

(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
2025 年 6 月 5 日 (05.06.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/112145 A1

(51) 国际专利分类号:

B25J 9/16 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2023/141929

(22) 国际申请日:

2023 年 12 月 26 日 (26.12.2023)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

202311612875.2 2023 年 11 月 28 日 (28.11.2023) CN

(71) 申请人: 深圳市优必选科技股份有限公司(**UBTECH ROBOTICS CORP LTD**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区桃源街道长源社区学苑大道 1001 号南山智园 C1 栋 2201 518000 (CN)。

(72) 发明人: 罗秋月(**LUO, Qiuyue**); 中国广东省深圳市南山区桃源街道长源社区学苑大道 1001 号南山智园 C1 栋 2201 518000 (CN)。葛利刚(**GE, Ligang**); 中国广东省深圳市南山区桃源街道长源社区学苑大道 1001 号南山智园 C1 栋 2201 518000 (CN)。

(74) 代理人: 深圳中一联合知识产权代理有限公司 (**SHENZHEN ZHONGYI UNION**)

INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.;

中国广东省深圳市福田区莲花街道紫荆社区深南大道 6008 号深圳特区报业大厦 33 层 518034 (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,

(54) **Title:** ROBOT CONTROL METHOD AND APPARATUS, READABLE STORAGE MEDIUM AND ROBOT

(54) 发明名称: 一种机器人控制方法、装置、可读存储介质及机器人

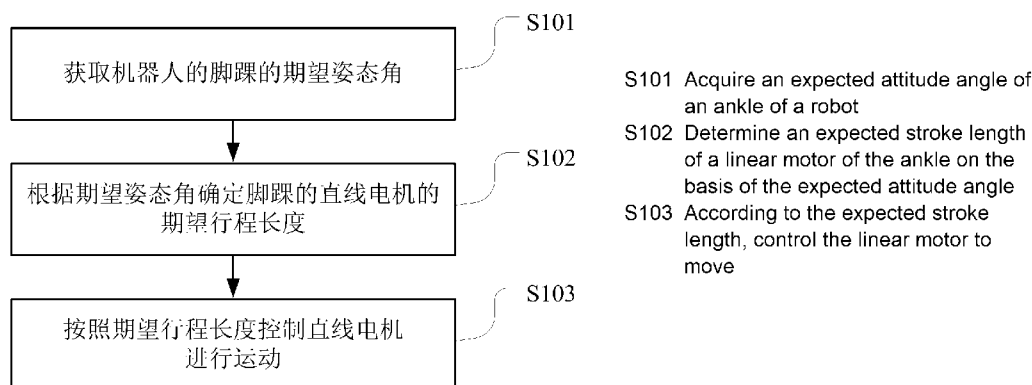


图 1

(57) **Abstract:** A robot (5) control method and apparatus, a readable storage medium and a robot (5). The robot (5) control method comprises: acquiring an expected attitude angle of an ankle of a robot (5) (S101); determining an expected stroke length of a linear motor of the ankle on the basis of the expected attitude angle (S102); and, according to the expected stroke length, controlling the linear motor to move (S103).

(57) **摘要:** 一种机器人 (5) 控制方法、装置、可读存储介质及机器人 (5)。机器人 (5) 控制方法包括: 获取机器人 (5) 的脚踝的期望姿态角 (S101); 根据期望姿态角确定脚踝的直线电机的期望行程长度 (S102); 按照期望行程长度控制直线电机进行运动 (S103)。

[见续页]

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))。

一种机器人控制方法、装置、可读存储介质及机器人

本申请要求于 2023 年 11 月 28 日在中国专利局提交的、申请号为 202311612875.2、发明名称为“一种机器人控制方法、装置、可读存储介质及机器人”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5 技术领域

本申请属于机器人技术领域，尤其涉及一种机器人控制方法、装置、计算机可读存储介质及机器人。

背景技术

在机器人执行任务的过程中，有时需要对机器人的脚踝的姿态角进行控制，使其能够完成期望的任务。

但是，人形机器人的脚踝结构往往相对比较复杂，对其的控制难度较大。在现有技术中，往往会通过一些复杂的算法或模型来对其进行控制，控制效率较低，难以满足实际的任务需求。

技术问题

有鉴于此，本申请实施例提供了一种机器人控制方法、装置、计算机可读存储介质及机器人，以解决现有技术中存在的对机器人的脚踝的姿态角进行控制时，控制效率较低，难以满足实际的任务需求的问题。

技术方案

本申请实施例的第一方面提供了一种机器人控制方法，可以包括：

20 获取机器人的脚踝的期望姿态角；

根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度；

按照所述期望行程长度控制所述直线电机进行运动。

在第一方面的一种具体实现方式中，所述根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度，可以包括：

25 基于逆运动学解析关系，根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的

期望行程长度；

其中，所述逆运动学解析关系为预先建立的所述脚踝的姿态角与所述直线电机的行程长度之间的解析关系。

在第一方面的一种具体实现方式中，在基于逆运动学解析关系，根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度之前，还可以包括：

确定所述脚踝的空间结构；

根据所述脚踝的空间结构建立所述逆运动学解析关系。

在第一方面的一种具体实现方式中，所述逆运动学解析关系为逆运动学解析式，所述逆运动学解析式以所述脚踝的姿态角为输入量，以所述直线电机的行程长度为输出量；

所述基于逆运动学解析关系，根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度，可以包括：

将所述期望姿态角作为输入量代入所述逆运动学解析式进行计算，并根据计算得到的输出量确定所述期望行程长度。

在第一方面的一种具体实现方式中，所述根据计算得到的输出量确定所述期望行程长度，可以包括：

从计算得到的输出量中选取处于所述直线电机的行程长度范围区间内的取值作为所述期望行程长度。

在第一方面的一种具体实现方式中，所述逆运动学解析关系为解析关系对应表，所述解析关系对应表中记录了所述脚踝的各个姿态角与所述直线电机的各个行程长度之间的对应关系；

所述基于逆运动学解析关系，根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度，可以包括：

在所述解析关系对应表中查询与所述期望姿态角对应的行程长度；

将在所述解析关系对应表中查询到的与所述期望姿态角对应的行程长度确定为所述期望行程长度。

在第一方面的一种具体实现方式中，在按照所述期望行程长度控制所述直线电机进行运动之后，还可以包括：

获取脚踝的测量姿态角；

计算所述测量姿态角和所述期望姿态角之间的角度误差；

若所述角度误差小于预设的角度误差阈值，则确定完成对所述脚踝的姿态控制。

本申请实施例的第二方面提供了一种机器人控制装置，可以包括：

期望姿态角获取模块，用于获取机器人的脚踝的期望姿态角；

期望行程长度确定模块，用于根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度；

运动控制模块，用于按照所述期望行程长度控制所述直线电机进行运动。

在第二方面的一种具体实现方式中，所述期望行程长度确定模块可以包括：

逆运动学解析单元，用于基于逆运动学解析关系，根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度；

其中，所述逆运动学解析关系为预先建立的所述脚踝的姿态角与所述直线电机的行程长度之间的解析关系。

在第二方面的一种具体实现方式中，所述期望行程长度确定模块还可以包括：

逆运动学解析关系建立单元，用于确定所述脚踝的空间结构；根据所述脚踝的空间结构建立所述逆运动学解析关系。

在第二方面的一种具体实现方式中，所述逆运动学解析关系为逆运动学解析式，所述逆运动学解析式以所述脚踝的姿态角为输入量，以所述直线电机的行程长度为输出量；

所述逆运动学解析单元可以包括：

- 5 计算子单元，用于将所述期望姿态角作为输入量代入所述逆运动学解析式进行计算；

第一确定子单元，用于根据计算得到的输出量确定所述期望行程长度。

- 在第二方面的一种具体实现方式中，所述期望行程长度确定子单元可以具体用于：从计算得到的输出量中选取处于所述直线电机的行程长度范围区间内的取值作为所述期望行程长度。
- 10

在第二方面的一种具体实现方式中，所述逆运动学解析关系为解析关系对应表，所述解析关系对应表中记录了所述脚踝的各个姿态角与所述直线电机的各个行程长度之间的对应关系；

所述逆运动学解析单元可以包括：

- 15 查询子单元，用于在所述解析关系对应表中查询与所述期望姿态角对应的行程长度；

第二确定子单元，用于将在所述解析关系对应表中查询到的与所述期望姿态角对应的行程长度确定为所述期望行程长度。

在第二方面的一种具体实现方式中，所述机器人控制装置还可以包括：

- 20 验证模块，用于获取脚踝的测量姿态角；计算所述测量姿态角和所述期望姿态角之间的角度误差；若所述角度误差小于预设的角度误差阈值，则确定完成对所述脚踝的姿态控制。

本申请实施例的第三方面提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可

读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述任一种机器人控制方法的步骤。

本申请实施例的第四方面提供了一种机器人，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现上述任一种机器人控制方法的步骤。

本申请实施例的第五方面提供了一种计算机程序产品，当计算机程序产品在机器人上运行时，使得机器人执行上述任一种机器人控制方法的步骤。

有益效果

本申请实施例与现有技术相比存在的有益效果是：本申请实施例获取机器人的脚踝的期望姿态角；根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度；按照所述期望行程长度控制所述直线电机进行运动。通过本申请实施例，将机器人的脚踝的姿态角转换为脚踝的直线电机的行程长度，通过对直线电机的行程长度进行控制来实现对于脚踝的姿态角的控制，具有较高的控制效率，有助于满足实际的任务需求。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例或现有技术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它的附图。

图 1 为本申请实施例中一种机器人控制方法的一个实施例流程图；

图 2 为一种并联脚踝结构的示意图；

图 3 为在仿真平台上的验证结果示意图；

图 4 为本申请实施例中一种机器人控制装置的一个实施例结构图；

图 5 为本申请实施例中一种机器人的示意框图。

本发明的实施方式

为使得本申请的发明目的、特征、优点能够更加的明显和易懂，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，下面所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而非全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本申请保护的范围。

5 应当理解，当在本说明书和所附权利要求书中使用时，术语“包括”指示所描述特征、整体、步骤、操作、元素和/或组件的存在，但并不排除一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元素、组件和/或其集合的存在或添加。

还应当理解，在此本申请说明书中所使用的术语仅仅是出于描述特定实施例的目的而并不意在限制本申请。如在本申请说明书和所附权利要求书中所使用的那10 样的那样，除非上下文清楚地指明其它情况，否则单数形式的“一”、“一个”及“该”意在包括复数形式。

还应当进一步理解，在本申请说明书和所附权利要求书中使用的术语“和/或”是指相关联列出的项中的一个或多个的任何组合以及所有可能组合，并且包括这些组合。

15 如在本说明书和所附权利要求书中使用的那样的那样，术语“如果”可以依据上下文被解释为“当...时”或“一旦”或“响应于确定”或“响应于检测到”。类似地，短语“如果确定”或“如果检测到[所描述条件或事件]”可以依据上下文被解释为意指“一旦确定”或“响应于确定”或“一旦检测到[所描述条件或事件]”或“响应于检测到[所描述条件或事件]”。

20 另外，在本申请的描述中，术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于区分描述，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

在机器人执行任务的过程中，有时需要对机器人的脚踝的姿态角进行控制，使其能够完成期望的任务。

但是，人形机器人的脚踝结构往往相对比较复杂，对其的控制难度较大。在现有技术中，往往会通过一些复杂的算法或模型来对其进行控制，控制效率较低，难以满足实际的任务需求。

在本申请实施例中，可以将机器人的脚踝的姿态角转换为脚踝的直线电机
5 的行程长度，通过对直线电机的行程长度进行控制来实现对于脚踝的姿态角的控制，具有较高的控制效率，有助于满足实际的任务需求。

本申请实施例的执行主体为机器人，包括但不限于任意一种具有脚踝结构的人形机器人或其它机器人。

请参阅图 1，本申请实施例中一种机器人控制方法的一个实施例可以包括：
10 步骤 S101、获取机器人的脚踝的期望姿态角。

在本申请实施例中，脚踝的姿态角可以包括但不限于俯仰角（pitch）和/或翻滚角（roll）。

期望姿态角即为脚踝完成期望的任务所需达到的姿态角，可以预先通过现有技术中的任意一种运动规划算法对脚踝进行运动规划得到，本申请实施例对
15 其不作具体限定。

步骤 S102、根据期望姿态角确定脚踝的直线电机的期望行程长度。

其中，直线电机是一种将电能直接转换成直线运动机械能，而不需要任何中间转换机构的传动装置，在本申请实施例中，可以通过直线电机的直线运动来对脚踝的姿态角进行控制。

20 直线电机的行程长度为直线电机的位置相较于其初始位置的位置变化量，期望行程长度即为使得脚踝的姿态角达到期望姿态角时直线电机的行程长度。

在本申请实施例中，可以预先建立起逆运动学解析关系，在获取到脚踝的期望姿态角之后，则可基于逆运动学解析关系，根据期望姿态角确定脚踝的直

线电机的期望行程长度。其中，逆运动学解析关系为预先建立的脚踝的姿态角与直线电机的行程长度之间的解析关系。

具体地，在建立逆运动学解析关系时，可以首先确定脚踝的空间结构，然后根据脚踝的空间结构建立逆运动学解析关系。

5 图 2 示出了一种可能的并联脚踝结构的示意图，如图所示，脚踝的原点（记为 O）为位于脚板上的第一被动球铰，第一被动球铰与支撑架连接。脚踝的前进方向为 x 轴正向，脚踝的左侧方向，也即在水平平面上将脚踝的前进方向逆时针旋转 90 度为 y 轴正向，竖直向上的方向为 z 轴正向。支撑架在竖直方向上并行设置左右两个运动轴，左右两个直线电机分别在这两个运动轴上做直线
10 运动，左侧直线电机（其位置记为 A_1 ）通过左侧第一连杆与左侧第一关节（其位置记为 B_1 ）连接，左侧第一关节通过左侧第二连杆与左侧第二关节（其位置记为 C_1 ）连接，左侧第二关节为位于脚板上的第二被动球铰。类似地，右侧直线电机（其位置记为 A_2 ）通过右侧第一连杆与右侧第一关节（其位置记为 B_2 ）连接，右侧第一关节通过右侧第二连杆与右侧第二关节（其位置记为
15 C_2 ）连接，右侧第二关节为位于脚板上的第二被动球铰。

以左侧直线电机的连接结构为例，具有如下的几何关系：

$$\|\vec{r}_{C_1} - (\vec{OA_1} + \vec{A_1B_1})\| = \|\vec{B_1C_1}\|$$

其中， $\vec{r}_{C_1}$ 即为 $\vec{OC_1}$ 。

将左侧直线电机的初始位置记为 A_1^0 ，则上式可表示为：

$$\|\vec{r}_{C_1} - (\vec{OA_1^0} + \vec{A_1^0B_1} + \vec{L_1})\| = \|\vec{B_1C_1}\|$$

其中， $\vec{L_1}$ 为左侧直线电机的位置相较于其初始位置的位置变化向量。

当机器人的脚踝在初始状态，其俯仰角 q_{ankle}^{pitch} 和翻滚角 q_{ankle}^{roll} 均为 0 时，记左侧第二关节的位置为 C_1^0 ，则 $\vec{r}_{C_1}$ 可表示为：

$$\vec{r}_{C_1} = R_y(q_{ankle}^{pitch})R_x(q_{ankle}^{roll})\vec{OC_1^0}$$

其中, R_x 为绕 x 轴的旋转矩阵, R_y 为绕 y 轴的旋转矩阵, 可表示为:

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(q_{ankle}^{roll}) & -\sin(q_{ankle}^{roll}) \\ 0 & \sin(q_{ankle}^{roll}) & \cos(q_{ankle}^{roll}) \end{bmatrix}$$

$$R_y = \begin{bmatrix} \cos(q_{ankle}^{pitch}) & 0 & \sin(q_{ankle}^{pitch}) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(q_{ankle}^{pitch}) & 0 & \cos(q_{ankle}^{pitch}) \end{bmatrix}$$

5 令 $\vec{a_1} = \vec{r_{C_1}} - (\vec{OA_1^0} + \vec{A_1B_1})$, 可以得到:

$$\|\vec{a_1} - \vec{L_1}\| = \|\vec{B_1C_1}\|$$

对上式左右两边求平方, 可以得到:

$$\|\vec{a_1} - \vec{L_1}\|^2 = \|\vec{B_1C_1}\|^2$$

由于向量模的平方等于向量各个方向分量的平方和, 于是:

$$10 \quad (a_{x1} - L_{x1})^2 + (a_{y1} - L_{y1})^2 + (a_{z1} - L_{z1})^2 = l_{rod1}^2$$

其中, a_{x1} 、 a_{y1} 、 a_{z1} 分别为 $\vec{a_1}$ 的 x 轴分量、y 轴分量和 z 轴分量, L_{x1} 、 L_{y1} 、 L_{z1} 分别为 $\vec{L_1}$ 的 x 轴分量、y 轴分量和 z 轴分量, l_{rod1} 为左侧第二连杆的杆长。

由于脚踝的直线电机只能延 z 轴上下运动, 令 $L_{x1}=0$, $L_{y1}=0$, 则能得到:

$$a_{x1}^2 + a_{y1}^2 + (a_{z1} - L_{z1})^2 = l_{rod1}^2$$

15 求解上式可以得到左侧直线电机的行程长度的表达式为:

$$L_{z1} = a_{z1} \pm \sqrt{l_{rod1}^2 - a_{x1}^2 - a_{y1}^2}$$

类似地, 可以得到右侧直线电机的行程长度的表达式为:

$$L_{z2} = a_{z2} \pm \sqrt{l_{rod2}^2 - a_{x2}^2 - a_{y2}^2}$$

其中, a_{x2} 、 a_{y2} 、 a_{z2} 分别为 $\vec{a_2}$ 的 x 轴分量、y 轴分量和 z 轴分量,

20 $\vec{a_2} = \vec{r_{C_2}} - (\vec{OA_2^0} + \vec{A_2B_2})$, $\vec{r_{C_2}} = R_y(q_{ankle}^{pitch})R_x(q_{ankle}^{roll})\vec{OC_2^0}$, C_2^0 为脚踝在初始状态时右侧第二关节的位置, L_{x2} 、 L_{y2} 、 L_{z2} 分别为 $\vec{L_2}$ 的 x 轴分量、y 轴分量和 z 轴分量, $\vec{L_2}$ 为右

侧直线电机的位置相较于其初始位置的位置变化向量, l_{rod2} 为右侧第二连杆的杆长。

上述的表达式即为以脚踝的姿态角为输入量, 以直线电机的行程长度为输出量的逆运动学解析式。

- 5 需要说明的是, 上述的并联脚踝结构仅为示例, 对于其它的脚踝空间结构, 也可以参考上述分析过程建立对应的逆运动学解析式, 本申请实施例对此不再赘述。

在本申请实施例的一种具体实现方式中, 可以直接将逆运动学解析式作为逆运动学解析关系, 将期望姿态角作为输入量代入逆运动学解析式进行计算, 10 并根据计算得到的输出量确定期望行程长度。具体地, 可以从计算得到的输出量中选取处于直线电机的行程长度范围区间内的取值作为期望行程长度。

在本申请实施例的另一种具体实现方式中, 还可以基于逆运动学解析式构建解析关系对应表, 解析关系对应表中记录了脚踝的各个姿态角与直线电机的各个行程长度之间的对应关系, 如下表所示:

姿态角	行程长度
姿态角 1	行程长度 1
姿态角 2	行程长度 2
姿态角 3	行程长度 3
.....	

- 15 具体地, 将姿态角 1 作为输入量代入逆运动学解析式进行计算, 从计算得到的输出量中选取处于直线电机的行程长度范围区间内的取值, 即为行程长度 1, 从而建立起了姿态角 1 与行程长度 1 之间的对应关系, 将姿态角 2 作为输入量代入逆运动学解析式进行计算, 从计算得到的输出量中选取处于直线电机的行

程长度范围区间内的取值，即为行程长度 2，从而建立起了姿态角 2 与行程长度 2 之间的对应关系，以此类推，可以建立起各个姿态角与直线电机的各个行程长度之间的对应关系，即完成解析关系对应表的构建，并将解析关系对应表作为逆运动学解析关系。

- 5 在需要根据期望姿态角确定期望行程长度时，可以在解析关系对应表中查询与期望姿态角对应的行程长度，并将在解析关系对应表中查询到的与期望姿态角对应的行程长度确定为期望行程长度。通过这样的方式，可以用查表过程来替代解析计算过程，具有更高的处理效率。

步骤 S103、按照期望行程长度控制直线电机进行运动。

- 10 在确定出期望行程长度之后，则可控制直线电机运动至与期望行程长度对应的位置，从而带动连杆使得脚踝的姿态角达到期望姿态角。

为了对运动控制的效果进行验证，在步骤 S103 之后，还可以获取脚踝的测量姿态角，其中，测量姿态角为通过预设的传感器测量得到的实际姿态角。

- 15 然后计算测量姿态角和期望姿态角之间的角度误差，若角度误差小于预设的角度误差阈值，则可以确定完成对脚踝的姿态控制。其中，角度误差阈值可以根据实际情况进行设置，本申请实施例对此不作具体限定。

图 3 所示为在仿真平台上的验证结果示意图，上图为俯仰角的对比图，下图为翻滚角的对比图，从图中可以看出，测量姿态角和期望姿态角基本可以保持一致，证实了本申请方法的有效性。

- 20 综上，本申请实施例获取机器人的脚踝的期望姿态角；根据期望姿态角确定脚踝的直线电机的期望行程长度；按照期望行程长度控制直线电机进行运动。通过本申请实施例，将机器人的脚踝的姿态角转换为脚踝的直线电机的行程长度，通过对直线电机的行程长度进行控制来实现对于脚踝的姿态角的控制，具

有较高的控制效率，有助于满足实际的任务需求。

应理解，上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定，而不应对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

5

对应于上文实施例所述的一种机器人控制方法，图4示出了本申请实施例提供的一种机器人控制装置的一个实施例结构图。

本实施例中，一种机器人控制装置可以包括：

期望姿态角获取模块401，用于获取机器人的脚踝的期望姿态角；

10 期望行程长度确定模块402，用于根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度；

运动控制模块403，用于按照所述期望行程长度控制所述直线电机进行运动。

15 在本申请实施例的一种具体实现方式中，所述期望行程长度确定模块可以包括：

逆运动学解析单元，用于基于逆运动学解析关系，根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度；

其中，所述逆运动学解析关系为预先建立的所述脚踝的姿态角与所述直线电机的行程长度之间的解析关系。

20 在本申请实施例的一种具体实现方式中，所述期望行程长度确定模块还可以包括：

逆运动学解析关系建立单元，用于确定所述脚踝的空间结构；根据所述脚踝的空间结构建立所述逆运动学解析关系。

在本申请实施例的一种具体实现方式中,所述逆运动学解析关系为逆运动学解析式,所述逆运动学解析式以所述脚踝的姿态角为输入量,以所述直线电机的行程长度为输出量;

所述逆运动学解析单元可以包括:

- 5 计算子单元,用于将所述期望姿态角作为输入量代入所述逆运动学解析式进行计算;

第一确定子单元,用于根据计算得到的输出量确定所述期望行程长度。

- 在本申请实施例的一种具体实现方式中,所述期望行程长度确定子单元可以具体用于:从计算得到的输出量中选取处于所述直线电机的行程长度范围区
10 间内的取值作为所述期望行程长度。

在本申请实施例的一种具体实现方式中,所述逆运动学解析关系为解析关系对应表,所述解析关系对应表中记录了所述脚踝的各个姿态角与所述直线电机的各个行程长度之间的对应关系;

所述逆运动学解析单元可以包括:

- 15 查询子单元,用于在所述解析关系对应表中查询与所述期望姿态角对应的行程长度;

第二确定子单元,用于将在所述解析关系对应表中查询到的与所述期望姿态角对应的行程长度确定为所述期望行程长度。

在本申请实施例的一种具体实现方式中,所述机器人控制装置还可以包括:

- 20 验证模块,用于获取脚踝的测量姿态角;计算所述测量姿态角和所述期望姿态角之间的角度误差;若所述角度误差小于预设的角度误差阈值,则确定完成对所述脚踝的姿态控制。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述

的装置,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。

在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中沒有详述或记载的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

5

图5示出了本申请实施例提供的一种机器人的示意框图,为了便于说明,仅示出了与本申请实施例相关的部分。

如图5所示,该实施例的机器人5包括:处理器50、存储器51以及存储在所述存储器51中并可在所述处理器50上运行的计算机程序52。所述处理器
10 器50执行所述计算机程序52时实现上述各个机器人控制方法实施例中的步骤,例如图1所示的步骤S101至步骤S103。或者,所述处理器50执行所述计算机程序52时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能,例如图4所示模块401至模块403的功能。

示例性的,所述计算机程序52可以被分割成一个或多个模块/单元,所述
15 一个或者多个模块/单元被存储在所述存储器51中,并由所述处理器50执行,以完成本申请。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段,该指令段用于描述所述计算机程序52在所述机器人5中的执行过程。

本领域技术人员可以理解,图5仅仅是机器人5的示例,并不构成对机器人5
20 的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述机器人5还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

所述处理器50可以是中央处理单元(Central Processing Unit, CPU),还

可以是其它通用处理器、数字信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）、专用集成电路（Application Specific Integrated Circuit, ASIC）、现场可编程门阵列（Field-Programmable Gate Array, FPGA）或者其它可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以在任何常规的处理器等。

所述存储器 51 可以是所述机器人 5 的内部存储单元，例如机器人 5 的硬盘或内存。所述存储器 51 也可以是所述机器人 5 的外部存储设备，例如所述机器人 5 上配备的插接式硬盘，智能存储卡（Smart Media Card, SMC），安全数字（Secure Digital, SD）卡，闪存卡（Flash Card）等。进一步地，所述存储器 51 还可以既包括所述机器人 5 的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器 51 用于存储所述计算机程序以及所述机器人 5 所需的其它程序和数据。所述存储器 51 还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

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，即将所述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。

在上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中沒有详

述或记载的部分，可以参见其它实施例的相关描述。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用
5 和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

在本申请所提供的实施例中，应该理解到，所揭露的装置/机器人和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置/机器人实施例仅仅是示意性的，例如，所述模块或单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现
10 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讯连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通讯连接，可以是电性，机械或其它的形式。

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
15 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。

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
20 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。

所述集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读存储介质中。基于这样的理解，本

申请实现上述实施例方法中的全部或部分流程，也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中，该计算机程序在被处理器执行时，可实现上述各个方法实施例的步骤。其中，所述计算机程序包括计算机程序代码，所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读存储介质可以包括：能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U 盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器（ROM, Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM, Random Access Memory）、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是，所述计算机可读存储介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减，例如在某些司法管辖区，根据立法和专利实践，计算机可读存储介质不包括电载波信号和电信信号。

以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的精神和范围，均应包含在本申请的保护范围之内。

权利要求书

1. 一种机器人控制方法，其特征在于，包括：

获取机器人的脚踝的期望姿态角；

根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度；

5 按照所述期望行程长度控制所述直线电机进行运动。

2. 根据权利要求 1 所述的机器人控制方法，其特征在于，所述根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度，包括：

基于逆运动学解析关系，根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度；

10 其中，所述逆运动学解析关系为预先建立的所述脚踝的姿态角与所述直线电机的行程长度之间的解析关系。

3. 根据权利要求 2 所述的机器人控制方法，其特征在于，在基于逆运动学解析关系，根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度之前，还包括：

15 确定所述脚踝的空间结构；

根据所述脚踝的空间结构建立所述逆运动学解析关系。

4. 根据权利要求 2 所述的机器人控制方法，其特征在于，所述逆运动学解析关系为逆运动学解析式，所述逆运动学解析式以所述脚踝的姿态角为输入量，以所述直线电机的行程长度为输出量；

20 所述基于逆运动学解析关系，根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度，包括：

将所述期望姿态角作为输入量代入所述逆运动学解析式进行计算，并根据计算得到的输出量确定所述期望行程长度。

5. 根据权利要求 4 所述的机器人控制方法，其特征在于，所述根据计算得到的输出量确定所述期望行程长度，包括：

从计算得到的输出量中选取处于所述直线电机的行程长度范围区间内的取值作为所述期望行程长度。

5 6. 根据权利要求 2 所述的机器人控制方法，其特征在于，所述逆运动学解析关系为解析关系对应表，所述解析关系对应表中记录了所述脚踝的各个姿态角与所述直线电机的各个行程长度之间的对应关系；

所述基于逆运动学解析关系，根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度，包括：

10 在所述解析关系对应表中查询与所述期望姿态角对应的行程长度；

将在所述解析关系对应表中查询到的与所述期望姿态角对应的行程长度确定为所述期望行程长度。

7. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的机器人控制方法，其特征在于，在按照所述期望行程长度控制所述直线电机进行运动之后，还包括：

15 获取脚踝的测量姿态角；

计算所述测量姿态角和所述期望姿态角之间的角度误差；

若所述角度误差小于预设的角度误差阈值，则确定完成对所述脚踝的姿态控制。

8. 一种机器人控制装置，其特征在于，包括：

20 期望姿态角获取模块，用于获取机器人的脚踝的期望姿态角；

期望行程长度确定模块，用于根据所述期望姿态角确定所述脚踝的直线电机的期望行程长度；

运动控制模块，用于按照所述期望行程长度控制所述直线电机进行运动。

9. 一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1 至 7 中任一项所述的机器人控制方法的步骤。

10. 一种机器人，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求 1 至 7 中任一项所述的机器人控制方法的步骤。

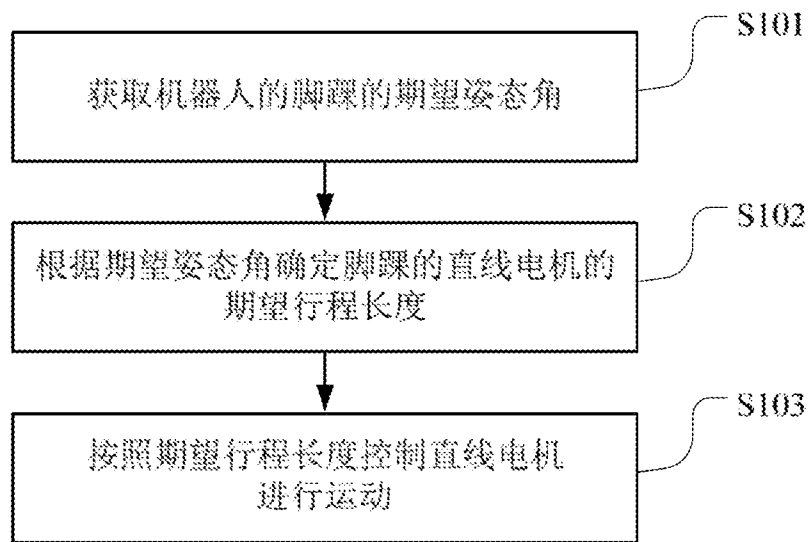


图 1

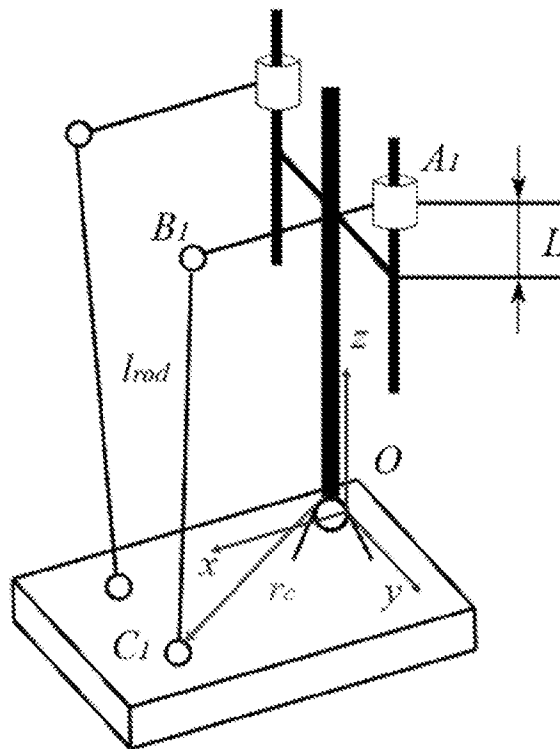


图 2

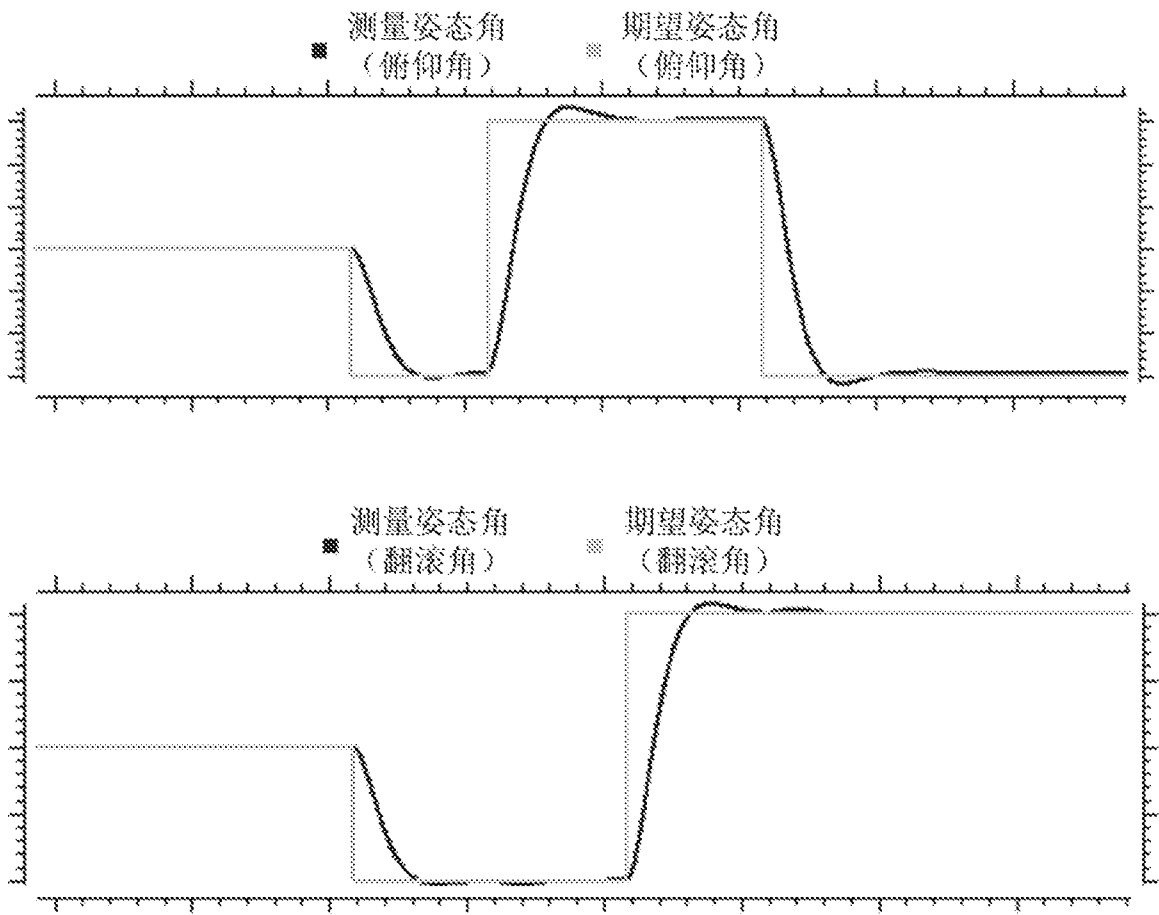


图 3

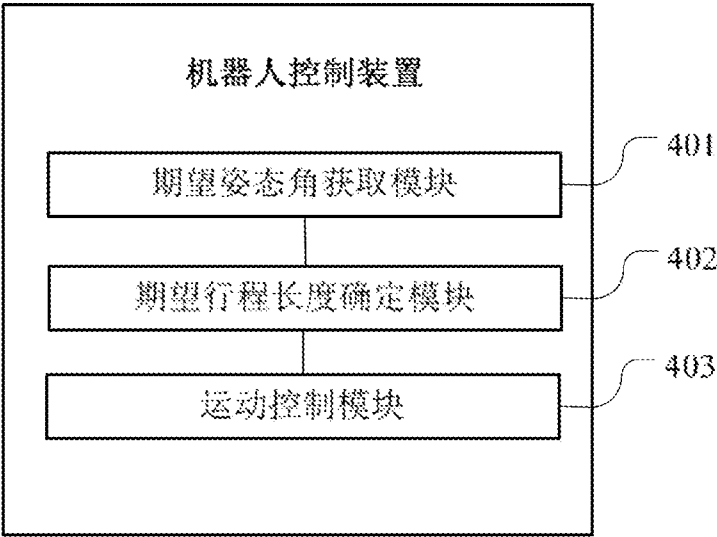


图 4

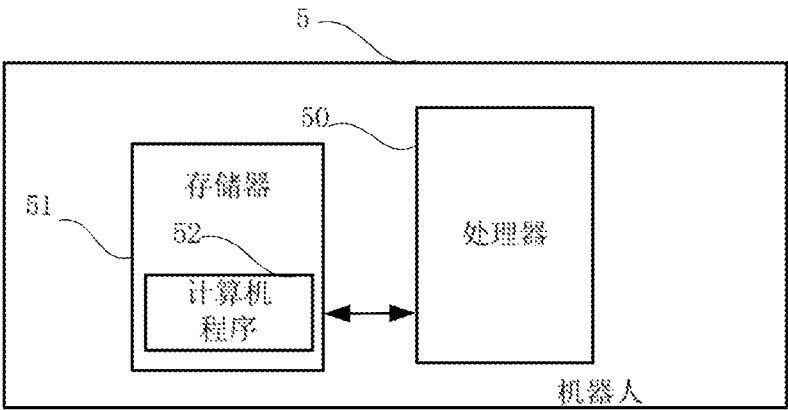


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/141929

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J9/16(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 B62D

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)

CNKI; CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT: 优必选, 机器人, 外骨骼, 踝, 脚, 腿, 关节, 期望, 预期, 预设, 理想, 姿态角, 横滚, 偏航, 俯仰, 欧拉角, 四元数, 直线电机, 驱动器, 电动机, 马达, robot, manipulator, exoskeleton, ankle, foot, leg, joint, desire, expect, preset, attitude, angle, roll, yaw, pitch, euler, quaternion, motor, linear

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 116495074 A (GUANGDONG CHUNMI ELECTRIC APPLIANCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 28 July 2023 (2023-07-28) description, paragraphs [0049]-[0087], and figures 1-5	1-3, 6-10
Y	CN 116495074 A (GUANGDONG CHUNMI ELECTRIC APPLIANCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 28 July 2023 (2023-07-28) description, paragraphs [0049]-[0087], and figures 1-5	4, 5, 7, 9, 10
X	US 2011172817 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 14 July 2011 (2011-07-14) description, paragraphs [0038]-[0114], and figures 1-6	1, 7-10
X	JP 2008126330 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 05 June 2008 (2008-06-05) description, paragraphs [0008]-[0048], and figures 1-7	1, 7-10
Y	CN 111914416 A (ZHEJIANG LAB) 10 November 2020 (2020-11-10) description, paragraphs [0004]-[0050], and figure 1	4, 5, 7, 9, 10
A	CN 112947398 A (UBTECH ROBOTICS CORP.) 11 June 2021 (2021-06-11) entire document	1-10



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

18 April 2024

Date of mailing of the international search report

05 May 2024

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

International application No.

PCT/CN2023/141929

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 113081701 A (SHENZHEN MILEBOT ROBOTICS CO., LTD.) 09 July 2021 (2021-07-09) entire document	1-10
A	CN 114489104 A (UBTECH ROBOTICS CORP.) 13 May 2022 (2022-05-13) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/141929

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	116495074	A	28 July 2023	None			
US	2011172817	A1	14 July 2011	US	9079624	B2	14 July 2015
				EP	2343163	A1	13 July 2011
				EP	2343163	B1	09 August 2017
				KR	20110082391	A	19 July 2011
				KR	101687630	B1	20 December 2016
JP	2008126330	A	05 June 2008	None			
CN	111914416	A	10 November 2020	None			
CN	112947398	A	11 June 2021	US	2021181765	A1	17 June 2021
				US	11693430	B2	04 July 2023
CN	113081701	A	09 July 2021	CN	113081701	B	29 March 2022
CN	114489104	A	13 May 2022	US	2023234655	A1	27 July 2023
				CN	114489104	B	10 November 2023

A. 主题的分类

B25J9/16(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 B62D

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))

CNKI;CNABS;CNTXT;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT: 优必选, 机器人, 外骨骼, 踝, 脚, 腿, 关节, 期望, 预期, 预设, 理想, 姿态角, 横滚, 偏航, 俯仰, 欧拉角, 四元数, 直线电机, 驱动器, 电动机, 马达, robot, manipulator, exoskeleton, ankle, foot, leg, joint, desire, expect, preset, attitude, angle, roll, yaw, pitch, euler, quaternion, motor, linear

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 116495074 A (广东纯米电器科技有限公司) 2023年7月28日 (2023 - 07 - 28) 说明书第[0049]-[0087]段, 附图1-5	1-3, 6-10
Y	CN 116495074 A (广东纯米电器科技有限公司) 2023年7月28日 (2023 - 07 - 28) 说明书第[0049]-[0087]段, 附图1-5	4, 5, 7, 9, 10
X	US 2011172817 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 2011年7月14日 (2011 - 07 - 14) 说明书第[0038]-[0114]段, 附图1-6	1, 7-10
X	JP 2008126330 A (TOYOTA MOTOR CORP) 2008年6月5日 (2008 - 06 - 05) 说明书第[0008]-[0048]段, 附图1-7	1, 7-10
Y	CN 111914416 A (之江实验室) 2020年11月10日 (2020 - 11 - 10) 说明书第[0004]-[0050]段, 附图1	4, 5, 7, 9, 10
A	CN 112947398 A (深圳市优必选科技股份有限公司) 2021年6月11日 (2021 - 06 - 11) 全文	1-10

☒ 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

2024年4月18日

国际检索报告邮寄日期

2024年5月5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

朱哲

电话号码 (+86) 0512-88995589

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

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
A	CN 113081701 A (深圳市迈步机器人科技有限公司) 2021年7月9日 (2021 - 07 - 09) 全文	1-10
A	CN 114489104 A (深圳市优必选科技股份有限公司) 2022年5月13日 (2022 - 05 - 13) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/141929

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	116495074	A	2023年7月28日	无	
US	2011172817	A1	2011年7月14日	US	9079624 B2 2015年7月14日
				EP	2343163 A1 2011年7月13日
				EP	2343163 B1 2017年8月9日
				KR	20110082391 A 2011年7月19日
				KR	101687630 B1 2016年12月20日
JP	2008126330	A	2008年6月5日	无	
CN	111914416	A	2020年11月10日	无	
CN	112947398	A	2021年6月11日	US	2021181765 A1 2021年6月17日
				US	11693430 B2 2023年7月4日
CN	113081701	A	2021年7月9日	CN	113081701 B 2022年3月29日
CN	114489104	A	2022年5月13日	US	2023234655 A1 2023年7月27日
				CN	114489104 B 2023年11月10日