



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410002535.9

[45] 授权公告日 2009 年 8 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 100526835C

[22] 申请日 2004.1.30

[21] 申请号 200410002535.9

[30] 优先权

[32] 2003.1.30 [33] US [31] 10/354824

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 N·文卡特斯瓦兰 M·A·沙

B·G·诺尔曼

[56] 参考文献

US20020178730A1 2002.12.5

US20020183916A1 2002.12.5

EP1251258A2 2002.10.23

US5165223 1992.11.24

US20020150142A1 2002.10.17

US3727400 1973.4.17

US4115998 1978.9.26

EP1160551A1 2001.5.12

审查员 彭志萍

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 蔡民军 黄力行

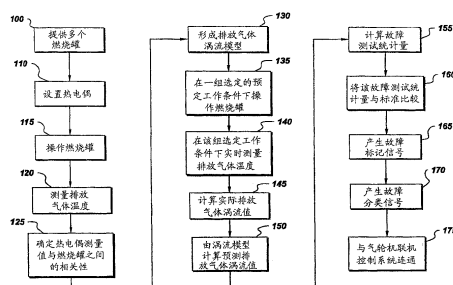
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 8 页

[54] 发明名称

用于监测气轮机系统的性能的方法和设备

[57] 摘要

一种用于监测气轮机系统(20)的性能的方法包括:提供多个燃烧罐(30);围绕该多个燃烧罐的排放平面圆周地设置多个温度传感器(40);操作该多个燃烧罐,同时改变多个工作参数,其中,在操作期间,排放气体从多个燃烧罐的每一个燃烧罐排出;使用多个温度传感器在排放平面测量排放气体的温度,以获得多个单独温度测量值;确定排放气体温度的单独温度测量值与排出排放气体的多个燃烧罐的相应的单独燃烧罐的相关性;以及形成涡流模型(70),其中,该模型使用相关性来预测排放平面内的涡流值,作为工作参数的函数。



1. 一种用于监测气轮机系统(20)的性能的方法,所述方法包括:
提供多个燃烧罐(30);

围绕所述多个燃烧罐的排放平面圆周地设置多个温度传感器(40);

操作所述多个燃烧罐,同时改变多个气轮机工作参数,其中,在操作期间,排放气体从所述多个燃烧罐的每一个燃烧罐排出;

使用所述多个温度传感器在所述排放平面测量所述排放气体的温度,以获得多个单独温度测量值;

确定排放气体温度的所述单独温度测量值与排出所述排放气体的所述多个燃烧罐的相应的单独燃烧罐的相关性;

形成涡流模型(70),其中,所述模型使用所述相关性来预测在所述排放平面内的涡流值,作为所述气轮机工作参数的函数;

设置所述多个燃烧罐,以在一组选定的预定工作条件下工作;

在所述多个燃烧罐在该组所述选定的工作条件下工作期间,使用所述多个温度传感器实时测量排放气体温度数据;

根据所述实时的排放气体温度数据来计算至少一个实际的涡流值;

使用所述模型来计算在该组所述选定的工作条件下的至少一个预测涡流值;

比较所述实际涡流值和所述预测涡流值,且计算至少一个故障测试统计量;

将所述故障统计量与标准比较;以及

当所述故障测试统计量超过所述标准时,产生至少一个故障标记信号,其中所述至少一个故障标记信号表明在所述多个燃烧罐中存在有故障的燃烧罐。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述故障测试统计量是所述实际涡流值和预测涡流值之间的差。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,将所述故障测试统计量与标准的比较包括比较每个罐在经过一段时间的故障测试统计量的值,其中将所述故障测试统计量的值的选定特性的分布在经过所述时间段与相应于所述选定的特性的所述标准比较。

4. 如权利要求1所述的方法还包括产生至少一个故障分类信号, 其中, 所述故障分类信号从所述多个燃烧罐中识别特定的有故障的燃烧罐。

5. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 操作所述多个燃烧罐, 同时改变多个气轮机工作参数还包括在各个值的范围内改变每个所述气轮机工作参数, 所述各个值的范围为从在所述多个燃烧罐的起始条件下使用的各个值到在所述多个燃烧罐的基本载荷条件下使用的各个值的范围。

6. 如权利要求5所述的方法, 其特征在于, 所述气轮机工作参数包括入口导向叶片角、压缩机排放压、燃料流量、压缩机排放温度、校正的质量流量、输出功率中的至少一个。

7. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 在所述排放平面内测量所述排放气体的温度包括产生所述排放平面内的排放气体温度曲线, 所述曲线包括多个局部极大点, 其中, 每个局部极大点相应于所述多个燃烧罐中的一个所述的燃烧罐, 以及其中确定所述相关性包括使所述多个局部极大点的每个局部极大点与其相应的燃烧罐相关联。

8. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述多个温度传感器是该涡轮机的联机控制系统的温度监测部分的部件。

9. 一种用于监测气轮机系统(20)的性能的方法, 所述方法包括: 提供多个燃烧罐(30);

围绕所述多个燃烧罐的排放平面圆周地设置多个温度传感器(40);

操作所述多个燃烧罐, 同时改变多个气轮机工作参数, 其中, 在操作期间, 排放气体从多个燃烧罐的每一个燃烧罐排出, 其中改变多个气轮机工作参数包括在各个值的范围内改变每个所述气轮机工作参数, 所述各个值的范围为从在所述多个燃烧罐的起始条件下使用的各个值到在所述多个燃烧罐的基本载荷条件下使用的各个值的范围, 且所述气轮机工作参数包括入口导向叶片角、压缩机排放压、燃料流量、压缩机排放温度、校正的质量流量、输出功率中的至少一个;

使用所述多个温度传感器在所述排放平面测量所述排放气体的温度, 其中, 在所述排放平面内测量所述排放气体的温度包括产生所述排放平面内的排放气体温度曲线, 所述曲线包括多个局部极大点, 其

中，每个局部极大点相应于所述多个燃烧罐中的一个所述的燃烧罐；

确定排放气体温度的单独温度测量值与排出所述排放气体的单独燃烧罐的相关性，其中确定所述相关性包括使所述多个局部极大点的每个局部极大点与其相应的燃烧罐相关联；

形成涡流模型（70），其中，所述模型使用所述相关性来确定在所述排放平面内的涡流值，作为所述气轮机的工作参数的函数；

设置所述多个燃烧罐在一组选定的预定工作条件下工作；

在所述多个燃烧罐在该组所述选定的工作条件下工作期间，实时获得排放气体温度数据；

根据所述实时的排放气体温度数据来计算实际的涡流值；

使用所述模型来计算在该组所述选定的工作条件下的预测涡流值；

比较所述实际涡流值和所述预测涡流值，且产生至少一个故障测试统计量，表明存在有故障的燃烧罐；其中所述至少一个故障测试统计量是所述实际涡流值和所述预测涡流值之间的差；

将所述差与标准比较；

当所述差超过所述标准时，产生至少一个故障标记信号，其中所述至少一个故障标记信号表明在所述多个燃烧罐中存在有故障的燃烧罐；以及

产生至少一个故障分类信号，其中，所述故障分类信号从所述多个燃烧罐中识别特定的有故障的燃烧罐。

用于监测气轮机系统的性能的方法和设备

技术领域

本发明总的涉及气轮机系统，更具体的，本发明涉及用于监测气轮机系统的性能的方法和设备。

背景技术

气轮机通常包括用于压缩空气的压缩机和来自该压缩机的压缩空气和气体燃料在其中混合且燃烧的燃烧室。来自该燃烧室的热气体驱动涡轮级以产生动力。通常，对于安装好的涡轮，通过日常检查和测量以及定期的性能测试来实施性能监测。这些结果以后用于维护和维修诊断过程。例如，故障出现以后，分析机器的前面所记录的趋势来识别故障的原因，且实施从识别的故障恢复所要求的维护措施。由于这样的监测系统只有在故障发生以后才能识别问题，所以它们有局限性。因此，上述的方法通常不能预测和预防涡轮损坏。而且，由于与分析故障、确定故障原因和确定纠正措施的步骤相关的固有时间延迟，所以使用现在的方法总是导致关键性的涡轮部件的修复时间不合需要地过长。

在某些气轮机监测装置中，系统建模技术使用发动机性能参数来近似气轮机中的热力学过程。在一个这样的系统中，监测气轮发动机的发动机压力比（EPR），且该发动机压力比用作独立的变量，以确定用于正确操作被监测类型的理论发动机的高压压缩机级的燃料流、排放气体温度以及转速的期望值。设置二极管网络来实现电压转变特性，该特性近似 EPR 与诸如在理论发动机中的燃料流之类的相关变量之一之间的参数关系。该二极管网络提供在理想条件下的工作参数的期望值。来自实际发动机的信号和该期望值提供给模拟计算网络，以计算实际值与期望值的偏差，以作为检测异常的一种方法。这样的系统面临这样一种缺点，即，它们不能在被监测的发动机的整个工作中精确监测发动机性能。很多系统建模技术不现实地假设发动机的性能参数值在不同的工作条件下保持恒定，且大多数的系统没有考虑在发动机的工作寿命期间性能上的逐步退化。

在气轮机中，由于高温可以引起对燃烧室元件、热气通道部分、

转子叶片以及类似物的损坏，所以期望监测排放气体温度。高排放气体温度还可以引起诸如氧化氮之类的某些管制的化合物的排放水平上升到允许的限度之上。诸如热电偶之类的温度传感器已经在已有技术系统中使用，以确定在涡轮燃烧室中的排放气体的温度。虽然温度监测提供对于增加涡轮机的可靠性来说至关重要的信息，但是该技术单独通常不足以识别特定部件在异常条件下的工作，或者不足以识别特定部件有在异常条件下工作的危险。

因此，需要改进的机构来监测气轮机系统的性能，使得可以识别引起异常工作的特定部件，且可以预测有关该涡轮可以工作直到需要维护和维修程序的时间。

发明内容

简要的，根据本发明的一方面，一种用于监测气轮机系统的性能的方法包括：提供多个燃烧罐；围绕该多个燃烧罐的排放平面圆周地设置多个温度传感器；操作该多个燃烧罐，同时改变多个工作参数，其中，在操作期间，排放气体从多个燃烧罐的每一个燃烧罐排出；使用多个温度传感器在排放平面测量排放气体的温度，以获得多个单独温度测量值；确定排放气体温度的单独温度测量值与排出排放气体的多个燃烧罐的相应的单独燃烧罐的相关性；以及形成涡流模型，其中，该模型使用相关性来预测排放平面内的涡流值，作为工作参数的函数。

根据本发明的另一个方面，一种用于监测气轮机系统的性能的方法包括：提供多个燃烧罐；围绕该多个燃烧罐的排放平面圆周地设置多个温度传感器；操作该多个燃烧罐，同时改变多个气轮机工作参数，其中，在操作期间，排放气体从多个燃烧罐的每一个燃烧罐排出，其中改变多个气轮机工作参数包括在各个值的范围内改变每个气轮机工作参数，该各个值的范围为从在多个燃烧罐的起始条件下使用的各个值到在多个燃烧罐的基本载荷条件下使用的各个值的范围，且其中该气轮机工作参数包括入口导向叶片角、压缩机排放压、燃料流量、压缩机排放温度、校正的质量流量、输出功率中的至少一个；使用多个温度传感器在排放平面测量排放气体的温度，其中，在排放平面内测量排放气体的温度包括产生排放平面内的排放气体温度曲线，该曲线包括多个局部极大点，其中，每个局部极大点相应于多个燃烧罐中的

一个燃烧罐；确定排放气体温度的单独测量值与排出排放气体的相应的单独燃烧罐的相关性，其中，确定该相关性包括使多个局部极大点的每个局部极大点与其相应的燃烧罐相关联；形成涡流模型，其中，该模型使用相关性来确定排放平面内的涡流值，作为气轮机的工作参数的函数；设置多个燃烧罐在一组选定的预定工作条件下工作；在多个燃烧罐在该组选定的工作条件下工作期间，实时获得排放气体温度数据；根据该实时的排放气体温度数据来计算实际的涡流值；使用该模型来计算在该组选定的工作条件下的预测涡流值；比较该实际涡流值和预测涡流值，且产生表明存在有故障的燃烧罐的至少一个故障测试统计量；其中该至少一个故障测试统计量是实际涡流值和预测涡流值之间的差，将该差与标准比较；当该差超过标准时，产生至少一个故障标记信号，其中该至少一个故障标记信号表明在多个燃烧罐中存在有故障的燃烧罐；以及产生至少一个故障分类信号，其中，该故障分类信号从多个燃烧罐中识别特定的有故障的燃烧罐。

根据本发明的还有一个方面，一种用于在气轮机系统中识别潜在有故障的燃烧罐的方法包括：在该气轮机系统中设置多个燃烧罐，以在一组选定的预定工作条件下工作；在多个燃烧罐在该组选定的工作条件下工作期间，使用多个温度传感器实时测量排放气体温度数据；根据该实时的排放气体温度数据来计算实际的涡流值；以及使用该模型来计算在该组选定的工作条件下的预测涡流值。

根据本发明的一个实施例，一种用于监测气轮机系统性能的设备包括：适于在气轮机系统工作期间感测多个气轮机工作参数和温度测量值的传感器模块，其中，该气轮机系统包括多个燃烧罐；适于接收多个气轮机工作参数和温度测量值以产生至少一个实际涡流值和至少一个预测涡流值的数据分析模块；适于接收至少一个实际涡流值和至少一个预测涡流值且适于产生至少一个故障测试统计量的统计量计算模块；以及适于接收至少一个故障测试统计量且适于产生至少一个故障标记信号的故障检测模块，其中，该至少一个故障标记信号表明在多个燃烧罐中存在有故障的燃烧罐。

根据本发明的另一个实施例，一种计算机可读的介质存储指导计算机系统监测气轮机系统性能的计算机指令，该计算机指令包括：用于确定多个排放气体温度测量值中的单独温度测量值与在排放平面内

排出排放气体的多个燃烧罐中的相应的单独燃烧罐的相关性的指令；以及形成涡流模型，其中，该模型使用相关性来预测排放平面内的涡流值，作为气轮机工作参数的函数。

根据本发明的还有一个实施例，一种计算机可读的介质存储用于监测气轮机系统性能的计算机指令，该计算机指令包括：确定多个排放气体温度测量值中的单独温度测量值与在排放平面内排出排放气体的多个燃烧罐中的相应的单独燃烧罐的相关性，其中，该多个排放气体温度测量值包括产生排放平面内的排放气体温度曲线，该曲线包括多个局部极大点，其中，每个局部极大点相应于多个燃烧罐中的一个燃烧罐，且其中确定该相关性包括使多个局部极大点的每个局部极大点与其相应的燃烧罐相关联；形成涡流模型，其中，该模型使用相关性来确定排放平面内的涡流值，作为气轮机的工作参数的函数；根据实时的排放气体温度数据来计算至少一个实际的涡流值；使用该模型来计算在该组选定的工作条件下的至少一个预测涡流值；比较该实际涡流值和预测涡流值，且产生至少一个故障测试统计量；将该故障测试统计量与标准比较；当该故障测试统计量超过标准时，产生至少一个故障标记信号，其中该至少一个故障标记信号表明在多个燃烧罐中存在有故障的燃烧罐；以及产生至少一个故障分类信号，其中，该故障分类信号从多个燃烧罐中识别特定的有故障的燃烧罐。

附图说明

当通过参考附图来阅读下面的详细描述时，将更好的理解本发明的这些和其它特征、方面和优点，其中，在所有图中，同样的符号表示同样的部分，其中：

图 1 示出了气轮机监测装置的示意图；

图 2A 示出了在图 1 中使用的气轮机系统的示意图，示出了在燃烧室中的燃烧罐的设置和在涡轮机的排放处的横剖面 AA；

图 2B 示出了图 2A 中的横剖面 AA 的详细视图，示出了温度传感器的布置；

图 3 示出了排放平面内的六个罐的排放气体温度曲线；

图 4 示出了罐 - 热电偶的几何形状；

图 5 示出了 6 个罐从基本载荷到低载荷工作的涡流曲线；

图 6 示出了 6 个罐从基本载荷到低载荷工作的涡流范围图；

图 7 示出了涡流模型形成的最小平方方法和主分量分析方法之间的图形比较；以及

图 8 示出了描述执行监测气轮机系统性能的行动的流程图。

具体实施方式

参考图 1，本发明的一个实施例是用于监测气轮机系统 20 性能的设备 10。一种典型的气轮机系统 20 包括用于压缩空气且供给到燃烧室 15 的压缩机 5，压缩空气和气体燃料在该燃烧室中燃烧以驱动涡轮 18。燃烧室 15 包括多个用于燃烧空气和燃料气体的燃烧罐 30（如图 2 所示）。设备 10 包括适于在气轮机系统 20 工作期间感测多个气轮机工作参数和温度测量值的传感器模块 50。在该实施例的一个例子中，使用热电偶作为温度传感器 40。工作参数传感器 45 用来在操作燃烧罐时感测多个气轮机工作参数。在某些实施例中，多个温度传感器 40 在气轮机的排放处圆周地设置在多个燃烧罐 30 的排放平面内，如图 2 所示。图 2A 示出了图 1 的气轮机系统 20 的示意图，包括压缩机 5、燃烧室 15 和涡轮 18。燃烧室 15 包括燃烧罐 30。该涡轮横剖面 AA 在图 2B 中详细显示，该图示出了在涡轮 18 的排放处的温度传感器 40 的布置。排放平面限定为垂直于排放气体流的平面，且包括设置在气轮机的排放处的温度传感器。在特定的实施例中，这些温度传感器 40 是该涡轮系统 20 的联机控制系统 25 的温度监测部分的部件。

数据分析模块 60 适于接收多个来自传感器模块 50 的气轮机工作参数和温度测量值，且适于产生至少一个实际涡流值和至少一个预测涡流值，在下面更详细地描述。统计量计算模块 80 适于接收来自数据分析模块 60 的至少一个实际涡流值和至少一个预测涡流值，且适于产生至少一个故障测试统计量。在该实施例一个例子中，该故障测试统计量是实际涡流值和预测涡流值之间的差。故障检测模块 90 适于接收来自统计量计算模块 80 的至少一个故障测试统计量，且适于产生至少一个故障标记信号。该故障检测模块 90 将故障测试统计量与标准比较，且当该故障测试统计量的绝对值超过标准时，其产生故障标记信号。该故障标记信号表明在多个燃烧罐中存在有故障的燃烧罐。与标准的比较包括观察实际涡流值与预测涡流值之间的差，即，每个罐在经过一段时间的故障测试统计量，然后将这些故障测试统计量的值的选定特性的分布与相应于选定的特性的标准或者域值比较。该标准的

合适例子包括例如实际值与预测值之间的均方根误差或者平均值，或者根据实际值与预测值之间的差计算的标准偏差。

在某些特定的实施例中包括故障分类模块 95，其适于接收来自故障监测模块 90 的至少一个故障标记信号，且适于产生至少一个故障分类信号，其中，该故障分类信号使用涡流图从多个燃烧罐中识别特定的有故障的燃烧罐。该故障分类信号传递到涡流系统 20 的联机控制系统 25，以采取合适的维护和维修行动。

在一些实施例中，数据分析模块 60 产生给定排放平面内的排放气体温度曲线。如图 3 所示，该曲线包括多个局部极大点。每个局部极大点相应于燃烧罐 30 之一（图 2）；该曲线显示为六个罐的结构。

在一些实施例中，该数据分析模块 60 还包括涡流模型 70，以确定至少一个温度测量值与相应的单独燃烧罐的相关性，作为至少一个气轮机工作参数的函数。在工作条件的整个范围期间，涡流模型 70 使如上所述的排放平面内的每个局部极大点与其相应的燃烧罐相关联。图 4 示出了燃烧罐（由 cn 所示，其中 n 为 1 到 6）和温度传感器布置（由热电偶 tm 所示，其中 m 为 0 到 21）的一个例子，其中，两个温度传感器之间的角度近似为 17 度。该相关性产生涡流值，其是该角度的测量值，当排放气体从其燃烧罐的排出处通过该涡轮剖面传播到下游时，排放气体转过该角度。使用局部排放气体温度极大值作为参考点给出了在涡流值测量中的最大程度的信心，因此，尽管可以使用在温度曲线中的其它点，问题的中心是使用局部极大值在气轮机参数和每个燃烧罐 40 的热电偶数量之间形成相关性。

图 5 示出了当气轮机工作条件改变时该排放气体涡流如何显示其自身的一个例子。在图 5 所示的例子中，相应于来自罐 #1 (c1) 的排放气体的局部极大温度数据点在基本载荷条件下相应于热电偶 (TC) #7 (t7)，且该点在低载荷下相应于热电偶 #12 (t12)；相应于罐 #1 的涡流值近似为 85 度（两个热电偶之间的角距离为近似 17 度）。因此，很明显涡流的量与载荷不是线性的。类似的，图 6 描述了一个涡流范围图，其示出了在从 90MW 的基础载荷到 10MW 的低载荷的整个卸载操作期间排放气体如何冲击在热电偶上的例子。其示出了在罐 #1 (c1) 的整个卸载循环期间，涡流从 TC #8 (t8) 到 TC #13 (t13) 的变化，且该涡流值大约 85 度。为了形成罐 - 热电偶图（即，涡流图），

分析排放热电偶数据,以便在装载/卸载操作的离散点中识别局部极大值。在装载/卸载操作期间,对于局部极大值从一个热电偶偏移到邻近的热电偶的那些点获取时间、热电偶数量和气轮机工作参数。记录该罐数量和热电偶数量之间的相关性。然后,该相关性数据统计地分析,以确定该罐数量和热电偶数量之间的相关性,作为气轮机工作参数的函数。许多合适的统计分析技术在本领域中是已知的,例如包括线性回归、主分量分析(PCA)和部分潜在结构(PLS)绘图,以在所有工作点确定气轮机工作参数和罐-热电偶相关性的关系。

上述分析的结果用来形成涡流模型70,以确定涡流值,作为气轮机工作参数的函数。在该实施例的一个例子中,该涡流模型70包括线性模型。在该实施例的另一个例子中,该涡流模型70包括非线性模型。如在本领域中通常所作的那样,模型性能是根据该模型值与观察值之间的最大偏差(绝对值)和均方根误差来评估的。图7示出了罐#1的分散绘图,以及使用最小平方方法的结果和PCA方法的结果。

可以观察到PCA给出更精确的结果,其更接近实际值(由直线描绘)。在一个例子中,使用两个热电偶之间近似17度的角距离,该使用PCA方法的模型是有效的,且可以发现,通过PCA方法可以实现小于这些温度传感器之间的角距离一半(近似8.5度)的均方根误差。

如图8所示的本发明的另一个方面是监测气轮机系统性能的方法;该方法特别适用于前述设备10(图1)的应用。其包括:在100处提供多个燃烧罐;在110处围绕该多个燃烧罐的排放平面圆周地设置多个温度传感器,且在115处操作该多个燃烧罐,同时改变多个气轮机工作参数。在特定的实施例中,改变多个气轮机工作参数包括在各个值的范围内改变每个气轮机工作参数。该各个值的范围可以从在起始条件下使用的各个值到多个燃烧罐的基本载荷条件下使用的各个值的范围。本领域中的普通技术人员应该理解,在起始条件和基本载荷条件下不同工作参数的各个值对不同的涡轮是变化的,且这些值对于给定的涡轮很好地限定。在该实施例的一个例子中,这些气轮机工作参数包括入口导向叶片角、压缩机排放压、燃料流量、压缩机排放温度、校正的质量流量、输出功率中的至少一个。在燃烧罐工作期间,排放气体从多个燃烧罐的每个燃烧罐排出。该方法包括:在120处使用多个温度传感器在排放平面测量排放气体的温度。在一些实施

例中, 这些温度传感器是该涡轮系统的联机控制系统的温度监测部分的部件。在本发明的某些实施例中, 测量该温度包括获得排放平面内的排放气体温度曲线。该曲线包括多个局部极大点, 其中, 每个局部极大点相应于多个燃烧罐中的一个。在 125 处确定排放气体温度的单独测量值与排出排放气体的相应的单独燃烧罐的相关性。确定该相关性包括使多个局部极大点的每个局部极大点与其相应的燃烧罐相关联, 如前所述。在 130 处形成涡流模型 70, 其中, 该模型使用相关性来确定在从单独燃烧罐排出排放气体的排放平面内的涡流值, 作为气轮机的工作参数的函数。在该方法的一个例子中该模型是线性模型, 在另一个例子中该模型是非线性模型。

一种可以与上述方法一起使用或者独立使用的替代实施例, 其包括: 在 135 处设置多个燃烧罐, 以在一组选定的预定工作条件下工作, 且在 140 处, 在该组选定的工作条件下工作期间, 实时测量排放气体温度数据。在 145 处, 使用该实时的排放数据来计算实际的涡流值; 在 150 处还使用该涡流气体模型来计算在该组选定的工作条件下的预测涡流值。在 155 处比较这两个值, 且计算这些值之间的差作为故障测试统计量。在 160 处将该故障测试统计量与标准比较。当该故障测试统计量超过该标准时, 在 165 处产生故障标记信号, 该故障标记信号表明在燃烧室中存在有故障的燃烧罐。接下来在 170 处产生至少一个故障分类信号, 该故障分类信号通过使用涡流图来识别特定的罐为有故障的罐。在 175 处将该故障分类信号送到涡轮联机控制系统, 以进行合适的校正行动。

在图 8 中的流程图示出了用于监测气轮机性能的方法和设备的功能和操作。在这方面, 每个块/部件表示一个模块、段或者包括用于实现特定的逻辑功能的一条或者多条可执行的指令的代码的部分。还应该注意, 在某些替代实现中, 在框中提到的功能可以不以图中提到的顺序出现, 或者, 例如实际上可以根据所涉及的功能同时或者以相反的顺序来执行。此外, 本领域中的普通人员之一应该承认可以增加附加的框。而且, 这些功能可以用诸如 C++ 或者 JAVA 之类的编程语言来实现; 然而, 也可以使用其它语言。

上述的本发明的各种实施例和方面包括用于实现逻辑功能的可执行的指令的有序列表。该有序列表可以在由基于计算机的系统使用的

或者结合基于计算机的系统使用的任何计算机可读的介质中体现，该基于计算机的系统可以检索指令和执行指令。在本申请方面，该计算机可读的介质可以是包含、存储、通信、传播、发送或者转移指令的任何装置。该计算机可读介质可以是电子的、磁的、光的、电磁的或者红外的系统、设备或者装置。计算机可读介质的示例性（非唯一性）列表可以包括具有一根或者多根导线的电连接器（电子的）、便携式计算机磁盘（磁的）、随机存取存储器（RAM）（磁的）、只读存储器（ROM）（磁的）、可擦可编程只读存储器（EPROM 或者闪存）（磁的）、光纤（光的）以及便携式只读光盘（CDROM）（光的）。

注意，该计算机可读介质可以包括纸或者另一种合适的介质，指令打印在该纸或者另一种合适的介质上。例如，通过光扫描该纸或者其它介质可以电子地获得这些指令，如果有必要，然后编译、翻译或者另外以合适的方式处理这些指令，且将这些指令存储在计算机存储器中。

这里只说明和描述了本发明的某些特征，本领域中的普通技术人员会想到很多改进和变化。因此，应该理解，后附的权利要求书旨在覆盖在本发明的真正要旨内的所有这样的改进和变化。

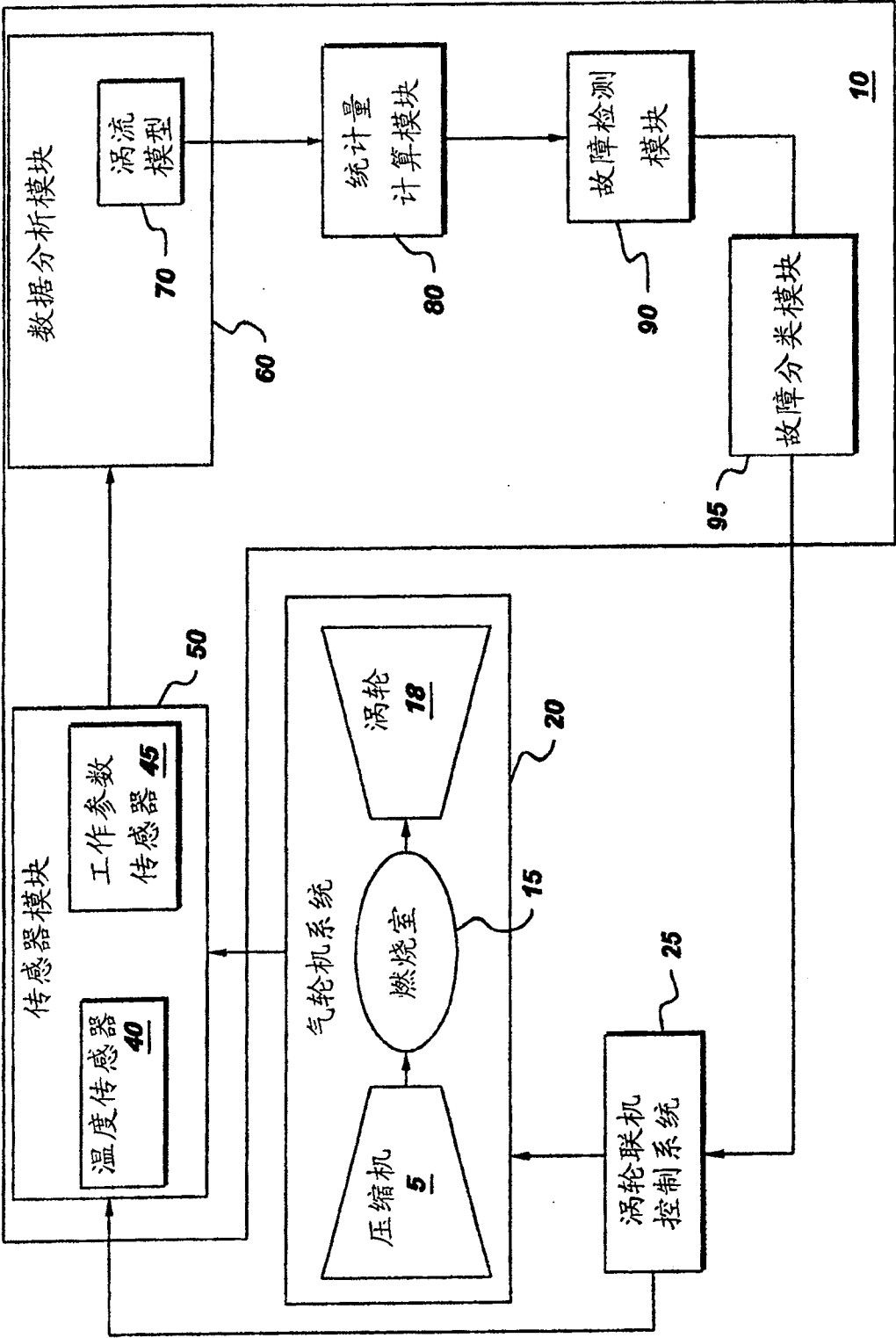


图 1

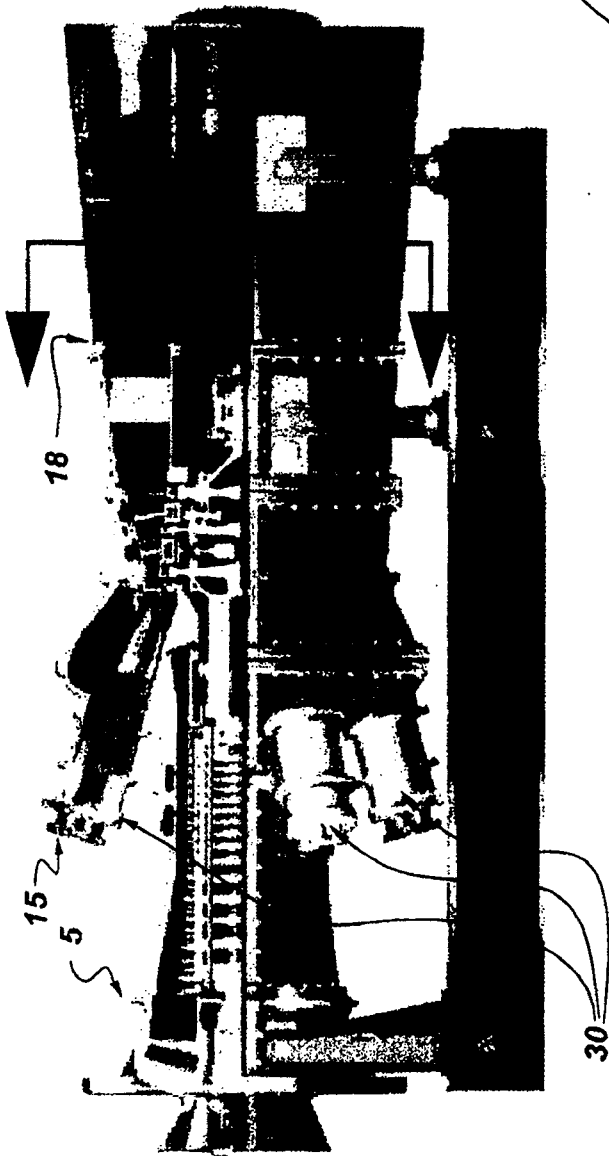


图 2A

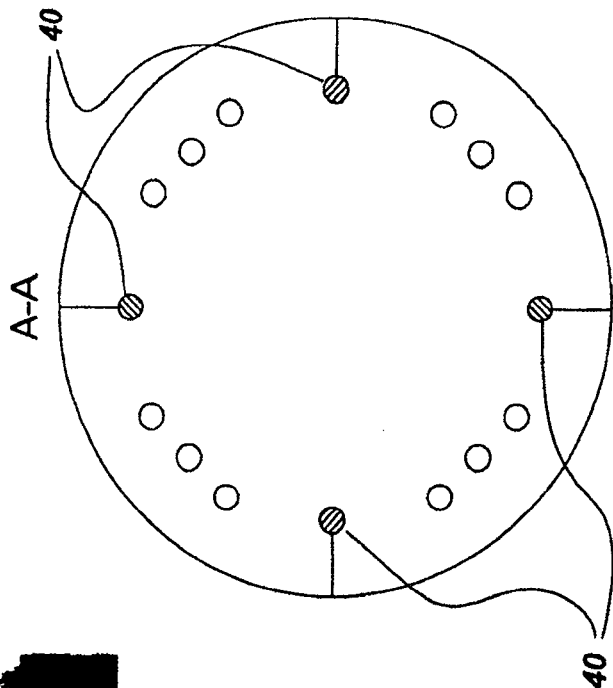


图 2B

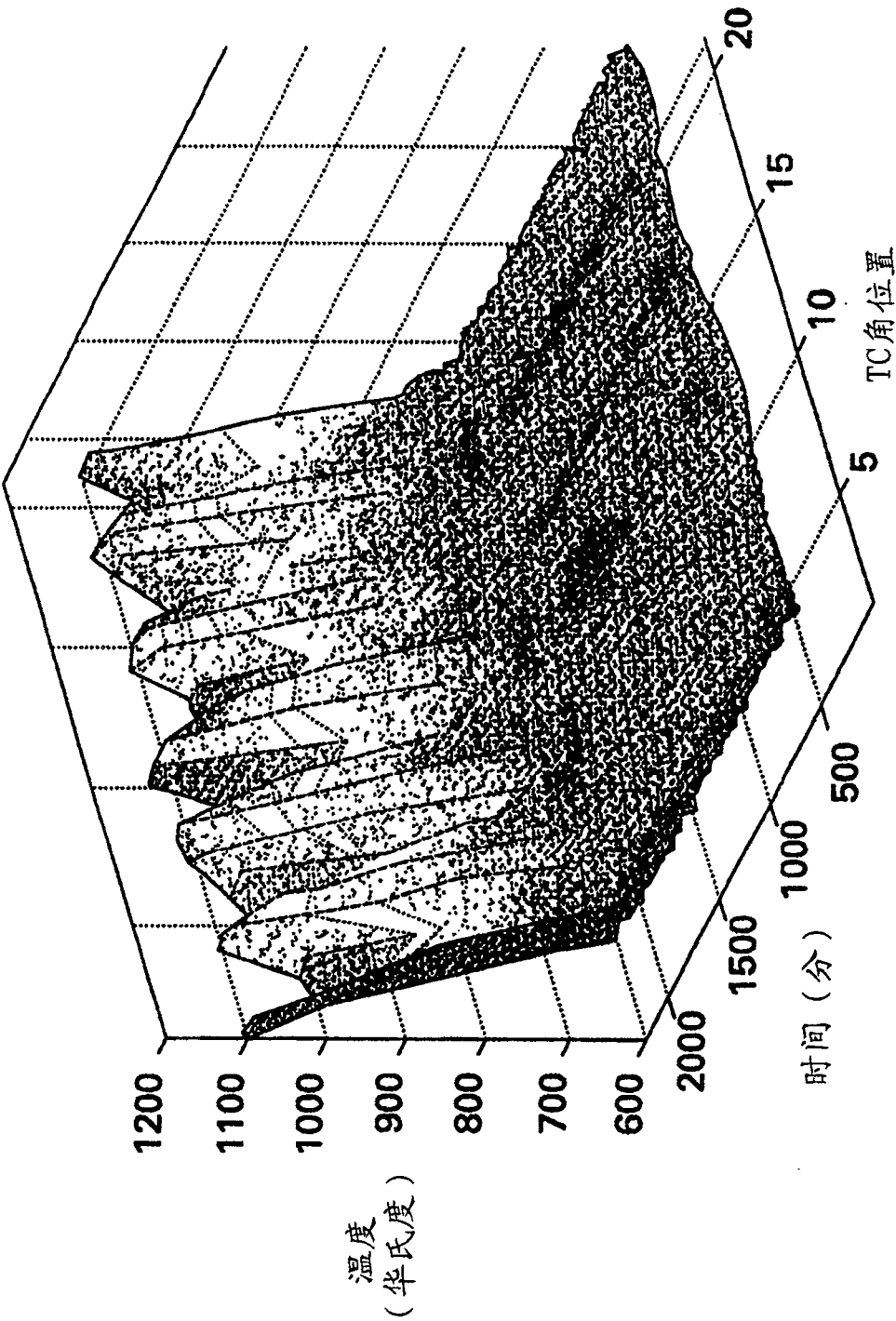


图 3

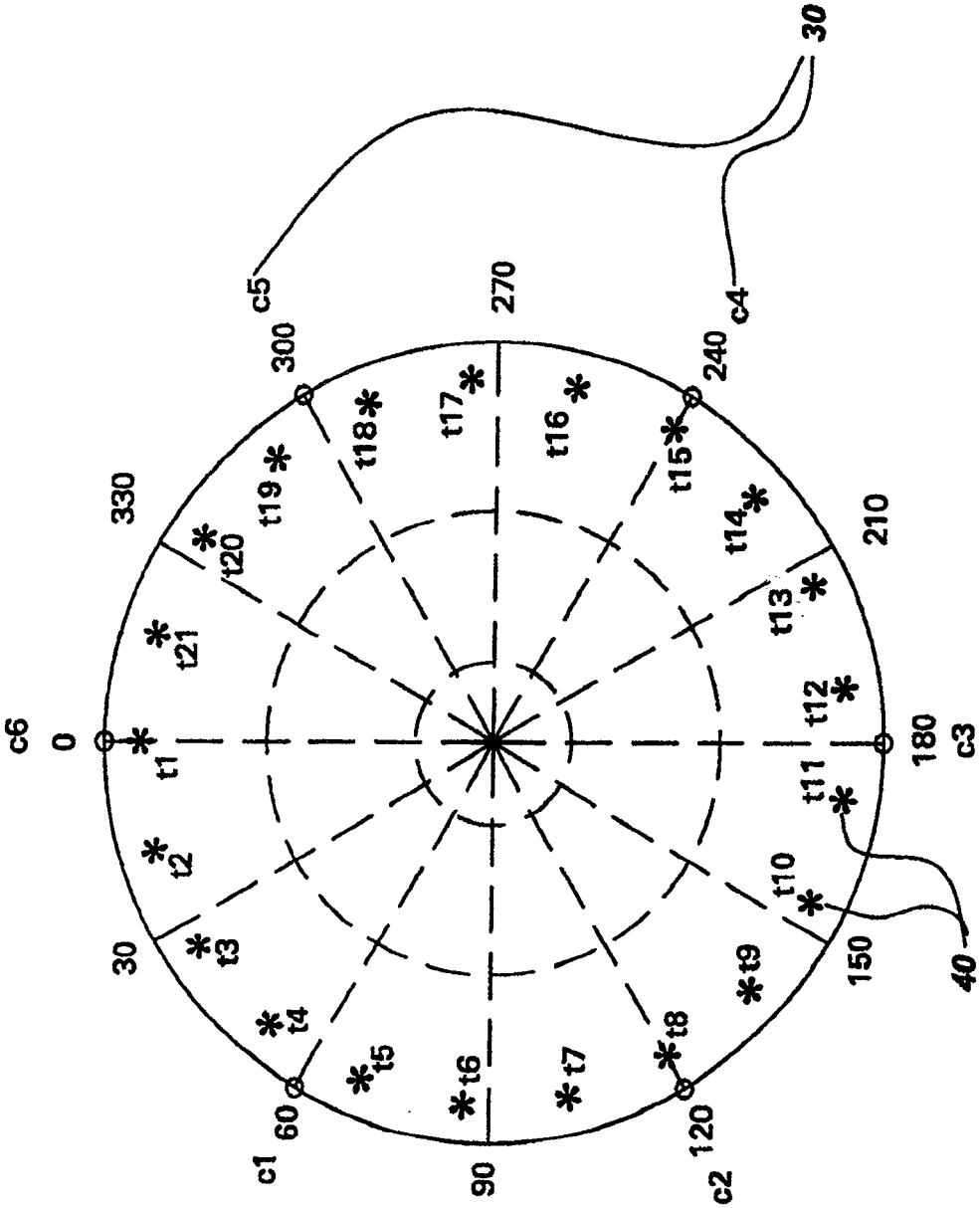


图 4

c1, c2, ..., c6: 罐
t1, t2, ..., t21: TC

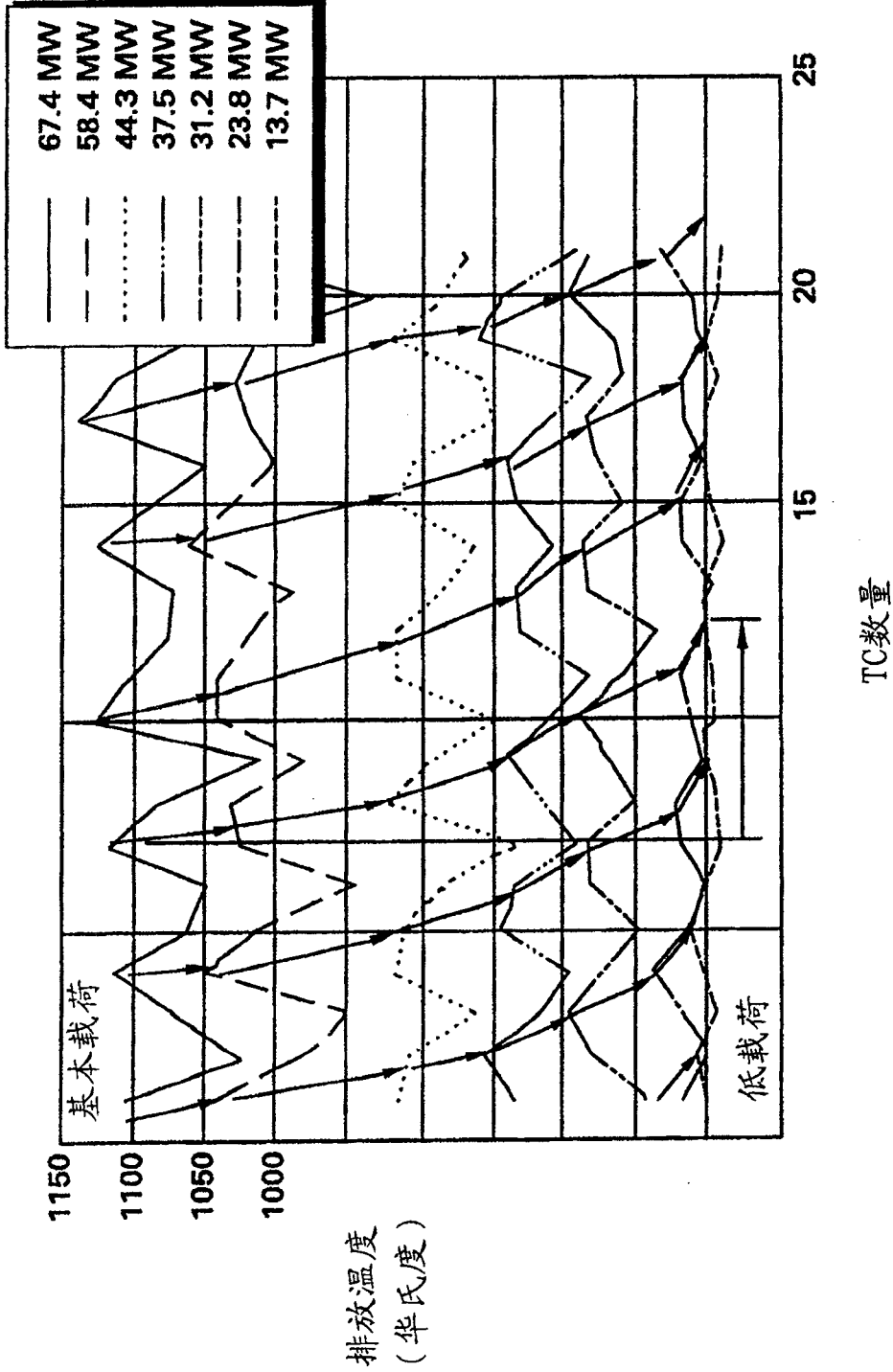


图 5

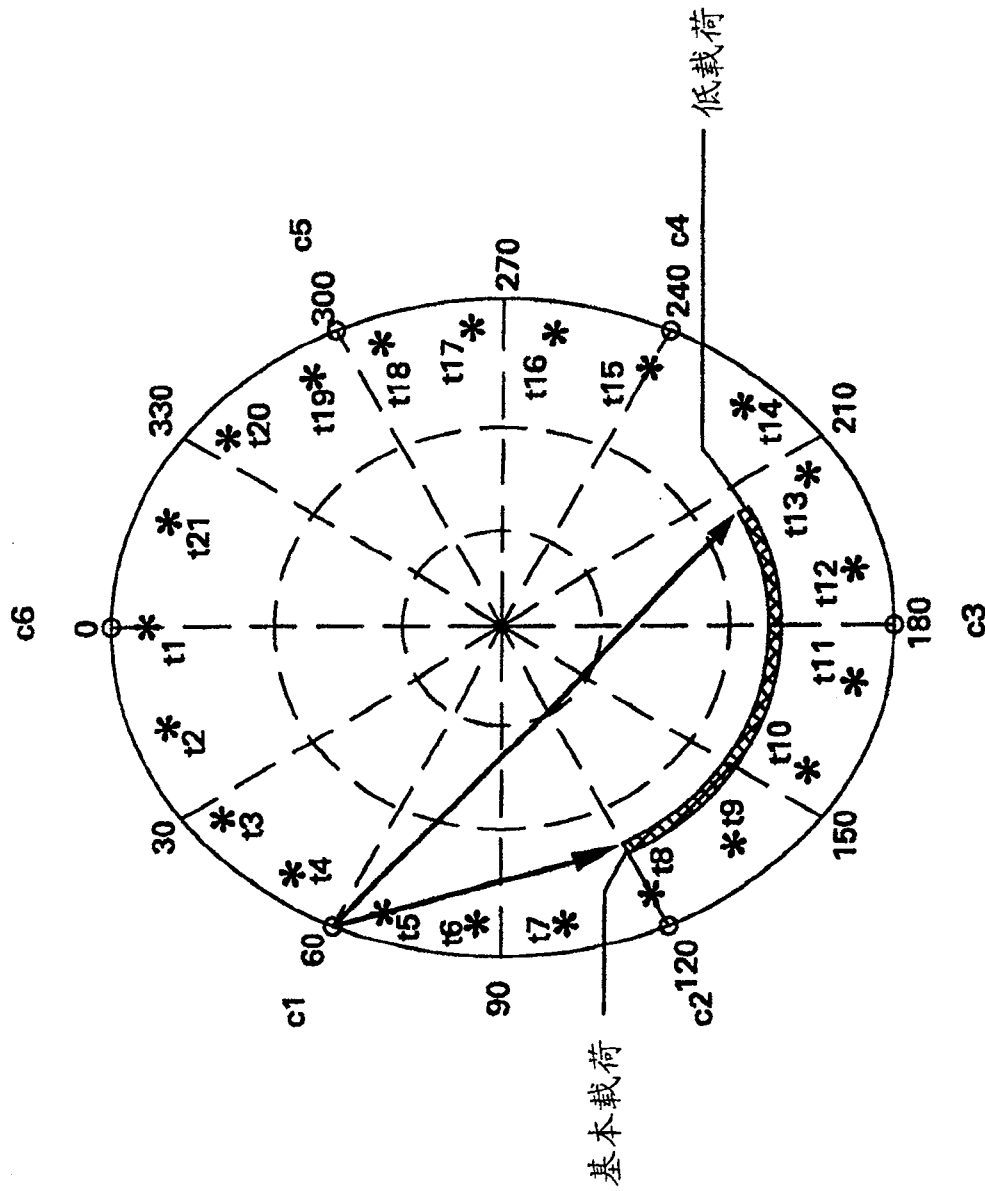


图 6

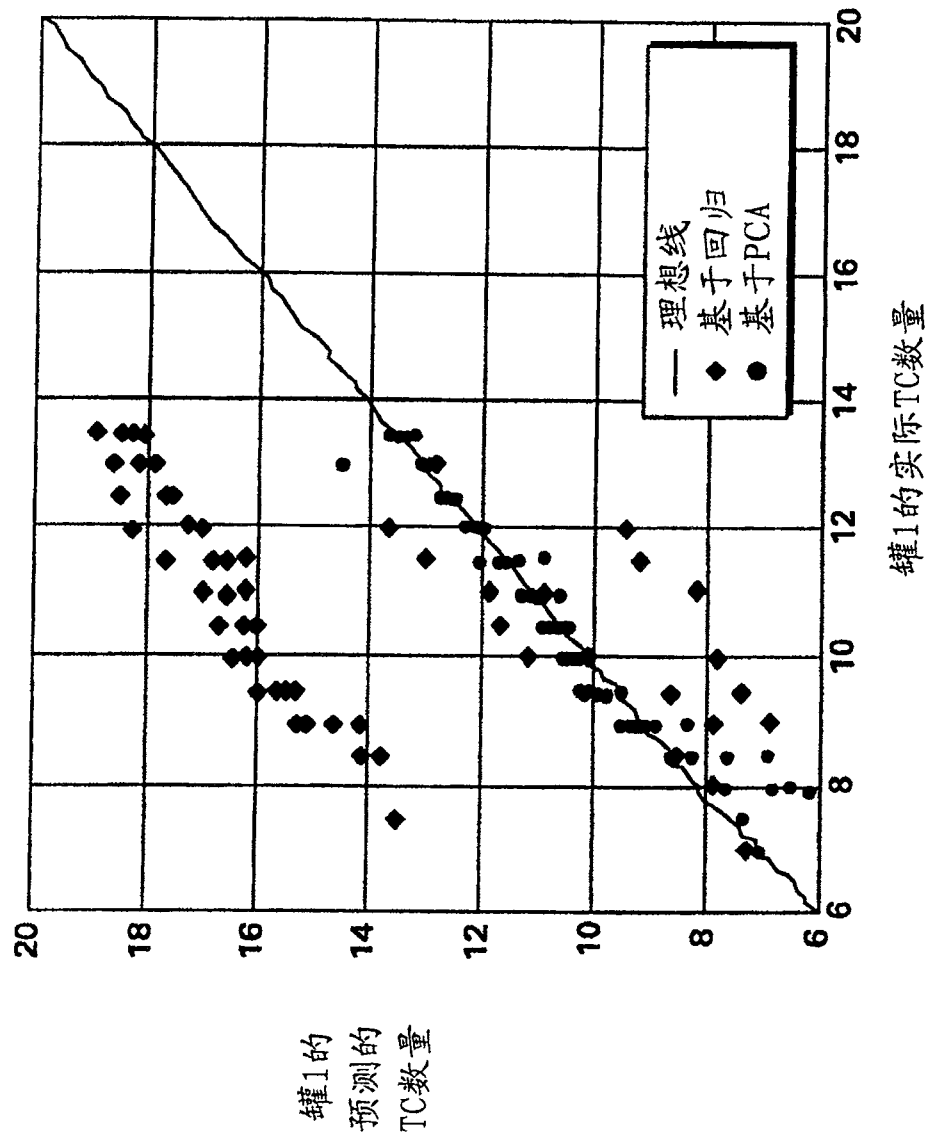


图 7

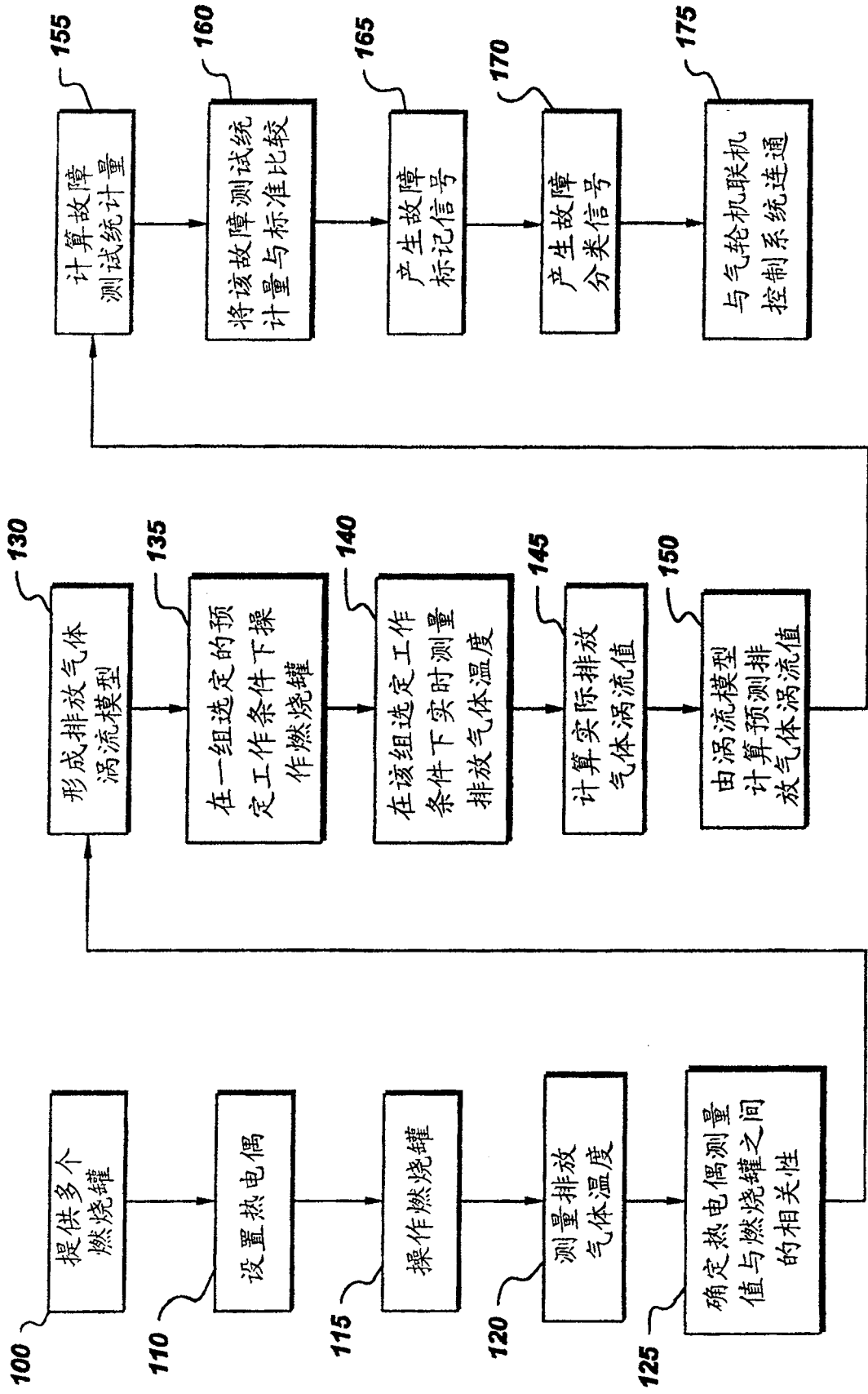


图 8