

(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
2024年2月15日 (15.02.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/032745 A1

- (51) 国际专利分类号: **A61B 34/35** (2016.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/112423
- (22) 国际申请日: 2023年8月11日 (11.08.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
 - 202210957979.6 2022年8月11日 (11.08.2022) CN
 - 202210957985.1 2022年8月11日 (11.08.2022) CN
- (71) 申请人: 科弛医疗科技(北京)有限公司 (MINDADVANCE MEDICAL TECHNOLOGIES (BEIJING) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国北京市海
- 淀区西直门北大街32号院1号楼9层 1003, Beijing 100193 (CN)。
- (72) 发明人: 史文勇 (SHI, Wenyong); 中国北京市海淀区西直门北大街32号院1号楼9层 1003, Beijing 100193 (CN)。
- (74) 代理人: 北京市柳沈律师事务所 (LIU, SHEN & ASSOCIATES); 中国北京市海淀区彩和坊路10号1号楼10层, Beijing 100080 (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,

(54) Title: ROBOTIC ARM STRUCTURE AND CONTROL METHOD THEREFOR, AND SURGICAL ROBOT AND CONTROL METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 机械臂结构及其控制方法、手术机器人及其控制方法

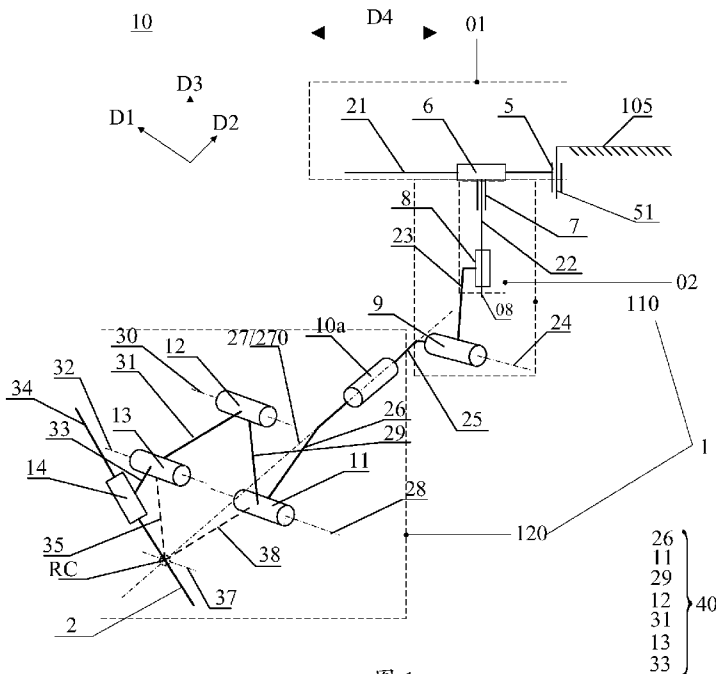


图 1

(57) Abstract: A robotic arm structure (10) and a control method therefor, and a surgical robot (1000) and a control method therefor. The robotic arm structure (10) comprises a robotic arm (1) and a first position adjustment mechanism (01) connected to the robotic arm (1), wherein the robotic arm (1) comprises a lower portion (120) and an upper portion (110); the lower portion (120) comprises a connection end and an operating end opposite each other, the operating end being connected to a surgical instrument (2) used for performing surgical manipulation on tissue, and an operating point (RC) being located on the surgical instrument (2); the upper portion (110) comprises an upper end connected to the first position adjustment mechanism (01) and a lower end connected to the connection

WO 2024/032745 A1

MU, 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。

- (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, SC, 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))。
- 在修改权利要求的期限届满之前进行, 在收到该修改后将重新公布(细则48.2(h))。

end of the lower portion (120), and the upper portion (110) is configured to drive the lower portion (120) to move in a three-dimensional space and independently adjust the position of the lower portion (120) in a horizontal plane parallel to the ground and in a direction perpendicular to the horizontal plane; the first position adjustment mechanism (01) is configured to drive an entire robotic arm (1) to move in the three-dimensional space and to independently adjust the position of the entire robotic arm (1) in the horizontal plane and in the direction perpendicular to the horizontal plane; and the upper portion (110) cooperates with the first position adjustment mechanism (01) to keep the position of the operating point (RC) unchanged during the movement of the lower portion (120) and the entire robotic arm (1).

(57) 摘要: 一种机械臂结构(10)及其控制方法、手术机器人(1000)及其控制方法。该机械臂结构(10)包括机械臂(1)和与机械臂(1)连接的第一位置调节机构(01); 机械臂(1)包括下部(120)和上部(110), 下部(120)包括彼此相对的连接端和工作端, 工作端连接用于对组织进行手术操作的手术器械(2), 工作点(RC)位于手术器械(2)上; 上部(110)包括与第一位置调节机构(01)连接的上端和与下部(120)的连接端连接的下端, 上部(110)配置为驱动下部(120)在三维空间移动且在平行于地面的水平面内以及垂直于水平面的方向上分别独立调节下部(120)的位置; 第一位置调节机构(01)配置为驱动整个机械臂(1)在三维空间移动且在水平面内和垂直于水平面的方向上独立调节整个机械臂(1)的位置; 上部(110)与第一位置调节机构(01)相配合以保持, 在下部(120)和整个机械臂(1)移动的过程中, 工作点(RC)的位置不变。

机械臂结构及其控制方法、手术机器人及其控制方法

5 本申请要求于 2022 年 8 月 11 日递交的中国专利申请第 202210957979.6 号的优先权以及于 2022 年 8 月 11 日递交的中国专利申请第 202210957985.1 号的优先权，在此全文引用上述中国专利申请公开的内容以作为本申请的一部分。

技术领域

本公开涉及一种机械臂结构及其控制方法、手术机器人及其控制方法。

10

背景技术

目前的腔镜手术可以通过人工操作手术机器人完成，医生通过监视器与微操作平台远程控制机器人的机械手动完成手术。通过手术机器人完成的手术患者创伤小，术后愈合快，同时由于与病患无直接身体接触，避免了医护在手术过程中被感染的风险。

15

在内窥镜手术机器人使用中，通常需要采用手术机器人的多条机械臂同时操作，例如多条机械臂的工作端分别连接内窥镜、手术刀、止血钳手术器械，利用这些手术器械互相协作来完成手术。

发明内容

20

本公开提供一种机械臂结构，该机械臂结构包括机械臂和与所述机械臂连接的第一位置调节机构；所述机械臂包括：下部和上部。下部包括彼此相对的连接端和工作端，所述工作端连接用于对组织进行手术操作的手术器械，工作点位于所述手术器械上；上部包括与所述第一位置调节机构连接的上端和与所述下部的连接端连接的下端，所述上部配置为驱动所述下部在三维空间移动且在平行于地面的水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节所述下部的位置；所述第一位置调节机构配置为驱动整个所述机械臂在三维空间内移动且在所述水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节整个所述机械臂的位置；并且，所述上部与所述第一位置调节机构相配合以保持，在所述下部和整个所述机械臂移动的过程中，所述工作点的位置不变。

25

30

例如，本公开提供的机械臂结构中，所述上部的下端包括第一关节，第一关节具有沿第一方向延伸的第一转轴，所述第一关节可绕第一转轴旋转；所述第一关节运动以驱动所述下部运动，在所述下部和整个所述机械臂移动的过程中，所述工作点到所述第一转轴的距离恒定。

35

例如，本公开提供的机械臂结构中，所述上部的上端包括第二位置调节机构，第二位置调节机构与所述第一位置调节机构和所述第一关节连接；所述第二位置调节机构与所述第一位置调节机构相配合以驱动所述第一关节在以所述工作点为球心的球面上移动以驱

动所述下部在三维空间移动。

例如，本公开提供的机械臂结构中，所述第一关节绕所述第一转轴旋转以驱动所述下部摆动，所述下部的摆动方向与所述第一关节的第一转轴的经过所述工作点的垂线垂直。

5 例如，本公开提供的机械臂结构中，所述下部的连接端包括第二关节，第二关节经第一传动部件与所述第一关节连接，经传动机构可与所述手术器械连接，且具有沿第二方向延伸的第二转轴；所述第二关节可绕所述第二转轴旋转，所述第二转轴在所述水平面上的正投影所在的直线与所述第一转轴在所述水平面上的正投影所在的直线相交；所述工作点位于所述第二转轴所在的直线上，所述第二关节绕所述第二转轴旋转以驱动所述手术器械在垂直于所述第二转轴的方向上摆动。

10 例如，本公开提供的机械臂结构中，所述第一转轴的延伸方向与所述第二转轴的延伸方向相交或不相交；并且，所述第一转轴的延伸方向与所述第二转轴的延伸方向垂直或不垂直。

15 例如，本公开提供的机械臂结构中，所述第二位置调节机构包括第三关节和第四关节。第三关节与所述第一关节连接，具有第三转轴；所述第三关节可绕所述第三转轴旋转以驱动所述第一关节和所述下部沿所述第三转轴旋转；第四关节与所述第三关节连接且位于所述第三关节远离所述第一关节的一侧，具有沿垂直于地面的第三方向延伸的第一轴线；所述第三方向与所述第一方向 and 所述第二方向均相交，所述第四关节可沿所述第一轴线做直线运动以驱动所述第三关节、所述第一关节和所述下部在所述第三方向上移动。

20 例如，本公开提供的机械臂结构中，所述第一关节通过第二传动部件与所述第三关节连接，所述第三关节通过第三传动部件与所述第四关节连接。

25 例如，本公开提供的机械臂结构中，所述第二位置调节机构包括：第五关节和第六关节。第五关节与所述第一关节连接，具有沿垂直于地面的第三方向延伸的第二轴线；所述第三方向与所述第一方向 and 所述第二方向均相交，所述第五关节可沿所述第二轴线做直线运动以驱动所述第一关节和所述下部在所述第三方向上移动；第六关节与所述第五关节连接且位于所述第五关节远离所述第一关节的一侧，具有第四转轴；所述第六关节可绕所述第四转轴旋转以驱动所述第五关节、所述第一关节和所述下部沿所述第四转轴旋转。

例如，本公开提供的机械臂结构中，所述第一关节通过第四传动部件与所述第五关节连接，所述第五关节通过第五传动部件与所述第六关节连接。

30 例如，本公开一实施例提供的机械臂结构中，所述第一位置调节机构包括第七关节，第七关节与所述机械臂的上部的上端连接，且配置为可沿第四方向移动以驱动所述机械臂沿所述第四方向移动，所述第四方向与所述第三方向垂直。

35 例如，本公开提供的机械臂结构中，所述第一位置调节机构还包括第八关节，第八关节与所述第七关节连接，通过所述第七关节与所述下部连接，具有第五转轴；所述第八关节配置为可围绕所述第五转轴旋转以驱动所述第七关节和所述机械臂围绕所述第五转轴旋转；所述第五转轴的延伸方向与所述第四方向垂直。

例如,本公开提供的机械臂结构包括滑动连杆,所述第七关节通过所述滑动连杆与所述第八关节连接,所述滑动连杆具有沿所述第四方向延伸的滑轨,所述第七关节配置为沿所述滑轨移动。

5 例如,本公开提供的机械臂结构中,所述下部还包括:第九关节、第十关节和第十一关节。第九关节经第一连杆与所述第二关节连接,且具有第一平行轴;第十关节经第二连杆与
10 所述第九关节连接,且具有第二平行轴;第十一关节经第三连杆与所述第十关节连接,且具有第三平行轴,所述第十一关节通过第四连杆与所述手术器械连接;在所述机械臂的移动过程中,所述第一平行轴、所述第二平行轴和所述第三平行轴彼此平行,所述第九关节的中心、所述第十关节的中心、所述第十一关节的中心与所述工作点分别构成平行四边形的四个顶点,所述第二连杆、所述第三连杆、所述第十一关节的中心与所述工作点的连线、以及所述第九关节的中心与
15 所述工作点的连线分别作为所述平行四边形的四条边;所述第二转轴为第一摆动轴,所述第九关节、所述第十关节、所述第十一关节、所述第二连杆和所述第三连杆运动以驱动所述手术器械绕与
20 所述第一摆动轴相交于所述工作点的第二摆动轴摆动。

15 例如,本公开提供的机械臂结构中,所述第二摆动轴垂直于所述第一摆动轴。

例如,本公开提供的机械臂结构中,所述第一连杆与所述平行四边形的四条边位于同一工作面,所述工作面与
25 所述第二摆动轴垂直。

本公开还提供一种手术机器人,该手术机器人包括本公开实施例提供的任何一种机械臂结构。

20 例如,本公开提供的手术机器人包括多个所述机械臂结构和悬挂机构,所述悬挂机构包括固定盘,所述多个机械臂结构的每个的第一位置调节机构与所述固定盘连接,且围绕所述固定盘的边缘排列。

例如,本公开提供的手术机器人中,所述多个机械臂结构的每个的第八关节与所述固定盘连接且围绕所述固定盘的边缘排列,所述多个机械臂结构的每个的滑动连杆在平行于
25 所述固定盘的盘面的平面内沿远离所述固定盘的中心的方向延伸;所述多个机械臂结构的每个的第八关节的第五转轴的延伸方向与所述固定盘的盘面垂直。

例如,本公开提供的手术机器人还包括控制系统,控制系统配置为对所述第一关节的坐标进行计算,根据计算结果控制所述第一位置调节机构和所述第二位置调节机构调节所述
30 第一关节的位置,以使所述第一关节在以所述工作点为球心的球面上移动,且保持所述工作点的位置固定不变。

本公开还提供一种机械臂结构的控制方法,所述机械臂结构包括机械臂和与所述机械臂连接的第一位置调节机构;所述机械臂包括下部和上部;所述下部包括彼此相对的连接端和工作端,所述工作端配置为可连接用于对组织进行手术操作的手术器械,工作点位于
35 所述手术器械上;所述上部包括与所述第一位置调节机构连接的上端和与所述下部的连接端连接的下端;所述机械臂结构的控制方法包括:通过所述上部驱动所述下部在三维空间

移动,且在平行于地面的水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节所述下部的
位置;以及通过所述第一位置调节机构与所述上部相配合以驱动整个所述机械臂在三维
空间内移动,且在所述水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节整个所述机
械臂的位置,其中,所述第一位置调节机构与所述上部相配合以在所述下部和整个所述机
械臂移动的过程中,保持所述工作点的位置不变。

5

例如,在本公开提供的机械臂结构的控制方法中,所述机械臂结构的上部的下端包括
第一关节,所述第一关节具有沿第一方向延伸的第一转轴;所述上部的上端包括第二位置
调节机构,所述第二位置调节机构与所述第一位置调节机构和所述第一关节连接;所述机
械臂结构的控制方法包括:驱动所述第一关节绕第一转轴旋转而驱动所述下部移动;以及
通过控制所述第二位置调节机构的运动与所述第一位置调节机构的运动相配合以驱动所
述第一关节平移以驱动所述下部移动,其中,所述第二位置调节机构与所述第一位置调节
机构相配合以控制在所述下部和整个所述机械臂移动的过程中,保持所述工作点到所述第
一转轴的距离恒定。

10

例如,在本公开提供的机械臂结构的控制方法中,通过控制所述第二位置调节机构的
运动与所述第一位置调节机构的运动相配合以控制在所述下部和整个所述机械臂移动的
过程中,所述第一关节在以所述工作点为球心的球面上移动以驱动所述下部在三维空间移
动。

15

例如,在本公开提供的机械臂结构的控制方法中,所述第一转轴的垂线经过所述工作
点,控制所述第一关节绕所述第一转轴旋转以驱动所述下部摆动,所述下部的摆动方向与
所述第一关节的第一转轴的所述垂线垂直。

20

例如,在本公开提供的机械臂结构的控制方法中,所述下部的连接端包括第二关节,
所述第二关节经第一传动部件与所述第一关节连接,经传动机构可与所述手术器械连接,
且具有沿第二方向延伸的第二转轴;所述控制方法包括:控制所述第二关节绕所述第二转
轴旋转以驱动所述手术器械在垂直于所述第二转轴的方向上摆动,其中,所述第二转轴在
所述水平面上的正投影所在的直线与所述第一转轴在所述水平面上的正投影所在的直线
相交,所述工作点位于所述第二转轴所在的直线上。

25

例如,在本公开提供的机械臂结构的控制方法中,所述第一转轴的延伸方向与所述第
二转轴的延伸方向相交或不相交;并且,所述第一转轴的延伸方向与所述第二转轴的延伸
方向垂直或不垂直。

30

例如,在本公开提供的机械臂结构的控制方法中,所述第二位置调节机构包括:第三
关节和第四关节;所述第三关节与所述第一关节连接,具有第三转轴;所述第四关节与所
述第三关节连接且位于所述第三关节远离所述第一关节的一侧,具有沿垂直于地面的第三
方向延伸的第一轴线,所述第三方向与所述第一方向和所述第二方向均相交;所述控制方
法包括:驱动所述第三关节绕所述第三转轴旋转以驱动所述第一关节和所述下部沿所述第
三转轴旋转;以及驱动所述第四关节沿所述第一轴线做直线运动以驱动所述第三关节、所

35

述第一关节和所述下部在所述第三方向上移动。

例如，在本公开提供的机械臂结构的控制方法中，所述第二位置调节机构包括第五关节和第六关节；所述第五关节与所述第一关节连接，具有沿垂直于地面的第三方向延伸的第二轴线，所述第三方向与所述第一方向和所述第二方向均相交；所述第六关节与所述第五关节连接且位于所述第五关节远离所述第一关节的一侧，具有第四转轴；所述机械臂结构的控制方法包括：驱动所述第五关节沿所述第二轴线做直线运动以驱动所述第一关节和所述下部在所述第三方向上移动；以及驱动所述第六关节绕所述第四转轴旋转以驱动所述第五关节、所述第一关节和所述下部沿所述第四转轴旋转。

例如，在本公开提供的机械臂结构的控制方法中，所述第一位置调节机构包括第七关节，所述第七关节与所述机械臂的上部的上端连接；所述机械臂结构的控制方法包括：驱动所述第七关节沿第四方向移动以驱动所述机械臂沿所述第四方向移动，其中，所述第四方向与所述第三方向垂直。

例如，在本公开提供的机械臂结构的控制方法中，所述第一位置调节机构还包括第八关节，所述第八关节与所述第七关节连接，通过所述第七关节与所述下部连接，且具有第五转轴；所述机械臂结构的控制方法包括：驱动所述第八关节围绕所述第五转轴旋转以驱动所述第七关节和所述机械臂围绕所述第五转轴旋转，其中，所述第五转轴的延伸方向与所述第四方向垂直。

例如，在本公开提供的机械臂结构的控制方法中，所述下部还包括：第九关节、第十关节和第十一关节；所述第九关节经第一连杆与所述第二关节连接，且具有第一平行轴；所述第十关节经第二连杆与所述第九关节连接，且具有第二平行轴；所述第十一关节经第三连杆与所述第十关节连接，且具有第三平行轴，所述第十一关节通过第四连杆与所述手术器械连接；在驱动所述机械臂的移动过程中，所述第一平行轴、所述第二平行轴和所述第三平行轴彼此平行，所述第九关节的中心、所述第十关节的中心、所述第十一关节的中心与所述工作点分别构成平行四边形的四个顶点，所述第二连杆、所述第三连杆、所述第十一关节的中心与所述工作点的第一连线、以及所述第九关节的中心与所述工作点的第二连线分别作为所述平行四边形的四条边；所述第二转轴为第一摆动轴，所述机械臂结构的控制方法还包括：驱动所述第九关节、所述第十关节、所述第十一关节、所述第二连杆和所述第三连杆运动以驱动所述手术器械绕与所述第一摆动轴相交于所述工作点的第二摆动轴摆动。

例如，在本公开提供的机械臂结构的控制方法中，所述第二摆动轴垂直于所述第一摆动轴。

例如，在本公开提供的机械臂结构的控制方法中，所述第一连杆与所述平行四边形的四条边位于同一工作面，所述工作面与所述第二摆动轴垂直。

本公开还提供一种手术机器人的控制方法，所述手术机器人包括多个本公开实施例提供的任意一种机械臂结构的控制方法中的机械臂结构，所述多个机械臂结构中至少一个工

作机械臂为工作机械臂，所述工作机械臂的工作端连接所述手术器械；所述手术机器人的控制方法包括：驱动至少一个所述机械臂结构运动以防止所述工作机械臂与其他所述机械臂结构彼此碰撞，且保持所述工作机械臂的工作点的位置不变。

5 例如，在本公开提供的手术机器人的控制方法中，所述手术机器人还包括悬挂机构，所述悬挂机构包括固定盘，所述多个机械臂结构的每个的第一位置调节机构与所述固定盘连接，且围绕所述固定盘的边缘排列；所述手术机器人的控制方法包括：驱动所述固定盘旋转以驱动所述多个机械臂结构旋转。

10 例如，在本公开提供的手术机器人的控制方法中，所述手术机器人还包括控制系统，在所述上部的下端包括第一关节，所述第一关节具有沿第一方向延伸的第一转轴；所述上部的上端包括第二位置调节机构，所述第二位置调节机构与所述第一位置调节机构和所述第一关节连接，所述控制方法包括：驱动所述第一关节绕第一转轴旋转而驱动所述下部移动，以及通过控制所述第二位置调节机构的运动与所述第一位置调节机构的运动相配合以驱动所述第一关节平移以驱动所述下部移动，其中，所述第二位置调节机构与所述第一位置调节机构相配合以控制在所述下部 and 整个所述机械臂移动的过程中，保持所述工作点到所述第一转轴的距离恒定的情况下，所述控制系与所述第一位置调节机构和所述第二位置调节机构信号连接；所述手术机器人的控制方法包括：通过所述控制系统对所述第一关节的坐标进行计算；以及根据所述控制系统的计算结果驱动所述第一位置调节机构和所述第二位置调节机构调节所述第一关节的位置，以使所述第一关节在以所述工作点为球心的球面上移动，且保持所述工作点的位置固定不变。

20

附图说明

为了更清楚地说明本公开实施例的技术方案，下面将对实施例的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅涉及本公开的一些实施例，而非对本公开的限制。

图 1 为本公开一实施例提供的一种机械臂结构的结构简图。

25 图 2 为图 1 所示的机械臂结构的另一种标注方式的结构简图。

图 3 为图 1 所示的机械臂结构工作过程中与目标组织的位置关系的示意图。

图 4 为本公开一实施例提供的另一种机械臂结构的结构简图。

图 5 为本公开一实施例提供的一种机械臂结构的结构示意图。

图 6A-6B 为本公开实施例提供的一种机械臂结构实现水平方向上的位移的示意图。

30 图 7A-7B 为本公开实施例提供的一种机械臂结构实现竖直方向上的位移的示意图。

图 8 为本公开实施例提供的一种手术机器人的结构示意图。

图 9 为展示图 8 所示的手术机器人的一条机械臂结构的示意图。

具体实施方式

35 为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本公开实施例的附

图，对本公开实施例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公开的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于所描述的本公开的实施例，本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其它实施例，都属于本公开保护的范围。

5 除非另作定义，此处使用的技术术语或者科学术语应当为本公开所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本公开专利申请说明书以及权利要求书中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的组成部分。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同，而不排除其他元件或者物件。“内”、“外”、“上”、“下”等仅用于表示相对位置关系，当被描述对象的绝对位置改变后，则该相对位置关系也可能相应地改变。

10 本公开中的附图并不是严格按实际比例绘制，手术机器人中机械臂结构和机械臂的个数也不是限定为图中所示的数量，各个结构的具体尺寸和数量可根据实际需要进行确定。本公开中所描述的附图仅是结构示意图。

15 在内窥镜手术机器人使用中，通常需要采用手术机器人的多条机械臂同时操作，例如多条机械臂的工作端分别连接内窥镜、手术刀、止血钳手术器械，利用这些手术器械互相协作来完成手术。而手术台上方的空间有限，这种情况下，在狭小工作空间内，多条机械臂会因为操作原因而互相碰撞，发生干涉，例如由于机械臂的相互碰撞而导致手术器械的位置发生偏移、拉扯到被手术器械穿透的病人的皮下组织等不利的结果，加重手术过程中对病人的伤害、降低手术的精准程度，影响手术的顺利进行。

20 本公开至少一实施例提供一种机械臂结构，该机械臂结构包括机械臂和与所述机械臂连接的第一位置调节机构；所述机械臂包括：下部和上部。下部包括彼此相对的连接端和工作端，所述工作端连接用于对组织进行手术操作的手术器械，工作点位于所述手术器械上；上部包括与所述第一位置调节机构连接的上端和与所述下部的连接端连接的下端，所述上部配置为驱动所述下部在三维空间移动且在平行于地面的水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节所述下部的位置；所述第一位置调节机构配置为驱动整个所述机械臂在三维空间内移动且在所述水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节整个所述机械臂的位置；并且，所述上部与所述第一位置调节机构相配合以保持，在所述下部和整个所述机械臂移动的过程中，所述工作点的位置不变。

30 本公开至少一实施例提供一种手术机器人，该手术机器人包括本公开实施例提供的任意一种机械臂结构。

35 本公开至少一实施例提供一种机械臂结构的控制方法，所述机械臂结构包括机械臂和与所述机械臂连接的第一位置调节机构；所述机械臂包括下部和上部；所述下部包括彼此相对的连接端和工作端，所述工作端配置为可连接用于对组织进行手术操作的手术器械，工作点位于所述手术器械上；所述上部包括与所述第一位置调节机构连接的上端和与所述下部的连接端连接的下端；所述机械臂结构的控制方法包括：通过所述上部驱动所述下部

在三维空间移动,且在平行于地面的水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节所述下部的位置;以及通过所述第一位置调节机构与所述上部相配合以驱动整个所述机械臂在三维空间内移动,且在所述水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节整个所述机械臂的位置,其中,所述第一位置调节机构与所述上部相配合以在所述下部和整个所述机械臂移动的过程中,保持所述工作点的位置不变。

本公开至少一实施例还提供一种手术机器人的控制方法,所述手术机器人包括多个本公开实施例提供的任何一种机械臂结构,所述多个机械臂结构中至少一个工作机械臂为工作机械臂,所述工作机械臂的工作端连接所述手术器械;所述手术机器人的控制方法包括:驱动至少一个所述机械臂结构运动以防止所述工作机械臂与其他所述机械臂结构彼此碰撞,且保持所述工作机械臂的工作点的位置不变。

示例性地,图1为本公开一实施例提供的一种机械臂结构的结构简图,图5为本公开一实施例提供的一种机械臂结构的结构示意图。如图1和图5所示,该机械臂结构10包括机械臂1和与机械臂1连接的第一位置调节机构01。机械臂1包括上部110和下部120。下部120包括彼此相对的连接端和工作端,工作端连接用于对目标组织进行手术操作的手术器械2,工作点RC位于手术操作器械上;上部110包括与第一位置调节机构01连接的上端和与下部120的连接端连接的下端。上部110配置为驱动下部120在三维空间移动且在平行于地面的水平面内以及垂直于水平面的竖直方向上分别独立调节下部120的位置;第一位置调节机构01与上部110相配合以驱动整个机械臂1在三维空间内移动且在水平面内以及竖直方向上分别独立调节整个机械臂1的位置;并且,第一位置调节机构01与上部110相配合以在下部120和整个机械臂1移动的过程中,保持工作点RC的位置不变。本公开实施例提供的机械臂结构10可用于与手术器械2连接,以利用手术器械2对目标组织进行手术操作,通过机械臂结构10来控制手术器械2的工作端20的运动来对手术目标(病灶)。例如,可利用手术器械2执行腔镜手术。

例如,图3为图1所示的机械臂结构工作过程中与目标组织的位置关系的示意图。如图3所示,手术器械2需要穿透手术目标的表面组织TS。例如手术目标例如人体、动物体等。例如手术器械2穿透人体的表面组织TS而进入胸腔、腹腔等腔体,以对腔体内的手术目标(病灶)执行手术操作。通常需要先先在表面组织TS上打孔,该孔为贯穿表面组织TS的辅助孔,然后将手术器械2的工作端20通过辅助孔进入腔体,工作点RC位于表面组织TS的辅助孔中,在手术操作的过程中,随着机械臂的微小位置变化,手术器械2的杆部可能会与辅助孔壁即表面组织接触,如果工作点RC的位置只是轻微变化,例如工作点RC始终保持在辅助孔中且不会用力碰撞辅助孔壁即表面组织,不会对表面组织造成额外的损伤,也不会由于辅助孔壁即表面组织在垂直于地面方向上发送位置变化而反复摩擦辅助孔壁。

在使用本公开实施例提供的机械臂结构10工作的过程中,能够通过上部110作为驱动下部120运动的驱动组件来实现在平行于地面的水平面内以及竖直方向上分别独立调

节下部 120 的位置, 并且, 能够通过第一位置调节机构 01 在水平面内以及竖直方向 (例如为图 1 中的第三方向 D3) 上分别独立调节整个机械臂 1 的位置, 即, 通常的调节机械臂的位置的方法中, 在水平面内和竖直方向上对机械臂的一部分或整个机械臂的位置调节是耦合的, 不能实现两个维度上的独立调节, 所以比较受限, 而本公开实施例提供的机械臂结构 10 中, 在水平面内和竖直方向上对下部 120、和整个机械臂 1 的位置调节是非耦合的, 即上述在水平面内以及竖直方向上分别独立调节下部 120、和整个机械臂 1 的位置, 如此, 在使用该机械臂结构 10 的过程中, 机械臂结构的工作端与手术器械连接, 一方面, 能够实现通过上部 110 与第一位置调节机构 01 的相互配合来在上述两个维度上彼此独立地调节下部 120、整个机械臂 1 调节机械臂的位置, 以在使用多个机械臂进行手术操作的情况下, 更灵活、更敏捷地防止多个机械臂在三维空间内的彼此避让, 防止由于多个机械臂的碰撞对被执行手术的手术目标的表面组织 TS 造成的伤害; 另一方面, 通过在水平面内和竖直方向上独立调节下部 120、和整个机械臂 1 的位置而可靠地实现保持工作点 RC 位置不变, 从而防止工作点 RC 的移动而对被执行手术的手术目标的表面组织 TS 的伤害。

需要说明的是, 在机械臂结构 10 的使用过程中, 例如, 机械臂的下部是机械臂下部位于机械臂的上部的靠近地面的一侧, 上部的下端位于上部的上端的靠近地面的一侧, 即这里的“上”和“下”是相对于底面作为参照物而言的。

例如, 手术器械 2 为手术刀、内窥镜、止血钳等, 例如手术刀包括切割刀、超声刀等。当然, 手术器械的类型不限于上述列举的种类, 本领域技术人员可根据需要进行选择。

具体地, 例如, 如图 1 所示, 上部 110 的下端包括第一关节 9, 第一关节 9 具有沿第一方向 D1 延伸的第一转轴 24, 第一关节 9 被配置为可绕第一转轴 24 旋转; 第一关节 9 运动以驱动下部 120 运动, 在下部 120 和整个机械臂 1 移动的过程中, 工作点 RC 到第一转轴 24 的距离恒定, 以保证在手术操作的过程中工作点 RC 的位置不动, 即手术器械的位姿不变。

例如, 如图 1 所示, 上部 110 的上端包括第二位置调节机构 02, 第二位置调节机构 02 与第一位置调节机构 01 和第一关节 9 连接, 第一关节 9 绕第一转轴 24 旋转而驱动下部 120 移动, 并且, 第二位置调节机构 02 与第一位置调节机构 01 相配合以驱动第一关节 9 平移以驱动下部 120 移动, 且第二位置调节机构 02 与第一位置调节机构 01 相配合以控制在下部 120 和整个机械臂 1 移动的过程中, 工作点 RC 到第一转轴 24 的距离恒定。例如, 第一关节 9 在以工作点 RC 为球心的球面上移动以驱动下部 120 在三维空间移动。

例如, 采用机械臂结构 10 的手术机器人还包括控制系统, 控制系统分别与第一位置调节机构 01 和第二位置调节机构 02 信号连接 (例如电连接或无线信号连接), 可通过控制系统在手术操作过程中对第一关节 9 的坐标进行计算, 从而根据计算结果控制第一位置调节机构 01 和第二位置调节机构 02 调节第一关节 9 在水平面上与垂直于水平面的竖直方向上的位置, 以实现使第一关节 9 在以工作点 RC 为球心的球面上移动以驱动下部 120 在三维空间移动, 保持工作点 RC 的位置固定不变。对于一个机械臂 1 来说, 与该机械臂 1

第一关节 9 的运动轨迹的范围可以不是一整个球面，例如为一个完整的球面的一部分，即可在所需要的范围内防止与其他机械臂之间发生碰撞，满足工作要求。

例如，第一关节 9 绕第一转轴 24 旋转以驱动下部 120 摆动，下部 120 的摆动方向与第一关节 9 的第一转轴 24 的经过工作点 RC 的垂线垂直，即第一关节 9 绕第一转轴 24 旋转可以驱动机械臂 1 的下部 120 沿摆动方向俯仰运动。工作点 RC 位于第二转轴 27 所在的直线上，第二关节 10a 绕第二转轴 27 旋转以驱动手术器械 2 围绕第二转轴 27 摆动，从而实现手术器械 2 在与第二转轴 27 垂直的方向上摆动，以实现手术器械 2 的工作端 20 在与第二转轴 27 垂直的方向上的移动。例如，控制系统与第二关节 10a 信号连接（例如电连接或无线信号连接），以独立驱动第二关节 10a 的旋转。

10 例如，控制系统与每一个关节信号连接（例如电连接或无线信号连接），可通过控制系统独立控制每一个关节的旋转或平移，以及可通过控制系统分别独立驱动第一驱动结构和第二驱动机构的运动。当然，在必要的情况下，也可以通过人工手动驱动各个关节的旋转或平移、以及第一驱动结构和第二驱动机构的各个部件的运动。

例如，如图 1 所示，下部 120 的连接端包括第二关节 10a，第二关节 10a 经第一传动部件 25 与第一关节 9 连接，经传动机构 40 可与手术器械 2 连接，且具有沿第二方向 D2 延伸的第二转轴 27，第二关节 10a 可绕第二转轴 27 旋转，第二转轴 27 在上述水平面上的正投影所在的直线与第一转轴 24 在水平面上的正投影所在的直线相交，即第一转轴 24 的延伸方向与第二转轴 27 的延伸方向相交。例如，第一转轴 24 的延伸方向与第二转轴 27 的延伸方向相交，例如共面相交；或者，第一转轴 24 的延伸方向不相交，例如异面不相交；并且，第一转轴 24 的延伸方向与第二转轴 27 的延伸方向垂直或不垂直。

例如，第二位置调节机构 02 包括第三关节 8 和第四关节 7。第三关节 8 与第一关节 9 连接，具有第三转轴 08，第三关节 8 可绕第三转轴 08 旋转以驱动第一关节 9 和下部 120 沿第三转轴 08 旋转；第四关节 7 与第三关节 8 连接且位于第三关节 8 远离第一关节 9 的一侧，具有沿垂直于地面的第三方向 D3 延伸的第一轴线，第三方向 D3 与第一方向 D1 和第二方向 D2 均相交，第四关节 7 可沿第一轴线做直线运动以驱动第三关节 8、第一关节 9 和下部 120 在第三方向 D3 上移动。

通过第三关节 8 和第四关节 7 这两个关节实现第一关节 9 和下部 120 在一个不封闭的圆柱环的空间范围内运动，该圆柱环所在的圆柱的高沿垂直于地面的竖直方向，该竖直方向例如图 1 所示的第三方向 D3。并且，这种情况下，对于第一关节 9 和下部 120 在竖直方向上和围绕第三转轴 08 而成且平行于地面的水平面上的位置的调节是彼此独立的，避免了在这两个方向上位置调节必然同时发生（即上述“耦合”的含义）的限制。

例如，如图 1 所示，第一关节 9 通过第二传动部件 23 与第三关节 8 连接，第二传动部件 23 发挥第一关节 9 与第三关节 8 之间的传动作用；第三关节 8 与第四关节 7 通过第三传动部件 22 连接，第三传动部件 22 发挥第三关节 8 与第四关节 7 之间的传动作用。例如，第二传动部件 23 和第三传动部件 22 均为连杆。

例如，如图 1 所示，第一位置调节机构 01 包括第七关节 6，第七关节 6 与机械臂 1 的上部 110 的上端连接，例如第七关节 6 与第二位置调节机构 02 连接，例如第七关节 6 与第四关节 7 连接，且配置为可沿第四方向 D4 移动以驱动机械臂 1 沿第四方向 D4 移动，例如第四方向 D4 与第三方向 D3 垂直，即第四方向 D4 为平行于地面的方向。如此，通过第七关节 6 沿第四方向 D4 移动以驱动机械臂 1 沿第四方向 D4 移动，实现了对整个机械臂 1 沿第四方向 D4 移动的独立控制，实现该机械臂 1 与其他机械臂在第四方向 D4 上的避让，或者，将整个机械臂 1 在第四方向 D4 上的移动与在其他方向上的移动同时联系发生，从而将机械臂 1 移动到目标位置，以防止与其他机械臂发生碰撞。

例如，如图 1 所示，机械臂结构 10 还包括滑动连杆 21，第七关节 6 通过滑动连杆 21 与第八关节 5 连接，滑动连杆 21 具有沿第四方向 D4 延伸的滑轨，第七关节 6 配置为沿滑轨移动，以可靠地实现第七关节 6 沿第四方向 D4 移动。

例如，第一位置调节机构 01 还包括第八关节 5，第八关节 5 与第七关节 6 连接，通过第七关节 6 与下部 120 连接，具有第五转轴 51，第八关节 5 配置为可围绕第五转轴 51 旋转以驱动第七关节 6 和机械臂 1 围绕第五转轴 51 旋转；第五转轴 51 的延伸方向与第四方向 D4 垂直。例如，第五转轴 51 也是沿第三方向 D3 延伸。如此，如图 6A-6B 所示，第八关节 5 与第七关节 6 配合可实现调节整个机械臂 1 在水平面上的位置，以使得整个机械臂 1 从位置 1 在水平面上移动至位置 2；并且，如图 7A-7B 所示，第四关节 7 与第一关节 9 的运动配合可实现调节机械臂 1 或者下部 120 在竖直方向上的位置，以使得整个机械臂 1 从位置 3 在竖直方向上移动至位置 4。第八关节 5 与第七关节 6、以及第四关节 7、第三关节 8、第一关节 9 彼此在结构上相互配合、在功能上相互支持，彼此配合工作，例如同时执行上述各自的运动，还可调节下部 120 在水平面和竖直方向上的位置，如此，图 6A-6B 所示的机械臂在水平面上的位置改变可以与图 7A-7B 所示的机械臂在竖直方向 Z 上的位置改变同时发生，并且，通过上述多个关节和连接多个关节的传动部件（例如上述多个连杆）的运动的协作对于其中一者的运动造成工作点 RC 的位置变化趋势进行补偿，可以实现调节第一关节 9 以及下部 120 在三维空间内的位置以防止机械臂碰撞的同时，保持与下部 120 的工作端连接的手术器械 2 的工作点 RC 的位置不变。并且，可以实现对机械臂 1 在水平面上的位置调节与竖直方向上的位置调节独立，调节不会受到多个方向上调节耦合的限制，可以在手术过程中更加灵活且可靠地防止多个机械臂之间的碰撞。对机械臂 1 在水平面上的位置调节与竖直方向上的位置调节独立对于手术过程中实时地、高效地、准确地调节机械臂 1 的位置，从而可靠地防止多个机械臂之间的碰撞且工作点 RC 的位置不变非常重要。

例如，图 6A-6B 和图 7A-7B 中的方向 Z 与上述第三方向 D3 相同，方向 X 与方向 Y 垂直于方向 Z，方向 X 与方向 Y 所在的平面为上述水平面。

例如，可通过控制系统在手术操作过程中对第八关节 5 与第七关节 6、以及第四关节 7、第三关节 8、第一关节 9 的位置坐标进行计算，从而通过控制系统在根据计算结果控

制第八关节 5 与第七关节 6、以及第四关节 7、第三关节 8、第一关节 9 运动，以控制在水平面上与垂直于水平面的竖直方向上的位置，以实现使第一关节 9 在以工作点 RC 为球心的球面上移动以驱动下部 120 在三维空间移动，保持工作点 RC 的位置固定不变。

例如，如图 1 和图 3 所示，下部 120 还包括：第九关节 11、第十关节 12 和第十一关节 13。第九关节 11 经第一连杆 26 与第二关节 10a 连接，且具有第一平行轴 28；第十关节 12 经第二连杆 29 与第九关节 11 连接，且具有第二平行轴 30；第十一关节 13 经第三连杆 31 与第十关节 12 连接，且具有第三平行轴 32，第十一关节 13 通过第四连杆 33 与手术器械 2 连接；在机械臂 1 的移动过程中，第一平行轴 28、第二平行轴 30 和第三平行轴 32 彼此平行，第九关节 11 的中心、第十关节 12 的中心、第十一关节 13 的中心与工作点 RC 分别构成平行四边形的四个顶点，第二连杆 29、第三连杆 31、第十一关节 13 的中心与工作点 RC 的第一连线 35、以及第九关节 11 的中心与工作点 RC 的第二连线 38 分别作为平行四边形的四条边。第二转轴 27 为第一摆动轴，从而，如上所述，工作点 RC 位于第一摆动轴 270 所在的直线上，第二关节 10a 绕第一摆动轴 270 旋转以驱动手术器械 2 在垂直于第一摆动轴 270 的方向上摆动，从而实现手术器械 2 在与第二转轴 27 垂直的方向上摆动，以实现手术器械 2 的工作端 20 在与第一摆动轴 270 垂直的方向上的移动。第九关节 11、第十关节 12、第十一关节 13、第二连杆 29 和第三连杆 31 运动以驱动手术器械 2 绕与第一摆动轴 270 相交于工作点 RC 的第二摆动轴 37 摆动。如此，可以实现独立控制手术器械 2 的杆部 34 在彼此相交的两个方向上的位置，以独立控制手术器械 2 的工作端 20 在腔镜手术的腔镜在彼此相交的两个方向上发生运动而到达目标位置，对目标组织（例如病灶）执行切割、缝合、止血、凝结等手术操作，或执行内窥镜的图像获取操作等等。

例如，如图 1 所示，下部 120 还包括第十二关节 14，第十二关节 14 与手术器械 2 连接且具有滑动轴，例如该滑动轴与杆部 34 的延伸方向一致，例如杆部 34 与手术器械 2 的整体延伸方向一致。第十二关节 14 配置为驱动手术器械 2 可沿滑动轴做直线运动，以调节手术器械 2 的位，例如在手术前调整手术器械 2 的位置，在手术进行过程中需要保持工作点 RC 位置不变。例如，第十二关节 14 为滑块导轨机构，手术器械 2 可在滑块的限位导向下沿滑动轴做直线运动。第十二关节 14 与第十一关节 13 连接，第十一关节 13 通过第四连杆 33 与第十二关节 14 连接，从而第十一关节 13 与手术器械 2 连接，如此，第十二关节 14 和手术器械 2 可在第十一关节 13 的运动的驱动下相应发生运动，以实现在手术过程中，保持工作点 RC 位置不变的情况下手术器械 2 的位姿不变，即在保持工作点 RC 位置不变的情况下，手术器械 2 绕与第一摆动轴 270 相交于工作点 RC 的第二摆动轴 37 摆动。

例如，可以通过控制系统与第二关节 10a 信号连接，以通过控制系统根据对于手术器械 2 的工作端 20 的位置坐标的计算结果驱动第二关节 10a 运动；通过控制系统与第九关节 11、第十关节 12、第十一关节 13、第二连杆 29 和第三连杆 31 信号连接，以通过控制

系统根据对于手术器械 2 的工作端 20 的位置坐标的计算结果驱动第九关节 11、第十关节 12、第十一关节 13、第二连杆 29 和第三连杆 31 运动，以使得所述工作端 20 到达目标位置。或者，也可以通过人工手动控制调整机械臂的位置。当人工手动干预了机械臂的位置后，控制系统会实时对工作端 20 的位置坐标、各个关节的位置坐标等进行计算，从而实时控制各个关节和传动杆的运动，对人工手动干预造成的干扰进行纠正，保持工作点 RC。当然，对于其他的关节和连接杆，也可以通过控制系统控制其运动。

例如，第一摆动轴 270 与第二摆动轴 37 垂直，以使手术器械 2 的工作端 20 可到达在第一摆动轴 270 与第二摆动轴 37 方向上的各个位置，且便于控制系统对控制位置的计算。

需要说明的是，例如第九关节的中心为第九关节的旋转轴（即第一平行轴）的中点，类似地，对于其他关节的中心也是如此。

例如，参考图 2，第一连杆 26 与平行四边形的四条边位于同一工作面 A，工作面 A 与第二摆动轴 37 垂直。例如，第九关节 11、第十关节 12、第十一关节 13、第二连杆 29 和第三连杆 31 运动而使得平行四边形在沿与第二摆动轴 37 共面且垂直于第二摆动轴 37 的方向摆动，从而驱动手术器械 2 的工作端 20 在垂直于第二摆动轴 37 的方向上摆动。

例如，图 4 为本公开一实施例提供的另一种机械臂结构的结构简图。图 4 所示的实施例与图 1 所示的实施例存在以下区别。如图 4 所示，第二位置调节机构 02 包括第五关节 80，第五关节 80 与第一关节 9 连接，具有沿垂直于地面的第三方向 D3 延伸的第二轴线，第三方向 D3 与第一方向 D1 和第二方向 D2 均相交，第五关节 80 可沿第二轴线做直线运动以驱动第一关节 9 和下部 120 在第三方向 D3 上移动；第六关节 70 与第五关节 80 连接且位于第五关节 80 远离第一关节 9 的一侧，具有第四转轴，例如第四转轴沿竖直的第三方向 D3 延伸；第六关节 70 可绕第四转轴旋转以驱动第五关节 80、第一关节 9 和下部 120 构成的整体结构沿第四转轴旋转。如此，也可以实现通过第五关节 80 与第六关节 70 这两个关节实现第一关节 9 和下部 120 在一个不封闭的圆柱环的空间范围内运动，该圆柱环所在的圆柱的高沿垂直于地面的竖直方向，该竖直方向例如为图 4 所示的第三方向 D3。并且，这种情况下，对于第一关节 9 和下部 120 在竖直方向上和围绕第三转轴 08 而成且平行于地面的水平面上的位置的调节是彼此独立的，避免了在这两个方向上位置调节必然同时发生（即上述“耦合”的含义）的限制。

例如，第一关节 9 通过第四传动部件 230 与第五关节 80 连接，第四传动部件 230 发挥第一关节 9 与第五关节 80 之间的传动作用；第五关节 80 通过第五传动部件 220 与第六关节 70 连接，第五传动部件 220 发挥第五关节 80 与第六关节 70 之间的传动作用。

图 4 所示的实施例的其他未提及的结构特征和控制方法、以及技术效果均与图 1 所示的实施例的相同，可参考对图 1 的描述，在此不再重复。

图 8 为本公开实施例提供的一种手术机器人的结构示意图，图 9 为展示图 8 所示的手术机器人的一条机械臂结构的示意图。例如，如图 8-9 所示，本公开实施例还提供一种手术机器人 1000，该手术机器人 1000 包括本公开实施例提供的任何一种机械臂结构 10。例

如, 手术机器人 1000 包括多个机械臂结构。例如, 图 8 所示的实施例中, 手术机器人 1000 包括四个机械臂结构, 分别为第一机械臂结构 200、第二机械臂结构 300、第三机械臂结构 400、第四机械臂结构 500。当然, 本公开实施例提供的手术机器人的机械臂结构的个数不限于四个, 也可以少于四个或多于四个, 本公开实施例对此不作限定。例如, 手术机器人 1000 的每个机械臂结构均为上述关于机械臂结构的实施例所描述的机械臂结构。

采用本公开实施例体用的手术机器人 1000, 一方面, 能够实现通过上部 110 与第一位置调节机构 01 的相互配合来在平行于地面的水平面上和与水平面垂直的竖直方向上彼此独立地调节下部 120、整个机械臂 1 调节机械臂的位置, 以在使用多个机械臂进行手术操作的情况下, 更灵活、更敏捷地防止多个机械臂在三维空间内的彼此避让, 防止由于多个机械臂的碰撞对被执行手术的手术目标的表面组织 TS 造成的伤害; 另一方面, 通过在水平面内和竖直方向上独立调节下部 120、和整个机械臂 1 的位置而可靠地实现保持工作点 RC 位置不变, 从而防止工作点 RC 的移动而对被执行手术的手术目标的表面组织 TS 的伤害。

如图 8-9 所示, 手术机器人 1000 还包括悬挂机构 103, 多个机械臂结构 10 均与悬挂机构 103 连接以被悬挂于悬挂机构 103 上, 以便于集成在一个机器人底座上。例如悬挂机构 103 为基本平行于地面的水平横梁。手术机器人 1000 还包括机器人底座 100、升降立柱 101、主旋转关节 102, 与悬挂机构 103 连接的水平伸缩梁 104。多个机械臂结构 10 与水平伸缩梁 104 连接到悬挂机构 103, 悬挂机构 103 的位置是固定的, 水平伸缩梁 104 可沿悬挂机构 103 延伸的方向伸缩, 以调节与水平伸缩梁 104 连接的多个机械臂结构 10 整体在伸缩方向上的位置, 以满足手术前准备阶段将多个机械臂整体调整到合适的位置。悬挂机构 103 与主旋转关节 102 连接, 主旋转关节 102 配置为绕垂直于地面的旋转轴转动以驱动与悬挂机构 103 以及与悬挂机构 103 连接的结构整体绕垂直于地面的旋转轴旋转。

例如, 悬挂机构 103 包括固定盘 105, 多个机械臂结构 10 的每个的第一位置调节机构 01 与固定盘 105 连接, 且围绕固定盘 105 的边缘排列, 从而, 便于将多个机械臂结构集成在一个固定盘 105 上。每个机械臂结构的固定盘 105 固连在水平伸缩梁 104 上。

例如, 结合图 9, 在一些实施例中, 多个机械臂结构 10 的每个的第八关节 5 与固定盘 105 连接且围绕固定盘 105 的边缘排列, 多个机械臂的每个的滑动连杆 21 在平行于固定盘 105 的盘面的平面内沿远离固定盘 105 的中心的延伸方向延伸; 多个机械臂 10 的每个的第八关节 5 的第五转轴 51 的延伸方向与固定盘 105 的盘面垂直。

例如, 如图 8 所示, 手术机器人 1000 还包括中心旋转关节 106, 具有垂直于固定盘 105 的盘面的主转轴, 中心旋转关节 106 通过固定盘 105 的中心穿过固定盘 105 的盘面, 且配置为沿主转轴旋转以驱动固定盘 105 旋转, 例如主转轴沿垂直于地面的延伸方向延伸; 固定盘 105 的盘面基本平行于地面, 主转轴的延伸方向垂直于固定盘 105 的盘面。

本公开至少一实施例还提供、一种机械臂结构 10 的控制方法, 参考图 1, 控制方法包括: 通过上部 110 驱动下部 120 在三维空间移动, 且在平行于地面的水平面内以及垂直

于水平面的方向上分别独立调节下部 120 的位置；以及通过第一位置调节机构 01 与上部 110 相配合以驱动整个机械臂 1 在三维空间内移动，且在水平面内以及垂直于水平面的方向上分别独立调节整个机械臂 1 的位置，其中，第一位置调节机构 01 与上部 110 相配合以在下部 120 和整个机械臂 1 移动的过程中，保持工作点 RC 的位置不变。

5 参考图 1-3，机械臂结构 10 的控制方法包括：驱动第一关节 9 绕第一转轴 24 旋转而驱动下部 120 移动；以及通过控制第二位置调节机构 02 的运动与第一位置调节机构 01 的运动相配合以驱动第一关节 9 平移以驱动下部 120 移动，其中，第二位置调节机构 02 与第一位置调节机构 01 相配合以控制在下部 120 和整个机械臂 1 移动的过程中，保持工作点 RC 到第一转轴 24 的距离恒定。

10 例如，通过控制第二位置调节机构 02 的运动与第一位置调节机构 01 的运动相配合以控制在下部 120 和整个机械臂 1 移动的过程中，第一关节 9 在以工作点 RC 为球心的球面上移动以驱动下部 120 在三维空间移动。

例如，第一转轴 24 的垂线经过工作点 RC，控制第一关节 9 绕第一转轴 24 旋转以驱动下部 120 摆动，下部 120 的摆动方向与第一关节 9 的第一转轴 24 的垂线垂直。

15 例如，机械臂结构 10 的控制方法包括：控制第二关节 10a 绕第二转轴 27 旋转以驱动手术器械 2 在垂直于第二转轴 27 的方向上摆动，其中，第二转轴 27 在水平面上的正投影所在的直线与第一转轴 24 在水平面上的正投影所在的直线相交，工作点 RC 位于第二转轴 27 所在的直线上。

20 例如，在机械臂结构 10 的控制方法中，第一转轴 24 的延伸方向与第二转轴 27 的延伸方向相交或不相交；并且，第一转轴 24 的延伸方向与第二转轴 27 的延伸方向垂直或不垂直。

例如，参考图 1-3，机械臂结构 10 的控制方法包括：驱动第三关节 8 绕第三转轴 08 旋转以驱动第一关节 9 和下部 120 沿第三转轴 08 旋转；以及驱动第四关节 7 沿第一轴线做直线运动以驱动第三关节 8、第一关节 9 和下部 120 在第三方向 D3 上移动。

25 例如，参考图 4，在另一实施例中，第二位置调节机构 02 包括第五关节 80，第五关节 80 与第一关节 9 连接，具有沿垂直于地面的第三方向 D3 延伸的第二轴线，第三方向 D3 与第一方向 D1 和第二方向 D2 均相交。对于图 4 所示的实施例，机械臂结构 10 的控制方法与之前的实施例的区别在于，机械臂结构 10 的控制方法包括：驱动第五关节 80 沿第二轴线做直线运动以驱动第一关节 9 和下部 120 在第三方向 D3 上移动；以及驱动第六关节 70 绕第四转轴旋转以驱动第五关节 80、第一关节 9 和下部 120 沿第四转轴旋转。

30 例如，参考图 1-3，机械臂结构 10 的控制方法还包括：驱动第七关节 6 沿第四方向 D4 移动以驱动机械臂 1 沿第四方向 D4 移动；第四方向 D4 与第三方向 D3 垂直。

35 例如，参考图 1-3，机械臂结构 10 的控制方法包括：驱动第八关节 5 围绕第五转轴 51 旋转以驱动第七关节 6 和机械臂 1 围绕第五转轴 51 旋转，其中，第五转轴 51 的延伸方向与第四方向 D4 垂直。例如，第五转轴 51 也是沿第三方向 D3 延伸。如此，如图 6A-6B

所示，第八关节 5 与第七关节 6 配合可实现调节整个机械臂 1 在水平面上的位置；并且，如图 7A-7B 所示，第四关节 7 与第一关节 9 的运动相配合可实现调节机械臂 1 或者下部 120 在竖直方向上的位置。第八关节 5 与第七关节 6、以及第四关节 7、第三关节 8、第一关节 9 彼此在结构上相互配合、在功能上相互支持，彼此配合工作，例如同时执行上述各自的运动，还可调节下部 120 在水平面和竖直方向上的位置，如此，图 6A-6B 所示的机械臂在水平面上的位置改变可以与图 7A-7B 所示的机械臂在竖直方向 Z 上的位置改变同时发生，并且，通过上述多个关节和连接多个关节的传动部件（例如上述多个连杆）的运动的协作对于其中一者的运动造成工作点 RC 的位置变化趋势进行补偿，可以实现在调节第一关节 9 以及下部 120 在三维空间内的位置以防止机械臂碰撞的同时，保持与下部 120 的工作端连接的手术器械 2 的工作点 RC 的位置不变。并且，可以实现对机械臂 1 在水平面上的位置调节与竖直方向上的位置调节独立，调节不会受到多个方向上调节耦合的限制，可以在手术过程中更加灵活且可靠地防止多个机械臂之间的碰撞。对机械臂 1 在水平面上的位置调节与竖直方向上的位置调节独立对于手术过程中实时地、高效地、准确地调节机械臂 1 的位置，从而可靠地防止多个机械臂之间的碰撞且工作点 RC 的位置不变非常重要。

例如，图 6A-6B 和图 7A-7B 中的方向 Z 与上述第三方向 D3 相同，方向 X 与方向 Y 垂直于方向 Z，方向 X 与方向 Y 所在的平面为上述水平面。

例如，在驱动机械臂 1 的移动过程中，第一平行轴 28、第二平行轴 30 和第三平行轴 32 彼此平行，第九关节 11 的中心、第十关节 12 的中心、第十一关节 13 的中心与工作点 RC 分别构成平行四边形的四个顶点，第二连杆 29、第三连杆 31、第十一关节 13 的中心与工作点 RC 的第一连线、以及第九关节 11 的中心与工作点 RC 的第二连线分别作为平行四边形的四条边。第二转轴 27 为第一摆动轴 270，控制方法还包括：驱动第九关节 11、第十关节 12、第十一关节 13、第二连杆 29 和第三连杆 31 运动以驱动手术器械 2 绕与第一摆动轴 270 相交于工作点 RC 的第二摆动轴 37 摆动。

例如，第二摆动轴 37 垂直于第一摆动轴 270。

例如，如图 1 所示，下部 120 还包括第十二关节 14，第十二关节 14 与手术器械 2 连接且具有滑动轴，例如该滑动轴与杆部 34 的延伸方向一致，例如杆部 34 与手术器械 2 的整体延伸方向一致。机械臂结构 10 的控制方法还包括：通过第十二关节 14 驱动手术器械 2 沿滑动轴做直线运动，以调节手术器械 2 的位置，例如在手术前调整手术器械 2 的位置，在手术进行过程中需要保持工作点 RC 位置不变。例如，第十二关节 14 为滑块导轨机构，手术器械 2 可在滑块的限位导向下沿滑动轴做直线运动。第十二关节 14 与第十一关节 13 连接，第十一关节 13 通过第四连杆 33 与第十二关节 14 连接，从而第十一关节 13 与手术器械 2 连接，如此，第十二关节 14 和手术器械 2 可在第十一关节 13 的运动的驱动下相应发生运动，以实现在手术过程中，保持工作点 RC 位置不变的情况下手术器械 2 的位姿不变，即在保持工作点 RC 位置不变的情况下，手术器械 2 绕与第一摆动轴 270

相交于工作点 RC 的第二摆动轴 37 摆动。

例如，如图 2 所示，第一连杆 26 与平行四边形的四条边位于同一工作面 A，工作面 A 与第二摆动轴垂直。

对于机械臂结构 10 的控制方法的其他没有提及的特征和技术效果，详细可参照对于机械臂结构 10 的实施例的介绍，例如，对于图 1-7A 所示的机械臂结构 10 的结构和工作过程的介绍已经包含了具体对于机械臂结构 10 的具体控制方法，在此不再重复。

本公开至少一实施例还提供一种手术机器人 1000 的控制方法，手术机器人 1000 包括多个本公开实施例提供的任意一种机械臂结构 10，多个机械臂结构 10 中至少一个工作机械臂为工作机械臂，例如工作机械臂为图 1 所示的机械臂 1，或者为图 3 所示的连接了穿透手术目标的表面组织 TS 的手术器械 2 的机械臂。工作机械臂的工作端连接手术器械；手术机器人 1000 的控制方法包括：驱动至少一个机械臂结构 10 运动以防止工作机械臂与其他机械臂结构 10 彼此碰撞，且保持工作机械臂的工作点 RC 的位置不变。

例如，参考图 8，的手术机器人 1000 的控制方法中，悬挂机构 103 包括固定盘 105，多个机械臂结构 10 的每个的第一位置调节机构 01 与固定盘 105 连接，且围绕固定盘 105 的边缘排列；手术机器人 1000 的控制方法包括：驱动固定盘 105 旋转以驱动多个机械臂结构 10 旋转。

例如，手术机器人 1000 还包括控制系统，控制系与第一位置调节机构 01 和第二位置调节机构 02 信号连接；手术机器人 1000 的控制方法包括：通过控制系统对第一关节 9 的坐标进行计算；以及根据控制系统的计算结果驱动第一位置调节机构 01 和第二位置调节机构 02 调节第一关节 9 的位置，以使第一关节 9 在以工作点 RC 为球心的球面上移动，且保持工作点 RC 的位置固定不变。

例如，控制系统分别与第一位置调节机构 01 和第二位置调节机构 02 信号连接例如电连接或无线信号连接，可通过控制系统在手术操作过程中对第一关节 9 的坐标进行计算，从而根据计算结果控制第一位置调节机构 01 和第二位置调节机构 02 调节第一关节 9 在水平面上与垂直于水平面的竖直方向上的位置，以实现使第一关节 9 在以工作点 RC 为球心的球面上移动以驱动下部 120 在三维空间移动，保持工作点 RC 的位置固定不变。

对于手术机器人 1000 的控制方法的其他具体内容，可参考对于手术机器人 1000 的实施例中的描述，例如对于图 8-9 所示的实施例的描述、以及对于通过控制系统来控制各个关节、各个连杆等结构的运动的描述等，在此不再重复。

以上所述仅是本公开的示范性实施方式，而非用于限制本公开的保护范围，本公开的保护范围由所附的权利要求确定。

权利要求书

1、一种机械臂结构，其中，所述机械臂结构包括机械臂和与所述机械臂连接的第一位置调节机构；所述机械臂包括：

5 下部，包括彼此相对的连接端和工作端，其中，所述工作端连接用于对组织进行手术操作的手术器械，工作点位于所述手术器械上；以及

上部，包括与所述第一位置调节机构连接的上端和与所述下部的连接端连接的下端，其中，

10 所述上部配置为驱动所述下部在三维空间移动，且配置为在平行于地面的水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节所述下部的位置；

所述第一位置调节机构与所述上部相配合以驱动整个所述机械臂在三维空间内移动，且在所述水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节整个所述机械臂的位置，并且，

15 所述第一位置调节机构与所述上部相配合以在所述下部和整个所述机械臂移动的过程中，保持所述工作点的位置不变。

2、根据权利要求1所述的机械臂结构，其中，所述上部的下端包括：

第一关节，具有沿第一方向延伸的第一转轴；

所述上部的上端包括：

20 第二位置调节机构，与所述第一位置调节机构和所述第一关节连接，其中，所述第一关节被配置为绕第一转轴旋转而驱动所述下部移动，

并且，所述第二位置调节机构与所述第一位置调节机构相配合以驱动所述第一关节平移以驱动所述下部移动，且所述第二位置调节机构与所述第一位置调节机构相配合以控制在所述下部和整个所述机械臂移动的过程中，所述工作点到所述第一转轴的距离恒定。

25 3、根据权利要求2所述的机械臂结构，其中，所述第一关节在以所述工作点为球心的球面上移动以驱动所述下部在三维空间移动。

4、根据权利要求2或3所述的机械臂结构，其中，所述第一关节绕所述第一转轴旋转以驱动所述下部摆动，所述下部的摆动方向与所述第一关节的第一转轴的垂线垂直，且所述第一转轴的垂线经过所述工作点。

5、根据权利要求2-4任一所述的机械臂结构，其中，所述下部的连接端包括：

30 第二关节，经第一传动部件与所述第一关节连接，经传动机构可与所述手术器械连接，且具有沿第二方向延伸的第二转轴，其中，所述第二关节可绕所述第二转轴旋转，所述第二转轴在所述水平面上的正投影所在的直线与所述第一转轴在所述水平面上的正投影所在的直线相交；

35 所述工作点位于所述第二转轴所在的直线上，所述第二关节绕所述第二转轴旋转以驱动所述手术器械在垂直于所述第二转轴的方向上摆动。

6、根据权利要求5所述的机械臂结构，其中，所述第一转轴的延伸方向与所述第二转轴的延伸方向相交或不相交；并且，

所述第一转轴的延伸方向与所述第二转轴的延伸方向垂直或不垂直。

7、根据权利要求5或6所述的机械臂结构，其中，所述第二位置调节机构包括：

5 第三关节，与所述第一关节连接，具有第三转轴，其中，所述第三关节可绕所述第三转轴旋转以驱动所述第一关节和所述下部沿所述第三转轴旋转；以及

10 第四关节，与所述第三关节连接且位于所述第三关节远离所述第一关节的一侧，具有沿垂直于地面的第三方向延伸的第一轴线，其中，所述第三方向与所述第一方向和所述第二方向均相交，所述第四关节可沿所述第一轴线做直线运动以驱动所述第三关节、所述第一关节和所述下部在所述第三方向上移动。

8、根据权利要求7所述的机械臂结构，其中，所述第一关节通过第二传动部件与所述第三关节连接，所述第三关节通过第三传动部件与所述第四关节连接。

9、根据权利要求5-8任一所述的机械臂结构，其中，所述第二位置调节机构包括：

15 第五关节，与所述第一关节连接，具有沿垂直于地面的第三方向延伸的第二轴线，其中，所述第三方向与所述第一方向和所述第二方向均相交，所述第五关节可沿所述第二轴线做直线运动以驱动所述第一关节和所述下部在所述第三方向上移动；以及

第六关节，与所述第五关节连接且位于所述第五关节远离所述第一关节的一侧，具有第四转轴，其中，所述第六关节可绕所述第四转轴旋转以驱动所述第五关节、所述第一关节和所述下部沿所述第四转轴旋转。

20 10、根据权利要求9所述的机械臂结构，其中，所述第一关节通过第四传动部件与所述第五关节连接，所述第五关节通过第五传动部件与所述第六关节连接。

11、根据权利要求7或9所述的机械臂结构，其中，所述第一位置调节机构包括：

第七关节，与所述机械臂的上部的上端连接，且配置为可沿第四方向移动以驱动所述机械臂沿所述第四方向移动，其中，所述第四方向与所述第三方向垂直。

25 12、根据权利要求11所述的机械臂结构，其中，所述第一位置调节机构还包括：

第八关节，与所述第七关节连接，通过所述第七关节与所述下部连接，具有第五转轴，其中，所述第八关节配置为可围绕所述第五转轴旋转以驱动所述第七关节和所述机械臂围绕所述第五转轴旋转；所述第五转轴的延伸方向与所述第四方向垂直。

30 13、根据权利要求12所述的机械臂结构，其中，所述机械臂结构包括滑动连杆，所述第七关节通过所述滑动连杆与所述第八关节连接，所述滑动连杆具有沿所述第四方向延伸的滑轨，所述第七关节配置为沿所述滑轨移动。

14、根据权利要求5-13任一所述的机械臂结构，其中，所述下部还包括：

第九关节，经第一连杆与所述第二关节连接，且具有第一平行轴；

第十关节，经第二连杆与所述第九关节连接，且具有第二平行轴；以及

35 第十一关节，经第三连杆与所述第十关节连接，且具有第三平行轴，其中，所述第十

一关节通过第四连杆与所述手术器械连接;

在所述机械臂的移动过程中,所述第一平行轴、所述第二平行轴和所述第三平行轴彼此平行,所述第九关节的中心、所述第十关节的中心、所述第十一关节的中心与所述工作点分别构成平行四边形的四个顶点,所述第二连杆、所述第三连杆、所述第十一关节的中心与所述工作点的连线、以及所述第九关节的中心与所述工作点的连线分别作为所述平行四边形的四条边;

所述第二转轴为第一摆动轴,所述第九关节、所述第十关节、所述第十一关节、所述第二连杆和所述第三连杆运动以驱动所述手术器械绕与所述第一摆动轴相交于所述工作点的第二摆动轴摆动。

15、根据权利要求 14 所述的机械臂结构,其中,所述第二摆动轴垂直于所述第一摆动轴。

16、根据权利要求 14 或 15 所述的机械臂结构,其中,所述第一连杆与所述平行四边形的四条边位于同一工作面,所述工作面与所述第二摆动轴垂直。

17、一种手术机器人,包括权利要求 1-16 任一所述的机械臂结构。

18、根据权利要求 17 所述的手术机器人,其中,所述机械臂结构包括多个所述机械臂结构和悬挂机构,所述悬挂机构包括固定盘,多个所述机械臂结构的每个的第一位置调节机构与所述固定盘连接,且围绕所述固定盘的边缘排列。

19、根据权利要求 18 所述的手术机器人,其中,在所述第一位置调节机构包括第七关节,所述第七关节与所述机械臂的上部的上端连接,且配置为可沿第四方向移动以驱动所述机械臂沿所述第四方向移动,所述第四方向垂直于地面,所述第一位置调节机构还包括第八关节,所述第八关节与所述第七关节连接,通过所述第七关节与所述下部连接,具有第五转轴,所述第八关节配置为可围绕所述第五转轴旋转以驱动所述第七关节和所述机械臂围绕所述第五转轴旋转;所述第五转轴的延伸方向与所述第四方向垂直,所述机械臂结构包括滑动连杆,所述第七关节通过所述滑动连杆与所述第八关节连接,所述滑动连杆具有沿所述第四方向延伸的滑轨,所述第七关节配置为沿所述滑轨移动的情况下,

所述多个机械臂结构的每个的第八关节与所述固定盘连接且围绕所述固定盘的边缘排列,所述多个机械臂结构的每个的滑动连杆在平行于所述固定盘的盘面的平面内沿远离所述固定盘的中心的方向延伸;

所述多个机械臂结构的每个的第八关节的第五转轴的延伸方向与所述固定盘的盘面垂直。

20、根据权利要求 19 所述的手术机器人,其中,在所述上部的下端包括第一关节,所述第一关节具有沿第一方向延伸的第一转轴,所述第一关节可绕第一转轴旋转,所述第一关节运动以驱动所述下部运动,并且,所述上部的上端包括第二位置调节机构,所述第二位置调节机构与所述第一位置调节机构和所述第一关节连接,所述第二位置调节机构与所述第一位置调节机构相配合以驱动所述第一关节在以所述工作点为球心的球面上移动

以驱动所述下部在三维空间移动的情况下，

所述手术机器人还包括：

控制系统，与所述第一位置调节机构和所述第二位置调节机构信号连接，配置为对所述第一关节的坐标进行计算，根据计算结果控制所述第一位置调节机构和所述第二位置调节机构调节所述第一关节的位置，以使所述第一关节在以所述工作点为球心的球面上移动，且保持所述工作点的位置固定不变。

21、一种机械臂结构的控制方法，适用于根据权利要求 1-16 任一所述的机械臂结构，其中，所述机械臂结构的控制方法包括：

10 通过所述上部驱动所述下部在三维空间移动，且在平行于地面的水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节所述下部的位置；以及

通过所述第一位置调节机构与所述上部相配合以驱动整个所述机械臂在三维空间内移动，且在所述水平面内以及垂直于所述水平面的方向上分别独立调节整个所述机械臂的位置，其中，

15 所述第一位置调节机构与所述上部相配合以在所述下部和整个所述机械臂移动的过程中，保持所述工作点的位置不变。

22、根据权利要求 21 所述的机械臂结构的控制方法，其中，所述上部的下端包括第一关节，所述第一关节具有沿第一方向延伸的第一转轴；所述上部的上端包括第二位置调节机构，所述第二位置调节机构与所述第一位置调节机构和所述第一关节连接；

所述机械臂结构的控制方法包括：

20 驱动所述第一关节绕第一转轴旋转而驱动所述下部移动；以及

通过控制所述第二位置调节机构的运动与所述第一位置调节机构的运动相配合以驱动所述第一关节平移以驱动所述下部移动，其中，所述第二位置调节机构与所述第一位置调节机构相配合以控制在所述下部和整个所述机械臂移动的过程中，保持所述工作点到所述第一转轴的距离恒定。

25 23、根据权利要求 22 所述的机械臂结构的控制方法，其中，通过控制所述第二位置调节机构的运动与所述第一位置调节机构的运动相配合以控制在所述下部和整个所述机械臂移动的过程中，所述第一关节在以所述工作点为球心的球面上移动以驱动所述下部在三维空间移动。

30 24、根据权利要求 22 所述的机械臂结构的控制方法，其中，所述第一转轴的垂线经过所述工作点，控制所述第一关节绕所述第一转轴旋转以驱动所述下部摆动，所述下部的摆动方向与所述第一关节的第一转轴的所述垂线垂直。

25、根据权利要求 22-24 任一所述的机械臂结构的控制方法，其中，所述下部的连接端包括第二关节，所述第二关节经第一传动部件与所述第一关节连接，经传动机构可与所述手术器械连接，且具有沿第二方向延伸的第二转轴；

35 所述控制方法包括：

控制所述第二关节绕所述第二转轴旋转以驱动所述手术器械在垂直于所述第二转轴的方向上摆动,其中,所述第二转轴在所述水平面上的正投影所在的直线与所述第一转轴在所述水平面上的正投影所在的直线相交,所述工作点位于所述第二转轴所在的直线上;

5 所述第二位置调节机构包括:第三关节和第四关节;所述第三关节与所述第一关节连接,具有第三转轴;所述第四关节与所述第三关节连接且位于所述第三关节远离所述第一关节的一侧,具有沿垂直于地面的第三方向延伸的第一轴线,所述第三方向与所述第一方向

10 和所述第二方向均相交;

所述控制方法包括:

10 驱动所述第三关节绕所述第三转轴旋转以驱动所述第一关节和所述下部沿所述第三转轴旋转;以及

驱动所述第四关节沿所述第一轴线做直线运动以驱动所述第三关节、所述第一关节和所述下部在所述第三方向上移动。

26、根据权利要求 25 所述的机械臂结构的控制方法,其中,所述第二位置调节机构包括第五关节和第六关节;所述第五关节与所述第一关节连接,具有沿垂直于地面的第三方向延伸的第二轴线,所述第三方向与所述第一方向和所述第二方向均相交;所述第六关节与

15 所述第五关节连接且位于所述第五关节远离所述第一关节的一侧,具有第四转轴;

所述机械臂结构的控制方法包括:

驱动所述第五关节沿所述第二轴线做直线运动以驱动所述第一关节和所述下部在所述第三方向上移动;以及

20 驱动所述第六关节绕所述第四转轴旋转以驱动所述第五关节、所述第一关节和所述下部沿所述第四转轴旋转。

27、根据权利要求 25 或 26 所述的机械臂结构的控制方法,其中,所述第一位置调节机构包括第七关节,所述第七关节与所述机械臂的上部的上端连接;

所述机械臂结构的控制方法包括:

25 驱动所述第七关节沿第四方向移动以驱动所述机械臂沿所述第四方向移动,其中,所述第四方向与所述第三方向垂直;

所述第一位置调节机构还包括第八关节,所述第八关节与所述第七关节连接,通过所述第七关节与所述下部连接,且具有第五转轴;

所述机械臂结构的控制方法包括:

30 驱动所述第八关节围绕所述第五转轴旋转以驱动所述第七关节和所述机械臂围绕所述第五转轴旋转,其中,所述第五转轴的延伸方向与所述第四方向垂直。

28、根据权利要求 25-27 任一所述的机械臂结构的控制方法,其中,所述下部还包括:第九关节、第十关节和第十一关节;所述第九关节经第一连杆与所述第二关节连接,且具有第一平行轴;所述第十关节经第二连杆与所述第九关节连接,且具有第二平行轴;所述

35 第十一关节经第三连杆与所述第十关节连接,且具有第三平行轴,所述第十一关节通过第

四连杆与所述手术器械连接;

在驱动所述机械臂的移动过程中,所述第一平行轴、所述第二平行轴和所述第三平行轴彼此平行,所述第九关节的中心、所述第十关节的中心、所述第十一关节的中心与所述工作点分别构成平行四边形的四个顶点,所述第二连杆、所述第三连杆、所述第十一关节的中心与所述工作点的第一连线、以及所述第九关节的中心与所述工作点的第二连线分别作为所述平行四边形的四条边;

所述第二转轴为第一摆动轴,所述机械臂结构的控制方法还包括:

驱动所述第九关节、所述第十关节、所述第十一关节、所述第二连杆和所述第三连杆运动以驱动所述手术器械绕与所述第一摆动轴相交于所述工作点的第二摆动轴摆动。

10 29、根据权利要求 28 所述的机械臂结构的控制方法,其中,所述第二摆动轴垂直于所述第一摆动轴;

所述第一连杆与所述平行四边形的四条边位于同一工作面,所述工作面与所述第二摆动轴垂直。

15 30、一种手术机器人的控制方法,适用于权利要求 17-20 任一所述的手术机器人,其中,所述手术机器人包括多个权利要求 1-16 任一所述的机械臂结构的控制方法中的机械臂结构,所述多个机械臂结构中至少一个工作机械臂为工作机械臂,所述工作机械臂的工作端连接所述手术器械;

所述手术机器人的控制方法包括:

20 驱动至少一个所述机械臂结构运动以防止所述工作机械臂与其他所述机械臂结构彼此碰撞,且保持所述工作机械臂的工作点的位置不变。

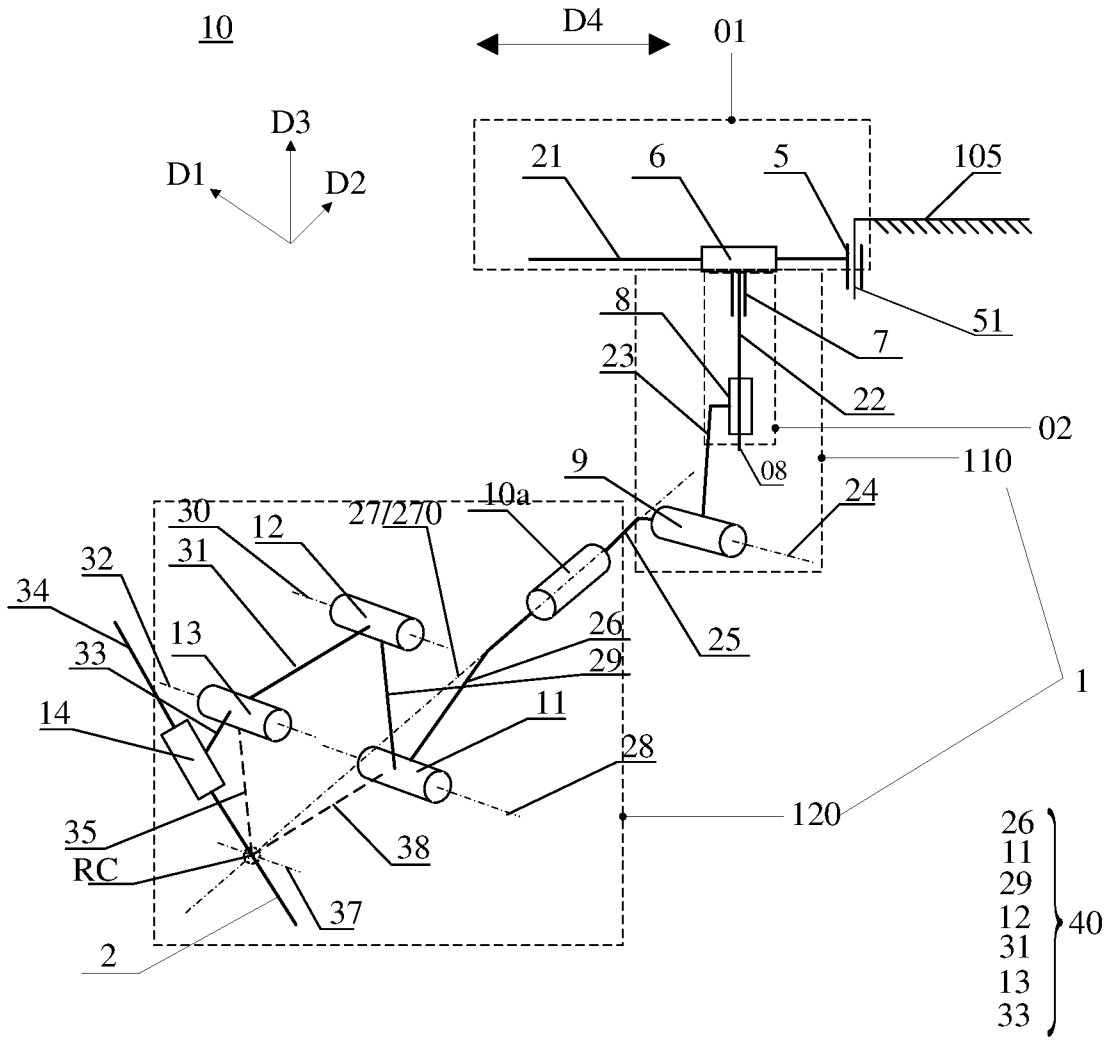


图 1

10

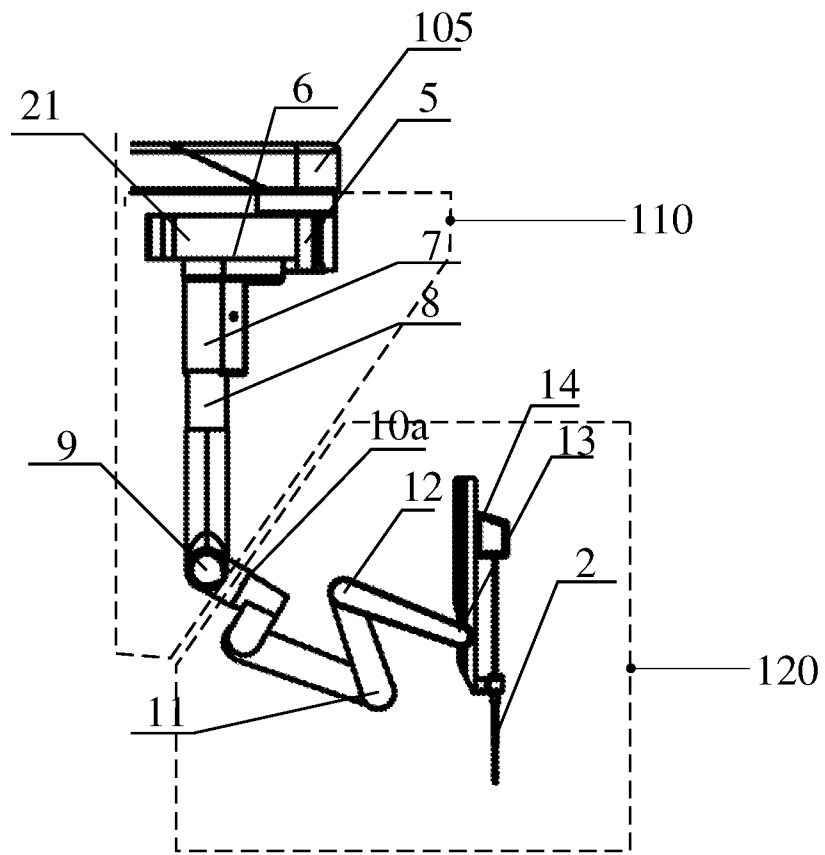


图 5

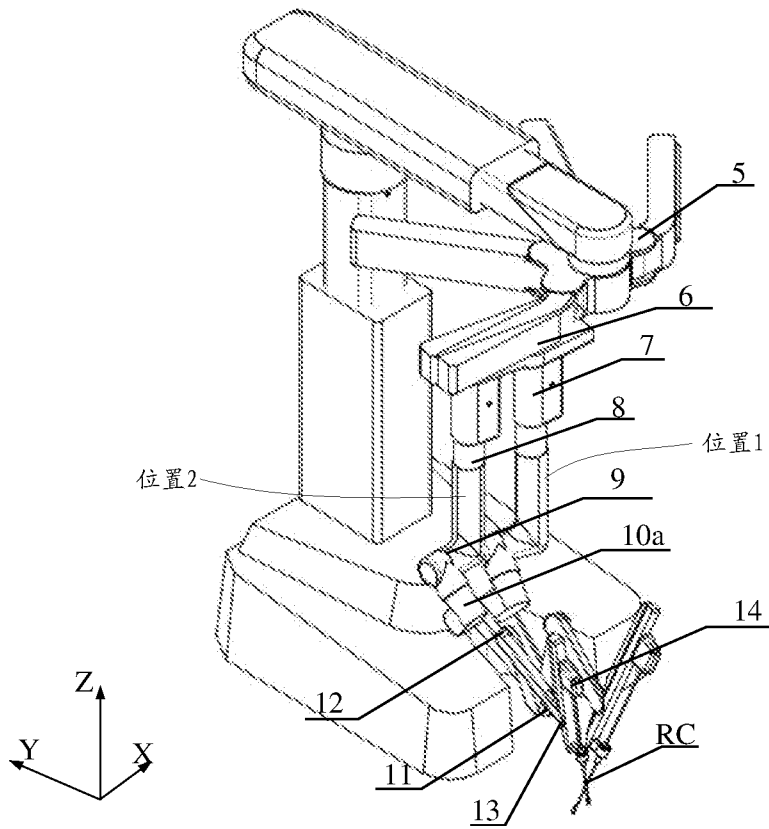


图 6A

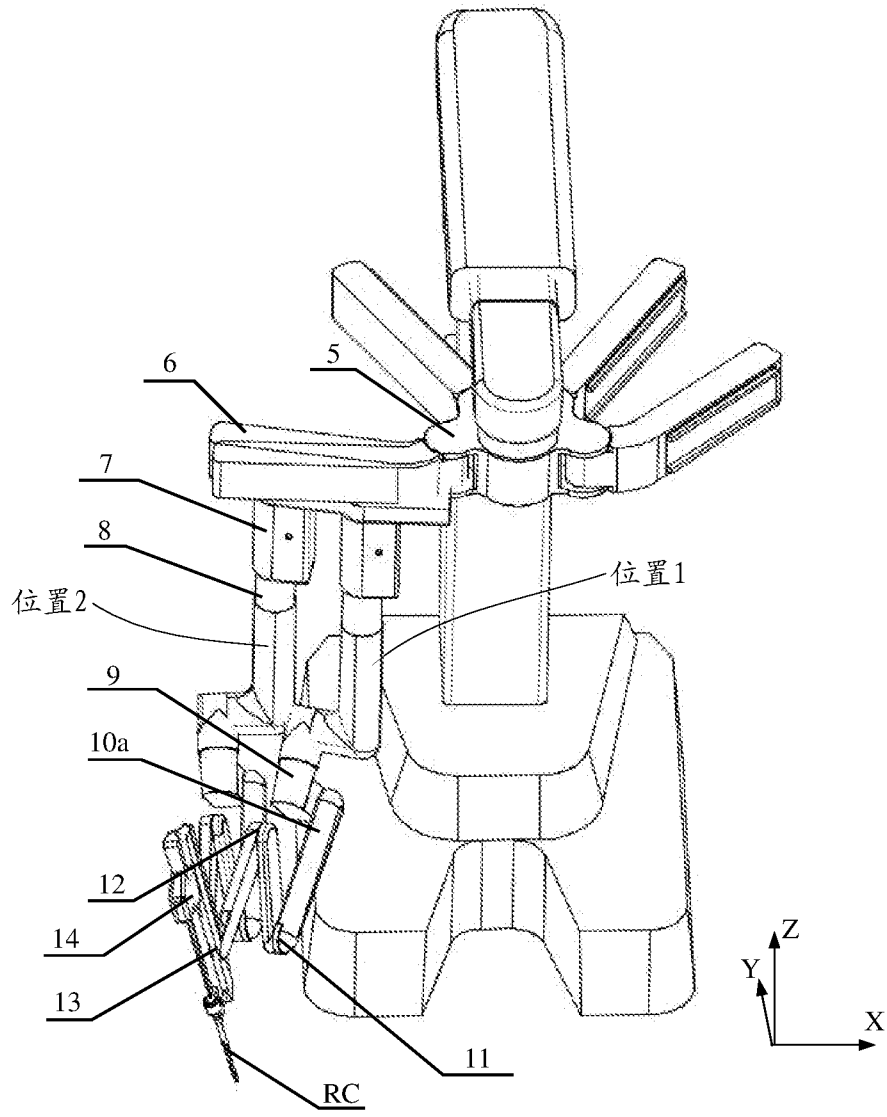


图 6B

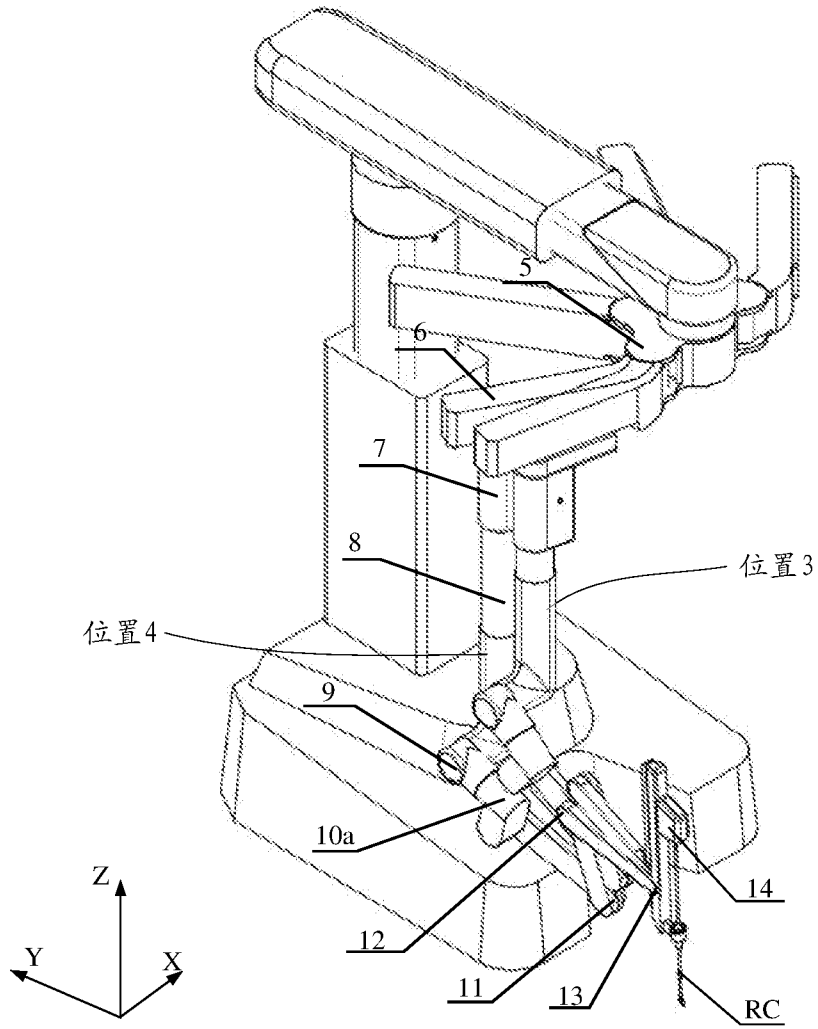


图 7A

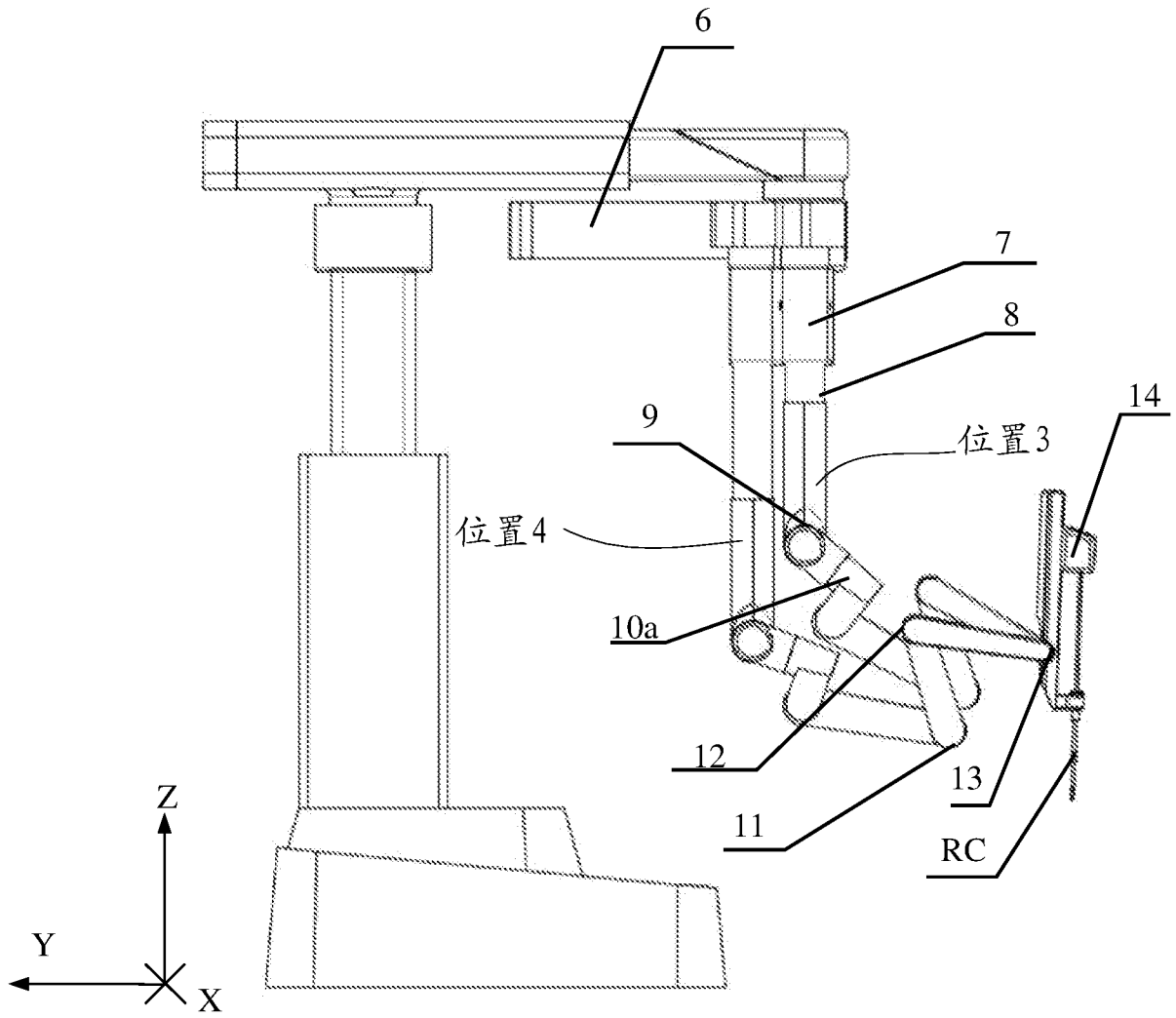


图 7B

1000

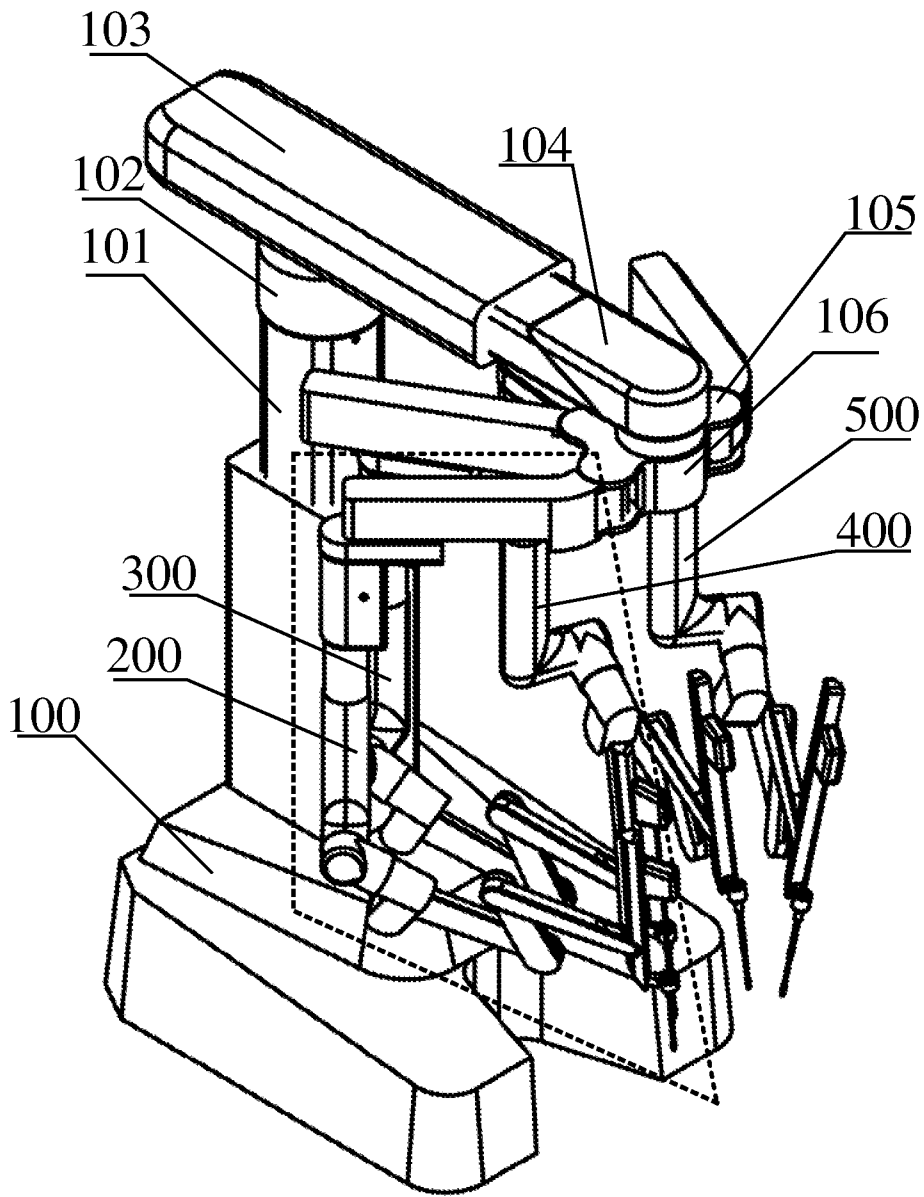


图 8

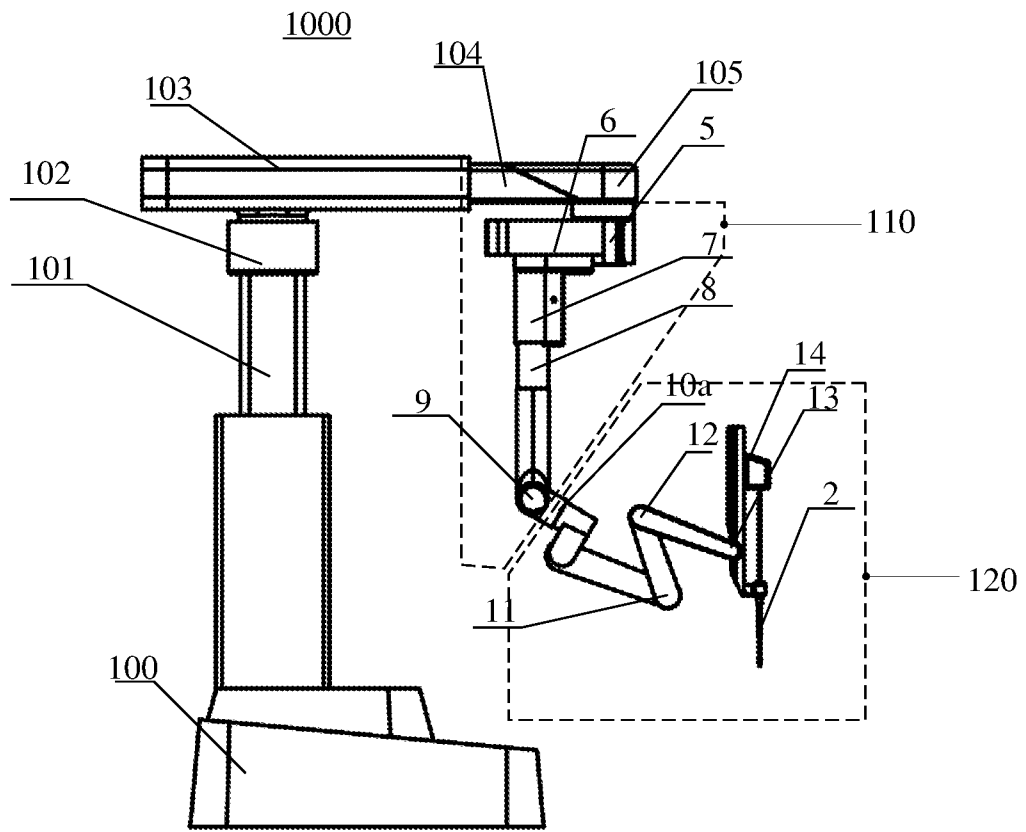


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/112423

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B34/35(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) IPC: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) CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, WPABSC, ENTXTC: 机械臂, 平行, 垂直, 关节, 工作点, 不变, 不动, 恒定, manipulat+, robot +, work 2d point		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115024825 A (KECHI MEDICAL TECHNOLOGY (BEIJING) CO., LTD.) 09 September 2022 (2022-09-09) claims 1-20, and description, paragraphs 37-96, and figures 1-9	1-30
PX	CN 115024826 A (KECHI MEDICAL TECHNOLOGY (BEIJING) CO., LTD.) 09 September 2022 (2022-09-09) claims 1-16, and description, paragraphs 33-92, and figures 1-9	1-30
X	CN 106175935 A (MICROPORT (SHANGHAI) SURGICAL ROBOTICS CO., LTD.) 07 December 2016 (2016-12-07) description, paragraphs 53-75, and figures 1-11	1-30
X	WO 2019240453 A1 (MEERE COMPANY INC.) 19 December 2019 (2019-12-19) description, paragraphs 37-147, and figures 1-7	1-30
A	US 2017258548 A1 (HIWIN TECHNOLOGIES CORP.) 14 September 2017 (2017-09-14) entire document	1-16
A	CN 114469355 A (SHENZHEN JINGFENG MEDICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 May 2022 (2022-05-13) description, paragraphs 54-126, and figures 1-13	1-30
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 06 December 2023		Date of mailing of the international search report 08 December 2023
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/112423

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	115024825	A	09 September 2022	None			
CN	115024826	A	09 September 2022	None			
CN	106175935	A	07 December 2016	WO	2018000871	A1	04 January 2018
WO	2019240453	A1	19 December 2019	None			
US	2017258548	A1	14 September 2017	JP	6110527	B1	05 April 2017
				JP	2017131406	A	03 August 2017
				US	10610323	B2	07 April 2020
CN	114469355	A	13 May 2022	None			
US	2013325032	A1	05 December 2013	EP	3915504	A1	01 December 2021
				JP	2015519146	A	09 July 2015
				JP	6411999	B2	24 October 2018
				KR	20210025136	A	08 March 2021
				KR	102314511	B1	19 October 2021
				EP	2854686	A1	08 April 2015
				EP	2854686	B1	25 August 2021
				US	2016346050	A1	01 December 2016
				US	10390894	B2	27 August 2019
				US	2019328468	A1	31 October 2019
				US	11737834	B2	29 August 2023
				KR	20150023443	A	05 March 2015
				KR	102160691	B1	29 September 2020
				KR	20210128504	A	26 October 2021
				KR	102396142	B1	12 May 2022
				JP	2019048064	A	28 March 2019
				JP	6640947	B2	05 February 2020
				JP	2021176540	A	11 November 2021
				JP	7263441	B2	24 April 2023
				US	9339344	B2	17 May 2016
				JP	2023083381	A	15 June 2023
				WO	2013181526	A1	05 December 2013
				KR	20200113011	A	05 October 2020
				KR	102222959	B1	05 March 2021
				JP	2020062438	A	23 April 2020
				JP	6907299	B2	21 July 2021

<p>A. 主题的分类</p> <p>A61B34/35(2016.01)i</p> <p>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</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC:A61B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS,CNXTXT,CNKI,VEN,WPABSC,ENTXTC: 机械臂, 平行, 垂直, 关节, 工作点, 不变, 不动, 恒定, manipulat+, robot+, work 2d point</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115024825 A (科弛医疗科技(北京)有限公司) 2022年9月9日 (2022 - 09 - 09) 权利要求1-20, 说明书第37-96段, 图1-9</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115024826 A (科弛医疗科技(北京)有限公司) 2022年9月9日 (2022 - 09 - 09) 权利要求1-16, 说明书第33-92段, 图1-9</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 106175935 A (微创(上海)医疗机器人有限公司) 2016年12月7日 (2016 - 12 - 07) 说明书第53-75段, 图1-11</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>WO 2019240453 A1 (MEERE CO INC) 2019年12月19日 (2019 - 12 - 19) 说明书第37-147段, 图1-7</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2017258548 A1 (HIWIN TECH CORP) 2017年9月14日 (2017 - 09 - 14) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 114469355 A (深圳市精锋医疗科技股份有限公司) 2022年5月13日 (2022 - 05 - 13) 说明书第54-126段, 图1-13</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2013325032 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS) 2013年12月5日 (2013 - 12 - 05) 全文</td> <td>1-30</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 115024825 A (科弛医疗科技(北京)有限公司) 2022年9月9日 (2022 - 09 - 09) 权利要求1-20, 说明书第37-96段, 图1-9	1-30	PX	CN 115024826 A (科弛医疗科技(北京)有限公司) 2022年9月9日 (2022 - 09 - 09) 权利要求1-16, 说明书第33-92段, 图1-9	1-30	X	CN 106175935 A (微创(上海)医疗机器人有限公司) 2016年12月7日 (2016 - 12 - 07) 说明书第53-75段, 图1-11	1-30	X	WO 2019240453 A1 (MEERE CO INC) 2019年12月19日 (2019 - 12 - 19) 说明书第37-147段, 图1-7	1-30	A	US 2017258548 A1 (HIWIN TECH CORP) 2017年9月14日 (2017 - 09 - 14) 全文	1-16	A	CN 114469355 A (深圳市精锋医疗科技股份有限公司) 2022年5月13日 (2022 - 05 - 13) 说明书第54-126段, 图1-13	1-30	A	US 2013325032 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS) 2013年12月5日 (2013 - 12 - 05) 全文	1-30
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 115024825 A (科弛医疗科技(北京)有限公司) 2022年9月9日 (2022 - 09 - 09) 权利要求1-20, 说明书第37-96段, 图1-9	1-30																								
PX	CN 115024826 A (科弛医疗科技(北京)有限公司) 2022年9月9日 (2022 - 09 - 09) 权利要求1-16, 说明书第33-92段, 图1-9	1-30																								
X	CN 106175935 A (微创(上海)医疗机器人有限公司) 2016年12月7日 (2016 - 12 - 07) 说明书第53-75段, 图1-11	1-30																								
X	WO 2019240453 A1 (MEERE CO INC) 2019年12月19日 (2019 - 12 - 19) 说明书第37-147段, 图1-7	1-30																								
A	US 2017258548 A1 (HIWIN TECH CORP) 2017年9月14日 (2017 - 09 - 14) 全文	1-16																								
A	CN 114469355 A (深圳市精锋医疗科技股份有限公司) 2022年5月13日 (2022 - 05 - 13) 说明书第54-126段, 图1-13	1-30																								
A	US 2013325032 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS) 2013年12月5日 (2013 - 12 - 05) 全文	1-30																								
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																										
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“D” 申请人在国际申请中引证的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																										
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2023年12月6日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2023年12月8日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p>		<p>授权官员</p> <p>陈萌</p> <p>电话号码 (+86) 010-62085163</p>																								

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/112423

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	115024825	A	2022年9月9日	无			
CN	115024826	A	2022年9月9日	无			
CN	106175935	A	2016年12月7日	WO	2018000871	A1	2018年1月4日
WO	2019240453	A1	2019年12月19日	无			
US	2017258548	A1	2017年9月14日	JP	6110527	B1	2017年4月5日
				JP	2017131406	A	2017年8月3日
				US	10610323	B2	2020年4月7日
CN	114469355	A	2022年5月13日	无			
US	2013325032	A1	2013年12月5日	EP	3915504	A1	2021年12月1日
				JP	2015519146	A	2015年7月9日
				JP	6411999	B2	2018年10月24日
				KR	20210025136	A	2021年3月8日
				KR	102314511	B1	2021年10月19日
				EP	2854686	A1	2015年4月8日
				EP	2854686	B1	2021年8月25日
				US	2016346050	A1	2016年12月1日
				US	10390894	B2	2019年8月27日
				US	2019328468	A1	2019年10月31日
				US	11737834	B2	2023年8月29日
				KR	20150023443	A	2015年3月5日
				KR	102160691	B1	2020年9月29日
				KR	20210128504	A	2021年10月26日
				KR	102396142	B1	2022年5月12日
				JP	2019048064	A	2019年3月28日
				JP	6640947	B2	2020年2月5日
				JP	2021176540	A	2021年11月11日
				JP	7263441	B2	2023年4月24日
				US	9339344	B2	2016年5月17日
				JP	2023083381	A	2023年6月15日
				WO	2013181526	A1	2013年12月5日
				KR	20200113011	A	2020年10月5日
				KR	102222959	B1	2021年3月5日
				JP	2020062438	A	2020年4月23日
				JP	6907299	B2	2021年7月21日