



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101758422 B

(45) 授权公告日 2011. 01. 26

(21) 申请号 200910273170. 6

(22) 申请日 2009. 12. 10

(73) 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

专利权人 武汉华中数控股份有限公司

(72) 发明人 周会成 任清荣 唐小琦 奚长浩

陈吉红 向华 周向东 王平江

叶伯生 邹捷

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 方放

(51) Int. Cl.

B23Q 17/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101206473 A, 2008. 06. 25, 全文.

US 5663894 A, 1997. 09. 02, 全文.

金晓亮等. 基于虚拟仪器的数控机床动态特性测试与分析系统研究. 《制造技术与机床》. 2007, (第 6 期), 全文.

审查员 孙力

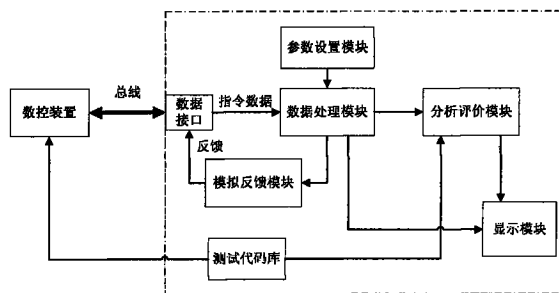
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种数控装置技术指标的检测分析装置

(57) 摘要

一种数控装置技术指标的检测分析装置,属于数控装置的测试装置,解决现有数控装置技术指标检测装置对于各类数控装置不通用,以及检测分析的技术指标不全面的问题。本发明包括数据接口、参数设置模块、数据处理模块、模拟反馈模块、分析评价模块、显示模块和测试代码库;数据处理模块对数据接口接收的指令数据进行运算,检测结果输出到分析评价模块和显示模块;参数设置模块设置模拟反馈模块的参数,测试代码库提供各项待测项目标准测试用 G 代码。本发明利用模拟反馈模块模拟实际伺服驱动、电机和机床特性,计算出相应的反馈数据,排除了实际机电系统不确定性和机床加工性能不一致的影响,能够准确、客观的分析评价数控装置的各项重要技术指标。



1. 一种数控装置技术指标的检测分析装置,包括数据接口、参数设置模块、数据处理模块、模拟反馈模块、分析评价模块、显示模块和测试代码库,其特征在于:

所述数据接口接收数控装置和模拟反馈模块输出的指令数据,将其输出到数据处理模块,所述指令数据包括位控指令数据和逻辑指令数据,位控指令数据包括机床各轴的位置信息,逻辑指令数据包括可编程逻辑控制器 PLC 的信息、报警信息;

所述参数设置模块,设置数控装置待测项目,根据待测项目类别,设置相关模块的参数;对模拟反馈模块的数学仿真模型设置伺服驱动的控制参数、电机和机床传动机构的性能配置参数;对测试代码库设置待测项目的标准测试用 G 代码中加工试件相关参数;对显示模块设置检测和评价结果的输出方式;

所述数据处理模块将接收的指令数据中的位控指令数据分别输出到模拟反馈模块和显示模块;并对接收的指令数据进行处理,将得到的检测结果分别输出到分析评价模块和显示模块;

所述模拟反馈模块,根据数据处理模块输出的位控指令数据,建立数学仿真模型,模拟数控系统中伺服驱动、电机和机床的加工特性,所得到的仿真指令数据反馈给数据接口,用于待测项目的检测;

所述分析评价模块,将数据处理模块输出的检测结果与测试代码库中标准的加工数据进行对比,并和各个待测项目的行业标准进行对比,得到评价结果输出到显示模块,同时,实时记录并保存检测结果和评价结果;

所述显示模块,通过图或表的形式显示数据处理模块输出的检测结果和分析评价模块输出的评价结果;根据数据处理模块输出的位控指令数据 displays 加工轮廓曲线、跟踪误差曲线和机床加工的三维仿真图形;

所述测试代码库,向分析评价模块提供各个待测项目的标准测试用 G 代码以及标准测试用 G 代码中加工试件相关参数,同时向数控装置提供各个待测项目的标准测试用 G 代码。

2. 如权利要求 1 所述的数控装置技术指标的检测分析装置,其特征在于,所述参数设置模块中:

设置数控装置待测项目,包括:

- A. 可靠性指标:平均无故障时间 MTBF、平均故障修复时间 MTTR;
- B. 数控装置的控制通道数,每通道最大联动轴数;
- C. 插补周期,程序段处理速度,前瞻段数,程序容量;
- D. 计算分辨率:最大编程尺寸与最小输出脉冲单位之比;
- E. 插补功能:直线、圆弧、非均匀有理 B 样条曲线插补和空间任意曲面插补, A 轴、B 轴和 C 轴线性插补;
- F. 插补性能:轮廓误差指标、速度波动指标和运动平滑指标,运动平滑指标包括加速度和捷度;
- G. 主轴控制功能:定向、S 轴和 C 轴切换、攻丝、螺纹;
- H. 轴控制功能:回退、同步、电子齿轮、运动叠加、误差补偿和刀具补偿;
- I. 轴控制性能:跟随误差、同步误差和频率响应特性;
- J. 旋转轴控制性能:极坐标插补、圆柱插补、刀具旋转中心编程和短路径选择;
- K. 坐标变换功能:平移、旋转、镜像、倾斜面编程、斜轴控制和仿射坐标;

- L. 简化编程功能 : 固定循环、复合循环和测量循环 ;
- M. 高级编程功能 : 会话式编程、工艺集成编程和多通道协同编程 ;
- N. PLC 运行性能 : 循环时间 ;
- O. 安全防护功能 : 安全区设置、刀具寿命管理、电机和驱动报警处理 ;
- P. 数据交换性能 : 网络数据传输波特率和 RS232 串口数据传输波特率 ;

对模拟反馈模块的数学仿真模型, 设置伺服驱动的控制参数, 包括位置环、速度环、电流环三环控制中的比例、积分、微分参数和前馈环节比例系数 ; 设置电机和机床传动机构的性能配置参数, 包括电机转矩常数、电机转动惯量、电机反向电动势常数、电机等效电感、电机等效电阻、丝杆螺距、丝杆轴等效惯量、丝杆轴等效刚度、等效阻尼系数和传动比 ;

对测试代码库, 设置待测项目的标准测试用 G 代码, 包括所设置数控装置各待测项目对应的标准测试用 G 代码 ; 设置标准测试用 G 代码中加工试件相关参数, 包括加工试件的几何参数 : 长、宽、高、圆弧半径以及加工进给速度 ;

对显示模块设置检测和评价结果的输出方式包括 : 曲线图、数据表格和文字报告 ;

通过对参数进行设置和调整, 使得所述数控装置技术指标的检测分析装置可以在不同伺服控制环节和机床特性的条件下对数控装置的技术指标进行全面的检测和评价, 从而提高了通用性。

3. 如权利要求 1 所述的数控装置技术指标的检测分析装置, 其特征在于 :

所述数据处理模块, 对接收的指令数据进行处理时, 根据数控装置待测项目, 采用对应的检测算法进行运算, 得到检测结果 :

A. 数控装置待测项目为插补周期时, 检测算法步骤为 :

A1. 从测试代码库中选择加工圆弧的 G 代码, 计算两个插补点之间, 插补小线段的长度 d_i :

$$d_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad ,$$

式中, 两个插补点分别为 $P_i (X_i, Y_i)$ 和 $P_{i+1} (X_{i+1}, Y_{i+1})$, $X_i, X_{i+1}, Y_i, Y_{i+1}$ 、分别为两个插补点的横坐标和纵坐标, i 为 $0 \sim n$, n 为插补小线段的段数, 由测试代码库中所选 G 代码确定 ;

A2. 计算各段插补小线段的圆弧误差 E_i :

$$E_i = R - \sqrt{R^2 - (d_i / 2)^2} \quad ,$$

式中, 圆弧加工半径 R 由测试代码库中所选 G 代码指定 ;

A3. 计算单个插补周期 T_i :

$$T_i = \sqrt{8 R E_i} / F \quad ,$$

式中, 进给速度 F 由测试代码库中所选 G 代码指定 ;

A4. 计算平均插补周期 T :

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad ,$$

将平均插补周期 T , 作为被测数控装置的插补周期待测项的检测值 ;

B. 数控装置待测项目为前瞻段数时, 检测算法步骤为 :

B1. 从测试代码库中选择具有如下特征的 G 代码 :

该 G 代码加工轨迹为转角是锐角的折线段,指定加工起始点到转角处共分为 K 个加工段,K 为大于厂家指定前瞻段数的正整数,设置加工进给速度 F 为被测数控装置允许的最大进给速度;

B2. 计算各加工段中每两个插补点之间,插补小线段进给速度 V_i :

$$V_i = d_i/T,$$

式中, T 为被测数控装置插补周期;每两个插补点之间,插补小线段的长度 d_i 为:

$$d_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad ;$$

B3. 计算前瞻段数 N ;

当 $V_{i-1} < V_i$ 时,记录进给速度 V_{i-1} 对应的插补小线段所在加工段序数 P,则被测数控装置的前瞻段数 N 为:

$$N = K - P,$$

前瞻段数 N 大于厂家指定前瞻段数时,检测合格;

C. 数控装置待测项目为程序段处理速度时,检测算法步骤为:

C1. 从测试代码库中选择具有如下特征的 G 代码:

该 G 代码具有的程序段大于 10000 段,且其中第 q 段嵌入数控装置可实时处理的任意 G 代码指令, $q > 1000$;

C2. 计算 q 段程序处理时间 t :

当点击被测数控装置的循环启动键时,利用系统计时函数计时为 t_1 ,当数控装置处理到程序段第 q 段嵌入的 G 代码指令时,利用系统计时函数计时为 t_2 ,则运行指定程序段 q 所用时间为 $t = t_2 - t_1$.

C3. 计算程序段处理速度 v :

$$v = t/q ;$$

D. 数控装置待测项目为非均匀有理 B 样条 NURBS 曲线插补时,检测算法步骤为:

D1. 从测试代码库中选择具有如下特征的 G 代码:

该 G 代码包含 NURBS 插补特定的控制点、节点矢量和权信息;

D2. 被测数控装置执行所选择的 G 代码,

如果被测数控装置可以运行所选择的 G 代码,并能正常显示加工曲线轨迹,则具有 NURBS 曲线插补功能;否则被测数控装置不具有 NURBS 曲线插补功能。

4. 如权利要求 1 所述的数控装置技术指标的检测分析装置,其特征在于:

所述模拟反馈模块,建立数学仿真模型时,应用数学建模与仿真工具,调用其中的模块库对数控系统中伺服系统的位置环、速度环、电流环进行 PID 控制,通过多速率的离散建模建立伺服系统仿真模型,提高伺服系统仿真的准确性;对机床传动机构进行动力学分析,根据力学平衡方程建立机床传动机构仿真模型;通过所建的伺服系统仿真模型和机床传动机构仿真模型分别实现伺服系统和机床传动机构的动态仿真,模拟伺服系统以及机床的动态特性。

一种数控装置技术指标的检测分析装置

技术领域

[0001] 本发明属于数控装置的测试装置,具体涉及一种数控装置技术指标的检测分析装置。

背景技术

[0002] 目前对数控装置的技术指标以及其各个模块功能的综合评价,一般采用在数控机床上直接加工包含各种几何特征的综合试件,用最终加工的试件的几何尺寸来评判数控装置的性能。然而影响最终试件几何尺寸精度的因素很多,除数控装置本身的技术指标外还有:位置伺服系统误差、机床机械精度、测试用量具量仪的误差等。因此,通过在机床上加工试件不能准确地评定数控装置自身的技术指标。进一步说,因为采取的是工件最终的综合测量,又无直接检测数控装置的测试装置,当试件加工的精度达不到要求时,往往要经过多次反复调试相关的设备和软件,这种试切测试的方法将花费很多的工时和费用。当最终确认试件超差时,很难辨别究竟是数控装置的问题还是其它因素影响。

[0003] 目前一些数控装置的制造厂商按照自身产品的特点,开发的测试仪器具有很强的专用性,如中国兵器科学研究院研制的数控装置测试平台,主要是针对绵阳圣维数控有限责任公司开发的圣维数控装置。该数控装置测试平台在进行测试过程中,要求在被测数控装置的硬件平台上安装和运行指定的数控软件。由于不同厂家生产的不同型号数控装置的硬件平台都不相同,其对应的系统软件平台也是不一样的,因此不能保证各款数控装置都能运行指定的数控软件。并且,该测试平台仅能接受被测数控装置发送的脉冲量信号,不支持模拟量和总线的数字量信号的采集。该数控装置测试平台也没有对伺服进给传动机构和机床进行模拟,所以不能调整数控装置测试平台的跟随误差来完成某些数控装置重要技术指标的检测。由上可知,该数控装置测试平台仅能对圣维数控系统的部分技术指标进行检测,不具有通用性和检测的全面性。

发明内容

[0004] 本发明提供一种数控装置技术指标的检测分析装置,解决现有数控装置技术指标检测装置对于各个厂商生产的数控装置不能通用,以及所检测分析的数控装置技术指标不够全面的问题。

[0005] 本发明的一种数控装置技术指标的检测分析装置,包括数据接口、参数设置模块、数据处理模块、模拟反馈模块、分析评价模块、显示模块和测试代码库,其特征在于:

[0006] 所述数据接口接收数控装置和模拟反馈模块输出的指令数据,将其输出到数据处理模块,所述指令数据包括位控指令数据和逻辑指令数据,位控指令数据包括机床各轴的位置信息,逻辑指令数据包括可编程逻辑控制器 PLC 的控制信息、报警信息;

[0007] 所述参数设置模块,设置数控装置待测项目,根据待测项目类别,设置相关模块的参数;对模拟反馈模块的数学仿真模型设置伺服驱动的控制参数、电机和机床传动机构的性能配置参数;对测试代码库设置待测项目的标准测试用 G 代码中加工试件相关参数;对

显示模块设置检测和评价结果的输出方式；

[0008] 所述数据处理模块将接收的指令数据中的位控指令数据分别输出到模拟反馈模块和显示模块；并对接收的指令数据进行处理，将得到的检测结果分别输出到分析评价模块和显示模块；

[0009] 所述模拟反馈模块，根据数据处理模块输出的位控指令数据，建立数学仿真模型，模拟数控系统中伺服驱动、电机和机床的加工特性，所得到的仿真指令数据反馈给数据接口，用于待测项目的检测；

[0010] 所述分析评价模块，将数据处理模块输出的检测结果与测试代码库中标准的加工数据进行对比，并和各个待测项目的行业标准进行对比，得到评价结果输出到显示模块，同时，实时记录并保存检测结果和评价结果；

[0011] 所述显示模块，通过图或表的形式显示数据处理模块输出的检测结果和分析评价模块输出的评价结果；根据数据处理模块输出的位控指令数据显示加工轮廓曲线、跟踪误差曲线和机床加工的三维仿真图形；

[0012] 所述测试代码库，向分析评价模块提供各个待测项目的标准测试用 G 代码以及标准测试用 G 代码中加工试件相关参数，同时向数控装置提供各个待测项目的标准测试用 G 代码。

[0013] 所述的数控装置技术指标的检测分析装置，其特征在于，所述参数设置模块中：

[0014] 设置数控装置待测项目，包括：

[0015] A. 可靠性指标：平均无故障时间 MTBF、平均故障修复时间 MTTR；

[0016] B. 数控装置的控制通道数，每通道最大联动轴数；

[0017] C. 插补周期，程序段处理速度，前瞻段数，程序容量；

[0018] D. 计算分辨率：最大编程尺寸与最小输出脉冲单位之比；

[0019] E. 插补功能：直线、圆弧、非均匀有理 B 样条 (NURBS) 曲线插补和空间任意曲面插补，A 轴、B 轴和 C 轴线性插补；

[0020] F. 插补性能：轮廓误差指标、速度波动指标和运动平滑指标，运动平滑指标包括加速度和捷度；

[0021] G. 主轴控制功能：定向、S 轴和 C 轴切换、攻丝、螺纹；

[0022] H. 轴控制功能：回退、同步、电子齿轮、运动叠加、误差补偿和刀具补偿；

[0023] I. 轴控制性能：跟随误差、同步误差和频率响应特性；

[0024] J. 旋转轴控制性能：极坐标插补、圆柱插补、刀具旋转中心编程 (RTCP) 功能和短路径选择；

[0025] K. 坐标变换功能：平移、旋转、镜像、倾斜面编程、斜轴控制和仿射坐标；

[0026] L. 简化编程功能：固定循环、复合循环和测量循环；

[0027] M. 高级编程功能：会话式编程、工艺集成编程和多通道协同编程；

[0028] N. PLC 运行性能：循环时间；

[0029] O. 安全防护功能：安全区设置、刀具寿命管理、电机和驱动报警处理；

[0030] P. 数据交换性能：网络数据传输波特率和 RS232 串口数据传输波特率；

[0031] 对模拟反馈模块的数学仿真模型，设置伺服驱动的控制参数，包括位置环、速度环、电流环三环控制中的比例、积分、微分 (PID) 参数和前馈环节比例系数；设置电机和机

床传动机构的性能配置参数,包括电机转矩常数、电机转动惯量、电机反向电动势常数、电机等效电感、电机等效电阻、丝杆螺距、丝杆轴等效惯量、丝杆轴等效刚度、等效阻尼系数和传动比;

[0032] 对测试代码库,设置待测项目的标准测试用 G 代码,包括所设置数控装置各待测项目对应的标准测试用 G 代码;设置标准测试用 G 代码中加工试件相关参数,包括加工试件的几何参数:长、宽、高、圆弧半径以及加工进给速度;

[0033] 对显示模块设置检测和评价结果的输出方式包括:曲线图、数据表格和文字报告;

[0034] 通过对参数进行设置和调整,使得本数控装置技术指标的检测分析装置可以在不同伺服控制环节和机床特性的条件下对数控装置的技术指标进行全面的检测和评价,从而提高了通用性。

[0035] 所述的数控装置技术指标的检测分析装置,其特征在于:

[0036] 所述数据处理模块,对接收的指令数据进行处理时,根据数控装置待测项目,采用对应的检测算法进行运算,得到检测结果:

[0037] A. 数控装置待测项目为插补周期时,检测算法步骤为:

[0038] A1. 从测试代码库中选择加工圆弧的 G 代码,计算两个插补点之间,插补小线段的长度 d_i :

$$[0039] \quad d_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad ,$$

[0040] 式中,两个插补点分别为 $P_i(X_i, Y_i)$ 和 $P_{i+1}(X_{i+1}, Y_{i+1})$, X_i 、 X_{i+1} 、 Y_i 、 Y_{i+1} 、分别为两个插补点的横坐标和纵坐标, i 为 $0 \sim n$, n 为插补小线段的段数,由测试代码库中所选 G 代码确定;

[0041] A2. 计算各段插补小线段的圆弧误差 E_i :

$$[0042] \quad E_i = R - \sqrt{R^2 - (d_i/2)^2} \quad ,$$

[0043] 式中,圆弧加工半径 R 由测试代码库中所选 G 代码指定;

[0044] A3. 计算单个插补周期 T_i :

$$[0045] \quad T_i = \sqrt{8 R E_i} / F \quad ,$$

[0046] 式中,进给速度 F 由测试代码库中所选 G 代码指定;

[0047] A4. 计算平均插补周期 T :

$$[0048] \quad T = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad ,$$

[0049] 将平均插补周期 T ,作为被测数控装置的插补周期待测项的检测值;

[0050] B. 数控装置待测项目为前瞻段数时,检测算法步骤为:

[0051] B1. 从测试代码库中选择具有如下特征的 G 代码:

[0052] 该 G 代码加工轨迹为转角是锐角的折线段,指定加工起始点到转角处共分为 K 个加工段, K 为大于厂家指定前瞻段数的正整数,设置加工进给速度 F 为被测数控装置允许的最大进给速度;

[0053] B2. 计算各加工段中每两个插补点之间,插补小线段进给速度 V_i :

[0054] $V_i = d_i/T$,

[0055] 式中, T 为被测数控装置插补周期;每两个插补点之间,插补小线段的长度 d_i 为:

[0056] $d_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}$;

[0057] B3. 计算前瞻段数 N;

[0058] 当 $V_{i-1} < V_i$ 时,记录进给速度 V_{i-1} 对应的插补小线段所在加工段序数 P,则被测数控装置的前瞻段数 N 为:

[0059] $N = K - P$,

[0060] 前瞻段数 N 大于厂家指定前瞻段数时,检测合格;

[0061] C. 数控装置待测项目为程序段处理速度时,检测算法步骤为:

[0062] C1. 从测试代码库中选择具有如下特征的 G 代码:

[0063] 该 G 代码具有的程序段大于 10000 段,且其中第 q 段嵌入数控装置可实时处理的任意 G 代码指令, $q > 1000$;

[0064] C2. 计算 q 段程序处理时间 t:

[0065] 当点击被测数控装置的循环启动键时,利用系统计时函数计时为 t_1 ,当数控装置处理到程序段第 q 段嵌入的 G 代码指令时,利用系统计时函数计时为 t_2 ,则运行指定程序段 q 所用时间为 $t = t_2 - t_1$.

[0066] C3. 计算程序段处理速度 v:

[0067] $v = t/q$;

[0068] D. 数控装置待测项目为非均匀有理 B 样条 (NURBS) 曲线插补时,检测算法步骤为:

[0069] D1. 从测试代码库中选择具有如下特征的 G 代码:

[0070] 该 G 代码包含 NURBS 插补特定的控制点、节点矢量和权信息;

[0071] D2. 被测数控装置执行所选择的 G 代码,

[0072] 如果被测数控装置可以运行所选择的 G 代码,并能正常显示加工曲线轨迹,则具有 NURBS 曲线插补功能;否则被测数控装置不具有 NURBS 曲线插补功能。

[0073] 所述的数控装置技术指标的检测分析装置,其特征在于:

[0074] 所述模拟反馈模块,建立数学仿真模型时,应用数学建模与仿真工具,调用其中的模块库对数控系统中伺服系统的位置环、速度环、电流环进行 PID 控制,通过多速率的离散建模建立伺服系统仿真模型,提高伺服系统仿真的准确性;对机床传动机构进行动力学分析,根据力学平衡方程建立机床传动机构仿真模型;通过所建的伺服系统仿真模型和机床传动机构仿真模型分别实现伺服系统和机床传动机构的动态仿真,模拟伺服系统以及机床的动态特性。

[0075] 由于采用的是纯粹的数学模型,避免了实际机电系统的不确定性和不一致性,也消除了机床因素的影响,因此可以对数控装置的技术指标进行准确的检测和评价。

[0076] 数控装置和本发明之间的数据是通过数据接口传输的,根据不同的数控装置,数据接口可以是作为数控系统现场总线的一个节点,也可以是整个数控系统控制回路中开放的信号采集接口,因此既可以接收数字量信号、也可以对模拟量和脉冲量信号进行采集和传输。

[0077] 参数设置模块可设置和调整模拟反馈模块的参数,使得本发明可在不同的伺服控

制策略和机床特性条件下对数控装置技术指标进行全面的检测,从而提高了本发明的通用性。

[0078] 测试代码库为数控装置的各项技术指标的检测和评价提供标准测试用 G 代码。通过选用不同的标准测试用 G 代码,可单独检测和评价数控装置的某一项技术指标,也可对数控装置的各项技术指标给出综合评价。例如选用一个标准圆的测试用 G 代码可检测圆弧插补误差,采用曲率急剧变化的 NURBS 曲线的测试用 G 代码可检测速度规划方法等。

[0079] 数控装置的生产厂商有的将位置环集成于数控装置里,有的则将其集成于伺服系统中。本发明对于上述两类数控装置均适用,本发明利用模拟反馈模块来模拟实际机床的伺服驱动、电机和机床特性,排除了实际机电系统的不确定性和实际机床加工不一致的影响,得到其加工的位置信息,经过数据接口可以将位置值反馈回数控装置,维持其检测过程中的正常运行;本发明的数字接口既可以接收数字量信号、也可以对模拟量和脉冲量信号进行采集和传输;可对数控装置的各项重要技术指标进行全方面的检测分析,使得检测结果更为准确。所以本发明具有通用性,既适用于数字式的数控装置的检测,也可以应用于脉冲式的数控装置的检测。

附图说明

[0080] 图 1 为本发明的组成示意图;

[0081] 图 2 为本发明的模拟反馈模块建立的单轴仿真模型示意图;

[0082] 图 3A 为圆插补轨迹示意图;

[0083] 图 3B 为图 3A 的局部 A 处放大图;

[0084] 图 4 为对数控装置刀具补偿功能进行检测的曲线图。

具体实施方式

[0085] 如图 1 所示,本发明包括数据接口、参数设置模块、数据处理模块、模拟反馈模块、分析评价模块、显示模块和测试代码库。数据接口可以是数控系统现场总线接口,也可以是数控系统模拟量或脉冲量接口。

[0086] 模拟反馈模块,建立数学仿真模型时,应用数学建模与仿真工具,调用其中的模块库对数控系统中伺服系统的位置环、速度环、电流环进行 PID 控制,通过多速率的离散建模建立伺服系统仿真模型。

[0087] 图 2 所示为本发明中模拟反馈模块建立的机床单轴进给系统仿真模型示意图。选用开源的或商用的数学仿真工具来搭建伺服系统和机床传动机构的纯数学仿真模型,此处以商用建模仿真软件 Matlab 举例说明,但并不局限于该建模仿真工具。

[0088] 利用 Matlab 的 Simulink 工具箱构建机床单轴进给系统仿真模型,包括依次串联的第一 PID 控制模块、第二 PID 控制模块、第三 PID 控制模块、电机模块、积分模块以及机床进给传动机构;电机模块输出反馈到第三 PID 控制模块构成电流环,电机模块输出反馈到第二 PID 控制模块构成速度环,积分模块输出反馈到第一 PID 控制模块构成位置环。

[0089] 该仿真模型的输入为被测数控装置的位控指令信息。电机模块输出控制电流,通过电流环和速度环后得到速度指令,经过积分环节得到位置指令作为机床进给传动机构的输入信号。机床进给传动机构中包括实际的进给传动机构的相同单元,如,联轴器,滚珠丝

杠传动系统,编码器。这样可以方便的对各个单元的参数进行设置。其次,将多个单轴进给系统的模型进行组合,构建多轴仿真模型,以便尽量真实的模拟伺服系统和机床的工作过程,提高仿真模型的准确性。另外,运用 Simulink 的 RTW 工具箱,可以将搭建的仿真模型完全转化为 C 代码,有利于在脱离商用建模仿真软件 Matlab/Simulink 的情况下,完成对伺服系统和机床传动机构的模拟仿真。为了维护数控装置在被测过程中的正常运行和模拟仿真结果的准确性,选用具有硬实时能力的 RTAI-Linux 操作系统作为数控装置技术指标的检测分析装置的软件平台。

[0090] 以下通过对数控装置两个待测项目检测的介绍,具体说明本发明的检测过程:

[0091] (1) 对数控装置重要技术指标——插补周期(T)进行检测。

[0092] 首先在本发明的参数设置模块中设置待测项目(插补周期)。根据所设置的待测项目对其他相关模块进行设置:

[0093] 设置模拟反馈模块的前馈环节比例系数(0.002);设置各环的PID参数:位置环比例增益(190)、速度环比例积分增益(10,0.08)和电流环比例积分增益(2000,0.02);设置电机和机床传动机构的性能配置参数:电机转矩常数(1.4Nm/A)、电机转动惯量(0.008817Kg^m²)、电机反向电动势常数(0.86)、电机等效电感(0.35H)、电机等效电阻(0.000735Ω)、丝杆螺距(10mm)、丝杆轴等效惯量(0.009713Kg^m²)、丝杆轴等效刚度(700000N/m)、等效阻尼系数(0.019811Kg^m²/s)和传动比(1);

[0094] 在测试代码库中选择合适的测试用G代码(圆曲线),设置测试用G代码中加工试件相关参数:加工圆半径R(40mm),进给速度F(40mm/s);

[0095] 设置显示模块对检测和评价结果的输出方式为曲线图;

[0096] 完成相关的设置后,开始对被测数控装置的插补周期指标项进行检测。本发明通过数据接口接收被测数控装置运行所选的标准测试用G代码发送的指令数据。然后将其传输给数据处理模块,该模块将其中的位控信息发送给模拟反馈模块用于对伺服系统和进给传动机构的仿真,仿真结果传输给数据处理模块和显示模块,分别用于插补周期指标项的检测和轮廓轨迹的显示。

[0097] 如图3A、图3B所示,根据数据处理模块的内部检测算法,对插补周期指标项进行检测。

[0098] 计算 $P_i(X_i, Y_i)$ 和 $P_{i+1}(X_{i+1}, Y_{i+1})$ 两个插补点之间,插补小线段的长度 d_i :

$$[0099] \quad d_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad ,$$

[0100] 从数据接口得到插补点坐标数据 $P_i(38903, 9300)$ 和 $P_{i+1}(38885, 9377)$,可算

$$[0101] \quad \text{得} d_i = \sqrt{(38885 - 38903)^2 + (9377 - 9300)^2} = 79.0759 \text{ (um)} \quad ;$$

[0102] 根据测试代码库中所设置的进给速度F(40mm/s)和圆弧加工半径R(40mm),可计算出该插补小线段的圆弧误差 E_i :

$$[0103] \quad E_i = 40000 - \sqrt{40000^2 - (79.0759/2)^2} = 0.01954 \quad ,$$

[0104] 计算单个插补周期 T_i :

$$[0105] \quad T_i = \sqrt{8 \times 40000 \times 0.01954} / 40 = 1.9769 \text{ (ms)} \quad ;$$

[0106] 经过多次计算取平均的方法,得到被测数控装置的平均插补周期值 $T = 2 \text{ (ms)}$ 。

[0107] 分析评价模块将检测值与插补周期检测项的行业标准进行对比,给出分析评价结果。最后由显示模块,将评价结果和插补周期检测值显示输出。

[0108] (2) 对数控装置重要技术指标——刀具补偿功能进行检测。

[0109] 首先在本发明的参数设置模块中设置待测项目(刀具补偿功能)。根据所设置的待测项目对其他相关模块进行设置:

[0110] 设置模拟反馈模块的前馈环节比例系数(0.002);设置各环的PID参数:位置环比例增益(190)、速度环比例积分增益(10,0.08)和电流环比例积分增益(2000,0.02);设置电机和机床传动机构的性能配置参数:电机转矩常数(1.4Nm/A)、电机转动惯量(0.008817Kg^m²)、电机反向电动势常数(0.86)、电机等效电感(0.35H)、电机等效电阻(0.000735Ω)、丝杆螺距(10mm)、丝杆轴等效惯量(0.009713Kg^m²)、丝杆轴等效刚度(700000N/m)、等效阻尼系数(0.019811Kg^m²/s)和传动比(1);

[0111] 在测试代码库中选择合适的测试用G代码(刀补建立段曲线),设置测试用G代码中加工试件相关参数:进给速度F(80mm/s);

[0112] 设置显示模块对检测和评价结果的输出方式为曲线图和表格;

[0113] 完成相关的设置后,开始对被测数控装置的刀具补偿功能进行检测。数据处理模块,通过数据接口接收被测数控装置运行选择的标准测试用G代码所得到的指令数据。并将其中的位控指令数据,传输给模拟反馈模块,用于对伺服电机和机床传动机构的仿真,模拟得到实际机床加工的位置值。该位置值可通过数据接口反馈给数控装置,实现全闭环控制,维持被测数控装置的运行。同时,数据处理模块利用该数据记录各个拐点处的坐标,并于实际的拐点坐标比较,计算出拐点的偏差值。分析评价模块则根据该偏差值,对被测数控装置的刀具补偿功能进行评价。

[0114] 图4所示为本发明对数控装置刀具补偿功能进行检测的曲线图。其中,曲线ABCD为理论编程轨迹,A' B' C' D'为理论刀补轨迹。图中标出了拐点A、B、C、D'、C'、B'处的坐标值,圆圈处表明理论刀补点与实际刀补点有较大的偏差。理论刀补轨迹从B'点到C'点,其里面x增量为 $74.4239-40=34.4239\text{mm}$,y理论增量为0mm。通过数据处理模块得到的实际x增量为12.72mm,y增量为0mm。表明C处实际刀补点x坐标有较大的偏差。分析评价模块根据检测的偏差量,给出该功能“不合格”的评价。下表所示为显示模块输出的检测结果和分析评价模块得到的评价结果。

[0115] 检测结果:

[0116]

理论 X 增量	实际 X 增量	理论 Y 增量	实际 Y 增量	评价结果
$74.4239-40=34.4239$	22.72	$40-40=0$	0	不合格

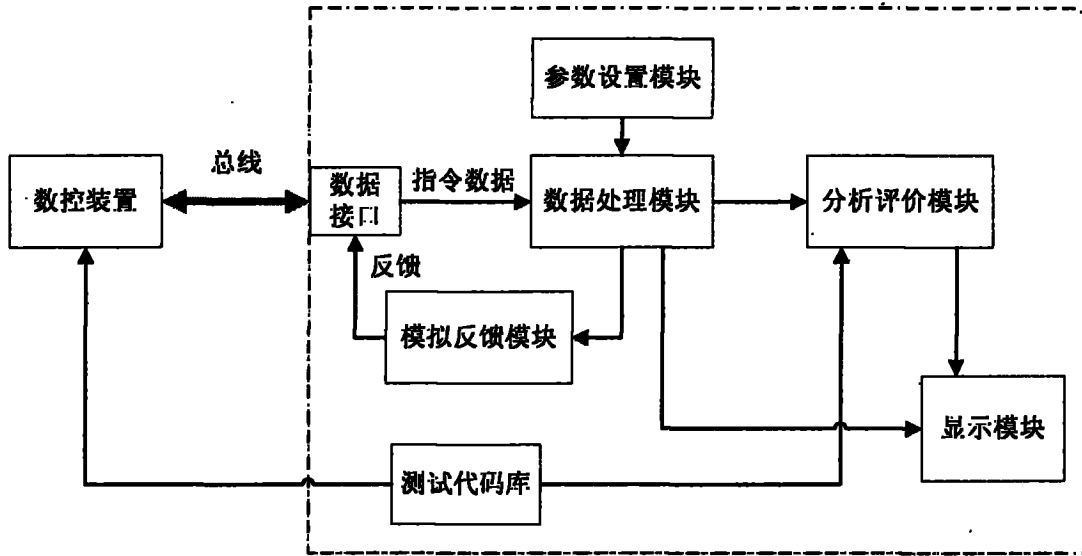


图 1

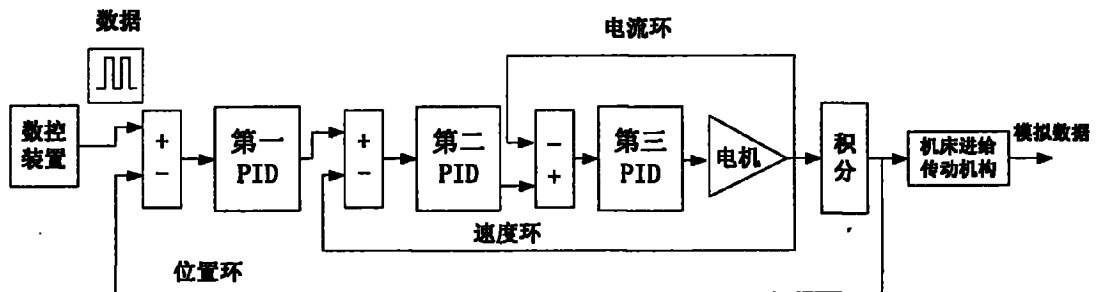


图 2

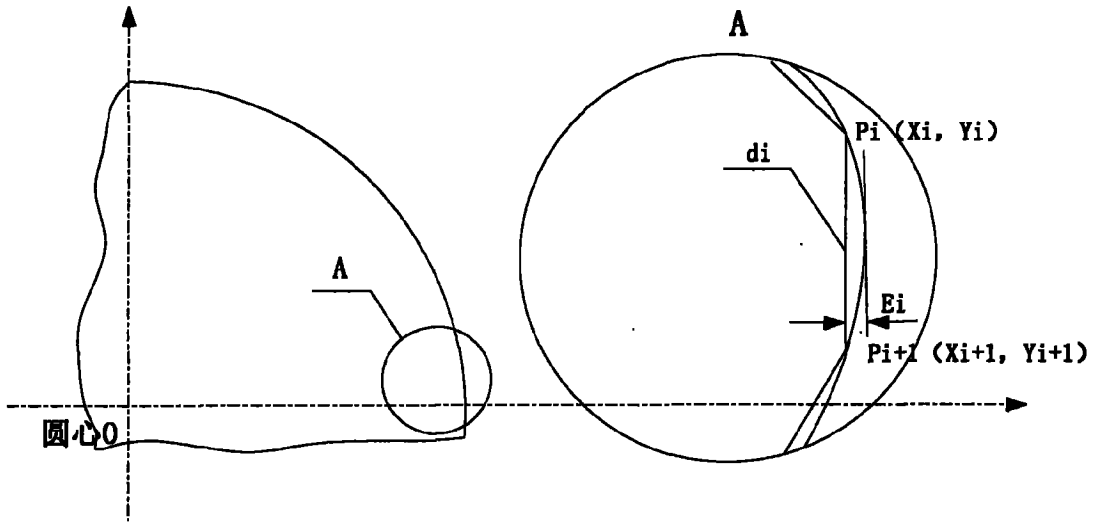


图 3A

图 3B

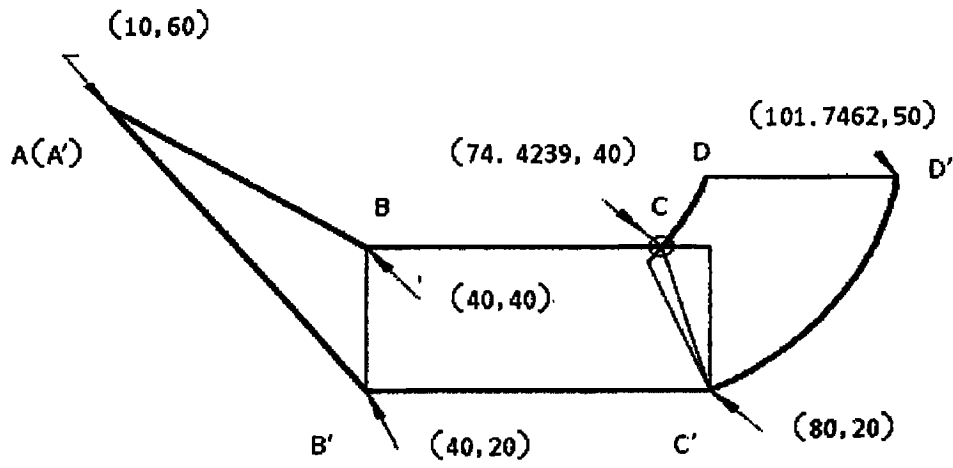


图 4