

(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
2019 年 10 月 31 日 (31.10.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/206340 A1

(51) 国际专利分类号:
A61B 34/37 (2016.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/084889

(22) 国际申请日: 2019 年 4 月 29 日 (29.04.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201810395743.1 2018 年 4 月 27 日 (27.04.2018) CN

(71) 申请人: 微创 (上海) 医疗机器人有限公司 (MICROPORT (SHANGHAI) MEDBOT CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区张江高科技园区牛顿路 501 号, Shanghai 201203 (CN)。

(72) 发明人: 王家寅 (WANG, Jiayin); 中国上海市浦东新区张江高科技园区牛顿路 501 号, Shanghai 201203 (CN)。 何超 (HE, Chao); 中国上海市浦东新区张江高科技园区牛顿路 501 号, Shanghai 201203 (CN)。 师云雷 (SHI, Yunlei); 中国上海市浦东新区张江高科技园区牛顿路 501 号, Shanghai 201203 (CN)。 袁帅 (YUAN, Shuai); 中国上海市浦东新区张江高科技园区牛顿路 501 号, Shanghai 201203 (CN)。 朱祥 (ZHU, Xiang); 中国上海市浦东新区张江高科技园区牛顿路 501 号, Shanghai 201203 (CN)。

(74) 代理人: 上海思微知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHANGHAI SAVVY INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国上海市黄浦区

(54) Title: SURGICAL ROBOT SYSTEM

(54) 发明名称: 手术机器人系统

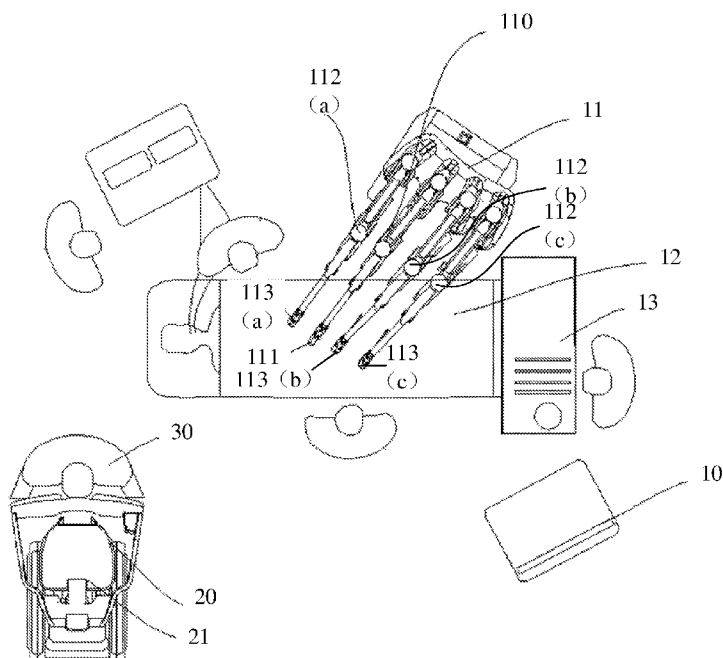


图 1

(57) Abstract: The present invention provides a surgical robot system. A first tool arm and a first surgical instrument are used for pulling a human tissue or organ. A second tool arm and a second surgical instrument are used for operating the human tissue or organ. A control unit is used for obtaining the value of Cartesian acting force applied to the first surgical instrument by the human tissue or organ, and comparing the value of the Cartesian acting force applied to the first surgical instrument by the human tissue or organ with a preset acting force value. If the value of the Cartesian acting force applied to the first surgical instrument by the human tissue or

复兴中路1号中能国际大厦606室,
Shanghai 200021 (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))。
- 包括关于请求恢复一项或多项优先权要求的信息(细则26之二. 3和48. 2(b) (vii))。

organ is less than the preset acting force value, the control unit controls a driving device to drive the first tool arm and the first surgical instrument according to the preset acting force value, so that the value of pulling force applied to the human tissue or organ by the first surgical instrument reaches the preset acting force value, thereby achieving an autonomous pulling function.

(57) 摘要: 本发明提供了一种手术机器人系统, 第一工具臂及第一手术器械用于牵拉人体组织器官, 第二工具臂及第二手术器械用于对人体组织器官手术操作, 控制单元用于获取人体组织器官对第一手术器械的笛卡尔作用力大小, 并且将人体组织器官对第一手术器械的笛卡尔作用力大小与一预设作用力值作比较, 如果人体组织器官对第一手术器械的笛卡尔作用力小于所述预设作用力值, 控制单元根据预设作用力值控制驱动装置驱动第一工具臂及第一手术器械, 使第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到预设作用力值, 从而实现自主牵拉功能的效果。

手术机器人系统

援引加入

本申请要求将于 2018 年 04 月 27 日提交中国专利局、申请号为 201810395743.1、发明名称为“手术机器人系统”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用并入在本申请中。

技术领域

本申请涉及医疗器械技术领域，特别涉及一种手术机器人系统。

背景技术

采用手术机器人系统来进行微创外科手术，不仅患者创伤小、术后恢复快、伤口感染小，同时降低医生操作难度和手术疲劳程度，并且医生有很强的沉浸感。

对于医生进行一例手术操作来说，首先要求手术操作时能准确地对病变组织进行切割、缝合等手术操作；其次，在手术过程中，医生要求对组织进行切除或者翻转时要有一个工具来牵拉组织，从而使得切割组织光滑、出血少、没有明显灼伤，以利于患者术后恢复；最后，在对需要手术的组织进行切除或者翻转操作时，对组织进行牵拉的工具可以根据不同手术进展进行牵拉张力的调整。

专利文献 CN106028994A 中涉及到的手术机器人系统具有四条操作臂进行手术操作，而该系统的第四条操作臂只能实现对组织固定位置的牵拉操作。因此在手术过程中不能跟踪病变组织的手术操作，使得组织在切割过程中切割面粗糙、出血较多、灼伤痕迹明显，这延长了患者组织愈合时间，增加患者的恢复时间和手术费用。

专利文献 CN107427327A 涉及了一种具有虚拟轨迹和柔性内窥镜的可配置机器人外科手术系统，当用户移动机器人手臂中的单个机器人手臂时，其它机器人手臂将自动移动以维持虚拟轨道对准，其仅能实现便捷的控制机器人手臂，对于外科手术中使得切割组织光滑、出血少、没有明显灼伤没有帮

助。

专利文献 CN108472087A 涉及了一种用于可变速外科手术器械的系统和
方法，计算机辅助医疗装置被配置成将致动器的速度设定点设定为初始速度，
并监测由致动器施加的力或扭矩，当所施加的力或扭矩高于力或扭矩限制时，
确定是否满足用于操作的继续条件，当满足继续条件时暂停操作，并且当不
满足继续条件时，确定是否应该发生致动器的强迫发射，其对于外科手术中
使得切割组织光滑、出血少、没有明显灼伤没有帮助。

发明内容

本申请提供一种手术机器人系统，所述手术机器人系统包括执行端，所
述执行端包括挂载有第一手术器械的第一工具臂，挂载有第二手术器械的第
二工具臂，驱动所述第一工具臂、第一手术器械、第二工具臂及第二手术器
械运动的驱动装置以及与所述驱动装置通信连接的控制单元，

所述第一工具臂及第一手术器械用于牵拉人体组织器官；

所述第二工具臂及第二手术器械用于对人体组织器官进行手术操作；

所述控制单元用于获取人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用
力大小，并且将所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小
与一预设作用力值作比较，如果所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛
卡尔作用力小于所述预设作用力值，所述控制单元根据所述预设作用力值控
制所述驱动装置驱动所述第一工具臂及所述第一手术器械，使所述第一手术
器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值。

可选的，在所述的手术机器人系统中，如果所述人体组织器官对所述第
一手术器械的笛卡尔作用力小于所述预设作用力值，所述控制单元以一预设
作用点指向所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力作用点
的方向作为预设作用力方向，并根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动
所述第一工具臂及所述第一手术器械，使所述第一手术器械对人体组织器官
的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述预设作用点为所述第二手术

器械初始作用于人体组织器官的位置，或者，

所述预设作用点为所述第二手术器械在所述控制单元获取预设作用点时作用于人体组织器官的位置。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述执行端还包括挂载有第三手术器械的第三工具臂，所述第三工具臂及第三手术器械用于夹持人体组织器官，所述预设作用点为所述第三手术器械作用于人体组织器官的位置。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述执行端还包括与所述控制单元通信连接的力传感器，所述力传感器用于检测所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述第二手术器械开始对人体组织器官进行手术操作时，所述控制单元获取人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力，并将所述预设作用力值和人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小作比较，或者，

所述控制单元获取人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力，所述第二手术器械开始对人体组织器官手术操作时，所述控制单元将所述预设作用力值和人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小作比较。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述控制单元还用于获取所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力，并将所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力与一力阈值比较，如果所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力大于所述力阈值，则所述控制单元判定所述第二手术器械开始对人体组织器官进行手术操作；或者，

所述控制单元还用于获取所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力，并将前后两次获取的所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力的差值与所述力阈值做比较，如果前后两次获取的所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力的差值大于所述力阈值，则所述控制单元判定所述第二手术器械开始对人体组织器官进行手术操作。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述执行端还包括与所述控制单

元通信连接的第一位置传感器，所述第一位置传感器用于检测所述第一工具臂和/或第一手术器械的位置信息，

所述控制单元根据所述第一位置传感器获取的位置信息，获得人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力的作用点位置。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述执行端还包括与所述控制单元通信连接的第一位置传感器，所述第一位置传感器用于检测所述第二工具臂和/或第二手术器械的位置信息，

所述控制单元根据所述第一位置传感器获取的位置信息，获得所述第二手术器械作用于人体组织器官的位置。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述执行端还包括挂载有第三手术器械的第三工具臂，所述第三手术器械及第三工具臂用于牵拉人体组织器官，

所述预设作用点包括第一预设作用点和第二预设作用点；

所述控制单元将所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小与所述预设作用力值作比较，如果所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力小于所述预设作用力值，所述控制单元以所述第一预设作用点指向所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力作用点的方向作为预设作用力方向，并根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动所述第一工具臂及第一手术器械，使所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值；

所述控制单元将所述人体组织器官对所述第三手术器械的笛卡尔作用力大小与所述预设作用力值作比较，如果所述人体组织器官对所述第三手术器械的笛卡尔作用力小于所述预设作用力值，所述控制单元以所述第二预设作用点指向所述人体组织器官对所述第三手术器械的笛卡尔作用力作用点的方向作为预设作用力方向，并根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动所述第三工具臂及第三手术器械，使所述第三手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值；

所述第一预设作用点为所述第三手术器械作用于人体组织器官的位置，

所述第二预设作用点为所述第一手术器械作用于人体组织器官的位置。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述执行端还包括与所述控制单元通信连接的力矩传感器，所述第一工具臂包括多个第一工具臂关节，所述第一手术器械包括多个第一手术器械关节，所述力矩传感器设置于每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节，以检测在静态下由于形变引起的每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节受到的力矩；

所述控制单元还用于从所述力矩传感器获取在确认预设作用力时每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节受到的初始力矩；

所述控制单元还用于从所述力矩传感器获取每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节受到的当前力矩，并根据所述初始力矩，得到每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的力矩增量，进而获得每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的指令力矩，并以所述指令力矩控制驱动装置驱动所述第一工具臂关节及第一手术器械关节，使所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述执行端还包括与所述控制单元通信连接的第二位置传感器，所述第二位置传感器用于检测每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的位置；

所述控制单元根据每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的力矩增量以及每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的控制刚度，获得每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的位置增量，进而根据每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的当前位置获得每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的指令位置，以得到在指令位置下的雅克比矩阵；

所述控制单元根据所述在指令位置下的雅克比矩阵，每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的指令力矩，获得在指令位置下所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力；

所述控制单元比较在指令位置下所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力的大小与所述预设作用力值，如果在指令位置下所述第一手术器械的牵拉作用力的大小与所述预设作用力值的大小的差值大于一容忍值，则所

述控制单元调整所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的力矩增量，以使在指令位置下所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小与预设作用力值的差值小于所述容忍值。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述执行端还包括挂载有内窥镜的图像臂，所述预设作用力值通过所述图像臂观察受牵拉的人体组织器官的状态来确定。

可选的，在所述的手术机器人系统中，所述机器人系统还包括控制端，所述控制端包括主操作手，所述主操作手用于控制所述第一工具臂及第一手术器械运动，并接收所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力，所述预设作用力值根据医生通过所述主操作手接收到的所述人体组织器官处于牵拉时对所述第一手术器械的笛卡尔作用力来设定。

在本申请提供的手术机器人系统中，所述第一工具臂及第一手术器械用于牵拉人体组织器官，所述第二工具臂及第二手术器械用于对人体组织器官手术操作，所述控制单元用于获取人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小，并且将所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小与一预设作用力值作比较，如果所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力小于所述预设作用力值，所述控制单元根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动所述第一工具臂及所述第一手术器械，使所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值，从而实现手术机器人系统的自主牵拉功能的效果。

附图说明

图 1 是本申请实施例的手术机器人系统的结构示意图；

图 2 是本申请一实施例中一条工具臂及手术器械进行牵拉操作的受力状态示意图；

图 3 是本申请一实施例中一条工具臂及手术器械进行牵拉操作的另一受力状态示意图；

图 4 是本申请另一实施例中两条工具臂及手术器械进行牵拉操作的受力

状态示意图；

其中，

10-图像车；11-侧手推车；12-手术台车；13-工具车；20-医生控制台；21-立体显示装置；30-医生；40-人体组织器官；110-图像臂；111-内窥镜；112-工具臂；112a-第一工具臂；112b-第二工具臂；112c-第三工具臂；113-手术器械；113a-第一手术器械；113b-第二手术器械；113c-第三手术器械。

具体实施方式

以下结合附图和具体实施例对本申请提出的手术机器人系统作进一步详细说明。根据下面说明和权利要求书，本申请的优点和特征将更清楚。需说明的是，附图均采用非常简化的形式且均使用非精准的比例，仅用以方便、明晰地辅助说明本申请实施例的目的。此外，附图所展示的结构往往是实际结构的一部分。特别的，各附图需要展示的侧重点不同，有时会采用不同的比例。

本申请提供一种手术机器人系统，所述手术机器人系统包括执行端，所述执行端包括挂载第一手术器械的第一工具臂，挂载第二手术器械的第二工具臂，驱动所述第一工具臂、第一手术器械、第二工具臂及第二手术器械运动的驱动装置以及与所述驱动装置通信连接的控制单元，所述第一工具臂及第一手术器械用于牵拉人体组织器官；所述第二工具臂及第二手术器械用于对人体组织器官进行手术操作；所述控制单元用于获取人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小，并且将人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小和一预设作用力值作比较，如果所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力小于所述预设作用力值，所述控制单元根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动所述第一工具臂及第一手术器械，使所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值。

实施例一

图 1 所示为一手术机器人系统实施例的结构视图。在图 1 所示的实施例中，所述手术机器人系统包括执行端和控制端。所述执行端可包括图像车 10、侧手推车 11、手术台车 12 和工具车 13，所述控制端包括医生控制台 20。所述手术机器人系统主要用途是对所述手术台车 12 上的患者进行微创手术治疗。

在本实施例中，所述侧手推车 11 包括至少一个图像臂 110，所述图像臂 110 挂载有内窥镜 111，例如 3D 腹腔镜。所述内窥镜 111 用于获取人体组织器官、手术器械以及手术环境信息。

在本实施例中，所述侧手推车 11 还包括 3 个工具臂 112，即第一工具臂 112a、第二工具臂 112b 和第三工具臂 112c。每个工具臂 112 分别挂载有手术器械 113，即第一工具臂 112a 挂载第一手术器械 113a、第二工具臂 112b 挂载第二手术器械 113b 和第三工具臂 112c 挂载第三手术器械 113c。内窥镜 111、手术器械 113 通过患者身体上的创口进入病患位置。

请继续参考图 1，在本申请实施例中，所述医生控制台 20 包括主操作手（又称主手，图中未显示）。所述主操作手与所述执行端中的工具臂 112、手术器械 113 构成主从控制关系。具体的，所述工具臂 112、手术器械 113 在手术过程中是根据主操作手的运动而运动，即根据医生手部的操作而运动。进一步，所述主操作手还接受人体组织器官对所述手术器械的作用力信息并反馈至医生手部，以使医生能够更加直观的感受手术操作。所述医生控制台 20 还包括显示装置 21。外科医生 30 能够通过医生控制台 20 内的显示装置 21（可以是二维显示器或者三维显示器），可观察到患者内部的情况以及手术器械 113 末端的运动状态。

在本实施例中，所述第一工具臂 112a 及第一手术器械 113a 用于牵拉人体组织器官，所述第二工具臂 112b 及第二手术器械 113b 用于执行手术操作（包括组织切割、缝合、剥离等），所述第三工具臂 112c 及第三手术器械 113c 用于夹持所述人体组织器官。本领域技术人员应理解，所述第一工具臂 112a 及第一手术器械 113a，所述第三工具臂 112c 及第三手术器械 113c 也可以用于执行手术操作（包括组织切割、缝合、剥离等），所述第二工具臂 112b 及第

二手术器械 113b 也可以用于牵拉或者夹持人体组织器官, 所述第三工具臂 112c 及第三手术器械 113c 还可以用于牵拉人体组织器官。在本申请的其他实施例中, 所述侧手推车 11 也可以仅包括两条工具臂 112, 或者包括更多条工具臂 112, 例如包括四条工具臂 112 或者五条工具臂 112 等。

在本实施例中, 所述第二工具臂 112b 及第二手术器械 113b 可以对人体组织器官 40 进行切割操作, 所述第一工具臂 112a 及第一手术器械 113a 用于牵拉人体组织器官。由于第一工具臂 112a 及第一手术器械 113a 的存在, 使得人体组织器官 40 比较容易的产生表面张力和内部张力, 形如图 2 虚线所示。人体组织器官 40 的表面张力使得在手术进行中, 保证了所述第二手术器械 113b 的作用点时刻处于“外张”状态, 人体组织器官 40 的内部张力则保证在组织切割时的“持续张力”状态。然而, 随着切割操作的进行, 所述第二手术器械 113b 作用于人体组织器官 40 的作用点将随之变化, 所述人体组织器官 40 对所述第一手术器械 113a 的笛卡尔作用力也将发生变化。如果不对第一工具臂 112a 及第一手术器械 113a 调整, 所述第一手术器械 113a 对人体组织器官 40 的牵拉作用力大小将小于所述预设作用力值, 进而使得所述人体组织器官 40 不能处于绷紧状态。

在本申请实施例中, 所述控制单元接收所述第一手术器械 113a 受到的笛卡尔力, 并根据所述预设作用力值判断是否需要调整所述第一工具臂 112a 以及第一手术器械 113a, 使所述第一手术器械 113a 对人体组织器官 40 的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值, 便可实现所述人体组织器官 40 一直处于绷紧状态, 实现手术机器人系统的自主牵拉功能的效果。

具体而言, 在本申请实施例中, 所述执行端还包括与所述控制单元通信连接的力传感器(图中未示出), 所述力传感器用以检测所述人体组织器官 40 对所述第一手术器械 113a 的笛卡尔作用力。本实施例对所述力传感器的设置位置没有特别的限制, 例如所述力传感器设置于所述第一手术器械 113a 末端。

所述控制单元将从力传感器处获得的笛卡尔作用力的大小和所述预设作用力值作比较, 若所述预设作用力值大于所述笛卡尔作用力, 则说明所述人体组织器官 40 处于非绷紧状态, 所述控制单元便可以所述预设作用点指向所

述人体组织器官 40 对所述第一手术器械 113a 的笛卡尔作用力作用点的方向作为预设作用力方向，并根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动所述第一工具臂 112a 及第一手术器械 113a，从而使所述第一手术器械 113a 对人体组织器官 40 的牵拉作用力达到所述预设作用力。即，使得处于非绷紧状态的所述人体组织器官 40 再次处于绷紧状态，从而也就实现了自主牵拉功能的效果。

本实施例对所述控制单元控制所述驱动装置驱动所述第一工具臂 112a 以及第一手术器械 113a，以实现所述第一手术器械 113a 对人体组织器官 40 的牵拉作用力达到所述预设作用力的具体方法没有特别的限制。在一个优选实施例中，所述第一工具臂 112a 包括 n 个第一工具臂关节（图中未示出），所述驱动装置作用于每个第一工具臂关节。所述第一手术器械 113a 包括 m 个第一手术器械关节（图中未示出），所述驱动装置还作用于每个第一手术器械关节。所述控制单元通过如下公式，根据所述第一手术器械 113a 预期受到的人体组织器官 40 的笛卡尔作用力 F_B （大小与预设作用力大小相等，方向与预设作用力方向相反），获得每个第一工具臂关节及第一手术器械关节受到的力矩，亦即获得驱动装置驱动第一工具臂关节及第一手术器械关节所需要输出的力矩：

$$\begin{bmatrix} \tau_1 \\ \vdots \\ \tau_i \\ \vdots \\ \tau_n \\ \tau'_1 \\ \vdots \\ \tau'_j \\ \vdots \\ \tau'_m \end{bmatrix} = J^T \times F_B \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m$$

其中, F_b 表示第一手术器械 113a 预期受到人体组织器官 40 的笛卡尔作用力, n 表示第一工具臂 112a 上的第一工具臂关节的数量, τ_i 表示第一工具臂 112a 上的第 i 个第一工具臂关节受到的力矩, m 表示第一手术器械 113a 的第一手术器械关节的数量, τ'_j 表示第一手术器械 113a 第 j 个第一手术器械关节受到的力矩, J 表示第一工具臂 112a 以及第一手术器械 113a 当前位置的运动学雅克比矩阵, 也即手术器械末端的笛卡尔空间位置关系相对于关节空间角度的偏导矩阵。

在本申请的其他实施例中, 所述第二手术器械 113b 和所述第三手术器械 113c 末端也可以设置有所述力传感器, 以便于所述第二手术器械 113b 和所述第三手术器械 113c 用于牵拉人体组织器官 40 时, 检测所述人体组织器官 40 对相应所述手术器械的笛卡尔作用力。

在一个优选实施例中, 当第二手术器械 113b 对人体组织器官 40 开始进行手术操作时, 所述控制单元接收所述第一手术器械 113a 受到的笛卡尔作用力, 或者, 所述控制单元接收所述第一手术器械 113a 受到的笛卡尔作用力, 在第二工具臂 112b 对人体组织器官 40 开始进行手术操作时, 所述控制单元将所述第一手术器械 113a 受到的笛卡尔作用力大小与所述预设作用力值做比较。本实施例对如何判断第二手术器械 113b 是否对人体组织器官 40 开始进行手术操作的方法没有特别的限制。在一个优选实施例中, 所述第二手术器械 113b 末端设有与控制单元通信连接的力传感器, 所述控制单元根据所述力传感器获取所述第二手术器械 113b 受到的笛卡尔作用力。如果第二手术器械 113b 受到的笛卡尔作用力超过一预设的力阈值, 则认为第二手术器械 113b 对人体组织器官 40 开始进行手术操作。又或者, 所述控制单元对前后两次获取的所述第二手术器械 113b 受到的笛卡尔作用力的差值与所述力阈值做比较, 如果前后两次所述第二手术器械 113b 受到的笛卡尔作用力的差值大于所述力阈值, 则所述控制单元判定所述第二手术器械 113b 开始对人体组织器官进行手术操作。

参考图 1 和图 2, 在本申请实施例中, 所述预设作用点为所述第二手术器

械 113b 初始作用于人体组织器官 40 的作用点。其中，本实施例对于所述第二手术器械 113b 初始作用于人体组织器官 40 的作用点的位置，所述人体组织器官 40 对所述第一手术器械 113a 的笛卡尔作用力作用点的位置的获取方法没有特别的限制。在一个参考实施例中，所述执行端还包括与所述控制单元通信连接的第一位置传感器，所述第一位置传感器用于检测第一工具臂 112a 和/或第一手术器械 113a 的位置信息。优选，所述第一位置传感器包括光学靶镜系统，将所述光学靶镜置于工具臂上，利用光学跟踪仪测量光学靶镜的位置和欧拉角，获得光学靶镜在基坐标下的位姿，再根据手术器械在光学靶镜坐标系下的位姿，进而获得手术器械在基坐标系下的位姿。具体可以参见专利申请 CN 105232155A，其全部内容通过引用并入在本申请中。在另外一个参考实施例中，所述第一位置传感器包括角度传感器，所述角度传感器可以检测所述第一工具臂 112a、第二工具臂 112b、第一手术器械 113a、第二手术器械 113b 的各个关节的位置；通过正运动学（例如，DH 法）的计算，分别得到作用点（即第一手术器械末端、第二手术器械末端）在空间中（基坐标系下）的笛卡尔位置。（图 2 中虚线部分表示所述人体组织器官 40 当前的状态，实线部分表示所述人体组织器官 40 初始状态。）如图 3 所示，所述预设作用点的位置还可以根据所述第二手术器械 113b 当前作用于人体组织器官 40 的作用点的位置，即所述第二手术器械 113b 末端的当前位置确定。这里的“当前”即为所述控制单元获取预设作用点的时刻。此时预设作用力方向为从所述第二手术器械 113b 对所述人体组织器官 40 进行手术操作的当前位置指向所述第一手术器械 113a 牵拉所述人体组织器官 40 的作用点位置。如果执行端还包括用于夹持人体组织器官的第三工具臂 112c 及第三手术器械 113c，所述预设作用点还可以为所述第三手术器械 113c 作用于人体组织器官的作用点。

在本实施例中，所述预设作用力值通过所述内窥镜 111 观察受牵拉的人体组织器官的状态来确定。在手术操作前或者手术操作中，手术机器人系统没有开启自主牵拉功能时，医生通过工具臂及手术器械牵拉人体组织器官 40，并根据观察到受牵拉的人体组织器官的绷紧状态来确定一所述预设作用力值。此外，所述预设作用力值还可以是医生根据手术类型、组织器官类型以

及患者的性别年龄等多个手术因素，综合判断得出的一经验值。

进一步的，所述医生控制台 20 还包括自主牵拉锁定开关，可以通知所述控制单元开启与关闭机器人系统的自主牵拉功能。其中，在设置所述预设作用力值之前，所述医生控制台 20 可以通过所述自主牵拉锁定开关通知所述控制单元关闭机器人系统的自主牵拉功能，此时所述控制单元不获取第一手术器械 113a 收到的笛卡尔作用力，或者获取第一手术器械 113a 收到的笛卡尔作用力，但不比较第一手术器械 113a 收到的笛卡尔作用力与预设作用力，或者比较第一手术器械 113a 收到的笛卡尔作用力与预设作用力，但不控制驱动装置输出；在设置所述预设作用力值之后，所述医生控制台 20 可以通过所述自主牵拉锁定开关通知所述控制单元开启机器人系统的自主牵拉功能，使所述第一手术器械 113a 对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值。

由此，在本实施例中，所述控制单元获知所述第一手术器械 113a 的笛卡尔作用力并保证人体组织器官处于一种恒定的合理张力状态，保证病变组织张力的可持续性；在第二手术器械 113b 进行手术操作时使用很小的操作动作就可以完成组织的手术操作，并且切口呈现光滑状态，同时，切口出血较少；特别地，在对于比较厚实的组织，例如肾，进行手术操作时，变得更加容易。

实施例二

接着请参考图 1 和图 4，与上述实施例区别在于，在本实施例中，所述第三工具臂 112c 及第三手术器械 113c 也用于牵拉所述人体组织器官 40，所述控制单元还将人体组织器官 40 对所述第三手术器械 113c 的笛卡尔作用力大小和所述预设作用力值作比较。如果所述预设作用力值大于所述人体组织器官 40 对所述第三手术器械 113c 的笛卡尔作用力大小，则所述控制单元以所述预设作用点指向所述人体组织器官对所述第三手术器械 113c 的笛卡尔作用力作用点的方向作为所述预设作用力方向，并根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动所述第三工具臂 112c 及第三手术器械 113c 的各个关节，使所述第三手术器械 113c 对人体组织器官 40 的牵拉作用力大小达到所述预设作用力

值。

对于两条工具臂及手术器械用于牵拉所述人体组织器官 40 的情况，可以通过所述第一手术器械 113a 和所述第三手术器械 113c 末端均设置有力传感器，以分别检测所述人体组织器官 40 对所述第一手术器械 113a 和所述第三手术器械 113c 的笛卡尔作用力，即得到所述第一手术器械 113a 和所述第三手术器械 113c 对于所述人体组织器官 40 的牵拉力。

接着，所述控制单元可以分别将人体组织器官 40 对所述第一手术器械 113a 的笛卡尔作用力大小和所述预设作用力值作比较，将人体组织器官 40 对所述第三手术器械 113c 的笛卡尔作用力大小和所述预设作用力值作比较，并在预设作用力值大的情况下，控制所述驱动装置驱动所述第一工具臂 112a 及第一手术器械 113a，所述第三工具臂 112c 及第三手术器械 113c，使所述第一手术器械 113a 对人体组织器官 40 的牵拉作用力大小以及所述第三手术器械 113c 对人体组织器官 40 的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值。

在本实施例中，所述预设作用力值可以是医生感受到主操作手对其施加的作用力来决定的。即在手术操作前或者手术操作中，手术系统处于非牵拉状态，医生通过手术器械牵拉人体组织器官 40 使其处于绷紧状态，此时主操作手接收人体组织器官 40 对手术器械的笛卡尔作用力，并反馈至医生。医生根据受力来确定所述预设作用力值。

若所述手术器械受到人体组织器官的笛卡尔作用力的大小小于所述预设作用力值，则说明所述人体组织器官 40 处于非绷紧状态，所述控制单元需要驱使所述第一工具臂 112a 以及第一手术器械 113a、第三工具臂 112c 以及第三手术器械 113c 以调整第一手术器械 113a、第三手术器械 113c 对人体组织器官 40 的作用力。如图 4 所示，在本实施例中，对第一工具臂 112a 及第一手术器械 113a 而言，所述预设作用点的位置根据所述第三工具臂 112c 所挂载的第三手术器械 113c 末端的位置决定，即预设作用力 F_{1B} 方向为从所述第三手术器械 113c 牵拉所述人体组织器官 40 的作用点的位置指向所述第一手术器械 113a 牵拉所述人体组织器官 40 的作用点位置。对第三工具臂 112c 及第三手术器械 113c 而言，所述预设作用点的位置根据所述第一工具臂 112a 所挂载的

第一手术器械 113a 末端的位置决定,即预设作用力 F_{3B} 方向为从所述第一手术器械 113a 牵拉所述人体组织器官 40 的作用点的位置指向所述第三手术器械 113c 牵拉所述人体组织器官 40 的作用点位置。即所述预设作用点包括第一预设作用点和第二预设作用点,所述第一预设作用点为所述第三手术器械 113c 作用于人体组织器官的位置,所述第二预设作用点为所述第一手术器械 113a 作用于人体组织器官的位置。图 4 中虚线部分表示所述人体组织器官 40 当前的状态,实线部分表示所述人体组织器官 40 初始状态。与上述实施例类似,第三手术器械 113c 牵拉所述人体组织器官 40 的作用点的位置、所述第一手术器械 113a 牵拉所述人体组织器官 40 的作用点位置的获取方法不做限制,可以根据角度传感器检测的所述第一工具臂 112a、第一手术器械 113a、第三工具臂 112c 以及第三手术器械 113c 的各个关节位置,再通过正运动学(例如, DH 法)的计算,分别得到作用点(第一手术器械末端、第三手术器械末端)在空间中(基坐标系下)的笛卡尔位置。

在获得对第一手术器械 113a、第三手术器械 113c 的预设作用力方向后,所述控制单元根据所述预设作用力值、预设作用力方向根据上述的雅克比矩阵获得驱动装置驱动每个关节需要输出的力矩,控制所述驱动装置驱动所述第一工具臂关节以及第一手术器械、第三工具臂关节以及第三手术器械,使所述第一手术器械 113a、第三手术器械 113c 对人体组织器官 40 的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值。即使得处于非绷紧状态(非牵拉状态)的所述人体组织器官 40 再次处于绷紧状态(牵拉状态),从而也就实现了自主牵拉功能的效果。

在本实施例中,所述第一工具臂 112a 及第一手术器械 113a 用于牵拉人体组织器官,所述第二工具臂 112b 及第二手术器械 113b 用于执行手术操作(包括组织切割、缝合、剥离等),所述第三工具臂 112c 及第三手术器械 113c 也用于牵拉所述人体组织器官 40。本领域技术人员应理解,所述第一工具臂 112a 及第一手术器械 113a 也可用于执行手术操作(包括组织切割、缝合、剥离等),而其余两个工具臂及手术器械则用于牵拉人体组织器官。或者,所述第三工具臂 112c 及第三手术器械 113c 也可用于执行手术操作(包括组织切割、缝合、

剥离等), 而其余两个工具臂及手术器械则用于牵拉人体组织器官。所述侧手推车 11 也可以包括更多条工具臂 112 及其挂载的手术器械 113, 例如包括四条工具臂 112 或者五条工具臂 112 等。

实施例三

与实施例一的区别在于, 在本实施例中, 所述执行端包括与所述控制单元通信连接的多个力矩传感器、第二位置传感器。所述第一工具臂 112a 包括 n 个第一工具臂关节 (图中未示出)。所述第一手术器械包括 m 个第一手术器械关节 (图中未示出)。所述力矩传感器用于检测在静态下由于形变引起的第一工具臂 112a 的每一第一工具臂关节、第一手术器械关节受到的力矩。所述第二位置传感器用于检测每一第一工具臂关节、每一第一手术器械关节的位置。

当医生判断组织处于合适的绷紧状态, 据此确定预设作用力 F_{ini} 并且锁定各个关节 (由于第一工具臂关节、第一手术器械关节均要获取受到的力矩、位置信息, 为了描述简便下面统称为关节), 第一机械臂 112a、第一手术器械 113a 保持静止。此时, 安装在各个关节处的力矩传感器检测到笛卡尔作用力对于关节造成的形变而引起的力矩, 该力矩即为初始力矩, 第 i 个关节的力矩传感器会有相应的读数 τ_{i_ini} 。所述控制单元通过各个关节的力矩传感器获得各个关节的初始力矩。

随着第二手术器械 113b 对组织进行剪切操作, 必然造成组织处于松弛状态 (非张紧状态)。此时, 第 i 个关节的力矩传感器检测得到的当前力矩为 τ_i 。所述控制单元通过各个关节的力矩传感器获得各个关节的当前力矩, 并据此得到第 i 个关节的力矩增量为 $\Delta\tau_i = k_i * (\tau_{i_ini} - \tau_i)$, 其中, $0 < k_i \leq 1$ 。

进一步, 通过上述的力矩增量 $\Delta\tau_i$, 所述控制单元可以得到第 i 个关节的指令力矩 $\tau_{i_cmd} = -(\Delta\tau_i + \tau_i)$, 负号表示方向相反。同时, 由力矩增量 $\Delta\tau_i$, 所述控制单元得到第 i 个关节的位置增量 $\Delta\theta_i = \Delta\tau_i / k_{pi}$, 其中 k_{pi} 表示各个关节控制刚度。所述控制单元通过所述第二位置传感器检测得到的第 i 个关节当前位置 θ_i , 得到第 i 个关节指令位置 $\theta_{i_cmd} = \theta_i + \Delta\theta_i$ 。根据每个关节的指令位置 θ_{i_cmd} , 所述控制单元通过运动学计算, 得到第一工具臂 112a 以及第一手术器械 113a 在指令

位置下的运动学雅克比矩阵 J_{cmd}^T ，进一步获得在指令位置下所述第一手术器械 113a 对人体组织器官的牵拉作用力 F_{cmd} 。即

$$F_{cmd} = (J_{cmd}^T)^{-1} \times \begin{bmatrix} \tau_{1_cmd} \\ * \\ * \\ \tau_{i_cmd} \\ * \\ * \\ \tau_{m+n_cmd} \end{bmatrix} \quad i=1,2,\dots,m+n$$

进一步，所述控制单元将所述第一手术器械 113a 对人体组织器官的牵拉作用力 F_{cmd} 的模与预设作用力 F_{ini} 的模做比较，如果两者差的绝对值小于一定容忍值时，则所述控制单元以各个关节的指令力矩 τ_{i_cmd} 来通知驱动装置来调整各个关节；如果大于容忍值时，所述控制单元以重新调整系数 $k'_i = k_i + j * (1 - k_i) / step$ ，其中 $j=1,\dots,step$ ， $step$ 为步长，重新获取力矩增量 $\Delta\tau_i = k'_i * (\tau_{i_ini} - \tau_i)$ ，进而获得新的牵拉力，直至所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力 F_{cmd} 的模与预设作用力 F_{ini} 的模两者之间的差值小于所述的容忍值。

综上所述，在本申请实施例提供的手术机器人系统中，第一工具臂及第一手术器械用于牵拉人体组织器官，第二工具臂及第二手术器械用于对人体组织器官进行手术操作，所述控制单元包括一预设作用力值，所述控制单元将人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小和所述预设作用力值作比较，如果所述预设作用力值大于所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力，所述控制单元根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动所述第一工具臂及第一手术器械，使所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值。由此，通过所述控制单元根据预设作用力值调整所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小，以使所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值，从而实现手术机器人系统的自主牵拉功能的效果。

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

权利要求

1、一种手术机器人系统，其特征在于，所述手术机器人系统包括执行端，所述执行端包括挂载有第一手术器械的第一工具臂，挂载有第二手术器械的第二工具臂，驱动所述第一工具臂、第一手术器械、第二工具臂及第二手术器械运动的驱动装置以及与所述驱动装置通信连接的控制单元，

所述第一工具臂及第一手术器械用于牵拉人体组织器官；

所述第二工具臂及第二手术器械用于对人体组织器官进行手术操作；

所述控制单元用于获取人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小，并且将所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小与一预设作用力值作比较，如果所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力小于所述预设作用力值，所述控制单元根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动所述第一工具臂及所述第一手术器械，使所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值。

2、如权利要求1所述的手术机器人系统，其特征在于，如果所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力小于所述预设作用力值，所述控制单元以一预设作用点指向所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力作用点的方向作为预设作用力方向，并根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动所述第一工具臂及所述第一手术器械，使所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值。

3、如权利要求2所述的手术机器人系统，其特征在于，所述预设作用点为所述第二手术器械初始作用于人体组织器官的位置，或者，

所述预设作用点为所述第二手术器械在所述控制单元获取预设作用点时作用于人体组织器官的位置。

4、如权利要求2所述的手术机器人系统，其特征在于，所述执行端还包括挂载有第三手术器械的第三工具臂，所述第三工具臂及第三手术器械用于夹持人体组织器官，所述预设作用点为所述第三手术器械作用于人体组织器官的位置。

5、如权利要求 1 或 2 所述的手术机器人系统，其特征在于，所述执行端还包括与所述控制单元通信连接的力传感器，所述力传感器用于检测所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力。

6、如权利要求 1 所述的手术机器人系统，其特征在于，所述第二手术器械开始对人体组织器官进行手术操作时，所述控制单元获取人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力，并将所述预设作用力值和人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小作比较，或者，

所述控制单元获取人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力，所述第二手术器械开始对人体组织器官手术操作时，所述控制单元将所述预设作用力值和人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小作比较。

7、如权利要求 6 所述的手术机器人系统，其特征在于，

所述控制单元还用于获取所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力，并将所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力与一力阈值比较，如果所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力大于所述力阈值，则所述控制单元判定所述第二手术器械开始对人体组织器官进行手术操作；或者，

所述控制单元还用于获取所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力，并将前后两次获取的所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力的差值与所述力阈值做比较，如果前后两次获取的所述第二手术器械受到的笛卡尔作用力的差值大于所述力阈值，则所述控制单元判定所述第二手术器械开始对人体组织器官进行手术操作。

8、如权利要求 2 所述的手术机器人系统，其特征在于，

所述执行端还包括与所述控制单元通信连接的第一位置传感器，所述第一位置传感器用于检测所述第一工具臂和/或第一手术器械的位置信息，

所述控制单元根据所述第一位置传感器获取的位置信息，获得人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力的作用点位置。

9、如权利要求 3 所述的手术机器人系统，其特征在于，

所述执行端还包括与所述控制单元通信连接的第一位置传感器，所述第

一位置传感器用于检测所述第二工具臂和/或第二手术器械的位置信息，

所述控制单元根据所述第一位置传感器获取的位置信息，获得所述第二手术器械作用于人体组织器官的位置。

10、如权利要求2所述的手术机器人系统，其特征在于，

所述执行端还包括挂载有第三手术器械的第三工具臂，所述第三手术器械及第三工具臂用于牵拉人体组织器官，

所述预设作用点包括第一预设作用点和第二预设作用点；

所述控制单元将所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力大小与所述预设作用力值作比较，如果所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力小于所述预设作用力值，所述控制单元以所述第一预设作用点指向所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力作用点的方向作为预设作用力方向，并根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动所述第一工具臂及第一手术器械，使所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值；

所述控制单元将所述人体组织器官对所述第三手术器械的笛卡尔作用力大小与所述预设作用力值作比较，如果所述人体组织器官对所述第三手术器械的笛卡尔作用力小于所述预设作用力值，所述控制单元以所述第二预设作用点指向所述人体组织器官对所述第三手术器械的笛卡尔作用力作用点的方向作为预设作用力方向，并根据所述预设作用力值控制所述驱动装置驱动所述第三工具臂及第三手术器械，使所述第三手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值；

所述第一预设作用点为所述第三手术器械作用于人体组织器官的位置，所述第二预设作用点为所述第一手术器械作用于人体组织器官的位置。

11、如权利要求1所述的手术机器人系统，其特征在于，

所述执行端还包括与所述控制单元通信连接的力矩传感器，所述第一工具臂包括多个第一工具臂关节，所述第一手术器械包括多个第一手术器械关节，所述力矩传感器设置于每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节，以检测在静态下由于形变引起的每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关

节受到的力矩；

所述控制单元还用于从所述力矩传感器获取在确认预设作用力时每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节受到的初始力矩；

所述控制单元还用于从所述力矩传感器获取每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节受到的当前力矩，并根据所述初始力矩，得到每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的力矩增量，进而获得每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的指令力矩，并以所述指令力矩控制驱动装置驱动所述第一工具臂关节及第一手术器械关节，使所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小达到所述预设作用力值。

12、如权利要求 11 所述的手术机器人系统，其特征在于，

所述执行端还包括与所述控制单元通信连接的第二位置传感器，所述第二位置传感器用于检测每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的位置；

所述控制单元根据每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的力矩增量以及每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的控制刚度，获得每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的位置增量，进而根据每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的当前位置获得每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的指令位置，以得到在指令位置下的雅克比矩阵；

所述控制单元根据所述在指令位置下的雅克比矩阵，每个所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的指令力矩，获得在指令位置下所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力；

所述控制单元比较在指令位置下所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力的大小与所述预设作用力值，如果在指令位置下所述第一手术器械的牵拉作用力的大小与所述预设作用力值的大小的差值大于一容忍值，则所述控制单元调整所述第一工具臂关节及第一手术器械关节的力矩增量，以使在指令位置下所述第一手术器械对人体组织器官的牵拉作用力大小与预设作用力值的差值小于所述容忍值。

13、如权利要求 1 所述的手术机器人系统，其特征在于，

所述执行端还包括挂载有内窥镜的图像臂，所述预设作用力值通过所述图像臂观察受牵拉的人体组织器官的状态来确定。

14、如权利要求 1 所述的手术机器人系统，其特征在于，

所述机器人系统还包括控制端，所述控制端包括主操作手，所述主操作手用于控制所述第一工具臂及第一手术器械运动，并接收所述人体组织器官对所述第一手术器械的笛卡尔作用力，所述预设作用力值根据医生通过所述主操作手接收到的所述人体组织器官处于牵拉时对所述第一手术器械的笛卡尔作用力来设定。

1/3

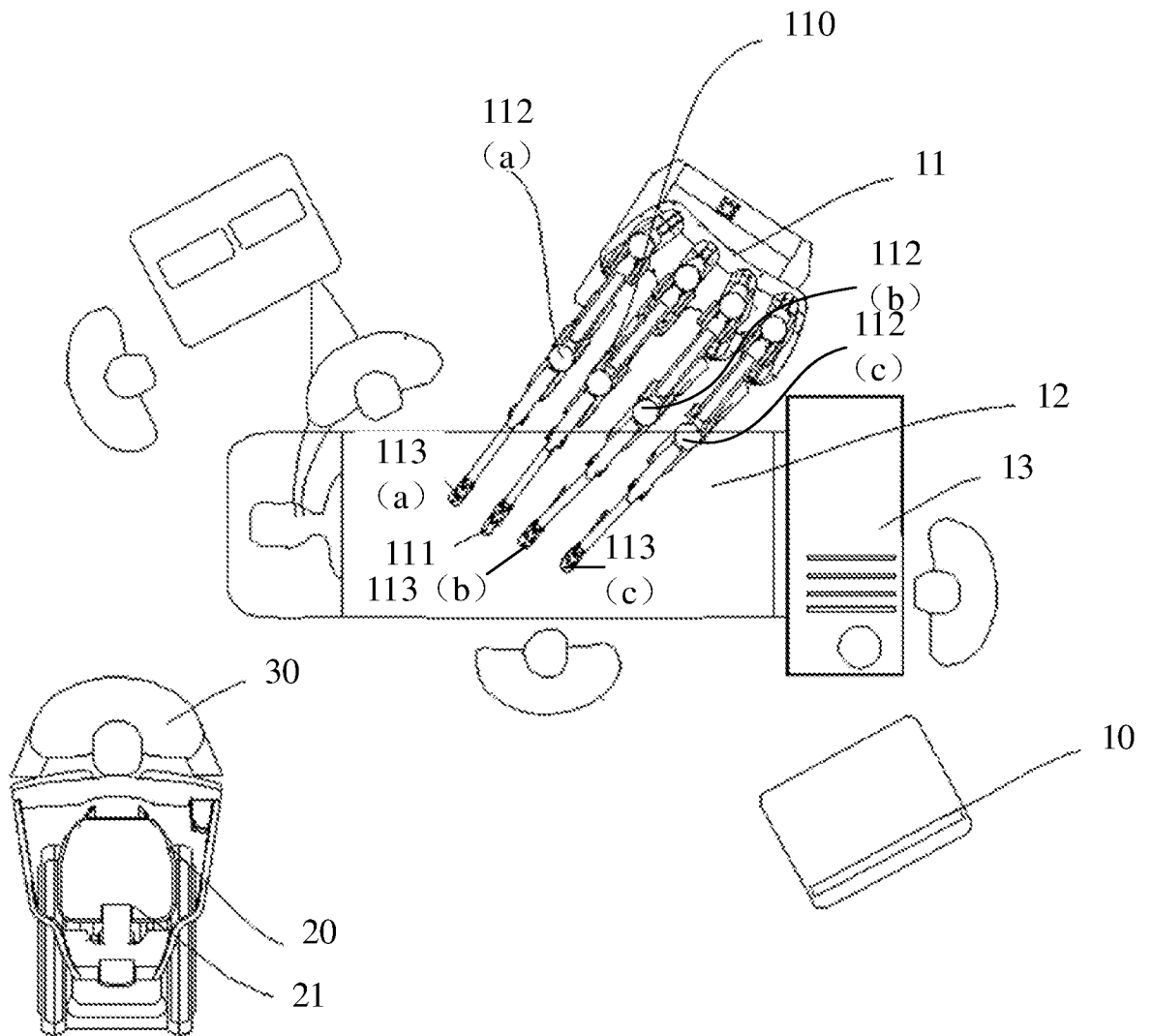


图 1

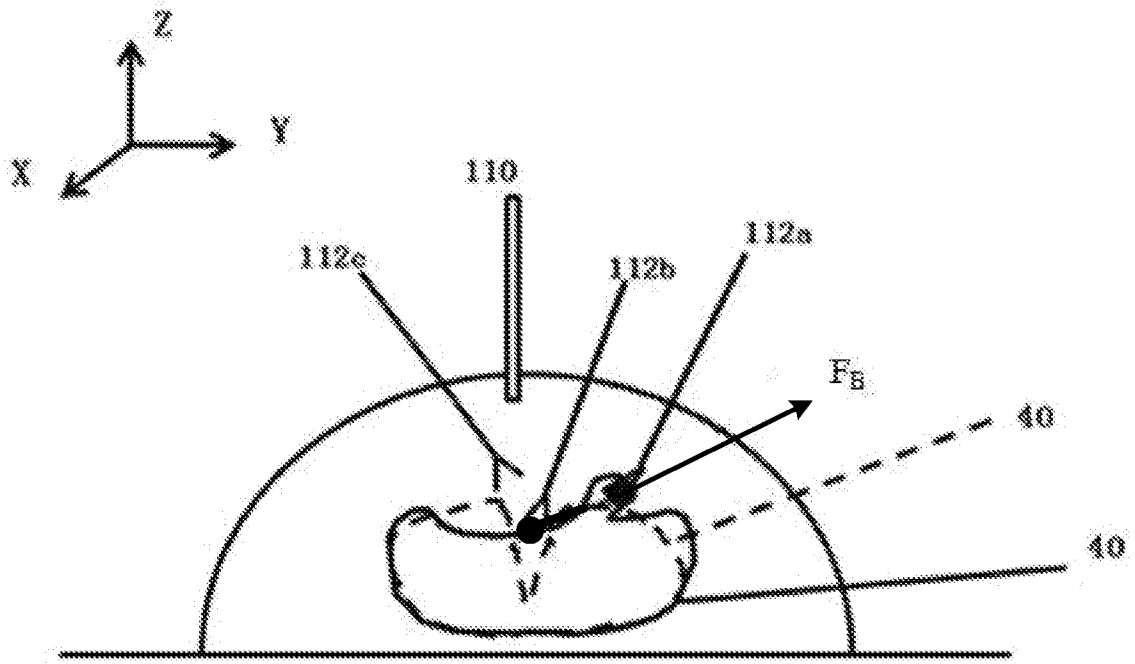


图 2

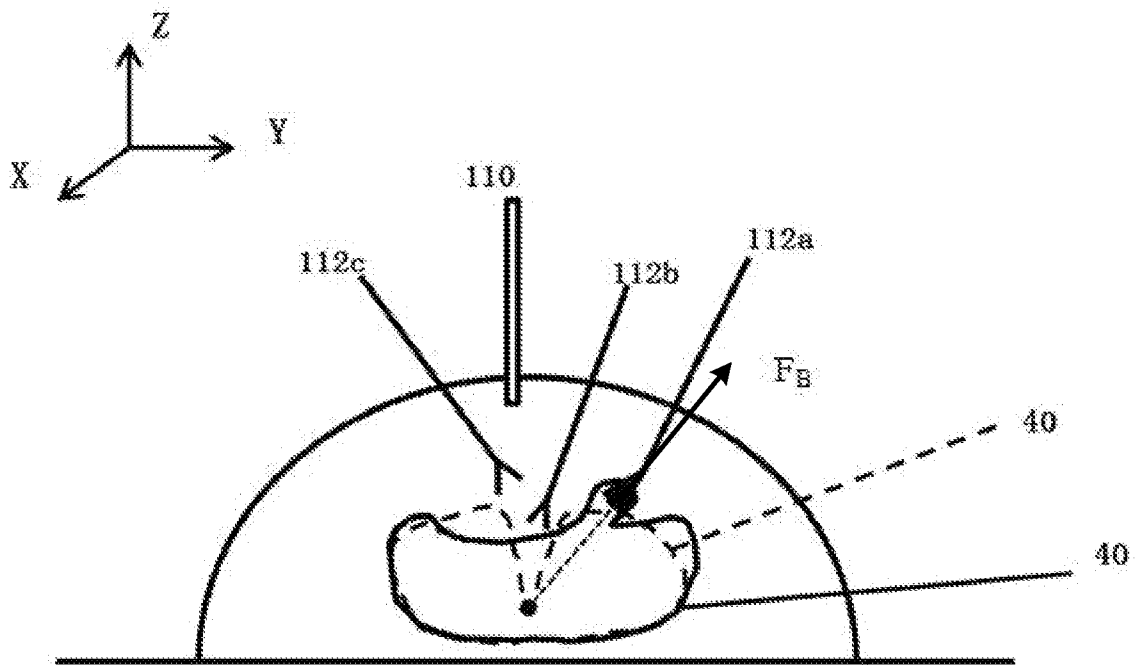


图 3

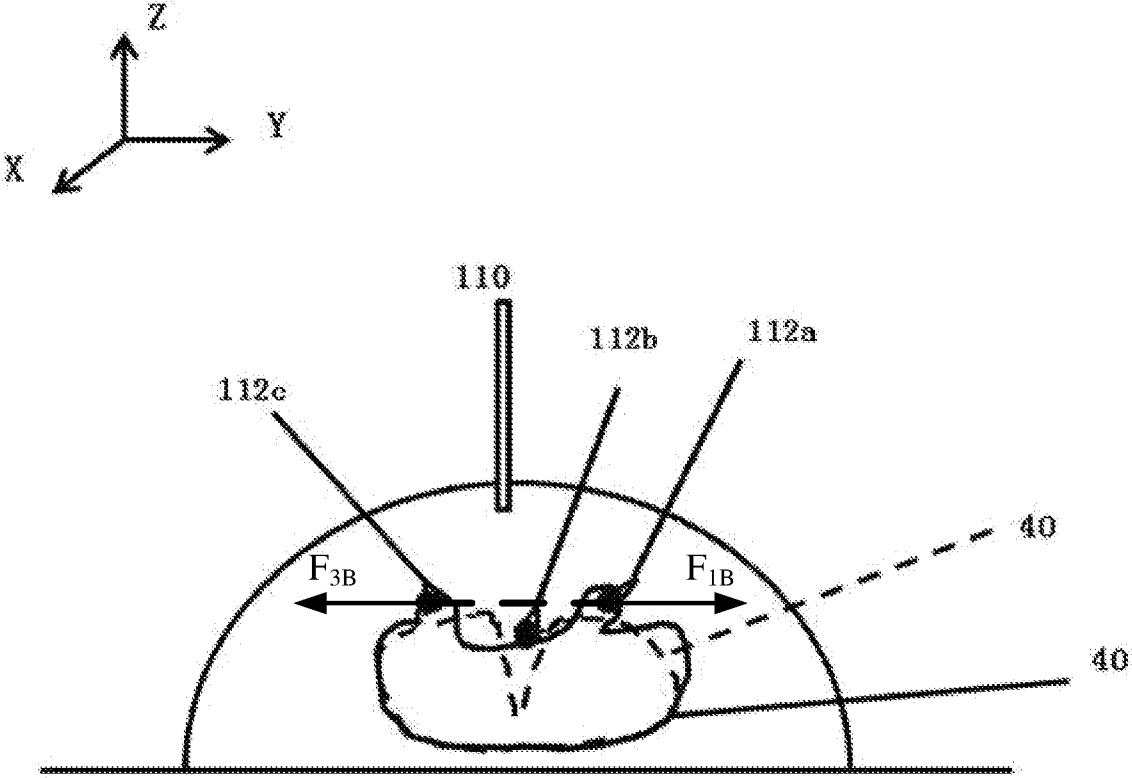


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/084889

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 34/37(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)

VEN, CNABS: 机器, 机械, 人, 手, 臂, 牵拉, 牵张, 牵引, 比, 反馈, 实时, 预设, 预定, 设定, 力, 方向, 调, 变, 切, 割, 阈值, 判, 辨, 开始, 力矩, 增量, 传感器, 检测; VEN, USTXT, WOTXT, EPTXT: robot+, hand, arm, pull+, tract+, drag+, compar+, contrast, feedback, real time, preset, predetermin+, force, direction, adjust+, chang+, cut+, threshold, judge, start, moment, increment, sensor, measur+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 108420538 A (MICROPORT (SHANGHAI) MEDICAL ROBOT CO., LTD.) 21 August 2018 (2018-08-21) claims 1-14, and description, paragraphs 46-81	1-14
Y	CN 102905641 A (INTUITIVE SURGICAL, INC.) 30 January 2013 (2013-01-30) description, paragraphs 44-155, and figures 1-23	1, 5-7, 13-14
Y	CN 105877891 A (WANG, JUAN) 24 August 2016 (2016-08-24) description, paragraphs 2, 7, 10 and 12, and figures 1-2	1, 5-7, 13-14
A	CN 206825435 U (ZHAN, WANGJIA) 02 January 2018 (2018-01-02) entire document	1-14
A	US 9668821 B2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 06 June 2017 (2017-06-06) entire document	1-14
A	US 2017265865 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.) 21 September 2017 (2017-09-21) entire document	1-14



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

13 June 2019

Date of mailing of the international search report

04 July 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/084889

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108420538	A	21 August 2018	None			
CN	102905641	A	30 January 2013	US	2014222021	A1	07 August 2014
				KR	101819531	B1	17 January 2018
				CN	102905641	B	16 March 2016
				EP	2568912	B1	28 November 2018
				US	9333042	B2	10 May 2016
				US	8620473	B2	31 December 2013
				EP	3459429	A1	27 March 2019
				KR	20130069547	A	26 June 2013
				US	10188472	B2	29 January 2019
				KR	101887889	B1	14 August 2018
				KR	20180091126	A	14 August 2018
				CN	105616007	B	17 May 2019
				EP	2568912	A1	20 March 2013
				WO	2011143338	A1	17 November 2011
				CN	105616007	A	01 June 2016
				US	2019110847	A1	18 April 2019
				KR	20180008880	A	24 January 2018
				US	2016242860	A1	25 August 2016
				US	2010274087	A1	28 October 2010
CN	105877891	A	24 August 2016	CN	105877891	B	06 July 2018
CN	206825435	U	02 January 2018	CN	107081769	A	22 August 2017
US	9668821	B2	06 June 2017	US	2014257331	A1	11 September 2014
				KR	20140112600	A	24 September 2014
US	2017265865	A1	21 September 2017	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/084889

A. 主题的分类 A61B 34/37(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)) VEN, CNABS: 机器, 机械, 人, 手, 臂, 牵拉, 牵张, 牵引, 比, 反馈, 实时, 预设, 预定, 设定, 力, 方向, 调, 变, 切, 割, 阈值, 判, 辨, 开始, 力矩, 增量, 传感器, 检测; VEN, USTXT, WOTXT, EPTXT: robot+, hand, arm, pull+, tract+, drag+, compar+, contrast, feedback, real time, preset, predetermin+, force, direction, adjust+, chang+, cut+, threshold, judge, start, moment, increment, sensor, measur+																							
C. 相关文件 <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 108420538 A (微创上海医疗机器人有限公司) 2018年 8月 21日 (2018 - 08 - 21) 权利要求1-14, 说明书第46-81段</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 102905641 A (直观外科手术操作公司) 2013年 1月 30日 (2013 - 01 - 30) 说明书第44-155段, 图1-23</td> <td>1, 5-7, 13-14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105877891 A (王娟) 2016年 8月 24日 (2016 - 08 - 24) 说明书第2, 7, 10, 12段, 图1-2</td> <td>1, 5-7, 13-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 206825435 U (展望嘉) 2018年 1月 2日 (2018 - 01 - 02) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 9668821 B2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 2017年 6月 6日 (2017 - 06 - 06) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2017265865 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.) 2017年 9月 21日 (2017 - 09 - 21) 全文</td> <td>1-14</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 108420538 A (微创上海医疗机器人有限公司) 2018年 8月 21日 (2018 - 08 - 21) 权利要求1-14, 说明书第46-81段	1-14	Y	CN 102905641 A (直观外科手术操作公司) 2013年 1月 30日 (2013 - 01 - 30) 说明书第44-155段, 图1-23	1, 5-7, 13-14	Y	CN 105877891 A (王娟) 2016年 8月 24日 (2016 - 08 - 24) 说明书第2, 7, 10, 12段, 图1-2	1, 5-7, 13-14	A	CN 206825435 U (展望嘉) 2018年 1月 2日 (2018 - 01 - 02) 全文	1-14	A	US 9668821 B2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 2017年 6月 6日 (2017 - 06 - 06) 全文	1-14	A	US 2017265865 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.) 2017年 9月 21日 (2017 - 09 - 21) 全文	1-14
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 108420538 A (微创上海医疗机器人有限公司) 2018年 8月 21日 (2018 - 08 - 21) 权利要求1-14, 说明书第46-81段	1-14																					
Y	CN 102905641 A (直观外科手术操作公司) 2013年 1月 30日 (2013 - 01 - 30) 说明书第44-155段, 图1-23	1, 5-7, 13-14																					
Y	CN 105877891 A (王娟) 2016年 8月 24日 (2016 - 08 - 24) 说明书第2, 7, 10, 12段, 图1-2	1, 5-7, 13-14																					
A	CN 206825435 U (展望嘉) 2018年 1月 2日 (2018 - 01 - 02) 全文	1-14																					
A	US 9668821 B2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 2017年 6月 6日 (2017 - 06 - 06) 全文	1-14																					
A	US 2017265865 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.) 2017年 9月 21日 (2017 - 09 - 21) 全文	1-14																					
☐ 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 2019年 6月 13日		国际检索报告邮寄日期 2019年 7月 4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 何煦佳 电话号码 86-(20)-28958451																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/084889

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	108420538	A	2018年 8月 21日	无			
CN	102905641	A	2013年 1月 30日	US	2014222021	A1	2014年 8月 7日
				KR	101819531	B1	2018年 1月 17日
				CN	102905641	B	2016年 3月 16日
				EP	2568912	B1	2018年 11月 28日
				US	9333042	B2	2016年 5月 10日
				US	8620473	B2	2013年 12月 31日
				EP	3459429	A1	2019年 3月 27日
				KR	20130069547	A	2013年 6月 26日
				US	10188472	B2	2019年 1月 29日
				KR	101887889	B1	2018年 8月 14日
				KR	20180091126	A	2018年 8月 14日
				CN	105616007	B	2019年 5月 17日
				EP	2568912	A1	2013年 3月 20日
				WO	2011143338	A1	2011年 11月 17日
				CN	105616007	A	2016年 6月 1日
				US	2019110847	A1	2019年 4月 18日
				KR	20180008880	A	2018年 1月 24日
				US	2016242860	A1	2016年 8月 25日
				US	2010274087	A1	2010年 10月 28日
CN	105877891	A	2016年 8月 24日	CN	105877891	B	2018年 7月 6日
CN	206825435	U	2018年 1月 2日	CN	107081769	A	2017年 8月 22日
US	9668821	B2	2017年 6月 6日	US	2014257331	A1	2014年 9月 11日
				KR	20140112600	A	2014年 9月 24日
US	2017265865	A1	2017年 9月 21日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)