(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2017 年 7 月 6 日 (06.07.2017)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2017/114443 A1

(51) 国际专利分类号:
E21B 49/00 (2006.01) *G01V 1/40* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/112856

(22) 国际申请日: 2016 年 12 月 29 日 (29.12.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201511021367.2 2015 年 12 月 30 日 (30.12.2015) CN

(71) 申请人: **中国石油天然气股份有限公司 (PETROCHINA COMPANY LIMITED)** [CN/CN]; 中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。

(72) 发明人: **李宁 (LI, Ning)**; 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 **武宏亮 (WU, Hongliang)**; 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 **冯周 (FENG, Zhou)**; 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 **冯庆付 (FENG, Qingfu)**; 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 **王克文 (WANG, Kewen)**; 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 **张晓涛 (ZHANG, Xiaotao)**; 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 **张宫 (ZHANG, Gong)**; 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。

(74) 代理人: **北京三友知识产权代理有限公司 (BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.)**; 中国北京市金融街 35 号国际企业大厦 A 座 16 层, Beijing 100033 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

[见续页]

(54) **Title**: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING DISSOLUTION DEGREE OF KARST RESERVOIR

(54) **发明名称**: 一种确定储层岩溶发育程度的方法及装置

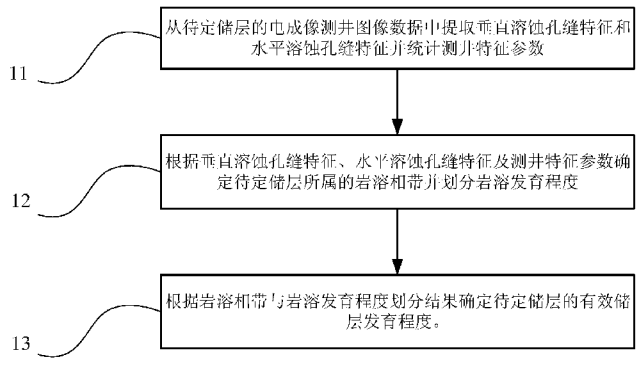


图 1

11 EXTRACT, FROM ELECTRICAL IMAGING LOGGING IMAGE DATA ASSOCIATED WITH A TARGET KARST RESERVOIR, A VERTICAL DISSOLUTION FRACTURE CHARACTERISTIC AND A HORIZONTAL DISSOLUTION FRACTURE CHARACTERISTIC, AND CALCULATE A WELL LOGGING CHARACTERISTIC PARAMETER

12 DETERMINE, ACCORDING TO THE VERTICAL DISSOLUTION FRACTURE CHARACTERISTIC, THE HORIZONTAL DISSOLUTION FRACTURE CHARACTERISTIC AND THE WELL LOGGING CHARACTERISTIC PARAMETER, A KARST ZONE CONTAINING THE TARGET KARST RESERVOIR, AND CLASSIFY A DISSOLUTION DEGREE OF THE KARST ZONE

13 DETERMINE, ACCORDING TO THE KARST ZONE AND THE DISSOLUTION DEGREE THEREOF, A DISSOLUTION DEGREE OF A VIABLE STORAGE SECTION OF THE TARGET KARST RESERVOIR

(57) **Abstract**: The invention relates to the technical field of well logging interpretation. Provided is a method for determining a dissolution degree of a karst reservoir comprising: extracting, from electrical imaging logging image data associated with a target karst reservoir, a vertical dissolution fracture characteristic and a horizontal dissolution fracture characteristic, and calculating a well logging characteristic parameter; determining, according to the vertical dissolution fracture characteristic, the horizontal dissolution fracture characteristic and the well logging characteristic parameter, a karst zone containing the target karst reservoir, and classifying a dissolution degree of the karst zone; and determining, according to the karst zone and the dissolution degree thereof, a dissolution degree of a viable storage section of the target karst reservoir. Also provided is a device for determining a dissolution degree of a karst reservoir. The method and device of the invention classifies a dissolution degree of the target karst reservoir according to a vertical dissolution fracture characteristic and a horizontal dissolution fracture characteristic extracted from electrical imaging logging image data and a well logging characteristic parameter, thereby quickly and instinctively identifying a karst zone containing the karst reservoir, classifying a dissolution degree of the karst zone, and obtaining a determination result consistent with that of a core. The invention provides important technical support for exploration and development of an oil-gas field.

(57) **摘要**:

[见续页]

WO 2017/114443 A1

(84) **指定国** (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种确定储层岩溶发育程度的方法，属于测井解释技术领域。所述方法包括：从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数；根据所述垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数确定所述待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度；根据所述岩溶相带与所述岩溶发育程度划分结果确定所述待定储层的有效储层发育程度。还公开一种确定储层岩溶发育程度的装置。本方法和装置通过从电成像测井图像数据中提取的垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数对待定储层的岩溶发育程度进行划分，能够快速、直观地识别储层岩溶相带并划分出岩溶发育程度，判别结果与岩心显示一致，为油气田勘探开发提供了重要的技术支持。

一种确定储层岩溶发育程度的方法及装置

技术领域

本发明涉及一种确定储层岩溶发育程度的方法及装置，属于测井解释技术领域。

背景技术

风化壳岩溶型油气藏是碳酸盐岩油气资源的重要类型之一，大量的研究表明控制风化壳岩溶型储层发育和分布的关键因素在于岩溶作用发育程度，通过岩溶作用对原地层改造形成溶蚀缝洞体，对储层储集性能及渗流能力提升具有重要影响。因此，如何利用现有测井方法准确识别风化壳岩溶型储层并划分岩溶作用发育程度，能够对储层有效性判别、油气储量上交及油气井开发改造措施制定提供重要的技术依据。

现有技术对岩溶发育程度评价主要以岩心观察描述为主，通过储层取心或露头岩石钻孔取样观察岩石表面岩溶孔、裂缝发育情况进行定性划分。这类方法对岩心依赖程度较高，成本较大，可操作性差；此外，由于油田现场获取的岩心往往不连续，并且在裂缝发育层段完整取心非常困难，岩心上观察到的岩溶发育特征难以代表储层整体情况，从而影响对储层综合判别。

虽然现有技术曾利用成像测井结合常规测井技术将风化壳岩溶储层从纵向上划分为表生岩溶带、垂直渗流带、水平潜流带等岩溶相带，并根据不同岩溶带的成像测井特征图版和测井响应特征模式对岩溶带进行定性识别，但没有对各岩溶带的具体岩溶作用的发育程度进行划分和评价，因而对成像测井资料的处理解释应用基本还停留在定性分析阶段，不能满足风化壳岩溶型储层测井评价的需要。

发明内容

本发明为解决现有岩溶发育程度划分方法存在的多解性强、操作性差、无法满足风化壳岩溶型储层测井评价需要的问题，提出了一种确定储层岩溶发育程度的方法及装置，具体包括如下的技术方案：

一种确定储层岩溶发育程度的方法，包括：

从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数；

根据所述垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数确定所述待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度；

根据所述岩溶相带与所述岩溶发育程度划分结果确定所述待定储层的有效储层发育程度。

一种确定储层岩溶发育程度的装置，包括：

特征及参数提取单元，用于从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数；

发育程度划分单元，用于根据所述垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数确定所述待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度；

发育程度确定单元，用于根据所述岩溶相带与所述岩溶发育程度划分结果确定所述待定储层的有效储层发育程度。

本发明的有益效果是：通过从电成像测井图像数据中提取的垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数对待定储层的岩溶发育程度进行划分，能够快速、直观地识别储层岩溶相带并划分出岩溶发育程度，判别结果与岩心显示一致，为油气田勘探开发提供了重要的技术支持。

附图说明

图 1 是以示例的方式示出了确定储层岩溶发育程度的方法的流程图。

图 2 是实施例一提出的确定储层岩溶发育程度的方法的流程图。

图 3 是实施例一提出的生成全井眼覆盖的电成像测井图像数据的流程图。

图 4 是实施例一提出的通过对电成像测井资料处理获得的静态及动态的全井眼图像信息示意图。

图 5 是实施例一提出的电成像测井图像提取的垂直溶蚀孔缝、水平溶蚀孔缝边界与特征参数示意图。

图 6 是实施例一提出的岩溶带及岩溶发育程度划分结果示意图。

图 7 是实施例二提出的确定储层岩溶发育程度的装置的结构图。

图 8 是实施例三提出的电子设备的结构图。

具体实施方式

在本领域中，由于现有方法无法对风化壳岩溶型储层各岩溶带的具体岩溶作用的发育程度进行划分，从而无法确定储层的整体情况，影响该类储层测井评价结果。而本申请的申请人在对风化壳岩溶型储层研究中发现：垂直渗流带岩溶作用以垂向溶蚀为主，发育垂直溶蚀孔缝；水平潜流带岩溶作用以水平溶蚀为主，发育层状溶蚀孔缝；溶蚀孔缝发育程度反映了地层岩溶作用程度。因此，可以通过在电成像测井图像上对垂直渗流带、水平潜流带溶蚀孔缝特征的识别和提取来划分储层岩溶作用发育程度。

结合图 1 所示，本实施例提出的确定储层岩溶发育程度的方法包括：

步骤 11，从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数。

其中，通过已有的电成像测井仪器测量可以获得待定储层的电成像测井图像资料，并通过预定处理方法将电成像测井资料处理后获得静态图像和动态图像，通过预定的概率插值处理方法可以将静态图像和动态图像处理获得全井眼覆盖的电成像测井图像数据。

通过图像分析方法从待定储层的电成像测井图像数据中定量提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征，并统计单位深度范围内垂直溶蚀孔缝和水平溶蚀孔缝的特征参数。

实施时，为了获得更多的特征及测井特征参数，还可从全井眼覆盖的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数。

可选的，获得垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征的过程包括三个部分：特征颜色、特征形态和特征纹理。本实施例在电成像测井图像的基础上，通过对特征颜色、特征形态和特征纹理综合分析后判定特征所属类别。

可选的，垂直溶蚀孔缝和水平溶蚀孔缝特征参数包括孔缝面孔率、平均粒径及数量。本实施例在图像特征提取的基础上，统计单位深度范围内垂直溶蚀孔缝和水平溶蚀孔缝特征的面孔率、平均粒径及数量。

步骤 12，根据垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数确定待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度。

其中，待定储层所属的岩溶相带可根据垂直溶蚀孔缝特征及水平溶蚀孔缝特征进行判别，若垂直溶蚀孔缝的面孔率 Ap_V 大于水平溶蚀孔缝的面孔率 Ap_H，则可确定对应的待定储层位于垂直渗流岩溶带，反之则位于水平潜流岩溶带。

可选的，利用测井特征参中的溶蚀孔缝的面孔率、粒径、数量以及地层孔隙度和岩溶厚度等参数可确定垂直渗流岩溶带岩溶发育指数 Kf_V 以及水平潜流岩溶带岩溶发育指数 Kf_H。

根据确定的垂直渗流岩溶带岩溶发育指数 Kf_V 与水平潜流岩溶带岩溶发育指数 Kf_H 即可直接划分岩溶发育程度，Kf_V 或 Kf_H 值越大，表明地层岩溶发育程度越高，Kf_V 或 Kf_H 值越小，则表明岩溶发育程度较低。

步骤 13，根据岩溶相带与岩溶发育程度划分结果确定待定储层的有效储层发育程度。

根据岩溶相带和岩溶发育程度划分结果，确定有效储层发育情况。不同岩溶相带与有效储层之间的对应关系为：垂直渗流带发育好储层、水平潜流带发育一般储层或者差储层。在储层所处有利岩溶相带基础上，若岩溶发育程度达到最好或较好的级别，则对应储层为优质储层，其储层产能能够达到工业产能；若岩溶发育程度为较差的级别，则储层较差，不能达到工业产能要求。

采用本实施例提出的技术方案，通过从电成像测井图像数据中提取的垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数对待定储层的岩溶发育程度进行划分，能够快速、直观地识别储层岩溶相带并划分出岩溶发育程度，判别结果与岩心显示一致，为油气田勘探开发提供了重要的技术支持。

下面通过具体的实施例对本发明提出的技术方案进行详细说明：

实施例一

结合图 2 所示，本实施例提出的确定储层岩溶发育程度的方法包括：

步骤 21，获取待定储层的测井数据及地质录井资料。

待定储层的测井数据主要包括研究区目的层段电成像测井资料，同时还可以包括其它常规测井资料、地质资料、录井资料以及岩心描述、分析等相关资料，以便对岩溶发育部位及地层层位进行综合判别。

步骤 22，生成全井眼覆盖的电成像测井图像数据。

其中，通过对电成像测井资料进行预处理、静态增强、动态增强、全井眼图像生成处理后可获得全井眼覆盖的电成像测井图像数据，结合图 3 所示，其过程可以包括：

步骤 221，对待定储层的电成像测井资料进行加速度校正及均衡化处理，获得原始电成像测井图像数据；

步骤 222，对原始电成像测井图像数据进行静态增强处理，获得反映全井段岩石颜色变化的静态图像数据；

步骤 223，对原始电成像测井图像数据进行动态增强处理，获得反映全井段岩石颜色变化的动态图像数据；

步骤 224，采用全井眼图像处理方法对静态图像数据以及动态图像数据中的未覆盖部分进行概率插值处理，获得全井眼覆盖的电成像测井图像数据。

本步骤以某油气田 A 井为例，通过增强处理后的静态图像数据和动态图像数据可参考图 4 中的左侧两部分图像所示，全井眼图像处理后的静态图像数据和动态图像数据可参考图中的右侧两部分图像所示。由此可知，通过全井眼图像处理，能够有效去除原始图像中的空白部分，使图像特征更完整、直观，为后期图像特征自动识别和提取奠定了基础。

步骤 23，从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数。

实施时，步骤 23 还可通过已有的图像处理技术从全井眼覆盖的静态图像数据和动态图像数据上提取垂直溶蚀孔缝特征以及水平溶蚀孔缝特征。定量提取图像特征的具体方法可以包括三个部分：特征颜色、特征形态和特征纹理。本步骤在电成像测井图像分割的基础上，通过对特征颜色、特征形态和特征纹理综合分析后确定各特征所属类别。

可选的，特征颜色主要指特征对象包含的像素点内灰度值大小及其分布，采用灰度最大值 Gmax、灰度最小值 Gmin 和灰度均值 Gavg 进行描述。

可选的，特征形态的分析主要采用特征面积 A、宽长比 F、圆度 R 以及方向 D 四个参数进行描述，该四个参数可通过以下方法确定：

设成像测井图像单像素点面积为单位面积，特征面积 A 则为特征对象所包含的实际像素点数；

宽长比 F 描述了特征对象的细长程度，$F=W/L$，其中 L 为对象最小外接矩形的长度，W 为对象最小外接矩形的宽度；

圆度 R 描述了特征对象的似圆程度，$R=P^2/A$，其中 P 为对象周长，基于对象的边界点计算，A 为特征面积；

方向 D 描述了特征对象延伸方位，即特征对象长轴方向与水平方向之间的夹角。

可选的，对特征纹理分析，本步骤提出利用灰度共生矩阵方法定量计算纹理二阶矩 W_M、对比度 W_C 和均匀性 W_H 等纹理特征参数进行描述，可通过以下方法确定：

对图像 S，如果函数 $f(x_1, y_1)$ 定义了两种参数之间的空间关系，则 S 的灰度共生矩阵 p 中各元素定义为：

$$p(g_1, g_2) = \frac{\{[(x_1, y_1), (x_2, y_2)] \in S \mid f(x_1, y_1) = g_1 \,\&\, f(x_2, y_2) = g_2\}}{\#S} \qquad (1)$$

式(1)中，等号右侧的分子部分表示是具有空间关系 $f(x_1, y_1)$ 且值分为 g_1 和 g_2 的元素对的个数，分母部分表示 S 中元素对总的个数（#S）；

则纹理二阶矩 W_M 、对比度 W_C 和均匀性 W_H 参数计算公式可为：

$$W_M = \sum g_1 \sum g_2 p^2(g_1, g_2) \qquad (2)$$

$$W_C = \sum g_1 \sum g_2 |g_1 - g_2| p(g_1, g_2) \qquad (3)$$

$$W_H = \sum g_1 \sum g_2 \frac{p(g_1, g_2)}{k + |g_1 - g_2|} \qquad (4)$$

根据提取获得的垂直溶蚀孔缝特征以及水平溶蚀孔缝特征，统计单位深度范围内各溶蚀孔缝的面孔率 Ap、平均粒径 Gs 及数量 N。

其中，数量 N 描述了特征发育的程度，通过单位深度特征计数累加确定；

面孔率 Ap 描述了特征发育的强弱且 $Ap = \sum_{i=1}^{N} A_i / S_0$，其中，$A_i$ 表示提取出的特征对象的面积；S_0 表示统计的单位深度图像总面积；

平均粒径 Gs 描述了特征平均尺寸，可采用 Feret 直径描述。单个特征粒径 Gs_i 可通过测量特征对象在多个方向上的直径取平均值，单位深度范围内的平均粒径可以确定为 $Gs = \sum_{i=1}^{N} Gs_i / N$ 。

图 5 所示的是本步骤的特征提取效果及特征参数统计结果，其中左起第一至第三部分图像分别表示深度、全井眼静态图像、动态图像信息；第四部分图像为提取出的垂直溶蚀孔缝以及水平溶蚀孔缝的特征边界；第五至第七部分图像分别为统计得到的垂直溶蚀孔缝和水平溶蚀孔缝的面孔率、平均粒径及数量参数，其中的曲线 A 表示垂直溶蚀孔缝面孔率，曲线 B 表示水平溶蚀孔缝面孔率，曲线 C 表示垂直平均粒径，曲线 D 表示水平平均粒径，曲线 E 表示垂直数量参数，曲线 F 表示水平数量参数。

步骤 24，根据垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数确定待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度。

其中，岩溶相带所属的类型可根据垂直溶蚀孔缝特征及水平溶蚀孔缝特征的面孔率进行判别，若垂直溶蚀孔缝的面孔率 Ap_V 大于水平溶蚀孔缝的面孔率 Ap_H，则对应地层位于垂直渗流岩溶带，反之则位于水平潜流岩溶带。

可选的，本实施例通过溶蚀孔缝的面孔率、粒径、数量以及地层孔隙度、岩溶厚度等参数确定的垂直渗流岩溶带岩溶发育指数 Kf_V 和水平潜流岩溶带岩溶发育指数 Kf_H 对岩溶发育程度进行划分。

其中，垂直渗流岩溶带岩溶发育指数 Kf_V 可采用下式确定：

$$Kf_V = a_V * Ap_V + b_V * Gs_V + c_V * N_V + d_V * \varnothing_V + e_V * H_V$$

式中的 Kf_V 表示垂直渗流岩溶带岩溶的发育指数； Ap_V 表示垂直溶蚀孔缝面孔率； Gs_V 表示垂直溶蚀孔缝平均粒径； N_V 表示垂直溶蚀孔缝数量； $\varnothing_V$ 表示对应地层常规测井计算孔隙度； H_V 表示确定的垂直渗流岩溶带总厚度; a_V 、 b_V 、 c_V 、 d_V 、 e_V 分别表示预定地区参数，根据待定储层的垂直渗流带整体岩溶发育强度和规模确定。

水平潜流岩溶带岩溶发育指数 Kf_H 可采用下式确定：

$$Kf_H = a_H * Ap_H + b_H * Gs_H + c_H * N_H + d_H * \varnothing_H + e_H * H_H$$

其中， Kf_H 表示水平渗流岩溶带岩溶的发育指数； Ap_H 表示水平溶蚀孔缝面孔率； Gs_H 表示水平溶蚀孔缝平均粒径； N_H 表示水平溶蚀孔缝数量； $\varnothing_H$ 表示对应地层常规测井计算孔隙度； H_H 表示确定的水平潜流岩溶带总厚度； a_H 、 b_H 、 c_H 、 d_H 、 e_H 分别表示预定地区参数，根据待定储层的水平潜流带整体岩溶发育强度和规模确定。

根据确定的垂直渗流岩溶带岩溶发育指数 Kf_V 与水平潜流岩溶带岩溶发育指数 Kf_H 即可划分岩溶发育程度， Kf_V 或 Kf_H 值越大，则表明地层岩溶发育程度越高，反之，则表明岩溶发育程度较低。可选的，根据岩溶发育指数可将地层岩溶发育程度定量划分为三个等级：

Ⅰ级岩溶：垂直渗流岩溶带 $Kf_V \geq CPv_I$ ；水平潜流岩溶带 $Kf_H \geq CPh_I$ ；

Ⅱ级岩溶：垂直渗流岩溶带 $CPv_{II} \leq Kf_V < CPv_I$ ；水平潜流岩溶带 $CPh_{II} \leq Kf_H < CPh_I$ ；

Ⅲ级岩溶：垂直渗流岩溶带 $Kf_V < CPv_{II}$ ；水平潜流岩溶带 $Kf_H < CPh_{II}$ 。

其中，CPv_I、CPv_{II}、CPh_I、CPh_{II}分别为垂直渗流岩溶带、水平潜流岩溶带Ⅰ级、Ⅱ级岩溶发育划分标准，根据地区实际岩溶发育程度取值，通常可取值为 6.5、3.5、6.0、3.0。

例如，图 6 所示的是通过岩溶特征参数划分的岩溶相带及岩溶发育程度。其中，左起第一部分图像中的曲线 a 表示常规自然伽马(GR)，曲线 b 表示光电吸收截面指数(PE)，曲线 c 表示井径(CAL)；第二部分图像中的曲线 d 表示密度(DEN)，曲线 e 表示中子(CNL)，曲线 f 表示声波(AC)；第三部分图像中的曲线 g 表示深侧向电阻率(RD)，曲线 h 表示浅侧向电阻率(RS)；第四部分为深度；第五至第七部分图像分别为全井眼静态图像、动态图像信息及提取出的垂直溶蚀孔缝以及水平溶蚀孔缝特征边界；第八部分图像中的曲线 i 表示垂直溶蚀孔缝特征的面孔率，曲线 j 表示水平溶蚀孔缝特征的面孔率；第九部分图像中的曲线 k 表示垂直溶蚀孔缝特征的粒径，曲线 m 表示水平溶蚀孔缝特征的粒径；第十部分图像中的曲线 n 表示垂直溶蚀孔缝特征的数量参数，曲线 o 表示水平溶蚀孔缝特征的数量参数；第十一部分图像中的曲线 p 表示孔隙度；第十二部分图像为岩溶相带识别结果，该结果包括三个部分：最上部分为岩溶顶部，中间部分为垂直渗流带，最下部分为水平潜流带；第十三部分图像为计算得到的岩溶发育指数，其中的曲线 q 表示垂直渗流岩溶带岩溶发育指数，曲线 r 表示水平潜流岩溶带岩溶发育指数；第十四部分图像为根据岩溶发育指数划分的岩溶发育程度级别，最上部分为Ⅰ级岩溶，中间部分为Ⅱ级岩溶，最下部分为Ⅲ级岩溶；第十五部分图像为有效储层解释结果，其中的Ⅰ级岩溶和Ⅱ级岩溶能够达到工业产能的要求。

由图 6 可知，该井段上部以垂直溶蚀孔缝特征为主，划分为垂直渗流岩溶带；下部为水平潜流岩溶带。综合常规孔隙度、识别的岩溶带发育厚度计算岩溶发育指数表明，垂直渗流岩溶带岩溶发育程度整体较高，岩溶发育指数基本都在 6.5 以上，可划为Ⅰ级岩溶发育；水平潜流岩溶带从上部到下部孔缝面孔率、粒径变小，岩溶程度逐渐降低，上部岩溶发育指数分布在 6-8 之间，可划为Ⅰ级岩溶，下部岩溶发育指数主要分布在 4-6 之间，可划分为Ⅱ级。

步骤 25，根据岩溶相带与岩溶发育程度划分结果确定待定储层的有效储层发育程度。

根据岩溶相带和岩溶发育程度划分结果，确定有效储层发育情况。如图 6 中所示的 3954.0-3965.0 m 井段位于垂直渗流岩溶带和水平潜流岩溶带上部，整体属于有利储层发育部位，同时该段计算岩溶发育指数值较大，表明岩溶发育程度高，岩溶发育程度为Ⅰ

级，综合判定为工业气层段。

将本实施例在某油气田 A 井进行了现场应用，能够快速、直观识别储层岩溶相带并划分出岩溶发育程度，判别结果与岩心显示一致，为油气田勘探开发提供了重要的技术支持。

本实施例提出的确定储层岩溶发育程度的方法具有以下的优点：

1）提出并实现了基于电成像测井图像特征提取的风化壳岩溶型储层岩溶作用发育程度的划分方法，直接从电成像测井图像上提取岩溶特征并定量计算其特征参数进行岩溶发育程度划分，避免了电成像测井描述产生的多解性问题；

2）通过表征溶蚀孔缝特征的孔率、粒径、数量以及地层孔隙度、岩溶厚度等参数构建了岩溶发育指数定量计算方法，建立了该指数与岩溶发育程度明确的对应关系，解决了储层岩溶发育程度评价的不确定问题；

3）提出将岩溶储层岩溶发育程度划分为三个等级，对于测井储层品质评价具有重要意义，在预定油气田现场应用中效果显著。

实施例二

本实施例提供了一种确定储层岩溶发育程度的装置，结合图 7 所示，包括：

特征及参数提取单元 71，用于从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数；

发育程度划分单元 72，用于根据垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数确定待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度；

发育程度确定单元 73，用于根据岩溶相带与岩溶发育程度划分结果确定待定储层的有效储层发育程度。

特征及参数提取单元 71 可通过已有的电成像测井方法获得待定储层的电成像测井图像数据，并通过预定图像处理方法将该电成像测井图像数据进行处理后获得静态图像和动态图像，在该静态图像和动态图像上定量提取获得电成像测井图像数据的垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征。

发育程度划分单元 72 可根据垂直溶蚀孔缝特征及水平溶蚀孔缝特征判别待定储层所属的岩溶相带，若垂直溶蚀孔缝的面孔率 Ap_V 大于水平溶蚀孔缝的面孔率 Ap_H，则可确定对应的待定储层位于垂直渗流岩溶带，反之则位于水平潜流岩溶带。根据确定的垂直渗流岩溶带岩溶发育指数 Kf_V 与水平潜流岩溶带岩溶发育指数 Kf_H 即可直接划分岩溶发

育程度，Kf_V 或 Kf_H 值越大，表明地层岩溶发育程度越高，Kf_V 或 Kf_H 值越小，则表明岩溶发育程度较低。

发育程度确定单元 73 根据岩溶相带和岩溶发育程度划分结果，能够确定有效储层发育情况。不同岩溶相带与有效储层之间的对应关系为：垂直渗流带发育好储层、水平潜流带发育一般储层或者差储层。在储层所处有利岩溶相带基础上，若岩溶发育程度达到最好或较好的级别，则对应储层为优质储层，其储层产能能够达到工业产能；若岩溶发育程度为较差的级别，则储层较差，不能达到工业产能要求。

采用本实施例提出的技术方案，通过从电成像测井图像数据中提取的垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数对待定储层的岩溶发育程度进行划分，能够快速、直观地识别储层岩溶相带并划分出岩溶发育程度，判别结果与岩心显示一致，为油气田勘探开发提供了重要的技术支持。

实施例三

本发明实施例提供一种电子设备，该电子设备包括如实施例二所述的确定储层岩溶发育程度的装置。

图 8 是本发明实施例的电子设备 800 的系统构成的一示意框图。如图 8 所示，该电子设备 8 可以包括中央处理器 100 和存储器 140；存储器 140 耦合到中央处理器 100。值得注意的是，该图是示例性的；还可以使用其他类型的结构，来补充或代替该结构，以实现电信功能或其他功能。

在一个实施方式中，确定储层岩溶发育程度的装置的功能可以被集成到中央处理器 100 中。其中，中央处理器 100 可以被配置为：从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数；根据所述垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数确定所述待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度；根据所述岩溶相带与所述岩溶发育程度划分结果确定所述待定储层的有效储层发育程度。

在另一个实施方式中，确定储层岩溶发育程度的装置可以与中央处理器 100 分开配置，例如可以将确定储层岩溶发育程度的装置配置为与中央处理器 100 连接的芯片，通过中央处理器的控制来实现确定储层岩溶发育程度的装置的功能。

如图 8 所示，该电子设备 800 还可以包括：通信模块 110、输入单元 120、音频处理单元 130、显示器 160、电源 170。值得注意的是，电子设备 800 也并不是必须要包括图

8 中所示的所有部件；此外，电子设备 800 还可以包括图 8 中没有示出的部件，可以参考现有技术。

如图 8 所示，中央处理器 100 有时也称为控制器或操作控件，可以包括微处理器或其他处理器装置和/或逻辑装置，该中央处理器 100 接收输入并控制电子设备 800 的各个部件的操作。

其中，存储器 140，例如可以是缓存器、闪存、硬驱、可移动介质、易失性存储器、非易失性存储器或其它合适装置中的一种或更多种。可储存上述与失败有关的信息，此外还可存储执行有关信息的程序。并且中央处理器 100 可执行该存储器 140 存储的该程序，以实现信息存储或处理等。其他部件的功能与现有类似，此处不再赘述。电子设备 800 的各部件可以通过专用硬件、固件、软件或其结合来实现，而不偏离本发明的范围。

本发明实施例还提供一种计算机可读程序，其中当电子设备中执行所述程序时，所述程序使得计算机在电子设备中执行实施例一所述的确定储层岩溶发育程度的方法。

本发明实施例还提供一种存储有计算机可读程序的存储介质，其中所述计算机可读程序使得计算机在电子设备中执行实施例一所述的确定储层岩溶发育程度的方法。

本具体实施方式是对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，其中的实施例仅仅是本发明的一部分实施例，而并不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域技术人员在没有经过创造性劳动的前提下所获得的所有其它实施方式都属于本发明的保护范围。

权利要求书

1、一种确定储层岩溶发育程度的方法，其中，包括：

从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数；

根据所述垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数确定所述待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度；

根据所述岩溶相带与所述岩溶发育程度划分结果确定所述待定储层的有效储层发育程度。

2、如权利要求 1 所述的方法，其中，从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数进一步包括：

根据待定储层的电成像测井图像数据获得全井眼覆盖的电成像测井图像数据；

从全井眼覆盖的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数。

3、如权利要求 2 所述的方法，其中，根据待定储层的电成像测井图像数据得到全井眼覆盖的电成像测井图像数据包括：

对待定储层的电成像测井图像数据进行加速度校正及均衡化处理，获得原始电成像测井图像数据；

对所述原始电成像测井图像数据进行静态增强处理，获得反映全井段岩石颜色变化的静态图像数据；

对所述原始电成像测井图像数据进行动态增强处理，获得反映全井段岩石颜色变化的动态图像数据；

采用全井眼图像处理方法对所述静态图像数据以及所述动态图像数据中的未覆盖部分进行概率插值处理，获得全井眼覆盖的电成像测井图像数据。

4、如权利要求 1 所述的方法，其中，对所述垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征的提取包括对特征颜色、特征形态和特征纹理的提取。

5、如权利要求 4 所述的方法，其中，所述电成像测井图像信息的特征形态包括：特征面积、宽长比、圆度以及方向；所述特征面积为特征对象所包含的实际像素点数；所述宽长比为特征对象的最小外接矩形的宽度与最小外接矩形的长度的比值；所述圆度为特征对象的 2 倍周长与所述特征面积的比值；所述方向为特征对象在长轴方向与水平方向之间的夹角。

6、如权利要求 4 所述的方法，其中，所述电成像测井图像信息的特征纹理包括：通过灰度共生矩阵方法获得特征对象的纹理二阶距、对比度和均匀性。

7、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述测井特征参数包括：溶蚀孔缝的面孔率、粒径、数量以及地层孔隙度和岩溶厚度。

8、如权利要求 7 所述的方法，其中，根据所述垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数确定所述待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度包括：

根据所述测井特征参数确定所述垂直渗流岩溶带岩溶的发育指数以及所述水平潜流岩溶带岩溶的发育指数；

根据所述垂直渗流岩溶带岩溶的发育指数以及所述水平潜流岩溶带岩溶的发育指数对所述待定储层的岩溶发育程度进行划分。

9、如权利要求 8 所述的方法，其中，所述垂直渗流岩溶带岩溶的发育指数通过以下公式确定：

$$Kf_V = a_V * Ap_V + b_V * Gs_V + c_V * N_V + d_V * \varnothing_V + e_V * H_V$$

其中，Kf_V 表示垂直渗流岩溶带岩溶的发育指数；Ap_V 表示垂直溶蚀孔缝面孔率；Gs_V 表示垂直溶蚀孔缝平均粒径；N_V 表示垂直溶蚀孔缝数量；$\varnothing_V$ 表示对应地层常规测井计算孔隙度；H_V 表示确定的垂直渗流岩溶带总厚度；a_V、b_V、c_V、d_V、e_V 分别表示预定地区参数。

10、如权利要求 8 所述的方法，其中，所述水平渗流岩溶带岩溶的发育指数通过以下公式确定：

$$Kf_H = a_H * Ap_H + b_H * Gs_H + c_H * N_H + d_H * \varnothing_H + e_H * H_H$$

其中，Kf_H 表示水平渗流岩溶带岩溶的发育指数；Ap_H 表示水平溶蚀孔缝面孔率；Gs_H 表示水平溶蚀孔缝平均粒径；N_H 表示水平溶蚀孔缝数量；$\varnothing_H$ 表示对应地层常规测井计算孔隙度；H_H 表示确定的水平潜流岩溶带总厚度；a_H、b_H、c_H、d_H、e_H 分别表示预定地区参数。

11、一种确定储层岩溶发育程度的装置，其中，包括：

特征及参数提取单元，用于从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数；

发育程度划分单元，用于根据所述垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数确定所述待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度；

发育程度确定单元，用于根据所述岩溶相带与所述岩溶发育程度划分结果确定所述待定储层的有效储层发育程度。

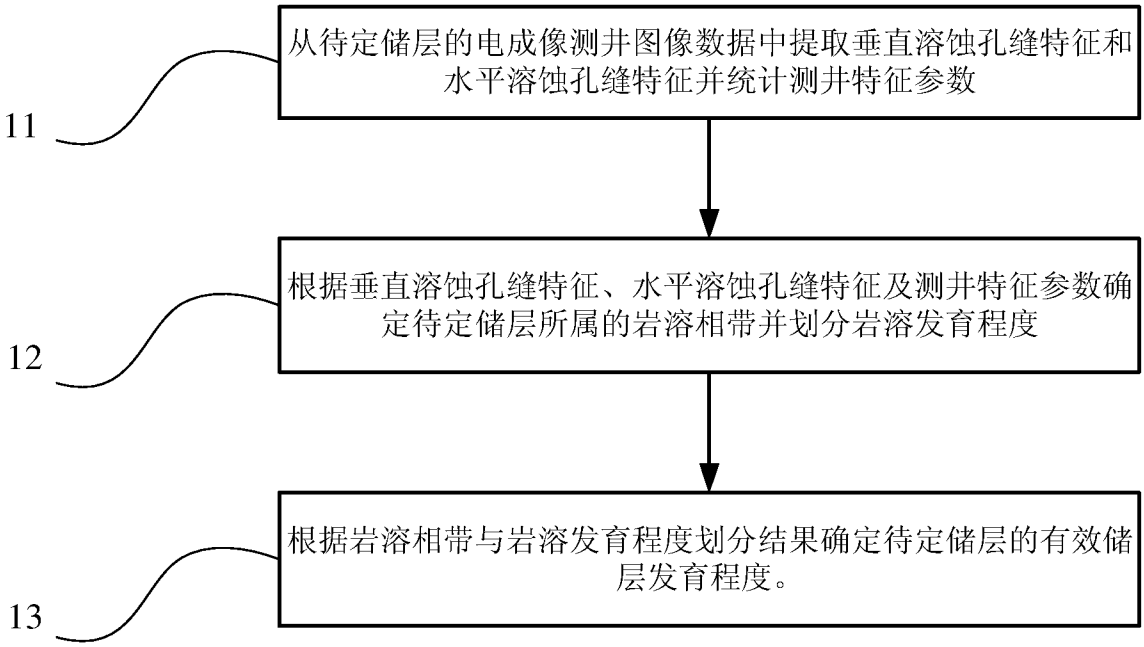

从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数
11
根据垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数确定待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度
12
根据岩溶相带与岩溶发育程度划分结果确定待定储层的有效储层发育程度。
13

图 1

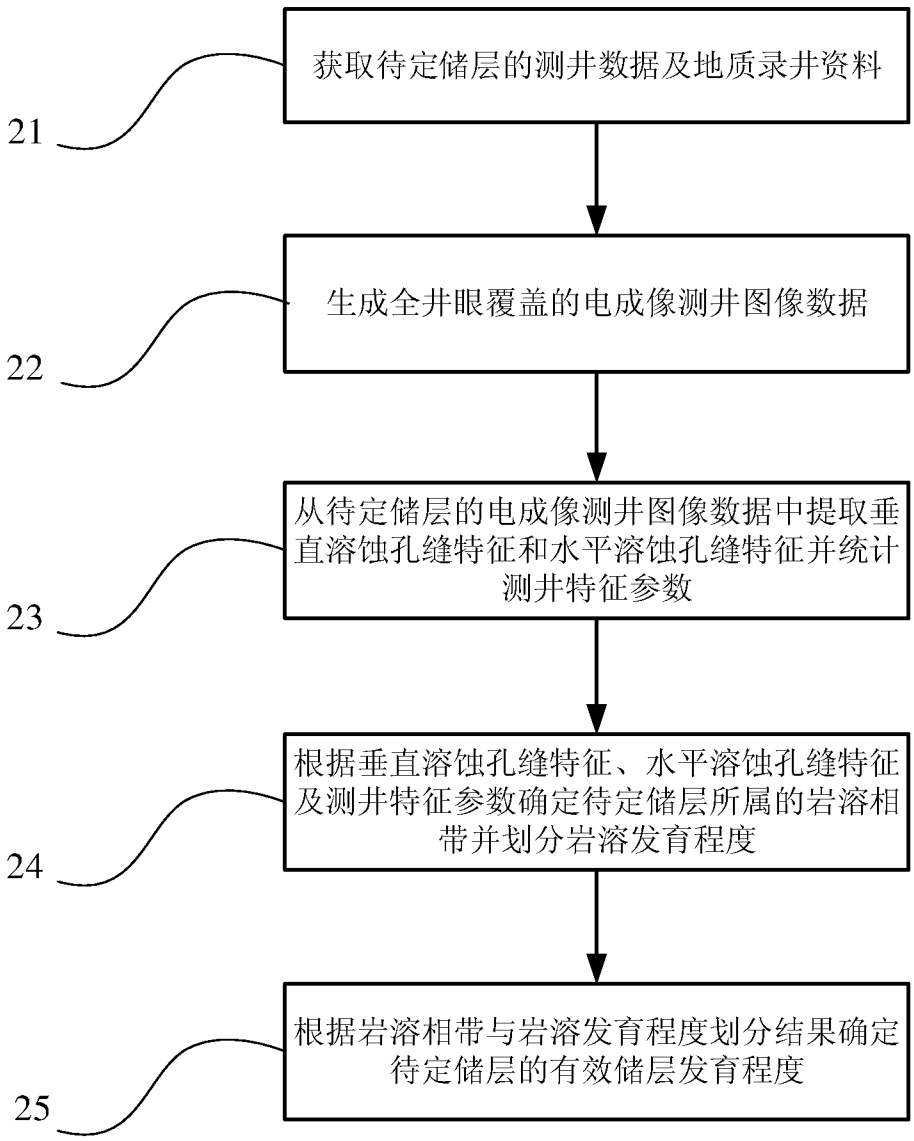

获取待定储层的测井数据及地质录井资料
21
生成全井眼覆盖的电成像测井图像数据
22
从待定储层的电成像测井图像数据中提取垂直溶蚀孔缝特征和水平溶蚀孔缝特征并统计测井特征参数
23
根据垂直溶蚀孔缝特征、水平溶蚀孔缝特征及测井特征参数确定待定储层所属的岩溶相带并划分岩溶发育程度
24
根据岩溶相带与岩溶发育程度划分结果确定待定储层的有效储层发育程度
25

图 2

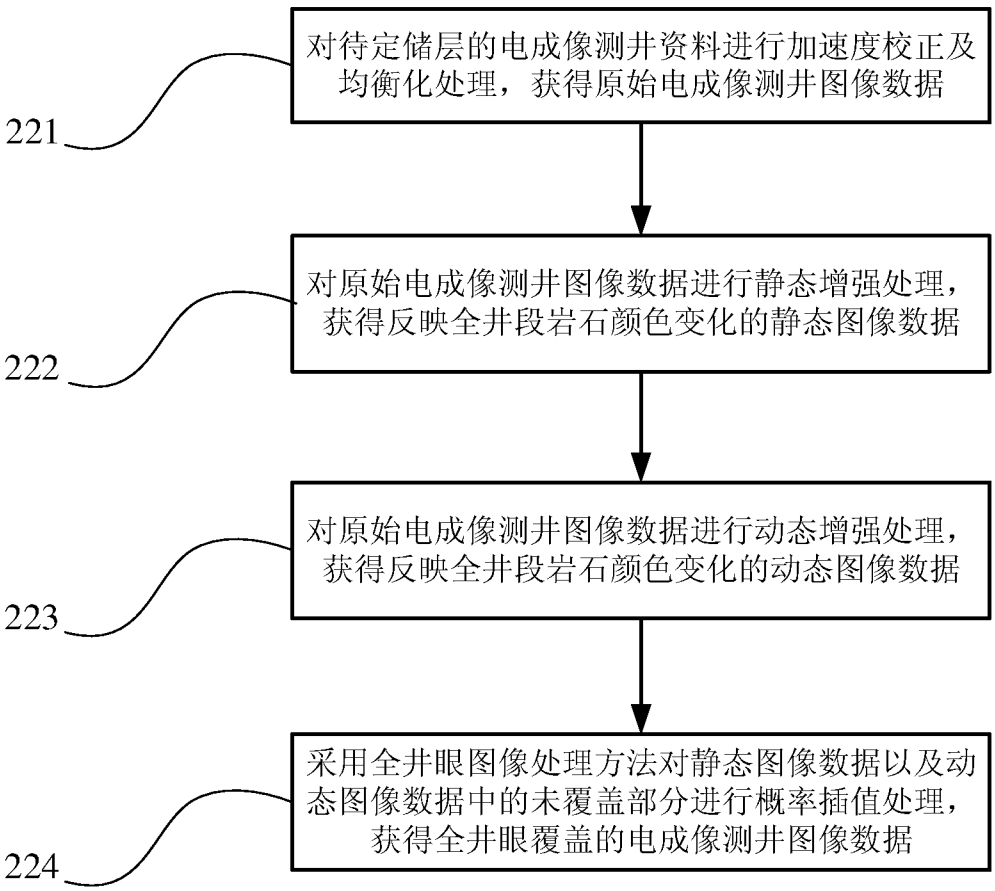

对待定储层的电成像测井资料进行加速度校正及均衡化处理，获得原始电成像测井图像数据
221
对原始电成像测井图像数据进行静态增强处理，获得反映全井段岩石颜色变化的静态图像数据
222
对原始电成像测井图像数据进行动态增强处理，获得反映全井段岩石颜色变化的动态图像数据
223
采用全井眼图像处理方法对静态图像数据以及动态图像数据中的未覆盖部分进行概率插值处理，获得全井眼覆盖的电成像测井图像数据
224

图 3

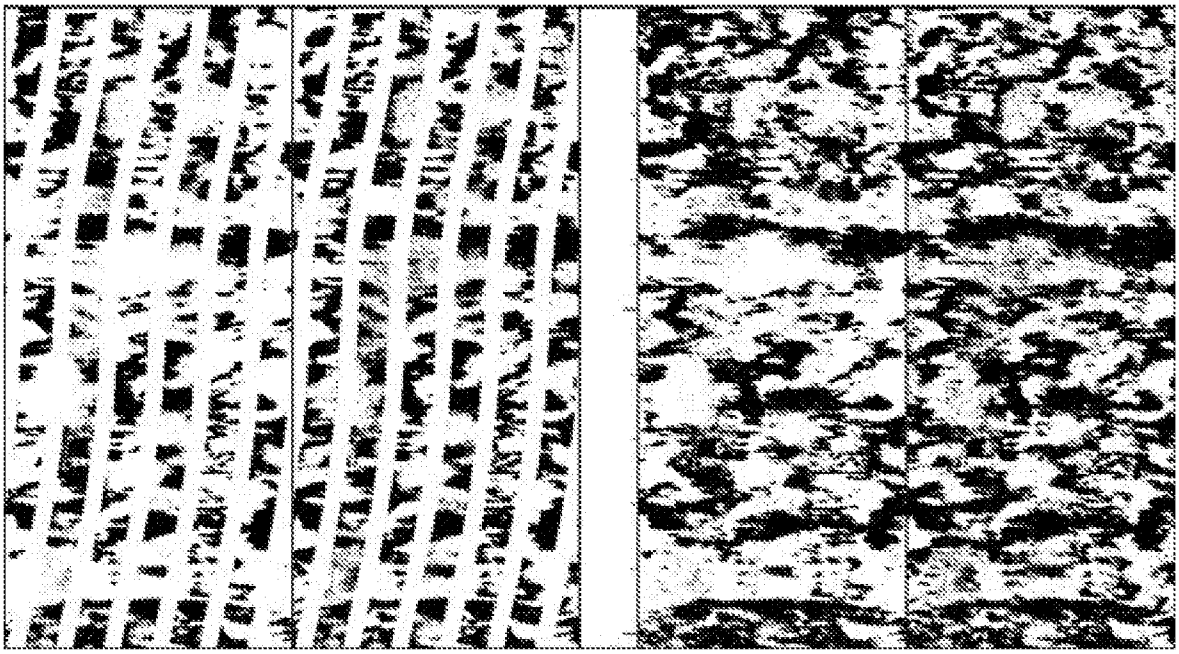


图 4

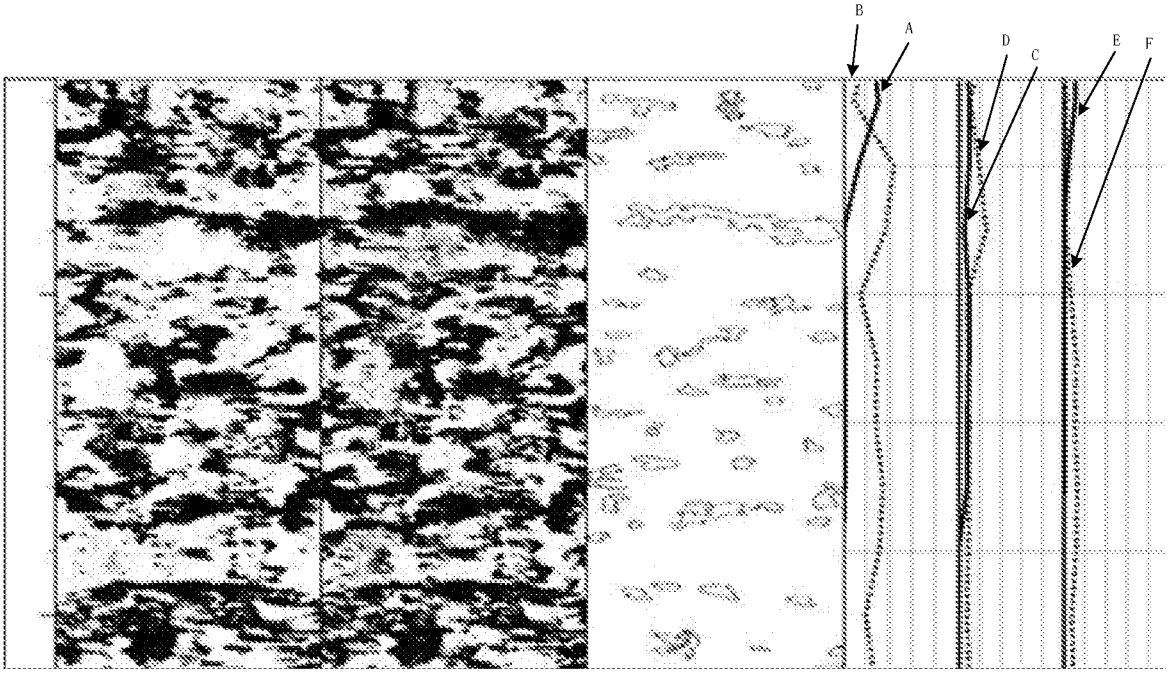


图 5

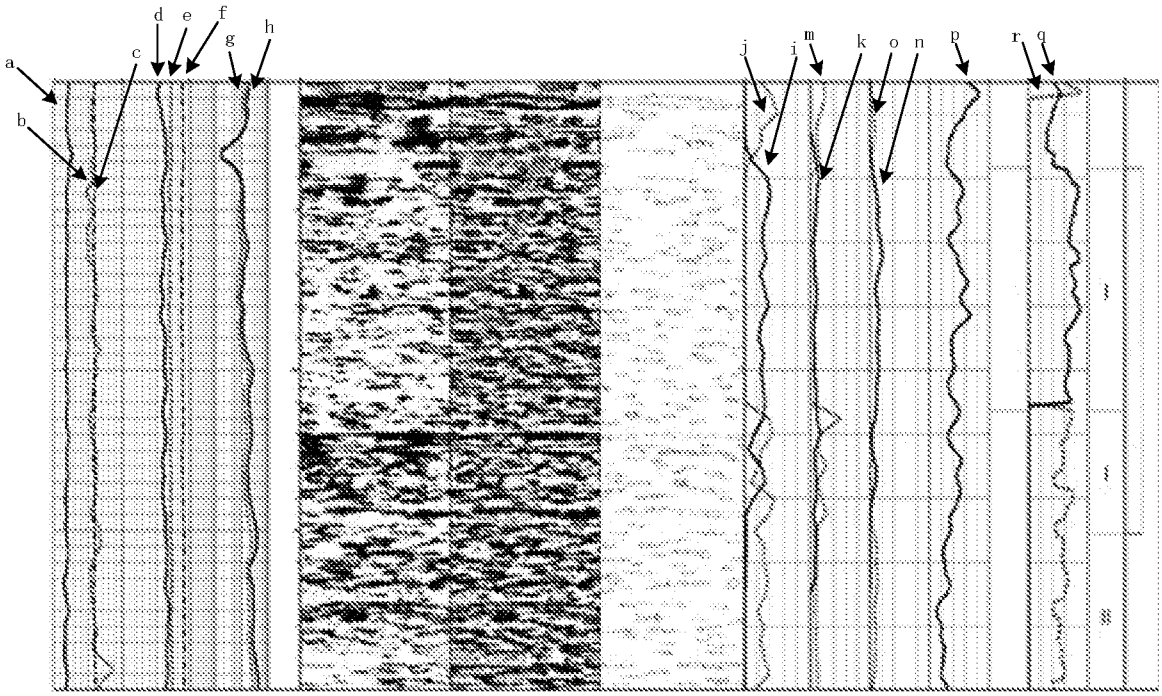


图 6

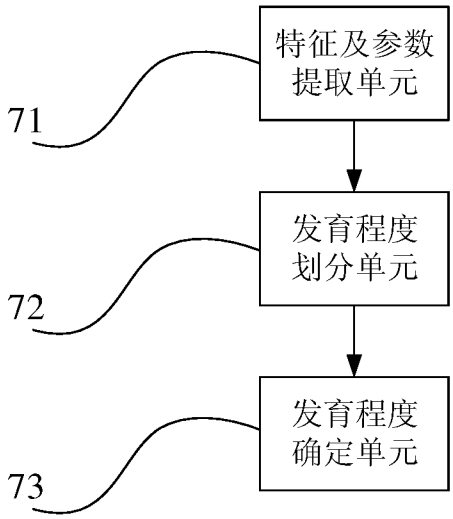


图 7

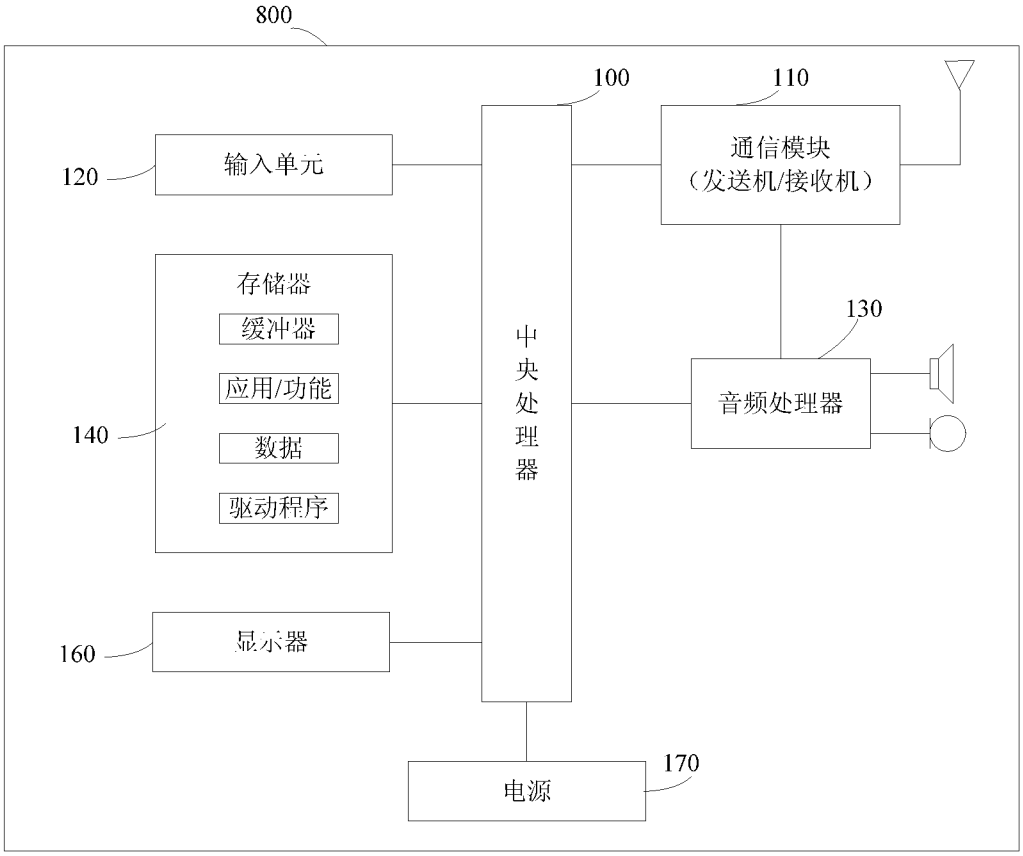

800
100
110
120
输入单元
通信模块
（发送机/接收机）
存储器
缓冲器
应用/功能
数据
驱动程序
140
中央处理器
130
音频处理器
160
显示器
170
电源

图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/112856

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21B 49/00 (2006.01) i; G01V 1/40 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
E21B, G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
CNKI, CNABS, CPRSABS: development, degree, rock, karst, confirm, calculate, logging, vertical, level, feature, parameter, phase
VEN: developmental degree, growth degree, karst, rock, determine, confirm, ensure, calculate, compute, count, logging, vertical, level, horizontal, feature, characteristic, property, parameter, phase

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105626058 A (PETROCHINA COMPANY LIMITED), 01 June 2016 (01.06.2016), claims 1-10, description, particular embodiments, and figures 1-7	1-11
A	CN 102042010 A (PETROCHINA COMPANY LIMITED), 04 May 2011 (04.05.2011), the whole document	1-11
A	CN 103529475 A (CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM (EAST CHINA)), 22 January 2014 (22.01.2014), the whole document	1-11
A	CN 104806212 A (CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM, BEIJING), 29 July 2015 (29.07.2015), the whole document	1-11
A	CN 102373923 A (PETROCHINA COMPANY LIMITED), 14 March 2012 (14.03.2012), the whole document	1-11
A	CN 101892837 A (PETROCHINA COMPANY LIMITED), 24 November 2010 (24.11.2010), the whole document	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
04 February 2017 (04.02.2017)	**13 March 2017 (13.03.2017)**
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer **CHEN, Gang** Telephone No.: (86-10) **62085154**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/112856

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010084131 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP.), 08 April 2010 (08.04.2010), the whole document	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/112856

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105626058 A	01 June 2016	None	
CN 102042010 A	04 May 2011	None	
CN 103529475 A	22 January 2014	WO 2014169499 A1	23 October 2014
CN 104806212 A	29 July 2015	None	
CN 102373923 A	14 March 2012	None	
CN 101892837 A	24 November 2010	None	
US 2010084131 A1	08 April 2010	US 8706541 B2	22 April 2014
		CA 2680958 A1	06 April 2010
		NO 20093098 A	07 April 2010

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2016/112856

A. 主题的分类

E21B 49/00(2006.01)i; G01V 1/40(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

E21B,G01V

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

CNKI，CNABS，CPRSABS：发育，程度，岩，溶，确定，计算，测井，垂直，水平，特征，参数，相； VEN：developmental degree, growth degree, karst, rock, determine, confirm, ensure,calculate, compute, count, logging, vertical, level, horizontal, feature, characteristic, property, parameter, phase

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 105626058 A (中国石油天然气股份有限公司) 2016年 6月 1日 (2016-06-01) 权利要求1-10，说明书具体实施方式，附图1-7	1-11
A	CN 102042010 A (中国石油天然气股份有限公司) 2011年 5月 4日 (2011-05-04) 全文	1-11
A	CN 103529475 A (中国石油大学华东) 2014年 1月 22日 (2014-01-22) 全文	1-11
A	CN 104806212 A (中国石油大学北京) 2015年 7月 29日 (2015-07-29) 全文	1-11
A	CN 102373923 A (中国石油天然气股份有限公司) 2012年 3月 14日 (2012-03-14) 全文	1-11
A	CN 101892837 A (中国石油天然气股份有限公司) 2010年 11月 24日 (2010-11-24) 全文	1-11

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2017年 2月 4日	2017年 3月 13日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	陈刚
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)62085154

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2009年7月)

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2010084131 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 2010年 4月 8日 (2010-04-08) 全文	1-11

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2016/112856

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105626058	A	2016年 6月 1日	无			
CN	102042010	A	2011年 5月 4日	无			
CN	103529475	A	2014年 1月 22日	WO	2014169499	A1	2014年 10月 23日
CN	104806212	A	2015年 7月 29日	无			
CN	102373923	A	2012年 3月 14日	无			
CN	101892837	A	2010年 11月 24日	无			
US	2010084131	A1	2010年 4月 8日	US	8706541	B2	2014年 4月 22日
				CA	2680958	A1	2010年 4月 6日
				NO	20093098	A	2010年 4月 7日