



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105115874 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 02

(21) 申请号 201510507467. X

G01N 23/04(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 08. 18

G01N 23/083(2006. 01)

G01N 23/203(2006. 01)

(71) 申请人 中国石油天然气股份有限公司

地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号

(72) 发明人 李霞 刘学锋 李潮流 王铜山

李长喜 王昌学 胡法龙 刘忠华 徐红军

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 汤在彦

(51) Int. Cl.

G01N 15/08(2006. 01)

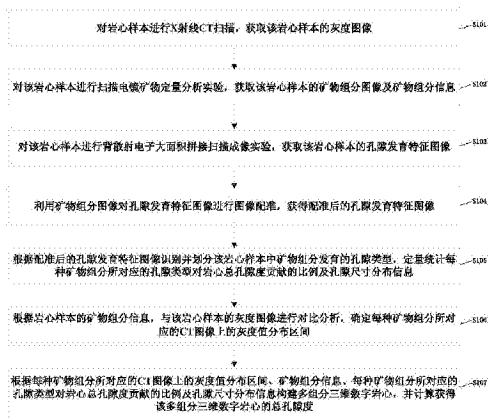
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法

(57) 摘要

本发明公开了一种多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法,该方法包括步骤:对岩心样本进行 X 射线 CT 扫描,获取灰度图像;对岩心样本进行扫描电镜矿物定量分析实验,获取矿物组分图像及矿物组分信息;对岩心样本进行背散射电子大面积拼接扫描成像实验,获取孔隙发育特征图像;利用矿物组分图像对孔隙发育特征图像进行图像配准,获得配准后的孔隙发育特征图像;根据配准后的孔隙发育特征图像识别并划分岩心样本中矿物组分发育的孔隙类型,定量统计每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息;根据岩心样本的矿物组分信息,与灰度图像进行对比分析,确定每种矿物组分所对应的 CT 图像上的灰度值分布区间;构建多组分三维数字岩心,并计算总孔隙度。



1. 一种多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法,其特征在于,所述方法包括步骤:

对岩心样本进行 X 射线 CT 扫描,获取该岩心样本的灰度图像;

对该岩心样本进行扫描电镜矿物定量分析实验,获取该岩心样本的矿物组分图像及矿物组分信息;

对该岩心样本进行背散射电子大面积拼接扫描成像实验,获取该岩心样本的孔隙发育特征图像;

利用所述矿物组分图像对所述孔隙发育特征图像进行图像配准,获得配准后的孔隙发育特征图像;

根据所述配准后的孔隙发育特征图像识别并划分该岩心样本中矿物组分发育的孔隙类型,定量统计每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息;

根据所述岩心样本的矿物组分信息,与该岩心样本的灰度图像进行对比分析,确定每种矿物组分所对应的 CT 图像上的灰度值分布区间;

根据所述每种矿物组分所对应的 CT 图像上的灰度值分布区间、所述矿物组分信息、所述每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息构建多组分三维数字岩心,并计算获得该多组分三维数字岩心的总孔隙度。

2. 如权利要求 1 所述的多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法,其特征在于,所述 X 射线 CT 扫描为 X 射线计算机层析成像技术,用于无损伤的检测非透明物探的组成及结构,由于岩石中不同组分具有不同的密度, X 射线吸收系数不同,以区分岩石的骨架和孔隙空间。

3. 如权利要求 2 所述的多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法,其特征在于, X 射线 CT 扫描的过程为:

样品制备,将所述岩心样本加工成具有一定尺寸的圆柱体,作为岩心样品;

样品 X 射线 CT 扫描,选择扫描分辨率,经过扫描实验建立该岩心样品的三维灰度图像;

灰度图像滤波,采用中值滤波方法消除三维灰度图像中的噪点;

灰度图像二值化,对于仅考虑岩石骨架和孔隙空间的两相系统,采用图像分割技术,将灰度图像转换为二值化图像;

二值化图像平滑处理,剔除孤立的岩石骨架;

代表体积分分析,选定三维数字岩心的最佳尺寸。

4. 如权利要求 3 所述的多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法,其特征在于,所述扫描电镜矿物定量分析实验是根据一次电子在子样品表面原子中激发二次电子过程中产生的特征 X 射线的能量来判断所扫描点中物体的元素种类,依据元素分布信息在后台的矿物种类数据库中将实际元素组合成矿物,进而得出各矿物组分的体积含量和空间分布信息;其中,

所述子样品是在所述岩心样本上切下的样品,直径与所述岩心样品相同,厚度为 2 ~ 5mm,并对该子样品表面进行抛光,然后在表面镀上厚度为 10 ~ 20nm 的碳导电膜,以确保该子样品表面的导电性。

5. 如权利要求 2 所述的多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法,其特征在于,所述背散射电子大面积拼接扫描成像实验是利用所述岩心样品在选定区域内排布扫描出一定数量的纳米级分辨率的大小相同的图像;

利用 imageJ 软件对所有采集的图像进行组合拼接,形成一张纳米级分辨率的二维背散射电子图像;

对该二维背散射电子图像进行局部放大获取包括所述岩心样本内部发育的微孔隙分布、大小及含量在内的孔隙发育特征数据。

6. 如权利要求 1 所述的多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法,其特征在于,利用所述矿物组分图像对所述孔隙发育特征图像进行图像配准,获得配准后的孔隙发育特征图像,包括:

在该矿物组分图像上选定特征明显的位置,然后在该孔隙发育特征图像上找到具有相同特征的位置,对两个图像进行位置配准,获得配准后的孔隙发育特征图像。

7. 如权利要求 6 所述的多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法,其特征在于,根据所述配准后的孔隙发育特征图像识别并划分岩心样本中矿物组分发育的孔隙类型,定量统计每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息,包括:

从所述配准后的孔隙发育特征图像中选取发育不同孔隙类型的区域,进行图像分割并进行孔隙簇分析,统计每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息。

8. 如权利要求 1 所述的多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法,其特征在于,根据所述每种矿物组分所对应的 CT 图像上的灰度值分布区间、所述矿物组分信息、所述每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息构建多组分三维数字岩心,并计算获得该多组分三维数字岩心的总孔隙度,利用表达式如下:

$$\Phi_{\text{total}} = \Phi_{\text{pore}} \times 1 + V_a \times a + V_b \times b + V_c \times c + V_d \times d;$$

其中, Φ_{total} 为所述多组分三维数字岩心的总孔隙度,单位为 %;

Φ_{pore} 为 CT 可视孔隙度,单位为 %;

V_a 、 V_b 、 V_c 和 V_d 分别为各种矿物组分信息的百分含量,单位为 %;

a、b、c 和 d 分别为对应各种矿物组分中孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例系数,无量纲。

多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法

技术领域

[0001] 本发明涉及石油勘探中的测井技术领域,特别是关于复杂岩性储层中利用多源实验资料结果进行多组分三维数字岩心的建模方法,具体的讲是一种多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法。

背景技术

[0002] 储层岩石是一种典型的多孔介质,其宏观物理属性受多种微观因素的影响。由于岩石物理实验对孔隙结构、流体分布难以定量测量和控制,因此仅采用岩石物理实验很难准确研究储层各种微观因素对宏观物理属性的影响规律。另外,因为复杂油气储层取心成功率低、驱替困难等因素,导致岩石物理实验难以开展。随着相关学科的发展,岩石物理数值模拟已经成为岩石物理研究的重要手段之一,有助于揭示岩石物理属性的变化规律,对于建立新的测井方法和解释模型具有重要意义。但是,数值模拟的正确性及适用性在很大程度上取决于所建立的岩石微观模型,只有模型的孔隙结构能够反映真实岩样的孔隙结构特征时,模拟结果才具有理论及应用价值。

[0003] 根据岩石孔隙模型的发展过程可分为毛管模型、随机孔隙网络模型和三维数字岩心,逐渐逼近岩石的真实孔隙结构。毛管模型用半径不同的一束毛管来近似岩石孔隙空间。孔隙网络模型用相互连通的毛细管所组成的网状结构来表示储层岩石复杂的孔隙空间,基本元素为孔隙体和喉道,可根据压汞和核磁实验数据生成。毛管模型和孔隙网络模型已被广泛应用于岩石电性、渗流特性和核磁共振响应的数值模拟研究,但由于简化了复杂的孔隙空间,降低了数值模拟结果的可靠性,难以准确重复岩石物理实验结果。

[0004] 三维数字岩心是岩石的三维数字化图像,在孔隙尺度上较真实地反映了岩石微观孔隙结构,岩石物理属性数值模拟结果和实验测量结果吻合程度较高,已经成为定量分析岩石孔隙结构和岩石物理数值模拟的基础。

[0005] 构建三维数字岩心的常用方法分为两类:基于X射线CT实验和基于二维图像的重建方法,重建算法又分为随机法和过程法等。X射线CT构建的三维数字岩心较准确的表征了岩石的微观孔隙结构,其分辨率可达几百纳米,但无法识别尺寸小于仪器分辨率的微孔隙。基于岩石二维图像的重建算法成本低、适用性强,与扫描电镜图片结合可克服X射线CT分辨率的限制,但由于二维图像包含的孔隙特征较少,重建的三维数字岩心与真实岩心存在差异。

[0006] 随着油气勘探的不断深入,非常规致密油气、页岩油气等具有复杂岩性和复杂孔隙结构的储层逐渐成为勘探的潜力区。非常规储层由于微孔隙发育、渗透率低、岩心致密,导致岩心驱替困难,多种岩石物理实验无法开展,因此,建立能够真实反映具有复杂岩性和微孔隙发育特征的三维数字岩心的精确模型在数值模拟中将起到至关重要的作用。

[0007] 目前国内外已有的三维数字岩心建模方法都受到X射线CT扫描分辨率的影响,不能很好的表征微孔隙空间的分布;并且建立的数字岩心岩石骨架均为单一岩性成分,不能描述具有复杂岩性的储层岩心,严重影响了三维数字岩心在非常规储层中应用的范围和岩

石物理性质数值模拟的精度。

发明内容

[0008] 鉴于现有技术中存在的问题,本发明的目的在于提供一种多组分三维数字岩心构建方法,以解决现有技术中三维数字岩心建模存在的缺陷。

[0009] 为达到上述目的,本发明提出了一种多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法,所述方法包括步骤:对岩心样本进行 X 射线 CT 扫描,获取该岩心样本的灰度图像;对该岩心样本进行扫描电镜矿物定量分析实验,获取该岩心样本的矿物组分图像及矿物组分信息;对该岩心样本进行背散射电子大面积拼接扫描成像实验,获取该岩心样本的孔隙发育特征图像;利用所述矿物组分图像对所述孔隙发育特征图像进行图像配准,获得配准后的孔隙发育特征图像;根据所述配准后的孔隙发育特征图像识别并划分该岩心样本中矿物组分发育的孔隙类型,定量统计每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息;根据所述岩心样本的矿物组分信息,与该岩心样本的灰度图像进行对比分析,确定每种矿物组分所对应的 CT 图像上的灰度值分布区间;根据所述每种矿物组分所对应的 CT 图像上的灰度值分布区间、所述矿物组分信息、所述每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息构建多组分三维数字岩心,并计算获得该多组分三维数字岩心的总孔隙度。

[0010] 本发明提出的多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法突破了传统的数字岩心构建方法受 CT 扫描分辨率约束的局限性,该方法考虑了岩石骨架的岩性特征和岩心微小孔隙空间的分布,能够更真实的刻画具有复杂岩性和微孔隙发育特点的储层岩石骨架和大小孔隙分布信息,为利用三维数字岩心开展精确的岩石物理属性数值模拟奠定了基础。

附图说明

[0011] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明的限定。在附图中:

[0012] 图 1 为本发明一实施例的多组分三维数字岩心构建方法流程图。

[0013] 图 2 为本发明一具体实施例通过 X 射线 CT 扫描获取的岩心样本的灰度图像。

[0014] 图 3 为本发明一具体实施例进行扫描电镜矿物定量分析实验获取的岩心样本的矿物组分图像。

[0015] 图 4 为本发明一具体实施例进行背散射电子大面积拼接扫描成像实验获取的岩心样本的孔隙发育特征图像。

[0016] 图 5 为本发明一具体实施例基于多源信息融合构建的多组分三维数字岩心示意图。

具体实施方式

[0017] 以下配合图示及本发明的较佳实施例,进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段。

[0018] 图 1 为本发明一实施例的多组分三维数字岩心构建方法流程图。如图 1 所示,该

方法包括：

[0019] 步骤 S101,对岩心样本进行 X 射线 CT 扫描,获取岩心样本的灰度图像；

[0020] 步骤 S102,对岩心样本进行扫描电镜矿物定量分析 (Qemscan) 实验,获取岩心样本的矿物组分图像及矿物组分信息；

[0021] 步骤 S103,对岩心样本进行背散射电子大面积拼接扫描成像 (Maps) 实验,获取岩心样本的孔隙发育特征图像；

[0022] 步骤 S104,利用所述矿物组分图像对所述孔隙发育特征图像进行图像配准,获得配准后的孔隙发育特征图像；

[0023] 步骤 S105,根据所述配准后的孔隙发育特征图像识别并划分岩心样本中矿物组分发育的孔隙类型,定量统计每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息；

[0024] 步骤 S106,根据所述岩心样本的矿物组分信息,与岩心样本的灰度图像进行对比分析,确定每种矿物组分所对应的 CT 图像上的灰度值分布区间；

[0025] 步骤 S107,根据所述每种矿物组分所对应的 CT 图像上的灰度值分布区间、所述矿物组分信息、所述每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息构建多组分三维数字岩心,并计算获得该多组分三维数字岩心的总孔隙度。

[0026] 在本实施例的步骤 S101 中,X 射线 CT 扫描为 X 射线计算机层析成像技术,用于无损伤的检测非透明物探的组成及结构,由于岩石中不同组分具有不同的密度,X 射线吸收系数不同,以区分岩石的骨架和孔隙空间。

[0027] 采用 X 射线 CT 扫描建立三维数字岩心的过程通常为：

[0028] 步骤 S111,样品制备,将所述岩心样本加工成具有一定尺寸的圆柱体,作为岩心样品；

[0029] 步骤 S112,样品 X 射线 CT 扫描,选择扫描分辨率,经过扫描实验建立该岩心样品的三维灰度图像；

[0030] 步骤 S113,灰度图像滤波,采用中值滤波方法消除三维灰度图像中的噪点；

[0031] 步骤 S114,灰度图像二值化,对于仅考虑岩石骨架和孔隙空间的两相系统,采用图像分割技术,将灰度图像转换为二值化图像；

[0032] 步骤 S115,二值化图像平滑处理,剔除孤立的岩石骨架；

[0033] 步骤 S116,代表体积元分析,选定三维数字岩心的最佳尺寸。

[0034] 在本实施例的步骤 S102 中,扫描电镜矿物定量分析 (Qemscan) 实验是根据一次电子在子样品表面原子中激发二次电子过程中产生的特征 X 射线的能量来判断所扫描点中物体的元素种类,依据元素分布信息在后台的矿物种类数据库中将实际元素组合成矿物,进而得出各矿物组分的体积含量和空间分布信息；其中,

[0035] 所述子样品是在所述岩心样本上切下的样品,直径与所述岩心样品相同,厚度为 2 ~ 5mm,并对该子样品表面进行抛光,然后在表面镀上厚度为 10 ~ 20nm 的碳导电膜,以确保该子样品表面的导电性。

[0036] 在本实施例的步骤 S103 中,背散射电子大面积拼接扫描成像 (Maps) 实验是利用所述岩心样品在选定区域内排布扫描出一定数量 (例如,几千张) 的超高分辨率 (例如,纳米级) 的大小相同的图像；

[0037] 利用 imageJ 软件对所有采集的图像进行组合拼接,形成一张超高分辨率(例如,纳米级)、超大面积的二维背散射电子图像,该图像即为孔隙发育特征图像;

[0038] 对该二维背散射电子图像进行局部放大获取包括所述岩心样本内部发育的微孔隙分布、大小及含量在内的孔隙发育特征数据。

[0039] 在本实施例的步骤 S104 中,利用所述矿物组分图像对所述孔隙发育特征图像进行图像配准,获得配准后的孔隙发育特征图像,包括:

[0040] 在该矿物组分图像上选定特征明显的位置,然后在该孔隙发育特征图像上找到具有相同特征的位置,对两个图像进行位置配准,获得配准后的孔隙发育特征图像。

[0041] 进一步的,步骤 S105 具体包括:

[0042] 从所述配准后的孔隙发育特征图像中选取发育不同孔隙类型的区域,进行图像分割并进行孔隙簇分析,统计每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息。

[0043] 在步骤 S107 中,计算总孔隙度利用表达式如下:

[0044]
$$\phi_{total} = \phi_{pore} \times 1 + V_a \times a + V_b \times b + V_c \times c + V_d \times d;$$

[0045] 其中, ϕ_{total} 为数字岩心的总孔隙度,单位为 %;

[0046] ϕ_{pore} 为 CT 可视孔隙度,单位为 %;

[0047] V_a 、 V_b 、 V_c 和 V_d 分别为各种矿物组分信息的百分含量,单位为 %;

[0048] a 、 b 、 c 和 d 分别为对应各种矿物组分中孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例系数,无量纲。

[0049] 为了对上述多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法进行更为清楚的解释,下面结合一个具体的实施例来进行说明,然而值得注意的是该实施例仅是为了更好地说明本发明,并不构成对本发明不当的限定。

[0050] 结合步骤 S101,请参照图 2,图 2 为利用 CT 扫描对直径为 1 英寸,高度为 1cm 的柱塞状致密砂岩进行扫描获取的一张灰度图像。考虑到致密砂岩的非均质性和 CT 设备的分辨率,岩心尺寸太大会降低 CT 分辨率,从而影响能够识别的孔隙尺寸,岩心太小又不具有代表性,因此选择直径为 1 英寸的岩心,其 CT 分辨率为 7.7m/voxel。

[0051] 结合步骤 S102,请参照图 3,图 3 为利用扫描电镜矿物定量分析(Qemscan)实验对上述直径为 1 英寸的岩心切割下厚度为 5mm 的小样品后得到的图像。在实验前需对小样品的表面进行抛光,然后在其表面镀上碳导电膜(厚度为 10-20nm)以确保样品表面的导电性。图 3 中的不同颜色反映了该致密砂岩样品岩性复杂,主要以石英、钠长石、钾长石、方解石、绿泥石、伊利石和高岭石为主。

[0052] 结合步骤 S103,请参照图 4,图 4 为利用背散射电子大面积拼接扫描成像(Maps)仪器对上述小样品获取的实验图像。图 4 中(a)部分为对岩心样品整体区域的扫描,该扫描图像的分辨率为 100nm。图 4 中(b)部分和(c)部分为对岩心整体扫描中局部区域的放大显示,图像放大后可以清晰的识别岩心中各矿物组分发育的孔隙类型。如图 4 中(b)部分为高岭石中发育的晶间孔,图 4 中(c)部分为钾长石中发育的溶蚀孔,这两类孔隙尺寸均较小,在 CT 扫描图像上不易识别,只能通过高分辨率的 Maps 实验技术识别。

[0053] 结合步骤 S104 及步骤 S105,请参照下述表 1,表 1 为利用该实施例岩心样品的 Maps 图像识别并划分岩心样本中各矿物组分发育的孔隙类型,并定量统计每种矿物组分所

对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例。

[0054] 表 1

[0055]

序号	孔隙类型	划分组分	对总孔隙度贡献的比例
1	粒间孔隙	CT可视孔隙	1
2	溶蚀孔隙	钾长石和方解石	0.1
3	粘土微孔隙	伊利石和高岭石	0.3
4	晶间孔	石英和钠长石	0.03
5	粘土微孔隙	绿泥石	0.05

[0056] 结合步骤 S106, 根据图 3 中 Qemscan 实验获取的矿物组分信息, 与图 2 岩心 CT 扫描图片进行对比分析, 确定每种矿物组分所对应的 CT 图像上的灰度值分布区间。该实施例中各组分的灰度值分布区间及百分含量如下述表 2 所示。

[0057] 表 2

[0058]

组分	名称	灰度值下限	灰度值上限	含量
1	CT 可视孔隙	0	108	3.32%
2	伊利石和高岭石	109	120	10.43%
3	钠长石和石英	121	137	68.7%
4	钾长石和方解石	138	145	10.97%
5	绿泥石和其它矿物	146	255	7.2%

[0059] 根据所述每种矿物组分所对应的 CT 图像上的灰度值分布区间、所述矿物组分信息、所述每种矿物组分所对应的孔隙类型对岩心总孔隙度贡献的比例及孔隙尺寸分布信息构建多组分三维数字岩心, 并计算获得该多组分三维数字岩心的总孔隙度, 利用表达式如下:

$$[0060] \quad \phi_{\text{total}} = \phi_{\text{pore}} \times 1 + V_a \times a + V_b \times b + V_c \times c + V_d \times d$$

$$[0061] \quad = \phi_{\text{pore}} \times 1 + V_a \times 0.3 + V_b \times 0.03 + V_c \times 0.1 + V_d \times 0.05;$$

[0062] 式中, ϕ_{total} 为所述多组分三维数字岩心的总孔隙度, 单位为 %;

[0063] ϕ_{pore} 为 CT 可视孔隙度, 单位为 %, 该岩心 CT 可视孔隙度计算结果为 3.32%;

[0064] V_a 、 V_b 、 V_c 和 V_d 为 Qemscan 实验确定的伊利石和高岭石、钠长石和石英、钾长石和方解石、绿泥石和其他矿物等各组分的百分含量, 单位为 %, 具体数值见表 1 最右边一列; a 、 b 、 c 和 d 为上述各矿物组分中发育的孔隙对总孔隙度的贡献比例系数, 无量纲; 本实施例中确定的各比例系数按次序对应于上述矿物组分依次为 0.3、0.03、0.1 和 0.05。

[0065] 该实施例计算得到的数字岩心总孔隙度为 9.96%，该岩心气测实验孔隙度为 10.0%，可见本发明方法能够较准确的表征岩心的真实孔隙度，因为其考虑了岩心中各矿物组分中发育的微小孔隙，而这部分孔隙由于尺寸较小，CT 扫描图像对其不可见，所以本发明较已往的仅基于 CT 扫描建立三维数字岩心的方法具有很大优势。

[0066] 请参照图 5，图 5 为根据确定的数字岩心总孔隙度、CT 图像对应的各矿物组分灰度值分布区间、每种矿物组分中发育的微孔隙类型及其孔隙尺寸分布信息构建的多组分三维数字岩心。该三维数字岩心由于考虑了各矿物组分中发育的微小孔隙，能够较真实的描述致密砂岩的孔隙结构特征。

[0067] 本发明提出的多源信息融合的多组分三维数字岩心构建方法突破了传统的数字岩心构建方法受 CT 扫描分辨率约束的局限性，该方法考虑了岩石骨架的岩性特征和岩心微小孔隙空间的分布，能够更真实的刻画具有复杂岩性和微孔隙发育特点的储层岩石骨架和大小孔隙分布信息，为利用三维数字岩心开展精确的岩石物理属性数值模拟奠定了基础。

[0068] 以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限定本发明的保护范围，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

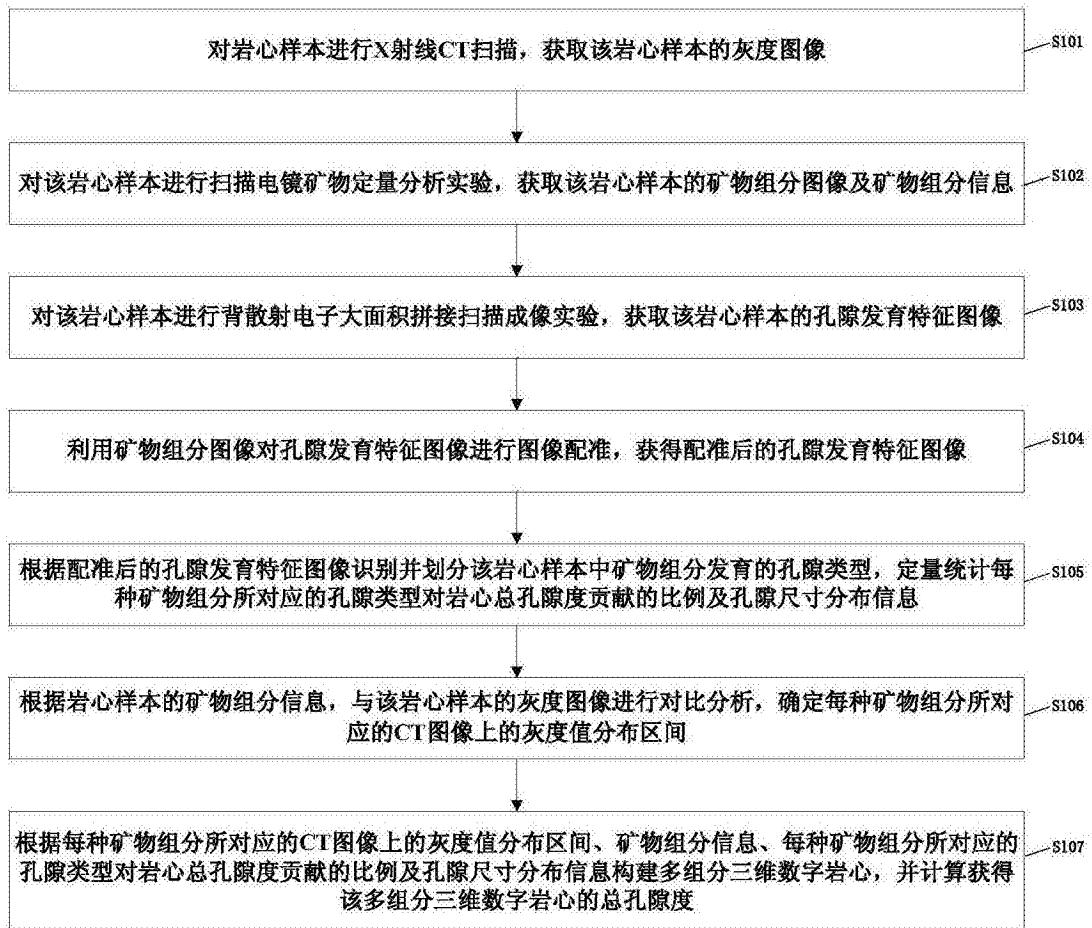


图 1

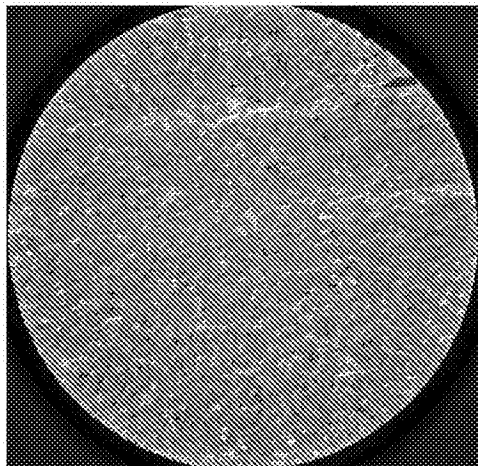


图 2

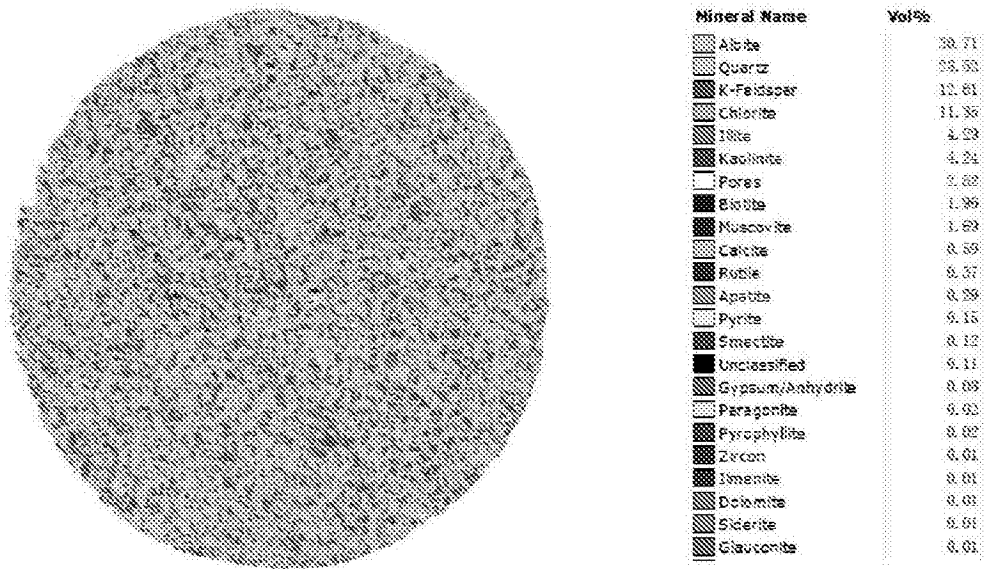


图 3

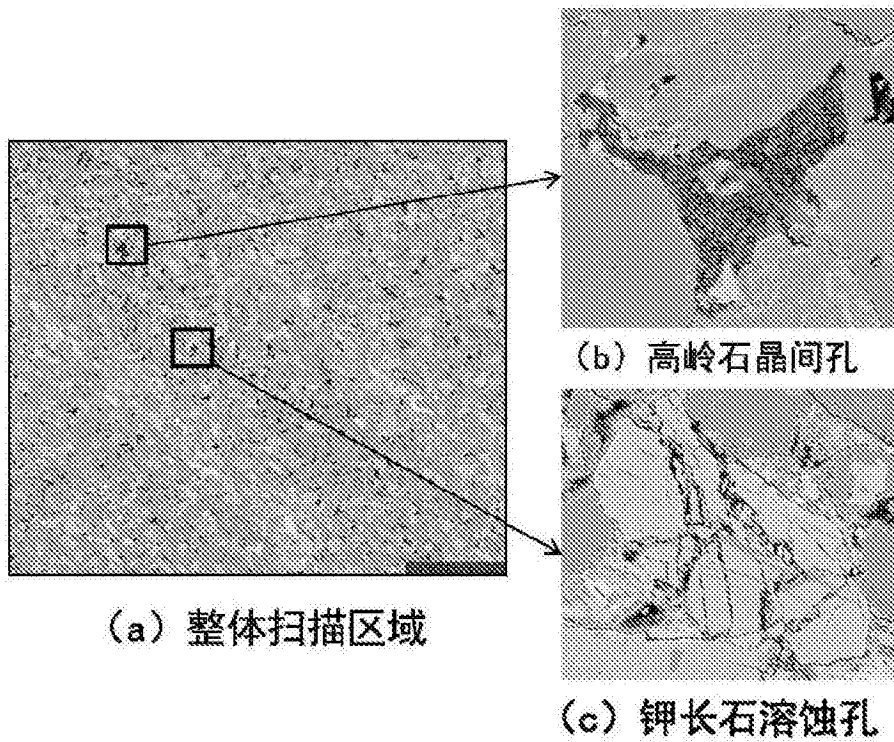


图 4

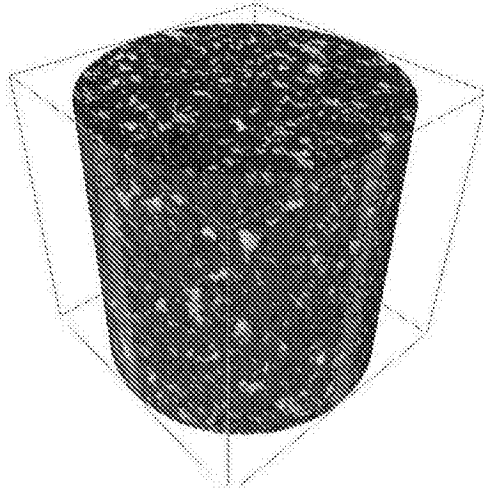


图 5