



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107802455 A

(43)申请公布日 2018.03.16

(21)申请号 201711015294.5

(22)申请日 2017.10.26

(66)本国优先权数据

201610955658.7 2016.10.27 CN

(71)申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路37号

申请人 浙江孚邦科技有限公司

(72)发明人 陈伟海 周利波 王建华 易轩

徐贤国 高青龙

(74)专利代理机构 北京永创新实专利事务所

11121

代理人 李有浩

(51)Int.Cl.

A61H 1/02(2006.01)

B25J 9/00(2006.01)

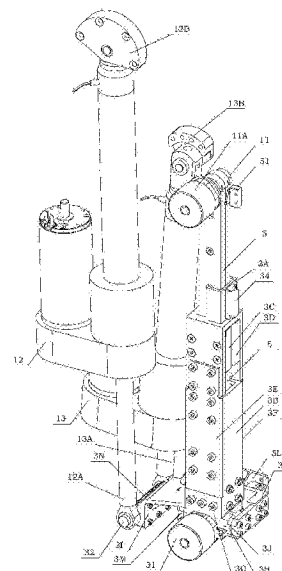
权利要求书3页 说明书10页 附图13页

(54)发明名称

基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体

(57)摘要

本发明公开了基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体,其包括有髌关节组件、膝关节组件、踝关节组件和脚板以外,还设有大腿、小腿。髌关节组件的连接件安装在膝关节组件的连接件上,膝关节组件的两根丝杠安装在踝关节组件的踝关节的转动轴上。踝关节组件的连接件上安装有脚板。大腿与小腿通过膝关节轴连接,小腿的下端在踝关节骨架内运动。小腿的伸长与内屈运动受限于踝关节的双轴。本发明为3-RPR并联机构能够随时根据康复机器人系统的控制需求的设定而变化,这就使得外骨骼在跟随人体运动的过程中,解决在脚板自重下,踝关节跟随会出现偏摆现象,从而降低了对人体膝关节和踝关节的伤害。



1. 一种基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体,所述的下肢外骨骼结构体包括有髌关节组件(2)、膝关节组件(1)和踝关节组件(3);在所述下肢外骨骼的末端连接有脚板组件(4);

膝关节组件(1)包括有膝关节A驱动部分(12)、膝关节B驱动部分(13)和膝关节固定装配部分;

髌关节组件(2)包括有髌关节驱动部分和髌关节固定装配部分;

其特征在于:还设有大腿(6)和小腿(5);

踝关节组件(3)由踝关节骨架、转动轴、从动轴、以及安装在转动轴上的轴连接件和安装在踝关节轴上的轴连接件组成;

踝关节骨架包括有CA支架(3A)、CB支架(3B)、CA夹板(3E)、CB夹板(3F)、CA滑块(3C)和CB滑块(3D),CA夹板(3E)与CB夹板(3F)平行放置,且两者之间固定有CB支架(3B);CB支架(3B)的下端固定在CA支座(3G)的上端;CA滑块(3C)和CB滑块(3D)用于小腿(5)在其上移动;

CA支架(3A)的上端设有上连板(3A1),CA支架(3A)的下端设有CA下支臂(3A2)和CB下支臂(3A3),CA下支臂(3A2)与CB下支臂(3A3)之间是U形槽(3A4);上连板(3A1)上固定有用于采集踝关节与小腿之间滑动距离的光纤传感头(34);CA下支臂(3A2)的内面板上固定有CA滑块(3C),CA下支臂(3A2)的外面板上固定有CA夹板(3E)的上端;CB下支臂(3A3)的内面板上固定有CB滑块(3D),CB下支臂(3A3)的外面板上固定有CB夹板(3F)的上端;

CA滑块(3C)为U形结构件;CA滑块(3C)的一竖板上设有CA半圆台(3C1),CA半圆台(3C1)置于EA竖板(5A)的EA导轨槽(5A3)中;CA滑块(3C)的另一竖板上设有CB半圆台(3C2),CB半圆台(3C2)置于EA竖板(5A)的EB导轨槽(5A4)中;CB滑块(3D)为U形结构件;CB滑块(3D)的一竖板上设有CC半圆台(3D1),CC半圆台(3D1)置于EB竖板(5B)的EC导轨槽(5B3)中;CB滑块(3D)的另一竖板上设有CD半圆台(3D2),CD半圆台(3D2)置于EB竖板5B的(ED)导轨槽(5B4)中;

踝关节转动轴上的轴连接件包括有CC支座(3I)和CE支座(3N);CE支座(3N)上设有固定面板(3N1)和用于踝关节转动轴(32)穿过的CA通孔(3N2);CC支座(3I)为“”形状,CC支座(3I)的上竖板(3I1)固定在CB支架(3B)的下端,CC支座(3I)的下竖板(3I2)固定在CE支座(3N)的固定面板(3N1)上;踝关节转动轴(32)的一端顺次穿过CA滚珠轴承(35)、CB滚珠轴承(36)、CE支座(3N)上的CA通孔(3N2)、CC滚珠轴承(37)和CD滚珠轴承(38)后,在螺纹端部连接一螺母;CA滚珠轴承(35)和CB滚珠轴承(36)安装在膝关节A丝杠(12A)下端的沉头腔中;CC滚珠轴承(37)和CD滚珠轴承(38)安装在膝关节B丝杠(13A)下端的沉头腔中;

踝关节从动轴上的轴连接件包括有CA支座(3G)、CB支座(3H)和CA端盖(3P);踝关节轴(33)转动的角度通过踝关节编码器(31)获取;踝关节轴(33)的一端安装有踝关节编码器(31),踝关节轴(33)的另一端套接有CE滚珠轴承(39A)、CB支座(3H)和CF滚珠轴承(39B);CB支座(3H)的上端面上设有用于螺纹固定CA紧顶钉(3H2)的CA销孔(3H3),CA紧顶钉(3H2)穿过踝关节轴(33)上的通孔后螺纹固定在CA销孔(3H3)中,CB支座(3H)的轴向中部设有用于踝关节轴(33)穿过的CA中心通孔(3H1);为了使踝关节轴(33)与CB支座(3H)的固定,踝关节轴(33)上设有用于螺纹固定CA紧顶钉(3H2)的螺纹盲孔;CA紧顶钉(3H2)的一端穿过CB支座(3H)上的CA销孔(3H3)后螺纹固定在踝关节轴(33)的螺纹盲孔中;CA支座(3G)为“H”形状,

CA支座(3G)上设有CA立板(3G1)、CB立板(3G2),CA立板(3G1)与CB立板(3G2)之间是CA横板(3G3),在CA横板(3G3)的下方放置有CB支座(3H),CA横板(3G3)的上端固定在CB支架(3B)的下端;CA立板(3G1)的下端设有用于安装CE滚珠轴承(39A)的CA轴承通孔(3G11),CB立板(3G2)的下端设有用于安装CF滚珠轴承(39B)的CB轴承通孔(3G21);

大腿(6)为四个面板组成的矩形空腔(61)结构体,所述矩形空腔(61)内固定有第一内连接体(6C)和第二内连接体(6D);

第一内连接体(6C)和FA连接体(6A)通过螺钉与螺母配合固定在固定在大腿(6)中部;

第二内连接体(6D)和FB连接体(6B)通过螺钉与螺母配合固定在固定在大腿(6)下端的末端;FB连接体(6B)的下端连接有膝关节连接体(16),膝关节连接体(16)上设有AA竖板(16A)、AB竖板(16B)和AA横板(16C),AA横板(16C)置于平行放置的AA竖板(16A)与AB竖板(16B)之间;AA竖板(16A)的下端设有用于安装A滚珠轴承(14)的AA通孔(16A1);AB竖板(16B)的下端设有用于安装B滚珠轴承(15)的AB通孔(16B1);A滚珠轴承(14)与B滚珠轴承(15)套接在膝关节轴(11)上,且A滚珠轴承(14)与B滚珠轴承(15)之间固定的是小腿(5)的上端;所述小腿(5)的上端绕膝关节轴(11)运动;膝关节轴(11)转过的角度由膝关节编码器(11A)采集;

小腿(5)由2根具有导轨槽的竖板(5A、5B)平行放置,且底部固定有底板(5C)构成;小腿(5)的上端通过螺钉固定在膝关节轴(11)上,且小腿(5)上端绕膝关节轴(11)转动;

EA竖板(5A)的上端端部设有用于膝关节轴(11)穿过的EA通孔(5A1),EA竖板(5A)的窄面板上对称设有EA导轨槽(5A3)和EB导轨槽(5A4),EA导轨槽(5A3)中用于放置CA滑块(3C)的CA半圆台(3C1),EB导轨槽(5A4)中用于放置CA滑块(3C)的CB半圆台(3C2);CA滑块(3C)通过半圆台(3C1、3C2)活动抱接安装在EA竖板(5A)的宽面板的外侧;EB竖板(5B)的上端端部设有用于膝关节轴(11)穿过的EB通孔(5B1),EB竖板(5B)的窄面板上对称设有EC导轨槽(5B3)和ED导轨槽(5B4),EC导轨槽(5B3)中用于放置CB滑块(3D)的CC半圆台(3D1),ED导轨槽(5B4)中用于放置CB滑块(3D)的CD半圆台(3D2);CB滑块(3D)通过半圆台(3D1、3D2)活动抱接安装在EB竖板(5B)的宽面板的外侧;致使小腿(5)在对称放置的CA滑块(3C)、CB滑块(3D)中作上下滑动;

小腿(5)在膝关节A驱动部分(12)和膝关节B驱动部分(13)协作驱动下,以及滑块(3C、3D)与导轨槽(5A3、5B3)的配合,实现小腿(5)与踝关节骨架为柔性连接;

为了限制小腿(5)的伸长或内屈运动,在小腿(5)的上端设置有通过EA支架(52)固定有限位行程开关(51);所述EA支架(52)为L形结构件,限位行程开关(51)固定在EA支架(52)的一端,EA支架(52)的另一端固定在膝关节连接体(16)的AA竖板(16A)上。

2. 根据权利要求1所述的一种基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体,其特征在于:基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体为站立位置下,当在髋关节电机(21)的驱动下,由髋关节电机(21)带动髋关节滑套(23)沿髋关节丝杠(25)运动;当髋关节滑套(23)沿-X轴方向运动时,髋关节丝杠(25)缩短,则大腿(6)的上端绕BB转动轴(27)转动,使得大腿(6)向外伸;同时在膝关节组件的驱动部分的驱动下,执行末端完成内屈运动;同时,当大腿(6)完成外伸运动,则首先膝关节A丝杠缩短,同时膝关节B丝杠伸长,从而实现踝关节组件(3)和脚板组件(4)向X轴正方向作内屈运动;然后膝关节A丝杠伸长,同时膝关节B丝杠缩短,从而实现踝关节组件(3)和脚板组件(4)向X轴负方向作外伸运动。

3. 根据权利要求1所述的一种基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体,其特征在于:基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体为站立位置下,当在髋关节电机(21)的驱动下,由髋关节电机(21)带动髋关节滑套(23)沿髋关节丝杠(25)运动;当髋关节滑套(23)沿+X轴方向运动时,髋关节丝杠(25)伸长,则大腿(6)的上端绕BB转动轴(27)转动,使得大腿(6)收回一部分;同时在膝关节组件的驱动部分的驱动下,执行末端完成先内屈后外伸运动;同时当大腿(6)完成内屈运动,则膝关节A丝杠缩短,同时膝关节B丝杠伸长,从而实现踝关节组件(3)和脚板组件(4)向+X轴正方向作内屈运动。

基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体

技术领域

[0001] 本发明涉及一种属于康复机器人系统的机械下肢装置,更特别地说,是指一种基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体。

背景技术

[0002] 康复机器人系统的下肢外骨骼的设计过程中最主要的任务是设计髋关节、膝关节以及踝关节的结构,确定驱动器、传感器型号、位置及安装形式。通过对人体生理结构的研究,髋关节为球窝关节,转动过程中旋转中心的变化不明显。踝关节虽然为复合关节,但其在行走过程中转动角度小,因此旋转中心的变化也不明显。这两个部分的外骨骼关节被认为可以简化为绕固定转轴转动的单一关节。而膝关节是双面关节,在行走过程中屈伸运动的幅度较大($0\sim 60^\circ$),收展运动和旋转运动的幅度较小。膝关节的屈伸运动时一种复合的运动,能够分解为平移和转动,在膝关节屈伸运动幅度较大时,其旋转中心位移明显,对于患有骨关节炎疾病的病人,膝关节旋转瞬心的变化更为剧烈且没有统一的规律。

[0003] 如果把外骨骼关节简化为单一转轴,在运动过程中外骨骼小腿部分绕外骨骼膝关节的固定转轴转动,人体膝关节与外骨骼关节的转动瞬心会发生偏离,不能保证随时重合,使得人的下肢与外骨骼之间出现相对位移,并且在两者绑定的位置产生额外的力和力矩。虽然两者间的相对运动被肌肉等软组织形变所补偿,但是作用力和作用力矩对康复过程产生不良的影响,使病人下肢的运动和出力不自然,影响最终的康复效果,甚至有可能对病人造成严重的二次伤害。所以有必要考虑使用一种新的膝关节构型来解决膝关节运动过程中不对称问题。

[0004] 由于单独膝关节外骨骼小腿部分的运动空间为一圆弧,运动过程中其瞬心位置固定在外骨骼膝关节转轴的轴心上,无法做到随人体膝关节旋转瞬心的变化而变化,所以需要新构型拥有一个可自由调整的膝关节旋转中心和一个允许生成复杂末端运动轨迹的工作空间,使其能满足下肢运动时对工作空间的基本要求,又有足够的空间对轨迹进行调整。

发明内容

[0005] 为了改善现有康复机器人系统中膝关节部位采用转动铰链或球铰来实现只能转动,而不能平动的问题,本发明设计了一种基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体。该下肢外骨骼为一平面的二自由度并联仿生机构,能够精确地模拟人的膝关节的运动。在大腿与小腿接合的膝关节轴处采用两套直线驱动器来驱动,驱动器由旋转电机和滚珠丝杠构成。两个驱动器的上端分别连接在类似于大腿的膝关节连接件的两个转轴上,下端同轴连接在踝关节转动轴上下肢外骨骼小腿后部,从而构成了一个以膝关节轴的3-RPR并联仿生机构,本发明结构体通过带动踝关节下端及鞋板组件按照人体标准步态运动,来精确地模拟人体膝关节的复杂耦合运动,而不会因踝关节组件和鞋板组件的自重量,导致小腿偏摆给使用者以额外的作用力,减小对人体膝关节的伤害。

[0006] 本发明设计的一种基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体是在申请

公布号CN105012056A,申请公布日2015年11月04日,所公开的“一种具有仿生膝关节的下肢外骨骼结构体”上进行的改进,因此相应的零件有借用。本发明结构体是为了解决在踝关节组件3和脚板组件4自重量下,踝关节轴跟随会出现偏摆现象。所述偏摆现象一方面会为康复使用者造成踝关节的变形,另一方面也达不到对康复使用者下肢的矫正。

[0007] 本发明设计了一种基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体,所述的下肢外骨骼结构体包括有髋关节组件(2)、膝关节组件(1)和踝关节组件(3);在所述下肢外骨骼的末端连接有脚板组件(4);

[0008] 膝关节组件(1)包括有膝关节A驱动部分(12)、膝关节B驱动部分(13)和膝关节固定装配部分;

[0009] 髋关节组件(2)包括有髋关节驱动部分和髋关节固定装配部分;

[0010] 其特征在于:还设有大腿(6)和小腿(5);

[0011] 踝关节组件(3)由踝关节骨架、转动轴、从动轴、以及安装在转动轴上的轴连接件和安装在踝关节轴上的轴连接件组成;

[0012] 踝关节骨架包括有CA支架(3A)、CB支架(3B)、CA夹板(3E)、CB夹板(3F)、CA滑块(3C)和CB滑块(3D),CA夹板(3E)与CB夹板(3F)平行放置,且两者之间固定有CB支架(3B);CB支架(3B)的下端固定在CA支座(3G)的上端;CA滑块(3C)和CB滑块(3D)用于小腿(5)在其上移动;

[0013] CA支架(3A)的上端设有上连板(3A1),CA支架(3A)的下端设有CA下支臂(3A2)和CB下支臂(3A3),CA下支臂(3A2)与CB下支臂(3A3)之间是U形槽(3A4);上连板(3A1)上固定有用于采集踝关节与小腿之间滑动距离的光纤传感头(34);CA下支臂(3A2)的内面板上固定有CA滑块(3C),CA下支臂(3A2)的外面板上固定有CA夹板(3E)的上端;CB下支臂(3A3)的内面板上固定有CB滑块(3D),CB下支臂(3A3)的外面板上固定有CB夹板(3F)的上端;

[0014] CA滑块(3C)为U形结构件;CA滑块(3C)的一竖板上设有CA半圆台(3C1),CA半圆台(3C1)置于EA竖板(5A)的EA导轨槽(5A3)中;CA滑块(3C)的另一竖板上设有CB半圆台(3C2),CB半圆台(3C2)置于EA竖板(5A)的EB导轨槽(5A4)中;CB滑块(3D)为U形结构件;CB滑块(3D)的一竖板上设有CC半圆台(3D1),CC半圆台(3D1)置于EB竖板(5B)的EC导轨槽(5B3)中;CB滑块(3D)的另一竖板上设有CD半圆台(3D2),CD半圆台(3D2)置于EB竖板5B的(ED)导轨槽(5B4)中;

[0015] 踝关节转动轴上的轴连接件包括有CC支座(3I)和CE支座(3N);CE支座(3N)上设有固定面板(3N1)和用于踝关节转动轴(32)穿过的CA通孔(3N2);CC支座(3I)为“”形状,CC支座(3I)的上竖板(3I1)固定在CB支架(3B)的下端,CC支座(3I)的下竖板(3I2)固定在CE支座(3N)的固定面板(3N1)上;踝关节转动轴(32)的一端顺次穿过CA滚珠轴承(35)、CB滚珠轴承(36)、CE支座(3N)上的CA通孔(3N2)、CC滚珠轴承(37)和CD滚珠轴承(38)后,在螺纹端部连接一螺母;CA滚珠轴承(35)和CB滚珠轴承(36)安装在膝关节A丝杠(12A)下端的沉头腔中;CC滚珠轴承(37)和CD滚珠轴承(38)安装在膝关节B丝杠(13A)下端的沉头腔中;

[0016] 踝关节从动轴上的轴连接件包括有CA支座(3G)、CB支座(3H)和CA端盖(3P);踝关节轴(33)转动的角度通过踝关节编码器(31)获取;踝关节轴(33)的一端安装有踝关节编码器(31),踝关节轴(33)的另一端套接有CE滚珠轴承(39A)、CB支座(3H)和CF滚珠轴承(39B);CB支座(3H)的上端面上设有用于螺纹固定CA紧顶钉(3H2)的CA销孔(3H3),CA紧顶钉(3H2)

穿过踝关节轴(33)上的通孔后螺纹固定在CA销孔(3H3)中,CB支座(3H)的轴向中部设有用于踝关节轴(33)穿过的CA中心通孔(3H1);为了使踝关节轴(33)与CB支座(3H)的固定,踝关节轴(33)上设有用于螺纹固定CA紧顶钉(3H2)的螺纹盲孔;CA紧顶钉(3H2)的一端穿过CB支座(3H)上的CA销孔(3H3)后螺纹固定在踝关节轴(33)的螺纹盲孔中;CA支座(3G)为“H”形状,CA支座(3G)上设有CA立板(3G1)、CB立板(3G2),CA立板(3G1)与CB立板(3G2)之间是CA横板(3G3),在CA横板(3G3)的下方放置有CB支座(3H),CA横板(3G3)的上端固定在CB支架(3B)的下端;CA立板(3G1)的下端设有用于安装CE滚珠轴承(39A)的CA轴承通孔(3G11),CB立板(3G2)的下端设有用于安装CF滚珠轴承(39B)的CB轴承通孔(3G21);

[0017] 大腿(6)为四个面板组成的矩形空腔(61)结构体,所述矩形空腔(61)内固定有第一内连接体(6C)和第二内连接体(6D);

[0018] 第一内连接体(6C)和FA连接体(6A)通过螺钉与螺母配合固定在固定在大腿(6)中部;

[0019] 第二内连接体(6D)和FB连接体(6B)通过螺钉与螺母配合固定在固定在大腿(6)下端的末端;FB连接体(6B)的下端连接有膝关节连接体(16),膝关节连接体(16)上设有AA竖板(16A)、AB竖板(16B)和AA横板(16C),AA横板(16C)置于平行放置的AA竖板(16A)与AB竖板(16B)之间;AA竖板(16A)的下端设有用于安装A滚珠轴承(14)的AA通孔(16A1);AB竖板(16B)的下端设有用于安装B滚珠轴承(15)的AB通孔(16B1);A滚珠轴承(14)与B滚珠轴承(15)套接在膝关节轴(11)上,且A滚珠轴承(14)与B滚珠轴承(15)之间固定的是小腿(5)的上端;所述小腿(5)的上端绕膝关节轴(11)运动;膝关节轴(11)转过的角度由膝关节编码器(11A)采集;

[0020] 小腿(5)由2根具有导轨槽的竖板(5A、5B)平行放置,且底部固定有底板(5C)构成;小腿(5)的上端通过螺钉固定在膝关节轴(11)上,且小腿(5)上端绕膝关节轴(11)转动;

[0021] EA竖板(5A)的上端端部设有用于膝关节轴(11)穿过的EA通孔(5A1),EA竖板(5A)的窄面板上对称设有EA导轨槽(5A3)和EB导轨槽(5A4),EA导轨槽(5A3)中用于放置CA滑块(3C)的CA半圆台(3C1),EB导轨槽(5A4)中用于放置CA滑块(3C)的CB半圆台(3C2);CA滑块(3C)通过半圆台(3C1、3C2)活动抱接安装在EA竖板(5A)的宽面板的外侧;EB竖板(5B)的上端端部设有用于膝关节轴(11)穿过的EB通孔(5B1),EB竖板(5B)的窄面板上对称设有EC导轨槽(5B3)和ED导轨槽(5B4),EC导轨槽(5B3)中用于放置CB滑块(3D)的CC半圆台(3D1),ED导轨槽(5B4)中用于放置CB滑块(3D)的CD半圆台(3D2);CB滑块(3D)通过半圆台(3D1、3D2)活动抱接安装在EB竖板(5B)的宽面板的外侧;致使小腿(5)在对称放置的CA滑块(3C)、CB滑块(3D)中作上下滑动;

[0022] 小腿(5)在膝关节A驱动部分(12)和膝关节B驱动部分(13)协作驱动下,以及滑块(3C、3D)与导轨槽(5A3、5B3)的配合,实现小腿(5)与踝关节骨架为柔性连接;

[0023] 为了限制小腿(5)的伸长或内屈运动,在小腿(5)的上端设置有通过EA支架(52)固定有限位行程开关(51);所述EA支架(52)为L形结构件,限位行程开关(51)固定在EA支架(52)的一端,EA支架(52)的另一端固定在膝关节连接体(16)的AA竖板(16A)上。

[0024] 本发明基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体的优点在于:

[0025] ①大腿6与小腿5通过膝关节连接件16固定,且膝关节连接件16作为膝关节轴11的支座,同时将限位行程开关51通过支架固定在膝关节连接件16的侧边,在小腿5绕膝关节轴

11做内屈或外伸运动时,保持在一个平面,从而使得结构体在膝关节轴处实现转动和平移。

[0026] ②小腿5与踝关节骨架为不接触连接,同时通过滑块(3C、3D)与导轨槽(5A3、5A4、5B3、5B4)进行限位,利用行程开关51与光纤传感器34,能够控制小腿5的运行距离。

[0027] ③通过踝关节骨架与膝关节的驱动部分的柔性连接,使得3-RPR并联机构得以实现。

附图说明

[0028] 图1是本发明基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体的正视图。

[0029] 图1A是图1的后视图。

[0030] 图1B是图1的立体图。

[0031] 图1C是图1的另一视角立体图。

[0032] 图2A是图1结构体的摆动前期步态简示图。

[0033] 图2B是图1结构体的摆动中期步态简示图。

[0034] 图2C是图1结构体的摆动后期步态简示图。

[0035] 图3是本发明中大腿、小腿与踝关节部分的装配结构图。

[0036] 图3A是本发明中小腿与踝关节的剖视图。

[0037] 图4是本发明中大腿部分的分解图。

[0038] 图5是本发明中小腿部分的分解图。

[0039] 图6是本发明结构体中驱动部分、小腿与踝关节组件的结构图。

[0040] 图6A是本发明中踝关节结构体的分解图。

[0041] 图6B是图6中小腿与两个滑块的俯视装配图。

[0042] 图6C是图6中踝关节转动轴与支座的装配图。

[0043]

1.膝关节组件	11.膝关节轴	11A.膝关节编码器
12.膝关节 A 驱动部分	12A.膝关节 A 丝杠	12B.膝关节驱动 A 连接件
13.膝关节 B 驱动部分	13A.膝关节 B 丝杠	13B.膝关节驱动 B 连接件
14.A 滚珠轴承	15.B 滚珠轴承	16.膝关节连接体
16A.AA 竖板	16A1.AA 通孔	16B.AB 竖板
16B1.AB 通孔	16C.横板	2.髋关节组件
21.髋关节电机	23.髋关节滑套	25.髋关节丝杠
26.BA 转动轴	27.BB 转动轴	27A.BB 编码器
3.踝关节组件	31.踝关节编码器	32.踝关节转动轴
33.踝关节轴	34.光纤传感头	35.CA 滚珠轴承
36.CB 滚珠轴承	37.CC 滚珠轴承	38.CD 滚珠轴承
39A.CE 滚珠轴承	39B.CF 滚珠轴承	3A.CA 支架
3A1.上连板	3A2.CA 支臂	3A3.CB 支臂
3A4.U 形槽	3B.CB 支架	3C.CA 滑块
3C1.CA 半圆台	3C2.CB 半圆台	3D.CB 滑块
3D1.CC 半圆台	3D2.CD 半圆台	3E.CA 夹板
3F.CB 夹板	3G.CA 支座	3G1.CA 立板
3G11.CA 轴承通孔	3G2.CB 立板	3G21.CB 轴承通孔
3G3.CA 横板	3H.CB 支座	3H1.CA 中心通孔
3H2.CA 紧顶螺钉	3H3.CA 销孔	3I.CC 支座
3I1.上竖板	3I2.下竖板	3J.CC 夹板
3K.CD 支座	3K1.凸起端	3L.CA 连接体

[0044]

3L1.CA 凹槽	3M.CD 夹板	3N.CE 支座
3N1.固定面板	3N2.CA 通孔	3P.CA 端盖
4.脚板组件	4A.DA 连接件	5.小腿
51.限位行程开关	52.EA 支架	5A.EA 竖板
5A1.EA 通孔	5A2.EA 安装孔	5A3.EA 导轨槽
5A4.EB 导轨槽	5B.EB 竖板	5B1.EB 通孔
5B2.EB 安装孔	5B3.EC 导轨槽	5B4.ED 导轨槽
5C.底板	6.大腿	61.矩形空腔
6A.FA 连接体	6B.FB 连接体	6C.第一内连接体
6D.第二内连接体		

具体实施方式

[0045] 下面将结合附图对本发明做进一步的详细说明。对于髋关节组件2和脚板组件4选

用与专利申请号CN201510293839.3,发明名称“一种具有仿生膝关节的下肢外骨骼结构体”,申请公布号CN105012056A,申请公布日2015年11月04日,相同的结构体,在此不做重复说明。

[0046] 2013年12月出版的《肌肉骨骼系统基础生物力学》,主译成:邝适存、郭霞,第18章步态的生物力学,第291-292页,图18-2介绍了人步行时的步态可以分为摆动前期、摆动中期和摆动后期。

[0047] 参见图1、图1A、图1B、图1C所示的一种基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体,一般地,仿生膝关节下肢外骨骼结构体是由髌关节组件2、膝关节组件1、踝关节组件3和脚板组件4构成。位于膝关节轴11上部的是大腿6,位于膝关节轴11下部的是小腿5。所述膝关节组件1中至少设有膝关节A驱动部分12和膝关节B驱动部分13。

[0048] 本发明设计的是一种具有3-RPR并联机构的仿生膝关节结构体,是为了改善专利申请公布号CN105012056A公开的结构体在踝关节组件3和脚板组件4自重量下,踝关节轴跟随会出现偏摆现象。所述偏摆现象一方面会为康复使用者造成踝关节的变形,另一方面也达不到对康复使用者下肢的矫正。为了解决所述偏摆现象将踝关节设计成满足3-RPR的并联机构,依据图2A、图2B和图2C公开的不同时期步态能够清楚地理解踝关节的变化。

[0049] 在本发明的图1所示,根据所述脚板组件4的安装方向能够判断出图1所示为康复机器人系统中的基于3-RPR并联机构的右腿部分的外骨骼结构体。本发明下肢外骨骼结构体的坐标系定义是,以沿髌关节上的丝杠25运动方向为X轴的,以沿膝关节组件1中的大腿6的竖直方向为Y轴的,在满足右手定则下构建坐标系OXY。将髌关节滑套23向大腿6上端连接处靠近为沿X轴的负方向(即-X轴),将髌关节滑套23远离大腿6上端连接处为沿X轴的正方向(即+X轴)。

[0050] 本发明设计的是基于3-RPR并联机构的仿生膝关节,故大腿6与小腿5之间是通过膝关节轴11固定的,这样有利于克服踝关节组件运动时出现的偏摆。因此基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼结构体的具体结构如图3、图6所示。膝关节A驱动部分12的膝关节驱动A连接件12B与FA连接体6A固定,膝关节B驱动部分13的膝关节驱动B连接件13B与FB连接体6B固定,且FA连接体6A和FB连接体6B固定在大腿6上;大腿6与小腿5通过膝关节连接件16结合;膝关节A驱动部分12的膝关节A丝杠12A固定在踝关节转动轴32上,膝关节B驱动部分13的膝关节B丝杠13A固定在踝关节转动轴32上。因此,在大腿与小腿接合的膝关节轴处采用两套直线驱动器来驱动,两个驱动器的上端分别连接在类似于大腿的膝关节连接件的两个转轴上,下端同轴连接在踝关节转动轴上下肢外骨骼小腿后部,从而构成了一个以膝关节轴的3-RPR并联仿生机构。

[0051] 大腿6

[0052] 在本发明中,如图3、图4所示大腿6为四个面板组成的矩形空腔61结构体。空腔设计能够减轻大腿6的自重量。为了达到FA连接体6A和FB连接体6B能够稳定固定在大腿6上,不出现沿大腿6竖直方向(即Y轴)的摆动,在各自的连接体固定处设置了第一内连接体6C和第二内连接体6D。

[0053] 第一内连接体6C固定在大腿6中部,且置于大腿6的矩形空腔61内,第一内连接体6C和FA连接体6A通过螺钉与螺母配合固定在固定在大腿6中部。

[0054] 第二内连接体6D固定在大腿6下端的末端,且置于大腿6的矩形空腔61内,第二内

连接体6D和FB连接体6B通过螺钉与螺母配合固定在固定在大腿6下端的末端。

[0055] 小腿5

[0056] 如图3、图3A、图5所示,小腿5由2根具有导轨槽的竖板(5A、5B)平行放置,且底部固定有底板5C构成。小腿5的上端通过螺钉固定在膝关节轴11上,且小腿5上端绕膝关节轴11转动。小腿5向下运动时,由光纤传感器34与限位行程开关51进行向下最大距离位置的限定。利用小腿5下端插入在踝关节骨架内(如图3A所示),实现小腿5与踝关节组件的活动连接方式。

[0057] EA竖板5A的上端端部设有用于膝关节轴11穿过的EA通孔5A1,EA竖板5A的宽面板上设有通过螺钉实现与EB竖板5B固定的EA安装孔5A2,EA竖板5A的窄面板上对称设有EA导轨槽5A3和EB导轨槽5A4,所述EA导轨槽5A3中用于放置CA滑块3C(如图6、图6A所示)的CA半圆台3C1,所述EB导轨槽5A4中用于放置CA滑块3C的CB半圆台3C2。CA滑块3C通过半圆台(3C1、3C2)活动抱接安装在EA竖板5A的宽面板的外侧,且EA竖板5A在导轨槽(5A3、5A4)的作用下在CA滑块3C的内侧上下滑动。

[0058] EB竖板5B的上端端部设有用于膝关节轴11穿过的EB通孔5B1,EB竖板5B的宽面板上设有通过螺钉实现与EA竖板5A固定的EB安装孔5B2,EB竖板5B的窄面板上对称设有EC导轨槽5B3和ED导轨槽5B4,所述EC导轨槽5B3中用于放置CB滑块3D(如图6、图6A所示)的CC半圆台3D1,所述ED导轨槽5B4中用于放置CB滑块3D的CD半圆台3D2。CB滑块3D通过半圆台(3D1、3D2)活动抱接安装在EB竖板5B的宽面板的外侧,且EB竖板5B在导轨槽(5B3、5B4)的作用下在CB滑块3D的内侧上下滑动。

[0059] 在本发明中,小腿5在膝关节A驱动部分12和膝关节B驱动部分13协作驱动下,沿导轨槽(5A3、5B3)上下滑动。实现小腿5与踝关节骨架的柔性连接。

[0060] 如图1B、图3、图5所示,为了限制小腿5的伸长或内屈运动,在小腿5的上端(靠近膝关节轴11处)通过EA支架52固定有限位行程开关51。所述EA支架52为L形结构件,限位行程开关51固定在EA支架52的一端,EA支架52的另一端固定在膝关节连接体16的AA竖板16A上。

[0061] 膝关节组件1

[0062] 如图1、图1A、图1B、图1C、图3、图5所示,膝关节连接体16上设有AA竖板16A、AB竖板16B和AA横板16C,AA横板16C置于平行放置的AA竖板16A与AB竖板16B之间;AA竖板16A的下端设有用于安装A滚珠轴承14的AA通孔16A1;AB竖板16B的下端设有用于安装B滚珠轴承15的AB通孔16B1;A滚珠轴承14与B滚珠轴承15套接在膝关节轴11上,且A滚珠轴承14与B滚珠轴承15之间固定的是小腿5的上端。所述小腿5的上端绕膝关节轴11运动。膝关节轴11转过的角度由膝关节编码器11A采集。

[0063] 如图5所示,大腿6与小腿5之间通过膝关节组件1中的膝关节连接体16固定连接;即大腿6的下端端部固定在膝关节连接体16的上方,小腿5的上端端部固定在膝关节连接体16的下方。由于所述膝关节组件1是通过膝关节A驱动部分12和膝关节B驱动部分13协作驱动来完成小腿5提起踝关节组件3的步态顺序(图2A、图2B、图2C),因此膝关节轴11是被动运动的,结构件设计简单。

[0064] 踝关节组件3

[0065] 参见图6所示,踝关节组件3由踝关节骨架、转动轴、从动轴、以及安装在转动轴上的轴连接件和安装在踝关节轴上的轴连接件组成。

[0066] 踝关节骨架包括有CA支架3A、CB支架3B、CA夹板3E、CB夹板3F、CA滑块3C和CB滑块3D;CA夹板3E与CB夹板3F平行设置且结构相同,CA滑块3C与CB滑块3D的结构相同;CA夹板3E与CB夹板3F平行放置,且两者之间固定有CB支架3B。CB支架3B为空心矩形结构,CB支架3B的一面板固定在CA夹板3E上,CB支架3B的与一面板对称的另一面板固定在CB夹板3F上。CB支架3B的下端固定在CA支座3G的上端。小腿5的上下移动通过其上的导轨槽与CA滑块3C和CB滑块3D上的半圆台配合,从而限制小腿5跑偏。

[0067] 如图3、图3A、图6A所示,CA支架3A的上端设有上连板3A1,CA支架3A的下端设有CA下支臂3A2和CB下支臂3A3,CA下支臂3A2与CB下支臂3A3之间是U形槽3A4。上连板3A1上固定有用于采集踝关节与小腿之间滑动距离的光纤传感头34。CA下支臂3A2的内面板上固定有CA滑块3C,CA下支臂3A2的外面板上固定有CA夹板3E的上端。CB下支臂3A3的内面板上固定有CB滑块3D,CB下支臂3A3的外面板上固定有CB夹板3F的上端。

[0068] 参见图6A所示,CA滑块3C为U形结构件。CA滑块3C的一竖板上设有CA半圆台3C1,CA半圆台3C1置于EA竖板5A的EA导轨槽5A3中;CA滑块3C的另一竖板上设有CB半圆台3C2,CB半圆台3C2置于EA竖板5A的EB导轨槽5A4中。

[0069] 参见图6A所示,CB滑块3D为U形结构件。CB滑块3D的一竖板上设有CC半圆台3D1,CC半圆台3D1置于EB竖板5B的EC导轨槽5B3中;CB滑块3D的另一竖板上设有CD半圆台3D2,CD半圆台3D2置于EB竖板5B的ED导轨槽5B4中。

[0070] CA夹板3E的上端固定在CA支架3A的CA支臂3A2的外侧,CA夹板3E的下端固定在CB支架3B的一面板的外侧。

[0071] CB夹板3F的上端固定在CA支架3A的CB支臂3A3的外侧,CB夹板3F的下端固定在CB支架3B的另一面板的外侧。

[0072] 踝关节转动轴上的轴连接件

[0073] 参见图6、图6A、图6C所示,踝关节转动轴上的轴连接件包括有CC支座3I和CE支座3N;CE支座3N上设有固定面板3N1和用于踝关节转动轴32穿过的CA通孔3N2;CC支座3I为“”形状,CC支座3I的上竖板3I1固定在CB支架3B的下端(如图3),CC支座3I的下竖板3I2固定在CE支座3N的固定面板3N1上。

[0074] 在本发明中,踝关节转动轴32的一端顺次穿过CA滚珠轴承35、CB滚珠轴承36、CE支座3N上的CA通孔3N2、CC滚珠轴承37和CD滚珠轴承38后,在螺纹端部连接一螺母。CA滚珠轴承35和CB滚珠轴承36安装在膝关节A丝杠12A下端的沉头腔中。CC滚珠轴承37和CD滚珠轴承38安装在膝关节B丝杠13A下端的沉头腔中。

[0075] 踝关节轴上的轴连接件

[0076] 参见图3A、图6、图6A所示,踝关节轴上的轴连接件包括有CA支座3G、CB支座3H和CA端盖3P。踝关节轴33转动的角度通过踝关节编码器31获取。踝关节轴33的一端安装有踝关节编码器31,踝关节轴33的另一端套接有CE滚珠轴承39A、CB支座3H和CF滚珠轴承39B。

[0077] CB支座3H的上端面上设有用于螺纹固定CA紧顶钉3H2的CA销孔3H3,CA紧顶钉3H2穿过踝关节轴33上的通孔后螺纹固定在CA销孔3H3中,CB支座3H的轴向中部设有用于踝关节轴33穿过的CA中心通孔3H1。为了使踝关节轴33与CB支座3H的固定,踝关节轴33上设有用于螺纹固定CA紧顶钉3H2的螺纹盲孔。CA紧顶钉3H2的一端穿过CB支座3H上的CA销孔3H3后螺纹固定在踝关节轴33的螺纹盲孔中。

[0078] CA支座3G为“H”形状,CA支座3G上设有CA立板3G1、CB立板3G2,CA立板3G1与CB立板3G2之间是CA横板3G3,在CA横板3G3的下方放置有CB支座3H,CA横板3G3的上端固定在CB支架3B的下端;CA立板3G1的下端设有用于安装CE滚珠轴承39A的CA轴承通孔3G11,CB立板3G2的下端设有用于安装CF滚珠轴承39B的CB轴承通孔3G21。

[0079] 如图3、图6A所示,CC夹板3J的一端固定在CB支座3H的一端,CC夹板3J的另一端固定在CD支座3K的一端;CD夹板3M的一端固定在CB支座3H的另一端,CD夹板3M的另一端固定在CD支座3K的另一端;CD支座3K的凸起端3K1置于CA连接体3L的CA凹槽3L1内;CD支座3K的一端设有两个支臂,两个支臂之间是用来固定CA连接体3L的凸起端3K1的CA凹槽3L1,CD支座3K的另一端为平整面板,平整面板与脚板组件4的DA连接件4A固定,如图1所示。

[0080] 本发明设计了基于3-RPR并联机构的仿生膝关节外骨骼结构体,设置有按照人的步态运动的控制系统部分。参见图2A、图2B、图2C所示,结构体中所有的电机与丝杠构成的驱动依据控制系统进行步态变换,即摆动前期、摆动中期、摆动后期。在本发明的踝关节组件3中,参见图1、图6、图6A所示,由控制系统指导膝关节A驱动部分12和膝关节B驱动部分13同时运动时,由于膝关节A丝杠12A和膝关节B丝杠13A分别与套接在踝关节转动轴32上的滚珠轴承连接,致使在踝关节转动轴32的运动下带去了CA支座3G运动,CA支座3G的运动是相对于CB支座3H的球铰运动,CA支座3G上固定有组成踝关节结构体部分的骨架,因此踝关节运动角度是由踝关节编码器31采集的。通过CC支座3I将踝关节转动轴32与踝关节骨架固定安装,并配合踝关节轴33、CA支座3G和CB支座3H,使得踝关节组件能够阻止脚板组件4的摆动。在现有外骨骼结构体上增加设置有小腿5零件时,小腿5配合踝关节组件3的运动、以及大腿6与小腿5通过膝关节轴11运动,从而形成3-RPR并联机构。

[0081] 本发明设计的基于3-RPR并联机构的仿生膝关节下肢外骨骼的内屈外伸运动过程:

[0082] 在本发明的坐标系OXY(图1)中,将髌关节滑套23向大腿6上端连接处靠近为沿X轴的负方向(即-X轴),将髌关节滑套23远离大腿6上端连接处为沿X轴的正方向(即+X轴)。

[0083] 参见图1、图2A、图2B、图2C所示,在本发明设计的基于3-RPR并联机构结构体为站立位置(如图1所示,同时参考如图2B所示的摆动中期下的结构体简示图)下,当在髌关节电机21的驱动下,由髌关节电机21带动髌关节滑套23沿髌关节丝杠25运动。当髌关节滑套23沿X轴的负方向(即-X轴)运动时,髌关节丝杠25缩短(即髌关节滑套23靠近大腿6的上端连接件),则大腿6的上端绕BB转动轴27转动,使得大腿6向外伸;同时,当大腿6完成外伸运动,则首先膝关节A丝杠缩短,同时膝关节B丝杠伸长,从而实现踝关节组件3和脚板组件4向X轴正方向作内屈运动;然后膝关节A丝杠伸长,同时膝关节B丝杠缩短,从而实现踝关节组件3和脚板组件4向X轴负方向作外伸运动。所述大腿6向外伸展的转动角度的大小通过BB编码器27A(如图1B所示)采集。同时在膝关节组件2的驱动部分(12、13)的驱动下,执行末端(即踝关节组件3和脚板组件4)完成内屈运动,如图2C。

[0084] 参见图1、图2A、图2B、图2C所示,在本发明设计的基于3-RPR并联机构结构体为站立位置(如图1所示,同时参考如图2B所示的摆动中期下的结构体简示图)下,当在髌关节电机21的驱动下,由髌关节电机21带动髌关节滑套23沿髌关节丝杠25运动。当髌关节滑套23沿X轴的正方向(即+X轴)运动时,髌关节丝杠25伸长(即髌关节滑套23远离大腿6的上端连接件),则大腿6的上端绕BB转动轴27转动,使得大腿6收回一部分;同时在膝关节组件2的驱

动部分(12、13)的驱动下,执行末端(即踝关节组件3和脚板组件4)完成先内屈后外伸运动(这是由人体的步态决定的);同时当大腿6完成内屈运动,则膝关节A丝杠缩短,同时膝关节B丝杠伸长,从而实现踝关节组件3和脚板组件4向+X轴正方向作内屈运动。所述先内屈后外伸运动时的执行末端转动角度的大小通过BB编码器27A采集。执行末端(即踝关节组件3和脚板组件4)外伸运动,如图2A。

[0085] 在大腿6下端与小腿5上端结合的膝关节轴11处完成外伸运动(如图2A)或者内屈运动(如图2C)下,踝关节转动轴32将被动转动。踝关节转动轴32的转动能够使得人体的脚与末端(即脚板组件4)更贴合。

[0086] 参见图1、图1A、图1B、图1C、图2A、图2B、图2C所示,在本发明中,髋关节电机21、膝关节电机是同时运动的。根据人体的常规步态,使得结构体上的膝关节具有内屈外伸运动。在结构体为站立位置(如图1、图2B所示)下,然后在髋关节电机21的驱动下,带动髋关节滑套23沿髋关节丝杠25运动;当髋关节滑套23沿X轴的负方向(即-X轴)运动时,髋关节丝杠25缩短,则大腿6的上端绕BB转动轴27转动,使得大腿6向外伸;然后,当大腿6完成外伸运动,此时膝关节丝杠缩短,随后膝关节丝杠伸长,从而实现踝关节组件3和脚板组件4向X轴正方向作内屈运动。膝关节组件中的驱动部分的结构参考图1所示的髋关节组件中的如髋关节电机、髋关节丝杠、髋关节滑套等。

[0087] 在本发明中,膝关节组件的外伸和内屈运动就能带动小腿5运动。膝关节组件中的两个驱动形成一个并联机构,该并联机构使得小腿5绕膝关节轴11能够实现在OXY平面内的平动;在膝关节组件中的两个驱动下,踝关节组件3被拉起或放下,也实现了伸和屈运动。膝关节结构设计的优点在于外骨骼的小腿连接件相对膝关节连接件(类似人体大腿)的运动没有被机械结构所限制,能够随时根据康复机器人系统的控制需求的设定而变化。本发明设计的膝关节并非简单的转动铰链或球铰,其运动是根据仿生运动原理来实现的,这就使得外骨骼在跟随人体运动的过程中,减小了外骨骼对膝关节不协调的作用力,从而降低了对人体膝关节的伤害。

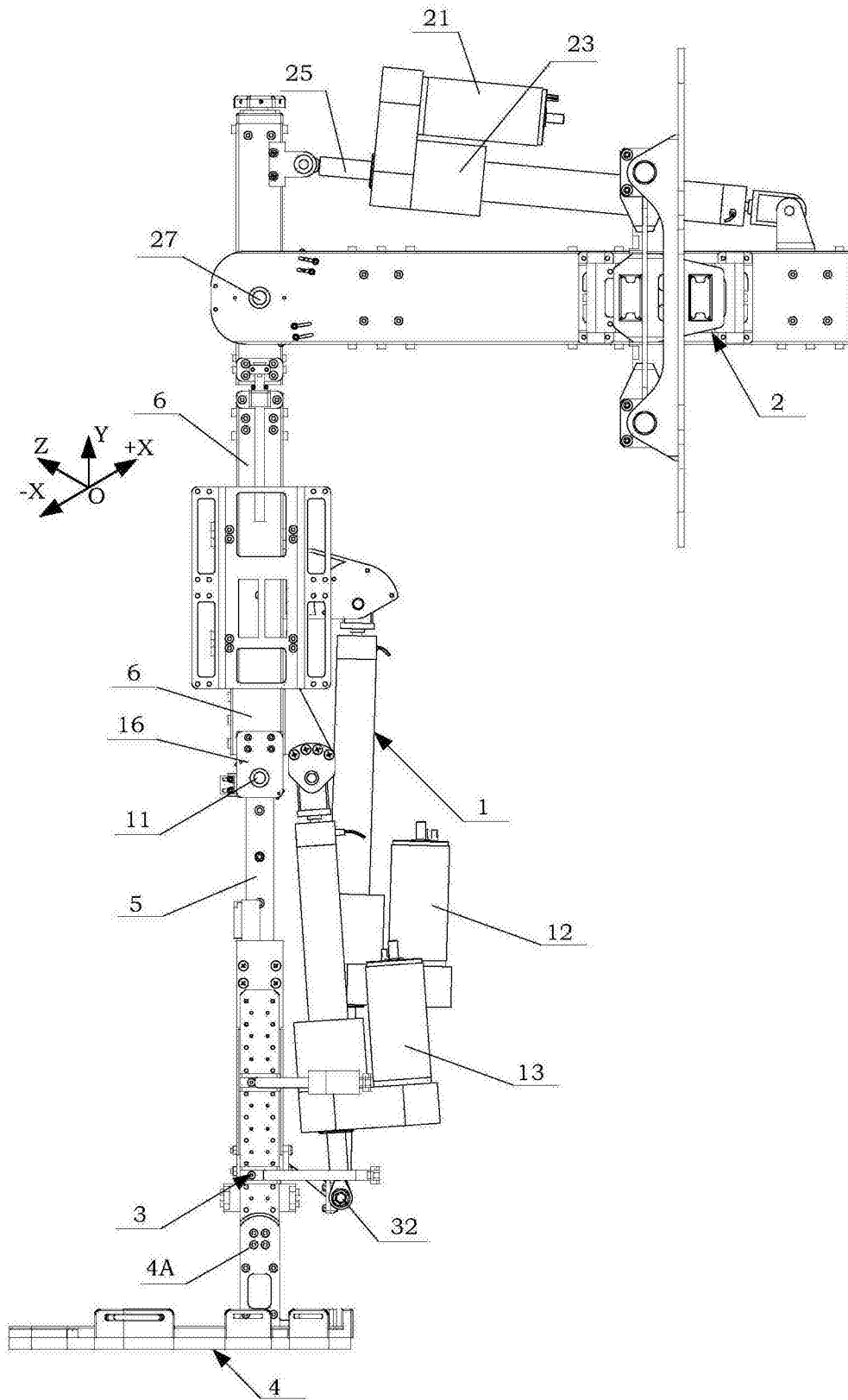


图1

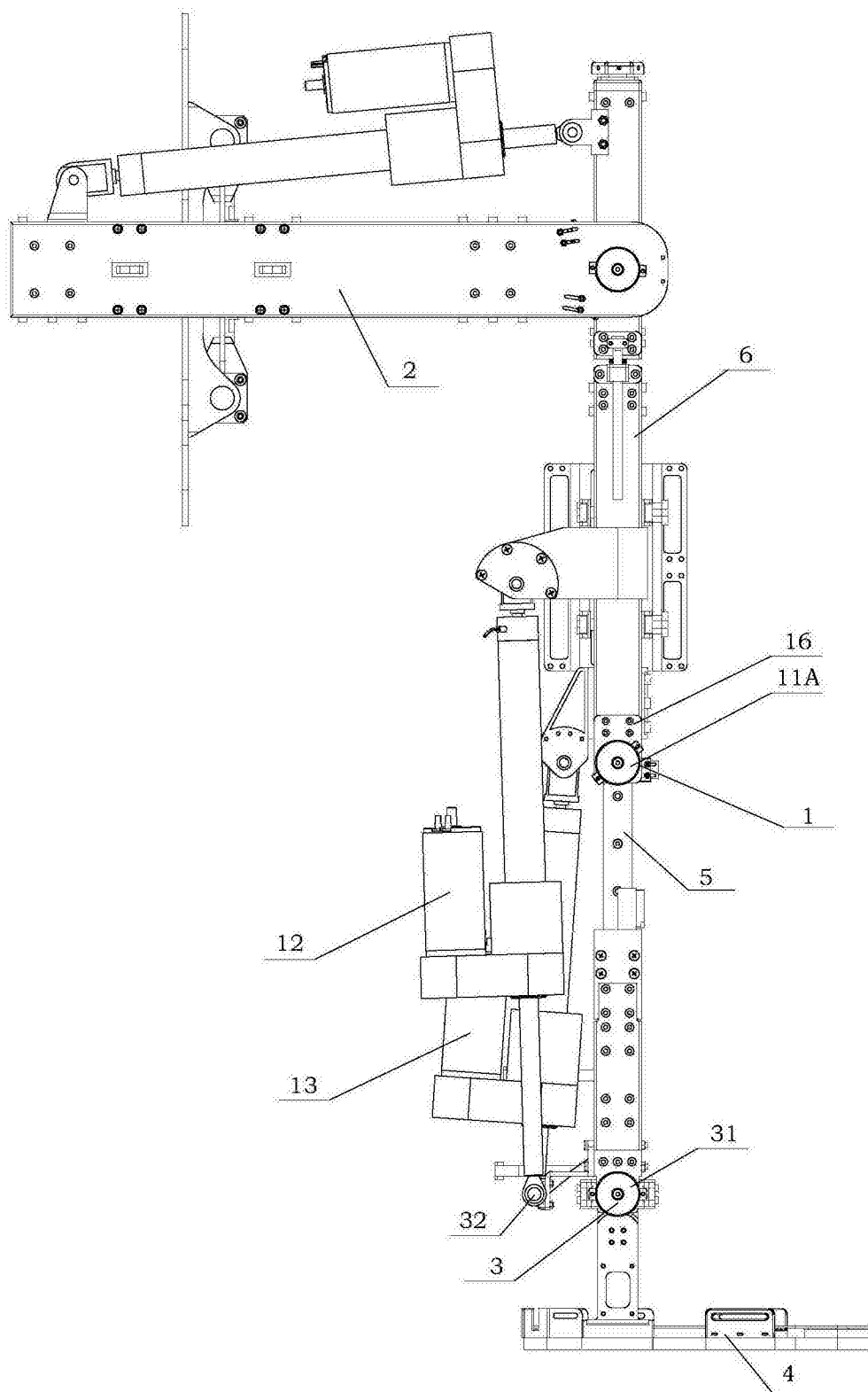


图1A

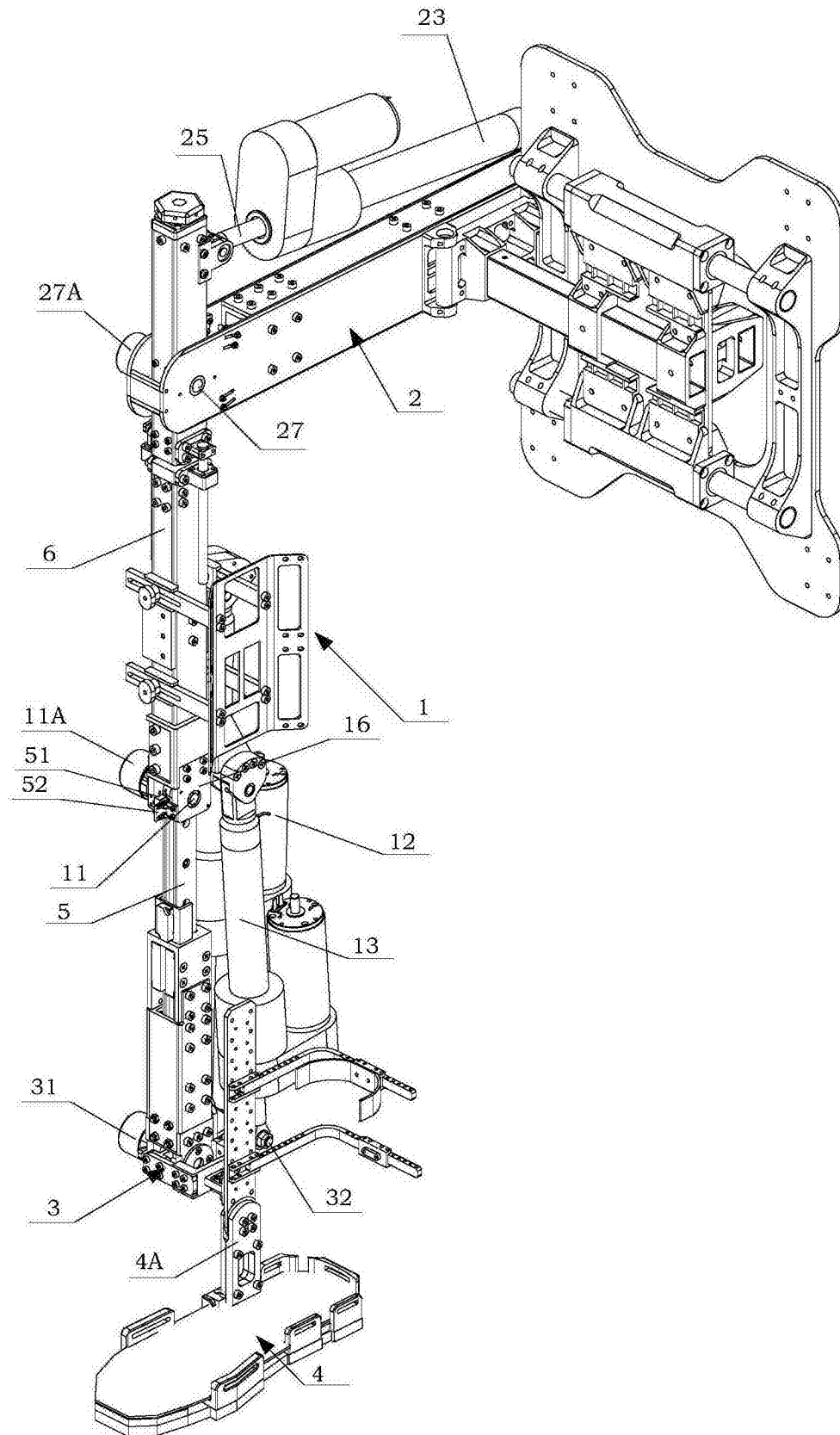


图1B

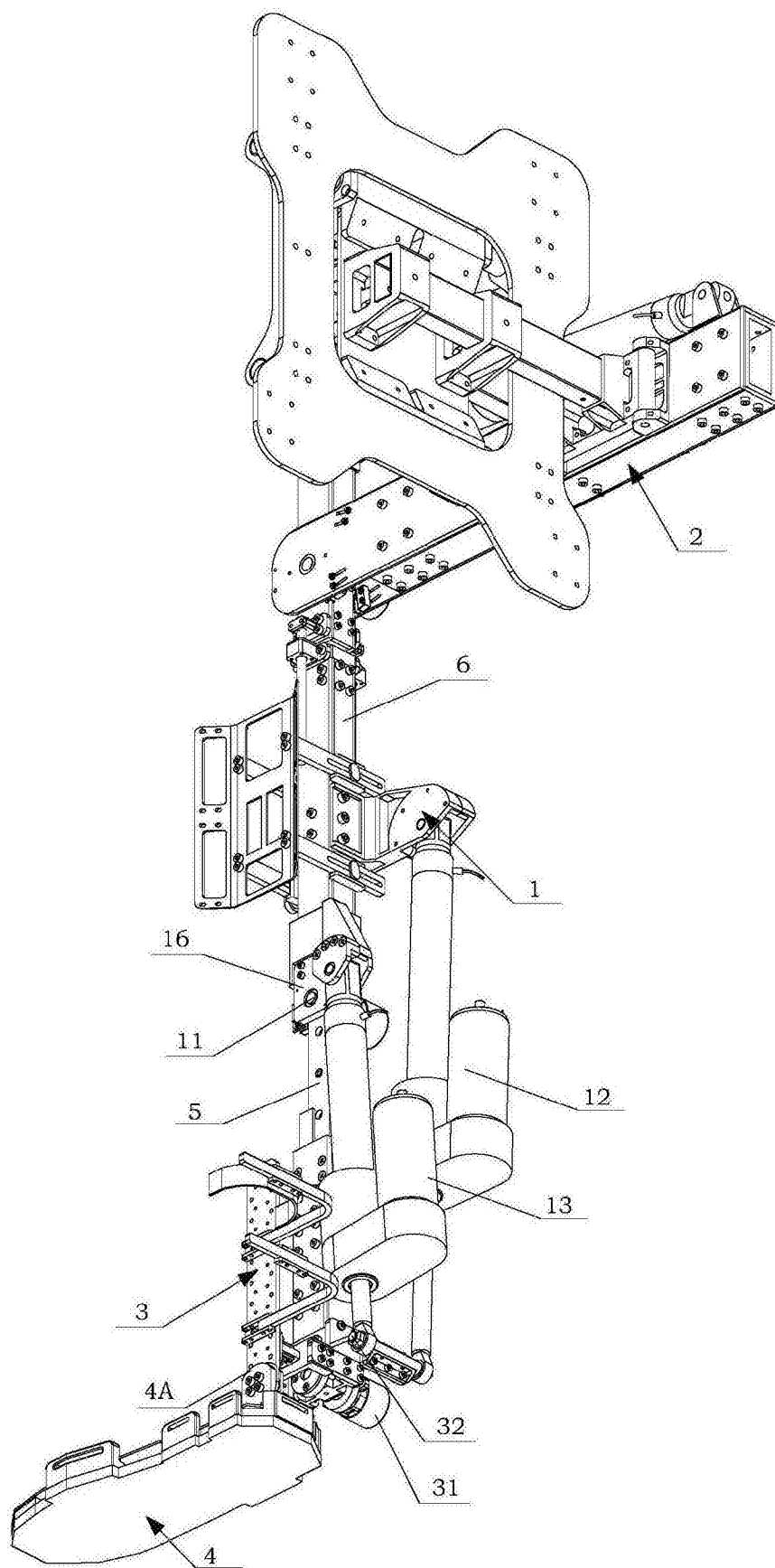
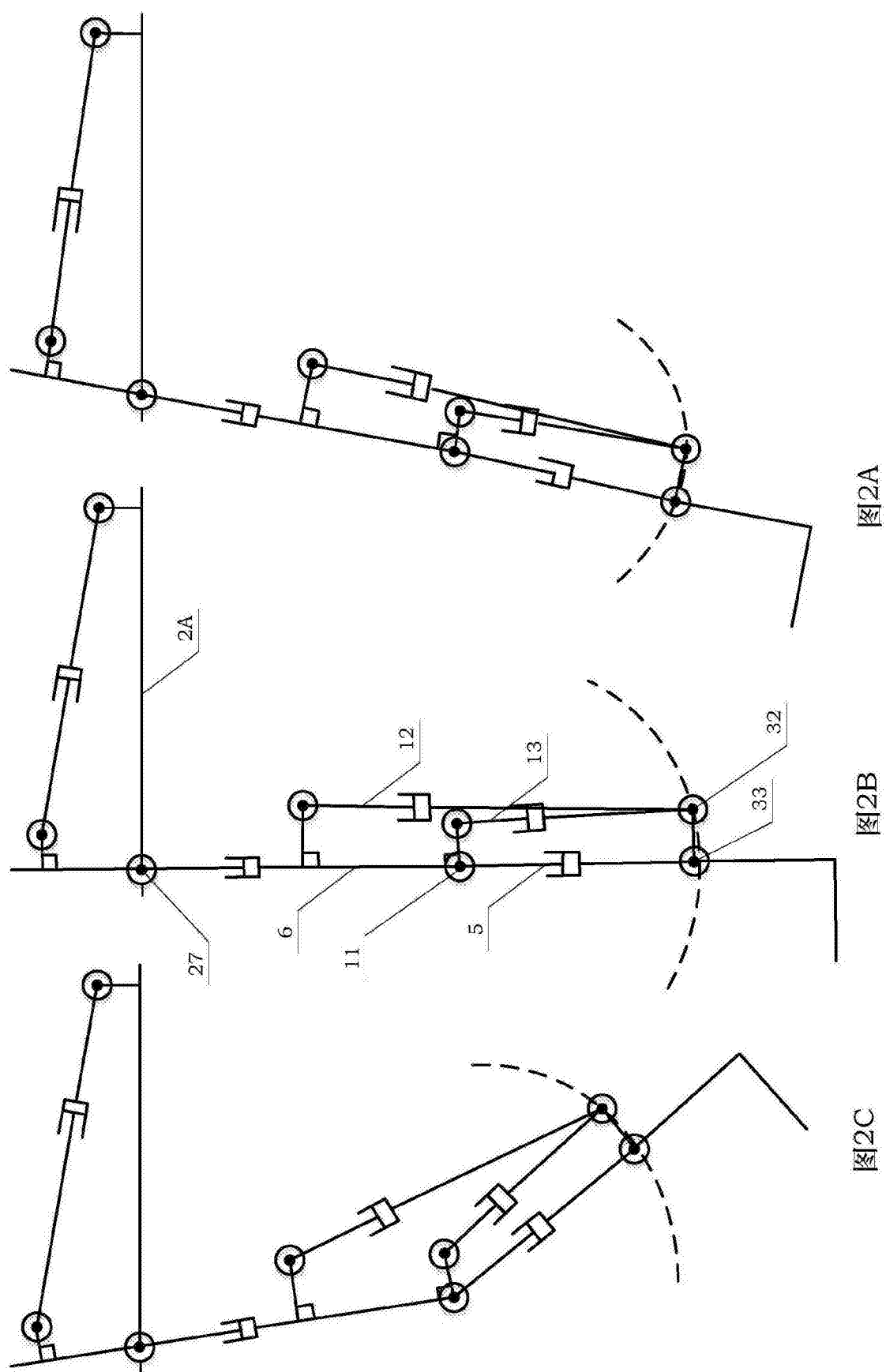


图1C



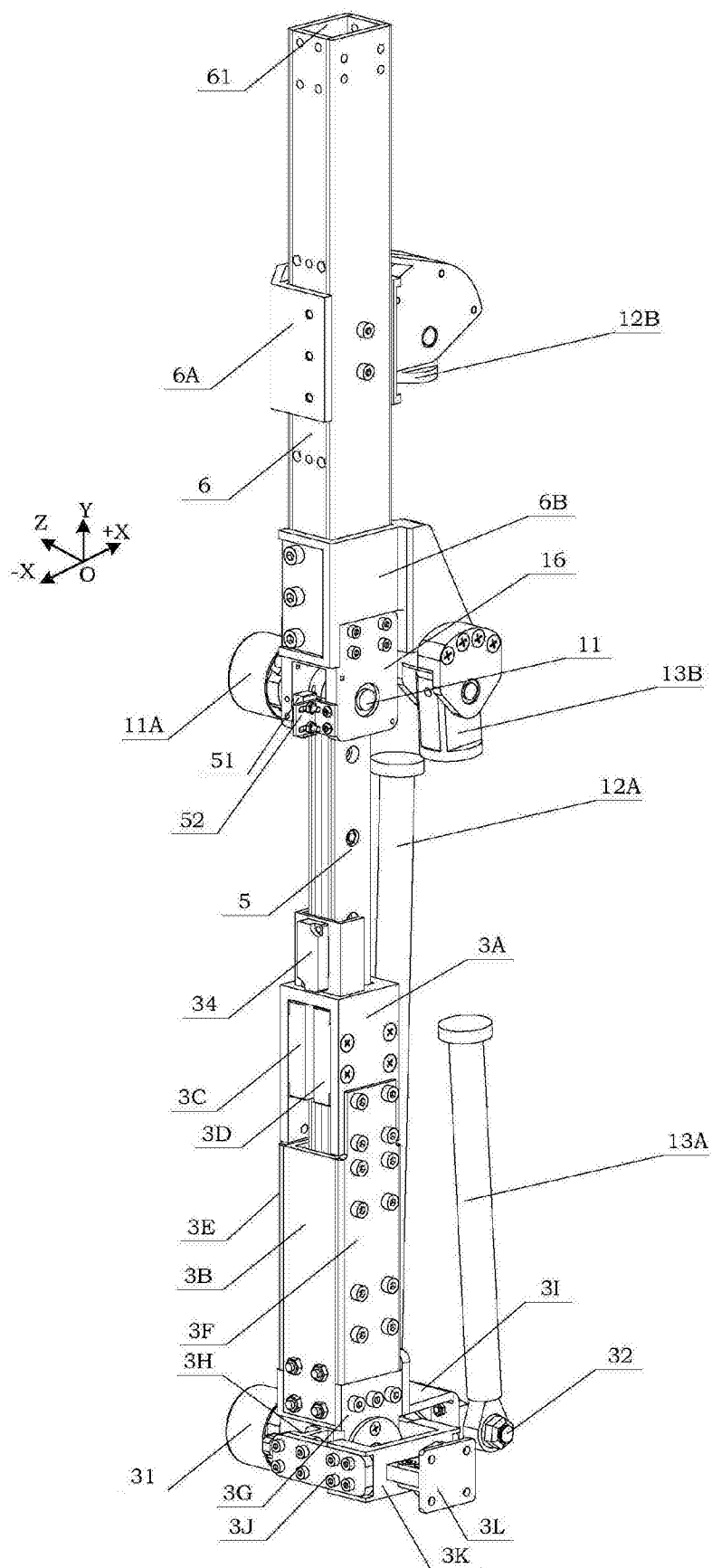


图3

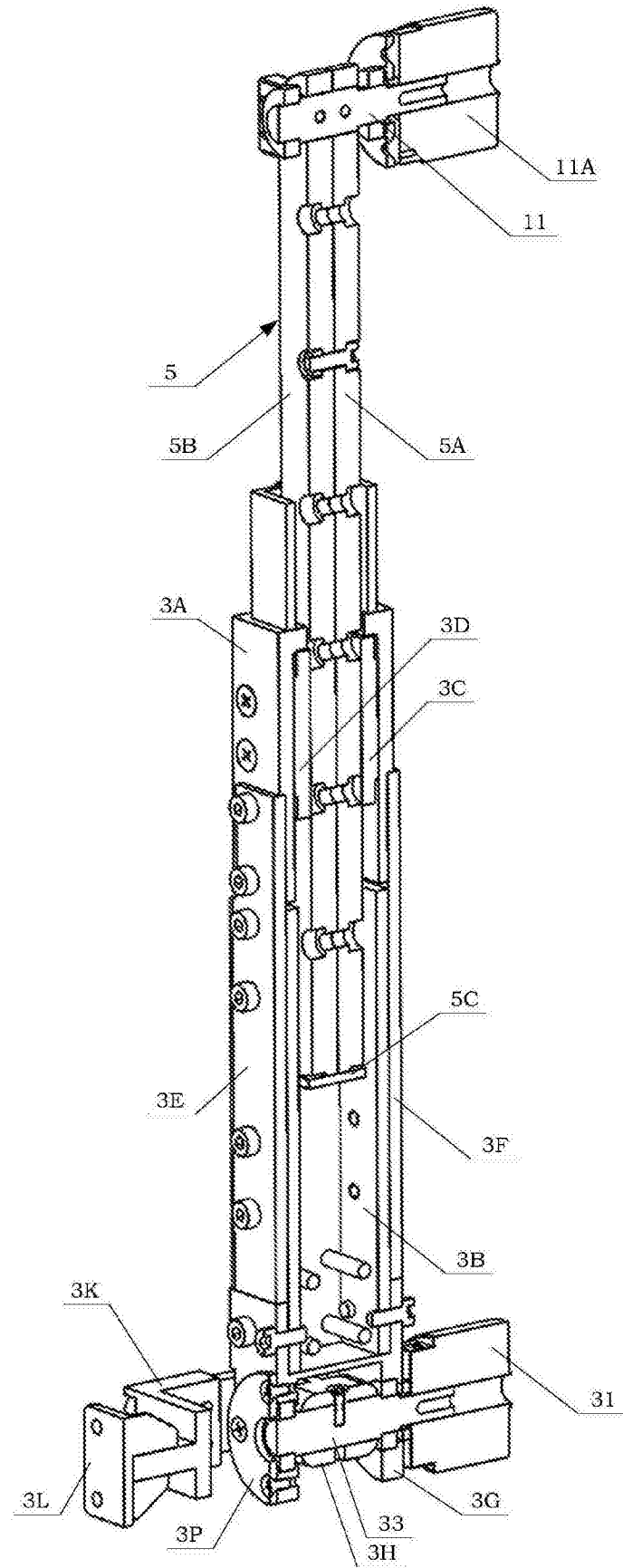


图3A

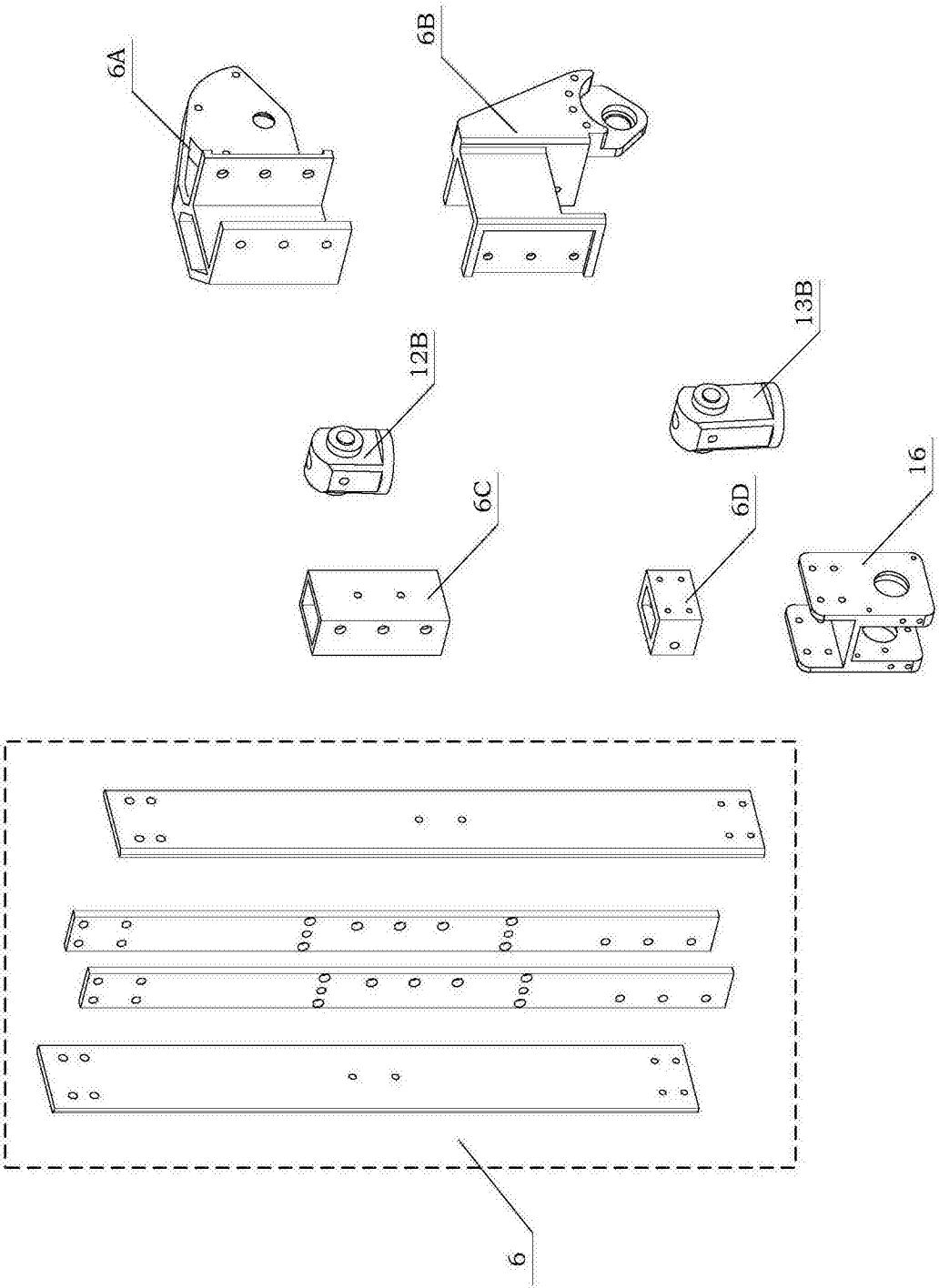


图4

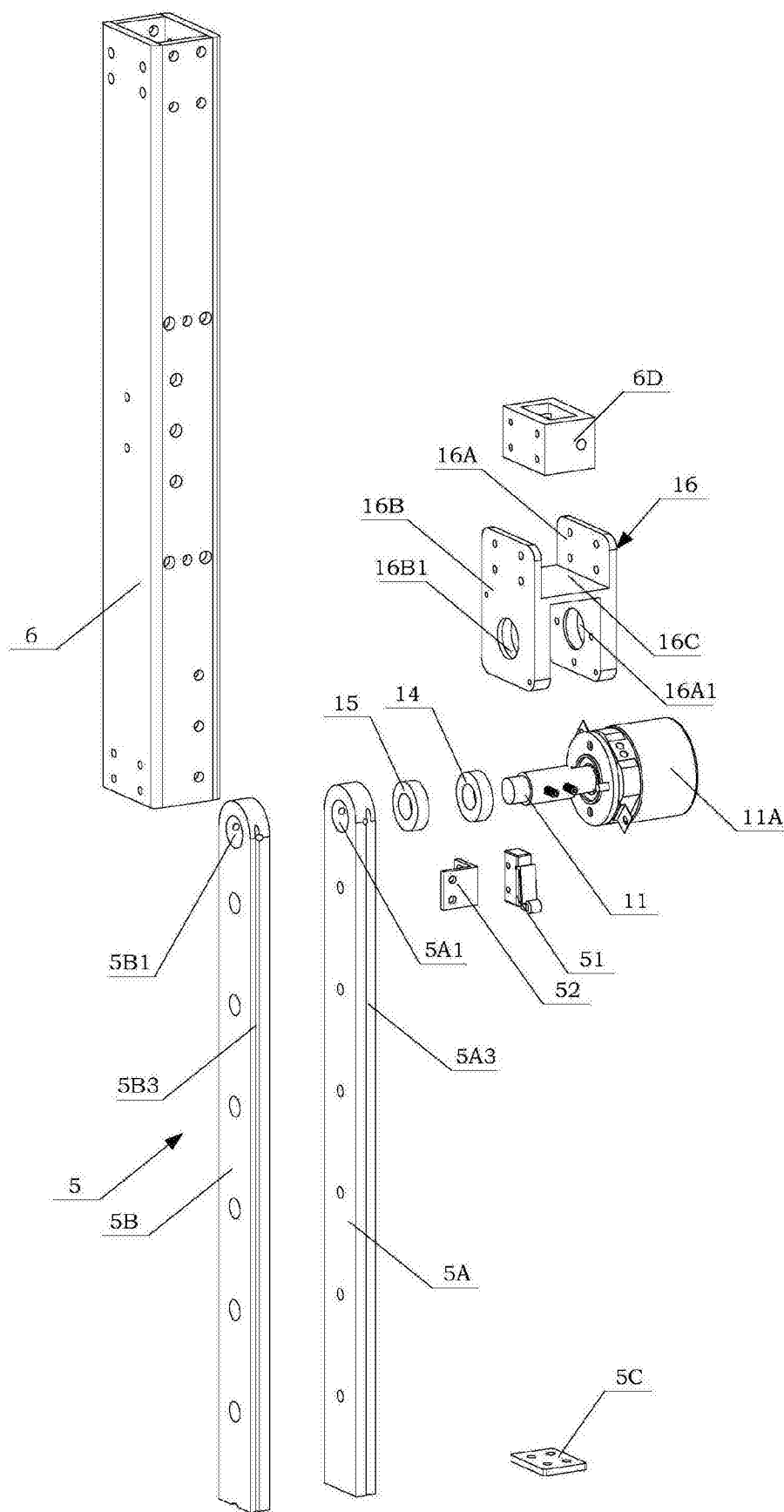


图5

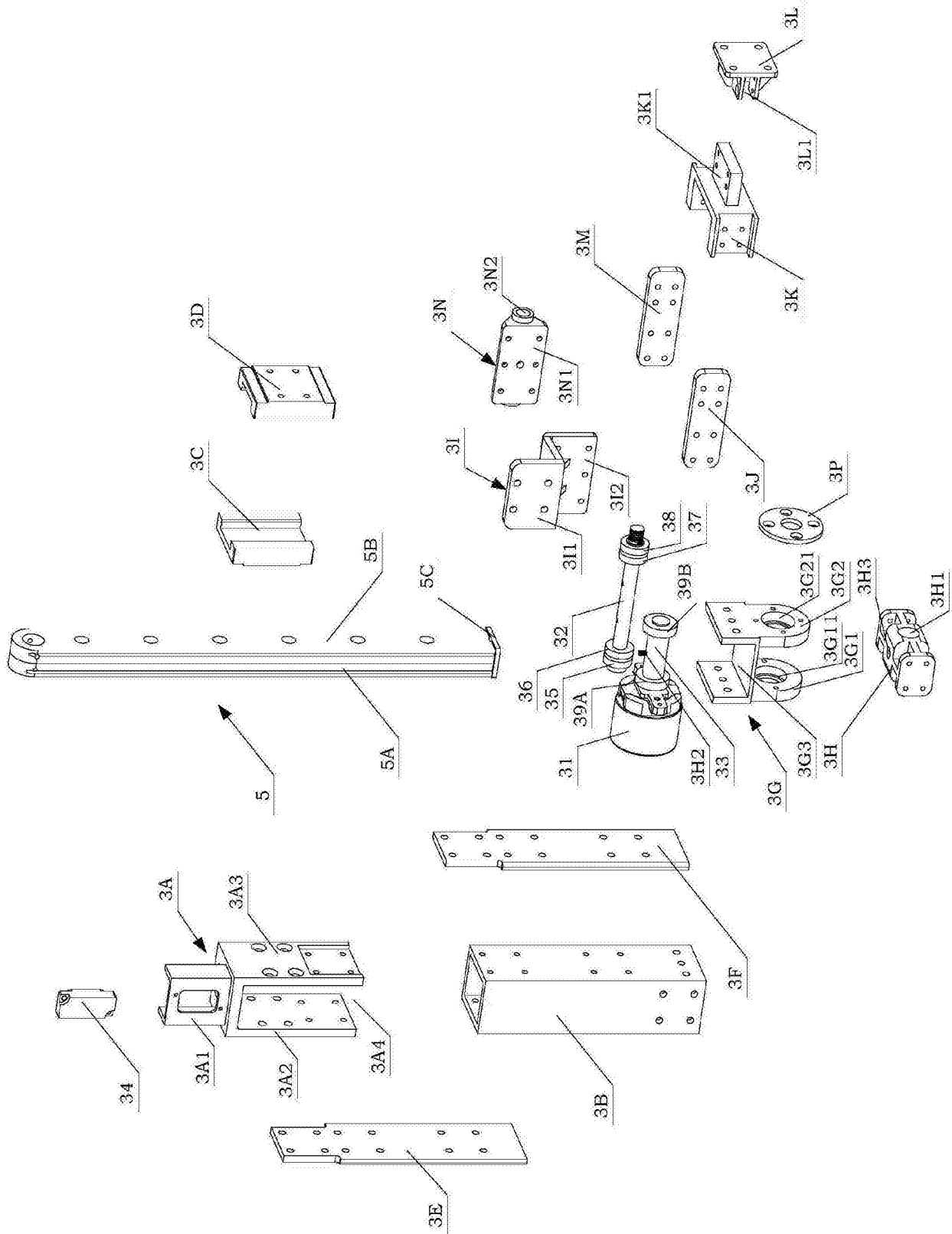


图6A

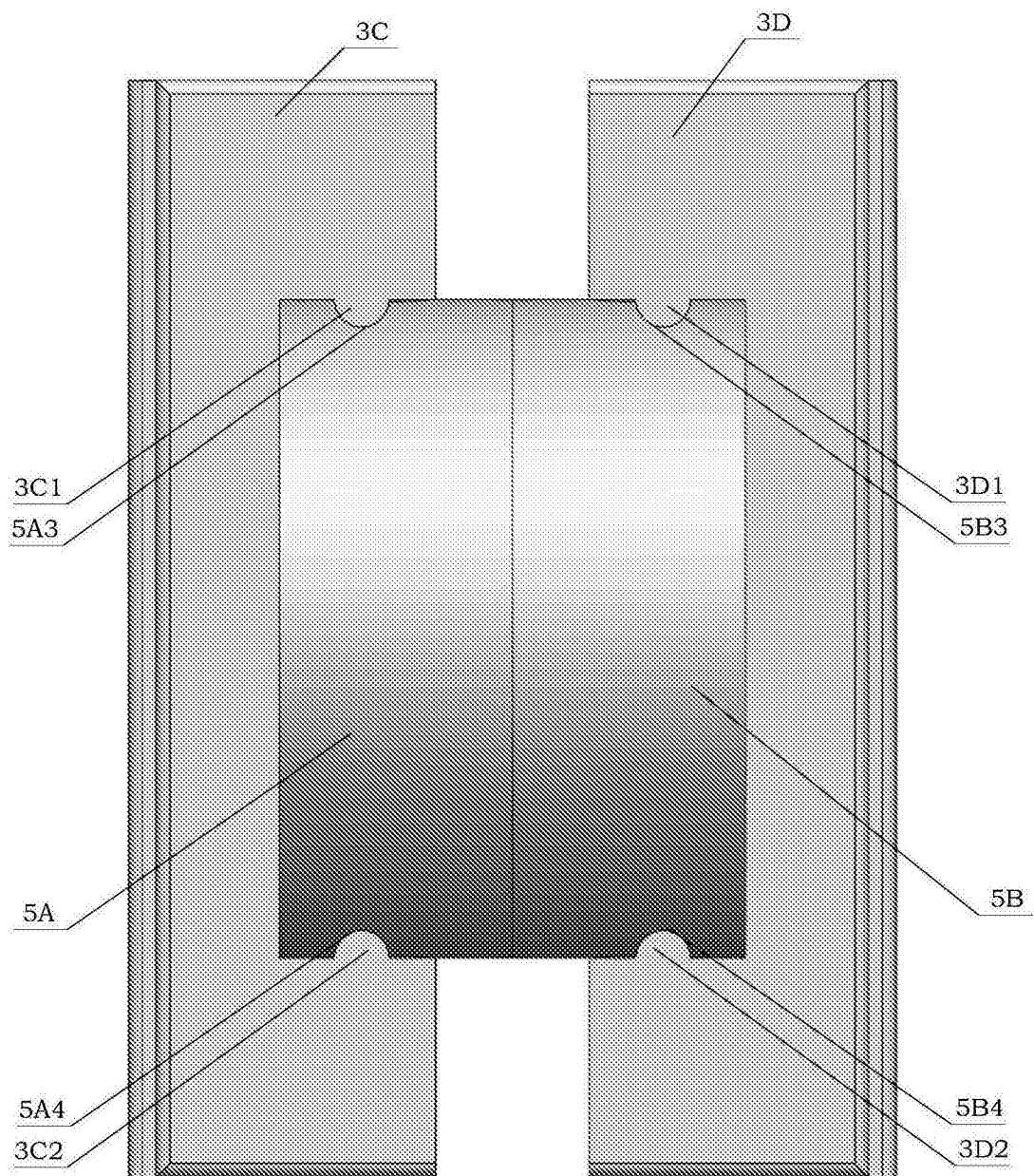


图6B

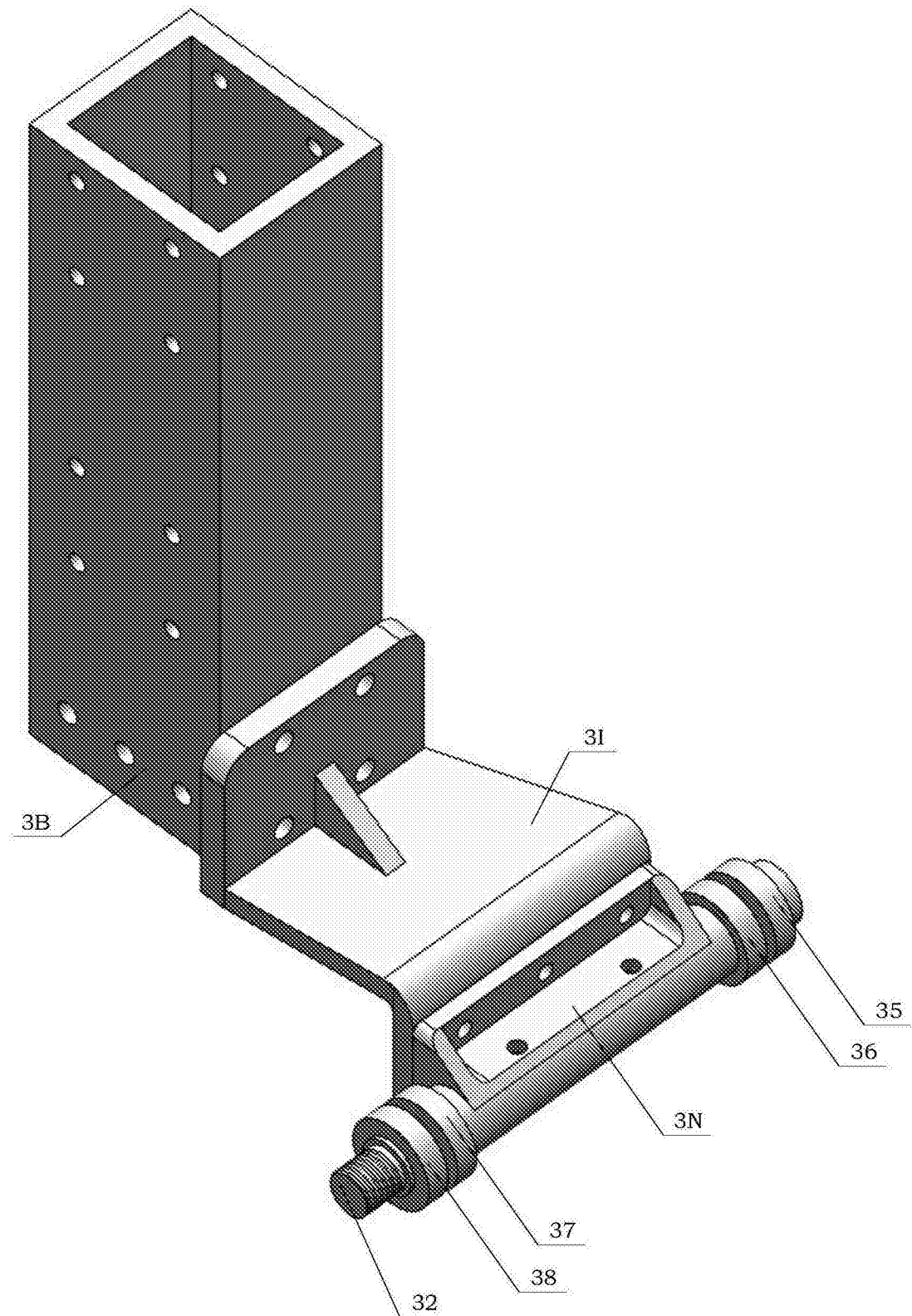


图6C