



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118061190 B

(45) 授权公告日 2025. 11. 18

(21) 申请号 202410411866.5

(22) 申请日 2024.04.07

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118061190 A

(43) 申请公布日 2024.05.24

(73) 专利权人 网易灵动(杭州)科技有限公司

地址 310000 浙江省杭州市滨江区中国(浙江)自由贸易试验区长河街道网商路399号3幢403室

(72) 发明人 陈伟 吴悦晨 林楠 陈赢峰

范长杰

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇知识产权代理

有限公司 11463

专利代理师 曹瑞敏

(51) Int.Cl.

B25J 9/16 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 115929738 A, 2023.04.07

审查员 孙雨茁

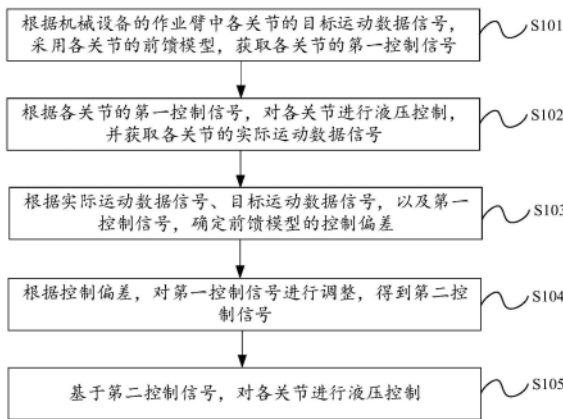
权利要求书2页 说明书14页 附图4页

(54) 发明名称

机械设备的作业臂控制方法、装置、设备及存储介质

(57) 摘要

本申请提供一种机械设备的作业臂控制方法、装置、设备及存储介质,涉及机械控制技术领域。该方法包括根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用各关节的前馈模型,获取各关节的第一控制信号;根据各关节的第一控制信号,对各关节进行液压控制,并获取各关节的实际运动数据信号;根据实际运动数据信号、目标运动数据信号,以及第一控制信号,确定前馈模型的控制偏差;根据控制偏差,对第一控制信号进行调整,得到第二控制信号;基于第二控制信号,对各关节进行液压控制。采用本申请的方法,能够根据机械设备的实际液压特性,对前馈模型的输出进行调整,提高了前馈模型的准确度,进而提高对作业臂的控制精度。



CN 118061190 B

1. 一种机械设备的作业臂控制方法,其特征在于,包括:

根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用所述各关节的前馈模型,获取所述各关节的第一控制信号;

根据所述各关节的第一控制信号,对所述各关节进行液压控制,并获取所述各关节的实际运动数据信号;

根据所述实际运动数据信号、所述目标运动数据信号,以及所述第一控制信号,确定所述前馈模型的控制偏差;

根据所述控制偏差,对所述第一控制信号进行调整,得到第二控制信号;

基于所述第二控制信号,对所述各关节进行液压控制;

所述目标运动数据信号包括:目标角速度信号以及目标角度信号,所述实际运动数据信号包括:实际角度信号和实际角速度信号;

所述根据所述实际运动数据信号、所述目标运动数据信号,以及所述第一控制信号,确定所述前馈模型的控制偏差,包括:

根据所述实际角度信号和所述目标角速度信号,从所述第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数;

从所述实际角速度信号中确定所述第一目标时间处的实际角速度值;

根据所述目标角速度信号,以及所述实际角速度值,从所述第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数;

根据所述第一控制参数和所述第二控制参数,确定所述控制偏差。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述实际角度信号和所述目标角速度信号,从所述第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数,包括:

根据所述实际角度信号和所述目标角速度信号,确定实际角度值与目标角度值的偏差小于预设角度阈值的所述第一目标时间;

从所述第一控制信号中确定所述第一目标时间处的所述第一控制参数。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述目标角速度信号,以及所述实际角速度值,从所述第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数,包括:

根据所述目标角速度信号,以及所述实际角速度值,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的所述第二目标时间;

从所述第一控制信号中确定所述第二目标时间处的所述第二控制参数。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述根据所述目标角速度信号,以及所述实际角速度值,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的所述第二目标时间,包括:

根据所述目标角速度信号以及所述实际角速度值,从所述第一目标时间之后的时间段内,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于所述预设速度阈值的所述第二目标时间。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一目标时间为多个,所述第二目标时间为多个;所述根据所述第一控制参数和所述第二控制参数,确定所述控制偏差,包括:

计算多个所述第一控制参数的第一平均值；  
计算多个所述第二控制参数的第二平均值；  
根据所述第一平均值和所述第二平均值确定所述控制偏差。

6. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号, 采用所述各关节的前馈模型, 获取所述各关节的第一控制信号之前, 所述方法还包括:

从所述各关节的历史运动记录中获取历史控制信号和历史运动数据信号的映射关系;  
根据所述映射关系, 构建所述各关节的前馈模型。

7. 一种机械设备的作业臂控制装置, 其特征在于, 包括:

获取模块, 用于根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号, 采用所述各关节的前馈模型, 获取所述各关节的第一控制信号;

第一控制模块, 用于根据所述各关节的第一控制信号, 对所述各关节进行液压控制, 并获取所述各关节的实际运动数据信号;

确定模块, 用于根据所述实际运动数据信号、所述目标运动数据信号, 以及所述第一控制信号, 确定所述前馈模型的控制偏差;

调整模块, 用于根据所述控制偏差, 对所述第一控制信号进行调整, 得到第二控制信号;

第二控制模块, 用于基于所述第二控制信号, 对所述各关节进行液压控制;

所述目标运动数据信号包括: 目标角速度信号以及目标角度信号, 所述实际运动数据信号包括: 实际角度信号和实际角速度信号;

所述确定模块, 还用于根据所述实际角度信号和所述目标角速度信号, 从所述第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数; 从所述实际角速度信号中确定所述第一目标时间处的实际角速度值; 根据所述目标角速度信号, 以及所述实际角速度值, 从所述第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数; 根据所述第一控制参数和所述第二控制参数, 确定所述控制偏差。

8. 一种机械设备, 其特征在于, 包括: 控制单元、作业臂、多个电磁阀, 以及多个运动传感器;

多个所述电磁阀分别设置在所述作业臂上各关节的液压油路上, 多个所述电磁阀连接所述控制单元;

多个所述运动传感器分别设置在所述各关节的预设运动检测点处, 多个所述运动传感器连接所述控制单元, 所述控制单元用于执行权利要求1-6任一所述的机械设备的作业臂控制方法。

9. 一种可读存储介质, 其特征在于, 所述可读存储介质上存储有计算机程序, 所述计算机程序被控制单元运行时实现权利要求1-6任一所述的机械设备的作业臂控制方法。

## 机械设备的作业臂控制方法、装置、设备及存储介质

### 技术领域

[0001] 本申请涉及机械控制技术领域,具体而言,涉及一种机械设备的作业臂控制方法、装置、设备及存储介质。

### 背景技术

[0002] 机械设备通常安装有用于完成特定作业的作业臂,操作员经常需要在恶劣的施工条件下控制作业臂进行作业,危险性较高,因此,机械设备的智能化控制已经成为趋势。

[0003] 其中,对机械设备的作业臂控制是一项关键性的技术,通常来说,对作业臂的控制方法包括前馈模型和反馈两部分,前馈模型用于输出作业臂的控制信号,反馈是根据前馈模型输出的控制信号来对作业臂运动进行调整。

[0004] 但现有机械设备通常都是液压机构,对其进行准确控制的关键其实是对液压的物理特性进行建模,当液压的油温、机械设备工作的时长等发生变化时,液压的物理特性就会发生改变,已建模的前馈模型往往就会失效,导致对作业臂的控制精度降低。

### 发明内容

[0005] 本申请针对上述现有技术中的不足,提供一种机械设备的作业臂控制方法、装置、设备及存储介质,以便解决现有技术中存在的问题。

[0006] 本申请实施例采用的技术方案如下:

[0007] 第一方面,本申请实施例提供了一种机械设备的作业臂控制方法,包括:

[0008] 根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用所述各关节的前馈模型,获取所述各关节的第一控制信号;

[0009] 根据所述各关节的第一控制信号,对所述各关节进行液压控制,并获取所述各关节的实际运动数据信号;

[0010] 根据所述实际运动数据信号、所述目标运动数据信号,以及所述第一控制信号,确定所述前馈模型的控制偏差;

[0011] 根据所述控制偏差,对所述第一控制信号进行调整,得到第二控制信号;

[0012] 基于所述第二控制信号,对所述各关节进行液压控制。

[0013] 在一实施例中,所述目标运动数据信号包括:目标角速度信号以及目标角度信号,所述实际运动数据信号包括:实际角度信号和实际角速度信号;

[0014] 所述根据所述实际运动数据信号、所述目标运动数据信号,以及所述第一控制信号,确定所述前馈模型的控制偏差,包括:

[0015] 根据所述实际角度信号和所述目标角速度信号,从所述第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数;

[0016] 从所述实际角速度信号中确定所述第一目标时间处的实际角速度值;

[0017] 根据所述目标角速度信号,以及所述实际角速度值,从所述第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数;

- [0018] 根据所述第一控制参数和所述第二控制参数,确定所述控制偏差。
- [0019] 在一实施例中,所述根据所述实际角度信号和所述目标角速度信号,从所述第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数,包括:
- [0020] 根据所述实际角度信号和所述目标角速度信号,确定实际角度值与目标角度值的偏差小于预设角度阈值的所述第一目标时间;
- [0021] 从所述第一控制信号中确定所述第一目标时间处的所述第一控制参数。
- [0022] 在一实施例中,所述根据所述目标角速度信号,以及所述实际角速度值,从所述第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数,包括:
- [0023] 根据所述目标角速度信号,以及所述实际角速度值,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的所述第二目标时间;
- [0024] 从所述第一控制信号中确定所述第二目标时间处的所述第二控制参数。
- [0025] 在一实施例中,所述根据所述目标角速度信号,以及所述实际角速度值,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的所述第二目标时间,包括:
- [0026] 根据所述目标角速度信号以及所述实际角速度值,从所述第一目标时间之后的时间段内,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于所述预设速度阈值的所述第二目标时间。
- [0027] 在一实施例中,所述第一目标时间为多个,所述第二目标时间为多个;所述根据所述第一控制参数和所述第二控制参数,确定所述控制偏差,包括:
- [0028] 计算多个所述第一控制参数的第一平均值;
- [0029] 计算多个所述第二控制参数的第二平均值;
- [0030] 根据所述第一平均值和所述第二平均值确定所述控制偏差。
- [0031] 在一实施例中,所述根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用所述各关节的前馈模型,获取所述各关节的第一控制信号之前,所述方法还包括:
- [0032] 从所述各关节的历史运动记录中获取历史控制信号和历史运动数据信号的映射关系;
- [0033] 根据所述映射关系,构建所述各关节的前馈模型。
- [0034] 第二方面,本申请实施例提供了一种机械设备的作业臂控制装置,包括:
- [0035] 获取模块,用于根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用所述各关节的前馈模型,获取所述各关节的第一控制信号;
- [0036] 第一控制模块,用于根据所述各关节的第一控制信号,对所述各关节进行液压控制,并获取所述各关节的实际运动数据信号;
- [0037] 确定模块,用于根据所述实际运动数据信号、所述目标运动数据信号,以及所述第一控制信号,确定所述前馈模型的控制偏差;
- [0038] 调整模块,用于根据所述控制偏差,对所述第一控制信号进行调整,得到第二控制信号;
- [0039] 第二控制模块,用于基于所述第二控制信号,对所述各关节进行液压控制。
- [0040] 第三方面,本申请实施例提供了一种机械设备,包括:控制单元、作业臂、多个电磁阀,以及多个运动传感器;
- [0041] 多个所述电磁阀分别设置在所述作业臂上各关节的液压油路上,多个所述电磁阀

连接所述控制单元；

[0042] 多个所述运动传感器分别设置在所述各关节的预设运动检测点处，多个所述运动传感器连接所述控制单元，所述控制单元用于执行上述实施例所述的机械设备的作业臂控制方法。

[0043] 第四方面，本申请实施例提供了一种可读存储介质，所述存储介质上存储有计算机程序，所述计算机程序被控制单元运行时，实现上述实施例所述的机械设备的作业臂控制方法。

[0044] 本申请的有益效果是：本申请提供了一种机械设备的作业臂控制方法，包括根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号，采用各关节的前馈模型，获取各关节的第一控制信号；根据各关节的第一控制信号，对各关节进行液压控制，并获取各关节的实际运动数据信号；根据实际运动数据信号、目标运动数据信号，以及第一控制信号，确定前馈模型的控制偏差；根据控制偏差，对第一控制信号进行调整，得到第二控制信号；基于第二控制信号，对各关节进行液压控制。

[0045] 其中，根据控制偏差对第一控制信号进行调整，得到第二控制信号，然后，基于第二控制信号，对各关节进行液压控制，实现了根据机械设备的实际液压特性，对前馈模型的输出进行调整，提高了前馈模型的准确度，进而提高对作业臂的控制精度。并且，本申请以已建立的前馈模型为基础，根据机械设备的实际液压特性进行调整，避免了重新采集数据、训练前馈模型需要耗费大量时间的问题。

## 附图说明

[0046] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，应当理解，以下附图仅示出了本申请的某些实施例，因此不应被看作是对范围的限定，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0047] 图1为本申请一实施例提供的机械设备的结构示意图；

[0048] 图2为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之一；

[0049] 图3为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之二；

[0050] 图4为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之三；

[0051] 图5为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之四；

[0052] 图6为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之五；

[0053] 图7为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之六；

[0054] 图8为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制装置的结构示意图；

[0055] 图9为本申请一实施例提供的控制单元的结构示意图。

## 具体实施方式

[0056] 为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。

[0057] 因此，以下对在附图中提供的本申请的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护

的本申请的范围,而是仅仅表示本申请的选定实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0058] 在本申请的描述中,需要说明的是,若出现术语“上”、“下”、等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,或者是该申请产品使用时惯常摆放的方位或位置关系,仅是为了便于描述本申请和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本申请的限制。

[0059] 此外,本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本申请的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0060] 在本申请的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“设置”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接,可以是直接连接,也可以通过中间媒介间接连接,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。

[0061] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请的实施例中的特征可以相互结合。

[0062] 本申请基于的场景是机械设备的作业臂控制,在对机械设备的作业臂进行控制时,一个基础的任务是速度控制,即对于作业臂的每个关节,均给定一个目标速度,然后,针对每个关节,分别基于各关节的前馈模型,输出各关节对应的控制信号,以使每个关节能以接近目标速度的值来运动,完成作业臂的作业任务。

[0063] 但由于机械设备通常是液压传动的,对其进行准确控制的关键其实是对液压的物理特性进行建模,当液压的油温、机械设备工作的时长、环境温度等因素发生变化时,机械设备的液压特性就会发生改变,而已建立的前馈模型往往就会失效,导致作业臂不能完成作业任务。针对这种情况,本申请提供了一种机械设备的作业臂控制方法,能够适配机械设备的当前液压特性,以提高对作业臂的控制准确性。

[0064] 以下结合图1,首先对本申请的机械设备进行示例性说明。图1为本申请一实施例提供的机械设备的结构示意图,如图1所示,该机械设备包括:控制单元1、作业臂2、多个电磁阀3,以及多个运动传感器4。控制单元用于执行下述实施例提供的机械设备的作业臂控制方法。

[0065] 其中,多个电磁阀分别设置在作业臂上各关节的液压油路上,多个电磁阀连接控制单元,基于该连接,控制单元能够向电磁阀发送电信号,以控制电磁阀的开度,多个电磁阀的开度与作业臂上各关节的液压油路的进油量相关,进油量与各关节的运动数据(包括角速度、关节角度等)相关。例如,当电磁阀的开度较大时,进油量较高,则关节的角速度较快,关节角度较大;当电磁阀的开度较小时,进油量较低,则关节的角速度较慢,关节角度较小。

[0066] 多个运动传感器分别设置在各关节的预设运动检测点处,预设运动检测点例如可

以是各关节上的任意位置处,运动传感器例如可以是惯性测量单元(Inertial Measurement Unit,IMU),运动传感器能够用于测量物体的特定力、角速度等信息,将多个运动传感器分别安装在各关节的预设运动检测点处,多个运动传感器即可分别用于采集各关节位姿信息(至少包括关节角度信息、角速度信息);多个运动传感器连接控制单元,基于该连接,控制单元能够获取多个运动传感器采集的各关节位姿信息。

[0067] 需要说明的是,本申请的机械设备可以是安装有作业臂的任意机械设备,例如挖掘机、装载机、机器人等,在此不对机械设备的具体类型做限定;作业臂的各关节例如可以包括大臂、小臂、铲斗等。

[0068] 在此基础上,本申请实施例提供了一种机械设备的作业臂控制方法,该方法可由机械设备中的控制单元生成,控制单元具有计算、处理能力,例如可以是面向终端的计算机设备,也可以是后端的服务器。

[0069] 以下结合图2-图7,通过多个示例对本申请提供的机械设备的作业臂控制方法进行具体的示例说明。

[0070] 图2为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之一,如图2所示,该方法包括:

[0071] S101、根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用各关节的前馈模型,获取各关节的第一控制信号。

[0072] 在执行本实施例的方法之前,预先构建好各关节的前馈模型,在对作业臂的控制中,只需获取机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,然后,采用各关节的前馈模型,即可将各关节的前馈模型的输出参数作为各关节的第一控制信号。

[0073] S102、根据各关节的第一控制信号,对各关节进行液压控制,并获取各关节的实际运动数据信号。

[0074] 第一控制信号例如可以是脉冲宽度调制形式(Pulse Width Modulation,PWM),脉冲宽度调制是一种模拟控制方式,指的是根据相应载荷的变化来调制晶体管基极或MOS管栅极的偏置,以实现晶体管或MOS管导通时间的改变,从而实现开关稳压电源输出的改变。

[0075] 在本实施例中,第一控制信号能够用于调节各关节上安装的电磁阀的开度,从而根据电磁阀的开度,调整各关节的液压油路的进油量,以对各关节进行液压控制。其中,液压控制的过程也即控制作业臂完成作业任务的过程,在液压控制的过程中,控制单元可以获取运动传感器采集的各关节的实际运动数据信号,运动传感器采集各关节的实际运动数据信号的频率为100Hz,也即,每0.01秒采集一次。

[0076] S103、根据实际运动数据信号、目标运动数据信号,以及第一控制信号,确定前馈模型的控制偏差。

[0077] 当机械设备的液压特性发生变化时,前馈模型的准确度会下降,根据前馈模型的输出参数对作业臂进行作业控制的准确度会降低,表现为作业臂的实际运动数据与目标运动数据之间存在较大的偏差,作业臂不能准确地完成作业任务。

[0078] 因此,在本实施例中,可以根据实际运动数据信号、目标运动数据信号,以及第一控制信号,确定前馈模型的控制偏差。可以理解为,控制偏差指的是第一控制信号、能使作业臂完成作业任务的脉冲宽度调制信号的数值偏差。

[0079] S104、根据控制偏差,对第一控制信号进行调整,得到第二控制信号。

[0080] 在执行本实施例的方法之前,通过前馈模型输出参数PWM,控制作业臂执行多次作业任务,实验发现,当运动传感器测量到作业臂的关节角度相同时,关节的角速度存在较大的偏差,但前馈模型输出的多次PWM与多个关节角速度V之间的变化是平移的关系,那么实际上,是机械设备的液压特性整体上发生了偏移,针对这种偏移,仅需以现有的前馈模型为基础,对前馈模型的输出参数进行微调即可。

[0081] 因此,将控制偏差直接添加至第一控制信号,即可完成第一控制信号的调整,得到第二控制信号。第二控制信号是符合机械设备的当前实际液压特性的控制信号,第二控制信号也是脉冲宽度调制形式。

[0082] S105、基于第二控制信号,对各关节进行液压控制。

[0083] 得到第二控制信号之后,由于第二控制信号符合机械设备的实际液压特性,基于第二控制信号对作业臂各关节进行液压控制,即可使作业臂更准确地完成作业任务,提高了对作业臂的控制精度。

[0084] 综上,本实施例提供了一种机械设备的作业臂控制方法,实现了根据机械设备的实际液压特性,对前馈模型的输出进行调整,提高了前馈模型的准确度,进而提高了对作业臂的控制精度,并且,本实施例是以已建立的前馈模型为基础,根据机械设备的实际液压特性对前馈模型的输出进行调整,避免了重新采集数据、训练前馈模型需要耗费大量时间的问题。

[0085] 目标运动数据信号例如可以包括:作业臂进行作业任务的目标角速度信号以及目标角度信号,实际运动数据信号可以包括:作业臂的当前实际角度信号和当前实际角速度信号。

[0086] 在此基础上,本申请一实施例还提供了一种确定控制偏差的具体实施方式,图3为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之二,如图3所示,S103所述根据实际运动数据信号、目标运动数据信号,以及第一控制信号,确定前馈模型的控制偏差,可以包括:

[0087] S201、根据实际角度信号和目标角速度信号,从第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数。

[0088] 第一控制信号可以是由预设时间序列下阶跃的多个PWM控制参数组成的控制信号,当得到作业臂的实际角度信号和目标角速度信号之后,即可根据实际角度信号和目标角速度信号,从第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数。其中,预设时间序列是控制作业臂进行作业任务时,由多个控制周期组成的时间序列。

[0089] 例如,将预设角度条件设置为某关节的角度为10度,目标角速度信号为0.1rad/s,在根据目标角速度信号,基于前馈模型的输出参数对作业臂进行一次作业控制的过程中,当该关节的实际角度信号指示该关节的实际角度为10度或者接近10度时,记录此时的时间和此时前馈模型的输出参数,并将该时间作为第一目标时间,将此时前馈模型的输出参数作为第一控制参数。

[0090] S202、从实际角速度信号中确定第一目标时间处的实际角速度值。

[0091] 然后,从实际角速度信号中,确定第一目标时间处的实际角速度值。例如,第一目标时间为该次作业任务中的第10秒,此时前馈模型的输出参数PWM为500,关节实际角速度值为0.2rad/s,显然此时关节实际角速度值与目标角速度值0.1rad/s不符,需要对第一控

制参数进行修正,根据修正后的第一控制参数对作业臂进行作业控制,关节实际角速度值能够达到目标角速度值。

[0092] S203、根据目标角速度信号,以及实际角速度值,从第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数。

[0093] 具体地,需要根据目标角速度信号,以及实际角速度值,从第一控制信号中,确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数,以根据第二控制参数完成对第一控制信号的修正。

[0094] 其中,预设角速度条件即为关节实际角速度值 $0.2\text{rad/s}$ ,当第一控制信号中,除了第一目标时间处的关节实际角速度值之外,还存在其他时间点处的关节实际角速度值为 $0.2\text{rad/s}$ ,或者与 $0.2\text{rad/s}$ 的差值较小时,确定该时间点为第二目标时间,并将第二目标时间时前馈模型的输出参数作为第二控制参数。

[0095] S204、根据第一控制参数和第二控制参数,确定控制偏差。

[0096] 得到第一控制参数和第二控制参数之后,将二者相减,得到的数值即为控制偏差。例如,第一控制参数为500,第二控制参数为520,则二者相减,确定控制偏差为20。

[0097] 需要说明的是,本实施例仅以目标运动数据信号是目标角速度信号以及目标角度信号,实际运动数据信号是实际角度信号和实际角速度信号为例,并不代表目标运动数据信号、实际运动数据信号只能是上述形式。可选地,目标运动数据信号还可以是作业臂在全局地图中的目标坐标信息,实际运动数据信号还可以是作业臂在全局地图中的当前实际坐标信息。全局地图指的是根据机械设备所在的实际场景建立的三维全景地图。

[0098] 本申请一实施例还提供了一种确定第一控制参数的具体实施方式,图4为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之三,如图4所示,S201所述根据实际角度信号和目标角速度信号,从第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数,可以包括:

[0099] S301、根据实际角度信号和目标角速度信号,确定实际角度值与目标角度值的偏差小于预设角度阈值的第一目标时间。

[0100] 以目标角度为10度为例,在对作业臂的一次作业控制过程中,可能不存在实际角度值完全等于10度的情况,因此,本实施例设置预设角度阈值,当实际角度值与目标角度值的偏差小于预设角度阈值时,即可将该时间点作为第一目标时间。

[0101] 例如,预设角度阈值为0.1度,当实际角度值处于9.9-10.1度的范围内时,均可将此时的时间作为第一目标时间。

[0102] S302、从第一控制信号中确定第一目标时间处的第一控制参数。

[0103] 然后,从第一控制信号中确定第一目标时间处的第一控制参数。

[0104] 本实施例能够在第一控制信号中,不存在实际角度值完全等于目标角度值时,根据预设角度阈值来获取第一目标时间,提高了确定第一目标时间的灵活性,从而提高了确定第一控制参数的灵活性,使机械设备的作业臂控制方法的应用更灵活、更广泛。

[0105] 本申请一实施例还提供了一种确定第二控制参数的具体实施方式,图5为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之四,如图5所示,S202所述根据目标角速度信号,以及实际角速度值,从第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数,包括:

[0106] S401、根据目标角速度信号,以及实际角速度值,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的第二目标时间。

[0107] 以目标角速度值为 $0.2\text{rad/s}$ 为例,在对作业臂的一次作业控制过程中,可能不存在实际角速度值完全等于 $0.2\text{rad/s}$ 的情况,因此,本实施例设置预设速度阈值,当实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值时,即可将该时间点作为第二目标时间。

[0108] 例如,预设速度阈值为 $0.05\text{rad/s}$ ,当实际角速度值处于 $0.15\text{--}0.25\text{rad/s}$ 的范围内时,均可将此时的时间作为第二目标时间。

[0109] S402、从第一控制信号中确定第二目标时间处的第二控制参数。

[0110] 然后,从第一控制信号中确定第二目标时间处的第二控制参数。

[0111] 本实施例能够在第一控制信号中,不存在实际角速度值完全等于目标角速度值时,根据预设速度阈值来获取第二目标时间,提高了确定第二目标时间的灵活性,从而提高了确定第二控制参数的灵活性,使机械设备的作业臂控制方法的应用更灵活、更广泛。

[0112] 由于对作业臂的一次作业控制中,前馈模型输出的是预设时间序列下的多个控制参数PWM,则若要对第一控制参数进行修正,第二目标时间应该是第一目标时间之后的时间点。

[0113] 则,S401所述根据目标角速度信号,以及实际角速度值,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的第二目标时间,可以包括:根据目标角速度信号以及实际角速度值,从第一目标时间之后的时间段内,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的第二目标时间。

[0114] 在一实施例中,在作业臂执行同一次作业任务的过程中,可能存在多次满足预设角度条件的情况,则第一目标时间可以为多个;还可能多次满足预设角速度条件的情况,则第二目标时间也可以为多个。

[0115] 在此基础上,图6为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之五,如图6所示,S204所述根据第一控制参数和第二控制参数,确定控制偏差,可以包括:

[0116] S501、计算多个第一控制参数的第一平均值。

[0117] 当存在多次满足预设角度条件的情况时,第一控制参数为多个,计算多个第一控制参数的第一平均值。

[0118] S502、计算多个第二控制参数的第二平均值。

[0119] 当存在多次满足预设角速度条件的情况时,第二控制参数为多个,计算多个第二控制参数的第二平均值。

[0120] S503、根据第一平均值和第二平均值确定控制偏差。

[0121] 将第一平均值与第二平均值相减,即可得到控制偏差的数值。本实施例考虑到了对作业臂的一次作业控制过程中,存在多次满足预设角度条件、多次满足预设角速度条件的情况,提高了获取控制偏差的准确性,从而提高作业臂控制方法的准确度,使得对作业臂的作业控制更精准。

[0122] 本申请一实施例还提供了一种前馈模型的构建方法,图7为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的流程示意图之六,如图7所示,S101根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用各关节的前馈模型,获取各关节的第一控制信号之前,

方法还可以包括:

[0123] S601、从各关节的历史运动记录中,获取历史控制信号和历史运动数据信号的映射关系。

[0124] 各关节的历史运动记录指的是历史时间下,各关节执行历史作业任务的运动记录数据,历史运动记录中至少包括历史控制信号、历史运动数据(各关节的历史角速度信号和历史目标角度信号),因此,可以从各关节的历史运动记录中,获取历史控制信号和历史运动数据信号的映射关系。

[0125] S602、根据映射关系,构建各关节的前馈模型。

[0126] 将各关节的映射关系分别整理成训练样本集,再分别对预设神经网络模型进行训练,即可得到各关节的前馈模型,各关节的前馈模型的输入为各关节的实际角度信号、目标角速度信号,输出为各关节的第一控制信号。

[0127] 还需要说明的是,预设神经网络模型的输入层是二维向量,隐藏层有20个神经元,输出为一维向量。

[0128] 综上,本申请提供了一种机械设备的作业臂控制方法,对于该方法对作业臂控制效果提升的具体量化指标,本申请还提出了最大误差、最大误差百分比、平均误差、平均误差百分比四个指标。其中,最大误差表示实际的运行速度的最大值和当前周期内的目标速度之间的差值,平均误差表示当前周期内实际运行速度的平均值和目标速度的差值。

[0129] 以作业臂上的大臂关节为例,表一是调整前的前馈模型测试指标结果,表二是调整后的前馈模型测试指标,数据表明,采用本申请的方法对前馈模型的输出参数进行调整后,作业臂的各项指标都得到了优化。

[0130] 表一调整前的前馈模型测试指标结果

|        |            |       |      |       |       |       |      |        |        |      |      |
|--------|------------|-------|------|-------|-------|-------|------|--------|--------|------|------|
| [0131] | 目标速度       | -0.04 | 0.04 | -0.08 | 0.08  | -0.12 | 0.12 | -0.16  | 0.16   | -0.2 | 0.2  |
|        | 最大误差       | 0.05  | 0.10 | 0.11  | 0.17  | 0.22  | 0.21 | 0.19   | 0.27   | 0.17 | 0.31 |
|        | 最大误差百分比(%) | 125   | 250  | 137.5 | 212.5 | 183   | 175  | 118.75 | 168.75 | 85   | 155  |

|        |            |       |      |       |      |       |       |       |       |       |       |
|--------|------------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [0132] | 平均误差       | -0.03 | 0.05 | -0.06 | 0.07 | -0.1  | 0.089 | -0.08 | 0.09  | -0.04 | 0.079 |
|        | 平均误差百分比(%) | 75    | 125  | 75    | 87.5 | 83.33 | 74.16 | 50    | 56.25 | 20    | 39.5  |

[0133] 表二调整后的前馈模型测试指标

|        |                |       |        |        |        |       |        |        |         |        |         |
|--------|----------------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|--------|---------|
| [0134] | 目标速度           | -0.04 | 0.04   | -0.08  | 0.08   | -0.12 | 0.12   | -0.16  | 0.16    | -0.2   | 0.2     |
|        | 最大误差           | 0.005 | 0.005  | -0.005 | 0.02   | -0.02 | 0.046  | -0.034 | 0.059   | -0.042 | 0.094   |
|        | 最大误差百分比<br>(%) | 12.7  | 14.66  | 7.12   | 26.2   | 22.4  | 38.4   | 21.7   | 37.4    | 21.4   | 47.1    |
|        | 平均误差           | 0.008 | -0.001 | 0.006  | -0.006 | 0.005 | -0.004 | 0.022  | -0.0017 | 0.033  | -0.0045 |
|        | 平均误差百分比<br>(%) | 21.6  | 3.7    | 7.7    | 7.58   | 4.8   | 4.11   | 14.06  | 1.1     | 16.6   | 2.26    |

[0135] 如下继续对执行本申请上述任一实施例提供的机械设备的作业臂控制方法的装置、控制单元及存储介质进行相应的解释,其具体的实现过程以及产生的技术效果与前述对应的方法实施例相同,为简要描述,下述实施例中未提及部分,可参考方法实施例中的相应内容。

[0136] 图8为本申请一实施例提供的机械设备的作业臂控制装置的结构示意图,如图8所示,机械设备的作业臂控制装置包括:

[0137] 获取模块10,用于根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用各关节的前馈模型,获取各关节的第一控制信号。

[0138] 第一控制模块20,用于根据各关节的第一控制信号,对各关节进行液压控制,并获取各关节的实际运动数据信号。

[0139] 确定模块30,用于根据实际运动数据信号、目标运动数据信号,以及第一控制信号,确定前馈模型的控制偏差。

[0140] 调整模块40,用于根据控制偏差,对第一控制信号进行调整,得到第二控制信号。

[0141] 第二控制模块50,用于基于第二控制信号,对各关节进行液压控制。

[0142] 可选地,目标运动数据信号包括:目标角速度信号以及目标角度信号,实际运动数据信号包括:实际角度信号和实际角速度信号。

[0143] 确定模块30,还用于根据实际角度信号和目标角速度信号,从第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数;从实际角速度信号中确定第一目标时间处的实际角速度值;根据目标角速度信号,以及实际角速度值,从第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数;根据第一控制参数和第二控制参数,确定控制偏差。

[0144] 可选地,确定模块30,还用于根据实际角度信号和目标角速度信号,确定实际角度值与目标角度值的偏差小于预设角度阈值的第一目标时间;从第一控制信号中确定第一目标时间处的第一控制参数。

[0145] 可选地,确定模块30,还用于根据目标角速度信号,以及实际角速度值,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的第二目标时间;从第一控制信号中确定第二目标时间处的第二控制参数。

[0146] 可选地,确定模块30,还用于根据目标角速度信号以及实际角速度值,从第一目标时间之后的时间段内,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的第二

目标时间。

[0147] 可选地,确定模块30,还用于计算多个第一控制参数的第一平均值;计算多个第二控制参数的第二平均值;根据第一平均值和第二平均值确定控制偏差。

[0148] 可选地,机械设备的作业臂控制装置还包括构建模块,用于从各关节的历史运动记录中获取历史控制信号和历史运动数据信号的映射关系;根据映射关系,构建各关节的前馈模型。

[0149] 上述装置用于执行前述实施例提供的方法,其实现原理和技术效果类似,在此不再赘述。

[0150] 以上这些模块可以是配置成实施以上方法的一个或多个集成电路,例如:一个或多个特定集成电路(Application Specific Integrated Circuit,简称ASIC),或,一个或多个微处理器,或,一个或者多个现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,简称FPGA)等。再如,当以上某个模块通过处理元件调度程序代码的形式实现时,该处理元件可以是通用处理器,例如中央处理器(Central Processing Unit,简称CPU)或其它可以调用程序代码的处理器。再如,这些模块可以集成在一起,以片上系统(System-on-a-chip,简称SOC)的形式实现。

[0151] 可选地,本申请还提供了一种控制单元,图9为本申请一实施例提供的控制单元的结构示意图,如图9所示,该控制单元包括:处理器100、存储介质200和总线300,处理器和存储介质之间通过总线通信。

[0152] 存储介质存储有处理器可执行的程序指令,当控制单元运动时,处理器执行程序指令,实现的方法包括:

[0153] 根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用各关节的前馈模型,获取各关节的第一控制信号;

[0154] 根据各关节的第一控制信号,对各关节进行液压控制,并获取各关节的实际运动数据信号;

[0155] 根据实际运动数据信号、目标运动数据信号,以及第一控制信号,确定前馈模型的控制偏差;

[0156] 根据控制偏差,对第一控制信号进行调整,得到第二控制信号;

[0157] 基于第二控制信号,对各关节进行液压控制。

[0158] 可选地,目标运动数据信号包括:目标角速度信号以及目标角度信号,实际运动数据信号包括:实际角度信号和实际角速度信号;

[0159] 根据实际运动数据信号、目标运动数据信号,以及第一控制信号,确定前馈模型的控制偏差,包括:

[0160] 根据实际角度信号和目标角速度信号,从第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数;

[0161] 从实际角速度信号中确定第一目标时间处的实际角速度值;

[0162] 根据目标角速度信号,以及实际角速度值,从第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数;

[0163] 根据第一控制参数和第二控制参数,确定控制偏差。

[0164] 可选地,根据实际角度信号和目标角速度信号,从第一控制信号中确定满足预设

角度条件的第一目标时间处的第一控制参数,包括:

[0165] 根据实际角度信号和目标角速度信号,确定实际角度值与目标角度值的偏差小于预设角度阈值的第一目标时间;

[0166] 从第一控制信号中确定第一目标时间处的第一控制参数。

[0167] 可选地,根据目标角速度信号,以及实际角速度值,从第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数,包括:

[0168] 根据目标角速度信号,以及实际角速度值,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的第二目标时间;

[0169] 从第一控制信号中确定第二目标时间处的第二控制参数。

[0170] 可选地,根据目标角速度信号,以及实际角速度值,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的第二目标时间,包括:

[0171] 根据目标角速度信号以及实际角速度值,从第一目标时间之后的时间段内,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的第二目标时间。

[0172] 可选地,第一目标时间为多个,第二目标时间为多个;根据第一控制参数和第二控制参数,确定控制偏差,包括:

[0173] 计算多个第一控制参数的第一平均值;

[0174] 计算多个第二控制参数的第二平均值;

[0175] 根据第一平均值和第二平均值确定控制偏差。

[0176] 可选地,根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用各关节的前馈模型,获取各关节的第一控制信号之前,方法还包括:

[0177] 从各关节的历史运动记录中获取历史控制信号和历史运动数据信号的映射关系;

[0178] 根据映射关系,构建各关节的前馈模型。

[0179] 本申请一实施例还提供了一种可读存储介质,存储介质上存储有计算机程序,计算机程序被控制单元运行时实现上述任一实施例所述的机械设备的作业臂控制方法。

[0180] 其中,计算机程序在被控制单元运行时,实现的方法可以包括:

[0181] 根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用各关节的前馈模型,获取各关节的第一控制信号;

[0182] 根据各关节的第一控制信号,对各关节进行液压控制,并获取各关节的实际运动数据信号;

[0183] 根据实际运动数据信号、目标运动数据信号,以及第一控制信号,确定前馈模型的控制偏差;

[0184] 根据控制偏差,对第一控制信号进行调整,得到第二控制信号;

[0185] 基于第二控制信号,对各关节进行液压控制。

[0186] 可选地,目标运动数据信号包括:目标角速度信号以及目标角度信号,实际运动数据信号包括:实际角度信号和实际角速度信号;

[0187] 根据实际运动数据信号、目标运动数据信号,以及第一控制信号,确定前馈模型的控制偏差,包括:

[0188] 根据实际角度信号和目标角速度信号,从第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数;

- [0189] 从实际角速度信号中确定第一目标时间处的实际角速度值；
- [0190] 根据目标角速度信号,以及实际角速度值,从第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数；
- [0191] 根据第一控制参数和第二控制参数,确定控制偏差。
- [0192] 可选地,根据实际角度信号和目标角速度信号,从第一控制信号中确定满足预设角度条件的第一目标时间处的第一控制参数,包括：
- [0193] 根据实际角度信号和目标角速度信号,确定实际角度值与目标角度值的偏差小于预设角度阈值的第一目标时间；
- [0194] 从第一控制信号中确定第一目标时间处的第一控制参数。
- [0195] 可选地,根据目标角速度信号,以及实际角速度值,从第一控制信号中确定满足预设角速度条件的第二目标时间处的第二控制参数,包括：
- [0196] 根据目标角速度信号,以及实际角速度值,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的第二目标时间；
- [0197] 从第一控制信号中确定第二目标时间处的第二控制参数。
- [0198] 可选地,根据目标角速度信号,以及实际角速度值,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的第二目标时间,包括：
- [0199] 根据目标角速度信号以及实际角速度值,从第一目标时间之后的时间段内,确定实际角速度值与目标角速度值的偏差小于预设速度阈值的第二目标时间。
- [0200] 可选地,第一目标时间为多个,第二目标时间为多个;根据第一控制参数和第二控制参数,确定控制偏差,包括：
- [0201] 计算多个第一控制参数的第一平均值；
- [0202] 计算多个第二控制参数的第二平均值；
- [0203] 根据第一平均值和第二平均值确定控制偏差。
- [0204] 可选地,根据机械设备的作业臂中各关节的目标运动数据信号,采用各关节的前馈模型,获取各关节的第一控制信号之前,方法还包括：
- [0205] 从各关节的历史运动记录中获取历史控制信号和历史运动数据信号的映射关系；
- [0206] 根据映射关系,构建各关节的前馈模型。
- [0207] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其它的形式。
- [0208] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。
- [0209] 另外,在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单

元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用硬件加软件功能单元的形式实现。

[0210] 上述以软件功能单元的形式实现的集成的单元,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。上述软件功能单元存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)或处理器(英文:processor)执行本申请各个实施例所述方法的部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(英文:Read-Only Memory,简称:ROM)、随机存取存储器(英文:Random Access Memory,简称:RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0211] 以上仅为本申请的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

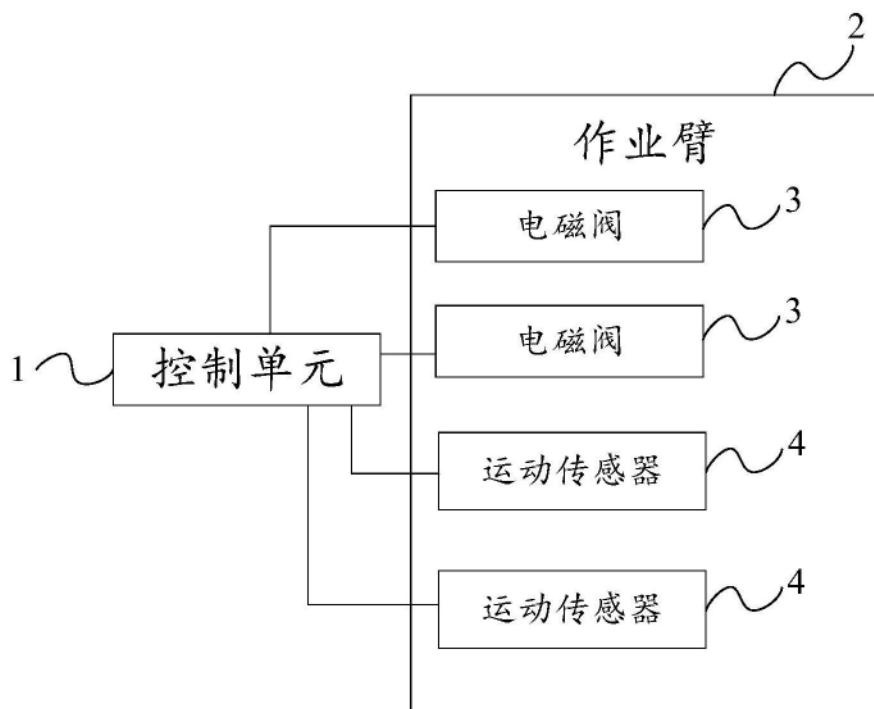


图1

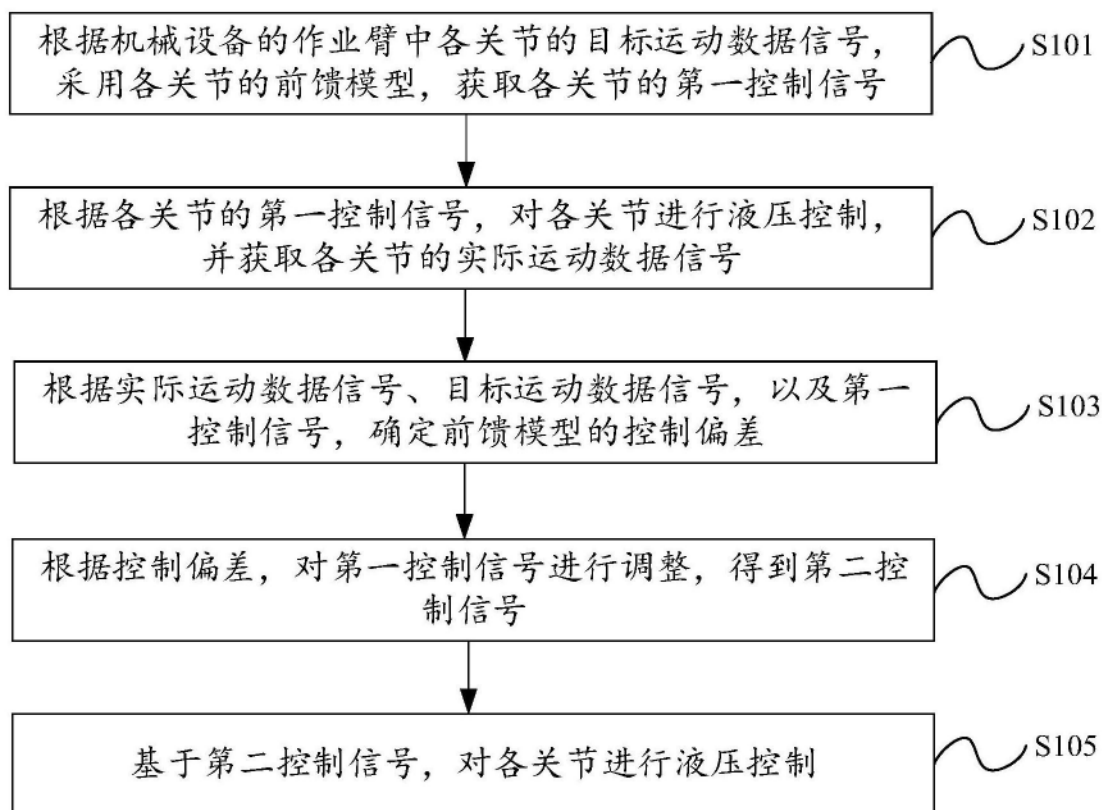


图2

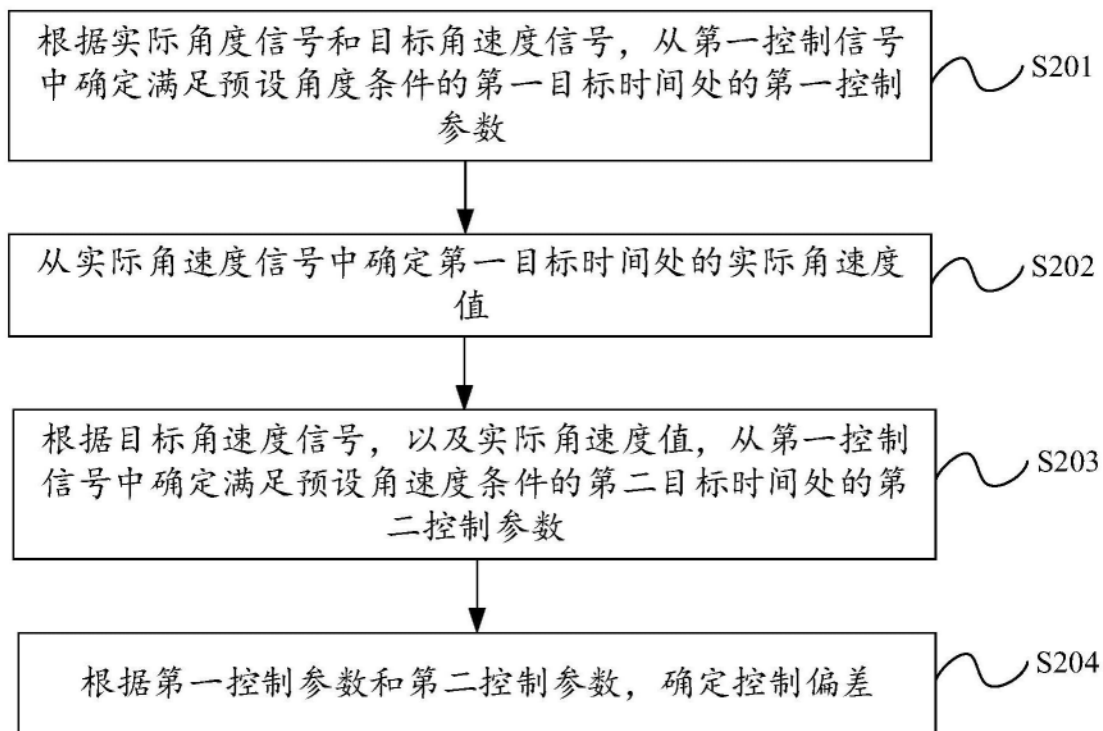


图3

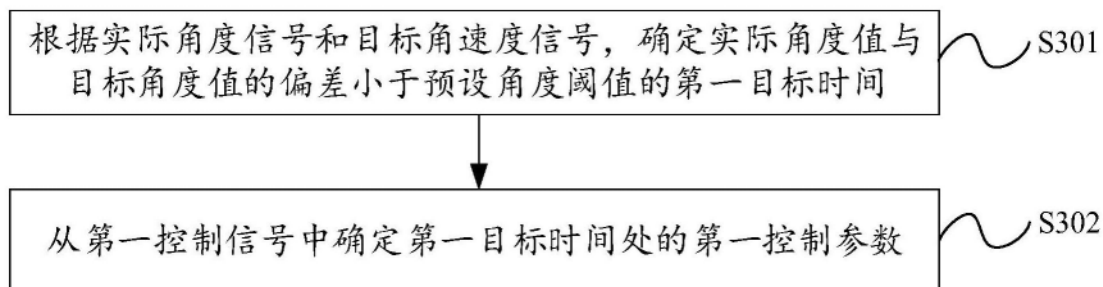


图4

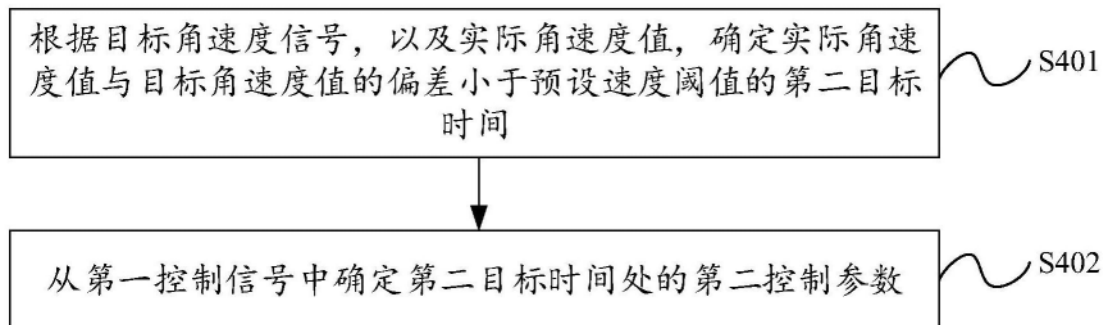


图5

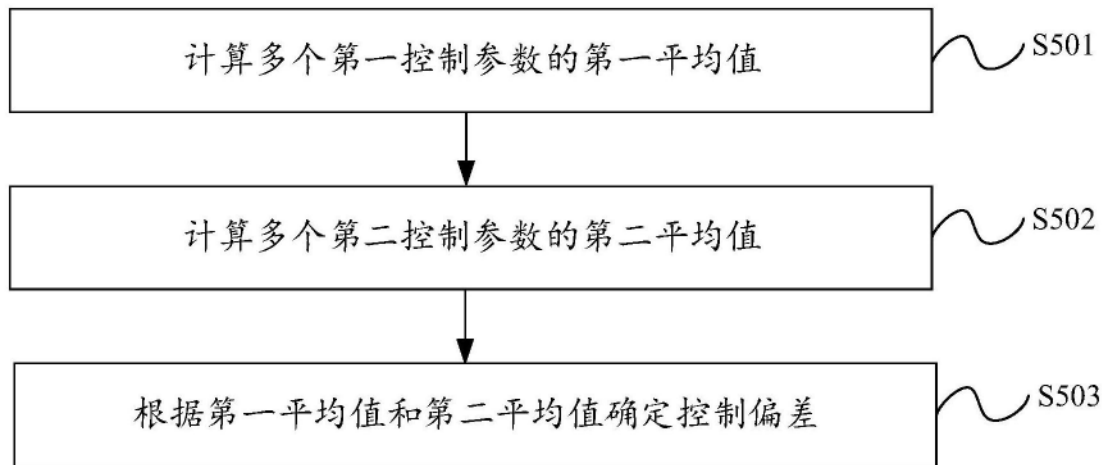


图6

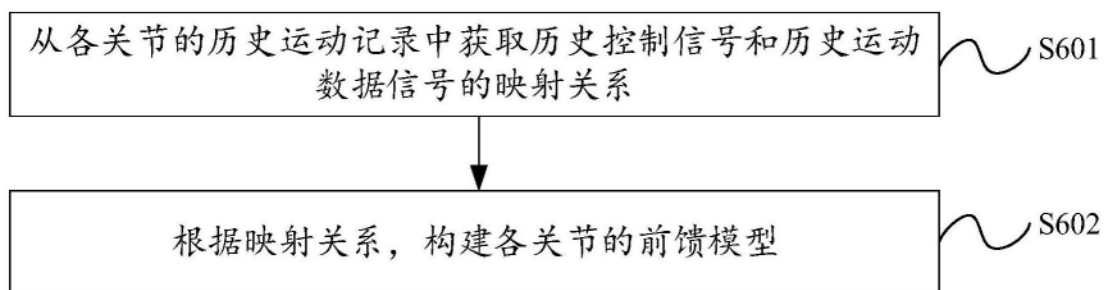


图7

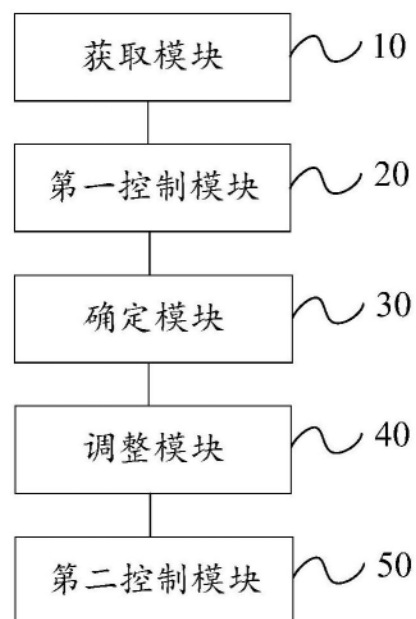


图8

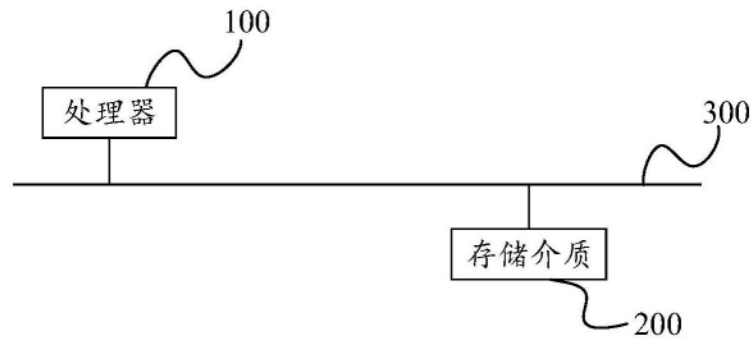


图9