



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112973042 A

(43) 申请公布日 2021.06.18

(21) 申请号 202110342706.6

(22) 申请日 2021.03.30

(71) 申请人 上海厘成智能科技有限公司  
地址 200123 上海市浦东新区林浦路428号  
6幢209室

(72) 发明人 孙显其

(51) Int. Cl.

A63B 24/00 (2006.01)

A63B 22/02 (2006.01)

A63B 71/06 (2006.01)

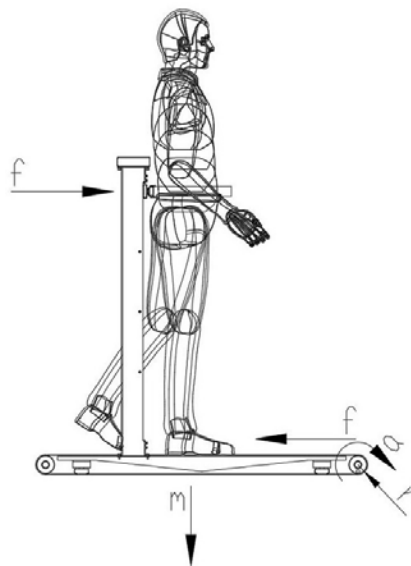
权利要求书1页 说明书2页 附图1页

(54) 发明名称

一种人机合一的跑步机控制方法

(57) 摘要

本专利只是针对具有跑道的直线运动跑步机的控制技术,要在这样的跑步机上实现人机合一的控制目的,最根本的任务是如何实现对跑步机上的伺服电机进行精确控制,更进一步的,是如何实现对伺服电机的输出扭矩进行精确控制,即控制伺服电机输出与使用者的体重和运动趋势相匹配的扭矩大小和方向,更进一步的,是如何通过传感器获得信号并对信号进行加工处理,以获得伺服电机控制模块的输出扭矩控制信号的大小和方向。



1. 一种人机合一的跑步机控制方法,其特征在于,跑步机与使用者的腰部通过拉压力传感器连接,以测量使用者在水平方向对跑步机施加的行进力,在跑步机内部安装有重力传感器,以测量使用者在竖直方向对跑步机施加的重力,在跑步机的滚轴安装有加速度传感器,以测量跑步机的加速度,跑步机内部安装有伺服电机,伺服电机的输出扭矩由三部分组成,第一部分扭矩用于克服跑步机内部传动件的摩擦力,第二部分扭矩用于克服由使用者的重力产生的跑步带与承重底板之间的摩擦力,第三部分扭矩是通过把加速度和重力的乘积与行进力进行差分运算获得的,上述三部分扭矩的动态组合形成了伺服电机的输出扭矩。

2. 如上述权利要求一所述的,一种人机合一的跑步机控制方法,其特征还在于,伺服电机的输出扭矩的第一部分,是由跑步机控制系统通过系统自检得到的。

3. 如上述权利要求一所述的,一种人机合一的跑步机控制方法,其特征还在于,伺服电机的输出扭矩的第二部分,是由跑步带与承重底板的摩擦系数、跑步带滚轴半径、重力加速度、伺服电机与跑步带滚轴的传动比、使用者对跑步机施加的向下的重力5个参数的乘积决定的,是与使用者对跑步机施加的向下的重力成正比的。

4. 如上述权利要求一所述的,一种人机合一的跑步机控制方法,其特征还在于,伺服电机的输出扭矩的第三部分,是由伺服电机和跑步带滚轴之间的传动比、跑步带滚轴半径、加速度和重力的乘积与行进力的差值三个参数决定的,是与加速度和重力的乘积与行进力的差值成正比的。

5. 如上述权利要求一所述的,一种人机合一的跑步机控制方法,其特征还在于,伺服电机的输出扭矩的第三部分,在通常的使用者的惯性大于跑步机内部传动件的惯性的情况下,使用者加速时,此部分扭矩与输出扭矩的第一部分、输出扭矩的第二部分的方向是反向的,使用者减速时,此部分扭矩与输出扭矩的第一部分、输出扭矩的第二部分的方向是同向的。

6. 如上述权利要求一所述的,一种人机合一的跑步机控制方法,其特征还在于,伺服电机的输出扭矩的第三部分,在异常的使用者的惯性小于跑步机内部传动件的惯性的情况下,使用者加速时,此部分扭矩的方向与输出扭矩的第一部分、输出扭矩的第二部分的方向是同向的,使用者减速时,此部分扭矩的方向与输出扭矩的第一部分、输出扭矩的第二部分的方向是反向的。

## 一种人机合一的跑步机控制方法

### 技术领域

[0001] 本专利涉及一种跑步机控制方法,理论上能够实现与现实无差别的原地行走、奔跑、起跑、停止、加速、匀速和减速,这一过程完全由使用者自主控制,所以才称之为“人机合一”,这种技术可以应用于健身、娱乐、虚拟现实和智能穿戴等相关领域。

### 背景技术

[0002] 在传统的健身跑步机领域,主要分为动力跑步机和无动力跑步机,这两种跑步机都与使用者之间没有任何交互。动力跑步机只是单纯的输出动力,使用者只是被动的按照跑步机的转速跑动。无动力跑步机是依靠飞轮旋转的惯性迫使使用者跑动,这种跑步机的跑道是前高后低的,使用者既对飞轮输出动力维持其转动,又在飞轮的惯性驱动下跑动,但是飞轮的惯性与人体的惯性是不一致的,与现实中的跑动体验差别很大,这种技术只是作为动力跑步机的廉价替代品。这两种跑步机的安全性和舒适性都欠佳。

[0003] 在新兴的虚拟现实和智能穿戴领域,有一种所谓的虚拟现实跑步机,虽然有各种不同的结构形式,但是其基本原理都是把使用者固定在原地,并且把地面做的非常的光滑,使摩擦力尽量接近于零,使用者能够穿着特制的鞋子在原地跑动,事实上,这是原地滑动,没有现实中跑动的阻力和惯性,使用体验仍然很差,远远达不到虚拟现实的水平。这种跑步机没有传统跑步机的跑道,可以实现360度的全向跑动,但是仍然解决不了本质问题。

### 发明内容

[0004] 本专利只是针对具有跑道的直线运动跑步机的控制技术,要在这样的跑步机上实现人机合一的控制目的,最根本的任务是如何实现对跑步机上的伺服电机进行精确控制,更进一步的,是如何实现对伺服电机的输出扭矩进行精确控制,即控制伺服电机输出与使用者的体重和运动趋势相匹配的扭矩大小和方向,更进一步的,是如何通过传感器获得信号并对信号进行加工处理,以获得伺服电机控制模块的输出扭矩控制信号的大小和方向。

[0005] 人在现实的跑动过程中,人体与地面不存在滑动摩擦,如果不考虑影响极小的风的阻力,人体感受到的阻力是零,人体跑动时只是在维持和改变自身的惯性。对人体跑动过程的动力分析,可以很容易得出一个结论,就是人体跑动时,重心是在一个水平线上做类似于正弦波形式的上下震荡,这个类似于正弦波形式的震荡当然会消耗人体的动能,消耗的人体动能,本质上,就是前脚落地时与地面的冲击所消耗的能量,所以在理想的匀速跑动状态下,是后脚蹬地的动作补充了前脚与地面冲击所消耗的能量,从未周而复始的维持了人体的匀速跑动。同样的,起跑、停止、加速和减速过程中,也遵循类似的规律,只是前脚落地消耗的能量与后脚蹬地补充的能量之间的相互平衡。要实现人机合一的控制目的,最核心的问题是,在前脚落地和后脚蹬地的循环动作中,控制跑步机的伺服电机输出相应的扭矩大小和方向。

[0006] 实现人机合一的控制目的,需要解决的第一个问题是,使跑步机内部传动系统的摩擦力归零,进一步的讲,是使伺服电机输出一个扭矩,这个扭矩正好可以抵消上述摩擦力

形成的扭矩,这个扭矩是由跑步机传动系统本身决定的,是固定不变的定量,是可以通过系统自检而精确测量的,在此设定为 $t_1$ 。

[0007] 实现人机合一的控制目的,需要解决的第二个问题是,使跑步机的跑步带与承重底板之间的摩擦力归零,进一步的讲,是使伺服电机输出一个扭矩,这个扭矩正好可以抵消上述摩擦力产生的扭矩。这个扭矩是跑步带滚轴半径 $r$ 、摩擦系数 $k$ 、重力加速度 $g$ 和使用者的重力 $m$ 四个参数的乘积,把这个扭矩设定为 $t_2$ ,即 $t_2=rk gm$ 。如图1所示,在跑步机内部安装有重力传感器,可以即时的测量使用者对跑步机施加的向下的重力 $m$ ,需要进一步指出的是,摩擦系数 $k$ 、重力加速度 $g$ 和跑步带滚轴半径 $r$ 都是固定不变的定量,但是重力 $m$ 是变量,因为虽然使用者本身的体重是固定不变的,但是重力传感器测得的重力 $m$ 是随着使用者的跑动姿态而即时变化的,所以这部分扭矩是与使用者对跑步机施加的向下的重力成正比的。需要进一步指出的是,此处的重力 $m$ 的单位是千克。

[0008] 实现人机合一的控制目的,需要解决的第三个问题是,如何实现虚拟惯性控制,即如何使跑步机能感应到使用者的运动趋势,并即时无延迟的输出相应大小和方向的扭矩,这是本专利要解决的核心问题。如图1所示,在跑步机内部安装有重力传感器,以测量使用者对跑步机施加的重力 $m$ ,使用者的腰部与跑步机之间安装有拉压力传感器,以测量使用者对跑步机施加的行进力 $f$ ,在跑步机的跑步带的滚轴内安装有加速度传感器,以测量跑步带的加速度 $a$ ,解决了前述的第一个问题和第二个问题之后,在不进行虚拟惯性控制的情况下,使用者在跑步机上跑动,等同于在一个摩擦力为零的光滑面上跑动,由于使用者的惯性远大于跑步机内部传动件的惯性,所以相对较小的行进力 $f$ 就可以产生相对较大的加速度 $a$ ,同时,重力 $m$ 、角加速度 $a$ 、行进力 $f$ 具有相同的变化趋势,重力 $m$ 与加速度 $a$ 的乘积 $ma$ 远大于行进力 $f$ ,即 $ma > f$ ,而虚拟惯性控制要达到的目的,就是使 $ma=f$ ,引入跑步带滚轴半径 $r$ ,也就是使扭矩 $mar$ 等于扭矩 $fr$ ,进一步的,也就是把 $mar$ 和 $fr$ 之间的差值作为伺服电机输出扭矩的一部分,就可以实现虚拟惯性控制,即虚拟惯性控制扭矩 $t_3=r(f-ma)$ 。需要进一步指出的是,在通常的使用者的惯性大于跑步机内部传动件的惯性的情况下,在加速时,扭矩 $t_3$ 的方向与扭矩 $t_1$ 、扭矩 $t_2$ 是反向的,在减速时,扭矩 $t_3$ 和扭矩 $t_1$ 、扭矩 $t_2$ 是同向的。

[0009] 综合上述分析,可以得出伺服电机输出扭矩 $T=t_1+t_2+t_3=t_1+rkgm+r(f-ma)$ ,其实为了方便叙述,上述分析还有意忽略了跑步机的伺服电机与跑步带滚轴之间的传动比 $s$ ,因为 $t_1$ 是跑步机内部运动件的摩擦力产生的,是通过系统自检直接取得的,与传动比 $s$ 无关,而 $t_2$ 和 $t_3$ 都是与传动比 $s$ 相关的,所以,进一步的, $T=t_1+srk gm+sr(f-ma)$ ,所以伺服电机的输出扭矩是由上述等式中的三部分动态组合形成的,更进一步的,由于 $t_1$ 、 $s$ 、 $r$ 、 $k$ 、 $g$ 都是定量,只有 $m$ 、 $f$ 、 $a$ 是由传感器即时测量的动态变化的变量,如果把 $srkg$ 的乘积设为 $k_1$ ,把 $sr$ 的乘积设为 $k_2$ ,即 $T=t_1+k_1 \times m+k_2 \times (f-ma)$ 。

## 附图说明

图1是本专利的受力分析图。

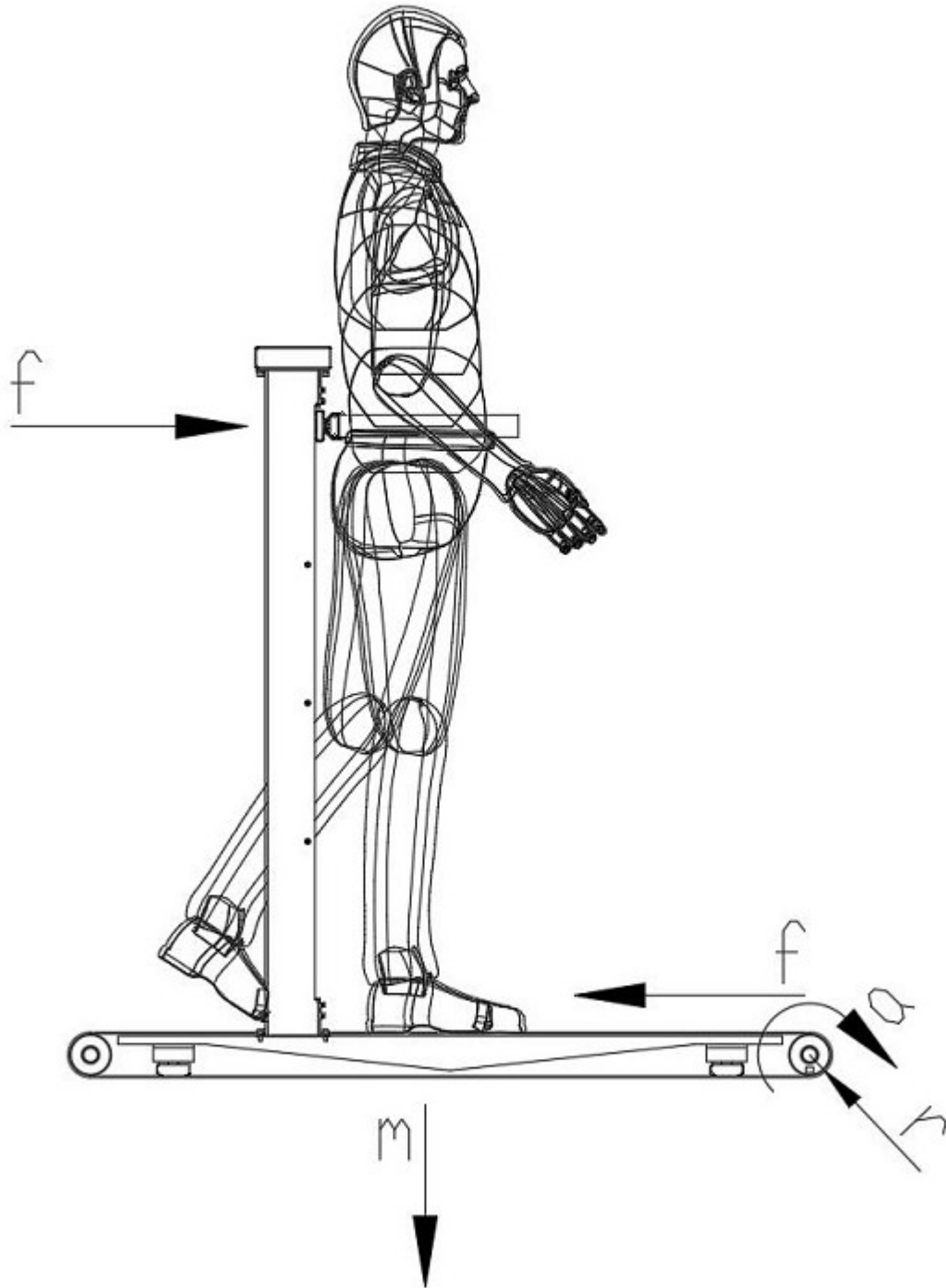


图1