN**