



油田井间示踪监测技术

青岛大地新能源技术研究院

2019年

汇报内容

1. 概述

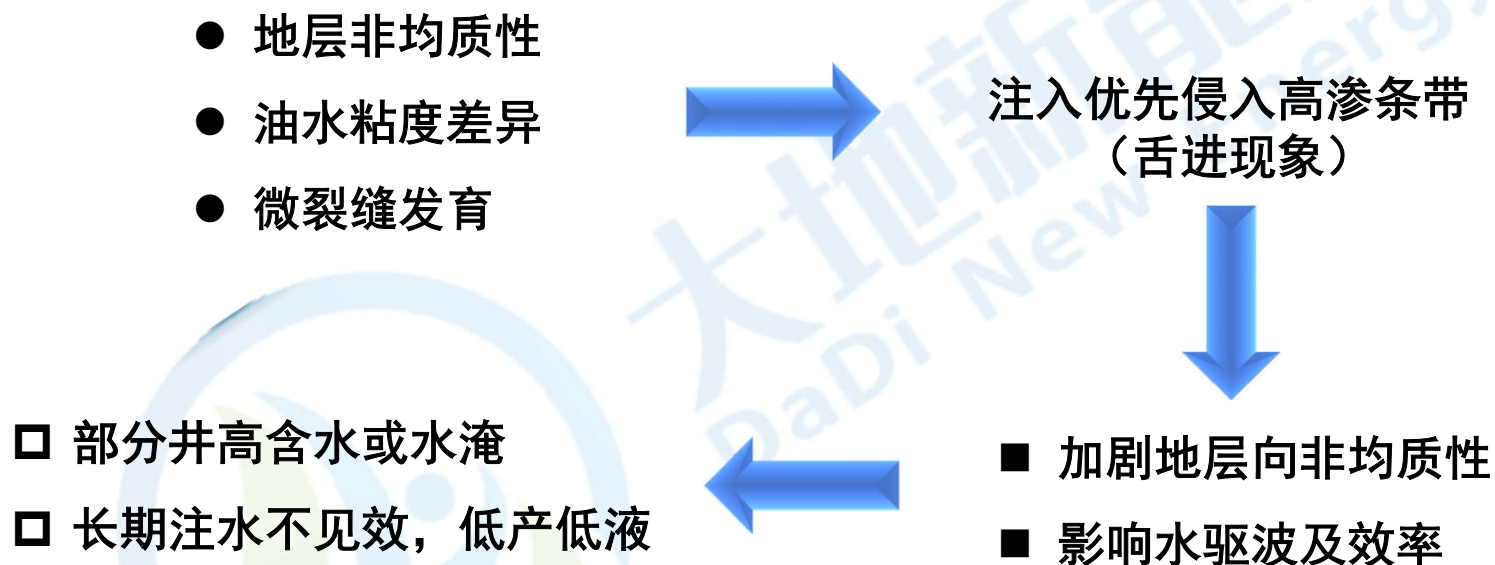
2. 技术简介

3. 工艺流程

4. 技术应用

5. 技术总结

1.1 注水开发面临的问题



急需针对性的注采调整措施，需要运用井间监测技术认识油藏

- 井组注采对应关系、测试层内流体运移规律
- 井组注采井间的连通状况以及油层非均质性状况
- 措施效果

1.2 油田产液剖面监测技术

示踪监测技术	原理	优点	缺点	油田应用情况
传统测井工具 (PLT)	下测井工具确定水平井/直井各段储层生产情况	测量参数多 (井温、压力、含水、伽马、流量等) 数据实时传输	适用范围窄 (难适用水平井、大斜度井、特殊管柱、高含水井、低产液井) 工艺复杂、费用高、风险高，需要井下作业	测量产液剖面
示踪监测技术	向地层中注入示踪剂，收集返排液测示踪剂浓度	适用范围广 (水平井、大斜度井、特殊管柱、高含水井、低产液井) 工艺简单、费用低、风险低 监测时间长，无需井下作业	数据有一定的延后性 (返排液示踪剂浓度计算产液量)	测量产液剖面

示踪监测技术具有巨大潜力！

1.3 油田常见示踪监测技术

示踪监测技术	示踪剂	优点	缺点	油田应用情况
化学示踪监测技术 (第一代)	无机盐, 卤代烃 荧光染料, 醇类	种类多, 易检测	用量大, 部分毒害, 适应性差, 精度低 $10^{-3} \sim 10^{-6}$ kg/L	2015年前常用 压裂效果 注采连通性
放射性同位素 示踪监测技术 (第二代)	含氚化合物	用量少, 易检测 灵敏度高	操作严格, 安全隐患	不常用 注采连通性
稳定性同位素 示踪监测技术 (第三代)	^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{15}N 、 ^{18}O	无放射性, 易检测	种类少, 费用高, 检测方法复 杂 (原子反应堆激活, 中子活 化法测量)	不常用 注采连通性
微量物质示踪监测 技术 (第四代)	地层中不存在或含 量极少的物质	安全稳定, 种类多 精度高 10^{-14} kg/L	检测设备昂贵 (已建成了高精度实验室)	2015年后使用 压裂效果 注采连通性



微量物质示踪监测技术具有巨大潜力!

汇报内容

1. 概述

2. 技术简介

3. 工艺流程

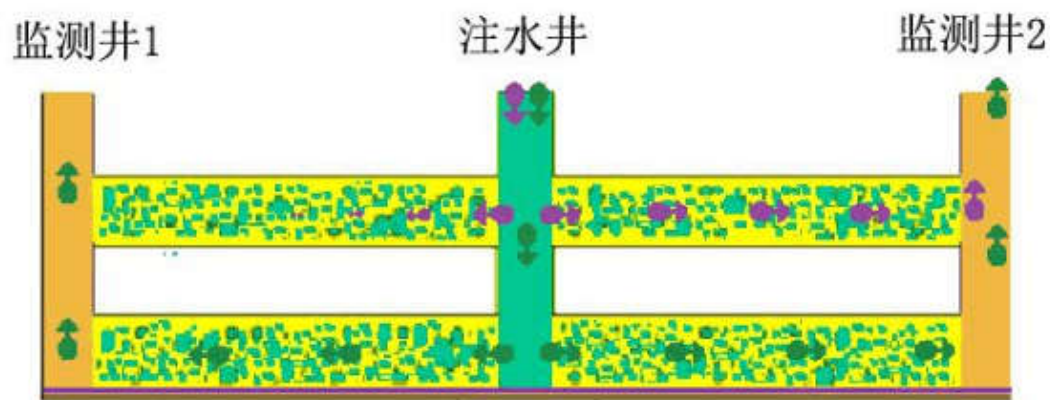
4. 技术应用

5. 技术总结

2.1 技术原理

油田井间示踪监测技术

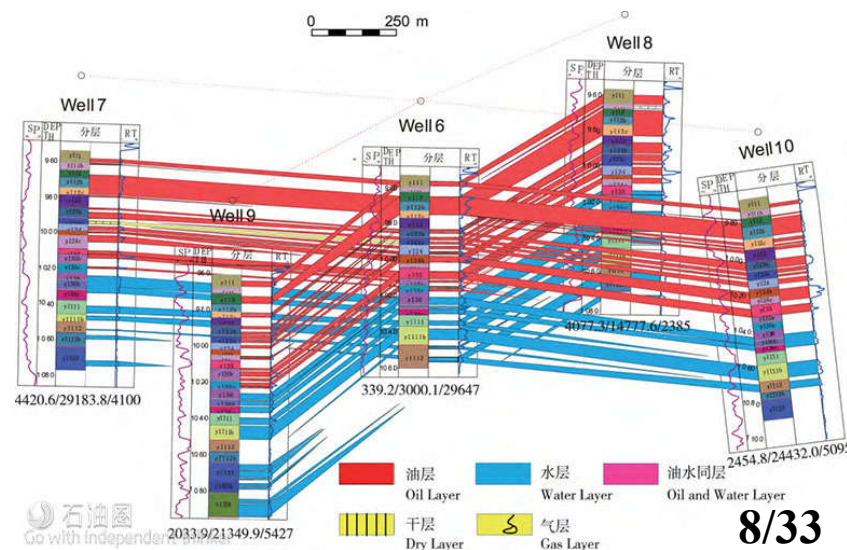
从监测注入井注入示踪剂段塞，在周围目标生产井取样分析，监测其产出情况，绘出示踪剂产出曲线，结合储层物性认识注采井间连通性、井间主流通道、油藏非均质性等。



为油田开发方案制定和调整提供依据

2.2 可解决问题

- 明确测试井组注采对应关系、测试层内流体运移规律
 - 突破时间、突进速度
 - 波及体积
 - 注水分配情况
 - 措施效果分析
 - 调剖、堵水后效果评价
 - 认识监测井组注采井间的连通状况以及油层非均质性状况
 - 高渗层、大孔道
 - 地层非均质性
 - 井间连通性
- 优化注采平衡，评价增油措施，
制定加密井网计划



2.3 示踪剂数量及类型

● 水溶性示踪剂

- 35种（16A+19B）
- 不含有机氯
- 能连续监测120天以上
- 示踪剂具有低吸附性、热稳定性好、配伍性好
- 样品送至实验室后，10天内出分析报告
- DWT01、DWT02....DWT35



山东出入境检验检疫局检验检疫技术中心
国家化学品分类鉴别与评估重点实验室（山东）

电话 (Tel): 0532-80885822 检测鉴定报告 编号 (No.): 37000010182103735
传真 (Fax): 0532-80885821 TEST REPORT 日期 (Date): 2018-06-19
邮编 (post code): 266500 正本-ORIGIN 第 1 页, 共 1 页
地址 (Address): 青岛即墨区蓝村街道办事处

安全环保, 有中国合格评定国家认可委员会CNAS认证

样品名称	英文名称		
委托单位			
生产单位			
分析/试验要求	危险特性分类鉴别	样品数量/重量	145g
检测依据	联合国《关于危险货物运输的建议书 规章范本》(第二修订版) 联合国《全球化学品统一分类和标签制度》(第七修订版) 《危险化学品目录》(2015 版)		
样品标识			

一、样品信息

1. 组别/名称: [模糊处理]
2. 样品性状: 无色透明液体。

二、鉴定结论

1. 正式运输名称: / 技术名称: 示踪剂溶液。
2. 联合国编号: / 3. 危险货物类别: / 4. 建议包装类别: /
5. GHS分类: 根据试验结果和数据查询, 该产品暂无GHS分类。
6. 是否属于《危险化学品目录》(2015版) 列明的化学品: 否;
是否符合《危险化学品目录》(2015版) 中关于“危险化学品的定义和确定原则”: 否。
注: 根据客户提供的上述产品成分和试验结果判定该货物不具有联合国《关于危险货物运输的建议书 规章范本》所列的危险特性。

授权签字人: [签名] 印章: [红色印章]
签发日期: 2018-06-19

注: 1. 除非特别说明, 本报告仅对样品负责。退水号: 5618。
Unless otherwise stated, this test report is only responsible for the sample(s).
2. 未经本实验室许可, 本报告不得部分复制。
This test report cannot be reproduced, except in full, without prior written permission of the lab.



2.4 技术优势

- 安全环保，有中国合格评定国家认可委员会**CNAS认证**；
- 示踪剂种类多、能满足**单井组、多相邻井组或区块整体同步测试**；
- 示踪剂与地层水**配伍性好、吸附量少、热稳定性好**；
- 示踪剂**用量少**、注入工艺简单；
- 满足长时间、大井距、高温高盐等复杂油藏条件监测；
- 测试精度高，达到 **10^{-14} kg/L**级别；
- 能不关井连续收集返排液；
- 结合返排液量和示踪剂监测结果，优化注采参数。

2.5 我国应用情况



中国石油

大庆、大港等



胜利、江汉、西南局



中海石油

渤海

□ 国内的示踪技术主要用于注水开采，明确注水水驱方向、水驱速度、平面和纵向上非均质性，使用的是国外技术。

2.6 国外应用情况



- ❑ 示踪监测技术在2010年推出，在页岩气田、致密油区已得到大量使用；
- ❑ 北美约15%的水平井分段压裂选择使用示踪剂监测技术。

2.7 技术对比

示踪监测技术对比

技术指标	国外技术	大地新能源技术
压裂监测段数	35	35
监测时间	12个月以内	12个月以内
测试精度	10^{-14} kg/L	10^{-14} kg/L
出具报告时间	30~60天	10天以内
成本费用	成本仅为国外技术的1/2~2/3，甚至更少	

成本
优势

独家技术：示踪剂产品+示踪剂检测+分析优化

数量多、高精度、周期短、费用低

2.8 精细分析实验室



汇报内容

1. 概述

2. 技术简介

3. 工艺流程

4. 技术应用

5. 技术总结

3 工艺流程

工艺流程包括方案设计、现场注入等6项



3.1 方案设计

- **资料收集** 目标井概况、地质条件、施工情况、存在问题
- **底样检测** 目标井油水样，或临井或同层位油水样
- **型号筛选** 根据油水样检测结果，选择本底浓度较低的作为示踪剂
- **用量设计** 根据井、地质参数（最远井间距、地层厚度、孔隙度、含水饱和度等）计算示踪剂用量
- **施工设计** 结合施工工艺，设计施工步骤，确定注入方式

3.2 现场注入

(1) 笼统注入、一注多采

- ① 关闭注水站来水闸门和井口总闸门；
- ② 泵车与注水井井口连接，打开水井总闸门，按该井配注速度注入前置液 2.5m^3 ；
- ③ 按该井配注注入速度开泵注入示踪剂 5m^3 ；
- ④ 开闭相应闸门按该井配注正常注水。

(2) 多层段注入

- ① 投捞水嘴作业，将最下层（本次目的层）配正常注水水嘴，其它层用死嘴封死；
- ② 按笼统注入步骤①~④进行操作；
- ③ 每层注水1~2天后，进行另一层施工，全部层注完示踪剂后，开始正常注水；
- ④ 一般采取自下而上，分别对各层加入示踪剂。

3.3 现场取样

- 取样方式 水样在排液管线出口取



序号	取样日期	取样时间
井号		取样人
瞬时产油/(m ³ /d)		瞬时产液/(m ³ /d)

- 取样频率 每1天取样1次

- 监测期限 视测试结果确定终止或延长取样时间，初步预计时间4-5个月

3.4 数据处理



3.4 数据处理

☐ 井示踪监测总结报告

施工单位:
 监测单位:
 监测时段:
 参加人员:

2018/8

sec 1 sec 2.1 sec 2.2 sec 2.3-4 sec 3 sec 3.2.2 sec 3.2.3 sec 3.2.5

2 示踪监测工艺流程
 2.1 施工井资料收集及示踪剂筛选
 2.1.1 井基本情况

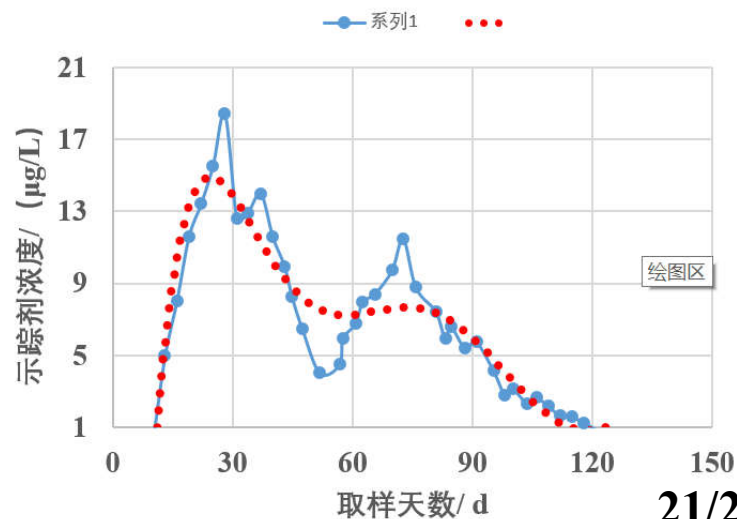
(1) 油藏简况 井类型: 地层温度(°C)
 井斜深(m) 矿化度(mg/L)
 垂直深度(m)

(2) 压裂层段确定
 根据测井曲线及岩石力学参数计算结果:

压裂层段	层号	井段/m	有效厚度/m	含水饱和度/%	孔隙度/%
1					
2					
3					

2.1.2 示踪剂型号筛选
 根据压裂层段数筛选示踪剂的数量, 段, 因此 种不同类型的水溶性示踪剂, 分别为

井号	日期	2018/5/4	2018/5/5	2018/5/6	2018/5/7	2018/5/8	2018/5/9	2018/5/10	2018/5/12	2018/5/14	2018/5/16
时间	12:00	11:30	12:25	12:15	12:10	11:55	12:00	12:10	12:10	12:10	12:00
取样点	12	13	16	19	22	25	28	31	34	37	
L1											
L2											
L3											
L4											
L5											
L6											
L7											
L8											



浓度在线检测
 解释软件, 反演高渗通道特征
 (水淹层厚度、渗透率、
 孔隙直径、高渗通道体积等)

3.5 报告编写



汇报内容

1. 概述

2. 技术简介

3. 工艺流程

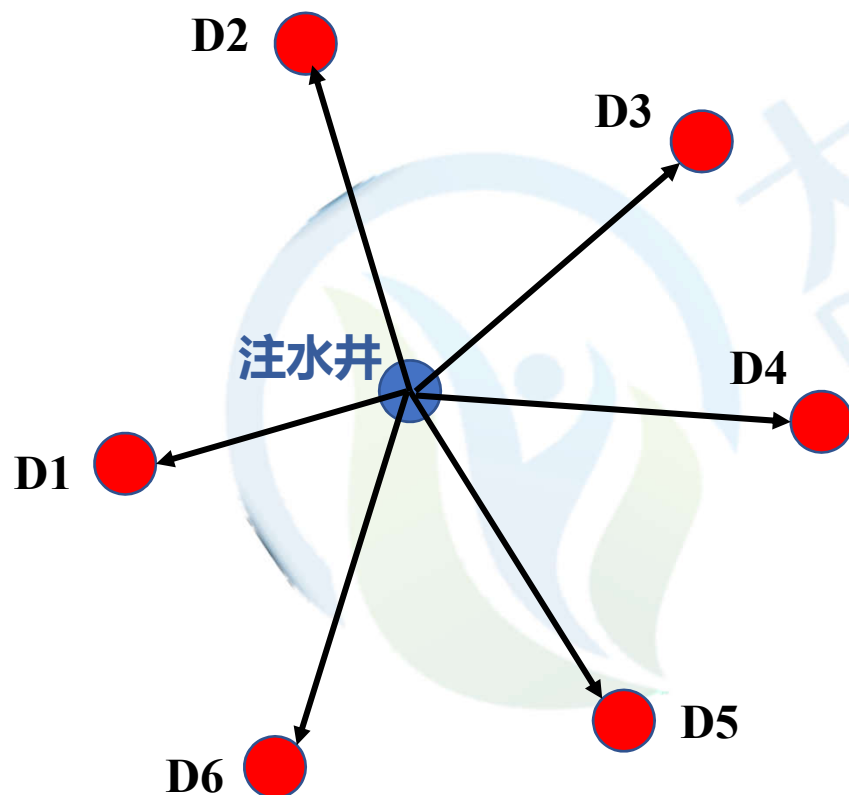
4. 技术应用

5. 技术总结

4.1 注采连通性

了解井组流体的突破速度和突破方向，
为后续驱替试验提供依据

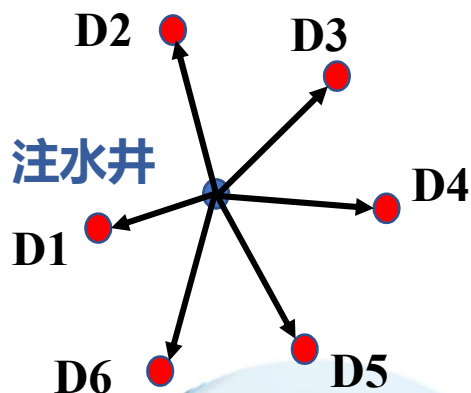
1个井组（1注6采），监测6口井，监测130天



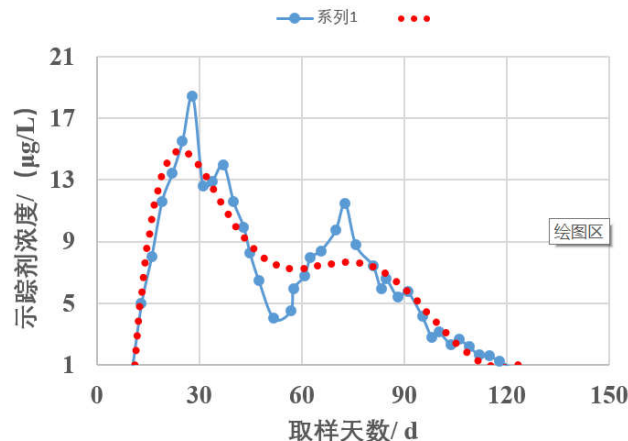
油井名称	井距/m	突破时间/d	突破速度/ (m/d)
D1	500	10	50
D2	650	11	59.1
D3	500	11	45.5
D4	375	15	25
D5	400	17	23.5
D6	800	12	66.7

- 注入井与产出井有较好的连通关系；
- D2、D3、D6推进速度较快，可能存在高渗透条带或大孔道；
- 其它井推进速度差异不大。

4.1 注采连通性



半解析法对井组示踪剂产出曲线进行拟合



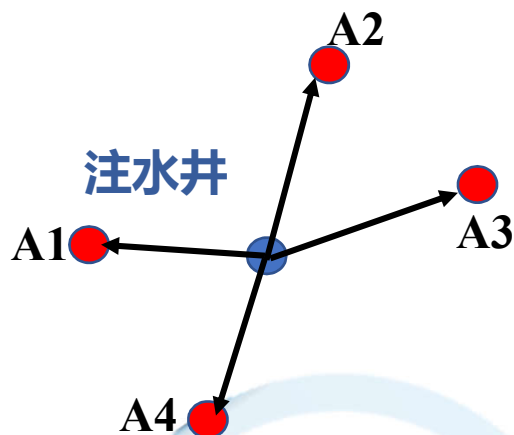
D2井示踪剂采出曲线

油井	水窜通道 厚度/m	水窜通道渗 透率/mD	孔径大小 /μm	波及体积 /m ³	示踪剂回采率 /%
D1	0.028	4898	12.98	812	0.02
D2	1.56	20206	27.46	2545	0.19
D3	2.8	17394	21.02	2187	0.11
D4	0.015	2567	10.83	1172	0.04
D5	0.062	3234	9.52	1256	0.07
D6	4.2	26756	31.62	3815	0.76

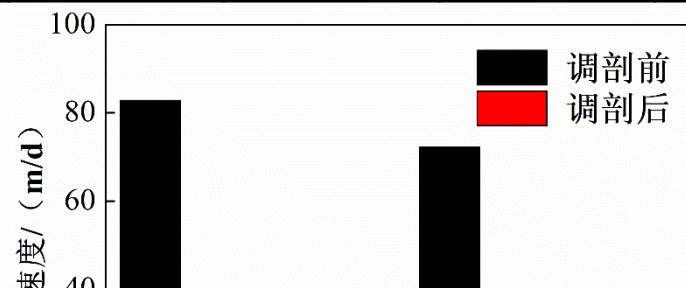
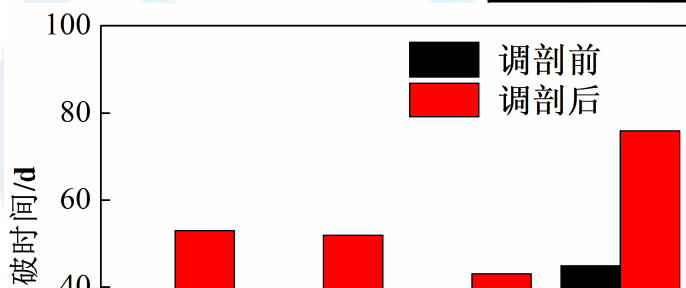
4.2 措施效果评价

分析调剖后的效果

井组调剖前后注入2种不同的示踪剂



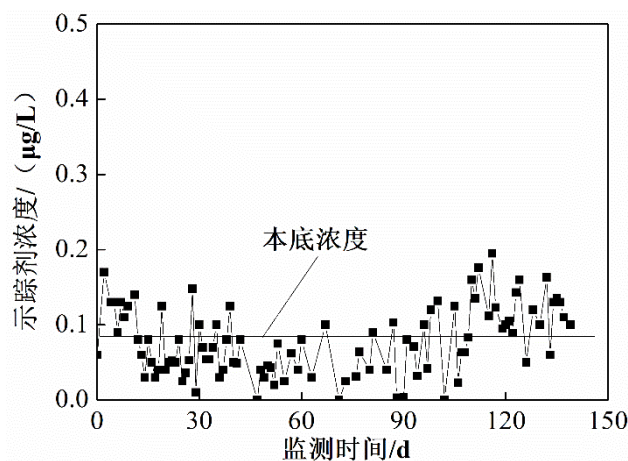
井号	突破时间/d		突破速度 (m/d)	
	调剖前	调剖后	调剖前	调剖后
A1	9	53	82.8	12.1
A2	24	52	17.7	8.2
A3	9	43	72.3	15.1
A4	45	76	14.1	8.4



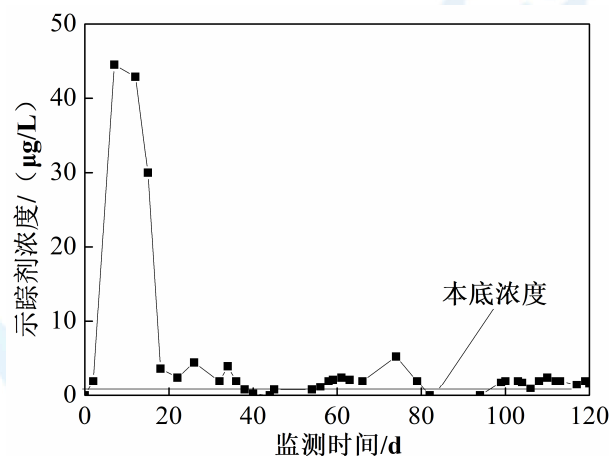
- 注入井与产出井有较好的连通关系；
- 调剖前水驱前缘推进速度差异大，平面非均质性强，A1、A3井推进速度快；
- 调剖后各井推进速度接近，降低了平面非均质性。

4.3 精细油藏描述

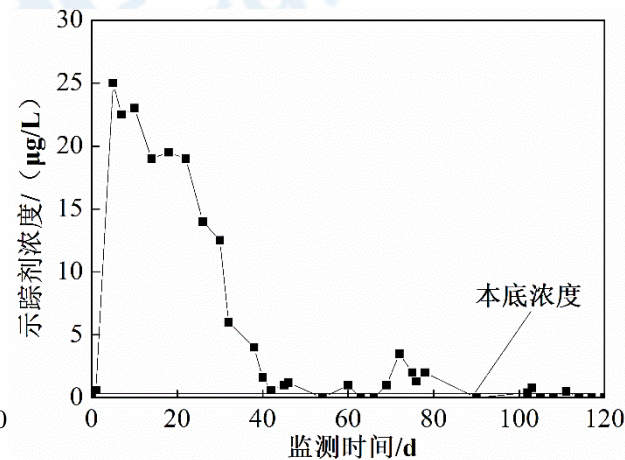
间接分析油藏类型、通道形态



- 未检测出示踪剂
- 井间不连通



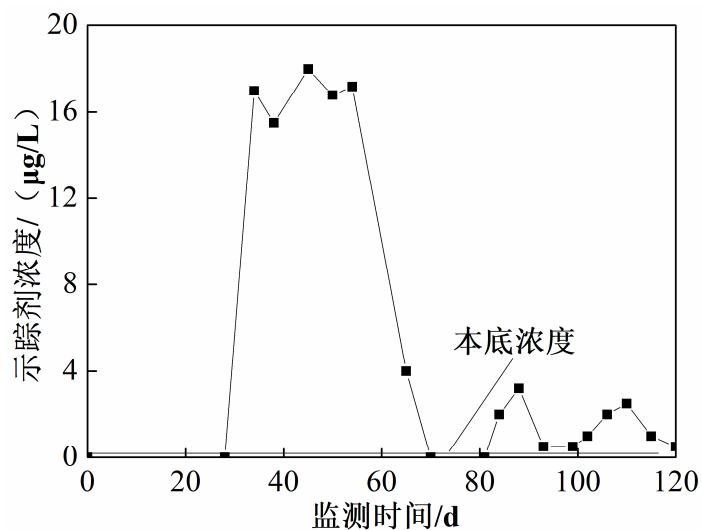
- 早期较窄单峰
- 示踪剂突进速度快
- 裂缝或大孔道



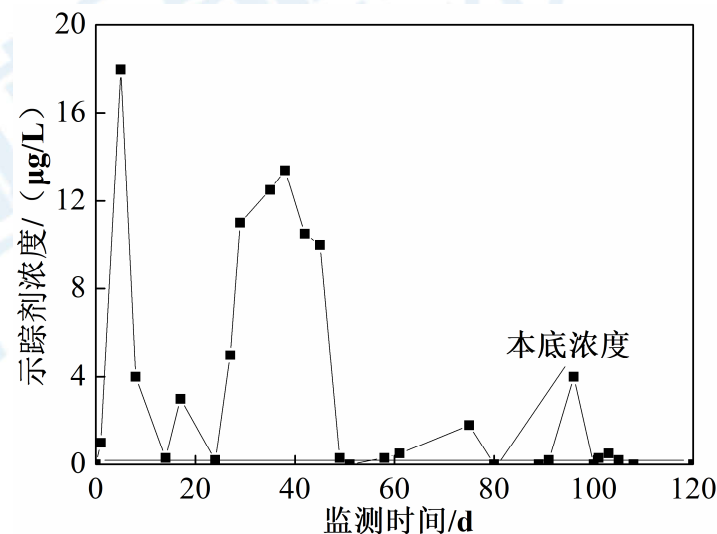
- 早期较宽波峰
- 井间存在多条大小差异相近的通道

4.3 精细油藏描述

间接分析油藏类型、通道形态



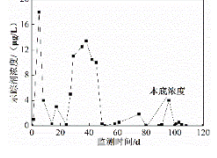
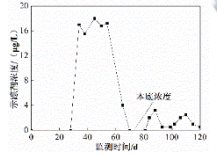
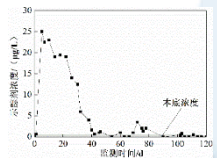
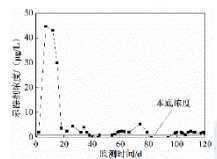
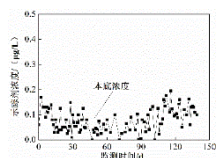
- 后期较宽单峰
- 示踪剂突进速度慢
- 高渗水淹层



- 双峰、多峰曲线
- 渗透率大小不一的多条高渗通道，示踪剂到达油井时间不同

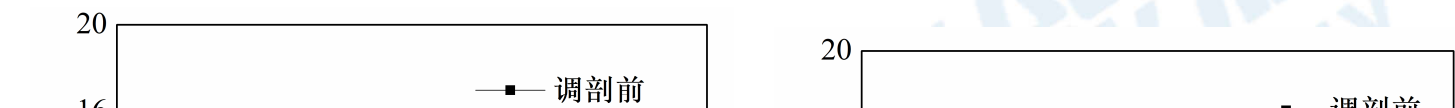
4.3 精细油藏描述

不同类型曲线对应油藏特征



曲线类型	见剂时间	形态	对应油藏	反映油藏特征
A	未见剂	浓度在本底附近波动	砂岩油藏、碳酸盐岩油藏	砂岩油藏中，井间 不存在大孔道或高渗层 ；碳酸盐岩油藏中， 井间不连通
B	监测初期	范围 较窄	碳酸盐岩油藏、砂岩油藏	存在 裂缝通道 ，峰值高低反映 通道大小
C	监测初期	范围 较宽	碳酸盐岩油藏	存在 多条差异较小的裂缝
D	监测中后期	范围 较宽	砂岩油藏	存在 高渗透水淹层 ，峰值高低反映水淹层厚度大小
E	-	双峰或多峰	砂岩油藏、碳酸盐岩油藏	砂岩油藏存在渗透率不同的通道；碳酸盐岩油藏存在差异较大的裂缝通道

4.3 措施效果评价



井号	状态	Kh	波及体积/m ³	示踪剂回采率/%
A1	调剖前	5986	1323	0.58
	调剖后	1674	410	0.32
A2	调剖前	2053	503	0.25
	调剖后	2875	786	0.36
A3	调剖前	6865	1552	0.78
	调剖后	5649	1321	0.41
A4	调剖前	4287	995	0.25
	调剖后	6898	1288	0.56

- 调剖后各井示踪剂分布更为均匀。
- 有效改善波及效果，缓解了平面非均质性。
- 高渗通道渗透率及厚度有所下降

汇报内容

1. 概述

2. 技术简介

3. 工艺流程

4. 技术应用

5. 技术总结

油田井间示踪监测技术

- 安全环保，有中国合格评定国家认可委员会CNAS认证；
- 示踪剂种类多、能满足单井组、多相邻井组或区块整体同步测试
- 监测时间长（水溶性120天以上）；
- 与地层水配伍性好、吸附量少、热稳定性好；
- 测试精度高（ 10^{-14} kg/L）；
- 示踪剂用量少、注入工艺简单；
- 满足长时间、大井距、高温高盐等复杂油藏条件监测；
- 可根据需要，结合返排液量和示踪剂监测结果，了解注入流体地下运移规律，精细油藏模型、优化注采参数、提出调剖、堵水措施方案。



大地为本 能源领新

A strong team needs the broad mind and the innovative spirit

谢谢
期待与您合作



青岛大地新能源技术研究院

联系电话：0532-68989910