



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111247541 B

(45) 授权公告日 2024.12.17

(21) 申请号 201880068173.3

(72) 发明人 肯特·P·汉德

(22) 申请日 2018.10.26

劳伦斯·赛义德曼

(65) 同一申请的已公布的文献号

皮特·W·艾丝特尔

申请公布号 CN 111247541 A

詹姆斯·贝奥·杰里米·A·斯通

(43) 申请公布日 2020.06.05

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限公司 11219

(30) 优先权数据

专利代理人 沈同全 车文

62/579,881 2017.10.31 US

(51) Int.CI.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G06Q 10/06 (2006.01)

2020.04.20

G06Q 10/04 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

(56) 对比文件

PCT/US2018/057754 2018.10.26

US 2003182014 A1, 2003.09.25

(87) PCT国际申请的公布数据

审查员 任丽霞

W02019/089380 EN 2019.05.09

(73) 专利权人 诺信公司

权利要求书4页 说明书14页 附图4页

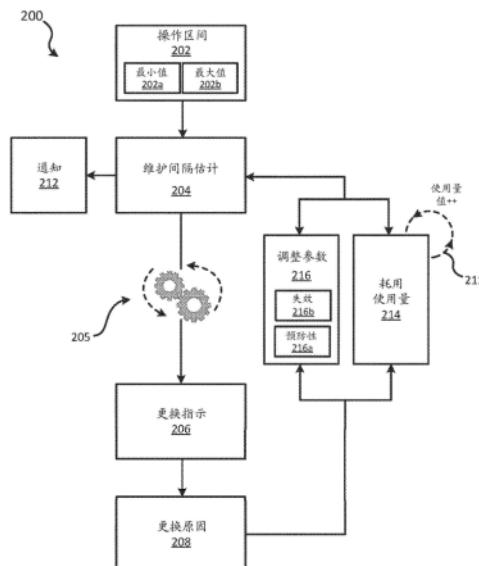
地址 美国俄亥俄州

(54) 发明名称

用于流体分配系统中的自适应预防性维护的系统和方法以及相关设备

(57) 摘要

本发明公开了用于自适应预防性维护的系统和方法。在确定设备的维护间隔估计的方法中，提供了与设备相关联的第一维护间隔估计。该第一维护间隔估计根据与设备相关联的使用量度量来表达。可能会接收到设备已更换的指示。可确定在某个时间段内设备的耗用使用量。该时间段可从与第一维护间隔估计相关联的参考时间点跨越到与设备的更换相关联的稍后的更换时间点。第二维护间隔估计可基于设备的耗用使用量来确定。第二维护间隔估计可根据与该设备相关联的使用量度量来表达。



1.一种确定设备的维护间隔估计的方法,所述方法包括:

执行计算机系统,该计算机系统被配置为存储使用数据,处理使用数据,并且实现自适应预防性维护过程,所述使用数据通过至少一个传感器、计数器、测量装置来生成,和/或所述使用数据由用户经由用户界面而获得;

通过计算机系统确定与所述设备相关联的第一维护间隔估计,其中,所述第一维护间隔估计表示估计所述设备需要更换或维护的耗用使用量;

通过所述计算机系统接收反映所述设备的更换的更换指示,该更换指示由所述至少一个传感器、经由所述用户界面进行的用户输入和/或其它系统提供;

通过所述计算机系统,确定所述设备在从与所述第一维护间隔估计相关联的参考时间点跨越到与所述设备的所述更换相关联的稍后的更换时间点的时间段内的耗用使用量,并且基于所述设备在该时间段内的耗用使用量,确定与所述设备相关联的第二维护间隔估计,其中,所述第二维护间隔估计表示估计所述设备需要更换或维护的耗用使用量;

通过所述计算机系统,基于调整参数来调整所述第二维护间隔估计,其中,所述调整参数包括失效参数或预防性参数,所述失效参数与检测到的失效相关联,所述检测到的失效与设备的更换相关联,所述预防性参数与预防性维护相关联,所述预防性维护与设备的更换相关联,所述计算机系统由所述用户经由所述用户界面来接收所述失效参数或所述预防性参数;

通过所述计算机系统,基于从与所述设备相关联的所述至少一个传感器、所述计数器或其它测量装置接收到的所述使用数据,来更新所述设备的耗用使用量;

通过所述计算机系统进行确定何时所述设备的耗用使用量超过所述第二维护间隔估计;以及

通过所述计算机系统,将通知发送到与所述设备相关联的用户的用户装置,该通知指示所述设备的耗用使用量超过所述第二维护间隔估计。

2.根据权利要求1所述的方法,还包括:

接收所述更换指示以及所述设备的更换原因的指示,其中,所述设备的更换原因包括与所述设备的更换相关联的检测到的失效;以及

通过所述计算机系统,基于所述调整参数来调整所述第二维护间隔估计,其中,所述调整参数包括所述失效参数,所述失效参数与检测到的失效相关联,所述检测到的失效与所述设备的更换相关联,

其中,最初基于所述设备的操作区间确定所述第一维护间隔估计,

其中,所述通知包括电子邮件、文本消息、自动电话消息和/或呈现在所述用户界面上的信息,并且

其中,所述通知包括设备的标识和/或设备的位置,并且

其中,该设备在液体分配系统中执行。

3.根据权利要求2所述的方法,其中,所述更换原因是预防性的,并且其中,所述第二维护间隔估计还基于所述设备在所述时间段内的耗用使用量与所述第一维护间隔估计之间的差值,并且其中,预防性维护导致被调整的维护间隔估计的调整程度小于与设备失效相关联的程度。

4.根据权利要求3所述的方法,其中,所述第二维护间隔估计还基于用户定义的调整参

数。

5. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述更换原因是设备失效,并且其中,所述第二维护间隔估计还基于所述失效参数。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述第二维护间隔估计是所述失效参数与所述第二维护间隔估计的乘积。

7. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述更换原因是预防性的或设备失效中的一种,其中:

在所述更换原因是预防性的情况下,所述第二维护间隔估计与所述第一维护间隔估计之间的差值为第一值,

在所述更换原因是设备失效的情况下,所述第二维护间隔估计与所述第一维护间隔估计之间的差值为第二值,并且

所述第一值小于所述第二值。

8. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

确定所述第二维护间隔估计在由较低的使用量值和较高的使用量值限定的使用量值的预定义范围之外;以及

响应于确定所述第二维护间隔估计大于所述较高的使用量值,向与所述设备相关联的用户传输第二通知,

其中,最初基于所述设备的操作区间确定所述第一维护间隔估计,

其中,所述第二通知包括电子邮件、文本消息、自动电话消息和/或呈现在所述用户界面上的信息,并且

其中,所述第二通知包括设备的标识和/或设备的位置。

9. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

响应于确定所述第二维护间隔估计,接收所述设备的第二更换的第二指示;

确定所述设备在从与所述第二维护间隔估计相关联的第二参考时间点跨越到与所述设备的所述第二更换相关联的稍后的第二更换时间点的时间段期间的第二耗用使用量;以及

基于所述第二维护间隔估计和所述设备的所述第二耗用使用量来确定第三维护间隔估计,其中,根据与所述设备相关联的使用量度量来表达所述第三维护间隔估计。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中,确定所述第二维护间隔估计响应于确定所述第二维护间隔估计和所述第一维护间隔估计之间的非负差值大于偏移值,并且其中,所述偏移值基于所述第一维护间隔估计的预定义百分比。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一维护间隔估计根据与所述设备相关联的使用量度量来表达,所述使用量度量包括以下中的至少一个:

所述设备的操作时间;

所述设备的致动循环的数量;

所述设备的操作循环的数量;

由所述设备处理的对象的数量;或

由所述设备处理的材料的量。

12. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一维护间隔估计根据与所述设备相关联

的使用量度量来表达,所述使用量度量包括基于以下中的至少两个的聚合使用量度量:

- 所述设备的操作时间;
- 所述设备的致动循环的数量;
- 所述设备的操作循环的数量;
- 由所述设备处理的对象的数量;和
- 由所述设备处理的材料的量。

13.根据权利要求2所述的方法,其中,经由用户输入来接收反映所述设备的更换的更换指示和更换原因的指示中的至少一个指示。

14.一种实现与设备的维护相关的通知的方法,所述方法包括:

执行计算机系统,该计算机系统被配置为存储使用数据,处理使用数据,并且实现自适应预防性维护过程,所述使用数据通过至少一个传感器、计数器、测量装置来生成,和/或所述使用数据由用户经由用户界面而获得;

通过所述计算机系统确定所述设备的第一耗用使用量超过与所述设备相关联的第一维护间隔估计,其中,所述第一维护间隔估计表示估计所述设备需要更换或维护的耗用使用量;

通过所述计算机系统,向与所述设备相关联的用户的用户装置传输第一通知,所述第一通知指示所述第一耗用使用量超过所述第一维护间隔估计;

通过所述计算机系统,基于由所述至少一个传感器、经由所述用户界面进行的用户输入和/或其它系统提供的失效指示,确定用以更换所述设备的失效;

通过所述计算机系统,向与所述设备相关联的用户的用户装置传输第二通知,其中,所述第二通知与用以更换所述设备的失效相关联;

通过所述计算机系统,确定所述设备在从与所述第一维护间隔估计相关联的参考时间点跨越到与所述设备的所述更换相关联的稍后的更换时间点的时间段内的耗用使用量,并且基于所述设备在该时间段内的耗用使用量,确定与所述设备相关联的第二维护间隔估计,其中,所述第二维护间隔估计表示估计所述设备需要更换或维护的耗用使用量;

通过所述计算机系统,基于调整参数来调整所述第二维护间隔估计,其中,所述调整参数包括失效参数或预防性参数,所述失效参数与检测到的失效相关联,所述检测到的失效与设备的更换相关联,所述预防性参数与预防性维护相关联,所述预防性维护与设备的更换相关联,所述计算机系统由所述用户经由所述用户界面来接收所述失效参数或所述预防性参数;

通过所述计算机系统,基于从与所述设备相关联的所述至少一个传感器、所述计数器或其它测量装置接收到的所述使用数据,来更新所述设备的耗用使用量;以及

通过所述计算机系统进行确定何时所述设备的耗用使用量超过所述第二维护间隔估计。

15.根据权利要求14所述的方法,还包括:

通过所述计算机系统,接收反映所述设备的更换的更换指示,该更换指示由所述至少一个传感器、用户输入和/或其它系统提供;

通过所述计算机系统,基于所述调整参数来调整所述第二维护间隔估计,其中,所述调整参数包括所述失效参数,所述失效参数与检测到的失效相关联,所述检测到的失效与所

述设备的更换相关联，

其中,最初基于所述设备的操作区间确定所述第一维护间隔估计，

其中,所述第一通知包括电子邮件、文本消息、自动电话消息和/或呈现在所述用户界面上的信息,并且

其中,所述第一通知包括设备的标识和/或设备的位置,并且

其中,该设备在液体分配系统中执行。

16.根据权利要求15所述的方法,其中:

所述调整参数基于所述设备的更换是与在所述设备失效之前的预防性维护相关联还是由于所述设备失效而变化,并且其中,所述方法还包括:

接收所述更换指示以及所述设备的更换原因的指示,其中,所述设备的更换原因包括与所述设备的更换相关联的预防性维护。

17.根据权利要求14所述的方法,还包括:

确定用以更换所述设备的第二失效;以及

通过所述计算机系统,向与所述设备相关联的用户的用户装置传输第三通知,所述第三通知与用以更换所述设备的所述第二失效相关联,其中,在传输所述第二通知和传输所述第三通知之间的时间间隔大于在传输所述第一通知和传输所述第二通知之间的时间间隔,

其中,所述第三通知的传输介质不同于所述第一通知或所述第二通知中的至少一个的传输介质。

18.根据权利要求17所述的方法,其中,所述第三通知通过所述第一通知或所述第二通知中的至少一个的接收人传输到附加用户,并且其中,指示所述第一耗用使用量超过所述第一维护间隔估计的所述第一通知是通知所述设备可能处于增大的失效风险中。

19.根据权利要求17所述的方法,还包括:

确定用以更换所述设备的第三失效;以及

通过所述计算机系统,向与所述设备相关联的用户的用户装置传输第四通知,所述第四通知与用以更换所述设备的第三失效相关联,其中,传输所述第三通知和传输所述第四通知之间的时间间隔大于传输所述第一通知和传输所述第二通知之间的时间间隔。

用于流体分配系统中的自适应预防性维护的系统和方法以及相关设备

[0001] 相关专利申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2017年10月31日提交的美国临时专利申请62/579,881的权益，该专利申请的公开内容据此以引用方式并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及设备维护。更特别地，本公开涉及流体分配系统中的自适应预防性维护以及相关设备。

背景技术

[0004] 大多数制造业和其它工业企业过于依赖各种机器、工具和其它种类的设备，这些设备往往数量众多。例如，制造工厂可对通常在品牌和型号上相同的几十台或甚至几百台设备进行操作。此类设备可能在恶劣条件下长时间运行，从而导致磨损，并且如果不解决磨损将不可避免地导致故障或失效。由于该设备的输出损失，意外失效可能会产生严重后果。或者更糟的是，设备失效可能会导致整条生产线停产。

[0005] 因此，需要优选地在将对生产造成最小影响的间隔期间及时更换设备或对设备执行维护。虽然设备制造商和供应商期望向客户提供更换或维护间隔的准确计划表，但这一努力因任何给定类型的设备的操作条件广泛变化而受到阻碍。例如，一处设施可能使其设备每天在炎热和多尘的条件下运行二十二个小时，而另一设施可能使其与第一类相同类型的设备每天在清洁和气候受控的条件下运行十二小时。毫无意外的是，同后者的设备相比，前者的设备生命周期将会减少。因为给定类型的设备的预期寿命可能受到未知参数的影响，所以设备制造商或供应商常常无法确信提供用于这些设备的维护或更换计划表。

[0006] 在本公开中论述了这些和其它缺点。

发明内容

[0007] 本文公开了用于自适应预防性维护的系统和方法。在确定设备的维护间隔估计的方法中，可以提供与该设备相关联的第一维护间隔估计。第一维护间隔估计可根据与该设备相关联的使用量度量来表达。可能会接收到设备已更换的指示。可确定在某个时间段内设备的耗用使用量。该时间段可从与第一维护间隔估计相关联的参考时间点跨越到与设备的更换相关联的稍后的更换时间点。第二维护间隔估计可基于设备的耗用使用量来确定。第二维护间隔估计可根据与该设备相关联的使用量度量来表达。

[0008] 设备的更换原因可以为确定第二维护间隔估计的另一个基础。当更换的原因是预防性的时，第二维护间隔估计还可基于耗用使用量与第一维护间隔估计之间的差值。第二维护间隔估计还可基于用户定义的调整参数。

[0009] 当更换的原因是设备失效时，第二维护间隔估计还可基于用户定义的失效参数。由于设备失效而进行更换可能比预防性更换产生更大的对第二维护间隔估计的调整。仅当

所确定的第二维护间隔估计将落在第一维护间隔估计的预定义百分比范围之外时,所确定的第二维护间隔估计才可能生效。

- [0010] 如果耗用使用量大于第一维护间隔估计,则可向与设备相关联的用户发送通知。
- [0011] 可诸如相对于设备的第二更换和设备的第二耗用使用量来执行上述方法的进一步迭代。在一个方面,设备的第二更换和耗用使用量可用于确定另一第三维护间隔估计。
- [0012] 使用量度量的示例可包括操作时间、致动循环的数量、操作循环的数量、对象的数量以及材料的量。在另一方面,使用量度量可包括这些使用量度量中的至少两个的聚合。
- [0013] 在一些情况下,设备可包括流体分配器。设备的更换或更换原因可经由用户输入来接收。
- [0014] 在另一实施方案中,公开了一种实现与设备的维护相关的通知的方法。该方法可包括确定设备的第一耗用使用量超过与该设备相关联的第一维护间隔估计。第一维护间隔估计可根据与该设备相关联的使用量度量来表达。第一通知可传输到用户并且指示第一耗用使用量超过第一维护间隔估计。耗用使用量可跨越第一时间段,该第一时间段开始于与第一维护间隔估计相关联的第一时间点并且结束于与确定设备的第一耗用使用量超过第一维护间隔估计相关联的第二时间点。可确定用以更换设备的失效。可向与该设备相关联的用户传输与用以更换设备的失效相关联的第二通知。

- [0015] 如果随后指示设备更换,则可基于从与第一维护间隔估计相关联的时间点到与设备的更换相关联的时间点的耗用使用量来确定第二维护间隔估计。如果设备未更换,则可向用户传输另一通知。此通知与先前通知之间的间隔可能短于早先通知之间的间隔。此外,第三通知和其它后续通知可经由与早先通知不同的传输介质传输,以及传输到不同的接收人。

附图说明

- [0016] 并入本说明书并且构成本说明书的一部分的附图示出了实施方案,并且与说明书一起用于说明方法和系统的原理:
- [0017] 图1示出了根据本公开的实施方案的流体分配器的剖视图;
- [0018] 图2示出了根据本公开的实施方案的数据流程图;
- [0019] 图3示出了根据本公开的实施方案的决策流程图;并且
- [0020] 图4示出了根据本公开的实施方案的方法流程图。

具体实施方式

- [0021] 本公开的系统和方法涉及自适应预防性维护,其可用于流体分配系统和其它相关设备的上下文中。由于上述操作条件的变化,设备制造商和供应商通常无法提供可靠的维护和/或更换计划表。除了其它方面以外,本文所公开的自适应预防性维护技术通过利用在实际操作条件下收集的经验数据以迭代地优化维护间隔估计来解决该问题。

- [0022] 该维护间隔估计可表示一个时间段,在该时间段之后,操作者应在合理的置信水平内,在设备失效之前对该类型的设备进行更换或执行维护。该维护间隔估计可根据设备在该设备连续更换或维护之间的耗用使用量而在过程的每次迭代中确定。耗用使用量可根据诸如使用时间、致动循环数量或分配操作数量的一个或多个使用量度量来表示。更换设

备的原因可以为预防性的或者是设备失效。此原因可能影响确定迭代的经调整的维护间隔估计。如果设备的耗用使用量超过维护间隔估计,这可表示设备具有不期望的失效风险。当发生这种情况时,可向操作者或其它负责方发送通知消息以通知他们这种情况。因此,操作者可通过对设备进行更换或执行维护来解决该问题情况。

[0023] 参见图1,电动流体分配器或分配枪20包括以已知方式安装在流体分配歧管板24上的一个或多个分配模块或阀22。该分配阀22包括分配器主体26和流体分配喷嘴主体28。分配器20通常用于分配高粘度流体,例如热熔性粘合剂、焊料焊剂、导热油脂等,但低粘度流体可由该分配器20或类似的分配器分配。此外,该分配器20以已知方式安装在分配机器或系统(未示出)中,以将流体以离散量形式分配,例如作为滴剂或小滴但可选地以连续小珠形式分配。如图1所示,与流体分配喷嘴主体28结合使用的分配器主体26经特别构造以将流体30分配到衬底32上。衬底32和分配器20之间的相对运动以已知方式提供。

[0024] 阀杆34安装在分配器主体26的内部36,并且该阀杆包括穿过该内部36的轴38。球40安装到轴38的下端,如图1所示,其与定位在喷嘴主体28中的阀座42密封接合。因此,该阀杆34和球相对于阀座42在打开位置和闭合位置之间往复运动,从而作为分配阀22操作。当阀杆34处于打开位置时,流体从流体源44接收,穿过歧管24中的流体通道46并且穿过入口通道48。热熔性粘合剂的源44通常经过加压。箭头50指示流体的流动路径。电枢52设置在内部36内并且与轴38同轴对准,并且优选地与该轴38一体形成。电磁线圈54围绕电枢52设置。线圈54容纳在外壳56中并且连接到电源(未示出)。如将在下文所述,当供应电流时,线圈54产生电磁场,该电磁场将阀杆34致动到打开位置。

[0025] 孔58延伸到电枢52中以容纳回位弹簧60。该回位弹簧60偏置阀杆34,并且更具体地,偏置球40,以将阀座42密封地接合在闭合位置。回位弹簧60通常为压缩弹簧,其通过与电磁极62接合而在压缩下被放置在孔58内。为了实现打开位置,电磁线圈54必须在电枢52和极62之间产生足够的电磁场,以便将电枢52和极62吸引到一起。因为极62不能移动,该电枢52将抵靠弹簧60的力而移动,直到其碰撞极62。

[0026] 图2示出了根据本公开的实施方案的至少部分地表示自适应预防性维护的过程的数据流程图200。通过介绍,自适应预防性维护过程可估计一台设备的更换计划表(例如,预计寿命)和/或维护计划表。可迭代地执行自适应预防性维护过程或其部分以确定应更换设备或以其它方式执行维护的愈发精确的时间或其它累积使用量度量。可最初确定落在操作区间(operating band)202内的第一维护间隔估计204。当设备随后被更换(在更换指示206中反映)并且确定了更换原因208时,至少基于该更换原因208和更换时该设备的耗用使用量214来重新计算维护间隔估计204。可重复该过程的周期性部分以自适应地优化该维护间隔估计204。如果在任何时间耗用使用量214达到维护间隔估计204,则可将通知212发送到操作者或其它人员以将其通知他们。

[0027] 自适应预防性维护过程可相对于多种设备类型来执行,包括图1所示的分配器20,该分配器20可以为较大分配系统(图1中未示出)的一部分。可应用自适应预防性维护的其它非穷举示例包括热熔性粘合剂分配器系统(喷射和非喷射)、粉末或喷涂系统、挤出系统、共形涂布系统以及其他相关设备和/或系统。其它示例包括螺线管、泵、分配枪和加热器。实际上,自适应预防性维护过程可几乎应用于具有一些可测量(或至少易于估计)使用量度量的任何设备。

[0028] 本文所述的自适应预防性维护过程可在各种等级的给定系统上应用。例如,可相对于以下对象来实现自适应预防性维护过程:完整系统(或多个系统);具有若干子部件或子组件的机构、模块或组件;单个部件或组件;甚至是系统更小的方面。以图1的分配器20为部件的分配系统为例,自适应预防性维护过程可涉及整个分配系统、分配系统的分配器20、分配器20的分配模块/阀22或分配模块/阀22的喷嘴主体28。在一些方面,自适应预防性维护过程通常可涉及系统,但也可适当考虑到系统的一些子部分。

[0029] 在一些实施方案中,自适应预防性维护过程可涉及根据一个或多个参数操作的设备。在这种情况下,不仅可通过特定的设备模型来识别设备,而且可通过相关联的操作参数来识别设备。在此类实施方案中,利用一个参数操作的模型的设备和相同模型但利用第二不同参数操作的设备可被认为是用于该过程的两个独立的“设备”。操作参数可包括相关材料(例如,由分配枪分配的材料)或操作循环速率(例如,材料分配速率、活塞泵或气体泵的往复运动速率、螺线管激活速率等)。特定操作参数可显著影响设备更换之间的时间间隔。例如,泵可高速率执行特定数量的循环。否则,相同的第二泵可执行相同数量的循环,但速度较低。尽管执行相同数量的循环,但由于快速循环所引起的额外热量,可能需要更早的更换该泵的第一实例。又如,尽管分配循环的数量相等,但温度或材料的差异同样可影响分配枪的更换间隔。

[0030] 在一些实施方案中,自适应预防性维护可被集体应用于一组若干分立的系统(或其部分)中,这些系统可在机械特性、操作特性和/或环境特性方面共享相似性。例如,制造工厂可容纳一个阵列的大致相同或相似的分配系统,每个分配系统在相同的一般环境条件下操作、每天运行大约相同的时间段和/或根据其它参数运行。此类参数可包括上述的那些。在一些方面,可针对该组系统中的每个分立系统来确定维护间隔估计204,然后可将其聚合(例如,平均)以进一步优化聚合维护间隔估计204,然后可应用于该组系统中系统的每一个中。在其它方面,出于自适应预防性维护过程的目的,该组系统(例如,前述一组分配系统)可被视为单个系统。

[0031] 为便于参考,除非另外明确地或在上下文中指明,否则本文将系统的上述各方面、系统本身或一组系统简称为“设备”。此外,应当理解,“设备”可指在过程的多次迭代期间相同或相似设备的多个实例。例如,相对于自适应预防性维护过程所讨论的泵(即,“设备”)可统称为第一泵,该第一泵在第二迭代中被相同类型的第二泵更换,继而在第三迭代中被相同类型的第三泵更换,以此类推。在一些方面,“设备”可指设备在连续迭代上的实例,该设备通常具有相同品牌和型号等,但还具有一个或多个改进或变化,与设备的早先实例相比尤为如此。实际上,在本公开中观察到的进步之一是,维护间隔估计204(从而是更换或维护计划表)固有地适应这些或其它影响设备的变化。这种适应性至少部分地由过程的迭代性质和实际更换间隔的使用来实现。

[0032] 如所指出的,数据流程图200中所实现的示例性自适应预防性维护过程可涉及设备。该设备的一个或多个使用量值(或多个使用量值的聚合)可由耗用使用量214来表示并且以使用量度量表达。由耗用使用量214表示的使用量度量可指示例如持续的时间间隔,包括自设备最初安装或投入使用以来的连续时间间隔(例如,按时间计算的“寿命”,而不考虑实际使用)或时间间隔的聚合(例如,设备实际运行的小时数)。

[0033] 作为其它示例,使用量度量可指示设备执行的循环或离散操作的数量,诸如活塞

泵或螺线管的往复循环数量或由分配枪执行的单独分配的数量。再如,使用量度量可描述与设备的操作相关的材料量或对象的数量(或其它量度),诸如穿过经加热流体导管的流体量或通过共形涂布系统处理的印刷电路板的数量。如所指出的,使用量度量可指若干使用量度量的聚合。例如,加热器的使用量度量可以为其操作温度和其累积运行时间的聚合。此类聚合使用量度量可表示为两个或更多个使用量度量值或其整数的乘积。

[0034] 通常预期耗用使用量214为单调增大的值。随着操作数量、时间间隔、所处理材料的量或其它使用量度量增加,耗用使用量214可同样地增加或增长。耗用使用量214的增加或增长由图2中的附图标记211指示。耗用使用量214无需实时更新,而是可以各种规则或不规则的间隔或在与使用量度量相关联的某些定量事件处更新。

[0035] 在自适应预防性维护过程中的各个点处,耗用使用量214可重置为零或默认的起始值。例如,这可发生在该过程或其一部分的迭代开始时,诸如当设备被更换时或其后重新计算维护间隔估计204时。

[0036] 耗用使用量214可通过自动化方法来更新,诸如通过与设备结合或以其它方式与该设备相关联的适当的传感器、计数器或其它测量装置来更新。这些测量装置可配备有无线电发射器,以将所收集的使用数据上载至外部计算机系统。计算机系统可根据所公开的自适应预防性维护过程的至少一部分来存储使用数据和/或处理使用数据。

[0037] 在其它情况下,耗用使用量214可通过诸如操作者记录设备的操作时间或其它使用量度量的手动过程来收集和/或维护。维护耗用使用量214的手动过程可经由计算机系统的计算机应用的用户界面来执行。耗用使用量214和/或耗用使用量214的历史记录可存储在计算机系统的数据库或其它存储介质上。如所指出的,计算机系统可使用手动输入来执行自适应预防性维护过程的至少一部分。无论是通过自动还是手动过程,耗用使用量214可以为相应使用量度量的估计值。例如,流体分配系统可能在一天内执行成千上万次单独的流体应用,因此使得精确计数不切实际。

[0038] 在一些情况下,耗用使用量214的手动跟踪和记录(包括经由用户输入到计算机系统)可优于需要待结合到设备中的传感器等的自动化过程。在设备中包括传感器或类似装置可能较为昂贵,并且对设备制造商的生产成本产生负面影响。然后,增加的生产成本会传递给设备的购买者。在连续操作并且通常在严酷条件下进行的情况下,许多购买者迅速地耗尽了设备的使用寿命,从而增加了每台设备由于传感器集成所导致的附加成本。因此,由于担心降低设备的销售量,设备制造商可能不愿意将传感器或其它测量装置集成在其设备中。

[0039] 继续描述数据流程图200,操作区间202可指在耗用使用量214中表示的使用量度量值的范围。值的范围可包括自适应预防性维护过程估计应当更换设备或接受维护的维护间隔。此外,该过程可在耗用使用量214达到维护间隔估计204时向操作者发送通知212。因此,操作区间202可由从最小值202a跨越到最大值202b的使用量度量值的范围限定。最小值202a可表示耗用使用量214的值,在该值之前,即使耗用使用量214超过维护间隔估计204,也从未将通知发送到操作者。相反,最大值202b可表示耗用使用量214的值,在该值之后,即使耗用使用量214未超过维护间隔估计204,也总是将通知发送到操作者。操作区间202可由设备的制造商或供应商诸如根据设备的各种工程化属性来确定。

[0040] 维护间隔估计204可表示耗用使用量214(例如,操作时间、操作循环的数量等),在

此期间,估计设备需要更换或维护(或至少应当接受更换或维护)。如所指出的,维护间隔估计204受操作区间202的最小值202a和最大值202b的约束。即,该关系可由以下公式表示。

[0041] $MI_MIN \leq MI_EST \leq MI_MAX$

[0042] MI_MIN 表示最小值202a, MI_MAX 表示最大值202b,并且 MI_EST 表示维护间隔估计204。这种指定应当在整个公开的公式中使用。维护间隔估计204最初可以为在操作区间202的中间点处的默认值,其在以下公式中表示。

$$[0043] MI_EST = \frac{MI_MIN + MI_MAX}{2}$$

[0044] 如将在本文中更详细地说明的,可在自适应预防性维护过程的连续迭代期间重新计算和更新该维护间隔估计204。此外,还将说明,当耗用使用量214达到维护间隔估计204时,可将通知212发送到操作者或其它人员。

[0045] 在最初计算或重新计算维护间隔估计204以确定新值(在以下说明的一些条件的情况下进行)之后,在识别出设备的更换之前,该设备可以通常的方式操作或以其它方式使用。这种操作时段由图2中的附图标记205表示。

[0046] 当检测到或确定更换设备或其部件时,该过程可确定更换指示206。换句话讲,更换指示206可反映设备已被更换。更换设备可包括将当前设备更换为设备的另一实例(例如,相同的品牌和型号)。在一些情况下,设备的新实例可具有相同的品牌和型号,但可包括一些改进或其它微小的变化。

[0047] 更换指示206可基于用以确定更换的自动过程。例如,设备可包括被配置为确定设备已被更换的传感器。又如,设备可以为更大系统的一部分,其同样可识别设备已被更换。附加地或另选地,更换指示206可基于手动过程。例如,操作者或其它相关人员可例如经由在计算机系统上运行的计算机应用的用户界面来记录该更换。更换指示206可存储在与计算机系统相关联的数据库中。

[0048] 预期设备的“更换”可排除设备仅仅如下“改变”的情况,诸如将设备转换为另一类型、型号、品牌等的类似设备。设备的“更换”可能是由于一些操作状态(例如,设备故障或遭遇性能下降)和/或与设备相关的使用量度量导致,而设备的“改变”可能是由于一些其它原因导致,诸如对初始设备性能的不满或另一厂商、型号、品牌等的新设备的更优价格。在发生“改变”的情况下,因为所更换的设备的过程数据可能不适于新设备,可重新设置自适应预防性维护的过程。

[0049] 虽然数据流程图200主要是关于设备更换的,但可将相同或相似的原理应用于无需布置的修复、维护,或三种活动的任何组合或子组合。如本文所用,“维护”可指设备的一般性保养或维护,包括根据计划表或设定间隔进行的活动。虽然维护可能导致设备性能改善,但它不响应设备的重大故障。另一方面,“修复”可在导致对设备功能产生包括完全失效的不利影响的重大故障的反应下进行。修复可使设备恢复到正常工作状态,并可作为更换的替代形式。

[0050] 该过程可确定设备更换的原因或起因(图2中的更换原因208)。该更换原因208可在指示设备被更换之后确定。更换原因208可以为二进制值,指示该更换是预防性更换(例如,设备在更换时是起作用的)还是由于失效所导致的更换(例如,设备在更换时不起作用)。设想可根据本文所述的相同或相似原理来识别或进一步描述更换的其它原因,并且将

其并入自适应预防性维护过程中。例如,设备失效的更换可被单独地分类为由于一个特定子部件的失效所导致的设备失效或分类为由于另一特定子部件的失效所导致的设备失效。

[0051] 更换原因208可由操作者或其它人员指示。例如,操作者可经由选择在计算机应用的用户界面中作为无线电按钮呈现的两种更换原因中的一种来提供此类输入。在其它情况下,更换原因可经由自动过程来指示,诸如如果设备被配置为检测其是否经历失效并将其传输到计算机系统,则可发生这种情况。

[0052] 当发生设备更换时(例如,更换指示206中指示的时间),可记录更换时的耗用使用量214。例如,更换时的耗用使用量214可表示上次确定维护间隔估计204与发生更换的时间之间的使用量值的改变。又如,耗用使用量214可表示设备在先前迭代中被更换的时间与设备在该过程的即时迭代中被更换的时间之间的使用量值的改变。

[0053] 可至少基于先前的维护间隔估计204、更换原因208和/或更换时的耗用使用量214来计算新的维护间隔估计204(例如,可重新计算从先前迭代开始的维护间隔估计204)。基于反映特定安装特有的实际使用条件的经验证据,可随时间推移将维护间隔估计204调整为更准确地表示该特定设备应当被维护和/或更换的时间的值。

[0054] 一般来讲,如果更换原因208指示预防性更换,则当前维护间隔估计204可在更换时朝耗用使用量214进行调整,其调整程度小于更换原因208指示由于设备失效而更换的程度。由于设备失效更直接地指示设备的实际使用寿命(就适当的使用量度量而言),因此预防性更换和由于失效而导致的更换之间的调整程度上的这种差异可能是有益的。而在预防性更换的情况下,因为在预防性更换时极可能立即发生设备失效,所以设备实际失效的假设使用量值是未知的。然而,在相当长的时间段(或适当使用量度量的其它增量)也可能不会发生失效。

[0055] 还可基于调整参数216确定新的维护间隔估计204。调整参数216可以影响当前维护间隔估计204在更换时如何朝耗用使用量214进行调整以及调整程度的数值。该调整参数216可包括预防性参数216a和/或失效参数216b。当更换原因208是预防性的时,可使用预防性参数216a,并且当更换原因208是失效时,可使用失效参数216b。此外,更换原因208可影响计算新的维护间隔估计204的公式或方法。

[0056] 在预防性更换的情况下,新的维护间隔估计可至少部分地基于当前维护间隔估计204和耗用使用量214之间的差值。例如,可根据以下公式计算新的维护间隔估计204:

[0057] $MI_NEW = MI_EST + K_PRV * (EL_USE - MI_EST)$

[0058] MI_NEW 表示通常将是新的维护间隔估计204, EL_USE 表示更换时的耗用使用量214,并且 K_PRV 表示预防性参数216a。同样, MI_EST 表示当前维护间隔估计204(即,正被重新计算的维护间隔估计204)。

[0059] 预防性参数216a可影响当前维护间隔估计204在更换时朝耗用使用量214进行调整的程度。如以上公式中所用,预防性参数216a是介于0和1之间的值。在一个极限处,如果预防性参数216a为0,则维护间隔估计204将不进行任何调整。即,新的维护间隔估计204将等于当前维护间隔估计204。在另一极限处,如果预防性参数216a为1,则新的维护间隔估计204将等于耗用使用量214,这是可能的最大调整。

[0060] 在一些中间的预防性参数216a处,维护间隔估计204将仅被调整当前维护间隔估计204与更换时的耗用使用量214之间差值的某一分数。例如,如果预防性参数216a为0.5,

则维护间隔估计204将被调整到当前维护间隔204与耗用使用量214之间的中间。在该示例性具体实施中,较高的值将导致对维护间隔估计204更大的调整,较低的值将导致较小的调整。假设耗用使用量214在这些迭代期间保持相同或相似,则在四次迭代期间,维护间隔估计204将处于耗用使用量214的6.3%以内。再次假设耗用使用量214在这些迭代期间保持相同或相似,则在0.63处的预防性参数216a将导致维护间隔估计204在三次迭代之后处于耗用使用量214的5%以内。

[0061] 如果设备由于设备失效而被更换,则新的维护间隔估计204可基于耗用使用量214和诸如失效参数216b的操作者限定参数的乘积。失效参数216a可以为小于1的值,因此新的维护间隔估计204可等于耗用使用量214的分数。例如,可根据以下公式来计算新的维护间隔估计204:

[0062] MI_NEW=K_FLR*EL_USE

[0063] K_FLR表示失效参数216b。如前所述,MI_EST表示当前维护间隔估计204,MI_NEW表示新的维护间隔估计204,并且EL_USE表示更换时的耗用使用量214。

[0064] 应当理解,当设备由于失效而被更换时,在更换时,维护间隔估计204可比通常在设备被预防性更换时更快地朝耗用使用量214移动。据认为,当设备由于失效而被更换时,由失效参数216b产生的调整程度是所期望的调整程度。在一些情况下,设备操作者可执行其中设备在失效之前被特意操作的过程的若干次迭代。虽然以失效设备的成本为代价,但与在没有这种有目的的初始干预的情况下执行该过程相比,这可允许操作者更快速地确定更准确的维护间隔估计204。

[0065] 预防性参数216a和/或失效参数216b可由设备制造商来设定,例如由设备制造商的工程师来设定。在其它情况下,使用设备的操作者可设定预防性参数216a和/或失效参数216b。在任一种情况下,例如,参数可被设定为进行更激进的调整,并且因此将预防性参数216a和/或失效参数216b设定为较高的值。反之,更保守的方法可能是优选的,因此可针对预防性参数216a和/或失效参数216b选择较低的值。预防性参数216a和/或失效参数216b可在该过程的各迭代之间调整,或者可在多次迭代期间保持恒定。

[0066] 在一些实施方案中,重新计算维护间隔估计204可包括用于防止维护间隔估计204中“偏移”的步骤。即,对维护间隔估计204的微量调整不起作用。如果潜在的新的维护间隔估计204相对于当前维护间隔估计204在特定限制内,则不调整当前维护间隔估计204,并且使用当前、未调整的维护间隔估计204进行该过程(或其部分)的接着的迭代。确定是否使用新的重新计算的维护间隔估计204的特定限制可由百分比值表示,该百分比值指示潜在的新的维护间隔估计204与当前维护间隔估计204之间的最低允许百分比差值。是否调整维护间隔估计204可根据以下算法来确定。

[0067] if $\left(\frac{|MI_NEW - MI_EST|}{MI_EST} \right) \leq ADJ_LMT \text{ then:}$

[0068] MI_NEW=MI_EST

[0069] else:

[0070] MI_NEW=MI_NEW

[0071] ADJ_LMT表示从当前生效的维护间隔估计204到新计算但尚未起作用的维护间隔估计204的最低允许相对变化,以百分比值表示。为了在上述公式中使用,ADJ_LMT必须以十

进制格式表示(例如,.05而非5%)。为了总结上述公式,从当前维护间隔估计204到预期的新的维护间隔估计204的潜在百分比变化(以十进制形式表示)通过确定两者之间的非负差值并且将该差值除以当前维护间隔估计204来计算。如果该值大于特定的允许变化百分比,则新的维护间隔估计204在接着的迭代中替换当前维护间隔估计204。然而,如果该值小于或等于特定的允许变化百分比,则新计算的维护间隔估计204不会生效,并且当前维护间隔估计204在接着的迭代中继续实施。

[0072] 当前维护间隔估计204到新的维护间隔估计204的调整还可受到操作区间202的约束。例如,如果新计算的维护间隔估计204将低于或超过操作区间202的界限,则该维护间隔估计204将不用于该过程接着的迭代中。在其它情况下,如果新计算的维护间隔估计204将超过最大值202b,则维护间隔估计204可呈现最大值202b。同样,如果新计算的维护间隔估计204将降至低于最小值202a,则维护间隔估计204可被设定为最小值202a。

[0073] 如果耗用使用量214等于或超过维护间隔估计204,则可生成通知212并且将其发送到操作者或与设备相关联的其它人员。即,当与设备相关联的现有耗用使用量214等于或超过维护间隔估计204时,生成和/发送通知212。现有耗用使用量214可相对于计算维护间隔估计204的先前时间或设备被更换的时间。对耗用使用量已超过维护间隔估计204的确定可由操作者执行,该操作者可在计算机系统的计算机应用中输入其指示。附加地或另选地,这种确定可由计算机系统执行。还应当注意,耗用使用量214可实时地或以较不频繁的间隔来轮询,该间隔可以为规则的或不规则的。生成和/或传输通知212时可能发生类似的延迟。

[0074] 通知212可指示已超过维护间隔估计204,从而通知操作者设备可能处于增大的失效风险。通知212还可包括设备的标识,诸如设备品牌、型号和序列号,以及设备的位置。通知212可指示维护间隔估计204、在超过维护间隔估计204时耗用使用量214的值以及耗用使用量214的现有值。

[0075] 可以多种形式来实现该通知212。例如,通知212可经由电子邮件、文本消息或自动电话消息发送到操作者或其它人员。又如,通知212可呈现在计算机系统上运行的计算机应用的用户界面上。用户界面可在用于接受各种用户输入或自动输入的相同计算机应用中实现,输入诸如设备使用量、设备更换事件和更换原因的指示。

[0076] 当最初超过维护间隔估计204时,可发送通知212。如果设备未被更换(或实际上未发生失效),则可向操作者传输后续通知212。后续通知212可相对于使用量度量、时间或其它因素以设定的间隔发生。如果设备未被更换,则后续通知212之间的间隔可逐渐减小。即,设备未被更换的时间越长,更为经常地通知操作者。除了更频繁的通知212之外,后续通知212还可经由其它形式的通信来传输。例如,最初的通知212可通过电子邮件传输,而稍后的通知212可通过文本消息或自动电话呼叫来传输。通知212的接收人也可升级。例如,通知212最初可发送至楼层操作者。稍后的通知212可相反地传输到操作者的监管者或管理人。后续通知212可根据超过一个或多个阈值的升级耗用使用量214来发送。这些阈值可表示超出维护间隔估计204(例如,每20%的维护间隔估计204)的当前耗用使用量214的某些百分比阈值。

[0077] 自适应预防性维护方法还可包括相对于本文所述的任何方面的记录功能。例如,可记录超过维护间隔估计204的耗用使用量214的实例,包括相关信息,诸如设备标识、超过时间以及特定耗用使用量214。也可记录设备更换的实例,还可包括设备标识、更换时间、更

换原因以及相关耗用使用量214的值。也可记录生成和发送的任何通知212，包括通知212的时间、方式和(多个)接收人，相关联的设备标识，相关联的维护间隔估计204，超过维护间隔估计204时耗用使用量214的值以及在通知212时的耗用使用量214。所述记录可在计算机系统的存储装置中实现，该计算机系统诸如上文已提及的用于操作者交互的计算机系统。

[0078] 在一个方面，所公开的自适应预防性维护过程及其各个实施方案可利用附加技术来过滤和/或平顺用于确定和/或重新计算维护间隔估计204的数据输入。例如，此类技术可应用于表示在最近更换设备时耗用使用量214的数据输入。例如，耗用使用量214输入可以以下方式过滤：与这些最近数据点之前的数据点相比，对最近数据点提供较少的权重。例如，该数据过滤可使用一种或多种类型的移动平均值分析来实现。移动平均值分析可包括例如简单移动平均值(SMA)、累积移动平均值(CMA)、权重移动平均值(WMA)以及指数加权移动平均值(EWMA)。

[0079] 在平顺和过滤用于确定或重新计算维护间隔估计204的耗用使用量214输入数据的示例性技术中，可实现以下公式。

$$\text{FILT_EL_USE} = K * \text{MI_EST} + (1 - K) * \text{EL_USE}$$

[0081] 在该公式中，EL_USE表示在设备最近更换时的耗用使用量214。MI_EST表示当前维护间隔估计204(即，在重新计算之前)。K表示介于0和1之间的值，其中较低的K值将导致更大的响应性，而较高的K值将导致较小的响应性。最后，FILT_EL_USE表示已过滤的耗用使用量214。然后，在重新计算或确定新的维护间隔估计204时，可将过滤后的耗用使用量214—而非实际耗用使用量214(EL_USE)—用作输入。在累积效应中，可过滤或平顺在相应更换的时间处的多个耗用使用量以减小原本将赋予异常或偏离的耗用使用量(即，输入组的耗用使用量的“噪声”)的权重。

[0082] 在另一方面，设备的多个单独安装的数据可由第三方集中收集，并用于更好地理解设备的公差。单独安装可各自使用相同或相似的设备并且处于相同或相似的操作条件下。第三方可分析针对每个安装独立地确定的维护间隔估计204，从而确定设备的聚合维护间隔估计204。该聚合的维护间隔估计204可允许设备制造商向客户提供所推荐的维护或更换计划表，这是他们先前可能无法实现的。

[0083] 图3示出了演示自适应预防性维护的实施方案的条件流的流程图300。图3所示的实施方案可利用上述技术，通过向最近数据点提供较少的权重并且向最近数据点之前的较早数据点提供相对更多的权重来过滤和平顺输入数据。示例性技术可包括移动平均值，诸如简单移动平均值(SMA)、累积移动平均值(CMA)、权重移动平均值(WMA)以及指数加权移动平均值(EWMA)。

[0084] 相对于在一些方面与关于图2所述相似的设备、使用量度量、耗用使用量、维护间隔估计、通知等讨论了流程图300。首先，在步骤302，一台设备的耗用使用量(例如，图2的耗用使用量214)超过维护间隔估计(例如，图2的维护间隔估计204)。应当回顾，作为一些实例，耗用使用量可根据使用量度量来表示，该使用量度量诸如操作的累积时间、致动循环的数量或经涂覆衬底的数量。将通知(例如，图2的通知212)发送到操作者或与设备相关联的其它人员，以告知其已超过维护间隔估计。如上所述，通知可经由电子邮件、文本或计算机应用的用户界面来发送。

[0085] 应当理解，在步骤302之前，设备已在运行，并且在这段时间或这段时间的一部分

期间跟踪或记录了耗用使用量。实际上,在步骤318,设备在相关联的耗用使用量甚至达到维护间隔估计之前失效。在这种情况下,维护间隔估计减小,诸如以相对于图2所述的方式减小。随后重置使用量度量。设备可能已在此失效下更换。假设如此,则设备可随后返回进行操作。

[0086] 在步骤304,向用户发送附加通知以提醒他或她已超过维护间隔估计并且设备尚未更换。在发送通知之后,诸如响应于在步骤302或步骤304中发送的通知,确定操作者是否已更换设备。如果已更换,则在步骤306,维护间隔估计保持不变。即,将该即时维护间隔估计继续应用于使用所更换设备的过程的后续迭代。另外,适应速率减小。适应速率可指在确定新的或重新计算的维护间隔估计时,赋予在更换时的即时耗用使用量和/或稍后的耗用使用量的权重的程度。例如,在上述公式“ $FILT_EL_USE = K * MI_EST + (1 - K) * EL_USE$ ”中,适应速率表示为“(1-K)”。之后,重置耗用使用量。设备随后可返回进行操作。

[0087] 如果操作者在步骤304未更换设备,则在步骤310,增加维护间隔估计。维护间隔估计增加可基于设备在增加时至维护间隔估计时或在另一识别时间的耗用使用量。适应速率进一步降低。此外,继续向操作者发送通知,但随后发送通知的频率增加(即,通知被发送的比其它时间更快)。

[0088] 在步骤312,确定设备是否失效。如果设备未失效,则流程300返回至步骤304,在该步骤304向用户发送附加通知,不同之处在于此时以增加的频率发送。如果设备失效,则在步骤314,维护间隔估计因此减小,这可基于失效(或后续更换)时的耗用使用量以及任何更换是由于失效所致的事实。如所指出的,设备可在失效之后更换。重置耗用使用量,并且设备可返回重新操作。也可增加通知频率。

[0089] 图4示出了一种确定设备的维护间隔估计然后在多次迭代中优化该维护间隔估计的方法400。在描述方法400时,将参考与图2中描述的那些相同或相似的维护间隔估计、设备、使用量度量、通知、设备更换、耗用使用量等。

[0090] 在步骤402,确定第一维护间隔估计。第一维护间隔估计可与设备相关联,并且可表示为与设备相关联的使用量度量的值。作为一些示例,使用量度量可指泵的致动循环的数量、加热器的操作时间或自设备安装以来的总时间。如果步骤402在方法400的初始迭代中发生,则第一维护间隔估计可以为默认值,诸如设备制造商所指示的值。另选地,第一维护间隔估计可以在方法400的先前迭代中确定和继续实施的维护间隔估计(例如,步骤410的第二维护间隔估计)。维护间隔估计可限于一个操作区间。

[0091] 在步骤404,接收设备已被更换的指示。该指示可经由自动化过程来接收。例如,设备或设备所属的系统可配备有指示设备已被更换的传感器。在其它情况下,操作者可对该更换进行记录。计算机可用于接收更换的指示,无论该指示是由操作者手动输入的还是从传感器接收的。

[0092] 在步骤406,确定和/或接收设备的耗用使用量。耗用使用量可反映在从与第一维护间隔估计相关联的参考时间点跨越到与设备的更换相关联的稍后的第二时间点的时间段期间设备在使用量度量方面的累积使用量。

[0093] 在一些情况下,参考时间点可以为确定第一维护间隔估计的时间点。在其它情况下,参考时间点可以为在方法400的先前迭代中设备较早被更换的时间点,或者是在方法400的先前迭代中设备被更换之后进入服务或开始操作的时间点。

[0094] 第二时间点可指执行步骤404中所参考的更换(或已接收到所述更换的指示)的时间。如果设备在失效之前被更换，则该时间点可以为优选的。另选地，第二时间点可指设备失效并因此造成步骤404中指示的更换的时间点。当设备在更换之前失效时，此时间点可以为适当的。

[0095] 作为另一选择，第二时间点可指设备失效的时间点或设备被更换的时间点中的较早时间点。在一个示例中，参考时间点可以为设备首次进入服务或开始操作的时间，并且第二时间点可以为设备停止服务或停止操作的时间，而不考虑这是由于失效还是预防性更换。

[0096] 耗用使用量可由计算机系统基于直接从与设备或由操作者输入的数据相关联的传感器等收集的数据来确定。另选地，耗用使用量可由操作者输入到计算机系统中。注意，耗用使用量可以为估计，在一个示例中，操作者可基于设备已运行的天数和估计的每日致动循环数量、动作、使用时间等来计算耗用使用量的估计。该估计耗用使用量可输入到计算机系统中。

[0097] 在步骤408，接收和/或确定步骤404中所参考的设备更换原因的指示。在预期使用的情况下，更换的原因可以为预防性的或设备失效。执行预防性更换的决定可基于设备的耗用使用量和维护间隔估计。例如，预防性更换可响应于接近、等于或超过维护间隔估计的耗用使用量。更换的原因不限于预防性的或失效，而可包括其它原因，诸如性能下降(例如，性能值落在阈值之外)。更换原因的指示可由计算机系统经由操作者输入到计算机系统的用户界面来接收。

[0098] 在步骤410，确定第二维护间隔估计。第二维护间隔估计可基于设备的耗用使用量(步骤406)和设备的更换原因(步骤408)。在一些方面，第二维护间隔估计可基于设备的耗用使用量(步骤406)，而不考虑更换的原因(步骤408)。第二维护间隔估计可根据本文所述的技术中的任一种来确定，诸如相对于图2所述的那些技术。

[0099] 在大多数情况下，第二维护间隔估计将朝向耗用使用量调整。使用该经验方法，可在多次迭代中将运行中的维护间隔估计(在本图示中体现为第一和第二维护间隔估计)优化至理论上理想的应当更换设备的间隔。

[0100] 第二维护间隔估计也可根据调整参数(例如，图2的调整参数216)来确定，该调整参数216可影响第二维护间隔估计是否调整以及在多大程度上朝向耗用使用量调整。该调整参数可以为用户定义的，诸如用以控制该调整的程度。在一些方面，该调整参数可根据设备是在失效之前作为预防性维护而更换(例如，图2的预防性参数216a)还是由于失效而更换(例如，图2的失效参数216b)而变化。与更换是响应于设备失效而进行的情况相比，在第一维护间隔估计和第二维护间隔估计之间，预防性更换可趋于导致较小程度的调整。

[0101] 在步骤410中结束时，第二维护间隔估计可在方法400的进一步的迭代中继续实施。因此，就所示的方法400而言，在后续迭代中，步骤402的第一维护间隔估计可假设现在结束的迭代的第二维护间隔估计的值。然而，在一些具体实施中，更类似于图2所示的表示，每次更换设备时，可简单地重新计算正在运行的维护间隔估计。

[0102] 如上文更详细地描述，如果耗用使用量等于或超过维护间隔估计，则可向操作者或其它相关方传输通知(例如，图2的通知212)。通常可在方法400中的任何时间发送该通知。如果随后不更换设备，则可以通知之间经缩短的间隔和/或经由附加的传输方式向更多

数量的和/或不同的接收人发送附加通知。

[0103] 可以任何可行的顺序执行各个步骤,包括同时执行。然而,将特别指出的是,可以任何顺序执行步骤406和408,并且/或者同时执行步骤406和408彼此中的一个或多个及步骤404。例如,可同时执行步骤404、406和408。又如,可同时执行步骤404和406,并且可在其后执行步骤408。又如,可同时执行步骤404和408,而随后执行步骤406。又如,可最初执行步骤404,并且可在其后同时执行步骤406和408。

[0104] 本发明的方法和系统可与许多其它通用或专用计算系统环境或配置一起操作。可适用于该系统和方法的计算系统、环境和/或配置的示例包括但不限于个人计算机、服务器计算机、膝上型计算机装置及多处理器系统。另外的示例包括机顶盒、可编程消费电子器件、网络PC、微型计算机、大型计算机、包括任何上述系统或装置的分布式计算环境等。

[0105] 本发明所公开的方法和系统的处理可由软件部件执行。本发明所公开的系统和方法可在由一个或多个计算机或其它装置执行的诸如程序模块的计算机可执行指令的一般上下文中描述。通常,程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的计算机代码、例程、程序、对象、部件、数据结构等。本发明所公开的方法还可在基于网格和分布式计算环境中实现,其中任务由通过通信网络连接的远程处理装置执行。在分布式计算环境中,程序模块可位于包括存储器存储装置的本地和远程计算机存储介质中。

[0106] 此外,本领域的技术人员将会知道,本文所公开的系统和方法可经由计算装置形式的通用计算装置来实现。计算装置的部件可包括但不限于一个或多个处理器、系统存储器以及将包括处理器的各个系统部件联接到系统存储器的系统总线。在多处理器的情况下,系统可利用并行计算。

[0107] 出于说明的目的,应用程序和诸如操作系统的其它可执行程序部件在本文中被示出为离散块,但应当认识到,此类程序和部件在不同时间驻留在计算装置的不同存储部件中,并且由计算机的数据处理器执行。服务软件的具体实施可跨一些形式的计算机可读介质存储或传输。本发明所公开的任何方法均可通过体现在计算机可读介质上的计算机可读指令来执行。计算机可读介质可以为计算机可访问的任何可用介质。以举例的方式而非旨在限制,计算机可读介质可包括“计算机存储介质”和“通信介质”。“计算机存储介质”包括在用于存储诸如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其它数据的信息的任何方法或技术中实现的易失性和非易失性、可移除和不可移除介质。示例性计算机存储介质包括但不限于RAM、ROM、EEPROM、闪存或其它存储器技术、CD-ROM、数字通用光盘(DVD)或其它光学存储装置、磁盒、磁带、磁盘存储装置或其它磁性存储装置或可用于存储期望信息和可由计算机访问的任何其它介质。

[0108] 如本说明书和所附权利要求书所用,单数形式“一个”、“一种”和“该”包括多个指代物,除非内容明确指明并非如此。范围可在本文中表示为“约”一个特定值和/或“约”另一特定值。当表述这种范围时,另一实施方案包括从一个特定值和/或到另一特定值。相似地,当通过使用先行词“约”而将值表述为近似值时,应当理解该特定值形成另一个实施方案。还应当理解,范围中的每一个的端点对于其它端点而言都是显著的,并且独立于其它端点。

[0109] 除非本文另外指明,否则本文中的值的范围的表述仅旨在用作单独地提及落在该范围内的每个独立的值的速记方法,并且每个独立的值均并入本说明书中,如同在本文中单独列举的那样。除非本文另外指明或与上下文明确矛盾,本文所述的所有方法均可按任

何合适的顺序执行。

[0110] “可选的”或“任选地”表示随后描述的事件或情况可发生或不发生，并且所述描述包括发生所述事件或情况的实例和其中不发生所述事件或情况的实例。

[0111] 在本说明书的整个说明书和权利要求书中，字词“包括”和该字词诸如“包括有”和“包含”的变型表示“包括但不限于”，并且不旨在排除例如其它部件、整数或步骤。“示例性”表示“……的示例”，并非旨在传达对优选或理想实施方案的指示。“诸如”不用于限制性意义，而是出于说明性目的。

[0112] 本发明所公开的是可用于执行所公开的方法和系统的部件。本文公开了这些和其它部件，并且应当理解，当公开这些部件的组合、子集、相互作用、组等时，虽然对这些部件的每个各种单独和集合的组合和排列的特定参考可能未被明确地公开，但对于所有方法和系统，本文具体设想和描述了它们的每一种。这适用于本专利申请的所有方面，包括但不限于所公开的方法中的步骤。因此，如果存在可执行的多个附加步骤，则应当理解，这些附加步骤中的每一个均可利用本发明所公开的方法的任何特定实施方案或实施方案的组合来执行。

[0113] 虽然已结合优选实施方案和特定示例描述了方法和系统，但并不旨在将范围限制于所示出的特定实施方案，因为本文的实施方案在所有方面均旨在为示例性的而非限制性的。

[0114] 除非另外明确指明，否则绝不旨在将本文所述的任何方法理解为要求以特定顺序执行方法的步骤。因此，如果方法权利要求实际上并未陈述将遵循其步骤的顺序，或者在权利要求书或说明书中未具体说明步骤将限于特定顺序，则绝不旨在在任何方面推断顺序。这为说明提供了任何可能的非明确依据，包括：关于步骤或操作流程布置的逻辑问题；源于语法结构或标点的简单含义；说明书中描述的实施方案的数量或类型。

[0115] 对于本领域的技术人员将显而易见的是，在不脱离本发明的范围或精神的情况下，可作出各种修改和变型。鉴于说明书和本文所公开的实践，其它实施方案对本领域技术人员将是显而易见的。意图是，说明书和示例应视为仅仅是示例性的，其中真正范围和精神由以下权利要求表明。

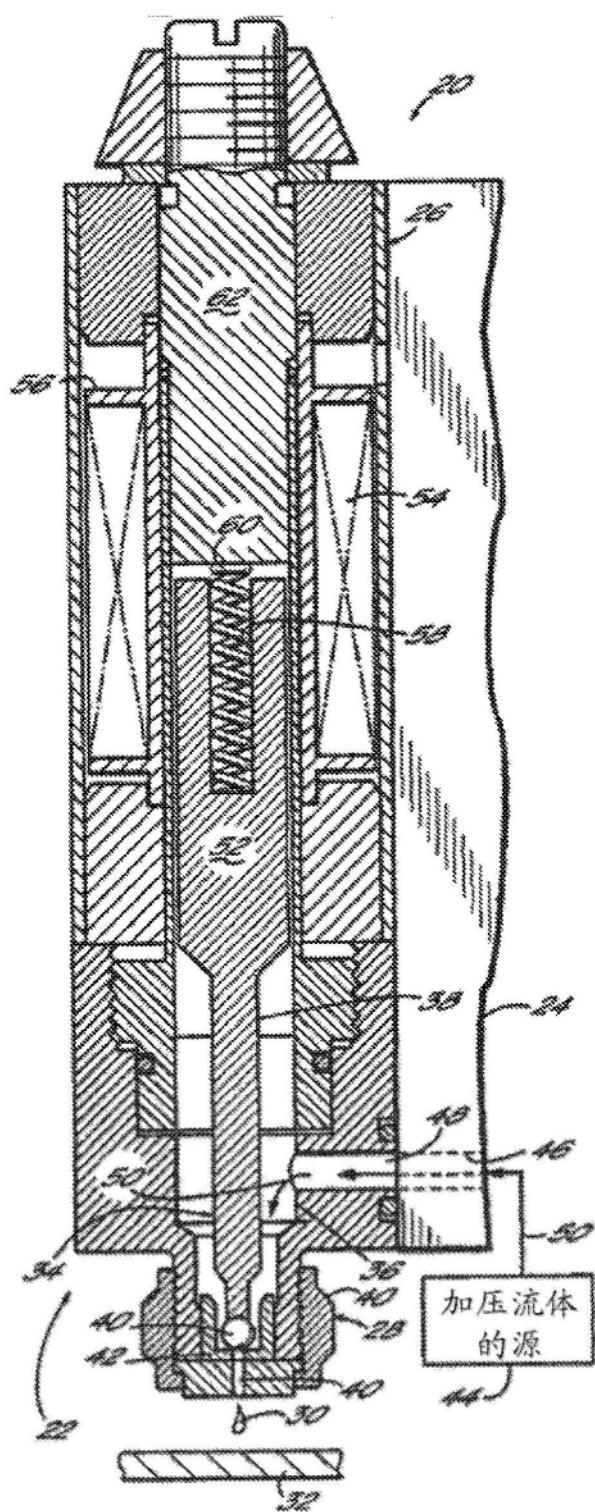


图1

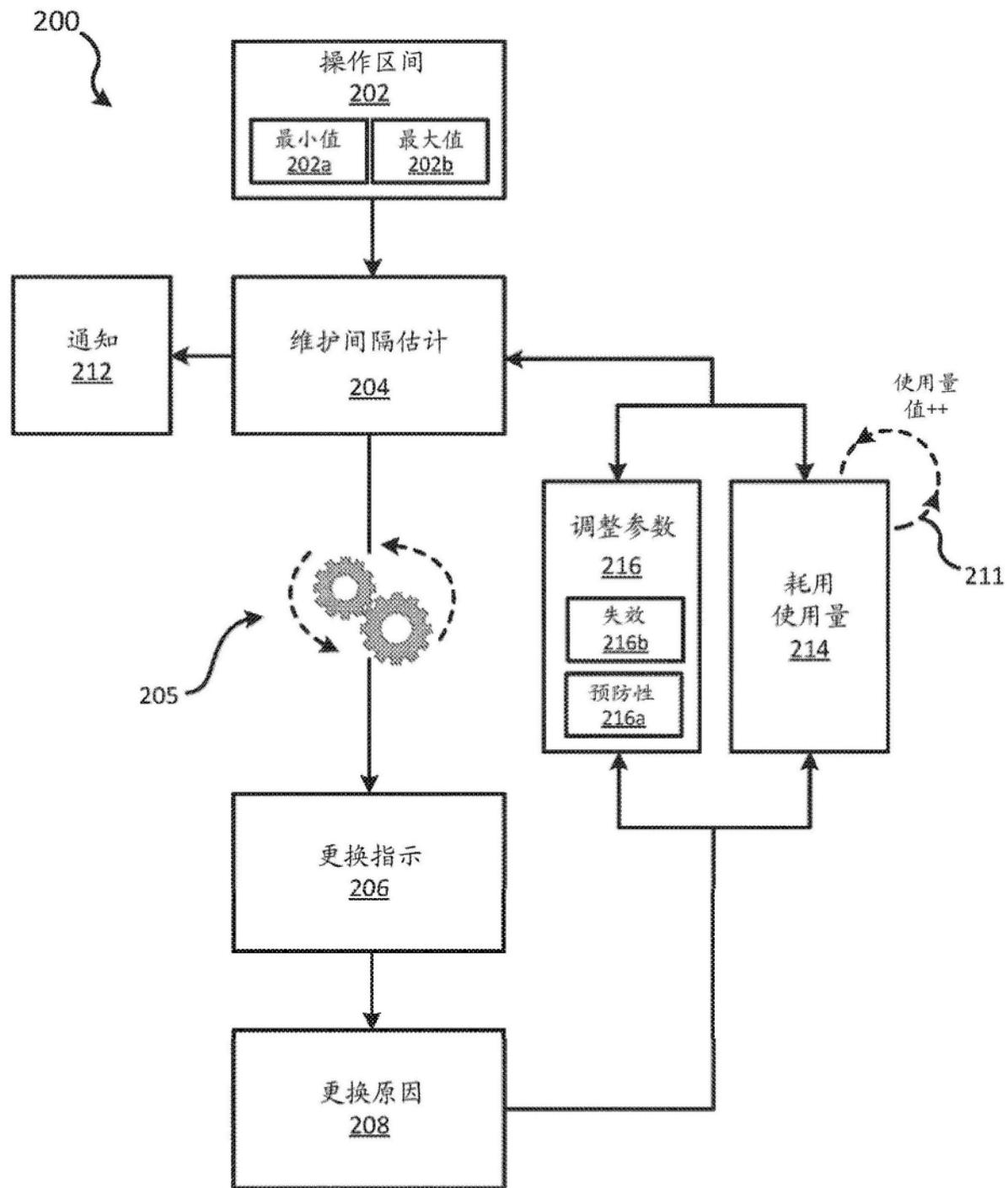


图2

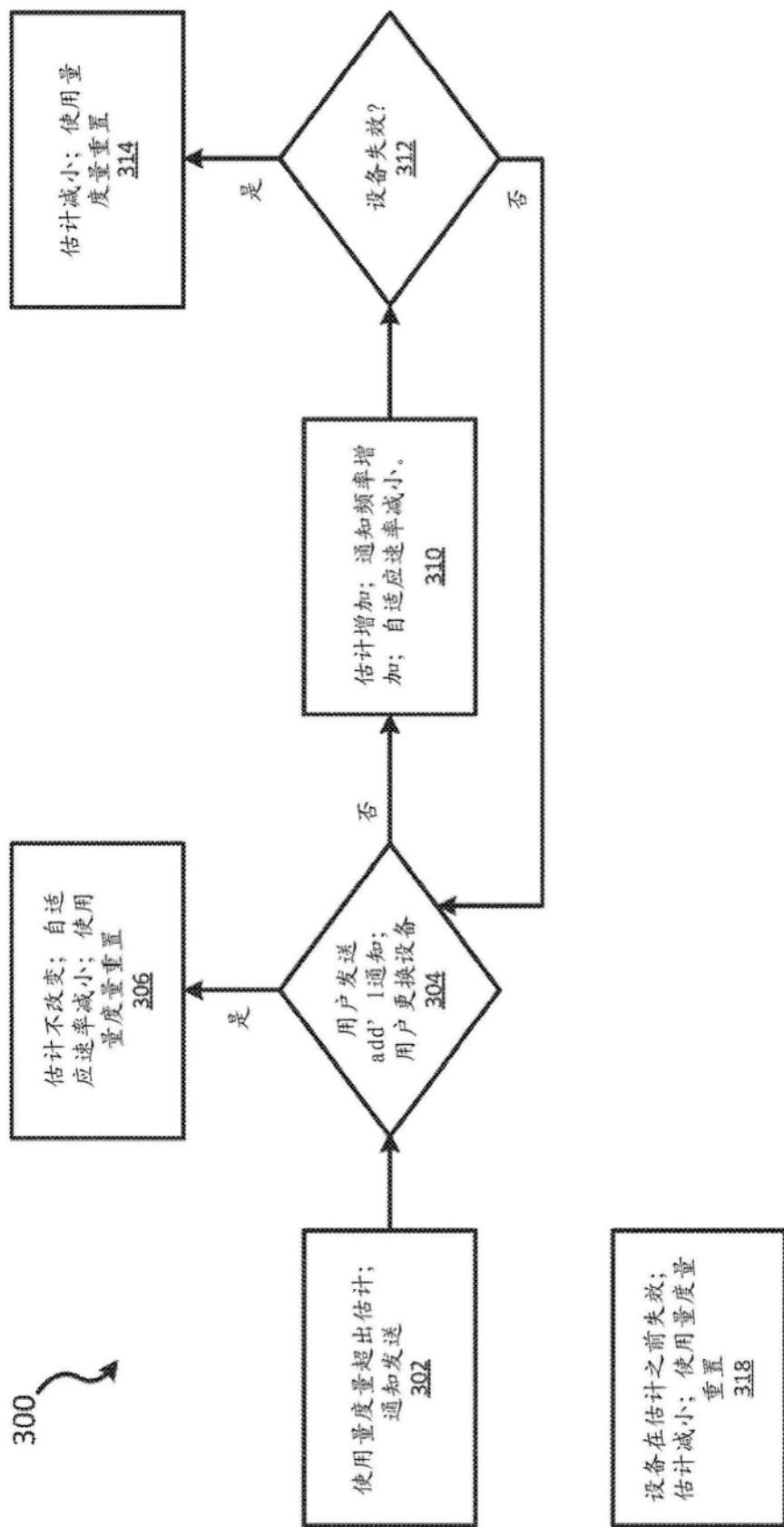


图3

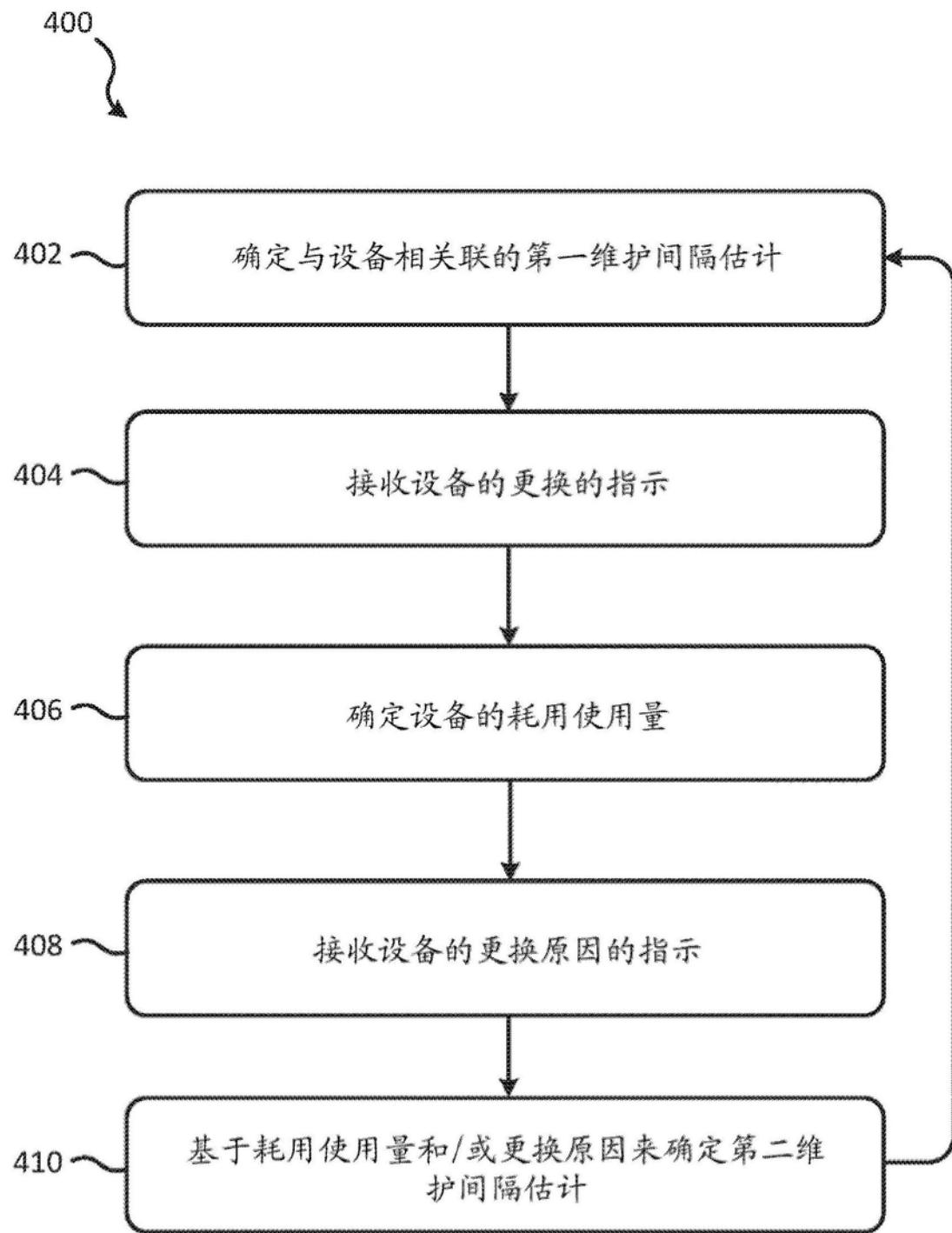


图4