



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111150528 B

(45) 授权公告日 2021.06.25

(21) 申请号 202010080789.1

(22) 申请日 2020.02.05

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111150528 A

(43) 申请公布日 2020.05.15

(73) 专利权人 吉林大学  
地址 130012 吉林省长春市朝阳区前进大街2699号

(72) 发明人 任雷 靳剑桥 王坤阳 钱志辉  
修豪华 梁威

(74) 专利代理机构 长沙正奇专利事务所有限责任公司 43113

代理人 周晟

(51) Int. Cl.

A61F 2/66 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 205163325 U, 2016.04.20

CN 105292297 A, 2016.02.03

CN 206634094 U, 2017.11.14

CN 107536662 A, 2018.01.05

DE 656219 , 1938.01.31

US 6187052 B1, 2001.02.13

US 2006/0247794 A1, 2006.11.02

US 2012/0203359 A1, 2012.08.09

审查员 陈隽

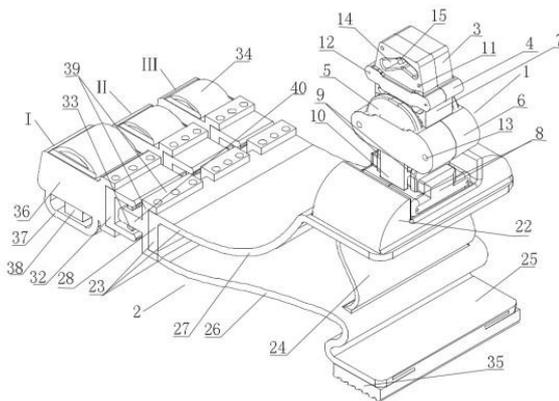
权利要求书3页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢

(57) 摘要

本发明旨在提供一种基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,包括小腿部和足部;所述的小腿部包括上壳体、上壳体连接板件、辅助跖背屈限定组件、中壳体、被动支撑及上中壳体连接件、下壳体、内外翻限定组件、被动支撑及中下壳体连接件;所述的上壳体、上壳体连接板件、辅助跖背屈限定组件、中壳体、下壳体均由硬质材料制成;所述的被动支撑及上中壳体连接件、被动支撑及中下壳体连接件均由软质材料制成。该假肢产品具有柔顺性高,自稳定、自平衡且抗冲击等特性,能够完善截肢患者的自然步态行走和提高其自身行走能量效率。



1. 一种基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,包括小腿部(1)和足部(2),其特征在于:

所述的小腿部(1)包括上壳体(3)、上壳体连接板件(4)、辅助跖背屈限定组件(5)、中壳体(6)、被动支撑及上中壳体连接件(7)、下壳体(8)、内外翻限定组件(9)、被动支撑及中下壳体连接件(10);

所述的上壳体(3)、上壳体连接板件(4)、辅助跖背屈限定组件(5)、中壳体(6)、下壳体(8)均由硬质材料制成;

所述的被动支撑及上中壳体连接件(7)、被动支撑及中下壳体连接件(9)均由弹性材料制成;

所述的上壳体(3)的下端与上壳体连接板件(4)的上端固定连接;所述的上壳体(3)为梯形体结构,梯形体的坡度仿生人体胫、腓骨组成的前后轮廓设计,上壳体(3)并排设有两块,两块上壳体(3)分别位于人体方向的左右两侧,两块上壳体(3)上设有相互对应的螺栓孔I(11),通过穿入螺栓连接;所述的上壳体连接板件(4)也对应上壳体(3)设有两块,两块上壳体连接板件(4)上设有相互对应的螺栓孔II(12),两块条形板件的上端分别与两块梯形体的下端固定连接;

所述的中壳体(6)模仿人体距骨梯度曲线结构设计,中壳体(6)并排设有两块,分别位于人体方向的左右两侧,两块中壳体(6)上设有相互对应的螺栓孔III(13),通过穿入螺栓连接;所述的辅助跖背屈限定组件(5)为弧形板,模仿人体距骨关节面曲线设置,辅助跖背屈限定组件(5)设有平行的两块,分别设于两块中壳体(6)上部,位于人体方向的左右两侧,两块辅助跖背屈限定组件(5)之间留有间距;

所述的被动支撑及上中壳体连接件(7)位于两块辅助跖背屈限定组件(5)之间;所述的被动支撑及上中壳体连接件(7)的下端从两块中壳体(6)拼接结构的上表面伸入两块中壳体(6)拼接结构内,并与其固定连接;所述的被动支撑及上中壳体连接件(7)的上端从两块上壳体连接板件(4)拼接结构的下表面伸入两块上壳体连接板件(4)拼接结构内,并与其固定连接;

所述的被动支撑及中下壳体连接件(10)的下端与下壳体(8)固定连接;所述的被动支撑及中下壳体连接件(10)的上端从两块中壳体(6)组成结构的下表面伸入两块中壳体(6)拼接结构内,并与其固定连接;

所述的下壳体(8)的上表面上,位于被动支撑及中下壳体连接件(10)连接部的前后两侧分别设有内外翻限定组件(9),限制中壳体(6)前后摆动的角度;所述的下壳体(8)与足部(2)固定连接。

2. 如权利要求1所述的基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,其特征在于:所述的上壳体连接板件(4)下表面左右两侧的中部分别靠近两块辅助跖背屈限定组件(5)的顶点,当人站立时,上壳体连接板件(4)下表面与两块辅助跖背屈限定组件(5)的顶点接触。

3. 如权利要求1所述的基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,其特征在于:所述的两块上壳体(3)上分别设有沿左右方向的通槽(14),所述的通槽(14)由两条斜槽组成,两条斜条的上端相互连接,两条斜槽内分别镶嵌有被动形变连接件(15),所述的被动形变连接件(15)由软质材料制成。

4. 如权利要求3所述的基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,其特征在在于:所述的硬质材料均为碳纤维材料。

5. 如权利要求1所述的基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,其特征在在于:所述的被动支撑及上中壳体连接件(7)包括中部连接体I(16)、支撑板I(17)和连接件(18),所述的支撑板I(17)设有两块,分别位于中部连接体I(16)的前后两侧,两块支撑板I(17)的中部通过连接件(18)与中部连接体I(16)的前后两侧面的中部固定连接;所述的中部连接体I(16)和两块支撑板I(17)的上下端分别嵌入上壳体连接板件(4)的下表面和中壳体(6)的上表面内,与它们固定连接;

所述的中部连接体I(16)为橡胶材质,所述的支撑板I(17)和连接件(18)为硅胶材质。

6. 如权利要求1所述的基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,其特征在在于:所述的被动支撑及中下壳体连接件(10)包括中部连接体II(19)、支撑板II(20)、连接条(21);所述的支撑板II(20)设有两块,分别位于中部连接体II(19)的左右两侧,所述的支撑板II(20)的两侧边中部通过连接条(21)连接,形成一个中空的框体结构;所述的中部连接体II(19)设于该框体结构内;所述的中部连接体II(19)和支撑板II(20)的上下两端分别嵌入中壳体(6)下端面和下壳体(8)上表面,与它们固定连接;

所述的中部连接体II(19)为橡胶材质,所述的支撑板II(20)和连接条(21)为硅胶材质。

7. 如权利要求1所述的基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,其特征在在于:

所述的足部(2)包括踝足部定位连接组件(22)、足弓硬质板件(23)、硬质被动形变连接件(24)、足跟部组件(25)、足趾组件;

所述的足弓硬质板件(23)包括底板(26)、脚背板(27)和连接竖板(28),所述的底板(26)模仿人体足弓部的曲面形状设计,所述的脚背板(27)模拟人体足背的曲面形状设计;所述的底板(26)和脚背板(27)的前端通过连接竖板(28)连接,底板(26)和脚背板(27)的后部通过硬质被动形变连接件(24)连接;

所述的足弓硬质板件(23)的后端底部设置足跟部组件(25),足弓硬质板件(23)的后端顶部设置踝足部定位连接组件(22),所述的踝足部定位连接组件(22)与下壳体(8)固定连接;所述的足趾组件设于足弓硬质板件(23)的前端上;

所述的踝足部定位连接组件(22)、足弓硬质板件(23)、硬质被动形变连接件(24)、足跟部组件(25)均为碳纤维材料制成。

8. 如权利要求7所述的基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,其特征在在于:

所述的踝足部定位连接组件(22)包括安装座(29)、安装槽(30)、阻挡块(31),所述的安装座(29)上表面的中部槽口处设有安装槽(30),安装座(29)的上表面上位于安装槽(30)的左右两侧分别设有阻挡块(31);所述的下壳体(8)插入安装槽(30)内,并与安装槽(30)固定连接。

9. 如权利要求7所述的基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,其特征在在于:所述的足趾组件包括第一足趾、第二足趾、第三足趾,所述的第一足趾对应人体大脚趾位置设置,所述的第二足趾对应人体的二趾和三趾位置设置,第三足趾对应人体的四趾和

五趾位置设置,所述的第一足趾的体积大于第二足趾、第三足趾的体积;

所述的第一足趾、第二足趾、第三足趾的组成结构相同,分别包括足趾弯曲固定壳体(32)、软质连接件(33)、足趾上部造型件(34)、足趾中部组件(36)、足趾底部弧形板(37)、足趾底部被动形变连接件(38)、足趾足弓连接件(39);

所述的第一足趾、第二足趾、第三足趾的足趾足弓连接件(39)依次固定设于足弓硬质板件(23)的前端上,足趾足弓连接件(39)的前端设有水平连接板(40);所述的足趾中部组件(36)的后端与足趾弯曲固定壳体(32)的前端固定连接;所述的足趾弯曲固定壳体(32)为开口向后的槽形结构,足趾弯曲固定壳体(32)的槽口套住水平连接板(40)的前端,足趾弯曲固定壳体(32)的槽口宽度大于水平连接板(40)的厚度;所述的足趾弯曲固定壳体(32)的上下两内壁上分别通过软质连接件(33)与水平连接板(40)的上下表面的前端固定连接;所述的足趾中部组件(36)的前部上表面设有足趾上部造型件(34);所述的足趾底部弧形板(37)为模仿人体足趾底部曲线结构,所述的足趾底部弧形板(37)的两端分别与足趾中部组件(36)的下表面的前后部固定连接,足趾底部弧形板(37)的上表面与足趾中部组件(36)之间设有足趾底部被动形变连接件(38);

所述的足趾弯曲固定壳体(32)、软质连接件(33)、足趾上部造型件(34)、足趾中部组件(36)、足趾底部弧形板(37)、足趾底部被动形变连接件(38)、足趾足弓连接件(39)、水平连接板(40)均为碳纤维材料制成;所述的足趾底部被动形变连接件(38)、软质连接件(33)为高弹性硅胶制成。

10.如权利要求7所述的基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,其特征在于:所述的足跟部组件(25)通过弧形连接板安装于脚背板(27)的下表面的后端,足跟部组件(25)的下表面上设置有摩擦缓震组件(35),所述的摩擦缓震组件(35)为橡胶材料制成。

## 基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢

### 技术领域

[0001] 本发明涉及踝足关节假肢领域,具体涉及一种基于刚柔耦合的仿生被动低能耗柔性踝足关节假肢。

### 背景技术

[0002] 支持人体的正常行走是下肢各关节的基本功能所在,下肢任何部位的缺失都会给截肢者的运动步态带来严重的影响。当人以较大的步行偏差姿势行走时,除了降低整体美感外,甚者更会影响人其他的正常身体机能。正因如此,下体假肢在结构的设计与生产装配过程中,应该尽量以模仿人的正常步态为首要目标。

[0003] 现阶段市面上大多数踝足关节假肢均为刚性设计,通病是自身重量过重,且结构复杂、成本花费高昂;为了克服这些缺点,柔性假肢的概念则被提出。柔性假肢归属于柔顺机构,柔顺机构可以理解为是一种传递能量或运动的机构,柔顺机构最大的益处在于可以简化整体装配、降低成本、减小摩擦与维护。

[0004] 对于传统的刚性假肢来说,其在行走时以产生弹簧的反馈响应为基础,工作原理是以牺牲人的自然行走步态为代价提供反作用力从而促使人行走。相较于刚性假肢,柔性踝足关节假肢具有的高应变性,能尽量辅助截肢者以真正的自然步态行走。

[0005] 因此,设计一种性能可靠的柔性踝足关节假肢具有重要意义。

### 发明内容

[0006] 本发明旨在提供一种基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,该假肢产品具有柔顺性高,自稳定、自平衡且抗冲击等特性,能够完善截肢患者的自然步态行走和提高其自身行走能量效率。

[0007] 本发明的技术方案如下:

[0008] 所述的基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,包括小腿部和足部;

[0009] 所述的小腿部包括上壳体、上壳体连接板件、辅助跖背屈限定组件、中壳体、被动支撑及上中壳体连接件、下壳体、内外翻限定组件、被动支撑及中下壳体连接件;

[0010] 所述的上壳体、上壳体连接板件、辅助跖背屈限定组件、中壳体、下壳体均由硬质材料制成;

[0011] 所述的被动支撑及上中壳体连接件、被动支撑及中下壳体连接件均由弹性材料制成;

[0012] 所述的上壳体的下端与上壳体连接板件的上端固定连接;所述的上壳体为梯形体结构,梯形体的坡度仿生人体胫、腓骨组成的前后轮廓设计,上壳体并排设有两块,两块上壳体分别位于人体方向的左右两侧,两块上壳体上设有相互对应的螺栓孔I,通过穿入螺栓连接;所述的上壳体连接板件也对应上壳体设有两块,两块上壳体连接板件上设有相互对应的螺栓孔II,两块条形板件的上端分别与两块梯形体的下端固定连接;

[0013] 所述的中壳体模仿人体距骨梯度曲线结构设计,中壳体并排设有两块,分别位于

人体方向的左右两侧,两块中壳体上设有相互对应的螺栓孔Ⅲ,通过穿入螺栓连接;所述的辅助跖背屈限定组件为弧形板,模仿人体距骨关节面曲线设置,辅助跖背屈限定组件设有平行的两块,分别设于两块中壳体上部,位于人体方向的左右两侧,两块辅助跖背屈限定组件之间留有间距;

[0014] 所述的被动支撑及上中壳体连接件位于两块辅助跖背屈限定组件之间;所述的被动支撑及上中壳体连接件的下端从两块中壳体拼接结构的上表面伸入两块中壳体拼接结构内,并与其固定连接;所述的被动支撑及上中壳体连接件的上端从两块上壳体连接板件拼接结构的下表面伸入两块上壳体连接板件拼接结构内,并与其固定连接;

[0015] 所述的被动支撑及中下壳体连接件的下端与下壳体固定连接;所述的被动支撑及中下壳体连接件的上端从两块中壳体组成结构的下表面伸入两块中壳体拼接结构内,并与其固定连接;

[0016] 所述的下壳体的上表面上,位于被动支撑及中下壳体连接件连接部的前后两侧分别设有内外翻限定组件,限制中壳体前后摆动的角度;所述的下壳体与足部固定连接。

[0017] 所述的上壳体连接板件下表面左右两侧的中部分别靠近两块辅助跖背屈限定组件的顶点,当人站立时,上壳体连接板件下表面与两块辅助跖背屈限定组件的顶点接触。

[0018] 所述的两块上壳体上分别设有沿左右方向的通槽,所述的通槽由两条斜槽组成,两条斜条的上端相互连接,两条斜槽内分别镶嵌有被动形变连接件,所述的被动形变连接件由软质材料制成。

[0019] 所述的硬质材料均为碳纤维材料。

[0020] 所述的被动支撑及上中壳体连接件包括中部连接体Ⅰ、支撑板Ⅰ和连接件,所述的支撑板Ⅰ设有两块,分别位于中部连接体Ⅰ的前后两侧,两块支撑板Ⅰ的中部通过连接件与中部连接体Ⅰ的前后两侧面的中部固定连接;所述的中部连接体Ⅰ和两块支撑板Ⅰ的上下端分别嵌入上壳体连接板件的下表面和中壳体的上表面内,与它们固定连接;

[0021] 所述的中部连接体Ⅰ为橡胶材质,所述的支撑板Ⅰ和连接件为硅胶材质。

[0022] 所述的被动支撑及中下壳体连接件包括中部连接体Ⅱ、支撑板Ⅱ、连接条;所述的支撑板Ⅱ设有两块,分别位于中部连接体Ⅱ的左右两侧,所述的支撑板Ⅱ的两侧边中部通过连接条连接,形成一个中空的框体结构;所述的中部连接体Ⅱ设于该框体结构内;所述的中部连接体Ⅱ和支撑板Ⅱ的上下两端分别嵌入中壳体下端面和下壳体上表面,与它们固定连接;

[0023] 所述的中部连接体Ⅱ为橡胶材质,所述的支撑板Ⅱ和连接条为硅胶材质。

[0024] 所述的足部包括踝足部定位连接组件、足弓硬质板件、硬质被动形变连接件、足跟部组件、足趾组件;

[0025] 所述的足弓硬质板件包括底板、脚背板和连接竖板,所述的底板模仿人体足弓部的曲面形状设计,所述的脚背板模拟人体足背的曲面形状设计;所述的底板和脚背板的前端通过连接竖板连接,底板和脚背板的后部通过硬质被动形变连接件连接;

[0026] 所述的足弓硬质板件的后端底部设置足跟部组件,足弓硬质板件的后端顶部设置踝足部定位连接组件,所述的踝足部定位连接组件与下壳体固定连接;所述的足趾组件设于足弓硬质板件的前端上;

[0027] 所述的踝足部定位连接组件、足弓硬质板件、硬质被动形变连接件、足跟部组件均

为碳纤维材料制成。

[0028] 所述的踝足部定位连接组件包括安装座、安装槽、阻挡块,所述的安装座上表面的中部槽口处设有安装槽,安装座的上表面上位于安装槽的左右两侧分别设有阻挡块;所述的下壳体插入安装槽内,并与安装槽固定连接。

[0029] 所述的足趾组件包括第一足趾、第二足趾、第三足趾,所述的第一足趾对应人体大脚趾位置设置,所述的第二足趾对应人体的二趾和三趾位置设置,第三足趾对应人体的四趾和五趾位置设置,所述的第一足趾的体积大于第二足趾、第三足趾的体积;

[0030] 所述的第一足趾、第二足趾、第三足趾的组成结构相同,分别包括足趾弯曲固定壳体、软质连接件、足趾上部造型件、足趾中部组件、足趾底部弧形板、足趾底部被动形变连接件、足趾足弓连接件;

[0031] 所述的第一足趾、第二足趾、第三足趾的足趾足弓连接件依次固定设于足弓硬质板件的前端上,足趾足弓连接件的前端设有水平连接板;所述的足趾中部组件的后端与足趾弯曲固定壳体的前端固定连接;所述的足趾弯曲固定壳体为开口向后的槽形结构,足趾弯曲固定壳体的槽口套住水平连接板的前端,足趾弯曲固定壳体的槽口宽度大于水平连接板的厚度;所述的足趾弯曲固定壳体的上下两内壁上分别通过软质连接件与水平连接板的上下表面的前端固定连接;所述的足趾中部组件的前部上表面设有足趾上部造型件;所述的足趾底部弧形板为模仿人体足趾底部曲线结构,所述的足趾底部弧形板的两端分别与足趾中部组件的下表面的前后部固定连接,足趾底部弧形板的上表面与足趾中部组件之间设有足趾底部被动形变连接件;

[0032] 所述的足趾弯曲固定壳体、软质连接件、足趾上部造型件、足趾中部组件、足趾底部弧形板、足趾底部被动形变连接件、足趾足弓连接件、水平连接板均为碳纤维材料制成;所述的足趾底部被动形变连接件、软质连接件为高弹性硅胶制成。

[0033] 所述的足跟部组件通过弧形连接板安装于的脚背板的下表面的后端,足跟部组件的下表面上设置有摩擦缓震组件,所述的摩擦缓震组件为橡胶材料制成。

[0034] 本发明的有益效果如下:

[0035] 本发明通过刚柔耦合的方式设计出一款足踝假肢,因为现今市面上众多的假肢均为刚性假肢,成本较贵且重量较重,不符合人正常的步态力学特性,因此采用刚柔耦合方式的假肢不但在重量上拥有明显的优势,其相对低的成本以及易于维护的机构设计也能给使用者带来更佳的经验。

[0036] 本发明的主要思想是仿生,尽可能的还原人体的诸多自然特性并将其运用在假肢的设计中,包括距骨关节面的模仿(这种距骨关节面的模仿更有助于辅助人的跖屈与背屈运动状态),以及人足部自适应路面重要的内、外翻运动实现。本发明另一个仿生优势是在脚趾关节部位加上了柔性材质,这样有助于在趾尖离地的运动步态期能为人体带来一定的弹性助力反馈。

[0037] 由于现有的假肢足部多为一整块碳纤维足板,少数才有二分趾结构,不能很好地实现人体的生物力学特性。因此本发明积极地贴合人足式样,设计出人体足部脚趾的三分趾样式,最大程度上还原人体力学特性及自然的行走步态。

[0038] 本发明的各个组件,软硬结合,搭配合理,不同位置部件拥有不同的软硬区域,这种方式相较于纯机械机构的假肢设计,不但重量减轻,更有益于维修与维护,同时成本也大

幅下降。柔性材料的选用更能实现人对路面信息反馈的实时掌握,具有更高的灵活性。在本发明中,足跟部的可拆换组件便于使用者能根据不同路况条件进行积极地自我调适,使得人与机构的交互更为直接便利。

## 附图说明

[0039] 图1为本发明实施例提供的整体结构示意图。

[0040] 图2为本发明实施例提供的踝足部定位连接组件的结构示意图。

[0041] 图3为本发明实施例提供的小腿部的剖视图。

[0042] 图4为本发明实施例提供的被动支撑及中下壳体连接件的正视图。

[0043] 图5为本发明实施例提供的足趾组件的侧视图。

[0044] 图中各部分名称及序号如下:

[0045] 1-小腿,2-足部,3-上壳体,4-上壳体连接板件,5-辅助跖背屈限定组件,6-中壳体,7-被动支撑及上中壳体连接件,8-下壳体,9-内外翻限定组件,10-被动支撑及中下壳体连接件,11-螺栓孔I,12-螺栓孔II,13-螺栓孔III,14-通槽,15-被动形变连接件,16-中部连接件I,17-支撑板I,18-连接件,19-中部连接II,20-支撑板II,21-连接条,22-踝足部定位连接组件,23-足弓硬质板件,24-硬质被动形变连接件,25-足跟部组件,26-底板,27-脚背板,28-连接竖板,29-安装座,30-安装槽,31-阻挡块,32-足趾弯曲固定壳体,33-软质连接件,34-足趾上部造型件,35-摩擦缓震组件,36-足趾中部组件,37-足趾底部弧形板,38-足趾底部被动形变连接件,39-足趾足弓连接件,40-水平连接板;

[0046] I-第一足趾,II-第二足趾,III-第三足趾。

## 具体实施方式

[0047] 下面结合附图和实施例具体说明本发明。

[0048] 实施例1

[0049] 所述的基于刚柔耦合的仿生被动柔性低能耗踝足关节假肢,包括小腿部1和足部2;

[0050] 所述的小腿部1包括上壳体3、上壳体连接板件4、辅助跖背屈限定组件5、中壳体6、被动支撑及上中壳体连接件7、下壳体8、内外翻限定组件9、被动支撑及中下壳体连接件10;

[0051] 所述的上壳体3、上壳体连接板件4、辅助跖背屈限定组件5、中壳体6、下壳体8均由硬质材料制成;

[0052] 所述的被动支撑及上中壳体连接件7、被动支撑及中下壳体连接件9均由弹性材料制成;

[0053] 所述的上壳体3的下端与上壳体连接板件4的上端固定连接;所述的上壳体3为梯形体结构,梯形体的坡度仿生人体胫、腓骨组成的前后轮廓设计,上壳体3并排设有两块,两块上壳体3分别位于人体方向的左右两侧,两块上壳体3上设有相互对应的螺栓孔I11,通过穿入螺栓连接;所述的上壳体连接板件4也对应上壳体3设有两块,两块上壳体连接板件4上设有相互对应的螺栓孔II12,两块条形板件的上端分别与两块梯形体的下端固定连接;

[0054] 所述的中壳体6模仿人体距骨梯度曲线结构设计,中壳体6并排设有两块,分别位于人体方向的左右两侧,两块中壳体6上设有相互对应的螺栓孔III13,通过穿入螺栓连接;

所述的辅助跖背屈限定组件5为弧形板,模仿人体距骨关节面曲线设置,辅助跖背屈限定组件5设有平行的两块,分别设于两块中壳体6上部,位于人体方向的左右两侧,两块辅助跖背屈限定组件5之间留有间距;

[0055] 所述的被动支撑及上中壳体连接件7位于两块辅助跖背屈限定组件5之间;所述的被动支撑及上中壳体连接件7的下端从两块中壳体6拼接结构的上表面伸入两块中壳体6拼接结构内,并与其固定连接;所述的被动支撑及上中壳体连接件7的上端从两块上壳体连接板件4拼接结构的下表面伸入两块上壳体连接板件4拼接结构内,并与其固定连接;

[0056] 所述的被动支撑及中下壳体连接件10的下端与下壳体8固定连接;所述的被动支撑及中下壳体连接件10的上端从两块中壳体6组成结构的下表面伸入两块中壳体6拼接结构内,并与其固定连接;

[0057] 所述的下壳体8的上表面上,位于被动支撑及中下壳体连接件10连接部的前后两侧分别设有内外翻限定组件9,限制中壳体6前后摆动的角度;所述的下壳体8与足部2固定连接。

[0058] 所述的上壳体连接板件4下表面左右两侧的中部分别靠近两块辅助跖背屈限定组件5的顶点,当人站立时,上壳体连接板件4下表面与两块辅助跖背屈限定组件5的顶点接触。

[0059] 所述的两块上壳体3上分别设有沿左右方向的通槽14,所述的通槽14由两条斜槽组成,两条斜条的上端相互连接,两条斜槽内分别镶嵌有被动形变连接件15,所述的被动形变连接件15由软质材料制成。

[0060] 所述的硬质材料均为碳纤维材料。

[0061] 所述的被动支撑及上中壳体连接件7包括中部连接体I16、支撑板I17和连接件18,所述的支撑板I17设有两块,分别位于中部连接体I16的前后两侧,两块支撑板I17的中部通过连接件18与中部连接体I16的前后两侧面的中部固定连接;所述的中部连接体I16和两块支撑板I17的上下端分别嵌入上壳体连接板件4的下表面和中壳体6的上表面内,与它们固定连接;

[0062] 所述的中部连接体I16为橡胶材质,所述的支撑板I17和连接件18为硅胶材质。

[0063] 所述的被动支撑及中下壳体连接件10包括中部连接体II19、支撑板II20、连接条21;所述的支撑板II20设有两块,分别位于中部连接体II19的左右两侧,所述的支撑板II20的两侧边中部通过连接条21连接,形成一个中空的框体结构;所述的中部连接体II19设于该框体结构内;所述的中部连接体II19和支撑板II20的上下两端分别嵌入中壳体6下端面和下壳体8上表面,与它们固定连接;

[0064] 所述的中部连接体II19为橡胶材质,所述的支撑板II20和连接条21为硅胶材质。

[0065] 所述的足部2包括踝足部定位连接组件22、足弓硬质板件23、硬质被动形变连接件24、足跟部组件25、足趾组件;

[0066] 所述的足弓硬质板件23包括底板26、脚背板27和连接竖板28,所述的底板26模仿人体足弓部的曲面形状设计,所述的脚背板27模拟人体足背的曲面形状设计;所述的底板26和脚背板27的前端通过连接竖板28连接,底板26和脚背板27的后部通过硬质被动形变连接件24连接;

[0067] 所述的足弓硬质板件23的后端底部设置足跟部组件25,足弓硬质板件23的后端顶

部设置踝足部定位连接组件22,所述的踝足部定位连接组件22与下壳体8固定连接;所述的足趾组件设于足弓硬质板件23的前端上;

[0068] 所述的踝足部定位连接组件22、足弓硬质板件23、硬质被动形变连接件24、足跟部组件25均为碳纤维材料制成。

[0069] 所述的踝足部定位连接组件22包括安装座29、安装槽30、阻挡块31,所述的安装座29上表面的中部槽口处设有安装槽30,安装座29的上表面上位于安装槽30的左右两侧分别设有阻挡块31;所述的下壳体8插入安装槽30内,并与安装槽30固定连接。

[0070] 所述的足趾组件包括第一足趾、第二足趾、第三足趾,所述的第一足趾对应人体大脚趾位置设置,所述的第二足趾对应人体的二趾和三趾位置设置,第三足趾对应人体的四趾和五趾位置设置,所述的第一足趾的体积大于第二足趾、第三足趾的体积;

[0071] 所述的第一足趾、第二足趾、第三足趾的组成结构相同,分别包括足趾弯曲固定壳体32、软质连接件33、足趾上部造型件34、足趾中部组件36、足趾底部弧形板37、足趾底部被动形变连接件38、足趾足弓连接件39;

[0072] 所述的第一足趾、第二足趾、第三足趾的足趾足弓连接件39依次固定设于足弓硬质板件23的前端上,足趾足弓连接件39的前端设有水平连接板40;所述的足趾中部组件36的后端与足趾弯曲固定壳体32的前端固定连接;所述的足趾弯曲固定壳体32为开口向后的槽形结构,足趾弯曲固定壳体32的槽口套住水平连接板40的前端,足趾弯曲固定壳体32的槽口宽度大于水平连接板40的厚度;所述的足趾弯曲固定壳体32的上下两内壁上分别通过软质连接件33与水平连接板40的上下表面的前端固定连接;所述的足趾中部组件36的前部上表面设有足趾上部造型件34;所述的足趾底部弧形板37为模仿人体足趾底部曲线结构,所述的足趾底部弧形板37的两端分别与足趾中部组件36的下表面的前后部固定连接,足趾底部弧形板37的上表面与足趾中部组件36之间设有足趾底部被动形变连接件38;

[0073] 所述的足趾弯曲固定壳体32、软质连接件33、足趾上部造型件34、足趾中部组件36、足趾底部弧形板37、足趾底部被动形变连接件38、足趾足弓连接件39、水平连接板40均为碳纤维材料制成;所述的足趾底部被动形变连接件38、软质连接件33为高弹性硅胶制成。

[0074] 所述的足跟部组件25通过弧形连接板安装于脚背板27的下表面的后端,足跟部组件25的下表面上设置有摩擦缓震组件35,所述的摩擦缓震组件35为橡胶材料制成。

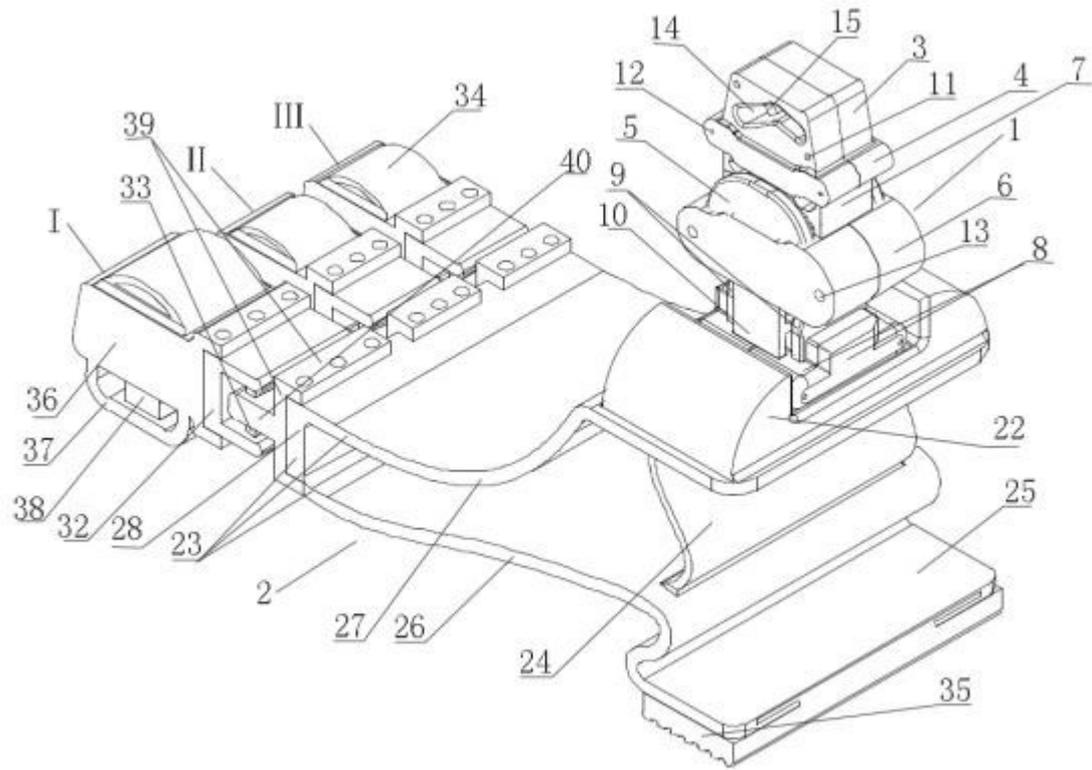


图1

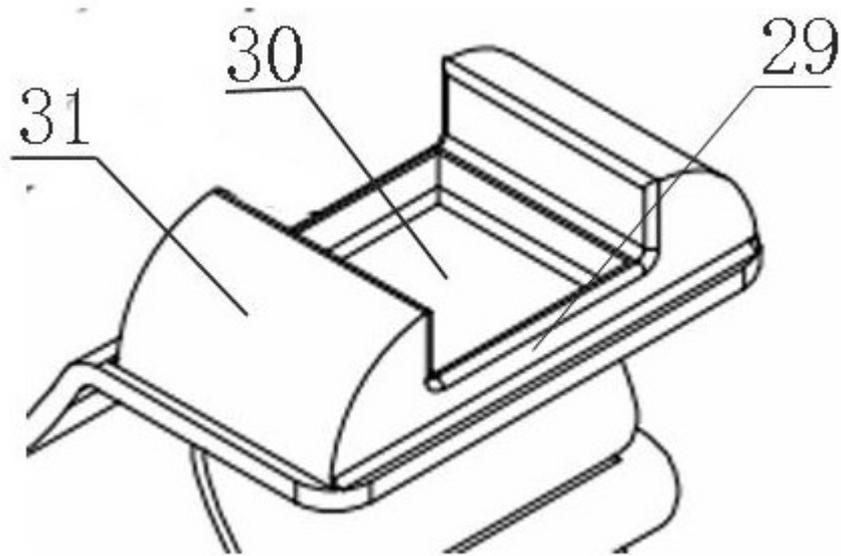


图2

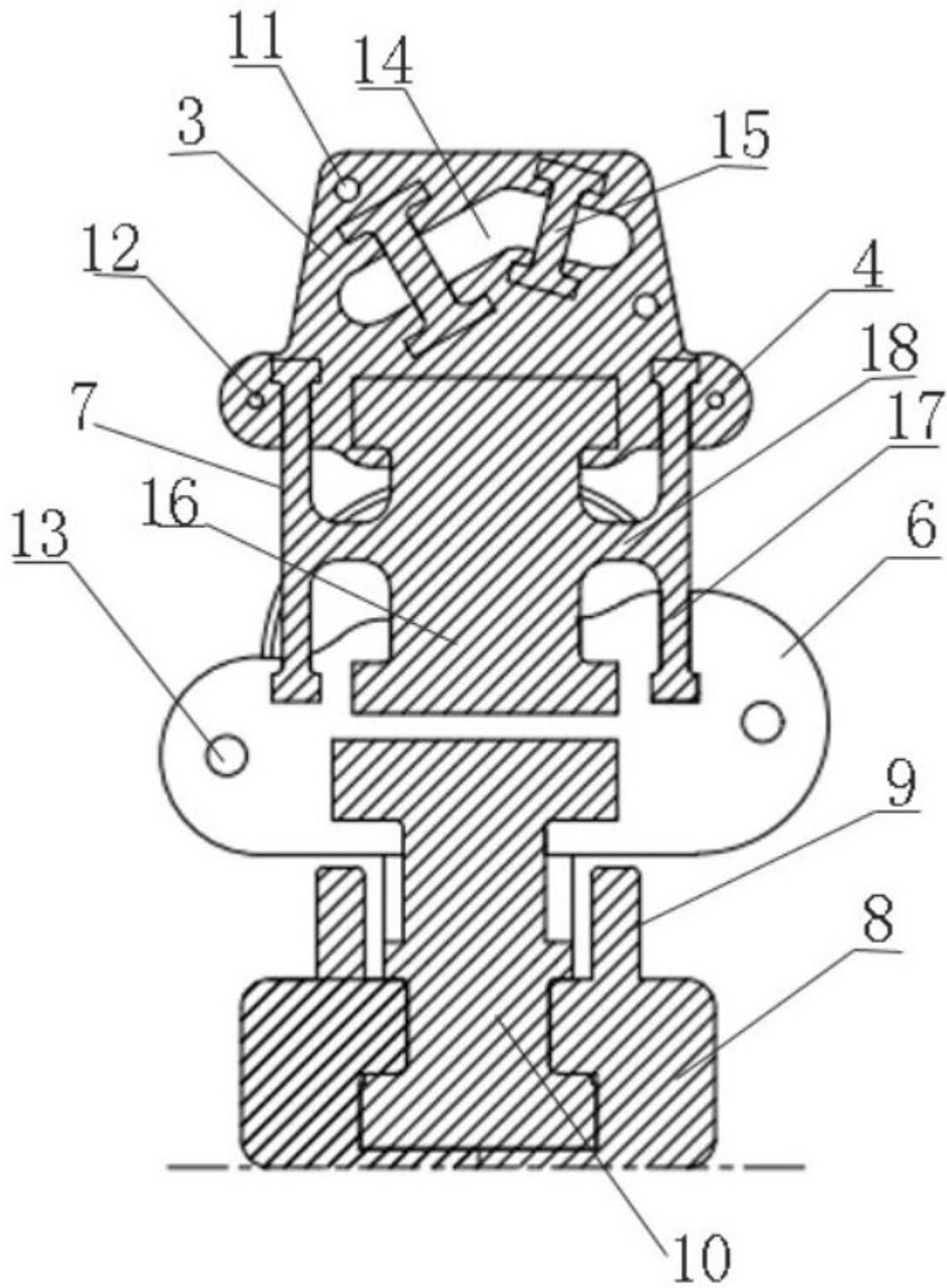


图3

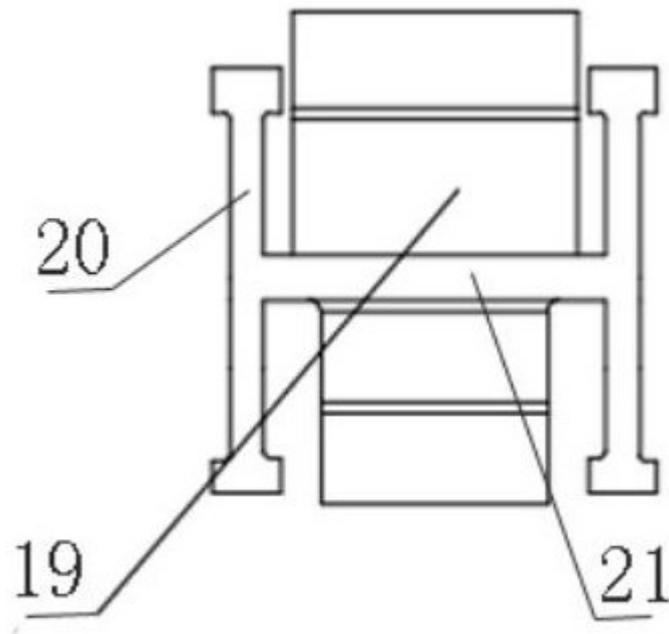


图4

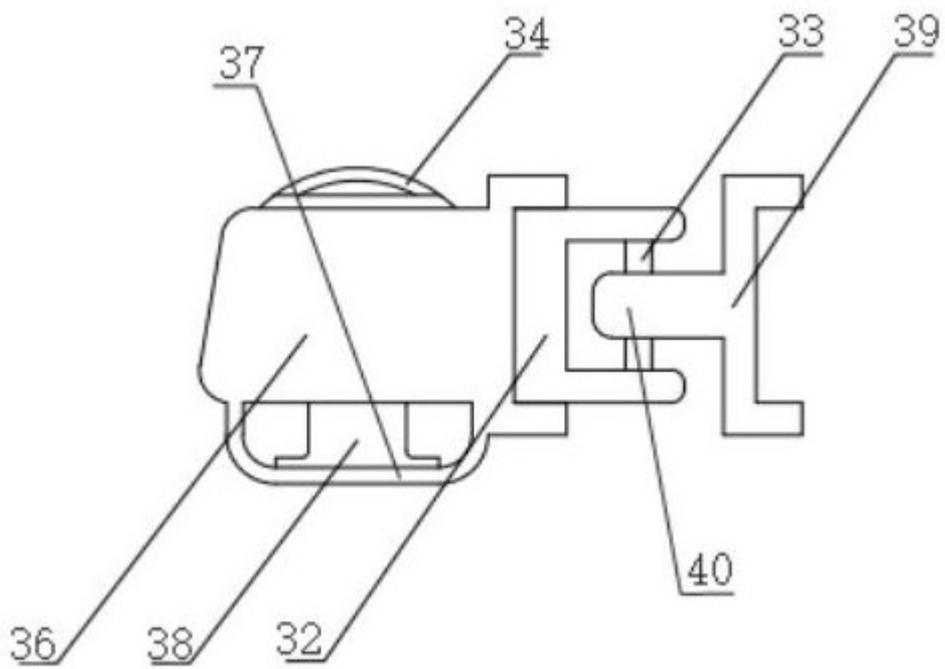


图5