

(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
2018 年 2 月 15 日 (15.02.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/028258 A1

(51) 国际专利分类号:
G01N 33/24 (2006.01) **G01V 3/38** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/084304

(22) 国际申请日: 2017 年 5 月 15 日 (15.05.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610649337.4 2016 年 8 月 10 日 (10.08.2016) 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)。王克文(WANG, Kewen); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。石玉江(SHI, Yujiang); 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)。赵太平(ZHAO, Taiping); 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)。冯周(FENG, Zhou); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。张海涛(ZHANG, Haitao); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。朱保定(ZHU, Baoding); 中国北京市西城区六铺

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR DETERMINING HETEROGENEOUS CARBONATE ROCK RESERVOIR SATURATION INDEX

(54) 发明名称: 确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法及系统

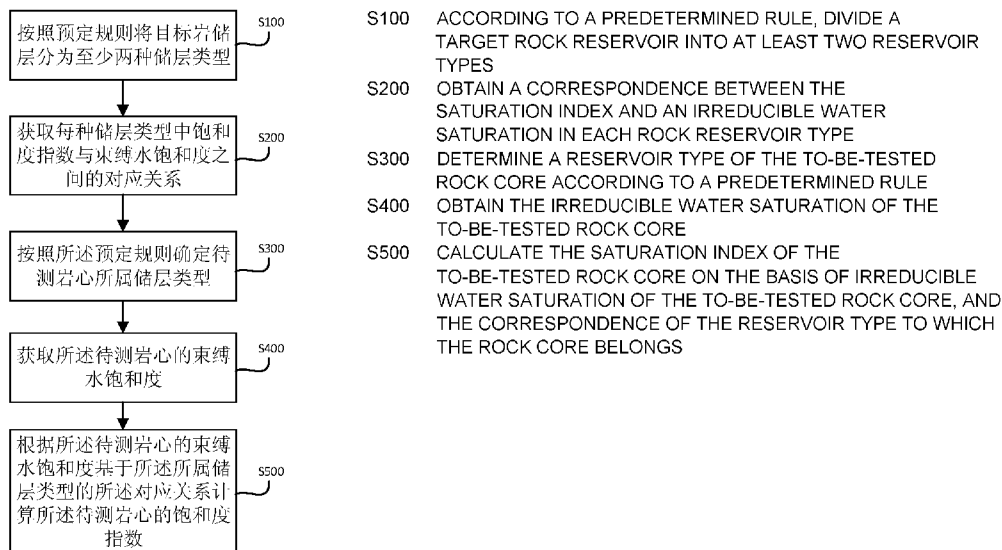


图 1

(57) Abstract: Provided are a method and system for determining a saturation index of a heterogeneous carbonate rock reservoir. The method comprises: according to a predetermined rule, dividing a target rock reservoir into at least two reservoir types (S100); obtaining a correspondence between the saturation index and an irreducible water saturation in each rock reservoir type (S200); determining a reservoir type of the to-be-tested rock core according to the predetermined rule (S300); obtaining the irreducible water saturation of the to-be-tested rock core (S400); and calculating the saturation index of the to-be-tested rock core on the basis of irreducible water

炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。 杨小明
(YANG, Xiaoming); 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。

(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))。

saturation of the to-be-tested rock core, and the correspondence of the reservoir type to which the rock core belongs (S500).

(57) 摘要: 一种确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法及系统, 该确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法包括: 按照预定规则将目标岩储层分为至少两种储层类型(S100); 获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系(S200); 按照预定规则确定待测岩心所属储层类型(S300); 获取待测岩心的束缚水饱和度(S400); 根据待测岩心的束缚水饱和度和基于所属储层类型的对应关系计算待测岩心的饱和度指数(S500)。

确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法及系统

交叉参考相关引用

本申请要求 2016 年 8 月 10 日递交的申请号为 201610649337.4、发明名称为“确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明涉及油气藏储层测井评价技术领域，特别涉及一种确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法及系统。

背景技术

储层岩石的导电性主要取决于孔隙空间中的流体性质、饱和状态及其空间分布，对非均质碳酸盐岩储层而言，孔隙结构对电阻率的影响非常显著，有时缝洞对电阻率的影响远超含油气性的影响，很多研究者试图摆脱 70 多年来单纯依赖电阻率曲线计算饱和度的传统方法，尝试利用各种非电法测井计算碳酸盐岩饱和度，但效果并不理想。因此，迄今为止，以电法测井为基础的饱和度计算依然是最切实、可行的方法。

Archie (1942) 最早提出了含油气储层电阻率增大率—含水饱和度、地层因素—孔隙度之间的关系式。李宁 (1989) 以非均匀各向异性地层模型为基础，通过完整的数学推导，给出了电阻率增大率—含水饱和度、地层因素—孔隙度之间的关系式。一般关系式从理论上解决了非均质复杂储层饱和度的精确定量计算问题，但在现有技术条件下，要将其应用到实际生产中还需要解决两个关键技术问题：首先，一般关系式是一个通解方程，不便于直接用于编程计算，即在现有测井技术条件下，确定一般关系中的所有参数相当困难，因此实际应用中需要根据实际的储层特征选择满足精度要求的最短形式（也称最佳形式）；其次，需要选择一种可靠的方法准确确定最佳形式中各个待定参数，使得最终确定的计算模型能够最大限度地反映储层电阻率与含水饱和度之间的真实规律。

以 Archie 公式为核心的含油气饱和度计算中，涉及到胶结指数 m 、饱和度指数 n 这两个重要的岩电参数。如何准确确定饱和度指数 n ，一直以来是岩石物理学家及测井分析家研究的重点。目前，确定饱和度指数 n 的方法基本上可以分为两大类：一是利用岩电实验，通过拟合电阻增大率——含水饱和度之间的关系确定；二是利用建立的饱和度和

指数 n 与孔隙度、渗透率等储层参数之间的经验关系确定。第一类方法属于直接法，是目前饱和度指数 n 确定的常规方法，但实际应用中存在两个缺点：首先，为了确定饱和度指数 n ，需要对每块岩心开展变饱和度岩电实验（如气驱法），而该实验花费的时间通常较长；其次，利用该类方法难以实现通过测井资料根据储层特性动态确定饱和度指数 n 的数值。第二类方法属于间接法，是目前国内外研究的重点，利用该类方法容易实现饱和度指数 n 的动态确定。通过研究，很多研究者也提出了根据储层物性参数，如朱家俊（2010）给出了胜利油区中高孔隙度砂岩储层饱和度指数 n 与孔隙度及地层水矿化度的关系，傅爱兵（2007）通过分段回归及相关性分析研究了饱和度指数 n 的方法。这些研究大多集中在砂岩储层，碳酸盐岩饱和度指数 n 的动态确定方法研究相对较少。此外，现有的研究更多基于饱和度指数 n 与储层孔隙度、渗透率关系分析，对于非均质复杂碳酸盐岩，研究表明相同孔隙度、渗透率下饱和度指数 n 的变化范围较大，因此如何准确确定碳酸盐岩饱和度指数 n 的数值是目前测井评价中面临的一大挑战。

发明内容

针对上述技术问题，本发明提出了一种确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法，以能够准确确定非均质碳酸盐岩饱和度指数，从而实现碳酸盐岩饱和度模型参数动态确定、提高含油气饱和度的计算精度。

为达到上述目的，本申请提供一种确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法，包括：

按照预定规则将目标岩储层分为至少两种储层类型；
获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系；
按照所述预定规则确定待测岩心所属储层类型；
获取所述待测岩心的束缚水饱和度；
根据所述待测岩心的束缚水饱和度基于所述所属储层类型的所述对应关系计算所述待测岩心的饱和度指数。

作为一种优选的实施方式，所述按照预定规则将目标岩储层分为至少两种储层类型包括：

选取多块目标岩储层的岩心样本；
按照预定规则将多块所述岩心样本分为至少两类岩心以代表至少两种储层类型。
作为一种优选的实施方式，选取 10 块以上目标岩储层的岩心样本。

作为一种优选的实施方式，所述选取多块目标岩储层的岩心样本包括：

确定目标岩储层的位置、有效厚度；

根据成像测井资料确定目标岩储层的取心位置；

在所述取心位置钻取多个岩心样本。

- 5 作为一种优选的实施方式，所述按照预定规则将多块所述岩心样本分为至少两类岩心以代表至少两种储层类型包括：

按照预定规则将多块所述岩心样本分为两类岩心；所述两类岩心包括：一类是孔洞发育但孔洞连通性差的岩心样本；另一类是含裂缝或以晶间孔为主的岩心样本。

作为一种优选的实施方式，所述预定规则包括：

- 10 若岩心对应的成像测井资料上能够看到孔洞特征但无裂缝特征，或者在孔渗交会图中该岩心的数据点位于右下方，或者岩心观察时肉眼能够看到溶蚀孔洞但无微裂缝存在，则该岩心可以归为孔洞发育但孔洞连通性差的岩心，否则岩心可以归类于含裂缝或以晶间孔为主的岩心。

- 15 作为一种优选的实施方式，所述获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系包括：

获取每块所述岩心样本的束缚水饱和度；

获取每块所述岩心样本的饱和度指数；

将每种储层类型中所述岩心样本的饱和度指数与束缚水饱和度线性拟合以获得每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度的对应关系；所述对应关系如下：

- 20 $n=aS_{wir}+b;$

n 为饱和度指数； S_{wir} 为束缚水饱和度。

作为一种优选的实施方式，所述获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系还包括：

根据所述束缚水饱和度选取每种储层类型中部分数量的所述岩心样本；

- 25 相对应的，所述获取每块所述岩心样本的饱和度指数包括：

获取每种储层类型中部分数量的所述岩心样本中每块所述岩心样本的饱和度指数。

作为一种优选的实施方式，所述获取每块所述岩心样本的束缚水饱和度包括：

对每块所述岩心样本进行孔渗参数测量及离心实验以确定束缚水饱和度。

作为一种优选的实施方式，所述获取每块所述岩心样本的饱和度指数包括：

对每种储层类型中部分数量的所述岩心样本进行岩电实验以获取饱和度指数。

作为一种优选的实施方式，所述获取所述待测岩心的束缚水饱和度包括：

对所述待测岩心进行孔渗参数测量及离心实验以确定束缚水饱和度。

一种确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的系统，包括：

5 划分装置，用于按照预定规则将目标岩储层分为至少两种储层类型；

第一获取装置，用于获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系；

确定装置，用于按照所述预定规则确定待测岩心所属储层类型；

第二获取装置，用于获取所述待测岩心的束缚水饱和度；

10 计算装置，用于根据所述待测岩心的束缚水饱和度基于所述所属储层类型的所述对应关系计算所述待测岩心的饱和度指数。

通过以上描述可以看出，与传统储层饱和度指数 n 的确定方法相比，本发明提出的方法具有以下几个显著的优点：（1）确定方法简便：一旦该地区饱和度 n 与束缚水饱和度和 S_{wir} 之间的关系建立，利用该方法，不需再对目的层段岩心进行储层条件岩电实验，

15 即可通过束缚水饱和度确定该地区其它层储层饱和度指数 n 的数值，从而克服了储层条件岩电实验复杂的困难；（2）参数更为准确：利用该方法能够根据目的层位不同储层特征确定对应的饱和度指数，体现了不同孔隙结构对电性影响的差异；（3）便于利用测井资料动态确定：利用该方法，利用测井资料能够方便地实现饱和度指数 n 的动态计算，从而提高了复杂碳酸盐岩油气饱和度的计算精度。

20

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

25

图1是本申请一种实施方式所提供的确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法步骤流程图；

图2是长庆油田孔洞发育但孔洞连通性差的储层饱和度指数 n 与束缚水饱和度 S_{wir} 之间的对应关系图；

30

图3是长庆油田含裂缝或以晶间孔为主的储层饱和度指数 n 与束缚水饱和度 S_{wir} 之

间的对应关系图。

具体实施方式

为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案，下面将结合本申请实施
5 例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实
施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领
域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于
本发明保护的范围。

如图 1 所示，本申请一种实施方式提供一种确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的
10 方法，该方法包括以下步骤：

S100：按照预定规则将目标岩储层分为至少两种储层类型；

该步骤是考虑了非均质碳酸盐岩储层的孔隙结构特征，将目标岩储层分为至少两种
储层类型。不同储层类型的孔隙结构存在差别。

在一个实施方式中，所述按照预定规则将目标岩储层分为至少两种储层类型（步骤
15 S100）包括以下子步骤：

S110、选取多块目标岩储层的岩心样本；

为较好的反映储层类别，在本步骤中，优选地选取 10 块以上目标岩储层的岩心样本。

该步骤 S110 中可以选取研究区域有代表性的岩心样本，是指在对常规、成像测井等
资料综合分析基础之上，确定目的层位的位置、有效厚度，并根据常规、成像测井等资
20 料在纵向上的变化特征，确定取心位置并钻取有代表性的岩心样本。

具体地，所述选取多块目标岩储层的岩心样本（步骤 S110）可以包括以下子步骤：

S111、确定目标岩储层的位置、有效厚度；S112、根据成像测井资料确定目标岩储层的
取心位置；S113、在所述取心位置钻取多个岩心样本。

S120、按照预定规则将多块所述岩心样本分为至少两类岩心以代表至少两种储层类
25 型；

在本步骤中，通过岩心样本的孔洞特征来代表其所在储层的孔洞特征，这也是上一
步骤 S110 选多 10 块以上岩心样本的目的，以更精细准确地通过岩心样本来代表所在岩
储层的特征。

较佳的，所述按照预定规则将多块所述岩心样本分为至少两类岩心以代表至少两种
30 储层类型（步骤 S120）可以包括：S121、按照预定规则将多块所述岩心样本分为两类岩

心；所述两类岩心包括：一类是孔洞发育但孔洞连通性差的岩心样本（第一类）；另一类是含裂缝或以晶间孔为主的岩心样本（第二类）。

其中，所述预定规则可以包括：若岩心对应的成像测井资料上能够看到孔洞特征但无裂缝特征，或者在孔渗交会图（孔隙度-渗透率交会图）中该岩心的数据点位于右下方，或者岩心观察时肉眼能够看到溶蚀孔洞但无微裂缝存在，则该岩心可以归为孔洞发育但孔洞连通性差的岩心，否则岩心可以归类于含裂缝或以晶间孔为主的岩心。

S200：获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系；

其中，本步骤 S200 可以通过以下步骤执行：S210、获取每块所述岩心样本的束缚水饱和度；S220、获取每块所述岩心样本的饱和度指数；S230、将每种储层类型中所述岩心样本的饱和度指数与束缚水饱和度线性拟合以获得每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度的对应关系。所述对应关系为： $n=aS_{wir}+b$ ；其中， n 为饱和度指数； S_{wir} 为束缚水饱和度。

在步骤 S200 中，首先对所选取的岩心样本，进行孔隙度、渗透率参数测量，然后对所选择的岩心进行离心实验。实验中离心力的选择应参考储层的孔隙及压力特性。离心实验中，应先测量岩心样本的饱含水重量，然后在一定转速（或者说离心力）下进行离心实验，实验结束后测量离心后的岩心样本重量，并计算岩心的束缚水饱和度。即，所述获取每块所述岩心样本的束缚水饱和度（步骤 S210）可以包括：对每块所述岩心样本进行孔渗参数测量及离心实验以确定束缚水饱和度。

实验中地层水的类型及矿化度根据研究区域地层水分析资料确定，实验温度以及围压根据目的层段的储层温度及压力确定。在（驱替）岩电实验基础上，绘制岩心样本的电阻增大率与含水饱和度之间的关系图，并利用 Archie 公式（阿尔奇公式）确定每块岩心饱和度指数 n 的数值。即，所述获取每块所述岩心样本的饱和度指数（S220）可以包括：对每种储层类型中部分数量的所述岩心样本进行岩电实验以获取饱和度指数。

进一步的，为获取合理准确的计算结果，所述获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系（步骤 S200）还可以包括步骤：S225、根据所述束缚水饱和度选取每种储层类型中部分数量的所述岩心样本。

相对应的，所述获取每块所述岩心样本的饱和度指数步骤 S230 则包括（为）：S231、获取每种储层类型中部分数量的所述岩心样本中每块所述岩心样本的饱和度指数。

通过步骤 S225 可以剔除不合理的数据，即，束缚水饱和度明显不符合该岩心样本所

在储层类别，从而提高计算的精度。研究表明，第一类岩心束缚水饱和度通常较低，第二类岩心的束缚水饱和度通常较高。在每一类岩心中，根据束缚水饱和度的数值选择有代表性的岩心开展岩电实验。例如：若研究区域，第一类岩心束缚水饱和度最大为 50%，则需在第一类岩心中选择束缚水饱和度在 0-50%的具有代表性岩心进行岩电实验，大于 50%的数据可以剔除。剔除不合理的岩心样本后，对剩余的岩心样本每块均进行岩电实验（即步骤 S231）。

在步骤 S230 中，根据所选择的具有代表性岩心的束缚水饱和度 S_{wir} 、饱和度指数 n 的计算结果，通过拟合确定该地区不同储层类型饱和度指数 n 与束缚水饱和度 S_{wir} 之间的关系，以上述两类储层类型为例：

第 1 类：孔洞发育但孔洞连通性差的储层的饱和度指数与束缚水饱和度的对应关系为：

$$n=a_1S_{wir}+b_1 \quad (1)$$

第 2 类：含裂缝或以晶间孔为主的储层的饱和度指数与束缚水饱和度的对应关系为

$$n=a_2S_{wir}+b_2 \quad (2)$$

上述公式中的参数 a_1 、 b_1 和 a_2 、 b_2 对特定地区的特定层位而言是常数，但不同地区、不同层位上述参数的数值存在差异，参数 a_1 、 b_1 和 a_2 、 b_2 的数值可通过岩心实验确定。

S300：按照所述预定规则确定待测岩心所属储层类型；

在本步骤中，S300 可以通过上述预定规则确认待测岩心所属储层类型，待测岩心未进行岩电实验。

其中，所述预定规则可以包括：若岩心对应的成像测井资料上能够看到孔洞特征但无裂缝特征，或者在孔渗交会图中该岩心的数据点位于右下方，或者岩心观察时肉眼能够看到溶蚀孔洞但无微裂缝存在，则该岩心可以归为孔洞发育但孔洞连通性差的岩心，否则岩心可以归类于含裂缝或以晶间孔为主的岩心。

S400：获取所述待测岩心的束缚水饱和度；

在本步骤中，对待测岩心进行孔隙度、渗透率参数测量，然后待测岩心进行离心实验。实验中离心力的选择应参考储层的孔隙及压力特性。离心实验中，应先测量待测岩心的饱含水重量，然后在一定转速（或者说离心力）下进行离心实验，实验结束后测量离心后的待测岩心重量，并计算待测岩心的束缚水饱和度。

S500：根据所述待测岩心的束缚水饱和度基于所述所属储层类型的所述对应关系计算所述待测岩心的饱和度指数。

比如,通过步骤 S300 确定待测岩心所属储层类型为第 1 类,通过步骤 S400 确定其束缚水饱和度为 $S_{wir待}$,在步骤 S500 中即为将 $S_{wir待}$ 带入步骤 S230 中第 1 类储层类型中的饱和度指数与束缚水饱和度的对应关系,从而得到待测岩心的饱和度指数 $n_{待} = a_1 S_{wir待} + b_1$ 。

- 5 通过以上描述可以看出,与传统储层饱和度指数 n 的确定方法相比,本发明提出的方法具有以下几个显著的优点:(1) 确定方法简便:一旦该地区饱和度 n 与束缚水饱和度 S_{wir} 之间的关系建立,利用该方法,不需再对目的层段岩心进行储层条件岩电实验,即可通过束缚水饱和度确定该地区其它层储层饱和度指数 n 的数值,从而克服了储层条件岩电实验复杂的困难;(2) 参数更为准确:利用该方法能够根据目的层位不同储层特征确定对应的饱和度指数,体现了不同孔隙结构对电性影响的差异;(3) 便于利用测井资料动态确定:利用该方法,利用测井资料能够方便地实现饱和度指数 n 的动态计算,从而提高了复杂碳酸盐岩油气饱和度的计算精度。
- 10

下面结合附图,对本发明的具体实施方式作进一步的详细说明。

- 在对长庆油田某层段常规、成像测井等资料综合分析基础之上,确定了目的层位的位置、有效厚度,并根据常规、成像测井等资料在纵向上的变化特征,确定取心位置并钻取有代表性的柱塞岩心 19 块(此为岩心样本)。
- 15

首先对所选取的 19 块柱塞岩心,进行孔隙度、渗透率参数测量,然后对所选择的岩心进行离心实验。离心实验中,先测量了每块岩心饱含水重量,然后在转速为 3000 转/秒下进行离心实验,实验结束后测量每块岩心离心后的重量。

- 20 根据所选取岩心对应深度的成像测井资料、孔渗特性及岩心观察将上述 19 块岩心分为孔隙结构不同的两类:一类是孔洞发育但孔洞连通性差的岩心,共 10 块,另一类是含裂缝或以晶间孔为主的岩心,共 9 块。根据岩心孔隙结构进行分类的具体方法为:若岩心对应的成像测井资料上能够看到孔洞特征但无裂缝特征,或者在孔渗交会图中该岩心的数据点位于右下方,或者岩心观察时肉眼能够看到溶蚀孔洞但无微裂缝存在,则该岩心可以归为孔洞发育但孔洞连通性差的岩心,否则岩心可以归类于第二类,即含裂缝或以晶间孔为主的岩心。若岩心进行了三维 CT 测试,则根据 CT 资料将岩心划分为孔洞发育但孔洞连通性差的岩心、含裂缝或以晶间孔为主的岩心,更为简便、准确。
- 25

- 对上述两类不同孔隙结构的岩心,根据束缚水饱和度选择具有代表性的岩心开展储层条件驱替岩电实验,并计算岩心的饱和度指数 n 。根据束缚水饱和度,选择长庆油田某层位第一类(即孔洞发育但孔洞连通性差)岩心 7 块、第二类(即含裂缝或以晶间孔
- 30

为主)岩心5块开展了储层条件半渗透隔板气驱岩电实验。实验中,饱和盐水的矿化度为100000ppm、水型为NaCl型,地层水电阻率 R_w 为0.032欧姆·米。根据目的区域储层深度,实验中围压为15MPa。

根据实验中获得的不同含水饱和度下岩心的电阻率,绘制了每块岩心电阻增大率与含水饱和度之间的关系图,并利用 Archie 公式确定了每块岩心饱和度指数 n 的数值。

根据所选择的具有代表性岩心的束缚水饱和度 Sw_{ir} 、饱和度指数 n 的计算结果,通过拟合确定该地区不同储层类型饱和度指数 n 与束缚水饱和度 Sw_{ir} 之间的关系:

长庆油田某层位第一类储层,即孔洞发育但孔洞连通性差的储层束缚水饱和度 Sw_{ir} 与饱和度指数 n 之间的关系图为附图2所示,定量拟合关系式为:

$$n=2.342Sw_{ir}+0.857 \quad (1)$$

长庆油田某层位第二类储层,即含裂缝或以晶间孔为主的储层束缚水饱和度 Sw_{ir} 与饱和度指数 n 之间的关系图为附图3所示,定量拟合关系式为:

$$n=-1.957Sw_{ir}+2.919 \quad (2)$$

对长庆油田某层段未进行储岩电实验的岩心A、B(此为待测岩心),首先分析这两块岩心的孔隙结构类型,按照上述分析方法(预定规则),确定岩心A为第一类,岩心B为第二类,根据离心结果计算该岩心A的束缚水饱和度 Sw_{ir} 为0.38,岩心B的束缚水饱和度 Sw_{ir} 为0.71,利用前述已经建立的两类储层岩心束缚水饱和度 Sw_{ir} 与饱和度指数 n 之间的关系,可以快速准确地计算得到岩心A的饱和度指数为1.75,岩心B的饱和度指数为1.53。类似地,可以利用上述方法确定其它岩心及对应层段储层的饱和度指数。

本发明另一种实施方式还提供一种确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的系统,该确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的系统中包括:划分装置,用于按照预定规则将目标岩储层分为至少两种储层类型;第一获取装置,用于获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系;确定装置,用于按照所述预定规则确定待测岩心所属储层类型;第二获取装置,用于获取所述待测岩心的束缚水饱和度;计算装置,用于根据所述待测岩心的束缚水饱和度基于所述所属储层类型的所述对应关系计算所述待测岩心的饱和度指数。

本实施方式中的确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的系统与本发明的确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法中的实施方式相对应,可以实现本申请的确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法的实施方式并达到方法实施方式的技术效果,具体的本申请在此不再赘述。

以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征及本发明的优点。本行业的技术人员应该了解，本发明不受上述实施例的限制，上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理，在不脱离本发明精神和范围的前提下，本发明还会有各种变化和改进，这些变化和改进都落入本发明要求保护的范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求

5 书及其等效物界定。

权 利 要 求 书

1.一种确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的方法，其特征在于，包括：

按照预定规则将目标岩储层分为至少两种储层类型；

获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系；

5 按照所述预定规则确定待测岩心所属储层类型；

获取所述待测岩心的束缚水饱和度；

根据所述待测岩心的束缚水饱和度基于所述所属储层类型的所述对应关系计算所述待测岩心的饱和度指数。

10 2.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述按照预定规则将目标岩储层分为至少两种储层类型包括：

选取多块目标岩储层的岩心样本；

按照预定规则将多块所述岩心样本分为至少两类岩心以代表至少两种储层类型。

15 3.如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，选取 10 块以上目标岩储层的岩心样本。

4.如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述选取多块目标岩储层的岩心样本包括：

确定目标岩储层的位置、有效厚度；

20 根据成像测井资料确定目标岩储层的取心位置；

在所述取心位置钻取多个岩心样本。

5.如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述按照预定规则将多块所述岩心样本分为至少两类岩心以代表至少两种储层类型包括：

25 按照预定规则将多块所述岩心样本分为两类岩心；所述两类岩心包括：一类是孔洞发育但孔洞连通性差的岩心样本；另一类是含裂缝或以晶间孔为主的岩心样本。

6.如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述预定规则包括：

30 若岩心对应的成像测井资料上能够看到孔洞特征但无裂缝特征，或者在孔渗交会图中该岩心的数据点位于右下方，或者岩心观察时肉眼能够看到溶蚀孔洞但无微裂缝存

在，则该岩心可以归为孔洞发育但孔洞连通性差的岩心，否则岩心可以归类于含裂缝或以晶间孔为主的岩心。

7.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系包括：

获取每块所述岩心样本的束缚水饱和度；

获取每块所述岩心样本的饱和度指数；

将每种储层类型中所述岩心样本的饱和度指数与束缚水饱和度线性拟合以获得每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度的对应关系；所述对应关系如下：

$$n=aSwir+b;$$

n 为饱和度指数；Swir 为束缚水饱和度。

8.如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系还包括：

根据所述束缚水饱和度选取每种储层类型中部分数量的所述岩心样本；

相对应的，所述获取每块所述岩心样本的饱和度指数包括：

获取每种储层类型中部分数量的所述岩心样本中每块所述岩心样本的饱和度指数。

9.如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述获取每块所述岩心样本的束缚水饱和度和度包括：

对每块所述岩心样本进行孔渗参数测量及离心实验以确定束缚水饱和度。

10.如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述获取每块所述岩心样本的饱和度指数包括：

对每种储层类型中部分数量的所述岩心样本进行岩电实验以获取饱和度指数。

11.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述获取所述待测岩心的束缚水饱和度包括：

对所述待测岩心进行孔渗参数测量及离心实验以确定束缚水饱和度。

12.一种确定非均质碳酸盐岩储层饱和度指数的系统，其特征在于，包括：

划分装置，用于按照预定规则将目标岩储层分为至少两种储层类型；

第一获取装置，用于获取每种储层类型中饱和度指数与束缚水饱和度之间的对应关系；

确定装置，用于按照所述预定规则确定待测岩心所属储层类型；

5 第二获取装置，用于获取所述待测岩心的束缚水饱和度；

计算装置，用于根据所述待测岩心的束缚水饱和度基于所述所属储层类型的所述对应关系计算所述待测岩心的饱和度指数。

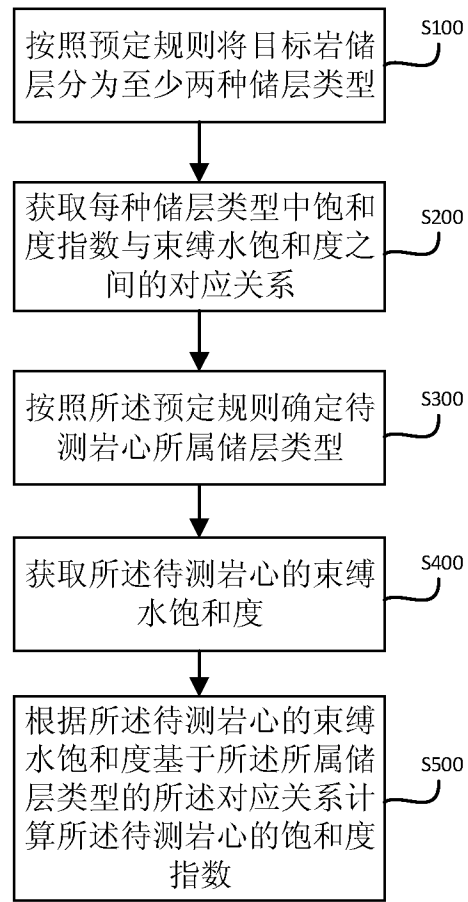


图 1

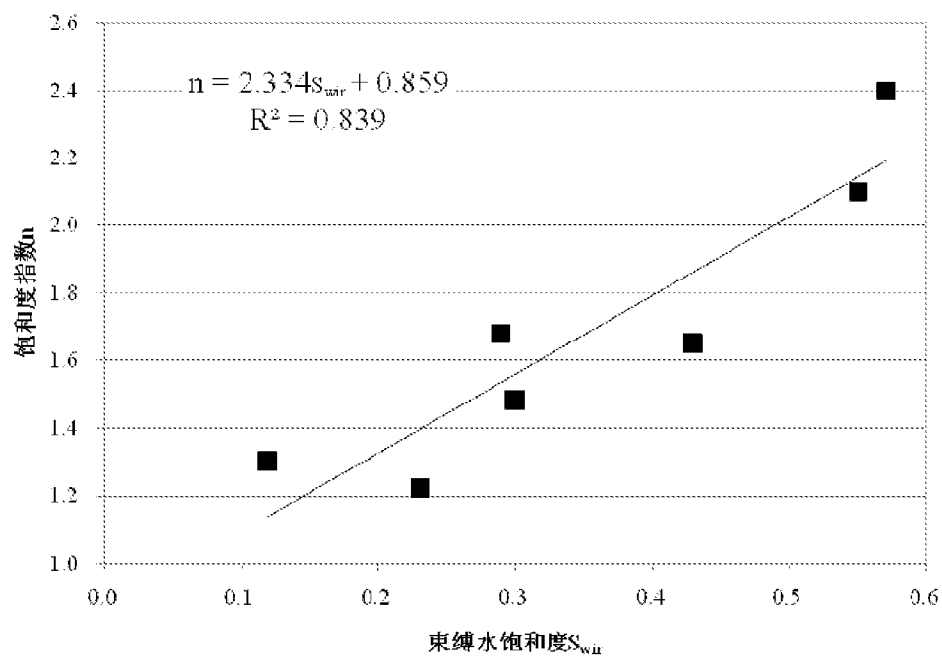


图 2

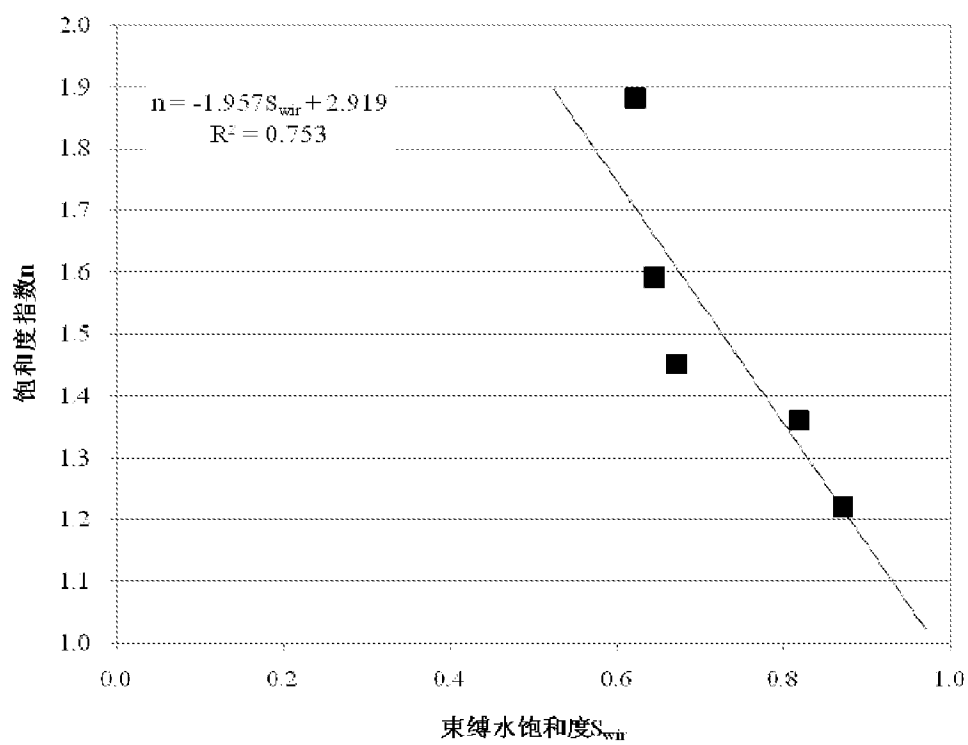


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/084304

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 33/24 (2006.01) i; G01V 3/38 (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)

G01N G01V E21B

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&CNTXT: saturation index, irreducible water saturation, reservoir, type, carbonate, heterogeneous

VEN: saturation index, irreducible water, reservoir, type, carbonate, heterogeneous

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102175832 A (PETROCHINA COMPANY LIMITED), 07 September 2011 (07.09.2011), the whole document	1-12
A	CN 102434152 A (PETROCHINA COMPANY LIMITED), 02 May 2012 (02.05.2012), the whole document	1-12
A	CN 103422853 A (CHINA NATIONAL PETROLEUM CORPORATION; CNPC LOGGING CO., LTD.), 04 December 2013 (04.12.2013), the whole document	1-12
A	CN 103543474 A (CHINA PETROLEUM AND CHEMICAL CORPORATION; SINOPEC PETROLEUM EXPLORATION AND DEVELOPMENT RESEARCH INSTITUTE), 29 January 2014 (29.01.2014), the whole document	1-12
A	CN 104278989 A (PETROCHINA COMPANY LIMITED), 14 January 2015 (14.01.2015), the whole document	1-12
A	CN 105445441 A (PETROCHINA COMPANY LIMITED), 30 March 2016 (30.03.2016), the whole document	1-12
A	WO 2006063711 A2 (SERVICES PETROLIERS SCHLUMBERGER et al.), 22 June 2006 (22.06.2006), the whole document	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 11 August 2017 (11.08.2017)	Date of mailing of the international search report 01 September 2017 (01.09.2017)
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 HUANG, Bin Telephone No.: (86-10) 62085162

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/084304**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 2005030019 A1 (FLEURY, M.), 10 February 2005 (10.02.2005), the whole document	1-12
A	WO 2013180593 A1 (OBSHESTVO S OGRANICHENNOY OTVETSTVENNOSTYU SPLIT), 05 December 2013 (05.12.2013), the whole document	1-12
A	ZHAO, Liangxiao et al., "Calculation Methods of The Oil and Gas Saturation in Complex Carbonate Reservoir", NATURAL GAS INDUSTRY, volume 25, number 9, 30 September 2005 (30.09.2005), pages 42-44	1-12
A	ZHEN, Tingjiang, "Study on Saturation Index of Heterogeneous Carbonates", WELL LOGGING TECHNOLOGY, volume 21, number 4, 30 April 1997 (30.04.1997), pages 254-257	1-12
PX	CN 106093350 A (PETROCHINA COMPANY LIMITED), 09 November 2016 (09.11.2016), description, paragraphs 46-77, and figure 1	12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2017/084304

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102175832 A	07 September 2011	CN 102175832 B	16 October 2013
CN 102434152 A	02 May 2012	CN 102434152 B	23 July 2014
CN 103422853 A	04 December 2013	CN 103422853 B	26 October 2016
CN 103543474 A	29 January 2014	None	
CN 104278989 A	14 January 2015	CN 104278989 B	15 February 2017
CN 105445441 A	30 March 2016	CN 105445441 B	13 June 2017
WO 2006063711 A2	22 June 2006	CA 2591484 A1	22 June 2006
		MX 2007007060 A	07 August 2007
		EA 200701298 A1	28 April 2008
		CA 2591484 C	18 July 2017
		WO 2006063711 A3	20 July 2006
		EP 1672392 B1	28 October 2009
		DE 602004023869 D1	10 December 2009
		EA 011046 B1	30 December 2008
		US 8301381 B2	30 October 2012
		AT 447192 T	15 November 2009
		US 2009292472 A1	26 November 2009
		EP 1672392 A1	21 June 2006
US 2005030019 A1	10 February 2005	FR 2844360 B1	15 October 2004
		EP 1398630 B1	22 March 2006
		US 6879154 B2	12 April 2005
		DE 60304138 T2	21 December 2006
		NO 20033998 A	12 March 2004
		NO 20033998 D0	10 September 2003
		EP 1398630 A1	17 March 2004
		FR 2844360 A1	12 March 2004
		DE 60304138 D1	11 May 2006
WO 2013180593 A1	05 December 2013	RU 2012122613 A	10 December 2013
		RU 2503040 C1	27 December 2013
CN 106093350 A	09 November 2016	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/084304

A. 主题的分类

G01N 33/24(2006.01)i; G01V 3/38(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)

G01N G01V E21B

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&CNTXT:饱和度指数, 束缚水饱和度, 储层, 类型, 碳酸盐, 非均质 VEN:saturation index, irreducible water, reservoir, type, carbonate, heterogeneous

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	CN 102175832 A (中国石油天然气股份有限公司) 2011年 9月 7日 (2011 - 09 - 07) 全文	1-12
A	CN 102434152 A (中国石油天然气股份有限公司) 2012年 5月 2日 (2012 - 05 - 02) 全文	1-12
A	CN 103422853 A (中国石油天然气集团公司 中国石油集团测井有限公司) 2013年 12月 4日 (2013 - 12 - 04) 全文	1-12
A	CN 103543474 A (中国石油化工股份有限公司 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院) 2014年 1月 29日 (2014 - 01 - 29) 全文	1-12
A	CN 104278989 A (中国石油天然气股份有限公司) 2015年 1月 14日 (2015 - 01 - 14) 全文	1-12
A	CN 105445441 A (中国石油天然气股份有限公司) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 全文	1-12
A	WO 2006063711 A2 (SERVICES PETROLIERS SCHLUMBERGER等) 2006年 6月 22日 (2006 - 06 - 22) 全文	1-12

☒ 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

2017年 8月 11日

国际检索报告邮寄日期

2017年 9月 1日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

受权官员

黄斌

电话号码 (86-10)62085162

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/084304

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 2005030019 A1 (FLEURY MARC) 2005年 2月 10日 (2005 - 02 - 10) 全文	1-12
A	WO 2013180593 A1 (OBSHESTVO S OGRANICHENNOY OTVETSTVENNOSTYU SPLIT) 2013年 12月 5日 (2013 - 12 - 05) 全文	1-12
A	赵良孝等. “复杂碳酸盐岩储层含油气饱和度计算方法探索” 天然气工业, 第25卷, 第9期, 2005年 9月 30日 (2005 - 09 - 30), 第42-44页	1-12
A	甄廷江. “非均质碳酸盐岩饱和度指数研究” 测井技术, 第21卷, 第4期, 1997年 4月 30日 (1997 - 04 - 30), 第254-257页	1-12
PX	CN 106093350 A (中国石油天然气股份有限公司) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 说明书第46-77段、附图1	12

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/084304

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	102175832	A	2011年 9月 7日	CN	102175832	B	2013年 10月 16日
CN	102434152	A	2012年 5月 2日	CN	102434152	B	2014年 7月 23日
CN	103422853	A	2013年 12月 4日	CN	103422853	B	2016年 10月 26日
CN	103543474	A	2014年 1月 29日	无			
CN	104278989	A	2015年 1月 14日	CN	104278989	B	2017年 2月 15日
CN	105445441	A	2016年 3月 30日	CN	105445441	B	2017年 6月 13日
WO	2006063711	A2	2006年 6月 22日	CA	2591484	A1	2006年 6月 22日
				MX	2007007060	A	2007年 8月 7日
				EA	200701298	A1	2008年 4月 28日
				CA	2591484	C	2017年 7月 18日
				WO	2006063711	A3	2006年 7月 20日
				EP	1672392	B1	2009年 10月 28日
				DE	602004023869	D1	2009年 12月 10日
				EA	011046	B1	2008年 12月 30日
				US	8301381	B2	2012年 10月 30日
				AT	447192	T	2009年 11月 15日
				US	2009292472	A1	2009年 11月 26日
				EP	1672392	A1	2006年 6月 21日
US	2005030019	A1	2005年 2月 10日	FR	2844360	B1	2004年 10月 15日
				EP	1398630	B1	2006年 3月 22日
				US	6879154	B2	2005年 4月 12日
				DE	60304138	T2	2006年 12月 21日
				NO	20033998	A	2004年 3月 12日
				NO	20033998	D0	2003年 9月 10日
				EP	1398630	A1	2004年 3月 17日
				FR	2844360	A1	2004年 3月 12日
				DE	60304138	D1	2006年 5月 11日
WO	2013180593	A1	2013年 12月 5日	RU	2012122613	A	2013年 12月 10日
				RU	2503040	C1	2013年 12月 27日
CN	106093350	A	2016年 11月 9日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)