



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104515544 B

(45)授权公告日 2019.07.02

(21)申请号 201410255909.1

(22)申请日 2014.06.10

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104515544 A

(43)申请公布日 2015.04.15

(30)优先权数据

14/039,957 2013.09.27 US

(73)专利权人 罗斯蒙特公司

地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 M·S·舒马赫

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 曹雯

(51)Int.Cl.

G01D 21/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 204065826 U, 2014.12.31,

CN 101476903 A, 2009.07.08,

US 2006/0168977 A1, 2006.08.03,

CN 202433041 U, 2012.09.12,

US 7379169 B1, 2008.03.27,

Nils-Olav Skeie等.《Level estimation in oil/water separators based on multiple pressure sensors and multivariate calibration》.《Level estimation in oil/water separators based on multiple pressure sensors and multivariate calibration》.2010,

审查员 张瀛

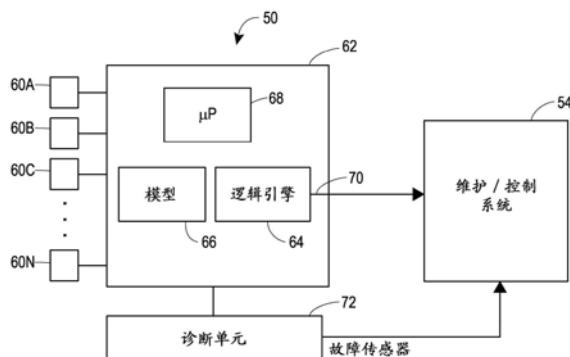
权利要求书4页 说明书16页 附图8页

(54)发明名称

非侵入式传感器系统

(57)摘要

一种非侵入式传感器系统包括设置在过程中以测量不同的输入过程现象的传感器阵列以及使用经验模型来分析传感器测量值以产生未由该传感器阵列中的任意一个传感器直接测量的另一个过程现象的估计值的逻辑单元。该传感器阵列中的传感器可以是非侵入式传感器，该非侵入式传感器以侵入式或非侵入式的方式测量输入过程现象但是关于输出过程现象是非侵入式的，因为这些传感器中的任意一个都没有直接接触表现该输出过程现象的过程流体或过程元素。传感器阵列中的传感器可以是用于产生过程中的不同或相同位置处的特定过程现象的测量值的任意类型的传感器。



1. 一种用于在过程中分析过程设备的操作的测量系统,包括:

包括设置在所述过程中的至少一个非侵入式传感器的多个传感器,其中,所述多个传感器中的每个传感器测量所述过程中的不同物理过程现象以产生用于指示物理过程现象的传感器测量值,并且其中,所述至少一个非侵入式传感器关于所述过程非侵入式地测量相应的物理过程现象;以及

可通信地耦接到所述多个传感器中的每个传感器以接收所述传感器测量值的逻辑模块,所述逻辑模块包括逻辑引擎以及用于将所述不同物理过程现象中的每个物理过程现象的值的测量值与另一个物理过程现象相关的模型,其中,所述逻辑模块在计算机处理器设备上操作以使用所述模型和所述传感器测量值来确定所述另一个物理过程现象的值。

2. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述多个传感器中的每个传感器设置在过程设备集合中的不同过程设备中,并且其中,所述逻辑模块设置在与所述过程设备集合中的每个过程设备分离的另一个过程设备中。

3. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述多个传感器中的每个传感器设置在过程设备集合中的不同过程设备中,并且,所述逻辑模块设置在所述过程设备集合中的一个过程设备中,其中,所述逻辑模块经由所述过程设备集合中的所述一个过程设备中的内部通信连接可通信地耦接到一个所述传感器并且经由外部通信连接可通信地耦接到所述多个传感器中的其他传感器中的一个或更多个传感器。

4. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述逻辑模块经由过程控制协议通信网络耦接到所述多个传感器中的一个或更多个传感器。

5. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述逻辑模块经由近场通信链路耦接到所述多个传感器中的一个或更多个传感器。

6. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述逻辑模块经由射频标识通信链路耦接到所述多个传感器中的一个或更多个传感器。

7. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述逻辑模块经由射频通信链路向一个或更多个所述传感器供电。

8. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述逻辑模块包括另一个逻辑引擎以检测所述多个传感器中的一个或更多个传感器的潜在故障。

9. 如权利要求8所述的测量系统,其中,所述另一个逻辑引擎使用所述模型基于来自所述多个传感器的所述传感器测量值的比较来执行故障检测。

10. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述模型是主成分分析模型。

11. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述模型是部分最小二乘模型。

12. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述模型是经验模型。

13. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述另一个物理过程现象是与由所述多个传感器中的任意一个传感器测量的任意物理过程现象不同类型的物理过程现象。

14. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述多个传感器中的每个传感器测量不同类型的物理过程现象。

15. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述另一个物理过程现象与由所述多个传感器中的至少一个传感器测量的物理过程现象的类型相同,但是与由所述多个传感器中的所述至少一个传感器测量的物理过程现象不同位置处的该类型物理过程现象相关。

16. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述另一个物理过程现象与由所述多个传感器中的至少一个传感器测量的物理过程现象的类型相同,并且与由所述多个传感器中的所述至少一个传感器测量的物理过程现象相同位置处的该类型物理过程现象相关。

17. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述另一个物理过程现象是与由所述多个传感器中的任意一个传感器测量的物理过程现象不同类型的物理过程现象,但是与由所述多个传感器中的至少一个传感器测量的物理过程现象相同的物理位置相关。

18. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述多个传感器中的每个传感器测量不同类型的物理过程现象。

19. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述多个传感器中的两个或更多个传感器测量相同物理位置处的不同类型的物理过程现象。

20. 如权利要求1所述的测量系统,其中,所述多个传感器中的两个或更多个传感器测量所述过程中的不同物理位置处的相同类型的物理过程现象。

21. 如权利要求1所述的测量系统,进一步包括可通信的连接到所述逻辑模块的主机设备,以接收所述另一个物理过程现象的确定值。

22. 如权利要求21所述的测量系统,其中,所述逻辑模块使用第一通信技术可通信地耦接到所述多个传感器中的一个或更多个传感器,并且所述逻辑模块使用与所述第一通信技术不同的第二通信技术可通信地耦接到所述主机设备。

23. 一种用于确定物理过程参数的方法,包括:

通过多个传感器测量过程中的多个不同物理过程现象,以产生用于指示每个物理过程现象的测量值,所述多个传感器包括至少一个非侵入式传感器,所述至少一个非侵入式传感器关于所述过程非侵入式地测量相应的物理过程现象;

将每个所述测量值经由通信链路发送到逻辑模块;

使用计算机设备利用模型来处理所述测量值,以使用所述模型和所述测量值来确定另一个物理过程现象的值,其中所述模型用于将所述不同物理过程现象中的每个物理过程现象与所述另一个物理过程现象相关;并且

将所述另一个物理过程现象的值作为所述物理过程参数发送到主机设备。

24. 如权利要求23所述的方法,其中,测量所述过程中的所述多个不同物理过程现象的步骤包括:使用非侵入式传感器测量所述多个不同物理过程现象中的每个物理过程现象。

25. 如权利要求24所述的方法,其中,将每个所述测量值经由通信链路发送到逻辑模块的步骤包括:经由公共通信链路发送所述测量值中的一个或更多个测量值。

26. 如权利要求24所述的方法,其中,将每个所述测量值经由通信链路发送到逻辑模块的步骤包括:经由不同通信链路发送所述测量值中的两个或更多个测量值。

27. 如权利要求24所述的方法,其中,将每个所述测量值发送到逻辑模块的步骤包括:经由近场通信链路发送所述测量值中的一个测量值。

28. 如权利要求24所述的方法,其中,将每个所述测量值发送到逻辑模块的步骤包括:经由射频标识通信链路发送所述测量值中的一个测量值。

29. 如权利要求24所述的方法,还包括使用传感器进行一个所述测量并且经由射频通信链路向所述传感器供电。

30. 如权利要求24所述的方法,进一步包括使用计算机设备检测一个或多个非侵入式

传感器的潜在故障。

31. 如权利要求30所述的方法,其中检测潜在故障的步骤包括:使用所述模型比较所述多个测量值。

32. 如权利要求24所述的方法,其中,利用模型处理所述测量值的步骤包括:利用主成分分析模型处理所述测量值。

33. 如权利要求24所述的方法,其中,利用模型处理所述测量值的步骤包括:利用部分最小二乘模型处理所述测量值。

34. 如权利要求24所述的方法,其中,所述另一个物理过程现象是跟与测量值关联的任意测量的物理现象不同类型的物理现象。

35. 如权利要求24所述的方法,其中,测量过程中的多个不同物理过程现象以产生用于指示每个物理过程现象的测量值的步骤包括:测量不同类型的待测量的物理现象以产生所述测量值。

36. 如权利要求24所述的方法,其中,所述另一个物理现象跟与所述多个测量值中的至少一个测量值关联的物理现象的类型相同,但是涉及与所述多个测量值中的所述至少一个测量值关联的物理过程现象不同位置处的物理现象的类型。

37. 如权利要求24所述的方法,其中,将每个所述测量值经由通信链路发送到逻辑模块的步骤包括:经由第一类型通信链路将所述测量值中的至少一个测量值发送到所述逻辑模块,并且其中,将所述另一个物理现象的值发送到主机设备的步骤包括经由与所述第一类型通信链路不同的第二类型通信链路发送所述另一个物理过程现象的值。

38. 如权利要求37所述的方法,其中,所述第一类型通信链路是无线通信链路,所述第二类型通信链路是有线通信链路。

39. 如权利要求37所述的方法,其中,所述第二类型通信链路是基于过程协议的通信链路。

40. 如权利要求24所述的方法,进一步包括在主机处使用另一个物理参数值来检测过程工厂中的设备问题。

41. 如权利要求24所述的方法,进一步包括在主机处使用另一个物理参数值来执行所述过程的在线控制。

42. 一种用于过程中的过程测量系统,包括:

设置在所述过程中的多个非侵入式传感器,其中,所述多个非侵入式传感器中的每个非侵入式传感器非侵入式地测量所述过程中的不同物理过程现象,以产生用于指示物理过程现象的传感器测量值;

设置在可通信地耦接到所述多个非侵入式传感器中的每个非侵入式传感器的过程设备中以接收所述传感器测量值的逻辑模块,所述逻辑模块包括逻辑引擎以及用于将所述不同物理过程现象中的每个物理过程现象的值的测量值与另一个物理过程现象相关的模型,其中,所述逻辑模块在计算机处理器设备上操作以使用所述模型和所述传感器测量值来确定所述另一个物理过程现象的值;

可通信的耦接到所述逻辑模块的主机设备;

设置在所述多个非侵入式传感器中的一个或更多个非侵入式传感器与所述逻辑模块之间的第一通信网络;以及

设置在所述逻辑模块与所述主机设备之间的第二通信网络。

43. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述模型是经验模型。

44. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述模型是主成分分析模型。

45. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述模型是部分最小二乘模型。

46. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述多个非侵入式传感器中的每个非侵入式传感器设置在过程设备集合的不同过程设备中,并且其中,所述逻辑模块设置在与所述过程设备集合中的每个过程设备分离的过程设备中。

47. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述多个非侵入式传感器中的每个非侵入式传感器设置在过程设备集合中的不同过程设备中,并且,所述逻辑模块设置在所述过程设备集合的一个过程设备中,其中,所述逻辑模块经由所述过程设备中的内部通信连接可通信地耦接到一个所述非侵入式传感器并且经由第一通信网络可通信地耦接到所述多个非侵入式传感器中的一个或更多个其他非侵入式传感器。

48. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述第一通信网络包括近场通信链路。

49. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述第一通信网络包括射频标识通信链路。

50. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述过程设备经由射频通信链路向一个或更多个非侵入式传感器供电。

51. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述逻辑模块包括另一个逻辑引擎,以检测所述多个非侵入式传感器中的一个或更多个非侵入式传感器的潜在故障。

52. 如权利要求51所述的过程测量系统,其中,所述另一个逻辑引擎基于来自所述多个非侵入式传感器的所述传感器测量值的比较执行故障检测。

53. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述多个非侵入式传感器中的每个非侵入式传感器测量不同类型的物理过程现象。

54. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述多个非侵入式传感器中的每个非侵入式传感器测量不同类型的物理过程现象,并且所述另一个物理过程现象是与由所述多个非侵入式传感器测量的任意物理过程现象不同类型的物理过程现象。

55. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述多个非侵入式传感器中的两个或更多个非侵入式传感器测量相同物理位置处的不同类型的物理过程现象。

56. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述第一通信网络和所述第二通信网络是不同通信网络。

57. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述多个传感器中的一个传感器测量用于控制所述过程的过程控制参数和辅助物理现象,其中,所述辅助物理现象是发送给所述逻辑模块的测量的物理现象。

58. 如权利要求42所述的过程测量系统,其中,所述多个非侵入式传感器和所述逻辑模块在所述过程中临近放置。

非侵入式传感器系统

技术领域

[0001] 本专利整体涉及用于采集并且分析过程设备和控制系统性能数据的系统和方法，并且具体涉及用于实现过程中的增强型非侵入式传感器系统以用于监视、维护和/或控制活动的系统和方法。

背景技术

[0002] 如在化工、石油或其他过程中使用的那些过程工厂监视、维护和控制系统一般包括一个或多个过程控制器和经由模拟、数字或组合的模拟/数字总线可通信地耦接到至少一个主机或操作员工作站、维护工作站并且耦接到一个或多个现场设备的输入/输出(I/O)设备。现场设备可以是例如阀、阀定位器、开关和发射器(例如温度、压强和流速传感器)，其执行过程中的过程控制功能，如出于任意原因监视过程变量或其他物理现象、执行控制功能如打开或关闭阀、测量过程变量等等。过程控制器、监视和维护应用接收用于指示由现场设备做出的测量的信号，处理该信息以实现监视、控制或维护例程，并且生成控制信号、维护指令或其他信号，以通过总线或其他通信线路被发送到操作员或现场设备，以例如监视过程、控制过程的操作或执行维护任务。这样，过程控制器、监视应用和维护应用可以使用现场设备经由总线和/或其他通信链路执行并且协调监视、控制和维护策略。类似地，监视和维护应用可以认识到工厂中的问题并且协调工厂中的维护活动，如修理设备、测试设备、检测执行情况较差的设备、实现校准和其他维护程序等等。

[0003] 可以使得来自现场设备和控制器的过程信息对于由操作员或维护工作站(例如基于处理器的系统)所执行的一个或多个应用(即软件例程、程序等等)可用，以使得操作员或维护人员能够执行关于过程的希望的功能，如(例如经由图形用户接口)查看过程的当前状态、评估过程、(例如经由可视对象图)修改过程的操作、调谐或校准设备等等。许多过程工厂仪器系统还包括一个或多个应用站(例如工作站)，其一般是使用个人计算机、膝上电脑等等实现的并且其经由局域网(LAN)可通信地耦接到过程控制系统中的控制器、操作员站和其他系统。每个应用站可以包括图形用户接口，该图形用户接口显示过程控制信息、监视信息和维护信息，其包括过程变量的值、与过程关联的质量参数的值、过程故障检测信息和/或过程和设备状态信息。

[0004] 在任意情况下，传感器(又被称为发射器或过程控制设备)通常设置在过程工厂中的任意位置处，以测量不同的过程参数或过程现象，如温度、压强、液体流量、液体液位等等。在其他情况中，可以在不同的位置从过程取得采样并且可以离线测试或分析这些采样以确定其他类型的过程现象，如PH水平、黏性等等。通常，传感器或发射器将测量或确定的过程参数值提供或发送给网络中的控制例程、维护例程或设备、用户接口或其他设备，以用于处理和/或显示。

[0005] 由于过程工厂的复杂性，过程工厂一般需要做出大量测量来确保过程安全并且提供足够的过程控制和监视信息给工厂系统和操作/维护人员。通常，可以在越多的测量点处获得越多的信息，则可以越好地操作工厂。然而，使用更多仪器的一个障碍在于总安装成

本。这些成本包括与更多测量设备的使用相关联的购买价格、安装成本和系统整合成本。如果可以降低这些成本，则用户可以承担更多仪器。

[0006] 并且，在如今的过程工厂中使用和安装的大部分传感器本质上是侵入式的，因为这些传感器必须使它们的一些元件被物理地设置在、连接到或者接触表现出将被传感器测量的物理现象的过程流体或其他过程元素。就这点而言，在许多工厂情况中，当构造或安装工厂设备时，仅足够地安装过程参数测量设备例如传感器是实际可行或可能的。在其他情况中，在工厂中的特定点处安装传感器可能需要工厂设备的重大成本的重大改造。在其他情况中，不能将传感器放置在传感器可以接触并且因此测量过程流体或过程设备的位置处，其中，将要测量该位置处的现象。

[0007] 为了减轻这些问题并且使得许多情况中的传感器安装更容易，已经开发大量非侵入式传感器，其在无须与表现过程现象或者过程现象将被测量的过程流体或过程设备直接接触的情况下进行操作以测量过程参数或过程现象。例如，已经开发了温度传感器以使用红外光来检测器皿、壁或流体的温度，而无需传感器与器皿、壁或流体直接接触。当然，还存在其他类型的非侵入式传感器。结果，非侵入式传感器一般更易于安装并且因此可以降低与过程工厂中添加更多传感器关联的安装成本。

[0008] 然而，对于所测量的过程变量而言，非侵入式传感器不幸地往往不如传统侵入式传感器一样准确。因此，虽然使用不需要侵入到过程中而是改为从压强边界的外部或者容纳器皿的外部做出测量的测量设备可以实质上降低安装和改造成本，但是利用该非侵入式传感器做出的测量将使得测量较不准确。该事实将反过来使得测量在多个使用中如对于过程控制目的、维护决策做出目的而言，更受怀疑并且较不期望。

发明内容

[0009] 一种更易于安装在过程中，如实现在过程工厂中的过程中或者独立的过程中，并且提供更高的测量准确性的非侵入式传感器架构包括被设置为测量不同输入过程现象的传感器阵列以及分析传感器测量值以产生未由传感器阵列中的每个传感器直接测量的另一个或输出过程现象的经验估计的逻辑单元。传感器阵列中的至少一个传感器（并且有可能是传感器阵列中的所有传感器）是非侵入式传感器，因为虽然它们可以用侵入式或非侵入式的方式测量输入过程现象，但是它们关于输出过程现象而言是非侵入式的，因为这些传感器与表现输出过程现象的过程流体或过程元素不直接接触。传感器阵列中的传感器可以是任意类型传感器（例如温度、振动、压强等等），其产生过程中的相同或不同位置处的特定过程现象的测量值，这些测量值被逻辑单元用于产生输出过程现象（在本文中又被称为非侵入式地测量的过程现象）的估计值。输入传感器可以例如全部具有相同类型（例如温度或振动）以用于测量例如过程中的不同位置处的相同类型的过程现象，或者可以具有不同类型以用于测量过程中的相同或不同位置处的不同类型的过程现象。由传感器系统确定的输出过程现象可以与任意或所有输入传感器测量的过程现象的类型（例如流体流量）相同或不同。

[0010] 因此，概括而言，传感器系统包括多个非侵入式传感器，其被建立为测量一个或多个类型的过程现象，如温度、压强、流量、振动等等并且被耦接到逻辑引擎。逻辑引擎包括基于模型或逻辑的估计器，该估计器基于测量和接收的输入过程参数的值来估计输出过程现

象,如流量、温度、压强等等。逻辑引擎然后提供确定的输出过程现象变量值给用户,如控制例程、用户显示器、维护应用、警报或警告生成器。如果希望,则逻辑引擎还可以基于提供给它的输入传感器信息来确定多个输入传感器中的一个或更多个的故障或问题。

[0011] 在一个实施方式中,用于在过程中分析过程设备的操作的测量系统包括设置在过程中的多个传感器,其中,该多个传感器中的至少一个是非侵入式传感器并且其中,该多个传感器中的每个测量过程中的不同物理过程现象以产生用于指示物理过程现象的传感器测量值,并且包括可通信地耦接到该多个传感器中的每个以接收传感器测量值的逻辑模块。在该情况下,逻辑模块包括逻辑引擎和模型,该模型将不同物理过程现象中的每个的值的测量值与另一个物理过程现象相关,并且逻辑模块在计算机处理器设备上进行操作以使用模型和传感器测量值确定另一个物理过程现象的值。

[0012] 如果希望,则该多个传感器中的每个设置在过程设备集合中的不同过程设备中,该过程设备可以是过程控制设备、测量设备或任意其他类型的过程设备,并且逻辑模块设置在与该过程设备集合中的每个过程设备分离的另一个过程设备中。然而,该多个传感器中的每个可以设置在该过程设备集合中的不同过程设备中并且该逻辑模块可以设置在该过程设备集合中的一个过程设备中,使得逻辑模块经由该过程设备集合中的一个过程设备中的内部通信连接来可通信地耦接到一个传感器并且经由外部通信连接来可通信地耦接到多个传感器中的一个或更多个其他传感器。

[0013] 另外,逻辑模块可以经由过程控制通信网络、经由近场通信链路或经由射频标识通信链路耦接到多个传感器中的一个或更多个传感器,并且可以经由射频通信链路向一个或更多个非侵入式传感器供电。逻辑模块还可以包括另一个逻辑引擎,以使用模型基于例如来自多个传感器的传感器测量值的比较来检测多个传感器中的一个或更多个传感器的潜在故障。如果希望,则模型可以是主成分分析模型、部分最小二乘模型或任意其他类型的经验模型。

[0014] 另一个物理过程现象可以是与由该多个传感器中的任意一个测量的任意物理过程现象的类型不同的物理过程现象,并且该多个传感器中的每个可以测量相同或不同类型的物理过程现象。并且,另一个物理过程现象可以与由该多个传感器中的至少一个测量的物理过程现象的类型相同,但是涉及与由该多个传感器中的至少一个测量的物理过程现象不同位置处的物理过程现象类型。类似地,另一个物理过程现象可以是与由该多个传感器中的任意一个测量的物理过程现象不同类型的物理过程现象,但是涉及与由该多个传感器中的至少一个测量的物理过程现象的相同物理位置。并且,如果希望,则该多个传感器中的两个或更多个可以测量相同物理位置处的不同类型的物理过程现象并且/或者该多个传感器中的两个或更多个可以测量过程中的不同物理位置处的相同类型的物理过程现象。

[0015] 此外,该系统可以包括可通信地连接到逻辑模块以接收另一个物理过程现象的确定值的主机设备,并且,该逻辑模块可以使用第一通信技术可通信地耦接到该多个传感器中的一个或更多个,并且使用与第一通信技术相同或不同的第二通信技术可通信地耦接到该主机设备。

[0016] 在另一个实施方式中,一种用于确定物理过程参数的方法包括:测量过程中的多个不同物理过程现象,以产生用于指示每个物理过程现象的测量值;将每个该测量值经由通信链路发送到逻辑模块;使用计算机设备利用用于将该不同物理过程现象中的每个物理

过程现象与另一个物理过程现象相关的模型来处理该测量值,以使用该模型和传感器测量值来确定该另一个物理过程现象的值。此后,该方法将该另一个物理过程现象的值作为该物理过程参数发送到主机设备。

[0017] 在另一个实施方式中,一种用于过程中的过程测量系统,包括:设置在该过程中的多个非侵入式传感器,其中,每个非侵入式传感器测量该过程中的不同物理过程现象,以产生用于指示物理过程现象的传感器测量值;并且包括设置在可通信地耦接到该多个非侵入式传感器中的每个非侵入式传感器的过程设备中以接收该传感器测量值的逻辑模块。在这里该逻辑模块包括逻辑引擎以及用于将该不同物理过程现象中的每个物理过程现象的值的测量值与另一个物理过程现象相关的模型,并且,该逻辑模块在计算机处理器设备上操作以使用该模型和该传感器测量值来确定该另一个物理过程现象的值。该系统还包括可通信的耦接到该逻辑模块的主机设备;设置在该多个非侵入式传感器中的一个或更多个非侵入式传感器与所述逻辑模块之间的第一通信网络;以及设置在该逻辑模块与该主机设备之间的第二通信网络。

附图说明

[0018] 图1是具有用户接口、过程控制器和现场设备的过程工厂网络的图,并且其中设置有大量非侵入式传感器系统以测量一个或更多个过程现象。

[0019] 图2是示出了非侵入式传感器系统的一个实例的方框图。

[0020] 图3是用于图2的非侵入式传感器系统中的模型的描述。

[0021] 图4是示出了图2的非侵入式传感器系统的一个实例的方框图,其以第一配置实现以非侵入式地测量过程工厂中的特定输出过程参数。

[0022] 图5是示出了图2的非侵入式传感器系统的一个实例的方框图,其以第二配置实现以非侵入式地测量过程中的特定输出过程参数。

[0023] 图6描述了包括非侵入式传感器系统的气井柱塞控制系统。

[0024] 图7示出了气井的井筒内部的油管压强在图6的柱塞控制系统的三个柱塞循环上的图。

[0025] 图8在一般刻度上示出了各个柱塞循环的油管压强的图。

[0026] 图9示出了在图6的控制系统中实现的柱塞循环的关停周期中的油管压强的图。

[0027] 图10描述了可以由用作图6的非侵入式传感器系统的一部分的非侵入式振动传感器做出的振动测量的图。

[0028] 图11描述了可以由用作图6的非侵入式传感器系统的一部分的非侵入式温度传感器做出的温度测量的图。

[0029] 图12是示出了在过程工厂或实验室环境中在图2的非侵入式传感器系统中使用的分析模型的数据流图。

具体实施方式

[0030] 概括而言,本文所述的非侵入式传感器系统能够测量或确定由于例如为了直接测量需要对过程工厂设备做出的改造或者因为被测量的过程现象就其本身而言是不可直接测量的而使直接测量不可能、困难或昂贵的过程现象。该非侵入式传感器系统包括经由逻

辑引擎连接在一起的多个输入传感器设备,其自身可以是非侵入式性质的,逻辑引擎使用基于经验数据的模型来做出未由任意输入传感器设备直接测量的另一个过程现象(又被称为输出过程现象)的测量。在许多情况中,输入传感器设备可以关于它们正在测量的作为到非侵入式传感器系统的逻辑单元的输入的过程现象而言是非侵入式的,并且做出不同类型的过程现象的测量以导致输出过程现象测量值或确定。该配置可以改善系统性能并且增加冗余。

[0031] 概括而言,该传感器测量方法在本质上是统计的和经验的而不是确定性的。由于非侵入式传感器系统是经验的系统,所以可以用定性的术语如“好/坏”、“低/中/高”、“安全/小心/危险”、“接近限制”、“0-100%”而不是如一般利用侵入式传感器的情况下一样用例如工程单位所表示的确切的值(例如90度)来确定或表示非侵入式传感器系统的输出。

[0032] 然而,由经验得出的定性的测量值是有价值的,因为这些测量值仍然可以广泛地使得用户能够知道过程正在正确地操作还是存在或即将存在不希望的条件。该方法可以用于补充一般在过程工厂中需要用于闭环控制和安全关停逻辑的高度确定性的测量。此外,通过在工厂中安装大量容易安装的例如非侵入式输入传感器并且经由逻辑单元将这些传感器耦接在一起,可以容易地确定这些由经验得出的测量值,其中,逻辑单元基于由输入传感器做出的测量产生输出过程现象的基于经验的估计或测量。

[0033] 图1示出了示例性工业过程工厂5,其中,可以在工业过程工厂5中安装并且使用非侵入式传感器系统。过程工厂5包括具有一个或多个过程控制器(图1中的11A和11B)的在线过程控制系统10,该过程控制器在主工厂通信网络中连接到数据历史库12并且连接到一个或多个主机工作站或计算机13(其可以是任意类型的个人计算机、工作站等等),每个主机工作站或计算机13具有显示器屏幕14。计算机13可以关联并且运行涉及过程控制活动、维护活动、过程配置活动、商务活动等等的应用。控制器11A和11B还经由输入/输出(I/O)卡28A、28B和29A、29B连接到现场设备15-27,并且可进行操作以使用现场设备15-27中的一些或全部实现批量过程的一个或多个批次运行或者可以实现连续过程。控制器11、数据历史库12、计算机13、I/O设备28和29以及现场设备15-27都是过程控制设备、过程设备或过程仪器,其可通信地耦接到又被称为在线控制网络的主控制通信网络30。

[0034] 数据历史库12可以与工作站13分离(如图1中所示)或者是其中一个工作站13的一部分,其中,数据历史库12可以是任意希望类型的数据采集单元,该数据采集单元具有任意希望类型的存储器或任意希望的或已知的用于存储数据的软件、硬件或固件。控制器11经由例如作为通信网络30的一部分的以太网连接或任意其他希望的通信线路可通信地连接到主计算机13和数据历史库12,其中,控制器11可以是例如由Emerson Process Management销售的DeltaV®控制器。控制器11A和11B可以使用与例如标准4-20ma通信协议和/或任意智能通信协议如FOUNDATION®现场总线协议、HART®协议、

WirelessHART®协议等等关联的任意希望的硬件和软件可通信地连接到现场设备15-27。

[0035] 在图1的系统中,控制器11A被示出为经由I/O设备28A连接到4-20ma设备或经由标准接线如有线HART通信线路连接到HART设备15-18。类似地,在图1中控制器11A被示出为经

由标准有线现场总线链路或总线,经由I/O设备28B连接到**FUNDATION®**现场总线设备19-22。并且,在图1的系统中,控制器11B被示出为经由I/O设备29A和实现无线HART通信协议的发射器连接到**WirelessHART®**现场设备23-25,而控制器11B经由任意其他无线通信协议如基于IEEE过程控制的无线协议连接到其他现场设备26、27。然而,控制器11可以使用任意其他希望的有线或无线通信协议或技术与任意其他数量和类型的现场设备通信。当然,现场设备15-27可以是任意类型的设备如传感器、阀、发射器、定位器等等。甚至更具体地,现场设备15-27可以包括任意类型的过程控制组件,其能够接收输入、生成输出并且/或者控制过程。现场设备15-27的形式可以例如是控制或过程控制输入设备,如例如用于控制过程的阀、泵、风扇、加热器、冷却器和/或混合器。另外,现场设备15-27的形式可以是过程控制输出设备或发射器,如例如温度计、压强计、浓度计、液位计、流量计和/或蒸汽传感器,其测量与过程的一个或多个部分中的各种不同过程现象相关联的过程变量。控制输入设备可以接受来自控制器11的指令以执行一个或多个指定的指令并且导致过程改变。此外,控制输出设备测量过程数据、环境数据和/或输入设备数据并且将测量数据发送到控制器11或其他设备如维护设备,作为过程控制或维护信息。该过程控制或维护信息可以包括与来自每个现场设备的测量输出相对应的变量(例如测量的过程变量和/或测量的质量变量)的值。并且,测量的过程变量可以与源自用于测量现场设备的过程和/或特征的一部分的现场设备的过程控制信息相关联。测量的质量变量可以与涉及该过程的测量特征的过程控制信息相关联,其中,该测量特征与完成的产品或中间产品的至少一部分相关联。

[0036] 此外,I/O卡28和29可以是符合任意希望的通信或控制器协议的任意类型的I/O设备。并且,虽然在图1中示出了两个控制器11A和11B,但是任意其他数量的控制器可用于使用任意希望的通信协议如Profibus、AS-接口等等协议来连接到并且控制任意数量的现场设备。

[0037] 在任意情况下,通常的情况是控制器11A和11B包括处理器31,处理器31实现或监督一个或多个(存储在存储器32中的)可以包括控制环路的过程控制例程并且与现场设备15-27、主机计算机13和数据历史库12通信,以用任意希望的方式控制过程。应该注意到,如果希望,则本文所述的任意控制例程或模块可以使其一部分由不同的控制器或其他设备实现或执行。类似地,将要在过程控制系统10中实现的本文所述的控制例程或模块可以具有任意形式,包括软件、固件、硬件等等。可以用任意希望的软件格式如使用面向对象编程、梯形逻辑、顺序功能图或者功能块图或使用任意其他软件编程语言或设计范例来实现控制例程。类似地,控制例程可以被硬编码到例如一个或更多个EPROM、EEPROM、专用集成电路(ASIC)或任意其他硬件或固件元件中。因此,控制器11可以被配置为用任意希望的方式实现一个或更多个控制策略或控制例程。

[0038] 在一些实施方式中,控制器11使用通常被称为功能块的东西实现一个或更多个控制策略,其中,每个功能块是总控制例程的对象或其他部分(例如子例程)并且(经由被称为链路的通信)结合其他功能块来操作,以实现过程控制系统10中的过程控制环路。功能块一般执行以下功能之中的一个:输入功能,如与发射器、传感器或其他过程参数测量设备相关联的输入功能;控制功能,如与用于执行PID、模糊逻辑、神经网络等等控制的控制例程相关联的控制功能;或者用于控制一些设备如阀的操作以执行过程控制系统10中的一些物理功

能的输出功能。当然,还存在混合和其他类型的功能块。功能块可以存储在控制器11中并且由控制器11执行,这是当功能块用于或者关联于标准4-20ma设备和一些类型的智能现场设备如HART设备时的典型情况,或者可以存储在智能现场设备自身中并且由智能现场设备自身实现,这可能是利用现场总线设备时的情况。

[0039] 如图1的分解块40所示的,控制器11A可以包括被示出为例程42和44的多个单环控制例程,并且如果希望则可以实现一个或更多个高级控制环路,如多输入多输出控制例程,其被示出为控制环路46。每个这种环路一般被称为控制模块。单环控制例程42和44被示出为使用分别连接到合适的模拟输入(AI)和模拟输出(AO)功能块的单输入单输出模糊逻辑控制块和单输入单输出PID控制块执行单环路控制,这可能与过程控制设备如阀相关联、与测量设备如温度和压强发射器相关联,或者与过程控制系统10中的任意其他设备相关联。高级控制环路46被示出为包括可通信地连接到一个或更多个AI功能块的输入和可通信地连接到一个或更多个AO功能块的输出,但是高级控制块48的输入和输出可以连接到任意其他希望的功能块或者控制元件以接收其他类型的输入并且提供其他类型的控制输出。高级控制块48可以例如是任意类型的模型预测控制(MPC)块、神经网络建模或控制块、多变量模糊逻辑控制块、实时优化器块、自适应调谐控制块等等。要理解,图1中示出包括高级控制块48的功能块可以由控制器11A执行或者可替换地可以位于任意其他处理设备如其中一个工作站13或者甚至一个现场设备19-22中的一个现场设备中或者由其执行。如我们将理解的,控制环路或控制模块42、44和46可以关联或者用于实现过程控制系统10中的批量过程或者连续的过程。

[0040] 此外,如图1中所示的,一个或更多个非侵入式传感器系统50可以设置在工厂5中的不同位置处,以测量或确定工厂中的各种过程现象如温度、压强、流量、液位等等。各种非侵入式传感器50可以设置在或者使其组件设置在各种不同过程控制设备中如在各种现场设备15-27(如阀、发射器等等)、I/O设备28和29、控制器11、工作站13以及甚至数据历史库12中。如果希望,则一个或更多个非侵入式传感器50可以是独立的设备或者可以被实现为使用图1中示出的各种类型的通信网络中的任意一种可通信地连接在一起的多个设备,其中,该通信网络包括例如有线和无线通信网络、标准过程控制协议通信网络如HART、无线HART或现场总线通信网络、近场通信(NFC)网络、射频标识(RFID)通信网络、以太网或无线以太网通信网络、任意因特网协议通信网络等等。此外,图1中示出的各种传感器系统50的输出可以提供给任意的控制器11以用于控制例程42、44、46中的一个或更多个,也可以提供给任意操作员工作站13以用于控制或维护应用51或提供给该数据的任意其他用户。

[0041] 现在参考图2,非侵入式传感器系统50被示出为连接到维护/控制系统54,其可以是或包括例如图1中所示的任意工作站13或者其他维护或控制设备如控制器、I/O设备、手持维护设备等等,其可以被连接为接收并且使用非侵入式传感器系统50的输出。维护/控制系统54可以在任意希望类型的计算机处理设备如关于图1所示的那些计算机处理设备中的任意一个中存储或者实现的任意希望类型的维护或控制应用。

[0042] 概括而言,非侵入式传感器系统50包括耦接到逻辑单元62的多个输入传感器60A-60N(在本文又被称为发射器)。多个输入传感器60A-60N中的每一个测量过程中的过程现象如温度、振动、压强等等并且产生用于指示测量的过程变量或过程现象的测量信号。多个传感器60A-60N中的每一个是非侵入式传感器,因为其不直接测量正在由分析传感器50确定

的过程现象。然而,如果希望,则传感器60A-60N中的一个或更多个也可以关于它们正在测量的作为到传感器50的输入的过程现象是非侵入式的,因为在该情况中这些传感器关于过程非侵入式地测量输入过程现象或过程参数。概括而言,非侵入式传感器可以连接在过程中而不接触或者直接接触与被测量的过程现象相关联或位于被测量的过程现象所处的位置处的过程元素,如过程流体,或者无需以必须关停或者停止过程流量来安装传感器的方式安装在过程工厂中。

[0043] 在任意情况下,输入传感器60A-60N中的每一个关于由传感器50确定或测量的输出过程现象均是非侵入式的,因为输入传感器60A-60N中的没有一个将与展现正由传感器50最终测量或确定的特定过程现象的过程元素或过程流体进行直接物理接触来测量该物理过程现象。非侵入式传感器60A-60N中的任意一个或全部可以例如是温度传感器、振动传感器、流量传感器、热量传感器、火焰检测器或用于感测一些过程现象的任意其他检测器或传感器。此外,多个输入传感器60A-60N中的一些或全部可以被配置为测量工厂中的相同或不同位置处的过程现象。因此传感器60A-60N中的每一个可以例如测量不同类型的过程现象如温度、压强、火焰等等或者输入传感器60A-60N中的一个或更多个可以测量工厂中的不同位置处或者甚至工厂中的相同位置处的相同过程现象。

[0044] 传感器60A-60N通常可以安装在过程工厂中,在展现出不能被直接测量或者不被直接测量的过程现象供非侵入式传感器50估计的物理位置附近或周围的各种不同位置处。因此,在一些实例中,输入传感器60A-60N可以位于器皿上以测量要确定其流体参数(如液位、液体温度、液体压强等等)的器皿壁的温度或湿度含量或振动。此外,输入传感器60A-60N可以设置在要由传感器系统50测量或确定输出过程现象的位置的上游和/或下游的各种位置处。在一些情况中,输入传感器60A-60N可以通过与器皿壁进行接触,侵入式地测量特定过程参数,如器皿壁的温度或振动。然而,在这些情况中,传感器60A-60N仍然是非侵入式的,因为它们没有侵入式地测量最终由传感器50测量的输出过程参数或过程现象,例如器皿中的流体的温度、流量或压强。因此,传感器60A-60N可以是已经安装在工厂中用于其他目的的传感器(如图1的现场设备中的传感器中的任意一个)或者可以安装在过程工厂中用于作为传感器系统50的一部分。

[0045] 此外,如图2中所示的,输入传感器60A-60N中的每一个耦接到逻辑单元62,其可以与输入传感器60A-60N中的一个或更多个处于相同或不同物理过程设备中。在一些实施方式中,输入传感器60A-60N可以经由一个或更多个无线通信网络、有线通信网络或线路或者任意其他类型或性质的希望的通信网络,与逻辑单元62通信。在一些情况中,这些通信网络可以是在过程工厂中已经建立或设立的通信网络如图1的任意通信网络或线路。在其他情况下,输入传感器60A-60N中的一个或更多个可以安装并且使用为传感器系统50设立或作为其一部分的独立的通信网络。传感器系统50的输入传感器60A-60N可以例如在无线类型的通信网络中与逻辑单元62连接,并且可以经由例如近场通信(NFC)网络、红外通信网络、射频标识(RFID)通信网络、蜂窝通信网络、蓝牙通信网络、任意典型的RF通信网络、无线HART网络等等将传感器测量值提供给逻辑单元62。在一些实例中,逻辑单元62可以经由例如RFID通信信号或者经由有线通信网络如HART或现场总线通信网络所供给传感器60A-60N的功率信号,向传感器60A-60N中的一个或更多个供电或提供功率。

[0046] 如图2中所示的,经由一个或更多个传感器输入接收来自传感器60A-60N的各种传

感器信号的逻辑单元62包括逻辑引擎64和模型66。逻辑引擎64可以在被示出为部分逻辑单元62的处理器68上执行,以实现存储在其中的逻辑规则或者逻辑例程,其使用由输入传感器60A-60N提供的传感器测量值和模型66来产生未由任意输入传感器60A-60N直接测量的输出过程现象的当前值或状态的估计或预测。该过程现象可以是与由输入传感器60A-60N中的一个或更多个测量的类型相同的过程现象如温度、压强、振动、流量、热量等等,或者可以是不同的过程现象。此外,由逻辑单元62确定的输出过程现象可以与由任意输入传感器60A-60N测量的过程现象处于相同或不同的位置。因此,输入传感器60A-60N中的每一个可以测量与由逻辑单元62在其输出处估计或产生的过程现象相同类型或不同类型的过程现象,或者输入传感器60A-60N中的一些可以测量与由逻辑单元62估计或产生的过程现象相同类型的过程现象,而输入传感器60A-60N中的其他输入传感器可以测量与由逻辑单元62估计或产生的过程现象不同类型的过程现象。在任意情况下,逻辑单元62取得传感器测量值,并且使用以前生成的模型66产生输出过程现象的估计值并且将该估计值或测量值提供给逻辑单元62的输出70。逻辑单元62可以经由有线或无线通信网络或任意其他类型的通信网络(包括使用典型的过程控制通信协议如HART、无线HART、现场总线、Profibus等等通信协议的网络、以太网、基于因特网协议的通信网络等等)耦接到维护/控制系统54。

[0047] 作为一个实例,非侵入式传感器系统可以使用不需要定位器与阀杆之间的物理接触的阀位置指示器以及用于指示经过疏水阀的蒸汽流量的存在的振动传感器,作为一个或更多个输入传感器。这两个设备可以通过发送它们的信息给逻辑单元或者逻辑解算器来一起工作,该逻辑单元或者逻辑解算器使用该输入来推断流体流量。在这里,只要两个测量值都在它们的仪器范围之内,就可以通过进行输入测量值与存储在逻辑解算器之中的模型的比较,凭经验断定流速。虽然该经验模型分析比较方法利用一个测量值就可行,但是其不够健壮或高性能。增加测量值并且将它们与经验模型比较将提高系统性能。可以例如在上述系统中增加温度传感器测量值,并且可以根据三维模型表面推断或确定流量。

[0048] 因此,概括而言,图2中示出的模型66是基于来自操作过程或者实验室设置中采集的过程数据来提前预先确定的,其中,该数据用于限定由传感器系统50正在测量或确定的输出过程现象与由输入传感器60A-60N测量的各种输入过程现象之间的关系。这样,逻辑单元62使用经验模型66和来自传感器60A-60N的输入来估计未由传感器60A-60N中的任意一个直接地或侵入式地测量的输出过程现象或者估计的过程现象。然而,在一些实例中,将要理解可以由传感器60A-60N中的一个或更多个间接地或非侵入式地测量由传感器系统50估计或产生的过程现象。

[0049] 如我们将理解的,实际上当今所有过程监视和控制都是基于确定性数学模型执行的。例如以下提供用于基于差分压强进行流量测量的方程来给出确定性过程流量系统的实例。可以使用连续性方程(质量守恒定律) $Q_m = \rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$, 和伯努利方程(能量守恒定律) $P_1 + 1/2 \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + 1/2 \rho v_2^2 + \rho g h_2$, 根据第一原理推导该方程。组合这两个方程得到以下流量方程:

$$[0050] Q_{mass} = N \cdot C_d \cdot Y_1 \cdot \sqrt{DP(\rho_0)}$$

[0051] 其中: Q_m =质量流速

[0052] N =单位换算因子

[0053] C_d =排放系数

[0054] Y_1 =气体膨胀因子 (ISO标准使用可膨胀性因子 ε)

[0055] E =方法因子的速度= $1/(1-\beta^4)^{1/2}$

[0056] d =差分生成器 (differential producer) 的口径 (bore)

[0057] DP =差分压强

[0058] P_t =流动条件下的流体密度

[0059] B =贝塔比率 (d/D)

[0060] 当然,这仅仅是确定性测量系统的一个实例,并且其他流量测量技术使用类似的方法,它们使用基本物理原理来做出测量(例如电线的电阻以测量温度、无维度流量数目之间的关系以用于涡流测量、特定液位测量中的容量改变等等)。在这些情况中,对感兴趣的参数的直接测量能力是测量性能的主要确定因素。

[0061] 然而,经验模型(如图2的模型66)是主要或完全基于采集的数据的。因此,经验模型与上文提供的确定性实例之间的重要区别在于经验模型不是根据关于变量之间的关系的假设得到的,并且它们不是基于数学地表示的物理原理。相反,经验模型是使用经验和观察开发的。用于建模过程控制或监视设置的发展的系统方法基于用于非侵入式传感器系统中的配置,做出实验室设置或者操作过程工厂中的观察,并且开发数据集合。数学技术然后可用于将数据集合与感兴趣的参数(如由非侵入式传感器系统确定的参数)进行相关。也可以通过相关数据的机敏观察器在现场开发该数据集合。在任意一个情况中,没有做出关于潜在物理原理的假设。

[0062] 图3示出了可被逻辑单元62用作模型66的示例性模型。在该情况中,模型66是三维模型,其关联或映射两个传感器测量值的输出值(如由非侵入式传感器60A和60B产生的),以产生温度确定或信号。在该情况中,形式为阀位置(打开百分比)和振动(以赫兹为单位)的两个输入传感器测量值用于估计经过阀或连接到该阀的其他线路的流体流量(百分比形式)。如我们将理解的,图3的三维模型示出了与振动和阀位置测量值的每个组合关联的阀流量百分比。在该情况中,因此由非侵入式传感器系统采集关于阀位置和管道振动的数据,并且使用经验模型将该数据随后与流量相关。

[0063] 如我们将理解的,图2的逻辑引擎64可以使用图3的模型66,基于由阀位置和振动传感器(其是传感器60A-60N的全部或部分)做出的测量,确定当前阀流量。当然,图3的模型66仅仅是可用于执行非侵入式传感器系统50中的过程现象变量或过程变量估计的模型的一个可能的实例,可以存在许多其他类型的可用模型,包括例如主成分分析(PCA)模型、基于回归分析的模型、部分最小二乘(PLS)模型等等。更具体地,将通常基于用于将传感器60A-60N的各种值与由传感器系统50测量或确定的过程现象的值、范围或状态关联的测量数据建立模型66。测量数据实际上限定关于被估计的变量或过程现象的一个或更多个变量测量值之间的关系。

[0064] 当然,该基于经验模型的传感器方法不限于确定流体流量的过程现象,并且可以实现使用该相同概念来测量罐中的液位(使用例如测压元件和多个红外温度传感器)、锈蚀或任意其他过程现象的其他系统。

[0065] 此外,通过比较来自传感器系统50的输入传感器60A-60N的传感器信号,可以获得附加信息。例如,如果传感器60A-60N中的一个传感器的其中一个测量值超出范围并且另一

个在范围之内，则可以断定超出范围的仪器处于故障条件。为了利用该概念，图2的传感器系统50被示出为包括诊断单元72，其可用于检测输入传感器或测量设备60A-60N中的一个或更多个中的差错或故障。具体而言，诊断单元72可以将传感器测量的不同值彼此比较并且/或者可以使用关于传感器测量60A-60N的其他类型的信息，以确定传感器60A-60N中的任意一个是否是故障的或者不正确地运行的。作为一个实例，(可以被实现为在处理器设备68上执行的软件的)诊断单元72可以当将来自输入传感器60A-60N的传感器测量值中的一个或更多个与来自一个或更多个其他传感器60A-60N的其他传感器测量值中的一个或更多个的值进行比较时，检测来自输入传感器60A-60N的传感器测量值中的一个或更多个何时超出范围或者处于非典型的范围中。诊断单元72然后可以基于该观察，确定超出范围的传感器是故障的。更具体地，当开发模型66时，可以分析为了开发模型(即传感器60A-60N的各种传感器测量值与输出过程现象之间的关系)而采集的传感器数据，以确定来自传感器60A-60N自身的传感器测量值中的两个或更多个之间的关系。因此，可以例如确定由其中一个输入传感器60测量的温度一般或总是小于(就测量范围或百分比而言)来自另一个输入传感器60的振动测量值，或者当来自第三输入传感器60的压强测量值高于测量压强范围的50%时温度测量值一般触碰最大值。在这些情况中，与这些关系中的一个或更多个的检测到的温度测量值(从输入温度传感器传递的)偏差可能导致诊断单元72检测到温度传感器是故障的并且需要修复或更换。在另一个实施方式中，诊断单元72可以使用标题为“Method and Apparatus for Detecting and Identifying Faulty Sensors in a Process”的美国专利号5,680,409中公开的任意故障传感器检测方法，该专利通过参考的方式被整体明确并入本文。在任意情况下，诊断单元72可以与逻辑引擎64和模型66并行地操作，以产生故障传感器指示，其还可以被提供给维护/控制系统54并且以任意希望的方式使用。

[0066] 此外，如我们将理解的，传感器系统50的逻辑单元62和诊断单元72可以使用任意希望的通信技术，包括有线或无线通信网络，可通信地耦接到维护/控制系统54。事实上，输入传感器设备60A-60N与逻辑解算器62之间的通信可以是无线的或有线的。在无线连接的情况下，对于许多应用来说距离较短。该特征允许使用诸如RFID的通信方法/技术，在其中可以建立逻辑单元62以向测量设备60供电。当然从逻辑单元62到主机系统的通信可以是无线的(例如使用无线HART网络、无线因特网)，或者可以是有线的，使用例如常规双绞线有线技术如与4-20mA、HART、Modbus、基础现场总线、Profibus或其他已知过程控制协议相关联的那些。

[0067] 图4示出了在其中安装并且操作非侵入式传感器系统50的一个示例性过程工厂90或过程工厂90的一部分。具体地，图4的工厂90包括罐100，其具有安装在其上的振动传感器102、温度传感器104和阀位置传感器106形式的三个非侵入式输入传感器。振动传感器102可以测量罐100的壁的振动，温度传感器104可以测量或者被连接为在特定位置测量罐100的壁的温度，并且阀位置传感器106可以被安装为测量阀的操作，如检测阀关闭元件位置。如图4中所示的，传感器102、104和106中的每一个经由例如无线通信网络可通信地耦接到逻辑引擎108。在该情况下，逻辑引擎108存储在存储器中并且在另一个过程控制设备如I/O设备、另一个现场设备如阀、过程控制器等等的处理器上执行。此外，用于接收来自传感器102、104和106的测量值的逻辑引擎108包括用于基于分别由传感器102、104和106做出的振动、温度和阀位置测量来确定罐100中的流体的压强的模型109。逻辑引擎108进行操作以例

如使用为该目的所设计的模型109产生罐100中的压强的估计。逻辑单元108的输出经由通信网络110(其被显示为有线通信网络但是也可以是无线通信网络)可通信地连接到控制系统和/或维护系统。当然,传感器102、104和106可以是图1的任意现场设备,逻辑单元108可以在图1的任意设备内部,并且传感器102、104和106与逻辑单元108之间或者逻辑单元108与主机设备之间的通信网络可以是图1中所述的任意通信网络。在一个情况中,传感器102、104或106可以测量用于控制过程的过程控制参数,并且还可以测量一个或更多个辅助物理现象,其中,一个或更多个辅助物理现象是被发送给逻辑模块108的测量的物理现象。在其他情况下,测量的过程控制参数可以是被发送给逻辑模块108的测量的物理过程现象。

[0068] 作为另一个实例,图5示出了一个非侵入式传感器系统,其中,传感器102、104和106类似地设置在罐100上。然而,在该情况中,逻辑单元108设置在其中一个传感器设备中,在该情况中是传感器设备104。在这里,传感器102和106经由例如无线通信网络与传感器104可通信地耦接,并且经由这些通信网络提供它们的测量值给逻辑引擎108,而传感器104经由内部通信连接提供它的测量值给逻辑单元108。在该情况中,逻辑单元108可以经由主过程控制通信网络、辅助通信网络等等,经由通信线路110连接到过程控制系统。通信线路或网络110可以例如是无线或有线过程控制通信网络或者任意其他希望类型的网络。当然,任意数量和类型的传感器可用于图4和图5中的非侵入式传感器系统,并且这些系统的特定的传感器和逻辑单元可以用各种不同方式配置并且连接在一起以实现本文所述的传感器技术。

[0069] 作为另一个更具体的实例,图6描述了使用侵入式和/或非侵入式传感器的阵列作为分析传感器的一部分的系统,其基于与传感器测量相关的模型提供特定过程变量或现象的测量值。具体地,图6的系统涉及通常在天然气井中用于增加产量的柱塞抬升技术。作为背景,当水自然地在天然气井的底部积聚时,来自该井的天然气的流量减缓,最终完全停止。一般在天然气井中提供柱塞抬升系统以通过从井筒除水来从井底部除水(并且因此增加来自该井的天然气流量)。更具体地,柱塞抬升系统迫使柱塞从井底部贯穿到井顶部,然后迫使井筒中的水到井顶部,在井顶部来自井筒的水被排放,从而使得气体能够以更高速率从井中流出。

[0070] 一般而言,柱塞抬升系统测量井的气体流量和压强,并且进行操作以调节电动阀的打开和关闭,其因而控制柱塞的下降和上升。当气体流量减小到特定点时,电动阀关闭,导致柱塞下降经过水到达井底部。当压强积聚到足够大时,电动阀再次打开,允许积聚压强推动柱塞回到井口,推出柱塞前面的水。气井产量的最佳效率需要柱塞何时触碰井底部的知识,以便能够尽快开始朝向井顶部移动柱塞,同时还确保在柱塞的上升开始之前,柱塞到达井底部。概括而言,已知井口处的压强测量异常对应于柱塞下降期间的特定事件(例如柱塞触碰水的表面或者井底部)。

[0071] 更具体地,当新的天然气井第一次开始其操作时,气体一般在通常出现在储蓄池中的高压的辅助之下,从地面之下自由地流动到地表。然而,很久之后水才开始流进气井底部。结果导致的水柱背压与储蓄池压强下降一起导致天然气流动减缓并且最终完全停止。该问题的一个普通技术方案是使用柱塞系统将水从井里抬出。图6示出了具有柱塞抬升系统的典型气井150,柱塞抬升系统具有柱塞152,柱塞152是与井的中央管路具有近似相同的直径并且在井筒154中自由地上下移动的设备。电动阀156用于打开和关闭井150,导致柱塞

152行进到井的顶部或底部,如稍后描述的。缓冲弹簧160位于井150底部以当柱塞152触碰井150底部时防止对柱塞152的损坏。此外捕捉器161和到达传感器162设置在井顶部152并且进行操作以当柱塞152来到井150顶部时捕捉柱塞152。到达传感器162生成电子信号用于指示柱塞152的到达。润滑器164设置在捕捉器161上部并且进行操作以将油或其他润滑剂应用于柱塞152,以确保柱塞152将自由地移动经过管路。电子控制器166通过接收可用测量信号(例如来自管路压强传感器168的管路压强和来自传感器162的柱塞到达)并且通过发送命令给电动阀156以在适当的时间打开或关闭来操作井150。

[0072] 在操作期间,水积聚在井150底部,并且随着越来越多的水积聚在井150底部,流出井150的天然气越来越少。在该时间期间,气体流动的压强使柱塞152保持靠近润滑器164。在气体流量下降到特定极限以下之后,控制器166关闭电动阀156,停止气体的流动,并且因而导致柱塞152下降到井管路或井筒154。柱塞152一般下降经过管路中的空气一段时间,之后柱塞152触碰井筒154中的水。另外,柱塞152下降经过空气的速度一般比经过水快得多。柱塞152通常具有一些类型的校验阀、或者其他特殊工程制造的密封件,其允许柱塞152自由地下降经过水,同时能够将水推动回到表面。

[0073] 最后,柱塞152在井150的底部触碰缓冲弹簧160。在这里,需要将柱塞152位于井150的底部的时间量最小化,因为气体生产商希望井150尽快回到完全生产。在井150被关闭特定时间长度(被称为关闭时间段)(足够长以使得柱塞152到达底部)之后,控制器166打开电动阀156,并且井150的内部压强将柱塞152推动回到顶部。随着柱塞152行进回到井150的顶部,柱塞152推动它前面的水弹。在柱塞152到达顶部并且水被去除之后,天然气再次自由地流动。气体将自由地流动直到水再次积聚在井150的底部为止,此时柱塞循环重新开始。

[0074] 由于天然气生产商可能运营数千个井,所以关于任意给定井的仪器和控制是非常小的。有时候,在井150上进行的测量只是两个绝对压强发射器,一个测量管路压强168(柱塞152下降经过以及气体正常流动经过的中央管道)并且另一个测量壳体压强(又被称为环部——包括管路的外部中空)。在一些情况中,可以仅仅提供这些传感器中的一个或一个都不提供。至少还存在电动阀156和电子控制器166,其中,电动阀156打开和关闭以控制柱塞152下降到井150的底部或者来到井150的顶部,电子控制器166可以是可编程逻辑控制器(PLC)或者远程操作员控制台(ROC)。控制器166接收可用测量信号并且在适当的时间打开和关闭电动阀156,以便保持井最佳地进行操作。有时候还可以存在柱塞到达传感器162(其感测柱塞152何时到达井口)或者温度测量传感器或用于测量气体的流速的流量传感器。无论出现这些测量中的哪一个,它们都是在井的顶部做出的测量。在井的底部处或内还没有永久仪器或测量。因此,控制器166仅需要基于在井口处的这些测量,执行柱塞循环控制。

[0075] 利用柱塞抬升技术的气井控制的一个重要的方面在于井150必须关停合适的时间长度。这是非常至关重要的,因为井150必须关停足够长时间以便柱塞152到达底部。如果柱塞152没有自始至终到达底部,则当打开电动阀156时,不能去除所有的水,并且井150不会返回到最佳生产。在该情况中,柱塞152下降并且返回所花费的时间(其可以是30分钟到数小时)将被浪费。更至关重要的是如果电动阀156在柱塞152触碰水之前打开,则井150中的大的压强导致柱塞152将不被水减缓并且将以非常高的速度上升到井筒154,这可能损坏柱塞152或捕捉器161或润滑器164或者甚至将捕捉器161完全吹出井口。

[0076] 由于使柱塞152过早倒退的危险,大部分井控制策略具有内置的“安全因素”。这些

系统因此将足够长时间地关停井150以便柱塞152到达底部,加上一些附加时间,仅仅为了确保柱塞152确实实际上一直到达底部。这里的缺点在于柱塞152搁置在井150的底部的时间就是气井150不生产的时间。柱塞152搁置在底部的时间越长,则气井150返回完全生产之前的时间越长。

[0077] 为了解决该问题,如上所述的非侵入式传感器系统可以单独或与一个或更多个压强传感器(如图6的压强传感器168)一起使用一个或更多个非侵入式传感器来检测柱塞152何时触碰井的底部。

[0078] 如图7中所示,来自压强传感器168的压强测量值的图表整体指示与柱塞152的操作相关联的各种不同时间或阶段。具体地,图7的图示出了三个柱塞循环期间在井口处测量的管路压强。图7中的箭头标记柱塞循环中通常已知的点,即柱塞152何时到达井口、电动阀156何时关闭以及电动阀156何时打开。关停周期(柱塞152下降的时间加上柱塞152搁置在底部上的时间)是在当电动阀156关闭时和当其再次打开时之间的时间。图8示出了以归一化的时间刻度示出了在多个柱塞循环期间在井管路中的压强的图表。如在该图中将看出的,每个柱塞循环图表包括在电动阀156打开(并且管路压强开始减小)之前不久的小的压强提升(斜率增加)。该提升对应于当柱塞152触碰井底部时。以类似的方式,图9示出了一个关停周期的管路压强数据的图表,并且指示该管路压强数据附加地包括当柱塞152触碰底部时在压强中的小的提升。

[0079] 然而,在管道压强数据中可能难以单独地检测出该小的提升以检测柱塞152到达井的底部。然而,向系统增加附加的非侵入式传感器以按照上述方式创建传感器提供了一种能够更准确地检测柱塞152到达井150的底部的更鲁棒的传感器。如图6中所示的,可以例如在井150的顶部一侧增加振动传感器170,以获取井壳体的振动,并且可以在井壳体的外部增加表面温度传感器172以指示产品(例如气体)的流量。图10和11分别提供了可以由这种测量设备测量的示例性振动传感器测量值和温度传感器测量值的图表。如上文所整体地解释的,这些测量值与上述或者图8-10中所示的管路压强测量值之间的相关可以提供能够在该情况下(即柱塞152到达井150的底部的情况下)预测或者更好地测量物理现象的鲁棒分析模型的创建,其随后将允许控制器166立即打开电动阀156以允许气体流动以及柱塞152退回到井150,以尽可能快地结束井150的关停周期。应该注意到,在该情况下,图10和11的图表不是说明柱塞抬升系统中的实际测量的温度和振动,而仅仅是这种测量的估计值。在任意情况下,基于由压强传感器168(其可以是侵入式传感器)和振动传感器170和温度传感器172(其是非侵入式的)做出的测量,设置在控制器166中的非侵入式传感器系统可以进行操作以提供柱塞152到达井150的底部的鲁棒并且准确的检测。可替换地,其他类型的传感器可以用作非侵入式传感器,包括例如声音传感器。类似地,在井150在管路中不包括压强传感器168来直接测量管路压强的情况下,本文所述的非侵入式传感器系统可以包括设置在井筒154的压强边界之外的各种非侵入式传感器(如振动、声音、温度等等传感器),其按照本文所述的方式组合为非侵入式传感器系统以确定井筒154中的压强。

[0080] 当然,如我们将理解的,用于非侵入式传感器系统中的逻辑引擎中的经验模型的开发是至关重要的,因为需要该经验模型将由输入传感器产生的传感器测量值转换成由非侵入式传感器系统测量或确定的过程现象的估计值。在通常意义上,模型是经验模型,因为该模型是基于针对过程采集的数据来限定各种测量参数与由非侵入式传感器系统确定的

参数或过程现象之间的关系。

[0081] 图12示出了用于生成该模型的方法。如图12的左侧所示的,可以通过首先将数据获取设备260A-260N(即传感器)放置在功能或操作过程环境中来开发该模型,其中,数据获取设备或传感器测量预先确定或者至少被确信与待测量的输出过程现象的估计值有关(以某种方式相关)的位置处的该类型的过程现象。此后,以这样一种方式操作过程,即,改变将要由非侵入式传感器系统估计或确定的、待开发其模型的过程现象,并且将输入和输出过程现象数据采集到系统中。在这里,来自所安装的传感器260A-260N的传感器值被采集并且存储,以测量输入过程现象,以及与将要由非侵入式传感器系统确定的输出过程现象相关的数据或测量值。输出过程现象可以由所安装的传感器270直接测量,或者可以例如通过取得过程流体采样并且在实验室中分析这些采样来离线地测量或确定。因此将要由非侵入式传感器系统确定的输出过程现象的测量值可以直接地测量,如利用临时安装的传感器,或者可以间接地测量,如通过基于过程输出或者来自过程的稍后确定的实验室测量值而计算或其他测量。

[0082] 在任意情况下,当所有数据被采集时,模型建立器应用280用于使用来自各种传感器的采集数据生成模型。该模型然后提供给并且存储在逻辑单元290中。此后,可以操作逻辑单元290,以基于关于由非侵入式传感器系统确定的输出过程现象而非侵入式地取得的传感器测量值,产生被测量的输出过程现象的估计值。

[0083] 在另一个情况中,可以在实验室环境而不是在操作工厂开发该模型。在该情况下,可以建立与过程环境类似的但是在完全受控的条件下操作的实验室环境。实验室设备然后可以用于改变由非侵入式传感器系统确定的输出过程现象,以测量或采集这些值以及用于输入传感器的值并且该数据然后用于创建并且存储模型。在任意事件中,在许多情况下,实验室环境将是用于开发模型的较好环境,因为实验室环境一般可以更严格地控制并且一般更易于访问和使用以能够在这些传感器和过程的希望的操作范围上获取非侵入式传感器系统的输入和输出的测量值。

[0084] 再次参考图12,在实验室环境或过程环境中,数据获取单元295连接到各种在线非侵入式传感器。在这里,数据获取单元295连接到用于采集模型输入数据的各种传感器260A-260N和用于测量或确定输出过程现象的一个或多个传感器270。过程的过程控制器(图12中未显示)可以控制该过程循环或遍历各种范围或者各种不同阶段或者状态,因而得到在实际过程操作期间预计将来要遇到的正常值范围上的输出过程现象。在该时间期间,输入和输出传感器采集数据并且给数据盖时间戳,该数据将用于确定模型的输入/输出关系。因此,概括而言,在该时间期间,可以经由一个或更多个控制例程以各种不同的方式打乱过程,这导致过程流体或过程遍历各种不同的状态、阶段或操作条件,这将产生用于建立模型的输入和输出数据的鲁棒集合。如果希望,则可以控制过程以导致各种不同的输入测量值也在它们的可能范围内改变。在任意情况下,在过程已经循环经过各种阶段或状态并且对于将要测量的输出过程现象的各种不同值获取了输入和输出数据之后,模型创建或建立器例程280使用获取的数据来产生模型,获取的数据包括获取的输入和输出数据。该模型然后提供给工厂中的逻辑单元290,以如上文更详细地描述地运行或操作。

[0085] 使用上述技术,可以如通过在要由非侵入式传感器系统测量的过程变量或过程现象之中或附近的各种位置处安装非侵入式传感器,将这些传感器耦接到逻辑引擎,并且随

后使用预先确定的模型来产生由非侵入式传感器系统测量的现象的经验估计值,来将非侵入式传感器系统容易地安装在工厂中。该非侵入式传感器系统虽然略为更加复杂但是可以更鲁棒,并且易于安装,因为其一般不需要过程关停或者侵入或者设置在难以在过程中定位或放置的各种传感器的过程中。相反,非侵入式传感器系统可以使其传感器元件设置在各种可访问位置处,以测量以某种方式与正在测量的最终过程现象相关的现象,并且可以非侵入式地做出该测量。

[0086] 可以由运行在计算机处理器上的一个或多个软件和/固件程序实现上述示例性方法和/或装置中的至少一些。然而,可以类似地构造包括但不限于专用集成电路、可编程逻辑阵列和其他硬件设备的专用硬件实现,以整体地或部分地实现上述示例性方法和/或装置中的一些或全部。此外,还可以构造包括但不限于分布式处理或组件/对象分布式处理、并行处理或虚拟机处理的可替换的软件实现,以实现上述示例性方法和/或系统。

[0087] 应该注意到,本文所述的示例性软件和/固件实现可以存储在有形存储介质如磁介质(例如磁盘或磁带)、磁光或光介质如光盘或固态介质如存储卡或容纳一个或多个只读(非易失性)存储器、随机访问存储器或其他可重写(易失性)存储器的其他封装。因此,本文所述的示例性软件和/或固件可以存储在如上文所述的那些有形存储介质或者后续存储介质上。以上说明书参考特定标准和协议来描述示例性的组件和功能,要理解本专利的范围不限于该标准和协议。例如用于因特网和其他分组交换网络传输(例如传输控制协议(TCP) /因特网协议(IP)、用户数据报协议(UDP) /IP、超文本标记语言(HTML)、超文本传输协议(HTTP))标准中的每一个表示当前技术的实例。该标准被具有相同通用功能的更快速或者更有效的等同形式周期性地替代。因此,具有相同功能的替换标准和协议是本专利想到的等同形式并且意图被包括在所附权利要求的范围中。

[0088] 另外,虽然本专利公开了包括在硬件上执行的软件和固件的示例性方法和装置,但是应该注意,该系统仅仅是示例性的并且不被视为用于限制。例如可以想到可以唯一地用硬件、唯一地用软件、唯一地用固件或者用硬件、软件和/或固件的一些组合来实现这些硬件和软件组件中的任意一个或全部。因此,虽然以上说明书描述了示例性的方法、系统和/或机器可访问介质,但是该实例不是用于实现该方法、系统和机器可访问介质的唯一方式。因此,虽然本文已经描述了特定方法、系统和机器可访问介质,但是本专利的覆盖范围不限于此。

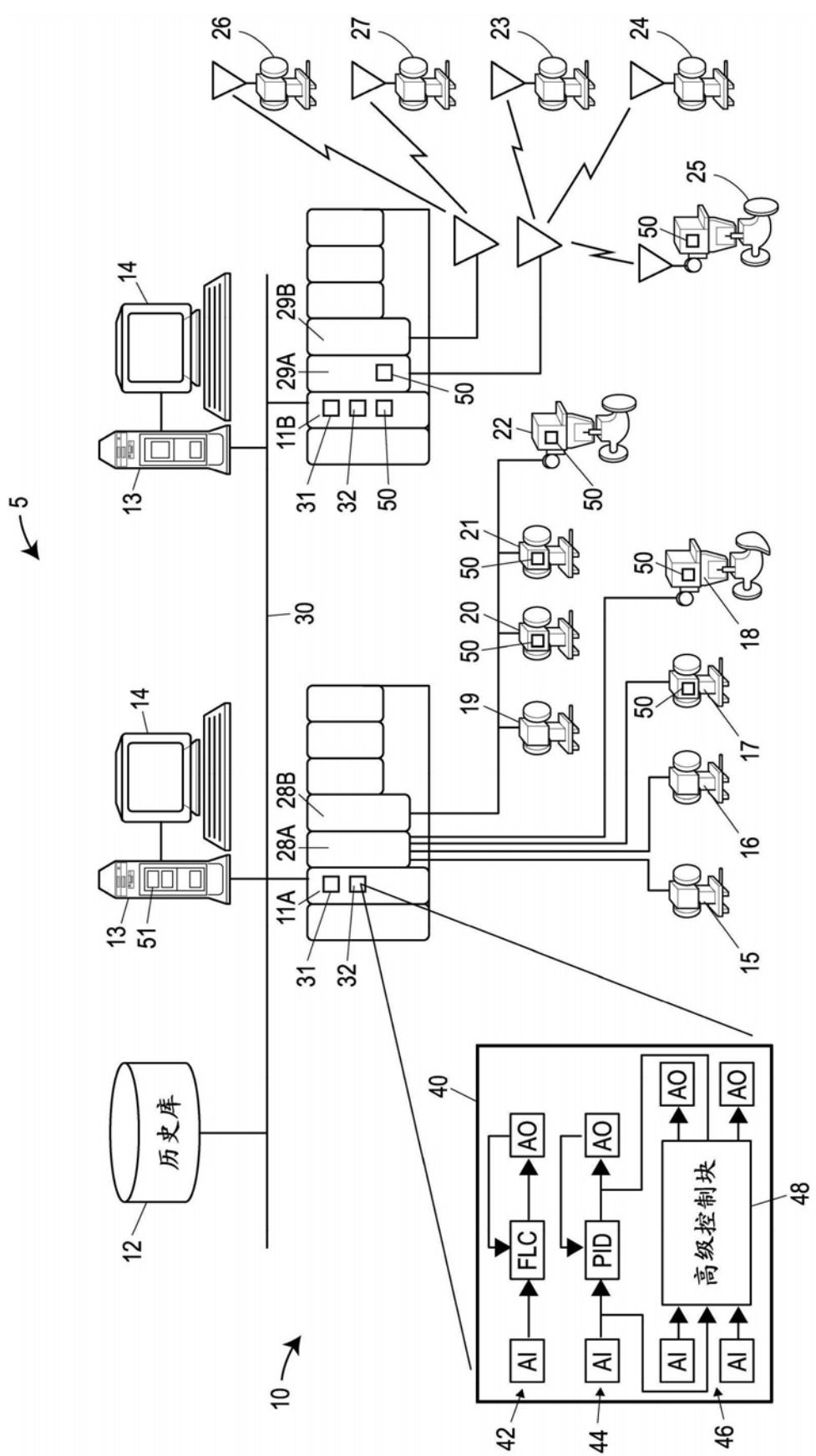


图1

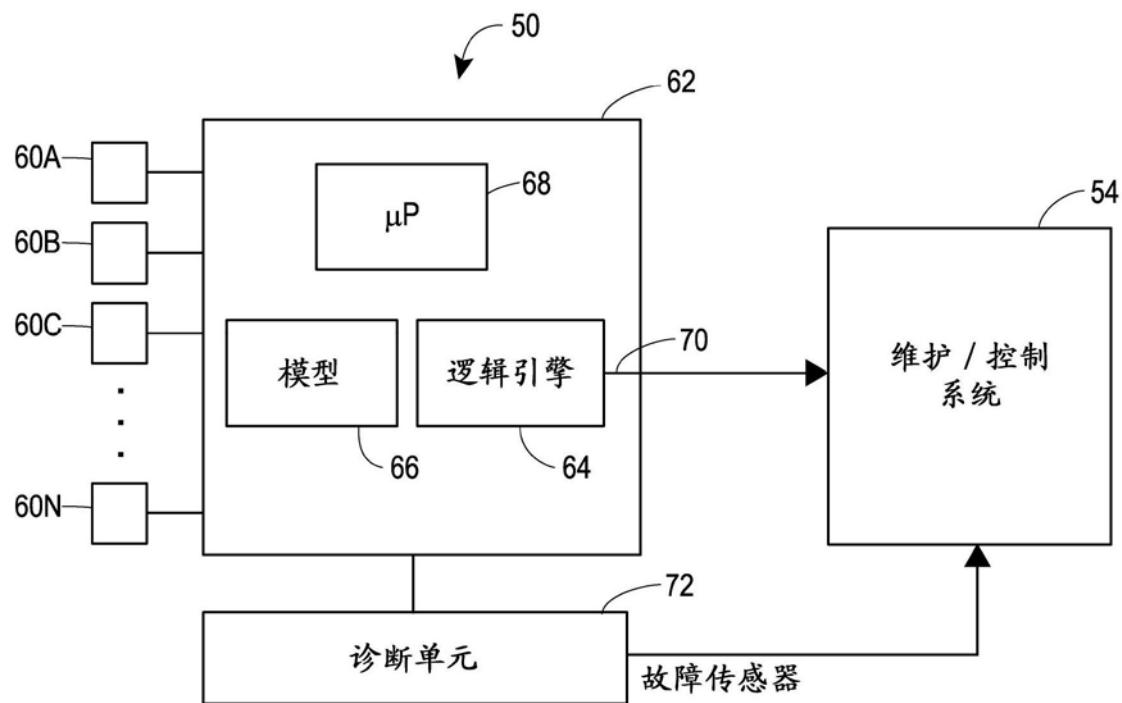


图2

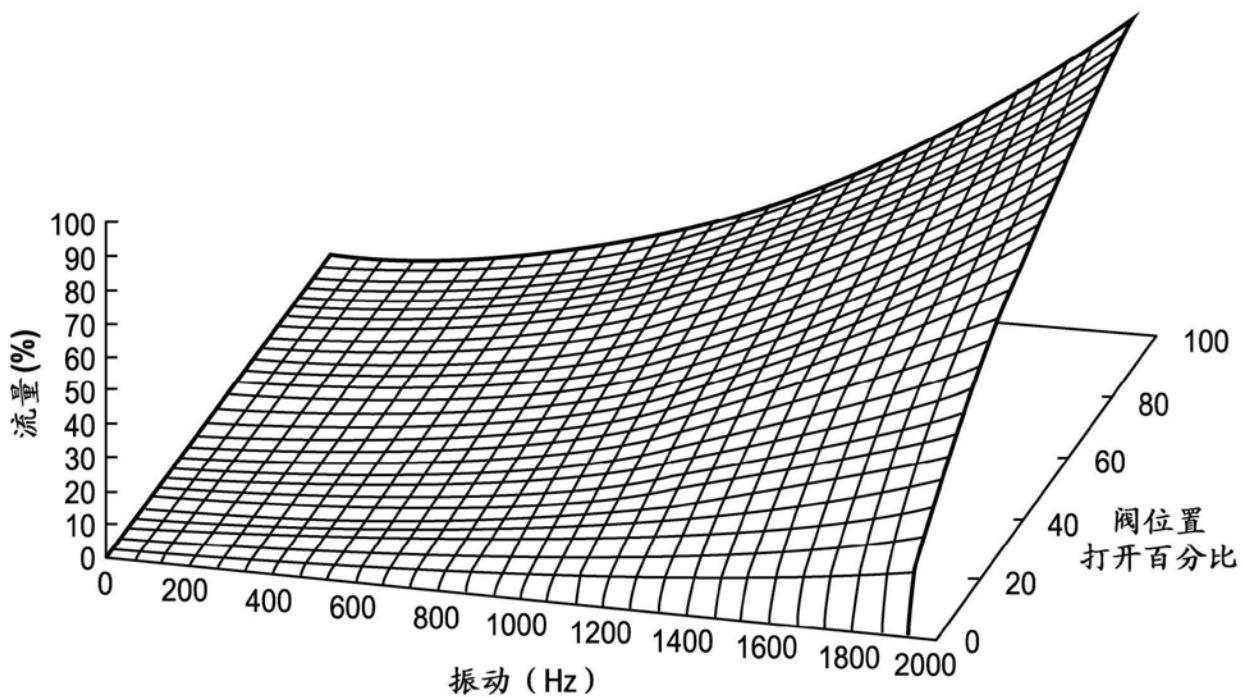


图3

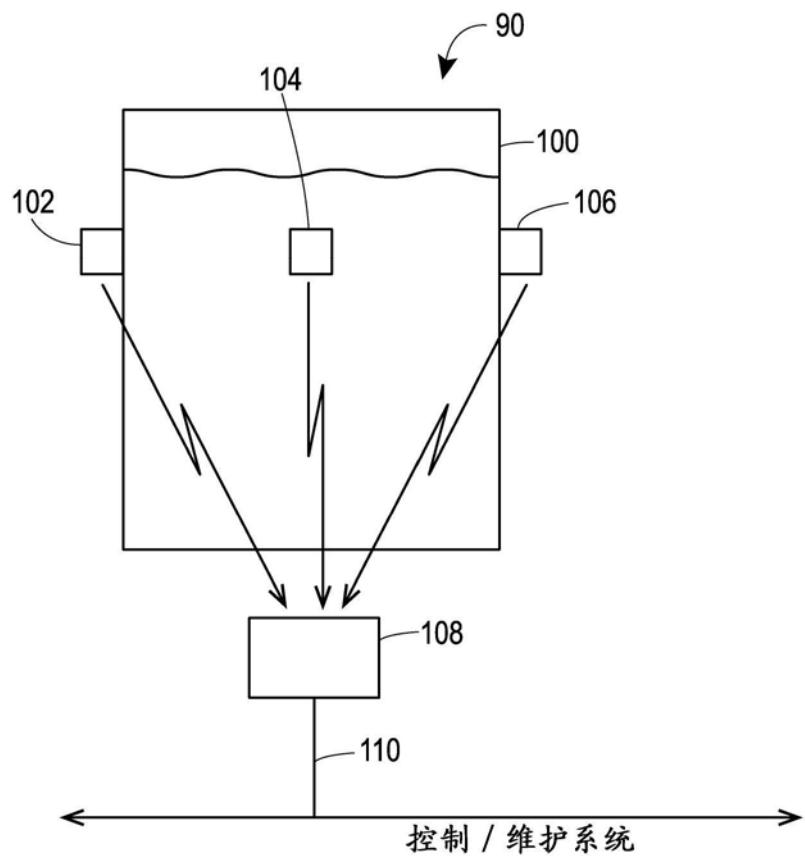


图4

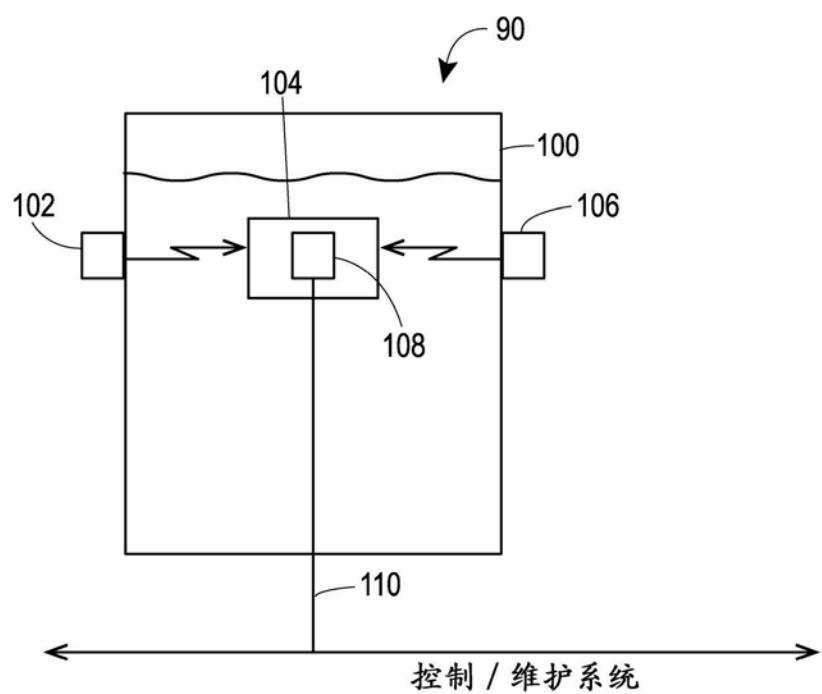


图5

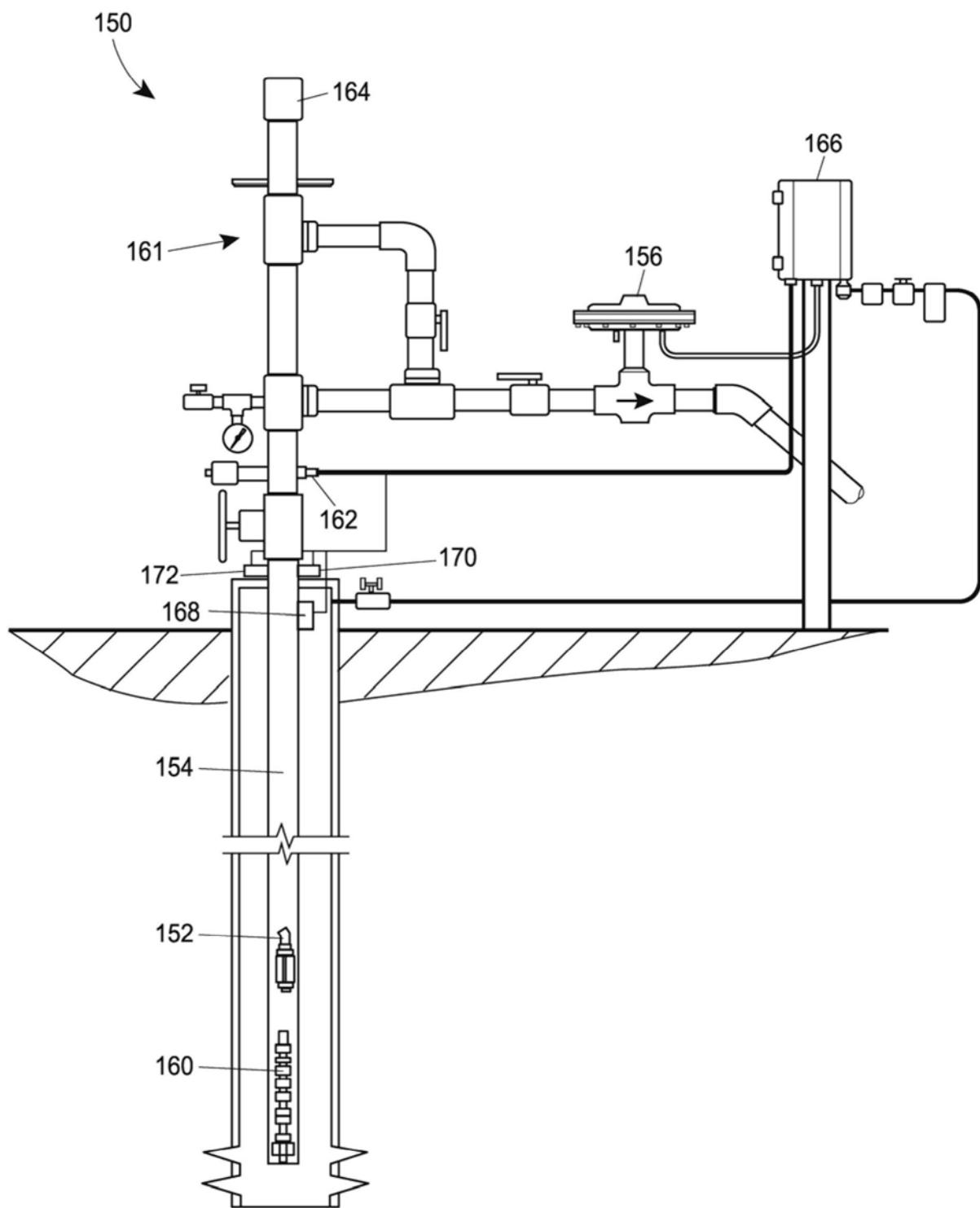


图6

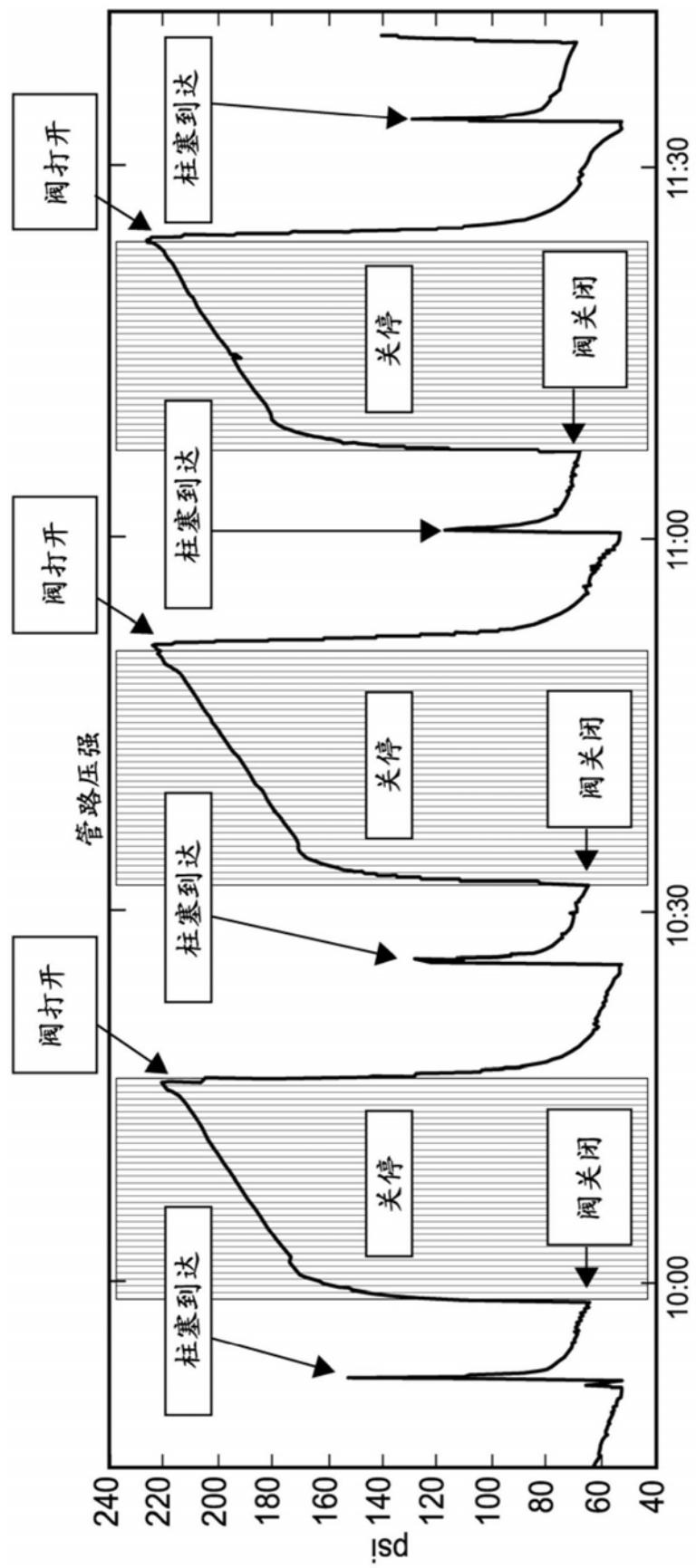


图7

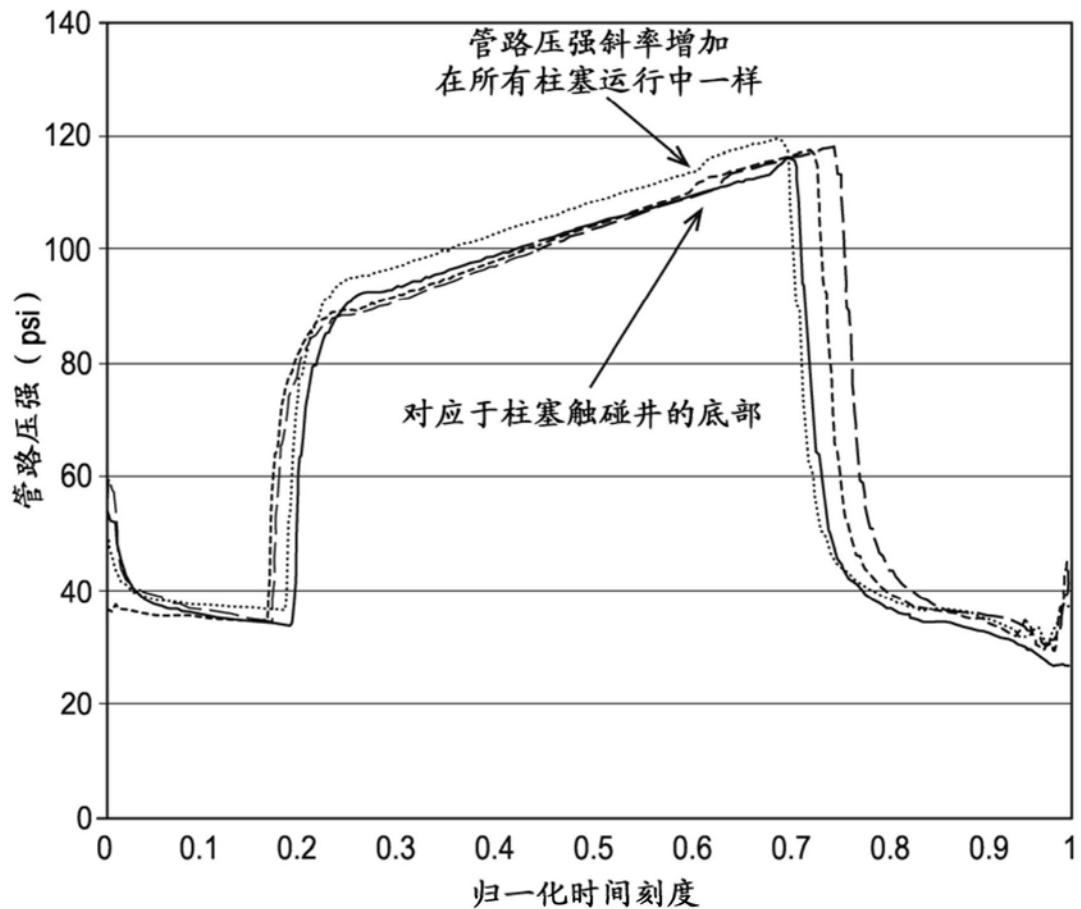


图8

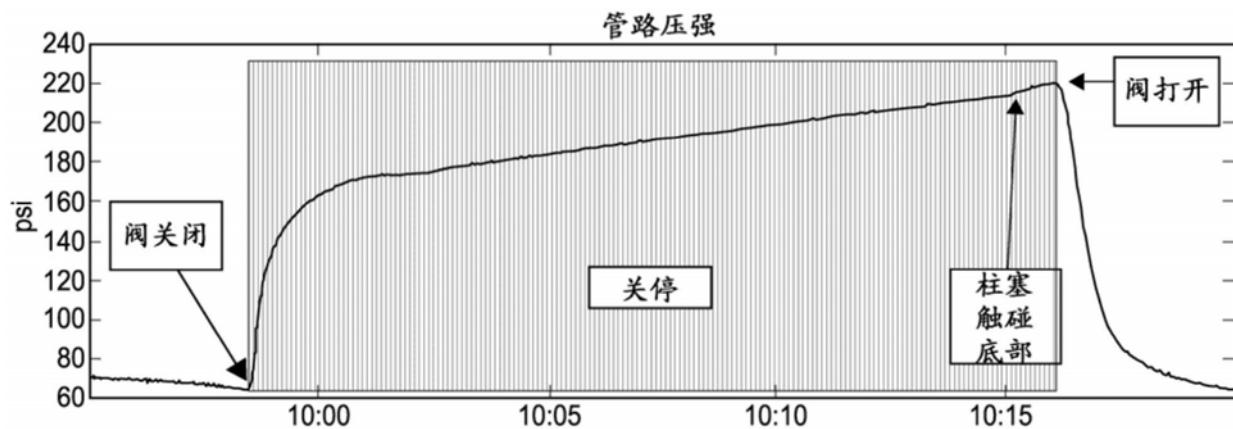


图9

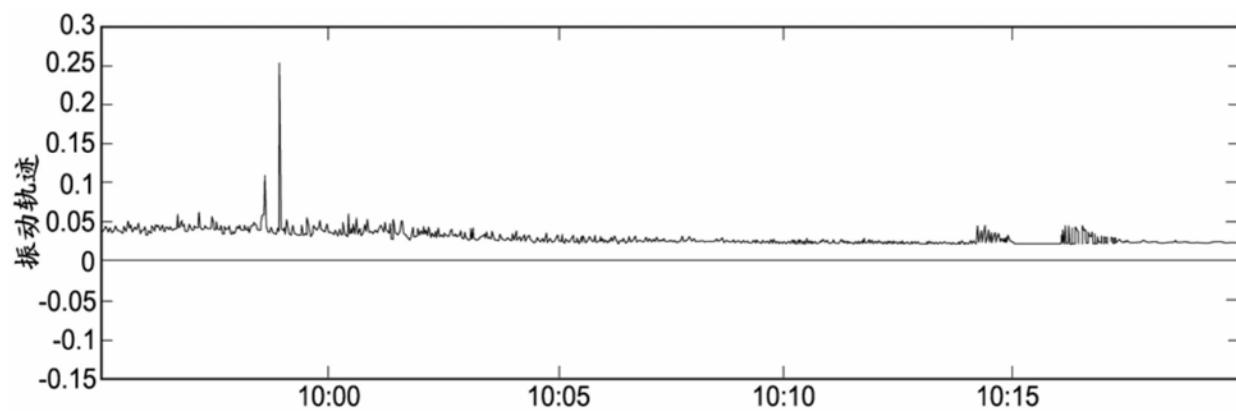


图10

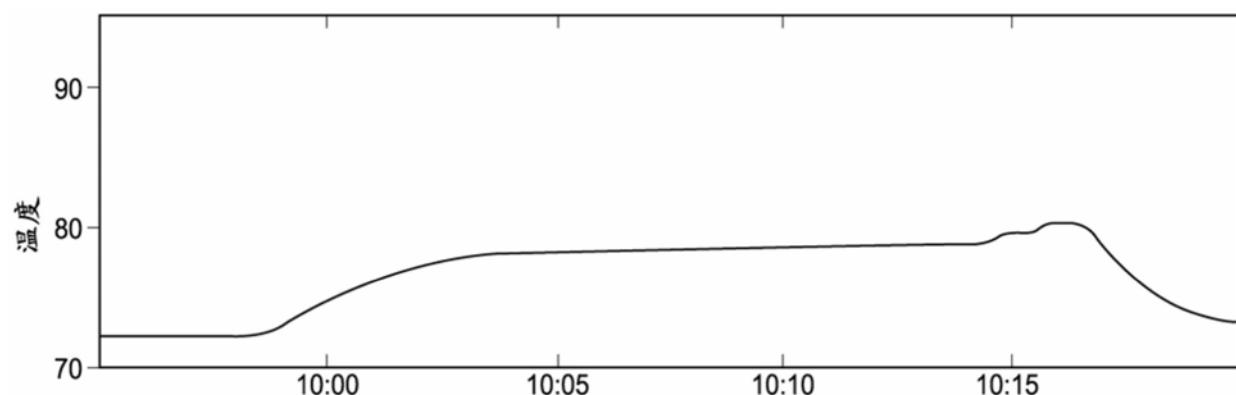


图11

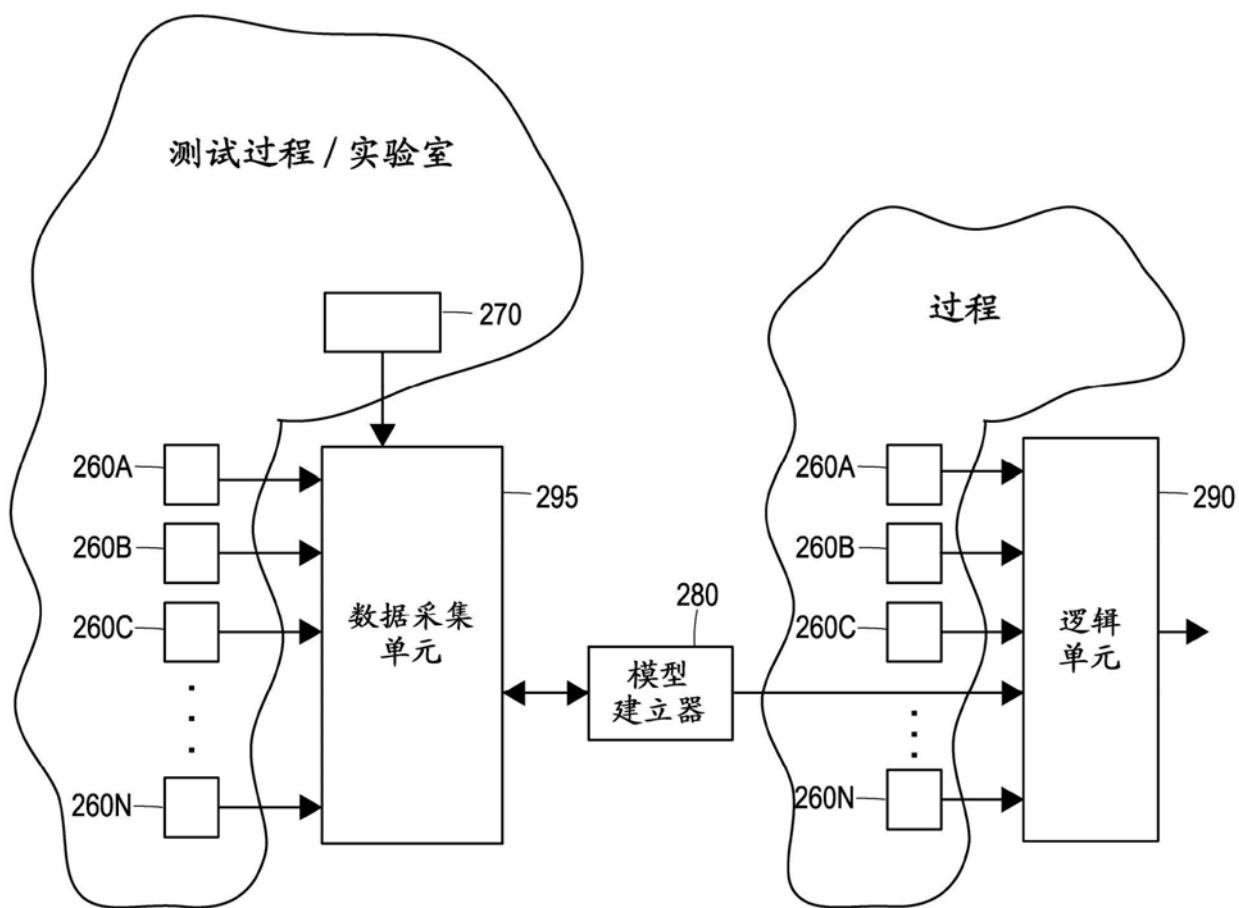


图12