



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112485000 B

(45) 授权公告日 2023. 02. 03

(21) 申请号 201911066104.1

(22) 申请日 2019.11.04

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112485000 A

(43) 申请公布日 2021.03.12

(30) 优先权数据
16/546,385 2019.08.21 US

(73) 专利权人 计算系统有限公司
地址 美国田纳西州

(72) 发明人 J·S·特纳 R·D·斯凯里克

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205
专利代理师 赵学超

(51) Int.Cl.

G01M 13/045 (2019.01)

G01M 13/00 (2019.01)

(56) 对比文件

US 2006017821 A1, 2006.01.26

US 2017030349 A1, 2017.02.02

CN 109813540 A, 2019.05.28

CN 106248381 A, 2016.12.21

IN 2003KOLNP01384 A1, 2005.08.12

KR 20030019214 A, 2003.03.06

林振华等. “一种低复杂度振动信号检测分类算法”.《数据采集与处理》.2010, 第25卷(第6期),

审查员 孔芳芳

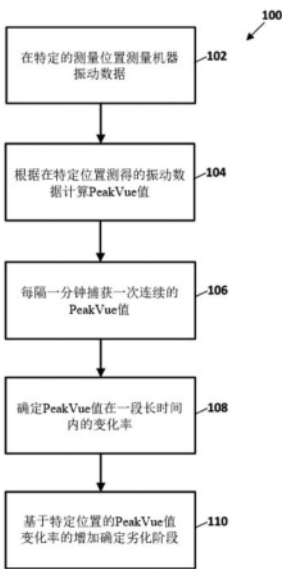
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

基于振动趋势信息的机器故障预测

(57) 摘要

一种基于所测振动能量的变化检测机器旋转元件缺陷的方法,包括:(a) 使用连接到机器的一个或多个振动传感器在一段长时间内收集振动数据;(b) 处理振动数据以生成时间波形,该时间波形包括在一段长时间内的连续采样时间间隔期间采样的已处理振动值;(c) 在一段长时间内检测多个时间块,在此期间,已处理振动值以逐渐增加的速率呈现出持续增加的趋势;以及(d) 基于多个时间块的检测生成警报,在此期间,处理振动值以逐渐增加的速率呈现出持续增加的趋势。多个时间块包括:第一时间块,在此期间,已处理振动值以第一速率增加;第二时间块,发生在所述第一时间块之后,在此期间,已处理振动值以大于所述第一速率的第二速率增加。



1. 一种用于基于所测振动能量在一段长时间内的变化检测机器旋转元件缺陷的方法，包括：

(a) 使用连接到所述机器的一个或多个振动传感器在所述一段长时间内收集振动数据；

(b) 处理所述振动数据以生成时间波形，所述时间波形包括计算标量振动值，所述计算标量振动值表征在所述一段长时间内的连续采样时间间隔期间采样的振动数据；

(c) 在所述一段长时间内检测多个时间块，在此期间，所述计算标量振动值以逐渐增加的速率呈现出持续增加的趋势；以及

(d) 基于所述多个时间块的检测生成一个或多个警报，在此期间，所述计算标量振动值以逐渐增加的速率呈现出持续增加的趋势。

2. 根据权利要求1所述的方法，其中，所述多个时间块包括：第一时间块，在此期间，所述计算标量振动值以第一速率增加；以及第二时间块，发生在所述第一时间块之后，在此期间，所述计算标量振动值以第二速率增加，所述第二速率大于所述第一速率。

3. 根据权利要求2所述的方法，其中，所述计算标量振动值增加的所述第一速率指示因所述旋转元件缺陷导致其劣化的第一阶段，并且所述计算标量振动值增加的所述第二速率指示所述旋转元件劣化的第二阶段，所述第二阶段比所述第一阶段更严重。

4. 根据权利要求1所述的方法，其中，所述计算标量振动值包括PeakVue值。

5. 根据权利要求1所述的方法，其中，基于在移动时间窗或固定间隔时间窗内计算的曲线拟合，或基于在移动时间窗或固定间隔时间窗内计算的总体范围，确定所述计算标量振动值的增加率。

6. 根据权利要求5所述的方法，其中，所述曲线拟合包括线性回归或指数曲线拟合。

7. 一种用于基于所测振动能量在一段长时间内的变化检测机器旋转元件缺陷的设备，包括：

连接到所述机器的一个或多个振动传感器，用于在所述一段长时间内收集振动数据；

处理器，用于接收所述振动数据并执行指令，以处理所述振动数据完成以下操作：

- 生成时间波形，所述时间波形包括计算标量振动值，所述计算标量振动值表征在所述一段长时间内的连续采样时间间隔期间采样的振动数据；

- 在所述一段长时间内检测多个时间块，在此期间，所述计算标量振动值以逐渐增加的速率呈现出持续增加的趋势；以及

- 基于所述多个时间块的检测生成一个或多个警报，在此期间，所述计算标量振动值以逐渐增加的速率呈现出持续增加的趋势。

8. 根据权利要求7所述的设备，其中，所述处理器是便携式振动分析仪、有线或无线振动发送器、连续在线振动监测系统或振动分析计算机的组件。

9. 根据权利要求7所述的设备，其中，所述处理器执行指令以检测所述多个时间块，所述时间块包括：第一时间块，在此期间，所述计算标量振动值以第一速率增加；以及第二时间块，发生在所述第一时间块之后，在此期间，所述计算标量振动值以第二速率增加，所述第二速率大于所述第一速率。

10. 根据权利要求9所述的设备，其中，所述计算标量振动值增加的所述第一速率指示因所述旋转元件缺陷导致其劣化的第一阶段，并且所述计算标量振动值增加的所述第二速

率指示所述旋转元件劣化的第二阶段,所述第二阶段比所述第一阶段更严重。

11. 根据权利要求7所述的设备,其中,所述计算标量振动值包括PeakVue值。

12. 根据权利要求7所述的设备,其中,所述处理器基于在移动时间窗内计算的曲线拟合确定所述计算标量振动值的增加率。

13. 根据权利要求12所述的设备,其中,所述曲线拟合包括线性回归或指数曲线拟合。

基于振动趋势信息的机器故障预测

技术领域

[0001] 本发明涉及机器振动分析领域。更具体地,本发明涉及一种用于基于所测机器振动值的变化率预测机器故障的系统。

背景技术

[0002] 机器振动监测系统的用户可以选择多种产品对各种振动值进行测量、过滤并生成相关警报。在每种情况下,将振动值与预设警报限值进行比较。国际标准化组织(International Standardization Organization,简称ISO)标准10816尝试为10Hz至1000Hz之间的总振动定义预设绝对限值。尽管这对于检测重大故障(严重的转子失衡)非常有用,但在检测更复杂和更严重的问题(例如滚动轴承缺陷、齿轮缺陷和润滑不足)时不太有用。

[0003] 因此,已经开发了窄带分析,该分析将总振动值的计算限制为有限频率范围内发生的振动。然后,将有限频率范围内的此总振动值与机器上可能发生的特定潜在缺陷(例如,风扇上的叶片损坏或腐蚀)关联。可以使用各种数学公式表征频段内的总振动并将其与预设绝对限值进行比较。在艾默生过程管理有限公司开发的PeakVue™信号处理的特定情况下,上文提及的振动信号被滤除以侦听高频冲击。此外,还可以基于机器的旋转速度确定有意义的警报限值。但是,甚至这种方法也会基于与某个预设绝对限值的比较结果生成警报。

[0004] 此外,还有基于软件的警报,其利用振动值的趋势以及数学模型来预测未来趋势。通常将这种预测与预设绝对限值进行比较,以尝试确定振动值达到限值的时间点(并且推测机器缺陷将会达到“临界”阶段)。

[0005] 所有这些方法都依赖预设绝对警报限值。在许多情况下,最终用户必须输入预设警报限值。在某些情况下,警报限值可由其它输入推导出,例如机器速度和类型。在其它应用中,可以使用相对于基线读数增长的百分比来推导出警报限值。更复杂的方法可以结合使用这些技术。然而,通常,所有这些方法都将计算出的振动值(和/或外推值)与预设绝对警报级别进行比较。

[0006] 在所有情况下,基于所测或外推的振动值生成警报是尝试通知最终用户,所监测的机器状态已降至不可接受的水平,从而可以启动适当的维护工作。

[0007] 在现有系统中,这些警报的质量完全取决于最终用户和/或软件例程建立有意义的预定义绝对警报级别的能力。但是,最终用户很少有足够的时间对警报机制的功能进行掌握、实施和维护。由于人员不足,最终用户必须针对计划停机期间要重点进行维护工作的最重要资产持续做出决策,或者基于设备状况确定是否需要非计划停机。

[0008] 总之,用于生成警报的现有方法已经基于预设绝对警报级别,并且没有一种方法能够在无需最终用户计算模型的情况下对即将发生的机器故障提供可靠指示。

[0009] 因此,需要一种用于基于所测机器振动生成用户警报的系统,该系统不需要最终用户预设特定警报级别,或通过算法自动计算或根据标准(例如,对于所监测的机器,使用ISO 10816)得出特定警报级别。

发明内容

[0010] 为满足上述和其它需求,提供了一种用于检测机械缺陷(例如滚动轴承的缺陷)的阶段并基于所检测阶段生成用户警报的自动化系统。优选实施例提供此功能,而无需最终用户确定特定警报级别。尽管不需要用户输入,但是通过用户输入机器的标称转速或速度范围可以提高警报的质量。

[0011] 由于某些常见故障(例如,滚动轴承故障)导致的机械劣化通常可以细分为向机械故障发展的可定义磨损阶段。例如,在滚动轴承中存在外圈缺陷的情况下,各阶段的特征如下所示。

[0012]	阶段	特征
	1	轴承金属表面下出现开裂和弱化,但轴承金属没有实际损耗,因此人眼看不见。
	2	轴承金属中出现较小的点蚀,将细小颗粒释放到机油中,机油循环通过轴承,导致磨损率略有加速。
	3	轴承金属中出现严重的点蚀,并向机油中释放出较大的颗粒。轴承充当“研磨机”研磨颗粒。颗粒会造成严重的二次损坏并加速磨损。
	4	严重的点蚀会持续使该“研磨机”的动作速率加快。此外,它还会使边缘粗糙。这两个因素共同导致冲击幅度的急剧增加,从而使轴承朝着完全故障的方向快速发展。

[0013] 这种基本的劣化模式通常发生在轴承缺陷中,而与所测或外推的振动值的绝对幅度无关。

[0014] 本文所述系统的优选实施例监测劣化率以区分各个阶段。更具体地,优选实施例提供了一种用于确定所测振动值的变化率以及使用该变化率的相对增加来识别给定机械缺陷的劣化阶段的设备和方法。

[0015] 本文所述方法的优选实施例在分析减摩轴承和齿轮组时特别有用。这些实施例不需要用户为振动值设置阈值级别,并且不依赖于最终用户确定的、通过算法自动计算的或根据ISO 10816等标准得出的任何绝对阈值。相反,通过关注所述振动值变化率的连续增加,优选实施例为最终用户提供一种自动且可靠的手段来确定最临界的即将发生的资产点故障。

[0016] 本文所述的一些实施例涉及一种用于基于所测振动能量在一段长时间内的变化来检测机器旋转元件缺陷的方法。所述方法包括:

[0017] (a) 使用连接到所述机器的一个或多个振动传感器在所述一段长时间内收集振动数据;

[0018] (b) 处理所述振动数据以生成时间波形并使用算法(例如,最高幅值、选择性抽取)生成计算参数(下文简称VIBX),该参数表征在所述一段长时间内的连续采样时间间隔期间采样的振动信号;

[0019] (c) 在所述一段长时间内检测多个时间块,在此期间,所述VIBX值以逐渐增加的速率呈现出持续增加的趋势;以及

[0020] (d) 基于所述多个时间块的检测生成一个或多个警报,在此期间,所述VIBX值以逐渐增加的速率呈现出持续增加的趋势。

[0021] 在一些实施例中,所述多个时间块包括:第一时间块,在此期间,所述VIBX值以第一速率增加;以及第二时间块,发生在所述第一时间块之后,在此期间,所述VIBX值以第二速率增加,所述第二速率大于所述第一速率。

[0022] 在一些实施例中,所述VIBX值增加的所述第一速率指示因所述旋转元件缺陷导致其劣化的第一阶段,并且所述VIBX值增加的所述第二速率指示所述旋转元件劣化的第二阶段,所述第二阶段比所述第一阶段更严重。

[0023] 在一些实施例中,所述VIBX值包括PeakVue值。

[0024] 在一些实施例中,基于在移动时间窗内计算的曲线拟合或线性回归来确定所述VIBX值的增加率。

[0025] 在另一方面,本文所述的一些实施例涉及一种用于基于所测振动能量在一段长时间内的变化来检测机器旋转元件缺陷的设备。所述设备包括:连接到所述机器的一个或多个振动传感器,用于在所述一段长时间内收集振动数据。处理器接收所述振动数据并执行指令,以处理所述振动数据完成以下操作:

[0026] -生成时间波形,所述时间波形包括在所述一段长时间内的连续采样时间间隔期间采样的VIBX值;

[0027] -在所述一段长时间内检测多个时间块,在此期间,所述VIBX值以逐渐增加的速率呈现出持续增加的趋势;以及

[0028] -基于所述多个时间块的检测生成一个或多个警报,在此期间,所述VIBX值以逐渐增加的速率呈现出持续增加的趋势。

[0029] 在一些实施例中,所述处理器是便携式振动分析仪、间歇性采样的电池供电监测装置(例如,发送器)(其还可以利用无线链路)、连续或接近连续在线振动监测系统或振动分析计算机的组件。

附图说明

[0030] 通过参考结合附图的详细描述,本发明的其它实施例将变得显而易见,其中,元件未按比例绘制以便更清楚地显示细节,且多个视图中相同的附图标记表示相同的元件,并且其中:

[0031] 图1示出了根据本发明实施例的振动数据收集和分析系统;

[0032] 图2示出了根据本发明实施例的用于处理振动数据以识别机器旋转组件的劣化阶段的方法;以及

[0033] 图3示出了在一段长时间内在皮带驱动风扇的内侧轴承处测得的总振动数据和PeakVue™数据。

具体实施方式

[0034] 如图1所示,振动测量和分析系统10包括连接到机器12的振动传感器16。图2示出了使用图1所示系统10执行的过程100,该过程用于收集和分析振动数据以确定与机器12相关的所测振动标量值的变化率,并使用该变化率来识别机器12的组件的劣化阶段。机器12

包括至少一个旋转组件14,例如由轴承B1、B2和B3支撑的轴。振动传感器16可以在每个轴承位置处以竖直、水平和轴向位置放置在机器12上。振动传感器16生成表示机器12的振动的振动信号,该振动信号包括与轴承B1、B2和B3相关的振动分量。振动信号由诸如便携式振动分析仪18、振动发送器/接收器19(有线或无线)、连续在线振动监测系统20等一个或多个振动数据收集器接收、调节并转换为时间波形数字数据(图2中的步骤102)。振动数据收集器18、19和20包括信号调节电路和模数转换电路,用于调节来自传感器16的振动信号并基于此生成时间波形数字振动数据。

[0035] 振动时间波形数据优选地存储在振动数据库22中,从中可以通过在振动分析计算机24上执行的软件例程来分析该数据。或者,振动时间波形数据存储在便携式振动分析仪18、振动发送器/接收器19或连续在线振动监测系统20中的数据存储装置中。在优选实施例中,系统10包括用户界面28,例如触摸屏,其允许用户查看测量结果、选择某些测量参数并提供本文所述的其它输入。

[0036] 在各种实施例中,便携式振动分析仪18、振动发送器/接收器19、连续在线振动监测系统20或振动分析计算机24中的处理器以图2所示方法执行步骤104到步骤110。在步骤104中,对振动时间波形数据进行处理,以生成PeakVue™标量数据,该数据包括VIBX数据值的一个示例(步骤104)。通常将PeakVue™数据理解为包括在经过校正的振动时间波形中的连续采样时间间隔内采样的峰值幅度值。然后,针对机器12上的相同测量位置以连续时间间隔从PeakVue™数据捕获趋势值,生成PeakVue™趋势数据(步骤106)。如本文中使用的术语,“连续”是指趋势值捕获间隔的各种周期性间隔。尽管这些捕获间隔的周期可以是任意间隔,但通常捕获间隔应在时间上足够接近,使变化率评估具有意义。在一个实施例中,趋势值的间隔是每分钟一次。在其它实施例中,间隔可以更大或更小,但是最好不大于60分钟。

[0037] 在一段长时间内,例如在几天、几周或几个月内,确定趋势值的变化率(步骤108)。在优选实施例中,基于在趋势值的移动时间窗内(例如之前的24小时内)计算的曲线拟合或线性回归来确定变化率。为提供额外的验证,一些实施例通过实施两个或多个不同长度的时间窗来确定变化率,例如最后一天、最后三天和最后一周。

[0038] 旋转元件的劣化阶段识别优选地基于确定PeakVue™趋势值随时间的变化率,以及评估PeakVue™趋势值的变化加速度。在一些实施例中,可以访问在各种旋转元件故障过程中测得的历史PeakVue™值集合的数据库,以确定劣化阶段与各个阶段发生的PeakVue™值的变化加速之间的关联。

[0039] 图3示出了大约两个月时间内在皮带驱动风扇的内侧轴承处测得的总振动数据(下图实线曲线)和PeakVue™数据(上图实线曲线),在此期间轴承出现了朝着完全故障发展的缺陷。尽管总振动数据没有提供即将发生的故障的指示,但PeakVue™数据清楚地指示了峰值振动值的加速增加周期,这些周期指示轴承劣化的各个阶段。例如,从图表开头开始,PeakVue™数据(收集在十六个90小时数据块中)表明,峰值振动值开始以每天约 $0.03g's$ 的速率增加。在出现这一趋势的前33天中,该增长率一直保持不变。大约在第33天,出现了一个明显的转折点,其中在接下来两周内,PeakVue™振幅开始以快十倍的增加速率增加,每天约 $0.3g's$ 。大约在第47天,又出现了一个明显的转折点,其中在接下来10天内,PeakVue™振幅开始以大约每天 $0.8g's$ 的速率增加。在第57天,出现了一个最明显的转折点,其中

PeakVue™ 振幅开始每天增加近 $8g's$ 。基于这一增加斜率,预计轴承将要发生故障,实际上,在以这种加速速率增加3天后,轴承在第60天发生故障。

[0040] 如图3所示,当轴承或其它机械系统开始出现故障时,所收集的振动幅度值中较小且不断增大的振荡表示初始故障。由于PeakVue™ 数据仅包含正值,因此连续数据块中的振荡会略有上升和下降(如图3左侧所示),然后呈现出很强的正趋势(如图3右侧所示)。当每个连续数据块的高度(其总幅度范围)大于上一个数据块的高度时,这很好地表明了所监测的机械组件即将发生故障。在这种情况下,应安排在下一个时机中检查或更换组件。

[0041] 对本发明的优选实施例的上述描述是出于说明和描述的目的。这些描述并非旨在穷举或将本发明限制为所公开的精确形式。根据上述教导,明显的修改或变更是可能的。选出和描述的各个实施例的目的是为了更好地说明本发明的原理及其实际应用,从而使本领域的普通技术人员能够利用本发明各个实施例和适合预期特定用途的各种修改。根据公平、合法和公正方式授予的广度进行解释时,所有这些修改和变更都在由所附权利要求确定的本发明的范围内。

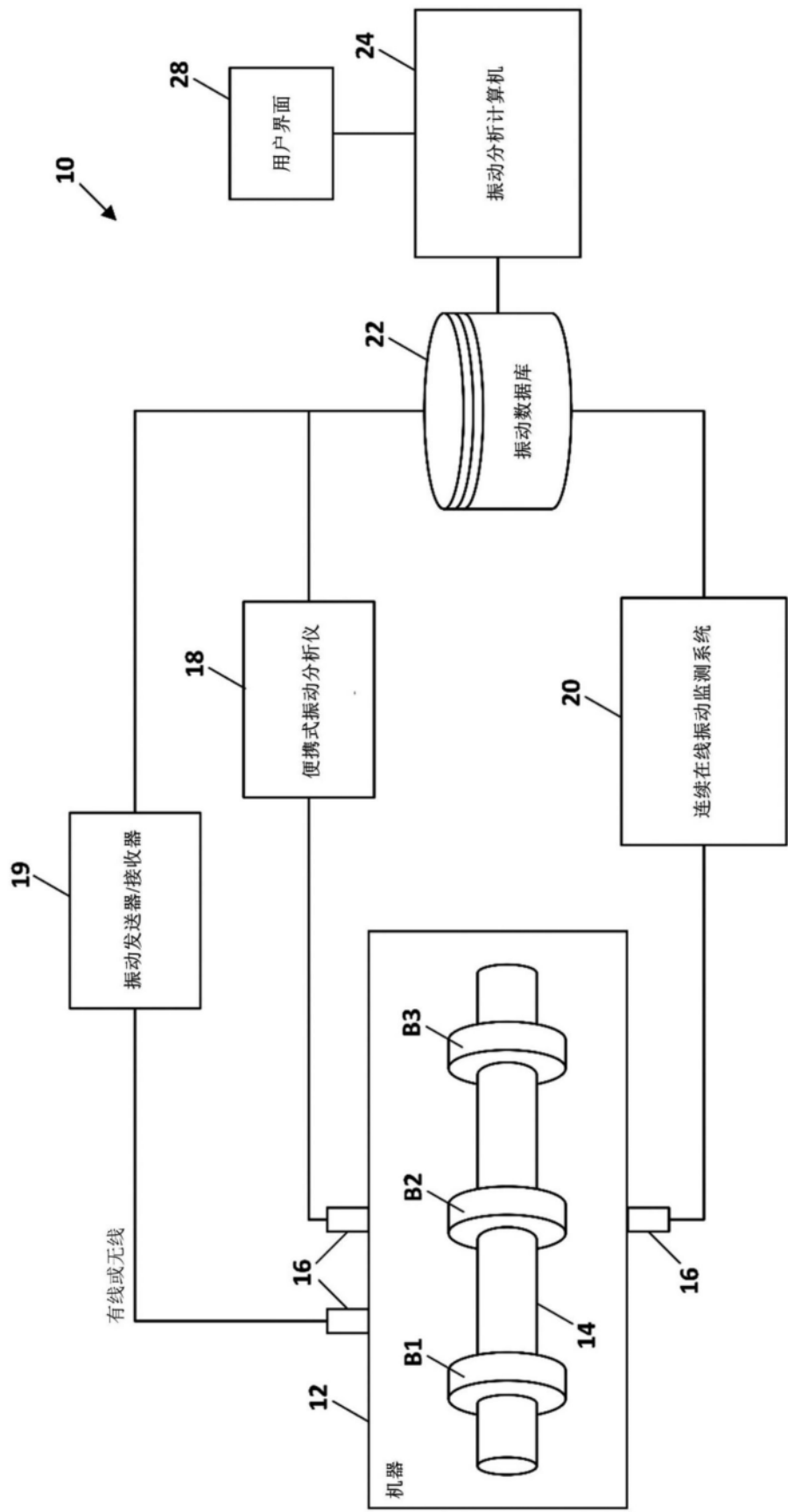


图1

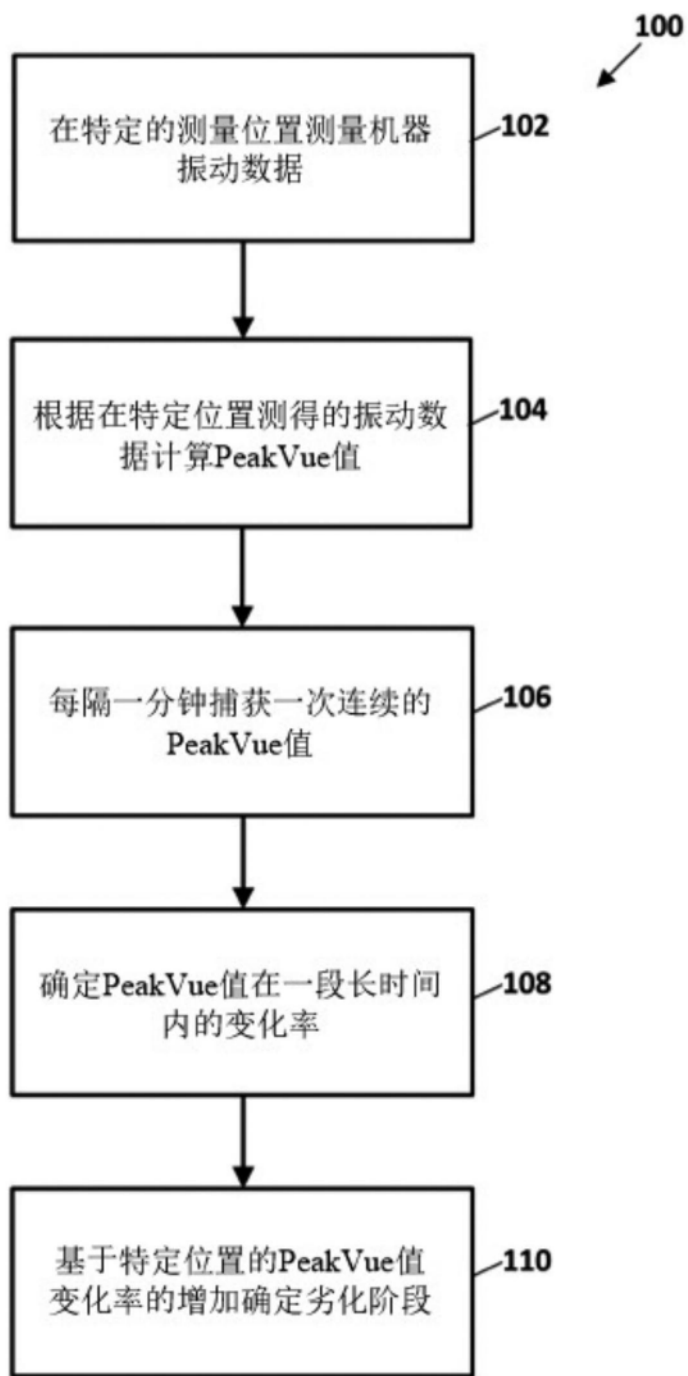


图2

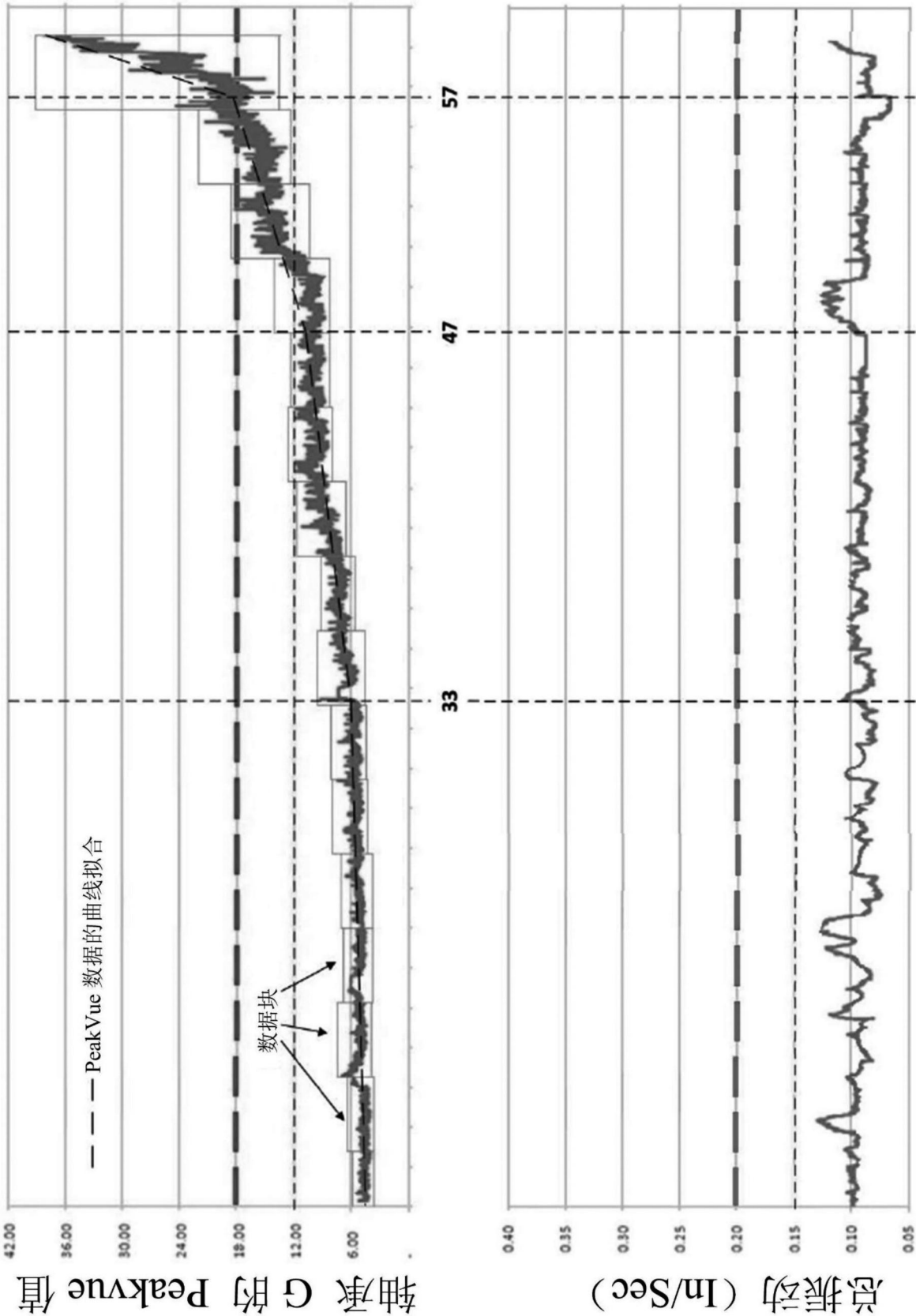


图3