



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118963243 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 15

(21) 申请号 202411461688.3

(22) 申请日 2024.10.18

(71) 申请人 江苏新贝斯特智能制造有限公司

地址 211600 江苏省淮安市金湖经济开发区同泰大道西侧、北兴路北侧

(72) 发明人 董晓军 周学锋 董承文 梁庆祝
高月明 欧肖

(74) 专利代理机构 南京苏博知识产权代理事务所(普通合伙) 32411

专利代理师 孙斌

(51) Int. Cl.

G05B 19/406 (2006.01)

权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台

(57) 摘要

本发明涉及数控机床控制技术领域,具体的是一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台,包括:数据采集模块,用于采集机床的运行数据,将运行数据传输到远程操作平台;运行数据包括机床工作时各电路元器件及连接件的位置、速度和工作功率;启动参数识别模块,用于根据远程操作平台获取的运行数据,识别机床在启动时各个机构对应的启动参数;性能分析模块,用于根据机床的启动参数,确定机床在工作时的性能稳定性指标;提高了机床的操作的准确性和效率。



1. 一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台,其特征在于,包括:

数据采集模块,用于采集机床的运行数据,将运行数据传输到远程操作平台;运行数据包括机床工作时各电路元器件及连接件的位置、速度和工作功率;

启动参数识别模块,用于根据远程操作平台获取的运行数据,识别机床在启动时各个机构对应的启动参数;

性能分析模块,用于根据机床的启动参数,确定机床在工作时的性能稳定性指标;

性能分析模块包括位置误差分析单元、速度误差分析单元和响应分析单元;

位置误差分析单元,用于根据机床的启动参数,确定机床在工作时的位置累积误差;

速度误差分析单元,用于根据机床的启动参数,确定机床在工作的速度累积误差;

响应分析单元,用于分析机床在对所有工作指令的初步反应时间和接收到速度控制命令时的应答反应时间,根据初步反应时间和应答反应时间得到时间反应系数;

功率分析模块,用于根据获取的运行数据和启动参数,确定机床在相应启动参数下工作功率的稳定性指标;

参数评估模块,用于根据获取的性能稳定性指标和工作功率的稳定性指标,对机床的运行进行综合评估,获取机床的综合评估指标,根据机床的综合评估指标,对启动参数进行调整。

2. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台,其特征在于,采集机床的运行数据时,还包括:确定机床处于的状态,机床处于的状态包括待机状态和生产状态,若机床处于待机状态,控制机床进入预设锁定状态,并确定机床基础的运行数据;

当机床处于生产状态时,获取数据采集模块的初始采集时间间隔、调整前的采集时间间隔和调整的影响因子,调整机床的采集时间间隔;

$$\text{time}' = \tau \times \frac{(\text{time}_0 + \text{time}_1) \times \text{CRO}'}{2 \times \text{CRO}}; \text{其中, } \text{time}' \text{ 是调整后的采集时间间隔, } \text{time}_0$$

是初始采集时间间隔, τ 是误差系数,取值范围为1.053到1.085; time_1 是调整前的采集时间间隔, CRO 是影响因子, CRO' 是影响因子的预测值。

3. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台,其特征在于,启动参数识别模块还包括,获取启动参数在测试时的多个预设值,并获取启动参数在测试时的多个测试周期,根据得到的测试周期,向机床发送对应的驱动指令,每个驱动指令中带有预设值,用于对机床执行启动操作,将执行启动操作的参数作为识别的启动参数;驱动指令包括工作指令和速度控制指令。

4. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台,其特征在于,性能分析模块在确定机床在工作时的性能稳定性指标前,首先获取机床上各电路元器件及连接件的型号、位置及连接关系;

根据机床上各电路元器件及连接件的型号、位置及连接关系,确定机床在工作时,各个位置上组件的工作流程和顺序;

根据机床各个位置上组件的工作流程和顺序,依次获取各个工作流程下机床在各个传动位置上出现的位置累积误差和速度累计误差,分别确定位置累积误差对应的第一补偿时

间和速度累计误差对应的第二补偿时间；

根据第一补偿时间和第二补偿时间调整位置累积误差和速度累计误差。

5. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台,其特征在在于,位置累积误差表示为,获取各启动参数对应的理论位置的坐标和实际位置的坐标,根据启动参数对应的理论位置的坐标和实际位置的坐标,得到理论位置 and 实际位置的坐标距离,并获取理论位置 and 实际位置的允许坐标距离误差,确定位置累积误差;

$$PAE = \sum_{i=1}^n \left(X_i / X_i' \right);$$

其中, PAE 是位置累积误差, X_i 是启动参数对应第 i 个时间点的理论位置 and 实际位置的坐标距离, X_i' 是启动参数对应第 i 个时间点的理论位置 and 实际位置的允许坐标距离误差, n 是启动参数对应时间点的数量, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台,其特征在在于,速度累积误差表示为获取启动参数对应的理论速度和实际速度;

$$VAE = \sum_{i=1}^n \left| V_i - V_i' \right|;$$

其中, VAE 是速度累积误差, V_i 是启动参数对应第 i 个时间点的理论速度, V_i' 是第 i 个启动参数对应第 i 个时间点的实际速度, n 是启动参数对应时间点的数量, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

7. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台,其特征在在于,分析机床在对所有工作指令的初步反应时间和接收到速度控制命令时的应答反应时间的处理方式包括:

获取机床开始动作的时间点和发出工作指令的时间点,得到初步反应时间;获取速度达到指定值的时间点和发出速度控制命令的时间点,得到应答反应时间;根据初步反应时间和应答反应时间得到时间反应系数;

时间反应系数表示为,依次获取初步反应时间的实际值和预测值、应答反应时间的实际值和预测值,得到时间反应系数;

$$TRC = \frac{IRT_0}{|IRT - IRT_0| + 1} + \frac{RTVC_0}{|RTVC - RTVC_0| + 1};$$

其中, TRC 是时间反应系数, IRT 是初步反应时间的实际值, IRT_0 是初步反应时间的预测值, $RTVC$ 是应答反应时间的实际值, $RTVC_0$ 是应答反应时间的预测值。

8. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台,其特征在在于,性能稳定性指标表示为,根据位置累积误差、速度累积误差和时间反应系数,依次获取位置累积误差的实际值和预测值、速度累积误差的实际值和预测值,得到性能稳定性指标;

$$PSI = \omega_1 \times \frac{PAE_0}{\sqrt{(PAE - PAE_0)^2 + 1}} + \omega_2 \times \frac{VAE_0}{|VAE - VAE_0|} + \omega_3 \times e^{TRC};$$

其中, **PSI** 是性能稳定性指标, **PAE** 是位置累积误差的实际值, **PAE₀** 是位置累积误差的预测值, **VAE** 是速度累积误差的实际值, **VAE₀** 是速度累积误差的预测值, **TRC** 是时间反应系数, **ω₁** 是位置累积误差的权重, **ω₂** 是速度累积误差的权重, **ω₃** 是时间反应系数的权重。

9. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台, 其特征在于, 工作功率的稳定性指标表示为, 根据获取的运行数据和启动参数, 获取每个启动参数对应下机床的工作功率, 并确定机床的平均工作功率, 根据机床的工作功率, 得到工作效率的稳定性指标:

$$SWP = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2};$$

其中, **SWP** 是工作功率的稳定性指标, **P_i** 是启动参数对应第*i*个时间点机床的工作功率, **̄P** 是机床的平均工作功率, **n** 是启动参数对应时间点的数量, **i = 1, 2, ..., n**。

10. 根据权利要求3所述的一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台, 其特征在于, 机床的综合评估指标表示为工作功率的稳定性指标和性能稳定性指标归一化处理后的加权平均值, 根据机床的综合评估指标, 对启动参数进行调整的方式包括:

判断获取的综合评估指标是否在正常评估值范围内, 若综合评估指标在正常评估值范围内, 将综合评估指标对应的启动参数的平均值作为调整后的启动参数的值;

若综合评估指标小于正常评估值范围的下限值, 则获取多个测试周期内的综合评估指标, 筛选出在相邻测试周期内综合评估指标的变化值最小的一个测试周期, 将相邻测试周期内综合评估指标的变化值最小的测试周期内的启动参数与多个测试周期内综合指标值最大的测试周期内的启动参数进行叠加, 将叠加后的启动参数的值作为调整后的启动参数的值;

若综合评估指标大于正常评估值范围的上限值, 则将上一个综合评估指标处于正常评估范围内的启动参数与当前启动参数求取平均值作为调整后的启动参数的值。

一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台

技术领域

[0001] 本发明涉及数控机床控制技术领域,具体的是一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台。

背景技术

[0002] 数控技术是先进制造技术的核心,机床是发展机械制造业乃至整个工业必不可少的复杂生产工具,既是生产要素,又是重要的商品,而数控机床是机电一体化、自动化的机床。

[0003] 数控机床的控制器不是简单的显示器,数控机床的控制器大多和显示器连接。现代数控技术飞速发展,数控机床厂商或者数控机床控制器制造商出于技术保护、功能限制、商务问题(如款项未到位)等的考虑因素,会对控制器的使用权限进行管理,从而控制用户对机床的使用权限,例如暂停机床的使用,直到上述考虑因素谈妥解决后,机床可以恢复使用。

[0004] 如中国专利公开号CN114281023A公开了一种数控机床的远程控制方法、系统和存储介质,其方法包括:根据获取的锁机指令修改数控机床所使用数控系统的启动参数;若数控机床的机床主体处于待机状态,根据修改后启动参数控制所述数控系统重启进入预设锁定状态以实现锁机;若数控机床的机床主体处于生产状态,控制所述机床主体暂停生产并切换为待机状态,根据修改后启动参数控制所述数控系统重启进入预设锁定状态以实现锁机。

[0005] 现有技术在对机床的启动参数你进控制时,通过对机床处于生产状态和待机状态来确定启动参数,来控制机床启动和锁定;但是仅通过机床所处状态不能准确识别到当前修改的启动参数对机床设备的影响,导致机床本身工作效率和运行的性能无法得到准确识别,造成机床工作效率降低。

发明内容

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台,包括:数据采集模块,用于采集机床的运行数据,将运行数据传输到远程操作平台;运行数据包括机床工作时各电路元器件及连接件的位置、速度和工作功率。

[0007] 启动参数识别模块,用于根据远程操作平台获取的运行数据,识别机床在启动时各个机构对应的启动参数。

[0008] 性能分析模块,用于根据机床的启动参数,确定机床在工作时的性能稳定性指标。

[0009] 性能分析模块包括位置误差分析单元、速度误差分析单元和响应分析单元。

[0010] 位置误差分析单元,用于根据机床的启动参数,确定机床在工作时的位置累积误差。

[0011] 速度误差分析单元,用于根据机床的启动参数,确定机床在工作的速度累积误差。

[0012] 响应分析单元,用于分析机床在对所有工作指令的初步反应时间和接收到速度控

制命令时的应答反应时间,根据初步反应时间和应答反应时间得到时间反应系数。

[0013] 功率分析模块,用于根据获取的运行数据和启动参数,确定机床在相应启动参数下工作功率的稳定性指标。

[0014] 参数评估模块,用于根据获取的性能稳定性指标和工作功率的稳定性指标,对机床的运行进行综合评估,获取机床的综合评估指标,根据机床的综合评估指标,对启动参数进行调整。

[0015] 本发明的有益效果在于:本发明通过实时采集和分析机床的运行数据,准确识别启动参数,为远程操作提供精确的数据支持,提高操作的准确性和效率;通过全面分析机床的性能稳定性指标,包括位置累积误差、速度累积误差和时间反应系数,及时发现并解决潜在问题,增强机床的性能稳定性;通过评估机床在相应启动参数下工作功率的稳定性,优化机床的功率输出,提高机床的工作效率和能源利用率;通过综合评估机床的运行状态,并根据评估结果对启动参数进行自动调整,实现机床运行的智能化管理,降低人工干预成本,提高生产效率。

附图说明

[0016] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0017] 图1是一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台的系统框架图。

[0018] 图2是一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台的系统示意图。

具体实施方式

[0019] 下面详细描述本发明的实施例。下面描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。实施例中未注明具体技术或条件的,按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。

[0020] 参阅图1、图2,一种基于数字孪生的智能化机床远程操作平台,包括:数据采集模块、启动参数识别模块、性能分析模块、功率分析模块、参数评估模块;数据采集模块和启动参数识别模块连接,数据采集模块将采集的运行数据输入到启动参数识别模块,启动参数识别模块和性能分析模块连接,启动参数识别模块将识别到的启动参数输入到性能分析模块连接,同时启动参数识别模块还连接有功率分析模块,启动参数识别模块将启动参数以及数据采集模块中识别的功率数据输入到功率分析模块,来确定启动参数对应的工作功率,性能分析模块、功率分析模块与参数评估模块连接,参数评估模块用于接收性能分析模块、功率分析模块输出的结果,来对当前机床进行评估。

[0021] 数据采集模块,用于采集机床的运行数据,将运行数据传输到远程操作平台;运行数据包括机床工作时各电路元器件及连接件的位置、速度和工作功率。

[0022] 启动参数识别模块,用于根据远程操作平台获取的运行数据,识别机床在启动时各个机构对应的启动参数;启动参数用于控制机床的启动时,机床上设备的初始运行参数,启动参数可以为机床上设置的机床坐标系统的位置参数、主轴转速和切削时的速度参数、机床接收工作指令和速度控制指令时的反应时间;此时获取的反映时间、位置参数和速度参数,都被认为启动参数的一部分,来确定在设置启动参数后,每个时间点下启动参数控制机床,是机床在进行工作时能达到的位置、在该位置上的速度,以及实现该启动参数所需要

的反应时间。

[0023] 通过传动轴上的传感器,以及其他各位置上的传感器来获取到机床的运行数据和启动参数。例如通过机床内置的位置传感器如光栅尺、编码器实时追踪机床坐标系统的位置变化,伺服电机上对应的电流、电压传感器来确定工作功率;速度参数可以通过主轴上设置的传感器和设置在伺服电机附近检测电机工作的传感器来得到,反应时间则根据机床切换工作的时间来确定。

[0024] 性能分析模块,用于根据机床的启动参数,确定机床在工作时的性能稳定性指标。

[0025] 性能分析模块包括位置误差分析单元、速度误差分析单元和响应分析单元。

[0026] 位置误差分析单元,用于根据机床的启动参数,确定机床在工作时的位置累积误差。

[0027] 速度误差分析单元,用于根据机床的启动参数,确定机床在工作的速度累积误差。

[0028] 响应分析单元,用于分析机床在对所有工作指令的初步反应时间和接收到速度控制命令时的应答反应时间,根据初步反应时间和应答反应时间得到时间反应系数。

[0029] 位置累积误差为机床在进行工作时,在出现一定工作量时,其定位的装置或者夹取、推送的结构会出现一定的位置偏差,此时可以通过获取并调整其启动参数来减少出现的误差,并及时调整。

[0030] 速度累积误差是表示机床在工作时,速度产生的变化,来确定切削等工作时,机床能够保持一定的运行速度,提高机床在工作时的精度,速度比例增益用于限制机床工作速度的辩护两,如工作时的加速度和减速度,来确定当前工作时的速度能够维持在一定的标准下。

[0031] 机床在对所有工作指令的初步反应时间,是用于判断机床整体系统在接收到启动命令或者其他命令时,机床启动所需要的反应时间,通过调整这个值能够提高机床的响应速度,同时这个值过大也会影响机床工作的稳定性,此时需要分析机床的状态,来调整这个时间,以提高机床的工作效率。

[0032] 接收到速度控制命令时的应答反应时间能够反映出电路速度相应的快慢,使得在进行速度调整时,机床对速度命令的追随性更加,可以减少机械共振出现的概率。

[0033] 功率分析模块,用于根据获取的运行数据和启动参数,确定机床在相应启动参数下工作功率的稳定性指标。

[0034] 参数评估模块,用于根据获取的性能稳定性指标和工作功率的稳定性指标,对机床的运行进行综合评估,获取机床的综合评估指标,根据机床的综合评估指标,对启动参数进行调整。

[0035] 在数据采集模块采集机床的运行数据时,还包括:确定机床处于的状态,机床处于的状态包括待机状态和生产状态,若机床处于待机状态,控制机床进入预设锁定状态,并确定机床基础的运行数据。

[0036] 当机床处于生产状态时,获取数据采集模块的初始采集时间间隔、调整前的采集时间间隔和影响因子,调整机床的采集时间间隔。

[0037] $time' = \tau \times \frac{(time_0 + time_1) \times CRO'}{2 \times CRO}$; 其中, $time'$ 是调整后的采集时间间隔, $time_0$ 是初

始采集时间间隔, τ 是误差系数,取值范围为1.053到1.085; $time_1$ 是调整前的采集时间间

隔, CRO 是影响因子, CRO' 是影响因子的预测值。

[0038] 对于调整前的采集时间间隔表示在进行任何调整之前, 数据采集系统默认或预先设定的数据采集频率; 初始采集时间间隔是通过从系统采集时间频率中设置的一个固定值, 来控制采集时间间隔的大小。

[0039] 其中影响因子表示为: $CRO = \frac{1}{\alpha_1 \times R + \alpha_2 \times C + \alpha_3 \times O}$; 其中, CRO 是影响因子, R

是系统响应时间需求, C 是数据变化率, O 数据存储容量限制, α_1 、 α_2 、 α_3 分别表示系统响应时间需求、数据变化率和数据存储容量限制的权重。

[0040] 对于影响因子的预测值的获取方式可以通过识别当前数据存储容量在数据采集后增加的数值, 以及数据变化率来调整影响因子, 数据变化率表示为单位时间内数据值的变化量。

[0041] 例如系统响应时间需求、数据变化率和数据存储容量限制的值可以依次设置为 0.5、0.3、0.2; 对于系统响应时间需求、数据变化率和数据存储容量限制的权重可以设置为 0.4、0.3、0.3, 来确定当前影响因子的值; 计算影响因子的预测值时, 可以将数据变化率和数据存储容量限制的值调整为 0.35 和 0.24 来调整计算的影响因子, 使得最终可以根据不同的影响因子调整采集的时间间隔。

[0042] 启动参数识别模块还包括, 获取启动参数在测试时的多个预设值, 并获取启动参数在测试时的多个测试周期, 根据得到的测试周期, 向机床发送对应的驱动指令, 每个驱动指令中带有预设值, 用于对机床执行启动操作, 将执行启动操作的参数作为识别的启动参数; 驱动指令包括工作指令和速度控制指令。

[0043] 性能分析模块在确定机床在工作时的性能稳定性指标前, 首先获取机床上各电路元器件及连接件的型号、位置及连接关系。

[0044] 根据机床上各电路元器件及连接件的型号、位置及连接关系, 确定机床在工作时, 各个位置上组件的工作流程和顺序。

[0045] 根据机床各个位置上组件的工作流程和顺序, 依次获取各个工作流程下机床在各个传动位置上出现的位置累积误差和速度累计误差, 分别确定位置累积误差对应的第一补偿时间和速度累计误差对应的第二补偿时间。

[0046] 根据第一补偿时间和第二补偿时间调整位置累积误差和速度累计误差。

[0047] 对于获取的第一补偿时间和第二补偿时间的计算方式包括: 获取各个传动位置上的速度变化值, 基于各个传动位置上的速度变化值, 确定工作时对应速度变化值下的最大允许位置误差; 将最大允许位置误差的工作时间间隔设置为第一补偿时间, 识别出现最大允许误差的时间点, 将最大允许误差出现时间点对应的速度累计误差对应的时间间隔设置为第二补偿时间。

[0048] 在选择到对应的第一补偿时间和第二补偿时间作为位置累积误差和速度累计误差对应组件上的补偿时间。

[0049] 根据获取的第一补偿时间和第二补偿时间, 确定设置第一补偿时间后的位置累积误差, 将设置第一补偿时间后出现的位置累积误差作为位置误差分析单元的位置累积误差; 将设置第二补偿时间后出现的速度累积误差作为速度误差分析单元的速度累积误差。

[0050] 假设发现最大允许位置误差为0.1mm,根据机床的工作速度和精度要求,确定第一补偿时间为0.05秒;假设最大允许误差出现的时间点为1.2秒,速度累计误差为0.02m/s,那么第二补偿时间就是从误差开始积累到达到最大允许误差的时间间隔,假设为0.1秒。

[0051] 此时就将获得的第一补偿时间和第二补偿时间作为各个工作流程下机床在各个传动位置上的时间间隔,从而减少出现的位置和速度误差。

[0052] 通过调整第一补偿时间和第二补偿时间,可以有效地减少机床在加工过程中的累积误差,从而提高加工质量和效率。

[0053] 对于位置累积误差表示为,获取各启动参数对应的理论位置的坐标和实际位置的坐标,根据启动参数对应的理论位置的坐标和实际位置的坐标,得到理论位置和实际位置的坐标距离,并获取理论位置和实际位置的允许坐标距离误差,确定位置累积误差。

[0054] $PAE = \sum_{i=1}^n (X_i / X_i')$;其中, PAE 是位置累积误差, X_i 是启动参数对应第i个时间点的理论位置和实际位置的坐标距离, X_i' 是启动参数对应第i个时间点的理论位置和实际位置的允许坐标距离误差, n 是启动参数对应时间点的数量, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

[0055] 此时获取启动参数的理论位置是表示在执行对机床控制时,启动参数是包含在控制指令内的,位置和速度可以被视为同一启动参数的一部分,在一个闭环控制系统中,控制器不仅需要知道目标位置,还需要知道如何达到该位置的速度曲线;这种情况下,位置和速度可以作为启动参数的一部分共同设定;此时获取的实际位置和理论位置均表示启动参数在控制机床时,机床上相应结构在对应时间点到达的位置坐标。

[0056] 速度累积误差表示为获取启动参数的理论速度和实际速度; $VAE = \sum_{i=1}^n |V_i - V_i'|$;其中, VAE 是速度累积误差, V_i 是启动参数对应第i个时间点的理论速度, V_i' 是第i个启动参数对应第i个时间点的实际速度, n 是启动参数对应时间点的数量, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

[0057] 在获取速度累计误差时,还包括确定产生速度累计误差时机床对应的部件的加速度和减速度,确定在出现速度累计误差时机床工作的加速度和减速度对应的值,并按照加速度和减速度的值,确定此时速度累积误差的值,将速度累计误差和机床工作的加速度和减速度按照求取到的数值构建映射关系,确定两者之间的相关性,并将相关性大于预设累积阈值的速度累积误差作为当前计算的速度累积误差。

[0058] 此时主要是分析出现速度累积误差时,机器的工作速度对产生速度产生误差的影响,并确定此时出现的误差的结构和组件在机床的什么部分,从而能辅助定位到出现的速度累积误差,从而便于对机床的状态进行调整,并可以针对特定部分调整机床的启动参数。

[0059] 分析机床在对所有工作指令的初步反应时间和接收到速度控制命令时的应答反应时间的处理方式包括:获取机床开始动作的时间点和发出工作指令的时间点,得到初步反应时间;获取速度达到指定值的时间点和发出速度控制命令的时间点,得到应答反应时间;根据初步反映时间和应答反映时间得到时间反应系数。

[0060] 时间反应系数表示为,依次获取初步反应时间的实际值和预测值、应答反应时间的实际值和预测值,得到时间反应系数。

[0061] $TRC = \frac{IRT_0}{|IRT - IRT_0| + 1} + \frac{RTVC_0}{|RTVC - RTVC_0| + 1}$; 其中, TRC 是时间反应系数, IRT 是初步反应时间的实际值, IRT_0 是初步反应时间的预测值, RTVC 是应答反应时间的实际值, $RTVC_0$ 是应答反应时间的预测值。

[0062] 此时主要通过获取机床开始动作和向服务器发出工作指令的时间点, 得到初步反应时间, 来确定机床对当前启动参数的响应情况, 并确定在当前启动参数所设置的速度值到达的时间点和机床到达该速度后向服务器发送的时间点可以知道机床的应答反应时间, 通过获得应答反应时间可以知道机床在达到机床所需要的工作速度时, 其反应的速度和时间。

[0063] 性能稳定性指标表示为, 根据位置累积误差、速度累积误差和时间反应系数, 依次获取位置累积误差的实际值和预测值、速度累积误差的实际值和预测值, 得到性能稳定性

指标; $PSI = \omega_1 \times \frac{PAE_0}{\sqrt{(PAE - PAE_0)^2 + 1}} + \omega_2 \times \frac{VAE_0}{|VAE - VAE_0|} + \omega_3 \times e^{TRC}$; 其中, PSI 是性能稳定性

指标, PAE 是位置累积误差的实际值, PAE_0 是位置累积误差的预测值, VAE 是速度累积误差的实际值, VAE_0 是速度累积误差的预测值, TRC 是时间反应系数, ω_1 是位置累积误差的权重, ω_2 是速度累积误差的权重, ω_3 是时间反应系数的权重。

[0064] 此时得到的性能稳定性指标能够表示在相应的速度、位置和时间上的性能稳定, 从而能够评估在对机床进行远程控制时能够及时响应当前的控制请求。

[0065] 功率分析模块中根据获取的运行数据和启动参数, 获取每个启动参数对应的机床的工作功率, 并确定机床的平均工作功率, 根据机床的工作功率, 得到工作效率的稳定性指标。

[0066] 工作功率的稳定性指标表示为: $SWP = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}$; 其中, SWP 是工作功率的稳定性指标, P_i 是启动参数对应第 i 个时间点机床的工作功率, \bar{P} 是机床的平均工作功率, n 是启动参数对应时间点的数量, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

[0067] 此时从运行数据中提取到功率, 并将识别到的功率与当前设置的启动参数进行比较, 确定识别的功率和启动参数设置为一致, 此时按照启动参数设置时对应的时间, 分别提取对应时间下的工作功率, 从而得到工作功率的稳定性指标, 来评估机床在接收到启动参数后, 当前工作功率是否会因为设置不同的启动参数, 而出现波动, 辅助对机床进行控制。

[0068] 机床的综合评估指标表示为工作功率的稳定性指标和性能稳定性指标归一化处理后的加权平均值, 在求取机床的综合评估指标时, 将工作功率的稳定性指标和性能稳定性指标分别进行归一化处理, 并将归一化后的值进行加权求平均, 以获取机床的综合评估指标, 根据机床的综合评估指标, 对启动参数进行调整的方式包括: 判断获取的综合评估指标是否在正常评估值范围内, 若综合评估指标在正常评估值范围内, 将综合评估指标对应的启动参数的平均值作为调整后的启动参数的值。

[0069] 若综合评估指标小于正常评估值范围的下限值, 则获取多个测试周期内的综合评

估指标,筛选出在相邻测试周期内综合评估指标的变化值最小的一个测试周期,将相邻测试周期内综合评估指标的变化值最小的测试周期内的启动参数与多个测试周期内综合指标值最大的测试周期内的启动参数进行叠加,将叠加后的启动参数的值作为调整后的启动参数的值。

[0070] 进行叠加的方式为将进行叠加的一组启动参数按照预设的权重进行加权求平均,将加权求平均后的值作为调整后的启动参数的值;对于相邻测试周期内综合评估指标的变化值最小的测试周期内的启动参数的设置权重为0.7,对于多个测试周期内综合指标值最大的测试周期内的启动参数的权重为0.3,用于将当前的启动参数进行增加,从而提高启动参数在启动时的阈值,来提高整体的工作性能。

[0071] 若综合评估指标大于正常评估值范围的上限值,则将上一个综合评估指标处于正常评估范围内的启动参数与当前启动参数求取平均值作为调整后的启动参数的值。

[0072] 调整这些参数以优化机床的动态性能,主要表现为以下几个方面。

[0073] 提高响应速度:可以显著提高系统对控制指令的响应速度。

[0074] 提高位置精度:可以有效减小位置跟踪误差,提高加工精度。

[0075] 增强系统稳定性:合理的参数设置可以避免系统振荡和共振,确保机床在高速、高精度加工过程中的稳定性。

[0076] 改善动态特性:通过综合调整各参数,可以优化机床的动态特性,如减少超调量、缩短调整时间等。

[0077] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型,仍涵盖在本发明的保护范围。



图 1

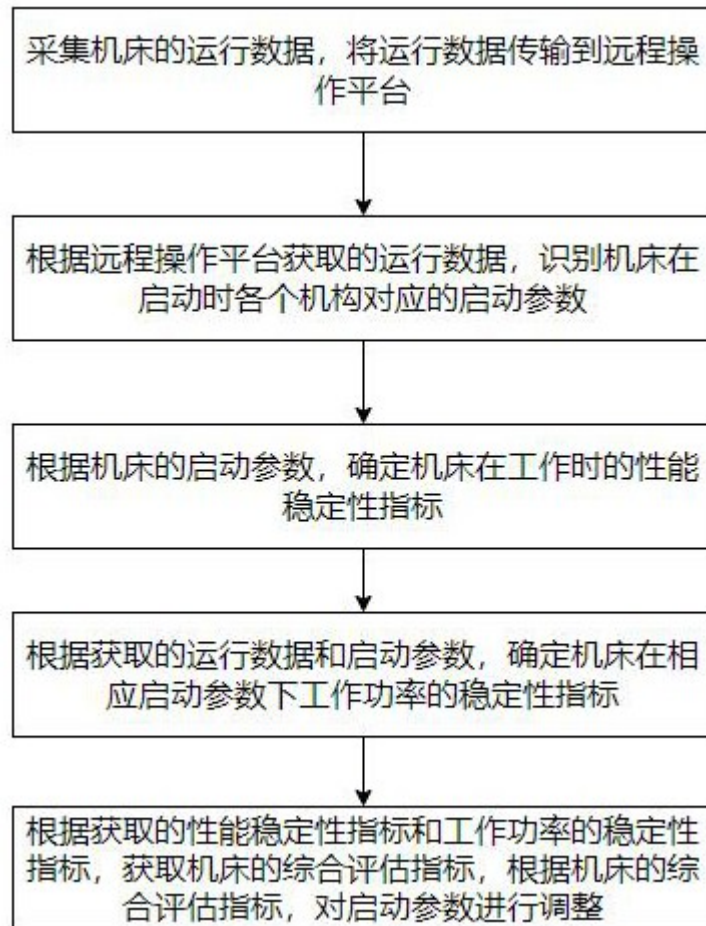


图 2