



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111855712 B

(45) 授权公告日 2023.04.11

(21) 申请号 202010629411.2

G01V 5/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.07.03

G06T 7/55 (2017.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111855712 A

(56) 对比文件

US 2016232653 A1, 2016.08.11

US 2017032532 A1, 2017.02.02

(43) 申请公布日 2020.10.30

CN 105115874 A, 2015.12.02

(73) 专利权人 大连理工大学

US 2015262417 A1, 2015.09.17

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工  
路2号

CN 108876923 A, 2018.11.23

CN 105487121 A, 2016.04.13

(72) 发明人 宋永臣 李洋辉 吴鹏 孙翔  
刘卫国 赵佳飞 杨明军 杨磊  
凌铮

CN 105261068 A, 2016.01.20

US 2016058408 A1, 2016.03.03

EP 0189660 A2, 1986.08.06

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心  
21200

US 2016170088 A1, 2016.06.16

CN 103822865 A, 2014.05.28

US 2012221306 A1, 2012.08.30

专利代理师 温福雪 侯明远

审查员 白江波

(51) Int. Cl.

G01N 23/046 (2018.01)

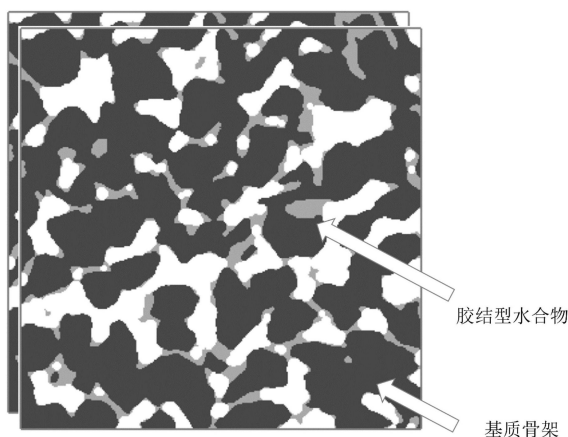
权利要求书1页 说明书2页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于CT图像的胶结型水合物沉积物三维建模方法

(57) 摘要

本发明属于石油开采工程技术领域,公开了一种基于CT图像的胶结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,然后通过对基质骨架图像堆栈的一系列图像膨胀、图像腐蚀等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胶结型水合物图像堆栈,再通过一系列图像减法运算和拼接运算,形成一系列不同饱和度的胶结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。



1. 一种基于CT图像的胶结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,将第二步获得的基质骨架图像堆栈先膨胀 $x$ 像素,然后再腐蚀 $x$ 像素;

第四步,进行图像减法,将第三步获得的腐蚀后的基质骨架图像堆栈减去第二步获得的基质骨架图像堆栈,即为胶结型水合物图像堆栈;

第五步,再次进行图像减法,将第二步获得的孔隙图像堆栈减去第四步获得的胶结型水合物图像堆栈,即为第四步获得的胶结型水合物图像堆栈对应的新的孔隙图像堆栈;

第六步,将第二步获得的基质骨架图像堆栈、第四步获得的胶结型水合物图像堆栈、以及第五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、胶结型水合物以及孔隙的数字岩心图像堆栈;

第七步,反复执行第三步至第六步,通过调整 $x$ 值,获得不同水合物饱和度的胶结型水合物沉积物数字岩心图像堆栈。

## 一种基于CT图像的胶结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胶结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图像的胶结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胶结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。

### 发明内容

[0005] 本发明的主要目的在于提出一种基于CT图像的胶结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。

[0006] 本发明的技术方案:

[0007] 一种基于CT图像的胶结型水合物沉积物三维建模方法,步骤如下:

[0008] 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;

[0009] 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;

[0010] 第三步,将第二步获得的基质骨架图像堆栈先膨胀 $x$ 像素,然后再腐蚀 $x$ 像素;

[0011] 第四步,进行图像减法,将第三步获得的基质骨架图像堆栈(腐蚀后)减去第二步获得的基质骨架图像堆栈,即为胶结型水合物图像堆栈;

[0012] 第五步,再次进行图像减法,将第二步获得的孔隙图像堆栈减去第四步获得的胶结型水合物图像堆栈,即为第四步获得的胶结型水合物图像堆栈对应的新的孔隙图像堆栈;

[0013] 第六步,将第二步获得的基质骨架图像堆栈、第四步获得的胶结型水合物图像堆栈、以及第五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、胶结型水合物

以及孔隙的数字岩心图像堆栈；

[0014] 第七步,反复执行第三步至第六步,通过调整x值,获得不同水合物饱和度的胶结型水合物沉积物数字岩心图像堆栈。

[0015] 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胶结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。

#### 附图说明

[0016] 图1是基质骨架及孔隙的二值化结果示意图。

[0017] 图2是图像膨胀4像素的示意图。

[0018] 图3是图像腐蚀4像素的示意图。

[0019] 图4是图像减法结果。

[0020] 图5是胶结型水合物沉积物数字岩心图像堆栈。

#### 具体实施方式

[0021] 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。

[0022] 实施例

[0023] 一种基于CT图像的胶结型水合物沉积物三维建模方法,步骤如下:

[0024] 第一步,CT扫描不含天然气水合物的重塑岩心,获得数字岩心图像堆栈;

[0025] 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;

[0026] 第三步,将第二步获得的基质骨架图像堆栈先膨胀4像素,如图2,然后再腐蚀4像素,如图3;

[0027] 第四步,进行图像减法,将第三步获得的基质骨架图像堆栈(腐蚀后)减去第二步获得的基质骨架图像堆栈,即为胶结型水合物图像堆栈,如图4;

[0028] 第五步,再次进行图像减法,将第二步获得的孔隙图像堆栈减去第四步获得的胶结型水合物图像堆栈,即为第四步获得的胶结型水合物图像堆栈对应的新的孔隙图像堆栈;

[0029] 第六步,将第二步获得的基质骨架图像堆栈、第四步获得的胶结型水合物图像堆栈、以及第五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、胶结型水合物以及孔隙的数字岩心图像堆栈,如图5;同时,通过图5可以发现,水合物主要赋存于颗粒间的液桥处,与目前在气过量条件下生成的水合物赋存形式类似。

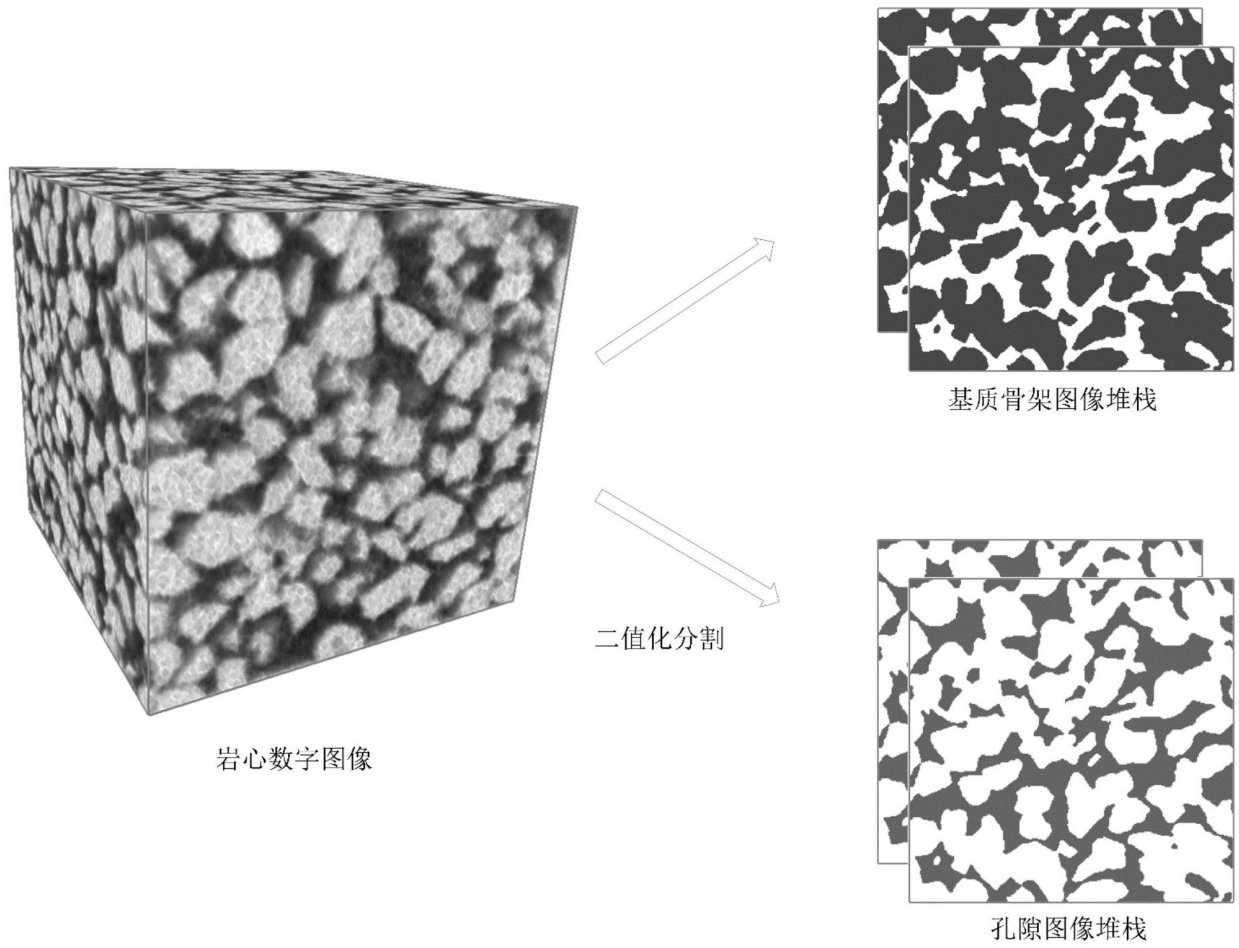


图1

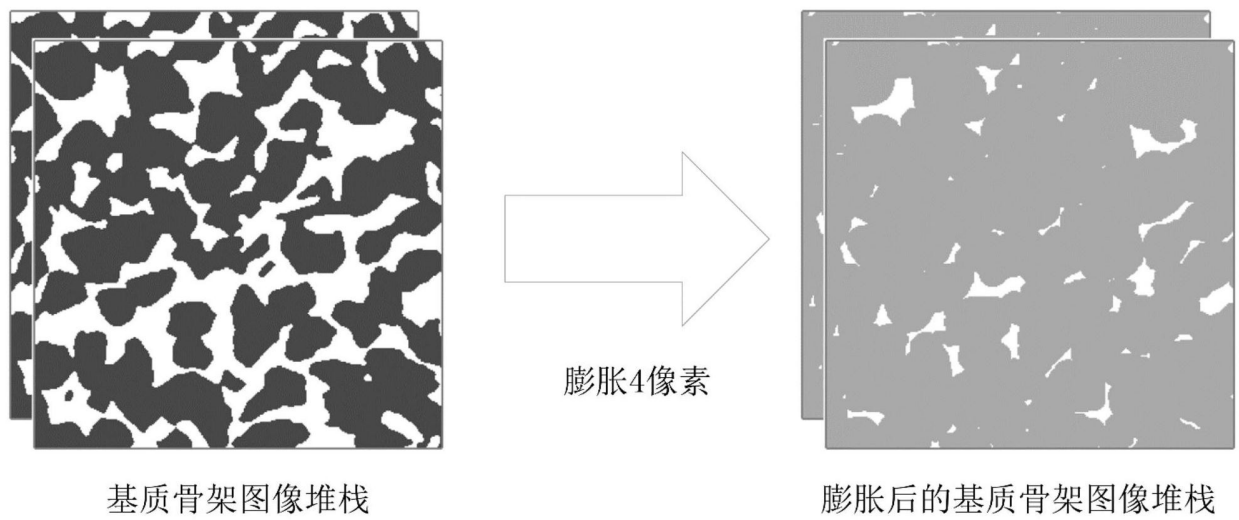


图2

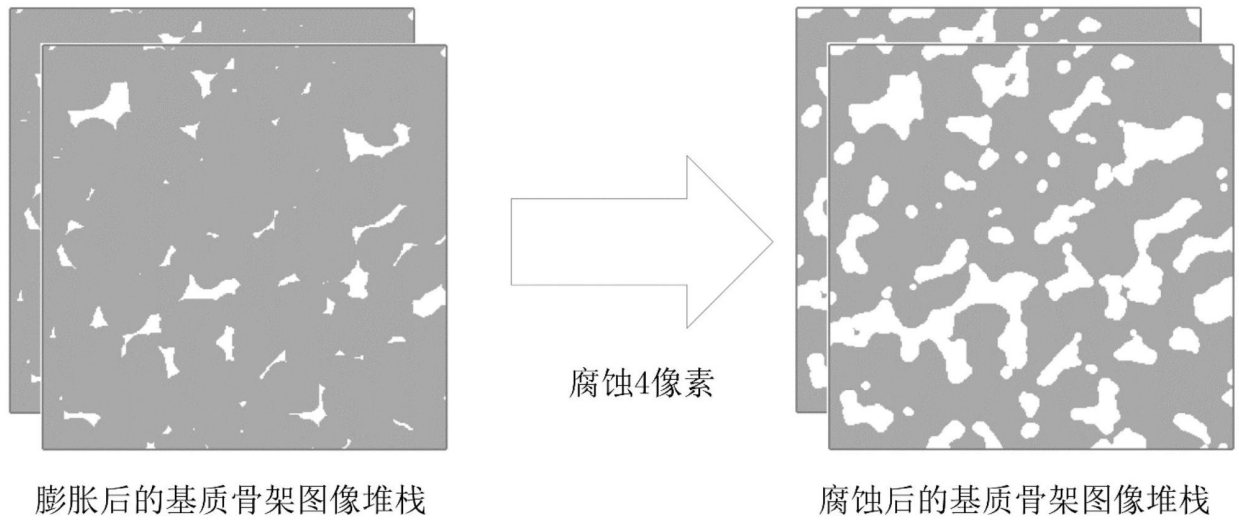


图3

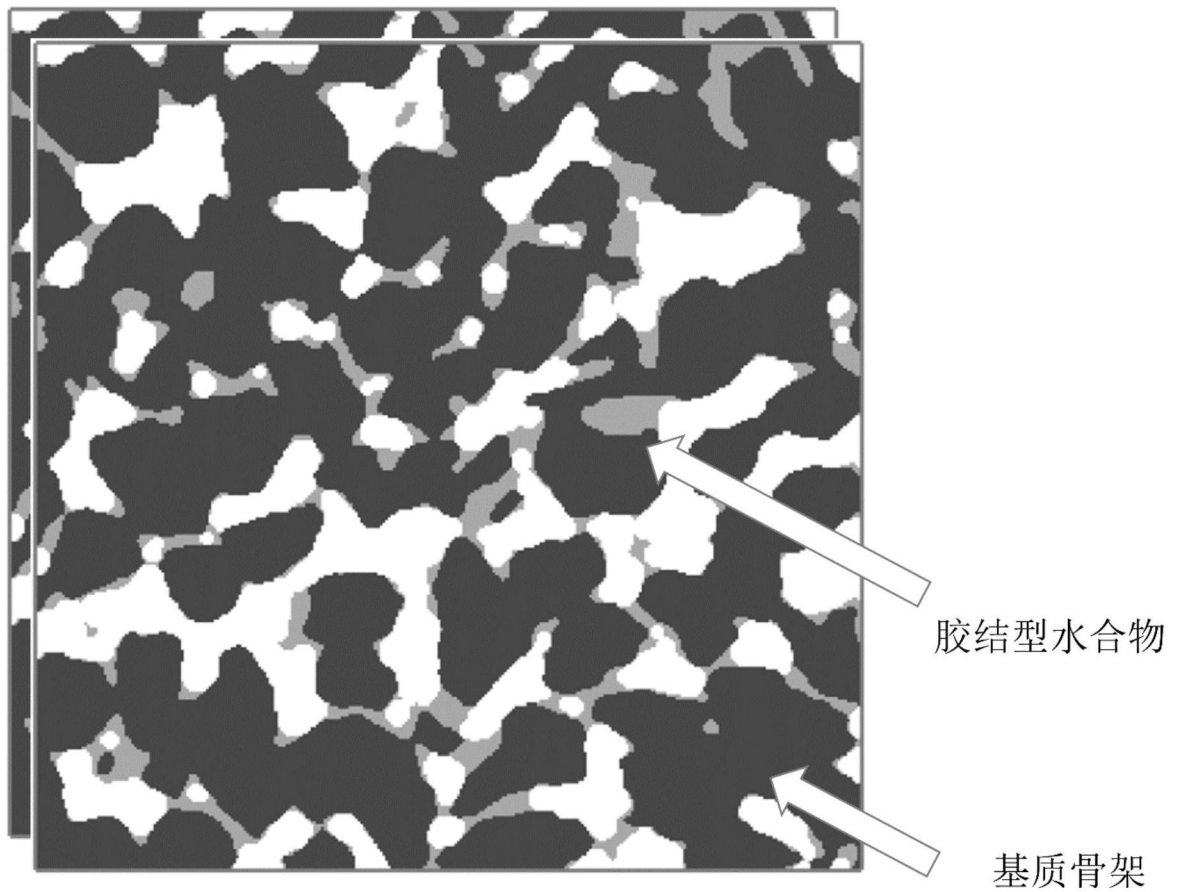


图4

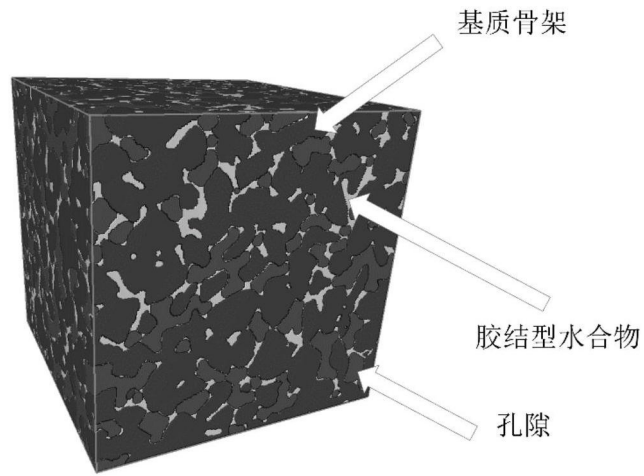


图5