

• 解释评价 •

烃含量法计算地面含气量的尝试性研究

鲁法伟^① 任忠宏^② 郑海军^② 张善勇^②

(①中海石油(中国)有限公司上海分公司勘探部;②中国石油渤海钻探第一录井公司)

鲁法伟,任忠宏,郑海军,张善勇. 烃含量法计算地面含气量的尝试性研究. 2018,29(1):68-72

摘 要 西湖凹陷在油气勘探中首选气测录井技术作为常规录井方法,同时对该地区进行气测录井参数与地面储量的关系研究,旨在尝试气测解释评价方法的创新。为此以全烃数据为依据,利用烃含量理论公式计算地面含气量,并推导出不同钻头直径下气测全烃与地面含气量的经验公式,进而建立西湖凹陷的地面含气量储集层解释评价方法及标准。在后期勘探解释应用中收到的良好评价效果表明,该方法可成为气测录井技术在气层解释评价中一种新的技术手段。

关键词 西湖凹陷 烃含量 地面含气量 全烃 钻头直径

中图分类号:TE 132.1 **文献标识码**:A **DOI**:10.3969/j.issn.1672-9803.2018.01.015

0 引 言

东海陆架盆地西湖凹陷是中国东部新生代盆地油气富集的凹陷之一,面积约 $4.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,气层埋深大多在 3500 m 以下。受埋藏深度和成岩作用等因素影响,气层的岩性、电性、物性、含气性关系相对复杂,在储集层含气性评价方面亟需利用录井等手段探索出一种新的评价方法。

气测录井是油气勘探的重要环节,也是油气显示发现与识别的重要手段。气测录井通常是指在钻井过程中,钻开地层的流体上返至地面,分离出其中的气体并进入气测仪进行检测的过程。作为一种必不可少的录井检测分析手段,气测解释评价技术一直通过不断地研究而完善。在西湖凹陷的气测解释评价过程中,油气层评价方法在很大程度上局限于传统、普遍适用的定性解释方法,由于不能有效地处理和充分利用现场采集的大量工程数据,影响了油气层评价的准确性^[1]。随着西湖凹陷勘探的不断深入和气测录井资料大量积累,除采用烃含量法理论公式计算出地面含气量外,亦可在考虑钻头直径的条件下,形成全烃与地面含气量拟合公式,并建立了西湖凹陷地面含气量储集层解释评价标准,在西湖

凹陷 AA 19-6-1 井的评价应用中,测试结论与解释评价完全符合。

1 烃含量计算法理论依据

钻井液中所含的气体只来自钻井气,在水力平衡的情况下钻井,钻头前面无冲洗作用,并且所有破碎岩石中含有的气体全部进入钻井液。那么,在地面条件下,单位时间内从钻井液中释放的气体体积与单位时间钻碎的岩石体积之比,就叫地面含气量^[2],该方法称为烃含量计算法。计算公式为:

$$\bar{C} = \frac{4Qt}{\pi d^2} T_g \times 10^{-2} \approx 0.012732 \frac{T_g Qt}{d^2}$$

式中: \bar{C} 为地面含气量,用气测全烃计算,也称为气测全烃地面含气量, m^3/m^3 ; Q 为钻井液流量, m^3/min ; T_g 为气测全烃,%; d 为裸眼直径, m ; t 为钻时, min/m 。

2 烃含量法计算公式及适用条件

2.1 数据来源

收集了 2014—2017 年在西湖凹陷勘探的重点井资料 8 口,共 10 个测试井段,通过以上公式计算出地面含气量,并且统计了测试井段的测试结论及相对应的工程参数(表 1)。

鲁法伟 高级工程师,1981 年生,2003 年本科毕业于河北地质大学资源勘查工程专业,2006 年硕士研究生毕业于同济大学海洋地质专业,现在中海石油(中国)有限公司上海分公司从事油气勘探相关工作。通信地址:200335 上海市长宁区通协路 388 号中海油大厦。电话:(021) 22830116。E-mail: lufw@cnooc.com.cn

表1 西湖凹陷测试层段地面含气量数据

井号	测试井段 m	测试 结论	全烃 %	钻井液流量 $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	钻时 $\text{min} \cdot \text{m}^{-1}$	裸眼直径 m	地面含气量 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$
XH-1	4115~4128	气层	11.16~16.82	2.312	1.7~8.1	0.2159	11.98~86.04
XH-2	4185~4196	气层	22.73~41.24	2.816	3.7~5.4	0.2159	66.63~176.44
XH-3	4386~4460	气层	15.77~46.88	2.610	2.89~21.72	0.2159	32.60~725.24
XH-2	4834~4848	水层	4.60~9.03	2.058	7.90~15.37	0.2159	21.04~80.52
XH-5	4094~4148	水层	0.19~8.92	2.260	7.55~29.32	0.2159	0.89~161.34
XH-2	4548~4566	气层	6.677~7.840	2.092	7.79~27.09	0.2159	30.62~125.05
XH-7	3873~3903	气层	3.39~10.97	2.240	3.32~46.35	0.2159	6.854~311.430
	3462~3507	气层	0.82~9.53	1.016~1.030	2.65~12.43	0.2159	0.62~32.79
XH-8	3703~3717	气层	1.79~8.12	3.578	1.92~6.91	0.2159	3.32~54.76
XH-9	3709~3737	气层	2.13~9.50	3.758	6.29~36.40	0.3110	6.63~171.05
XH-10	4246~4297	气层	1.37~44.27	0.66~1.53	1.70~42.97	0.1520	0.85~1601.28

2.2 各项参数与主要因素之间的对应关系

从上述公式可以看出,地面含气量取决于钻井液流量、气测全烃、钻时这3项参数,它们与地面含气量呈线性关系,其乘积是地面含气量计算的主要因素^[3]。图1、图2、图3的主要因素是钻井液流量、气测全烃、钻时之积。本文重点分析了这3项参数(钻井液流量、气测全烃和钻时)与主要因素之间的对应关系。经过分析发现,其中钻井液流量、钻时与主要因素之间相关性较差,而全烃与主要因素之间相关性显著。

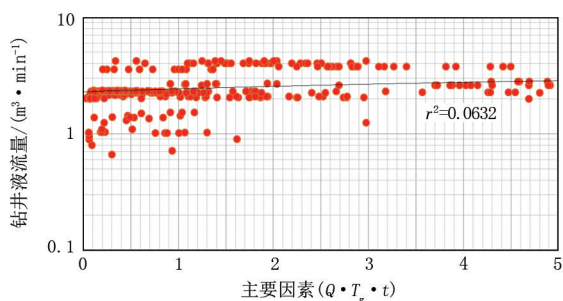


图1 钻井液流量与主要因素之间的关系

钻井液流量、钻时、全烃与主要因素之间的拟合是指在EXCEL中通过选择适当的曲线类型来拟合观测数据,并用选取的曲线方程分析两变量间的关系。曲线方程对于两个变量的拟合程度高低用决定(或判定)系数(r^2)来代表。 r^2 的值越接近1,说明曲线方程对两个变量的拟合程度越好;反之, r^2 的值越小,说明曲线方程对观测值的拟合程度越差。从图1、图2、图3可以看出,钻井液流量和钻时与主要因素之间的 r^2 值分别是0.0632和0.0523,全烃

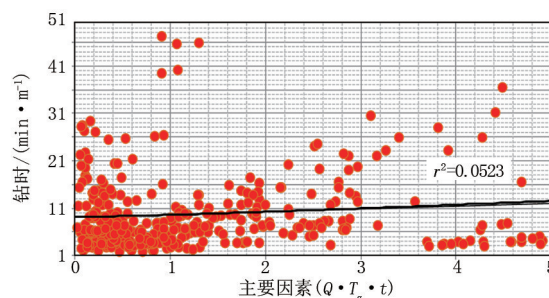


图2 钻时与主要因素之间的关系

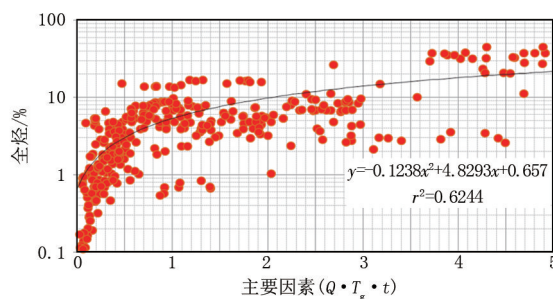


图3 全烃与主要因素之间的关系

与主要因素之间的 r^2 值达到0.6244,也就是说全烃参数变化决定着主要因素数值的变化,而主要因素大小决定了地面含气量多少。这表明全烃的大小间接决定了地面含气量的多少。

2.3 烃含量法计算地面含气量公式

在获得地面含气量数据时,主要因素与地面含气量存在3条线性曲线(图4),这3条线性关系式由钻头直径决定^[4]。在表1中也可以看出,西湖凹陷勘探中目标层系的钻头直径分为3种,分别是0.1520 m、0.2159 m(0.2127 m)和0.3110 m。

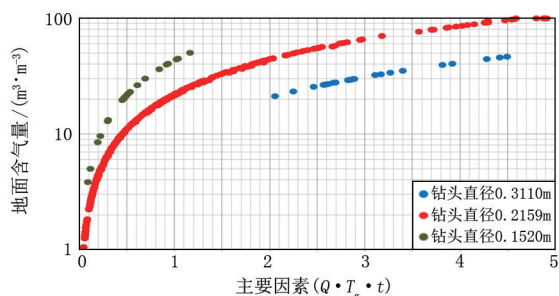


图4 主要因素与地面含气量之间的关系

在考虑钻头直径的条件下,通过拟合曲线可以发现(图5),全烃含量与地面含气量之间存在很好的线性关系,且钻头直径越小,线性关系越好,钻头直径在0.1520 m时, r^2 达到0.7484,通过全烃拟合公式就可直接计算出地面含气量^[5]。钻头直径在0.3110 m时,全烃含量与地面含气量之间的线性关系较差,当井眼直径达到或者超过该尺寸时,建议采用综合拟合公式。由于综合拟合未考虑钻头尺寸,是通过EXCEL计算得出的,即不区分钻头直径条件下的拟合公式(图6)。

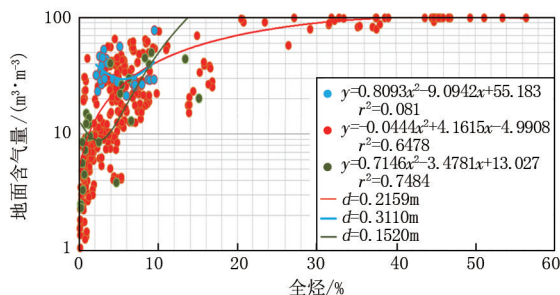


图5 全烃与地面含气量在不同钻头直径下的拟合曲线

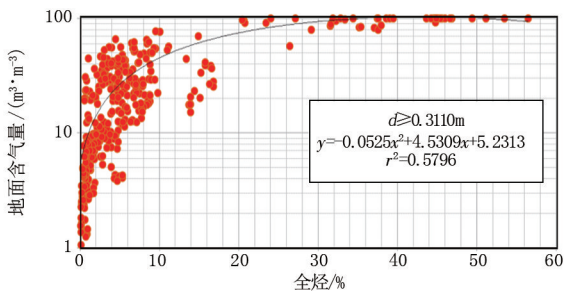


图6 全烃与地面含气量的拟合曲线

依据不同钻头直径条件下拟合公式,建立不同钻头直径条件下的地面含气量与全烃之间的计算公式。钻头直径为0.3110 m时,其计算公式为:

$$y = -0.0525x^2 + 4.5309x + 5.2313$$

钻头直径为0.2159 m(0.2127 m)时,计算公式为:

$$y = -0.0444x^2 + 4.1615x + 4.9908$$

钻头直径为0.1520 m时,计算公式为:

$$y = 0.7146x^2 - 3.4781x + 13.027$$

利用上述计算公式,可以通过随钻气测数据快速、准确地计算出地面含气量^[6]。

3 地面含气量评价标准

依据烃含量法计算的地面含气量公式及2014—2017年在西湖凹陷勘探的重点井资料8口共10个测试井段,进行了地面含气量与全烃两项参数的数据投点^[7]。从图板中可以看出,气层的地面含气量基本超过20 m³/m³,水层的地面含气量基本低于3 m³/m³,过渡带区域是气层和水层、干层混合区间,该区间的数据在评价过程中可定为气层、水层、干层(图7)。

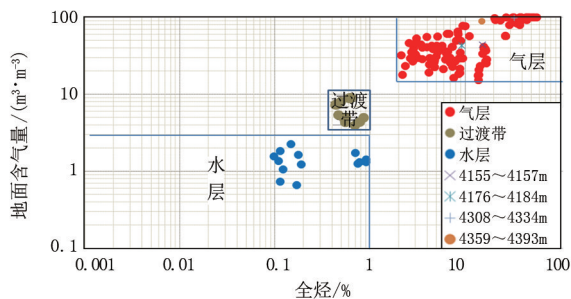


图7 西湖凹陷地面含气量与全烃解释图板

基于西湖凹陷地面含气量与全烃解释图板规律建立了地面含气量解释评价标准(表2)。

表2 西湖凹陷地面含气量储集层解释评价标准

流体性质	全烃/%	地面含气量 m³·m⁻³
气层	≥2.0	≥15.0
过渡带	0.4~1.0	4.0~10.0
水层	<1.0	<3.0

4 应用分析

采用烃含量计算方法计算出地面含气量,在考虑工程因素影响的前提下,应用西湖凹陷地面含气量储集层解释评价标准,对上述8口井的10个层位进行了重新评价,评价结论与测试结论吻合,符合率100%。以下针对该区块勘探AA 19-6-1井进行应用效果分析。

AA 19-6-1井(预探井)构造位置位于西湖凹陷平湖斜坡带平北区宁波A—B构造高部位,主要目的层为平湖组P 5、P 6、P 8砂层组^[8],钻探目的是预探宁波A—B构造平湖组含油气情况、扩大平湖

斜坡带平北区油气资源量规模。该井采用西湖凹陷地面含气量评价标准进行了储集层流体评价^[9],共评价了 34 层,其中气层 24 层、干层 8 层、水层 2 层(表 3)。

表 3 AA 19-6-1 井气测地面含气量评价

编号	井段 m	气测全烃 %	地面含气量 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$	解释结论	测试结论
1	3637.00~3640.00	0.1069~2.8556	0.28~7.57	气层	未测试
2	3640.00~3670.00	0.1570~0.7804	0.50~2.46	水层	未测试
3	3728.00~3761.00	0.4055~0.9758	0.62~2.80	水层	未测试
4	3811.00~3812.00	1.9105	2.8	干层	未测试
5	3824.00~3826.00	0.8665~1.0372	2.35~3.31	干层	未测试
6	3828.00~3831.00	0.9091~2.0554	2.15~4.68	干层	未测试
7	3839.00~3840.00	2.7521~2.8698	5.43~6.25	干层	未测试
8	3910.00~3912.00	1.3622~2.4008	3.090~6.12	干层	未测试
9	3961.00~3966.00	0.6960~6.5805	1.17~6.95	气层	未测试
10	3970.00~3973.00	4.6233~5.1246	5.61~12.63	气层	未测试
11	3976.50~3984.00	1.0953~4.3331	0.50~9.22	气层	未测试
12	3992.00~3994.00	4.4223~6.8346	8.98~14.56	气层	未测试
13	3994.00~4001.00	6.7232~18.1613	12.90~33.12	气层	未测试
14	4026.00~4032.00	12.7547~22.7671	31.08~38.51	气层	未测试
15	4046.00~4051.00	6.8676~14.7259	18.81~33.31	气层	未测试
16	4052.00~4060.00	9.0130~15.7446	15.62~37.36	气层	未测试
17	4094.00~4096.00	4.2608~7.3633	11.35~19.81	气层	未测试
18	4104.00~4111.00	0.8814~12.0099	2.49~30.70	气层	未测试
19	4152.00~4155.00	0.6111~2.3961	0.68~2.77	干层	未测试
20	4155.00~4157.00	14.8538~15.9729	39.79~47.82	气层	气层
21	4158.00~4159.00	12.3271~12.8620	28.74~31.45	气层	未测试
22	4176.00~4184.00	2.5000~16.0429	38.00~80.14	气层	气层
23	4198.00~4200.00	0.3775~7.5916	3.31~28.69	气层	未测试
24	4224.00~4225.00	1.2336~11.1027	1.49~12.83	气层	未测试
25	4231.00~4232.00	0.8793~9.9691	1.04~11.14	气层	未测试
26	4246.00~4248.00	9.7960~12.7312	9.19~48.21	气层	未测试
27	4285.00~4287.00	1.5491~12.5898	9.17~55.19	气层	未测试
28	4308.00~4334.00	2.5118~63.3517	22.97~303.50	气层	气层
29	4359.00~4393.00	4.6535~25.3681	38.03~116.91	气层	气层
30	4515.00~4532.00	0.6921~2.5891	1.11~3.96	干层	未测试
31	4532.00~4554.00	0.4371~0.7300	2.43~2.95	干层	未测试
32	4580.00~4584.00	0.4288~7.1255	4.95~27.71	气层	未测试
33	4589.00~4610.00	0.7356~9.7283	6.41~60.22	气层	未测试
34	4610.00~4624.00	4.4829~8.3800	19.95~39.54	气层	未测试

测试结论为气层的 4 个井段分别是 4155~4157 m、4176~4184 m、4308~4334 m 和 4359~4393 m,其全烃分别是 14.8538%~15.9729%、2.5000%~16.0429%、2.5118%~63.3517%、

4.6535%~25.3681%,地面含气量分别为 $39.79 \sim 47.82 \text{ m}^3/\text{m}^3$, $38.00 \sim 80.14 \text{ m}^3/\text{m}^3$, $22.97 \sim 303.5 \text{ m}^3/\text{m}^3$, $38.03 \sim 116.91 \text{ m}^3/\text{m}^3$,数据投点则按照各层平均值计算(图7)。完钻对该井进行地层测试,共测试4层,测试结论均为气层,与气测地面含气量评价结论一致。

5 结束语

采用烃含量法对西湖凹陷储集层地面含气量进行计算,在考虑钻头直径影响的前提下,建立了烃含量与地面含气量的对应关系,并依据测试数据,建立了西湖凹陷地面含气量储集层解释评价标准,通过以往数据回判可知基本吻合。该方法与单纯的气测解释方法相比,参考的因素多,较全面地综合了各项工程因素对气测参数的影响,形成的评价标准更接近地层的真实情况,其计算数据更具有参考意义^[10]。完成了气测技术由定性向半定量解释评价的推进,是气测解释评价工作的一个创新点。

参 考 文 献

- [1] 顾惠荣,叶加仁,郝芳. 东海西湖凹陷平湖构造带油气分布规律[J]. 石油与天然气地质,2005,26(1): 104-108.

- [2] 刘强国. 录井方法与原理[M]. 北京:石油工业出版社,2011.
- [3] 姜林,柳少波,洪峰,等. 致密砂岩气藏含气饱和度影响因素分析[J]. 西南石油大学学报:自然科学版,2011,33(6):121-125.
- [4] 孙军昌,杨正明,唐立根,等. 致密气藏束缚水分布规律及含气饱和度研究[J]. 深圳大学学报(理工版),2011,28(5):377-383.
- [5] 王才志,张丽君. 基于地层弹性模量建立含气饱和度模型[J]. 石油勘探与开发,2007,34(5):598-602.
- [6] 王磊,王学琴,吴胜,等. 利用弹性模量计算含气饱和度方法研究[J]. 西南石油大学学报:自然科学版,2011,33(4):69-72.
- [7] 文汉云,陆永钢. 录井仪器原理[M]. 北京:石油工业出版社,2016.
- [8] 贾健谊. 东海西湖凹陷含油气系统与油气资源评价[M]. 北京:地质出版社,2008.
- [9] 姜亮,田海芹,马玉新,等. 东海陆架盆地西湖凹陷含油气系统及目标评价[M]. 东营:石油大学出版社,2000.
- [10] 陈恭洋,王志战. 录井地质学[M]. 北京:石油工业出版社,2016.

(返修收稿日期 2018-01-31 编辑 王丙寅)

(上接第67页)

识别难题,在储集层评价中发挥了重要作用。

参 考 文 献

- [1] 丁莲花,刘志勤,翟庆龙. 岩石热解地球化学录井[M]. 山东:石油大学出版社,1993:58-65.
- [2] 郭立言,丁莲花,李斌,等. 油气储集岩热解快速定性定量评价[M]. 北京:石油工业出版社,2003.
- [3] 李玉恒,夏亮. 轻烃分析技术在勘探上的应用[J]. 录井工程,2005,16(1):5-8.
- [4] 王晓鄂,李庆春,田凤兰. 热解色谱分析技术在东濮凹陷油气层评价中的应用[J]. 录井工程,2005,16(4):27-31.
- [5] 孔郁琪. 地化录井在松辽盆地黑帝庙油层原油性质判别中的应用[J]. 录井工程,2012,23(4):40-43.

- [6] 王建伟. 水平井气测录井应用方法研究[J]. 录井工程,2015,26(2):25-28.
- [7] 朗东升,金志成,郭冀义,等. 储层流体的热解及气相色谱评价技术[M]. 北京:石油工业出版社,1999: 178-179.
- [8] 全杰. 河南油田泌阳凹陷稠油地化录井评价方法研究[J]. 录井工程,2006,17(1):13-14.
- [9] 邴磊,倪朋勃,刘坤,等. 油质类型判断方法及其在渤海A油田的应用[J]. 录井工程,2017,28(2):68-71.
- [10] 曾永文,苑洪瑞,肖海田,等. 录井技术在辽河油田新开发区块油气层解释评价中的应用[J]. 录井工程,2008,19(4):54-58.

(返修收稿日期 2018-01-20 编辑 卜丽媛)