



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108309687 A

(43)申请公布日 2018.07.24

(21)申请号 201810058941.9

(22)申请日 2018.01.22

(71)申请人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区正街174号

(72)发明人 王贵学 刘政 杨学恒

(74)专利代理机构 北京元本知识产权代理事务所 11308

代理人 熊传亚

(51)Int.Cl.

A61H 1/02(2006.01)

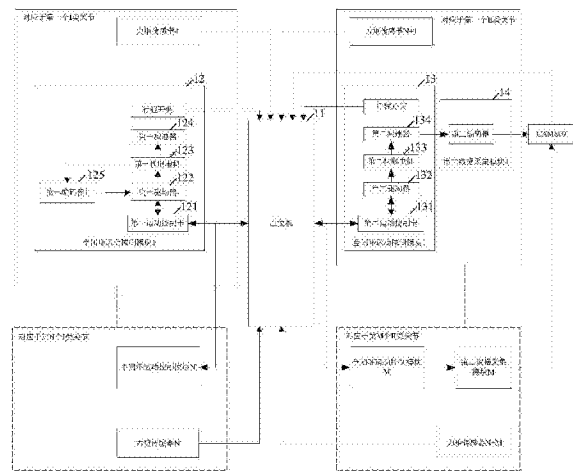
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

一种康复机器人的闭环控制系统

(57)摘要

本发明公开了一种康复机器人的闭环控制系统,其包括一上位机,以及与康复机器人的多个I类关节对应的多个半闭环控制模块,多个II类关节对应的多个全闭环控制模块,该半/全闭环控制模块均通过总线与该上位机相连,且每个全闭环控制模块还各自连接有一个第二数据采集模块,用于实时采集相应II类关节的弯曲角度数据,然后反馈给上位机进行分析处理,以判定该II类关节是否达到目标位置,若到达,则控制对应的关节停止运动,从而实现全闭环控制,进而能够精确地保证各个II类关节到达目标位置,提高了康复机器人的精确度,也保证了康复机器人对康复训练的完成度,同时,能够避免过度运动或者异常运动给患者带来的损伤。



CN 108309687 A

1. 一种康复机器人的闭环控制系统,其特征在于,包括一上位机,与康复机器人的多个I类关节一一对应的多个半闭环运动控制模块,与康复机器人的多个II类关节分别一一对应的多个全闭环运动控制模块,多个所述半闭环运动控制模块和多个所述全闭环运动控制模块通过总线与所述上位机相连,且每个所述全闭环运动控制模块均连接有一第二数据采集模块,每个所述第二数据采集模块还与所述上位机电连接,其中,

所述第二数据采集模块用于采集所述II类关节的弯曲角度,并反馈至所述上位机;

所述上位机用于下发康复训练动作指令至所述半闭环运动控制模块和/或所述全闭环运动控制模块,并接收所述第二数据采集模块反馈来的弯曲角度,并判断所述弯曲角度是否达到预设的弯曲角度阈值范围,若是,则判定所述康复机器人相应关节达到目标位置,并下发停止运动的指令至所述半闭环运动控制模块和/或所述全闭环运动控制模块;

所述半闭环运动控制模块用于接收所述上位机下发的相应的康复训练动作指令/停止运动的控制指令,并根据所述康复训练动作指令/停止运动控制指令控制所述康复机器人的I类关节进行康复训练/停止运动;

所述全闭环运动控制模块用于接收所述上位机下发的康复训练动作指令/停止运动的控制指令,并根据所述康复训练动作指令/停止运动控制指令控制所述康复机器人的II类关节进行康复训练/停止运动。

2. 如权利要求1所述的康复机器人的闭环控制系统,其特征在于,还包括一CAM800,所述第二数据采集模块采用第二编码器,所述第二编码器通过所述CAM800与所述上位机相连。

3. 如权利要求2所述的康复机器人的闭环控制系统,其特征在于,所述全闭环运动控制模块包括第二运动控制卡、第二驱动器、第二伺服电机和第二减速器,所述第二运动控制卡通过总线与所述上位机连接,所述第二运动控制卡还与所述第二驱动器连接,所述第二驱动器与所述第二伺服电机连接,所述第二伺服电机与所述第二减速器电连接,所述第二减速器的输出轴与所述第二编码器相连,

所述第二运动控制卡接收所述上位机下发的康复训练动作指令/停止运动控制指令,并根据所述康复训练动作指令控制所述第二驱动器驱动所述第二伺服电机转动,所述第二伺服电机通过所述第二减速器带动所述II类关节完成相应的康复训练动作;或所述第二运动控制卡根据所述停止运动控制指令控制所述第二伺服电机停止转动。

4. 如权利要求3所述的康复机器人的闭环控制系统,其特征在于,所述全闭环运动控制模块还包括第一编码器,所述第二伺服电机的输入轴与所述第一编码器相连,所述第一编码器的输出与所述第二驱动器相连。

5. 如权利要求1所述的康复机器人的闭环控制系统,其特征在于,所述半闭环运动控制模块包括第一运动控制卡、第一驱动器、第一伺服电机、第一减速器和第一编码器,所述第一运动控制卡通过总线与所述上位机电连接,所述第一运动控制卡还与所述第一驱动器电连接,所述第一驱动器与所述第一伺服电机电连接,所述第一伺服电机与所述第一减速器电连接,所述第一伺服电机的输入轴与所述第一编码器相连,所述第一编码器的输出与所述第一驱动器相连,

所述第一运动控制卡接收所述上位机下发的康复训练动作指令/停止运动控制指令,并根据所述康复训练动作指令控制所述第一驱动器驱动所述第一伺服电机转动,所述第一

伺服电机通过所述第一减速器带动所述I类关节完成相应的康复训练动作;或所述第一运动控制卡根据所述停止运动控制指令控制所述第一伺服电机停止转动。

6.如权利要求2所述的康复机器人的闭环控制系统,其特征在于,所述I类关节有十个,所述II类关节有六个,相应地,所述半闭环运动控制模块有十个,所述全闭环运动控制模块有六个,所述第二编码器有六个,且每个I类关节对应于一个半闭环运动控制模块,每个II类关节对应于一个全闭环运动控制模块,且每个全闭环运动控制模块对应于一个第二编码器。

7.如权利要求2所述的康复机器人的闭环控制系统,其特征在于,还包括

与所述上位机相连的力矩传感器,用于采集所述康复机器人的关节的力矩数据,并发送至所述上位机。

8.如权利要求2所述的康复机器人的闭环控制系统,其特征在于,所述半闭环运动控制模块和/或所述全闭环运动控制模块还包括:

与所述上位机相连的行程开关,用于当所述康复机器人的关节出现异常行程,则向所述上位机反馈信号;则

所述上位机下发停止运动的控制指令至所述半闭环运动控制模块/全闭环运动控制模块;所述半闭环运动控制模块/全闭环运动控制模块接收到所述停止运动的控制指令后立即控制所述I类关节/II类关节停止运动。

## 一种康复机器人的闭环控制系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及医疗康复设备技术领域,尤其涉及一种康复机器人的闭环控制系统。

### 背景技术

[0002] 康复医学工程是20世纪中期兴起的一门新兴学科,随着人口老龄化的加剧以及人类平均寿命的增长,需要康复的人将越来越多。另外,对于某些瘫痪或者肢体残疾的患者而言,遵循科学的训练方法,有助于减缓肢体恶化,甚至恢复某些肢体的功能。康复机器人的出现将可以把理疗师从繁重的理疗任务中解放出来,让宝贵的医疗资源更好地为患者服务。

[0003] 国外很早就开始进入康复机器人的研制以及生产,国内外机器人种类繁多,但很多都存在成本高、体积过大难于推广,并且其控制系统的精确度不够,其不能够精确地控制各个关节运动的精度,例如当机器人的上肢各个关节需要运动 $60^{\circ}$ 时,现有的机器人的各个关节只能运动至 $55-58^{\circ}$ 或者 $62-65^{\circ}$ ,而不能精确达到 $60^{\circ}$ ,若达不到 $60^{\circ}$ ,那么康复训练实质上并没有充分完成,若超过了 $60^{\circ}$ ,那么可能会对患者的肢体产生损失,甚至加重患者的病情。

[0004] 因此,当前亟需一种能够精确控制康复机器人的各个主要关节运动精确度的控制系统。

### 发明内容

[0005] 针对上述存在的技术问题,本发明提供一种康复机器人的闭环控制系统,其能够提供康复机器人的运动精度。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:一种康复机器人的闭环控制系统,其包括一上位机,与康复机器人的多个I类关节一一对应的多个半闭环运动控制模块,与康复机器人的多个II类关节分别一一对应的多个全闭环运动控制模块,多个所述半闭环运动控制模块和多个所述全闭环运动控制模块通过总线与所述上位机相连,且每个所述全闭环运动控制模块连接有一第二数据采集模块,每个所述第二数据采集模块还与所述上位机电连接,其中,

[0007] 所述第二数据采集模块用于采集所述II类关节的弯曲角度,并反馈至所述上位机;

[0008] 所述上位机用于下发康复训练动作指令至所述半闭环运动控制模块和/或所述全闭环运动控制模块,并接收所述第二数据采集模块反馈来的弯曲角度,并判断所述弯曲角度是否达到预设的弯曲角度阈值范围,若是,则判定所述康复机器人相应关节达到目标位置,并下发停止运动的指令至所述半闭环运动控制模块和/或所述全闭环运动控制模块;

[0009] 所述半闭环运动控制模块用于接收所述上位机下发的相应的康复训练动作指令/停止运动的控制指令,并根据所述康复训练动作指令/停止运动控制指令控制所述康复机器人的I类关节进行康复训练/停止运动;

[0010] 所述全闭环运动控制模块用于接收所述上位机下发的康复训练动作指令/停止运动的控制指令,并根据所述康复训练动作指令/停止运动控制指令控制所述康复机器人的II类关节进行康复训练/停止运动。

[0011] 其中,所述闭环控制系统还包括一CAM800,所述第二数据采集模块采用第二编码器,所述第二编码器通过所述CAM800与所述上位机相连。

[0012] 其中,所述全闭环运动控制模块包括第二运动控制卡、第二驱动器、第二伺服电机和第二减速器,所述第二运动控制卡通过总线与所述上位机电连接,所述第二运动控制卡还与所述第二驱动器连接,所述第二驱动器与所述第二伺服电机电连接,所述第二伺服电机与所述第二减速器电连接,所述第二减速器的输出轴与所述第二编码器相连,

[0013] 所述第二运动控制卡接收所述上位机下发的康复训练动作指令/停止运动控制指令,并根据所述康复训练动作指令控制所述第二驱动器驱动所述第二伺服电机转动,所述第二伺服电机通过所述第二减速器带动所述II类关节完成相应的康复训练动作;或所述第二运动控制卡根据所述停止运动控制指令控制所述第二伺服电机停止转动。

[0014] 进一步地,所述全闭环运动控制模块还包括第一编码器,所述第二伺服电机的输入轴与所述第一编码器相连,所述第一编码器的输出与所述第二驱动器相连。

[0015] 其中,所述半闭环运动控制模块包括第一运动控制卡、第一驱动器、第一伺服电机、第一减速器和第一编码器,所述第一运动控制卡通过总线与所述上位机连接,所述第一运动控制卡还与所述第一驱动器连接,所述第一驱动器与所述第一伺服电机连接,所述第一伺服电机与所述第一减速器连接,所述第一伺服电机的输入轴与所述第一编码器相连,所述第一编码器的输出与所述第一驱动器相连,

[0016] 所述第一运动控制卡接收所述上位机下发的康复训练动作指令/停止运动控制指令,并根据所述康复训练动作指令控制所述第一驱动器驱动所述第一伺服电机转动,所述第一伺服电机通过所述第一减速器带动所述I类关节完成相应的康复训练动作;或所述第一运动控制卡根据所述停止运动控制指令控制所述第一伺服电机停止转动。

[0017] 进一步地,所述I类关节有十个,所述II类关节有六个,相应地,所述半闭环运动控制模块有十个,所述全闭环运动控制模块有六个,所述第二编码器有六个,且每个I类关节对应于一个半闭环运动控制模块,每个II类关节对应于一个全闭环运动控制模块,且每个全闭环运动控制模块对应于一个第二编码器。

[0018] 本发明的有益之处在于:

[0019] 本发明的康复机器人的闭环控制系统,通过分别针对康复机器人I类关节和II类关节设置不同的运动控制模块,即I类对应半闭环控制模块,II类对应全闭环控制模块,并针对II类关节设置一个第二数据采集模块,即第二编码器,来实时采集II类关节的弯曲角度数据,然后反馈给上位机进行分析处理,以判定该II类关节是否达到目标位置,若到达则控制对应的II类关节和/或I类关节停止运动,从而实现全闭环控制,进而能够精确地保证各个II类关节到达目标位置,即弯曲角度达到预设弯曲阈值范围,提高了康复机器人的精确度,也保证了康复机器人对康复训练的完成度,同时,能够避免过度运动或者异常运动给患者带来的损伤。

## 附图说明

- [0020] 图1为本发明的一种康复机器人的闭环控制系统的第二实施例的功能模块图；
- [0021] 图2为本发明的一种康复机器人的闭环控制系统的第三实施例的功能模块图；
- [0022] 图3为本发明的一种康复机器人的闭环控制系统的第四实施例的功能模块图；
- [0023] 图4为本发明的一种康复机器人的闭环控制系统的第五实施例的功能模块图。

### 具体实施方式

[0024] 下面结合附图,对本发明作详细的说明。

[0025] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0026] 名词释义:

[0027] 康复训练模式:由于每个患者的病情不同,这就使得每个患者的颈部或者腰部或者上肢或下肢等部位所能够弯曲或者旋转的角度不同,因此,预先根据每个患者的具体情况,例如哪些部位对应的关节能够弯曲或者旋转,以及每个关节能够弯曲或者旋转的最大角度范围等,从而设计相应的康复训练动作,并且设定每种康复训练动作中各个关节弯曲阈值范围等训练参数,从而为不同程度的患者提供不同的康复训练模式。

[0028] 目标位置:由于预先根据每个的颈部或者腰部或者上肢或下肢所能够弯曲或者旋转的角度不同,预先设置相应的训练动作和训练参数,如弯曲阈值范围,因此,在康复训练过程中,若康复机器人的对应于患者的颈部、腰部、上肢或下肢的相应的关节的弯曲角度达到预设的弯曲阈值范围,即确定该关节达到目标位置。

[0029] 康复机器人的十六关节:按照医学定义,人体包括颈部、腰部、上肢和下肢等多个部位,颈部和腰部可以旋转或者前倾/后仰,上肢和下肢可旋转,因此,为了能够协助这些部位的康复训练,相应地,康复机器人也对应于颈部、腰部、上肢和/或下肢等多个部位设置相应的机构,例如用于辅助颈部实现两个自由度运动,即颈部旋转和前倾/后仰的两个机构,对应于人体颈椎将这两个机构简称为颈部关节;用于辅助腰部实现两个自由度运动,即腰部旋转和前倾/后仰的两个机构,对应于人体腰椎将这两个机构简称为两个腰部关节;用于辅助两个上肢实现四个自由度运动,即两个上臂和两个前臂的旋转的四个机构,对应于人体上肢将这四个机构分为两个上臂关节和两个前臂关节;用于辅助两个上肢的手腕运动的两个机构,对应于人体手腕将这两个机构称为腕关节;用于辅助下肢实现四个自由度运动,即两个大腿和两个小腿的旋转的四个机构,对应于人体下肢将该四个机构分为两个大腿关节和两个小腿关节;用于辅助两个下肢的脚踝运动的两个机构,对应于人体下肢的脚踝将该两个机构称为踝关节,因此,该康复机器人包括了十六个关节。然而,在进行康复训练过程中,判断各个部位是否达到目标位置时只需要判断其中的一个或者两个关节是否达到目标位置即可,而无需判断所有的关节是否达到目标位置,例如在判断康复机器人对应于颈部/腰部是否达到目标位置时,可直接判断辅助旋转的颈部关节/辅助旋转的腰部关节的弯曲角度是否达到预设阈值范围即可;同理,在判断康复机器人的上肢是否达到目标位置时,可直接判断上臂的弯曲角度是否达到预设阈值范围即可;在判断康复机器人的下肢是否达到目标位置时,可直接判断大腿的弯曲角度是否达到预设阈值范围即可;因此,这里将康复机器人的各部位中可直接用于评判相应部位是否达到目标位置的关节(例如辅助旋转的颈

部关节、辅助旋转的腰部关节、两个上臂关节,以及两个大腿关节)定义为II类关节;而自然地,其它关节(例如辅助前倾/后仰的颈部关节、辅助前倾/后仰的腰部关节、两个前臂关节、两个腕关节,以及两个小腿关节和两个踝关节)则定义为I类关节。

[0030] 本发明的核心思想:是通过在康复机器人的控制系统中设置第二编码器来实时采集II类关节的弯曲角度并反馈至上位机,该上位机再根据该弯曲角度判断相应的关节是否达到目标位置,若是,则上位机向运动控制模块发送停止运动的指令,以控制康复机器人停止运动,从而形成全闭环控制系统,更加精确地判定关节是否达到目标位置。

[0031] 实施例一

[0032] 下面结合具体实施例和说明书附图对本发明进行详细的说明。

[0033] 参见图1,为本发明的康复机器人的闭环控制系统的一实施例的功能模块图。为了帮助患者康复训练,针对患者各个需要康复训练的部位,对照人体关节设置对应的关节,并按照上述分类分为I类关节和II类关节,即每个康复机器人包括多个I类关节和多个II类关节,然后通过该闭环控制系统来控制每个关节的运动。具体地,本实施例中该闭环控制系统包括一上位机11,以及与多个I类关节一一对应的N个(令康复机器人有N个I类关节,N大于0,且为整数)个半闭环运动控制模块12,与多个II类关节一一对应的M个全闭环运动控制模块13,该多个半闭环运动控制模块12和多个全闭环运动控制模块13通过总线与该上位机11相连,且每个全闭环运动控制模块13还连接有一第二数据采集模块14,而所有第二数据采集模块14的输出端均与该上位机11相连,其中,

[0034] 第二数据采集模块14用于采集II类关节的弯曲角度,并反馈至上位机11;在一具体实施例中,该第二数据采集模块14采用第二编码器来实现,且当M小于或等于8时,所有第二编码器的输出端均通过一个CAM800连接至上位机11,即通过该CAM800将实时采集得到的数据(即II类关节的弯曲角度)反馈至上位机11进行处理,当然,若M大于8,则根据CAM800的引脚数量与第二编码器的数量适当增加CAM800的数量;

[0035] 上位机11用于向用户提供多种康复运动训练模式,且当用户选定一种康复运动训练模式后,下发相应的康复训练动作指令至相应的半闭环运动控制模块12和/或全闭环运动控制模块13,以及接收第二数据采集模块14反馈来的II类关节弯曲角度,并判断该II类关节弯曲角度是否达到预设的弯曲角度阈值范围,若是,则判定该II类关节达到目标位置,并下发停止运动控制指令至该半闭环运动控制模块12和/或全闭环运动控制模块13;

[0036] 该半闭环运动控制模块12用于接收上述上位机11下发的康复训练动作指令/停止运动控制指令,并根据该康复训练动作指令/停止运动控制指令控制该康复机器人的I类关节进行康复训练/停止运动;

[0037] 该全闭环运动控制模块13用于接收上述上位机11下发的康复训练动作指令/停止运动控制指令,并根据该康复训练动作指令/停止运动控制指令控制该康复机器人的II类关节进行康复训练/停止运动。

[0038] 本实施例中,预先根据不同患者的不同病情程度,设计不同的康复训练模式(每个康复训练模式中各个康复训练动作的训练参数可修改)。

[0039] 参见图1,本实施例中,该全闭环运动控制模块13具体包括:

[0040] 第二运动控制卡131、第二驱动器132、第二伺服电机133和第二减速器134,该第二运动控制卡131通过总线与上位机11相连,该第二运动控制卡131还与第二驱动器132相连,

该第二驱动器132与第二伺服电机133电连接,该第二伺服电机133的输出轴与第二减速器134相连,该第二减速器134的输出轴与上述的第二数据采集模块14,即第二编码器相连,则该第二运动控制卡131接收上位机11下发的康复训练动作指令/停止运动控制指令,并根据该康复训练动作指令控制该第二驱动器132驱动第二伺服电机133转动,该第二伺服电机133通过第二减速器134带动康复机器人的II类关节完成相应的康复训练动作;或该第二运动控制卡131根据上位机11下发的停止运动控制指令关闭该第二驱动器132,从而使得第二伺服电机133停止转动,相应地,该康复机器人的II类关节也停止运动。

[0041] 参见图1,本实施例中,该半闭环运动控制模块12具体包括:

[0042] 第一运动控制卡121、第一驱动器122、第一伺服电机123、第一减速器124和第一编码器125,该第一运动控制卡121通过总线与上位机11相连,该第一运动控制卡121还与第一驱动器122相连,该第一驱动器122与第一伺服电机123电连接,该第一伺服电机123的输入轴与第一减速器124相连,该第一伺服电机123的输出轴还与该第一编码器125相连,该第一编码器的输出端与该第一驱动器122相连,则该第一运动控制卡121接收上位机11下发的康复训练动作指令/停止运动控制指令,并根据该康复训练动作指令控制该第一驱动器122驱动第一伺服电机123转动,第一伺服电机123通过第一减速器124带动I类关节完成相应的康复训练动作;或该第一运动控制卡121根据该停止运动控制指令控制关闭第一驱动器,从而使得第一伺服电机123停止转动,相应地,该康复机器人的I类关节也停止运动。

[0043] 本实施例中,该第一、二伺服电机的输出和输入同轴,第一、二减速器的输出和输入不同轴。

[0044] 进一步地,参见图1,本实施例中的该闭环控制系统还包括与该康复机器人的多个关节(包括I类关节和II类关节)一一对应的多个力矩传感器,该多个力矩传感器均与该上位机11相连,该力矩传感器用于采集该I类关节或II类关节的力矩数据,并发送至该上位机11进行处理。

[0045] 更进一步地,参见图1,本实施例中的该闭环控制系统还包括设置在多个全闭环运动控制模块和多个半闭环运动控制模块中的多个行程开关,即每个全闭环运动控制模块中设置一个行程开关,以及每个半闭环运动控制模块中设置一个行程开关,每个行程开关与该上位机11相连,用于当该康复机器人的I类关节或II类关节出现异常行程时,向上位机11反馈相应的信号,则上位机11下发停止运动指令至出现异常行程的关节对应的全闭环运动控制模块/半闭环运动控制模块,而全闭环运动控制模块/半闭环运动控制模块收到停止运动指令后立即停控制相应的关节停止运动。当然,只在全闭环运动控制模块中或者只在半闭环运动控制模块中设置行程开关也是可以理解的。

[0046] 本实施例的闭环控制系统的工作原理:

[0047] 预先根据患者的病情严重程度,针对不同程度的患者,指定不同的康复训练模式,并定好每种康复训练模式下的训练动作参数,如弯曲阈值范围(可调),并存储在上位机11中。

[0048] 用户(如医务工作者或者患者)在该上位机11上选定相应的康复训练模式,然后该上位机11通过PCI总线将康复训练动作指令发送给各个闭环运动控制模块和/或全闭环运动控制模块(若只需要对一个部位、腰部、上肢和下肢中的一个部位进行康复训练,如颈部,则只需要选定相应康复模式,然后向对应于颈部的半闭环运动控制模块和/或全闭环运动



控制模块发送指令即可,若需要对其中两个或者两个以上的部位进行康复训练,则选定相应康复训练模式后,向相应部位对应的各个半闭环运动控制模块和/或全闭环运动控制模块发送指令即可)中的第一运动控制卡和/或第二运动控制卡,第一运动控制卡和/或第二运动控制卡启动第一驱动器和/或第二驱动器,第一驱动器驱动第一伺服电机进行旋转,并通过第一减速器与康复机器人各个I类关节的转动机构相连,和/或,第二驱动器驱动第二伺服电机进行旋转,并通过第二减速器与康复机器人各个II类关节的转动机构相连,从而控制各个关节按照康复训练动作指令进行运动。

[0049] 运动过程中,第一编码器实时监测第一伺服电机的旋转角度并反馈给第一驱动器,第一驱动器根据该第一编码器的反馈以调节第一伺服电机的转速和转动角度等,从而实现半闭环控制提高运动控制精度;同时,该上位机还可根据该第一编码器的反馈的旋转角度判断对应的I类关节的弯曲角度是否达到目标位置,若是,则上位机生成停止运动指令下发给已到达目标位置的I类关节对应的半闭环运动控制模块,该半闭环运动控制模块的第一运动控制卡控制相应的I类关节停止运动,若没有达到目标位置,则I类关节继续运动,第一编码继续采集数据并反馈至上位机,如此重复,直至上位机根据该第一编码器采集的数据判断出该I类关节达到目标位置时生成停止运动指令下发给相应的半闭环运动控制模块以控制相应的I类关节停止运动。

[0050] 运动过程中,第二编码器实时监测第二减速器的旋转角度,并反馈给上位机进行处理,得到对应II类关节的弯曲角度,然后上位机将该弯曲角度与预设的阈值范围进行比较,判断该II类关节是否达到目标位置,若是,则上位机生成停止运动指令下发给已到达目标位置的II类关节对应的全闭环运动控制模块,该全闭环运动控制模块的第二运动控制卡控制相应的II类关节停止运动,若没有达到目标位置,则II类关节继续运动,第二编码继续采集数据并反馈至上位机,如此重复,直至上位机根据该第二编码器采集的数据判断出该关节达到目标位置时,生成停止运动指令下发给相应的全闭环运动控制模块以控制相应的关节停止运动。(本实施例中,上位机判断关节是否达到目标位置时,具体地是该上位机将该第二编码器反馈的弯曲角度与预设的弯曲角度阈值相减,若差值大于零,则说明该II类关节未达到目标位置,则II类关节继续运动,上位机再次根据第二编码器反馈的弯曲角度与前述差值进行相减,若差值仍不为零,则II类关节继续运动,如此重复,直至最后差值为零时,则判定该II类关节达到目标位置。)

[0051] 当然,当判断出II类关节达到目标位置时,除了控制对应的II类关节停止运动时,还可同时控制该II类关节对应部位所对应的I类关节也同时停止运动,即当判断II类关节达到目标位置时,上位机将停止运动指令下发至已达到目标位置的II类关节对应的全闭环运动控制模块的同时,还将该停止运动指令下发至该II类关节对应部位对应的I类关节,例如当上位机判断出上臂关节达到目标位置时,则上位机将停止运动指令下发至该上臂关节对应的全闭环运动控制模块,同时,还可发送至该上臂关节对应部位,即上肢,对应的前臂关节的半闭环运动控制模块,则上肢的上臂和前臂均停止运动。

[0052] 运动过程中,各个关节对应的力矩传感器采集相应关节的力矩数据,并发送至该上位机11进行处理,若该关节的力矩超过预设的力矩阈值范围(该力矩阈值范围在设定康复训练模式过程中,已经预先设定好了),则该上位机11下发停止运动控制指令至相应关节对应的半闭环运动控制模块和/或全闭环运动控制模块,以控制该关节停止运动。

[0053] 实施例二

[0054] 参见图2,为本发明的康复机器人的闭环控制系统的一实施例的功能模块图。本发明的该闭环控制系统所对应的康复机器人包括十六个关节,其中,十个关节为I类关节,分别为:辅助颈部前倾/后仰的颈部关节,辅助腰部前倾/后仰的腰部关节,两个上肢的上臂关节和腕关节,以及两个下肢的大腿关节和踝关节;六个关节为II类关节,分别为:辅助颈部旋转的颈部关节,辅助腰部旋转的腰部关节,两个上肢的前臂关节,以及两个下肢的小腿关节。

[0055] 参见图2,本实施例中的该闭环控制系统包括一上位机11(相同的模块,采用与实施例一中相同的附图标记,下同),十个半闭环运动控制模块12,分别对应于辅助颈部前倾/后仰的颈部关节,辅助腰部前倾/后仰的腰部关节,两个上肢的前臂关节和腕关节,以及两个下肢的小腿关节和踝关节,六个全闭环运动控制模块13,分别对应于辅助颈部旋转的颈部关节,辅助腰部前倾/后仰的腰部关节,两个上肢的上臂关节,以及两个下肢的大腿关节,和一个CAM800,其中,该六个半闭环运动控制模块12和六个全闭环运动控制模块13均通过PCI总线与上位机11相连,每个全闭环运动控制模块13的输出均连接有一个第二编码器相连,每个第二编码器的输出端通过该CAM800与该上位机11相连。

[0056] 其中,每个全闭环运动控制模块13具体包括:

[0057] 第二运动控制卡131、第二驱动器132、第二伺服电机133和第二减速器134,该第二运动控制卡131通过总线与上位机11相连,该第二运动控制卡131还与第二驱动器132相连,该第二驱动器132与第二伺服电机133电连接,该第二伺服电机133的输出轴与第二减速器134相连,该第二减速器134的输出轴与上述第二编码器相连。

[0058] 其中,每个半闭环运动控制模块12具体包括:

[0059] 第一运动控制卡121、第一驱动器122、第一伺服电机123、第一减速器124和第一编码器125,该第一运动控制卡121通过总线与上位机11相连,该第一运动控制卡121还与第一驱动器122相连,该第一驱动器122与第一伺服电机123电连接,该第一伺服电机123的输出轴与第一减速器124相连,该第一伺服电机123的输入轴还与该第一编码器125相连,该第一编码器的输出端与该第一驱动器122相连。

[0060] 本实施例中,该上位机11向用户提供多种康复运动训练模式,且当用户选定一种康复训练运动模式后,如全部位康复训练运动模式,该上位机11下发相应的康复训练动作指令至十个半闭环运动控制模块12的第一运动控制卡121和六个全闭环运动控制模块13的第二运动控制卡131(当然不同模式下,该康复训练运动指令将发送至不同的运动控制模块,如可以是发送给一个或者一个以上的半闭环运动控制模块12或者全闭环运动控制模块13,或者不发送至半闭环运动控制模块12,而只发送至给至少一个全闭环运动控制模块13,或者不发送至全闭环运动控制模块13,而只发送给至少一个给半闭环运动控制模块12);

[0061] 分别对应于辅助颈部前倾/后仰的颈部关节,辅助腰部前倾/后仰的腰部关节,两个上肢的前臂关节和腕关节,以及两个下肢小腿关节和踝关节的六个半闭环运动控制模块12的第一运动控制卡121接收上位机11下发的康复训练动作指令,并根据该康复训练动作指令控制各自对应的第一驱动器132驱动对应的第一伺服电机133转动,第一伺服电机133通过第一减速器134带动I类关节完成相应的康复训练动作;

[0062] 分别对应于辅助颈部旋转的颈部关节,辅助腰部旋转的腰部关节,两个上肢的上

臂关节,以及下肢的小腿关节的六个全闭环运动控制模块13的第二运动控制卡131接收上位机11下发的康复训练动作指令,并根据该康复训练动作指令控制第二驱动器132驱动第二伺服电机133转动,第二伺服电机133通过第二减速器134带动II类关节完成相应的康复训练动作;

[0063] 康复训练运动过程中,该半闭环运动控制模块12中的第一编码器实时采集该半闭环运动控制模块12中的第一伺服电机的旋转角度,并反馈至该半闭环运动控制模块12中的第一驱动器,该半闭环运动控制模块12中的第一驱动器根据该第一编码器反馈的数据调整该半闭环运动控制模块12中的第一伺服电机旋转的速度和角度;同时,该第一驱动器还可将该第一编码器反馈的数据发送至上位机,上位机根据该第一编码器反馈的数据判断对应的I类关节,即辅助颈部前倾/后仰的颈部关节,辅助腰部前倾/后仰的腰部关节,两个上肢的前臂关节和腕关节,以及两个下肢小腿关节和踝关节各自对应的第一编码器反馈的数据判断各个关节是否达到预设的弯曲角度阈值范围,若达到,则下发停止运动指令至相应的半闭环运动控制模块以控制对应的I类关节停止运动;

[0064] 康复训练运动过程中,该全闭环运动控制模块13中的第二编码器实时采集该全闭环运动控制模块13中的第二减速器的旋转角度,并反馈至上位机11;

[0065] 上位机11根据各个第二编码器反馈来的各自对应第二减速器的旋转角度进行分析处理,分别得到辅助颈部旋转的颈部关节,辅助腰部旋转的腰部关节,两个上肢的上臂关节,以及下肢的小腿关节各自的弯曲角度,并判断该六个关节各自的弯曲角度是否达到预设的弯曲角度阈值范围;

[0066] 若辅助颈部旋转的颈部关节的弯曲角度达到弯曲角度阈值范围,则上位机11判定该辅助颈部旋转的颈部关节到达目标位置,并生成停止运动控制指令,并下发至该辅助颈部旋转的颈部关节对应的全闭环运动控制模块13的第二运动控制卡131,该全闭环运动控制模块13的第二运动控制卡131接收上位机11下发的停止运动控制指令,并根据该停止运动控制指令关闭对应的第二驱动器132,从而使得第二伺服电机133停止转动,相应地,该康复机器人对应的辅助旋转的颈部关节停止运动;若该颈部关节的弯曲角度没有达到弯曲角度阈值范围,则对应的全闭环运动控制模块13控制该颈部关节继续运动;

[0067] 若辅助旋转的腰部关节的弯曲角度达到弯曲角度阈值范围,则上位机11判定辅助旋转的腰部到达目标位置,并生成停止运动控制指令,并下发至该辅助旋转的腰部对应的全闭环运动控制模块13的第二运动控制卡131,该全闭环运动控制模块13的第二运动控制卡131接收上位机11下发的停止运动控制指令,并根据该停止运动控制指令关闭对应的第二驱动器132,从而使得第二伺服电机133停止转动,相应地,该康复机器人对应腰部关节停止运动;若辅助旋转的腰部的弯曲角度没有达到弯曲角度阈值范围,则对应的全闭环运动控制模块13控制腰部关节继续运动;

[0068] 若两个上臂关节的弯曲角度都达到弯曲角度阈值范围,则上位机判定两个上臂关节到达目标位置,并生成停止运动控制指令,并下发至两个上臂关节各自对应的全闭环运动控制模块13的第二运动控制卡131,该全闭环运动控制模块13的第二运动控制卡131接收上位机11下发的停止运动控制指令,并根据该停止运动控制指令关闭对应的第二驱动器132,从而使得第二伺服电机133停止转动,相应地,该康复机器人对应两个上肢的上臂关节均停止运动;若上臂关节的弯曲角度没有达到弯曲角度阈值范围,则对应的全闭环运动控

制模块13控制肩上臂关节继续运动。

[0069] 同理,若大腿关节的弯曲角度都达到弯曲角度阈值范围,则上位机11判定大腿关节到达目标位置,并生成停止运动控制指令下发至两个大腿关节各自对应的全闭环运动控制模块13的第二运动控制卡131,该全闭环运动控制模块13的第二运动控制卡131接收上位机11下发的停止运动控制指令,并根据该停止运动控制指令关闭对应的第二驱动器132,从而使得第二伺服电机133停止转动;若大腿关节的弯曲角度没有达到弯曲角度阈值范围,则对应的全闭环运动控制模块13控制大腿关节继续运动;

[0070] 本实施例中,当判断出II类关节达到目标位置,而对应部位的I类关节未达到目标位置时,可只控制对应的II类关节停止运动即可,也可控制该部位的II类关节和I类关节均停止运动,例如当判断出大腿关节达到目标位置,而小腿关节还没有达到目标位置时,则只需要控制大腿关节停止运动即可,或者当判断出小腿关节达到目标位置而大腿关节尚未达到目标位置时,只需要控制小腿关节停止运动,而大腿关节继续运动即可,或者,当大腿关节达到目标,而小腿关节为达到目标位置,则同时控制大腿关节和小腿关节停止运动,具体的康复训练模式可根据患者的具体情况预先设定。

[0071] 本实施例中,通过该CAM800将实时采集得到的数据(即II类关节的弯曲角度)反馈至上位机11进行处理,得到辅助旋转的颈部关节和腰部关节、两个上肢上臂关节,以及两个下肢大腿关节六个II类关节各自的弯曲角度,并根据采集的该六个弯曲角度判断该六个关节是否各自达到目标位置,若达到目标位置,则下发控制指令控制相应的关节和/或其对应部位的I类关节停止运动,从而能够更加精确地保证各个关节准确达到目标位置,提高达到康复训练的完成度和精确度。

[0072] 进一步地,本实施例中,还设置了分别与上述十六个关节(包括十个I类关节和六个II类关节)一一对应的十六个力矩传感器,该十六个力矩传感器均与该上位机11相连,十六个该力矩传感器分别用于采集各个该I类关节或II类关节的力矩数据,并发送至该上位机11进行处理。

[0073] 更进一步地,本实施例中,还设置了分别与上述十六个关节一一对应的十六个行程开关,即十个行程开关对应于十个半闭环运动控制模块,且每个行程开关与相应半闭环运动控制模块中的伺服电机相连;六个行程开关对应于六个全闭环运动控制模块,每个行程开关与相应全闭环运动控制模块中的伺服电机相连,该十六个行程开关均与该上位机11相连,用于当该康复机器人的I类关节或II类关节出现异常行程时,向上位机发送信号,上位机则立即下发停止运动指令至相应的全闭环控制模块和/或半闭环控制模块以控制相应关节停止运动。

[0074] 本实施例中,预先根据患者的病情严重程度,针对不同程度的患者,指定不同的康复训练模式,并定好每种康复训练模式下的训练动作参数,如弯曲阈值范围(可调),并存储在上位机11中,用户(如医务工作者或者患者)在该上位机11上选定相应的康复训练模式,然后该上位机11通过PCI总线将康复训练动作指令发送给各个闭环运动控制模块和/或全闭环运动控制模块(若只需要对一个部位、腰部、上肢和下肢中的一个部位进行康复训练,如颈部,则只需要选定相应康复模式,然后向对应于颈部的半闭环运动控制模块和/或全闭环运动控制模块发送指令即可,若需要对其中两个或者两个以上的部位进行康复训练,则选定相应康复训练模式后,向相应部位对应的各个半闭环运动控制模块和/或全闭环运动

控制模块发送指令即可)中的运动控制卡,运动控制卡启动驱动器,驱动器驱动伺服电机进行旋转,并通过减速器与康复机器人各个关节(I类关节和/或II类关节)的转动机构相连,从而控制各个关节按照康复训练动作指令进行运动。

#### [0075] 实施例三

[0076] 本发明还提供了一种康复机器人的闭环控制系统,参见图3,本实施例中的闭环控制系统包括上述实施例一或实施例二中的各个模块,相同的模块采用相同的附图标记,且其工作原理相同,这里不再赘述,不同的是,本实施例中,该闭环控制系统中的每个全闭环控制模块13还连接有一第一编码器,且该第一编码器与半闭环运动控制模块12中的第一编码器的连接方式相同,即该第一编码器设置在全闭环运动控制模块13的第二伺服电机133输入轴上,该第一编码器的输出端则直接与该全闭环运动控制模块13的第二驱动器132相连。而当上位机同时接收到一个II类关节的全闭环运动控制模块中的第二编码器和第一编码器反馈的数据时,该上位机在判断该II类关节是否达到目标位置时,是以该第二编码器的数据进行判断的。

#### [0077] 实施例四

[0078] 本发明还提供了一种康复机器人的闭环控制系统,其包括上述实施例一或二中的各个模块,相同的模块采用相同的附图标记,且其工作原理相同,这里不再赘述,不同的是,参见图4,本实施例中,该第二编码器的输出除了与上位机相连外,还与对应全闭环运动控制模块中的第二驱动器相连,即该第二编码器除了将采集的结果反馈给上位机进行分析处理,得到相应II类关节的弯曲角度外,还反馈至对应的第二驱动器,以调节对应的第二伺服电机的转速和转动角度。

[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。

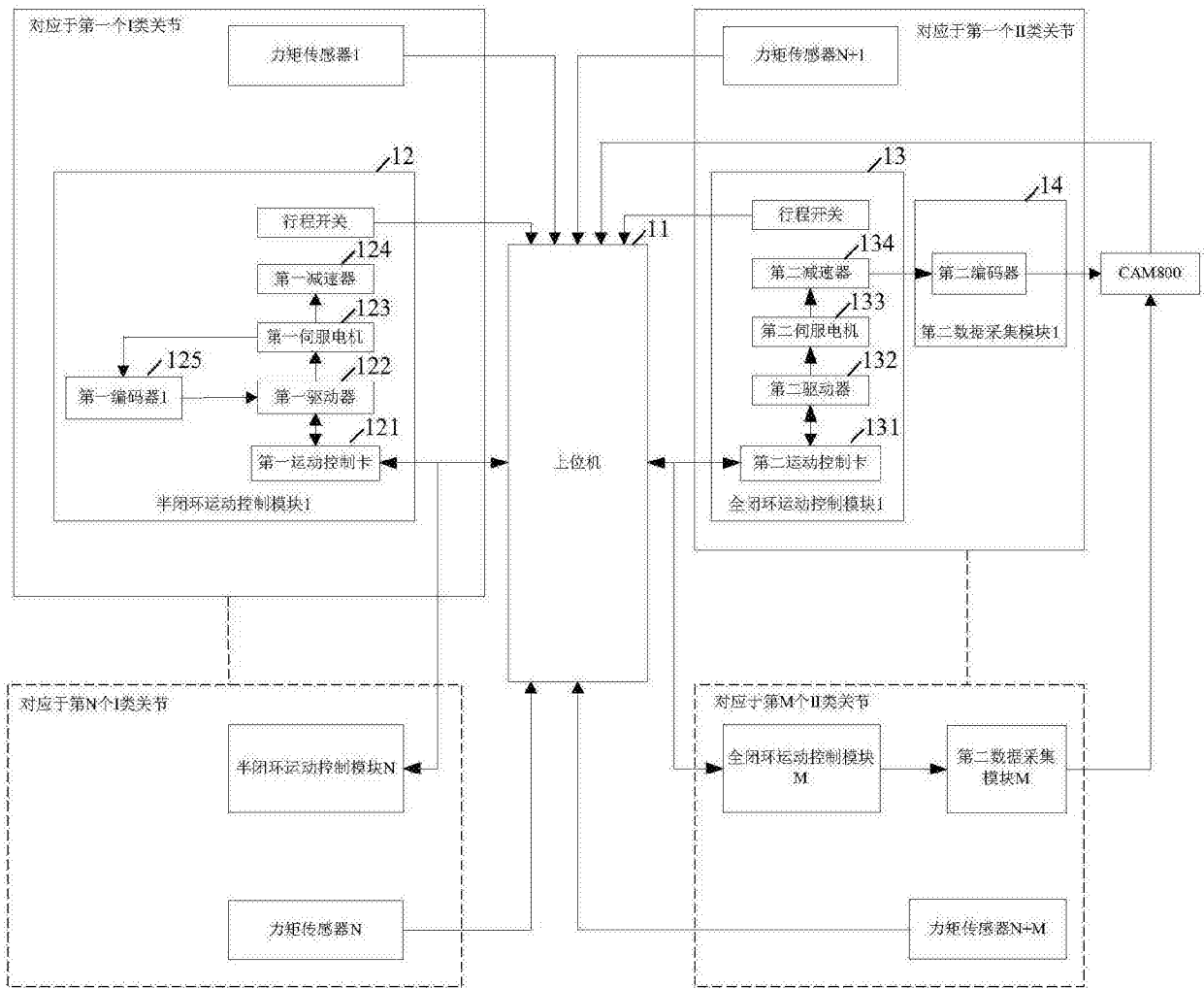


图1

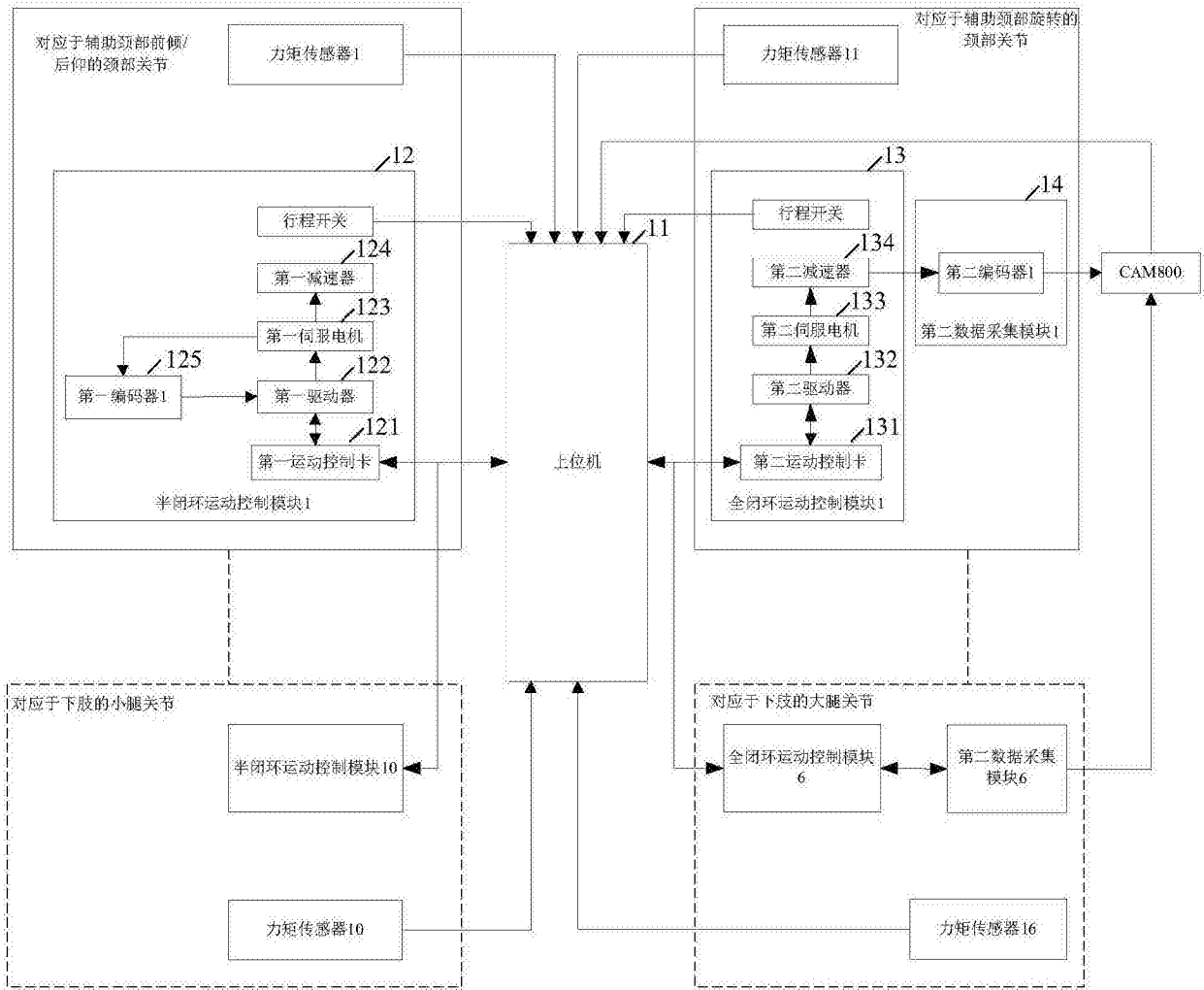


图2

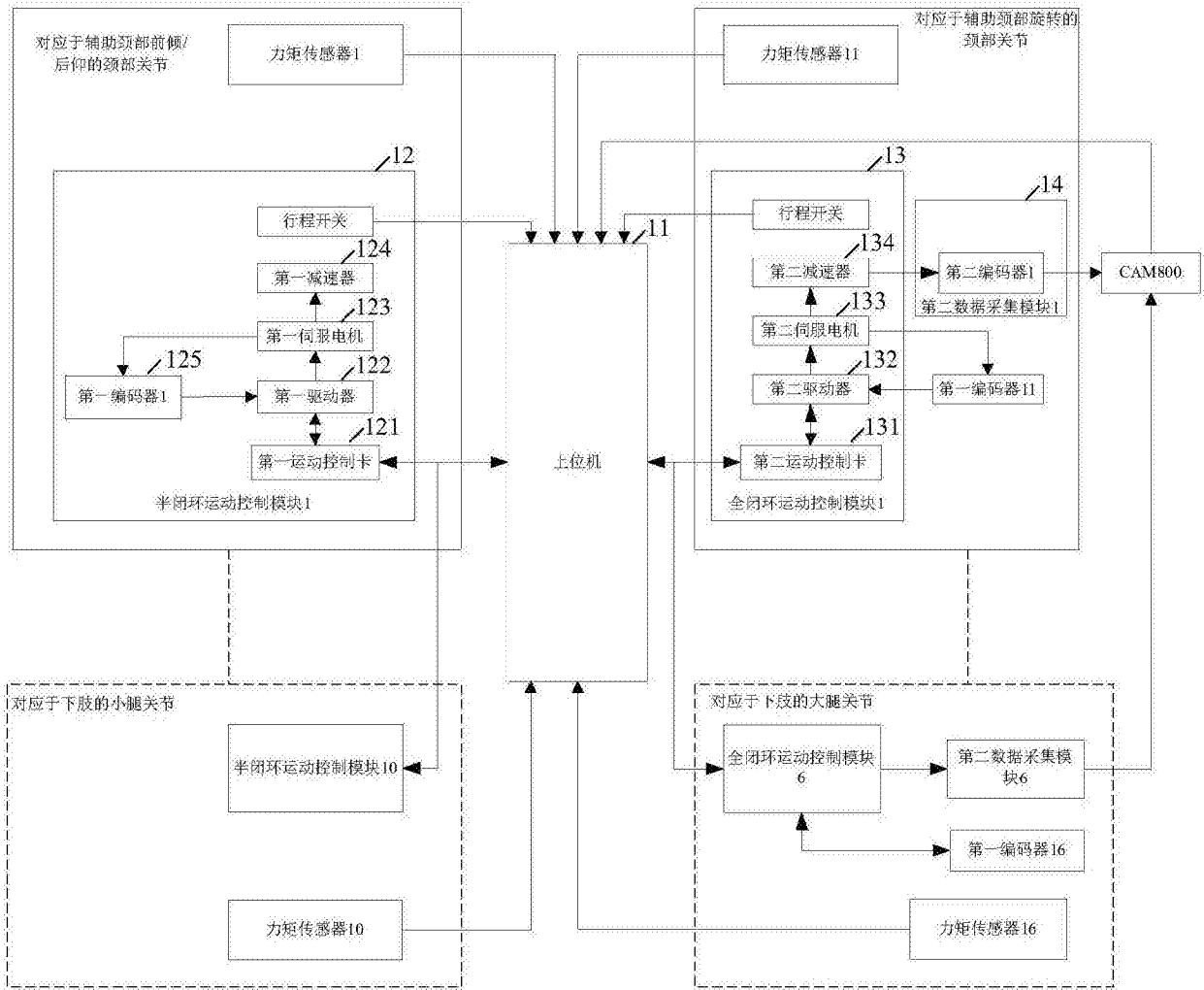


图3



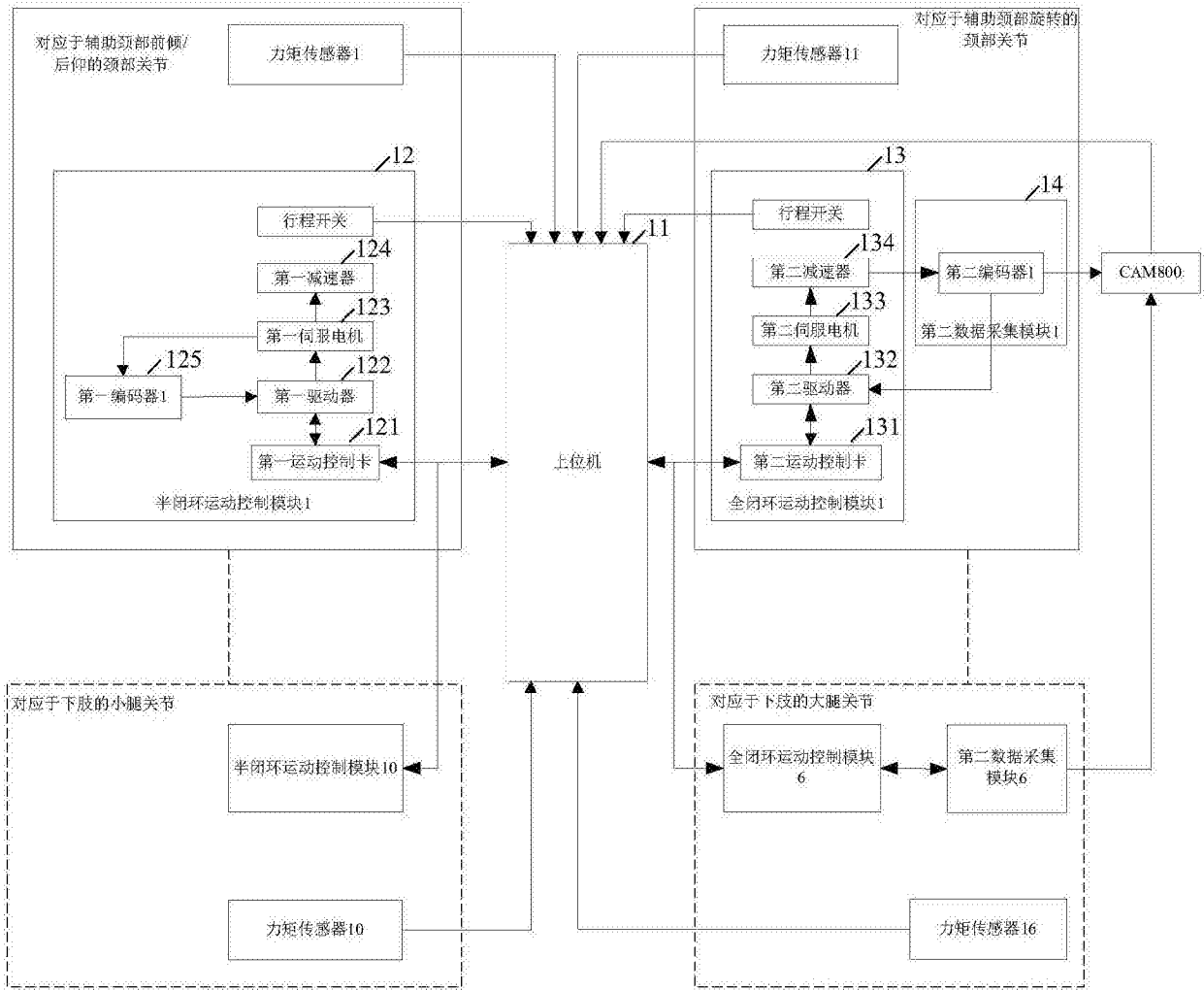


图4