

(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 6 月 20 日 (20.06.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/124657 A1

- (51) 国际专利分类号:
B25J 9/16 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/072773
- (22) 国际申请日: 2023 年 1 月 18 日 (18.01.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202211590778.3 2022 年 12 月 12 日 (12.12.2022) CN
- (71) 申请人: 东南大学 (SOUTHEAST UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。
- (72) 发明人: 李会军 (LI, Huijun); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。 陆叶 (LU, Ye); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。 宋爱国 (SONG, Aiguo);

中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。 厉叶 (LI, Ye); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。 徐宝国 (XU, Baoguo); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。

- (74) 代理人: 南京众联专利代理有限公司 (NANJING ZHONGLIAN PATENT AGENCY CO., LTD.); 中国江苏省南京市建邺区福园街 129 号万达广场 7 层, Jiangsu 210017 (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, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE,

(54) Title: ROPE FORCE CONTROL METHOD USED FOR TIME-VARIANT CONFIGURATION

(54) 发明名称: 一种可用于时变配置的绳索力控方法

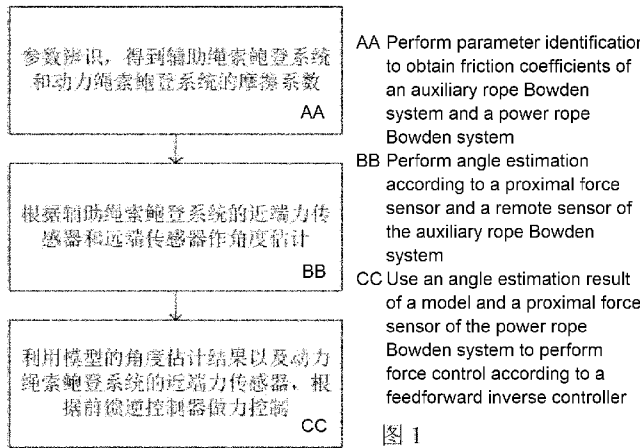


图 1

(57) Abstract: The present invention provides a rope force control method for a time-variant configuration. The method comprises: friction model establishment and parameter calibration; and real-time parameter calculation and force control: performing parameter identification according to a friction model to obtain parameters of an auxiliary rope Bowden system and a power rope Bowden system, i.e., a friction coefficient μ_a of the auxiliary rope Bowden system and a friction coefficient μ_p of the power rope Bowden system; calculating the auxiliary rope Bowden system θ_a in real time according to the model and the force value of a sensor, and using the auxiliary rope Bowden system θ_a as a rope bending angle of the power rope Bowden system θ_p ; and according to the friction model, obtaining an inverse control formula $F_{in}=F_{out} \cdot e^{-\mu\lambda\theta}$, and substituting the power rope Bowden system θ_p into the inverse control formula, so as to serve as a feedforward controller to achieve a real-time force control effect. According to the method, the force control difficulty due to the change in the rope Bowden configuration in a wearable rope robot is overcome, and the force control accuracy of rope Bowden systems under a variable configuration is effectively improved.

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))。

(57) 摘要: 本发明提供了一种可用于时变配置的绳索力控方法, 包括: 摩擦模型建立及参数标定; 实时参数计算及力控制: 根据摩擦模型进行参数辨识, 得到辅助绳索鲍登系统和动力绳索鲍登系统的参数: 辅助绳索鲍登系统摩擦系数 μ_a 、动力绳索鲍登系统摩擦系数 μ_p ; 根据模型及传感器力值实时计算辅助绳索鲍登系统 θ_a , 并作为动力绳索鲍登系统 θ_p 的绳索弯曲角度; 根据摩擦模型, 可以得到逆控制公式 $F_{in}=F_{out} \cdot e^{-\mu\lambda\theta}$, 将动力绳索鲍登系统 θ_p 带入逆控制公式, 从而作为前馈控制器, 达到实时力控效果。本方法解决了可穿戴式绳索机器人中由于绳索鲍登配置改变导致的力控制困难, 有效地提高了绳索鲍登系统在随变配置下的力控制准确性。

一种可用于时变配置的绳索力控方法

技术领域

本发明属于机器人技术领域，涉及可穿戴式外骨骼机器人技术，具体涉及一种基于力传感器可用于时变配置的绳索力控方法。

背景技术

绳索驱动系统是一种使用绳索和鲍登线管来传递扭矩的机械系统。一般来说绳索驱动系统由空心外护套和内绳索组成。由于轻重量、低惯性和良好的柔韧性。绳索驱动系统相对于基于传动轴或齿轮的其他解决方案，对可穿戴外骨骼机器人来说更具吸引力。但是近端力与远端力的非线性关系恶化了系统的控制性能。

为减少非线性效应，传输特性模型得到学者们大量研究。在控制方法方面研究可分为以下三类：前馈控制、反馈控制、结合前馈和反馈控制的复合控制。反馈控制使用力传感器或弹簧扭矩的变化以间接地完成反馈控制，但是末端传感器会限制绳索的位移，从而影响灵活性。将远端的力反馈信息与前馈结合是改进力控制的另一种方法末端执行器的性能。这种组合可以降低对前馈模型精度，但是复合控制需要在远端安装力传感器，这就限制了诸如手术机器人的末端装置的灵活性。考虑到控制的实用性和复杂性策略，前馈控制已被广泛研究。但是现有研究是基于固定位置的绳索系统建模，忽略了实际机器人运动会影响绳索系统形状的情况，因此时变配置的力控制是一个具有挑战的问题。

发明内容

为解决上述问题，本发明提供一种基于磁流变阻尼器和力传感器的可用于时变配置的绳索力控方法。本发明在自搭建的实验平台基础上，利用力传感器以及自制的磁流变阻尼器来实现，首先在使用绳索系统前对摩擦系数以及其他模型参数进行标定，再在使用绳索系统的过程中，根据本发明提供的算法进行角度估计，从而做到实时力控。

为了达到上述目的，本发明提供如下技术方案：

一种可用于时变配置的绳索力控方法，包括如下步骤：

步骤一：摩擦模型建立及参数标定

绳索中 $(s+ds)$ 分段的准静态平衡方程表示为：

$$\begin{cases} dF(s,t) = \lambda f(s,t) \\ f(s,t) = \mu N(s,t) \\ N(s,t) = F(s,t)\kappa(s,t)ds \\ F'(s,t) = [F(s+ds,t) - F(s,t)]/ds \end{cases} \quad (1)$$

其中 $F(s,t)$ ， $F(s+ds,t)$ ， $N(s,t)$ ， $f(s,t)$ 和 $\kappa(s,t)$ 分别表示在时间 t 的情况下，位置 s 处绳索张力、位置 $s+ds$ 处绳索张力、正压力、摩擦力和曲率；现定义 $\lambda = \text{sign}[F'(s)]$ ，根据公式(1)可得：

$$\frac{F'(s,t)}{F(s,t)} = \mu\lambda\kappa(s,t) \quad (2)$$

λ 代表绳索摩擦的方向，然后在区间 $(s+ds)$ 上进行积分，可以得到以下表达式：

$$F(s+ds,t) = F(s,t) \cdot e^{\mu\lambda \int_s^{s+ds} \kappa(s,t)ds} \quad (3)$$

将以上表达式扩展到总长度 L 上，可以得到：

$$F(L,t) = F(0,t) \cdot e^{\mu\lambda\theta} \quad (4)$$

其中 μ 和 θ 分别代表摩擦系数和绳索总弯曲角度，现在令

$F_{out} = F(L, t)$, $F_{in} = F(0, t)$ 通过公式 (4) 可以得到:

$$\theta = \frac{\ln(\frac{F_{out}}{F_{in}})}{\mu\lambda} \quad (5)$$

为了减小模型和实验数据的误差, 根据以下优化法则进行参数 μ 优化:

$$\min \frac{\sum_{i=1}^N (F_{out} - \hat{F}_{out})}{N} \quad (6)$$

其中 F_{out} 、 $\hat{F}_{out}$ 和 N 分别表示实际测量的力值、模型预测的力值和采样次数;

步骤二: 实时参数计算及力控制, 包括如下子步骤:

S1 根据上述摩擦模型进行参数辨识, 得到辅助绳索鲍登系统和动力鲍登系统的参数: 辅助绳索鲍登系统摩擦系数 μ^a 、动力绳索鲍登系统摩擦系数 μ^p ;

S2 根据模型及传感器力值实时计算辅助绳索鲍登系统 θ^a , 并作为动力绳索鲍登系统 θ^p 的绳索弯曲角度;

S3 根据摩擦模型, 可以得到逆控制公式 $F_{in} = F_{out} \cdot e^{-\mu\lambda\theta}$, 将动力绳索鲍登系统 θ^p 带入逆控制公式, 从而作为前馈控制器, 达到实时力控效果。

进一步的, 所述步骤 S1 中, 利用辅助绳索鲍登系统和动力绳索鲍登系统上的拉力传感器, 近端力定义为输入力, 远端力定义为输出力, 通过公式 (6) 计算, 将误差最小时的参数定义为 μ^a 和 μ^p 。

进一步的, 所述步骤 S2 中, 辅助绳索鲍登系统设定期望正弦输入, 利用公式 (5) 计算辅助绳索鲍登系统 θ^a 。

进一步的，所述步骤 S3 中，设定动力绳索鲍登系统远端的期望力数值，通过逆控制模型 $F_{in} = F_{out} \cdot e^{-u\lambda\theta}$ 可以得到对应的期望输入值，动力绳索鲍登系统的角度值可由辅助绳索鲍登系统实时计算。

与现有技术相比，本发明具有如下优点和有益效果：

本方法能够实现实时力控效果，解决了可穿戴式绳索机器人中由于绳索鲍登配置改变导致的力控制困难，有效地提高了绳索鲍登系统在随变配置下的力控制准确性。

附图说明

图 1 是为本发明实施例中的一种可用于时变配置的绳索力控方法的流程图；

图 2 是本发明所述的摩擦模型推导的参数示意图；

图 3 是本发明所述的自制磁流变阻尼器模组图；

图 4 是本发明所述的力控方法的验证平台示意图；

附图标记说明：

1-电机固定座，2-小带轮，3-皮带，4-电机，5-卷线轴，6-滑环，7-滑环固定座，8-磁流变阻尼器末端固定座，9-大带轮，10-磁流变器阻尼器，11-磁流变阻尼器首端固定座，12-模组底座，13-卷轴轴固定座，14-磁流变阻尼器模组，15-电动推杆，16-拉力传感器，17-绳索导引座，18-辅助绳索鲍登系统，19-动力绳索鲍登系统，20-绳索固定座，21-弹簧。

具体实施方式

以下将结合具体实施例对本发明提供的技术方案进行详细说明，应理解下述具体实施方式仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。

本发明提供的可用于时变配置的绳索力控方法，其流程如图1所示，包含如下步骤：

步骤一：摩擦模型建立及参数标定

图1为摩擦模型推导参数示意图，其中 $(s+ds)$ 分段的准静态平衡方程表示为：

$$\begin{cases} dF(s,t) = \lambda f(s,t) \\ f(s,t) = \mu N(s,t) \\ N(s,t) = F(s,t)\kappa(s,t)ds \\ F'(s,t) = [F(s+ds,t) - F(s,t)] / ds \end{cases} \quad (1)$$

其中 $F(s,t)$ ， $F(s+ds,t)$ ， $N(s,t)$ ， $f(s,t)$ 和 $\kappa(s,t)$ 分别表示在时间 t 的情况下，位置 s 处绳索张力、位置 $s+ds$ 处绳索张力、正压力、摩擦力和曲率。现定义 $\lambda = \text{sign}[F'(s)]$ ，根据公式(1)可得：

$$\frac{F'(s,t)}{F(s,t)} = \mu\lambda\kappa(s,t) \quad (2)$$

λ 代表绳索摩擦的方向，大于零表示摩擦力与绳索运动趋势一致，小于零表示与绳索运动趋势相反。然后在区间 $(s+ds)$ 上进行积分，可以得到以下表达式：

$$F(s+ds,t) = F(s,t) \cdot e^{\mu\lambda \int_s^{s+ds} \kappa(s,t)ds} \quad (3)$$

将以上表达式扩展到总长度 L 上，可以得到：

$$F(L,t) = F(0,t) \cdot e^{\mu\lambda\theta} \quad (4)$$

其中 μ 和 θ 分别代表摩擦系数和绳索总弯曲角度，现在令

$F_{out} = F(L, t)$, $F_{in} = F(0, t)$ 通过公式 (4) 可以得到:

$$\theta = \frac{\ln(\frac{F_{out}}{F_{in}})}{\mu\lambda} \quad (5)$$

为了减小模型和实验数据的误差, 根据以下优化法则进行参数 μ 优化:

$$\min \frac{\sum_{i=1}^N (F_{out} - \hat{F}_{out})}{N} \quad (6)$$

其中 F_{out} 、 $\hat{F}_{out}$ 和 N 分别表示实际测量的力值、模型预测的力值和采样次数。

步骤二: 实时参数计算及力控制, 包括如下子步骤:

S1 根据上述摩擦模型进行参数辨识, 得到辅助绳索鲍登系统和动力鲍登系统的参数: 辅助绳索鲍登系统摩擦系数 μ^a 、动力绳索鲍登系统摩擦系数 μ^p 。

具体的, 电机 4 通过同步轮 2 和皮带 3 向磁流变阻尼器 10 传输力矩, 通过控制滑环 6 的电流来控制磁流变阻尼器的实际输出力矩, 该力矩通过卷绳轴 5 对固定在其上的产生拉力。利用辅助绳索鲍登系统 18 和动力绳索鲍登系统 19 上的拉力传感器, 近端力定义为输入力, 远端力定义为输出力, 通过公式 (6) 计算, 将误差最小时的参数定义为 μ^a 和 μ^p 。

S2 根据模型及传感器力值实时计算辅助绳索鲍登系统 θ^a , 并作为动力绳索鲍登系统 θ^p 的绳索弯曲角度;

辅助绳索鲍登系统设定期望正弦输入, 利用公式 (5) 计算辅助绳索鲍登系统 θ^a , 由于辅助绳索鲍登系统和动力绳索鲍登系统并排固

定，两个系统的弯曲角度可近乎相等，即 $\theta^p = \theta^a$ 。

S3 根据摩擦模型，可以得到逆控制公式 $F_{in} = F_{out} \cdot e^{-u\lambda\theta}$ ，将动力绳索鲍登系统 θ^p 带入逆控制公式，从而作为前馈控制器，达到实时力控效果。

模拟测试平台如图 4 所示，由于本文提出的实时力控方法，为了不影响末端的灵活性，辅助绳索鲍登系统采用末端固定静止的方法，传统电机很难保持长时间堵转情况下的力控，因此自制了磁流变器阻尼器模组 14，模组具体零件如图 3 所示。在测试平台中，弹簧 21 作为外部负载模拟执行器，设定动力绳索鲍登系统远端的期望力数值，通过逆控制模型 $F_{in} = F_{out} \cdot e^{-u\lambda\theta}$ ，可以得到对应的期望输入值，加上动力绳索鲍登系统的角度值可由辅助绳索鲍登系统实时计算，因为可以做到实时力控效果。

本发明方案所公开的技术手段不仅限于上述实施方式所公开的技术手段，还包括由以上技术特征任意组合所组成的技术方案。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

权 利 要 求

1、一种可用于时变配置的绳索力控方法，其特征在于，包括如下步骤：

步骤一：摩擦模型建立及参数标定

绳索中 $(s+ds)$ 分段的准静态平衡方程表示为：

$$\begin{cases} dF(s,t) = \lambda f(s,t) \\ f(s,t) = \mu N(s,t) \\ N(s,t) = F(s,t)\kappa(s,t)ds \\ F'(s,t) = [F(s+ds,t) - F(s,t)]/ds \end{cases} \quad (1)$$

其中 $F(s,t)$ ， $F(s+ds,t)$ ， $N(s,t)$ ， $f(s,t)$ 和 $\kappa(s,t)$ 分别表示在时间 t 的情况下，位置 s 处绳索张力、位置 $s+ds$ 处绳索张力、正压力、摩擦力和曲率；现定义 $\lambda = \text{sign}[F'(s)]$ ，根据公式(1)可得：

$$\frac{F'(s,t)}{F(s,t)} = \mu\lambda\kappa(s,t) \quad (2)$$

λ 代表绳索摩擦的方向，然后在区间 $(s+ds)$ 上进行积分，可以得到以下表达式：

$$F(s+ds,t) = F(s,t) \cdot e^{\mu\lambda \int_s^{s+ds} \kappa(s,t)ds} \quad (3)$$

将以上表达式扩展到总长度 L 上，可以得到：

$$F(L,t) = F(0,t) \cdot e^{\mu\lambda\theta} \quad (4)$$

其中 μ 和 θ 分别代表摩擦系数和绳索总弯曲角度，现在令

$F_{out} = F(L,t)$ ， $F_{in} = F(0,t)$ 通过公式(4)可以得到：

$$\theta = \frac{\ln(\frac{F_{out}}{F_{in}})}{\mu\lambda} \quad (5)$$

为了减小模型和实验数据的误差，根据以下优化法则进行参数 μ 优化：

$$\min \frac{\sum_{i=1}^N (F_{out} - \hat{F}_{out})}{N} \quad (6)$$

其中 F_{out} 、 $\hat{F}_{out}$ 和 N 分别表示实际测量的力值、模型预测的力值和采样次数；

步骤二：实时参数计算及力控制，包括如下子步骤：

S1 根据上述摩擦模型进行参数辨识，得到辅助绳索鲍登系统和动力鲍登系统的参数：辅助绳索鲍登系统摩擦系数 μ^a 、动力绳索鲍登系统摩擦系数 μ^p ；

S2 根据模型及传感器力值实时计算辅助绳索鲍登系统 θ^a ，并作为动力绳索鲍登系统 θ^p 的绳索弯曲角度；

S3 根据摩擦模型，可以得到逆控制公式 $F_{in} = F_{out} \cdot e^{-u\lambda\theta}$ ，将动力绳索鲍登系统 θ^p 带入逆控制公式，从而作为前馈控制器，达到实时力控效果。

2、根据权利要求 1 所述的可用于时变配置的绳索力控方法，其特征在于，所述步骤 S1 中，利用辅助绳索鲍登系统和动力绳索鲍登系统上的拉力传感器，近端力定义为输入力，远端力定义为输出力，通过公式(6)计算，将误差最小时的参数定义为 μ^a 和 μ^p 。

3、根据权利要求 1 所述的可用于时变配置的绳索力控方法，其特征在于，所述步骤 S2 中，辅助绳索鲍登系统设定期望正弦输入，利用公式(5)计算辅助绳索鲍登系统 θ^a 。

4、根据权利要求 1 所述的可用于时变配置的绳索力控方法，其特征在于，所述步骤 S2 中，辅助绳索鲍登系统设定期望正弦输入，利用公式(5)计算辅助绳索鲍登系统 θ^a 。

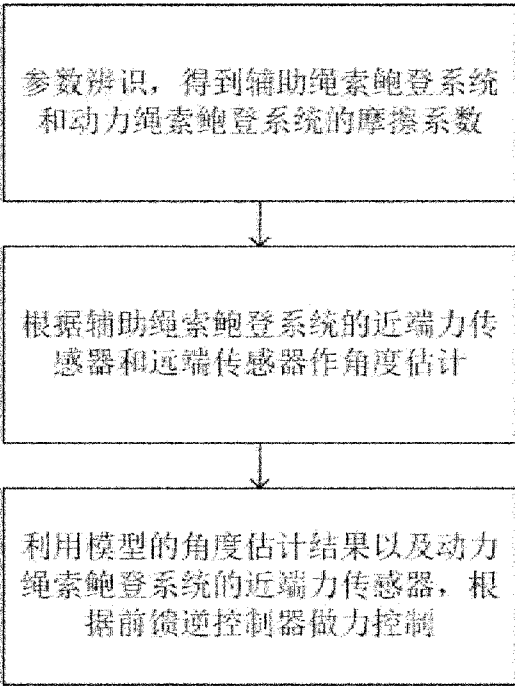


图 1

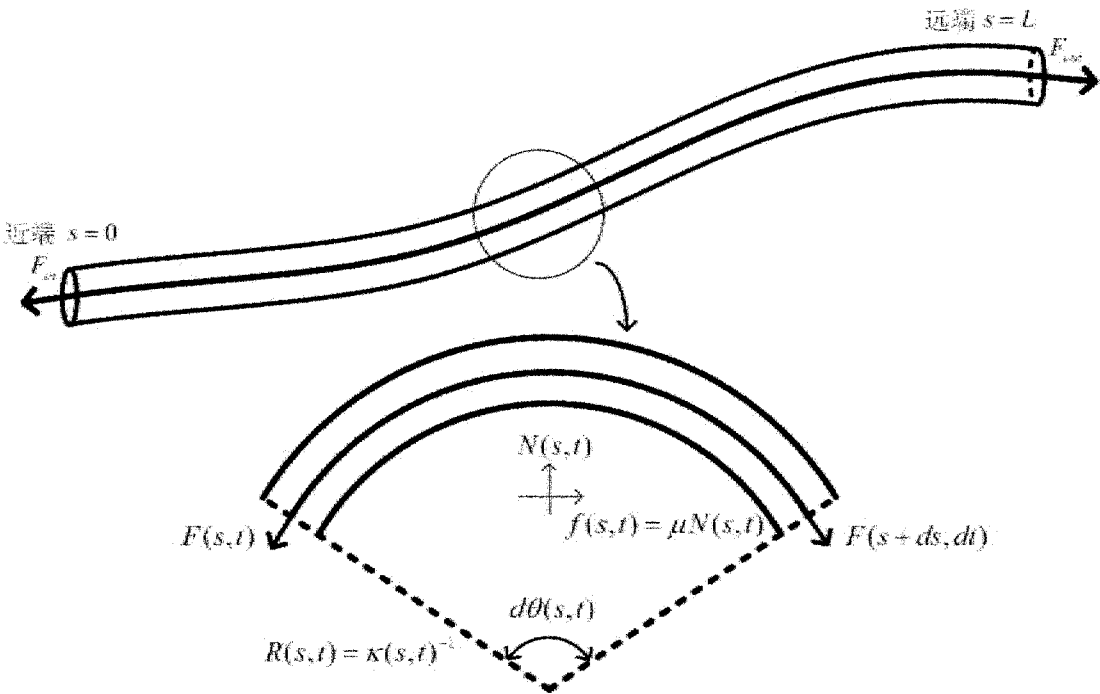


图 2

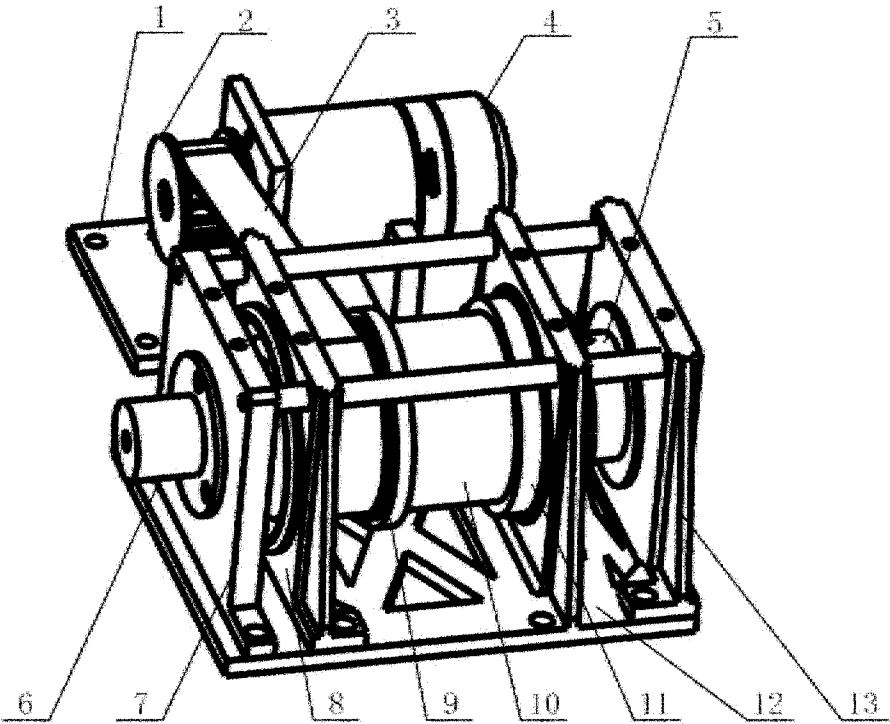


图 3

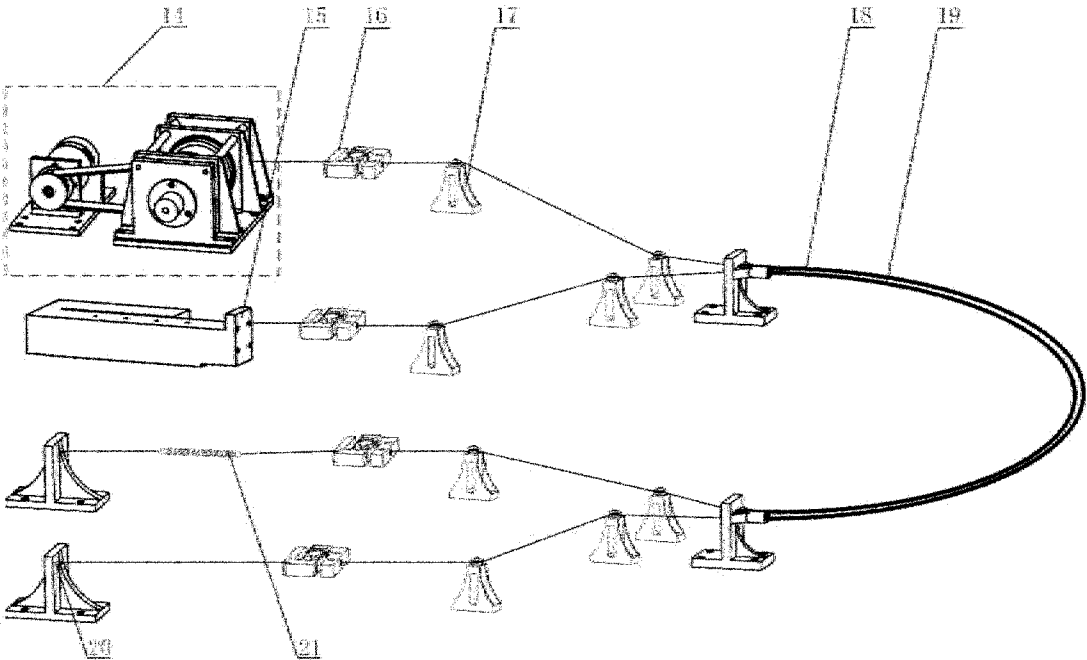


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/072773

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

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, ENTXTC, CNKI, 万方, WANFANG: 摩擦, 模型, 绳索, 力, 磁流变, 辨识, 标定, 前馈, 外骨骼; VEN, EPTXT, USTXT, WOTXT: friction, model, cord, rope, force, MR, magnetorheological, identification, calibration, feedforward, exoskeleton, ectoskeleton.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 113510693 A (THE CHINESE UNIVERSITY OF HONG KONG, SHENZHEN) 19 October 2021 (2021-10-19) description, paragraphs 2-211, and figures 1-14	1-4
A	CN 110420107 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 08 November 2019 (2019-11-08) entire document	1-4
A	CN 103735389 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 23 April 2014 (2014-04-23) entire document	1-4
A	CN 113146617 A (SUN YAT-SEN UNIVERSITY) 23 July 2021 (2021-07-23) entire document	1-4
A	US 2017340506 A1 (CARNEGIE MELLON UNIVERSITY) 30 November 2017 (2017-11-30) entire document	1-4



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

08 August 2023

Date of mailing of the international search report

18 August 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/CN2023/072773

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113510693	A	19 October 2021	CN	113510693	B	25 October 2022
				WO	2023010811	A1	09 February 2023
CN	110420107	A	08 November 2019	WO	2021012731	A1	28 January 2021
				CN	110420107	B	08 March 2022
CN	103735389	A	23 April 2014	CN	103735389	B	29 April 2015
CN	113146617	A	23 July 2021	None			
US	2017340506	A1	30 November 2017	US	10555865	B2	11 February 2020

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/072773

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

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, ENTXTC, CNKI, 万方: 摩擦, 模型, 绳索, 力, 磁流变, 辨识, 标定, 前馈, 外骨骼, VEN, EPTXT, USTXT, WO-TXT:friction, model, cord, rope, force, MR, magnetorheological, identification, calibration, feedforward, exoskeleton, ectoskeleton.

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 113510693 A (香港中文大学(深圳)) 2021年10月19日 (2021 - 10 - 19) 说明书第2-211 段, 附图第1-14幅	1-4
A	CN 110420107 A (东南大学) 2019年11月8日 (2019 - 11 - 08) 全文	1-4
A	CN 103735389 A (东南大学) 2014年4月23日 (2014 - 04 - 23) 全文	1-4
A	CN 113146617 A (中山大学) 2021年7月23日 (2021 - 07 - 23) 全文	1-4
A	US 2017340506 A1 (UNIV CARNEGIE MELLON) 2017年11月30日 (2017 - 11 - 30) 全文	1-4

☐ 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8月8日

国际检索报告邮寄日期

2023年8月18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

李祥亮

电话号码 (+86) 020-28958271

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/072773

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	113510693	A	2021年10月19日	CN	113510693	B	2022年10月25日	
				WO	2023010811	A1	2023年2月9日	
CN	110420107	A	2019年11月8日	WO	2021012731	A1	2021年1月28日	
				CN	110420107	B	2022年3月8日	
CN	103735389	A	2014年4月23日	CN	103735389	B	2015年4月29日	
CN	113146617	A	2021年7月23日	无				
US	2017340506	A1	2017年11月30日	US	10555865	B2	2020年2月11日	