



(21) 申请号 202210442685.X

(22) 申请日 2022.04.26

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114536381 A

(43) 申请公布日 2022.05.27

(73) 专利权人 中国科学院自动化研究所  
地址 100190 北京市海淀区中关村东路95号

(72) 发明人 王鹏 郝高明 张天懿 王瑛璐  
沈晓飞

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002  
专利代理师 戴弘

(51) Int. Cl.  
B25J 15/00 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2011040408 A1, 2011.02.17

US 2007040400 A1, 2007.02.22

CN 111098320 A, 2020.05.05

CN 111037589 A, 2020.04.21

CN 109630629 A, 2019.04.16

CN 207983356 U, 2018.10.19

CN 113855482 A, 2021.12.31

GB 0517865 D0, 2005.10.12

GB 0406352 D0, 2004.04.21

WO 03080297 A1, 2003.10.02

CN 110842962 A, 2020.02.28

审查员 廖江梅

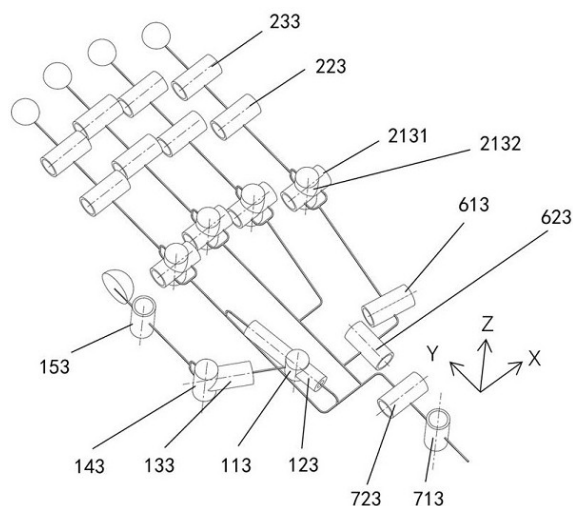
权利要求书2页 说明书13页 附图26页

(54) 发明名称

仿人五指灵巧手

(57) 摘要

本发明涉及机器人技术领域,提供一种仿人五指灵巧手,包括:手掌单元以及分别连接于所述手掌单元的大拇指、食指、中指、无名指和小指;大拇指的第一拇指关节和第三拇指关节具有回转自由度,大拇指的第二拇指关节、第四拇指关节和第五拇指关节具有屈伸自由度;食指、中指、无名指和小指的第一手指关节具有侧摆自由度,第二手指关节、第三手指关节和第四手指关节具有屈伸自由度。该仿人五指灵巧手的灵巧性不仅超越了现有的灵巧手,还能够实现部分人手不能实现的动作。



1. 一种仿人五指灵巧手,其特征在于,包括:手掌单元以及分别连接于所述手掌单元的大拇指、食指、中指、无名指和小指;

所述大拇指沿其延伸方向分布有第一拇指关节、第二拇指关节、第三拇指关节、第四拇指关节和第五拇指关节,所述大拇指包括拇指基座、第一拇指节、第二拇指节、第三拇指节、第四拇指节和第五拇指节,所述第一拇指节与所述拇指基座可转动连接形成所述第一拇指关节,所述第二拇指节与所述第一拇指节可转动连接形成所述第二拇指关节,所述第三拇指节与所述第二拇指节可转动连接形成所述第三拇指关节,所述第四拇指节与所述第三拇指节可转动连接形成所述第四拇指关节,所述第五拇指节与所述第四拇指节可转动连接形成所述第五拇指关节;

所述第一拇指关节和所述第三拇指关节具有回转自由度,所述第二拇指关节、所述第四拇指关节和所述第五拇指关节具有屈伸自由度,使得所述第一拇指节能够相对所述拇指基座做回转运动,所述第二拇指节能够相对所述第一拇指节做屈伸运动,所述第三拇指节能够相对所述第二拇指节做回转运动,所述第四拇指节能够相对所述第三拇指节做屈伸运动,所述第五拇指节能够相对所述第四拇指节做屈伸运动;

其中,所述第一拇指节回转轴线与所述拇指基座的轴线同轴,所述第三拇指节的回转轴线与所述第二拇指节的轴线同轴;

所述食指、所述中指、所述无名指和所述小指沿其延伸方向均分布有手指基座、第一手指节、第二手指节和第三手指节,所述第一手指节与所述手指基座连接形成第一手指关节和第二手指关节,所述第二手指节与所述第一手指节可转动连接形成第三手指关节,所述第三手指节与所述第二手指节可转动连接形成第四手指关节;所述第一手指关节具有侧摆自由度,所述第二手指关节、所述第三手指关节和所述第四手指关节具有屈伸自由度。

2. 根据权利要求1所述的仿人五指灵巧手,其特征在于,所述第一拇指节的旋转轴线与所述第二拇指节的旋转轴线垂直相交,所述第三拇指节的旋转轴线与所述第二拇指节的旋转轴线垂直相交,所述第一拇指节的旋转轴线、所述第三拇指节的旋转轴线和所述第二拇指节的旋转轴线相交于一点。

3. 根据权利要求1所述的仿人五指灵巧手,其特征在于,还包括十字轴连接块,所述第一手指节连接于所述十字轴连接块,所述十字轴连接块通过第一手指转轴与所述手指基座可转动连接以形成所述第一手指关节,所述十字轴连接块通过第二手指转轴与所述手指基座可转动连接以形成所述第二手指关节,所述第一手指转轴和所述第二手指转轴的轴线垂直相交。

4. 根据权利要求1所述的仿人五指灵巧手,其特征在于,包括第三手指关节正向驱动腱绳、第三手指关节反向驱动腱绳以及耦合腱绳;所述第三手指关节正向驱动腱绳和所述第三手指关节反向驱动腱绳分别连接于所述第三手指节;所述第一手指节内设有弹性复位件,所述耦合腱绳的一端连接于所述第三手指节,另一端连接所述弹性复位件。

5. 根据权利要求1所述的仿人五指灵巧手,其特征在于,所述手掌单元包括手掌基体、第一连接部和第二连接部,所述大拇指、所述食指、所述中指和所述无名指分别连接于所述手掌基体,所述小指连接于所述第二连接部的第一端,所述第二连接部的第二端与所述第一连接部的第一端可转动连接形成第二手掌关节,所述第一连接部的第二端与所述手掌基体可转动连接形成第一手掌关节;

所述第一手掌关节和所述第二手掌关节均具有相对所述手掌基体屈伸的自由度,所述第一手掌关节的旋转轴线和所述第二手掌关节的旋转轴线呈角度设置。

6. 根据权利要求5所述的仿人五指灵巧手,其特征在于,所述手掌单元包括第一手掌关节正向驱动腱绳、第一手掌关节反向驱动腱绳、第二手掌关节正向驱动腱绳和第二手掌关节反向驱动腱绳;

所述第一手掌关节正向驱动腱绳和所述第一手掌关节反向驱动腱绳分别连接于手所述第一连接部,用于驱动所述第一手掌关节转动;所述第二手掌关节正向驱动腱绳和所述第二手掌关节反向驱动腱绳分别连接于所述第二连接部,用于驱动所述第二手掌关节转动。

7. 根据权利要求1所述的仿人五指灵巧手,其特征在于,还包括手腕单元,所述手腕单元包括手腕基座和十字轴连接座,所述手腕基座通过十字轴连接座与所述手掌单元连接以形成第一腕关节和第二腕关节,所述第一腕关节具有屈伸自由度,所述第二腕关节具有侧摆自由度。

8. 根据权利要求7所述的仿人五指灵巧手,其特征在于,所述十字轴连接座通过第一手腕转轴与所述手腕基座可转动连接形成所述第一腕关节,所述十字轴连接座通过第二手腕转轴与所述手掌单元可转动连接形成第二腕关节;

所述手掌单元、所述大拇指、所述食指、所述中指、所述无名指和所述小指的各个关节的驱动腱绳均经过所述第一手腕转轴和所述第二手腕转轴的轴心。

9. 根据权利要求7所述的仿人五指灵巧手,其特征在于,还包括驱动装置,所述驱动装置包括多个驱动单元,多个驱动单元与所述仿人五指灵巧手的多个关节一一对应设置,所述驱动单元设置于所述手腕基座远离所述手掌单元的一侧,每一所述驱动单元通过两个根驱动腱绳与对应的关节驱动连接。

10. 根据权利要求1所述的仿人五指灵巧手,其特征在于,所述仿人五指灵巧手的每一关节均配置有关节位置传感器,用于检测关节的转动角度,所述关节位置传感器包括磁铁和磁栅,所述磁铁固定于关节的转轴,所述磁栅与所述磁铁同轴设置,在所述关节转动的情况下,所述磁铁和所述磁栅相对转动。

## 仿人五指灵巧手

### 技术领域

[0001] 本发明涉及机器人技术领域,尤其涉及一种仿人五指灵巧手。

### 背景技术

[0002] 仿人灵巧手是手指指数、自由度、外形和功能接近人手的机械手,能够类似人手一样完成抓取或操作等任务。仿人灵巧手可应用于太空环境作业,还可代替人进入毒害、辐射等危险环境作业,还可应用于工业生产、假肢、外科手术等领域。目前高度仿人灵巧手已成为机器人技术领域的研究焦点。

[0003] 人手中的各个关节由不同的肌肉群驱动,可灵活独立的运动,并且人手具有对掌运动的能力。对掌运动是指拇指尖掌面与其他各指的指尖掌面相接触的运动,是人类在长期生产过程中进化出的特有功能,能够使人手执行复杂的捏取动作以及使手掌适应具有复杂曲面的被操作对象。

[0004] 要实现仿人五指灵巧手实现对掌运动,需要大拇指以及其他四指的各个关节具有相配合的屈伸、回转或侧摆等自由度。现有的大部分仿人灵巧手要么与人手形态差距较大,要么由于模型简化近似及关节运动范围等原因,尚未充分实现对掌功能,不易执行复杂的捏取动作,灵巧性与人手还具有一定差距。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种仿人五指灵巧手,用以至少解决现有技术中的仿人五指灵巧手灵巧性不足的问题。

[0006] 本发明提供一种仿人五指灵巧手,包括:手掌单元以及分别连接于所述手掌单元的大拇指、食指、中指、无名指和小指;

[0007] 所述大拇指沿其延伸方向分布有第一拇指关节、第二拇指关节、第三拇指关节、第四拇指关节和第五拇指关节,所述第一拇指关节和所述第三拇指关节具有回转自由度,所述第二拇指关节、所述第四拇指关节和所述第五拇指关节具有屈伸自由度;

[0008] 所述食指、所述中指、所述无名指和所述小指沿其延伸方向均分布有手指基座、第一手指节、第二手指节和第三手指节,所述第一手指节与所述手指基座连接形成第一手指关节和第二手指关节,所述第二手指节与所述第一手指节可转动连接形成第三手指关节,所述第三手指节与所述第二手指节可转动连接形成第四手指关节;所述第一手指关节具有侧摆自由度,所述第二手指关节、所述第三手指关节和所述第四手指关节具有屈伸自由度。

[0009] 根据本发明提供的一种仿人五指灵巧手,所述大拇指包括拇指基座、第一拇指节、第二拇指节、第三拇指节、第四拇指节和第五拇指节,所述第一拇指节与所述拇指基座可转动连接形成所述第一拇指关节,所述第二拇指节与所述第一拇指节可转动连接形成所述第二拇指关节,所述第三拇指节与所述第二拇指节可转动连接形成所述第三拇指关节,所述第四拇指节与所述第三拇指节可转动连接形成所述第四拇指关节,所述第五拇指节与所述第四拇指节可转动连接形成所述第五拇指关节;

[0010] 所述第一拇指节的旋转轴线与所述第二拇指节的旋转轴线垂直相交,所述第三拇指节的旋转轴线与所述第二拇指节的旋转轴线垂直相交,所述第一拇指节的旋转轴线、所述第三拇指节的旋转轴线和所述第二拇指节的旋转轴线相交于一点。

[0011] 根据本发明提供的一种仿人五指灵巧手,还包括十字轴连接块,所述第一手指节连接于所述十字轴连接块,所述十字轴连接块通过第一手指转轴与所述手指基座可转动连接以形成所述第一手指关节,所述十字轴连接块通过第二手指转轴与所述手指基座可转动连接以形成所述第二手指关节,所述第一手指转轴和所述第二手指转轴的轴线垂直相交。

[0012] 根据本发明提供的一种仿人五指灵巧手,包括第三手指关节正向驱动腱绳、第三手指关节反向驱动腱绳以及耦合腱绳;所述第三手指关节正向驱动腱绳和所述第三手指关节反向驱动腱绳分别连接于所述第三手指节;所述第一手指节内设有弹性复位件,所述耦合腱绳的一端连接于所述第三手指节,另一端连接所述弹性复位件。

[0013] 根据本发明提供的一种仿人五指灵巧手,所述手掌单元包括手掌基体、第一连接部和第二连接部,所述大拇指、所述食指、所述中指和所述无名指分别连接于所述手掌基体,所述小指连接于所述第二连接部的第一端,所述第二连接部的第二端与所述第一连接部的第一端可转动连接形成第二手掌关节,所述第一连接部的第二端与所述手掌基体可转动连接形成第一手掌关节;

[0014] 所述第一手掌关节和所述第二手掌关节均具有相对所述手掌基体屈伸的自由度,所述第一手掌关节的旋转轴线和所述第二手掌关节的旋转轴线呈角度设置。

[0015] 根据本发明提供的一种仿人五指灵巧手,所述手掌单元包括第一手掌关节正向驱动腱绳、第一手掌关节反向驱动腱绳、第二手掌关节正向驱动腱绳和第二手掌关节反向驱动腱绳;

[0016] 所述第一手掌关节正向驱动腱绳和所述第一手掌关节反向驱动腱绳分别连接于手所述第一连接部,用于驱动所述第一手掌关节转动;所述第二手掌关节正向驱动腱绳和所述第二手掌关节反向驱动腱绳分别连接于所述第二连接部,用于驱动所述第二手掌关节转动。

[0017] 根据本发明提供的一种仿人五指灵巧手,还包括手腕单元,所述手腕单元包括手腕基座和十字轴连接座,所述手腕基座通过十字轴连接座与所述手掌单元连接以形成第一腕关节和第二腕关节,所述第一腕关节具有屈伸自由度,所述第二腕关节具有侧摆自由度。

[0018] 根据本发明提供的一种仿人五指灵巧手,所述十字轴连接座通过第一手腕转轴与所述手腕基座可转动连接形成所述第一腕关节,所述十字轴连接座通过第二手腕转轴与所述手掌单元可转动连接形成第二腕关节;

[0019] 所述手掌单元、所述大拇指、所述食指、所述中指、所述无名指和所述小指的各个关节的驱动腱绳均经过所述第一手腕转轴和所述第二手腕转轴的轴心。

[0020] 根据本发明提供的一种仿人五指灵巧手,还包括驱动装置,所述驱动装置包括多个驱动单元,多个驱动单元与所述仿人五指灵巧手的多个关节一一对应设置,所述驱动单元设置于所述手腕基座远离所述手掌单元的一侧,每一所述驱动单元通过两个根驱动腱绳与对应的关节驱动连接。

[0021] 根据本发明提供的一种仿人五指灵巧手,所述仿人五指灵巧手的每一关节均配置有关节位置传感器,用于检测关节的转动角度,所述关节位置传感器包括磁铁和磁栅,所述

磁铁固定于关节的转轴,所述磁栅与所述磁铁同轴设置,在关节转动的情况下,所述磁铁和所述磁栅相对转动。

[0022] 本发明提供的仿人五指灵巧手,可通过第二拇指关节、第四拇指关节和第五拇指关节的屈伸以及第四手指关节、第三手指关节和第二手指关节的屈伸实现灵巧手五指的抓握动作。食指、中指、无名指和小指可通过各自的第一手指关节实现手指的侧摆。可通过第一拇指关节驱动第一拇指节回转一定角度后,再通过第四拇指关节和第五拇指关节的屈伸实现大拇指的对掌动作,即大拇指指尖掌面与其他各指的掌面相接触的动作。在此基础上,还可通过第三拇指关节驱动第三拇指节回转,以带动第四拇指节和第五拇指节偏转一定角度,以完成更复杂的指定动作。该灵巧手的灵巧性不仅超越了现有的灵巧手,还能够实现部分人手不能实现的动作。并且,在保证其灵巧性的基础上能够实现与人手1:1的尺寸设计。

## 附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本发明或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0024] 图1是本发明提供的仿人五指灵巧手本体的结构示意图;

[0025] 图2是本发明提供的仿人五指灵巧手的骨架模型及关节分布示意图;

[0026] 图3是本发明提供的仿人五指灵巧手中大拇指的结构示意图;

[0027] 图4是本发明提供的仿人五指灵巧手中大拇指主视图;

[0028] 图5是本发明提供的仿人五指灵巧手中大拇指仰视图;

[0029] 图6是本发明提供的仿人五指灵巧手中大拇指俯视图;

[0030] 图7是本发明提供的仿人五指灵巧手中大拇指的腱绳布局图之一;

[0031] 图8是本发明提供的仿人五指灵巧手中大拇指的腱绳布局图之二;

[0032] 图9是本发明提供的仿人五指灵巧手中大拇指的腱绳布局图之三;

[0033] 图10是本发明提供的仿人五指灵巧手中第二拇指关节处于0度位置示意图;

[0034] 图11是本发明提供的仿人五指灵巧手中第二拇指关节处于90度位置示意图;

[0035] 图12是本发明提供的仿人五指灵巧手中大拇指与手掌基体的连接示意图;

[0036] 图13是本发明提供的仿人五指灵巧手中食指的结构示意图;

[0037] 图14是本发明提供的仿人五指灵巧手中食指的主视图;

[0038] 图15是本发明提供的仿人五指灵巧手中食指的俯视图;

[0039] 图16是本发明提供的仿人五指灵巧手中食指的腱绳布局图之一;

[0040] 图17是本发明提供的仿人五指灵巧手中食指的腱绳布局图之二;

[0041] 图18是本发明提供的仿人五指灵巧手中手掌单元的结构示意图;

[0042] 图19是本发明提供的仿人五指灵巧手中手掌单元的半剖视图;

[0043] 图20是图19中的手掌单元在E-E处的剖视图;

[0044] 图21是图19中的手掌单元在F-F处的剖视图;

[0045] 图22是本发明提供的仿人五指灵巧手中手掌单元的腱绳布局图之一;

[0046] 图23是本发明提供的仿人五指灵巧手中手掌单元的腱绳布局图之二;

- [0047] 图24是本发明提供的仿人五指灵巧手中手腕单元的结构示意图；
- [0048] 图25是本发明提供的仿人五指灵巧手中手腕单元的侧视图；
- [0049] 图26是本发明提供的仿人五指灵巧手中第一腕关节的轴向剖视图；
- [0050] 图27是本发明提供的仿人五指灵巧手中第二腕关节的轴向剖视图；
- [0051] 图28是本发明提供的仿人五指灵巧手中手腕单元的腱绳布局图；
- [0052] 图29是本发明提供的仿人五指灵巧手整体的结构示意图；
- [0053] 图30是本发明提供的仿人五指灵巧手中驱动装置与手腕单元的安装结构示意图；
- [0054] 图31是本发明提供的仿人五指灵巧手中驱动装置的腱绳分线布局图；
- [0055] 图32是本发明提供的仿人五指灵巧手中电机驱动模块布局图；
- [0056] 图33是本发明提供的仿人灵巧中关节位置传感器布局图。
- [0057] 附图标记：
- [0058] 1、大拇指；10、拇指基座；111、第一拇指节；113、第一拇指关节；114、第一拇指关节驱动轮；1151、第一拇指关节正向驱动腱绳；1152、第一拇指关节反向驱动腱绳；121、第二拇指节；122、第二拇指转轴；1221、第二腱绳导向孔；1222、第二让位槽；123、第二拇指关节；1241、第二拇指关节正向驱动腱绳；1242、第二拇指关节反向驱动腱绳；125、腱绳分线块；131、第三拇指节；132、第三拇指转轴；133、第三拇指关节；1341、第一锥齿轮；1342、第二锥齿轮；1343、第三拇指关节驱动轮；1351、第三拇指关节正向驱动腱绳；1352、第三拇指关节反向驱动腱绳；141、第四拇指节；142、第四拇指转轴；1421、第一腱绳导向孔；1422、第一让位槽；143、第四拇指关节；1451、第四拇指关节正向驱动腱绳；1452、第四拇指关节反向驱动腱绳；151、第五拇指节；152、第五拇指转轴；153、第五拇指关节；155、驱动块；1561、第五拇指关节正向驱动腱绳；1562、第五拇指关节反向驱动腱绳；1571、磁铁环；1572、第一磁栅；2、食指；20、手指基座；211、第一手指节；2121、第一手指转轴；2122、第二手指转轴；2131、第一手指关节；2132、第二手指关节；2141、第一手指关节正向驱动腱绳；2142、第一手指关节反向驱动腱绳；2143、第二手指关节正向驱动腱绳；2144、第二手指关节反向驱动腱绳；2151、磁铁；2152、第二磁栅；221、第二手指节；223、第三手指关节；2241、第三手指关节正向驱动腱绳；2242、第三手指关节反向驱动腱绳；231、第三手指节；233、第四手指关节；2341、耦合腱绳；235、第一驱动轮；24、十字轴连接块；25、弹性复位件；3、中指；4、无名指；5、小指；600、手掌单元；60、手掌基体；601、第一腱绳孔；602、第二腱绳孔；603、第三腱绳孔；611、第一连接部；612、第一手掌转轴；613、第一手掌关节；6141、第一手掌关节正向驱动腱绳；6142、第一手掌关节反向驱动腱绳；621、第二连接部；622、第二手掌转轴；623、第二手掌关节；6241、第二手掌关节正向驱动腱绳；6242、第二手掌关节反向驱动腱绳；700、手腕单元；70、手腕基座；701、导向限位槽；712、第一手腕转轴；712、第一手腕转轴；713、第一腕关节；7141、第一腕关节正向驱动腱绳；7142、第一腕关节反向驱动腱绳；722、第二手腕转轴；722、第二手腕转轴；723、第二腕关节；7241、第二腕关节正向驱动腱绳；7242、第二腕关节反向驱动腱绳；73、十字轴连接座；74、腱绳分线板；741、腱绳导槽；800、驱动装置；810、驱动单元；820、外罩；830、导轮；9、关节位置传感器。

## 具体实施方式

[0059] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明中的附图，对本

发明中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0060] 在本发明实施例的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“第一”“第二”“第三”“第四”“第五”是为了清楚说明产品部件进行的编号,不代表任何实质性区别。“对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明实施例中的具体含义。此外,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0061] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”“相连”“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0062] 下面结合图1-图33描述本发明的仿人五指灵巧手。

[0063] 如图1和图2所示,本发明提供的仿人五指灵巧手包括:手掌单元600和分别连接于手掌单元600的大拇指1、食指2、中指3、无名指4和小指5。

[0064] 大拇指1沿其延伸方向分布有第一拇指关节113、第二拇指关节123、第三拇指关节133、第四拇指关节143和第五拇指关节153。第一拇指关节113和第三拇指关节133具有回转自由度,第二拇指关节123、第四拇指关节143和第五拇指关节153具有屈伸自由度。

[0065] 食指2、中指3、无名指4和小指5沿其延伸方向均分布有手指基座20、第一手指节211、第二手指节221和第三手指节231。第一手指节211与手指基座20连接形成第一手指关节2131和第二手指关节2132,第二手指节221与第一手指节211可转动连接形成第三手指关节223,第三手指节231与第二手指节221可转动连接形成第四手指关节233。第一手指关节2131具有侧摆自由度,第二手指关节2132、第三手指关节223和第四手指关节233具有屈伸自由度。

[0066] 其中,人手大拇指关节包括腕掌关节(CarpoMetaCarpal joint,简称CMC关节)、掌指关节(Metacarpophalangeal joint,简称MP关节)和指间关节(InterPhalangeal joint,简称IP关节)。其中CMC关节为马鞍形关节,具有3个自由度,分别为屈伸自由度、内收外展自由度和轴向旋转自由度,MP关节和IP关节各具有1个屈伸自由度。

[0067] 具体地,大拇指1的延伸方向是指大拇指1的指根向指尖的方向。大拇指1的上述5个关节对应5个自由度,5个自由度均为主动自由度。第五拇指关节153对应人手大拇指的IP关节,用于实现大拇指IP关节的功能。第四拇指关节143对应人手大拇指的MP关节,用于实现大拇指MP关节的功能。第一拇指关节113、第二拇指关节123和第三拇指关节133对应人手大拇指的CMC关节,用于实现大拇指CMC关节的功能。该大拇指的构型是一种新型“311”构型的五自由度大拇指。

[0068] 中指3、无名指4和小指5的结构与食指2的结构相同。本发明实施例中以食指2为例说明这四个手指的结构。食指2的上述4个手指关节对应4个自由度,分别为3个屈伸自由度和1个侧摆自由度。第四手指关节233对应于人手食指的远指关节(Distal InterPhalangeal joint,简称DIP关节),用于实现食指DIP关节的功能。第三手指关节223对应于人手食指的近指关节(Proximal InterPhalangeal joint,简称PIP关节),用于实现食指PIP关节的功能。第一手指关节2131和第二手指关节2132对应人手食指的MP关节,



用于实现食指MP关节的功能。

[0069] 大拇指1、食指2、中指3、无名指4和小指5连接于手掌单元600形成本发明提供的仿人五指灵巧手的本体。该仿人五指灵巧手可通过第二拇指关节123、第四拇指关节143和第五拇指关节153的屈伸以及第四手指关节233、第三手指关节223和第二手指关节2132的屈伸实现灵巧手五指的抓握动作。食指2、中指3、无名指4和小指5可通过各自的第一手指关节2131实现手指的侧摆。可通过第一拇指关节113回转以及第四拇指关节143和第五拇指关节153的屈伸实现大拇指的对掌动作。在此基础上,还可通过第三拇指关节133的回转以带动第四拇指节141和第五拇指节151偏转一定角度,以完成更复杂的动作。比如,大拇指的指尖掌面与其他各指的掌面正对接触的对掌动作、大拇指指尖与其他各指的指尖正对相抵的对指动作。本发明实施例提供的仿人五指灵巧手能够完成Kapandji对掌实验中的所有动作,其灵巧性不仅超越了现有的灵巧手,还能够实现部分人手不能实现的动作。并且,在保证其灵巧性的基础上能够实现与人手1:1的尺寸设计。

[0070] 下面对大拇指1的结构进行说明。

[0071] 如图3-图6所示,大拇指1为模块化手指,其包括拇指基座10、第一拇指节111、第二拇指节121、第三拇指节131、第四拇指节141和第五拇指节151。第一拇指节111与拇指基座10可转动连接形成第一拇指关节113。第二拇指节121与第一拇指节111可转动连接形成第二拇指关节123。第三拇指节131与第二拇指节121可转动连接形成第三拇指关节133。第四拇指节141与第三拇指节131可转动连接形成第四拇指关节143。第五拇指节151与第四拇指节141可转动连接形成第五拇指关节153。

[0072] 大拇指1可通过拇指基座10集成到手掌单元600上。其中,如图12所示,手掌单元600包括手掌基体60,拇指基座10可通过不限于螺纹连接或铆接的方式与手掌基体60连接。第一拇指节111可相对拇指基座10做回转运动,第二拇指节121可相对第一拇指节111做屈伸运动,第三拇指节131可相对第二拇指节121做回转运动,第四拇指节141可相对第三拇指节131做屈伸运动,第五拇指节151可相对第四拇指节141做屈伸运动。5个关节可由单独的驱动装置驱动而转动,驱动装置设置于大拇指1外部并通过驱动腱绳与对应的关节驱动连接。

[0073] 进一步地,如图6所示,第一拇指节111的旋转轴线A1与第二拇指节121的旋转轴线A2垂直相交。第三拇指节131的旋转轴线A3与第二拇指节121的旋转轴线A2垂直相交。第一拇指节111的旋转轴线A1、第三拇指节131的旋转轴线A3和第二拇指节121旋转轴线A2相交于一点。

[0074] 在第二拇指关节123伸展至第一拇指节111和第二拇指节121呈 $180^{\circ}$ 角的情况下,旋转轴线A1和旋转轴线A3重合并与旋转轴线A2垂直相交。本实施例的大拇指结构紧凑,使其更接近人手。第四拇指关节143的旋转轴线A4与第五拇指关节153的旋转轴线A5平行。

[0075] 具体地,第二拇指节121通过第二拇指转轴122与第一拇指节111铰接形成第二拇指关节123。第四拇指节141通过第四拇指转轴142与第三拇指节131铰接形成第四拇指关节143。第五拇指节151通过第五拇指转轴152与第四拇指节141铰接形成第五拇指关节153。

[0076] 本发明实施例中的大拇指1的五个关节可由单独的驱动装置驱动而转动。第一拇指关节113、第二拇指关节123、第三拇指关节133、第四拇指关节143以及第五拇指关节153均连接有驱动腱绳,驱动腱绳用于驱动对应的关节屈伸或回转。驱动装置可设置于大拇指

外部并通过驱动腱绳与对应的关节驱动连接。

[0077] 如图7和图8所示,大拇指1还包括传动机构。传动机构安装于第二拇指节121内。第三拇指节131的第一端与第四拇指节141可转动连接形成第四拇指关节143。传动机构与第三拇指节131的第二端连接以驱动第三拇指节131转动。

[0078] 具体地,第三拇指节131的第二端可直接与第二拇指节121的第一端可转动连接,也可以通过第其他中间转接件与第二拇指节121的第一端可转动连接。例如,第三拇指节131的第二端固定有第三拇指转轴132,第二拇指节121与第三拇指转轴132同轴可转动连接。传动机构的驱动端与第三拇指转轴132固定连接,传动机构驱动第三拇指转轴132转动时带动第三拇指节131转动。

[0079] 本发明一些实施例中,传动机构包括第一锥齿轮1341、第二锥齿轮1342和第三拇指关节驱动轮1343。第一锥齿轮1341与第三拇指节131同轴固定连接,第二锥齿轮1342与第一锥齿轮1341相啮合。第三拇指关节驱动轮1343与第二锥齿轮1342同轴固定连接。第三拇指关节驱动轮1343与第二拇指节121可转动连接。

[0080] 具体地,第三拇指节131通过第三拇指转轴132与第一锥齿轮1341固定连接。第二锥齿轮1342可转动安装于第二拇指节121并与第三拇指关节驱动轮1343固定连接。可通过腱绳驱动第三拇指关节驱动轮1343转动,以驱动第三拇指节131绕第二拇指节121轴线的转动。

[0081] 其中,第二拇指节121包括多个侧板,多个侧板围设形成第二拇指节主体,并在其内形成安装空间。第一锥齿轮1341、第二锥齿轮1342和第三拇指关节驱动轮1343收容于该安装空间内,即在第二拇指节121内执行对第三拇指关节133的回转驱动,使第三拇指节131和第二拇指节121的结构布局紧凑。

[0082] 进一步地,如图7所示,用于驱动第三拇指关节133回转的驱动腱绳分别为第三拇指关节正向驱动腱绳1351和第三拇指关节反向驱动腱绳1352。第二锥齿轮1342和第三拇指关节驱动轮1343的数量均为两个,两个第二锥齿轮1342分别位于第一锥齿轮1341的轴向两侧。两个第二锥齿轮1342和两个第三拇指关节驱动轮1343一一对应设置。第三拇指关节133的两根驱动腱绳一一对应连接于两个第三拇指关节驱动轮1343。

[0083] 本实施例可通过第三拇指关节正向驱动腱绳1351带动第三拇指关节驱动轮1343转动以实现第三拇指关节133的正向回转;通过第三拇指关节反向驱动腱绳1352带动第三拇指关节驱动轮1343转动以实现第三拇指关节133的反向回转。本实施例设置两个第三拇指关节驱动轮1343有利于大拇指内驱动腱绳的布置。

[0084] 如图8所示,用于驱动第二拇指关节123屈伸的驱动腱绳分别为第二拇指关节正向驱动腱绳1241和第二拇指关节反向驱动腱绳1242。第二拇指关节正向驱动腱绳1241和第二拇指关节反向驱动腱绳1242分别连接于第二拇指节121。

[0085] 具体地,第二拇指节121通过第二拇指转轴122与第一拇指节111可转动连接形成第二拇指关节123。可选地,第二拇指转轴122固定于第二拇指节121并与第一拇指节111可转动连接。第二拇指节121在第二拇指关节正向驱动腱绳1241或第二拇指关节反向驱动腱绳1242的驱动作用下绕第二拇指转轴122的轴线转动实现第二关节的屈伸运动。

[0086] 大拇指1还包括第一拇指关节驱动轮114。第一拇指关节驱动轮114与第一拇指节111同轴固定连接,第一拇指关节驱动轮114与拇指基座10同轴可转动连接。第一拇指关节

驱动轮114在腱绳的驱动下相对拇指基座10转动,从而带动第一拇指节111绕其轴线回转。需要说明的是,本发明实施例中指节的轴向和拇指基座10的轴向均为指节沿手指长度的方向。

[0087] 进一步地,如图9所示,用于驱动第一拇指关节113回转的驱动腱绳第一拇指关节正向驱动腱绳1151和第一拇指关节反向驱动腱绳1152。第一拇指关节正向驱动腱绳1151和第一拇指关节反向驱动腱绳1152的一端分别连接于第一拇指关节驱动轮114外周的两侧。

[0088] 如图7和图8所示,本发明一些实施例中,第四拇指转轴142固定连接于第四拇指节141并与第三拇指节131可转动连接。第五拇指转轴152固定连接于第四拇指节141并与第五拇指节151可转动连接。

[0089] 其中,用于驱动第四拇指关节143屈伸的驱动腱绳为第四拇指关节正向驱动腱绳1451和第四拇指关节反向驱动腱绳1452。第四拇指关节正向驱动腱绳1451和第四拇指关节反向驱动腱绳1452分别连接于第四拇指节141并位于第四拇指转轴142的两侧。第四拇指关节正向驱动腱绳1451和第四拇指关节反向驱动腱绳1452驱动第四拇指节141相对第四拇指转轴142转动,以实现第四拇指关节143的屈伸运动。

[0090] 其中,用于驱动第五拇指关节153屈伸的驱动腱绳分别为第五拇指关节正向驱动腱绳1561和第五拇指关节反向驱动腱绳1562,第五拇指关节正向驱动腱绳1561和第五拇指关节反向驱动腱绳1562分别连接于第五拇指节151位于第五拇指转轴152的两侧。

[0091] 具体地,大拇指1还包括驱动块155,驱动块155与第五拇指节151固定连接并与第五拇指转轴152可转动连接。第五拇指关节正向驱动腱绳1561和第五拇指关节反向驱动腱绳1562均固定于该驱动块155,并位于驱动块155的两侧。第五拇指关节正向驱动腱绳1561和第五拇指关节反向驱动腱绳1562驱动该驱动块155相对第五拇指转轴152转动,以实现第五拇指关节153的屈伸运动。

[0092] 本发明一些实施例中,第四拇指转轴142上设有第一腱绳导向孔1421,第二拇指转轴122上设有第二腱绳导向孔1221。第一腱绳导向孔1421的轴线与第四拇指转轴142的轴线垂直相交,第二腱绳导向孔1221的轴线与第二拇指转轴122的轴线垂直相交。用于驱动第五拇指关节153的驱动腱绳依次穿设于对应的第一腱绳导向孔1421和第二腱绳导向孔1221,用于驱动第四拇指关节143的驱动腱绳和用于驱动第三拇指关节133的驱动腱绳穿设于第二腱绳导向孔1221。

[0093] 具体地,第一腱绳导向孔1421的数量为两个,第五拇指关节正向驱动腱绳1561和第五拇指关节反向驱动腱绳1562一一对应穿设于两个第一腱绳导向孔1421。

[0094] 第二腱绳导向孔1221的数量为六个,第四拇指关节正向驱动腱绳1451、第四拇指关节反向驱动腱绳1452、第三拇指关节正向驱动腱绳1351、第三拇指关节反向驱动腱绳1352、第五拇指关节正向驱动腱绳1561和第五拇指关节反向驱动腱绳1562一一对应穿设于六个第二腱绳导向孔1221。

[0095] 其中,第四拇指转轴142的轴线与第三拇指节131的旋转轴线垂直相交。第三拇指节131的旋转轴线与第二拇指转轴122的轴线垂直相交。第二拇指转轴122的轴线与第一拇指节111的旋转轴线垂直相交。第一拇指节111的旋转轴线、第三拇指节131的旋转轴线和第二拇指转轴122的轴线相交于一点。如此,用于驱动第二拇指关节123、第三拇指关节133、第四拇指关节143和第五拇指关节153的驱动腱绳穿设于第一拇指节111并经第一拇指节111

的中轴面。用于驱动第三拇指关节133、第四拇指关节143和第五拇指关节153的驱动腱绳穿设于第二拇指转轴122并经第二拇指转轴122的轴心。用于驱动第四拇指关节143和第五拇指关节153的驱动腱绳穿设于第三拇指节131并经第三拇指节131的中轴面。用于驱动第五拇指关节153的驱动腱绳穿设于第四拇指转轴142并经第四拇指转轴142的轴心。这样的驱动腱绳布局方式可减小五个关节之间的运动耦合,提高各个关节动作的精准度,实现灵巧手大拇指的类人灵巧操作。

[0096] 其中,两个第一腱绳导向孔1421相对于第三拇指节131的旋转轴线对称分布,且靠近第三拇指节131的旋转轴线设置。六个第二腱绳导向孔1221相对于第一拇指节111的旋转轴线对称分布,且靠近第一拇指节111的旋转轴线设置。如此,可进一步减小第一拇指关节113和第三拇指关节133与其他关节之间的运动耦合。

[0097] 进一步地,如图10和图11所示,第一腱绳导向孔1421和第二腱绳导向孔1221的孔壁均设有让位槽,让位槽用于在对应关节弯曲的情况下为位于其内的驱动腱绳提供避让。

[0098] 其中,第二拇指转轴122的每一第二腱绳导向孔1221的孔壁均设有第二让位槽1222,第二让位槽1222用于在第二拇指关节123弯曲的情况下为位于其内的驱动腱绳提供避让。

[0099] 具体地,第二让位槽1222位于第二腱绳导向孔1221靠近第二拇指节121的指面侧的孔壁上。第二让位槽1222为扇形槽,其角度不小于 $90^{\circ}$ ,可实现第二拇指关节123的解耦,保证在单独驱动第二拇指关节123活动时,不影响第三拇指关节133、第四拇指关节143和第五拇指关节153的姿态。在第二拇指关节123处于 $0^{\circ}$ 角状态的情况下,第二腱绳导向孔1221内的驱动腱绳沿在第二拇指关节123处于 $0^{\circ}$ 角状态的情况下,第二腱绳导向孔1221内的驱动腱绳沿第二腱绳导向孔1221的轴向延伸。在第二拇指关节123转到 $90^{\circ}$ 角状态的情况下,第二腱绳导向孔1221内的驱动腱绳可折成 $90^{\circ}$ 角。

[0100] 如图5所示,第四拇指转轴142的每一第一腱绳导向孔1421的孔壁设有第一让位槽1422。第一让位槽1422与第二让位槽1222的结构相同,从而实现第四拇指关节143的解耦,保证在单独驱动第四拇指关节143活动时,不影响第五拇指关节153的姿态。

[0101] 本发明一些实施例中,第二拇指节121内设有腱绳分线块125,腱绳分线块125设有三对腱绳分线孔。腱绳分线块125与第二拇指转轴122或第二拇指节121固定连接。三对腱绳分线孔分别用于穿设第五拇指关节153的两根驱动腱绳、第四拇指关节143的两根驱动腱绳和第三拇指关节133的两根驱动腱绳。

[0102] 其中,腱绳分线块125设于第二拇指节121内。三对腱绳分线孔的出口沿第二拇指转轴122的轴线方向依次排布,并与第二拇指转轴122上的六个第二腱绳导向孔1221一一对应。第五拇指关节153、第四拇指关节143和第三拇指关节133的驱动腱绳一同顺次穿设于腱绳分线块125、第二拇指转轴122、第一拇指节111和拇指基座10后进入手掌单元600。第二拇指关节123的驱动腱绳穿设于拇指基座10后进入手掌单元600。第一拇指关节的驱动腱绳则通过手掌基体60上的腱绳导向块进入手掌单元600。

[0103] 食指2、中指3、无名指4和小指5均为模块化手指,且食指2、中指3、无名指4和小指5的结构相同。下面对食指2、中指3、无名指4和小指5的结构进行说明。

[0104] 如图1和图12所示,手指基座20可通过不限于螺纹连接或铆接的方式与手掌基体60连接。第一手指节211可相对手指基座20做侧摆运动和屈伸运动,第二手指节221可相对

第一手指节211做屈伸运动,第三手指节231可相对第二手指节221做屈伸运动。其中,第二手指关节2132的旋转轴线B2与第一手指关节2131的旋转轴线B1垂直,第二手指关节2132的旋转轴线B2、第三手指关节223的旋转轴线B3和第四手指关节233的旋转轴线B4相平行。

[0105] 其中,第四手指关节233的屈伸自由度为相对第三手指关节223被动的耦合屈伸自由度。第二手指关节2132和第三手指关节223的屈伸自由度为主动屈伸自由度,可由单独的驱动装置驱动而转动,驱动装置设置于手指外部并通过驱动腱绳与对应的关节驱动连接。

[0106] 如图14-图17所示,本发明实施例中,食指2、中指3、无名指4和小指5还包括十字轴连接块24,第一手指节211通过十字轴连接块24与手指基座20连接形成第一手指关节2131和第二手指关节2132。

[0107] 具体地,第一手指节211连接于十字轴连接块24,十字轴连接块24通过第一手指转轴2121与手指基座20可转动连接以形成第一手指关节2131。十字轴连接块24通过第二手指转轴2122与手指基座20可转动连接以形成第二手指关节2132。第一手指转轴2121和第二手指转轴2122的轴线垂直相交。

[0108] 具体地,十字轴连接块24和手指基座20中的一者与第一手指转轴2121固定连接或一体成型,十字轴连接块24和手指基座20中的另一者与第二手指转轴2122固定连接或一体成型。十字轴连接块24和手指基座20上对应于第一手指转轴2121和第二手指转轴2122的位置设有与第一手指转轴2121或第二手指转轴2122相适配的销孔。第一手指转轴2121的轴线和第二手指转轴2122的轴线垂直相交,即手指的侧摆旋转轴线与屈伸旋转轴线垂直相交,使第一手指节211与手指基座20连接结构紧凑。

[0109] 本发明实施例中,食指2、中指3、无名指4和小指5均包括第三手指关节正向驱动腱绳2241、第三手指关节反向驱动腱绳2242以及耦合腱绳2341。第三手指关节正向驱动腱绳2241和第三手指关节反向驱动腱绳2242分别连接于第三手指节231。第一手指节211内设有弹性复位件25,耦合腱绳2341的一端连接于第三手指节231,另一端连接弹性复位件25。弹性复位件25可以为复位弹簧或复位弹片等。

[0110] 具体地,第二手指节221的第二端通过第三手指转轴与第一手指节211可转动连接。第三手指节231的一端固定有第四手指转轴,第四手指转轴与第二手指节221可转动连接。第四手指转轴上固定有第一驱动轮235,第三手指关节正向驱动腱绳2241和第三手指关节反向驱动腱绳2242分别连接于第一驱动轮235并分别位于第一驱动轮235的两侧。耦合腱绳2341的一端连接于第一驱动轮235并位于第一驱动轮235靠近指背的一侧,耦合腱绳2341的另一端连接弹性复位件25。

[0111] 其中,耦合腱绳2341连接弹性复位件25的一端并位于第四手指转轴靠近指面的一侧,使耦合腱绳2341在弹性复位件25的作用下向第三手指节231施加朝向指背侧的拉紧力。这样,当拉动第三手指关节正向驱动腱绳2241时,可驱动第三手指关节223向手掌内侧弯曲。

[0112] 并且,在第二手指节221没有遇到障碍物的情况下,在第三手指关节223向手掌内侧弯曲设定角度范围内时,第三手指节231与第二手指节221不发生相对转动。当第三手指关节223的弯曲角度超过设定角度时,第三手指节231相对第二手指节221发生转动,使第四手指关节233向手掌内侧弯曲。当第二手指节221遇到障碍物时,在第三手指关节正向驱动腱绳2241继续拉动的情况下,第四手指关节233克服弹性复位件25的力向手掌内侧弯曲,完

成对障碍物的抓握。

[0113] 本发明实施例中,食指2、中指3、无名指4和小指5均包括第一手指关节正向驱动腱绳2141、第一手指关节反向驱动腱绳2142、第二手指关节正向驱动腱绳2143和第二手指关节反向驱动腱绳2144。

[0114] 其中,第一手指关节正向驱动腱绳2141和第一手指关节反向驱动腱绳2142分别连接于第一手指节211,用于驱动第一手指节211相对手指基座20做侧摆运动。第二手指关节正向驱动腱绳2143和第二手指关节反向驱动腱绳2144分别连接于第一手指节211,用于驱动第一手指节211相对手指基座20做屈伸运动。

[0115] 可选地,第一手指关节正向驱动腱绳2141和第一手指关节反向驱动腱绳2142分别连接于第一手指节211上对应于第二手指转轴2122两端的位置,比如第一手指节211两侧用于安装第二手指转轴2122的销孔内。

[0116] 其中,第三手指关节正向驱动腱绳2241和第三手指关节反向驱动腱绳2242穿设于第一手指转轴2121和第二手指转轴2122的轴心。食指2、中指3、无名指4和小指5内的腱绳分布相同,均有6根驱动腱绳和1根耦合腱绳,6根驱动腱绳穿设于手指基座20内的腱绳孔。

[0117] 如图2和图18所示,本发明的一些实施例中,手掌单元600包括手掌基体60、第一连接部611和第二连接部621。大拇指1、食指2、中指3和无名指4分别连接于手掌基体60,小指5连接于第二连接部621的第一端。第二连接部621的第二端与第一连接部611的第一端可转动连接形成第二手掌关节623。第一连接部611的第二端与手掌基体60可转动连接形成第一手掌关节613。第一手掌关节613和第二手掌关节623均具有相对手掌基体60屈伸的自由度。第一手掌关节613的旋转轴线和第二手掌关节623的旋转轴线呈角度设置。

[0118] 其中,手掌单元600用于为各个手指提供安装基座和腱绳布局空间。手掌基体60的背面还设有控制电路板。所有手指的驱动腱绳穿设于手掌基体60内的腱绳孔。

[0119] 大拇指1通过拇指基座10连接于手掌基体60,食指2、中指3和无名指4分别通过各自的手指基座20连接于手掌基体60。小指5的手指基座20依次通过第二连接部621和第一连接部611与手掌基体60连接。第一手掌关节613具有向大拇指1的方向屈伸的自由度,第二手掌关节623具有向手腕的方向屈伸的自由度。

[0120] 其中,第一连接部611通过第一手掌转轴612与手掌基体60可转动连接,第二连接部621通过第二手掌转轴622与第一连接部611可转动连接。可选地,第二手掌转轴622的轴线与小指5的第二手指转轴2122的轴线平行。

[0121] 本发明实施例中,如图19-图21所示,手掌单元600包括第一手掌关节正向驱动腱绳6141、第一手掌关节反向驱动腱绳6142、第二手掌关节正向驱动腱绳6241和第二手掌关节反向驱动腱绳6242。第一手掌关节正向驱动腱绳6141和第一手掌关节反向驱动腱绳6142分别连接于手第一连接部611,用于驱动第一手掌关节613转动。第二手掌关节正向驱动腱绳6241和第二手掌关节反向驱动腱绳6242分别连接于第二连接部621,用于驱动第二手掌关节623转动。小指5的驱动腱绳依次穿设于第二连接部621、第一连接部611和手掌基体60的腱绳孔。

[0122] 各个手指关节的驱动腱绳以及第一手掌关节613、第二手掌关节623的驱动腱绳均穿设于手掌基体60的腱绳孔。具体地,如图22和图23所示,手掌基体60设有第一腱绳孔601、第二腱绳孔602和第三腱绳孔603。大拇指1的第一拇指关节113的两根驱动腱绳穿设于第一

腱绳孔601,大拇指1的其他关节共8根驱动腱绳穿设于第二腱绳孔602,食指2、中指3、无名指4和小指5的共24根驱动腱绳以及手第一连接部611和第二连接部621的共4根驱动腱绳穿设于第三腱绳孔603。

[0123] 如图24-图27所示,本发明提供的仿人五指灵巧手还包括手腕单元700,手腕单元700包括手腕基座70和十字轴连接座73。手腕基座70通过十字轴连接座73与手掌单元600连接以形成第一腕关节713和第二腕关节723,第一腕关节713具有侧摆自由度,第二腕关节723具有屈伸自由度。手腕单元700用于实现仿人五指灵巧手本体整体的俯仰和侧摆运动。其中,第一腕关节713用于实现侧摆运动,第二腕关节723用于实现俯仰运动。

[0124] 具体地,十字轴连接座73通过第一手腕转轴712与手腕基座70可转动连接形成第一腕关节713,十字轴连接座73通过第二手腕转轴722与手掌单元600可转动连接形成第二腕关节723。其中,第一手腕转轴712和第二手腕转轴722相互垂直设置。第二手腕转轴722与十字轴连接座73可转动连接并与手掌基体60固定连接。例如,第二手腕转轴722上固定有连接件,手掌基体60通过连接法兰与该连接件连接。

[0125] 其中,手腕单元700包括第一腕关节正向驱动腱绳7141、第一腕关节反向驱动腱绳7142、第二腕关节正向驱动腱绳7241和第二腕关节反向驱动腱绳7242。第一腕关节正向驱动腱绳7141和第一腕关节反向驱动腱绳7142分别连接于十字轴连接座73并位于第一手腕转轴712的两侧。第二腕关节正向驱动腱绳7241和第二腕关节反向驱动腱绳7242分别连接于与第二手腕转轴722固定的连接件并位于第二手腕转轴722的两侧。

[0126] 进一步地,手掌单元600、大拇指1、食指2、中指3、无名指4和小指5的驱动腱绳均经过第一手腕转轴712和第二手腕转轴722的轴心,以实现手腕单元700的关节与手掌单元600和各个手指的运动解耦。具体地,第一手腕转轴712和第二手腕转轴722内设有腱绳导向孔。第一手腕转轴712内的腱绳导向孔的轴线与第一手腕转轴712的轴线垂直相交,第二手腕转轴722内的腱绳导向孔的轴线与第二手腕转轴722的轴线垂直相交。从手掌基体60穿出的38根驱动腱绳依次穿设于第二手腕转轴722的腱绳导向孔和第一手腕转轴712的腱绳导向孔。

[0127] 如图23、图24、图28所示,本发明实施例中,手腕单元700还包括腱绳分线板74,腱绳分线板74设置于手腕基座70的底部,即位于手腕基座70背离十字轴连接座73的一侧。腱绳分线板74内设有多个腱绳导槽741,每一腱绳导槽741由腱绳分线板74的内侧向外侧延伸,多个腱绳导槽741的出口分布于腱绳分线板74的外周侧。

[0128] 具体地,第二腕关节723的2根驱动腱绳以及从第一手腕转轴712穿出的38根驱动腱绳,经腱绳分线板74分线后与驱动装置800连接。可选地,腱绳分线板74为中部设有通孔的板状结构,多个腱绳导槽741沿通孔的周向间隔排布,每一腱绳导槽741由该通孔的侧壁向腱绳分线板74的外边缘延伸。

[0129] 第一腕关节713的2根驱动腱绳位于手腕基座70和腱绳分线板74的外部两侧。手腕基座70的外部两侧分别设有导向限位槽701,第二腕关节723的2根驱动腱绳分别位于两个导向限位槽701内。

[0130] 如图29-图32所示,本发明实施例提供的仿人五指灵巧手还包括驱动装置800。驱动装置800包括多个驱动单元810,多个驱动单元810与仿人五指灵巧手的多个关节一一对应设置。驱动单元810设置于手腕基座70远离手掌单元600的一侧。每一驱动单元810通过两根驱动腱绳与对应的一个关节驱动连接。

[0131] 其中,驱动单元810为不限于电机的驱动机构。当驱动该仿人五指灵巧手运动时,通过控制对应的驱动单元810拉动对应的驱动腱绳,使对应关节进行屈伸、侧摆或回转运动,从而实现相应动作。每一根驱动腱绳上设有腱绳拉力传感器,用于检测腱绳的拉力。其中,该仿人五指灵巧手还包括预紧机构,驱动单元810与对应的驱动腱绳之间设置有预紧机构,以保持驱动腱绳时刻保持张紧状态,不脱离对应的导向轮。

[0132] 在其中一具体实施例中,驱动单元810的数量为21个,分别对应驱动大拇指1的5个关节(第一拇指关节113、第二拇指关节123、第三拇指关节133、第四拇指关节143和第五拇指关节153)、其他四指的各3个关节(第一手指关节2131、第二手指关节2132和第三手指关节223)、手掌单元600的2个关节(第一手掌关节613和第二手掌关节623)以及手腕单元700的2个关节(第一腕关节713和第二腕关节723)。即驱动装置800共连接有42根驱动腱绳,用以驱动该仿人五指灵巧手的21个关节运动。

[0133] 其中,驱动装置800还包括外罩820,21个驱动单元810设置于外罩820内。外罩820连接于手腕基座70。外罩820朝向手腕单元700的顶端可转动安装有与40个腱绳导槽741一一对应的40个导轮830。其中,从腱绳分线板74穿出的40根驱动腱绳一一对应经40个导轮的轮槽后穿入外罩820与对应的20个驱动单元810连接。第一腕关节713的2根驱动腱绳穿入外罩820与另一驱动单元810连接。如图32所示,当腱绳分线板74的四周侧分别间隔设有10个腱绳导槽741时,外罩820顶端的四周侧对应的分别间隔设置10个导轮830。相应的,20个驱动单元810对应分布于外罩820内的四周侧。

[0134] 如图33所示,本发明实施例提供的仿人五指灵巧手的每一关节均配置有关节位置传感器9,用于检测关节的转动角度。关节位置传感器9包括磁铁和磁栅,磁铁固定于关节的转轴,磁栅与磁铁同轴设置,在关节转动的情况下,磁铁和磁栅相对转动。

[0135] 具体地,第五拇指关节153、第四拇指关节143、第三拇指关节133、第二拇指关节123、第一拇指关节113、第三手指关节223、第二手指关节2132、第一手指关节2131、第二手掌关节623、第一手掌关节613、第一腕关节713和第二腕关节723的转轴上均固定有磁铁,与转轴具有相对转动关系的位置上对应设有磁栅。当关节转动时,转轴上的磁铁同步绕转轴的轴线旋转,产生磁场变化,根据磁场变化可确定关节的转动角度。

[0136] 以第五拇指关节153的转动角度检测为例,驱动块155的外周设有与第五拇指转轴152同轴的磁铁环1571,第四拇指节141上设有与第一磁铁环1571同轴设置的第一磁栅1572,磁铁环1571和第一磁栅1572形成第五拇指关节153的关节位置传感器。

[0137] 以食指2的第一手指关节2131的转动角度的检测为例,磁铁2151固定于十字轴连接块24并与第一手指转轴2121同轴设置,第二磁栅2152设置于手指基座20上靠近磁铁2151的一侧,磁铁2151与第二磁栅2152同轴设置。以食指2的第四手指关节233的角度检测为例,第四手指转轴的一端嵌设有磁铁,第二手指节221与该磁铁相对应的位置设有磁栅。其他关节的关节位置传感器可以类似方式设置,在此不再赘述。

[0138] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。



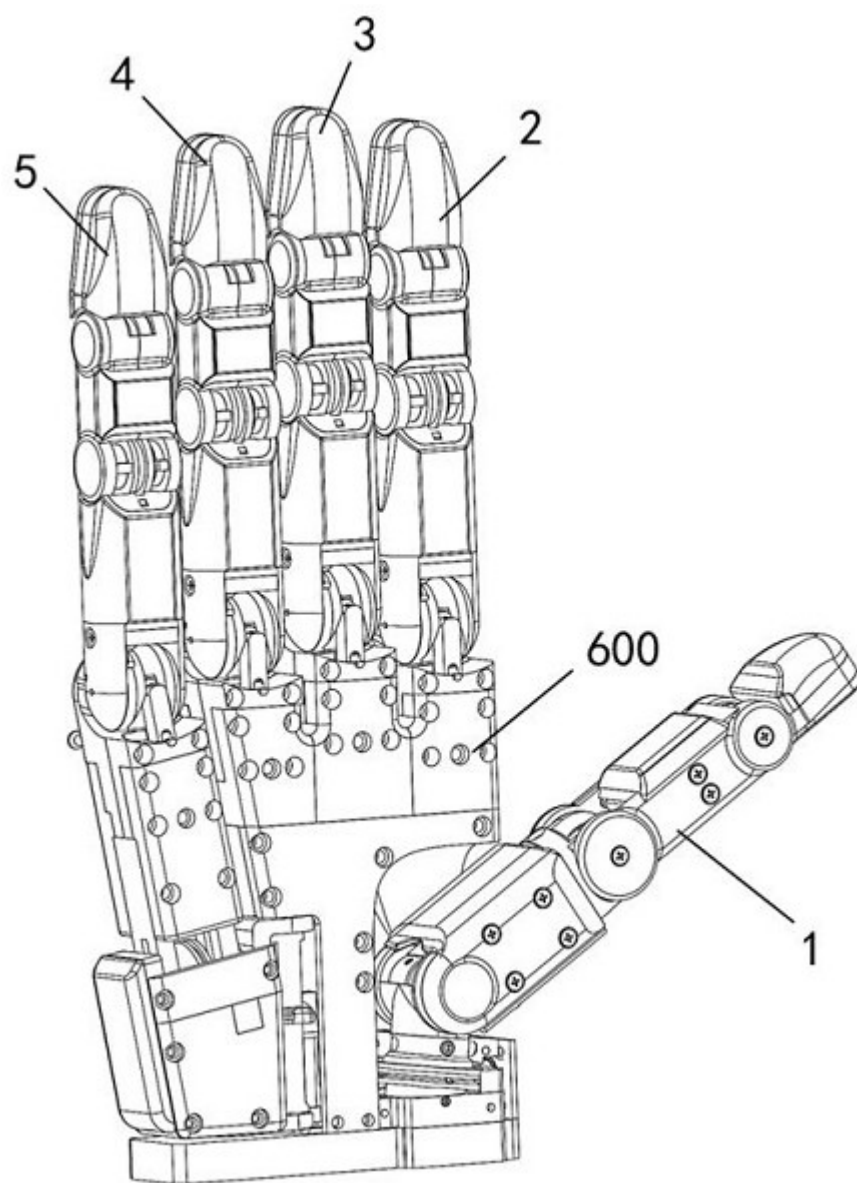


图1

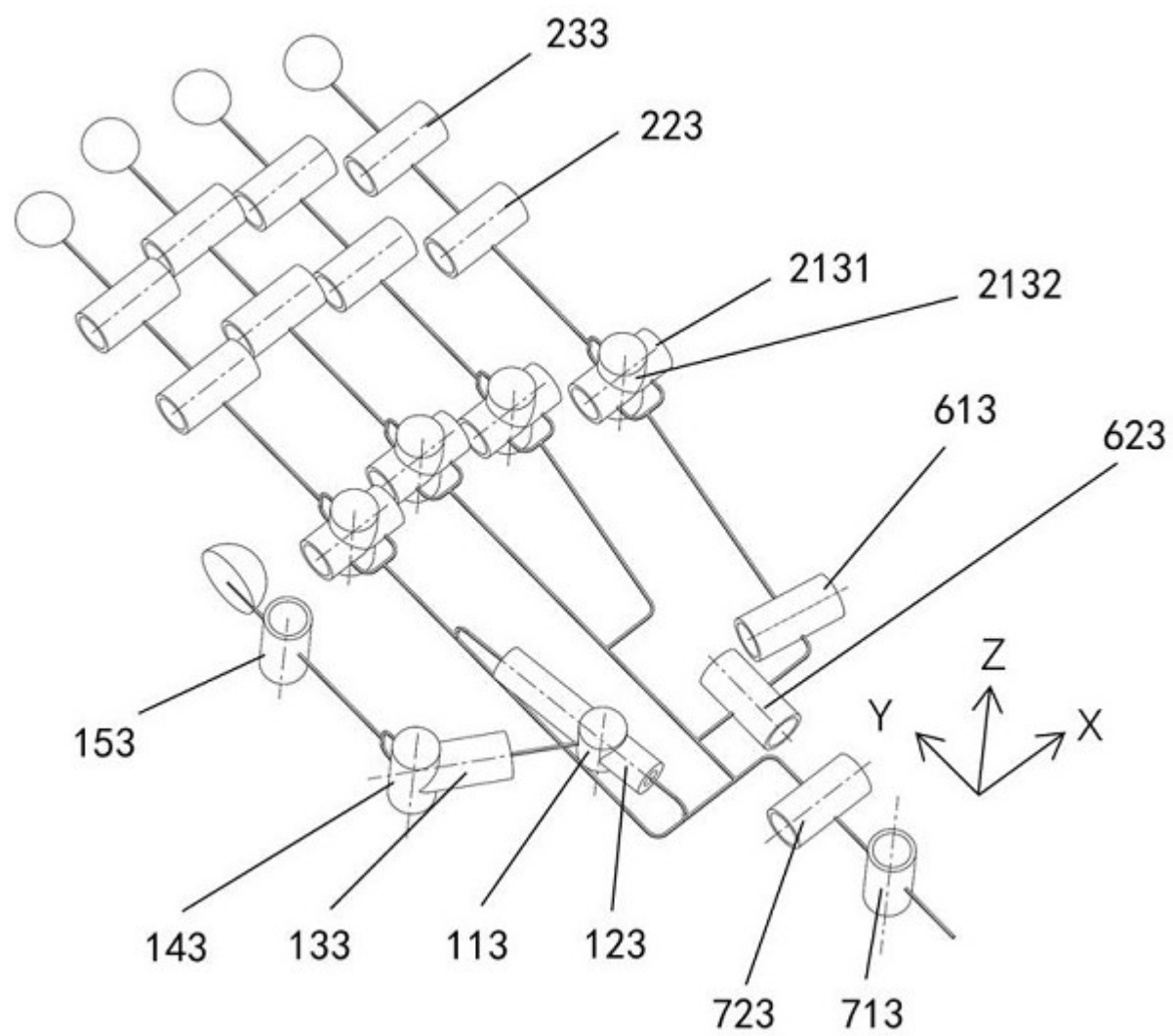


图2

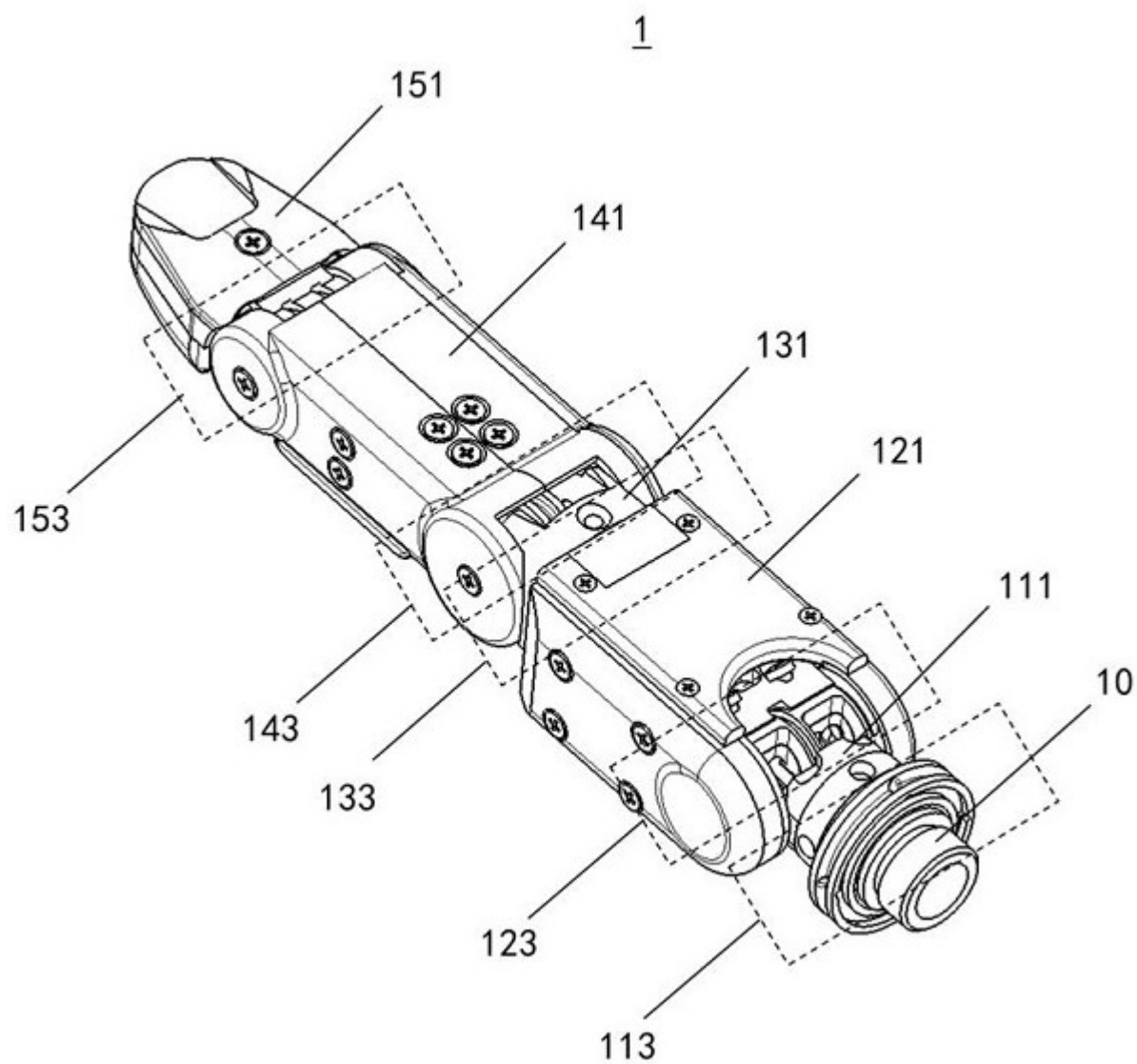


图3

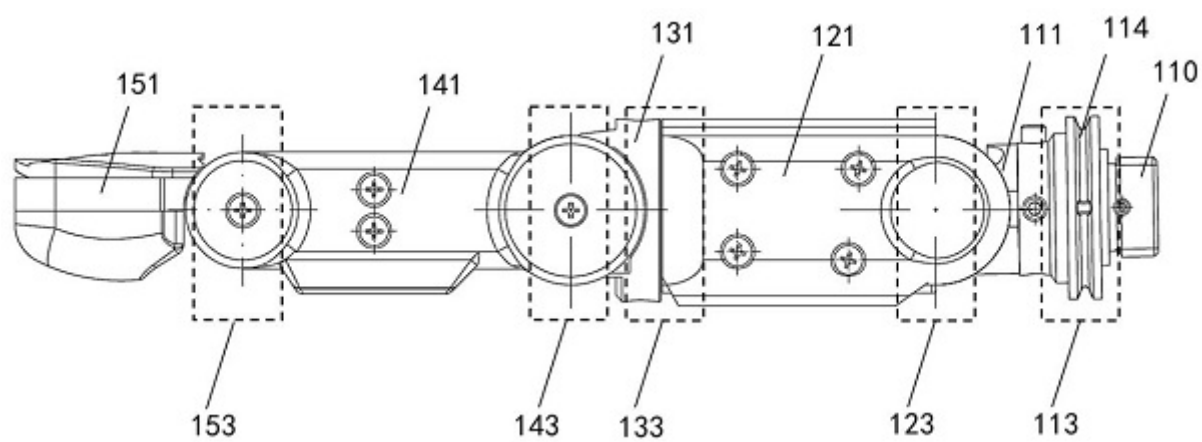


图4

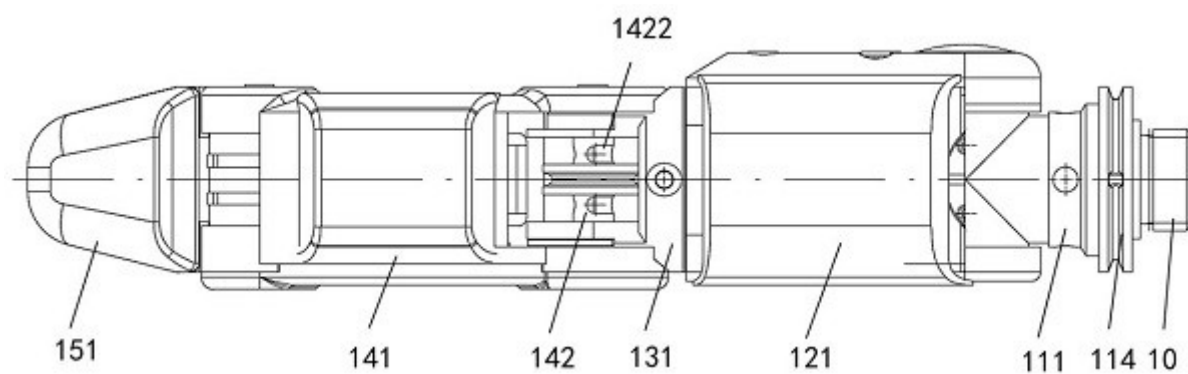


图5

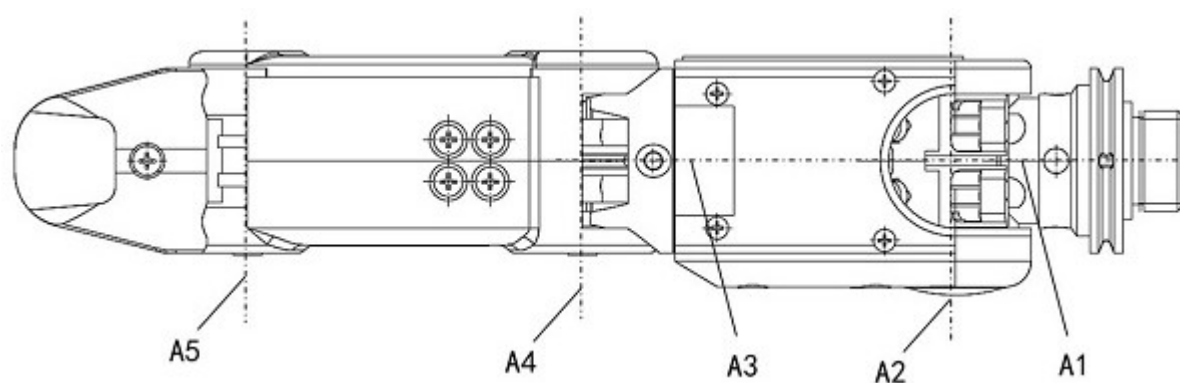


图6

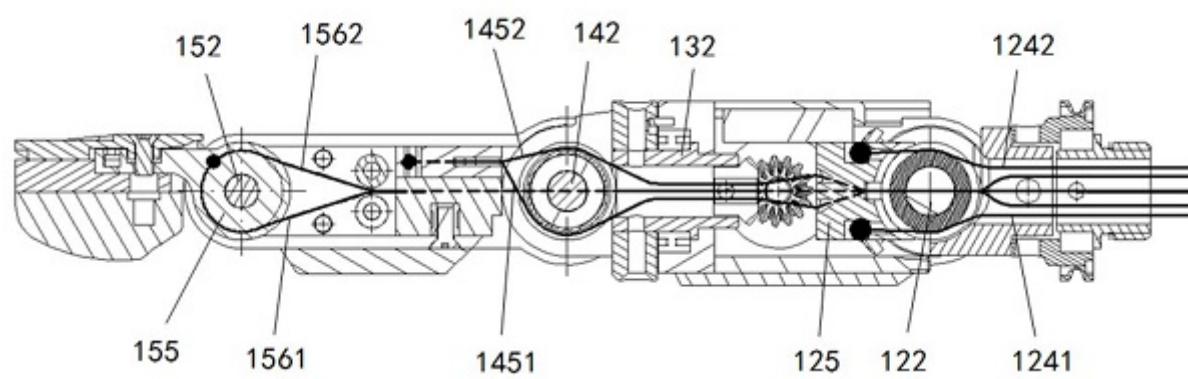


图7

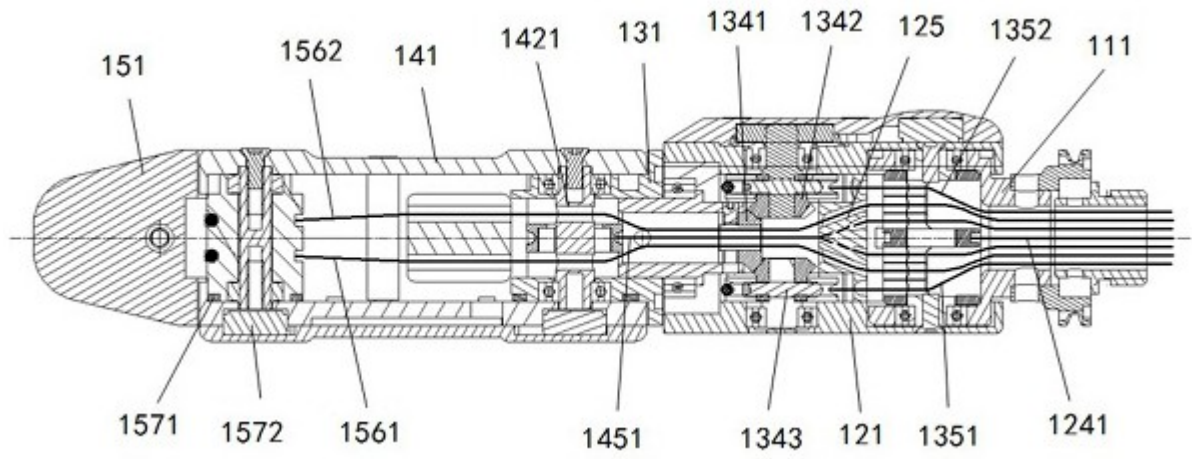


图8

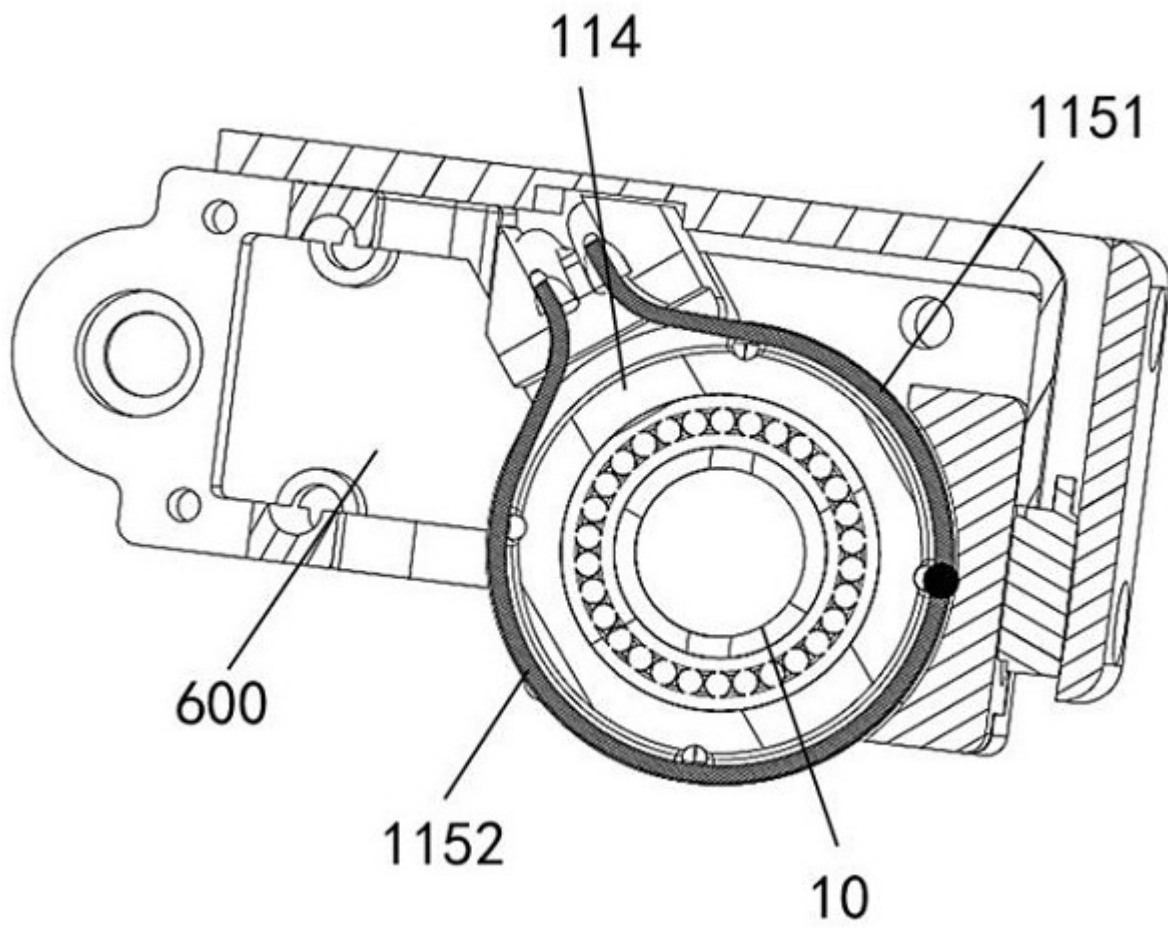


图9

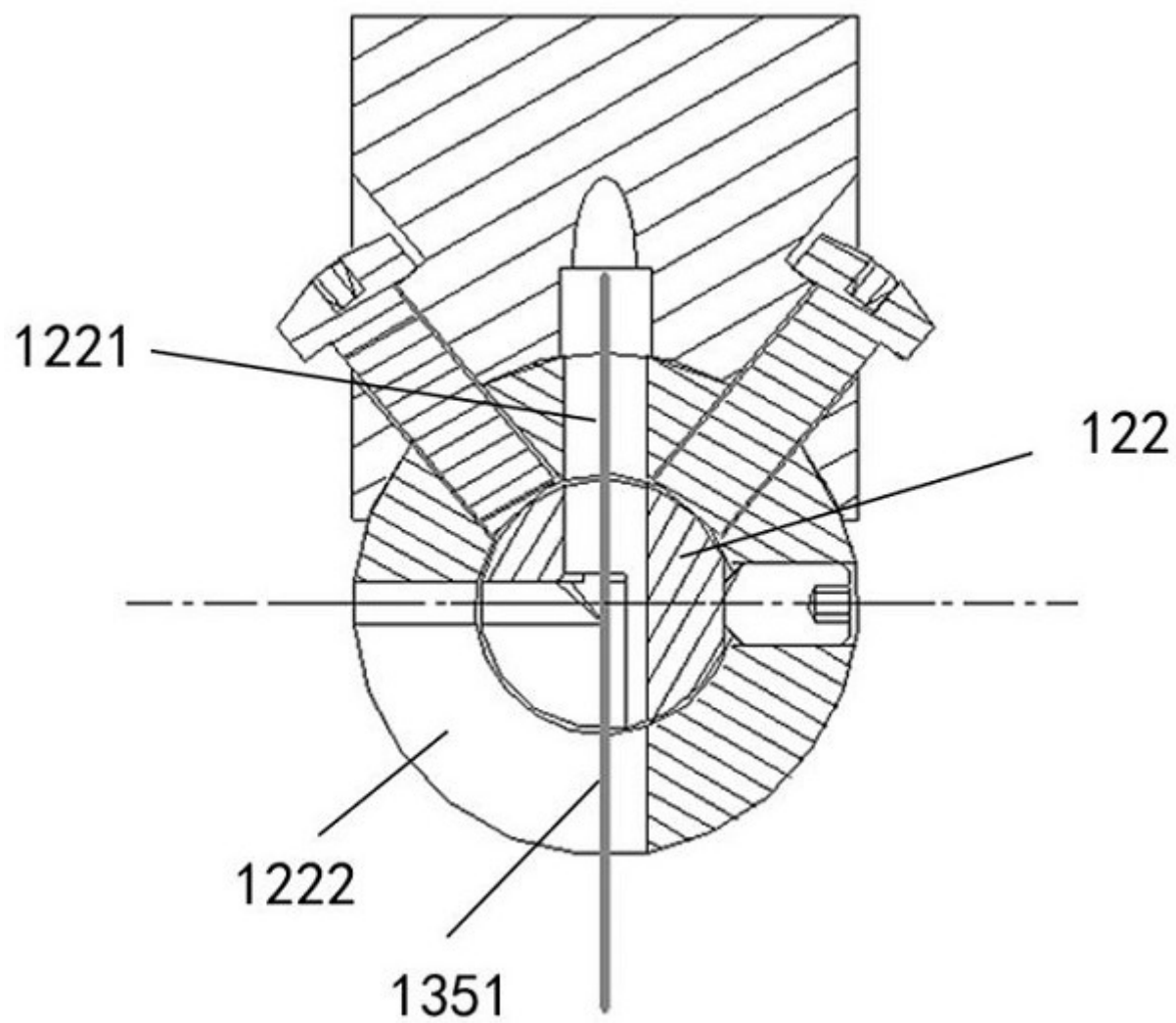


图10

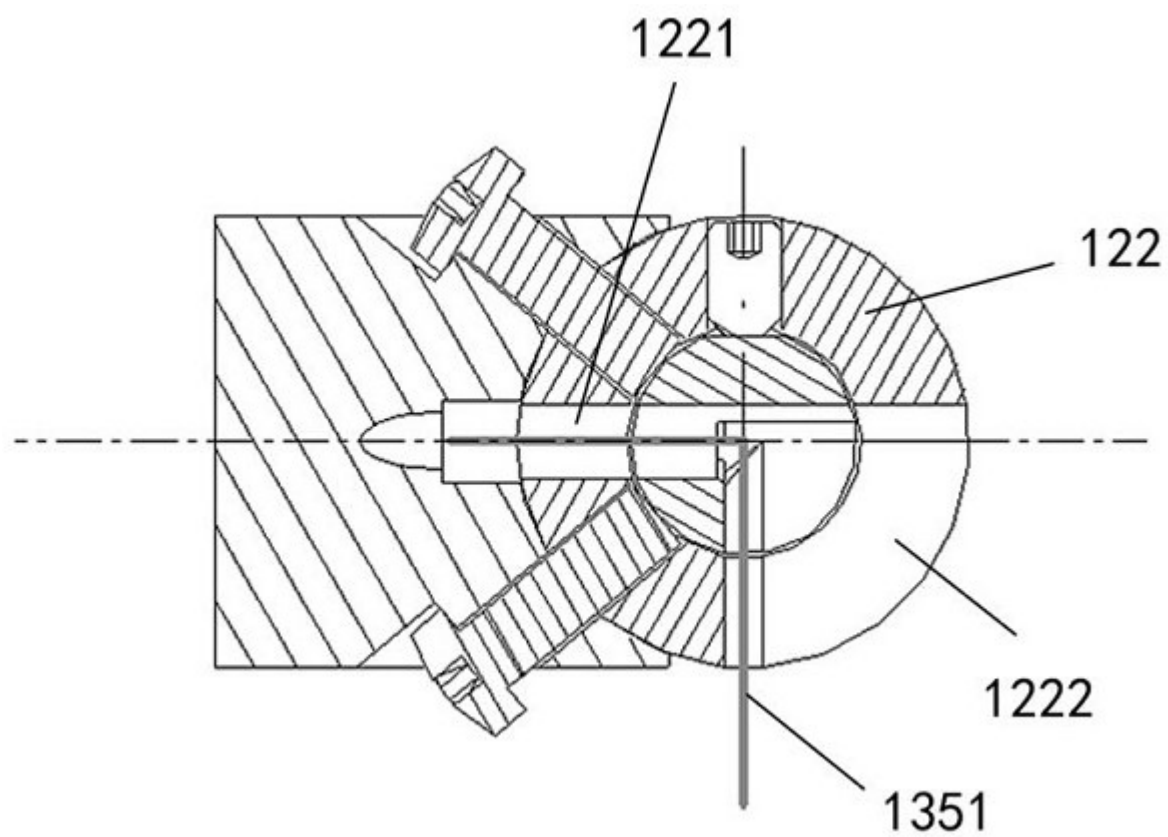


图11

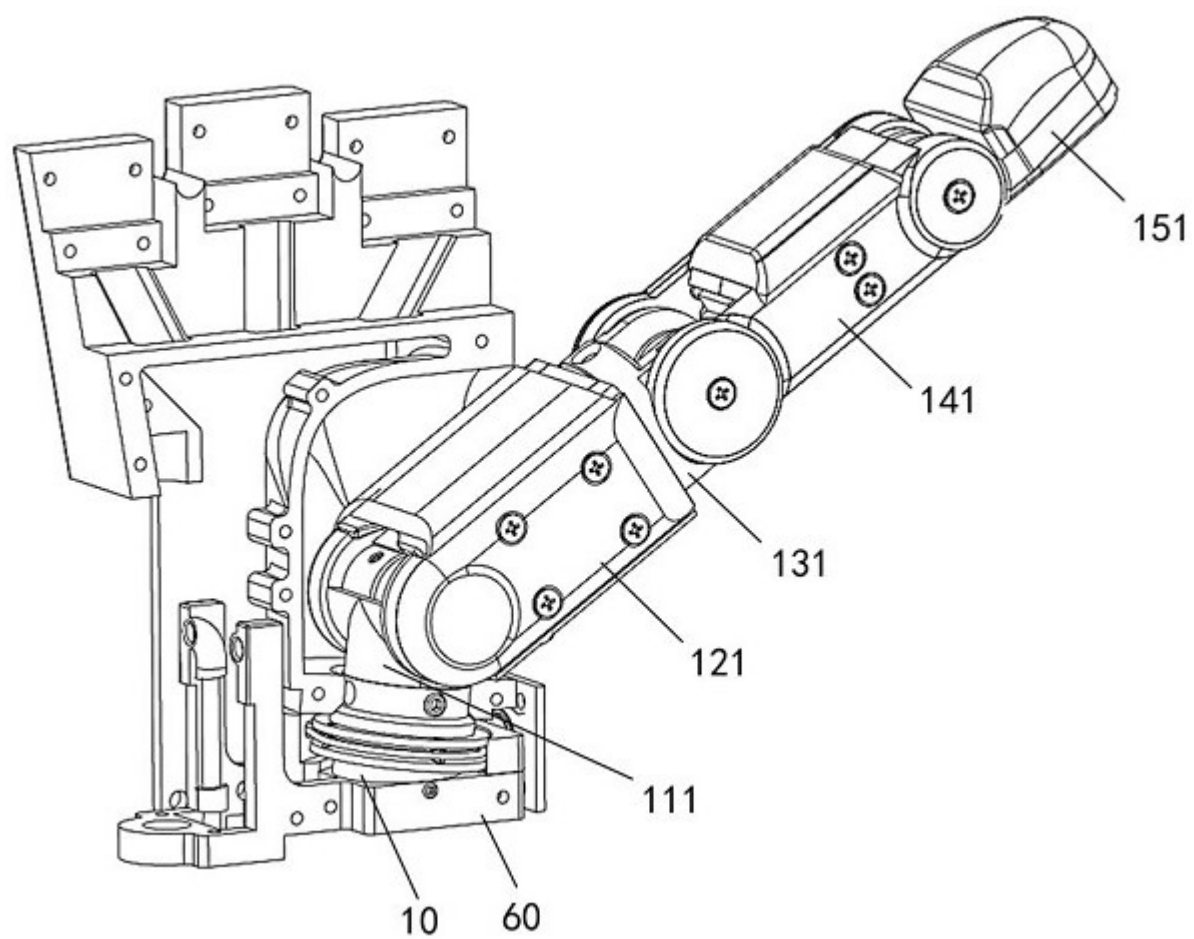


图12



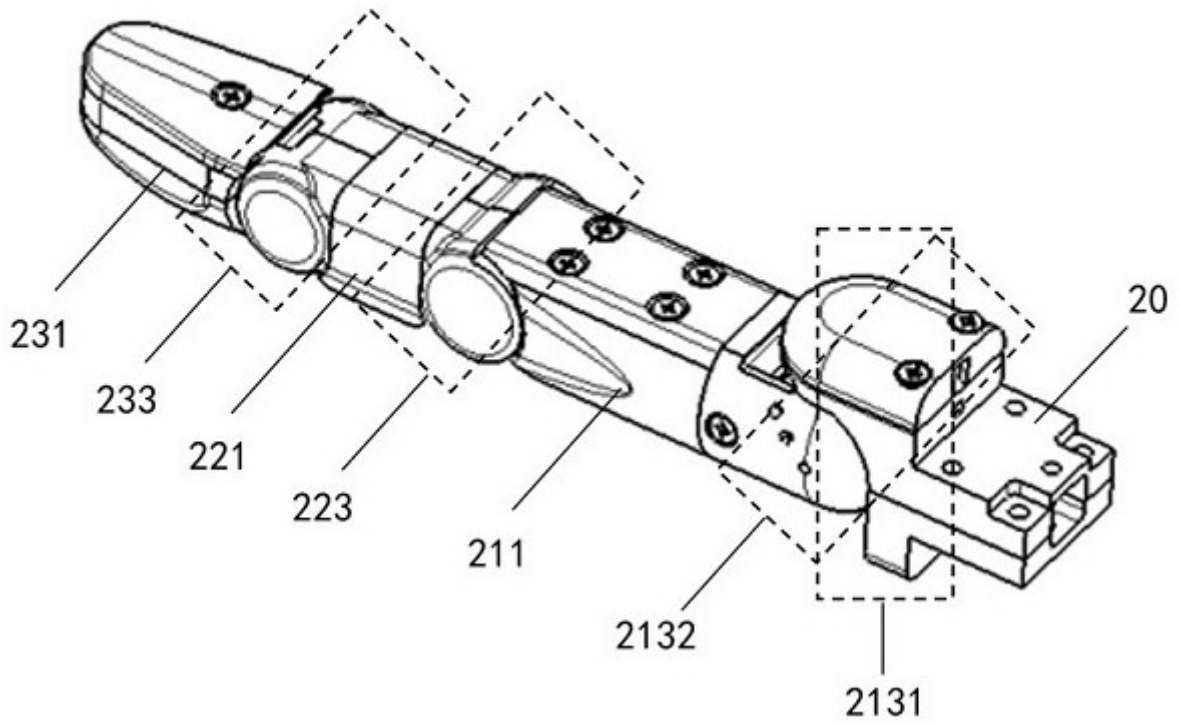
2

图13

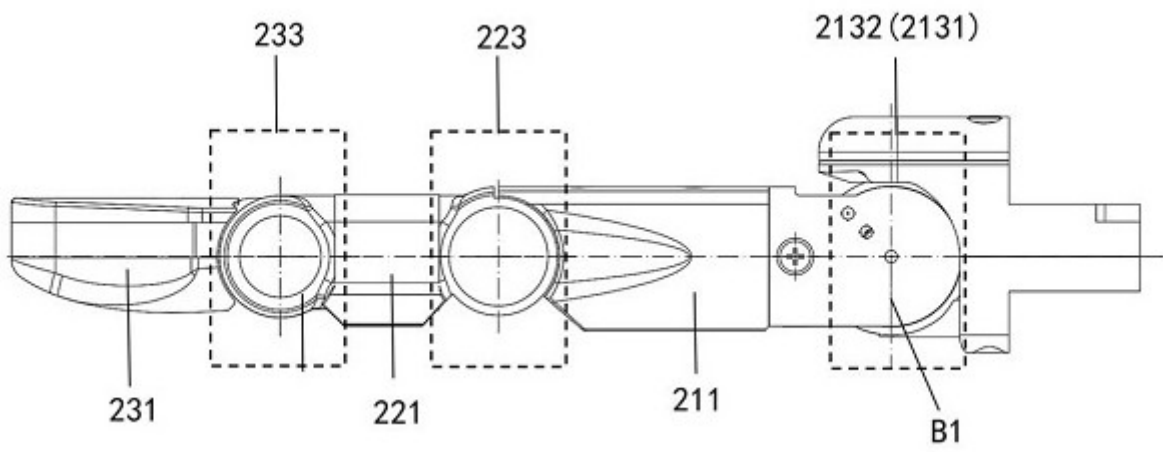


图14

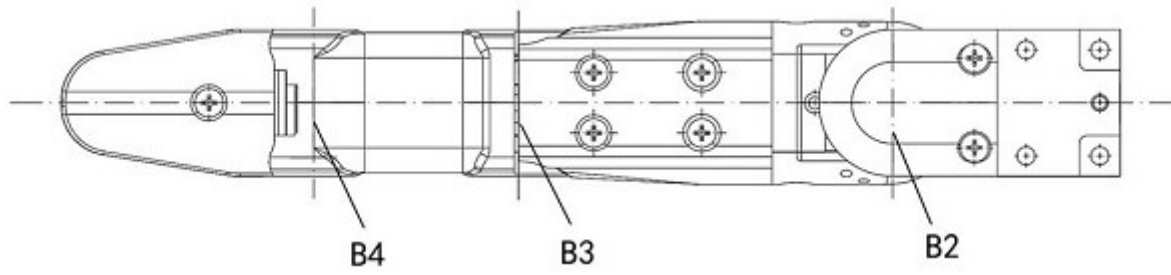


图15

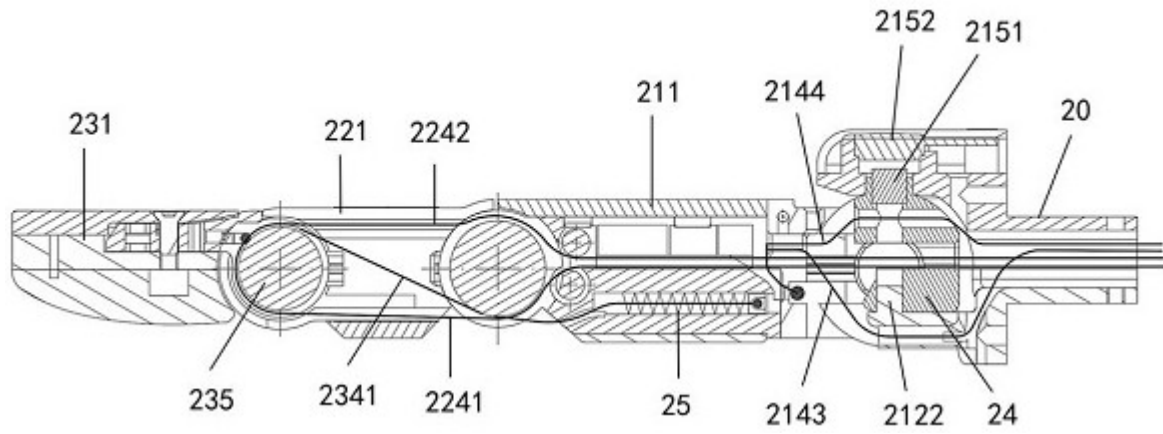


图16

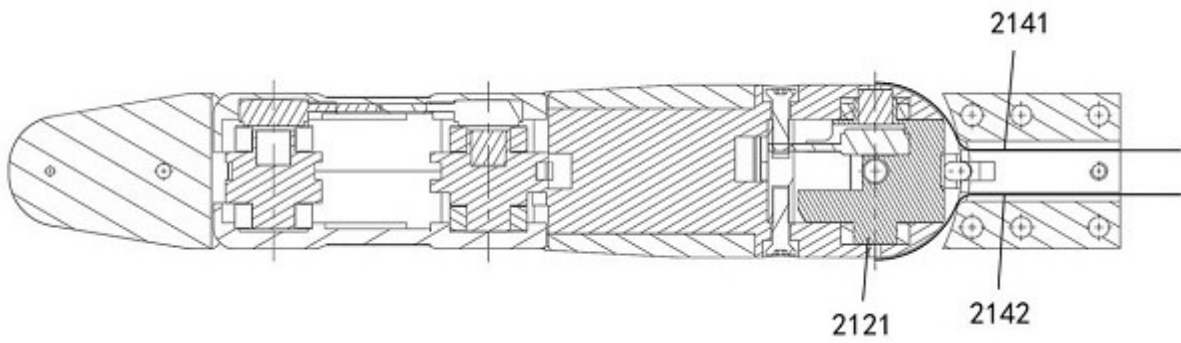


图17

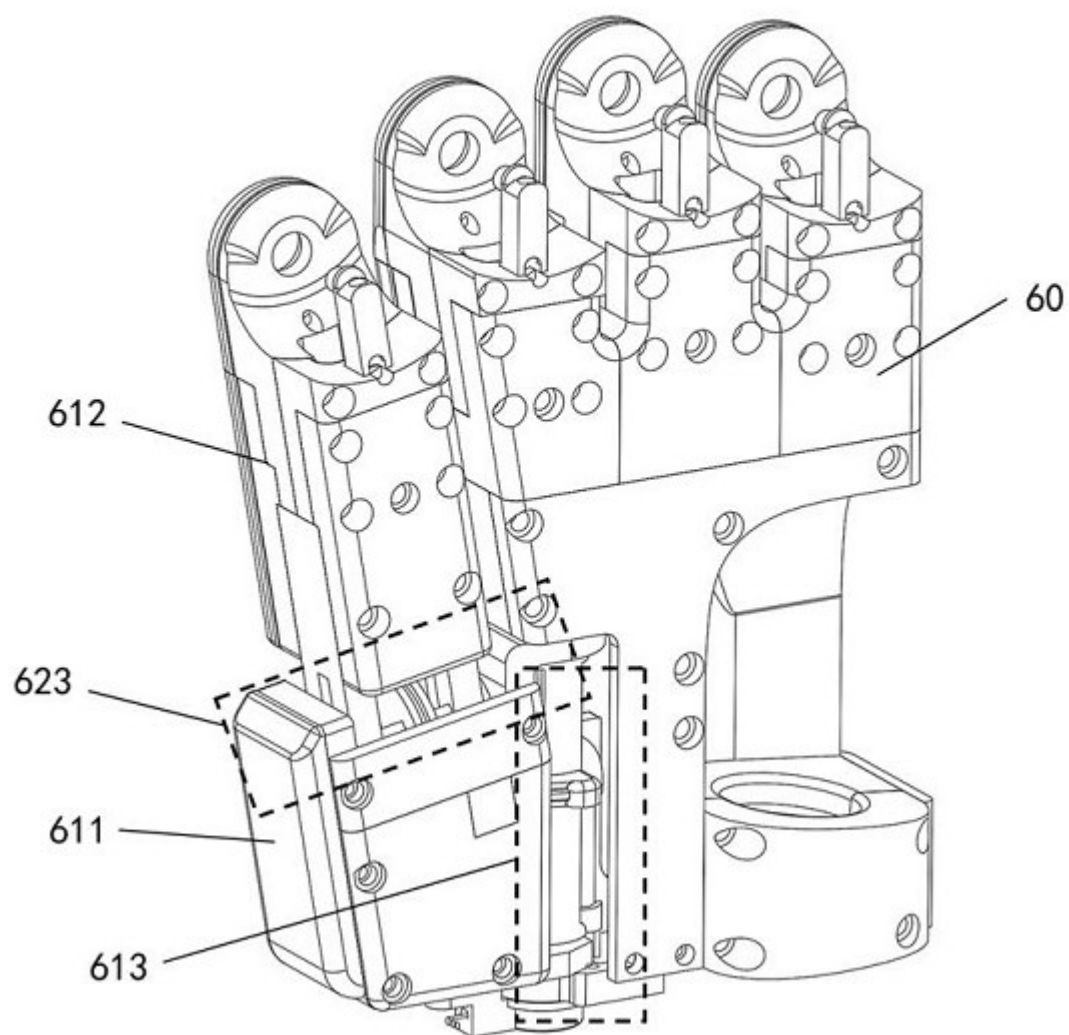
600

图18

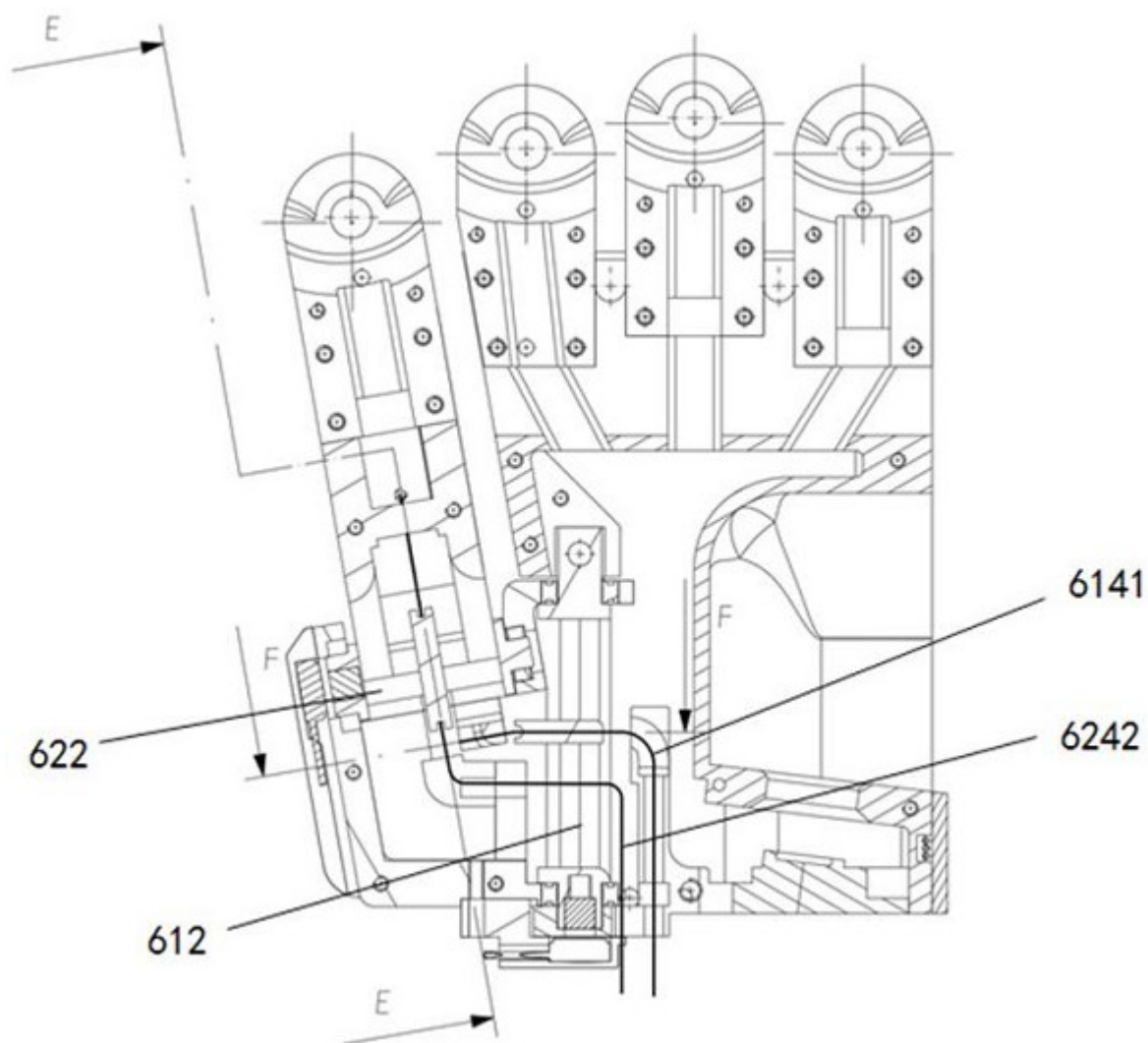


图19

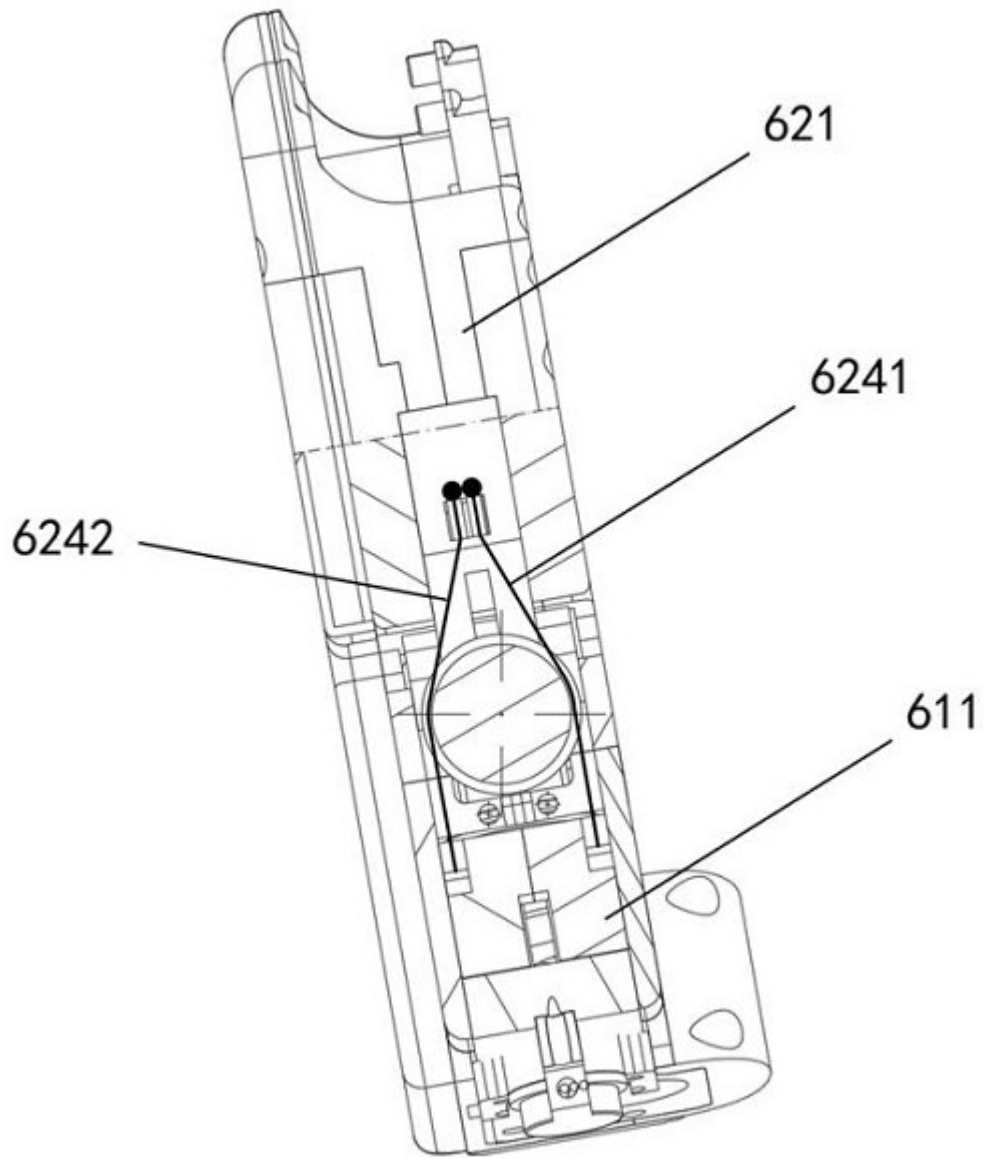


图20

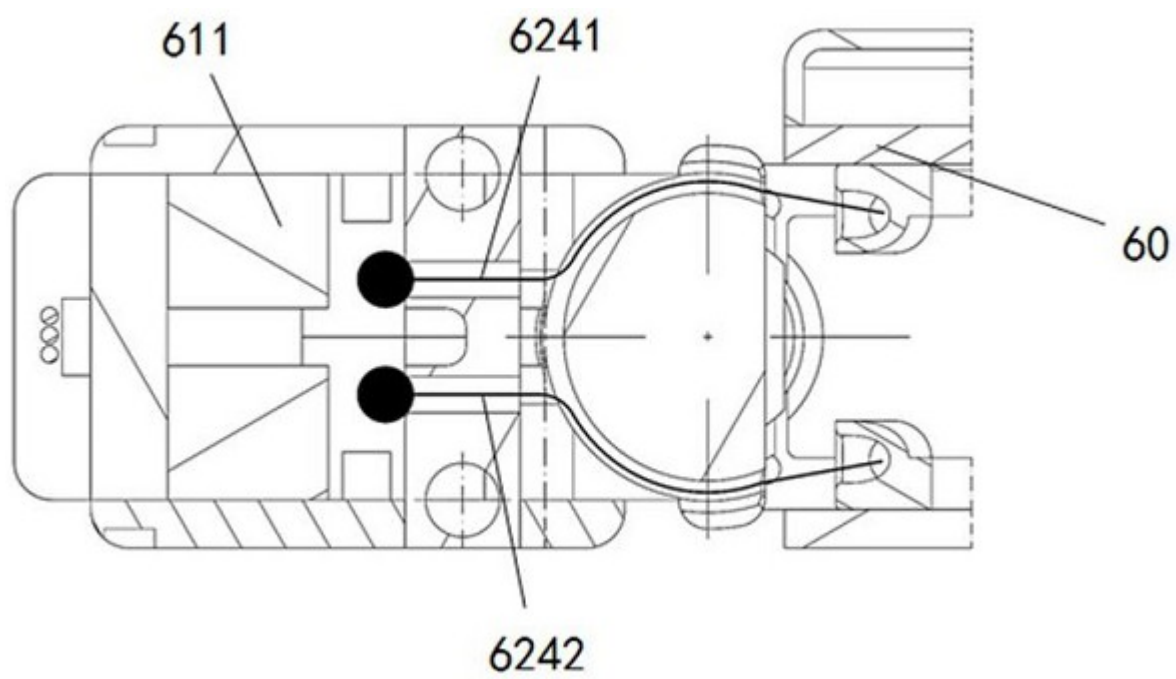


图21

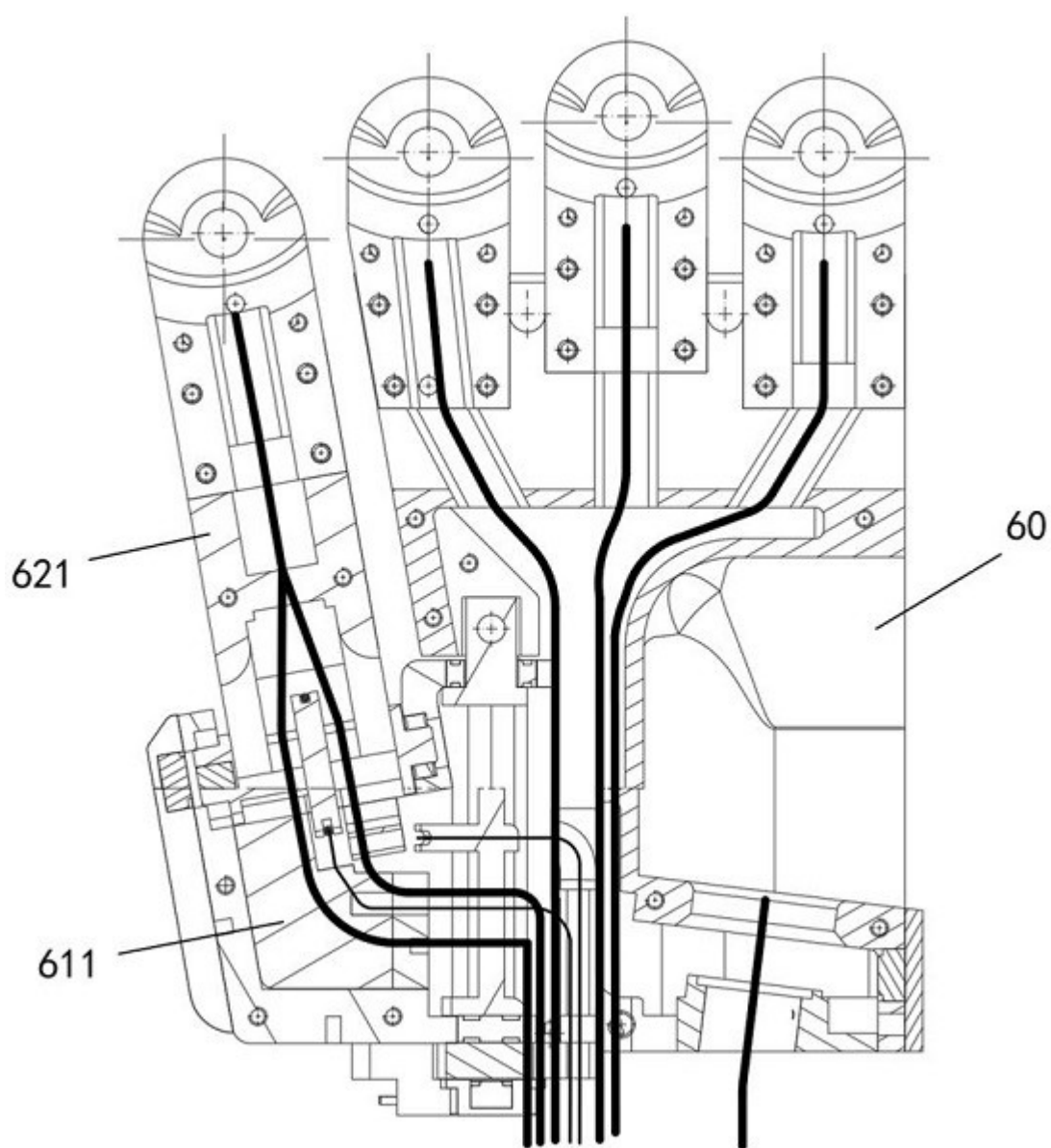


图22

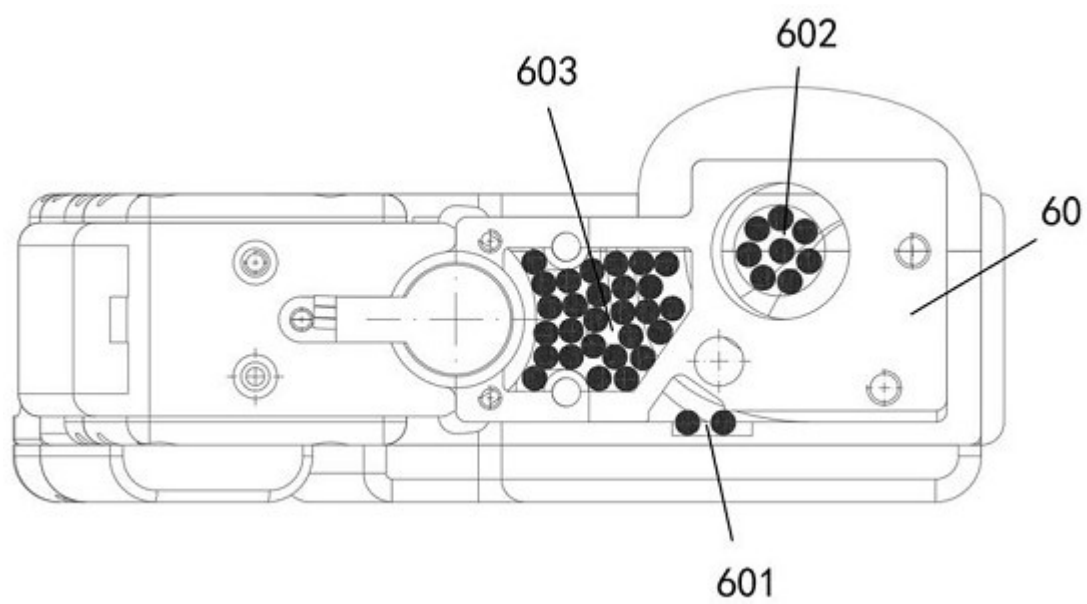


图23



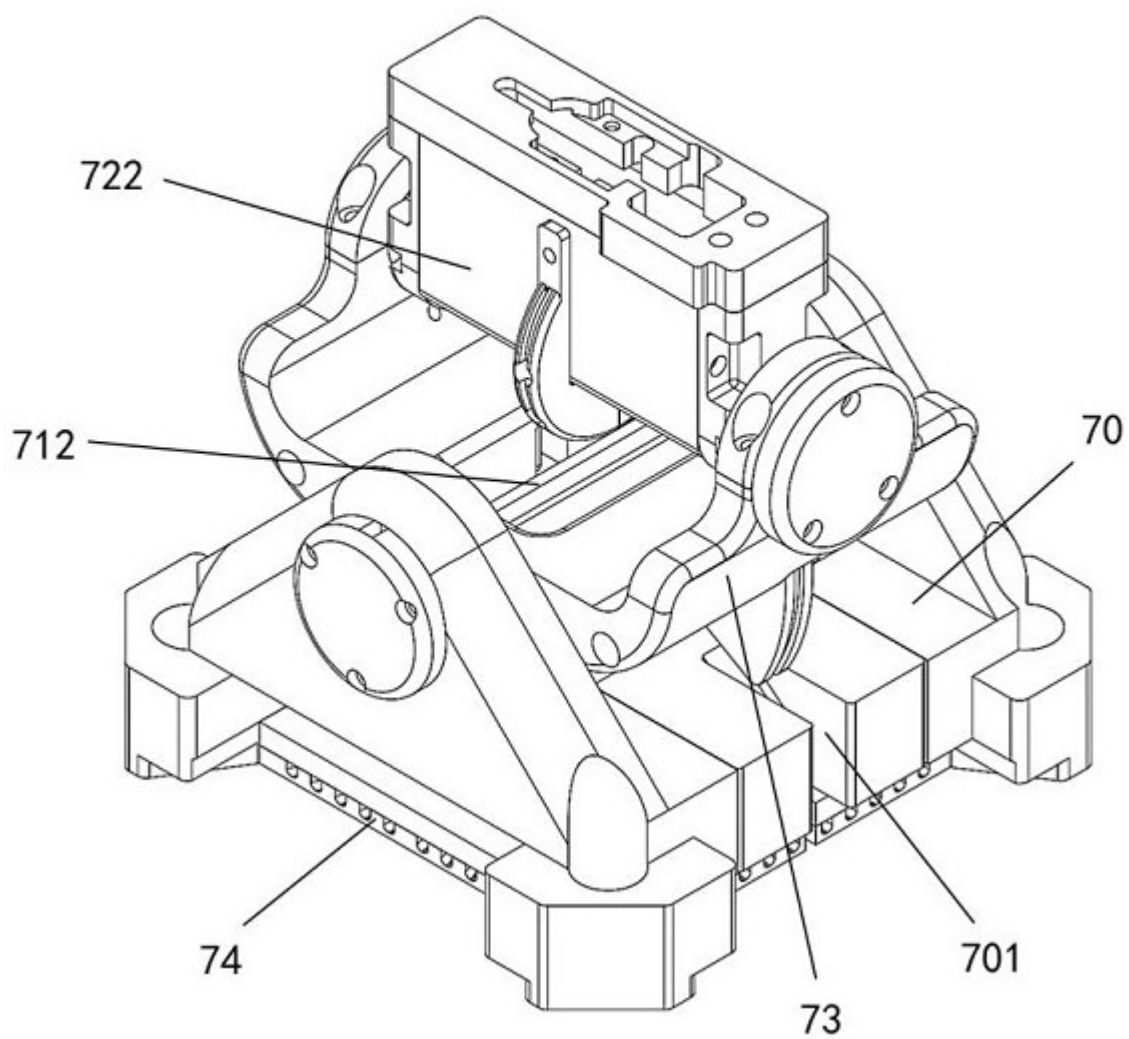
700

图24

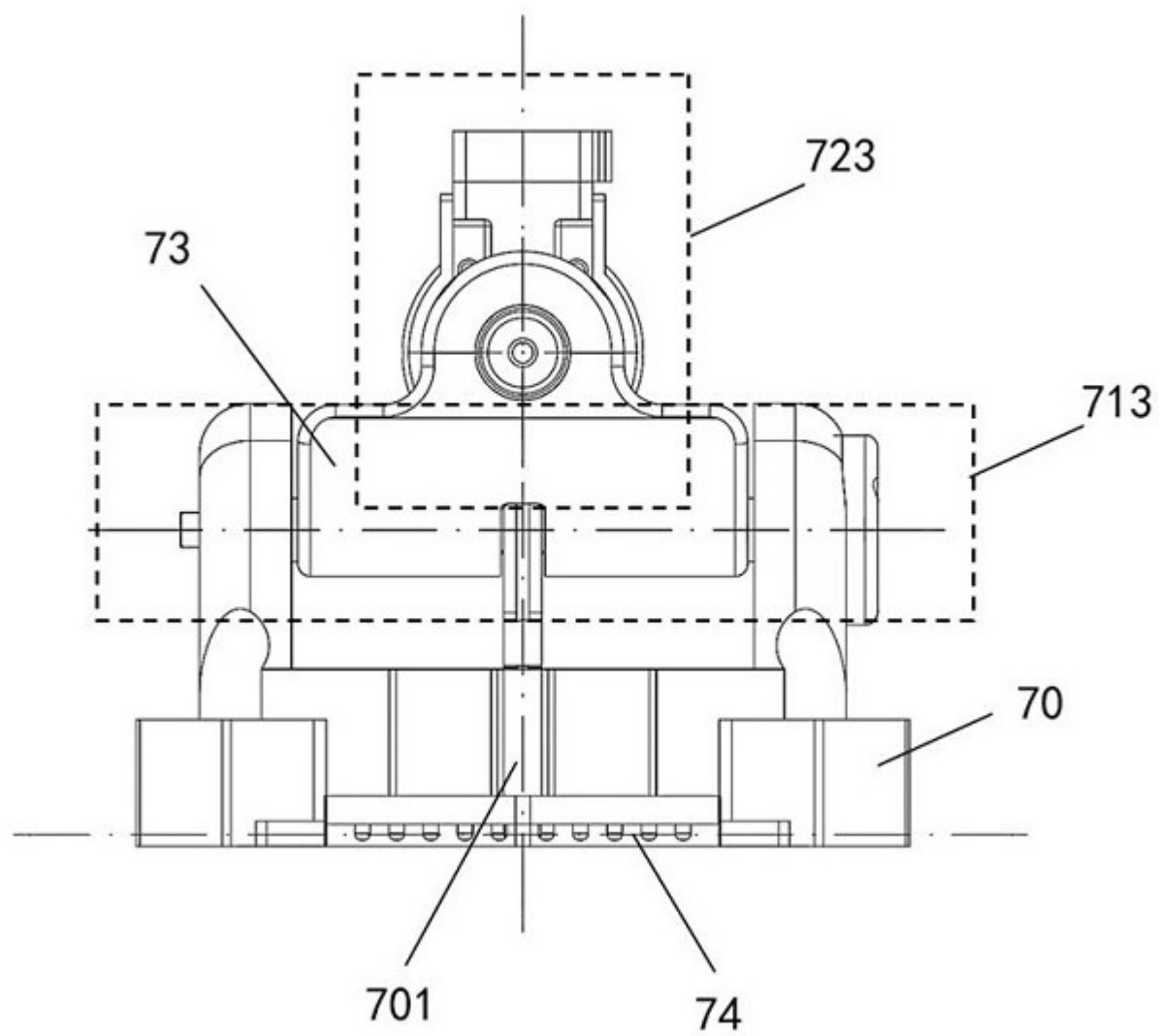


图25

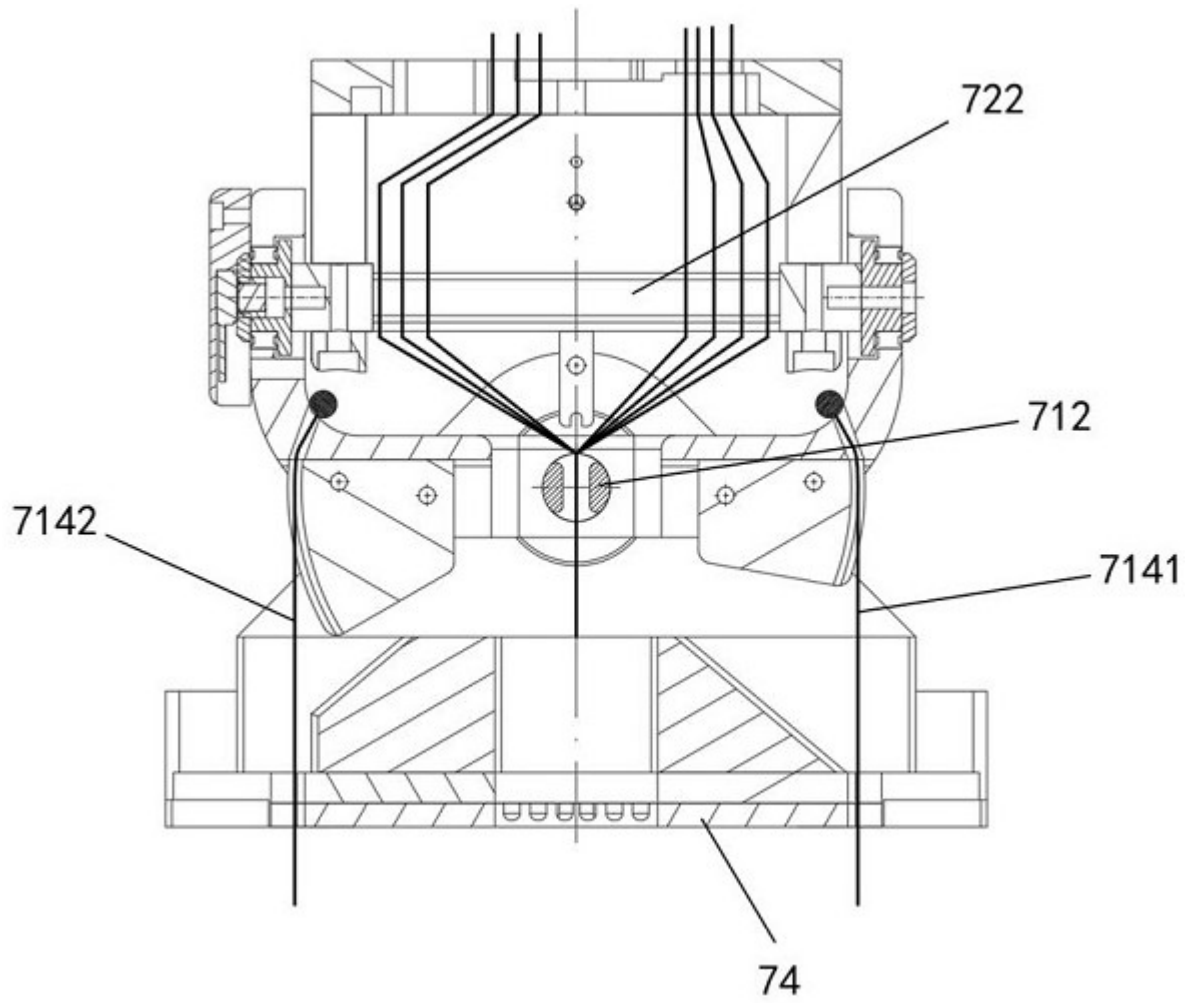


图26

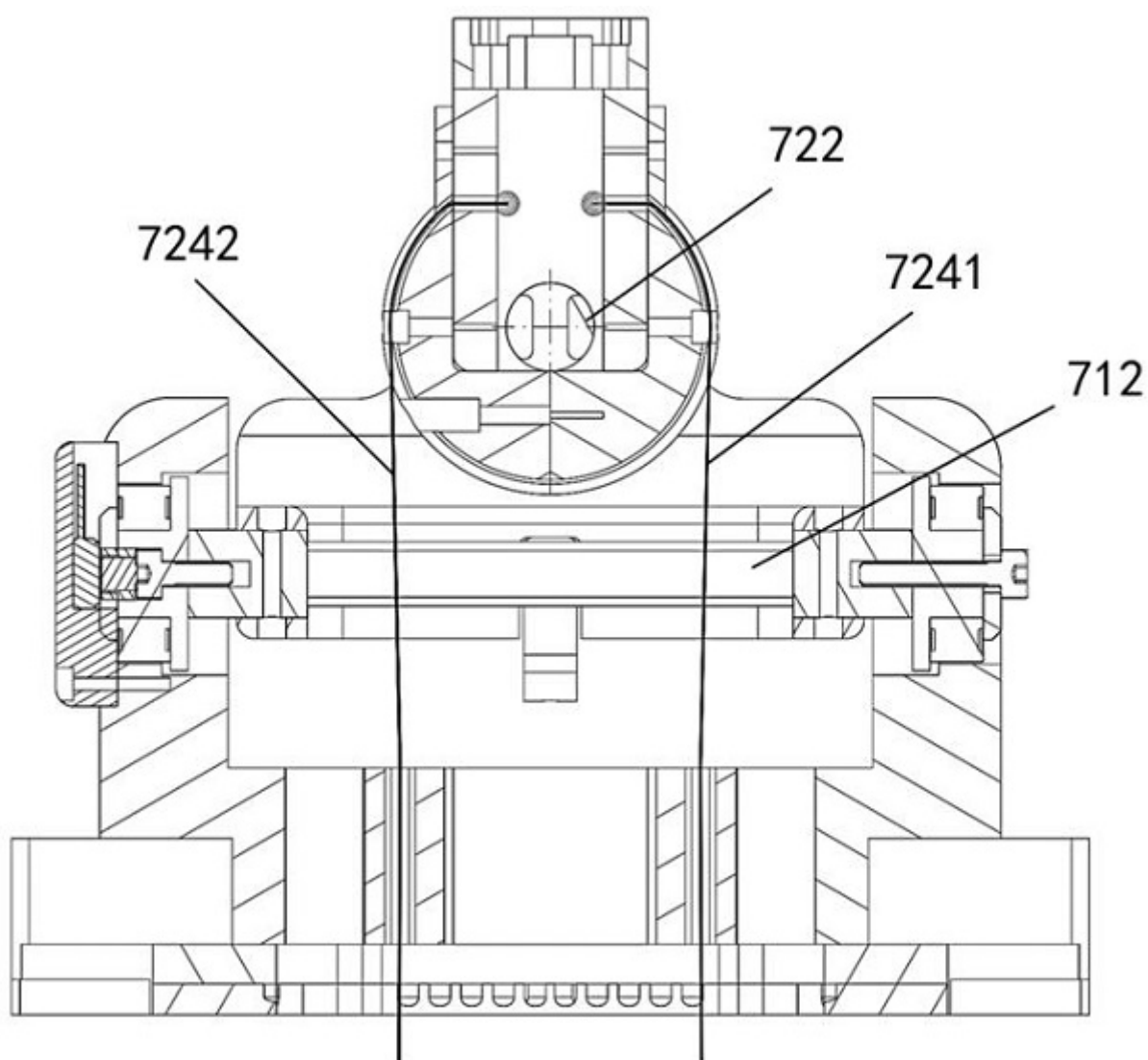


图27

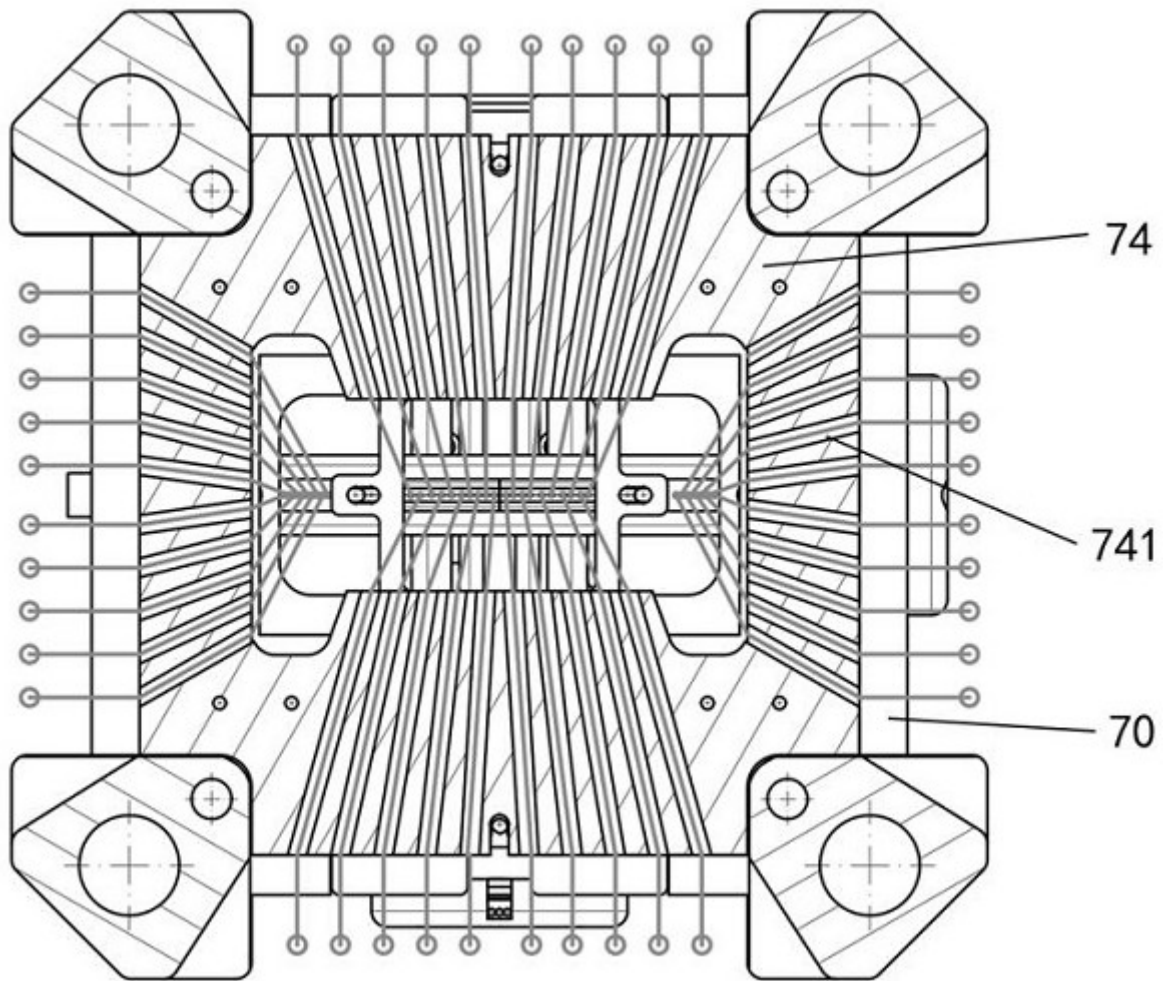


图28

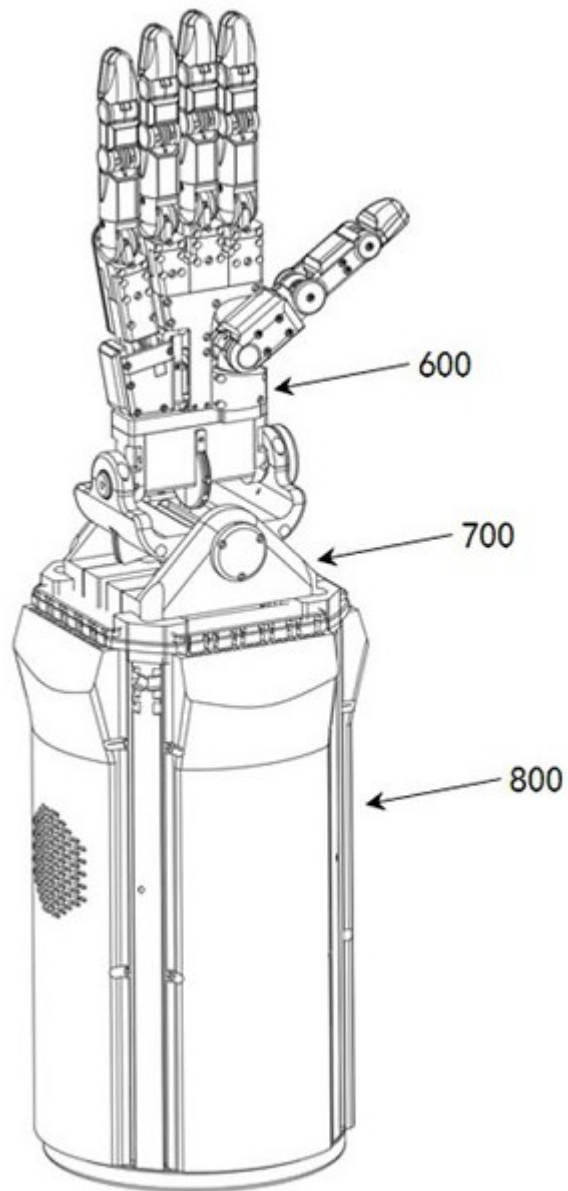


图29

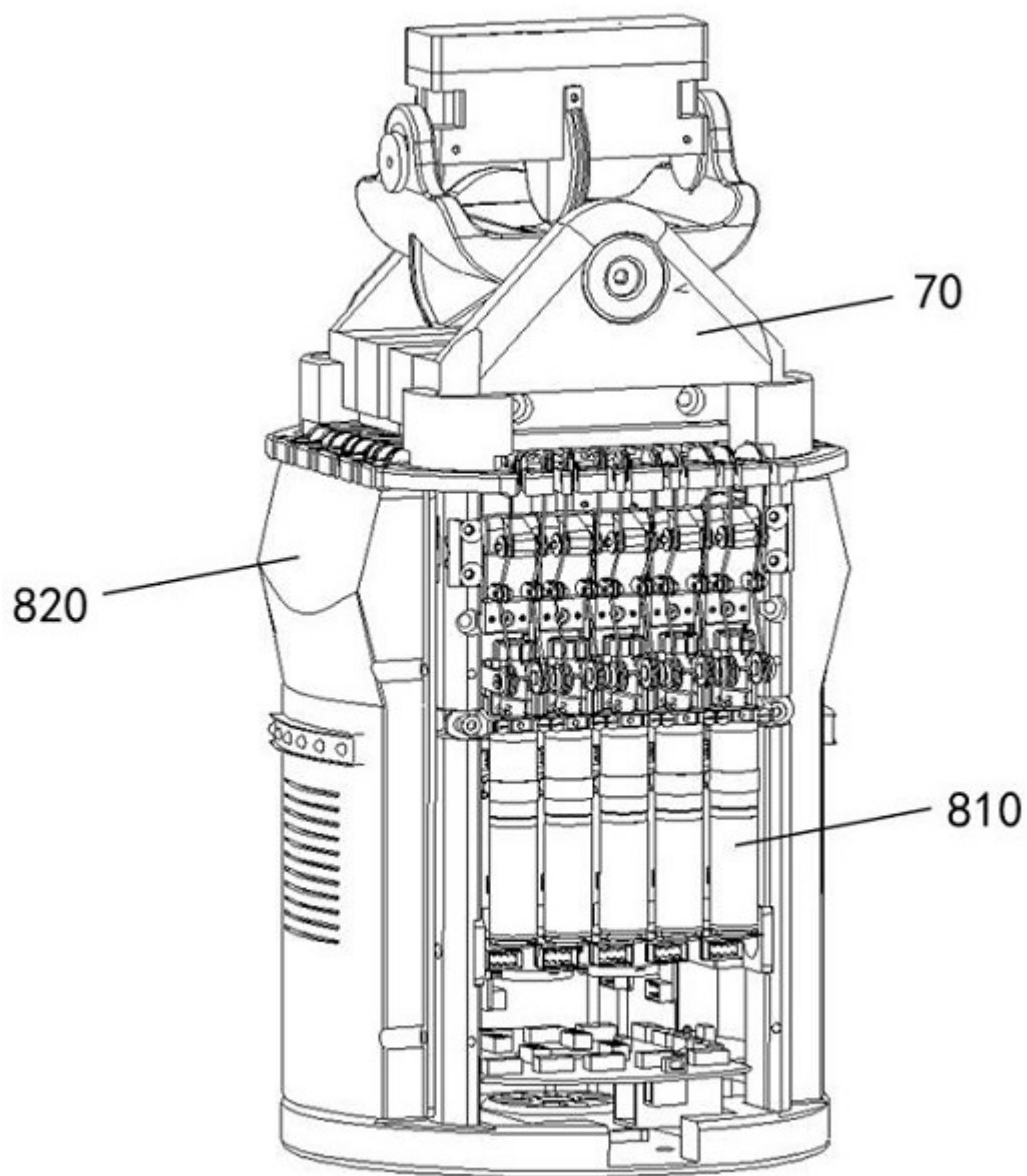


图30

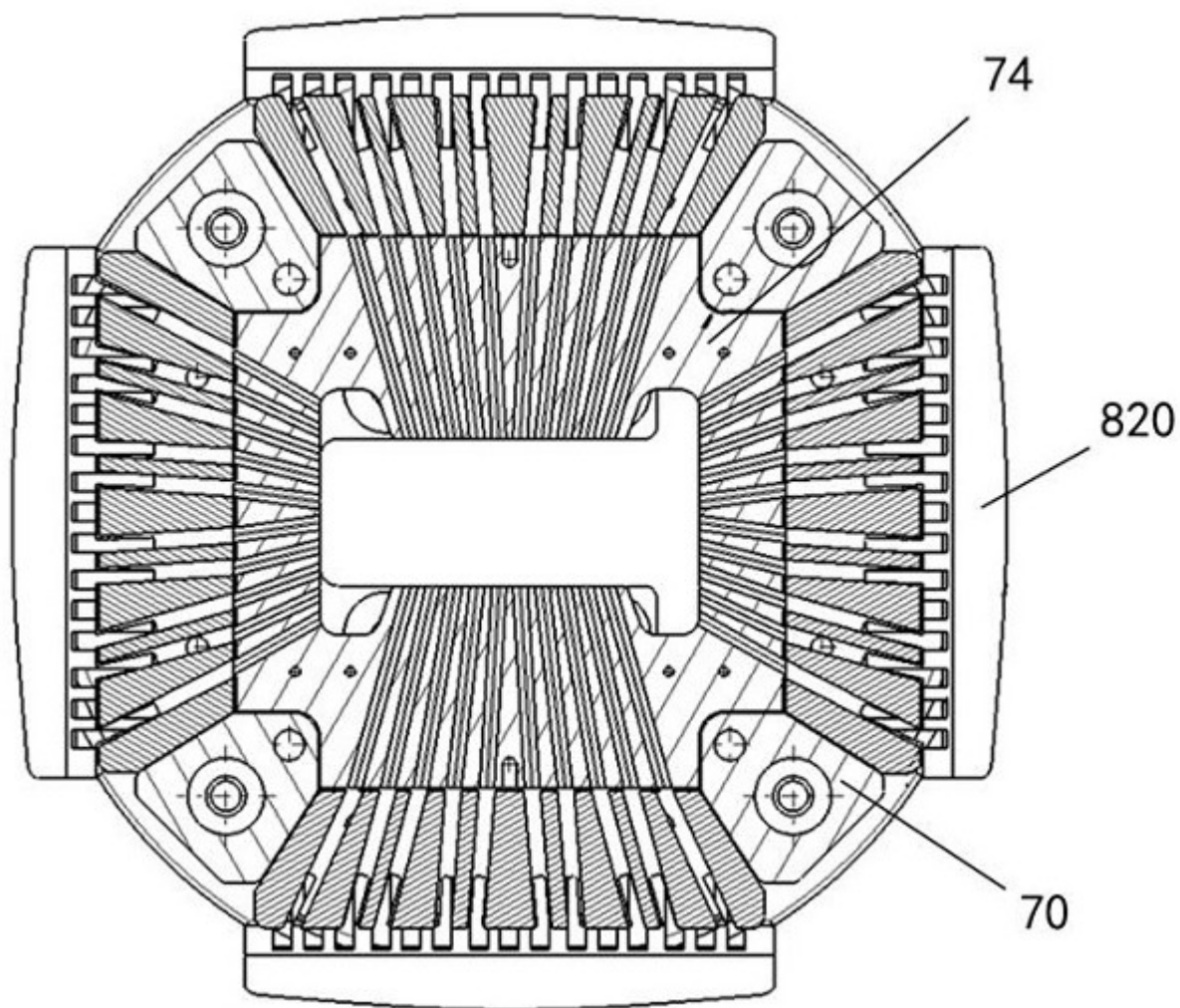


图31



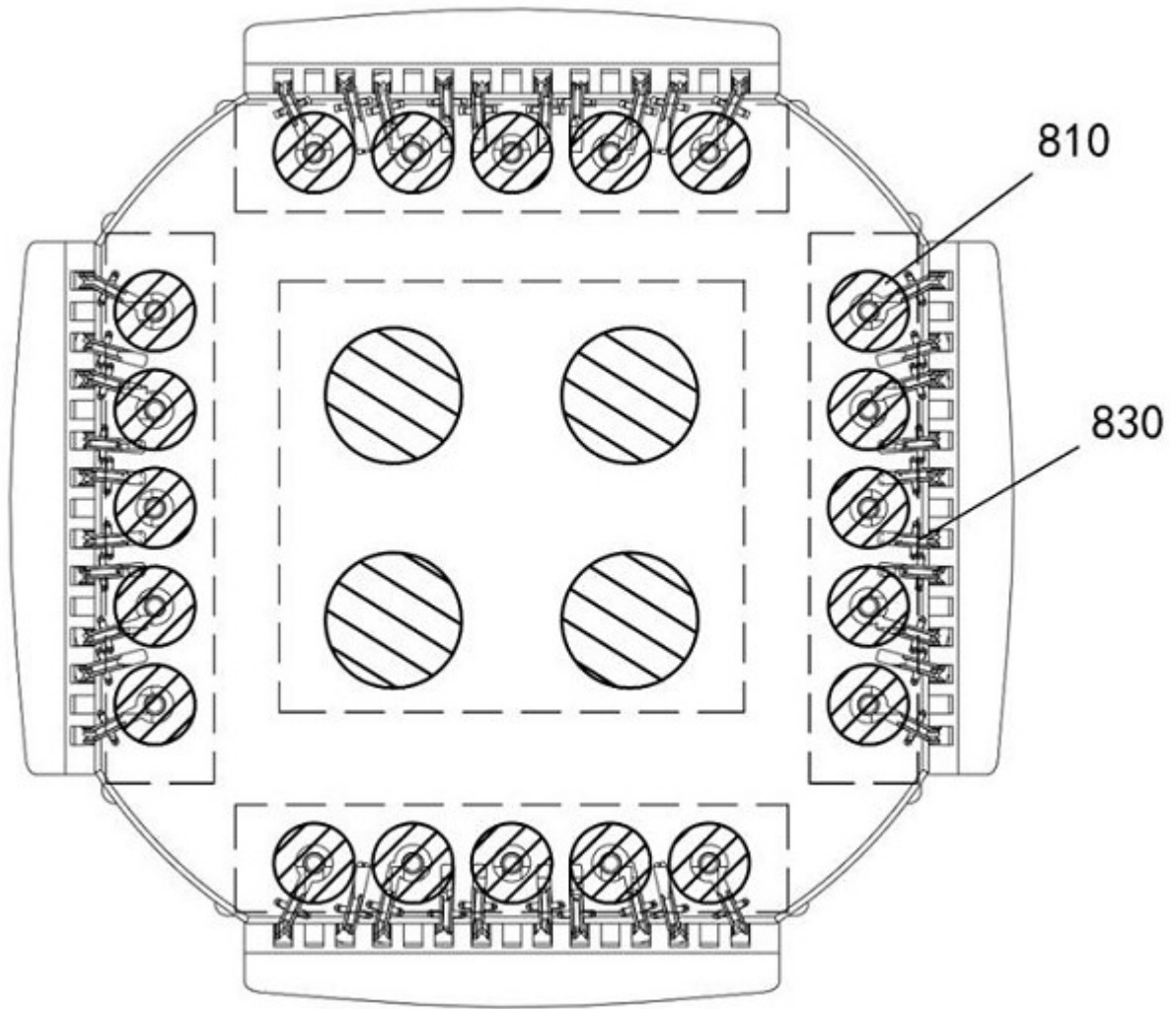


图32

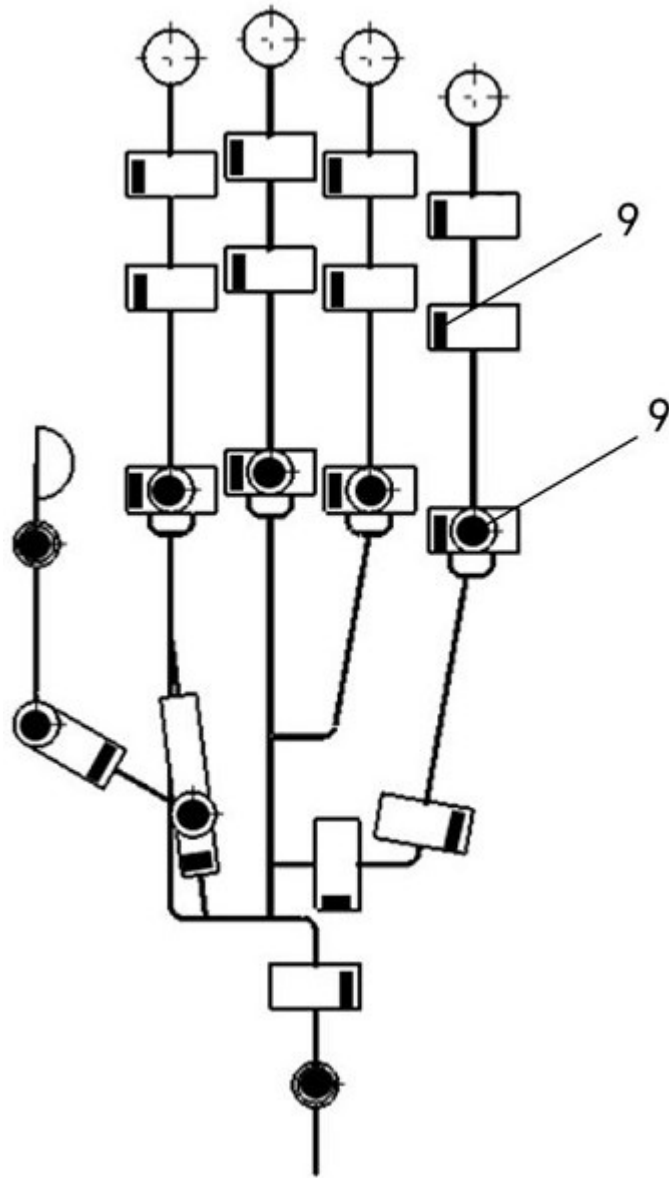


图33