



(21)申请号 201110463149.X

(22)申请日 2011.12.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 102539162 A

(43)申请公布日 2012.07.04

(30)优先权数据

12/976255 2010.12.22 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 R·Y·巴布 V·B·贾穆

A·K·潘迪 S·雷

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 柯广华 朱海煜

(51)Int.Cl.

G01M 15/05(2006.01)

F04B 51/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 101802928 A, 2010.08.11,

US 5447059 A, 1995.09.05,

US 6719526 B2, 2004.04.13,

CN 101403612 A, 2009.04.08,

CN 101192253 A, 2008.06.04,

CN 101545828 A, 2009.09.30,

CN 101532910 A, 2009.09.16,

US 6138081 A, 2000.10.24,

CN 101802928 A, 2010.08.11,

审查员 陈琳

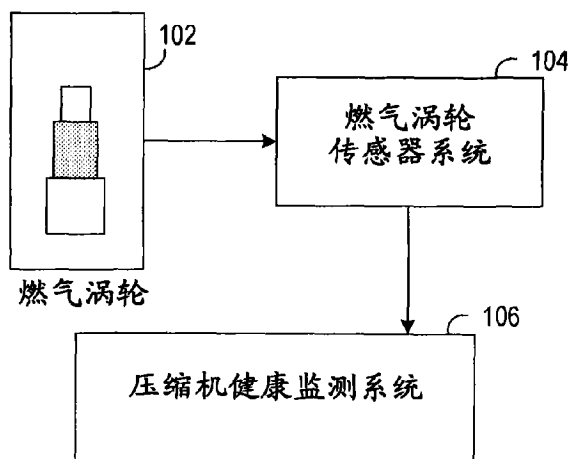
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

压缩机健康监测的方法和系统

(57)摘要

本发明名称为“压缩机健康监测的方法和系统”。公开了一种用于监测燃气涡轮压缩机的健康的方法(300、400)。该方法(300、400)包括:接收(302、402)多个涡轮数据点,其中多个涡轮数据点可包括一个或多个运行参数、压缩机排气温度(CTD)和一个或多个性能参数中的至少一个。基于一个或多个运行参数可以将多个涡轮数据点分类(304、404)。对多个带中的每个,可以计算(306、406)CTD和一个或多个性能参数中的至少一个的统计差异测量。可以基于至少一个统计差异测量计算(308、408)告警指示符。该方法也可以包括利用传感器融合技术将运行参数、CTD和性能参数中的两个或多个组合起来。基于组合的参数可以计算告警指示符。



1. 一种压缩机健康监测的方法,包括:

接收多个涡轮数据点,其中每个涡轮数据点包括压缩机排气温度和一个或多个性能参数这两者之间的至少一个,以及一个或多个运行参数;

根据一个或多个运行参数将涡轮数据点分成多组;

对第一时间窗内的每一组,计算该压缩机排气温度和该一个或多个性能参数这两者之间的至少一个的基准差异测量结果;

对第二时间窗内的每一组,计算该压缩机排气温度和该一个或多个性能参数这两者之间的至少一个的当前差异测量结果,其中第二时间窗比第一时间窗短;

比较基准差异测量结果和当前差异测量结果;以及

如果当前差异测量结果以预定的差异偏离基准差异测量结果,则产生告警指示。

2. 根据权利要求1所述的一种压缩机健康监测的方法,其中一个或多个运行参数包括涡轮负载,压缩机入口温度,入口抽气加热状态,和压缩机压力比。

3. 根据权利要求1所述的一种压缩机健康监测的方法,其中一个或多个性能参数包括涡轮效率,涡轮入口流量,涡轮功率和排气温度。

4. 一种压缩机健康监测系统,包括:

接收多个涡轮数据点的接收模块,其中每个涡轮数据点包括压缩机排气温度和一个或多个性能参数这两者之间的至少一个,以及一个或多个运行参数;

根据一个或多个运行参数将涡轮数据点分成多组的数据划分模块;

对第一时间窗内的每一组计算该压缩机排气温度和该一个或多个性能参数这两者之间的至少一个的基准差异测量结果的基准差异模块;

对第二时间窗内的每一组计算该压缩机排气温度和该一个或多个性能参数这两者之间的至少一个的当前差异测量结果的当前差异模块,其中第二时间窗比第一时间窗短;以及

如果当前差异测量结果以预定的差异偏离基准差异测量结果,则产生告警指示的告警模块。

压缩机健康监测的方法和系统

技术领域

[0001] 本文呈现的实施例通常涉及燃气涡轮,并且具体涉及燃气涡轮压缩机的在线健康监测。

背景技术

[0002] 燃气涡轮广泛使用在需要高输出功率同时最小化重量的应用中。轴流燃气涡轮在多种应用(例如,辅助供电单元、工业发电厂、推进发动机等等)中得到部署。轴流燃气涡轮典型地包括多级压缩机、燃烧室、以及单级或多级涡轮。

[0003] 多级压缩机的每一级包括一排转子叶片,之后有一排定子叶片。工作流体流过多种入口导向翼片(IGV)进入到压缩机的第一级。利用转子的旋转速度,IGV的角度控制工作流体的流动以改善燃气涡轮的脱离设计(off-design)性能。在每一级,转子叶片使工作流体加速。然后工作流体在将工作流体的动能转换为静压的定子叶片通道中减速。因此,需要的总压力比可以通过将需要的压缩机的级的数量相加而得到。动能到静压的转换过程使转子叶片和定子翼片经受应力循环。应力循环引起转子叶片和定子叶片的疲劳。疲劳会导致叶片开裂,并且随后叶片脱落(libration)。叶片脱落通常导致压缩机完全失效。

[0004] 探测压缩机叶片损伤的一些已知方法依靠对压缩机叶片的周期性检验。周期性检验的结果随后可用于运行复杂仿真以预测压缩机叶片的失效。然而,为了进行检验,这些方法典型地可能需要关闭燃气涡轮。而且,精确的仿真可能需要高的计算能力并且可能没有考虑运行条件的变化。一些其它已知方法依靠振动测量以探测异常的振动。然而,基于振动测量的方法遭受高的误警率。

[0005] 因此,需要提供对压缩机叶片的初期失效进行精确在线探测的系统。

发明内容

[0006] 公开了一种压缩机健康监测的方法。该方法包括接收多个涡轮数据点,其中每个涡轮数据点包含一个或多个运行参数、以及压缩机排气温度(CTD)和一个或多个性能参数中的至少一个。该方法还包括基于一个或多个运行参数将涡轮数据点分成多个带,对多个带的每个计算CTD和一个或多个性能参数中的至少一个的至少一个统计差异测量,以及基于至少一个统计差异测量生成告警指示符。

[0007] 该方法还包括组合CTD和一个或多个性能参数并且基于组合的参数生成告警指示符的步骤。在一实施例中,一个或多个振动参数、CTD和一个或多个性能参数可组合以得到组合的参数。基于组合的参数可生成告警指示符。

附图说明

[0008] 图1是其中压缩机健康监测系统实施例可运行的环境的框图;

[0009] 图2是依照一个实施例的压缩机健康监测系统的框图;

[0010] 图3是依照一个实施例举例说明基于压缩机排气温度的示例性压缩机预诊断过程

的流程图；

[0011] 图4是依照一个实施例举例说明基于燃气涡轮性能参数的示例性压缩机预诊断过程的流程图；以及

[0012] 图5是依照一个实施例举例说明利用融合技术的示例性压缩机预诊断过程的流程图。

具体实施方式

[0013] 本文呈现的实施例公开了用于监测燃气涡轮压缩机健康的方法和系统。图1是其中压缩机健康监测系统实施例可运行的环境的框图。该环境包括燃气涡轮102、燃气涡轮传感器系统104和压缩机健康监测系统106。

[0014] 燃气涡轮102典型地包括压缩机部分、燃烧室、一个或多个入口抽气阀和转子。燃气涡轮102通过压缩机入口吸入周围空气。压缩机部分可以包括多级压缩机。多级压缩机每一级包括之后是一排定子叶片的一排转子叶片。工作流体流过多种入口导向翼片(IGV)进入到压缩机的第一级。利用转子的旋转速度,IGV的角度控制工作流体的流动以改善燃气涡轮脱离设计性能。在每一级,转子叶片使工作流体加速。然后工作流体在将工作流体的动能转换为静压的定子叶片通道中减速。因此需要的总压力比可以通过将需要的压缩机的级的数量相加而得到。之后压缩空气被传送到燃烧室。在燃烧室中,压缩空气与合适的燃料混合,并且被点燃。燃料的燃烧导致高压废气,其驱动涡轮转子。涡轮转子可以驱动与其耦合的机械负载。备选地,可以排出高压废气以生成推力。当被激活时,抽气阀将一部分压缩机排出空气直接吸到燃气涡轮废气中。抽气阀只在燃气涡轮102的加速期间(例如,在启动期间)和燃气涡轮102的减速期间(例如,在停机期间)被激活。抽气阀使压缩机避免失速状态和浪涌状态。抽气阀可以被气动地或机电地激活。

[0015] 燃气涡轮传感器系统104可以包括用于监测燃气涡轮102的多种运行参数的传感器。燃气涡轮传感器系统可以具有用于监测运行参数的传感器,运行参数诸如但不限于,涡轮负载、压缩机入口温度、入口抽气加热状态、压缩机压力比(CPR)等。可在压缩机入口的一个或多个周边位置感测压缩机入口温度。燃气涡轮传感器系统104还可以包括用于监测燃气涡轮102的性能参数的传感器,性能参数诸如但不限于,涡轮效率、涡轮入口流量、涡轮功率、废气温度等。燃气涡轮传感器系统104还可以包括用于监测压缩机排气温度(CTD)的传感器。可以在压缩机出口的一个或多个周边位置监测CTD。燃气涡轮传感器系统104还可以包括用于测量与燃气涡轮的运行相联系的一个或多个振动参数的传感器。振动参数可以包括振动幅度、振动频率。可以在压缩机的多种位置监测振动参数。

[0016] 燃气涡轮传感器系统104将监测到的参数传送到用于探测压缩机的级的健康状态的压缩机健康监测系统106。

[0017] 图2是依照一个实施例的压缩机健康监测系统106的框图。压缩机监测系统106可以接收多个涡轮数据点。涡轮数据点可以包括一个或多个涡轮运行参数、在压缩机出口的多种周边位置测得的一个或多个CTD、一个或多个性能参数等。

[0018] 压缩机健康监测系统106可以包括接收模块202,用于接收来自燃气涡轮传感器系统104的多个涡轮数据点。燃气涡轮可以以有线或无线的方式发送多个涡轮数据点。

[0019] 压缩机健康监测系统106还可以包括数据装箱(data binning)模块204。数据装箱

模块204基于运行参数将多个涡轮数据点分成多个带。可在一段时间内得到多个涡轮数据点。在这段时间期间,涡轮的运行状况可能已经改变。因此将得到的多个涡轮数据点分成多个带是有用的,其中多个带的每个可以与特定的运行状况相对应。因此,CTD和性能参数在带内的变化不依赖于燃气涡轮102的运行状况。

[0020] 例如,基于燃气涡轮102的抽气加热状态可以将多个涡轮数据点分为两个带。第一带可包括抽气加热关闭时得到的那些涡轮数据点以及第二带可包括抽气加热打开时得到的那些涡轮数据点。基于在压缩机入口的两个或多个周边位置测得的压缩机入口温度(CTIF)差别的差别,上述两个带可以进一步分为两个带。例如,CTIF差别高于阈值时得到的涡轮数据点可以被分为一个带,以及CTIF差别低于阈值时得到的涡轮数据点可以被分为另一个带。基于压缩机压力比(CPR)可以进行类似的分类。

[0021] 基于运行参数的组合,装箱模块204可以将涡轮数据点分到带中。例如,一个带可以仅仅包括当抽气加热被打开、CTIF差别高于CTIF的阈值并且CPR高于CPR的阈值时得到的那些涡轮数据点。CPR的阈值可为13。这样的对涡轮数据点的分类为带是为了进行举例说明,并且基于其它运行参数或运行参数的其它组合也可以对涡轮数据点进行分类。另外,也可以动态地确定运行参数的阈值。

[0022] 压缩机健康监测系统106还可以包括差异模块206。差异模块206对多个带中的每个,计算CTD和一个或多个性能参数中的至少一个的统计差异测量。

[0023] 差异模块206可以包括基准差异模块。基准差异模块可以计算CTD和一个或多个性能参数的基准差异测量。可以对第一时间窗内的多个带的每个计算基准差异测量。在多种实施例中,第一时间窗可以在3-12小时的范围内,例如6小时。

[0024] 基准差异测量可以包括在压缩机出口的多种周边位置得到的CTD的差别的平均值。基准统计差异测量可以包括一个或多个性能参数的平均值。备选地,基准统计差异测量可以包括CTD差别的中值或标准差。基准差异测量还可以包括在第一时间窗内得到的性能参数的中值或标准差。

[0025] 差异模块206还可以包括当前差异模块,用于计算CTD差别和一个或多个性能参数的当前差异测量。可以对涡轮数据点能被分成的所有多个带计算当前差异测量。另外,对在第二时间窗内得到的涡轮数据点,可以得到当前统计差异测量。第二时间窗可以比第一时间窗短。在一实施例中,第二时间窗可为15分钟或30分钟的持续时间。

[0026] 当前差异测量可为在第二时间窗内得到的涡轮数据点的CTD差别的平均值。当前差异测量还可以包括一个或多个性能参数的平均值。在一实施例中,当前差异测量可为在第二时间窗内得到的涡轮数据点的CTD差别和一个或多个性能参数的中值或标准差。

[0027] 可以利用基准差异测量和当前差异测量获得告警指示符。告警模块208可生成告警指示符。告警指示符可为基准差异测量与当前差异测量之间的差别。例如,可以通过计算第一时间窗内得到的平均CTD差别与第二时间窗内得到的平均CTD差别之间的差别而得到告警指示符。类似地,可以通过计算第一时间窗内得到的性能参数的平均值与第二时间窗内得到的性能参数的平均值之间的差别而得到告警指示符。在一个实施例中,可以通过计算第一时间窗与第二时间窗内得到的CTD差别的中值的差别或标准差的差别而得到告警指示符。在另一实施例中,还可以通过分别计算在第一时间窗和第二时间窗内得到的性能参数的中值的差别或标准差的差别而得到告警指示符。

[0028] 告警模块208可以将告警指示符与阈值进行比较,如果告警指示符在比特定时间段长的时间段内超过阈值数值,那么就可产生告警。在一实施例中,如果告警指示符超过阈值数值15分钟以上就产生告警。在多种实施例中,如果告警指示符在10-60分钟的时间段范围内超过阈值就可产生告警。

[0029] 压缩机健康监测系统106还可以包括使运行参数、CTD和性能参数规格化为ISO标准参数的ISO规格化模块。将参数转换为ISO标准参数确保压缩机健康监测系统106应用到在任意环境中运行的任意燃气涡轮单元。运行参数、CTD和性能参数的单位和属性可取决于测量装置。例如,CTD可以在华氏温度和摄氏温度两者中测量。规格化的CTD和规格化的性能参数可用于获取基准统计差异测量和当前基准统计差异测量,并且随后用于获取告警指示符。参数的规格化能使系统可适用而不考虑参数被测量的单位。

[0030] 压缩机健康监测系统106还可以包括用于组合CTD和一个或多个性能参数的传感器融合模块。本领域中已知的融合算法诸如卡尔曼滤波算法、贝叶斯网络算法、D-S (Dempster-Shafer)算法,可以被应用于融合运行参数、CTD和性能参数。参数的融合可以生成包含每个运行参数、CTD和性能参数的属性的融合参数。在一个实施例中,对第一时间窗和第二时间窗两者都可以获得融合参数。另外,基于融合参数可以计算基准差异测量和当前差异测量。而且,基于与融合参数相对应的基准统计差异测量和当前统计差异测量的差别可以获得告警指示符。

[0031] 图3是依照一个实施例举例说明基于CTD的压缩机预诊断过程300的流程图。在步骤302中,可以获得多个涡轮数据点。如与图2相关的内容中提到的,多个涡轮数据点可以包括一个或多个运行参数,其中,运行参数可以包括涡轮负载、压缩机入口温度、入口抽气状态和CPR。多个涡轮数据点也可以包括在压缩机出口的一个或多个周边位置测得的CTD。多个涡轮数据点还可以包括一个或多个性能参数,其中性能参数可以包括涡轮效率、涡轮入口流量、涡轮功率和废气温度。

[0032] 在过程300的步骤304中,基于一个或多个运行参数将涡轮数据点分成多个带。例如,基于燃气涡轮102的抽气加热状态,可以将多个涡轮数据点分为两个带。第一带可包括抽气加热关闭时得到的那些涡轮数据点以及第二带可包括抽气加热打开时得到的那些涡轮数据点。基于在压缩机入口的两个周边位置测得的CTIF差别,上述两个带可以进一步分为两个带。例如,CTIF差别高于阈值时得到的涡轮数据点可以分为一个带,以及CTIF差别低于阈值时得到的涡轮数据点可以分为不同的带。基于压缩机压力比(CPR)可以进行类似的分类。

[0033] 本领域技术人员可以意识到的是,将涡轮数据点的分类为带可以同时基于多个运行参数。例如,一个带可以仅仅包括当抽气加热被打开、CTIF差别高于阈值并且CPR可高于另一阈值时得到的那些涡轮数据点。在一实施例中,CPR的阈值可为13。本领域技术人员可以意识到的是,上述的分类为带是为了进行举例说明以及基于其它运行参数或运行参数的其它组合也可以对涡轮数据点进行分类。还能意识到的是,也可以动态地确定每一个运行参数的阈值。

[0034] 在过程300的步骤306中,可以计算CTD差别的统计差异测量。可以对涡轮数据点被分成的多个带的每个计算统计差异测量。在步骤306中,可以计算CTD差别的基准差异测量和当前差异测量两者。如与图2相关的内容中描述的,基准差异测量可为在第一窗口期间得

到的CTD差别的平均值、中值或标准差。类似地,当前差异测量可为在第二时间窗内得到的CTD差别的平均值、中值或标准差。

[0035] 在步骤308中,基于基准统计差异测量和当前统计差异测量生成告警指示符。在一实施例中,告警指示符可为基准差异测量与当前差异测量的差别。如果告警指示符在比特定时间段长的时间段内高于阈值,那么就能产生告警。在一实施例中,如果告警指示符超过阈值15分钟以上就产生告警。在多种实施例中,如果告警指示符在10-60分钟的时间段范围内超过阈值就可产生告警。

[0036] 过程300基于第一时间窗和第二时间窗内的CTD差别测量估计告警指示符。本领域技术人员可意识到的是,也可以根据燃气涡轮102的性能参数来获取告警指示符。基于燃气涡轮102的性能参数的压缩机预诊断过程在与图4相关的内容中示出。

[0037] 图4是举例说明基于燃气涡轮102的性能参数的压缩机预诊断过程400的流程图。在步骤402中,可以获取多个涡轮数据点。多个涡轮数据点的获取可与过程300的步骤302相关的描述那样地完成。

[0038] 在过程400的步骤404中,基于一个或多个运行参数将涡轮数据点分成多个带。多个涡轮数据点分成不同的带的构成可与过程300的步骤304相关的描述那样地完成。

[0039] 在过程400的步骤406中,可以计算燃气涡轮102的一个或多个性能参数的统计差异测量。可以对涡轮数据点被分成的多个带的每个计算统计差异测量。在步骤406中,可以对一个或多个性能参数计算基准差异测量和统计差异测量两者。如与图2相关的内容中示出的,基准统计差异测量可为在第一窗口期间得到的一个或多个性能参数的平均值、中值或标准差。类似地,当前统计差异测量可为在第二时间窗内得到的一个或多个性能参数的平均值、中值或标准差。

[0040] 在步骤408中,可以基于基准统计差异测量和当前统计差异测量计算告警指示符。告警指示符的计算可以与过程300的步骤308相关的描述那样地执行。

[0041] 过程300和40还可以使运行参数、CTD和性能参数规格化为ISO标准参数。在一个实施例中,可以基于规格化的参数计算基准差异测量和当前差异测量两者。另外,也可以产生规格化的参数计算告警指示符。基于因此得到的告警指示符可以产生告警。

[0042] 图5是依照一个实施例举例说明利用融合技术的压缩机预诊断过程500的流程图。过程从燃气涡轮传感器系统104获取运行参数、CTD和性能参数。过程还可以获取燃气涡轮102的振动参数。振动参数可以包括振动幅度、振动频率等。

[0043] CTD特征502、性能特征504和振动特征506可以分别获取燃气涡轮传感器系统的CTD、一个或多个性能参数和振动参数。CTD、性能参数、振动参数然后被传送到组合模块508。组合模块508可以对CTD、性能参数和振动参数的至少两个进行融合以得到融合参数。组合模块508可以使用多种融合算法,诸如卡尔曼滤波算法、贝叶斯网络算法、D-S算法等。在一实施例中,融合CTD和运行参数以得到融合参数。在一备选实施例中,将CTD、运行参数、性能参数融合以得到融合参数。

[0044] 融合参数被传送到压缩机健康监测模块106。压缩机健康监测模块可以基于融合参数计算告警指示符。在第一时间窗和第二时间窗内得到的融合参数用于计算基准差异测量和当前差异测量。基于基准差异测量和当前差异测量可以计算告警指示符。

[0045] 本文呈现的实施例还包括执行图3、图4和图5中描述的步骤的计算机程序产品。计

计算机程序产品包括存储在非暂态计算机可读介质中的编码的指令。计算机可读介质可为随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可编程只读存储器(PROM)、可擦写可编程只读存储器(EPROM)等中的任一个。编码的指令可由一个或多个处理器执行。计算机程序产品的编码的指令可以包括接收多个涡轮数据点的指令,基于一个或多个运行参数将涡轮数据点分成多个带的指令,以及计算燃气涡轮102的CTD和性能参数的基准差异测量和当前差异测量的指令。计算机程序产品也可以包括基于基准差异测量和当前差异测量计算告警指示符的指令。计算机程序产品可以具有将一个或多个运行参数、CTD、一个或多个性能参数规格化为ISO标准等级的指令。

[0046] 计算机程序产品还可以包括接收涡轮102的一个或多个振动参数的指令。计算机程序产品还可以包括使用一个或多个传感器融合技术组合CTD和一个或多个性能参数的指令。在一实施例中,计算机程序产品可以包括使用一个或多个融合技术组合一个或多个振动参数、CTD和一个或多个性能参数的指令。传感器融合技术可以包括卡尔曼滤波算法、贝叶斯网络算法、D-S算法等中的一个或多个。

[0047] 本文描述的实施例仅仅是为了举例说明。本领域技术人员从此描述中可以认识到,本文呈现的教导不限于描述的实施例,而仅通过由所附权利要求的精神和范围限定的修改和改变也可以实施。

[0048] 元件表:

[0049] 102:燃气涡轮

[0050] 104:燃气涡轮传感器系统

[0051] 106:压缩机健康监测系统

[0052] 202:接收模块

[0053] 204:数据装箱模块

[0054] 206:差异模块

[0055] 208:告警模块

[0056] 210:输出装置

[0057] 502:CTD特征块

[0058] 504:性能特征块

[0059] 506:振动特征块

[0060] 508:组合模块

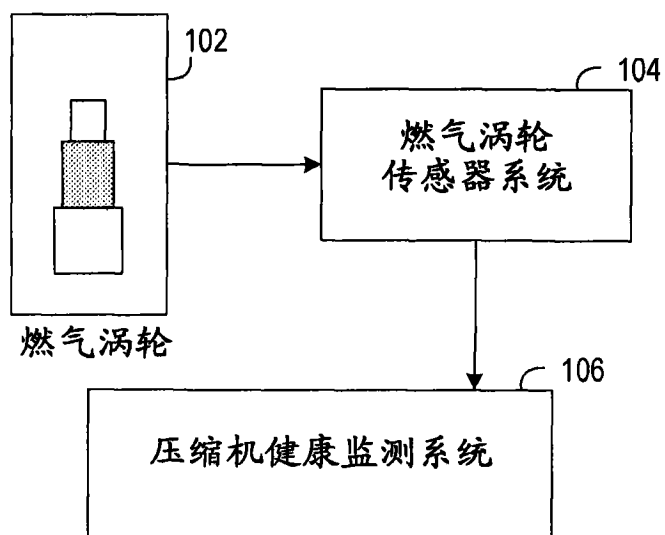


图1

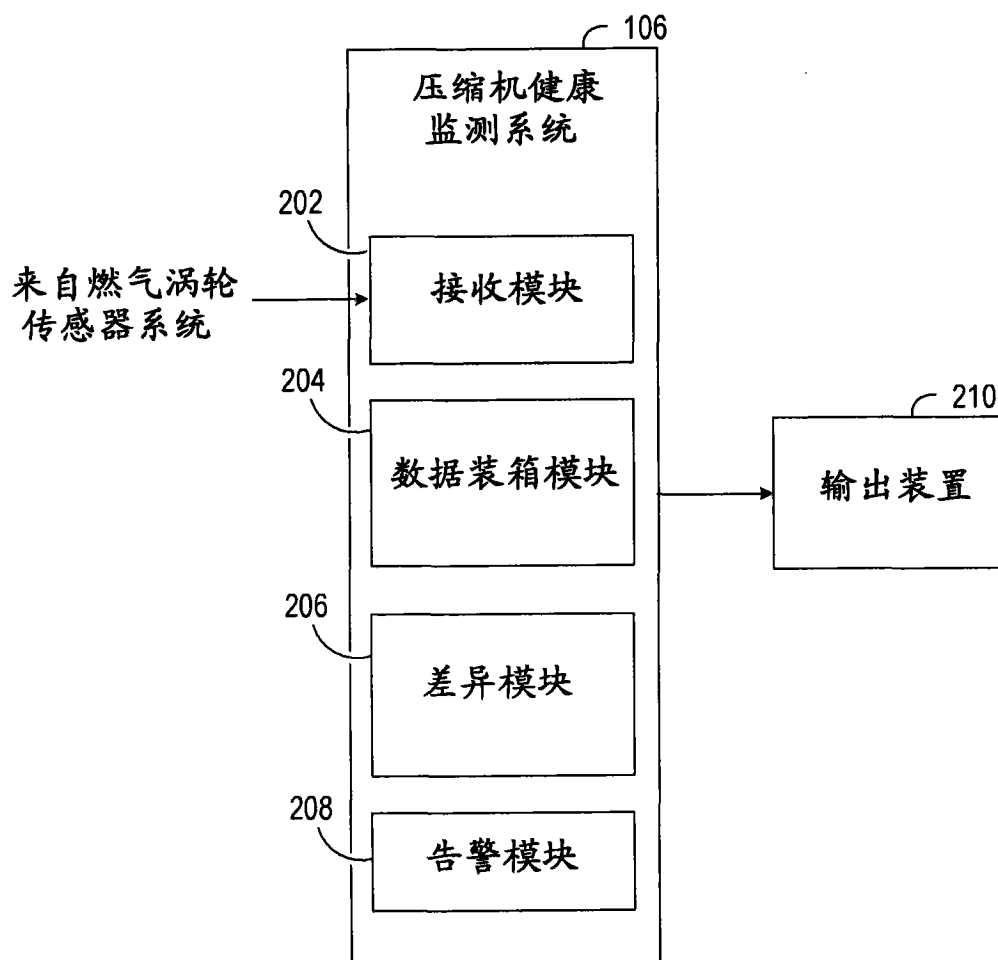


图2

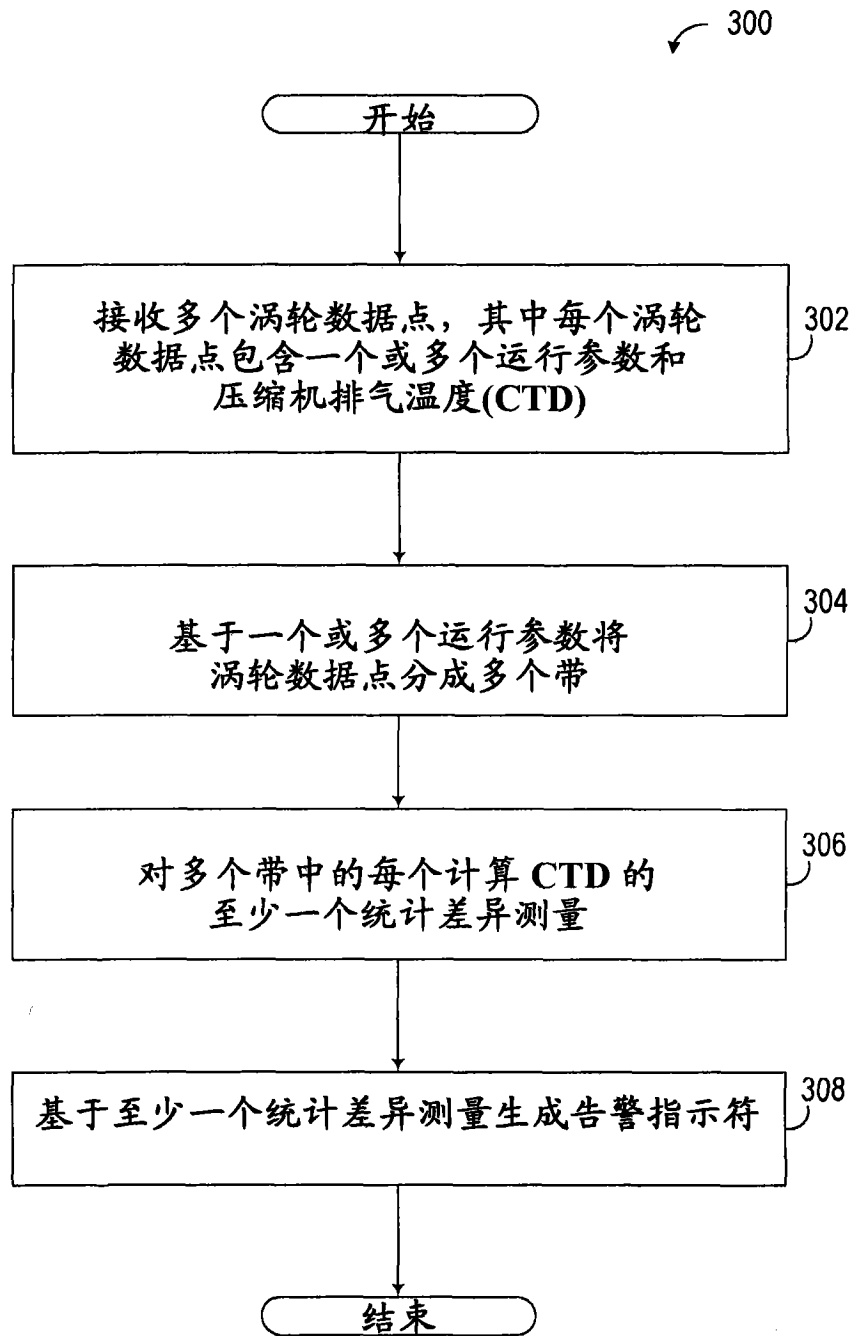


图3

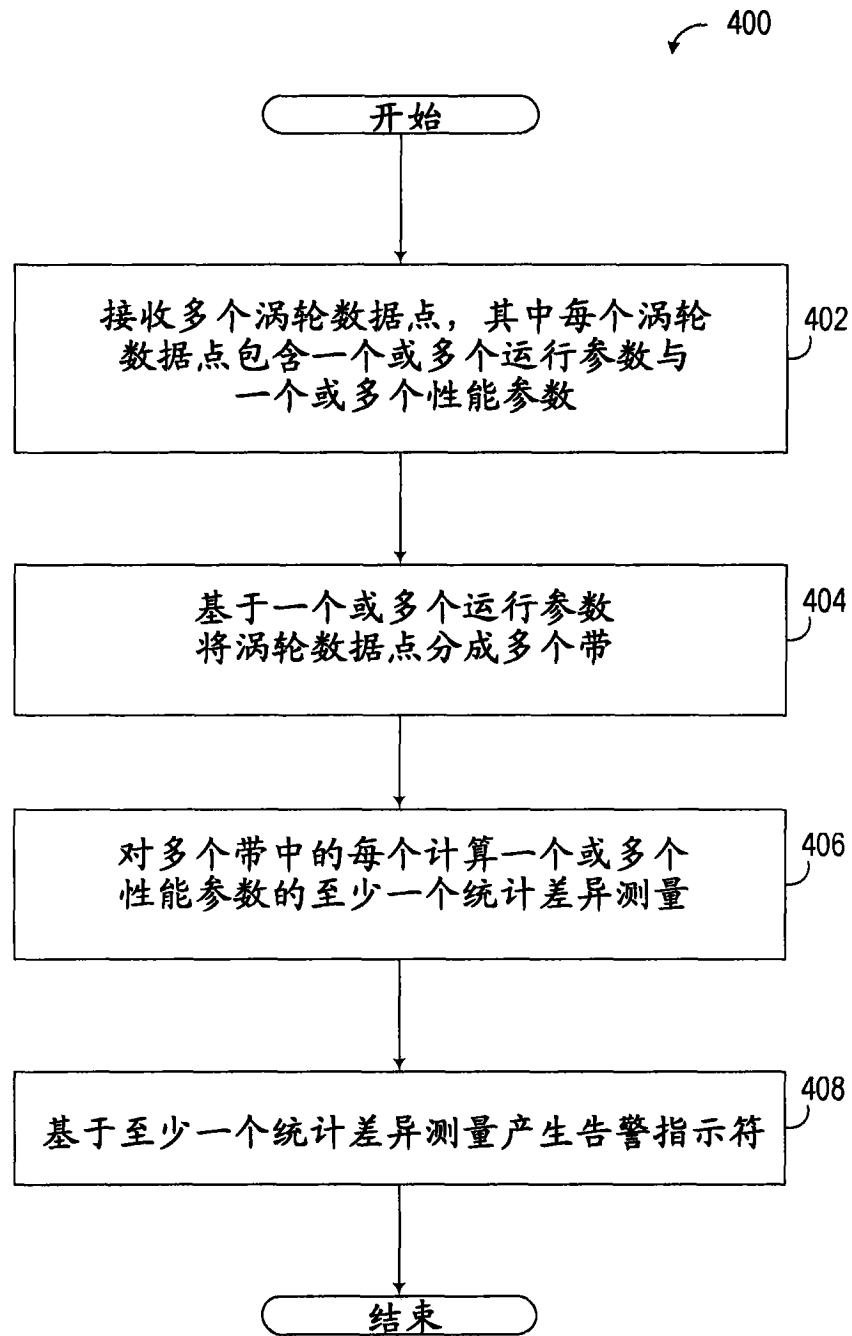


图4

来自燃气涡轮
传感器系统

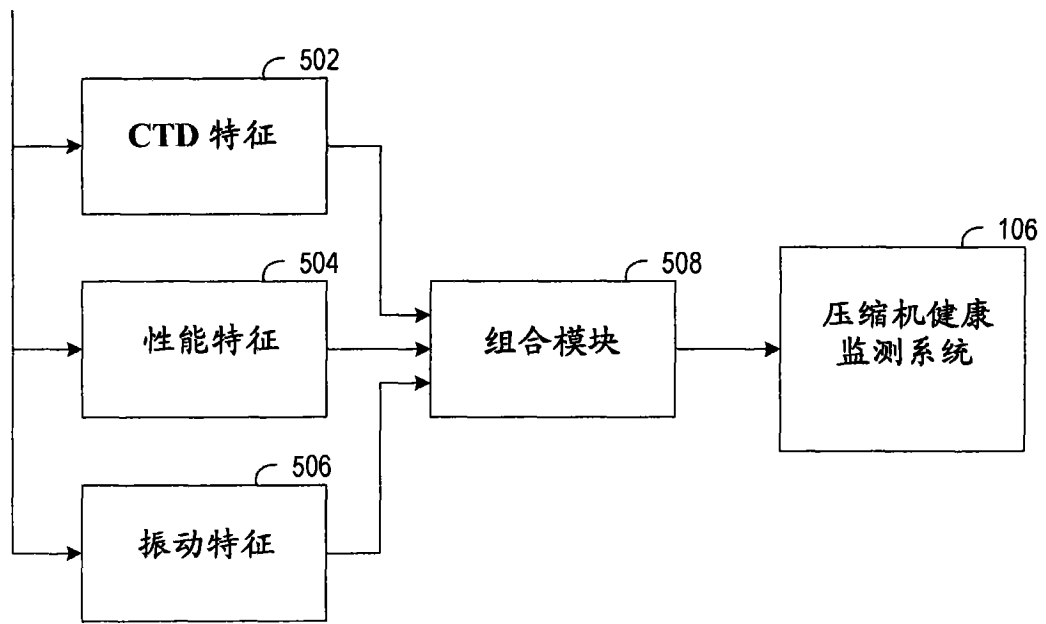


图5