



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101796262 B

(45) 授权公告日 2013. 10. 30

(21) 申请号 200880106050. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2008. 07. 03

E21B 36/02(2006. 01)

(30) 优先权数据

E21B 43/24(2006. 01)

60/948, 346 2007. 07. 06 US

E21B 47/14(2006. 01)

12/120, 633 2008. 05. 14 US

(56) 对比文件

(85) PCT申请进入国家阶段日

WO 9902819 A1, 1999. 01. 21,

2010. 03. 08

US 2003042018 A1, 2003. 03. 06,

(86) PCT申请的申请数据

US 7350567 B2, 2008. 04. 01,

PCT/US2008/069225 2008. 07. 03

US 4479204 A, 1984. 10. 23,

(87) PCT申请的公布数据

US 4243098 A, 1981. 01. 06,

W02009/009437 EN 2009. 01. 15

审查员 李丛颖

(73) 专利权人 哈利伯顿能源服务公司

地址 美国得克萨斯

(72) 发明人 丹尼尔·D·格雷特曼

罗杰·L·舒尔茨

罗伯特·L·皮普金

(74) 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限

公司 72003

代理人 张浴月 刘文意

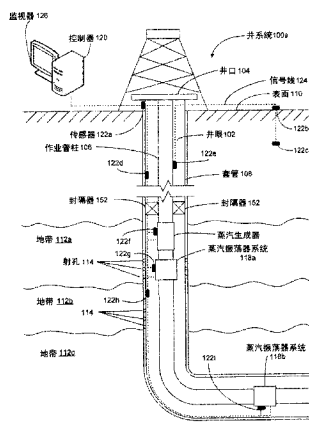
权利要求书3页 说明书14页 附图8页

(54) 发明名称

井系统及检测并解析声音信号的方法

(57) 摘要

本申请涉及一种井系统及检测并解析声音信号的方法,该井系统包括:加热液体注入管柱(106),向地下区域(112)中的井(102)中注入加热的处理流体,并生成声音信号;声音检测器(212),检测所述声音信号;以及声音信号分析器(214),解析所检测的声音信号。在一些实施方案中,所述声音信号分析器(214)解析所检测的声音信号,以确定与所述加热液体注入管柱(106)、所述井(102)或所述地下区域(112)中的至少一个相关的信息。



CN 101796262 B

1. 一种井系统,包括:
加热流体注入管柱,将加热的处理流体注入地下区域中的井中,并产生声音信号;
声音检测器,检测所述声音信号;以及
声音信号分析器,解析所检测的声音信号。
2. 如权利要求 1 所述的井系统,其中所述声音信号分析器解析所检测的声音信号,以确定与所述加热流体注入管柱、所述井或所述地下区域中的至少一个相关的信息。
3. 如权利要求 2 所述的井系统,其中所确定的信息包括与地层的描述、井的完整性或加热流体注入管柱的运行中的至少一个相关的信息。
4. 如权利要求 3 所述的井系统,其中与所述地层的描述相关的信息包括与流体分界面的位置或流体分界面的移动中的至少一个相关的信息。
5. 如权利要求 3 所述的井系统,其中与所述井的完整性相关的信息包括与所述井的部件中的裂缝、所述井中安装的工具中的裂缝、所述井中的流动障碍物、或所述井中安装的工具中的流动障碍物中的至少一个相关的信息。
6. 如权利要求 3 所述的井系统,其中与所述加热流体注入管柱的运行相关的信息包括与空气燃料比、燃烧温度、燃烧效率或流体组成中的至少一个相关的信息。
7. 如权利要求 3 所述的井系统,还包括:控制器,被配置为基于由所述声音信号分析器提供的信息来修改所述加热流体注入管柱的运行的至少一个方面。
8. 如权利要求 1 所述的井系统,其中所述加热流体注入管柱包括流体振荡器设备、鸣笛或报警器中的至少一个。
9. 如权利要求 1 所述的井系统,其中所述声音检测器包括安装在多个不同位置的多个传感器。
10. 如权利要求 1 所述的井系统,其中所述声音检测器包括安装在所述井中的传感器、安装在地面的传感器或安装在不同井中的传感器中的至少一个。
11. 如权利要求 1 所述的井系统,其中所述声音检测器包括直接安装在所述加热流体注入管柱的至少一个部件上的至少一个传感器。
12. 如权利要求 1 所述的井系统,其中所述加热流体注入管柱包括安装在所述井中的蒸汽生成器。
13. 一种检测并解析声音信号的方法,包括:
检测通过向地下区域中的井中注入加热的处理流体而生成的声音信号;以及
解析所检测的声音信号。
14. 如权利要求 13 所述的方法,还包括:至少部分地基于对所检测的声音信号的解析,确定与所述加热的处理流体的注入或所述地下区域中的至少一个相关的信息。
15. 如权利要求 13 所述的方法,还包括:在多个时间段期间向所述井中注入所述加热的处理流体,以生成所检测的声音信号。
16. 如权利要求 13 所述的方法,其中解析所检测的声音信号包括:识别所检测的声音信号的属性,所述属性包括振幅、相位或频率中的至少一个。
17. 如权利要求 13 所述的方法,还包括:至少部分地基于所检测的声音信号,修改安装在所述井中的工具的运行。
18. 如权利要求 13 所述的方法,其中解析所检测的声音信号包括:识别由流体振荡器

设备生成的声音信号的上升沿。

19. 如权利要求 13 所述的方法,其中检测所述声音信号包括:检测由蒸汽生成器、流体振荡器、鸣笛或报警器中的至少一个生成的声音信号。

20. 如权利要求 13 所述的方法,其中检测所述声音信号包括:检测主声音信号和二级声音信号。

21. 如权利要求 13 所述的方法,其中检测所述声音信号包括:检测反射的声音信号或检测穿过的声音信号中的至少一个。

22. 如权利要求 13 所述的方法,其中所述声音信号包括第一声音信号,所述方法还包括:

检测第二声音信号;以及
解析所检测的第二声音信号。

23. 如权利要求 22 所述的方法,还包括:至少部分地基于所述第一声音信号的解析和所述第二声音信号的解析,识别在所述地下区域中流体分界面的移动。

24. 如权利要求 23 所述的方法,其中识别流体分界面的移动包括:识别蒸汽前缘的移动。

25. 如权利要求 22 所述的方法,还包括:将所述第一声音信号的属性与所述第二声音信号的属性相比较。

26. 如权利要求 22 所述的方法,还包括:识别所述第一声音信号和所述第二声音信号之间的差异。

27. 如权利要求 22 所述的方法,其中在第一时间段期间检测所述第一声音信号,以及在所述第一时间段之后的第二时间段期间检测所述第二声音信号。

28. 如权利要求 22 所述的方法,其中在相同的时间段期间检测所述第一声音信号和所述第二声音信号。

29. 如权利要求 22 所述的方法,其中所述第一声音信号包括第一频率集,以及所述第二声音信号包括不包含在所述第一频率集中的第二频率集。

30. 如权利要求 22 所述的方法,其中在第一位置处检测所述第一声音信号,以及在第二位置处检测所述第二声音信号。

31. 一种井系统,包括:

流体注入管柱,通过向地下区域中的井中注入加热的处理流体来生成声音信号;
声音检测器,检测所述声音信号;以及
声音信号分析器,解析所检测的声音信号。

32. 如权利要求 31 所述的井系统,其中所述声音信号分析器解析所检测的声音信号,以确定与所述流体注入管柱、所述井或所述地下区域中的至少一个相关的信息。

33. 如权利要求 31 所述的井系统,其中所述流体注入管柱包括:流体振荡器设备,其包括限定所述流体振荡器设备的内部体积的内表面、进入所述内部体积的入口、和来自所述内部体积的出口,所述内表面在运行期间是静态的,以接收通过所述入口进入所述内部体积的加热的处理流体,并且随时间改变通过所述出口从所述内部体积出来的加热的处理流体的流率。

34. 如权利要求 33 所述的井系统,其中所述流体注入管柱还包括:附加流体振荡器设

备和阀,所述阀选择性地向所述流体振荡器设备或所述附加流体振荡器设备中的至少一个传送加热的处理流体。

35. 如权利要求 34 所述的井系统,其中所述流体振荡器设备包括:第一汽笛,被配置为生成包括第一频率范围的声音信号;以及所述附加流体振荡器设备包括:第二汽笛,被配置为生成包括第二频率范围的声音信号。

36. 如权利要求 34 所述的井系统,还包括:旁路导管,所述阀选择性地向所述流体振荡器设备、所述附加流体振荡器设备或所述旁路导管中的至少一个传送所述加热的处理流体。

井系统及检测并解析声音信号的方法

[0001] 相关申请的引用

[0002] 本申请要求 2007 年 7 月 6 日递交的美国临时专利申请 No. 60/948, 346 以及 2008 年 5 月 14 日递交的美国专利申请 No. 12/120, 633 的优先权, 两者的内容通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种井系统及检测并解析声音信号的方法。

背景技术

[0004] 可将处理流体注入到地层(subterranean formation)中, 以便于从地层生成流体资源。例如, 可使用加热的处理流体(即, 热传导流体), 例如蒸汽, 来降低地层中的流体资源的黏性, 从而资源能够更加自如地流入井眼中并流到地面。在另一实例中, 可将处理流体注入到一个或多个注入井眼中, 以将地层中的流体资源驱向其他井眼。井系统中的部件(包括用于加热处理流体和注入处理流体的部件)产生声音信号。

发明内容

[0005] 在某些方案中, 加热流体注入管柱(injection string)向地下区域中的井中注入加热的处理流体, 并产生声音信号。声音检测器检测所述声音信号, 并且声音信号分析器解析所检测的声音信号。

[0006] 在某些方案中, 检测与向地下区域中的井中注入加热的处理流体相关地产生的声音信号, 并且解析所检测的声音信号。

[0007] 在某些方案中, 流体注入管柱产生与向地下区域中的井中注入加热的处理流体相关的声音信号。声音检测器检测所述声音信号, 并且声音信号分析器解析所检测的声音信号。

[0008] 实施方案可包括以下特征中的一个或多个。所述声音信号分析器解析所检测的声音信号, 以确定与加热流体注入管柱、井、或地下区域中的至少一个相关的信息。所确定的信息包括与地层的描述(description)、井的完整性、或流体注入管柱的运行中的至少一个相关的信息。与地层的描述相关的信息包括与流体分界面的位置或流体分界面的移动中的至少一个相关的信息。与井的完整性相关的信息包括与井的部件中的裂缝、井中安装的工具中的裂缝、井中的流动障碍物、或井中安装的工具中的流动障碍物中的至少一个相关的信息。与流体注入管柱的运行相关的信息包括与空气燃料比、燃烧温度、燃烧效率、或流体组成中的至少一个相关的信息。所述系统包括: 控制器, 被配置为基于由所述声音信号分析器提供的信息修改所述流体注入管柱的运行的至少一个方面。所述流体注入管柱包括流体振荡器设备、汽笛(whistle)、或报警器(horn)中的至少一个。所述声音检测器包括在多个不同位置安装的多个传感器。所述声音检测器包括在井中安装的传感器、在地面(terranean surface)安装的传感器、或在不同井中安装的传感器中的至少一个。所述声音

检测器包括直接安装在所述流体注入管柱的至少一个部件上的至少一个传感器。所述流体注入管柱包括安装在井中的蒸汽发生器。在多个时间段期间向井中注入加热的处理流体，以产生被检测的声音信号。解析被检测的声音信号包括：识别所检测的声音信号的属性，所述属性包括振幅、相位、或频率中的至少一个。至少部分地基于所检测的声音信号来修改安装在井中的工具的运行。解析所检测的声音信号包括：识别由流体振荡器设备产生的声音信号的上升沿。检测所述声音信号包括：检测由蒸汽产生器、流体振荡器、鸣笛、或报警器中的至少一个产生的声音信号。检测所述声音信号包括：检测主声音信号和二级声音信号。检测所述声音信号包括：检测反射声音信号或检测穿过的(transmitted)声音信号中的至少一个。所述声音信号包括第一声音信号，并且检测和解析第二声音信号。至少部分地基于所述第一声音信号的解析和所述第二声音信号的解析来识别所述地下区域中的流体分界面的移动。识别流体分界面的移动包括：识别蒸汽前缘的移动。将所述第一声音信号的属性与所述第二声音信号的属性相比较。识别所述第一声音信号和所述第二声音信号之间的差异。在第一时间段期间检测所述第一声音信号，以及在所述第一时间段之后的第二时间段期间检测所述第二声音信号。在相同的时间段期间检测所述第一声音信号和所述第二声音信号。所述第一声音信号包括第一频率集，以及所述第二声音信号包括不包含在所述第一频率集中的第二频率集。在第一位置处检测所述第一声音信号，以及在第二位置处检测所述第二声音信号。所述流体注入管柱包括：流体振荡器设备，其包括限定流体振荡器设备的内部体积的内表面、进入内部体积的入口、和内部体积的出口。所述流体振荡器设备的内表面在运行期间是静态的(static)，以接收通过所述入口进入所述内部体积的加热的处理流体，并随时间改变通过所述出口来自所述内部体积的加热的处理流体的流率。所述流体注入管柱还包括：附加的流体振荡器设备和阀，所述阀选择性地向所述流体振荡器设备或所述附加的流体振荡器设备中的至少一个传送(communicate)加热的处理流体。所述流体振荡器设备包括：第一汽笛，被配置为产生包括第一频率范围的声音信号，且所述附加的流体振荡器设备包括：第二汽笛，被配置为产生包括第二频率范围的声音信号。所述系统包括：旁路导管，所述阀选择性地向所述流体振荡器设备、所述附加的流体振荡器设备、或所述旁路导管中的至少一个传送加热的处理流体。

[0009] 在附图和以下说明书中阐述一个或多个实施方案的细节。根据说明书和附图以及权利要求书，其他特征将变得清楚。

附图说明

[0010] 图 1A- 图 1D 是实例性井系统的示意侧剖视图。

[0011] 图 2 是井系统中的声音信号通信的示意图。

[0012] 图 3A- 图 3C 是实例性井系统部件的视图；图 3A 是实例性鸣笛组件的侧视图；图 3B 是沿着图 3A 的线 3B-3B 的侧剖视图；图 3C 是实例性蒸汽振荡器子部分(sub)的侧剖视图。

[0013] 图 4A 和图 4B 是示出用于检测来自井系统的声音信号的实例性处理的流程图。

具体实施方式

[0014] 本发明涉及通过检测和分析(解析)由井系统的部件产生的声音信号来获得与井

系统的操作和地层相关的信息。例如,井系统包括限定在地层中的井眼和 / 或安装在井眼中的设备(例如,完井管柱、由完井管柱携带的一个或多个工具、套管、封隔器、控制系统、和 / 或其他部件)。在一些情况下,井系统的部件例如在部件的操作期间产生声音信号。由井系统的部件产生的声音信号可由一个或多个传感器检测。在一些情况下,可以在声音信号与井系统的或地层的一个或多个交互介质(interaction media)相互作用之后检测声音信号。对被检测的声音信号的分析可提供与介质和 / 或产生声音信号的井系统部件相关的信息。在一些实施方案中,例如基于交互介质的声阻,可通过交互介质的全部或部分传播、反射、衰减、相移、过滤、和 / 或以其它方式影响声音信号。对传播、反射、衰减、相移、过滤、和 / 或其他影响的分析可提供与交互介质相关的信息。交互介质的实例包括流体和非流体介质,例如井系统的井眼和部件、处理流体、围绕井眼和其中的资源的地质、地面上介质、地面上系统部件、和 / 或其他。

[0015] 声音信号可实现为在流体、非流体、或任意其他类型介质中传播的机械振动。声音信号可包括例如,声波、地震波、初波、次波、三次波等。例如,初波可包括从源直接传播到检测器的直接声音信号,而次波可包括从源间接传播到检测器的反射声音信号。声音信号可包括纵波(例如压缩波)和 / 或横波(例如剪力波)。声音信号可包括大范围的频率。例如,声音信号可包括在 1 至 100 赫兹(Hz)、0.1 至 1.0kHz、1kHz 至 100kHz 的范围、和 / 或不同频率范围内的频率。在一些实施方案中,声音信号可包括在听频(audible frequency)以下、以内、和 / 或以上的一个或多个频率。在一些实施方案中,声音信号可以按包括 1 (Hz) 至 100kHz 的频率传播。在一些实施方案中,声音信号通过地下井眼中的流体振荡器系统和 / 或蒸汽发生器系统产生。例如,蒸汽发生器系统可包括在操作期间产生声音信号的燃烧器。作为另一实例,流体振荡器系统可使井眼中的可压缩处理流体振荡,以产生用于从地下区域激励产出(production)的声音信号。由流体振荡器系统和 / 或蒸汽发生器系统产生的声音信号的至少一部分可由一个或多个传感器检测。在到达一个或多个传感器之前,在一些情况下,声音信号可与交互介质(例如,井系统的部件和 / 或围绕井眼的地层的区域)相互作用。声音信号与交互介质的相互作用可取决于交互介质中的声阻或声阻的变化。对被检测的声音信号的分析可提供与蒸汽发生器系统、流体振荡器系统、交互介质、和 / 或其他等相关的信息。

[0016] 在一些情况下,例如可通过地面上的声音传感器、井眼中和 / 或周围的声音传感器、另一井眼中的声音传感器、和 / 或不同位置处的声音传感器来检测声音信号。例如,声音传感器可包括将声音信号转换成电磁信号的变换器(transducer),例如水听器、地音听器、或其他类型的声音传感器。在一些情况下,将声音传感器直接安装在井系统的声音产生部件之上或靠近井系统的声音产生部件。对被检测的声音信号的分析可包括对声音信号的各个频率分量的傅立叶分析。例如,对被检测的声音信号的分析可包括傅立叶变换时域数据,以识别在各个时间频率(temporal frequency)的相位和 / 或振幅数据。对被检测的声音信号的分析可包括识别声音信号的上升沿,例如瞬态信号的前沿。对被检测的声音信号的分析可包括识别交互介质的响应功能。例如,识别响应功能可包括对多个频率和 / 或强度上的声音信号的分析。对被检测的声音信号的分析可提供与感兴趣的地下区域中的资源和 / 或地层相关的信息。

[0017] 声音数据可包括在多个时间段和 / 或在多个不同位置收集的单个声音信号或多

个声音信号。例如,声音数据可包括一维(1-D)数据和 / 或多维(例如 2-D、3-D、4-D 等)。声音数据集的维数可代表任意相关的参数。例如,声音数据集的维数可代表空间参数(例如位置或波数)或时间参数(例如时刻或时间频率)、或其它类型参数(例如相位或振幅)。1-D 数据可包括根据行进时间(和 / 或行进距离)的反射(或穿过的)信号振幅。2-D 数据可包括例如沿着轨迹按空间分布的一系列 1-D 数据集,以提供用于地下区域的截面数据。2-D 数据可包括在感兴趣的时间段上按时间分布的一系列 1-D 数据集。3-D 数据可包括例如在一区域上按空间分布的一系列 1-D 数据集,以提供用于地下区域的立体数据(volumetric data)。4-D 数据可包括 3-D 数据集的时间序列(time-series)。

[0018] 在某些实例中,对声音信号的分析包括解析声音信号。例如,解析声音信号可提供与不同声阻的介质之间(如油、水、气、蒸汽、和 / 或其它物质之间)的分界面(例如流体分界面)的位置相关的信息。流体分界面可包括蒸汽前缘,并且对声音信号的分析可提供与蒸汽前缘的位置、分布、和 / 或迁移相关的信息。在某些实例中,对被检测的声音信号的分析可包括与地震数据、声音日志、和 / 或其他日志数据的关联。在某些实例中,分析可使用在两个或更多个不同时间间隔检测的声音信号、和 / 或从第一流体振荡器设备频率范围得到的被检测波以及从至少第二流体振荡器设备频率范围得到的被检测波作为输入。在某些实例中,对声音信号的分析包括解析声音信号,以提供与井系统的一个或多个部件的操作方面相关的信息。在某些实例中,所提供的信息可包括与燃烧器的运行状态相关的信息,例如空气 / 燃料比、燃烧温度、燃烧效率、和 / 或其他数据。在某些实例中,对被检测的声音信号的分析可包括将被检测的数据与控制数据关联,所述控制数据例如为与燃烧器的理想运行状态和 / 或非理想运行状态相关的数据。

[0019] 在一些实施方案中,声音源产生声音信号与通过声音检测器检测反射的声音信号的结果序列(resulting sequence)之间的行进时间间隔(lapse)提供了反射波场的各个分界面和 / 或地层的深度的度量。被反射的声音信号的振幅可以随着反射波场的各个分界面以及波场传播所经过的地层的密度和多孔性而变化。被反射的声音信号的相位角和频率组成可受到地层流体、地下资源、和 / 或其他地层特征的影响。

[0020] 在一些实施方案中,声音数据可用于监视流体迁移,例如蒸汽前缘的移动和 / 或响应注入的蒸汽的资源(例如油)的迁移。在一些实施方案中,声音数据可用于监视和 / 或探测井系统的完整性。例如,声音数据可提供与井下设备中存在的缝隙和 / 或裂缝相关的信息。在一些实施方案中,声音数据可用于监视蒸汽生成器的运行。

[0021] 图 1A 是示出实例性井系统 100a 的视图。实例性井系统 100 包括在地表面 110 以下的地层中限定的井眼 102。井眼 102 通过套管 108 来包装(case),后者可用水泥灌入井眼 102 中。在一些情况下,井眼可以是没有套管 108 的裸井井眼 102。所示的井眼 102 包括垂直段和水平段。然而,井眼可包括没有水平段的垂直井眼,或者井眼可包括水平、垂直、弯曲、和 / 或倾斜段的任意组合。在一些情况下,例如,在双筒井(dual well)或 SAGD 配置中,井眼包括多个平行段。封隔器 152 例如通过设置密封来限制多个轴向段之间的流体流动,从而隔离井眼的多个轴向段。

[0022] 地层包括多个地带(zone)112a、112b 和 112c。地带可包括分层地带,并且给定地带可包括一个或多个层和 / 或其一部分。地带可包括岩石、矿石、和各种属性的资源。例如,地带可包括多孔岩石、破隙岩体(fractured rock)、蒸汽、油、气体、煤、水、沙、和 / 或其

他物质。在一些情况下,使用声音数据来识别地带的属性。

[0023] 井系统 100a 包括作业管柱 106,其被配置为驻留在井眼 102 中。作业管柱 106 在表面 110 上方的井口 104 终止。作业管柱 106 包括管道(tubularconduit),其被配置为向井眼 102 中传递物质和 / 或将物质从井眼 102 中传递出来。例如,作业管柱 106 可将流体(例如蒸汽或其他类型的热传导流体)传送到井眼 102 的一部分中或通过井眼 102 的一部分。作业管柱 106 可以与流体供给源进行流体连通。实例性的流体供给源包括蒸汽生成器、表面压缩器(surface compression)、煮器(boiler)、内燃机和 / 或其他燃烧设备、天然气和 / 或其他管道、和 / 或加压罐。

[0024] 在示出的实例中,作业管柱 106 可包括向井眼 102 中注入加热的处理流体的流体注入管柱。在作业管柱 106 中设置有或连接有多个不同工具。系统 100a 包括蒸汽振荡器系统 118a 和 118b,以使流入井眼 102 中的流体振荡。流体注入管柱可包括任意数目的蒸汽振荡器系统 118,并且在一些情况下,流体注入管柱不包括流体振荡器系统 118。所示的作业管柱 106 包括与蒸汽振荡器系统 118 流体连通的蒸汽生成器 116。蒸汽生成器 116 是可安装在井系统 100a 中的任意位置的流体供给系统。例如,蒸汽生成器 116 可安装在井眼 102 中的任意位置或井眼 102 外部的表面 110 上方。实例性的蒸汽生成器 116 (井下蒸汽生成器)包括从表面 110 接收输入流体的输入馈送端(inputfeed)。实例性蒸汽生成器 116 加热输入流体,以生成蒸汽和 / 或加热其它类型的热传导流体。在一些实施方案中,通过燃烧处理(例如燃料和氧气的燃烧)、非燃烧化学处理、电加热、和 / 或其他中的一个或多个方式来提供热。在一些情况下,流体注入管柱可包括生成声音信号的一个或多个报警器。例如,报警器可包括用于生成、传送和 / 或支持声音信号的尖锐音量(taperedvolume)。

[0025] 套管可包括任意地下区域或地带中的射孔。所示的套管 108 包括多个射孔 114,通过所述射孔 114 蒸汽可注入到地带 112a 和 / 或 112c 中。在一些情况下,蒸汽以波动流量(oscillating flow rate)通过射孔 114 注入到地带 112a 和 / 或 112c 中。此外,可通过射孔 114 从感兴趣的地带提取资源(例如油、气、和 / 或其他)和其他物质(例如沙、水、和 / 或其他)。套管 108 和 / 或作业管柱 106 可包括附图中没有示出的多个其他系统和工具。例如,套管和 / 或作业管柱可包括流入控制设备、砂筛、割缝衬管和相关联的衬管悬挂器、和 / 或其他部件。

[0026] 井系统 102 还包括控制系统,其包括控制器 120、信号线 124、和传感器 122a、122b、122c、122d、122e、122f、122g、122h(共同称为传感器 122)。所示传感器 122 检测声音信号。实例性传感器 122 包括位于表面 110 上、井眼 102 中、或在其它井眼(例如相邻、附近和 / 或其他井眼)中的地音探听器、水听器、压力变换器、或其他检测设备。在一些实施方案中,控制系统包括检测除了声音信号之外的其它物理属性的附加传感器。例如,控制系统还可包括检测温度、压力、流率、电流、电压、和 / 或其他传感器。在一些情况下,控制系统还包括监视器 126。监视器 126 可显示与井系统 100a 相关的数据。例如,监视器 126 可包括 LCD、CRT、或用于呈现图形信息的任意其他设备。控制系统包括一个或多个信号线 124。信号线 124 允许在井系统 100a 的多个部件之间进行通信。例如,传感器可经由信号线 124 向控制器 120 传送数据,并且控制器 120 可经由信号线 124 向蒸汽生成器 116 和 / 或蒸汽振荡器系统 118 传送控制信号。在某些情况下,传感器 122 使用专用的信号线与控制器 120 通信。在某些情况下,传感器 122 在共享信号线上通信。在一些实施方案中,信号线包括金属导

体、光纤、和 / 或其他类型的耦合介质。在一些实施方案中,可省略一些或所有信号线 124。例如,传感器 122 可使用不需要井下控制线的电磁下行链路耦合向表面 110 传送数据。电磁下行链路耦合可包括低频电磁遥测。

[0027] 传感器 122 可位于井系统 100a 中的多个位置。在所示实例中,将传感器 122a 安装在表面 110 上方靠近井口 104 处;将传感器 122b 安装在表面 110 上方与井口 104 有一定距离处;将传感器 122c 安装在表面 110 下方与井口 104 有一定距离处;将传感器 122d 安装在井眼 102 中靠近套管 108 的径向位置处以及表面 110 与蒸汽振荡器系统 118 之间的纵向位置处;将传感器 122e 安装在井眼 102 中靠近作业管柱 106 的径向位置处以及表面 110 与蒸汽振荡器系统 118 之间的纵向位置处;将传感器 122f 安装为靠近蒸汽生成器系统 116;将传感器 122g 安装为靠近蒸汽振荡器系统 118a;将传感器 122h 安装在井眼 102 中靠近套管 108 的径向位置处以及井眼 102 中超过蒸汽振荡器系统 118 的纵向位置处;将传感器 122i 安装为靠近蒸汽振荡器系统 118b。可将传感器安装在图 1A 中未示出的附加和 / 或备选位置中。

[0028] 可将传感器 122 中的一个或多个集成到一个或多个井系统部件的结构中。例如,可将传感器 122f 集成到蒸汽生成器 116 的结构中。可选地,传感器 122f 可实施为安装在蒸汽生成器 116 附近的独立声音传感设备。作为另一实例,可将传感器 122g 安装在蒸汽生成器 118a 附近,或可将传感器 122g 集成到蒸汽生成器 118a 的结构中。在一些情况下,井系统 100a 包括多个井眼,并且可将一个或多个传感器安装在除了井眼 102 之外的井眼中,如图 1C 所示。例如,可将图 1A 中的传感器 122c 集成到安装在除了井眼 102 之外的井眼中的井系统部件的结构中。在其他情况下,可通过另一技术将传感器 122c 安装在表面 110 下方。可使用安装在流体注入管柱附近的传感器来检测来自声源的基准声音信号。例如,可使用传感器 122g 来检测来自蒸汽振荡器系统 118a 的基准声音信号,并且可将基准声音信号与不同传感器 122 检测的声音信号相比较,其中所述不同传感器 122 位于与蒸汽振荡器系统 118a 相距更大距离的位置(例如传感器 122b)。

[0029] 图 1B 是井系统 100b 的一部分的详细视图。如图 1B 所示,蒸汽振荡器系统 118 向封隔器 152 下方的井眼 102 中传送蒸汽 154a 和 / 或其他热传导流体。封隔器 152 隔开井眼 102 的纵向段,并防止蒸汽 154a 流向井眼 102 中的表面 110。蒸汽 154a 通过封隔器 152 下方的射孔 114 穿过地带 112。从井眼 102 进入地层的蒸汽 154b 可降低流体资源 156 的黏性和 / 或激励来自地带的产出。在蒸汽流入地带 112 中时,蒸汽前缘 158 迁移通过地带 112。在一些情况下,可使用声音数据来监视蒸汽前缘 158 的迁移。例如,蒸汽前缘可代表蒸汽 154b 与流体资源 156 之间的分界面。因此,蒸汽前缘可代表声阻的变化,其可通过处理由蒸汽前缘 158 反射和 / 或穿过的声音信号来检测。

[0030] 井系统 100a 包括控制井系统部件的运行的控制硬件 140。控制硬件 140 可与井系统 100a 的多个部件(包括控制阀 150a、150b、和 150c)通信。例如,控制硬件 140 可通过控制线 144a 与控制阀 150a 通信,控制硬件 140 可通过控制线 144b 与控制阀 150b 通信,以及控制硬件 140 可通过控制线 144c 与控制阀 150c 通信。控制线 144a、144b、和 144c 可实施为电气控制线、液压控制线、光纤维控制线、和 / 或其它类型控制线。

[0031] 控制阀 150a、150b、和 150c 可实施为控制通过管道的流体的流率的变流量控制阀。控制阀 150a、150b、和 150c 可用于控制一个或多个井系统部件的运行。例如,作业管

柱 106 可按控制阀 150a 控制的流率向蒸汽生成器 116 传送氧化剂流体(例如空气、氧气、和 / 或其他氧化剂);管道 146 可按控制阀 150b 控制的流率向蒸汽生成器 116 传送燃料(例如液体汽油、天然气、丙烷、和 / 或其他燃料);以及管道 148 可按控制阀 150c 控制的流率向蒸汽生成器 116 传送热传导流体(例如水、蒸汽、合成流体、和 / 或其他热传导流体)。控制硬件 140 可基于从控制器 120 接收的数据向控制阀 150a、150b、和 150c 发送信号。

[0032] 在运行的一个方案中,蒸汽生成器 116 基于通过作业管柱 106 和管道 146 和 148 接收的物质生成蒸汽。蒸汽生成器 116 包括可燃烧空气燃料混合物的燃烧器 182。在一些情况下,基于传感器(例如,传感器 122f 或另一传感器)检测的声音信号来控制 / 或改变燃烧器 182 的运行。蒸汽生成器 116 还在运行期间生成声音信号。例如,在经由燃烧产生热的蒸汽生成器 116 中,燃烧可产生用于表征燃烧的声音信号。由传感器 122f、122g、122h 和 / 或其它传感器中的一个或多个来检测声音信号。被检测的声音数据被传送到控制器 120, 并且控制器 120 单独地或与来自其他传感器的数据结合地分析该声音数据。例如,控制器 120 可使用来自一个或多个温度传感器、一个或多个压力传感器、一个或多个流量计(flow meter)、和 / 或其他传感器或测量设备的信息。在某些实例中,温度传感器可测量燃烧的温度、由蒸汽生成器 116 生成的加热流体的温度、井眼中蒸汽生成器 116 周围的温度、空气、氧化剂和 / 或热传导流体的温度、和 / 或其他温度。在某些实例中,压力传感器可测量蒸汽生成器 116 的燃烧室中的压力、井眼中蒸汽生成器 116 周围的压力、空气、氧化剂和 / 或热传导流体的压力、和 / 或其他压力。在某些实例中,流量计可测量流入蒸汽生成器 116 中的空气、氧化剂和 / 或热传导流体的流量、流出蒸汽生成器 116 的加热流体的流量、和 / 或其他流量。在一些情况下,由蒸汽生成器 116 生成的并由传感器 122 检测的声音信号提供了与蒸汽生成器 116 的运行状态(例如,理想或非理想的运行状态)相关的信息。

[0033] 蒸汽生成器 116 的某些运行条件在燃料和氧化剂的燃烧中产生了不稳定性。例如,以太高的速率将热传导流体引入蒸汽生成器 116 中可能会熄灭燃料和氧化剂的燃烧。淬熄或接近淬熄(near quenching)可能导致燃烧不连贯、不平稳和不强劲,即,不稳定。在另一实例中,引入太高(即,过多)的燃料 - 氧化剂比(ratio)可能导致类似的不稳定性。燃烧不稳定性将典型地产生例如飞溅等的不均匀的声音信号。可基于声音数据识别和 / 或诊断的燃烧器的非理想运行状态的实例包括稀燃状态(例如,氧化剂 - 燃料比高于化学计量氧化剂 / 燃料混合物的氧化剂 - 燃料比的氧化剂 / 燃料混合物的燃烧)、富燃状态(例如,氧化剂 - 燃料比低于化学计量氧化剂 / 燃料混合物的氧化剂 - 燃料比的氧化剂 / 燃料混合物的燃烧)、熄火复燃状态(例如,燃烧反应暂时停止或明显减慢)和其他。在一些实施方案中,可解析声音数据以检验燃烧器中的点燃(ignition)。在一些实施方案中,燃烧反应的部分淬熄(quenching)和 / 或其他不稳定性可产生冲击波,并且可解析冲击波来识别淬熄和 / 或其他不稳定性。

[0034] 控制器 120 可被编程以识别表示井系统部件的非理想运行状态的声音数据。在一些情况下,控制器 120 可被编程以基于被检测的声音数据来识别蒸汽生成器 116 的非理想运行状态的原因。例如,不同类型的非理想运行状态可产生不同的声音信号,并且控制器 120 可被编程以识别不同的声音信号并确定正在发生哪种非理想运行状态。在一些情况下,控制器 120 可被编程以基于所识别的非理想运行状态的原因生成用于改变蒸汽生成器 116 的运行的指令。可经由信号线 124 将指令直接传送至蒸汽生成器 116, 和 / 或可向控制硬件

140 传送指令。基于所接收的指令,蒸汽生成器 116 可修改运行参数,和 / 或控制硬件 140 可操纵控制阀 150a、150b、和 / 或 150c。例如,在一些情况下,可基于被检测的声音信号来修改燃烧器中的空气燃料比。作为另一实例,可基于被检测的声音信号来调整流入蒸汽生成器 116 中的处理流体的流率。

[0035] 在一些实例中,不同于非理想运行状态的存在,从声音信号确定非理想运行状态可能很困难或不切实际。控制器 120 可被编程以产生指令,从而以反复尝试型方法调整蒸汽生成器 116 的不同方面(例如,燃料、氧化剂、处理流体),直到非理想运行状态减退。例如,一旦识别出存在无法识别的非理想运行状态,控制器 120 即可调整燃料和氧化剂之比,并注意非理想运行状态是否减退。如果没有,则控制器 120 可调整燃料和氧化剂的量,并注意非理想运行状态是否减退。如果没有,则控制器 120 可调整处理流体的流率等,调整不同参数,直到确定可降低或消除非理想运行状态的调整。在生成用于操作蒸汽生成器 116 的指令时,控制器 120 可额外地使用来自其他传感器(例如,氧气传感器、温度传感器、流量传感器、压力传感器、和 / 或其他传感器)的信息以及来自声音信号的信息。

[0036] 在操作的一个方面,蒸汽振荡器系统 118 对井眼 102 中的热传导流体进行振荡,并且蒸汽振荡器系统 118 在运行期间生成声音信号。在一些情况下,蒸汽振荡器系统 118 被调节以生成具有指定属性的声音信号。例如,蒸汽振荡器系统 118 可包括一个或多个汽笛,以生成具有一个或多个指定频率的声音信号。在一些情况下,蒸汽振荡器系统 118 的振荡频率匹配于井眼 102、井眼 102 的区域、井系统 100b 的部件、和 / 或地层的区域的谐振频率。在一些情况下,以谐振频率生成声音信号可增加和 / 或最优化声音响应。以对象(object)的谐振频率驱动对象可增加和 / 或最大化传递到对象的能量,由此增加和 / 或最大化由对象生成的声音响应。例如,由振荡器系统 118 下方的套管 108 形成的腔将具有特征谐振频率。具有与腔 108 的谐振频率充分接近的频率的声音信号可在腔 108 中激励高的和 / 或最大的压力振幅漂移(excursion)。还可存在与地层和 / 或地层中的区域或物质相关联的声音谐振频率。例如,当蒸汽振荡器系统 118 以地层的谐振频率或接近地层的谐振频率生成声音信号时,可在地层中生成更高的流体速度和 / 或压力振幅。这些更高的流体速度和 / 或压力振幅可提高流体注入性和 / 或降低汽窜。由传感器 122f、122g、122h 和 / 或其它传感器中的一个或多个检测声音信号。在一些情况下,声音信号在被检测之前与地层和 / 或井系统 100a 的部件相合(interact)。将被检测的声音数据传送至控制器 120,并且控制器 120 单独地或与其他信息结合地分析声音数据。例如,控制器 120 可使用来自一个或多个温度传感器、一个或多个压力传感器、一个或多个流量计、和 / 或其他传感器或测量设备的信息。在某些实例中,温度传感器可测量燃烧的温度、由蒸汽生成器 116 生成的加热流体的温度、在井眼中蒸汽生成器 116 周围的温度、空气、氧化剂和 / 或热传导流体的温度、和 / 或其他温度。在某些实例中,压力传感器可测量蒸汽生成器 116 的燃烧室中的压力、井眼中蒸汽生成器 116 周围的压力、空气、氧化剂和 / 或热传导流体的压力和 / 或其他压力。在某些实例中,流量计可测量进入蒸汽生成器 116 中的空气、氧化剂和 / 或热传导流体的流量、从蒸汽生成器 116 流出的加热流体的流量、和 / 或其他流量。在一些情况下,由传感器 122 检测的声音信号提供与地层中的资源相关的信息。在一些情况下,可基于被检测的声音信号识别两个或更多个不同物质之间的分界面的位置。例如,可识别油和水或另一物质之间的分界面。

[0037] 图 1C 示出实例性井系统 100c。该实例性井系统 100c 包括安装在井眼 102 中的作业管柱 106。作业管柱 106 包括流体注入管柱。流体注入管柱包括蒸汽生成器 116、控制阀 150d、管道 180a、180b、180c、180d、和鸣笛 302a 和 302b。管道可以是导管、管子、或软管。控制阀 150d 可选地从管道 180a 向管道 180b、180c 和 180d 的任意组合中传送流体。控制阀 150d 可通过控制线 144d 接收控制信号。例如，可由控制硬件 140 或控制器 120 生成控制信号，并且基于该控制信号，控制阀 150d 可选择管道 180b、180c 和 180d 中的一个、多个、或不选择。管道 180d 可向第三设备（未示出）传送流体，或者管道 180d 可用作向井眼 102 中直接传送流体的旁路。

[0038] 以下结合图 3A 和图 3B 更详细地描述鸣笛 302。鸣笛 302 中的任一个或两者可用不同类型的流体振荡器设备（例如图 3C 的流体振荡器设备 309a）替换。井系统 100c 可包括多个鸣笛和 / 或与蒸汽生成器 116 流体连通的其他流体振荡器设备。鸣笛可设置为彼此靠近或彼此相距一定距离（例如 10 英尺、100 英尺、1000 英尺、或其它距离）。可调节鸣笛为不同的声音频率，或者可调节所有鸣笛以生成相同的声音频率。

[0039] 在运行的一个方案中，蒸汽生成器 116 接收未加热的处理流体，加热处理流体，并向管道 180a 输出加热的处理流体。在第一时间段期间，加热的处理流体传送至鸣笛 302a，并且鸣笛 302a 生成具有第一频率组成（其可以是一个或多个不同频率）的第一声音信号。在第二时间段期间，加热的处理流体传送至鸣笛 302a，并且鸣笛 302a 生成具有第一和 / 或第二频率组成的第二声音信号。第二时间段可以在第一时间段之前、之后或与其重叠。在第三时间段期间，通过管道 180d 将加热的处理流体传送至井眼 102。第二时间段可以在第一和 / 或第二时间段之前、之后或与其重叠。蒸汽生成器 116 也可在第一、第二、和 / 或第三时间段期间生成第三声音信号。

[0040] 可由传感器 122f、122g、122h、122i、和 / 或图 1A、图 1B 或图 1C 中示出的任意其他传感器来检测第一、第二、和 / 或第三声音信号中的任一个。可处理由传感器检测的声音信号以识别第一、第二、和 / 或第三声音信号中的一部分。例如，可处理被检测的信号以识别直接信号、二级信号、反射信号、发送信号、基准信号、和 / 或与向井中注入加热的处理流体相关生成的声音信号的任意其他部分。可按另一方式比较、过滤、修改、卷积 (convolve)、转换和 / 或处理被检测的声音信号的识别部分。

[0041] 基于声音信号处理，可确定与流体注入管柱、井、或地下区域中的至少一个相关的信息。所确定的信息可包括与地层的描述、井的完整性、或流体注入管柱的运行中的至少一个相关的信息。与地层的描述相关的信息可包括与流体分界面的位置、流体分界面的移动、或其他信息中的至少一个相关的信息。与井的完整性相关的信息可包括与井的部件中的裂缝、井中安装的工具中的裂缝、井中的流动障碍物、井中安装的工具中的流动障碍物、或其它方面中的至少一个相关的信息。与流体注入管柱的运行相关的信息可包括与空气燃料比、燃烧温度、燃烧效率、或流体组成中的至少一个相关的信息。控制器 120 可基于通过分析声音信号所提供的信息来修改流体注入管柱的运行的至少一个方面。

[0042] 图 1D 示出井系统 100d 的实例性运行方面。所示的井系统 100b 包括第一井眼 102a 和第二井眼 102b。井眼 102a 可包括与图 1A 或图 1B 的井眼 102 相同的部件。井眼 102b 也可包括与图 1A 或图 1B 的井眼 102 中包括的部件相同和 / 或不同的部件。例如，井眼 102b 可选地包括作业管柱 106b。井眼 102b 包括安装在表面 110 下方的传感器 122j 和 122k。

井系统 100d 还包括安装在表面 110 上方的传感器 122i。感兴趣的地带 112 包括由分界线 170 分割的两个不同区域 172a 和 172b。在所示实例中,区域 172a 位于水平分界线 170 上方,区域 172b 位于水平分界线 170 下方。然而,在其他实施方案中,分界线 170 可具有任意类型的配置,包括垂直、水平、倾斜、弯曲、盘旋(tortuous)等。作为实例,分界线 170 可代表主要由油和 / 或岩石构成的区域 172a 与主要由蒸汽和 / 或岩石构成的区域 172b 之间的分界面。在一些情况下,可基于由井系统 100b 的部件生成的声音信号来识别分界线 170、区域 172a、和 / 或区域 172b 的属性。分界线 170 可代表声阻的变化。

[0043] 在图 1D 中通过箭头 160a、160b、160c、160d、160e、和 160f 代表实例性声音信号。箭头 160a 和 160b 示出由蒸汽振荡系统 118 生成的声音信号。箭头 160b 示出与区域 172b 相互作用的并且由传感器 122k 检测的声音信号的一部分。箭头 160a 示出与区域 172b 和分界线 170 相互作用的声音信号的一部分。当声音信号到达分界线 170 时,声音信号的一部分被发送至区域 172a 中,如箭头 160e 和 160f 所示。箭头 160f 示出由传感器 122j 在表面 110 下方检测的所传播声音信号的一部分,箭头 160e 示出由传感器 122i 在表面 110 上方检测的所传播声音信号的一部分。一些声音信号被分界线 170 反射,如箭头 160c 和 160d 所示。例如,由于两个区域 172a 和 172b 之间的声阻的差,可反射声音信号。箭头 160c 示出由井眼 102b 中的传感器 122k 检测的反射声音信号的一部分,箭头 160d 示出由井眼 102a 中的传感器 122h 检测的反射声音信号的一部分。箭头 160a、160b、160c、160d、160e、和 160f 示出实例性声音信号,并且目的并非暗示或限定在井系统中生成和 / 或检测声音信号的任何限制。

[0044] 图 2 是示出在井系统中生成的声音信号的检测和分析的方框图。实例性井系统 200 包括多个系统部件,例如图 1A 中所示的部件,如完井管柱、蒸汽生成器、流体振荡器系统、采油封隔器(production packer)、流入(inflow)控制设备、和其他部件。某些井系统部件可安装在地表面上方、地表面下方、井眼内部、井眼外部、和 / 或其他位置处。井系统部件中的一个或多个包括声源 208 ;井系统部件中的一个或多个包括交互介质 210a ;井系统部件中的一个或多个包括声音检测器 212 ;以及井系统部件中的一个或多个包括声音信号分析器 214。井系统 200 还可包括附加的井系统部件 206。

[0045] 如图 2 所示,由声音检测器 212 检测由声源 208 生成的声音信号。在一些情况下,例如,当声音检测器 212 被安装在声源 208 附近时,由声源 208 生成的声音信号在被声音检测器 212 检测之前不经过交互介质。在一些情况下,例如,当声音检测器和声源 208 都被安装在相同的井眼中时,由声源 208 生成的声音信号在到达声音检测器 212 之前与井系统 200 中的交互介质 210a 相互作用。在一些情况下,例如,当声音检测器 212 被安装在表面处或除了声源 208 之外的不同井中时,由声源 208 生成的声音信号在到达声音检测器 212 之前与外部交互介质 210b 相互作用。外部交互介质 210b 可包括全部或部分地层、感兴趣的区域、和 / 或地面上介质。声音信号分析器 214 分析被检测的声音信号。可基于由声音信号分析器 214 提供的信息修改或控制声源 208 和 / 或其他系统部件 206。例如,可基于由声音信号分析器 214 提供的信息来重新配置阀或开关。

[0046] 在一些情况下,在声音检测器 212 检测声音信号之前,声音信号与交互介质 210a 相互作用。例如,在声音信号通过井眼传播至安装在井眼中的传感器时,声音信号可与井眼中的流体、工具、和 / 或其他介质相互作用。

[0047] 在一些情况下,在声音检测器 212 检测声音信号之前,声音信号与交互介质 210b 相互作用。例如,在声音信号通过地层传播至传感器时,声音信号可与地层中的流体、固体、和 / 或其他类型的介质相互作用。此外,声音信号通过物质的传播可取决于物质的声阻。例如,声音信号通过某种类型的岩石比通过油或水行进得更快,这是由于某种类型的岩石比油或水更密实。声音通过物质的传播还可取决于物质的其他属性,例如温度、压力等。因此,声音信号通过给定物质进行传播所需的时间量可取决于给定物质的属性。此外,某些物质可比其他物质更加明显地吸收或衰减声音信号。因此,在通过给定物质传播声音信号时声音信号的振幅损失可取决于物质的属性。

[0048] 在一些情况下,地下位置包括多个地带,其中每个地带具有在整个地带中基本相同(homogeneous)的特征属性(例如,与声阻相关的特征)。例如,一地带可具有在整个地带中基本相同的物质组成和质量密度,和 / 或一地带可具有在整个地带中基本相同的压力。两个地带之间的分界面代表从具有第一特征属性的地带向具有第二特征属性的地带的转换。在一些情况下,分界面可实施为例如两个不同类型的岩石之间的界限分明的分界线。在其他情况下,分界面可表示为更为模糊的转换区域,例如,水带和沙区之间的泥区域。

[0049] 当声音信号冲击分界面(例如,存在声阻变化)时,声音信号的一部分可被反射,并且声音信号的一部分可穿过分界面。在一些情况下,通过共享该分界面的两个地带的属性的差异,来确定穿过部分的振幅和反射部分的振幅。例如,质量密度有明显差异的两个地带之间的分界面可导致入射声音信号的相当多的部分被反射且仅很小一部分入射声音信号穿过分界面。然而,质量密度变化很小的分界面可导致入射声音信号的更加显著的一部分穿过分界面。在一些情况下,可使用多个传感器来检测穿过和反射的信号。例如,第一传感器可检测穿过分界面的直接信号,第二传感器可检测在分界面被反射的反射信号。

[0050] 声音检测器 212a 可包括各种传感器和 / 或用于将声音信号转换成电信号(例如电压、电流、或其他)的变换器。在一些情况下,人耳或对表面结构的接触足以至少定性地检测感兴趣的参数的特征。

[0051] 声音信号分析器 214 可包括被配置为处理和 / 或解析声音信号的软件、硬件、和 / 或固件。声音信号分析器 214 可实施为在一个或多个计算设备上的多个软件模块。声音信号分析器 214 可实施为在不同声音频率确定声阻的声音网络分析器。声音信号分析器 214 可应用各种声音信号处理技术,例如过滤、转换、卷积等。声音信号分析器 214 可基于对声音信号的分析来修改声音信号源 208 和 / 或另一井眼系统部件 206 的操作,或可重新配置他们。

[0052] 图 3A 和图 3B 示出包括单个汽笛 304 的实例性汽笛组件 302。例如,可包括汽笛组件 302 作为图 1A 的蒸汽振荡系统 118a 或 118b 的部件。汽笛组件 302 包括限定两个轴向蒸汽流入路径的外壳和用于汽笛 304 的腔。图 3A 是汽笛组件 302 的侧视图。图 3B 是沿着图 3A 的轴 3B-3B 提取的汽笛组件 302 的侧剖视图。

[0053] 如图 3B 所示,汽笛 304 包括限定入口 306、出口 308、和室(chamber) 303 的内表面。汽笛 304 可在不适用移动部件的情况下实现。汽笛 304 具有基本静态的配置,以生成通过出口 308 的热传导流体的振荡流。例如,在运行期间,通过出口 308 的蒸汽的流率(例如,每单位时间蒸汽的体积)可随时间振荡。热传导流体的振荡流可通过腔 303 中的压力振荡来生成。压力振荡可在可压缩热传导流体中产生声音信号。在一些情况下,可将声音信

号从井眼 102 传送至地带 112 中。例如,声音信号可通过地层和其中的资源传播并与其相互作用。在一些实例中,例如可通过腔 303 中的可调整活塞(未示出)来调整腔 303 的体积,以允许调整振荡频率。

[0054] 在运行期间,蒸汽通过入口 306 流入汽笛 304 中。进入的蒸汽击打(strike)边缘 305,并且蒸汽与流入腔 303 中的实质部分分开。在蒸汽流入腔 303 中时,蒸汽在腔 303 中的压力增加。由于腔 303 中的压力增加,腔 303 中的蒸汽开始通过出口 308 从汽笛 304 流出。通过出口 308 来自腔 303 的蒸汽流干扰了来自入口 306 的蒸汽流,并且从入口 306 流入的蒸汽的至少一部分开始直接通过出口 308 流动,而不流入腔 303 中。结果,腔 303 中的蒸汽压力降低。由于腔 303 中的压力降低,来自入口 306 的蒸汽流再次转变(shift),开始流入腔 303 中。腔 303 中的蒸汽压力持续进行循环(cyclic)增加并随后降低。这样,腔 303 中的蒸汽压力随时间振荡,由此通过出口 308 的蒸汽流随时间振荡。

[0055] 图 3C 是包括三个蒸汽振荡器设备 309a、309b、和 309c 的实例性子部分(sub) 307 的剖视图。例如,子部分 307 可包括在图 1A 的蒸汽振荡器系统 118 中。三个蒸汽振荡器设备 309a、309b、和 309c 中的每个可向井眼中不同的轴向位置处注入热传导流体。蒸汽振荡器设备 309a、309b、和 309c 在静态配置下运行,以振荡流入井眼中的热传导流体的流。设备 309a 和 309b 限定在径向方向引导热传导流体的出口 314。设备 309c 限定在基本轴向方向引导热传导流体的出口 314。

[0056] 实例性蒸汽振荡器设备 309a 包括限定蒸汽振荡器设备 309a 的内体积的内表面。该内表面限定入口 310、两个反馈流路径 312a、312b、两个出口流路径 314a、314b、主腔 316、和二级腔 318。主腔 316 由包括两个分开(diverging)的侧壁的内表面的一部分来限制。反馈流路径 312 从主腔 316 的宽端延伸至主腔 316 的窄端,接近入口 310。出口流路径 314a、314b 分别从反馈流路径 312a、312b 延伸。二级腔 318 从主腔 316 的宽端延伸。二级腔 318 由包括两个分开的侧壁的内表面的一部分来限制。

[0057] 图 4A 是示出用于检测由井系统生成的声音信号的实例性处理 400 的流程图。在一些情况下,处理 400 实施为用于检测与向井中注入热处理流体相关生成的声音信号。与向井中注入热处理流体相关生成的声音信号可包括由蒸汽生成器或另一加热的处理流体供给源、汽笛或另一流体振荡器设备、和 / 或其他工具生成的声音信号。例如,可以在图 1A-图 1D 的井系统 100a、100b、100c、和 / 或 100d、和 / 或图 2 的井系统 200 的任一个中实现处理 420。在各个实施例中,处理 400 可包括以相同或不同顺序实现的相同的、更少的、或不同的操作。

[0058] 在步骤 402,由井眼系统的部件生成声音信号。可通过流体注入管柱生成一个或多个声音信号。可与向井眼中注入加热的处理流体相关地生成一个或多个声音信号。例如,蒸汽生成器的燃烧器、流体振荡器、和 / 或鸣笛可生成声音信号。可以在多个时间段期间生成声音信号。可生成多个声音信号中的每个,以具有不同的属性。所述属性可包括例如频率、音高、振幅、音调、相位和 / 或其他中的一个或多个。所生成的信号可包括啁啾信号、瞬态信号、扫频信号、随机信号、伪随机信号、和 / 或其他中的任意组合。

[0059] 在步骤 404,检测声音信号。例如,检测声音信号可包括检测主声音信号、二级声音信号、反射声音信号、穿过的声音信号、压缩波、剪力波、和 / 或其他。

[0060] 在步骤 406,分析所检测的声音信号。分析信号可包括解析所检测的声音信号。例

如,信号可被解析以获得与井、地层、流体注入管柱中的至少一个相关的信息。在一些情况下,检测多个声音信号,并且可处理所检测的多个声音信号,以识别与向地下区域中的井中注入加热的处理流体相关地产生的一部分所检测的声音信号。处理所检测的声音信号的步骤可包括过滤信号以隔离感兴趣的信号,例如由流体注入管柱生成的信号的一部分。处理所检测的声音信号的步骤可包括过滤出信号,例如在地下区域中和 / 或通过除了流体注入管柱之外的井系统部件生成的声音信号。可通过将声源附近检测的信号与相距声源一定距离检测的信号相比较来分析声源信号。所比较的信号可以是在相同的或不同的时间段期间生成的信号。处理所检测的声音信号的步骤可包括识别所检测的声音信号的一部分的属性。例如,属性可包括振幅、相位、或频率中的至少一个。处理所检测的声音信号的步骤可包括识别由流体振荡器设备生成的声音信号的上升沿。

[0061] 在步骤 408,基于对所检测的声音信号的分析来修改井眼系统的部件的操作。例如,可至少部分地基于所检测的声音信号来修改在井中安装的工具的操作。

[0062] 图 4B 是示出用于检测从井系统生成的声音信号的实例性处理 420 的流程图。在一些情况下,将处理 420 实施为用于检测与向井中注入热处理流体相关生成的声音信号。与向井中注入热处理流体相关生成的声音信号可包括由蒸汽生成器或另一加热的处理流体供给源、汽笛或另一流体振荡器设备、和 / 或其他工具所生成的声音信号。例如,可以在图 1A- 图 1D 的井系统 100a、100b、100c、和 / 或 100d、和 / 或图 2 的井系统 200 的任一个中实现处理 420。在各个实施例中,处理 420 可包括以相同或不同顺序实现的相同的、更少的、或不同的操作。

[0063] 在步骤 422a,从井眼系统的部件生成第一声音信号。在步骤 422b,从井眼系统的部件生成第二声音信号。可与向井中注入加热的处理流体相关地生成第一和 / 或第二声音信号。在一些情况下,第一声音信号包括第一频率集,第二声音信号包括没有包含在第一频率集中的第二频率集。在一些情况下,在第一时间段期间生成第一声音信号,在第一时间段之后的第二时间段期间和 / 或在第一时间段期间生成第二声音信号。

[0064] 在步骤 424a 和 424b,检测声音信号。可通过在井中、表面上方、和 / 或地下区域中的不同位置分布的相同传感器或多个不同传感器来检测声音信号的全部或一部分。

[0065] 在步骤 426,分析所检测的声音信号,以识别与向井中注入热处理流体相关生成的第一和第二声音信号。例如,可处理所检测的声音信号,以识别与向井中注入加热的处理流体相关地生成的所检测声音信号的第一部分和 / 或第二部分。

[0066] 在步骤 428,分析第一和第二声音信号的所识别部分,以识别井系统或地层的属性。可使用所检测的声音信号的所识别部分来确定与加热的处理流体注入或地下区域中的至少一个相关的信息。可使用所检测的声音信号的所识别部分来至少部分地基于第一部分和第二部分识别地下区域中的流体分界面的移动。例如,识别流体分界面的移动可包括识别蒸汽前缘的移动。在一些情况下,分析信号包括将信号的第一部分的属性与信号的第二部分的属性相比较。在一些情况下,分析信号包括识别第一部分和第二部分之间的差异。

[0067] 可以在数字电子电路中、或计算机软件、固件、或硬件中实现在本说明书中描述的某些操作,例如基于所检测的声音信号进行的分析、过滤、数字化、和其他操作。一些方案可实施为一个或多个计算机程序产品(例如,在机器可读存储设备中),以控制数据处理装置(例如,可编程处理器、计算机、或多个计算机)的操作。计算机程序(还已知为程序、软件、软

件应用、或代码)可用任意形式的编程语言(包括编译或解析语言)来编写,并且可用任意形式(包括作为单独的程序或作为模块、部件、子程序、或适用在计算环境中的其他单元)来配置。可将计算机程序配置为在一个站点处的或分布在多个站点并由通信网络互连的一个计算机上或多个计算机上执行。

[0068] 本发明描述了多个实施方案。但是,可以理解,可做出各种修改。由此,其他实施方案也落入所附的权利要求书的范围内。

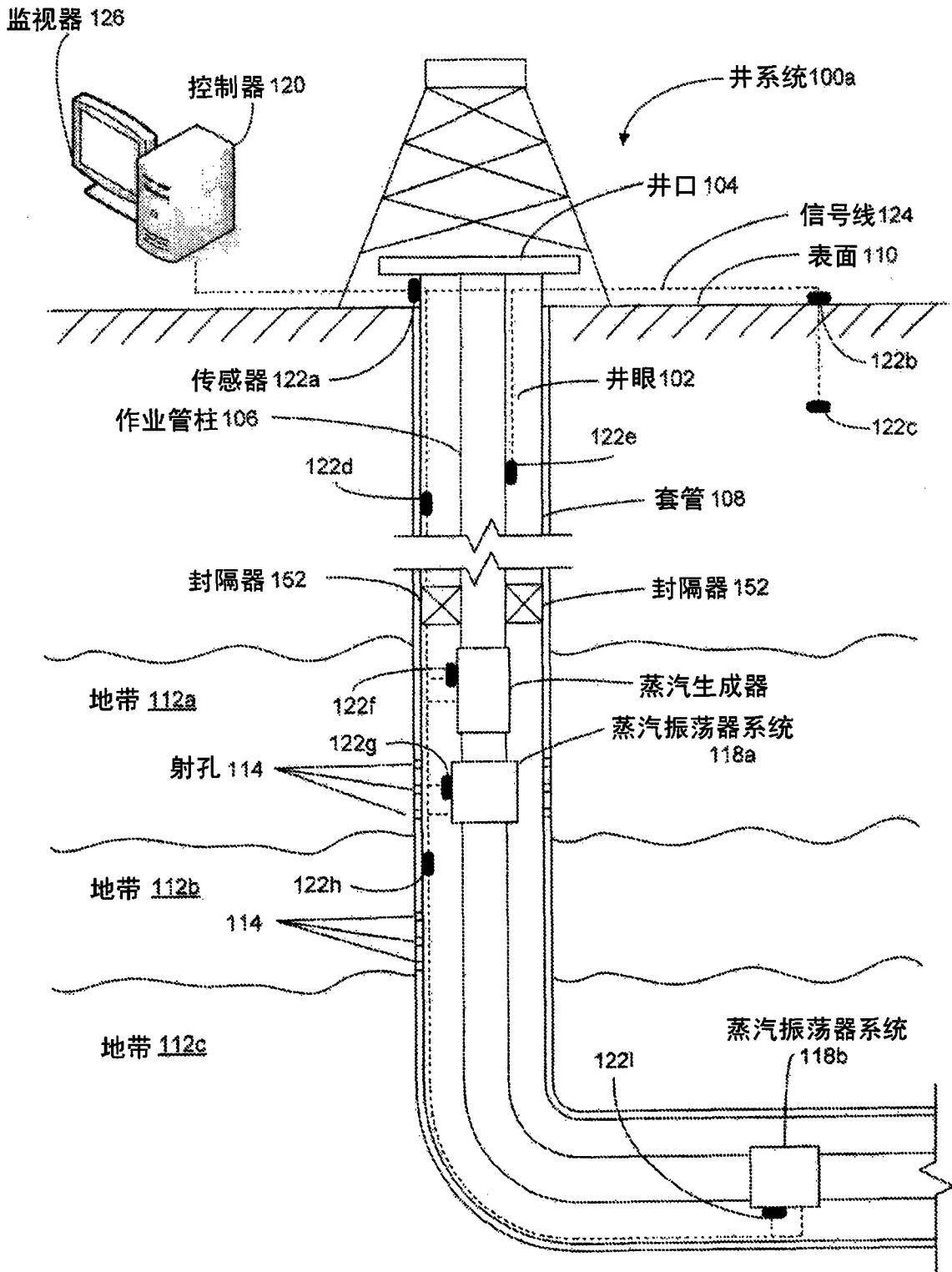


图 1A

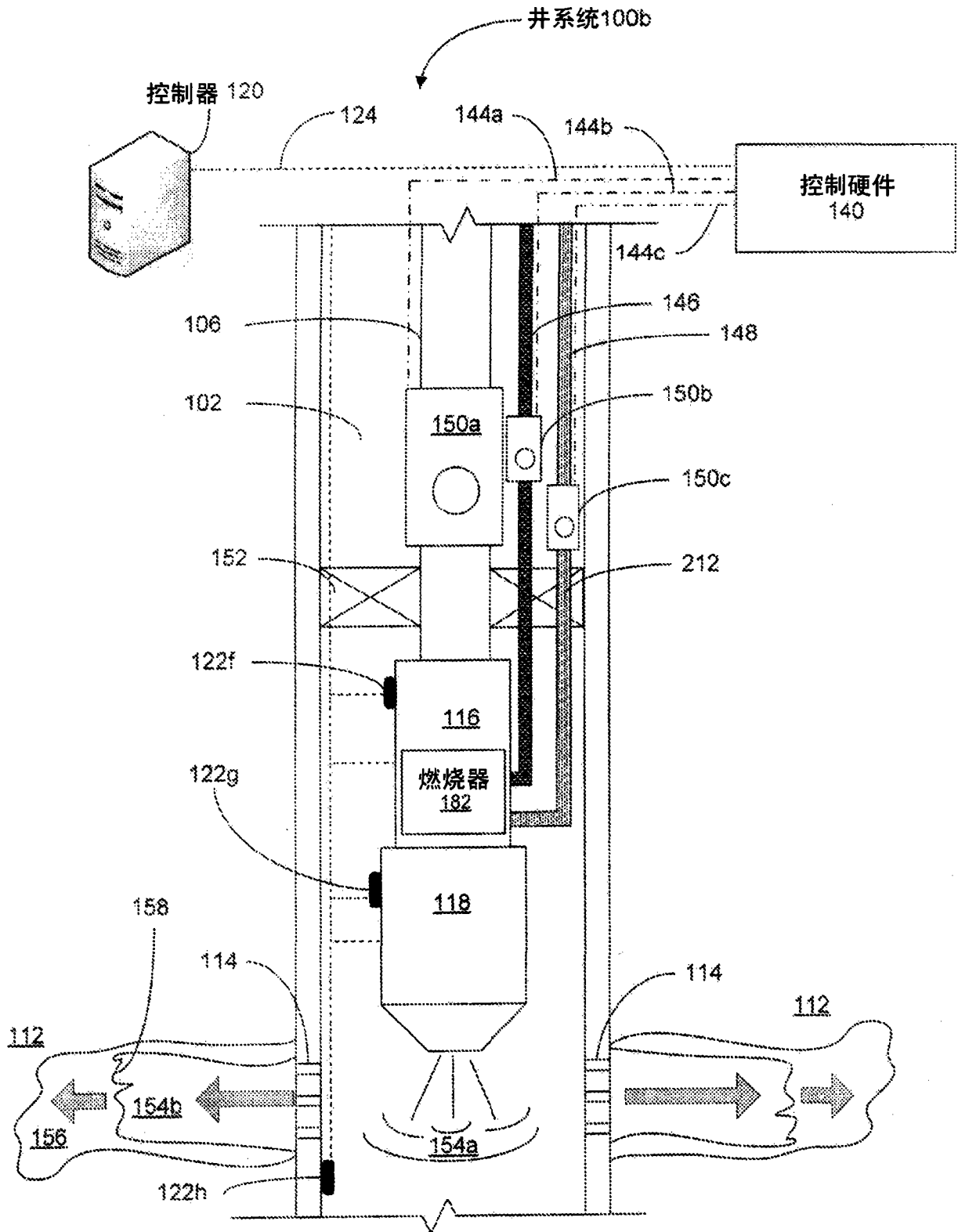


图 1B

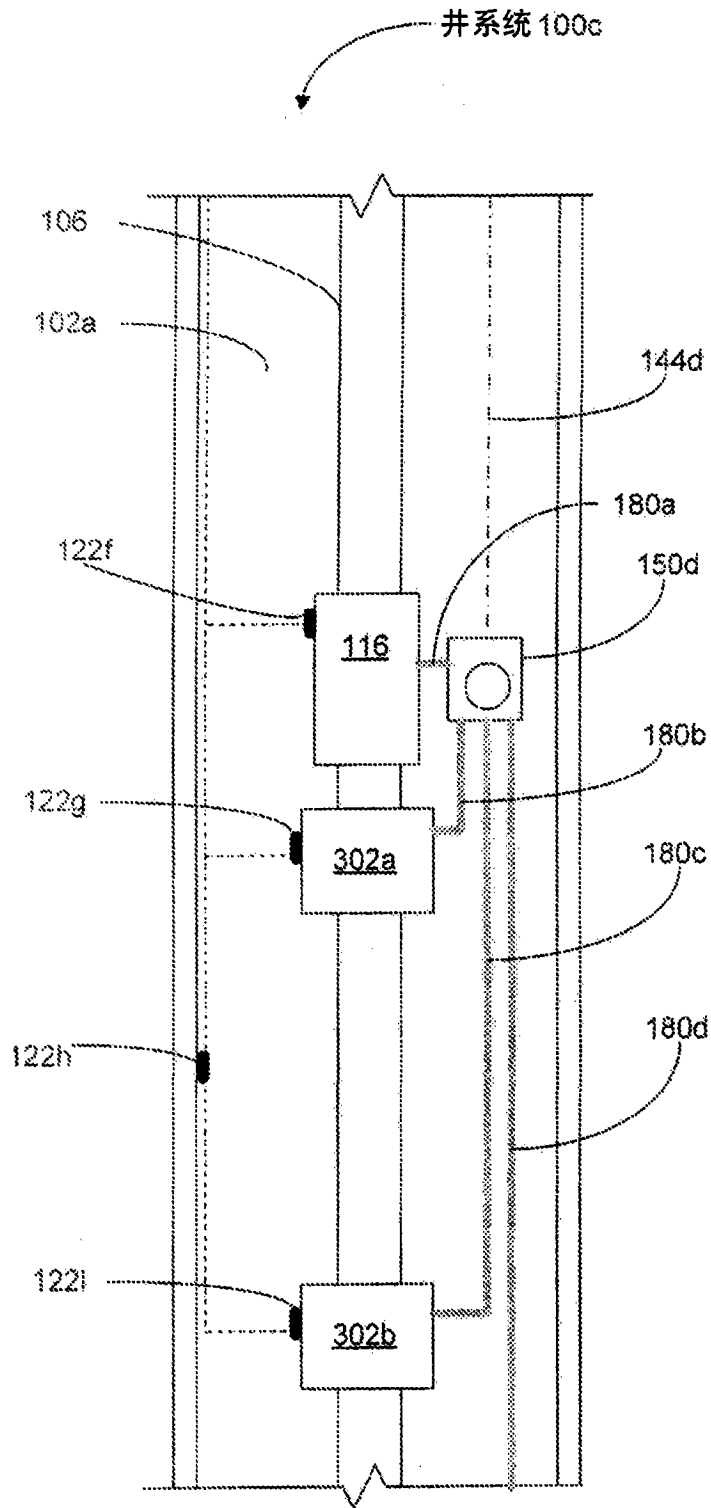


图 1C

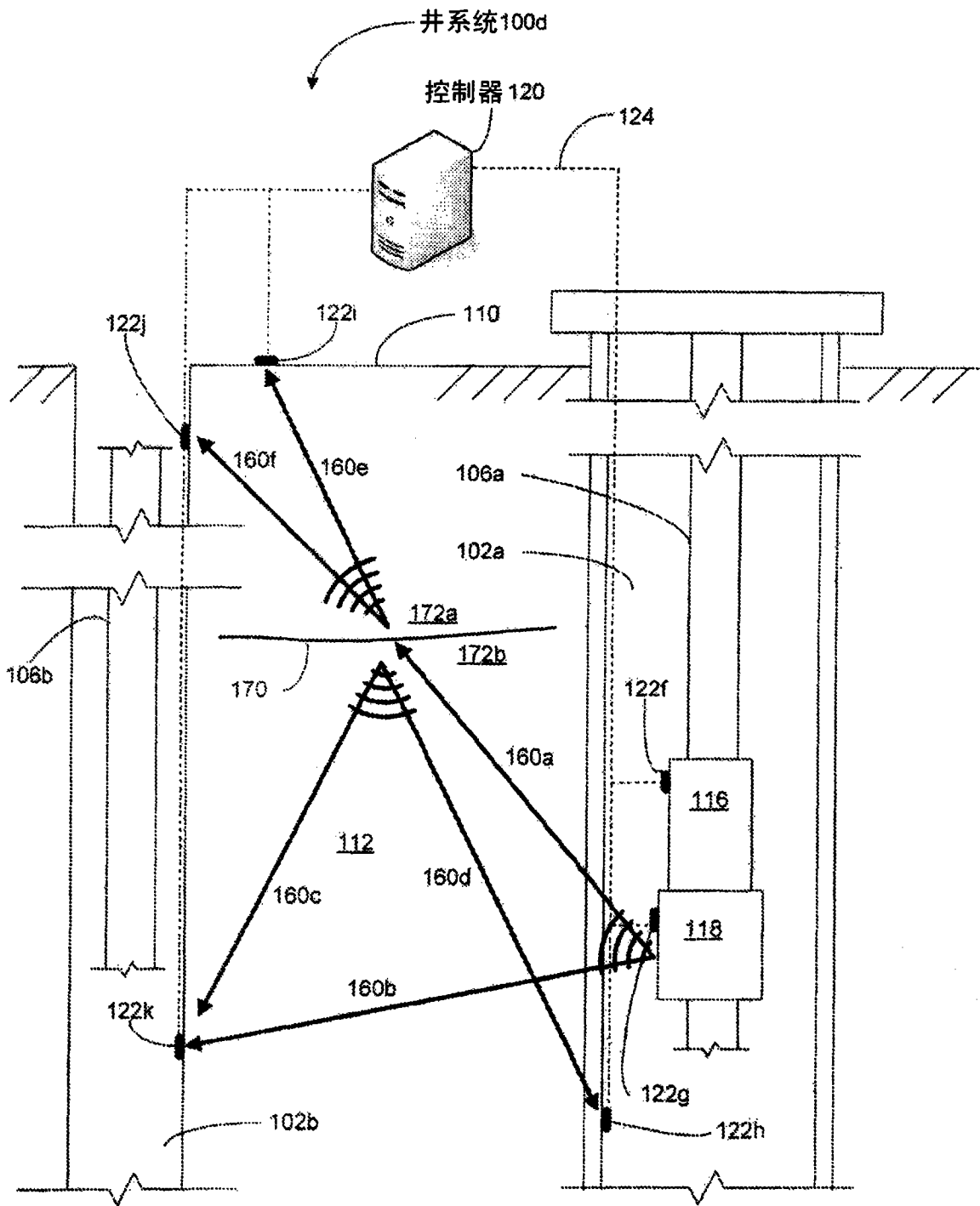


图 1D

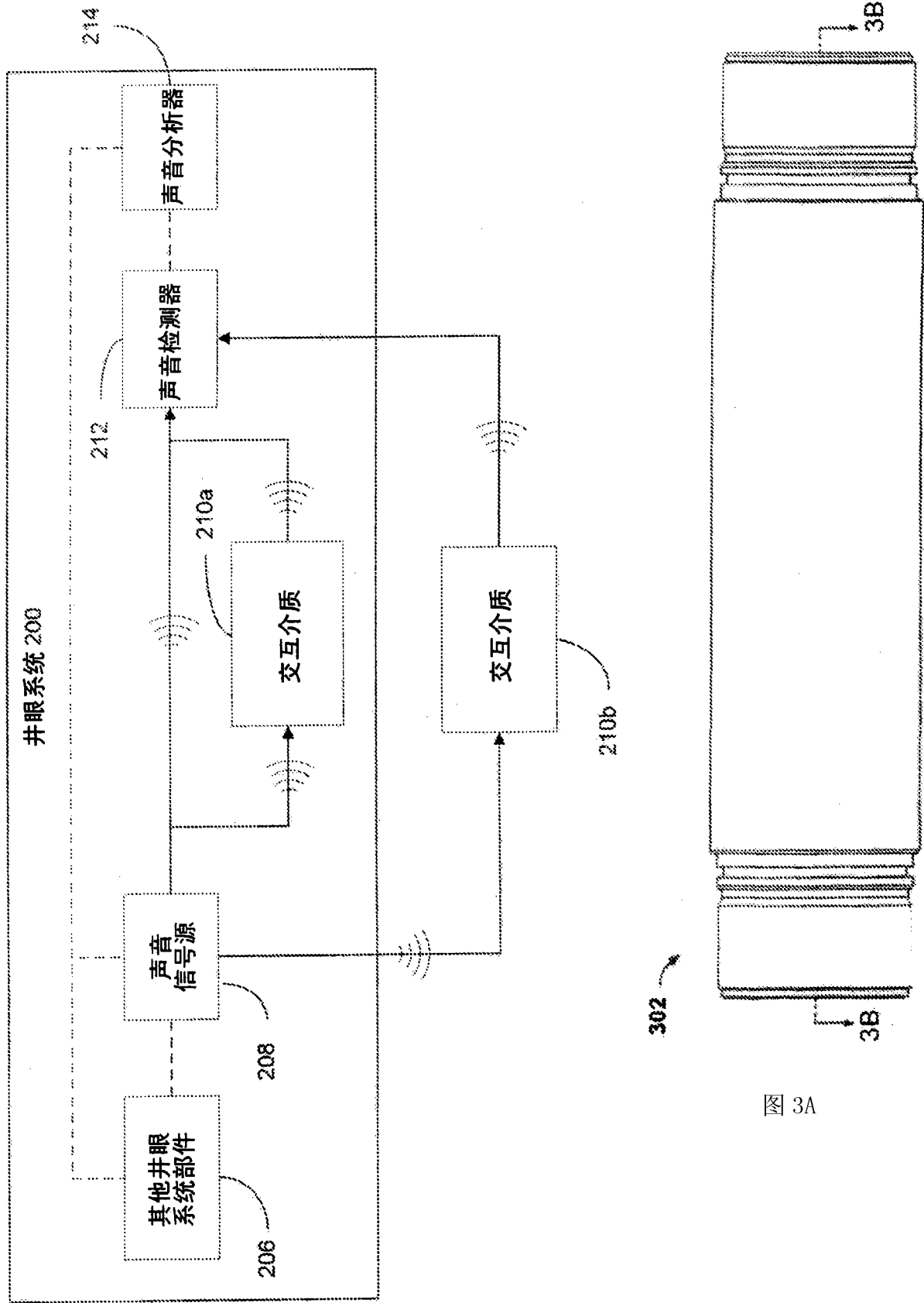


图 2

图 3A

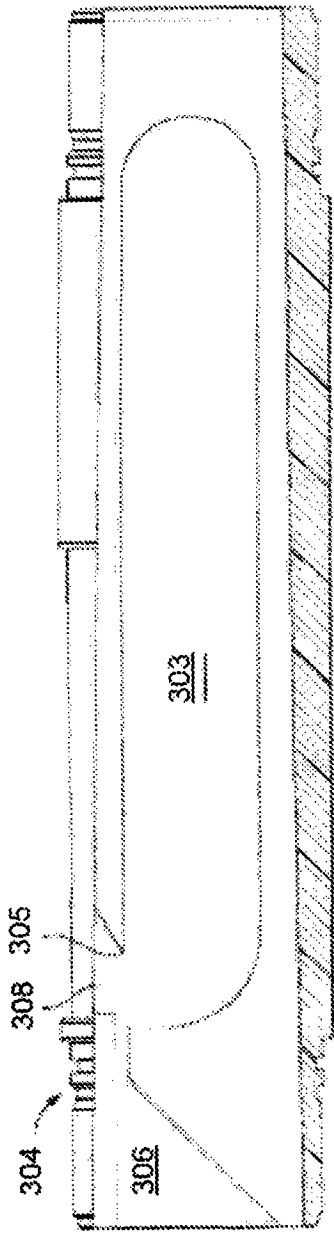


图 3B

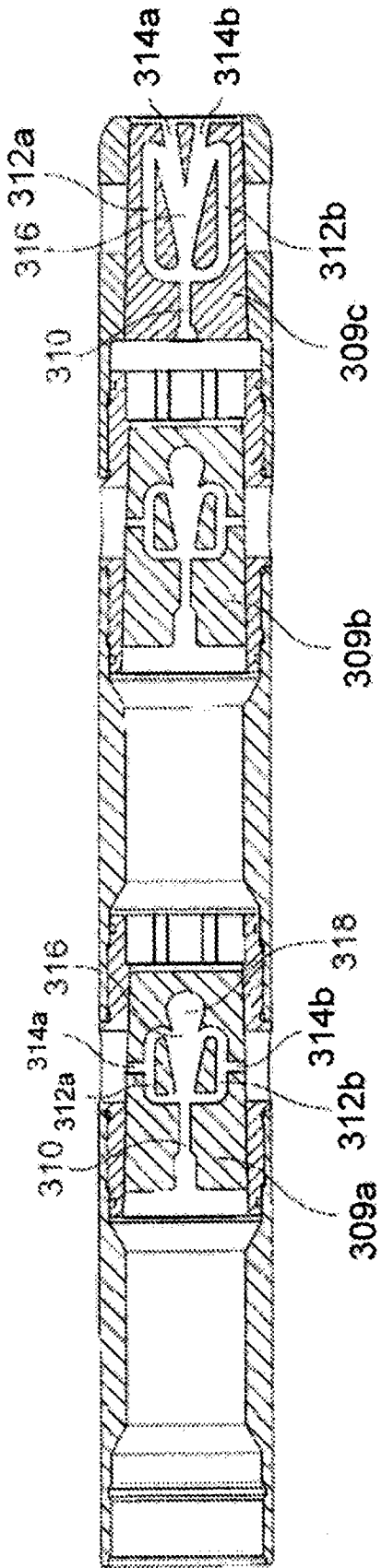


图 3C

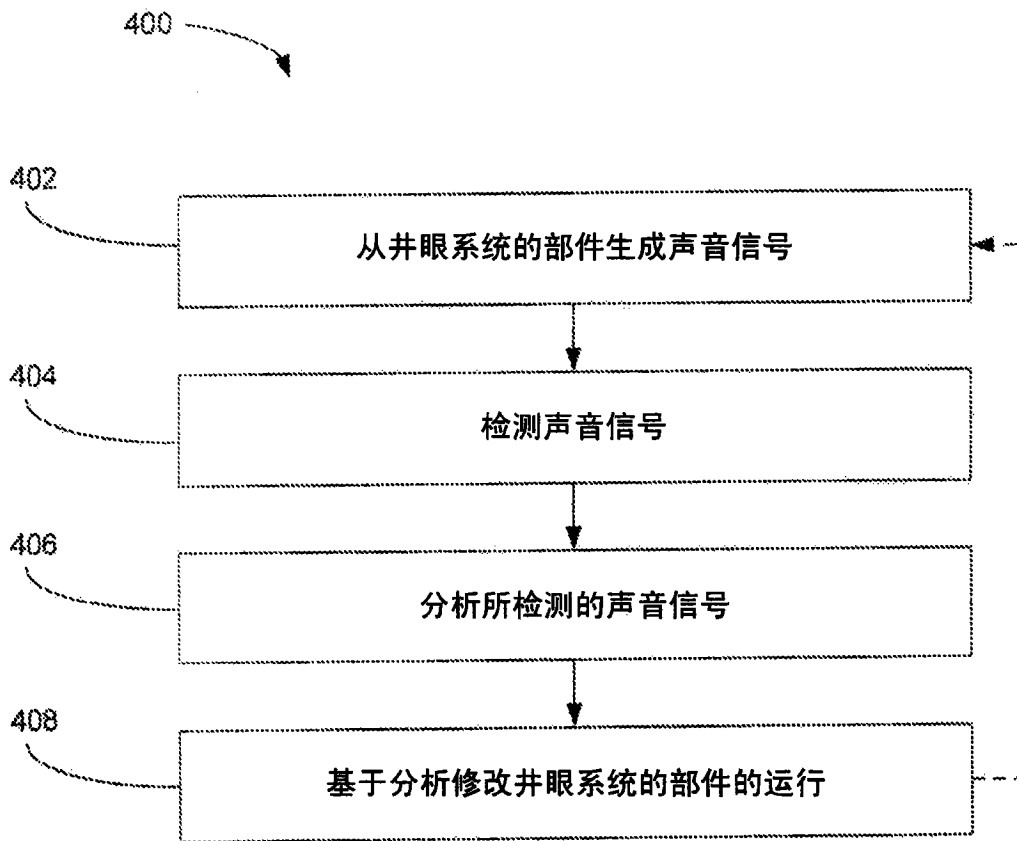


图 4A

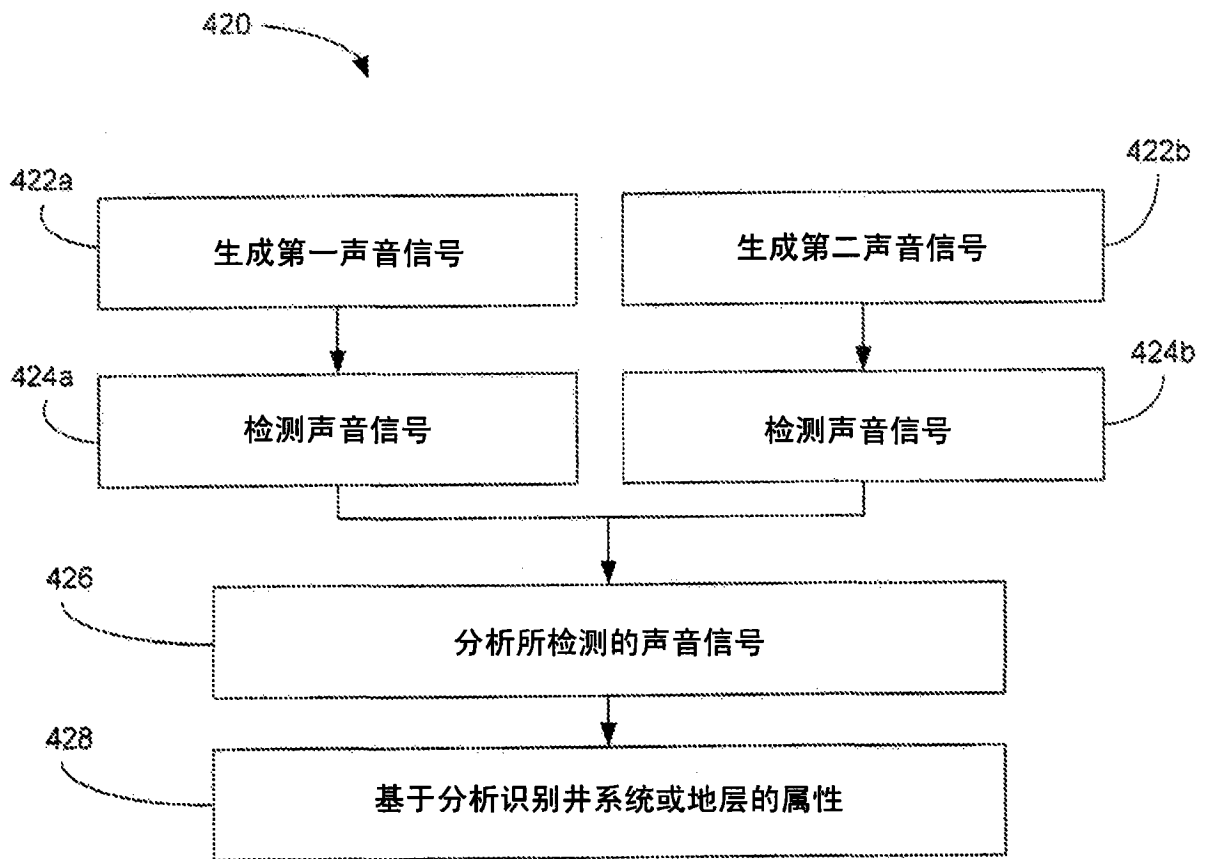


图 4B