

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 8 月 6 日 (06.08.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/155227 A1

(51) 国际专利分类号:
G05B 19/404 (2006.01) **B23Q 11/00** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/075711

(22) 国际申请日: 2019 年 2 月 21 日 (21.02.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910100940.0 2019 年 1 月 31 日 (31.01.2019) CN

(71) 申请人: 大连理工大学 (**DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。

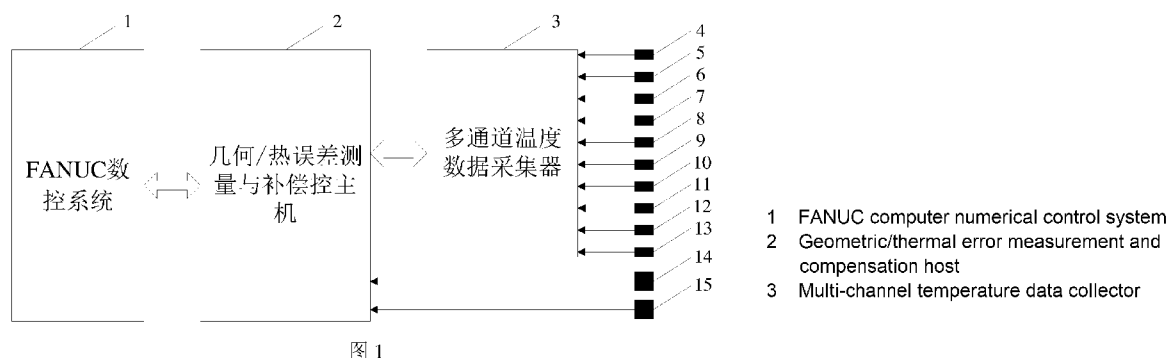
(72) 发明人: 刘阔 (**LIU, Kuo**); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。李特 (**LI, Te**); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。甘涌泉 (**GAN, Yongquan**); 中国辽宁省大

连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。韩伟 (**HAN, Wei**); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。厉大维 (**LI, Dawei**); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。刘志松 (**LIU, Zhisong**); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。王永青 (**WANG, Yongqing**); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** ONLINE GEOMETRIC/THERMAL ERROR MEASUREMENT AND COMPENSATION SYSTEM FOR COMPUTER NUMERICAL CONTROL MACHINE TOOLS

(54) 发明名称: 数控机床几何/热误差在线测量与补偿系统



(57) **Abstract:** Provided is an online geometric/thermal error measurement and compensation system for computer numerical control machine tools, belonging to the field of computer numerical control machine tool error test and compensation technology. The online geometric/thermal error measurement and compensation system for computer numerical control machine tools contains two parts, i.e. a hardware platform and measurement and compensation software. The hardware platform comprises a one-way acceleration sensor, a digital IC-type high-precision temperature sensor, a multi-channel temperature data collector and a geometric/thermal error measurement and compensation host. The measurement and compensation software runs in the geometric/thermal error measurement and compensation host, so as to realize the test of and compensation for geometric and thermal errors of machine tools, and the communication with an FANUC computer numerical control system. The present invention has advantages in that the fast and efficient test of geometric errors is realized by means of an acceleration sensor, without the need for expensive specialized instruments, and that real-time online compensation can be performed for the geometric and thermal errors simultaneously.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本发明提供了数控机床几何/热误差在线测量与补偿系统, 属于数控机床误差测试与补偿技术领域。该数控机床几何/热误差在线测量与补偿系统包含硬件平台和测量与补偿软件两部分。硬件平台包括单向加速度传感器、数字IC式高精度温度传感器、多通道温度数据采集器和几何/热误差测量与补偿主机。测量与补偿软件在几何/热误差测量与补偿主机中运行, 实现机床几何与热误差的测试与补偿, 以及与FANUC数控系统通讯。本发明的优点在于通过加速度传感器实现了几何误差的快速高效测试, 而不需要昂贵的专业仪器, 并可以同时几何和热误差进行在线实时补偿。

数控机床几何/热误差在线测量与补偿系统

技术领域

本发明属于数控机床误差测试与补偿技术领域，具体为一种数控机床几何/热误差在线测量与补偿系统。

背景技术

数控机床的综合误差主要包括几何误差、热误差、控制误差和力误差。其中几何误差和热误差对机床的影响最大。几何误差不仅影响位置精度，还影响曲线轨迹精度。热误差不仅影响位置精度，还影响精度的稳定性。为了减小几何误差和热误差对机床加工精度的影响，一般采取提高机床部件精度和装配精度、全闭环控制和定时冷却等措施。这些措施虽然会起到一定效果，但机床成本会增加。而误差补偿技术能以较小的成本有效减小几何误差和热误差。

在专利“数控机床平动轴几何误差的测量装置及测量与辨识方法”（申请号：CN201310335401.8）中，采用激光跟踪仪通过在四个不同位置测试辨识出机床的各项几何误差；在专利“一种基于激光干涉仪的机床平动轴几何误差快速测量方法”（申请号：CN201710231122.5）中，基于激光干涉仪，在两个不同位置进行测试得出平动轴的线性和角度误差。在专利“一种数控机床热误差补偿装置及方法”（申请号：CN201510800430.6）中，基于温度数据和热误差模型预测实时热误差，基于压电陶瓷微位移致动器实现热误差的补偿。

通过对研究现状的分析发现，目前几何误差和热误差测量与补偿系统存在以下问题：

（1）目前几何误差测试均需采用激光干涉仪、激光跟踪仪等专业精密仪器，缺点为操作复杂、成本高；

（2）由于测量仪器只能进行离线测量，因此当几何精度发生变化后，无法

实现在机测量与补偿。

发明内容

本发明针对目前几何误差和热误差测量及补偿存在的问题，提出数控机床几何/热误差在线测量与补偿系统，该系统可实现对几何误差和热误差的在线测试及实时补偿。

本发明的技术方案：

数控机床几何/热误差在线测量与补偿系统，主要由测量与补偿系统硬件和测量与补偿系统软件两部分构成；测量与补偿系统硬件包括单向加速度传感器、数字 IC 式高精度温度传感器、多通道温度数据采集器和几何/热误差测量与补偿主机；测量与补偿系统软件在几何/热误差测量与补偿主机中运行，实现几何/热误差数据处理与补偿，以及与数控系统的通讯与数据读写；

单向加速度传感器通过同轴屏蔽电缆与几何/热误差测量与补偿主机连接，将加速度信号以模拟量形式发送给几何/热误差测量与补偿主机；数字 IC 式高精度温度传感器通过四芯屏蔽电缆与多通道温度数据采集器连接，将温度数据基于单线双向通信协议发送给多通道温度数据采集器；一个多通道温度数据采集器最多连接十个温度传感器；多通道温度数据采集器通过三芯屏蔽电缆与几何/热误差测量与补偿主机连接，基于 Modbus RTU 通讯协议将各通道温度数据通过 RS485 通讯接口发送给几何/热误差测量与补偿主机；几何/热误差测量与补偿主机通过双绞线交叉电缆与 FANUC 数控系统连接，基于 FOCAS II 网络通讯协议进行通讯；

测量与补偿系统软件：

(1) 基于加速度信号，应用进给轴几何误差辨识算法得出机床进给轴的直线度误差；进给轴几何误差辨识算法具体如下所示：

$$\begin{cases} s(t) = \iint a(t)dt - \frac{1}{2}a_0t^2 - v_0^\perp t - x_0^\perp \\ x(t) = v^\parallel \end{cases} \quad (1)$$

式中, $s(t)$ 为实时位移, $x_0^\perp$ 为垂直方向的初始位移, $v_0^\perp$ 为垂直于轴向的初始速度, a_0 为加速度信号直流分量, $a(t)$ 为实时加速度, $v^\parallel$ 为沿轴向匀速运行的速度, $x(t)$ 为轴向实时长度;

对式(1)求解, 得到实时位移 $s(t)$ 随轴向测试行程 x 的关系:

$$s(x) = \iint a(x/v^\parallel)dt - \frac{1}{2}a_0(x/v^\parallel)^2 - v_0^\perp t - x_0 \quad (2)$$

然后, 应用两端点连线法, 根据 $s(x)$ 计算进给轴的直线度误差; 具体计算方法如下:

$$E_s(x) = s(x) - \frac{s(end)-s(0)}{L}x \quad (3)$$

式中, $E_s(x)$ 为直线度误差, L 为测试总行程, x 为测试行程, $s(end)$ 为在测试终点的位移, $s(0)$ 为在测试起点的位移;

(2) 基于位置和温度信号, 应用进给轴热误差模型, 对热误差进行实时预测; 进给轴热误差模型将丝杠等分为 N 段, 每段长度为 l , 热误差计算方法为:

$$\begin{aligned} E_f(m,t) &= \sum_{i=1}^m k \times l \times (T_i(t) - T_0) \\ T_i(t) &= T_i(t - \Delta t) + \gamma \times Q - \left\{ \alpha \times \frac{[T_i(t - \Delta t) - T_{i-1}(t - \Delta t)] + [T_i(t - \Delta t) - T_{i+1}(t - \Delta t)]}{l} \right. \\ &\quad \left. + \beta \times [T_i(t - \Delta t) - T_f(t - \Delta t)] \right\} \times \Delta t \end{aligned} \quad (4)$$

式中, $E_f(m,t)$ 为当前时刻第 m 段丝杠的热误差计算值, $T_i(t)$ 为第 i 段丝杠当前时刻的温度, Q 为螺母经过每段丝杠产生的热量, $T_i(t - \Delta t)$ 为第 i 段丝杠前一时刻的温度, $T_f(t - \Delta t)$ 为前一时刻与丝杠表面接触的空气温度, Δt 为采样周期, k 、 α 、 β 和 γ 均为系数;

(3) 基于 FOCAS II 协议与 FANUC 数控系统进行通讯, 实现机床机械坐标的读取和误差补偿值的写入, 基于扩展的外部机械坐标原点偏移功能实现补偿; 步骤如下:

- 1) 在 FANUC 数控系统中设置“内嵌/PCMCIA”为有效的以太网设备；
- 2) 设置“扩展的外部机械坐标原点偏移功能”相关参数，并开启该功能；
- 3) 测量与补偿系统软件通过 FANUC 数控系统的 IP 地址和端口号与其建立连接；连接成功后，读取进给轴机械坐标，并同时采集单向加速度传感器、温度传感器的数据，计算几何/热综合误差补偿值，向数控系统写入误差补偿值；当前几何/热综合误差补偿值的计算如下：

$$C(x, t) = -[E_s(x) + E_f(m, t)] \quad (5)。$$

本发明的有益效果为：本发明通过加速度传感器实现了直线度误差的快速高效测试，而不需要昂贵的专业仪器；当机床的几何精度发生变化后，可实现及时补偿。本发明针对机床几何误差和补偿进行测量和补偿，在不增加过多成本的前提下，提高了机床的加工精度和精度稳定性，从而提高了机床加工良品率和效率。

附图说明

图 1 为几何/热误差在线测量与补偿系统硬件连接图。图中：1 FANUC 数控系统；2 几何/热误差测量与补偿主机；3 多通道温度数据采集器；4 第一温度传感器；5 第二温度传感器；6 第三温度传感器；7 第四温度传感器；8 第五温度传感器；9 第六温度传感器；10 第七温度传感器；11 第八温度传感器；12 第九温度传感器；13 第十温度传感器；14 第一单向加速度传感器；15 第二单向加速度传感器。

图 2 为误差在线测量与补偿系统与 FANUC 数控系统通讯流程图。

图 3 为基于 FOCAS II 协议的通讯示意图。

图 4 (a) 为 X 轴沿 Y 方向的直线度误差测试曲线，图 4 (b) 为 X 轴沿 Z 方向的直线度误差测试曲线。

图 5 (a) 为补偿后 X 轴沿 Y 方向的直线度误差曲线, 图 5 (b) 为补偿后 X 轴沿 Z 方向的直线度误差曲线。

图 6 为补偿后 X 轴的热误差曲线。

具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清晰明了, 下面结合附图, 并以某型配置 FANUC 0i MD 数控系统的立式加工中心为例, 详细说明本发明的实施方式。

机床的基本信息为: X 轴、Y 轴和 Z 轴的最大行程分别为 710mm、500mm 和 350mm, 它们的最大进给速度分别为 32m/min、32m/min 和 30m/min; 主轴最高转速为 15000r/min。

本发明的硬件如图 1 所示, 包含单向加速度传感器 14 和 15、数字 IC 式高精度温度传感器 4~13、多通道温度数据采集器 3 和几何/热误差测量与补偿主机 2。各硬件的连接和通讯方式如下:

(1) 单向加速度传感器 14 和 15 通过同轴屏蔽电缆与几何/误差测量与补偿主机 2 连接, 将加速度信号以模拟量形式发送给几何/热误差测量与补偿主机 2;

(2) 数字 IC 式高精度温度传感器 4~13 通过四芯屏蔽电缆与多通道温度数据采集器 3 连接, 将温度数据基于单线双向通信协议发送给多通道温度数据采集器 3;

(3) 多通道温度数据采集器 3 通过三芯屏蔽电缆与几何/热误差测量与补偿主机 2 连接, 基于 Modbus RTU 通讯协议将各通道温度数据通过 RS485 通讯接口发送给几何/热误差测量与补偿主机;

(4) 几何/热误差测量与补偿主机 2 通过双绞线交叉电缆与 FANUC 数控系统 1 连接, 基于 FOCAS II 网络通讯协议进行通讯。

测量与补偿软件在几何/热误差测量与补偿主机中运行。该软件基于加速度信号，应用进给轴几何误差辨识算法得出机床进给轴的直线度误差，进给轴几何误差辨识算法如式（1）-（3）所示；基于位置和温度信号，应用进给轴热误差模型，对热误差进行实时预测。进给轴热误差模型如式（4）所示。

测量与补偿软件与 FANUC 数控系统基于 FOCAS II 协议进行通讯，实现机床机械坐标的读取和误差补偿值的写入，通讯流程如图 2 所示，通讯示意图如图 3 所示。FANUC 数控系统基于扩展的外部机械坐标原点偏移功能实现补偿。具体步骤如下：

- （1）在 FANUC 数控系统中设置“内嵌/PCMCIA”为有效的以太网设备；
- （2）将参数 1280 设置为 1000，即补偿数据对应的 R 参数的起始地址；
- （3）将参数 1203 的第 0 位设置为 1，即开启扩展的外部机械坐标原点偏移功能；
- （4）测量与补偿软件基于 FANUC 数控系统的 IP 地址 192.168.1.1 和端口号 8193 与其建立连接。连接成功后读取进给轴机械坐标，并同时采集加速度传感器、温度传感器的数据，计算几何/热综合误差补偿值，向数控系统写入误差补偿值。当前误差补偿值的计算方法如式（5）所示。

为了验证本发明的实际效果，应用上述数控机床几何/热误差在线测量与补偿系统，分别对 X 轴沿 Y、Z 方向的直线度误差进行测试，在测试范围内测试 11 个点。其中，沿 Y 方向的直线度误差测试曲线如图 4（a）所示，沿 Z 方向的直线度误差测试曲线如图 4（b）所示。

然后，应用数控机床几何/热误差在线测量与补偿系统，对 X 轴的几何误差和热误差进行补偿。其中热误差的测试过程为：冷态下测试 X 轴全行程定位误差。之后 X 轴进行升温运动，具体为：X 轴在机械坐标-200mm~-600mm 范围内，

以 8000mm/min 进给速度进行直线往复运动，升温运动过程持续 30min。之后 X 轴停止在机械坐标 0mm 位置进行降温，降温过程持续 20min。在整个升温 and 降温过程中每隔 10min 进行一次 X 轴全行程定位误差测试。

补偿后 X 轴沿 Y、Z 方向的直线度误差曲线分别如图 5（a）和图 5（b）所示。补偿后的热误差曲线如图 6 所示。

权利要求书

1.一种数控机床几何/热误差在线测量与补偿系统，主要由测量与补偿系统硬件和测量与补偿系统软件两部分构成；测量与补偿系统硬件包括单向加速度传感器、数字 IC 式高精度温度传感器、多通道温度数据采集器和几何/热误差测量与补偿主机；测量与补偿系统软件在几何/热误差测量与补偿主机中运行，实现几何/热误差数据处理与补偿，以及与数控系统的通讯与数据读写；

其特征在于，

单向加速度传感器通过同轴屏蔽电缆与几何/热误差测量与补偿主机连接，将加速度信号以模拟量形式发送给几何/热误差测量与补偿主机；数字 IC 式高精度温度传感器通过四芯屏蔽电缆与多通道温度数据采集器连接，将温度数据基于单线双向通信协议发送给多通道温度数据采集器；一个多通道温度数据采集器最多连接十个温度传感器；多通道温度数据采集器通过三芯屏蔽电缆与几何/热误差测量与补偿主机连接，基于 Modbus RTU 通讯协议将各通道温度数据通过 RS485 通讯接口发送给几何/热误差测量与补偿主机；几何/热误差测量与补偿主机通过双绞线交叉电缆与 FANUC 数控系统连接，基于 FOCAS II 网络通讯协议进行通讯；

测量与补偿系统软件：

(1) 基于加速度信号，应用进给轴几何误差辨识算法得出机床进给轴的直线度误差；进给轴几何误差辨识算法具体如下所示：

$$\begin{cases} s(t) = \iint a(t)dt - \frac{1}{2}a_0t^2 - v_0^\perp t - x_0^\perp \\ x(t) = v^\parallel \end{cases} \quad (1)$$

式中， $s(t)$ 为实时位移， $x_0^\perp$ 为垂直方向的初始位移， $v_0^\perp$ 为垂直于轴向的初始速度， a_0 为加速度信号直流分量， $a(t)$ 为实时加速度， $v^\parallel$ 为沿轴向匀速运行的速度， $x(t)$ 为轴向实时长度；

对式 (1) 求解，得到实时位移 $s(t)$ 随轴向测试行程 x 的关系：

$$s(x) = \iint a(x/v^{\parallel}) dt - \frac{1}{2} a_0 (x/v^{\parallel})^2 - v_0^{\perp} t - x_0 \quad (2)$$

然后,应用两端点连线法,根据 $s(x)$ 计算进给轴的直线度误差;具体计算方法如下:

$$E_s(x) = s(x) - \frac{s(end)-s(0)}{L} x \quad (3)$$

式中, $E_s(x)$ 为直线度误差, L 为测试总行程, x 为测试行程, $s(end)$ 为在测试终点的位移, $s(0)$ 为在测试起点的位移;

(2) 基于位置和温度信号,应用进给轴热误差模型,对热误差进行实时预测;进给轴热误差模型将丝杠等分为 N 段,每段长度为 l ,热误差计算方法为:

$$E_f(m,t) = \sum_{i=1}^m k \times l \times (T_i(t) - T_0) \quad (4)$$

$$T_i(t) = T_i(t - \Delta t) + \gamma \times Q - \left\{ \alpha \times \frac{[T_i(t - \Delta t) - T_{i-1}(t - \Delta t)] + [T_i(t - \Delta t) - T_{i+1}(t - \Delta t)]}{l} \right. \\ \left. + \beta \times [T_i(t - \Delta t) - T_f(t - \Delta t)] \right\} \times \Delta t$$

式中, $E_f(m,t)$ 为当前时刻第 m 段丝杠的热误差计算值, $T_i(t)$ 为第 i 段丝杠当前时刻的温度, Q 为螺母经过每段丝杠产生的热量, $T_i(t - \Delta t)$ 为第 i 段丝杠前一时刻的温度, $T_f(t - \Delta t)$ 为前一时刻与丝杠表面接触的空气温度, Δt 为采样周期, k 、 α 、 β 和 γ 均为系数;

(3) 基于 FOCAS II 协议与 FANUC 数控系统进行通讯,实现机床机械坐标的读取和误差补偿值的写入,基于扩展的外部机械坐标原点偏移功能实现补偿;步骤如下:

- 1) 在 FANUC 数控系统中设置内嵌/PCMCIA 为有效的以太网设备;
- 2) 设置扩展的外部机械坐标原点偏移功能相关参数,并开启该功能;
- 3) 测量与补偿系统软件通过 FANUC 数控系统的 IP 地址和端口号与其建立连接;连接成功后,读取进给轴机械坐标,并同时采集单向加速度传感器、温度传感器的数据,计算几何/热综合误差补偿值,向数控系统写入误差补偿值;

当前几何/热综合误差补偿值的计算如下：

$$C(x, t) = -[E_s(x) + E_f(m, t)] \quad (5)。$$

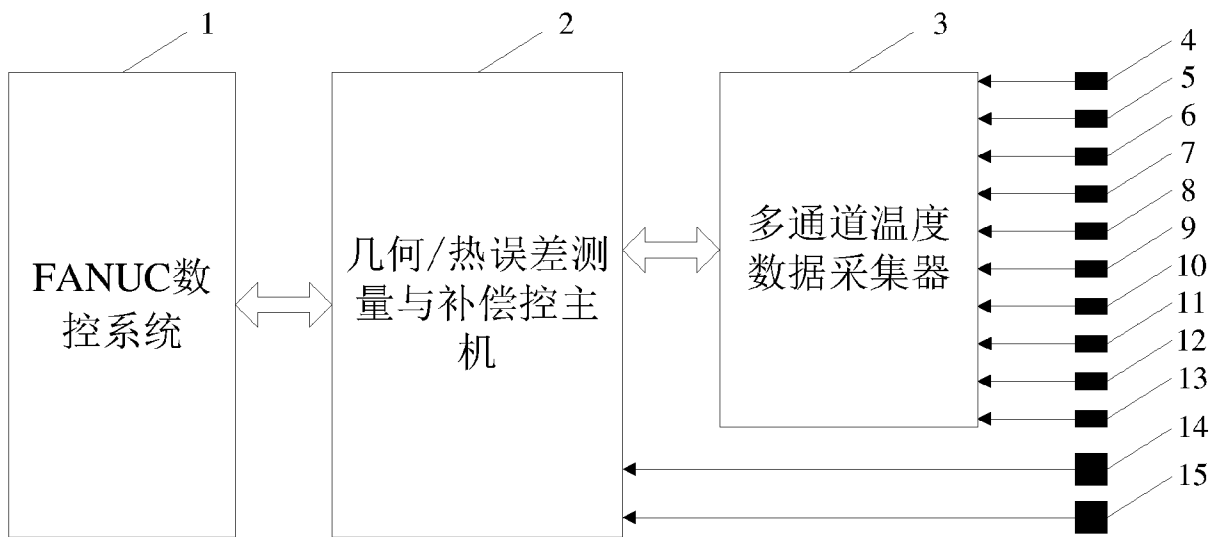


图 1

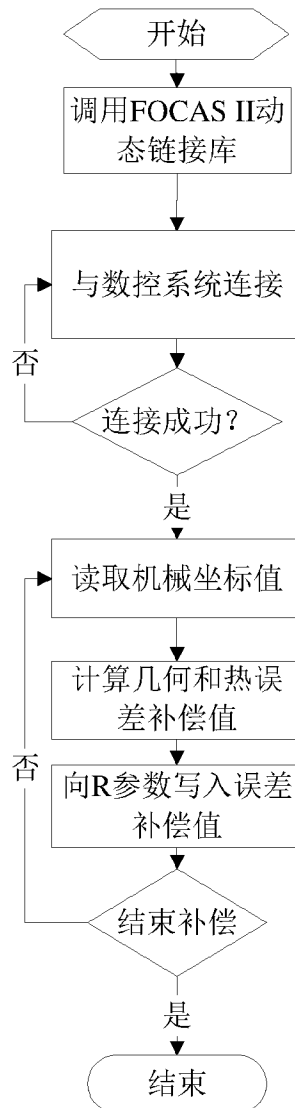


图 2

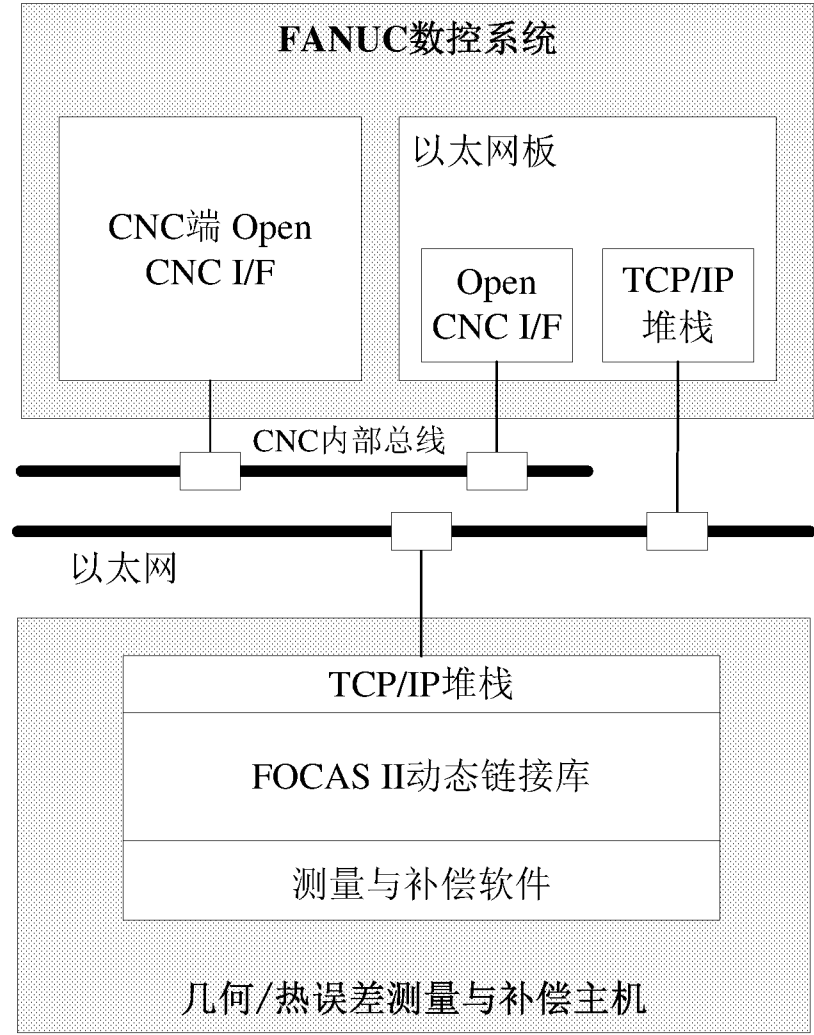


图 3

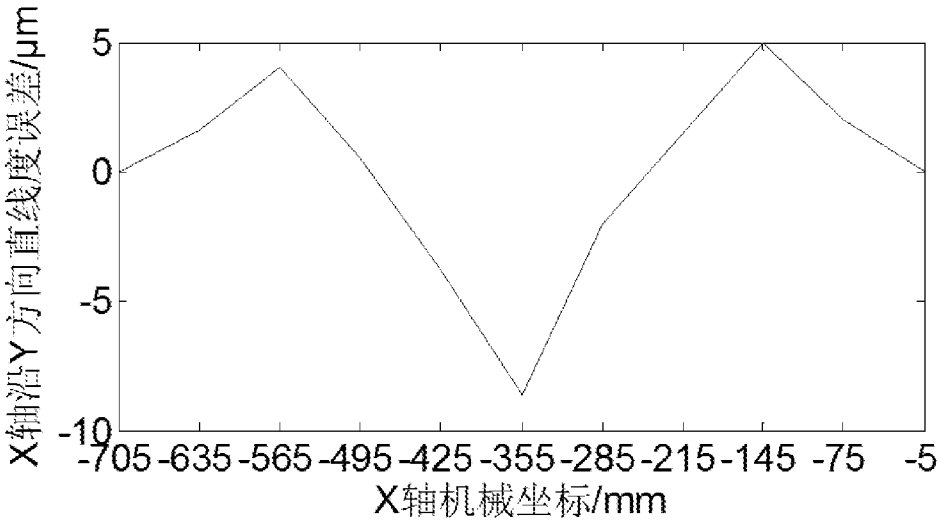


图 4 (a)

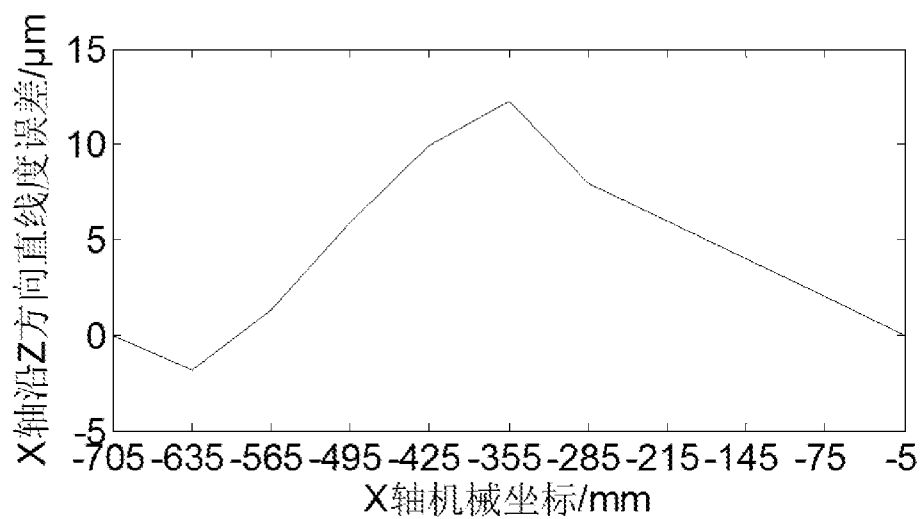


图 4 (b)

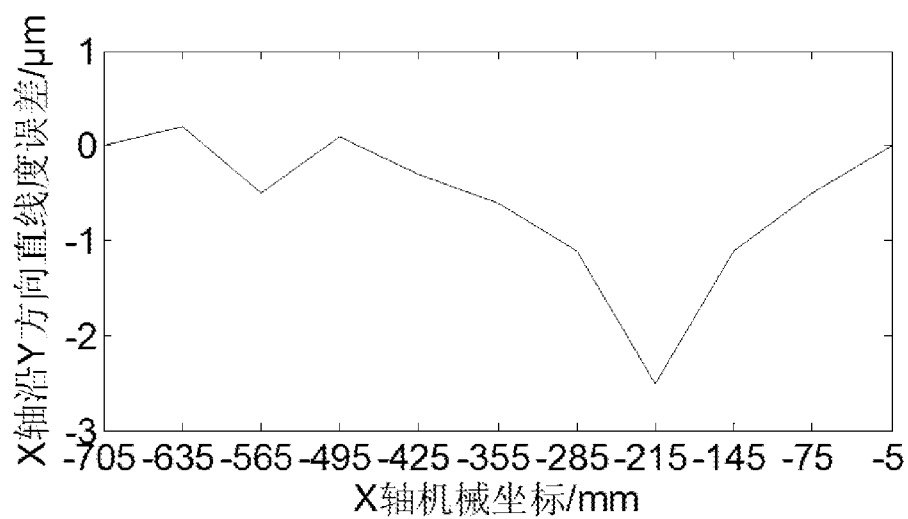


图 5 (a)

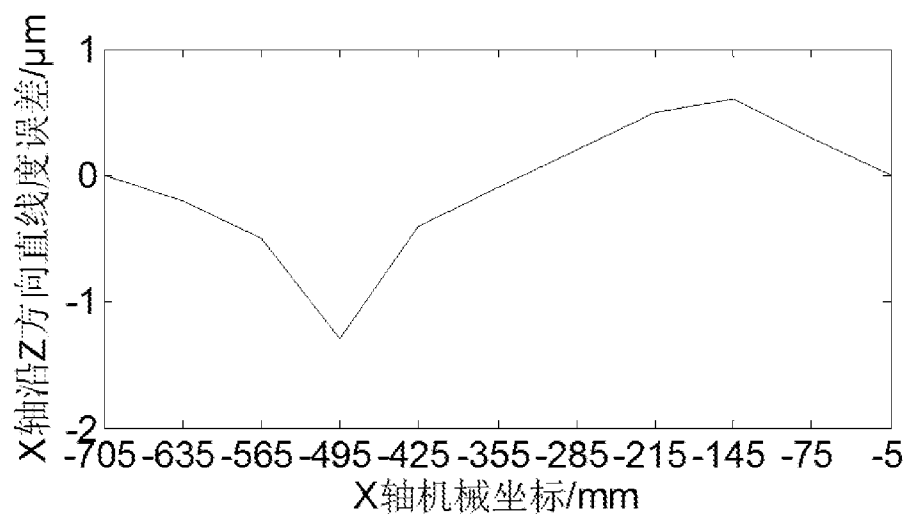


图 5 (b)

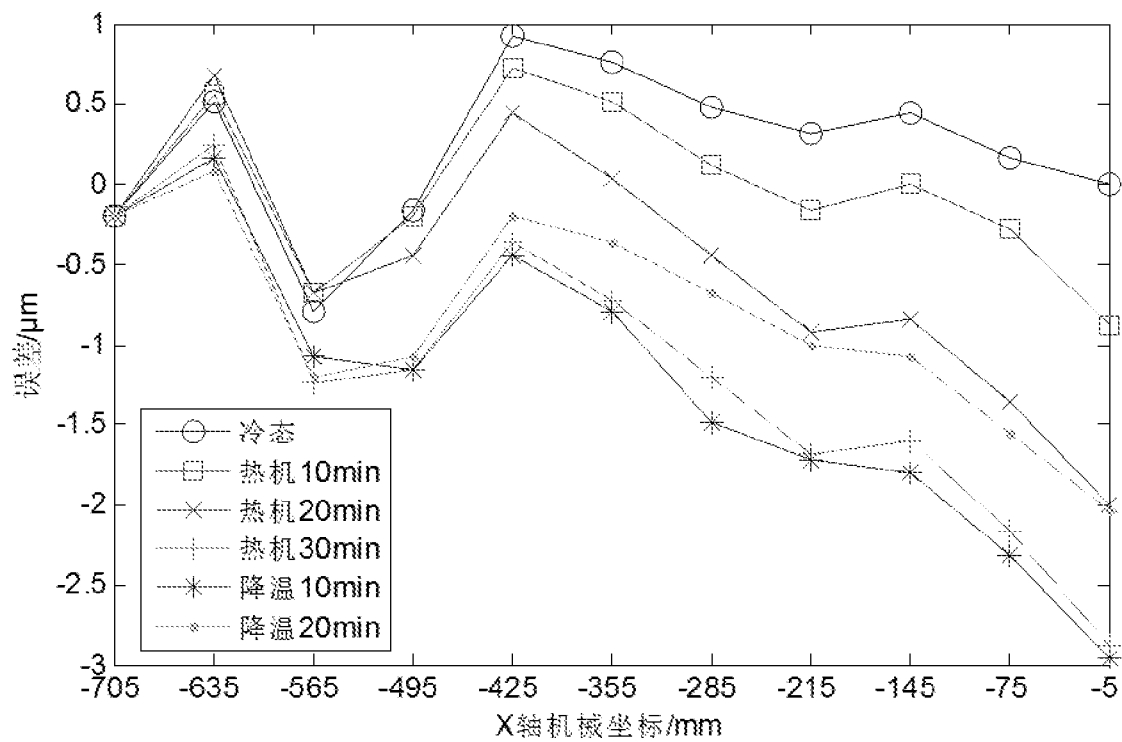


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/075711

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B 19/404(2006.01)i; B23Q 11/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05B;B23Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNKI, wanfang: NC, 机床, 热, 补偿, 加速度, 数控, 误差, 空间, 几何 VEN, USTXT, WOTXT: numerical, compensat+, error?, real time, displacement, real-time, accelerat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102629121 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 08 August 2012 (2012-08-08) description, paragraphs 9-22, and figures 1, 2 and 6	1
A	CN 107065771 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 18 August 2017 (2017-08-18) description, paragraphs 11-46, and figures 1 and 2	1
A	CN 106239368 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 21 December 2016 (2016-12-21) description, paragraphs 43-69	1
A	CN 108345274 A (FANUC CORPORATION) 31 July 2018 (2018-07-31) description, pages 2 and 3, and figure 1	1
A	WO 03073185 A2 (ZETACON CORPORATION) 04 September 2003 (2003-09-04) entire document	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 October 2019

Date of mailing of the international search report

01 November 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/075711

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	102629121	A	08 August 2012	CN	102629121	B	09 April 2014
CN	107065771	A	18 August 2017	CN	107065771	B	01 February 2019
CN	106239368	A	21 December 2016	CN	106239368	B	22 February 2019
CN	108345274	A	31 July 2018	US	2018210417	A1	26 July 2018
				JP	6474435	B2	27 February 2019
				JP	2018120431	A	02 August 2018
				DE	102018000519	A1	23 August 2018
WO	03073185	A2	04 September 2003	US	7243006	B2	10 July 2007
				WO	03073185	A3	05 February 2004
				US	2003163296	A1	28 August 2003
				US	2007021873	A1	25 January 2007
				CA	2517579	A1	04 September 2003
				US	7286906	B2	23 October 2007
				AU	2003206526	A1	09 September 2003
				AU	2003206526	A8	27 October 2005

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/075711

A. 主题的分类

G05B 19/404(2006.01)i; B23Q 11/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G05B;B23Q

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, CNKI, wanfang:NC, 机床, 热, 补偿, 加速度, 数控, 误差, 空间, 几何 VEN, USTXT, WOTXT:numerical, compensat+, error?, real time, displacement, real-time, accelerat+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 102629121 A (上海交通大学) 2012年 8月 8日 (2012 - 08 - 08) 说明书第9-22段, 图1、2、6	1
A	CN 107065771 A (大连理工大学) 2017年 8月 18日 (2017 - 08 - 18) 说明书第11-46段, 图1、2	1
A	CN 106239368 A (上海交通大学) 2016年 12月 21日 (2016 - 12 - 21) 说明书第43-69段	1
A	CN 108345274 A (发那科株式会社) 2018年 7月 31日 (2018 - 07 - 31) 说明书第2-3页, 图1	1
A	WO 03073185 A2 (ZETACON CORP) 2003年 9月 4日 (2003 - 09 - 04) 全文	1

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 10月 11日

国际检索报告邮寄日期

2019年 11月 1日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

许艳丽

传真号 (86-10)62019451

电话号码 86-(20)-28950586

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/075711

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	102629121	A	2012年 8月 8日	CN	102629121	B	2014年 4月 9日
CN	107065771	A	2017年 8月 18日	CN	107065771	B	2019年 2月 1日
CN	106239368	A	2016年 12月 21日	CN	106239368	B	2019年 2月 22日
CN	108345274	A	2018年 7月 31日	US	2018210417	A1	2018年 7月 26日
				JP	6474435	B2	2019年 2月 27日
				JP	2018120431	A	2018年 8月 2日
				DE	102018000519	A1	2018年 8月 23日
WO	03073185	A2	2003年 9月 4日	US	7243006	B2	2007年 7月 10日
				WO	03073185	A3	2004年 2月 5日
				US	2003163296	A1	2003年 8月 28日
				US	2007021873	A1	2007年 1月 25日
				CA	2517579	A1	2003年 9月 4日
				US	7286906	B2	2007年 10月 23日
				AU	2003206526	A1	2003年 9月 9日
				AU	2003206526	A8	2005年 10月 27日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)