



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112689778 A

(43) 申请公布日 2021. 04. 20

(21) 申请号 201980036566.0

(22) 申请日 2019.05.15

(30) 优先权数据

15/994,586 2018.05.31 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.11.30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/032489 2019.05.15

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/231681 EN 2019.12.05

(71) 申请人 沙特阿拉伯石油公司

地址 沙特阿拉伯达兰市

(72) 发明人 张明

穆赫莱丝·穆斯塔法·梅兹加尼

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 林玉妹

(51) Int.Cl.

G01V 1/28 (2006.01)

G01V 1/30 (2006.01)

G01V 99/00 (2009.01)

G06F 30/28 (2020.01)

G06F 30/27 (2020.01)

G06F 17/12 (2006.01)

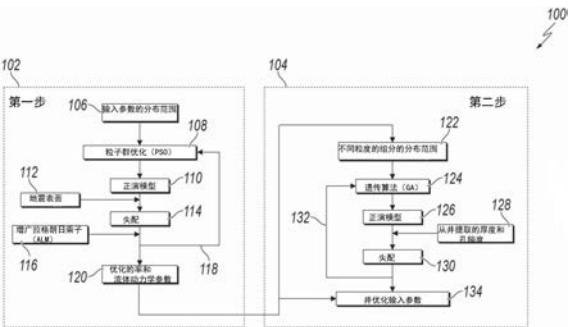
权利要求书3页 说明书24页 附图22页

(54) 发明名称

使用混合线性和非线性算法的反演地层建模

(57) 摘要

在第一步骤中,为多个流体动力学输入参数中的每一个选择定义的范围值。使用选择的范围值和正演模型生成仿真地形结果。生成详细地震解释以表示特定地震特征或观测地形。对计算的失配值进行最小化,失配值表示仿真地形结果与详细地震解释之间的距离。生成估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数。在第二步骤中,使用遗传算法来确定估计的优化砂率中的每个粒度的比例。使用根据从井数据提取的厚度和孔隙度数据计算的失配值以及由正演模型生成的仿真结果生成不同粒度的优化组分。生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。



1. 一种用于反演地层建模的计算机实现的方法,包括:
 第一步骤,进一步包括:
 使用全局优化算法为多个流体动力学输入参数中的每一个选择定义的范围值;
 使用选择的范围值和正演模型生成仿真地形结果;
 生成详细地震解释以表示特定地震特征或观测地形;
 对计算的失配值进行最小化,其中失配值被计算为所述仿真地形结果与所述详细地震解释之间的距离;以及
 生成估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数;以及第二步骤,进一步包括:
 使用遗传算法确定估计的优化砂率中的每个粒度的比例;
 使用根据从井数据提取的厚度和孔隙度数据计算的失配值以及由所述正演模型生成的仿真结果,生成不同粒度的优化组分;以及
 生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。
2. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,全局优化算法被配置为从每个定义的范围中随机地选择值。
3. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,使用线性优化算法来优化所计算的失配值的最小化。
4. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,所估计的优化砂率被用作优化所估计的优化砂率内的不同粒度的组分的固定参数。
5. 根据权利要求4所述的计算机实现的方法,其中,不同粒度的组分的分布范围受所估计的优化砂率的约束。
6. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,通过分别对第一步骤的操作和第二步骤的操作进行迭代,生成所估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数,并且生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。
7. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,还包括使用所生成的优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分来执行正演建模。
8. 一种存储一个或多个指令的非暂时性计算机可读介质,所述指令能够由计算机系统执行以执行包括以下的操作:
 第一步骤,进一步包括:
 使用全局优化算法为多个流体动力学输入参数中的每一个选择定义的范围值;
 使用选择的范围值和正演模型生成仿真地形结果;
 生成详细地震解释以表示特定地震特征或观测地形;
 对计算的失配值进行最小化,其中失配值被计算为所述仿真地形结果与所述详细地震解释之间的距离;以及
 生成估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数;以及第二步骤,进一步包括:
 使用遗传算法确定估计的优化砂率中的每个粒度的比例;
 使用根据从井数据提取的厚度和孔隙度数据计算的失配值以及由所述正演模型生成的仿真结果,生成不同粒度的优化组分;以及
 生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。
9. 根据权利要求8所述的非暂时性计算机可读介质,其中,全局优化算法被配置为从每

个定义的范围中随机地选择值。

10. 根据权利要求8所述的非暂时性计算机可读介质,其中,使用线性优化算法来优化所计算的失配值的最小化。

11. 根据权利要求8所述的非暂时性计算机可读介质,其中,所估计的优化砂率被用作优化所估计的优化砂率内的不同粒度的组分的固定参数。

12. 根据权利要求11所述的非暂时性计算机可读介质,其中,不同粒度的组分的分布范围受所估计的优化砂率的约束。

13. 根据权利要求8所述的非暂时性计算机可读介质,其中,通过分别对第一步骤的操作和第二步骤的操作进行迭代,生成所估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数,并且生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。

14. 根据权利要求8所述的非暂时性计算机可读介质,还包括使用所生成的优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分来执行正演建模。

15. 一种计算机实现的系统,包括:

一个或多个计算机;以及

一个或多个计算机存储器设备,与所述一个或多个计算机可操作地耦接并且具有存储一个或多个指令的有形非暂时性机器可读介质,所述一个或多个指令在由所述一个或多个计算机执行时执行一个或多个操作,所述一个或多个操作包括:

第一步骤,进一步包括:

使用全局优化算法为多个流体动力学输入参数中的每一个选择定义的范围值;

使用选择的范围值和正演模型生成仿真地形结果;

生成详细地震解释以表示特定地震特征或观测地形;

对计算的失配值进行最小化,其中失配值被计算为所述仿真地形结果与所述详细地震解释之间的距离;以及

生成估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数;以及第二步骤,进一步包括:

使用遗传算法确定估计的优化砂率中的每个粒度的比例;

使用根据从井数据提取的厚度和孔隙度数据计算的失配值以及由正演模型生成的仿真结果,生成不同粒度的优化组分;以及

生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。

16. 根据权利要求15所述的计算机实现的系统,其中,全局优化算法被配置为从每个定义的范围中随机地选择值。

17. 根据权利要求15所述的计算机实现的系统,其中使用线性优化算法来优化所计算的失配值的最小化。

18. 根据权利要求15所述的计算机实现的系统,其中,所估计的优化砂率被用作优化所估计的优化砂率内的不同粒度的组分的固定参数,并且其中不同粒度的组分的分布范围受所估计的优化砂率的约束。

19. 根据权利要求15所述的计算机实现的系统,其中通过分别对第一步骤的操作和第二步骤的操作进行迭代,生成所估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数,并且生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。

20. 根据权利要求15所述的计算机实现的系统,还包括使用所生成的优化的流体动力

学输入参数和不同粒度的优化组分来执行正演建模。

使用混合线性和非线性算法的反演地层建模

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年5月31日提交的美国专利申请No.15/994,586的优先权,其全部内容通过引用合并于此。

背景技术

[0003] 正演地层模型是地下地球体(例如石油储集层或沉积盆地)的详细内部几何形状和岩石性质的数字表示,并被用作调查地质年表上的地层或沉积地层的形成的工具。正演地层模型提供了地质油藏仿真,例如用于选择新油气井的位置、估计油气储量以及规划油气藏开发策略。需要三个基本先决条件来考虑地层正演仿真是成功的。首先,必须很好地理解由露出地面的岩层(outcrop)、地震或其他硬数据记录的地层形成过程。其次,正演模型必须能够描述地层过程-响应系统。第三,必须准确估计许多输入参数。但是,满足所有三个先决条件已被证明在技术上具有挑战性。

发明内容

[0004] 本公开描述了使用混合线性和非线性算法的反演地层建模。

[0005] 在第一实现中,在第一步骤中,为多个流体动力学输入参数中的每一个选择定义的范围值。使用选择的范围值和正演模型生成仿真地形结果。生成详细地震解释以表示特定地震特征或观测地形。对计算的失配值进行最小化,其中失配值表示仿真地形结果与详细地震解释之间的距离。生成估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数。在第二步骤中,使用遗传算法来确定估计的优化砂率中的每个粒度的比例。使用根据从井数据提取的厚度和孔隙度数据计算的失配值以及由正演模型生成的仿真结果,生成不同粒度的优化组分。生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。

[0006] 所描述的主题的实现(包括先前描述的实现)可以使用以下项来实现:计算机实现的方法;存储计算机可读指令以执行所述计算机实现的方法的非暂时性计算机可读介质;以及计算机实现的系统,其包括与一个或多个计算机可互操作地耦接并且具有存储指令的有形非暂时性机器可读介质的一个或多个计算机存储器设备,所述指令在由所述一个或多个计算机执行时执行所述计算机实现的方法/存储在非暂时性计算机可读介质上的计算机可读指令。

[0007] 在本说明书中描述的主题可以实现,以便实现以下优点中的一个或多个。首先,估计和调整成功的正演地层模型所需的许多所需输入参数的值通常是由地质工程师执行的手动过程。手动估算和调整可能非常耗时,而且不同地质工程师之间的结果往往不一致。然而,所描述的方法实现用多尺度先前观测数据(例如,(来自井曲线和井芯的)井数据和地震数据)校准正演地层模型的自动解决方案,其比生成正演地层模型的传统方法更精确和一致。第二,生成的正演地层模型可用于提高地质预测的整体准确性。第三,所描述的方法可以被实时计算系统用来基于生成的输出数据(例如正演地层模型)来动态地控制或直接控制有形设备。第四,从计算的角度来看,至少在减少生成正演地层模型的计算要求方面,所

描述的方法是较为便宜的并且可以改善计算机的操作。

[0008] 在具体实施方式、权利要求书和附图中阐述本说明书的主题的一个或多个实施方式的细节。通过具体实施方式、权利要求书和附图,本主题的其他特征、方面和优点对于本领域的普通技术人员而言将变得显而易见。

附图说明

[0009] 本专利或申请文件包含至少一个彩色附图。含有彩色附图的本专利申请公开的拷贝将在提出请求并支付必要的费用后由专利和商标局提供。

[0010] 图1是示出根据本公开的实施方式的用于使用混合线性和非线性算法进行反演地层建模的计算机实现的方法的示例的流程图。

[0011] 图2A是示出根据本公开的实施方式的正演模型的示例初始地形的曲线图。

[0012] 图2B是示出根据本公开的实施方式的示例正弦海平面曲线的曲线图。

[0013] 图3A是示出根据本公开的实施方式的沿着中心线的三角洲(delta)叶瓣的演变的数据图。

[0014] 图3B是示出根据本公开的实施方式的不同粒度的行进距离的曲线图。

[0015] 图3C是示出根据本公开的实施方式的未压实的三角洲仿真的2D剖面的数据图。

[0016] 图3D是示出根据本公开的实施方式的压实的三角洲仿真的2D剖面的数据图。

[0017] 图4A是示出根据本公开的实施方式的、当考虑多个(多于两个)粒度时粒度1的代价函数表现出非凸特征的曲线图。

[0018] 图4B是示出根据本公开的实施方式的当仅考虑砂率时粒度1的代价函数表现出凸特征的曲线图。

[0019] 图5是示出根据本公开的实施方式的观测数据和反演结果之间的差异的曲线图。

[0020] 图6A是示出根据本公开的实施方式的针对高频振荡代价函数的粒度优化所实施的遗传算法(GA)的曲线图。

[0021] 图6B是示出根据本公开的实施方式的通过使用残差和相关来选择全局最优值的曲线图。

[0022] 图7是示出根据本公开的实施方式的仿真井数据与实际(观测)井数据之间的比较的曲线图。

[0023] 图8A是根据本公开的实施方式的北海中的F3区块的位置的数据图。

[0024] 图8B是根据本公开的实施方式的四个系统区的晚中新世到更新世的数据图。

[0025] 图8C是根据本公开的实施方式的主测线(inline)和井的位置的数据图。

[0026] 图9A是示出根据本公开的实施方式的观测到的主测线剖面数据与反演(仿真)结果之间的差异的曲线图。

[0027] 图9B是根据本公开的实施方式的观测到的主测线地震剖面的数据图。

[0028] 图9C是示出根据本公开的实施方式的观测到的主测线剖面数据与反演(仿真)结果的重叠的数据图。

[0029] 图10A是根据本公开的实施方式的仿真井数据与井孔隙度对数的比较的曲线图。

[0030] 图10B是根据本公开的实施方式的穿透三角洲(deltaic)系统的井的数据图。

[0031] 图11是示出根据本公开的实施方式的用于提供与所描述的算法、方法、功能、处

理、流程和过程相关联的计算功能的计算机实现的系统的示例的框图。

[0032] 各附图中相似的附图标记和标号表示相似的元件。

具体实施方式

[0033] 以下详细描述描述了使用混合线性和非线性算法的反演地层建模,并且被呈现为使得任何本领域技术人员能够在一个或多个具体实施方式的上下文中做出和使用所公开的主题。对公开的实施方式的各种修改、改变和排列可以实现并且对本领域普通技术人员而言将显而易见,并且在不背离本公开的范围的情况下,所定义的一般原理可适用于其他实施方式和应用。在一些情况下,可以省略对于获得对所描述的主题的理解不是必需的且在本领域普通技术人员的技术内的一个或多个技术细节,以便不模糊一个或多个所描述的实施方式。本公开并非意在限于所描述的或示出的实施方式,而应赋予与所描述的的原理和特征一致的最宽范围。

[0034] 正演模型(例如,为流体控制的三角洲系统正演仿真而设计的二维(2D)流体动力学正演模型)是地下地球体(例如石油储层或沉淀盆地)的详细内部几何形状和岩石性质的数字表示。正演模型被用作地层正演仿真的正演引擎。例如,可以对特定的正演模型进行计算,以调查/仿真地质年表上的地层或沉积地质层的形成,并提供地质油藏仿真,以用于选择新油气井的位置、估计油气储量以及规划油气藏开发策略。

[0035] 地层正演模型可以分为四个主要的子类别:1)几何;2)模糊逻辑;3)扩散;以及4)流体动力学过程-响应。几何模型描述了从地质方面而不是物理过程本身的沉积过程的几何结果。模糊逻辑模型通过一系列逻辑规则来控制沉积物的空间和时间分布。扩散模型假设沉积物的运输和沉积可以通过在预先存在的沉积质量/表面上具有一定的扩散梯度的扩散过程来描述。流体动力学过程-响应模型遵循基本的流体动力学定律并且可以在数值上仿真不同类型的沉积系统过程。

[0036] 通常需要三个先决条件来考虑地层正演仿真是成功的。首先,必须很好地理解由露出地面的岩层、地震或其他硬数据记录的地层形成过程。其次,正演模型必须能够描述地层过程-响应系统。第三,必须准确估计许多输入参数值。然而,满足所有三个先决条件已被证明在技术上具有挑战性,尤其是针对许多输入参数值的准确估计。

[0037] 在一些实施方式中,可以与所描述的方法一起使用的标准输入文件的示例可以包括以下输入参数。请注意,输入文件包括所描述的反演算法(即,粒子群优化(PSO)和遗传算法(GA)部分)的特定输入参数:

```
#####  
# 2D 三角洲反演地层建模的输入参数列表 #  
# (确定性) #  
#####  
[0038] # 此输入参数列表包括两部分，包括正演模型  
# 参数和反演模型参数。  
#-----  
# 正演模型参数  
#-----
```

```

TIME (时间)
# 仿真时间定义(必需)
# 开始时间 [年]   结束时间 [年]   采样间隔 [年]
           4000           2000           100
#-----
GRID (网格)
# 网格尺寸定义和几何 (必需)
# 网格间隔
# X[m]的步长   Y [m]的步长
           10           30
# X [m]的最小值 X [m]的最大值 Y [m]的最小值 Y [m]的最大值
           1           12500           -500           10000
#-----
SEDIMENT (沉淀)
[0039] # 沉淀参数 (必需)
# 粒度数
5
# 每个粒度的直径 [mm]
# 卵石 4-64 mm, 颗粒 2-4 mm, vcse 1-2 mm, cse 0.5-1 mm, med 0.25-
0.5 mm,
# fn 0.125-0.25, vfn 0.062-0.125 mm, slt 0.0039-0.062 mm, 粘土 <
0.0039 mm
#   Vcse   med   fn   slt   粘土
           1.2   0.3  0.15  0.06  0.005
#-----
SOURCE
# 储藏位置
# 极地 1   温带 2   地中海\热带 3
1

```

```
# 区域最高海拔
2000
# 平均气温（华氏）
-4.4
# 河宽    河深
100      5
# 排放范围的初始猜测
# 现代河流排放数据库可以用作估计的参考
# <数据库 Web 地址>
# 排放速度的最小值 [m^3/s]    X 的最大值 [m^3/s]
                100                        500

#-----
SEA_LEVEL（海平面）
# 定义海平面曲线（必需）
[0040] # 海平面曲线文件
/home/user/<user>/Stochastic_model/Input_file/Sea_level.txt
#-----
TOPOGRAPHY（地形）
# 定义地形（必需）
# 地形文件
/home/user/<user>/Stochastic_model/Input_file/Topography.txt
#-----
OUTPUT_WELL
# 井的数目
3
# 以米为单位的井位置(可选)
# X
300
500
```

700

输出井数据文件名称

Delta2DsimWell.txt

#-----

#-----

#-----

反演模型参数

#-----

SEISMIC_SURFACE

地震解释表面将被视为地貌

约束 (必需)

地貌文件

/home/user/<user>/Stochastic_model/Input_file/

Seismic_surface.txt

[0041] #-----

PSO

用于地貌优化的 PSO 算法 (必需)

地貌约束的阈值 0.99 0.8

#-----

INPUT_WELL

输入井数据将被用作反演的约束 (必需)

井数据文件

/home/user/<user>/Stochastic_model/Input_file/Well_data_noise.txt

#-----

GA

用于井数据优化的遗传算法 (必需)

容错

0.05

代的数目 每代的种子数量

```
3          15
# 交叉率    突变率
      0.5      0.03

#-----
#-----
#-----

# Output_file
#-----

OUTPUT_FILE
# 输出文件位置 and 文件名称
# 输出文件位置
[0042] /home/user/<user>/Stochastic_model/Output_file/
# 输出文件名称 厚度
Delta2DsimT.txt
# 输出文件名称 分数
Delta2DsimF.txt
# 输出文件名称 孔隙度
Delta2DsimP.txt
# 输出文件名称 地形
Delta2DsimTop.txt
#-----

# *** 示例输入文件结束 ***
```

[0043] 准确地估计和调整成功的正演地层模型所需的许多所需输入参数的值通常是由地质工程师执行的手动过程。然而,手动估计和调整可能非常耗时,而且不同地质工程师之间的结果往往不一致。

[0044] 以前的研究人员已经提出了几种半自动或自动的反演型工作流程来解决准确估计的问题。大多数先前的尝试可以总结为如下:1) 将估计的/随机初始值输入到正演模型中以生成仿真结果;2) 使用仿真输出和观测两者来建立失配计算的目标函数;以及3) 将根据输出与实际数据的比较生成的失配(例如,砂岩的厚度差异)馈送到用于输入参数优化的反演算法中。在之前的努力中,例如:1) 利用从井数据和井芯提取的相带(facies tracts)的厚度建立用作反演引擎的目标函数;2) 使用岩性进行失配计算,使用遗传算法(GA)进行反演优化;3) 采用专家用户提供的主观值来构建目标函数,并利用遗传算法对输出模型进行排序;4) 引入多维缩放(MDS)和自组织映射(SOM)以对多维参数进行可视化;以及5) 在分段

反演比单步反演更好的建议下,将地形和失配年龄计算与邻域算法一起使用以用于优化。

[0045] 即使迭代过程在时间上是昂贵的,但先前的努力有一个共同的属性:在迭代过程中,正演模型被视为具有许多输入的黑匣子。反演算法(即全局优化算法)被设计为基于灵敏度分析自动操作按钮,直到获得满意的输出。先前的努力的一个好处是反演算法非常通用,因为它是不依赖任何特定的正演模型的单独模块。先前的努力的一个缺点是反演算法的有效性和效率可能受到正演模型的限制。例如,由于正演模型被视为黑匣子,所以在正演仿真的每个步骤中难以执行分段反演。因此,杠杆反演算法只能根据正演仿真的总体结果提供总体上优化的参数。总体上优化的参数一般不太适合与正演仿真相关的每个时间步长。因此,正演仿真在时间上是昂贵的,并且正演仿真提供的信息并不是完全可用的。多个输入参数值的变化需要考虑许多可能的组合。由于可以基于可能的输入参数值组合在每次迭代中对正演模型进行多次运算,因此常常需要人为约束迭代次数,这限制了反演精度。

[0046] 从高层面看,当前的公开描述了利用多尺度的先前观测数据(例如,井数据和地震数据)校正正演模型,其比传统的生成输入参数值的方法更准确和一致。生成的正演模型可用于提高地质预测的整体准确性。

[0047] 从低层面看,所描述的方法改善了构建用于计算失配的目标函数以及使用计算出的失配和反演算法优化输入参数。使用三角洲型系统,因为已经通过扩散模型、简化模型以及具有不同流体运动方程(例如,例如动量、对流扩散和基于随机包裹的蜂窝路由)的流体动力学过程-响应模型对三角洲沉积物的形成过程进行了充分研究和数学描述。在所描述的方法的实现中,对流扩散方程用作正演引擎。还使用PSO、增广拉格朗日乘子(ALM)和GA来构建两步反演算法。利用从井曲线中提取的解释地震表面、岩性厚度和孔隙度来建立目标函数。

[0048] 所描述的两步反演算法用于针对碎屑沉积物所设计的正演模型的输入参数优化,以快速估计进行详细和完整的物理正演仿真所需的一些基本输入参数(例如,排放、速度和不同粒度的组分)。碎屑沉积物由预先存在的矿物和岩石的碎屑(碎片)组成。碎屑可以被认为地质碎石的碎片,例如碎块和通过物理风化而从其它岩石上破碎的更小的碎石颗粒。碎屑用于参考沉积物(无论是悬浮物还是沉积物)以及沉积物中的沉积岩石和颗粒物。在一些实施方式中,正演模型是为流体主导的三角洲系统仿真设计的2D正演模型。正演模型的内核引擎可以是在考虑压实(compaction)的同时,平面内的稳态2D对流扩散方程和竖直方向上的线性模型。两步反演算法是基于正演模型特性而设计的。

[0049] 在反演算法的第一步中,地形学(地貌信息)被用于在正演仿真的每个时间步骤中为砂率和其他参数优化(例如,流体动力学参数)建立目标函数。在一些实施方式中,PSO和ALM是第一步中分段反演的引擎。例如,全局优化算法(例如PSO)用于初始化一组随机颗粒物,以通过求解2D对流扩散方程或其他非线性方程来计算不同粒度的分布。然后执行线性优化算法(例如,ALM)来求解每个粒度的组分,并计算从仿真和真实数据生成的地形的失配。应用PSO或其他全局优化算法来更新颗粒物(即输入参数),并根据计算出的失配搜索最优解。当找到最优解时,不同的粒度被分类为砂和泥,并分别添加它们的组分以生成砂率。通过线性优化计算不同粒度的组分,并通过全局优化来估计其他参数。

[0050] 在生成最终优化的反演算法的第二步中,在从第一步估计的砂率的约束下,使用(例如,从井曲线和井芯中提取的)不同粒度和孔隙度的厚度来建立用于校准不同粒度的组

分的目标函数。GA或其他全局算法被用作内核引擎。使用相关性和残差或其他标准对仿真和观测之间的相似性进行排序。

[0051] 与先前的尝试相比,三个显著的特征区分了所描述的方法:

[0052] 1. 在第一步中将正演模型部分重写为凸函数,允许在第一步中进行凸函数优化,而不是将正演模型视为黑匣子。利用非线性算法优化2D对流扩散面内涉及的流体力学参数。执行线性模型的二次优化以确定控制竖直堆积模式的不同粒度的组分。非线性算法显著提高了反演效率,并且可用于由混合线性和非线性算法驱动的其他正演模型。

[0053] 2. 对输入参数进行分层优化,而不是一步优化。与其他参数相比,不同粒度组分对正演模型的高频细节(而不是低频趋势)更敏感。因此,在计算反演的第一步中计算砂率,计算出的不同粒度组分(例如,使用ALM)在维数上减小。一维砂率被用来估计高维粒度组分对地形的影响,这是正演模型的低频趋势。这种降维过程可以被视为在先前的地质约束条件下的代价函数的平滑。目标函数从非凸函数转换为凸函数,以获得准确稳定的解。在反演的第一步计算的砂率约束条件下,通过在反演的第二步中使用井数据来优化不同粒度组分。分层/级联反演策略减少了每个步骤中参数的维数,减少了所需的迭代次数、处理需求并提高了了解的稳定性。

[0054] 3. 与传统方法相比,分段反演的应用为每个仿真步骤提供了最适合的参数。累积误差被最小化,并且准确度提高。由于可以在每个步骤中执行优化而不是等到整个正演模型已经被处理,所以计算成本也被降低。

[0055] 图1是示出根据本公开的实施方式的用于使用混合线性和非线性算法进行反演地层建模的计算机实现的方法100的示例的流程图。为了说明的清楚,下面的描述在总体上描述了在本说明书中的其他附图的上下文中的方法100。然而,应理解,方法100可以例如是情况由适当的任意系统、环境、软件和硬件、或系统、环境、软件和硬件的组合来执行。在一些实施方式中,方法100的各个步骤可以并行、组合、循环或以任意顺序运行。

[0056] 从高层面看,方法100包含正演模型和两步反演引擎。两步反演引擎利用反演算法输出用于后续正演建模的一组优化参数。

[0057] 在两步反演算法的第一步(102)中利用地震数据来捕捉低频趋势(即三角洲沉积的地形)。对流体动力学输入参数(例如,排放和速度)以及砂率进行优化。

[0058] 在两步反演算法的第二步(104)中采用从穿透三角洲沉积物获得的井数据来校准三角洲沉积物的高频输入参数(例如孔隙度和储层厚度)。对不同粒度的组分进行优化。

[0059] 在一些实施方式中,得到的良好优化的输入参数可以与正演仿真一起使用,从而生成额外的结果。

[0060] 正演模型

[0061] 2D流体动力学正演模型用于仿真河流主导三角洲系统的进变和退变。为了缩短计算时间迭代,已经使用液体排放、大规模缓解和盆地温度的关系来计算沉积物浓度。该关系减少了非线性优化所需的输入参数的数量,因为沉积物浓度不被视为独立的输入参数。如前所述,在一些实施方式中,正演模型的内核引擎可以是在考虑压实的同时平面内的稳态2D对流扩散方程和竖直方向上的线性模型。

[0062] 悬浮载荷是三角洲沉积演变的主要机制。三维(3D)悬浮沉积运动可以表示为(如等式(1))控制体积(control volume)外的沉积物质量流量加上控制体积中的质量变化率:

$$[0063] \quad \frac{\partial}{\partial t}(\rho_s C) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_s C u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho_s C v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho_s C w) = \frac{d}{dt}(\rho_s C) \quad (1),$$

[0064] 其中 ρ_s 是沉积物的质量密度, C 是瞬时体积浓度, u 是 x 方向上的瞬时速度, v 是 y 方向上的瞬时速度, w 是 z 方向上的瞬时速度。

[0065] 为了简化求解过程,在不考虑竖直方向上的悬浮载荷变化的情况下,使用稳态2D对流扩散方程(如等式(2)所示)来描述横向方向上的不同粒度传输:

$$[0066] \quad \frac{\partial uI}{\partial x} + \frac{\partial vI}{\partial y} + \lambda I = \frac{\partial}{\partial y} \left(K \frac{\partial I}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(K \frac{\partial I}{\partial x} \right) \quad (2),$$

[0067] 其中 u 、 y 分别是 x 、 y 方向上的速度, I 是沉积物库存或沉积物浓度, K 是湍流沉积物扩散率,以及 λ 是一级去除速率常数。

[0068] 在竖直方向上,通过线性模型计算不同粒度的堆积分布(如等式(3)所示):

$$[0069] \quad q_{sz} = \sum_{i=1}^N p_i \cdot C u \quad (3),$$

[0070] 其中 q_{sz} 是每个时间步长的不同颗粒体积的悬浮载荷量, p_i 是不同粒度的组分, N 是粒度数, C 是瞬时体积浓度, u 是瞬时体积速度。粒度的堆积顺序服从地质观察(即颗粒向上变粗的反向循环)。

[0071] 反演算法

[0072] 第一步(102)

[0073] 在反演算法的第一步中,地形学(地貌信息)被用于在使用正演模型的正演仿真的每个时间步骤中为砂率和其他参数优化(例如,流体动力学第一参数)建立目标函数。

[0074] 在方法100的第一步106中,定义了输入参数的范围。在一些实施方式中,范围可以由输入参数(例如,如先前定义的输入文件中所示)定义。作为一个特定的示例,参数“排放”的范围可以由以下定义:

排放范围的初始猜测

现代河流排放数据库可以用作估计的参考

<数据库 Web 地址>

[0075]

排放速度的最小值 [m^3/s] X 的最大值 [m^3/s]

100

500

#-----,

[0076] 其中参数范围从100到500。在这里,排放范围受到河道大小以及已知的全球现代河流排放量的统计结果的限制。在其他实施方式中,范围值可以由用户输入或由自动化软件过程动态确定。方法100从106进行到108。

[0077] 在108,定义的输入参数范围被提供给PS0算法。PS0算法被配置为从针对具有可能范围的每个输入参数定义的范围值中随机地选择值。例如,PS0算法在第一次迭代中为排放输入参数选择300。对于每个时间步,通过求解二维对流扩散方程或其他非线性方程,初始化一组随机粒子以计算不同粒度的分布。方法100从108进行到110。

[0078] 在110,所选参数值与(例如,来自输入文件的)其他固定参数组合并被提供到正演

模型中以生成仿真地形结果。方法100从110进行到112。

[0079] 在112,生成详细的地震数据解释以表示具体的地震特征/观测的地形(例如,图8B是斜度特征的图示)。详细的地震数据解释不同于常规的地震数据解释,因为详细的地震数据解释不仅需要顶面的描述,而且需要受解释的地震(地层)表面(表示目标沉积单元内的每个地质时间步的地质表面或地形)约束的目标沉积单元内的所有时间等效的地震事件的描述。解释的地震表面(例如,以ASCII格式)被保留。方法100从112进行到114。

[0080] 在114,计算失配值(D1)。在一些实施方式中,仿真地形和解释地震表面的L2范数被用作失配计算的目标函数。例如,可以通过将在112生成的解释地震表面与来自110的仿真地形结果进行比较来计算失配:

$$[0081] \quad D1 = ||\text{Topography}_{\text{simulated}} - \text{Topography}_{\text{seismic}}||^2,$$

[0082] 其中D1表示仿真地形($\text{Topography}_{\text{simulated}}$,例如在110)和观测地形($\text{Topography}_{\text{seismic}}$,例如在112)之间的欧拉距离。方法100从114进行到116。

[0083] 在116,应用线性优化算法(例如,增广拉格朗日乘数(ALM))以最小化在114计算出的失配值。得到的最小值被用作粒度组分值的百分比(%)的优化。将由ALM提供的优化粒度组分分类(例如,作为沙子和泥土),并且分别添加它们的组分以产生砂率。方法100从116进行到118。

[0084] 在118,108-116被迭代一次或多次以更新输入参数,直到根据ALM计算的失配找到最优解。在计算完所有粒子后,找到最优解。利用最优解,对不同粒度进行分类(例如,砂和泥),并分别添加它们的组分以生成估计的优化砂率。方法100从120进行到122。

[0085] 在120,产生所生成的估计优化砂率和流体动力学输入参数(例如,排放和速度)的数据集。估计的优化砂率和流体动力学参数将被用作第二步(104)中的固定输入参数。方法100从118进行到120。

[0086] 第二步(104)

[0087] 在反演算法的第二步中,对不同粒度的组分进行优化。在120估计的优化砂率和流体动力参数是第二步的固定输入参数。在第一步(102)估计的砂率的约束下,需要不同粒度的组分进行优化。GA被引入作为反演的引擎。使用相关性和残差来对2D曲线图上的仿真和观察之间的相似性进行排序。在优化过程开始时,不同粒度的组分形成了具有特定间隔的高维网格,并作为第一代提供给GA。在一些实施方式中,只有具有高相关性和低残差的前40%的种子被保留作为后续世代的父代。在四代之后,具有最高相关性和最低残差的种子被认为是最佳种子。

[0088] 在122,不同粒度组分的分布范围受到固定输入优化砂率的约束。例如,存在四种类型的粒度,包括粗砂、细砂、粉砂岩和泥岩。粗砂和细砂被归类为砂子。粉砂岩和泥岩被归类为泥岩。基于第一步(102)的结果,砂率已知为0.5,即50%的砂岩和50%的泥岩。方法100从122进行到124。

[0089] 在124,使用GA来确定每个粒度的比例。每个粒度的范围从0到50%。执行Ga以在该范围内生成不同粒度的组分。方法100从124进行到126。

[0090] 在126,将所有参数提供给(例如在114中所使用的)正演模型以生成仿真结果。方法100从126进行到128。

[0091] 在128,从井数据中提取厚度和孔隙度数据。方法100从128进行到130。

[0092] 在130,将来自128的厚度和孔隙度数据与126的仿真结果组合以建立失配函数:

[0093] $||\text{Thickness}_{\text{simulated}} - \text{Thickness}_{\text{wells}}||^2 + ||\text{Porosity}_{\text{simulated}} - \text{Porosity}_{\text{wells}}||^2$,其中 $\text{Thickness}_{\text{wells}}$ 表示从井提取的岩性厚度, $\text{Thickness}_{\text{simulated}}$ 表示从仿真提取的岩性厚度, $\text{Porosity}_{\text{wells}}$ 表示从井提取的孔隙度, $\text{Porosity}_{\text{simulated}}$ 表示从仿真提取的孔隙度。方法100从130进行到132。

[0094] 在132,失配函数(130)与GA一起用于迭代(124-130)一次或多次,直到获得不同粒度的优化组分。方法100从132进行到134。

[0095] 在134,将从第一步(102)获得的优化的流体动力学参数和从第二步(104)获得的不同粒度的组分组合在一起作为输出结果以用于后续的正演建模。在134之后,方法100停止。

[0096] 示例结果

[0097] 情况1:综合情况验证

[0098] 在具体实施方式中,所描述的方法利用所描述的2D流体动力学正演模型对作为观测数据的合成的地质上合理的正演仿真结果进行测试。在合成数据集中,校准了六个输入变量,包括排放和五种粒度的组分。确定的最优解具有97%的相关性和1.86的残差,表明估计的输入值非常接近真值。

[0099] 图2A是示出根据本公开的実施方式的正演模型的示例初始地形200a的曲线图。图2A具有表示距离n(米(m))乘以10m的水平轴202a和表示地形高度(m)的竖直轴204a。地形值由206a表示。进行正演仿真以在开始时提供测试数据。正演仿真在长12.5千米(km)和高150(m)(如图2A所示)的坡道上进行。转折点208a位于离左边界约2公里处。斜面210a比转折点208a高约2度。斜面212a比转折点208a低约8度。

[0100] 图2B是示出根据本公开的實施方式的示例正弦海平面曲线200b的曲线图。图2B具有以千年(ka)为单位表示年龄的水平轴202b和表示振幅(m)的竖直轴204b。在图2B中,正弦波动曲线206b的范围从136m到149m,以100年的时间步长和2.0ka的持续时间用作海平面。

[0101] 使用由稳态平均排放组成($500\text{m}^3/\text{s}$)和基于马尔可夫过程的取决于气候的排放时间序列生成的随机组成而构成的随机排放模型来产生每一步的可变排放参数。通过流域特性与河流排放系列之间的关系计算浓度。将包括具有固定组分35%,10%,15%,20%,20%的粗砂(1.2毫米(mm))、中砂(0.3毫米)、细砂(0.15毫米)、粉砂(0.06毫米)和粘土(0.003毫米)的五类沉积物分别纳入正演模型。

[0102] 图3A是示出根据本公开的實施方式的沿着中心线的三角洲叶瓣(delta lobe)的演变的数据图300a。图3A具有表示y方向上的宽度(m)乘以30m的水平轴302a和表示x方向上的距离(m)乘以10m的竖直轴304a。总共20个时间步长被用于仿真河流主导的三角洲系统的发展。当海平面下降时,三角洲叶瓣沿着中心线308a进入306a,当海平面上升时,三角洲叶瓣向310a方向回缩。

[0103] 图3B是示出根据本公开的實施方式的不同粒度的行进距离的曲线图300b。图3B具有表示x方向上的距离(m)乘以10m的水平轴302b和表示总厚度(m)的竖直轴304b。描绘了具有不同颜色(306b)的五种粒度的行进距离。粒度从1到5,分别代表粗砂和泥。粗粒度表现出具有短行进距离的沉积曲线的s形状308b,而泥表现出平坦形状的曲线310b。该特征可以归因于颗粒的动量快速损失:粒度越大,表明与粗尺寸沉积物相比,细尺寸沉积物的行程更

长。

[0104] 图3C是示出根据本公开的实施方式的未压实的三角洲仿真的2D剖面的数据图300。图3C具有表示x方向上的距离(m)乘以10m的水平轴302c和表示以分米(dm)为单位的深度的竖直轴304c。示出的2D剖面显示了没有压实的倾斜成型306c(其为给出地震表达的主要形态特征的倾斜沉积表面)演变。从黑色到灰色的颜色(如在粒度条308c中)分别表示从精细到粗糙的粒度。

[0105] 图3D是示出根据本公开的实施方式的压实的三角洲仿真的2D剖面的数据图300d。图3D具有表示x方向上的距离(m)乘以10m的水平轴302d和表示深度(dm)的竖直轴304d。示出的2D剖面显示了没有压实的倾斜成型演变306d。从黑色到灰色的颜色(如在粒度条308d中)分别表示从精细到粗糙的粒度。

[0106] 关于图4A和图4B,在所描述的反演优化过程中允许包括不同粒度的河流排放和沉积物组分在内的六个流体动力学参数变化,其中,其他参数保持恒定在正确的值。在反演的第一步(102)中,使用从正演仿真的20个时间步长提取的仿真面作为地形,以建立每个分段反演过程的目标函数。在每个时间步长中,PSO在开始时初始化一组排放值,根据给定的排放值应用ALM来优化不同粒度的组分,并计算目标函数的失配。然后通过PSO执行优化和更新策略来更新排放并选择具有最小失配的最优解。停止优化并移至下一个时间步长,直至达到至少95%的准确度或者迭代次数超过最大值60。

[0107] 图4A是示出根据本公开的实施方式的当考虑多个(多于两个)粒度时粒度1的代价函数表现出非凸特征的曲线图400a。图4A具有表示粒度组的数量的水平轴402a和表示误差($\times 10^4$)的竖直轴404a。线406a表示不同粒度组的误差,而线408a表示平滑的误差。通过描述的线性优化来获得不同粒度的组分。然而,当考虑多个(多于两个)粒度时,每个粒度的代价函数实际上是非凸函数。线性优化方法倾向于生成局部最小值,而不是寻找全局优化。

[0108] 图4B是示出根据本公开的实施方式的当仅考虑砂率时粒度1的代价函数表现出凸特征的曲线图400b。图4B具有表示砂率组的数量的水平轴402b和表示误差($\times 10^5$)的竖直轴404b。线406b表示砂率组的误差,而线408b表示平滑的误差。为了克服图4A中识别的不足,根据地质分类将五种粒度分类为砂和泥。分别添加它们的组分以计算砂率和泥率。所描述的方法在地质概念的强大约束下将四维代价函数(即,具有四个自由度的五个组分)压缩到一个维度,并且生成砂率的平滑代价函数。砂率预测变得稳定可靠。

[0109] 图5是示出根据本公开的实施方式的观测数据和反演结果之间的差异500的曲线图。图5具有表示x方向上的距离(m)的水平轴502和表示地形高度(m)的纵轴504。原始解释的地形表面506被插入图5的左下角。曲线图514中的反演结果508和观测数据510与实际地形512之间的比较示出了仿真反演结果508几乎与解释的地形表面506重叠,这表明排放和砂率通过PSO和ALM的组合被成功地优化,且精确度超过95%。观测的低频率趋势被很好地捕获。

[0110] 图6A是示出根据本公开的实施方式的针对高频振荡代价函数的粒度优化所实施的GA的曲线图600a。图6A具有表示数据集数量的水平轴602a和表示误差估计的竖直轴604a,作为表示仿真结果和井数据的欧几里得距离的尺度。

[0111] 在反演的第二步(104)中,需要不同粒度的组分进行优化。使用从井数据提取的不同粒度的孔隙度(%)和厚度(m)来建立反映仿真和观测之间的高频差的目标函数。目标函

数606a表现出显著的振荡特性(例如,608a),因此不能通过线性算法来优化。GA以目标函数(606a)引擎来执行以搜索全局优化结果。在开始时,在解空间中均匀分布的十五个个体被GA初始化为第一代候选。每个个体的适合度通过相关性和残差来评估。选择更适合的个体通过杂交和变异形成新一代。经过四代(610a)后,生成并评估了60个个体。

[0112] 图6B是示出根据本公开的实施方式的通过使用残差和相关来选择全局最优值的曲线图600b。图6B具有表示仿真井与实际井数据之间的误差的水平轴602b和表示仿真井与实际井数据之间的相关性的竖直轴604b。在图6A中,竖直轴表示误差估计,作为表示仿真结果和井数据的欧几里德距离的尺度。找到具有最高相关性(97%)和最低残差(1.86)的最优解606b。

[0113] 图7是示出根据本公开的实施方式的仿真井数据与实际(观测)井数据之间的比较的曲线图700。图7包括三个井(井1 701a,井2 701b和井3 701c)。每个井由仿真井数据和实际井数据的两个分离曲线图表示(分别是井1 701a-702a和702b;井2 701b-704a和704b;和井3 701c-706a和706b)。每个曲线图(例如702a)具有表示岩性(例如,类别)的水平轴和表示厚度(m)的竖直轴。

[0114] 在图7中,三个井701a、701b和701c分别从正演模型的4000、6000和8000m提取。对于每个井,仿真井数据显示在左侧面板(例如702a)中,实际井数据显示在右侧面板(例如702b)中。每个井具有表示岩层的水平轴708和表示厚度(m)的竖直轴710。

[0115] 将两步反演算法生成的最优参数输入到正演模型中进行仿真。将从仿真结果中提取的三个井701a、701b和701c与实际(观测)井数据进行比较。可以看出,每个井在仿真井数据和实际井数据之间显示出明显的相似性,表明两步反演算法可以成功用于参数优化。

[0116] 情况2:实际情况验证

[0117] 在实际的数据测试案例中,三个参数(包括排放、源速度和砂率)可以被分别优化。最终结果显示与解释的地震地貌有约90%的相似性,并且与井数据具有高度一致性,表明所描述的方法已成功应用于实际案例研究。

[0118] 图8A是根据本公开的实施方式的北海中的F3区块的位置的数据图800a。收集荷兰离岸F3地震调查来进行反演地层建模验证。数据来源于OPENDTECT免费和公共数据集(由荷兰的dGB Earth Sciences(dGB地球科学)生成)。F3区块北海802a是荷兰北海地区3D地震勘测所覆盖的一个区块。

[0119] 图8B是根据本公开的实施方式的四个系统区的晚中新世到更新世的数据图800b。水平轴801b表示距离(km),而竖直轴802b表示以毫秒(ms)为单位的时间。根据层序地层学分析,在剖面中从下到上识别出在中新世晚期至更新世地层中的四个系统域(即海侵(TST) 803b、高位(HST) 804b、下降阶段(FSST) 806b和低位(LST) 808b)。可以看出,HST 804b由具有大型S形倾斜成型的流体动力学系统(三角洲沉积810b)支配。三角洲沉积810b由砂和页岩组成,且总孔隙度高。在剖面上观察到的亮点可以归因于生物气囊。FSST 806b由大量运输沉积(MTD) 812b支配。“仿真目标”区域814由倾斜成型特征支配,该特征是三角洲系统的指示符。水平刻度816b和竖直刻度818b分别为水平轴和竖直轴提供刻度。

[0120] 图8C是根据本公开的实施方式的测线的位置的数据图800c。在图8C中,主测线被识别为主测线425 802c,并且井被识别为井F03-4 804c。采用位于F3调查中心的主测线425 802c的详细解释来提供地震地貌信息。该剖面已通过地震速度场数据转换为深度

域。由于没有粒度数据可用于该验证,因此三角洲沉积810b被简单地分成具有合理粒度(即分别为0.2mm和0.002mm)的砂和泥。尽管在这种情况下,由于该先前的假设,反演算法的第二步没有被用于校准,但穿透三角洲沉积810b并位于离主测线425 802c约400m处的井F03-4804c仍用于仿真结果与通过声波测井计算的孔隙度曲线的视觉比较。在所描述的实施方式中,海平面曲线通过地震剖面的常用轮变换来确定,并且TST 803b的顶面(解释的地震面)被用作地形。在这种情况下,优化了四个参数,包括源速度、排放速度和两种粒度的组分。海平面和地形是用于仿真的两个必需的输入文件。在其他实施方式中,与本公开一致的其他数据和方法可以用于地形表示和海平面曲线估计。

[0121] 图9A是示出根据本公开的实施方式的观测到的主测线剖面数据与反演(仿真)结果之间的差异的曲线图900a。图9A具有表示沿x方向的距离(km)的水平轴902a和表示地形高度(m)的竖直轴904a。在重叠数据910a中的反演结果906a和观测到的地震地貌数据908a的比较表现出高相似性(大约90%)。剩余误差(约10%)可归因于三角洲前缘的趾。这种失配可以归因于地震分辨率的限制。请注意,一些地震事件在地基(例如,在912a)处合并在一起,因为该地区的沉积变得太薄。

[0122] 图9B是根据本公开的实施方式的观测到的主测线地震剖面的数据图900b。在图9B中,水平轴902b表示距离(km),纵轴904b表示时间(ms)。水平刻度906b和竖直刻度908b分别为水平轴和竖直轴提供刻度。主测线910b是图8C的主测线425(802c)。仿真目标区域大致位于虚线圆912b的中心。

[0123] 图9C是示出根据本公开的实施方式的观测到的主测线剖面数据与反演(仿真)结果的重叠的数据图900c。在图9C中,水平轴902c表示距离(km),纵轴904c表示时间(ms)。水平刻度906c和竖直刻度908c分别为水平轴和竖直轴提供刻度。在图9B的观测地震剖面上的经良好调谐的反演结果的重叠(例如,在910c处)表明:反演结果基本上与观测到的三角洲沉积地震剖面一致,精度约为90%。

[0124] 图10A是根据本公开的实施方式的仿真井数据与井孔隙度对数的比较的曲线图1000a。曲线图1000a包括左窗格中的仿真井数据1002a和右窗格中井F03-4(图8C)的井孔隙度测井数据1004a。从反演仿真结果中提取的井数据与井F03-4的孔隙度测井数据的比较表明,仿真总体上可以反映真实数据的变化趋势。例如,井F03-4被分成四个部分1006a、1008a、1010a和1012a。顶部两个部分(1006a和1008a)主要由大约具有0.5到0.6的砂率的一个反向循环组成。第三部分(1010a)含有两组砂体,并且下部砂体厚度较大。底部部分(1012a)的特征是在泥中有若干细砂层(叠层)。仿真结果很好地再现了这些特征,表明良好校准的正演模型确实对实际情况有很好的预测。

[0125] 图10B是根据本公开的实施方式的穿透三角洲系统的井的数据图1000b。在图10B中,水平轴1002b表示距离(km),纵轴1004b表示时间(ms)。井是F03-4井(图8C的804c),而三角洲系统是三角洲沉积810b(如图8B所示)。反演结果表明对三角洲沉积810b的层序地层发展和形成的合理和定量的地质解释。水平刻度1006b和竖直刻度1008b分别为水平轴和竖直轴提供刻度。

[0126] 在一些实施方式中,所描述的方法可被配置为向计算机实现的控制器、数据库或其他计算机实现的系统发送消息、指令或其他通信,以动态地启动对另一计算机实现的系统的控制,控制或使得另一计算机实现的系统执行计算机实现的功能/操作或其他功能/操

作。例如,可以传输基于数据的操作、操作、输出或与图形用户界面(GUI)的交互,以使与计算机、数据库、网络或其他基于计算机的系统相关联的操作执行存储效率、数据检索或与本公开一致的其他操作。在另一示例中,与任何所示的GUI进行交互可以自动地导致从GUI传输的一个或多个指令触发对数据的请求、数据的存储、数据的分析与本公开一致的其他操作。

[0127] 在一些情况下,传输的指令可以导致关于有形的真实世界的计算设备或其他设备的控制、操作、修改、增强或其他操作。例如,所描述的GUI可以发送请求以减慢或加速计算机数据库磁/光盘驱动器,关闭/激活计算系统,使网络接口设备禁用、节制或增加通过网络连接允许的数据带宽,或发出可听见/可视警报(例如,机械警报/发光设备)作为关于与所描述的方法一起使用的计算系统的检测到的恶意行为的通知,或者与针对所描述的方法所使用的计算系统交互。在一些实施方式中,所描述的方法的输出可用于动态地影响、指导、控制、影响或管理与烃生产、分析和回收有关的有形设备。例如,可以使用所描述的方法分析从正在进行的钻井作业接收到的实时数据。根据所描述的方法的结果,可以修改井眼轨迹,可以增加或减少钻孔速度,可以停止钻孔,可以激活/停用警报(例如视觉、听觉或语音警报),可以影响(例如,停止、重新启动、加速或减少)精炼或泵送作业。其他示例可以包括在检测到不正确的定向调查数据时警告(例如,用视觉、听觉或语音警报)地质导向和定向钻探人员。在一些实施方式中,所描述的方法可以被集成为与本公开一致的任何烃相关设备的动态控制系统的一部分。

[0128] 图11是示出根据本公开的实施方式的用于提供与所描述的算法、方法、功能、处理、流程和过程相关联的计算功能的计算机实现的系统1100的示例的框图。在所示的实施方式中,系统1100包括计算机1102和网络1130。

[0129] 示出的计算机1102旨在包括任意计算设备,例如服务器、台式计算机、膝上型/笔记本计算机、无线数据端口、智能电话、个人数字助理(PDA)、平板计算机、这些设备内的一个或多个处理器、另一计算设备、或计算设备的组合(包括计算设备的物理和/或虚拟实例(或计算设备的物理和/或虚拟实例的组合))。另外,计算机1102可以包括可以接受用户信息的输入设备(例如键区、键盘、触摸屏、另一输入设备或输入设备的组合)、以及输出设备(该输出设备在图形型用户界面(UI)(或GUI)或其他UI上传送与计算机1102的操作相关联的信息,包括数字数据、视觉、音频、其他类型的信息或这些类型的信息的组合)。

[0130] 计算机1102可以用作用于执行本公开中描述的主题的客户端、网络组件、服务器、数据库或其他持久性存储器的分布式计算系统、或其他组件、或它们的组合。示出的计算机1102可通信地与网络1130耦接。在一些实施方式中,计算机1102的一个或多个组件可以被配置为在包括基于云计算、本地、全局、或其他环境在内的环境(或者环境的组合)中操作。

[0131] 从高层面来看,计算机1102是可操作为接收、发送、处理、存储或管理与所描述的主题相关联的数据和信息的电子计算设备。根据一些实施方式,计算机1102还可以包括或可通信地耦接到服务器,包括应用服务器、电子邮件服务器、web服务器、缓存服务器、流传输数据服务器或其他服务器、或服务器的组合。

[0132] 计算机1102可以通过网络1130(例如,从在另一台计算机1102上执行的客户端软件应用)接收请求,并且通过使用软件应用或软件应用的组合处理接收到的请求来响应接收到的请求。另外,还可以从内部用户(例如,从命令控制台或通过其他内部访问方法)、外

部或第三方、或其它实体、个人、系统或计算机向计算机1102发送请求。

[0133] 计算机1102的每个组件可以使用系统总线1103进行通信。在一些实施方式中,计算机1102的任意或所有组件(包括硬件、软件或硬件和软件的组合)可以使用应用编程接口(API) 1112、服务层1113、或API 1112和服务层1113的组合,通过系统总线1103进行接口交互。API 1112可以包括针对例程、数据结构和对象类的规范。API 1112可以是独立于或依赖于计算机语言,并且指的是完整的接口、单个功能或甚至是一组API。服务层1113向计算机1102或可通信地耦接到计算机1102的其他组件(无论是否被示出)提供软件服务。计算机1102的功能可以对于使用该服务层1113的所有服务消费者是可访问的。软件服务(例如由服务层1113提供的软件服务)通过定义的接口提供可重用的、定义的业务功能。例如,接口可以是以JAVA、C++、另一计算语言编写的软件、或者可以是以可扩展标记语言(XML)格式、另一格式或格式组合提供数据的计算语言的组合编写的软件。虽然被示为计算机1102的集成组件,但是备选实施方式可以将API 1112和/或服务层1113示为作为相对于计算机1102的其他组件或可通信地耦接到计算机1102的其他组件(无论是否被示出)独立的组件。此外,在不脱离本公开的范围的情况下,API 1112和/或服务层1113的任意或所有部分可以被实现为另一软件模块、企业应用或硬件模块的子模块或副模块。

[0134] 计算机1102包括接口1104。虽然被示为单个接口1104,但是可以根据计算机1102的特定需要、期望或特定实现而使用两个或更多个接口1104。计算机1102使用接口1104与在分布式环境中通信地链接到网络1130的另一计算系统(无论是否示出)通信。通常,接口1104可操作为与网络1130通信并且包括以软件、硬件或软件和硬件的组合编码的逻辑。更具体地,接口1104可以包括支持与通信相关联的一个或多个通信协议的软件,使得网络1130或接口1104的硬件可操作为在所示出的计算机1102内部和外部传送物理信号。

[0135] 计算机1102包括处理器1105。虽然被示为单个处理器1105,但是可以根据计算机1102的特定需要、期望或特定实现而使用两个或更多个处理器1105。通常,处理器1105执行指令并操纵数据以执行计算机1102的操作以及如本公开中所描述的任何算法、方法、功能、处理、流程和过程。

[0136] 计算机1102还包括数据库1106(该数据库1106可以保存计算机1102的数据)、通信地链接到网络1130的另一个组件(无论是否示出)、或者计算机1102和另一个组件的组合。例如,数据库1106可以是存储与本公开一致的数据的内部存储器、常规或其他类型的数据库。在一些实施方式中,根据计算机1102的特定需要、期望或特定实现和所描述的功能,数据库1106可以是两个或更多个不同数据库类型(例如,混合的内部存储器和常规数据库)的组合。尽管被示出为单个数据库1106,根据计算机1102的特定需要、期望或特定实现和所描述的功能,可以使用相似或不同类型的两个或更多个数据库。虽然数据库1106被示出为计算机1102的集成组件,但是在备选实施方式中,数据库1106可以在计算机1102的外部。如图所示,数据库1106保存正演模型1116和算法1118(例如,PSO、ALM和GA)。

[0137] 计算机1102还包括存储器1107(该存储器1107可以保存计算机1102的数据)、通信地链接到网络1130的另一个组件或多个组件(无论是否示出)、或者计算机1102和另一个组件的组合。存储器1107可以存储与本公开一致的任意数据。在一些实施方式中,根据计算机1102的特定需要、期望或特定实现和所描述的功能,存储器1107可以是两个或更多个不同类型的存储器的组合(例如,半导体和磁存储器的组合)。尽管被示出为单个存储器1107,根

据计算机1102的特定需要、期望或特定实现和所描述的功能,可以使用相似或不同类型的两个或更多个存储器1107。虽然存储器1107被示为计算机1102的集成组件,但是在备选实施方式中,存储器1107可以在计算机1102的外部。

[0138] 应用1108是根据计算机1102的特定需要、期望或特定实现提供功能(尤其是关于本公开中描述的功能)的算法软件引擎。例如,应用1108可以用作一个或多个组件、模块、应用等。此外,尽管被示为单个应用1108,但是应用1108可以被实现为计算机1102上的多个应用1108。另外,虽然被示出为与计算机1102集成,但是在备选实施方式中,应用1108可以在计算机1102的外部。

[0139] 计算机1102还可以包括电源1114。电源1114可以包括可以被配置为用户或非用户可更换的可再充电或不可再充电电池。在一些实施方式中,电源1114可以包括电力转换或管理电路(包括再充电、备用或其他电力管理功能)。在一些实施方式中,电源1114可以包括电源插头,以允许计算机1102插入墙上插座或另一电源以例如为计算机1102供电或为可再充电电池充电。

[0140] 可以存在与包含计算机1102的计算机系统相关联或在其外部的任意数量的计算机1102,每个计算机1102通过网络1130进行通信。此外,在不脱离本公开的范围的情况下,术语“客户端”、“用户”和其他适当的术语可以适当地互换使用。此外,本公开包含许多用户可以使用一个计算机1102,或者一个用户可以使用多个计算机1102。

[0141] 所描述的主题的实现方式可以单独或组合地包括一个或多个特征。

[0142] 例如,在第一实施方式中,一种用于反演地层建模的计算机实现的方法,包括:第一步骤,进一步包括:使用全局优化算法为多个流体动力学输入参数中的每一个选择定义的范围值;使用选择的范围值和正演模型生成仿真地形结果;生成详细地震解释以表示特定地震特征或观测地形;对计算的失配值进行最小化,其中失配值被计算为仿真地形结果与详细地震解释之间的距离;以及生成估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数;以及第二步骤,进一步包括:使用遗传算法确定估计的优化砂率中的每个粒度的比例;使用根据从井数据提取的厚度和孔隙度数据计算的失配值以及由正演模型生成的仿真结果来生成不同粒度的优化组分;以及生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。

[0143] 前述和其他所述实施方式可以各自可选地包括以下特征中的一个或多个:

[0144] 第一特征,可以与以下特征中的任一个组合,其中全局优化算法被配置为从每个定义的范围中随机地选择值。

[0145] 第二特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中使用线性优化算法来优化所计算的失配值的最小化。

[0146] 第三特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中所估计的优化砂率被用作优化所估计的优化砂率内的不同粒度的组分的固定参数。

[0147] 第四特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中不同粒度的组分的分布范围受所估计的优化砂率的约束。

[0148] 第五特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中通过分别对第一步骤的操作和第二步骤的操作进行迭代,生成所估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数,并且生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。

[0149] 第六特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,还包括使用所生成的优化的

流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分来执行正演建模。

[0150] 在第二实施方式中,一种存储一个或多个指令的非暂时性计算机可读介质,所述指令能够由计算机系统执行以执行包括以下的操作:第一步骤,进一步包括:使用全局优化算法为多个流体动力学输入参数中的每一个选择定义的范围值;使用选择的范围值和正演模型生成仿真地形结果;生成详细地震解释以表示特定地震特征或观测地形;对计算的失配值进行最小化,其中失配值被计算为仿真地形结果与详细地震解释之间的距离;以及生成估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数;以及第二步骤,进一步包括:使用遗传算法确定估计的优化砂率中的每个粒度的比例;使用根据从井数据提取的厚度和孔隙度数据计算的失配值、以及由正演模型生成的仿真结果来生成不同粒度的优化组分;以及生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。

[0151] 前述和其他所述实施方式可以各自可选地包括以下特征中的一个或多个:

[0152] 第一特征,可以与以下特征中的任一个组合,其中全局优化算法被配置为从每个定义的范围中随机地选择值。

[0153] 第二特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中使用线性优化算法来优化所计算的失配值的最小化。

[0154] 第三特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中所估计的优化砂率被用作优化所估计的优化砂率内的不同粒度的组分的固定参数。

[0155] 第四特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中不同粒度的组分的分布范围受所估计的优化砂率的约束。

[0156] 第五特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中通过分别对第一步骤的操作和第二步骤的操作进行迭代,生成所估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数,并且生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。

[0157] 第六特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,还包括使用所生成的优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分来执行正演建模。

[0158] 在第三实施方式中,一种计算机实现的系统包括:一个或多个计算机;以及一个或多个计算机存储器设备,与所述一个或多个计算机可操作地耦接,并且具有存储一个或多个指令的有形非暂时性机器可读介质,所述一个或多个指令在由所述一个或多个计算机执行时执行一个或多个操作,所述一个或多个操作包括:第一步骤,进一步包括:使用全局优化算法为多个流体动力学输入参数中的每一个选择定义的范围值;使用选择的范围值和正演模型生成仿真地形结果;生成详细地震解释以表示特定地震特征或观测地形;对计算的失配值进行最小化,其中失配值被计算为仿真地形结果与详细地震解释之间的距离;以及生成估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数;以及第二步骤,进一步包括:使用遗传算法确定估计的优化砂率中的每个粒度的比例;使用根据从井数据提取的厚度和孔隙度数据计算的失配值、以及由正演模型生成的仿真结果来生成不同粒度的优化组分;以及生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。

[0159] 前述和其他所述实施方式可以各自可选地包括以下特征中的一个或多个:

[0160] 第一特征,可以与以下特征中的任一个组合,其中全局优化算法被配置为从每个定义的范围中随机地选择值。

[0161] 第二特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中使用线性优化算法来优

化所计算的失配值的最小化。

[0162] 第三特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中所估计的优化砂率被用作优化所估计的优化砂率内的不同粒度的组分的固定参数。

[0163] 第四特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中不同粒度的组分的分布范围受所估计的优化砂率的约束。

[0164] 第五特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,其中通过分别对第一步骤的操作和第二步骤的操作进行迭代,生成所估计的优化砂率和优化的流体动力学输入参数,并且生成优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分。

[0165] 第六特征,可以与以上或以下特征中的任一个组合,还包括使用所生成的优化的流体动力学输入参数和不同粒度的优化组分来执行正演建模。

[0166] 在本说明书中描述的主题和功能操作的实施可以在数字电子电路中、在有形实现的计算机软件或固件中、在计算机硬件中实现,包括在本说明书中公开的结构及其结构等同物、或它们中的一个或多个的组合。描述的主题的软件实施可以被实现为在有形非暂时计算机可读介质上编码的一个或多个计算机程序,即计算机程序指令的一个或多个模块,所述程序用于由计算机或计算机实现的系统执行或者控制计算机或计算机实现的系统的操作。备选地或另外地,程序指令可以在人工生成的传播信号(例如,机器生成的电、光或电磁信号)上编码,所述信号被生成以对信息进行编码以传输到接收器装置,以供计算机或计算机实现的系统执行。计算机存储介质可以是机器可读存储设备、机器可读存储基板、随机或串行存取存储器设备、或计算机存储介质的组合。配置一个或多个计算机意味着一个或多个计算机安装了硬件、固件或软件(或硬件、固件和软件的组合),以便当软件由一个或多个计算机执行时,执行特定的计算操作。

[0167] 术语“实时”、“实时(快速)(RFT)”、“接近实时(NRT)”、“准实时”或类似术语(如本领域的普通技术人员所理解的)意味着动作和响应在时间上接近,使得个人感知动作和响应基本上同时发生。例如,在个人做出了访问数据的动作之后对数据显示的响应的的时间差(或用于启动显示)可以小于1ms、小于1s或小于5s。尽管所请求的数据不需要被即时显示(或启动以显示),但是考虑到所描述的计算系统的处理限制和例如收集、精确测量、分析、处理、存储或传输所需的时间,在没有任何有意的延迟的情况下显示(或启动以显示)该数据。

[0168] 术语“数据处理装置”、“计算机”或“电子计算机设备”(或本领域普通技术人员所理解的等效物)是指数据处理硬件。数据处理硬件包括用于处理数据的各种装置、设备和机器,例如包括可编程处理器、计算机、或多个处理器或计算机。计算机还可以是或还可以包括专用逻辑电路,例如,中央处理单元(CPU)、FPGA(现场可编程门阵列)或ASIC(专用集成电路)。在一些实施方式中,计算机或计算机实现的系统或专用逻辑电路(或计算机或计算机实现的系统或专用逻辑电路的组合)可以基于硬件或基于软件(或基于硬件和软件的组合)。可选地,装置可以包括为计算机程序创建执行环境的代码,例如,构成处理器固件、协议栈、数据库管理系统、操作系统或者执行环境的组合的代码。本公开考虑使用具有某种类型的操作系统(例如LINUX、UNIX、WINDOWS、MAC OS、ANDROID、IOS、另一操作系统或操作系统的组合)的计算机或计算机实现的系统。

[0169] 可以以任何形式的编程语言来编写计算机程序(也可以称作或描述为程序、软件、

软件应用、单元、模块、软件模块、脚本代码或另一组件), 所述编程语言包括: 编译或解释语言、或者声明或程序语言, 并且可以以任何形式来部署计算机程序, 包括部署为例如单独的程序或者用于计算环境的模块、组件或子例程。计算机程序可以 (但不是必须) 与文件系统中的文件相对应。程序可以存储在保持其他程序或数据 (例如, 存储在标记语言文档中的一个或多个脚本) 的文件的一部分中、专用于所讨论的程序的单个文件中、或者存储在多个协同文件中 (例如, 存储一个或多个模块、子程序或代码部分的文件)。计算机程序可以被部署为在一个计算机上或者在位于一个站点或分布在多个站点并且通过通信网络互连的多个计算机上执行。

[0170] 尽管各图中所示的程序的部分被示为使用各种对象、方法或其他处理实现所描述的特征和功能的单独组件 (例如单元或模块), 但是视情况, 程序可以替代地包括多个子单元、子模块、第三方服务、组件、库和其他组件。相反, 各种组件的特征和功能可以视情况组合成单个组件。可以统计地、动态地或者统计地且动态地确定用于进行计算确定的阈值。

[0171] 所描述的方法、过程或逻辑流程表示与本公开一致的功能的一个或多个示例, 并且不旨在将本公开限制为所描述或示出的实施方式, 而是被赋予与所描述的原理和特征一致的最宽范围。所描述的方法、处理或逻辑流可以由一个或多个可编程计算机来执行, 所述一个或多个可编程计算机执行一个或多个计算机程序以通过操作输入数据并且生成输出数据来执行功能。方法、处理或逻辑流也可以由专用逻辑电路 (例如CPU、FPGA或ASIC) 来执行, 并且计算机也可以实现为专用逻辑电路 (例如CPU、FPGA或ASIC)。

[0172] 用于执行计算机程序的计算机可以基于通用或专用微处理器、这两者或其它类型的CPU。通常, CPU将从存储器接收指令和数据并写入存储器。计算机的必不可少的元件是用于执行指令的CPU和用于存储指令和数据的一个或更多个存储器设备。通常, 计算机还将包括用于存储数据的一个和或更多个大容量存储设备 (例如, 磁盘、磁光盘或光盘), 或可操作耦接以便从所述一个或更多个大容量存储设备接收或向其发送数据。然而, 计算机不需要具有这些设备。此外, 可以将计算机嵌入到另一个设备中, 例如移动电话、个人数字助理 (PDA)、移动音频或视频播放器、游戏控制台、全球定位系统 (GPS) 接收器或便携式存储器存储设备。

[0173] 用于存储计算机程序指令和数据的非暂时性计算机可读介质可以包括所有形式的永久性/非永久性或非易失性/非易失性存储器、介质和存储器设备, 例如包括半导体存储器设备, 例如随机 (RAM)、只读存储器 (ROM)、相变存储器 (PRAM)、静态随机存取存储器 (SRAM)、动态随机存取存储器 (DRAM)、可擦除可编程只读存储器 (EPROM)、电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM) 和闪存设备; 磁设备, 例如磁带、盒式磁带、磁带盒、内部/可移动盘; 磁光盘; 以及光学存储器设备, 例如数字通用/视频光盘 (DVD)、紧凑盘 (CD) -ROM、DVD+/-R、DVD-RAM、DVD-ROM、高分辨率/密度 (HD) -DVD和蓝光/蓝光盘 (BD) 以及其他光学存储器技术。存储器可以存储各种对象或数据, 包括: 高速缓存器、类 (class)、框架、应用、模块、备份数据、工作、网页、网页模板、数据结构、数据库表格、存储动态信息的知识库、或者包括任意参数、变量、算法、指令、规则、约束、引用在内的任意其它适当的信息。此外, 存储器还可以包含其他适当的数据, 例如日志、策略、安全或访问数据或报告文件。处理器和存储器可以由专用逻辑电路来补充或者并入到专用逻辑电路中。

[0174] 为了提供与用户的交互, 本说明书中描述的主题可以实现在计算机上, 该计算机

具有用于向用户显示信息的显示设备(例如,CRT(阴极射线管)、LCD(液晶显示器)、LED(发光二极管)或等离子监视器)和用户可以向计算机提供输入的键盘和指点设备(例如,鼠标、轨迹球或轨迹板)。还可以使用触摸屏(诸如具有压敏性的平板计算机表面,使用电容或电感测的多点触摸屏或其他类型的触摸屏)向计算机提供输入。可以使用其他类型的设备与用户交互。例如,向用户提供的反馈可以是任意形式的感官反馈(例如,视觉、听觉、触觉或反馈类型的组合)。可以以任意形式(包括声音、语音或触觉输入)来接收来自用户的输入。此外,计算机可以通过向用户使用的客户端计算设备发送文档或者从该设备接收文档来与用户交互(例如,通过响应于从用户的移动计算设备上的web浏览器接收到的请求而向所述web浏览器发送网页,来与用户交互)。

[0175] 术语“图形用户界面”或GUI可以以单数或复数形式使用,以描述一个或更多个图形用户界面以及特定图形用户界面的每一次显示。因此,GUI可以表示任意图形用户界面,包括但不限于web浏览器、触摸屏或处理信息并且有效地向用户呈现信息结果的命令行界面(CLI)。通常,GUI可以包括多个UI元素,其中一些或全部与web浏览器相关联,诸如交互式字段、下拉列表和按钮。这些和其他UI元素可以与web浏览器的功能相关或表示web浏览器的功能。

[0176] 本说明书中描述的主题的实施可以实现在计算系统中,该计算系统包括后端组件(例如,数据服务器)、或包括中间件组件(例如,应用服务器)、或者包括前端组件(例如,具有用户通过其可以与本说明书中描述的主题的实现进行交互的图形用户界面或者web浏览器的客户端计算机)、或者一个或更多个此类后端组件、中间件组件或前端组件的任意组合。系统的组件可以通过有线或无线数字数据通信(或数据通信的组合)的介质或任意形式(例如通信网络)互相连接。通信网络的示例包括局域网(LAN)、无线电接入网络(RAN)、城域网(MAN)、广域网(WAN)、全球微波接入互操作性(WIMAX)、使用例如802.11a/b/g/n或802.20(或802.11x和802.20的组合或与本公开一致的其它协议)的无线局域网(WLAN)、互联网的全部或一部分、另一通信网络或通信网络的组合。通信网络可以在网络节点之间传递例如网际协议(IP)分组、帧中继帧、异步传输模式(ATM)单元、语音、视频、数据或其它信息。

[0177] 计算系统可以包括客户端和服务器。客户端和服务器一般相互远离并且通常通过通信网络进行交互。客户端和服务器的关系通过在相应计算机上运行并且相互具有客户端-服务器关系的计算机程序来生成。

[0178] 尽管本说明书包含许多具体实施细节,然而这些细节不应被解释为对要求保护的范围或任何发明构思的范围构成限制,而是用于说明特定于具体发明构思的具体实施例的特征。在单个实施方式中,还可以组合实现本说明书中在独立实施方式的上下文中描述的特定特征。相反的,单个实施方式的上下文描述的不同特征也可在多个实施方式中各自实现,或以任意子组合来实现。此外,虽然前述特征可以被描述为在某些组合中起作用并且甚至最初如此要求保护,但是来自所要求保护的组合的一个或多个特征在一些情况下可以从组合中删除,并且所要求保护的组合可以针对子组合或子组合的变体。

[0179] 描述了本主题的具体实现。对于本领域技术人员明显是,所描述的其他方式、改变和置换在所附权利要求的范围内。尽管在附图和权利要求中以特定顺序描述了操作,这不应被理解为:为了实现期望的结果,要求按所示的特定次序或按顺序次序来执行这些操作,或者要求执行所有图示的操作(一些操作可以看作是可选的)。在某些情

况下,多任务或并行处理(或者多任务和并行处理的组合)可以是优选地并且视情况来执行。

[0180] 此外,在前述的实现中的各种系统模块和组件的分离或集成不应被理解为在所有实施方式中要求这样的分离或集成,并且应该理解的是,所描述的程序组件和系统一般可以一起集成在单个软件产品中或封装为多个软件产品。

[0181] 因此,前述示例实施方式不限定或限制本公开。在不脱离本公开的精神和范围的情况下,还可以存在其他改变、替换和变化。

[0182] 此外,任何要求保护的实现被视为适用于至少计算机实现的方法;存储计算机可读指令以执行所述计算机实现的方法的非暂时性计算机可读介质;以及计算机系统,该计算机系统包括与硬件处理器可操作地耦接的计算机存储器,所述硬件处理器被配置为执行所述计算机实现的方法或存储在所述非暂时性计算机可读介质上的指令。

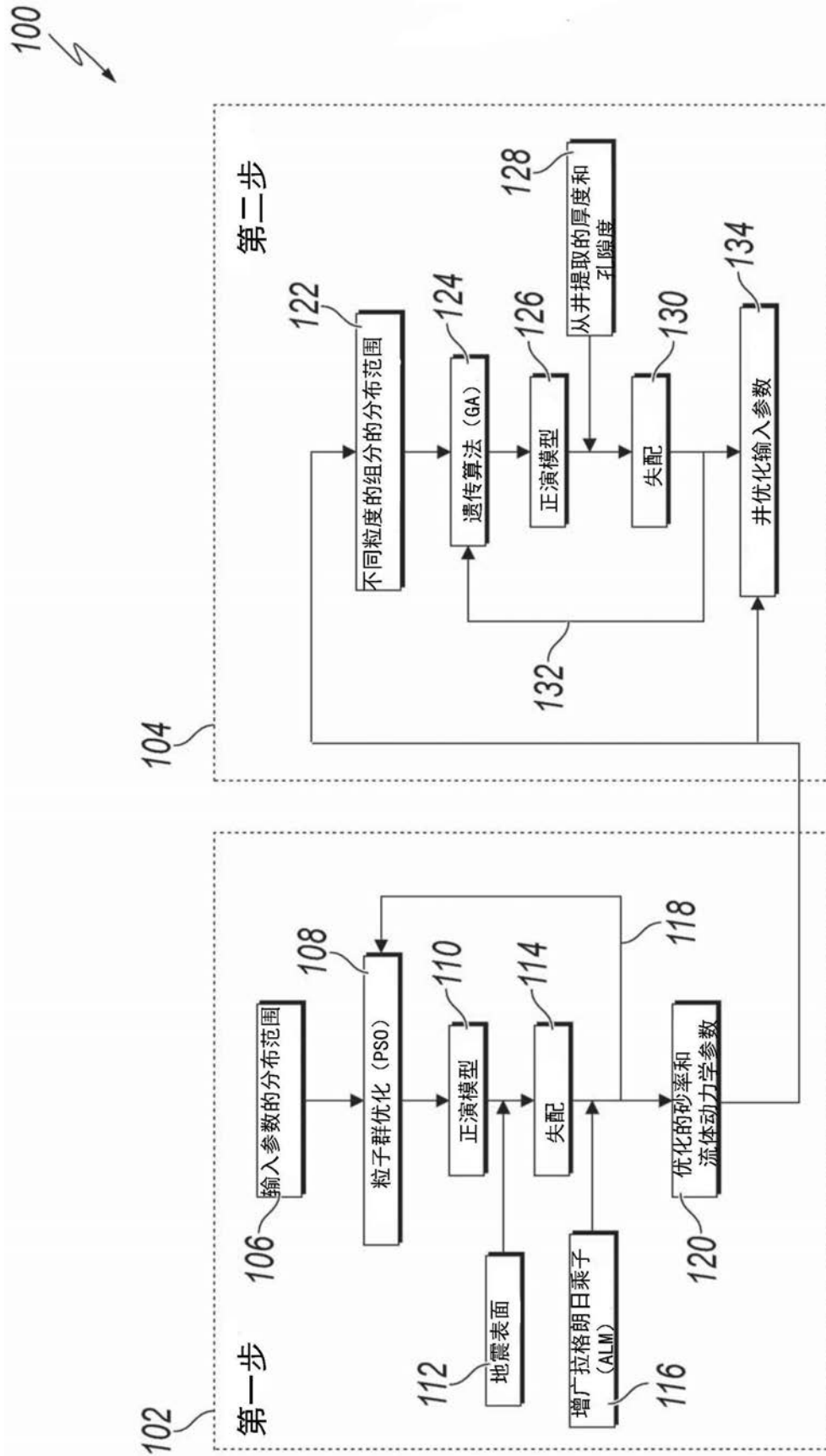


图1

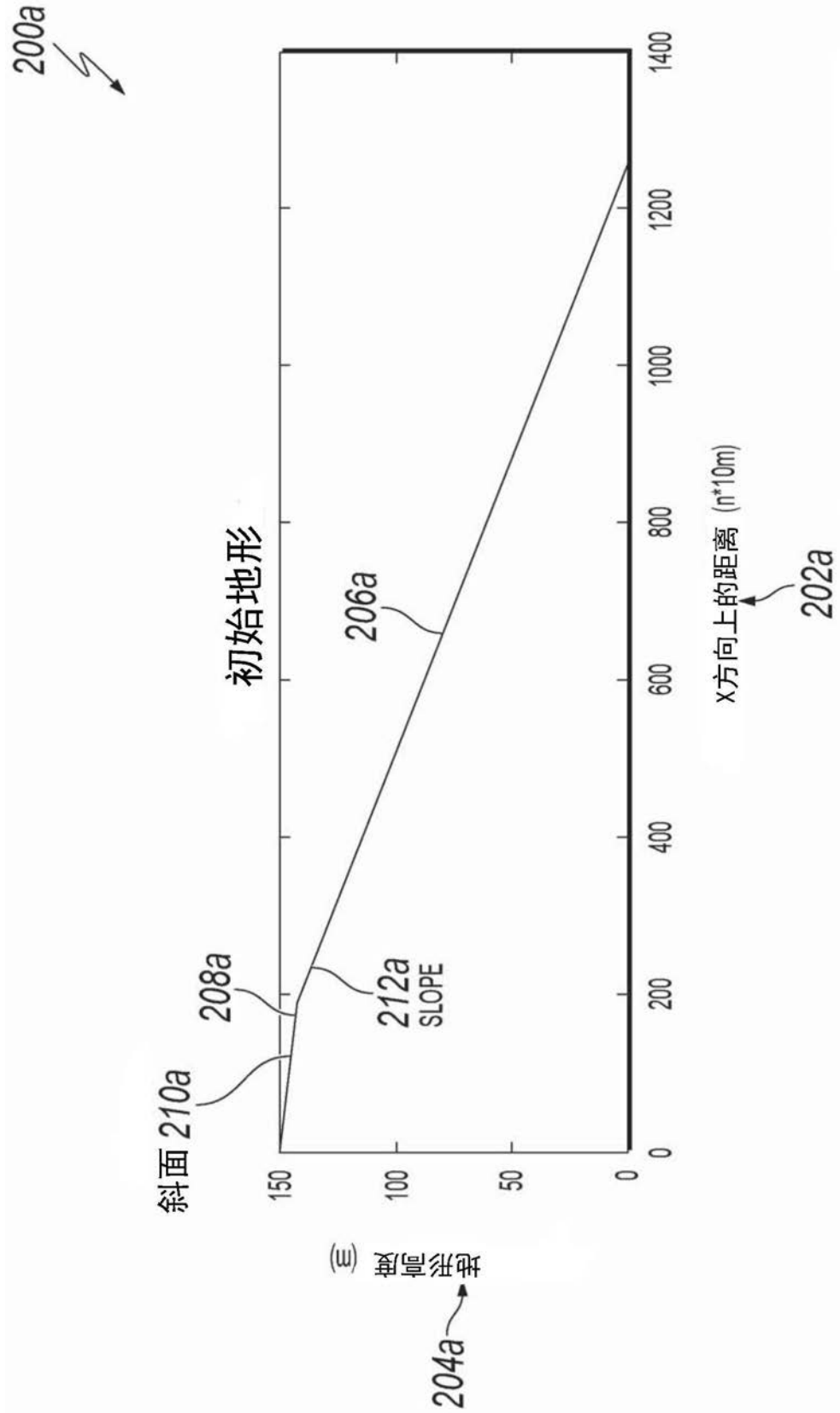


图2A

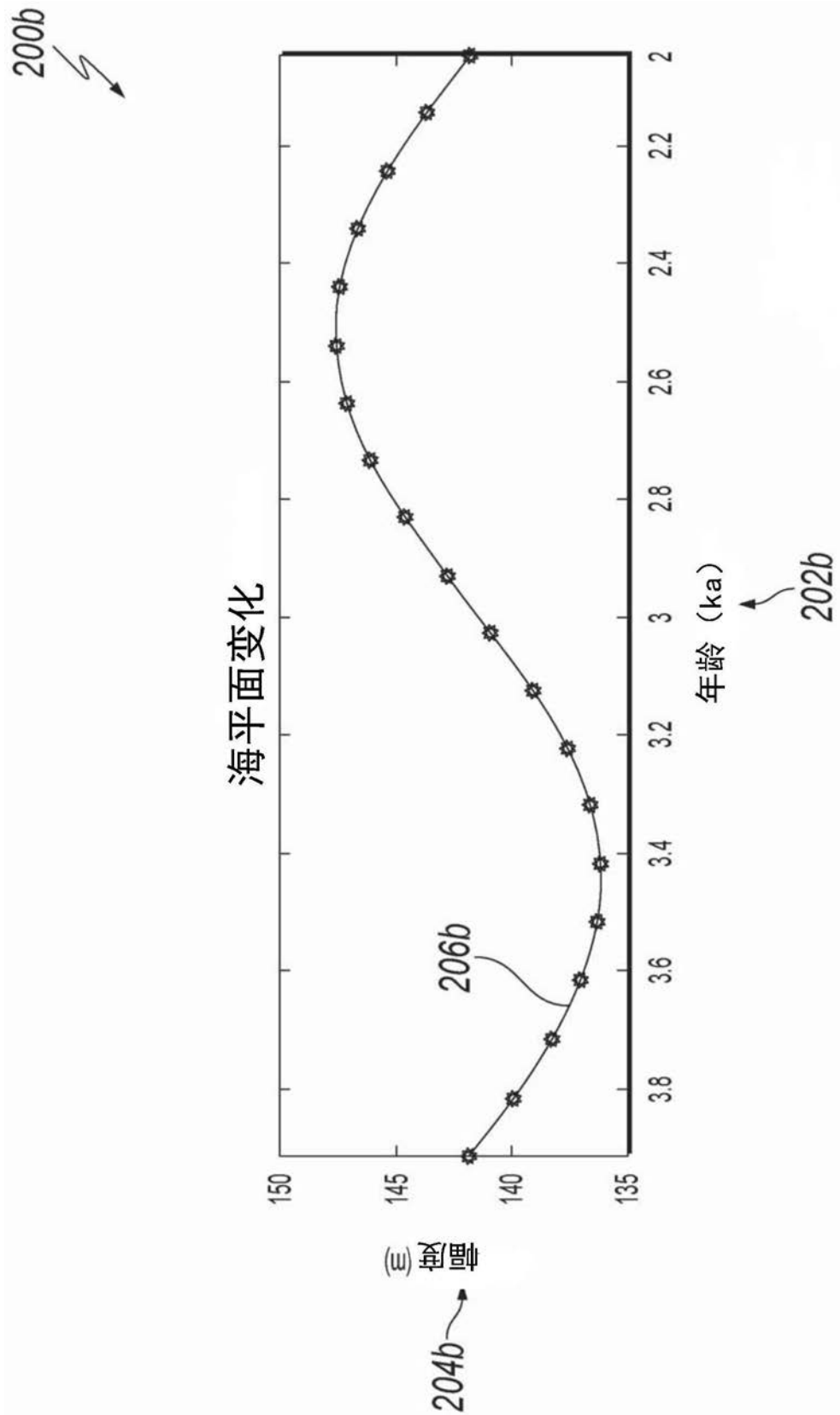


图2B

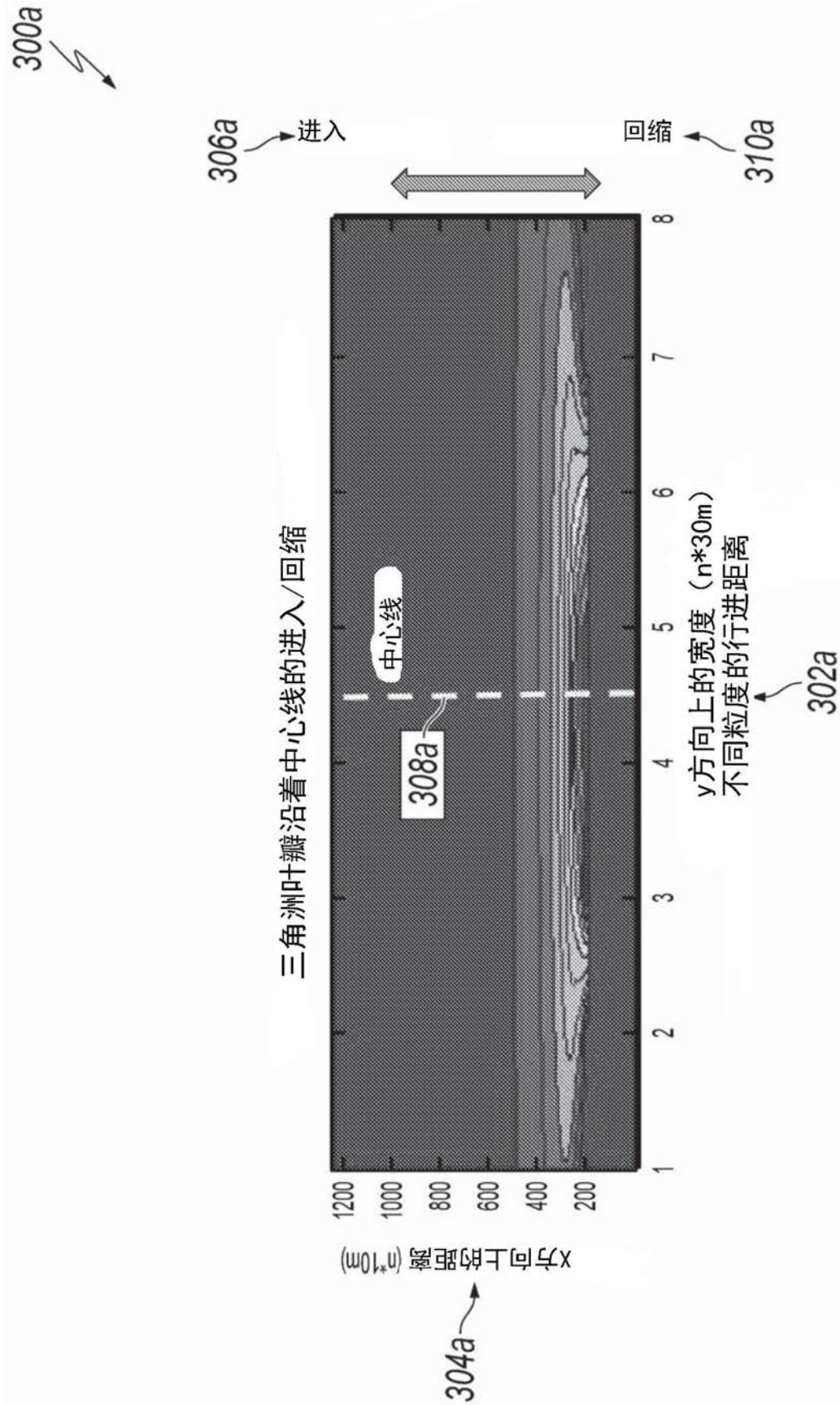


图3A

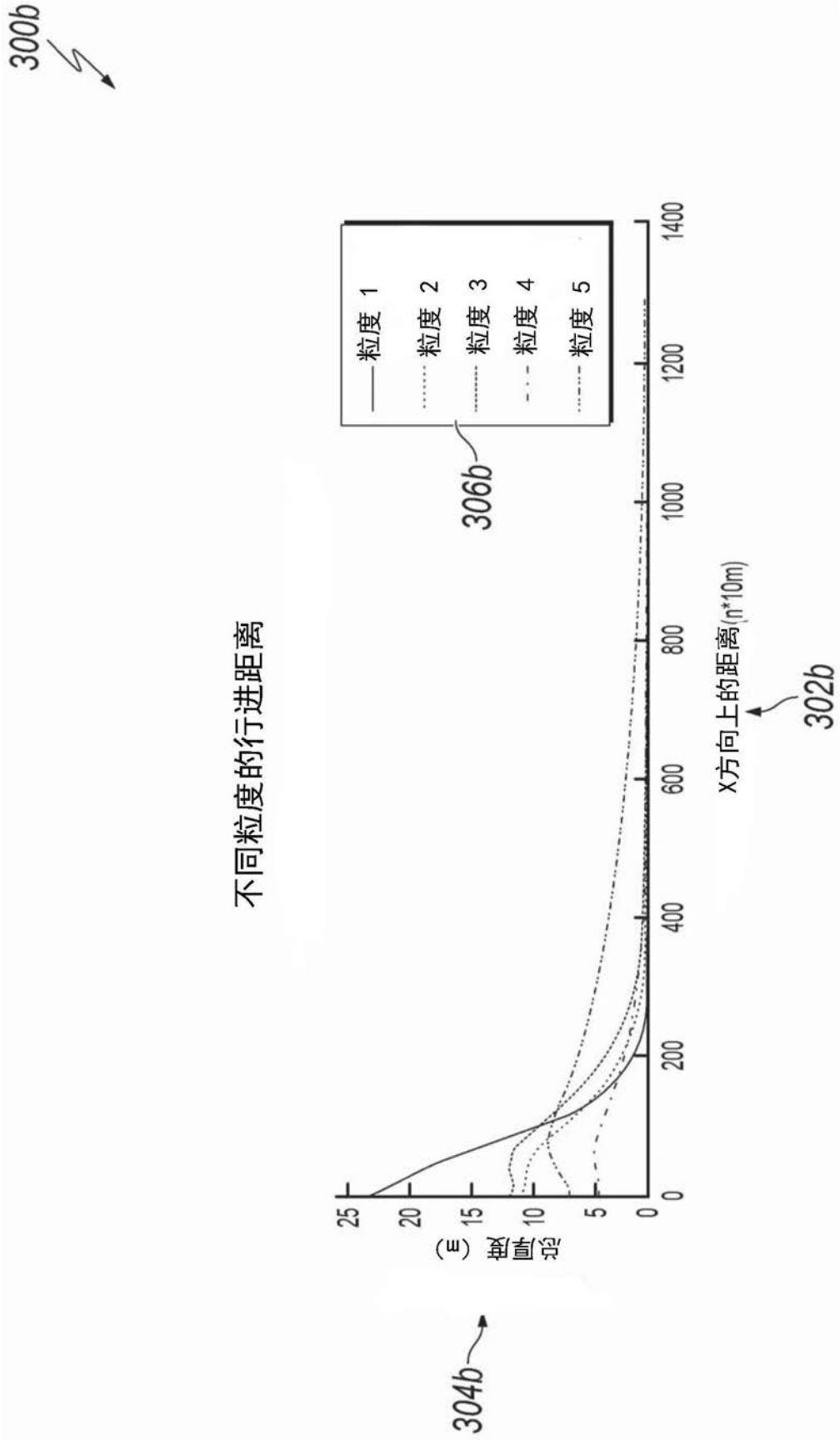


图3B

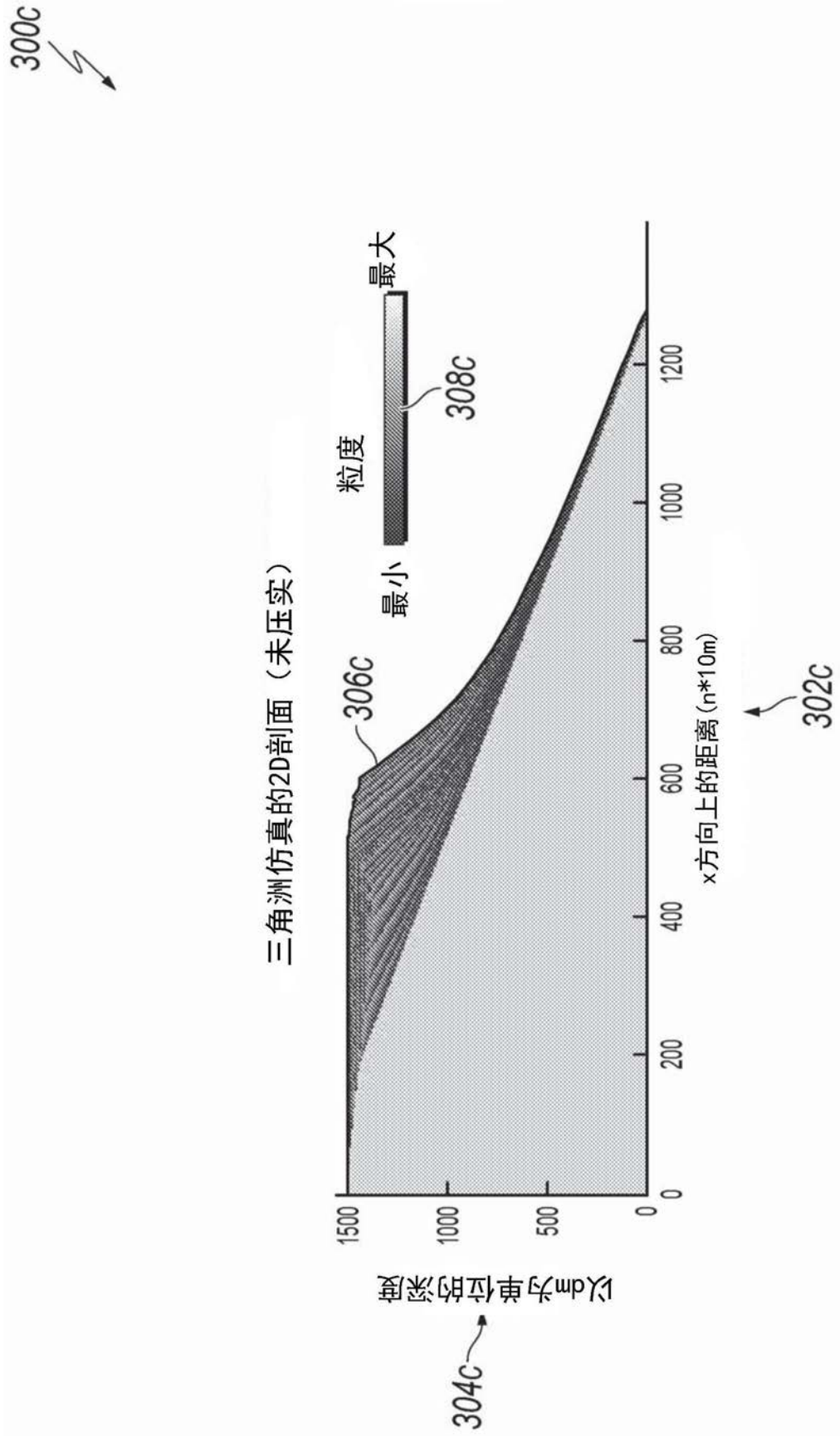


图3C

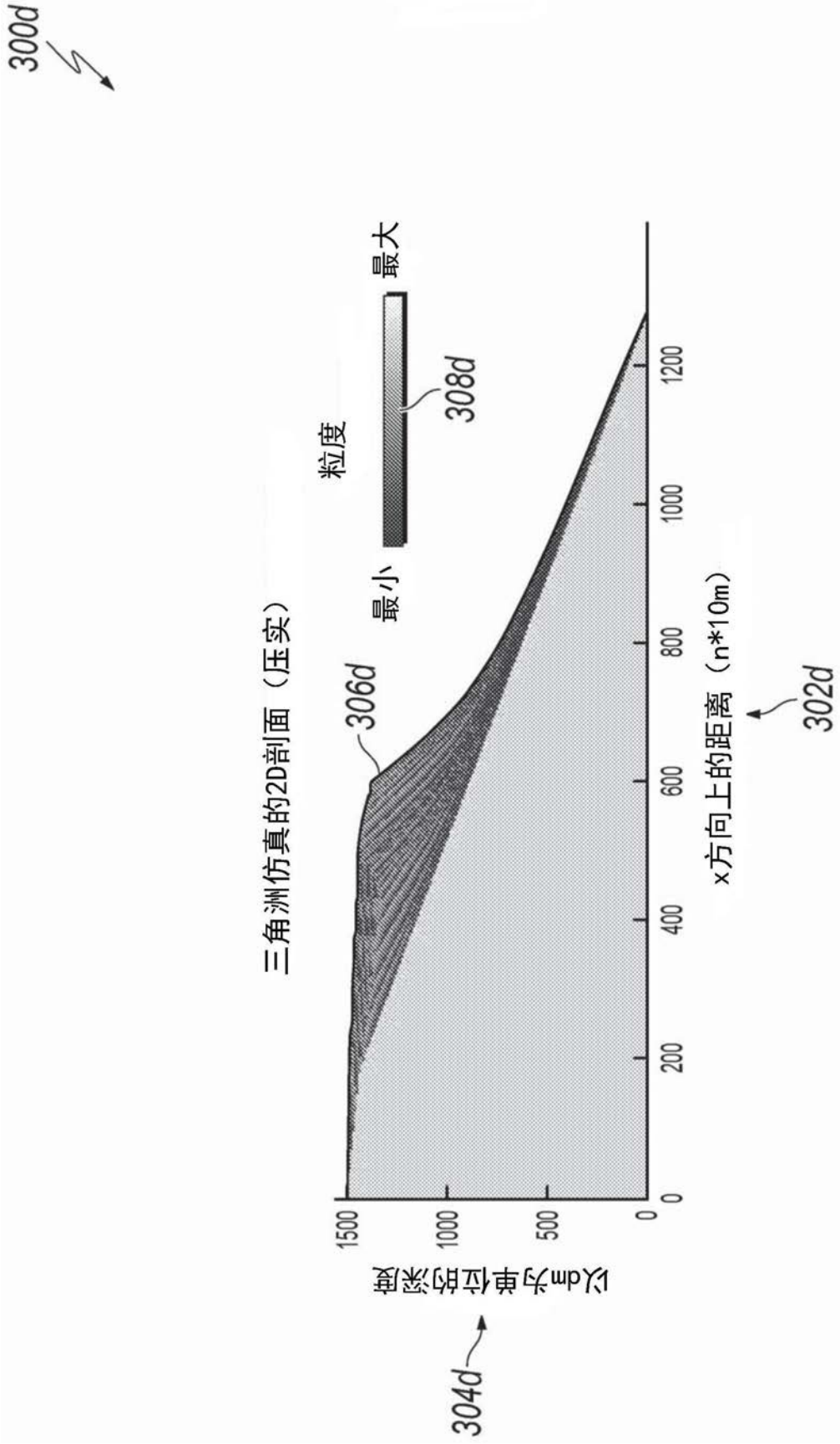


图3D

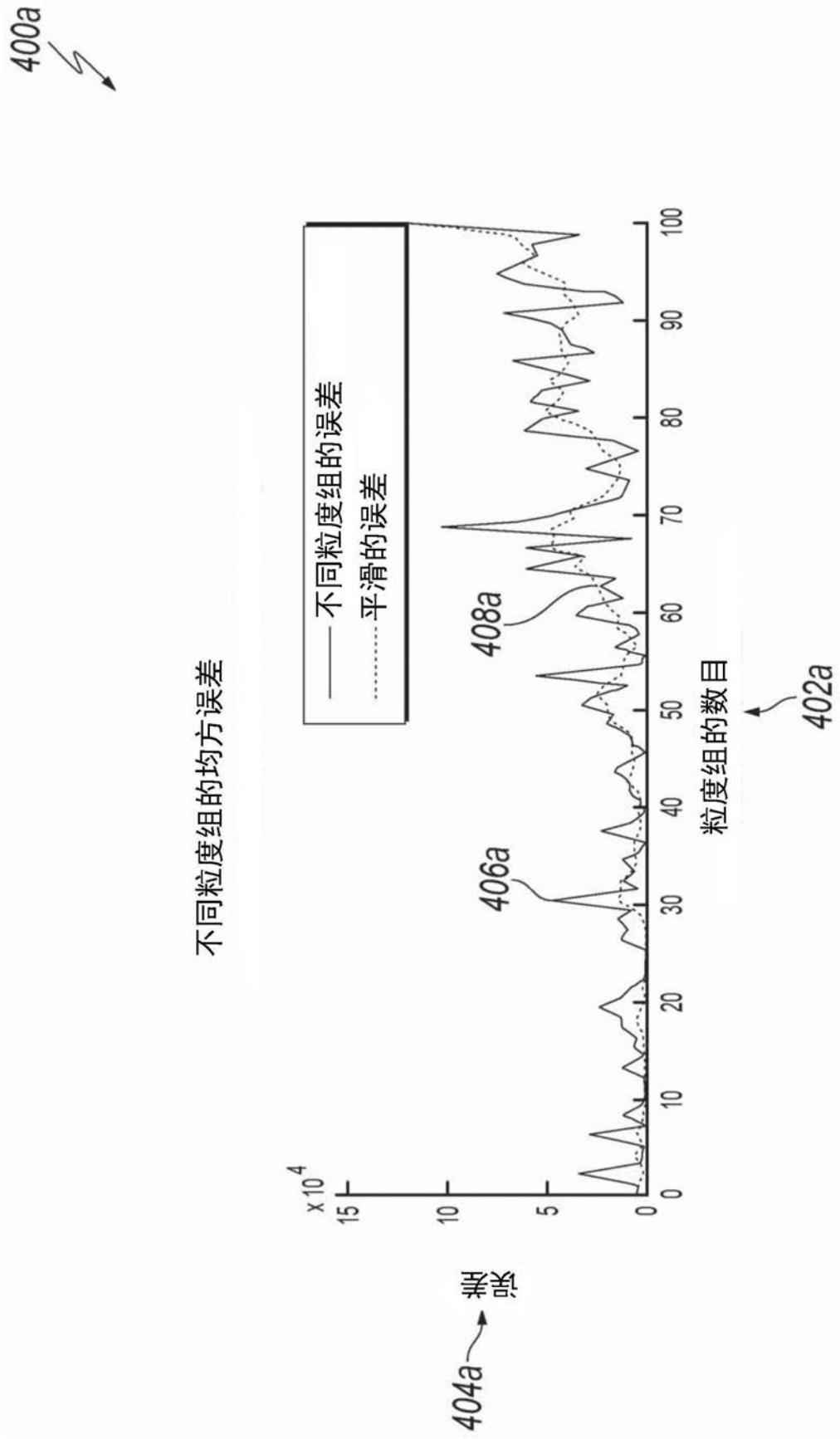


图4A

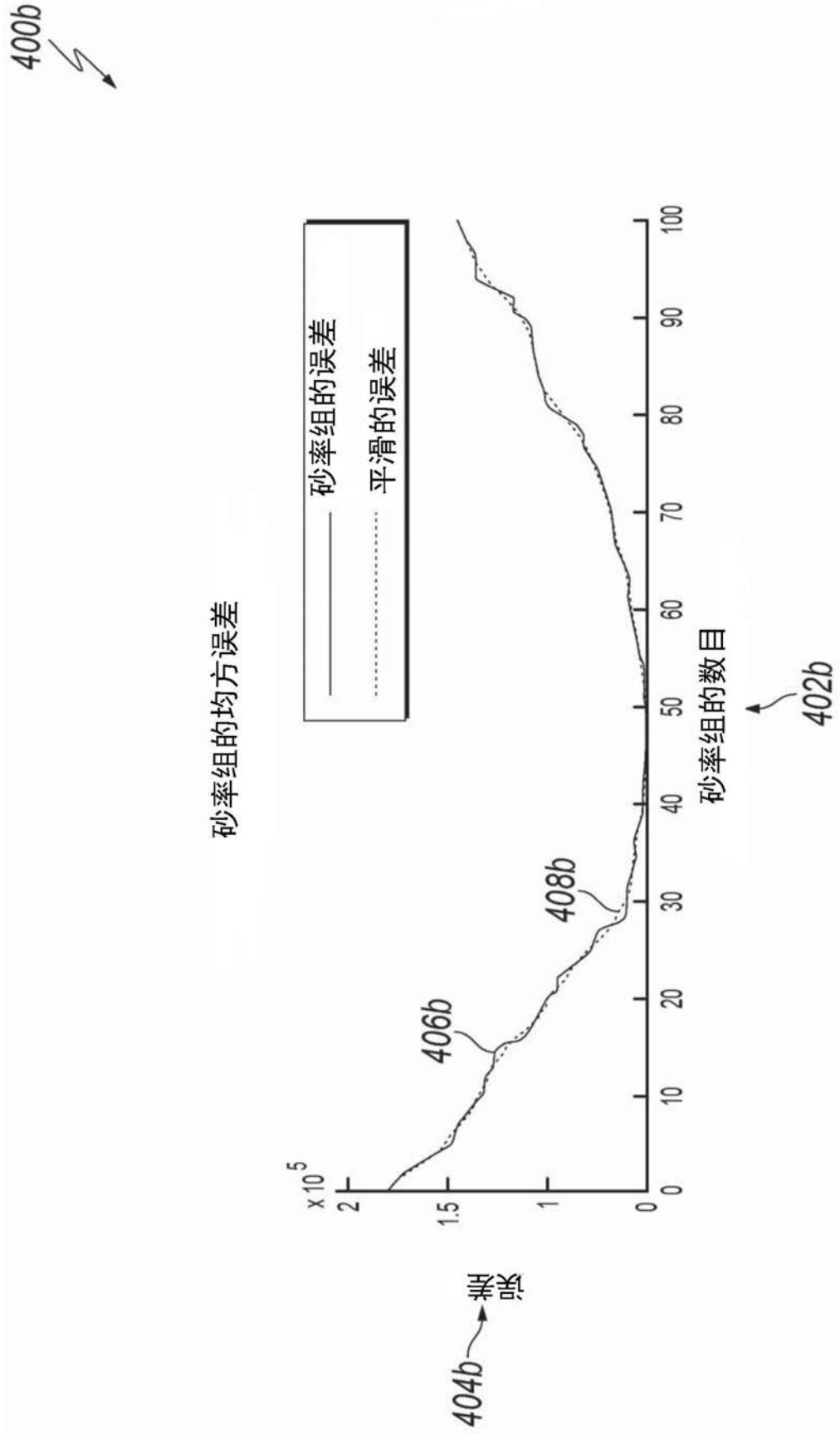


图4B

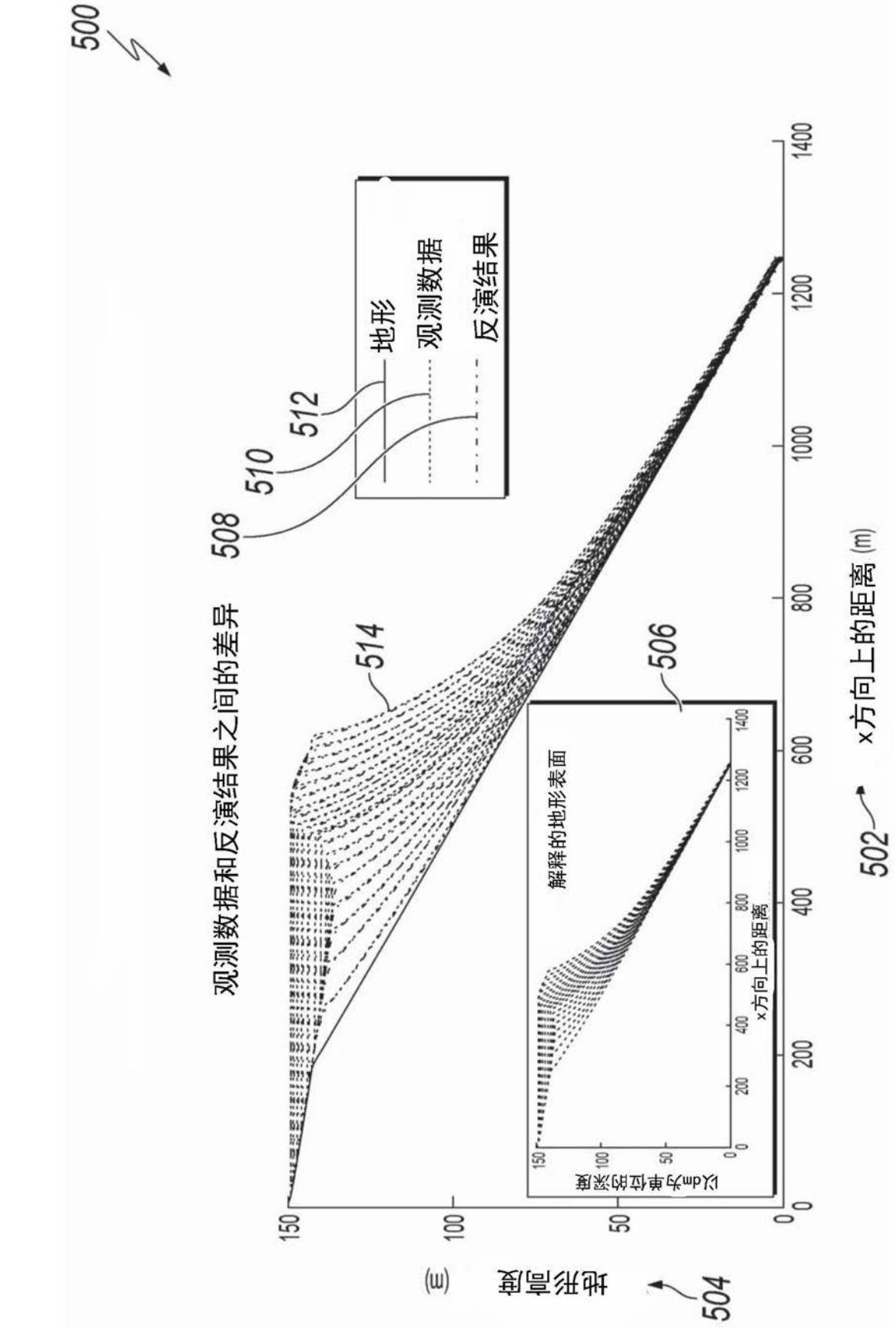


图5

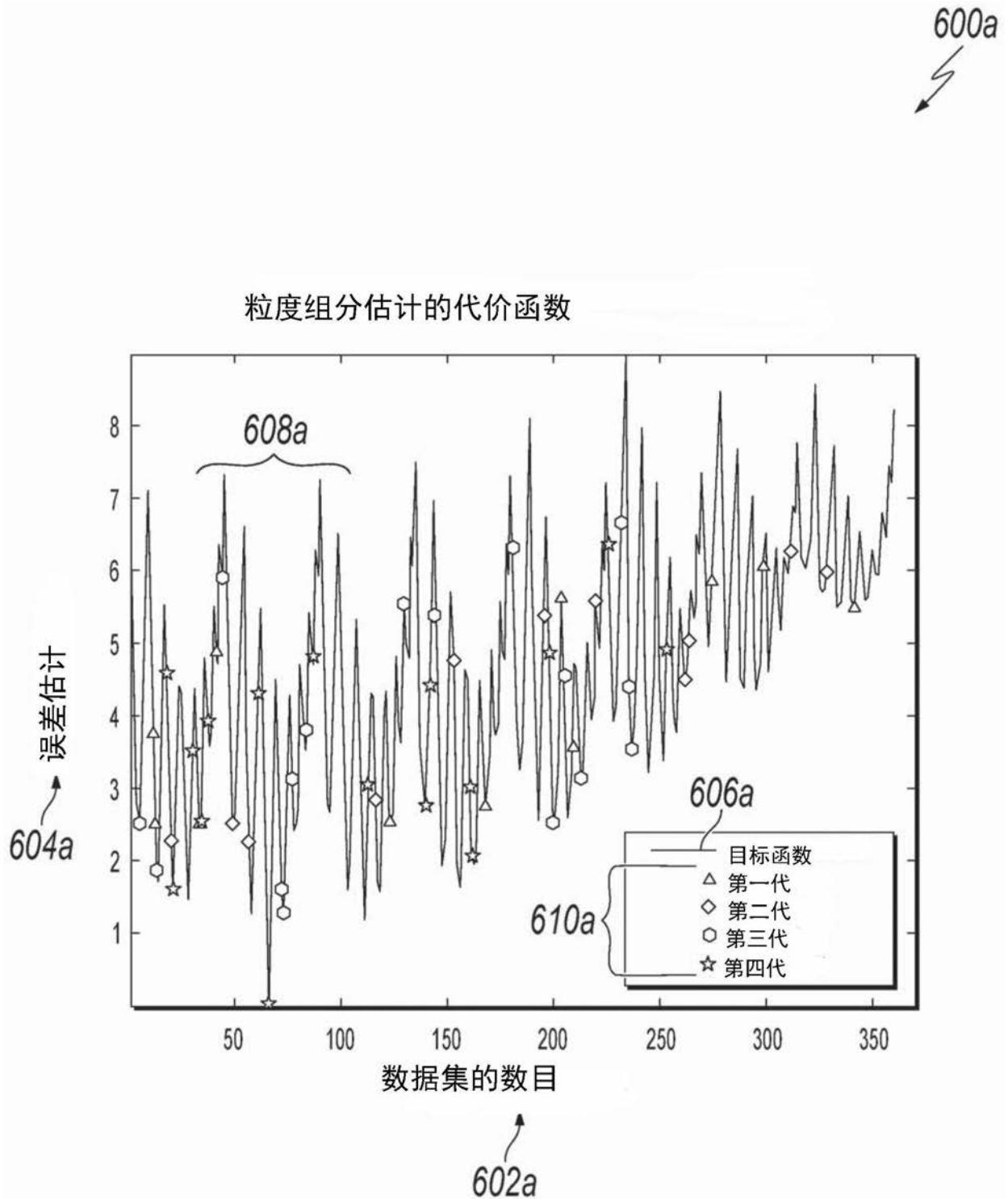


图6A

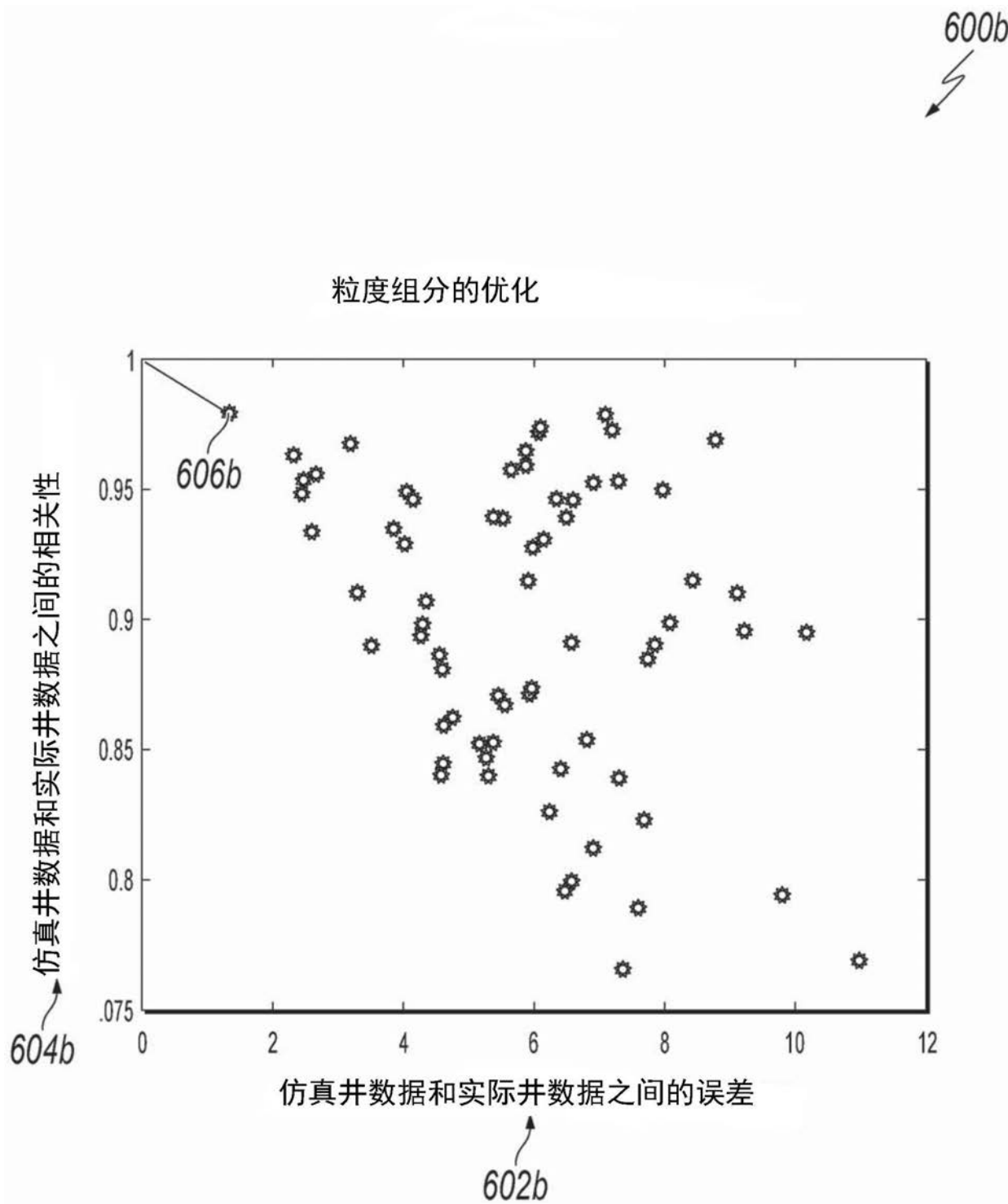


图6B

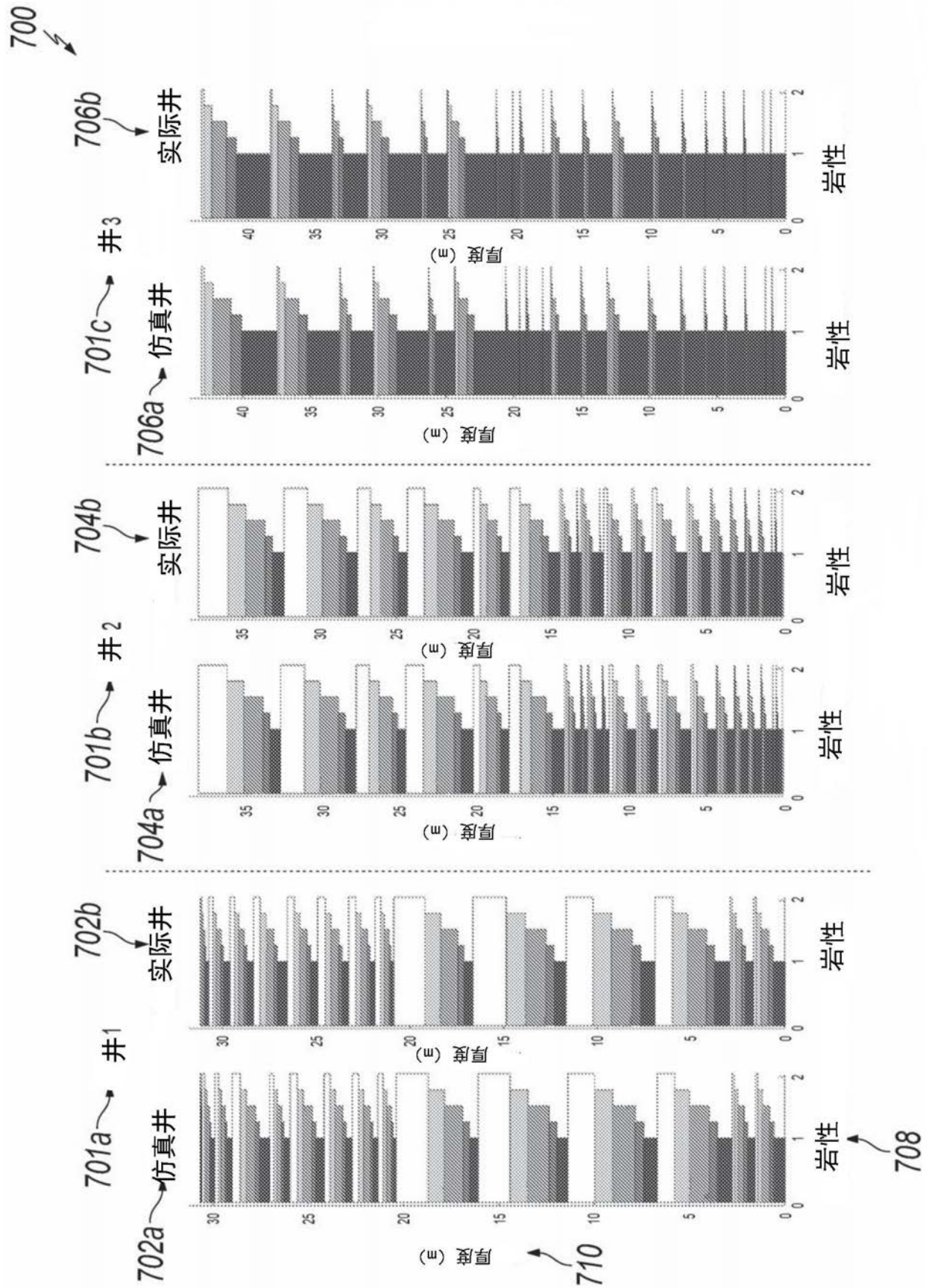


图7

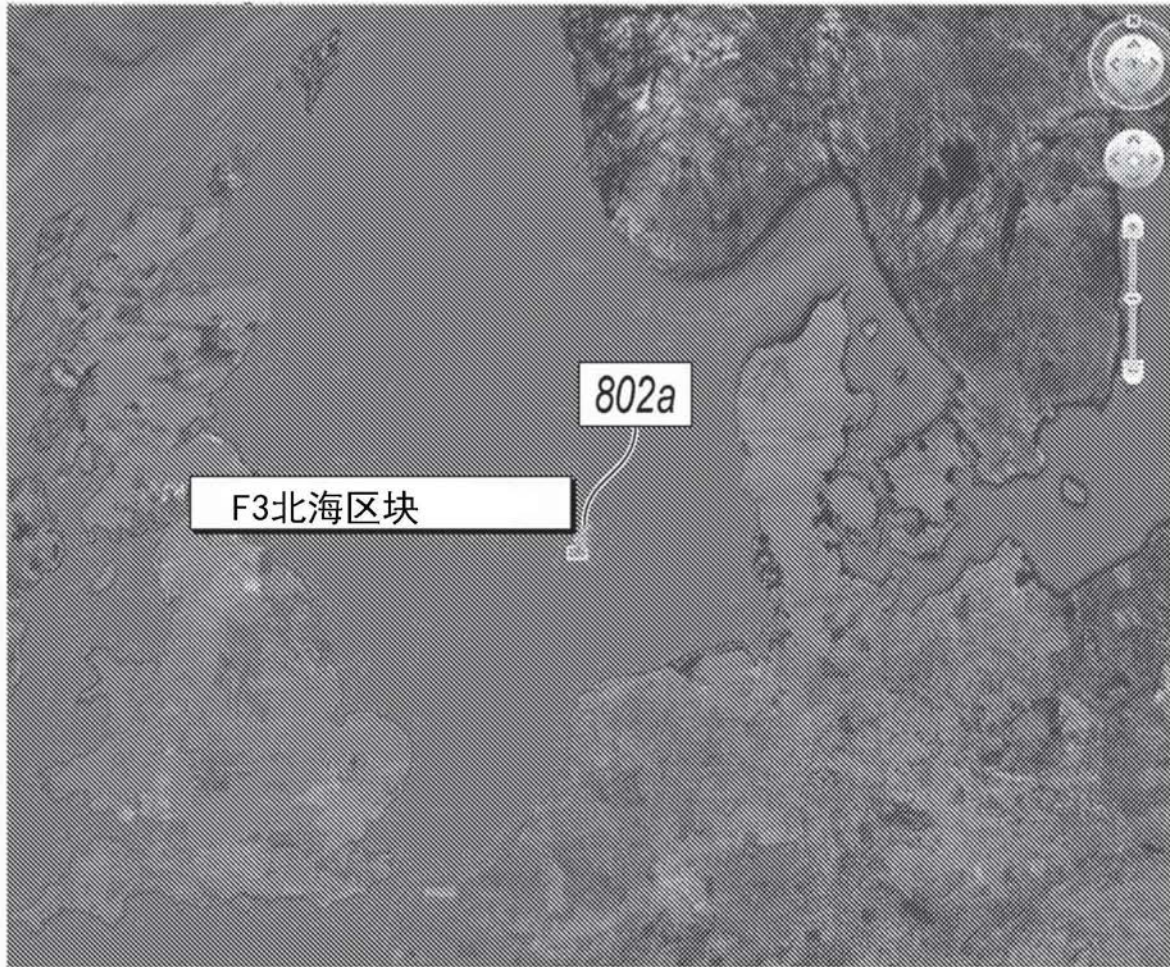
800a


图8A

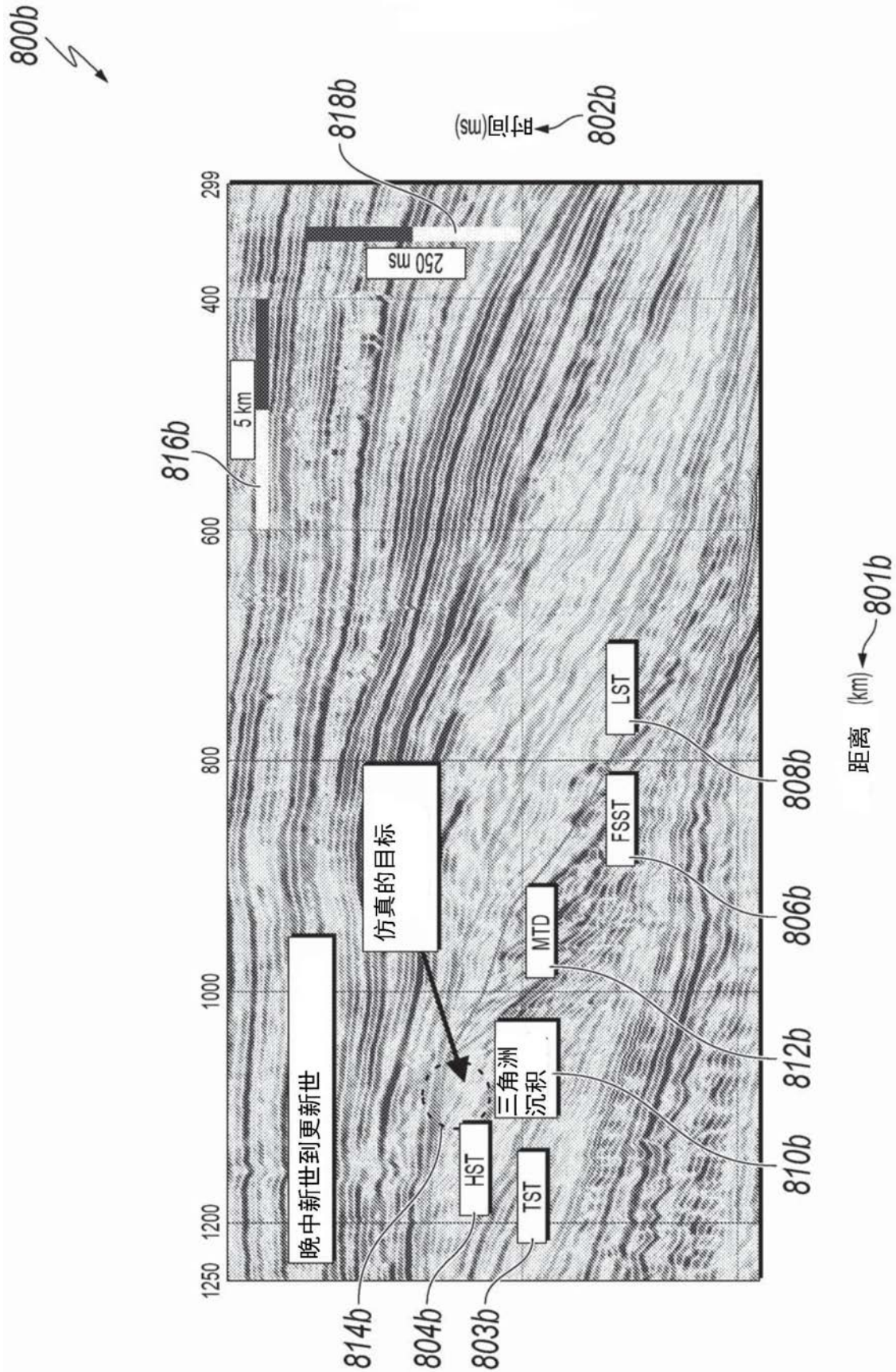


图8B

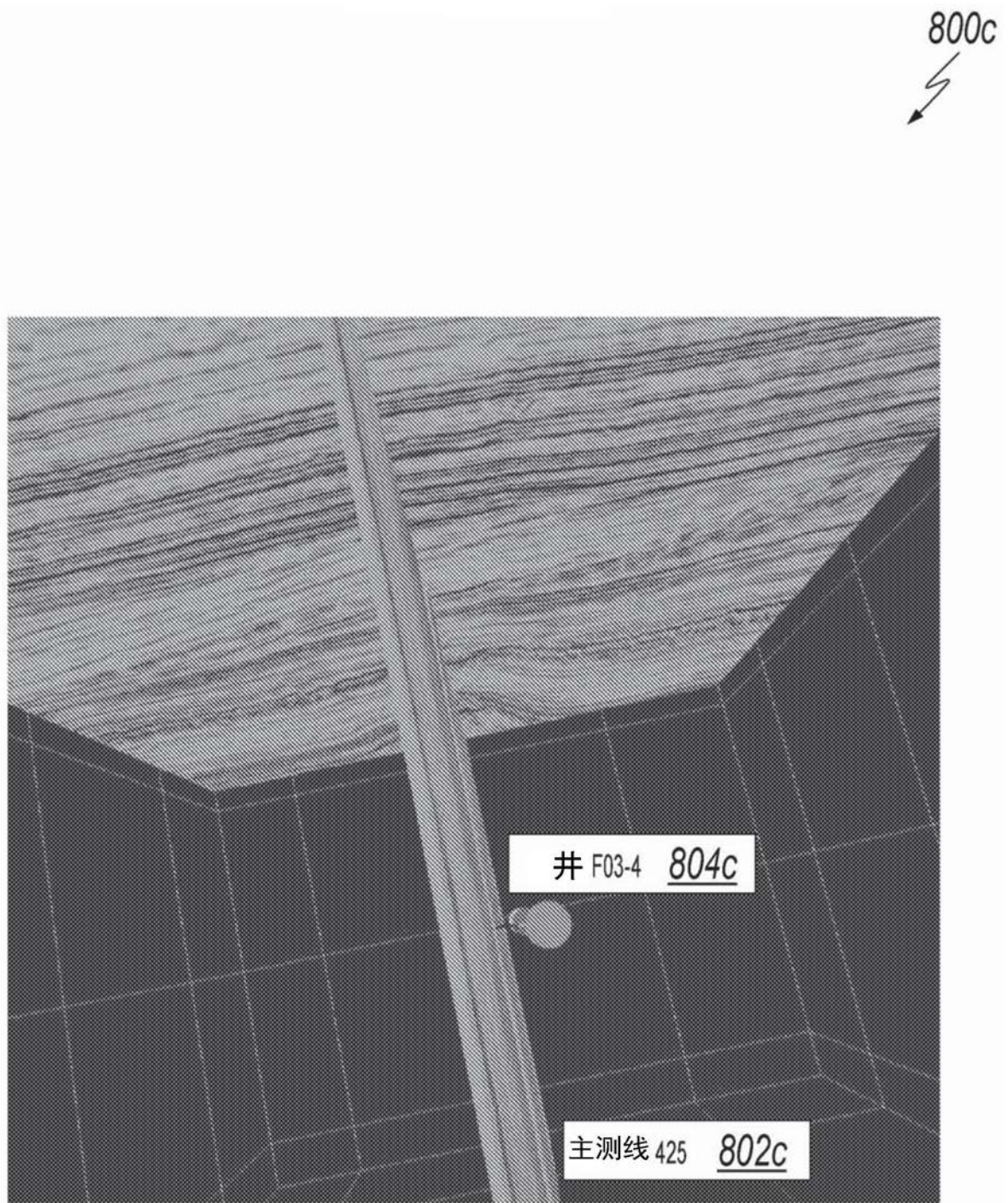


图8C

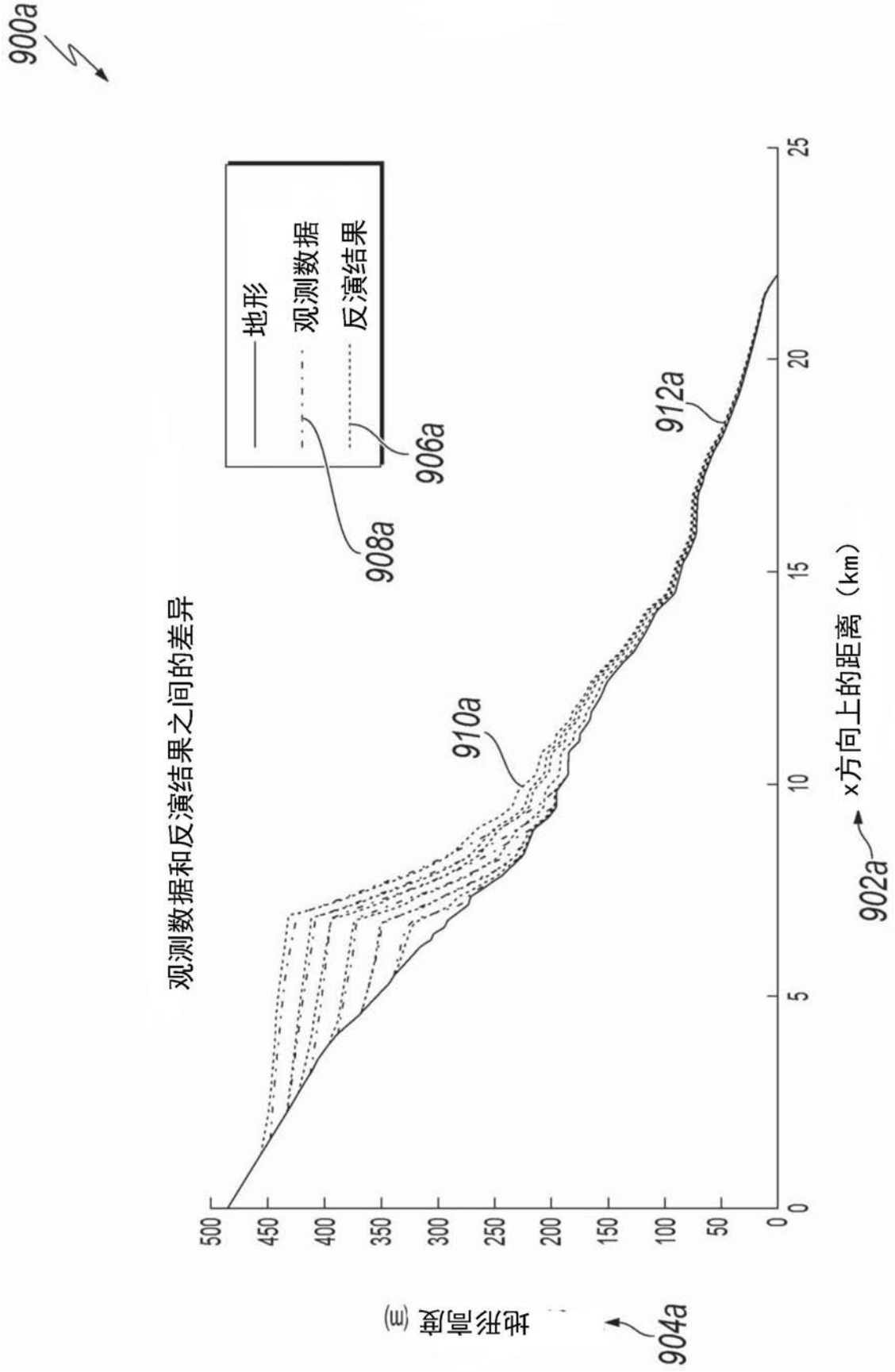


图9A

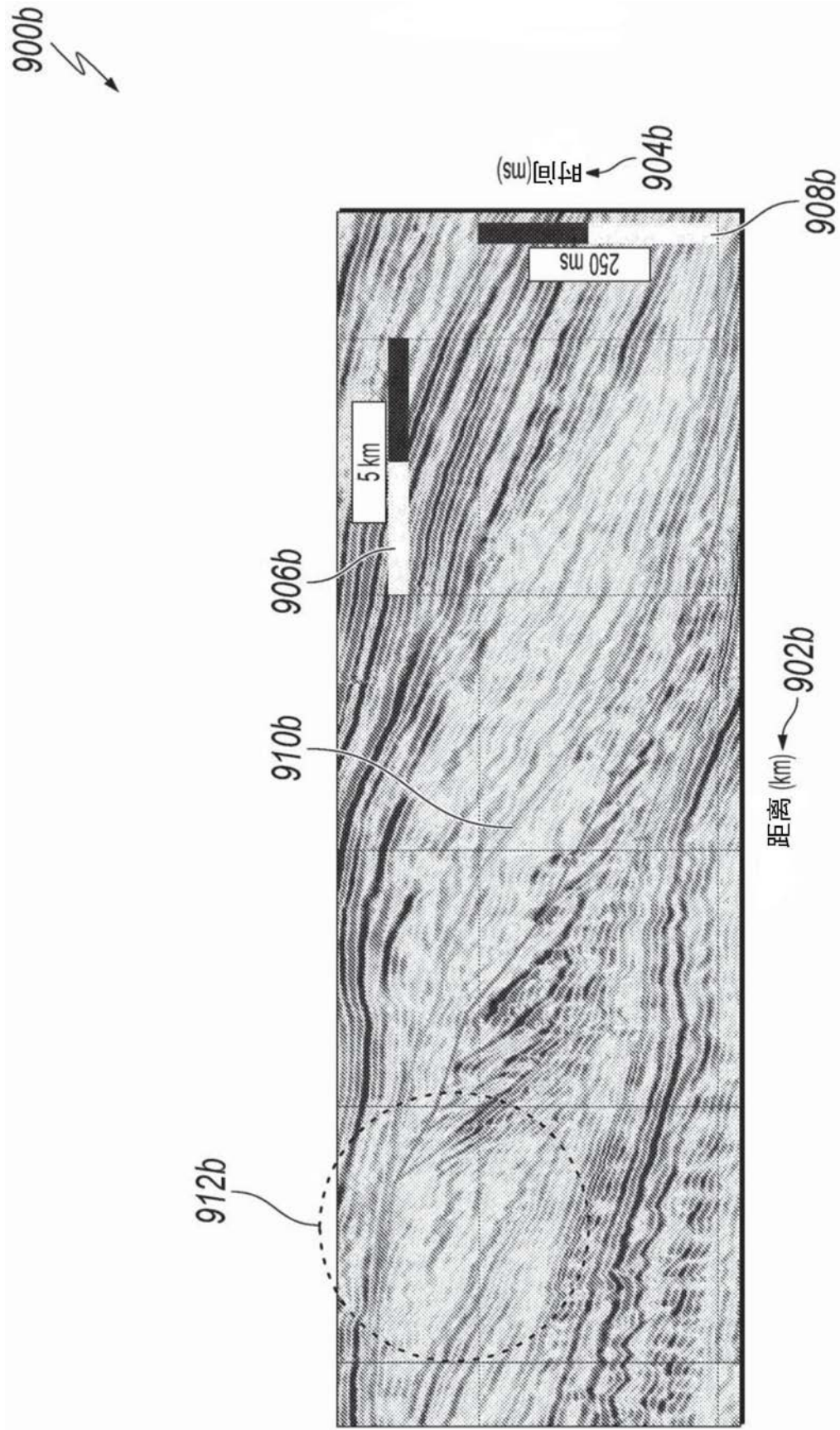


图9B

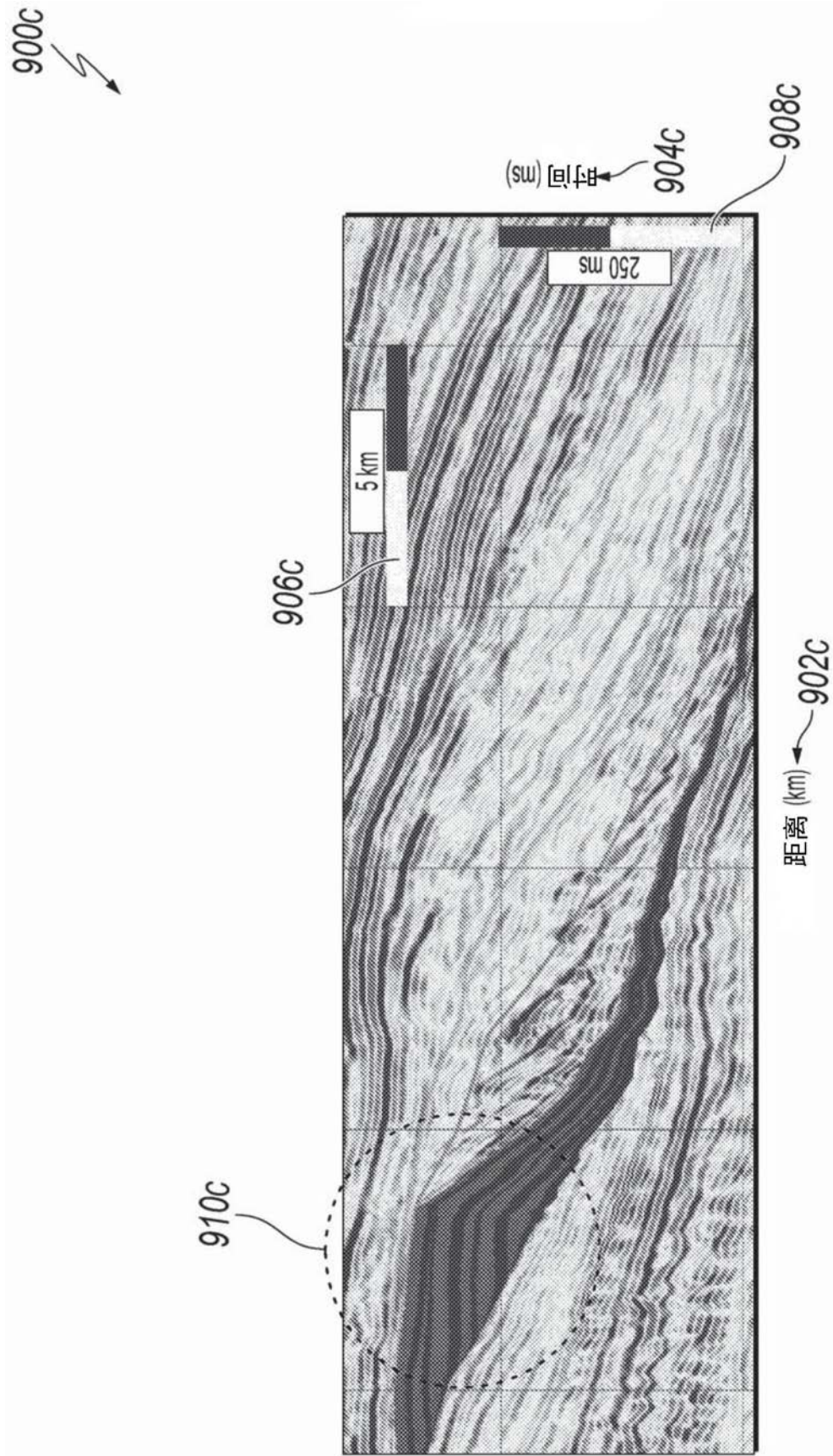


图9C

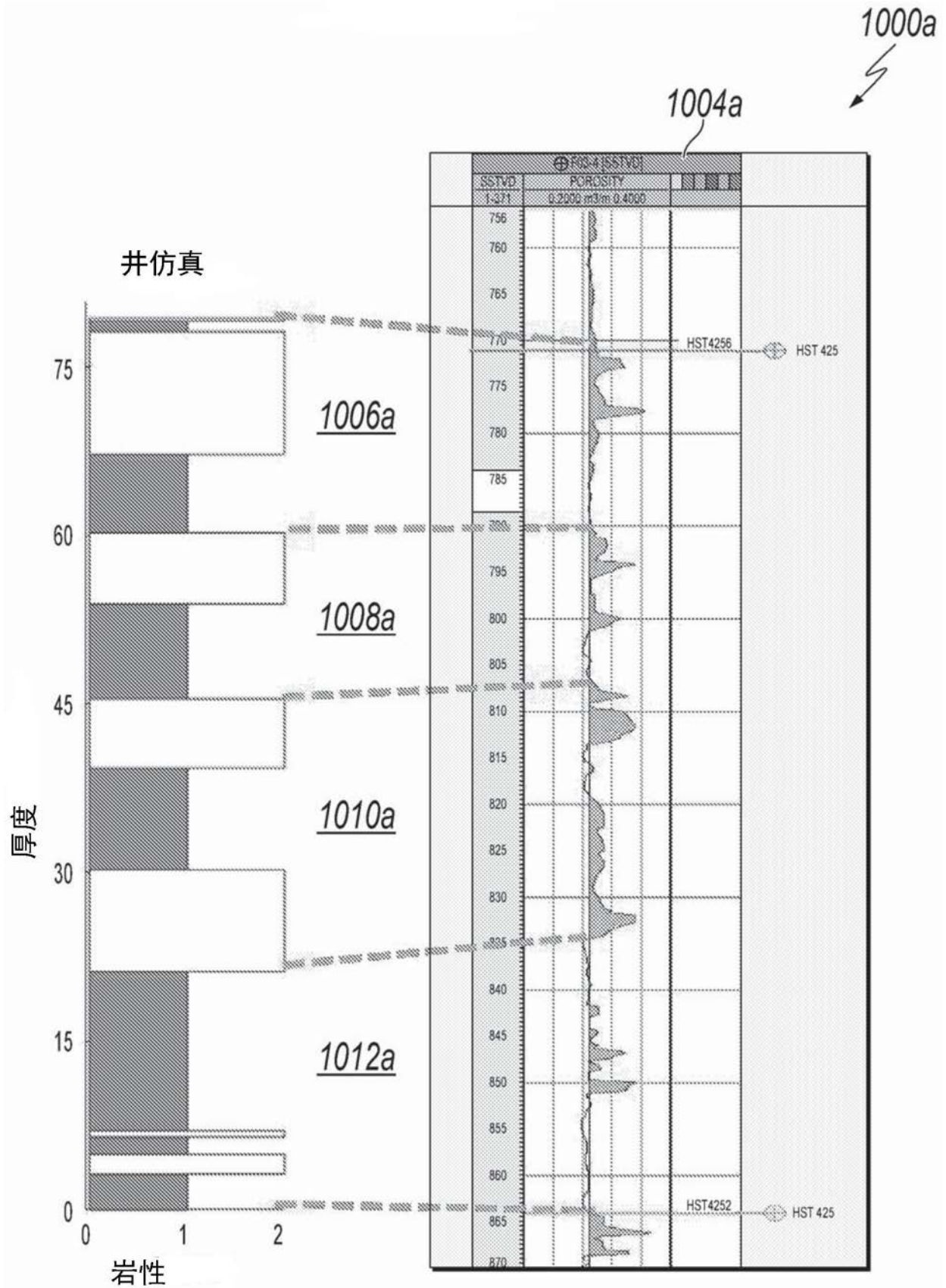


图10A

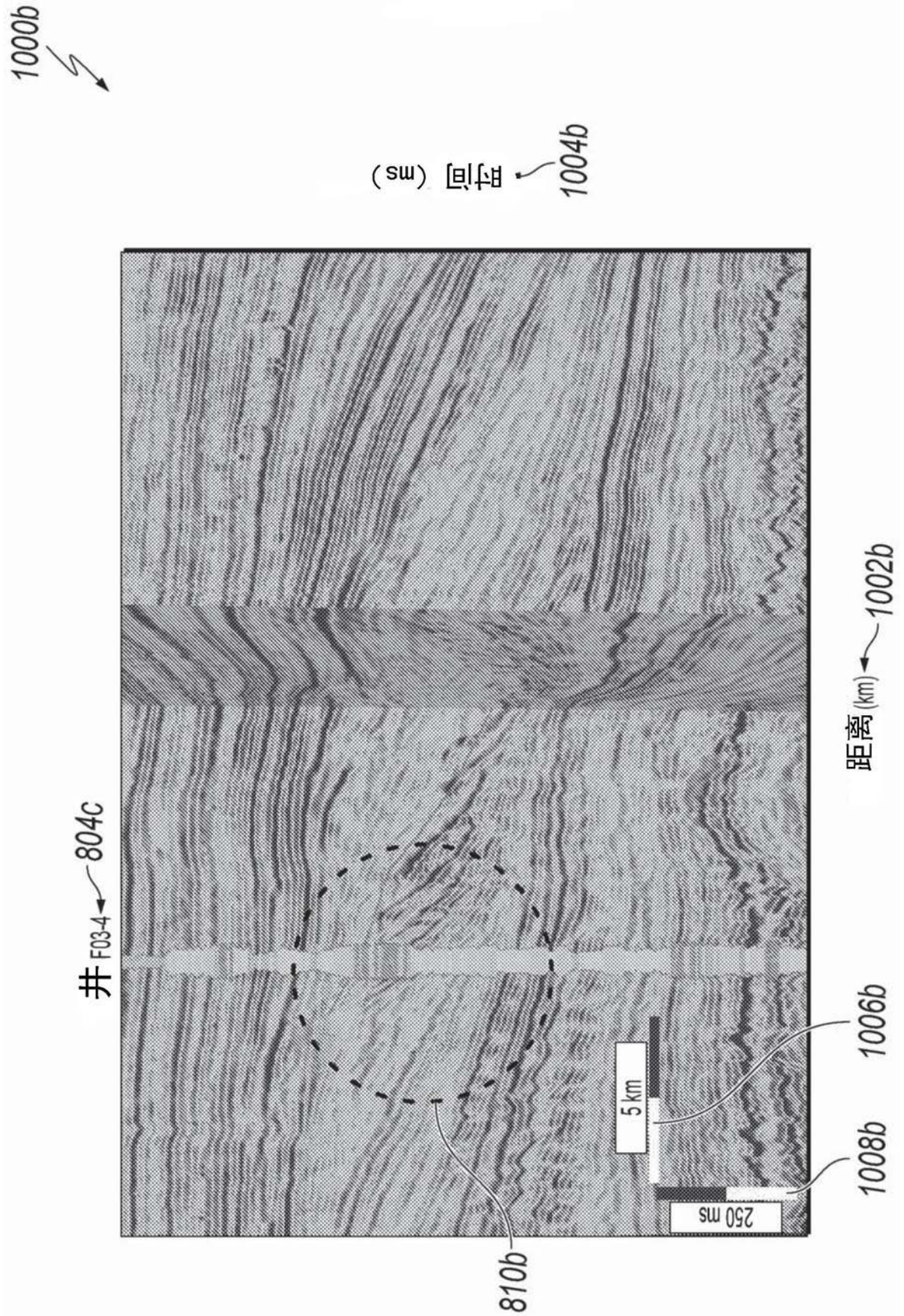


图10B

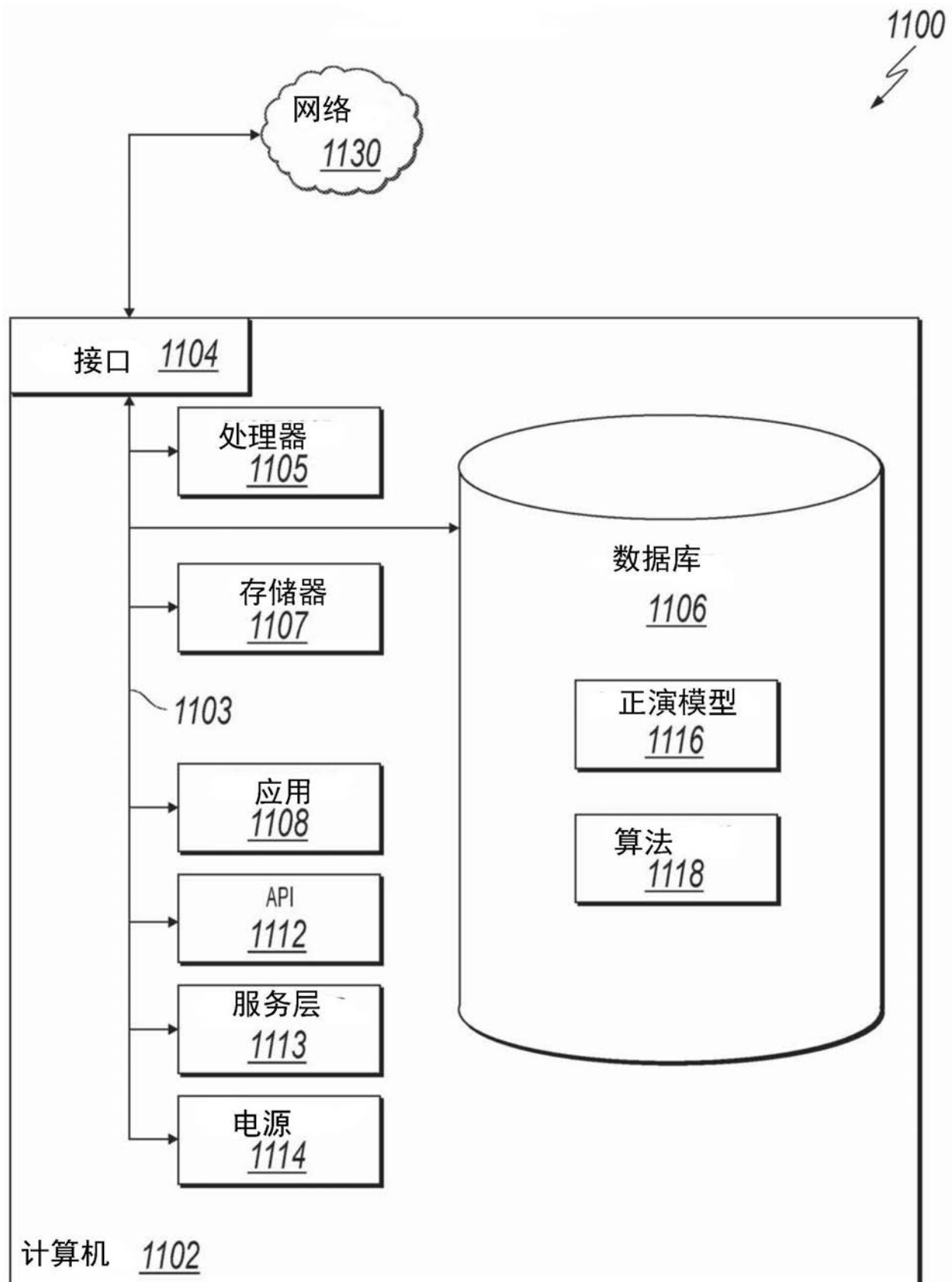


图11