(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
2022 年 1 月 6 日 (06.01.2022)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2022/000628 A1

(51) 国际专利分类号:
G06T 17/00 (2006.01) *G06T 7/11* (2017.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/103682

(22) 国际申请日: 2020 年 7 月 23 日 (23.07.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010629561.3 2020年7月3日 (03.07.2020) CN

(71) 申请人: 大连理工大学 (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。

(72) 发明人: 宋永臣 (SONG, Yongchen); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 李洋辉 (LI, Yanghui); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 吴鹏 (WU, Peng); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 孙翔 (SUN, Xiang); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 刘卫国 (LIU, Weiguo); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 赵佳飞 (ZHAO, Jiafei); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 杨明军 (YANG, Mingjun); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 杨磊 (YANG, Lei); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 凌铮 (LING, Zheng); 中国辽宁省大连市凌工路2号大连理工大学, Liaoning 116024 (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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

(54) **Title:** CT IMAGE-BASED THREE-DIMENSIONAL MODELING METHOD FOR PORE-FILLING TYPE HYDRATE DEPOSITS

(54) 发明名称: 一种基于CT图像的孔隙填充型水合物沉积物三维建模方法

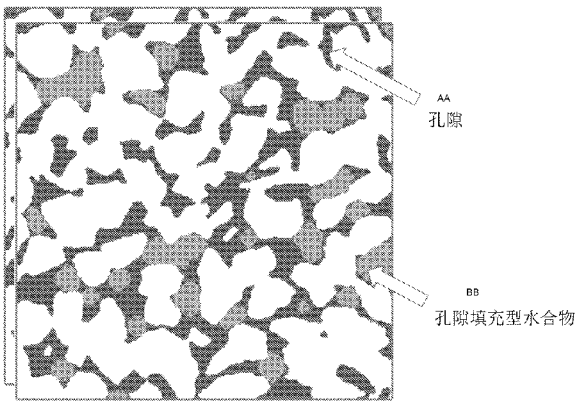


图 1

AA PORE BB PORE-FILLING TYPE HYDRATE

(57) **Abstract:** A CT image-based three-dimensional modeling method for pore-filling type hydrate deposits. An image stack is obtained by CT scanning an indoor remodeled rock core or on-site in-situ rock core without hydrate; the image stack is divided into a matrix skeleton image stack and a pore image stack by means of grayscale threshold adjustment; then by means of image morphological processing, such as corrosion, expansion and image subtraction operation of the pore image stack, a series of pore-filling type hydrate image stacks with different saturations are constructed; and then a series of pore-filling type hydrate deposit digital rock core image stacks with different saturations are formed by means of image subtraction and stitching operations, so as to provide a relatively real three-dimensional model for numerical simulation of basic physical properties of a natural gas hydrate reservoir.

WO 2022/000628 A1

[见续页]

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))。

(57) 摘要：一种基于CT图像的孔隙填充型水合物沉积物三维建模方法。可以通过CT扫描不含水合物的室内重塑的岩心或现场原位岩心，经灰度阈值分割成基质骨架图像堆栈及孔隙图像堆栈，然后通过对孔隙图像堆栈的腐蚀、膨胀以及图像减法运算等图像形态学处理，构建出一系列不同饱和度的孔隙填充型水合物图像堆栈，再通过图像减法运算和拼接运算，形成一系列不同饱和度的孔隙填充型水合物沉积物数字岩心图像堆栈，为针对天然气水合物储层的基础物性数值模拟工作提供相对真实的三维模型。

一种基于CT图像的孔隙填充型水合物沉积物三维建模方法

技术领域

[0001] 本发明属于石油开采工程技术领域，涉及一种在三维数字岩心中生成孔隙填充型水合物沉积物的建模方法。

背景技术

[0002] 天然气水合物是一种储量丰富的清洁能源，以胶结或孔隙填充的形式广泛分布于海底和永久冻土层。据估计，其资源量相当于目前已探明煤、石油以及常规天然气储量总和的两倍，是全球所有常规天然气总量的10倍以上。

[0003] 目前，中国、印度、韩国和日本等都圈定了水合物开发远景区并制定了相应的开发计划，开展了大量的水合物沉积物渗流、导热、导电及力学等基础物性研究。然而，天然气水合物储层保压取芯难度大、成本高，样品转移过程会造成水合物扰动分解；同时，室内水合物样品重塑无法准确控制水合物赋存类型及饱和度，实验重复性较差。相比之下，若能通过数值模拟的方法获得与原位储层结构接近的三维数字岩心（胶结型、孔隙填充型），并开展相关基础物性数值分析，将显著降低水合物试验成本，且具有较好的试验重复性，实现水合物储层基础物性快速准确评价。

[0004] 本发明涉及一种基于CT图像的孔隙填充型水合物沉积物三维建模方法，通过CT扫描不含天然气水合物的重塑或原位岩心，经过图像形态学计算，构建一系列不同饱和度孔隙填充型天然气水合物沉积物数字岩心图像堆栈，为天然气水合物储层基础物性数值模拟分析提供相对真实的三维数值模型。

发明概述

技术问题

[0005] 本发明的主要目的在于提出一种基于CT图像的孔隙填充型水合物沉积物三维建模方法，为天然气水合物储层基础物性数值模拟分析提供相对真实的三维数值模型。

问题的解决方案

技术解决方案

[0006] 本发明的技术方案：

[0007] 第一步，CT扫描不含天然气水合物的重塑或原位岩心，获得数字岩心图像堆栈；

[0008] 第二步，调节数字岩心图像堆栈的灰度阈值，并二值化分割为基质骨架及孔隙，然后分别保存为图像堆栈；

[0009] 第三步，对第二步获得的孔隙图像堆栈先腐蚀x像素，然后再膨胀x像素，即为孔隙填充型水合物图像堆栈；

[0010] 第四步，进行图像减法，将第二步获得的孔隙图像堆栈减去第三步获得的孔隙填充型水合物图像堆栈，即为第三步获得的孔隙填充型水合物图像堆栈对应的新的孔隙图像堆栈；

[0011] 第五步，将第二步获得的基质骨架图像堆栈、第三步获得的孔隙填充型水合物图像堆栈、以及第四步获得的新的孔隙图像堆栈进行拼接组合，形成具有基质骨架、孔隙填充型水合物以及孔隙的数字岩心图像堆栈，即为孔隙填充型水合物沉积物数字岩心图像堆栈；

[0012] 第六步，反复执行第三步至第五步，通过调整x值，获得不同水合物饱和度的孔隙填充型水合物沉积物数字岩心图像堆栈。

发明的有益效果

有益效果

[0013] 本发明的有益效果：能够基于不含天然气水合物的重塑或原位岩心，经过图像形态学计算，构建一系列不同饱和度的孔隙填充型水合物沉积物数字岩心图像堆栈，为水合物储层基础物性数值模拟分析提供相对真实的三维数值模型，显著降低水合物试验成本，具有较好的试验重复性，实现水合物储层基础物性快速准确评价。

对附图的简要说明

附图说明

[0014] 图1是基质骨架及孔隙的二值化结果。

[0015] 图2是图像腐蚀4像素的示意图。

[0016] 图3是图像膨胀4像素的示意图。

[0017] 图4是图像减法结果。

[0018] 图5是孔隙填充型水合物沉积物数字岩心图像堆栈。

发明实施例

本发明的实施方式

[0019] 以下结合附图和技术方案，进一步说明本发明的具体实施方式。

实施例

[0020] 一种基于CT图像的孔隙填充型水合物沉积物三维建模方法，步骤如下：

[0021] 第一步，CT扫描不含天然气水合物的重塑岩心（粒径分布：0.01-1 mm，中值粒径：0.15 mm，孔隙度41%），获得数字岩心图像堆栈（分辨率：1024*1024，体素大小：0.004 mm）；

[0022] 第二步，调节数字岩心图像堆栈的灰度阈值，并二值化分割为基质骨架及孔隙，然后分别保存为图像堆栈，如图1；

[0023] 第三步，对第二步获得的孔隙图像堆栈先腐蚀4像素，如图2，然后再膨胀4像素，如图3，即为孔隙填充型水合物图像堆栈；

[0024] 第四步，进行图像减法，将第二步获得的孔隙图像堆栈减去第三步获得的孔隙填充型水合物图像堆栈，即为第三步获得的孔隙填充型水合物图像堆栈对应的新的孔隙图像堆栈，如图4；

[0025] 第五步，将第二步获得的基质骨架图像堆栈、第三步获得的孔隙填充型水合物图像堆栈、以及第四步获得的新的孔隙图像堆栈进行拼接组合，形成具有基质骨架、孔隙填充型水合物以及孔隙的数字岩心图像堆栈，即为孔隙填充型水合物沉积物数字岩心图像堆栈（饱和度28.5%），如图5。

权利要求书

[权利要求 1] 一种基于CT图像的孔隙填充型水合物沉积物三维建模方法，其特征在于，步骤如下：

第一步，CT扫描不含天然气水合物的重塑或原位岩心，获得数字岩心图像堆栈；

第二步，调节数字岩心图像堆栈的灰度阈值，并二值化分割为基质骨架及孔隙，然后分别保存为图像堆栈；

第三步，对第二步获得的孔隙图像堆栈先腐蚀x像素，然后再膨胀x像素，即为孔隙填充型水合物图像堆栈；

第四步，进行图像减法，将第二步获得的孔隙图像堆栈减去第三步获得的孔隙填充型水合物图像堆栈，即为第三步获得的孔隙填充型水合物图像堆栈对应的新的孔隙图像堆栈；

第五步，将第二步获得的基质骨架图像堆栈、第三步获得的孔隙填充型水合物图像堆栈、以及第四步获得的新的孔隙图像堆栈进行拼接组合，形成具有基质骨架、孔隙填充型水合物以及孔隙的数字岩心图像堆栈，即为孔隙填充型水合物沉积物数字岩心图像堆栈；

第六步，反复执行第三步至第五步，通过调整x值，获得不同水合物饱和度的孔隙填充型水合物沉积物数字岩心图像堆栈。

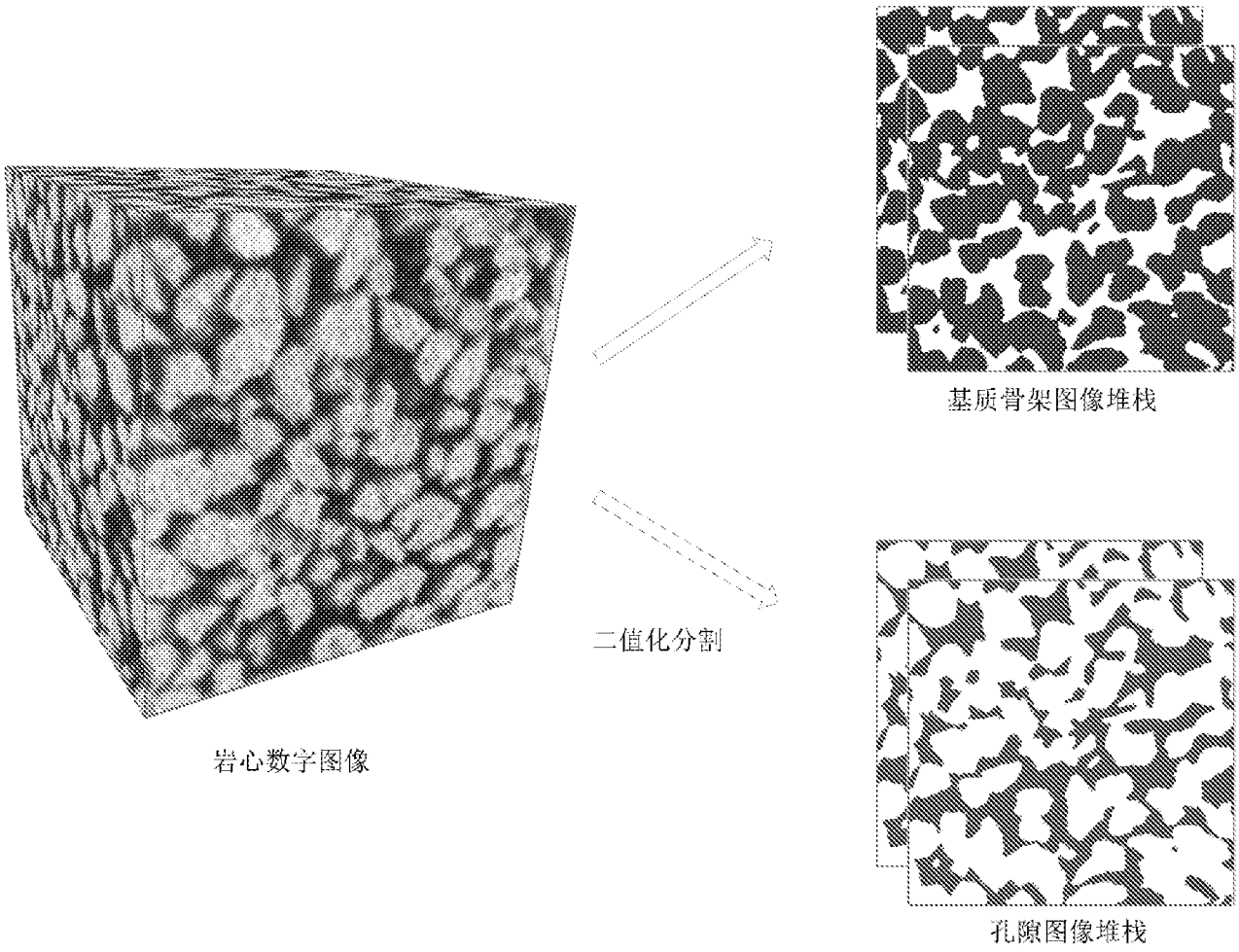


图 1

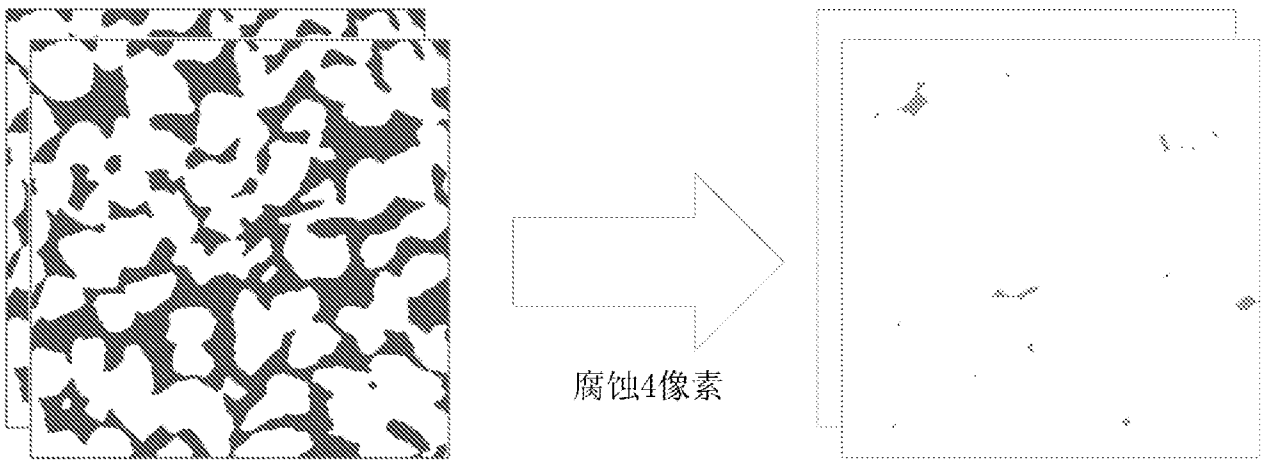


图 2

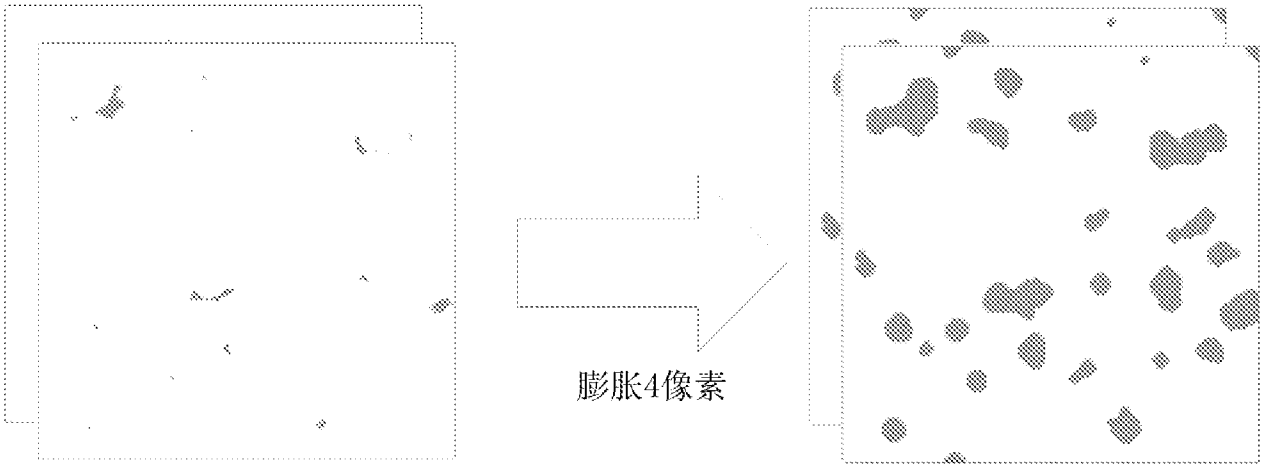


图 3

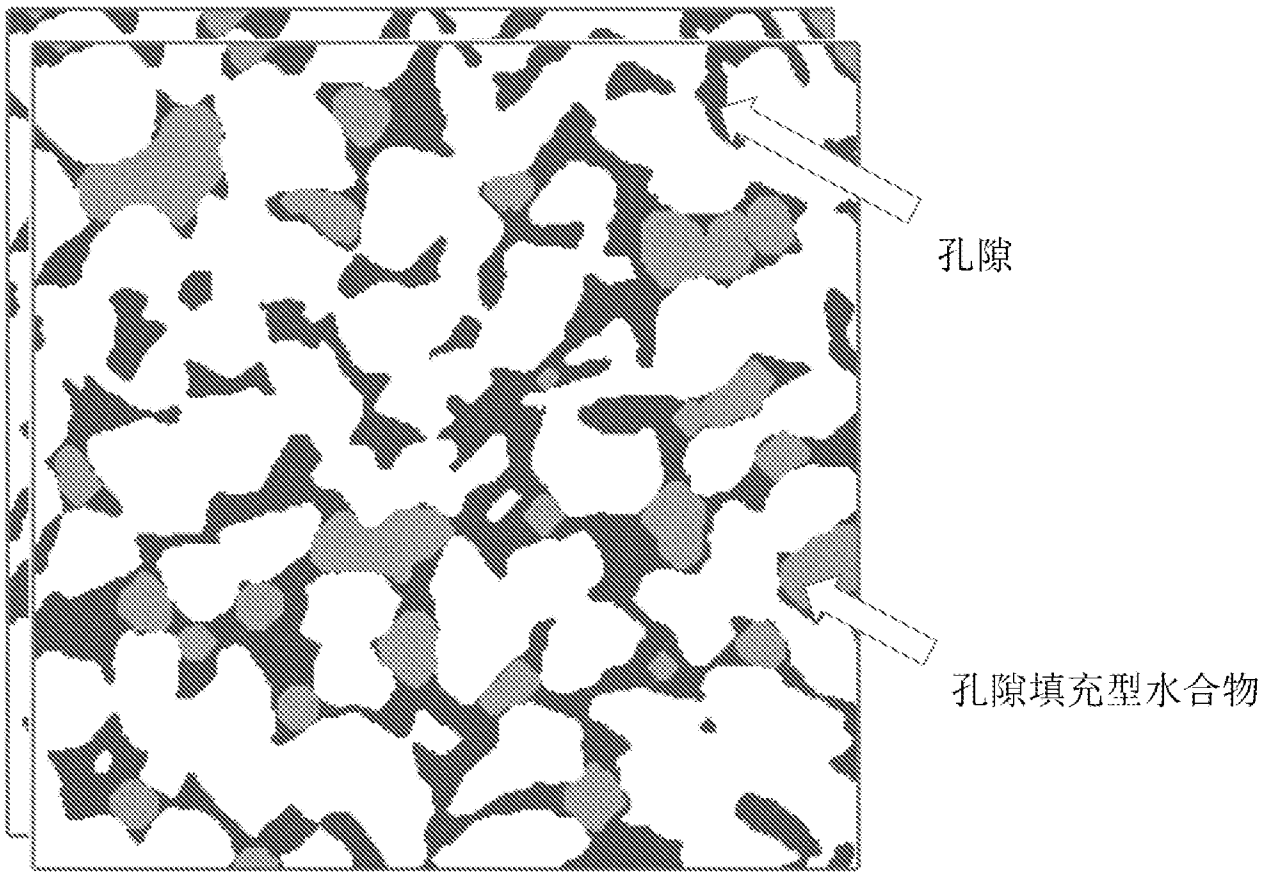


图 4

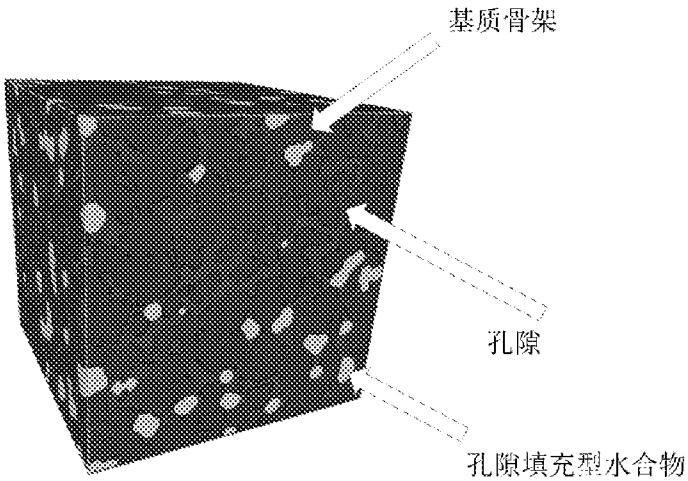


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/103682

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 17/00(2006.01)i; G06T 7/11(2017.01)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)

G06T17/-; G06T7/-; G01V5/-; G01N23/-

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)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: CT, 孔隙, 填充, 水合物, 沉积物, 三维, 建模, 模型, 堆栈, 骨架, 模拟, computed w tomography, CT, image, aperture, hydrate, sediment, three, dimensional, modelling, gap, rock, core, stack, saturation, fill+, porosity

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 103325137 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 25 September 2013 (2013-09-25) description, paragraphs [0005]-[0036]	1
Y	CN 110132818 A (PEKING UNIVERSITY) 16 August 2019 (2019-08-16) description, paragraphs [0005]-[0090], and figures 1-3	1
A	CN 109887083 A (CHINA PETROLEUM GROUP LOGGING CO., LTD., SOUTHWEST BRANCH et al.) 14 June 2019 (2019-06-14) entire document	1
A	WO 2012118868 A2 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION et al.) 07 September 2012 (2012-09-07) entire document	1
A	CN 107991212 A (QINGDAO INSTITUTE OF MARINE GEOLOGY et al.) 04 May 2018 (2018-05-04) entire document	1

☑ 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
24 February 2021	**30 March 2021**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088** **China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/103682

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105223315 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 06 January 2016 (2016-01-06) entire document	1
A	CN 107067379 A (INSTITUTE OF GEOLOGY AND GEOPHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 18 August 2017 (2017-08-18) entire document	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/103682

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103325137	A	25 September 2013	CN	103325137	B	09 December 2015
CN	110132818	A	16 August 2019	CN	110132818	B	28 July 2020
CN	109887083	A	14 June 2019	None			
WO	2012118868	A2	07 September 2012	BR	112013020555	A2	28 July 2020
				US	2012275658	A1	01 November 2012
				RU	2013143616	A	10 April 2015
				US	8909508	B2	09 December 2014
				RU	2543698	C1	10 March 2015
CN	107991212	A	04 May 2018	CN	107991212	B	16 June 2020
CN	105223315	A	06 January 2016	CN	105223315	B	23 June 2017
CN	107067379	A	18 August 2017	CN	107067379	B	20 July 2018

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2020/103682

A. 主题的分类

G06T 17/00(2006.01)i; G06T 7/11(2017.01)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)

G06T17/-; G06T7/-; G01V5/-; G01N23/-

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））

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: CT, 孔隙, 填充, 水合物, 沉积物, 三维, 建模, 模型, 堆栈, 骨架, 模拟, computed w tomography, CT, image, aperture, hydrate, sediment, three, dimensional, modelling, gap, rock, core, stack, saturation, fill+, porosity

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
Y	CN 103325137 A (大连理工大学) 2013年 9月 25日 (2013-09-25) 说明书第[0005]-[0036]段	1
Y	CN 110132818 A (北京大学) 2019年 8月 16日 (2019-08-16) 说明书第[0005]-[0090]段，图1-3	1
A	CN 109887083 A (中国石油集团测井有限公司西南分公司 等) 2019年 6月 14日 (2019-06-14) 全文	1
A	WO 2012118868 A2 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION等) 2012年 9月 7日 (2012-09-07) 全文	1
A	CN 107991212 A (青岛海洋地质研究所 等) 2018年 5月 4日 (2018-05-04) 全文	1
A	CN 105223315 A (大连理工大学) 2016年 1月 6日 (2016-01-06) 全文	1

☑ 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
2021年 2月 24日	2021年 3月 30日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(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 邓晓蓓 电话号码 86-(10)-53962606

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2020/103682

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 107067379 A (中国科学院地质与地球物理研究所) 2017年 8月 18日 (2017 - 08 - 18) 全文	1

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2020/103682

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	103325137	A	2013年 9月 25日	CN	103325137	B	2015年 12月 9日
CN	110132818	A	2019年 8月 16日	CN	110132818	B	2020年 7月 28日
CN	109887083	A	2019年 6月 14日		无		
WO	2012118868	A2	2012年 9月 7日	BR	112013020555	A2	2020年 7月 28日
				US	2012275658	A1	2012年 11月 1日
				RU	2013143616	A	2015年 4月 10日
				US	8909508	B2	2014年 12月 9日
				RU	2543698	C1	2015年 3月 10日
CN	107991212	A	2018年 5月 4日	CN	107991212	B	2020年 6月 16日
CN	105223315	A	2016年 1月 6日	CN	105223315	B	2017年 6月 23日
CN	107067379	A	2017年 8月 18日	CN	107067379	B	2018年 7月 20日