



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110934715 B

(45) 授权公告日 2021. 09. 21

(21) 申请号 201911124745.8

(22) 申请日 2019.11.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110934715 A

(43) 申请公布日 2020.03.31

(73) 专利权人 南京伟思医疗科技股份有限公司
地址 210012 江苏省南京市雨花台区宁双
路19号9栋

(72) 发明人 冯雷 黄河 钱忆 陈赞 嵇兵

(74) 专利代理机构 南京冠誉至恒知识产权代理
有限公司 32426
代理人 郭晓敏

(51) Int. Cl.
A61H 1/02 (2006.01)
A61B 5/11 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106419928 A, 2017.02.22

CN 110314067 A, 2019.10.11

CN 101791255 A, 2010.08.04

CN 109223453 A, 2019.01.18

CN 108013998 A, 2018.05.11

CN 101810533 A, 2010.08.25

CN 106618979 A, 2017.05.10

CN 107242866 A, 2017.10.13

CA 3036279 A1, 2018.03.15

WO 2016005367 A1, 2016.01.14

CN 109528456 A, 2019.03.29

彭亮, 侯增广, 王晨, 罗林聪, 王卫群. 康复机
辅助机器人及其无力人机交互方法.《自动化学
报》.2018, 全文.

审查员 潘丽莎

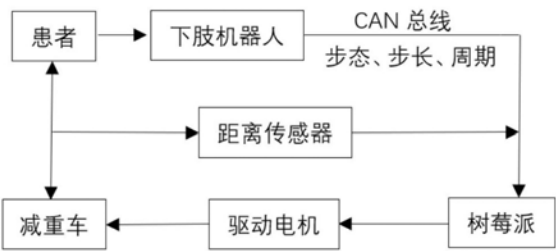
权利要求书3页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称

一种实现下肢机器人与减重车协同运动的
控制系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种实现下肢机器人与减重车
协同运动的控制系统及方法, 属于医疗器械领
域, 包括用于实现下肢机器人与减重车协同运
动控制的控制器; 所述的控制器包括距离信息
采集模块、步态信息采集模块、速度控制模
块、电机驱动模块, 由控制器分析下肢机器人
步态信息并驱动减重车直线跟随下肢机器人,
通过控制器将距离信息转化为实时速度以调
节减重车的运动状态。本发明实时获取下肢
机器人的步态信息并发送给减重车控制器,
同时辅助距离传感器实时反馈减重车与患
者的运动状态形成控制闭环, 保证了整个跟
随控制系统的同步性和精确性。



1. 一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统,其特征在于,包括用于实现下肢机器人与减重车协同运动控制的控制器;所述的控制器包括距离信息采集模块、步态信息采集模块、速度控制模块、电机驱动模块;

所述的步态信息采集模块,用于接收下肢机器人发送的步态信息,得出当前下肢机器人是否起步、步长以及步态周期;

所述的距离信息采集模块,用于接收距离传感器采集的减重车与下肢机器人左腿、右腿之间距离的实时距离测量值;

所述的速度控制模块,在下肢机器人起步时根据下肢机器人的步态信息计算出减重车的速度并将速度信息发送至电机驱动模块;在减重车运动过程中,速度控制模块根据距离传感器采集的实时距离测量值计算下肢机器人左腿、右腿的实时行走速度,得到实时减重车速度修正值并将实时减重车速度修正值发送至电机驱动模块;

在下肢机器人起步时电机驱动模块接收减重车速度信息并驱动减重车开始行驶;在减重车运动过程中,电机驱动模块接收实时减重车速度修正值并通过控制电机使减重车以实时减重车速度修正值行驶;

速度控制模块根据下肢机器人的步长 L 、步态周期 T 计算出减重车的速度 $S=L/T$,使电机驱动模块驱动减重车以 S 的速度行驶;

在减重车运动过程中,距离信息采集模块读取并保存上一时刻各距离传感器的距离测量值 $[last_d1, last_d2, last_d3, last_d4]$,读取当前时刻各距离传感器的距离测量值 $[act_d1, act_d2, act_d3, act_d4]$;

速度控制模块根据上一时刻和当前时刻距离检测值计算下肢机器人腿部实时速度 $[speed1, speed2, speed3, speed4]$,其中

$$speed[i] = (act_d[i] - last_d[i]) / t$$

其中 t 为通讯周期, $i=1,2,3,4$;其中1、2为对准下肢机器人左腿的传感器,3、4为对准下肢机器人右腿的传感器;

计算下肢机器人腿部实时速度:

$$\text{左腿实时速度: } speed_left = (speed1 + speed2) / 2$$

$$\text{右腿实时速度: } speed_right = (speed3 + speed4) / 2$$

得到实时减重车速度修正值:

$$speed_car = \max(speed_left, speed_right) + last_speed_car;$$

其中 $last_speed_car$ 指未经修正的当前时刻减重车速度值。

2. 根据权利要求1所述的一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统,其特征在于,所述的减重车包括跟随模式开关;所述的控制器还包括跟随模式切换模块,跟随模式切换模块接收跟随模式开关的开闭信息并使得距离信息采集模块、步态信息采集模块、速度控制模块、电机驱动模块开始工作或停止工作。

3. 根据权利要求2所述的一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统,其特征在于,所述的减重车包括急停开关;所述的控制器还包括急停模块,急停模块接收急停开关的急停信息并使得距离信息采集模块、步态信息采集模块、速度控制模块停止工作,并通过电机驱动模块、电机使减重车制动停车。

4. 根据权利要求1所述的一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统,其特征

在于,所述的距离传感器设置于减重车上,至少两个距离传感器对准下肢机器人左腿的小腿上部,至少两个距离传感器对准下肢机器人右腿的小腿上部,距离传感器的离地高度为30-40cm。

5.根据权利要求1所述的一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统,其特征在于,控制器采用CAN总线通讯的方式接收下肢机器人步态信息,控制器每隔5-15ms获取一次距离信息和步态信息。

6.根据权利要求1所述的一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统,其特征在于,当控制器接收到迈步信息,则使减重车同步向前运动设定步长的半步距离;当控制器接收到跨步信息,则使减重车同步向前运动设定步长的距离;当控制器接收到收步信息,则使减重车停车制动。

7.根据权利要求3所述的一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统,其特征在于,

当距离传感器检测到下肢机器人向前运动但减重车无动作,控制器接收下肢机器人实际运动状态并驱动减重车同步运动;控制器根据距离传感器实时检测到的减重车与下肢机器人腿部之间的距离的变化速率,同步实时调整减重车驱动系统的电机速度,以保证减重车和下肢机器人的跟随同步性;当距离传感器检测到下肢机器人腿部与减重车的距离小于安全距离,控制器控制减重车驱动系统的电机制动,停止跟随。

8.一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统,其特征在于,包括用于实现下肢机器人与减重车协同运动控制的控制器;所述的控制器包括距离信息采集模块、步态信息采集模块、速度控制模块、电机驱动模块;

所述的步态信息采集模块,用于接收下肢机器人发送的步态信息,得出当前下肢机器人是否起步、步长以及步态周期;

所述的距离信息采集模块,用于接收距离传感器采集的减重车与下肢机器人左腿、右腿之间距离的实时距离测量值;

所述的速度控制模块,在下肢机器人起步时根据下肢机器人的步态信息计算出减重车的速度并将速度信息发送至电机驱动模块;

在下肢机器人起步时电机驱动模块接收减重车速度信息并驱动减重车开始行驶;

在减重车运动过程中,当机器人步长 L 、步态周期 T 不变,则速度控制模块根据距离传感器采集的实时距离测量值计算下肢机器人左腿、右腿的实时行走速度,得到实时减重车速度修正值并将实时减重车速度修正值发送至电机驱动模块;当机器人步长 L 、步态周期 T 变化,则速度控制模块先以新的机器人步长 L /步态周期 T 算出新的速度信息,并驱动电机驱动模块使减重车以新的速度行驶,之后再根据距离传感器采集的实时距离测量值计算下肢机器人左腿、右腿的实时行走速度,得到实时减重车速度修正值并将实时减重车速度修正值发送至电机驱动模块;

速度控制模块根据下肢机器人的步长 L 、步态周期 T 计算出减重车的速度 $S=L/T$,使电机驱动模块驱动减重车以 S 的速度行驶;

在减重车运动过程中,距离信息采集模块读取并保存上一时刻各距离传感器的距离测量值 $[last_d1, last_d2, last_d3, last_d4]$,读取当前时刻各距离传感器的距离测量值 $[act_d1, act_d2, act_d3, act_d4]$;

速度控制模块根据上一时刻和当前时刻距离检测值计算下肢机器人腿部实时速度 [speed1, speed2, speed 3, speed 4], 其中

$$\text{speed}[i] = (\text{act_d}[i] - \text{last_d}[i]) / t$$

其中 t 为通讯周期, $i=1,2,3,4$; 其中1、2为对准下肢机器人左腿的传感器, 3、4为对准下肢机器人右腿的传感器;

计算下肢机器人腿部实时速度:

$$\text{左腿实时速度: speed_left} = (\text{speed1} + \text{speed2}) / 2$$

$$\text{右腿实时速度: speed_right} = (\text{speed3} + \text{speed4}) / 2$$

得到实时减重车速度修正值:

$$\text{speed_car} = \max(\text{speed_left}, \text{speed_right}) + \text{last_speed_car};$$

其中last_speed_car指未经修正的当前时刻减重车速度值。

9. 一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

由跟随模式切换模块决定是否接收步态信息和实时距离信息, 当启动跟随模式, 则控制器通过步态信息采集模块接收下肢机器人发送的步态信息, 得到当前下肢机器人是否起步、步长以及步态周期, 然后由速度控制模块计算出减重车运动的速度, 并发送给电机驱动模块, 然后驱动减重车运动; 在减重车运动过程中, 距离检测模块实时接收减重车与下肢机器人腿部的实时距离, 反馈给速度控制模块, 动态调整减重车的速度;

速度控制模块根据下肢机器人的步长 L 、步态周期 T 计算出减重车的速度 $S=L/T$, 使电机驱动模块驱动减重车以 S 的速度行驶;

在减重车运动过程中, 距离信息采集模块读取并保存上一时刻各距离传感器的距离测量值 [last_d1, last_d2, last_d3, last_d4], 读取当前时刻各距离传感器的距离测量值 [act_d1, act_d2, act_d3, act_d4];

速度控制模块根据上一时刻和当前时刻距离检测值计算下肢机器人腿部实时速度 [speed1, speed2, speed 3, speed 4], 其中

$$\text{speed}[i] = (\text{act_d}[i] - \text{last_d}[i]) / t$$

其中 t 为通讯周期, $i=1,2,3,4$; 其中1、2为对准下肢机器人左腿的传感器, 3、4为对准下肢机器人右腿的传感器;

计算下肢机器人腿部实时速度:

$$\text{左腿实时速度: speed_left} = (\text{speed1} + \text{speed2}) / 2$$

$$\text{右腿实时速度: speed_right} = (\text{speed3} + \text{speed4}) / 2$$

得到实时减重车速度修正值:

$$\text{speed_car} = \max(\text{speed_left}, \text{speed_right}) + \text{last_speed_car};$$

其中last_speed_car指未经修正的当前时刻减重车速度值。

一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统及方法,属于医疗器械领域。

背景技术

[0002] 在临床上的各种患者(如脑卒中、脊髓损伤、骨折术后等引起的下肢运动功能障碍的恢复期患者)的下肢康复期,需要辅助设备进行减重支撑的辅助设备。目前在临床上没有太多的训练设备,而且康复需求不断扩大,然而专业康复人员缺乏;一对一模式人力成本高且耗时费力。为解决这些康复训练过程中出现的问题,急需安全、定量、有效及可进行重复训练的新技术。

[0003] 康复减重步行训练车(下简称减重车)是通过减重支持帮助下肢运动功能障碍的患者进行步行训练的系统,该系统具有动态减重功能。在临床患者康复中期,当患者下肢恢复一定的活动能力,但仍无法支撑身体落地进行独立行走时,需要减重车对身体进行支撑减重,辅助患者实现落地行走的恢复性训练。然而,仅仅通过减重仍然无法使患者进行落地行走训练,有必要提供一种将下肢康复机器人与减重车结合起来并实现下肢康复机器人与减重车的同步运动的控制系统。

发明内容

[0004] 为解决现有技术的不足,本发明提供一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统及方法。

[0005] 为了实现上述目标,本发明采用如下的技术方案:一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统,包括用于实现下肢机器人与减重车协同运动控制的控制器;所述的控制器包括距离信息采集模块、步态信息采集模块、速度控制模块、电机驱动模块;

[0006] 所述的步态信息采集模块,用于接收下肢机器人发送的步态信息,得出当前下肢机器人是否起步、步长以及步态周期;

[0007] 所述的距离信息采集模块,用于接收距离传感器采集的减重车与下肢机器人左腿、右腿之间距离的实时距离测量值;

[0008] 所述的速度控制模块,在下肢机器人起步时根据下肢机器人的步态信息计算出减重车的速度并将速度信息发送至电机驱动模块;在减重车运动过程中,速度控制模块根据距离传感器采集的实时距离测量值计算下肢机器人左腿、右腿的实时行走速度,得到实时减重车速度修正值并将实时减重车速度修正值发送至电机驱动模块;

[0009] 在下肢机器人起步时电机驱动模块接收减重车速度信息并驱动减重车开始行驶;在减重车运动过程中,电机驱动模块接收实时减重车速度修正值并通过控制电机使减重车以实时减重车速度修正值行驶。

[0010] 下肢机器人与控制器通过CAN总线连接。在下肢机器人起步时,速度控制模块根据步态信息采集模块接收并解析的步态信息(例如下肢机器人的步长L、步态周期T)计算出减

重车的速度 $S=L/T$ (例如接收的CAN数据帧为跨步信息,步长330cm,步态周期3s,那么其初始速度为0.11m/s),使电机驱动模块驱动减重车以 S 的初始速度行驶。控制器每隔10ms接收一次距离信息和步态信息。减重车始终跟随下肢机器人,即下肢机器人不动,减重车也不动;当下肢机器人开始行走,则减重车从停车状态变成以 S 的初始速度行驶。

[0011] 每条腿配置传感器两个,用来交叉检测纠错以及提高精度。在行走过程中,下肢机器人和患者迈不同步,两侧腿部实际速度不同,迈步腿的速度快,另一侧腿部的速度慢。

[0012] 在减重车运动过程中,距离信息采集模块读取并保存上一时刻各距离传感器的距离测量值[$last_d1$, $last_d2$, $last_d3$, $last_d4$],读取当前时刻各距离传感器的距离测量值[act_d1 , act_d2 , act_d3 , act_d4];

[0013] 速度控制模块根据上一时刻和当前时刻距离检测值计算下肢机器人腿部实时速度[$speed1$, $speed2$, $speed3$, $speed4$],其中

[0014] $speed[i] = (act_d[i] - last_d[i]) / t$

[0015] 其中 t 为通讯周期(例如为10ms,指每隔10ms接收一次距离信息), $i=1,2,3,4$;1、2传感器对准机器人左腿,3、4传感器对准机器人右腿;

[0016] 计算下肢机器人两侧腿部实时速度:

[0017] 左腿实时速度: $speed_left = (speed1 + speed2) / 2$

[0018] 右腿实时速度: $speed_right = (speed3 + speed4) / 2$

[0019] 得到实时减重车速度修正值:

[0020] $speed_car = \max(speed_left, speed_right) + last_speed_car$;

[0021] 其中 $last_speed_car$ 指未经修正的当前时刻减重车速度值。 $\max(speed_left, speed_right)$ 指左、右腿实时速度中的最大值。下肢机器人腿部实时速度实际是下肢机器人上一通讯周期10ms期间内相对于减重车的速度。速度修正计算所需时间、电机驱动减重车速度调整的时间很短,在下一时刻到来前,已将减重车速度调整为修正值。

[0022] $last_speed_car$ 可以为初始速度 S 或上一时刻的减重车速度修正值;即,在下肢机器人刚起步时,在第一时刻接收到实时步态信息和距离信息,驱动减重车以 $S=L/T$ 的速度开始行使;在第二时刻(第二时刻与第一时刻相隔10ms,其它时刻依次类推)接收实时步态信息和距离信息,可以计算得到第二时刻的实时减重车速度修正值 $speed_car$,此时 $last_speed_car$ 即为初始速度 S ;在第三时刻接收实时步态信息和距离信息,可以计算得到第三时刻的实时减重车速度修正值 $speed_car$,此时 $last_speed_car$ 即为第二时刻的实时减重车速度修正值。

[0023] 所述的减重车包括跟随模式开关;所述的控制器还包括跟随模式切换模块,跟随模式切换模块接收跟随模式开关的开闭信息并使得距离信息采集模块、步态信息采集模块、速度控制模块、电机驱动模块开始工作或停止工作。

[0024] 所述的减重车包括急停开关;所述的控制器还包括急停模块,急停模块接收急停开关的急停信息并使得距离信息采集模块、步态信息采集模块、速度控制模块停止工作,并通过电机驱动模块、电机使减重车制动停车。即,当急停开关被拍下,急停模块检测到急停动作触发,发送指令给电机执行制动,电机立刻停机。跟随模式开关和急停开关均设置于减重车扶手上。

[0025] 所述的距离传感器设置于减重车上,至少两个距离传感器对准下肢机器人左腿的

小腿上部,至少两个距离传感器对准下肢机器人右腿的小腿上部,距离传感器安装的离地高度为30-40cm。距离传感器负责检测腿部实时速度,看整个系统当前运行的速度是否满足控制要求,也就是下肢机器人和减重车的协同速度是否一致,如果运动不一致,则控制器会根据减重车的实际速度进行动态调节,以达到最佳跟随效果。当患者穿戴下肢机器人站立在减重车中,距离传感器位于下肢机器人左腿或右腿的小腿的正后方(距离传感器固定于减重车上)。由于患者穿戴下肢机器人,距离传感器对准下肢机器人腿部就是对准患者腿部。而距离传感器与下肢机器人左腿或右腿的小腿的距离,指的是距离传感器与下肢机器人左腿或右腿的小腿的连线的距离,该连线与减重车行驶方向/下肢机器人行走方向平行。

[0026] 控制器采用CAN总线通讯的方式接收下肢机器人步态信息,控制器每隔5-15ms(优选10ms)获取一次距离信息和步态信息。在下肢机器人刚起步时,速度控制模块根据下肢机器人的步长 L 、步态周期 T 计算出减重车的第一时刻的初始速度 $S=L/T$,使电机驱动模块驱动减重车以 S 的初始速度开始行驶。距离信息和步态信息是同时获取的,每隔10ms获取到实时的步态信息和距离信息,而机器人运动轨迹是预先设定的(一般地说,步长、步态周期都确定,模拟整个过程为匀速),通过对距离信息的计算得到实时减重车速度修正值,在减重车行驶过程中始终驱动减重车以实时减重车速度修正值行驶,每隔10ms更新一次实时减重车速度修正值。在一次步行中,下肢机器人的步态轨迹、步长、步态周期、步高等都是确定的,因此,仅在起步时采用步态信息计算得到的速度值作为减重车初始速度,在减重车行驶过程中,始终以实时减重车速度修正值作为减重车行驶速度。

[0027] 当控制器的步态信息采集模块接收到迈步信息,则减重车同步向前运动设定步长的半步距离;当控制器的步态信息采集模块接收到跨步信息,则使减重车同步向前运动设定步长的距离;以上距离不是由控制器直接控制的,而是只要不接收到收步信息,则减重车一直不停车制动,默认一直向前行驶。当控制器的步态信息采集模块接收到收步信息,则使减重车停车制动(具体地,当控制器的步态信息采集模块接收到收步信息,则将该收步信息发送至电机驱动模块,由电机驱动模块驱动减重车停车制动,减速度为固定的电机参数)。

[0028] 步态信息是根据CAN通讯数据得到的,由CAN总线直接读取下肢机器人的步态信息,控制器接收的CAN报文的每一帧数据都会包含步长、周期、步态等信息,控制器解析报文然后发送指令控制减重车运动。迈步指开始起步时候的步态,由双腿并拢到其中一只腿迈出半步(通常右腿迈步起步)步长为半步,迈步周期为 $T/2$;跨步指行走过程中正常交叉跨步行走,跨整个步长,跨步周期为 T ;收步为由跨步到双腿并拢停止的过程,步长为半步,周期为 $T/2$ 。

[0029] 优选的,当距离传感器检测到下肢机器人向前运动但减重车无动作(出现这种情况,是因为CAN总线通讯异常),控制器接收下肢机器人实际运动状态(实际运动状态由距离传感器得到,按照通讯周期每隔10ms实时采集)并驱动减重车同步运动;控制器根据距离传感器实时检测到的减重车与下肢机器人腿部之间的距离的变化,同步实时调整减重车驱动系统的电机速度(调整方式同前述的实时减重车速度修正值的公式),以保证减重车和下肢机器人的跟随同步性;当距离传感器检测到下肢机器人与减重车的距离小于安全距离,控制器控制减重车驱动系统的电机制动,停止跟随。一般地,安全距离=绝对距离-5cm。绝对距离:减重车与患者的最佳保持距离;安全距离:减重车与患者的最小距离。绝对距离可以是一个值,也可以是一个范围,这取决于传感器的测量精度,例如绝对距离可以为患者穿戴

下肢机器人后、开始运动之前的下肢机器人小腿与距离传感器之间的距离(可以认为其为下肢机器人与距离传感器之间的初始距离)。

[0030] 本发明还提供一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统,包括用于实现下肢机器人与减重车协同运动控制的控制器;所述的控制器包括距离信息采集模块、步态信息采集模块、速度控制模块、电机驱动模块;

[0031] 所述的步态信息采集模块,用于接收下肢机器人发送的步态信息,得出当前下肢机器人是否起步、步长以及步态周期;

[0032] 所述的距离信息采集模块,用于接收距离传感器采集的减重车与下肢机器人左腿、右腿之间距离的实时距离测量值;

[0033] 所述的速度控制模块,在下肢机器人起步时根据下肢机器人的步态信息计算出减重车的速度并将速度信息发送至电机驱动模块;

[0034] 在下肢机器人起步时电机驱动模块接收减重车速度信息并驱动减重车开始行驶;

[0035] 在减重车运动过程中,当机器人步长 L 、步态周期 T 不变,则速度控制模块根据距离传感器采集的实时距离测量值计算下肢机器人左腿、右腿的实时行走速度,得到实时减重车速度修正值并将实时减重车速度修正值发送至电机驱动模块;当机器人步长 L /步态周期 T 变化,则速度控制模块先以新的机器人步长 L /步态周期 T 算出新的速度信息,并驱动电机驱动模块使减重车以新的速度行驶,之后在机器人步长 L /步态周期 T 不变情况下,再根据距离传感器采集的实时距离测量值计算下肢机器人左腿、右腿的实时行走速度,得到实时减重车速度修正值并将实时减重车速度修正值发送至电机驱动模块。

[0036] 该控制系统中,速度信息计算公式、实时减重车速度修正值计算公式等其它技术内容均与第一个技术方案相同。

[0037] 本发明还提供一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制方法,包括如下步骤:

[0038] 由跟随模式切换模块决定是否接收步态信息和实时距离信息,当启动跟随模式,则控制器通过步态信息采集模块接收下肢机器人发送的步态信息,得到当前下肢机器人是否起步、步长以及步态周期,然后由速度控制模块计算出减重车运动的速度,并发送给电机驱动模块,然后驱动减重车运动;在减重车运动过程中,距离检测模块实时接收减重车与下肢机器人腿部的实时距离,反馈给速度控制模块,分析当前减重车与下肢机器人运动的同步性,并进行处理,动态调整减重车的速度。

[0039] 当距离传感器检测到下肢机器人向前运动但减重车无动作(出现这种情况,是因为CAN总线通讯异常),控制器接收下肢机器人实际运动状态(实际运动状态由距离传感器得到,按照通讯周期实时采集)并驱动减重车同步运动;控制器根据距离传感器实时检测到的减重车与下肢机器人腿部之间的距离的变化,同步实时调整减重车驱动系统的电机速度,以保证减重车和下肢机器人的跟随同步性;当距离传感器检测到下肢机器人与减重车的距离小于安全距离,控制器控制减重车驱动系统的电机制动,停止跟随。

[0040] 相对于现有技术,本发明的有益效果为:本发明实时获取下肢机器人的步态信息并发送给减重车控制器,同时辅助距离传感器实时反馈减重车与患者的运动状态形成控制闭环,保证了整个跟随控制系统的同步性和精确性,同时防止了训练过程中可能出现的各种异常情况,能够保证训练的连续性和安全性。

附图说明

- [0041] 图1本发明的实施方式的原理图；
[0042] 图2-3减重车与下肢机器人连接示意图。
[0043] 图4腰撑组件结构图；
[0044] 图5被动减重机构示意图；
[0045] 图6主动辅助重心转移机构正视图；
[0046] 图7主动辅助重心转移机构后侧视图；
[0047] 图8为底盘驱动装置示意图；
[0048] 图9为康复减重步行训练车的底盘驱动装置整车示意图。。

具体实施方式

- [0049] 下面结合附图和具体实施例对本发明的具体实施方式作进一步说明。
- [0050] 一种实现下肢机器人与减重车协同运动的控制系统,包括用于实现下肢机器人与减重车协同运动控制的控制器;所述的控制器包括距离信息采集模块、步态信息采集模块、速度控制模块、电机驱动模块;
- [0051] 所述的步态信息采集模块,用于接收下肢机器人发送的步态信息,得出当前下肢机器人是否起步、步长以及步态周期;
- [0052] 所述的距离信息采集模块,用于接收距离传感器采集的减重车与下肢机器人左腿、右腿之间距离的实时距离测量值;
- [0053] 所述的速度控制模块,在下肢机器人起步时根据下肢机器人的步态信息计算出减重车的速度并将速度信息发送至电机驱动模块;在减重车运动过程中,速度控制模块根据距离传感器采集的实时距离测量值计算下肢机器人左腿、右腿的实时行走速度,得到实时减重车速度修正值并将实时减重车速度修正值发送至电机驱动模块;
- [0054] 在下肢机器人起步时电机驱动模块接收减重车速度信息并驱动减重车开始行驶;在减重车运动过程中,电机驱动模块接收实时减重车速度修正值并通过控制电机使减重车以实时减重车速度修正值行驶。
- [0055] 在前述的整体控制系统的基础上,还可以作出如下改进:在下肢机器人起步时,速度控制模块根据下肢机器人的步长 L 、步态周期 T 计算出减重车的速度 $S=L/T$,使电机驱动模块驱动减重车以 S 的初始速度行驶;
- [0056] 在减重车运动过程中,距离信息采集模块读取并保存上一时刻各距离传感器的距离测量值 $[last_d1, last_d2, last_d3, last_d4]$,读取当前时刻各距离传感器的距离测量值 $[act_d1, act_d2, act_d3, act_d4]$;
- [0057] 速度控制模块根据上一时刻和当前时刻距离检测值计算下肢机器人腿部实时速度 $[speed1, speed2, speed\ 3, speed\ 4]$,其中
- [0058] $speed[i] = (act_d[i] - last_d[i]) / t$
- [0059] 其中 t 为通讯周期(比如10ms), $i=1,2,3,4$;
- [0060] 计算下肢机器人(即患者)腿部速度:
- [0061] 左腿实时速度: $speed_left = (speed1+speed2) / 2$
- [0062] 右腿实时速度: $speed_right = (speed3+speed4) / 2$

[0063] 得到实时减重车速度修正值:

[0064] $\text{speed_car} = \max(\text{speed_left}, \text{speed_right}) + \text{last_speed_car};$

[0065] 其中last_speed_car指未经修正的当前时刻减重车速度值。

[0066] 在前述的整体控制系统的基础上,还可以作出如下改进:所述的减重车包括跟随模式开关;所述的控制器还包括跟随模式切换模块,跟随模式切换模块接收跟随模式开关的开闭信息并使得距离信息采集模块、步态信息采集模块、速度控制模块、电机驱动模块开始工作或停止工作。

[0067] 所述的减重车包括急停开关;所述的控制器还包括急停模块,急停模块接收急停开关的急停信息并使得距离信息采集模块、步态信息采集模块、速度控制模块停止工作,并通过电机驱动模块驱动电机使减重车制动停车。在行走过程中,如果发生任何情况需要制动停车,按下急停按钮启动急停模块,减重车立即停车,以保证安全。

[0068] 所述的距离传感器设置于减重车上,至少两个距离传感器对准下肢机器人左腿的小腿上部,至少两个距离传感器对准下肢机器人右腿的小腿上部,距离传感器安装的离地高度为30-40cm。

[0069] 控制器采用CAN总线通讯的方式接收下肢机器人步态信息,控制器每隔5-15ms获取一次距离信息和步态信息。

[0070] CAN数据帧格式(数值为16进制):

[0071] B1~B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9

[0072] B1~B2:帧ID

[0073] B3:0x01--开始起步 0x02--当前步结束

[0074] B4:0x01--左脚踏步 0x02--右脚踏步 0x11--左脚起步 0x12--右脚起步

[0075] 0x21--左脚收步 0x22--右脚收步

[0076] B5:步长低位

[0077] B6:步长高位

[0078] B7:步高

[0079] B8:迈步的时间(单位100ms)例如--B8位是1E,也就是30,代表迈步时间是30*100=3000ms,也就是3秒。

[0080] B9:0x01—训练停止 0x02—训练开始

[0081] 控制器在每个通讯周期接收步态信息帧和距离信息,然后根据信息内容控制减重车的运动状态。

[0082] 例如:下肢机器人发出数据帧[618 01 01 4A 01 14 1E 02],步态信息采集模块接收这一帧数据,得到开始起步,左脚踏步,步长330cm,周期3s,那么可使减重车以0.11m/s的初始速度前进;在这个过程中,减重车依旧会实时接收机器人发送的数据帧(10ms接收一次)以及距离传感器检测的距离信息,根据数据帧看是否改变运动状态(例如在接下来的一定时间内每隔10ms接收到同样的数据帧,表示该步还未完成,该过程中通过距离传感器测量的距离信息变比修正减重车速度;一般情况下,不管多少步,步态周期和步长都与此前相同,那么仅在起步时采用步态信息计算得到的速度值作为减重车初始速度,在减重车行驶过程中,始终以实时减重车速度修正值作为减重车行驶速度。特殊情况下,再例如某个时刻接收到新的数据帧步长360cm,周期3s,那么速度控制模块计算得到的速度为

0.12m/s,先通过电机驱动模块、电机将减重车速度调整为0.12m/s,然后在该步过程中,通过距离传感器测量的距离信息变化实时修正减重车速度);当下肢机器人发出数据帧[618 02 01 4A 01 14 1E 02],也就是当前步结束,减重车就停下来。

[0083] 当控制器接收到迈步信息,则减重车同步向前运动设定步长的半步距离;当控制器接收到跨步信息,则减重车同步向前运动设定步长的距离;当控制器接收到收步信息,则减重车停车制动。

[0084] 在前述的整体控制系统的基础上,还可以作出如下改进:当距离传感器检测到下肢机器人和患者构成的整体向前运动但减重车无动作,控制器接收下肢机器人实际运动状态并驱动减重车同步运动;控制器根据距离传感器实时检测到的减重车与下肢机器人腿部之间的距离的变化速率,同步实时调整减重车驱动系统的电机速度,以保证减重车和下肢机器人的跟随同步性;当距离传感器检测到下肢机器人与减重车的距离小于安全距离,控制器控制减重车驱动系统的电机制动,停止跟随。

[0085] 具体实施例为:

[0086] 1.控制系统选用树莓派作为控制器,选用一种TFmini激光测距传感器作为距离传感器,采用CAN总线通讯的方式实时接收步态信息;

[0087] 2.设置树莓派通信周期为10ms,即每隔10ms获取一次步态信息和距离传感器的测量值;

[0088] 3.当患者穿戴好防护衣并穿戴下肢机器人、完成准备动作启动跟随模式后,减重车与下肢机器人开始协同运动;患者的运动模式优选为被动模式,即患者完全跟随下肢机器人;下肢机器人的运动轨迹为预设的,其步长、步态周期、步高等都是确定的。

[0089] 4.下肢机器人通过CAN总线发送步态信息给树莓派,控制减重车进行同步运动;

[0090] 5.在4中,若控制器接收到迈步信息,则减重车同步向前运动设定步长的半步距离;

[0091] 6.在4中,若控制器接收到跨步信息,则减重车同步向前运动设定步长的距离;

[0092] 7.在4中,若控制器接收到收步信息,则减重车停止停车制动;

[0093] 8.在4的过程中,距离传感器实时检测与下肢机器人左腿、右腿的小腿之间的距离,并反馈给树莓派,树莓派将位置信息转化为实时速度,并以此调整减重车的运动状态;

[0094] 9.在8中,若距离传感器检测到下肢机器人和患者向前运动但减重车无动作,控制器接收实际下肢机器人和患者运动状态并开始同步运动;

[0095] 10.在8中,控制器根据距离传感器实时检测到的距离信息,同步实时调整电机速度,以保证减重车和下肢机器人的跟随同步性,减小跟随误差;

[0096] 11.在8中,若距离传感器检测到下肢机器人与减重车的距离小于安全距离,控制器控制驱动电机制动,停止跟随。

[0097] 本发明中,树莓派通过CAN总线通讯的方式接收下肢机器人发送到减重车的步态信息,然后开始跟随下肢机器人协同动作进行落地行走训练,同时,距离传感器辅助检测患者腿部实时状态,以实时调整减重车的跟踪精度,减小跟踪误差,并且能够防止CAN总线通讯异常所导致的漏步、通讯中断等故障发生,保障患者在整个训练过程中的连续性和安全性。

[0098] 如图2-3,下肢机器人与减重车固定连接,具体地,将下肢康复机器人(以下简称下

肢机器人31)固定在康复减重步行训练车(下简称减重车)的腰撑组件10(腰撑用于连接下肢机器人与减重车,具有连接和支撑作用)端部的机器人安装板上,下肢机器人与机器人安装板之间用四个插销固定,患者穿戴下肢机器人,配合减重装置辅助患者落地之后,患者开始进行被动训练或者助力训练。此时要求减重车与患者的运动保持高度同步,否则会产生拖拽等训练不安适性,机械卡死、电机堵转等问题,中断训练或者损坏设备。因此,减重车与下肢机器人的协同运动是需要解决的最重要问题。

[0099] 具体地,下肢机器人左、右髋关节上方的侧板上设有销孔44,插销32穿过销孔44和机器人安装板22上的销孔以实现下肢机器人、机器人安装板的相互固定,即下肢机器人和腰撑组件的连接处位于下肢机器人左、右髋关节上方。

[0100] 腰撑组件固定于腰撑固定板9上;通过插销将腰撑固定板固定于扶手组件的扶手安装板38a上,而扶手安装板固定于车体滑块43上,车体两侧的车体滑块43可沿着竖向的车体两侧滑轨40滑动,此外,腰撑固定板可与主动辅助重心转移机构连接,在主动辅助重心转移机构驱动下实现腰撑固定板、扶手安装板、腰撑组件、下肢机器人一起上下移动(其目的是配合下肢机器人行走过程中的重心变化)。即便没有主动辅助重心转移机构,下肢机器人行走时的重心起伏也可以使腰撑组件等一起上下移动。

[0101] 减重车是通过减重支持帮助下肢运动功能障碍的患者进行步行训练的系统,该产品具有动态减重功能(即减重车上部设有减重悬吊装置,其为现有技术),具有主动判断患者运动状态的功能(通过控制器、距离传感器等实现),并基于此驱动车体直线跟随患者和下肢机器人所构成的整体,达到更方便更好的步行训练的效果。其自带的控制系统包含智能跟随以及多种安全保护功能,可智能识别下肢机器人或患者的运动状态,进行实时同步跟随协同运动,从而解放治疗师劳动力,同时保证训练过程中的安全可靠。

[0102] 主动辅助重心转移机构为使腰撑组件上下移动以主动调整外骨骼机器人重心的升降动力机构。

[0103] 腰撑组件包括被动减重机构(其为中国专利申请号201910705945.6、一种用于康复训练的外骨骼机器人的减重装置),所述的被动减重机构包括:预紧力产生机构;与预紧力产生机构连接,且通过支点传递预紧力的支撑连接杆;与支撑连接杆连接的机器人安装板。

[0104] 当主动辅助重心转移机构使腰撑组件向上或向下移动时,预紧力产生机构缩短或伸长。

[0105] 优选的,所述的腰撑组件包括安装宽度调节机构、腰撑固定板、与腰撑固定板直接或间接地滑动连接的两个机器人安装板,安装宽度调节机构通过使两个机器人安装板向相反的方向横向滑动以放宽或收紧两个机器人安装板之间的距离。

[0106] 优选的,升降动力机构可为伺服电缸或伺服电机-丝杆螺母机构。

[0107] 在一个实施例中,所述的预紧力产生机构包括由上向下依次连接的固定连接座、导向杆、导向管和运动连接座;缓冲弹簧套接在导向杆和导向管的外周,同时限位在运动连接座和固定连接座之间,且所述的运动连接座的下部与支撑连接杆的受力端连接。

[0108] 在另一个实施例中,所述的预紧力产生机构包括由上向下依次连接的固定连接座、导向杆、导向管、调节螺母和运动连接座;缓冲弹簧套接在导向杆和导向管的外周,同时限位在调节螺母和固定连接座之间,且所述的运动连接座的下部与支撑连接杆的受力端连

接。

[0109] 腰撑盖(如图2中10所指位置的部件)作为被动减重机构中除了机器人安装板以外的其它所有结构的遮挡外壳,不影响被动减重机构的横向平移,也不影响腰撑组件的上下移动。

[0110] 主动辅助重心转移机构包括伺服电机1、第一丝杆7(其为滚珠丝杆)、第一螺帽4、腰撑连接座6等,第一螺帽4位于第一丝杠上且与第一丝杆螺纹连接,在第一丝杆旋转时第一螺帽上下移动;第一螺帽通过腰撑连接座连接腰撑固定板9,第一螺帽、腰撑连接座、腰撑固定板同步运动。由于腰撑固定板连接丝杆组件,且腰撑固定板通过滑座连接被动减重机构的固定安装板,因此,当丝杆螺帽组件带动腰撑固定板上下移动时整个腰撑组件跟随腰撑固定板一起上下移动。腰撑连接座位于两个被动减重机构之间,且腰撑连接座与任意一个被动减重机构之间的距离相同(图6-7)。

[0111] 伺服电机1通过联轴器2连接丝杆固定座3,丝杆固定座3用于固定第一丝杆7的一端,第一丝杆7的另一端固定于第一丝杆滑座8中,第一丝杆滑座可在车体下部横杆33的滑动槽中滑动,滑动是指滚珠丝杆旋转过程中丝杆端部的滑动(其为现有技术)。

[0112] 如图4所示,腰撑组件10包含被动减重机构、丝杆组件,被动减重机构如图5所示,被动减重机构为2个;丝杆组件包括滑座26、滑轨27、第二丝杆28、第二螺帽29、手轮30、丝杆连接座34、丝杆连接板35。

[0113] 其中滑轨为两个,横向平行设置于腰撑固定板的上下两端,腰撑固定板沿车体左右延伸且基本水平设置,使用时腰撑固定板的高度对准待康复人体腰部。第二丝杆为左右旋螺纹丝杠,有两个第二螺帽,第二丝杠的旋转使得两个第二螺帽直线运动且运动方向相反,使两个被动减重机构呈左右对称同时向内或向外滑动(两者运动方向相反),向外指向靠近丝杆端部的方向移动,向内则反之。

[0114] 腰撑固定板的两端与丝杆连接板35连接,丝杆连接板基本垂直于腰撑固定板,第二丝杆穿过两个丝杆连接板35且第二丝杆的至少一端位于丝杆连接板之外且该端部连接手轮。被动减重机构的固定安装板的侧面连接滑座,滑座可在腰撑固定板的滑轨上滑动;固定安装板18的正面连接丝杆连接座34,丝杆连接座34与第二螺母固定连接,当第二螺母直线运动时带动丝杆连接座、固定安装板、滑座一起横向滑动,而由于固定安装板是被动减重机构的一部分,因此被动减重机构也整体滑动,使得两个机器人安装板之间的距离可调整,适用于不同体型的待康复人体。

[0115] 腰撑组件主要由腰撑固定板,两根滑轨、四个滑座、两套被动减重机构(被动减重机构内部包含缓冲弹簧)、两个第二螺帽、第二丝杆以及手轮等构成。其中两套被动减重机构呈左右对称固定于四个滑座上,同时其内部通过第二螺帽与第二丝杆螺纹连接,当转动手轮带动第二丝杆旋转时,因第二丝杆为左右螺丝丝杆,被动减重机构会呈左右对称同时向内或向外滑动以适应不同体态的患者。腰撑组件的机器人安装板与外骨骼机器人31通过左右两侧各两个插销32进行连接以实现快速拆装,具体见图2。

[0116] 被动减重机构如图5所示,固定连接座11的下部连接一导向杆12,为了保证后续缓冲弹簧的压缩变形情况以及受力强度,在导向杆12的下部连接更大直径的导向管14,而在导向管14的下部则连接有调节螺母15,调节螺母15的下部连接运动连接座16,而在调节螺母15和固定连接座11之间的导向杆12和导向管14的外周还套接有缓冲弹簧13,以上结构形

成预紧力产生机构。固定连接座11固定不动,运动连接座跟随腰撑固定板9、固定安装板18一起移动。导向杆插入导向管中,运动连接座16的上下运动过程中,由于固定连接座始终不动,与固定连接座固定连接的导向杆也固定不动,导向杆伸入导向管内的那部分导向杆长度发生变化。

[0117] 运动连接座16的下部与支撑连接杆24的其中一端连接,支撑连接杆24的这一端成为受力端,支撑连接杆24的中部与支撑座23连接,支撑座23形成支撑连接杆24的力的支点,支撑连接杆24的另一端则与其中一个固定支座19连接,该固定支座19设置在平衡板21的下端,平衡板21与机器人安装板22平行设置且固定连接,平衡板21的上端同时连接另一固定支座19,两个固定支座19、平衡板21和机器人安装板22共同通过螺栓连接为一个整体。

[0118] 平衡板21上端的固定支座同时连接平衡杆20,平衡杆20的另一端连接第三个固定支座19,第三个固定支座19同时与固定安装板18的上端连接,固定安装板18平行平衡板21设置,且安装板18的下端与支撑座23连接,此时,三个固定支座19和一支撑座23形成四个连接点,而支撑连接杆24、平衡板21、平衡杆20和固定安装板18则为四条边,以上结构共同形成四点支撑机构。

[0119] 固定安装板18上端在第三个固定支座19的背面还连接单耳连接座17,单耳连接座17同时与固定连接座11连接(例如铰接等活动连接方式,即单耳连接座跟随整个腰撑组件运动,实际上,整个腰撑组件中除了固定连接座、导向杆以外,其余结构均在升降动力机构作用下上下移动),同时,固定安装板18还与训练车的腰撑固定板9滑动连接,在康复训练中,外骨骼机器人和训练车通常配合使用,在本实施例中,机器人安装板22为一L型板,其与外骨骼机器人固定连接。

[0120] 工作原理:缓冲弹簧始终处于压缩状态(具有预紧力,可通过调节调节螺母位置或在组装被动减重机构时使调节螺母处于导向管的特定位置(比如下部)而实现),缓冲弹簧13压缩产生预紧力作用在与调节螺母15相连接的运动连接座16上;运动连接座16将力传给支撑连接杆24;支撑连接杆24以支撑座23为力支点将力传给固定支座19;固定支座19与平衡板21、机器人安装板22通过螺栓连接为一个整体;最终缓冲弹簧13的预紧力通过机器人安装板22作用在外骨骼机器人上(缓冲弹簧给机器人安装板提供向上的作用力),以抵消外骨骼机器人自身重力。

[0121] 而平衡杆20、支撑连接杆24、固定支座19、支撑座23组成的四点支撑杆机构,保证了机器人安装板22始终处在水平位置并做上下运动;缓冲弹簧13在外骨骼机器人行走过程中抵消主动辅助重心转移机构上下移动对外骨骼机器人和患者的冲击力,并在外骨骼机器人行走过程中,给予外骨骼机器人一定的起重助力。

[0122] 实际上,缓冲弹簧始终处于压缩状态,区别仅在于压缩的程度不同。

[0123] 训练车开始工作时(例如患者穿戴上外骨骼机器人后行走,行走模式为被动模式即完全由外骨骼机器人带动患者行走;或者主动模式即由患者自己带动外骨骼机器人一起行走),伺服电机-丝杆螺母结构带动腰撑连接座6、腰撑固定板9、腰撑组件10一起上下移动(腰撑组件在最下端与最上端之间来回移动)。

[0124] 当伺服电机-丝杆螺母结构使腰撑组件10向上移动时,腰撑固定板9、固定安装板18、运动连接座16向上移动,而固定连接座11固定不动,缓冲弹簧13被进一步压缩,向运动连接座16施加向下的回弹力,通过杠杆结构给予另一侧的机器人安装板向上的缓冲作用

力,即弹簧在腰撑组件10上行过程中提供向上的缓和助力,可以减少主动辅助重心转移机构带来的冲击力,使得整个腰撑组件的上行过程更为柔顺。

[0125] 当伺服电机-丝杆螺母结构使腰撑组件10向下移动时,腰撑固定板9、固定安装板18、运动连接座16向下移动,而固定连接座11固定不动,缓冲弹簧逐渐回弹伸长,此时缓冲弹簧仍处于压缩状态,给予另一侧的机器人安装板向上的缓冲作用力,可以抵消主动辅助重心转移机构带来的冲击力,使得整个腰撑组件的下行过程更为平缓柔顺。

[0126] 值得一提的是,在一个实施例中,被动减重机构不设置用于调节预紧力大小的调节螺母,缓冲弹簧直接限位于运动连接座和固定连接座之间,通过选用一定性能(K值)的缓冲弹簧以实现本发明目的。其它部件、工作原理均与包含调节螺母的技术方案相同。

[0127] 减重车的底盘驱动装置包括左右对称设置的两组驱动组件,所述的驱动组件包括作为支点的铰链轴3'、用于安装铰链轴的连接板10'、分别固定于连接板上的铰链轴两侧的动力驱动机构以及前轮组件;动力驱动机构的重量大于前轮组件的重量,使动力驱动机构的驱动轮5' 始终与地面接触(图8-9)。

[0128] 两组驱动组件左右对称设置。以上结构中,铰链轴作为支点,动力驱动机构、前轮组件通过铰链轴构成类似跷跷板结构,前轮组件构成跷跷板的一端,动力驱动机构构成跷跷板的另一端。因动力驱动机构一端重量大于前轮组件一端,当动力驱动机构遇到凸起或者凹坑时,在重力作用下驱动轮将始终保持与地面接触状态,从而避免悬空或打滑。

[0129] 在以上的底盘驱动装置基础上,还可以作如下改进。所述的驱动轮设置于训练车中前部,两组驱动组件的两个驱动轮的中心连线(沿左右方向延伸)与训练车站立位置(待康复人体站立于该位置,待康复人体即患者)的中心连线(沿左右方向延伸,以患者双腿平齐站立于训练车站立位置时患者两腿中心的连线为患者中心连线)重合,使训练车在转弯或掉头时两组驱动组件的两个驱动轮做差速运动从而使训练车以训练车站立位置为中心做旋转运动。

[0130] 在以上的底盘驱动装置基础上,还可以作如下改进。动力驱动机构包括动力机构、用于将动力机构的动力传递给驱动轮的传动机构、始终与地面接触的所述的驱动轮,驱动轮固定于连接板的后侧。

[0131] 优选的,所述的动力机构包括伺服电机6'、与伺服电机连接的减速机14'、与伺服电机连接的驱动器7' (即电机驱动器),传动机构包括第二同步带轮11'、同步带12' (即同步齿轮带)、第一同步带轮13',伺服电机、减速机、第二同步带轮、同步带、第一同步带轮、驱动轮依序连接。每组驱动组件设有一个驱动轮以及两个连接板,驱动轮安装于两连接板之间,图8中,另一侧的连接板被遮挡而没有在图中示出。第二同步带轮与减速机同轴设置,第一同步带轮与驱动轮同轴设置,第一同步带轮与第二同步带轮通过同步带连接。伺服电机、减速机分别通过电机安装板、减速机安装板安装在连接板上,且伺服电机、减速机安装于驱动轮的后方。

[0132] 在以上的底盘驱动装置基础上,还可以作如下改进。前轮组件包括前轮2'、用于安装前轮的前轮安装板1',前轮安装板固定于连接板前部。驱动组件还包括固定于主梁后侧的后轮9'。

[0133] 在以上的底盘驱动装置基础上,还可以作如下改进。所述的连接板中部偏前位置与铰接座通过铰接轴铰接,铰接座4' 固定于主梁8' 下端,连接板中部偏前位置位于连接板

前部与连接板后侧之间。

[0134] 本文中列举了减重车腰撑组件、底盘驱动装置、主动辅助重心转移机构等的具体结构,实际上本发明的重点在于协同运动控制系统,协同运动控制系统的实现仅需下肢机器人与减重车连接即可(任何连接的方式均可,不局限于本文中的连接方式、具体结构)。

[0135] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

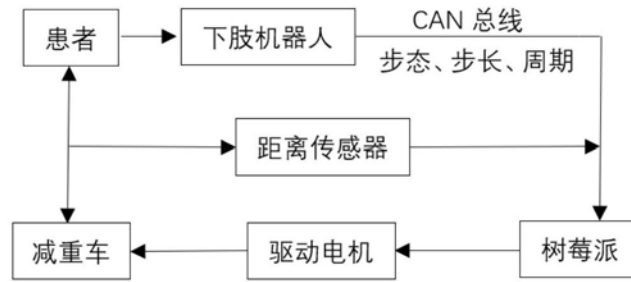


图1

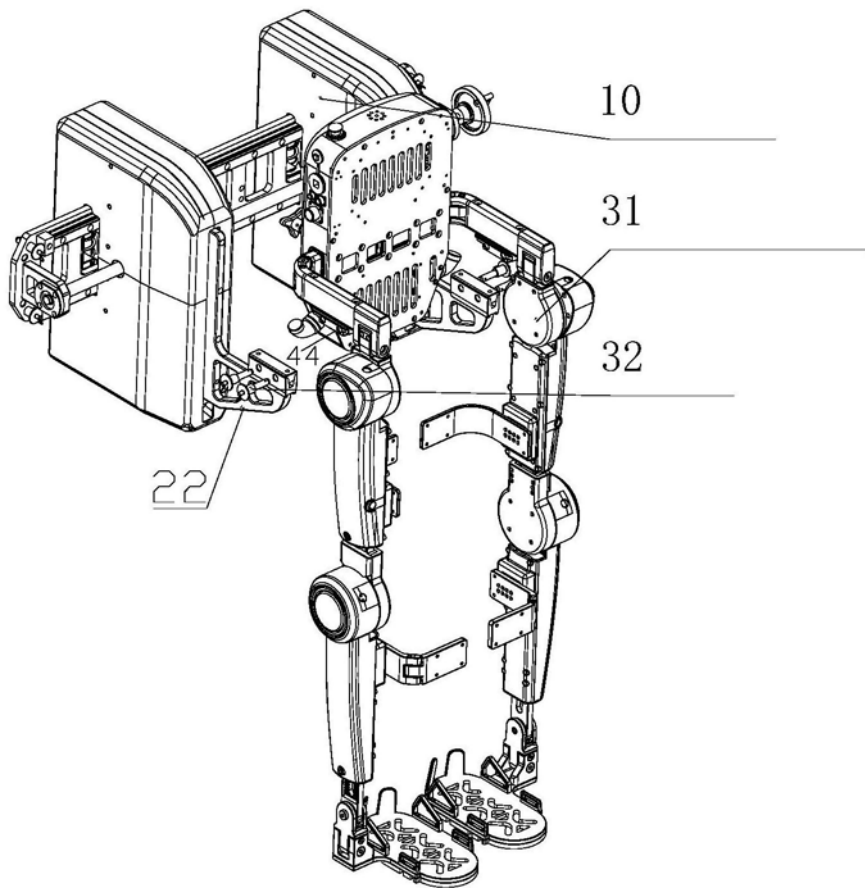


图2

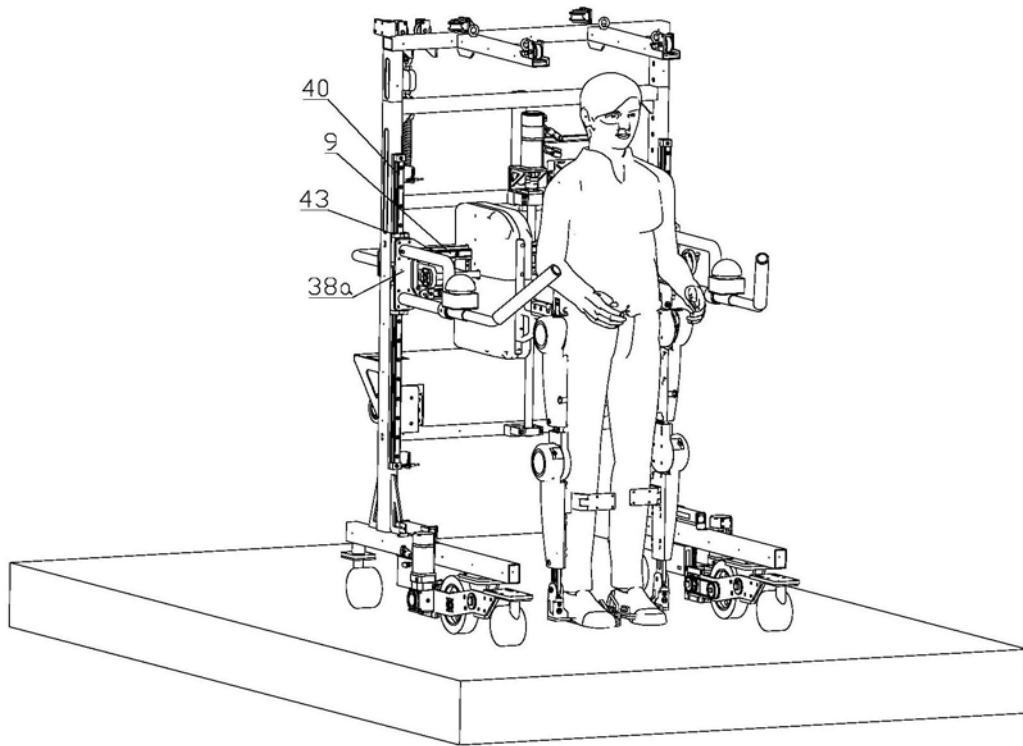


图3

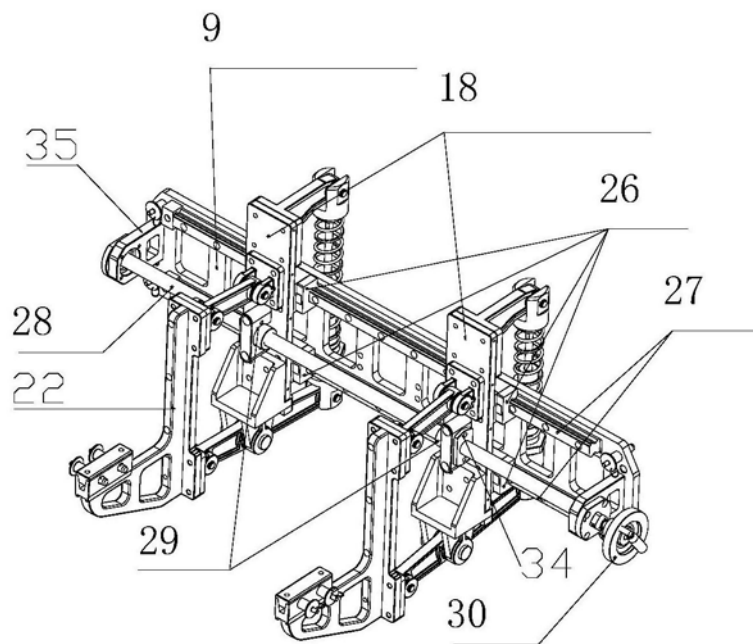


图4

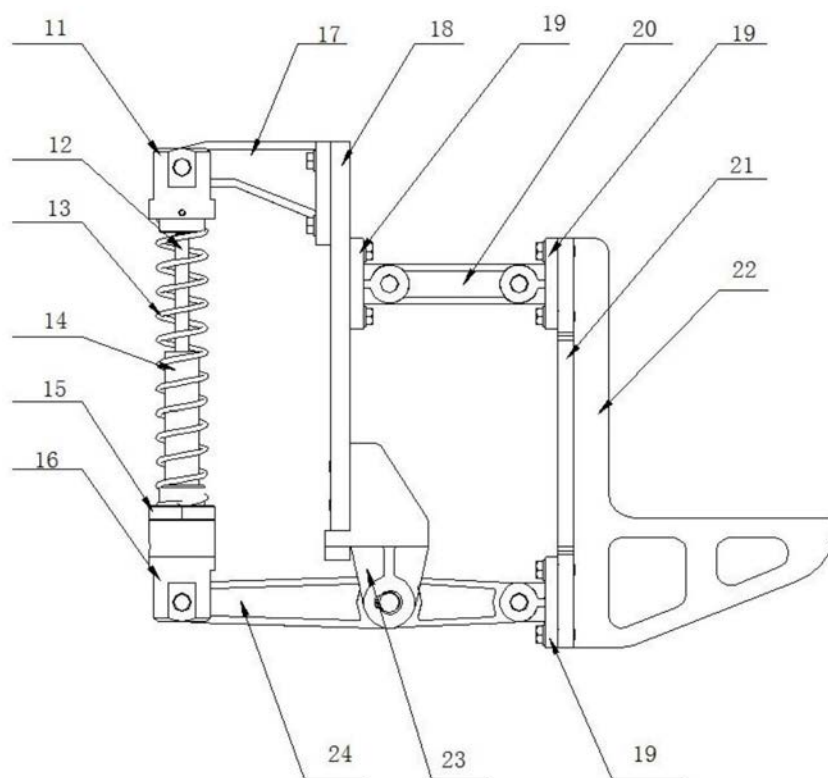


图5

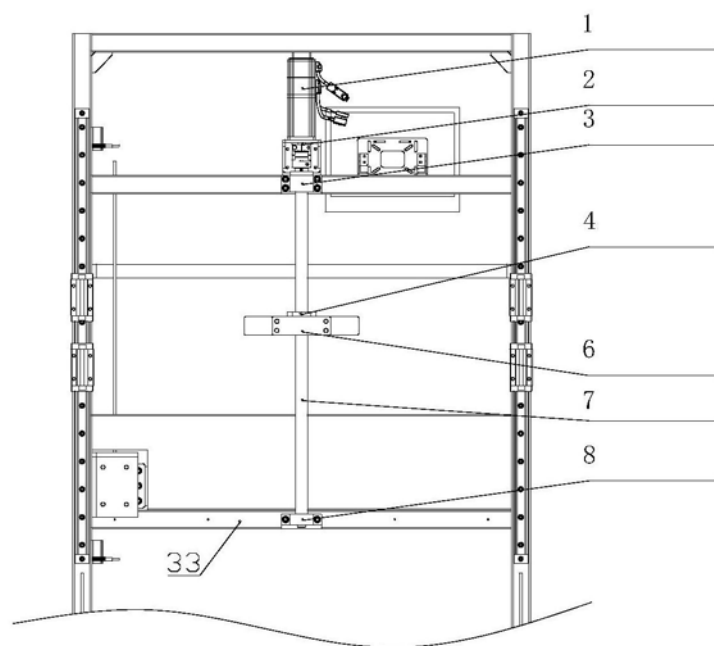


图6

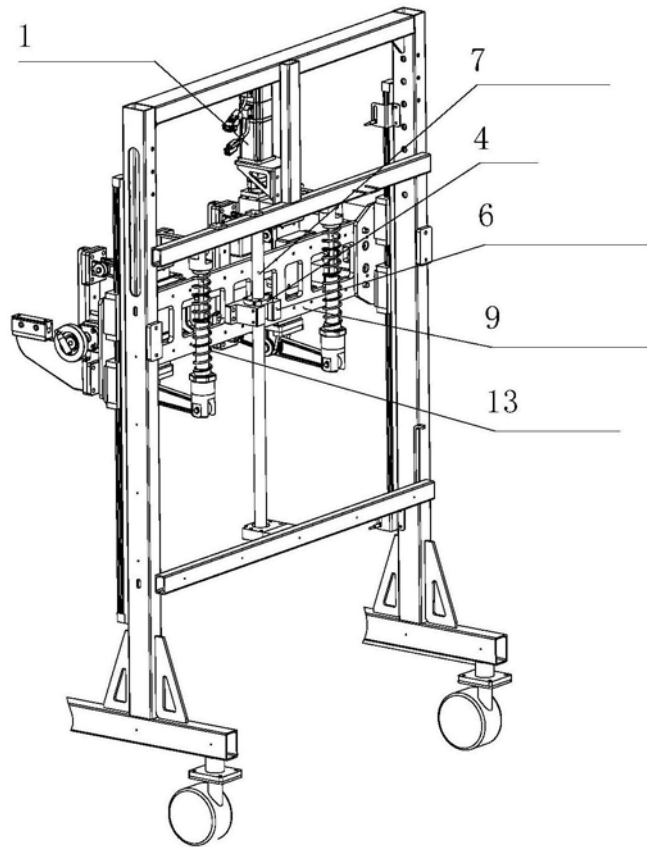


图7

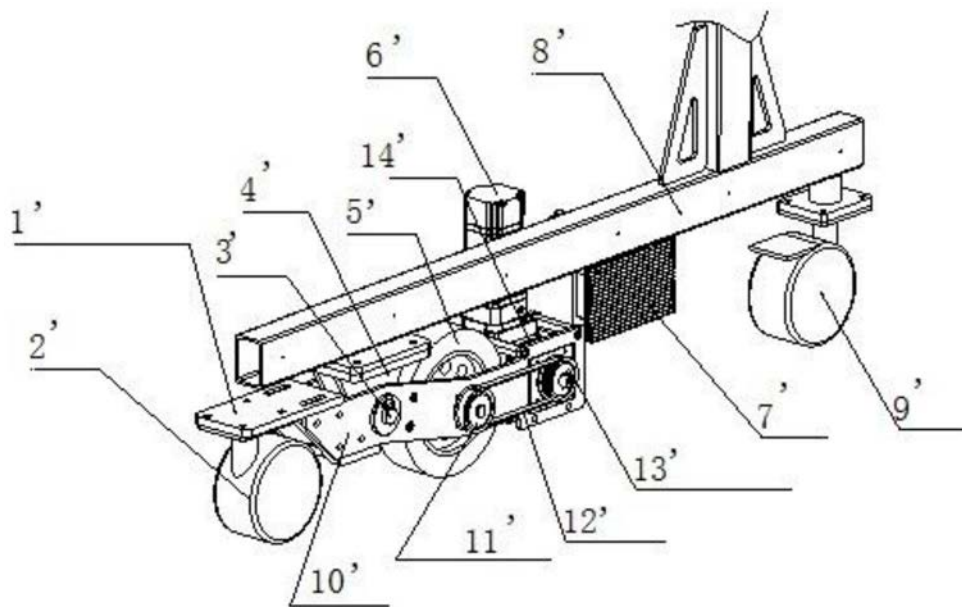


图8

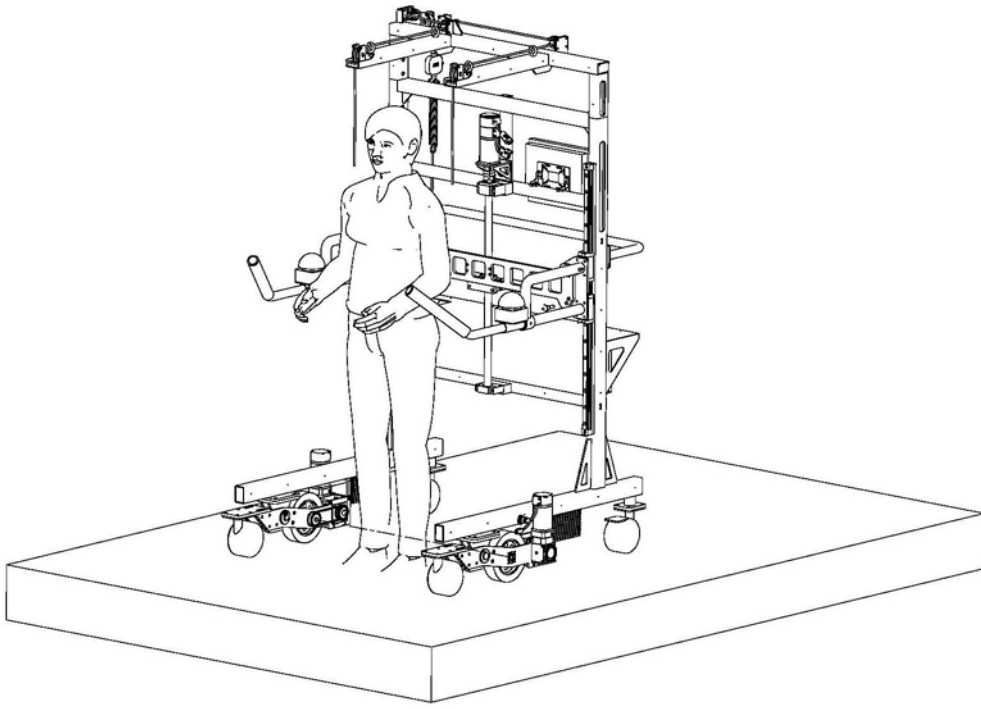


图9