



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111345894 A

(43)申请公布日 2020.06.30

(21)申请号 201811578059.3

(22)申请日 2018.12.21

(71)申请人 微创(上海)医疗机器人有限公司  
地址 201203 上海市浦东新区张江高科技  
园区牛顿路501号

(72)发明人 李涛 倪飞箭 何超

(74)专利代理机构 上海思微知识产权代理事务  
所(普通合伙) 31237

代理人 曹廷廷

(51) Int. Cl.

A61B 34/00(2016.01)

A61B 34/35(2016.01)

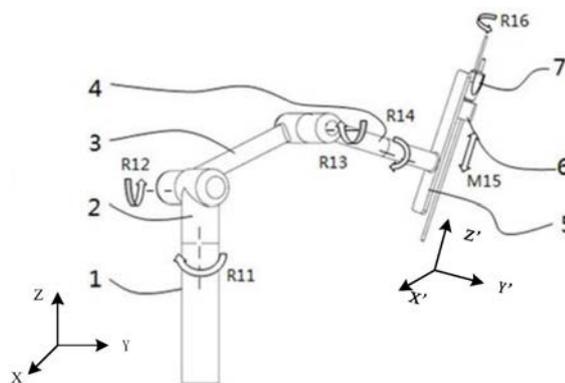
权利要求书3页 说明书12页 附图3页

(54)发明名称

机械臂及手术机器人

(57)摘要

本发明提供了一种机械臂及手术机器人,所述机械臂的末端用于夹持一医疗器械,所述机械臂包括从近端到远端依次分布的第一转动关节、第一摆动关节、第二摆动关节、第二转动关节、移动关节和用于实现所述医疗器械自转的自转关节,通过该六个关节的配合,可实现医疗器械的空间位置和姿态的调整,并实现围绕一远程运动中心运动。相比于现有,本发明的机械臂的整体尺寸小,质量轻,便于安装和使用。另外,本发明通过移动关节和自转关节驱动内窥镜移动和自转,便于医生独自完成手术操作和持镜,以此降低手术操作的难度,避免人力资源的浪费。



1. 一种机械臂,其末端用于夹持一医疗器械,其特征在于,包括:

从近端到远端依次分布的第一转动关节、第一摆动关节、第二摆动关节、第二转动关节、移动关节和用于实现所述医疗器械自转的自转关节;

其中,所述第一摆动关节的旋转轴线与所述第一转动关节的旋转轴线垂直,所述第一摆动关节的旋转轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线相平行,所述第二转动关节的旋转轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线垂直,所述移动关节的移动轴线与所述第二转动关节的旋转轴线垂直,所述移动关节的移动轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线垂直且异面,所述自转关节的旋转轴线与所述移动关节的移动轴线相平行或共线设置;

所述机械臂还包括控制模块、与控制模块通信连接的驱动模块,所述驱动模块用于驱动所述机械臂的关节运动,所述控制模块包括主动运动模式,在主动运动模式下,所述控制模块控制所述驱动模块驱动所述机械臂的各个关节运动,以驱使所述医疗器械围绕一远程运动中心运动。

2. 根据权利要求1所述的机械臂,其特征在于,所述第一摆动关节的旋转轴线与所述第一转动关节的旋转轴线相交,所述第二转动关节的旋转轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线相交,所述移动关节的移动轴线与所述第二转动关节的旋转轴线相交,所述自转关节的旋转轴线与所述第二转动关节的旋转轴线相交。

3. 根据权利要求1或2所述的机械臂,其特征在于,还包括:

从近端到远端依次分布的基座、第一连杆、第二连杆、第三连杆、伸缩结构和夹持结构;

其中,所述基座用以与外部机构固定;所述第一连杆通过所述第一转动关节与所述基座连接;所述第二连杆的近端通过所述第一摆动关节与所述第一连杆连接,远端通过所述第二摆动关节与所述第三连杆的近端连接,所述伸缩结构通过所述第二转动关节与所述第三连杆的远端连接,所述夹持结构与所述伸缩结构连接,所述移动关节位于所述伸缩结构与所述第三连杆相对的一侧,所述夹持结构设置于所述移动关节上,所述自转关节位于所述夹持结构。

4. 根据权利要求3所述的机械臂,其特征在于,

所述基座的轴线与所述第一摆动关节的旋转轴线相交;

所述第一连杆的轴线与所述第一摆动关节的旋转轴线相交;

所述第一连杆的轴线与第二连杆的轴线相交或异面;

所述第二连杆的轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线相交;

所述第三连杆的轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线相交;

所述第二连杆的轴线与所述第三连杆的轴线相交或异面。

5. 根据权利要求4所述的机械臂,其特征在于,所述第一连杆与第三连杆位于所述第二连杆同侧。

6. 根据权利要求3所述的机械臂,其特征在于,还包括第四连杆和第三摆动关节;所述伸缩结构通过所述第三摆动关节与所述第四连杆的远端连接,所述第四连杆的近端与第二转动关节连接,所述第二转动关节与所述第三连杆的远端连接;

其中,所述第二转动关节的旋转轴线与所述第三摆动关节的旋转轴线垂直,所述第三摆动关节的旋转轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线相平行,所述第三摆动关节的旋转轴线与所述移动关节的移动轴线垂直且异面,所述第三摆动关节的旋转轴线与所述自转关节

的旋转轴线垂直且异面。

7. 根据权利要求6所述的机械臂,其特征在于,所述第三摆动关节的轴线与所述第二转动关节的轴线垂直相交。

8. 根据权利要求3所述的机械臂,其特征在于,所述伸缩结构包括支撑板,所述驱动模块包括传动件和驱动件;所述移动关节包括导轨和滑块;

其中,所述导轨设置于所述支撑板,所述滑块相对于所述导轨移动;所述传动件分别与所述驱动件和所述滑块连接,所述驱动件通过所述传动件驱动所述滑块沿着所述导轨限制的方向运动。

9. 根据权利要求1所述的机械臂,其特征在于,所述第一转动关节的轴线与所述第二转动关节的轴线相交于一点。

10. 根据权利要求1所述的机械臂,其特征在于,

在主动运动模式下,所述控制模块还用于根据预设的期望位置和所述远程运动中心的位置获得所述医疗器械的期望姿态,并根据机械臂逆运动学模型计算得到机械臂各个关节的期望位置;进而所述控制模块用于根据机械臂各个关节的期望位置,控制所述驱动模块驱动各个关节,以使所述医疗器械围绕所述远程运动中心运动,并且所述医疗器械的末端运动至期望位置。

11. 根据权利要求10所述的机械臂,其特征在于,所述机械臂还包括用于测量关节位置的位置传感器,所述位置传感器与所述控制模块通信连接;所述控制模块用于根据所述位置传感器所获取的机械臂各个关节的位置,并利用机械臂正运动学模型获取所述远程运动中心的位置。

12. 根据权利要求10所述的机械臂,其特征在于,所述控制模块根据预设的医疗器械期望的笛卡尔速度,通过雅可比矩阵的逆矩阵,获得所述机械臂各个关节的期望速度;进而所述控制模块根据机械臂各个关节的期望速度,控制所述驱动模块驱动各个关节,以使所述医疗器械的末端以期望的笛卡尔速度运动至期望位置。

13. 根据权利要求10所述的机械臂,其特征在于,所述机械臂具有七个自由度,所述驱动模块上设置有与所述控制模块通信连接的力矩传感器,所述力矩传感器用于检测每个关节上受到的外部作用力信息并提供给所述控制模块,所述控制模块根据所述力矩传感器反馈的所述外部作用力信息,确定冗余调整关节,并控制所述驱动模块驱动所述冗余调整关节做反向运动,以使所述机械臂绕开一障碍物。

14. 根据权利要求10所述的机械臂,其特征在于,所述机械臂具有七个自由度,所述机械臂还包括检测装置,所述检测装置与所述控制模块通信连接;所述检测装置用于检测所述驱动模块的电流以获取所述驱动模块输出的力矩信息;所述控制模块进而根据机器人动力学模型获取各个关节的理论输出力矩,并根据所述驱动模块输出的力矩信息以及预设的力矩阈值,确定冗余调整关节,并控制所述驱动模块驱动所述冗余调整关节做反向运动,以使所述机械臂绕开一障碍物。

15. 根据权利要求13或14所述的机械臂,其特征在于,所述冗余调整关节做反向运动的速度为:

$$v_r = v_0 * \text{sgn}(\tau_r) + k_r * \tau_r$$

其中: $v_r$ 为冗余调整关节速度, $v_0$ 为预设基础避障速度, $\text{sgn}()$ 为符号函数, $\tau_r$ 为冗余关

节外部力矩,  $k_r$ 为速度-力矩系数。

16. 根据权利要求15所述的机械臂, 其特征在于, 所述控制模块还根据所述冗余调整关节的反向运动的速度, 获得冗余调整关节下一控制周期的期望位置, 以将七自由度机械臂降维为六自由度机械臂; 所述冗余调整关节下一控制周期的期望位置为:

$$q\_cmd_r = q\_cur_r + v_r * cycletime$$

其中:  $q\_cmd_r$ 为冗余调整关节下一周期的期望位置,  $q\_cur_r$ 为冗余调整关节的当前位置,  $cycletime$ 为控制模块控制周期。

17. 根据权利要求1所述的机械臂, 其特征在于, 所述控制模块还包括被动模式, 所述驱动模块上设置有与所述控制模块通信连接的摩擦力矩传感器; 在被动模式下, 所述摩擦力矩传感器用于检测每个关节上受到的摩擦力矩并提供给所述控制模块, 所述控制模块还根据机器人动力学模型获取每个关节的重力矩, 并输出与所述摩擦力矩和所述重力矩之和大小相等方向相反的力矩。

18. 一种手术机器人, 其特征在于, 包括根据权利要求1~17中任一项所述的机械臂。

## 机械臂及手术机器人

### 技术领域

[0001] 本发明涉及医疗器械领域,特别涉及一种机械臂及手术机器人。

### 背景技术

[0002] 内窥镜外科手术是医学史上的一次重大进步,但目前绝大部分的内窥镜手术仍需专门的医护人员来把持内窥镜。对很多医院而言,常常会出现人手不足的情况,包括比较有经验的持镜手在内,为此,在对腹腔的某些部位进行观察时,持镜手长若时间保持一个姿势,其手臂常常会因酸累而导致持镜困难,影响手术操作。

[0003] 由此,在国外出现了达芬奇手术机器人,内窥镜是由一个机械臂把持。虽然达芬奇手术机器人有很多优势,但整个机械臂系统体积较大。而且,为了便于术前调整,需要被动臂具有四个自由度,因此导致悬臂梁较长,整机刚度降低。此外,现在大多数的手术器械装置是通过电机驱动,这样往往使得驱动电机布置在平台的上部,导致头重脚轻,增大了关节的驱动力矩,使得机械臂系统容易产生振动。

[0004] 因此,有必要提出一种使用简单、成本低廉的用于夹持医疗器械的机械臂及手术机器人,以克服现有达芬奇手术机器人的机械臂系统所存在的一个或多个问题。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种机械臂及手术机器人,可以避免外科医生长时间手术带来的疲劳,以及外科医生在手术操作过程中发生的手臂颤动,从而提高手术的精度、稳定性和安全性,解决机械臂结构笨重、精度低、灵活性差及稳定性低等问题。且各个部件之间结构紧凑小巧,占用空间小,重量轻,增强了机械臂的灵活性和可操作性。

[0006] 因此,根据本发明的一个方面,提供了一种机械臂,其末端用于夹持一医疗器械,所述机械臂包括:

[0007] 从近端到远端依次分布的第一转动关节、第一摆动关节、第二摆动关节、第二转动关节、移动关节和用于实现所述医疗器械自转的自转关节;

[0008] 其中,所述第一摆动关节的旋转轴线与所述第一转动关节的旋转轴线垂直,所述第一摆动关节的旋转轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线相平行,所述第二转动关节的旋转轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线垂直,所述移动关节的移动轴线与所述第二转动关节的旋转轴线垂直,所述移动关节的移动轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线垂直且异面,所述自转关节的旋转轴线与所述移动关节的移动轴线相平行或共线设置;

[0009] 所述机械臂还包括控制模块、与控制模块通信连接的驱动模块,所述驱动模块用于驱动所述机械臂的关节运动,所述控制模块包括主动运动模式,在主动运动模式下,所述控制模块控制所述驱动模块驱动所述机械臂的各个关节运动,以驱使所述医疗器械围绕一远程运动中心运动。

[0010] 可选的,所述第一摆动关节的旋转轴线与所述第一转动关节的旋转轴线相交,所述第二转动关节的旋转轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线相交,所述移动关节的移动轴

线与所述第二转动关节的旋转轴线相交,所述自转关节的旋转轴线与所述第二转动关节的旋转轴线相交。

[0011] 可选的,所述机械臂还包括:

[0012] 从近端到远端依次分布的基座、第一连杆、第二连杆、第三连杆、伸缩结构和夹持结构;

[0013] 其中,所述基座用以与外部机构固定;所述第一连杆通过所述第一转动关节与所述基座连接;所述第二连杆的近端通过所述第一摆动关节与所述第一连杆连接,远端通过所述第二摆动关节与所述第三连杆的近端连接,所述伸缩结构通过所述第二转动关节与所述第三连杆的远端连接,所述夹持结构与所述伸缩结构连接,所述移动关节位于所述伸缩结构与所述第三连杆相对的一侧,所述夹持结构设置于所述移动关节上,所述自转关节位于所述夹持结构。

[0014] 可选的,所述基座的轴线与所述第一摆动关节的旋转轴线相交;

[0015] 所述第一连杆的轴线与所述第一摆动关节的旋转轴线相交;

[0016] 所述第一连杆的轴线与第二连杆的轴线相交或异面;

[0017] 所述第二连杆的轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线相交;

[0018] 所述第三连杆的轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线相交;

[0019] 所述第二连杆的轴线与所述第三连杆的轴线相交或异面。

[0020] 可选的,所述第一连杆与第三连杆位于所述第二连杆同侧。

[0021] 可选的,所述机械臂还包括第四连杆和第三摆动关节;所述伸缩结构通过所述第三摆动关节与所述第四连杆的远端连接,所述第四连杆的近端与第二转动关节连接,所述第二转动关节与所述第三连杆的远端连接;

[0022] 其中,所述第二转动关节的旋转轴线与所述第三摆动关节的旋转轴线垂直,所述第三摆动关节的旋转轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线相平行,所述第三摆动关节的旋转轴线与所述移动关节的移动轴线垂直且异面,所述第三摆动关节的旋转轴线与所述自转关节的旋转轴线垂直且异面。

[0023] 可选的,所述第三摆动关节的轴线与所述第二转动关节的轴线垂直相交。

[0024] 可选的,所述伸缩结构包括支撑板,所述驱动模块包括传动件和驱动件;所述移动关节包括导轨和滑块;

[0025] 其中,所述导轨设置于所述支撑板,所述滑块相对于所述导轨移动;所述传动件分别与所述驱动件和所述滑块连接,所述驱动件通过所述传动件驱动所述滑块沿着所述导轨限制的方向运动。

[0026] 可选的,所述第一转动关节的轴线与所述第二转动关节的轴线相交于一点。

[0027] 可选的,在主动运动模式下,所述控制模块还用于根据预设的期望位置和所述远程运动中心的位置获得所述医疗器械的期望姿态,并根据机械臂逆运动学模型计算得到机械臂各个关节的期望位置;进而所述控制模块用于根据机械臂各个关节的期望位置,控制所述驱动模块驱动各个关节,以使所述医疗器械围绕所述远程运动中心运动,并且所述医疗器械的末端运动至期望位置。

[0028] 可选的,所述机械臂还包括用于测量关节位置的位置传感器,所述位置传感器与所述控制模块通信连接;所述控制模块用于根据所述位置传感器所获取的机械臂各个关节

的位置,并利用机械臂正运动学模型获取所述远程运动中心的位置。

[0029] 可选的,所述控制模块根据预设的医疗器械期望的笛卡尔速度,通过雅可比矩阵的逆矩阵,获得所述机械臂各个关节的期望速度;进而所述控制模块根据机械臂各个关节的期望速度,控制所述驱动模块驱动各个关节,以使所述医疗器械的末端以期望的笛卡尔速度运动至期望位置。

[0030] 可选的,所述机械臂具有七个自由度,所述驱动模块上设置有与所述控制模块通信连接的力矩传感器,所述力矩传感器用于检测每个关节上受到的外部作用力信息并提供给所述控制模块,所述控制模块根据所述力矩传感器反馈回的所述外部作用力信息,确定一冗余调整关节,并控制所述驱动模块驱动所述冗余调整关节做反向运动,以使所述机械臂绕开一障碍物。

[0031] 可选的,所述机械臂具有七个自由度,所述机械臂还包括检测装置,所述检测装置与所述控制模块通信连接;所述检测装置用于检测所述驱动模块的电流以获取所述驱动模块输出的力矩信息;所述控制模块进而根据机器人动力学模型获取各个关节的理论输出力矩,并根据所述驱动模块输出的力矩信息以及预设的力矩阈值,确定一冗余调整关节,并控制所述驱动模块驱动所述冗余调整关节做反向运动,以使所述机械臂绕开一障碍物。

[0032] 可选的,所述冗余调整关节做反向运动的速度为:

$$[0033] \quad v_r = v_0 * \text{sgn}(\tau_r) + k_r * \tau_r$$

[0034] 其中: $v_r$ 为冗余调整关节速度, $v_0$ 为预设基础避障速度, $\text{sgn}()$ 为符号函数, $\tau_r$ 为冗余关节外部力矩, $k_r$ 为速度-力矩系数。

[0035] 可选的,所述控制模块还根据所述冗余调整关节的反向运动的速度,获得冗余调整关节下一控制周期的期望位置,以将七自由度机械臂降维为六自由度机械臂;冗余调整关节下一控制周期的期望位置为:

$$[0036] \quad q_{\text{cmd}_r} = q_{\text{cur}_r} + v_r * \text{cycletime}$$

[0037] 其中: $q_{\text{cmd}_r}$ 为冗余调整关节下一周期的期望位置, $q_{\text{cur}_r}$ 为冗余调整关节的当前位置, $\text{cycletime}$ 为控制模块控制周期。

[0038] 可选的,所述控制模块还包括被动模式,所述驱动模块上设置有与所述控制模块通信连接的摩擦力矩传感器;在被动模式下,所述摩擦力矩传感器用于检测每个关节上受到的摩擦力矩并提供给所述控制模块,所述控制模块还根据机器人动力学模型获取每个关节的重力矩,并输出与所述摩擦力矩和所述重力矩之和大小相等方向相反的力矩。

[0039] 此外,根据本发明的另一个方面,还提供了一种手术机器人,包括如上所述的机械臂。

[0040] 综上所述,在本发明提供的机械臂及手术机器人中,所述机械臂包括从近端到远端依次分布的第一转动关节、第一摆动关节、第二摆动关节、第二转动关节、移动关节和用于实现所述医疗器械自转的自转关节,通过该六个关节的配合,可实现医疗器械的空间位置和姿态的调整,并实现围绕一远程运动中心RCM运动。相比于现有,本发明的机械臂的整体尺寸小,质量轻,便于安装和使用。另外,本发明通过移动关节和自转关节驱动内窥镜移动和自转,便于医生独自完成手术操作和持镜,以此降低手术操作的难度,避免人力资源的浪费。

[0041] 在一个优选的实施例中,所述机械臂还包括第三摆动关节,通过第三摆动关节形

成冗余调整,使得机械臂能够完成七个自由度的运动,可以使医疗器械位于机械臂之末端的姿态在运动调整时,不需要调整第一摆动关节,避免了机械臂末端做大幅度的运动,便于机械臂更灵活的调整医疗器械的空间位置和姿态。

### 附图说明

[0042] 本领域的普通技术人员将会理解,提供的附图用于更好地理解本发明,而不对本发明的范围构成任何限定。其中:

[0043] 图1是本发明实施例一提供的机械臂的结构示意图;

[0044] 图2是图1所示的机械臂的关节示意图;

[0045] 图3是本发明实施例一提供的伸缩结构和夹持结构的示意图;

[0046] 图4是本发明实施例一中手术机器人调整内窥镜姿态的示意图;

[0047] 图5是本发明实施例一中手术机器人驱使内窥镜摆动的示意简图;

[0048] 图6是本发明实施例二提供的机械臂的结构示意图;

[0049] 图7是图6所示的机械臂的关节示意图;

[0050] 图8是本发明实施例二中手术机器人驱使内窥镜摆动的示意简图。

[0051] 附图中:

[0052] 1-基座;2-第一连杆;3-第二连杆;4-第三连杆;5-伸缩结构;6-夹持结构;7-内窥镜;8-第四连杆;501-支撑板;502-导轨;503-滑块;

[0053] R11-第一转动关节;R12-第一摆动关节;R13-第二摆动关节;R14-第二转动关节;M15-移动关节;R16-自转关节;R17-第三摆动关节。

### 具体实施方式

[0054] 为使本发明的目的、优点和特征更加清楚,以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细说明。需说明的是,附图均采用非常简化的形式且未按比例绘制,仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。此外,附图所展示的结构往往是实际结构的一部分。特别的,各附图需要展示的侧重点不同,有时会采用不同的比例。

[0055] 如在本说明书和所附权利要求书中所使用的,单数形式“一”、“一个”以及“该”包括复数对象,除非内容另外明确指出外。如在本说明书和所附权利要求中所使用的,术语“或”通常是以包括“和/或”的含义而进行使用的,除非内容另外明确指出外,术语“近端”通常是靠近术者的一端,术语“远端”通常是靠近患者病变部位的一端。

[0056] 本发明提供了一种机械臂,其末端用于连接一医疗器械,包括:从近端到远端依次分布的第一转动关节、第一摆动关节、第二摆动关节、第二转动关节、移动关节和用于实现所述医疗器械自转的自转关节。其中,所述第一摆动关节的旋转轴线与所述第一转动关节的旋转轴线垂直,所述第一摆动关节的旋转轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线相平行,所述第二转动关节的旋转轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线垂直,所述移动关节的移动轴线与所述第二转动关节的旋转轴线垂直,所述移动关节的移动轴线与所述第二摆动关节的旋转轴线垂直且异面,所述自转关节的旋转轴线与所述移动关节的移动轴线相平行或共线设置;所述机械臂还包括控制模块、与控制模块通信连接的驱动模块,所述驱动模块用于驱动所述机械臂的关节运动,所述控制模块包括主动运动模式,在主动运动模式下,所述控

制模块控制所述驱动模块驱动所述机械臂的各个关节运动,以驱使所述医疗器械围绕一远程运动中心(Remote of Center Motion,RCM)运动。这里的医疗器械包括观察手术环境的观察设备,例如内窥镜、腹腔镜,还包括对病患位置进行操作的手术设备,例如电钩,手术剪等。

[0057] 以下以内窥镜作为所述医疗器械的示例,对各个关节的相对位置以及控制模块参考附图进行描述。

[0058] 【实施例一】

[0059] 请参考图1至图5,其中,图1是本发明实施例一提供的机械臂的结构示意图,图2是图1所示的机械臂的自由度示意图,图3是本发明实施例一提供的伸缩结构和内窥镜夹持结构连接的示意图,图4是本发明实施例一中手术机器人调整内窥镜的示意图,图5是本发明实施例一中手术机器人驱使内窥镜摆动的示意简图。

[0060] 如图1和图2所示,本实施例一提供一种用于夹持医疗器械的机械臂,其末端与内窥镜7连接,具体与内窥镜7可拆卸地连接,以调整所述内窥镜7的空间位置和姿态,实现所述内窥镜7围绕远程运动中心RCM运动。其中,所述第一摆动关节R12的旋转轴线与所述第一转动关节R11的旋转轴线相交,所述第二转动关节R14的旋转轴线与所述第二摆动关节R13的旋转轴线相交,所述移动关节M15的移动轴线与所述第二转动关节R14的旋转轴线相交,所述自转关节R16的旋转轴线与所述第二转动关节R14的旋转轴线相交。

[0061] 进一步,所述机械臂还包括:从近端到远端依次分布的基座1、第一连杆2、第二连杆3、第三连杆4、伸缩结构5和夹持结构6。其中,所述基座1用以与外部机构固定,如固定至病床或其他安装对象上;所述第一连杆2的近端通过第一转动关节R11与所述基座1连接,以通过第一转动关节R11驱动第一连杆2转动;所述第二连杆3的近端通过第一摆动关节R12与所述第一连杆2的远端连接,以通过第一摆动关节R12驱动第二连杆3摆动;所述第二连杆3的远端通过第二摆动关节R13与所述第三连杆4的近端连接。所述第三连杆4的远端通过第二转动关节R14与所述伸缩结构5连接,以驱动整个伸缩结构5转动;所述移动关节M15位于所述伸缩结构5与所述第三连杆4相对的一侧,所述移动关节M15上设置有夹持结构6,以通过移动关节M15驱动夹持结构6移动;自转关节R16位于所述夹持结构6上。

[0062] 如此,如图2所示,本实施例所提供的机械臂具有6个自由度。具体的,包括5个转动自由度和1个移动自由度,5个转动自由度为第一转动关节R11、第一摆动关节R12和第二摆动关节R13、第二转动关节R14和自转关节R16提供,所述1个移动自由度为移动关节M15提供。其中,基座1的远端设有第一转动关节R11;所述第一连杆2的近端与第一转动关节R11连接,远端设有第一摆动关节R12,基座1的轴线、第一连杆2的轴线以及第一转动关节R11的轴线优选配置在同一条直线上;所述第二连杆3的近端与第一摆动关节R12连接,远端设有第二摆动关节R13,优选的,第二连杆3的轴线分别与第一摆动关节R12的轴线和第二摆动关节R13的轴线垂直相交;所述第三连杆4的近端与第二摆动关节R13连接,且第三连杆4的轴线优选与第二转动关节R14的轴线共线。如此设置,能够降低机械臂的尺寸,并提高机械臂的整体稳定性。优选的,所述第二转动关节R14的轴线与所述移动关节M15的轴线垂直相交,这样,可提高伸缩结构5的稳定性。

[0063] 进一步,所述机械臂中的部分连杆为偏置连接。具体而言,所述基座1的轴线与所述第一摆动关节R12的旋转轴线相交,所述第一连杆2的轴线与所述第一摆动关节R12的旋

转轴线相交,所述第一连杆2的轴线与第二连杆3的轴线异面,所述第二连杆3的轴线与所述第二摆动关节R13的旋转轴线相交,所述第三连杆4的轴线与所述第二摆动关节R13的旋转轴线相交,所述第二连杆3的轴线与所述第三连杆4的轴线异面。第一连杆2的轴线与第三连杆4的轴线位于第二连杆3的轴线的同一侧。例如,所述第一连杆2和第三连杆4均位于第二连杆3的右侧(但实际中,不限于右侧,还可以是第二连杆3的左侧)。这里,由于所述伸缩结构5和第三连杆4同轴布置,故伸缩结构5、夹持结构6也位于第二连杆3的右侧。这样可以获得整体宽度尺寸较小的机械臂,使得机械臂在运动过程中的占用空间更小,更便于在手术过程中安装和使用。优选的,所述第一转动关节R11的轴线与所述第二转动关节R14的轴线相交于一点,这样可以简化机器人运动学方程,降低控制整个机械臂运动的计算量。

[0064] 进一步,请参考图3,所述移动关节M15,用以允许所述夹持结构6相对所述伸缩结构5作直线往复运动。所述移动关节包括导轨502和滑块503,所述滑块503可以相对于所述导轨502移动。所述伸缩结构5包括支撑板501。所述导轨502设置在所述支撑板501上。优选的,用于驱动所述移动关节的所述驱动模块包括传动件和驱动件,所述驱动件通过传动件驱动所述滑块503沿着导轨502限制的方向运动。优选的,支撑板501为一平板件,用于支撑整个伸缩结构5,所述驱动件可为电机,所述传动件可为齿轮、同步带、柔性连接索、链条等,为减小体积,传动件优选为柔性连接索,并实现闭环连接。

[0065] 进一步,所述夹持结构6与所述滑块503固定连接,且夹持结构6上的自转关节R16的旋转轴线与所述导轨502的方向平行,如此实现所述自转关节R16的旋转轴线与所述移动关节M15的移动轴线平行。所述夹持结构6与所述自转关节R16配置关系如下:所述夹持结构6包括一内腔,且在远端设有一通孔,用于使内窥镜7通过。所述自转关节R16包括设置于所述内腔的传动轮,所述传动轮可以相对于所述夹持结构6转动,且所述传动轮与所述通孔同轴布置。相应的,所述内窥镜7包括一镜管,所述传动轮具体可与镜管连接,以驱动内窥镜7转动。所述用于所述自转关节R16的驱动模块包括设置于所述内腔的电机(相当于上述的驱动件)和输出轮(相当于上述的传动件),所述电机通过输出轮驱动所述传动轮转动。进一步,所述电机与所述输出轮同轴连接;所述输出轮与所述传动轮传动连接,且所述输出轮的轴线与传动轮平行布置。优选,所述驱动模块还包括减速机构,所述电机通过所述减速机构与所述输出轮连接。在一些实施例中,所述输出轮与传动轮通过齿啮合实现传动连接,例如通过齿轮之间啮合,或通过链条齿轮啮合。在一些实施例中,所述输出轮与传动轮通过柔性结构实现传动连接,如同步带、钢丝等柔性结构与这些转轮之间的摩擦力来实现传动连接。在优选的实施例中,为减小体积,所述输出轮与传动轮通过柔性结构实现传动连接。优选的,所述自转关节R16还包括用于锁紧内窥镜7的锁紧装置,所述锁紧装置包括但不限于制动器。

[0066] 本实施例的机械臂通过自转关节R16驱动内窥镜7自转,使得操作者可以根据需求,将内窥镜7调整到适当的角度,调整更为方便,调整精度更高。具体来说,现有一般手动驱动内窥镜7自转,具体通过阻尼器的转动部分驱动内窥镜7自转,由于阻尼器本身在转动过程中会提供阻力,故手动操作内窥镜7转动后,内窥镜7能够停留在期望的位置,但是在这种模式下,调整的精度不足,且操作者体验也不佳。为此,本发明通过电机驱动内窥镜7转动,调整精度高,医生操作的便利度也更好。而另一方面,本实施例的机械臂通过移动关节M15驱动内窥镜7沿轴向伸缩移动,使得操作者可以根据需求,调整内窥镜7伸入病人体内的

深度,提高了内窥镜7的调整便利性。

[0067] 再次结合图4来说,在主动模式下,本实施例的机械臂可通过控制模块调节驱动模块以主动调整各个关节的运动状态,使内窥镜7围绕空间中远程运动中心RCM运动。在手术过程中,将远程运动中心RCM置于患者的微创切口附近,这样机械臂的末端所夹持的内窥镜7的轴线始终通过远程运动中心RCM,最大程度上减少患者身体上的切口大小并避免对腹腔壁施加危险的力。

[0068] 具体的,可以通过调整第一转动关节R11、第一摆动关节R12、第二摆动关节R13以及移动关节M15的运动状态可以实现所述机械臂末端的位置调整:通过第一转动关节R11的转动,可实现第一连杆2围绕第一转动关节R11的旋转轴线转动,从而带动与第一连杆2相连接的第二连杆3、第三连杆4、伸缩结构5以及夹持结构6围绕第一转动关节R11的轴线转动(亦即围绕基座1转动),以实现所述机械臂末端在基坐标系下X、Y轴限定的平面的位置(所述基坐标系的Y轴方向为初始化时第一摆动关节的旋转轴线方向,所述Z轴方向为初始化时第一转动关节的旋转轴线方向,X轴方向根据右手定则确定);通过第一摆动关节R12的转动,可实现第二连杆3围绕第一摆动关节R12的轴线转动,亦即可使第二连杆3以及与第二连杆3相连接的第三连杆4、伸缩结构5以及夹持结构6围绕第一摆动关节R12的轴线进行摆动;而通过第二摆动关节R13的设置,则可实现第三连杆4、伸缩结构5以及夹持结构6进行摆动,以实现所述机械臂末端在基坐标系下Z轴方向位置的调整,并且通过两个摆动关节增加了机械臂的运动空间;通过移动关节M15同样可以实现所述机械臂末端在基坐标系下Z轴方向位置的调整。这里的“运动状态”对于转动关节而言即为转动角度,对于移动关节而言即为移动位移。

[0069] 另一方面,通过所述第一摆动关节R12、第二摆动关节R13、第二转动关节R14以及自转关节R16来调整所述内窥镜7在所述机械臂末端的姿态:通过第一摆动关节R12、第二摆动关节R13的转动,不仅可以调整机械臂末端在基坐标Z轴方向的位置,而且还使所述内窥镜7围绕一内窥镜坐标系的Y'轴转动;通过第二转动关节R14的转动,可以使所述内窥镜7围绕所述内窥镜坐标系的X'轴转动;通过自转关节R16的转动,可以使所述内窥镜围绕所述内窥镜坐标系的Z'轴转动。初始化时(即所有关节归于零位,例如所述自传关节的旋转轴线垂直于水平面,且与第一摆动关节垂直时),所述内窥镜坐标系的Z'轴为所述自传关节的旋转轴线方向,Y'轴为所述第一摆动关节旋转轴线方向,X'轴根据右手定则确定,坐标原点位于远程运动中心RCM。

[0070] 进一步结合图5进行阐述,其中图5(A)至图5(C),分别是本实施例提供的机械臂驱使内窥镜7围绕远程运动中心RCM进行摆动的前后不同位置的示意简图。其中,图5(A)为内窥镜7围绕远程运动中心RCM向前摆动;图5(B)为内窥镜7与远程运动中心RCM位于同一前后位置;图5(C)为内窥镜7围绕远程运动中心RCM向后摆动。

[0071] 如图5(A)所示,内窥镜7与竖直方向(图中点划线)形成有夹角 $\alpha$ ,此时,内窥镜7位于远程运动中心RCM之上的部分(亦即位于病人体外的部分)位于图中远程运动中心RCM之右,可定义此时内窥镜7围绕远程运动中心RCM向前摆动,由于第二转动关节R14的旋转轴线与所述移动关节M15的移动轴线垂直,故而机械臂末端在带动内窥镜7围绕远程运动中心RCM进行摆动时,可通过第二连杆3围绕第一摆动关节R12转动以及第三连杆4绕第二摆动关节R13转动,来补偿由内窥镜7围绕远程运动中心RCM进行摆动,而带来的机械臂末端与第一

连杆2之间的水平距离的变化。如图5(A)至图5(C),夹角 $\beta$ 为第一连杆2与第二连杆3所呈的夹角,该夹角 $\beta$ 自图5(A)至图5(C)逐渐增大,即第二连杆3与机械臂末端连接的一端逐渐抬高,同时第一连杆2与机械臂末端的水平距离逐渐减小,如此使得机械臂末端带动内窥镜7围绕远程运动中心RCM逐渐向后摆动。

[0072] 如上述配置,通过整个机械臂驱动内窥镜7,可实现围绕远程运动中心RCM进行摆动,以及内窥镜7自身轴向伸缩和转动,便于医生独自完成手术操作和持镜,以此降低手术操作的难度,避免人力资源的浪费。此外,整个机械臂的结构简单,整体尺寸小,质量轻,能够方便地安装和使用。

[0073] 【实施例二】

[0074] 请参考图6至图8,其中,图6是本发明实施例二提供的机械臂的结构示意图,图7是图6所示的机械臂的关节示意图,图8是本发明实施例二中手术机器人驱使内窥镜摆动的示意简图。

[0075] 本发明实施例二的机械臂与实施例一基本相同,对于相同部分不再叙述,以下仅针对不同点进行描述。

[0076] 如图6和图7所示,机械臂还包括第四连杆8,所述第四连杆8的远端通过第三摆动关节R17与伸缩结构5连接,近端与第二转动关节R14连接,而第二转动关节R14与第三连杆4的远端连接。所述第二转动关节R14的旋转轴线与所述第三摆动关节R17的旋转轴线垂直,所述第三摆动关节R17的轴线与所述第二摆动关节R13的轴线相平行,所述第三摆动关节R17的旋转轴线与所述移动关节M15的移动轴线垂直且异面,所述第三摆动关节R17的旋转轴线与所述自转关节R16的旋转轴线垂直且异面。优选,所述第四连杆8与所述第三连杆4同轴布置。

[0077] 因此,基于上述构型,本实施例所提供的机械臂具有7个自由度,具体的,除包括5个转动自由度和1个移动自由度外,还包括1个冗余的转动自由度,所述1个冗余的转动自由度由第三摆动关节R17构成;通过第三摆动关节R17的转动,即可实现伸缩结构5及其上的构件相对第四连杆8进行摆动。

[0078] 对于本实施例的机械臂所能取得的优点请详细参考图8,其中图8(A)至图8(C),分别是本实施例提供的机械臂实现内窥镜7围绕远程运动中心RCM进行摆动的不同位置的示意简图;其中,图8(A)为内窥镜7围绕远程运动中心RCM向前摆动;图8(B)为内窥镜7与远程运动中心RCM位于同一竖线上;图8(C)为内窥镜7围绕远程运动中心RCM向后摆动。如图8(A)至图8(C),夹角 $\beta$ 为第一连杆2与第二连杆3所呈的夹角,该夹角 $\beta$ 自图8(A)至图8(C)保持不变,亦即第一摆动关节R12的角度不发生变化,仅通过第二摆动关节R13、第三摆动关节R17以及移动关节M15的调整,即实现了内窥镜7围绕远程运动中心RCM进行摆动,进而协同第二摆动关节R13、自转关节R16的运动即可实现内窥镜7位于手术器械末端的姿态的调整。由于第一摆动关节R12位于整个机械臂的近端,若其运动状态的调整,会导致与其相连的第二连杆3以及与第二连杆3相连接的第三连杆4、伸缩结构5以及夹持结构6围绕第一摆动关节R12的轴线进行摆动,进而导致第一摆动关节R12后端运动幅度逐级放大,不利于机械臂的调节精准度、便利性与稳定性。

[0079] 具体而言,如图8(A)所示,内窥镜7位于远程运动中心RCM之上的部分(亦即位于病人体外的部分)位于图中远程运动中心RCM之右,此时内窥镜7围绕远程运动中心RCM处于向

前摆动的状态,由于第三摆动关节R17的设置,伸缩结构5与第四连杆8之间可转动,亦即伸缩结构5与第四连杆8之间的角度可调。如此配置,当内窥镜7围绕远程运动中心RCM逐渐向后摆动时,如图8(B)和图8(C)所示,由内窥镜7围绕远程运动中心RCM进行前后摆动,而带来的机械臂末端与第一连杆2之间的水平距离的变化,由机械臂末端的关节进行补偿,具体通过同轴布置的第四连杆8与第三连杆4,相对第二摆动关节R13、第三摆动关节R17的转动,而调整伸缩结构5与第二连杆3之间的水平距离。如此,使得机械臂末端带动内窥镜7围绕远程运动中心RCM进行前后摆动时,可保持第二连杆3的位置不变,亦即第一摆动关节R12所成的夹角 $\beta$ 保持不变。

[0080] 进一步,通过增设冗余的转动自由度,使得机械臂末端在调整内窥镜7围绕远程运动中心RCM进行摆动时,还可以减小移动关节M15的行程,即可减小移动关节M15的伸缩距离,对比图5和图8可见,在实现同样的摆动幅度下(图中夹角 $\alpha$ 在 $\pm 5^\circ$ 的范围内),相比实施例一,本实施例中的内窥镜7沿轴向的伸缩更小,如此,可适用更短的内窥镜7,更短的内窥镜7显然具有更高的刚度和稳定性,在调整中更不易发生抖动。此外,也可以通过对内窥镜7实施更小幅度的调整,实现前后摆动。

[0081] 优选的,所述第三摆动关节R17的轴线与所述第二转动关节R14的轴线垂直相交;所述第三摆动关节R17的轴线与所述移动关节M15的轴线垂直且异面。如此配置,能够降低机械臂的尺寸,并提高机械臂的整体稳定性,还可以降低控制整个机械臂的难度,提交控制精度。

#### [0082] 【实施例三】

[0083] 本实施例提供一种控制上述机械臂末端连接的内窥镜围绕一远程运动中心(Remote Center of Motion)运动的示范性方法。在所述实施例一的机械臂构型的基础上,所述机械臂包括一控制模块,位置获取模块,驱动模块(未图示)。所述位置获取模块、驱动模块与所述控制模块通信连接。所述位置获取模块用于获取各个关节(即实施例一中的第一转动关节R11、第一摆动关节R12、第二摆动关节R13、第二转动关节R14、移动关节M15以及自转关节R16等)的当前位置。所述驱动模块用于驱动上述各个关节运动。所述控制模块包括主动模式和被动模式。在此主动模式下所述控制模块控制各个关节运动,以使所述机械臂夹持的内窥镜围绕远程运动中心RCM运动。在此被动模式下,通过手动调整使所述机械臂所夹持的内窥镜通过所述的远程运动中心RCM,进一步所述控制模块还控制驱动模块输出力矩以驱动关节,辅助所述机械臂运动。所述控制方法具体包括:

[0084] 步骤一:所述控制模块处于被动模式,使所述机械臂所夹持的内窥镜通过所述的远程运动中心RCM。进一步,根据各个位置获取模块获取的关节位置,利用机械臂运动学模型获得远程运动中心RCM的位置。

[0085] 步骤二:所述控制模块调整为主动模式,根据预设的期望位置和远程运动中心RCM的位置,获得机械臂的期望姿态,利用机械臂逆运动学模型计算得到机械臂各关节的期望位置;

[0086] 步骤三:所述控制模块根据机械臂各关节的期望位置,通知各关节的驱动模块驱动机械臂各关节运动,以使机械臂驱动内窥镜通过远程运动中心RCM,并且控制所述内窥镜运动至期望位置。

[0087] 通过上述步骤,可控内窥镜能够始终围绕远程运动中心RCM运动。

[0088] 其中,在本实施例中,所述内窥镜的期望姿态包括内窥镜之期望坐标系的Z”轴的期望姿态;所述内窥镜之期望坐标系的Z”轴的期望姿态的计算如下:

$$[0089] \quad n_{te} = \frac{P_{to} - P_{fo}}{\|P_{to} - P_{fo}\|}$$

[0090] 其中, $P_{to}$ 为机械臂末端在基坐标系下的期望位置, $P_{fo}$ 为远程运动中心RCM在基坐标下的位置, $n_{te}$ 为机械臂末端期望坐标系Z”轴(沿器械方向)在基坐标系下的表示。同时,对X”轴和Y”轴的取向不做强制性约束。可根据实际适应情况决定。例如,

[0091] 所述内窥镜之期望坐标系的Y”轴的期望姿态为:

$$[0092] \quad p_{te} = n_{te} \times r_{tc}$$

[0093] 所述内窥镜之期望坐标系的X”轴的期望姿态为:

$$[0094] \quad r_{te} = p_{te} \times n_{te}$$

[0095] 其中: $p_{te}$ 为内窥镜之期望坐标系的Y”轴的期望姿态在机械臂基坐标系下的表示; $r_{tc}$ 为内窥镜的坐标系的X”轴的当前姿态在机械臂基坐标系下的表示; $r_{te}$ 为内窥镜之期望坐标系的X”轴的期望姿态在机械臂基坐标系下的表示。在一个优选实施例中,所述控制模块,结合期望笛卡尔速度,计算各关节速度。关节速度具体为:

$$[0096] \quad \dot{q} = J^{-1} * v$$

[0097] 其中, $\dot{q}$ 为关节速度,J为雅克比矩阵,v为期望笛卡尔速度。本发明根据预设关节速度,来获取姿态调整时实际的关节运动速度,这样可以增加底层速度控制,保证运动平稳性,防止运动过程中产生抖动。

[0098] 在一个实施例中,所述驱动模块上设置有与所述控制模块通信连接的摩擦力矩传感器;在被动模式下,所述摩擦力矩传感器用于检测每个关节上受到的摩擦力矩并提供给所述控制模块,所述控制模块还根据机器人动力学模型获取每个关节的重力矩,并输出与所述摩擦力矩和所述重力矩之和大小相等方向相反的力矩,以克服各个关节上的摩擦力和重力,辅助手动调整机械臂。

[0099] **【实施例四】**

[0100] 针对诸如实施例二所示的七自由度的机械臂来说,其还具有避障功能,即在运动过程中,如果机械臂遇到障碍物,或者受到外力阻碍,在保证末端运动轨迹的前提下,通过冗余关节调整整体构型,避开障碍物。

[0101] 在本实施例中,所述机械臂上各个关节优选采用电机作为驱动模块的驱动件,电机上还设有与控制模块通信连接的力矩传感器,所述力矩传感器用于检测各关节受到的外部作用力并反馈给控制模块。其中,当所述力矩传感器检测到外部作用力时,所述控制模块确定受力最大的关节作为冗余调整关节,并控制电机给予该冗余调整关节一个反向运动速度,从而控制机械臂绕开该障碍物。

[0102] 可选的,冗余调整关节的反向运动速度为:

$$[0103] \quad v_r = v_0 * \text{sgn}(\tau_r) + k_r * \tau_r$$

[0104] 其中: $v_r$ 为避障关节速度,即冗余调整关节速度, $v_0$ 为预设基础避障速度, $\text{sgn}()$ 为符号函数, $\tau_r$ 为冗余关节外部力矩, $k_r$ 为速度-力矩系数。

[0105] 其中,当 $\tau_r > 0$ 时, $\text{sgn}(\tau_r) = 1$ ;当 $\tau_r < 0$ 时, $\text{sgn}(\tau_r) = -1$ ;当 $\tau_r = 0$ 时, $\text{sgn}(\tau_r) = 0$ 。

[0106] 进而,可以得到冗余调整关节下一控制周期的期望位置:

$$[0107] \quad q_{\text{cmd}_r} = q_{\text{cur}_r} + v_r * \text{cycletime}$$

[0108] 其中: $q_{\text{cmd}_r}$ 为冗余调整关节下一周期的期望位置, $q_{\text{cur}_r}$ 为冗余调整关节的当前位置, $\text{cycletime}$ 为控制模块控制周期。

[0109] 因此,控制模块还根据所述冗余调整关节的反向运动的速度,获得冗余调整关节下一控制周期的期望位置,以将七自由度机械臂降维为六自由度机械臂,从而在避开障碍物的同时,能够实现内窥镜姿态的调整。

[0110] 在一个替代性实施例中,上述七自由度的机械臂的电机上也可不设置力矩传感器,而是通过一检测装置直接监测电机输出的力矩(电流),从而对外部作用力进行监测,使得控制模块直接根据监测到的电机输出力矩,确定受力最大的关节并将该关节确定为冗余调整关节,并给冗余调整关节一个反向速度,使机械臂绕开障碍物。

[0111] 具体的,在获取电机的输出力矩后,所述控制模块判断电机的输出力矩与理论输出力矩的差值是否超过预设的阈值,若超过,则判断机械臂受到外部干扰。

[0112] 这里,发明人发现,机器人动力学模型通常为:

$$[0113] \quad B(q) * \ddot{q} + C(q, \dot{q}) * \dot{q} + g(q) + F_v * \dot{q} + F_s * \text{sgn}(\dot{q}) = \tau$$

[0114] 其中: $q$ 为关节的真实位置, $\dot{q}$ 为关节的真实速度, $\ddot{q}$ 为关节的真实加速度; $B$ 为惯性矩阵, $C$ 为位置速度相关矩阵, $g$ 为重力矩阵, $F_v$ 为阻尼系数, $F_s$ 为摩擦力, $\text{sgn}()$ 为符号函数, $\tau$ 为理论关节力矩。可见,利用机器人动力学模型以及轨迹规划,可预测各关节运行过程中的驱动力矩,因此,若实际电机的输出力矩超过预测力矩达到预设的力矩阈值后,即可判断对应的关节受到外部干扰,为冗余调整关节。

[0115] **【实施例五】**

[0116] 本实施例还提供一种手术机器人,其包括实施例一或实施例二所述的机械臂,并还包括与所述机械臂的末端连接的医疗器械例如内窥镜7。内窥镜7优选与机械臂的夹持结构6可拆卸地连接。由于本实施例提供的手术机器人包括如上所述的机械臂,由上述机械臂所带来的有益效果此处不再赘述。

[0117] 综上所述,在本发明提供的机械臂及手术机器人中,所述机械臂包括从近端到远端依次分布的第一转动关节、第一摆动关节、第二摆动关节、第二转动关节、移动关节和用于实现所述医疗器械自转的自转关节,通过该六个关节的配合,可实现医疗器械的空间位置和姿态的调整,并实现围绕一远程运动中心RCM运动。相比于现有,本发明的机械臂的整体尺寸小,质量轻,便于安装和使用。另外,本发明通过移动关节和自转关节驱动内窥镜移动和自转,便于医生独自完成手术操作和持镜,以此降低手术操作的难度,避免人力资源的浪费。

[0118] 在一个优选的实施例中,所述机械臂还包括第三摆动关节,通过第三摆动关节形成冗余调整,使得机械臂能够完成七个自由度的运动,可以不需要调整第一摆动关节,不需要机械臂做大幅度的运动即可完成医疗器械位于机械臂之末端的姿态调整,便于机械臂更灵活的调整医疗器械的空间位置和姿态。

[0119] 需要说明的是,本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可,此外,各

个实施例之间不同的部分也可互相组合使用,本发明对此不作限定。

[0120] 上述描述仅是对本发明较佳实施例的描述,并非对本发明范围的任何限定,本发明领域的普通技术人员根据上述揭示内容做的任何变更、修饰,均属于权利要求书的保护范围。

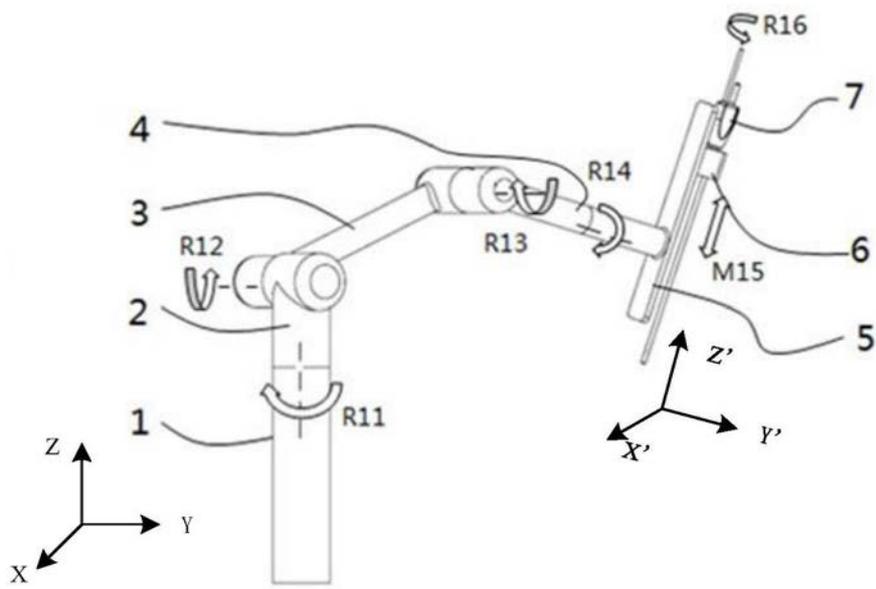


图1

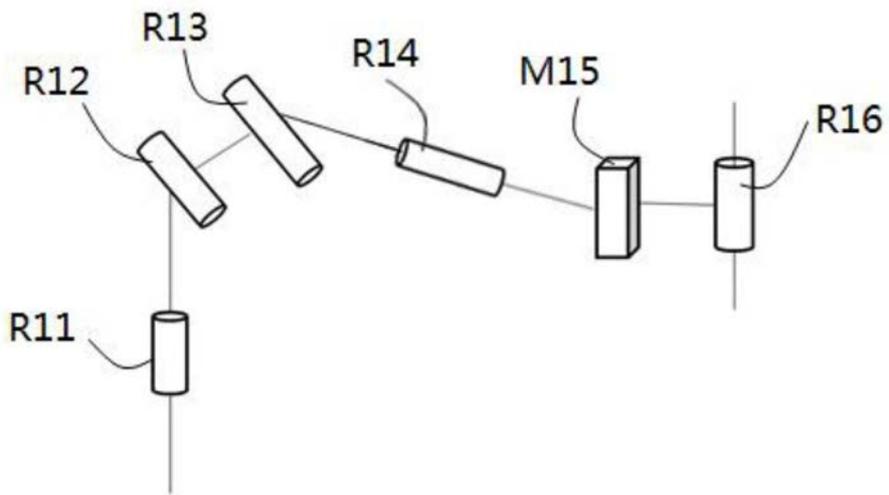


图2

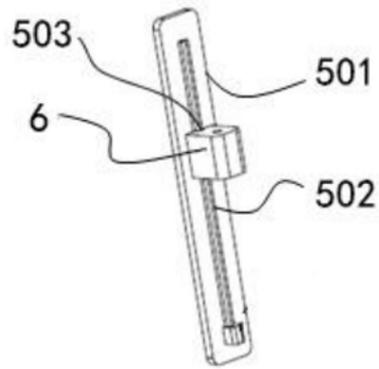


图3

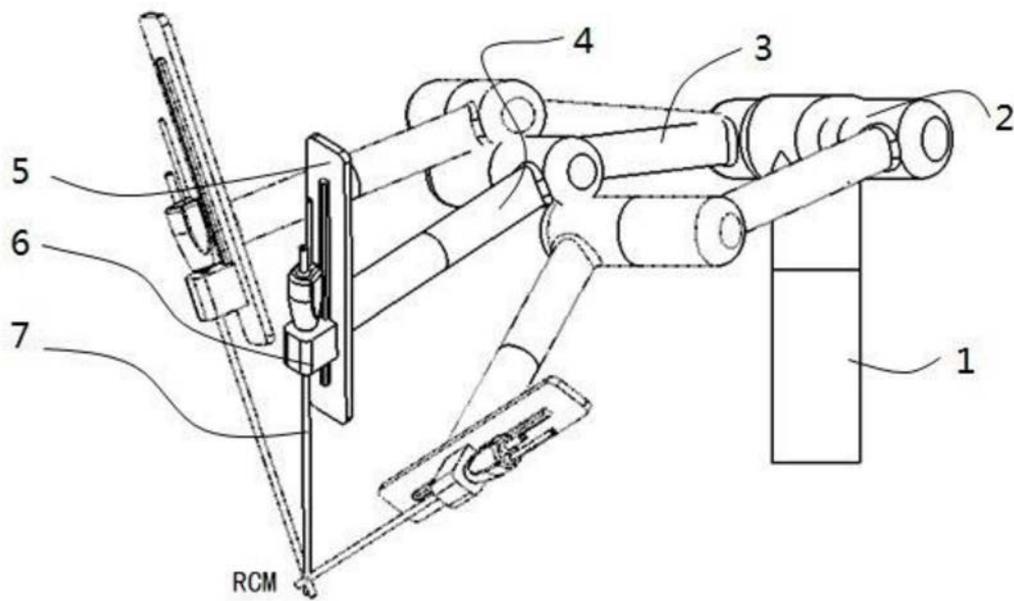


图4

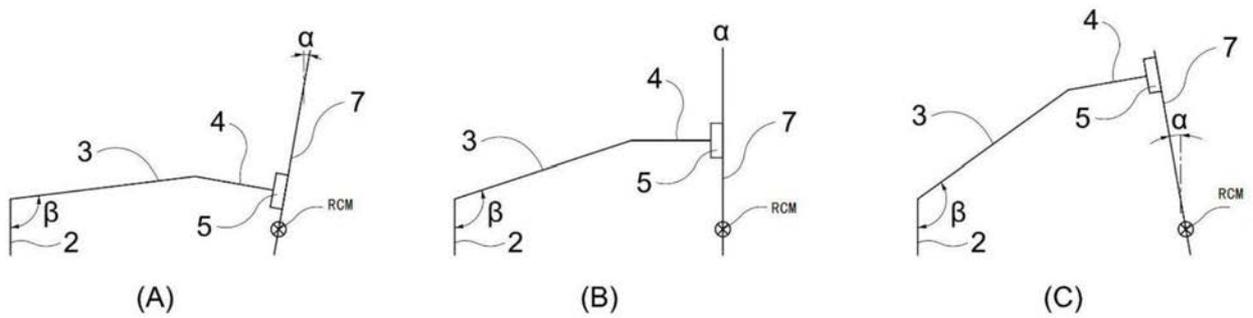


图5

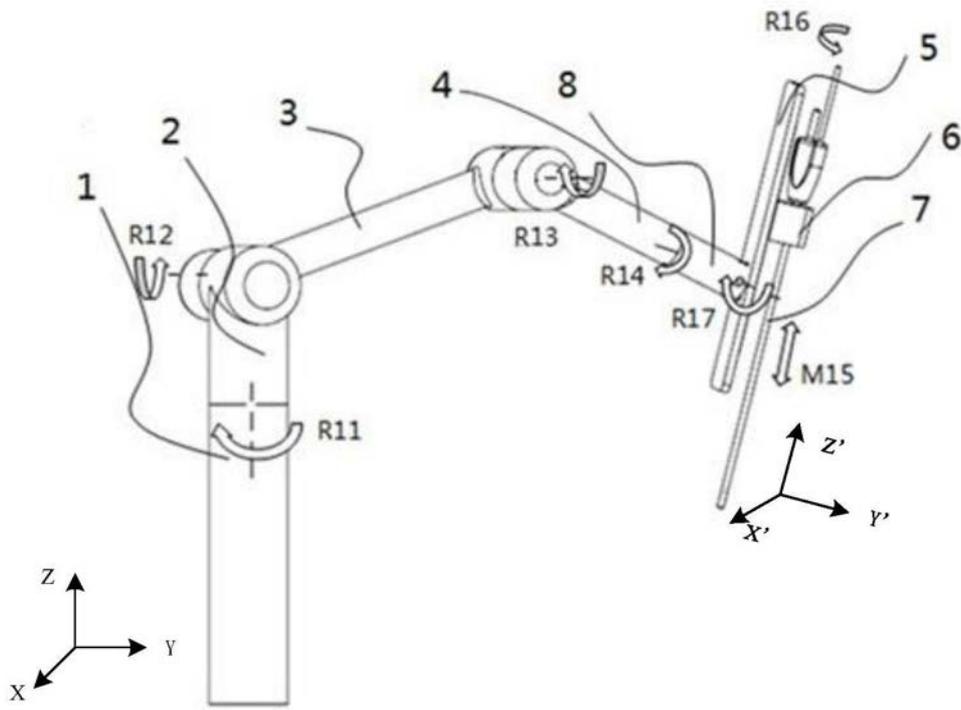


图6

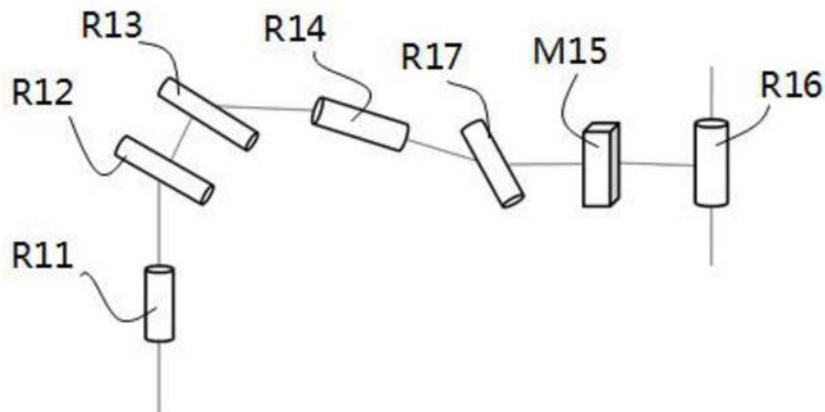


图7

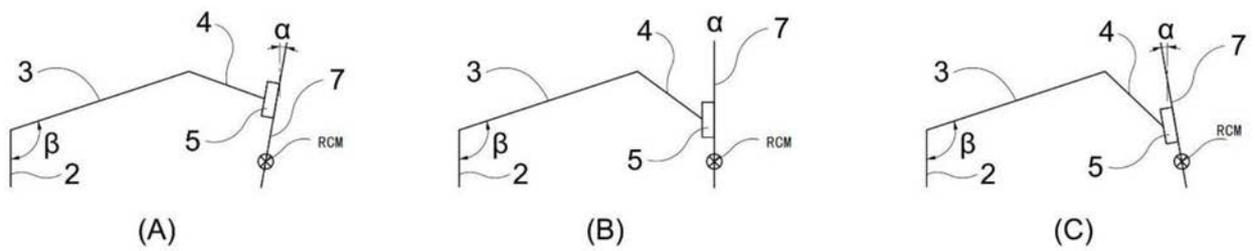


图8