



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117862954 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 12

(21) 申请号 202410102000.6

(22) 申请日 2024.01.24

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 周明东 金隼 罗磊 魏创

金一涵 唐钰哲

(74) 专利代理机构 上海旭诚知识产权代理有限公司 31220

专利代理师 郑立

(51) Int. Cl.

B23Q 17/09 (2006.01)

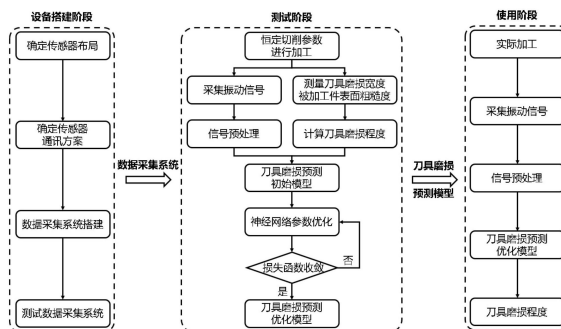
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种高精密坐标镗床刀具磨损智能预测方法

(57) 摘要

本发明公开一种高精密坐标镗床刀具磨损智能预测方法,涉及切削加工刀具技术领域,包括步骤一、设备搭建:确定传感器布置和通讯方案,据此完成数据采集系统搭建;步骤二、测试:进行铣削加工实验,采集机床振动信号并测量刀具后刀面磨损宽度与工件表面粗糙度,据此建立刀具磨损预测模型;步骤三、使用:将加工过程中采集的机床振动信号输入模型,即可根据实际振动信号判断当前刀具磨损程度,进而判断是否需要及时进行刀具更换。本发明识别高精密坐标镗床振动信号特征,能有效提高预测的准确性,通过判断刀具磨损程度预测值是否满足需求,从而提示工程师更换刀具,满足加工需求。



1. 一种高精坐标镗床刀具磨损智能预测方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、设备搭建:确定传感器布置和通讯方案,据此完成数据采集系统搭建;

步骤2、测试:进行铣削加工实验,采集机床振动信号并测量刀具后刀面磨损宽度与工件表面粗糙度,据此建立刀具磨损预测模型;

步骤3、使用:将加工过程中采集的机床振动信号输入模型,即可根据实际振动信号判断当前刀具磨损程度,进而判断是否需要及时进行刀具更换。

2. 如权利要求1所述高精坐标镗床刀具磨损智能预测方法,其特征在于,所述步骤1还包括如下步骤:

步骤1.1、确定传感器布局方案;

步骤1.2、确定传感器通讯方案;

步骤1.3、搭建数据采集系统;

步骤1.4、测试数据采集系统。

3. 如权利要求2所述高精坐标镗床刀具磨损智能预测方法,其特征在于,

在步骤1.1中,确定在电主轴、直线轴等关键部件的电机座和丝杠母等位置设置振动传感器,具体在对应位置的X、Y、Z三个方向设置所述振动传感器,以实现机床振动信号数据的全面采集;

在步骤1.2中,建立包含西门子PLC、Anybus模块、数控系统及PC的整体通讯系统方案,实现通信协议的转换及机床振动信号传输;

在步骤1.3中,连接所述振动传感器与所述西门子PLC,通过所述Anybus模块将profinet总线协议传输来的信号转换为ethercat总线协议的信号,实现将机床振动信号从所述传感器传输到所述数控系统及PC端;

在步骤1.4中,模拟机床振动情况,验证传感器数据能否准确采集并可靠地传输至数据处理系统;同时,检查通讯连接是否稳定,确保数据采集系统在实际工作中能够正常运行。

4. 如权利要求1所述高精坐标镗床刀具磨损智能预测方法,其特征在于,所述步骤2还包括如下步骤:

步骤2.1、开展铣削加工试验;

步骤2.2、采集机床振动信号;

步骤2.3、计算刀具磨损程度;

步骤2.4、测量工件表面粗糙度;

步骤2.5、机床振动信号数据预处理;

步骤2.6、建立刀具磨损预测初始模型;

步骤2.7、刀具磨损预测模型参数优化。

5. 如权利要求4所述高精坐标镗床刀具磨损智能预测方法,其特征在于,

在步骤2.1中,切削参数设置为主轴速度1100rpm、进给速度700mm/rpm,背吃刀量0.5mm;待切削材料是灰铸铁,试验刀具是铣削刀具,型号为SEHT1204AFTN-ZNS4020;

在步骤2.2中,通过搭建的数据采集系统采集刀具从无磨损状态到完全磨损失效的整段铣削加工过程的机床振动信号;

在步骤2.3中,使用宏观显微镜观测刀具,测量刀具后刀面磨损宽度,刀具磨损程度等于刀具后刀面磨损宽度除以刀具后刀面总宽度;

在步骤2.4中,在工件加工表面选择9个测点,通过粗糙度仪测量测点处表面粗糙度,将9个测点粗糙度取平均值作为工件表面粗糙度,根据工件表面粗糙度是否满足加工精度确定刀具磨损程度阈值;

在步骤2.5中,对机床振动信号数据进行截断处理,去除刀具空走数据;利用小波阈值降噪技术对截断后的铣削数据进行处理,消除噪音干扰和提取有效信息;对降噪后的数据进行时频特征提取,获取更具代表性和丰富度的振动信号特征;

在步骤2.6中,基于机器学习神经网络建立机床振动信号与刀具磨损程度的映射关系,形成刀具磨损预测初始模型,所述刀具磨损预测初始模型中的节点参数均为初始值,根据加工采集得到的数据集进行迭代优化;

在步骤2.7中,基于已有数据建立数据集,设定神经网络对应的损失函数,使用建立的数据集对所述刀具磨损预测初始模型进行参数优化迭代,通过损失函数是否收敛判断模型是否优化完成。

6.如权利要求1所述高精坐标镗床刀具磨损智能预测方法,其特征在于,所述步骤3还包括如下步骤:

步骤3.1、开展铣削加工;

步骤3.2、采集机床振动信号;

步骤3.3、机床振动信号数据预处理;

步骤3.4、刀具磨损程度预测。

7.如权利要求6所述高精坐标镗床刀具磨损智能预测方法,其特征在于,

在步骤3.1中,根据具体的工件材料和加工要求选择适当的刀具类型,并结合加工工艺确定合适的切削参数;针对不同材料和加工表面要求,调整主轴转速、进给速度以及被吃刀量等参数,以确保切削质量和加工效率;

在步骤3.2中,通过搭建的数据采集系统采集在铣削加工过程中的机床振动信号;

在步骤3.3中,记录机床振动信号,对记录的机床振动信号数据进行截断处理,对截断后的数据进行小波阈值降噪,降低噪声对信号分析的干扰;对降噪后的数据进行时频特征提取,提炼出关键的振动特征,减少数据量并为后续模型建立提供更为精确的输入;

在步骤3.4中,将预处理后的机床振动信号数据输入建立的刀具磨损预测优化模型,得到刀具磨损程度预测值。

8.如权利要求7所述高精坐标镗床刀具磨损智能预测方法,其特征在于,当刀具磨损程度预测值超过测试阶段确定的阈值,则判断刀具失效,需及时更换刀具以避免影响加工质量和工件精度;反之,若预测值未超过阈值,则可继续使用该刀具进行加工操作,从而实现更为有效的生产计划安排和资源利用。

9.如权利要求1-8任一项所述高精坐标镗床刀具磨损智能预测方法,其特征在于,所述刀具磨损预测模型在四轴加工中心上测试验证其可行性以及可拓展性。

10.如权利要求1-8任一项所述高精坐标镗床刀具磨损智能预测方法,其特征在于,所述振动传感器是加速度传感器,所述测试数据采集终端是东华测试数据采集终端,所述刀具磨损程度预测模型是基于贝叶斯岭神经网络搭建。

一种高精度坐标镗床刀具磨损智能预测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及切削加工刀具技术领域,尤其涉及一种高精度坐标镗床刀具磨损智能预测方法。

背景技术

[0002] 机床是机械制造的核心设备,它在现代制造业中具有重要的地位和作用。刀具是机床的核心零部件之一,是实现材料去除和形状加工的主要工具,在机械加工中起着至关重要的作用。

[0003] 刀具作为机床的核心零部件,通过实时预测刀具磨损程度,可以避免因使用过度磨损的刀具导致的加工质量下降、工件损坏或设备故障等问题。一把高性能的刀具能够提高加工的精度和表面质量;能够有效控制振动和噪音,提高设备的稳定性和可靠性;能够满足高速、高负载的加工需求,提高机械制造的生产效率和经济效益。

[0004] 刀具磨损程度的预测可以帮助制定合理的刀具更换计划,避免刀具失效导致的生产中断和成本增加。同时,及时更换磨损严重的刀具还可以保护机床和工件,延长其使用寿命。因此,刀具磨损程度的预测在机械加工过程中具有重要的应用价值。目前,刀具磨损程度预测方法主要是基于机器学习的方法,建立刀具磨损程度与加工工况信号之间的关系模型,结合模型和实时加工工况信号实现对刀具磨损程度的预测。而刀具磨损程度的预测技术缺乏针对高精度坐标镗床的刀具磨损预测方法;刀具磨损预测方法与实际加工结果缺少联系。

[0005] 因此,本领域的技术人员致力于开发一种高精度坐标镗床刀具磨损智能预测方法。

发明内容

[0006] 有鉴于现有技术的上述缺陷,本发明所要解决的技术问题是如何与实际切削加工结果相联系,对高精度坐标镗床的刀具磨损程度进行预测。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了一种高精度坐标镗床刀具磨损智能预测方法。包括以下步骤:

[0008] 步骤1、设备搭建:确定传感器布置和通讯方案,据此完成数据采集系统搭建;

[0009] 步骤2、测试:进行铣削加工实验,采集机床振动信号并测量刀具后刀面磨损宽度与工件表面粗糙度,据此建立刀具磨损预测模型;

[0010] 步骤3、使用:将加工过程中采集的机床振动信号输入模型,即可根据实际振动信号判断当前刀具磨损程度,进而判断是否需要及时进行刀具更换。

[0011] 进一步地,所述步骤1还包括如下步骤:

[0012] 步骤1.1、确定传感器布局方案;

[0013] 步骤1.2、确定传感器通讯方案;

[0014] 步骤1.3、搭建数据采集系统;

[0015] 步骤1.4、测试数据采集系统。

[0016] 进一步地，

[0017] 在步骤1.1中，确定在电主轴、直线轴等关键部件的电机座和丝杠母等位置设置振动传感器，具体在对应位置的X、Y、Z三个方向设置所述振动传感器，以实现将机床振动信号数据的全面采集；

[0018] 在步骤1.2中，建立包含西门子PLC、Anybus模块、数控系统及PC的整体通讯系统方案，实现通信协议的转换及机床振动信号传输；

[0019] 在步骤1.3中，连接所述振动传感器与所述西门子PLC，通过所述Anybus模块将profinet总线协议传输来的信号转换为ethercat总线协议的信号，实现将机床振动信号从所述传感器传输到所述数控系统及PC端；

[0020] 在步骤1.4中，模拟机床振动情况，验证传感器数据能否准确采集并可靠地传输至数据处理系统；同时，检查通讯连接是否稳定，确保数据采集系统在实际工作中能够正常运行。

[0021] 进一步地，所述步骤2还包括如下步骤：

[0022] 步骤2.1、开展铣削加工试验；

[0023] 步骤2.2、采集机床振动信号；

[0024] 步骤2.3、计算刀具磨损程度；

[0025] 步骤2.4、测量工件表面粗糙度；

[0026] 步骤2.5、机床振动信号数据预处理；

[0027] 步骤2.6、建立刀具磨损预测初始模型；

[0028] 步骤2.7、刀具磨损预测模型参数优化。

[0029] 进一步地，

[0030] 在步骤2.1中，切削参数设置为主轴速度1100rpm、进给速度700mm/rpm，背吃刀量0.5mm；待切削材料是灰铸铁，试验刀具是铣削刀具，型号为SEHT1204AFTN-ZNS4020；

[0031] 在步骤2.2中，通过搭建的数据采集系统采集刀具从无磨损状态到完全磨损失效的整段铣削加工过程的机床振动信号；

[0032] 在步骤2.3中，使用宏观显微镜观测刀具，测量刀具后刀面磨损宽度，刀具磨损程度等于刀具后刀面磨损宽度除以刀具后刀面总宽度；

[0033] 在步骤2.4中，在工件加工表面选择9个测点，通过粗糙度仪测量测点处表面粗糙度，将9个测点粗糙度取平均值作为工件表面粗糙度，根据工件表面粗糙度是否满足加工精度确定刀具磨损程度阈值；

[0034] 在步骤2.5中，对机床振动信号数据进行截断处理，去除刀具空走数据；利用小波阈值降噪技术对截断后的铣削数据进行处理，消除噪音干扰和提取有效信息；对降噪后的数据进行时频特征提取，获取更具代表性和丰富度的振动信号特征；

[0035] 在步骤2.6中，基于机器学习神经网络建立机床振动信号与刀具磨损程度的映射关系，形成刀具磨损预测初始模型，所述刀具磨损预测初始模型中的节点参数均为初始值，根据加工采集得到的数据集进行迭代优化；

[0036] 在步骤2.7中，基于已有数据建立数据集，设定神经网络对应的损失函数，使用建立的数据集对所述刀具磨损预测初始模型进行参数优化迭代，通过损失函数是否收敛判断

模型是否优化完成。

[0037] 进一步地,所述步骤3还包括如下步骤:

[0038] 步骤3.1、开展铣削加工;

[0039] 步骤3.2、采集机床振动信号;

[0040] 步骤3.3、机床振动信号数据预处理;

[0041] 步骤3.4、刀具磨损程度预测。

[0042] 进一步地,

[0043] 在步骤3.1中,根据具体的工件材料和加工要求选择适当的刀具类型,并结合加工工艺确定合适的切削参数;针对不同材料和加工表面要求,调整主轴转速、进给速度以及被吃刀量等参数,以确保切削质量和加工效率;

[0044] 在步骤3.2中,通过搭建的数据采集系统采集在铣削加工过程中的机床振动信号;

[0045] 在步骤3.3中,记录机床振动信号,对记录的机床振动信号数据进行截断处理,对截断后的数据进行小波阈值降噪,降低噪声对信号分析的干扰;对降噪后的数据进行时频特征提取,提炼出关键的振动特征,减少数据量并为后续模型建立提供更为精确的输入;

[0046] 在步骤3.4中,将预处理后的机床振动信号数据输入建立的刀具磨损预测优化模型,得到刀具磨损程度预测值。

[0047] 进一步地,当刀具磨损程度预测值超过测试阶段确定的阈值,则判断刀具失效,需及时更换刀具以避免影响加工质量和工件精度;反之,若预测值未超过阈值,则可继续使用该刀具进行加工操作,从而实现更为有效的生产计划安排和资源利用。

[0048] 进一步地,所述刀具磨损预测模型在四轴加工中心上测试验证其可行性以及可拓展性。

[0049] 进一步地,所述振动传感器是加速度传感器,所述测试数据采集终端是东华测试数据采集终端,所述刀具磨损程度预测模型是基于贝叶斯岭神经网络搭建。

[0050] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0051] (1) 采用本发明的方法识别高精密坐标镗床振动信号特征,能有效提高预测的准确性。

[0052] (2) 采用本发明的方法通过判断刀具磨损程度预测值是否满足需求,从而提示工程师更换刀具,满足加工需求。

[0053] 以下将结合附图对本发明的构思、具体结构及产生的技术效果作进一步说明,以充分地了解本发明的目的、特征和效果。

附图说明

[0054] 图1是本发明切削刀具磨损预测方法的流程示意图;

[0055] 图2是本发明实施例加速度传感器示意图。

[0056] 其中:1-加速度信号传输口,2-加速度传感器主体。

具体实施方式

[0057] 以下参考说明书附图介绍本发明的优选实施例,使其技术内容更加清楚和便于理解。本发明可以通过许多不同形式的实施例来得以体现,本发明的保护范围并非仅限于文

中提到的实施例。

[0058] 在附图中,结构相同的部件以相同数字标号表示,各处结构或功能相似的组件以相似数字标号表示。附图所示的每一组件的尺寸和厚度是任意示出的,本发明并没有限定每个组件的尺寸和厚度。为了使图示更清晰,附图中有些地方适当夸大了部件的厚度。

[0059] 本发明提出一种高精密坐标镗床刀具磨损智能预测方法,考虑高精密坐标镗床的加工特性,有针对性地布置加速度传感器,在高精密坐标镗床镗铣过程中测量机床的振动信号,基于机器学习神经网络建立刀具磨损预测模型。将刀具磨损预测模型与实际加工精度需求联系在一起。随着刀具磨损加剧,加工表面粗糙度逐渐增加,基于被加工件的加工表面粗糙度是否满足加工精度需求判断刀具磨损是否失效。

[0060] 如图1所示是本发明高精密坐标镗床加工过程刀具磨损预测方法的流程示意图,本发明方法主要包括以下三个步骤:

[0061] 第一步,设备搭建:需要确定传感器布置和通讯方案,据此完成数据采集系统搭建。

[0062] 第二步,测试:需要进行铣削加工实验,采集机床振动信号并测量刀具后刀面磨损宽度与工件表面粗糙度,据此建立刀具磨损预测模型。

[0063] 第三步,使用:将加工过程的机床振动信号输入模型,即可根据实际振动信号判断当前刀具磨损程度,进而判断是否需要及时进行刀具更换。

[0064] 以下详细介绍每个步骤的内容:

[0065] 步骤一、设备搭建

[0066] 1、确定传感器布局方案

[0067] 通过对机床的结构和工作原理进行分析,确定在电主轴、直线轴等关键部件的电机座和丝杠母等位置布置振动传感器。考虑到机床加工过程中的振动信号会在X、Y、Z三个方向上产生变化,因此需要在对应位置安装X、Y、Z三个方向的振动传感器,以实现机床振动信号数据的全面采集。

[0068] 2、确定传感器通讯方案

[0069] 建立包含西门子PLC、Anybus模块、数控系统及PC的整体通讯系统方案,实现通信协议的转换及机床振动信号传输。

[0070] 3、搭建数据采集系统

[0071] 根据传感器布局方案,在电主轴、直线轴等关键部件电机座和丝杠母等位置处安装振动传感器,连接传感器与西门子PLC,通过Anybus模块将profinet总线协议传输来的信号转换为ethercat总线协议的信号,实现了将机床振动信号从传感器传输到数控系统及PC端。

[0072] 4、测试数据采集系统

[0073] 在设备搭建完成后,模拟机床振动情况,验证传感器数据能否准确采集并可靠地传输至数据处理系统。同时,检查通讯连接是否稳定,确保数据采集系统在实际工作中能够正常运行。

[0074] 步骤二、测试

[0075] 1、开展铣削加工试验

[0076] 切削参数设置为主轴速度1100rpm、进给速度700mm/rpm,背吃刀量0.5mm。待切削

材料选取灰铸铁,刀具选择铣削刀片,型号为SEHT1204AFTN-ZNS4020。

[0077] 2、采集机床振动信号

[0078] 通过搭建的数据采集系统采集刀具从无磨损状态到完全磨损失效的整段铣削加工过程的机床振动信号。

[0079] 3、计算刀具磨损程度

[0080] 使用宏观显微镜观测刀具,测量刀具后刀面磨损宽度。刀具磨损程度等于刀具后刀面磨损宽度除以刀具后刀面总宽度。

[0081] 4、测量工件表面粗糙度

[0082] 在工件加工表面选择9个测点,通过粗糙度仪测量测点处表面粗糙度,将9个测点粗糙度取平均值作为工件表面粗糙度,根据工件表面粗糙度是否满足加工精度确定刀具磨损程度阈值。本步骤是为了评估加工表面的质量,从而间接地反映出刀具磨损的情况,为后续的分析提供了重要依据。

[0083] 5、机床振动信号数据预处理

[0084] 对机床振动信号数据进行截断处理,去除刀具空走数据;利用小波阈值降噪技术对截断后的铣削数据进行处理,消除噪音干扰和提取有效信息;对降噪后的数据进行时频特征提取,获取更具代表性和丰富度的振动信号特征。

[0085] 6、建立刀具磨损预测初始模型

[0086] 基于机器学习神经网络建立机床振动信号与刀具磨损程度的映射关系,形成刀具磨损预测初始模型,该模型中的节点参数均为初始值,需根据加工采集得到的数据集进行迭代优化。

[0087] 7、刀具磨损预测模型参数优化

[0088] 基于已有数据建立数据集,设定神经网络对应的损失函数,使用建立的数据集对刀具磨损预测初始模型进行参数优化迭代,通过损失函数是否收敛判断模型是否优化完成,这一优化过程将提升该模型预测的准确性。

[0089] 步骤三、使用

[0090] 1、开展铣削加工

[0091] 在开展实际铣削加工时,需要根据具体的工件材料和加工要求选择适当的刀具类型,并结合加工工艺确定合适的切削参数。针对不同材料和加工表面要求,需调整主轴转速、进给速度以及被吃刀量等参数,以确保切削质量和加工效率。

[0092] 2、采集机床振动信号

[0093] 通过搭建的数据采集系统采集在铣削加工过程中的机床振动信号。

[0094] 3、机床振动信号数据预处理

[0095] 为了获取有效的加工信号,对记录的机床振动信号数据进行截断处理;对截断后的数据进行小波阈值降噪,以降低噪声对信号分析的干扰;对降噪后的数据进行时频特征提取,以提炼出关键的振动特征,从而减少数据量并为后续模型建立提供更为精确的输入。

[0096] 4、刀具磨损程度预测

[0097] 将预处理后的机床振动信号数据输入建立的刀具磨损预测优化模型,得到刀具磨损程度预测值。当刀具磨损程度预测值超过测试阶段确定的阈值,则判断刀具失效,需及时更换刀具以避免影响加工质量和工件精度;反之,若预测值未超过阈值,则可继续使用该刀

具进行加工操作,从而实现更为有效的生产计划安排和资源利用。

[0098] 为验证该刀具磨损程度预测模型的可行性以及可拓展性,在已有的四轴加工中心进行了测试,采用如图2所示加速度传感器,通过加速度传感器主体2,采集四轴加工中心主轴和各直线轴振动信号,经加速度信号传输口1输入东华测试数据采集终端,输出CSV文件。基于贝叶斯岭神经网络搭建刀具磨损程度预测模型,模型结构可用如下伪代码表示:

[0099] 1导入代码所需函数库

[0100] 2导入训练数据集

[0101] 3搭建刀具磨损程度预测初始模型(输入信号格式)

[0102] 3.1创建一个空神经网络模型

[0103] 3.2为该神经网络模型增加全连接层及其他隐藏层

[0104] 3.3设置前向、反向参数优化公式

[0105] 4实例化一个刀具磨损程度预测模型

[0106] 5定义损失函数和优化器

[0107] 6设置循环轮数,开始循环优化

[0108] 6.1用训练集优化一轮神经网络节点参数

[0109] 6.2计算损失函数及其梯度

[0110] 6.3判断损失函数是否收敛,收敛则退出循环,未收敛则继续循环

[0111] 7在测试集上评估模型

[0112] 8输出训练集和测试集准确度

[0113] 采用本发明的方法识别高精密坐标镗床振动信号特征,能有效提高预测的准确性;通过判断刀具磨损程度预测值是否满足需求,从而提示工程师更换刀具,满足加工需求。

[0114] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解,本领域的普通技术无需创造性劳动就可以根据本发明的构思做出诸多修改和变化。因此,凡本技术领域技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

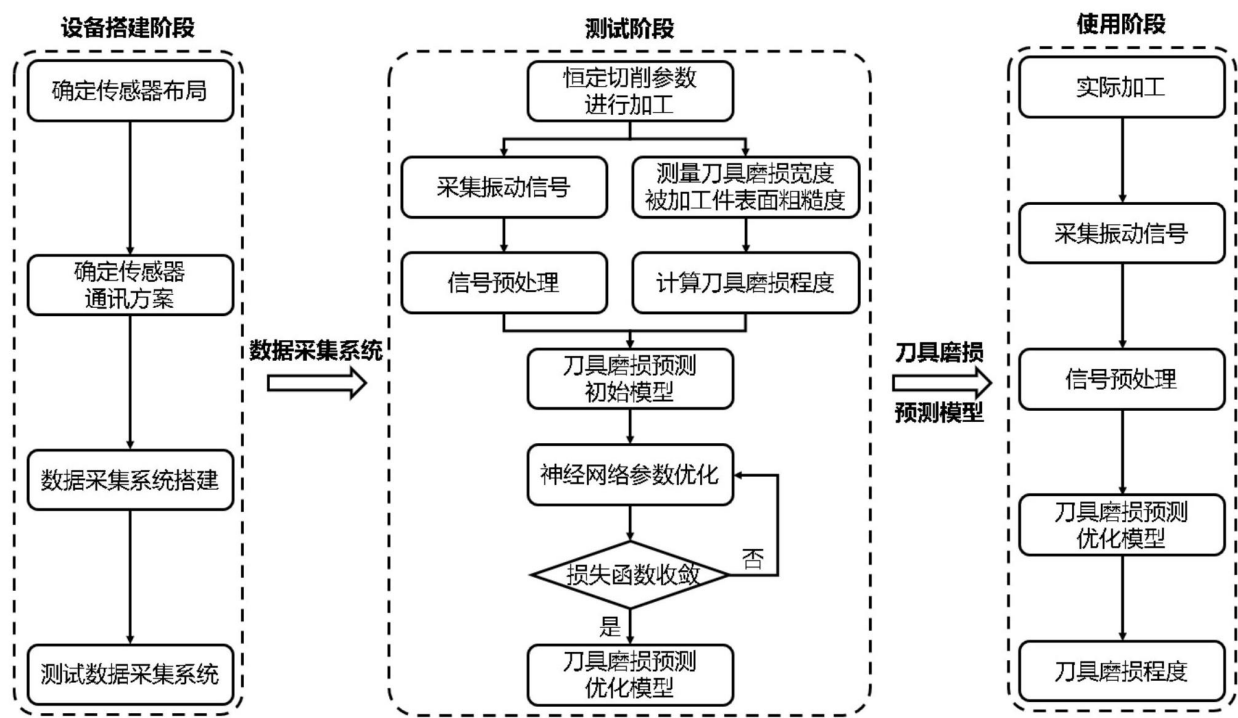


图1

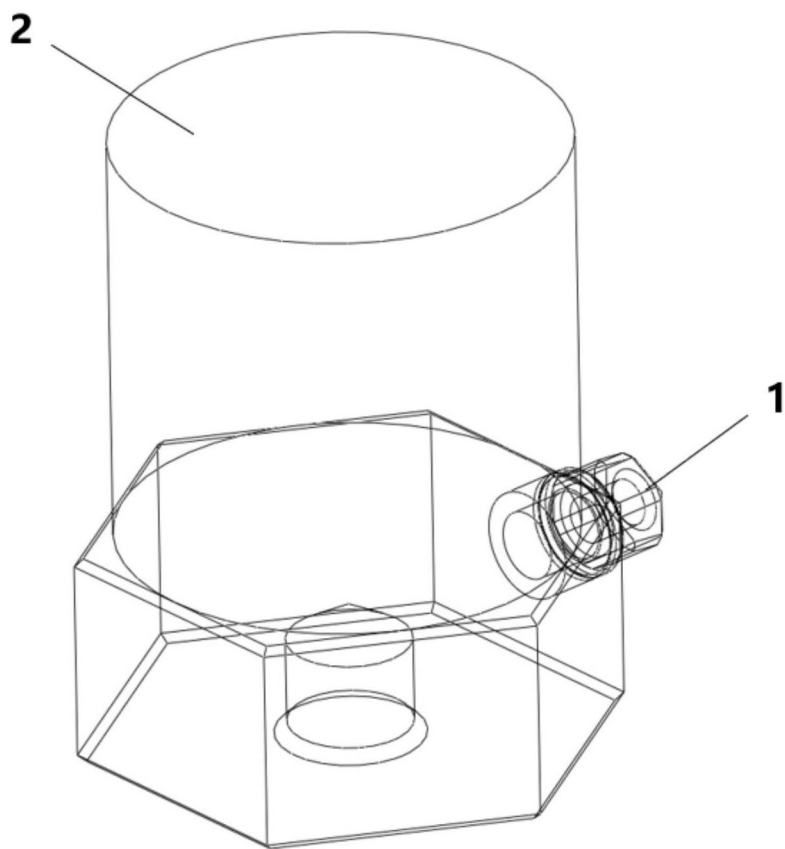


图2