

(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
2018 年 3 月 8 日 (08.03.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/041196 A1

- (51) 国际专利分类号:
A61B 34/35 (2016.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/099846
- (22) 国际申请日: 2017 年 8 月 31 日 (31.08.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610796033.0 2016年8月31日 (31.08.2016) CN
- (71) 申请人: 北京术锐技术有限公司 (BEIJING SURGERII TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市东川路555号紫竹国家高新技术产业开发区5号楼203D室, Shanghai 200241 (CN)。
- (72) 发明人: 徐凯 (XU, Kai); 中国上海市东川路555号紫竹国家高新技术产业开发区5号楼

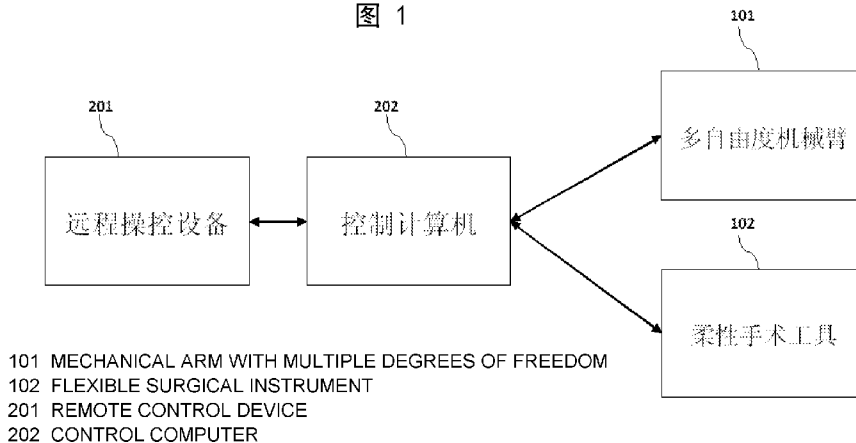
203D室, Shanghai 200241 (CN)。 赵江然(ZHAO, Jiangran); 中国上海市东川路555号紫竹国家高新技术产业开发区5号楼203D室, Shanghai 200241 (CN)。 戴正晨(DAI, Zhengchen); 中国上海市东川路555号紫竹国家高新技术产业开发区5号楼203D室, Shanghai 200241 (CN)。 阳志雄(YANG, Zhixiong); 中国上海市东川路555号紫竹国家高新技术产业开发区5号楼203D室, Shanghai 200241 (CN)。 朱志军(ZHU, Zhijun); 中国上海市东川路555号紫竹国家高新技术产业开发区5号楼203D室, Shanghai 200241 (CN)。 梁博(LIANG, Bo); 中国上海市东川路555号紫竹国家高新技术产业开发区5号楼203D室, Shanghai 200241 (CN)。

(74) 代理人: 上海智晟知识产权代理事务所 (特殊普通合伙) (ZHISHENG IP, LLP); 中国

(54) Title: FLEXIBLE SURGICAL INSTRUMENT SYSTEM AND CONTROL METHOD FOR SAME UNDER CONSTRAINT OF MOTION

(54) 发明名称: 一种柔性手术工具系统及其在运动约束下的控制方法

图 1



(57) Abstract: Disclosed are a flexible surgical instrument system and a control method for the system under constraint of motion, comprising a flexible surgical instrument system composed of a mechanical arm with multiple degrees of freedom (101), a flexible surgical instrument (102), a remote control device (201) and a control computer (202). The method comprises: obtaining a target posture (302) of a surgical actuator (107) according to a status signal (301) from the remote control device (201); obtaining a current posture (305) of the surgical actuator (107) according to a joint position value (303) of the mechanical arm with multiple degrees of freedom (101) and a structural segment turning angle value (304) of the flexible surgical instrument (102); obtaining an expected speed (306) of the surgical actuator (107) according to the target posture (302) of the surgical actuator (107) and the current posture (305) of

上海市徐汇区钦州北路1089号51号楼501室, Shanghai 200233 (CN)。

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

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

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

the surgical actuator (107); acquiring a motion-restrained condition (309) applied to an outer sleeve (105) by sheaths (103, 108), and obtaining a joint speed (311) of the mechanical arm with multiple degrees of freedom (101) and a structural segment turning speed (312) of the flexible surgical instrument (102) according to the motion-restrained condition (309) and the expected speed (306) of the surgical actuator (107); obtaining a target joint position value (313) of the mechanical arm with multiple degrees of freedom (101) and a target structural segment turning angle value (314) of the flexible surgical instrument (102), and sending same to the corresponding controller so as to drive various structural segments; and controlling the loop until the end, and repeatedly executing the actions of the above steps in cycles.

(57) 摘要: 一种柔性手术工具系统及其在运动约束下的控制方法, 其包括由多自由度机械臂(101)、柔性手术工具(102)、远程操控设备(201)和控制计算机(202)构成的柔性手术工具系统; 根据远程操控设备(201)状态信号(301)得出手术执行器(107)目标位姿(302); 根据多自由度机械臂(101)关节位置值(303)和柔性手术工具(102)构节弯转角度值(304), 得出手术执行器(107)当前位姿(305); 根据手术执行器(107)目标位姿(302)和手术执行器(107)当前位姿(305)得出手术执行器(107)期望速度(306); 获取鞘套(103, 108)施加于外套管(105)的运动限定条件(309), 根据运动限定条件(309)和手术执行器(107)期望速度(306), 得出多自由度机械臂(101)关节速度(311)以及柔性手术工具(102)构节弯转速度(312); 获得多自由度机械臂(101)目标关节位置值(313)、柔性手术工具(102)目标构节弯转角度值(314), 并将其发送到相应控制器以驱动各个构节; 控制循环结束并重复循环执行上述步骤的动作。

一种柔性手术工具系统及其在运动约束下的控制方法

相关申请的交叉引用

本专利申请要求于 2016 年 8 月 31 日提交的、申请号为 201610796033.0、发明
5 名称为“一种柔性手术工具系统及其在运动约束下的控制方法”的中国专利申请的
优先权，该申请的全文以引用的方式并入本文中。

技术领域

本发明涉及一种医疗器械及其控制方法，特别是关于一种柔性手术工具系统及其
10 其在运动约束下的控制方法。

背景技术

微创腔镜手术因其创口小、术后恢复快，已经在外科手术中占据了重要的地位。
机器人辅助的腔镜手术可大大简化医生的操作，同时提高操作精度。现有 Intuitive
15 Surgical 公司的 da Vinci 手术机器人辅助医生完成多孔腹腔镜微创手术，取得了
商业上的巨大成功。相较末端通过杆件串联铰接实现有限弯转自由度的传统刚性手
术器械，柔性手术器械可实现进一步的微型化和更好的运动性能，是下一代微创腔
镜手术器械发展的重要研究方向。

在机器人辅助的微创腔镜手术过程中，手术器械在机器人或机械臂的携带下经
20 固定于皮肤切口处的鞘套进入患者体内以完成手术操作。在手术操作过程中，须最
大限度的减小手术器械的运动对鞘套空间位置的影响以减少对皮肤切口的牵拉。因
此，机器人辅助的腔镜手术系统需要在满足上述运动约束下完成手术操作。现存的
解决方案多采用机械结构设计如远程运动中心（Remote Center of Motion， RCM）
机构以满足上述运动约束，使用灵活性不高。

25

发明内容

针对上述问题，本发明的目的是提供一种柔性手术工具系统在运动约束下的控
制方法，该方法能在不采用专用远程运动中心机构的条件下，实现手术工具系统在
鞘套运动约束下的灵活操控。

30 本发明的另一目的是提供一种柔性手术工具系统，该系统可经单一手术切口，
较好地应用于单孔腹腔镜微创手术机器人系统，亦可应用于多孔腹腔镜手术机器人系

统。

为实现上述目的，本发明采取以下技术方案：一种柔性手术工具系统在运动约束下的控制方法，该方法包括以下步骤：1) 设置一柔性手术工具系统，其包括多自由度机械臂、柔性手术工具、远程操控设备和控制计算机；柔性手术工具包括柔性手术工具驱动单元、外套管、柔性多构节臂体和手术执行器；2) 所述远程操控设备将远程操控设备状态信号传输至所述控制计算机，所述控制计算机接收所述远程操控设备状态信号后并根据配准、映射关系换算得出手术执行器目标位姿；3) 所述控制计算机分别接收由所述多自由度机械臂反馈的多自由度机械臂关节位置值和所述柔性手术工具反馈的柔性手术工具构节弯转角度值，并根据所述多自由度机械臂和所述柔性手术工具的机械构型采用机器人正向运动学模型换算得出手术执行器当前位姿；4) 所述控制计算机根据所述手术执行器目标位姿和所述手术执行器当前位姿计算得出手术执行器期望速度；5) 所述控制计算机根据所述多自由度机械臂关节位置值、所述柔性手术工具构节弯转角度值以及鞘套空间位置，并利用机器人正向运动学模型计算得出鞘套当前相对外套管位置；6) 通过所述鞘套当前相对外套管位置得到鞘套施加于外套管的运动限定条件；根据所述运动限定条件和所述手术执行器期望速度，应用多优先级目标下的逆运动学算法计算得出多自由度机械臂关节速度以及柔性手术工具构节弯转速度；7) 根据所述多自由度机械臂关节速度以及预设的控制循环时间，计算得出多自由度机械臂目标关节位置值，并将其发送到所述多自由度机械臂的控制器以驱动各个关节；8) 根据所述柔性手术工具构节弯转速度以及所述控制循环时间，计算得出柔性手术工具目标构节弯转角度值，并将其发送到所述柔性手术工具的控制器以驱动各个构节；9) 控制循环结束并重复循环执行所述步骤2)至所述步骤8)的动作。

优选地，所述步骤4)中，所述手术执行器期望速度计算方式如下：

$$\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \mathbf{v} \\ \boldsymbol{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{\text{lim}} (\mathbf{p}_t - \mathbf{p}_c) / \|\mathbf{p}_t - \mathbf{p}_c\| \\ \omega_{\text{lim}} \text{rot}_t^{-1}(\mathbf{R}_t \mathbf{R}_c^T) \end{bmatrix},$$

式中， $\dot{\mathbf{x}}$ 为手术执行器速度向量，包括线速度向量 $\mathbf{v}$ 与角速度向量 $\boldsymbol{\omega}$ ； $\mathbf{p}_t$ 为手术执行器目标位置，即手术执行器目标位姿中包含的位置向量； $\mathbf{R}_t$ 为手术执行器目标姿态旋转矩阵，即手术执行器目标位姿中包含的姿态矩阵； $\mathbf{p}_c$ 为手术执行器当前位置，即手术执行器当前位姿中包含的位置向量； $\mathbf{R}_c$ 为手术执行器当前姿态旋转矩阵，即手术执行器当前位姿中包含的姿态矩阵； v_{lim} 为手术执行器线速度限定值； ω_{lim} 为手术执行器角速度限定值； $\text{rot}_t^{-1}(\mathbf{R}_t \mathbf{R}_c^T)$ 为从手术执行器当前姿态旋转到手术执行

器目标姿态所需围绕的旋转轴线的单位向量, $\hat{\mathbf{r}}$ 为标明 $\text{rot}_r^{-1}(\mathbf{R}_r \mathbf{R}_c^T)$ 是单位向量。

优选地, 所述步骤 5) 中, 所述鞘套空间位置为鞘套固定于手术切口的空间位置。

5 优选地, 所述步骤 6) 中, 所述运动限定条件为外套管处于鞘套中特定固定点的速度方向应与通过外套管的通道轴线在所述特定固定点的切向方向一致; 所述特定固定点为鞘套中用于通过外套管的通道轴线与皮肤切口的交点。

优选地, 所述步骤 6) 中, 多优先级目标下的逆运动学算法为:

$$\mathbf{C} = \mathbf{H}\dot{\mathbf{q}} \quad \mathbf{C} = \mathbf{v}_{RCM\perp} = \mathbf{0}$$

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{J}\dot{\mathbf{q}}$$

$$\dot{\mathbf{q}} = (\mathbf{I} - \mathbf{H}^+ \mathbf{H})(\mathbf{J}(\mathbf{I} - \mathbf{H}^+ \mathbf{H}))^+ \dot{\mathbf{x}}$$

10 式中, $\mathbf{C}$ 为运动限定条件; $\mathbf{H}$ 为运动限定条件的雅克比矩阵; $\dot{\mathbf{q}}$ 为多自由度机械臂关节速度及柔性手术工具构节弯转速度组成的向量; $\mathbf{v}_{RCM\perp}$ 为外套管位于鞘套中特定固定点处垂直于该外套管的通道轴线在该特定固定点的切线方向的速度向量; $\dot{\mathbf{x}}$ 为手术执行器期望速度向量; $\mathbf{J}$ 为手术执行器的雅克比矩阵。

15 一种实现上述控制方法的柔性手术工具系统, 其特征在于: 该系统包括多自由度机械臂、柔性手术工具、远程操控设备和控制计算机; 所述远程操控设备与所述控制计算机进行信息交互, 所述远程操控设备将对所述多自由度机械臂、所述柔性手术工具的期望控制信息传输至所述控制计算机; 所述控制计算机分别与所述多自由度机械臂、所述柔性手术工具进行信息交互, 分别向所述多自由度机械臂、所述柔性手术工具传输控制信号, 并接收由所述多自由度机械臂、所述柔性手术工具反

20 馈回的当前状态, 该当前状态包括所述多自由度机械臂和所述柔性手术工具的运动姿态和受到外扰动信息; 所述控制计算机将接收到的信息处理后返回至所述远程操控设备, 所述远程操控设备输出作用力, 以体现所述多自由度机械臂和所述柔性手术工具的运动滞后程度或所受外扰动信息; 所述控制信号在以太网构建的连接上传输。

25 优选地, 所述多自由度机械臂配有机臂控制器, 用于接收来自以太网的控制信号, 再通过控制器局域网络总线传递给电机驱动器以驱动相应电机运动; 所述多自由度机械臂各个关节安装有旋转角度传感器, 用于实时检测所述多自由度机械臂关节位置值, 并以反馈信号的方式通过控制器局域网络总线传递给所述机械臂控制器, 所述机械臂控制器将反馈信号通过以太网传输到所述控制计算机进行控制循环

30 的计算。

优选地，所述柔性手术工具中设置有柔性手术工具控制器，接收来自以太网的控制信号，再通过控制器局域网络总线传递给电机驱动器以驱动相应电机运动；所述柔性手术工具中各个电机的输出轴上安装有旋转角度传感器，将所实时测得的输出轴旋转角度以反馈信号的方式通过控制器局域网络总线传递给所述柔性手术工具控制器，所述柔性手术工具控制器执行正运动学算法，得到柔性手术工具构节弯转角度值，并以反馈信号的形式通过以太网传输到所述控制计算机进行控制循环的计算。

优选地，所述控制计算机通过局域网络总线以广播的方式将控制信号传输到所述多自由度机械臂以及所述柔性手术工具各关节电机驱动器，所述多自由度机械臂以及所述柔性手术工具中各关节电机驱动器选择性的读取所对应控制信号用以驱动相应电机运动；所述多自由度机械臂各个关节、所述柔性手术工具中各个电机的输出轴上均安装有旋转角度传感器。

优选地，所述柔性手术工具固定在所述多自由度机械臂末端，所述多自由度机械臂具有多个自由度；所述柔性手术工具包括柔性手术工具驱动单元、外套管、柔性多构节臂体和手术执行器；所述手术执行器为机械式、能量式或传感式手术执行器，其固定于所述柔性多构节臂体末端，所述柔性多构节臂体的一端通过所述外套管引导连接到所述柔性手术工具驱动单元中；使用时，所述外套管穿过固定于皮肤切口处的鞘套。

本发明由于采取以上技术方案，其具有以下优点：本发明包括多自由度机械臂、柔性手术工具、远程操控设备和控制计算机，通过远程操控设备与控制计算机信息交互，控制计算机分别与多自由度机械臂、柔性手术工具进行信息交互，实施了多自由度机械臂携带并在鞘套运动约束下改换柔性手术工具位姿，辅以柔性手术工具柔性臂体任意方向下的精准弯转，实现了柔性手术工具远端手术执行器的灵活运动。

附图说明

图 1 是本发明柔性手术工具系统控制架构示意图；

图 2a 是本发明柔性手术工具系统结构示意图；

图 2b 是本发明柔性手术工具系统中具有多个通道的鞘套结构示意图；

图 2c 是本发明柔性手术工具系统中单通道鞘套结构示意图；

图 3 是本发明柔性手术工具系统在运动约束下的控制方法流程示意图。

具体实施方式

以下将结合附图对本发明的较佳实施例进行详细说明，以便更清楚理解本发明的目的、特点和优点。应理解的是，附图所示的实施例并不是对本发明范围的限制，而只是为了说明本发明技术方案的实质精神。

如图 1 所示，本发明提供一种柔性手术工具系统，其包括多自由度机械臂 101、柔性手术工具 102、远程操控设备 201 和控制计算机 202。远程操控设备 201 与控制计算机 202 进行信息交互，由远程操控设备 201 将对多自由度机械臂 101、柔性手术工具 102 的期望控制信息传输至控制计算机 202；控制计算机 202 分别与多自由度机械臂 101、柔性手术工具 102 进行信息交互，控制计算机 202 分别向多自由度机械臂 101、柔性手术工具 102 传输控制信号，并接收由多自由度机械臂 101、柔性手术工具 102 反馈回的当前状态，该当前状态包括但不限于多自由度机械臂 101 和柔性手术工具 102 的运动姿态和受到外扰动信息，控制计算机 202 将接收到的信息处理后返回至远程操控设备 201，远程操控设备 201 输出一定作用力，以体现多自由度机械臂 101 和柔性手术工具 102 的运动滞后程度或所受外扰动信息。优选的，前述控制信号在以太网构建的连接上传输。

上述各实施例中，多自由度机械臂 101 配有机械臂控制器，用于接收来自以太网的控制信号，再通过控制器局域网络总线（CAN）传递给电机驱动器以驱动相应电机运动，进而驱动多自由度机械臂 101 动作。多自由度机械臂 101 各个关节安装有旋转角度传感器，用于实时检测多自由度机械臂关节位置值 303，并以反馈信号的方式通过控制器局域网络总线（CAN）传递给机械臂控制器，机械臂控制器将反馈信号（包含多自由度机械臂关节位置值 303）通过以太网传输到控制计算机 202 进行控制循环的计算。

上述各实施例中，柔性手术工具 102 中设置有基于 ARM 芯片的嵌入式计算机，该嵌入式计算机为柔性手术工具控制器，接收来自以太网的控制信号，再通过控制器局域网络总线（CAN）传递给电机驱动器以驱动相应电机运动，进而驱动柔性手术工具 102。柔性手术工具 102 中各个电机的输出轴上安装有旋转角度传感器，将所实时测得的输出轴旋转角度以反馈信号的方式通过控制器局域网络总线（CAN）传递给柔性手术工具控制器，柔性手术工具控制器执行正运动学算法，得到柔性手术工具构节弯转角度值 304，并以反馈信号的形式通过以太网传输到控制计算机 202 进行控制循环的计算。

在一个优选的实施例中，多自由度机械臂 101 和柔性手术工具 102 中均不存在独自的控制器。优选的，控制计算机 202 通过控制器局域网络总线（CAN）以广播的方式将所有关节控制信号传输到多自由度机械臂 101 以及柔性手术工具 102 各关节电机驱动器。多自由度机械臂 101 以及柔性手术工具 102 中各关节电机驱动器选择性的读取所对应控制信号用以驱动相应电机运动。相似的，多自由度机械臂 101 中的旋转角度传感器将实时检测的多自由度机械臂关节位置值 303，以反馈信号的方式通过控制器局域网络总线（CAN）传输到控制计算机 202 进行控制循环的计算；柔性手术工具 102 中的旋转角度传感器将所实时测得的输出轴旋转角度以反馈信号的方式通过控制器局域网络总线（CAN）传递给控制计算机 202，控制计算机 202 执行正运动学算法，得到柔性手术工具构节弯转角度值 304，并进行控制循环的计算。

如图 2a~图 2c 所示，柔性手术工具 102 固定在多自由度机械臂 101 末端；多自由度机械臂 101 具有多个自由度（通常大于等于六），可携带柔性手术工具 102 实现空间大范围的位姿变换。柔性手术工具 102 包括柔性手术工具驱动单元 104、外套管 105、柔性多构节臂体 106 和手术执行器 107。手术执行器 107 固定于柔性多构节臂体 106 末端，柔性多构节臂体 106 的一端通过外套管 105 引导连接到柔性手术工具驱动单元 104 中。在本实施例中，外套管 105 可以采用直管或者任意曲线的弯曲刚性管道，其前段为刚性直管，后段为刚性圆弧形弯管。外套管 105 穿过固定于皮肤切口处的鞘套 103，该鞘套 103 具有多个通道，为单孔腹腔镜手术所需的器械（一般为三个手术工具及一个成像照明工具）提供通道，其中的手术工具通道为倾斜通道，该通道不仅允许外套管的进给和绕其自身轴线的旋转运动，还不限制外套管 105 以鞘套空间位置为旋转中心，向任意方向的偏转运动。使用时，多自由度机械臂 101 携带柔性手术工具 102，使其手术执行器 107，柔性多构节臂体 106 以及部分外套管 105 通过鞘套 103 所提供通道进入患者体内。外套管 105 为预弯曲套管时，有助于通过鞘套 103 的多支柔性臂体 106 在初始直态时形成三角拱立的手术姿态，进而施展单孔腹腔镜手术。

在使用时，多自由度机械臂 101 可实现柔性手术工具 102 的大范围运动，柔性手术工具 102 可实现柔性多构节臂体 106 在病人体内的小范围精确灵活运动以及对手术执行器 107 的驱动。需要注意的是，当多自由度机械臂 101 携带柔性手术工具 102 进行手术操作时，需保证柔性手术工具 102 中外套管 105 处于固定于皮肤切口处的鞘套 103 所提供的通道中，该外套管 105 始终绕特定固定点（即鞘套 103 或鞘套 108 中用于通过外套管 105 的通道轴线与皮肤切口的交点）进行偏转运动，并只

产生沿前述通道的轴线方向的线性进给运动和绕该轴线的旋转运动，以避免手术操作时外套管 105 连同鞘套 103 对皮肤切口产生牵拉。

在一个优选的实施例中，如图 2 所示，本实施例展示的外套管 105 为刚性直套管时，其可穿过仅包含一个通道的鞘套 108，该鞘套 108 同样固定于皮肤切口处，
5 该柔性手术工具系统中的外套管 105、柔性多构节臂体 106、手术执行器 107 同样可通过多个鞘套 108，进而施展多腹腔镜手术。

上述各实施例中，手术执行器 107 可为机械式手术执行器，如手术钳、剪刀、止血钳等；手术执行器 107 也可可为能量式手术执行器，如电切刀、电凝头等；手术执行器 107 也可可为力传感器件，测量该手术执行器 107 本身所受外扰动。手术执行器 107 固定于柔性多构节臂体 106 末端，柔性多构节臂体 106 为具有一个或多个可向任意方向弯转的柔性构节结构，每个柔性构节结构的向任意方向弯转可通过柔性手术工具构节弯转角度值来参数化表示，该柔性手术工具构节弯转角度值包括该柔性构节结构的弯转平面指向角度值及在该弯转平面中的弯转角度值。

上述各实施例中，柔性手术工具驱动单元 104 中包括机械传动结构以及电机驱动器 15 等，可实现对柔性多构节臂体 106 以及手术执行器 107 的运动驱动。

如图 3 所示，本发明基于上述柔性手术工具系统，还提供一种柔性手术工具系统在运动约束下的控制方法，由控制计算机 202 实现循环控制，其包括以下步骤：

1) 由远程操控设备 201 将远程操控设备状态信号 301 传输至控制计算机 202，由控制计算机 202 接收远程操控设备状态信号 301 并根据配准、映射关系换算得出手术执行器目标位姿 302；
20

其中，远程操控设备状态信号 301 包括期望的手术执行器 107 的位置和指向信号。

2) 控制计算机 202 分别接收由多自由度机械臂 101 反馈的多自由度机械臂关节位置值 303 和柔性手术工具 102 反馈的柔性手术工具构节弯转角度值 304（即各构节结构弯转角度值），并根据多自由度机械臂 101 和柔性手术工具 102 的机械构型采用机器人正向运动学模型换算得出手术执行器 107 当前位姿 305。
25

3) 控制计算机 202 根据手术执行器目标位姿 302 和手术执行器当前位姿 305 计算得出手术执行器期望速度 306（包括线速度和角速度）。

具体算法如下：

$$\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \mathbf{v} \\ \boldsymbol{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{\lim} (\mathbf{p}_t - \mathbf{p}_c) / \|\mathbf{p}_t - \mathbf{p}_c\| \\ \omega_{\lim} \text{rot}_t^{-1}(\mathbf{R}_t \mathbf{R}_c^T) \end{bmatrix},$$

式中， $\dot{\mathbf{x}}$ 为手术执行器 107 速度向量（即手术执行器期望速度 306），包括线速度向量 $\mathbf{v}$ 与角速度向量 $\boldsymbol{\omega}$ ； $\mathbf{p}_t$ 为手术执行器目标位置，即手术执行器目标位姿 302 中包含的位置向量； $\mathbf{R}_t$ 为手术执行器目标姿态旋转矩阵，即手术执行器目标位姿 302 中包含的姿态矩阵； $\mathbf{p}_c$ 为手术执行器当前位置，即手术执行器当前位姿 305 中包含的位置向量； $\mathbf{R}_c$ 为手术执行器当前姿态旋转矩阵，即手术执行器当前位姿 305 中包含的姿态矩阵； $v_{\lim}$ 为手术执行器线速度限定值，即人为设定参数； $\omega_{\lim}$ 为手术执行器角速度限定值，即人为设定参数； $\text{rot}_{\hat{\mathbf{r}}}^{-1}(\mathbf{R}_t \mathbf{R}_c^T)$ 为从手术执行器当前姿态旋转到手术执行器目标姿态所需围绕的旋转轴线的单位向量， $\hat{\mathbf{r}}$ 为标明 $\text{rot}_{\hat{\mathbf{r}}}^{-1}(\mathbf{R}_t \mathbf{R}_c^T)$ 是单位向量。

4) 控制计算机 202 根据多自由度机械臂关节位置值 303、柔性手术工具构节弯转角度值 304 以及鞘套空间位置 307，并利用机器人正向运动学模型计算得出鞘套当前相对外套管位置 308；

鞘套空间位置 307 为鞘套 103 或鞘套 108 固定于手术切口的空间位置。

5) 通过鞘套当前相对外套管位置 308 可以得到鞘套施加于外套管的运动限定条件 309；根据运动限定条件 309 和手术执行器期望速度 306，应用多优先级目标下的逆运动学算法 310 计算得出多自由度机械臂关节速度 311 以及柔性手术工具构节弯转速度 312；

运动限定条件 309 为外套管 105 处于鞘套 103 或鞘套 108 中特定固定点（即鞘套 103 或鞘套 108 中用于通过外套管 105 的通道轴线与皮肤切口的交点）的速度方向应与通过外套管 105 的通道轴线在该特定固定点的切向方向一致，以保证外套管 105 的运动不会使得鞘套 103 牵拉手术切口。

6) 根据多自由度机械臂关节速度 311 以及预设的控制循环时间 315，计算得出多自由度机械臂目标关节位置值 313，并将其发送到多自由度机械臂 101 的控制器以驱动各个关节。

7) 根据柔性手术工具构节弯转速度 312 以及控制循环时间 315，计算得出柔性手术工具目标构节弯转角度值 314，并将其发送到柔性手术工具 102 的控制器以驱动各个构节。

8) 控制循环结束并重复循环执行上述步骤 1) 至步骤 7) 的动作。

上述步骤 5) 中，多优先级目标下逆运动学算法 310 如下：

$$\begin{aligned} \mathbf{C} &= \mathbf{H}\dot{\mathbf{q}} & \mathbf{C} &= \mathbf{v}_{RCM\perp} = \mathbf{0} \\ \dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{J}\dot{\mathbf{q}} \end{aligned}$$

$$\dot{\mathbf{q}} = (\mathbf{I} - \mathbf{H}^+ \mathbf{H})(\mathbf{J}(\mathbf{I} - \mathbf{H}^+ \mathbf{H}))^+ \dot{\mathbf{x}}$$

5 式中， $\mathbf{C}$ 为运动限定条件； $\mathbf{h}$ 为运动限定条件的雅克比矩阵； $\dot{\mathbf{q}}$ 为多自由度机械臂关节速度 311 及柔性手术工具构节弯转速度 312 组成的向量； $\mathbf{v}_{RCM\perp}$ 为外套管 105 位于鞘套 103 或鞘套 108 中特定固定点处垂直于该外套管 105 轴线在该特定固定点的切线方向的速度向量； $\dot{\mathbf{x}}$ 为手术执行器 107 速度向量（即手术执行器期望速度 306，包括线速度与角速度）； $\mathbf{J}$ 为手术执行器 107 的雅克比矩阵。

多优先级目标下的逆运动学算法 310 是通过结合手术执行器 107 的雅克比矩阵和运动限定条件的雅克比矩阵得出改进的雅克比矩阵进行逆运动学运算，既满足了鞘套施加于外套管的运动限制条件 309，又保证了手术执行器期望速度 306 的实现。

10 上述各实施例仅用于说明本发明，各部件的结构、尺寸、设置位置及形状都是可以有所变化的，在本发明技术方案的基础上，凡根据本发明原理对个别部件进行的改进和等同变换，均不应排除在本发明的保护范围之外。

权 利 要 求

1、一种柔性手术工具系统在运动约束下的控制方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

5 1) 设置一柔性手术工具系统，其包括多自由度机械臂、柔性手术工具、远程操控设备和控制计算机；柔性手术工具包括柔性手术工具驱动单元、外套管、柔性多构节臂体和手术执行器；

10 2) 所述远程操控设备将远程操控设备状态信号传输至所述控制计算机，所述控制计算机接收所述远程操控设备状态信号后并根据配准、映射关系换算得出手术执行器目标位姿；

3) 所述控制计算机分别接收由所述多自由度机械臂反馈的多自由度机械臂关节位置值和所述柔性手术工具反馈的柔性手术工具构节弯转角度值，并根据所述多自由度机械臂和所述柔性手术工具的机械构型采用机器人正向运动学模型换算得出手术执行器当前位姿；

15 4) 所述控制计算机根据所述手术执行器目标位姿和所述手术执行器当前位姿计算得出手术执行器期望速度；

5) 所述控制计算机根据所述多自由度机械臂关节位置值、所述柔性手术工具构节弯转角度值以及鞘套空间位置，并利用机器人正向运动学模型计算得出鞘套当前相对外套管位置；

20 6) 通过所述鞘套当前相对外套管位置得到鞘套施加于外套管的运动限定条件；根据所述运动限定条件和所述手术执行器期望速度，应用多优先级目标下的逆运动学算法计算得出多自由度机械臂关节速度以及柔性手术工具构节弯转速度；

25 7) 根据所述多自由度机械臂关节速度以及预设的控制循环时间，计算得出多自由度机械臂目标关节位置值，并将其发送到所述多自由度机械臂的控制器以驱动各个关节；

8) 根据所述柔性手术工具构节弯转速度以及所述控制循环时间，计算得出柔性手术工具目标构节弯转角度值，并将其发送到所述柔性手术工具的控制器以驱动各个构节；

9) 控制循环结束并重复循环执行所述步骤2)至所述步骤8)的动作。

30 2、如权利要求1所述的一种柔性手术工具系统在运动约束下的控制方法，其特征在于：所述步骤4)中，所述手术执行器期望速度计算方式如下：

$$\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \mathbf{v} \\ \boldsymbol{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{\lim} (\mathbf{p}_t - \mathbf{p}_c) / \|\mathbf{p}_t - \mathbf{p}_c\| \\ \omega_{\lim} \text{rot}_f^{-1}(\mathbf{R}_t \mathbf{R}_c^T) \end{bmatrix},$$

式中， $\dot{\mathbf{x}}$ 为手术执行器速度向量，包括线速度向量 $\mathbf{v}$ 与角速度向量 $\boldsymbol{\omega}$ ； $\mathbf{p}_t$ 为手术执行器目标位置，即手术执行器目标位姿中包含的位置向量； $\mathbf{R}_t$ 为手术执行器目标姿态旋转矩阵，即手术执行器目标位姿中包含的姿态矩阵； $\mathbf{p}_c$ 为手术执行器当前位置，即手术执行器当前位姿中包含的位置向量； $\mathbf{R}_c$ 为手术执行器当前姿态旋转矩阵，即手术执行器当前位姿中包含的姿态矩阵； $v_{\lim}$ 为手术执行器线速度限定值； $\omega_{\lim}$ 为手术执行器角速度限定值； $\text{rot}_f^{-1}(\mathbf{R}_t \mathbf{R}_c^T)$ 为从手术执行器当前姿态旋转到手术执行器目标姿态所需围绕的旋转轴线的单位向量， $\hat{\mathbf{r}}$ 为标明 $\text{rot}_f^{-1}(\mathbf{R}_t \mathbf{R}_c^T)$ 是单位向量。

3、如权利要求 1 所述的一种柔性手术工具系统在运动约束下的控制方法，其特征在于：所述步骤 5) 中，所述鞘套空间位置为鞘套固定于手术切口的空间位置。

4、如权利要求 1 所述的一种柔性手术工具系统在运动约束下的控制方法，其特征在于：所述步骤 6) 中，所述运动限定条件为外套管处于鞘套中特定固定点的速度方向应与通过外套管的通道轴线在所述特定固定点的切向方向一致；所述特定固定点为鞘套中用于通过外套管的通道轴线与皮肤切口的交点。

5、如权利要求 1 所述的一种柔性手术工具系统在运动约束下的控制方法，其特征在于：所述步骤 6) 中，多优先级目标下的逆运动学算法为：

$$\mathbf{C} = \mathbf{H}\dot{\mathbf{q}} \quad \mathbf{C} = \mathbf{v}_{RCM\perp} = \mathbf{0}$$

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{J}\dot{\mathbf{q}}$$

$$\dot{\mathbf{q}} = (\mathbf{I} - \mathbf{H}^+ \mathbf{H})(\mathbf{J}(\mathbf{I} - \mathbf{H}^+ \mathbf{H}))^+ \dot{\mathbf{x}}$$

式中， $\mathbf{C}$ 为运动限定条件； $\mathbf{H}$ 为运动限定条件的雅克比矩阵； $\dot{\mathbf{q}}$ 为多自由度机械臂关节速度及柔性手术工具构节弯转速度组成的向量； $\mathbf{v}_{RCM\perp}$ 为外套管位于鞘套中特定固定点处垂直于该外套管的通道轴线在该特定固定点的切线方向的速度向量； $\dot{\mathbf{x}}$ 为手术执行器期望速度向量； $\mathbf{J}$ 为手术执行器的雅克比矩阵。

6、一种实现如权利要求 1 至 5 任一项所述控制方法的柔性手术工具系统，其特征在于：该系统包括多自由度机械臂、柔性手术工具、远程操控设备和控制计算机；所述远程操控设备与所述控制计算机进行信息交互，所述远程操控设备将对所述多自由度机械臂、所述柔性手术工具的期望控制信息传输至所述控制计算机；所述控制计算机分别与所述多自由度机械臂、所述柔性手术工具进行信息交互，分别向所述多自由度机械臂、所述柔性手术工具传输控制信号，并接收由所述多自由度机械臂、所述柔性手术工具反馈回的当前状态，该当前状态包括所述多自由度机械

臂和所述柔性手术工具的运动姿态和受到外扰动信息；所述控制计算机将接收到的信息处理后返回至所述远程操控设备，所述远程操控设备输出作用力，以体现所述多自由度机械臂和所述柔性手术工具的运动滞后程度或所受外扰动信息；所述控制信号在以太网构建的连接上传输。

5 7、如权利要求 6 所述的一种柔性手术工具系统，其特征在于：所述多自由度机械臂配有机械臂控制器，用于接收来自所述以太网的所述控制信号，再通过控制器局域网络总线传递给电机驱动器以驱动相应电机运动；所述多自由度机械臂各个关节安装有旋转角度传感器，用于实时检测所述多自由度机械臂关节位置值，并以反馈信号的方式通过所述控制器局域网络总线传递给所述机械臂控制器，所述机械臂控制器将所述反馈信号通过所述以太网传输到所述控制计算机进行控制循环的计算。

15 8、如权利要求 6 所述的一种柔性手术工具系统，其特征在于：所述柔性手术工具中设置有柔性手术工具控制器，接收来自所述以太网的所述控制信号，再通过控制器局域网络总线传递给电机驱动器以驱动相应电机运动；所述柔性手术工具中各个电机的输出轴上安装有旋转角度传感器，用于实时检测所述输出轴旋转角度，并以反馈信号的方式通过控制器局域网络总线传递给所述柔性手术工具控制器，所述柔性手术工具控制器执行正运动学算法，得到柔性手术工具构节弯转角度值，并以反馈信号的形式通过所述以太网传输到所述控制计算机进行控制循环的计算。

20 9、如权利要求 6 所述的一种柔性手术工具系统，其特征在于：所述控制计算机通过局域网络总线以广播的方式将所述控制信号传输到所述多自由度机械臂以及所述柔性手术工具各关节电机驱动器，所述多自由度机械臂以及所述柔性手术工具中各关节电机驱动器选择性的读取所对应所述控制信号用以驱动相应电机运动；所述多自由度机械臂各个关节、所述柔性手术工具中各个电机的输出轴上均安装有旋转角度传感器。

25 10、如权利要求 6 所述的一种柔性手术工具系统，其特征在于：所述柔性手术工具固定在所述多自由度机械臂末端，所述多自由度机械臂具有多个自由度；所述柔性手术工具包括柔性手术工具驱动单元、外套管、柔性多构节臂体和手术执行器；所述手术执行器为机械式、能量式或传感式手术执行器，其固定于所述柔性多构节臂体末端，所述柔性多构节臂体的一端通过所述外套管引导连接到所述柔性手术工具驱动单元中；使用时，所述外套管穿过固定于皮肤切口处的鞘套。

30

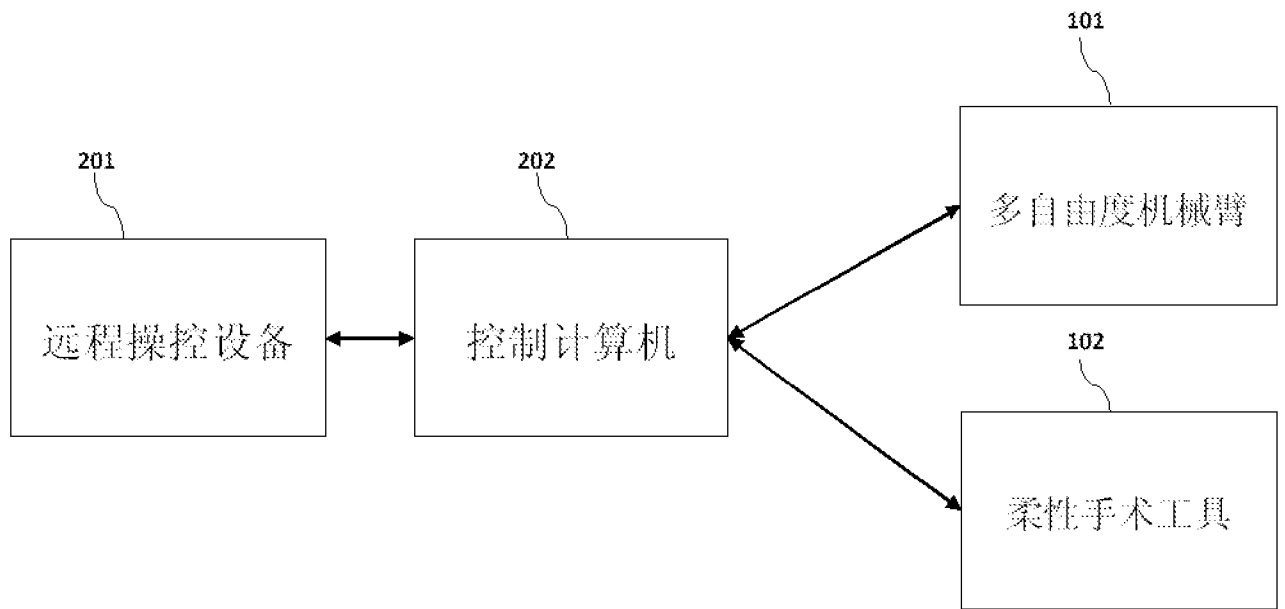


图 1

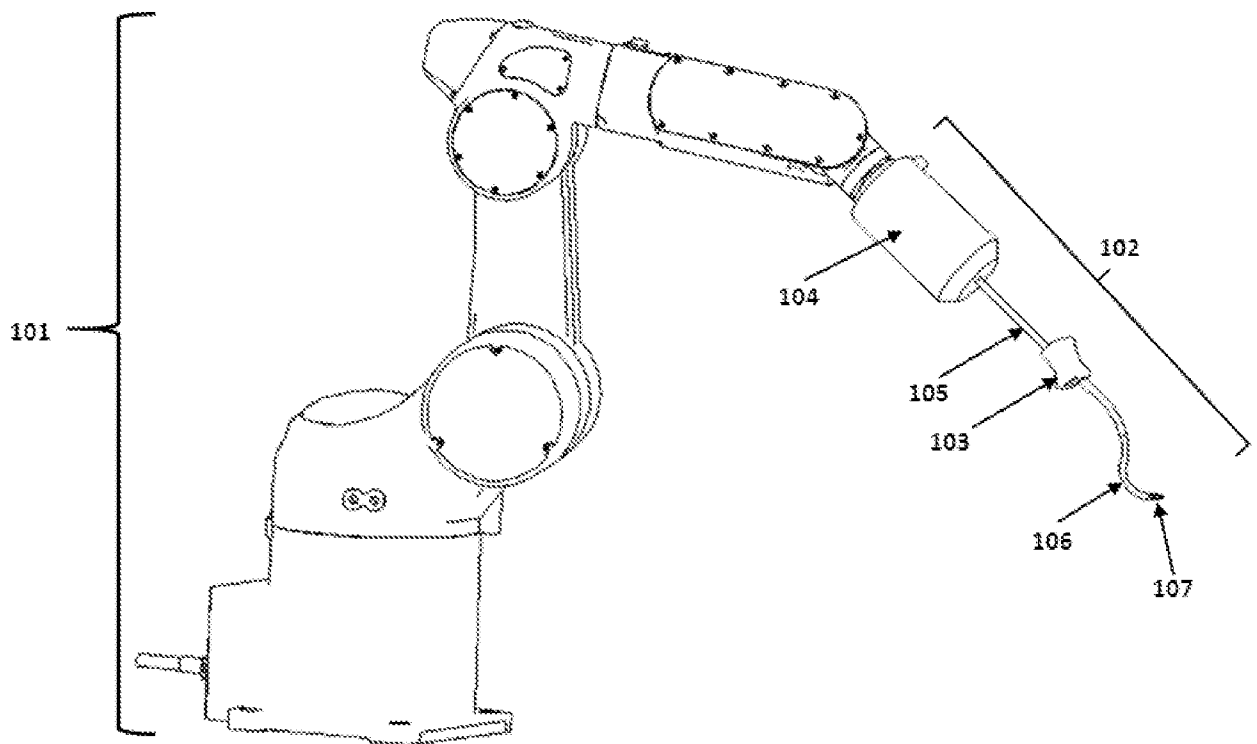


图 2a

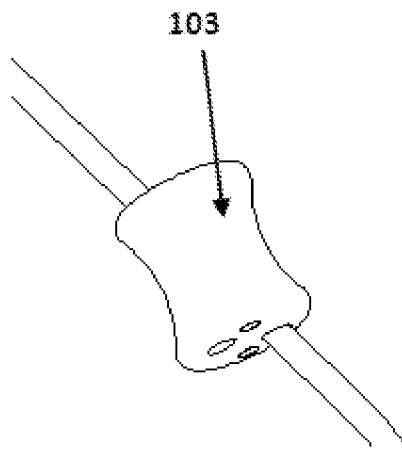


图 2b

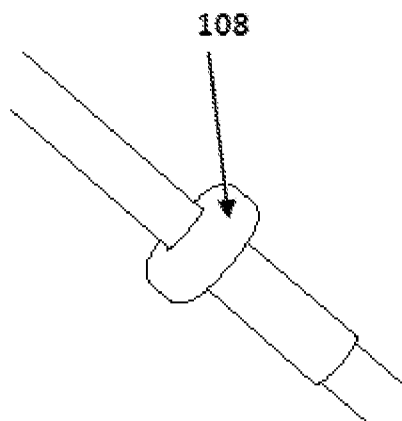


图 2c

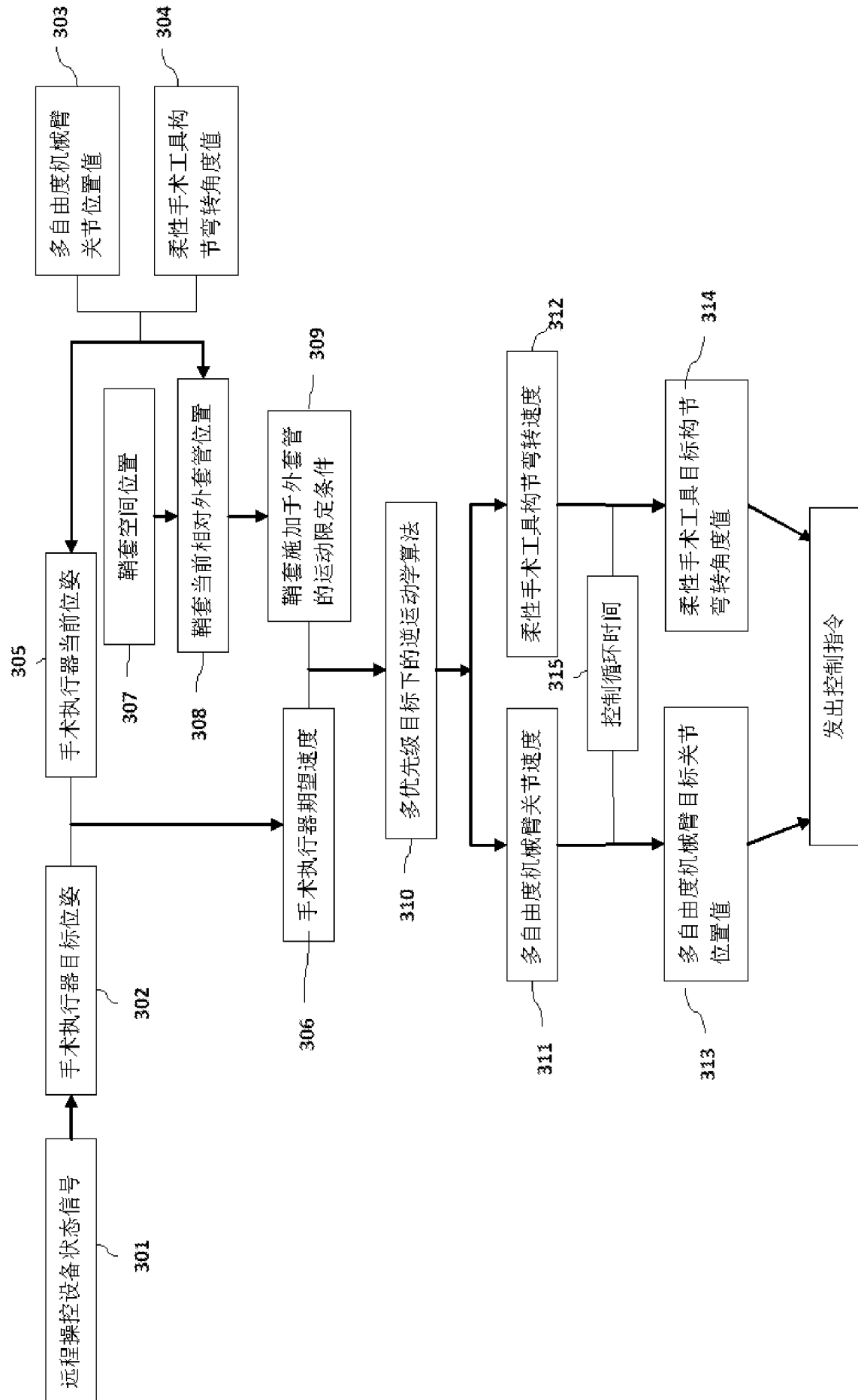


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/099846

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 34/35 (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)

A61B 17/-; A61B 34/-; A61B 19/-

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)

CNPAT; EPODOC; WPI; CNKI: 北京术锐技术有限公司, 徐凯, 赵江然, 戴正晨, 阳志雄, 朱志军, 梁博, 取向, 姿势, 方向, 角度, 速度, 实际, 当前, 方位, 构形, 预期, 处理器, 控制器, 刀口, 切口, 牵拉, 皮肤, 约束, 阈值, 限制, 限定, angle, angular, orient+, position, velocit+, actual, current, real, process+, tip, constraint, limit+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 106361440 A (BEIJING SURGERII TECHNOLOGY CO., LTD.), 01 February 2017 (01.02.2017), claims 1-10	1-10
A	CN 104758055 A (INTUITIVE SURGICAL, INC.), 08 July 2015 (08.07.2015), description, paragraphs [0010], [0049], [0053], [0055], [0060], [0064]-[0065] and [0238], and figures 1-3, 10C, 11 and 15	1-10
A	CN 103200896 A (INTUITIVE SURGICAL, INC.), 10 July 2013 (10.07.2013), entire document	1-10
A	CN 1533745 A (TOSHIBA CORPORATION), 06 October 2004 (06.10.2004), entire document	1-10
A	CN 102018575 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 20 April 2011 (20.04.2011), entire document	1-10
A	US 2013218172 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.), 22 August 2013 (22.08.2013), entire document	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 07 November 2017	Date of mailing of the international search report 30 November 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer LIU, Shanshan Telephone No. (86-10) 61648160

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/099846

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015142796 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.), 24 September 2015 (24.09.2015), entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/099846

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 106361440 A	01 February 2017	None	
CN 104758055 A	08 July 2015	US 8823308 B2	02 September 2014
		US 2011264110 A1	27 October 2011
		US 8786241 B2	22 July 2014
		US 9687310 B2	27 June 2017
		KR 101304272 B1	11 September 2013
		EP 2332480 B1	26 April 2017
		EP 1885273 A2	13 February 2008
		WO 2006124390 A2	23 November 2006
		US 8004229 B2	23 August 2011
		EP 2332481 B1	05 July 2017
		KR 20080047318 A	28 May 2008
		US 2015051733 A1	19 February 2015
		US 8816628 B2	26 August 2014
		EP 2332478 B1	16 August 2017
		KR 20130010092 A	25 January 2013
		EP 2332479 B1	05 July 2017
		EP 2332482 B1	12 April 2017
		US 2007013336 A1	18 January 2007
		EP 2332483 B1	12 April 2017
		EP 2332484 B1	25 January 2017
		EP 2332477 A2	15 June 2011
		EP 2332480 A2	15 June 2011
		KR 101304278 B1	11 September 2013
		US 2017215974 A1	03 August 2017
		EP 1885273 B1	08 February 2012
		US 2015032126 A1	29 January 2015
		KR 20130010091 A	25 January 2013
		US 2017215975 A1	03 August 2017
		EP 2332481 A2	15 June 2011
		US 9554859 B2	31 January 2017
		EP 2332478 A2	15 June 2011
		KR 101304277 B1	11 September 2013
		US 2011270271 A1	03 November 2011
		AT 544414 T	15 February 2012
		US 8749189 B2	10 June 2014
		CN 101227870 A	23 July 2008
		US 2017215976 A1	03 August 2017
		EP 2332482 A2	15 June 2011
		EP 2332479 A2	15 June 2011
		KR 101283407 B1	08 July 2013
		EP 3231386 A1	18 October 2017
		KR 20130010093 A	25 January 2013
		CN 101227870 B	08 August 2012
		US 2011264112 A1	27 October 2011
		US 8749190 B2	10 June 2014
		US 2011264111 A1	27 October 2011
		US 2011264109 A1	27 October 2011
		US 2011264108 A1	27 October 2011
		US 2011276059 A1	10 November 2011

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/099846

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103200896 A	10 July 2013	US 8624537 B2	07 January 2014
		CN 102764159 A	07 November 2012
		CN 102764159 B	21 January 2015
		US 2013325030 A1	05 December 2013
		US 9345544 B2	24 May 2016
		US 2014052298 A1	20 February 2014
		US 9272416 B2	01 March 2016
		US 2014052155 A1	20 February 2014
		US 9107683 B2	18 August 2015
		US 2014052152 A1	20 February 2014
		US 9259280 B2	16 February 2016
		US 2014052151 A1	20 February 2014
		US 9295525 B2	29 March 2016
		US 2014276954 A1	18 September 2014
		US 9375284 B2	28 June 2016
		US 2014276953 A1	18 September 2014
		US 9296104 B2	29 March 2016
		US 2014276952 A1	18 September 2014
		US 9415510 B2	16 August 2016
		US 2014358161 A1	04 December 2014
		US 2016045270 A1	18 February 2016
		US 2016175061 A1	23 June 2016
		US 2016206386 A1	21 July 2016
		US 2016213435 A1	28 July 2016
		US 2016263746 A1	15 September 2016
		US 2012123441 A1	17 May 2012
		JP 6209447 B2	04 October 2017
		US 2015289942 A1	15 October 2015
		WO 2012064528 A1	18 May 2012
		US 9743990 B2	29 August 2017
		KR 20130103765 A	24 September 2013
		CN 103200896 B	09 December 2015
		US 9101379 B2	11 August 2015
		EP 2637592 A1	18 September 2013
		CN 105342703 A	24 February 2016
		JP 2014504897 A	27 February 2014
CN 1533745 A	06 October 2004	US 7194335 B2	20 March 2007
		CN 1291698 C	27 December 2006
		US 2006069451 A1	30 March 2006
		JP 2004299012 A	28 October 2004
		JP 3752494 B2	08 March 2006
		US 2004254680 A1	16 December 2004
		KR 20040085063 A	07 October 2004
		KR 100571073 B1	14 April 2006
		US 6993413 B2	31 January 2006
		US 2006095143 A1	04 May 2006
		US 7295893 B2	13 November 2007
		CN 102018575 B	22 August 2012
CN 102018575 A	20 April 2011	US 2009326552 A1	31 December 2009
US 2013218172 A1	22 August 2013		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/099846

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2015142796 A1	24 September 2015	US 2014249544 A1	04 September 2014
		US 2013218171 A1	22 August 2013
		US 8657736 B2	25 February 2014
		US 8961399 B2	24 February 2015
		US 8663091 B2	04 March 2014
		US 8414469 B2	09 April 2013
		EP 3119319 A1	25 January 2017
		CN 106456265 A	22 February 2017
		JP 2017512553 A	25 May 2017
		KR 20160132896 A	21 November 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/099846

A. 主题的分类 A61B 34/35 (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) A61B17/-; A61B34/-; A61B19/- 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)) CNPAT; EPODOC; WPI; CNKI: 北京术锐技术有限公司, 徐凯, 赵江然, 戴正晨, 阳志雄, 朱志军, 梁博, 取向, 姿势, 方向, 角度, 速度, 实际, 当前, 方位, 构形, 预期, 处理器, 控制器, 刀口, 切口, 牵拉, 皮肤, 约束, 阈值, 限制, 限定, angle, angular, orient+, position, velocit+, actual, current, real, process+, tip, constraint, limit+		
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 106361440 A (北京术锐技术有限公司) 2017年 2月 1日 (2017 - 02 - 01) 权利要求1-10	1-10
A	CN 104758055 A (直观外科手术操作公司) 2015年 7月 8日 (2015 - 07 - 08) 说明书第[0010]、[0049]、[0053]、[0055]、[0060]、[0064]-[0065]、[0238] 段, 图1-3、10C、11、15	1-10
A	CN 103200896 A (直观外科手术操作公司) 2013年 7月 10日 (2013 - 07 - 10) 全文	1-10
A	CN 1533745 A (株式会社东芝) 2004年 10月 6日 (2004 - 10 - 06) 全文	1-10
A	CN 102018575 A (清华大学) 2011年 4月 20日 (2011 - 04 - 20) 全文	1-10
A	US 2013218172 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.) 2013年 8月 22日 (2013 - 08 - 22) 全文	1-10
☒ 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
2017年 11月 7日		2017年 11月 30日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中华人民共和国国家知识产权局 (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		刘珊珊 电话号码 (86-10) 61648160

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
A	WO 2015142796 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.) 2015年 9月 24日 (2015 - 09 - 24) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/099846

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	106361440	A	2017年 2月 1日	无			
CN	104758055	A	2015年 7月 8日	US	8823308	B2	2014年 9月 2日
				US	2011264110	A1	2011年 10月 27日
				US	8786241	B2	2014年 7月 22日
				US	9687310	B2	2017年 6月 27日
				KR	101304272	B1	2013年 9月 11日
				EP	2332480	B1	2017年 4月 26日
				EP	1885273	A2	2008年 2月 13日
				WO	2006124390	A2	2006年 11月 23日
				US	8004229	B2	2011年 8月 23日
				EP	2332481	B1	2017年 7月 5日
				KR	20080047318	A	2008年 5月 28日
				US	2015051733	A1	2015年 2月 19日
				US	8816628	B2	2014年 8月 26日
				EP	2332478	B1	2017年 8月 16日
				KR	20130010092	A	2013年 1月 25日
				EP	2332479	B1	2017年 7月 5日
				EP	2332482	B1	2017年 4月 12日
				US	2007013336	A1	2007年 1月 18日
				EP	2332483	B1	2017年 4月 12日
				EP	2332484	B1	2017年 1月 25日
				EP	2332477	A2	2011年 6月 15日
				EP	2332480	A2	2011年 6月 15日
				KR	101304278	B1	2013年 9月 11日
				US	2017215974	A1	2017年 8月 3日
				EP	1885273	B1	2012年 2月 8日
				US	2015032126	A1	2015年 1月 29日
				KR	20130010091	A	2013年 1月 25日
				US	2017215975	A1	2017年 8月 3日
				EP	2332481	A2	2011年 6月 15日
				US	9554859	B2	2017年 1月 31日
				EP	2332478	A2	2011年 6月 15日
				KR	101304277	B1	2013年 9月 11日
				US	2011270271	A1	2011年 11月 3日
				AT	544414	T	2012年 2月 15日
				US	8749189	B2	2014年 6月 10日
				CN	101227870	A	2008年 7月 23日
				US	2017215976	A1	2017年 8月 3日
				EP	2332482	A2	2011年 6月 15日
				EP	2332479	A2	2011年 6月 15日
				KR	101283407	B1	2013年 7月 8日
				EP	3231386	A1	2017年 10月 18日
				KR	20130010093	A	2013年 1月 25日
				CN	101227870	B	2012年 8月 8日
				US	2011264112	A1	2011年 10月 27日
				US	8749190	B2	2014年 6月 10日
				US	2011264111	A1	2011年 10月 27日
				US	2011264109	A1	2011年 10月 27日
				US	2011264108	A1	2011年 10月 27日
				US	2011276059	A1	2011年 11月 10日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/099846

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)
				US	8624537	B2	2014年 1月 7日
				CN	102764159	A	2012年 11月 7日
				CN	102764159	B	2015年 1月 21日
				US	2013325030	A1	2013年 12月 5日
				US	9345544	B2	2016年 5月 24日
				US	2014052298	A1	2014年 2月 20日
				US	9272416	B2	2016年 3月 1日
				US	2014052155	A1	2014年 2月 20日
				US	9107683	B2	2015年 8月 18日
				US	2014052152	A1	2014年 2月 20日
				US	9259280	B2	2016年 2月 16日
				US	2014052151	A1	2014年 2月 20日
				US	9295525	B2	2016年 3月 29日
				US	2014276954	A1	2014年 9月 18日
				US	9375284	B2	2016年 6月 28日
				US	2014276953	A1	2014年 9月 18日
				US	9296104	B2	2016年 3月 29日
				US	2014276952	A1	2014年 9月 18日
				US	9415510	B2	2016年 8月 16日
				US	2014358161	A1	2014年 12月 4日
				US	2016045270	A1	2016年 2月 18日
				US	2016175061	A1	2016年 6月 23日
				US	2016206386	A1	2016年 7月 21日
				US	2016213435	A1	2016年 7月 28日
				US	2016263746	A1	2016年 9月 15日
CN	103200896	A	2013年 7月 10日	US	2012123441	A1	2012年 5月 17日
				JP	6209447	B2	2017年 10月 4日
				US	2015289942	A1	2015年 10月 15日
				WO	2012064528	A1	2012年 5月 18日
				US	9743990	B2	2017年 8月 29日
				KR	20130103765	A	2013年 9月 24日
				CN	103200896	B	2015年 12月 9日
				US	9101379	B2	2015年 8月 11日
				EP	2637592	A1	2013年 9月 18日
				CN	105342703	A	2016年 2月 24日
				JP	2014504897	A	2014年 2月 27日
CN	1533745	A	2004年 10月 6日	US	7194335	B2	2007年 3月 20日
				CN	1291698	C	2006年 12月 27日
				US	2006069451	A1	2006年 3月 30日
				JP	2004299012	A	2004年 10月 28日
				JP	3752494	B2	2006年 3月 8日
				US	2004254680	A1	2004年 12月 16日
				KR	20040085063	A	2004年 10月 7日
				KR	100571073	B1	2006年 4月 14日
				US	6993413	B2	2006年 1月 31日
				US	2006095143	A1	2006年 5月 4日
				US	7295893	B2	2007年 11月 13日
CN	102018575	A	2011年 4月 20日	CN	102018575	B	2012年 8月 22日
US	2013218172	A1	2013年 8月 22日	US	2009326552	A1	2009年 12月 31日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/099846

检索报告引用的专利文件				同族专利			公布日 (年/月/日)
				US	2014249544	A1	2014年 9月 4日
				US	2013218171	A1	2013年 8月 22日
				US	8657736	B2	2014年 2月 25日
				US	8961399	B2	2015年 2月 24日
				US	8663091	B2	2014年 3月 4日
				US	8414469	B2	2013年 4月 9日
WO	2015142796	A1	2015年 9月 24日	EP	3119319	A1	2017年 1月 25日
				CN	106456265	A	2017年 2月 22日
				JP	2017512553	A	2017年 5月 25日
				KR	20160132896	A	2016年 11月 21日