



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105101903 B

(45)授权公告日 2018.08.24

(21)申请号 201480007291.5

A·克里埃格尔 J·奥普福尔曼

(22)申请日 2014.02.04

R·戴克尔

(65)同一申请的已公布的文献号

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

申请公布号 CN 105101903 A

利商标事务所 11038

(43)申请公布日 2015.11.25

代理人 杜文树

(30)优先权数据

(51)Int.Cl.

61/760,378 2013.02.04 US

A61B 34/30(2016.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(56)对比文件

2015.08.04

US 2012/0130399 A1, 2012.05.24,

(86)PCT国际申请的申请数据

US 5649956 A, 1997.07.22,

PCT/US2014/014626 2014.02.04

US 2009/0030449 A1, 2009.01.29,

(87)PCT国际申请的公布数据

US 2012/0199633 A1, 2012.08.09,

W02014/121262 EN 2014.08.07

US 2010/0331855 A1, 2010.12.30,

(73)专利权人 儿童国家医疗中心

CN 101443162 A, 2009.05.27,

地址 美国华盛顿特区

US 2012/0130399 A1, 2012.05.24,

审查员 尹尹

(72)发明人 P·C·W·吉姆 Y·吉姆 程鹏

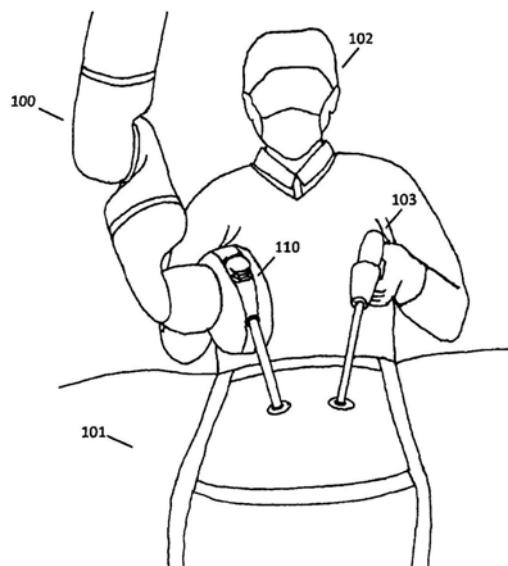
权利要求书2页 说明书10页 附图13页

(54)发明名称

混合控制外科机器人系统

(57)摘要

本公开介绍了用于执行机器人辅助手术过程的方法和系统。所述系统包括机器人手臂系统组件、末端执行器组件和用于机器人手术的混合控制机构。所述机器人手臂是运动范围大的重量轻的床侧机器人，能够容易地被操纵以定位内诊镜和手术器械。控制台被安装在机器人手臂的末端使机器人手臂能够跟随操作员手臂运动、提供物理支撑、滤除手颤动和约束运动。通用适配器也被描述为把传统腹腔镜工具连接到机器人手臂的接口。



1. 一种手术机器人系统,包括:
  - 至少一条机器人手臂;
  - 至少一个传感器,用于检测所述至少一条机器人手臂的操作状态或输入;
  - 控制器,被配置为检测外科医生互动输入,所述控制器能够脱离地附着到所述至少一条机器人手臂;以及
  - 控制单元,被配置为处理所述操作状态或输入和/或所述外科医生互动输入,以及在多种操作模式下操作所述至少一条机器人手臂,

其中,所述控制单元对所述至少一条机器人手臂执行命令以共享工作空间和手术元件。
2. 根据权利要求1的手术机器人系统,其中,所述手术元件包括手动手术工具、机器人手术工具、电灼术工具和工作空间的显示器中的至少一个。
3. 根据权利要求1的手术机器人系统,

其中所述至少一个传感器是与所述至少一条机器人手臂耦接的力传感器或位置编码器,以及

其中所述力传感器或所述位置编码器检测来自所述控制器的所述外科医生互动输入。
4. 根据权利要求1的手术机器人系统,

其中所述多种操作模式包括完全自动模式和部分自动模式,以及

其中所述控制单元根据来自所述控制器的所述外科医生互动输入和/或所述至少一个传感器的感知信息,在完全自动模式或部分自动模式下操作所述至少一条机器人手臂。
5. 根据权利要求2的手术机器人系统,进一步包括:

手术工具适配器,

其中所述手动手术工具或所述机器人手术工具能够附着到所述手术工具适配器并能够与所述手术工具适配器脱离,以对于所述手动手术工具或所述机器人手术工具的工具操作提供至少一种程度的致动;以及

其中,所述手术工具适配器能够经由所述至少一条机器人手臂或通过手动操作来控制。
6. 根据权利要求5的手术机器人系统,

其中,所述手动手术工具是非模块化手术工具,

其中,所述手术工具适配器包括固定构件和固定到所述非模块化手术工具的可移动构件,以及

其中,所述可移动构件包括多个销孔和至少两个安装销钉,所述至少两个安装销钉能够被在所述多个销孔上重新安排,以将所述非模块化手术工具的可移动部分与所述可移动构件啮合。
7. 根据权利要求5的手术机器人系统,其中,所述手动手术工具或所述机器人手术工具是模块化手术工具,

其中,所述模块化手术工具被经由线性驱动接口、接合转子或齿轮驱动地固定到所述手术工具适配器,以及

其中,所述线性驱动接口、所述接合转子或所述齿轮由与所述手术工具适配器接口的旋转马达或线性转子驱动。

8. 根据权利要求3的手术机器人系统,其中,所述控制单元在校准步骤中根据来自所述控制器的所述外科医生互动输入产生外科医生的运动学模型,以及

其中,所述控制单元根据所述运动学模型操作所述至少一条机器人手臂,以提供动态支撑以便减少外科医生疲劳。

9. 根据权利要求4的手术机器人系统,其中,所述外科医生互动输入能够包括由所述至少一个传感器感测的移动或力,

其中,所述至少一个传感器包括力传感器和位置传感器,以及

其中,所述控制单元根据所述外科医生互动输入来操作所述至少一条机器人手臂,以进行界定禁飞区、组织抓取、组织切割、组织切开、组织结合以及组织缩回中的至少一个。

10. 根据权利要求5的手术机器人系统,其中,所述手术工具适配器包括具有至少一个旋转马达或线性马达的马达包,所述马达包被驱动地连接到所述机器人手术工具,并且所述机器人手术工具经由销钉、弹簧或螺纹部分中的至少一个能够分离地耦接到所述手术工具适配器。

11. 根据权利要求8的手术机器人系统,其中,所述校准步骤包括根据所述至少一个传感器在共享的工作空间中检测出的一个或多个手臂位置以及根据所述至少一个传感器感测的力,从所述控制器接收外科医生互动输入以产生所述运动学模型。

12. 根据权利要求9的手术机器人系统,其中,所述外科医生互动输入界定了所述共享的工作空间中所计划的位置或力矢量,以由所述至少一条机器人手臂执行或保持。

13. 根据权利要求9的手术机器人系统,其中,所述外科医生互动输入界定了至少一个禁飞区,所述至少一个禁飞区为常规的体积区或具有包括平面的抽象几何形状的特定于任务的区域,以及

其中,所述外科医生互动输入包括来自所述控制器的边界的迹线。

14. 根据权利要求9的手术机器人系统,其中,所述外科医生互动输入界定了由所述至少一条机器人手臂进行的组织切割或组织切开,以及

其中,所述外科医生互动输入包括来自所述控制器的、用与所述控制器附着的手术工具作出的、在所述工作空间上的迹线或绘制。

15. 根据权利要求9的手术机器人系统,其中,所述外科医生互动输入界定了组织结合,所述组织结合包括组织缝合或夹持方法,以及

其中,所述外科医生互动输入包括来自所述控制器的所述工作空间的迹线或对区域的选择以指明要结合的组织的区域。

16. 根据权利要求4的手术机器人系统,其中,完全自动模式期间或部分自动模式期间的自动操作由于来自所述控制器的后续外科医生互动输入而被中断或调整。

17. 根据权利要求8的手术机器人系统,其中,所述至少一条机器人手臂通过对向所述至少一条机器人手臂施加的外力产生对抗力来提供动态力,以及

其中,所述外力至少包括由与所述至少一条机器人手臂附接的手术工具施加的重力。

18. 根据权利要求9的手术机器人系统,其中,所述控制单元执行命令以提供触觉反馈。

19. 根据权利要求2的手术机器人系统,其中,所述工作空间的显示器至少部分地包括内诊镜视图。

## 混合控制外科机器人系统

### 技术领域

[0001] 本公开涉及机器人辅助手术的领域。

### 背景技术

[0002] 在微创手术中,机器人手术系统用于增强外科医生的视觉和灵巧性。Intuitive Surgical出品的达·芬奇(Da Vinci)是当今市场上仅有的软组织手术商业机器人。达·芬奇系统已经通过使外科医生能够接近难以到达的解剖区域(比如骨盆或腹膜后腔深部)并在该区域中操作来提供对开放手术(即前列腺切除术或子宫切除术)的更小创伤替代方式,使手术领域向前发展。在当今,超过90%的达·芬奇病例都是在骨盆腔中进行的泌尿生殖器手术,比如前列腺切除术、子宫切除术、膀胱切除术、肾盂成形术、骶骨阴道固定术、子宫肌瘤切除术和子宫内膜异位症切除术。在2011年,达·芬奇系统进行了36万例手术,其中前列腺切除术和子宫切除术占这些手术的75%[Intuitive Surgical公司2012年报]。

[0003] 达·芬奇的关键价值定位在于,它使泌尿科医生/妇科医生能够接近难以到达深而紧凑的骨盆空间,以便以增强的3D可视化和改进的灵巧性进行腹腔镜手术,否则使用传统腹腔镜方式的这种手术在技术上会非常具有挑战性。它最适于相对小区域中的手术和受限体积中的精确切开,但是它不适于更大的干预,比如结肠松动术,因为这些类型的手术通常要求宽范围的动作。先前的研究表明,机器人系统的直觉控制与开放手术期间由外科医生进行的动作更相当,并且能够缩短过程学习曲线,即使在经验相对缺少的腹腔镜外科医生的手中。Ahlering等人论证了泌尿科手术中的类似发现,其中机器人界面允许对腹腔镜不太熟悉的外科医生进行微创根治性前列腺切除术,在完成了仅仅十二个病例后,其结果与有经验的腹腔镜外科医生相当[Ahlering等人,J Urol 2003]。

[0004] 无论达·芬奇在骨盆手术中的用途如何,其当前形式中的技术不适于普通外科,特别是结肠直肠切除术,在该手术期间遍历腹部的多个象限并且外科医生往往必须调整或倾斜患者和手术台以实现更好地接近目标组织。为了在诸如这种的手术中有效地使用机器人,内科医生可能需要大幅度修改其技术或者在手术中间使机器人对接和取消对接,这可能显著延长手术时间并且有可能增加伤害患者的风险。例如,全机器人方式进行的乙状结肠肠切除术要求机器人从上腹部开口取消对接,使患者重新定位,移动机器人并且再次对接下腹部开口。在常规腹腔镜中通常花几秒钟的动作已经变为由专门助手进行的繁重的10分钟或更长的活动。

[0005] 当前机器人系统的进一步缺点是它们在主、从两侧的占地面积都大,这可能阻碍接近躺在手术台上的患者,并且还对恰当的患者定位和开口布局造成显著挑战。开口布局中即使小偏差都可能造成机器人臂的碰撞或者未能到达预期的目标区域。它也缺乏触觉反馈(触觉和力反馈),使之不适于手术吻合,因为它们要求水密而无张力的缝合以减轻手术后吻合断裂的可能性。根据我们对外科医生的调查,即使以其近来得到验证的内手腕缝合器(Endo Wrist Stapler),在结肠直肠手术中达·芬奇的应用非常仍有限。或许它有非常小的商机,比如骨盆中深部的低位直肠前切除术和吻合能够通过使用经肛圆形吻合器完

成。

[0006] 传统的微创结肠直肠手术包括以下阶段：(1)仔细切开以提供适当的止血和获得对目标组织的接近；(2)损伤的修复(如在穿孔的治疗中)或旁路/去除(如在结肠直肠癌中)；(3)吻合剩余肠端；(4)在指明时冲洗腹腔和骨盆腔；以及(5)适当地闭合筋膜和皮肤。采用机器人系统时，这些基本阶段的每一个都具有非常不同的设计需求。在探查阶段，理想的系统会提供宽范围的运动来识别目标组织和最优化地使用手术工具。第二个和第三个阶段典型情况下要求长手术时间，并且投入了外科医生的大量体力。需要一种增强外科医生的灵巧性以及提供手臂支撑的系统。

[0007] 总之，当前的机器人系统使经过某些训练的外科医生能够进行MIS(微创手术)过程，这在其他情况下难以做到。不过，需要更灵活的、模块化的、智能的机器人功能以帮助在普通外科领域中使用机器人协助的MIS。对于不仅降低了进行MIS过程的技术壁垒而且还改进手术成果和效率的系统有明确的临床需要。

[0008] 几个先前专利介绍了意在通过约束运动和提供支撑而帮助外科医生的设备。标题为“*Remote center-of-motion robot for surgery*”的美国专利5,397,323和标题为“*System and methods for controlling surgical tool elements*”的美国公开2009/0240259都介绍了会以远程自由度来限制工具的运动并且允许机器人主-从控制的系统。

[0009] 标题为“*Surgical manipulator*”的美国公开2007/0250078介绍了能够定位手术工具并且提供触觉反馈的设备。

[0010] 标题为“*Human-robot shared control for endoscopic assistant robot*”的美国公开2012/0283747介绍了机器人手臂定位系统，它能够支持能够以预加载的若干过程操作或者以变化的刚性手工操作的内诊镜。

[0011] 标题为“*Exo-skeletal haptic computer human/computer interface device*”的美国专利6,239,784介绍了手上安装的外骨骼手套似的触觉接口，它能够用于与计算机互动。

[0012] 标题为“*Force-feedback interface device for the hand*”的美国专利6,413,229介绍了类似的触觉手套似的接口，它能够以不同的方式安装并且被用来操纵虚拟的和有形的物体二者。

[0013] 标题为“*Endoscopic robotic surgical tools and methods*”的美国专利5,954,692介绍了允许直接控制手术器械的可穿戴的编码器/机器人接口。

[0014] 标题为“*Haptic device gravity compensation*”的美国专利8,188,843介绍了带有重力补偿的触觉输入设备。

[0015] 标题为“*Robotic Hand Controller*”的美国专利8,332,072介绍了带有力反馈的具有8个自由度的机器人手控制器。

[0016] 标题为“*Exoskeleton*”的美国公开2008/0009771介绍了带有与人体对应的连接(links)和关节的可穿戴的结构。结构上的换能器允许在结构与用户之间交换运动和信息，并且使得能够控制结构的运动。

[0017] 标题为“*Telerobotic laparoscopic manipulator*”的EP 0774329A介绍了在腹腔镜手术中使用的可操纵的手，具有远离操作员的受控手，并且具有至少一个受控手指。

[0018] 标题为“*Interactive computer-assisted surgery system and method*”的美国

专利7,813,784介绍了为进行医学过程提供计算机协助的方法和系统。

[0019] 标题为“System and method for interactive haptic positioning of a medical device”的美国专利7,747,311介绍了触觉设备与计算机协助的系统结合用于交互触觉定位。

[0020] 不过,以上文献都不涉及利用本公开的特征来以机器人手臂和系到操作员的手臂的末端执行器进行机器人协助的手术。没有任何一个文献介绍过定位在机器人手臂上的控制台和使内诊镜工具机械化的通用适配器。不仅如此,以上文献都没有介绍允许在以下不同操作模式之间容易交换的系统:手动模式、主-从模式和自主模式。

## 发明内容

[0021] 正如以上概述,需要灵活而模块化的系统以便把机器人协助系统集成到标准的外科实践中。本公开通过加入智能机器人作为外科医生的手臂/手的外骨骼扩展来解决现有机器人手术系统的工作流程和人机工程学挑战。通过在外科领域中使外科医生、机器人和控制台整合在一起,外科医生可以被提供操作环境的更多控制和了解,可以有能力遵循自然工作流程进行手术,可以通过使用机器人工具而得到增强的可视化、准确度和灵巧性,可以体验更少的劳累以及可以通过机器人协助下的自动任务改进手术的效率和安全性。

[0022] 本公开的工作空间可容易地调整为容纳要求大工作区域但是其运动在需要时也能够按命令约束(如远程运动中心、仅仅“手腕”运动、轴约束)的手术。在得到外科医生促使时,机器人可以利用系统中的若干传感器自主地执行会受益于增加的灵巧性和速度的多种手术任务,比如吻合。按外科医生的决断,可以停止自动过程,在此时外科医生可以通过使用主-从控制操纵机器人来接管。

[0023] 在手动/主-从操作模式中,外科医生可以采用控制器,其者模仿传统腹腔镜工具的手柄或者可以采用将手的运动链接到工具的手套似的接口。该控制器可以在床边或者也可以附着到机器人本身,并且使用多种反馈和控制技术,比如触觉反馈和重力补偿,机器人/控制器可以再现进行手动腹腔镜手术的感觉。机器人也可以通过支撑器械和外科医生手臂的重量、去除颤动、提供严格的运动约束等等来增强工具的手动控制。外科医生能够在这种手动模式与先前介绍的自动模式之间快速切换以便改进手术性能。

[0024] 本公开的特征可以允许外科医生通过在适宜时采用优化的自动机器人手术过程以及在必要时快速切换到增强外科医生的手动能力的主-从控制来改进手术性能。所公开的本设备的若干实施例可以包括带有可交换工具的机器人手臂,机器人通过通用适配器与工具相连。该工具可以是标准的腹腔镜工具、修改的/机动化的工具以及/或者意在用于特定过程的高度专门化的工具。为了连接传统的腹腔镜工具,机器人可以带有附件,它采用通用适配器并且能够产生驱动大多数腹腔镜工具所需的运动(如紧握手柄)。

## 附图说明

[0025] 参考附图,在以下说明中更详细地阐述了示范实施例的特征和优点。

[0026] 图1显示手术区设置的实例,其中外科医生可以使用混合技术的通用工具适配器进行合作手术。

[0027] 图2显示了可用手术模式的实例。

- [0028] 图3显示了手术的主-从模式的一般工作流程的实例。
- [0029] 图4A至图4C显示了用于手术的主-从模式的示范约束组。
- [0030] 图5显示了手术的自主模式的一般工作流程的实例。
- [0031] 图6显示了控制器被附着到机器人的示范实施例。
- [0032] 图7显示了控制器与机器人分离的示范实施例。
- [0033] 图8显示了示范控制器形状。
- [0034] 图9A和图9B显示了机器人支撑外科医生的实例。
- [0035] 图10显示了机器人与外科医生之间合作动作的实例。
- [0036] 图11显示了机器人上的通用工具端口的实例。
- [0037] 图12显示了可以附着到机器人的工具的实例。
- [0038] 图13至图15介绍了本公开作为通用工具适配器的实施例。
- [0039] 图16显示了用于模块化工具的通用工具适配器的实例。
- [0040] 图17显示了模块化多自由度工具的实例。
- [0041] 图18显示了在末端执行器从手柄脱离的状态下的模块化手动工具的实例。
- [0042] 图19显示了被安装到通用工具适配器上的末端执行器的实例。
- [0043] 图20显示了包括马达包接口的通用工具适配器的实例。
- [0044] 图21显示了可以经由马达包的马达接合的模块化末端执行器的实例。
- [0045] 图22显示了被安装到通用工具适配器的多轴马达包的实例。

## 具体实施方式

- [0046] 考虑到包括附图的本说明书,本文介绍的混合控制手术机器人的示范系统的目的、优点和特征对于本领域技术人员应当是显而易见的。
- [0047] 图1表示一种示范手术区设置。在一个实施例中,机器人(100)可以安装在手术台(101)近旁,使得外科医生(102)可以在不离开手术台的情况下在手动操作与机器人操作之间切换。外科医生可以经由通用工具适配器(110)用一只手使用机器人(100),而另一只手使用手动工具(103),或者他可以使用两个或更多机器人。在一个实施例中,手动工具(103)可以是腹腔镜工具。
- [0048] 在一个实施例中,图2显示了采用这种系统时可用的手术的示范模式:手动(200)模式、精细运动主-从(201)模式、粗糙运动主-从(202)模式以及自主(203)模式。外科医生可以选择采用这些模式的任一种并且在适当时在它们之间切换。
- [0049] 在一个实施例中,手术的精细主-从模式和粗糙主-从模式的一般工作流程被显示在图3中。在这种模式下,外科医生(300)可以与控制器(301)互动以控制手术机器人(302)。外科医生输入到控制器中的输入(303)然后可以经由控制单元(310)、机器人处理器和/或计算机处理,以产生用于机器人的输出,包括:输入处理(304)(如颤动过滤、运动缩放)、物理支撑(305)(如工具重力补偿、手臂重量支撑)以及运动限制(306)(如禁飞区、远程运动中心)。应用的处理方法的组可以对每名外科医生定制,或者也可以实时改变。例如,如果外科医生想把机器人从一个微创手术开口移动到另一个开口,外科医生将在当前远程运动中心限制就位情况下拔出机器人。一旦机器人被移去,外科医生将可能在将其移动到另一个开口之前去除该约束,然后对机器人施加新的远程运动中心限制。随着外科医生使用机器人

对患者(307)进行手术,外科医生和机器人都可以通过一个或多个传感器(309)收到感觉反馈(308)。

[0050] 在一个实施例中,控制单元(310)可以处理输入和/或手术机器人(302)的至少一只机器人手臂的操作状态,以便操作这至少一只机器人手臂。控制单元(310)可以对这至少一只机器人手臂执行命令以共享工作空间和手术元件,下面将进一步介绍。手术元件可以包括手动手术工具、机器人手术工具、电灼术工具以及工作空间的显示器中的至少一个。在一个实施例中,外科医生的输入(303)或外科医生互动输入可以经由手术机器人(302)的这至少一只机器人手臂的传感器和/或输入控制器检测出。这些传感器可以包括耦接到这至少一只机器人手臂的力传感器和/或位置传感器,并且可以用于检测外科医生的输入。根据外科医生的互动输入,手术机器人(302)可以以全自动模式或部分自动模式操作。在一个实施例中,全自动模式或部分自动模式期间的自动操作可以由于随后外科医生的互动输入中断或调整。在一个实施例中,控制单元(310)可以包括执行命令,以根据从一个或多个传感器收到的输入、外科医生互动输入以及手术机器人(302)的操作程序操作机器人的中央处理单元(CPU)和/或电路。

[0051] 图4A至图4C显示了主-从模式下运动约束的实例组。图4A显示了没有任何约束的粗糙运动模式,它可以允许机器人移动到手术区(400)中的任何位置。一旦已经在患者身上建立了开口,机器人可以移动到图4B所示的另一组约束,它可以包括远程运动中心(401)和安全工作边界(402)。如果必要,外科医生可以选择切换到使用精细马达控制,它如图4C所示进一步约束(403)机器人的运动。

[0052] 在一个实施例中,如图5所示,提供了手术的受监督自主模式的一般工作流程实例。在这种模式下,外科医生(500)可以在机器人(502)根据感知信息(504)和约束(505)自动产生(503)运动时监督(501)机器人,以便自主地执行手术过程。

[0053] 在一个实施例中,外科医生可以在没有机器人的情况下以手动模式开始手术,使用手动手术工具执行他能够执行的任务。一旦外科医生变得疲劳或达到了使用机器人会更有效的点,他可以使用粗糙运动主-从控制模式把机器人带入手术区。从这里开始,取决于手术情况,机器人可以在粗糙运动控制与精细运动控制之间切换。如果外科医生需要在小工作区中进行要求高灵巧性的手术,那么他可以采用精细马达控制。如果外科医生需要进行大运动,或者需要运动到另一个工作区,那么他可以采用粗糙马达控制。如果机器人被编程为这样做,外科医生也可以把机器人设置为执行自主任务,特别是需要高灵巧性和重复的任务,比如吻合术。在自主例程期间的任何时间,外科医生都可以中断机器人并以两种主-从控制配置之一接管。一旦外科医生判定不再需要机器人时,他可以把机器人从手术区中拉开并返回到手动手术。

[0054] 在一个实施例中,外科医生可以通过控制器与机器人相连,控制器允许他控制基本的机器人运动、工具的方位和该工具可以具有的任何自由度。图6显示了这样的系统实施例:其中主-从控制器(600)附接到机器人(601),允许外科医生感受到他正在以机器人用作支撑的状态下直接控制着这些工具。图7显示了这样的系统实施例:其中主-从控制器(700)与机器人(701)分离,允许外科医生更省力地控制机器人并且允许控制器与机器人输出之间的运动缩放。在另一个实施例中,在手术过程中,外科医生可以附接和分离控制器(如为了粗糙运动主-从控制而附接以及为了精细运动主-从控制而分离)。图8显示了能够用于控

制范围广泛的工具的控制器形状的若干实例。控制器形状可以包括：控制杆手柄(800)、可穿戴的手套控制器(801)以及工具手柄(802)。在一个实施例中，控制器可以可分离地附接到机器人的末端，如图6所示。在一个实施例中，控制器被配置为快速地附接到机器人末端或从其分离。

[0055] 在一个实施例中，可以产生外科医生手臂的运动学模型。按照运动学模型，也可以根据机器人末端执行器的位置产生手臂姿态。可以向机器人手术系统提供运动学模型和手臂姿态，以确定在不同工作位置对外科医生手臂所需的重力补偿量。以来自机器人的动态力形式对外科医生手臂施加的重力补偿量可以足以支撑手臂而减少疲劳。在一个实施例中，重力补偿可以使机器人能够产生对抗外科医生手臂的对抗力，使得手臂感觉实质上无重量，而不会妨碍外科医生的预期运动。在一个实施例中，重力补偿可以使机器人能够施加对抗外科医生的手臂和/或附接的手术工具的对抗力。由外科医生手臂或附接的手术工具施加的力至少可以包括分别由手臂或工具产生的重力。

[0056] 在一个实施例中，正如图9A和图9B所示，外科医生(901)使用其手、手腕或前臂使其手臂附着到6个自由度的机器人手臂(902)。为了开始校准，外科医生可以在至少两个位置之间移动其手臂，而机器人以机器人手臂(902)的一个或多个编码关节(903)记录这些位置。在机器人手臂(902)内或其上可以提供力传感器(905)以检测外科医生(901)的手臂在这至少两个位置之间移动时施加的力。在一个实施例中，外科医生可以通过在界定外科医生工作空间的区域内移动其手臂而校准机器人。在一个实施例中，外科医生可以在已经到达工作空间边界或边缘时向机器人发信号。例如，外科医生可以通过发布语音命令、按压按钮、拨动开关、执行预定的手势或手臂姿势、踩压脚踏开关等向机器人发信号。这种信号将界定该机器人在机器人空间中的虚拟边界。

[0057] 在这种校准后，机器人可以计算和定义外科医生手臂的运动学模型。随后，机器人末端执行器(904)的位置可以被转换为手臂姿态。手臂姿态将通知重力补偿模式，在该模式中外科医生手臂将在一个或多个位置由适于该手臂姿态量的力支撑。例如，伸展的手臂比保持在接近胸前的手臂要求更多支撑。在一个实施例中，这一个或多个支撑位置可以包括手腕、前臂、肘部、肩部或其他部位。

[0058] 在一个实施例中，机器人可以包括控制单元、它可以包括处理器、主存储器和用于存储和执行操作模式以及用于定义和存储校准参数的随机存取存储器。例如，在校准和其他参数定义之后，机器人将不需要为具体外科医生和手术重新校准。

[0059] 图10A至图10C显示的任务涉及机器人与外科医生之间的合作。例如，合作过程可以包括界定禁飞区、组织抓取、组织切割、组织切开、组织结合以及/或者组织缩回。在一个实施例中，操作员或外科医生可以通过移动他们的手、手腕或前臂向机器人提供输入、指令或命令。在一个实施例中，机器人可以经由机器人臂的力和/或位置传感器检测操作员或外科医生的运动或力。在一个实施例中，操作员或外科医生的输入可以具有外科医生经由控制器的互动输入的形式。在一个实施例中，响应来自控制器的外科医生互动输入以及/或者响应由机器人的至少一个传感器检测出的输入或操作状态，控制单元可以执行命令以提供触觉反馈。

[0060] 在图10A所示的一个实施例中，外科医生可以界定体积禁飞区(1015)和/或特定于任务的禁飞区(1016)。正如图10A所示，组织(1005)为两个分段，并且通过跟踪手术区域上

或周围的外科医生的工具 (1002) 或者向机器人发信号来画出边界 (1013) , 以界定一般的体积禁飞区 (1015) 。这个体积禁飞区 (1015) 可以由机器人实施以防止工具 (1002) 进入该区域。外科医生的工具 (1002) 可以通过跟踪或通过向机器人发信号而界定特定于任务的禁飞区 (1016) 的边缘 (1014) 。特定于任务的禁飞区 (1016) 可以在手术期间由机器人实施。在图 10A 所示的一个实施例中, 特定于任务的禁飞区 (1016) 可以在组织抓取过程期间实施。在一个实施例中, 控制器可以间接地或直接地连接到工具 (1002) 。控制器可以接收外科医生的互动输入, 包括经由工具 (1002) 进行的跟踪或发信号, 这可以用于界定禁飞区。在一个实施例中, 特定于任务的禁飞区 (1016) 可以包括抽象的几何形状, 包括平面。在一个实施例中, 特定于任务的区域 (1016) 可以根据检测出的手术场景或者由机器人或外科医生执行的任务动态改变。

[0061] 在一个实施例中, 可以提供工作空间显示器以在边缘、边界 (1013) 和其他虚拟输入 (1014) 被选中时描绘它们。在一个实施例中, 工作空间显示器可以描绘一般的体积禁飞区 (1015) 和/或特定于任务的禁飞区 (1016) , 只要已经完成了边界 (1013) 和/或边缘 (1014) 选择过程。在一个实施例中, 工作空间显示器可以连接着机器人的控制器, 并且当执行多种操作模式时, 该控制器可以保存和撤回该体积禁飞区 (1015) 和/或特定于任务的禁飞区 (1016) 。

[0062] 在一个实施例中, 如图 10B 所示, 在工作空间内可以使用工具 (1009) 发布命令。例如, 通过在组织 (1005) 上沿着所期望切割路径跟踪切割工具 (1009) , 可以使用切割工具 (1009) 界定所计划的切口线 (1010) 。机器人然后可以考虑附加的感知信息来调整和跟随切口线 (1011) 以切割组织 (1005) , 正如图 10B 的下图所示。在一个实施例中, 可以经由机器人的光、力和/或位置传感器获得感知信息。在一个实施例中, 控制器可以间接地或直接地附着到工具 (1009) 。控制器可以接收外科医生的互动输入, 包括经由工具 (1009) 进行的跟踪, 它们可以用于界定所计划的切口线 (1010) 。

[0063] 在一个实施例中, 外科医生互动输入可以包括在工作空间上以工具 (1009) 进行的跟踪或绘制, 其中工具 (1009) 可以附接到控制器, 而跟踪或绘制定义了要由机器人进行的组织切割或组织切开的参数。然后机器人可以以把传感器信息考虑在内的自动模式进行组织切割或组织切开。在一个实施例中, 组织结合 (包括组织缝合或夹持方法) 可以使用外科医生互动输入定义。外科医生互动输入可以包括使用控制器选择工作空间的某区域, 以表明要连接的组织区域。然后机器人可以以把传感器信息考虑在内的自动方式进行组织结合。

[0064] 在一个实施例中, 可以提供工作空间显示器, 以描绘由切割工具 (1009) 跟踪的切口线 (1010) 。在一个实施例中, 工作空间显示器可以是 LCD 显示屏或触摸屏面板。在一个实施例中, 工作空间显示可以是图像投影, 其被直接投射到患者身上或手术场所的适当位置。在一个实施例中, 工作空间可以至少部分地包括内诊镜视图。

[0065] 通过定义所计划的切口线 (1010) , 可以由机器人以自动或半自主方式进行切割。在一个实施例中, 自动或半自主性切割可以在外科医生疲劳情况下是期望的, 或者例如, 对切割期望高灵巧性或重复。在一个实施例中, 机器人的控制器可以接收所计划的切口线 (1010) 和感知信息, 以便执行命令, 经由机器人臂指挥切割工具 (1009) 来正确地切割组织 (1005) 。

[0066] 在一个实施例中,如图10C所示,机器人可以以合作方式帮助抓取组织。外科医生可以使用抓钳(1002)把组织(1005)保持就位。然后外科医生可以向机器人发布命令或信号,以定义或者所计划的位置(1004)或者所计划的力矢量(1003)。然后机器人可以分别根据所计划的位置(1004)或所计划的力矢量(1003)保持这个位置(1007)或恒定力(1006)。在一个实施例中,可以提供力传感器(1001),以在外科医生发布命令时检测在工具尖端处施加的力,以定义力矢量(1003)。在一个实施例中,所计划的位置(1004)和所计划的力矢量(1003)都可以使用。位置和/或力信息的组合允许机器人与外科医生合作并且完成每一项对其都非常适合的任务。通过允许机器人保持某位置,外科医生可以不用不得不连续地施加力以维持该保持位置。

[0067] 在如图11所示的一个实施例中,可以使用带有工具端口(1101)的机器人(1100)与各种各样的手术工具(1102)相连并对其控制。机器人(1100)的工具端口(1101)可以包括一个或多个机械和/或电气触点用于传送电力或数据。图12显示了机器人可以连接的不同类型的工具。该工具可以是意在自主例程中使用的专用工具(1200)(如为了自主吻合术中的缝合而优化的工具)、为与机器人(如,电机化的抓钳或外科手术刀)相连而构建的标准版本的腹腔镜工具(1201),或者被附着到用于使该工具致动的通用工具适配器(1203)的手动腹腔镜工具(1202)。该工具可以具有某活动范围和自由度,并且不一定必须采用可以在机器人上可用的全部机械和/或电气触点。

[0068] 为了有助于合作的混合手术方式,通用工具适配器可以被安装到使得从手动到主-从和自主过程的容易过渡成为可能的机器人的工具端口。工具适配器可以被设计为容纳任何数量的不同腹腔镜手动工具,并且提供了有能力使自由度和末端执行器致动机械化的平台。在一个实施例中,图1展示了外科医生以通用工具适配器(110)进行手动或者遥控腹腔镜手术。通过将手放置在适配器(110)内部,外科医生能够在从机器人手臂(100)得到智能支撑的同时接近手动工具的手柄和接合环。如果需要机械化的控制,外科医生可以让其双手放开手动工具,并且把该工具连接到工具适配器。在一个实施例中,可以提供直接位于工具适配器上的控制件,以允许外科医生遥控该机器人,同时仍然保留手臂支撑。通用工具适配器(110)可以配备有力和转矩传感器以提供反馈,用于以合作的混合方式教导禁飞区、工具存储器和/或路径计划。

[0069] 在一个实施例中,图13至图15显示了用于工具(1300)的示范通用适配器,它们提供了一个自由度用于旋转,一个自由度用于手术,如切割或者夹住比如抓钳、针驱动器和剪刀。这种类型的工具(1300)可以包括具有标准化直径的轴、旋转该轴的旋转环、固定手柄以及触发在轴顶端动作(即夹住或剪刀致动)的移动手柄。手柄的尺寸和位置可以在不同工具之间变化,所以通用适配器需要能够被配置为调整到该工具的特定尺寸和机动化需求。在一个实施例中,工具(1300)可以包括手动手术工具和/或机器人手术工具。在一个实施例中,工具(1300)可以包括腹腔镜工具和/或电灼术工具。在一个实施例中,工具(1300)可以包括非模块化手术工具。在一个实施例中,工具(1300)可以包括模块化手术工具。

[0070] 在一个实施例中,通过将工具放入旋转器套(1310),可以将工具(1300)插入到适配器(1301)之内,该旋转器套包括由卡在一起两半构成的圆筒形套(1311)、与工具(1300)的旋转构件啮合的弹簧夹钳(1312)以及拇指螺钉(1313)。套(1310)的圆筒形开口被设计为具有比该工具小的直径,以提供对该工具的足够夹持力。为了调整到适于工具(1300)的特

定的标准化直径,可以替换旋转器套(1310)。旋转器套(1310)使工具(1300)与旋转器套(1310)的旋转轴同心地对准。在以拇指螺钉(1313)把工具(1300)锁住就位之前,弹簧夹钳(1312)把该工具在轴向上向前推进,直到该工具的旋转构件的肩部抵靠旋转器套(1310)的末端,从而把该工具(1300)设定在可重复的轴和旋转位置。

[0071] 在一个实施例中,适配器(1301)可以包括固定构件(1314)以及绕铰链点(1350)旋转的可移动构件(1315)。可移动构件(1315)可以包含销孔的阵列。在一个实施例中,销孔的阵列可以包括在可移动构件(1315)上的多行和多列的销孔。通过把至少一根安装销钉经由销孔固定到可移动构件(1315)上,使得这些销钉在工具(1300)的移动手柄的内部,这些销钉可以将移动手柄的侧面啮合。在一个实施例中,可移动构件(1315)可以配备着被固定到可移动构件(1315)的销孔的至少两根安装销钉。这至少两根销钉可以与移动手柄的内侧部分相互作用。在一个实施例中,这至少两根安装销钉可以与工具(1300)的可移动部分啮合,同时固定构件(1314)可以与工具(1300)的固定部位啮合。在一个实施例中,工具(1300)可以是腹腔镜工具。

[0072] 通过调整销钉的位置,适配器(1301)能够容纳多种工具尺寸和工具形状。一旦工具(1300)被置于适配器(1301)中,两个马达(1316、1317)就可以致动旋转自由度和另一种操作,如切割或夹紧。作为替代,旋转自由度可以用机器人手臂实施。在一个实施例中,适配器(1301)可以包括轮缘(1302),以可分离地把适配器(1301)附接到本公开机器人手臂。在一个实施例中,适配器(1301)被配置为快速而容易地附接到机器人手臂或从其分离。在一个实施例中,两个马达(1316、1317)中的至少一个可以被安装到固定构件(1314),两个马达(1316、1317)中的该至少一个可连接着工具(1300)的旋转部位以驱动工具(1300)。

[0073] 在一个实施例中,图16显示了用于模块化多自由度工具的示范通用工具适配器(1500)。图17展示了模块化工具(1400)的若干构件。这种类型的工具包括带有标准化直径的轴(1401);转动末端执行器的旋转环(1402);接合凸边(1403),它在被旋转时控制工具尖端的弯曲;移动手柄(1404),它致动末端执行器的功能,即抓取或切割;以及快速连接接口(1405),把末端执行器啮合到手柄和从其脱开。因为模块化工具具有类似的末端执行器几何形状和快速连接接口,所以通用工具适配器能够容纳整个的块化工具组,此外,提供了多个轴以控制单自由度和多自由度的工具。

[0074] 在一个实施例中,通过操纵图18所示的快速连接接口(1405),可以使末端执行器(1406)脱离模块化工具(1400)的模块化手柄(1407)。可以去除通用工具适配器(1500)的帽(1501)以暴露接合接口(1502),在该处模块化末端执行器(1406)可以固定在通用工具适配器(1500)的内部。接合接口(1502)可以包括棱线(1503),它与接合凸边(1403)的对应凹槽对齐,用于工具定向和扭矩传递。只要被固定,模块化末端执行器(1406)就可以通过替换和紧固螺帽而固定在工具适配器(1500)之内。在一个实施例中,经由销钉、弹簧或螺纹部分中的至少一个可以把模块化工具(1400)固定到工具适配器(1500)。在一个实施例中,模块化工具(1400)可以是腹腔镜工具。

[0075] 在一个实施例中,一旦模块化末端执行器(1406)已经被固定,就可以压下快速连接按钮(1504),以啮合图19和图20所示的装有弹簧的线性驱动接口(1505)。通用工具适配器(1500)可以包括驱动接口(1505),其可以被致动以沿着工具适配器(1500)的轴向平移,以便控制末端执行器的功能,即抓取和切割。

[0076] 在一个实施例中,模块化末端执行器的致动(1409)可以通过移动平移级实现,它把模块化末端执行器(1406)的驱动轴(1408)向前推,从而打开模块化末端执行器的爪(1409)。随着驱动轴被推动,内部弹簧被压缩,从而对线性驱动接口(1505)施加了压力。在被逆向推动时,被压缩的弹簧能够松弛,从而使致动驱动轴(1408)返回到原始状态并关闭了模块化末端执行器的爪(1409)。这种动作可以被重复以致动任何模块化工具的末端执行器。

[0077] 在一个实施例中,可以通过以下方式实现模块化末端执行器(1406)的接合:转动接合转子(1506),它然后可以把扭矩经由驱动轴(1508)传送到中间齿轮(1507)。中间齿轮(1507)可以啮合并转动通用工具适配器(1500)的接合接口(1502),从而转动模块化末端执行器(1406)的接合凸边(1403)。随着接合凸边(1403)转动,末端执行器(1409)可以在0到90°之间弯曲,如图21所示。

[0078] 在一个实施例中,如图22所示,可以把多轴马达包(1600)安装到通用工具适配器(1500)以使工具机械化。马达包(1600)可以经由安装轮缘(1601)安装到机器人定位系统。在一个实施例中,可以在至少一个旋转马达(1603)上提供弹簧受载的销钉(1602),以与通用工具适配器(1500)上的接合转子(1506)啮合。可以转动至少一个旋转马达(1603),以把旋转力传递到接合转子(1506)。可以使用至少一个线性马达(1604),以把轴向力传递到驱动接口(1505)。

[0079] 在一个实施例中,多轴马达包(1600)可以包括多个旋转马达(1603)和/或多个线性马达(1604)。在一个实施例中,多轴马达包(1600)可以包括围绕马达包(1600)的中心轴对称地排列的多个旋转马达(1603)。在一个实施例中,线性马达(1604)可以沿着马达包(1600)的中心轴布置。通过提供带有多个旋转马达(1603)和/或多个线性马达(1604)的多轴马达包(1600),多轴马达包(1600)可以与任何数量的具有多个接合转子和/或多个线性驱动接口的通用工具适配器兼容,这些通用工具适配器又可以用于驱动具有多个自由度的模块化末端执行器。

[0080] 以上介绍的特定实施例已经在手术情况下通过实例显示了,并且应当理解,这些实施例可以容许多种修改和替代形式。应当进一步理解,权利要求书并非意在受限于所公开的具体形式,而是相反涵盖落入本公开的实质和范围内的一切修改、等效内容和替代。

[0081] 正如本文所用,术语“包含”和“包括”应当被解释为包罗广泛并且是开放式的。确切地说,在本文档中使用时,术语“包含”和“包括”及其变形意味着指定的构件、步骤或组件被包括在本公开的所介绍构件中。这些术语不应当被解释为排除其他构件、步骤或组件的存在。

[0082] 应当理解,本公开的混合控制手术机器人系统不限于本文公开的具体实施例,而是包含以下权利要求书的范围内的许多其修改形式。

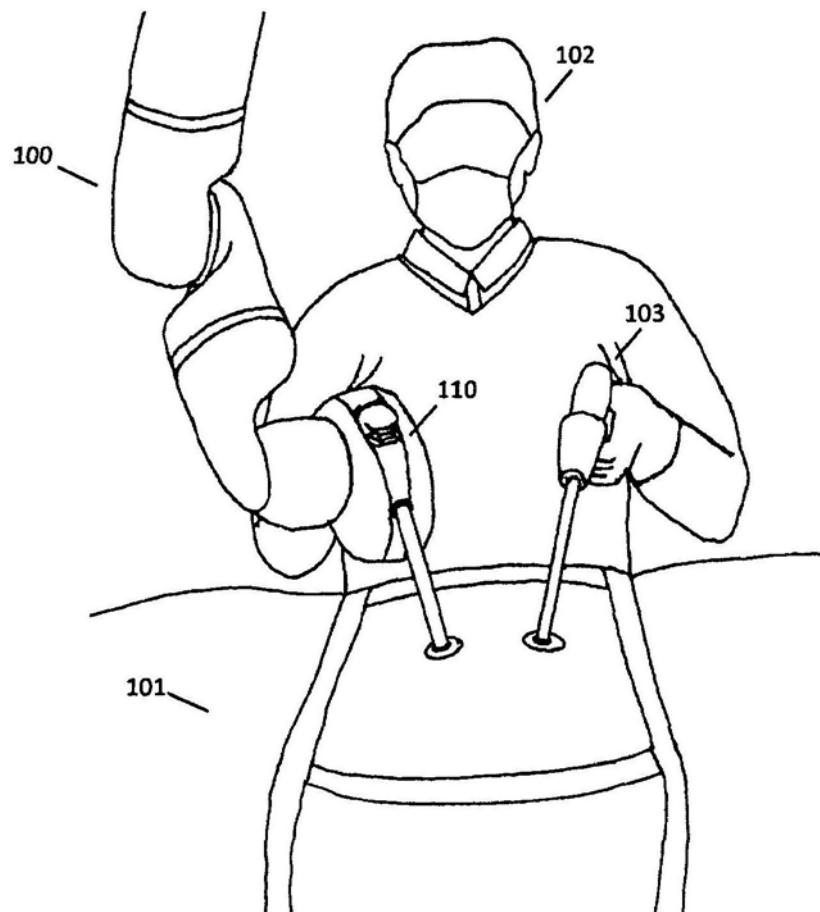


图1

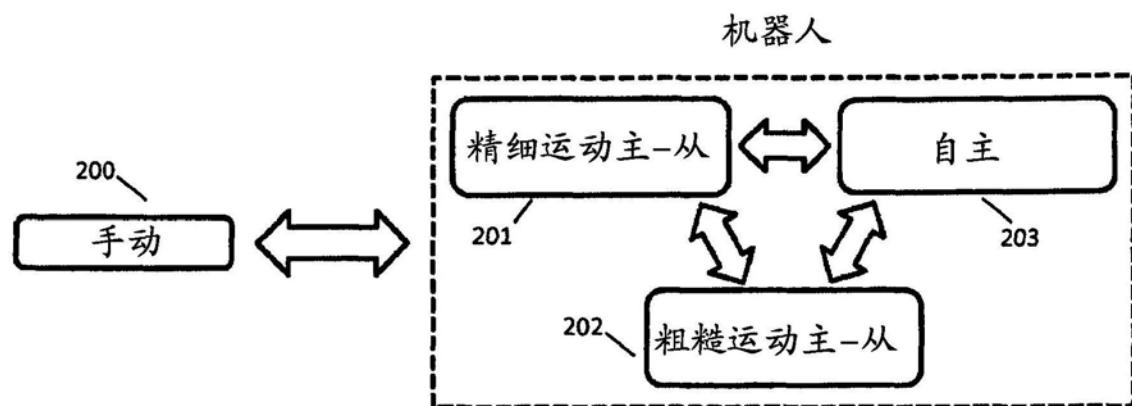


图2

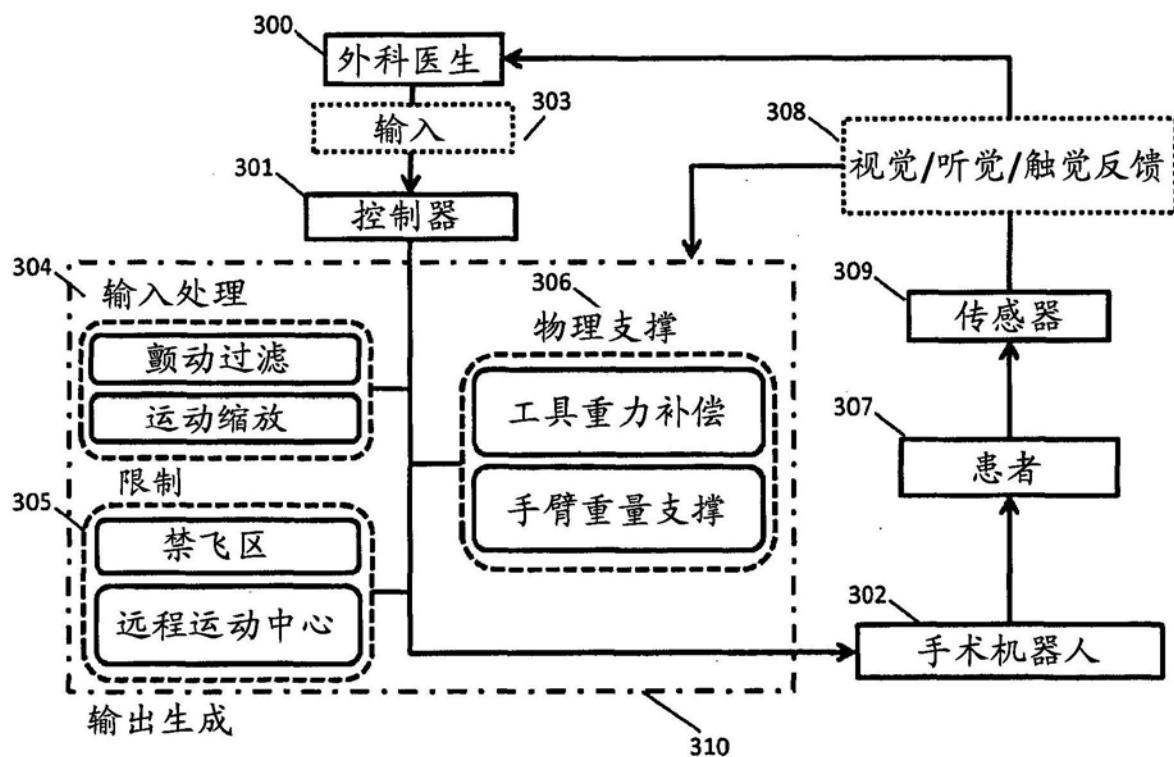


图3

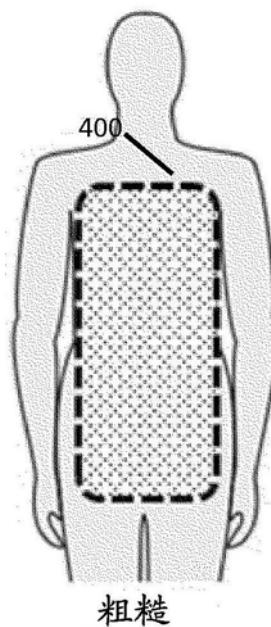


图4A

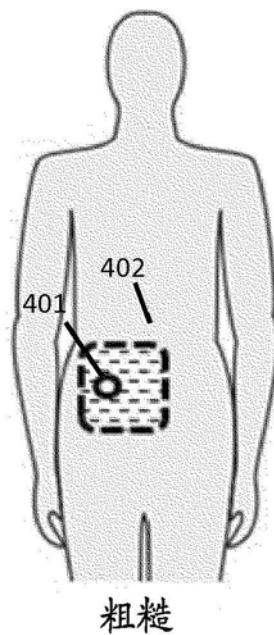


图4B

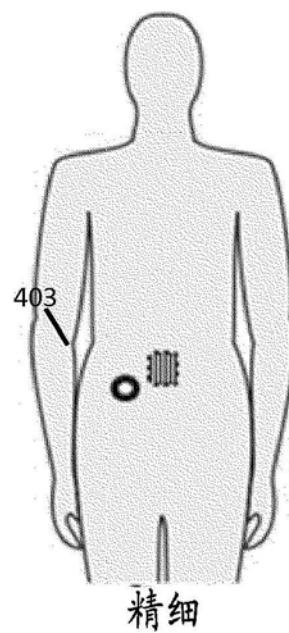


图4C

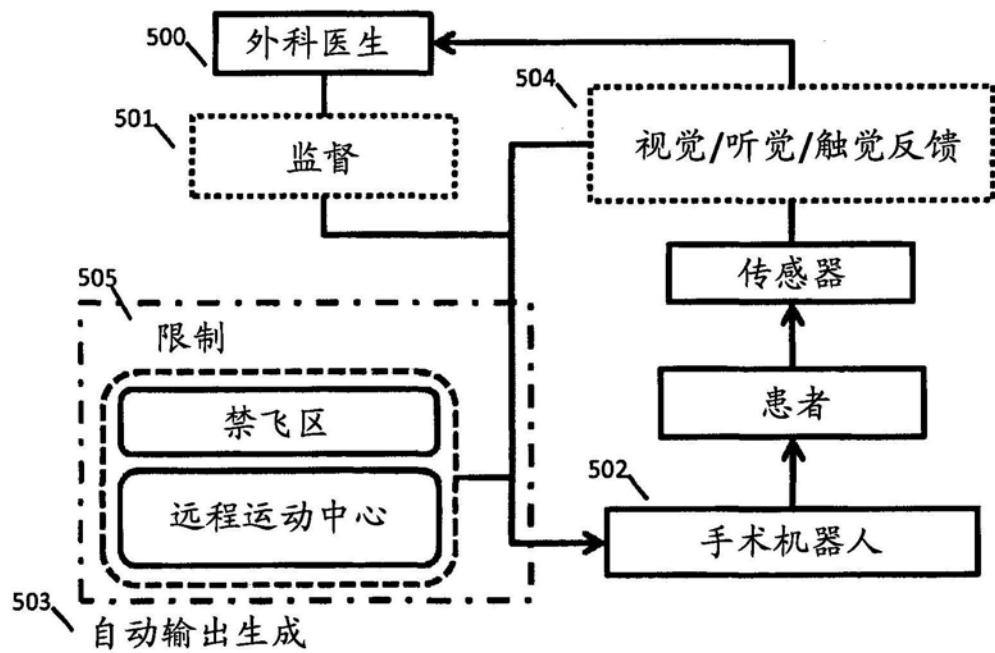


图5

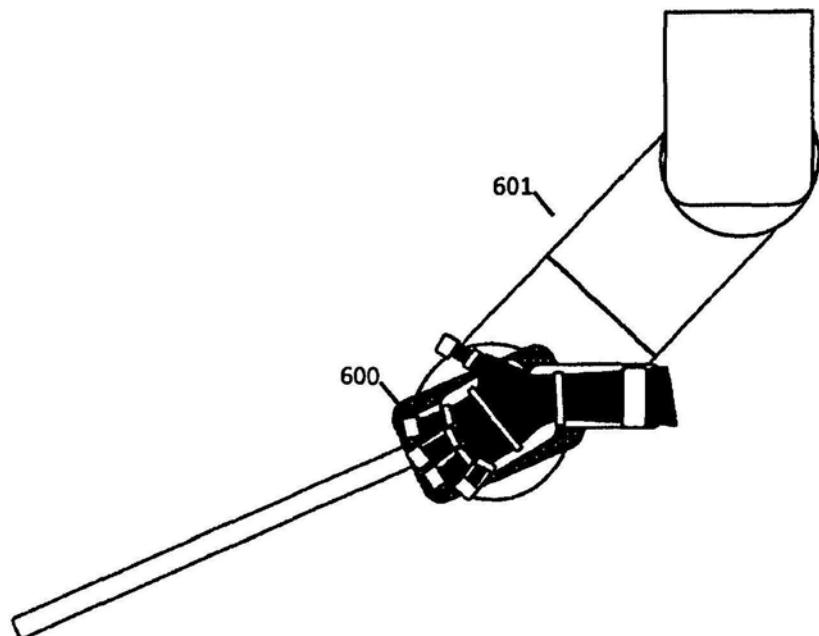


图6

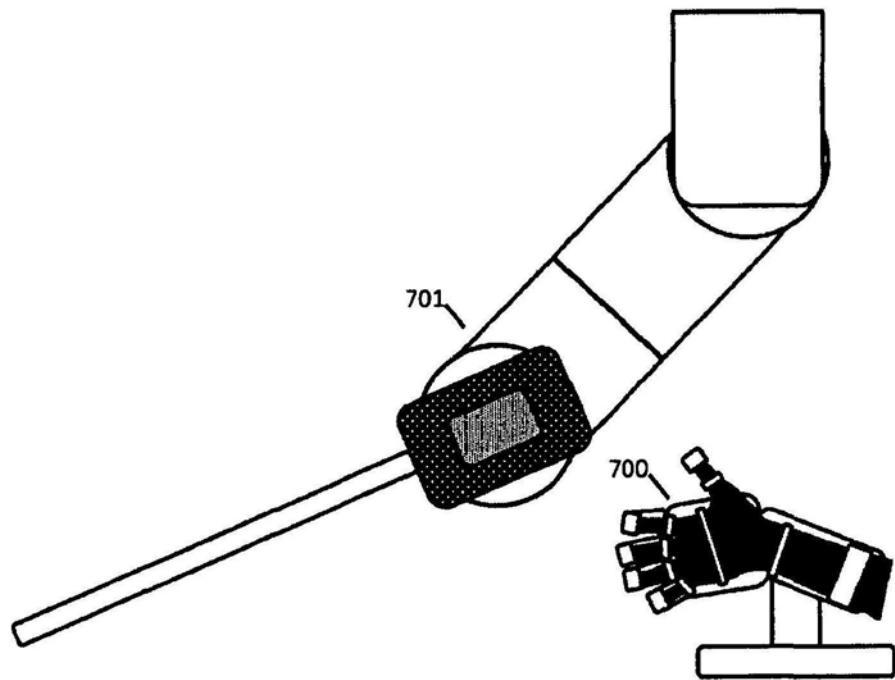


图7

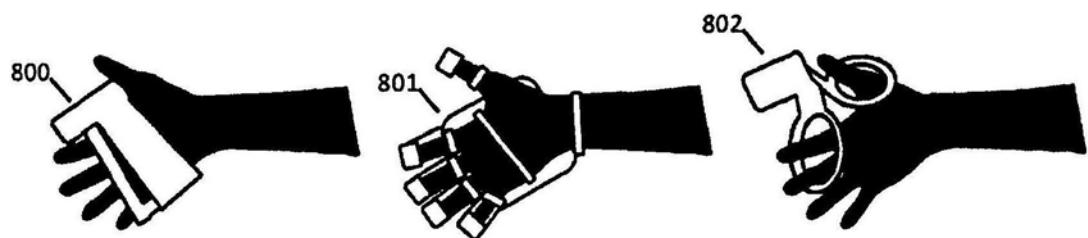


图8

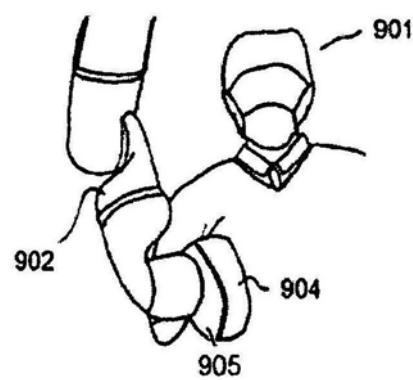


图9A

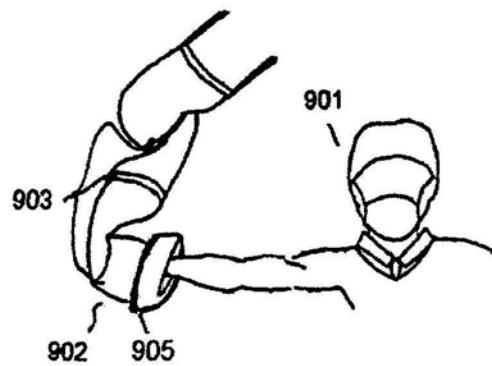


图9B

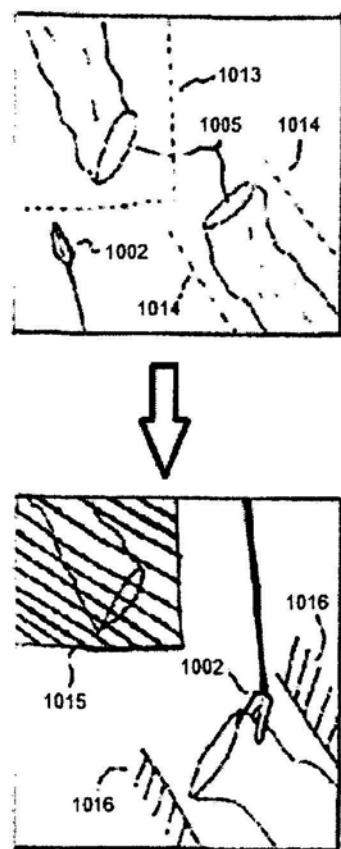


图10A

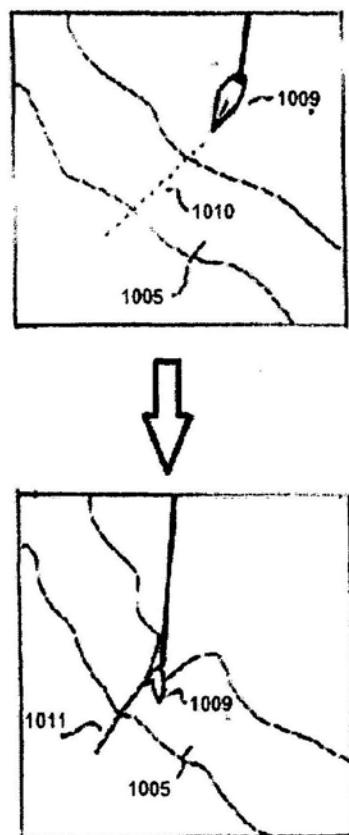


图10B

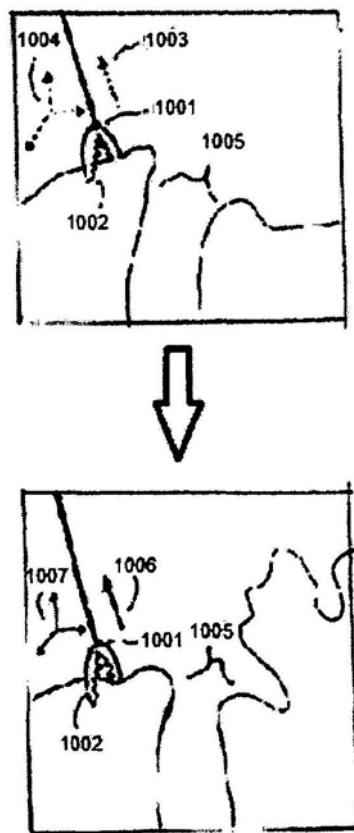


图10C

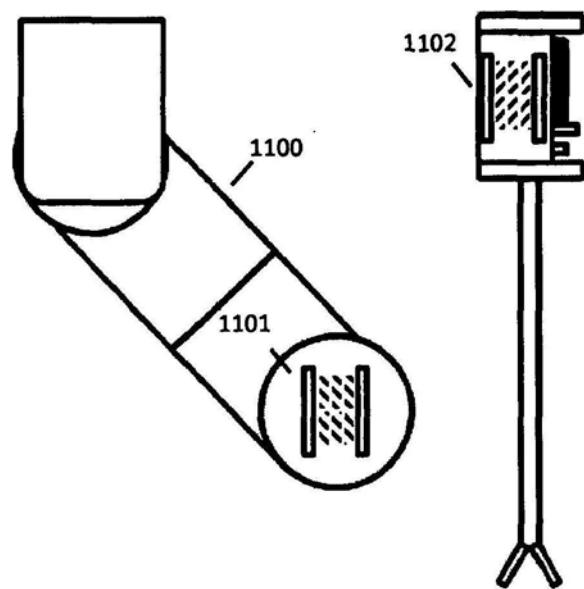


图11

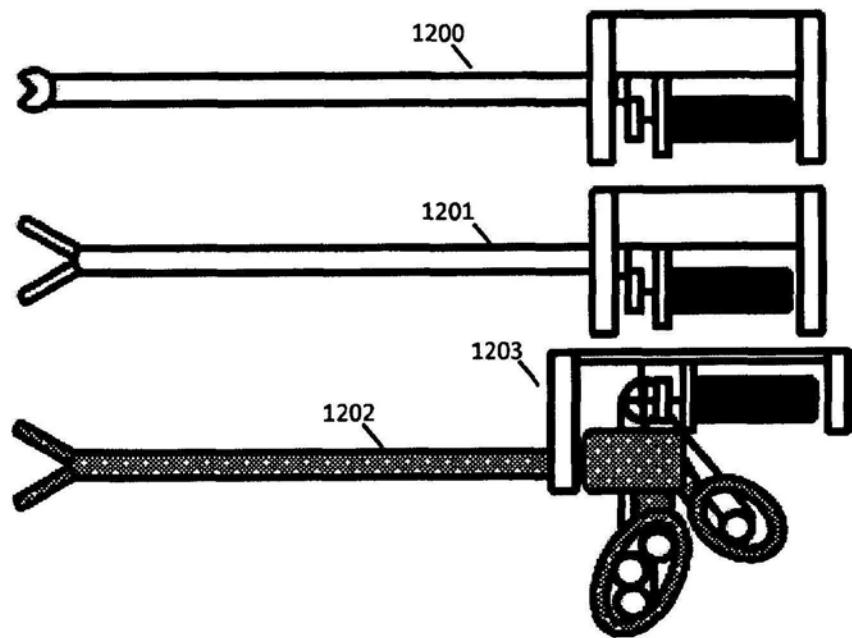


图12

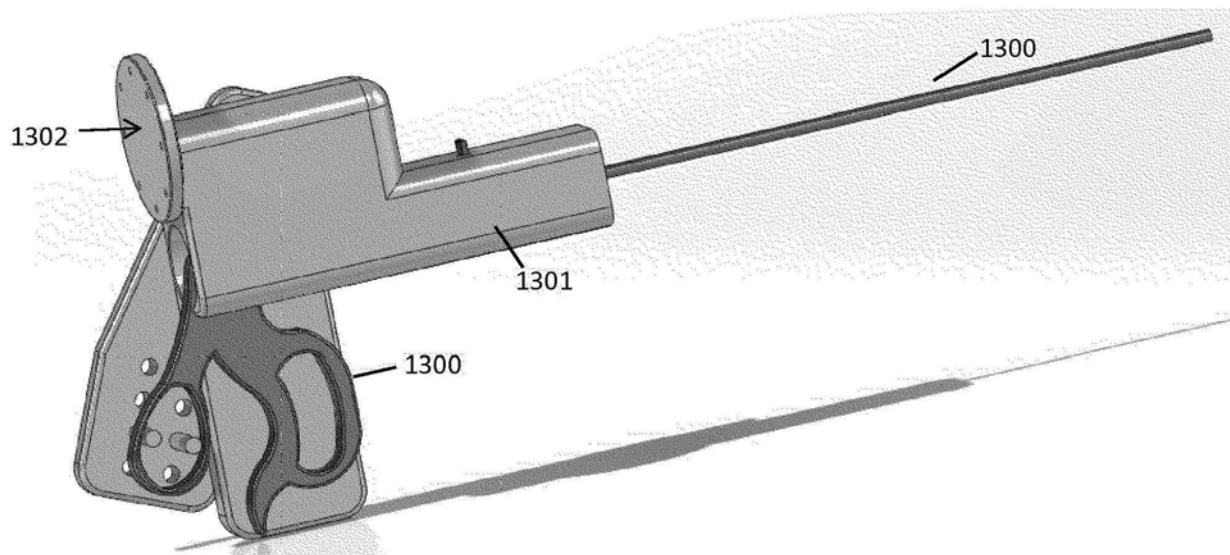


图13

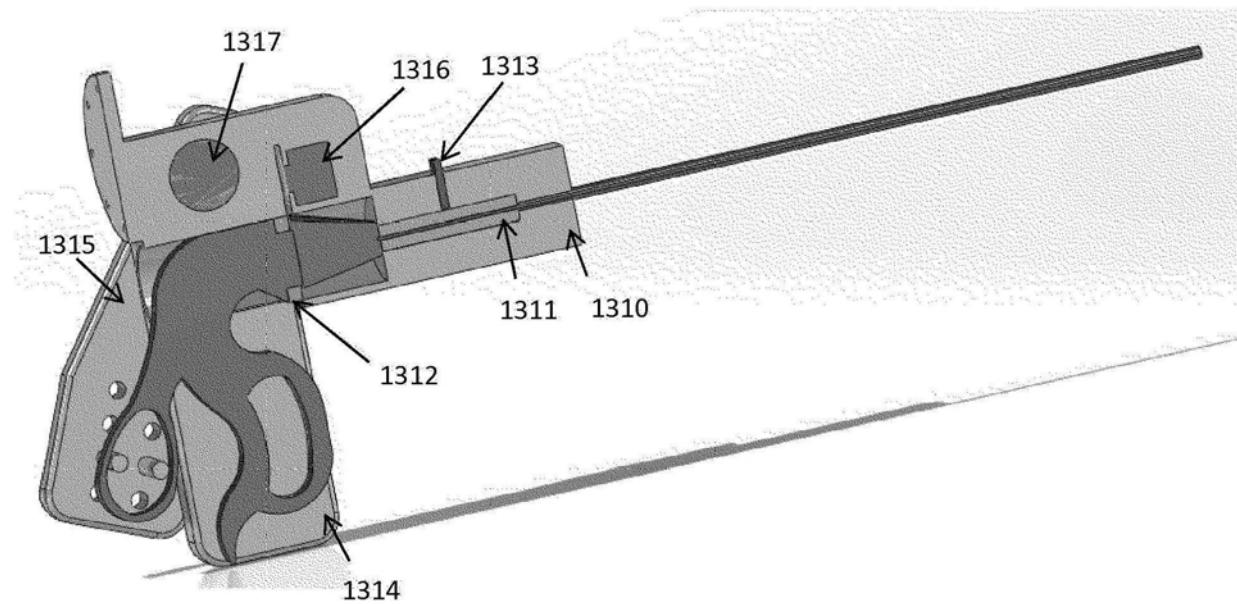


图14

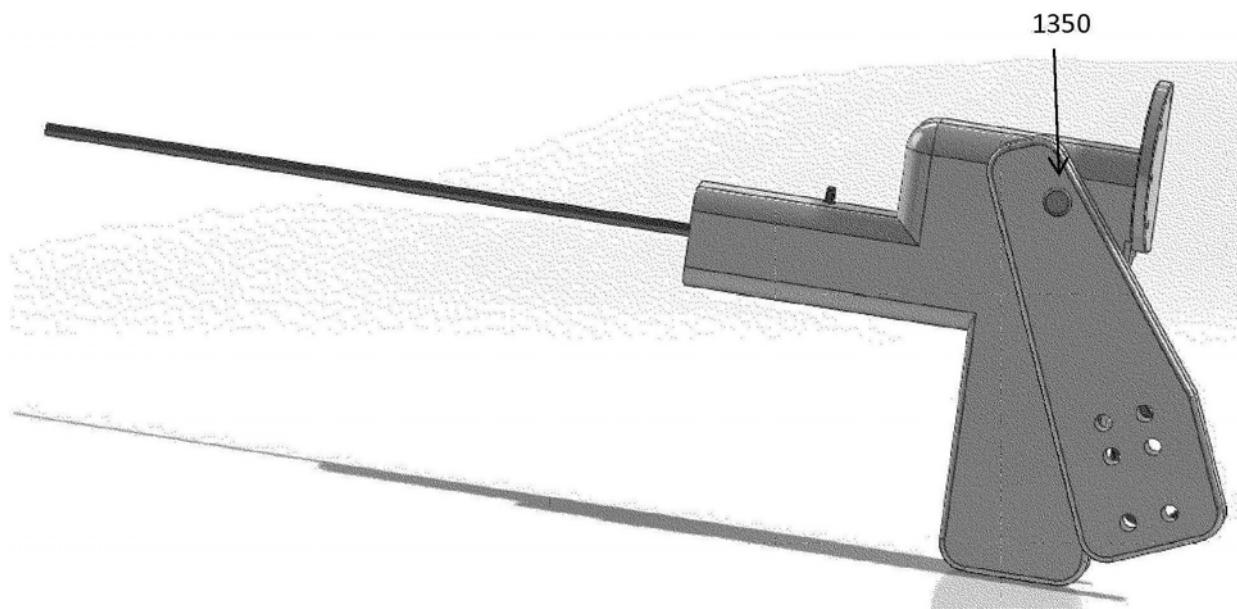


图15

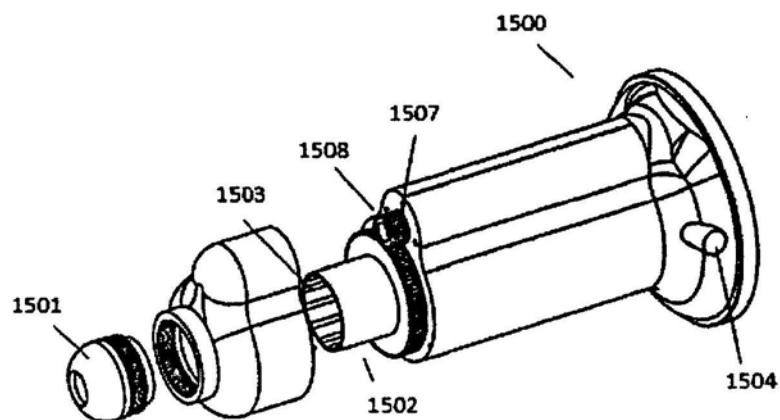


图16

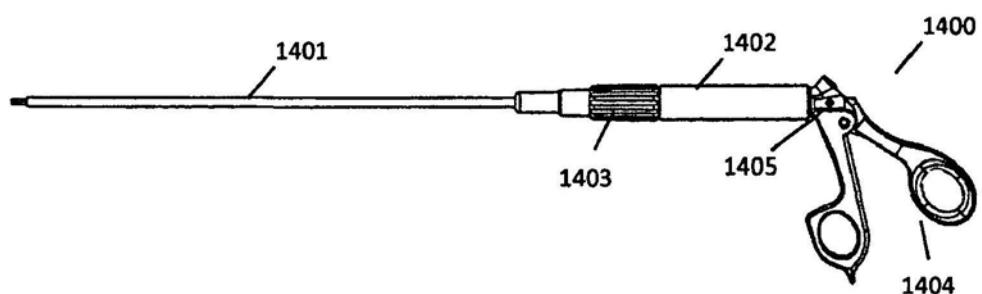


图17

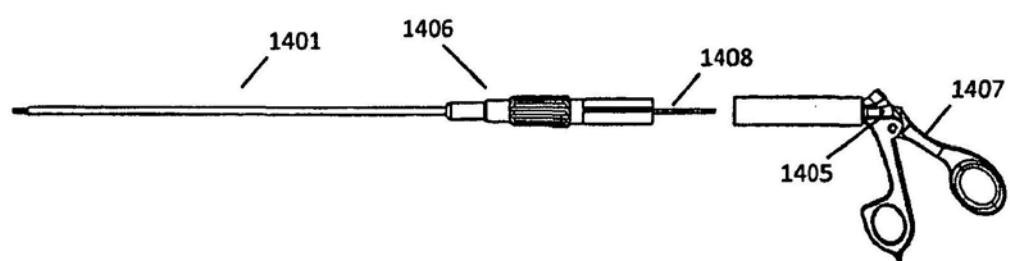


图18

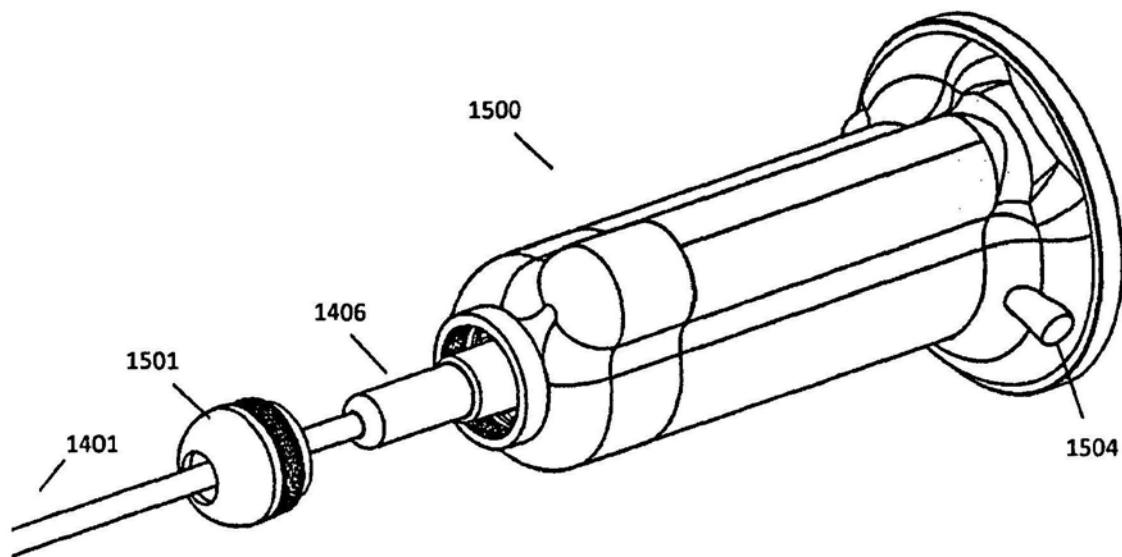


图19

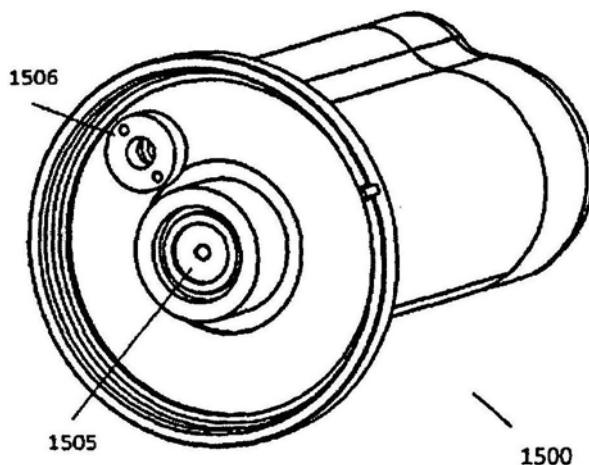


图20

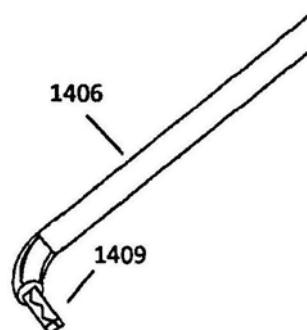


图21

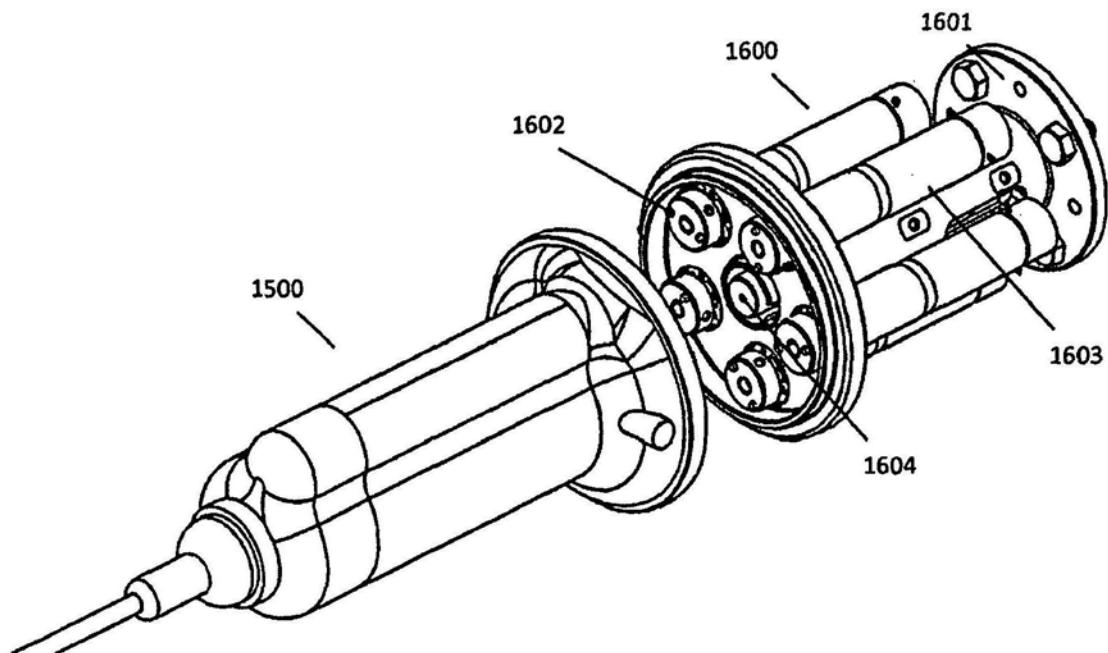


图22

专利名称(译)	混合控制外科机器人系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN105101903B</a>	公开(公告)日	2018-08-24
申请号	CN201480007291.5	申请日	2014-02-04
[标]申请(专利权)人(译)	儿童国家医疗中心		
申请(专利权)人(译)	儿童国家医疗中心		
当前申请(专利权)人(译)	儿童国家医疗中心		
[标]发明人	PCW吉姆 Y吉姆 程鹏 A克里埃格尔 J奥普福尔曼 R戴克尔		
发明人	P·C·W·吉姆 Y·吉姆 程鹏 A·克里埃格尔 J·奥普福尔曼 R·戴克尔		
IPC分类号	A61B34/30		
代理人(译)	杜文树		
审查员(译)	尹尹		
优先权	61/760378 2013-02-04 US		
其他公开文献	CN105101903A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">Sipo</a>		

### 摘要(译)

本公开介绍了用于执行机器人辅助手术过程的方法和系统。所述系统包括机器人手臂系统组件、末端执行器组件和用于机器人手术的混合控制机构。所述机器人手臂是运动范围大的重量轻的床侧机器人，能够容易地被操纵以定位内诊镜和手术器械。控制台被安装在机器人手臂的末端使机器人手臂能够跟随操作员手臂运动、提供物理支撑、滤除手颤动和约束运动。通用适配器也被描述为把传统腹腔镜工具连接到机器人手臂的接口。

