

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104936535 A

(43) 申请公布日 2015.09.23

(21) 申请号 201480004406.5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014.01.14

A61B 17/068(2006.01)

(30) 优先权数据

A61B 17/115(2006.01)

61/752, 400 2013.01.14 US
14/154, 067 2014.01.13 US

A61B 17/29(2006.01)

(85) PCT 国际申请进入国家阶段日

2015 07 09

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/011446 2014 01 14

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2014/110561 EN 2014 07 17

(71) 申请人 直观外科手术操作公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 D·W·韦尔 M·吴 K·杜伦特

昆
北京纪闻知

公司 11245

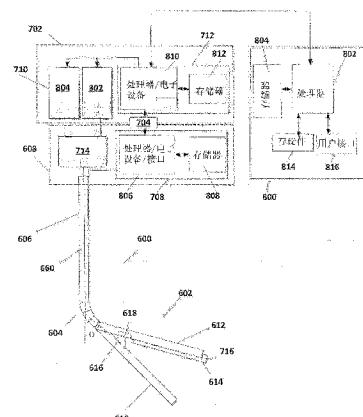
权利要求书1页 说明书17页 附图12页

(54) 发明名称

夹紧器械

(57) 摘要

公开了夹紧器械的实施例。在一些实施例中，提出了具有经校准的参数的夹紧设备和用于夹紧设备的校准过程。校准夹紧器械的方法能够包括：获取根据尖端偏转数据的夹紧扭矩的数据集合；用于夹紧器械；从数据集合确定扭矩极限值；以及将扭矩极限值储存在夹紧器械中。



1. 一种校准夹紧器械的方法, 其包括 :

获取根据尖端偏转数据的夹紧扭矩的数据集合, 用于所述夹紧器械;

从所述数据集合确定扭矩极限值; 以及

将所述扭矩极限值储存在所述夹紧器械中。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其进一步包括磨合所述夹紧器械。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中获取数据集合包括 :

放置垫片以强制实施所述夹紧器械的已知尖端偏转;

当马达夹紧所述夹紧器械时, 测量所述马达的电流;

从所述夹紧器械确定所述夹紧扭矩。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中确定所述扭矩极限值包括 :

将函数拟合到所述数据集合;

设定最大尖端偏转; 以及

对所述函数求解以获得所述扭矩极限值。

5. 根据权利要求 4 所述的方法, 其中所述函数为线性函数并且拟合所述函数包括执行到所述数据集合的最小二乘法拟合。

6. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中所述夹紧器械为缝合器。

7. 一种夹紧器械, 其包括 :

夹紧端部执行器;

联接到所述夹紧端部执行器的腕部;

联接到所述腕部的器械轴; 以及

联接到联接器的底座, 所述联接器穿过所述器械轴并且操纵所述腕部或所述夹紧端部执行器, 所述底座包括 :

机械转换器, 其从在马达组件中的一个或多个马达接收旋转扭矩并且将所述旋转扭矩联接到所述联接器;

存储器, 其用于储存所述夹紧器械校准的参数; 以及

电子设备, 其联接到所述存储器, 所述电子设备提供到所述马达组件的接口。

8. 根据权利要求 7 所述的夹紧器械, 其中所述端部执行器接收缝合器套件。

9. 根据权利要求 8 所述的夹紧器械, 其中所述电子设备接收储存在所述缝合器套件中的数据以提供给所述接口。

10. 根据权利要求 7 所述的夹紧器械, 其中所述参数包括来源于程序的扭矩极限值参数, 所述程序包括 :

获取根据尖端偏转数据的夹紧扭矩的数据集合, 用于所述夹紧器械;

从所述数据集合确定扭矩极限值; 以及

将所述扭矩极限值储存在所述夹紧器械中。

11. 根据权利要求 7 所述的夹紧器械, 其中参数被储存在所述存储器中。

12. 根据权利要求 11 所述的夹紧器械, 其中所述参数包括器械寿命系数和器械寿命。

夹紧器械

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于 2013 年 1 月 14 日提交的美国临时申请 No. 61/752,400 和于 2014 年 1 月 13 日提交的美国正式申请 No. 14/154,067 的优先权，所述申请的全部内容通过引用被并入本文。

技术领域

[0003] 本发明的实施例涉及在外科手术器械（诸如缝合器或血管密封器）中的扭矩参数的管理，以控制在远侧尖端处的力。

背景技术

[0004] 微创外科手术技术旨在减少在诊断或外科手术程序期间受损的外部组织的数量，从而缩短患者的恢复时间、减轻患者的不适，并且减少有害的副作用。因此，对于使用微创外科技术的标准外科手术而言，平均住院天数可以被显著缩短。而且，使用微创外科手术，还可以缩短患者的恢复时间、减轻患者的不适、减少外科手术副作用，并且缩短离开工作的时间。

[0005] 微创外科手术的常见形式为内窥镜检查，而内窥镜检查的常见形式为腹腔镜检查，腹腔镜检查为在腹腔内部的微创检查和微创外科手术。在标准的腹腔镜外科手术中，向患者的腹部吹入气体，并且插管套穿过小（大约 1/2 英寸或更小）切口来为腹腔镜检查器械提供入口。

[0006] 腹腔镜检查外科手术器械一般包括用于查看外科手术区的内窥镜（例如，腹腔镜），和用于在外科手术部位工作的工具。除了每个工具的工作端或端部执行器通过伸缩管（又称为，例如，器械轴或主轴）与其手柄分离之外，工作工具通常类似于在常规（开腔）外科手术中使用的那些工具。端部执行器能够包括，例如，夹具、抓紧器、剪刀、缝合器、血管密封器、烧灼工具、线性切割器、针保持器或其他器械。

[0007] 为执行外科手术程序，外科医生通过插管套将工作工具传送到内部的外科手术部位并且从腹部的外部对它们进行操纵。外科医生从监视器查看该程序，监视器显示从内窥镜所取的外科手术部位的图像。类似的内窥镜检查的技术用于，例如，关节镜检查、后腹腔镜检查、盆腔镜检查、肾镜检查、膀胱镜检查、池囊镜检查、窦镜检查、子宫镜检查、尿道镜检查等等。

[0008] 正在开发的微创远程外科手术机器人系统用于在作用于内部外科手术部位时增加外科医生的敏捷度，以及允许外科医生从远距离（在无菌场所外部）对患者进行手术。在远程外科手术系统中，外科医生通常在控制台被提供有外科手术部位的图像。当查看在适当的观察器或显示器上的外科手术部位的三维图像时，外科医生通过操纵控制台的主输入或控制设备对患者执行外科手术程序。主输入设备中的每个均控制伺服机械致动 / 铰接的外科手术器械的运动。在外科手术程序期间，远程外科手术系统能够提供具有端部执行器的各种外科手术器械或工具的机械致动和控制，端部执行器响应主输入设备的操纵为外科

医生执行各种功能,例如,保持或驱动针、抓取血管、解剖组织等。

[0009] 这些端部执行器的操纵和控制为机器人外科手术系统的特别有利的一方面。为此,期望提供外科手术工具,这些外科手术工具包括提供端部执行器的旋转运动的三个自由度的机构,以模仿外科医生手腕的自然动作。此类机构应被适当的设定尺寸以用于在微创手术中使用,并且设计相对简单以减少可能的故障点。另外,此类机构应提供足够的运动范围以允许在各种位置操纵端部执行器。

[0010] 外科手术夹紧和切割器械(例如,非机器人线性夹紧、缝合和切割设备,也称为外科手术缝合器;以及电外科血管密封设备)已经用于许多不同的外科手术程序中。例如,外科手术缝合器能够用于从胃肠道中切除生癌组织或异常组织。许多已知的外科手术夹紧和切割器械,包括已知的外科手术缝合器,具有夹紧组织的相对的钳口和切割在插入的钉之间被夹紧组织的铰接刀。

[0011] 外科手术缝合器的操作通常涉及将相对大的力传送到外科手术缝合器的端部执行器。传送力的一种方式涉及将来自致动器的旋转运动传送到端部执行器。通过向端部执行器提供过小力的夹紧不足能够导致不完全的夹紧,从而留下大的组织间隙并且导致钉子形成不当。通过向端部执行器提供过大力的夹紧过度能够导致端部执行器偏转增加,并且又导致大的组织间隙,大的组织间隙可以导致钉子形成不当。

[0012] 类似的考虑能够应用到血管密封器。血管密封器夹紧组织,密封两侧并且使用刀子将在密封件之间的组织分开。此外,不适当的夹紧能够导致不适当的组织密封。

[0013] 因此,在操作期间需要控制器械的夹紧以提供适当的夹紧。

发明内容

[0014] 根据本发明的方面,提供了夹紧器械。夹紧器械能够包括夹紧端部执行器;联接到夹紧端部执行器的腕部;联接到腕部的器械轴;和连接到联接器的底座,联接器穿过器械轴并且操纵腕部或夹紧端部执行器。底座能够包括从在马达组件中的一个或多个马达接收旋转扭矩并且将旋转扭矩联接到联接器的机械转换器;用于储存用于校准夹紧器械的参数的存储器;和联接到存储器的电子设备,电子设备提供到马达组件的接口。

[0015] 校准夹紧器械的方法能够包括获取根据尖端偏转数据的夹紧扭矩的数据集合,用于夹紧器械;从数据集合确定扭矩极限值;以及将扭矩极限值储存在夹紧器械中。

[0016] 以下将关于附图进一步讨论这些实施例和另一些实施例。

附图说明

[0017] 图1为正被用于执行程序的微创机器人外科手术系统的平面图。

[0018] 图2为用于在图1中所示的机器人外科手术系统的外科医生的控制台的透视图。

[0019] 图3为在图1中所示的机器人外科手术系统电子推车的透视图。

[0020] 图4图解示出在图1中所示的机器人外科手术系统。

[0021] 图5示出如在图1中所示的外科手术系统的患者侧推车。

[0022] 图6A和图6B示出外科手术缝合器。

[0023] 图6C和图6D示出血管密封器。

[0024] 图7示出如在图6A和图6B中所示的外科手术缝合器与马达组件的联接。

- [0025] 图 8 示出使用外科手术缝合器的外科手术系统的操作。
- [0026] 图 9A 示出根据本发明的一些实施例的校准外科手术缝合器的方法。
- [0027] 图 9B 示出在校准期间的外科手术缝合器。
- [0028] 图 9C 示出在校准程序期间获得的示例数据。
- [0029] 图 10A 和图 10B 示出根据本发明的一些实施例的用于校准马达组件的程序。
- [0030] 图 10C 和图 10D 示出根据本发明的一些实施例的在马达组件中的马达空载电流的校准。
- [0031] 图 10E 和图 10F 示出根据本发明的一些实施例的在马达组件中的马达扭矩常数的校准。
- [0032] 图 11 示出在操作中调整外科手术缝合器的扭矩极限值的方法。
- [0033] 在附图中，提供有相同元件编号的元件具有相同或类似的功能。

具体实施方式

[0034] 在以下描述中，阐述了描述本发明的一些实施例的具体细节。然而，对本领域的技术人员显而易见的是，一些实施例可以在无这些具体细节中的一些或全部的情况下进行实践。本文所公开的具体实施例旨在为示例性而非限制性的。本领域的技术人员应该认识到尽管未在此具体描述，但其他要素也在该公开的范围和精神内。

[0035] 示出发明方面和实施例的说明书和附图不应被认为是限制性的——权利要求限定受保护的发明。在未背离该说明书与权利要求的实质和范围的情况下，可以作出各种机械、构造、结构和操作变化。在一些情况下，未详细示出或描述众所周知的结构和技术以便不模糊该发明。

[0036] 另外，附图并非按比例画出。部件的相对尺寸仅为说明的目的且并不反映可以在该发明的任何实际实施例中出现的实际尺寸。在两个或更多附图中的相同编号表示相同或类似的元件。

[0037] 进一步地，该说明书的专有名词并非旨在限制该发明。例如，空间相关术语——诸如“之下”、“下面”、“下部”、“上方”、“上部”、“近侧”、“远侧”等——可以用于描述在附图中示出的一个元件或特征与另一个元件或特征的关系。这些空间相关术语旨在包含除在附图中所示的位置和取向以外的在使用中或操作中的设备的不同位置（即，地点）或取向（即，旋转布置）。例如，如果在附图中的设备被翻转，则描述为在其他元件或特征“下面”或“下方”的元件将会在其他元件或特征“上方”或“之上”。因此，示例性术语“下面”能够包含在上方和下方的位置和取向二者。设备可以以其他方式被取向（旋转 90 度或处于其他取向），并且相应地本文使用的空间相关的描述被解释。同样，沿着并且围绕各种轴线的运动的描述包括各种特殊设备位置和取向。另外，除非上下文另外清楚表明，否则单数形式“一 (a)”、“一 (an)”和“该 (the)”也旨在包括复数形式。并且，术语“包括”、“包括的”、“包含”等等限定了所述特征、步骤、操作、要素，和 / 或部件的存在，但不排除一个或多个其他特征、步骤、操作、要素、部件和 / 或其集合的存在或添加。描述为联接的部件可以电气或机械地直接联接，或者它们可以经由一个或多个中间部件间接联接。

[0038] 只要可行，则关于一个实施例进行详细描述的元件及其相关方面均也包括在未在其中将它们具体示出或描述的另一些实施例中。例如，如果关于一个实施例详细描述了一

个元件,但未关于第二实施例对其进行描述,不过所要求保护的该元件仍可以包括在第二实施例中。

[0039] 微创机器人外科手术

[0040] 图1示出了微创机器人外科手术(MIRS)系统10的平面图解,该系统通常用于在平躺在手术台14上的患者12身上执行微创诊断或外科手术程序。该系统能够包括用于在手术期间由外科医生18使用的外科医生的控制台16。一个或多个助手20也可以参与到该程序中。MIRS系统10能够进一步包括患者侧推车22(外科手术机器人)和电子推车24。当外科医生18通过控制台16查看外科手术部位时,通过在患者12身上的微创切口,患者侧推车22能够操纵至少一个可移动联接的工具组件26(在下文中简称为“工具”)。外科手术部位的图像能够通过诸如立体型内窥镜的内窥镜28获得,其能够由患者侧推车22操纵以确定内窥镜28的方向。电子推车24能够用来处理外科手术部位的图像,用于随后通过外科医生的控制台16显示给外科医生18。除其他因素外,一次使用的外科手术工具26的数量一般将取决于诊断或外科手术程序和在手术室内的空间约束。如果有必要改变在程序期间所使用的工具26中的一个或多个,则助手20可以将工具26从患者侧推车22移除,并且用来自在手术室中的托盘30的另一个工具26将其取代。

[0041] 图2为外科医生的控制台16的透视图。外科医生的控制台16包括左眼显示器32和右眼显示器34,用于将能够深度知觉的手术部位的协调立体图呈现给外科医生18。控制台16进一步包括一个或多个输入控制设备36,输入控制设备36进而使患者侧推车22(如图1所示)操纵一个或多个工具。输入控制设备36能够提供与其关联的工具26(如图1所示)相同的自由度从而提供给外科医生远程呈现,或者提供输入控制设备36与工具26成为一体的知觉,使得外科医生具有直接控制工具26的强烈感觉。为此,可以使用位置传感器、力传感器和触觉反馈传感器(未示出)以通过输入控制设备36将位置、力和触觉从工具26传输回至外科医生的手中。

[0042] 外科医生的控制台16通常位于和患者相同的房间内,使得外科医生可以直接监控程序,如果必要,外科医生亲自到场,并且直接对助手讲话而不是通过电话或其他通信媒介。然而,外科医生能够处在和患者不同的房间内、完全不同的建筑物内,或其他远程位置,从而允许远程的外科手术程序。

[0043] 图3为电子推车24的透视图。电子推车24能够与内窥镜28联接,并且能够包括用于处理捕获的图像的处理器,捕获的图像用于随后在外科医生的控制台上或在位于本地和/或远程的另一台合适的显示器上显示给,诸如,外科医生。例如,在使用立体型内窥镜的情况下,电子推车24能够处理所捕获的图像,以将手术部位的协调立体图像呈现给外科医生。此类协调能够包括在相对的图像之间的对齐,并且能够包括调整立体型内窥镜的立体工作距离。作为另一个示例,图像处理能够包括使用预先确定的相机校正参数,以补偿图像捕捉设备的成像误差,诸如光学像差。

[0044] 图4图解示出机器人外科手术系统50(诸如图1的MIRS系统10)。如以上所讨论的,外科医生能够在微创外科手术过程期间使用外科医生的控制台52(诸如,图1中的外科医生的控制台16),以控制患者侧推车(外科手术机器人)54(诸如图1中的患者侧推车22)。患者侧推车54能够使用成像设备,诸如立体型内窥镜,来捕捉过程部位的图像并且将捕获的图像输出到电子推车56(诸如图1中的电子推车24)。如上所讨论,在任意随后显示

之前,电子推车 56 能够以各种方式处理所捕捉的图像。例如,在经由外科医生的控制台 52 将组合图像显示给外科医生之前,电子推车 56 能够用虚拟控制界面覆盖所捕捉的图像。患者侧推车 54 能够将捕捉的图像输出,用于在电子推车 56 外部进行处理。例如,患者侧推车 54 能够将捕捉的图像输出到处理器 58,处理器 58 能够用于处理捕捉的图像。该图像也能够由电子推车 56 和处理器 58 的组合进行处理,电子推车 56 和处理器 58 能够联接在一起以共同处理捕捉的图像,和 / 或从而处理其组合。一个或多个单独的显示器 60 也能够与处理器 58 和 / 或电子推车 56 联接,用于本地和 / 或远程显示图像,诸如程序部位的图像,或其他相关的图像。

[0045] 图 5 示出患者侧推车 22。所示的患者侧推车 22 提供用于操纵三个外科手术工具 26 和成像设备 28,诸如用于捕捉程序部位图像的立体型内窥镜。具有数个机器人关节的机器人机构提供操纵。成像设备 28 和外科手术工具 26 能够通过在患者身上的切口或在患者身上的孔口被放置并且操纵,使得运动学远程中心维持在切口处,从而最小化切口的尺寸。当外科手术工具 26 的远端放置在成像设备 28 的视野内时,手术部位的图像能够包括外科手术工具 26 远端的图像。

[0046] 图 1-图 5 示出了多端口外科手术机器人。应当理解,本发明的实施例也能够与单端口外科手术机器人一起使用。在多端口外科手术或单端口外科手术中,外科手术工具 26 穿过在外科手术部位插入患者 12 身上的插管。外科手术工具 26 通过患者侧推车 22 进行操纵,而外科医生从外科医生的控制台 16 指导并且查看该程序。能够使用处理器 58 和电子推车 24 将来自在外科医生的控制台 16 处的外科医生的输入转化为外科手术工具 26 的端部执行器的实际运动。通常使用的外科手术工具包括夹具、抓紧器、剪刀、缝合器、灼烧工具、线性切割器、针保持器或其他器械。外科手术工具 26 中的每个均附接到患者侧推车 22 并且在外科医生 18 的指导下由患者侧推车 22 驱动,如由处理器 58 和电子推车 56 所提供。处理器 58 和电子推车 56 将来自外科医生 18 的输入转化成在患者侧推车 22 处的驱动作用,患者侧推车 22 影响外科手术工具 26 的端部执行器的运动。具体地,外科手术工具 26 能够包括根据本发明的缝合器或血管密封器中的其中一个。

[0047] 夹紧器械

[0048] 能够在外科手术系统 10 中采用的外科手术工具 26 能够包括诸如缝合器和电子血管密封器的夹紧器械。此类设备能够用于例如从胃肠道中切除生癌组织或异常组织。图 6A 示出缝合器 600 的示例。缝合器 600 包括缝合器端部执行器 602、腕部 604、器械轴 606 和底座 608。

[0049] 如图 6A 所示,缝合器端部执行器 602 包括砧座 610 和钳夹 612。缝合器套件 614 能够插入钳夹 612 上。在缝合器 600 的一些实施例中,切割刀片 616 经配置使得其能够沿着砧座 610 的纵向方向行进。然而,在操作期间,当缝合器钳夹 612 压紧砧座 610 以夹紧在钳夹 612 与砧座 610 之间的组织时,缝合器 600 能够用作抓紧器。

[0050] 适当的组织间隙,夹紧期间在钳夹 612 与砧座 610 之间的距离,对于形成适当的钉子是重要的。如果组织间隙过大,则在触发 (firing) 期间将不能适当形成钉子。大的组织间隙能够由过度夹紧在钳夹 612 与砧座 610 之间的厚料造成。在一些情况下,缝合器端部执行器 602 能够被驱动到预定的夹紧位置并且测量达到该位置所需的扭矩。如果扭矩过高,那么砧座 610 会偏转并且组织间隙将过大。在一些实施例中,能够设定扭矩极限值,并且端

部执行器 602 能够被移动朝向预定的夹紧位置。如果扭矩极限值阻止端部执行器 602 实现预定的夹紧,那么不能达到恰当的组织间隙。在这两种情况下,准确地感测或控制作用于砧座 610 上的扭矩对于准确检测不当的组织间隙是重要的。

[0051] 当触发缝合器时,钉子被迫使穿过介于中间的组织并且通过沿着钳夹 612 行进的滑轨 618 进入砧座 610。在钳夹 612 与砧座 610 之间的距离是组织间隙,该距离确定钉子的适当形成。控制组织间隙能够帮助确保适当的钉子形成。在钳夹 612 与砧座 610 之间的充分夹紧力为适当的组织间隙提供了钉子形成。在组织上的充足夹紧力能够为套件 614 的函数,其确定钉子长度。

[0052] 另外,刀片 616(其可以形成为工字梁或附接到滑轨 618)沿着砧座 610 平移以将缝合的组织分开。在一些实施例中,滑轨 618 和刀片 616 在套件 614 内形成。如果组织间隙不正确,钉子可以不当地形成,从而导致组织损伤和其他并发症。在一些实施例中,缝合器 600 可以为线性缝合器。一些实施例可以不包括刀片 616 并且因此执行缝合而不进行横切。

[0053] 止血和闭气(pneumostasis)(使用缝合设备的组织密封)的实现取决于触发之后在组织上提供的由夹紧力造成的恰当压力,使得钉子充分压缩组织以阻止出血和渗漏。提供太大压力可以导致钉子足够硬地挤压组织从而完全切断血液供给,阻止组织愈合并导致组织坏死。

[0054] 如上所讨论,如果使用过大夹紧力将端部执行器 602 放置到预定夹紧位置,那么在砧板 610 与钳夹 612 的尖端之间的偏转可以导致不正确的夹紧。另外,过小的夹紧力以及钳夹 612 不可以完全接近砧板 610 到预定夹紧位置,再一次导致组织缝合不当。

[0055] 针对特定情形,能够对缝合器套件 614 进行颜色编码,包括组织厚度。尽管能够使用若干不同的颜色,但可以应用下述颜色编码表:

[0056]

套件颜色	组织厚度	打开的钉子高度 (mm)	关闭的钉子高度 (mm)
灰色	肠系膜 / 薄	2.0	0.75
白色	血管 / 薄	2.5	1.0
蓝色	常规	3.5	1.5
金色	常规 / 厚	3.8	1.8
绿色	厚	4.1	2.0
黑色	非常厚	4.4	2.3

[0057] 套件 614 可以具有不同的长度,例如,30mm、45mm 或 60mm。单个缝合器 600 能够触发许多次重新加载,其中每个套件被触发一次。套件 614 可以包括数据存储件,数据存储件保存,例如,套件序列号、套件类型、零件号码、类型、触发方向、触发长度、套件颜色、触发扭矩、最大偏转和其他数据。在一些实施例中,刀片 616 和滑轨 618 为套件 614 的一部分并且每次重新加载就被替换。

[0058] 图 6B 示出夹紧到组织 650 的钉子端部执行器 602。如图 6B 所示, 套件 614 包括钉子 652。在触发期间, 滑轨 618 能够沿着钳夹 612 行进以驱动容纳在套件 614 中的钉子 652 穿过被夹紧的组织并且进入在砧座 610 上的凹槽 654 中。凹槽 654 经配置以使钉子 652 形成提供最佳密封的“B”形。尽管图 6B 示出了在其中钉子 652 的每个支柱能够通过独立的凹槽 654 形成“B”形的一部分的实施例, 但在一些实施例中, 钉子 652 能够通过单个凹槽 654 成形。刀子 616 切割在钉子的行之间的组织以切割被缝合的组织。套件 614 可以产生许多行钉子, 例如, 在由刀子 616 形成的切割的每侧上可以形成两 (2) 行或三 (3) 行钉子。

[0059] 钳夹 612 和砧座 610 的夹紧作用以及滑轨 618 和刀子 616 的触发运动由底座 608 驱动, 底座 608 将扭矩从外部马达 (未在图 6A 中示出) 联接到联接器 660。联接器 660 能够为, 例如, 驱动轴或缆线。联接器 660 沿着轴 606 行进并且联接到在端部执行器 602 和套件 614 中的凸轮、齿轮、螺丝或蜗杆传动。联接器 660 也用于控制腕部 604。如图 6A 所示, 通过控制缆线的张力或贯穿器械轴 606 到端部执行器 602 的驱动轴的旋转, 底座 608 控制联接器 660。钳夹 612 靠着 610 的夹紧能够使用凸轮机构管理, 凸轮机构将钳夹 612 旋转到砧座 610 或者可替代地将砧座 610 旋转到钳夹 612。滑轨 618 和刀子 616 的触发能够例如由通过驱动轴联接器 660 驱动的导螺杆机构驱动。在一些实施例中, 钳夹 612 和砧座 610 的夹紧以及滑轨 618 和刀子 616 的触发能够由刚性驱动轴控制, 而钳夹 612 和砧座 610 的正常抓取控制以及腕部 604 的俯仰与偏航能够由缆线控制。在一些实施例中, 夹紧和触发可以由缆线控制。

[0060] 为了在触发缝合器 600 期间提供适当的夹紧, 在钳夹 612 与砧座 610 之间提供特定的夹紧力。该夹紧力最初由联接到底座 608 的马达的扭矩提供。由于底座 608 的制造差异和可以在例如轴 607、腕部 604 中存在的摩擦力以及钳夹 612 和砧座 610 的机械操作, 所以提供夹紧力的适当扭矩可以从一个缝合器到另一个缝合器而变化。此外, 随着缝合器 600 的磨损, 在缝合器 600 的寿命期间, 恰当的夹紧输入扭矩可以偏移并且其可以采取施加到底座 608 的较小的扭矩来影响在钳夹 612 与砧座 610 之间的适当夹紧力。因为不当的夹紧力导致由于钳夹 612 和砧座 610 的不当偏转造成的不当的组织间隙, 所以如果向底座 608 施加过多扭矩或者存在通过过小的夹紧力对钳夹 612 和砧座 610 的不当关闭, 那么在触发期间可以发生钉子 652 的不当形成。由于在该过程期间不当的钉子形成和不当的夹紧, 所以此类不当的夹紧也可以损坏组织 650。

[0061] 如以上所讨论, 用于靠着砧座 610 夹紧钳夹 612 的常见驱动机构与凸轮机构一起使用。然而, 恰当的夹紧不能仅由凸轮位置确定。这是由于钳夹 612 和砧座 610 的灵活性的结果, 这种灵活性能够导致钳夹 612 和砧座 610 的尖端另外分离。当施加过多的夹紧扭矩时, 在钳夹 612 与砧座 610 之间的尖端分离、组织间隙可能过高, 从而导致在触发期间钉子形成不当。因此, 在本发明的一些实施例中, 扭矩极限值被设定并且被应用到缝合器 600, 使得在夹紧期间的尖端过度分离 (组织间隙) 被阻止。在实施扭矩极限值时, 如果缝合器 600 能够到达完全夹紧位置, 才允许触发。如果扭矩极限值阻止夹紧 (停止), 那么组织不能被充分压缩, 而如果夹紧继续进行, 则将产生由于钳夹 612 和砧座 610 的灵活性造成过度尖端分离。因此, 当钳夹 612 和砧座 610 已经到达整个行程 (即, 通过达到丝杆或万向接头的预期转数) 但还未达到扭矩极限值时, 能够认为缝合器 600 被夹紧。

[0062] 血管密封器发生类似问题。图 6C 示出了血管密封器 630。血管密封器 630 包括端

部执行器 632、腕部 634、器械轴 636 和底座 638。端部执行器 632 包括在将要密封的组织上夹紧的钳夹 642 和 640。代替钉子，血管密封器 630 能够使用 RF 法来密封在钳夹 640 和 642 之间夹紧的组织。

[0063] 图 6D 示出具有钳夹 650 的端部执行器 632，钳夹 650 能够为钳夹 640 或 642。如图 6D 所示，钳夹 650 包括嵌入钳夹箱 652 中的电极 654。刀子 646 能够沿着在电极 654 中形成的轨道 658 被驱动。钳夹箱 652 具有延伸到电极 654 以外并且在电极 654 上方的尖端 656，使得在过程期间维持在电极 654 之间的最小间隙。在一些实施例中，最小间隙能够为，例如，0.006 英寸。当触发时，钳夹 640 和 642 能够被通电以将组织密封，而刀片 646 能够沿着在钳夹 640 和 642 中的轨道 658 行进以将组织分开。能量通过在钳夹 640 和砧座 642 中的电极 654 被供应。在一些实施例中，刀片 646 能够由密封能量单独启动。

[0064] 在电灼期间，需要为适当的密封形成提供适当的夹紧力。过度的夹紧力可以损伤驱动机构，例如，丝杆机构。因此，血管密封器 630 的操作取决于提供足够的夹紧力到钳夹 640 和 642 而不损伤血管密封器 630 本身。力的上限基于 1) 不损伤血管密封器 630 和 2) 提供一致性能的目标。

[0065] 本公开将关注缝合器 600 的操作，但本领域的技术人员将认识到诸如血管密封器 630 的其他器械也能够受益。在缝合器 600 或血管密封器 630 中，端部执行器的各种动作由贯穿器械轴的缆线通过底座进行控制。底座经驱动以便影响在器械轴中的联接器，这进而控制在端部执行器处的动作。如以上关于缝合器 600 所讨论的，控制夹紧和触发的联接器可能够为驱动轴、缆线、推拉杆或其他机构。用于驱动底座的在马达上的扭矩转化成施加到端部执行器的各个部件的力。

[0066] 图 7 示出安装在马达组件 702 上的外科手术缝合器 600。马达组件 702 能够安装到缝合器器械，然后，缝合器器械安装到患者侧推车 22 的外科手术臂。马达组件 702 也能够安装到或者成为患者侧推车 22 的外科手术臂的其中一个。如图 7 所示，马达组件 702 包括通过机械联接器 706 和电子设备 712 机械联接的一个或多个马达 710。当缝合器 600 安装到马达组件 702 时，机械联接器 706 能够联接到底座 608。在一些实施例中，一个或多个马达 710 可以包括夹紧马达和触发马达。一个或多个马达 710 和马达组件 702 的电子设备 712 的组合能够被称为马达组。驱动腕部 604 的马达可以包括在马达组件 702 中或者可以从马达组件 702 中分离。机械联接器 706 将扭矩从一个或多个马达 710 传输至底座 608，其中扭矩通过机械转换器 714 传输至缆线 660。

[0067] 电子设备 708 包括存储存储器和接口电子设备以储存数据并且将数据传输至马达组件 702。储存在电子设备 708 中的数据包括与外科手术缝合器 600 相关的参数。此类数据能够用于识别并控制缝合器 600，并且例如可以包括序列号、器械类型、寿命（即，触发次数）和与缝合器 600 有关的其他信息。例如，在美国专利 6,866,671 中已经描述了将器械数据储存在电子设备 708 中，该专利的全部内容通过引用被并入本文。

[0068] 当套件 614 放置到端部执行器 602 中时，电子设备 708 也能够与在套件 614 上的数据存储件 716 通信。数据存储件 716 能够，例如，储存与套件相关的信息，包括其识别、套件批号、套件类型、套件序列号、套件触发状态、套件颜色、长度、扭矩偏移和其他数据。储存在套件 614 的数据存储件 716 中的数据能够被传输至控制系统用于确定如何一起利用缝合器 600、套件 614 和马达组件 702。

[0069] 马达组件 702 能够包括电子设备 712，其通过接口 704 与电子设备 708 交换数据，将该数据和其他信息通过患者侧推车 54 传达至系统 10 的其他部件，并且接收来自系统 10 的其他部件的数据和指令。电子设备 712 也能够储存与马达组件 702 相关的数据，例如，马达组件类型、序列号、寿命（即，触发寿命次数）和关于马达组件 702 的操作的其他信息。电子设备 712 也可以提供输入到机械联接到缝合器 600 的一个或多个马达 710，以及接收来自传感器的数据，该传感器监测马达或机构的其他部件的位置。此类输入可以控制并限制提供给一个或多个马达 710 的电流并且可以包括一个或多个电流回路控制电路和 / 或位置回路控制电路。

[0070] 图 8 示出具有缝合器 600 的外科手术系统的操作，但也可以使用诸如血管缝合器的另一夹紧器械。如图 8 所示，底座 608 的电子设备 708 包括存储器 808 和电子设备 806。存储器 808 包括能够储存有关缝合器 600 的参数的非易失性存储器。如上所讨论，此类参数可以包括缝合器 600 的操作参数、缝合器 600 的寿命、缝合器 600 的类型和其他参数。电子设备 806 也被联接以读取来自套件 614 的数据存储件 716 并且传送那些参数。响应通过接口 704 接收的信号，电子设备 806 能够读取来自存储器 808 的参数和来自数据存储件 716 的参数。

[0071] 在一些实施例中，接口 704 包括在底座 608 与马达组件 702 之间的电子连接。电子设备 806 能够包括读取来自存储器 808 的数据并且将数据写入存储器 808 的处理器和其他电子设备。

[0072] 马达组件 702 的电子设备 712 包括电子设备 810 和存储器 812。电子设备 810 能够为通过接口 704 接合到电子设备 806 的处理器或其他电子设备。如图 8 所示，电子设备 810 也提供控制信号到一个或多个马达 710。图 8 示出了马达 802 和 804。马达 802 和 804 驱动机械转换器 714 以便执行缝合器 602 的功能。

[0073] 具体地，马达 804 为夹紧马达并且操作缝合器 600 以提供靠着组织 650 的在钳夹 612 与砧座 610 之间的夹紧。马达 802 为触发马达并且操作缝合器 600 和套件 614 以触发缝合器 600。缝合器 600 在被夹紧时触发。当马达 804 的输出位置到达恰当的夹紧位置同时实施扭矩极限值时能够确定夹紧的条件以阻止过度的尖端分离。由马达 804 提供的扭矩能够由提供给马达 804 的电流控制。提供给马达 804 的电流能够由电子设备 810 控制。在操作中，基于与其一起使用的器械和马达组件（或马达组），为马达 804 提供扭矩极限值。当到达恰当的马达 804 位置同时实施恰当的扭矩极限值时，能够确定夹紧。扭矩极限值直接涉及马达 804 的电流极限值，并且因此当马达 804 的电流消耗达到对应的电流极限值时，达到扭矩极限值。

[0074] 电子设备 801 可以包括执行储存在存储器 812 中的指令的处理器和电子设备。因此，电子设备 810 能够包括电流控制器和位置控制器用于控制马达 804 和 802，马达 804 和 802 能够分别为夹紧马达 804 和触发马达 802。如图 8 进一步所示，电子设备 801 能够包括监测马达组件 702 的性能的各种传感器 820。传感器 802 能够包括，例如，测量马达组件温度的温度传感器、测量至少一个马达 710 中的每个所消耗的电流的电流传感器和测量至少一个马达 710 中的每个的输出位置的位置传感器。

[0075] 存储器 812 可以包括易失性存储器和非易失性存储器的组合，并且可以储存数据和用于控制一个或多个马达 710 的可执行指令。存储器 812 能够包括与马达组件 702 相

关的参数,包括序列号、零件号码、版本号、配置信息(类型、款式、失效信息、电流控制器增益、位置控制器增益、齿轮比)、温度系数、磨损系数、摩擦系数、马达 K_T (使扭矩与电流相关的参数)和其他信息。

[0076] 在触发期间,缝合器 600 的其他功能,例如,腕部 604 的操作和滑轨 618 与刀子 616 的平移能够由其他马达或使用机械转换器 714 操作的马达组合提供。如所理解,机械转换器 714 能够为联接到缆线 660 的齿轮和凸轮的组合以提供恰当的动作。到其他马达(诸如触发马达 802 或其他驱动马达)的电流也能够由电子设备 810 控制。

[0077] 电子设备 810 被进一步联接以接收指令并且提供数据到系统 800。系统 800 能够表示在图 4 中的系统 50 的外科医生的控制台 52、电子推车 56、处理器 58 和显示器 60 的组合。因此,系统 800 包括一个或多个处理器 802、存储器 804、数据存储件 814 和用户接口 816。用户接口 816 能够为外科医生的控制台 52、显示器 60、键盘、触摸屏或其他合适的输入设备。存储件 814 能够为任意数据存储系统,诸如闪存、硬盘驱动器、CD 阅读器或其他存储介质的阅读器,或用于储存数据的其他设备。存储器 804 能够包括用于数据和处理步骤的存储的易失性存储器和非易失性存储器。在一些情况下,能够用来自存储件 814 的数据,包括程序步骤加载存储器 804。

[0078] 在一些实施例中,电子设备 810 和电子设备 806 可以支持整数数学。在电子设备 806 和 810 上操作的算法能够被适当地缩放以执行分配给它们的数学运算同时控制马达 804 和 802。

[0079] 在操作中,关于缝合器 600 操作的参数从存储器 808 中读取并且被提供给电子设备 810 和处理器 802。外科医生的输入在用户接口 816 处被接收。处理器 802 执行指令以将输入转化成指令用于操作缝合器 600,并且将指令提供给电子设备 810。在一些实施例中,从存储器 808 中读取的参数能够用于确定提供给电子设备 810 的指令。电子设备 810 提供信号到一个或多个马达 710,以提供由处理器 802 指示的动作。然后,将那些动作转化到端部执行器 602。提供给一个或多个马达 710 的信号也可以从存储器 808 中读取的参数为基础。在一些情况下,处理器 802 可以提供参数或将参数重新写入存储器 808,以在下一次使用缝合器 600 时使用。

[0080] 通常,马达组件(或马达组)、缝合器和套件并未匹配。在程序期间,任何马达组件均能够与任何缝合器和能够用于缝合器的各种套件中的任何一种一起使用。因此,数据存储件 716 保存与缝合器套件 614 相关的参数,存储器 808 储存与该特定缝合器 600 相关的参数,而存储器 812 储存与该特定马达组件 702 相关的参数。

[0081] 缝合器的初始化

[0082] 如上所讨论,缝合器套件(也称为重新加载)可用由颜色进行识别的各种尺寸。每种颜色的套件对应特定的钉子立柱长度。常见的套件包括绿色(4.3mm 立柱长度)、蓝色(2.5mm 立柱长度)和白色(1.5mm 立柱长度)套件 614。为了适当形成钉子,砧座 610 和钳夹 612 需要被紧邻放置,以确保钉子 652 击中在砧座 610 中的凹槽 654 并且形成期望的“B”形(图 6)。缝合器 600 使用“悬臂”类型的夹紧,并且如上所讨论,在触发过程期间,当钉子 652 被推出套件 614 时,如果夹紧扭矩极限值过高,就可能使砧座 610 和钳夹 612 的尖端彼此远离偏转到其中钉子 652 将不当形成的点。如果在使用过多扭矩的夹紧期间在钳夹中有过多组织,这种情形可以发展。为阻止这种情形并且确保维持适当的尖端间隙,就要限制夹

紧扭矩。

[0083] 在理想的情况下,如果缝合器 600 中的每个均相同,则全部缝合器 600 将使用相同的扭矩极限值。然而,制造差异和公差能够导致在不同缝合器 600 之间的显著差异。根据本发明,扭矩极限值能够对缝合器 600 中的每个进行自定义。因此,存储器 808 能够储存与特定的缝合器 600 相关的特定扭矩极限值。此外,根据套件 614,扭矩极限值能够在单独的缝合器 600 内变化。因此,针对套件 614 类型的调整也能够被存储在存储器 808 中。在一些实施例中,针对套件 614 的类型的调整可以不在缝合器 600 之间变化,并且因此一组套件变化能够由系统 800 提供或被储存在每个套件 614 的数据存储件 716 中。在制造期间,组装每个缝合器 600 并且然后对其进行操作以“磨合”夹紧行为。

[0084] 根据本发明,为每个缝合器 600 确定具体的扭矩极限值并且将其储存在底座 608 的存储器 808 中。图 9A 示出用于初始化特定缝合器 600 的扭矩极限值的程序。在步骤 902 中,组装缝合器 902。在组装后,在步骤 904 中,通过重复执行夹紧程序来“磨合”缝合器 600。当夹紧所需的扭矩相对稳定时(即,不在启动之间显著改变),缝合器 600 被磨合。在步骤 906 中,使用具有不同高度的一系列垫片强制实施在夹紧期间的钳夹 612 和砧座 610 尖端的已知偏转。然后获得夹紧扭矩根据尖端偏转的数据集合。

[0085] 图 9B 示出使用垫片 914 将尖端偏转已知的量。如图 9B 所示,垫片 914 强制实施特定的尖端分离,同时钳夹 612 和砧座 610 被夹紧。在步骤 906 中,完成了使用不同的垫片 914 的一系列测试,以产生如图 9C 所示的数据集合。如图 9C 所示,X 轴线表示由每个单独的垫片 914 强制实施的尖端分离。Y 轴线为所记录的来自在马达组件 916 中的马达 918 的扭矩数据,马达组件 916 在测试期间驱动缝合器 602 的底座 608,以达到夹紧条件。在一些实施例中,基于先前使用马达 918 和许多器械所获取的校准数据,在马达 918 的反馈电流和由马达 918 施加的扭矩与在钳夹 912 和砧座 610 之间的合力之间的关系已知。

[0086] 在步骤 908 中,能够将数据拟合成函数。在图 9C 所示的示例中,将数据拟合成线性函数 $Y = mx + b$ 。能够使用线性最小二乘法估计斜率 m 和偏移 b 。在该线性方程中,Y 为所需扭矩,而 X 为尖端偏转。如图 9C 所示,扭矩以豪牛顿 - 米 (mNm) 被提供,而偏转以毫米 (mm) 被提供。在图 9C 提供的特定示例中,确定斜率 m 为 21.5 mNm/mm 而偏移为 50 mNm 。如上所讨论, m 和 b 的值由于在不同缝合器之间的制造差异而变化。

[0087] 在步骤 910 中,确定缝合器 600 的最大扭矩值。在一些实施例中,通过将最大尖端偏转限制到 0.70 mm 来确定最大扭矩。 0.70 mm 为适合于蓝色套件 614 的尖端分离,其能够被认为是为蓝色套件建立了安全基线。该示例值阻止在触发期间由于尖端分离造成的套件的不当形成。如能够从图 9C 所见,或者由以上线性关系所计算,在图 9C 中示出的特定缝合器 600 具有 65 mNm 的最大扭矩值。对于适当的钉子形成,高于 65 mNm 的扭矩值会允许过多的尖端分离(并且因此允许过大的组织间隙)。通过强制实施扭矩极限值,足够的扭矩被供应到夹具,但是不允许过多的扭矩,这阻止导致钉子不当形成的较大尖端偏转。

[0088] 在步骤 912 中,缝合器 600 的最大扭矩值被储存在缝合器 600 的底座 608 的存储器 808 中。然后,如图 8 所示,在系统 10 的操作期间,最大扭矩值能够从存储器 808 中读取,并且用于控制在缝合程序期间由马达 804 施加到端部执行器 602 的最大扭矩。

[0089] 在一些实施例中,能够被称为 τ_{cal} 的经校准的最大扭矩值用作缝合器 600 的基线扭矩极限值。在操作期间,能够由该基线调整特定套件 614 的实际扭矩。该调整能够基于

大量先前收集的试验和分析数据,这些数据利用加载到系统 800 的多个套件和多个缝合器获取。作为示例,针对各种套件 614 的调整能够为白色 = -3mNm; 蓝色 = +2mNm; 而绿色 = +9mNm。这些值添加到最大扭矩值和经调整的值,以控制马达组件 702 的马达 804 的扭矩输出。例如,如果套件 614 为蓝色套件,那么在夹紧期间使用的最大扭矩值被调整到 94mNm。

[0090] 在以上描述中所用的实际数量仅为说明,且不应被认为是限制性的。缝合器 600 中的每个均可以具有不同的最大扭矩值。另外,在一些实施例中,能够使用不同的安全尖端偏转或其他参数。进一步地,针对套件类型的调整可以变化。而且,尽管以上讨论集中于缝合器器械,但也能够在其他器械上执行类似的校准,诸如,血管密封器。

[0091] 在校准期间也能够设定其他参数。例如,能够将校准的扭矩极限值设定为特定的参考温度 T_{ref} 。其他参数可以包括磨损系数、器械寿命系数和涉及特定缝合器 600 的其他参数。

[0092] 调整并校准每个器械的最大扭矩极限值允许在夹紧期间更精确地控制尖端偏转。这能够使器械性能最大化。通过校准每个器械,能够比如果在所有器械中一致使用单个恒定的参数使用更小的裕度。另外,通过更精确地控制夹紧,能够减小在夹紧期间尖端偏转的不确定性。进一步地,通过减少对制造公差的依赖并且调整制造差异,能够增加制造产量。

[0093] 在马达组件中的马达的初始化

[0094] 除了校准并且初始化缝合器 600 以外,也能够校准并且初始化马达组件 702 以调整制造差异。在夹紧马达 804 与触发马达 802 中以及在机械转换器 714 中的制造差异导致在马达组件之间的差异。在马达组件校准期间,确定马达速度相对空载电流的关系 I_{NL} 和夹紧马达 804 与触发马达 802 中的每个的扭矩常数 K_T 。

[0095] 图 10A 示出能够用于校准马达组件 702 的马达 804 和 802 中的每个的校准方法 1000。如在方法 1000 中所示,步骤 1002 将要获取已组装的马达组件 702。在步骤 1004 中,执行初始校准。图 10B 示出校准程序的示例。在步骤 1006 中,磨合马达组件 702 的马达 802 和 804。在磨合过程期间,借着恒定扭矩驱动马达 802 和 804 中的每个达多次循环,以便试运转机械转换器 714 的齿轮组并且确保润滑脂均匀分布。在步骤 1008 中,执行最终校准。步骤 1008 的最终校准和步骤 1004 的初始校准能够为相同的校准方法,图 10B 示出了其示例。在步骤 1010 中,将校准的参数储存在马达组件 702 的存储器 812 中。

[0096] 图 10B 示出能够在图 10A 的步骤 1004 和 1008 中使用的校准程序 1012 的示例。如图 10B 所示,步骤 1014 将要获取马达的空载数据,马达可以为夹紧马达 804 或触发马达 802。为确定在马达的马达速度与空载电流之间的关系,以各种速度驱动马达,每次一种速度首先沿向前方向上然后沿向后方向上。在达到各种速度中的每个之后,测量空载电流消耗以及马达组件 702 的温度。在一些情况下,能够针对温度调整空载电流消耗。作为示例,在每分钟 10^4 次旋转 (rpm) 中的速度数列可以为 [2.5, 1.5, 2.25, 0.5, 2.0, .75, 1.0, 1.75, 0.25, 1.25 和 0.125]。然而,能够使用其他数据提取数列。图 10C 示出根据马达速度的沿向前 (fwd) 方向和向后 (bak) 方向上的夹紧马达 804 电流的数据。

[0097] 在步骤 1016 中,将数据拟合成函数,例如,指数函数或线性函数,以确定在马达电流和马达速度之间的关系。例如,能够用于拟合数据的、具有非多项式的线性函数能够由下式给出:

$$[0098] \quad y = c1 + c2 * e^{-x*x_{scale}} + c3 * x * e^{-x*x_{scale}}$$

[0099] 其中, $c1, c2, c3$ 为系数, 且 x_{scale} 为常数。

[0100] 在图 10C 中, 实曲线表示拟合到数据的曲线。在拟合之前, 可以调整温度的数据并对其进行筛选。在一些实施例中, 基于先前的根据温度的马达模型, 能够根据温度来调整原始数据。另外, 能够根据时间来筛选原始数据以减少噪音并且提供求平均值。

[0101] 在一些实施例中, 分段线性逼近能够被最优化来拟合函数以便减少进一步的计算。在图 10C 中示出的到曲线拟合函数的分段线性逼近在图 10D 中进行了说明。最后, 分段线性逼近能够作为 I_{NL} 被储存在存储器 812 中。

[0102] 一旦完成空载电流校准, 程序 1012 继续到扭矩常数 K_T (每次电流输入的扭矩输出) 的确定。如图 10B 所示, 步骤 1018 包括获取扭矩加载数据。在获取扭矩加载数据中, 首先比照空载驱动正被校准的马达 (夹紧马达 804 或触发马达 802), 并且然后载荷缓增到已知的扭矩加载, 并且然后缓降回到空载。已知扭矩加载能够由外部资源提供, 例如, 所述外部资源诸如制动器或动力计。为正被校准的马达在向前方向和向后方向上收集数据 (即, 扭矩输出对电流载荷)。能够为夹紧马达 804 和触发马达 802 中的每个提取多个数据集合。

[0103] 在步骤 1020 中, 分析扭矩数据以确定扭矩常数 K_T 。数据能够被筛选, 并且通过将扭矩变化 (空载到已知的扭矩加载) 与电流变化 (在空载时的电流到在扭矩加载时的电流) 进行比较确定扭矩常数 K_T 。能够针对在步骤 1018 期间所获取的多个数据集合的计算求平均值, 以确定最终校准扭矩常数值。

[0104] 图 10E 示出了根据本发明的一些实施例的在数据获取步骤 1018 期间马达的马达速度和转矩随时间变化的示例。图 10F 对应于图 10E 所示的数据示出了作为时间的函数的马达速度、电流和万向接头位置。如图 10F 所示, 对于该测试, 能够筛选电流数据以获得电流随时间变化的连续函数。

[0105] 如图 10A 所示, 在最终校准步骤 1008 之后的步骤 1010 中, 空载电流校准数据 I_{NL} 和扭矩加载校准数据 K_T 二者能够被储存在马达组件组 702 的存储器 812 中, 并且能够在如将在以下进一步讨论的马达组件 702 的扭矩极限值的进一步校准期间使用。

[0106] 扭矩极限值校准

[0107] 再参考图 8, 仅当缝合器 600 到达完全夹紧状态时才允许触发缝合器 600。由马达 804 提供的、为到达完全夹紧状态的扭矩量通过软件限制。该扭矩极限值通常设定为电流极限值, 其为关于允许马达 804 在夹紧过程期间消耗的电流的极限值。如以上所讨论, 该电流极限值为缝合器 600 的校准数据的函数。换言之, 将扭矩极限值初始设定为如以上所指示的 τ_{cal} , 根据套件 614 的颜色进行调整。

[0108] 然而, 在重复使用缝合器 600 的情况下, 有效扭矩极限值能够偏移并且偏离原始校准数据。换言之, 在若干次使用之后夹紧缝合器 600 所花费的相同扭矩不同于, 并且通常小于夹紧缝合器 600 在其初始校准状态下花费的扭矩。如果扭矩极限值保持不变, 则可以允许缝合器 600 到达在其并不打算做的在对抗材料 (challenge materials) 上的完全夹紧动作, 从而导致在钳夹 612 与砧座 610 之间的尖端偏转无意中增加。如上所讨论, 如果缝合器被触发, 增加的尖端偏转提供不充分的组织间隙和不当形成的钉子。

[0109] 根据本发明的一些实施例, 用于缝合器 600 的扭矩极限值根据多个操作参数进行

调整。多个操作参数能够包括,例如,马达组件 702 的温度,腕部 604 的铰接角度,马达组件 702 的使用寿命(例如,受到马达组件 702 影响的缝合器触发的次数),和缝合器 600 的使用寿命(例如,使用缝合器 600 的缝合器触发次数)。实际扭矩极限值能够在操作期间进行调整,以便调整缝合器 600 的使用年限和操作条件。

[0110] 图 11 示出了用于执行此类操作的算法 1100。算法 1100 能够由系统 800 执行,或者由系统 800 结合在马达组件 702 中的处理器 810 来执行。如在步骤 1002 中所示,当在触发之前接收到在步骤 1102 中的夹紧缝合器 600 的命令时,开始算法 1100。

[0111] 在步骤 1104 中,恢复储存在底座 608 的存储器 808 中的针对缝合器 600 的参数,储存在马达组件 702 的存储器 812 中的针对马达组件 702 的参数,以及储存在数据存储件 716 中的针对套件 614 的参数。在步骤 1106 中,确定经调整的最大扭矩极限值。经调整的最大扭矩极限值能够基于参数的数目与拟合马达组件 702 和缝合器 600 结合特定套件 614 的磨损特征的模型进行确定。如上所讨论,能够包括在模型中的一些因子包括马达组件 702 的温度(T),通过缝合器触发次数测量的马达组件 702 的寿命(L_{MP}),通过缝合器触发次数测量的缝合器 600 的寿命(L_{inst}),以及腕部 604 的角度(θ)。通常,能够定义影响所用的扭矩极限值的参数集合{参数}。在一些实施例中,该集合能够被定义为{ $T, L_{MP}, L_{inst}, \theta \dots$ }。在该模型中也可以使用其他参数。

[0112] 因此,经调整的最大扭矩极限值能够由下式给出:

$$[0113] \tau_{com} = F(\{\text{参数}\})$$

[0114] 其中函数 F 定义在夹具 600 和马达组件 702 的寿命期间最佳拟合它们的行为的模型。函数 F 能够主要通过缝合器 600 和马达组件 702 的大型集合凭经验进行确定,以准确表示随时间的磨损特征。在一些情况下,在该模型中涉及各种参数的因子可以为标量,而在另一些情况下,更好的模型具有加法的特定因子,而其他因子为标量。例如,用于计算最大扭矩极限值的模型可以由下式给出:

$$[0115] \tau_{com} = F(\{\text{参数}\}) = f(T)*g(L_{MP})*h(L_{inst})*y(\theta) + z(T) + k(L_{MP}) + x(L_{inst}) + p(\theta) + C,$$

[0116] 其中, f, g, h, y, z, k, x 和 p 表示所指示的参数的特定函数,且 C 表示一般的偏移项。如在以上方程中所示,修正能够包括针对在参数集合中的参数的每个的标量分量和加法分量。在一些模型中,如果参数并非标量分量,则函数 f, g, h 和 y 中的某些能够设定为一(1),而如果对应的参数并非加法分量,则函数 z, k, x 和 p 被设定为 0。以上 $F\{\text{参数}\}$ 的示例并非限制性的并且在建模中能够使用其他函数。一些特定示例模型存在于以下进一步的细节中。

[0117] 在步骤 1108 中,马达电流极限值由扭矩极限值确定。作为近似,在马达 804 的电流和期望扭矩之间存在线性关系。因此,在夹紧过程中,从扭矩极限值到电流极限值的转换涉及根据线性关系对扭矩极限值进行缩放,以确定马达 804 的电流极限值。

[0118] 在步骤 1110 中,使用上述经调整的马达电流极限值夹紧缝合器 600。如以上所讨论,当马达 804 达到特定位置而不超过经调整的马达电流极限值时,缝合器 600 被夹紧。一旦缝合器 600 处于夹紧状态,那么能够触发缝合器 600。在步骤 1112 中,在实现成功夹紧之后,在触发之前,算法 1100 等待用户输入或确认。在步骤 1114 中,触发缝合器 600。

[0119] 如图 11 所示,在一些实施例中,触发步骤 1114 能够包括,确定触发扭矩极限值 1120,确定触发马达电流极限值 1122,并且使用触发马达电流极限值进行触发 1124。施加

到在缝合器 600 中的触发万向接头的过度扭矩能够造成破坏触发万向接头或破坏在套件 614 中的丝杆的问题。过度扭矩也可以使在套件 614 中的刀子 616 带着过多的力靠着硬停止点被堵塞,从而可能破坏进入患者体内的一块刀子 616。传动系与套件丝杆二者和刀子机构可以包括充分的安全裕度,以阻止在操作期间的破坏。能够调整触发扭矩极限值(触发马达 802 的扭矩极限值),以防止被施加到机构的扭矩接近损坏缝合器套件 614 或套件传动系部件的水平。

[0120] 在步骤 1120 中确定触发马达 802 的触发扭矩极限值能够类似于如以上关于步骤 1106 所讨论的确定夹紧马达 804 的扭矩极限值。如以上所讨论,触发马达 802 的触发扭矩极限值能够使用,例如,温度、马达组件寿命、器械寿命和其他参数的函数来调整。在一些情况下,能够使用具有不同系数的与以上所讨论的能够用于调整夹紧马达 804 的扭矩极限值的那些调整方程的形式相同的调整方程来调整触发马达 802 的扭矩极限值。进一步地,能够在步骤 1122 中使用与以上关于步骤 1108 所讨论的用于确定马达电流极限值的相同形式的方程。当触发马达 802 到达特定位置而未超过触发马达电流极限值时,完成触发步骤 1124。

[0121] 在步骤 1116 中,调整参数以反映触发。例如,能够递增参数 L_{MP} 和 L_{inst} 二者。在步骤 1118 中,能够储存经调整的参数用于将来的使用。例如, L_{MP} 被储存在存储器 812 中,而 L_{inst} 被储存在存储器 808 中,用于在涉及马达组件 702 或缝合器 600 的下一次缝合程序中使用。

[0122] 如以上所讨论,在步骤 1108 中,扭矩极限值能够被转化成马达 804 的电流极限值。在一些情况下,在电流极限值与扭矩极限值之间的关系能够由下式给出:

$$[0123] \quad I_{limit} = I_{NL} + \frac{\tau_{com}}{K_T},$$

[0124] 其中, I_{limit} 为提供给马达 804 的电流极限值, I_{NL} 为在校准时马达 804 的空载电流, K_T 为马达组件传动系的扭矩常数特征,以及 τ_{com} (如上所讨论) 表示在夹紧中提供给最小误差的建模的和补偿的扭矩极限值。 I_{NL} 表示马达组件的摩擦补偿并且能够为速度的函数。参数 K_T 涉及在马达 804 中的扭矩到电流的转换。如以上所讨论,在马达组件 702 的校准期间,可以确定在参考温度 T_{ref} 下的初始 K_T 。在一些模型中, K_T 能够由下式给出:

$$[0125] \quad K_T = K_{Tcal} * [1 - \eta * (T - T_{ref})]$$

[0126] 其中, K_{Tcal} 为经校准的转换系数,以及 η 为涉及马达 804 的操作的温度系数。在一些模型中, I_{NL} 的值能够由下式给出:

$$[0127] \quad I_{NL} = I_{cal} * [1 - \mu * (T - T_{ref})] * [1 - k(L_{MP})],$$

[0128] 其中, I_{cal} 为表示在马达组件 702 中损耗的根据速度的经校准的空载电流消耗, μ 为温度系数, T 为马达组件 702 的温度(由电子设备 801 测定), T_{ref} 为参考温度, k 为马达组件寿命系数,以及 L_{MP} 为马达组件 702 已经触发缝合器的次数。参考温度 T_{ref} 能够为,例如,校准马达组件 702 时的温度并且能够被储存在存储器 812 中。如从在该模型中的上方程能够所见,缝合器 600 在 $T = T_{ref}$ 处的经校准的电流极限值由 $I_{limit} = I_{cal} + \tau_{cal}/K_{Tcal}$ 给出,该式能够用在初始校准阶段以确定 I_{cal} 和 K_{Tcal} 二者。在一些实施例中, I_{cal} 和 K_{Tcal} 的值能够被储存在存储器 812 中。

[0129] 在一些模型中,经调整的扭矩极限值能够由下式给出:

[0130] $\tau_{\text{com}} = \tau_{\text{des}} * W(\theta) * [1 - \alpha * (T - T_{\text{ref}})] * [1 - \beta * (L_{\text{MP}})] * [1 - \gamma * (L_{\text{ins}})] + \delta * (T - T_{\text{ref}}) + \epsilon$

[0131] 其中, α 为温度系数, β 为马达组件 702 的寿命系数, γ 为缝合器 600 的寿命系数, δ 为恒定偏移温度系数, 以及 ϵ 为恒定偏移。如以上所讨论的, τ_{des} 的值能够由 τ_{cal} 和套件调整的总和给出。

[0132] 函数 W 反应当铰接腕部 604 时的额外摩擦。在一些实施例中, 函数 W 为腕部 604 通过其铰接的角度 θ 的余弦函数。因此, 在一些实施例中, W 能够由下式给出:

$$[0133] W(\theta) = \frac{1}{1 - \xi(1 - \cos(\theta))}$$

[0134] 其中, θ 为在图 8 中所示的腕部 604 的腕部角度, 以及 ξ 为确定腕部角度对扭矩极限值影响的参数。如所示出的, 在 $\theta = 0$ 度处, $W(\theta)$ 将为 1。然而, 随着角度的增加, 在腕部 604 处的摩擦增加, 从而导致 τ_{com} 乘法的增加 $W(\theta)$ 。在一些实施例中, 函数 $W(\theta)$ 能够作为查找表被实施。扭矩极限值腕部调整 $W(\theta)$ 能够用于具有腕部的任何外科手术器械并且需要通过该腕部传送力。

[0135] 以上所示的各种标量系数能够被调整以最优建立马达组件 702 和缝合器 600 的寿命行为模型。这些系数包括温度系数 η 、 μ 、 α 和 δ ; 寿命系数 k 、 β 和 γ ; 加法系数 ϵ ; 以及腕部系数 ξ , 并且能够通过对各种缝合器 600 和马达组件 702 贯穿其寿命的不同重复测试来确定, 或者在一些情况下, 能够通过在单独的马达组件或器械上完成的校准进行自定义。在一些实施例中, 如果系数通过对大量马达组件和缝合器求平均值来确定, 并且不在单独的马达组件或缝合器之间变化, 那么它们能够被储存在系统 800 中, 建模在系统 800 中进行计算。否则, 系数能够用它们的单独的部件来存储。例如, 温度系数 η 、 μ 、 α 和 δ , 寿命系数 k 和 β 能够被储存在存储器 812 中, 而寿命系数 γ 能够被储存在存储器 808 中。

[0136] 如以上所指示, 例如, 如果温度为标量分量而非加法分量, 则 δ 能够被设定为 0, 而如果温度为加法分量而非标量分量, 则 α 能够被设定为 0。在该模型中, 在 α 和 δ 二者为非零的情况下, 温度既是标量因子又是加法因子。在一些实施例中, 系数能够在以下范围内: $0 \leq \alpha \leq 1$; $0 \leq \beta \leq 1$; $0 \leq \delta \leq 1$; $-10 \leq \epsilon \leq 10$; $0 \leq \gamma \leq 1$; $0 \leq \mu \leq 1$; $0 \leq k \leq 1$; $0 \leq \eta \leq 1$; 以及 $0 \leq \xi \leq 1$ 。在许多情况下, 系数小于约 10^{-2} 。

[0137] 以上提供的主要的标量模型示例并非能够用于针对根据温度的寿命偏移来调整用于缝合器 600 的操作的扭矩极限值的唯一模型。其他模型可以使用, 例如, 主要加法模型或者能够添加加法分量与标量分量的组合, 或者可以使用非线性模型。模型能够根据需要扩充以包括乘法因子和加法因子的组合, 以便在缝合器 600 的使用寿命期间最优建立其行为的模型。

[0138] 如以上所建议, 存在能够用于对扭矩极限值的调整进行建模的各种模型。如以上所建议, 根据系统, 某些变量可以被建模为加法作用, 而其他变量可以被建模为乘法作用。在一些实施例中, 模型能够针对特定缝合器系统的寿命而进行调整。这能够通过将参数中的一些设定为零, 一些设定为非零值来完成。在一些实施例中, 能够扩展 τ_{com} 的建模方程以在该模型中包括更多加法因子和加法因子与乘法因子的进一步组合。

[0139] 用于控制夹紧马达 804 的电流极限值, $I_{\text{lim int}}$, 能够提供给电子设备 810, 以便控制马达 804。操作用于提供经调整的电流极限值的模型, 以在缝合器 600 和马达组件 702 的整个可操作寿命中提供适当的夹紧。上述的扭矩补偿算法允许使用缝合器 600 的外科手术系

统有效并且安全地夹紧恰当的材料（和厚度），同时保持恰当的组织间隙并且阻止在可导致不当组织间隙的材料（和厚度）上完全夹紧。这种操作帮助阻止过度的尖端偏转并且也阻止触发并且引起钉子不当形成，以及由钉子的不当形成造成的外科手术治疗。

[0140] 回位调整

[0141] 在该发明的一些实施例中，能够提供回位程序以进一步调整扭矩极限值。当缝合器 600 和马达组件 702 首先附接到患者侧推车 22 时，实施回位程序。在一些实施例中，系统 800 能够在监测缝合器 600 和马达组件 702 的相应性能时驱动缝合器 600 通过预设的动作范围并且进行测试。电子设备 810 能够监测马达 804 和 802 的电流、位置和扭矩，并且将它们通信至处理器 800。处理器 800 能够调整系数和参数以修正在回位期间测量的缝合器 600 和马达组件 702 的行为。如上所示，在使用马达组件 702 操作缝合器 600 时，能够使用那些经修正的系数和参数。

[0142] 能够根据性能测试调整单独的参数。因此，由于回位过程，除上述因子之外，在使用缝合器 600 之前能够调整校准数据，例如， τ_{cal} 。

[0143] 以上详细的描述被提供用于说明本发明的具体实施例，且并非旨在为限制性的。在本发明的范围内的许多变化和修改是可能的。本发明在随附权利要求中进行阐述。

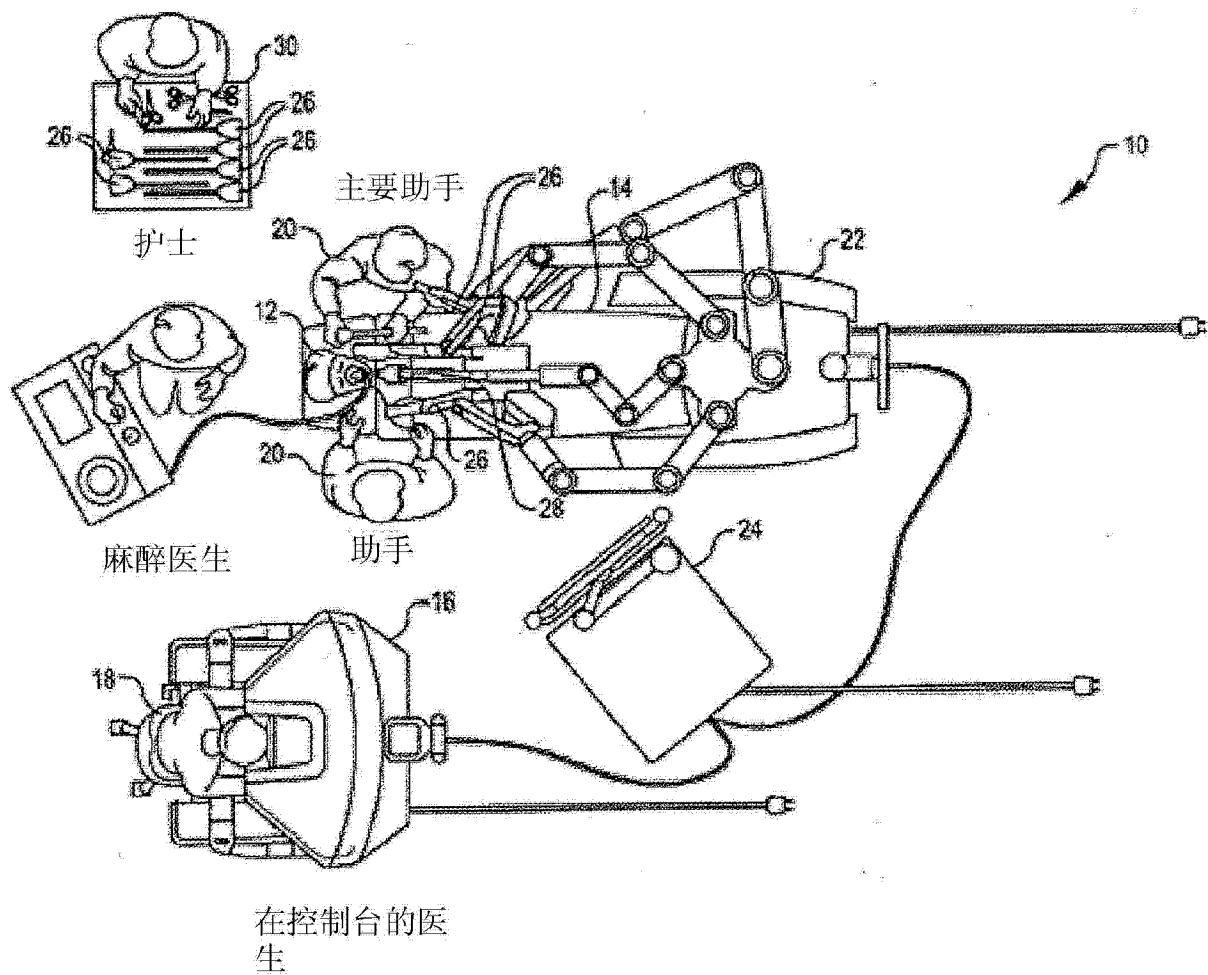


图 1

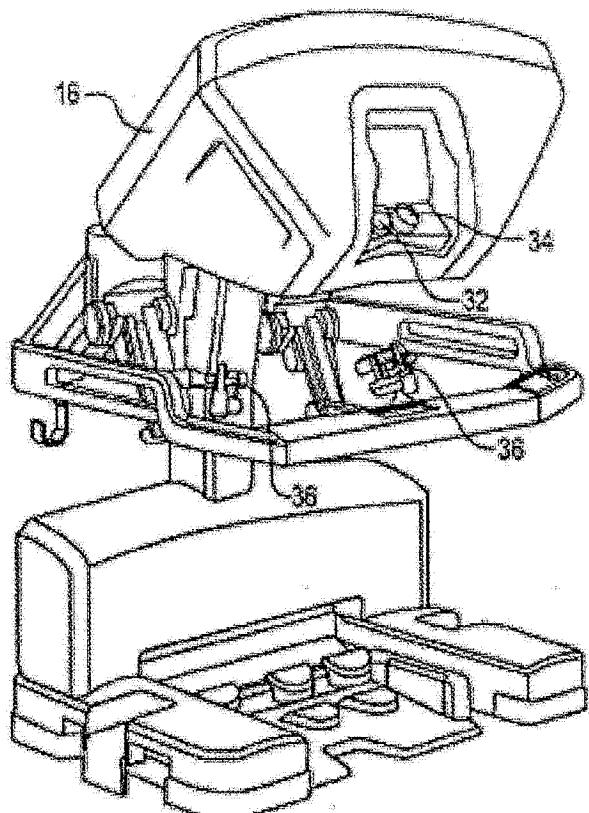


图 2

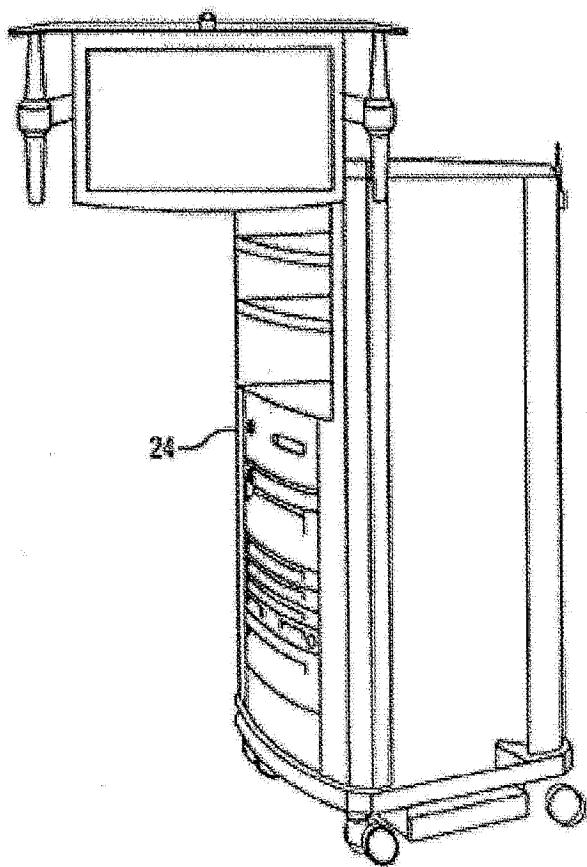


图 3

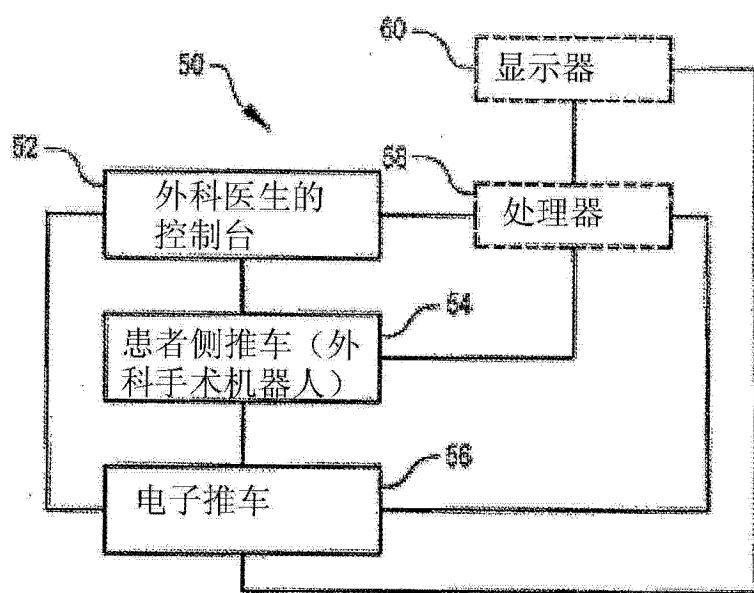


图 4

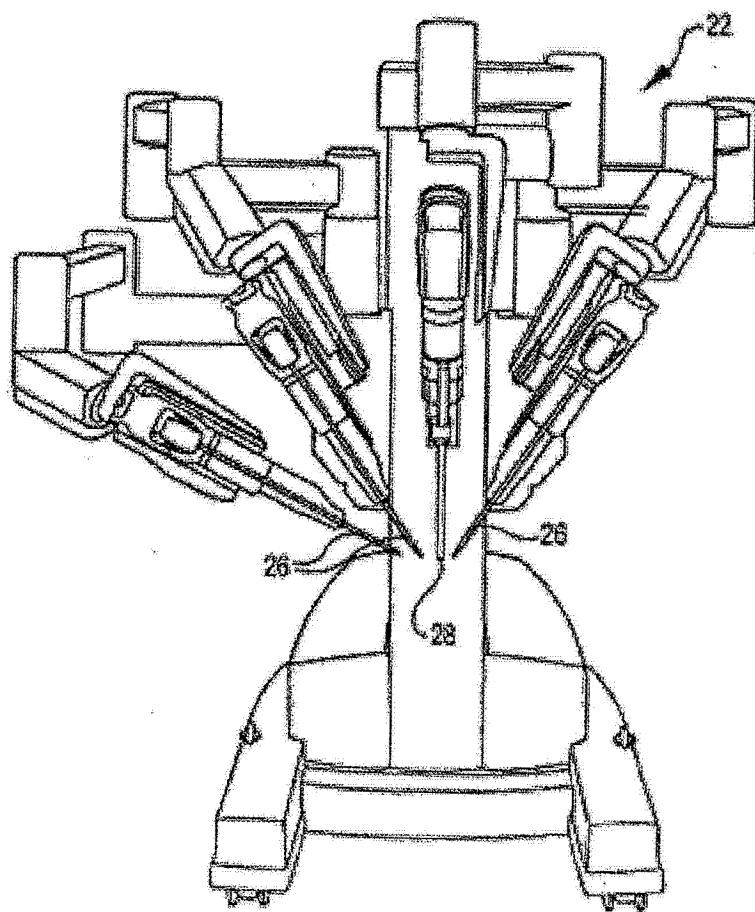


图 5

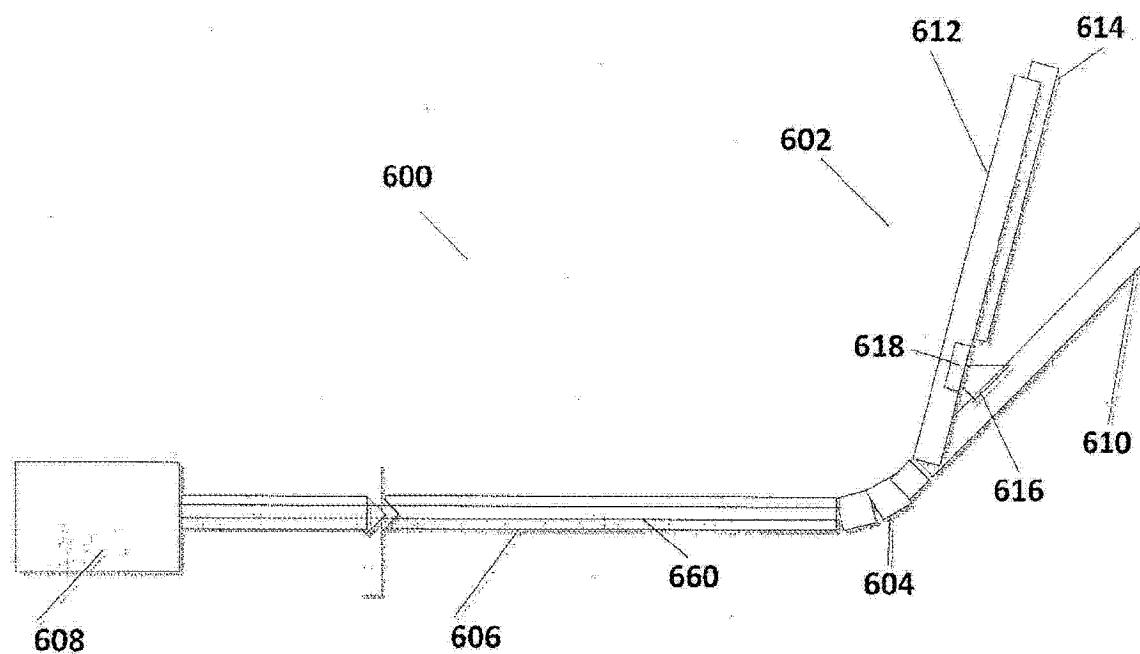


图 6A

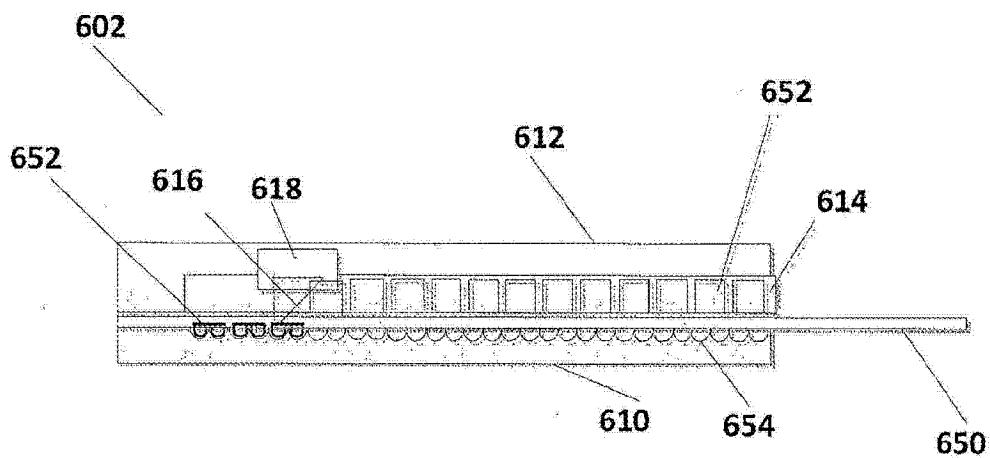


图 6B

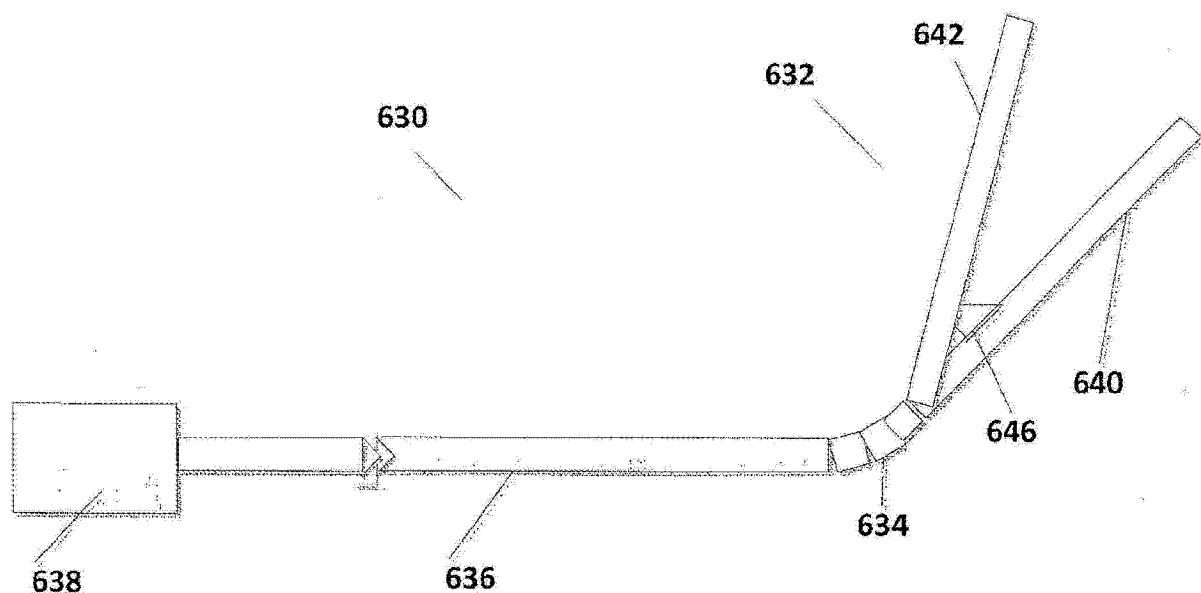


图 6C

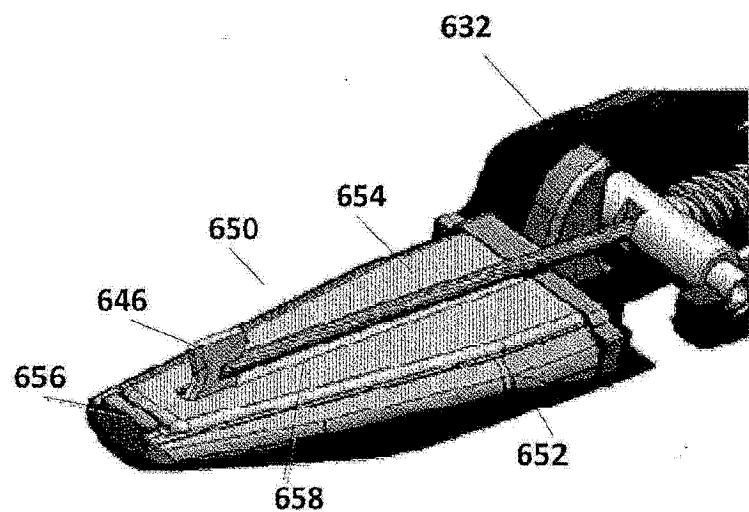


图 6D

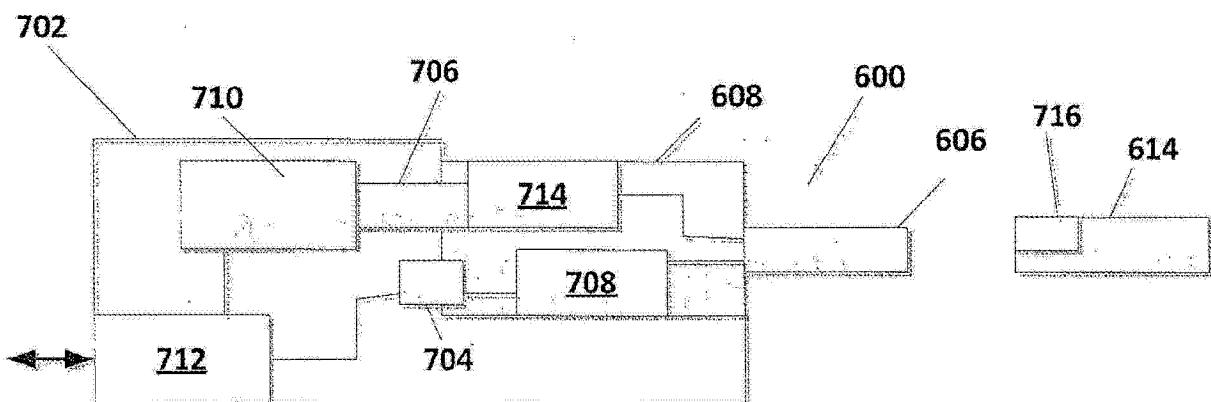


图 7

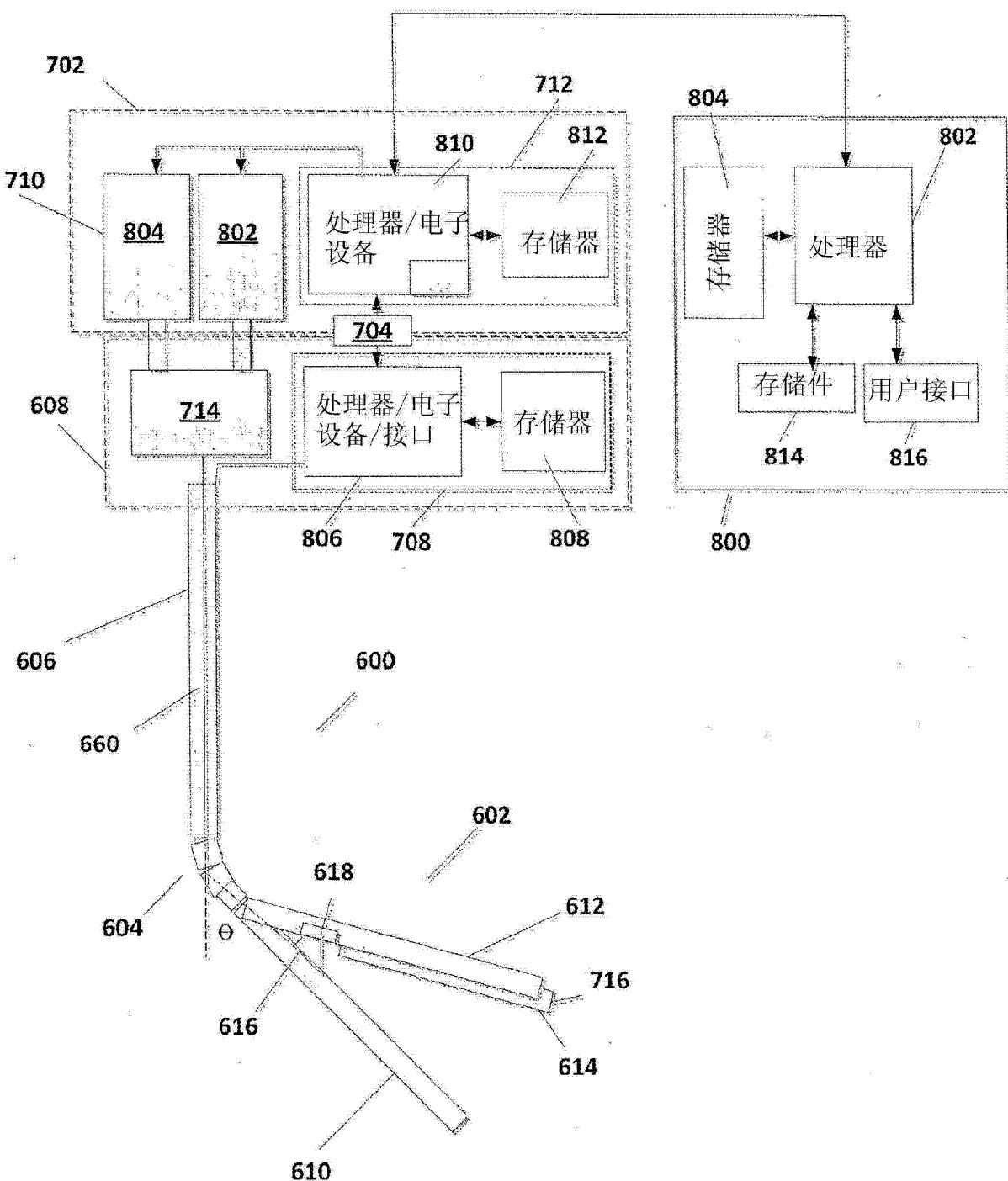


图 8

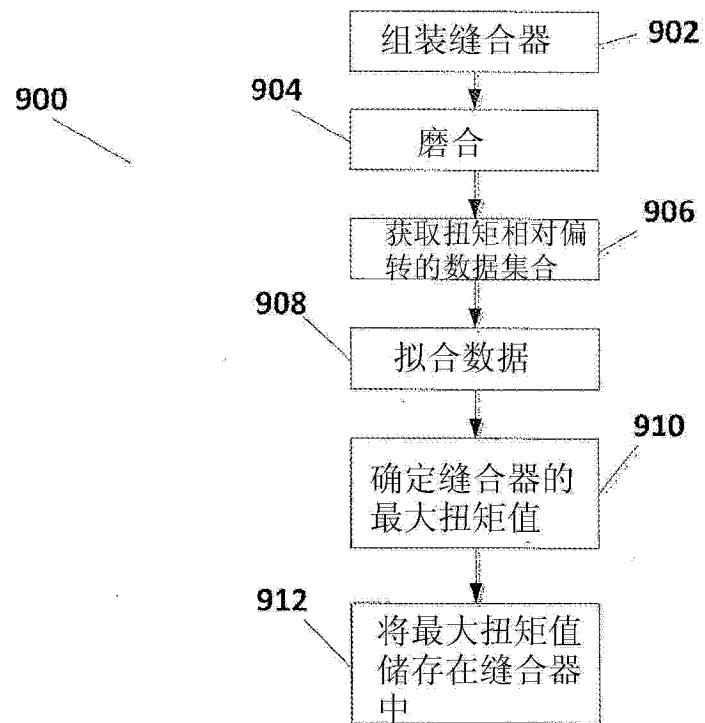


图 9A

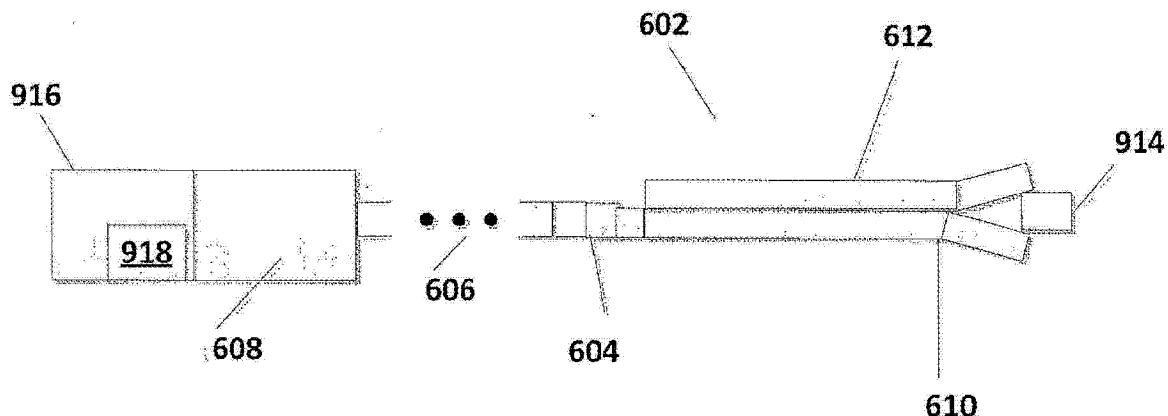


图 9B

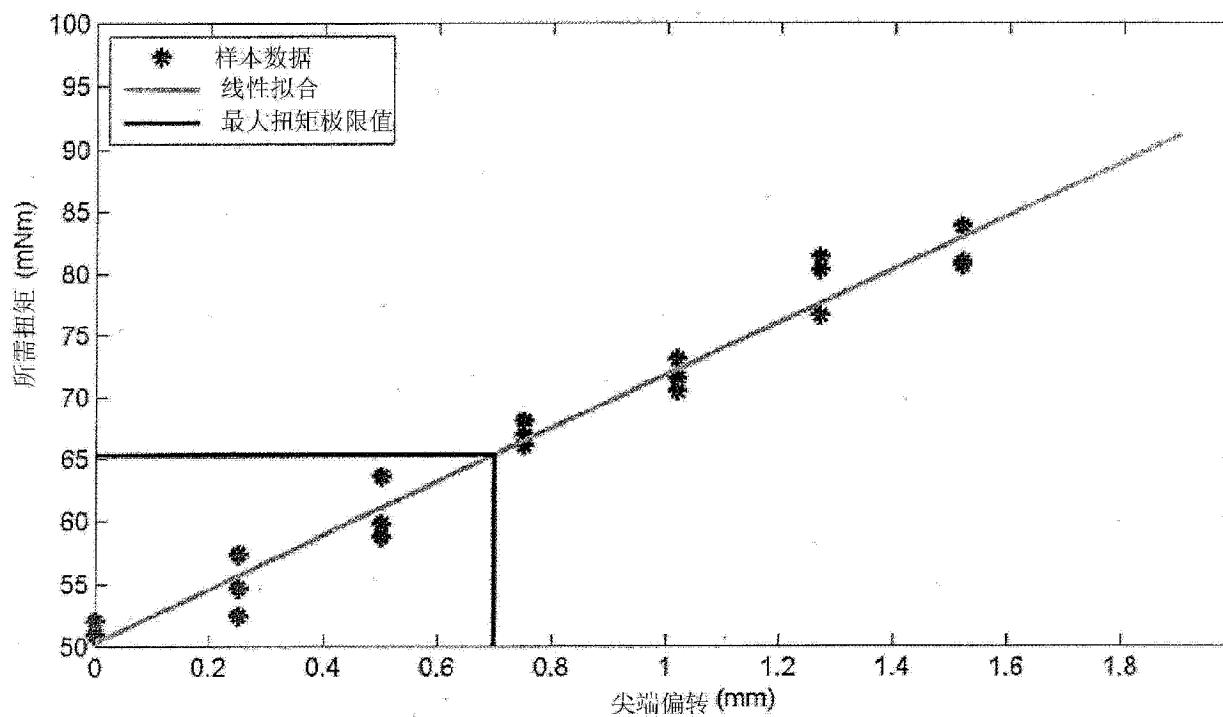


图 9C

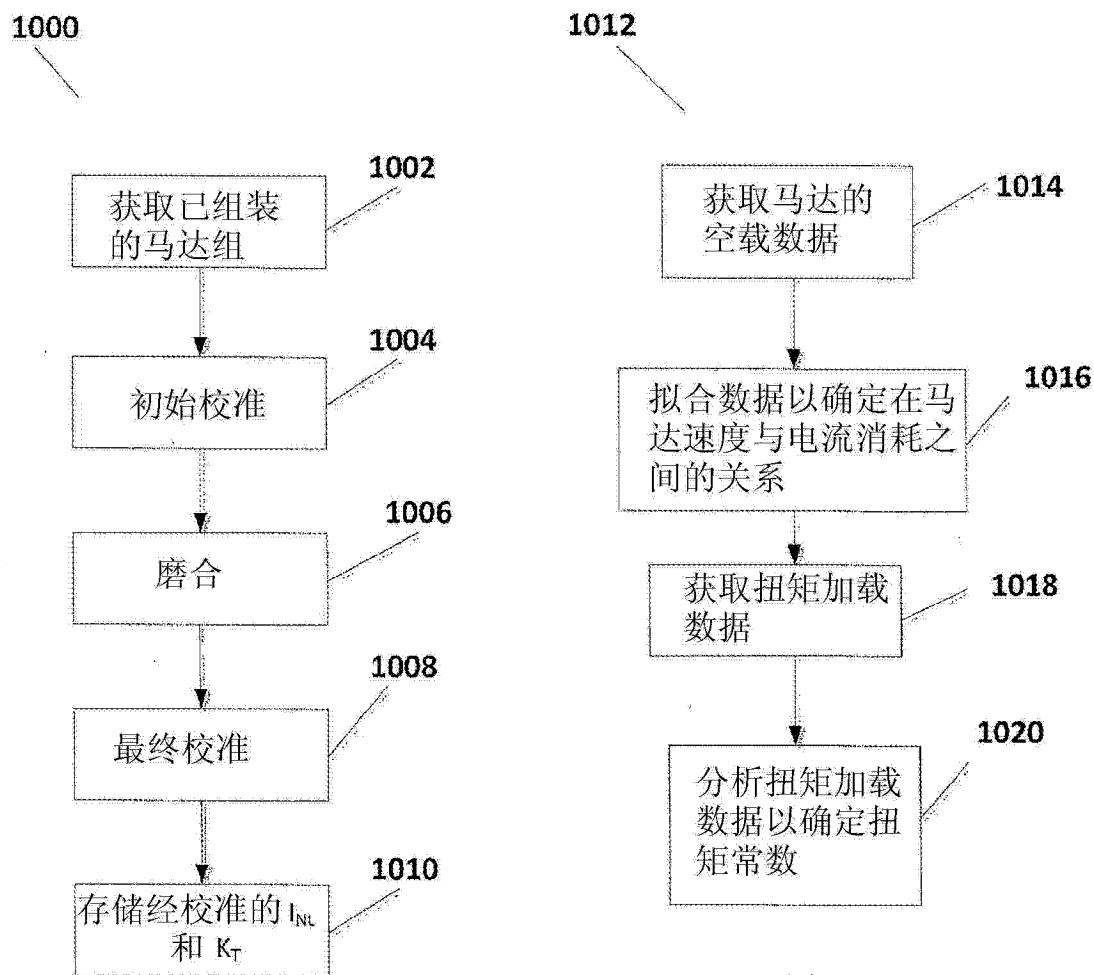


图 10B

图 10A

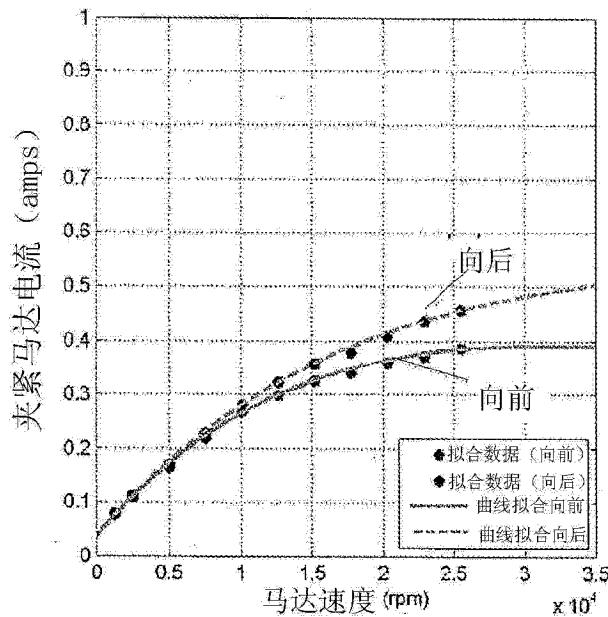


图 10C

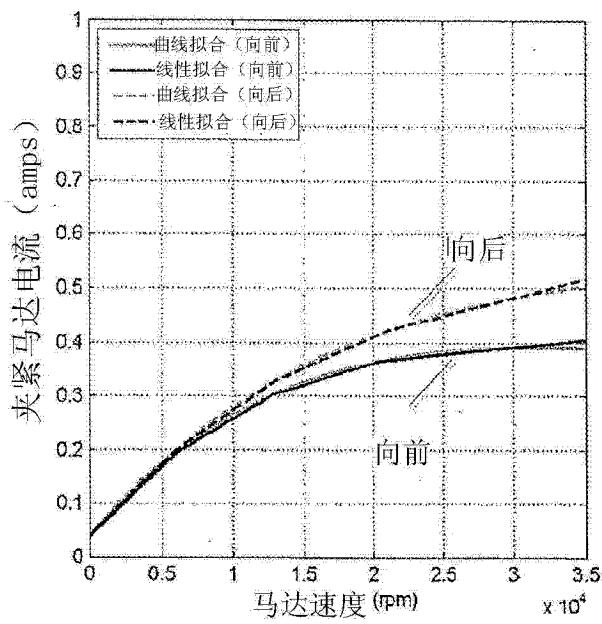


图 10D

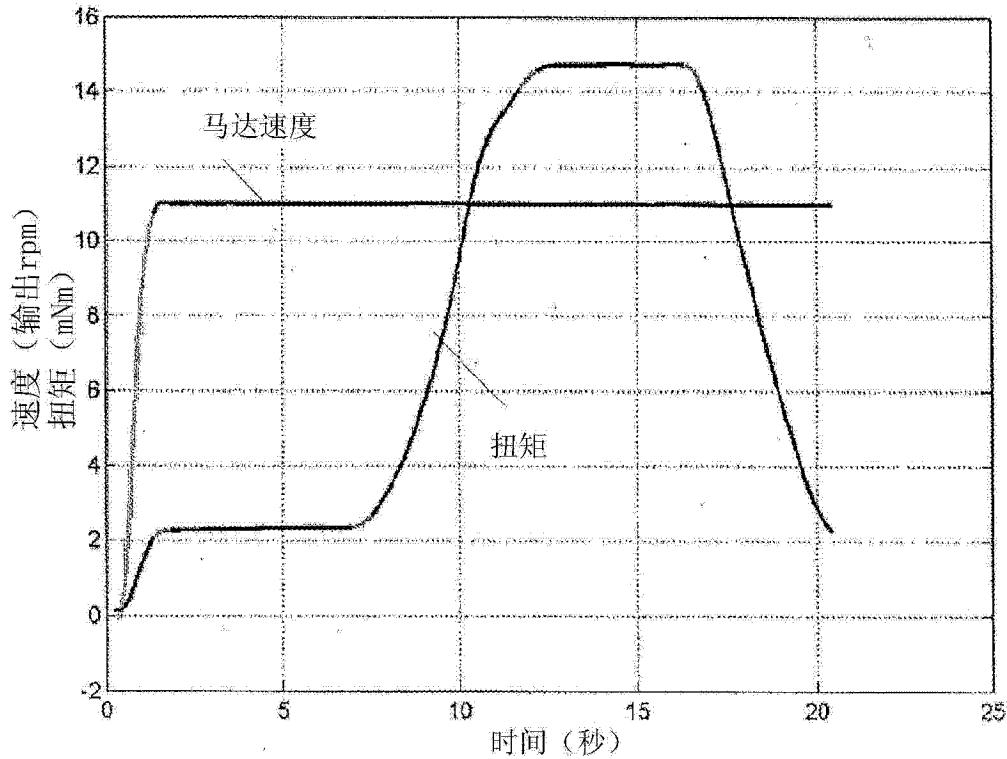


图 10E

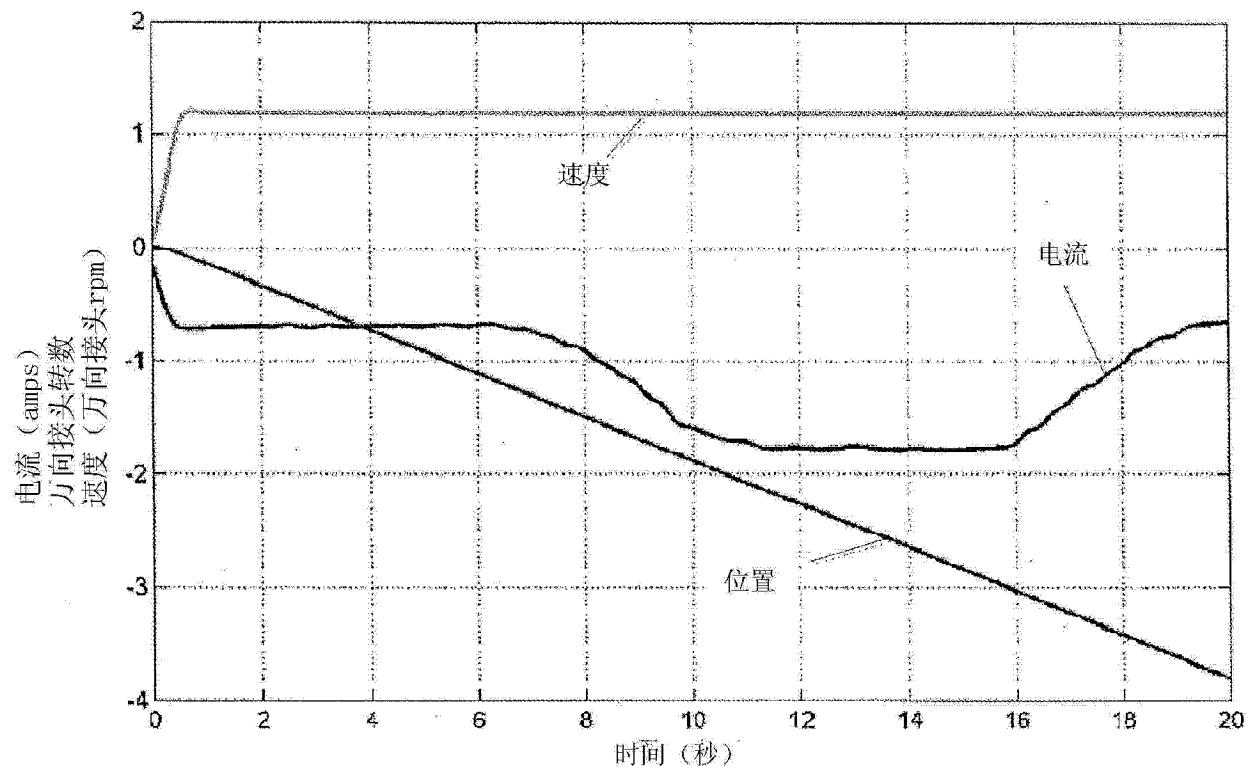


图 10F

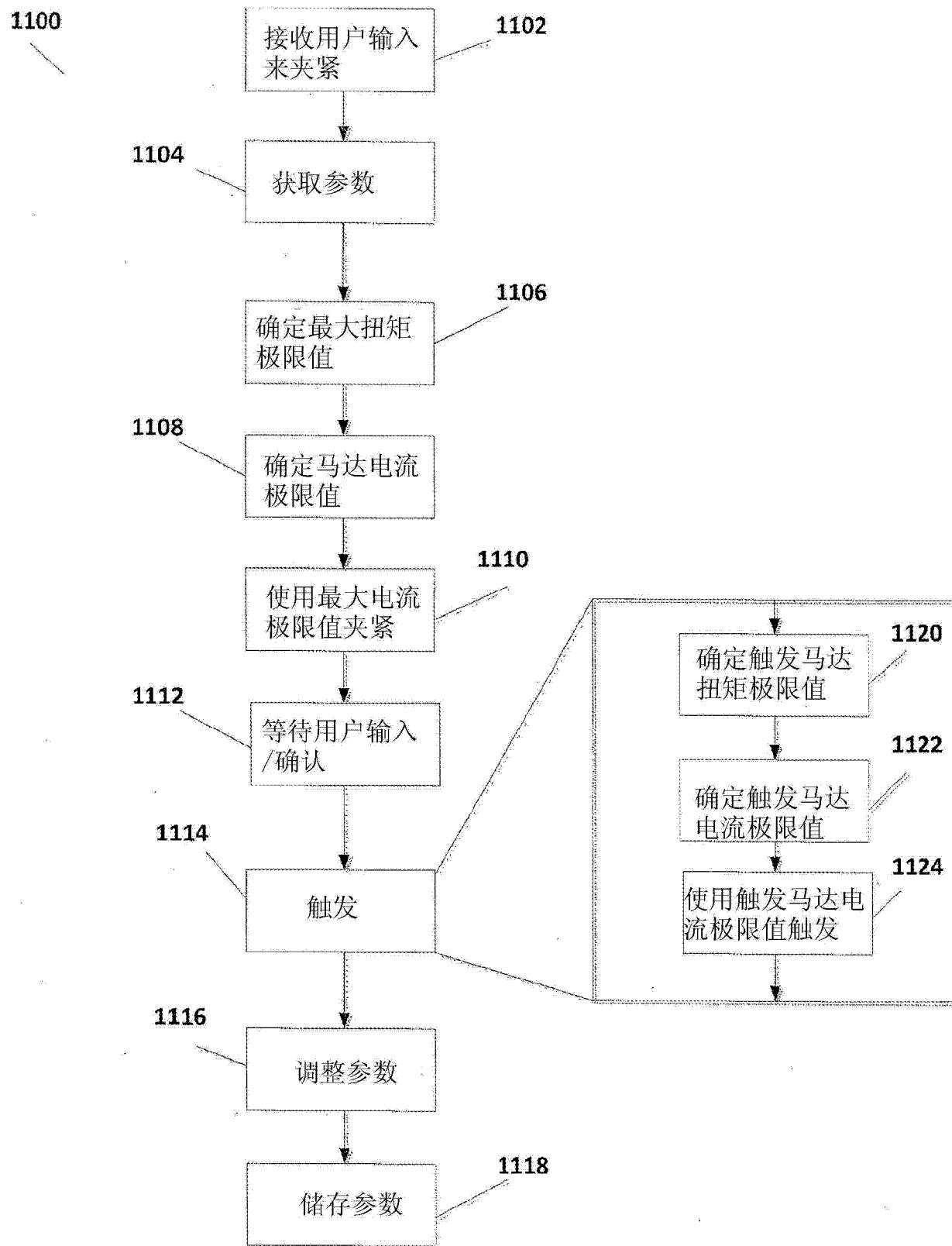


图 11