

# Application of New Rock Sample Analysis Identification of Granite-Metamorphic Fracture Reservoir from Logging Data

Mingjun She, Youjian Li

Logging Company of Sinopec Zhongyuan Petroleum Engineering Co., Ltd., Puyang Henan  
Email: Shpqi970507@126.com

Received: May 30<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jun. 7<sup>th</sup>, 2017; published: Aug. 15<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

The exploration target layer of a risk exploration block was a fractured oil and gas reservoir in basal granite-metamorphic rock. A series of methods and measures were adopted to discover and identify the oil and gas reservoir and characteristics of fluids in the absence of sufficient references. The combination of traditional logging methods with rock thin slices and formation pressure prediction is proposed to identify anomaly oil and gas show accurately; and 3H method, C2/C3 method, hydrocarbon ratio method are used to tell the formation fluid property, and these methods are proved effective by examples.

## Keywords

Fracture, Formation Pressure, Gas Logging, Logging Interpretation

---

# 花岗岩 - 变质岩裂缝性油气录井判断与识别

余明军, 李油建

中石化中原石油工程有限公司录井公司, 河南 濮阳

作者简介: 余明军(1968-), 男, 硕士, 高级工程师, 现主要从事录井新技术及设备研发工作。

Email: Shpqi970507@126.com

收稿日期: 2017年5月30日; 录用日期: 2017年6月7日; 发布日期: 2017年8月15日

## 摘要

某风险区块主要勘探目的层为基底花岗岩 - 变质岩裂缝性油气藏, 介绍了现场录井施工队伍在缺少足够参考资料的情况下, 针对该类油气资源的发现、判断及流体特点识别等问题采取了一系列的方法与措施, 提出了现场使用岩石薄片、地层压力预测等技术与传统录井方法相结合, 实现了油气异常显示的准确发现与判断; 利用3H法、C2/C3法、烃比值法综合应用识别地层流体性质, 并通过实例验证了该措施的有效性。

## 关键词

裂缝, 地层压力, 气测录井, 录井解释

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

石油天然气资源作为当今世界人类活动中不可或缺的主要能源, 随着世界经济的快速发展, 石油天然气资源的需求量急速上升。按照石油技术理论, 以及石油工业技术的进步, 目前, 常规地质条件下的油气资源基本探明, 为了更好地寻找接替储量, 石油勘探工作者把寻找资源的眼光转向了以前容易被忽视的基底地层[1] [2] [3] [4]。

某区块是一石油公司风险勘探区块, 根据周围区块资料, 钻入基底的岩性统计表明, 前寒武系基底以花岗岩 - 变质岩为主, 周围区块在进入基底 200 m 后, 多口井发现较好的油气测井显示, 经过测试, 确定为裂缝型天然气和凝析油资源。然而该区块在 20 世纪末, 曾经部署完成一口探井 A-1 井, 进入基底地层 50 m 后, 岩性显示为花岗岩 - 变质岩, 气测录井没有任何显示, 最终该区块被当时的甲方放弃。

新的甲方接手该区块后, 结合周围区块基底油气产量情况, 为了更好地验证该区块基底是否含有油气资源, 经过对相关资料充分论证后, 在该区块部署了 T-1 井, 该井完钻井深 3560 m, 预计 2969 m 进入基底地层; 基底与上部地层压力为两套压力系数, 钻井液密度进入基底前为 1.2~1.4 g/cm<sup>3</sup>, 进入基底为 1.01~1.05 g/cm<sup>3</sup>。

## 2. 录井过程油气异常判断方法

由于该区块是风险勘探区块, 邻近区块地质资料保密程度高, 唯一的一口井 A-1 井完钻较早, 录井资料不很齐全, 因此, T-1 井钻井施工钻进到基底地层后, 如何及时准确地发现油气异常显示, 综合录井面遇到了严峻挑战。

### 2.1. 岩屑录井

钻进到基底底层后, 岩屑岩性十分稳定, 均为花岗岩, 由于该井使用了 PDC 钻头加螺杆复合钻进技术, 岩屑颗粒十分细小, 现场地质技术人员通过多种手段对岩屑进行分析, 没有发现裂缝; 经过干湿照, 均无显示, 岩屑录井只能用于判断岩性, 确定钻遇地层是否进入到基底地层, 一旦进入基底后, 岩屑录井效果不明显。通过岩屑对比, 钻进至井深 2830 m 的岩性发生显著变化, 由上部地层的砂泥岩过渡为花岗岩, 判断进入到基底, 比地质设计提前 139 m, 准确地判断了地层, 为钻井施工调整钻井液参数提供了依据。

为了有效地解决该问题, 及时发现裂缝, 录井施工队伍对岩屑采用岩石薄片鉴定技术, 通过该技术的应用, 可以准确发现和判断钻遇地层是否发育有裂缝(如图 1)。

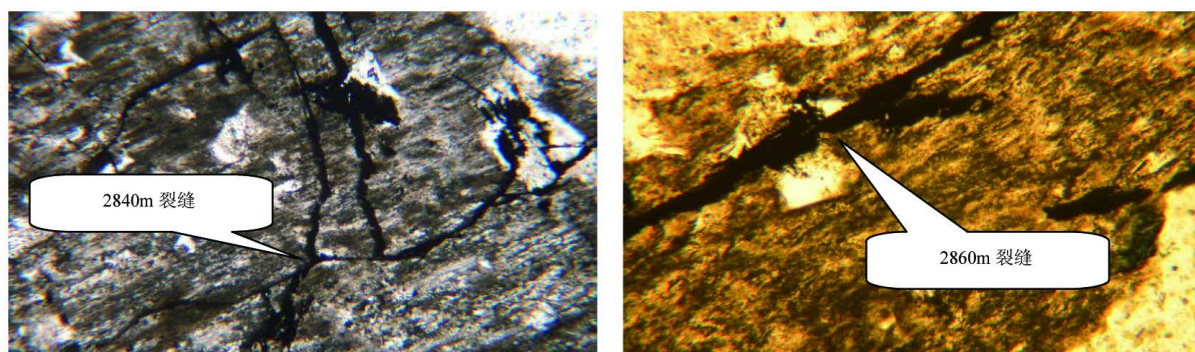


Figure 1. The diagram of basal rock slices in Well T-1

图 1. T-1 井基底岩屑薄片图片

### 2.2. 钻时数据无明显变化

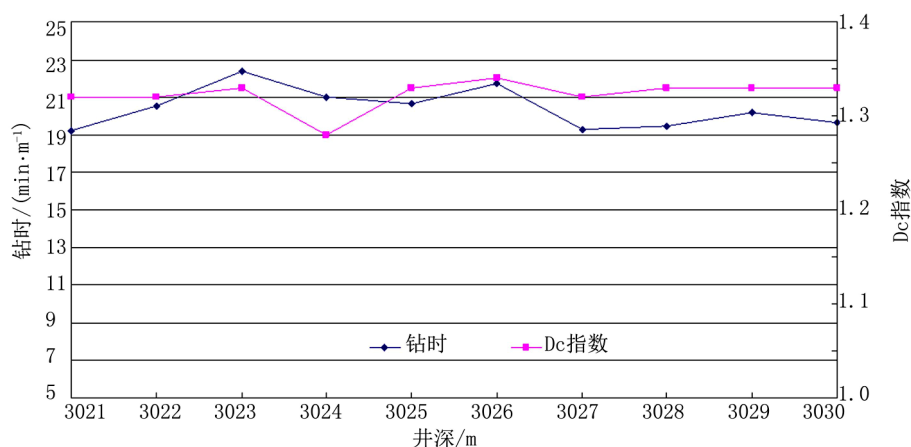
通常而言, 一旦地层发育有裂缝, 相同钻井技术条件下的钻时数据应该有所变化, 但由于该井采用钻井新技术, 钻时数据与周围区块对比低了很多, 本身就难以利用钻时数据划分地层。对于花岗岩-变质岩地层, 由于岩性比较稳定, 在钻井施工过程中, 相同钻井技术条件下, 钻时比较平均, 即使是钻遇裂缝, 如果裂缝发育不丰富, 钻时变化也极不明显, 因此, 依靠钻时变化来发现和判断裂缝效果极差。针对这一问题, 采取了综合应用录井数据的方法, 尤其是对地层压力参数进行准确计算分析, 结合钻时数据变化情况, 实现现场快速判断地层是否发育有裂缝的可能性。

在 T-1 井基底 3021~3030 m 井段, 岩屑录井地层岩性主要为花岗岩。最大钻时 22.4 min/m, 最小钻时为 19.2 min/m, 平均钻时为 20.4 min/m, 钻时变化不大; 地层压力 Dc 指数基本保持在 1.32~1.33, 具体数据如表 1 所示。

Dc 指数基本具有随着井深的变大而增加的趋势, 然而在井深 3024 m, 突然由 1.33 降至 1.28, 在 3025 m 井段又回升到 1.33。钻时与地层压力 Dc 指数变化趋势如图 2 所示, 为此现场人员认为该井段可能具有裂缝, 通过上返地面的岩屑进行岩石薄片技术验证了判断结论的准确性。

**Table 1.** The drilling time data of basal sections in Well T-1**表 1.** T-1 井基底部分井段钻时数据表

井深/m	钻时/(min·m <sup>-1</sup> )	Dc 指数
3021	19.2	1.32
3022	20.5	1.32
3023	22.4	1.33
3024	21.0	1.28
3025	20.7	1.33
3026	21.7	1.34
3027	19.3	1.32
3028	19.5	1.33
3029	20.2	1.33
3030	19.8	1.33

**Figure 2.** The tendency chart of drilling time and formation pressure changes at 3021 - 3030 m of Well T-1**图 2.** T-1 井 3021~3030 m 井段钻时与地层压力变化趋势图

### 2.3. 真假油气显示难于辨认

钻井施工打开裂缝油气层后,地层压力高于井筒压力,石油天然气将会扩散到井筒,并随钻井液上返到地面,如果二者之间的压力差过大,扩散速度加快,扩散时间也会延长。经过长时间的扩散,在钻井液没能经过良好处理的情况下,气浸、油浸的现象就容易发生,造成气测录井的背景值偏高,掩盖下部活跃程度相对较弱的油气异常显示,甚至会导致漏层现象的发生。

另一方面,出现气浸、油浸现象后,钻井施工过程中由于连接钻具停泵,气测录井单根峰的峰值就会偏高。在单根峰与异常显示重叠出现的情况下,极易造成漏失异常显示。

钻井过程中,钻达井深 2838 m 后,全烃体积分数由 2.202% 上升到 53.472%,此时钻时没有明显变化,该层油气异常显示依靠气测录井数据加以判断。根据工程设计,此时钻井液密度为 1.02 g/cm<sup>3</sup>,录井技术人员发现气测值快速升高现象后,及时通知现场地质监督及钻井监督,钻井施工方停钻循环,并打入重泥浆,但还是发生溢流现象,并出现气浸现象,经过 3 天处理,钻井液密度最终提高到 1.31 g/cm<sup>3</sup>,消除了溢流事故。然而在后来的钻进过程中,气测录井数据基值始终处于高位,并且每次接钻具立柱,均会

出现单根峰, 图 3 是 T-1 井 2830~2950 m 的全烃体积分数曲线图。通过图 3 可以看出, 依靠全烃体积分数曲线很难发现和判断气测异常显示。

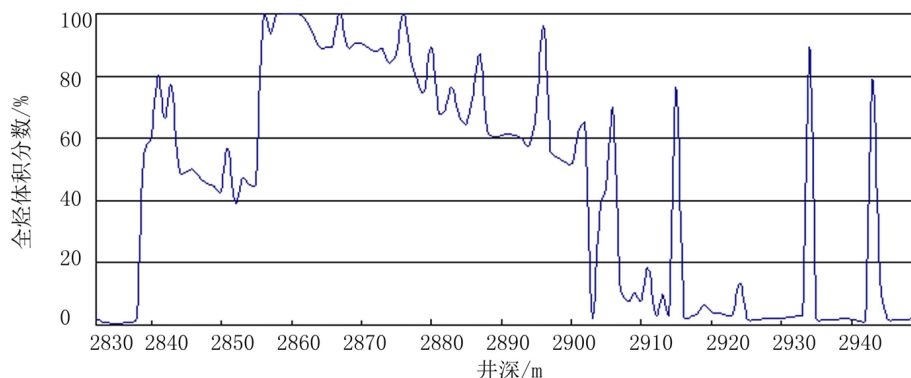


Figure 3. The total hydrocarbon curve at 2830 - 2950 m of Well T-1

图 3. T-1 井 2830~2950 m 的全烃曲线

根据全烃体积分数曲线形态, 2887 m 的峰值与单根峰极为相似, 并且根据迟到时间计算, 该峰值出现时间与单根峰出现时间基本符合, 因此该峰值有可能被误认为单根峰。而全烃体积分数实时录井曲线按照一种速度上升 30 s 后, 上升速度显著加快, 峰值持续时间超过停泵时间, 可认为该峰值是单根峰与地层异常显示的叠加。因此录井数据保留单根峰值, 后来的综合解释也证明了 2886.5~2887.5 m 井段为气层并含凝析油。

通过上述多种技术手段的综合运用, 在 T-1 井 2830~3560 m 基底井段共发现气测异常显示 35 层, 72 m, 有效地解决了该井基底花岗岩—变质岩裂缝型油气资源的难以及时发现与判断问题。

### 3. 油气资源性质的识别

录井过程中发现, 钻遇新的油气层时, 色谱录井数据在全烃体积分数上升阶段, 甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、异戊烷、正戊烷七种数据不全, 但在该层段气测值下降阶段, 往往七种组分数据齐全, 每米井段的气测数据归位过程中, 容易出现异常。对于综合录井数据库而言, 均保存色谱数据的最大值, 这就造成数据库内的一系列数据可能不是同一个分析周期的数据。同时, 由于该风险区块录井资料偏少, 没有现成的解释图版可以利用, 因此在气测异常中油气性质识别时, 也需要多种技术手段并用, 然后综合考虑解释结果。

常规的三角图版解释方法由于价值区不能确定, 直接判定该解释方法在该井解释过程中不具有价值。常采用 3H 图版解释方法、 $C_2/C_3$  比值法、烃比值法等 3 种方法综合应用。

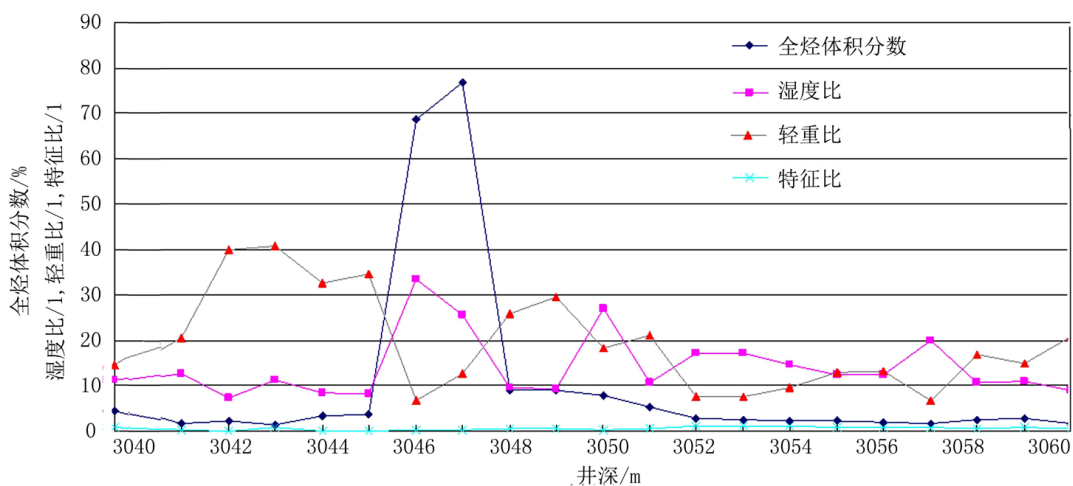
为了有效提高油气性质识别的准确率, 在 T-1 井 3040~3060 m 井段, 利用上述 3 种方法进行综合应用, 该井段录井解释数据如表 2 所示, 根据全烃体积分数数据变化情况可以发现, 在井深 3045~3047 m 井段发现气测异常。

首先, 在确定气测异常井段为 3045~3047 m 之后, 利用 3H 法做出了 3H 的变化趋势图(图 4), 由图 4 可知, 在井深 3045 m 处,  $Wh < 17.5$ 、 $Bh > Wh$ 、 $Ch < 0.5$ , 根据 3H 解释标准, 该层应为气层; 在 3046~3047 m,  $Wh > 17.5$ 、 $Bh < Wh$ 、 $Ch < 0.5$ , 根据 3H 解释标准, 该层应为油层。再利用  $C_2/C_3$  比值法, 该异常井段应为裂缝性高产油层。最后利用烃比值法进行解释, 根据比值数据, 可以考虑该异常层位油气同层。

对 3 种方法的解释结果进行综合考虑, 认为该异常显示的性质应为油气同层, 结合周围区块基底资源特征, 认为该层为天然气和凝析油资源。

**Table 2.** The data interpretation at 3040 - 3060 m of Well T-1**表 2.** T-1 井 3040~3060 m 井段解释数据表

井深/m	钻时/(min·m <sup>-1</sup> )	$\varphi$ (TG)/%	湿度比(WH)	轻重比(Bh)	特征比(Ch)	C <sub>1</sub> /C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> /C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> /C <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> /C <sub>3</sub>
3040	19.05	4.438	11.36	14.76	0.96	17.68	27.35	28.55	1.55
3041	18.58	1.552	12.72	20.61	0.21	10.78	22.73	110.77	2.11
3042	18.16	2.227	7.45	39.88	0.13	18.51	42.78	327.95	2.31
3043	18.27	1.274	11.32	40.75	0.78	9.94	65.73	84.76	6.61
3044	16.22	3.390	8.46	32.52	0.11	16.72	34.20	298.99	2.05
3045	17.93	3.609	8.08	34.61	0.06	17.43	34.81	48.74	2.00
3046	16.81	68.620	33.38	6.72	0.31	3.26	6.72	21.95	2.06
3047	18.69	76.904	25.73	12.61	0.19	4.04	11.99	64.42	2.97
3048	17.59	8.920	9.65	25.91	0.49	15.23	36.32	73.53	2.38
3049	18.1	8.875	9.20	29.63	0.48	15.29	41.17	85.70	2.69
3050	14.85	7.866	26.99	18.24	0.26	3.35	17.66	68.60	5.27
3051	14.76	5.375	10.64	20.99	0.67	14.66	32.85	48.90	2.24
3052	18.33	2.673	17.26	7.69	1.04	14.37	14.65	14.13	1.02
3053	20.25	2.521	17.07	7.66	1.05	15.00	14.75	14.00	0.98
3054	21.85	2.227	14.74	9.53	0.99	16.26	17.87	18.05	1.10
3055	19.03	2.336	12.48	12.86	0.80	16.61	21.84	27.29	1.32
3056	21.34	2.070	12.25	13.35	0.73	16.60	21.83	29.77	1.32
3057	22.02	1.589	19.96	6.70	0.80	11.46	11.08	13.90	0.97
3058	18.25	2.629	10.61	16.95	0.60	17.75	25.60	43.01	1.44
3059	17.22	2.870	11.08	14.93	0.92	18.50	27.26	29.50	1.47
3060	19.87	1.787	9.11	20.69	0.58	20.22	31.21	53.49	1.54

**Figure 4.** The tendency chart of 3H coefficient change at 3040 - 3060 m of Well T-1**图 4.** T-1 井 3040~3060 m 井段 3H 指数变化趋势图

T-1 井完钻后, 为了避免后续钻进对油气层造成污染, 对该层进行中途测试。测试为裸眼测试, 测试获油气流, 其中直径 8 mm 油嘴平均日产凝析油  $8 \text{ m}^3$ , 气  $1.71 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 证明了现场地质技术人员对该层油气性质识别的准确性。

#### 4. 结论

1) 提出了现场使用岩石薄片、地层压力预测等技术与传统录井方法相结合, 实现了油气异常显示的准确发现与判断。

2) 在录井现场综合利用 3H 法、C2/C3 法、烃比值法对 T-1 井基底裂缝性油气资源进行判断及性质识别。

3) 总结了 T-1 井基底地层的油气资源评价标准, 对该风险区块基底地层油气资源储量进行了预测与评估。

#### 参考文献 (References)

- [1] 阚留杰, 毛敏, 陈伟, 等. 渤海油田潜山界面识别录井技术及组合[J]. 录井工程, 2016, 27(3): 79-83.
- [2] 杨玉茹, 程合生, 潘卫红, 等. 薄片鉴定在油气勘探开发中快速评价案例分析[J]. 地质科技情报, 2015, 34(2): 171-173.
- [3] 汪梦诗. 玛湖凹陷风城组岩矿类型及其指示意义[J]. 地质论评, 2017, 63(s1): 305-306.
- [4] 余明军, 郑俊杰, 李胜利. 气测录井全烃曲线异常的判断及应用[J]. 录井工程, 2010, 21(1): 45-80.

[编辑] 帅群

**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](mailto:jogt@hanspub.org)