

Dominant Flow Pass Identification and Prediction of Glutinite Reservoirs Based on Core Logging

—A Case Study of Well Block Di 20 in Junggar Basin

Chen Li, Guanghua Li, Sijing Zhu, Qinfeng Duan, Yuehua Qiao, Huili Zhang

Huaidong Oil Production Plant, Xinjiang Oilfield Company, CNPC, Fukang Xinjiang
Email: cnlch@petrochina.com.cn

Received: Jun. 18th, 2017; accepted: Aug. 14th, 2017; published: Oct. 15th, 2017

Abstract

Reservoir in Badaowan Formation of well block di 20 was a typical glutinite reservoir with strong heterogeneity and dominant seepage channels. At the early stage of development, water out and water channeling in the reservoir was serious, the water cut rise was rapid with strong fingering of injected water. Four types of dominant seepage channels were qualitatively characterized according to their forming mechanisms. Geological identification criterion for them was established based on the dynamic and static well logging data. By using the dynamic and static logging data, combined with the result of RDOS (Reservoir Fine Dynamic Analysis and Optimization System), the geological identification results were contrasted for a quantitative description of optimal seepage channels, its rationality was verified by inter-well tracer data. The identification criterion for seepage channel is established in the study area and the distribution characters of advanced seepage channel in the present well pattern was figured out, which provides a scientific evidence for seepage channel identification in no well areas.

Keywords

Advanced Seepage Channel, Glutinite Reservoir, Badaowan Formation, Well Block Di 20

基于岩心录井的砂砾岩储层优势渗流通道识别与预测

——以准噶尔盆地东部滴20井区为例

李琛, 李光华, 朱思静, 段晴枫, 乔跃华, 张会利

中石油新疆油田分公司准东采油厂, 新疆 阜康

作者简介: 李琛(1985-), 女, 工程师, 现主要从事油藏描述工作。

Email: cnlch@petrochina.com.cn

收稿日期: 2017年6月18日; 录用日期: 2017年8月14日; 发布日期: 2017年10月15日

摘要

滴20井区八道湾组油藏属于典型的砂砾岩油藏, 储层非均质性强, 优势渗流通道发育。开发初期, 油藏水淹、水窜现象突出, 油井含水上升快, 注入水突进现象严重。以形成机理为导向, 定性描述了优势渗流通道四大类型; 依据动、静态资料, 利用测井等数据建立了地质识别标准; 利用动态监测等数据, 结合RDOS(油藏精细动态分析优化系统)模拟结果, 对比地质识别结果, 完成了对优势渗流通道的定量描述, 并利用井间示踪剂资料验证了其合理性。建立了适合研究区的水流优势通道的识别标准, 掌握了目前井网的水流优势通道分布特征, 为无井区的水流优势通道识别提供了科学依据。

关键词

优势渗流通道, 砂砾岩油藏, 八道湾组, 滴20井区

Copyright © 2017 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高渗通道指油藏在开发过程中某一部位形成的渗透率比相邻层高许多倍(通常 5~20 倍以上)的渗流通道。水驱前缘突破后, 含水率迅速上升, 形成优势渗流通道[1] [2] [3]。由于许多水流优势通道的确定方法都需要进行现场测试, 整体存在成本高, 难以对区域每口井进行测试[4]。目前, 水流优势通道识别成熟的技术比较少, 判别方法还没有统一的标准, 总体还处于起步阶段。笔者主要以形成机理为导向, 利用油藏工程方法结合数值模拟进行优势通道综合识别, 定性描述了优势渗流通道 4 大类型。结合动、静态资料, 可以半量化或量化认识水流优势通道的发育, 为今后同类油藏合理开发提供指导。

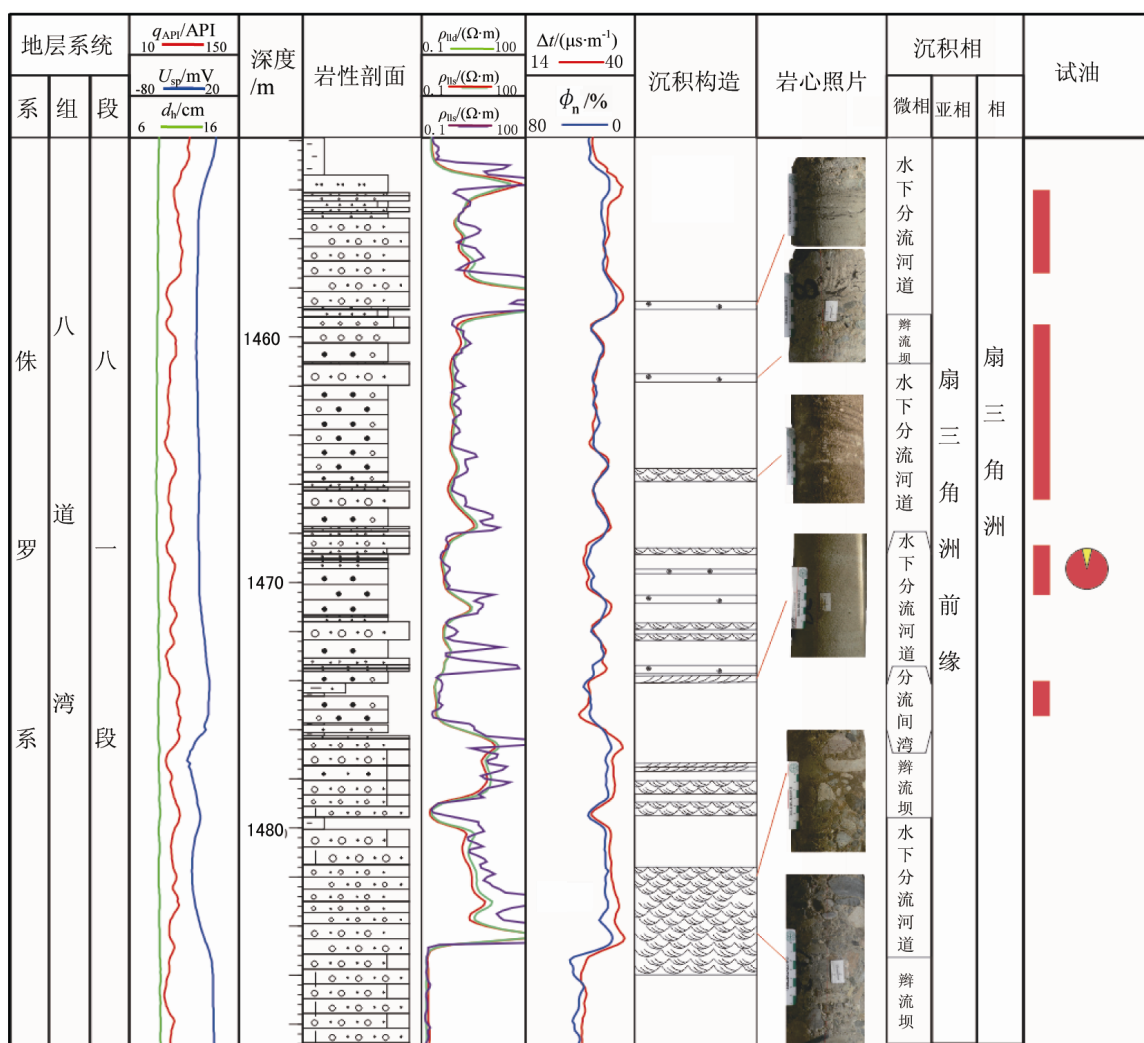
2. 研究区概况

滴 20 井区八道湾组油藏位于准噶尔盆地东部, 为断层 - 地层油藏。油藏中部深度 1414 m, 压力 11.70

MPa, 饱和压力 10.36 MPa, 温度 54.1℃, 压力系数 0.827, 原油密度 0.887 t/m³, 50℃黏度平均 42.4 mPa·s。天然驱动类型主要为弹性水压驱动。探明含油面积 7.2 km², 有效厚度 6.5 m, 探明地质储量 438.06 × 10⁴ t, 技术可采储量为 109.52 × 10⁴ t。储层岩性主要为灰色细、中砂岩及砂砾岩(图 1)。油层平均孔隙度 19.95%, 平均渗透率 20.94 mD, 储集空间主要为原生粒间孔。

2011 年采用 280 m × 280 m 反七点井网滚动开发, 截至 2013 年 12 月, 综合含水率 39.9%, 采出程度 3.86%。取心化验数据及产吸剖面显示储层非均质性强, 复压解释渗透率明显高于岩心解释渗透率, 压降曲线快速落零, 说明储层存在水流优势通道, 表现为部分油井含水快速上升[5], 在采取分注、优化注水后取得一定效果, 但控制含水率上升速度仍存在较大难度。

针对上述问题, 需在目前已经取得的定性认识的基础上, 开展水流优势通道分布规律研究, 落实优势通道平剖面分布位置、相对强弱程度, 并进一步找出形成通道的影响因素, 得到对区块优势通道一个较系统性的认识, 为后期调整注采关系、提高措施针对性提供有效指导。



注: q_{API} 为自然伽马; U_{sp} 为自然电位; d_h 为井径; ρ_{id} 为深侧向电阻率; ρ_{lm} 为中侧向电阻率; ρ_{ls} 为浅侧向电阻率; Δt 为声波时差; ϕ_n 为中子孔隙度。下同。

Figure 1. The integrated histogram of coring wells
图 1. 取心井综合柱状图

3. 优势渗流通道特征及分类

3.1. 优势渗流通道基本特征

静态特征识别主要通过岩心观察，高渗透段表现为泥质胶结疏松、颗粒支撑，以粗砂岩 - 小砾岩为主；黏土矿物主要见粒间充填的蠕虫状、散片状高岭石，有少量伊 - 蒙混层矿物；填隙物多为胶结松散，注水极易被水流带走[6] [7] [8] [9]。动态特征为：① 注入水通过优势通道快速到达油井，短期油井见水，形成无效循环；② 吸水剖面纵向上高渗段强吸水；③ 水流优势通道发育井组，试井结果干扰明显。

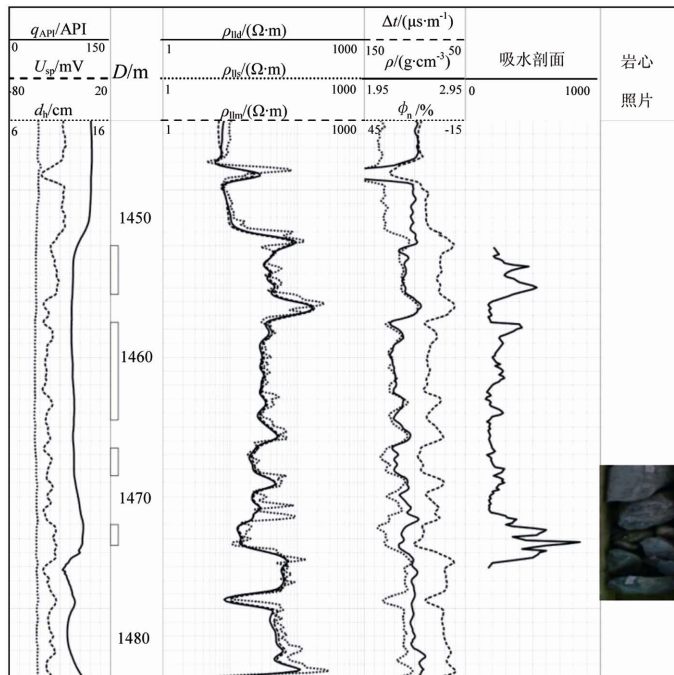
3.2. 优势渗流通道类型

利用动静态资料，识别出 4 种类型优势通道[10] [11] [12] [13] [14]。

1) 支撑砾岩型：支撑砾岩一般形成于扇顶的细密沟槽中，成因是沟槽中先期沉积物中泥沙被后期洪水带走剩下砾石骨架(图 2)，埋藏后就形成了支撑砾岩。砾石间少有泥质沉积物，因此渗透性较好。D2059 井在 1475 m 射孔段，纵向上吸水强度差异大(吸水剖面中的曲线幅度变化大) (图 3)，吸水强的层段岩石颗粒大，以鹅卵石为主，其间杂基很容易被水流带走，形成水流优势通道。



Figure 2. The supporting characters of coring and particle supports of the supporting shale channel
图 2. 支撑砾岩型通道岩心及颗粒支撑特征



注：ρ 为密度；岩心照片为 1475.1m 处显示。

Figure 3. The characters of support shale type in Well D2059
图 3. D2059 井支撑砾岩型特征

2) 侧翼粗砂岩型：侧翼粗砂岩颗粒砾径大，原始沉积物杂基相对松散，遇到水流，颗粒大的岩石内杂基容易流动，被水流带走，形成优势通道(图 4)。D2018 井在 1408 m 存在岩性突变，下部为辫状沟道微相，上覆沟道间泥，吸水剖面下部吸水强度大于上部吸水强度，沉积相带的差异造成下部形成水流优势通道(图 5)。

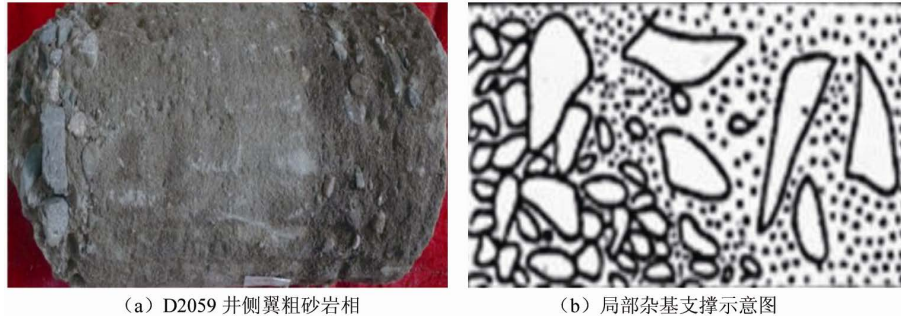
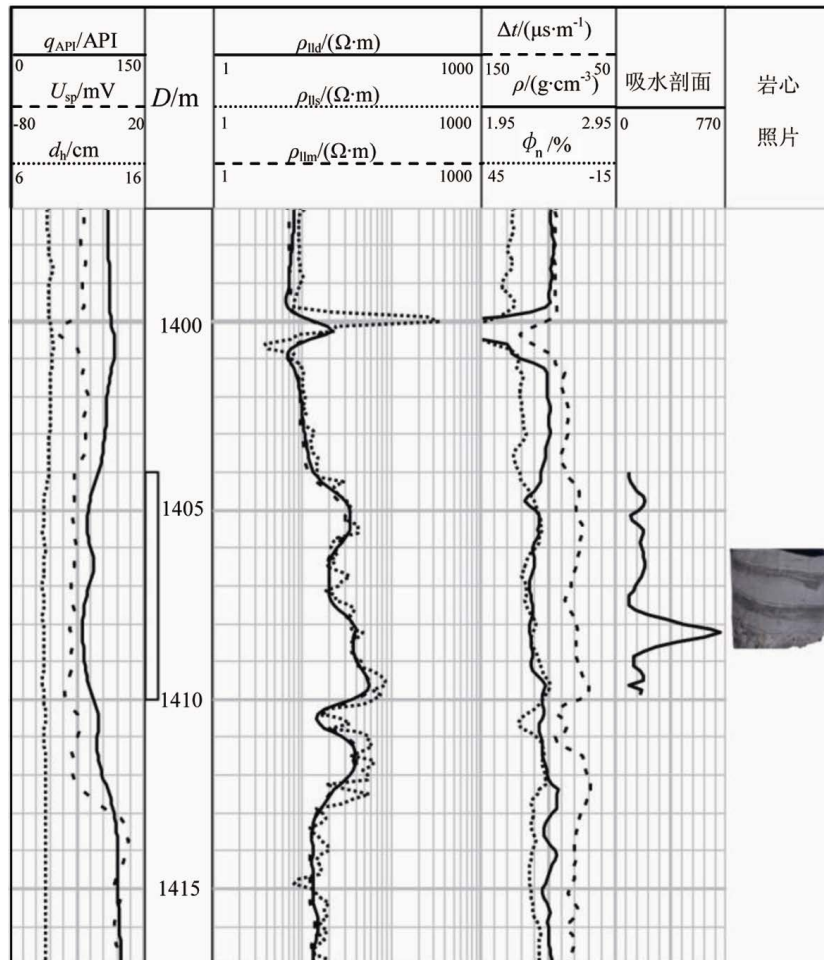


Figure 4. The characters of core and particle supports on flanking coarse sandstone
 图 4. 侧翼粗砂岩型通道岩心及颗粒支撑特征



注：岩心照片为 1408.1m 处显示。

Figure 5. The characters of advanced water flow channel of the flanking coarse sandstone in Well D2018
 图 5. D2018 井侧翼粗砂岩型水流优势通道特征

3) 成岩作用胶结疏松型: 对同级颗粒而言, 成岩作用强岩石颗粒呈现线接触特征, 杂基体积缩小(图 6), 物性变差。而压实作用弱的地层, 岩石颗粒呈点接触关系, 杂基体积大、松散, 容易形成水流优势通道。D2059 井在 1455 m 井段, 吸水剖面对应强吸水特征, 其下伏地层吸水强度明显降低, 根据岩心资料, 强吸水段岩心松散、欠压实, 下部吸水作用弱, 砂岩呈块状, 表现出明显的强压实作用(图 7), 物性好的形成水流优势通道。

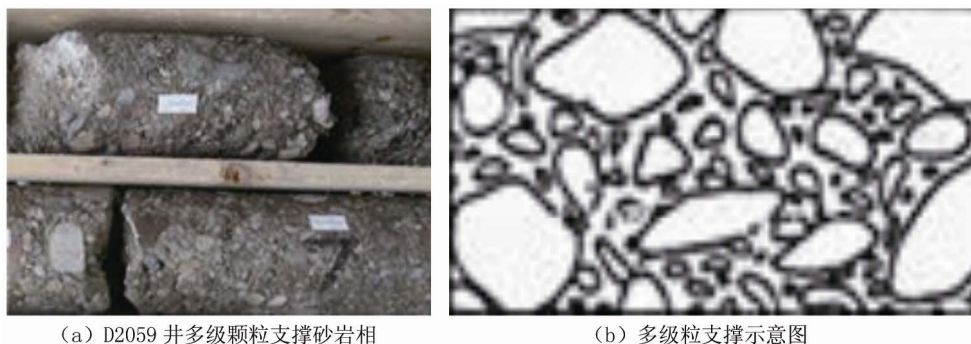
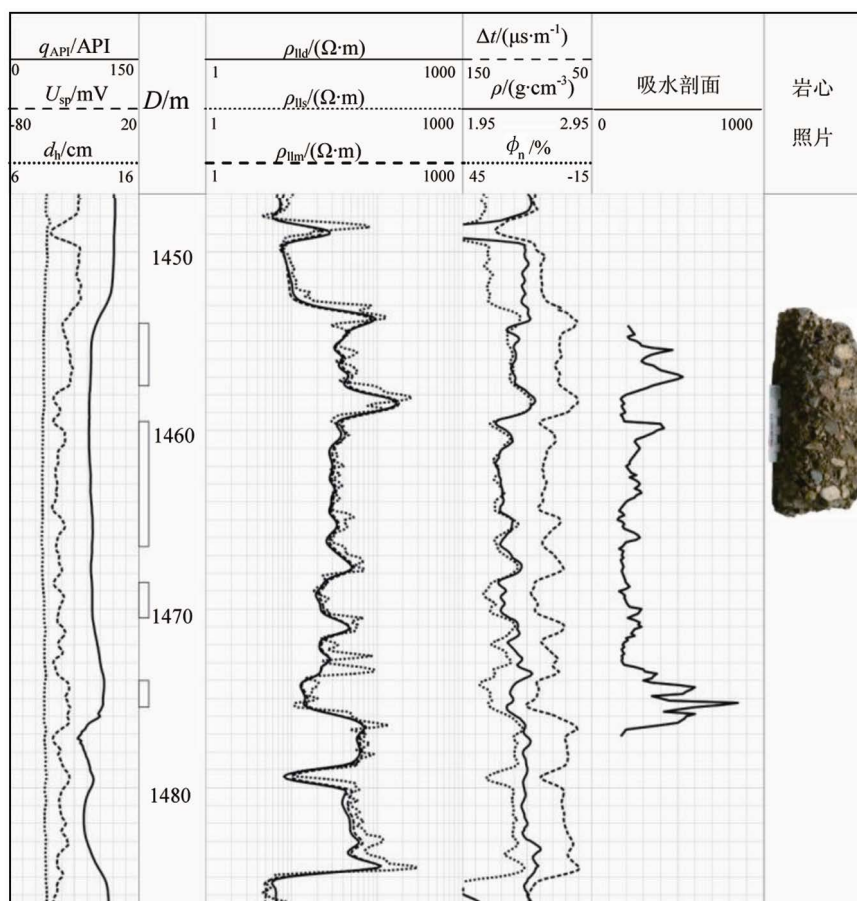


Figure 6. The characteristic types of particles in diagenetic channels of well block D20
 图 6. D20 井区成岩作用型通道颗粒特征类型



注: 岩心照片为 1457.0m 处。

Figure 7. The characters of advanced diagenetic water flow channel in Well D2059
 图 7. D2059 井成岩作用型水流优势通道特征

4) 岩性界面型: 岩性界面从单井上看表现为岩性的渐变面或突变面, 渐变往往代表了水动力强弱的逐渐变化, 而突变则往往代表了一次重力流沉积事件的始末。突变界面存在物性较好的砂体段, 单位面积砂体受到的水压力较大, 当超过一定临界值时, 将形成水流优势通道。

4. 地下优势渗流通道识别

首先利用常规测井曲线对储层进行聚类分析, 建立识别图版, 然后利用动态数据, 结合储层非均质性特征, 对优势通道发育进行综合识别及预测, 最终建立水流优势通道地质识别标准。

4.1. 地质识别及分布预测

首先对储层建立电阻率 - 密度交会图划分岩性。选定自然伽马 - 密度划分渗透性, 判别高渗、中渗、低渗和特低渗储层。地质识别标准采用岩心 - 测井 - 地层组合: ① 油层起算厚度为 0.4 m, 小于 0.4 m 为岩性界面; ② 位于沟道侧翼, 为侧翼粗砂岩型; ③ 发育段储层平均深度位于单井油层上部, 为胶结疏松型; ④ 储层段位于单井油层下段, 为支撑砾岩型。对水流优势通道平面展布研究, $J_1b_1^{1-2}$ (八道湾组一段 1 亚段 2 砂体)、 $J_1b_1^{1-3}$ (八道湾组一段 1 亚段 3 砂体) 和 $J_1b_1^{1-4}$ (八道湾组一段 1 亚段 4 砂体) 分别发育支撑砾岩 4、5、6 条, 胶结疏松型 18、4、0 条, 侧翼粗砂岩型 4、3、1 条, 岩性界面型 4、1、0 条。

4.2. 油藏工程方法预测

采用生产动态识别水流优势通道横向发育特征, 利用 RDOS (油藏精细动态分析优化系统) 对水流优势通道进行垂向识别。

1) 动态分析法

生产动态主要从井组动态识别优势通道横向发育特征: ① 水井停注后压力快速下降, 说明井组存在强吸水通道; ② 井组间连通好, 要考虑各油井对应的其他注水井的影响; ③ 油井投产即高含水, 则反映与邻井水井有较好相关性。利用上述方法对全区井组进行逐一分析, 对优势通道进行定性识别。

2) 产吸液剖面法

吸水剖面上优势通道发育的小层, 吸水量大, 相对吸水量也较大[15]。首先对吸水剖面进行数字化处理及相对吸水量批分, 对相对吸水量划分出的小层进行概率统计, 结果如图 8 所示。由图 8 可知, 数据发生 2 个拐点, 拐点发育处为数据规律变化的分界点, 因此把水流优势通道分为 2 种级别: I 类优势通道 (相对吸水量 > 2%); II 类优势通道 ($1\% \leq$ 相对吸水量 $\leq 2\%$)。I 类优势通道渗透率大于 500 mD, II 类优势通道渗透率大于 100 mD, 小于 500 mD。主要水流优势通道分布在孔隙度大于 19% 的范围。

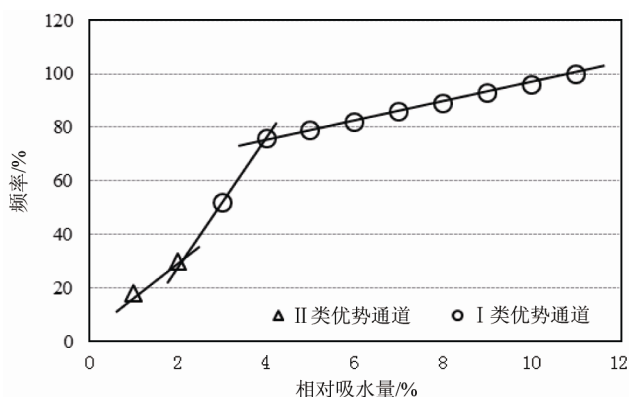


Figure 8. The probability statistics of relative water adsorption of sublayers in the studied area
图 8. 研究区小层相对吸水量概率统计

3) RDOS 水流优势通道模拟

利用特有的 RDOS 栅状数值模拟软件对纵向特征进行识别。直接利用原始地质模型, 只对平面上进行粗化, 纵向上为 0.25 m 网格, 模拟精度大大加强。如果直接利用原吸水剖面数据模拟, 结果只能反映层间吸水差异, 而优势通道主要在层内强吸水段, 无法精确模拟。因此该次研究将示踪剂吸水曲线数值化, 将原始吸水量划分, 在流动模拟时更精确地模拟吸水情况[16] [17]。利用示踪剂数据对不同微层进行吸水量劈分[18], 在模拟中追踪水流向、修正地质模型, 得到剩余油分布以及优势水流的分布。利用 RDOS 模拟计算出每个注采小层的日吸水量、吸水强度、对应油井小层含水率等数据, 进一步判断层内优势段。

4.3. 动静态综合模拟及井间示踪剂检验

综合上述方法结果, 研究区主要目的层共发育 50 条井间水流优势通道, 其中颗粒支撑型 14 条, 占 28.0%; 侧翼粗砂岩型 10 条, 占 20.0%; 胶结疏松型 22 条, 达到 44.0%; 岩性界面型最少, 仅占 8.0%, 共 4 条。采用多种方法结合, 完成纵向小层水流优势通道识别, 识别优势通道 233 条。

利用示踪剂结果与水流优势通道预测结果进行对比[19] [20], 整体评价水流优势通道的预测结果准确可靠。

5. 结论

1) 从沉积角度对砂砾岩储层水流优势通道进行分类, 识别了支撑砾岩型、侧翼粗砂岩型、成岩作用胶结疏松型、岩性界面型 4 大类。

2) 动、静态资料结合, 利用测井等数据, 建立了地质识别标准。利用动态监测等数据, 结合 RDOS 模拟结果, 对比地质识别结果, 完成了定量描述水流优势通道空间展布特征的工作。

3) 通过地质与工程等方法的结合, 综合预测了优势通道, 且预测结果准确可靠。优势通道的识别是一个动、静态相互结合、相互印证的过程。该次研究取得了适合于研究区的水流优势通道识别标准以及目前井网的水流优势通道分布特征, 为无井区的水流优势通道识别提供了科学依据。

参考文献 (References)

- [1] 周明英. 沙二上 2 + 3 油藏优势渗流通道识别研究[J]. 石油与化工设备, 2011, 14(5): 43-45.
- [2] 张林. 中高渗储层优势通道定量表征方法初探[J]. 新疆石油天然气, 2012, 8(2): 50-55.
- [3] 张奇斌. 水驱油藏大孔道综合识别[M]. 北京: 石油工业出版社, 2009.
- [4] 白雷. 克拉玛依油田七区八道湾组油藏水流优势通道研究[J]. 新疆石油天然气, 2014, 10(1): 88-89.
- [5] 李科星, 蒲万芬, 赵军, 等. 疏松砂岩油藏大孔道识别综述[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(5): 42-44.
- [6] 于九政. 对储层大孔道识别方法的再认识与构想[J]. 油气地质与采收率, 2009, 16(3): 34-37.
- [7] 钟大康, 朱筱敏, 吴胜和, 等. 注水开发油藏高含水期大孔道发育特征及控制因素——以胡状集油田胡 12 断块油藏为例[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(2): 209-211.
- [8] 胡书勇, 张烈辉, 罗建新, 等. 砂岩油藏大孔道的研究——回顾与展望[J]. 特种油气藏, 2009, 13(6): 10-13.
- [9] 毛振强. 疏松砂岩油藏大孔道形成机理与预测[J]. 油气地质与采收率, 2011, 18(1): 77-79.
- [10] 窦之林, 曾流芳, 张志海, 等. 大孔道诊断和描述技术研究[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(1): 75-77.
- [11] 牛世忠, 胡望水, 熊平, 等. 红岗油田高台子油藏储层大孔道定量描述[J]. 石油实验地质, 2012, 34(2): 202-206.
- [12] 彭仕宓. 油田高含水期窜流通道定量描述方法[J]. 石油学报, 2007, 28(5): 79-84.
- [13] 郑强, 刘慧卿, 李芳, 等. 油藏注水开发后期窜流通道定量识别方法[J]. 石油钻探技术, 2012, 40(4): 92-95.
- [14] 李中超, 陈洪德, 余成林, 等. 严重非均质油藏注水开发流体动力地质作用[J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(2): 209-214.
- [15] 王森. 基于吸水剖面资料的优势通道分类方法——以孤东油田为例[M]. 油气地质与采收率, 2013, 20(5): 99-100.

- [16] 姜汉桥. 时变油藏地质模型下剩余油分布的数值模拟研究[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(2): 91-93.
- [17] 刘显太. 中高渗透砂岩油藏储层物性时变数值模拟技术[J]. 油气地质与采收率, 2011, 18(5): 58-62.
- [18] 汪玉琴. 利用示踪剂研究井间水流优势通道[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(5): 512-513.
- [19] 冯其红. 利用动态资料计算大孔道参数的方法[J]. 油气地质与采收率, 2011, 18(1): 74-76.
- [20] 冯文杰, 吴胜和, 许长福, 等. 冲积扇储层窜流通道及其控制的剩余油分布模式——以克拉玛依油田一中区下克拉玛依组为例[J]. 石油学报, 2015, 36(7): 858-860.

[编辑] 龚丹

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jogt@hanspub.org