



(10) 授权公告号 CN 110114552 B

(45) 授权公告日 2023. 01. 17

(21) 申请号 201780079017.2

(22) 申请日 2017.10.23

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110114552 A

(43) 申请公布日 2019.08.09

(30) 优先权数据
1617804.8 2016.10.21 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.06.20

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/057857 2017.10.23

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/076006 EN 2018.04.26

(73) 专利权人 斯伦贝谢技术有限公司
地址 荷兰海牙

(72) 发明人 P·S·哈蒙德

(74) 专利代理机构 北京世峰知识产权代理有限公司 11713
专利代理师 卓霖 张春媛

(51) Int.Cl.
E21B 49/00 (2006.01)
E21B 49/08 (2006.01)

(56) 对比文件
US 5571962 A, 1996.11.05
US 2015/0226049 A1, 2015.08.13
US 4904603 A, 1990.02.27
CN 102741504 A, 2012.10.17
CN 103988498 A, 2014.08.13
CN 105378219 A, 2016.03.02
WO 2015/072962 A1, 2015.05.21

审查员 梅豆

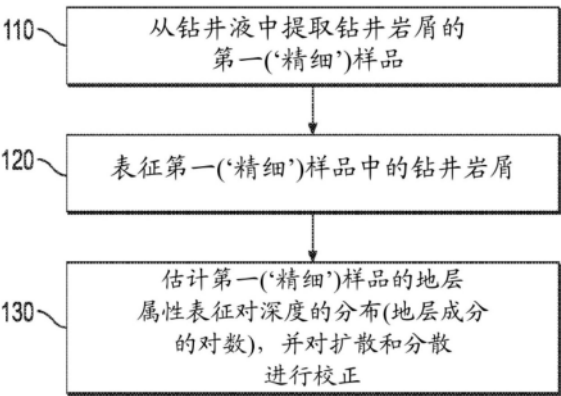
权利要求书1页 说明书13页 附图5页

(54) 发明名称

用于确定钻井岩屑深度的方法和系统

(57) 摘要

一种用于确定包含在从井筒接收的钻井液中的钻井岩屑的起源深度的方法和系统,所述钻井液包含在不同记录时间到达地面的不同尺寸的钻井岩屑,所述钻井岩屑源自沿所述井筒的不同深度处的不同地层。这类方法例如可包括:从所述钻井液中提取钻井岩屑样品,其中所述样品中的所述钻井岩屑小于预定阈值并且根据需要重复这一步骤以提供在不同记录时间到达地面的钻井岩屑样品;表征所述样品中的钻井岩屑,其包括表征与所述钻井岩屑相关联的一个或多个地层属性;以及针对每个地层属性估计地层属性表征对起源深度的分布,其包括定义所述钻井液内所述表征的钻井岩屑的流体动力学输送,包括对于所述流体动力学输送的扩散和分散效应。



1. 一种确定包含在从井筒接收的钻井液中的钻井岩屑的起源深度的方法,所述钻井液包含在不同记录时间从所述井筒出来的不同尺寸的钻井岩屑,所述钻井岩屑源自沿所述井筒的不同深度处的不同地层,所述方法包括:

a) 从所述钻井液中提取钻井岩屑的第一样品,其中所述第一样品中的所述钻井岩屑小于第一预定阈值;

b) 重复步骤a) 以提供在不同记录时间到达地球地面的钻井岩屑的多个第一样品;

c) 表征所述多个第一样品中的钻井岩屑,其中表征所述多个第一样品中的钻井岩屑包括:表征与所述第一样品的所述钻井岩屑相关联的一个或多个地层属性;以及

d) 对于在步骤c) 处表征的所述一个或多个地层属性中的每一个,估计地层属性表征对起源深度的分布,其中估计所述分布包括对方程式组进行求解,所述方程式组包括对流扩散方程式,所述方程式组定义所述钻井液内的在步骤c) 处表征的所述钻井岩屑的流体动力学输送,包括对于所述流体动力学输送的扩散和分散效应。

2. 一种用于确定包含在从井筒接收的钻井液中的钻井岩屑的起源深度的系统,所述钻井液包含在不同记录时间从所述井筒出来的不同尺寸的钻井岩屑,所述钻井岩屑源自沿所述井筒的不同深度处的不同地层,所述系统包括:

钻井岩屑提取单元,所述钻井岩屑提取单元用于从所述钻井液中重复地提取钻井岩屑的第一样品,以提供在不同记录时间到达地球地面的钻井岩屑的多个第一样品,其中所述第一样品中的所述钻井岩屑小于第一预定阈值;

样品分析器,所述样品分析器用于表征所述多个第一样品中的钻井岩屑,其中表征所述多个第一样品中的钻井岩屑包括:表征与所述第一样品的所述钻井岩屑相关联的一个或多个地层属性;以及

计算机处理器,所述计算机处理器被编程来执行包括以下的指令:

对于所述表征的一个或多个地层属性中的每一个,估计地层属性表征对起源深度的分布,其中估计所述分布包括对方程式组进行求解,所述方程式组包括对流扩散方程式,所述方程式组定义所述钻井液内的所述表征的钻井岩屑的流体动力学输送,包括对于所述流体动力学输送的扩散和分散效应。

用于确定钻井岩屑深度的方法和系统

[0001] 本申请要求2016年10月21日提交的英国申请号1617804.8的权益。

[0002] 这部分旨在向读者介绍可与目前所描述的实施方案的各个方面的技术的各个方面。本论述被认为有助于向读者提供背景信息以便于更好地理解所描述的实施方案的各个方面。因此,应当理解,这些陈述应该从这个角度来阅读,而不是作为对现有技术的承认。

[0003] 本公开总体涉及用于对在地面处从井筒接收的钻井岩屑进行分析的方法和系统,包括但不限于用于确定钻井岩屑的起源深度的方法和系统。

背景技术

[0004] 地质学家和工程师试图确定井筒的地质地层的性质,以便作出关于钻井和从井筒产生烃的有效决策。这类性质可提供关于烃可能存在或不存在和/或钻井操作的状态的有用信息。为了评估地质地层的性质,对在钻井操作期间从井筒移除的钻井岩屑进行收集和分析。

[0005] 当通过钻井钻头前进穿过岩石地层时岩石破碎,从而产生钻井岩屑。钻井岩屑通常通过从钻井钻头向上循环的钻井液(也称为泥浆或钻井泥浆)被运送到地面,使得钻井岩屑从井中移除以避免堵塞。钻井液通过钻柱被泵送到井中并且通过钻柱与井筒之间的环空返回至地面。

[0006] 在地面处,钻井岩屑具有各种尺寸,并且可通过筛网或筛、重力沉降、离心或淘析技术与钻井液分离。来自井筒的岩屑的平均尺寸可取决于地层硬度和地层的其他物理性质、钻井钻头类型和穿透率。“地层”是指通常沿深度尺度具有可比较岩性或其他类似的性质(例如,颜色、化石含量、年代、化学成分、物理性质等)的一系列岩层。术语“地层”也可指钻井深度范围内的岩石群组。

[0007] 由钻井岩屑确定的地质地层的有用性质包括地层的成分,其可提供关于地层中存在的对应于井的各种深度的材料的信息。因此,正确地确定钻井岩屑的起源深度是令人期望的,以便准确地确定井筒内不同深度处的地质地层的性质。

[0008] 目前,通常通过使钻井钻头的深度与井筒内的钻井液速度关联来评估岩屑的深度。例如,假设如果流体从钻井钻头流动至地面花费一个小时,那么现在离开井的岩屑必须源自钻井钻头在一小时前所处的深度。然而,这类简单的计算容易产生测量误差,因为它们无法考虑到影响钻井岩屑输送性质的全部因素。

[0009] 确定起源深度的其他已知方法包括随钻测量(MWD)伽马射线测井并且使这类测井与对地面处的岩屑进行的伽马射线测量关联。然而,这类方法成本高并且不总是可用。

[0010] 估计起源深度对于常规和非常规烃井钻井两者都很重要。通常,常规烃包括原油和天然气及其冷凝物。非常规烃(例如页岩气或页岩油)通常包括更多种液体源,包括油砂、超重油、天然气制合成油(gas to liquid)和其他液体。虽然目前难以准确估计,但是较大岩屑的起源深度在常规烃钻井中特别令人感兴趣,因为大岩屑可允许估计几何形状相关的量,诸如孔隙度或渗透性。大岩屑还允许出于相关目的识别完整的微化石。

[0011] 此外,在规划完成非常规烃井(即,页岩气或页岩油井)时重要的设计考虑因素是沿井的近水平部分放置水力压裂。目前,这些通常在均匀钻井之前根据所决定的几何标准来定位,例如它们以相等间隔放置在井的趾部与跟部之间。如果压裂定位在地层的最有利部分(例如可采出的烃含量最大的那些部分)中,那么可提高井的烃采出率。为了实现这一点,有必要沿井的长度表征地层的实际性质,使得可识别最佳区域,并且这需要以某种形式进入地层,使得可进行必要的测量。

发明内容

[0012] 本公开的方法和系统在常规井和非常规井两者中提供对钻井岩屑源于的深度的改进的估计。例如,本公开提供一种确定包含在从井筒接收的钻井液中的钻井岩屑的起源深度的方法,所述钻井液包含在不同记录时间到达地球地面的不同尺寸的钻井岩屑,所述钻井岩屑源自沿所述井筒的不同深度处的不同地层。作为非限制性示例,这类方法可包括以下步骤:

[0013] a) 从所述钻井液中提取具有钻井岩屑的第一样品,其中所述第一样品中的所述钻井岩屑小于第一预定阈值;

[0014] b) 重复步骤a) 以提供在不同记录时间到达所述地球地面的钻井岩屑的多个第一样品;

[0015] c) 表征所述多个第一样品中的钻井岩屑,其包括表征与所述第一样品的所述钻井岩屑相关联的一个或多个地层属性;以及

[0016] d) 对于在步骤c) 处表征的每个地层属性,估计地层属性表征对起源深度的分布包括定义所述钻井液内在步骤c) 处表征的所述钻井岩屑的流体动力学输送,包括对于流体动力学输送的扩散和分散效应。

[0017] 因此,本公开的方法解决了将从钻井液中提取的岩屑正确地分配至它们源于井中的深度(被称为“起源深度”)的问题。与上文强调的已知方法相反,本公开的方法考虑到以下事实:通过钻井液以不同速率输送的岩屑的尺寸通常存在扩展,其中较小岩屑以接近于钻井液速度的速度移动,而较大岩屑因许多因素而被减速。具体地,较大岩屑倾向于沉降在钻井液中和/或在井的低侧上形成岩床,以及经历非平坦的速率分布,与钻井液的已知平均速率相比,全部这些都导致大岩屑至地面的平均输送速度减小未知且可变量。也就是说,在大岩屑与钻井液之间存在显著的滑移,以及尺寸相关的轴向流体动力学分散。

[0018] 选择小于预定阈值的钻井岩屑(即,根据选择的筛尺寸)的效果在于获得具有可假设由钻井液运送的“精细”或“小”岩屑的第一样品。本公开的方法认识到足够小(精细)的岩屑很好地悬浮在钻井液中,并且因此小岩屑以已知的流动速度移动。此外,已经认识到,存在相对较好理解的作用在小岩屑上的流体动力学扩散,并且因此可进行校正。在实施方案中,通过使用对流扩散方程式的解析解来进行校正;也可使用对流扩散方程式的数值解。结果是更准确地估计钻井岩屑的输送时间,并且因此更准确地归置(ascriptions)钻井岩屑的来源深度。

[0019] 与钻井岩屑相关联的“地层属性”是钻井岩屑的性质,所述性质可包括例如结构参数或颜色。应当理解,这一表征信息可以通过确定化合物物质识别的化学成分的补充。可使用本领域已知的一种或多种方法执行表征,所述一种或多种方法的非限制性实例包括:针

对元素含量的红外光谱法 (IR)、紫外光谱法、光学光谱法、气相色谱法、NMR或核方法、质谱法、热重分析、热解、热提取、湿化学分析和/或x射线技术。对于非常规井应用的完井规划,表征小岩屑可包括以下中的一者或多者:总有机碳含量、油母岩质含量、沥青含量、烃含量(总分子量范围或分级成分子量范围)、有机物含量和无机矿物学属性。

[0020] 在步骤d)中估计地层属性分布可包括使用第一样品中的钻井岩屑的记录时间、钻井液速度和钻井穿透速度来计算钻井液的滞后时间。对于通过手动或自动化方式获得的样品或图像的非限制性实例(例如,RockWash™自动化岩石样品洗涤和照相过程),分布也可以是从小岩屑数据导出的地层成分对深度的去模糊对数(或其概率)。“去模糊”是指对钻井泥浆内小岩屑的流体动力学扩散(也称为分散)效应的校正。

[0021] 在实施方案中,对关于输送的流体动力学扩散效应的校正可包括贝叶斯统计计算。以贝叶斯的方式进行校正可利用例如关于输送过程和/或关于地层成分变化的特性的先验知识,从而通过已知方法提高校正的准确度并且因此提高深度估计。可包括另外的约束条件,诸如浓度为非负。

[0022] 在实施方案中,估计地层属性在起源深度上的分布可包括对方程式组进行求解和/或针对在钻井液输送期间对于所识别的地层属性的稀释效应进行校正,以提高深度估计的准确性。

[0023] 在实施方案中,本公开的方法还可包括:e)提取具有至少一个钻井岩屑的第二样品,其中第二样品中的至少一个钻井岩屑大于第二预定阈值;f)表征第二样品中的一个或多个钻井岩屑包括表征与第二样品中的一个或多个钻井岩屑相关联的一个或多个地层属性;以及g)使与第二样品中的一个或多个钻井岩屑相关联的表征的地层属性与在步骤d)处估计的分布关联,从而使起源深度与第二样品中的一个或多个钻井岩屑相关联。然后使用从在地面处手动地或自动地收集的小岩屑导出的信息来更好地表征根据最小阈值(例如筛尺寸)选择的较大岩屑。

[0024] 在实施方案中,第二预定阈值大于第一预定阈值,使得在第二样品中存在比第一样品中“更大”的岩屑。例如,小岩屑的第一预定阈值可以是1mm,并且大岩屑的第二预定阈值可以是2mm。结果是更准确地估计大岩屑的输送时间,并且因此更准确地归置大岩屑的来源深度。确定较大岩屑的起源深度可允许估计几何形状相关的量,诸如孔隙度或渗透性。大岩屑还允许出于相关目的识别完整的微化石。

[0025] 在实施方案中,在步骤g)中使与第二样品中的一个或多个钻井岩屑相关联的表征的成分和/或地层属性与估计的地层属性表征对起源深度的分布关联可包括:使与在步骤f)处识别的第二样品中的一个或多个钻井岩屑相关联的地层属性与在步骤d)处估计的一个或多个分布匹配。

[0026] 在实施方案中,本公开的方法还可包括定义第二样品中的一个或多个钻井岩屑的输送模型,使用步骤g)的结果来约束所述输送模型,并且使用约束的输送模型来计算一个或多个钻井岩屑的起源深度。如下文将更详细地描述,输送模型可包括例如时变参数或示踪剂,以提供更实际的输送时间评估并且因此提供深度估计。示踪剂可包括在待注入井筒中的钻井液中,并且可确定钻井液内示踪剂的行进时间以进一步约束输送模型,其中示踪剂具有与第二样品中的钻井岩屑类似的成分和/或尺寸并且不溶于钻井液。示踪剂在本领域中是已知的,并且可被选择成具有与感兴趣的大岩屑类似的性质,例如以便获得更准确

的输送模型。

[0027] 在难以从钻井液中提取“清洁的”较小样品的情况下,例如如果样品包括钻井液,那么在实施方案中,本公开的方法可包括表征注入井筒中的钻井液的成分,并且将钻井液的成分从第一样品中的钻井岩屑的总成分中除去以提供小岩屑样品的更准确的表征。

[0028] 本公开还提供一种确定包含在从井筒接收的钻井液中的钻井岩屑的起源深度的系统,所述钻井液包含在不同记录时间到达地球地面的不同尺寸的钻井岩屑,所述钻井岩屑源自沿所述井筒的不同深度处的不同地层。本公开的系统的非限制性实例可包括:钻井岩屑提取单元,所述钻井岩屑提取单元用于从钻井液中重复地提取具有钻井岩屑的第一样品,以提供在不同记录时间到达地球地面的钻井岩屑的多个第一样品,其中第一样品中的钻井岩屑小于第一预定阈值;样品分析器,所述样品分析器用于表征多个第一样品中的钻井岩屑,其包括表征与第一样品的所述钻井岩屑相关联的一个或多个地层属性;以及计算机处理器,所述计算机处理器被编程来执行包括以下的指令:对于表征的一个或多个地层属性中的每一个,估计地层属性表征对起源深度的分布,其包括对方程式组进行求解,所述方程式组定义所述钻井液内表征的钻井岩屑的流体动力学输送,例如对于流体动力学输送的扩散和分散效应。应理解,与本公开的方法相似,本公开的系统可应用到常规烃井和非常规烃井两者的钻井。

[0029] 获得更大的岩屑深度准确度可以转化成与井筒相关联的完井作业的更好决策。例如,由于钻探非常规井的经济性使得通过电缆测井的地层评估不被常规地执行,因而钻井岩屑的分析是获得所需信息的有吸引力的方式,因为它不会大大地影响钻井的正常过程或向钻井的正常过程增添时间。对于非常规油钻井应用,由于感兴趣的是地层成分,而不是取决于岩石的几何结构或其空隙空间的任何性质,因而没有必要获得大岩屑来确定固体烃含量。

[0030] 在其他实施方案中,本公开提供确定包含在从井筒接收的钻井液中的钻井岩屑的起源深度的方法,所述钻井液包含在不同记录时间到达地球地面的不同尺寸的钻井岩屑,所述钻井岩屑源自沿所述井筒的不同深度处的不同地层,所述方法的非限制性实例包括:

[0031] a) 从钻井液中提取具有钻井岩屑的第一样品,其中第一样品中的所述钻井岩屑小于第一预定阈值;

[0032] b) 重复步骤a) 至少一次以提供在不同记录时间到达地球地面的钻井岩屑的多个第一样品;

[0033] c) 表征多个第一样品中的钻井岩屑,其包括表征与第一样品的钻井岩屑相关联的一个或多个地层属性;

[0034] d') 对于在步骤c) 处表征的每个地层属性,估计地层属性表征对起源深度的分布,其中估计所述分布包括定义钻井液内在步骤c) 处表征的钻井岩屑的流体动力学输送;

[0035] e) 提取具有至少一个钻井岩屑的第二样品,其中第二样品中的一个或多个钻井岩屑大于第二预定阈值;

[0036] f) 表征第二样品中的一个或多个钻井岩屑,其包括识别与第二样品中的钻井岩屑相关联的一个或多个地层属性;以及

[0037] g) 使与第二样品中的一个或多个钻井岩屑相关联的表征的地层属性与在步骤d')

处估计的分布关联,以从而使起源深度与第二样品中的一个或多个钻井岩屑相关联。

[0038] 这在常规的钻井岩屑中可能是有利的,以便确定大岩屑的起源深度。这些实施方案组合估计分布对起源深度,即,地层组合对从小岩屑数据导出的深度的对数或其概率(d'),并且使“大”岩屑的表征的成分与估计的分布关联(g)。地层分布的对数可以或可以不被“去模糊”。因此,步骤 d')不包括针对对于上述输送(如包括在步骤 d 中)的流体动力学扩散效应进行校正。然而,在一些实施方案中,步骤 d')可包括针对对于输送的流体动力学扩散效应进行校正,以便增加深度估计的准确度。

附图说明

[0039] 为了详细描述本公开的实施方案,现在将参照附图,在附图中:

[0040] 图1示出根据本公开的一个或多个实施方案的方法;

[0041] 图2示出根据本公开的一个或多个实施方案的另一种方法;

[0042] 图3示出根据本公开的一个或多个实施方案的方法;

[0043] 图4是示出根据本公开的一个或多个实施方案的在无量纲轴向分散系数 $D=0.1$ 的情况下,小岩屑的地层浓度的估计和对于小岩屑输送的分散效应的曲线图;

[0044] 图5是示出根据本公开的一个或多个实施方案的在无量纲轴向分散系数 $D=10$ 的情况下,小岩屑的地层浓度的估计和对于小岩屑输送的分散效应的曲线图;并且

[0045] 图6是示出根据本公开的一个或多个实施方案的通过针对扩散效应校正图5的所述数据来估计地层浓度的结果的曲线图。

具体实施方式

[0046] 现在详细参考多个实施方案,其实例在附图中图示。在以下详细描述中,阐述了众多具体细节以提供对本主题的透彻理解。然而,本领域的普通技术人员将明白,可以在不具有这些具体细节的情况下实践本主题。在其他情况下,众所周知的方法、规程、部件和系统并未进行详细描述,以便不会不必要地混淆实施方案的方面。

[0047] 本论述针对本公开的各种实施方案。附图不一定按比例绘制。实施方案的某些特征可能以放大比例或稍微示意性的形式示出,并且为了清楚和简明起见,常规元件的一些细节可能未示出。尽管这些实施方案中的一个或多个可能是优选的,但是所公开的实施方案不应被解释为或以其它方式用来限制本公开(包括权利要求书)的范围。应完全认识到,可单独或以任何合适的组合采用所论述的实施方案的不同教导以产生期望的结果。此外,本领域的技术人员将会理解,这一描述具有广泛的应用,并且对任何实施方案的论述仅仅意在作为这一实施方案的实例,而不意图暗示包括权利要求的本公开的范围限于这一实施方案。

[0048] 本公开的描述中使用的术语仅用于描述特定实施方案的目的并且不意图作为本公开的限制。在介绍本公开和权利要求的各种实施方案的元件时,冠词“一个(a)”、“一个(an)”、“所述(the)”以及“所述(said)”旨在表示有一个或多个元件。这里使用的术语“和/或”是指并包括相关联的所列项目中一个或多个的任何和所有可能的组合。术语“包括(comprising)”、“包括(including)”和“具有(having)”以开放的方式使用,且因此应解释为表示“包括但不限于……”的意思。

[0049] 如本文所使用,术语“如果”可解释为表示“在……时”或“在……后”或“响应于确定”或“响应于检测到”,这取决于上下文。类似地,短语“如果确定”或“如果检测到(所陈述的条件或事件)”可解释为表示“在确定后”或“响应于确定”或“在检测到(所陈述的条件或事件)后”或“响应于检测到(所陈述的条件或事件)”,这取决于上下文。

[0050] 另外,应指出,实施方案可被描述为作为流程表、流程图、数据流程图、结构图或方框图来描绘的过程。尽管流程表可将操作描述为顺序过程,但是许多操作可并行或同时执行。此外,操作次序可重新布置。虽然过程在其操作完成时终止,但是可具有未包括在附图中的附加步骤。过程可对应于方法、函数、规程、子例程、子程序等。当过程对应于函数时,其终止对应于函数返回到调用函数或主函数。

[0051] 此外,如本文所公开的,术语“存储介质”可表示用于存储数据的一个或多个装置,包括只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、磁性RAM、磁芯存储器、磁盘存储介质、光学存储介质、闪存装置和/或用于存储信息的其他机器可读介质。术语“计算机可读介质”包括但不限于便携式或固定式存储装置、光学存储装置、无线信道以及能够存储、包含或承载指令和/或数据的各种其他介质。

[0052] 此外,实施方案可通过硬件、软件、固件、中间件、微代码、硬件描述语言或其任何组合来实现。当以软件、固件、中间件或微代码实现时,用于执行必要任务的程序代码或代码段可存储在诸如存储介质的机器可读介质中。处理器可执行必要任务。代码段可表示规程、函数、子程序、程序、例程、子例程、模块、软件包、类、或者指令、数据结构或程序语句的任何组合。代码段可通过传递和/或接收信息、数据、自变量、参数或存储器内容来耦合到另一个代码段或硬件电路。信息、自变量、参数、数据等可通过任何合适的手段(包括存储器共享、消息传递、令牌传递、网络传输等)来传递、转发或传输。

[0053] 整个说明书和权利要求书中使用了某些术语来指代特定的特征或部件。如本领域技术人员将认识到的,不同的人可以通过不同的名称来指代相同的特征或部件。除非特别说明,否则本文档不打算区分名称不同但功能相同的部件或特征。

[0054] 实现本公开的方面需要无论是通过手动手段还是自动化手段,收集钻井岩屑以供分析并测量岩屑成分。

[0055] 导出地层成分对深度的对数(从小岩屑)

[0056] 现在参考附图,图1、图2和图3各自示意性地示出确定包含在从井筒接收的钻井液中的钻井岩屑的起源深度的方法,所述钻井液包含在不同记录时间到达地球地面的不同尺寸的钻井岩屑。钻井液(也称为钻井泥浆)包含一系列岩屑尺寸,从尺寸较大的岩屑材料下至尺寸非常精细的岩屑材料。在井筒钻井操作期间生成钻井岩屑,并且可在地面(井筒出口)处从环空收集样品。例如在US5571962中描述了用于从钻井液中提取并分离钻井岩屑的设备的实例。

[0057] 转向图1,在步骤110处,从钻井液中提取钻井岩屑的第一样品,并且第一样品中的钻井岩屑被选取成小于预定阈值。也可提取钻井岩屑的第二样品,以获得大于第二预定阈值的‘大’钻井岩屑,并且这一步骤在图2和图3的111处表示。第二预定阈值大于第一预定阈值,使得存在于第二样品中的‘大’岩屑大于存在于第一样品中的‘小’岩屑。钻井岩屑可通过页岩振动筛或类似的已知装置提取,并且这类提取可以是手动的、自动化的或其组合,并且可包括或并入用于相关联数据收集的已知方法(例如RockWash™)。可使用已知方法基于

钻井岩屑到达地面的时间对它们进行分类和分组。然后重复这一步骤以获得与提取的钻井岩屑相关联的时间序列的对数。

[0058] 第一样品中‘小’岩屑的选择可通过适当尺寸的筛进行,所述筛限定第一样品中岩屑的最大尺寸。选择小于预定阈值的钻井岩屑的效果在于获得可假设由钻井液运送的‘精细’或‘小’岩屑的第一样品。因此,假设第一样品中的小钻井岩屑通过流动的散装泥浆输送至地面,因为它们将通过屈服应力效应、湍流或布朗运动保持悬浮。因此,由于强的粘性阻力,可合理地假设这类‘小’岩屑相对于钻井液的连续相不会局部滑动很多。实际上,小岩屑的最大直径可能小于1mm,并且大岩屑的最大直径大于2mm。

[0059] 例如,包括各种尺寸的钻井岩屑的混合物的钻井液可例如使用筛分离,以便获得不包含大岩屑的各种尺寸相对较小岩屑的一系列样品和单个大岩屑可选自的‘大’岩屑的样品。因此,在实施方案中,所选择的大岩屑大于第二预定阈值。如上所述,较大岩屑是特别令人感兴趣的,因为它们允许估计几何相关形状的量并且还允许出于相关目的识别完整的微化石。‘小’岩屑和‘大’岩屑的相应的第一样品和第二样品有时分别称为‘湿’样品和‘干燥’样品。

[0060] 然后制备样品以供测量,例如进一步清洁并且研磨至非常精细的状态。在图1的步骤120处,表征(这一步骤对应于图2和图3中的步骤121)所提取的样品中的钻井岩屑的成分和构成(例如,存在的化学化合物、矿物质或元素等)、特性(例如,物理性质,诸如密度等)和属性(例如,颜色、区别特征的特性,包括形状和尺寸的描述符等)以及手动地和/或自动地(例如,通过RockWash™等)获得的相关联的信息。使用本领域已知的一种或多种方法表征提取的样品,所述一种或多种方法诸如:针对元素含量的红外光谱法(IR)、紫外光谱法、光学光谱法、气相色谱法、NMR或核方法、质谱法、热重分析、热解、热提取、湿化学分析以及x射线技术。对于非常规井应用的完井规划,表征小岩屑可包括以下中的一者或多者:总有机碳含量、油母岩质含量、沥青含量、烃含量(总分子量范围或分级分子量范围)、有机物含量和无机矿物学属性。

[0061] 在实施方案中,还收集被泵送到井筒中的注入的钻井液的样品,并且通过已知方法确定所注入的钻井液的成分。然后从小岩屑样品的成分中除去所注入的钻井液的测量的成分。因此,已知的钻井液的成分被视为参考‘泥浆’信号数据。例如,由于重晶石唯一地存在于钻井液中,因而测量‘湿’样品的重晶石指示要除去的参考‘泥浆’信号数据的量。因此,可更准确地估计第一样品中钻井岩屑的地层成分。

[0062] 此处描述了描述使用钻井液的已知重晶石含量来确定包含在小岩屑的湿样品中的钻井液的分数的实例。从在地面处测量,确定所注入的钻井液包含10%质量的重晶石和25%的材料“A”,所述材料“A”也见于被钻井的地层中。进一步测量,小岩屑的湿样品包含2%质量的重晶石和50%的“A”。由于重晶石通常不见于井下地层中,因而可以得出结论:小岩屑的湿样品占钻井液的五分之一和占干燥小岩屑的五分之四。假设不会将材料与小岩屑的‘湿’样品中的钻井液优先分离或浓缩,可推断出来自钻井液的“A”占湿样品的总质量的5%。湿样品中剩余的“A”必须来自地层,并且通过除去,占湿样品总质量的45%。因此,干燥小岩屑中“A”的质量分数(总样品中来自地层的“A”的质量)/(总样品中干燥小岩屑的总质量) = $(45\%) / (80\%) = 0.5625$ 。

[0063] 应当理解,例如在振动筛或水力旋流器中清洁再循环钻井液通常较不完美。因此,

可频繁地采用参考‘泥浆’信号数据以确保其成分估计是准确的(特别在存在于钻井液中的固体成分与小岩屑的成分非常接近的情况下)。

[0064] 在图1和图2两者中示出的步骤130处,对于在第一样品的表征化岩屑中识别的一种或多种化合物,估计在井筒中形成的化合物的量对起源深度的分布,并且对扩散执行校正。所述分布也称为小岩屑的地层成分对深度的对数。估计分布包括对方程式组进行求解,所述方程式组定义化合物在钻井液内的流体动力学输送并且对扩散效应进行校正。

[0065] 具体地,可从小岩屑的测量的时间序列导出地层成分的对数的概率分布,从而作出如下多个假设。假设在地面处离开井的钻井液包含一系列钻井岩屑尺寸,从较大一直到非常精细地研磨的材料。虽然大岩屑滑动并且经历显著的流体动力学分散,但是最小岩屑由流动的散装‘泥浆’运送,因为它们通过屈服应力效应、湍流或布朗运动保持悬浮,并且由于强的粘性阻力而相对于连续相不会局部滑动很多。

[0066] 在地面处收集小岩屑样品的频率应与期望实现地层成分的对数的空间分辨率相关,并且地层对数所需的分辨率与其预期用途和地层变化的预测长度尺度有关。例如,如果从偏移井数据知道地层性质沿孔在10米长度尺度内变化,并且在规划水力压裂完井时需要考虑这一变化,并且如果进一步知道在钻探所述孔区段时的穿透率可能是大约100米每小时,那么应至少每十分之一小时(即,6分钟)或更频繁地采集小岩屑样品。另一方面,如果兴趣只在于确定大于100米长度尺度的结构,那么每隔1小时采集一次样品可能就足够了。一般而言,在某些实施方案中,可以对应于约1米至约100米的深度分辨率的时间间隔采集小岩屑样品,并且在其他实施方案中,可以对应于约5米至约50米范围的深度分辨率的时间间隔采集小岩屑样品。

[0067] 注入的泥浆流速以及环空面积对深度可被测量,并且因此表示已知参数。如果进一步假设没有井涌和损失,那么因此可计算精细岩屑的整体流体动力学输送,并且通过例如应用去模糊运算符来校正(在图1和图2的步骤130处)流体动力学分散(例如,泰勒分散)的量。如上所述,‘去模糊’是指对钻井泥浆内小岩屑的流体动力学扩散效应的校正。然后,可从地面处的精细岩屑成分的测量的时间序列导出地层成分对深度的对数的概率分布。

[0068] 具体地,小岩屑输送的分散效应可按如下建模。下文给出了被求解以确定地层分布对深度的对数的方程式组的实例,但是应当理解,方程式可取决于所选取的模型和已知或假设的参数而变化。

[0069] 可根据以下者对流-扩散方程式的解析解来计算物质的地层材料 i 在井的出口处的浓度(每单位体积的质量) $W_i(0, t)$:

$$[0070] \quad \frac{\partial W_i}{\partial t} - V \frac{\partial W_i}{\partial x} - D \frac{\partial^2 W_i}{\partial x^2} = U W_i^{* \tau} (L(t)) \delta(x - L(t)), \quad (1)$$

[0071] 所述解析解通过呈以下形式的线性叠加获得:

$$[0072] \quad W_i(0, t) = \int_0^t U W_i^{* \tau} (L(t')) \frac{\exp\left(-\left(V(t-t') - L(t')\right)^2 / (4D(t-t'))\right)}{\sqrt{4\pi D(t-t')}} dt', \quad (2)$$

[0073] 其中 U 是假设时间恒定的(无量纲)穿透率, $L(t) = L_0 + Ut$ 是钻井钻头的(无量纲)深度, V 是假设时间恒定的(无量纲)钻井液(‘泥浆’)循环速度, $W_i^{* \tau}$ 是地层成分,并且 D 是假

设为常数的轴向色散/扩散的(无量纲)系数。

[0074] 在一些实施方案中,解析解(2)可用考虑非恒定环形横截面积、U和V的时变值并且使用D的更实际的值(例如,使D取决于V)的数值解来代替,以便更好地表示泰勒分散。

[0075] 作为参考,应注意,在常规解释(即,现有技术)中,在地面处测量的成分可根据以下者滞后于井下位置:

$$[0076] \quad \text{在} t \text{处出现的岩屑起源深度, } L(t) = \frac{V}{U+V}(Ut + L_0) \quad (3)$$

[0077] 并且成分可使用以下方程式校正稀释效应:

$$[0078] \quad w_i^{\text{岩石}}(L(t)) = \frac{U+V}{U} w_i(0, t) \quad (4)$$

[0079] 从业人员知道如何概括这些表达式以考虑时变泥浆循环速率V和穿透率U。

[0080] 上述示例性方程式假设钻井液流动速率和穿透率是时间恒定的,但是这些参数可以可替代地假设是时间变化的并且算出(performed)数值解的、将这一点考虑在内的方程式(2)可写为:

$$[0081] \quad w_i(0, t) = \int_0^t w_i^{\text{岩石}}(t') f(t - t', t') dt'.$$

[0082] 接着,所观察到的小岩屑成分数据 $w_i(0, t)$ 可转换成井下成分对数 $w_i^{\text{岩石}}(x)$ 。存在可采用的许多数学算法,但一种可能的方法是最小化所需输出的适当选择的范数,将 $\|w_i^{\text{岩石}}(x)\|_1$ 说成受非负数的约束, $w_i^{\text{岩石}}(x) \geq 0$,并且 $\|w_i(0, t_j) - \int_0^{t_j} w_i^{\text{岩石}}(L(t')) f(t_j - t', t') dt'\|_1 \leq \sigma$ 表达与M观察的一致性, σ 是数据中误差级别的估计。在这种情况下,1范数的使用似乎比2范数提供更好的结果。G的参数{U,V,D}可被视为是已知的,或者可将它们中的一些或全部估计为该过程的一部分。

[0083] 图3的步骤对应于图2的那些,不同的是图3的步骤131不包括上述去模糊或对扩散效应的校正。

[0084] 图4和图5两者示出小岩屑的输送的分散效应,其中输送用如上所述的对流-扩散方程式(1)模拟。然后将所模拟的岩屑浓度滞后,并且使用方程式(4)进行缩放来对稀释进行校正,以估计来自地层的进入的浓度。

[0085] 在图4中,将小值 $D=0.1$ 作为轴向分散系数(假设为常数),并且可看出流体动力学分散的效应较小。在以下(无量纲)穿透率下获得图4中表示的模型化浓度(实线):在(无量纲)时间0与 $T=10$ 之间 $U=1$,并且之后为零,其中泥浆循环速度为 $V=10$,并且井的初始深度是 $L_0=100$ 。至 $t=20$ 的数据被模拟出来。从图4中可看出,所估计的浓度(实线)接近真实值(虚线),这通过简单的滞后正确地定位深度。

[0086] 转向图5,建模参数与图4相同,然而,将大值 $D=10$ 作为轴向分散系数(假设为常数)。从图5可看出,在估计的地层浓度中存在空间结构拖尾,并且在真实的地层浓度与估计的地层浓度之间存在数值差异。

[0087] 图6示出通过使用最小化公式对图5的扩散效应的数据进行校正来估计岩石性质的结果。图6中的地层成分由50个等间隔点处的值表示,并且在这个实例中使用有效集算法执行最小化,所述测试表明比其他算法更有效(例如参见P.E., W.Murray和M.H.Wright的

Practical Optimization, 伦敦, 学术出版社, 1981; 第6.4至6.6节)。所述算法成功地锐化了地层成分的形状, 从而允许更好地描绘分层并且给予层性质合理的值。可设想更复杂的方法, 例如如US20150226049A1中描述的粒子滤波器方法。

[0088] 如上所述的 (图1和图2的) 步骤130包括用于输送小岩屑的稳定去模糊数学算法 (对分散/扩散进行校正)。在一些实施方案中, 可以贝叶斯的方式进行对分散/扩散的校正, 从而利用关于输送过程、关于地层成分变化的特性、以及约束条件 (诸如浓度例如为非负) 的先验知识。例如, 假设钻井液循环速率和流体动力学分散/扩散性质已知, 估计问题可集中于估计描述用于小岩屑的输送的对流-扩散模型中的地层成分的源项, 或者可试图估计源项和流速以及分散/扩散值。

[0089] 具体地, 利用下面的方程式 (5) 的贝叶斯数学公式可以应用于估计井下地层属性的过程, 作为沿孔的位置的函数:

$$[0090] \quad P(M_z|D) = \frac{P(D|M_z)P(M_z)}{P(D)} \quad (5)$$

[0091] 在这个表达中, M表示作为地层成分的候选表示的模型, 并且D是表示所收集的每个样品的全部测量的小岩屑属性的组合集合的数据。P ($M_z|D$) 称为后验概率并且是给定发明人具有的全部信息, 陈述 M_z 为真的条件概率; P (M_z) 是先验概率, 即, 在收集任何数据之前发明人的知识状态的表示。因此, P (M_z) 表示在考虑任何观测之前的知识, 并且例如可基于属性分布, 所述属性分布基于在偏移井中观察到的属性分布。给定模型实际上是 M_z , 称为“可能性”的P ($D|M_z$) 是观察数据D的条件概率。

[0092] 在这个实例中计算可能性P ($D|M_z$) 涉及使用正向模型用于小岩屑输送。实质上, 可使用模型参数M (以及其他信息, 诸如穿透率和钻井液循环速率) 来运行正向模型, 以便预测观察到的那些量。然后可将这一预测与实际观察进行比较, 并且可基于测量误差的知识来计算观察的条件概率。

[0093] 在这种情况下, 可能性P ($D|M$) 的计算可能被详细说明, 因为涉及整个观察集合。一旦全部这些信息就位, 后验概率就使用方程式 (6) 计算, 并且在整个可能的模型集合上产生概率分布。由于这是非常大且高维的集合, 因而以适合人类决策者使用的方式表示分布需要某种形式的数据减少或少量代表性样品的产生。这类方法是本领域技术人员熟知的。

[0094] 在非常规井中地层成分的导出的对数的应用

[0095] 关于非常规烃井 (即, 页岩油、页岩气), 用于生产并且因此用于压裂的有利区域通常可通过其升高的固体烃含量或一些其他组成特性或指示它们特别有利于水力压裂的其他特性或性质来识别。具体地, 图1所示的方法可应用于非常规烃井。在这种情况下, 由于感兴趣的是地层成分, 而不是取决于岩石的几何结构或其空隙空间的任何性质, 因而出于这一目的, 没有必要获得大岩屑来确定固体烃含量。

[0096] 因此, 使用本公开的方法和系统, 固体烃含量可根据小岩屑的分析或实际上完全解聚的材料来充分地确定, 只要这种材料未被混合并且包含来自沿井的不同位置的贡献 (contributions)。换句话讲, 对于完井规划而言重要的是在沿井的精确确定的位置处准确地确定地层成分。

[0097] 为此, 可将数学技术投入实际使用, 图6示出所述数学技术的实例。通过以那些或类似的手段数学地处理小岩屑样品成分的地面测量, 可能比将根据方程式 (3) 由仅仅时间

滞后岩屑所产生的构建更清晰、更准确的沿井长度的地层成分图。例如,如果发明人基于常规的滞后方法选择压裂位置,如图5所示,那么放置在 $x=100$ 与 $x=110$ 之间的任何深度处的压裂将似乎与地层中的非零成分连接。然而,图6的更复杂的数据处理清楚地表明这一区间内的一些深度具有零成分(例如, $x=101.5$ 、 103.5 等),而其他深度($x=100.5$ 、 102.5 等)具有非零成分。因此,基于更复杂的数据收集和处理方案规划完井应该可导致产生产量更高的井。

[0098] 匹配小岩屑成分和大岩屑成分以归置大岩屑的深度

[0099] 现转向图2和图3,在步骤140处,使第二样品中的钻井岩屑的表征化成分与估计的分布(地层成分对深度的对数)关联。

[0100] 具体地,可以假设在每个深度处产生的大岩屑(选自第二样品)的成分与在相同深度处产生的小岩屑的成分相同,并且两者与在所述深度处的地层的总成分相同。可以想象,来自相同深度的大岩屑和小岩屑的成分不同,例如因为岩石破坏过程对同一岩石内的不同矿物颗粒的作用不同。然而,在这种假设下,可从仅对小岩屑样品进行成分测量而合理准确地推断出在每个深度处钻井的地层的成分。

[0101] 本文描述的方法的目的是使来自第二样品的每个大岩屑与其源自的深度匹配。由于假设大岩屑的成分与来自相同深度的小岩屑的成分相同,因而问题是使大岩屑的成分与从小岩屑数据导出的地层成分的对数(如上文所述在步骤130处估计)关联。

[0102] 例如,假定关于每个小岩屑样品,已经确定 N 个不同的成分属性,并且这些属性已经被用于使用与如上文所述的方程式(3)或图6相似的方法创建对地层成分深度的对数或映射。现在,关于感兴趣的特定大岩屑,现已确定这些 N 个成分属性中的一些或全部。现在逐个深度处,将大岩屑属性的值列表与根据小岩屑确定的属性列表进行比较。在每个深度处计算大岩屑属性与小岩屑属性之间的差的量度(例如,可形成在大岩屑样品属性与小岩屑样品属性之间差的平方的加权总和)。然后,上述实例中的大岩屑可归置于这一失配量度最小的深度。

[0103] 在步骤150处,使起源深度与第二样品中的(大)钻井岩屑相关联。给定在给定时刻处在地面处采集的包含大岩屑(其输送速度未知)的第二样品,然后可通过从小岩屑导出的对数找出成分的组合来推断这些岩屑源自的深度,所述成分的组合在总成分中与大岩屑的样品的总成分最佳地匹配。

[0104] 在实施方案中,上述步骤140(使大第二样品中的钻井岩屑的表征化成分与估计的分布关联)使用大岩屑成分与从小岩屑数据估计的地层成分之间的受约束的最佳匹配。在可能的情况下,步骤150的相关性(也称为“匹配”)可受例如大岩屑输送模型的约束。结果可包括诸如以下的陈述:“在星期一中午12点离开井的这种大岩屑来自5,000英尺和5,020英尺的测量深度(MD),并且概率为90%,来自其他MD的概率为10%”。在实施方案中,利用先验知识(诸如用于供应输送速率界限的大岩屑输送模型),并为每个提出的来源集合分配概率。例如,这将导致产生一系列陈述,诸如:“在中午12点离开井的大岩屑中,40%来自介于5,000米与5,020米之间的MD,并且60%来自介于5,020米与5,030米之间的MD,并且概率为80%”。

[0105] 下文描述了利用贝叶斯方法来计算大岩屑来自每个深度的概率的规程的实例。在开始所述过程之前,基于所使用的测量设备的表征,对在确定属性中的每一个时的误差进

行量化。例如,基于每个确定中的误差是正态分布的,是独立的,并且具有通过测试所使用的实验设备确定的零平均值和方差,形成这些误差的概率分布。此外,例如基于偏移井的经验,聚集关于属性的可能值的先验信息。

[0106] 如上所述,可再次利用贝叶斯定理(5),这次是根据先验概率和误差概率给出大岩屑来自给定深度的概率:

$$[0107] \quad P(M_z|D) = \frac{P(D|M_z)P(M_z)}{P(D)} \quad (6)$$

[0108] 在这个表达中,D表示观察到的数据,即,大岩屑的测量属性; M_z 表示模型,其可表达为如下陈述:“大岩屑源自深度 z ”; $P(M_z|D)$ 是如下条件概率:给定发明人具有的全部信息,陈述 M_z 为真;并且 $P(M_z)$ 是先验概率,即,在收集任何数据之前发明人的知识状态的表示。在这种情况下, $P(M_z)$ 表示大岩屑来自深度 z 的概率。在没有偏移井信息的情况下,发明人可使这一概率在全部钻井深度上均匀(即,岩屑可来自在收集之前已经钻井过的任何层面),或者发明人可通过使用用于输送大岩屑的流体动力学模型来构建更复杂的先验。 $P(D)$ 本质上是归一化常数,由于在此仅需要后验概率的相对值,因而发明人应忽略所述归一化常数。可能性 $P(D|M_z)$ 可使用以本领域技术人员公知的方式对测量中的误差的表征来计算,并且对于独立的测量和误差,可将其写为各个测量误差概率的乘积。

[0109] 在上述独立和正态分布的假设下,对于每个单独的属性,给定特定属性的真值是 $M_z=m$,获得这一属性的值的测量 $D=d$ 的概率为 $\exp(-(d-m)^2/2\sigma^2)/\sqrt{2\pi\sigma^2}$,其中 σ^2 是与确定所讨论的属性相关联的测量误差的方差。一旦后验被计算,发明人就具有用于将大岩屑归置于给定深度的数学上整序的基础,例如,发明人可能报告大岩屑应该与深度相关联,这给出了 $P(M_z|D)$ 的最大值。可替代地,可显示平均值和方差,或实际上整个概率分布,以便指示与所讨论的大岩屑的解释的来源深度相关联的不确定性的范围。

[0110] 贝叶斯方法的一般特征是它允许对缺失数据进行合理处置;尽管取决于缺失数据的计算框架“答案”具有大的不确定性,但是缺失数据不会导致算法失败。因此,可能降低对小岩屑的收集频率要求,同时仍然能够提供与大岩屑的起源深度相关的有用信息。

[0111] 在一些实施方案中,‘示踪剂’可另外用于约束第二样品中钻井岩屑的输送模型。示踪剂和示踪剂材料的使用在本领域中是已知的。例如,可在已知的时间处从井下工具周期性地喷射示踪剂。然后通过检测示踪剂在地面处的到达来确定到地面的行进时间,并且当归置岩屑来源深度时可使用这一行进时间。优选地,示踪剂是选取的物体,以便具有与感兴趣的典型岩屑类似的尺寸和物理性质。因此,其输送行为类似于大岩屑,并且确定的输送时间更准确。

[0112] 示踪剂可被认为是承载读写存储器的物体。例如,可将这类物体连续地添加到地面处的泥浆流中,其中它们的添加时间将被写入板上存储器中。在实施方案中,钻头处的到达时间可在到达那里时被写入板上存储器中(最佳地,因为这可在知道泥浆流速和钻井历史的情况下被合理准确地计算)。当物体返回地面时,这些时间可以从存储器中读出,从而被输送到环空,并且与地面处的到达时间一起被写入数据库。通过聚集来自数据库中的许多这类物体的数据,可能聚集平均输送时间和关于这一平均值的变化统计的数据来约束大岩屑输送模型。这一统计信息可用于表示大岩屑输送的统计数据,并且对岩屑来源的解释约束这一基础。

[0113] 一旦执行大岩屑向井筒深度的分配,就可推断出另外的性质(诸如渗透性或微化石特性)并且推断出估计的来源深度。

[0114] 期望钻机上的固体处置装备有效地操作,以便避免钻井液中的小岩屑从较浅深度过度堆积,这会掩盖从感兴趣的深度产生的那些岩屑。

[0115] 应当理解,在钻井过程中必须产生足够的岩屑(并且具体地,足够小以在流体中输送而不会滑动的足够的岩屑)以允许上述分析步骤。还应当理解,这对钻井液提出了要求。例如,与地层岩石的固体承载能力相比,由其粘度、屈服应力和剪切稀化行为及其密度表征的钻井液的固体承载能力必须足以使小岩屑的沉降在特定体积的钻井液从钻井钻头行进至地面所花费的时间内不显著。例如,我们可使用合适的数学公式来使沉降速度与钻井液性质和流速、岩屑尺寸和密度相关来估计小岩屑在钻井液中的沉降速度,并且将这一速度与环空中钻井液的平均速度进行比较(在牛顿钻井液流变学、斯托克斯定律的情况下;对于非牛顿流变学,可使用斯托克斯定律进行粗略估计,其中粘度取钻井液在环空中的平均流速下表现出的平均值,或者替代使用更准确的公式)。为了使沉降可忽略不计,发明人要求沉降速度小于环空中钻井液的平均速度,与井下性质的对数所需的深度分辨率与井的总深度之比成比例(即,如果发明人需要10米的分辨率,并且井是1000米深,那么沉降速度必须小于平均钻井液速度的1/100)。这确保了基于对流扩散方程式,岩屑不会滑动那么远以致于使深度分派发生偏差,其中对流速度是平均钻井液速度。在一些情况下可能相关的另一个更严格的条件是流体流变学使得小岩屑在从钻头行进到地面所花费的时间中不会沉降大于环空直径的距离。

[0116] 应当理解,除非上下文要求或以其他方式指定,否则本说明书的实施方案中的任一个中的步骤的执行次序不是必需的。因此,大多数步骤可以任何次序执行。此外,实施方案中的任一个可包括比所公开的那些更多或更少的步骤。

[0117] 应当理解,除非上下文另有要求,否则术语“包括”及其语法变体必须被包含性地解释。也就是说,“包括”应该被解释为“包括但不限于”。此外,使用特定数学算法根据各种具体实施方案已经描述了本发明。然而,应当理解,这些仅是用于说明本发明而不限于那些具体实施方案的实例。

[0118] 本说明书通篇对“一个实施方案”,“一实施方案”或类似语言的引用意味着结合该实施方案描述的特定特征、结构或特性可包括在本公开的至少一个实施方案中。因此,本说明书中通篇出现短语“在一个实施方案中”、“在一实施方案中”以及类似的语言可以但不一定全都指同一实施方案。

[0119] 前述内容概述了若干实施方案的特征并且阐述了许多细节,使得本领域技术人员可更好地理解本公开的方面。本领域技术人员应理解,本公开可提供用于设计或修改其他过程和结构以便执行本文介绍的实施方案的相同目的和/或实现其相同优势的基础。

[0120] 尽管已经关于具体细节描述了本公开,但是除了它们被包括在所附权利要求中的程度之外,这些细节不应该被认为是对本发明的范围的限制。

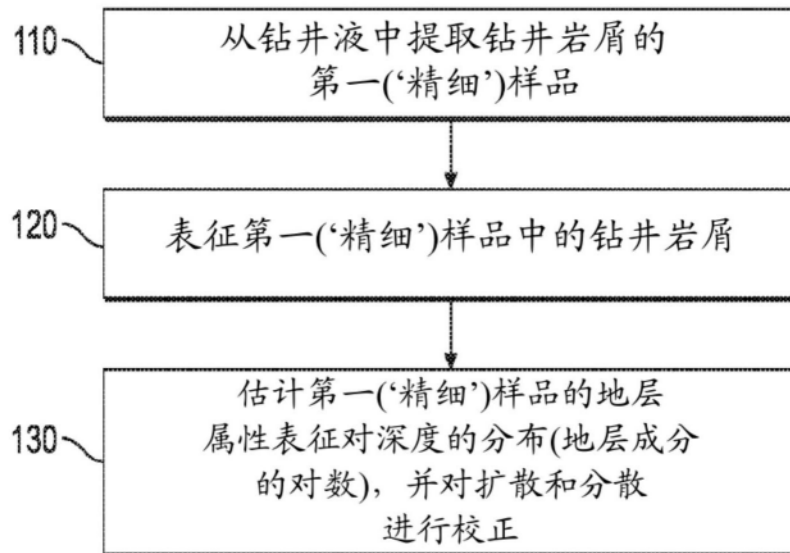


图1

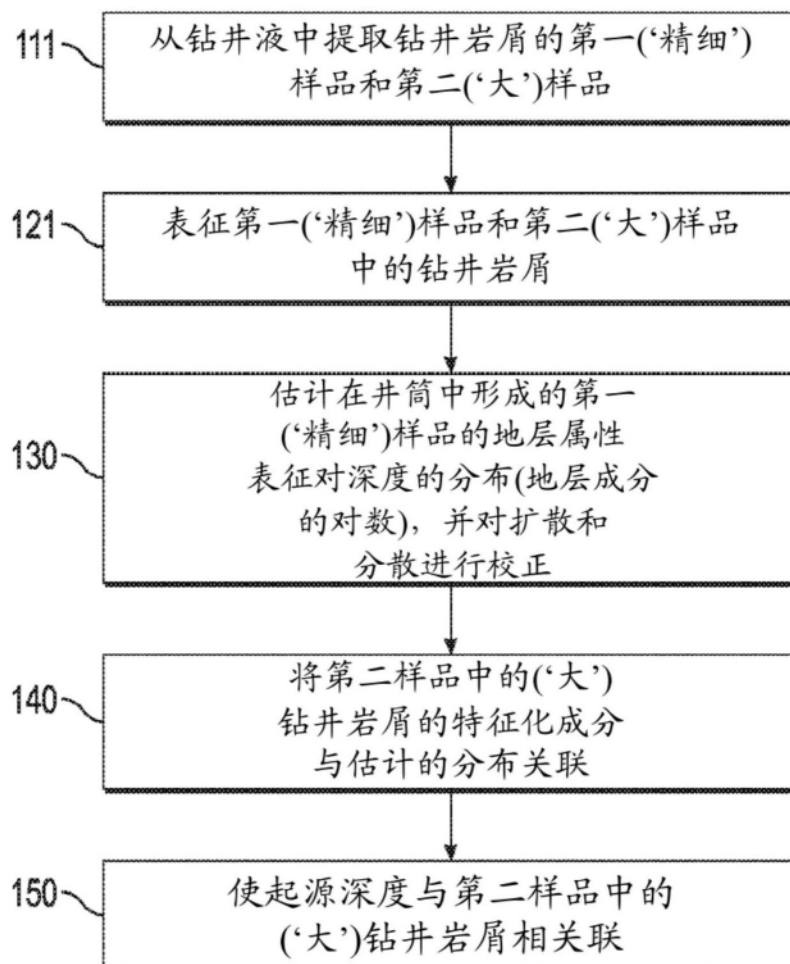


图2

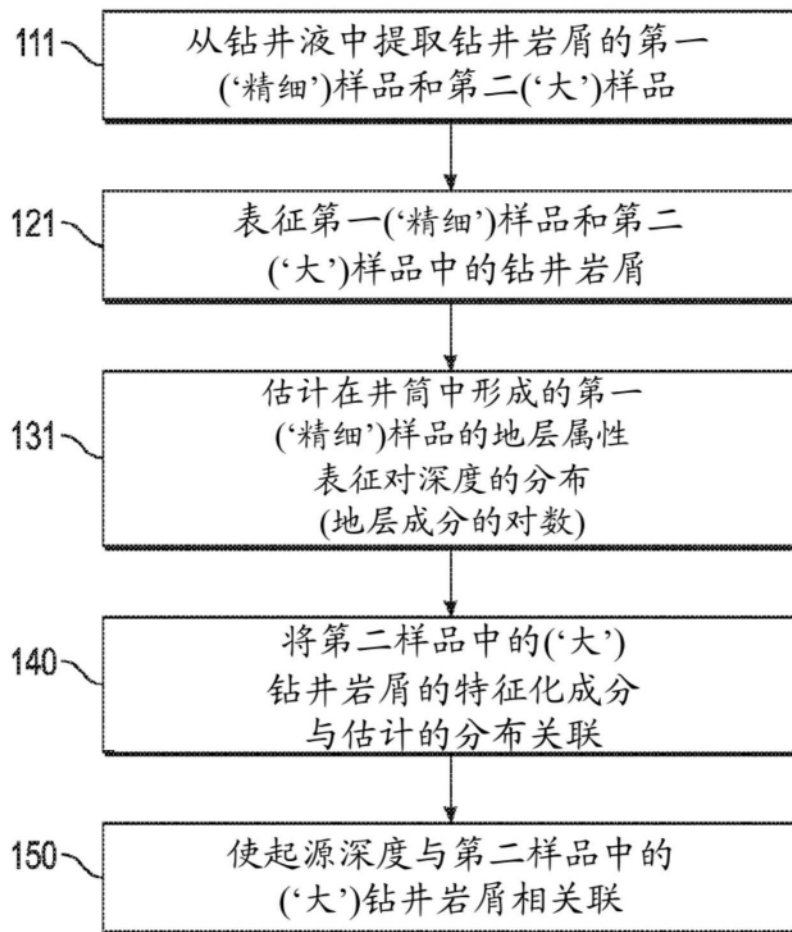


图3

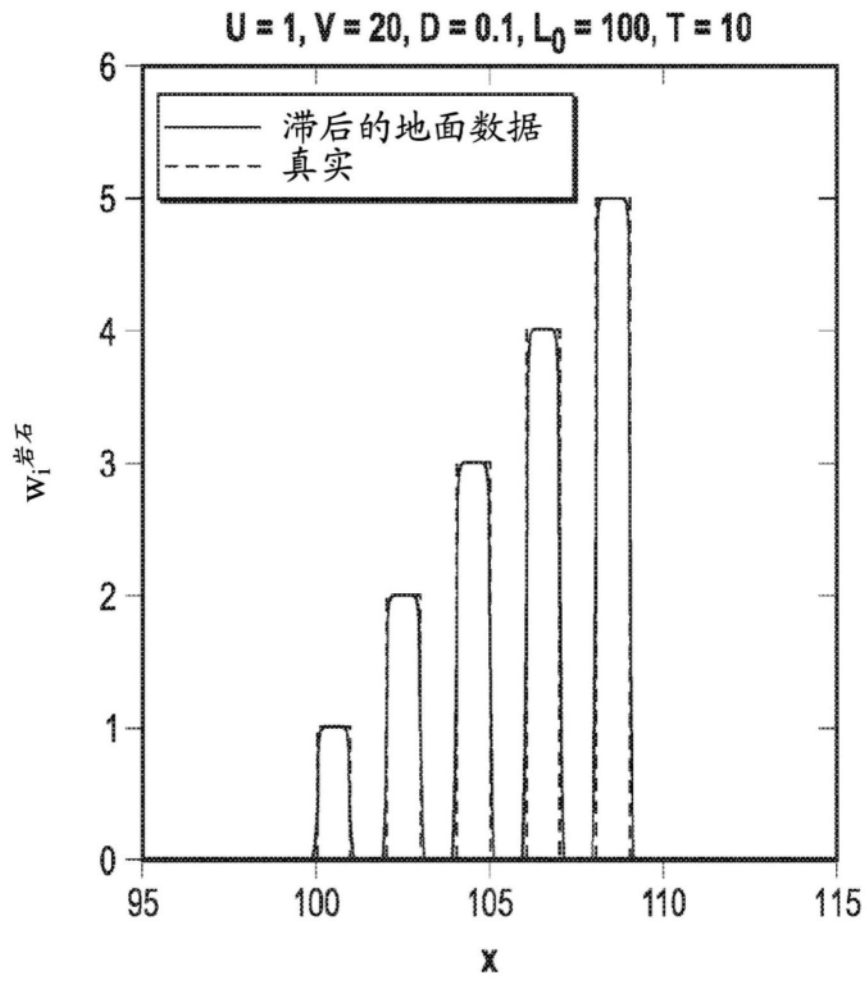


图4

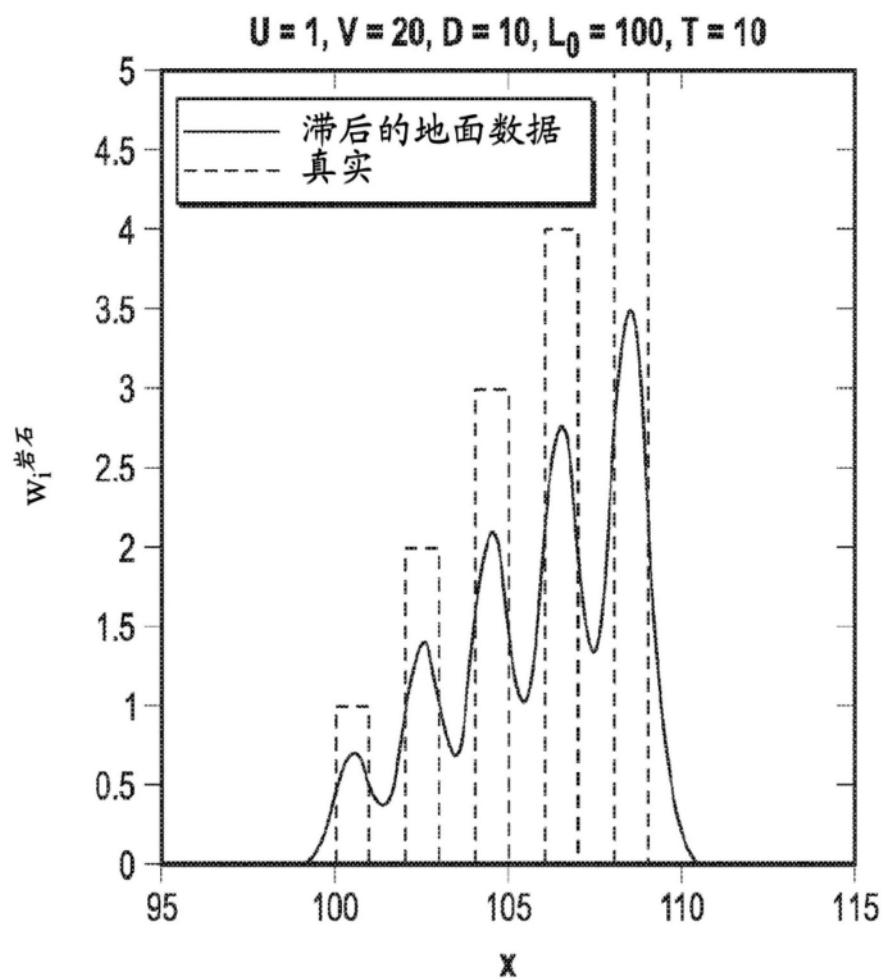


图5

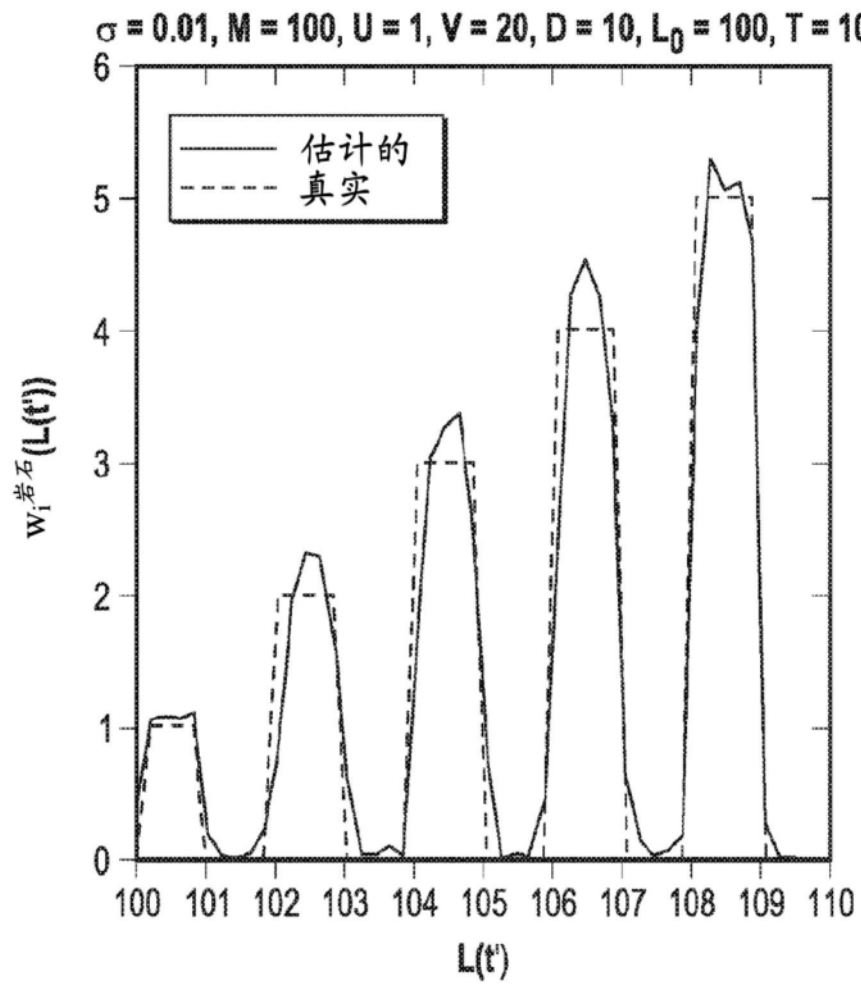


图6