



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 120269579 B

(45) 授权公告日 2025. 09. 02

(21) 申请号 202510766015.7

(22) 申请日 2025.06.10

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 120269579 A

(43) 申请公布日 2025.07.08

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院
地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街
道高新技术产业园南区粤兴一道18号
香港理工大学产学研大楼205室
专利权人 科博智能有限公司

(72) 发明人 郑湃 张国权

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205
专利代理师 谢岳鹏

(51) Int. Cl.

B25J 9/16 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 111051012 A, 2020.04.21

CN 114770923 A, 2022.07.22

审查员 陈礼平

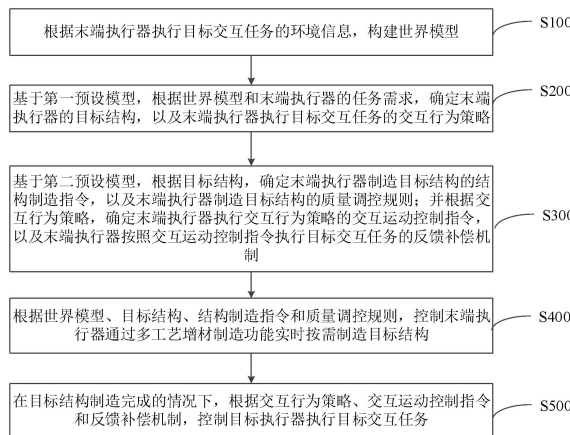
权利要求书3页 说明书21页 附图8页

(54) 发明名称

末端执行器执行方法、设备及介质

(57) 摘要

本申请提供了一种末端执行器执行方法、设备及介质,涉及人工智能技术领域,根据末端执行器执行目标交互任务的环境信息,构建世界模型;基于第一预设模型,根据世界模型和末端执行器的任务需求,确定末端执行器的目标结构,以及末端执行器执行目标交互任务的交互行为策略;基于第二预设模型,根据目标结构,确定末端执行器制造目标结构的结构制造指令,以及末端执行器制造目标结构的质量调控规则;控制末端执行器通过多工艺增材制造功能实时按需制造目标结构;在目标结构制造完成的情况下,根据交互行为策略、交互运动控制指令和反馈补偿机制,控制目标执行器执行目标交互任务。本申请能够提高末端执行器执行任务的执行效果。



1. 一种末端执行器执行方法,其特征在于,所述方法包括:

根据末端执行器执行目标交互任务的环境信息,构建世界模型;所述世界模型用于表征所述末端执行器执行目标交互任务的交互环境的物理特性和动态特性;

基于第一预设模型,根据所述世界模型和所述末端执行器的任务需求,确定所述末端执行器的目标结构,以及所述末端执行器执行所述目标交互任务的交互行为策略;所述第一预设模型以最大化所述目标交互任务的执行成功率为目标训练得到;

基于第二预设模型,根据所述目标结构,确定所述末端执行器制造所述目标结构的结构制造指令,以及所述末端执行器制造目标结构的质量调控规则;并根据所述交互行为策略,确定所述末端执行器执行所述交互行为策略的交互运动控制指令,以及所述末端执行器按照所述交互运动控制指令执行所述目标交互任务的反馈补偿机制;所述第二预设模型以最大化所述目标结构的结构质量,以及执行所述目标交互任务的交互稳健性为目标训练得到;

根据所述世界模型、所述目标结构、所述结构制造指令和所述质量调控规则,控制所述末端执行器通过多工艺增材制造功能实时按需制造所述目标结构;

在所述目标结构制造完成的情况下,根据所述交互行为策略、所述交互运动控制指令和所述反馈补偿机制,控制目标执行器执行所述目标交互任务,所述目标执行器为具有所述目标结构的末端执行器。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据末端执行器执行目标交互任务的环境信息,构建世界模型,包括:

获取所述环境信息,所述环境信息包括所述交互环境、所述交互任务的交互对象、所述末端执行器的执行器本体的几何信息和物理信息;

对所述环境信息进行时间校准和特征提取,得到目标特征信息;

根据所述目标特征信息,构建所述世界模型,所述世界模型用于实现所述交互环境的动态感知预测。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述对所述环境信息进行时间校准和特征提取,得到目标特征信息,包括:

基于三维空间配准算法对从不同采集渠道采集的所述环境信息建立统一坐标系,得到第一信息;

通过分布式时间戳结合最小二乘算法对所述第一信息进行时间校准,得到校准信息;

对所述校准信息进行特征提取,得到所述目标特征信息。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述对所述校准信息进行特征提取,得到所述目标特征信息,包括:

在所述校准信息为几何点云数据的情况下,通过主成分分析方法,对所述几何点云数据进行特征提取,得到所述几何点云数据对应的特征值;

在所述校准信息为所述末端执行器的运动位姿序列的情况下,提取所述运动位姿序列的关节摩擦系数;

在所述校准信息为温度场数据的情况下,通过傅里叶变换提取所述温度场数据中温度波动的核心时间频率信息;

其中,所述目标特征信息包括所述特征值、所述关节摩擦系数和所述核心时间频率信

息。

5. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述根据所述目标特征信息,构建所述世界模型,包括:

根据所述交互环境对应的目标特征信息,通过隐式神经表示,重构所述交互环境的三维几何模型;

根据所述交互对象对应的目标特征信息,通过材料本构方程,构建所述交互对象的多物理属性模型;

根据所述执行器本体对应的目标特征信息,通过李群运动链,确定所述执行器本体的本体动力学模型;

根据所述本体动力学模型,通过哈密顿方程,确定所述执行器本体和交互环境的交互动力学模型;

根据所述目标特征信息,构建描述所述执行器本体和所述交互对象接触时的能量势能接触模型;

根据所述目标特征信息,构建预测所述交互环境的多物理场演化的状态转移方程;

根据所述三维几何模型、所述多物理属性模型、所述本体动力学模型、所述交互动力学模型、所述能量势能接触模型和所述状态转移方程,构建所述世界模型。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一预设模型以最大化所述目标交互任务的执行成功率为目标训练得到,包括:

构建第一初始模型,所述第一初始模型考虑所述交互环境的环境限制以及所述交互任务的任务需求多样性;

通过第一预设训练样本以最大化任务执行成功率为目标训练所述第一初始模型,直至满足第一预设训练停止条件,得到所述第一预设模型;所述第一预设模型用于确定目标结构和交互行为策略,所述目标结构的结构特征包括所述目标结构的运动学可达性、机构刚度与柔顺性;所述交互行为策略包括基础动作序列和安全策略库;

所述第二预设模型以最大化所述目标结构的结构质量,以及执行所述目标交互任务的交互稳健性为目标训练得到,包括:

构建第二初始模型;

通过第二预设训练样本以最大化所述目标结构的结构质量,以及执行所述目标交互任务的交互稳健性为目标训练所述第二初始模型,直至满足第二预设训练停止条件,得到所述第二预设模型;其中,在所述第二预设模型确定所述结构制造指令和所述质量调控规则时,考虑路径连续性和障碍规避;在所述第二预设模型确定所述交互运动控制指令和所述反馈补偿机制时,考虑所述末端执行器的不同故障模式。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述世界模型、所述目标结构、所述结构制造指令和所述质量调控规则,控制所述末端执行器通过多工艺增材制造功能实时按需制造所述目标结构,包括:

在所述末端执行器按照所述结构制造指令制造所述目标结构的过程中,基于所述世界模型,根据当前时刻的末端执行器的制造状态和所述质量调控规则,对所述结构制造指令进行调整,以使所述目标结构的制造质量满足第一预设质量。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述交互行为策略、所述交互运

动控制指令和所述反馈补偿机制,控制目标执行器执行所述目标交互任务,包括:

在所述目标执行器按照所述交互运动控制指令执行所述目标交互任务的过程中,基于所述世界模型,根据当前时刻的目标执行器的交互状态和所述反馈补偿机制,对所述交互运动控制指令进行调整,以使所述目标执行器执行所述目标交互任务的执行质量满足第二预设质量。

9.一种电子设备,其特征在于,所述设备包括:处理器以及存储有计算机程序指令的存储器;

所述处理器执行所述计算机程序指令时实现如权利要求1-8任意一项所述的末端执行器执行方法。

10.一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序指令,所述计算机程序指令被处理器执行时实现如权利要求1-8任意一项所述的末端执行器执行方法。

末端执行器执行方法、设备及介质

技术领域

[0001] 本申请涉及人工智能技术领域,特别是涉及一种末端执行器执行方法、设备及介质。

背景技术

[0002] 末端执行器作为机器人直接执行任务的关键部件,其性能和适应性直接决定了机器人完成任务的能力。在大规模定制化工厂、家庭服务、野外探索等非结构化场景下,末端执行器需要应对复杂多变的环境和多样化的操作任务。目前,针对非结构化环境的末端执行器执行方法难以适应复杂环境及任务需求。在这些非结构化场景中,操作对象的几何-物理属性强耦合,刚柔复合、表面特性多样以及接触面温湿度约束等复杂情况频繁出现,这对机器人操纵的控制精度和策略稳健性提出了严苛要求。现有技术主要通过定制软体机器人,利用气压或液压驱动软体材料变形来实现物体交互。但这种方式定制的结构是依据特定任务和环境设计,缺乏普适性和应变能力,难以根据不同的几何特征、物理属性快速调整,致使末端执行器在执行任务时,控制精度难以保障,交互策略的稳健性不足,最终导致任务执行效果较差。

发明内容

[0003] 本申请提供一种末端执行器执行方法、设备及介质,能够提高末端执行器执行任务的执行效果。

[0004] 第一方面,本申请实施例提供一种末端执行器执行方法,方法包括:

[0005] 根据末端执行器执行目标交互任务的环境信息,构建世界模型;世界模型用于表征末端执行器执行目标交互任务的交互环境的物理特性和动态特性;

[0006] 基于第一预设模型,根据世界模型和末端执行器的任务需求,确定末端执行器的目标结构,以及末端执行器执行目标交互任务的交互行为策略;第一预设模型以最大化目标交互任务的执行成功率为目标训练得到;

[0007] 基于第二预设模型,根据目标结构,确定末端执行器制造目标结构的结构制造指令,以及末端执行器制造目标结构的质量调控规则;并根据交互行为策略,确定末端执行器执行交互行为策略的交互运动控制指令,以及末端执行器按照交互运动控制指令执行目标交互任务的反馈补偿机制;第二预设模型以最大化目标结构的结构质量,以及执行目标交互任务的交互稳健性为目标训练得到;

[0008] 根据世界模型、目标结构、结构制造指令和质量调控规则,控制末端执行器通过多工艺增材制造功能实时按需制造目标结构;

[0009] 在目标结构制造完成的情况下,根据交互行为策略、交互运动控制指令和反馈补偿机制,控制目标执行器执行目标交互任务,目标执行器为具有目标结构的末端执行器。

[0010] 第二方面,本申请提供一种末端执行器执行装置,该装置包括:

[0011] 构建模块,用于根据末端执行器执行目标交互任务的环境信息,构建世界模型;所

述世界模型用于表征所述末端执行器执行目标交互任务的交互环境的物理特性和动态特性；

[0012] 第一确定模块,用于基于第一预设模型,根据所述世界模型和所述末端执行器的任务需求,确定所述末端执行器的目标结构,以及所述末端执行器执行所述目标交互任务的交互行为策略;所述第一预设模型以最大化所述目标交互任务的执行成功率为目标训练得到;

[0013] 第二确定模块,用于基于第二预设模型,根据所述目标结构,确定所述末端执行器制造所述目标结构的结构制造指令,以及所述末端执行器制造目标结构的质量调控规则;并根据所述交互行为策略,确定所述末端执行器执行所述交互行为策略的交互运动控制指令,以及所述末端执行器按照所述交互运动控制指令执行所述目标交互任务的反馈补偿机制;所述第二预设模型以最大化所述目标结构的结构质量,以及执行所述目标交互任务的交互稳健性为目标训练得到;

[0014] 第一控制模块,用于根据所述世界模型、所述目标结构、所述结构制造指令和所述质量调控规则,控制所述末端执行器通过多工艺增材制造功能实时按需制造所述目标结构;

[0015] 第二控制模块,用于在所述目标结构制造完成的情况下,根据所述交互行为策略、所述交互运动控制指令和所述反馈补偿机制,控制目标执行器执行所述目标交互任务,所述目标执行器为具有所述目标结构的末端执行器。

[0016] 第三方面,本申请实施例提供了一种电子设备,该电子设备包括:处理器以及存储有计算机程序指令的存储器;

[0017] 处理器执行计算机程序指令时实现如第一方面中任意一个实施例中的末端执行器执行方法。

[0018] 第四方面,本申请实施例提供了一种计算机存储介质,计算机存储介质上存储有计算机程序指令,计算机程序指令被处理器执行时实现如第一方面中任意一个实施例中的末端执行器执行方法。

[0019] 第五方面,本申请实施例提供了一种计算机程序产品,计算机程序产品中的指令由电子设备的处理器执行时,使得电子设备执行实现如上述第一方面中任意一个实施例中的末端执行器执行方法。

[0020] 在本申请实施例提供的一种末端执行器执行方法、设备及介质中,通过构建世界模型,全面表征交互环境的物理和动态特性,能准确反映交互环境实际情况。基于以最大化任务执行成功率为目标训练的第一预设模型,结合世界模型和任务需求确定目标结构与交互行为策略。以提升结构质量和交互稳健性为目标训练的第二预设模型,确定结构制造指令、质量调控规则、交互运动控制指令及反馈补偿机制。由此,在制造目标结构时,质量调控规则保证了目标结构的可靠性;从而使得制造出来的具有目标结构的末端执行器可以有效提高任务执行效率和成功性,而反馈补偿机制则在目标执行器执行交互任务的过程中发挥补充支撑作用,反馈补偿机制让目标执行器在执行任务时更具稳定性和适应性,能及时调整目标执行器的交互动作,维持交互任务的正常进行,极大地提高了交互行为策略的稳健性,避免交互任务中断或失败,从而提高了末端执行器执行交互任务的执行效果。

附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对本申请实施例中所需要使用的附图作简单的介绍,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的附图。

[0022] 图1是本申请实施例提供的末端执行器执行方法的流程示意图之一;

[0023] 图2是本申请实施例提供的末端执行器执行方法的流程示意图之二;

[0024] 图3是本申请实施例提供的一种仿真环境下末端执行器结构案例1的结构示意图;

[0025] 图4是本申请实施例提供的一种仿真环境下末端执行器结构案例2的结构示意图;

[0026] 图5是本申请实施例提供的一种仿真环境下末端执行器结构案例3的结构示意图;

[0027] 图6是本申请实施例提供的一种末端执行器结构案例1针对球体的三种交互策略的示意图;

[0028] 图7是本申请实施例提供的一种末端执行器结构案例1的两种安装应用方式的示意图;

[0029] 图8是本申请实施例提供的一种末端执行器结构案例3的一种交互应用方式;

[0030] 图9是本申请实施例提供的一种末端执行器执行装置的结构示意图;

[0031] 图10是本申请实施例提供的电子设备的结构示意图。

具体实施方式

[0032] 为了能够更清楚地理解本公开的上述目的、特征和优点,下面将对本公开的方案进行进一步描述。需要说明的是,在不冲突的情况下,本公开的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0033] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本公开,但本公开还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施;显然,说明书中的实施例只是本公开的一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0034] 需要说明的是,在本文中,诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0035] 为了解决相关技术中存在的问题,本申请实施例提供了一种末端执行器执行方法、设备及介质。

[0036] 下面首先对本申请实施例所提供的末端执行器执行方法进行介绍。如图1所示,该方法具体包括以下步骤:

[0037] S100,根据末端执行器执行目标交互任务的环境信息,构建世界模型;所述世界模型用于表征所述末端执行器执行目标交互任务的交互环境的物理特性和动态特性。

[0038] 可选地,在本申请实施例中,末端执行器是机器人或自动化设备上直接执行任务的部件,类似于人类的手或工具,是实现具体操作的关键组件。末端执行器直接与操作对象

进行交互,例如在工业生产中用于抓取、搬运零件,在家庭服务中用于清扫、拾取物品。末端执行器的性能和设计直接影响任务执行的效果,不同的任务需求需要不同类型和功能的末端执行器。

[0039] 目标交互任务指末端执行器需要完成的具体任务目标,是整个操作过程的核心导向。例如在大规模定制化工厂中,目标交互任务可以是对特定工件进行精准装配;在家庭服务场景下,可以是清扫房间地面、整理物品;在野外探索中,可以是采集特定样本等。这些任务具有明确的预期结果,驱动着末端执行器后续的一系列操作和决策。

[0040] 环境信息是指末端执行器执行目标交互任务所处环境的各类信息。这些信息涵盖范围广泛,包括交互环境中的物体信息,如物体的位置、形状、尺寸、材质等;环境的物理条件,如温度、湿度、光照强度等;以及环境的空间布局,如是否存在障碍物、通道的宽窄等。同时,还包括交互任务的交互对象和末端执行器的执行器本体的相关信息,例如交互对象的物理属性、末端执行器自身的位置和姿态等。这些信息是构建世界模型的基础数据。

[0041] 世界模型是基于采集到的环境信息构建的,用于表征交互环境的模型。它是对真实交互环境的一种数字化、抽象化表示,整合了环境中的各种要素和关系。通过构建世界模型,末端执行器可以“理解”所处的环境,为后续的决策提供依据。该世界模型不仅包含环境的静态信息,还能够描述环境的动态变化,使末端执行器能够预测环境的演变,提前做出适应性决策。

[0042] 交互环境即末端执行器执行目标交互任务时所涉及的具体环境范围。它可以是一个工厂车间、一间房屋、一片野外区域等。交互环境包含了与任务相关的各种物体、空间和条件,是末端执行器与操作对象进行交互的场所,其复杂程度和特性直接影响末端执行器的任务执行难度和方式。

[0043] 物理特性主要指交互环境中物体以及环境自身所具有的物理性质。例如物体的密度、硬度、弹性模量、热传导率等,这些特性决定了物体在受力、受热等情况下的行为表现;环境的物理特性还包括温度、湿度、气压等,这些因素会影响末端执行器的性能以及与物体的交互过程,如高温可能影响某些材料制成的末端执行器的机械性能,潮湿环境可能导致电子元件故障等。

[0044] 动态特性描述的是交互环境以及其中物体随时间变化的特征。包括物体的运动状态,如速度、加速度、运动轨迹;环境条件的动态变化,如温度的升降、光照的变化;以及末端执行器与物体交互过程中的动态响应,如接触力的变化、物体的变形等。了解动态特性有助于末端执行器及时调整动作和策略,以适应环境和任务的动态需求,保证任务的顺利执行。

[0045] 可选地,在本申请一种可行的实现方式中,在数据采集环节,可以借助超声波传感器辅助检测距离,利用惯性测量单元获取末端执行器姿态信息;数据处理方面,可采用机器学习中的聚类算法对数据进行分类整合,或利用深度学习的自动编码器实现特征的自动提取;在模型构建阶段,可以引入知识图谱技术,将环境中的各类知识和关系进行结构化表示,使世界模型更具语义理解能力,或者结合虚拟现实/增强现实技术,以可视化的方式辅助构建和验证世界模型,增强模型的直观性和准确性。

[0046] S200,基于第一预设模型,根据所述世界模型和所述末端执行器的任务需求,确定所述末端执行器的目标结构,以及所述末端执行器执行所述目标交互任务的交互行为策略;所述第一预设模型以最大化所述目标交互任务的执行成功率为目标训练得到。

[0047] 可选地,在本申请实施例中,第一预设模型是一种基于深度学习构建的模型,以最大化目标交互任务的执行成功率为目标进行训练。它经过大量数据的训练学习,能够分析世界模型所提供的环境信息,并结合末端执行器的任务需求,输出合适的决策结果。

[0048] 任务需求指的是末端执行器执行目标交互任务时需要达成的具体要求和期望结果。它包含了任务的类型(如抓取、装配、搬运等)、任务执行的精度要求、完成任务的时间限制、操作对象的特定约束(如易碎品需轻柔操作)等内容。任务需求是驱动整个末端执行器操作流程的关键,明确了末端执行器努力的方向,也是第一预设模型进行决策的重要输入信息。

[0049] 目标结构是第一预设模型根据世界模型和任务需求确定的末端执行器的结构方案。该结构涵盖了末端执行器的形状、尺寸、材料分布、关节配置等方面,旨在满足任务执行过程中的运动学可达性要求,具备合适的机构刚度与柔顺性。例如,在精密装配任务中,目标结构可能设计得具有几何适应性,以保证操作的稳健性;而在搬运重物任务中,目标结构则需具备足够的强度和稳定性。

[0050] 交互行为策略是末端执行器在执行目标交互任务时所采用的一系列动作和决策的集合。交互行为策略包括基础动作序列,即末端执行器完成任务所需的具体动作步骤和顺序,如接近物体、抓取、移动、放置等;还包含安全策略库,用于应对任务执行过程中可能出现的风险情况,如防止碰撞、避免过载等。交互行为策略确保末端执行器能够安全、有效地与操作对象和环境进行交互,以实现任务目标。

[0051] 执行成功率是衡量末端执行器执行目标交互任务成功程度的指标,用于评估第一预设模型决策的有效性。它表示在多次执行相同或相似任务时,末端执行器成功完成任务的比例。成功完成任务的判定依据可以基于任务需求设定,如准确完成装配、在规定时间内完成搬运等。第一预设模型通过不断优化训练,旨在提高这一指标,使末端执行器在各种环境和任务条件下都能更可靠地完成工作。

[0052] 可选地,在本申请一种可行的实现方式中,将世界模型以及末端执行器的任务需求输入到第一预设模型中。第一预设模型会对输入的信息进行深度分析和处理。第一预设模型会根据世界模型所反映的环境状况,评估不同结构和行为策略在该交互环境下的可行性和有效性。例如,如果环境空间狭窄,第一预设模型可能会倾向于选择更小巧灵活的目标结构;若操作对象表面光滑,第一预设模型会设计更适合抓取光滑物体的交互行为策略。在确定目标结构方面,第一预设模型会综合考虑任务需求对结构的要求,如承载能力、操作精度等,以及世界模型中环境的限制因素,生成最符合执行成功率最大化的末端执行器结构方案,包括结构的形状、尺寸、材料等方面的具体设计。

[0053] 对于交互行为策略,第一预设模型会规划出一系列的动作步骤和决策规则。这些规则涵盖了从接近操作对象、实施操作到完成任务的整个过程。最终,第一预设模型输出确定的末端执行器的目标结构和执行目标交互任务的交互行为策略,为后续步骤提供关键依据。

[0054] S300,基于第二预设模型,根据所述目标结构,确定所述末端执行器制造所述目标结构的结构制造指令,以及所述末端执行器制造目标结构的质量调控规则;并根据所述交互行为策略,确定所述末端执行器执行所述交互行为策略的交互运动控制指令,以及所述末端执行器按照所述交互运动控制指令执行所述目标交互任务的反馈补偿机制;所述第二

预设模型以最大化所述目标结构的结构质量,以及执行所述目标交互任务的交互稳健性为目标训练得到。

[0055] 可选地,在本申请实施例中,第二预设模型以目标结构和交互行为策略等为输入,输出结构制造指令、质量调控规则、交互运动控制指令和反馈补偿机制等,为末端执行器的制造和运动控制提供指导。

[0056] 结构制造指令是根据目标结构确定的一系列指令,用于指导末端执行器如何制造出目标结构,包括具体的操作步骤、动作顺序、工艺参数等,明确了末端执行器在制造过程中的具体行为。

[0057] 质量调控规则是为了确保制造出的目标结构达到一定的质量标准而制定的规则。质量调控规则涉及到对制造过程中的各种参数进行监控和调整,例如材料的选择、加工精度的控制、制造速度的调节等,以保证目标结构的质量稳定和可靠。

[0058] 交互运动控制指令是根据交互行为策略生成的指令,用于控制末端执行器在执行目标交互任务时的运动方式,包括运动的轨迹、速度、加速度、姿态等方面的控制信息,使末端执行器能够按照预定的交互行为策略与环境进行交互。

[0059] 反馈补偿机制是一种基于反馈信息对末端执行器的运动进行调整和补偿的机制。在执行目标交互任务过程中,通过传感器等设备获取实际运动状态与预期运动状态之间的差异信息,然后根据这些反馈信息对交互运动控制指令进行调整,以纠正偏差,提高执行任务的准确性和稳定性。

[0060] 结构质量指目标结构所具有的质量特性,包括结构的强度、刚度、精度、稳定性等方面。高质量的目标结构能够更好地满足任务需求,承受相应的外力和环境影响,保证末端执行器在执行任务过程中的可靠性和性能。

[0061] 执行目标交互任务的交互稳健性表示末端执行器在执行目标交互任务时,面对各种不确定因素和干扰的能力。具有较高交互稳健性意味着末端执行器能够在不同的环境条件、任务变化以及可能出现的干扰下,依然保持稳定的性能和较高的任务执行成功率,能够灵活地适应各种情况并准确地完成交互任务。

[0062] 可选地,在本申请一种可行的实现方式中,将确定的目标结构输入到第二预设模型中。第二预设模型根据这些信息,结合其训练所学到的知识和经验,考虑制造过程中的各种因素,如加工工艺的可行性、设备的性能限制等,生成末端执行器制造目标结构的结构制造指令,指导末端执行器如何一步步地构建出目标结构。

[0063] 同时,为了保证目标结构的质量,第二预设模型还会依据目标结构的特点和要求,制定相应的质量调控规则。这可能涉及到对制造过程中材料的质量控制、关键尺寸和形状的精度要求、制造过程中的检测方法和标准等方面的规定。通过严格遵循这些质量调控规则,能够确保制造出的目标结构符合预定的质量标准,具备良好的性能和可靠性。

[0064] 接着,将交互行为策略输入到第二预设模型中。第二预设模型基于这些信息,考虑任务执行过程中可能出现的各种情况,如环境变化、操作对象的不确定性等,确定末端执行器执行交互行为策略的交互运动控制指令。这些指令精确地控制着末端执行器的运动方式,包括速度、加速度、姿态调整等,使末端执行器能够准确地按照交互行为策略与环境进行交互。

[0065] 最后,为了应对在执行交互运动控制指令过程中可能出现的偏差和干扰,第二预

设模型会根据交互行为策略和可能的误差情况,制定反馈补偿机制,保证末端执行器能够稳定、准确地执行目标交互任务。

[0066] S400,根据所述世界模型、所述目标结构、所述结构制造指令和所述质量调控规则,控制所述末端执行器通过多工艺增材制造功能实时按需制造所述目标结构;

[0067] S500,在所述目标结构制造完成的情况下,根据所述交互行为策略、所述交互运动控制指令和所述反馈补偿机制,控制目标执行器执行所述目标交互任务,所述目标执行器为具有所述目标结构的末端执行器。

[0068] 可选地,在本申请实施例中,目标执行器指的是在基础末端执行器上,通过实时增材制造功能添加了特定设计的目标结构后形成的执行器。而基础末端执行器是未进行结构制造的初始状态执行器,基础末端执行器具备基本的运动和操作功能,但尚未针对特定交互任务进行结构优化。通过多工艺增材制造功能实时制造的目标结构,是根据任务需求设计的专用功能模块。将目标结构与基础末端执行器结合后,形成目标执行器,使目标执行器在结构上具备交互任务所需的运动学可达性、刚度与柔顺性,在功能上支持特定交互行为策略,从而显著提升任务执行能力。

[0069] 可选地,在本申请一种可行的实现方式中,结构制造指令、质量调控规则、交互运动控制指令和反馈补偿机制协同作用。结构制造指令指导多工艺增材制造模块完成目标结构制造,质量调控规则保障制造出的结构符合质量标准。交互运动控制指令依据交互行为策略,精确控制末端执行器的运动轨迹、速度和姿态。反馈补偿机制实时监测目标执行器的运动状态和交互情况,一旦出现碰撞、滑移等偏差,立即调整交互运动控制指令,纠正偏差。在整个过程中,各要素相互配合,动态调整目标执行器的动作,使其能够准确完成目标交互任务,提高任务执行成功率。

[0070] 在本申请实施例提供的一种末端执行器执行方法中,通过构建世界模型,全面表征交互环境的物理和动态特性,能准确反映交互环境实际情况。基于以最大化任务执行成功率为目标训练的第一预设模型,结合世界模型和任务需求确定目标结构与交互行为策略。以提升结构质量和交互稳健性为目标训练的第二预设模型,确定结构制造指令、质量调控规则、交互运动控制指令及反馈补偿机制。由此,在制造目标结构时,质量调控规则保证了目标结构的可靠性;从而使得制造出来的具有目标结构的末端执行器可以有效提高任务执行效率和成功性,而反馈补偿机制则在目标执行器执行交互任务的过程中发挥补充支撑作用,反馈补偿机制让目标执行器在执行任务时更具稳定性和适应性,能及时调整目标执行器的交互动作,维持交互任务的正常进行,极大地提高了交互行为策略的稳健性,避免交互任务中断或失败,从而提高了末端执行器执行交互任务的执行效果。

[0071] 在一实施例中,所述根据末端执行器执行目标交互任务的环境信息,构建世界模型,包括:

[0072] 获取所述环境信息,所述环境信息包括所述交互环境、所述交互任务的交互对象、所述末端执行器的执行器本体的几何信息和物理信息;

[0073] 对所述环境信息进行时间校准和特征提取,得到目标特征信息;

[0074] 根据所述目标特征信息,构建所述世界模型,所述世界模型用于实现所述交互环境的动态感知预测。

[0075] 可选地,在本申请实施例中,交互对象指的是末端执行器在执行目标交互任务过

程中,与之直接发生交互作用的物体。在不同的任务场景下,交互对象会有所不同。在工业制造场景中,可能是待加工的零部件、需要装配的组件;在家庭服务场景里,可能是需要清洁的家具、需要搬运的物品;在野外探索场景中,则可能是需要采集样本的植物、地质岩石等。这些交互对象的特性,如形状、材质、重量等,会对末端执行器的操作方式和策略产生重要影响。

[0076] 几何信息主要描述物体的形状、尺寸、位置和姿态等空间特征。对于交互环境,几何信息可以包括环境中物体的轮廓、布局,以及空间的大小和形状等;对于交互对象,几何信息体现为其具体的外形,是规则形状还是不规则形状,尺寸大小如何等;对于末端执行器的执行器本体,几何信息涉及它的各个部件的形状、尺寸,以及在空间中的位置和姿态,这些信息影响着末端执行器与交互对象的交互方式和可达范围。

[0077] 物理信息包含物体的各种物理属性。对于交互环境,物理信息有温度、湿度、光照强度、重力场等环境因素;对于交互对象,包括材质(如金属、塑料、木材等)、密度、硬度、弹性模量、摩擦系数等,这些属性决定了交互对象在受力、受热等情况下的表现;对于末端执行器的执行器本体,物理信息涵盖质量、惯量、电机扭矩、关节刚度等,这些信息关系到末端执行器的运动性能和操作能力。

[0078] 在这些可选地实施例中,获取交互环境、交互对象和末端执行器的执行器本体的几何与物理信息,为全面了解交互环境提供了基础数据,让末端执行器能感知所处环境和自身状况。时间校准和特征提取则进一步优化数据,消除不同传感器数据的时空偏差,提炼出关键的目标特征信息,提升数据质量与可用性。最后,依据目标特征信息构建世界模型,可精确表征交互环境的物理和动态特性,为末端执行器后续确定目标结构、交互行为策略等提供可靠依据,增强了末端执行器在复杂任务场景中的适应性和决策准确性,有助于提高任务执行成功率。

[0079] 在一实施例中,所述对所述环境信息进行时间校准和特征提取,得到目标特征信息,包括:

[0080] 基于三维空间配准算法对从不同采集渠道采集的所述环境信息建立统一坐标系,得到第一信息;

[0081] 通过分布式时间戳结合最小二乘算法对所述第一信息进行时间校准,得到校准信息;

[0082] 对所述校准信息进行特征提取,得到所述目标特征信息。

[0083] 在这些可选地实施例中,基于三维空间配准算法建立统一坐标系,将不同采集渠道的环境信息整合到同一空间框架下,避免了因坐标系差异导致的信息混乱,确保信息空间位置的一致性,便于后续综合分析。分布式时间戳结合最小二乘算法进行时间校准,消除了信息的时间偏差,使各信息在时间维度上同步,保证数据时效性和连贯性。对校准信息进行特征提取,能从复杂的数据中提炼出关键的目标特征信息,去除冗余,突出有用信息,为构建精准的世界模型提供有力支持,从而助力末端执行器更高效地完成任

[0084] 需要说明的是,上述基于三维空间配准算法、分布式时间戳结合最小二乘算法的处理方式,仅为示例性说明。需强调的是,本申请不限于具体采用的技术方法,无论通过何种技术手段(如卡尔曼滤波校准时间偏差、基于深度学习的时空特征对齐算法等),只要能够实现对环境信息的时间校准对齐,消除不同采集渠道在空间坐标系和时间维度上的差

异,确保环境信息在时空维度上的一致性、同步性和准确性,均可用于构建所述世界模型。

[0085] 在一实施例中,所述对所述校准信息进行特征提取,得到所述目标特征信息,包括:

[0086] 在所述校准信息为几何点云数据的情况下,通过主成分分析方法,对所述几何点云数据进行特征提取,得到所述几何点云数据对应的特征值;

[0087] 在所述校准信息为所述末端执行器的运动位姿序列的情况下,提取所述运动位姿序列的关节摩擦系数;

[0088] 在所述校准信息为温度场数据的情况下,通过傅里叶变换提取所述温度场数据中温度波动的核心时间频率信息;

[0089] 其中,所述目标特征信息包括所述特征值、所述关节摩擦系数和所述核心时间频率信息。

[0090] 可选地,在本申请实施例中,几何点云数据是一种用于表示三维物体或场景的离散点集合。通过激光雷达、深度相机等设备采集,每个点包含三维空间坐标(X、Y、Z),还可以包含颜色、反射强度等信息。这些点可近似描述物体表面形状,在本申请中用于呈现交互环境、交互对象或末端执行器的执行器本体的几何形态。

[0091] 特征值衡量了数据在对应主成分方向上的离散程度,数值越大,该方向包含的原始数据信息越多,能反映点云数据的关键几何特征。

[0092] 运动位姿序列记录了末端执行器在运动过程中一系列时刻的位置和姿态信息。位置指在三维空间中的坐标,姿态可以用旋转矩阵、欧拉角或四元数等方式表示,描述了末端执行器的朝向。运动位姿序列可完整呈现末端执行器的运动轨迹和姿态变化过程。

[0093] 在末端执行器的关节运动时,由于关节部件间的接触和相对运动产生摩擦,关节摩擦系数是衡量这种摩擦力大小的一个比例系数。它影响着关节运动的平滑性、能耗以及运动控制的精度,是反映末端执行器机械特性的重要参数。

[0094] 温度场数据是描述空间中温度分布情况的数据集合。在一定空间范围内,不同位置的温度值以及温度随时间的变化情况构成温度场数据。可通过温度传感器网络等采集,用于表征交互环境、末端执行器的执行器本体或交互对象的温度状态。

[0095] 对于温度场数据,利用傅里叶变换将时域上的温度波动信号转换到频域进行分析。温度波动往往包含多种频率成分,核心时间频率信息指其中能量占比较大、对温度变化起主要作用的频率成分,反映了温度波动的主要周期特性和变化规律。

[0096] 需要说明的是,在上述实施例中,针对几何点云数据采用主成分分析方法、对运动位姿序列提取关节摩擦系数、通过傅里叶变换处理温度场数据等操作,仅为特征提取的示例说明。需明确的是,本申请并不限于上述特定的数据类型与提取方法。无论是环境中的压力分布、光照强度,还是末端执行器的振动频率、电流消耗等数据,只要能够通过合理的算法与技术手段,从校准信息中提取出与交互环境、末端执行器状态相关的关键特征,均适用于本申请。

[0097] 可选地,在本申请一具体实施例中,如图2所示,本申请的末端执行器包括多模态感知模块、多工艺增材制造模块、基于深度学习的具身智能体模块三大模块。

[0098] 可选地,在一具体实现方式中,首先是获取环境信息环节。在实际操作场景中,利用多模态感知模块中多样的传感器来收集信息。用深度相机或者激光扫描仪采集交互环

境、交互任务的交互对象的形状、尺寸、颜色、纹理等几何信息,以点云数据形式呈现,如 $P = \{(x_i, y_i, z_i, r_i, g_i, b_i)\}_{i=1}^N \in \mathbb{R}^{6 \times N}$, 其中包含每个点的三维坐标及颜色信息。温度传感器用于获取交互环境、交互对象的温度场分布,像 $T(x, y, z, t)$ 描述了空间中不同位置 (x, y) 在时刻 t 的温度情况。通过多工艺增材制造模块的数据交换系统驱动末端执行器的执行器本体运动,采集其在现场环境下的动态特征,例如得到时间序列位姿数据 $\{H_t\}_{t=1}^T$ 。还可驱动本体试触操作对象,借助触觉传感器采集操作对象的力学特性,如应力-应变关系 σ_{ij} , 如此便获取到涵盖交互环境、交互对象、末端执行器的执行器本体的几何和物理信息的环境信息。

[0099] 接着进行时间校准和特征提取。对于采集到的多源异构环境信息,先基于三维空间配准算法,将从不同采集渠道得到的信息建立统一坐标系,把不同空间参考下的数据整合到同一框架,得到第一信息。然后,运用分布式时间戳结合最小二乘算法对第一信息做时间校准,消除因传感器采样时间不同等因素产生的时间偏差,得到校准信息。之后,针对校准信息开展特征提取。若校准信息是几何点云数据,采用主成分分析方法,找出数据方差最大的方向,得到对应的特征值,如 $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n$, 这些特征值反映了点云数据的关键几何特征;当校准信息为末端执行器的运动位姿序列时,提取其中关节摩擦系数 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$, 用于体现关节运动的摩擦特性;要是校准信息是温度场数据,通过傅里叶变换把时域的温度波动信号转换到频域,提取出温度波动的核心时间频率信息 $f_{dominant}$, 以此来反映温度变化的主要周期特性。经过这些操作,得到目标特征信息。

[0100] 在这些可选地实施例中,主成分分析处理几何点云数据,提炼特征值,能有效压缩数据维度,突出关键几何特征,便于区分物体形状结构。提取运动位姿序列的关节摩擦系数,可精准反映末端执行器关节运动特性,助力优化运动控制与能耗管理。傅里叶变换从温度场数据提取核心时间频率信息,揭示温度波动规律,为环境温度相关决策提供依据。综上,这些步骤获取的目标特征信息,为构建精准世界模型、提升末端执行器任务执行能力奠定坚实基础。

[0101] 在一实施例中,所述根据所述目标特征信息,构建所述世界模型,包括:

[0102] 根据所述交互环境对应的目标特征信息,通过隐式神经表示,重构所述交互环境的三维几何模型;

[0103] 根据所述交互对象对应的目标特征信息,通过材料本构方程,构建所述交互对象的多物理属性模型;

[0104] 根据所述执行器本体对应的目标特征信息,通过李群运动链,确定所述执行器本体的本体动力学模型;

[0105] 根据所述本体动力学模型,通过哈密顿方程,确定所述执行器本体和交互环境的交互动力学模型;

[0106] 根据所述目标特征信息,构建描述所述执行器本体和所述交互对象接触时的能量势能接触模型;

[0107] 根据所述目标特征信息,构建预测所述交互环境的多物理场演化的状态转移方程;

[0108] 根据所述三维几何模型、所述多物理属性模型、所述本体动力学模型、所述交互动力学模型、所述能量势能接触模型和所述状态转移方程,构建所述世界模型。

[0109] 可选地,在本申请实施例中,隐式神经表示是一种用神经网络表示几何形状或其他连续信号的方法。它可以学习数据中的潜在结构,将输入的目标特征信息映射到一个连续的函数上。在构建交互环境的三维几何模型时,通过隐式神经表示可以利用神经网络强大的拟合能力,根据环境对应的目标特征信息,学习到环境中物体的几何形状、表面特征等,从而重构出三维几何模型。

[0110] 三维几何模型是对交互环境的三维空间结构的数学描述。它通过点、线、面等几何元素来表示环境中物体的形状、大小和位置关系。在本实施例中,基于交互环境对应的目标特征信息,利用隐式神经表示方法构建而成,为后续分析末端执行器在该环境中的运动和交互提供了空间基础。

[0111] 本体动力学模型描述了末端执行器的执行器本体的运动和力学特性之间的关系。通过李群运动链,结合末端执行器的执行器本体对应的目标特征信息(如关节摩擦系数等),可以确定末端执行器各个关节的运动状态、受力情况以及它们之间的相互作用,从而建立起本体动力学模型,用于预测和控制末端执行器的运动。

[0112] 交互动力学模型研究末端执行器的执行器本体与交互环境之间相互作用的动力学关系。基于本体动力学模型,通过哈密顿方程,考虑末端执行器与环境之间的力传递、能量交换等因素,确定在交互过程中末端执行器和环境的动力学行为,帮助理解和优化末端执行器在环境中的操作。

[0113] 能量势能接触模型用于描述末端执行器的执行器本体和交互对象接触时的能量和势能变化。根据目标特征信息,考虑接触时的力、变形、能量转换等因素构建该模型,能够分析接触过程中的力学特性和能量分布,为设计合理的接触策略和评估接触效果提供依据。

[0114] 多物理场演化指交互环境中多种物理场(如温度场、电磁场、应力场等)随时间的变化过程。这些物理场相互影响、相互耦合,共同决定了环境的动态特性。

[0115] 状态转移方程用于预测交互环境多物理场演化的数学方程。通过该状态转移方程可以对环境的动态变化进行预测,使末端执行器能够提前做出相应的决策和调整。

[0116] 可选地,在一具体实现方式中,首先,对于交互环境三维几何模型的构建。可以基于交互环境对应的目标特征信息,运用隐式神经表示法。将这些特征信息作为神经网络的输入,利用神经网络强大的非线性拟合能力,通过不断训练网络,使其学习到交互环境中物体的几何形状、空间布局等特征。神经网络输出的连续函数能够对环境中的任意点进行描述,从而重构出交互环境的三维几何模型,精确呈现环境的空间结构。

[0117] 接着,针对交互对象多物理属性模型的构建。依据交互对象对应的目标特征信息,结合材料本构方程。材料本构方程描述了材料的应力、应变、温度等物理量之间的关系。将目标特征信息中与材料相关的参数(如材质类型、物理属性等)代入相应的本构方程中,通过计算和分析,确定交互对象在不同条件下的力学、热学等多物理属性,进而构建出能够准确反映交互对象物理特性的多物理属性模型。

[0118] 然后,确定末端执行器的执行器本体动力学模型。借助末端执行器的执行器本体对应的目标特征信息,采用李群运动链。李群运动链是一种用于描述机器人运动学的数学

工具,它通过对末端执行器各关节的运动进行建模,结合目标特征信息中的关节摩擦系数等参数,能够精确地确定末端执行器的执行器本体的运动状态、受力情况等,从而建立起本体动力学模型,实现对末端执行器的执行器本体运动的精准描述。

[0119] 之后,构建交互动力学模型。以已建立的本体动力学模型为基础,运用哈密顿方程。哈密顿方程是分析力学中的重要方程,它从能量的角度描述系统的动力学行为。将本体动力学模型中的相关参数代入哈密顿方程,考虑末端执行器的执行器本体与交互环境之间的能量交换、力的传递等因素,计算出在交互过程中两者的动力学关系,进而确定交互动力学模型。

[0120] 再之后,构建能量势能接触模型。根据目标特征信息,考虑末端执行器的执行器本体和交互对象接触时的力、变形、能量转换等因素。通过建立数学模型,描述接触过程中能量和势能的变化规律,仿直接触运动学,从而构建出能量势能接触模型,用于分析接触时的力学特性和能量分布。

[0121] 接着,构建状态转移方程。依据目标特征信息,考虑交互环境中多物理场(如温度场、应力场等)的变化规律。通过对这些物理场的历史数据和当前状态进行分析,建立起能够描述当前状态与未来状态之间关系的方程,以此来预测交互环境多物理场的演化。

[0122] 最后,将上述构建的三维几何模型、多物理属性模型、本体动力学模型、交互动力学模型、能量势能接触模型以及状态转移方程进行整合。这些模型和方程从不同角度描述了交互环境、交互对象和末端执行器的执行器本体的特性和相互关系,通过综合这些信息,构建出完整的世界模型,为末端执行器执行目标交互任务提供全面且准确的基础支撑。

[0123] 可选地,在上述实施例,通过隐式神经表示重构三维几何模型、利用材料本构方程构建多物理属性模型等操作,仅为构建世界模型的示例性技术手段。需着重说明的是,本申请不受限于上述特定的特征提取维度与建模方法。无论是采用拓扑优化算法生成环境模型,还是借助机器学习预测交互对象行为,只要能够基于目标特征信息,有效表征交互环境的物理特性、交互对象的属性变化、末端执行器的动力学行为以及三者间的动态交互关系,均可用于构建世界模型。

[0124] 在这些可选地实施例,隐式神经表示重构三维几何模型,精准还原交互环境空间结构;材料本构方程构建多物理属性模型,明确交互对象物理特性;李群运动链和哈密顿方程确定动力学模型,掌握执行器与环境的运动和交互规律;能量势能接触模型分析接触特性,状态转移方程预测环境变化。整合这些模型构建的世界模型,为末端执行器在复杂任务中决策和控制提供可靠依据,提升任务执行的准确性和效率。

[0125] 在一实施例中,所述第一预设模型以最大化所述目标交互任务的执行成功率为目标训练得到,包括:

[0126] 构建第一初始模型,所述第一初始模型考虑所述交互环境的环境限制以及所述交互任务的任务需求多样性;

[0127] 通过第一预设训练样本以最大化任务执行成功率为目标训练所述第一初始模型,直至满足第一预设训练停止条件,得到所述第一预设模型;所述第一预设模型用于确定目标结构和交互行为策略,所述目标结构的结构特征包括所述目标结构的运动学可达性、机构刚度与柔顺性;所述交互行为策略包括基础动作序列和安全策略库;

[0128] 所述第二预设模型以最大化所述目标结构的结构质量,以及执行所述目标交互任

务的交互稳健性为目标训练得到,包括:

[0129] 构建第二初始模型;

[0130] 通过第二预设训练样本以最大化所述目标结构的结构质量,以及执行所述目标交互任务的交互稳健性为目标训练所述第二初始模型,直至满足第二预设训练停止条件,得到所述第二预设模型;其中,在所述第二预设模型确定所述结构制造指令和所述质量调控规则时,考虑路径连续性和障碍规避;在所述第二预设模型确定所述交互运动控制指令和所述反馈补偿机制时,考虑所述末端执行器的不同故障模式。

[0131] 可选地,在本申请实施例中,交互环境的环境限制指在交互任务执行过程中,交互环境对末端执行器和任务实施所施加的约束条件。例如在狭窄空间内作业时,空间大小会限制末端执行器的运动范围;在高温、高湿或有强电磁干扰的环境中,特殊的环境因素可能影响末端执行器的电子元件性能、材料特性等,从而对任务执行造成阻碍。

[0132] 任务需求多样性是指不同的交互任务有着各种各样的要求。比如在工业生产中,装配任务对精度要求极高,需要末端执行器精准操作零部件;而搬运任务则更注重承载能力和运动效率;在家庭服务场景里,清洁任务要求末端执行器能适应不同家具的表面材质和形状进行清洁,这些不同任务的差异化要求体现了任务需求多样性。

[0133] 运动学可达性描述末端执行器在空间中能够到达的位置和姿态的能力。一个具有良好运动学可达性的目标结构,意味着末端执行器可以在任务空间内自由移动到所需位置,并调整到合适姿态,完成各种动作,如抓取、放置物体等,而不会受到自身结构的限制。

[0134] 机构刚度反映了末端执行器结构抵抗变形的能力。在需要承受较大外力或进行高精度操作时,足够的机构刚度可以保证末端执行器结构稳定,维持准确的运动轨迹和操作精度,避免因受力而产生过大变形影响任务执行。

[0135] 机构柔顺性与刚度相反,指末端执行器结构能够适应外界作用力而发生一定变形的特性。在与易损物体交互或需要适应复杂形状物体表面时,柔顺性可使末端执行器避免对物体造成损伤,同时更好地贴合物体表面,实现稳定操作。

[0136] 基础动作序列是末端执行器为完成目标交互任务而执行的一系列基本动作的有序组合。以抓取任务为例,基础动作序列可能包括接近物体、调整抓取姿态、执行抓取动作、提起物体等步骤,这些动作按照一定顺序依次执行,是完成任务的基本流程。

[0137] 安全策略库包含一系列用于保障末端执行器在执行任务过程中安全运行的规则和策略。例如设置力的阈值,当检测到的接触力超过阈值时,末端执行器停止动作,防止对自身、交互对象或周围环境造成损坏;或者制定在遇到突发情况(如停电、传感器故障)时的应急处理策略,确保系统安全。

[0138] 路径连续性要求末端执行器在运动过程中,其运动路径应是连续、平滑的,避免出现突然的跳跃或中断。这样可以保证运动的稳定性,减少机械冲击,提高运动效率,同时也有利于对运动进行精确控制。

[0139] 障碍规避是指末端执行器在运动过程中,能够实时检测到周围环境中的障碍物,并规划出合理的路径以避开它们,防止发生碰撞事故,确保任务安全、顺利执行。

[0140] 不同故障模式指末端执行器在运行过程中可能出现的各种故障情况。例如电机故障导致无法正常驱动关节运动;传感器故障使获取的环境信息不准确;通信故障造成控制指令无法正常传输等。在确定交互运动控制指令和反馈补偿机制时考虑这些故障模式,能

够使末端执行器在出现故障时,采取相应措施维持运行或进行安全停机,提高系统的可靠性和稳定性。

[0141] 可选地,在本申请一种具体实现方式中,首先构建第一初始模型,该第一初始模型充分考虑交互环境的环境限制以及交互任务的任务需求多样性。在构建模型时,运用深度学习方法搭建具有特定网络结构的框架,为后续学习奠定基础。接着,使用第一预设训练样本对第一初始模型进行训练,目标是最大化目标交互任务的执行成功率。训练过程以目标函数:

$$[0142] \quad J_{structure} = \omega_1 \|x_{target} - x_{end}\|^2 + \omega_2 \|F_{contact}\|;$$

[0143] 为优化方向,其中, ω_1 、 ω_2 是权重系数, $\|x_{target} - x_{end}\|^2$ 衡量末端执行器实际位置 x_{end} 与目标位置 x_{target} 的偏差, $\|F_{contact}\|$ 表示接触力的大小。通过不断调整模型参数,让模型学习如何根据不同的环境和任务情况,生成最优的目标结构和交互行为策略。

[0144] 目标结构方面,要综合考虑运动学可达性、机构刚度与柔顺性。当满足第一预设训练停止条件,如模型的损失函数收敛到一定程度或准确率不再提升时,就得到了第一预设模型。该第一预设模型以最大化任务执行成功率为目标,进行任务执行成功率的量化评估:

$$[0145] \quad MAX(P_{success})\{J_{structure}, \pi_{action|structure}\};$$

[0146] 其中, $P_{success}$ 为任务执行成功率, $\pi_{action|structure}$ 是基于目标结构生成的交互行为策略。最终得到优化设计下的目标结构,涵盖几何构型、材料分布、运动学约束等,以及交互行为策略,如目标位姿序列、预期交互接触力阈值、安全规则库等。

[0147] 构建第二初始模型作为基础框架。使用第二预设训练样本对其进行训练,目标是最大化目标结构的结构质量以及执行目标交互任务的交互稳健性。在训练过程中,模型学习生成结构制造指令和质量调控规则,此时会考虑路径连续性和障碍规避。在确定交互运动控制指令和反馈补偿机制时,模型会考虑末端执行器的不同故障模式,如包含但不限于碰撞、滑移、失效等故障模式。以最大化制件质量和交互稳健性为目标,考虑工艺约束、环境干扰、估计误差等要素:

$$[0148] \quad MAX(Q_{structure} \& R_{action})\{process, noise, error\};$$

[0149] 其中, $Q_{structure}$ 表示目标结构的结构质量, R_{action} 表示交互稳健性, $\{process, noise, error\}$ 分别代表工艺约束、环境干扰和估计误差。

[0150] 当满足第二预设训练停止条件时,得到第二预设模型。该第二预设模型生成增材制造、交互动作指令和闭环反馈控制逻辑,包括系统运动控制指令、实时补偿机制等,最终得到预期的执行器结构实体并完成交互任务。通过这两个模型的训练和优化,从结构设计、行为规划到制造与交互控制,全方位保障末端执行器在复杂环境下高效、安全地完成任

[0151] 在这些可选地实施例中,第一预设模型考虑环境限制与任务需求多样性,通过训练确定目标结构和交互行为策略,能提升目标交互任务的执行成功率。合理的目标结构保障运动学可达性、机构刚度与柔顺性,合适的交互行为策略提供基础动作序列和安全策略库,使执行器更好适应复杂任务。第二预设模型聚焦结构质量和交互稳健性,在确定指令和规则时考虑路径、障碍及故障模式,可确保制造出高质量结构,增强执行任务时的稳定性和

可靠性,减少故障影响,整体提升末端执行器的性能和实用性。

[0152] 在一实施例中,所述根据所述世界模型、所述目标结构、所述结构制造指令和所述质量调控规则,控制所述末端执行器通过多工艺增材制造功能实时按需制造所述目标结构,包括:

[0153] 在所述末端执行器按照所述结构制造指令制造所述目标结构的过程中,基于所述世界模型,根据当前时刻的末端执行器的制造状态和所述质量调控规则,对所述结构制造指令进行调整,以使所述目标结构的制造质量满足第一预设质量。

[0154] 在一实施例中,所述根据所述交互行为策略、所述交互运动控制指令和所述反馈补偿机制,控制目标执行器执行所述目标交互任务,包括:

[0155] 在所述目标执行器按照所述交互运动控制指令执行所述目标交互任务的过程中,基于所述世界模型,根据所述当前时刻的目标执行器的交互状态和所述反馈补偿机制,对所述交互运动控制指令进行调整,以使所述末端执行器执行所述目标交互任务的执行质量满足第二预设质量。

[0156] 可选地,如图2所示,在目标结构制造方面,基于生成的结构制造指令,多工艺增材制造模块的运动控制系统和材料供给系统协同工作,开始执行预规划制造指令来创建目标结构。在制造过程中,数据交换系统实时将系统状态反馈到世界模型。世界模型结合当前时刻末端执行器的制造状态,比如材料沉积位置、结构成型进度等,以及质量调控规则,对制造质量进行评估分析。若发现制造过程中存在可能影响质量的因素,如材料沉积不均匀、结构尺寸偏差等,就会根据这些信息对结构制造指令进行调整。例如,调整运动控制系统的路径规划,使材料沉积更加均匀,或者改变材料供给速度,以确保目标结构的制造质量满足第一预设质量,实现高效、高质量的目标结构制造。

[0157] 在交互任务执行阶段,依据交互运动控制指令,驱动已制造好的目标执行器开始运动。多模态感知模块实时采集系统信息,包括目标执行器的位置、姿态、与交互对象的接触状态等,并将这些信息传入世界模型。世界模型根据当前时刻目标执行器的交互状态,利用反馈补偿机制对交互运动控制指令进行评估。若检测到交互过程中出现异常,比如接触力过大、发生滑移等情况,世界模型会根据预设的反馈补偿准则,实时调整交互行为。这可能涉及接触阻抗参数调整,改变目标执行器与交互对象接触时的柔顺程度,或者进行反向位移补偿,纠正末端执行器的运动偏差,确保交互任务高质量执行。同时,生成任务评估报告,为具身智能的持续智能增长提供数据支持,不断优化目标执行器在后续任务中的表现。

[0158] 在这些可选地实施例中,在制造目标结构时,基于世界模型,结合制造状态和质量调控规则调整结构制造指令,可及时纠正制造偏差,确保目标结构的制造质量达到第一预设质量,避免因制造缺陷影响后续任务。在执行交互任务时,依据世界模型、交互状态和反馈补偿机制调整交互运动控制指令,能使目标执行器快速适应任务变化,有效应对突发状况,让执行质量满足第二预设质量。总体而言,这些步骤提高了目标执行器的适应性和可靠性,保障任务精准、高效完成。

[0159] 在本申请一具体实施例中,提供了一种末端执行器,其技术方案主要包括多模态感知模块、多工艺增材制造模块、基于深度学习的具身智能体。多模态感知模块用于感知实时场景情况进行环境及操作对象物理信息采集,构建任务场景虚拟世界模型,是进行执行器形态设计、行为推理的决策基础;多工艺增材制造模块负责末端执行器的按需现场制造,

是实现末端执行器自生长的功能基础;基于深度学习的具身智能体负责根据任务及环境需求生成所需结构、推理对象交互行为,并以最大化任务执行成功率为目标进行制造-交互过程控制。本发明实现了各种非结构环境下的末端执行器按需自主,代替了传统的面向任务/环境定向设计执行器,可有效解决现有非结构环境、资源有限条件下需要多样末端执行器的挑战,扩展机器人柔顺操纵的可行环境范围,提高任务执行成功率。

[0160] 多模态感知模块通过采集现场数据进行任务所需虚拟世界模型构建,包含了环境、操纵对象以及操作本体的几何与物理属性相关信息。

[0161] 多工艺增材制造模块通过直接在执行器基座上逐层沉积材料成型所需结构,或在现有结构基础继续沉积材料成型所需结构,或局部去除现有结构后继续沉积材料成型所需结构,其中涉及材料包括但不限于热塑性塑料、热固性塑料、纤维增强复合材料、金属/陶瓷浆料、液态金属、金属粉末等,采用制造工艺包括但不限于熔融沉积成型、直接墨水书写、定向能量沉积等。

[0162] 如图2所示,主要包含多模态感知模块(步骤1-3)、多工艺增材制造模块(步骤4-5)、基于深度学习的具身智能体(步骤6-7)三个模块,具体实施如下:

[0163] 步骤1:现场数据采集。在操作现场,采用多模态感知系统配备的多种传感器,对操作环境、操作对象及操作本体的几何、物理信息进行采集。具体来说包括但不限于使用深度相机或激光扫描仪采集环境、对象的形状、尺寸、颜色、纹理等信息,如 $P = \{(x_i, y_i, z_i, r_i, g_i, b_i)\}_{i=1}^N \in \mathbb{R}^{6 \times N}$;使用温度传感器采集环境、对象的温度场分布,如 $T(x, y, z, t)$;通过多工艺增材制造模块的数据交换系统驱动本体运动以采集现场环境下本体的动态特征,如时间序列位姿数据 $\{H_t\}_{t=1}^T$;通过驱动本体试触操作对象结合触觉传感器采集操作对象力学特性,如应力-应变关系 σ_{ij} 等。

[0164] 步骤2:多模态数据分析。针对上一步骤采集的多源异构数据,通过分布式时间戳结合最小二乘算法对传感器数据进行时间校准,并基于三维空间配准算法建立统一坐标系,消除不同传感器间的时空偏移误差。针对时空对齐后的数据提取对应特征,包括但不限于针对几何点云数据使用主成分分析提取特征值 $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n$;针对本体运动位姿序列提取关节摩擦系数 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ 等;针对温度场数据通过傅里叶变换提取温度波动的核心时间频率信息 $f_{dominant}$;

[0165] 步骤3:世界模型构建。基于上述采集数据及提取特征,建立可解释、可预测的操作场景多物理数字孪生,包括但不限于通过隐式神经表示重构环境三维几何,结合材料本构方程实现对象多物理属性建模;采用李群运动链描述本体运动学并嵌入哈密顿方程表征环境交互动力学;基于能量势能接触模型仿真接触运动学,构建状态转移方程预测多物理场演化。

[0166] 步骤4:结构设计与行为推理。根据任务需求与环境约束,通过基于深度学习方法构建的自主策略网络,以目标函数:

$$[0167] \quad J_{structure} = \omega_1 \|x_{target} - x_{end}\|^2 + \omega_2 \|F_{contact}\|;$$

[0168] 优化末端执行器结构,包括但不限于运动学可达性、机构刚度与柔顺性,并生成交

互行为策略 $\pi(\text{action}|\text{structure})$,包括但不限于基础动作序列、安全策略库等。

[0169] 步骤5:制造-交互过程控制策略生成。基于上一步骤生成的执行器结构,考虑包括但不限于路径连续性、障碍规避等要素生成结构制造指令以及在线质量调控准则;基于上一步骤生成的交互行为策略,考虑包括但不限于碰撞、滑移、失效等故障模式生成交互运动控制指令以及反馈补偿准则等。

[0170] 步骤6:多工艺增材制造。基于生成的结构制造指令,驱动多工艺增材制造模块的运动控制系统和材料供给系统,执行预规划制造指令创建目标结构,通过数据交换系统实时反馈系统状态到构建世界模型进行制造质量评估分析,结合构建的在线质量调控准则确保高效、高质实现目标结构制造。

[0171] 步骤7:智能交互行为控制。基于生成的交互动作指令,驱动在线制造的末端执行器运动,结合多模态感知模块实时采集的系统信息经过世界模型实时评估当前状态并预测下一阶段状态,根据建立的反馈补偿准则实时调整交互行为,包括但不限于接触阻抗参数调整、反向位移补偿等,确保交互任务高质量执行并生成任务评估报告用于具身智能持续智能增长。

[0172] 如图3所示,展示了仿真环境下末端执行器结构案例1。

[0173] 运动关节部分:

[0174] 第一Z轴运动关节1和第二Z轴运动关节7:可使末端执行器在Z轴方向上下移动,调整垂直高度位置,以适应不同的操作需求,比如在增材制造时控制第一打印头10分别与第一增材制造基板9和第二增材制造基板11的距离,或在抓取物体时调整高度。

[0175] X轴运动关节3:负责末端执行器在X轴方向的水平移动,用于在水平面上左右调整位置,扩大操作的横向范围。

[0176] 第一Y轴运动关节8和第二Y轴运动关节12:实现末端执行器在Y轴方向的水平移动,前后调整位置,与X轴运动关节3配合,使末端执行器能在平面上精确定位。通过这三个轴的运动关节协同工作,末端执行器可在三维空间中灵活移动,到达目标位置。

[0177] 感知部件:

[0178] 第一深度相机2:能够获取周围环境和物体的深度信息,构建三维场景,用于识别物体形状、位置和距离等,为末端执行器的操作提供视觉信息,比如在抓取任务中辅助判断物体位置和姿态。

[0179] 第一温度传感器6:用于监测增材制造过程中的温度情况,如第一打印头10温度、制造结构温度场历史等,确保制造过程在合适的温度范围内进行,保证材料成型质量,避免因温度异常导致的制造缺陷。

[0180] 制造相关部件:

[0181] 第一材料供给装置5:负责为增材制造提供所需材料,将材料输送到第一打印头10,是实现增材制造的材料供应源头。

[0182] 第一打印头10:根据指令将材料逐层沉积,实现自生长末端执行器的增材制造过程,构建目标结构。

[0183] 第一增材制造基板9和第二增材制造基板11:作为增材制造的基础平台,为材料沉积提供支撑面,承载打印成型的物体,保证制造过程的稳定性。

[0184] 基础支撑部件:

[0185] 第一执行器基座4:是整个末端执行器的基础支撑结构,为其他部件提供安装基础和支撑,保证各部件的相对位置稳定,维持整体结构的稳定性。

[0186] 如图4所示,展示了仿真环境下末端执行器结构案例2。相比案例1,运动与控制部件换成了第一舵机22、第二舵机24和第三舵机210:作为动力驱动元件,能精确控制第一旋转关节23和第二旋转关节25的转动角度和速度。通过接收控制信号,为末端执行器的运动提供动力支持,实现精确的姿态调整和位置移动,是实现灵活操作的关键部件。

[0187] 第一旋转关节23和第二旋转关节25:与第一舵机22、第二舵机24和第三舵机210配合,使末端执行器的相应部件能够绕轴进行旋转运动,增加了末端执行器在空间中的运动自由度,可调整第二打印头212、第二深度相机26等部件的方向,以适应不同的操作需求。

[0188] 第二深度相机26、第二温度传感器29、第二打印头212、第三增材制造基板21和第四增材制造基板211、第二材料供给装置28、第二执行器基座27的解释可参照上述图3的解释,不再赘述。

[0189] 如图5所示,展示了仿真环境下末端执行器结构案例3。移动底盘31:为整个系统提供移动能力,可在工作环境中灵活移动,使末端执行器能够到达不同的工作位置,拓展了作业范围,适用于需要在较大空间内执行任务的场景。

[0190] 机器人32:具备多个关节和自由度,可进行复杂的运动操作。能够精准地控制末端执行器的位置和姿态,在增材制造或其他交互任务中,准确地执行预设动作,如抓取、放置、操作工具等。

[0191] 增材制造模块33:是实现自生长末端执行器增材制造的核心部分。通过材料逐层堆积的方式,按照设计模型构建目标结构,可制造出满足不同任务需求的末端执行器部件,为末端执行器的功能实现提供硬件基础。

[0192] 多工艺工具库34:储存多种不同工艺的工具,可根据任务需求快速更换工具。例如在增材制造过程中,可按需切换不同类型的打印头或加工工具,在其他任务中也能更换为适配的操作工具,提升了末端执行器的多功能性和任务适应性。

[0193] 制造过程中末端执行器35:在增材制造模块的作用下逐步成型,是最终执行具体任务的关键部件。其结构和功能根据任务需求定制,在制造完成后,结合机器人的运动控制,可执行如装配、搬运、检测等各类目标交互任务。

[0194] 如图6所示,展示了末端执行器结构案例1针对球体的三种交互策略的示意图。其中,图6中的(a)为球体抓握示意图;图6中的(b)为球体吸附示意图;图6中的(c)为球体托举示意图。

[0195] 如图7所示,展示了末端执行器结构案例1的两种安装应用方式:

[0196] 图7中的(a)呈现的是协作机械臂安装应用。自生长末端执行器安装在协作机械臂上,协作机械臂具有多个可灵活转动的关节。

[0197] 图7中的(b)展示的是无人机安装应用。自生长末端执行器搭载在无人机下方,无人机通过多个旋翼提供飞行动力,具备在空中灵活飞行和悬停的能力。

[0198] 如图8所示,末端执行器结构案例3的一种交互应用方式,即协作机械臂安装及球体抓握应用。

[0199] 图9示出了本申请另一个实施例提供的末端执行器执行装置的结构示意图,为了便于说明,仅示出了与本申请实施例相关的部分。

[0200] 参照图9,末端执行器执行装置可以包括:

[0201] 构建模块901,用于根据末端执行器执行目标交互任务的环境信息,构建世界模型;所述世界模型用于表征所述末端执行器执行目标交互任务的交互环境的物理特性和动态特性;

[0202] 第一确定模块902,用于基于第一预设模型,根据所述世界模型和所述末端执行器的任务需求,确定所述末端执行器的目标结构,以及所述末端执行器执行所述目标交互任务的交互行为策略;所述第一预设模型以最大化所述目标交互任务的执行成功率为目标训练得到;

[0203] 第二确定模块903,用于基于第二预设模型,根据所述目标结构,确定所述末端执行器制造所述目标结构的结构制造指令,以及所述末端执行器制造目标结构的质量调控规则;并根据所述交互行为策略,确定所述末端执行器执行所述交互行为策略的交互运动控制指令,以及所述末端执行器按照所述交互运动控制指令执行所述目标交互任务的反馈补偿机制;所述第二预设模型以最大化所述目标结构的结构质量,以及执行所述目标交互任务的交互稳健性为目标训练得到;

[0204] 第一控制模块904,用于根据所述世界模型、所述目标结构、所述结构制造指令和所述质量调控规则,控制所述末端执行器通过多工艺增材制造功能实时按需制造所述目标结构;

[0205] 第二控制模块905,用于在所述目标结构制造完成的情况下,根据所述交互行为策略、所述交互运动控制指令和所述反馈补偿机制,控制目标执行器执行所述目标交互任务,所述目标执行器为具有所述目标结构的末端执行器。

[0206] 需要说明的是,上述装置/单元之间的信息交互、执行过程等内容,与本申请方法实施例基于同一构思,是与上述方法对应的装置,上述方法实施例中所有实现方式均适用于该装置的实施例中,其具体功能及带来的技术效果,具体可参见方法实施例部分,此处不再赘述。

[0207] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成,即将装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块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,也可以采用软件功能单元的形式实现。另外,各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本申请的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0208] 图10示出了本申请实施例提供的电子设备的硬件结构示意图。

[0209] 设备可以包括处理器1001以及存储有程序指令的存储器1002。

[0210] 处理器1001执行程序时实现上述任意各个方法实施例中的步骤。

[0211] 示例性的,程序可以被分割成一个或多个模块/单元,一个或者多个模块/单元被存储在存储器1002中,并由处理器1001执行,以完成本申请。一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列程序指令段,该指令段用于描述程序在设备中的执行过程。

[0212] 具体地,上述处理器1001可以包括中央处理器(CPU),或者特定集成电路

(Application Specific Integrated Circuit,ASIC),或者可以被配置成实施本申请实施例的一个或多个集成电路。

[0213] 存储器1002可以包括用于数据或指令的大容量存储器。举例来说而非限制,存储器1002可包括硬盘驱动器(Hard Disk Drive,HDD)、软盘驱动器、闪存、光盘、磁光盘、磁带或通用串行总线(Universal Serial Bus,USB)驱动器或者两个或更多个以上这些的组合。在合适的情况下,存储器1002可包括可移除或不可移除(或固定)的介质。在合适的情况下,存储器1002可在综合网关容灾设备的内部或外部。在特定实施例中,存储器1002是非易失性固态存储器。

[0214] 存储器可包括只读存储器(ROM),随机存取存储器(RAM),磁盘存储介质设备,光存储介质设备,闪存设备,电气、光学或其他物理/有形的存储器存储设备。因此,通常,存储器包括一个或多个编码有包括计算机可执行指令的软件的有形(非暂态)可读存储介质(例如,存储器设备),并且当该软件被执行(例如,由一个或多个处理器)时,其可操作来执行参考根据本公开的一方面的方法所描述的操作。

[0215] 处理器1001通过读取并执行存储器1002中存储的程序指令,以实现上述实施例中的任意一种方法。

[0216] 在一个示例中,电子设备还可包括通信接口1003和总线1010。其中,处理器1001、存储器1002、通信接口1003通过总线1010连接并完成相互间的通信。

[0217] 通信接口1003,主要用于实现本申请实施例中各模块、装置、单元和/或设备之间的通信。

[0218] 总线1010包括硬件、软件或两者,将在线数据流量计费设备的部件彼此耦接在一起。举例来说而非限制,总线可包括加速图形端口(AGP)或其他图形总线、增强工业标准架构(EISA)总线、前端总线(FSB)、超传输(HT)互连、工业标准架构(ISA)总线、无限带宽互连、低引脚数(LPC)总线、存储器总线、微信道架构(MCA)总线、外围组件互连(PCI)总线、PCI-Express(PCI-X)总线、串行高级技术附件(SATA)总线、视频电子标准协会局部(VLB)总线或其他合适的总线或者两个或更多个以上这些的组合。在合适的情况下,总线1010可包括一个或多个总线。尽管本申请实施例描述和示出了特定的总线,但本申请考虑任何合适的总线或互连。

[0219] 另外,结合上述实施例中的方法,本申请实施例可提供一种存储介质来实现。该存储介质上存储有程序指令;该程序指令被处理器执行时实现上述实施例中的任意一种方法。

[0220] 本申请实施例另提供了一种芯片,芯片包括处理器和通信接口,通信接口和处理器耦合,处理器用于运行程序或指令,实现上述方法实施例的各个过程,且能达到相同的技术效果,为避免重复,这里不再赘述。

[0221] 应理解,本申请实施例提到的芯片还可以称为系统级芯片、系统芯片、芯片系统或片上系统芯片等。

[0222] 本申请实施例提供一种计算机程序产品,该程序产品被存储在存储介质中,该程序产品被至少一个处理器执行以实现如上述方法实施例的各个过程,且能达到相同的技术效果,为避免重复,这里不再赘述。

[0223] 需要明确的是,本申请并不局限于上文所描述并在图中示出的特定配置和处理。

为了简明起见,这里省略了对已知方法的详细描述。在上述实施例中,描述和示出了若干具体的步骤作为示例。但是,本申请的方法过程并不限于所描述和示出的具体步骤,本领域的技术人员可以在领会本申请的精神后,作出各种改变、修改和添加,或者改变步骤之间的顺序。

[0224] 以上的结构框图中所示的功能模块可以实现为硬件、软件、固件或者它们的组合。当以硬件方式实现时,其可以例如是电子电路、专用集成电路(ASIC)、适当的固件、插件、功能卡等等。当以软件方式实现时,本申请的元素是被用于执行所需任务的程序或者代码段。程序或者代码段可以存储在机器可读介质中,或者通过载波中携带的数据信号在传输介质或者通信链路上传送。“机器可读介质”可以包括能够存储或传输信息的任何介质。机器可读介质的例子包括电子电路、半导体存储器设备、ROM、闪存、可擦除ROM(EROM)、软盘、CD-ROM、光盘、硬盘、光纤介质、射频(RF)链路,等等。代码段可以经由诸如因特网、内联网等的计算机网络被下载。

[0225] 还需要说明的是,本申请中提及的示例性实施例,基于一系列的步骤或者装置描述一些方法或系统。但是,本申请不局限于上述步骤的顺序,也就是说,可以按照实施例中提及的顺序执行步骤,也可以不同于实施例中的顺序,或者若干步骤同时执行。

[0226] 上面参考根据本公开的实施例的方法、装置(系统)和程序产品的流程图和/或框图描述了本公开的各方面。应当理解,流程图和/或框图中的每个方框以及流程图和/或框图中各方框的组合可以由计算机程序指令实现。这些程序指令可被提供给通用计算机、专用计算机、或其它可编程数据处理装置的处理器,以产生一种机器,使得经由计算机或其它可编程数据处理装置的处理器执行的这些指令使能对流程图和/或框图的一个或多个方框中指定的功能/动作的实现。这种处理器可以是但不限于是通用处理器、专用处理器、特殊应用处理器或者现场可编程逻辑电路。还可理解,框图和/或流程图中的每个方框以及框图和/或流程图中的方框的组合,也可以由执行指定的功能或动作的专用硬件来实现,或可由专用硬件和计算机指令的组合来实现。

[0227] 以上,仅为本申请的具体实施方式,所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,上述描述的系统、模块和单元的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。应理解,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,可轻易想到各种等效的修改或替换,这些修改或替换都应涵盖在本申请的保护范围之内。

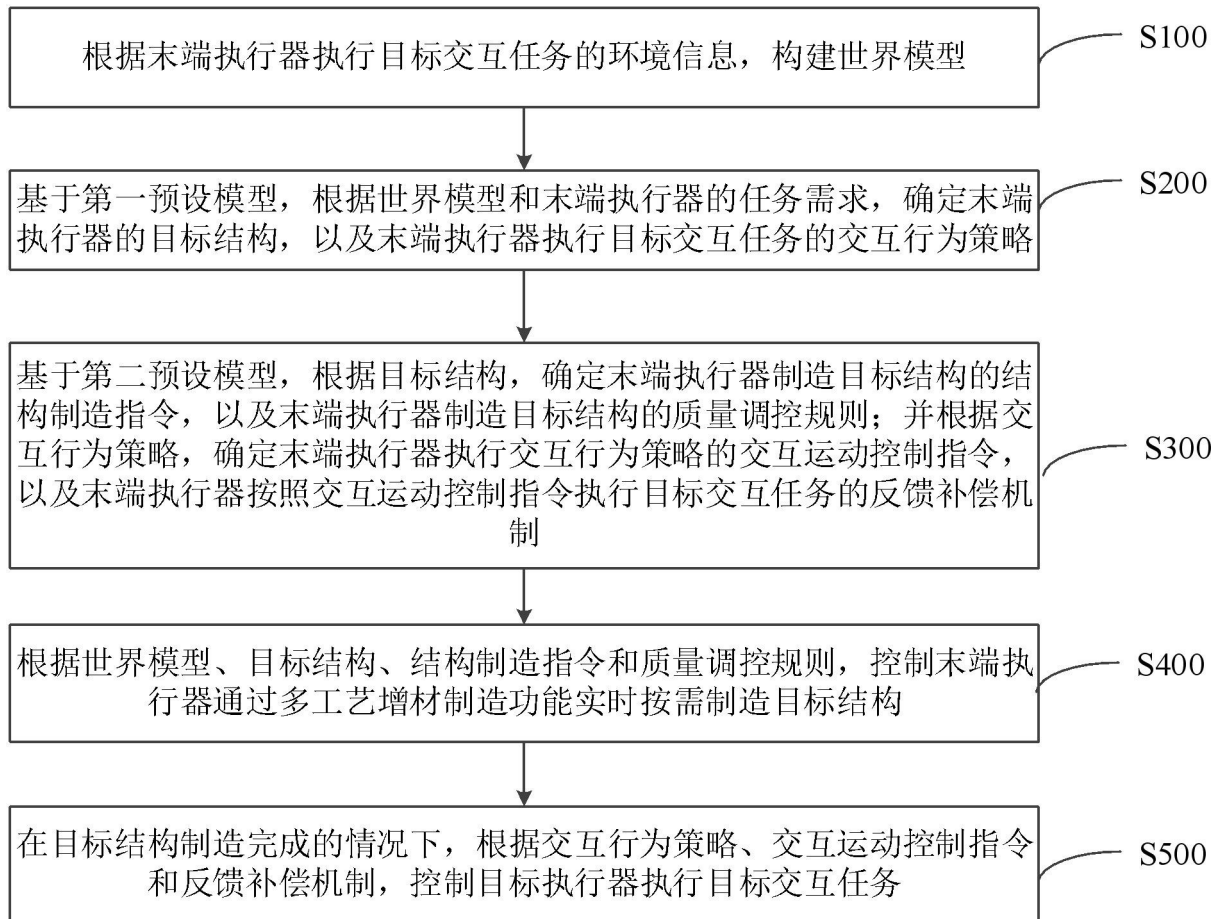


图1

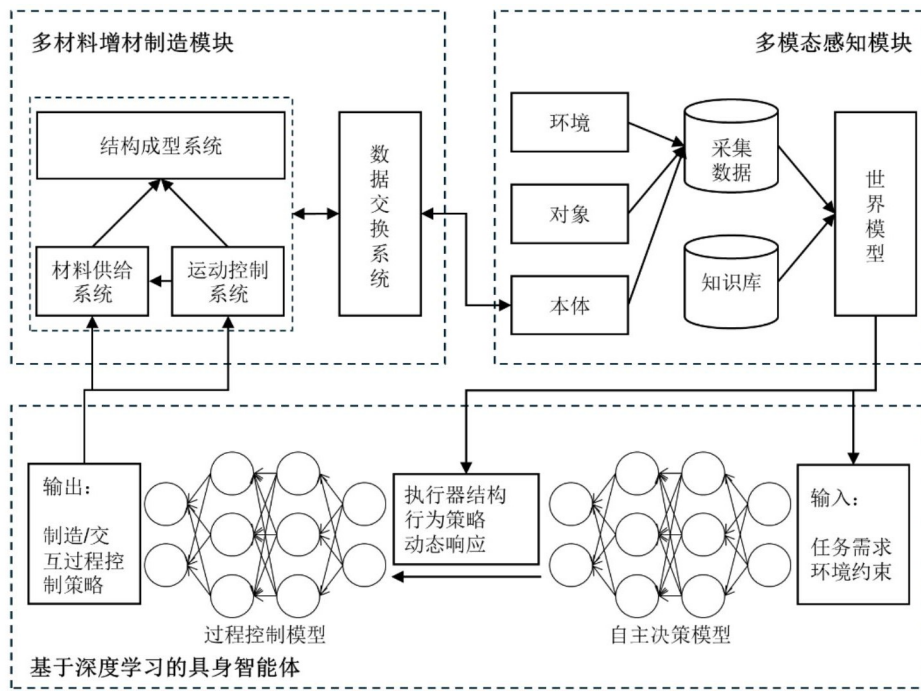


图2

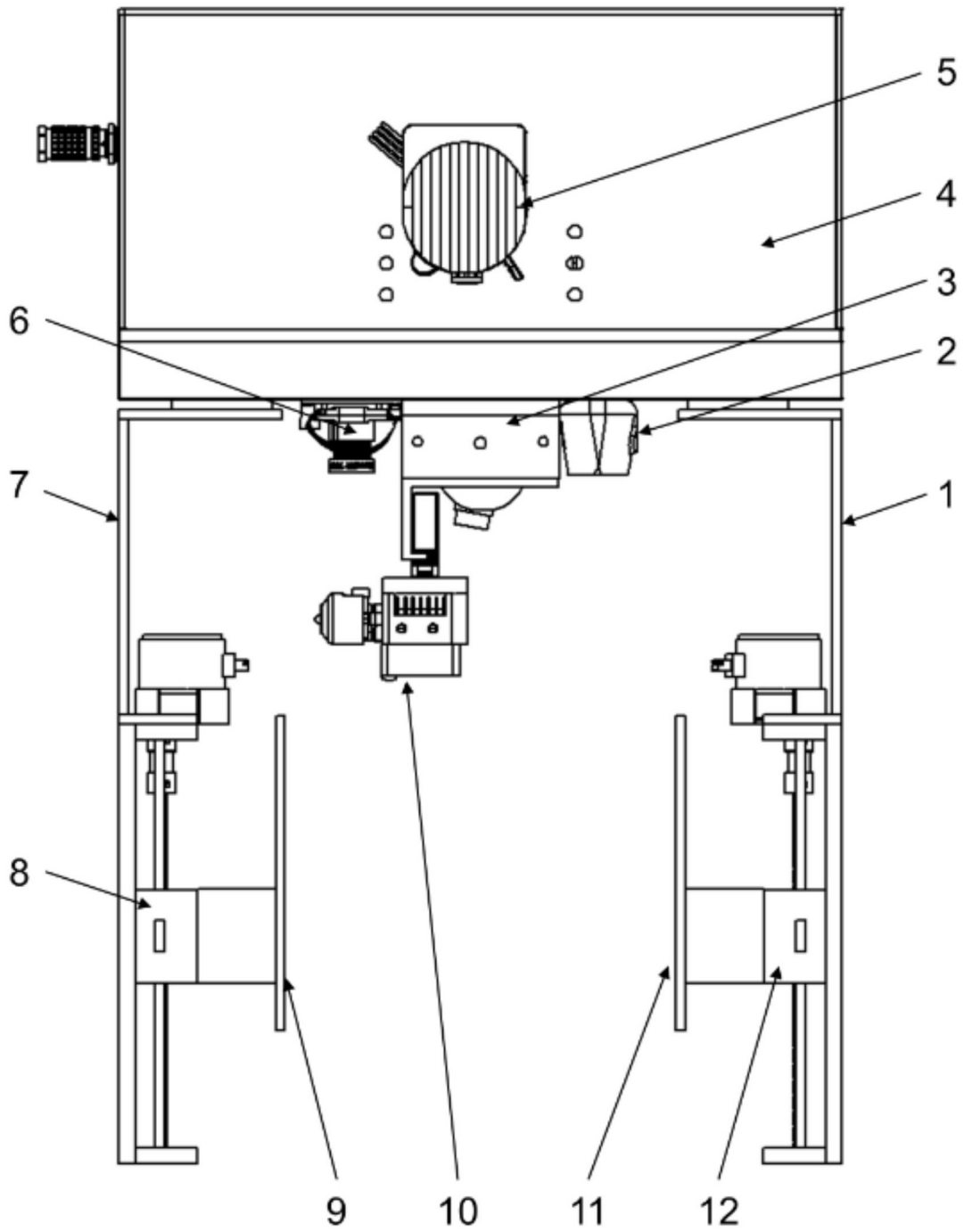


图3

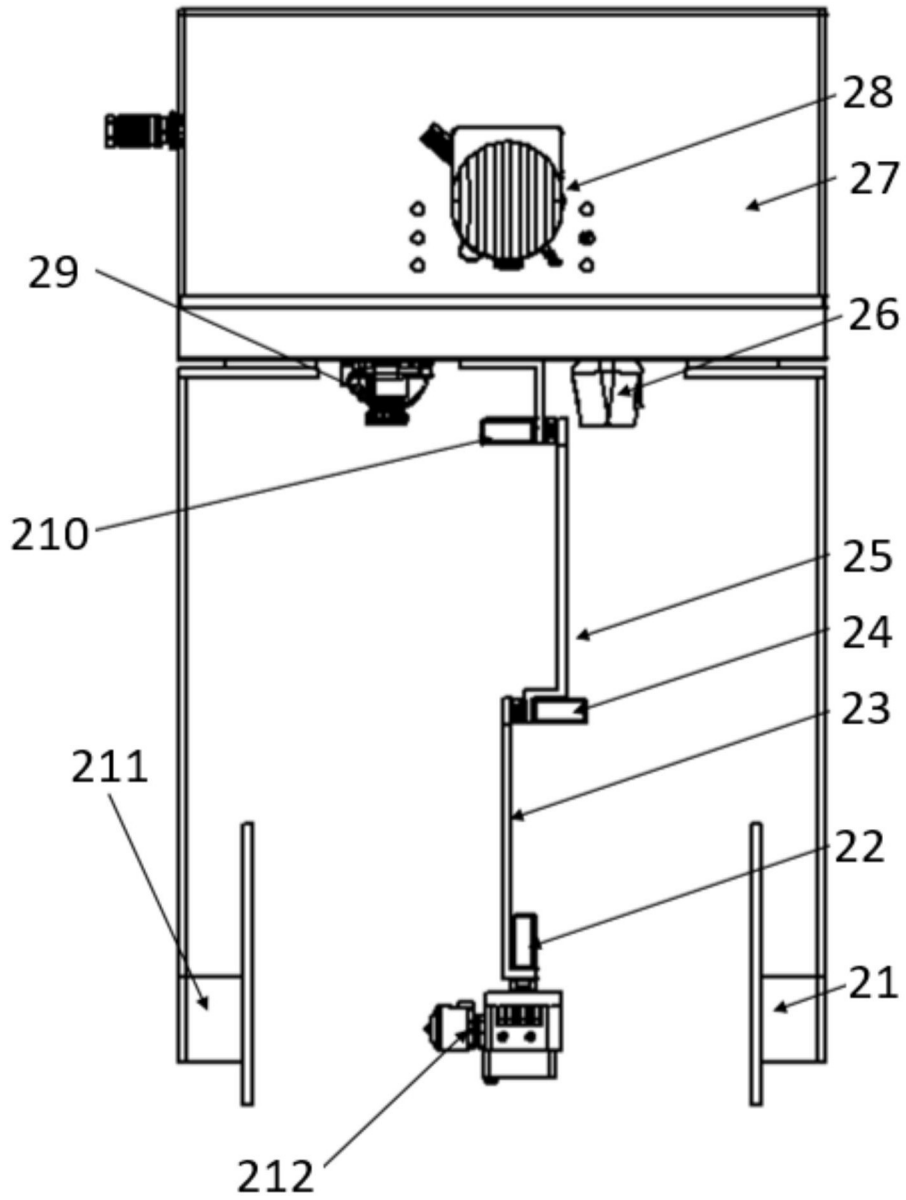


图4

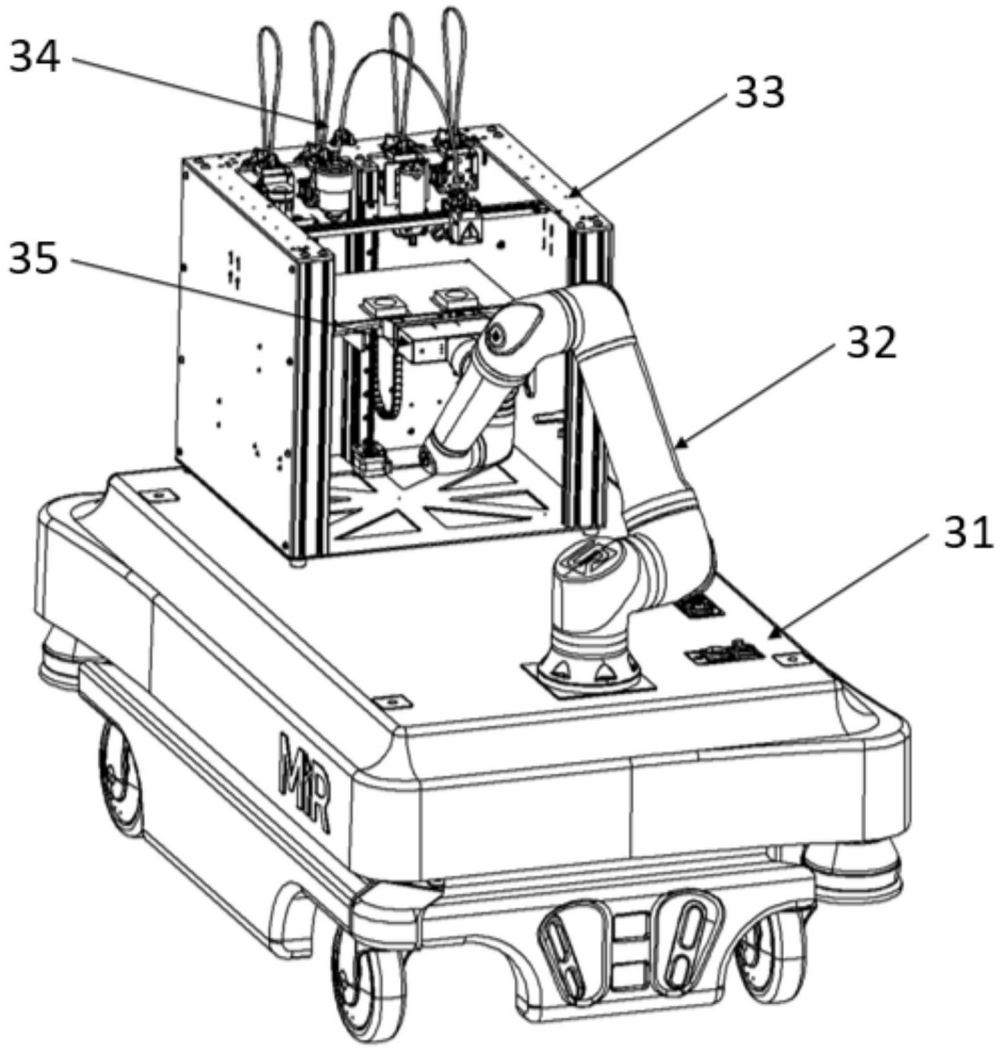


图5

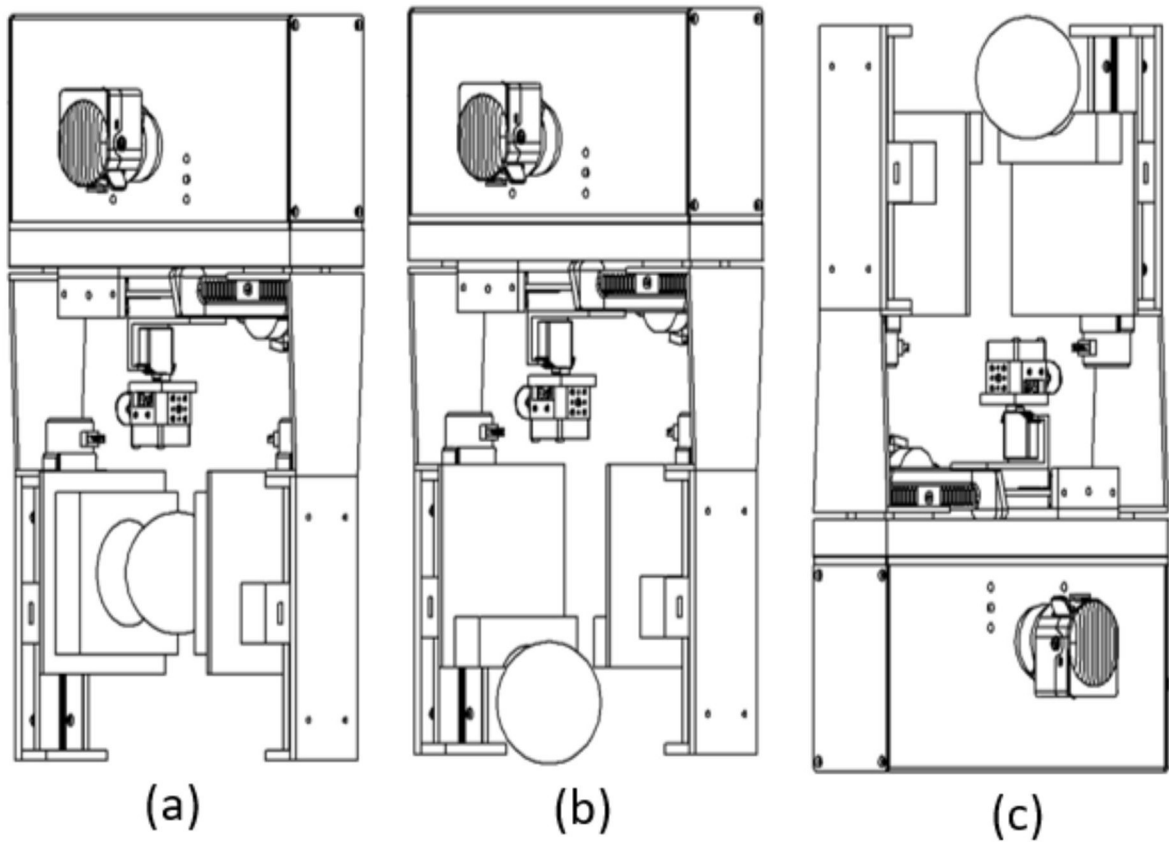


图6

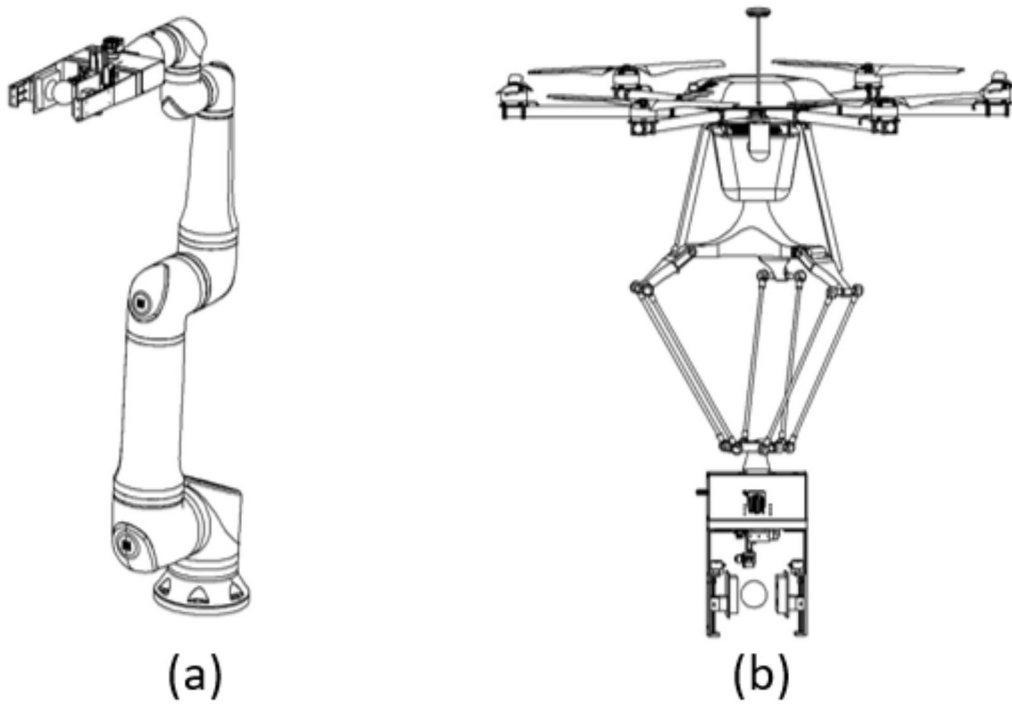


图7

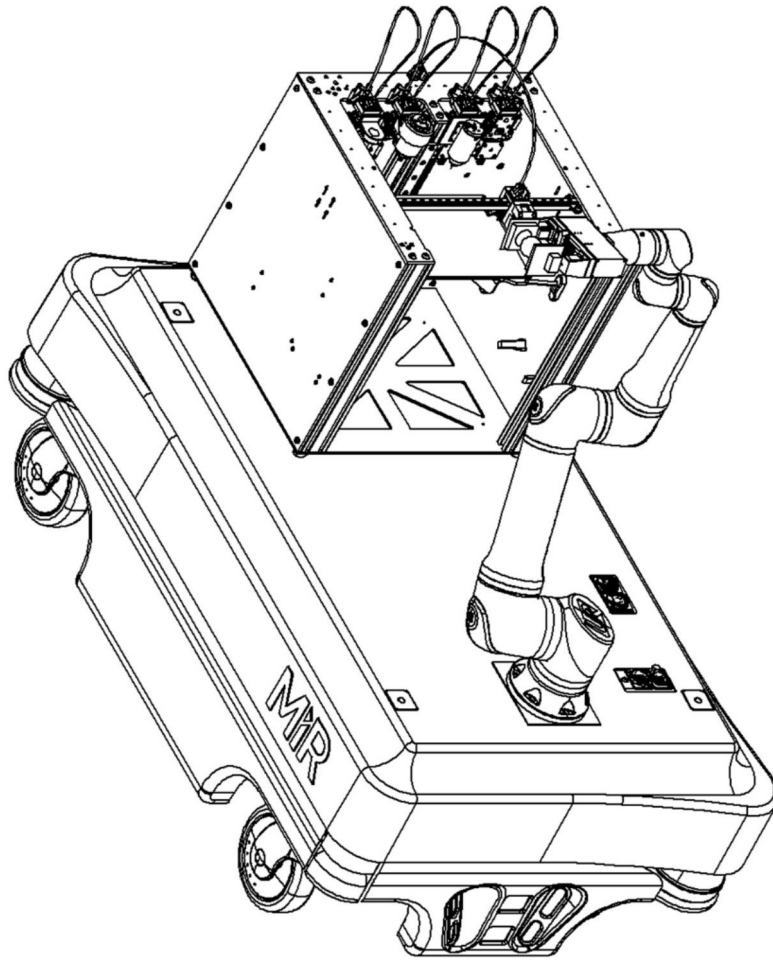


图8

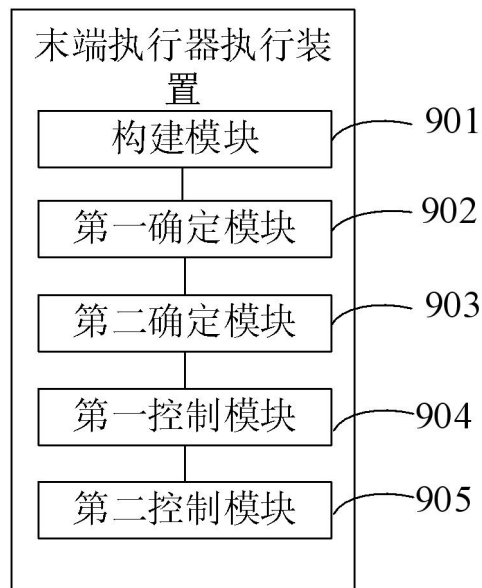


图9

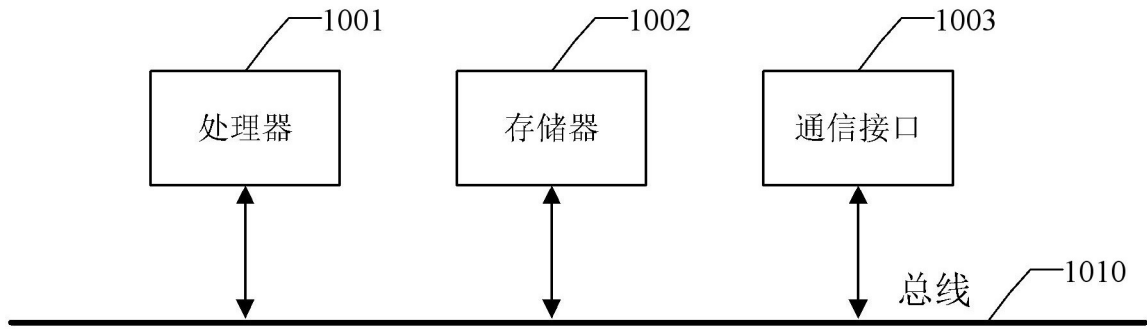


图10