

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G05B 23/02 (2006.01)

G07C 3/00 (2006.01)

G05B 9/02 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480015578.9

[43] 公开日 2006年7月5日

[11] 公开号 CN 1799013A

[22] 申请日 2004.6.3

[21] 申请号 200480015578.9

[30] 优先权

[32] 2003.6.5 [33] US [31] 10/455,815

[86] 国际申请 PCT/US2004/017300 2004.6.3

[87] 国际公布 WO2004/109416 英 2004.12.16

[85] 进入国家阶段日期 2005.12.5

[71] 申请人 罗斯蒙德公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 埃夫伦·埃尔于雷克

卡德·卡瓦科尼奥格鲁

斯蒂芬·R·埃斯博德特

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 刘晓峰

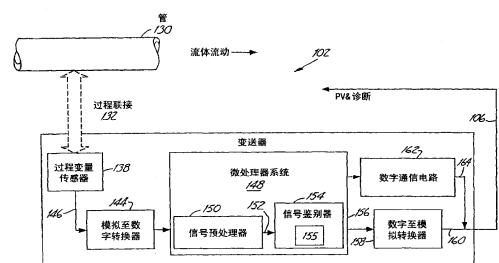
权利要求书 4 页 说明书 11 页 附图 9 页

## [54] 发明名称

使用过程变量传感器信号的过程装置诊断

## [57] 摘要

一种诊断装置，用于使用在过程控制系统中，所述诊断装置接收与通过过程变量传感器(132)所传感的过程的过程变量相关的传感器信号(146)。信号预处理器(150)提供传感器功率信号输出作为传感器信号中的功率的频率分布的函数。过程的条件基于传感器功率信号来确定。



1. 一种用于使用在过程控制系统中的诊断装置，包括：  
传感器信号输入，所述传感器信号与过程的过程流体的过程变量相  
5 关，过程变量通过过程变量传感器所传感；  
与传感器输入连接的信号预处理器，具有作为传感器信号中的功率的  
频率分布的函数的传感器功率信号输出；以及  
信号鉴别器，连接到传感器功率信号输出，具有与过程的条件相关的  
条件输出。
- 10 2. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，传感器信号具有至少大约50Hz的频谱。
3. 一种包括权利要求1的诊断装置的变送器。
4. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，过程变量传感器包括压力传感器。
- 15 5. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，过程变量传感器包括磁通流量计中的电极。
6. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，过程变量传感器包括涡旋流量计中的传感器。
7. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，过程变量传感器包  
20 括科里奥利流量计中的传感器。
8. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，信号预处理器将传感器信号的频率范围分离。
9. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，信号预处理器分离传感器信号的频率范围。
- 25 10. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，传感器信号具有在大约0Hz和大约200Hz之间的频率。
11. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，所述函数包括功率谱密度。
- 30 12. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，所述函数涉及传感器信号的傅立叶变换。

13. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，所述函数包括传感器信号的小波变换。
14. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，信号预处理器包括滤波器。
- 5 15. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，条件涉及处理控制装置的操作。
16. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，诊断装置以过程监测器实施。
17. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，诊断装置以控制  
10 系统实施。
18. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，诊断装置连接到通信总线。
19. 根据权利要求18所述的诊断装置，其特征在于，通信总线包括双线回路。
- 15 20. 根据权利要求19所述的诊断装置，其特征在于，诊断装置完全用来自双线回路接收的功率来提供动力。
21. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，传感器功率信号输出涉及在过程的过程流体中所承载的振动噪音信号。
22. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，过程变量传感器  
20 包括超声流量计中的传感器。
23. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，过程的条件与从由阀、泵、泵密封件、排放系统、致动器、螺线管、压缩机、涡轮、搅动器、阻尼器、管路、固定件和箱所构成的组中选择的过程装置的条件相关。
24. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，信号鉴别器将  
25 传感器功率信号与所存储的值进行比较。
25. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，信号鉴别器包括神经网络。
26. 根据权利要求1所述的诊断装置，其特征在于，信号鉴别器包括模糊逻辑。
- 30 27. 一种在过程控制环境中执行的诊断方法，所述方法包括：

获得过程变量传感器信号；

确定过程变量传感器信号中的功率的频率分布；以及

评估过程变量传感器信号中的功率频率分布并提供与过程相关的条件输出。

5        28. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，确定包括对过程变量传感器信号进行滤波。

29. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，确定包括在过程变量传感器信号上执行傅立叶变换。

10       30. 根据权利要求29所述的方法，其特征在于，确定包括执行小波变换。

31. 根据权利要求30所述的方法，其特征在于，小波变化包括执行离散小波变换。

32. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，评估包括将过程变量传感器信号中的功率频率分布与所存储的值进行比较。

15       33. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，评估包括将过程变量传感器信号中的功率频率分布与神经网络评估。

34. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，评估包括对过程变量传感器信号中的功率频率分布应用规则。

20       35. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，过程变量传感器信号包括压力传感器信号。

36. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，过程变量传感器信号包括来自科里奥利流量计的传感器输出。

37. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，过程变量传感器信号包括来自涡旋流量计的传感器输出。

25       38. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，过程变量传感器信号包括来自磁通流量计的电极输出。

39. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，过程变量传感器信号包括来自科里奥利流量计中的传感器的输出。

30       40. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，过程变量传感器信号具有至少大约50Hz的带宽。

41. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，条件输出与过程控制装置的条件有关。

42. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，包括用来自双线回路的功率对诊断装置完全提供功率。

5 43. 一种实施权利要求27所述的方法的过程变送器。

44. 一种实施权利要求27所述的方法的过程控制系统。

45. 一种实施权利要求27所述的方法的过程控制装置。

46. 一种实施权利要求27所述的方法的过程监测器。

10 47. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，过程变量传感器信号中的功率的频率分布包括功率谱密度。

48. 一种计算机可读介质，具有存储在其上的指令，所述指令通过诊断装置中的微处理器系统可执行以诊断过程的条件，所述指令包括：

获得过程变量传感器信号；

确定过程变量传感器信号中的功率的频率分布；以及

15 评估过程变量传感器信号中的功率的频率分布并提供与过程相关的条件输出。

49. 一种用于过程控制系统中的诊断装置，包括：

传感器信号输入，传感器信号与过程的过程流体的过程变量相关，过程变量通过过程变量传感器所传感；

20 信号预处理装置，用于确定传感器信号中的功率的频率分布；以及

信号评估装置，用于基于传感器信号中的功率的频率分布诊断所述过程的条件。

## 使用过程变量传感器信号的过程装置诊断

5

### 技术领域

本发明涉及过程装置的诊断（用于工业过程）。具体而言，本发明涉及使用过程变量传感器信号的过程诊断。

### 10 背景技术

过程控制装置被用于工业过程控制系统中以控制过程。控制装置是用于控制过程的现场装置，并包括泵、阀、致动器、螺线管、电机、搅拌器、搅动器、断路器、压碎器、辊子、压榨机、球磨机、面团揉和机、掺和机、过滤器、旋风器、离心分离器、塔、干燥器、传送器、分离器、升降机、卷扬机、加热器、冷却器或者其它。阀控制器包括与用于控制过程流体的控制流的阀相连接的阀致动器。泵控制器包括电机控制器或者连接到泵的致动器。过程控制装置的诊断可以用于识别失效的控制装置或者预测可能来临的失效。

传感振动是用于诊断过程控制装置的一种方法。诸如直接放置在控制装置上的加速计的振动传感器可以被用于传感通过所述装置产生的振动噪音。振动被隔离并通过识别超过振幅阈值或者具有作为实际或者来临的失效的指示的不正常的频率的振动来进行评估。例如，传感器被放置在泵或者电机壳体、排放阀或者与控制装置相关的凸缘上。另外的公知的诊断方法是手工检测，其中操作者从控制装置倾听不正常的声音。

25 这些公知的方法依赖于过程控制装置上的传感振动。自动诊断技术需要额外的传感器或者电路来被包括在控制装置中。这样需要，改良的诊断技术，所述改良的诊断技术不依赖于控制装置中的额外的部件，或者现有技术的不准确和费时手工检测以分离和评估振动噪音信号。

## 发明内容

使用在过程控制系统中的诊断装置包括与过程的过程流体的过程变量相关的传感器信号输入。信号预处理器提供传感器功率信号输出作为传感器信号中的功率的频率分布的函数。信号鉴别器输出与过程的条件相关的条件。也提供了一种诊断方法。

## 附图说明

- 图1是用于诊断装置的典型的流体过程环境的说明；  
图2是诊断过程的条件的压差流体流量计的方框图；  
10 图3是过程变量信号的振幅对频率对时间的视图；  
图4是离散小波变换的方框图；  
图5是显示从离散小波变换所输出的信号的视图；  
图6A是诊断过程条件的诊断装置的简化流程图；  
图6B是诊断过程的条件的诊断装置的更为详细的流程图；  
15 图7显示了磁通流量计类型诊断装置；  
图8显示了涡旋流量计类型诊断装置；  
图9显示了科里奥利（Coriolis）类型诊断装置。

## 具体实施方式

- 20 在图1中，根据本发明的一个实施例的用于诊断装置的典型环境被显示在100。在图1中，诸如配置作为压力变送器的过程变送器102的诊断装置被显示连接到控制系统104。过程变送器可以被配置用于检测一个或者多个与诸如化学、纸浆、石油、气体、制药、食物和其它流体处理厂中的浆液、液体、蒸汽和气体的过程工厂中的流体相关的过程变量。所监测的  
25 过程变量可以是压力、流动、水位、温度或者流体的其它属性。振动敏感过程变量传感器是可以传感在过程流体中所承载的振动的一种，诸如压力传感器、科里奥利流量计中的传感器、磁通流量计中的电极、涡旋或者超声流量计或者其它中的传感器。过程变送器包括一个或者多个传感器，所述传感器可以在变送器的内部或者在变送器的外部，这依赖于过程工厂的  
30 安装需要。过程变送器产生一个或者多个变送器输出，所述输出表示所传

感的过程变量或者可以使用从远程传感器接收数据检测过程。变送器输出被配置用于通过通信总线106在很长的距离之上变送到控制器或者指示器。在典型的流体过程工厂中，通信总线106可以是对变送器提供动力的4—20mA电流回路、或者现场总线连接、HART®协议通信或者至控制器、控制系统或者输出装置的光纤连接。在通过双线回路（two-wire loop）所提供动力的变送器中，功率必须保持较低以在易爆炸的环境中提供原有安全度。其它类型的通信总线也可以被使用，诸如与诸如tcp/ip的其它协议操作的网络。

在图1中，泵控制装置108和阀控制装置110被显示作为控制装置和振动噪音源的示例。控制装置通过使用通信总线106的控制系统104来制动以控制过程流体。系统104可以是维护计算机、企业计划或者监测系统或者计算机化维护测量系统或者过程控制系统。控制装置也是典型的振动噪音源。但是，振动噪音源是产生通过过程流体所承载的振动的过程中的任何元件。振动噪音信号是通过控制装置所产生的或者移动通过过程系统的过程流体所产生的任意振动信号，诸如由于气穴现象或者其它流动或者过程相关的噪音所导致的振动。阀控制装置110包括阀控制器112，所述阀控制器112控制加压气体的供给至阀致动器114，所述阀致动器114反过来制动阀116。泵控制装置包括制动泵120的电极118以将过程流体移动通过抽吸法兰管路122和排放阀124之外。控制装置和变送器都连接到过程管路130，所述过程管路130承载过程流体。通过诸如控制装置的操作所产生的振动噪音信号132传播通过过程流体和通过过程变量传感器所传感。

在图2中，方框图显示了根据本发明配置作为诊断装置的变送器102的一个实施例。其它诊断装置的示例包括控制系统104、磁通流量计250（图7）、涡旋流量计260（图8）和科里奥利流量计330（图9）。变送器102用过程变量传感器138传感管130中的过程流体的过程变量。变送器102包括将过程变量传感器138连接到管130中的过程流体的过程联接器（coupling）132。例如，联接器132可以包括脉冲线路136和用于变送器102的法兰140，用于磁通流量计250的流管（flow tube）252、用于涡旋流量计260的流管264和脱模棒（shedding bar）262、或者用于科里奥利流量计330的流管332和测量管336。过程变量传感器138的示例包括压力传感器、电极258（图



7)、传感器266 (图8) 和线圈342 (图9)。模拟至数字转换器144接收来自与过程流体的过程变量相关的过程变量传感器138的传感器输入146。模拟至数字转换器144将数字化的传感器信号提供给微处理器系统148。

微处理器系统148包括通过模拟至数字转换器144连接到传感器输入  
5 146的信号预处理器150并将诸如频率、振幅或者与过程的操作相关的信号特性的传感器信号中的信号成分分离 (isolate)。信号预处理器150提供了分离的信号输出152至信号鉴别器 (evaluator) 154。信号预处理器通过滤波、执行小波变换、执行傅立叶变换、使用神经网络、统计分析或者其它信号评估技术来分离过程变量信号的一部分。所分离的信号输出与通过  
10 传感器138所传感的过程流体中的振动噪音信号132相关。信号鉴别器154包括存储器155并提供与过程的条件相关的条件输出156。信号鉴别器154基于规则、模糊逻辑、神经网络、专家系统、小波分析或者其它信号评估技术来评估所分离的信号输出152。过程条件包括与阀、泵、泵密封件、排放系统、致动器、螺线管、压缩机、涡轮、搅动器、阻尼器、管路、  
15 固定件、箱或者过程控制系统的其它部件相关的条件、诊断、健康或者失效信息的时间。信号预处理器150和信号鉴别器154分离和评估传感器信号成分，如图6中的流程图200中所示。

根据公知的技术，微处理器系统148还基于传感器信号输入146计算过程变量。连接到微处理器系统148的数字至模拟转换器158产生用于连接到  
20 通信总线106的模拟变送器输出160。数字通信电路162产生变送器输出164。模拟输出160和诊断数据164可以根据需要连接到指示器或者控制器。

信号预处理器150被配置以分离与过程流体中的振动噪音信号132相关的信号成分。信号成分通过其中只有所需的频率或者其它诸如振幅的信号特性被识别以及它们的识别的指示被提供到隔离的信号输出152的信号  
25 处理技术来分离。根据噪音信号132的强度以及它们的频率，信号预处理器可以包括滤波器、诸如带通滤波器，以产生分离的信号输出152。对于更敏感的隔离，高级信号处理技术被利用，诸如快速傅立叶变换 (FFT) 以获得传感器信号的频谱。在一个优选的实施例中，信号预处理器150包括小波处理器，所述小波处理器使用离散小波变换对如图3、4、5所示的  
30 传感器信号执行小波分析。小波分析非常适于分析具有瞬态或者其它在时

域中非静态特性的信号。与傅立叶变换相比，小波分析保持了时域中的信息，即，当事件发生时。

小波分析是用于将时域信号变换为频域的技术，其与傅立叶变换相似，允许频率成分被识别。但是，与傅立叶变换不同，在小波变换中，输出包括与时间相关的信息。这可以以具有在一个轴上显示时间、第二轴上的频率和第三轴上的信号振幅的三维视图的形式来表达。在执行连续小波变换中，传感器信号的一部分被加窗(windowed)并与小波函数卷积。磁卷积通过在采样的开始施加小波函数来执行，将所述信号与小波函数相乘，然后在采样周期之上对所述结果积分。积分的结果被调整尺度(scaled)，并在时间等于0时提供用于连续小波变换的第一值。此点然后可以映射到三维平面上。小波函数然后向右偏移(时间向前)并且乘积和积分步骤被重复以获得另外一组数据点，所述数据点被映射到3-D空间中。此过程重复，小波移动(卷积)通过整个信号。小波函数然后被调整尺度，这改变了变换的频率分辨率，并且上述步骤被重复。

来自过程变量传感器138的传感器信号的小波变换的数据被显示在图3中。数据在三维中显示图像并形成表面170。如图3中的视图所示，由于噪音信号132，传感器信号包括由于振动噪音信号132在时间 $t_1$ 上大约1kHz上的小信号峰值以及在时间 $t_2$ 上大约100Hz上的另外的峰值。通过信号鉴别器154的后续处理，表面170或者表面170的一部分被评估以提供条件输出156。

上述的连续的小波变换需要大量的计算。因此，在一个实施例中，信号处理器150执行离散小波变换(DWT)，这非常适于以微处理器系统148来实施。一种有效的连续小波变换使用两通道子带编码器的Mallat算法。Mallat算法提供了一系列表示原始信号的单独频率成分的分开或者分解信号。图4显示了这样的其中原始传感器信号S使用Mallet算法的子带编码器分解的这样的系统的一个示例。信号S具有从0到最大值 $f_{\max}$ 的频率范围。信号同时通过具有从 $1/2f_{\max}$ 到 $f_{\max}$ 的第一高通滤波器，以及具有从0到 $1/2f_{\max}$ 的频率范围的低通滤波器。此过程被称为分解。来自高通滤波器的输出提供了“等级1”的离散小波变换系数。等级1系数表示在 $1/2f_{\max}$ 到 $f_{\max}$ 之间的输入信号的那部分时间的函数的振幅。根据需要，来自0到 $1/2f_{\max}$

低通滤波器的输出通过后续高通 ( $1/4f_{\max}-1/2 f_{\max}$ ) 和低通 ( $0-1/4f_{\max}$ ) 滤波器提供离散小波变换系数的额外的等级 (超过“等级1”)。来自各低通滤波器的输出可以进行进一步的分解, 根据需要提供额外的离散小波变换系数等级。此过程连续直到所需的分辨率被实现, 或者在分解之后保留的数据试样的数目没有产生额外的信息。小波变换的分辨率被选择以大致与传感器相同或者与需要监测振动噪音信号132所需的最小信号分辨率相同。各等级的DWT系数表示作为对于给定的频率范围的时间的函数的信号振幅。用于各频率范围的系数被级连 (concatenated) 以形成诸如图3中所示的视图。

- 5 10 15 20 25 30
- 在一些实施例中, 通过将数据添加到靠近使用在小波分析中的窗的边界的传感器信号, 填充 (padding) 被添加到所述信号。此填充减小了频域输出中的变形。此技术可以与连续小波变换或者离散小波变换一起使用。“填充”被限定为当前活动数据窗口的任一侧上的所附额外数据, 例如额外的数据点被添加, 其延伸超过任一窗口边的当前窗口的25%。在一个实施例中, 填充通过重复当前窗口中的数据的一部分来产生, 这样所添加的数据“填充”任一侧上的现有的信号。整个数据组然后拟合到二次方程, 所述二次方程用于外推超出活动数据窗口的信号的25%。

图5显示了通过传感器138所产生的信号S的示例以及在表示为等级1至等级7的七个分解等级中所产生的所获得的近似值信号。在此示例中, 信号等级7表示可以被产生的最低频DWT系数。任何进一步的分解将产生噪音。所有的等级、或者只有与振动噪音信号132相关的等级作为分离信号152被提供至信号鉴别器154。例如, 根据特定的系统配置和传感器类型, 等级2、3和5可以包括提供到信号鉴别器154的分离信号152。

- 20 25 30
- 信号鉴别器154评估从信号预处理器150所接收的分离信号152, 以及在一个实施例中, 监测在分离的信号152中所识别的频率或者特定的频率的振幅, 并且如果超过阈值提供条件输出156。例如, 如果所分离的信号152包括45和55Hz之间的传感器信号的这些成分, 传感器鉴别器154可以提供条件输出156, 如果阈值被超过, 所述阈值指示诸如泵控制装置108中的轴承失效或者阀控制装置110中气穴现象的过程中的条件。信号鉴别器也可以包括更为高级的决策形成算法, 诸如模糊逻辑、神经网络、专家系统、

基于规则系统等。转让的美国专利申请No. 08/623, 569描述了不同的决策形成系统，其可以用信号鉴别器154来实施并此处并入以供参考。

在图6A中，在能够接收过程变量的诊断装置中所执行的诊断的方法的流程图180被显示。算法在182上开始并且获得过程变量传感器信号。出现在过程变量信号中的过程噪音信号在184上分离。接着，所分离的过程噪音信号在186上评估，并且响应所评估的分离处理噪音信号，指示过程条件的输出在188上被提供。图6B是诊断方法的更为详细的流程图200。算法在202开始，并且获得过程变量传感器信号。成分 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ ... $X_N$ 在204上分离。（为了简洁，流程图200只显示了4个成分 $X_1$ — $X_4$ ）。如果没有成分 $X_1$ — $X_N$ 出现，控制通过至方框202，并再次获得过程变量传感器信号。在206、208、210、212上，所分离的成分 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 分别被输出。每个输出是过程变量传感器信号中特定信号成分存在的指示。所述分离的成分在214、216、218和220上评估。在如图6所示的信号评估中，其中分离的信号成分与限值（分别是 $limit_1$ 、 $limit_2$ 、 $limit_3$ 、 $limit_4$ ）进行比较的规则被使用。如果没有限值被各分离的信号所超过，算法回到202以获得升级的处理变量信号。如果任一限值被超过，算法在222、224、226或者228分别进行输出 $condition_1$ 、 $condition_2$ 、 $condition_3$ 、 $condition_4$ 。例如，成分 $X_2$ 可以包括在45和55Hz之间的过程变量传感器信号的信号成分。如果这些成分具有大于通过 $limit_2$ 所规定的限值的信号强度， $condition_2$ 被输出，其可以指示诸如在过程中泵失效。相似地，传感器信号的其它成分指示过程控制系统的其它方面的条件。如果单个成分是大于一方面的条件的指示，所述输出指示在所述过程中具有两个可能的条件。此外，条件输出不必然与特定的失效相联系，并可以简单指示特定的信号成分超过了阈值或者具有一些其它的特性。通常，步骤202—212通过图2的信号预处理器150所执行，步骤214—226通过信号鉴别器154所执行。但是，分离和评估的步骤可以组合并同时进行或者通过诊断装置中相同的成分。

在诸如由于特定的过程活动而具有公知的过程变化的过程控制系统中，所述变化可以被建模并由此从过程变量信号移除以获得分离的传感器信号。在一方面中，在所述过程的正常的操作的过程中，小波变换数据被计算并被存储在所述如图2所示的信号鉴别器154的存储器155中。此数据

表示通常操作的基“平面”。所述数据可以在天的过程中、过程循环的过程中和在年的过程中的不同的时间上被收集。当放入到正常的使用中时，信号鉴别器154从存储器155获得所存储的小波变换并将基平面数据与在操作的过程中通过小波分析所收集的信息进行比较。例如，如果信号鉴别器154从当前的小波变换减去基平面数据，所获得的数据只表示在过程中所发生的反常。这样的减过程将过程变量从与信号中的每天和季节变换一起的异常振动噪音信号分离。例如，振动传感器信号146可以在一天或者由于环境的温度改变和过程活动的缘故在一年的过程中改变。这将过程信号从振动噪音信号132分开。在操作的过程中，神经网络可以在微处理器系统148中操作以监测所述过程的操作并选择存储在所述存储器155中的最佳模型。与模型操作相关的系数可以使用神经网络产生或者可以在设置用于不同的通信协议的变送器102的安装的过程中在通信总线106之上接收。模型的示例包括第一级模型，包括典型地对于非振荡系统良好的死时间（dead time），或者第二级模型加典型地对振荡过程足够的死时间。另外的建模技术是使用适应性神经网络模糊逻辑模型。这样的混合系统包括神经网络和模糊逻辑。模糊逻辑将所述模型适应过程的变化性同时神经网络模型允许建模的灵活性以由此适合变化的过程。这提供了相对健壮的模式。在模糊逻辑模型中使用适应性成员函数还允许确定特定的模型是否需要升级。诊断装置可以与诸如包括寿命预期或者诊断电路的任何合适类型的信号鉴别器一起操作。

过程变量传感器138可以是能够传感过程流体中的变化的任何类型的过程变量传感器。过程变化传感器必须具有足以检测所需的振动噪音信号的带宽和频率响应或者分辨率。典型地，在基于压差的流变送器中，这是在大约0和大约200Hz之间。一种类型的过程变量传感器是压力传感器。具有足够的带宽的过程变量压力传感器可以被使用。诸如模拟至数字转换器的装置中的其它部件在输入通道中必须具有足够的带宽、放大器和其它元件。图7显示了具有通过电极258所提供的过程变量传感器的磁通流量计250。流量计250包括连接到电子设备壳体254的流管252。在磁通流量计中，线圈256在流管252中产生磁场。通过所获得磁场的过程流体的流动在提供过程变量传感器信号的电极258之间产生电势。流体中的振动信号132改变

流动速率并可以通过电极258所传感。磁通流量计的典型的频率响应是0—75Hz或者更高。

图8显示了具有通过传感器266所提供的过程变量传感器的涡旋流量计260。所述涡旋流量计260包括脱模棒262，所述脱模棒262安装在流管264中并与第四传感器266相连接。经过流管264的过程流体流导致脱模棒262围绕枢转轴268移动。此运动导致力270被传输到传感器266，所述传感器266提供了过程变量传感器信号。此力的频率与流经流管264的流相关。噪音振动信号132也被传输到用于与信号预处理器150和如图2所示的信号鉴别器154一起使用的传感器266。涡旋流量计典型地具有在大约0和10KHz或者更高之间的频率响应。

图9显示了通过线圈342所提供的科里奥利流量计330过程变量传感器并包括流管332和仪表电子设备334。测量管336连接到流管332。驱动线圈340响应驱动信号而振动管336并且包括传感线圈342和传感磁铁344的传感元件提供与管336的所得的振动相关的左右速度信号。通过管336的流导致管336以通过线圈342所传感的方式枢转。来自线圈342的输出与通过管336的流相关并提供过程变量传感器信号。振动噪音信号132也可以通过线圈342所传感并提供到如图2所示的信号预处理器140上。科里奥利测量计典型地具有可以在非常高的频率上传感振动的非常宽的频率响应。

其它类型的过程变量传感器包括在水准仪中的超声或者无线频率接收器或者在超声液面传感器中的超声接收器。例如，变送器102可以包括超声流量计和水准仪并且传感器138是超声传感器。此外，诸如阀控制器的控制装置可以包括过程变量传感器。

在一个实施例中，信号预处理器150产生作为传感器信号的功率的频率分布的函数的传感器功率信号152。例如，信号预处理器150可以执行小波变换、离散小波变换、傅立叶变换或者使用其它的技术来确定传感器信号的频谱。分布功率的功率通过检测随时间的转换的信号来确定。这样的一个是功率谱密度（PSD）。功率谱密度可以通过时间序列的功率（或者变化（variance））来限定并可以描述为时间序列的功率（或者变化）如何随着频率分布。例如，这可以限定为时间序列的自动相互关联序列的傅立叶变换。功率谱密度的另外的定义是通过适当的常数项调整尺度的时

间序列的傅立叶变换的平方模数。

功率谱密度 $F_i$ 也可以使用给定数据集的平均周期图的Welch方法来进行计算。所述方法使用在每秒 $f_s$ 采样上所采集的试样的测量序列 $x(n)$ ,  $n = 1, 2, \dots, N$ 。具有滤波器频率小于 $f_s/2$ 的前端滤波器被用于减小谱计  
5 算中的混叠 (aliasing)。数据集被分为如公式1所示的 $F_{k,i}$ :

$$F_{k,i} = (1/M) \left| \sum_{n=1}^M x_k(n) e^{-j2\pi i \Delta f n} \right|^2 \quad \text{公式1}$$

这里有重叠数据段并用于各段的 $F_{k,i}$ , 周期图被计算,  $M$ 是当前段中的  
10 点的数目。在所有段的所有周期图被评估之后, 它们所有被平均以计算功率谱:

$$F_i = (1/L) \sum_{k=1}^L F_{k,i} \quad \text{公式2}$$

一旦对训练模式 (training mode) 获得功率谱, 此序列被存储在存储器中, 优选地是EEPROM, 作为用于与实时功率谱比较用的基线功率谱。这样 $F_i$ 是功率谱序列, 并且 $i$ 从1至 $N$ , 其是原始数据序列中的总的点数。通常是2的幂的 $N$ 也设置了谱估计的频率分辨率。因此,  $F_i$ 也公知作为在 $i^{\text{th}}$   
15 频率上的信号强度。功率谱在预定的频率间隔上典型地包括较大数目的点, 限定了作为频率的函数的谱功率分布的形状。

信号鉴别器154使用任何合适的技术并包括上述讨论的来评估信号。例如, 信号鉴别器154可以将传感器信号中的功率的频率分布与存储的值 (诸如存储的阈值等级) 进行比较, 例如在频率范围之上。其它的评估技术可以根据需要进行选择, 例如神经网络或者模糊逻辑技术可以被使用。  
20 过程功率信号可以与公知的信号特征进行比较, 并且所述比较使用在执行诊断中。

尽管本发明参照优选实施例进行了说明, 普通技术人员可以理解可以在不背离本发明的精神和实质的情况下进行修改。本发明可以用软件而不是任何诸如在现场安装的装置的过程控制系统中的任何数目的位置中, 或者甚至在系统控制器中。此外, 诸如现场总线、profibus以及其它的现代  
30

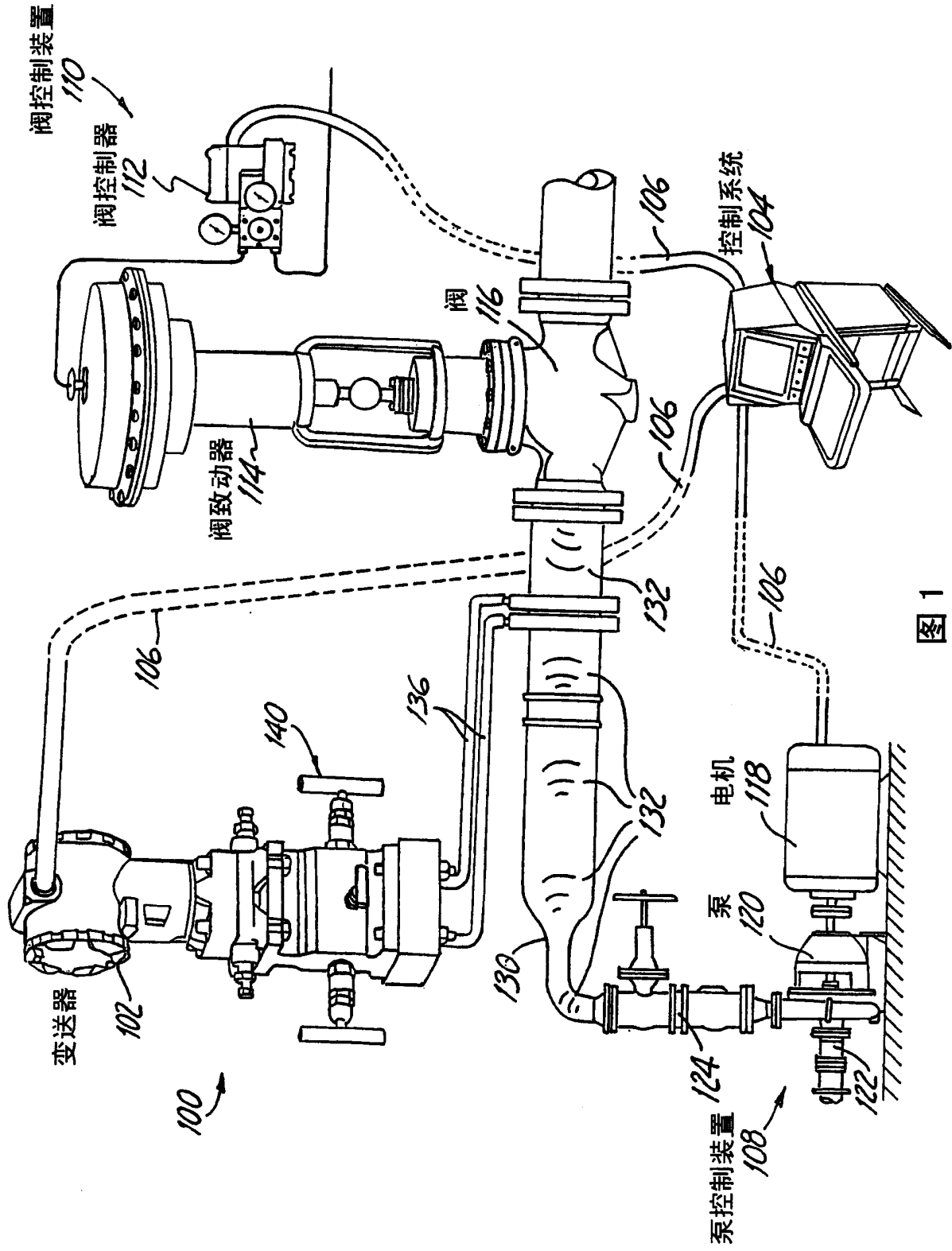
数字协议允许实施本发明的软件在过程控制系统中的元件之间进行通信，并且也提供用于在一个变送器中发送然后发送到存在于不同的设备中的软件的过程变量。例如，本发明的不同的功能模块参照电路进行了说明，但是许多功能模块可以用其它的形式诸如数字和模拟电路、软件及其混合

5 来实施。当在软件中实施时，微处理器执行所述功能并且信号包括软件对其操作的数字值。编程导致处理器执行所需的处理元件的命令的通用目的处理器、包含接线以执行所需的元件的电路的应用特定硬件部件以及对通用目的的处理器编程以及硬件部件的任何组合可以被使用。确定性或者模糊逻辑技术可以根据需要用于在电路或者软件中决策。由于复杂数字电路

10 的属性，电路元件可能不能被分为如图所示的单独的模块，但是用于不同的功能模块的部件可以是互连的以及共享的。与软件相似，一些指令可以共享作为几个功能的一部分并与本发明的范围之内的无关指令混合。诊断装置可以是能够接收包括过程监测系统、个人计算机、控制系统、便携通信器、控制器或者变送器的过程变量信号的任何装置（或者诸如共享信息

15 以得出结论的装置的装置组合）。用于发送已经存储在现场装置中的存储数据这样存储的数据可以具有比否则如果数据在通信协议的升级速率上传输所可能的带宽具有更高的带宽的技术可以被使用。对过程噪音信号敏感的任何类型的过程变量传感器可以与本发明的诊断装置一起使用。





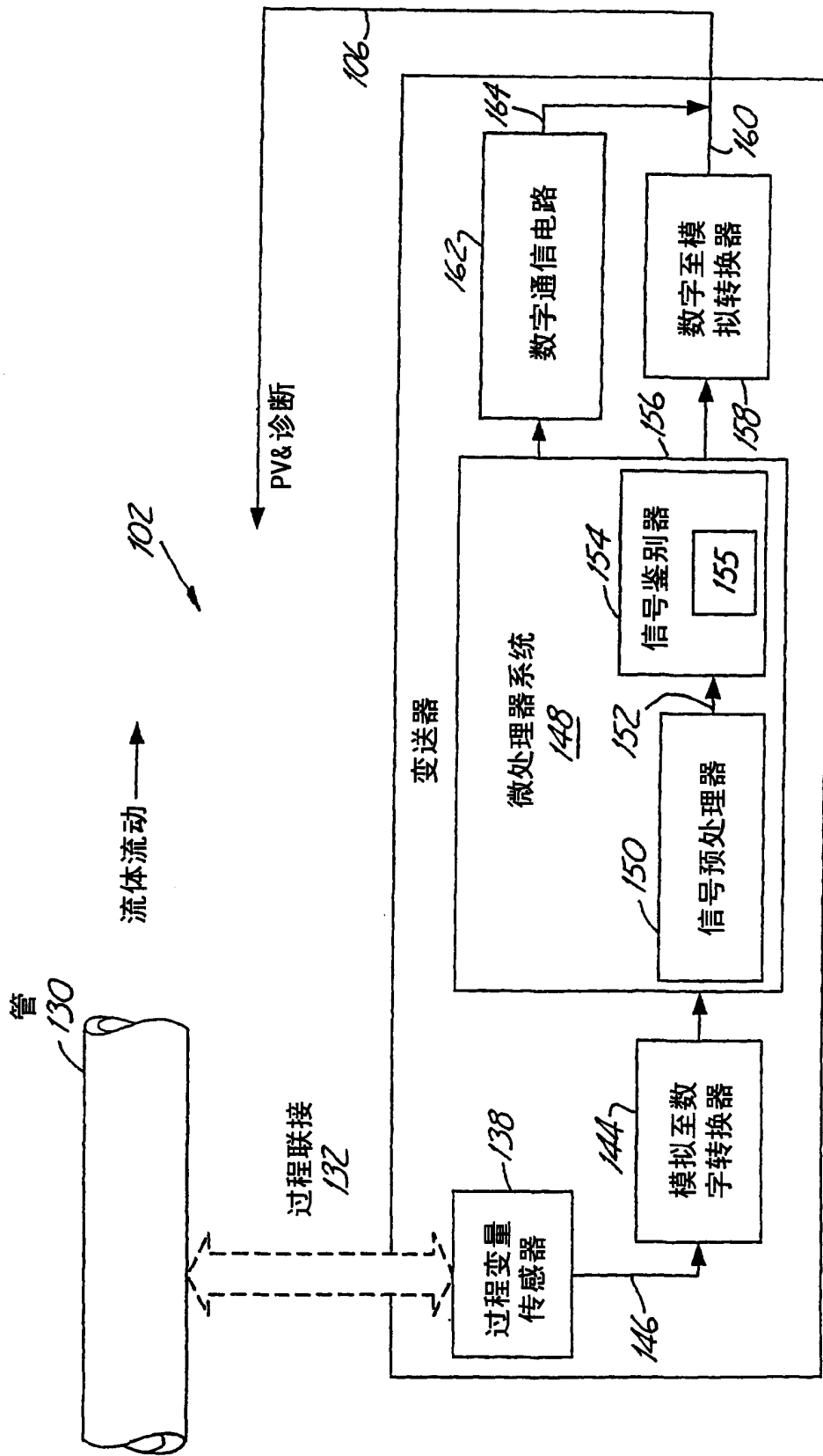


图 2

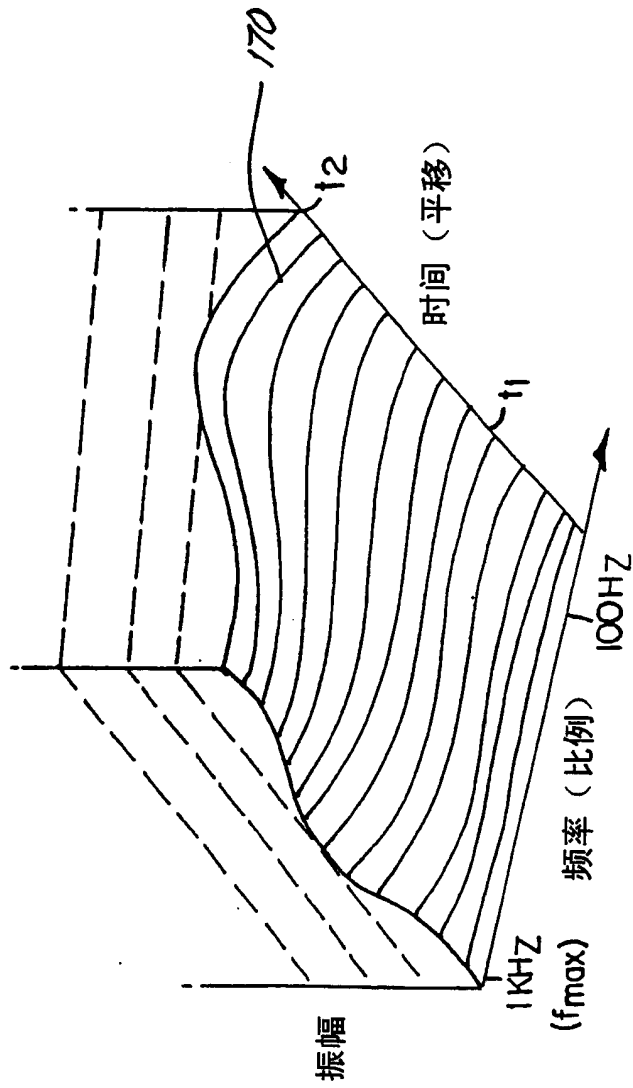


图 3

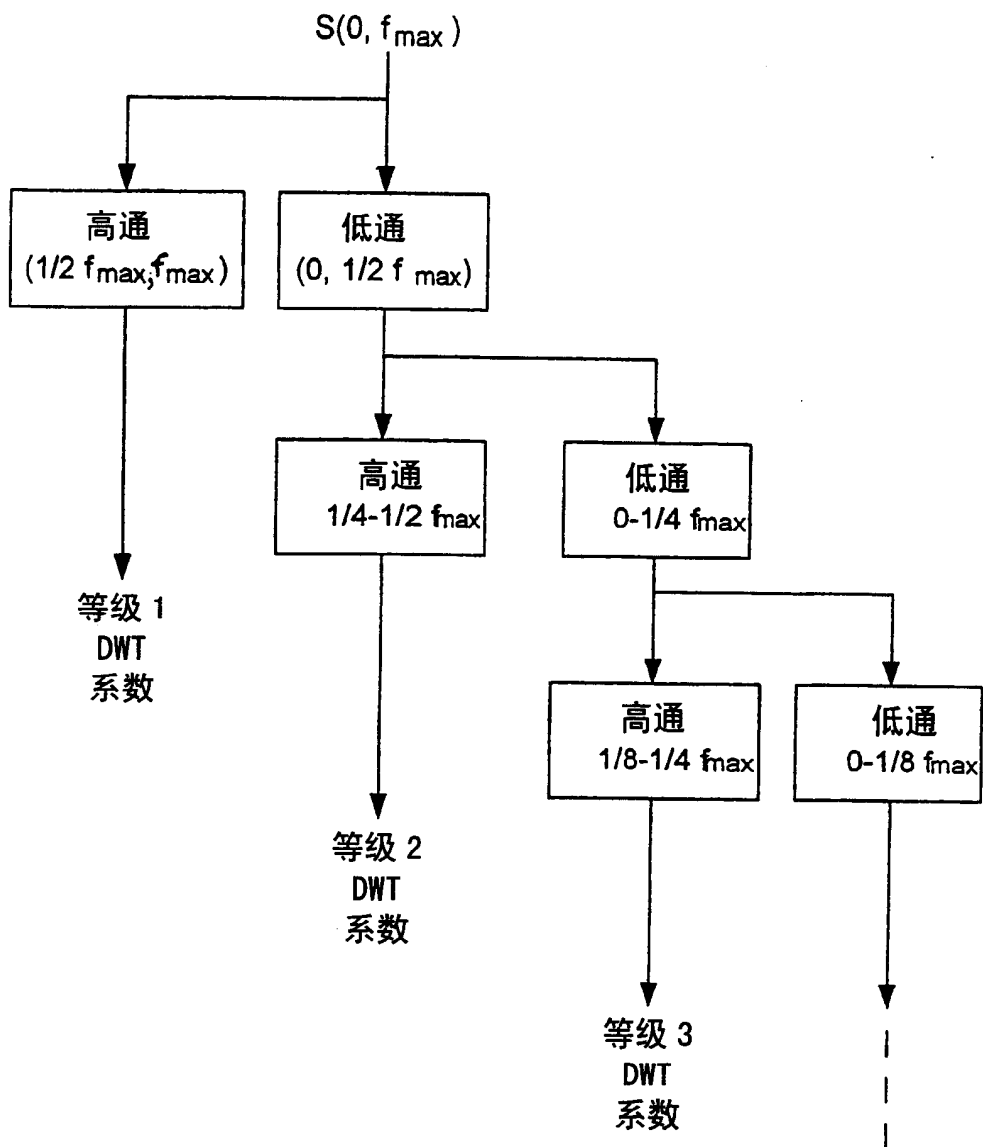


图 4

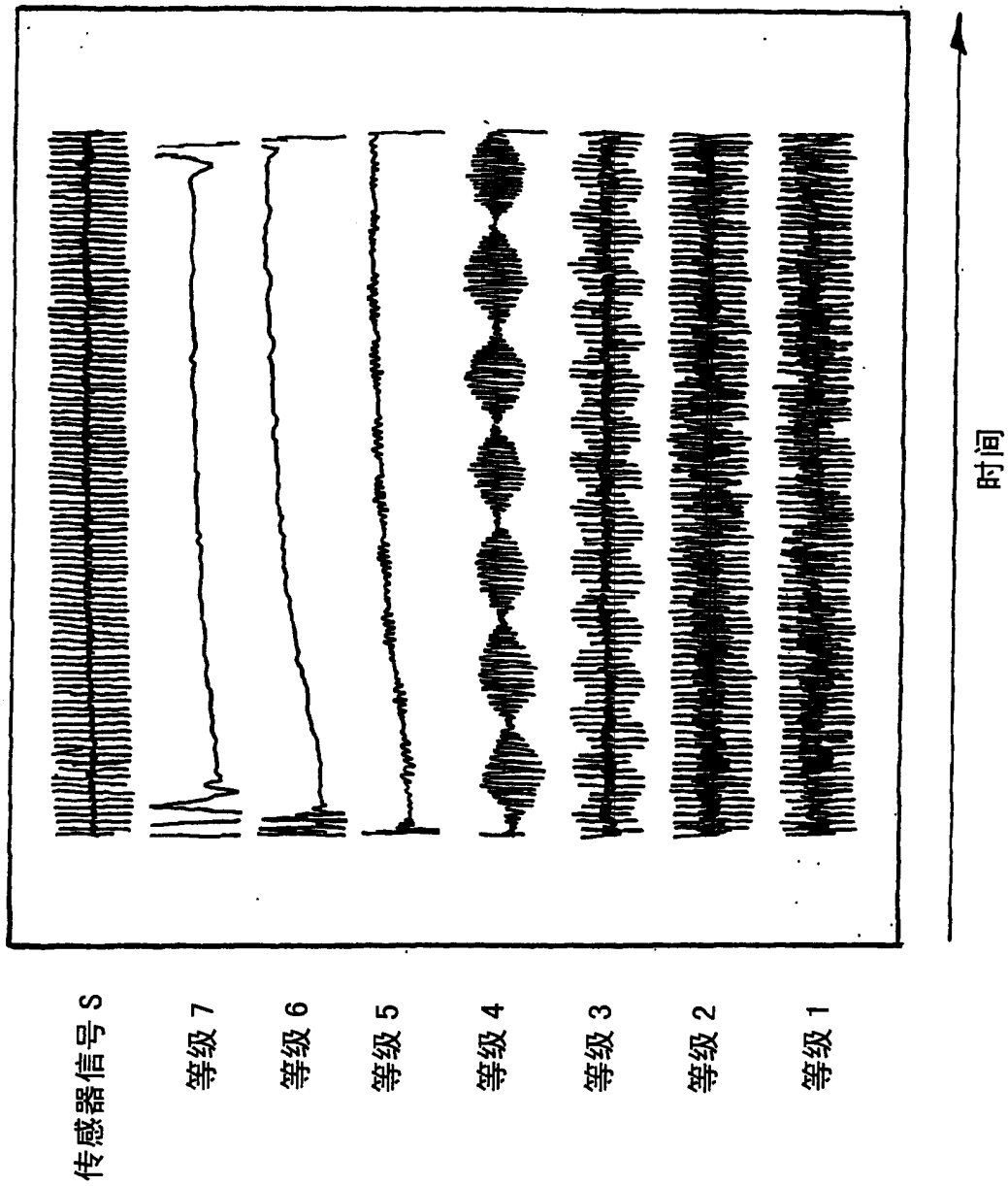


图 5

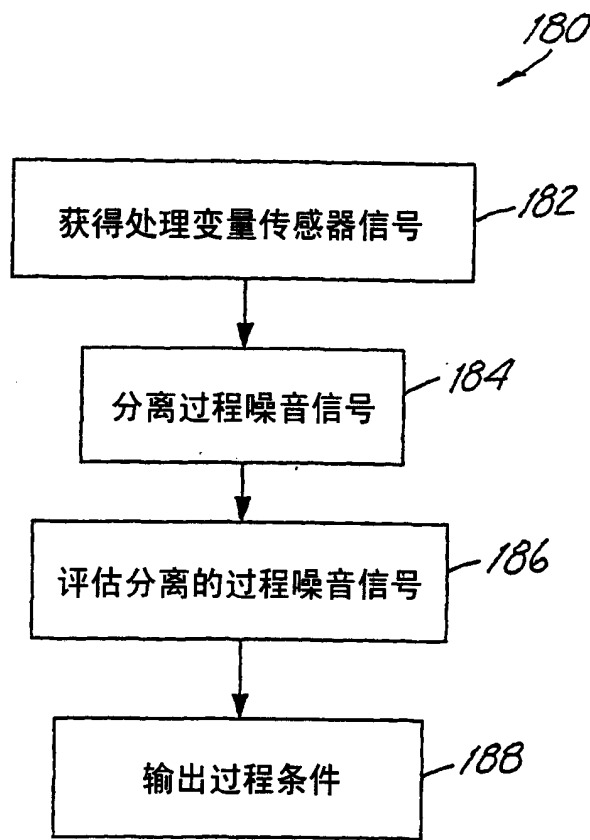


图 6A

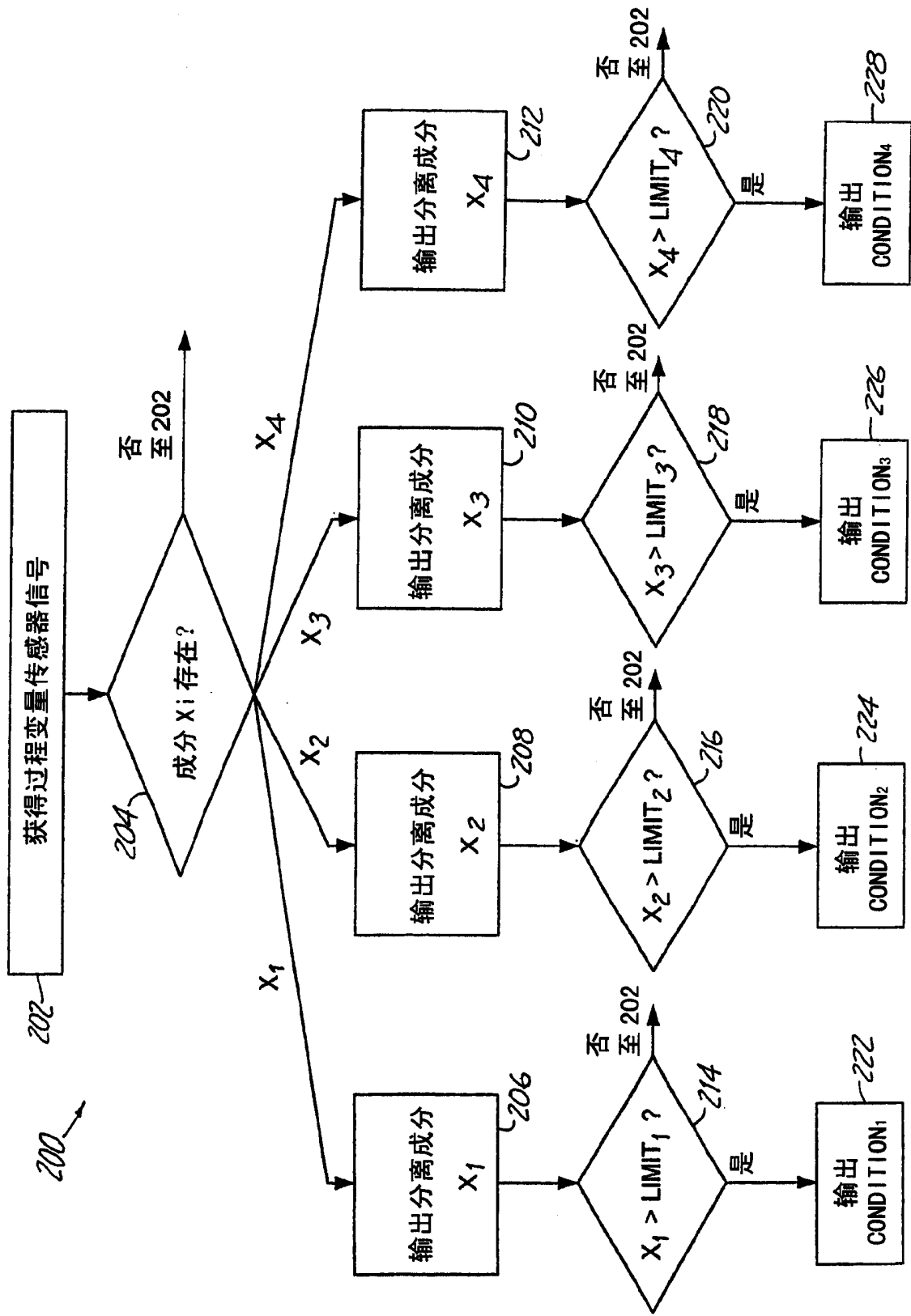
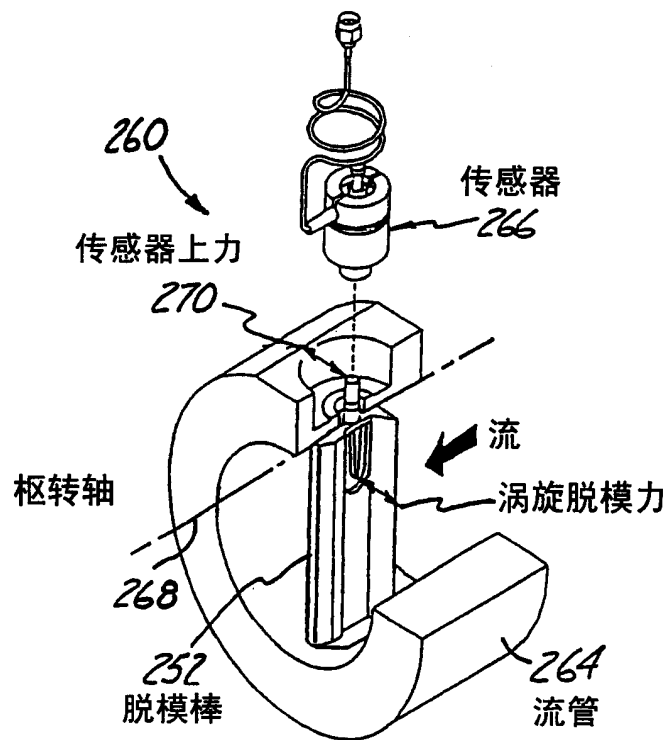
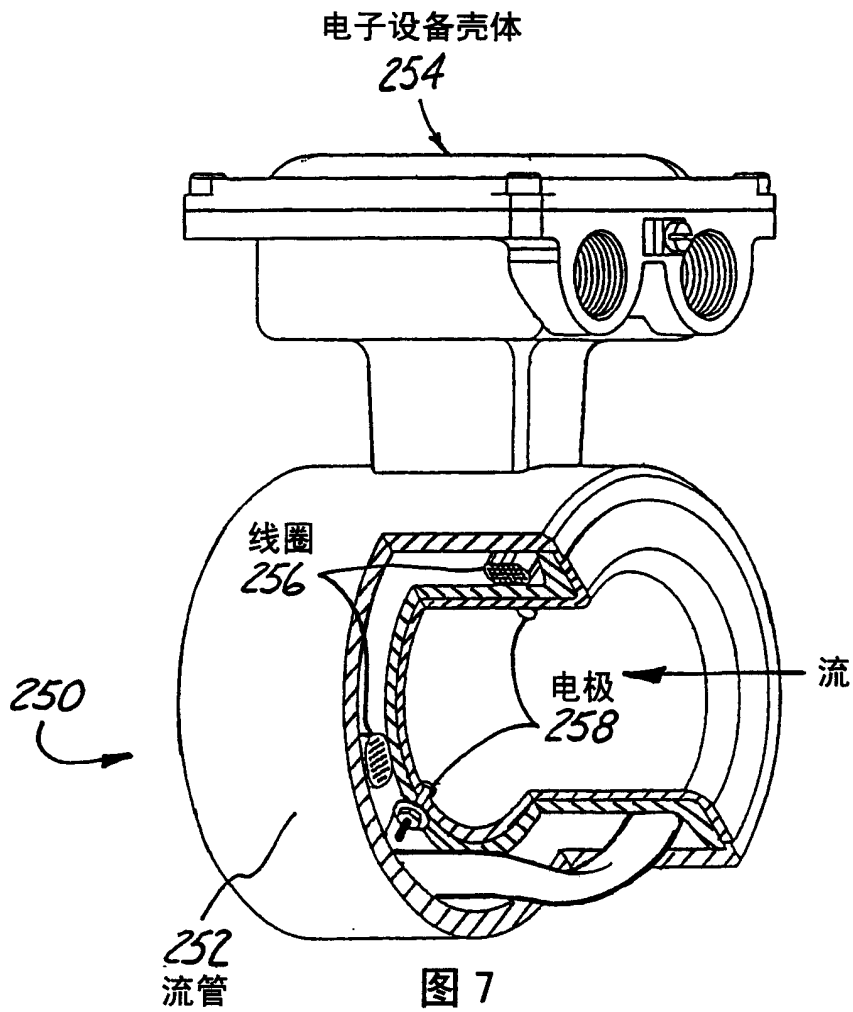


图 6B





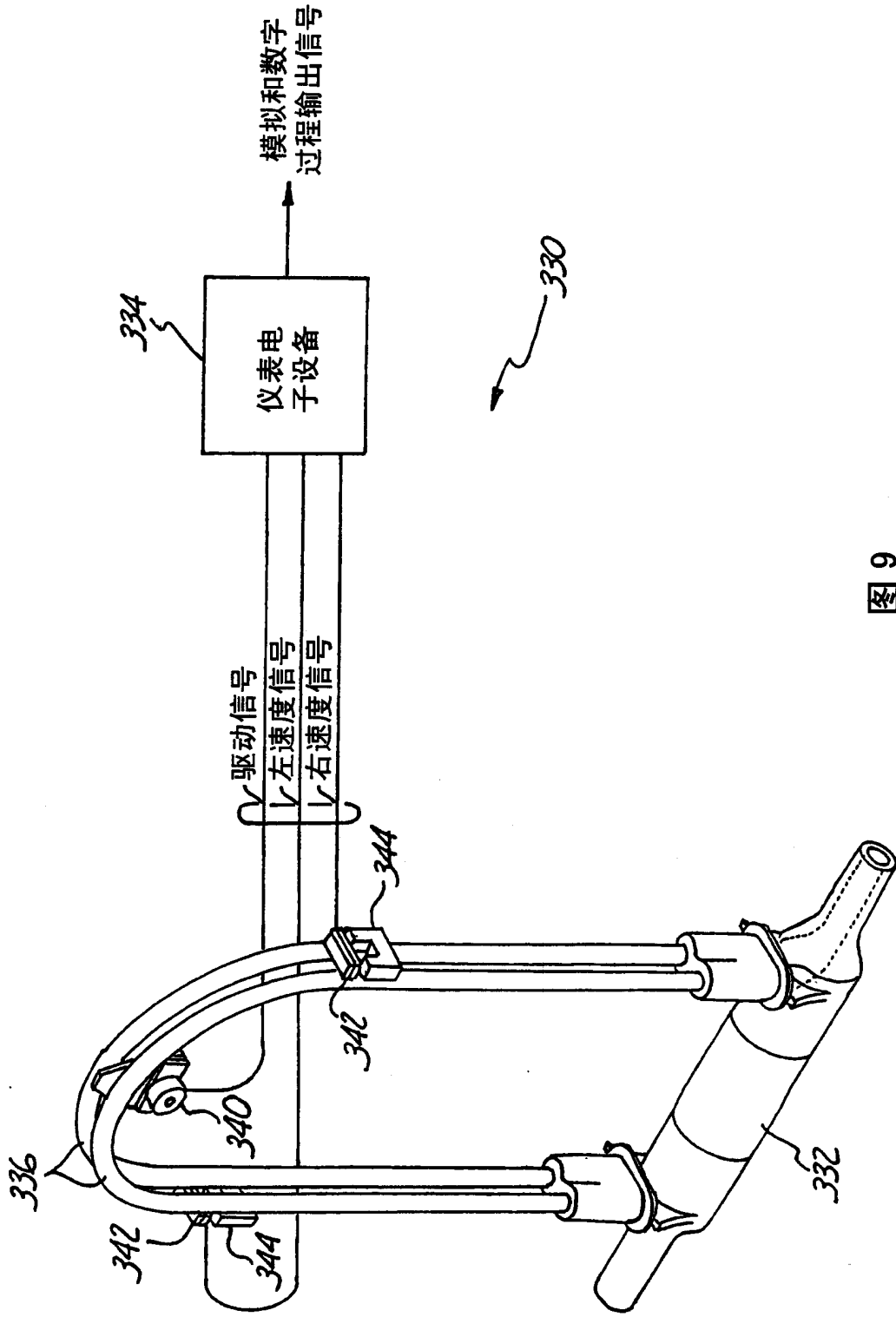


图 9