

# 应用井间电位监测技术评价井网调整开发效果

陈晶

中国石油大庆油田有限责任公司第五采油厂 黑龙江大庆 163712

通讯作者: Email: chjingem@petrochina.com.cn

项目支持: 国家科技重大专项“大庆长垣特高含水油田提高采收率示范工程”(2016ZX05054)

引用: 陈晶. 应用井间电位监测技术评价井网调整开发效果[J]. 油气井测试, 2024, 33(1): 61-66.

Cite: CHEN Jing. Application of cross-well potential monitoring technology to improve block development effect[J]. Well Testing, 2024, 33(1): 61-66.

**摘要** 大庆油田X区块二三次井网注采井距大、动用差,通过层系井网调整为一套井网开发,实施半年后出现含水上升速度加快、产量递减加大的问题。利用井间电位监测技术,将监测解释结果视纯异常环形图与砂体展布图叠加,结合油田开发动态生产数据及同位素监测资料分析层系井网优化调整后注水优势推进方向和水驱前缘波及形态。针对注水平面波及均匀性较差的实际,实施针对性措施调整42口井,调整后区块自然递减率减缓了5.73%,年含水上升速度下降0.80%,开发效果得到明显改善。井间电位监测为层系井网优化效果评价和调整方向提供依据。

**关键词** 井间电位监测; 优势渗流通道; 水驱前缘; 自然递减率; 动用厚度; 井网优化; 效果评价

中图分类号: TE32

文献标识码: B

DOI: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2024.01.011

## Application of cross-well potential monitoring technology to improve block development effect

CHEN Jing

No. 5 Oil Production Plant of Petrochina Daqing Oilfield Co., Ltd., Daqing Heilongjiang 163712, China

**Abstract:** The second and third well patterns in Block X of Daqing oilfield are characterized by large injection and production well spacing and poor utilization, and have been adjusted into a set of well patterns through layer series well pattern development. The rising speed of water content in the block is accelerated and the decline of production is increased after six months. Use the inter-well potential monitoring technology to superimpose the monitoring interpretation results as the pure anomaly ring map and the sand body distribution map, Combining the dynamic production data and isotope monitoring data of oilfield development, analyzing the direction of water injection advantage promotion and the shape of water drive front wave after optimizing and adjusting the well network of layer series. In response to the fact that the uniformity of horizontal wave propagation is poor, targeted measures were implemented to adjust 42 wells. The natural decline rate of the block was reduced by 5.73 percentage points, and the annual water cut rise rate decreased by 0.80 percentage points. After the adjustment, the water injection development effect was significantly improved, Inter well potential monitoring provides a basis for evaluating the optimization effect and adjusting the direction of layered well network optimization.

**Keywords:** interwell potential monitoring; advantage seepage channel; water drive leading edge; natural declining rate; using thickness; well pattern optimization; impact assessment

井间电位监测技术以传导类电法勘探的基本理论为依据,通过测量注入到注水层位内高电离能量的工作液所引起的地面电位梯度的变化,进而确定目的层段有关注采参数<sup>[1]</sup>,该技术在油田有较广泛的应用,苗厚纯等<sup>[2]</sup>利用该技术给出注水井目的层段内主力吸水层的优势注水方向、调剖后评价高渗透层或大孔道的改善程度,胡辉等<sup>[3]</sup>应用电位法确定目的层油水分布情况监测剩余油,王如燕等<sup>[4]</sup>采用井间电位法监测火驱前缘,也有文章应用该技术验证断层封闭性和判断人工裂缝方位等,但应用

井间电位监测评价井网调整开发效果的应用较少见。

确定注水优势推进方向方面,井间电位监测技术与干扰试井、示踪剂监测等技术相比具有较明显的优势<sup>[5-8]</sup>,干扰试井、示踪剂只能给出优势注水方向,不能计算平面波及系数。本文针对层系井网调整后水驱开发效果变差的问题,应用井间电位监测技术,明确井网调整后对注水优势推进方向和水驱前缘波及形态的影响,采取对应调整改善开发效果。

## 1 井间电位监测原理

假设地层是一个无限大的均匀介质,若通过导线及套管以恒定电流向地层供电,在地层中则形成人工电场,对于环形测量来说,只与井深 $z$ 和测量环矢径 $r$ 有关,电源在供电电极以外任一点 $M$ 观测电场的电位可表示为<sup>[9-10]</sup>

$$dU_M = \frac{\rho I}{2\pi h} \cdot \frac{1}{\sqrt{z^2 + r^2}} ds \quad (1)$$

式中: $U_M$ 为点 $M$ 电场的电位; $\rho$ 为地层视电阻率, $\Omega \cdot m$ ;  $I$ 为供电电流强度,A;  $h$ 为测试目的层深度,m;  $r$ 为观测点 $M$ 到电源之间的距离,m;  $z$ 为井深,m。

当场源为任意形状时,计算外电场电位应首先在场源处划出一个面元 $ds$ ,如果 $ds$ 处的电流密度为 $j$ ,则从 $ds$ 处流出的电流为 $jds$ ,它在观测点 $M$ 产生的电位 $dU_M$ 仿上式可写为

$$dU_M = \frac{\rho j}{2\pi h} \cdot \frac{1}{\sqrt{z^2 + r^2}} ds \quad (2)$$

积分得外电场电位

$$U = \frac{\rho j}{2\pi h} \cdot \int_0^s \frac{1}{\sqrt{z^2 + r^2}} ds \quad (3)$$

当观测点 $M$ 相同时,由于场源的几何形状不同,所产生的电位值也不相同。施工中,如果所用的工作液相对于地层为一个良导体,即液体电阻率与地层介质的电阻率相比差异较大时,利用被测井套管向地层供以高稳定度的电流,这部分液体在地层中即可看成一个场源,由于它的存在将使原电场的分布形态发生变化,即大部分电流集中到低阻体带,使地层表面的电流密度减小,造成地面的电位也发生变化。

以测试注水井为圆心,距井口距离分别为70 m、90 m、120 m三个环形,每环均匀布置24个测点,测点间圆心角 $15^\circ$ ,共布置72个测点。利用数据自动采集系统,注入工作液(3% NaCl溶液)前、注入后进行连续测试,对施工前后测得的地面电位差数据采用视差梯度方法进行数据处理,即

$$U_s = U_h - U_q \quad (4)$$

式中: $U_s$ 为视纯异常电位,mV;  $U_q$ 、 $U_h$ 分别为施工前、后测得的地面电位差数据,mV。

数据处理后即可得到监测井的内-中圈及中-外圈的电位异常值。为准确标记不同位置电位异常值,确定注采过程流体的分布方向,以被测井为

中心建立直角坐标系,横坐标表示测点的方位角,纵坐标表示电位异常值,正北方向(N)为 $0^\circ$ ,顺时针增加 $90^\circ$ 为正东(E)方向, $180^\circ$ 为正南(S)方向, $270^\circ$ 为正西(W)方向,根据平面上各点电位梯度值拟合计算出油藏的动态参数<sup>[11]</sup>。

## 2 井层优选及参数设计

针对试验区井网调整后含水上升快、自然递减大的问题,通过井间电位监测明确井网调整注水推进方向和波及范围差异指导区块调整,优选6种砂体接触类型监测井网优化后注水前缘优势推进方向,设计了监测层段工作液量。

### 2.1 试验区概况

X试验区位于大庆长垣南部杏树岗背斜中部,含油面积 $3.7 \text{ km}^2$ ,沉积类型为外前缘相、内前缘相、分流平原相,共有油井128口,水井83口。该区块共部署四套井网,开采层系相对独立,基础井不规则面积井网采萨葡表内层,注采井距400~600 m之间,一、二、三次井网均采用300 m井距200 m排距的线状注水方式开采,一次井网开采萨Ⅱ组油层,二次井网采萨Ⅲ组油层,三次井网开采萨Ⅲ组和葡Ⅰ组非主力油层。葡Ⅰ组非主力油层条件差、注采井距大,动用差,二、三次井网低效井数比例高达35.2%,将二次井网射开葡Ⅰ组非主力油层与三次井网组成150 m井距200 m排距的线状注水方式开采(见图1)。

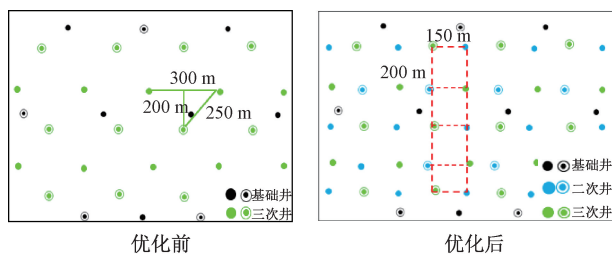


图1 井网优化前后葡Ⅰ组非主力油层开发井位示意图  
Fig. 1 Schematic diagram of development well locations for non main oil reservoirs in group Pu I before and after well network optimization

二三次井网层系井网优化调整初期,取得了较好的开发效果,砂岩水驱控制程度提高6.6%,如表1所示,达到92.5%,油层动用厚度提高5.7%,自然递减减缓6.42%,含水上升减缓0.42%,从含水采出程度关系曲线可以看出(见图2),采出程度跨过50%的理论曲线向55%偏移。随着开采年限的增加,平面和层间矛盾加剧,试验区二三次井网年含水上升速度逐年加快,达到1.5%,自然递减达到

15.81%,区块综合含水达到 93.5%,采出程度曲线向含水方向偏移,开发效果变差,亟需明确井网调

整前后注水推进方向和波及范围差异,为区块注采调整提供可靠的依据。

表 1 井网优化前后水驱控制程度对比表

Table 1 Comparison of water drive control degree before and after development well network optimization

有效厚度分级/m	调整前/%			调整后/%			差值/%		
	层数	砂岩	有效	层数	砂岩	有效	层数	砂岩	有效
$H_{有} \geq 2$	74.7	78.0	79.8	78.3	81.5	82.6	3.6	3.5	2.8
$2 > H_{有} \geq 1$	81.8	82.5	81.2	85.3	85.3	86.7	3.5	2.8	5.5
$1 > H_{有} \geq 0.5$	84.9	84.7	85.7	93.2	92.8	93.4	8.3	8.1	7.7
$0.5 > H_{有} > 0$	85.4	85.5	85.8	93.9	94.3	94.3	8.5	8.8	8.5
表外储层	89.0	89.6	/	95.4	95.7	/	6.4	6.1	/
合计	86.5	85.9	84.2	93.41	92.5	90.6	6.9	6.6	6.4

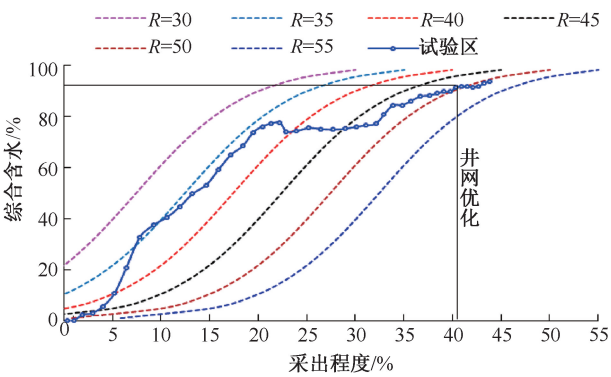


图 2 试验区综合含水与采出程度关系曲线

Fig. 2 Relationship curve between comprehensive water content and recovery degree in the experimental area

表 2 测试井层基本信息表

Table 2 Basic information of test well layer

井号	监测层位	砂岩/m	有效/m	砂体接触关系	设计注入量/m <sup>3</sup>
XW-A	P I 4 <sub>1a</sub> —P I 4 <sub>2b</sub>	4.9	2.4	主体-主体/非主体	122
XW-B	P I 4 <sub>2a</sub> 及以下	4.2	0.4	非主体-表外	156
XW-C	P I 4 <sub>2a</sub> —P I 4 <sub>2b</sub>	3.9	0.9	非主体-非主体/主体	172
XW-D	P I 2 <sub>1a1</sub> —P I 2 <sub>1a2</sub>	3.8	3.3	主体-非主体	215
XW-E	P I 4 <sub>2a</sub> —P I 4 <sub>2b</sub>	2.1	0.8	非主体-非主体	112
XW-F	P I 1 <sub>1a</sub> —P I 1 <sub>1b</sub>	2.1	1.4	非主体-非主体/河道	133

2.3 注入量设计

视纯异常信号的大小与低(高)阻体扩散带的长度成正比,与测量的深度成反比。因此,在确定测量层段深度的前提下,为提高异常信号的幅度必须相应增大工作液量,注入工作液量常由下式确定<sup>[12]</sup>

油层砂体平面相变快的特点,优选 6 种砂体接触类型开展监测,确定不同砂体接触类型井网优化后注水前缘优势推进方向,进而指导井区的开发调整,改善区块开发效果。按注入液量设计原则,结合测试井组的有效孔隙度、有效厚度、吸水比例等参数,进行监测层段工作液量设计。

$$Q = \sum_{i=1}^n S_i H \varphi \quad (5)$$

式中: $Q$  为注入工作液量, $\text{m}^3$ ;  $S_i$  为第  $i$  个吸水层段的总波及面积, $\text{m}^2$ ;  $H$  为第  $i$  个吸水层段吸水层的厚度, $\text{m}$ ;  $\varphi$  为第  $i$  个吸水层段的有效孔隙度,%。

按照上述井层优选结合二次井网葡 I 组非主力

3 监测结果分析及应用

分析监测结果认为主要受井网优化后注水快速突破造成区块开发效果变差。监测结果主要表现为注水推进方向增加、原不吸水薄差层开始吸水、单方向注水三种类型,以最大限度提高注水利

用率和降低低效无效循环为目标,通过油水井对应调整扩大波及体积、压裂措施提高动用程度、油井堵水措施控制低效注采,实施调整后取得较好开发效果。

3.1 监测结果分析

利用井间监测技术综合解释软件,根据现场电位测试结果,给出注入层段的平面推进方向和波及情况<sup>[13-16]</sup>。结合储层发育厚度、渗透率、采油井连通、同位素吸水剖面等综合确定注入层段的主要吸水层位,分析层位的水驱前缘推进情况<sup>[17-20]</sup>。

井网优化后注采井距由调整前的 250 m,缩小到 150 m (见图 3)。单井单砂体平面连通方向 5.7 个,与优化前对比增加 2 个,平均优势注水方向

2.3 个,与优化前对比注水方向增加 1.3 个。注水平均平面波及系数为 0.23,注水平面波及均匀性较差(见表 3)。

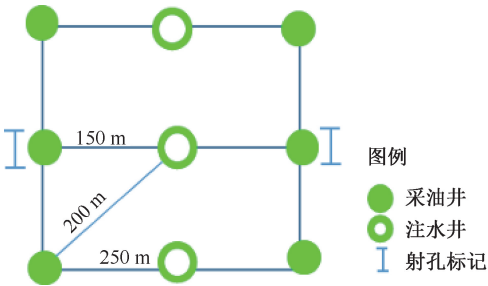


图 3 井组注采关系示意图  
Fig. 3 Schematic diagram of injection production relationship of well group

表 3 井间电位监测结果参数表  
Table 3 Parameter table of inter well potential monitoring results

井号	连通方向	优势注水方向(北东顺时针)		波及系数	井网优化前对比注水方向变化	调整建议
		角度	个数			
XW-A	6	20°、120°、300°	3	0.27	+2	XW-A 井葡 I 4 <sub>1a</sub> —葡 I 4 <sub>2b</sub> 调剖
XW-B	5	100°、260°	2	0.19	+2	XW-B 与周围油井对应压裂
XW-C	6	100°、340°	2	0.17	+1	XO-C1 井压裂
XW-D	5	320°	1	0.08	0	XO-D1 堵水
XW-E	6	50°、110°、325°	3	0.36	+1	加强注水
XW-F	6	100°、160°、280°	3	0.29	+2	周期注水
平均	5.7	/	2.3	0.23	1.3	/

监测的 6 口井主要有 3 种类型:

(1)注水推进方向增加。这种类型共有 4 口注水井,如 XW-A 葡 I<sub>4a</sub>—4<sub>1b</sub> 层(见图 4),油层发育主体、非主体砂体,油层条件较好,吸水比例达 26.4%,为主要注水层位,但砂体平面相变快,平面矛盾较突出。井网优化后与优化前对比新增 2 个产出方向,补孔初期单井增油 3 t,含水下降 15.2%,但半年后开发效果明显变差,含水上升速度加快,注水突破特征明显,为改善开发效果采取调剖措施,调整平面注水推进方向。

(2)原不吸水的薄差层开始吸水。如 XW-B 井葡 I<sub>4a</sub> 层(见图 5),该层属非主体薄差储层,油层发育差,原 250 m 注采井距大,同位素显示不吸水,井网调整后,左右两个方向注采井距缩小,同位素对比由原来不吸水到吸水比例 6.51%,井间电位监测显示新增左右两个注水方向,但注水平面波及系数只有 0.19,为提高动用程度,采取油水井对应压裂措施,进一步改善开发效果。

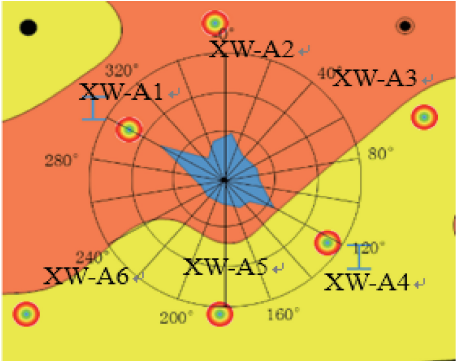


图 4 XW-A 井砂体和视纯异常环叠加图  
Fig. 4 Circular superposition diagram of sand body and apparent pure anomaly in the well XW-A

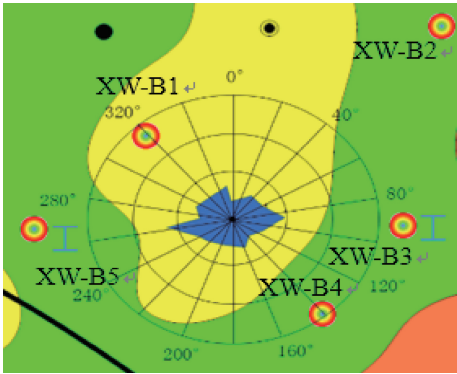


图 5 XW-B 井砂体和视纯异常环叠加图  
Fig. 5 Circular superposition diagram of sand body and apparent pure anomaly in the well XW-B

(3)仍为单方向注水。如 XW-D 葡 I<sub>2a</sub> 层(见



图6),发育河道砂体,油层条件好,调整后新增1个采出方向,XW-D井同位素吸水比例达到36.8%,受效方向采油井XW-D1对应层位产液16.2 t,含水达到99.1%,原注采方向已形成高渗透通道,补孔新增的产出方向未对井组注采调整产生影响。为控制无效注采,井组将XW-D1对应层位堵水,调整平面流场方向,改善开发效果。

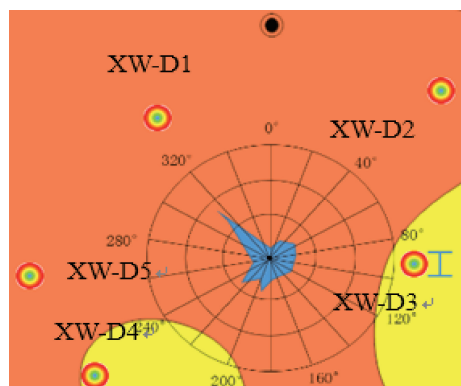


图6 XW-D井砂体和视纯异常环叠加图

Fig.6 Circular superposition diagram of sand body and apparent pure anomaly in the well XW-D

### 3.2 注采调整及效果

根据监测结果分析,井网优化后注采井距由250 m缩小到150 m,由于河道或主体席状砂油层条件好,注水突破造成区块开发效果变差。监测结果结合井组其它动静态资料综合分析,给出区块同类砂体调整建议,最大限度提高注水利用率和降低低效无效循环,控制区块递减和含水上升。制定了油水井调整方案共42口井。一是为扩大波及体积,实施油水井对应调整,采油井含水大于95%的井由24 h生产转为12 h生产12 h停采,提高流压生产,注水井吸水比例大于20%的小层实施调剖措施;二是针对受效差的采油井实施压裂措施,提高动用程度;三是针对低效注采,实施油井堵水措施。调整取得较好的效果,前后对比,油层砂岩吸水厚度由81.74%提高到84.25%,提高2.51%;自然递减由15.71%下降到9.98%,减缓5.73%;含水上升速度由1.5%下降到0.7%,降低0.8%。

## 4 结论

(1)井间电位监测技术监测结果与生产动态吻合,结合动静态资料,可以直观地反映出注水井的水驱路径、推进方向、波及范围特征,能够明确注水井与周围油井的注采关系。

(2)6口监测井的测试结果显示,平面波及系数

平均为0.22,整体上井组注水波及较不均匀,主要受井网不均匀和平面砂体非均质性的影响。

(3)井间电位监测技术对地层连通状况的认识,通过采取针对性的注采调控改善了区块开发效果,自然递减减缓5.73%,含水上升速度下降0.8%。

**致谢:**感谢大庆油田有限责任公司第五采油厂同意本文公开发表,感谢朱志香、师斌等人在论文编写过程中给出的建议。

### 参考文献

- [1] 蔡兵. 大庆油田测试资料应用技术研究进展[J]. 大庆石油地质与开发, 2021, 45(2): 117-120.  
CAI Bing. Research on well logging and testing data application technology in Daqing oilfield [J]. Daqing Petroleum Geology and Development, 2021, 45(2): 117-120.
- [2] 苗厚纯, 张连军, 叶鹏, 等. 电位法井间监测技术在油田调剖措施效果评价方面的应用[J]. 国外测井技术, 2005, 20(4): 29-32.  
MIAO Houchun, ZHANG Lianjun, YE Peng, et al. The applications of the monitoring technology with the potentiometric method between wells in the evaluation to the result of injection profile modification measures in the oil field [J]. Foreign Logging Technology, 2005, 20(4): 29-32.
- [3] 胡辉, 张建荣, 陈丽. 电位法井间监测剩余油技术在江汉油田的应用[J]. 江汉石油学院学报, 2004, 26(4): 126-127.  
HU Hui, ZHANG Jianrong, CHEN Li. The application of electric potential method for inter well monitoring of residual oil in Jianghan oilfield [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2004, 26(4): 126-127.
- [4] 王如燕, 潘竞军, 陈龙, 等. 井间电位法火驱前缘监测技术研究及应用[J]. 新疆石油地质, 2014, 35(4): 466-470.  
WANG Ruyan, PAN Jingjun, CHEN Long, et al. Research and application of cross well potential method for monitoring the front edge of fire drive [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2014, 35(4): 466-470.
- [5] 何芳. 井间电位测试技术在大庆油田的应用[J]. 石油仪器, 2009, 23(3): 63-68.  
HE Fang. Application of cross well potential testing technology in Daqing oil field [J]. Petroleum Instrument, 2009, 23(3): 63-68.
- [6] 王鸣川, 石成方, 朱维耀, 等. 优势渗流通道识别与精确描述[J]. 油气地质与采收率, 2016, 23(1): 79-84.  
WANG Mingchuan, SHI Chengfang, ZHU Weiyao, et al. Identification and accurate description of preponderance flow path [J]. Oil and Gas Geology and Recovery, 2016, 23(1): 79-84.

- [7] 李冰,申春生,李林,等. 基于沉积过程的三角洲前缘薄互层储层精细分析[J]. 沉积学报, 2019, 37(5): 1058-1068.  
LI Bing, SHEN Chunsheng, LI Lin, et al. Fine reservoir analysis of thin interbed layers in a delta based on sedimentary process [J]. Journal of Sedimentation, 2019, 37(5): 1058-1068.
- [8] 王任一. 基于生产动态数据的井间储层连通性识别方法[J]. 石油与天然气地质, 2019, 40(2): 443-450.  
WANG Renyi. Identification method for inter well reservoir connectivity based on production performance data [J]. Petroleum and Natural Gas Geology, 2019, 40(2): 443-450.
- [9] 张金成. 电位法井间监测技术[J]. 地震地质, 2001, 23(2): 292-300.  
ZHANG Jincheng. Interwell monitoring technology using potential method [J]. Seismogeology, 2001, 23(2): 292-300.
- [10] 缪飞飞,张宏友,刘小鸿,等. 水驱油田产量理论自然递减规律研究[J]. 石油地质与工程, 2014, 28(1): 61-65.  
MIAO Feifei, ZHANG Hongyou, LIU Xiaohong, et al. Natural decline regularity study on water drive oilfield production [J]. Petroleum Geology and Engineering, 2014, 28(1): 61-65.
- [11] 吴柏志,李军. 电位法井间监测技术在压裂裂缝监测中的应用[J]. 石油地质与工程, 2011, 25(2): 126-128.  
WU Baizhi, LI Jun. Application of potential method interwell monitoring technology in fracturing crack monitoring [J]. Petroleum Geology and Engineering, 2011, 25(2): 126-128.
- [12] 金林,牛建军,王金鑫,等. 电位法动态监测技术在油田储层监测中的应用[J]. 中国水运, 2014, 14(11): 183-185.  
JIN Lin, NIU Jianjun, WANG Jinxin, et al. The application of dynamic monitoring technology using potential method in oilfield reservoir monitoring [J]. China Water Transport, 2014, 14(11): 183-185.
- [13] 杨超,许晓明,齐梅,等. 高含水老油田注采连通判别及注水量优化方法[J]. 中南大学学报, 2015, 46(12): 4594-4601.  
YANG Chao, XU Xiaoming, QI Mei, et al. Injection production connectivity discrimination and injection volume optimization method for high water cut old oilfields [J]. Journal of Central South University, 2015, 46(12): 4594-4601.
- [14] 廖红伟,王琛,左代荣. 应用不稳定试井判断井间连通性[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(4): 87-89.  
LIAO Hongwei, WANG Chen, ZUO Dairong. Application of unstable well testing to determine inter well connectivity [J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(4): 87-89.
- [15] 冯其红,陈存良,杨光龙,等. 利用注采数据研究岔15油田井间连通性[J]. 特种油气藏, 2014, 21(6): 87-89.  
FENG Qihong, CHEN Cunliang, YANG Guanglong, et al. Study on interwell connectivity of Cha15 oilfield using injection production data [J]. Special Oil & Gas Reservoir, 2014, 21(6): 87-89.
- [16] 肖康,穆龙新,姜汉桥,等. 封堵优势通道动用剩余油机制及策略[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(6): 1180-1186.  
XIAO Kang, MU Longxin, JIANG Hanqiao, et al. Mechanism and strategy of using remaining oil to block advantageous channels [J]. Petroleum and Natural Gas Geology, 2017, 38(6): 1180-1186.
- [17] 廖明光,廖成基,陈小凡. 动静态方法在油藏井间连通性分析中的应用研究[J]. 特种油气藏, 2020, 27(3): 131-136.  
LIAO Mingguang, LIAO Chengji, CHEN Xiaofan. Application of dynamic and static methods in inter well connectivity analysis of oil reservoirs [J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2020, 27(3): 131-136.
- [18] 高大鹏,叶继根,李奇,等. 大庆长垣特高含水期表外储层独立开发方法[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(1): 181-188.  
GAO Dapeng, YE Jigen, LI Qi, et al. Independent development method for extra high water cut off surface reservoirs in Daqing Placanticline [J]. Petroleum and Natural Gas Geology, 2017, 38(1): 181-188.
- [19] 史树彬. 基于井间动态连通性模型的注采参数优化方法[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(12): 4919-4922.  
SHI Shubin. Optimization method for injection production parameters based on dynamic connectivity model between wells [J]. Science and Technology and Engineering, 2021, 21(12): 4919-4922.
- [20] 曾流芳,刘炳官,刘玉章,等. 水驱优势通道对水驱开发效果的影响研究[J]. 江汉石油学院学报, 2004, 26(2): 126-127.  
ZENG Liufang, LIU Bingguan, LIU Yuzhang, et al. Study on the influence of water drive dominant channels on water drive development effect [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2004, 26(2): 126-127.

编辑 穆立婷

第一作者简介:陈晶,女,1977年出生,工程师,2005年毕业于大庆石油学院石油工程专业,现从事油田开发调整研究工作。电话:13904595700,0459-4597062, Email: chjingem@pet-rochina.com.cn。通信地址:黑龙江省大庆市大庆油田有限责任公司第五采油厂,邮政编码:163712。