



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102091972 A

(43) 申请公布日 2011. 06. 15

(21) 申请号 201010607532. 3

(22) 申请日 2010. 12. 28

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

申请人 武汉华中数控股份有限公司

(72) 发明人 李斌 刘红奇 毛新勇 丁玉发
彭芳瑜 毛宽民

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 曹葆青

(51) Int. Cl.

B23Q 17/09 (2006. 01)

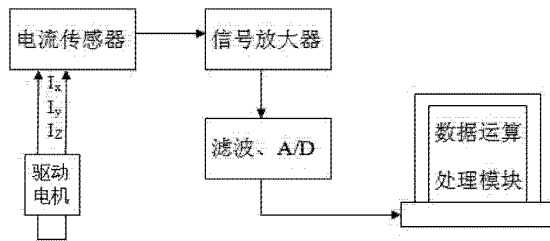
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

一种数控机床刀具磨损监测方法

(57) 摘要

本发明属于数控机床刀具磨损测量领域,为一种数控机床刀具磨损监测方法。数控机床的伺服驱动电机电流信号能反映随着刀具磨损导致切削负荷的变化;对采集的伺服驱动电流信号进行分析处理;利用小波包分解技术对信号在频域内进行分解,得出信号在各个频域段内的时频域特征,自动选择与刀具磨损强相关的多个特征;通过神经网络对刀具磨损过程进行学习,得出刀具磨损规律;反过来,实时获取刀具的磨损特征,与学习所得的刀具磨损规律进行匹配,来待监测刀具磨损状态。本发明突破了已有刀具磨损监测方法无法实现在线实时监测难题,实现利用数控机床伺服驱动本身的信号,易实现与数控系统的集成,降低监测成本并保证监测精度。



1. 一种数控机床刀具磨损监测方法,其步骤如下:

第1步 利用霍尔电流传感器分别测量数控机床驱动电机的三相输出电流;

第2步 对测量的输出电流分别通过放大、滤波与A/D转换,得到电流数字信号,该电流数字信号即加工信号;

第3步 对加工信号进行预处理,获取待监测刀具加工时的电流信号段,即待监测刀具切削信号段;

第4步 利用小波包分解方法对待监测刀具切削信号段进行处理,得到多个信号特征;

第5步 从上述多个信号特征中选择与刀具磨损强相关的预测信号特征;

第6步 利用预测信号特征与该预测信号特征对应时刻的刀具加工时间,通过多项式拟合,建立预测信号特征与刀具加工时间的关系曲线,即待监测刀具信号特征变化趋势曲线;

第7步 将待监测刀具信号特征变化趋势曲线中的预测趋势信号特征代入学习刀具磨损规律中,得到刀具的磨损量;

第8步 重复步骤第1步~第7步过程,不断监测刀具的磨损量,直至刀具的磨损量达到磨钝标准,更换刀具。

2. 根据权利要求1所述的数控机床刀具磨损监测方法,其特征在于,所述学习刀具磨损规律按照下述方式获取:

首先,获取学习刀具信号特征,再利用学习信号特征与该学习信号特征对应时刻的刀具加工时间,通过多项式拟合,建立学习信号特征与刀具加工时间的关系曲线,获得学习刀具从新刀至磨损的学习刀具信号特征变化趋势曲线,该学习刀具信号特征变化趋势曲线上,横坐标为刀具加工时间,纵坐标值即为学习趋势信号特征;

其次,利用学习趋势信号特征与该学习趋势信号特征对应时刻测量获得的刀具磨损量,将学习趋势信号特征作为神经网络的输入,刀具磨损量作为神经网络的输出,通过神经网络训练,建立学习趋势信号特征与刀具磨损量之间的关系,获得刀具学习磨损规律。

一种数控机床刀具磨损监测方法

技术领域

[0001] 本发明属于数控机床刀具磨损测量领域,为一种大批量生产中刀具磨损状态在线、实时监测方法。

背景技术

[0002] 多年来,国内外学者在刀具磨损在线监测方面作了大量的工作,并在监测方法、监控参数的选择、信号处理识别领域取得了显著成果,有些方法已经用于生产。传统的刀具磨损状态监测方法是基于刀具体积损失的相关特征,通过接触测量或者 CCD 成像等,直接获得刀具的磨损值。例如见中国专利申请号为:CN200910031737.9,发明名称为:基于形状复制的数控铣削加工刀具磨损测量方法,将刀具形状复制在复印材料上,实现对刀具磨损测量。中国专利申请号为:CN200910082547.X,发明名称为:基于影像的刀具在线检测与补偿系统及方法,利用摄像装置获取刀具的影像,通过图像处理获知刀具磨损量。中国专利申请号为:CN94201963.6,发明名称为:数控机床刀具磨损机内测量装置,通过机械装置测量刀具磨损值。同时,通过监测与刀具磨损有关的各种信号,包括:声发射、振动、扭矩以及功率信号,也有相关的研究应用。例如见中国专利申请号为:CN92111137.1,发明名称为:一种刀具失效综合监控方法与装置,提出了利用声发射与振动信号组合法。中国专利申请号为:CN97192053.2,发明名称为:刀具状态的自动监测,采用主轴驱动切削转矩监测法。中国专利申请号为:CN98808722.7,发明名称为:诊断规则库刀具状态监视系统,监视功率特征,索引规则库刀具状态。基于体积损失特征的方法需要停机检测,占用工时,难以实现在线实时的监测。声发射、振动等方法都存信号监测不方便,传感器安装麻烦,影响机床的正常加工,甚至需要改动机床结构,因此只能在实验室研究中使用,应用到实际生产中难度较大。采用监测切削转矩以及通过功率特征索引刀具状态的方法,都是只能适用于切削参数固定的精加工条件下。而实际的大批量生产中,粗加工的切削参数在一定范围内波动,并不为定值,因而无法使用。

发明内容

[0003] 本发明的目的旨在克服现有技术的不足,提供一种数控机床刀具磨损监测方法,该方法不但能适用于大批量生产中切削参数波动变化的情况,而且对于切削参数固定的情况也具有较高的精度。

[0004] 本发明提供的一种数控机床刀具磨损监测方法,其步骤如下:

[0005] 第 1 步利用霍尔电流传感器分别测量数控机床驱动电机的三相输出电流;

[0006] 第 2 步对测量的输出电流分别通过放大、滤波与 A/D 转换,得到电流数字信号,该电流数字信号即加工信号;

[0007] 第 3 步对加工信号进行预处理,获取待监测刀具加工时的电流信号段,即待监测刀具切削信号段;

[0008] 第 4 步利用小波包分解方法对待监测刀具切削信号段进行处理,得到多个信号特

征；

[0009] 第 5 步从上述多个信号特征中选择与刀具磨损强相关的预测信号特征；

[0010] 第 6 步利用预测信号特征与该预测信号特征对应时刻的刀具加工时间,通过多项式拟合,建立预测信号特征与刀具加工时间的关系曲线,即待监测刀具信号特征变化趋势曲线；

[0011] 第 7 步将待监测刀具信号特征变化趋势曲线中的预测趋势信号特征代入刀具学习磨损规律中,得到刀具的磨损量；

[0012] 第 8 步重复步骤第 1 步~第 7 步过程,不断监测刀具的磨损量,直至刀具的磨损量达到磨钝标准,更换刀具。

[0013] 本发明监测伺服驱动电机电流信号；通过分析信号频率得出产生信号的加工刀具；利用小波包分解技术对信号在频域内进行分解；采用优势特征选择技术,选择与刀具磨损状态强相关的特征；通过多项式拟合技术获得待监测刀具信号特征变化趋势学习曲线。再利用神经网络训练技术,训练获得待监测刀具学习磨损规律；实时监测待监测刀具加工信号,建立待监测刀具信号特征变化趋势预测曲线,得出曲线上的实时趋势信号特征,带入待监测刀具学习磨损规律中,得出刀具磨损值,实现对刀具磨损状态的监测。本发明不但能适用于大批量生产中切削参数波动变化的情况,而且对于切削参数固定的情况也具有较高的精度。本发明突破了已有方法要求停机检测、传感器安装影响加工、切削条件固定。可实现在线实时监测刀具磨损状况,并且传感器安装方便、不影响生产过程的进行,同时能适应切削余量在一定范围内随机波动的情况,提高了应用范围,与实际生产情况更加契合。

附图说明

[0014] 图 1 为本发明监测流程示意图；

[0015] 图 2 为本发明建立学习磨损规律示意图；

[0016] 图 3 为本发明对电流信号进行预处理示意图；

[0017] 图 4 为本发明电流信号监测系统接收的来自机床两个循环加工过程的电流信号；

[0018] 图 5 为本发明所监测刀具对应电流信号的有效值；

[0019] 图 6 为本发明建立的学习刀具信号特征变化趋势曲线图；

[0020] 图 7 为本发明电流信号监测系统。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图对本发明作进一步说明：

[0022] 本发明的刀具磨损状态监测方法,通过获取机床驱动电机电流信号,并经过一系列的信号处理与特征提取选择过程,最后通过刀具磨损量监测过程,实现对刀具磨损量 VB 的监测。

[0023] 首先通过以下步骤建立学习库中的刀具学习磨损规律：

[0024] (1) 利用霍尔电流传感器分别测量数控机床驱动电机的三相输出电流；

[0025] (2) 对测量的输出电流分别通过放大、滤波与 A/D 转换,得到电流数字信号,该电流数字信号即加工信号；

[0026] (3) 对加工信号进行预处理,获取学习刀具切削时的电流信号段；

[0027] 通过步骤 (2) 得到的加工信号,包括机床起停、空运行、学习刀具切削以及其它刀具切削等信号。

[0028] 图 3 中,监测到加工信号通过判断每把刀具加工信号切削开始与结束点,将加工信号分成各段加工信号,每段加工信号对应一把刀具。分析各段加工信号对应的电机转速,得出各段加工信号对应的切削刀具,获得学习刀具加工信号段。最后在学习刀具加工信号中截取刀具切削时的电流信号段。

[0029] 图 4 中,监测获得的机床在两个加工周期的加工信号,一个加工周期包括 6 把刀具的加工信号。需要将学习刀具加工信号从初始监测获得的加工信号中提取出来。获得的学习刀具加工信号,包括启动、空运行、切削加工、停转等一系列信号如图 5 所示。

[0030] 步骤 (3) 包括下述具体过程:

[0031] (3.1) 判断加工信号的切削开始与结束点;

[0032] 获取的初始加工信号中包括多把刀具的加工信号,需要将学习刀具加工信号从初始加工信号中挑选出来。由于多把刀具参与切削加工,在换刀时驱动电机停转,单相电流方差值很小;而当刀具开始加工时,驱动电机转动,单相电流方差值较大。通过逐段计算单相电流方差值,与设定的方差门限值比较。门限值的设定过程为:首先计算驱动电机停转时的单相电流方差值 M_1 ,再计算驱动电机转动时的单相电流方差值 M_2 ,则方差门限值 $M = M_1 + 1/3(M_2 - M_1) = 2/3M_1 + 1/3M_2$ 。当大于门限值时,即认为刀具即将开始加工,此时为加工开始点。之后当方差值小于门限值时,即认为刀具完成加工过程。由此判断出加工信号的开始与结束点。

[0033] (3.2) 将加工信号分为各段加工信号。

[0034] (3.3) 计算各段加工信号主频率;

[0035] (3.4) 将各段加工信号主频率转化为驱动电机转速;

[0036] (3.5) 根据不同刀具的转速不同以及多把刀具的加工顺序,识别出学习刀具对应的加工信号段;

[0037] (3.6) 从学习刀具的加工信号段中截取其切削信号段。

[0038] (4) 利用小波包分解方法对学习刀具切削信号段进行处理,得到多个信号特征;

[0039] (4.1) 首先将步骤 (3) 中获得的学习刀具加工信号段,通过小波包分解方法在多个频率段内进行分解。一层小波包分解能将原始频率带一分为二, k 层小波包能将原频率带分解为 2^k 个频率段,实现细分频率段,提高了频域的分辨率。 k 值通常由如下公式获得:

[0040] $k = \frac{\lg f - \lg 50}{\lg 2}$ 式中, f 为信号的采样频率

[0041] (4.2) 分别计算学习刀具切削信号段在各个频率段的均值、方差和总能量等,得出多个信号特征。

[0042] (5) 选择 4 个与刀具磨损强相关的信号特征作为学习信号特征;

[0043] 分析刀具磨损与各个信号特征的相关性,选择其中 4 个与刀具磨损强相关的信号特征,作为学习刀具磨损状态的预测信号特征。相关性分析过程为:首先做出各信号特征随加工时间的滑动平均曲线,得到刀具在 2 个生命周期的滑动平均曲线 $S_1(x)$, $S_2(x)$;然后计

算 $e = \frac{\sum_{i=1}^N [S_1(x_i) - S_2(x_i)]^2}{N}$, e 越小说明信号特征与刀具磨损的相关性越强, 选择其中相关性

最强的 4 个信号特征, 即为学习信号特征。 x_i 表示刀具加工时间, N 表示在刀具的整个生命周期内所监测的刀具加工时间点的个数。

[0044] (6) 每一个刀具加工时间点得到 4 个学习信号特征, 当刀具经历从新刀到磨损这一过程时, 共有 N 个刀具加工时间点, 得到 4 组学习信号特征, 每组有 N 个学习信号特征。利用每组学习信号特征与该组学习信号特征对应的一组刀具加工时间点, 通过多项式拟合, 建立每组学习信号特征与刀具加工时间点的关系曲线, 获得学习刀具从新刀至磨损的学习刀具信号特征变化趋势曲线, 多项式拟合通常采用 3 次多项式, 刀具加工时间点为 x , 学习信号特征为 y 。获得学习刀具信号特征变化趋势曲线, 该曲线上所有加工时间点对应的 y 值 (即纵坐标) 即构成一组学习趋势信号特征。4 组学习信号特征对应得到 4 组学习刀具信号特征变化趋势曲线, 最终得到 4 组学习趋势信号特征;

[0045] (7) 利用 4 组学习趋势信号特征与该 4 组学习趋势信号特征对应一组刀具加工时间点分别测量获得的一系列刀具磨损量, 将 4 组学习趋势信号特征作为神经网络的输入, 对应的一系列刀具磨损量 VB 作为神经网络的输出, 通过神经网络训练, 建立 4 个学习趋势信号特征与刀具磨损量之间的关系, 学习刀具多次从新刀到磨损这一过程, 获得刀具学习磨损规律。神经网络训练的具体实现过程为: 首先确定 3 层神经网络隐含层节点数, 一般选择 3 ~ 5 层即可; 接着根据神经网络训练原理, 设置相关权值或阈值的初始值; 再将 4 组学习趋势信号特征作为输入, 对应的一系列刀具磨损量作为输出, 进行神经网络的训练。

[0046] 图 1 中, 本发明一种数控机床刀具磨损状态监测方法的流程步骤如下:

[0047] (1) 利用霍尔电流传感器分别测量数控机床驱动电机的三相输出电流;

[0048] (2) 对测量的输出电流分别通过放大、滤波与 A/D 转换, 得到电流数字信号, 该电流数字信号即加工信号;

[0049] (3) 对加工信号进行预处理, 获取待监测刀具加工时的电流信号段, 即待监测刀具切削信号段;

[0050] (4) 利用小波包分解方法对待监测刀具加工切削信号段进行处理, 得到多个信号特征;

[0051] (5) 从上述多个信号特征中选择与刀具磨损强相关的预测信号特征, 直接选择刀具学习磨损规律建立过程中选择的 4 个信号特征即可;

[0052] 上述步骤 (1) 至 (5) 与刀具学习磨损规律建立过程中的步骤相同。

[0053] (6) 待监测刀具信号特征变化趋势曲线是利用多项式拟合技术得到, 其具体实现过程为: 待监测刀具从新刀到正在监测的时刻共有 M 个刀具监测加工时间点, 得到 4 组预测信号特征, 每组有 M 个预测信号特征, 且 M 随着监测过程的进行, 刀具监测加工时间点的增多而逐渐增大。利用每组预测信号特征与该组预测信号特征对应的一组刀具监测加工时间点, 通过多项式拟合, 建立每组预测信号特征与刀具监测加工时间点的关系曲线。多项式拟合通常采用 3 次多项式, 刀具监测加工时间点为 x , 预测信号特征为 y 。获得待监测刀具信号特征变化趋势曲线, 如图 6 所示。趋势曲线右端点 (即正在监测的刀具监测加工时间点) 上的 y 值 (即纵坐标) 即为预测趋势信号特征。4 组预测信号特征对应得到 4 组待监测刀

具信号特征变化趋势曲线,最终得到 4 个预测趋势信号特征。

[0054] (7) 将 4 个预测趋势信号特征带入学习库中已经建立的刀具学习磨损规律中,得到刀具的磨损量。此处神经网络的输入为预测趋势信号特征,输出即为刀具磨损量 VB。

[0055] (8) 重复步骤 (1) ~ (7) 过程,不断监测刀具的磨损量,直至刀具的磨损量达到磨损标准,更换刀具。

[0056] 图 7 中,根据本发明的一种刀具状态监测方法,包括监测机床驱动电机的三个霍尔电流传感器,分别监测驱动电机三相电流;通过信号放大器将监测到的电流信号放大;放大后送到滤波与模数转换器中,消除部分干扰信号并将电流模拟信号转化为数字信号;将数字信号输送到数据处理器中。数据处理器再按照步骤 (1) 至 (7) 的过程进行处理即可以得到刀具磨损量 VB。

[0057] 本发明不仅局限于上述具体实施方式,本领域一般技术人员根据本发明公开的内容,可以采用其它多种具体实施方式实施本发明,因此,凡是采用本发明的设计结构和思路,做一些简单的变化或更改的设计,都落入本发明保护的范围。

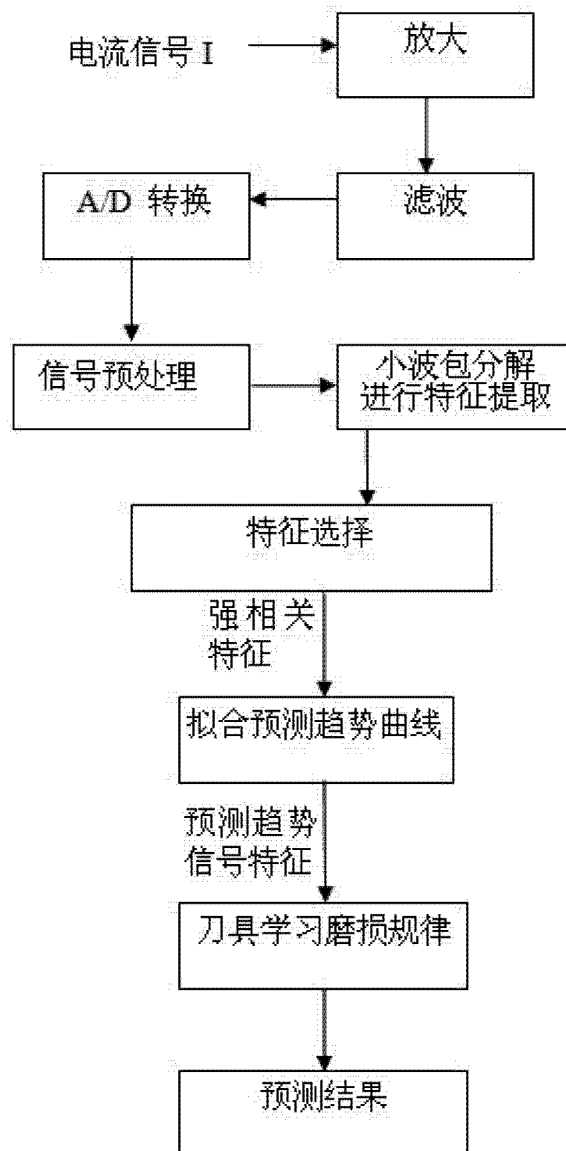


图 1

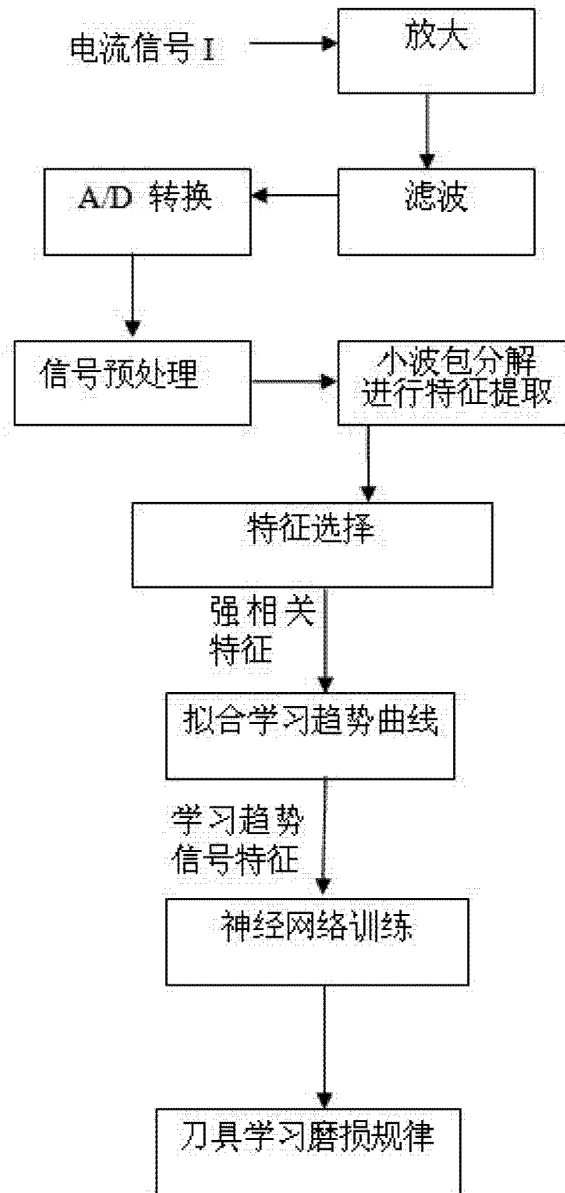


图 2

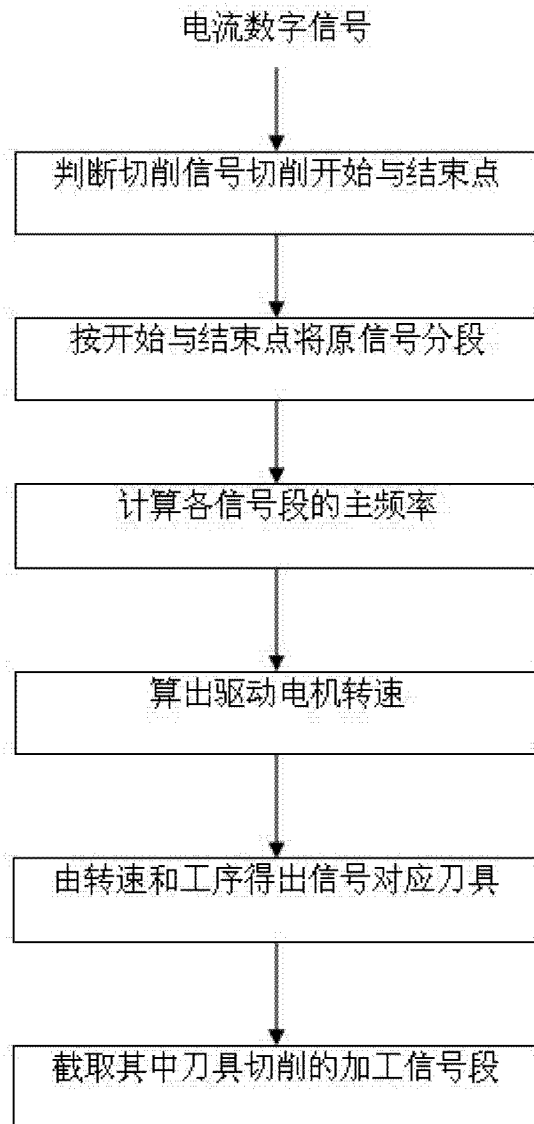


图 3

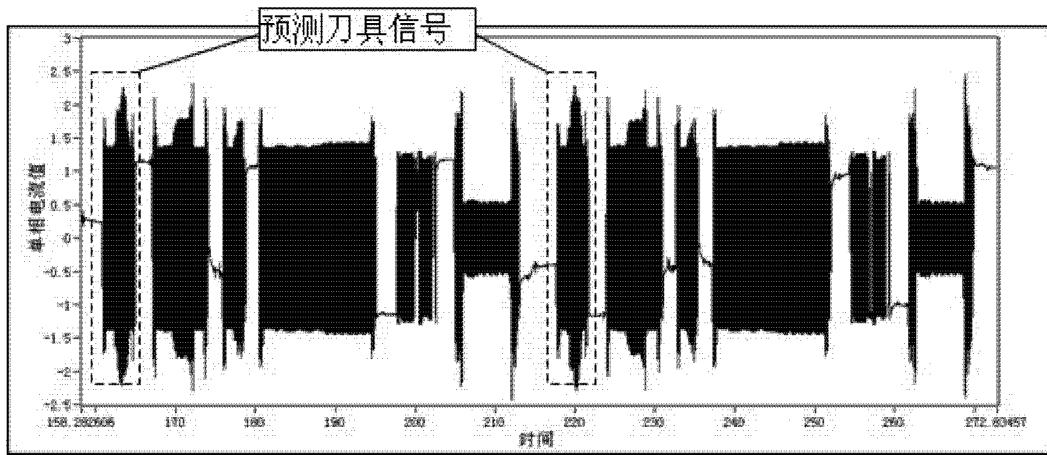


图 4

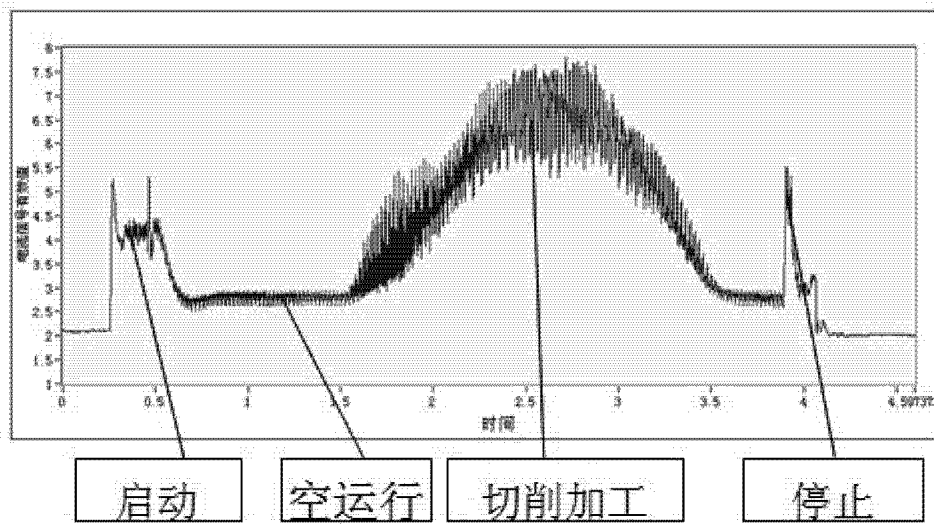


图 5

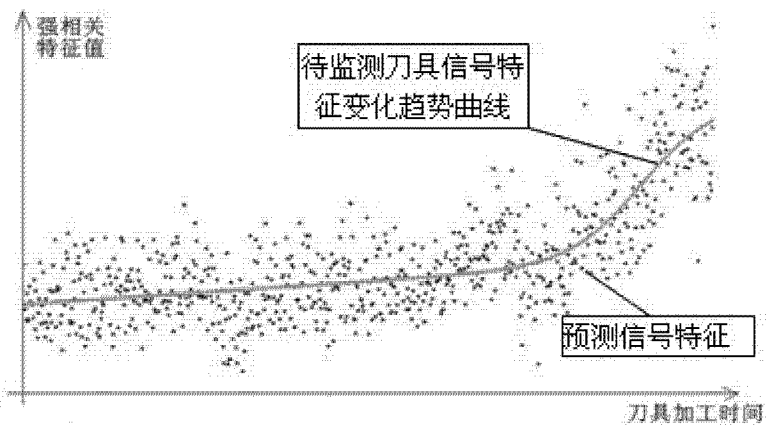


图 6

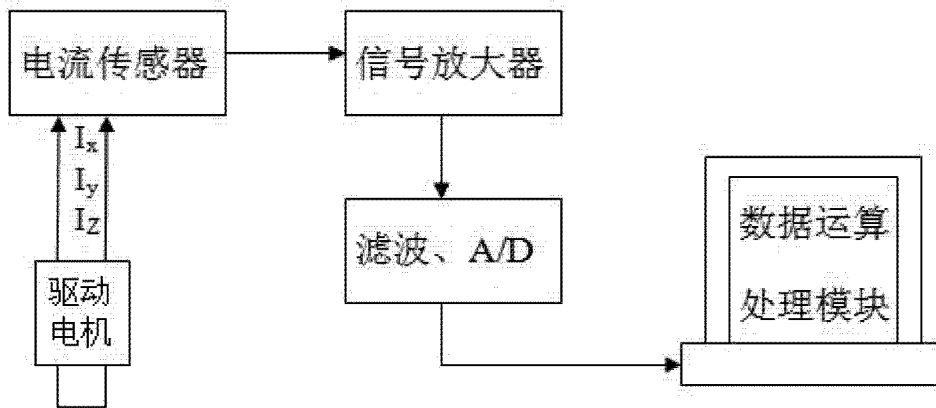


图 7