



# (12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 115039047 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 09

(21) 申请号 202180012332.X

T · N · 克奈茨 A · 库比施

(22) 申请日 2021.01.29

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

(30) 优先权数据

20155480.5 2020.02.04 EP

专利代理师 刘瑜

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.08.02

(51) Int. Cl.

G05B 23/02 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/052193 2021.01.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/156157 EN 2021.08.12

(71) 申请人 巴斯夫欧洲公司

地址 德国路德维希港

(72) 发明人 N · 法尼达基斯 C-J · 诺伊曼

B · 普里泽 F · 施特罗迈尔

N · 福尔克特 T · 克里斯特

权利要求书2页 说明书28页 附图5页

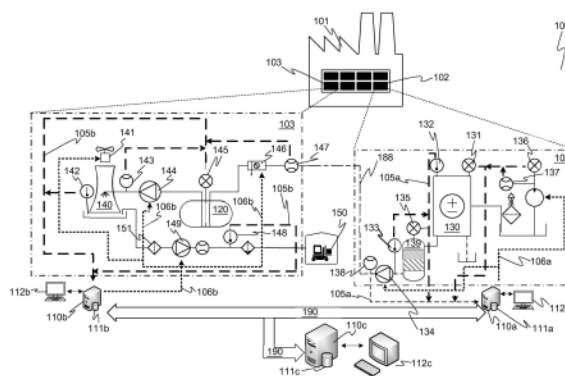
(54) 发明名称

工业工厂监测

(57) 摘要

本文的教导涉及一种包括多个传感器和一个或多个功能连接的处理单元的方法,所述方法包括:在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括,针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,当在给定时间所述水平信号的值和/或所述关联信号的值从相应的信号在该时间或该时间附近的时间处的预期值改变时,经由所述一个或多个处理单元

中的任何处理单元生成异常事件信号。本文的教导还涉及一种用于包括多个传感器的工厂的监测和/或控制系统,其中,所述系统包括被配置为执行本文公开的任何步骤中的方法步骤的一个或多个处理单元,以及计算机软件产品。



1. 一种用于监测包括多个传感器和一个或多个功能连接的处理单元的工厂的方法,所述方法包括:

- 在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括,针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

- 经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,

- 经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,

- 当在给定时间处所述水平信号的值和/或所述关联信号的值从相应的信号在该时间或该时间附近的预期值改变时,经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成异常事件信号。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,相应的预期值中的任何一个被提供为相对应的预期值限制,所述相对应的预期值限制针对给定时间将多个预期值指定作为范围或作为离散值,相对应的信号能够在没有异常事件生成的情况下有效地具有所述多个预期值。

3. 根据上述权利要求中的任意一项权利要求所述的方法,其中,所述方法还包括:

- 响应于所述异常事件信号,通过执行下列各项中的一项或多项来确定所述异常的至少一个根本原因:检查所述传感器对象中的哪些传感器的所述传感器的测量输出在所述异常事件发生的同时或在所述异常事件发生的时间附近从所述传感器的预期输出发生变化;对所述传感器对象内每个传感器的时间序列残差信号进行分析,以确定对水平信号值的一个或多个主要驱动因素或最主要贡献因素;对所述传感器对象内每个传感器的时间序列残差信号进行分析,以确定对关联信号值的一个或多个主要驱动因素或最主要贡献因素;以及对所述传感器对象内所述传感器残差信号的每对组合的时间序列残差信号的协方差进行分析,以确定对所述关联信号值的一个或多个主要驱动因素或最主要贡献因素。

4. 根据上述权利要求中的任意一项权利要求所述的方法,其中,所述方法还包括:

- 响应于所述异常事件信号,确定与所述传感器对象相关的至少一个设备的健康状态。

5. 根据上述权利要求2-4中的任意一项权利要求所述的方法,其中,所述预期值或预期限制值中的任意一项是由传感器对象模型提供的,所述传感器对象模型是至少部分地使用所述传感器对象的历史残差数据来训练的预测模型。

6. 根据权利要求6所述的方法,其中,一个或多个协变量信号作为输入被提供给所述传感器对象模型,每个协变量信号是表示所述残差信号中的至少一个残差信号所依赖的参数的信号。

7. 根据上述权利要求中任意一项权利要求所述的方法,其中,至少一个传感器预期输出是由预期状态模型提供的,所述预期状态模型是使用相应的传感器的历史时间序列输出数据来训练的预测模型。

8. 根据上述权利要求中任意一项权利要求所述的方法,其中,所述传感器对象是通过使用至少一个以数据为中心的算法至少部分地自动地对所述传感器中的至少一些传感器进行成组来提供的。

9. 根据上述权利要求中任意一项权利要求所述的方法, 其中, 所述传感器对象是由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元使用至少一个自组织图至少部分地自动地生成的。

10. 根据权利要求7-9中任意一项权利要求所述的方法, 其中, 所述预期状态模型是由所述处理单元通过以下操作而自动选择的: 分析多个不同的预测模型类型, 以及选择所述模型类型作为所述预期状态模型, 所述预期状态模型提供以下各项之间的最低误差: 使用历史时间序列数据的特定训练窗口训练时所述模型的输出与所述历史时间序列数据的特定时间窗口内的实际历史传感器输出。

11. 根据上述权利要求中任意一项权利要求所述的方法, 其中, 所述水平信号值是使用距离估计器生成的, 所述距离估计器指示所述时间序列残差数据偏离其正常状态或预期状态或平均状态的时间和量。

12. 根据上述权利要求中任意一项权利要求所述的方法, 其中, 所述关联信号值是使用所述残差数据中的多变量依赖性的统计测量来生成的, 或者用于测量在给定时间处所述时间序列残差数据的分散度。

13. 根据上述权利要求中任意一项权利要求所述的方法, 其中, 所述方法还包括:

- 经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元检测所述传感器的输出信号中的漂移; 其中, 所述传感器在所述传感器中的至少一些传感器之中, 并且其中, 所述漂移是根据所述传感器的历史时间序列数据计算的, 所述传感器的历史数据来自至少长为1周的时间段, 并且其中, 所述漂移是通过计算所述传感器的历史数据的强度、平滑度和当前性来检测的。

14. 一种用于包括多个传感器的工厂的监测和/或控制系统, 其中, 所述系统包括被配置为执行根据权利要求1-13中任意一项权利要求所述的方法步骤的一个或多个处理单元。

15. 一种计算机程序, 包括指令, 当所述指令由功能连接到多个传感器的工厂监测和/或控制系统的处理单元执行时, 使所述系统执行根据权利要求1-13中任意一项权利要求所述的方法步骤。

## 工业工厂监测

### 技术领域

[0001] 概括地说,本文的教导涉及对工业工厂的基于计算机的监测。

### 背景技术

[0002] 诸如加工厂之类的工业工厂包括被操作用于生产一种或多种工业产品的设备。例如,该设备可以是需要维护的机械和/或热交换器。维护要求可能取决于若干因素,包括设备的运行时间和/或负载、设备所处的环境条件等。通常不希望设备发生过度或计划外停机,因为这通常会导致生产停止,这会降低工厂的效率并可能导致浪费。由于两次维护之间的时间段可能不同,因此可能难以在实际需要维护的时间附近计划关闭设备。因此,日常维护可能会比实际需要的时间更早完成,或者设备运行可能会超出维护期。后者会影响设备的使用寿命,和/或导致运行效率低下。如将理解的,后者还可能增加计划外停机的风险,这可能导致由于计划外停机而无法由设备处理的材料的浪费。尽管前一种方法可用于降低计划外停机的风险,但这种方法也可能并不总是可取的,因为它可能导致更频繁的维护,从而增加成本。

[0003] 设备还包括用于测量或检测与设备相关的一个或多个参数的多个传感器。一些传感器本身也可能需要维护,例如预防性维护和/或校准,以确保它们在测量和/或检测它们应该测量或检测的参数时的可靠性。

[0004] 在许多情况下,传感器的输出变化也可以指示传感器正在测量的设备的健康状况。然而,输出变化也有可能是由传感器本身的故障功能所引起的,而不是由设备的健康状况下降引起的。工厂通常可以包含数百或数千个传感器。大型工业工厂可能包含数万个甚至更多的传感器。因此,通过监测每个传感器来获得对设备健康状况的指示可能具有挑战性。此外,即使传感器输出漂移,也很难确定设备的状态。因此,可能会触发误报事件。频繁的错误事件信号或警报可能会降低这种系统的可用性。

[0005] 因此,需要一种用于监测工厂的方法,该方法更高效地利用传感器输出来检测工厂中的异常。

### 发明内容

[0006] 现有技术固有的至少一些问题将通过所附独立权利要求的发明主题得到解决。

[0007] 当从第一角度来看时,可以提供一种用于监测包括多个传感器和一个或多个功能连接的处理单元的工厂的方法,所述方法包括:

[0008] -在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0009] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,

[0010] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,

[0011] -当在给定时间处所述水平信号的值和/或所述关联信号的值从相应的信号在该时间或该时间附近的预期值改变时,经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成异常事件信号。

[0012] 最后一个步骤也可以替代地表示为,

[0013] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成水平事件信号和/或关联事件信号;其中,所述水平事件信号是当在给定时间处所述水平信号的值从所述水平信号在该时间或该时间附近的预期值改变时生成的,并且所述关联事件信号是当在给定时间处所述关联信号的值从所述关联信号在该时间或该时间附近的预期值改变时生成的。

[0014] 处理单元可以将水平事件信号和/或关联事件信号的发生视为异常事件。换言之,水平事件信号和/或关联事件,或者更一般地,异常事件信号,指示工厂中的设备之中的至少一个设备中的异常。这些值中的任何一个或两个也可以是时间相关值。

[0015] 本领域技术人员将理解,本公开内容中的术语“时间相关”指的是可以随时间变化的此类值或参数。此类值可能不直接依赖于时间,而是由于作为时间序列数据的与工厂相关的信号和过程参数的时变特性,此类值可以表示或计算为沿时间尺度的一系列离散或连续值,或者时间序列值。因此,还应当理解,这些值不必总是或定期地必须随时间的进展而变化。

[0016] 在一些情况下,最后一个步骤甚至可以是:

[0017] -当在给定时间处,所述残差信号的幅度超过残差阈值,并且所述水平信号和/或所述关联信号的值从相应的信号在该时间或该时间附近的预期值改变时,经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成异常事件信号。

[0018] 在一些情况下,还可以在一个或多个功能连接的处理单元处提供残差数据作为输入数据。在这种情况下,第一步骤可以具体是:

[0019] -在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处接收传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差。

[0020] 可以在一个或多个处理单元的一个或多个输入处直接接收残差数据。或者,可以在功能连接到一个或多个处理单元中的任何处理单元的计算机存储器处接收残差数据。

[0021] 在一些情况下,残差数据甚至可以由一个或多个功能连接的处理单元生成的。在这种情况下,第一步骤可以具体是:

[0022] -在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处生成传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差。

[0023] 在一些情况下,甚至可以监测残差数据,这将在后面解释。在这种情况下,该方法还可以包括:

[0024] -经由一个或多个处理单元中的任何一个处理单元,监测传感器对象的时间序列

残差数据。

[0025] 对残差数据的监测可以通过监测每个残差信号来完成,即,针对每个传感器或残差信号中的任意一个或多个残差信号。因此,对于在任何给定时间其残差信号幅度超过预定值或阈值的任何传感器,残差事件可以在该时间被记录在功能连接到一个或多个处理单元中的任何处理单元的存储器位置中。如果水平信号和关联信号符合预期,则不会执行任何操作,例如发出警报或记录异常。然而,如果水平事件信号和/或关联事件信号已经在来自一个或多个传感器的残差事件发生的给定时间或其附近发生。在这种情况下,可以对来自一个或多个传感器的残差事件信号进行分析以找到异常的来源或根本原因。通过说在给定时间或其附近,这意味着要考虑分析,残差事件信号可能在水平事件信号和/或关联事件信号发生的同一时间,或比其更早,或在其之后发生。应当理解,对传感器信号的监测甚至可以基于任何传感器的测量信号幅度从该传感器的预期值超过给定阈值,而不是测量残差幅度。这两种情况因此被认为是等效的并且可以在本公开内容中互换使用,例如参考阈值。

[0026] “传感器对象”可以指来自工厂的多个传感器中的至少一些传感器的特定组。换言之,传感器对象是一组传感器信号,其残差信号以水平信号和/或关联信号的形式被共同监测。在诸如化学和/或生物工厂的大规模生产工厂中,要监测的传感器的数量很大。通常,化学或生物工厂中的传感器数量可能远高于1000个,通常可能有数万个传感器,或者在某些情况下有数十万个传感器甚至更多。在具有复杂生产和价值链的化学和/或生物工厂中,例如多个工业工厂或一体化布置,传感器的数量可能是巨大的。

[0027] 所提出的传感器对象使得能够更有效地应用本文公开的多变量技术。申请人已经意识到,如果将多变量技术实现到包括工厂的所有传感器的组或者传感器的次优组,则这样的组对于要检测的异常可能缺乏敏感性。某些传感器中较小但重要的偏差可能会被组中其他传感器中较大但不太重要的偏差过度控制或支配。本文的教导还允许以一个或多个传感器对象的形式定义合适的传感器组,每个传感器对象的合适的组可以能够保持对异常的敏感性而不会被其他传感器信号克服。

[0028] 与单变量方法相比,多变量监测方法可以具有的优势在于可以降低生成指向传感器对象内异常的警报的误报率。因此,本文公开的传感器对象可以能够维持低误报,同时实现针对异常检测的高灵敏度。

[0029] 可以用上文讨论的许多方式来完成将来自多个传感器的一些传感器聚类成一个或多个传感器对象。然而,传感器对象中传感器的次优聚类或成组会影响检测的灵敏度。此外,人工聚类来生成传感器对象可能需要很长时间而不能保证成功。即使可以获得可用的专家,但经由人工输入而人工地对传感器进行分组也会导致巨大的人工工作量,即使它是大规模执行的。由于每个工厂本身可能是独一无二的,因此可能很难进行适当的分组,因为可能涉及许多未知数。此外,通常不会以可处理的数据格式提供有关工厂拓扑的信息,例如可以被处理或评估的工厂数学模型,至少没有达到所需的详细程度。

[0030] 根据优选方面,通过至少部分地自动地从多个传感器中选择传感器中的至少一些传感器来提供传感器对象。所述选择是基于将被成组在传感器对象内的至少一些传感器的适合性而进行的。根据一方面,使用以数据为中心的算法的相似性检测用于构建传感器对象。优选地,选择是全自动完成的。如所讨论的,更具体地,至少一些传感器的选择或传感器的成组是通过一种或多种以数据为中心的方法或算法来执行的。优选地,以数据为中心的

算法被配置为使用至少一种相似性度量来将来自多个传感器的传感器成组为传感器对象。例如,以数据为中心的算法使用至少一种相似性度量来对至少一些传感器进行成组以提供传感器对象。这里,以数据为中心的算法是指这样一种算法,其被配置为利用传感器数据,例如多个传感器的历史时间序列数据,来至少部分地自动成组或选择这些传感器中的至少一些传感器。更具体地,基于数据的算法可以是一种或多种聚类算法。聚类算法可以是无监督学习算法,例如使用多个传感器的历史数据经由无监督学习而训练的神经网络模型,或者用于聚类和降维的任何其他合适算法。例如,无监督学习算法可以是自组织图(“SOM”)。申请人发现SOM特别有利于自动将适当的传感器成组到传感器对象中。

[0031] 因此,根据一个方面,使用一个或多个自组织图,这些处理单元中的任何一个或多个处理单元被配置为:在计算机存储器中根据传感器的时间相关信号中的相似模式或一个或多个相似性度量来对传感器进行排列或排序。为此,可以利用来自相对应传感器的历史时间序列数据。传感器可以布置在矩阵或计算机可读2D地图空间上。在接下来的步骤中,该矩阵或地图被细分或分段以用于生成一个或多个传感器对象。例如,地图空间可以使用对称或不对称网格被分割或切割。附加地或替代地,使用地图上围绕传感器集群的距离值来切割地图空间。例如,可以经由涉及选择彼此相距一定距离内的传感器的相似性度量来自动检测集群。然后可以将位于某个距离值内的所有传感器成组在一个传感器对象中。距离值测量甚至可以包括多个距离值,例如用于捕获形成不对称集群的传感器。有时,可以基于一个或多个距离来检测集群内的子集群,以便更好地捕获不对称集群。在某些情况下,整个多个传感器如所解释的那样被划分为传感器对象。传感器对象可以具有两个或更多个传感器。在优选方面,传感器对象可以具有20个或几个传感器,但不低于2个传感器。传感器对象内的传感器数量可以不同,例如,一些传感器对象可以具有超过20个传感器,例如大约100个传感器……。根据优选方面,传感器对象包括来自20个或大约20个传感器的信号。根据更一般的优选方面,传感器对象包括来自10个、大约10个或几十个传感器的信号。此处的术语“几十个传感器”意在包括等于或小于100个的任何整数个传感器,例如4个、或12个、或25个或30个传感器。提出的自动聚类允许捕获适合包括在传感器对象中的传感器,例如,通过允许自动检测传感器之间的相似性。因此,异常检测可以在没有专家用户并且具有很少或没有关于传感器或工厂拓扑的细节的情况下执行。对于复杂的并且大型的工厂,例如化学和生物工厂,这可以是显著的优势。

[0032] 根据一个方面,使用来自多个传感器的传感器数据使用无监督学习来训练SOM,以产生输入向量的二维、离散表示,在这种情况下,这将是需要被聚类到传感器对象中的传感器数据,即来自多个传感器的数据。根据本文的教导,在高维空间中相似的输入向量或传感器信号的传感器数据被映射到二维(“2D”)空间中的附近节点。可以根据映射在2D空间中的传感器节点之间的距离来测量相似度。

[0033] 作为使用SOM的自动成组的非限制性示例,可以例如通过将其几何形状表示为 $k \times n$ 网格来预先定义或指定2D空间。传感器节点可以被映射到2D空间,最初是随机的,而然后迭代调整它们的位置。这样,输入向量的初始几何形状中的相邻点可以映射到2D空间中的附近点。

[0034] 根据本文的教导,通过选择适用于传感器时间序列数据的距离/相似性度量,一个或多个SOM可用于将时间序列聚类成具有匹配形状的组。本领域技术人员应当理解,所述组

表示传感器对象。

[0035] 应当理解,处理单元不必位于同一地点或同一物理位置。例如,至少一些处理单元可以被实现为云服务或在云服务处实现。由于监测水平信号和关联信号的每个处理功能都提供了至少一个技术优势,因此这些功能本身也是可申请专利的。

[0036] 相应地,当从另一角度来看时,还可以提供一种用于监测包括多个传感器和一个或多个功能连接的处理单元的工厂的方法,所述方法包括:

[0037] -在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0038] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,

[0039] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成水平事件信号;其中,所述水平事件信号是当在给定时间所述水平信号的值从所述水平信号在该时间或该时间附近的预期值改变时生成的,其中,所述水平事件信号指示所述工厂中的所述设备之中的至少一个设备中的异常。

[0040] 类似地,当从又一角度来看时,还可以提供一种用于监测包括多个传感器和一个或多个功能连接的处理单元的工厂的方法,所述方法包括:

[0041] -在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0042] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,

[0043] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成关联事件信号;其中,所述关联事件信号是当在给定时间所述水平信号的值从所述关联信号在该时间或该时间附近的预期值改变时生成的,其中,所述关联事件信号指示所述工厂中的所述设备之中的至少一个设备中的异常。

[0044] 如前所述,优选地,通过对传感器中的至少一些传感器至少部分地进行自动成组来提供传感器对象。

[0045] 如将理解的,对于任何上述情况,本文的教导基于对水平信号和/或关联信号的监测来延迟异常事件信号的生成,而不是基于残差信号来生成指示异常的事件,即,当传感器的测量信号超出传感器信号的预期值的给定阈值时。当水平信号和关联信号中的一者或这二者从它们各自的预期值改变时,生成异常事件。因此,换言之,当任何残差信号超过其残差阈值而水平信号和关联信号二者都在它们各自的预期值内时,防止异常事件信号的生成,因此异常事件基于水平信号和/或关联信号监测的结果。

[0046] 根据一方面,水平信号和关联信号的相应预期值各自优选地被提供为这些相应信号可以有效地处于其中的相应值范围。因此可以在任何给定时间为水平信号和关联信号中的每一个提供至少一个限制值。如果当时信号值在相应的限制内,则认为该值符合预期,并

且不会生成异常事件。换言之,可以提供相应的预期值中的任何一个作为相对应的预期值限制,预期值限制指定多个预期值,针对给定时间相对应信号的可以在没有异常事件生成的情况下有效地具有该多个预期值。限制值也可以是时间相关值。应当理解,多个预期值可以是离散值,或者它们可以对应于相应的信号可以在由相应限制值指定的范围内所取的任何值。

[0047] 申请人发现,所提出的基于水平信号和关联信号的监测的事件生成可以造成误报事件的显著减少,同时保持对检测真实异常的关注。

[0048] 响应于异常事件信号,可以生成警报以向操作员或用户通知与传感器对象相关的设备中的异常。替代地或附加地,一个或多个处理单元中的任何一个处理单元,以下简称为处理单元,可以回溯传感器数据以确定异常的来源。因此,根据一个方面,该方法还包括:

[0049] -响应于异常事件信号,确定与传感器对象相关的设备的健康。

[0050] 例如,可以通过经由处理单元执行根本原因分析来确定设备的健康状况。

[0051] 如前所述,在某些情况下,从预期值的变化或偏差提供了限制值。如果信号值处于其关联的限值范围内,则不会生成事件信号。因此,当传感器对象的任何监测信号、水平或关联偏离超出给定限制或控制范围时,这种偏离可以被视为异常,并且可以以事件信号的形式生成警报(例如,水平事件信号、关联事件信号或这二者)。如所提议的,使用水平信号和/或关联信号来监测或观察传感器对象的状态,水平信号和/或关联信号二者都是时间相关的或基于时间的信号。可以理解,给定的限制可以根据感兴趣的应用来定义,感兴趣的应用例如,可接受的偏差容限、所需的事件灵敏度、传感器对象的关键性或重要性等。根据一个方面,限制值是使用统计限制导出的,在正常条件下,相应的信号、水平和关联信号预计位于该统计限制内。因此,该限制值表示移动或围绕预期值的值范围或概率空间,在该预期值内可以有效地定位所监测的信号值。在某些情况下,特别是对于关联信号,甚至可能存在上限值和下限值。介于上限值和下限值内的概率空间因此可以由多个预期值来定义。在任何一种情况下,概率空间都可以使用历史数据(例如,来自过去的监测)来确定。因此,限制值可以被理解为定义值范围,在该值范围内,可以允许以给定的概率值定位观察值。根据应用要求和/或历史传感器数据的可用性,限制值可以是零或非零值。限制值也可以是时间相关值。因此,在本公开内容中将特定数字附加到限制值不是必需的。

[0052] 为了监测与传感器对象相关的传感器数据的有效性,申请人发现上述两个指示符,即水平信号和关联信号,可以特别有效地将来自传感器数据中的多变量信息浓缩成个体或综合得分。指示符应用于传感器对象的残差信号。针对传感器对象的每个传感器生成的残差信号是在给定时间处测量的传感器输出信号(或观察到的传感器信号)与在该时间处的预期传感器信号之间的差异。然后从包括来自传感器对象传感器的残差信号的残差数据生成指示符。申请人已经意识到,在大多数情况下,测量的传感器输出信号包括多个信息,其中大部分信息与检测异常或设备健康状况无关。例如,测量或观察到的传感器输出信号可以取决于控制器设置、生产模式、工厂和/或设备的操作条件等。因此,与设备健康相关的信息可能会淹没在由传感器输出所依赖的各种其他参数引起的多余信息中。申请人已经意识到,不直接使用传感器输出信号,而是替代地通过将所提出的指示符应用于残差数据,可以从与时间相关的传感器输出中至少部分地去除多余的信息,使得设备的与健康相关的信息可以变得更易于检测以供进一步的信号处理。

[0053] 第一指示符,即水平信号,提供与传感器对象的时间序列残差数据中的时间相关残差信号的共同的运动相关的信息或统计值。水平信号值可用于检测传感器对象内的时间序列残差数据的水平变化或短期趋势。第二指示符,即关联信号,提供与时间序列残差数据的变化和/或关联结构有关的信息或统计值。关联信号指示传感器对象内的时间序列残差信号之间的波动性和/或相关性结构的变化。

[0054] 当信号值的幅度超出该信号在该时间处的预期值或预期值的给定限制时,可以生成相应信号,即水平信号和/或关联信号的事件信号。因此,指示符在任何给定时间与所谓该时间的预期状态进行比较。预期状态或时间相关预期信号值可以由传感器对象的模型提供。传感器对象模型可以是预测模型,例如至少部分是数据驱动模型,例如,包括传感器对象神经网络,传感器对象神经网络是已经使用历史残差数据而被训练的。比较的结果,即水平信号与其预期状态的偏差,以及关联信号与其预期状态的偏差,经由处理单元随时间被监测。当水平信号值和/或关联信号值的幅度偏离该信号在该时间的预期值超过了限制时,生成异常事件信号。随着时间的推移,经由处理单元来监测偏差。

[0055] 对信号或者甚至偏差的监测可以连续进行,也可以在长度相等或不等的离散时间段之间进行。

[0056] 传感器对象可以例如经由功能连接到处理单元的存储器在处理单元处提供。根据一个方面,残差数据的生成是经由相同的处理单元完成的。或者,残差数据的生成可以由另一个处理器完成,并且然后在处理单元处提供。

[0057] 工业工厂,或简称工厂,包括用于工业目的基础设施。工业目的可以是一种或多种产品的制造或加工,即由工厂执行的制造过程或加工。例如,产品可以是任何物理产品,例如:化学、生物、制药、食品、饮料、纺织品、金属、塑料、半导体,或者产品甚至可以是服务产品,例如:电力、供暖、空调、诸如回收等废物处理、诸如分解或溶解等化学处理,或者甚至焚烧等。因此,工厂可以是以下中的任何一种或多种:化工厂、制药厂、化石燃料加工设施例如油井和/或天然气井、炼油厂、石化厂、裂化厂等。工厂甚至可以是以下任何一种:酿酒厂、焚化炉或发电厂。工厂甚至可以是上述任何一种的组合,例如,工厂可以是包括诸如蒸汽裂化器的裂化设备的化工厂和/或发电厂。为了应用本文的教导,在一些情况下,大型工厂内的子设施甚至可以被认为是工厂。基础设施可以包括设备或工艺单元,例如以下任何一项或多项:热交换器、塔(例如分馏塔)、熔炉、反应室、裂化单元、储罐、沉淀器、管道、烟囱、过滤器、阀门、致动器、变压器、断路器、机械(例如涡轮机、发电机、粉碎机、压缩机、风扇、泵、电机等重型旋转设备)。

[0058] 工厂或工业工厂甚至可以是多个工厂的一部分。如本文所使用的,术语“多个工业工厂”是广义术语并且将被赋予对本领域普通技术人员来说普通和习惯的含义,并且不被限制为特殊或定制的含义。该术语可以具体指但不限于具有至少一个共同工业目的至少两个工业工厂的复合体。具体而言,多个工业工厂可以包括物理和/或化学耦合的至少两个、至少五个、至少十个或者甚至更多工业工厂。多个工业工厂可以耦合,使得形成多个工业工厂的工业工厂可以共享它们的价值链、离析物和/或产品中的一项或多项。多个工业工厂也可以被称为复合体、复合场所、联合体或一体化场所。此外,通过各种中间产品到最终产品的多个工厂的价值链生产可以分散在不同的位置,例如在各种工业工厂中,或者集成在一体化场所或化工园区中。这样的一体化场所或化工园区可以是或者可以包括一个或多个工

业工厂,其中在至少一个工业工厂中制造的产品可以用作另一工业工厂的原料。

[0059] 本领域技术人员将理解,工厂通常还包括可以包括几种不同类型的传感器的仪器。传感器用于测量各种过程参数并且用于测量与设备相关的参数。例如,传感器可用于测量过程参数,例如管道内的流量、罐内的液位、炉温、气体的化学成分等,而一些传感器可用于测量涡轮机的振动、风扇的速度、阀门的开度、管道的腐蚀、变压器两端的电压等。这些传感器之间的差异不仅可以基于它们感测的参数,甚至可能是相应的传感器使用的感测原理。基于它们感测的参数的传感器的一些示例包括:温度传感器、压力传感器、辐射传感器(例如光传感器)、流量传感器、振动传感器、位移传感器,以及化学传感器(例如用于检测特定物质(如气体)的传感器)。在它们采用的感测原理方面不同的传感器的示例例如是:压电传感器、压阻传感器、热电偶、阻抗传感器(例如电容传感器和电阻传感器)等。由传感器测量的准确参数或其所采用的原理对于本文教导的一般性范围而言并不重要。

[0060] 因此,工厂通常配备有传感器,该传感器连续或定期测量工厂中某个量的值(例如,柱中的温度、管道中的压力、质量流量等)。这些值中的每个值通常与附加信息一起保存到工厂信息系统(“PIMS”)中。附加信息可以是元数据中的一项或多项,例如:传感器名称、测量时间戳、测量值、单位、测量质量。

[0061] 在工厂中,在控制工厂的至少一些操作的控制系统处直接或间接地接收至少一些传感器输出。一些工厂甚至可以包括多个控制系统,这些控制系统可以被配置为分级运行或并行运行。一个或多个控制系统、工业控制系统(“ICS”)的确切架构对于本文教导的一般性范围而言不是必需的。工厂还通常具有从工厂内的多个传感器接收数据的数据采集系统(“DAS”)。传感器数据存储在长期计算机存储器或数据库中。DAS可以与PIMS是同一系统,或者它们可以是不同的系统。传感器数据通常包括指示从传感器收集的数据的历史或时间信息的元数据。因此,历史传感器数据通常作为时间序列数据存储在数据库中或可从数据库中恢复。历史关联和/或水平信号数据也可以存储在同一数据库或功能连接到处理单元的另一数据库中。如上所述,元数据还可以包括传感器时间序列数据的单位和/或标签。在工业工厂中,传感器通常也被称为标签或传感器标签。工厂控制和/或监测系统的更多示例是:可编程逻辑控制器(“PLC”)、分布式控制系统(“DCS”)以及监测控制和数据采集(“SCADA”)。此外,在一些工厂中,上述任何两个或更多个系统的功能可以由单个控制和/或监测系统执行。现在大多数控制系统和监测系统都是数字系统,即对数字信号进行操作,因此此类系统接收的传感器数据也由传感器本身转换为数字信号,或者在模拟信号被系统的数字处理器处理之前的任何阶段被转换为数字信号。因此,这些教导适用于包括一个或多个处理单元的任何类型的工厂监测和/或控制系统。一些传感器输出可以取决于控制系统状态,例如,经由直接或间接受控制系统或控制器影响的过程参数。经由通过将残差合并到水平和关联信号中来监测残差的方式,可以至少部分地消除这种影响,从而可以改进异常检测,同时减少误报检测。

[0062] 申请人已经意识到,通过所提出的方法或用于对其进行监测的系统,可以在问题变得可被操作员或常规监测系统观察到之前的早期阶段检测到工厂中异常或异常行为的开始。因此可以防止至少一些工厂设备由于随时间推移而显现的异常而意外关闭。可以通过使用本文教导检测异常并计划维护以使得可以至少减少工业过程的中断来进行这种预防。还可以提供它以将操作员的注意力引导到可能会在以后出现问题的特定的工厂区域或

设备,以便可以计划采取补救措施。

[0063] 根据一方面,响应于异常事件信号的发生,处理单元确定工厂中至少一件设备的健康状态。根据另一方面,响应于异常事件信号,处理单元启动进一步分析,涉及分析至少一个单独传感器或多个传感器中的传感器子组的历史和/或实时时间序列数据。根据一方面,处理单元优先对残差信号超出其相应残差阈值的一个或多个传感器输出,或者各自具有与异常信号发生大约同时发生的相关联残差事件信号的至少一个传感器进行进一步分析。

[0064] 直接响应于异常事件信号或通过随后分析与一个或多个传感器相关的数据,处理单元可以更具具体地确定哪件设备或传感器可能需要维护。更优选地,通过分析给定时间段期间的所述时间序列信号,处理单元可以预测至少一件设备的维护计划。应当理解,通过这样做,处理单元可以提供与设备和/或一个或多个传感器相关的未来维护需求。此外,通过监测建议的水平和关联信号,可以减少处理单元需要实时监测和分析的传感器数据的量。尤其是在设备正常操作,或者没有可检测到的异常情况下,与单独分析每个传感器信号的情况相比,用于监测的资源可以显著减少。如前所述,与单变量方法(即单独监测和分析每个传感器)相比,这在错误检测方面还具有额外的优势。

[0065] 根据一方面,响应于水平事件信号,处理单元对传感器对象内每个传感器的时间序列残差信号进行分析,以确定对水平信号值的一个或多个主要驱动因素或最主要贡献因素。例如,可以使用影响大小计算和/或值分布分析来进行确定。影响大小是对在给定时间段期间残差信号与特定残差值的距离的度量。特定残差值通常是该残差信号在给定时间段期间的最可能值。

[0066] 根据一方面,响应于关联事件信号,处理单元对传感器对象内每个传感器的时间序列残差信号进行分析,以确定对关联信号值的一个或多个主要驱动因素或最主要贡献因素。在另一方面,处理单元对传感器对象内传感器残差信号的每对组合的时间序列残差信号的协方差进行分析,以确定对关联信号值的一个或多个主要驱动因素或最主要贡献因素。

[0067] 所提出的教导可以利用来自传感器对象内的传感器的残差数据之间的相似性和/或关联性,以便将计算监测工作集中在来自一个或多个传感器的数据以如下方式偏离的场景,该方式使得它对传感器对象内残差数据的整体水平和关联产生影响。传感器残差数据的成组使得能够根据提出的多变量方法进行监测。应当理解,这可以释放计算资源,同时保持对包括在传感器对象内的相关传感器数据的整体行为的关注。

[0068] 如所讨论的,根据一个方面,成组至少部分经由处理单元自动完成,例如,使用自组织图。自动成组可以由处理单元基于以下各项来完成,数据特性,所述数据特性例如传感器对象的传感器时间序列数据的相似性,和/或传感器的输出信号之间的相互依赖性,和/或传感器类型,和/或传感器响应的类似性。另外或替代地,根据一个方面,成组是基于来自用户的输入来进行的。因此,可以至少部分地基于操作者偏好或经验来进行成组。在任何一种情况下,无论是自动的还是用户引导的,所提出的使用水平信号和关联的多变量方法都有一个优点,即残差之间的相互依赖性可用于检测在单个信号水平上可能无法检测到的行为。如前所述,与单变量监测方法相比,可以减少错误检测,即单独监测来自每个传感器的数据,同时保持传感器对象内异常检测的灵敏度。

[0069] 因此,当从另一角度来看时,还可以提供一种用于监测包括多个传感器和一个或多个功能连接的处理单元的工厂的方法,所述方法包括:

[0070] 在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,其中,所述传感器对象是通过所述传感器中的至少一些传感器至少部分自动地进行成组来提供的,

[0071] 经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,

[0072] 经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,

[0073] 当在给定时间处所述水平信号的值和/或所述关联信号的值从相应的信号在该时间或附近的预期值改变时,经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成异常事件信号。

[0074] 如前所述,自动分组是使用至少一种以数据为中心的算法来执行的。以数据为中心的算法可以是聚类算法,例如SOM算法。

[0075] 根据一个方面,最初执行全自动成组,并且然后根据用户输入重新布置成组的一部分。这有助于新工厂的装载,并且可以减少人工干预。

[0076] 根据一方面,来自多个传感器中的第一组传感器的第一组传感器输出被配置或标记为协变量信号。此外,与第一组传感器输出不同的第二组传感器输出被配置或标记为被监测信号。传感器对象是使用来自第二组传感器输出的残差来实现的。第一组输出或协变量信号是表示可以导致至少一个被监测信号的行为发生变化的参数的信号。协变量信号因此表示优选地可以影响被监测信号的影响因素或参数。协变量信号可以表示诸如环境温度、冷却剂温度、负载、输入流量、输出流量、受控测量或固定螺钉位置等参数。因此,一个或多个或被监测信号优选地至少部分地取决于协变量信号中的至少一个。处理单元可以通过检查传感器输出之间的相互依赖性来自动确定来自被监测信号的协变量信号。或者,至少一些协变量和/或被监测信号可以基于用户输入来定义。仍然可以保持对传感器数据进行综合监测的优势。

[0077] 根据一方面,来自第一组输出或协变量信号的数据也被输入到传感器对象模型,以用于生成预期水平信号和预期关联信号和/或其各自的限制。因此,水平信号和关联信号的时间相关值与预期水平信号和预期关联信号的时间相关值进行比较。申请人因此意识到,通过考虑协变量可以使预期值及其限制更加准确,这可以协同地提升早期异常的检测,同时自动考虑可能影响传感器数据的因素。因此,预期值也可以根据协变量信号进行调整。这与在传感器对象级别进行的监测相结合时,还可以产生需要减少监测资源和减少误报的解决方案。因此可以提高检测的可靠性。

[0078] 根据又一方面,传感器的预期输出由预期状态模型、机器学习(“ML”)模型提供。预期状态模型是预测模型,例如,至少部分是数据驱动模型,例如预期状态神经网络,预期状态神经网络是使用包括传感器的历史时间序列输出数据的训练数据而进行训练的。

[0079] 因此,预期状态模型可以是,或者可以包括预测模型作为机器学习(“ML”)模块,当

使用包括传感器的历史时间序列输出数据的训练数据进行训练时,预测模型产生经训练的数据驱动模型。“数据驱动模型”是指至少部分地源自数据的模型,在这种情况下来自用户训练数据,该用户训练数据可能包括与传感器相关的历史数据。与纯粹使用物理化学定律导出的严格模型相比,数据驱动模型可以允许描述可能无法由物理化学定律建模的关系。数据驱动模型的使用可以在无需求解根据物理化学定律的方程的情况下描述关系,例如,与相应生产过程中发生的过程相关。这可以降低计算功率和/或提高速度。

[0080] 数据驱动模型可以是回归模型。数据驱动模型可以是数学模型。数学模型可以将提供的性能属性和确定的性能属性之间的关系描述为函数。

[0081] 因此,在本上下文中,数据驱动模型,优选地数据驱动机器学习(“ML”)模型或仅仅是数据驱动模型,是指经训练的数学模型,该经训练的数学模型根据相应训练数据集(例如传感器的历史时间序列输出数据)参数化以反映与工厂和/或一个或多个设备相关的反应动力学或物理化学过程。未经训练的数学模型是指不反映反应动力学或物理化学过程的模型,例如未经训练的数学模型并非源自于提供基于经验观察的科学概括的物理定律。因此,动力学或物理化学性质可能不是未经训练的数学模型所固有的。未经训练的模型不反映这些属性。使用相应的训练数据集的特征工程和训练可以使未经训练的数学模型能够参数化。这种训练的结果只是数据驱动模型,优选地是数据驱动的ML模型,它作为训练过程的结果,优选地只是作为训练过程的结果,反映了与相应工厂和/或工厂的一个或多个设备或资产相关的反应动力学或物理化学过程。

[0082] 预期状态模型甚至可以是混合模型。混合模型可以指包括第一原理部分(即所谓的白盒)以及如前所述的数据驱动部分(即所谓的黑盒)的模型。预期状态模型可以包括白盒模型和黑盒模型和/或灰盒模型的组合。白盒模型可以基于物理化学定律,例如表示为方程式。物理化学定律可以从第一原理推导出来。物理化学定律可以包括化学动力学、质量、动量和能量守恒定律、任意维度的粒子种群中的一种或多种。白盒模型可以根据控制各个工厂、其生产过程或其部分的物理化学定律来选择。黑盒模型可以基于历史数据,历史数据例如传感器的历史时序输出数据。黑盒模型可以通过使用机器学习、深度学习、神经网络或其他形式的人工智能中的一种或多种来构建。黑盒模型可以是在训练数据集和测试数据之间产生良好拟合的任何模型。灰盒模型是将部分理论结构与数据结合起来完成模型的模型。

[0083] 训练模型可以包括串行或并行架构。在串行架构中,白盒模型的输出可以用作黑盒模型的输入,或者黑盒模型的输出可以用作白盒模型的输入。在并行架构中,白盒模型和黑盒模型的组合输出可以例如通过输出的叠加来确定。作为非限制性示例,第一子模型可以基于具有分析白盒模型和数据驱动模型(其用作对相应历史数据进行训练的黑盒校正器)的混合模型来预测性能参数中的至少一个和/或控制设置中的至少一些。该第一子模型可以具有串行架构,其中白盒模型的输出作为黑盒模型的输入,或者第一子模型可以具有并行架构。白盒模型的预测输出可以与包括历史数据的一部分的测试数据集进行比较。计算出的白盒输出和测试数据之间的误差可以通过数据驱动模型学习,并且然后可以应用于任意预测。第二子模型可以具有并行架构。其他示例也是可能的。

[0084] 如本文所用,术语“机器学习”或“ML”可以指使机器能够从数据中“学习”任务而无需显式编程的统计方法。机器学习技术可以包括“传统机器学习”——人工选择特征并且然

后训练模型的工作流程。传统机器学习技术的示例可以包括决策树、支持向量机和集成方法。在一些示例中,数据驱动模型可以包括数据驱动深度学习模型。深度学习是机器学习的一个子集,机器学习对人脑的神经通路松散地建模。深度是指输入和输出层之间的多个层。在深度学习中,算法会自动学习哪些特征是有用的。深度学习技术的示例可以包括卷积神经网络(“CNN”)、循环神经网络(如长短期记忆(“LSTM”))以及深度Q网络。

[0085] 可替代地或另外地,与上述类似,传感器对象模型可以是,或者它可以包括预测模型作为传感器对象机器学习(“ML”)模块,当使用包括历史时间序列数据的训练的数据进行训练时,预测模型产生经训练的传感器对象数据驱动模型。

[0086] 因此,通过将来自第一组输出或协变量信号中的至少一个信号的数据输入到预期状态模型来生成传感器的预期输出。应当理解,可以为每个传感器或标签提供相应的预期状态模型,该预期状态模型已经使用来自该特定传感器的历史数据进行了训练。输入到预期状态模型的协变量信号可以是工厂的所有协变量信号,或者它们也可以是工厂协变量信号的子集。工厂可以被视为封闭系统,不同设备之间具有预期的和意外的相互依赖性。例如,操作熔炉的外部温度可能导致局部环境温度高于工厂的其他部分。因此,这可能会提高靠近熔炉的管道的温度,这进而改变流过靠近熔炉的管道部分的液体密度。这种相互依赖性可以以不同的方式体现在工厂操作参数中。严格来说,为了全面了解相互依赖性,所有协变量输入可能对于预期状态模型和/或传感器对象模型所需要。然而,这可能不实际,例如,由于处理功率要求。因此,优选地,用于预期状态模型和/或传感器对象模型的协变量输入信号是工厂的所有协变量信号的子集。后者可以节省预期状态模型正在使用的处理功率。因此也可以使预期状态模型和/或传感器对象模型更快。为了保持预期状态模型和/或传感器对象模型的准确性,处理单元可以确定对于相应模型来说占主导地位的协变量。优选是所有协变量的子集的主要协变量可以经由处理单元通过对每个协变量信号在相应模型上的预测功率进行分析来确定。因此,如果协变量的变化不影响模型输出,则阻止协变量作为模型的输入。处理单元可以使用历史时间序列数据来分析工厂的每个协变量信号对每个监测信号的预测功率。处理单元因此可以用可观察地影响模型输出的所选择的协变量输入的子集来确定预期状态模型和/或传感器对象模型。

[0087] 不仅可以通过考虑同时或大约同时发生的各个传感器数据来分析协变量,而且还可以通过附加时间滞后来分析该协变量。时间滞后可以是在协变量中的发生与检测该发生的影响作为给定传感器的输出之间的一个或多个时间段。这可以捕获与延迟或时间常数相关联的相互依赖性。作为示例,如果在时间 $t$ 增加了对熔炉的燃料输入,则可能仅在时间 $t+t_d$ 检测到由熔炉加热的液体的温度升高。其中, $t_d$ 表示系统中的时间滞后。申请人已经意识到这可以使得能够确定最重要的协变量信号,如果这样的协变量的影响没有用滞后进行分析的话,该协变量可能被错误地忽略。

[0088] 根据一方面,处理单元通过分析哪种模型类型在预期输出和实际输出之间提供最低误差来选择预期状态模型的类型。例如,可以通过计算预期输出和实际输出之间的下列任何一项或多项来测量误差:绝对误差值、均方误差值、加权均方误差值,或者甚至它们的组合。为了计算这些值中的一个或多个,可以使用例如历史时间序列数据的特定部分来训练预期状态模型,并且可以通过将经训练的预期状态模型应用于来自时间序列数据的另一部分的协变量信号数据来计算误差。响应于该协变量信号数据的经训练模型的输出可以与

历史数据中的实际输出进行比较以计算误差。处理单元可以评估多个模型类型,每个模型类型基于不同的预测方法,并且然后挑选提供最低误差的模型。在某些情况下,可以选择具有给定准确度性能得分的模型。例如,得分可以是品质因数(“FOM”),例如最低的“(平均绝对误差)\*(处理资源)”。FOM也可能由其他类型的错误或其他度量生成。处理资源可以指示处理单元用于使用模型来执行预测功能的处理时间、能量或者它们的组合。

[0089] 加权均方误差可以例如通过将不同权重分配给训练数据的一个或多个不同部分来计算。这样做的优点是,可以通过将模型行为集中在时间序列历史数据的可以更准确地反映传感器行为的一个或多个部分来提高模型的准确性。

[0090] 模型类型的确定通常可以作为初始步骤来完成。如所讨论的,误差和/或FOM分析可以基于历史传感器数据来完成。可以通过在历史时间序列数据上指定时间窗口来训练正在被评估的一个或多个预期状态模型。然后,处理单元可以针对误差和/或性能比较经训练的预期状态模型,例如,通过使用传感器的剩余历史时间序列数据。为此,处理单元还可以确定要用作对模型的输入的协变量信号。如所讨论的,这些可以是工厂的所有协变量,或其子集。该子集可以至少部分由用户指定,或者如前所述,处理单元可以基于每个协变量对模型输出的预测功率至少部分选择主要协变量。然后,处理单元可以选择最适合的预期状态模型,以使用来自传感器的当前时间序列数据生成传感器的预期输出。

[0091] 如前所述,与上文讨论的用于传感器预期状态模型类似的方法也可以用于传感器对象模型。

[0092] 优选地,用于训练传感器预期状态模型的训练数据包含与正常操作条件相关的传感器数据。在这种情况下,可以防止或减少基于不希望的操作条件的训练。通过这样做,可以更好地捕获传感器数据中不希望的偏差。类似地,传感器对象模型也优选地使用与正常操作条件相关的残差数据进行训练。因此,当与所提出的传感器对象一起使用时,这可以具有协同效应,即通过压缩要监测的参数的数量同时提高由异常引起的传感器数据中不希望的变化可见性来监测水平和关联信号。对于预期状态模型,这也可以提高异常传感器输出的可见性。

[0093] 根据又一方面,多个传感器被细分为诸如属于多个工厂区域的传感器之类的类别。属于每个工厂区域的传感器或工厂区域传感器可以被细分为属于多个过程组的传感器。属于每个过程组的传感器或过程组传感器可以被细分为属于多个传感器对象的传感器。在上面的上下文中,将理解每个传感器对象是通过对来自属于该传感器对象的传感器的时间序列输出数据进行成组来实现的。将多个组织成工厂区域的优点可以是使得能够在用户界面(“UI”)中更容易地导航到用户感兴趣的工厂部分。为了配置每个过程组,传感器或属于其的标签被配置为协变量,或者被配置为要被监测的标签。协变量标签和被监测标签之间的区别在同一过程组内是互斥的,但是过程组中的被监测标签也可以是另一过程组中的协变量。如将理解的,细分为传感器对象是基于要同时被监测的传感器数据来完成的。因此,水平信号和关联信号是针对每个传感器对象监测的指示符,如前所述。例如,如果工厂是火力发电厂,那么可以根据工厂区域对火力发电厂中的多个传感器进行细分或标记,例如:贮水池、发电机组、开关场等。生成单元区域可以细分为过程组,例如:锅炉、给水回路、涡轮机、冷凝器、发电机等。监测对象或传感器对象可以从属于同一过程组的传感器创建,或者也可以从属于不同过程组的传感器创建。工厂的这种细分还可以帮助减少与使用

预期状态模型和/或传感器对象模型的预测相关的协变量的数量。因此,针对给定的观察到的传感器或传感器对象,不是使用工厂中可用的所有协变量信号,而是可以只考虑靠近被观察的传感器或传感器对象的协变量。可能仍然存在与基本上所有被观察的传感器或传感器对象相关的一些协变量信号,例如环境温度,但是对于其他区域可以忽略在工厂的某些区域内具有更局部影响的其他协变量。所提议的细分因此可以进一步简化生成预期状态模型和/或传感器对象模型。

[0094] 为了针对每个单独的传感器生成残差信号,所提出的教导为传感器提供了两种不同的状态,即,实际状态,其表示该个体传感器在任何给定时间 $t$ 观察或测量的输出值,以及预期状态,其表示该传感器在时间 $t$ 的预期值。预期状态优选地从正常设备操作模式或操作中定义。将传感器的实际状态与传感器的预期状态进行比较,以生成该传感器的残差信号。因此,残差信号表示实际或观察到的状态与传感器预期状态的偏差。

[0095] 如前所述,当水平信号值改变超过预期水平信号值或给定水平信号限制时,生成水平事件信号。类似地,当关联信号值改变超出预期关联信号值或给定关联信号限制时,生成关联事件信号。对于任一信号,限制值可以是绝对值,也可以是相对于相应信号值的值。这同样也适用于残差信号的阈值。如前所述,阈值和限制可以根据应用进行定义。根据另一方面,残差信号的一个或两个阈值由处理单元使用控制图来确定。根据又一方面,对水平信号和关联信号中的一者或这二者的一个或两个限制由处理单元使用相应的控制图来确定。应当理解,控制图是使用相应的残差或得分数据生成的。根据一方面,限制被定义为分位数,例如相应得分的预期值的分位数。作为非限制性示例,控制上限可以是99.5%分位数或其左右。作为另一非限制性示例,控制下限可以是0.5%分位数或其左右。

[0096] 根据一方面,预期状态模型和/或传感器对象模型在一个或多个预定时间间隔之间被重新训练。通过这样做,可以通过考虑可能由诸如老化和/或校准漂移等自然因素引起的传感器响应的变化来正确地重新校准预期状态确定。模型重新训练也可以是响应于模型性能低于模型的最低性能阈值而自动触发。替代地或另外地,传感器对象模型重新训练可以响应于过程参数的变化而自动触发,过程参数例如用于改变工厂输出的用户输入,例如产量的增加或减少。因此,重新训练可以捕获设备和/或工厂行为的变化。

[0097] 根据一个方面,使用距离估计器生成水平信号值,例如,关于传感器对象的残差数据的T2-Hotelling统计。T2-Hotelling是 $t$ 统计量的概括,并且指示与一组变量的多变量平均值的偏差。通常,T2-Hotelling统计的值越高,观测值与平均值的距离越远。当用于计算水平信号时,它可以指示残差数据何时偏离其正常或预期或平均状态以及偏离其正常或预期或平均状态的程度。任何合适的距离估计器都可以用于计算水平信号。根据另一方面,关联信号值是使用多变量相关性的度量来生成的,例如,关于传感器对象的残差数据的广义方差("GV")统计。GV可以被计算为观察样本的方差-协方差矩阵的行列式,并且是方差的多变量泛化。因此,它可用于在给定时间测量传感器对象中时间序列残差数据的分散情况。针对来自相应时间窗口的时间序列残差数据计算每个信号值,每个信号值具有特定长度。可以基于例如训练数据的质量来选择时间窗口。

[0098] 根据一个方面,历史水平信号和/或关联信号被记录为功能连接到处理单元的数据库上的时间序列数据。

[0099] 根据一个方面,任何时间序列数据(例如,传感器时间序列数据和/或残差数据和/

或水平信号数据和/或关联信号数据)还包括标注数据。标注数据可以经由用户输入提供,但在某些情况下,它甚至可以由处理单元至少部分地自动提供。标注数据可以被提供有类型和/或级别。标注类型可以对数据的特征进行分类,例如时间序列数据的某个部分与什么相关,例如维护活动、故障、数据问题等。级别类型可以指定标注与工厂中的哪个级别相关。例如,工厂级别可用于指代与所有传感器对象及其传感器相关的标注,区域级别可以指代与属于特定工厂区域的所有传感器对象及其传感器相关的标注,类似地,可以指定过程组级别、传感器对象级别以及甚至传感器级别的标注。根据一方面,处理单元使用一个或多个标注自动选择历史数据的合适部分以用于训练预期状态模型和/或传感器对象模型。例如,处理单元可以避免在时间序列内包括某种类型的标注的历史时间窗口。通过这样做,可以避免基于不一致的数据来训练模型。因此,可以通过选择提供关于正常工厂或设备操作的适当信息的训练数据来提高模型准确性。根据一方面,处理单元自动放置标注以分别根据得分和/或残差的预期限制和/或阈值来定义历史时间窗口。因此,这可用于影响观察到的信号需要多紧密地跟踪预期信号。用户指定的标注可以利用用户界面(“UI”)接收并且例如存储在分析数据库中。标注甚至可以包括用于指定标注的开始和结束的时间戳。标注甚至可以用于取回时间序列数据的所需部分。

[0100] 在某些工厂中,蠕变(creeping)过程(例如管道结垢)可能会导致传感器数据出现缓慢趋势或漂移。这种趋势可能导致传感器数据值随时间缓慢上升或下降。这种趋势可能具有较小的斜率或变化率,这可能导致由这种蠕变过程引起的传感器输出中给定的可检测变化需要例如一周、数周甚至数月才能出现。对预期状态模型和/或传感器对象模型的重新训练可以通过监测水平信号和/或关联信号以及残差导致这种缓慢的趋势变得不可检测。为了防止这种情况,处理单元可以执行趋势检测。申请人发现传感器历史数据的强度、平滑度和当前性的计算对于检测时间序列数据中的漂移特别有用。

[0101] 因此,该方法还可以包括:

[0102] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元检测所述传感器的输出信号中的漂移;其中,所述传感器在所述至少一些传感器之中,并且其中,所述漂移是根据所述传感器的历史时间序列数据计算的,所述传感器的历史数据来自至少长为1周的时间段,其中,所述漂移是通过计算所述传感器的历史数据的强度、平滑度和当前性来检测的。

[0103] 本领域技术人员应当理解,上下文中的强度是指信号趋势的强度。因此,强度可以经由趋势斜率的度量来表示。强度描述了可以测量的漂移的强度和可识别性,例如,对传感器的历史数据使用Mann-Kendall测试。这样的测试产生的值得分可以指示是否可以检测到趋势以及它是正趋势还是负趋势。因此,强度的度量可以指示趋势或漂移是弱还是强。

[0104] 平滑度描述了漂移是相当平滑还是由历史数据中更突然的水平移动引起的。因此,平滑度代表了数据中突然特征(例如尖峰、水平偏移等)缺失程度的标准化测量。这些特征的存在可能会增加趋势的不确定性,例如,趋势的强度可能被人为放大或收缩。本文的教导因此提出在强度和电流的上下文中使用平滑度值来检测或计算传感器输出信号中的漂移,这将更接近于传感器输出中的实际漂移。

[0105] 甚至可能存在在很长一段时间期间(例如几周或几个月)活跃的趋势,并且因此如果考虑几周或几个月的时间窗口,则可以识别这些趋势,但这些趋势最近一段时间可能已经平静下来,或者不再活跃了。可以使用当前性或现实性测试来检测此类特性。趋势的当前

性、流行性或同时性是指测量在观察期间识别出的实际趋势是否是传感器输出数据中长期演变趋势的一部分。因此可以忽略不再活跃的这种漂移。

[0106] 因此,上述标准可以协同地使得能够检测可能与异常或潜在异常有关的实际漂移。因此,这可以使得能够保留这种实际漂移,同时忽略传感器输出中不表示或不可能表示异常的此类变化。因此,尽管对预期状态模型进行了重新训练,但对于尚未表现为异常的更缓慢移动的影响,可以保持更可靠的可见性。

[0107] 根据一方面,用于计算漂移的时间段是长为1个月或大约1个月的持续时间。附加地或替代地,根据另一方面,持续时间长为3个月或大约3个月。附加地或替代地,根据又一方面,持续时间长为6个月或大约6个月。优选地,历史数据是时间序列数据的持续时间长的部分,直到基本上执行了趋势检测的时间。

[0108] 本文的教导,例如,至少部分涉及黑盒监测方法,如上所述也可以用于提供用于工厂的监测系统。因此,还可以提供一种用于包括多个传感器的工厂的监测和/或控制系统,其中,所述系统包括被配置为执行本文公开的方法步骤中的任何方法步骤的一个或多个处理单元。

[0109] 例如,可以提供一种用于包括多个传感器的工厂的监测和/或控制系统,并且所述系统包括一个或多个功能连接的处理单元,所述系统被配置为:

[0110] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0111] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,

[0112] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,

[0113] -当在给定时间所述水平信号的值和/或所述关联信号的值从相应的信号在该时间或附近的预期值改变时,经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成异常事件信号。

[0114] 类似地,当从另一角度来看时,还可以提供一种用于包括多个传感器的工厂的监测和/或控制系统,并且所述系统包括一个或多个功能连接的处理单元,所述系统被配置为:

[0115] 在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0116] 经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,

[0117] 经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成水平事件信号;其中,所述水平事件信号是在给定时间所述水平信号的值从在该时间或该时间附近的所述水平信号的预期值改变时生成的,其中,所述水平事件信号指示所述工厂中的所述设备之中的至少

一个设备中的异常。

[0118] 还类似地,当从又一角度来看时,还可以提供一种用于包括多个传感器的工厂的监测和/或控制系统,并且所述系统包括一个或多个功能连接的处理单元,所述系统被配置为:

[0119] 在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0120] 经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,

[0121] 经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成关联事件信号;其中,所述关联事件信号是在给定时间所述水平信号的值从在该时间或该时间附近的所述关联的预期值改变时生成的,其中,所述关联事件信号指示所述工厂中的所述设备之中的至少一个设备中的异常。

[0122] 该方法或系统可用于经由所提出的自动化数据驱动技术来检测传感器数据中的反常行为和异常模式。这些教导可以通过使得能够更有效地跟踪大型传感器数据集而使工厂操作员受益,例如通过在早期阶段将操作员的注意力引导到未来可能需要采取行动的工厂区域。如前所述,这些教导还可用于提供对与工厂相关的即将到来的维护要求的预测。根据一个方面,这些教导还可以用于实现用于工厂维护预测和其控制的自动化系统。

[0123] 用户接口可以是允许用户与监测系统进行交互的任何合适的人机接口(“HMI”)。人机接口(“HMI”)可以包括以下任何一项或多项:监测面板、视频显示单元(例如,LCD(液晶显示器)、CRT(阴极射线管)显示器或触摸屏)、字母数字输入设备(例如键盘)、光标控制设备(例如,鼠标)和/或信号生成设备(例如,扬声器)。因此,HMI例如可以是诸如面板、屏幕之类的视觉接口和/或其可以是诸如扬声器之类的音频接口。因此,输出可以被显示给用户和/或可以经由扬声器宣布。

[0124] 处理单元可以是计算机或者甚至是通用处理设备,例如微处理器、微控制器、中央处理单元(“CPU”)等。更具体地,处理单元可以是CISC(复杂指令集计算)微处理器、RISC(精简指令集计算)微处理器、VLIW(超长指令字)微处理器,或者实现其他指令集的处理单元或实现指令集组合的处理单元。处理单元或处理装置也可以是一个或多个专用处理设备,例如ASIC(专用集成电路)、FPGA(现场可编程门阵列)、CPLD(复杂可编程逻辑器件)、DSP(数字信号处理器)、网络处理器等。本文描述的方法、系统和设备可以被实现为DSP、微控制器或任何其他侧处理器中的软件,或者实现为ASIC、CPLD或FPGA之内的硬件电路。如前所述,应理解术语“处理单元”或处理器还可以指一个或多个处理设备,例如位于多个计算机系统(例如,云计算)上的处理设备的分布式系统,并且除非另有说明,否则不限于单个设备。此外,这些处理单元中的任何一个或多个处理单元可以位于与其他处理单元不同的物理位置。

[0125] 当从另一个角度来看时,还可以提供一种包括指令的计算机程序,当指令由功能连接到多个传感器的工厂监视和/或控制系统的任何一个或多个合适的处理单元执行时,所述指令使系统执行本文公开的方法步骤。

[0126] 例如,还可以提供一种包括指令的计算机程序,当所述程序由功能连接到多个传

传感器的工厂监测和/或控制系统的一个或多个功能连接的处理单元执行时,所述程序使系统:

[0127] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0128] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,

[0129] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,

[0130] -当在给定时间所述水平信号的值和/或所述关联信号的值从相应的信号在该时间或附近的预期值改变时,经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成异常事件信号。

[0131] 类似地,当从另一个角度来看时,还可以提供一种包括指令的计算机程序,当所述程序由功能连接到多个传感器的工厂监测和/或控制系统的一个或多个功能连接的处理单元执行时,所述程序使系统:

[0132] -在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0133] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,

[0134] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成水平事件信号;其中,所述水平事件信号是在给定时间所述水平信号的值从在该时间或该时间附近的所述水平信号的预期值改变时生成的,其中,所述水平事件信号指示所述工厂中的所述设备之中的至少一个设备中的异常。

[0135] 再次类似地,当从又一个角度来看时,还可以提供一种包括指令的计算机程序,当所述程序由功能连接到多个传感器的工厂监测和/或控制系统的一个或多个功能连接的处理单元执行时,所述程序使系统:

[0136] -在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0137] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,

[0138] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成关联事件信号;其中,所述关联事件信号是在给定时间所述水平信号的值从在该时间或该时间附近的所述关联的预期值改变时生成的,其中,所述关联事件信号指示所述工厂中的所述设备之中的至少一个设备中的异常。

[0139] 当从又一个角度来看时,还可以提供一种计算机可读数据载体,其上存储有本文公开的计算机程序。因此,还可以提供一种存储程序的非暂时性计算机可读介质,该程序使工厂监测和/或控制系统的合适的处理单元执行本文公开的任何方法步骤。

[0140] 计算机可读数据载体包括任何合适的数据存储设备,其上存储有体现本文所述的任何一种或多种方法或功能的一组或多组指令(例如,软件)。指令还可以完全或至少部分驻留在主存储器之内,和/或在由计算机系统、主存储器和可以构成计算机可读存储介质的处理单元或设备执行期间,驻留在处理器之内。还可以经由网络接口设备在网络上发送或接收指令。

[0141] 用于实现本文描述的一个或多个实施例的计算机程序可以存储和/或分发给合适的介质上,例如与其他硬件一起提供或作为其他硬件的一部分提供的光存储介质或固态介质,但也可以以其他形式分发,例如通过互联网或其他有线或无线电信系统分发。然而,计算机程序也可以通过像万维网这样的网络呈现,并且可以从这样的网络下载到数据处理器的的工作存储器中。

[0142] 当从另一个角度看时,还可以提供用于使计算机程序元件可供下载的数据载体或数据存储介质,该计算机程序元件被布置为执行根据前述实施例之一所述的方法。

[0143] “包括”一词不排除其他元素或步骤,不定冠词“一个”或“一个”不排除多个。单个处理器或控制器或其他单元可以实现权利要求中叙述的若干项的功能。在彼此不同的从属权利要求中叙述了某些措施这一事实并不表明这些措施的组合不能被有利地使用。术语“功能连接”也可以理解为“操作连接”或以直接或间接方式连接。权利要求中的任何参考符号不应被解释为限制范围。

## 附图说明

[0144] 参考附图在下文中对示例实施进行了描述。

[0145] 图1示出了可以应用本文教导的某些方面的示例工业工厂。

[0146] 图2示出了具有根据本文教导生成的一些信号的框图。

[0147] 图3示出了根据本教导的一般方差统计信号的图。

[0148] 图4示出了标注对控制限制的影响。

[0149] 图5示出了趋势检测的某些示例。

## 具体实施方式

[0150] 图1示出了工厂101的示例100,其目的是说明如何可以应用本文教导的至少某些方面。在布局100中,示出了工业工厂101。该工厂包括多个设备和传感器。该工厂还包括处理单元110,其被示为分布在三个部分110a、110b和110c中。

[0151] 第一组设备和传感器102以及第二组设备和传感器103被示为工厂的一部分。设备101用于生产一种或多种工业产品150。产品150可以是如前所述的任何实体产品或服务产品。例如,产品150可以是化学产品或药物产品。示例100中示出的架构或过程对于本文教导的一般性或范围并不重要。在该示例中,第一组102位于与第二组103不同的位置。中间产品由第一组102的输出提供,作为第二组103的输入产品。中间产品被示为经由诸如管道188之类的传输介质提供,管道188可以是例如长管道。这被示出以证明第一组102设备中的大部

分可以与第二组103设备相对隔离。例如,由于经管道188传输的中间产品的参数,第一组102和第二组103之间可能存在相互依赖性。然而,可能存在两个组102和103共有的某些因素,例如环境压力和温度。这样的环境参数可能对两侧的过程参数或传感器输出产生影响。根据与过程的相关性,任何这样的环境参数因此可以被认为是前文所谓的协变信号。

[0152] 第一组102和第二组103二者都包括多个传感器,例如,温度传感器132、133、142和148,压力传感器131、135、136和145,流量传感器138、143和147。这两组中的设备都包括热交换器130、分离室139、反应罐120、冷却单元140、过滤器151、风扇141以及泵134、144和149。

[0153] 来自第一组102的传感器由处理装置110监测,或更具体地由第一处理单元110a监测。来自第一组102中的传感器的信号被示为经由第一通信装置105a接收。通信装置105a可以是适于发送来自传感器的信号或数据的任何装置,可以是有线装置、无线装置或它们的组合。例如,第一通信装置105a可以是如图所示的总线。第一处理装置110a接收的数据可以由第一处理装置110a和/或任何其他处理装置110b和110c处理。至少一些数据也可以存储在存储器或数据库111中。数据库111可以在单个地点,也可以如111a、111b和111c所示分布。除了监测之外,第一处理单元110a还可以执行控制功能,例如,经由控制总线106a。第一处理单元110a的控制总线106a可以是如前文在总线105a的上下文中讨论的任何通信装置。在一些情况下,总线105a和控制总线106a甚至可以是相同的总线或通信装置。控制功能可以包括例如对泵134的控制。处理单元110甚至可以由HMI 112提供。如图所示,HMI 112可以在分布式处理单元110a、110b和110c中的每个处提供,或者可以在分布式处理单元110a、110b和110c中的任何一个或多个处提供。HMI可以包括监测面板或视频屏幕以及一个或多个输入设备,例如键盘或鼠标,以供用户与处理装置110交互。HMI还可以包括诸如扬声器之类的音频设备。诸如警报之类的事件可以经由HMI以声音和/或视觉方式传送。

[0154] 类似地,来自第二组103的传感器由处理装置110监测,或更具体地由第二处理装置110b监测。来自第二组103中的传感器的信号被示为经由第二通信装置105b接收。第二通信装置105b可以是适于发送来自传感器的信号或数据的任何装置,可以是有线装置、无线装置或它们的组合。例如,第二通信装置105b可以是如图所示的总线。第二处理装置110b接收的数据可以由第二处理装置110b和/或由任何其他处理装置110a和110c处理。在此同样,至少一些数据也可以存储在存储器或数据库111中。除了监测之外,第二处理单元110b还可以执行控制功能,例如,经由第二控制总线106b。控制功能可以包括例如对泵144和149、风扇141和阀146的控制。第二处理单元110b的第二控制总线106b可以是任何通信装置。在一些情况下,总线105b和控制总线106b甚至可以是相同的总线或通信装置。

[0155] 第一处理单元110a和第二处理单元110b经由数据链路190在功能连接,数据链路190可以是任何合适的通信介质,可以是有线、无线通信介质或者它们的组合。处理单元因此能够交换可能包括任何数据或信号的数据,例如传感器数据、状态数据和事件信号。数据链路甚至可以用于将数据从一个数据库或存储器传输到另一个。

[0156] 在一些情况下,可以提供单独的处理单元,例如第三处理单元110c。第三处理单元110c可以处于更高层级并且可以是工厂级监测和/或控制系统。第三处理单元110c可以在与工厂相同的位置,或者其甚至可以至少部分地在与工厂不同的位置,例如,其可以是基于云的平台。在一些情况下,第三处理单元110c可以在工厂内,但是其数据库111c可以实现为

云存储,反之亦然。监督处理单元110c甚至可以位于在与工厂101不同地点的另一工厂。在一些情况下,第三处理单元110c甚至可以位于第一和第二处理单元110a和b之间,即,数据链路190被分成两个部分,第一部分在第一单元110a和第三单元110c之间,第二部分在第三单元110c和第二单元110b之间。处理单元或工厂的特定架构对于本文教导的范围或一般性而言不是必需的。

[0157] 另一个工厂甚至可以位于另一个国家。为此,甚至第一组102和第二组103也可以位于不同的工厂或国家。例如,经由天然气管道连接的供应商工厂和消费者工厂可以位于不同的国家。

[0158] 处理单元110a、110b和110c以及数据库111a、110b、110c中的任何一个可以实现为例如由第三方提供的基于云的服务。在一些情况下,处理单元110a、110b和110c,和/或数据库111a、110b、110c可以在相同的位置,或者它们甚至可以是相同的单元。

[0159] 为了监测设备,传统系统可以单独监测一个或多个传感器的状态。例如,来自温度传感器148的输出信号。升高的温度可用于指示泵149的过热,例如由于过滤器151中的堵塞导致的流量减少。然而,实际上,温度升高可能是由于环境温度升高引起的。这样的系统可能因此导致指示异常的假阳性事件。

[0160] 为了解决该问题,第二处理单元111b可以将温度传感器148的测量或观察的输出值与其在该时间的预期值进行比较。预期值可以由温度传感器148的预期状态模型生成。为了改进预期状态预测,可以使用传感器148的历史时间序列数据对模型(例如神经网络)进行训练,优选在预期的操作条件下。为了进一步改进预测,预期状态模型可以与影响传感器148的输出的协变量信号一起输入。例如,环境温度可以是协变量信号之一。可能有来自第二组103的其他信号或参数影响传感器148的输出,这样的协变量在预期状态模型的模型构建阶段被识别。处理装置110可以使用整个工厂101的整个协变量池,使用历史数据来检查协变量中的哪些协变量对传感器148的输出具有影响或具有预测性功率。因此选择对传感器148的输出具有可测量影响的协变量作为模型输入。当模型部署在处理单元110上时,针对传感器148的输出生成残差信号,该残差信号是在给定时间观察到的传感器输出值与预期状态模型的输出之间的差。如果传感器表现正常,则残差信号将主要是随机噪声。

[0161] 为了使异常检测进一步免受残差信号中的噪声尖峰和此类缺陷的影响,本文的教导提出了创建传感器对象。传感器对象是指一组传感器残差信号,它们被合并在一起并一起被监测。该组传感器残差信号是从预选择的多个传感器接收的时间序列残差信号。预选择的多个传感器可以人工选择,或者至少部分经由处理单元110自动选择。处理单元可以例如基于传感器响应、传感器类型、协变量相关性或它们的组合的相似性来决定这一点。该组传感器残差信号或残差数据然后由处理单元110分析以计算水平信号。水平信号指示时间序列残差数据共同的基于时间的变化。然后将时间相关水平信号值与该时间的预期水平信号值进行比较。处理单元110可以在任何给定时间当水平信号的值在该时间或该时间附近改变超过预期水平信号值时生成水平事件信号。水平事件信号被认为指示工厂中的至少一个设备中的异常。在该示例中,当水平信号超出预期水平信号时,处理单元110可以发出警报。此外,处理单元110可检查传感器对象中的哪些传感器的传感器的输出在水平事件信号生成时或水平事件信号生成时间附近超出预期传感器输出值。这被处理单元110用来寻找异常的来源。

[0162] 预期水平信号值优选由处理单元110使用传感器对象模型生成。传感器对象模型是使用历史残差数据训练的预测模型或神经网络。

[0163] 优选地,预期水平信号被提供为水平信号可能处于的值范围。因此,可以提供水平信号的一个或多个限制值。当观察到的水平信号值超出预期水平信号限制时,将生成水平事件信号。预期水平信号限制可以是预期水平信号上限和/或预期水平信号下限。

[0164] 优选地,处理单元计算另一得分以使异常检测进一步不受残差信号中的噪声尖峰的影响。即,生成时间相关的关联信号值。该组传感器残差信号或残差数据然后由处理单元110分析以计算关联信号。关联信号指示时间序列残差数据的变化和/或关联结构。然后将时间相关关联信号值与该时间的预期关联信号值进行比较。处理单元110可以在任何给定时间当关联信号的值在该时间或该时间附近改变超过预期关联信号值时生成关联事件信号。关联事件信号被认为指示工厂中的至少一个设备中的异常。再次参照该示例,当关联信号超出预期关联信号时,处理单元110可以发出警报。此外,处理单元110可检查传感器对象中的哪些传感器的传感器的输出在水平事件信号生成时或水平事件信号生成时间附近超出预期传感器输出值。这也可以被处理单元110用来寻找异常的来源。

[0165] 预期关联信号值优选由处理单元110使用传感器对象模型生成。

[0166] 优选地,预期关联信号被提供为关联信号可能处于的值范围。因此,可以提供水平信号的一个或多个限制值。当观察到的关联信号值超出预期关联信号限制时,将生成关联事件信号。预期关联信号限制可以是预期关联信号上限和/或预期关联信号下限。这些限制也可以被称为控制限制。

[0167] 水平信号和关联信号中的任何一者或这两者的超出其各自的预期或限制值可以被认为指示异常。

[0168] 为了捕获可能缓慢显现的异常,处理单元110甚至可以执行趋势检测。由于模型的重新训练,缓慢移动的漂移可能会被水平和关联监测从观察中消除。由用于检测传感器时间序列数据中的漂移的处理单元计算的传感器的历史数据的强度、平滑度和当前性、普遍性或同时性值。

[0169] 尽管在上文的讨论中,可能已经将特定功能称为由“处理单元110”执行,但是应当理解,在某些情况下,该特定功能甚至可以被实现为经由一个或多个处理单元110a、110b和110c中的任何一个来执行。还应当理解,在某些情况下可能存在额外的处理单元。例如,甚至可以为一些传感器提供专用处理器,该专用处理器被配置为计算该传感器的残差信号。在那种情况下,可以在处理单元110处直接提供这种传感器的残差信号作为输入。

[0170] 类似地,同样对于第一组102,处理单元110,例如在某些情况下,第一处理单元110a可以经由用于该对象的相应级别信号和关联信号中的一者或这两者来监测另一个传感器对象。每组可以具有一个以上的传感器对象。

[0171] 响应于事件信号,处理单元可以回溯传感器数据以找到异常源,例如如前所述。另外,处理单元可以预测针对异常的维护要求,例如通过提供估计的日期或时间,在该日期或时间之前应该执行维护以防止某种中断。与计划停机维护相比,中断可以被计算为生产力损失或浪费。

[0172] 图2示出了表示被生成和监测的信号的框图200。左侧的图示出了在传感器对象中成组的五个不同传感器的观察值和预期值。成组优选自动完成,例如,使用自组织图,但它

甚至可以至少部分基于人工反馈来完成。

[0173] 第一组曲线201a与来自第一传感器的测量输出信号及其预期输出有关。类似地，曲线201b-e分别与来自第二至第五传感器的测量输出信号及其预期输出有关。通过将每个传感器的测量或观察输出与其各自的预期输出进行比较，获得各自的残差信号202a-e。例如，第一残差信号202a与第一传感器有关。可以看出，即使曲线201a-e中所示的相应的传感器输出与来自其他传感器的输出完全不同，残差信号202a-e更加同质。如前所述，来自传感器输出的多余信息可以通过生成残差信号来去除。

[0174] 很明显，信号是时间相关的，或者它们包含时间序列值。通过对残差信号202a-e进行组合，实现了包括多维残差数据203的传感器对象204。根据残差数据203，时间相关的水平信号或得分205被示为生成的。水平信号205被提供预期水平信号限制值207，其表示水平信号可以有效地处于其中的预期值的概率空间。预期水平信号限制值207也可以是时间相关值。如图所示，就在时间209之后，预期水平信号限制值207被传感器对象模型减小。还可以看出，205p表示当水平信号205改变超过水平信号的预期值或该时间的预期水平信号限制值207时，水平信号205的峰值。因此，在这种情况下，水平事件信号将由处理单元110生成。处理单元然后可以追踪异常的根本原因，例如，通过分析传感器信号201a-e中的一个或多个传感器信号。处理单元可以使用影响大小计算来寻找对信号变化造成最大贡献的一个或多个传感器。可以在视觉监测面板210上显示警报。例如，面板上的相关设备可能会被突出显示。

[0175] 此外，根据残差数据203，示出了生成的时间相关关联信号或得分206。关联信号206被提供预期关联信号限制值208，或更具体地，关联信号上限值208a和关联信号下限值208b。这些限制之间的距离表示关联信号可以有效地处于其中的预期值的概率空间。预期关联信号限制值208a和208b也可以是时间相关值。可以看出，206p表示当关联信号206变化超过关联信号的上预期值或该时间的上预期关联信号限制值208a时，关联信号206中的峰值部分。因此，在这种情况下，处理单元110将生成关联事件信号。处理单元然后可以追踪异常的原因，例如，通过分析传感器信号201a-e中的一个或多个传感器信号。处理单元可以使用影响大小计算来寻找对信号变化造成最大贡献的一个或多个传感器。关联得分还可以检测残差信号的运动变化速率。类似地，可以在视觉监测面板210上显示警报。

[0176] 在某些情况下，任一得分或这两个得分的事件信号可能是由工厂中导致残差数据与预期状态的偏差的活动引起的。这样的活动可以是修复或改变所观察状态的行为的其他事件。在这种情况下，用户可能知道事件是由什么引起的。然后，用户可以根据特定的分类或类型对事件进行标注。因此，可以将一个或多个标注反馈给模型，从而训练模型在未来对此类事件进行分类。

[0177] 图3示出了可用于计算传感器对象数据的变化和关联结构的广义方差(“GV”)的图300。GV因此可用于生成关联信号206。曲线图300示出了关联信号306，在Y轴301上为广义方差值，在X轴302上为时间。还示出了限制值308，其也可以被称为控制上限(“UCL”)308a和控制下限(“LCL”)308b。这些值308a和308b之间的距离310表示关联信号306的值可以有效地处于其中的控制范围或概率空间。因此，在任何给定时间处于控制范围310内的值可以被称为在该时间的预期值。控制范围310也可以是时间相关的，但是在本例中，它被示为恒定的。

[0178] 可以看出，在第一时间段304内，关联信号306的值从预期值改变，或者在该例中，

在该时间或附近改变超过控制下限308b。因此,在这种情况下,将创建或生成关联事件信号。

[0179] 类似地,在第二时间段305内,关联信号306的值再次从预期值改变,或者在该例中,首先改变超过控制下限308b然后超过控制上限308a。因此,在这种情况下,还将生成一个或多个关联事件信号。

[0180] 这样的图300也可以被称为控制图,用于监测信号随时间的数值统计。也可以针对水平信号值统计生成类似的控制图。

[0181] 图4示出了几个图400,其说明了如何可以使用标注来提高训练数据的焦点或相关性。图400被示为控制图。左侧控制图430a示出了得分信号490的控制限制410和420a。这种情况下的得分信号是关联信号。因此,Y轴是关联信号值,例如GV统计量。X轴302表示时间。这些图具有峰值区域455,它示出了信号490的突然高值。如此高的值可能是由于异常事件而发生的,例如,包括传感器对象内的传感器的设备的某个部分中的维护活动。这些图还示出了开始时间401和结束时间402组成了可用于训练传感器模型的时间窗口。如果使用左侧图430a来训练传感器模型,则将如图所示确定控制限制,即,未标注图430a的控制上限420a和控制下限410。应当理解,这样的高控制上限420a可能不适于检测得分信号从该时间的预期值的变化。因此,一些异常事件可能不会被标记。

[0182] 这可以通过在标注时间窗口440内放置标注460来解决。因此,处理单元110将忽略来自峰值区域455的数据以训练模型。可以根据经标注的图430b的控制上限420b看到标注的效果。后一个控制上限420b现在更现实。控制下限410不受影响,因为标注仅与得分信号490的高值有关。因此可以使用标注来校正正常操作区域中训练数据的权重。

[0183] 与标注类似,时间窗口的选择,即,在开始时间401和结束时间402之间的时间段也由处理装置选择,使得所选择的窗口反映传感器对象的正常行为。标注也可用于标记可取的窗口。因此可以调整控制限制,以便可以更好地检测异常。

[0184] 如前所述,控制限制可以是统计分位数限制。

[0185] 图5示出了示例图501-500,用于展示处理装置可以如何执行趋势检测。所提议的趋势检测包括在长为至少1周的时间窗口内计算长期数据的三个度量值。这三个度量值是强度、平滑度和当前性或现实性。趋势检测也用于传感器对象。在以下示例中,为每个指示符分配了一个介于0和1之间的值,其中0表示假,1表示真。通常这些值介于0和1之间,指示趋势的度量或属性的概率。应当理解,下文指示的值是示例,上文指定的限制不是绝对的。例如,可以应用缩放因子,例如介于0和100之间的任何值。因此,本文提到的值不应被视为绝对意义上的规定。为了指定趋势的方向,也可以将符号分配给强度值。

[0186] 第一个图501示出了处于上升趋势的信号,针对第一个图501计算的度量值为:强度:1,平滑度:0.9,现实性:1。

[0187] 第二个图502示出了包含在较低本底噪声和较高本底噪声之间的突然上升的信号。因此,这种趋势几乎消失了。针对第二个图502计算的度量值为:强度:0.69,平滑度:0.98,现实性:0.25。

[0188] 第三个图503示出了三角波形形式的信号。针对第三个图503计算的度量值为:强度:0.1,平滑度:0,现实性:0.24。

[0189] 第四个图504示出了具有初始噪声部分然后呈上升趋势的信号。针对第四个图504

计算的度量值为:强度:0.73,平滑度:0.97,现实性:1、

[0190] 第五图505显示具有初始上升趋势然后是上部平台的信号。针对第四个图504计算的度量值为:强度:0.77,平滑度:0.97,现实性:0.28、

[0191] 上文已经公开了用于监测工厂的方法、用于工厂的监测和/或控制系统以及实现本文公开的任何相关方法步骤的计算机软件产品的各种示例。然而,本领域的技术人员应当理解,在不脱离所附权利要求及其等价物的精神和范围的情况下,可以对这些示例进行改变和修改。还应理解,本文讨论的方法和产品实施例的各方面可以自由组合。

[0192] 在以下条款中总结了本文的教导的某些实施例。

[0193] 条款1、

[0194] 一种用于监测包括多个传感器和一个或多个功能连接的处理单元的工厂的方法,所述方法包括:

[0195] -在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0196] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,

[0197] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,

[0198] -当在给定时间所述水平信号的值和/或所述关联信号的值从相应的信号在该时间或附近的预期值改变时,经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成异常事件信号。

[0199] 条款2、

[0200] 根据条款1所述的方法,其中,相应的预期值中的任何一个被提供为相对应的预期值限制,所述相对应的预期值限制针对给定时间将多个预期值指定作为范围或作为离散值,相对应的信号能够在没有异常事件生成的情况下有效地具有所述多个预期值。

[0201] 条款3、

[0202] 根据条款1所述的方法,其中,所述预期值或预期限制值中的任何一个是时间相关值。

[0203] 条款4、

[0204] 根据上述条款中的任意条款所述的方法,其中,所述方法还包括:

[0205] -响应于所述异常事件信号,通过执行下列各项中的一项或多项来确定所述异常的至少一个根本原因:检查所述传感器对象中的哪些传感器的所述传感器的测量输出在所述异常事件发生的同时或在所述异常事件发生的相同时间附近从所述传感器的预期输出发生变化;对所述传感器对象内每个传感器的时间序列残余信号进行分析,以确定对水平信号值的一个或多个主要驱动因素或最主要贡献因素;对所述传感器对象内每个传感器的时间序列残余信号进行分析,以确定对关联信号值的一个或多个主要驱动因素或最主要贡献因素;以及对所述传感器对象内所述传感器残余信号的每对组合的时间序列残余信号的协方差进行分析,以确定对所述关联信号值的一个或多个主要驱动因素或最主要贡献因

素。

[0206] 条款5、

[0207] 根据上述条款中的任意条款所述的方法,其中,所述方法还包括:

[0208] -响应于所述异常事件信号,确定与所述传感器对象相关的至少一个设备的健康状态。

[0209] 条款6、

[0210] 根据上述条款中的任意条款所述的方法,其中,所述预期值或预期限制值中的任意一项是由传感器对象模型提供的,所述传感器对象模型是至少部分地使用所述传感器对象的历史残余数据来训练的预测模型。

[0211] 条款7、

[0212] 根据条款6所述的方法,其中,一个或多个协变量信号作为输入被提供给所述传感器对象模型,每个协变量信号是表示所述残余信号中的至少一个残余信号所依赖的参数的信号。

[0213] 条款8、

[0214] 根据上述条款中任意条款所述的方法,其中,至少一个传感器预期输出是由预期状态模型提供的,所述预期状态模型是使用相应的传感器的历史时间序列输出数据来训练的预测模型。

[0215] 条款9、

[0216] 根据条款8所述的方法,其中,一个或多个协变量信号作为输入提供给所述预期状态模型,每个协变量信号是表示所述传感器的输出所依赖的参数的信号。

[0217] 条款10、

[0218] 根据上述条款中任意条款所述的方法,其中,所述传感器对象是通过使用至少一个以数据为中心的算法至少部分地自动地对所述传感器中的至少一些传感器进行成组来提供的,例如,使用至少一种以数据为中心的算法,例如聚类算法,例如自组织映射算法,还例如由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元使用至少一个自组织图至少部分自动生成的传感器对象。

[0219] 条款11、

[0220] 根据上述条款8-10中任意条款求所述的方法,其中,所述预期状态模型是由所述处理单元通过以下操作而自动选择的:分析多个不同的预测模型类型,以及选择所述模型类型作为所述预期状态模型,所述预期状态模型提供使用所述历史时间序列数据的特定训练窗口训练时所述模型的输出与所述历史时间序列数据的特定时间窗口内的实际历史传感器输出之间的最低误差。

[0221] 条款12、

[0222] 根据上述条款中任意条款所述的方法,其中,所述水平信号值是使用距离估计器生成的,所述距离估计器指示所述时间序列残差数据偏离其正常状态或预期状态或平均状态的时间和量。

[0223] 条款13、

[0224] 根据上述条款中任意条款所述的方法,其中,所述关联信号值是使用所述残差数据中的多变量依赖性的统计测量来生成的,或者用于在给定时间测量所述时序残差数据的

分散度。

[0225] 条款14、

[0226] 根据上述条款中的任意条款所述的方法,其中,方法还包括:

[0227] 经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元检测所述传感器输出信号中的漂移;其中,所述传感器在所述至少一些传感器之中,并且其中,所述漂移是根据所述传感器的历史时间序列数据计算的,所述传感器的历史数据来自至少长为1周的时间段,其中,所述漂移是通过计算所述传感器的历史数据的强度、平滑度和当前性来检测的。

[0228] 条款15、

[0229] 一种用于监测包括多个传感器和一个或多个功能连接的处理单元的工厂的方法,所述方法包括:

[0230] -在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0231] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,

[0232] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成水平事件信号;其中,所述水平事件信号是在给定时间所述水平信号的值从在该时间或该时间附近的所述水平信号的预期值改变时生成的,其中,所述水平事件信号指示所述工厂中的所述设备之中的至少一个设备中的异常。

[0233] 条款16、

[0234] 一种用于监测包括多个传感器和一个或多个功能连接的处理单元的工厂的方法,所述方法包括:

[0235] -在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,

[0236] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,

[0237] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成关联事件信号;其中,所述关联事件信号是在给定时间所述水平信号的值从在该时间或该时间附近的所述关联的预期值改变时生成的,其中,所述关联事件信号指示所述工厂中的所述设备之中的至少一个设备中的异常。

[0238] 条款17、

[0239] 一种用于监测包括多个传感器和一个或多个功能连接的处理单元的工厂的方法,所述方法包括:

[0240] -在所述一个或多个处理单元中的任何处理单元处提供传感器对象的时间序列残差数据;所述传感器对象是来自所述多个传感器的传感器中的至少一些传感器的组,并且其中,所述残差数据包括针对所述传感器对象中的每个传感器的残差信号,所述残差信号

是所述传感器的测量输出和所述传感器的预期输出之间的差,其中,所述传感器对象是通过所述传感器中的至少一些传感器至少部分自动地进行成组来提供的,

[0241] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测水平信号;其中,所述水平信号指示所述时间序列残差数据的共同的基于时间的变化,

[0242] -经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元监测关联信号;其中,所述关联信号指示所述时间序列残差数据的所述变化和/或关联结构,

[0243] -当在给定时间所述水平信号的值和/或所述关联信号的值从相应的信号在该时间或附近的预期值改变时,经由所述一个或多个处理单元中的任何处理单元生成异常事件信号。

[0244] 条款18、

[0245] 一种用于包括多个传感器的工厂的监测和/或控制系统,其中,所述系统包括被配置为执行根据条款1-17中的任意条款所述的方法步骤的一个或多个处理单元。

[0246] 条款19、

[0247] 一种计算机程序,包括指令,当所述指令由功能连接到多个传感器的工厂监测和/或控制系统的处理单元执行时,使所述系统执行根据条款1-17中的任意条款所述的方法步骤。



200

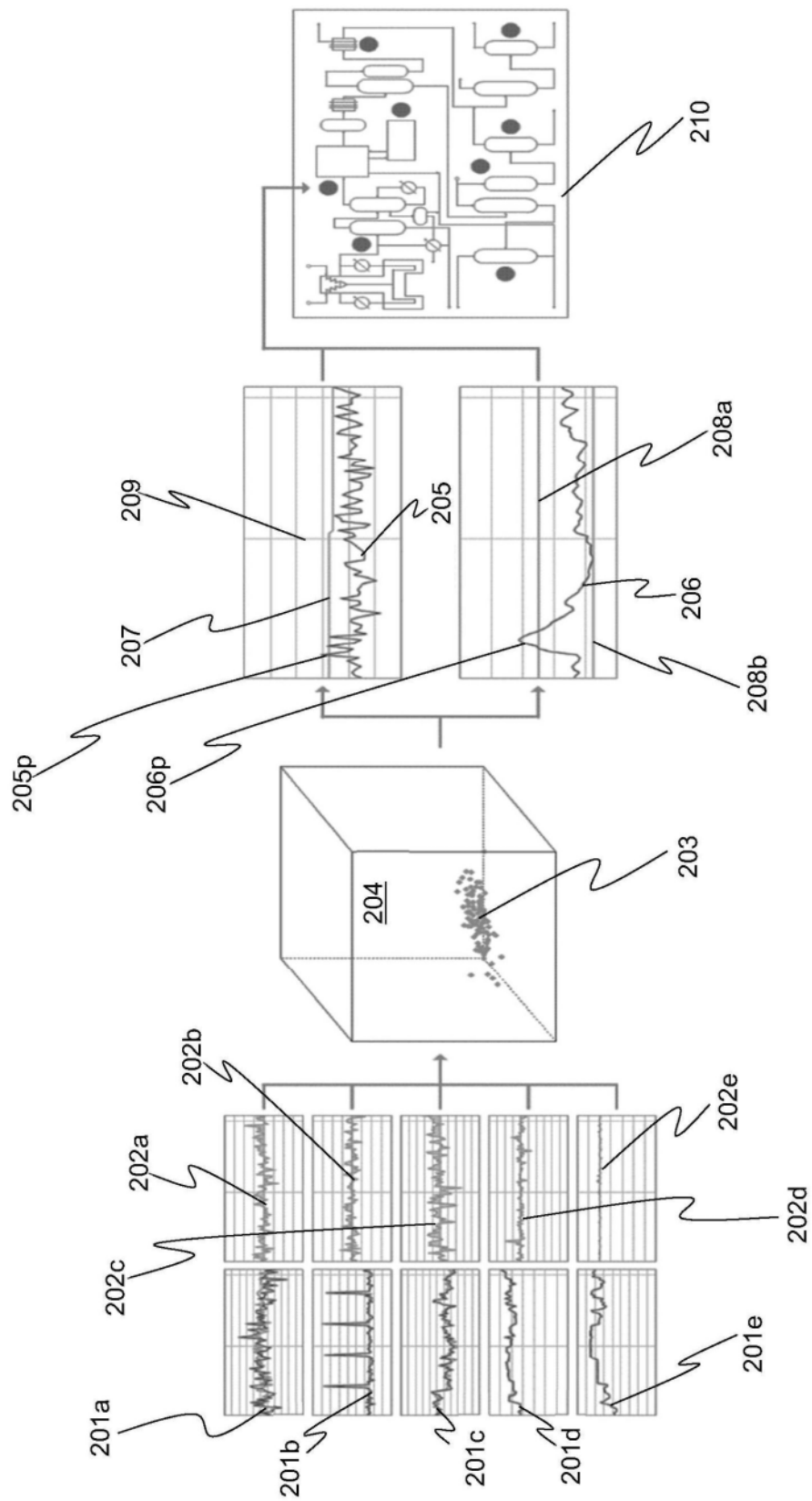


图2

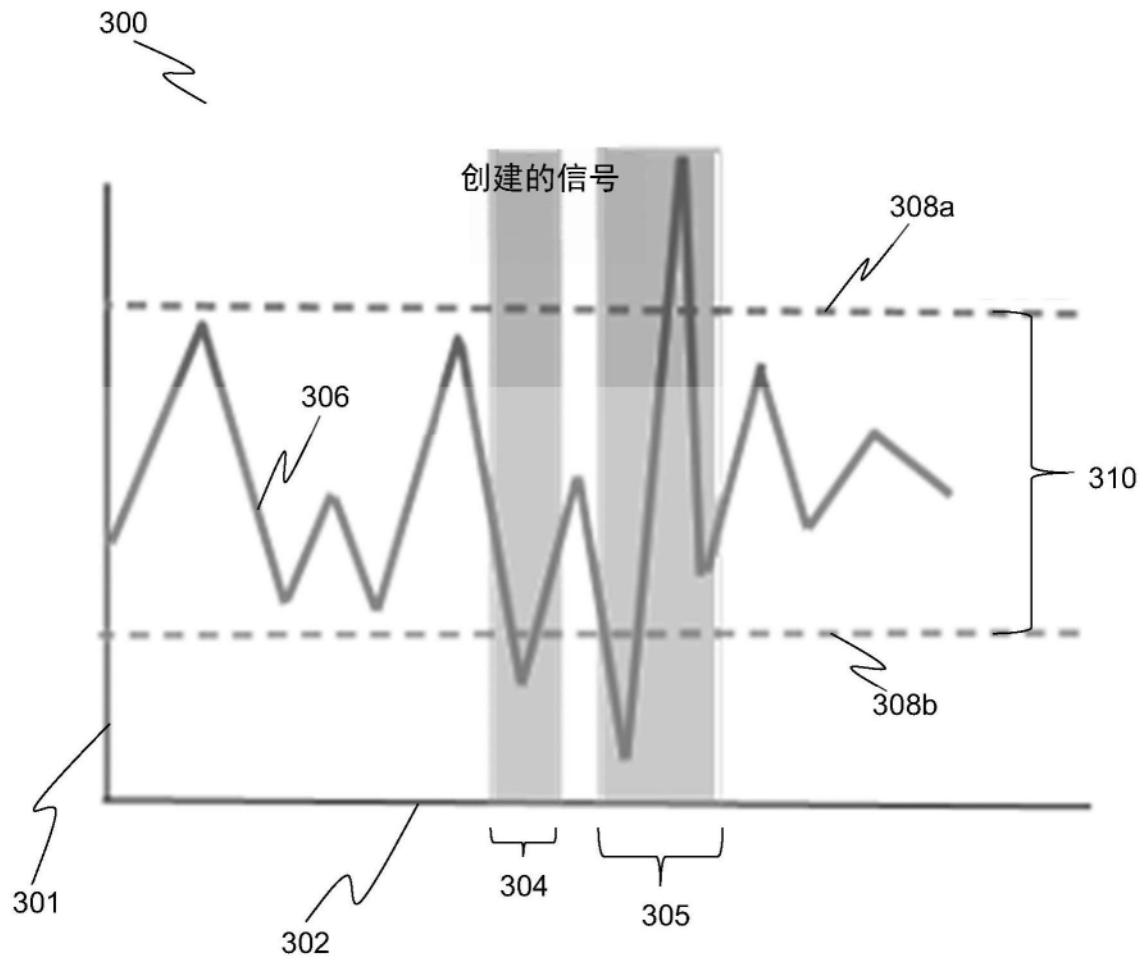


图3

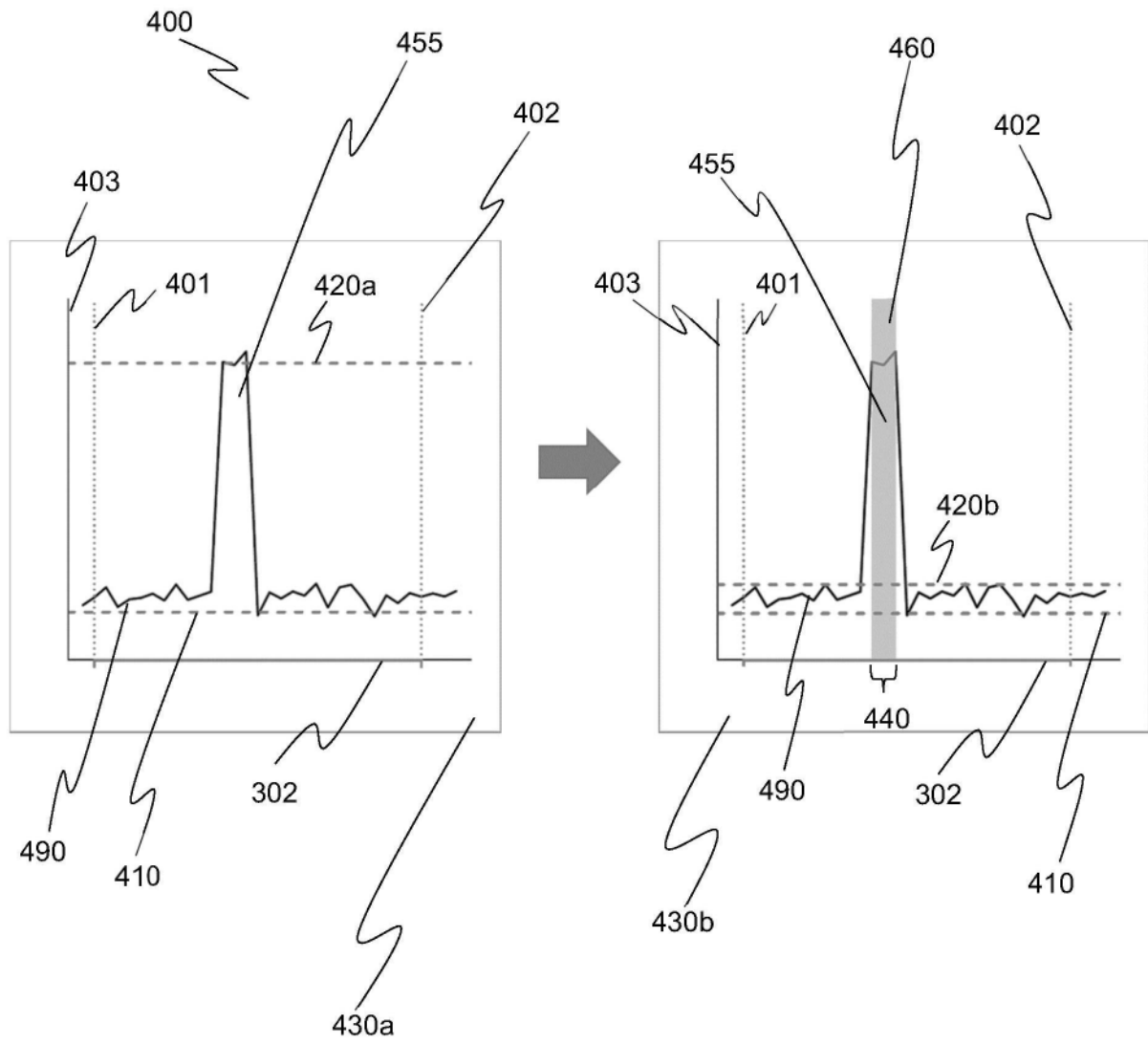


图4

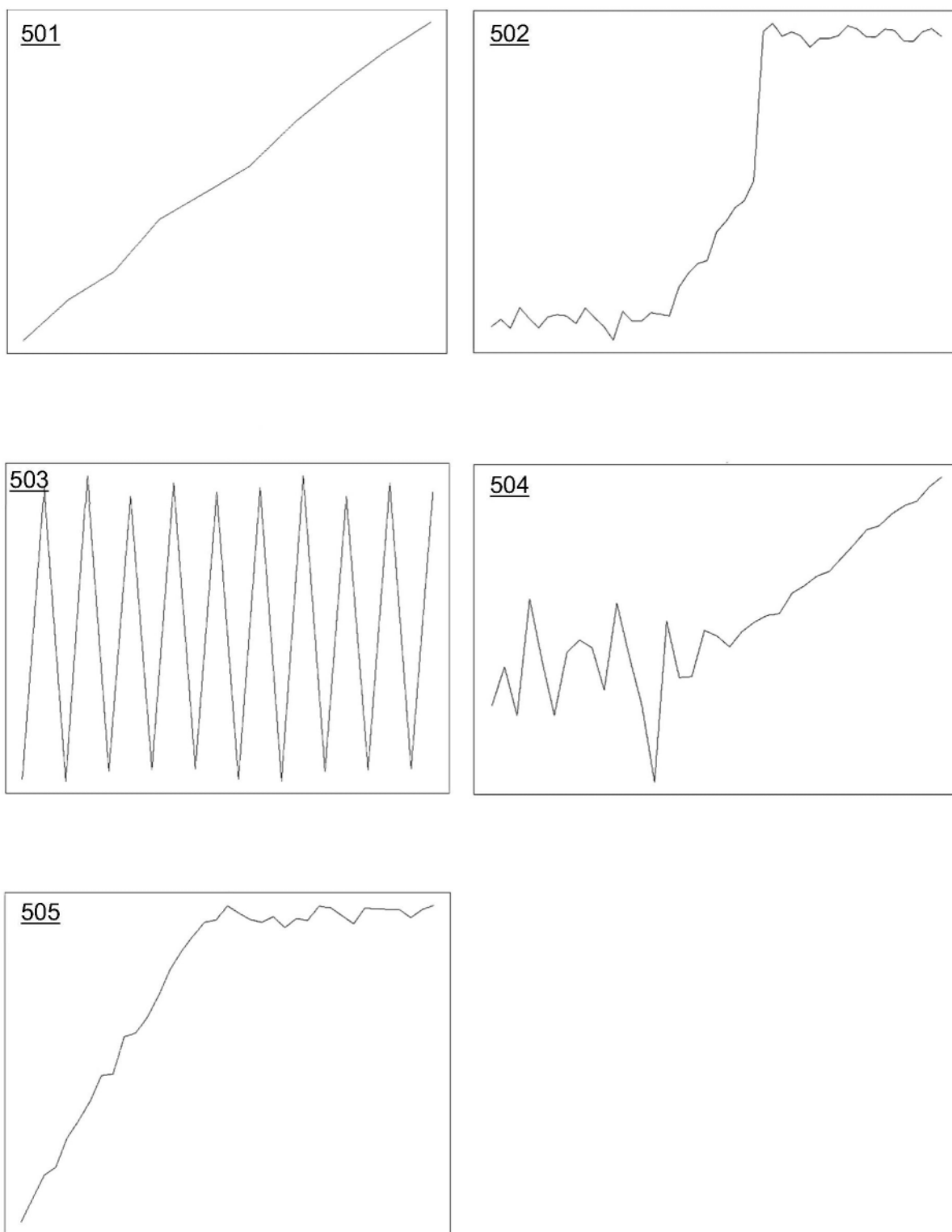


图5