

## (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2021年11月25日(25.11.2021)



(10) 国际公布号  
**WO 2021/232605 A1**

(51) 国际专利分类号:  
*A61B 34/30* (2016.01)    *A61B 17/88* (2006.01)  
*A61B 17/58* (2006.01)    *B25J 9/16* (2006.01)  
*A61B 17/56* (2006.01)    *B25J 11/00* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/111417

(22) 国际申请日: 2020年8月26日(26.08.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:  
202010421526.2    2020年5月18日(18.05.2020)    CN

(71) 申请人: 天津大学(TIANJIN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国天津市津南区海河教育园雅观路135号北洋园校区, Tianjin 300350 (CN)。

(72) 发明人: 孙涛(SUN, Tao); 中国天津市津南区海河教育园雅观路135号北洋园校区, Tianjin 300350 (CN)。 贺志远(HE, Zhiyuan); 中国天津市津南区海河教育园雅观路135号北洋园校区, Tianjin 300350 (CN)。 王攀峰(WANG, Panfeng); 中国天

津市津南区海河教育园雅观路135号北洋园校区, Tianjin 300350 (CN)。 连宾宾(LIAN, Binbin); 中国天津市津南区海河教育园雅观路135号北洋园校区, Tianjin 300350 (CN)。 宋轶民(SONG, Yimin); 中国天津市津南区海河教育园雅观路135号北洋园校区, Tianjin 300350 (CN)。

(74) 代理人: 天津市北洋有限责任专利代理事务所(BEI & OCEAN); 中国天津市南开区鞍山道282号启航大厦1210室, Tianjin 300073 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: WEARABLE FRACTURE REDUCTION AND REHABILITATION INTEGRATED ROBOT

(54) 发明名称: 可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人

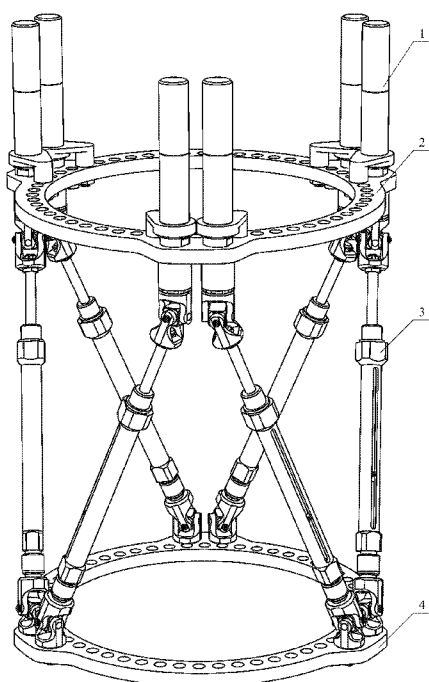


图1

(57) Abstract: A wearable fracture reduction and rehabilitation integrated robot, comprising a proximal ring (2), a distal ring (4), six active branch chains (3), an electric motor driving device (1) and a manual driving device (5), wherein the six active branch chains (3) are divided into two groups, and each active branch chain (3) is composed of a platform connecting sleeve (8), a sliding bearing (15), a bearing locking nut (9), a proximal hook hinge (10), a middle moving pair (11), a sleeve (12), a force sensor (13) and a distal hook hinge (14); and one end of each active branch chain (3) is connected to the proximal ring (2) by means of a connecting sleeve fixing member (16), the other end of each active branch chain is connected to the distal ring (4) by means of a nut, and each active branch chain (3) is connected to the driving device by means of a D-shaped shaft sleeve (25). The integrated robot has electric-manual dual-mode drive, and the active branch chains (3) can be quickly replaced during and after an operation; and the body structure has the characteristics of being light in weight and high in rigidity, has a compact layout, a light structure and a strong wearability, can achieve the integration of fracture reduction and rehabilitation, and can provide a hardware basis for achieving accurate minimally invasive, safe and controllable fracture treatment.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

---

(57) 摘要: 可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人, 包括近端环(2)、远端环(4)、六条主动支链(3)、电机驱动装置(1)以及手动驱动装置(5), 六条主动支链(3)分为两组, 每条主动支链(3)由平台连接套(8)、滑动轴承(15)、轴承锁紧螺母(9)、近端虎克铰链(10)、中间移动副(11)、套筒(12)、力传感器(13)以及远端虎克铰链(14)构成; 主动支链(3)的一端通过连接套固定件(16)与近端环(2)连接, 另一端通过螺母与远端环(4)连接, 每条主动支链(3)均通过D型轴套(25)与驱动装置连接; 一体化机器人具有电动-手动双模式驱动且主动支链(3)在术中和术后可快速替换, 同时本体结构具有轻质高刚度的特性, 布局紧凑、结构轻便、可穿戴性强, 可实现骨折复位与康复一体化, 可为实现精准微创安全可控的骨折治疗提供硬件基础。

## 可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人

### 技术领域

本发明涉及医疗器械，尤其涉及一种可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人。

### 5 背景技术

传统骨折手术受制于医师经验和术中设备，存在手术风险高，创伤大、复杂术式难普及等不足，易发生复位不精准、二次感染等风险。

可穿戴式骨科医疗机器人利用螺纹半针或克氏针稳定地将断骨与机器人远、近端环相固定，通过调节机器人远、近端环的空间相对位姿去调整骨折断端，实现精准、微创的骨折治疗。然而，目前大部分可穿戴式骨科医疗机器人主要存在以下不足：1) 驱动模式单一。如专利 CN101847182A 所述六自由度并联机器人可实现长骨骨折复位，但其驱动模式单一且不可拆除，一定程度上增加了患者负担，给日常生活带来不便。2) 支链不可替换。如专利 CN106361441A 所述的从手复位机器人可实现股骨干骨折复位操作，然而其机器人支链结构不可拆换，无法满足特殊骨折类型需替换支链的使用需求。3) 整体结构笨重不紧凑，可穿戴性差。如专利 CN101474090A 所述的穿戴式辅助接骨并联机器人可同时进行骨折整形复位与固定，但驱动与传动结构笨重，整体布置形式不紧凑，不适宜患者在日常活动过程中长期使用，可穿戴性较差。4) 仅针对骨折复位，尚未涉及骨折康复环节。如专利 CN103462674A 所述的长骨复位机器人可实现长骨骨折复位，但缺乏对机器人受力信息的实时监测，难以判断骨愈合程度，进而合理指导康复训练。

20

### 发明内容

本发明的目的在于克服现有技术的不足，提供具有电动-手动双模式且支链可替换，轻质高刚度、可穿戴性强和骨折复位与康复一体化的骨科医疗机器人，以期实现精准微创安全可控的骨折治疗。

25 本发明的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人，包括近端环和设置在近端环下方的

远端环，所述的近端环和远端环通过六条主动支链连接，所述近端环和远端环均包括环形体且均为中心对称结构，在所述的近端环和远端环的环形体上每隔  $120^\circ$  的外缘向外突出形成凸缘，在每一个凸缘处均沿竖直方向开有两个用于连接主动支链的外圈安装孔，在所述的近端环和远端环上分别沿圆周方向均匀间隔开有多个轴线沿竖直方向设置的内圈圆孔；

所述六条主动支链结构完全相同，并且六条主动支链根据与近端环对称中心线夹角的不同分为两组，两组主动支链与近端环对称中心线的夹角大小相等方向相反，每组所述主动支链均以近端环对称中心线为中心轴在空间上均匀分布；

一端与近端环上的任意一组外圈安装孔的两个外圈安装孔相连的两个主动支链的另一端与远端环上的两组外圈安装孔中的两个彼此相邻的外圈安装孔相连；

每条所述主动支链均包括平台连接套，所述的平台连接套包括上下一体同轴线设置的下环形柱体和上环形柱体，在所述的下环形柱体和上环形柱体变径处沿水平方向设置有一个支撑臂，在所述的支撑臂上设置有轴线沿竖直方向设置的定向轴，所述的平台连接套的上环形柱体插入近端环的一个外圈安装孔内，所述的上环形柱体通过设置在上环形柱体外壁上的外螺纹与连接套固定件上的中心螺纹通孔螺纹连接，所述的连接套固定件压紧设置在近端环顶壁上，所述定向轴插入近端环内圈圆孔内，限制所述平台连接套轴向转动；

近端虎克铰链和远端虎克铰链包括中心十字结构，所述的中心十字结构包括虎克铰链中心块，在所述的虎克铰链中心块的中间沿十字交叉方向分别开有第一通孔和第二通孔，一根长轴与所述的第一通孔转动连接，一根双头螺柱依次穿过第一短轴上的轴向通孔，并在长轴径向中部的径向通孔以及第二短轴上的轴向通孔，所述的第一短轴和第二短轴分别与第二通孔转动配合，所述的第一短轴、第二短轴的外端分别插入 U 形第二连接座的左右连接臂的通孔内，所述的第一短轴、第二短轴与第二连接座的左右连接臂的通孔转动配合，且通过与双头螺柱两端螺纹连接的螺母和垫片将第一短轴、第二短轴压紧在第一长轴的侧壁上，所述的长轴的两端分别插入 U 形第一连接座的左右连接臂的通孔内，所述的长轴与第一连接座的左右连接臂的通孔转动配合，所述的近端虎克铰链的第一连接座的顶壁为环

形壁；

在所述的近端虎克铰链的第一连接座的顶面的中心固定有一根轴杆，所述的轴杆的下部为圆柱轴段，中部为螺纹轴段且上部为D形轴段，所述的轴杆从下至上依次穿过轴承锁紧螺母的中心孔以及滑动轴承的中心螺纹通孔，所述的轴杆中部的螺纹轴段与滑动轴承的中心螺纹孔螺纹连接固定，所述的轴承锁紧螺母套在圆柱轴段且轴承锁紧螺母的中心孔直径大于轴杆下部圆柱轴段的直径；

所述轴承锁紧螺母和滑动轴承嵌入平台连接套的下环形柱体的中心孔设置且所述的轴承锁紧螺母通过设置在轴承锁紧螺母外壁上的外螺纹与下环形柱体中心孔上的内螺纹连接固定，所述滑动轴承和下环形柱体的中心孔之间转动配合，一个D形轴套的下端穿过平台连接套的上环形柱体的中心孔并紧密套在轴杆上部的D形轴段上，所述的D形轴套与平台连接套的上环形柱体的中心孔间隙配合；

一个中间移动副包括丝杠或滚珠丝杠和通过丝杠副连接在丝杠或滚珠丝杠上的法兰螺母，所述的丝杠或滚珠丝杠的一端与开在近端虎克铰链上的第二连接座的底面中间的螺纹孔螺纹连接并通过螺母固定，在所述的法兰螺母上螺纹连接有套筒，在所述的套筒的侧壁上沿套筒轴线方向开有滑槽，在所述的丝杠或滚珠丝杠的另一端连接有指示杆，所述的指示杆插入滑槽且能够沿滑槽移动，在所述的套筒外壁上标有刻度，通过指示杆读取主动支链的当前长度，所述套筒下端设置有套筒螺纹孔，所述的套筒螺纹孔与设置在力传感器上端的上螺纹轴螺纹连接，设置在所述的力传感器下端的下螺纹轴与开在远端虎克铰链的第二连接座的顶面中间的螺纹孔螺纹接，设置在所述远端虎克铰链的第一连接座底面中间的螺纹杆插入远端环上的外圈安装孔内并通过螺母锁紧固定在远端环上；每条所述主动支链均与驱动装置连接，所述的驱动装置的转动输出端插入D型轴套的上端D型孔中且两者紧密配合，带动D型轴套转动。

本发明的有益效果是：

1、采用电动-手动双模式驱动：电动模式满足骨折手术沿预定轨迹高精度复位的需求，

术后切换为手动模式，在减轻患者负重和经济负担的同时使得机器人具有更好的便携性，更有利于患者的日常行动；

2、机器人支链在术中和术后可快速替换，满足了特殊骨折类型的使用需求，进一步扩大了机器人的适用范围；

5 3、借助六自由度并联机构的优点和轻质材料的引入，机器人本体结构具有轻质高刚度的特性，同时采用驱动虎克铰链的方式，使得机器人支链结构轻便具有极好的可穿戴性；

4、可实现骨折复位与康复一体化：首先机器人可按规划轨迹实现高精度的骨折复位过程，其次通过对末端位姿的微调，可对骨折断端施加应力刺激以促进骨愈合过程，利用力传感器检测支链力的变化，可为整个过程提供实时监测，从而实现准确安全的骨折康  
10 复过程。

## 附图说明

图 1 是本发明的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人在电动模式下的结构示意图；

图 2 是本发明的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人在手动模式下的结构示意图；

15 图 3 是本发明的第一主动支链的结构示意图；

图 4 (a) 是本发明的第一主动支链的滑动轴承安装时的示意图；

图 4 (b) 是本发明的第一主动支链的平台连接套 1/4 剖的结构示意图；

图 5 是本发明的主动支链安装时的示意图；

图 6 (a) 是本发明的机器人主动支链的虎克铰链中心十字的结构示意图；

20 图 6 (b) 是本发明的机器人主动支链的虎克铰链中心十字 1/4 剖的结构示意图；

图 7 (a) 是本发明的机器人在电机拆除时的示意图；

图 7 (b) 是本发明的机器人在手动模式切换时的示意图。

## 具体实施方式

25 下面对本发明具体实施方式作进一步详细地描述。

为能进一步了解本发明的发明内容、特点及效果，兹例举以下实施例，并配合附图详细说明如下：

如附图 1 至 2 所示，本发明的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人，包括近端环 2 和设置在近端环下方的远端环 4，所述的近端环 2 和远端环 4 通过六条主动支链 3 连接。

5 所述近端环 2 和远端环 4 均包括环形体且均为中心对称结构，在所述的近端环 2 和远端环 4 的环形体上每隔  $120^{\circ}$  的外缘向外突出形成凸缘，在每一个凸缘处均沿竖直方向开有两个用于连接主动支链 3 的外圈安装孔。所述近端环 2 和远端环 4 可以是全环或呈  $2/3$  个整圆的开口环（即一个  $120^{\circ}$  的开口，呈 C 字型，不一定非要是闭合的），其采用轻质材料（如碳纤维等）加工制造。在所述的近端环 2 和远端环 4 上分别沿圆周方向均匀间隔  
10 开有多个轴线沿竖直方向设置的内圈圆孔。

所述六条主动支链 3 结构完全相同，并且六条主动支链 3 根据与近端环对称中心线 a 夹角的不同分为两组，两组主动支链 3 与近端环对称中心线 a 的夹角大小相等方向相反。每组所述主动支链 3 均以近端环对称中心线 a 为中心轴在空间上均匀分布。

15 一端与近端环上的任意一组外圈安装孔的两个外圈安装孔相连的两个主动支链 3 的另一端与远端环上的两组外圈安装孔中的两个彼此相邻的外圈安装孔相连。

如附图 3 至 5 所示，每条所述主动支链 3 均包括平台连接套 8，所述的平台连接套 8 包括上下一体同轴线设置的下环形柱体和上环形柱体，在所述的下环形柱体和上环形柱体变径处沿水平方向设置有一个支撑臂，在所述的支撑臂上设置有轴线沿竖直方向设置的定向轴，所述的平台连接套 8 的上环形柱体插入近端环 2 的一个外圈安装孔内，所述的上环形柱体通过设置在上环形柱体 8 外壁上的外螺纹与连接套固定件 16 上的中心螺纹通孔螺  
20 纹连接，所述的连接套固定件 16 压紧设置在近端环 2 顶壁上。由所述连接套固定件 16 通过螺纹连接使其与近端环 2 轴向固定，所述定向轴插入近端环 2 内圈圆孔内，限制所述平台连接套 8 轴向转动。

25 所述的平台连接套 8 和所述的连接套固定件 16 均采用轻质材料（如 7075 铝等）加工制造。

优选的，在所述的连接套固定件 16 左右侧壁设置有两个对称平行的平面，便于扳手夹持。

如附图 6 所示，近端虎克铰链 10 和远端虎克铰链 14 包括中心十字结构 17，所述的中心十字结构 17 包括虎克铰链中心块 22，在所述的虎克铰链中心块 22 的中间沿十字交叉方向分别开有第一通孔和第二通孔，一根长轴 18 与所述的第一通孔转动连接，一根双头螺柱 21 依次穿过第一短轴 19 上的轴向通孔，并在长轴径向中部的径向通孔以及第二短轴 20 上的轴向通孔，所述的第一短轴 19 和第二短轴 20 分别与第二通孔转动配合。所述的第一短轴 19、第二短轴 20 的外端分别插入 U 形第二连接座的左右连接臂的通孔内，所述的第一短轴 19、第二短轴 20 与第二连接座的左右连接臂的通孔转动配合，且通过与双头螺柱 21 两端螺纹连接的螺母和垫片将第一短轴 19、第二短轴 20 压紧在第一长轴 18 的侧壁上。所述的长轴 18 的两端分别插入 U 形第一连接座的左右连接臂的通孔内，所述的长轴与第一连接座的左右连接臂的通孔转动配合。所述的双头螺柱 21 以及两端连接的垫片和螺母限制第一短轴 19、第二短轴 20 和长轴 18 从第一连接座和第二连接座中掉出。所述的近端虎克铰链 10 的第一连接座的顶壁为环形壁。

所述的近端虎克铰链 10 和所述的远端虎克铰链 14 均采用轻质材料（如 7075 铝等）加工制造。

优选的，所述第一短轴 19 和第二短轴 20 的轴向通孔的外侧部分为内螺纹孔，在拆除所述双头螺柱 21 两端的普通垫片和螺母以及双头螺柱 21 后，可利用与内螺纹孔配合的普通螺栓等工具旋入并将其拔出，短轴拔出之后，整个虎克铰就可以分成两半了，这样就实现了虎克铰的简单拆卸，从而可实现不同型号的主动支链 3 的替换。

在所述的近端虎克铰链 10 的第一连接座的顶面的中心固定有一根轴杆，所述的轴杆的下部为圆柱轴段，中部为螺纹轴段且上部为 D 形轴段，所述的轴杆从下至上依次穿过轴承锁紧螺母 9 的中心孔以及滑动轴承 15 的中心螺纹通孔，所述的轴杆中部的螺纹轴段与滑动轴承 15 的中心螺纹孔螺纹连接固定，所述的轴承锁紧螺母 9 套在圆柱轴段且轴承锁紧螺母 9 的中心孔直径大于轴杆下部圆柱轴段的直径，轴承锁紧螺母用来限制滑动轴承



15 掉出来。

所述轴承锁紧螺母 9 和滑动轴承 15 嵌入平台连接套 8 的下环形柱体的中心孔设置且所述的轴承锁紧螺母 9 通过设置在轴承锁紧螺母 9 外壁上的外螺纹与下环形柱体中心孔上的内螺纹螺纹连接固定，对所述滑动轴承 15 进行轴向限位。所述滑动轴承 15 和下环形柱体的中心孔之间转动配合，一个 D 形轴套 25 的下端穿过平台连接套 8 的上环形柱体的中心孔并紧密套在轴杆上部的 D 形轴段上。所述的 D 形轴套 25 在平台连接套 8 的上环形柱体的中心孔内但无接触，为间隙配合。

所述的轴承锁紧螺母 9 和所述的滑动轴承 15 均采用轻质材料（如 7075 铝等）加工制造。

10 一个中间移动副 11 包括丝杠或滚珠丝杠和通过丝杠副连接在丝杠或滚珠丝杠上的法兰螺母。所述的丝杠或滚珠丝杠的一端与开在近端虎克铰链 10 上的第二连接座的底面中间的螺纹孔螺纹连接并通过螺母固定。在所述的法兰螺母上螺纹连接有套筒 12，在所述的套筒 12 的侧壁上沿套筒轴线方向开有滑槽，在所述的丝杠或滚珠丝杠的另一端连接有指示杆，所述的指示杆插入滑槽且能够沿滑槽移动。在所述的套筒 12 外壁上标有刻度，  
15 通过指示杆读取主动支链 3 的当前长度。中间移动副 11 的丝杠或滚珠丝杠旋转，借助丝杠副或滚珠丝杠副的原理，将所述驱动装置输出的旋转运动转变为所述中间移动副 11 中法兰螺母的直线运动。所述套筒 12 下端设置有套筒螺纹孔，所述的套筒螺纹孔与设置在力传感器 13 上端的上螺纹轴螺纹连接，设置在所述的力传感器 13 下端的下螺纹轴与开在远端虎克铰链 14 的第二连接座的顶面中间的螺纹孔螺纹接。设置在所述远端虎克铰链 14  
20 的第一连接座底面中间的螺纹杆插入远端环 4 上的外圈安装孔内并通过螺母锁紧固定在远端环 4 上。

所述的套筒 12 采用轻质材料（如 7075 铝等）加工制造。

每条所述主动支链 3 均与驱动装置连接，所述的驱动装置的转动输出端插入 D 型轴套 25 的上端 D 型孔中且两者紧密配合，带动 D 型轴套 25 转动，所述近端虎克铰链 10 在电  
25 动驱动装置 1 或手动驱动装置 5 作用下相对所述平台连接套 8 自由转动。

如附图 7a 所示, 所述的驱动装置为电机驱动装置 1, 在电动模式下, 所述的电机驱动装置 1 包括电机, 一个电机 23 通过螺栓与电机-平台转接头 24 连接固定。在所述电机-平台转接头 24 的底壁的一侧固定有带有外螺纹的下端轴段, 所述的下端轴段插入近端环 2 内圈圆孔并通过螺母与近端环 2 连接固定。所述电机 23 的输出轴为 D 型输出轴, 所述的 D 型输出轴插入 D 型轴套 25 的上端 D 型孔中且两者紧密配合。在所述电机 23 驱动下, 所述电机的 D 型输出轴旋转, 通过 D 型轴套 25 带动整个近端虎克铰链 10 和与之螺纹连接的丝杠或滚珠丝杠旋转, 借助丝杠副或滚珠丝杠副的原理, 所述的法兰螺母和与之螺纹连接的套筒 12 将沿所述的丝杠或滚珠丝杠的轴线方向直线移动, 实现所述法兰螺母和套筒 12 相对于所述近端虎克铰链 10 位置的调节, 从而实现所述主动支链 3 长度的调节, 六条所述主动支链 3 相互配合, 实现所述远端环 4 相对于所述近端环 2 的空间 6 自由度运动。

所述近端虎克铰链 10 可相对平台连接套 8 转动。所述电机-平台转接头 24 和所述 D 形轴套 25 均采用轻质材料 (如 7075 铝等) 加工制造。

如附图 7b 所示, 所述的驱动装置为手动驱动装置 5, 在手动模式下, 所述的手动驱动装置 5 包括手动-平台转接头 31, 手动-平台转接头 31 的底壁的一侧固定有带有外螺纹的下端轴段, 所述的下端轴段插入近端环 2 内圈圆孔并通过螺母与近端环 2 连接固定。在所述的手动-平台转接头 31 的顶壁上设置有平台转接头环形凸台, 手动旋转轴 30 从上至下依次设置有旋转轴环形凸台、圆柱面轴段和 D 形轴段, 所述手动-平台转接头 31 上开有与平台转接头环形凸台同轴线设置的通孔, 所述手动旋转轴 30 下端 D 形轴段穿过平台转接头环形凸台的环形孔和手动-平台转接头 31 通孔插入 D 形轴套 25 的上端 D 型孔中且两者紧密配合, 所述手动旋转轴 30 的圆柱面轴段与平台转接头环形凸台的环形孔间隙配合, 可自由转动, 所述的旋转轴环形凸台支撑在平台转接头环形凸台上且两者外径相同。

所述手动-平台转接头 31 和所述手动旋转轴 30 均采用轻质材料 (如 7075 铝等) 加工制造。

进一步, 因为电机只有轴在转动, 所以电机机体是可以直接通过螺栓与电机-平台转接头 24 连接固定。而这里手动旋转轴 30 是需要旋转的, 所以它只是插入到手动-平台转

接头 31 的通孔中，然后借助第一锁紧夹 7 将两者进行锁紧（图 7b）。手动驱动装置 5 包括第一锁紧夹 7。

所述第一锁紧夹 7 包括锁紧环 27，所述锁紧环 27 为开口环状结构且由两半组成，两半开口环的对接处通过沿竖直方向设置的转轴能够转动连接，在所述的锁紧环 27 开口处延伸设置有吊耳结构。锁紧夹螺栓 28 一端穿过锁紧环 27 的吊耳孔且与锁紧夹螺母 26 螺纹连接，所述锁紧夹螺栓 28 另一端通过轴线与锁紧环 27 轴线平行设置的圆柱销与锁紧夹扳手 29 的一端转动连接。所述第一锁紧夹 7 用于箍套在平台转接头环形凸台和旋转轴环形凸台外壁上且通过转动锁紧夹扳手 29 使得锁紧夹扳手能够贴附在锁紧环 27 外壁上。

所述的第一锁紧夹 7 采用轻质材料（如 7075 铝等）加工制造。

所述第一锁紧夹 7 对手动旋转轴 30 和手动-平台转接头 31 进行锁紧，限制所述手动旋转轴 30 相对所述手动-平台转接头 31 的转动。所述手动旋转轴 30 顶部有内六角孔，可利用内六角扳手等工具手动驱动所述近端虎克铰链 10 相对所述平台连接套 8 转动。在手动模式下，通过所述手动旋转轴 30 和所述手动-平台转接头 31 分别代替电动模式下所述电机 23 和所述电机-平台转接头 24，可实现电动模式到手动模式的切换，且这一过程是可逆的。

在电动模式转换为手动模式时，需要对近端虎克铰链 10 和平台连接套 8 进行锁紧，限制所述近端虎克铰链 10 相对平台连接套 8 的转动。转动限定装置可以采用现有装置，也可以采用与第一锁紧夹 7 结构相同的第二锁紧夹 6，所述的锁紧环 27 用于箍套在近端虎克铰链 10 的第一连接座的环形壁和平台连接套 8 的下环形柱体上且通过转动锁紧夹扳手 29 使得锁紧夹扳手能够贴附在锁紧环 27 外壁上，所述近端虎克铰链 10 的第一连接座的环形壁外径和平台连接套 8 的下环形柱体的外径相同，以保证第二锁紧夹 6 的锁紧效果（这两个件的直径跟锁紧夹的锁紧环内径一样，才有更好地锁紧效果），在电动-手动模式转换完成后，所述第二锁紧夹 6 拆除。

在电动模式切换到手动模式时，为避免在拆除电机驱动装置 1 过程中，近端虎克铰链 10 转动造成所述主动支链 3 长度的变化，需先用所述第二锁紧夹 6 将所述近端虎克铰链

10 和所述平台连接套 8 锁紧。锁紧时，先将所述锁紧环 27 套入近端虎克铰链 10 和平台连接套 8 之间，再将所述锁紧夹螺栓 28 一端穿过锁紧环 27 的吊耳孔，再用所述锁紧夹螺母 26 预紧，然后将所述锁紧夹扳手 29 合上，利用所述锁紧夹扳手 29 的偏心结构使所述锁紧环 27 开口收缩，从而紧紧夹紧所述近端虎克铰链 10 和平台连接套 8。在电动和手动  
5 两种模式下，所述驱动装置（包括电动模式下的电机驱动装置 1 和手动模式下的手动驱动装置 5）均通过所述近端虎克铰链 10 带动所述中间移动副 11 的丝杠或滚珠丝杠旋转，借助丝杠副或滚珠丝杠副的原理，将所述驱动装置输出的旋转运动转变为所述中间移动副 11 中法兰螺母和与之螺纹连接的套筒 12 沿所述的丝杠或滚珠丝杠的轴线方向的直线运动，实现所述法兰螺母和套筒 12 相对于所述近端虎克铰链 10 位置的调节，进而实现对所述主  
10 动支链 3 长度的调整。通过改变六条所述主动支链 3 的长度，可实现所述远端环 4 相对所述近端环 2 的空间六自由度运动。

在骨折复位手术过程中，先利用螺纹半针或克氏针将断骨两端分别与所述远端环 4 和所述近端环 2 固接，再借助现有医学手段或参考专利 CN109009376A 和 CN108742804A 中所述的位姿识别及复位方法，获取骨折复位时所述远端环 4 中心相对所述近端环 2 中心的运  
15 动轨迹，进而通过术前规划得到六条所述主动支链 3 的长度调整方案，最后利用所述电机 23 对六条所述主动支链 3 进行驱动，实现按规划轨迹的高精度的骨折复位。同时参考专利 CN109077785A 中所述的骨折康复评价方法，利用所述力传感器 13 检测所述主动支链 3 力的变化情况，通过设置术中支链力的急停阈值，保证整个骨折复位手术过程的安全性。在骨折康复过程中，本发明的机器人，可通过所述电机对六条所述主动支链 3 的长度微调，  
20 实现对所述远端环 4 的位姿微调，对骨折断端施加应力刺激以促进骨愈合过程，同时利用所述力传感器 13 为整个过程提供实时监测。因此，本发明的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人可满足骨折复位手术与骨折康复的一体化实现。

本发明的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人的零部件大量使用轻质材料（如碳纤维、7075 铝等），其结构参数均经过优化设计获得，使得机器人本体结构在具有较小自重的同时又拥有很高的刚度。同时采用驱动所述近端虎克铰链 10 的方式，使得机器人六条  
25

所述主动支链 3 布局紧凑、结构轻便，具有极好的可穿戴性。

除此之外，本发明的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人还拥有电动-手动转换功能，电动模式可满足骨折手术沿预定轨迹高精度复位的需求，而在术后骨折康复阶段可切换为手动模式，在减轻患者负重和降低医疗费用的同时使得机器人具有更好的便携性，更有利于患者的日常行动。在进行康复锻炼时，可重新切换成电动模式，以满足骨折康复过程的调节需求，更合理地进行康复锻炼。同时，机器人所述主动支链 3 上的近端虎克铰链 10 和远端虎克铰链 14 可快速拆装，可根据不同的使用需求在术中和术后快速替换不同型号的主动支链 3，以满足不同类型骨折的使用需求，扩大机器人的适用范围。

以上对本发明的描述仅仅是示意性的，而不是限制性的，所以，本发明的实施方式并不局限于上述的具体实施方式。如果本领域的普通技术人员受其启示，在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护范围的情况下，做出其他变化或变型，均属于本发明的保护范围。

## 权利要求

1.可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人，包括近端环(2)和设置在近端环下方的远端环(4)，所述的近端环和远端环通过六条主动支链(3)连接，其特征在于：

5 所述近端环和远端环均包括环形体且均为中心对称结构，在所述的近端环和远端环的环形体上每隔 120° 的外缘向外突出形成凸缘，在每一个凸缘处均沿竖直方向开有两个用于连接主动支链的外圈安装孔，在所述的近端环和远端环上分别沿圆周方向均匀间隔开有多个轴线沿竖直方向设置的内圈圆孔；

10 所述六条主动支链(3)结构完全相同，并且六条主动支链根据与近端环对称中心线夹角的不同分为两组，两组主动支链与近端环对称中心线的夹角大小相等方向相反，每组所述主动支链均以近端环对称中心线为中心轴在空间上均匀分布；

一端与近端环上的任意一组外圈安装孔的两个外圈安装孔相连的两个主动支链(3)的另一端与远端环上的两组外圈安装孔中的两个彼此相邻的外圈安装孔相连；

15 每条所述主动支链(3)均包括平台连接套(8)，所述的平台连接套包括上下一体同轴线设置的下环形柱体和上环形柱体，在所述的下环形柱体和上环形柱体变径处沿水平方向设置有一个支撑臂，在所述的支撑臂上设置有轴线沿竖直方向设置的定向轴，所述的平台连接套的上环形柱体插入近端环(2)的一个外圈安装孔内，所述的上环形柱体通过设置在上环形柱体外壁上的外螺纹与连接套固定件(16)上的中心螺纹通孔螺纹连接，所述的连接套固定件压紧设置在近端环(2)顶壁上，所述定向轴插入近端环内圈圆孔内，限制所述平台连接套(8)轴向转动；

20 近端虎克铰链(10)和远端虎克铰链(14)包括中心十字结构(17)，所述的中心十字结构(17)包括虎克铰链中心块(22)，在所述的虎克铰链中心块的中间沿十字交叉方向分别开有第一通孔和第二通孔，一根长轴(18)与所述的第一通孔转动连接，一根双头螺柱(21)依次穿过第一短轴(19)上的轴向通孔，并在长轴径向中部的径向通孔以及第二短轴(20)上的轴向通孔，所述的第一短轴(19)和第二短轴(20)分别与第二通孔转动配合，所述的第一短轴、第二短轴的外端分别插入 U 形第二连接座的左右连接臂的通孔内，所述的第一短轴、第二短轴与第二连接座的左右连接臂的通孔转动配合，且  
25 通过与双头螺柱(21)两端螺纹连接的螺母和垫片将第一短轴、第二短轴压紧在第一长轴的侧壁上，所述的长轴的两端分别插入 U 形第一连接座的左右连接臂的通孔内，所述的长轴与第一连接座的左

右连接臂的通孔转动配合，所述的近端虎克铰链(10)的第一连接座的顶壁为环形壁；

在所述的近端虎克铰链的第一连接座的顶面的中心固定有一根轴杆，所述的轴杆的下部为圆柱轴段，中部为螺纹轴段且上部为D形轴段，所述的轴杆从下至上依次穿过轴承锁紧螺母的中心孔以及滑动轴承的中心螺纹通孔，所述的轴杆中部的螺纹轴段与滑动轴承的中心螺纹孔螺纹连接固定，

5 所述的轴承锁紧螺母套在圆柱轴段且轴承锁紧螺母的中心孔直径大于轴杆下部圆柱轴段的直径；

所述轴承锁紧螺母(9)和滑动轴承(15)嵌入平台连接套(8)的下环形柱体的中心孔设置且所述的轴承锁紧螺母通过设置在轴承锁紧螺母外壁上的外螺纹与下环形柱体中心孔上的内螺纹螺纹连接固定，所述滑动轴承和下环形柱体的中心孔之间转动配合，一个D形轴套(25)的下端穿过平台连接套(8)的上环形柱体的中心孔并紧密套在轴杆上部的D形轴段上，所述的D形轴套与平台连接套的上环  
10 形柱体的中心孔间隙配合；

一个中间移动副(11)包括丝杠或滚珠丝杠和通过丝杠副连接在丝杠或滚珠丝杠上的法兰螺母，所述的丝杠或滚珠丝杠的一端与开在近端虎克铰链(10)上的第二连接座的底面中间的螺纹孔螺纹连接并通过螺母固定，在所述的法兰螺母上螺纹连接有套筒(12)，在所述的套筒的侧壁上沿套筒轴线方向开有滑槽，在所述的丝杠或滚珠丝杠的另一端连接有指示杆，所述的指示杆插入滑槽且能够沿  
15 滑槽移动，在所述的套筒(12)外壁上标有刻度，通过指示杆读取主动支链(3)的当前长度，所述套筒下端设置有套筒螺纹孔，所述的套筒螺纹孔与设置在力传感器(13)上端的上螺纹轴螺纹连接，设置在所述的力传感器下端的下螺纹轴与开在远端虎克铰链(14)的第二连接座的顶面中间的螺纹孔螺纹连接，设置在所述远端虎克铰链的第一连接座底面中间的螺纹杆插入远端环上的外圈安装孔内并通过螺母锁紧固定在远端环上；每条所述主动支链均与驱动装置连接，所述的驱动装置的转动输出端插  
20 入D型轴套(25)的上端D型孔中且两者紧密配合，带动D型轴套转动。

2. 根据权利要求1所述的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人，其特征在于：所述的驱动装置为电机驱动装置(1)，所述的电机驱动装置包括电机，所述的电机(23)通过螺栓与电机-平台转接头(24)连接固定，在所述电机-平台转接头的底壁的一侧固定有带有外螺纹的下端轴段，所述的下端轴段插入近端环(2)内圈圆孔并通过螺母与近端环连接固定，所述电机的输出轴为D型输出轴，所述  
25 的D型输出轴插入D型轴套(25)的上端D型孔中且两者紧密配合。

3. 根据权利要求1所述的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人，其特征在于：所述的驱动装

置为手动驱动装置(5)，所述的手动驱动装置包括手动-平台转接头(31)，所述的手动-平台转接头的底壁的一侧固定有带有外螺纹的下端轴段，所述的下端轴段插入近端环(2)内圈圆孔并通过螺母与近端环连接固定，在所述的手动-平台转接头的顶壁上设置有平台转接头环形凸台，手动旋转轴(30)从上至下依次设置有旋转轴环形凸台、圆柱面轴段和D形轴段，所述手动-平台转接头(31)上开有与平台转接头环形凸台同轴线设置的通孔，所述手动旋转轴下端D形轴段穿过平台转接头环形凸台的环形孔和手动-平台转接头通孔插入D形轴套(25)的上端D型孔中且两者紧密配合，所述手动旋转轴的圆柱面轴段与平台转接头环形凸台的环形孔间隙配合，所述的旋转轴环形凸台支撑在平台转接头环形凸台上且两者外径相同，在所述手动旋转轴顶部开有内六角孔；

一个第一锁紧夹(7)包括锁紧环(27)，所述锁紧环为开口环状结构且由两半组成，两半开口环的对接处通过沿竖直方向设置的转轴能够转动连接，在所述的锁紧环开口处延伸设置有吊耳结构，锁紧夹螺栓(28)一端穿过锁紧环的吊耳孔且与锁紧夹螺母(26)螺纹连接，所述锁紧夹螺栓另一端通过轴线与锁紧环轴线平行设置的圆柱销与锁紧夹扳手(29)的一端转动连接，所述第一锁紧夹(7)用于箍套在平台转接头环形凸台和旋转轴环形凸台外壁上且通过转动锁紧夹扳手得锁紧夹扳手能够贴附在锁紧环外壁上。

4. 根据权利要求1-3之一所述的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人，其特征在于：在所述的连接套固定件左右侧壁设置有两个对称平行的平面。

5. 根据权利要求4所述的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人，其特征在于：所述第一短轴和第二短轴的轴向通孔的外侧部分为内螺纹孔。

6. 根据权利要求5所述的可穿戴式骨折复位与康复一体化机器人，其特征在于：所述的近端环、远端环、平台连接套、连接套固定件、滑动轴承、轴承锁紧螺母、近端虎克铰链、套筒、远端虎克铰链、电机-平台转接头、D形轴套、手动-平台转接头、手动旋转轴和第一锁紧夹均采用轻质材料。



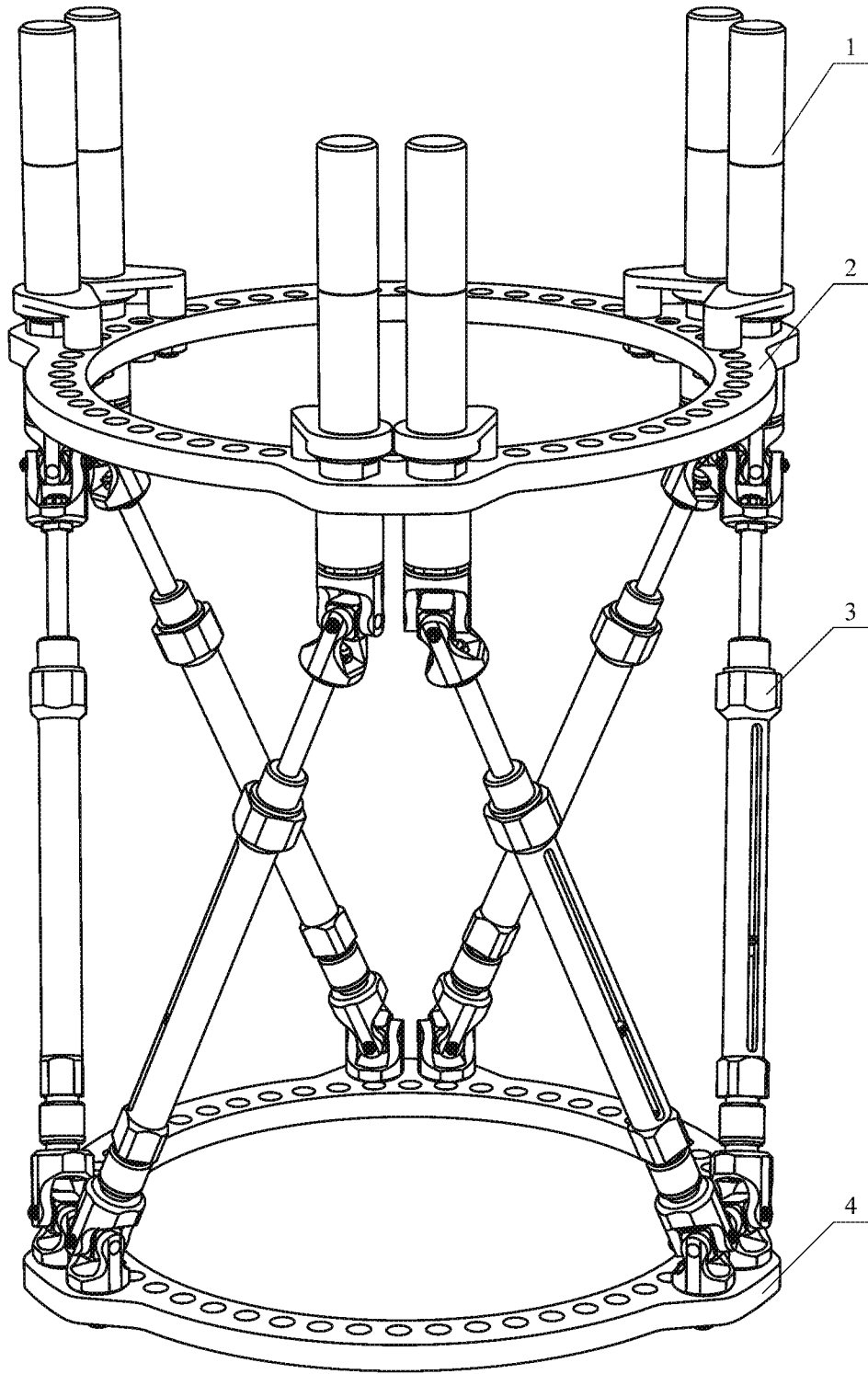


图 1

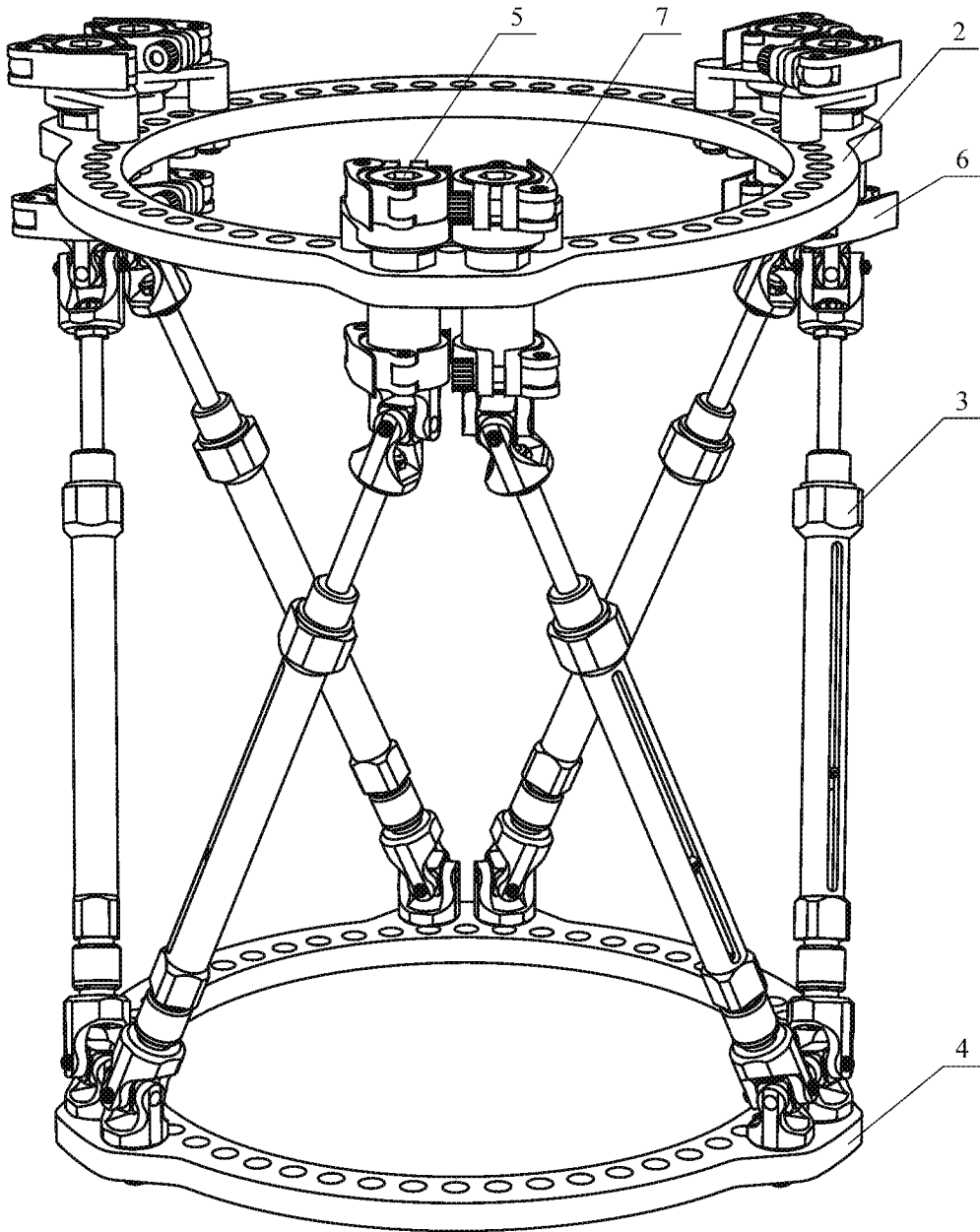


图 2

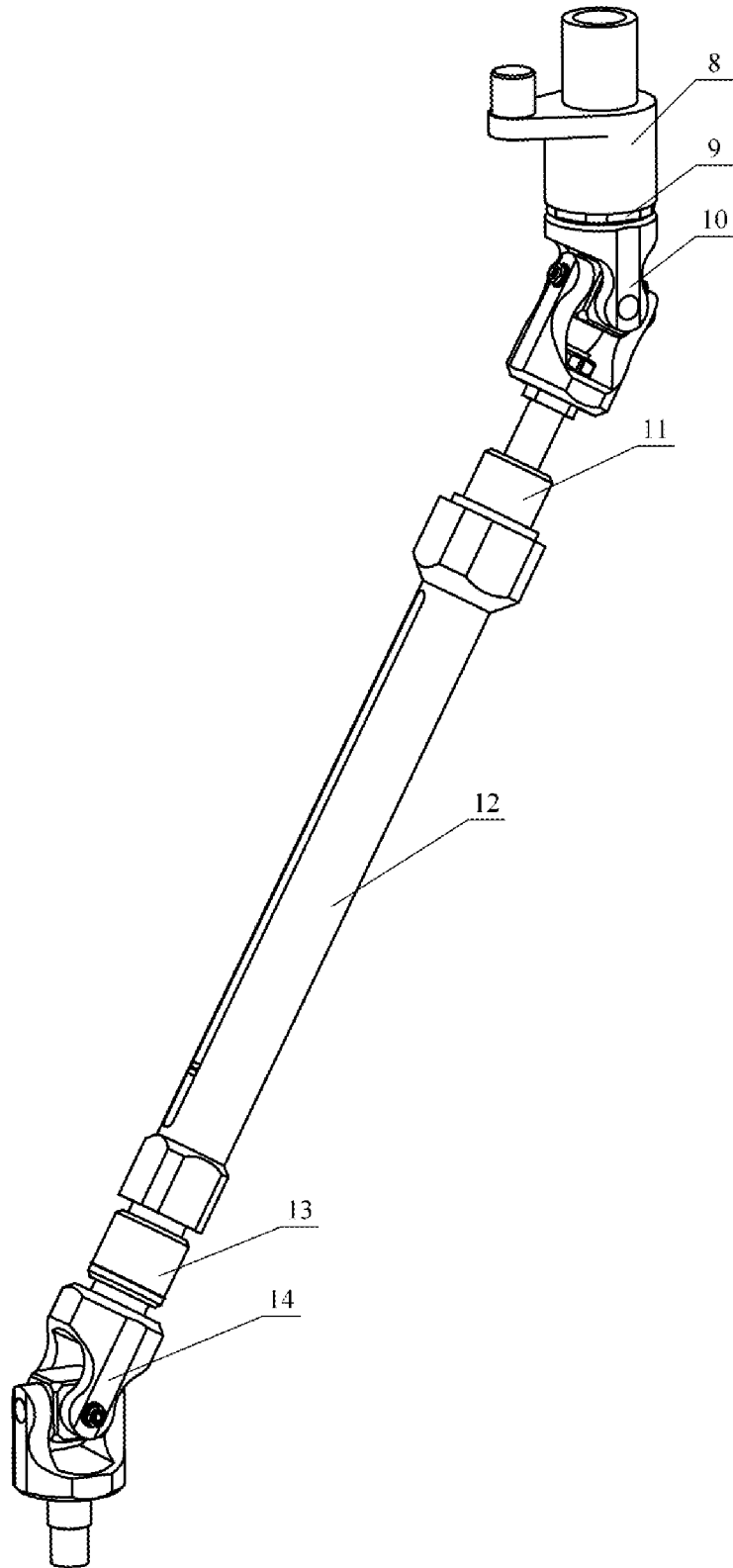


图 3

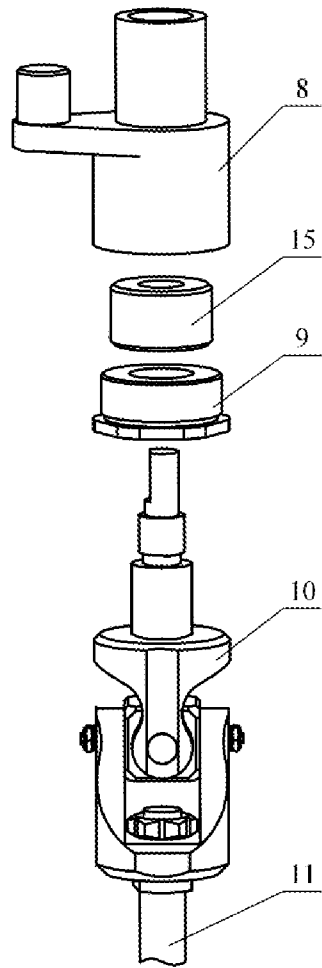


图 4 (a)

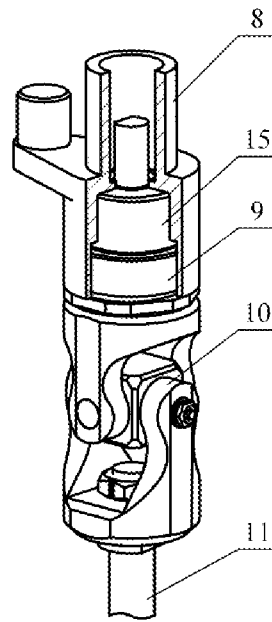


图 4 (b)

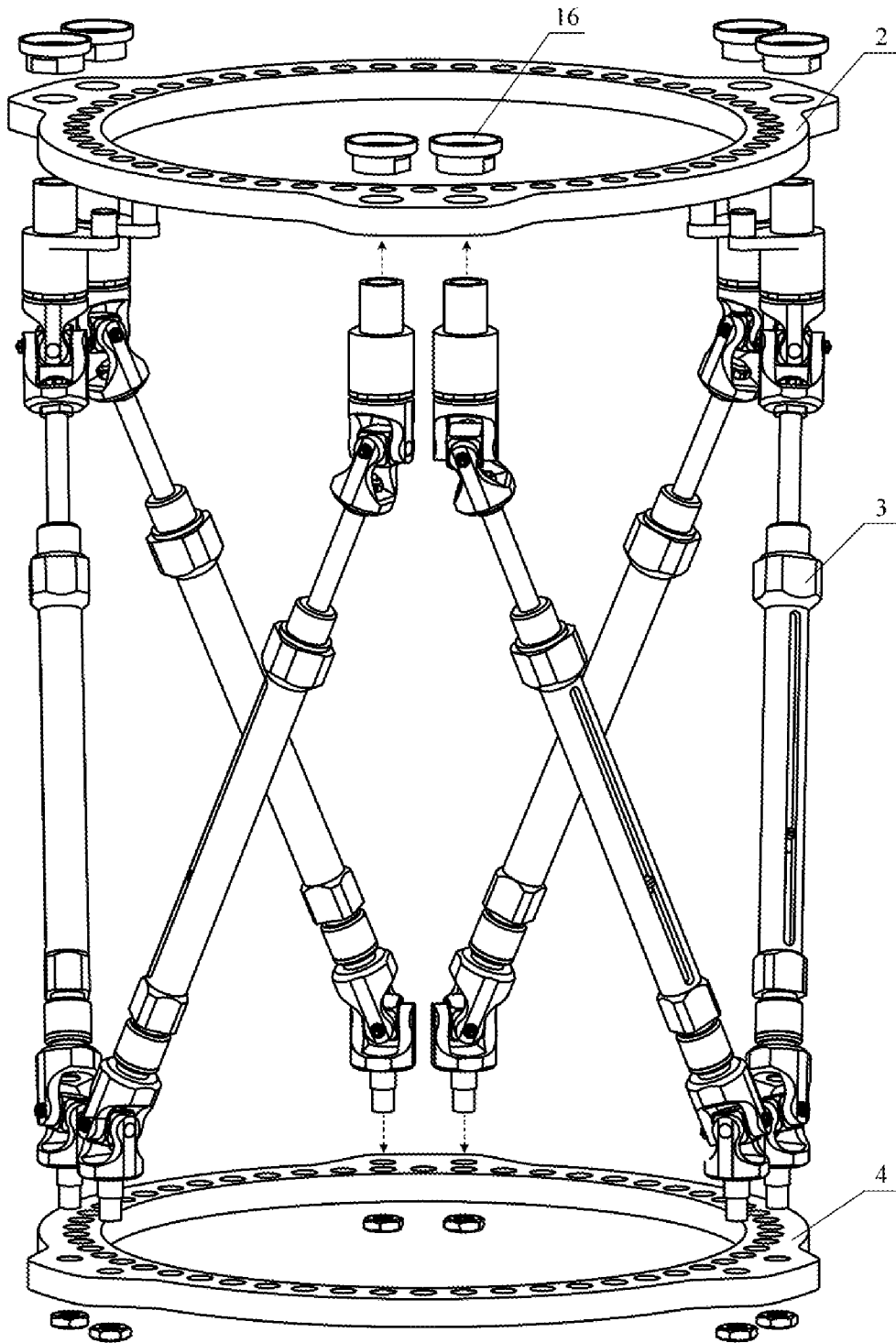


图 5

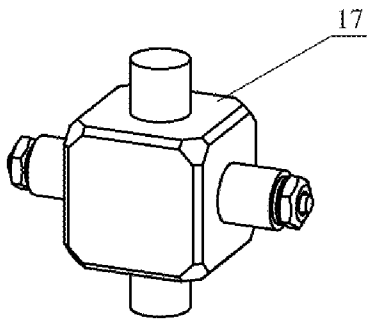


图 6 (a)

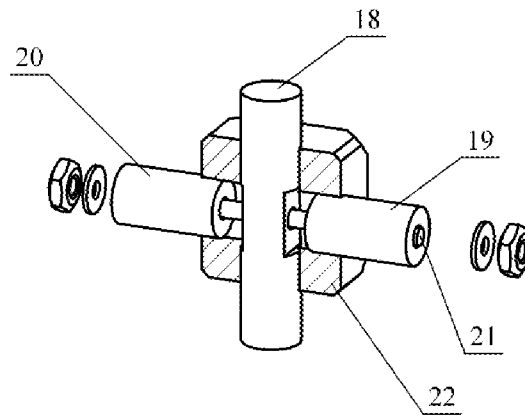


图 6 (b)

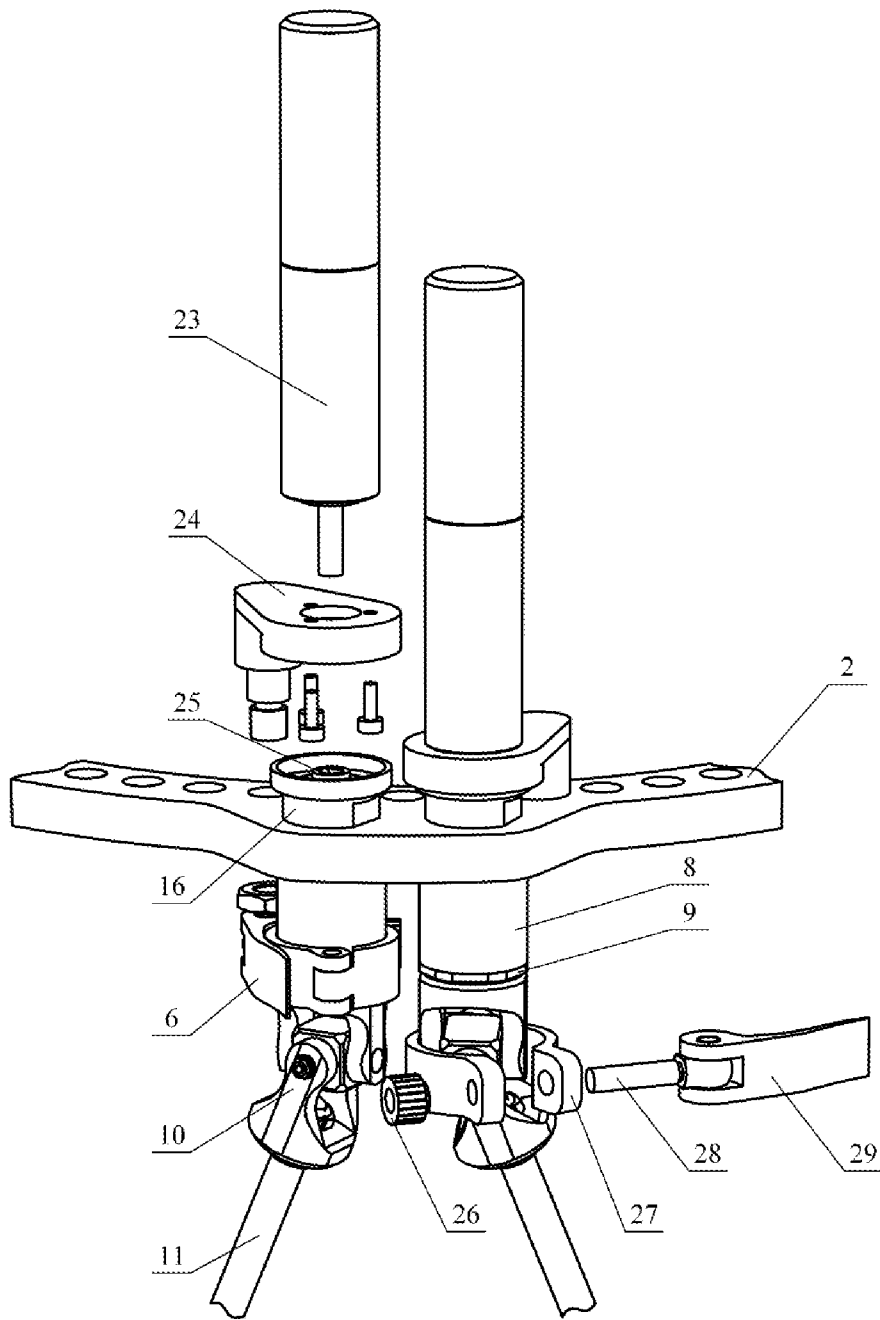


图 7 (a)

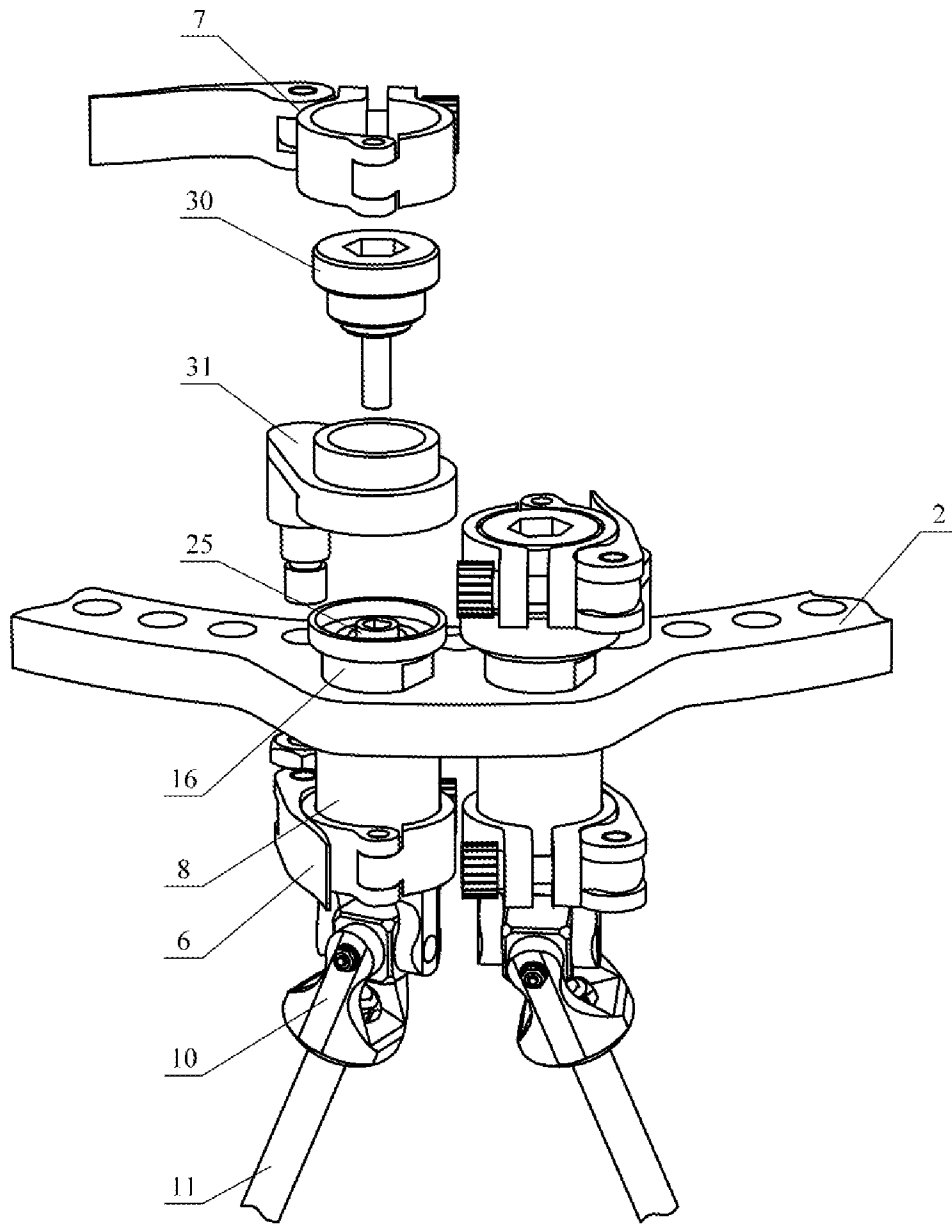


图 7 (b)



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/111417

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

A61B 34/30(2016.01)i; A61B 17/58(2006.01)i; A61B 17/56(2006.01)i; A61B 17/88(2006.01)i; B25J 9/16(2006.01)i; B25J 11/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B;; B25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI: 天津大学, 孙涛, 骨折, 复位, 康复, 固定, 环, 基座, 支链, 移动副, 伸缩杆, 螺纹杆, 虎克, 球铰, 铰链, bone, fracture, fix+, rehabilit+, ring, rod, screw?, strut?, chain?, hooke, hinge

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108742804 A (TIANJIN UNIVERSITY) 06 November 2018 (2018-11-06) description, paragraphs [0062]-[0096], and figures 1-23	1-6
A	CN 109745107 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 14 May 2019 (2019-05-14) entire document	1-6
A	CN 109077785 A (TIANJIN UNIVERSITY) 25 December 2018 (2018-12-25) entire document	1-6
A	CN 109758218 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 17 May 2019 (2019-05-17) entire document	1-6
A	US 2014276821 A1 (MURRAY, Nicole et al.) 18 September 2014 (2014-09-18) entire document	1-6

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 December 2020

Date of mailing of the international search report

28 January 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

**China National Intellectual Property Administration (ISA/  
CN)**  
**No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing  
100088**  
**China**

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.  
**PCT/CN2020/111417**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108742804	A	06 November 2018	WO	2019232939	A1	12 December 2019
				CN	108742804	B	07 April 2020
CN	109745107	A	14 May 2019	CN	109745107	B	16 June 2020
CN	109077785	A	25 December 2018	WO	2019237513	A2	19 December 2019
				CN	109077785	B	18 August 2020
CN	109758218	A	17 May 2019	None			
US	2014276821	A1	18 September 2014	US	8864763	B2	21 October 2014

<b>A. 主题的分类</b> A61B 34/30(2016.01)i; A61B 17/58(2006.01)i; A61B 17/56(2006.01)i; A61B 17/88(2006.01)i; B25J 9/16(2006.01)i; B25J 11/00(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
<b>B. 检索领域</b> 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) A61B;; B25J 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI: 天津大学, 孙涛, 骨折, 复位, 康复, 固定, 环, 基座, 支链, 移动副, 伸缩杆, 螺纹杆, 虎克, 球铰, 铰链, bone, fracture, fix+, rehabilit+, ring, rod, screw?, strut?, chain?, hooke, hinge		
<b>C. 相关文件</b>		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 108742804 A (天津大学) 2018年 11月 6日 (2018 - 11 - 06) 说明书第[0062]-[0096]段、图1-23	1-6
A	CN 109745107 A (北京工业大学) 2019年 5月 14日 (2019 - 05 - 14) 全文	1-6
A	CN 109077785 A (天津大学) 2018年 12月 25日 (2018 - 12 - 25) 全文	1-6
A	CN 109758218 A (北京工业大学) 2019年 5月 17日 (2019 - 05 - 17) 全文	1-6
A	US 2014276821 A1 (MURRAY, Nicole等) 2014年 9月 18日 (2014 - 09 - 18) 全文	1-6
<input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期	2020年 12月 29日	国际检索报告邮寄日期 2021年 1月 28日
ISA/CN的名称和邮寄地址	中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 刘超 电话号码 86-(10)-53962558

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/111417

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108742804	A	2018年 11月 6日	WO	2019232939	A1	2019年 12月 12日
				CN	108742804	B	2020年 4月 7日
CN	109745107	A	2019年 5月 14日	CN	109745107	B	2020年 6月 16日
CN	109077785	A	2018年 12月 25日	WO	2019237513	A2	2019年 12月 19日
				CN	109077785	B	2020年 8月 18日
CN	109758218	A	2019年 5月 17日	无			
US	2014276821	A1	2014年 9月 18日	US	8864763	B2	2014年 10月 21日