



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118832596 A

(43) 申请公布日 2024. 10. 25

(21) 申请号 202411234874.3

(22) 申请日 2024.09.04

(71) 申请人 珠海格力电器股份有限公司

地址 519031 广东省珠海市珠海横琴新区
汇通三路108号办公608

(72) 发明人 刘荣翔 经琦

(74) 专利代理机构 北京煦润律师事务所 11522

专利代理师 殷爱钧 梁永芳

(51) Int. Cl.

B25J 9/16 (2006.01)

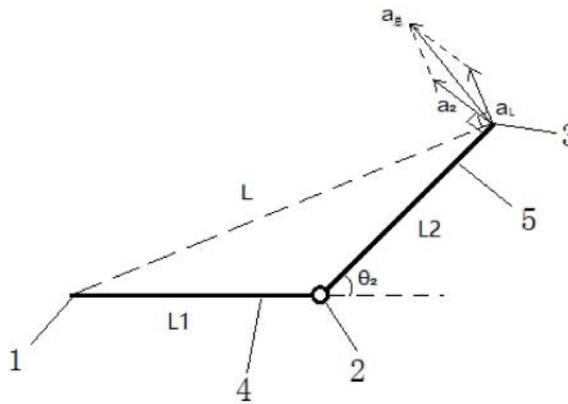
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种机器人的控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种机器人的控制方法,其包括:检测步骤,检测机器人的大臂长度 $L1$,小臂长度 $L2$,第一关节处设置第一电机,以驱动所述大臂绕着所述第一关节转动,所述第二关节处设置第二电机,以驱动所述小臂绕着所述第二关节转动,所述小臂的末端处连接丝杆组件,检测计算所述丝杆组件的当前线加速度 $a_{总}$;判断步骤,判断 $a_{总}$ 最大时其与 a_{MAX} 之间的关系,其中 a_{MAX} 为考虑丝杆寿命情况下的丝杆末端最大线加速度;控制步骤,如果 $a_{总} > a_{MAX}$,则控制降速,下降比例为 Ka ;若 $a_{总} \leq a_{MAX}$,则维持当前状态。根据本发明能避免长期使用和丝杆出现弯曲甚至折断的情况后出现,保证机器人丝杆可靠稳定的运行,提高其使用寿命。



1. 一种机器人的控制方法,其特征在于:包括:

检测步骤,检测机器人的大臂(4)长度 L_1 ,小臂(5)长度 L_2 ,第一关节(1)处设置第一电机,以驱动所述大臂(4)绕着所述第一关节(1)转动,第二关节(2)处设置第二电机,以驱动所述小臂(5)绕着所述第二关节(2)转动,所述小臂(5)的末端处连接丝杆组件(3),检测和计算所述丝杆组件(3)的当前线加速度 $a_{\text{总}}$;

判断步骤,判断 $a_{\text{总}}$ 最大时其与 a_{MAX} 之间的关系,其中 a_{MAX} 为考虑丝杆寿命情况下的丝杆组件(3)最大线加速度;

控制步骤,如果 $a_{\text{总}} > a_{\text{MAX}}$,则控制降速,下降比例为 K_a ;若 $a_{\text{总}} \leq a_{\text{MAX}}$,则维持当前状态。

2. 根据权利要求1所述的机器人的控制方法,其特征在于:

所述控制步骤,控制 $K_a = \frac{a_{\text{MAX}}}{a_{\text{总}}}$,并控制 $A_1' = K_a \cdot A_1$, $A_2' = K_a \cdot A_2$,其中 A_1 为所述第一关节(1)的当前角加速度, A_2 为所述第二关节(2)的当前角加速度, A_1' 为所述第一关节(1)的目标角加速度, A_2' 为所述第二关节(2)的目标角加速度。

3. 根据权利要求2所述的机器人的控制方法,其特征在于:

所述控制步骤,所述第一关节(1)单独运动时所述丝杆组件(3)的当前线加速度 $a_L = L \cdot A_1$,第二关节(2)单独运动时所述丝杆组件(3)的当前线加速度 $a_2 = L_2 \cdot A_2$,在所述小臂(5)和所述大臂(4)共同所在的平面内,所述丝杆组件(3)的 \vec{a}_2 的方向与小臂(5)的长度延伸方向垂直, L 为所述小臂(5)和所述大臂(4)所围成的三角形的另一条边的长度, \vec{a}_L 的方向与所述另一条边的延伸方向垂直。

4. 根据权利要求3所述的机器人的控制方法,其特征在于:

所述丝杆组件(3)的线加速度 $a_{\text{总}}$ 通过以下公式计算得出: $\vec{a}_{\text{总}} = \vec{a}_2 + \vec{a}_L$ 。

5. 根据权利要求4所述的机器人的控制方法,其特征在于:

所述控制步骤,第一关节(1)单独运动时所述丝杆组件(3)的目标线加速度 $a_L' = L \cdot A_1'$,第二关节(2)单独运动时所述丝杆组件(3)的当前线加速度 $a_2' = L_2 \cdot A_2'$,所述丝杆组件(3)的目标线加速度为 $a_{\text{总}}'$,便有 $a_L' = K_a \cdot a_L$, $a_2' = K_a \cdot a_2$, $a_{\text{总}}' = K_a \cdot a_{\text{总}} = a_{\text{MAX}}$ 。

6. 根据权利要求5所述的机器人的控制方法,其特征在于:

在所述小臂(5)和所述大臂(4)共同所在的平面内,所述小臂(5)与所述大臂(4)之间形成锐角,在 $a_{\text{总}}$ 为最大时计算得出该位置处的锐角的度数为 θ_2 。

7. 根据权利要求6所述的机器人的控制方法,其特征在于:

所述小臂(5)与所述大臂(4)之间夹设的角度为钝角,所述大臂(4)的延长线与所述小臂(5)之间夹设所述 θ_2 。

8. 根据权利要求6所述的机器人的控制方法,其特征在于:

所述控制步骤,重新进行关节运动规划,控制时间缩放,保证 $a_{\text{总}}$ 缩放后最大加速度瞬间的角度仍然是 θ_2 ,即出现最大加速度的位置仍然位于 θ_2 的位置处,保证不会出现在其他角度出现比 $a_{\text{总}}'$ 还要大的加速度,防止超出Z轴丝杆的最大承载载荷,防止末端加速度超过 a_{MAX} 。

9. 根据权利要求8所述的机器人的控制方法,其特征在于:

若进行了运动规划后得出需要降低 K_a 倍加速度,则对时间进行 $\sqrt{K_a}$ 倍缩放,则关节加速

度 $A_2' = K_a \cdot A_2$, $A_1' = K_a \cdot A_1$, 且通过时间缩放的形式进行加速度的 K_a 倍调整后, 整个规划的最大加速度为 $a_{\text{总}}'$ 且仍然对应角度 θ_2 。

10. 根据权利要求9所述的机器人的控制方法, 其特征在于:

原先运动规划的插补为2ms, 即每间隔2ms发送一次插补点, 即每间隔2ms发送一次位置信息; 对时间进行0.5倍缩放, 每经过2ms, 发送原先间隔1ms的插补点, 则整段规划中速度变为原先的0.5倍, 加速度变为原先的 $0.5 \cdot 0.5 = 0.25$ 倍。

一种机器人的控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人技术领域,具体涉及一种机器人的控制方法。

背景技术

[0002] SCARA机器人,包括机器人第一关节与第二关节,第一关节、第二关节运动时,对于运动过程规划中关节的姿态、速度和加速度不同,会对第一关节和第二关节的电机带来不同的负载压力,对于第一第二关节的加速度通常需要考虑电机能够输出的转矩以及过载情况、或者减速机能够承受的最大转矩。scara末端的丝杆,会在水平转动时承受较大的水平方向的力。在机器人第一二关节进行较大加速度的运动时,会对丝杆产生较大的弯矩和剪切力,当超过其承受极限时会降低丝杆的使用寿命,严重时导致丝杆弯曲甚至折断。

[0003] 申请号为202310582214.3(专利号为CN116572226A)的专利公开了一种在结构上使用可伸缩耗能缓冲装置,保证丝杆组件结构安全的方法。申请号为202223256026.1(专利号为CN219006064U)的专利公开了一种使用多组电磁缓冲部件,使用磁极的吸引和互斥调整游隙与压迫强度,来保护丝杆。以上两种均是通过结构件来吸能或减少压迫强度的专利设计。

[0004] 但是其均存在SCARA机器人在水平方向上运动时存在较大的运动加速度,导致丝杆承受过大的径向载荷而导致丝杆寿命下降的问题。

[0005] 由于现有技术中的SCARA机器人在水平方向上运动时存在较大的运动加速度,导致丝杆承受过大的径向载荷而导致丝杆寿命下降等技术问题,因此本发明研究设计出一种机器人的控制方法。

发明内容

[0006] 因此,本发明要解决的技术问题在于克服现有技术中的SCARA机器人在水平方向运动时存在较大的运动加速度,导致丝杆承受过大的径向载荷而导致丝杆寿命下降的缺陷,从而提供一种机器人的控制方法。

[0007] 为了解决上述问题,本发明提供一种机器人的控制方法,其包括:

[0008] 检测步骤,检测机器人的大臂长度 L_1 ,小臂长度 L_2 ,第一关节处设置第一电机,以驱动所述大臂绕着所述第一关节转动,所述第二关节处设置第二电机,以驱动所述小臂绕着所述第二关节转动,所述小臂的末端处连接丝杆组件,检测计算所述丝杆组件的当前线加速度 $a_{\text{总}}$;

[0009] 判断步骤,判断 $a_{\text{总}}$ 最大时其与 a_{MAX} 之间的关系,其中 a_{MAX} 为考虑丝杆寿命情况下的丝杆末端最大线加速度;

[0010] 控制步骤,如果 $a_{\text{总}} > a_{\text{MAX}}$,则控制降速,下降比例为 Ka ;若 $a_{\text{总}} \leq a_{\text{MAX}}$,则维持当前状态。

[0011] 在一些实施方式中,

[0012] 所述控制步骤,控制 $K_a = \frac{a_{MAX}}{a_{总}}$, 并控制 $A_1' = K_a \cdot A_1, A_2' = K_a \cdot A_2$, 其中 A_1 为所述第一关节的当前角加速度, 所述 A_2 为所述第二关节的当前角加速度, A_1' 为所述第一关节的目标角加速度, 所述 A_2' 为所述第二关节的目标角加速度。

[0013] 在一些实施方式中,

[0014] 所述控制步骤, 所述第一关节单独运动时所述丝杆组件的当前线加速度 $a_L = L \cdot A_1$, 所述第二关节单独运动时所述丝杆组件的当前线加速度 $a_2 = L_2 \cdot A_2$, 在所述小臂和所述大臂共同所在的平面内, 所述丝杆组件的 \vec{a}_2 的方向与小臂的长度延伸方向垂直, L 为所述小臂和所述大臂所围成的三角形的另一条边的长度, \vec{a}_L 的方向与所述另一条边的延伸方向垂直。

[0015] 在一些实施方式中,

[0016] 所述丝杆组件的线加速度 $a_{总}$ 通过以下公式计算得出: $\vec{a}_{总} = \vec{a}_2 + \vec{a}_L$ 。

[0017] 在一些实施方式中,

[0018] 所述控制步骤, 第一关节单独运动时所述丝杆组件的目标线加速度 $a_L' = L \cdot A_1'$, 第二关节单独运动时所述丝杆组件的当前线加速度 $a_2' = L_2 \cdot A_2'$, 所述丝杆组件的目标线加速度为 $a_{总}'$, 便有 $a_L' = K_a \cdot a_L, a_2' = K_a \cdot a_2, a_{总}' = K_a \cdot a_{总} = a_{MAX}$ 。

[0019] 在一些实施方式中,

[0020] 在所述小臂和所述大臂共同所在的平面内, 所述小臂与所述大臂之间形成锐角, 在 $a_{总}$ 为最大时计算得出该位置处的锐角的度数为 θ_2 。

[0021] 在一些实施方式中,

[0022] 所述小臂与所述大臂之间夹设的角度为钝角, 所述大臂的延长线与所述小臂之间夹设所述 θ_2 。

[0023] 在一些实施方式中,

[0024] 所述控制步骤, 重新进行关节运动规划, 控制时间缩放, 保证 $a_{总}$ 缩放后最大加速度瞬间的角度仍然是 θ_2 , 即出现最大加速度的位置仍然位于 θ_2 的位置处, 保证不会出现在其他角度比 $a_{总}'$ 还大的加速度, 防止超出 Z 轴丝杆的最大承载载荷, 防止末端加速度超过 a_{MAX} 。

[0025] 在一些实施方式中,

[0026] 若进行了运动规划后得出需要降低 K_a 倍加速度, 则对时间进行 $\sqrt{K_a}$ 倍缩放, 则关节加速度 $A_2' = K_a \cdot A_2, A_1' = K_a \cdot A_1$, 且通过时间缩放的形式进行加速度的 K_a 倍调整后, 整个规划的最大加速度为 $a_{总}'$ 且仍然对应角度 θ_2 。

[0027] 在一些实施方式中,

[0028] 原先运动规划的插补为 2ms, 即每间隔 2ms 发送一次插补点, 即每间隔 2ms 发送一次位置信息; 对时间进行 0.5 倍缩放, 每经过 2ms, 发送原先间隔 1ms 的插补点, 则整段规划中速度变为原先的 0.5 倍, 加速度变为原先的 $0.5 \cdot 0.5 = 0.25$ 倍。

[0029] 本发明提供了一种机器人的控制方法具有如下有益效果:

[0030] 本发明通过在机器人 (优选 SCARA 机器人) 的第一和第二关节的运动规划过程中的加速度与丝杆能够承受的最大的水平运动线加速度挂钩, 保证最终运动过程中丝杆的收到

的径向载荷小于其承受极限,来保证机器人使用过程中丝杆的寿命,避免长期使用和丝杆出现弯曲甚至折断的情况后出现,保证机器人丝杆可靠稳定的运行,提高其使用寿命。本发明还通过时间缩放的倍率调节方式完成对关节的重新规划,能够保证经过规划后的最大加速度为 $a_{\text{总}}'$,仍然对应角度 θ_2 ,保证不会出现在其他角度出现比 $a_{\text{总}}'$ 还要大的加速度,防止超出Z轴丝杆的最大承载载荷,防止末端加速度超过 a_{MAX} ,进一步保证机器人丝杆可靠稳定的运行,进一步提高其使用寿命。

附图说明

[0031] 图1是本发明的SCARA机器人的侧视结构图;

[0032] 图2是本发明的SCARA机器人的俯视结构图(上图为大臂与小臂垂直,下图为大臂与小臂平行);

[0033] 图3是本发明的SCARA机器人的俯视受力(力矩)分析简图;

[0034] 图4是本发明的SCARA机器人的控制方法流程图。

[0035] 附图标记表示为:

[0036] 1、第一关节;2、第二关节;3、丝杆组件;4、大臂;5、小臂。

具体实施方式

[0037] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的,决不作为对本发明及其应用或使用的任何限制。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0038] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0039] 除非另外具体说明,否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对布置、数字表达式和数值不限制本发明的范围。同时,应当明白,为了便于描述,附图中所示出的各个部分的尺寸并不是按照实际的比例关系绘制的。对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论,但在适当情况下,所述技术、方法和设备应当被视为授权说明书的一部分。在这里示出和讨论的所有示例中,任何具体值应被解释为仅仅是示例性的,而不是作为限制。因此,示例性实施例的其它示例可以具有不同的值。应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步讨论。

[0040] 在本发明的描述中,需要理解的是,方位词如“前、后、上、下、左、右”、“横向、竖向、垂直、水平”和“顶、底”等所指示的方位或位置关系通常是基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,在未作相反说明的情况下,这些方位词并不指示和暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位或者以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明保护范围的限制;方位词“内、外”是指相对于各部件本身的轮廓的内外。

[0041] 为了便于描述,在这里可以使用空间相对术语,如“在……之上”、“在……上方”、“在……上表面”、“上面的”等,用来描述如在图中所示的一个器件或特征与其他器件或特征的空间位置关系。应当理解的是,空间相对术语旨在包含除了器件在图中所描述的方位之外的在使用或操作中的不同方位。例如,如果附图中的器件被倒置,则描述为“在其他器件或构造上方”或“在其他器件或构造之上”的器件之后将被定位为“在其他器件或构造下方”或“在其他器件或构造之下”。因而,示例性术语“在……上方”可以包括“在……上方”和“在……下方”两种方位。该器件也可以其他不同方式定位(旋转90度或处于其他方位),并且对这里所使用的空间相对描述作出相应解释。

[0042] 此外,需要说明的是,使用“第一”、“第二”等词语来限定零部件,仅仅是为了便于对相应零部件进行区别,如没有另行声明,上述词语并没有特殊含义,因此不能理解为对本发明保护范围的限制。

[0043] 如图1-4所示,本发明提供了一种机器人的控制方法,其包括:

[0044] 检测步骤,检测机器人的大臂4长度L1,小臂5长度L2,第一关节1处设置第一电机,以驱动所述大臂4绕着所述第一关节1转动,所述第二关节2处设置第二电机,以驱动所述小臂5绕着所述第二关节2转动,所述小臂5的末端处连接丝杆组件3,检测和计算所述丝杆组件3的当前线加速度 $a_{\text{总}}$;

[0045] 判断步骤,判断 $a_{\text{总}}$ 最大时其与 a_{MAX} 之间的关系,其中 a_{MAX} 为考虑丝杆寿命情况下的丝杆组件3最大线加速度;

[0046] 控制步骤,如果 $a_{\text{总}} > a_{\text{MAX}}$,则控制降速,下降比例为 K_a ;若 $a_{\text{总}} \leq a_{\text{MAX}}$,则维持当前状态。

[0047] 本发明通过在机器人(优选SCARA机器人)的第一和第二关节的运动规划过程中的加速度与丝杆能够承受的最大的水平运动线加速度挂钩,保证最终运动过程中丝杆的收到的径向载荷小于其承受极限,来保证机器人使用过程中丝杆的寿命,避免长期使用和丝杆出现弯曲甚至折断的情况后出现,保证机器人丝杆可靠稳定的运行,提高其使用寿命。

[0048] 本发明是一种基于SCARA机器人丝杆寿命考虑的第一第二关节加速度约束方式,在进行第一关节第二关节的运动规划时,基于丝杆的结构强度同时考虑J3伸出长度来对第一第二关节的加速度进行比例下降,保证丝杆的使用寿命。

[0049] 本发明提出一种通过约束SCARA机器人第一关节和第二关节的加速度来保证丝杆寿命的方法。不同型号的丝杆在不同的配装条件其径向方向上会有不同的承受上限,在产品之初会有产品寿命需求,在完成丝杆部分的结构设计后,会对运动过程中丝杆受到的径向力有一定的限制。运动过程中丝杆的径向力主要来自于SCARA机器人第一关节和第二关节运动过程中产生的惯性力。根据丝杆径向载荷(惯性力)的承受极限,可以知道其在水平方向上运动所能承受的最大加速度,在第一第二关节运动规划的过程中,保证丝杆运动过程中的最大线加速度不超过其承受极限,即可保证其使用寿命。

[0050] 在一些实施方式中,

[0051] 所述控制步骤,控制 $K_a = \frac{a_{\text{MAX}}}{a_{\text{总}}}$,并控制 $A1' = K_a \cdot A1$, $A2' = K_a \cdot A2$,其中A1为所述第一关节1的当前角加速度,所述A2为所述第二关节2的当前角加速度,A1'为所述第一关节1的目标角加速度,所述A2'为所述第二关节2的目标角加速度。

[0052] 这是本发明的进一步确定 K_a 的方式,通过将 $K_a = \frac{a_{MAX}}{a_{总}}$,即能够将丝杆组件的最大线性加速度控制在 a_{MAX} 及以下,从而有效地保证机器人和丝杆组件在运行的过程中最大线加速度不会超过 a_{MAX} ,同时将第一关节和第二关节处的电机的角加速度分别乘上系数 K_a ,即有效地实现控制,将两个关节的电机角加速度(角加速度可对应上电机转速)进行成倍地减小,即控制两个电机的转速减小,能够获得两个目标角加速度,实现控制丝杆组件的最大线加速度不会超过 a_{MAX} ,保证丝杆组件可靠有效的运行,提高使用寿命。

[0053] 在一些实施方式中,

[0054] 所述控制步骤,所述第一关节1单独运动时所述丝杆组件3的当前线加速度 $a_L = L \cdot A_1$,第二关节2单独运动时所述丝杆组件3的当前线加速度 $a_2 = L_2 \cdot A_2$,在所述小臂5和所述大臂4共同所在的平面内,所述丝杆组件3的 \vec{a}_2 的方向与小臂5的长度延伸方向垂直, L 为所述小臂5和所述大臂4所围成的三角形的另一条边的长度, \vec{a}_L 的方向与所述另一条边的延伸方向垂直。

[0055] 这是本发明的两个关节处的线加速度与角加速度之间的对应关系,根据图3,丝杆组件在第一关节单独运动驱动时,其线加速度为第一关节的角加速度乘以第一关节与丝杆组件之间的力臂,但是丝杆组件位置处相对于第一关节的力臂应为 L , L 为小臂和大臂围成的三角形的另一条边的长度,因此便有 $a_L = L \cdot A_1$,而丝杆组件在第二关节单独运动驱动时,其线加速度为第二关节的角加速度乘以第二关节与丝杆组件之间的力臂,便有 $a_2 = L_2 \cdot A_2$, \vec{a}_2 的方向与小臂5的长度延伸方向垂直, \vec{a}_L 的方向与所述另一条边的延伸方向垂直,二者的驱动丝杆组件转动的旋转受力分别与力臂和另一条边垂直。

[0056] 在一些实施方式中,

[0057] 所述丝杆组件3的线加速度 $a_{总}$ 通过以下公式计算得出: $\vec{a}_{总} = \vec{a}_2 + \vec{a}_L$ 。

[0058] 本发明还通过 $\vec{a}_{总} = \vec{a}_2 + \vec{a}_L$ 能够有效计算得出丝杆组件的当前线加速度,而后将 $a_{总}$ 与 a_{MAX} 进行比较,判断是否超出 a_{MAX} ,并控制是否进行降速,保证运行过程不会超过丝杆组件的强度范围,提高可靠性,提高其使用寿命。

[0059] 在一些实施方式中,

[0060] 所述控制步骤,第一关节1单独运动时所述丝杆组件3的目标线加速度 $a'_L = L \cdot A'_1$,第二关节2单独运动时所述丝杆组件3的当前线加速度 $a'_2 = L_2 \cdot A'_2$,所述丝杆组件3的目标线加速度为 $a'_{总}$,便有 $a'_L = K_a \cdot a_L$, $a'_2 = K_a \cdot a_2$, $a'_{总} = K_a \cdot a_{总} = a_{MAX}$ 。

[0061] 本发明还进一步通过目标角加速度能够计算得出目标线加速度,并且获得目标线加速度与当前线加速度之间的关系,以及丝杆目标总线加速度与当前目标线加速度之间的关系,从而满足机器人在运行过程中对于丝杆强度等寿命的要求,保证可靠稳定的运行,提高使用寿命。

[0062] 本发明应用于SCARA机器人的运动控制系统中,作用于降低第一关节、第二关节在运动规划中的最大加速度,确保在机器人运动过程中,丝杆受到的径向加速度在其承受范围内,使用过程中丝杆不会因为过大的径向载荷而导致丝杆的使用寿命降低。

[0063] 根据丝杆型号考虑丝杆寿命的情况下会有丝杆末端最大线加速度的一个限制 a_{MAX} , 如果原本的运动规划的关节角加速度 $A1$ 、 $A2$, 对应的线加速度 $a_{总}$ 超过了 a_{MAX} , 则将第一关节和第二关节的加速度进行一个比例下降。下降比例 $K_a = \frac{a_{MAX}}{a_{总}}$, 约束后的第一关节的角加速度 $A1' = K_a \cdot A1$, 约束后的第二关节的角加速度 $A2' = K_a \cdot A2$, 对应第一关节单独运动时末端丝杆的线加速度 $a_L' = K_a \cdot a_L$, 以及第二关节单独运动时末端丝杆的线加速度 $a_2' = K_a \cdot a_2$, 矢量合成得到最终末端丝杆的线加速度 $a_{总}' = K_a \cdot a_{总} = a_{MAX}$, 通过 K_a 系数降低加速度后就能够保证丝杆水平方向上的线加速度在其能承受的最大线加速度内, 以此条件进行第二次的运动规划, 其径向载荷不会超出承受极限从而保证其使用寿命。

[0064] 在一些实施方式中,

[0065] 在所述小臂5和所述大臂4共同所在的平面内, 所述小臂5与所述大臂4之间形成锐角, 在 $a_{总}$ 为最大时计算得出该位置处的锐角的度数为 θ_2 。

[0066] 本发明通过该锐角夹角 θ_2 能够在矢量图里结合 \vec{a}_2 和 \vec{a}_L 计算得出 $\vec{a}_{总}$, 以及获得最大 $a_{总}$ 的大臂和小臂之间的优选夹角位置。

[0067] 在机器人进行运动规划后, 当规划位置运动至任意位置如图3的位置时, 小臂与大臂延长线成夹角 θ_2 , 则通过大臂长度 $L1$ 以及小臂长度 $L2$, 可求得丝杆端距离第一关节回转中心的距离 L ; 通过规划的第一关节角加速度 $A1$ 以及第二关节角加速度 $A2$, 可求得对应第一关节单独运动时末端丝杆的线加速度 $a_L = L \cdot A1$ 以及第二关节单独运动时末端丝杆的线加速度 $a_2 = L_2 \cdot A_2$, 将两个关节运动产生的线加速度进行矢量合成即可得到最终末端丝杆的线加速度 $a_{总}$, 即线加速度 $\vec{a}_{总} = \vec{a}_2 + \vec{a}_L$ 。

[0068] 在一些实施方式中,

[0069] 所述小臂5与所述大臂4之间夹设的角度为钝角, 所述大臂4的延长线与所述小臂5之间夹设所述锐角 θ_2 。

[0070] 这是本发明的机器人控制方法的进一步优选形式, 如图3所示, 大臂与小臂之间直接夹设的是钝角, 而锐角为该钝角的补角, 即如图所示的大臂延长线与小臂之间夹设的角为该锐角 θ_2 。

[0071] 在一些实施方式中,

[0072] 所述控制步骤, 重新进行关节运动规划, 控制时间缩放, 保证 $a_{总}$ 缩放后最大加速度瞬间的角度仍然是 θ_2 , 即出现最大加速度的位置仍然位于 θ_2 的位置处, 保证不会出现在其他角度出现比 $a_{总}'$ 还要大的加速度, 防止超出Z轴丝杆的最大承载载荷, 防止末端加速度超过 a_{MAX} 。

[0073] 本发明还通过时间缩放的倍率调节方式完成对关节的重新规划, 能够保证经过规划后的最大加速度为 $a_{总}'$ 仍然对应角度 θ_2 , 保证不会出现在其他角度出现比 $a_{总}'$ 还要大的加速度, 防止超出Z轴丝杆的最大承载载荷, 防止末端加速度超过 a_{MAX} , 进一步保证机器人丝杆可靠稳定的运行, 进一步提高其使用寿命。

[0074] 在一些实施方式中,

[0075] 若进行了运动规划后得出需要降低 K_a 倍加速度, 则对时间进行 $\sqrt{K_a}$ 倍缩放, 则关

节加速度 $A_2' = K_a \cdot A_2, A_1' = K_a \cdot A_1$,且通过时间缩放的形式进行加速度的 K_a 倍调整后,整个规划的最大加速度为 $a_{\text{总}}'$ 且仍然对应角度 θ_2 。

[0076] 在一些实施方式中,

[0077] 原先运动规划的插补为2ms,即每间隔2ms发送一次插补点(绝对关节位置),即每间隔2ms发送一次位置信息(通过位置信息可获得角加速度信息);对时间进行0.5倍缩放,每经过2ms,发送原先间隔1ms的插补点,则整段规划中速度变为原先的0.5倍,加速度变为原先的 $0.5 \cdot 0.5 = 0.25$ 倍。

[0078] $a_{\text{总}}$ 为整个运动规划过程中的最大的加速度,为了保证经过 K_a 系数降低两个关节的加速度后,整个规划的最大加速度为 $a_{\text{总}}'$ 且仍然对应角度 θ_2 ,可以通过时间缩放的倍率调节方式完成对关节的重新规划;例如:原先运动规划的插补为2ms,即每间隔2ms发送一次插补点(绝对关节位置);对时间进行0.5倍缩放,每经过2ms,发送原先间隔1ms的插补点,则整段规划中速度变为原先的0.5倍,加速度变为原先的 $0.5 \cdot 0.5 = 0.25$ 倍;若进行了运动规划后得出需要降低 K_a 倍加速度,则对时间进行 $\sqrt{K_a}$ 倍缩放,则关节加速度 $A_2' = K_a \cdot A_2, A_1' = K_a \cdot A_1$ 。且通过时间缩放的形式进行加速度的 K_a 倍调整后,整个规划的最大加速度为 $a_{\text{总}}'$ 且仍然对应角度 θ_2 。

[0079] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变型,这些改进和变型也应视为本发明的保护范围。

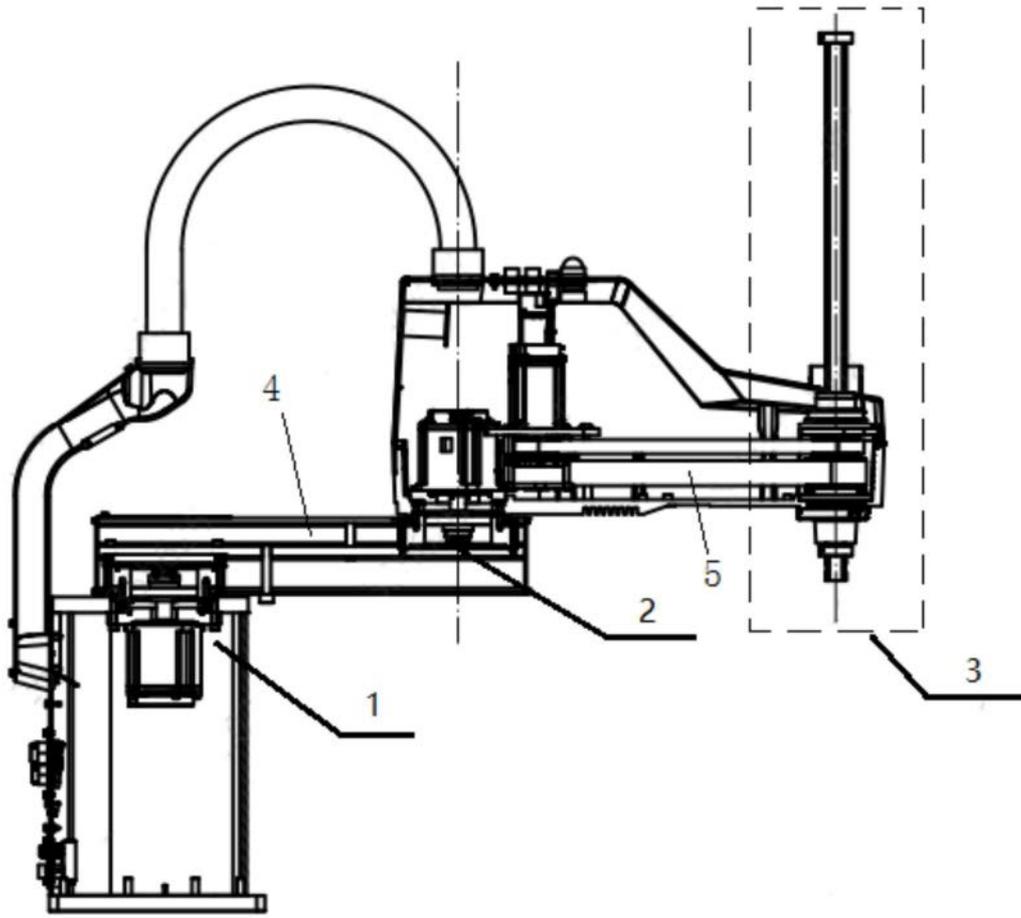


图1

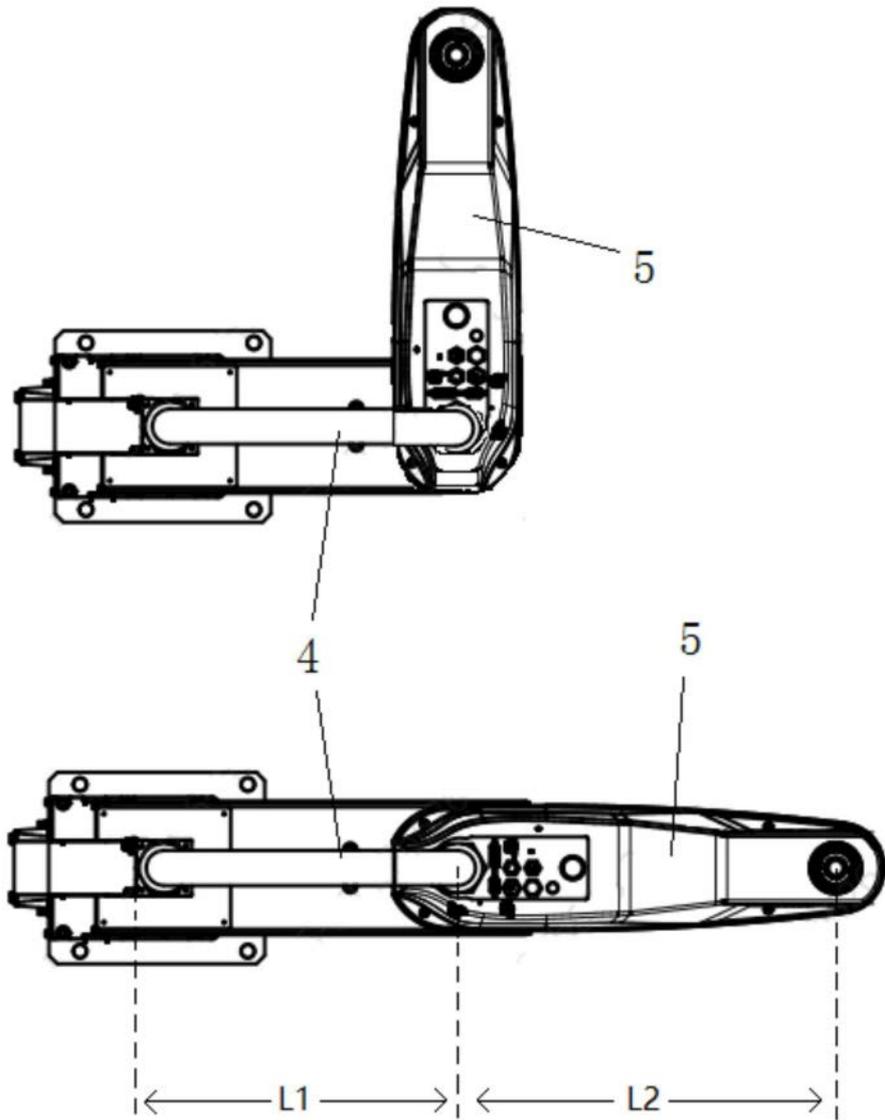


图2

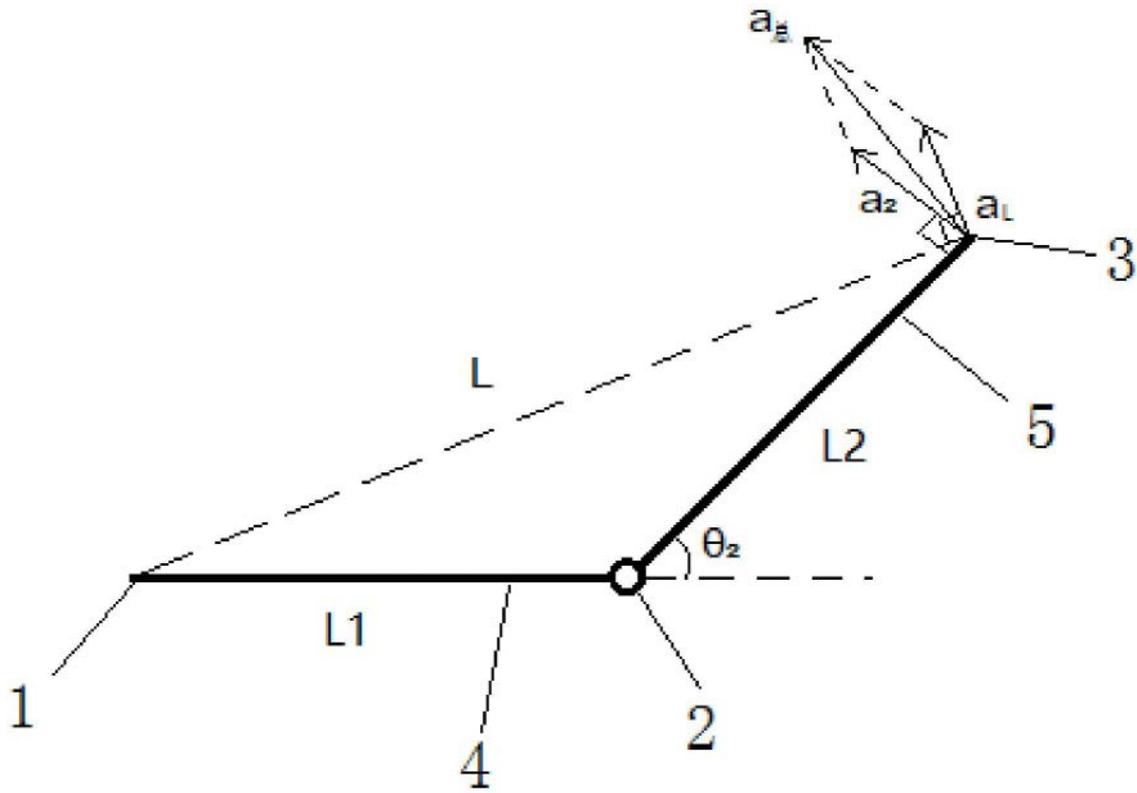


图3

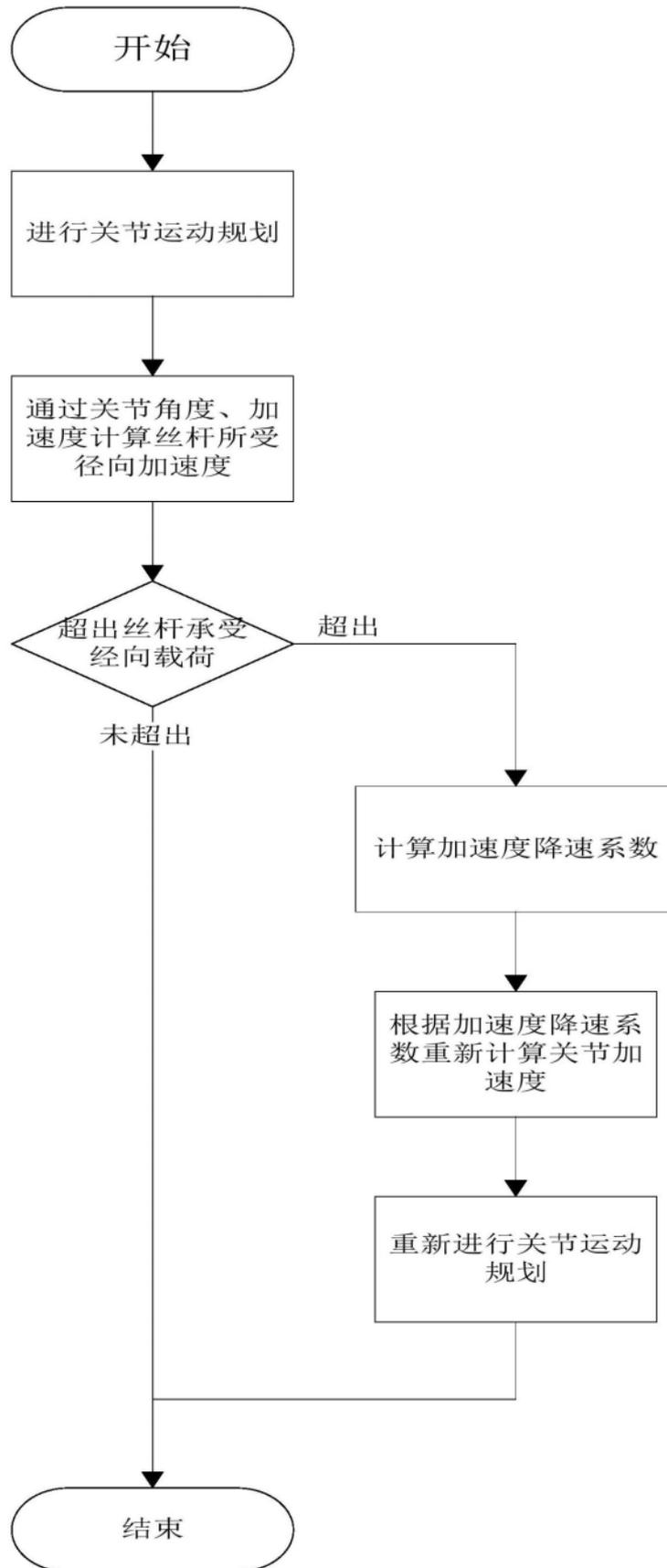


图4