



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108804728 A

(43)申请公布日 2018.11.13

(21)申请号 201710301677.2

(22)申请日 2017.05.02

(71)申请人 中国石油化工股份有限公司

地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街
22号

申请人 中国石油化工股份有限公司石油勘
探开发研究院

(72)发明人 胡松 李军 王晓畅 孔强夫

胡瑶 路菁 金武军 南泽宇

(74)专利代理机构 北京思创毕升专利事务所

11218

代理人 孙向民 廉莉莉

(51) Int. Cl.

G06F 17/50(2006.01)

E21B 49/00(2006.01)

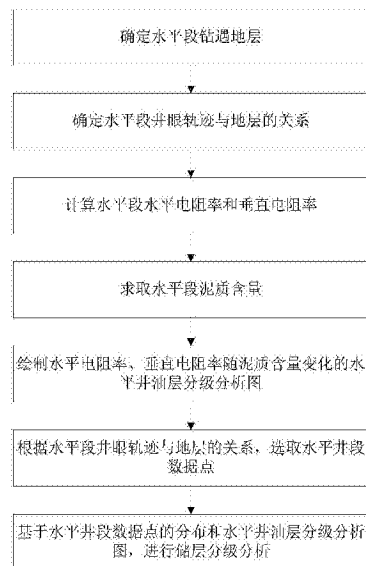
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

水平井地层储层分级分析及计算机可
读存储介质

(57)摘要

本发明公开了一种水平井地层储层分级分
析方法计算机可读存储介质,包括:确定水平段
钻遇地层;确定水平段井眼轨迹与地层的关系;
计算水平段水平电阻率和垂直电阻率;求取水平
段泥质含量;绘制水平电阻率、垂直电阻率随泥
质含量变化的水平井油层分级分析图;根据水平
段井眼轨迹与地层的关系,选取水平井段数据
点;基于水平井段数据点的分布和水平井油层分
级分析图,进行储层分级分析。本发明的优点在
于:本发明为进行水平井各向异性地层储层级
别评价提供了有效的方法,储层的级别能够影响水
平段射孔试油层选择,最大化提高储层利用率,
避免无效射孔层段浪费,经济性较好。



1. 一种水平井地层储层分级分析方法,包括:
 确定水平段钻遇地层;
 确定水平段井眼轨迹与地层的关系;
 计算水平段水平电阻率和垂直电阻率;
 求取水平段泥质含量;
 绘制所述水平电阻率、所述垂直电阻率随所述泥质含量变化的水平井油层分级分析图;
 根据所述水平段井眼轨迹与地层的关系,选取水平井段数据点;
 基于所述水平井段数据点的分布和所述水平井油层分级分析图,进行储层分级分析。
2. 根据权利要求1所述的水平井各向异性地层储层分级分析方法,其中,所述水平段钻遇地层通过水平段垂直校值与邻井或导眼井对比获取。
3. 根据权利要求1所述的水平井各向异性地层储层分级分析方法,其中,所述水平段井眼轨迹与地层的关系通过交互式正反演确定。
4. 根据权利要求1所述的水平井各向异性地层储层分级分析方法,其中,基于所述水平段钻遇地层和电阻率仪器的测量数据,计算所述水平段水平电阻率和所述垂直电阻率。
5. 根据权利要求4所述的水平井各向异性地层储层分级分析方法,其中,所述电阻率仪器是感应测井仪,所述水平电阻率和垂直电阻率通过式(1)和(2)获得:

$$R_R = \frac{R_h}{\beta} \quad (1)$$

$$R_X = \frac{R_h}{\left(\frac{1+3\beta^2}{4}\right)^2 / 3} \quad (2)$$

$$\text{式中, } \beta = \cos^2\theta + \alpha^2 \sin^2\theta, \alpha^2 = \frac{\sigma_v}{\sigma_h} = \frac{R_h}{R_v},$$

- 其中, R_R 为实部信号电阻率,通过感应测井仪的原始信号获取;
 R_X 为虚部信号电阻率,通过感应测井仪的原始信号获取;
 R_h 为水平电阻率; R_v 为垂直电阻率;
 β 为各向异性系数; α^2 为各向异性比值;
 θ 为井眼与地层相对角度;
 σ_h 为水平电导率; σ_v 为垂直电导率。
6. 根据权利要求1所述的水平井各向异性地层储层分级分析方法,其中,所述水平段泥质含量通过常规自然伽马曲线或自然电位曲线求取。
 7. 根据权利要求1所述的水平井各向异性地层储层分级分析方法,其中,绘制所述水平井油层分级分析图包括:
 基于泥岩各向异性串并联公式,绘制不同泥岩电阻率各向异性比以及不同泥质含量时的关系图,并计算砂岩电阻率;
 基于所述水平井段数据点,将所述水平电阻率、所述垂直电阻率及所述泥质含量投影在所述关系图中,获取泥岩点;
 基于所述泥岩点,绘制所述水平井油层分级分析图。

8. 一种计算机可读存储介质,其上存储计算机程序,其中,所述程序被处理器执行时实现以下步骤:

确定水平段钻遇地层;

确定水平段井眼轨迹与地层的精细关系;

计算水平段水平电阻率和垂直电阻率;

求取水平段泥质含量;

绘制所述水平电阻率、所述垂直电阻率随所述泥质含量变化的水平井油层分级分析图;

根据所述水平段井眼轨迹与地层的精细关系,选取水平井段数据点;

基于所述水平井段数据点的分布和所述水平井油层分级分析图,进行储层分级分析。

水平井地层储层分级分析及计算机可读存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及地球物理测井领域,更具体地,涉及一种水平井地层储层分级分析方法计算机可读存储介质。

背景技术

[0002] 随着我国致密油气、非常规油气的勘探开发程度深入及水平井钻井技术的发展,使得我国水平井的数量每年都成倍增长。在水平井中,井眼轨迹在地层中穿行时,由于地层的非均质性和井眼轨迹与地层位置关系的不同,导致同一油层中其饱和度存在差异。水平井水平段储层分级评价目的是为了区分水平段储层好坏等级,为分段射孔方案的制定与优化提供依据,避免无效射孔造成经济损失,最大化合理利用资源。

[0003] 因此,水平井水平段分级解释评价对于下一步水平井分段射孔完井方案的制定与优化具有重要的指导意义。然而在水平井中,由于仪器测量环境的改变,水平井或大斜度井受到的影响因素较直井更多,在当前水平井测井评价中,基本方法以直井评价方法为主,大多数科研工作者将工作重点放在考察水平井测井曲线的响应特征与直井的差异及其影响因素,一部分科研工作者开展了水平井测井曲线校正方法研究。

[0004] 刘之的(刘之的,崔学军.随钻电阻率受地层各向异性影响的判别[J].天然气工业.2009.29(2):55-57.)通过对交流电的时域特性分析,在麦克斯韦方程的基础上,推导出模拟随钻电磁波电阻率的时域有限差分算法,并利用该算法模拟了随钻感应电阻率受井斜和围岩的响应规律。肖加奇等(肖加奇,张庚骥.水平井和大斜度井双侧向测井响应的正演[J].石油大学学报(自然版科学版).1996.20(1):24-28.)讨论了三维元素法正演计算双侧向测井响应的技术要求,得出水平井和大斜度井中双侧向测井的模拟计算结果,详细分析了水平井和大斜度井中双侧向受井眼、侵入带、围岩、仪器偏心和井斜等情况下的响应特征。邓少贵等(邓少贵.大斜度井非均质地层电测井响应研究[D].2009.中国石油大学(华东).)采用三维有限元素法,模拟不同层厚及围岩条件下双侧向响应,并据此建立了相应校正图版实现快速围岩校正。谭茂金等(谭茂金,高杰,邹友龙,等.2012.盐水泥浆条件下定向井双侧向测井环境校正方法研究[J].地球物理学报.(04):1422-1432.)通过三维有限元素法模拟了盐水泥浆条件下,井眼、围岩、侵入深度等对双侧向的影响,并建立相应校正图版,实现电阻率校正。塔里木油田研制的水平井成图系统软件能够较好的反应井眼轨迹的空间展布、方便井眼轨迹与地层关系对比;胜利油田研发的水平井咨询系统,可绘制井轨迹空间投影图、平面投影图、井轨迹测井曲线图、井轨迹测井成果显示图以及测井曲线垂深校正图等图件;汪忠浩等人(汪中浩,章成广.低渗砂岩储层测井评价方法[M].2004.北京:石油工业出版社.)推出“水平井测井解释系统”用于解释井眼轨迹与油藏空间位置关系考虑电阻率各向异性和非均质性测井解释模型进行二维交互解释。赵军(赵军,海川.水平井测井解释中井眼轨迹与油藏关系分析技术[J].测井技术.2004.(2):145-147.)通过对水平井校正,分析与油藏对应关系,确定井眼轨迹和油藏关系分布,进一步指导油藏开发。李鹏翔(李鹏翔,林静,刘思贤.1999.水平井测井解释研究的发展[J].江汉石油学院学报.(2):32-

35.)总结了水平井解释和软件应用方面的成果,认为水平井未来研究工作重点是在油层空间展布情况上。

[0005] 综合分析前人已有的成果,其工作重点放在数值模拟以及水平井测井曲线响应特征上,在水平井解释评价方面并没有涉及储层分级评价的研究报道,解释工作重点集中在井眼轨迹显示,各类投影图上。这类图形对于认识井轨迹和油藏关系有一定作用,但对于评价水平井效果上存在不足,无法达到评价水平段好坏目的。

[0006] 因此,有必要开发一种能够评价水平井水平段储层好坏的储层分析方法。

[0007] 公开于本发明背景技术部分的信息仅仅旨在加深对本发明的一般背景技术的理解,而不应当被视为承认或以任何形式暗示该信息构成已为本领域技术人员所公知的现有技术。

发明内容

[0008] 本发明提出了一种水平井地层储层分级分析方法计算机可读存储介质,以评价水平井水平段好坏为目的,为合理高效的选择优先射孔和试油层段、有效提高油田开发效率提供设计依据。

[0009] 根据本发明的一方面,提出了一种水平井地层储层分级分析方法,包括:

[0010] 确定水平段钻遇地层;

[0011] 确定水平段井眼轨迹与地层的关系;

[0012] 计算水平段水平电阻率和垂直电阻率;

[0013] 求取水平段泥质含量;

[0014] 绘制所述水平电阻率、所述垂直电阻率随所述泥质含量变化的水平井油层分级分析图;

[0015] 根据所述水平段井眼轨迹与地层的关系,选取水平井段数据点;

[0016] 基于所述水平井段数据点的分布和所述水平井油层分级分析图,进行储层分级分析。

[0017] 优选地,所述水平段钻遇地层通过水平段垂直校值与邻井或导眼井对比获取。

[0018] 优选地,所述水平段井眼轨迹与地层的关系通过交互式正反演确定。

[0019] 优选地,基于所述水平段钻遇地层和电阻率仪器的测量数据,计算所述水平段水平电阻率和所述垂直电阻率。

[0020] 优选地,根据权利要求5所述的水平井各向异性地层储层分级分析方法,其中,所述电阻率仪器是感应测井仪,所述水平电阻率和垂直电阻率通过式(1)和(2)获得:

$$[0021] \quad R_R = \frac{R_h}{\beta} \quad (1)$$

$$[0022] \quad R_A = \frac{R_h}{\left(\frac{1+3\beta^2}{4}\right)^2 / 3} \quad (2)$$

[0023] 式中, $\beta = \cos^2\theta + \alpha^2 \sin^2\theta$, $\alpha^2 = \frac{\sigma_v}{\sigma_h} = \frac{R_h}{R_v}$,

[0024] 其中, R_R 为实部信号电阻率,通过感应测井仪的原始信号获取;

- [0025] R_x 为虚部信号电阻率,通过感应测井仪的原始信号获取;
- [0026] R_h 为水平电阻率; R_v 为垂直电阻率;
- [0027] β 为各向异性系数; α^2 为各向异性比值;
- [0028] θ 为井眼与地层相对角度;
- [0029] σ_h 为水平电导率; σ_v 为垂直电导率。
- [0030] 优选地,所述水平段泥质含量通过常规自然伽马曲线或自然电位曲线求取。
- [0031] 优选地,绘制所述水平井油层分级分析图包括:
- [0032] 基于泥岩各向异性串并联公式,绘制不同泥岩电阻率各向异性比以及不同泥质含量时的关系图,并计算砂岩电阻率;
- [0033] 基于所述水平井段数据点,将所述水平电阻率、所述垂直电阻率及所述泥质含量投影在所述关系图中,获取泥岩点;
- [0034] 基于所述泥岩点,绘制所述水平井油层分级分析图。
- [0035] 根据本发明的另一方面,提出了一种计算机可读存储介质,其上存储计算机程序,其中,所述程序被处理器执行时实现以下步骤:
- [0036] 确定水平段钻遇地层;
- [0037] 确定水平段井眼轨迹与地层的精细关系;
- [0038] 计算水平段水平电阻率和垂直电阻率;
- [0039] 求取水平段泥质含量;
- [0040] 绘制所述水平电阻率、所述垂直电阻率随所述泥质含量变化的水平井油层分级分析图;
- [0041] 根据所述水平段井眼轨迹与地层的精细关系,选取水平井段数据点;
- [0042] 基于所述水平井段数据点的分布和所述水平井油层分级分析图,进行储层分级分析。
- [0043] 根据本发明的一种水平井地层储层分级分析方法计算机可读存储介质,其优点在于:本发明为进行水平井各向异性地层储层级别评价提供了有效的方法,储层的级别能够影响水平段射孔试油层选择,最大化提高储层利用率,避免无效射孔层段浪费,经济性较好。
- [0044] 本发明的方法和计算机可读存储介质具有其它的特性和优点,这些特性和优点从并入本文中的附图和随后的具体实施例中将是显而易见的,或者将在并入本文中的附图和随后的具体实施例中进行详细陈述,这些附图和具体实施例共同用于解释本发明的特定原理。

附图说明

- [0045] 通过结合附图对本发明示例性实施例进行更详细的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优势将变得更加明显,其中,在本发明示例性实施例中,相同的附图标记通常代表相同部件。
- [0046] 图1示出了根据本发明的一种水平井地层储层分级分析方法的步骤的流程图。
- [0047] 图2示出了根据本发明的一种水平井地层储层分级分析方法的水平井油层分级分析理论图。

[0048] 图3示出了根据本发明的一种水平井地层储层分级分析方法的水平井油层分级分析实际应用图。

[0049] 图4示出了根据本发明的一个示例性实施例的水平井油层分级分析图。

具体实施方式

[0050] 下面将参照附图更详细地描述本发明。虽然附图中显示了本发明的优选实施例，然而应该理解，可以以各种形式实现本发明而不应被这里阐述的实施例所限制。相反，提供这些实施例是为了使本发明更加透彻和完整，并且能够将本发明的范围完整地传达给本领域的技术人员。

[0051] 本发明的一种水平井地层储层分级分析方法，包括：确定水平段钻遇地层；确定水平段井眼轨迹与地层的关系；计算水平段水平电阻率和垂直电阻率；求取水平段泥质含量；绘制水平电阻率、垂直电阻率随泥质含量变化的水平井油层分级分析图；根据水平段井眼轨迹与地层的关系，选取水平井段数据点；基于水平井段数据点的分布和水平井油层分级分析图，进行储层分级分析。

[0052] 作为优选方案，通过水平段TVD(垂深)校值与邻井或导眼井对比，确定水平段钻遇地层。

[0053] 其中，通过对水平井段TVD校正，将水平段测井曲线投影到垂直方向，利用曲线变化幅度相似原理，与导眼井测井曲线进行对比，确定水平段钻遇地层。

[0054] 作为优选方案，采用交互式正反演确定水平段井眼轨迹与地层的关系。

[0055] 其中，根据地震资料或地层对比资料，确定水平段地层大致倾向和倾角，根据邻井给定地层初始值，通过正演模拟出地层电阻率值，并与实际测量电阻率进行比较，不断调整地层厚度、地层电阻率以及地层倾角等地质属性，直到模拟出的电阻率与实际测量一致。至此，建立井眼轨迹与地层精细关系。

[0056] 作为优选方案，基于水平段钻遇地层和电阻率仪器的测量数据，计算水平段水平电阻率和垂直电阻率。

[0057] 其中，水平电阻率和垂直电阻率，对于不同的电阻率仪器计算方法不同，当电阻率仪器采用感应测井仪器时，通过仪器的实部和虚部信号求取水平电阻率和垂直电阻率：

$$[0058] \quad R_R = \frac{R_h}{\beta} \quad (1)$$

$$[0059] \quad R_X = \frac{R_h}{\left(\frac{1+3\beta^2}{4}\right)^2 / 3} \quad (2)$$

$$[0060] \quad \text{式中, } \beta = \cos^2\theta + \alpha^2 \sin^2\theta, \alpha^2 = \frac{\sigma_v}{\sigma_h} = \frac{R_h}{R_v},$$

[0061] 其中， R_R 为实部信号电阻率，通过感应测井仪的原始信号获取；

[0062] R_X 为虚部信号电阻率，通过感应测井仪的原始信号获取；

[0063] R_h 为水平电阻率； R_v 为垂直电阻率；

[0064] β 为各向异性系数； α^2 为各向异性比值；

[0065] θ 为井眼与地层相对角度；

[0066] σ_h 为水平电导率; σ_v 为垂直电导率。

[0067] 对资料进行处理时,通过感应测井的原始信号得到 R_R 和 R_X ,对公式(1)和公式(2)求解可以获得水平电阻率和垂直电阻率。

[0068] 当电阻率仪器采用随钻电磁波仪器时,其测量信号可以表示为:

$$[0069] \quad V \propto \frac{i}{L^3} [-2e^{ikL}(1-ikL) + ikL(e^{ikL\beta} - e^{-ikL})] \quad (3)$$

$$[0070] \quad k = \sqrt{i\omega\mu(\sigma_h - i\omega\varepsilon_H)} \quad (4)$$

[0071] 式中, V 为接收线圈处的电动势;

[0072] L 为发射线圈和接收线圈的距离;

[0073] k 为水平方向的复合波数;

[0074] σ_h 为水平电导率;

[0075] ε_H 为水平介电常数;

[0076] μ 为地层磁导率; ω 为发射线圈频率;

[0077] β 为各向异性系数。

[0078] 对于 L 为任意数值的仪器,当 θ 已知时,公式(3)中仅有两个未知参数即 k 和 β 。通过电磁波电阻率测井仪器任意两个测量结果即可确定 k 和 β ,进一步基于 β ,再通过公式(1)和公式(2)确定水平电阻率 R_h 和垂直电阻率 R_v 。

[0079] 作为优选方案,通过常规自然伽马曲线或自然电位曲线求取水平段泥质含量。

[0080] 作为优选方案,根据泥岩各向异性串并联公式,绘制不同泥岩电阻率各向异性比以及不同泥质含量时的关系图(如图2所示),并计算砂岩电阻率 R_{sand} ,通过砂岩电阻率的值制定储层级别标准。

[0081] 其中,泥岩串并联公式如下:

$$[0082] \quad R_h = \left(\frac{1 - V_{sh}}{R_{sand}} + \frac{V_{sh}}{R_{sh-h}} \right)^{-1} \quad (5)$$

$$[0083] \quad R_v = R_{sand}V_{sh} + R_{sh-h}V_{sh} \quad (6)$$

[0084] 联立公式(5)和(6),得到砂岩电阻率 R_{sand} :

$$[0085] \quad R_{sand} = R_{sand}^0 \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left[\frac{R_{sand}^0}{R_{sh-h}} - 1 - \sqrt{\left(\frac{R_{sand}^0}{R_{sh-h}} - 1 \right)^2 + \frac{4R_{sand}^0}{R_{sh-h}} \left(\frac{R_{sh-h}}{R_{sh-v}} - 1 \right)} \right] \right\}^{-1} \quad (7)$$

[0086] 式中:

$$[0087] \quad R_{sand}^0 = R_h \frac{R_v - R_{sh-v}}{R_h - R_{sh-h}}$$

[0088] 根据泥岩各向异性串并联公式,在绘制不同泥岩电阻率各向异性比以及不同泥质含量时的关系图时,先给一固定 R_{sh-v} 和 R_{sh-h} 数值,根据前述计算得到的 R_h 、 R_v 以及泥质含量 V_{sh} ,即可通过方程(7)得到 R_{sand} 。

[0089] 不同的泥岩电阻率各向异性比 R_{sh-v}/R_{sh-h} , (其中 R_{sh-v} 是泥岩垂直电阻率, R_{sh-h} 是泥岩水平电阻率)会造成图2的形状发生变化,当 R_{sh-v}/R_{sh-h} 的值由1逐渐增大到1000,图2中的泥岩点(即图2中 $R_{sh-v}/R_{sh-h}=1$ 的点)依次往各向同性泥岩点的正北方向分布,并且图2中的

泥岩各向异性增大线的刻度 $R_{sh-v}/R_{sh-h}=1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500$ 和 1000 分别平行对应图2纵坐标 R_v 的刻度,在分析区域泥岩各向异性特征时,首先选择泥岩点,然后作纵轴 R_v 以及横轴 R_h 的垂线。

[0090] 在实际资料中,根据实际数据点的分布情况确定泥岩点,即将之前计算的水平电阻率、垂直电阻率及泥质含量投影在图2中,选取数据点水平方向和垂直方向的交点为泥岩点。泥岩点确定后,重新绘制水平井油层分级分析图(参考图2)。

[0091] 泥质含量从 $0.01, 0.02$ 依次增大到 0.9 ,图3中Shale为油层分级分析图的泥岩点,即 $R_{sh-v}/R_{sh-h}=4$,此时泥质含量为 $1(100\%)$,图3中 45° 线上, $R_h=R_v, V_{sh}=0\%$;图3中的水点随着泥质含量的增加,水点沿着实线向上移动到泥岩点shale,构成水线(如图3非储层区左边界),图3中黑色实线为砂岩线,它起始于泥岩点,交于 45° 线,呈双曲线趋势,泥岩点与纯砂岩点($R_h=R_v=\sqrt{R_{sh-v}R_{sh-h}}$)构成了储层线。数据一般落在水线、纯泥岩线、 45° 线以及最大砂岩线所构成的区域中(如图3所示),当数据在储层线上方时,储层各向异性较强,含水饱和度较低,油饱和度高;当数据在储层线下方时,即储层各向异性较弱,含水饱和度较高。

[0092] 储层级别好坏可以影响水平段射孔试油层段选择,本发明为进行水平井各向异性地层储层级别评价提供了方法,最大化提高了储层利用率,避免无效射孔层段浪费,提高经济性。

[0093] 根据水平段井眼轨迹与地层的关系,选取水平井段数据点,并基于水平井段数据点的分布和水平井油层分级分析图,进行储层分级分析,根据数据在储层区中的分布特点,划分出储层分级界限,如果数据不在储层区,可以忽略该数据的分析。

[0094] 本发明还提出了一种计算机可读存储介质,其上存储计算机程序,其中,程序被处理器执行时实现以下步骤:

[0095] 确定水平段钻遇地层;

[0096] 确定水平段井眼轨迹与地层的精细关系;

[0097] 计算水平段水平电阻率和垂直电阻率;

[0098] 求取水平段泥质含量;

[0099] 绘制水平电阻率、垂直电阻率随泥质含量变化的水平井油层分级分析图;

[0100] 根据水平段井眼轨迹与地层的精细关系,选取水平井段数据点;

[0101] 基于水平井段数据点的分布和水平井油层分级分析图,进行储层分级分析。

[0102] 实施例

[0103] 图1示出了根据本发明的一种水平井地层储层分级分析方法的步骤的流程图。

[0104] 本发明一个示例性实施例的水平井地层储层分级分析方法,包括:

[0105] 确定水平段钻遇地层;

[0106] 确定水平段井眼轨迹与地层的精细关系;

[0107] 计算水平段水平电阻率和垂直电阻率;

[0108] 求取水平段泥质含量;

[0109] 绘制水平电阻率、垂直电阻率随泥质含量变化的水平井油层分级分析图;

[0110] 绘制水平电阻率、垂直电阻率随泥质含量变化的水平井油层分级分析图;

[0111] 根据水平段井眼轨迹与地层的精细关系,选取水平井段数据点;

[0112] 基于水平井段数据点的分布和水平井油层分级分析图,进行储层分级分析。

[0113] 图4示出了根据本发明的一个示例性实施例的水平井油层分级分析图。

[0114] 图4为利用本发明的方法确定的某油田油层分级分析图,该油层分级分析图的数据和相关界限来源于该油田的20口井,将这20口井作相同处理,数据点均投影至图2的模板分级分析图上,确定泥岩点,本实施例中泥岩的各向异性为2,即 $R_{sh-v}/R_{sh-h}=2$,据此,确定不同泥质含量刻度线和纯砂岩线,最终形成的油层分析分级图如图4所示。分级界限根据20口井的生产数据,将单井日产油量大于10吨为高产井,产量小于5吨为低产井,小于1吨,为无效产能井。据此确定储层级别标准如下:第一级别: $R_{sand}>20\ \Omega\cdot m, V_{sh}<20\%$;第二级别: $6.5\ \Omega\cdot m<R_{sand}<20\ \Omega\cdot m, V_{sh}<20\%$;第三级别: $6.5\ \Omega\cdot m<R_{sand}, 40\%>V_{sh}\geq 20\%$;第四级别: $6.5\ \Omega\cdot m<R_{sand}, V_{sh}\geq 40\%$ 。

[0115] 根据上述储层级别标准,对该油田其它井和新钻井进行评价,选择优先射孔层段。优先考虑第一级别区域的井段,其次为第二级别的井段,第四级别的井段基本无产能,可以不用射孔。

[0116] 图4中的数据点为该油田的4口新钻井,通过根据本发明的方法计算的水平电阻率、垂直电阻率及泥质含量结果,根据井眼轨迹与地层关系选取水平井段数据点,不同井在水平段各均匀选取若干目的层内的数据,将其投放在图4中,并根据上述分级界限可知:HXX1井主要分布在第一级别,其产量为日产油86.5方,不含水;HXX2井数据点几乎都分布在第四级别,属于无效产能区,日产油0.28吨,含水45%;HXX3数据点大多数分布在第三级别,少数点分布在第二级别,该井日产油3.35方,含水70.6%;HXX4数据点分布在第二级别,该井日产油6方,含水45%。HXX2井基本无产量,可以不用考虑射孔。数据点的分布情况和其对应的产量验证了油层分级分析图的正确性。

[0117] 以上已经描述了本发明的实施例,上述说明是示例性的,并非穷尽性的,并且也不限于所披露的实施例。在不偏离所说明的实施例的范围和精神的情况下,对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。本文中所用术语的选择,旨在最好地解释实施例的原理、实际应用或对市场中的技术的改进,或者使本技术领域的其它普通技术人员能理解本文披露的实施例。

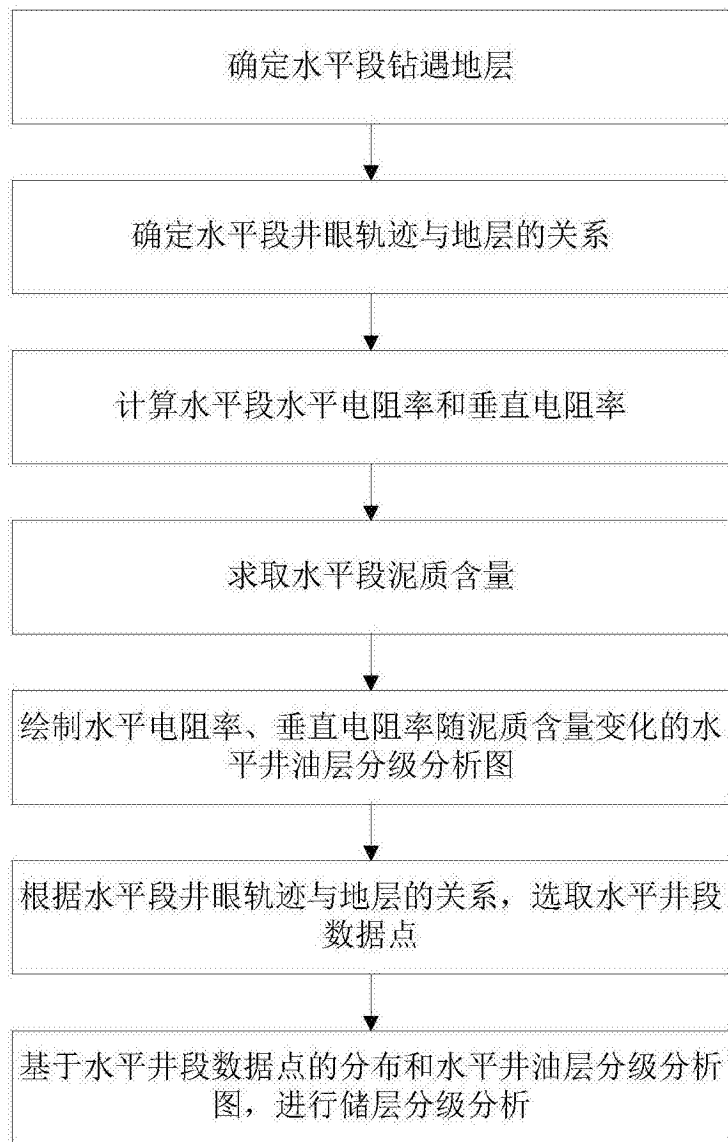


图1

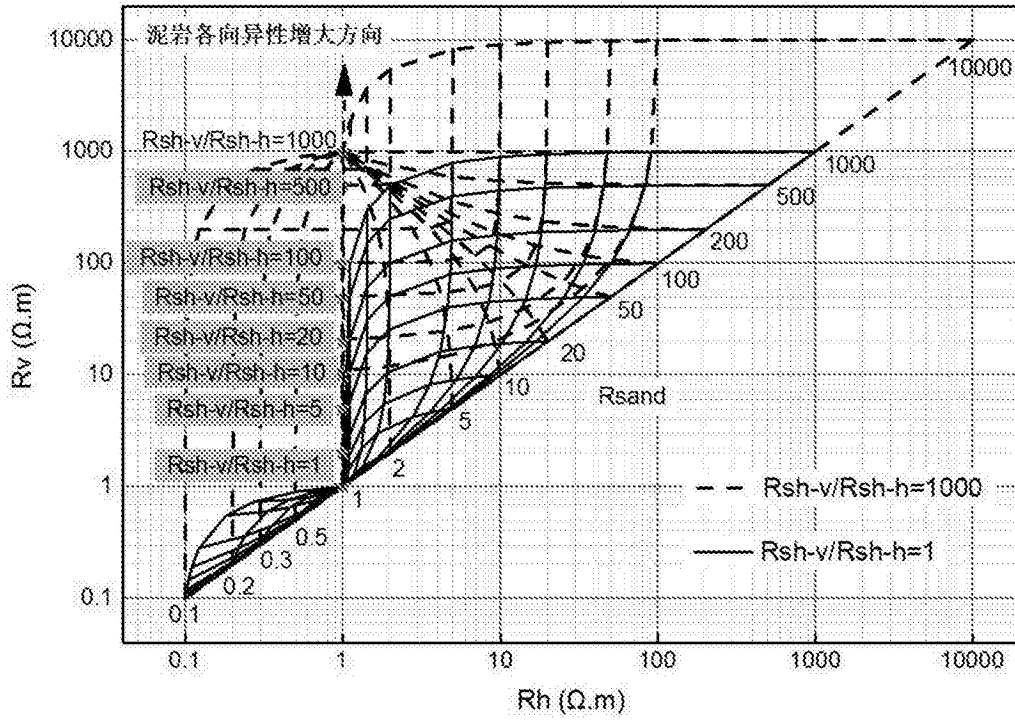


图2

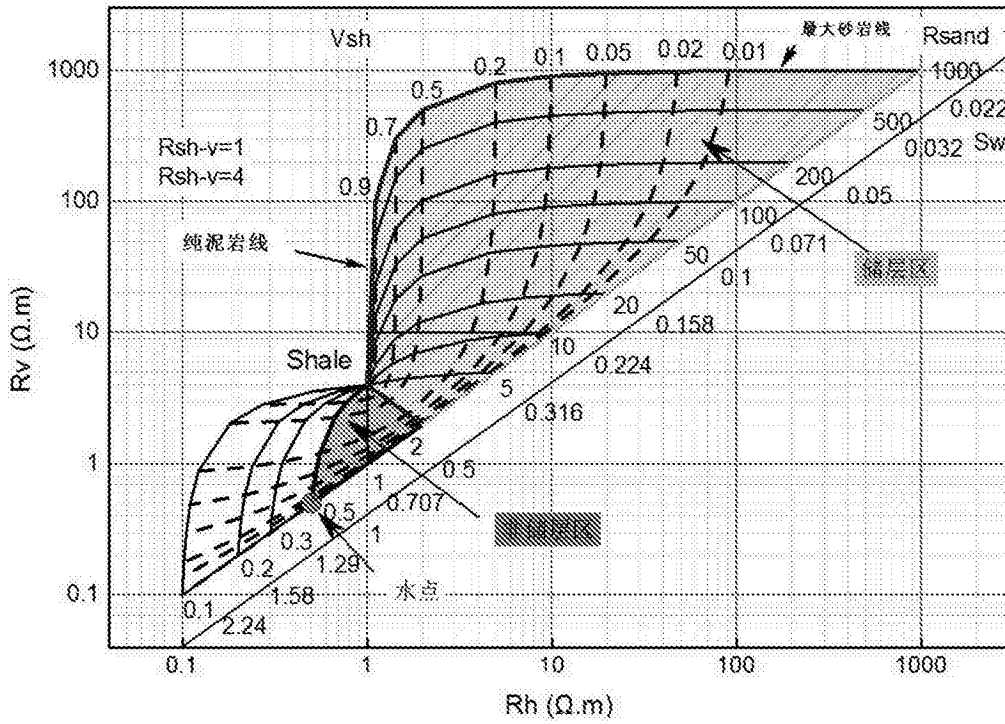


图3

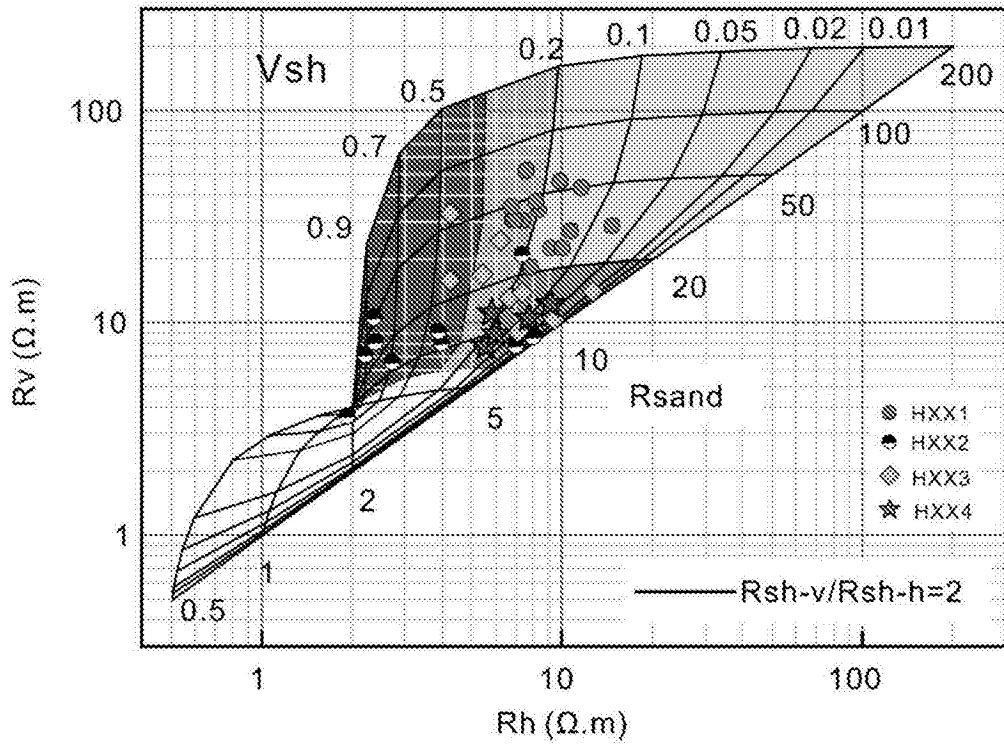


图4