(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
2023 年 5 月 19 日 (19.05.2023)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2023/083077 A1

(51) 国际专利分类号:
A61B 34/30 (2016.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/129288

(22) 国际申请日: 2022 年 11 月 2 日 (02.11.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111334158.9 2021年11月11日 (11.11.2021) CN

(71) 申请人: 深圳市精锋医疗科技股份有限公司(SHENZHEN EDGE MEDICAL CO., LTD) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区宝龙街道宝龙社区宝荷大道76号智慧家园二期2B1901, Guangdong 518000 (CN)。

(72) 发明人: 叶国强(YE, Guoqiang); 中国广东省深圳市龙岗区宝龙街道宝龙社区宝荷大道76号智慧家园二期2B1901, Guangdong 518000 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

WO 2023/083077 A1

(54) **Title:** METHOD FOR MAINTAINING RC POINT UNCHANGED, AND ROBOTIC ARM, DEVICE, ROBOT AND MEDIUM

(54) 发明名称: 保持RC点不变的方法、机械臂、设备、机器人和介质

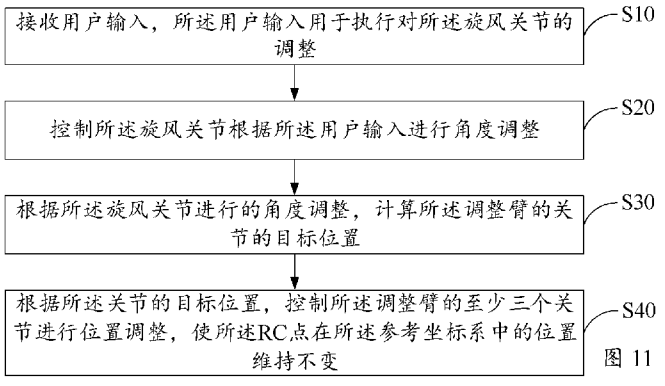


图 11

S10 Receive a user input, wherein the user input is used for executing an adjustment for a cyclone joint
S20 Control the cyclone joint to perform an angle adjustment according to the user input
S30 According to the angle adjustment performed by the cyclone joint, calculate target positions of joints of an adjustment arm
S40 According to the target positions of the joints, control at least three joints of the adjustment arm to perform position adjustment, such that the position of an RC point in a reference coordinate system is maintained unchanged

(57) **Abstract:** A method for maintaining the position of a remote center of manipulation (RC) point of a surgical robot unchanged in a reference coordinate system (F_0). A surgical robot (1000) comprises a processor (1001), an adjustment arm (126') and a cyclone joint (7'), wherein the adjustment arm (126') comprises a plurality of joints. The method is executed by a processor, and comprises: receiving a user input, wherein the user input is used for executing an adjustment for a cyclone joint (S10); controlling the cyclone joint to perform an angle adjustment

[见续页]

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, CV, 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, ME, 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))。

according to the user input (S20); according to the angle adjustment performed by the cyclone joint, calculating target positions of at least three joints of an adjustment arm (S30); and according to the target positions of the joints, controlling the at least three joints of the adjustment arm to perform position adjustment, such that the position of an RC point in a reference coordinate system is maintained unchanged (S40). By means of a robotic arm, a slave operation device (200), a surgical robot (1000) and a computer-readable storage medium (1005), a contact point between the long axis of a surgical instrument and a minimally invasive incision on the body of a patient can be maintained motionless, such that a wound of the patient can be prevented from being torn.

(57) 摘要：一种保持手术机器人远程操纵中心RC点在参考坐标系（F_0）中位置不变的方法，手术机器人（1000）包括处理器（1001）、调整臂（126'）和旋风关节（7'），调整臂（126'）包括多个关节，方法由处理器执行，包括：接收用户输入，用户输入用于执行对旋风关节的调整（S10）；控制旋风关节根据用户输入进行角度调整（S20）；根据旋风关节进行的角度调整，计算调整臂的至少三个关节的目标位置（S30）；根据关节的目标位置，控制调整臂的至少三个关节进行位置调整，使RC点在所述参考坐标系中的位置维持不变（S40）。一种机械臂、从操作设备（200）、手术机器人（1000）以及计算机可读存储介质（1005），可以使手术器械的长轴与患者身上的微创切口之间的接触点保持不动，从而避免对患者伤口造成撕拉。

保持 RC 点不变的方法、机械臂、设备、机器人和介质

本申请要求于 2021 年 11 月 11 日提交中国专利局、申请号为 202111334158.9、申请名称为“保持 RC 点不变的方法、机械臂、设备、机器人和介质”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

【0001】 本申请涉及医疗器械技术领域，尤其涉及一种保持 RC 点在参考坐标系中位置不变的方法、机械臂、从操作设备、手术机器人以及计算机可读存储介质。

背景技术

【0002】 微创手术是指利用腹腔镜、胸腔镜等现代医疗器械及相关设备在人体腔体内部施行手术的一种手术方式。相比传统手术方式微创手术具有创伤小、疼痛轻、恢复快等优势。

【0003】 随着科技的进步，微创手术机器人技术逐渐成熟，并被广泛应用。微创手术机器人通常包括主操作台及从操作设备，主操作台用于根据医生的操作向从操作设备发送控制命令，以控制从操作设备，从操作设备用于响应主操作台发送的控制命令，并进行相应的手术操作。手术器械与从操作设备的驱动装置连接，用于执行外科手术，所述手术器械具有长轴以及位于所述长轴末端的终端执行器。理论上，手术器械在执行手术过程中。长轴与患者身上的微创切口之间的接触点应保持不动，以避免对患者伤口造成撕拉。

【0004】 但是，目前的技术不能确保该接触点在患者的微创切口处保持不动。

发明内容

【0005】 本申请的主要目的在于提供一种保持 RC 点在参考坐标系

中位置不变的方法、机械臂、从操作设备、手术机器人以及计算机可读存储介质，旨在实现手术器械的长轴与患者身上的微创切口之间的接触点保持不动，以避免对患者伤口造成撕拉。

【0006】 为实现上述目的，本申请提供一种保持手术机器人远程操纵中心 RC 点在参考坐标系(F_0)中位置不变的方法，所述手术机器人包括处理器、调整臂和旋风关节，所述调整臂包括多个关节，所述方法由处理器执行，包括：

【0007】 接收用户输入，所述用户输入用于执行对所述旋风关节的调整；

【0008】 控制所述旋风关节根据所述用户输入进行角度调整；

【0009】 根据所述旋风关节进行的角度调整，计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置；

【0010】 根据所述关节的目标位置，控制所述调整臂的至少三个关节进行位置调整，使所述RC点在所述参考坐标系中的位置维持不变。

【0011】 可选地，所述根据所述旋风关节进行的角度调整，计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置的步骤，包括：

【0012】 获取所述 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置，和从所述参考坐标系(F_0)到调整臂坐标系(F_a)的常量变换(T_{0a})；

【0013】 获取所述旋风关节的角度值；

【0014】 基于所述旋风关节的角度值，计算从旋风关节坐标系(F_b)到RC 点坐标系(F_c)的第一变换(T_{bc})；

【0015】 基于所述 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置、所述常量变换(T_{0a})和所述第一变换(T_{bc})，计算从所述调整臂坐标系(F_a)到所述旋风关节坐标系(F_b)的第二变换(T_{ab})；以及，

【0016】 基于所述第二变换(T_{ab})，计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置。

【0017】 可选地，所述获取 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置的步骤，包括：

【0018】 通过运动学计算，获取从所述参考坐标系(F_0)到所述 RC 点坐标系(F_c)的第三变换(T_{0c})；

【0019】 根据所述第三变换(T_{0c})获取所述 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置。

【0020】 可选地，所述获取旋风关节的角度值的步骤包括：

【0021】 从关节编码器中获取旋风关节的角度值；

【0022】 所述关节编码器包括位置传感器，所述位置传感器用于测量所述关节编码器所在关节的角度值。

【0023】 可选地，所述计算从旋风关节坐标系(F_b)到RC点坐标系(F_c)的第一变换(T_{bc})的步骤包括：

【0024】 基于所述旋风关节的角度值，确定从旋风关节坐标系(F_b)到RC点坐标系(F_c)的第一变换(T_{bc})。

【0025】 可选地，所述计算从所述调整臂坐标系(F_a)到所述旋风关节坐标系(F_b)的第二变换(T_{ab})的步骤包括：

【0026】 基于坐标变换关系，构建所述 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置计算模型；

【0027】 沿 XYZ 三个方向对所述计算模型展开得到三个方程；

【0028】 所述方程包括以调整臂的关节的目标位置为未知变量的多元一次方程组。

【0029】 可选地，所述基于坐标变换关系，构建所述 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置计算模型的步骤包括：

【0030】 $P_{0c}=R_{0a}*R_{ab}*P_{bc}+R_{0a}*P_{ab}+P_{0a}$，其中，

【0031】 P_{0c}：变换 T_{0c} 的位置分量；R_{0a}：变换 T_{0a} 的姿态分量；P_{0a}：变换 T_{0a} 的位置分量；R_{ab}：变换 T_{ab} 的姿态分量；P_{ab}：变换 T_{ab} 的位置分量；R_{bc}：变换 T_{bc} 的姿态分量；P_{bc}：变换 T_{bc} 的位置分量。

【0032】 可选地，所述沿 XYZ 三个方向对所述计算模型展开得到三个方程的步骤包括：

【0033】 将公式 $P_{0c}=R_{0a}*R_{ab}*P_{bc}+R_{0a}*P_{ab}+P_{0a}$ ，按 X、Y、Z 各位置分量展开后，可得到如下方程组，即补偿求解模型：

$$\begin{cases} P_x = f_1(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \\ P_y = f_2(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \\ P_z = f_3(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \end{cases};$$

【0034】 其中，P_x、P_y、P_z分别是RC点位置P_{0c}的X、Y、Z方向的三个分量，f_1、f_2、f_3表示对应的计算函数，均和所述调整臂的各关节位置$(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i)$相关。

【0035】 可选地，所述计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置的步骤包括：根据所述补偿求解模型，计算得到所述调整臂的各关节的目标位置。

【0036】 可选地，所述调整臂包括第一旋转关节、第一直线关节、第二旋转关节和第二直线关节，或所述调整臂包括所述第一直线关节、所述第二旋转关节和所述第二直线关节。

【0037】 可选地，所述第一旋转关节的位置θ_1为常量，根据所述补偿求解模型得到所述第一直线关节、所述第二旋转关节和所述第二直线关节的目标位置$(\theta_2, \theta_3, \theta_4)$：

$$\begin{cases} P_x = f_1(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \\ P_y = f_2(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \\ P_z = f_3(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \end{cases}。$$

【0038】 为实现上述目的，本申请还提供一种机械臂，与定向平台连接，包括：

【0039】 调整臂，与所述定向平台连接，所述调整臂包括多个关节；

【0040】 旋风关节，与所述调整臂连接，穿过所述旋风关节的轴线为旋风轴线；

【0041】 处理器，与所述旋风关节和所述调整臂连接；

【0042】 所述处理器，用于执行如上所述的方法。

【0043】 为实现上述目的，本申请还提供一种从操作设备，包括定向平台，所述从操作设备包括如上所述的机械臂，所述机械臂连接于所述定向平台。

【0044】 为实现上述目的，本申请还提供一种手术机器人，所述手术机器人包括如上所述的从操作设备；以及主操作设备，所述主操作设备用于控制所述从操作设备。

【0045】 为实现上述目的，本申请还提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上存储有保持RC点在参考坐标系(F_0)中位

置不变的程序，所述保持 RC 点在参考坐标系(F_0)中位置不变的程序被处理器执行时实现如上所述的保持 RC 点在参考坐标系(F_0)中位置不变的步骤。

【0046】 本申请提供的保持RC点在参考坐标系中位置不变的方法、机械臂、从操作设备、手术机器人以及计算机可读存储介质，通过接收用户输入，控制所述旋风关节根据所述用户输入进行角度调整，然后根据所述旋风关节进行的角度调整，计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置，再根据所述关节的目标位置，控制所述调整臂的至少三个关节进行位置调整，使所述RC点在所述参考坐标系中的位置维持不变。如此，可以使手术器械的长轴与患者身上的微创切口之间的接触点保持不动，从而避免对患者伤口造成撕拉。

附图说明

【0047】 图 1 为本申请手术机器人一实施例的结构示意图；

【0048】 图 2 为图 1 中主操作台一实施例的结构示意图；

【0049】 图 3 为图 1 中电子设备推车一实施例的结构示意图；

【0050】 图 4 为图 1 的框架结构示意图；

【0051】 图 5 为图 1 中从操作设备一实施例的简化结构示意图；

【0052】 图 6 为图 1 中从操作设备又一实施例的简化结构示意图；

【0053】 图 7 为本申请从操作设备一实施例的简化结构示意图；

【0054】 图 8 为本申请机械臂一实施例的简化结构示意图；

【0055】 图 9 为图 5 中手术器械一实施例的结构示意图；

【0056】 图 10 为本申请操作臂和调整臂一实施例的结构示意图；

【0057】 图 11 为本申请保持 RC 点在参考坐标系(F_0)中位置不变的一实施例的方法流程示意图；

【0058】 图 12 为本申请调整臂进行补偿运动的一实施例流程示意图；

【0059】 图 13 为本申请实施例提供的机械臂、从操作设备或手术机器人的硬件结构示意图。

【0060】 本发明目的的实现、功能特点及优点将结合实施例，参照

附图做进一步说明。

具体实施方式

【0061】 下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

【0062】 需要说明，本申请实施例中所有方向性指示(诸如上、下、左、右、前、后……)仅用于解释在某一特定姿态(如附图所示)下各部件之间的相对位置关系、运动情况等，如果该特定姿态发生改变时，则该方向性指示也相应地随之改变。

【0063】 在本申请中，除非另有明确的规定和限定，术语“连接”、“固定”等应做广义理解，例如，“固定”可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系，除非另有明确的限定。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申请中的具体含义。

【0064】 另外，在本申请中如涉及“第一”、“第二”等的描述仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示其相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。另外，各个实施例之间的技术方案可以相互结合，但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础，当技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时应当认为这种技术方案的结合不存在，也不在本申请要求的保护范围之内。

【0065】 术语“器械”在文中被用来描述医疗设备，该医疗设备用于插入患者身体并用于执行外科手术或诊断程序，该器械包括末端执行器，末端执行器可以是用于执行外科手术相关的外科手术器械，例如电烧灼器、钳夹器、吻合器、剪割器、成像设备（例如内窥镜或超

声探头）以及类似物。本申请实施例中使用的一些器械进一步包括为末端执行器提供了铰接部件（例如关节组件），使得末端执行器的位置和取向能够以相对于器械轴一个或多个机械自由度被操控而运动。进一步地，末端执行器包括还包括功能性机械自由度，例如打开和闭合的钳夹。器械还可以包括可以被外科手术系统更新的存储信息，借此该存储系统可以提供器械与一个或多个系统元件之间的单向或双向通信。

【0066】 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施方式的目的，不是旨在于限制本申请。本文所使用的术语“及／或”和“和/或”包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

【0067】 如图 1 所示，手术机器人 1000 可以用于对平躺在手术台上的患者执行微创诊断或手术程序。所述手术机器人 1000 包括主操作台 100 及从操作设备 200，主操作台 100 用于根据医生的操作向从操作设备 200 发送控制命令，以控制从操作设备 200；从操作设备 200 用于响应主操作台 100 发送的控制命令，并进行相应的手术操作。所述手术机器人可以进一步包括与所述主操作台 100 电连接的电子设备推车 300。外科医生可以通过主操作台 100 查看手术部位，从操作设备 200 可以通过在患者身上的微创切口操纵至少一个可移除地相连的手术器械（图中未示出）。手术部位的图像可以通过诸如立体内窥镜的内窥镜（图中未示出）获得，内窥镜可以由从操作设备 200 操纵以对内窥镜定向。电子设备推车 300 可以用来显示手术部位的图像，以显示给医生助手。

【0068】 图 2 为外科医生的主操作台 100 的示意图。外科医生的主操作台 100 包括左眼显示器和右眼显示器（图中未示出），用于将能够深度感知手术部位的立体图呈现给外科医生。主操作台 100 进一步包括一个或多个输入控制设备（图中未示出），医生通过操作输入控制设备，而使从操作设备 100 同步操纵一个或多个手术器械。输入控制设备可以提供与其关联的手术器械相同的自由度，从而给外科医生

提供远程呈现，或者提供输入控制设备与手术器械成为一体的感知，使得外科医生具有直接控制手术器械的强烈感觉。

【0069】 图 3 为电子设备推车 300 的示意图。电子设备推车 300 可以与内窥镜相连，并且可以包括用于处理捕获的图像的处理器，捕获的图像用于在外科医生的控制台上或在位于本地和/或远程的另一台合适的显示器上显示给外科医生。例如，在使用立体内窥镜的情况下，电子设备推车 300 上的图像主机可以处理捕获的图像，以将手术部位的协调的立体图像呈现给外科医生。此类协调可以包括在相对的图像之间的对齐，并且可以包括调整立体内窥镜的立体工作距离。作为另一个示例，图像处理可以包括使用预先确定的相机校准参数，以补偿图像捕获设备的成像误差，诸如光学像差。

【0070】 如图 4 所示，外科医生的主操作台 100 可以由外科医生使用，以在微创手术期间控制从操作设备 200。从操作设备 200 可以使用诸如立体内窥镜的成像设备，来捕获手术部位的图像并且将捕获的图像输出到主操作台 100 和电子设备推车 300。如上所讨论的，在任何随后的显示之前，电子设备推车 300 能够以各种方式处理捕获的图像。例如，在经由外科医生的主操作台 100 将组合图像显示给外科医生之前，电子设备推车 300 可以用虚拟控制界面覆盖捕获的图像。从操作设备 200 可以输出捕获的图像，以便在电子设备推车 300 外部进行处理。例如，从操作设备 200 可以将捕获的图像输出到处理器 500，其中处理器 500 可以用于处理捕获的图像。该图像也可以通过电子设备推车 300 和处理器 500 的组合来处理，电子设备推车 300 和处理器 500 可以相连在一起，以便共同、相继和/或结合处理捕获的图像。一个或多个单独的显示器 600 也可以与处理器 500 和/或电子设备推车 300 相连，用于本地和/或远程显示图像，诸如手术部位的图像或其他相关图像。可以理解的是，所述处理器可以包括所述主控制台 100 的处理器、从操作设备 200 的处理器以及所述电子设备推车 300 上的图像主机（图中未示出）的处理器。为便于简化理解，此处仅一个处理器进行标识。

【0071】 如图 5 所示，所述从操作设备 200 提供对三个手术器械 700

和成像设备 800 的操纵，成像设备 800 诸如用于捕获手术部位图像的立体内窥镜。成像设备 800 和手术器械 700 可以通过在患者身上的切口设置和操纵，从而使得运动学 RC 点（Remote Center of Manipulation，远程操纵中心）维持在切口处，以使切口的尺寸最小化。当手术器械 700 的远端被设置在成像设备 800 的视野内时，手术部位的图像可以包括手术器械 700 的远端的图像。

【0072】 如图 6 所示，所述从操作设备 200 包括基座 200’、安装在所述基座 200’上的定向平台 300’以及与所述定向平台 300’连接的机械臂 400’。其中，所述基座 200’可以进一步包括座体 21’、设于所述座体 21’上的立柱 22’和与所述立柱 22’连接的悬挂臂 23’，所述定向平台 300’与所述悬挂臂 23’连接。所述机械臂 400’包括与所述定向平台 300’连接的调整臂 500’、与所述调整臂 500’连接的操作臂 600’以及安装于所述操纵臂上的手术器械(图中未示出)。所述手术器械可以是用于执行手术操作的电烧灼器、钳夹器、吻合器、剪割器等，也可以是获取影像的相机或者其他外科器械，多个手术器械从不同的切口插入患者身体。

【0073】 如图 7 和图 8 所示，定向平台 124’与悬挂臂 122’连接，调整臂 126’与所述定向平台 124’连接，操作臂 130’附连到所述调整臂 126’，且由调整臂 126’支撑。所述调整臂 126’可以包括：旋转关节 1’、旋转臂 2’、直线关节 3’、平移臂 4’、直线关节 5’、升降臂 6’、旋转关节 7’、旋转臂 8’、旋风关节 9’、偏转关节 10’。上述调整臂 126’的各组成部分按顺序连接。

【0074】 所述调整臂 126’通过旋转关节 1’可旋转地连接到定向平台 124’上，并且由定向平台 124’支撑。定向平台 124’被可旋转地相连到悬挂臂 122’并且由悬挂臂 122’支撑。并且悬挂臂 122’经立柱 88’被固定附连到座体 72’且由座体 72’支撑。悬挂臂 122’可操作用来选择性地设置定向平台 124’相对于座体 72’的角度。调整臂 126’可操作用来选择性地设置关联的操作臂 130’相对于定向平台 124’的角度。

【0075】 所述操作臂 130’还包括将偏转关节 10’固定相连到旋风关节 9’的联接连杆 20’。旋风关节 9’可操作用来使偏转关节 10’相

对于支撑连杆 128’围绕旋风轴线 150’旋转，所述旋风轴线 150’不经过所述 RC 点。偏转轴线 140’经过所述 RC 点。旋风关节 9’的操作可以用于在没有相对于患者移动 RC 点的情况下，相对于患者再定向平行四边形机构 82’。

【0076】 如图 7 和图 8 所示，旋转关节 1’旋转带动旋转臂 2’转动，直线关节 3’移动带动平移臂 4’使其能在水平方向运动，直线关节 5’移动带动升降臂 6’使其能在竖直方向运动，旋转关节 7’旋转带动旋转臂 8’转动，旋风关节 9 旋转带动平行四边形机构 82’沿着旋风轴线 150’转动。直线关节 3’和直线关节 5’联动，旋转关节 1’、旋转关节 7’、旋风关节 9’可以各自独立转动。

【0077】 如图 9 所示，所述手术器械 700 具有长轴 720’以及位于所述长轴 720’末端的终端执行器 730’，所述长轴 720’在靠近所述终端执行器 730’的一侧设置有 RC 点（Remote Center of Manipulation，远程操纵中心），也可以称为：器械不动点 11’。器械不动点 11’，是指手术器械安装到所述操作臂 130’上的器械承载臂（图中未示出）上后，手术器械的长轴 720’远端在手术过程中保持相对不动的位置。旋风关节 9’的旋风轴线 150’不穿过所述器械不动点 11’。所述器械不动点 11’与所述手术机器人的所述 RC 点重合。

【0078】 手术开始前，拖动器械承载臂的末端到接近患者手术部位的位置，旋转关节 1’、直线关节 3’、直线关节 5’、旋转关节 7’联动，以补偿旋风关节 9 的转动可能带来的器械不动点 11’的偏移，也即，使器械不动点 11’与 RC 点重合，换言之，通过所述调整臂 126’的调整补偿作用，可以使所述 RC 点在定向平台坐标系中的位置不变。

【0079】 在其他实施例中，直线关节 3’、直线关节 5’和旋转关节 7’联动，旋转关节 1’可以不转动，以补偿旋风关节 9’的运动可能带来的器械不动点 11’的偏移，并维持 RC 点在定向平台坐标系中的位置不变，避免手术器械入口处移动撕裂切口。

【0080】 根据机器人运动学建模方法，如 DH（Denavit-Hartenberg）法，对定向平台、调整臂和器械臂进行运动学建模，包含坐标系定义、坐标变换关系定义等。本申请中，变换是指变换矩阵或坐标系的变换。

【0081】 结合坐标变换计算和运动学计算，实现旋风关节运动调整时调整臂的补偿运动，所述运动学计算包括正解和逆解计算。

【0082】 如图 10 所示，定义定向平台参考坐标系 F_0、调整臂坐标系 F_a、旋风关节坐标系 F_b、RC 点坐标系 F_c。

【0083】 从定向平台参考坐标系 F_0 到调整臂坐标系 F_a 的变换为常量变换 T_{0a}；从调整臂坐标系 F_a 到旋风关节坐标系 F_b 的变换由调整臂各关节的位置确定，定义为 T_{ab}；从旋风关节坐标系 F_b 到 RC 点坐标系 F_c 的变换由旋风关节的角度值确定，从旋风关节坐标系 F_b 到 RC 点坐标系 F_c 的变换定义为 T_{bc}。

【0084】 用户对旋风关节进行调整时，旋风关节根据用户输入进行运动调整，调整臂关节基于运动学计算执行补偿运动，令 RC 点在定向平台坐标系中的位置保持不变。

【0085】 如图 11 所示，在一实施例中，本申请提供一种保持手术机器人远程操纵中心 RC 点在参考坐标系(F_0)中位置不变的方法，包括以下步骤：

【0086】 步骤 S10、接收用户输入，所述用户输入用于执行对所述旋风关节的调整；

【0087】 本实施例中，所述操作臂上对应设置有按键，例如，所述器械承载臂靠近其顶部的位置设置有按键 1 和按键 2。当用户点击或按压所述按键 1 时，所述操作臂会围绕所述旋风轴线向顺时针方向转动，当用户点击或按压所述按键 2 时，所述操作臂会围绕所述旋风轴线向逆时针方向转动，此时，所述旋风关节的角度会发生调整。

【0088】 步骤 S20、控制所述旋风关节根据所述用户输入进行位置调整；

【0089】 步骤 S30、根据所述旋风关节进行的角度调整，计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置；

【0090】 步骤 S40、根据所述关节的目标位置，控制所述调整臂的至少三个关节进行位置调整，使所述 RC 点在所述参考坐标系中的位置维持不变。

【0091】 具体将在下文进行介绍，此处不做赘述。

【0092】 如图 12 所示，调整臂具体进行补偿的方法流程如下：

【0093】 步骤 901：旋风关节操作启动：基于用户输入，处理器响应用户输入，启动执行旋风关节调整；

【0094】 其中，处理器可以是机械臂处理器。

【0095】 步骤 902：获取 RC 点在参考坐标系下的位置 P_{0c}：

【0096】 通过运动学正解计算，即通过坐标变换关系，获取从定向平台参考坐标系 F_0 到 RC 点坐标系 Fc 的变换 T_{0c}：

【0097】 $T_{0c}=T_{0a}*T_{ab}*T_{bc}$；

【0098】 变换矩阵可表示成 $T=\begin{bmatrix} R & P \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$，R 为姿态分量，P 为位置分量。

【0099】 该变换中的位置分量即为 RC 点在参考坐标系下的位置 P_{0c}，处理器存储该位置 P_{0c}，后面补偿方法的目的即为保持该位置不变。

【0100】 步骤 903：旋风关节按操作进行角度值调整：一般而言，基于用户输入，旋风关节将按特定的运动模式（如 JOG 运动）执行角度值调整。用户的输入可以为用户按下操作臂上的旋风关节调整按键。

【0101】 步骤 904：获取旋风关节的角度值，旋风关节的角度值可从关节编码器中获取。其中，关节编码器可以是位置传感器，安装在关节处，可测量关节的角度值。

【0102】 步骤 905：计算变换 T_{bc} 的值：如上所述，从旋风关节坐标系 F_b 到 RC 点坐标系 F_c 的变换由旋风关节的角度值确定，基于上一步获取的旋风关节的角度值，可通过连杆变换关系得到变换 T_{bc} 的实际值。

【0103】 本文中的连杆变换关系，通过通用的串联 DH 建模方法得到，本文其他地方出现该名词，不再赘述。

【0104】 步骤 906：计算变换 T_{ab}。

【0105】 上述为计算补偿值，构建补偿求解模型的方法如下：

【0106】 将 $T_{0c}=T_{0a}*T_{ab}*T_{bc}$ 中的位置分量进行分解得到：

【0107】 $P_{0c}=R_{0a}*R_{ab}*P_{bc}+R_{0a}*P_{ab}+P_{0a}$，其中，

【0108】 P_{0c}：变换 T_{0c} 的位置分量；R_{0a}：变换 T_{0a} 的姿态分量；P_{0a}：

变换 T_{0a} 的位置分量； R_{ab}：变换 T_{ab} 的姿态分量；P_{ab}：变换 T_{ab} 的位置分量；R_{bc}：变换 T_{bc} 的姿态分量；P_{bc}：变换 T_{bc} 的位置分量。

【0109】 其中，P_{0c} 如上所述已进行记录；R_{0a}、P_{0a} 表示定向平台参考坐标系 F_0 和调整臂坐标系 F_a 间的相对姿态和位置，均为固定参数，已知；R_{bc}、P_{bc} 分别表示旋风关节坐标系 F_b 和 RC 点坐标系 F_c 间的相对姿态和位置，在旋风关节调节过程中仅有旋风关节角度值一个变量，可由上一步获取；由此可见，上述公式中，仅 R_{ab}、P_{ab} 为未知变量，与调整臂的各关节位置有关。

【0110】 将上述公式按 X、Y、Z 各位置分量展开后，可得到如下方程组，即补偿

【0111】 求解模型：

$$\begin{cases} P_x = f_1(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \\ P_y = f_2(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \\ P_z = f_3(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \end{cases};$$

【0112】 其中，P_x、P_y、P_z 分别是 RC 点位置 P_{oc} 的三个分量，f_1、f_2、f_3 表示对应的计算函数，均和调整臂各关节位置 $(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i)$ 相关。

【0113】 步骤 907：计算调整臂关节位置的目标位置：

【0114】 根据以上所述求解模型，若调整臂关节数量为 3，一般通过方程组求解方法即可得到调整臂的目标位置 $(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i)$；若调整臂关节数量大于 3,此事方程数量小于待求解的数量，对应于调整臂为冗余关节，此时需定义求解策略。

【0115】 具体的，如图 8 所示，调整臂可以为 4 个关节，自上而下分别为第一关节 A、第二关节 B、第三关节 C 和第四关节 D。例如，自上而下分别为旋转关节 A、直线关节 B、直线关节 C 和旋转关节 D。

【0116】 旋风关节移动后，需考虑 X、Y、Z 三个方向的移动补偿，结合结构特点，调整臂可选的补偿组合可以有以下四种组合：

【0117】 1）A、B、C；2）A、C、D；3）B、C、D；4）A、B、C、D。

【0118】 说明 1：若组合为 A、B、D，则由于这三个关节或是水平转动关节或是水平移动关节，无法提供垂直方向的补偿；

【0119】 说明 2：若组合为以上四种的组合 1）或组合 2）中，当 RC 点与第一旋转关节轴线重合或邻近时，该组合 1）和 2）中旋转关节 A 的移动性是病态或邻近病态的，具体表现为，若 RC 点与第一旋转关节轴线邻近重合时，旋转关节 A 需要移动较大的范围方可实现位置补偿，若 RC 点与第一旋转关节轴线重合时，旋转关节 A 失效则无法实现补偿。

【0120】 上述步骤中，移动性表示机械臂通过各关节运动调节末端移动的可行性和有效性。其中，病态是指在某些形态下，机械臂各关节的组合运动没法实现末端期望移动。

【0121】 临近病态是指，机械臂各关节的组合运动需要较大的速度方可满足末端期望移动的目的。具体表现如上文所述。

【0122】 较优的补偿组合为以上四种中的组合 3）或组合 4）中；

【0123】 针对第 3）或组合中，如上所述，θ_1为已知变量，表示第一旋转关节当前位置，此时根据如上方程组即可推导求取补偿值$(\theta_2, \theta_3, \theta_4)$。

【0124】 针对第 4）或组合中，关节是冗余的，求解时需定义冗余策略。

【0125】 调整臂补偿组合的思路：a.调整臂移动的主要任务是补偿旋风关节移动导致的 RC 点位置偏差；b.考虑四个机械臂的空间定位，避免术中容易发生碰撞。

【0126】 进一步地，可以定义第一旋转关节为主动关节，所述旋风关节根据所述操作进行角度值调整时，处理器以调整第一调整臂和第二调整臂之间的夹角为目的，使得所述第一关节 A 按推荐夹角方向移动；其余调整臂关节则依据如上方程组推导求取对应补偿值$(\theta_2, \theta_3, \theta_4)$。

【0127】 定向平台下包含四个机械臂，推荐夹角是指两个调整臂之间的夹角。其中，第一调整臂和第二调整臂之间的夹角为第一调整臂上任意两个相邻关节之间的连杆与第二调整臂上对应两个相邻关节

之间的连杆之间的夹角。

【0128】 步骤 908：根据如上计算得到的位置补偿值，调整臂各关节进行位置调整。

【0129】 步骤 909：旋风关节操作停止。

【0130】 步骤 910：若旋风关节到达限位，或调整臂关节到达限位，则执行步骤 911：旋风关节操作停止，旋风关节和调整臂关节均不运动。所述限位为软件限位，即通过计算，实现各种关节达到不能继续运动的状态。

【0131】 若旋风关节和调整臂未到达限位，则执行步骤 903。

【0132】 如上述实施例的描述，提供了一种在旋风关节运动的情况下，保证 RC 点在参考坐标系中位置不变的方法。通过机械结构以及补偿算法，可以在术前准备工作中，确保器械不动点与 RC 点重合，从而可以保证手术过程中，无论操作臂怎样运动，RC 点在参考坐标系中位置不变，并且操作臂都不会碰到患者。通过调整多个操作臂的空间定位，解决术中发生机械臂碰撞的问题。

【0133】 如图 13 所示，图 13 是本申请实施例方案涉及的保持 RC 点在参考坐标系(F_0)中位置不变的机械臂、从操作设备或手术机器人的硬件结构示意图。以下以机械臂为例进行说明。

【0134】 所述机械臂可以包括处理器 1001，例如 CPU，通信总线 1002，用户接口 1003，网络接口 1004，存储器 1005。其中，通信总线 1002 用于实现这些组件之间的连接通信；用户接口 1003 可以包括显示屏(Display)、输入单元比如键盘 (Keyboard)；网络接口 1004 可选的可以包括标准的有线接口、无线接口(如 WI-FI 接口)；存储器 1005 可以是高速 RAM 存储器，也可以是稳定的存储器(non-volatile memory)，例如磁盘存储器，存储器 1005 可选的还可以是独立于前述处理器 1001 的存储装置。

【0135】 本领域技术人员可以理解，图 1 中示出的硬件结构并不构成对图像处理装置的限定，可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件布置。

【0136】 如图 13 所示，作为一种计算机存储介质的存储器 1005 中

可以包括操作系统、网络通信模块、用户接口模块以及保持RC点在参考坐标系(F_0)中位置不变的程序。

【0137】 在图13所示的机械臂中，所述网络通信模块主要用于连接服务器，并与服务器进行数据通信；而处理器1001可以用于调用存储器1005中存储的保持RC点在参考坐标系(F_0)中位置不变的程序，并执行以下操作：

【0138】 接收用户输入，所述用户输入用于执行对所述旋风关节的调整；

【0139】 控制所述旋风关节根据所述用户输入进行角度调整；

【0140】 根据所述旋风关节进行的角度调整，计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置；

【0141】 根据所述关节的目标位置，控制所述调整臂的至少三个关节进行位置调整，使所述RC点在所述参考坐标系中的位置维持不变。

【0142】 进一步地，处理器110可以调用存储器109中存储的内窥镜的图像处理程序，还执行以下操作：

【0143】 获取所述RC点在所述参考坐标系(F_0)下的位置，和从所述参考坐标系(F_0)到调整臂坐标系(F_a)的常量变换(T_{0a})；

【0144】 获取所述旋风关节的角度值；

【0145】 基于所述旋风关节的角度值，计算从旋风关节坐标系(F_b)到RC点坐标系(F_c)的第一变换(T_{bc})；

【0146】 基于所述RC点在所述参考坐标系(F_0)下的位置、所述常量变换(T_{0a})和所述第一变换(T_{bc})，计算从所述调整臂坐标系(F_a)到所述旋风关节坐标系(F_b)的第二变换(T_{ab})；以及，

【0147】 基于所述第二变换(T_{ab})，计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置。

【0148】 进一步地，处理器110可以调用存储器109中存储的内窥镜的图像处理程序，还执行以下操作：

【0149】 通过运动学计算，获取从所述参考坐标系(F_0)到所述RC点坐标系(F_c)的第三变换(T_{0c})；

【0150】 根据所述第三变换(T_{0c})获取所述RC点在所述参考坐标系

(F_0)下的位置。

【0151】 进一步地，处理器 110 可以调用存储器 109 中存储的内窥镜的图像处理程序，还执行以下操作：

【0152】 从关节编码器中获取旋风关节的角度值；

【0153】 所述关节编码器包括位置传感器，所述位置传感器用于测量所述关节编码器所在关节的角度值。

【0154】 进一步地，处理器 110 可以调用存储器 109 中存储的内窥镜的图像处理程序，还执行以下操作：

【0155】 基于所述旋风关节的角度值，确定从旋风关节坐标系(F_b)到 RC 点坐标系(F_c)的第一变换(T_{bc})。

【0156】 进一步地，处理器 110 可以调用存储器 109 中存储的内窥镜的图像处理程序，还执行以下操作：

【0157】 基于坐标变换关系，构建所述 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置计算模型；

【0158】 沿 XYZ 三个方向对所述计算模型展开得到三个方程；

【0159】 所述方程包括以调整臂的关节的目标位置为未知变量的多元一次方程组。

【0160】 进一步地，处理器 110 可以调用存储器 109 中存储的内窥镜的图像处理程序，还执行以下操作：

【0161】 $P_{0c}=R_{0a}*R_{ab}*P_{bc}+R_{0a}*P_{ab}+P_{0a}$，其中，

【0162】 P_{0c}：变换 T_{0c} 的位置分量；R_{0a}：变换 T_{0a} 的姿态分量；P_{0a}：变换 T_{0a} 的位置分量； R_{ab}：变换 T_{ab} 的姿态分量；P_{ab}：变换 T_{ab} 的位置分量；R_{bc}：变换 T_{bc} 的姿态分量；P_{bc}：变换 T_{bc} 的位置分量。

【0163】 进一步地，处理器 110 可以调用存储器 109 中存储的内窥镜的图像处理程序，还执行以下操作：

【0164】 将公式 $P_{0c}=R_{0a}*R_{ab}*P_{bc}+R_{0a}*P_{ab}+P_{0a}$ ，按 X、Y、Z 各位置分量展开后，可得到如下方程组，即补偿求解模型：

$$\begin{cases} P_x = f_1(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \\ P_y = f_2(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \\ P_z = f_3(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \end{cases};$$

【0165】 其中，P_x、P_y、P_z分别是RC点位置P_{0c}的X、Y、Z方向的三个分量，f_1、f_2、f_3表示对应的计算函数，均和所述调整臂的各关节位置$(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i)$相关。

【0166】 进一步地，处理器110可以调用存储器109中存储的内窥镜的图像处理程序，还执行以下操作：

【0167】 所述第一旋转关节的位置θ_1为常量，根据所述补偿求解模型得到所述第一直线关节、所述第二旋转关节和所述第二直线关节的目标位置$(\theta_2, \theta_3, \theta_4)$：

$$\begin{cases} P_x = f_1(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \\ P_y = f_2(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \\ P_z = f_3(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \end{cases}。$$

权 利 要 求 书

1、一种保持手术机器人远程操纵中心 RC 点在参考坐标系(F_0)中位置不变的方法，所述手术机器人包括处理器、调整臂和旋风关节，所述调整臂包括多个关节，所述方法由处理器执行，其特征在于，包括：

接收用户输入，所述用户输入用于执行对所述旋风关节的调整；

控制所述旋风关节根据所述用户输入进行角度调整；

根据所述旋风关节进行的角度调整，计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置；

根据所述关节的目标位置，控制所述调整臂的至少三个关节进行位置调整，使所述 RC 点在所述参考坐标系中的位置维持不变。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述旋风关节进行的角度调整，计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置的步骤，包括：

获取所述 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置，和从所述参考坐标系(F_0)到调整臂坐标系(F_a)的常量变换(T_{0a})；

获取所述旋风关节的角度值；

基于所述旋风关节的角度值，计算从旋风关节坐标系(F_b)到 RC 点坐标系(F_c)的第一变换(T_{bc})；

基于所述 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置、所述常量变换(T_{0a})和所述第一变换(T_{bc})，计算从所述调整臂坐标系(F_a)到所述旋风关节坐标系(F_b)的第二变换(T_{ab})；以及，

基于所述第二变换(T_{ab})，计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置。

3、如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述获取 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置的步骤，包括：

通过运动学计算，获取从所述参考坐标系(F_0)到所述 RC 点坐标

系(F_c)的第三变换(T_{0c})；

根据所述第三变换(T_{0c})获取所述 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置。

4、如权利要求 2 或 3 所述的方法，其特征在于，所述获取旋风关节的角度值的步骤包括：

从关节编码器中获取旋风关节的角度值；

所述关节编码器包括位置传感器，所述位置传感器用于测量所述关节编码器所在关节的角度值。

5、如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述计算从旋风关节坐标系(F_b)到 RC 点坐标系(F_c)的第一变换(T_{bc})的步骤包括：

基于所述旋风关节的角度值，确定从旋风关节坐标系(F_b)到 RC 点坐标系(F_c)的第一变换(T_{bc})。

6、如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述计算从所述调整臂坐标系(F_a)到所述旋风关节坐标系(F_b)的第二变换(T_{ab})的步骤包括：

基于坐标变换关系，构建所述 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置计算模型；

沿 XYZ 三个方向对所述计算模型展开得到三个方程；

所述方程包括以调整臂的关节的目标位置为未知变量的多元一次方程组。

7、如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述基于坐标变换关系，构建所述 RC 点在所述参考坐标系(F_0)下的位置计算模型的步骤包括：

$P_{0c}=R_{0a}*R_{ab}*P_{bc}+R_{0a}*P_{ab}+P_{0a}$，其中，

P_{0c}：变换 T_{0c} 的位置分量；R_{0a}：变换 T_{0a} 的姿态分量；P_{0a}：变换 T_{0a} 的位置分量；R_{ab}：变换 T_{ab} 的姿态分量；P_{ab}：变换 T_{ab} 的位置分

量；R_{bc}：变换T_{bc}的姿态分量；P_{bc}：变换T_{bc}的位置分量。

8、如权利要求7所述的方法，其特征在于，所述沿XYZ三个方向对所述计算模型展开得到三个方程的步骤包括：

将公式$P_{0c}=R_{0a}*R_{ab}*P_{bc}+R_{0a}*P_{ab}+P_{0a}$，按X、Y、Z各位置分量展开后，可得到如下方程组，即补偿求解模型：

$$\begin{cases} P_x = f_1(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \\ P_y = f_2(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \\ P_z = f_3(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i) \end{cases};$$

其中，P_x、P_y、P_z分别是RC点位置P_{0c}的X、Y、Z方向的三个分量，f_1、f_2、f_3表示对应的计算函数，均和所述调整臂的各关节位置$(\theta_1, \theta_2 \cdots \theta_i)$相关。

9、如权利要求8所述的方法，其特征在于，所述计算所述调整臂的至少三个关节的目标位置的步骤包括：根据所述补偿求解模型，计算得到所述调整臂的各关节的目标位置。

10、如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述调整臂包括第一旋转关节、第一直线关节、第二旋转关节和第二直线关节，或所述调整臂包括所述第一直线关节、所述第二旋转关节和所述第二直线关节。

11、如权利要求10所述的方法，其特征在于，所述第一旋转关节的位置θ_1为常量，根据所述补偿求解模型得到所述第一直线关节、所述第二旋转关节和所述第二直线关节的目标位置$(\theta_2, \theta_3, \theta_4)$：

$$\begin{cases} P_x = f_1(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \\ P_y = f_2(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \\ P_z = f_3(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \end{cases}。$$

12、一种机械臂，与定向平台连接，其特征在于，包括：

调整臂，与所述定向平台连接，所述调整臂包括多个关节；

旋风关节，与所述调整臂连接，穿过所述旋风关节的轴线为旋风轴线；

处理器，与所述旋风关节和所述调整臂连接；

所述处理器，用于执行如权利要求 1 至 11 中任一项所述的方法。

13、一种从操作设备，包括定向平台，其特征在于，所述从操作设备包括如权利要求 12 所述的机械臂，所述机械臂连接于所述定向平台。

14、一种手术机器人，其特征在于，所述手术机器人包括如权利要求 13 所述的从操作设备；以及主操作设备，所述主操作设备用于控制所述从操作设备。

15、一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质上存储有保持 RC 点在参考坐标系(F_0)中位置不变的程序，所述保持 RC 点在参考坐标系(F_0)中位置不变的程序被处理器执行时实现如上所述的保持 RC 点在参考坐标系(F_0)中位置不变的步骤。

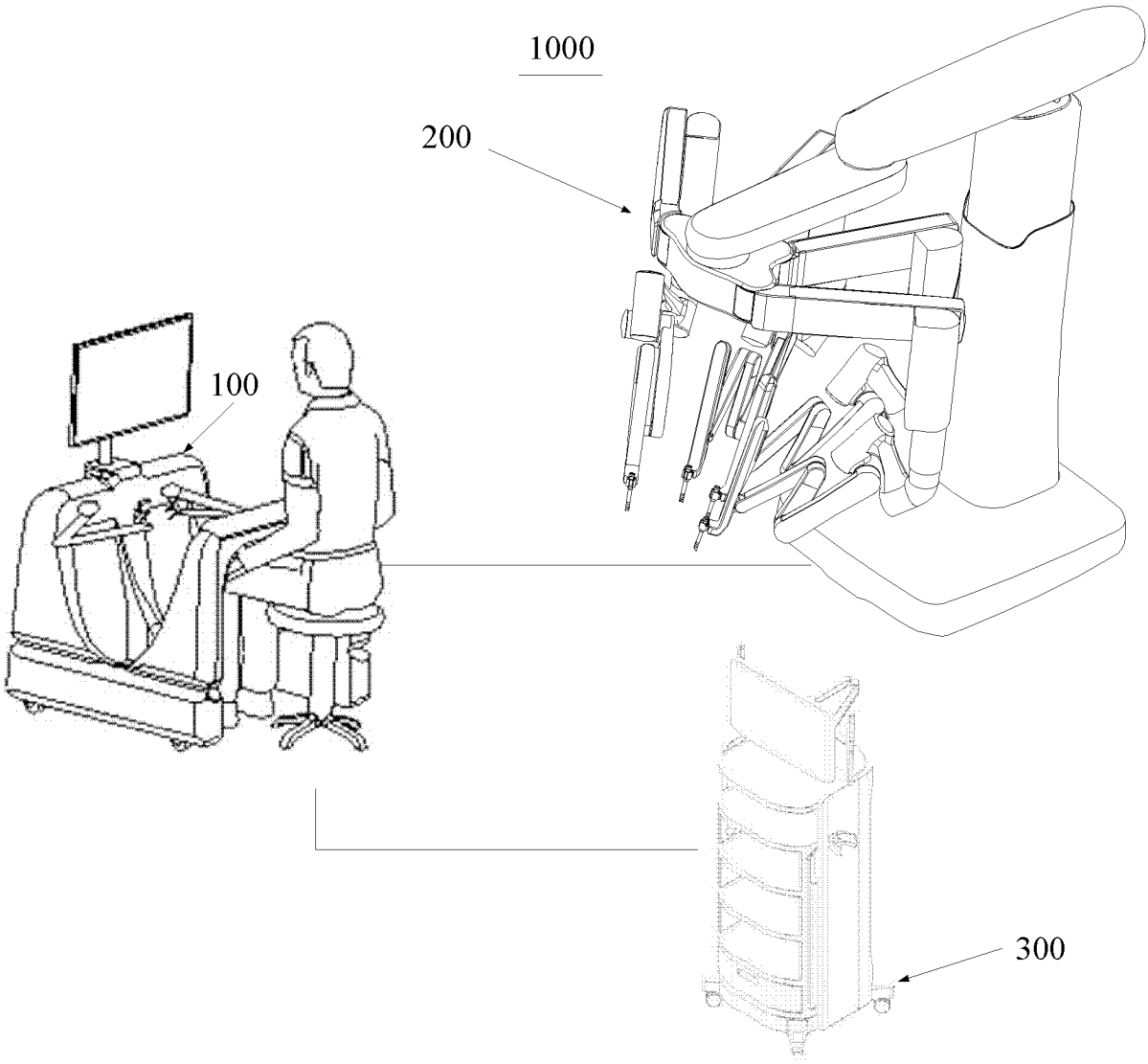


图 1

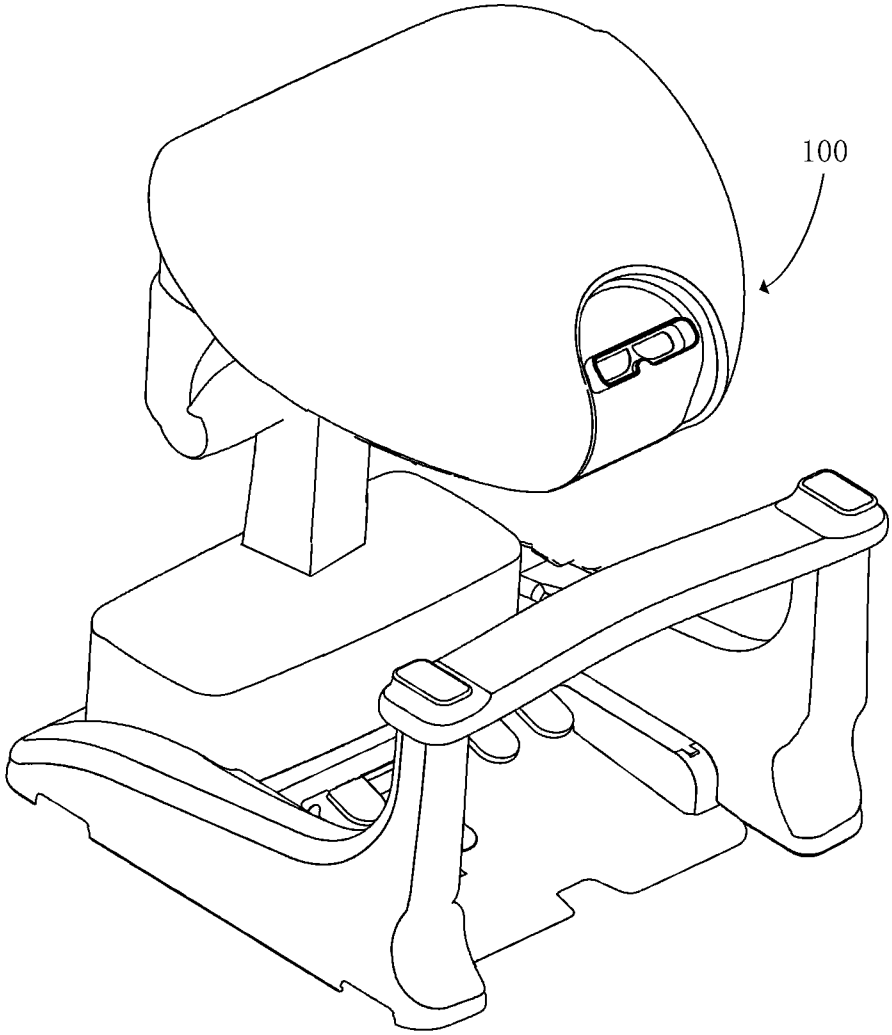


图 2

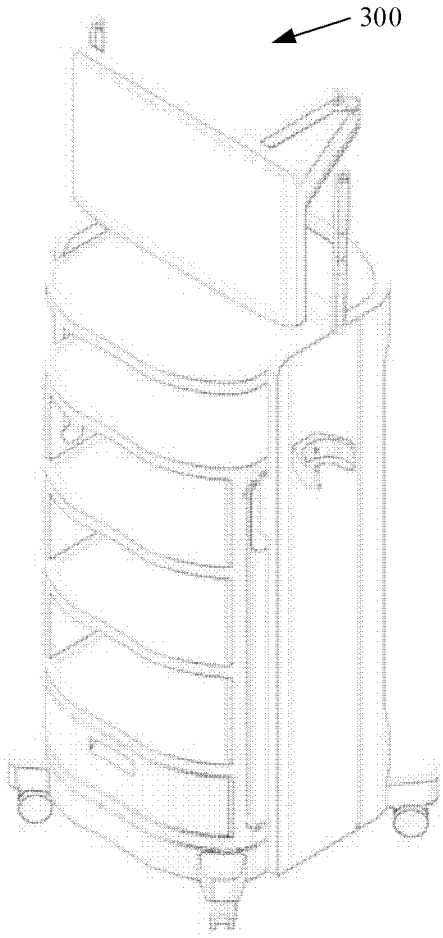


图 3

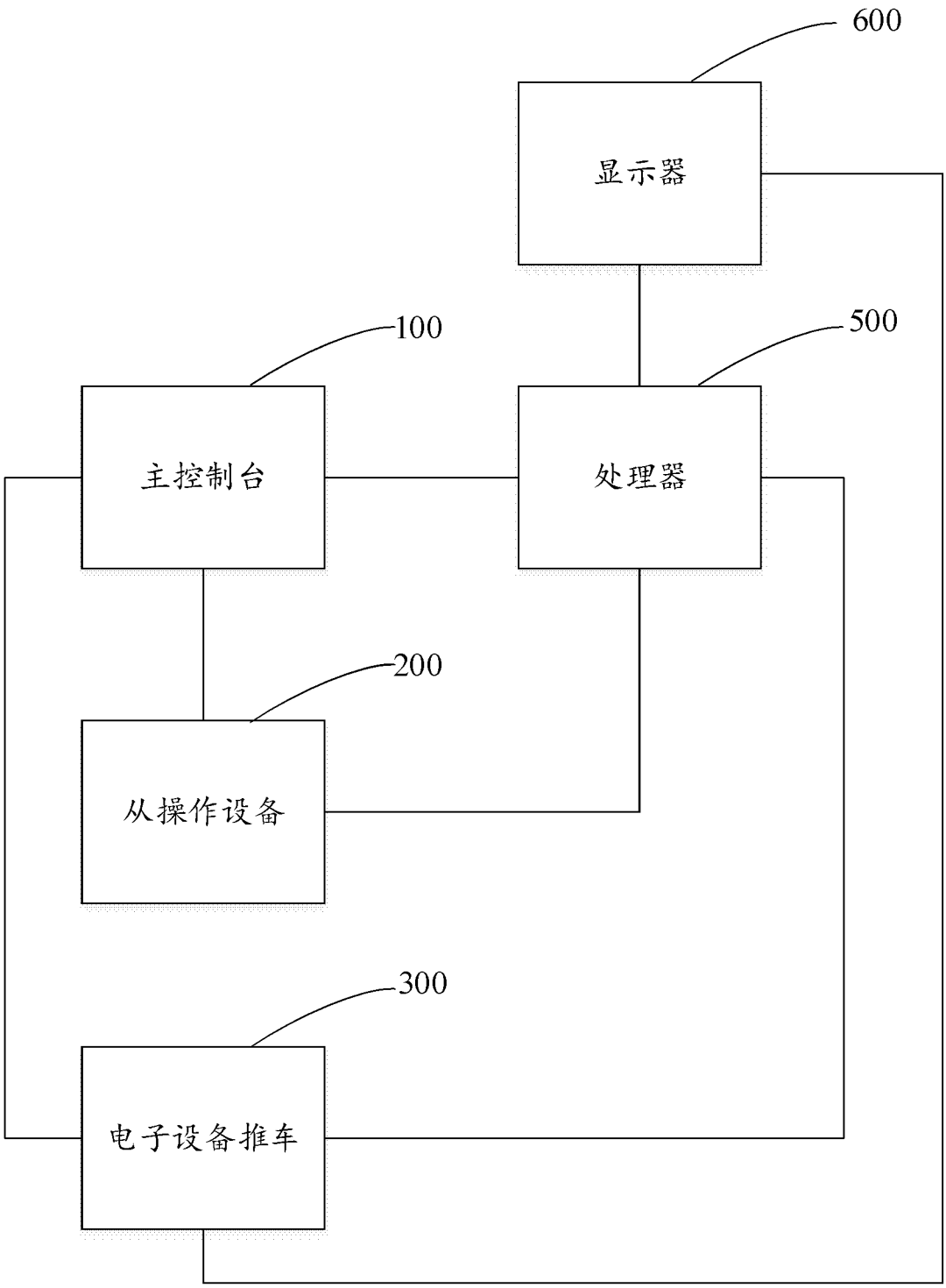


图 4

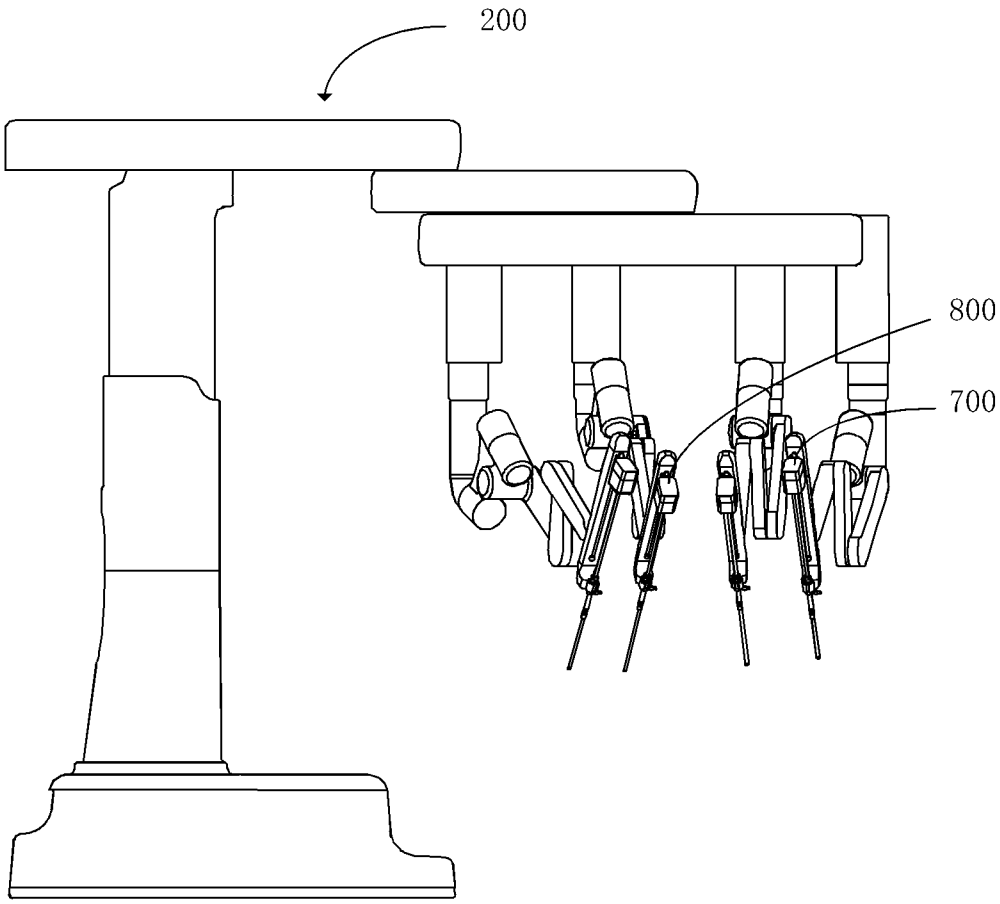


图 5

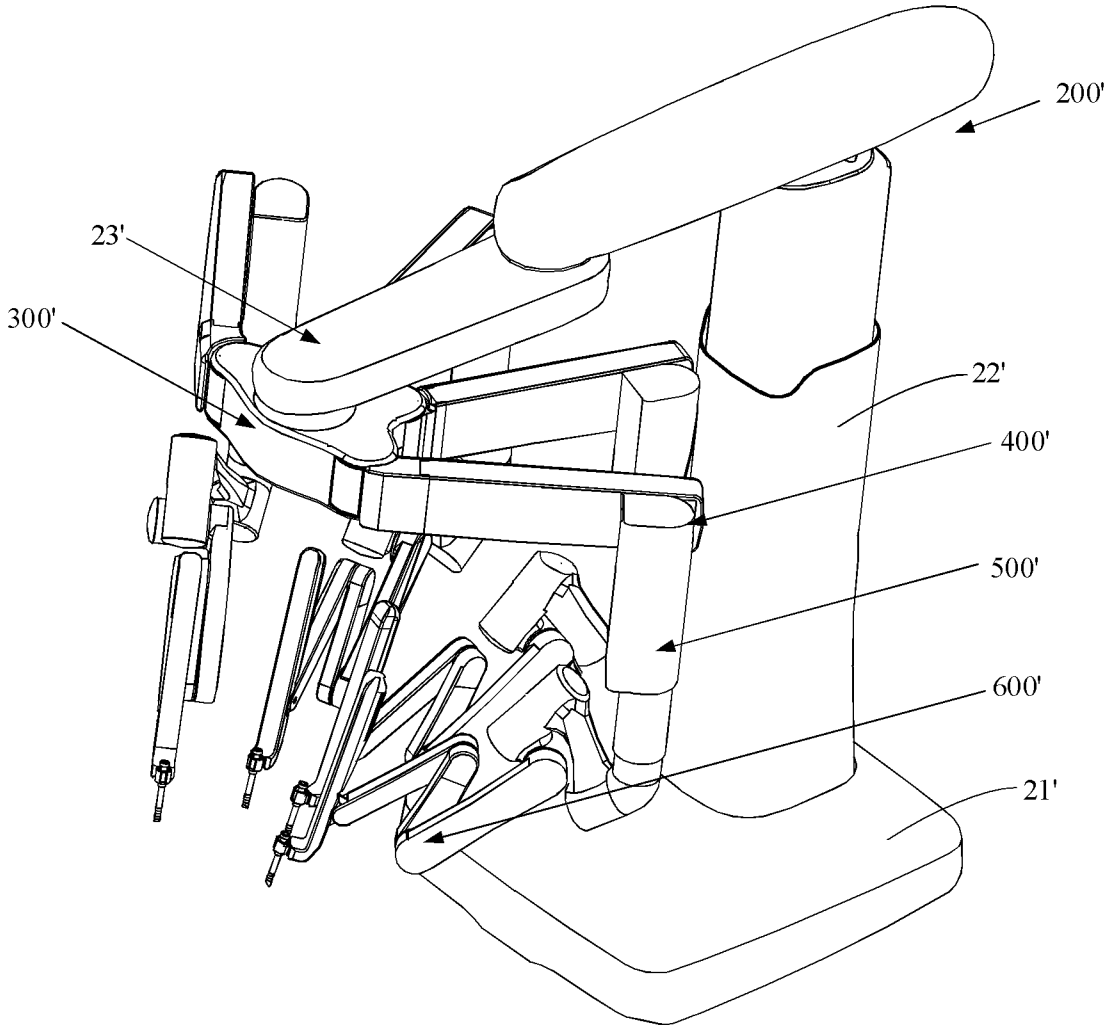

200'
23'
300'
22'
400'
500'
600'
21'

图 6

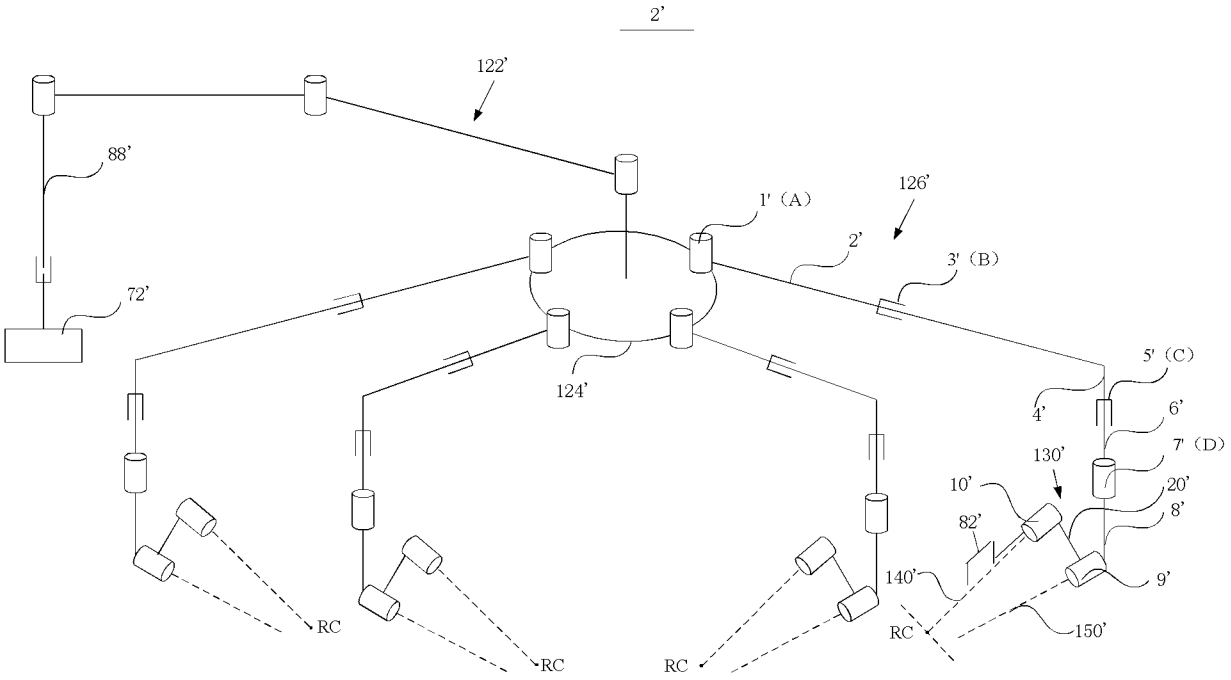

2'
122'
88'
1' (A)
126'
2'
3' (B)
72'
124'
5' (C)
4'
6'
7' (D)
130'
10'
20'
8'
82'
140'
9'
RC
RC
RC
RC
150'

图 7

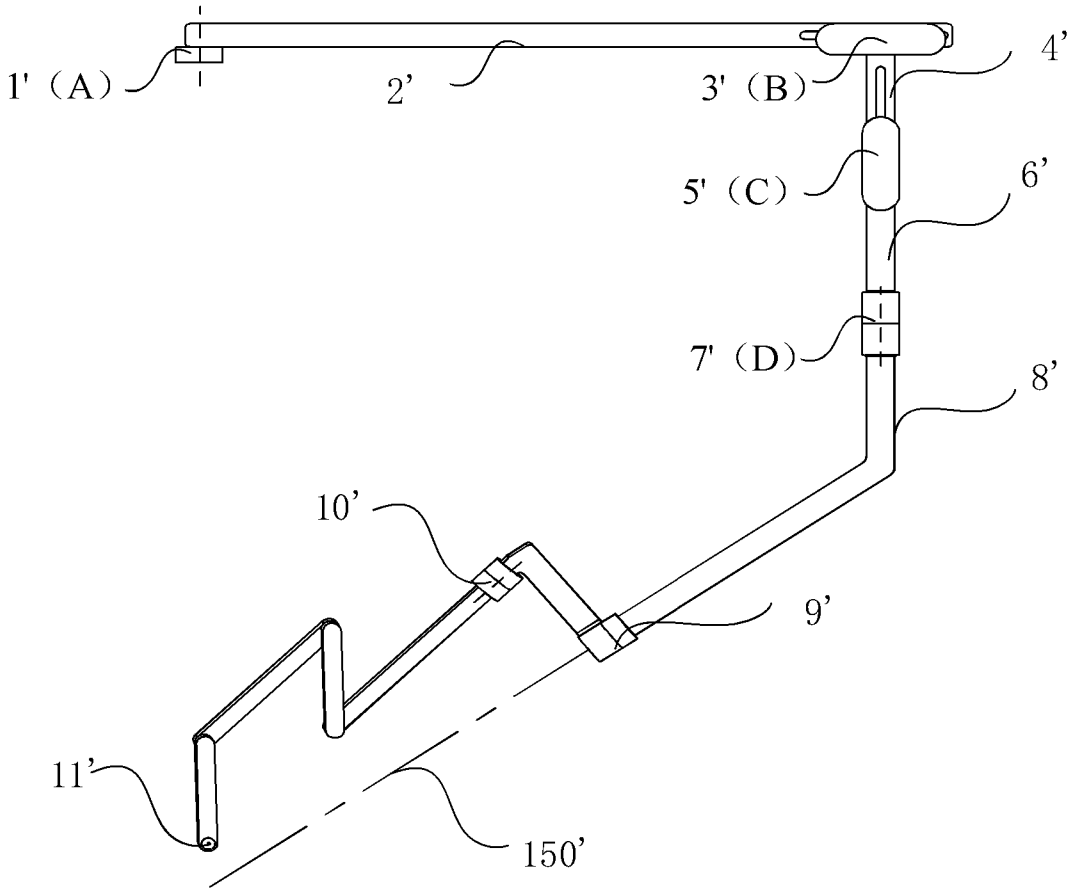


图 8

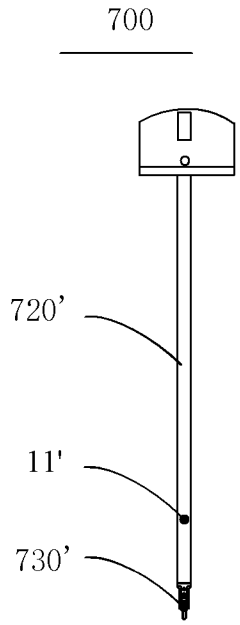


图 9

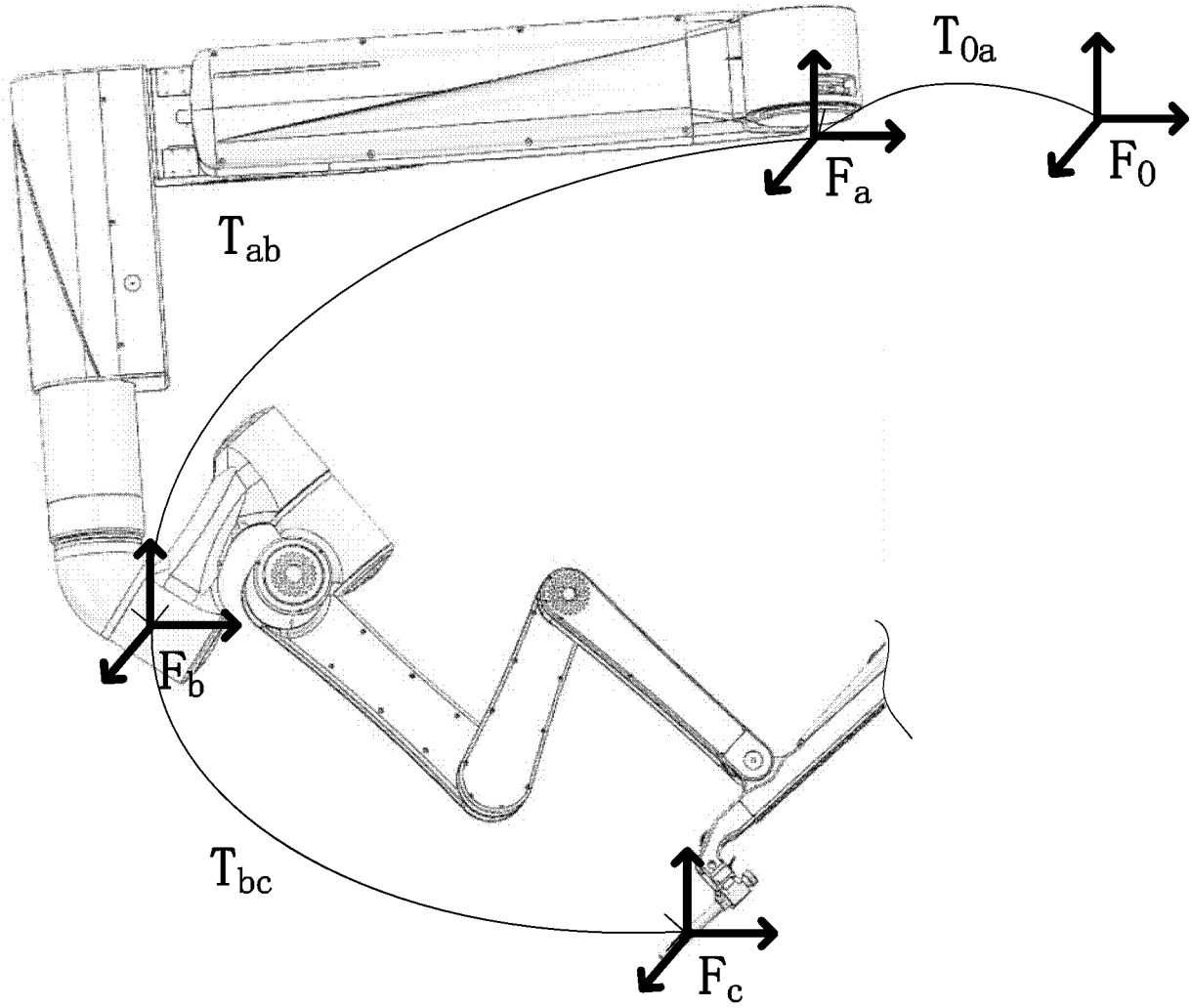

T0a
Fa
F0
Tab
Fb
Tbc
Fc

图 10

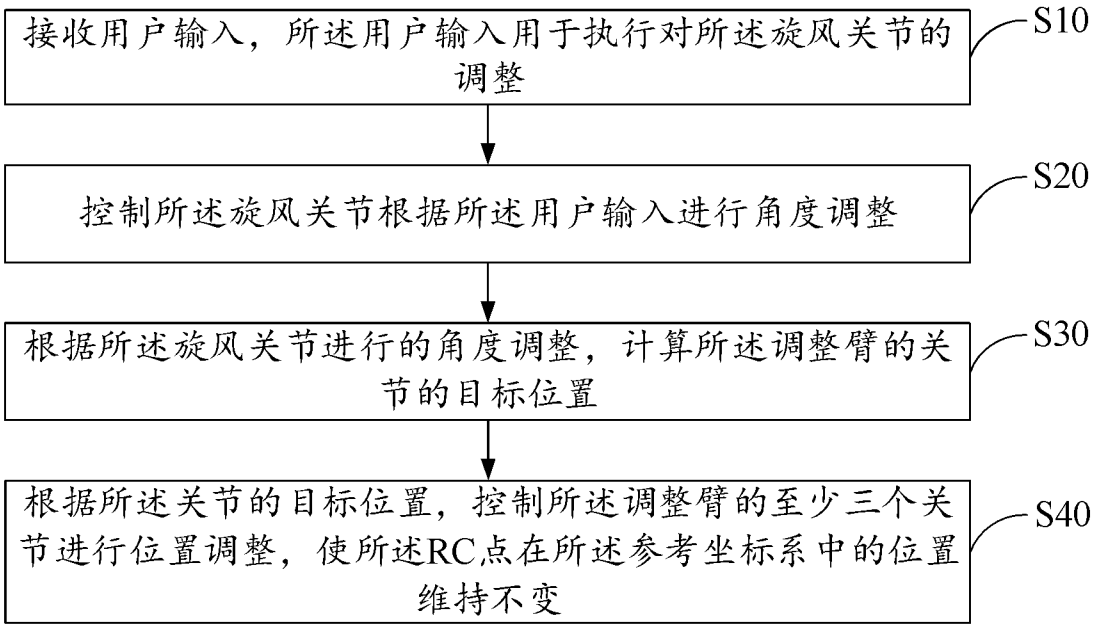

接收用户输入，所述用户输入用于执行对所述旋风关节的调整
S10
控制所述旋风关节根据所述用户输入进行角度调整
S20
根据所述旋风关节进行的角度调整，计算所述调整臂的关节的目标位置
S30
根据所述关节的目标位置，控制所述调整臂的至少三个关节进行位置调整，使所述RC点在所述参考坐标系中的位置维持不变
S40

图 11

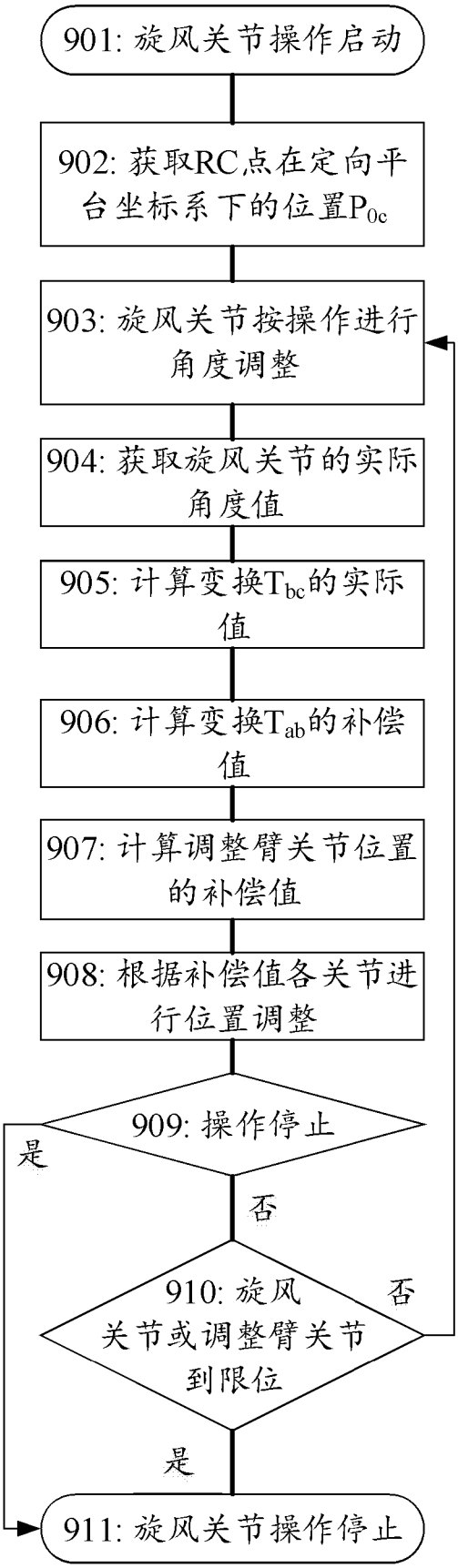

901: 旋风关节操作启动
902: 获取RC点在定向平台坐标系下的位置P_{0c}
903: 旋风关节按操作进行角度调整
904: 获取旋风关节的实际角度值
905: 计算变换T_{bc}的实际值
906: 计算变换T_{ab}的补偿值
907: 计算调整臂关节位置的补偿值
908: 根据补偿值各关节进行位置调整
909: 操作停止
是
否
910: 旋风关节或调整臂关节到限位
否
是
911: 旋风关节操作停止

图 12

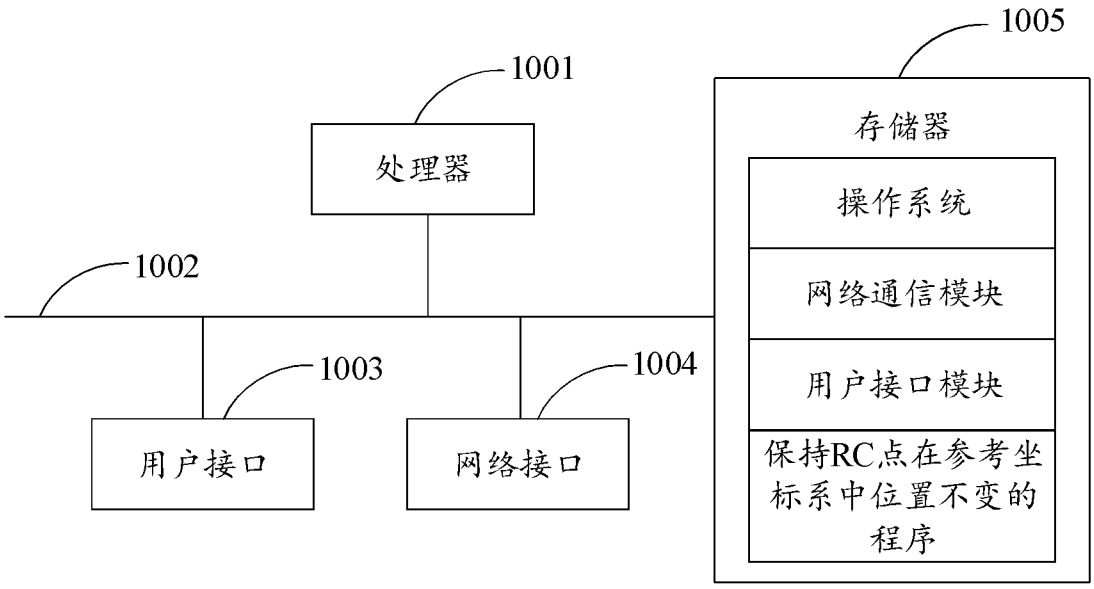

1005
1001
存储器
处理器
操作系统
网络通信模块
1002
用户接口模块
1003
1004
保持RC点在参考坐标系中位置不变的程序
用户接口
网络接口

图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2022/129288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 34/30(2016.01)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

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)

CNTXT; CNABS; ENTXT; ENTXTC; VEN: 不动点, 远程操纵中心, 远程中心, 关节, 角度, 保持; RC, RCM, remote center, joint?, articulation?, angle?, keep+, hold+, retain+.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 114129266 A (SHENZHEN JINGFENG MEDICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY CO., LTD.) 04 March 2022 (2022-03-04) claims 1-15	1-15
PX	CN 114098954 A (SHENZHEN JINGFENG MEDICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY CO., LTD.) 01 March 2022 (2022-03-01) description, paragraphs 53-159, and figures 1-17	1-15
X	CN 106028994 A (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.) 12 October 2016 (2016-10-12) description, paragraphs 57-95, and figures 7-12	1-15
A	CN 104546147 A (CHONGQING INSTITUTE OF GREEN AND INTELLIGENT TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 29 April 2015 (2015-04-29) entire document	1-15
A	JP 2019098496 A (RIVERFIELD INC.) 24 June 2019 (2019-06-24) entire document	1-15
A	WO 2017220722 A1 (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 28 December 2017 (2017-12-28) entire document	1-15

☐ 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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
27 December 2022	**28 January 2023**
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/CN2022/129288

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114129266	A	04 March 2022	None			
CN	114098954	A	01 March 2022	None			
CN	106028994	A	12 October 2016	US	2021267699	A1	02 September 2021
				JP	2017513539	A	01 June 2017
				US	2017181801	A1	29 June 2017
				US	2019209251	A1	11 July 2019
				EP	3107478	A1	28 December 2016
				WO	2015127078	A1	27 August 2015
				KR	20160124112	A	26 October 2016
				CN	106028994	B	22 January 2019
				EP	3107478	A4	18 October 2017
				US	10285764	B2	14 May 2019
				JP	6559691	B2	14 August 2019
				EP	3107478	B1	09 December 2020
				US	11033345	B2	15 June 2021
				KR	102327850	B1	17 November 2021
CN	104546147	A	29 April 2015	None			
JP	2019098496	A	24 June 2019	None			
WO	2017220722	A1	28 December 2017	EP	3474763	A1	01 May 2019
				US	2019175293	A1	13 June 2019
				JP	2019525787	A	12 September 2019

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2022/129288

A. 主题的分类

A61B 34/30(2016.01)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. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

A61B

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））

CNTXT;CNABS;ENTXT;ENTXTC;VEN:不动点，远程操纵中心，远程中心，关节，角度，保持；RC，RCM，remote center，joint?，articulation?，angle?，keep+，hold+，retain+。

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 114129266 A (深圳市精锋医疗科技股份有限公司) 2022年3月4日 (2022-03-04) 权利要求1-15	1-15
PX	CN 114098954 A (深圳市精锋医疗科技股份有限公司) 2022年3月1日 (2022-03-01) 说明书第53-159段，图1-17	1-15
X	CN 106028994 A (直观外科手术操作公司) 2016年10月12日 (2016-10-12) 说明书第57-95段，图7-12	1-15
A	CN 104546147 A (中国科学院重庆绿色智能技术研究院) 2015年4月29日 (2015-04-29) 全文	1-15
A	JP 2019098496 A (RIVERFIELD INC) 2019年6月24日 (2019-06-24) 全文	1-15
A	WO 2017220722 A1 (KONINKLIJKE PHILIPS NV) 2017年12月28日 (2017-12-28) 全文	1-15

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 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	国际检索报告邮寄日期
2022年12月27日	2023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 何乐 电话号码 （86-27）59183376

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2022/129288

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	114129266	A	2022年3月4日	无			
CN	114098954	A	2022年3月1日	无			
CN	106028994	A	2016年10月12日	US	2021267699	A1	2021年9月2日
				JP	2017513539	A	2017年6月1日
				US	2017181801	A1	2017年6月29日
				US	2019209251	A1	2019年7月11日
				EP	3107478	A1	2016年12月28日
				WO	2015127078	A1	2015年8月27日
				KR	20160124112	A	2016年10月26日
				CN	106028994	B	2019年1月22日
				EP	3107478	A4	2017年10月18日
				US	10285764	B2	2019年5月14日
				JP	6559691	B2	2019年8月14日
				EP	3107478	B1	2020年12月9日
				US	11033345	B2	2021年6月15日
				KR	102327850	B1	2021年11月17日
CN	104546147	A	2015年4月29日	无			
JP	2019098496	A	2019年6月24日	无			
WO	2017220722	A1	2017年12月28日	EP	3474763	A1	2019年5月1日
				US	2019175293	A1	2019年6月13日
				JP	2019525787	A	2019年9月12日