



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118647948 B

(45) 授权公告日 2025. 02. 18

(21) 申请号 202280091041.9

(22) 申请日 2022.02.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 118647948 A

(43) 申请公布日 2024.09.13

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2024.08.06

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/006693 2022.02.18

(87) PCT国际申请的公布数据
W02023/157244 JA 2023.08.24

(73) 专利权人 发那科株式会社
地址 日本山梨县

(72) 发明人 小木曾太郎

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243
专利代理师 范胜杰 姚海

(51) Int.Cl.
G05B 19/4063 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 102789194 A, 2012.11.21
CN 109557895 A, 2019.04.02

审查员 李思思

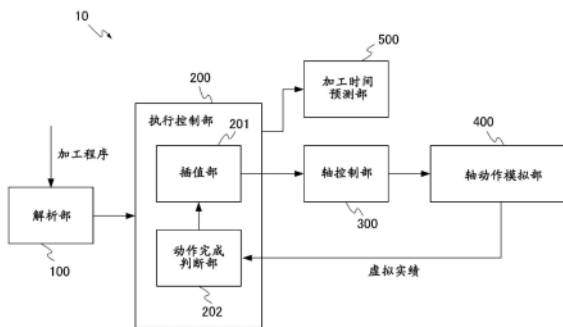
权利要求书2页 说明书15页 附图13页

(54) 发明名称

加工时间预测装置以及加工时间预测方法

(57) 摘要

不使用实际加工的数据就能够进行准确的加工时间的预测。一种根据加工程序来控制至少一个轴而对工件进行加工的机床的加工时间预测装置,其中,所述加工时间预测装置具有:解析部,其解析加工程序而生成轴的动作命令;执行控制部,其具有总括动作命令的执行,根据解析加工程序而得的结果来指示轴的动作的插值部、和判断轴的动作完成的情况的动作完成判断部;轴控制部,其根据轴的动作指示来生成控制指令;加工时间预测部,其测定加工程序的执行所需的时间来预测加工时间;轴动作模拟部,其根据控制指令来模拟轴的动作而输出虚拟实绩,动作完成判断部根据虚拟实绩来判断所述轴的动作的完成。



1. 一种加工时间预测装置,其根据加工程序来预测控制至少一个轴对工件进行加工的机床的加工时间,其特征在于,

所述加工时间预测装置具有:

解析部,其解析所述加工程序,生成所述轴的动作命令;

执行控制部,其具有插值部以及动作完成判断部,其中,所述插值部总括所述动作命令的执行,并根据解析所述加工程序而得的结果来指示所述轴的动作,所述动作完成判断部判断所述轴的动作完成的情况;

轴控制部,其根据来自所述插值部的所述轴的动作指示生成控制指令;

加工时间预测部,其计算所述加工程序的执行所需的时间,预测所述加工时间;以及

轴动作模拟部,其通过伺服控制模型和设备模型来模拟反馈控制,计算轴的动作的虚拟实绩,

所述动作完成判断部根据所述虚拟实绩来判断所述轴的动作的完成,

所述加工时间预测部根据所述加工程序的指令时间和等待时间来计算所述加工程序的执行所需的时间,其中,所述等待时间是根据所述控制指令和所述轴的动作的完成而求出的。

2. 根据权利要求1所述的加工时间预测装置,其特征在于,

所述轴动作模拟部进行如下模拟:描绘基于所述加工程序的轨迹的进给轴和使工具或工件旋转的主轴的动作的模拟。

3. 根据权利要求2所述的加工时间预测装置,其特征在于,

所述轴动作模拟部根据其他轴的虚拟实绩,以追随所述其他轴的动作的方式进行动作。

4. 根据权利要求2或3所述的加工时间预测装置,其特征在于,

所述加工时间预测装置能够通过加工程序的命令来变更所述轴动作模拟部进行轴动作模拟的是所述进给轴还是所述主轴。

5. 根据权利要求1~3中任一项所述的加工时间预测装置,其特征在于,

所述加工时间预测装置具有:模型设定部,其能够变更所述轴动作模拟部的特性,所述设备模型包含一个以上的微分方程式的数值解法。

6. 根据权利要求4所述的加工时间预测装置,其特征在于,

所述加工时间预测装置具有:模型设定部,其能够变更所述轴动作模拟部的特性,所述设备模型包含一个以上的微分方程式的数值解法。

7. 根据权利要求5所述的加工时间预测装置,其特征在于,

所述设备模型包含:电动马达,其作为所述轴的动力源而由逆变器驱动,

所述加工时间预测装置能够计算与所述逆变器连接的DC总线电压。

8. 根据权利要求7所述的加工时间预测装置,其特征在于,

针对两个以上的轴分别设置所述轴动作模拟部,各轴动作模拟部的所述逆变器与同一DC总线连接。

9. 一种加工时间预测方法,其特征在于,

作为根据加工程序来预测控制至少一个轴对工件进行加工的机床的加工时间的加工时间预测装置的计算机,执行以下处理:

解析所述加工程序,生成所述轴的动作命令的处理;

总括所述动作命令的执行,并根据解析所述加工程序而得的结果来指示所述轴的动作,判断所述轴的动作完成的情况的处理;

根据所述轴的动作指示来生成控制指令的处理;

计算所述加工程序的执行所需的时间来预测所述加工时间的处理;以及

根据所述控制指令,通过伺服控制模型和设备模型来模拟反馈控制,计算轴的动作的虚拟实绩的轴动作模拟处理,

在判断所述轴的动作完成的情况的处理中,根据所述虚拟实绩来判断所述轴的动作的完成,

在预测所述加工时间的处理中,根据所述加工程序的指令时间和等待时间来计算所述加工程序的执行所需的时间,其中,所述等待时间是根据所述控制指令和所述轴的动作的完成而求出的。

加工时间预测装置以及加工时间预测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机床的加工时间预测装置以及加工时间预测方法,尤其涉及根据加工程序对控制至少一个轴来加工工件的机床的加工时间进行预测的加工时间预测装置以及加工时间预测方法。

背景技术

[0002] 为了高效地进行机械加工,需要在加工前掌握各工序的所需时间。特别是,掌握用于执行CNC机床的加工程序的所需时间尤为重要。

[0003] 在专利文献1中记载了求出容许加工误差内最短的预测加工时间的数值控制装置。

[0004] 具体而言,在专利文献1中记载了如下内容:指定赋予进行工件的加工时的加工速度的速度数据和赋予加工精度的精度数据,程序解析部针对加工程序制作插值用数据,插值部根据由插值前加减速部制作出的速度,按照插值用数据进行插值并制作插值数据(ΔP_n),插值后加减速部针对插值数据(ΔP_n)进行插值后加减速来制作伺服位置指令数据(V_{Cn})。并且,在专利文献1中记载了如下内容:伺服模拟部接收伺服位置指令数据(V_{Cn}),制作模拟了实际的伺服动作的伺服位置数据(Q_n),加工时间预测部能够通过插值数据或对插值次数进行计数来测定加工时间,加工误差预测部使用插值数据(ΔP_n)和伺服位置数据(Q_n)来求出预测加工误差。

[0005] 在专利文献2中记载了能够进行考虑了在机械中产生的机械延迟的高精度的加工时间的预测的数值控制装置。

[0006] 具体而言,在专利文献2中记载了一种数值控制装置,具有:基准加工时间预测部,其根据加工程序来预测不考虑轴的加减速的加工时间即基准加工时间;加减速次数预测部,其根据加工程序来预测加工中的轴的加减速次数;数据存储部,其存储与背离时间有关的信息,所述背离时间是机械的实际的加工所花费的加工时间即实际加工时间与在该加工中预测出的基准加工时间之差;校正时间计算部,其根据加减速次数预测部预测出的加减速次数和数据存储部中存储的与背离时间有关的信息,来计算用于校正基准加工时间的校正时间;加工时间预测部,其计算用校正时间校正基准加工时间而得的预测加工时间。

[0007] 在专利文献3中记载了能够在加工前准确地计算加工所需时间的加工时间计算装置。

[0008] 具体而言,在专利文献3中记载了如下内容:分割轨迹计算单元对于曲率小的部分以较大的间隔分割指定工具轨迹,随着指定工具轨迹的曲率变大,求出以较小的间隔分割的分割轨迹,轴控制数据计算单元求出使工具以按照指定工具移动速度的速度在各分割轨迹上移动来加工工件时的该分割轨迹上的任意位置、和以规定的时间间隔求出的各轴方向的工具移动速度的时间变化,来作为轴控制数据A。并且,在专利文献3中记载了加工所需时间计算单元计算用于对指定的范围进行加工的加工时间。

[0009] 现有技术文献

- [0010] 专利文献
- [0011] 专利文献1:日本特开2012-243152号公报
- [0012] 专利文献2:日本特开2017-207823号公报
- [0013] 专利文献3:日本特开2009-098981号公报

发明内容

[0014] 发明要解决的课题

[0015] 在CNC机床的加工程序中轴的停止命令频繁出现的情况下、以及在机床中搭载大惯性(响应时间常数大)的轴的情况下,难以进行准确的加工时间的预测。

[0016] 另外,若在加工时间的预测中使用实际加工的数据,则数据的收集需要时间以及劳力。

[0017] 因此,期望一种机床的加工时间预测装置,不使用实际加工的数据,即使在加工程序中轴的停止命令频繁出现的情况下、以及在机床中搭载有大惯性的轴的情况下,也能够进行准确的加工时间的预测。

[0018] 用于解决课题的手段

[0019] 本公开的代表性的第一方式是一种加工时间预测装置,其根据加工程序来预测控制至少一个轴对工件进行加工的机床的加工时间,

[0020] 所述加工时间预测装置具有:

[0021] 解析部,其解析所述加工程序,生成所述轴的动作命令;

[0022] 执行控制部,其具有总括所述动作命令的执行,根据解析所述加工程序而得的结果指示所述轴的动作的插值部、以及判断所述轴的动作完成的情况的动作完成判断部;

[0023] 轴控制部,其根据来自所述插值部的所述轴的动作指示生成控制指令;

[0024] 加工时间预测部,其测定所述加工程序的执行所需的时间,预测所述加工时间;

[0025] 轴动作模拟部,其根据所述控制指令,模拟所述轴的动作并输出虚拟实绩,

[0026] 所述动作完成判断部根据所述虚拟实绩来判断所述轴的动作的完成。

[0027] 本公开的代表性的第二方式是一种加工时间预测方法,作为根据加工程序来预测控制至少一个轴对工件进行加工的机床的加工时间的加工时间预测装置的计算机执行以下处理:

[0028] 对所述加工程序进行解析,生成所述轴的动作命令的处理;

[0029] 总括所述动作命令的执行,根据对所述加工程序进行解析而得的结果来指示所述轴的动作,并判断所述轴的动作完成的情况的处理;

[0030] 根据所述轴的动作指示来生成控制指令的处理;

[0031] 测定所述加工程序的执行所需的时间来预测所述加工时间的处理;

[0032] 根据所述控制指令来模拟所述轴的动作并输出虚拟实绩的轴动作模拟处理,

[0033] 在判断所述轴的动作完成的情况的处理中,根据所述虚拟实绩来判断所述轴的动作的完成。

[0034] 发明效果

[0035] 根据本公开的各方式,不使用实际加工的数据,即使在加工程序中轴的停止命令频繁出现的情况下以及在机床中搭载有大惯性的轴的情况下,也能够进行准确的加工时间

的预测。

附图说明

- [0036] 图1是表示本公开的第一实施方式的加工时间预测装置的结构框图。
- [0037] 图2是轴动作模拟部的轴为进给轴的情况下的轴动作模拟部的传递函数的框线图。
- [0038] 图3是轴动作模拟部的轴为主轴的情况下的轴动作模拟部的传递函数的框线图。
- [0039] 图4是表示轴动作模拟部的轴为主轴的情况下的轴动作模拟部的结构框图。
- [0040] 图5是表示由马达、联轴器、滚珠丝杠构成的驱动系统的图。
- [0041] 图6是表示摩擦转矩与马达的角速度的关系的特性图。
- [0042] 图7是表示加工涡轮叶片W的加工中心的结构图。
- [0043] 图8是用于对就位检查进行说明的特性图。
- [0044] 图9是用于对速度的停止判断宽度进行说明的特性图。
- [0045] 图10是用于对速度的到达宽度以及速度进入到到达宽度为止的等待时间进行说明的特性图。
- [0046] 图11是表示X轴指令速度和从轴动作模拟部输出的X轴速度以及等待时间的特性图。
- [0047] 图12是表示加工时间预测装置的加工时间预测动作的流程图。
- [0048] 图13是表示本公开的第二实施方式的加工时间预测装置的结构框图。
- [0049] 图14是表示Z轴动作模拟部追随主轴动作模拟部的动作而进行动作的结构框图。
- [0050] 图15是表示X轴动作模拟部和Z轴动作模拟部与同一DC总线连接的结构例的图。
- [0051] 图16是表示马达的最大转矩与转速的关系的特性图。
- [0052] 图17是表示设为区域R1的 τ_{max} 也应用于区域R2而预测出的等待时间和考虑了N-T特性的等待时间的特性图。

具体实施方式

- [0053] 以下,使用附图对本公开的实施方式进行详细说明。
- [0054] (第一实施方式)
- [0055] 图1是表示本公开的第一实施方式的加工时间预测装置的结构框图。
- [0056] 加工时间预测装置10具有:解析部100、执行控制部200、轴控制部300、轴动作模拟部400以及加工时间预测部500。执行控制部200具有插值部201和动作完成判断部202。加工时间预测装置10根据加工程序,预测控制至少一个轴来加工工件的机床的加工时间(加工程序的执行时间)。
- [0057] 解析部100、插值部201以及轴控制部300构成数值控制装置(以下,记为NC装置)。动作完成判断部202可以与插值部201一起设置在NC装置内,也可以设置在NC装置外。加工时间预测部500也可以设置在NC装置内。
- [0058] 以下,对构成加工时间预测装置10的各部进行说明。
- [0059] 解析部100解释成为规定进给轴的定位以及主轴的速度控制的动作的加工程序的

NC (Numerical Control) 程序, 将NC程序分解为各代码和值, 求出移动距离、移动路径以及指令速度 (成为轴的动作命令)。

[0060] 执行控制部200具有插值部201和动作完成判断部202。

[0061] 插值部201总括动作命令的执行, 根据解析NC程序而得的结果指示轴的动作。具体而言, 基于由解析部100得到的移动距离、直线或圆弧等移动路径、指令速度, 生成以插值周期对移动路径上的点进行插值计算而得的插值数据 (成为轴的动作指示), 向轴控制部300输出插值数据。

[0062] 动作完成判断部202根据从轴控制部300或轴动作模拟部400输出的控制指令和从轴动作模拟部400输出的虚拟实绩, 判断轴的动作的完成。虚拟实绩例如是从轴动作模拟部400输出的进给轴的位置、位置偏差、速度或速度偏差以及主轴转速。动作完成判断部202根据虚拟实绩, 例如进行针对相对于进给轴的移动命令 (定位) 的动作完成确认、针对主轴的转速变更 (速度变更) 的动作完成确认。基于动作完成判断部202的动作完成确认的动作的详细情况将在后面进行叙述。

[0063] 轴控制部300根据来自插值部201的轴的动作指示生成控制指令并向轴动作模拟部400输出。具体而言, 轴控制部300根据插值数据生成加减速曲线, 并且进行向各控制轴的分配, 由此, 将成为进给轴的电动机的伺服马达和成为主轴的电动机的主轴马达的每个控制周期的位置指令值或速度指令值赋予给轴动作模拟部400。

[0064] 轴动作模拟部400进行使驱动进给轴和主轴的电动机的驱动追随位置指令值或速度指令值的伺服控制及机床的动作的模拟, 将虚拟实绩输出到动作完成判断部202。另外, 轴动作模拟部400将位置指令值、速度指令值等控制指令输出到动作完成判断部202。基于轴动作模拟部400的轴动作模拟的详细情况将在后面进行叙述。

[0065] 加工时间预测部500使用由解析部100求出的移动距离、移动路径以及指令速度等, 求出加工程序的指令时间, 根据求出的指令时间、和根据从轴控制部300或者动作完成判断部202输出的控制指令以及来自动作完成判断部202的完成确认的通知求出的等待时间, 进行加工时间 (加工程序的执行时间) 的预测。此外, 输入到加工时间预测部500的控制指令也可以从轴控制部300或轴动作模拟部400输出。基于加工时间预测部500的加工时间的预测动作的详细情况将在后面进行叙述。

[0066] 等待时间例如是指, 从速度指令值被设定为速度“0” (停止) 起到减速并到达指定的宽度的位置范围或者被判断为速度“0”的停止的停止判断宽度的范围为止的时间。另外, 等待时间例如是指, 从速度指令值被设定为作为目标的速度起到速度增加并到达设为目标的速度的到达宽度的范围为止的时间。

[0067] 加工时间预测部500在加工程序中反复进行轴的加速和停止的命令的情况下, 将指令时间的合计与等待时间的合计相加来进行加工时间的预测。

[0068] 接着, 对轴动作模拟部400、动作完成判断部202以及加工时间预测部500进行进一步说明。

[0069] (轴动作模拟部400)

[0070] 轴动作模拟部400进行描绘基于加工程序的轨迹的进给轴和使工具或工件旋转的主轴的动作的模拟。

[0071] 轴动作模拟部400例如在轴为进给轴的情况下, 由图2的传递函数的框线图表示。

与图2的框线图同样的结构的框线图记载于日本特开平3-110607号公报。

[0072] 轴动作模拟部400的传递函数由传递函数401至传递函数407的结合构成。

[0073] 在图2中,传递函数401是位置环的传递函数, K_p 表示位置增益。传递函数402是速度环的传递函数, k_1 表示积分增益, k_2 表示比例增益。传递函数403、404是马达的传递函数。 K_t 表示转矩常数, J_m 表示马达惯量(惯性力矩)。传递函数405表示伺服马达与机械的结合部即滚珠丝杠等。传递函数406是机械的传递函数, J_L 表示机械的惯量。传递函数407是对机械的可动部的速度进行积分来求出机械的位置的积分要素的传递函数。

[0074] 由传递函数401表示的位置环、由传递函数402表示的速度环成为伺服控制模型,由传递函数403、404、405、406以及407表示的马达、滚珠丝杠等以及积分要素是设备模型。

[0075] 伺服马达的角速度能够通过数学公式1(以下的数学式1)的微分方程式求出。

[0076] 使用了该微分方程式的数值解法包含于设备模型。

[0077] 在数学公式1中, ω 表示角速度, τ 表示转矩, J_m 表示马达惯量。

[0078] [数学式1]

[0079] $d\omega/dt = \tau/t / J_m$

[0080] 从由轴控制部300输出的位置指令 P_c 减去由线性标尺等检测的机械的位置的反馈信号 P_f 来求出位置偏差,对该位置偏差乘以位置增益 K_p 来求出速度指令 V_c 。从该速度指令 V_c 减去由安装在伺服马达的脉冲编码器等检测出的马达速度的反馈值 V_f 来求出速度偏差,并进行比例积分来求出转矩指令 T_c (电流指令),根据转矩指令 T_c 驱动伺服马达,伺服马达以闭环方式进行位置、速度的反馈控制。

[0081] 另外,轴动作模拟部400也可以是如下结构:传递函数407对伺服马达的角速度进行积分来求出伺服马达的角度,将伺服马达的角度换算为机械的位置而得的值视为机械的位置。

[0082] 轴动作模拟部400例如在轴为主轴的情况下,由图3的传递函数的框线图表示。图3所示的框线图对应于去除了与图2所示的框线图的机械的位置的反馈信号 P_f 的环相关的传递函数401、407的框线图。

[0083] 图3所示的传递函数402、403、404与图2所示的传递函数402、403、404相同。图3的传递函数403、404所示的马达是伺服马达或感应马达。

[0084] 图3的传递函数406是主轴的传递函数。关于图3的传递函数405,在马达与主轴的结合部,既存在马达的旋转轴与主轴通过联轴器直接结合的情况,也存在马达的转速通过齿轮机构、皮带滑轮机构减速或者增速并传递至主轴的情况。马达的传递函数404输出将马达的角速度换算为主轴转速而得的值 V_f ,速度环的传递函数402以使主轴转速指令 V_c 与传递函数404的输出 V_f 一致的方式进行速度控制。

[0085] 另外,图3是将传递函数406的输出设为 V_f 的结构,也作为主轴动作模拟部发挥功能。

[0086] 并且,关于图3,即使去除传递函数405和传递函数406,如果将 J_m 设为马达惯量和主轴惯量之和,则也作为主轴动作模拟部发挥功能。

[0087] 轴动作模拟部400例如在轴为主轴,马达为感应马达的情况下由图4的框图表示。与图4的框图同样的结构的框图记载于日本特开2020-5406号公报。图4所示的框图去除了日本特开2020-5406号公报所记载的框图所示的接近开关、利用接近开关的检测脉冲数的

旋转速度计算部、以及速度指令校正部。除了接近开关、利用接近开关的检测脉冲数的旋转速度计算部、以及速度指令校正部以外,轴动作模拟部400的结构及动作与日本特开2020-5406号公报中记载的结构及动作相同,因此,省略详细的说明。

[0088] 如图4所示,轴动作模拟部400具有:减法器411、速度控制部412、电流控制部413、一次频率控制部414、滑差频率计算部415、减法器416、两相-三相转换部417以及感应马达418。

[0089] 减法器411求出从轴控制部300输出的速度指令值与从后述的减法器416输出的旋转速度推定值之差,输出速度偏差。

[0090] 速度控制部412通过对由减法器411求出的速度偏差实施例如PI(比例、积分)控制,生成电流指令值(转矩指令值)。

[0091] 电流控制部413根据由速度控制部412生成的电流指令值(转矩指令值)和后述的感应马达418的驱动电流值来生成电压指令值(d相电压指令值和q相电压指令值)。

[0092] 一次频率控制部414根据由速度控制部412生成的电流指令值(转矩指令值)生成一次频率指令值。

[0093] 滑差频率计算部415根据由速度控制部412生成的电流指令值(转矩指令值),计算滑差频率推定值。

[0094] 减法器416求出来自一次频率控制部414的一次频率指令值与由滑差频率计算部415求出的滑差频率推定值之差,作为感应马达418的旋转速度计算值进行输出。

[0095] 两相-三相转换部417根据来自一次频率控制部414的一次频率指令值,将由电流控制部413生成的d相电压指令值和q相电压指令值转换为UVW各相的电压指令值,由此,生成用于驱动感应马达418的电压指令值。

[0096] 感应马达418的驱动电流值例如能够通过向感应马达418的状态方程式赋予上次生成的电压指令值作为电压并进行计算。感应马达的状态方程式及电流的计算方法例如记载于非专利文献的村田、土谷、武田“感应电动机的一次交链磁通矢量控制”测量自动控制学会论文集Vol125, No. 11P1194-1201(1989年)。

[0097] 此外,考虑了摩擦的情况下的马达的角速度能够如以下那样进行计算。

[0098] 如图5所示,若考虑由马达4001、联轴器4002、滚珠丝杠4003以及工作台4004构成的驱动系统,则作用于马达4001的摩擦转矩 f_m 由数学公式2(以下的数学公式2)表示,摩擦转矩 f_m 与马达的角速度 ω_m 的关系由图6的特性图表示。

[0099] 在数学公式2中, J_m 表示马达的转子、联轴器、滚珠丝杠的惯性力矩之和, ω_m 表示马达的角速度。进行按时间 Δt 更新角速度 ω_m 的模拟。将更新的次数记为k,将时刻k Δt 的角速度记为 $\omega_m[k]$ 。

[0100] [数学式2]

$$[0101] \quad f_m[k] = C_{1m} \omega_m[k-1] + F_m \quad (C_{2m} \omega_m[k-1] > F_m)$$

$$[0102] \quad f_m[k] = C_{1m} \omega_m[k-1] - F_m \quad (C_{2m} \omega_m[k-1] < F_m)$$

$$[0103] \quad f_m[k] = C_{1m} \omega_m[k-1] + C_{2m} \omega_m[k-1]$$

$$[0104] \quad (C_{2m} \omega_m[k-1] > F_m, C_{2m} \omega_m[k-1] < F_m \text{以外})$$

[0105] 若将数学公式2及图6的下标从“m”替换为“L”,则能够求出作用于工作台的摩擦转矩 $f_L[k]$ 。 J_L 是将工作台的质量换算为惯性力矩而得的值, ω_L 是将工作台的速度换算为角速

度而得的值。

[0106] 施加于马达的转矩 $\tau_m[k]$ 以及施加于工作台的转矩 $\tau_L[k]$ 使用数学公式3求出。在数学公式3中, τ_{in} 是供给至马达的输入转矩, K_s 是马达与工作台之间的扭转刚性。

[0107] [数学式3]

$$[0108] \quad \tau_m[k] = \tau_{in}[k] - K_s \delta[k] - f_m[k]$$

$$[0109] \quad \tau_L[k] = K_s \delta[k] - f_L[k]$$

$$[0110] \quad \delta[k] = \Delta t (\omega_m[k-1] - \omega_L[k-1]) + \delta[k-1]$$

[0111] 使用数学公式3所示的转矩 $\tau_m[k]$ 及转矩 $\tau_L[k]$,求出数学公式4(以下的数学式4)的关系式。在数学公式4中, ω_m 是马达的角速度, ω_L 是将工作台的速度换算为角速度而得的角速度被施加于马达的转矩。

[0112] [数学式4]

$$\omega_m[k] = \frac{\Delta t}{J_m} \tau_m[k] + \omega_m[k-1]$$

[0113]

$$\omega_L[k] = \frac{\Delta t}{J_L} \tau_L[k] + \omega_L[k-1]$$

[0114] 静止摩擦 F 是使低速下的伺服控制性恶化的主要原因,因此,通过在角速度的计算中考虑静止摩擦,能够提高后述的动作完成等待时间的预测精度。

[0115] 例如在轴是轮廓控制旋转轴的情况下,轴动作模拟部能够通过加工程序的命令来变更轴动作模拟是进给轴或主轴。

[0116] 关于轮廓控制旋转轴的定义,例如在<https://www.jmtba.or.jp/exportcontrol>的“9.轮廓控制旋转轴和分度轴的想法(2018.7.24)中”,“具有轴名称,由机床主体侧的数值控制装置(NC)控制,意图进行车削、铣削、磨削(以下称为“切削”),且满足以下全部的轴是能够进行轮廓控制的旋转轴。

[0117] (1) 能够将旋转动作作用作切削进给的轴

[0118] (2) 能够与其他直线轴、旋转轴同时进行切削进给指令的轴

[0119] (3) 在与其他直线轴、旋转轴同时进行了指令的情况下,沿着指定的路径进行插值动作的轴”。

[0120] 作为轮廓控制旋转轴的例子,例如有日本特开2014-121746号公报所记载的加工涡轮叶片W的加工中心。

[0121] 图7是表示加工涡轮叶片W的加工中心的结构的结构图。

[0122] 图7所示的加工中心具有具备能够把持涡轮叶片W的夹紧机构424a、424b的一对台421a、421b、以及能够装配工具T的台423,各台421a、421b内置用于使轴(未图示)旋转的伺服马达422a、422b。并且,台421a以能够使轴绕与水平轴平行的A1轴旋转的姿势设置。另一方面,台421b以夹紧机构424a、424b彼此对置且能够使主轴绕与A1轴同轴的A2轴旋转的姿势设置。

[0123] 台421b能够向与A1轴及A2轴(也是图1中的X轴)平行的U轴方向滑动。另外,台423能够绕与图7中的表里方向(Y轴方向)平行的B轴回转。并且,工具T装配于台423内部的主轴

(未图示),能够通过伺服马达(未图示)与主轴一起旋转。

[0124] 在图7的加工中心中,执行将工件W加工成涡轮叶片的加工程序。在加工叶片部分时,A1轴和A2轴作为进给轴进行动作。利用立铣刀等旋转工具T对工件中央部的叶片形状进行加工。另一方面,在对工件端部加工圆筒形状时,A1轴和A2轴作为主轴进行动作。使用车刀等工具T对旋转的工件W实施车削加工。即,A1轴和A2轴是由伺服马达422a、422b驱动旋转轴,根据加工程序的命令,在加工程序的中途成为进给轴或成为主轴。

[0125] (动作完成判断部202)

[0126] 如已经说明的那样,动作完成判断部202根据从轴控制部300或轴动作模拟部400输出的控制指令和从轴动作模拟部400输出的虚拟实绩,判断动作的完成。

[0127] (1) 停止时的动作完成的判断动作

[0128] 动作完成判断部202在速度指令值被设定为速度“0”(停止)的情况下,根据进给轴或主轴是否被减速而进入到指定的宽度的位置范围内、或者是否进入到被判断为速度“0”的停止的停止判断宽度的范围内,来判断动作完成。

[0129] 关于进给轴或主轴是否被减速而进入到指定的宽度的位置范围内,动作完成判断部202通过就位检查来判断进给轴或主轴的定位来进行。动作完成判断部202在速度指令值被设定为速度“0”(停止)的情况下,进行就位检查,如果进入就位则判断为动作完成。就位是指马达到达被指令的位置的宽度内。

[0130] 图8是用于对就位检查进行说明的特性图。图8所示的特性图示出了时刻T与时刻T的X轴速度指令及位置偏差量的关系。位置偏差量为虚拟实绩。

[0131] 动作完成判断部202从轴控制部300或轴动作模拟部400依次取得时刻T的X轴的速度指令值,另外从轴动作模拟部400依次取得时刻T的位置偏差量。并且,动作完成判断部202在加工程序的程序块Nxx中X轴速度指令值成为速度“0”(停止)时,进行就位检查,如果位置偏差量成为预先设定的就位宽度以下,则判断为动作完成,向插值部201通知动作完成确认。插值部201收到动作完成确认的通知时,开始下一程序块Nyy的动作。在图8中,在加工程序的程序块Nxx中,将从X轴速度指令值成为速度“0”(停止)时起到开始下一程序块Nyy的动作为止的期间表示为就位检查。

[0132] 另外,动作完成判断部202向加工时间预测部500通知动作完成确认。加工时间预测部500在收到动作完成确认的通知时,识别程序块Nxx的结束,进行加工时间的测定。

[0133] 动作完成判断部202也可以不通过就位检查,而是通过速度进入停止判断宽度来判断减速时的动作完成。

[0134] 图9是用于对速度的停止判断宽度进行说明的特性图。

[0135] 动作完成判断部202从轴动作模拟部400依次取得时刻T的X轴的速度。并且,动作完成判断部202在X轴的速度进入预先设定的停止判断宽度,速度的振动以规定的次数收敛于停止判断宽度内的情况下,判断为动作完成,向插值部201通知动作完成确认。插值部201在收到动作完成确认的通知时,开始下一程序块的动作。

[0136] 另外,动作完成判断部202向加工时间预测部500通知动作完成确认。加工时间预测部500在收到动作完成确认的通知时,识别程序块的结束,进行加工时间的测定。

[0137] (2) 加速或减速时的动作完成的判断动作

[0138] 动作完成判断部202在速度或主轴转速变更的情况下,进行速度到达的检查,判断

动作完成。

[0139] 图10是用于对在加速时速度的到达宽度以及速度进入到达宽度为止的等待时间进行说明的特性图。

[0140] 动作完成判断部202从轴动作模拟部400依次取得时刻T的进给轴的速度或主轴转速。并且,动作完成判断部202在进给轴的速度或主轴转速进入预先设定的到达宽度时判断为动作完成,向插值部201通知动作完成确认。

[0141] 另外,动作完成判断部202向加工时间预测部500通知动作完成确认。加工时间预测部500在收到动作完成确认的通知时,进行加工时间的测定。

[0142] 即使在减速时,动作完成判断部202也能够在进给轴的速度或主轴转速进入预先设定的到达宽度时判断为动作完成。

[0143] (加工时间预测部500)

[0144] 加工时间预测部500测定加工程序的执行所需的时间来预测加工时间。

[0145] 例如,加工时间预测部500如上所述,使用由解析部100求出的移动距离、移动路径以及指令速度等,求出加工程序的指令时间,根据求出的指令时间、从轴控制部300或者动作完成判断部202输出的控制指令、以及根据来自动作完成判断部202的完成确认的通知求出的等待时间,测定加工程序的执行所需的时间,进行加工时间的预测。

[0146] 加工时间能够通过指令时间与等待时间之和来求出。

[0147] 图11是表示X轴指令速度和从轴动作模拟部输出的X轴速度以及等待时间的特性图。

[0148] 使用解析部100中的解析结果来求出加工程序的指令时间的方法能够使用公知的技术、例如日本特开2012-093975号公报所公开的与加工时间预测装置相关的技术来进行。在日本特开2012-093975号公报中记载了一种加工时间预测装置,具有:NC指令解读部,其解读NC指令;分段数据生成部,其将工具路径分割为细小的切片即分段;中间存储器,其储存分段数据;速度限制处理部,其求出分段的切线方向的速度;分段移动时间计算部,其根据由速度限制处理部求出的速度,计算工具在各分段移动所需的时间;以及全移动时间计算部,其将移动各分段的时间的总和作为工具移动时间,该加工时间预测装置计算工具在通过NC指令指定的路径移动所需的时间。

[0149] 求出停止时的等待时间的方法例如如图11所示,通过取得由动作完成判断部202判断出的动作完成的时刻 t_2 与X轴指令速度的速度成为“0”(停止)时的时刻 t_1 之差而求出。求出加速时的等待时间的方法也可以同样地进行。

[0150] 加工时间预测部500在加工程序中反复进行轴的加速和停止的命令的情况下,将指令时间的合计与等待时间的合计相加(合计指令时间和等待时间),进行加工时间的预测。

[0151] 加工程序的执行所需的时间例如是指从开始了加工程序的解析时到针对加工程序的最后的程序块判断为动作完成时为止。关于如何设定加工程序的执行开始和执行完成各自的时机,除了通过指令时间与等待时间之和求出加工时间的上述例子以外,还能够设想几个实施方式。鉴于本发明是着眼于轴动作的指令时间和动作完成等待时间而完成的,无论要将执行开始设定为最初的轴动作的指令开始时间点之前的任一个,或者要将执行完成设定为最后的轴动作的动作完成判断之后的任一个,都不会对发明的主旨产生任何影

响。

[0152] 以上,对加工时间预测装置10的结构进行了说明。接着,关于加工时间预测装置10的加工时间预测动作,以在加工程序中反复进行轴的加速和停止的命令的情况为例,使用流程图进行说明。

[0153] 图12是表示加工时间预测装置10的动作的流程图。

[0154] 在步骤S11中,解析部100解释NC程序,求出移动距离、移动路径以及指令速度。然后,插值部201生成插值数据,轴控制部300基于插值数据来生成位置指令值或速度指令值。

[0155] 在步骤S12中,轴动作模拟部400进行使驱动进给轴和主轴的电动机的驱动追随位置指令值或速度指令值的伺服控制和机床的运动的模拟,将虚拟实绩输出到动作完成判断部202。

[0156] 在步骤S13中,根据从插值部201输出的指令和从轴动作模拟部400输出的虚拟实绩,判断动作的完成。

[0157] 在步骤S14中,加工时间预测部500使用由插值部201求出的插值数据来求出加工程序的指令时间,另外,根据来自动作完成判断部202的完成确认的通知来求出等待时间。

[0158] 在步骤S15中,加工时间预测部500将指令时间的合计和等待时间的合计相加(合计指令时间和等待时间),进行加工时间的预测。

[0159] (第二实施方式)

[0160] 图13是表示本公开的第二实施方式的加工时间预测装置的结构框图。

[0161] 图13所示的加工时间预测装置10A与图1所示的加工时间预测装置10相比,轴控制部300被分为X轴控制部300A、Z轴控制部300B、主轴控制部300C,轴动作模拟部400被分为X轴动作模拟部400A、Z轴动作模拟部400B、主轴动作模拟部400C,并追加了模型设定部600。另外,加工时间预测装置10A将插值部201分为进给轴插值部201A和主轴命令部203,来进行功能分离。

[0162] 模型设定部600设定X轴动作模拟部400A、Z轴动作模拟部400B、主轴动作模拟部400C的模拟模型的常数。例如,在X轴动作模拟部400A、Z轴动作模拟部400B的模拟模型由图2的传递函数的框线图表示的情况下,设定积分增益 k_1 、比例增益 k_2 、转矩常数 K_t 、马达惯量 J_m 、机械的惯量 J_L 等常数。

[0163] 进给轴插值部201A和主轴命令部203能够相互进行参照了虚拟实绩的动作。例如,主轴命令部203参照从Z轴动作模拟部400B输出的虚拟实绩是在车床加工中进行越接近中心越提高转速的周速恒定控制的情况下进行的。进给轴插值部201A参照从主轴动作模拟部400C输出的虚拟实绩是在同时对主轴和进给轴进行插值,使工具的旋转和其Z轴的移动精密地同步的刚性攻丝控制的情况下进行的。

[0164] (第一变形例)

[0165] 在机床中,有时要求进给轴的伺服控制部控制进给轴的进给动作以便追随主轴的动作。例如,是控制同步运转(所谓的主从同步方式)的情况,关于所述同步运转,进给轴一边考虑由攻丝加工程序指定的螺距一边以追随主轴的旋转动作的方式进行动作。

[0166] 使用图14对控制进给轴的进给动作以追随主轴的动作的情况下的轴动作模拟的结构进行说明。

[0167] 图14是表示Z轴动作模拟部400B追随主轴动作模拟部400C的动作而进行动作的变

形例的结构框图。Z轴动作模拟部400B与图2所示的结构相同,主轴动作模拟部400C的结构与图3所示的结构相同。

[0168] 如图14所示,从主轴动作模拟部400C的旋转速度计算部421向Z轴控制部300B输出主轴的旋转速度计算值(成为其他轴的虚拟实绩)。Z轴控制部300B根据主轴的旋转速度计算值来计算追随主轴的进给轴的动作量,向Z轴动作模拟部400B输出图2所示的位置指令 P_c (成为轴的控制指令)。Z轴控制部300B对主轴的旋转速度计算值进行累计而得到主轴的旋转量,通过对主轴的旋转量乘以螺距,能够计算追随主轴的进给轴的动作量。

[0169] (第二变形例)

[0170] 在本变形例中,对图13所示的加工时间预测装置10A的X轴动作模拟部400A和Z轴动作模拟部400B与同一DC总线连接的例子进行说明。

[0171] 图15是表示X轴动作模拟部和Z轴动作模拟部与同一DC总线连接的结构例的图。在此,X轴动作模拟部和Z轴动作模拟部与同一DC总线连接,但X轴动作模拟部和Z轴动作模拟部也可以分别与DC总线连接。

[0172] 图15所示的轴动作模拟部具有多个由马达驱动的机械。

[0173] X轴动作模拟部400A具有:伺服控制部441、逆变器442、马达443、联轴器444、滚珠丝杠445以及工作台446。伺服控制部441成为伺服控制模型。逆变器442、马达443、联轴器444、滚珠丝杠445以及工作台446成为设备模型。

[0174] Z轴动作模拟部400B具有:伺服控制部451、逆变器452、马达453、联轴器454、滚珠丝杠455以及工作台456。伺服控制部451成为伺服控制模型。逆变器452、马达453、联轴器454、滚珠丝杠455以及工作台456成为设备模型。

[0175] 伺服控制部441和伺服控制部451分别由图2的位置环的传递函数401和速度环的传递函数402表示。马达443和马达453分别由图2的马达的传递函数403、404表示。联轴器444和滚珠丝杠445以及联轴器444和滚珠丝杠445分别由图2的传递函数405表示。工作台446和工作台456分别由图2的传递函数406表示。

[0176] 此外,在不将逆变器442、452模型化的情况下,表现为延迟要素($1/(T_s+1)$),或者表现为直达(转矩指令=马达施加转矩)。

[0177] 从交流电源431供给的交流电压由整流器432整流,由平滑电容器433整流后的电压被平滑化。再生电阻434在产生剩余的再生电力而DC总线电压(母线电压) V_D 达到规定值的情况下消耗再生电力,再生晶体管435在母线电压达到规定值的情况下成为导通状态,由再生电阻434消耗蓄积于平滑电容器433的电力。DC总线与逆变器442和逆变器452连接,DC总线电压 V_D 被施加到逆变器442和逆变器452。图13所示的模型设定部600设定平滑电容器433的电容值和再生电阻434的电阻值。

[0178] DC总线电压能够通过交流电源431的交流电压、平滑电容器433的电容值以及再生电阻434的电阻值等进行计算。

[0179] 伺服控制部441根据从X轴控制部300A输出的位置指令值或速度指令值向逆变器442赋予电压指令。伺服控制部451根据从Z轴控制部300B输出的位置指令值或速度指令值向逆变器452赋予电压指令。

[0180] 逆变器442、452分别对DC总线电压 V_D 进行PWM(Pulse Width Modulation,脉冲宽

度调制)运算等,以将电压指令施加于马达443、453的方式进行电力转换,由此,将电流供给至马达443、453。

[0181] 如图16的特性图所示,马达的最大转矩 T_{or} 根据转速 N 而变化。

[0182] N - T 特性也根据DC链路电压而变化。当DC链路电压下降时,图16所示的区域R1变窄。

[0183] DC链路电压 V_D 与区域R1之间的关系如下。

[0184] R1区域是数学公式5 (以下的数学式5) 成立的区域。在数学公式5中, τ_{LIM} 是马达的电气、机械的容许转矩, K_t 是转矩常数, R_m 是绕组电阻。

[0185] [数学式5]

$$[0186] \quad \tau_{LIM} < K_t (V_D - K_t \omega_m) / R_m$$

[0187] 在区域R1中, $\tau_{max} = \tau_{LIM}$,关于向区域R2迁移,在数学公式6 (以下的数学式6) 成立时,依赖于DC链路电压 V_D 。

[0188] [数学式6]

$$[0189] \quad \omega_m = \frac{V_D}{R_m} - \frac{\tau_{LIM}}{K_t}$$

[0190] 在R2区域中,数学公式7 (以下的数学式7) 成立, τ_{max} 仍然依赖于DC总线电压 V_D 。

[0191] [数学式7]

$$[0192] \quad \tau_{max} = K_t (V_D - K_t \omega_m) / R_m$$

[0193] 在数学公式4中,若忽略扭转刚性、工作台惯性、摩擦,则得到数学公式8所示的角速度 ω_m 的关系式。数学公式8所示的角速度 ω_m 的关系式使用数学公式1所示的微分方程式求出。

[0194] [数学式8]

$$[0195] \quad \omega_m[k] = \frac{\Delta t}{J_m} \tau_{in}[k] + \omega_m[k - 1]$$

[0196] τ_{in} 通过速度伺服控制来计算,但无法超过由 N - T 特性决定的最大值 τ_{max} 。

[0197] 机床的主轴常常要求以最大转矩在低旋转区域与高旋转区域之间加速、减速。此时,与将 τ_{max} 设为恒定而利用数学公式8计算 ω_m 相比,考虑 N - T 特性,利用数学公式8计算 ω_m 的情况下,将提高速度到达等待时间的预测精度。

[0198] 在图17中,时间T1表示将区域R1的 τ_{max} 也应用于区域R2而预测出的等待时间,时间T2是考虑了 N - T 特性的等待时间。

[0199] 根据以上说明的各实施方式,不使用实际加工的数据,即使在加工程序中轴的停止命令频繁出现的情况下、以及在机床中搭载大惯性的轴的情况下,也能够进行准确的加工时间的预测。

[0200] 另外,根据各实施方式,如果对承担自动工具更换装置等辅助机构的动作的周边轴赋予移动量或指令点列,则能够进行周边轴的动作时间预测。

[0201] 以上,为了实现本实施方式中的加工时间预测装置所包含的功能块,加工时间预测装置能够通过硬件、软件或者它们的组合来实现。在此,通过软件实现是指通过计算机读

入并执行程序来实现。

[0202] 为了通过软件或它们的组合来实现本实施方式中的加工时间预测装置所包含的功能块,具体而言,加工时间预测装置具有CPU(Central Processing Unit,中央处理单元)等运算处理装置。另外,加工时间预测装置还具有储存了应用软件和OS(Operating System,操作系统)等各种控制用程序的HDD(Hard Disk Drive,硬盘驱动器)等辅助存储装置、以及用于储存运算处理装置执行程序时暂时需要的数据的RAM(Random Access Memory,随机存取存储器)这样的主存储装置。

[0203] 并且,在加工时间预测装置中,运算处理装置从辅助存储装置读入应用软件和OS,一边使读入的应用软件或OS在主存储装置中展开,一边进行根据这些应用软件和OS的运算处理。另外,根据该运算结果,控制各装置具有的各种硬件。由此,实现本实施方式的功能块。

[0204] 加工时间预测装置所包含的各结构部能够通过包含电子电路等的硬件来实现。在由硬件构成加工时间预测装置的情况下,例如能够由ASIC(Application Specific Integrated Circuit,专用集成电路)、门阵列、FPGA(Field Programmable Gate Array,现场可编程门阵列)、CPLD(Complex Programmable Logic Device,大规模可编程逻辑器件)等集成电路(IC)构成加工时间预测装置所包含的各结构部的功能的一部分或者全部。

[0205] 程序能够使用各种类型的非暂时性的计算机可读介质(non-transitory computer readable medium)来储存,并提供给计算机。非暂时性的计算机可读介质包含各种类型的有实体的记录介质(tangible storage medium)。非暂时性的计算机可读介质的例子包含磁记录介质(例如,硬盘驱动器)、磁光记录介质(例如,磁光盘)、CD-ROM(Read Only Memory,只读存储器)、CD-R、CD-R/W、半导体存储器(例如,掩模ROM、PROM(Programmable ROM,可编程ROM)、EPROM(Erasable PROM,可擦除PROM)、闪存ROM、RAM(random access memory,随机存取存储器))。另外,程序也可以通过各种类型的暂时性的计算机可读介质(transitory computer readable medium)提供给计算机。

[0206] 上述的实施方式是本发明的优选的实施方式,但本发明的范围并不限定于上述实施方式,在不脱离本发明的主旨的范围内能够以实施了各种变更的方式实施。

[0207] 本公开的加工时间预测装置以及加工时间预测方法包含上述的实施方式,能够采取具有如下那样的结构的各种实施方式。

[0208] (1)一种加工时间预测装置(例如,加工时间预测装置10、10A),其根据加工程序来预测控制至少一个轴对工件进行加工的机床的加工时间,其中,

[0209] 所述加工时间预测装置具有:

[0210] 解析部(例如,解析部100),其解析所述加工程序,生成所述轴的动作命令;

[0211] 执行控制部(例如,执行控制部200),其具有总括所述动作命令的执行,根据解析所述加工程序而得的结果指示所述轴的动作的插值部(例如,插值部201)、以及判断所述轴的动作完成的情况的动作完成判断部(例如,动作完成判断部202);

[0212] 轴控制部(例如,轴控制部300),其根据来自所述插值部的所述轴的动作指示生成控制指令;

[0213] 加工时间预测部(例如,加工时间预测部500),其测定所述加工程序的执行所需的时间,预测所述加工时间;

[0214] 轴动作模拟部(例如,轴动作模拟部400),其根据所述控制指令,模拟所述轴的动作并输出虚拟实绩,

[0215] 所述动作完成判断部根据所述虚拟实绩来判断所述轴的动作的完成。

[0216] 根据该加工时间预测装置,不使用实际加工的数据,即使在加工程序中轴的停止命令频繁出现的情况下、以及在机床中搭载有大惯性的轴的情况下,也能够进行准确的加工时间的预测。

[0217] (2)根据上述(1)所述的加工时间预测装置,其中,所述轴动作模拟部进行描绘基于所述加工程序的轨迹的进给轴和使工具或工件旋转的主轴的动作的模拟。

[0218] (3)根据上述(2)所述的加工时间预测装置,其中,所述轴动作模拟部根据其他轴的虚拟实绩,以追随所述其他轴的动作的方式进行动作。

[0219] (4)根据上述(2)或(3)所述的加工时间预测装置,其中,上述加工时间预测装置能够通过加工程序的命令来变更进行基于所述轴动作模拟部的轴动作模拟的是所述进给轴或所述主轴。

[0220] (5)根据上述(1)~(4)中任一项所述的加工时间预测装置,其中,上述加工时间预测装置具有:模型设定部,其能够变更所述轴动作模拟部的特性,

[0221] 所述轴动作模拟部具有:

[0222] 伺服控制模型,其使所述虚拟实绩追随所述控制指令;

[0223] 设备模型,其包含一个以上的微分方程式的数值解法,当输入作为伺服控制模型的输出的操作量时,计算所述虚拟实绩。

[0224] (6)根据上述(5)所述的加工时间预测装置,其中,所述设备模型包含:电动马达,其作为所述轴的动力源而由逆变器驱动,

[0225] 所述加工时间预测装置能够计算与所述逆变器连接的DC总线电压。

[0226] (7)根据上述(6)所述的加工时间预测装置,其中,针对两个以上的轴分别设置所述轴动作模拟部,各轴动作模拟部的所述逆变器与同一DC总线连接。

[0227] (8)一种加工时间预测方法,其中,作为根据加工程序来预测控制至少一个轴对工件进行加工的机床的加工时间的加工时间预测装置的计算机执行以下处理:

[0228] 对所述加工程序进行解析,生成所述轴的动作命令的处理;

[0229] 总括所述动作命令的执行,根据对所述加工程序进行解析而得的结果来指示所述轴的动作,判断所述轴的动作完成的情况的处理;

[0230] 根据所述轴的动作指示来生成控制指令的处理;

[0231] 测定所述加工程序的执行所需的时间来预测所述加工时间的处理;

[0232] 根据所述控制指令来模拟所述轴的动作并输出虚拟实绩的轴动作模拟处理,

[0233] 在判断所述轴的动作完成的情况的处理中,根据所述虚拟实绩来判断所述轴的动作的完成。

[0234] 根据该加工时间预测方法,不使用实际加工的数据,即使在加工程序中轴的停止命令频繁出现的情况下、以及在机床中搭载有大惯性的轴的情况下,也能够进行准确的加工时间的预测。

[0235] 附图标记说明

[0236] 10、10A加工时间预测装置

- [0237] 100 解析部
- [0238] 200 执行控制部
- [0239] 201 插值部
- [0240] 202 动作完成判断部
- [0241] 300 轴控制部
- [0242] 400 轴动作模拟部
- [0243] 500 加工时间预测部
- [0244] 600 模型设定部。

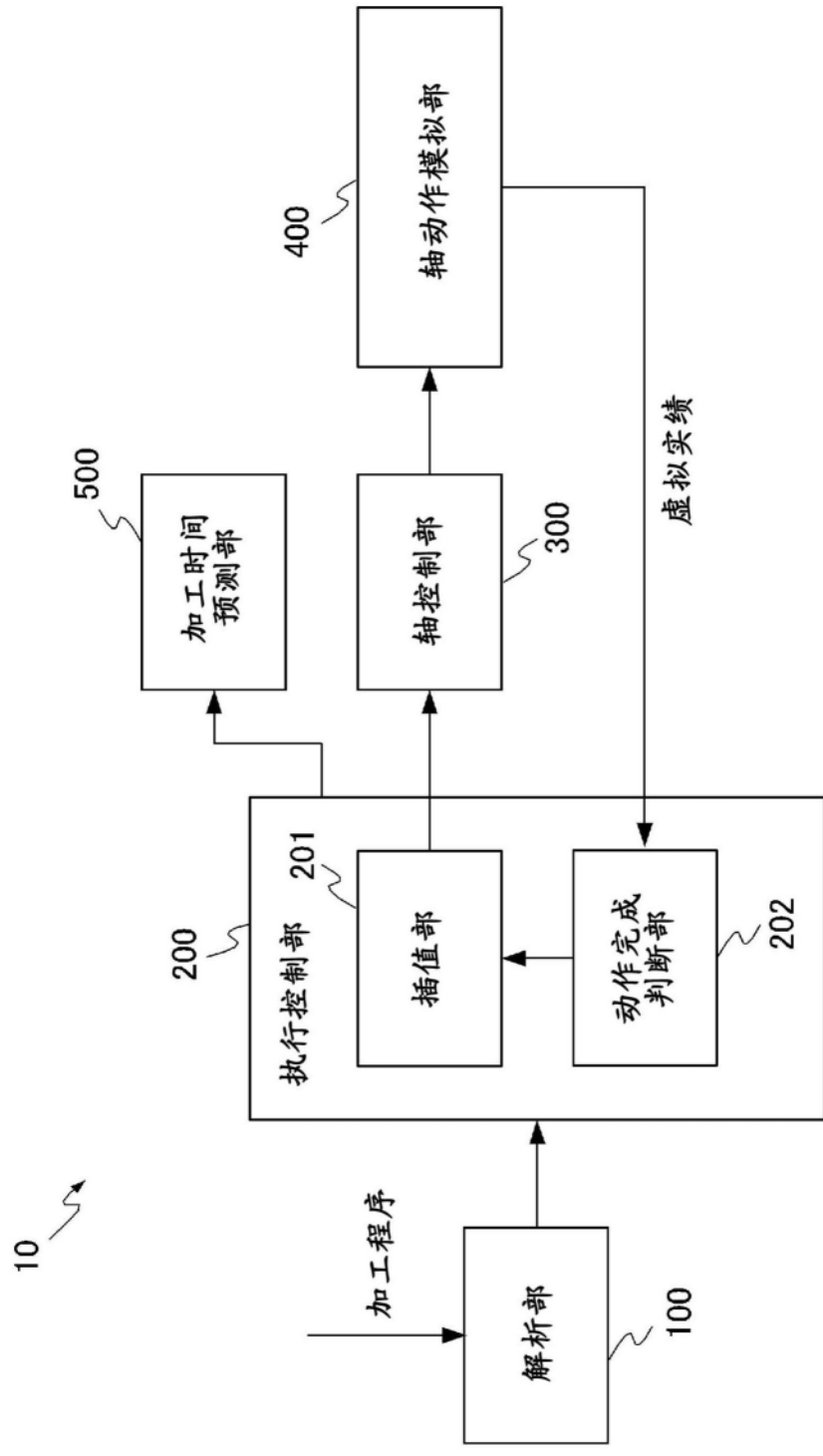


图1

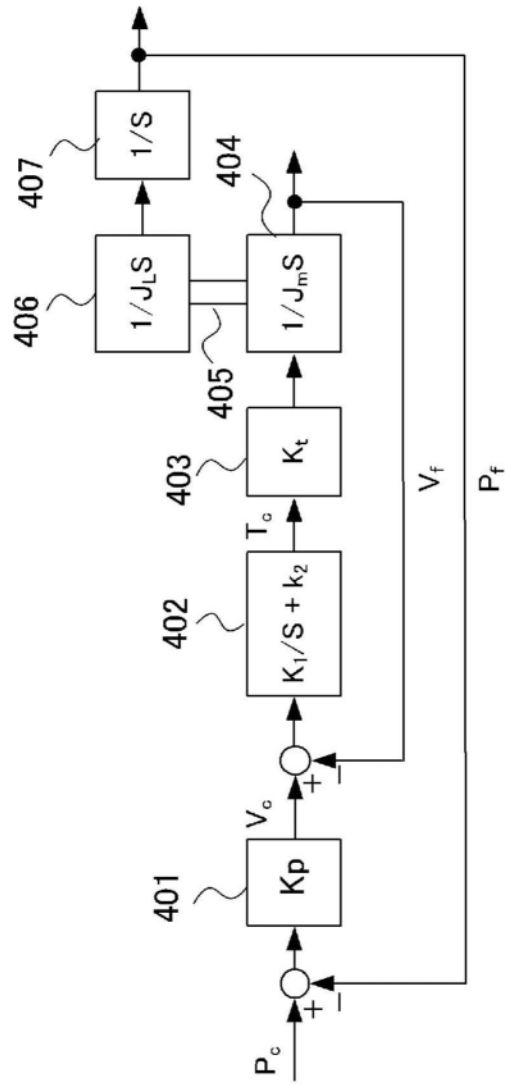


图2

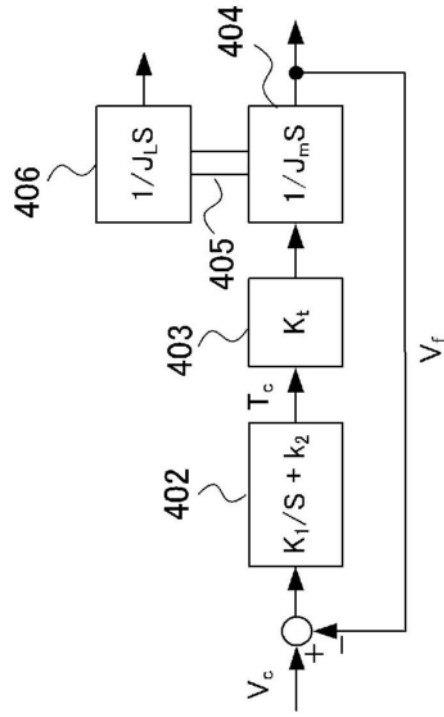


图3

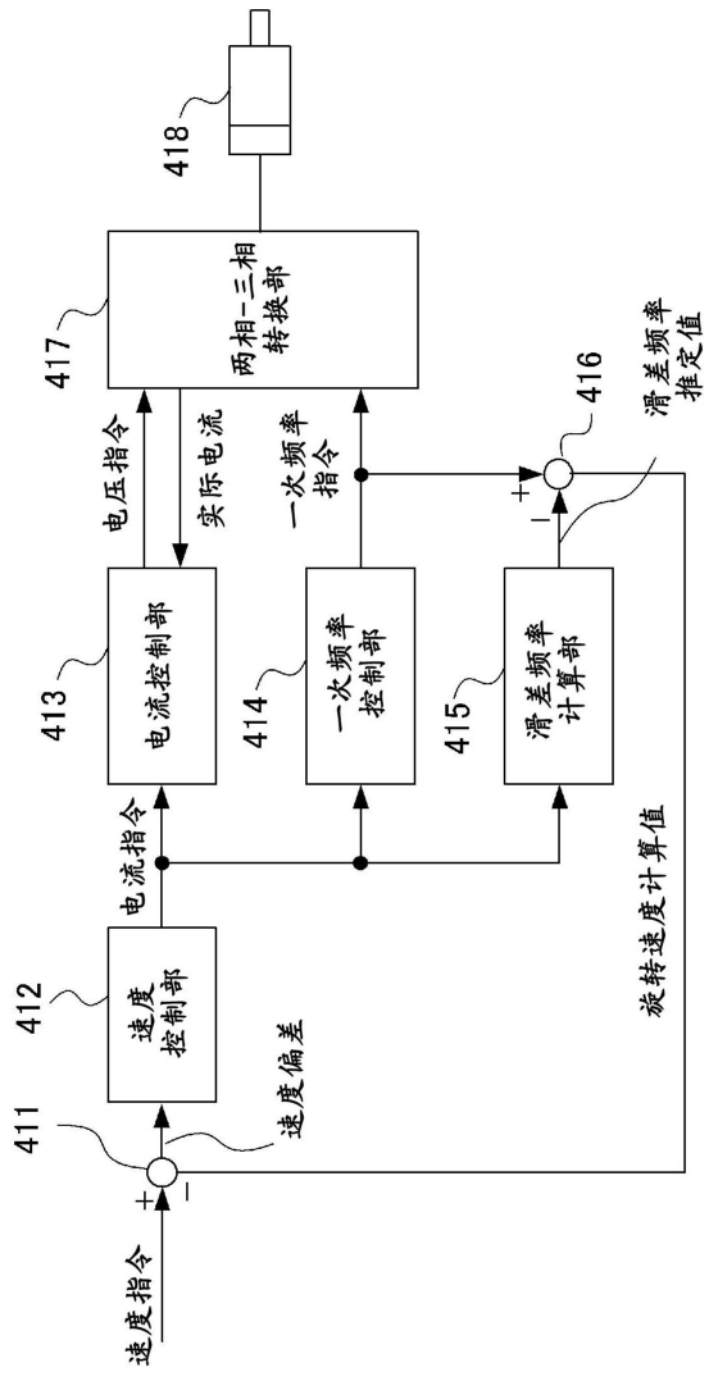


图4

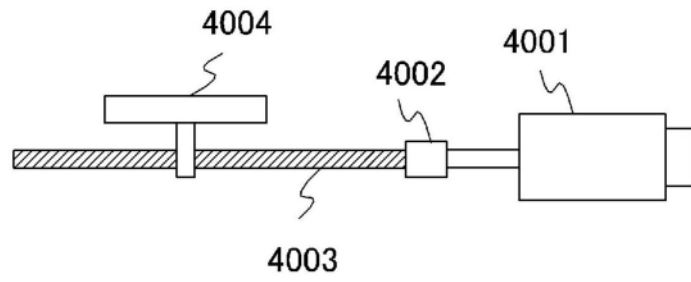


图5

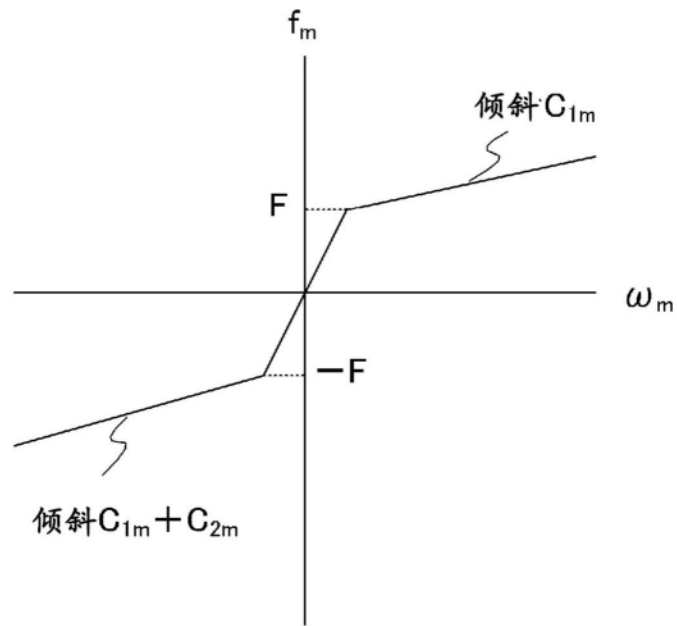


图6

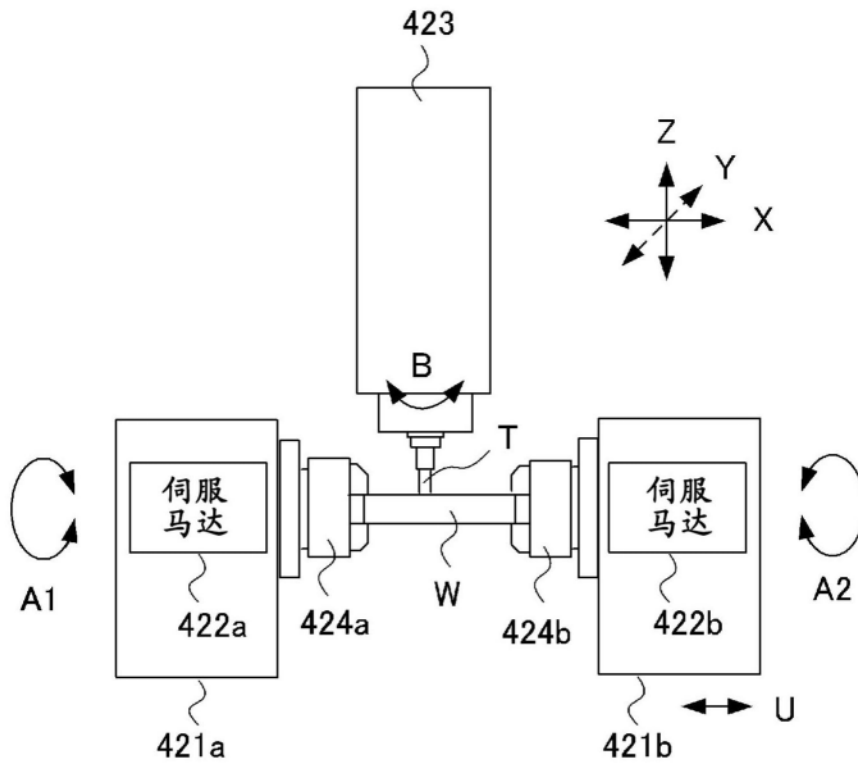


图7

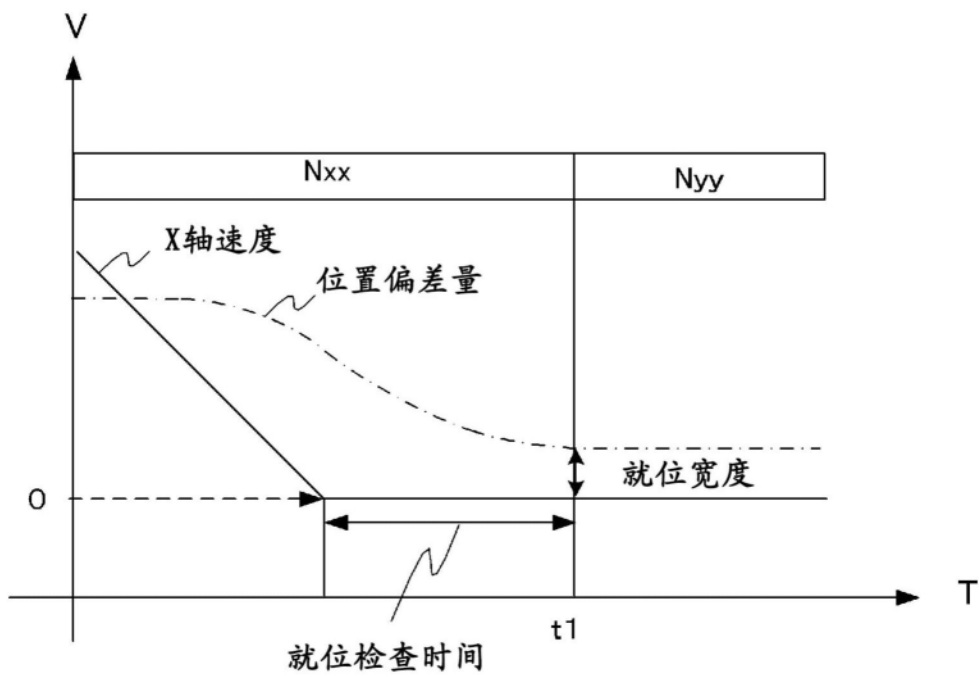


图8

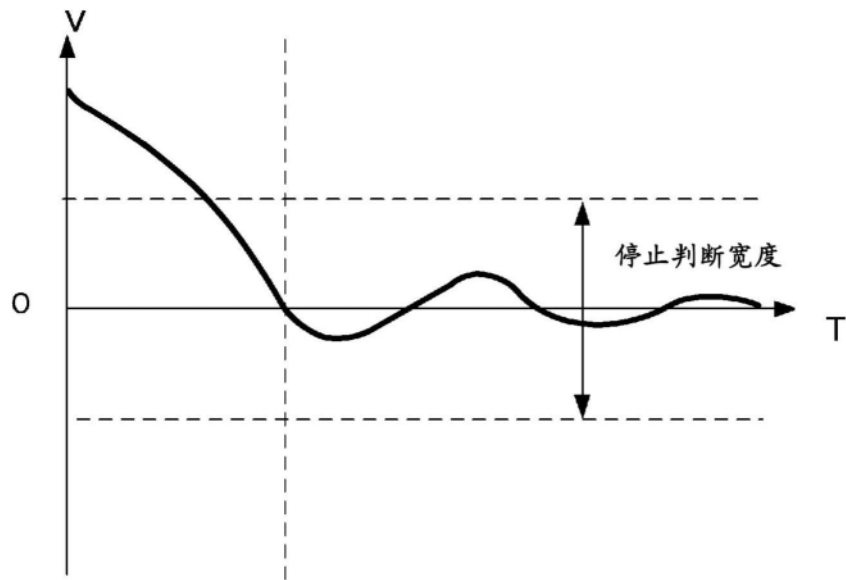


图9

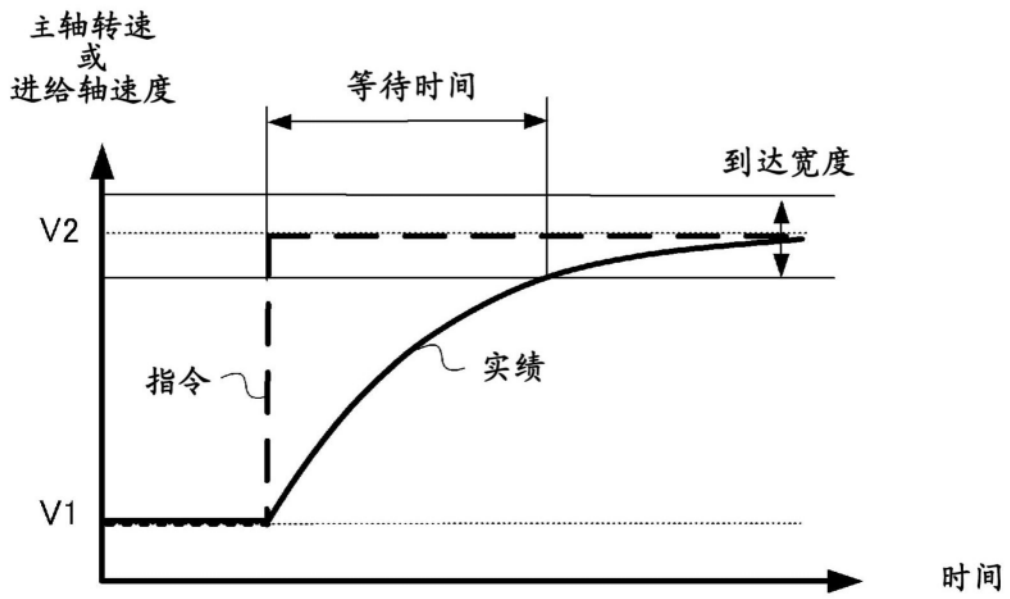


图10

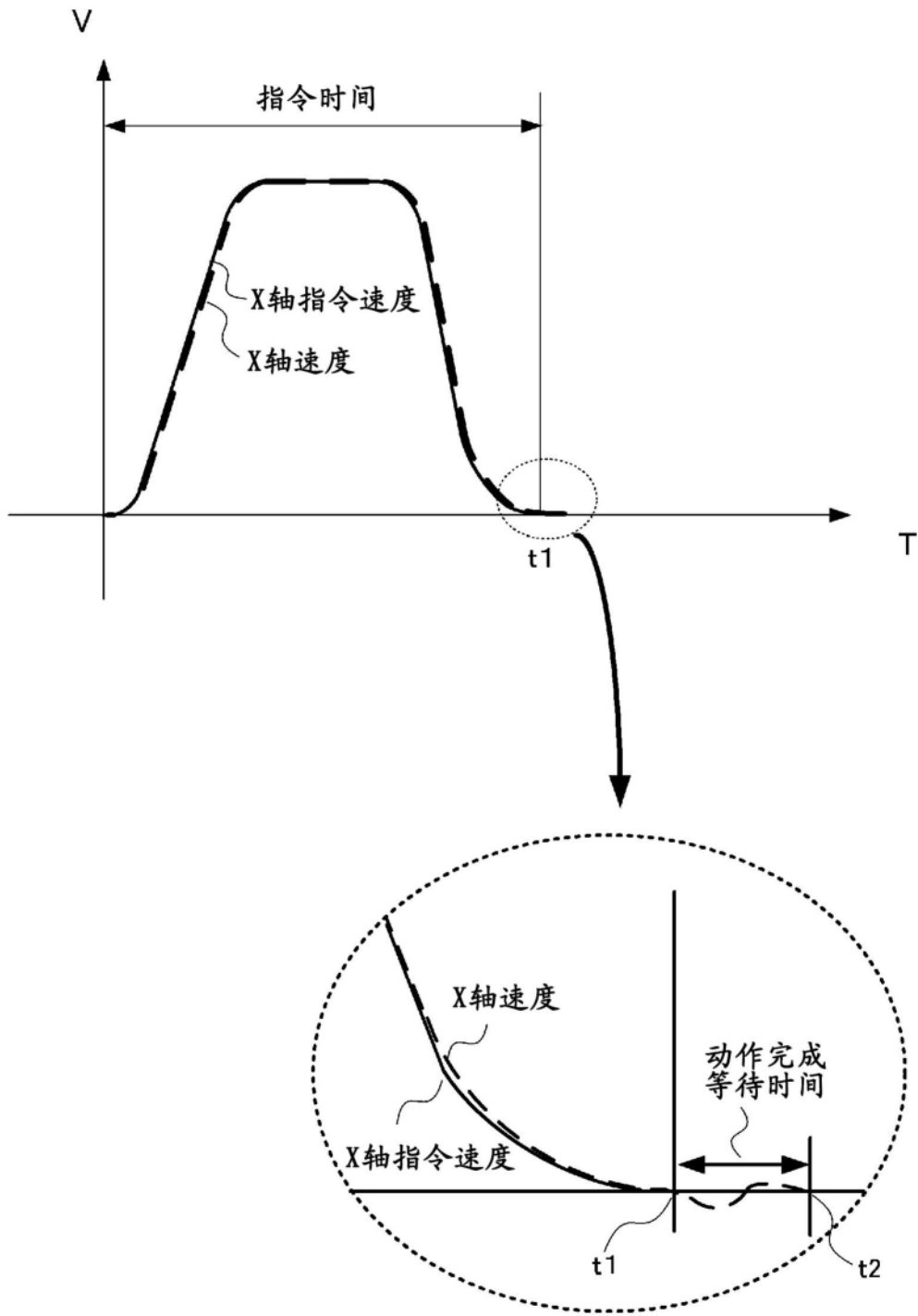


图11

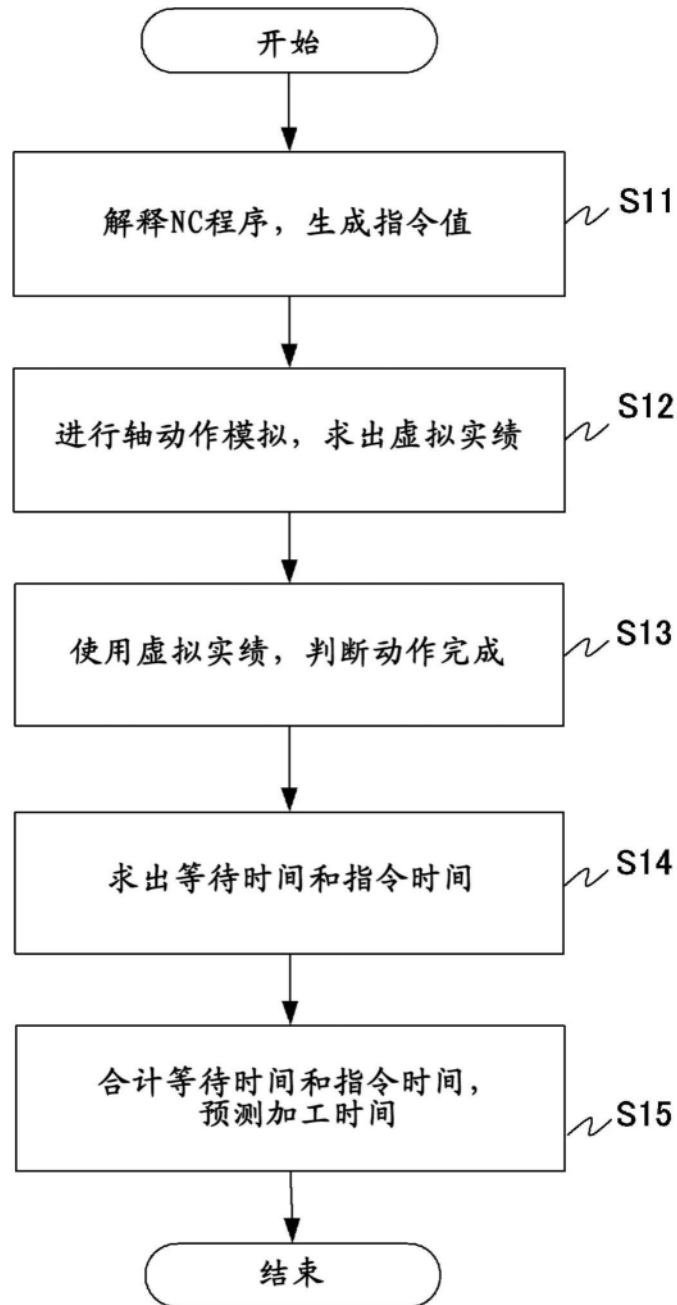


图12

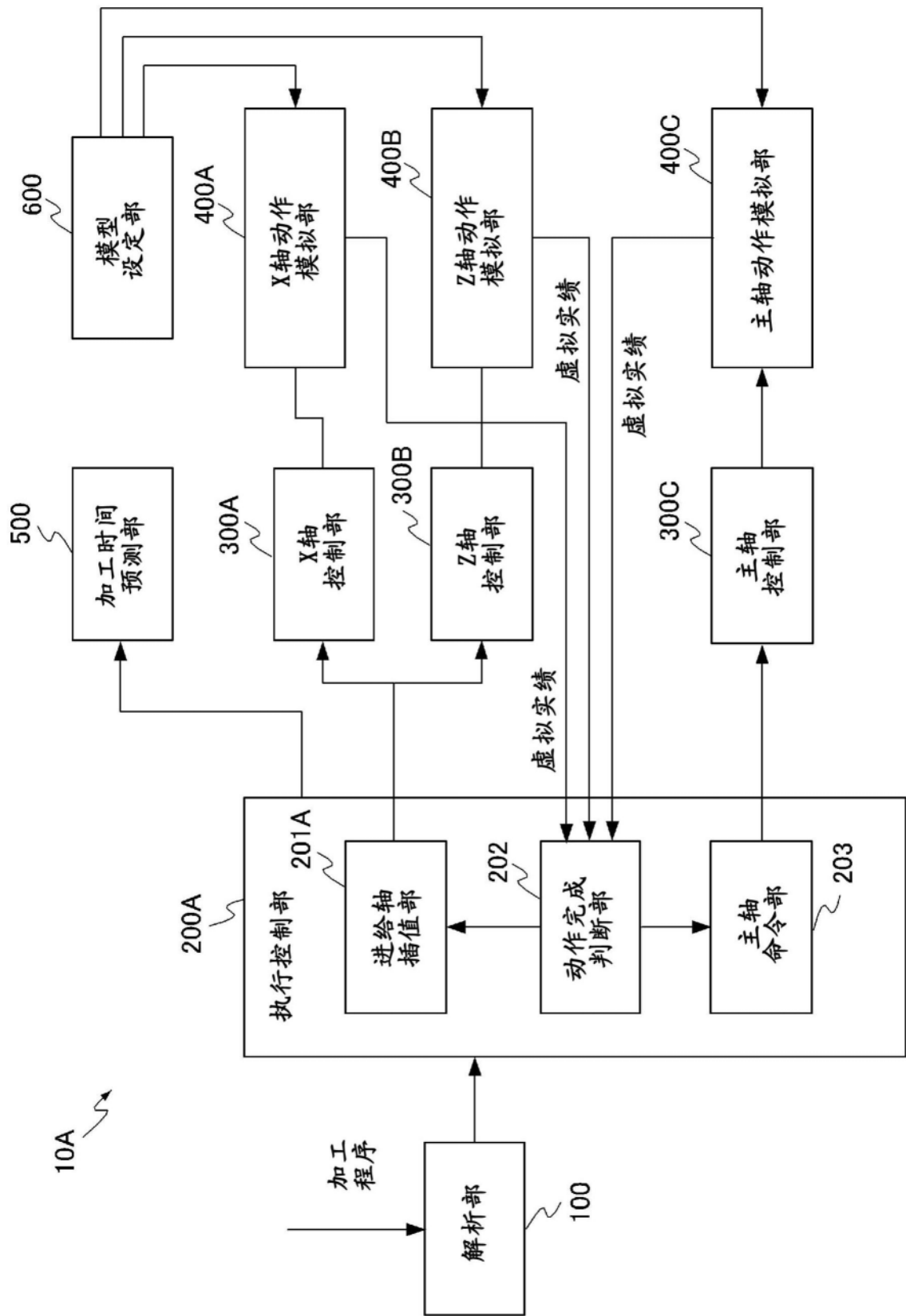


图13

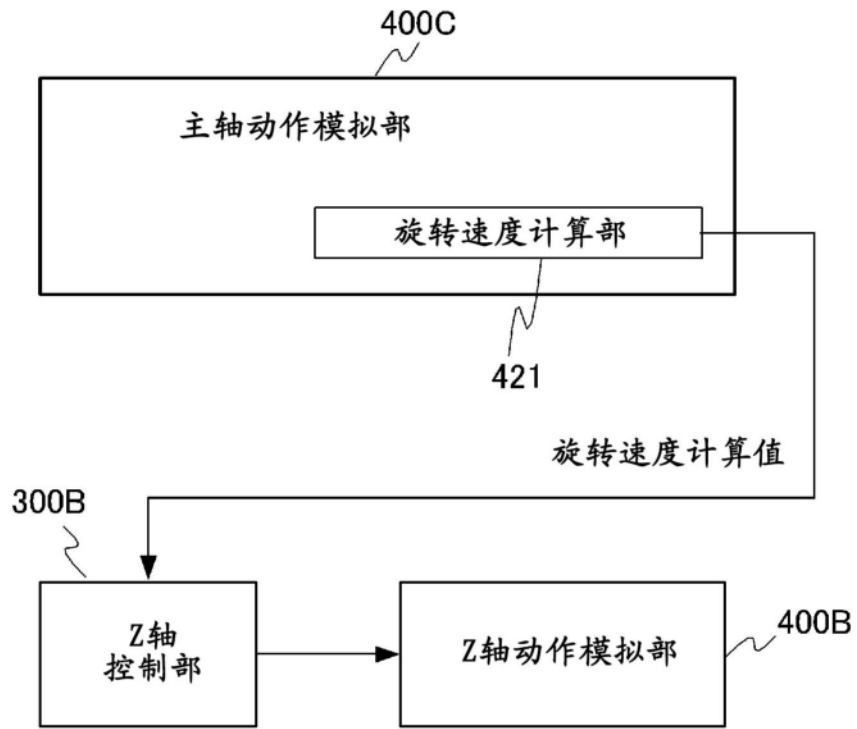


图14

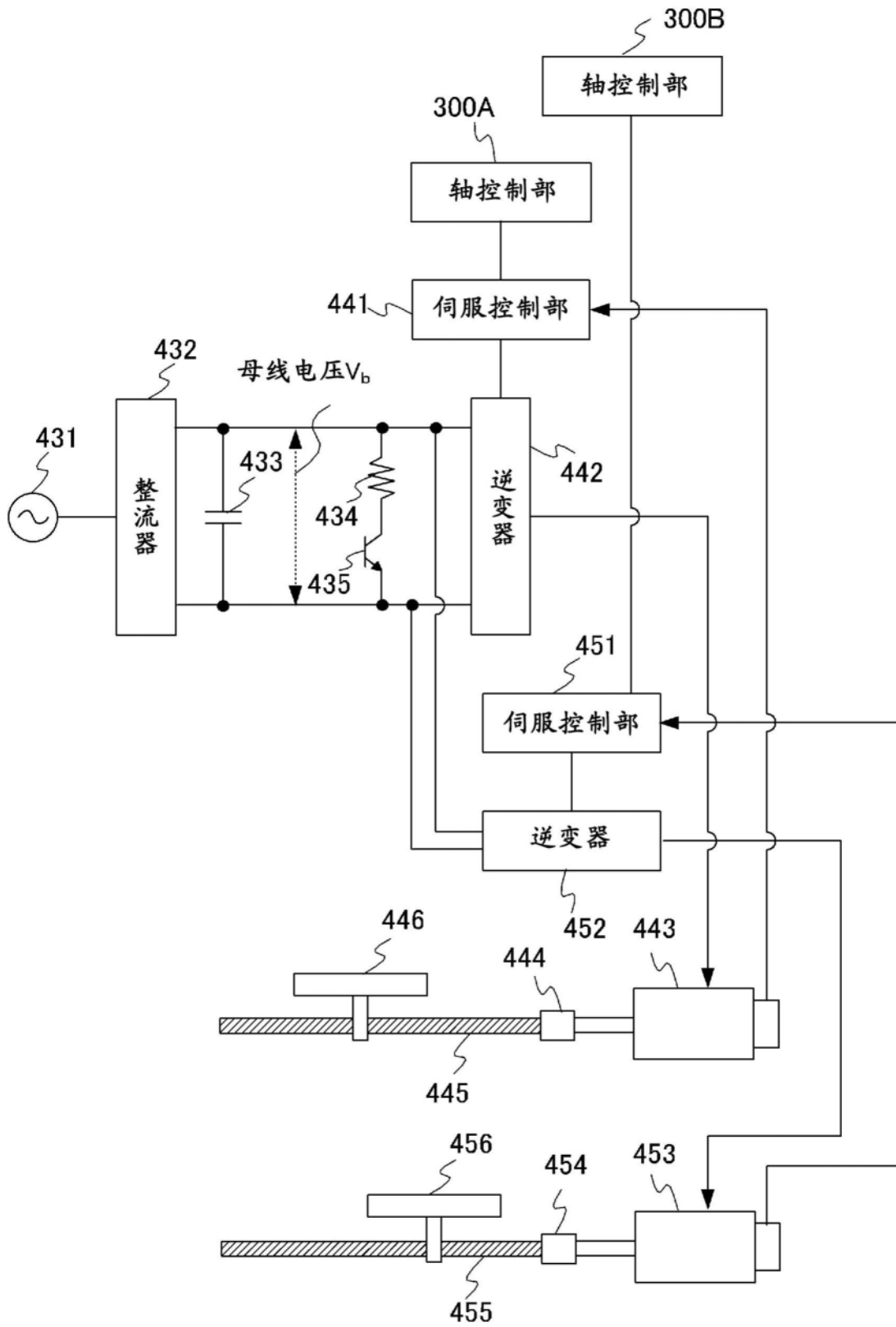


图15

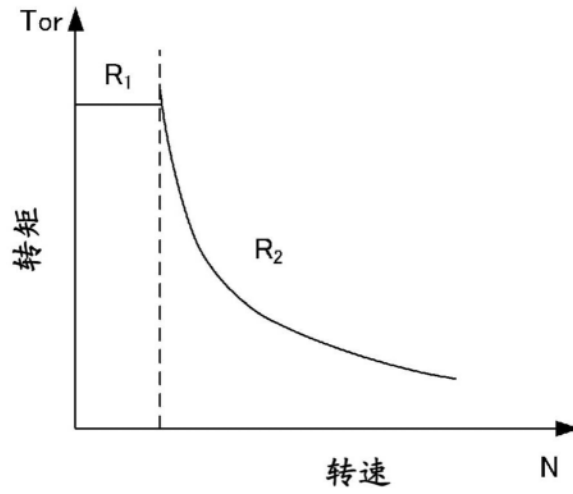


图16

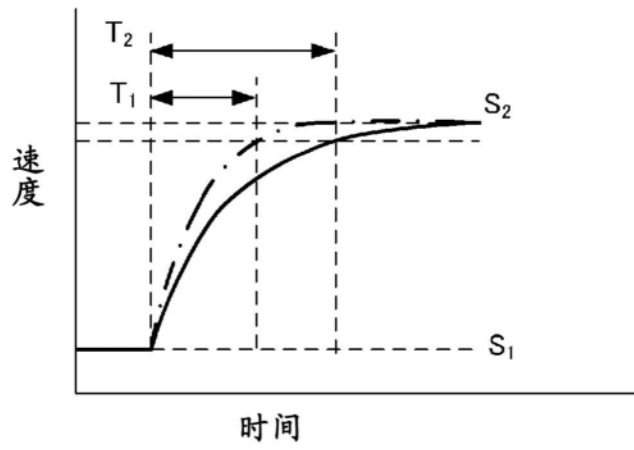


图17