



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103670395 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310695803. 9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 12. 17

E21B 49/08 (2006. 01)

(71) 申请人 中国海洋石油总公司

地址 100010 北京市东城区朝阳门北大街
25 号

申请人 中海石油(中国)有限公司天津分公司

中法渤海地质服务有限公司

(72) 发明人 吴立伟 谭忠健 夏庆龙 尚锁贵

马金鑫 毛敏 荆文明 吴昊晟

胡云 黄小刚 刘坤 袁胜斌

王建勇 于喜 吴建华

(74) 专利代理机构 天津三元专利商标代理有限

责任公司 12203

代理人 郑永康

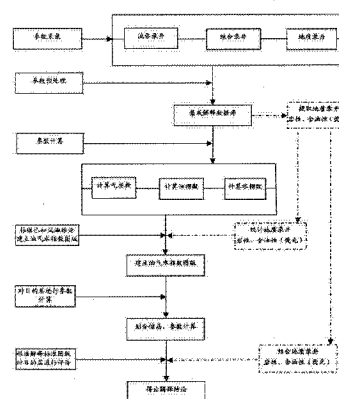
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法

(57) 摘要

本发明提供一种基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,其特征在于,包括:参数采集步骤,流体录井参数包括重烃组分;参数预处理步骤,选取能够反映地层中流体性质变化的参数;参数计算步骤,选取能够直接反应油气水特性的油指数、气指数、水指数三个衍生参数;建立油气水指数标准图版步骤,根据已知试油结论,以油指数、气指数、水指数三个衍生参数绘制图形栏;对目的层进行参数计算的步骤;根据标准图版对目的层进行评价的步骤。本发明利用流体录井技术对储集层中油气水性质进行识别判断,实时、准确地评价油气层,及时为后续井筒作业中测井方法的选用、测试措施的制定以及测试方案的选择提供基础资料。



1. 一种基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,其特征在于,包括:
 参数采集步骤,流体录井参数包括重烃组分;
 参数预处理步骤,选取能够反映地层中流体性质变化的参数;
 参数计算步骤,选取能够直接反应油气水特性的油指数、气指数、水指数三个衍生参数;

建立油气水指数标准图版步骤,根据已知试油结论,以油指数、气指数、水指数三个衍生参数绘制图形栏;

对目的层进行参数计算的步骤;

根据标准图版对目的层进行评价的步骤。

2. 如权利要求 1 所述的基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,其特征在于,参数采集步骤中,流体录井采集参数包括全烃及各烃类组分甲烷 C_1 、乙烷 C_2 、丙烷 C_3 、异丁烷 iC_4 、正丁烷 nC_4 、异戊烷 iC_5 、正戊烷 nC_5 、正己烷 nC_6 、正庚烷 nC_7 、正辛烷 nC_8 、苯 C_6H_6 、甲苯 C_7H_8 、烯烃 C_7H_{14} 。

3. 如权利要求 1 所述的基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,其特征在于,参数计算步骤中,

气指数 I_g 是 C_1 占整个气体组分的百分比作为反应储集层含气的指数,

气指数计算公式: $I_g = 100 * C_1 / (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + nC_6 + nC_7 + nC_8)$ 。

4. 如权利要求 1 所述的基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,其特征在于,参数计算步骤中,油指数 I_o 是气体组分中对指示含油比较敏感的参数 nC_5 、 nC_6 、 nC_7 、 nC_8 、 C_7H_{14} 和轻组分 C_1 、 C_2 、 C_3 的比值作为反映含油的指数,

油指数计算公式: $I_o = 10 * (nC_5 + nC_6 + nC_7 + nC_8 + C_7H_{14})^2 / (C_1 + C_2 + C_3)$ 。

5. 如权利要求 1 所述的基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,其特征在于,参数计算步骤中,

水指数 I_w : 对于储集层含油遭受过彻底改造的情况,水指数是改造后的储集层中苯和甲苯这两种组份占气体组分比例相对于油藏期所占比例会发生明显变化;

水指数计算公式: $I_w = (C_6H_6 + C_7H_8) / (a * nC_6 + nC_7)$;

其中, a 为校正系数,选择邻井试油储集层的流体录井气体参数,累加有效储层厚度每米气体数据,根据下面公式求得校正系数 a ,

$$\sum_{i=1}^n ((C_6H_6)_i + (C_7H_8)_i) / \sum_{i=1}^n (a * (nC_6)_i + (nC_7)_i) = 1$$

式中 n 为针对某储层的常数,取值为该储层的有效厚度,无量纲。

6. 如权利要求 1 所述的基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,其特征在于:建立油气水指数标准图版步骤中,选择气指数、油指数和水指数三个衍生参数,在一个图形栏内成图,根据三条曲线的在剖面纵向上的变化趋势和参数范围,参考地质录井的岩性、含油性情况,根据已知试油结论,综合足够统计数据建立起油气水指数图版建立油气水指数图版。

7. 如权利要求 1 所述的基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,其特征在于,在目的层进行参数计算步骤包括:

储层厚度计算:根据岩屑百分比变化、钻时、钻压、扭矩、 dc 指数等参数,对储层的厚度

进行划分 ;根据储层气体参数全烃曲线形态确定储层有效厚度,以异常显示层全烃曲线起峰对应的地层深度为起始井深 H_1 ,单一显示峰峰顶或者连续高值降低拐点处对应地层深度为结束井深 H_2 ,储层有效厚度 H 有效为结束井深和起始井深之差,即 $H_{\text{有效}}=H_2-H_1$;

储层气指数、油指数、水指数计算 :从数据库中提取处理、校对后的目的层参数,分别计算出三个衍生参数。

8. 如权利要求 7 所述的基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,其特征在于,根据解释标准图版对目的层进行评价步骤中 :将计算出的气指数、油指数、水指数按照标准刻度绘制成曲线,参照标准图版的形态变化、参数范围,完成对目的层的判断。

基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法

技术领域

[0001] 本发明专利属于石油勘探行业井筒技术领域中基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法。

背景技术

[0002] 气测录井技术是石油勘探开发的一项重要技术手段,气体全烃、组份的变化是发现油气显示、判断油气水层的重要依据。气测录井技术解释、评价油气层所使用的参数局限在 C_1 - nC_5 这 7 种气体组分,解释方法大多采用皮克斯勒图版法、三角图版法、3H 比值法等。

[0003] 目前气测录井技术已经发展到流体录井阶段,流体录井检测内容更为丰富,除了常规气体检测设备检测到的 C_1 - nC_5 的 7 种烃类组分以外,还可以采集到 nC_6 、 nC_7 、 nC_8 、 C_6H_6 、 C_7H_8 、 C_7H_{14} 等相对较重的气体组分。现有解释方法没能充分利用流体录井采集到的重烃组份信息,使得解释方法显得单调乏力,解释结论不够客观、全面。

发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明利用流体录井技术对储集层中油气水性质进行识别判断,实时、准确地评价油气层,及时为后续井筒作业中测井方法的选用、测试措施的制定以及测试方案的选择提供基础资料。

[0005] 本发明提供一种基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,其特征在于,包括:参数采集步骤,流体录井参数包括重烃组分;参数预处理步骤,选取能够反映地层中流体性质变化的参数;参数计算步骤,选取能够直接反应油气水特性的油指数、气指数、水指数三个衍生参数;建立油气水指数标准图版步骤,根据已知试油结论,以油指数、气指数、水指数三个衍生参数绘制图形栏;对目的层进行参数计算的步骤;根据标准图版对目的层进行评价的步骤。

[0006] 参数采集步骤中,流体录井采集参数包括全烃及各烃类组分甲烷 C_1 、乙烷 C_2 、丙烷 C_3 、异丁烷 iC_4 、正丁烷 nC_4 、异戊烷 iC_5 、正戊烷 nC_5 、正己烷 nC_6 、正庚烷 nC_7 、正辛烷 nC_8 、苯 C_6H_6 、甲苯 C_7H_8 、烯烃 C_7H_{14} 。

[0007] 此外,在参数计算步骤中,气指数 I_g 是 C_1 占整个气体组分的百分比作为反应储集层含气的指数,气指数计算公式: $I_g=100 \times C_1 / (C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+nC_6+nC_7+nC_8)$ 。

[0008] 参数计算步骤中,油指数 I_o 是气体组分中对指示含油比较敏感的参数 nC_5 、 nC_6 、 nC_7 、 nC_8 、 C_7H_{14} 和轻组分 C_1 、 C_2 、 C_3 的比值作为反映含油的指数,油指数计算公式: $I_o=10 \times (nC_5+nC_6+nC_7+nC_8+C_7H_{14})^2 / (C_1+C_2+C_3)$ 。

[0009] 参数计算步骤中,水指数 I_w :对于储集层含油遭受过彻底改造的情况,水指数是改造后的储集层中苯和甲苯这两种组份占气体组分比例相对于油藏期所占比例会发生明显变化;水指数计算公式: $I_w=(C_6H_6+C_7H_8) / (a \times nC_6+nC_7)$;

[0010] 其中, a 为校正系数,选择邻井试油储集层的流体录井气体参数,累加有效储层厚度每米气体数据,根据下面公式求得校正系数 a ,

$$[0011] \quad \sum_{i=1}^n ((C_6H_6)_i + (C_7H_8)_i) / \sum_{i=1}^n (a^*(nC_6)_i + (nC_7)_i) = 1$$

[0012] 式中 n 为针对某储层的常数,取值为该储层的有效厚度,无量纲。

[0013] 此外,建立油气水指数标准图版步骤中,选择气指数、油指数和水指数三个衍生参数,在一个图形栏内成图,根据三条曲线的在剖面纵向上的变化趋势和参数范围,参考地质录井的岩性、含油性情况,根据已知试油结论,综合足够统计数据建立起油气水指数图版建立油气水指数图版。

[0014] 另外,在目的层进行参数计算步骤包括:储层厚度计算:根据岩屑百分比变化、钻时、钻压、扭矩、dc 指数等参数,对储层的厚度进行划分;根据储层气体参数全烃曲线形态确定储层有效厚度,以异常显示层全烃曲线起峰对应的地层深度为起始井深 H_1 ,单一显示峰峰顶或者连续高值降低拐点处对应地层深度为结束井深 H_2 ,储层有效厚度 $H_{\text{有效}}$ 为结束井深和起始井深之差,即 $H_{\text{有效}} = H_2 - H_1$;储层气指数、油指数、水指数计算:从数据库中提取处理、校对后的目的层参数,分别计算出三个衍生参数。

[0015] 另外,根据解释标准图版对目的层进行评价步骤中:将计算出的气指数、油指数、水指数按照标准刻度绘制成曲线,参照标准图版的形态变化、参数范围,完成对目的层的判断。

[0016] 通过本发明基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,利用流体录井技术采集气体参数,根据各个气体组分所反映的油气水特征,选择对油水敏感的参数组合,提出油指数、气指数和水指数三个衍生计算参数。根据三个参数在录井剖面纵向上的变化趋势和参数范围,结合地质录井的岩性、含油性(荧光)情况对油气水层进行识别。利用油气水指数图版对储层进行解释,具有实时、直观、准确率高等优点。

附图说明

[0017] 图 1 为本发明解释流程图;

[0018] 图 2 为本发明油气水指数图版;

[0019] 图 3 为油层解释应用实例;

[0020] 图 4 为水层解释应用实例。

具体实施方式

[0021] 针对上述解释方法的缺陷,本发明将流体录井技术新增加的气体组分补充到气体解释评价方法中,提出了油气水指数图版。得以更加全面的反应了储集层内油气水特征,进一步丰富、完善了流体解释方法,大幅提高了解释准确率。在实际应用中取得了良好效果。

[0022] 本发明具体实现方法为基于油气水指数图版的流体录井油气水解释方法,具体步骤如下:

[0023] 1. 参数采集:

[0024] ①流体录井参数采集:流体参数采集使用定量脱气器进行气体脱取,采集参数为:全烃 TG(ppm) 及各烃类组分 C_1 (ppm)、 C_2 (ppm)、 C_3 (ppm)、 iC_4 (ppm)、 nC_4 (ppm)、 iC_5 (ppm)、 nC_5 (ppm)、 nC_6 (ppm)、 nC_7 (ppm)、 nC_8 (ppm)、 C_6H_6 (ppm)、 C_7H_8 (ppm)、 C_7H_{14} (ppm) 的含量。

[0025] ②综合录井参数采集:综合录井参数使用综合录井仪采集到的数据,包括反映储

层孔隙性的钻时 ROP(min / m)、钻压 WOB(t)、扭矩 TORQ(kN · m)、可钻性指数 Dc(d · exp)、及计算储层厚度的深度 H(m) 等参数。

[0026] 以上所述,各录井参数采集、记录步长为 1m / 1 点。

[0027] ③地质录井参数采集:通过地质录井获得反映储层岩性及含油性(荧光面积(%))等参数。

[0028] 2. 参数预处理:

[0029] ①对采集的流体录井参数质量进行分析,对由于接单根、井漏(涌)、气侵、钻井液混油等非地层因素引起气体参数异常给予识别和消除,使得参数变化能够反映地层中流体性质的变化。

[0030] ②对 >0 且 <1 的数值,赋值为 1ppm 进行标准化归一处理。

[0031] ③对所获取的录井参数进行优选、归类,集成解释数据库。

[0032] 3. 参数计算:

[0033] 流体录井技术检测到的气体组分参数很多,选取对油气水反应敏感的气体参数进行组合,计算出能够很好反应油气水特征三个衍生参数:

[0034] ①气指数(I_g)计算:一般情况下,天然气组分以甲烷为主,乙烷和丙烷较为常见,丁烷以后组分较少见。所以选择 C_1 占整个气体组分的百分比作为反应储集层含气的指数,即气指数(I_g)。

[0035] 气指数计算公式: $I_g = 100 * C_1 / (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + nC_6 + nC_7 + nC_8)$ 。

[0036] ②油指数(I_o)计算:常温、常压状态下,戊烷(C_5)以后的组分都为液态,在常温、常压状态下的异戊烷(iC_5)沸点是 27.8°,正戊烷为(nC_5)的沸点是 36.1°, C_5 以后的气体组分指示储集层内的含油情况, C_5 以后的气体组分占有所有气体组分的比重越大,说明储集层内含油越丰富,反之说明储集层内含油不丰富。选择气体组分中对指示含油比较敏感的参数(nC_5 、 nC_6 、 nC_7 、 nC_8 、 C_7H_{14})和轻组分(C_1 、 C_2 、 C_3)的比值作为反映含油的指数,即油指数。

[0037] 油指数计算公式: $I_o = 10 * (nC_5 + nC_6 + nC_7 + nC_8 + C_7H_{14})^2 / (C_1 + C_2 + C_3)$ 。

[0038] ③水指数(I_w):储集层内含水分两种情况:储集层为纯水层和含油储集层遭受彻底改造的水层。

[0039] a. 储集层为纯水层。若储集层本身就是纯水层,油气未运移至该储集层,那么在储集层内的油指数很低,同时苯类的组分也会很低,具体在油气水指数图版上最明显的特征就是 I_o 曲线在储集层内相对于上部地层无明显变化或者数值接近于 0。

[0040] b. 含油储集层遭受彻底改造的水层。当储集层受到彻底改造,原来储存在孔隙中的油气被水替换,此时孔隙中主要为水和少量烃类溶解气。苯(C_6H_6)在水中的溶解度为 1780mg/1,甲苯(C_7H_8)在水中的溶解度为 538mg / 1,正己烷(nC_6)在水中的溶解度为 9.5mg/1,正庚烷(nC_7)在水中的溶解度为 2.93mg / 1。当油气运移经过储集层或者储集层受到水洗作用,由于苯和甲苯这两种气体组分相对于正己烷、正庚烷和甲基环己烷组分更加亲水,因此改造后的储集层苯和甲苯这两种组份占气体比例相对于油藏期的比例会发生变化。选用他们的比值可以作为反映含水的指数,即水指数。在实际运用过程中,由于 nC_6 组分绝对值相对于 nC_7 、 C_6H_6 和 C_7H_8 要高出很多,所以需要给其一个校正系数,以便进行比较。选择邻井试油储集层的流体录井气体组份参数,累加有效储层厚度各每米气体参数,根据下面公式求得校正系数 a,

$$[0041] \quad \sum_{i=1}^n ((C_6H_6)_i + (C_7H_8)_i) / \sum_{i=1}^n (a * (nC_6)_i + (nC_7)_i) = 1$$

[0042] 式中 n 为针对某储层的常数,取值为该储层的有效厚度,无量纲。然后将 a 系数代入需要分析的储集层内,得到水指数计算公式。

[0043] 水指数计算公式: $I_w = (C_6H_6 + C_7H_8) / (a * nC_6 + nC_7)$ 。

[0044] 4. 根据已知试油结论建立油气水指数图版:

[0045] 如图 2,选择气指数 (I_g)、油指数 (I_o) 和水指数 (I_w) 三个衍生参数,在一个图形栏内成图。气指数曲线刻度范围为 50-100,油指数曲线刻度范围为 0-100,水指数曲线刻度为 0-10(可适当放大比例),三条曲线均为线性刻度。

[0046] 根据三条曲线的在剖面纵向上的变化趋势和参数范围,参考地质录井的岩性、含油性(荧光显示)情况,根据已知试油结论,综合足够统计数据建立起油气水指数图版。

[0047] 多层统计结果显示,流体性质的判断符合如下解释标准:

[0048] 气层:全烃高值,无荧光,组分以 C_1 为主,少量 C_2, C_3 ; $I_g > 95\%$ 。

[0049] 油层:相对于上部地层,荧光显示好, I_g 大幅度降低, I_o 大幅度升高,两者形成交汇,同时 I_w 降低。

[0050] 含油水层:有荧光显示,相对于上部油层,全烃值明显降低, I_g 降低, I_o 小幅升高,两者未形成交汇,一般情况下 $I_w < 2.0$;若 I_g 和 I_o 未交汇, I_w 升高不明显, $I_o > 20$,储集层多为含油水层上限。

[0051] 水层:相对于上部地层 I_g 降低, I_o 无明显升高, $I_w > 2.0$ 并且增加明显。

[0052] 水层:相对于上部地层 nC_6 、 nC_7 和 C_7H_{14} 等组分很低, I_g 降低, I_o 无明显升高,储集层为纯水层。

[0053] 本发明以上气层、油层、含油水层、水层等结论,泛指录井阶段对储层的识别结论,与测井、测试结论具有以下对应关系(表 1):

[0054] 表 1:指数图版法解释结论与测井、测试结论对应关系表

[0055]

测井结论	指数图版法解释结论	测试结论
气层（凝析气层）	气层	气层
		凝析气层
油层	油层	油层
油气层		油气层
差油层		含水油层
含水油层		
油水同层		油水同层
含油水层	含油水层	含油水层
水层	水层	水层

[0056] 5. 对目的层进行参数计算：

[0057] ①储层厚度计算：根据岩屑百分比变化、钻时、钻压、扭矩、dc 指数等参数，对储层的厚度进行划分。根据储层气体参数全烃曲线形态确定储层有效厚度，以异常显示层全烃曲线起峰对应的地层深度为起始井深 H_1 ，单一显示峰峰顶或者连续高值降低拐点处对应地层深度为结束井深 H_2 ，储层有效厚度 $H_{\text{有效}}$ 为结束井深和起始井深之差，即 $H_{\text{有效}} = H_2 - H_1$ 。

[0058] ②储层气指数、油指数、水指数计算：从数据库中提取处理、校对后的目的层参数，分别计算出三个衍生参数。

[0059] 6. 根据解释标准图版对目的层进行评价：将计算出的气指数、油指数、水指数按照标准刻度绘制成曲线，参照标准图版（图 2）的形态变化、参数范围，结合地质录井的岩性、含油性（荧光）情况，充分考虑储集层烃类丰度和上覆地层的变化趋势，最终完成对目的层的判断。

[0060] 本发明充分利用了 C_5 以后的重烃组分，提出三个计算衍生参数，利用三个参数在剖面纵向上的变化，结合地质录井的岩性、含油性（荧光）情况，对目的层进行评价解释。本发明解释参数计算与数据库同步，对揭开储层进行实时解释、评价；解释参数可以图形显示，解释更直观；判断过程充分考虑了气体参数在剖面纵向上的变化趋势，得出结论更加客观。

[0061] 本发明在渤中凹陷、秦南凹陷以及黄河口凹陷 20 多口井进行应用，解释评价油气层 50 层，其中 45 层和试油结论相符合，符合率为 90%，值得推广使用。

[0062] 图 1 为本发明的解释图版及简要说明，本图版给出的情况都是较为理想的状态下的油气水图形显示，其中水层分 2 种情况给出，其一是纯水层，其二为改造后的水层。如果遇到和标准曲线变化不相符的目的层，需要根据前文中具体解释标准进行综合分析。

[0063] 图 3 为本发明的一个油层解释的应用实例。根据曲线形态，分析井段为 3305-3334m，荧光面积 35%，组分 C_1-nC_7 、 C_7H_{14} 相对于基值增加明显， C_6H_6 、 C_7H_8 变化不变明

显,无 C_8 。图 3 最右侧图道为油气水指数曲线,水指数系数根据邻井资料计算为 $a=0.5$;气指数 I_g 由上部地层中的 86.9 降低至储集层内最低值 61.9,油指数 I_o 由部地层中的 3.9 升高储集层最高值 83.3,并且两者明显形成交汇,水指数 I_w 由上部地层中的 1.3 略微降低至储集层内的 0.4;符合解释图版中的油层特征,解释结论为油层。对 3306-3333m 井段试油,泵抽产油 $21.12\text{m}^3 / \text{d}$ 。

[0064] 图 4 为本发明的一个水层解释的应用实例。根据曲线形态,2452-2460m 为储集层底水,直接判断为水层,有效厚度为 2448-2452m;2448-2452m 荧光面积 10-20%,组分 C_1 - nC_5 、 C_6H_6 、 C_7H_8 相对于基值增加明显,其它组分增加不明显,可以分析出该储集层遭受过改造。图 3 最右侧图道为油气水指数曲线,水指数系数,根据邻井资料计算为 $a=0.7$ 。气指数 I_g 由上部地层中的 95.7 降低值储集层内最低值 88.6,油指数 I_o 略微增加,最大值 1.4,两者 无交汇;水指数 I_w 由上部地层中的 3.2 增加至有效储集层的 15.6;符合解释图版中的水层特征,解释结论为水层。对 2448-2460m 试油,产水 $24.90\text{m}^3 / \text{d}$,无油气产出。

[0065] 以上借助具体实施例对本发明做了进一步描述,但是应该理解的是,这里具体的描述,不应理解为对本发明的实质和范围的限定,本领域内的普通技术人员在阅读本说明书后对上述实施例做出的各种修改,都属于本发明所保护的范围。

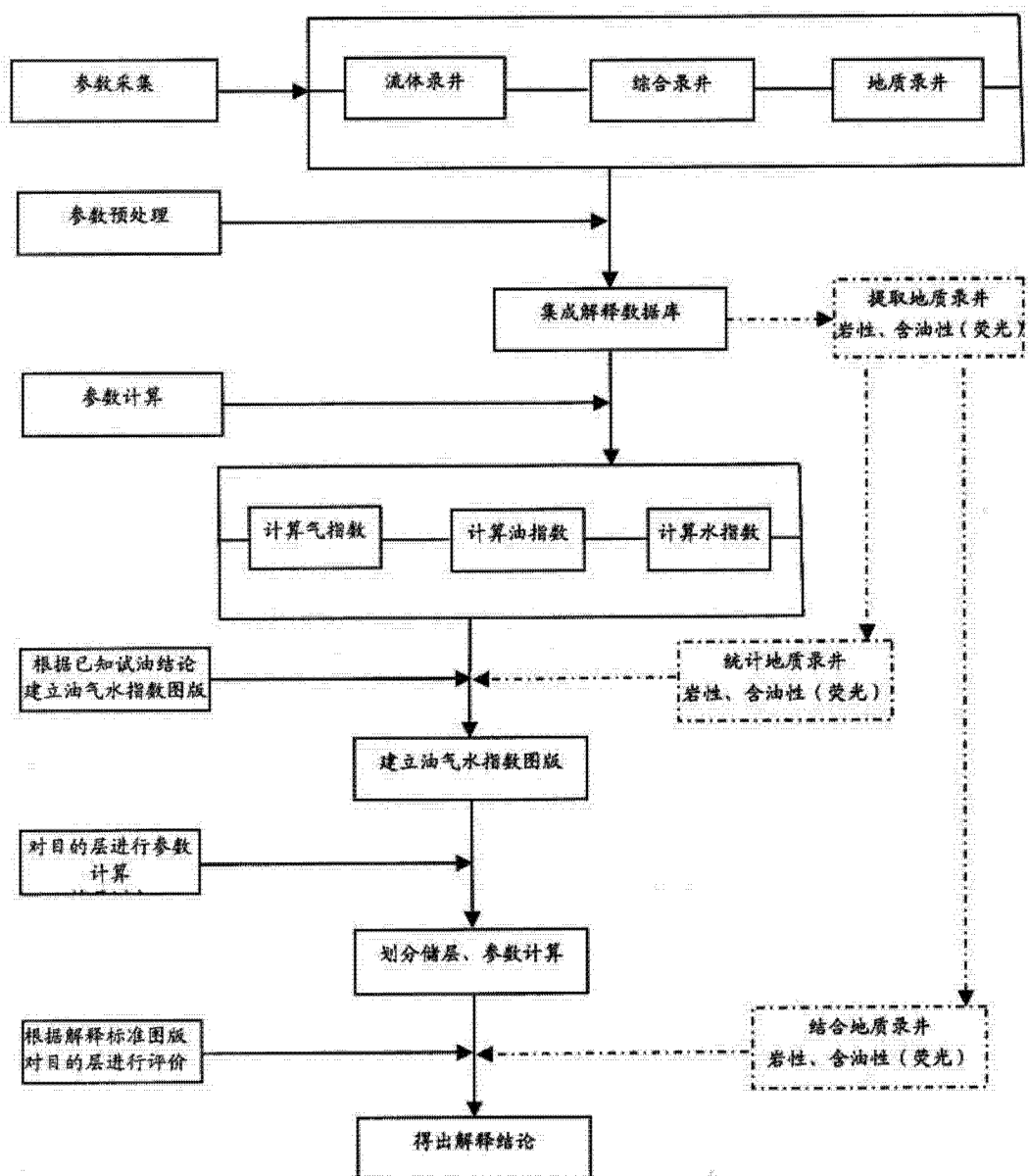


图 1

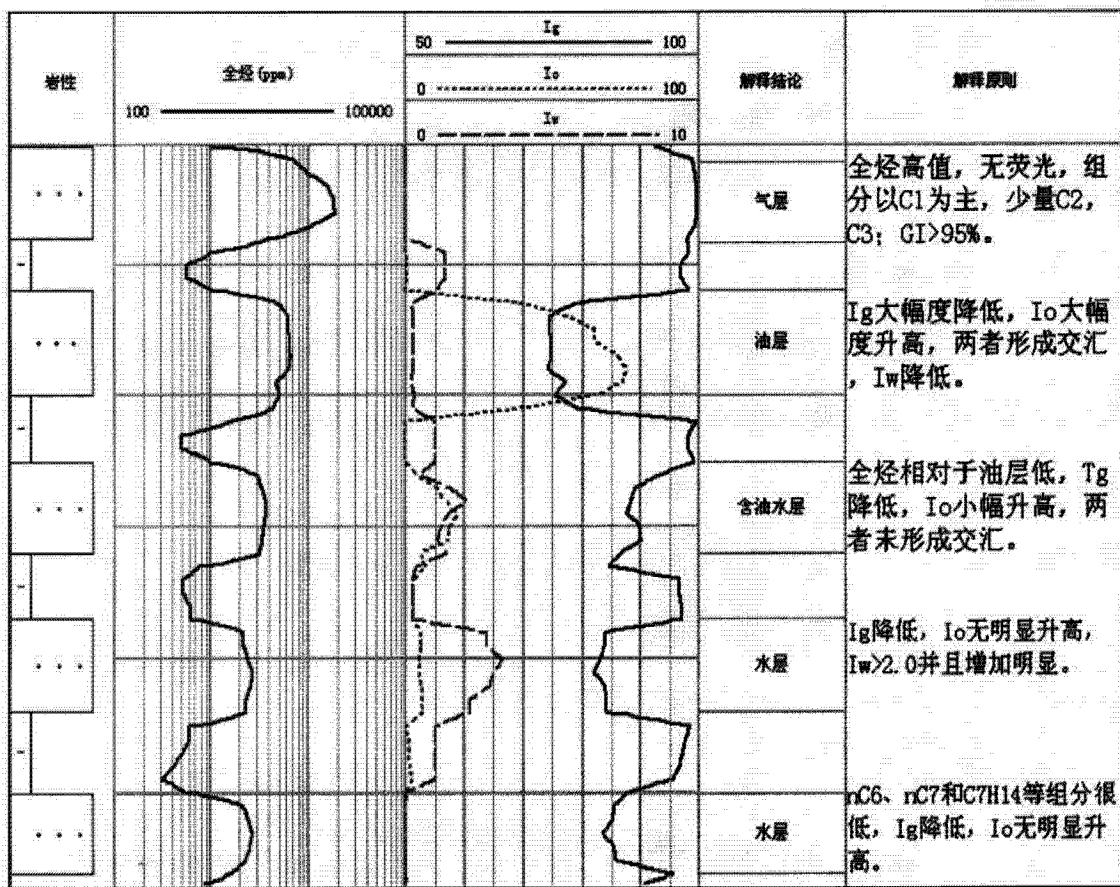


图 2

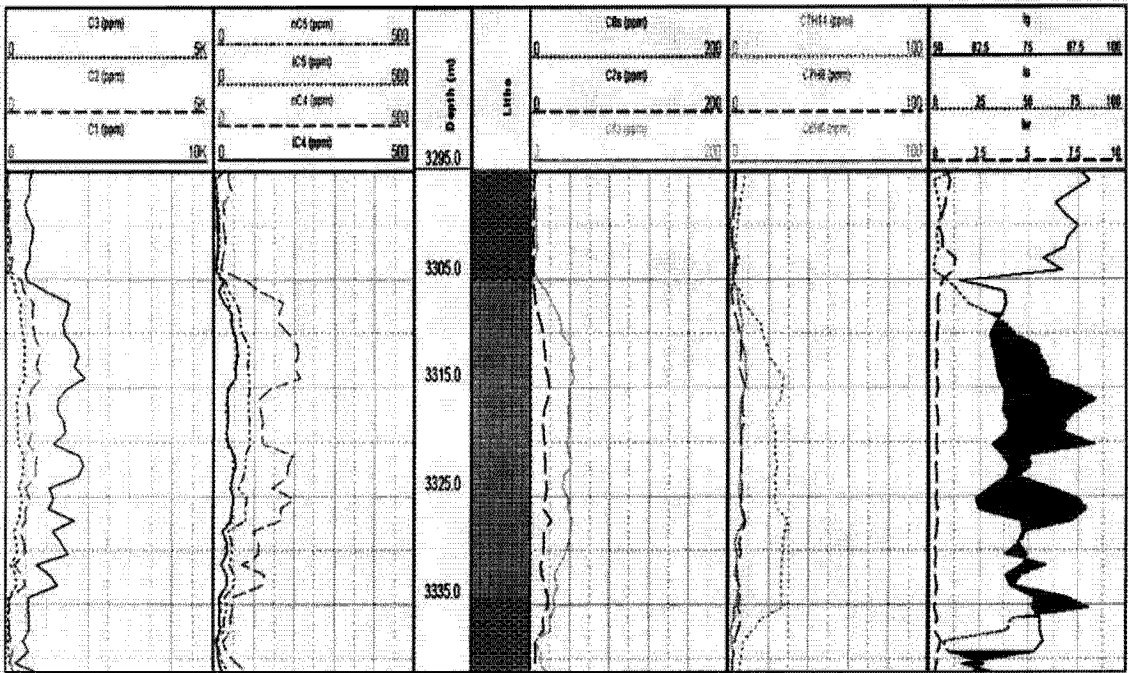


图 3

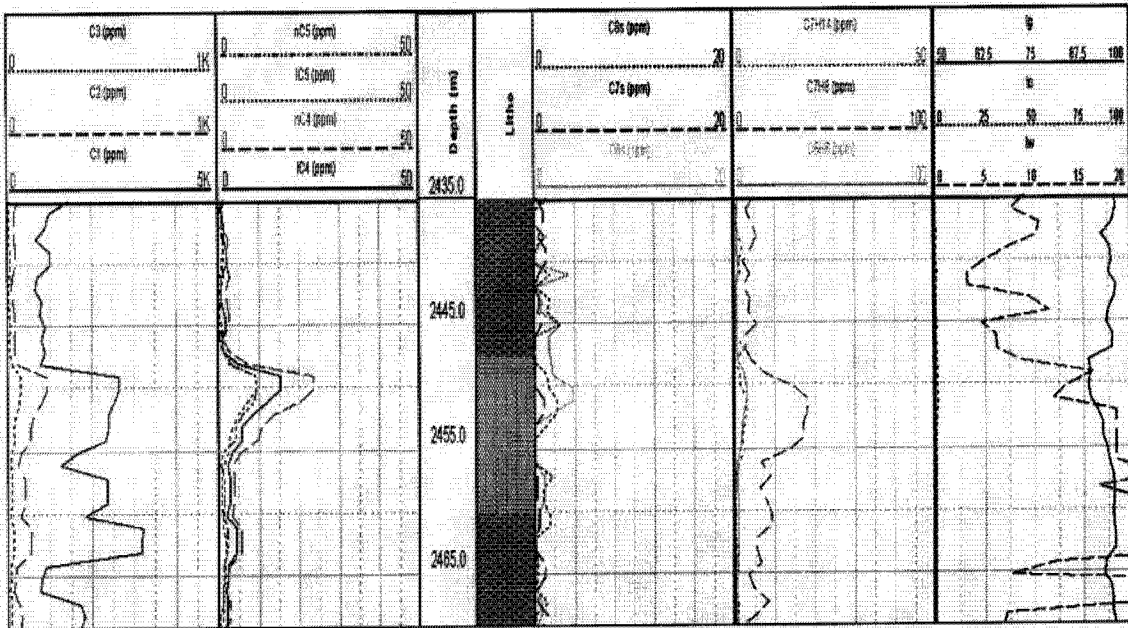


图 4