



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104794492 B

(45)授权公告日 2017. 11. 14

(21)申请号 201510208660.3

(22)申请日 2015.04.27

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104794492 A

(43)申请公布日 2015.07.22

(73)专利权人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙坪坝正街174号

(72)发明人 谷振宇 杨坤 郑家佳 李林锋

金迪文

(74)专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有

限公司 11275

代理人 廖曦

(51)Int. Cl.

G06K 9/62(2006.01)

(56)对比文件

CN 103235555 A,2013.08.07,

CN 103632164 A,2014.03.12,

JP 3444074 B2,2003.09.08,

李学军等.类均值核主元分析法及在故障诊断中的应用.《机械工程学报》.2014,第50卷(第3期),

李巍华等.核函数主元分析及其在齿轮故障诊断中的应用.《机械工程学报》.2003,第39卷(第8期),

审查员 袁冠群

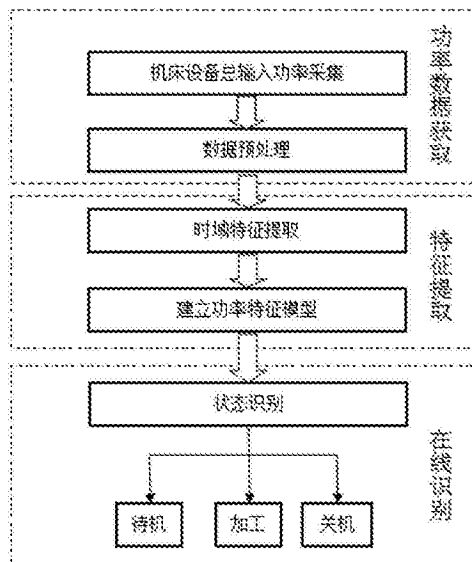
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法,属于机械制造业能耗、状态监测技术领域。该方法通过功率传感器实时采集机床设备总电源处的功率;采用滤波算法剔除采样功率数据中的异常值,对功率数据进行时域特征的提取,然后采用相关性分析法建立各状态的功率特征模型,最后通过建立的功率特征模型和KNN分类算法在线识别机床设备加工运行状态。本发明提供的一种基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法,具有较高的可靠性,为保证加工系统稳定安全运行和加工工件精度和质量,提高生产效率和设备利用率以及合理并优化使用机床设备提供现场信息支持。



1. 基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法,其特征在于:该方法具体包括以下步骤:

步骤一:采集机床总输入功率,通过功率传感器实时采集机床设备总电源处的功率,并对该功率数据进行预处理,通过数据滤波剔除采样功率数据中的异常值;

步骤二:建立功率特征模型,首先定义机床加工的运行状态,然后对功率数据进行时域特征的提取,即通过提取并计算预处理过后的功率数据的时域特征信息作为每个状态的特征向量,最后通过相关性分析法建立各状态的功率特征模型;

步骤三:运行状态在线识别,通过建立的功率特征模型和KNN分类算法在线识别机床设备加工运行状态;

所述步骤二建立功率特征模型具体包括以下步骤:

1) 将预处理过后的数据先进行分块,然后按块分别计算其时域特征信息,所述时域特征信息主要包括:极差、均方根、波峰系数、标准差、偏斜度、峭度,作为每个运行状态的特征向量 X , $X=[ran, rms, cf, std, ske, kur]$,其中 ran 为极差, rms 为均方根, cf 为波峰系数, std 为标准差, ske 为偏斜度, kur 为峭度;分块计算完成后,得到各个状态的 $m*6$ 维特征信息矩阵, m 为数据块的个数;

2) 对特征信息矩阵进行归一化处理,使其值满足在 $-1\sim 1$ 的范围内,再通过限幅滤波方法滤除异常值,用一维线性插值算法所得到的数据替代去除的数据,得到标准化的特征信息矩阵;

3) 相关性分析,即应用主成分分析法计算6个时域特征对数据的贡献率,表示对完整数据的反映程度,选出贡献率较高的时域特征,即反应完整数据90%以上信息的时域特征,以此建立各状态的功率特征模型。

2. 根据权利要求1所述的基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法,其特征在于:所述步骤一中的功率传感器的采样频率为5Hz,每秒采集5个功率数据。

3. 根据权利要求1所述的基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法,其特征在于:所述步骤二中定义机床加工的运行状态为待机、加工和关机三种状态。

4. 根据权利要求3所述的基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法,其特征在于:所述步骤三具体包括以下步骤:

1) 设置每个状态的状态标志,分别将功率特征模型中的三个状态标记为“1”,“2”,“0”待机为1、加工为2、关机为0;

2) k 值优化,即KNN分类算法中参数 k , k 的取值范围为 $1\sim 20$,把功率特征模型中的数据按4:1的比例随机的分为2组,分别为样本数据和训练数据,其中样本数据作为功率特征模型,即状态分类器,通过KNN分类算法对训练数据进行分类训练,分别计算不同 k 值下各个状态的误差率,选择每个状态下综合误差率最小时的 k 值作为分类算法的参数;

3) 在线识别,将实时测得的数据,即测试数据,经预处理和标准化后,得到测试数据点,通过KNN分类算法,即统计该测试数据点周围的 k 个最临近的点,根据建立的功率特征模型,分别计算该测试数据点周围最临近的状态“1”,“2”的个数,根据少数服从多数的原则确定该实测点所属的状态;如果在该测试数据点周围两个状态的个数相同,则根据空间上距离最近的原则确定该实测点所属的状态;

4) 关机状态识别,当功率传感器采集的功率数据在连续2个采样周期内采集的功率值

都等于0时,将机床运行状态判断为关机,状态标记为“0”。

基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法

技术领域

[0001] 本发明属于机械制造业能耗、状态监测技术领域,涉及一种基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法。

背景技术

[0002] 及时、准确地获取生产中机床设备的运行情况,掌握生产现场的加工信息,对于生产管理人员了解机床设备加工效率和利用率,把握加工进度,规划加工任务具有重要的意义。然而,由于生产现场环境复杂,设备的数控化程度参差不齐,以及数控系统间互操作性差等原因,一直难以准确实时地获取机床设备加工运行状态与生产信息。传统的人工统计方法容易受人为因素干扰,且实施成本较高,并存在准确性差、实时性低等问题,不利于在实际加工生产中推广使用。

[0003] 随着数控机床技术的发展,对于具有开放的软硬件接口的数控机床而言,可以通过插入宏指令读取数控系统内部信息,获取机床加工运行状态,获取方法相对容易。然而,对于没有开放数据接口的数控机床以及普通机床而言,自动实时获取加工运行状态的方法十分有限,因此迫切需要一种简单有效的加工运行状态获取方法。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法,该方法通过大量样本数据的时域特征建立了准确可靠的功率特征模型,通过KNN分类算法在线识别机床设备运行状态准确率高,稳定性好。

[0005] 为达到上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0006] 基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法,该方法具体包括以下步骤:

[0007] 步骤一:采集机床总输入功率,通过功率传感器实时采集机床设备总电源处的功率,并对该功率数据进行预处理,通过数据滤波剔除采样功率数据中的异常值;

[0008] 步骤二:建立功率特征模型,首先定义机床加工的运行状态,其次对功率数据进行时域特征的提取,即通过提取并计算预处理过后的功率数据的时域特征信息作为每个状态的特征向量,最后通过相关性分析法建立各状态的功率特征模型;

[0009] 步骤三:运行状态在线识别,通过建立的功率特征模型和KNN分类算法在线识别机床设备加工运行状态。

[0010] 进一步,所述步骤一中的功率传感器的采样频率为5Hz,每秒采集5个功率数据。

[0011] 进一步,所述步骤二中定义机床加工的运行状态为待机、加工和关机三种状态。

[0012] 进一步,所述步骤二建立功率特征模型具体包括以下步骤:

[0013] 1) 将预处理过后的数据先进行分块,然后按块计算其时域特征信息,所述时域特征信息主要包括:极差、均方根、波峰系数、标准差、偏斜度、峭度,作为每个运行状态的特征向量 X , $X=[ran,rms,cf,std,ske,kur]$,其中 ran 为极差, rms 为均方根, cf 为波峰系数, std

为标准差, ske为偏斜度, kur为峭度;分块计算完成后,得到各个状态的 $m \times 6$ 维特征信息矩阵, m 为数据块的个数;

[0014] 2) 对特征信息矩阵进行归一化处理,使其值满足在 $-1 \sim 1$ 的范围内,再通过限幅滤波方法滤除异常值,用一维线性插值算法所得到的数据替代去除的数据,得到标准化的特征信息矩阵;

[0015] 3) 相关性分析,即应用主成分分析法计算6个时域特征对数据的贡献率,表示对完整数据的反映程度,选出贡献率较高的时域特征,即反应完整数据90%以上信息的时域特征,以此建立各状态的功率特征模型。

[0016] 进一步,所述步骤四具体包括以下步骤:

[0017] 1) 设置每个状态的状态标志,分别将功率特征模型中的三个状态标记为“1”,“2”,“0”待机为1、加工为2、关机为0;

[0018] 2) k 值优化,即KNN分类算法中参数 k (k 的取值范围为 $1 \sim 20$)的选取,把功率特征模型中的数据按4:1的比例随机的分为2组,分别为样本数据和训练数据,其中样本数据作为功率特征模型,即状态分类器,通过KNN分类算法对训练数据进行分类训练,分别计算不同 k 值下各个状态的误差率,选择每个状态下综合误差率最小时的 k 值作为分类算法的参数;

[0019] 3) 在线识别,将实时测得的数据,即测试数据,经预处理和标准化后,得到测试数据点,通过KNN分类算法,即统计该测试数据点周围的 k 个最临近的点,根据建立的功率特征模型,分别计算该测试数据点周围最临近的状态“1”,“2”的个数,根据少数服从多数的原则确定该实测点所属的状态;如果在该测试数据点周围两个状态的个数相同,则根据空间上距离最近的原则确定该实测点所属的状态。

[0020] 4) 关机状态识别,当功率传感器采集的功率数据在连续2个采样周期内采集的功率值都等于0时,将机床运行状态判断为关机,状态标记为“0”。

[0021] 本发明的有益效果在于:本发明提供了一种基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法,通过提取功率数据时域特征,建立表征机床加工运行状态的功率特征模型,采集机床总输入功率,通过功率特征模型和KNN分类算法在线识别出机床设备加工运行状态;该方法只需采集机床设备总电源输入功率信息,即可识别机床加工运行状态,简单易操作;且功率数据测量简便,具有抗电压波动能力比较强,可避免切削环境中切削、振动等干扰的优点,仅需安装低成本的功率传感器,成本较低,方便实用,具有较高的可推广性。该方法基于大量样本数据的时域特征建立了准确可靠的功率特征模型,通过KNN分类算法在线识别机床设备运行状态准确率高,稳定性好。该方法可以为机床设备的利用率,加工效率提供数据支持,对于机床优化调度,加工参数优化,提高机床利用率有着重要的意义。

附图说明

[0022] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步的详细描述,其中:

[0023] 图1为本发明所述方法的流程框图;

[0024] 图2为限幅滤波算法流程图;

[0025] 图3为功率特征模型算法流程图;

[0026] 图4为待机和加工两种状态的功率特征模型;

[0027] 图5为取不同k值时KNN分类算法的误差率曲线。

具体实施方式

[0028] 下面将结合附图,对本发明的优选实施例进行详细的描述。

[0029] 本发明提供了一种基于功率特征模型的机床设备加工运行状态在线识别方法,其流程框图如附图1所示:定义机床加工的运行状态,机床加工的运行状态包括待机、加工和关机三种状态;首先采集机床总输入功率,接着以功率数据对状态分类器进行训练,即提取功率数据的时域特征,建立表征机床加工运行状态的功率特征模型,最后通过功率特征模型和KNN分类算法在线识别出机床设备加工运行状态。

[0030] 具体步骤如下:

[0031] 步骤一,采集机床总输入功率及数据预处理,通过功率传感器实时采集机床设备总电源处的功率,并通过滤波算法剔除采样功率数据中的异常值。每秒采集5个功率数据,即采样频率为5Hz。每个运行状态的功率数据采集量一定要足够大,以保证功率数据的完整性和准确性。

[0032] 在实际的加工生产过程中,往往存在大量的干扰,如果不进行处理,将直接影响后续的操作,造成在线状态识别不准确。因此,在使用功率数据之前,需要对其进行处理,剔除其中的异常值,以保证数据的可靠性和准确性。本发明通过限幅滤波算法来进行数据的滤波处理,利用该方法,可以有效的滤除高低频脉冲干扰。

[0033] 限幅滤波算法的流程如图2所示:首先,将某一状态的数据按照从小到大的顺序排列,设定上、下百分位数,根据数据分布选择合适的上、下百分位数,如[2,98],即上百分位数为98百分位数,下百分位数为2百分位数。接着,计算上、下百分位数所对应的值 $[p_1, p_2]$,判断该状态中的数据是否在 $[p_1, p_2]$ 范围内,如果在,则不做任何变化;如果不在,则利用一维线性插值算法产生的新数据替代原有的数据,以此达到滤除脉冲干扰的目的。下面步骤三中的归一化处理也同样用到该滤波算法。

[0034] 步骤二,建立功率特征模型,首先定义机床加工的运行状态,其次对功率数据进行时域特征的提取,即通过提取并计算预处理过后的功率数据的时域特征信息作为每个状态的特征向量,最后通过相关性分析法建立各状态的功率特征模型。通过大量功率数据建立准确的功率特征模型是本发明的核心所在,功率特征模型的准确性包括3个方面,一是功率数据本身的准确性,二是机床运行各状态数据的完整性,三是数据处理的准确性。功率特征模型的建立如附图3所示:

[0035] ①将机床加工的运行状态定义为待机、加工和关机三种状态。其中,总电源开启(数控系统启动)为待机状态,主轴开启以及切削过程为加工状态,主电源关闭为关机状态。

[0036] ②将预处理过后的数据先进行分块,以5个数据为一块,即每1s所采集的数据为一个子状态,然后按块计算其时域特征信息,主要包括:极差、均方根、波峰系数、标准差、偏斜度、峭度,作为每个运行状态的特征向量 X , $X = [ran, rms, cf, std, ske, kur]$,其中 ran 为极差, rms 为均方根, cf 为波峰系数, std 为标准差, ske 为偏斜度, kur 为峭度;分块计算完成后,可以得到各个状态的 $m*6$ 维特征信息矩阵, m 为数据块的个数。

[0037] 分块数据量过小会导致数据块增多,增加运算的复杂性,数据量过大可能会导致在一个数据块中包含2个不同的状态,使计算产生重大的误差,考虑到采样频率因此以5个

数据为一块,以简化计算,防止误差产生。

[0038] ③对特征信息矩阵进行归一化处理,使其值满足在-1~1的范围内,再通过限幅滤波方法,即设定上、下百分位数法剔除异常值,用一维线性插值算法所得到的数据替代剔除的数据,由此得到标准化的特征信息矩阵。

[0039] ④相关性分析,即应用主成分分析法计算6个时域特征对数据的贡献率,表示对完整数据的反映程度,选出贡献率较高的时域特征,使其能满足反映完整数据的绝大部分信息,这里取为0.9,即反应完整数据90%以上信息的时域特征,以此建立各状态的功率特征模型。

[0040] 数据量越大,计算量就越大,那么对数据处理的实时性就越低,所以对于大量数据要进行简化处理,这里采用主成分分析法,可以降低功率特征矩阵的维度,进而降低数据的复杂性,减少算法的计算量。

[0041] 步骤三,运行状态在线识别,即通过建立的功率特征模型和KNN分类算法在线识别出机床设备加工运行过程中所处的状态。KNN算法是一种基于实例的分类方法,简单有效,属于懒惰学习算法,计算速度快,对于类域的交叉或重叠较多的待分样本集来说,KNN算法较其他方法更为适合。

[0042] ①设置每个状态的状态标志,分别将功率特征模型中的三个状态标记为“1”,“2”,“0”待机为1、加工为2、关机为0;

[0043] ②k值优化,即KNN分类算法中参数k(k的取值范围为1~20)的选取,为了计算简便,把功率特征模型中的数据按4:1的比例随机的分为2组,分别为样本数据和训练数据,其中样本数据作为功率特征模型,即状态分类器,通过KNN分类算法对训练数据进行分类,分别计算不同k值下各个状态的误差率,选择每个状态下综合误差率最小时的k值作为分类算法的参数。

[0044] ③在线识别,将实时测得的数据,即测试数据,经预处理和标准化后,得到测试数据点,通过KNN分类算法,即统计该测试数据点周围的k个最临近的点,根据建立的功率特征模型,分别计算该测试数据点周围最临近的状态“1”,“2”的个数,按照“少数服从多数”的原则确定该实测点所属的状态;如果在该测试数据点周围两个状态的个数相同,那么按照“空间上距离最近”的原则确定该实测点所属的状态。

[0045] ④关机状态识别,当功率传感器采集的功率数据在连续2个采样周期内采集的功率值都等于0时,将机床运行状态判断为关机,状态标记为“0”。

[0046] 由此便可最终确定该机床设备所处的加工运行状态。

[0047] 实施例

[0048] 本发明基于某车间的一台SmartCNC 500数控机床,在该机床总电源处通过功率传感器实时采集其整个加工过程(待机—加工—关机)的输入功率数据,采样周期为20ms。根据需要采集两组数据:样本数据和测试数据,首先采集样本数据(30min),对于待机状态,要采集不同情况下的待机状态的输入功率,如加工前的待机状态,以及加工结束后的待机状态。对于加工状态,要采集多个加工过程的输入功率,以保证样本数据的完整性和全面性;其次采集测试数据(5min),直接采集一个完整的加工过程的输入功率数据。对样本数据进行相关处理后建立该机床的状态分类器,即功率特征模型,通过训练可对分类算法k值进行优化,再用测试数据进行验证,通过仿真可以得到该在线识别方法的误差率和准确性。表一

为所测得的样本数据,表二为所测得的测试数据,图4为待机和加工两种状态的功率特征模型,图5为取不同k值时分类算法的误差率曲线。

[0049] 表一 SmartCNC 500数控机床输入功率样本数据

时间	机床输入功率	运行状态	时间	机床输入功率	运行状态
	(w)			(w)	
15:00:00	0		15:15:30	2132	2
15:00:30	0		15:16:30	2567	2
15:01:00	187	1	15:17:30	2766	2
15:01:30	197	1	15:18:30	2643	2
15:02:00	1868	1	15:19:30	2518	2
15:02:30	1746	1	15:20:30	2478	2
15:03:30	1586	1	15:21:30	2600	2
15:04:30	1770	1	15:22:30	2546	2
15:05:30	1567	1	15:23:30	2589	2
15:06:30	1736	1	15:24:30	2674	2
15:07:30	1749	1	15:25:30	2159	2
15:08:30	1449	1	15:26:30	2298	2
15:09:30	1470	1	15:27:30	2067	2
15:10:30	1593	1	15:28:30	1934	2
15:11:30	1737	1	15:29:00	2177	2
15:12:30	1655	1	15:29:30	2075	2
15:13:30	1598	1	15:29:45	2048	2
15:14:30	2342	2	15:30:00	0	0

[0051] 表二 SmartCNC 500数控机床输入功率测试数据

[0052]

时间	机床输入功率	运行状态	时间	机床输入功率	运行状态
	(w)			(w)	
16:00:00	0		16:02:00	2471	2
16:00:05	167	1	16:02:20	2567	2
16:00:10	172	1	16:02:40	2498	2
16:00:15	178	1	16:03:00	2643	2

[0053]

16:00:20	196	1	16:03:20	2538	2
16:00:25	194	1	16:03:40	2479	2
16:00:30	1458	1	16:04:00	2512	2
16:00:45	1475	1	16:04:20	2377	2
16:01:00	1589	1	16:04:30	2511	2
16:01:15	1575	1	16:04:40	1482	1
16:01:30	1539	1	16:04:50	0	0
16:01:45	2550	2	16:05:00	0	0

[0054] 上述表格中的数据只是截取的一部分,其中运行状态“1”代表待机,“2”代表加工,“0”为关机。

[0055] 通过表1样本数据建立功率特征模型,基于KNN分类算法对表2测试数据进行运行状态识别。通过Matlab平台对2组数据进行仿真测试,在图4中两种运行状态有比较明显的区域分界;在图5中,KNN分类算法在不同的参数K值下的误差曲线,可以看出K取4时两个状态的综合误差率最小,分别为:待机1.02%,加工0.62%,该功率特征模型和分类算法对于两个状态的识别准确度很高,尤其是对于加工状态。

[0056] 通过以上实施例,可以看出本发明对于机床设备加工运行状态具有较高的识别准确度,方法简单,易操作,具有较好的应用前景。

[0057] 最后说明的是,以上优选实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管通过上述优选实施例已经对本发明进行了详细的描述,但本领域技术人员应当理解,可以在形式上和细节上对其作出各种各样的改变,而不偏离本发明权利要求书所限定的范围。

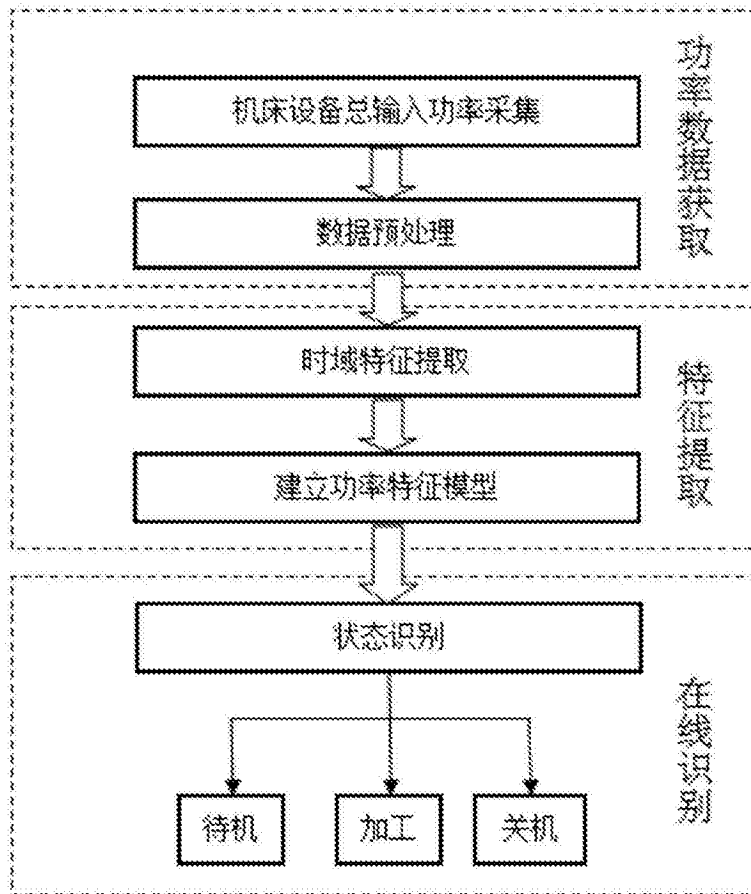


图1

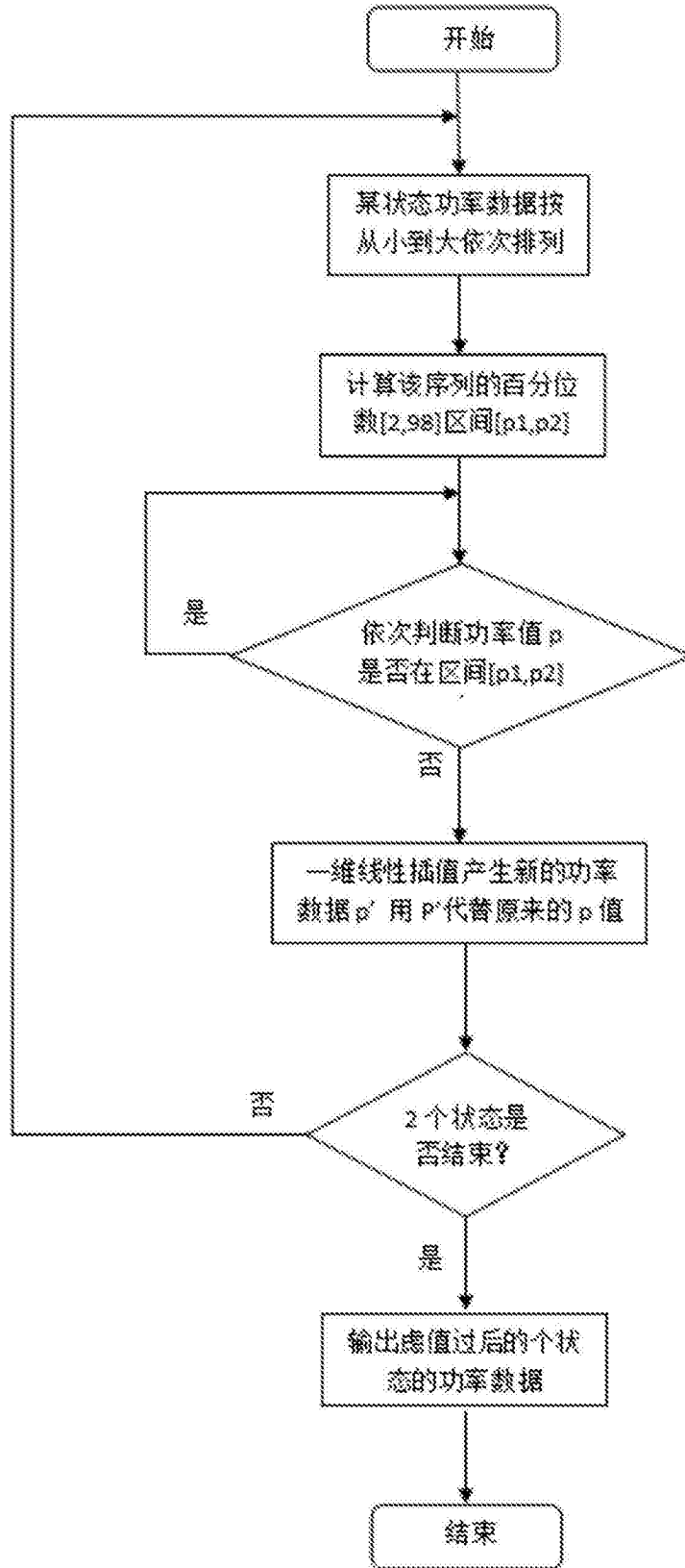


图2

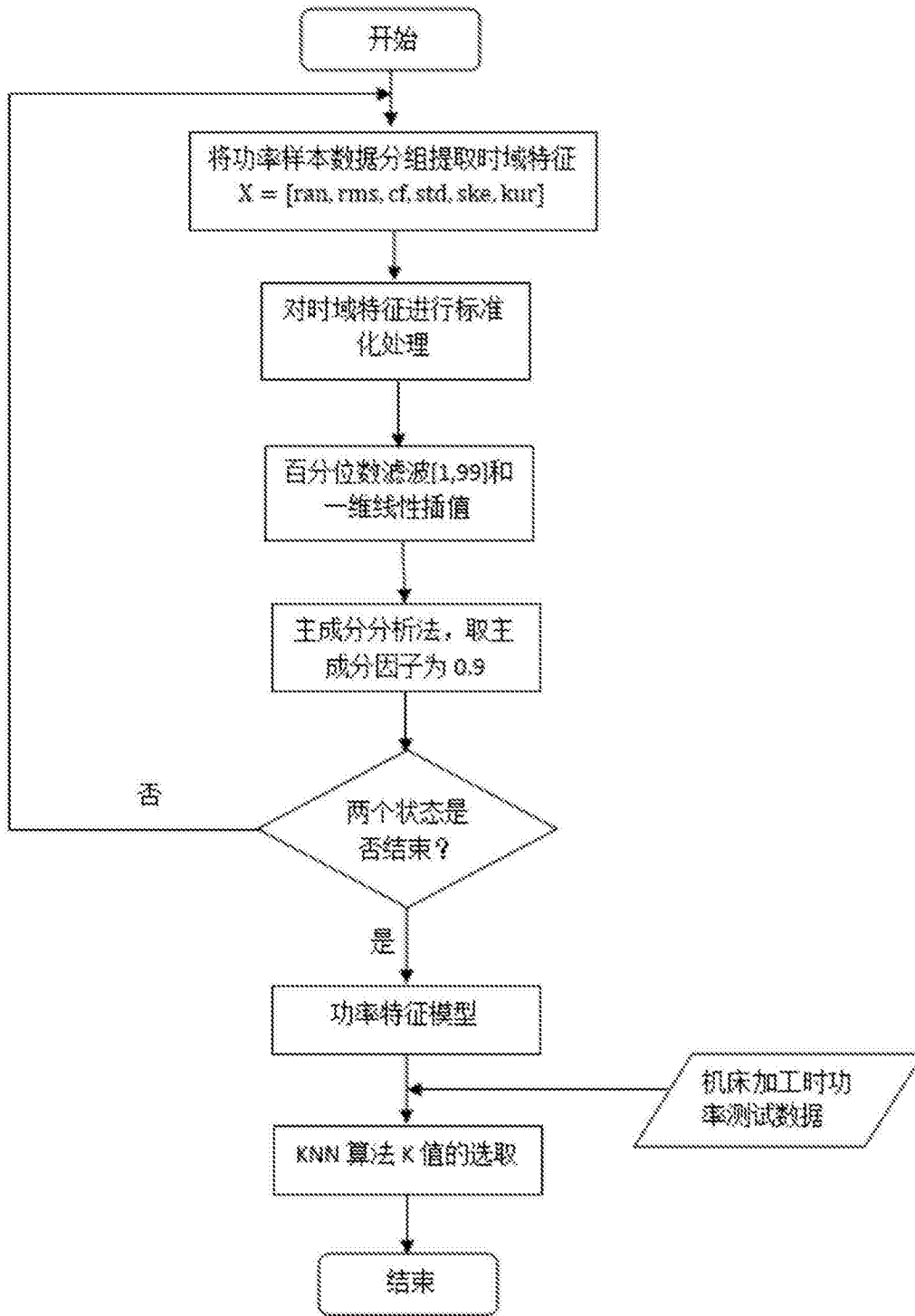


图3

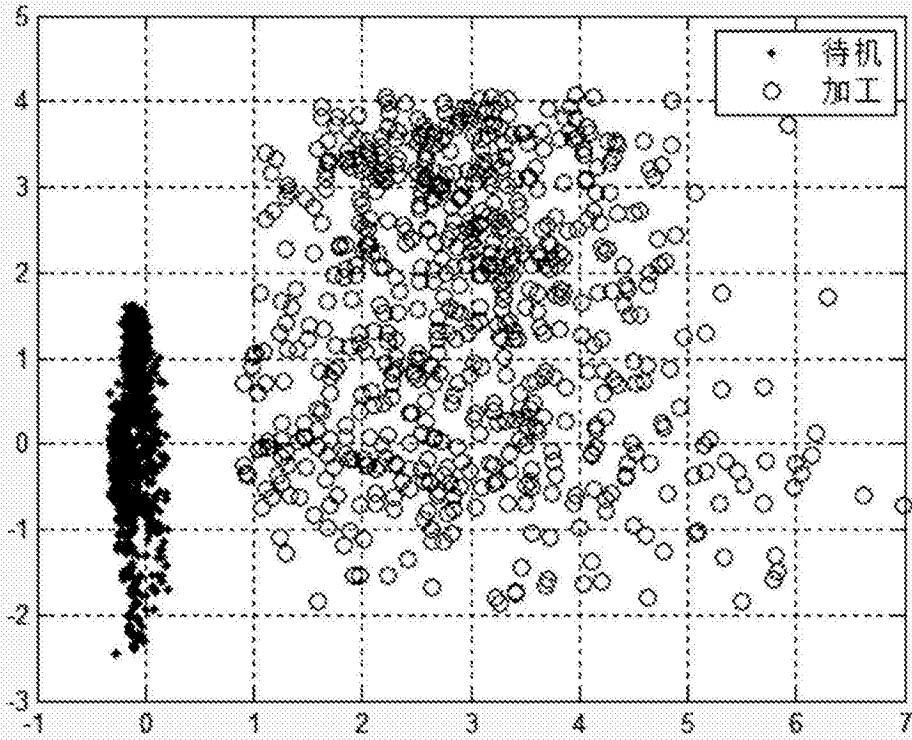


图4

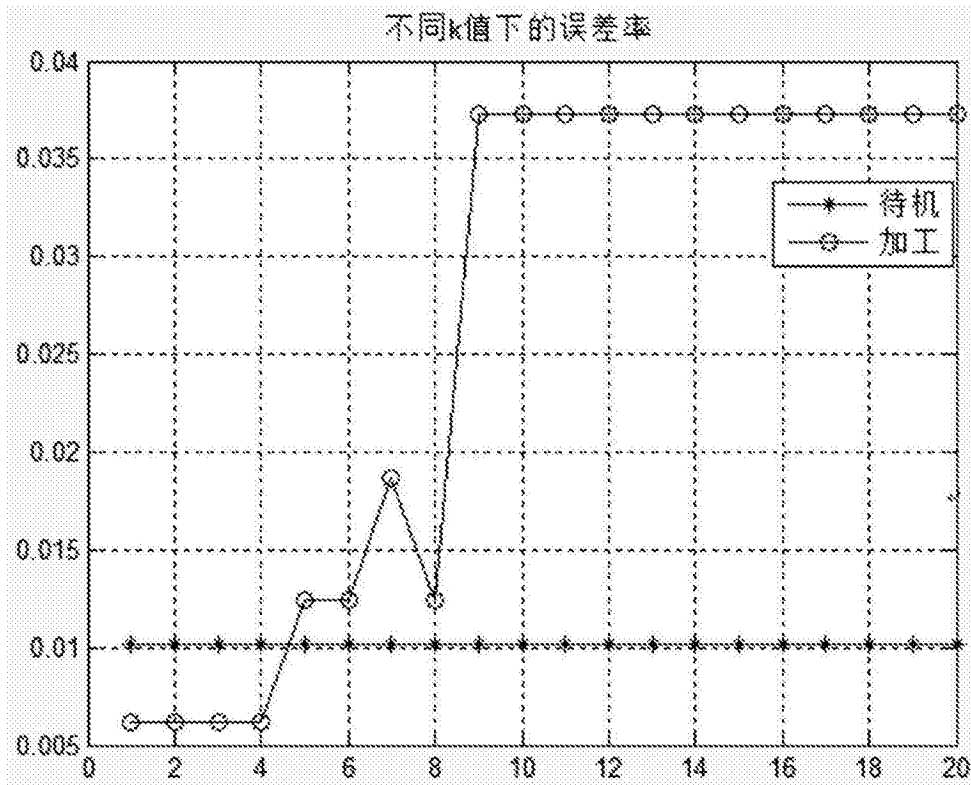


图5