

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利说明书

(10) 申请公布号 CN 101029856 A

(43) 申请公布日 2007.09.05

---

(21) 申请号 CN200610171541.6

(22) 申请日 2006.12.30

(71) 申请人 北京航空航天大学

地址 100083 北京市海淀区学院路 37 号北京航空航天大学机械工程及自动化学院 705 系

(72) 发明人 刘强 金晓亮

(74) 专利代理机构 北京慧泉知识产权代理有限公司

代理人 王顺荣

(51) Int. CI

G01M19/00

G01D21/00

B23Q17/00

权利要求说明书 说明书 幅图

---

(54) 发明名称

数控机床加工动力学特性测试分析系统

(57) 摘要

一种数控机床加工动力学特性测试分析系统，具有硬件和软件；硬件有：刀具、力锤、加速度传感器、电荷放大器、数据采集器、麦克风和计算机；加速度传

传感器设在刀具末端，力锤和加速度传感器与电荷放大器相连，电荷放大器与数据采集器相连，数据采集器与计算机进行数据传输；软件具有：人机交互界面、数据采集、数据回放、锤击实验、传函分析、参数辨识及噪声测试与分析等模块；工作时力锤对刀具进行激励，得到电荷信号经电荷放大器，数据采集器到达计算机，软件从计算机中读出数据并显示，保存文件，对测得数据进行 FFT 及传函分析，模态分析；硬件与软件配合获得“机床—刀具—工件”的频率响应函数及模态参数，作为动力学仿真及参数优化的基础。

法律状态

法律状态公告日

法律状态信息

法律状态

# 权利要求说明书

1、一种数控机床加工动力学特性测试分析系统，其特征在于：该系统由硬件平台和软件系统两部份组成；

该硬件平台部份，包括有：数控机床刀具(1)、力锤(2)、加速度传感器(3)、电荷放大器(4)、数据采集器(7)、麦克风(12)和计算机(11)；

该加速度传感器(3)采用胶泥粘在数控机床刀具(1)的末端，该力锤(2)和加速度传感器(3)通过信号线与电荷放大器(4)相连，电荷放大器(4)与数据采集器(7)通过电缆线相连，数据采集器(7)与计算机(11)通过USB 数据线实现数据传输，麦克风(12)的接口和计算机(11)声卡的接口相连并负责采集加工过程中的噪声信号；

该软件系统部份，包括有下述模块：

- 1.主界面提供进入各功能模块的入口和主要的人机交互界面；
- 2.数据采集模块：将传感器所传输的数据不失真的进行采集，并将采集的数据按照十进制数字的形式存储在计算机中；
- 3.数据回放模块：读取已存储的数据文件，将数据以波形形式或者数组形式显示给用户查看，进行后期离线统计分析；
- 4.锤击实验模块：对机床系统进行锤击实验，采集力与响应信号，显示时域波形，对时域信号作快速傅立叶(FFT)变换，得到频域特性，并保存时域信号数据；
- 5.传函分析模块：对锤击实验采集得到的数据作功率谱分析并求平均，计算出系统的传递函数并保存，显示幅频图、相频图，并计算得到相干系数判断传递函数的可靠性；

6.模态参数辨识模块：对系统的传递函数进行模态拟合，在拟合的基础上计算固有频率、阻尼比、刚度等模态参数并保存；

7.噪声测试与分析模块：采集机床加工过程中的声音信号并作 FFT 分析，得到噪声频域特性，判断加工过程中的振动情况。

2、根据权利要求 1 所述的一种数控机床加工动力学特性测试分析系统，其特征在于：该软件系统各功能模块的功能如下：

1.人机交互界面：

系统运行之后，会首先调用软件启动动界面，然后出现人机交互主界面，选择所需要调用的功能模块，点击相应的功能模块按钮，就会弹出相应的功能模块的前面板图形；其程序流程是：首先初始化-下一步执行显示软件动画-下一步执行询问状态机的值-是否告等于零，若等于零则执行调用数据采集模块；否则询问是否等于 1，若等于 1 则执行调用数据回放模块，否则询问是否等于2，若是则执行进行锤击实验；否则询问是否等于3，若是执行调用传函分析模块；否则询问是否等于4，若是执行调用模态参数辨识模块；否则询问是否等于5，若是执行调用噪声测试与分析模块；否则执行退出若不退出则返回到执行询问状态机的值，若是退出则执行停止；

2.数据采集模块：

在数据采集模块的采集参数配置界面的左侧为功能模块所需要输入的参数：采样频率，采样点数，缓冲区数量，初始通道，通道总数，最高电压限，最低电压限；用户设置好上述参数后就可以进入波形显示和数据采集界面中开始启动采集程序；右

侧为从数据采集器所读取的信息，不能够被修改；

在数据采集模块波形显示和数据存储界面中，可以查看到当前的实际系统采样频率输入数据采集日期和数据文件的保存路径，点击保存数据按钮就可以将数据存成计算机中的数据文件，支持的格式为文本文件\*.tx和 Excel文件\*.xls 与此同时在数组显示界面中可以查看存储在计算机内存数组中的实时数据点，数据采集模块的程序开发流程是：首先初始化-下一步执行调用动态链接库(DLL)函数-下一步执行取出缓冲区数据-下一步执行转换运算-下一步执行数据重组-下一步同时执行数组显示及波形显示-下一步执行存储数据-如果不存储数据返回-若是存储数据则执行下一步写入数据-下一步执行退出-若是退出则执行退出模块，否则询问是否按下退出按钮；

### 3.数据回放模块：

数据回放模块主要是为了对以前所采集和保存的数据进行离线地分析，选择需要调用的已存储的数据文件，点击回放按钮，就可以在波形显示界面中看到数据文件的波形，同时在数组显示中以二维表格式显示数据，数据回放模块程序开发流程是：首先初始化-执行调入文件路径-执行查询状态机的值-等于零？等于零返回到查询状态机的值，否则执行读取文件-同时执行显示波形和数组显示-下一步询问是否退出程序-若是则退出，否则继续询问是否按下“退出按钮”；

### 4.锤击实验模块：

在锤击实验模块中，需要进行采样参数设置，包括设定分析频率、采样点数、敲击次数、采样触发电压、采集冲击力的通道号、采集响应的通道号，力与响应的标定值，数据存储文件的文件名和路径等；右侧两个曲线图显示所采集的冲击力和响应的时域信号，并且以文件形式存储在计算机中；锤击实验模块开发流程：首先初始化-下一步执行设置采样参数-下一步等待敲击-下一步询问是否有力信号输入-如果否则返回到等待敲击，如果是则执行下一步采集力与响应信号-下一步同时执行显

示波形及存储数据-同时询问已敲击次数是否大于设定总次数-如果是则退出模块，否则返回执行等待敲击；

### 5.传函分析模块：

在传函分析模块中，读入锤击实验采集的信号文件，并在界面(图 14)中显示实验配置信息。分别对 N 次敲击得到的力信号与响应信号作 FFT 分析和功率谱分析，利用频响函数的计算公式：

$$H(w) = \frac{\sum_{i=1}^N G_{fxi}(w)}{\sum_{i=1}^N G_{ffi}(w)} s$$

得到系统的频响函数数据，并利用相干函数的计算式：

$$\gamma^2 = \frac{|\sum_{i=1}^N G_{fx}(w)|^2}{\sum_{i=1}^N G_{ff}(w) \sum_{i=1}^N G_{xx}(w)} s$$

判断频响函数的测试质量及可靠性；传函分析模块开发流程是：首先初始化-下一步执行打开采集数据文件-下一步执行显示采集配置参数-下一步执行 FFT(快速傅立叶变换)-下一步执行功率谱变换-下一步执行功率谱平均-下一步执行计算频响函数-下一步同时分别执行显示幅频图、相频图、相干系数图-下一步执行保存频响函数数据；

### 6.模态参数辨识模块：

在模态参数辨识模块中，读入加速度传函数据文件，将其转换为位移传函数据并在界面中显示，输入拟合的频率范围和拟合阶数，利用有理分式正交多项式对其进行曲线拟合，在曲线拟合的基础上求出固有频率、阻尼比、刚度等模态参数，模态分析流程是：初始化-下一步执行打开传函数据文件-下一步执行转换为位移传函数据-下一步确定拟合频率范围-下一步执行确定拟合阶数-下一步执行曲线拟合-下一步执行拟合结果显示-下一步询问是否对结果满意-不满意则返回到执行确定拟合频率范围，如果满意则执行下一步求取模态参数-下一步执行保存模态参数数据；

#### 7.噪声测试与分析模块：

噪声测试与分析模块中，首先进行采样参数设置，设定采集格式、采集速率和采集时间等，软件启动声卡开始采集，系统从缓冲区中读入数据并显示，采集结束后关闭声卡。对采集得到的声音信号作 FFT 分析，得到信号的幅频特性并在界面显示，噪声测试与分析流程是：首先初始化-下一步执行设置采样参数-下一步执行启动声卡-下一步执行读缓冲区数据-下一步询问采样是否结束-如果是则执行关闭声卡，否则返回到读缓冲区数据-下一步同时分别执行显示波形及存储数据-下一步执行选择信号时间段-下一步执行 FFT 分析-下一步同时分别执行显示幅频波形、测量基波频率。

# 说明书

## (一)技术领域:

本发明是一种数控机床加工动力学特性测试分析系统(DynaCut),具体涉及数控机床加工动力学特性研究,属于数控加工技术领域。

## (二)背景技术:

近几年,数控加工在中国的机械加工行业中所占据的比例越来越重,数控加工代替普通机械加工已经成为不可逆转的趋势。为了提高我国武器装备的研制水平,我国引进了大量的数控设备,但是这些设备所发挥的作用只有国外的几分之一。数控加工效率低下已经成为一个普遍的问题,不仅严重制约了我国国防工业的发展,而且造成了巨大的经济损失和资源浪费。

数控加工应用技术水平低下的主要原因之一是:缺乏数控工艺参数及其选择和优化方法。选用合理的切削参数是提高数控机床应用技术水平和综合效率最为直接的方法,数控加工过程仿真和优化技术是获取最优切削参数数据的最佳途径,而数据采集和分析处理系统是进行数控加工过程仿真和优化的基础,它提供数控加工过程方针和优化所需要的一系列的参数。数控加工过程中,切削力、振动情况、工件变形和表面粗糙度等都是衡量切削过程优劣与否的重要标志。由于实际铣削过程的加工品质与“机床—刀具—工件”构成的工艺系统的动力学特性密切相关,因此对数控机床铣削过程动力学特性的测试与分析可以有效的改善机床的切削性能,一直是众多的理论研究和工艺人员不遗余力的一个研究方向。

## (三)发明内容:

本发明一种数控机床加工动力学特性测试分析系统,其目的是:通过现场进行数控机床加工动力学特性的测试分析,获得“机床—刀具—工件”工艺系统的频率特性及



模态参数，作为数控加工过程仿真及参数优化的基础。

本发明一种数控机床加工动力学特性测试分析系统，该系统由硬件平台和软件系统两部份组成；

该硬件平台，包括有：数控机床刀具 1、力锤 2、加速度传感器 3、电荷放大器 4、具有通用串行总线(USB 接口)的数据采集器 7、麦克风 12 和便携式计算机 11；硬件结构图如图 1 所示。

该加速度传感器 3 采用胶泥粘在数控机床刀具 1 的末端，该力锤 2 和加速度传感器 3 通过信号线与电荷放大器 4 相连，电荷放大器 4 与数据采集器 7 通过电缆线相连，数据采集器 7 与计算机 11 通过 USB 数据线实现数据传输；

该数据采集器 7 是系统的硬件部分的核心部件，所必须满足的性能指标：量程  $\pm 5v$ ，通道数为 4 路并行，模数(AD)转换精度为 12 位，每通道最高采样频率 50kHz，麦克风 12 与计算机声卡的麦克风 12 接口相连，负责采集加工过程中的噪声信号。

该软件系统，包括有下述模块，其总体结构框架及各功能模块具体说明如下：

- 1.主界面提供进入各功能模块的入口和主要的人机交互界面；(图 2)；
- 2.数据采集模块：将传感器所传输的数据不失真的进行采集，并将采集的数据按照十进制数字的形式存储在计算机中；
- 3.数据回放模块：读取已存储的数据文件，将数据以波形形式或者数组形式显示给用户查看，进行后期离线统计分析；
- 4.锤击实验模块：对机床系统进行锤击实验，采集力与响应信号，显示时域波形，对时域信号作快速傅立叶(FFT)变换，得到频域特性，并保存时域信号数据；

5.传函分析模块：对锤击实验采集得到的数据作功率谱分析并求平均，计算出系统的传递函数并保存，显示幅频图、相频图，并计算得到相干系数判断传递函数的可靠性；

6.模态参数辨识模块：对系统的传递函数进行模态拟合，在拟合的基础上计算固有频率、阻尼比、刚度等模态参数并保存；

7.噪声测试与分析模块：采集机床加工过程中的声音信号并作 FFT 分析，得到噪声频域特性，判断加工过程中的振动情况。

该软件系统各功能模块的功能具体描述如下：

#### 1.人机交互界面：

系统运行之后，会首先调用软件启动动界面，然后出现人机交互主界面，如图 3 所示，选择所需要调用的功能模块，点击相应的功能模块按钮，就会弹出相应的功能模块的前面板图形；其程序流程是：首先初始化-下一步执行显示软件动画-下一步执行询问状态机的值-是否告等于零？，若等于零则执行调用数据采集模块；否则询问是否等于 1，若等于 1 则执行调用数据回放模块，否则询问是否等于 2，若是则执行进行锤击实验；否则询问是否等于 3，若是执行调用传函分析模块；否则询问是否等于 4，若是执行调用模态参数辨识模块；否则询问是否等于 5，若是执行调用噪声测试与分析模块；否则执行退出-若不退出则返回到执行询问状态机的值，若是退出则执行停止；如图 4 所示；

#### 2.数据采集模块：

在数据采集模块的采集参数配置界面(图 5)的左侧为功能模块所需要输入的参数：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/567066001112010001>