



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113673072 B

(45) 授权公告日 2024.12.10

(21) 申请号 202010410632.0

B25J 9/16 (2006.01)

(22) 申请日 2020.05.15

B25J 19/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113673072 A

(43) 申请公布日 2021.11.19

(73) 专利权人 华晨宝马汽车有限公司

地址 110044 辽宁省沈阳市大东区山嘴子路14号

(72) 发明人 王琳 张文浩 孙立峰 刘久良

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038

专利代理师 李晓芳

(56) 对比文件

王瑞芳等.基于统计过程控制的机器人系统故障预测技术研究.机床与液压.2009,第37卷(第06期),第227-230页.

王瑞芳等.基于统计过程控制的机器人系统故障预测技术研究.机床与液压.2009,第37卷(第06期),第227-230页.

陈宏等.SPC在实验设备质量控制中的应用.实验室研究与探索.2013,第32卷(第07期),第226-230页.

审查员 刘亚芳

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06Q 10/063 (2023.01)

权利要求书3页 说明书12页 附图3页

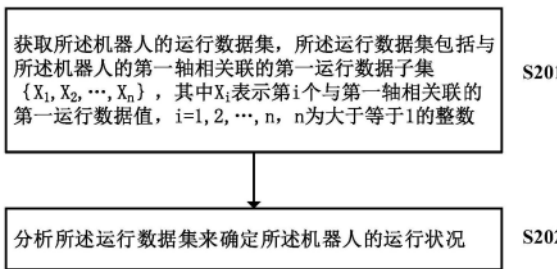
(54) 发明名称

用于确定机器人的运行状况的方法、系统、设备和介质

(57) 摘要

公开了用于确定机器人的运行状况的方法、系统存储介质及设备。用于确定机器人的运行状况的方法包括：获取所述机器人的运行数据集，所述运行数据集包括与所述机器人的第一轴相关联的第一运行数据子集 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ ，其中 X_i 表示第 i 个与第一轴相关联的第一运行数据值， $i=1, 2, \dots, n$ ， n 为大于等于1的整数；和分析所述运行数据集来确定所述机器人的运行状况。

200



1. 一种用于确定机器人的运行状况的方法,包括:

获取所述机器人的运行数据集,所述运行数据集包括与所述机器人的第一轴相关联的第一运行数据子集 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, 其中 X_i 表示第 i 个与第一轴相关联的第一运行数据值, $i = 1, 2, \dots, n$, n 为大于等于 1 的整数; 和

分析所述运行数据集来确定所述机器人的运行状况,

其中分析所述运行数据集来确定所述机器人的运行状况的步骤进一步包括:

根据所述第一运行数据子集 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 所包含的第一运行数据值, 计算第一运行数据值的平均值 \bar{X} 和标准差 s , 其中, 标准差 s 根据公式 (1) 计算得出:

$$s = + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1)$$

根据公式 (2) 和公式 (3) 计算出上限判定值 C_{mku} 和下限判定值 C_{mkl} :

$$C_{mku} = \frac{USL - \bar{X}}{3s} \quad (2)$$

$$C_{mkl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3s} \quad (3)$$

其中 USL 为规格上限值, LSL 为规格下限值;

根据公式 (4) 和公式 (5) 来计算第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m :

$$C_{mk} = \min\{C_{mku}, C_{mkl}\} \quad (4)$$

$$C_m = \frac{USL - LSL}{6s} \quad (5)$$

分别将第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 与第一阈值 D_1 和第二阈值 D_2 进行比较;

响应于第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 不同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$, 确定所述第一运行数据子集是否存在以下情况:

存在连续的两组第一运行数据值的组平均值之间的差与目标值的比值大于预定偏差量值的预定比例, 其中, 以每连续预定数量的第一运行数据值为一组, 每组中的第一运行数据值的平均值为该组的组平均值, 其中, 所述预定偏差量值是根据质量管控需求预先确定的, 不同的质量管控需求与不同的预定偏差量值相关, 且越高级别的质量管控需求, 其相关的预定偏差量值越低;

如果存在, 确定第一轴的运行状况异常; 和

响应于确定第一轴的运行状况异常, 输出警报信息, 所述警报信息指示第一轴发生故障。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 还包括:

响应于第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$, 确定第一轴处于良好状况。

3. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 第一阈值 D_1 和第二阈值 D_2 是分别基于根据与良好状况下的第一轴相关联的历史第一运行数据值计算的第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 来预先设定的。

4. 如权利要求1所述的方法,还包括:

响应于第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 不同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$,确定所述第一运行数据子集是否存在以下情况之一:

存在连续的第一数量的第一运行数据值大于目标值,和
存在连续的第二数量的第一运行数据值小于所述目标值;
如果存在,则确定第一轴的运行状况异常;
响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息。

5. 如权利要求4所述的方法,其中,所述目标值是基于与良好状况下的第一轴相关联的历史第一运行数据值的平均值预先确定的。

6. 如权利要求1所述的方法,还包括:

响应于第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 不同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$,确定所述第一运行数据子集是否存在以下情况之一:

存在连续的第三数量的第一运行数据值连续增加,
存在连续的第四数量的第一运行数据值连续降低,
存在连续的第五数量的组平均值连续增加,和
存在连续的第六数量的组平均值连续降低,其中,以每连续预定数量的第一运行数据值为一组,每组中的第一运行数据值的平均值为该组的组平均值;
如果存在,则确定第一轴的运行状况异常;和
响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息,所述警报信息指示第一轴老化。

7. 如权利要求1所述的方法,其中,所述目标值是基于与良好状况下的第一轴相关联的历史第一运行数据值的平均值预先确定的。

8. 如权利要求1所述的方法,还包括:

响应于第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 不同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$,确定所述第一运行数据子集是否存在以下情况之一:

存在一组第一运行数据值的组平均值大于 $USL-3s$,和
存在一组第一运行数据值的组平均值小于 $LSL+3s$,其中,以每连续预定数量的第一运行数据值为一组,每组中的第一运行数据值的平均值为该组的组平均值;
如果存在,则确定第一轴的运行状况异常;和
响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息,所述警报信息指示第一轴发生故障。

9. 如权利要求1-8中的任一项所述的方法,其中所述第一运行数据子集是角速度数据集或力矩数据集;

其中所述角速度数据集包括与第一轴相关联的角速度值;
其中所述力矩数据集包括与第一轴相关联的力矩值。

10. 如权利要求1-8中的任一项所述的方法,其中,第一运行数据值是在预定时间段内以预定时间间隔采集的。

11. 一种计算机系统,包括:

处理器,和

与处理器耦接的存储器,所述存储器存储计算机可读程序指令,所述指令在被所述处

理器执行时执行如权利要求1-10中任一项所述的方法。

12. 一种计算机可读存储介质,其上存储计算机可读程序指令,所述指令在被处理器执行时执行如权利要求1-10中任一项所述的方法。

13. 一种用于确定机器人的运行状况的设备,包括用于实现如权利要求1-10中任一项所述的方法的操作的装置。

用于确定机器人的运行状况的方法、系统、设备和介质

技术领域

[0001] 本公开涉及机器人管理,具体涉及用于确定机器人的运行状况的方法、系统、设备和介质。

背景技术

[0002] 随着社会的发展,工业机器人被广泛应用于诸如电子、物流、化工、汽车制造、食品、医疗等各个领域。各种生产环境下的机器人种类繁多,可以根据机器人所具有的不同轴数将机器人分为单轴机器人、二轴机器人、三轴机器人、四轴机器人、五轴机器人、六轴机器人和七轴机器人等。这里所说的轴是指关节、自由度,以最广泛应用的六轴机器人为例,六轴可以包含旋转(S轴)、下臂(L轴)、上臂(U轴)、手腕旋转(R轴)、手腕摆动(B轴)和手腕回转(T轴)等。具有多个轴可以使得机器人更加灵活、负载更大、定位精度更高。

[0003] 在实际运行过程中,由于使用磨损、负载过大或其他意外情况等,机器人可能出现各种运行异常的情况,包括故障、老化和损坏等。这将造成机器人各关节定位精度变差,影响机器人整体的动作精度,甚至对生产质量造成严重影响。并且生产环境中通常使用大量机器人。如果不能及时掌控机器人的运行状况,当潜在的风险发生时,会导致维护成本增加并且影响生产效率。

发明内容

[0004] 根据本公开的第一方面,提供一种用于确定机器人的运行状况的方法,包括获取所述机器人的运行数据集,所述运行数据集包括与所述机器人的第一轴相关联的第一运行数据子集 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$,其中 X_i 表示第 i 个与第一轴相关联的第一运行数据值, $i=1, 2, \dots, n$, n 为大于等于1的整数;和分析所述运行数据集来确定所述机器人的运行状况。

[0005] 根据本公开的一些实施例,分析所述运行数据集来确定所述机器人的运行状况的步骤进一步包括:根据所述第一运行数据子集 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 所包含的第一运行数据值,计算第一运行数据值的平均值 \bar{X} 和标准差 s ,其中,标准差 s 根据公式(1)计算得出:

$$[0006] \quad s = + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1)$$

[0007] 根据公式(2)和公式(3)计算出上限判定值 C_{mku} 和下限判定值 C_{mkl} :

$$[0008] \quad C_{mku} = \frac{USL - \bar{X}}{3s} \quad (2)$$

$$[0009] \quad C_{mkl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3s} \quad (3)$$

[0010] 其中USL为规格上限值,LSL为规格下限值;根据公式(4)和公式(5)来计算第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m :

$$[0011] \quad C_{mk} = \min\{C_{mku}, C_{mkl}\} \quad (4)$$

$$[0012] \quad C_m = \frac{USL - LSL}{6s} \quad (5)$$

[0013] 分别将第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 与第一阈值 D_1 和第二阈值 D_2 进行比较,和响应于第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$,确定第一轴处于良好状况。

[0014] 根据本公开的一些实施例,第一阈值 D_1 和第二阈值 D_2 是分别基于根据与良好状况下的第一轴相关联的历史第一运行数据值计算的第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 来预先设定的。

[0015] 根据本公开的一些实施例,所述方法还包括响应于第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 不同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$,确定所述第一运行数据子集是否存在以下情况之一:存在连续的第一数量的第一运行数据值大于目标值,和存在连续的第二数量的第一运行数据值小于所述目标值;如果存在,则确定第一轴的运行状况异常;响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息。

[0016] 根据本公开的一些实施例,所述目标值是基于与良好状况下的第一轴相关联的历史第一运行数据值的平均值预先确定的。

[0017] 根据本公开的一些实施例,所述方法还包括响应于第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 不同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$,确定所述第一运行数据子集是否存在以下情况之一:存在连续的第三数量的第一运行数据值连续增加,存在连续的第四数量的第一运行数据值连续降低,存在连续的第五数量的组平均值连续增加,和存在连续的第六数量的组平均值连续降低,其中,以每连续预定数量的第一运行数据值为一组,每组中的第一运行数据值的平均值为该组的组平均值;如果存在,则确定第一轴的运行状况异常;和响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息,所述警报信息指示第一轴老化。

[0018] 根据本公开的一些实施例,所述方法还包括响应于第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 不同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$,确定所述第一运行数据子集是否存在以下情况:存在连续的两组第一运行数据值的组平均值之间的差与目标值的比值大于预定偏差量值的预定比例,其中,以每连续预定数量的第一运行数据值为一组,每组中的第一运行数据值的平均值为该组的组平均值;如果存在,确定第一轴的运行状况异常;和响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息,所述警报信息指示第一轴发生故障。

[0019] 根据本公开的一些实施例,所述目标值是基于与良好状况下的第一轴相关联的历史第一运行数据值的平均值预先确定的。

[0020] 根据本公开的一些实施例,所述预定偏差量值是根据质量管控需求预先确定的。

[0021] 根据本公开的一些实施例,所述方法还包括响应于第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 不同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$,确定所述第一运行数据子集是否存在以下情况之一:存在一组第一运行数据值的组平均值大于 $USL - 3s$,和存在一组第一运行数据值的组平均值小于 $LSL + 3s$,其中,以每连续预定数量的第一运行数据值为一组,每组中的第一运行数据值的平均值为该组的组平均值;如果存在,则确定第一轴的运行状况异常;和响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息,所述警报信息指示第一轴发生故障。

[0022] 根据本公开的一些实施例,所述第一运行数据子集是角速度数据集或力矩数据集;其中所述角速度数据集包括与第一轴相关联的角速度值;其中所述力矩数据集包括与第一轴相关联的力矩值。

[0023] 根据本公开的一些实施例,第一运行数据值是在预定时间段内以预定时间间隔采集的。

[0024] 根据本公开另一方面,提供一种计算机系统,包括:处理器,和与处理器耦接的存储器,所述存储器存储计算机可读程序指令,所述指令在被所述处理器执行时执行如上所述的方法。

[0025] 根据本公开又一方面,提供一种计算机可读存储介质,其上存储计算机可读程序指令,所述指令在被所述处理器执行时执行如上所述的方法。

[0026] 根据本公开又一方面,提供一种用于确定机器人的运行状况的设备,包括用于实现如上所述的方法的操作的装置。

[0027] 从参考附图的以下描述中,本公开其他特征和优点将变得清楚。

附图说明

[0028] 并入说明书中并构成说明书的一部分的附图图示了本公开的实施例,并且与说明书一起用于解释本公开的原理而没有限制。在各图中,类似的标号用于表示类似的项目。

[0029] 图1是示出用于实现本公开实施例的系统环境。

[0030] 图2是示出根据本公开实施例的用于确定机器人的运行状况的方法的流程图。

[0031] 图3是示出根据本公开另一实施例的用于确定机器人的运行状况的方法的流程图。

[0032] 图4是示出可以实现根据本公开实施例的系统的一般硬件环境的示意图。

具体实施方式

[0033] 在以下详细描述中,阐述了许多具体细节以提供对所描述的示例性实施例的透彻理解。但是,对于本领域技术人员清楚的是,所描述的实施例可以在没有这些具体细节中的一些或全部的情况下进行实践。在所描述的示例性实施例中,为了避免不必要地模糊本公开的概念,没有详细描述众所周知的结构或处理步骤。

[0034] 下文所示的每个框图内的方框可以通过硬件、软件、固件或其任意组合来实现以实现本公开的原理。本领域技术人员应该理解的是,每个框图中描述的方框可以被组合或分成子框来实现本公开的原理。

[0035] 本公开中呈现的方法的步骤旨在是说明性的。在一些实施例中,该方法可以用未描述的一个或多个附加步骤来完成和/或在没有所讨论的一个或多个步骤的情况下完成。此外,方法的步骤被图示和描述的顺序并不旨在是限制性的。

[0036] 本公开的实施例涉及用于确定机器人的运行状况的方法、系统、设备和介质。本公开的方法包括,获取所述机器人的运行数据集(例如,角速度数据集或力矩数据集),所述运行数据集包括与所述机器人的第一轴相关联的第一运行数据子集(例如,第一轴的角速度值的集合),第一运行数据子集中的值表示与第一轴相关联的第一运行数据值(例如,第一轴的角速度值);和分析所述运行数据集来确定所述机器人的运行状况。本公开的方法根据一个或多个判定规则、预先设定的一个或多个阈值分析第一运行数据子集所包含的第一运行数据值,来确定第一轴的运行状况是否存在异常(例如老化、故障等情况)。本公开的方法响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息。在一些实施例中,警报信息指示第一轴

老化或指示第一轴发生故障,从而能够及时提醒用户潜在的故障风险。

[0037] 本公开的实施例能够及时监测机器人的运行数据,根据机器人的运行数据集的特征来确定机器人的运行状况,确定机器人的轴的运行状况是否存在异常(例如,老化、故障等),从而降低潜在的风险,节省维护成本并减少对生产效率的影响。

[0038] 图1是示出用于实现本公开实施例的系统环境100。该系统环境100可以涉及三部分:生产网络部分110、云服务平台部分120和用户部分130。

[0039] 生产网络部分可以包括至少一个机器人101(图中示出为机器人101a、101b、101c,以下方便起见统称为机器人101)和至少一个物联网(Internet of Things, IoT)边缘设备102(图中示出为物联网边缘设备102a、102b,以下方便起见统称为物联网边缘设备102)。机器人101例如是ABB机器人,具有至少第一轴。本公开实施例中,机器人101装备有传感器,诸如角速度传感器、力矩传感器等,可以用于采集机器人的每个轴的相应运行数据。本公开实施例中,机器人101还配置有网络服务,以便通过网络传送数据。本公开实施例中,物联网边缘设备102被部署在靠近机器人101处,使得更便于从机器人101获取数据和传送数据。物联网边缘设备102可以通过超文本传输协议(Hyper Text Transfer Protocol, HTTP)接口从机器人101接收数据。物联网边缘设备102还可以对数据进行初步计算和逻辑处理。物联网边缘设备102还可以通过消息队列遥测传输协议(Message Queuing Telemetry Transport, MQTT)将数据传送到云服务平台部分120,例如Azure云。

[0040] 云服务平台部分120可以包括物接入103(IoT Hub)、云服务104(诸如Azure云服务等)和应用108。云服务104可以包括运行在云服务104上的虚拟机105(Virtual Machine, VM)和数据库106(诸如结构化查询语言(Structured Query Language, SQL)数据库),还可以包括图表生成工具107(诸如Power BI Embed)。来自物联网边缘设备102的数据首先被发送到物接入103,随后被传输到数据库106并被存储在数据库106中。应用108在VM 105上运行,并从数据库106中获取数据用于呈现,其中,图表生成工具107可以根据数据库106中的数据生成图表并将图表呈现到应用108的界面。在本公开实施例中,应用108还可以对所获取的数据进行分析处理,以确定机器人101的运行状况,并向用户130呈现。

[0041] 用户130可以通过应用108来获取并监测机器人101的运行状况。用户130可以包括但不限于机器人101的拥有者和维护人员。

[0042] 图2是示出根据本公开实施例的用于确定机器人的运行状况的方法200的流程图。

[0043] 如图2所示,方法200包括步骤S201,在该步骤中,获取机器人的运行数据集,该运行数据集包括与机器人的第一轴相关联的第一运行数据子集 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$,其中 X_i 表示第 i 个与第一轴相关联的第一运行数据值, $i=1, 2, \dots, n$, n 为大于等于1的整数。

[0044] 在一些实施例中,第一运行数据子集 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 是角速度数据集,该角速度数据集包括与第一轴相关联的角速度值。在一些实施例中,第一运行数据子集 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 是力矩数据集,该力矩数据集包括与第一轴相关联的力矩值。角速度和力矩是便于获取并能够较好地用于反映机器人的轴的状况的典型物理量。在一些实施例中,还可以根据需要选取其他的运行数据值。

[0045] 在一些实施例中,第一运行数据值是在预定时间段内以预定时间间隔采集的。在一些实施例中,第一运行数据值是由相应传感器采集的。通常,可以采集几百至几千个离散的数据点。本领域技术人员可以理解,所采集的第一运行数据值的数量不受限制。

[0046] 在一些实施例中,例如,第一运行数据子集可以是第一轴的角速度值的集合,角速度值的集合可以包括由与第一轴相关联的角速度传感器在500秒的时间段内每隔一秒钟采集所得的500个角速度值,角速度值的单位为弧度每秒。在又一些实施例中,例如,第一运行数据子集可以是第一轴的力矩值的集合,力矩值的集合可以包括由与第一轴相关联的力矩传感器在1000秒的时间段内每隔一秒钟采集所得的1000个力矩值,力矩值的单位为牛顿·米。

[0047] 方法200包括还包括步骤S202,在该步骤中,分析运行数据集来确定机器人的运行状况。

[0048] 在一些实施例中,可以基于一个或多个判定规则、预先设定的一个或多个阈值来分析运行数据集,更具体地,分析第一运行数据子集中所包含的第一运行数据值,来确定第一轴的运行状况是否存在异常,例如是否存在老化、故障等情况。

[0049] 图3是示出根据本公开另一实施例的用于确定机器人的运行状况的方法300的流程图。

[0050] 如图3所示,方法300包括步骤S301,在该步骤中,获取机器人的运行数据集,该运行数据集包括与机器人的第一轴相关联的第一运行数据子集 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, 其中 X_i 表示第 i 个与第一轴相关联的第一运行数据值, $i=1, 2, \dots, n$, n 为大于等于1的整数。该步骤与步骤S201相同,在此不再赘述。

[0051] 方法300还包括步骤S302,在该步骤中,根据第一运行数据子集 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 所包含的第一运行数据值,计算第一运行数据值的平均值 \bar{X} 和标准差 s , 其中,标准差 s 根据公式(1)计算得出:

$$[0052] \quad s = + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1)$$

[0053] 根据公式(2)和公式(3)计算出上限判定值 C_{mku} 和下限判定值 C_{mkl} :

$$[0054] \quad C_{mku} = \frac{USL - \bar{X}}{3s} \quad (2)$$

$$[0055] \quad C_{mkl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3s} \quad (3)$$

[0056] 其中USL为规格上限值,LSL为规格下限值;根据公式(4)和公式(5)来计算第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m :

$$[0057] \quad C_{mk} = \min\{C_{mku}, C_{mkl}\} \quad (4)$$

$$[0058] \quad C_m = \frac{USL - LSL}{6s} \quad (5)$$

[0059] 在一些实施例中,当第一运行数据值是第一轴的角速度值时,其中USL为开发此机器人时所规定的第一轴的角速度的规格上限值,LSL为开发时所规定的第一轴的角速度的规格下限值。第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 表征第一运行数据值趋于规格上限值USL和规格下限值LSL的程度。

[0060] 方法300还包括步骤S303,在该步骤中,分别将第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 与第

一阈值 D_1 和第二阈值 D_2 进行比较,确定第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 是否同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$ 。

[0061] 若为是,即第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$,则继续进行到步骤S304。在步骤S304中,确定第一轴处于良好状况。

[0062] 若为否,即第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 不同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$,则继续进行到步骤S305。步骤S305将在后文进行详细描述。

[0063] 良好状况下的第一运行数据值可以按正态分布趋于平均值,标准差可能较小,与规格上限值USL和规格下限值LSL相差较多,因而第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 相对较大。利用第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 并合理设定第一阈值 D_1 和第二阈值 D_2 能够有效确定第一轴是否处于良好状况。

[0064] 在一些实施例中,其中,第一阈值 D_1 和第二阈值 D_2 是分别基于根据与良好状况下的第一轴相关联的历史第一运行数据值计算的第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 来预先设定的。

[0065] 例如,以第一运行数据值是第一轴的角速度值为例,针对过去预定时段(例如过去一年内),可以获取第一轴处于良好状况下与第一轴相关联的角速度值,基于这些角速度值,根据公式(4)和公式(5)计算出第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m ,来作为第一阈值和第二阈值。理论上,所采集的数据越多越准确,所计算出的第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 越有利于使得步骤S303中的判断结果准确反映机器人的第一轴的运行状况。

[0066] 在另一些实施例中,可以针对多个过去的预定时段(例如过去一年的每个月),分别采集多组与良好状况下的第一轴相关联的历史角速度值,针对每组历史角速度值,根据公式(4)和公式(5)分别计算相应的第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m ,得到多个第一判定值 C_{mk} 和多个第二判定值 C_m 。可以基于这多个第一判定值 C_{mk} 和多个第二判定值 C_m 中的至少一些来确定第一阈值和第二阈值。例如选取这多个第一判定值 C_{mk} 中的最小值为 D_1 ,以及这多个第二判定值 C_m 中的最小值为 D_2 。或者,例如选取比这多个第一判定值 C_{mk} 中的最小值还低一定比例(例如,5%)的数值为 D_1 ,并类似地设定 D_2 的值。

[0067] 在一些实施例中,第一阈值 D_1 可以是1.5,第二阈值 D_2 可以是2。

[0068] 方法300还包括步骤S305,在该步骤中,响应于第一判定值 C_{mk} 和第二判定值 C_m 不同时满足 $C_{mk} \geq D_1$ 并且 $C_m \geq D_2$,确定第一运行数据子集是否存在以下I) -V)中的情况之一。

[0069] 若I) -V)中的情况均不存在,则继续进行到步骤S304。在步骤S304中,确定第一轴处于良好状况。

[0070] 若存在I) -V)中的情况之一,则继续进行步骤S306和步骤S307。在步骤S306中,确定第一轴的运行状况异常。在步骤S307中,输出警报信息。以下将根据I) -V)中的每种情况对步骤S305-S307进行详细描述。

[0071] I) 存在连续的第一数量的第一运行数据值大于目标值,和存在连续的第二数量的第一运行数据值小于该目标值。即存在连续的 m_1 (m_1 为小于n的正整数)个第一运行数据值 $X_i, X_{i+1}, \dots, X_{m_1+i-1}$,每个值均大于目标值;或存在连续的 m_2 (m_2 为小于n的正整数)个第一运行数据值 $X_i, X_{i+1}, \dots, X_{m_2+i-1}$,每个值均小于目标值。

[0072] 在一些实施例中,该目标值是基于与良好状况下的第一轴相关联的历史第一运行数据值的平均值预先确定的。在一些实施例中,第一数量是根据经验或需求预先确定的。在

一些实施例中,第二数量是根据经验或需求预先确定的。

[0073] 如果存在I)中的情况之一,则继续进行步骤S306-S307。在步骤S306中,确定第一轴的运行状况异常。在步骤S307中,响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息。

[0074] 在一些实施例中,例如,如果存在连续50个第一轴的角速度值大于目标值,则确定第一轴的运行状况异常。或者,例如,如果存在连续50个第一轴的角速度值小于目标值,则确定第一轴的运行状况异常。

[0075] 其中,目标值可以是根据良好状况下的第一轴的历史角速度值(例如过去几个月内的第一轴的角速度值)获得的平均值。发明人观察到,理想情况下,第一轴的角速度值应该是在目标值(理想值)的一定范围内波动,如果连续大于平均值或连续小于平均值,说明通过第一轴实现的自由度可能存在一定的偏差。因此将良好状况下的第一轴的历史角速度值的平均值作为目标值作为参考进行判断,能够准确反映第一轴的运行状况是否理想。

[0076] 通过一定时间段内的一定数量的第一运行数据值的特征,能够有效确定第一运行数据值是否在一定时间段内偏离预定目标值,从而确定第一轴的运行状况。

[0077] II)存在连续的第三数量的第一运行数据值连续增加,和存在连续的第四数量的第一运行数据值连续降低。即,存在连续的 m_3 (m_3 为小于n的正整数)个第一运行数据值 $X_i, X_{i+1}, \dots, X_{m_3+i-1}$, $X_i < X_{i+1} < \dots < X_{m_3+i-1}$;或存在连续的 m_4 (m_4 为小于n的正整数)个第一运行数据值 $X_i, X_{i+1}, \dots, X_{m_4+i-1}$, $X_i > X_{i+1} > \dots > X_{m_4+i-1}$ 。

[0078] 在一些实施例中,第三数量是根据经验或需求预先确定的。在一些实施例中,第四数量是根据经验或需求预先确定的。

[0079] 如果存在II)中的情况之一,则继续进行步骤S306-S307。在步骤S306中,确定第一轴的运行状况异常。在步骤S307中,响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息。对于该情况,该警报信息可以指示第一轴老化。

[0080] 在一些实施例中,例如,如果存在连续50个第一轴的角速度值持续降低,则可能指示第一轴存在老化的风险。或者,如果存在连续50个第一轴的角速度值持续增加,则可能指示第一轴存在老化的风险。

[0081] III)存在连续的第五数量的组平均值连续增加,和存在连续的第六数量的组平均值连续降低,其中,以每连续预定数量的第一运行数据值为一组,每组中的第一运行数据值的平均值为该组的组平均值。即,以每连续1 (l 为小于n的正整数)个数量的第一运行数据值为一组,记为 $Y_j, Y_j = \{X_{j1-1+1}, X_{j1-1+2}, \dots, X_{j1}\}$; Y_j 的组平均值即为 $X_{j1-1+1}, X_{j1-1+2}, \dots, X_{j1}$ 的平均值,记为 $\overline{Y_j}$ 。存在连续的 m_5 (m_5 为小于n的正整数)个组平均值

$\overline{Y_j}, \overline{Y_{j+1}}, \dots, \overline{Y_{j+m_5-1}}, \overline{Y_j} < \overline{Y_{j+1}} < \dots < \overline{Y_{j+m_5-1}}$;或存在连续的 m_6 (m_6 为小于n的正整数)个组平均值 $\overline{Y_j}, \overline{Y_{j+1}}, \dots, \overline{Y_{j+m_6-1}}, \overline{Y_j} > \overline{Y_{j+1}} > \dots > \overline{Y_{j+m_6-1}}$ 。

[0082] 在一些实施例中,第五数量是根据经验或需求预先确定的。在一些实施例中,第六数量是根据经验或需求预先确定的。

[0083] 如果存在III)中的情况之一,则继续进行步骤S306-S307。在步骤S306中,确定第一轴的运行状况异常。在步骤S307中,响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息。

在该情况下,该警报信息可以指示第一轴老化。

[0084] 在一些实施例中,例如,当第一运行数据子集为500个第一轴的角速度值时,将该第一运行数据子集按每连续5个角速度值为一组样本,则该第一运行数据子集共包括100组样本(每组样本具有连续的5个角速度值)。如果存在连续50组样本中的角速度的平均值在持续增加,则可能指示第一轴存在老化的风险。或者,如果存在连续60组样本中的角速度的平均值在持续降低,则可能指示第一轴存在老化的风险。

[0085] 第III)种情况与第II)种情况类似,分别以一组第一运行数据值或以单个第一运行数据值为单元,通过确定是否存在第一运行数据值持续增加或降低的情况来确定第一轴的运行状况是否异常。通过一定时间段内的一定数量的第一运行数据值的变化特征,能够有效确定第一轴的运行状况,其中III)能进一步滤除奇异点值对判定结果的影响。

[0086] IV)存在连续的两组第一运行数据值的组平均值之间的差与目标值的比值大于预定偏差量值的预定比例,其中,以每连续预定数量的第一运行数据值为一组,每组中的第一运行数据值的平均值为该组的组平均值。即存在

$$[0087] \quad \frac{|\overline{Y_{j+1}} - \overline{Y_j}|}{T} > p * Class \quad (6)$$

[0088] 其中,以每连续1(1为小于n的正整数)个数量的第一运行数据值为一组,记为 $Y_j, Y_j = \{X_{j1-1+1}, X_{j1-1+2}, \dots, X_{j1}\}$; Y_j 的组平均值即为 $X_{j1-1+1}, X_{j1-1+2}, \dots, X_{j1}$ 的平均值,记为 $\overline{Y_j}$ 。 Y_j 和 Y_{j+1} 是第一运行数据子集中的任意两个连续的组,即 $Y_j = \{X_{j1-1+1}, X_{j1-1+2}, \dots, X_{j1}\}$, $Y_{j+1} = \{X_{j1+1}, X_{j1+2}, \dots, X_{j1+1}\}$;其中,T表示目标值,Class表示预定偏差量值,p表示预定比例。

[0089] 在一些实施例中,如上所述,该目标值可以是与良好状况下的第一轴相关联的历史第一运行数据值的平均值。在一些实施例中,该预定偏差量值是根据质量管控需求预先确定的。在一些实施例中,该预定比例是根据经验或需求预先确定的。

[0090] 如果存在IV)中的情况,则继续进行步骤S306-S307。在步骤S306中,确定第一轴的运行状况异常。在步骤S307中,响应于确定第一轴的运行状况异常,输出警报信息。在该情况下,该警报信息指示第一轴发生故障。

[0091] 在一些实施例中,例如,当第一运行数据子集为500个第一轴的角速度值时,将该第一运行数据子集按每连续10个角速度值为一组样本,则该第一运行数据子集共包括50组样本(每组样本具有连续的10个角速度值)。如果存在连续两组样本中的角速度的平均值满足不等式(6),则确定第一轴的运行状况异常。其中,该目标值可以是根据良好状况下的第一轴的历史角速度值(例如过去几个月内的第一轴的角速度值)的平均值预先确定的。其中,预定偏差量值与质量管控需求相关,例如可以根据质量管控需求(一级、二级和三级)确定预定偏差量值为7%、15%和20%,当为一级质量管控需求时,确定Class为7%。其中预定比例p为百分比数值,例如可以是40%。例如,当质量管控需求为一级时,若存在

$$\frac{|\overline{Y_{j+1}} - \overline{Y_j}|}{T} > 7\% * 40\%,$$

则确定第一轴的运行状况异常。本领域技术人员可以理解,偏差量值和p的值不限于此,可以根据需要设定。

[0092] 通过连续两个时间段内的一定数量的第一运行数据值的增加比例或降低比例,利用合理的质量管控需求,能够有效判定第一轴的运行状况是否符合当前质量管控需求。

[0093] V) 存在一组第一运行数据值的组平均值大于 $USL - 3s$, 和存在一组第一运行数据值的组平均值小于 $LSL + 3s$, 其中, 以每连续预定数量的第一运行数据值为一组, 每组中的第一运行数据值的平均值为该组的组平均值。即, 以每连续 l (l 为小于 n 的正整数) 个数量的第一运行数据值为一组, 记为 $Y_j, Y_j = \{X_{j1-l+1}, X_{j1-l+2}, \dots, X_{j1}\}$; Y_j 的组平均值即为 $X_{j1-l+1}, X_{j1-l+2}, \dots, X_{j1}$ 的平均值, 记为 \bar{Y}_j 。存在任意一组 Y_j 的平均值 $\bar{Y}_j > USL - 3s$; 或存在任意一组 Y_j 的平均值 $\bar{Y}_j < LSL + 3s$ 。

[0094] 如果存在V) 中的情况, 则继续进行步骤S306-S307。在步骤S306中, 确定第一轴的运行状况异常。在步骤S307中, 响应于确定第一轴的运行状况异常, 输出警报信息。在该情况下, 警报信息可以指示第一轴发生故障。

[0095] 在一些实施例中, 例如, 当第一运行数据子集为500个第一轴的角速度值时, 将该第一运行数据子集按每连续10个角速度值为一组样本, 则该第一运行数据子集共包括50组样本(每组样本具有连续的10个角速度值)。如果存在任意一组样本中的角速度的平均值大于 $USL - 3s$, 或者如果存在任意一组样本中的角速度的平均值小于 $LSL + 3s$, 则确定第一轴的运行状况异常。

[0096] 通过确定一定时间段内的一定数量的第一运行数据值的平均值是否远离规格上限值或规格下限值, 能够有效确定第一轴的运行状况。

[0097] 图4是示出可以实现根据本公开实施例的系统的一般硬件环境的示意图。

[0098] 现在参考图4, 示出了计算节点400的示例的示意图。计算节点400仅是合适的计算节点的一个示例, 并且不旨在暗示关于本文描述的实施例的使用范围或功能的任何限制。无论如何, 计算节点400都能够实现和/或执行上文阐述的任何功能。

[0099] 在计算节点400中, 存在计算机系统/服务器4012, 其可与众多其它通用或专用计算机系统环境或配置一起操作。可适于与计算机系统/服务器4012一起使用的众所周知的计算机系统、环境和/或配置的示例包括但不限于: 个人计算机系统、服务器计算机系统、瘦客户机、厚客户机、手持或膝上设备、多处理器系统、基于微处理器的系统、机顶盒、可编程消费电子产品、网络PC、小型计算机系统、大型计算机系统和包括任意上述系统或设备的分布式云计算技术环境, 等等。

[0100] 计算机系统/服务器4012可以在由计算机系统执行的计算机系统可执行指令(诸如程序模块)的一般语境下描述。一般而言, 程序模块可以包括执行特定的任务或者实现特定的抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、逻辑、数据结构等。计算机系统/服务器4012可以在分布式云计算环境中实践, 其中由通过通信网络链接的远程处理设备执行任务。在分布式云计算环境中, 程序模块可以位于包括存储器存储设备的本地或远程计算机系统存储介质二者上。

[0101] 如图4所示, 计算节点400中的计算机系统/服务器4012以通用计算设备的形式示出。计算机系统/服务器4012的组件可以包括但不限于: 一个或者多个处理器或者处理单元4016、系统存储器4028、将包括系统存储器4028的不同系统组件耦合到处理单元4016的总线4018。

[0102] 总线4018表示若干类型的总线结构中的任意一种或多种, 包括存储器总线或者存储器控制器、外围总线、加速图形端口、处理器或者使用各种总线结构中的任意总线结构的

局部总线。作为示例而非限制,这些体系结构包括但不限于工业标准体系结构 (ISA) 总线、微通道体系结构 (MAC) 总线、增强型ISA总线、视频电子标准协会 (VESA) 局部总线、外围组件互连 (PCI) 总线、外围组件互连高速 (PCIe) 和先进微控制器总线体系架构 (AMBA)。

[0103] 计算机系统/服务器4012典型地包括各种计算机系统可读介质。这些介质可以由计算机系统/服务器4012访问的任意可得介质,包括易失性和非易失性介质、可移除的和不可移除的介质。

[0104] 系统存储器4028可以包括以易失性存储器的形式的计算机系统可读介质,诸如随机存取存储器 (RAM) 4030和/或高速缓存存储器4032。计算机系统/服务器4012还可以包括其它可移除/不可移除的、易失性/非易失性的计算机系统存储介质。仅作为示例,可以提供用于从不可移除的非易失性磁介质 (未示出,并且通常被称为“硬盘驱动器”) 读取以及向不可移除的非易失性磁介质写入的存储系统4034。虽然未示出,可以提供用于从可移除的非易失性磁盘 (例如“软盘”) 读取以及向可移除的非易失性磁盘写入的磁盘驱动器,以及用于从可移除的非易失性光盘 (诸如CD-ROM、DVD-ROM或者其它光介质) 读取以及向可移除的非易失性光盘写入的光盘驱动器。在这些情况下,每个都可以通过一个或者多个数据介质接口连接到总线4018。如下文将进一步描绘和描述的,存储器4028可以包括至少一个程序产品,该程序产品具有一组 (例如至少一个) 程序模块,这些程序模块被配置以执行本公开的实施例的功能。

[0105] 通过示例而非限制,具有一组 (至少一个) 程序模块4042的程序/实用程序4040以及操作系统、一个或者多个应用程序、其它程序模块以及程序数据可被存储在存储器4028中。操作系统、一个或多个应用程序、其它程序模块以及程序数据或其某个组合中的每一个都可以包括网络环境的实现。程序模块4042一般执行如本文所描述的实施例中的功能和/或方法。

[0106] 计算机系统/服务器4012还可以与一个或多个外部设备4014 (诸如键盘、指示设备、显示器4024等)、使用户能够与计算机系统/服务器4012交互的一个或多个设备和/或使计算机系统/服务器4012能够与一个或多个其它计算设备通信的任何设备 (例如,网卡、调制解调器等) 进行通信。这种通信可以经由输入/输出 (I/O) 接口4022发生。还有,计算机系统/服务器4012可以经由网络适配器4020与一个或多个网络 (诸如局域网 (LAN)、通用广域网 (WAN) 和/或公共网络 (例如,互联网)) 进行通信。如所描绘的,网络适配器4020经由总线4018与计算机系统/服务器4012的其它组件通信。应当理解的是,虽然未示出,但是其它硬件和/或软件组件可以与计算机系统/服务器4012结合使用。示例包括但不限于:微代码、设备驱动器、冗余处理单元、外部盘驱动器阵列、RAID系统、磁带驱动器和数据存档存储系统等。

[0107] 本公开可以被实施为系统、方法和/或计算机程序产品。该计算机程序产品可以包括 (一个或多个) 计算机可读存储介质,其上具有计算机可读程序指令,用于使处理器执行本公开的方面。

[0108] 计算机可读存储介质是可以保持和存储用于由指令执行设备使用的指令的有形设备。计算机可读存储介质可以是例如 (但不限于) 电子存储设备、磁存储设备、光存储设备、电磁存储设备、半导体存储设备或者上述的任意合适的组合。计算机可读存储介质的更具体的示例的非穷举的列表包括以下:便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器 (RAM)、只

读存储器 (ROM)、可擦式可编程只读存储器 (EPROM或闪存)、静态随机存取存储器 (SRAM)、便携式压缩盘只读存储器 (CD-ROM)、数字通用盘 (DVD)、记忆棒、软盘、机械编码设备 (诸如其上存储有指令的打孔卡或凹槽内凸起结构) 以及上述的任意合适的组合。如本文所使用的计算机可读存储介质不被解释为瞬时信号本身, 诸如无线电波或者其它自由传播的电磁波、通过波导或其它传输介质传播的电磁波 (例如, 通过光纤电缆的光脉冲)、或者通过电线传输的电信号。

[0109] 本文所描述的计算机可读程序指令可以从计算机可读存储介质下载到各个计算/处理设备, 或者通过网络 (例如互联网、局域网、广域网和/或无线网) 下载到外部计算机或外部存储设备。网络可以包括铜传输电缆、光纤传输、无线传输、路由器、防火墙、交换机、网关计算机和/或边缘服务器。每个计算/处理设备中的网络适配器卡或者网络接口从网络接收计算机可读程序指令, 并转发这些计算机可读程序指令, 以供存储在各个计算/处理设备中的计算机可读存储介质中。

[0110] 用于执行本公开的操作的计算机可读程序指令可以是汇编指令、指令集架构 (ISA) 指令、机器指令、依赖机器的指令、微代码、固件指令、状态设置数据, 或者以一种或多种编程语言的任意组合编写的或者源代码或者目标代码, 这些编程语言包括面向对象的编程语言 (诸如Smalltalk、C++等) 以及常规过程式编程语言 (诸如“C”编程语言或类似的编程语言)。计算机可读程序指令可以完全地在用户的计算机上执行、部分地在用户的计算机上执行、作为独立的软件包执行、部分在用户的计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中, 远程计算机可以通过任意种类的网络 (包括局域网 (LAN) 或广域网 (WAN)) 连接到用户的计算机, 或者, 可以连接到外部计算机 (例如使用互联网服务提供商通过互联网)。在一些实施例中, 通过利用计算机可读程序指令的状态信息来个性化定制电子电路, 包括例如可编程逻辑电路、现场可编程门阵列 (FPGA) 或可编程逻辑阵列 (PLA), 该电子电路可以执行计算机可读程序指令, 以便执行本公开的方面。

[0111] 本文参考根据本公开的实施例的方法、装置 (系统) 和计算机程序产品的流程图和/或框图描述了本公开的方面。将理解的是, 流程图和/或框图的每个方框以及流程图和/或框图中各方框的组合, 都可以由计算机可读程序指令实现。

[0112] 这些计算机可读程序指令可以被提供给通用计算机、专用计算机或其它可编程数据处理装置的处理器以生产出机器, 使得这些指令在通过计算机或其它可编程数据处理装置的处理器执行时, 产生了实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/行为的装置。这些计算机可读程序指令也可被存储在计算机可读存储介质中, 这些计算机可读程序指令可以指导计算机、可编程数据处理装置和/或其它设备以特定方式工作, 从而, 其中存储有指令的计算机可读介质包括制造品, 该制造品包括实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/行为的方面的指令。

[0113] 计算机可读程序指令也可被加载到计算机、其它可编程数据处理装置、或其它设备上, 使得在计算机、其它可编程装置或其它设备上执行一系列操作步骤, 以产生计算机实现的过程, 从而使得在计算机、其它可编程装置或其它设备上执行的指令实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/行为。

[0114] 图中的流程图和框图显示了根据本公开的各个实施例的系统、方法和计算机程序

产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上,流程图或框图中的每个方框可以代表模块、段或指令的一部分,该模块、段或指令的一部分包含用于实现规定的(一个或多个)逻辑功能的一个或多个可执行指令。在一些替换的实现中,方框中所标注的功能也可以以不同于图中所标注的顺序发生。例如,取决于所涉及的功能,两个连续的方框实际上可以基本并行地执行,或者这些方框有时也可以按相反的顺序执行。还将注意的是,框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合,可以由执行规定的功能或行为的或执行专用硬件与计算机指令的组合的基于专用硬件的系统来实现。

[0115] 本领域技术人员还应当理解,在本公开的实施例中按照顺序例示的各种操作并不一定必须按照例示的顺序执行。本领域技术人员可以根据需要调整操作的顺序。本领域技术人员还可以根据需要,增加更多的操作或省略其中一些操作。

[0116] 对本公开的各种实施例的描述已经出于说明的目的给出,但是并不旨在是详尽的或限制于所公开的实施例。在不脱离所描述的实施例的范围和精神的情况下,许多修改和变化对于本领域普通技术人员来说将是显然的。选择本文使用的术语,以最好地解释实施例的原理、实际应用或对市场中发现的技术的技术改进,或者使本领域其他技术人员能够理解本文公开的实施例。

100

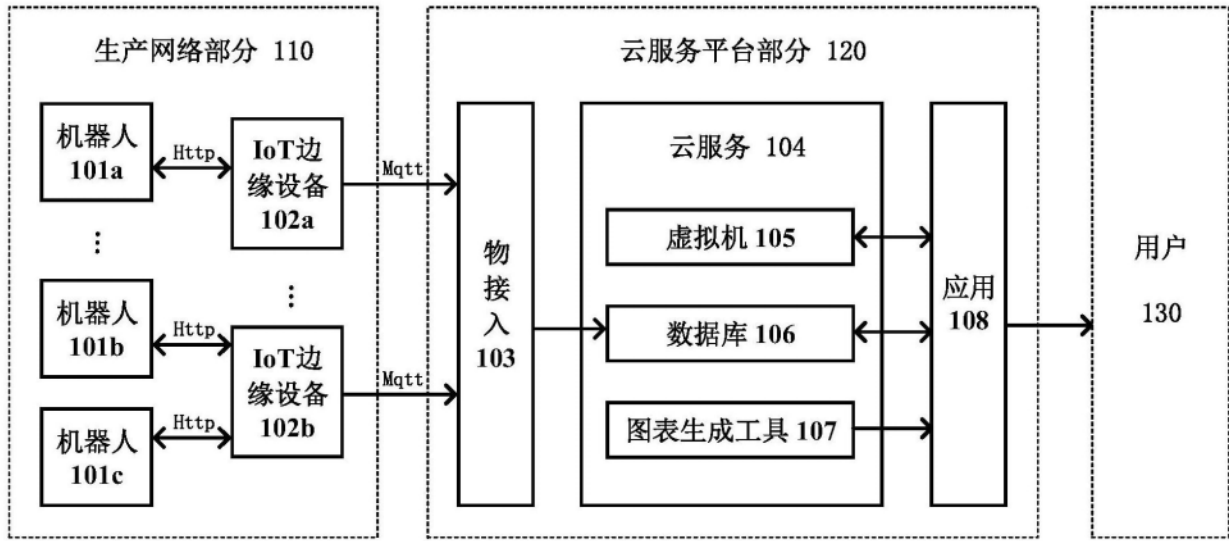


图1

200

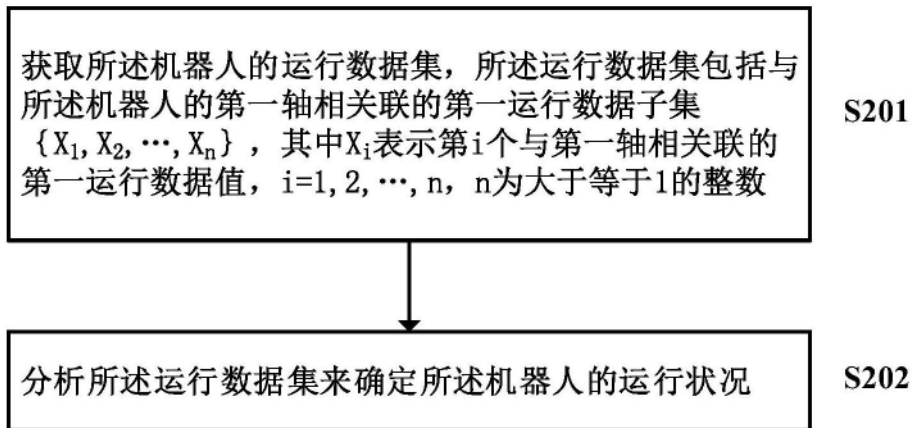


图2

300

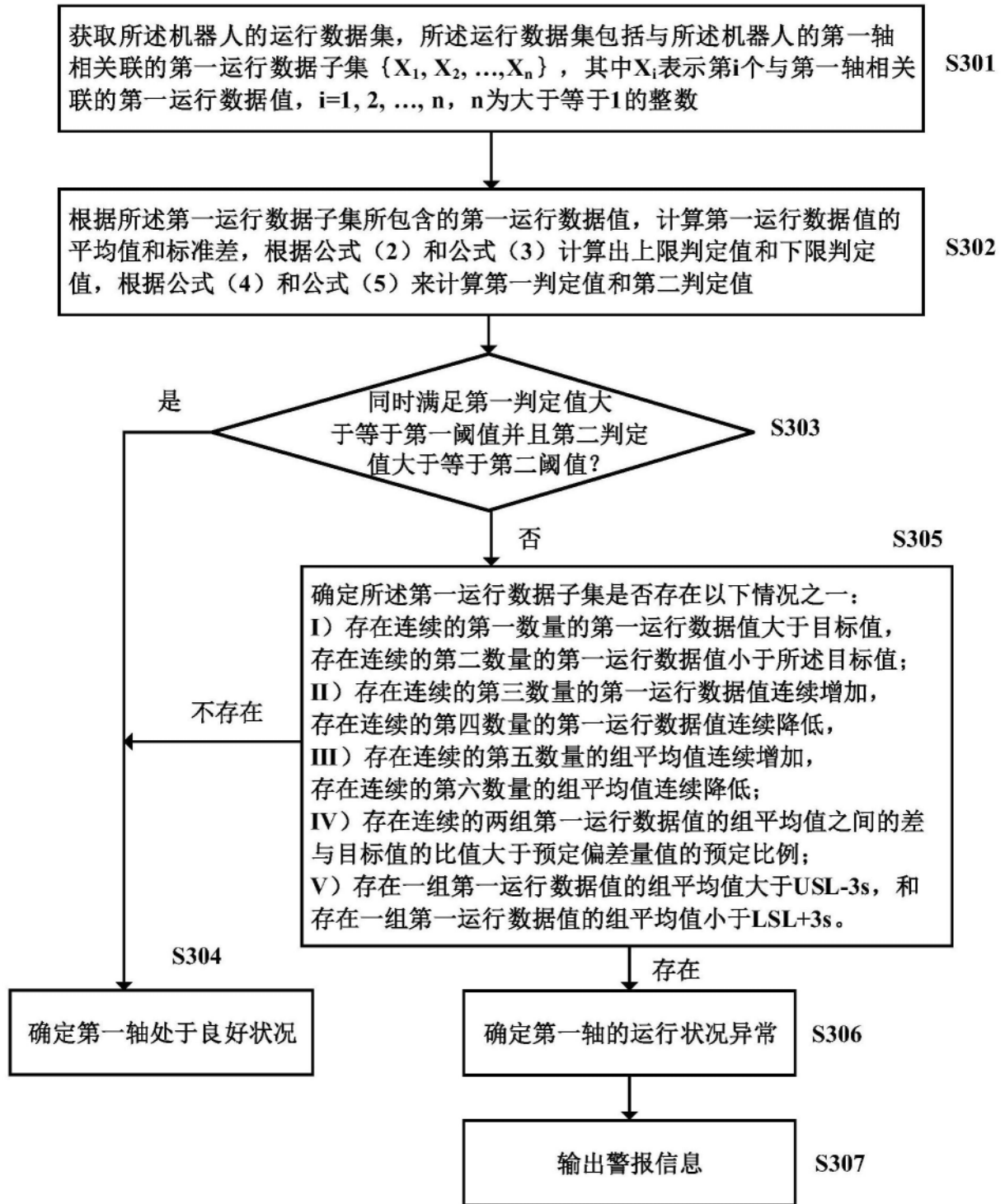


图3

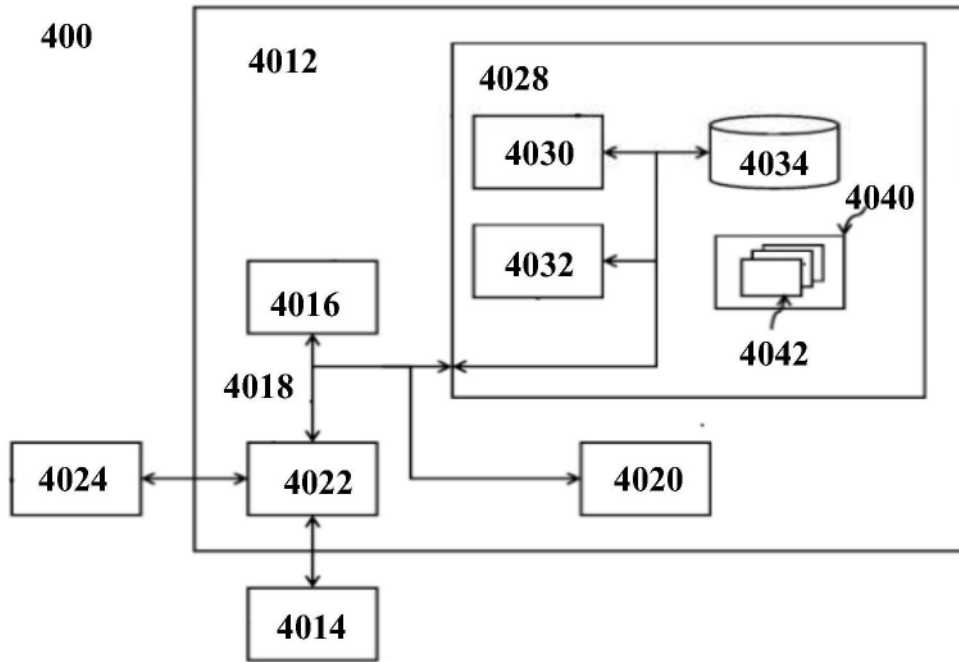


图4