

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 10 月 3 日 (03.10.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/197902 A1

- (51) 国际专利分类号:
B25J 9/12 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/085710
- (22) 国际申请日: 2023 年 3 月 31 日 (31.03.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 腾讯科技(深圳)有限公司 (TENCENT TECHNOLOGY (SHENZHEN) COMPANY LIMITED) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新区科技中一路腾讯大厦 35 层, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 王帅(WANG, Shuai); 中国广东省深圳市南山区高新区科技中一路腾讯大厦 35 层, Guangdong 518057 (CN)。 安昭辉(AN, Zhaohui); 中国广东省

深圳市南山区高新区科技中一路腾讯大厦 35 层, Guangdong 518057 (CN)。 李望维(LEE, Wangwei); 中国广东省深圳市南山区高新区科技中一路腾讯大厦 35 层, Guangdong 518057 (CN)。 刘天亮(LIU, Tianliang); 中国广东省深圳市南山区高新区科技中一路腾讯大厦 35 层, Guangdong 518057 (CN)。 滕肖(TENG, Xiao); 中国广东省深圳市南山区高新区科技中一路腾讯大厦 35 层, Guangdong 518057 (CN)。 郑宇(ZHENG, Yu); 中国广东省深圳市南山区高新区科技中一路腾讯大厦 35 层, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 北京三高永信知识产权代理有限责任公司(BEIJING SAN GAO YONG XIN INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市海

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING MECHANICAL ARM, AND DEVICE AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 机械臂的控制方法、装置、设备及存储介质

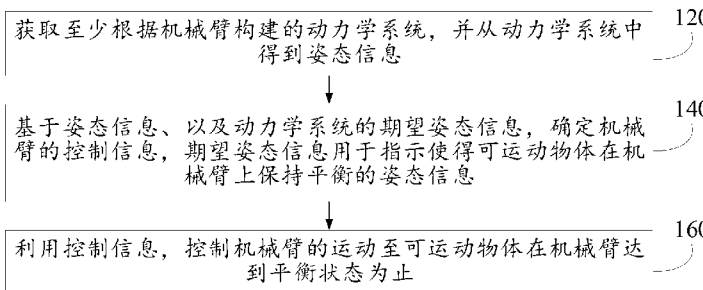


图 4

- 120 Acquire a dynamical system constructed at least according to a mechanical arm, and obtain pose information from the dynamical system
- 140 Determine control information of the mechanical arm on the basis of the pose information, and expected pose information of the dynamical system, wherein the expected pose information is used for indicating pose information that makes a movable object stay balanced on the mechanical arm
- 160 By using the control information, control the movement of the mechanical arm until the movable object reaches a balanced state on the mechanical arm

(57) Abstract: A method for controlling a mechanical arm. A movable object is placed at any position, other than at a tail end, on a mechanical arm. The method, which is executed by a controller, comprises: acquiring a dynamical system constructed at least according to a mechanical arm, and obtaining pose information from the dynamical system; determining control information of the mechanical arm on the basis of the pose information, and expected pose information of the dynamical system, wherein the expected pose information is used for indicating pose information that makes a movable object stay balanced on the mechanical arm; and by using the control information, controlling the movement of the mechanical arm until the movable object reaches a balanced state on the mechanical arm.

淀区上地信息产业基地三街1号楼四层
C段457, Beijing 100085 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,
CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,
IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,
MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA,
PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,
HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO,
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN,
TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

The present application further relates to an apparatus for controlling a mechanical arm, and a device and a storage medium.

(57) 摘要: 一种机械臂的控制方法, 机械臂上除末端外的任意位置上放置可运动物体, 该方法由控制器执行, 该方法包括: 获取至少根据机械臂构建的动力学系统, 并从动力学系统得到姿态信息; 基于姿态信息、以及动力学系统的期望姿态信息, 确定机械臂的控制信息, 期望姿态信息用于指示使得可运动物体在机械臂上保持平衡的姿态信息; 利用控制信息, 控制机械臂的运动至可运动物体在机械臂上达到平衡状态为止。还涉及机械臂的控制装置、设备及存储介质。

机械臂的控制方法、装置、设备及存储介质

技术领域

本申请涉及机器人领域，特别涉及一种机械臂的控制方法、装置、设备及存储介质。

背景技术

随着机器人技术的发展以及适用领域的扩散，机器人在生产、服务等领域已逐步成为不可替代的工具。机械臂是一种常见的机器人的执行器，在生产生活中发挥着重要作用。

相关技术中，通常采用机械臂的末端来完成操作任务。或者，在机械臂的末端安装末端执行器来完成相应操作，如在机械臂的末端安装机械手指，通过控制机械臂和机械手指的运动来完成操作。

发明内容

本申请实施例提供了一种机械臂的控制方法、装置、设备及存储介质，能够使得可运动物体在机械臂上除末端外的任意位置上保持平衡不掉落。所述技术方案如下：

根据本申请的一个方面，提供了一种机械臂的控制方法，机械臂上除末端外的任意位置上放置可运动物体，该方法包括：

获取至少根据机械臂构建的动力学系统，并从动力学系统得到姿态信息；

基于姿态信息、以及动力学系统的期望姿态信息，确定机械臂的控制信息，期望姿态信息用于指示使得可运动物体在机械臂上保持平衡的姿态信息；

利用控制信息，控制机械臂的运动至可运动物体在机械臂上达到平衡状态为止。

根据本申请的一个方面，提供了一种机械臂的控制装置，装置包括：

获取模块，用于获取至少根据机械臂构建的动力学系统，并从动力学系统得到姿态信息；

确定模块，用于基于姿态信息、以及动力学系统的期望姿态信息，确定机械臂的控制信息，期望姿态信息用于指示使得可运动物体在机械臂上保持平衡的姿态信息；

控制模块，用于利用控制信息，控制机械臂的运动至可运动物体在机械臂上达到平衡状态为止。

根据本申请的一个方面，提供了一种机械臂，该机械臂包括存储器和控制器；存储器中存储有至少一条程序代码，程序代码由控制器加载并执行以实现上述的机械臂的控制方法。

根据本申请的一个方面，提供了一种计算机可读存储介质，计算机可读存储介质中存储有计算机程序，所述计算机程序用于被处理器执行，以实现如上所述的机械臂的控制方法。

根据本申请的一个方面，提供了一种芯片，芯片包括可编程逻辑电路和/或程序指令，当安装有芯片的电子设备运行时，用于实现如上所述的机械臂的控制方法。

根据本申请的一个方面，提供了一种计算机程序产品，计算机程序产品包括计算机指令，计算机指令存储在计算机可读存储介质中，处理器从计算机可读存储介质读取并执行计算机指令，以实现如上所述的机械臂的控制方法。

本申请实施例提供的技术方案至少包括如下有益效果：

提供了一种机械臂的新的使用方法，能够使得可运动物体在机械臂上除末端外的任意位置上保持平衡而不掉落，如通过机械臂的小臂外壳实现瓶子不从小臂上滑落。其中，基于至少根据机械臂构建的动力学系统的姿态信息和期望姿态信息，能够确定机械臂的控制信息，从而实现对机械臂的控制。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，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。

图1是本申请一个示例性实施例提供的机械臂的示意图；

图 2 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂的示意图；
图 3 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂的示意图；
图 4 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂的控制方法的流程图；
图 5 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂进行平衡的示意图；
图 6 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂进行平衡的示意图；
图 7 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂的控制方法的流程图；
图 8 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂的控制方法的流程图；
图 9 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂的控制方法的流程图；
图 10 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂进行平衡的示意图；
图 11 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂进行平衡的示意图；
图 12 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂进行平衡的示意图；
图 13 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂的整体控制架构的示意图；
图 14 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂的控制装置的示意图；
图 15 是本申请一个示例性实施例提供的机械臂的结构框图。

具体实施方式

为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本申请实施方式作进一步地详细描述。

机械臂是一种常见的机器人的执行器。随着人工智能的广泛应用，机械臂在生产生活中发挥着重要作用，成为了必不可少的设备。在机械臂的使用过程中，通常采用机械臂的末端来完成操作任务；或者，在机械臂的末端安装末端执行器完成相应操作，如在机械臂的末端安装机械手指，通过控制机械臂和机械手指的运动来完成操作。

相关技术中，不会考虑应用机械臂的刚体连接件和/或外壳来完成操作任务，其主要原因在于：首先，机械臂的外观一般是曲面设计，不具备较大的平面；其次，若没有机械手指等可抓取的机构设计，机械臂的外观与外界物体之间的接触不会形成形封闭和力封闭，这将导致机械臂的控制难度较大。

图 1 示出了本申请一个示例性实施例提供的机械臂的示意图。

在一些实施例中，该机械臂是具有 7 自由度的机械臂。其中，机械臂的肘部、腕部控制电机后置于肩部第三关节中空处。可选的，肘部及腕部绳索驱动由肩部的电机带动皮带传动给绳轮，绳轮通过皮带传动绳对肘部腕部进行相应运动控制。

示意性的，机械臂包括：第一机械关节 10、第二机械关节 20 和驱动组件 30。其中，第一机械关节 10 包括转动连接的第一固定件 101 和第一活动件 102；第二机械关节 20 包括转动连接的第二固定件 201 和第二活动件 202；第二固定件 201 和第一活动件 102 连接。

驱动组件 30 包括至少两个驱动源 301 和至少两条驱动绳索 302；至少两个驱动源 301 中每个驱动源 301 通过至少一条驱动绳索 302 与第一固定件 101、第一活动件 102 和第二活动件 202 连接。

至少两个驱动源 301 包括第一工作模式和第二工作模式；

第一工作模式下，至少两个驱动源 301 能够驱动第二活动件 202 相对于第二固定件 201 旋转，并使得第一活动件 102 相对于第一固定件 101 的位置固定；

第二工作模式下，至少两个驱动源 301 能够驱动第二活动件 202、第二固定件 201 和第一活动件 102 相对于第一固定件 101 旋转，并使得第二活动件 202 相对于第二固定件 201 的位置固定。

本公开的机械臂，包括第一机械关节 10、第二机械关节 20 和驱动组件 30，驱动组件 30 包括至少两个驱动源 301 和至少两条驱动绳索 302，该至少两个驱动源 301 中每个驱动源 301 均通过至少一条驱动绳索 302 与第一机械关节 10 的第一活动件 102、第二机械关节 20 的第二活动件 202，以及第一机械关节 10 的第一固定件 101 连接，该至少两个驱动源 301 第一工

作模式下能够驱动第二活动件 202 相对于第二固定件 201 旋转，并使得第一活动件 102 相对于第一固定件 101 的位置固定；第二工作模式下能够驱动第二活动件 202、第二固定件 201 和第一活动件 102 相对于第一固定件 101 旋转，并使得第二活动件 202 相对于第二固定件 201 的位置固定，实现至少两个驱动源 301 对多个关节的耦合驱动，提高驱动源 301 的利用率，降低机械关节的结构复杂度，提高机械关节的转动惯量，增强机械关节的运动性能。

此外，本实施例中第二机械关节 20 独立运动（即第二活动件 202 相对于第二固定件 201 旋转，但第一活动件 102 相对于第一固定件 101 的位置固定）时，以及第一机械关节 10 带动第二机械关节 20 耦合运动（即第二活动件 202、第二固定件 201 和第一活动件 102 相对于第一固定件 101 旋转，第二活动件 202 相对于第二固定件 201 的位置固定）时，都是由至少两个驱动源 301 同时驱动，也即，无论那个自由度对应的关节运动，均受到至少两个驱动源 301 的动力驱动，相较于相关技术中，单一自由度通过单一驱动源 301 驱动的方案，能够实现至少连个驱动源 301 对单一活动件的耦合驱动，实现至少两倍的牵引驱动，有利于提高活动件的转动力矩、转动速度等工作性能。

在一些可能的实现方式中，至少两个驱动源 301 包括电机和主动绳轮，电机和主动绳轮通过传动机构连接，由电机通过传动机构带动主动绳轮旋转。

驱动绳索 302 缠绕在主动绳轮上，主动绳轮旋转时，能够将驱动绳索 302 绕紧在其上，从而通过驱动绳索 302 对第一固定件 101、第一活动件 102 和第二活动件 202 中的至少之一产生牵引力。

在一些可能的实现方式中，传动机构包括但不限于带传动机构、齿轮传动机构、蜗轮蜗杆传动机构等等。

示例性地，传动机构为带传动，例如包括主动带轮、传动带和被动带轮，其中主动带轮与电机的输出轴连接，被动带轮与主动绳轮连接，传动带连接在主动带轮和被动带轮之间。

再一示例性地，传动机构为带传动，例如还包括张紧机构，张紧机构靠近与传动带，张紧机构能够用于调节传动带的张紧力。

在一些可能的实现方式中，第一工作模式和第二工作模式，例如，可以为根据至少两个驱动源 301 的旋转方向的不同或相同而形成的不同的工作模式；还可以根据至少两个驱动源 301 的旋转速度的不同或相同而形成的不同的工作模式；还可以为根据至少两个驱动源 301 的旋转方向、旋转速度的不同或相同而形成的不同的工作模式。

在一些实施例中，第一工作模式下，至少两个驱动源 301 同向旋转，第二工作模式下，至少两个驱动源 301 反向旋转。

从而，本实施例的机械臂，通过控制该至少两个驱动源 301 的旋转方向，就可以控制第二机械关节 20 独立运动、以及第一机械关节 10 带动第二机械关节 20 耦合运动，结构简单，耦合控制效率高。

在一些实施例中，第一工作模式下，至少两个驱动源 301 反向旋转，第二工作模式下，至少两个驱动源 301 同向旋转。

此外，示例性地，第一工作模式和第二工作模式时，至少两个驱动源 301 的旋转速度、输出扭矩的大小相同。

结合图 1 所示，在一些实施例中，至少两个驱动源 301 位于第一固定件 101 背离第一活动件 102 的一侧，至少两条驱动绳索 302 穿过第一固定件 101 与第一活动件 102 连接，并穿过第二固定件 201 与第二活动件 202 连接。

从而，本实施例的机械臂中，将至少两个驱动源 301 设置在第一固定件 101 背离第一活动件 102 的一侧，驱动绳索 302 穿过第一固定件 101 与第一活动件 102 连接，并穿过第二固定件 201 与第二活动件 202 连接，至少两个驱动源 301 的质量集中在第一固定件 101 所在侧，第一活动件 102、第二固定件 201 和第二活动件 202 所在侧的质量较小，有利于提高该侧结构的转动惯量，提高其运行性能。

结合图2所示, 在一些实施例中, 第一机械关节10为机械肩关节, 第二机械关节20为机械肘关节; 第一固定件101和第一活动件102沿第一轴线001转动连接; 第二固定件201和第二活动件202沿第二轴线002转动连接。

第一工作模式下, 至少两个驱动源301能够驱动第二活动件202相对于第二固定件201绕第二轴线002旋转, 并使得第一活动件102相对于第一固定件101的位置固定; 第二工作模式下, 至少两个驱动源301能够驱动第二机械关节20和第一活动件102相对于第一固定件101绕第一轴线001旋转, 并使得第二活动件202相对于第二固定件201的位置固定。

在另一些实施例中, 第一机械关节10为机械肩关节, 第二机械关节20为机械肘关节, 在第一工作模式下, 至少两个驱动源301能够驱动机械肘关节的第二活动件202相对于机械肘关节的第二固定件201绕第二轴线002旋转, 机械肩关节的第一活动件102相对于机械肩关节的第一固定件101的位置固定, 实现机械肘关节的独立运动。

在第二工作模式下, 至少两个驱动源301能够驱动机械肩关节的第一活动件102带动整个机械肘关节(包括第二固定件201和第二活动件202)相对于机械肩关节的第一固定件101绕第一轴线001旋转, 但机械肘关节的第二活动件202相对于机械肘关节的第二固定件201的位置固定, 实现机械肘关节和机械肩关节的耦合运动。

示例性的, 机械臂可使用一套驱动源301, 控制器可通过控制该一套驱动源301运行在不同的工作模式下, 就能够分别驱动机械肘关节和机械肩关节。机械肘关节和机械肩关节的自由度均能够被至少两个驱动源301牵引驱动, 实现至少两倍的牵引力驱动, 有利于提高机械肘关节和机械肩关节的转动力矩、转动速度等工作性能。

在一些可能的实现方式中, 机械臂还包括机械腕关节, 机械肩关节与机械肘关节连接, 机械腕关节与机械肘关节连接, 形成完整的机械臂。

在一些可能的实现方式中, 至少两个驱动源301位于第二活动件202内, 且与第二活动件202连接, 随第二活动件202运动。

结合图2所示, 在一些实施例中, 第一轴线001和第二轴线002垂直相交。从而, 第一机械关节10(如机械肩关节)能够带动第二机械关节20(如机械肘关节)旋转, 模拟人体的手臂中前臂自旋的运动, 第二机械关节20能够在空间内朝向大范围(如0-360°)内旋转运动, 丰富了机械臂的动作场景, 提高机械臂的适用范围。

结合图2所示, 在一些实施例中, 第一机械关节10还包括第三固定件103; 第一固定件101与第三固定件103转动连接。从而, 第一机械关节10包括依次转动连接的第三固定件103、第一固定件101和第一活动件102。

在一些可能的实现方式中, 第一固定件101通过肩部驱动组件驱动相对于第二固定件201转动, 能够模拟人体的手臂的肩关节的抬升运动。第二固定件201与机器人的躯干部或者其它支撑结构固定连接, 起到固定支撑整条机械臂的作用。

结合图2所示, 在一些实施例中, 第二机械关节20还包括第一连接件203, 第二固定件201与第一连接件203转动连接, 第一连接件203与第二活动件202转动连接。

从而, 本实施例的机械臂中, 第二机械关节20中第二固定件201通过第一连接件203与第二活动件202转动连接, 能够将第二轴线002设置在距离第二固定件201较远的位置, 使得第二活动件202相对于第二固定件201能够旋转的角度得到显著扩大。

此外, 本实施例的机械臂降低了机械肘关节的驱动绳索302的布线难度, 有利于降低机械肘关节的装配和维护难度。

本实施例的机械臂, 至少两个驱动源301包括两个肘部主动绳轮, 两个肘部主动绳轮安装在第一活动件102内, 两个肘部主动绳轮能够分别驱动两条肘部驱动绳索302, 两条肘部驱动绳索302缠绕在两个肘部主动绳轮上也实现了驱动绳索302与第一活动件102的连接。

至少两条驱动绳索302包括两条肘部驱动绳索302, 两条肘部驱动绳索302分别连接第一固定件101、第一活动件102、第二活动件202, 并且分别与第二活动件202的第一位置和

第二位置连接，最终沿相反的缠绕方向与第二活动件 202 连接。

参考图 3，以第一机械关节 10 是机械肩关节为例，在具有 7 自由度的机械臂的低惯量差分式肩关节结构中，在肩部采用了一个差分绳驱动机构，这将能够减轻机构的重量将电机模块后置，在某些情况下还可以实现力矩的叠加。

其中，肩关节的第三个自由度采用的是一对大小线轮，采用绳驱动的方式进行传动，进一步提升传动精度，减轻重量。最后，将腕关节和肘关节的驱动模块后置于肩关节大臂模块，从而降低整个机械臂的重量。

基于此，机械臂的结构将易于模块化，从而简化机械臂的制造流程。

参考前述内容，通常采用机械臂的末端来完成操作任务。本申请实施例提供了一种机械臂的控制方法，能够通过机械臂的非末端来完成平衡任务，从而使得可运动物体在机械臂上除末端外的某一位置上保持平衡。

其中，末端用于指示机械臂远离肩关节的一端。在一些实施例中，机械臂由多个连杆首尾相连构成。比如，连杆 1 和连杆 2 构成机械臂，连杆 1 的第一端为肩关节，连杆 1 的第二端与连杆 2 的第一端连接，则末端用于指示连杆 2 的第二端。在一些实施例中，末端还可以理解为机械臂远离肩关节的一端所连接的机械手，如连杆 1 和连杆 2 构成的一条机械臂，连杆 2 的第一端与连杆 1 连接，连杆 2 的第二端为机械手，则末端用于指示连杆 2 上的机械手。

参考图 1，应当理解的是，当机械臂安装在机器人主体上时，第二活动件 202 即为机械臂远离肩关节的一端，也即本申请实施例所述的机械臂的末端。

可运动物体可用于指示任意一个占据一定空间的三维物体，该物体的形状、大小、材质、质量等均不受限制。例如，可运动物体可以是瓶子、杆件、球体、不规则物体等。应当理解的是，可运动物体是一个非固定的物体，可以被放置在机械臂上除末端外的任意位置上，且不与机械臂进行固定。进一步的，机械臂除末端外的任意位置上放置了可运动物体，该可运动物体有部分外表面与机械臂接触，其他外表面不与机械臂接触。

以可运动物体是瓶子为例，对于具有多个自由度的机械臂而言，本申请实施例提供的机械臂的控制方法，通过机械臂的某个非末端连杆（如机械臂的小臂），来实现瓶子在机械臂的小臂表面上保持平衡而不掉落。

应当理解的是，本申请实施例提供的控制方法可由前述的机械臂的控制器实现，该控制器可设置在机械臂中，也可设置在机械臂的外部且与机械臂有线或无线连接，来控制机械臂的运动。

图 4 示出了本申请一个示例性实施例提供的机械臂的控制方法，图 5 示出了本申请一个示例性实施例提供的机械臂进行平衡的示意图。其中，机械臂上除末端外的任意位置上放置可运动物体，可运动物体的相关描述可参考前述内容。参考图 5，以可运动物体是瓶子为例，瓶子放置在机械臂的小臂上。示意性的，本申请实施例提供的机械臂的控制方法，包括：

步骤 120：获取至少根据机械臂构建的动力学系统，并从动力学系统得到姿态信息。

示意性的，动力学系统用于描述机械臂在保持可运动物体处于平衡时的力和/或运动关系。由于机械臂的控制（或可理解为机械臂对于可运动物体进行平衡的动态响应）受到机械臂的运动、以及可运动物体的运动的双重约束，动力学系统需要体现机械臂和可运动物体的相互作用关系。

在一些实施例中，可根据机械臂构建坐标系，并通过机械臂关联的至少一个传感器来获取到机械臂的力矩信息和/或运动信息，如机械臂各个关节的控制力矩、和/或各个构成杆件相对于初始位置的位移量等。其中，至少一个传感器包括但不限于如下传感器中的一种：力矩传感器、触觉传感器、视觉传感器等。应当理解的是，根据至少一个传感器，还可以获取到可运动物体的相关信息，如可运动物体相对于机械臂的位置等。随后，基于构建的坐标系、以及获取到的力矩信息和/或运动信息，可构建动力学系统。

应当理解的是，动力学系统可根据机械臂构建，也可根据机械臂和可运动物体构建。

在一些实施例中，如图6所示，根据机械臂构建动力学系统。

其中，在机械臂处于完全伸展的情况下，将机械臂的两端进行连线，以与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线所在的方向为x方向，以机械臂伸展时两端之间的连线所在的方向为y方向，以与机械臂伸展时所垂直的垂直线所在的方向为z方向。示例性的，x方向为本申请实施例所涉及的第一方向，y方向为本申请实施例所涉及的第二方向。

基于此，与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线即为x轴（也可称之为第一转轴），x轴位于机械臂靠近肩关节的一端；机械臂伸展时两端之间的连线的延长线即为y轴（也可称之为第二转轴），y轴经过机械臂的中心。示意性的，机械臂可绕x轴和/或y轴进行转动，机械臂绕x轴进行转动的角度可视为横滚角，机械臂绕y轴进行转动的角度可视为俯仰角。

其中，机械臂的延长线是机械臂伸直的情况下，机械臂的延伸方向。示例性的，竖直方向和地球重力方向在同一条直线上，水平面是垂直地球重力的水平方向所在的平面。示例性的，图6示出了机械臂伸直的情况下的延长线，示例性的，延长线是从机械臂的末端指向机械臂之外的一条射线，延长线所在方向和机械臂的小臂质心出发，指向机械臂末端的方向平行。比如，在图6中，延长线和y轴呈平行关系。示例性的，图6中延长线是从机械臂的小臂出发的，示例性延长线可以从机械臂上的任意位置出发。在另一种实现方式中，可以通过在机械臂以外的位置出发的射线，指示延长线方向；本实施例并不限制。

应当理解的是，由x、y、z轴可构成一个坐标系，且坐标轴的位置随机械臂的运动而改变。也即，x轴始终是与机械臂伸展时两段之间的连线所垂直的直线，该直线应当与机械臂的上表面平行或相切；y轴始终是机械臂伸展时两端之间的连线的延长线；z轴始终是与机械臂伸展时所垂直的垂直线，该垂直线应当与机械臂的上表面垂直。

在另一些实施例中，动力学系统可根据机械臂和可运动物体构建，参考图5和图6，在将可运动物体放置于机械臂的非末端的任意位置上时，可运动物体应当显示在x方向上。以可运动物体是瓶子为例，将其视为一个圆柱体，则该圆柱体的长度所在的方向即为x方向，该圆柱体的底面所在的平面即为由y轴和z轴所构成的平面。

示意性的，在构建动力学系统后，可获取到动力学系统的姿态信息。

其中，姿态信息用于指示基于动力学系统所获取到的至少与机械臂关联的信息。根据前述内容，动力学系统用于描述机械臂在保持可运动物体处于平衡时的力和/或运动关系，与之对应的，姿态信息用于描述机械臂在保持可运动物体处于平衡时的姿态。可选的，姿态信息包括如下信息中的至少一种：机械臂的力矩信息、机械臂的运动信息、可运动物体的运动信息。比如，姿态信息包括机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标和移动速度（可以理解为机械臂的运动信息），和/或可运动物体的质心（center of mass）与机械臂的重心（center of gravity）在x方向上的偏移量和偏移速度（可以理解为可运动物体的运动信息）。又如，姿态信息还可以包括机械臂进行移动和/或转动时的力矩大小、力矩方向、力矩作用位置中的至少一个（可以理解为机械臂的力矩信息）。应当理解的是，姿态信息根据实际需要获取，本申请对此不做限定。

在一些实施例中，姿态信息可基于视觉传感器获得。比如，在机械臂上或外部环境中设置摄像头，以获取机械臂和可运动物体的图像信息，该图像信息用于展示可运动物体放置在机械臂上。随后，对图像信息进行处理，以得到图像处理结果。示例性的，在获取到图像信息后，根据可运动物体与环境中的物体的颜色的不同进行聚类分析，以确定可运动物体的几何中心，随后可确定几何中心和质心位置在动力学系统中的位置。基于此，结合机械臂的相关信息，可得到姿态信息，如根据可运动物体的几何中心确定接触位置的位置坐标和移动速度，根据可运动物体的质心位置确定偏移量和偏移速度。

在另一些实施例中，姿态信息还可基于视觉传感器和触觉传感器获得。比如，在机械臂的外壳上铺设触觉传感器，以采集可运动物体放置在机械臂上时所对应的触觉信号。基于此，将能够准确得到可运动物体在机械臂上的具体位置，结合机械臂的相关信息可确定姿态信息。

步骤 140: 基于姿态信息, 以及动力学系统的期望姿态信息, 确定机械臂的控制信息。

示意性的, 期望姿态信息用于指示使得可运动物体在机械臂上保持平衡的姿态信息, 姿态信息的相关描述可参考前述内容, 不再赘述。

参考图 5, 可运动物体放置在机械臂上除末端外的任意位置上, 本申请实施例提供的机械臂的控制方法的目的, 是保证可运动物体在机械臂上处于平衡状态。基于此, 控制器需要根据动力学系统的当前状态, 预估下一时刻的状态, 并据此确定机械臂在下一时刻的控制信息, 来使得可运动物体能够始终在机械臂上保持平衡而不掉落。

可选的, 期望姿态信息可根据实际需要确定。比如, 基于机械臂和可运动物体构建的动力学系统分别进行可运动物体和机械臂的状态估计, 根据可运动物体和机械臂的交互来确定可运动物体在下一时刻的状态。此时, 根据可运动物体在下一时刻的状态, 可以判断出可运动物体在机械臂上是否处于较为稳定的平衡状态。如可运动物体与机械臂的接触位置、可运动物体的质心、机械臂的重心位于同一点, 则可运动物体在机械臂上处于较为稳定的平衡状态。此时, 可期待可运动物体在机械臂上处于静止平衡状态, 从而确定期待姿态信息。

其中, 处于静止平衡状态下的可运动物体在机械臂上静止, 也可理解为机械臂和可运动物体处于相对静止的状态。假设期望姿态信息是可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 方向上的期望偏移量和期望偏移速度, 则可将期望姿态信息设置为 0, 即期望可运动物体在机械臂上静止。

随后, 为使得可运动物体在下一时刻仍然在机械臂上处于平衡状态, 需要控制机械臂进行运动, 以调整可运动物体在下一时刻的状态。基于此, 可根据机械臂构建的动力学系统, 通过逆向运动学确定出机械臂的每个关节的控制信息, 如关节角度、关节角速度等。随后, 根据前述控制信息对机械臂的各个关节进行控制, 从而实现使得可运动物体在机械臂上保持平衡的目的。

在一些实施例中, 本申请实施例提供的机械臂的控制方法可由比例-积分-微分(Proportion Integration Differentiation, PID)控制器实现。

其中, PID 控制器是在工业控制应用中所使用的反馈回路部件。根据 PID 控制器的控制原理, 可将收集到的数据和对应的参考值(或可理解为期望值、目标值)进行比较, 将二者的差值用于计算新的输入值, 这个新的输入值的目的是可以让系统的数据达到或者保持在参考值。

基于此, 步骤 140 可实现为: 确定姿态信息和期望姿态信息的差值; 根据该差值, 确定机械臂的控制信息。

可选的, 控制信息还根据比例控制参数、微分控制参数、积分控制参数中的至少一个确定。此时, 控制信息通过姿态信息和期望姿态信息的差值、与前述三个参数的乘积之和进行确定。

参考前述内容, 由于机械臂可以绕 x 轴和/或 y 轴进行转动, 控制信息也可据此进行分类。示例性的, 控制信息至少包括机械臂在 x 方向和 y 方向上的控制力矩, 比如, 控制信息包括机械臂绕 x 转轴转动的横滚角方向上施加的力矩(也可称之为第一控制力矩), 又如, 控制信息包括机械臂绕 y 转轴转动的俯仰角方向上施加的力矩(也可称之为第二控制力矩)。

在确定第一控制力矩和第二控制力矩后, 可实现对机械臂的控制, 从而使得可运动物体在机械臂上保持平衡而不掉落。

参考前述内容, 姿态信息包括: 机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标和移动速度, 和/或可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 方向上的偏移量和偏移速度。与之对应的, 期望姿态信息包括: 机械臂与可运动物体的接触位置的期望坐标和期望移动速度, 和/或可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 方向上的期望偏移量和期望偏移速度。

在一些实施例中, 期望姿态信息为 0, 则可理解为, 期望可运动物体处于静止平衡状态, 以使得可运动物体在机械臂上静止。在另一些实施例中, 期望姿态信息不为 0, 则可理解为,

期望可运动物体处于动态平衡状态，以使得可运动物体在机械臂上发生位移或滚动但不掉落。

示例性的，在控制信息包括第一控制力矩和第二控制力矩的情况下，可根据机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标和移动速度，以及机械臂与可运动物体的接触位置的期望坐标和期望移动速度来确定第一控制力矩；同时，根据可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 方向上的偏移量和偏移速度，以及可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 方向上的期望偏移量和期望偏移速度来确定第二控制力矩。

应当理解的是，本申请所提及的机械臂，可以理解为整条机械臂上、与完成可运动物体的平衡任务强关联的刚体。比如，整条机械臂包括肩关节、大臂和小臂，可运动物体放置在机械臂的小臂上，则可将本申请所提及的机械臂指的是整条机械臂中的小臂。

步骤 160：利用控制信息，控制机械臂的运动至可运动物体在机械臂上达到平衡状态为止。

在确定控制信息后，可根据控制信息进行机械臂的控制。

参考前述内容，控制信息包括第一控制力矩和/或第二控制力矩。

在一些实施例中，控制信息包括第一控制力矩，步骤 160 可实现为：根据第一控制力矩，控制机械臂绕第一转轴进行运动，第一转轴是与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线。在另一些实施例中，控制信息包括第二控制力矩，步骤 160 可实现为：根据第二控制力矩，控制机械臂绕第二转轴进行运动，第二转轴是机械臂伸展时两端之间的连线的延长线。

参考前述内容，期望姿态信息用于指示使得可运动物体在机械臂上保持平衡的姿态信息。基于此，步骤 160 可实现为：利用控制信息，控制机械臂进行至少一种运动行为，以使得可运动物体在机械臂上处于平衡状态；其中，机械臂的运动行为包括如下行为中的至少一种：保持相对静止、移动、转动。

应当理解的是，控制信息是机械臂各个关节的控制力矩构成的力矩序列，根据该力矩序列将实现对机械臂各个关节的运动控制。基于各个关节的控制力矩的交互，将使得机械臂在视觉上呈现静止和运动两种状态。其中，机械臂在视觉上呈现静止状态，可以理解为机械臂的运动行为是保持相对静止，也即基于机械臂各个关节的控制，从而使得机械臂在视觉上呈现一种机械臂处于静止的表现。机械臂在视觉上呈现运动状态，可以理解为机械臂的运动行为是移动和/或转动，也即，基于机械臂各个关节的控制，能够使得机械臂在视觉上呈现一种机械臂处于运动的表现，其运动可以机械臂的移动和/或转动，如机械臂以肩关节为中心进行上下摆动，又如机械臂以肩关节为旋转中心进行左右转动。

示意性的，平衡状态用于指示可运动物体处于受力均衡的状态。此时，可运动物体可以不再运动，也可以处于一个相对机械臂进行小幅运动的状态（如匀速小幅移动）。更进一步的，平衡状态用于指示可运动物体处于受力均衡、且不再运动的状态。

其中，平衡状态可包括如下两种：静止平衡状态，处于静止平衡状态下的可运动物体在机械臂上静止（或可理解为可运动物体相对于机械臂静止）；动态平衡状态，处于动态平衡状态下的可运动物体在机械臂上发生位移或滚动（或可理解为可运动物体相对于机械臂发生位移或滚动静止）。在一些实施例中，处于动态平衡状态下的可运动物体在机械臂上发生位移或滚动但不掉落。

可以理解为，基于姿态信息和期望姿态信息确定的控制信息，能够使得机械臂进行至少一种运动行为，其目的是为了使得可运动物体始终在机械臂上静止，或者其目的是为了使得可运动物体与机械臂的相对位置发生变化但可运动物体不从机械臂上掉落。

以可运动物体是瓶子为例，瓶子放置在机械臂的小臂上。控制器确定控制信息后，据此控制机械臂的各个关节进行运动。其中，瓶子可在机械臂的小臂上保持相对静止，此时的机械臂可保持相对静止或进行 x/y 方向上的微调；或者，瓶子可在机械臂的小臂上发生滚动，机械臂可保持相对静止或进行 x/y 方向上的微调，从而使得瓶子不从机械臂上掉落。

应当理解的是，根据控制信息对机械臂进行的控制是一个持续的过程。示例性的，步骤

160 可实现为如下:

利用第一时刻的控制信息, 控制机械臂在第二时刻的运动;

利用第二时刻的控制信息, 控制机械臂在第三时刻的运动;

重复上述步骤, 直至机械臂在第 n 时刻使得可运动物体在机械臂上达到平衡状态为止。

其中, 第一时刻早于第二时刻, 第二时刻早于第三时刻, 第三时刻早于第 n 时刻, n 为大于 3 的正整数。

可以理解为, 在构建动力学系统后, 根据当前时刻的姿态信息和期望姿态信息, 可确定下一时刻的控制信息, 并据此控制机械臂在下一时刻的运动; 随后, 可根据下一时刻的姿态信息和期望姿态信息, 来确定再一下时刻的控制信息, 并据此控制机械臂进行运动。重复上述步骤一次或多次后, 将使得机械臂在某一时刻的运动能够促使可运动物体在机械臂上达到平衡状态, 此时将停止机械臂的运动控制。

也即, 在根据当前时刻的姿态信息和期望姿态信息确定下一时刻的控制信息后, 机械臂将进行运动, 从而使得下一时刻的姿态信息和期望姿态信息发生变化。随后, 可对下一时刻的可运动物体的状态进行判断, 此时已达到下一时刻, 下一时刻成为新的当前时刻。若可运动物体在机械臂上达到平衡状态, 则停止对机械臂的控制; 若未达到平衡状态, 则继续获取新的下一时刻 (相对于新的当前时刻) 的姿态信息和期望姿态信息, 重复实现机械臂的控制。

综上所述, 本申请实施例提供了一种机械臂的新的使用方法, 能够使得可运动物体在机械臂上除末端外的任意位置上保持平衡而不掉落。其中, 基于至少根据机械臂构建的动力学系统所对应的姿态信息和期望姿态信息, 能够确定控制信息, 从而实现对机械臂的控制。

结合参考图 4, 图 7 示出了本申请一个示例性实施例提供的机械臂的控制方法的流程图, 步骤 140 可实现为步骤 141 和步骤 142, 具体如下:

步骤 141: 确定姿态信息和期望姿态信息的差值。

步骤 142: 根据前述差值, 确定控制信息。

示意性的, 期望姿态信息用于指示使得可运动物体在机械臂上保持平衡的姿态信息, 姿态信息、期望姿态信息的相关描述可参考前述内容, 不再赘述。

参考图 6, 在一些实施例中, 姿态信息包括: 机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标和移动速度, 和/或可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 方向上的偏移量和偏移速度。与之对应的, 期望姿态信息包括: 机械臂与可运动物体的接触位置的期望坐标和期望移动速度, 和/或可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 方向上的期望偏移量和期望偏移速度。

基于此, 姿态信息和期望姿态信息的差值为如下差值中的至少一个: 位置坐标与期望坐标的差值、移动速度与期望移动速度的差值、偏移量与期望偏移量的差值、偏移速度和期望偏移速度的差值。

参考前述内容, 在一些实施例中, 本申请实施例提供的机械臂的控制方法由 PID 控制器执行, 控制信息还根据比例控制参数、微分控制参数、积分控制参数中的至少一个确定。根据 PID 控制器的控制原理, 以控制信息是控制力矩为例, PID 控制器可通过如下公式实现:

$$\tau = k_p(a^{ref} - a) + k_d(\dot{a}^{ref} - \dot{a}) + k_i \int_{t_s}^{t_f} (a^{ref} - a) dt。$$

其中, τ 用于指示控制力矩, a 用于指示姿态信息, $\dot{a}$ 用于指示姿态信息的一阶导数, a^{ref} 、 $\dot{a}^{ref}$ 用于指示期望姿态信息, k_p 、 k_d 、 k_i 分别为比例控制参数、微分控制参数、积分控制参数, t_s 、 t_f 分别用于指示开始和结束时刻。

其中, 期望姿态信息可根据实际需要确定, 具体将在下文展开详细描述。

根据前述内容, 控制信息包括第一控制力矩和/或第二控制力矩。其中, 第一控制力矩用于指示机械臂绕第一转轴转动的横滚角方向上施加的力矩, 第一转轴是与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线; 第二控制力矩用于指示机械臂绕第二转轴转动的俯仰角方向上施

加的力矩，第二转轴是机械臂伸展时两端之间的连线的延长线。

基于此，结合参考图 4，图 8 示出了本申请一个示例性实施例提供的机械臂的控制方法的流程图，步骤 140 可实现为步骤 1431、步骤 1432，和/或步骤 140 可实现为步骤 1441、步骤 1442，步骤 160 可实现为步骤 1601 和/或步骤 1602。也即，步骤 141 和步骤 160 有如下两种可选的实现方式：

一、根据第一控制力矩，控制机械臂在横滚角方向上的运动。

在一些实施例中，姿态信息包括机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标和移动速度，期望姿态信息包括接触位置的期望坐标和期望移动速度，控制信息包括第一控制力矩。

步骤 1431：确定位置坐标和期望坐标的差值、移动速度和期望移动速度的差值。

步骤 1432：根据位置坐标和期望坐标的差值、移动速度和期望移动速度的差值，确定第一控制力矩。

步骤 1601：根据第一控制力矩，控制机械臂绕第一转轴进行运动。

其中，第一控制力矩用于指示机械臂绕第一转轴转动的横滚角方向上施加的力矩，第一转轴是与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线，且第一转轴位于机械臂靠近肩关节的一端。

参考图 6，第一转轴即为 x 轴，基于步骤 1432 所确定的第一控制力矩是机械臂绕 x 轴转动的横滚角方向上施加的力矩，以使得机械臂能够绕 x 轴进行运动，从而调整机械臂与可运动物体的接触位置。

在一些实施例中，第一控制力矩的确定可由 PID 控制器实现。基于此，第一控制力矩的确定可通过如下公式实现：

$$\tau_1 = k_{p1}(\alpha^{ref} - \alpha) + k_{d1}(\dot{\alpha}^{ref} - \dot{\alpha}) + k_{i1} \int_{t_s}^{t_f} (\alpha^{ref} - \alpha) dt.$$

示意性的， τ_1 为第一控制力矩， α 为机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标， $\dot{\alpha}$ 为机械臂与可运动物体的接触位置的移动速度， α^{ref} 和 $\dot{\alpha}^{ref}$ 分别用于指示期望坐标和期望移动速度， k_{p1} 、 k_{d1} 、 k_{i1} 分别为比例控制参数、微分控制参数、积分控制参数， t_s 、 t_f 分别用于指示开始和结束时刻。其中， α 和 $\dot{\alpha}$ 基于机械臂的真机反馈，并根据动力学系统确定， α^{ref} 和 $\dot{\alpha}^{ref}$ 根据实际需要确定， k_{p1} 、 k_{d1} 、 k_{i1} 可根据多次实验结果进行调整。

根据上述公式，能够基于姿态信息（即机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标和移动速度）和期望姿态信息（即机械臂与可运动物体的接触位置的期望坐标和期望移动速度），来确定第一控制力矩，从而实现机械臂在横滚角方向上的运动。基于此，参考图 5 和图 6，以可运动物体是瓶子，y 轴的正轴方向为向前的方向为例，控制器可通过第一控制力矩调整机械臂的上下转动，从而使得瓶子与机械臂的接触位置改变。

假设瓶子是一个圆柱体，若该圆柱体的几何中心位于机械臂的中间偏前一点的位置，则可通过第一控制力矩控制机械臂向上抬起或向下压，以使得瓶子的几何中心向机械臂的中间位置靠近，从而减少瓶子从机械臂上掉落的风险。与之类似的，若瓶子的几何中心位于机械臂中间偏后一点的位置，则可通过第一控制力矩控制机械臂向上抬起或向下压，同样来使得瓶子的几何中心向机械臂的中间位置靠近。

二、根据第二控制力矩，控制机械臂在俯仰角方向上的运动。

在另一些实施例中，姿态信息包括可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的偏移量和偏移速度，期望姿态信息包括可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的期望偏移量和期望偏移速度，控制信息包括第二控制力矩。

步骤 1441：确定偏移量和期望偏移量的差值、偏移速度和期望偏移速度的差值。

步骤 1442：根据偏移量和期望偏移量的差值、偏移速度和期望偏移速度的差值，确定第

二控制力矩。

步骤 1602: 根据第二控制力矩, 控制机械臂绕第二转轴转动进行运动。

其中, 第二控制力矩用于指示机械臂绕第二转轴转动的俯仰角方向上施加的力矩, 第一转轴是与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线, 且第一转轴位于机械臂靠近肩关节的一端; 第二转轴是机械臂伸展时两端之间的连线的延长线, 且第二转轴经过机械臂的中心。

参考图 6, 第一转轴即为 x 轴, 第二转轴即为 y 轴。基于步骤 1442 所确定的第二控制力矩是机械臂绕 y 轴转动的俯仰角方向上施加的力矩, 以使得机械臂能够绕 y 轴进行运动, 从而调整可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 轴上的偏移位置。

在一些实施例中, 第二控制力矩的确定可由 PID 控制器实现。基于此, 第二控制力矩的确定可通过如下公式实现:

$$\tau_2 = k_{p2}(x^{ref} - x) + k_{d2}(\dot{x}^{ref} - \dot{x}) + k_{i2} \int_{t_s}^{t_f} (x^{ref} - x) dt.$$

示意性的, τ_2 为第二控制力矩, x 为可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的偏移量, $\dot{x}$ 为可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的偏移速度, x^{ref} 和 $\dot{x}^{ref}$ 分别用于指示期望偏移量和期望偏移速度, k_{p2} 、 k_{d2} 、 k_{i2} 分别为比例控制参数、微分控制参数、积分控制参数, t_s 、 t_f 分别用于指示开始和结束时刻。其中, x 和 $\dot{x}$ 基于机械臂的真机反馈, 并根据动力学系统确定, x^{ref} 和 $\dot{x}^{ref}$ 根据实际需要确定, k_{p2} 、 k_{d2} 、 k_{i2} 可根据多次实验结果进行调整。

根据上述公式, 能够基于机姿态信息 (即可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 轴上的偏移量和偏移速度) 和期望姿态信息 (即可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 轴上的期望偏移量和期望偏移速度), 来确定第二控制力矩, 从而实现机械臂在俯仰角方向上的运动。基于此, 参考图 5 和图 6, 以可运动物体是瓶子, y 轴的正轴方向为向前的方向为例, 控制器可通过第二控制力矩调整机械臂的顺时针或逆时针转动, 从而使得可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 轴上的相对位置改变。

与第一控制力矩类似的, 假设瓶子是一个圆柱体, 根据第二控制力矩, 能够调整瓶子的质心与机械臂的重心在 x 轴上的相对位置。比如, 瓶子的质心在机械臂的重心的左侧, 则根据第二控制力矩控制机械臂顺时针转动, 以使得瓶子的质心向机械臂的重心靠近; 又如, 瓶子的质心在机械臂的重心的右侧, 则根据第二控制力矩控制机械臂逆时针转动, 同样来使得瓶子的质心向机械臂的重心靠近。

在一些实施例中, 控制信息包括第一控制力矩和第二控制力矩。

此时, 姿态信息包括: 机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标 (即前述 α) 和移动速度 (即前述 $\dot{\alpha}$), 以及可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的偏移量 (即前述 x) 和偏移速度 (即前述 $\dot{x}$); 期望姿态信息包括接触位置的期望坐标 (即前述 α^{ref}) 和期望移动速度 (即前述 $\dot{\alpha}^{ref}$), 以及可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的期望偏移量 (即前述 x^{ref}) 和期望偏移速度 (即前述 $\dot{x}^{ref}$)。

基于此, 控制器可通过如下公式实现:

$$\tau_1 = k_{p1}(\alpha^{ref} - \alpha) + k_{d1}(\dot{\alpha}^{ref} - \dot{\alpha}) + k_{i1} \int_{t_s}^{t_f} (\alpha^{ref} - \alpha) dt;$$

$$\tau_2 = k_{p2}(x^{ref} - x) + k_{d2}(\dot{x}^{ref} - \dot{x}) + k_{i2} \int_{t_s}^{t_f} (x^{ref} - x) dt.$$

其中, τ_1 、 τ_2 、 k_{p1} 、 k_{d1} 、 k_{i1} 、 k_{p2} 、 k_{d2} 、 k_{i2} 的相关描述可参考前述内容, 不再赘述。

可选的，可由一个控制器确定上述 τ_1 和 τ_2 ，也可由两个控制器分别确定上述 τ_1 和 τ_2 ，本申请对此不做限定。

示意性的，针对期望姿态信息（即前述 α^{ref} 、 $\dot{\alpha}^{ref}$ 、 x^{ref} 和 $\dot{x}^{ref}$ ），可根据实际需要确定。其中，由于 α 用于指示位置坐标， α^{ref} 用于指示期望坐标，则将其量化，如期望坐标为机械臂的中点坐标，则可期望坐标定义为 $\alpha^{ref} = 0$ 。

在一些实施例中，根据机械臂和可运动物体的状态估计，判断得到可运动物体在机械臂上处于一个相对稳定的状态。比如，机械臂与可运动物体的接触位置靠近机械臂的重心，且可运动物体的质心也靠近机械臂的重心。又如，机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标与机械臂的重心的位置坐标的差值小于第一阈值，且可运动物体的质心的位置坐标与机械臂的重心的位置坐标小于第二阈值，第一阈值和第二阈值可根据实际需要进行设定，本申请对此不做限定。

此时，若期望可运动物体的质心在 y 轴所在的方向上尽可能靠近机械臂的重心，则可使使得 $\alpha^{ref} = 0$ ；若期望可运动物体的质心在 y 轴所在的方向上的移动速度尽可能小，则可使使得 $\dot{\alpha}^{ref} = 0$ ；若期望可运动物体在机械臂上保持平衡，则可使使得 $x^{ref} = 0$ ；若期望可运动物体在机械臂上处于静止平衡状态，则可使使得 $\dot{x}^{ref} = 0$ 。据此求得的第一控制力矩和第二控制力矩，将使得可运动物体在机械臂上处于静止平衡状态，也可理解为，能够使得可运动物体与机械臂相对静止。

在另一些实施例中，根据机械臂和可运动物体的状态估计，判断得到可运动物体在机械臂上处于一个相对不稳定的状态。比如，机械臂与可运动物体的接触位置远离机械臂的重心，和/或可运动物体的质心也远离机械臂的重心。又如，机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标与机械臂的重心的位置坐标的差值不小于第一阈值，和/或可运动物体的质心的位置坐标与机械臂的重心的位置坐标不小于第二阈值，第一阈值和第二阈值可根据实际需要进行设定，本申请对此不做限定。

此时，可根据状态估计结果来对期望姿态信息进行赋值，该赋值可以是 0，也可以是非 0 的数值。据此求得的第一控制力矩和第二组控制力矩，将使得可运动物体在机械臂上处于动态平衡状态，也可理解为，能够使得可运动物体在机械臂上移动或滚动但不掉落。

综上所述，本申请实施例提供的机械臂的控制方法，给出了几种控制信息的确定方式。其中，根据姿态信息和期望姿态信息的差值，能够确定控制信息，据此实现机械臂的控制。

在一些实施例中，姿态信息包括机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标和移动速度，期望姿态信息包括接触位置的期望坐标和期望移动速度，基于位置坐标和期望坐标的差值、以及移动速度和期望移动速度的差值，能够确定可运动物体在机械臂上的相对位置、与使得可运动物体在机械臂上处于平衡状态时的期望位置之间的差异；随后，控制器根据上述两个差值，能够确定第一控制力矩，以使得机械臂能够绕 x 轴进行运动，从而调整机械臂与可运动物体的接触位置，以使得可运动物体在机械臂上的相对位置尽可能向期望位置靠近，直至可运动物体在机械臂上的位置成为期望位置。

在另一些实施例中，姿态信息包括可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的偏移量和偏移速度，期望姿态信息包括可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的期望偏移量和期望偏移速度，基于偏移量和期望偏移量的差值、以及偏移速度和期望偏移速度的差值，能够确定可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 轴上的差距；控制器根据上述两个差值，能够确定第二控制力矩，以使得机械臂能够绕 y 轴进行运动，从而调整可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 轴上的偏移位置，直至可运动物体的质心与机械臂的重心在 x 轴上的差距消失。

根据前述内容，为确定控制信息，需要获取基于可运动物体和/或机械臂构建的动力学系统的姿态信息。结合参考图 4，图 8 示出了本申请一个示例性实施例提供的机械臂的控制方法的流程图，步骤 120 可实现为步骤 121 或步骤 122，步骤 160 可实现为步骤 161：

步骤 121：基于视觉传感器，从动力学系统得到姿态信息。

步骤 122：基于视觉传感器和触觉传感器，从动力学系统得到姿态信息。

应当理解的是，步骤 121 和步骤 122 择一执行，不可同时执行。

其中，在步骤 121 或步骤 122 中，需要首先构建动力学系统，动力学系统的构建可参考前述内容，不再赘述。

示意性的，视觉传感器设置于机械臂上，或者设置于机械臂的外部；触觉传感器铺设于机械臂的外壳上，可作为机械臂的电子皮肤进行使用。比如，在机械臂的关节电机上安装关节电机编码器，用于反馈各个关节转动的角度、角速度以及电流信息，这些信息可用于进行机械臂的状态估计。又如，在机械臂的手指、手掌、某一连杆上铺设触觉传感器，用于获取可运动物体的反馈信息。

在一些实施例中，还可以通过接近觉传感器获取姿态信息。其中，接近觉传感器用于在两个物体接近时发出信号，当可运动物体靠近接触觉传感器时，可据此获取姿态信息。

示意性的，为获取姿态信息，本申请给出如下三种可选的实现方式：

实现方式一：基于视觉感知的可运动物体的全自由度的姿态识别。

以图 1 至 3 示出的 7 自由度的机械臂为例，可通过视觉传感器获取到可运动物体的全六维自由度的姿态识别，以确定可运动物体与机械臂的相对位置关系，从而确定姿态信息。比如，通过视觉传感器获取到图像信息，并进行图像处理，得到可运动物体在机械臂上的姿态信息，如基于图像处理得到 x/y/z 轴上的位置信息、以及横滚角/俯仰角/滚动角方向的姿态。

在一些实施例中，姿态识别的运算时间在 100 毫秒左右，即 10Hz。

实现方式二：基于视觉传感器进行数据图像处理。

可选的，可应用轻量级的数据图像处理方式，来确定可运动物体在动力学系统中的位置。比如，在机械臂上或外部环境中设置摄像头，以获取机械臂和可运动物体的图像信息，该图像信息用于展示可运动物体放置在机械臂上。随后对图像信息进行处理，得到图像处理结果。

示例性的，在获取到图像信息后，根据可运动物体与环境中的物体的颜色的不同进行聚类分析，以确定可运动物体的几何中心，随后可确定几何中心和质心位置在动力学系统中的位置。基于此，结合机械臂的相关信息，可得到姿态信息，如根据可运动物体的几何中心确定接触位置的位置坐标和移动速度，根据可运动物体的质心位置确定偏移量和偏移速度。

在一些实施例中，基于该种实现方式中的轻量级的计算，其运算速度较快，运算时间在 10 毫秒左右，即 10Hz。

基于此，可选的，步骤 121 可实现为如下：

通过视觉传感器获取图像信息，图像信息用于展示可运动物体放置在机械臂上；处理图像信息得到图像处理结果；利用图像处理结果确定姿态信息。

或者，可选的，步骤 122 可实现为如下：

基于视觉传感器，确定可运动物体在第一方向上的第一信息；基于触觉传感器，确定可运动物体在第二方向上的第二信息；对第一信息和第二信息进行融合处理，得到姿态信息；其中，第一方向是与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线所在的方向，第二方向是机械臂伸展时两端之间的连线所在的方向。

参考图 6，根据机械臂构建坐标系后，存在第一方向（可理解为前述的 x 方向）和第二方向（可理解为前述的 y 方向），可运动物体在这两个方向上均可以进行相对位置、与机械臂的力交互的描述。上述实现方式中，通过不同的传感器获取到对应方向上的描述，以形成对应的第一信息和第二信息。

例如，第一信息是通过视觉传感器进行图像处理得到可运动物体的几何中心、质心位

置；第二信息是通过触觉传感器获取到的可运动物体在机械臂上的具体位置。随后，根据第一信息和第二信息的融合处理，可确定姿态信息，如可运动物体与机械臂的接触位置。

其中，基于视觉传感器确定第一信息的相关内容可参考前述内容，不再赘述；基于触觉传感器确定第二信息、以及融合处理将在下文展开描述。

实现方式三：基于视觉传感器和触觉传感器，进行数据的融合处理。

在一些实施例中，姿态信息还可基于视觉传感器和触觉传感器获得。其中，视觉传感器的处理可参考前述内容，触觉传感器的处理具体如下。

根据前述内容，在应用轻量级的数据图像处理方式的情况下，可能导致在摄像头的深度方向（即图6示出的y轴所在的方向）上存在较大的误差。基于此，可通过触觉传感器来进行弥补。比如，在机械臂的外壳上铺设触觉传感器，以采集可运动物体放置在机械臂上时所对应的触觉信号。基于此，将能够准确得到可运动物体在机械臂上的x方向上的具体位置。

可以理解为，触觉传感器给出可运动物体在y方向上的位置及俯仰角姿态；同时，结合视觉传感器的轻量级图像处理，与先验图片数据进行对比，可确定可运动物体在机械臂上的x方向上的具体位置。

在一些实施例中，基于该种实现方式中触觉传感器的运算时间在10毫秒左右，即100Hz。

参考前述内容，给出三种实现方式的对比，如下表：

方案	运算周期	线性误差	角度误差
实现方式一	100ms	1-2cm	5-10 度
实现方式二	10ms	1cm	5 度
实现方式三	10ms	1cm	5 度

应当理解的是，采用实现方式一，对于可运动物体在机械臂上的位置的判断，将存在1-2厘米的线性误差和5-10度的角度误差，也即获取的姿态信息存在一定的线性误差和角度误差。类似的，采用实现方式二和三也存在一定的误差。更进一步的，实现方式三是在实现方式二基础上进行改进后的实现方式，能够克服实现方式二在y轴所在方向上的质心测量不准的缺点，从而使得获取的姿态信息的误差更小。

应当理解的是，若采用本申请提供的机械臂的控制方法，可根据实际需要选择合适的实现方式，以获取到姿态信息，本申请对此不做限定。

参考前述内容，步骤122可实现为：基于视觉传感器，确定可运动物体在第一方向上的第一信息；基于触觉传感器，确定可运动物体在第二方向上的第二信息；对第一信息和第二信息进行融合处理，得到姿态信息。

可选的，第二信息的确定可具体实现为：通过触觉传感器，确定可运动物体与机械臂的接触点相对于机械臂的位置信息。

应当理解的是，据此确定的位置信息至少包括可运动物体与机械臂的接触位置的位置坐标。其中，触觉传感器获取位置信息的相关内容可参考前述内容，不再赘述。在一些实施例中，触觉传感器铺设于机械臂的外壳上，触觉传感器用户获取可运动物体与机械臂的接触位置的相关信息，包括接触位置的位置坐标、力矩信息等。

参考前述内容，第一信息是视觉感知的数据，第二信息是触觉感知的数据，可将这两个数据进行融合。可选的，融合处理可采用如下算法中的任意一种或多种：包括卡尔曼滤波（Kalman Filtering, KF）算法，扩展卡尔曼滤波（Extended Kalman Filtering, EKF）算法，粒子滤波（Particle Filter, PF）算法。

应当理解的是，数据的融合处理有多种实现方式，上述内容仅为示意性举例，不对本申请造成限定。同时，随着融合处理方式的更新，在本申请之后所出现的融合处理也应当能够应用在本申请之中，也即融合处理的结果不对本申请所提供的机械臂的控制方法造成限定。

参考前述内容，期望姿态信息用于指示是的可运动物体在机械臂上保持平衡的姿态信息。基于此，步骤160可实现为步骤161，具体如下：

步骤 161: 利用控制信息, 控制机械臂进行至少一种运动行为, 以使得可运动物体在机械臂上处于平衡状态。

其中, 机械臂的运动行为包括如下行为中的至少一种: 保持相对静止、移动、转动。

参考前述内容, 控制信息包括第一控制力矩和/或第二控制力矩。

应当理解的是, 控制信息是机械臂各个关节的控制力矩构成的力矩序列, 根据该力矩序列将实现对机械臂各个关节的运动控制。基于各个关节的控制力矩的交互, 将使得机械臂在视觉上呈现静止和运动两种状态。其中, 机械臂在视觉上呈现静止状态, 可以理解为机械臂的运动行为是保持相对静止, 也即基于机械臂各个关节的控制, 从而使得机械臂在视觉上呈现一种机械臂处于静止的表现。机械臂在视觉上呈现运动状态, 可以理解为机械臂的运动行为是移动和/或转动, 也即, 基于机械臂各个关节的控制, 能够使得机械臂在视觉上呈现一种机械臂处于运动的表现, 其运动可以机械臂的移动和/或转动, 如机械臂以肩关节为中心进行上下摆动, 又如机械臂以肩关节为旋转中心进行左右转动。

在一些实施例中, 控制信息包括第一控制力矩, 步骤 160 可实现为: 根据第一控制力矩, 控制机械臂绕第一转轴进行运动, 以使得可运动物体在机械臂上处于平衡状态, 第一转轴是与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线。在另一些实施例中, 控制信息包括第二控制力矩, 步骤 160 可实现为: 根据第二控制力矩, 控制机械臂绕第二转轴进行运动, 以使得可运动物体在机械臂上处于平衡状态, 第二转轴是机械臂伸展时两端之间的连线的延长线。

示意性的, 平衡状态包括如下两种:

静止平衡状态, 处于静止平衡状态下的可运动物体在机械臂上静止; 动态平衡状态, 处于动态平衡状态下的可运动物体在机械臂上发生位移或滚动。

其中, 静止平衡状态还可理解为可运动物体相对于机械臂静止, 动态平衡状态还可理解为可运动物体相对于机械臂发生位移或滚动静止。在一些实施例中, 处于动态平衡状态下的可运动物体在机械臂上发生位移或滚动但不掉落, 或可理解为: 可运动物体相对于机械臂发生位移或滚动静止, 且可运动物体不从机械臂上掉落。

可以理解为, 基于控制信息, 能够使得机械臂进行至少一种运动行为, 其目的是为了使得可运动物体始终在机械臂上静止, 或者其目的是为了使得可运动物体与机械臂的相对位置发生变化但不可运动物体从机械臂上掉落。

参考图 10, 以可运动物体是瓶子为例, 瓶子放置在机械臂的小臂上。在控制器确定控制信息后, 据此控制机械臂的各个关节进行运动。其中, 假设可运动物体处于动态平衡状态, 此时的瓶子可在机械臂的小臂上发生滚动。如图 10 所示, 机械臂在 x/y 方向上进行微调, 从而使得瓶子从图中的左侧 (即靠近机械臂末端的位置) 滚动向图中的右侧滚动 (即靠近机械臂的肩关节的位置), 避免从机械臂上掉落。

据此可进行仿真实现, 参考图 11 和图 12 示出的多视图。以可运动物体是瓶子为例, 瓶子放置在机械臂的小臂上, 图 11 中的 (a) 和 (b) 分别示出了瓶子在机械臂上滚动时的两个侧视图, 图 12 中的 (a) 和 (b) 分别示出了瓶子在机械臂上滚动时的两个主视图。

参考图 10 至 12, 应当理解的是, 本申请实施例提供的机械臂的控制方法, 可以应用于由一个或多个连杆构成的机械臂中, 可运动物体可以放置在机械臂的小臂或大臂上, 也可放置在机械臂的某一中间连杆上, 本申请对此不做限定。

参考前述内容, 对于不同的平衡状态, 期望姿态信息不同。

可选的, 步骤 161 可实现为如下:

在期望姿态信息为第一取值的情况下, 利用控制信息, 控制机械臂将进行至少一种运动行为, 以使得可运动物体处于静止平衡状态, 处于静止平衡状态下的可运动物体在机械臂上静止;

在期望姿态信息不为第一取值的情况下, 利用控制信息, 控制机械臂将进行至少一种运动行为, 以使得可运动物体处于动态平衡状态, 处于动态平衡状态下的可运动物体在机械臂

上发生位移或滚动。

其中，第一取值可根据实际需要设定。示例性的，第一取值为 0。

参考前述内容，期望姿态信息包括接触位置的期望坐标（即前述 α^{ref} ）和期望移动速度（即前述 $\dot{\alpha}^{ref}$ ），以及可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的期望偏移量（即前述 x^{ref} ）和期望偏移速度（即前述 $\dot{x}^{ref}$ ）。其中，由于 α 用于指示位置坐标， α^{ref} 用于指示期望坐标，则将其量化，如期望坐标为机械臂的中点坐标，则可期望坐标定义为 $\alpha^{ref} = 0$ ；如期望坐标为机械臂的其他坐标，则可根据实际需要进行期望坐标的量化，本申请对此不做限定。

以第一取值为 0 进行举例：

在一些实施例中，期望姿态信息为 0，则可理解为，期望可运动物体处于静止平衡状态，以使得可运动物体在机械臂上静止。参考前述内容，若期望可运动物体的质心在 y 轴所在的方向上尽可能靠近机械臂的重心，则可使得 $\alpha^{ref} = 0$ ；若期望可运动物体的质心在 y 轴所在的方向上的移动速度尽可能小，则可使得 $\dot{\alpha}^{ref} = 0$ ；若期望可运动物体在机械臂上保持平衡，则可使得 $x^{ref} = 0$ ；若期望可运动物体在机械臂上处于静止平衡状态，则可使得 $\dot{x}^{ref} = 0$ 。据此求得的控制信息，将使得可运动物体在机械臂上处于静止平衡状态，也可理解为，能够使得可运动物体与机械臂相对静止。

在另一些实施例中，期望姿态信息不为 0，则可理解为，期望可运动物体处于动态平衡状态，以使得可运动物体在机械臂上发生位移或滚动但不掉落。此时，可根据机械臂和可运动物体的状态估计结果来对期望姿态信息进行赋值（即期望姿态信息不为第一取值），该赋值可以是非 0 的数值。据此求得的控制信息，将使得可运动物体在机械臂上处于动态平衡状态，也可理解为，能够使得可运动物体在机械臂上移动或滚动但不掉落。

可选的，在控制机械臂进行移动时，机械臂对应的控制力矩、转动角度、角速度中的至少一个发生变化。参考图 6，机械臂将在 x/y 方向上进行转动，从而实现可运动物体在机械臂上的位置的微调，由此将使得机械臂的控制力矩、转动角度、角速度中的至少一个发生变化。

综上所述，本申请实施例提供的机械臂的控制方法，给出了姿态信息的多种获取方式，还给出了可运动物体在机械臂上处于平衡状态的多种实现方式，以使得可运动物体在机械臂上保持平衡而不掉落。

示例性的，机械臂的整体控制架构如图 13 所示。

参考前述内容，机械臂的控制方法的目的，是通过对机械臂的关节电机的指令的输入，实现对机械臂的姿态和动作的控制。

示例性的，机械臂的关节电机上均安装有关节电机编码器，用于反馈关节电机转动的角度，角速度以及电流信息。这些信息可用于机械臂的状态估计。同时，在机械臂的手指、手掌、以及某些连杆上还装有触觉传感器。随后，采集到的触觉信号，经过触觉驱动器采集进行信号等数据处理。

可选的，机械臂的外界环境中还可安装摄像头，以获取视觉感知的数据。随后，视觉感知的数据和触觉感知的数据可以进行融合处理。以可运动物体是瓶子为例，通过感知数据的融合处理，可得到瓶子的状态估计（即瓶状态估计）。

其中，融合处理的相关描述可参考前述内容。

随后，根据触觉感知信息，以及瓶状态估计得到的瓶子的位置姿态，可设计机械臂的控制器。该控制器的设计可以是无模型的，如 PID 控制器。其中，控制器的输出，可以是机械臂末端的位置和姿态，也可以是机械臂的某一个连杆质心的位置和姿态。

参考图 13，控制器的输入还包括期望值，该期望值即为前述内容中的期望姿态信息，相

关描述参考前述内容，不再赘述。

随后，可应用机械臂的模型，将末端的位置和姿态，或连杆质心的位置和姿态，通过逆运动学解算出每个关节的关节角度。应当理解的是，随着时间的变化，控制器输出的是机械臂的末端姿态，或连杆质心姿态的一个序列，那么对应着一系列逆运动学解算，得到的就是机械臂各关节角速度、关节角速度的序列。将这个关节角度、关节角速度的序列发给机械臂，可以实现机械臂末端姿态或某一连杆质心位置和姿态的控制。

以下为本申请的装置实施例，对于装置实施例中未详细描述的细节，可以结合参考上述方法实施例中相应的记载，本文不再赘述。

图 14 示出了本申请一个示例性实施例提供的机械臂的控制装置的示意图，该装置包括：

获取模块 1420，用于获取这至少根据机械臂构建的动力学系统，并从动力学系统得到姿态信息；

确定模块 1440，用于基于姿态信息、以及动力学系统的期望姿态信息，确定机械臂的控制信息，期望姿态信息用于指示使得可运动物体在机械臂上保持平衡的姿态信息；

控制模块 1460，用于利用控制信息，控制机械臂的运动至可运动物体在机械臂上达到平衡状态为止。

可选的，确定模块 1440，用于确定姿态信息和期望姿态信息的差值；根据差值，确定控制信息。

可选的，姿态信息包括机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标和移动速度，期望姿态信息包括接触位置的期望坐标和期望移动速度，控制信息包括第一控制力矩；确定模块 1440，用于确定位置坐标和期望坐标的差值、移动速度和期望移动速度的差值；根据位置坐标和期望坐标的差值、移动速度和期望移动速度的差值，确定第一控制力矩；控制模块 1460，用于根据第一控制力矩，控制机械臂绕第一转轴进行运动；其中，第一控制力矩用于指示机械臂绕第一转轴转动的横滚角方向上施加的力矩，第一转轴是与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线，且第一转轴位于机械臂靠近肩关节的一端。

可选的，姿态信息包括可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的偏移量和偏移速度，期望姿态信息包括可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的期望偏移量和期望偏移速度，控制信息包括第二控制力矩；确定模块 1440，用于确定偏移量和期望偏移量的差值、偏移速度和期望偏移速度的差值；根据偏移量和期望偏移量的差值、偏移速度和期望偏移速度的差值，确定第二控制力矩；控制模块 1460，用于根据第二控制力矩，控制机械臂绕第二转轴转动进行运动；其中，第二控制力矩用于指示机械臂绕第二转轴转动的俯仰角方向上施加的力矩，第一转轴是与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线，且第一转轴位于机械臂靠近肩关节的一端，第二转轴是伸展时两端之间的连线的延长线，且第二转轴经过机械臂的中旬。

可选的，获取模块 1420，用于基于视觉传感器，从动力学系统得到姿态信息；或者，基于视觉传感器和触觉传感器，从动力学系统得到姿态信息。

可选的，获取模块 1420，用于通过视觉传感器获取图像信息，图像信息用于展示可运动物体放置在机械臂上；处理图像信息得到图像处理结果；利用图像处理结果确定姿态信息。

可选的，获取模块 1420，用于基于视觉传感器，确定可运动物体在第一方向上的第一信息；基于触觉传感器，确定可运动物体在第二方向上的第二信息；对第一信息和第二信息进行融合处理，得到姿态信息；其中，第一方向是与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线所在的方向，第二方向是机械臂伸展时两端之间的连线所在的方向。

可选的，获取模块 1420，用于通过触觉传感器，确定可运动物体与机械臂的接触点相对于机械臂的位置信息。

可选的，控制模块 1460，用于利用控制信息，控制机械臂进行至少一种运动行为，以使得可运动物体在机械臂上处于平衡状态；其中，机械臂的运动行为包括如下行为中的至少一

种：保持相对静止、移动、转动。

可选的，控制模块 1460，用于在期望姿态信息为第一取值的情况下，利用控制信息，控制机械臂进行至少一种运动行为，以使得可运动物体处于静止平衡状态，处于静止平衡状态下的可运动物体在机械臂上静止；在期望姿态信息不为第一取值的情况下，利用控制信息，控制机械臂进行至少一种运动行为，以使得可运动物体处于动态平衡状态，处于动态平衡状态下的可运动物体在机械臂上发生位移或滚动但不掉落。

图 15 示出了本申请实施例提供的一种机械臂的结构示意性框图。如图 15 所示的本实施例中的机械臂可包括：一个或多个控制器 1501；一个或多个传感器 1502，一个或多个电机 1503 和存储器 1504。上述控制器 1501、传感器 1502、电机 1503 和存储器 1504 通过总线 1505 连接。存储器 1504 用于存储计算机程序，计算机程序包括程序指令，控制器 1501 用于执行存储器 1504 存储的程序指令。

存储器 1504 可以包括易失性存储器（Volatile Memory），如随机存取存储器（Random-Access Memory，RAM）；存储器 1504 也可以包括非易失性存储器（Non-Volatile Memory），如快闪存储器（Flash Memory），固态硬盘（Solid-State Drive，SSD）等；存储器 1504 还可以包括上述种类的存储器的组合。

控制器 1501 可以是中央控制器（Central Processing Unit，CPU）。控制器 1501 还可以进一步包括硬件芯片。上述硬件芯片可以是专用集成电路（Application-Specific Integrated Circuit，ASIC），可编程逻辑器件（Programmable Logic Device，PLD）等。该 PLD 可以是现场可编程逻辑门阵列（Field-Programmable Gate Array，FPGA），通用阵列逻辑（Generic Array Logic，GAL）等。控制器 1501 也可以为上述结构的组合。

本申请实施例中，存储器 1504 用于存储计算机程序，计算机程序包括程序指令，控制器 1501 用于执行存储器 1504 存储的程序指令，用来实现前述机械臂的控制方法的步骤。

在一个实施例中，控制器 1501 被配置调用程序指令，用于执行：

获取这至少根据机械臂构建的动力学系统，并从动力学系统得到姿态信息；

基于姿态信息、以及动力学系统的期望姿态信息，确定机械臂的控制信息，期望姿态信息用于指示使得可运动物体在机械臂上保持平衡的姿态信息；

利用控制信息，控制机械臂的运动至可运动物体在机械臂上达到平衡状态为止。

在一个实施例中，控制器 1501 被配置调用程序指令，用于执行：

确定姿态信息和期望姿态信息的差值；根据差值，确定控制信息。

在一个实施例中，姿态信息包括机械臂与可运动物体的接触位置的位置坐标和移动速度，期望姿态信息包括接触位置的期望坐标和期望移动速度，控制信息包括第一控制力矩；控制器 1501 被配置调用程序指令，用于执行：

确定位置坐标和期望坐标的差值、移动速度和期望移动速度的差值；根据位置坐标和期望坐标的差值、移动速度和期望移动速度的差值，确定第一控制力矩；根据第一控制力矩，控制机械臂绕第一转轴进行运动；其中，第一控制力矩用于指示机械臂绕第一转轴转动的横滚角方向上施加的力矩，第一转轴是与机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线。

在一个实施例中，姿态信息包括可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的偏移量和偏移速度，期望姿态信息包括可运动物体的质心与机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的期望偏移量和期望偏移速度，控制信息包括第二控制力矩；控制器 1501 被配置调用程序指令，用于执行：

确定偏移量和期望偏移量的差值、偏移速度和期望偏移速度的差值；根据偏移量和期望偏移量的差值、偏移速度和期望偏移速度的差值，确定第二控制力矩；根据第二控制力矩，控制机械臂绕第二转轴转动进行运动；其中，第二控制力矩用于指示机械臂绕第二转轴转动的俯仰角方向上施加的力矩，第一转轴是与机械臂垂直伸展时两端之间的连线所垂直的直线，第二转轴是机械臂伸展时两端之间的连线的延长线。

在一个实施例中，控制器 1501 被配置调用程序指令，用于执行：

利用控制信息，控制机械臂进行至少一种运动行为，以使得可运动物体在机械臂上处于平衡状态，机械臂的运动行为包括如下行为中的至少一种：保持相对静止、移动、转动。

在一个实施例中，控制器 1501 被配置调用程序指令，用于执行：

在期望姿态信息为第一取值的情况下，利用控制信息，控制机械臂进行至少一种运动行为，以使得可运动物体处于静止平衡状态，处于静止平衡状态下的可运动物体在机械臂上静止；在期望姿态信息不为第一取值的情况下，利用控制信息，控制机械臂进行至少一种运动行为，以使得可运动物体处于动态平衡状态，处于动态平衡状态下的可运动物体在机械臂上发生位移或滚动但不掉落。

传感器 1502，用于基于视觉传感器，从动力学系统得到姿态信息；或者，基于视觉传感器和触觉传感器，从动力学系统得到姿态信息。

其中，姿态信息的相关内容可参考前述内容，不再赘述。

电机 1503，用于根据控制信息来控制机械臂的运动以及完成动作任务。电机 1503 包括机械臂的各个关节电机和轮子电机。

示意性的，本申请的实施例还提供了一种机器人，该机器人包括如上所述的机械臂，机械臂可用于实现上述各方法实施例提供的机械臂的控制方法。其中，机械臂的结构可参考图 15 的描述，机械臂的控制方法可参考前述多个方法实施例，不再赘述。

本申请的实施例还提供了一种机械臂，该机械臂包括控制器和存储器，该存储器中存储有至少一条程序代码，至少一条程序代码由控制器加载并执行以实现上述机械臂的控制方法。

本申请的实施例还提供了一种计算机设备，该计算机设备包括处理器和存储器，存储器中存储有至少一段程序，至少一段程序由处理器加载并执行以实现上述机械臂的控制方法。

本申请的实施例还提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质上存储有计算机程序，计算机程序用于被处理器执行，以实现上述机械臂的控制方法。

可选地，该计算机可读存储介质可以包括：只读存储器（ROM，Read Only Memory）、随机存取记忆体（RAM，Random Access Memory）、固态硬盘（SSD，Solid State Drives）或光盘等。其中，随机存取记忆体可以包括电阻式随机存取记忆体（ReRAM，Resistance Random Access Memory）和动态随机存取存储器（DRAM，Dynamic Random Access Memory）。上述本申请实施例序号仅仅为了描述，不代表实施例的优劣。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成，也可以通过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。以上所述仅为本申请的可选实施例，并不用以限制本申请，凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

本申请的实施例还提供了一种芯片，芯片包括可编程逻辑电路或程序，芯片用于实现上述各方法实施例提供的机械臂的控制方法。

本申请的实施例还提供了一种计算机程序产品，该计算机程序产品包括计算机指令，该计算机指令存储在计算机可读存储介质中。计算机设备的处理器从计算机可读存储介质读取该计算机指令，处理器执行该计算机指令，使得该计算机设备执行上述实施例中任一所述的机械臂的控制方法。

以上所述仅为本申请的可选实施例，并不用以限制本申请，凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1.一种机械臂的控制方法，其特征在于，所述机械臂上除末端外的任意位置上放置可运动物体，所述方法包括：

获取至少根据所述机械臂构建的动力学系统，并从所述动力学系统得到姿态信息；

基于所述姿态信息、以及所述动力学系统的期望姿态信息，确定所述机械臂的控制信息，所述期望姿态信息用于指示使得所述可移动物体在所述机械臂上保持平衡的姿态信息；

利用所述控制信息，控制所述机械臂的运动至所述可运动物体在所述机械臂上达到平衡状态为止。

2.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述基于所述姿态信息、以及所述动力学系统的期望姿态信息，确定所述机械臂的控制信息，包括：

确定所述姿态信息和所述期望姿态信息之间的差值；

根据所述差值，确定所述控制信息。

3.根据权利要求1或2所述的方法，其特征在于，所述姿态信息包括所述机械臂与所述可运动物体的接触位置的位置坐标和移动速度，所述期望姿态信息包括所述接触位置的期望坐标和期望移动速度，所述控制信息包括第一控制力矩；所述基于所述姿态信息，以及所述动力学系统的期望姿态信息，确定所述机械臂的控制信息，包括：

确定所述位置坐标和所述期望坐标的差值、所述移动速度和所述期望移动速度的差值；

根据所述位置坐标和所述期望坐标的差值、所述移动速度和所述期望移动速度的差值，确定所述第一控制力矩；

所述利用所述控制信息，控制所述机械臂的运动，包括：

根据所述第一控制力矩，控制所述机械臂绕所述第一转轴进行运动；

其中，所述第一控制力矩用于指示所述机械臂绕所述第一转轴转动的横滚角方向上施加的力矩，所述第一转轴是与所述机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线，且所述第一转轴位于所述机械臂靠近肩关节的一端。

4.根据权利要求1至3任一所述的方法，其特征在于，所述姿态信息包括所述可运动物体的质心与所述机械臂的重心在第一转轴所在的方向上的偏移量和偏移速度，所述期望姿态信息包括所述可运动物体的质心与所述机械臂的重心在所述第一转轴所在的方向上的期望偏移量和期望偏移速度，所述控制信息包括第二控制力矩；所述基于所述姿态信息，以及所述动力学系统的期望姿态信息，确定所述机械臂的控制信息，包括：

确定所述偏移量和所述期望偏移量的差值、所述偏移速度和所述期望偏移速度的差值；

根据所述偏移量和所述期望偏移量的差值、所述偏移速度和所述期望偏移速度的差值，确定所述第二控制力矩；

所述利用所述控制信息，控制所述机械臂的运动，包括：

根据所述第二控制力矩，控制所述机械臂绕第二转轴转动进行运动；

其中，所述第二控制力矩用于指示所述机械臂绕所述第二转轴转动的俯仰角方向上施加的力矩，所述第一转轴是与所述机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线，且所述第一转轴位于所述机械臂靠近肩关节的一端，所述第二转轴是所述机械臂伸展时两端之间的连线的延长线，且所述第二转轴经过所述机械臂的中心。

5.根据权利要求1至4任一所述的方法，其特征在于，所述从动力学系统得到姿态信息，包括：

基于视觉传感器，从所述动力学系统得到所述姿态信息；

或者，基于所述视觉传感器和触觉传感器，从所述动力学系统得到姿态信息。

6.根据权利要求5所述的方法，其特征在于，所述基于视觉传感器，从所述动力学系统得到所述姿态信息，包括：

通过所述视觉传感器获取图像信息，所述图像信息用于展示所述可运动物体放置在所述

机械臂上；处理所述图像信息得到图像处理结果；利用所述图像处理结果确定所述姿态信息。

7.根据权利要求5所述的方法，其特征在于，所述基于所述视觉传感器和触觉传感器，从所述动力学系统得到所述姿态信息，包括：

基于所述视觉传感器，确定所述可运动物体在第一方向上的第一信息；

基于所述触觉传感器，确定所述可运动物体在第二方向上的第二信息；

对所述第一信息和所述第二信息进行融合处理，得到所述姿态信息；

其中，所述第一方向是与所述机械臂伸展时两端之间的连线所垂直的直线所在的方向，所述第二方向是所述机械臂伸展时两端之间的连线所在的方向。

8.根据权利要求7所述的方法，其特征在于，所述基于所述触觉传感器，确定所述可运动物体在第二方向上的第二信息，包括：

通过所述触觉传感器，确定所述可运动物体与所述机械臂的接触点相对于所述机械臂的位置信息。

9.根据权利要求1至8任一所述的方法，其特征在于，所述利用所述控制信息，控制所述机械臂的运动至所述可运动物体在所述机械臂上处于平衡状态为止，包括：

利用所述控制信息，控制所述机械臂进行至少一种运动行为，以使得所述可运动物体在所述机械臂上处于所述平衡状态；

其中，所述机械臂的运动行为包括如下行为中的至少一种：保持相对静止、移动、转动。

10.根据权利要求9所述的方法，其特征在于，所述利用所述控制信息，控制所述机械臂进行至少一种运动行为，以使得所述可运动物体在所述机械臂上处于所述平衡状态，包括：

在所述期望姿态信息为第一取值的情况下，利用所述控制信息，控制所述机械臂进行所述至少一种运动行为，以使得所述可运动物体处于静止平衡状态，处于所述静止平衡状态下的所述可运动物体在所述机械臂上静止；

在所述期望姿态信息不为所述第一取值的情况下，利用所述控制信息，控制所述机械臂进行所述至少一种运动行为，以使得所述可运动物体处于动态平衡状态，处于所述动态平衡状态下的所述可运动物体在所述机械臂上发生位移或滚动。

11.一种机械臂的控制装置，其特征在于，所述装置包括：

获取模块，用于获取至少根据所述机械臂构建的动力学系统，并从所述动力学系统得到姿态信息；

确定模块，用于基于所述姿态信息、以及所述动力学系统的期望姿态信息，确定所述机械臂的控制信息，所述期望姿态信息用于指示使得所述可运动物体在所述机械臂上保持平衡的姿态信息；

控制模块，用于利用所述控制信息，控制所述机械臂的运动至所述可运动物体在所述机械臂上达到平衡状态为止。

12.一种机械臂，其特征在于，所述机械臂包括存储器和控制器；

所述存储器中存储有至少一条程序代码，所述程序代码由所述控制器加载并执行以实现如权利要求1至10中任一项所述的机械臂的控制方法。

13.一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中存储有计算机程序，所述计算机程序用于被处理器执行，以实现如权利要求1至10中任一项所述的机械臂的控制方法。

14.一种芯片，其特征在于，所述芯片包括可编程逻辑电路和/或程序指令，当安装有所述芯片的电子设备运行时，用于实现如权利要求1至10中任一项所述的机械臂的控制方法。

15.一种计算机程序产品，其特征在于，所述计算机程序产品包括计算机指令，所述计算机指令存储在计算机可读存储介质中，处理器从所述计算机可读存储介质读取并执行所述计算机指令，以实现如权利要求1至10中任一项所述的机械臂的控制方法。

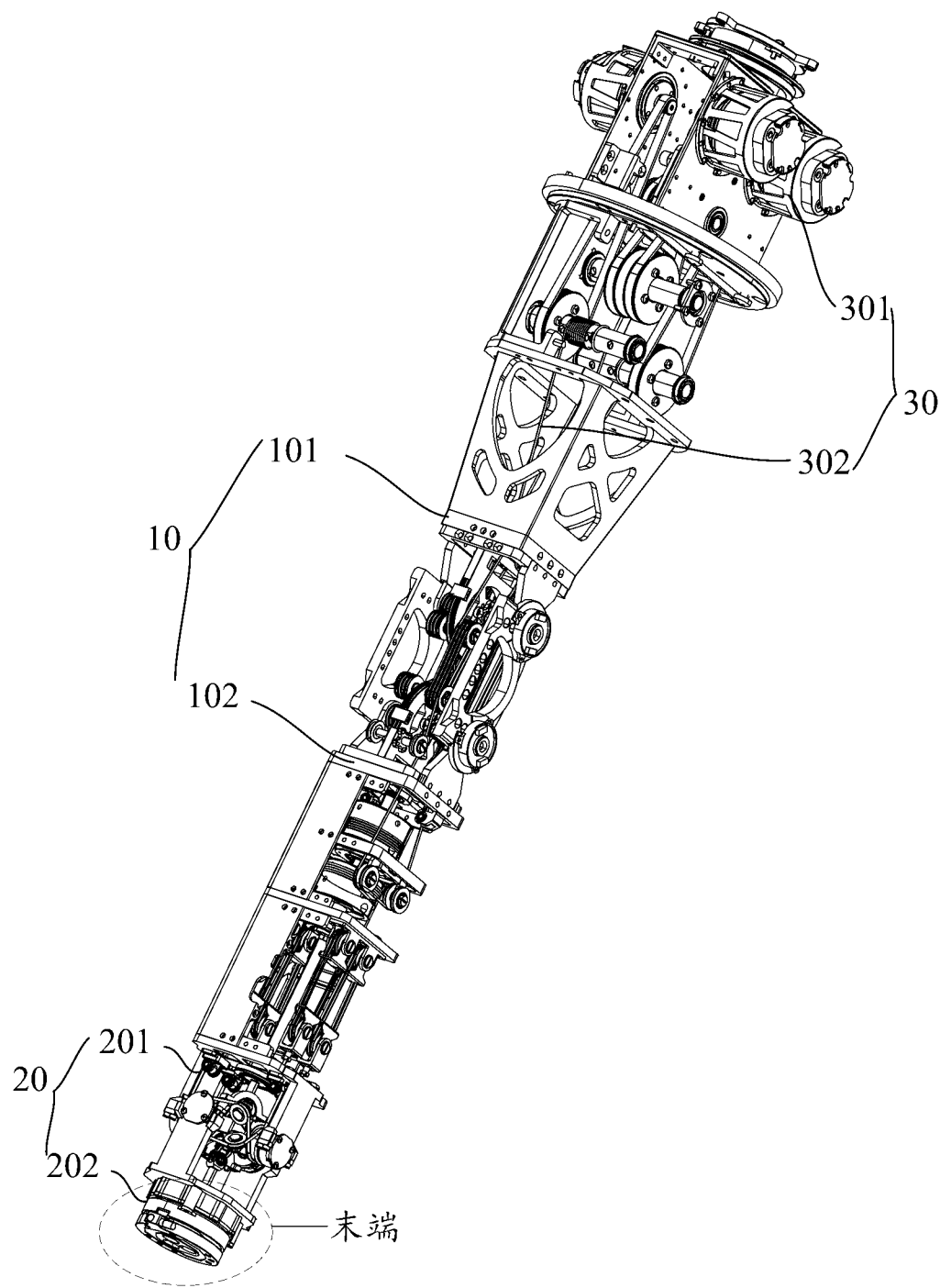


图 1

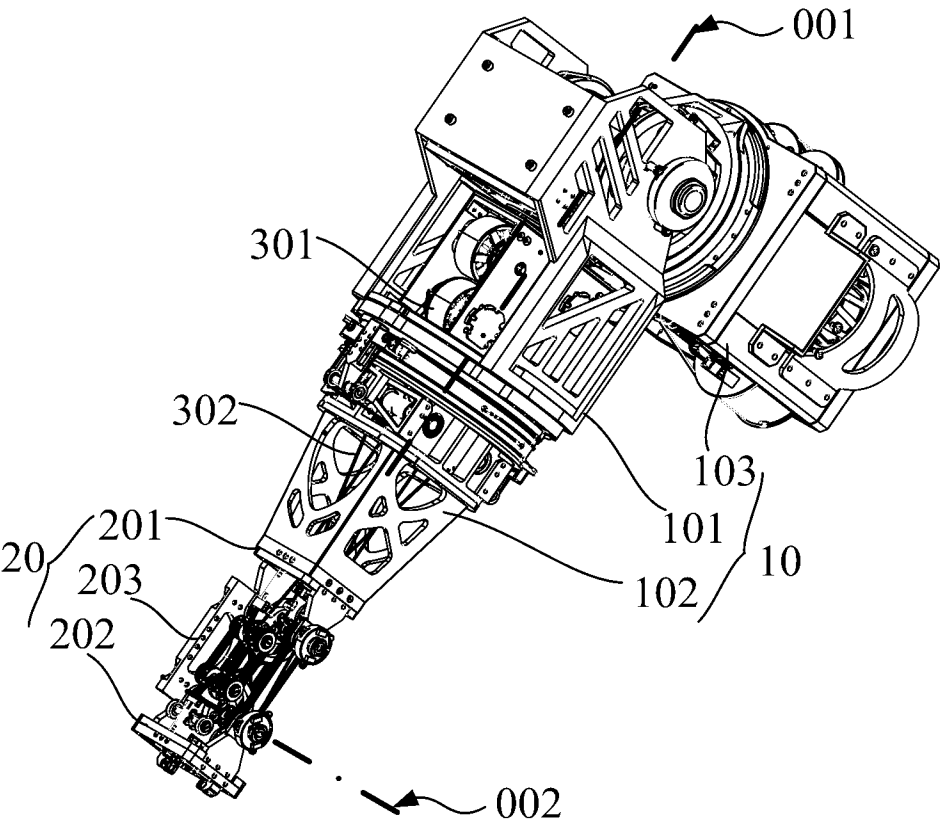


图 2

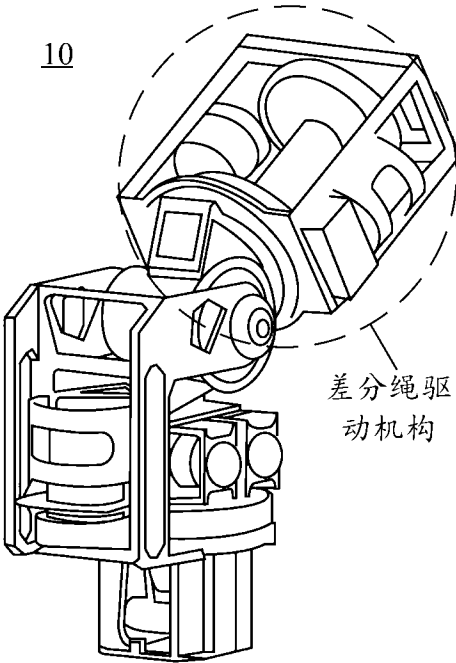


图 3

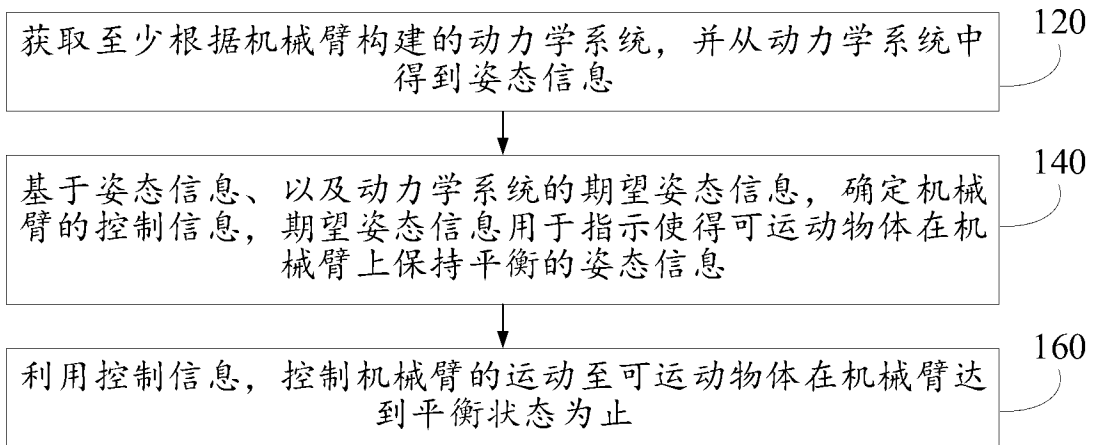


图 4

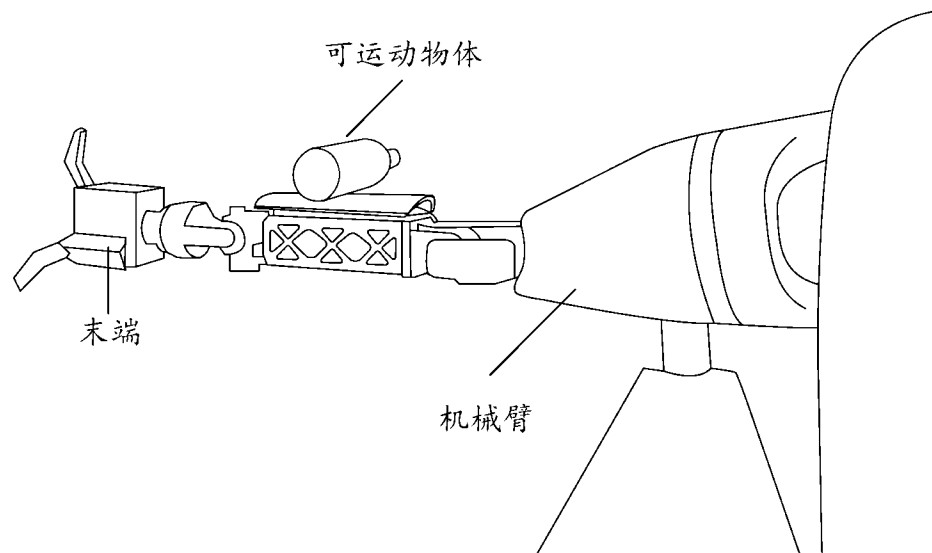


图 5

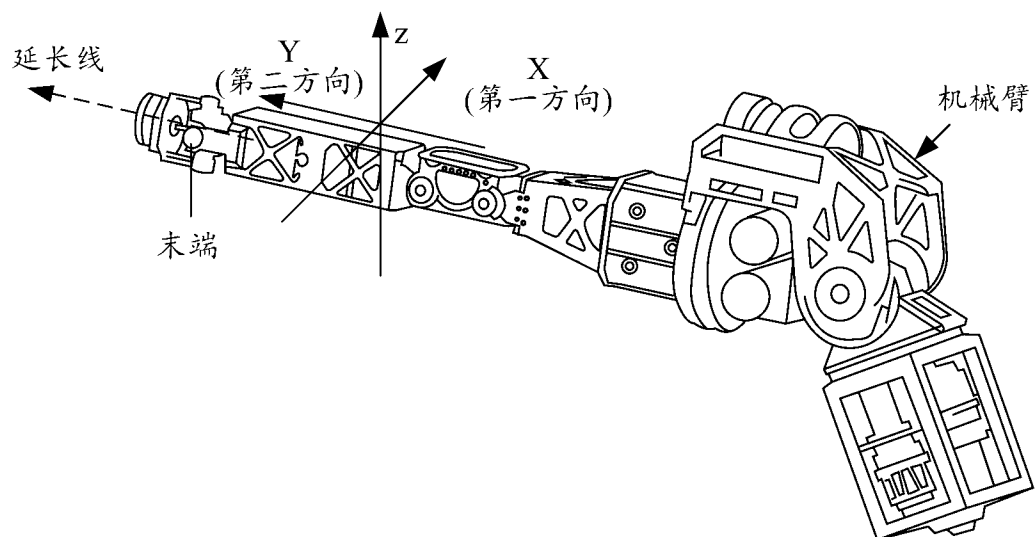


图 6

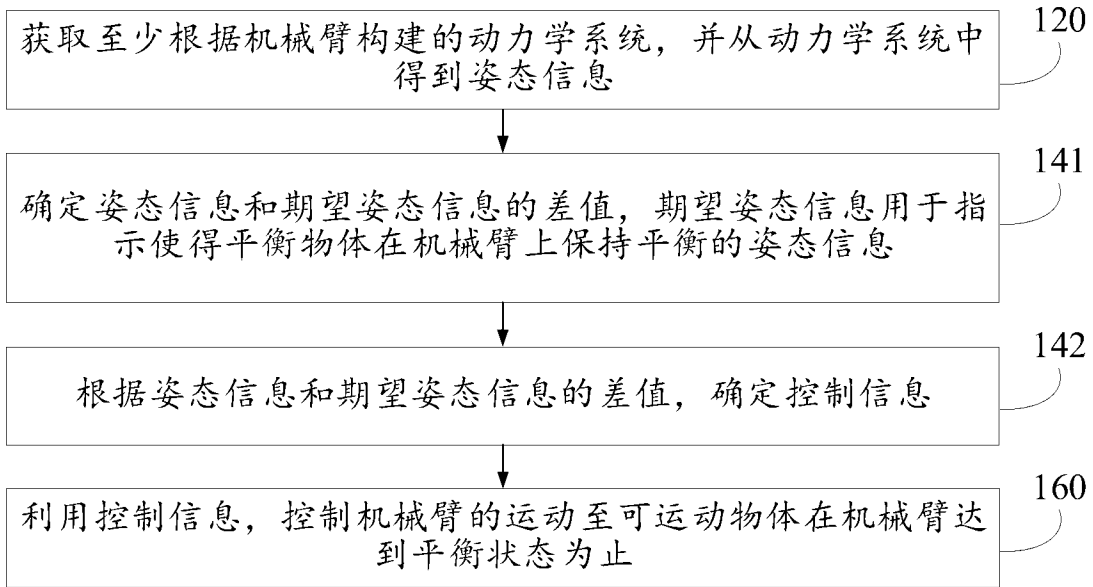


图 7

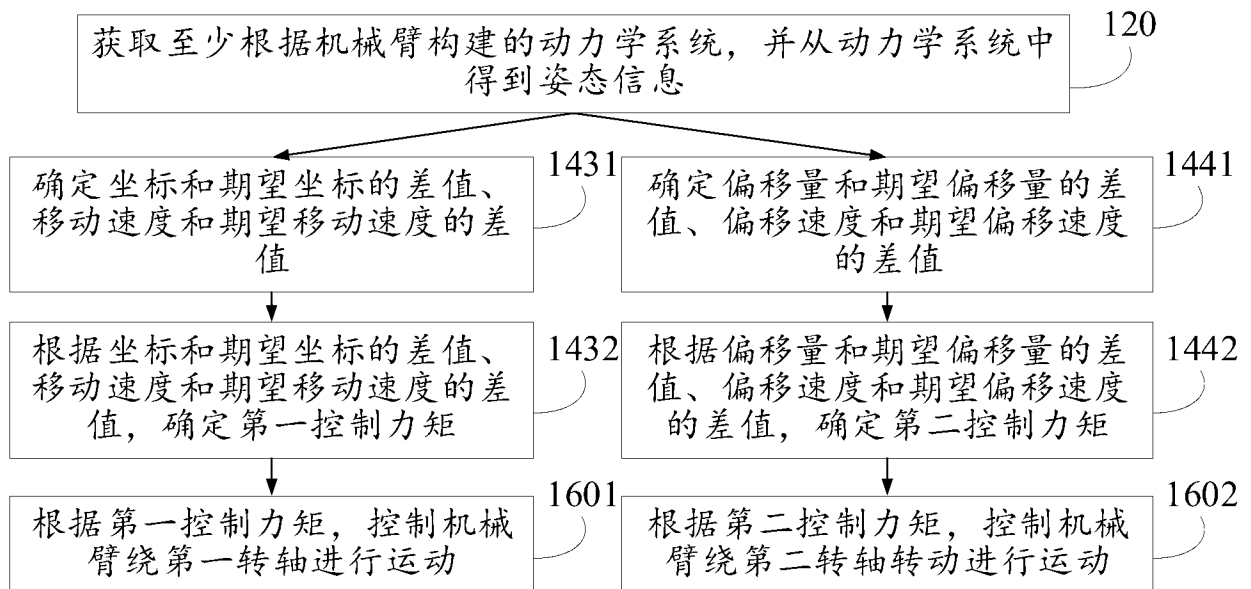


图 8

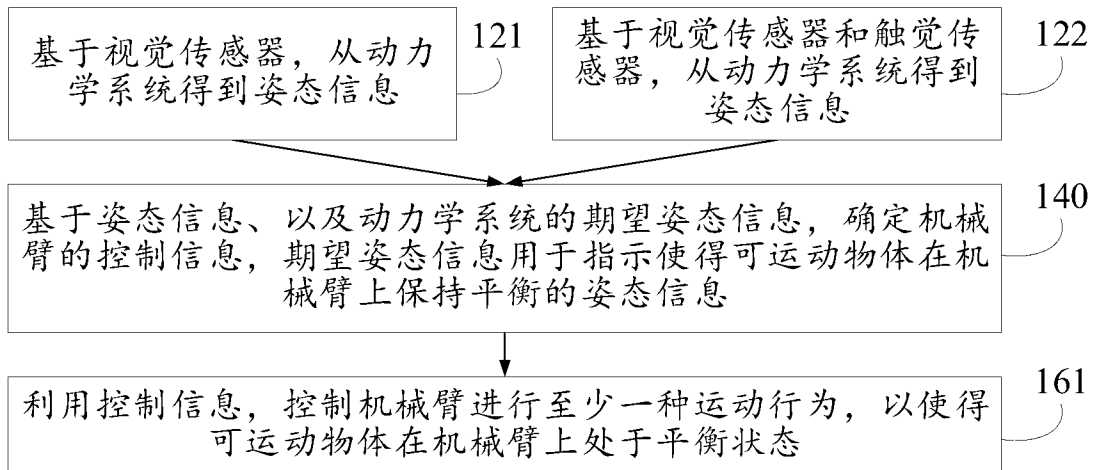


图 9

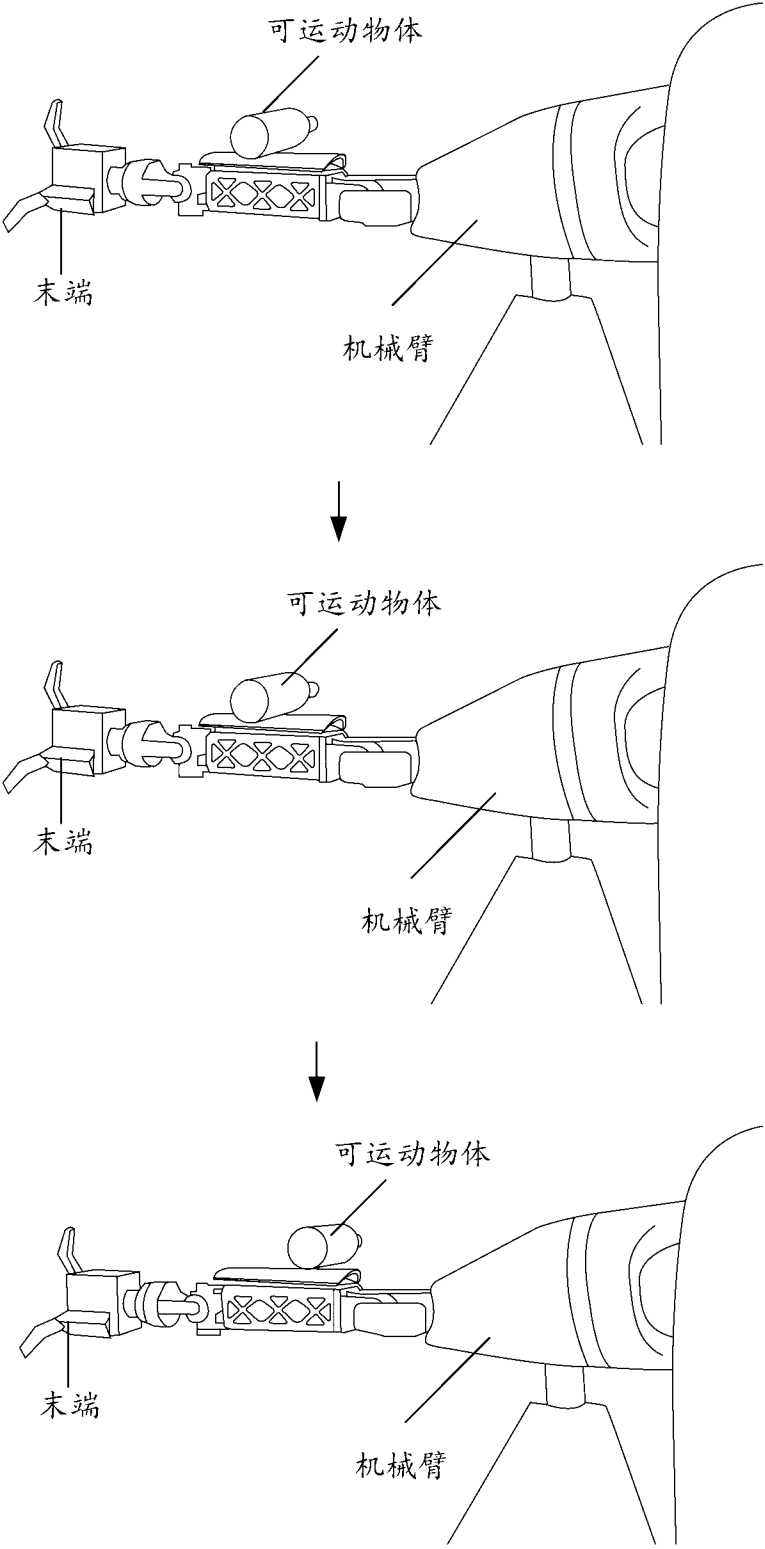
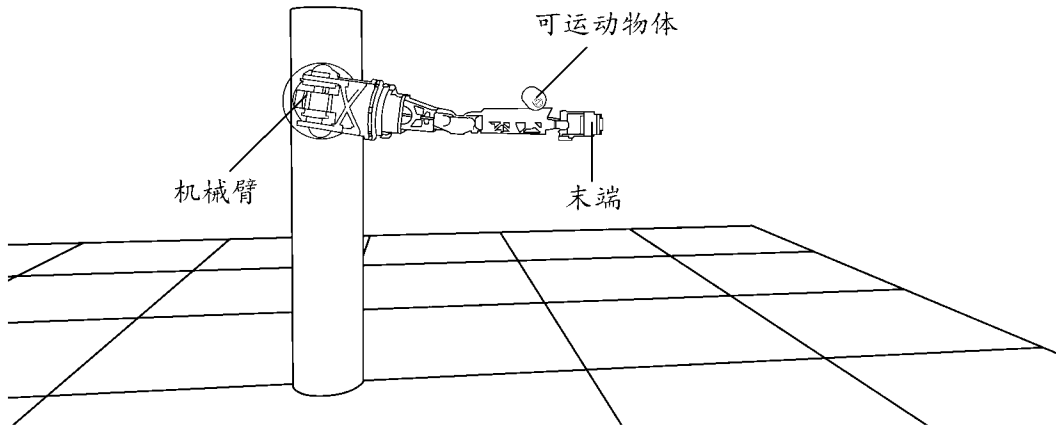
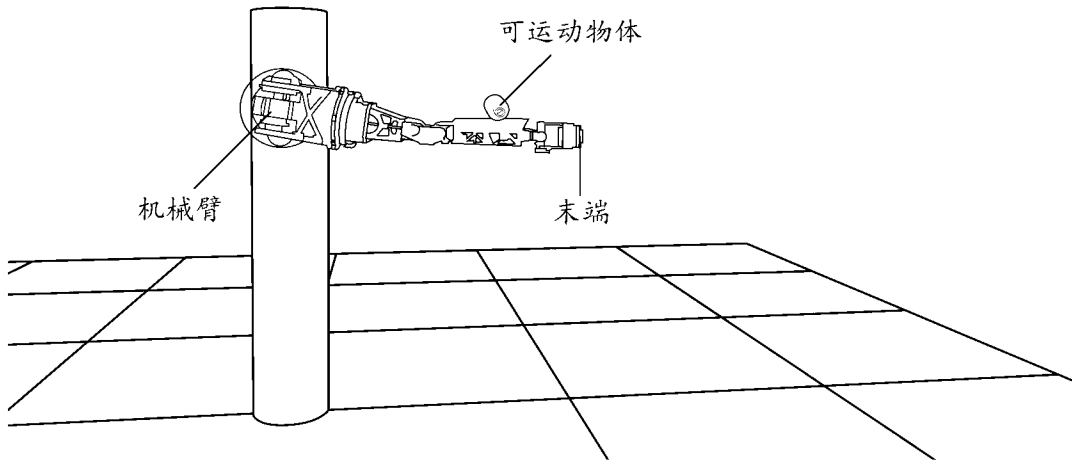


图 10



(a)



(b)

图 11

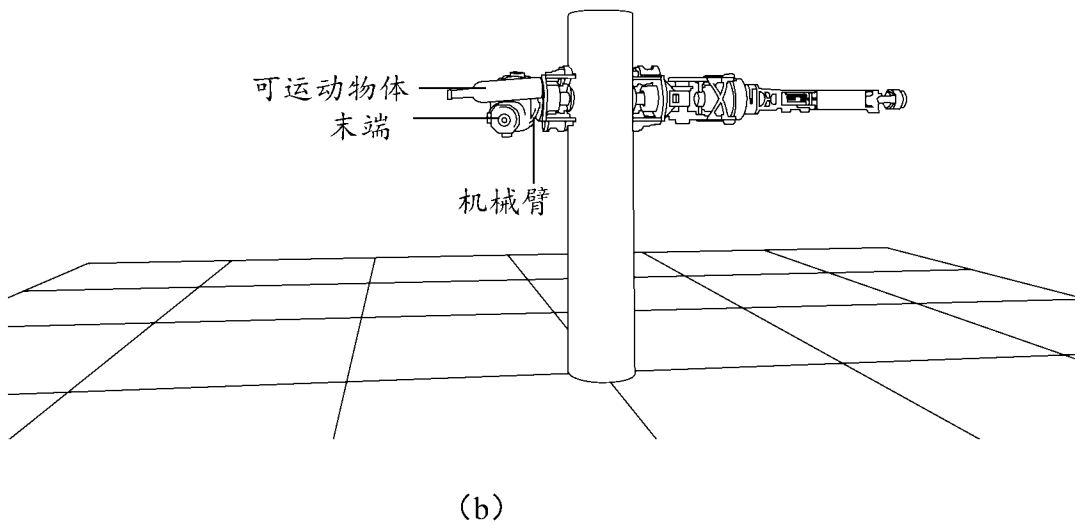
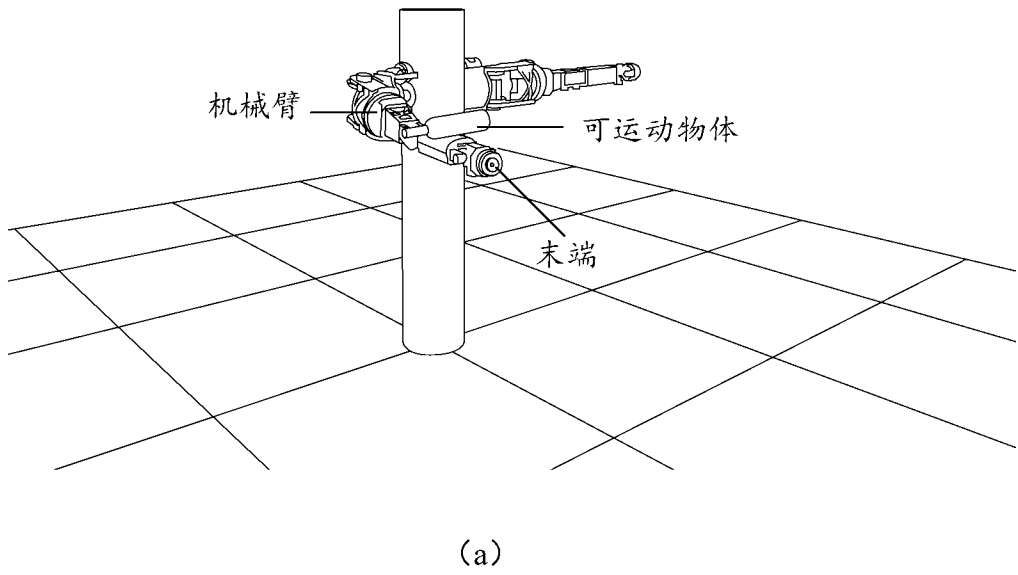


图 12

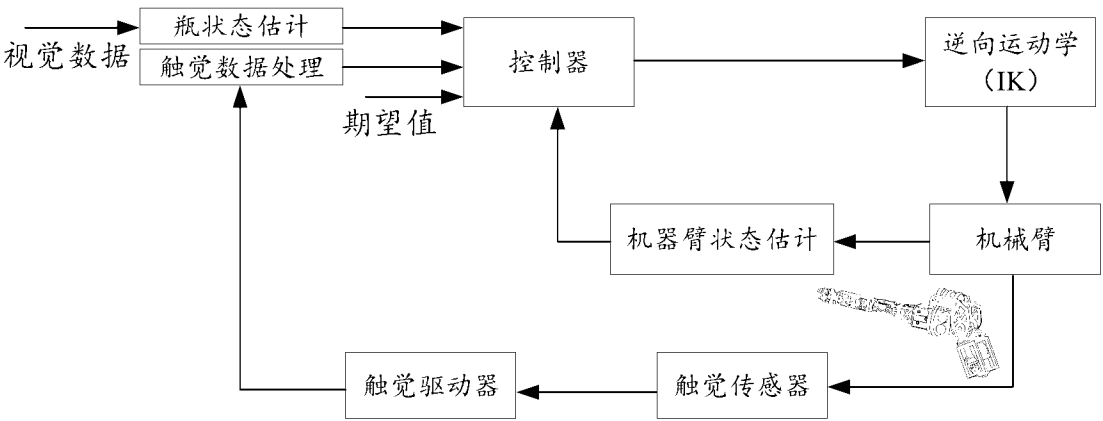


图 13

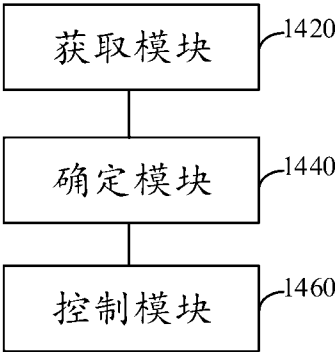


图 14

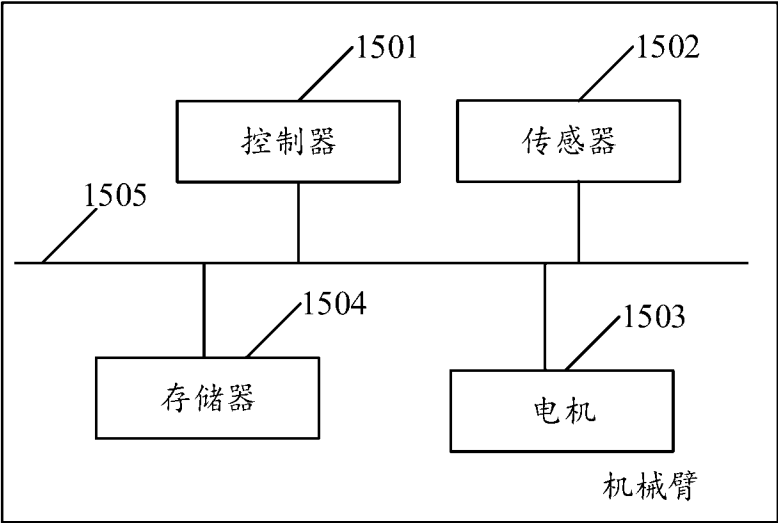


图 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/085710

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 9/12(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC:B25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, ENTXT, DWPI, CNKI: 机械臂, 机械手, 执行器, 负载, 负重, 运动, 移动, 物体, 平衡, 掉落, 姿态, 位姿, robot, manipulater, load, object, mov+, balanc+, fall+, drop+, posture, attitude

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 112975978 A (UBTECH ROBOTICS CORP., LTD.) 18 June 2021 (2021-06-18) description, paragraphs 0002-0178, and figures 1-7	1, 9, 11-15
A	CN 112558621 A (SOUTHWEST UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 26 March 2021 (2021-03-26) entire document	1-15
A	CN 113334393 A (CHENGDU BORN MEDICAL ROBOTICS INC.) 03 September 2021 (2021-09-03) entire document	1-15
A	US 2005104548 A1 (HONDA MOTOR CO., LTD.) 19 May 2005 (2005-05-19) entire document	1-15
A	JP H1133952 A (YASKAWA ELECTRIC CORP.) 09 February 1999 (1999-02-09) entire document	1-15
A	US 2010250001 A1 (DISNEY ENTERPRISES, INC.) 30 September 2010 (2010-09-30) entire document	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 December 2023

Date of mailing of the international search report

25 December 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/085710

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112975978	A	18 June 2021	None			
CN	112558621	A	26 March 2021	None			
CN	113334393	A	03 September 2021	None			
US	2005104548	A1	19 May 2005	AU	2003235263	A1	17 November 2003
				KR	20040111534	A	31 December 2004
				WO	03092968	A1	13 November 2003
				JP	2003326483	A	18 November 2003
				JP	3833567	B2	11 October 2006
				US	7112938	B2	26 September 2006
				DE	60328285	D1	20 August 2009
				KR	20060107582	A	13 October 2006
				KR	100685720	B1	26 February 2007
				EP	1510302	A1	02 March 2005
				EP	1510302	A4	30 April 2008
				EP	1510302	B1	08 July 2009
JP	H1133952	A	09 February 1999	JP	3937108	B2	27 June 2007
US	2010250001	A1	30 September 2010	US	8781624	B2	15 July 2014
				EP	2233387	A1	29 September 2010
				US	2014309781	A1	16 October 2014
				US	9389598	B2	12 July 2016
				JP	2010221395	A	07 October 2010
				JP	5836565	B2	24 December 2015

A. 主题的分类 B25J 9/12(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) IPC:B25J 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNTXT,ENTXT,DWPI,CNKI:机械臂,机械手,执行器,负载,负重,运动,移动,物体,平衡,掉落,姿态,位姿,robot,manipulat+, load,object,mov+,balanc+,fall+,drop+, posture,attitude		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 112975978 A (深圳市优必选科技股份有限公司) 2021年6月18日 (2021 - 06 - 18) 说明书第0002-0178段, 附图1-7	1,9,11-15
A	CN 112558621 A (西南科技大学) 2021年3月26日 (2021 - 03 - 26) 全文	1-15
A	CN 113334393 A (成都博恩思医学机器人有限公司) 2021年9月3日 (2021 - 09 - 03) 全文	1-15
A	US 2005104548 A1 (HONDA MOTOR CO LTD) 2005年5月19日 (2005 - 05 - 19) 全文	1-15
A	JP H1133952 A (YASKAWA ELECTRIC CORP) 1999年2月9日 (1999 - 02 - 09) 全文	1-15
A	US 2010250001 A1 (DISNEY ENTPR) 2010年9月30日 (2010 - 09 - 30) 全文	1-15
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
★ 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2023年12月4日	国际检索报告邮寄日期 2023年12月25日	
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	授权官员 卢雁 电话号码 (+86) 010-62085392	

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/085710

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	112975978	A	2021年6月18日	无			
CN	112558621	A	2021年3月26日	无			
CN	113334393	A	2021年9月3日	无			
US	2005104548	A1	2005年5月19日	AU	2003235263	A1	2003年11月17日
				KR	20040111534	A	2004年12月31日
				WO	03092968	A1	2003年11月13日
				JP	2003326483	A	2003年11月18日
				JP	3833567	B2	2006年10月11日
				US	7112938	B2	2006年9月26日
				DE	60328285	D1	2009年8月20日
				KR	20060107582	A	2006年10月13日
				KR	100685720	B1	2007年2月26日
				EP	1510302	A1	2005年3月2日
				EP	1510302	A4	2008年4月30日
				EP	1510302	B1	2009年7月8日
JP	H1133952	A	1999年2月9日	JP	3937108	B2	2007年6月27日
US	2010250001	A1	2010年9月30日	US	8781624	B2	2014年7月15日
				EP	2233387	A1	2010年9月29日
				US	2014309781	A1	2014年10月16日
				US	9389598	B2	2016年7月12日
				JP	2010221395	A	2010年10月7日
				JP	5836565	B2	2015年12月24日