

The Interpretation Method of Water Flooded Layer in Chang 4 + 5 Reservoirs in Block Hu 154

Kui Zheng¹, Huanguo Zhang¹, Jinyu Yang¹, Hongjia Yin¹, Yunfeng Lu², Xuan Wang², Shunchao Gou², Dongdong Wang³

¹The Sixth Oil Production Plant of Changqing Oilfield Company, CNPC, Xi'an Shaanxi

²Production Logging Center, China Logging Co. Ltd., Xi'an Shaanxi

³Beijing Huayou Mingxing Energy Technology Co. Ltd., Beijing

Email: zhk1_cq@petrochina.com.cn

Received: Oct. 30th, 2017; accepted: Nov. 30th, 2017; published: Apr. 15th, 2018

Abstract

Water injection development was an effective method for enhancing the recovery of lithologic oil and gas reservoirs, the subsequent well pattern infill and adjustment were the effective method for producing remaining oil and further enhancing oil recovery in the reservoir. However, due to long-term water injection, some reservoirs were flooded or severely flooded. Because of the injected water entering into the formation, the salinity of formation water was complicated, and the morphology of logging curves of different water flooded strata was diverse, which induced the more difficulties in logging interpretation. By studying the characteristics of water-flooded layer of Chang 4 + 5 Reservoirs in Block Hu 154, three kinds of water-flooded layer interpretation methods are summarized, including the new-old well contrast method, the curve morphology method and the resistivity reconstruction method. The better application results are obtained by comprehensive application of the three methods, the interpretation coincidence rate of infill and adjustment well is 92.2%.

Keywords

Water Flooded Layer, New-old Well Contrast, the Morphology of Logging Curve, Resistivity Reconstruction

胡154区长4 + 5油层组水淹层解释方法研究

郑 奎¹, 张换果¹, 杨晋玉¹, 尹红佳¹, 路云峰², 王 璇², 笱顺超², 王冬冬³

¹中石油长庆油田分公司第六采油厂, 陕西 西安

²中国石油集团测井有限公司生产测井中心, 陕西 西安

³北京华油明信能源技术有限责任公司, 北京

作者简介: 郑奎(1983-), 男, 工程师, 现从事老油田稳产研究工作。

Email: zhk1_cq@petrochina.com.cn

收稿日期: 2017年10月30日; 录用日期: 2017年11月30日; 发布日期: 2018年4月15日

摘 要

注水开发是提高岩性油气层采收率的一种有效方法, 后期井网加密调整更是为了动用剩余油, 进一步提高油藏采收率的有效方法。但由于长期的注水开发, 部分储层已经水淹或者严重水淹, 由于注入水进入地层, 导致地层水矿化度变得复杂, 不同水淹层测井曲线形态呈现多样性, 解释难度非常大。经过对胡154区长4 + 5油层组水淹层特征研究, 总结出3种水淹层解释方法: 新老井电阻率对比法、测井曲线形态法、电阻率曲线重构法。2017年通过3种方法综合应用, 胡154区长4 + 5油层组加密调整并解释符合率达92.2%, 取得了较好的应用效果。

关键词

水淹层, 新老井对比, 曲线形态, 电阻率重构

Copyright © 2018 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

胡 154 区长 4 + 5 油层组为长庆油田采油六厂的主力生产区块, 自 2008 年注水开发以来, 目前见水井逐年增多, 为了进一步提高开发效果, 充分动用剩余油, 提高开发效果, 2016 年开展加密调整试验, 取得了较好的效果, 2017 年开展大面积加密调整。对胡 154 区长 4 + 5 油层组加密井水淹前后储层特征变化进行了分析, 弄清了水淹后油层的填隙物、孔隙结构、物性、地层水矿化度及水淹后储层测井曲线变化特征。认为中 - 强水淹后储层电阻率升高明显, 利用该特征提出了 3 种行之有效的水淹层解释方法, 即新老井电阻率对比法、测井曲线形态法、电阻率曲线重构法。3 种方法联合应用提高了该区水淹层解释精度, 对低渗透油田水淹层测井解释具有一定的借鉴意义。

2. 水淹前后储层特征变化

2.1. 岩性变化特征

胡 154 区长 4 + 5 油层组砂岩填隙物质量分数为 11.9%, 填隙物成分主要由黏土矿物(7.2%)、碳酸盐

胶结物(3.5%)以及硅质胶结物(1.1%)组成, 含少量长石质胶结物以及黄铁矿等(0.1%)。据 X 衍射黏土矿物分析, 研究区黏土矿物以高岭石和绿泥石为主, 含少量的伊利石及伊-蒙混层。通过加密井水淹层与未水淹层对比, 水淹后储层绿泥石质量分数由 24% 升高至 56.5%, 伊利石和高岭石质量分数由 31.1%、51.9% 分别下降到 8.0%、35.0%。

2.2. 孔隙结构变化特征

胡 154 区长 4 + 5 油层组粒间孔含量最高, 为储层中最主要的孔隙类型, 其次为长石溶孔, 并含极少量的岩屑溶孔和晶间孔。孔隙类型主要以粒间孔和长石溶孔为主, 喉道以弯片状、缩颈型和孔隙缩小型为主, 孔喉连通性较好。通过水驱前后储层压汞曲线分析, 水淹后储层进汞压力明显增大、中值压力增大(图 1), 孔隙结构整体变差。

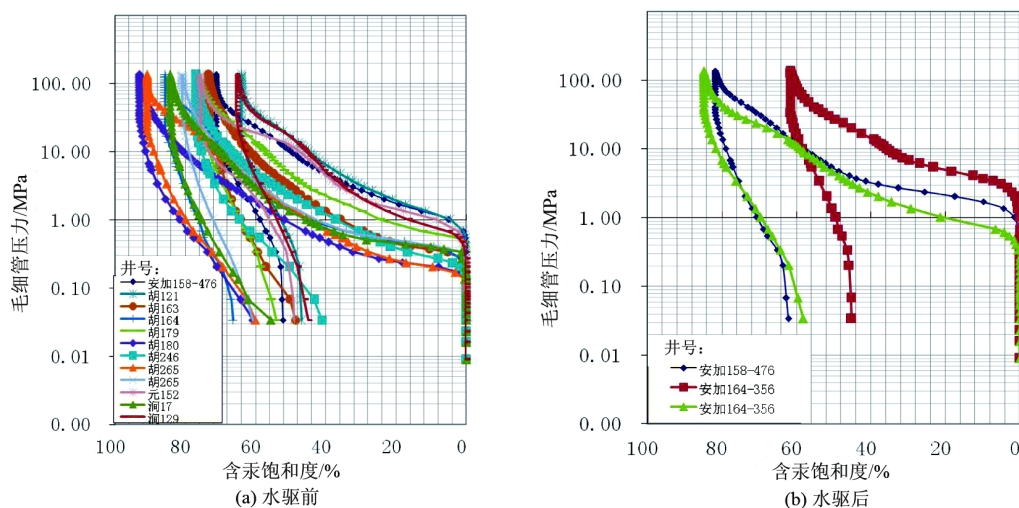


Figure 1. The core mercury intrusion curve of Chang 4 + 5 Reservoirs in Hujianshan Oilfield

图 1. 胡尖山油田长 4 + 5 油层组岩心压汞曲线

2.3. 物性变化特征

加密后, 储层剖面水驱不均, 存在局部水洗特征。水洗后储层孔隙喉道非均质性更强, 2 口水淹层取心井与周围老井取心井物性对比, 岩心平均孔隙度由 12.3% 下降至 12.0%, 孔隙度变化幅度较小; 但优势渗透率由 0.3~3.2 mD 下降至 0.1~0.5 mD, 表明水驱后储层渗透性整体变差明显。

2.4. 地层水矿化度变化特征

胡 154 区长 4 + 5 油层组注入水矿化度明显小于地层水矿化度, 当注入水进入地层后, 与地层水融合, 导致储层水的矿化度小于原始地层水矿化度, 储层水矿化度大小受到水洗程度的控制, 水洗程度越严重, 储层水矿化度越小。

2.5. 测井曲线变化特征

1) 自然伽马曲线。加密井自然伽马与不同水淹储层投产初期含水饱和度相关性较差, 随着含水饱和度的升高, 自然伽马下降不明显(图 2(a)), 表明储层自然伽马受水淹程度影响较小。加密井不同水淹层自然伽马直方图显示, 长 4 + 5 油层组自然伽马没有明显的变化(图 2(b))。加之由于岩性的变化, 利用自然伽马判断水淹程度难度大。

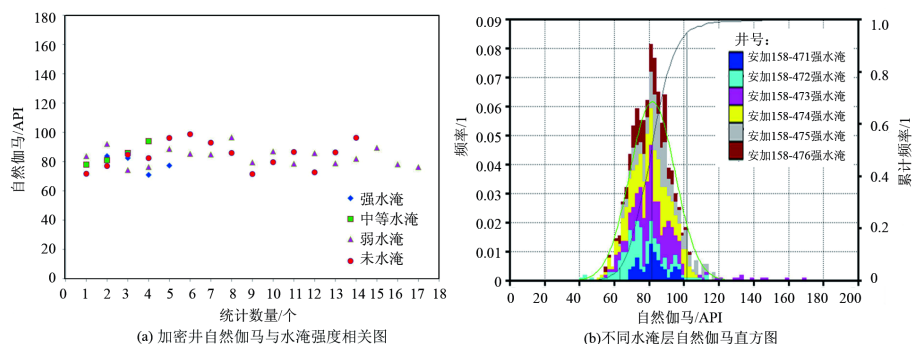


Figure 2. The natural gamma ray curve

图 2. 自然伽马曲线

2) 声波时差曲线。加密井声波时差与储层不同水淹层相关性较差(图 3(a)), 中等到强水淹程度的储层声波时差增大不明显; 加密井不同水淹程度声波时差直方图(图 3(b))显示声波时差没有明显的变化。由于储层平面非均值性的影响, 由声波时差确定水淹程度比较困难。

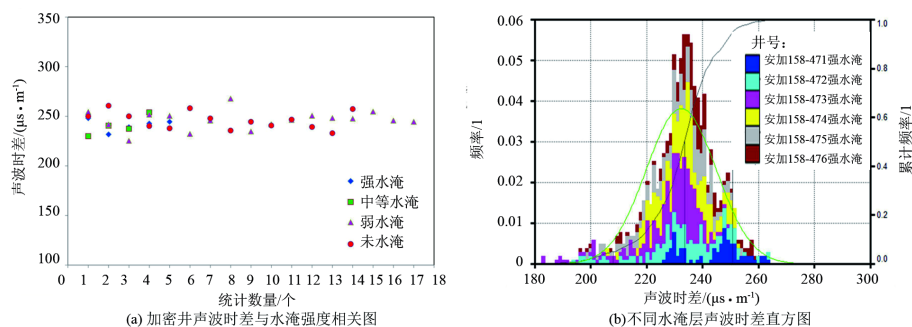


Figure 3. The acoustic time difference curve

图 3. 声波时差曲线

3) 自然电位曲线。对于淡水水淹的储层, 由于淡水的注入, 导致储层水电阻率升高, 自然电位幅度差变小(图 4), 但是由于自然电位受钻井液电阻率的影响较大, 因此在钻井液电阻率相近的情况下, 可以判断水淹程度。

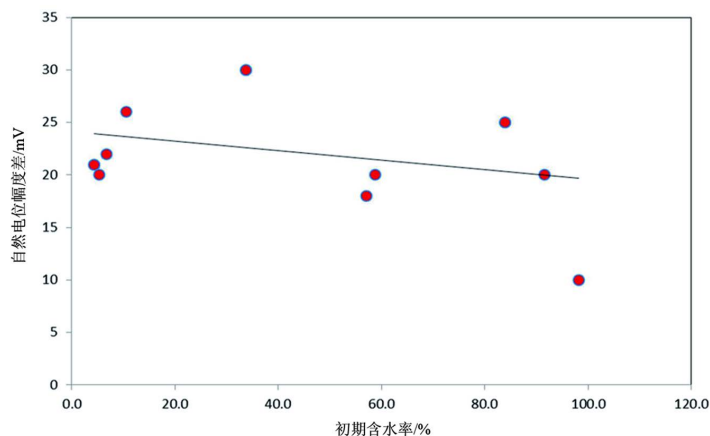


Figure 4. The diagram of correlation between amplitude difference of natural potential and water content

图 4. 自然电位幅度差与含水率相关图

4) 电阻率曲线。电阻率随原始地层水矿化度与注入水矿化度比值的变化呈现不同曲线形态。水淹初期电阻率下降, 中后期油水同出, 更多的注入水进入地层, 电阻率开始上升。

胡 154 区长 4 + 5 油层组储层水淹后, 电阻率变化有 3 种情况(图 5), 一是电阻率呈尖峰状异常凸起, 是高渗层强水淹的主要特征, 在储层的水流优势通道或裂缝性水淹井段常见; 二是电阻率呈负差异, 是储层中水淹的常见特征; 三是电阻率整体抬升, 是强水淹的主要特征。

胡 154 区长 4 + 5 油层组投产含水率与电阻率交会图(图 6)表明, 储层水淹后电阻率变化呈反“L”, 随着产水率的升高, 弱水淹电阻率先是略微下降, 中等水淹电阻率开始上升, 到强水淹后电阻率又急促下降。

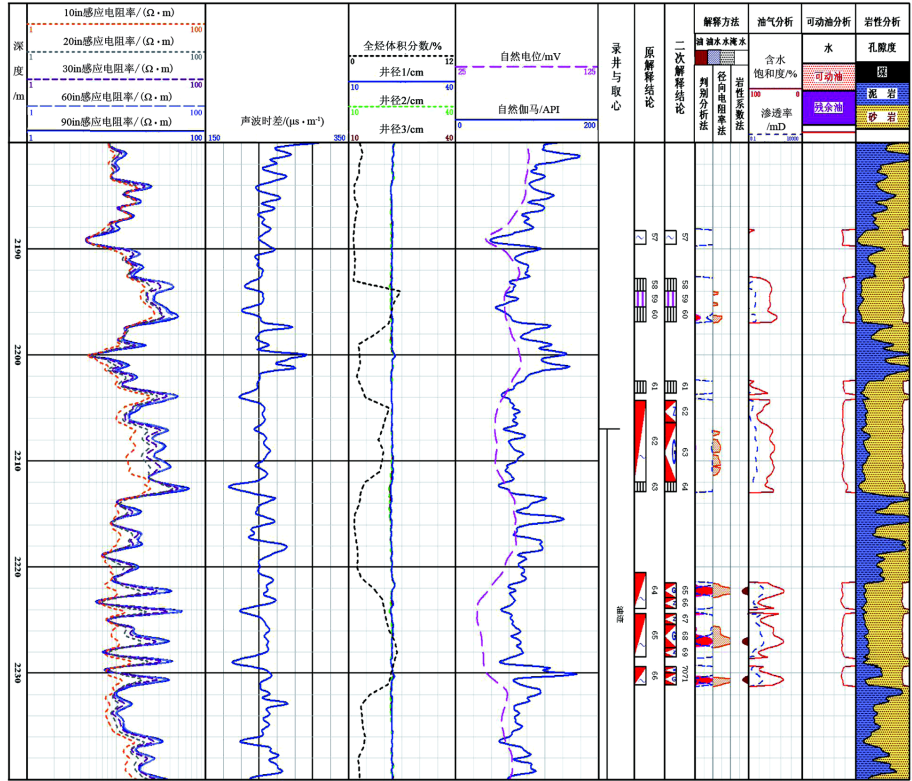


Figure 5. The comprehensive logging diagram of Chang 4 + 5 Reservoirs of Well X1.
图 5. X1 井长 4 + 5 油层组测井综合图

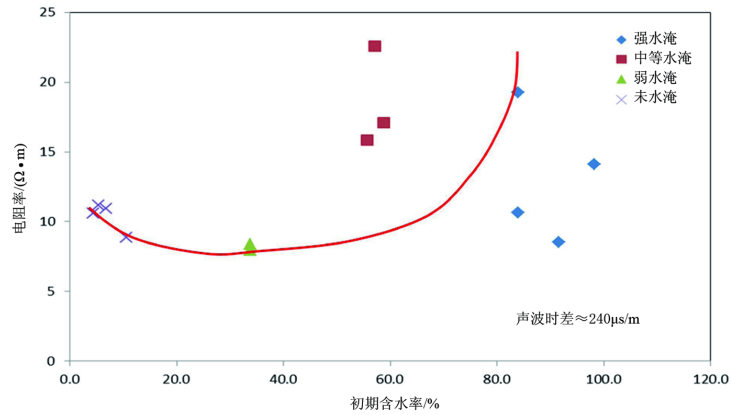


Figure 6. The cross-plot of reservoir water content and resistivity
图 6. 储层含水率与电阻率交会图

3. 水淹层解释方法

3.1. 测井曲线形态法

曲线形态法是根据储层水淹后各种测井曲线形态变化特征综合判断水淹层级别的一种方法,该方法简单方便,但是要求经验丰富[1]。胡 154 区长 4 + 5 油层组水淹后特征:物性较好的地方电阻率曲线异常升高、全烃显示弱。X2 井为该区长加密调整井(图 7),该井有 3 段声波时差没有变化,电阻率曲线异常升高,结合录井全烃无显示等特征,综合判断该段为中-强水淹。该井最终试油获 3.79 t/d,产水量 19.2 m³/t,解释结果与试油结果相符合。

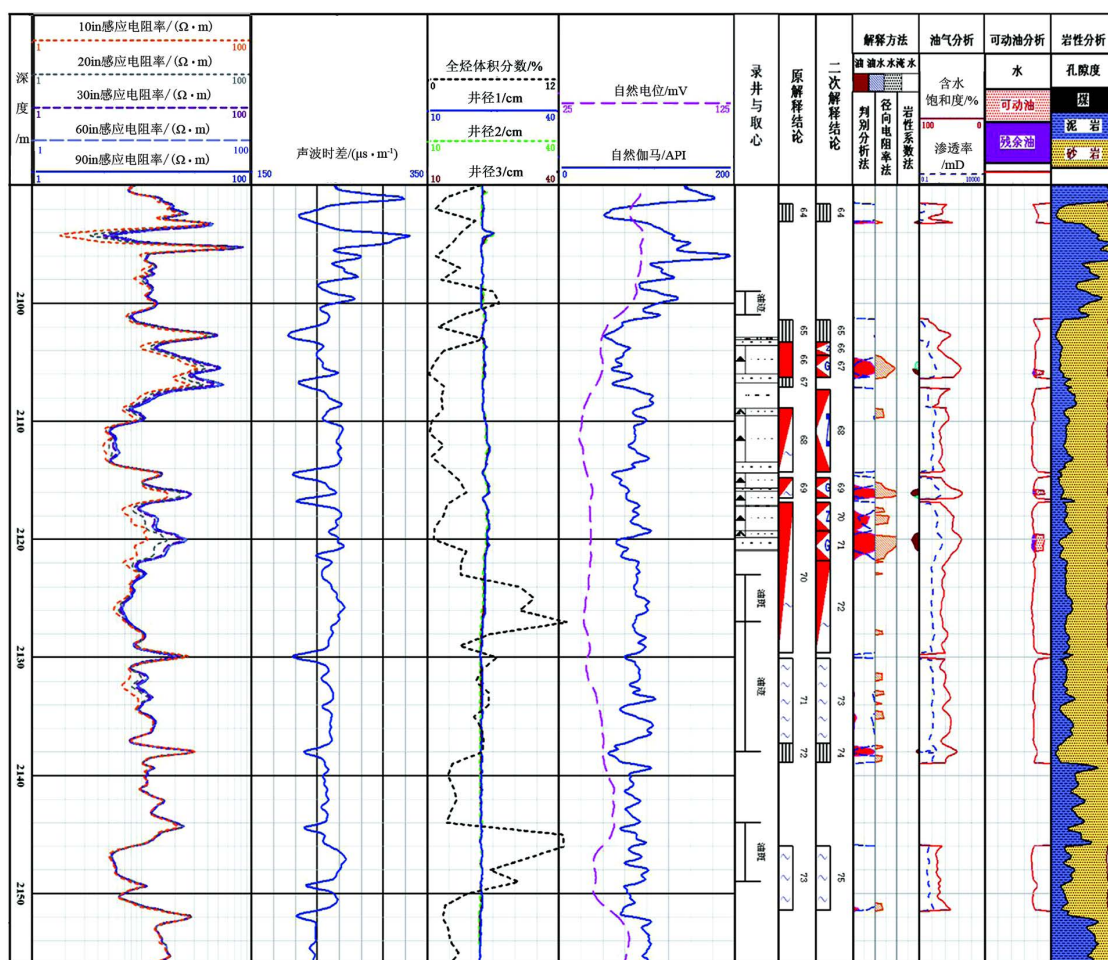


Figure 7. The comprehensive logging diagram of Chang 4 + 5 Reservoirs in Well X2

图 7. X2 井长 4 + 5 油层组测井综合图

3.2. 新老井电阻率对比法

针对淡水水淹,水淹程度低的储层电阻率低于未水淹储层电阻率;水淹程度中等-高的储层电阻率大于未水淹储层电阻率。利用上述特点,采用邻井物性相近的储层段电阻率对比确定储层水淹级别。

X3 井、X4 井为两口邻近井,X3 井为解释井,X4 井为试油、投产验证的未水淹井,X3 井与 X4 井在长 4 + 5 油层组物性相近,X3 井电阻率明显高于 X4 井,判断 X3 井为强水淹层,该井试油获油 3.8 t/d,产水 35.6 m³/t,解释结果与试油结果相符合(图 8)。

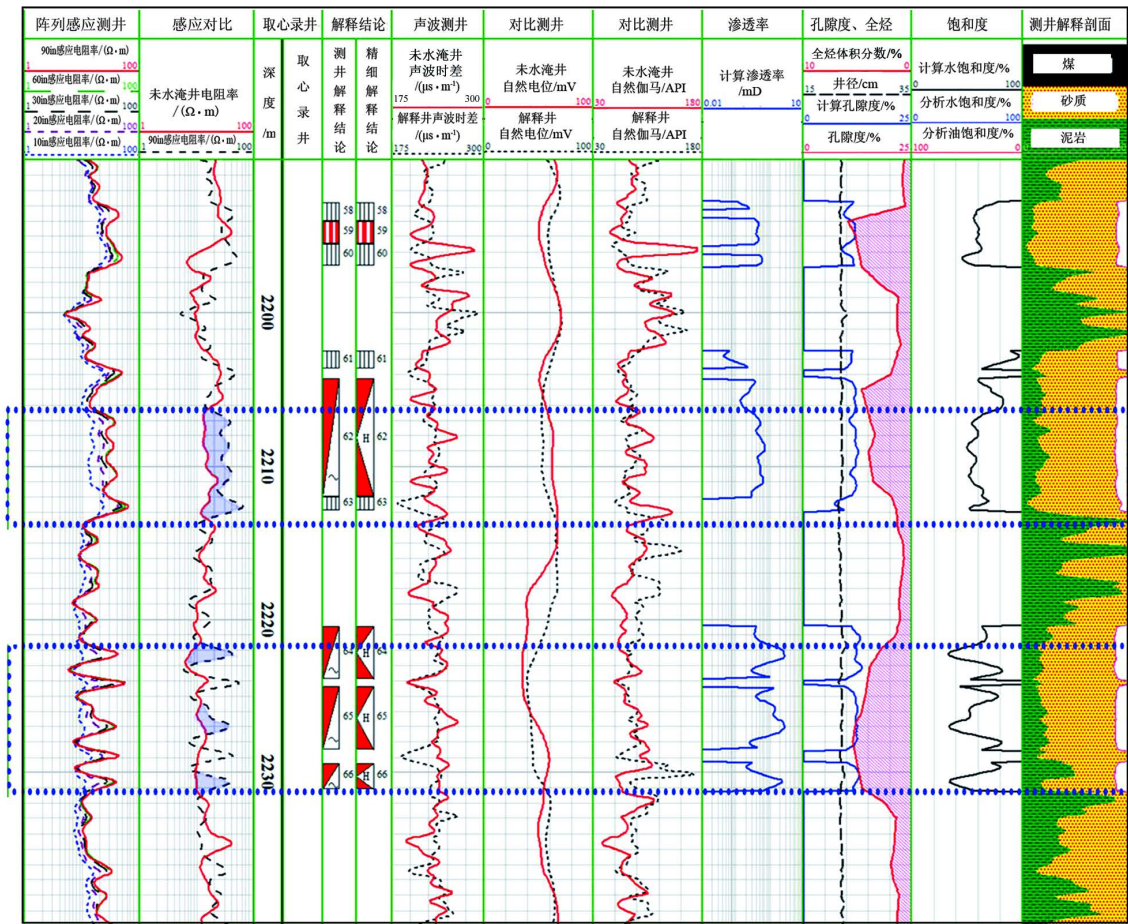


Figure 8. Comparison of Chang 4 + 5 Reservoirs (high aquifer) between Well X3 (interpretation well) and Well X4 (unflooded well)

图 8. X3 井(解释井)、X4 井(未水淹井)长 4 + 5 油层组对比图(高含水层)

3.3. 电阻率曲线重构法

根据低渗透岩性油藏饱和度变化规律，提出了利用自然伽马、声波时差等曲线采用多分辨率图的方法重构未水淹层电阻率的方法，根据实测电阻率曲线与重构电阻率曲线叠合对比划分储层水淹级别[2]。

X5 井为该区一口加密调整井，该井储层物性较好，电阻率中等，全烃体积分数显示明显，常规方法很难判断水淹级别，因此用邻近井未水淹层的声波时差曲线、自然伽马曲线建立了电阻率曲线重构模型，重构了未水淹层电阻率曲线，该井实测电阻曲线率明显高于重构电阻率曲线(图 9)，因此该层解释为强水淹层。该井试油最终获油量 2.4 t/d，产水量 26.7 m³/t，解释结果与试油结果相符合。

4. 应用效果

2017 年通过 3 种方法综合应用，胡 154 区长 4 + 5 油层组加密调整井水淹层测井解释了 21 口井 52 个层，其中有 4 层不符合，水淹层解释符合率 92.2%，取得了较好的效果。

5. 结论

1) 胡 154 区长 4 + 5 油层组水淹后储层绿泥石质量分数升高，伊利石和高岭石不同程度降低，储层孔隙结构变差、物性整体变差。

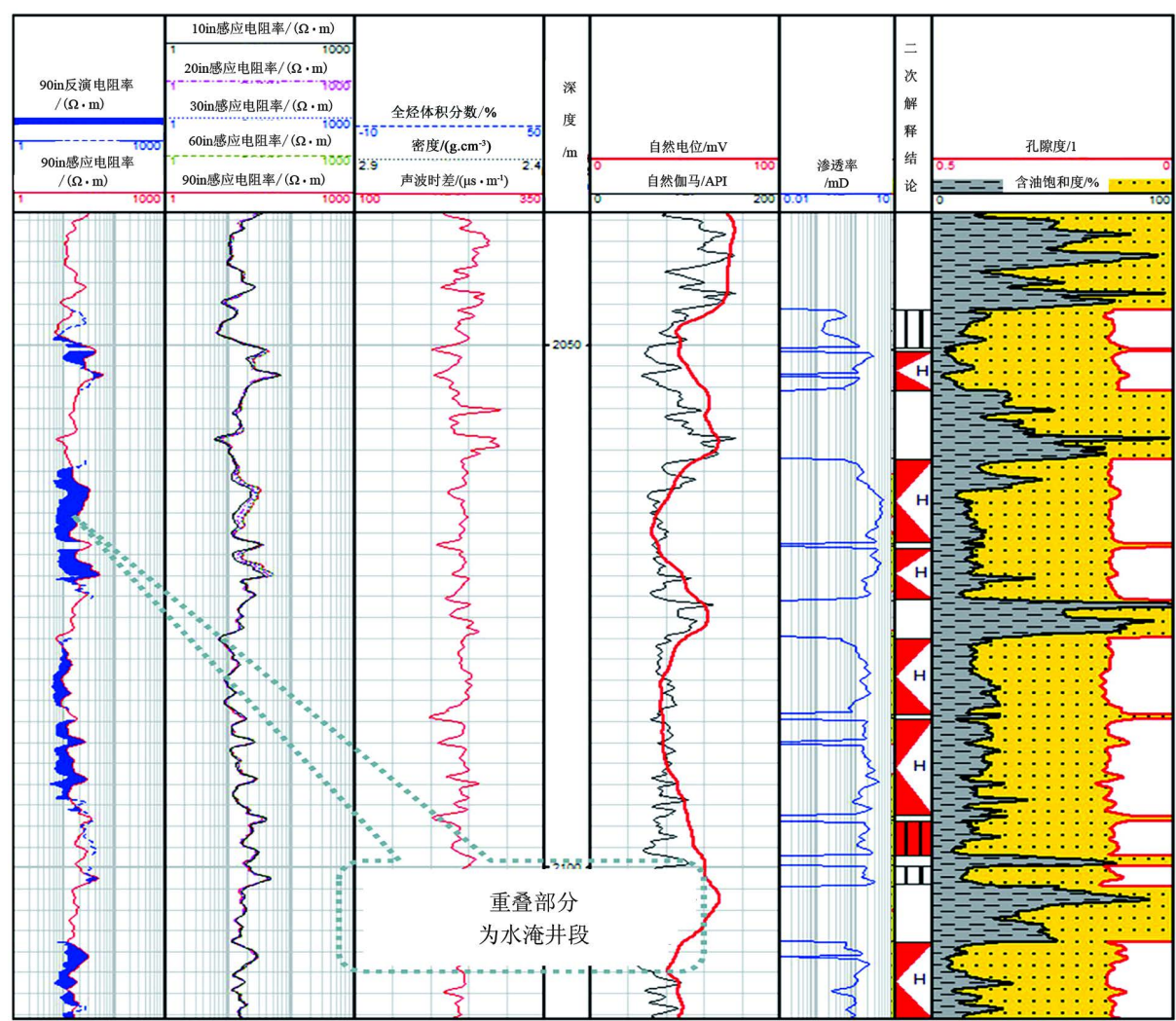


Figure 9. The contrast between the inversion resistivity and the measured resistivity curve of Chang4 + 5 Reservoirs in Well X5

图 9. X5 井长 4 + 5 油层组反演电阻率与实测电阻率曲线对比图

- 2) 胡 154 区长 4 + 5 油层组水淹后储层地层水矿化度降低，不同水淹程度储层地层水矿化度降低不同。
- 3) 胡 154 区长 4 + 5 油层组水淹后自然伽马、声波时差测井曲线变化不明显，自然电位变小，电阻率先略微降低后升高，呈现反“L”型。
- 4) 研究并建立了 3 种水淹层解释方法：测井曲线形态法、新老井电阻率对比法、电阻率曲线重构法。综合应用 3 种方法，水淹层解释符合率达 92.2%。

参考文献

[1] 杨旭. 水淹层测井解释方法在油田的应用[J]. 内蒙古石油化工, 2014, 24(10): 125-128.

[2] 葛长宇. 低渗透储层水淹层解释方法研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2011, 31(6): 124.

[编辑] 帅群

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