

# 下寺湾式岩性封闭裂缝油藏的建立

高振东<sup>1,2</sup>

(1. 西安石油大学 油气资源学院, 陕西 西安 710065; 2. 延长油田 下寺湾采油厂, 陕西 甘泉 716105)

**摘要:** 在下寺湾油田裂缝高产井泉5925-3和5915井延伸线上所布置的桦3井, 采到含油的张性裂缝岩心, 取得丰富的油气地质信息。原油分析对比表明, 相邻的两个裂缝高产井和相距较远的一个裂缝高产井, 其原油都是以低碳烃为主的特低凝原油, 但与紧邻的正常产量井原油同源异性。这说明本区的裂缝高产井有着相同的成藏地质过程, 并且成片、成带、有规律分布, 把这种油藏命名为下寺湾式岩性封闭裂缝油藏。研究这种油藏的形成及分布规律, 将为鄂尔多斯盆地油气勘探打开一个新的领域。

**关键词:** 下寺湾式岩性封闭裂缝油藏; 裂缝高产井; 张性裂缝; 低碳烃; 特低凝原油

**中图分类号:** TE122; P618 130 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)03-0265-06

## On the Xiasiwan-Style Lithological-Close Fractural Oil Reservoir

GAO Zhen-dong<sup>1,2</sup>

(1. School of Oil and Gas Resources, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, Shaanxi, China;

2. Xiasiwan Production Plant, Yanchang Oilfield Limited, Ganquan 716105, Shaanxi, China)

**Abstract** Plentiful information from oil-bearing core samples with tension fractures were collected from Hua-3 well at the extended line of high production fractural well Quan 5925-3 and Quan 5915 of Xiasiwan oil Field. Analysis to crude oil shows that oil from high production fractural well has very low freezing with low hydrocarbon. But the crude oil of adjacent normal production well come from the same source as high production fractural well but is different in nature. This shows that these high production fractural wells have a same geological process of forming oil reservoir. This kind of oil reservoir is named Xiasiwan-style lithological-closed fracture oil reservoir.

**Key words:** Xiasiwan-style lithological-close fracture oil reservoir; high production fracture well; tension fracture; low hydrocarbon; very low freezing point oil

## 0 引言

下寺湾油田裂缝高产井, 早在20世纪70年代在泉8井就曾打出过初日产量 $107\text{ m}^3/\text{d}$ 。近几年总结并应用保护裂缝的钻井工程措施, 几乎每年都可以发现1~2口裂缝高产井。到目前为止, 已发现裂缝高产井或与裂缝有关的井共20口(表1、图1), 显示出非常诱人的勘探开发前景。

目前国内外对油层裂缝的研究, 集中在储层裂缝对油藏注水开发的影响<sup>[1]</sup>和裂缝性潜山基

岩油藏<sup>[2]</sup>两个方面, 其基本特点是都存在着基质岩块和裂缝两个供油系统。而下寺湾油田的裂缝高产井只有单一的裂缝系统。前人曾提出过裂缝封闭油藏<sup>[3-5]</sup>, 但都没有给出油藏实例。笔者通过有目的的油层取心, 采到含油的张性裂缝岩心。原油分析对比表明, 相邻的两个裂缝高产井和相距较远的一个裂缝高产井, 其原油都是以低碳烃为主的特低凝原油, 但与紧邻的正常产量井原油同源异性, 为建立岩性封闭裂缝油藏提供了基本要素。

收稿日期: 2008-05-12

作者简介: 高振东(1970-), 男, 陕西甘泉人, 工程师, 从事油田勘探开发研究和生产管理。E-mail: gaozhendong236@sohu.com

表 1 下寺湾油田裂缝及裂缝高产井

Tab. 1 List of Fractural Wells with High Production in Xiasiwan Oilfield

区域	井号	完钻 层位	完井 方式	录井资料		钻井情况	试油			
				槽面显示	含油级别		层位	射孔段/m	投产时间	初日产油/t
柳洛峪	泉丛 73 14-4	2 <sup>2</sup> 3	裸眼	见油	油浸	钻至目的层时发生严重井漏	长 2 <sup>2</sup> 3		2004-03-12	13
	泉 93-2	长 <sup>2</sup> 3	射孔	见油花	油迹	钻至油层位置槽面见油花, 油味浓	长 2 <sup>2</sup> 3	683 ~ 693	1997-04-05	8
	泉 93-7	长 <sup>2</sup> 3	射孔	见油花	油迹	钻至油层位置槽面见油花, 油味浓	长 2 <sup>2</sup> 3	697 ~ 699	1996-10-28	10
	泉丛 73 12-3	长 <sup>2</sup> 3	射孔	见油花	油斑	钻至油层位置槽面见油花, 油味浓	2 长 <sup>2</sup> 3	855 ~ 857	2003-08	10
	柳丛 52-2	长 <sup>2</sup> 3	射孔	无显示		钻井过程无异常	2 长 <sup>2</sup> 3	972 ~ 974 976 ~ 980	2006-04	15
雨 岔	柳评 66	长 <sup>2</sup> 3	射孔	见油花		钻至 980.1 000 m 两次井漏	2 长 <sup>2</sup> 3	1 000 ~ 1 012 射开 4	2007-04	15
	桦 3	长 <sup>2</sup> 2	射孔			取心见到张裂缝, 缝中含油	2 长 <sup>2</sup> 2		2007	0.4
	泉 5915	长 <sup>2</sup> 2	射孔	油花占 20%	油斑	钻至 600 m 时发生井漏	2 长 <sup>2</sup> 2	760.5 ~ 763.5	2004-08-06	100
	泉 5925-3	长 <sup>2</sup> 2	射孔		油斑	钻至目的层时失水量大	2 长 <sup>2</sup> 2	790 ~ 792 794 ~ 795	2006-08-26	25
	泉丛 221-2	长 <sup>2</sup> 2	射孔	油花占 30%	油斑	钻至 796 m 时发生井漏	2 长 <sup>2</sup> 1	796 ~ 798	2005-11-22	160
	泉丛 223-2	长 <sup>2</sup> 2	裸眼	油花占 10%	油斑	钻至 920 m 时发生井漏	2 长 <sup>2</sup> 2		2005-11-28	43.2
	泉 92-9	长 <sup>2</sup> 2	射孔	油花占 10%	油斑	钻至油层位置槽面见油花油味浓	2 长 <sup>2</sup> 2	808 ~ 812	2001-09-20	10
	泉 66-13	长 <sup>2</sup> 2	射孔	油花占 10%	油斑	钻至油层位置槽面见油花油味浓	2 长 <sup>2</sup> 2	834 ~ 836 837 ~ 838	2001-11-28	6
	泉 66-18	长 <sup>2</sup> 2	射孔	油花占 10%	油斑	钻至油层位置槽面见油花油味浓	长 2 <sup>2</sup> 2	693.5 ~ 694.5 696 ~ 697	2002-07-15	19
	泉 66-16	长 <sup>2</sup> 2	射孔	油花占 10%	油斑	钻至油层位置槽面见油花油味浓	2 长 <sup>2</sup> 2	824 ~ 828	2002-05-06	14
	泉丛 66 19-4	长 <sup>2</sup> 2	射孔	油花占 10%	油斑	钻至油层位置槽面见油花油味浓	2 长 <sup>2</sup> 2	710.5 ~ 711.5 716 ~ 718	2002-09-10	20
	北沟 泉 8								1977-04	107
	北沟 泉 2016-2	长 <sup>2</sup> 2					长 2 <sup>2</sup> 2			8
	桥镇 泉 4-3	长 1	裸眼			钻井中发生井喷, 日喷 200 m <sup>3</sup>	长 1		1996-06	120
	道镇 薄 6 井	长 6	射孔	油花占 20%	油斑	钻至 4+5 槽面有显示	长 4+5	537-541	2005-09-09	8

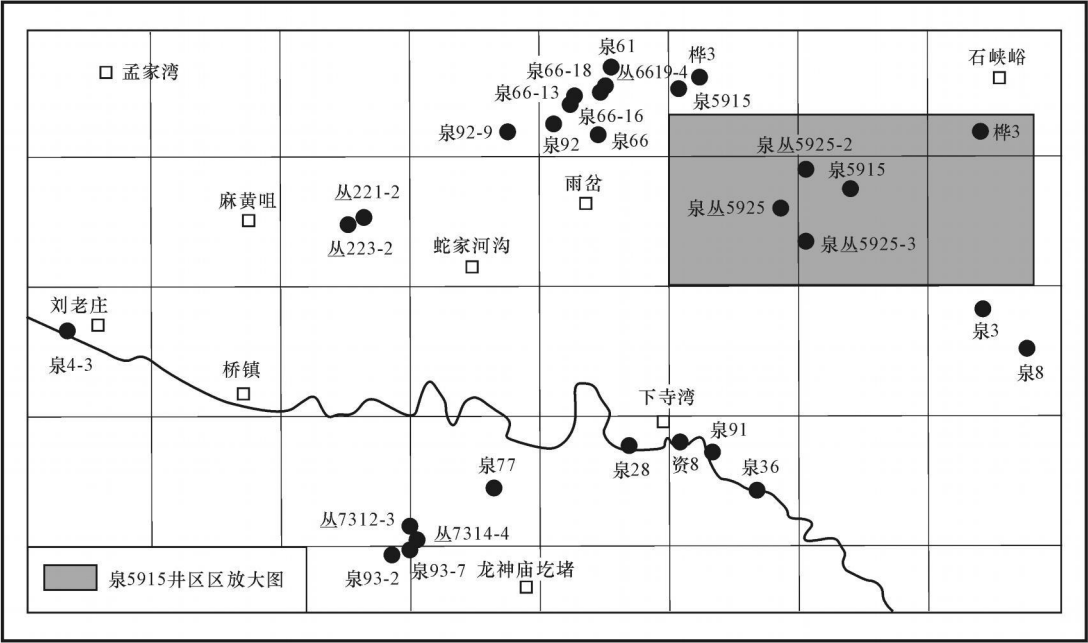


图 1 下寺湾油田裂缝井分布

Fig. 1 Map of Fractural Wells in Xiasiwan Oilfield

## 1 下寺湾油田裂缝高产井裂缝性质

鄂尔多斯盆地延长油层的勘探开发实践证实,广泛存在于油层中的剪切裂缝,在没有压裂和注水的情况下,一般处于封闭状态。在压裂和注水压力下,这些剪切裂缝才会张开,往往会引起注入水沿着剪裂缝方向舌进。凡是在钻井过程中发生井漏,或者喷出大量油气水的情况,都是由张裂缝引起的。为了进一步证实本区裂缝高产井裂缝的性质,在裂缝高产井泉 5915 和泉 5925-3 井延伸线上布置了桦 3 井(图 1),采到含油的张性裂缝岩心(图 2)。对该裂缝进行了古地磁定位,对裂缝充填物进行了油气包裹体研究,对裂缝充填物晶洞中的残余油、裂缝高产井及其邻井的原油进行了全烃色谱等相关分析。



图 2 桦 3 井长 2<sup>22</sup>油层砂岩中的张性裂缝  
Fig. 2 Tensional Fractures in the Chang 2<sup>22</sup> Oil bearing Sandstone of Hua 3 Well

### 1.1 桦 3 井岩心张性裂缝特征

桦 3 井张性裂缝岩心位于井深 905.97 ~ 906.30 m 处(图 2),属于长 2<sup>22</sup>亚油层。裂缝部分的岩性为灰白色粗粉—细粒长石砂岩,具微斜—微交错层理。这部分岩性非常致密,铸体几乎注不进去。裂缝段长 0.33 m,宽约 1 mm。裂缝面不平整,总体倾角大于 80°,岩心出桶时裂缝面有原油。裂缝充填物断面结晶集合体呈近于平行的束状或扇状,是典型的文石结构(图 3)。经电子探针分析(表 2)其主要成分为菱锆矿。



图 3 桦 3 井长 2<sup>22</sup>油层砂岩张性裂缝充填物表面放大  
Fig. 3 Enlarged Surface Image of Fillings in Tensional Fractures in the Chang 2<sup>22</sup> Oil-bearing Sandstone of Hua 3 Well

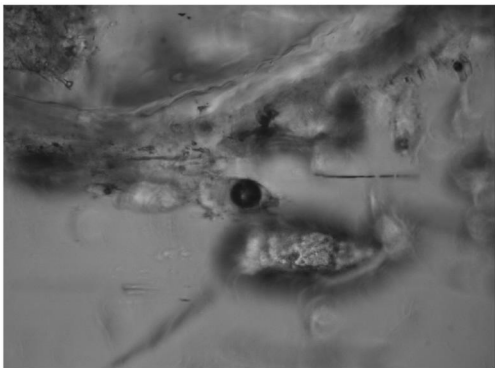
裂缝充填物形成大小不等的“晶洞”,洞面和裂面上有较多的黄铁矿晶体,洞内有冻胶状的浅黄棕色“黄油”状充填物(图 3)。

### 1.2 桦 3 井张性裂缝充填物包裹体

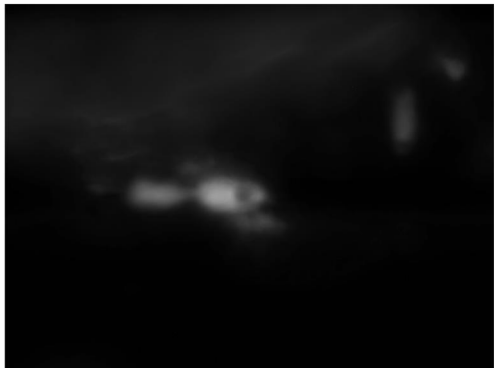
张裂缝充填物内的气液包体(图 4a),在紫外光下发荧光(图 4b)。经激光拉曼测定(表 3),证实包裹体内有一定的油气。

表 2 桦 3 井裂缝充填物电子探针成分

Tab. 2 Electron Microprobe Composition of Minerals Filled in Fractures of Well Hua 3				w <sub>B</sub> / %
矿场	CaO	SrO	CO <sub>2</sub>	合计
菱锆矿 <sup>[6]</sup>		70.19	29.81	100
菱锆矿 <sup>[6]</sup>	3.14	66.06	30.54	99.77
菱锆矿	5.18	74.02	20.5	99.7



a 充填物内的气液包体



b 在紫外光下发荧光

图 4 张裂缝充填物内的油气包体

Fig 4 Oil/ Gas Inclusions in the Filling of Tensional Fracture

室温增加时(图 5),包体气泡体积明显增大,说明充填物结晶、包体形成温度很低。

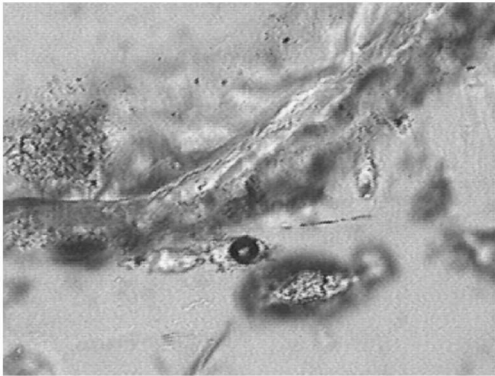
### 1.3 桦 3 井张性裂缝古地磁方向测定

桦 3 井具有张性裂缝的岩心从常温起测,到 300 °C,两个样共测 20 个点,平均磁偏角为 298°,说明这一组张裂缝总体走向是西北—东南。

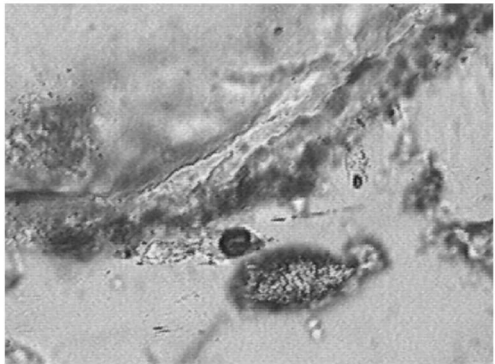
表 3 桦 3 井张裂缝充填物包裹体激光拉曼光谱分析  
Tab. 3 Laser Raman Microprobe Results of Fluid Inclusions  
in the Filling of Tensional Fractures of Well Hua 3

测点	气相/%										
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	总和
1	22.2	6.1	45.1	8.4	4.2	3.6	4.2	3.3		2.9	100
2	68.4	8.2			1.3	11		4.6	1	5.5	100

测点	液相/%										
	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	总和
1	4.5	5.2	5	74.5	3.5	4.2		4.2	3.1		100
2	8.2	4.3	4.6	76.6		1.3	3.5		1.7	1.1	100



a 室温10 °C下拍摄



b 室温27 °C下拍摄

图 5 油气包体气泡随室温增高而变大  
Fig. 5 Gas Bubble Changes into Bigger  
with Increase of the Room Temperature

2 裂缝高产井原油性质

笔者从泉 5915、5925-3、5925-2 井(图 1)中采集了不同时期生产的同层原油,对采自本区不同层位、不同区块的 10 件原油样品进行了分析对比。对其中 4 件样品进行了原油(常规)分析(表 4);对 9 件样品(包括 1 件桦 3 井张裂缝晶洞中的“黄油”)进行了原油全烃气相色谱分析(图 6)、饱和烃气相

色谱及饱和烃色谱-质谱分析(图 7~8)、原油族组分分析。其分析结果揭示出重要信息:

表 4 下寺湾油田原油常规分析数据

Tab. 4 Conventional Chemical Analyses of Crude Oil of Xiasiwan Oil Feild								
井号	层位	密度/ (g·cm <sup>-3</sup> )	凝固 点/°C	运动粘度(V50)/ (mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	含蜡 量/%	含水 量/%	含硫 量/%	
5925-2	长 2 <sup>2</sup>	0.8448	22	4.83	14.18	27.75	0.08	
张丛 49	长 6 <sup>3</sup>	0.8425	22	5.29	14.25	58.8	0.08	
张丛 2-3	长 6 <sup>1</sup>	0.8503	23	8.53	14.08	40.1	0.07	
5925-3	长 2 <sup>2</sup>	0.8616	-18	9.65	13.36	15.85	0.07	

(1)裂缝高产井的原油凝固点非常低(表 4),可达到-18 °C。通常把凝固点在-20 °C以下的原油定义为特低凝原油<sup>[3]</sup>。笔者认为,本区的裂缝原油已经进入特低凝原油行列。特低凝原油是生产高质量润滑油系列产品和适应高寒地区燃料油的原料。如果通过努力能够找到更多的特低凝原油,则必将大大提高下寺湾油田的经济价值。

(2)裂缝高产井所产原油,几乎不含高碳烃。即使两个相邻井 5925-3、泉 5925-2 井,其原油性质截然不同。这说明裂缝高产井中的原油是在裂缝形成以后或在裂缝形成过程中,通过低温运移到裂缝中的,至少说明它们之间的沟通是有阻沟通。

泉 5915 井是较早投产的裂缝高产井,从上述分析可以看出,在其原油成分中已经有不少的高碳烃出现(图 6),说明随着投产时间增加,周围基质岩块中的油气内压已经超过了裂缝中的油压,基质岩块中的正常原油已经有少量进入裂缝系统。这个过程类似于裂缝性油气藏双介质系统的产油规律<sup>[1-2]</sup>,但笔者认为它们之间有本质的差别。

泉丛 2016-2 井原油有明显的低碳烃异常(图 6),说明该井在压裂过程中没有充分地沟通裂缝系统,或者所沟通的裂缝系统总容积不够大,裂缝油和正常油同时产出,产量也不够大。

(3)无论相距较远的裂缝高产井例如丛 221-1 井,或者相邻的裂缝高产井泉 5915、泉 5925-3 井,其原油性质几乎完全相同(图 6),说明它们有相同的形成机制。另外,相邻的裂缝高产井泉 5915、5925-3 井在投产时间上的错位和产量的差距,也说明这些张裂缝是一组在空间上相互独立的裂缝密集带,成藏过程中,曾经存在过共同的沟通通道。

(4)尽管裂缝高产井和一般产量井原油性质有很大的区别,但是,甾烷、三萜烷特征曲线(图 7~8)

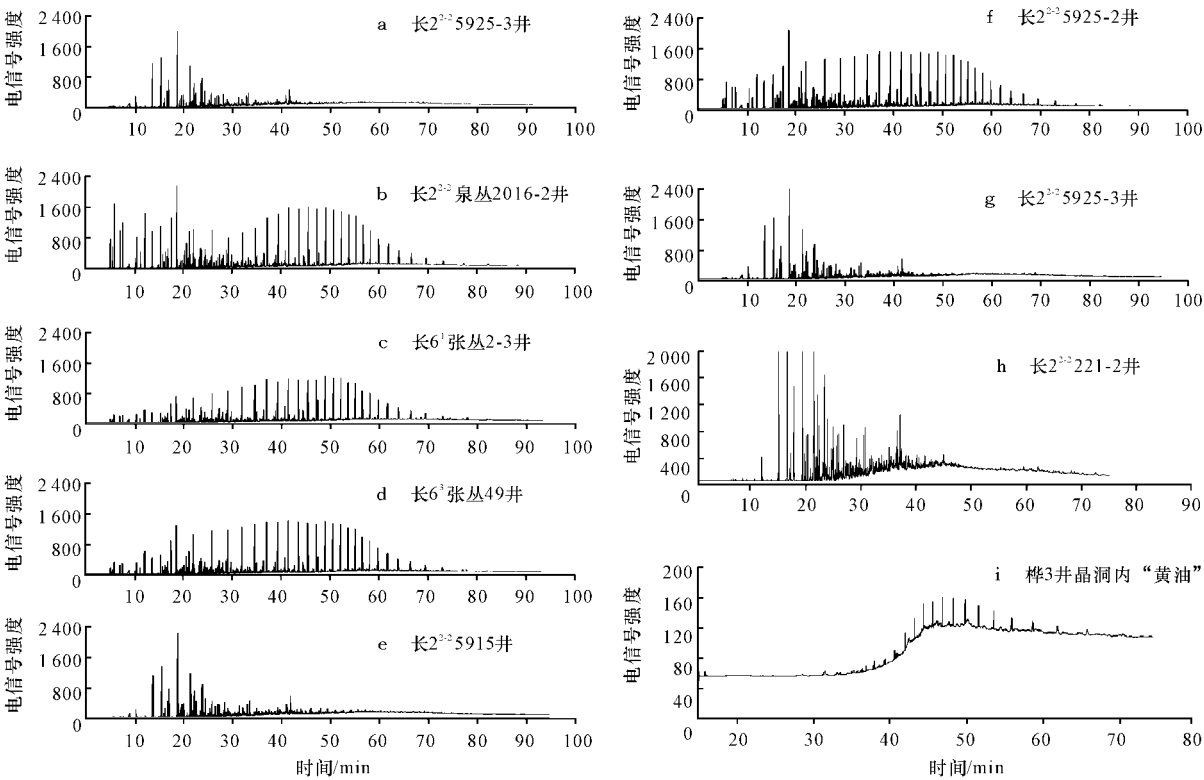


图 6 下寺湾原油全烃色谱对比

Fig. 6 Comparisons of Hydrocarbon Mass Spectroscopy of Crude Oil in Xiasiwan Oilfield

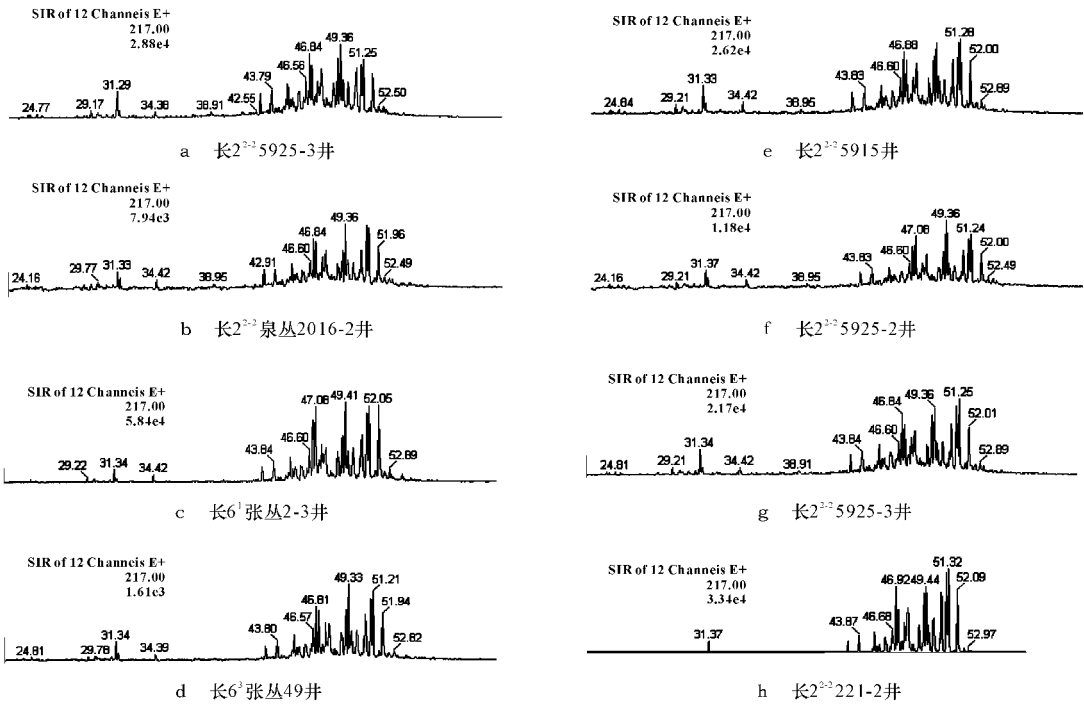


图 7 下寺湾油田原油甾烷特征曲线对比

Fig. 7 Comparisons of Gonane Curves of Crude Oil in Xiasiwan Oilfield

对比又毫无疑问的证实这些原油是同源的。也就 源异性”。

是说, 裂缝高产井的原油和其紧邻的同层原油“同 根据以上分析, 结合下寺湾油田已发现裂缝高

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

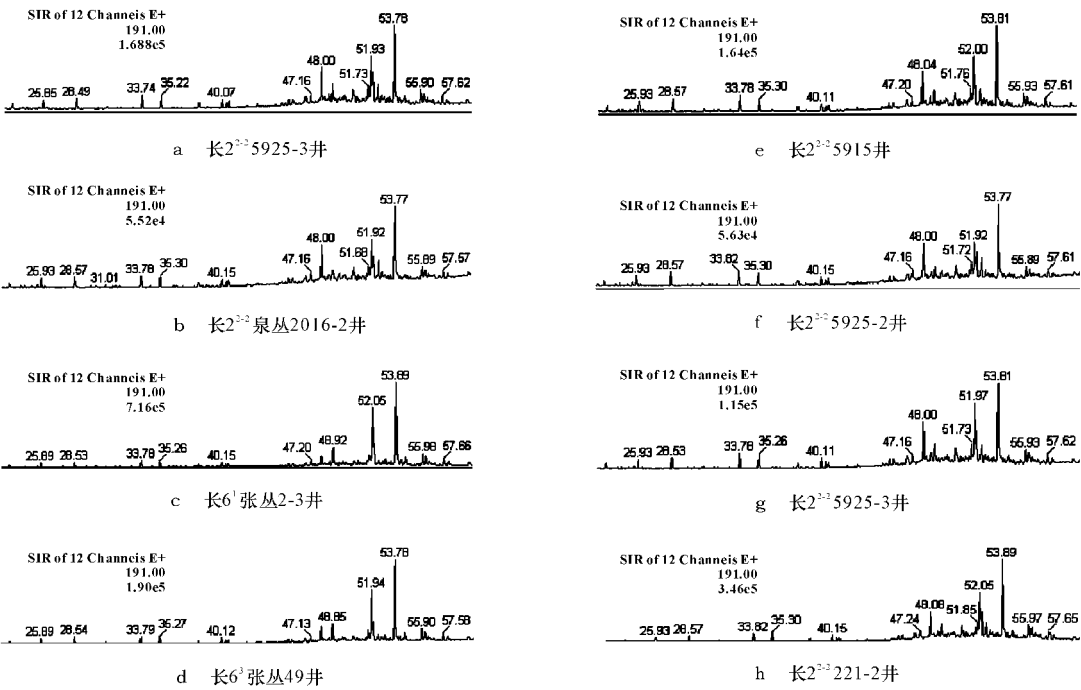


图 8 下寺湾油田原油三萜烷特征曲线对比

Fig. 8 Comparisons of Triterpene Curves of Crude Oil in Xiasiwan Oilfield

产井的数量和分布, 已经有成带、有规律分布的趋势。特别是桦 3 井张裂缝含油岩心的取得, 充分说明相对致密的岩层中所产生的张裂缝密集带是油藏的储积空间, 致密的围岩形成了岩性封闭。当钻井钻穿这些裂缝或压裂沟通了这些裂缝时, 其中的低碳烃原油和天然气就会喷出, 形成高产井。参考前人<sup>[3-5]</sup>对中国油藏分类及鄂尔多斯盆地各类油藏实例的详细研究, 笔者把这种油藏命名为“下寺湾式岩性封闭裂缝油藏”。

3 结语

- (1)桦 3 井含油张性裂缝岩心的获得, 为下寺湾油田裂缝高产井裂缝性质提供了直接证据。同时, 致密的裂缝围岩和张性裂缝组成了完美的储盖组合, 成为建立“下寺湾式岩性封闭裂缝油藏”的基本要素。
- (2)下寺湾油田不同区块裂缝高产井的原油性质基本相同, 裂缝高产井与其紧邻正常产量井原油“同源异性”。说明这些裂缝高产井有着相同的成

藏地质过程, 是建立“下寺湾式岩性封闭裂缝油藏”的基本依据。

(3)下寺湾式岩性封闭裂缝油藏为鄂尔多斯盆地乃至中国的岩性封闭裂缝油藏提供了一个典型的实例。研究这种油藏的形成及分布规律, 不但对本油田扩大这类油藏的勘探成功率, 而且对在更大范围内寻找这类油藏, 具有一定的理论和实践指导意义。

参考文献:

- [ 1 ] 袁士义, 宋新民, 冉启全. 裂缝型油藏开发技术[ M ]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
- [ 2 ] 柏松章, 唐 飞. 裂缝性潜山基岩油藏开发模式[ M ]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [ 3 ] 翟光明, 高维亮, 宋建国, 等. 中国石油地质志(卷一)[ M ]. 北京: 石油工业出版社, 1996.
- [ 4 ] 杨俊杰, 李克勤, 张东生, 等. 中国石油地质志(卷十二)[ M ]. 北京: 石油工业出版社, 1992.
- [ 5 ] 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[ M ]. 北京: 石油工业出版社, 2002.
- [ 6 ] 中国地质科学院地质矿产研究所. 透明矿物显微镜鉴定表[ M ]. 北京: 地质出版社, 1977.