

Evaluation of Residual Oil Distribution Rule in Gaotaizi Oil Layer of Sazhong Development Zone Based on Sidewall Coring Data Analysis

Dehua Ma, Jinhang Zhang

No. 1 Geologic Logging Company of Daqing Drilling Engineering Company, Daqing Heilongjiang
Email: madehua@petrochina.com.cn

Received: Apr. 12th, 2017; accepted: Jul. 6th, 2017; published: Aug. 15th, 2017

Abstract

Gaotaizi oil layer of Sazhong Development Zone in Sa'ertu Oilfield of Daqing was put into production in 1982. The comprehensive water cut was 93.7%. The difference of oil layers, long injector-producer space and long production intervals induced poor producing degree of effective reservoirs and low producing degree of thin and bottom oil layers. In order to improve the producing degree and developmental effect of the reservoir, and find out a suitable well pattern for reservoirs at late developmental stage with high water cut, the microscopic formation mechanism of remaining oil was studied, and the reservoirs were quantitatively evaluated by using pyrolysis of rocks from the sidewall coring, gas chromatography of saturated hydrocarbon and fluorescence microscopic image analysis, and the remaining oil distribution status and rules in Gaotaizi Reservoir of Sazhong Development Zone were summarized. The method for evaluating remaining oil in adjustment wells with logging technology is formed by improving the fine evaluation of water flooding degree in thick layers and thin-poor layers. Some measures are proposed for tapping the potential of remaining oil in the reservoir after water flooding development. The research method is of great help in identifying the remaining oil distribution and potential of various oil layers. Combined with electrical logging data, it satisfies the demand of fine reservoir description and provides a reliable geological basis for the selective perforation and design of oilfield developmental scheme.

Keywords

Sidewall Coring, Water Flooding Degree, Remaining Oil Distribution Rule, Sazhong Development Zone

应用井壁取心分析资料评价萨中开发区高台子油层剩余油分布规律

马德华, 张金航

大庆钻探工程公司地质录井一公司, 黑龙江 大庆

作者简介: 马德华(1972-), 女, 高级工程师, 现从事油气解释评价工作。

Email: madehua@petrochina.com.cn

收稿日期: 2017年4月12日; 录用日期: 2017年7月6日; 发布日期: 2017年8月15日

摘要

大庆萨尔图油田萨中开发区高台子油层1982年投入开发, 综合含水率93.7%。由于注采井距大、开采井段长及油层的差异性, 导致有效油层动用状况差、薄差油层及底部油层动用程度低。为提高油层动用状况、改善油层开发效果、研究适合高含水后期合理的层系井网开发方式, 从剩余油微观形成机理研究入手, 应用井壁取心岩石热解、饱和烃气相色谱、荧光显微图像分析技术对储层做定量评价, 总结萨中开发区高台子油层剩余油分布状况及规律, 通过提高厚层、薄差层、表外层水淹程度精细评价水平, 形成了极富录井特色的开发调整井评价剩余油的方法。针对各类储层注水开发后形成的剩余油提出了挖潜措施, 对于搞清厚油层层内剩余油分布及潜力状况、薄差及表外层的评价进行挖潜增效有着较大的优势, 在实际生产中与测井资料结合应用, 满足了油藏精细描述技术的需求, 为选层射孔及编制开发方案提供了可靠的地质依据。

关键词

井壁取心, 水淹程度, 剩余油分布规律, 萨中开发区

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

大庆萨尔图油田萨中开发区高台子油层属于陆相河流-三角洲沉积, 以细砂岩、粉砂岩沉积为主, 砂体粒度细、泥质和钙质含量高、物性较差, 油层渗透率较低。垂向上位于萨、葡油层下部, 与葡二组是连续沉积, 厚度 300 m 左右, 共分 4 个油层组, 22 个砂岩组, 82 个沉积单元, 平面上砂体发育较稳定, 连续性较好。根据密闭取心井资料, 储层空间特征原始含油饱和度 59.5%, 空气渗透率 150~400 mD, 孔隙度 26.0%, 属于中-高孔、中渗储层。高台子油层 1982 年投入开发, 采用 300 m × 300 m 井距的反九点法面积井网, 初期分为高一、二组油层, 高三、四组油层, 高台子油层合采 3 套井网开发, 综合含水率 93.7%。高台子油层由于注采井距大、开采井段长及油层的差异性, 导致有效油层动用状况差, 薄差油层及底部油层动用程度低。为提高油层动用状况、改善油层开发效果, 需要进行层系井网调整潜力研究,

研究适合高含水后期合理的层系井网开发方式。为此应用水淹层解释评价技术对萨中开发区高台子油层动用状况及剩余油潜力分布等进行研究。录井技术通过井壁取心定点取得地层岩样,受层厚度及非均质性的影响较小,应用岩石热解、饱和烃气相色谱、荧光显微图像等技术对油层水淹程度进行定量评价,提高了厚层、薄差层、表外层的精细评价水平,解决了测井软件对薄差层及表外层适用性差的问题[1],在实际生产中与测井资料结合应用,满足了油藏精细描述技术的需求,为选层射孔及编制开发方案提供了可靠的地质依据。

2. 微观剩余油的形成机理及分布特征

剩余油是指油田在开发过程中某一阶段,仍然保存在油层孔隙空间的那部分原油,通过加深地质认识和改善采油工艺等技术措施可开采出的原油[2]。油水在地下多孔介质中渗流,由于孔喉网络的非均质性、油水黏度比、储层润湿性等方面的差异,导致黏滞力、重力、毛细管压力在孔喉大小不一、形态不一、连通程度不一的储层中水驱效果存在差异,形成剩余油分布的差异。贾忠伟等[3]进行了水驱油微观物理模拟实验研究,其结果表明:在亲油孔隙介质中,注入水沿大孔道的中心部位突入,在孔壁的表面形成一层油膜,油膜的厚度由于驱替速度大小、岩石表面亲油性大小不同而有所不同,随水驱时间增长,油膜会变薄,小孔道中残留一部分未驱动的原油,从而成为剩余油。因此在亲油系统中,剩余油多分布于小孔隙、孔隙边缘等处,而水则分布于大孔隙和孔隙中央。在亲水孔隙介质中,水沿孔壁渗流推进,一部分水沿大孔道的中部推进原油,一部分水沿孔道壁驱油,剥离岩石颗粒表面的油,水驱速度与剥离速度不同致使水进不均匀,形成斑状或指进剩余油。因此在亲水系统中,剩余油呈珠状分布于大孔隙和孔隙中央或呈簇状分布于孔喉不均匀地带,水则分布于小孔隙、孔壁等处。在油田实际开发过程中,注入水沿着阻力最小的通道迅速到达井口,将油层中的大部分油留下,这种现象即为指进,其结果使储层中的油成片地滞留于孔隙空间成为剩余油。

3. 利用井壁取心分析资料评价剩余油分布的基本思路

油田注水开发以后,随含水率的上升,含油饱和度、原油性质、孔隙结构等都要发生变化。录井井壁取心岩样含油有饱满—不饱满,染手—不染手,油气味浓—淡或无等不同;岩石热解分析 P_g 值反映含油丰度,饱和烃气相色谱是对岩石热解分析 S_1 值的细分[4]。该文岩石热解分析进样量100 mg,饱和烃色谱分析进样量30 mg,因此岩石热解、饱和烃气相色谱均能反映含油饱和度的变化。荧光显微图像可以观察孔隙中的油水分布、剩余油产状及孔隙结构变化等[5]。在各单项资料判别的基础上,结合测井资料及区块地质特征、注水开发现状综合分析,找出水淹程度相对较弱,即剩余油相对富集的部位,从而得出剩余油分布规律。

根据大庆录井公司2006年高台子油层水驱油实验结果表明,随含水率上升,饱和烃气相色谱峰形从正态峰形向扁平形变化,其峰值及岩石热解分析参数均有不同程度降低;荧光显微图像剩余油产状发生变化,从粒间吸附状变为膜状、珠状(图1、图2、图3)。高台子油层岩石属于弱亲水-亲水非均匀润湿性[6],剩余油形成状态与润湿性呈弱亲油-亲油的萨葡油层正好相反。注入水以水膜形态铺满孔壁,连通较好的小孔隙容易被水充满,大孔道中剩余油容易出现指进,剩余油为斑状、柱状或珠状,连通较差的小孔隙剩余油为簇状,荧光显微图像资料验证了这一点。

4. 萨中开发区高台子油层剩余油分布状况及潜力

应用井壁取心分析技术落实厚层、薄层及表外层的岩性、物性及含油性,进而评价储层剩余油分布特征及产油潜力,对提高油田开发效果具有重要意义。统计萨中开发区高台子油层30口井的井壁取心分析资料表明,中-高孔、中渗储层条件下,岩石热解分析 P_g 值大于40 mg/g,饱和烃色谱响应值大于1.6 mV,

荧光显微图像特征为孔隙欠-较发育, 含泥重部位剩余油呈粒间吸附状、孔隙发育处剩余油呈簇状, 这类层为未-低水淹层。岩石热解分析 P_g 值 20~40 mg/g, 饱和烃色谱响应值为 1.2~1.6 mV, 荧光显微图像特征为孔隙较发育, 剩余油多呈簇状、局部为粒间吸附状, 这类层为中水淹层。岩石热解分析 P_g 值小于 20 mg/g, 饱和烃色谱响应值小于 1.2 mV, 荧光显微图像特征为孔隙发育, 大孔道中剩余油呈柱状或斑状、小孔道中剩余油呈簇状或粒间吸附状, 这类层为高水淹层。低孔低渗薄差层及表外层影响因素较多, 变化也较复杂, 总的来说 $P_g > 20$ mg/g 时为未-低水淹层。

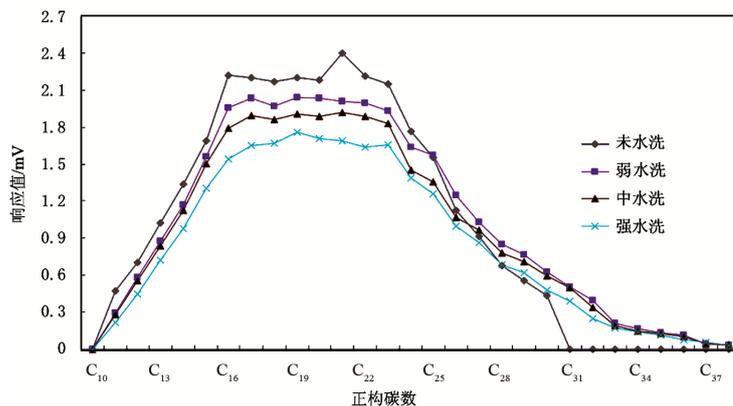


Figure 1. The saturated hydrocarbon chromatographic response value changing with the water production value in water flooding experiment

图 1. 水驱油实验饱和烃色谱响应值随产水率的变化

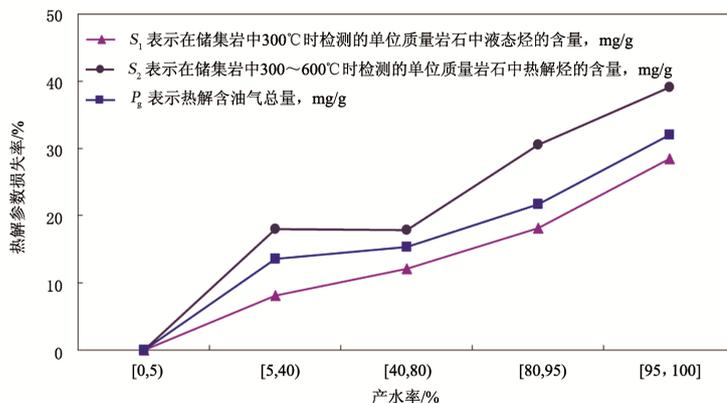


Figure 2. The rock pyrolysis loss rate changing with water production rate in the water flooding experiment

图 2. 水驱油实验岩石热解损失率随产水率的变化

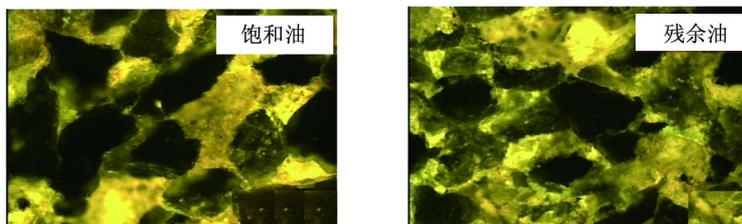


Figure 3. The characteristics of fluorescence microscopic image of saturated and residual oils in water flooding experiment

图 3. 水驱油实验饱和油与残余油荧光显微图像特征

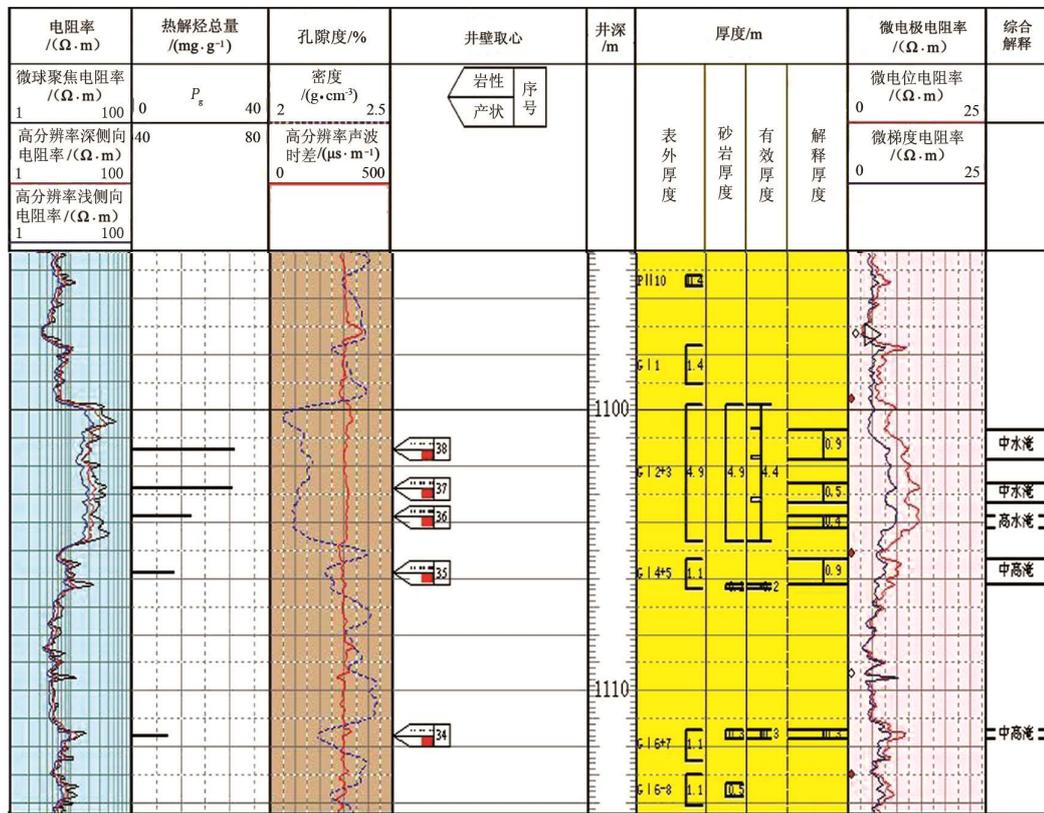


Figure 5. The comprehensive logging diagram of Well B1-112-529

图 5. B1-112-529 井录井综合图

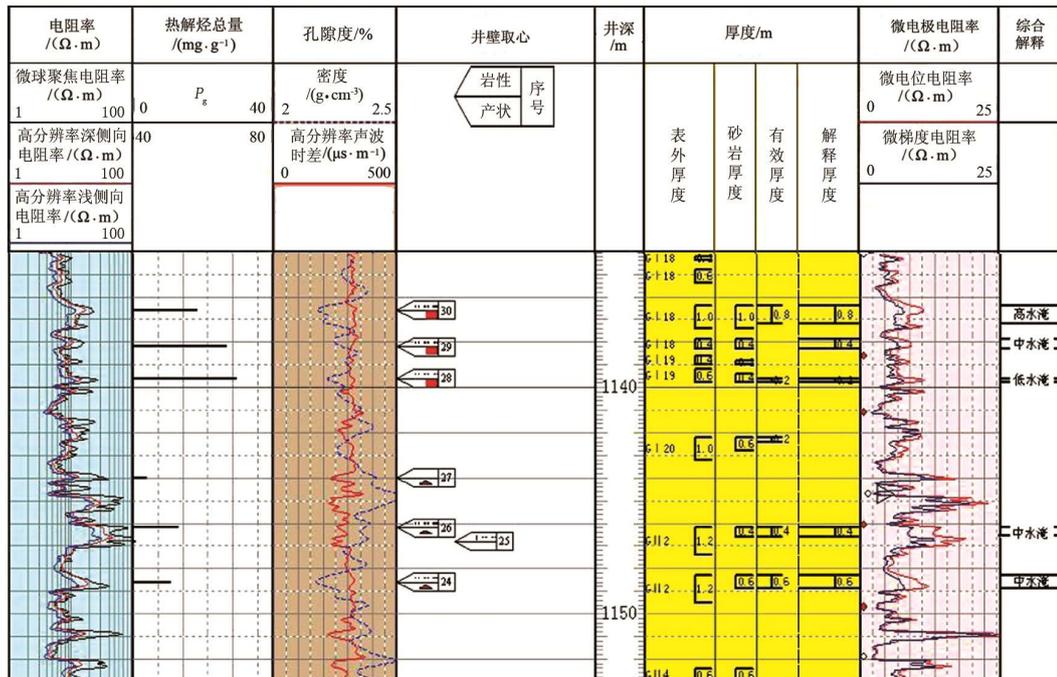


Figure 6. The comprehensive logging diagram of Well B1-301-529

图 6. B1-301-529 井录井综合图

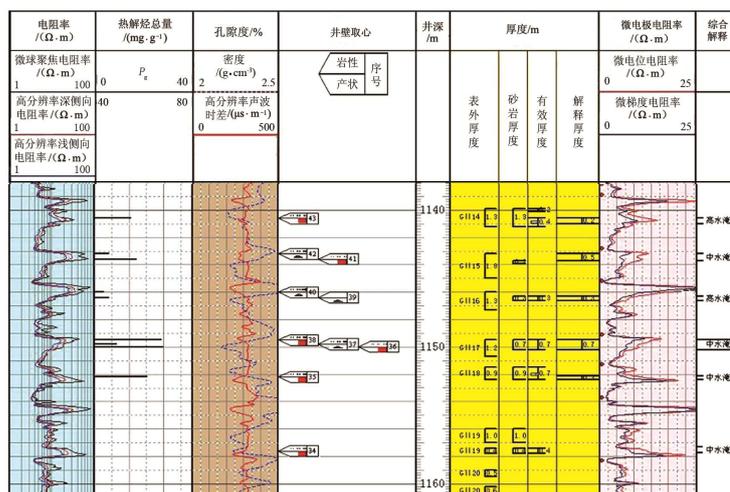


Figure 7. The comprehensive logging diagram of Well G429-50
图 7. G429-50 井录井综合图

4.3. 有效厚度小于 0.5 m 的层及表外层剩余油分布状况及潜力分析

有效厚度小于 0.5 m 的层井壁取心样品产状以油浸粉砂岩为主，表外层井壁取心样品产状以油斑粉砂岩为主，见油浸粉砂岩。岩石热解分析 P_g 值在 10~25 mg/g 之间，目前含油饱和度 35%~45%，饱和烃气相色谱响应值 0.8~1.2 mV，荧光显微图像特征为孔隙较欠发育，剩余油多呈粒间、孔表吸附状(矿物微孔隙及表面)、局部为簇状。综合解释为未-低水淹层占总解释层的 30.1%，中水淹层占总解释层的 50.7%，高水淹层占总解释层的 19.2%。有效层中的均质层岩石热解分析 P_g 值大于 15 mg/g，呈未-中水淹特征；岩石热解分析 P_g 值小于 15 mg/g，呈中-高水淹特征。非均质层有效层及表外层多呈未-中水淹特征。这类层属于物性差、泥质含量高且分布不稳定的薄砂层及表外层，剩余油总量较多，因尖灭区较多，连通状况差，虽具有一定的潜力，但挖潜较为困难，加密调整井需要对高水淹层及含油性特别差的层进行避让，最好是缩小井距，完善注采系统进行分层逐段开采。如 B1-211-533 井与 B1-211-532 井为同井组相邻井距为 150 m 的两口井，B1-211-533 井 G112、G113 层在 B1-211-532 井已经发生尖灭，G115、G117 层两口井均为零散小砂体，G118、G119 层在 B1-211-533 井见含油产状，B1-211-532 井未见含油，说明砂体发生了尖灭(图 8、图 9)。

5. 高台子油层剩余油分布规律认识

通过井壁取心资料与测井资料结合分析，萨中开发区高台子油层剩余油纵向上分布高度零散，正韵律油层注入水沿底部突进，上部水淹差，剩余油分布高；反韵律油层注入水沿顶部推进，由于重力和毛细管力的作用，水驱厚度逐渐加大，剩余油分布低；复合韵律油层内的剩余油相对富集部位一般为厚油层渗透率较差部位及部分均质层的上部。平面上分布存在以下几种类型：一是注采不完善，厚层顶部底部和夹层密集的薄互层部位存在剩余油，如 G231-X54 井 G110-12 层，可通过层内细分注水及调剖进行剩余油挖潜；二是砂体规模小或局部变差或尖灭，受注水波及程度差存在剩余油，如 B1-301-529 井 G112² 层，通过加密射孔或压裂改善局部单砂体注采关系，进行剩余油挖潜。三是断层遮挡或河道边部，由于相带突变造成几个方向或某一方向有注无采(有采无注)或者钻遇油层但未射孔形成剩余油，如 G429-50 井 G119² 层，这类剩余油需要补充油水井，缩小井距，改善注采关系进行挖潜；四是物性较差的薄差油层，由于受平面非均质和层间干扰等影响存在剩余油，如 B1-211-533 井 G118、G119 层等，这类剩余油需要进行注采系统调整，减少长井段层系间干扰进行挖潜。

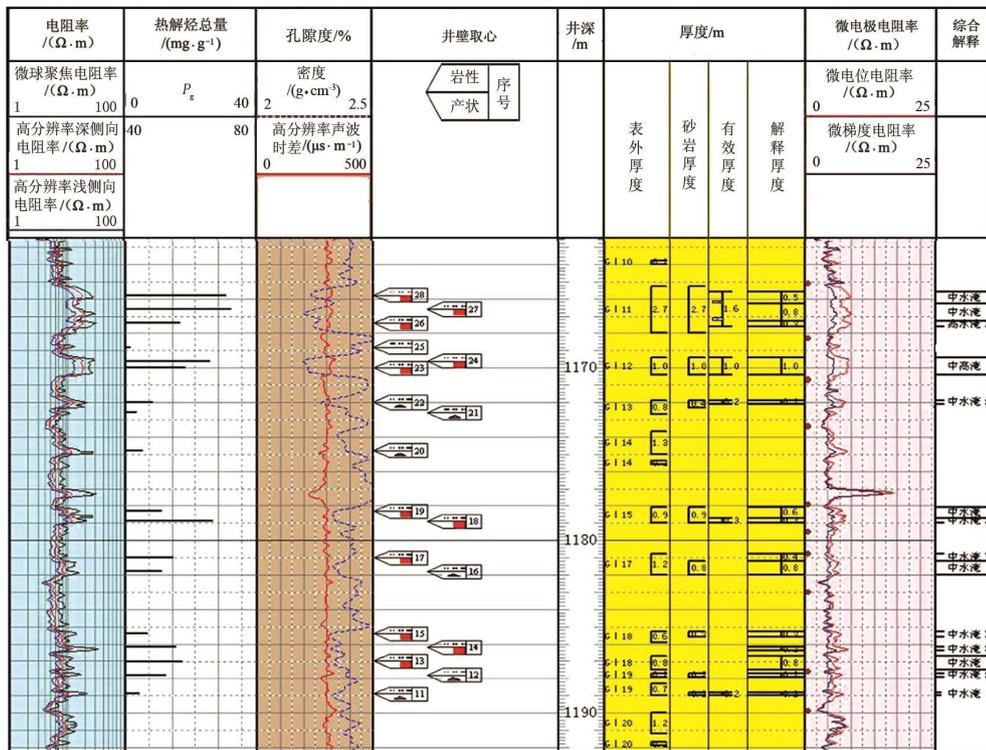


Figure 8. The comprehensive logging diagram of Well B1-211-533
图 8. B1-211-533 井录井综合图

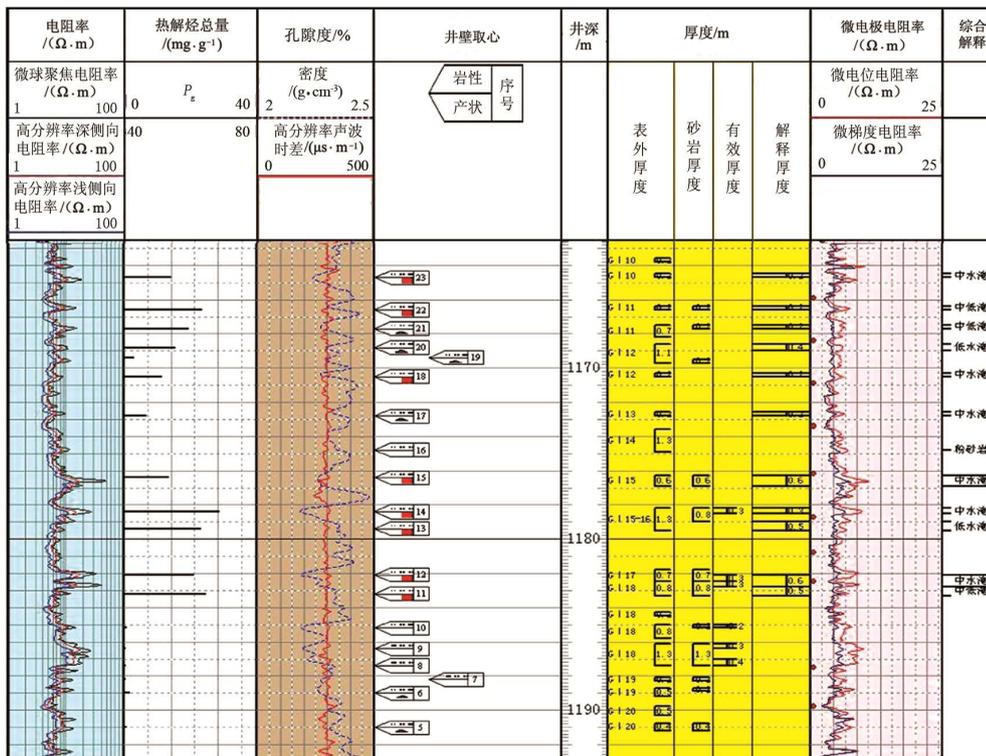


Figure 9. The comprehensive logging diagram of Well B1-211-532
图 9. B1-211-532 井录井综合图

6. 结语

从剩余油微观形成机理研究入手,以井壁取心岩石热解、饱和烃气相色谱、荧光显微图像分析技术为手段,以录井水淹响应机理为基础,以录井水淹程度为评价方式,总结了大庆喇萨杏油田萨中开发区高台子油层剩余油分布状况及规律,形成了极富录井特色的开发调整井评价剩余油的方法,提高了储层韵律性、变异系数、夹层及砂体连通状况的不同对油层水洗状况影响的认识。针对各类储层注水开发后形成的剩余油提出了挖潜措施,对于搞清厚油层层内剩余油分布及潜力状况、薄差层及表外层的评价进行挖潜增效有着较大的优势,经济高效且实用性较强,可在所有开发调整井中推广应用。

参考文献 (References)

- [1] 刘传平,杨青山,杨景强,等.薄差层水淹层测井解释技术研究[J].大庆石油地质与开发,2004,23(5):118-120.
- [2] 郭平,冉新权,徐艳梅,等.剩余油分布研究方法[M].北京:石油工业出版社,2004:1-3.
- [3] 贾忠伟,杨清彦,兰玉波,等.水驱油微观物理模拟实验研究[J].大庆石油地质与开发,2002,21(1):46-49.
- [4] 左铁秋,耿长喜,赵晨颖,等.岩石热解分析技术评价水淹层方法[J].录井工程,2005,16(3):40-41.
- [5] 马德华,耿长喜,左铁秋,等.荧光图像技术在水淹程度评价中的应用[J].录井工程,2005,16(1):17-20.
- [6] 韩大匡,万仁溥.多层砂岩油藏开发模式[M].北京:石油工业出版社,1999:72-91.

[编辑] 黄鹂

Hans 汉斯

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

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

期刊邮箱: jogt@hanspub.org