

The Application of Logging Data in the Development of Buried Hill in Xinglongtai Area

Jiwan Cao

Research Institute of Exploration and Development, Liaohe Oilfield Company, PetroChina, Panjin Liaoning
Email: caojw1@petrochina.com.cn

Received: Mar. 10th, 2017; accepted: Jun. 7th, 2017; published: Oct. 15th, 2017

Abstract

Xinglongtai Buried Hill was the important block for productivity construction in Liaohe Oilfield, it was a fractured massive metamorphic buried hill reservoir with bottom water. It had complicated structure with varieties of lithologic properties and strong reservoir heterogeneity, and the oil-bearing amplitude was more than 2300 m. Due to the difficulty of judging Xinglongtai buried hill's surface in the process of development, debris, rotary sidewall coring and element logging data were used to confirm it in time. In allusion to the problem of oil and water interpretation in fractured reservoirs, a Pixler gas ratio chart and a humidity ratio chart were established to solve the problem. At the same time, combined with quantitative fluorescence and logging data, a comprehensive interpretation was carried out for guiding the selection of oil test intervals and ensuring the efficiency of new oil well. This method provides a strong technical support to quick determining the target zones and perforation in given layers.

Keywords

Xinglongtai Buried Hill, Judging the Buried Hill's Surface, Debris Logging, Element Logging, Quantitative Fluorescence

录井资料在兴隆台潜山开发中的应用

曹积万

中国石油辽河油田公司勘探开发研究院, 辽宁 盘锦

作者简介: 曹积万(1983-), 男, 工程师, 现从事地质综合研究工作。

Email: caojw1@petrochina.com.cn

收稿日期: 2017年3月10日; 录用日期: 2017年6月7日; 发布日期: 2017年10月15日

摘要

兴隆台潜山是辽河油田公司产能建设的重点区块, 该块为裂缝型块状底水变质岩潜山油藏。构造复杂、岩性多样、储层非均质性强、含油幅度超过2300 m。实施过程中, 针对潜山顶面难以准确判别的问题, 综合应用岩屑、旋转井壁取心、元素录井资料, 及时卡准太古界潜山顶面; 针对裂缝性储层油水解释难的问题, 通过建立皮克斯勒图版、湿度比值图版识别油水层, 同时结合定量荧光、测井等资料进行综合解释, 指导试油井段优选, 确保新井实施效果。该做法为辽河油田古潜山油藏快速卡层中完、定层射孔提供了有力的技术支持。

关键词

兴隆台潜山, 潜山顶面判别, 岩屑录井, 元素录井, 定量荧光

Copyright © 2017 by author, 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

辽河坳陷潜山油藏储量巨大, 已成为辽河油田重要的储量增长点和产能接替区。辽河油田兴隆台潜山油藏 2010 年上报含油面积 55.49 km², 探明石油地质储量 1.27 × 10⁸ t [1] [2]。该潜山自 2008 年投入开发以来, 3 年建成百万吨生产能力, 但受地层压力下降和底水侵入影响, 产量递减较快, 截至 2017 年 4 月, 兴隆台潜山带投产油井 135 口, 日产油 1213.8 t, 日产气 34.97 × 10⁴ m³, 累计产油 687.57 × 10⁴ t, 累计产气 19.14 × 10⁸ m³。

在目前国际油价低糜的背景下, 如何确保新钻井实施效果是目前兴隆台潜山油藏减缓产量递减的关键。钻井过程中要求及时准确确定潜山顶面深度, 合理解释油水层, 优选射孔井段。利用岩屑录井、元素录井、旋转井壁取心资料实时判别太古界潜山顶面, 利用气测、定量荧光、测井等资料综合解释油气水层, 优选井段射孔投产, 在兴隆台潜山应用取得了较好的效果。

2. 兴隆台潜山地质特征

兴隆台潜山油藏埋深 2335~4670 m, 含油幅度 2335 m。太古界地层由变质岩和岩浆岩构成, 主

要岩性为区域变质岩、混合岩及动力变质岩，岩浆岩由中性、酸性及基性岩类构成。兴隆台潜山储层具有双重介质特征，基质孔隙度 3.7%~5.7%，渗透率 0.3~0.7 mD，裂缝孔隙度 0.3%~0.8%，渗透率 29.5~360 mD。储集空间以构造裂缝为主，油藏类型为裂缝型块状底水变质岩潜山油藏，原始油水界面-4670 m。

3. 太古界潜山顶面判别

该区块钻井揭露地层自下而上依次为太古界、中生界、新生界等。馆陶组、沙河街组、中生界、太古界均有油气显示。馆陶组至中生界钻井液密度为 1.2~1.4 g/cm³，太古界钻井液密度为 1.0~1.1 g/cm³。钻至太古界顶面多发生漏失，由于太古界油气较为发育，漏失后常出现溢流、井涌等异常情况，实施风险较大。钻井过程中要求及时、准确判别太古界潜山顶面深度，降低钻井实施风险，同时最大限度保留太古界含油井段。

3.1. 岩屑录井资料判别

以 XG7-28-32 井为例，该井岩屑录井资料表明 4094~4170 m 为杂色角砾岩、岩屑较粗，4170~4172 m 为紫红色含灰泥岩，4172~4188 m 为灰白色混合花岗岩、岩屑较细。该井段岩屑颜色、岩性、粗细均有明显变化(图 1)，现场鉴定认为太古界潜山顶面深度为 4174 m。

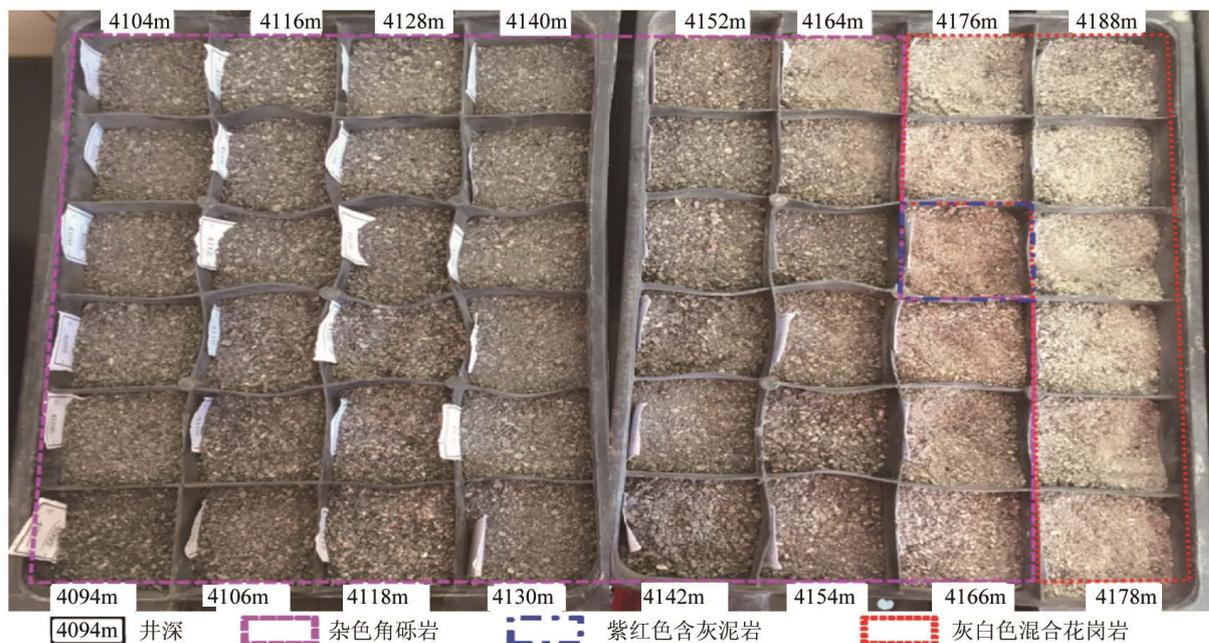
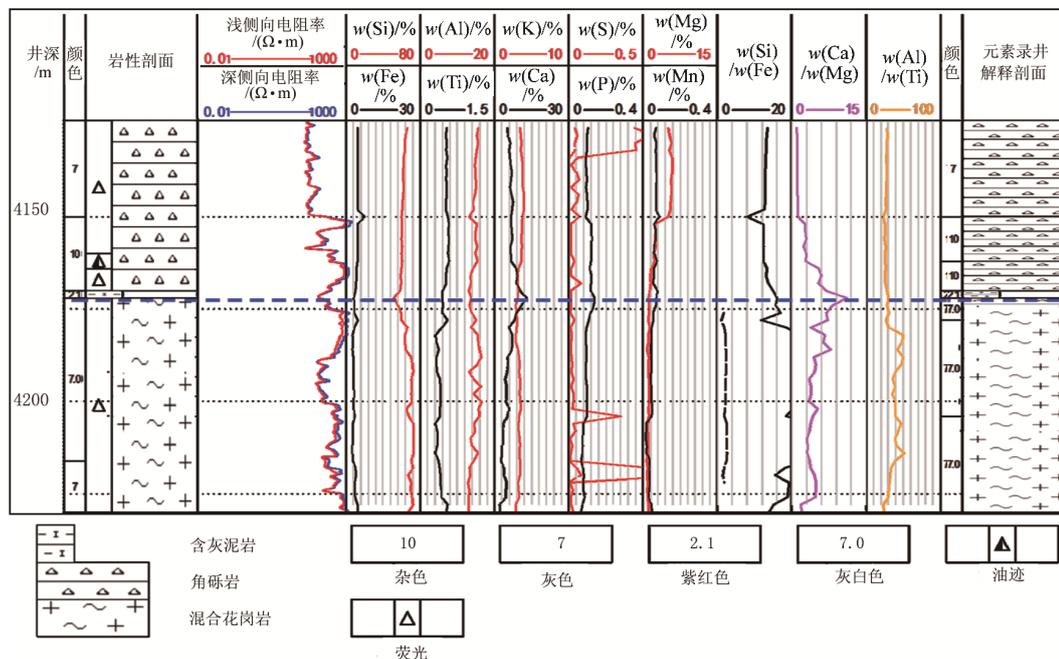


Figure 1. The debris in Well XG7-28-32 (4094~4188 m)

图 1. XG7-28-32 井岩屑(4094~4188 m)

3.2. 元素录井资料判别

元素录井表明 XG7-28-32 井太古界潜山顶面深度为 4172 m。潜山顶面由于风化剥蚀及后期充填作用的影响，元素含量有明显的变化，利用 Si、Al、K、S、Mg 等元素含量升高或降低的变化识别潜山顶面。完钻后测井资料也证实该井潜山顶面深度为 4172 m。由于潜山段岩性较为致密，电阻率相对较高。4172 m 以下深侧向电阻率一般大于 200 Ω·m，上覆角砾岩段电阻率一般为 20~150 Ω·m (图 2)。



注: $w(\text{Si})$, $w(\text{Fe})$, $w(\text{Al})$, $w(\text{Ti})$, $w(\text{K})$, $w(\text{Ca})$, $w(\text{S})$, $w(\text{P})$, $w(\text{Mg})$, $w(\text{Mn})$ 分别为各元素的质量分数, %。

Figure 2. The element logging diagram of Well XG7-28-3 (4125~4230 m)

图 2. XG7-28-32 井元素录井图(4125~4230 m)

3.3. 旋转井壁取心薄片鉴定

XG7-28-32 井, 旋转井壁取心证实 4156 m 为构造角砾岩, 4180 m 为混合花岗岩, 太古界潜山顶部深度与岩屑录井、元素录井资料结论一致。

XG7-28-32 井 4156 m 薄片鉴定为角砾结构, 无定向构造, 角砾大小 0.20~3.80 mm, 含量 75%, 多呈棱角状、次棱角状, 排列杂乱。角砾成分为混合花岗岩, 可见原岩结构、构造。矿物成分以石英、长石为主。角砾间填充物 25%, 成分为原岩细碎屑、泥质等, 见煌斑岩、酸性喷出岩等。

XG7-28-32 井 4180 m 旋转井壁取心薄片鉴定鳞片为粒状变晶结构, 片麻状构造。矿物晶粒大小 0.20~5.60 mm。见构造缝, 缝宽 0.10~1.20 mm, 缝内原岩细碎屑、方解石、泥质充填。石英体积分数 24%, 它形粒状, 表面光洁, 具波状消光; 斜长石体积分数 60%, 它形板状, 具双晶, 部分晶体粗大, 见净边、穿孔结构, 绢云母化; 钾长石体积分数 10%, 它形板状, 双晶发育, 见斜长石残余, 以微斜长石为主; 黑云母体积分数 4%, 片状, 绿泥石化; 绿帘石体积分数 2%, 粒状。

4. 油层综合解释

兴隆台潜山为裂缝型块状底水油藏, 为避免油井快速见水, 部署井要有一定的避水距离。因此油水界面准确判别显得尤为重要。井位实施后, 油层准确解释为射孔井段优选提供可靠的资料, 以确保新井实施效果。

4.1. 裂缝型油层气测响应特征

利用兴隆台潜山 MG6-1 井、MG6-2 井等 14 口井 37 层试采结果为油层气测资料, XG7-15 井、XG7-19 井等 4 口井 6 层试采结果为水层气测资料, 建立湿度比值图版(图 3), 快速、直观地对油水性质做出可信的评价。

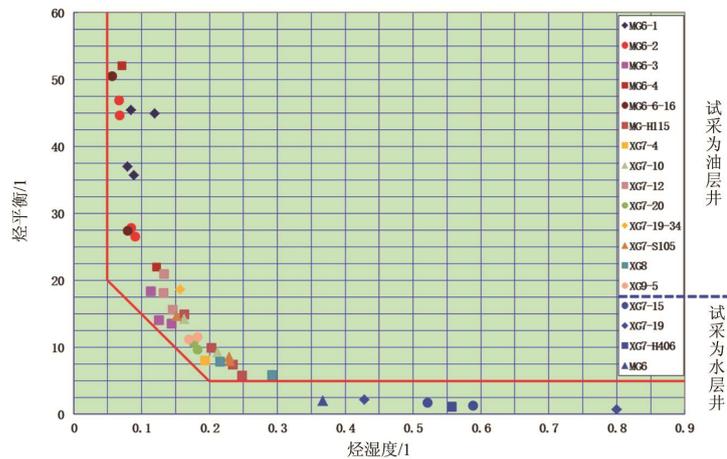


Figure 3. The chart of humidity ratio of Xinglongtai Buried Hill

图 3. 兴隆台潜山湿度比值图版

烃湿度反映“重组分”的相对丰度，它随油气密度的增大而增大。其计算公式如下：

$$W = \frac{\varphi(C_2) + \varphi(C_3) + \varphi(iC_4) + \varphi(nC_4) + \varphi(iC_5) + \varphi(nC_5)}{\varphi(C_1) + \varphi(C_2) + \varphi(C_3) + \varphi(iC_4) + \varphi(nC_4) + \varphi(iC_5) + \varphi(nC_5)}$$

式中：W 为烃湿度，1； $\varphi(C_1)$ ， $\varphi(C_2)$ ， $\varphi(C_3)$ ， $\varphi(iC_4)$ ， $\varphi(nC_4)$ ， $\varphi(iC_5)$ ， $\varphi(nC_5)$ 均为烃组分体积分数，1。

烃平衡反映“轻组分”的相对丰度，其计算公式如下：

$$B = (\varphi(C_1) + \varphi(C_2)) / (\varphi(C_3) + \varphi(iC_4) + \varphi(nC_4) + \varphi(iC_5) + \varphi(nC_5))$$

式中：B 为烃平衡，1。

水层烃湿度一般都大于 0.35、烃平衡小于 5，油层烃湿度小于 0.35、烃平衡大于 5。同时建立了皮克斯勒图版(图 4)，该图版为一单对数坐标系，横坐标代表烃组比分，纵坐标刻度为比值。MG6-1 井、MG6-2 井等 14 口井曲线总趋势较陡、左低右高，表明为油层。XG7-15 井、XG7-19 井等 4 口井 6 条曲线总趋势较平缓、左高右低，表明为水层，与湿度比值图版结论一致。

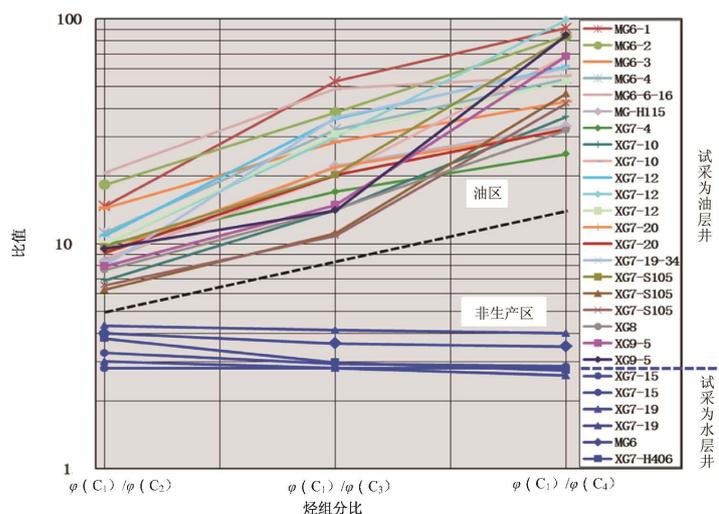


Figure 4. The Pixler chart board of Xinglongtai Buried Hill

图 4. 兴隆台潜山皮克斯勒图版

4.2. 录井、测井资料综合解释有利储层

以试油、试采资料为依据,应用录井、测井资料,综合解释有利储层。辽河坳陷太古界潜山油藏储层裂缝一般为高角度缝、网状缝和低角度缝等3种类型。由于双侧向测井对中高角度缝反应灵敏,长源距声波时差对低角度缝反应灵敏,可以运用声波时差和深侧向电阻率测井资料解释变质岩潜山储层[3][4][5]。兴隆台潜山储集岩较为致密,电阻率背景值高,最高可达 $20,000\ \Omega\cdot\text{m}$ 以上。由于潜山岩性及裂缝性油藏的复杂性,仅利用电性标准解释储层尚有一定的不确定性,因此把测井电性标准结合录井气测、定量荧光资料综合解释有利储层。

兴隆台潜山储集空间主要为构造裂缝、破碎粒间孔。有利储层段裂缝较为发育,气测录井全烃值一般大于1%,曲线呈尖峰状,幅度比值较大,烃组分齐全,一般都能出至 C_3 ,定量荧光对比级大于8,深侧向电阻率一般在 $20\sim 2000\ \Omega\cdot\text{m}$,由于泥浆滤液侵入,电阻率明显降低,深浅侧向电阻率一般呈“高阻背景下的低阻”特征,声波时差突然增大,呈尖峰状或连续的高值,一般大于 $55\ \mu\text{s}/\text{ft}$ 。非有利储层段裂缝不发育,气测无异常或全烃值较低,组分不全,主要为 C_1 ,定量荧光对比级小于6,深侧向电阻率一般大于 $2000\ \Omega\cdot\text{m}$,声波时差一般小于 $55\ \mu\text{s}/\text{ft}$ (图5)。

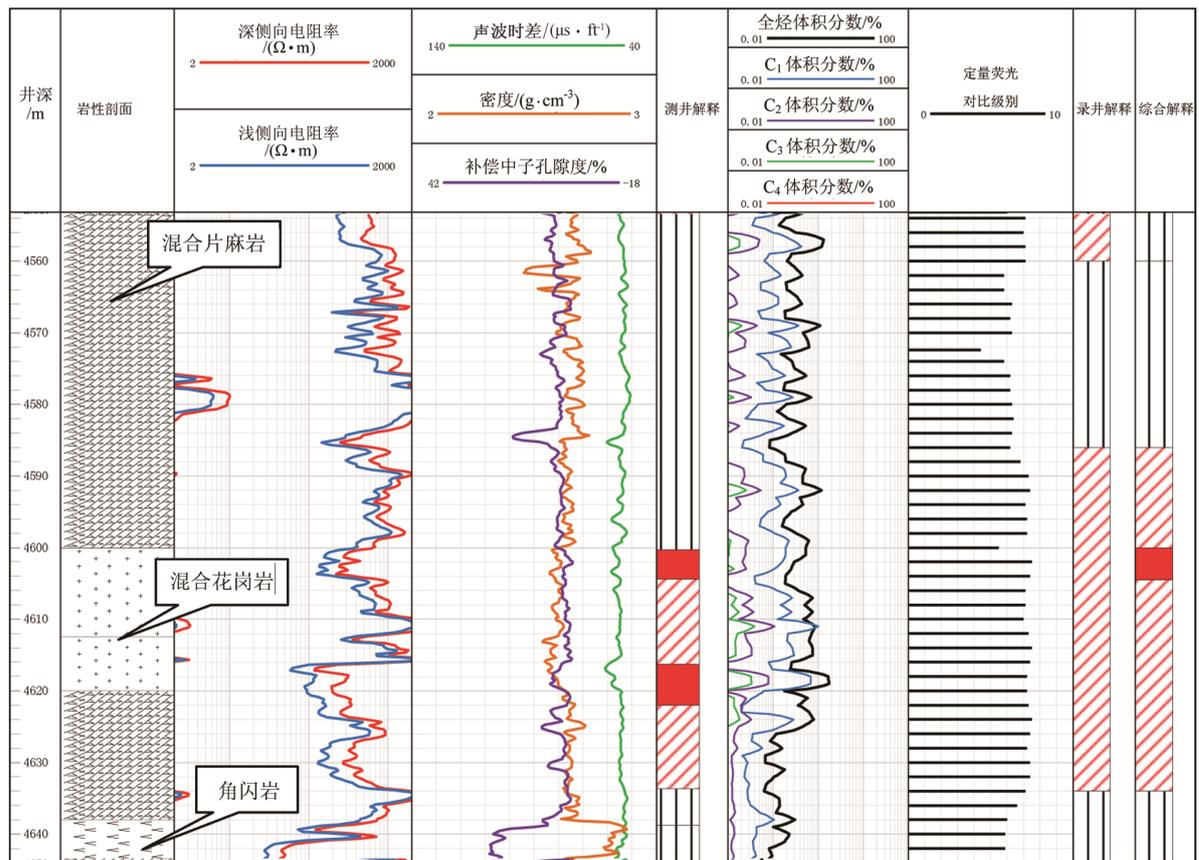


Figure 5. The integrated interpretation plot of well XG7-10

图 5. XG7-10 井综合解释图

录井显示受很多因素影响,因此在测井解释中要依靠录井显示但不能依赖录井显示,要把录井显示作为辅助判别油气层的手段进行综合解释。XG7-10 井在 4586~4634 m 压裂后投产,初期直径 8 mm 油嘴自喷生产,日产油 75.3 t,日产气 $31,373\ \text{m}^3$,证实了综合解释结论的准确性。

5. 结语

钻井过程中应用录井资料对兴隆台潜山顶面进行了实时判别,保障了井位顺利实施。完井后综合应用录井、测井资料确定油水界面,解释有利储层段,为射孔井段优选提供了依据。在兴隆台潜山多年的开发实践过程中,应用该成果取得了较好的效果,尤其是国际油价低糜的情况下,保证了经济效益。目前已在辽河油田同类型油藏开发过程中广泛应用。

基金项目

中国石油重大科技专项(2012E-30)。

参考文献 (References)

- [1] 孟卫工,陈振岩,李湃,等. 潜山油气藏勘探理论与实践——以辽河坳陷为例[J]. 石油勘探与开发, 2009, 36(2): 136-143.
- [2] 孔令福,史际忠,王睿,等. 兴隆台潜山带亿吨级探明储量研究[C]//辽河油田勘探开发研究院优秀论文集: 2010年. 北京: 石油工业出版社, 2011: 48-53.
- [3] 钱宝娟. 兴隆台古潜山储层特征及成藏条件研究[J]. 特种油气藏, 2007, 14(5): 35-37.
- [4] 孙娜. 辽河盆地兴马太古界潜山的岩性识别与储层划分[J]. 石油地质与工程, 2007, 21(4): 20-26.
- [5] 李云松. 辽河坳陷兴隆台变质岩潜山储层识别及评价[J]. 中国石油勘探, 2008, 13(5): 49-53.

[编辑] 黄鹂

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