



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114220189 B

(45) 授权公告日 2024.03.29

(21) 申请号 202111535467.2

CN 106940281 A, 2017.07.11

(22) 申请日 2021.12.15

CN 112346939 A, 2021.02.09

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 110595956 A, 2019.12.20

申请公布号 CN 114220189 A

CN 103278431 A, 2013.09.04

(43) 申请公布日 2022.03.22

CN 111445485 A, 2020.07.24

(73) 专利权人 震坤行工业超市(上海)有限公司

CN 111504859 A, 2020.08.07

地址 201107 上海市闵行区申滨路36号虹

CN 213580564 U, 2021.06.29

桥丽宝广场4号楼7楼

李国宾;关德林;魏海军.铁谱磨粒轮廓混沌特征参数提取方法研究.内燃机学报.2006,(02),全文.

(72) 发明人 洪家隽 梁海珂

赵春华,严新平.数学方法在油液监测中的应用.武汉理工大学学报(交通科学与工程版)

(74) 专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限公司

.2004,(03),全文.

公司 31300

专利代理师 肖华

李绍成;左洪福;张艳彬.油液在线监测系统中的应用.光学精密工程.2009,(03),全文.

(51) Int. Cl.

G07C 3/00 (2006.01)

G08B 21/24 (2006.01)

G06N 20/00 (2019.01)

吴振锋,左洪福,孙有朝.磨粒分析技术及其在发动机故障诊断中的应用.航空动力学报.2001,(04),全文.

(续)

(56) 对比文件

DE 102008062081 A1, 2010.06.17

审查员 陈二艳

权利要求书1页 说明书10页 附图2页

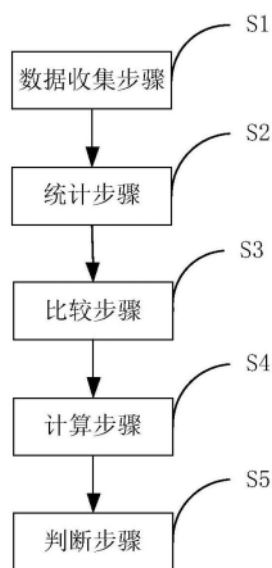
(54) 发明名称

一种监测方法、预测系统、电子设备及存储介质

(57) 摘要

本发明属于数据监测技术领域,具体公开了一种监测方法、预测系统、电子设备及存储介质。该监测方法包括如下步骤:数据收集步骤,接收由磨粒传感器采集的金属磨粒的特征数据;统计步骤,统计当前统计周期中的特征数据,得到与特征数据相关的分布曲线Q;比较步骤,将分布曲线Q与预期的标准分布曲线P相比较,得到表征分布曲线Q与分布曲线P之间的差别的统计函数,统计函数包括至少两个;计算步骤,求统计函数的加权和,作为磨粒综合指数;判断步骤,当磨粒综合指数超过预设的报警阈值时,提示人工干预。本发明的优点在于从统计学的层面,分时段地针对采集到数据进行分布比对,从而消除单个数据方差偏大的问题。

CN 114220189 B



[接上页]

(56) 对比文件

陶辉;冯伟;贺石中;陈润杰.一种融合在线铁谱图像特征信息的磨损状态诊断方法.哈尔滨

理工大学学报.2012,(04),全文.

赵春华,严新平.油液监测智能化的关键技术探讨.润滑与密封.2004,(04),全文.

1. 一种监测方法,用于在线监测润滑系统中的金属磨粒的信息,其特征在于,包括如下步骤:

数据收集步骤,接收由磨粒传感器采集的所述金属磨粒的特征数据,其中,所述特征数据包括所述金属磨粒的大小、浓度、数量和形状数据;

统计步骤,统计当前统计周期中的所述特征数据,得到与所述特征数据相关的分布曲线Q,所述分布曲线Q包括:所述金属磨粒的数量相对所述金属磨粒的大小的分布曲线、所述金属磨粒出现的概率相对所述金属磨粒的数量的分布曲线;

比较步骤,将所述分布曲线Q与预期的标准分布曲线P相比较,得到表征所述分布曲线Q与所述分布曲线P之间的差别的统计函数,所述统计函数包括至少两个,所述标准分布曲线P是相对于统计得出的所述分布曲线Q的标准曲线;

计算步骤,求所述统计函数的加权和,作为磨粒综合指数;

判断步骤,当所述磨粒综合指数超过预设的报警阈值时,提示人工干预。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述数据收集步骤中,所述特征数据包括:

所述磨粒传感器在第一时刻采集的数据;或者

所述磨粒传感器在第一时段中采集的数据的平均值。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述统计步骤中,所述统计周期的长短可调,且所述统计周期至少与所述磨粒传感器的采样周期相同。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述比较步骤中,所述分布曲线P通过经验值来预设,或者在确认产生所述金属磨粒的机械设备工作正常的情况下,通过所述数据收集步骤和所述统计步骤来获取。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述计算步骤中,计算所述加权和时,各权重值通过经验值来预设,或者在建立所述分布曲线P的同时,通过机器学习的方法来自动设定。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述报警阈值中,所述报警阈值通过经验值来预设,或者通过机器学习的方法来自动设定。

7. 一种预测系统,其特征在于,通过实施如权利要求1-6中任一项所述的监测方法来预测产生所述金属磨粒的机械设备的运动部件的磨损情况,在所述判断步骤提示人工干预的情况下,所述预测系统使得所述机械设备停止工作。

8. 一种电子设备,其特征在于,包括:

至少一个存储器,用于存储计算机指令;

至少一个处理器,当所述至少一个处理器执行所述计算机指令时,实现如权利要求1-6中任一项所述的方法。

9. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质中存储有至少一条计算机指令,所述至少一条指令由处理器加载并执行,以实现如权利要求1-6中任一项所述的方法。

10. 一种计算机程序产品,其特征在于,所述计算机程序产品包括计算机指令,所述计算机指令被执行时,实现如权利要求1-6中任一项所述的方法。

一种监测方法、预测系统、电子设备及存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及数据监测技术领域,尤其涉及了一种监测方法、预测系统、电子设备及存储介质。

背景技术

[0002] 润滑油通常作用于各种工业设备的运动部件之间,以减少运动部件,尤其是金属的运动部件表面直接接触而产生的摩擦。然而不可避免的是,工业设备在运行过程中还是会产生金属的磨损颗粒(磨粒)。

[0003] 这些金属磨粒随着工业设备的运转,会悬浮于润滑油中,随润滑系统不断循环,不断碾磨,对运动部件造成伤害。同时,金属磨粒在一定的高温工作温度下会催化加速润滑基础油的氧化以及其他添加剂的降解,从而对润滑油也造成破坏。

[0004] 随着工业设备累计运行时间、工作状态或工作环境的不同,磨粒的浓度,大小,数量等参数均发生不同的变化。虽然润滑系统中的过滤设备在一定程度上可以缓解润滑油中金属磨粒的累积,但是一部分的金属磨粒仍将游离于润滑循环系统中。

[0005] 这部分磨粒容易造成工业设备的机械故障,据统计资料表明,机械装备的恶性事故百分之五十以上起因于润滑失效和过度磨损。因此,润滑油中金属磨粒的变化(包括大小、形状、数量等方面的变化)将直接反应动力传动系统运行状态与故障情况。

[0006] 金属磨粒在线监测技术能够获取流经运动部件后的润滑油中所含的金属磨粒的相关信息,再通过数学手段来分析工业设备的磨损情况。但现有的在线监测技术都是基于金属磨粒随时间累积的总量为对象来分析磨损情况的,并且判断的标准数据是通过事先的对同类产品的实验而获取的,该判断方法没有考虑单个设备独有的工作环境或工作状态等外部条件对该设备造成的影响,对于单个设备来说,判断标准缺乏针对性。

发明内容

[0007] 为了解决上述缺陷,本方法通过传感器采集到的数据本身的分布特性,从统计学的层面,分时段地针对采集到数据进行分布比对,从而消除单个数据方差偏大的问题,另外也可以解决不同工况下设定设备磨损量的阈值报警的问题。

[0008] 本发明提供一种监测方法,用于在线监测润滑系统中的金属磨粒的信息,包括如下步骤:

[0009] 数据收集步骤,接收由磨粒传感器采集的所述金属磨粒的特征数据;

[0010] 统计步骤,统计当前统计周期中的所述特征数据,得到与所述特征数据相关的分布曲线Q;

[0011] 比较步骤,将所述分布曲线Q与预期的标准分布曲线P相比较,得到表征所述分布曲线Q与所述分布曲线P之间的差别的统计函数,所述统计函数包括至少两个;

[0012] 计算步骤,求所述统计函数的加权和,作为磨粒综合指数;

[0013] 判断步骤,当所述磨粒综合指数超过预设的报警阈值时,提示人工干预。

- [0014] 上述的方法中,所述数据收集步骤中,所述特征数据包括:
- [0015] 所述磨粒传感器在第一时刻采集的数据;或者
- [0016] 所述磨粒传感器在第一时段中采集的数据的平均值。
- [0017] 上述的方法中,所述数据收集步骤中,所述特征数据包括所述金属磨粒的大小、浓度、数量和形状数据。
- [0018] 上述的方法中,所述与所述特征数据相关的分布曲线Q包括:所述金属磨粒的数量相对所述金属磨粒的大小的分布曲线、所述金属磨粒出现的概率相对所述金属磨粒的数量的分布曲线。
- [0019] 上述的方法中,所述统计周期的长短可调,且所述统计周期至少与所述磨粒传感器的采样周期相同。
- [0020] 上述的方法中,所述分布曲线P通过经验值来预设,或者在确认产生所述金属磨粒的机械设备工作正常的情况下,通过所述数据收集步骤和所述统计步骤来获取。
- [0021] 上述的方法中,所述计算步骤中,计算所述加权和时,各权重值通过经验值来预设,或者在建立所述分布曲线P的同时,通过机器学习的方法来自动设定。
- [0022] 上述的方法中,在所述报警阈值中,所述报警阈值通过经验值来预设,或者通过机器学习的方法来自动设定。
- [0023] 相应的,本发明还提出了一种预测系统,通过实施上述的监测方法来预测产生所述金属磨粒的机械设备的运动部件的磨损情况,在所述判断步骤提示人工干预的情况下,所述预测系统使的所述机械设备停止工作。
- [0024] 相应的,本发明还提出了一种电子设备,包括:
- [0025] 至少一个存储器,用于存储计算机指令;
- [0026] 至少一个处理器,当所述至少一个处理器执行所述计算机指令时,实现上述的方法。
- [0027] 相应的,本发明还提出了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质中存储有至少一条计算机指令,所述至少一条指令由处理器加载并执行,以实现上述的方法。
- [0028] 相应的,本发明还提出了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括计算机指令,所述计算机指令被执行时,实现上述的方法。
- [0029] 与现有技术相比,本发明使用多种统计分布曲线来对金属磨粒的特征数据进行分析与计算,从而获取磨粒综合指数,然后根据该综合指数来判定工业设备的运行状态。其中,在分析特征数据的过程中,每间隔一段时间后,对润滑油中的金属磨粒持续一小段时间的采样,并根据该一小段时间的采样数据进行特征数据的分析,改变了现有技术中不停累计金属磨粒数据的现状。也就是说,本发明关注“当前”的数据,而与之前的历史数据无关。从数据的层面来说,需要关注的的数据较少,也就是计算的工作量比较少,对于工业设备来说,当其经过整修或者清理后,不需要复位检测金属磨粒的预测系统,起到一定便捷操作的效果。

附图说明

- [0030] 图1是本发明中一种电子设备的示意性的硬件结构框图;
- [0031] 图2是本发明中一种监测方法的示意性的流程图;

- [0032] 图3是本发明中标准的分布曲线P与实测的分布曲线Q的对比图；
- [0033] 图4是根据本发明中的检测方法所获取的分布曲线P和Q的对比图；
- [0034] 图5是本发明中一个实施例的流程图。

具体实施方式

[0035] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭示的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效。虽然本发明的描述将结合较佳实施例一起介绍,但这并不代表此发明的特征仅限于该实施方式。恰恰相反,结合实施方式作发明介绍的目的是为了覆盖基于本发明的权利要求而有可能延伸出的其它选择或改造。为了提供对本发明的深度了解,以下描述中将包含许多具体的细节。本发明也可以不使用这些细节实施。此外,为了避免混乱或模糊本发明的重点,有些具体细节将在描述中被省略。需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0036] 应注意的是,在本说明书中,相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释,默认为同一定义。

[0037] 还需声明的是,本发明中对方法、流程进行编号是为了便于引用,而不是限定先后顺序,各步骤之间如有先后顺序,当以文字说明为准。

[0038] 本发明的发明构思的重点在于,通过程序服务器和客户端在比较底层的通信协议层上静默完成应用程序的升级/修复以达到使用户无感的效果。此外,采用在网络传输中只传输代码文本、解析后的文件直接覆盖内存的手段,充分缩短更新/修复所占用的时间,减少CPU的占用时间,可从另一个角度进一步强化“用户无感”。

[0039] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明的实施方式作进一步地详细描述。

[0040] 本发明所提供的有关预测方法的实施例可以在多种终端中运行,典型的,所述终端可以是一电子设备,图1给出了电子设备100的基本硬件结构示意图。

[0041] 如图1所示,电子设备100至少包括主处理器101和存储介质103,根据应用场景的不同,电子设备100还可以包括协处理器102、I/O单元104、网络通信单元105和其他扩展单元106。其中协处理器102、I/O单元104、网络通信单元105和其他扩展单元106的可选择性用虚线体现在图1中。

[0042] 主处理器101和/或协处理器102用于执行存储在存储介质103中的计算机指令,以实现本发明所提出的方法。主处理器101是电子设备100的控制中心,通常为通用处理器(例如,英特尔各系列的CPU),可以较为均衡地实现逻辑处理和算术计算。主处理器101利用各种接口连接整个电子设备100的各个部分,通过运行或执行存储在存储介质103内的软件程序,以及调用存储在存储介质103内的数据,来实现电子设备100的各种功能,从而对电子设备100进行整体监控(例如,本申请一些实施例中,实现监测方法的整体逻辑流程)。

[0043] 协处理器102通常是专用处理器(例如,用户可编程的嵌入式微处理器),用来实现某一项单一功能。例如,协处理器102可以是图像处理器(GPU, Graphic Process Unit),专用于处理图形图像的处理(例如,本申请的一些实施例中,实现金属磨粒形状的认识)。主处理器101此时不直接处理有关图形图像的信息,而是向协处理器102提供来自其他单元的数

据或者向协处理器102发送管理指令,以指示协处理器102从其他单元获取数据,并且,在协处理器102处理完数据后,主处理器101从协处理器102接收处理结果,以便后续根据该处理结果做出其他判决(例如,本申请的一些实施例中,根据不同磨粒形状的不同数量来判定工业设备是否已进入急速老化的阶段)。对于不同专业领域来说,协处理器102还可以是信号处理器、网络通信处理器、复杂计算处理器等。通常,协处理器102的硬件实现基础是数字信号处理(DSP,Digital Signal Process)芯片,或者复杂可编程逻辑器件(CPLD,Complex Programmable Logic Device)、现场可编程门阵列(FPGA,Field-Programmable Gate Array)等专用集成电路(ASIC,Application Specific Integrated Circuit)。

[0044] 存储介质103可以包括内部存储器和外部存储器,或者还可以包括易失性存储器和非易失性存储器,或者还可以包括磁性存储装置、固态存储器、闪存、软盘和硬盘等。存储介质103可用于存储操作系统(例如,可以由主处理器101来执行)及该操作系统在运行过程中产生的数据、应用软件的软件程序及该应用软件在运行过程中产生的数据、以及专用模块的软件程序(例如,可以由某一协处理器102来执行)及该程序在运行过程中产生的数据。例如,本发明的一个实施例中,主处理器101通过运行存储在存储介质103内的监测程序,来执行各种功能应用以及数据处理。在一些实施例中,存储介质103还可以是相对于主处理器101远程设置的远程存储器(相对通常意义上的存储器而言),这些远程存储器可以通过网络连接的方式(例如通过网络通信设备105)连接到主处理器101或某一协处理器102。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

[0045] I/O(Input/Output,输入输出)单元104包括信息的输入设备和信息的输出设备,其使得用户能够与电子设备100进行交互。输入设备可用于接收输入的数字或字符信息,具体可以包括:键盘、鼠标、操作杆、触摸输入设备或者轨迹球等。输出设备可以用于输出/显示经电子设备100处理的处理结果,该处理结果可以是根据输入设备输入的信息而做出的。具体的,输出设备可以包括:液晶显示器(Liquid Crystal Display,LCD)、有机发光二极管(Organic Light-Emitting Diode,OLED)等。

[0046] 网络通信单元105通过有/无线网络的连接来实现电子设备100与远程的各种设备之间的通信,从而使得电子设备100还可以与远程的设备(例如,前文所述的远程存储器)交换数据。或者,电子设备100还可以通过网络通信单元105实现与服务器的连接,从而使得电子设备100可以作为大型系统中的一部分,与所述服务器进行交互。

[0047] 其他扩展单元106包括多种外围组件及其接口,从而使得电子设备100可以与多种设备进行交互。例如,通过蓝牙接口,可以与蓝牙耳机连接,从而电子设备100播放的音频可以被蓝牙耳机接收。又如,通过总线接口(例如RS-485总线),电子设备100可以与一些传感器连接,从而获得一些监测数据来辅助电子设备100来实现特定功能(例如,在本申请的一些实施例中,通过磨粒传感器可检测油液中的磨粒的数量,而电子设备100通过对该数量的研究来判定被监测的工业设备的运行情况)。在各种实施例中,其他扩展单元106可以单独存在,也可以与电子设备100的其他组件集成。同时,其他扩展单元106是可选的,其任选性质用虚线体现在图1中。

[0048] 图2所示是本发明中一种监测方法的示意性的流程图。该监测方法用于在线监测润滑系统中的金属磨粒的信息,将监测得到的磨粒信息与标准的(合格的)磨粒信息相对比,通过信息的差异来判断产生所述磨粒的工业设备的运行情况。例如,若在相同的条件

下,监测得到的磨粒数量大大大于标准的磨粒数量,则基本可判定所述工业设备工作在不理想的状态(例如,磨损严重)下。监测系统就该不理想的状态发出警报,以提示人工干预,从而可以降低工业设备的损毁概率。

[0049] 在工业上,很多设备都是需要润滑油的介入来减少摩擦副之间直接产生摩擦而造成的磨损。现有的在线磨粒检测平台,利用了云平台和大数据技术来对磨粒传感器采集的数据进行处理,从而判断设备的磨损状态。这些磨粒传感器可能来自不同的生产商,安装在不同的检测环境,以及所使用的润滑油的状态也可能不同,因此,影响判断的因素很多。在传统检测方法中,通常是针对一种传感器设定一个磨粒数量的报警阈值,用以提示设备有磨损。但是现实中的磨粒数据在不同设备和采集环境下会有很大的不同,即使只考虑一台设备和固定的数据采集环境下,也可能会因为数据不稳定而出现单个数据之间波动很大的情况。因此,难以用一个固定的阈值来形成统一的标准。

[0050] 本发明所提出的技术方案在不需要额外的辅助手段下,利用传感器采集到的数据本身的分布特性,从统计学的层面,分时段的针对采集到数据进行较为宏观的分析。一方面可以消除单个数据方差偏大的问题,另一方面,可以解决不同工况下难以设置同一的阈值的问题,因而本发明所提出的技术方案对不同工业设备的通用性更强。

[0051] 具体的,本发明所提出的技术方案主要包括以下步骤。

[0052] 步骤S1:由磨粒传感器采集与磨粒的特征数据,并发送给处理数据的处理单元。用于感应金属磨粒的磨粒传感器可以沿润滑油的流动路径而设置在运动部件之后,也就是说,在产生磨粒的位置附近设置磨粒传感器,以得到更接近事实的特征数据。具体的,该特征数据可以包括金属磨粒的大小、浓度、数量和形状等多方面的数据。磨粒传感器一般都以固定周期来采集数据,在一个采样时刻可以得到一个原始数据。如上所述,由于工况的影响,磨粒传感器以固定周期所采集到的原始数据往往可能方差较大,不利于分布曲线的拟合。因此,基于不需要对磨粒特征数据进行密集采集的特点,上述的处理单元可以对所述原始数据进行平均化的处理,也就是说传感器可以在持续的一段时间内采集多个原始数据,而处理单元接收多个所述原始数据后,求多个原始数据的平均值(例如,算术平均值),然后以该平均值作为后续步骤的输入参数。具体的,设磨粒传感器的采样周期为 t ,则可以对 n 个(n 为正整数)采样周期中所获取的数据求平均值,以该平均值作为一个参数来拟合上述的分布曲线。优选的, n 可以为1、10、50、100等便于计算的值。

[0053] 步骤S2:确定一个统计周期。根据该统计周期中获取的特征数据,来拟合金属磨粒的实际的分布曲线 Q ,从而可以在后续步骤中将该分布曲线与标准的分布曲线 P 相比较。按统计周期来分段(主要指分时段)分析润滑系统中的金属磨粒的状态(包括大小、形状和数量等的分布状态)可以在下一个统计周期中,根据新的特征数据来拟合新的分布曲线 Q 。并且,统计周期的长短可调,且所述统计周期至少与所述磨粒传感器的采样周期相同。也就是说,统计周期并不需要保持不变,对于新的工业设备,统计周期可以比较长,例如,可以是一周或一个月,对于比较老旧的工业设备,则统计周期可以适当缩短,例如,一周改为三天,一个月改为一周等。

[0054] 此外,本发明实施例中所关注的的数据是各统计周期中,即一段时间内采集的数据,该数据不需要具有累积性,即各统计周期是相互孤立的,前一周期采集的数据不会影响到后一周采集的数据。也就是说,在整个监测周期中,如果对润滑系统中的磨粒进行过过滤

或者其他影响磨粒特征数据的处理,将不会影响本实施例的运行。而现有技术中,由于通常对磨粒的累计数量进行监控,则当清理过润滑系统后,现有技术的解决方案必须“重启”一次,才能正确进行监控,因此,相对于现有技术,本实施例具有更好的适应性以及更简便的操作性。

[0055] 步骤S3:通过步骤S2得到实测的分布曲线Q后,将其与标准的分布曲线P进行比较,通过两种曲线之间的差异性来判断润滑系统中磨粒的数量、大小、形状等的变化程度来判断使用给润滑系统的工业设备是否已磨损、老化到需要人工维护的程度。

[0056] 本实施例中,比较的方法主要包括通过多种统计函数,从统计学的角度来研究数值分布的差异(即磨粒的特征数据的差异),从而借助统计学的工具来判断上述的工业设备的运行状态。例如,如图3所示,图中,黑色曲线是标准的分布曲线P,灰色曲线是实测的分布曲线Q,如果比较直观的通过两个曲线的来对比,可以看出,两个曲线形状上并没有差别,但是曲线Q相对曲线P在横轴上有了明显的迁移。假设该分布曲线的横轴是磨粒的大小,纵轴是对应该磨粒大小的数量,则,图3说明了,在标准曲线P中,大小为x1磨粒出现的数量最多,而在当次统计周期中(即曲线Q),大小为x2的磨粒出现得最多,也就是说,目前出现了大磨粒偏多的情况,那么,当x2与x1的差值超过某一预设的阈值时,可以判定工业设备的运动部件磨损趋于严重,需要停机整修。或者,针对同一对比曲线,也可以通过磨粒大小x1在曲线P和曲线Q中相应的数量y1和y2的差值来判断磨粒的特征数据是否已超过阈值。通过统计函数对曲线Q和曲线P进行比较,可以从多种角度分别得到两者的区别,如果进一步再将多个统计函数的比较结果综合考虑,可以得到比较有意义的判据,来判定工业设备的磨损、老化程度。

[0057] 此外,分布曲线并不仅限于上述的金属磨粒的数量相对金属磨粒的大小的分布曲线,还可以是其他特征数据的分布曲线,例如还可以是金属磨粒出现的概率相对金属磨粒的数量的分布曲线。

[0058] 具体的,上述的统计函数可以包括偏度函数(Skenwnness函数)和峰度函数(Kurtosis函数)。

[0059] 偏度函数是统计数据分布的偏斜方向和偏斜程度的函数,其计算公式如下:

[0060] $S(x) = E\left[\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^3\right] \dots\dots\dots (1)$

[0061] 公式(1)中, μ 是特征数据的平均值, σ 是特征数据的标准差,E()表示数学期望公式。偏度函数体现了如图4所示的分布曲线Q(实测值)偏离分布曲线P(标准值)的程度,当该程度到达相应的预设阈值时,可以提出警报,提示所述工业设备需要进行人工维护。

[0062] 峰度函数是体现分布曲线在平均值处峰值高低的函数。直观看来,峰度反映了峰部的尖锐程度,其计算公式如下:

[0063] $K(x) = E\left[\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^4\right] \dots\dots\dots (2)$

[0064] 公式(2)中, μ 是特征数据的平均值, σ 是特征数据的标准差,E()表示数学期望公式。峰度函数体现了图4所示的曲线Q和曲线P的尖峰形态的差异,当该差异超过预设的阈值时,可以提出警报,提示所述工业设备需要进行人工维护。

[0065] 进一步地,上述的统计函数还可以包括KL散度(Kullback-Leibler散度)、JS散度

(Jensen-Shannon散度)和WS距离(Wasserstein距离)。针对这些函数,同样也设定阈值,当函数值超出预设阈值时,可以提出警报,提示所述工业设备需要进行人工维护。

[0066] 其中,KL散度是一种衡量两个概率分布(即分布曲线)的匹配程度的指标,两个分布差异越大,表示KL散度越大。其计算公式如下:

$$[0067] \quad D_{KL}(P||Q) = \sum P(i) \log \frac{P(i)}{Q(i)} = -\sum P(i) \log \frac{Q(i)}{P(i)} \dots\dots\dots (3)$$

[0068] 公式(3)中,P代表分布曲线(函数)P,Q代表分布曲线(函数)Q,i表示分布曲线的横轴坐标。

[0069] JS散度是一种度量两个概率分布的相似度的指标,与KL散度类似,但是,KL散度是一个非对称的函数,而JS散度一般是对称的,其取值是0到1之间。其计算公式如下:

$$[0070] \quad D_{JS}(P||Q) = \frac{1}{2} D_{KL}\left(P || \frac{P+Q}{2}\right) + \frac{1}{2} D_{KL}\left(Q || \frac{P+Q}{2}\right) \dots\dots\dots (4)$$

[0071] 公式(4)中,P代表分布曲线(函数)P,Q代表分布曲线(函数)Q, D_{KL} 表示KL散度函数。

[0072] WS距离是一种代价距离,它定义了由一个分布(例如分布曲线P)转变为另一个分布(例如分布曲线Q)所需要付出的代价。其计算公式基础形式如下:

$$[0073] \quad WS(P || Q) = \sum |P(i) - Q(i)| \dots\dots\dots (5)$$

[0074] 公式(5)中,P代表分布曲线(函数)P,Q代表分布曲线(函数)Q,i表示分布曲线的横轴坐标。

[0075] 更进一步,由于磨粒大小是判断工业设备磨损的一个重要参数,本实施例还考虑了最大的磨粒占有所有磨粒的比例,其计算公式如下:

$$[0076] \quad P_{large} = \frac{\sum num_{large}}{\sum num_{all}} \dots\dots\dots (6)$$

[0077] 公式(6)中, num_{large} 代表最大磨粒的数量, num_{all} 代表分所有磨粒的数量。值得一提的是,实际工作中,磨粒的产生是随机的,可能所有磨粒都没有两个的大小是完全一致的。因此,此处最大磨粒指的是区间性的概念,即大于某一指定值的磨粒都计入“最大磨粒”的范围。例如,指定了大于2mm×3mm的磨粒为最大磨粒,则,所有外径大于2mm×3mm的磨粒都算最大磨粒。事实上,在以磨粒大小为对象进行统计时,都是以某一范围内的磨粒大小为单位进行统计的。

[0078] 步骤S4:在步骤S3中,通过多个不同的统计函数来比较了实测的分布曲线Q和标准的分布曲线P之间的差异,并针对该差异设定阈值,当差异超过设定的阈值,则判定工业设备需要进行人工维护。由于一个函数从一个角度体现了特征数据的相对差异,因此,只通过一个函数来判定工业设备是否需要人工维护是片面的,利用多个不同的统计函数从多种层面来综合判断才是更合理的。因此,本实施例中,进一步将多个统计函数加权求和,求得一个磨粒综合指数,通过该磨粒综合指数是否超过预设的阈值来判断工业设备是否需要人工维护。

[0079] 具体的,磨粒综合指数的计算公式如下:

$$[0080] \quad diff = W_1(S(Q) - S(P)) + W_2(K(Q) - K(P)) + W_3 D_{KL}(P || Q) + W_4 D_{JS}(P || Q) + W_5 WS(P || Q) + W_6 P_{large} \dots\dots\dots (7)$$

[0081] 公式(7)中, $W_1 \sim W_6$ 是各函数的权值,S(Q)是分布曲线Q的偏度函数,S(P)是分布曲线P的偏度函数,K(Q)是分布曲线Q的峰度函数,K(P)是分布曲线P的峰度函数, $D_{KL}(P || Q)$ 是

分布曲线P相对分布曲线Q的KL散度, $JS(P||Q)$ 是分布曲线P相对分布曲线Q的JS散度, $WS(P||Q)$ 是分布曲线P相对分布曲线Q的WS距离, P_{large} 是最大的磨粒占有所有磨粒的比例。其中, 权值 $W_1 \sim W_6$ 可以通过历史经验来人为设定, 也可以借助现在流行的机器学习或深度学习的方法(如线性回归方程的最小二乘函数或一维卷积神经网络)来进行选择和设定。例如, 可以在通过机器学习的方法建立所述分布曲线P的同时, 一起确定权值 $W_1 \sim W_6$ 。

[0082] 步骤S5: 经综合计算得出磨粒综合指数(diff值)之后, 再将其与预设的磨粒综合指数的报警阈值相比较, 以此来周期性地判定润滑系统中的磨粒是否已超出预期值

[0083] 上述的监测方法中, 对于不同工况下的工业设备状态进行了监测, 将监测得到的数据与自己的理想的情况(即标准数据)进行比较。在当前监测得到的数据与安全运行(相当于理想的情况)时有了一定程度的偏差的时候, 上述方法对于当前情况和安全情况之间的偏差进行衡量, 并以该偏差来表达工业设备的健康状态。对于每一项统计数据, 最后可以使用加权求和的方法来表示两个时间点的磨粒分布的综合差别, 因而, 对工业设备的监测具有更强的针对性。

[0084] 此外, 标准的分布曲线P的确定, 可以根据累计的经验或者历史记录来确定相同设备的分曲线P。但是, 事实上, 即便是同一设备, 在不同的工作环境中, 其磨损和老化的速度也是不同的。因此, 针对一个设备在一种工作环境中来确定上述的分布曲线P是更优选的方案。本实施例中, 对于新投产的工业设备, 可以在一定时期内信任其可靠性, 认为在该时期内的磨粒特征数据就是标准数据。即, 可以在新投产的一定时期内反复执行步骤S1和S2, 并拟合出一条分布曲线, 将该分布曲线定义为上述的工业设备的标准的分布曲线P。例如, 可以在半年的时间内, 认为新投产的某工业设备是可靠、稳定工作的, 其磨粒的特征数据可以作为参考标准。那么, 在半年的时间内, 按照统计周期来采样和计算, 得出多条实测的分布曲线Q, 然后将多条所述分布曲线Q拟合为一条分布曲线, 并定义该分布曲线为标准的分布曲线P。半年后的时间中, 完整执行步骤S1~S5, 对该工业设备进行监测, 当步骤S5中判断到diff超出设定的阈值(即判定磨粒的特征数据超出阈值)时, 发出警报, 提示人工干预。

[0085] 同理, 对于经过大修的工业设备, 也可以在维修后的一定时期(例如4个月)只执行步骤S1和S2, 重新得到一条新的标准的分布曲线P, 然后以该分布曲线P为评判标准, 来完整执行步骤S1~S5。

[0086] 采用上述方法确定的标准的分布曲线P具有强的针对性, 通过实测加拟合的方法确定的曲线P, 不仅体现了同一种工业设备的共同特性, 还体现了单个工业设备的独有特性, 该独有特性是受到其工作环境、工作时间(包括持续和累积工作时间)以及维护情况等多种不确定的外因的影响而变化的。因此, 采用上述方法确定的标准的分布曲线P能够做到一机一曲线, 更贴合工业设备的实际监测需求。

[0087] 图5是本发明中一个实施例的流程图。该流程图囊括了分布曲线P的确定、分布曲线Q的获取、权值W的确定, 分布曲线P和分布曲线Q的比较等多个过程。如图所示, 步骤S601~S604是标准的分布曲线P的确定过程。这一过程只需在工业设备新投产或大规模维修(更换运动部件)后执行一次即可。确定了标准的分布曲线P后, 在后续的多个统计周期期间, 该分布曲线P作为评判标准, 保持不变。

[0088] 具体的, 步骤S601中, 用于预测工业设备的磨损情况的预测系统从磨粒传感器获取与磨粒相关的特征数据。通常, 磨粒传感器并不会只有一个, 所以, 所述的特征数据可以

是根据多个磨粒传感器所采集的数据进行处理后的数据。例如,可以对多个磨粒传感器所采集的数据求取算术平均值,也可以求取加权,或者通过其他数据处理的方法得到是数据。

[0089] 步骤S602中,默认当前所采集的数据都是工业设备正常稳定工作的数据,经过多个传感器的采样周期可以获得多组数据,将其保存下来。如前文所述,该默认工业设备正常稳定工作的期间可以根据该设备本身的特性以及工作环境等条件,再结合先验经验人为设定。例如,工作中对运动部件的磨损较大的设备可以设置一个比较短的时间,而运动部件磨损较少的设备可以设置比较长的时间。

[0090] 步骤S603中,对步骤S602中所保存的数据进行计算。例如,可以以磨粒的大小为横轴,该磨粒大小出现的频率为纵轴,拟合为分布曲线P。

[0091] 步骤S604中,计算该分布曲线P的偏度、峰度和最大的磨粒占有所有磨粒的比例。

[0092] 步骤S605~S607是计算实测的分布曲线Q的过程。

[0093] 步骤S605中,预测系统获取待统计的磨粒数据,该数据可以是磨粒传感器实测的数据,也可以是对一小段时间(即前文所述的统计周期)内采集数据进行处理后的数据。其中,具体的处理方法可以参考前文关于步骤S1的说明部分。

[0094] 步骤S606中,类似于步骤S603,针对步骤S605所处理的数据进行统计,得到实测的分布曲线Q。

[0095] 步骤S607中,针对分布曲线Q计算偏度、峰度和最大的磨粒占有所有磨粒的比例,并且,针对分布曲线P和分布曲线Q,计算考察两者差异的KL散度,JS散度和WS距离。

[0096] 然后,步骤S609中,对分布曲线P和分布曲线Q的偏度、峰度和最大的磨粒占有所有磨粒的比例求差值。而步骤S608中,设定权值 $W_1 \sim W_6$ (具体的设定方式可参看前文有关步骤S4的说明)。将步骤S608得出的权值和步骤S607和S609得出的差值(差异)相乘并求和后(参考公式7),得到磨粒的综合指数。

[0097] 步骤S611中,判断上述的综合指数是否超出了预设的报警阈值,若超出,则发出警报(步骤S612),以提示工业设备的磨损情况严重。若没有超出,则转向步骤S605,以开始下一个统计周期的工作。

[0098] 步骤S610中,设定上述的报警阈值,本实施例中,该报警阈值为经验值。

[0099] 图5所示的流程给出了比较完整的预测系统对磨粒的监测以及判定、报警的过程。该过程中,判断的依据(曲线P)是在工业设备自身正常稳定工作的状态下,通过统计学的方法拟合的,该判据的针对性强,能够体现出工作环境、工作时长、工作强度等因素对工业设备造成的影响。相对现有技术,提供了更为准确的判定准则。其次,相对现有技术,本实施例所监控的时间范围浓缩到较短的周期(即上文所述的采样周期)内,不需要在不停累计的情况下来判定,则在预测系统正常工作的情况下,可以对润滑系统进行清理,而不影响预测系统的正常工作。相对现有技术,提高了预测系统的可使用性。

[0100] 本发明还提出了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质中存储有至少一条计算机指令,所述至少一条指令由处理器加载并执行,以实现上述的监测方法。

[0101] 本发明还提出了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括计算机指令,所述计算机指令被执行时,实现上述的监测方法。

[0102] 总体而言,本发明具体公开了一种在流体内磨粒金属传感器的监测数据的分布曲

线的基础上,进行多维度的统计分析的方法,该方法利用数据统计分布差异的定量分析来预警设备故障,通过该监测手段,能够表征润滑油内游离的金属颗粒,从而掌握设备的磨损程度。

[0103] 在此处所提供的说明书中,说明了大量具体细节。然而,能够理解,本发明的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中,并未详细示出公知的方法、结构和技术,以便不模糊对本说明书的理解。

[0104] 类似地,应当理解,为了精简本发明并帮助理解各个发明方面的一个或多个,在上面对本发明的示例性实施例的描述中,本发明的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而,并不应将该公开的方法解释成反映如下意图:即所要求保护的本发明要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说,如权利要求书所反映的那样,发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此,遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式,其中每个权利要求本身都作为本发明的单独实施例。

[0105] 本领域那些技术人员可以理解,可以对实施例中的设备中的模块进行自适应性地改变并且把它们设置在与该实施例不同的一个或多个设备中。可以把实施例中的模块或单元或组件组合成一个模块或单元或组件,以及此外可以把它们分成多个子模块或子单元或子组件。除了这样的特征和/或过程或者单元中的至少一些是相互排斥之外,可以采用任何组合对本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的所有特征以及如此公开的任何方法或者设备的所有过程或单元进行组合。除非另外明确陈述,本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的每个特征可以由提供相同、等同或相似目的的替代特征来代替。

[0106] 此外,本领域的技术人员能够理解,尽管在此所述的一些实施例包括其它实施例中包括的某些特征而不是其它特征,但是不同实施例的特征的组合意味着处于本发明的范围之内并且形成不同的实施例。例如,在权利要求书中,所要求保护的实施例的任意之一都可以以任意的组合方式来使用。

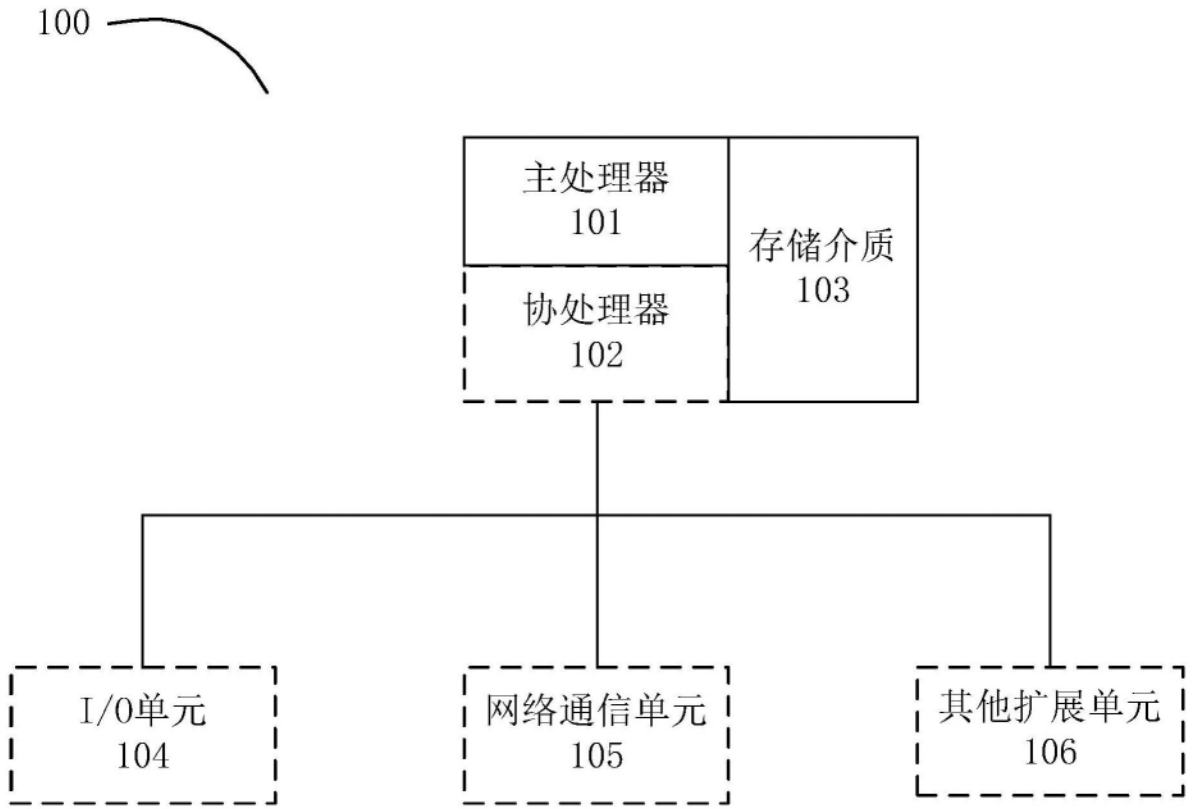


图1

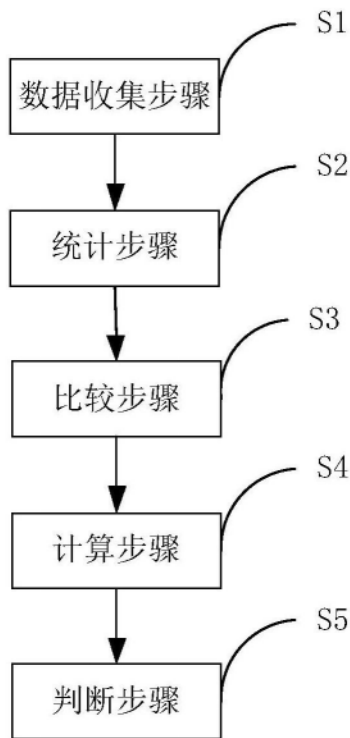


图2

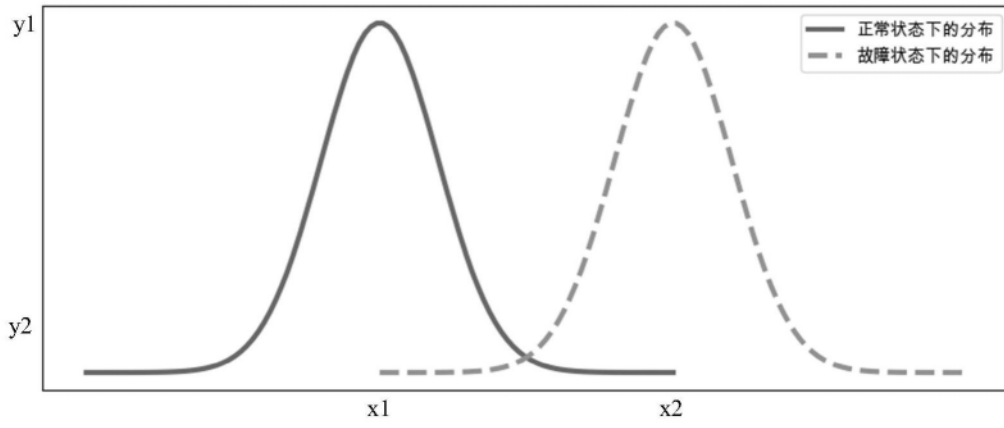


图3

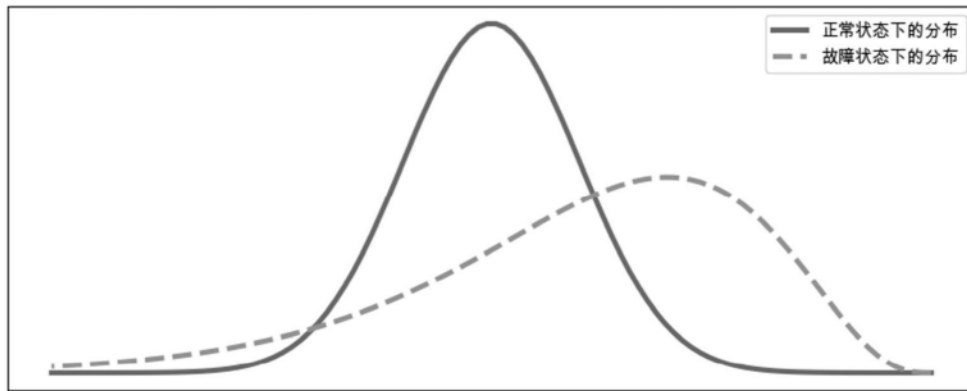


图4

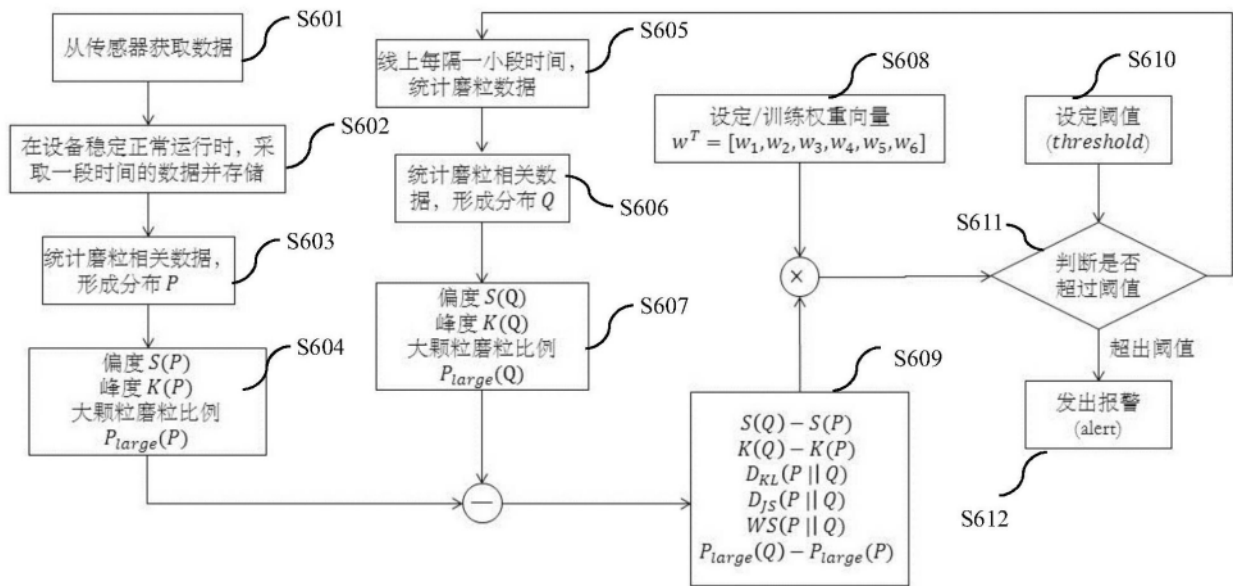


图5