



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103209657 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201180053854. 0

代理人 赵蓉民 董巍

(22) 申请日 2011. 11. 15

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

61/413, 885 2010. 11. 15 US

61/491, 798 2011. 05. 31 US

A61B 34/35(2016. 01)

A61B 34/32(2016. 01)

F16H 37/08(2006. 01)

A61B 17/29(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 05. 08

(56) 对比文件

US 2008177282 A1, 2008. 07. 24,

US 2008262480 A1, 2008. 10. 23,

CN 101500470 A, 2009. 08. 05,

CN 101106952 A, 2008. 01. 16,

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/060849 2011. 11. 15

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/068156 EN 2012. 05. 24

审查员 王维霞

(73) 专利权人 直观外科手术操作公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 G·F·布里森 W·伯班克

G·W·达克斯二世 J·W·扎宾斯基

T·墨菲

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

公司 11245

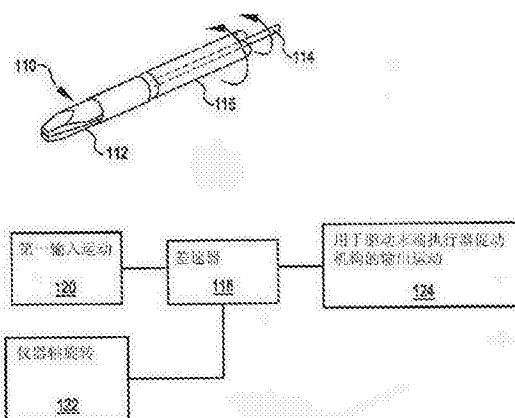
权利要求书3页 说明书27页 附图30页

(54) 发明名称

在手术仪器中去耦仪器轴滚动和末端执行器促动

(57) 摘要

本发明涉及一种手术组装件和相关方法, 其被提供用于使仪器轴滚动和末端执行器促动去耦。手术组装件包括基底、被旋转地安装至基底的仪器轴、被支撑在仪器轴的远端处且包括由旋转运动驱动的促动机构的末端执行器、旋转地耦合促动机构且经配置将旋转运动提供至促动机构的驱动轴以及被旋转地耦合至驱动轴且接收第一输入运动和第二输入运动的差速器。差速器组合了第一和第二输入运动, 从而产生旋转驱动轴的输出运动。第一输入运动被旋转地耦合至促动源。第二输入运动被耦合至仪器轴相对于基底的旋转。



1. 一种微创机器人手术组装件,其包含:

基底;

主轴组装件,其被旋转地安装至所述基底,所述主轴组装件包括主轴、由所述主轴支撑的末端执行器以及驱动地耦合至所述末端执行器的第一末端执行器驱动轴;

主轴驱动器,其相对于所述基底旋转地驱动所述主轴;

第一输入驱动轴,其用于传输第一输入扭矩;以及

第一变速器,其具有旋转地耦合至所述第一输入驱动轴的第一输入链路、被旋转地耦合于所述第一末端执行器驱动轴的第一输出链路、以及第一基底链路,所述第一变速器在所述第一输入链路和所述第一输出链路之间提供第一齿轮比,以便响应于所述第一输入扭矩将第一输出扭矩传输至所述主轴组装件,响应于所述第一输出扭矩通过所述第一末端执行器驱动轴将第一末端执行器扭矩传输至所述末端执行器,所述第一基底链路以第二齿轮比被旋转地耦合于所述主轴,以便响应于所述第一输入扭矩,所述第一基底链路将与所述第一输出扭矩的方向相反的第一对抗扭矩传输至所述主轴,以便所述第一对抗扭矩禁止所述主轴组装件被所述第一输出扭矩旋转驱动。

2. 根据权利要求1所述的手术组装件,其中所述第一对抗扭矩的量在所述第一输出扭矩的量的百分之十内。

3. 根据权利要求2所述的手术组装件,其中所述第一对抗扭矩的量在所述第一输出扭矩的量的百分之二内。

4. 根据权利要求1所述的手术组装件,其中通过提供非统一齿轮比的旋转耦合件,将所述第一输出链路耦合于所述第一末端执行器驱动轴。

5. 根据权利要求1所述的手术组装件,其中所述主轴组装件具有向后驱动扭矩阈值,以便当所述主轴组装件受到超过所述向后驱动扭矩阈值的净力矩时所述主轴向后驱动所述主轴驱动器,并且当所述主轴组装件受到低于所述向后驱动扭矩阈值的净力矩时所述主轴不会向后驱动所述主轴驱动器,所述第一对抗扭矩的量与所述第一输出扭矩的量相差比所述向后驱动扭矩阈值要小的第一净力矩量。

6. 根据权利要求5所述的手术组装件,其中所述第一净力矩量小于所述向后驱动扭矩阈值的百分之五十。

7. 根据权利要求6所述的手术组装件,其中所述第一净力矩量小于所述向后驱动扭矩阈值的百分之二十五。

8. 根据权利要求7所述的手术组装件,其中所述第一净力矩量小于所述向后驱动扭矩阈值的百分之十。

9. 根据权利要求1所述的手术组装件,其中所述第一变速器包含第一行星齿轮箱,第一行星齿轮箱具有第一恒星齿轮、第一环形齿轮以及由第一载体支撑的第一行星齿轮。

10. 根据权利要求9所述的手术组装件,其中所述第一恒星齿轮对应于所述第一输入链路,所述第一载体对应于所述第一输出链路,并且所述第一环形齿轮对应于所述第一基底链路。

11. 根据权利要求9所述的手术组装件,其中所述第一载体对应于所述第一输入链路,所述第一恒星齿轮对应于所述第一输出链路,并且所述第一环形齿轮对应于所述第一基底链路。

12. 根据权利要求 9 所述的手术组装件,其中所述第一载体或所述第一恒星齿轮对应于所述第一基底链路。

13. 根据权利要求 1 所述的手术组装件,其中所述主轴的旋转引发所述第一末端执行器驱动轴的比所述主轴旋转的百分之十更少的旋转。

14. 根据权利要求 13 所述的手术组装件,其中所述第一末端执行器驱动轴的被引发旋转比所述主轴旋转的百分之五更少。

15. 根据权利要求 1 所述的手术组装件,还包含:

第二末端执行器驱动轴,其被驱动地耦合至所述末端执行器并且被包括在所述主轴组装件内;

第二输入驱动轴,其用于传输第二输入扭矩;以及

第二变速器,其具有旋转地耦合至第二输入驱动轴的第二输入链路、旋转地耦合至所述第二末端执行器驱动轴的第二输出链路、以及第二基底链路,所述第二变速器在所述第二输入链路和所述第二输出链路之间提供第三齿轮比,以便响应于所述第二输入扭矩将第二输出扭矩传输至所述主轴组装件,响应所述第二输出扭矩通过所述第二末端执行器驱动轴将第二末端执行器扭矩传输至所述末端执行器,所述第二基底链路以第四齿轮比旋转地耦合所述主轴,以便响应于所述第二输入扭矩,所述第二基底链路将与所述第二输出扭矩的方向相反的第二对抗扭矩传输至所述主轴,以便所述第二对抗扭矩禁止所述主轴组装件被所述第二输出扭矩旋转驱动。

16. 根据权利要求 15 所述的手术组装件,其中所述第二对抗扭矩的量在所述第二输出扭矩的量的百分之十之内。

17. 根据权利要求 16 所述的手术组装件,其中所述第二对抗扭矩的量在所述第二输出扭矩的量的百分之二之内。

18. 根据权利要求 15 所述的手术组装件,其中通过提供非统一齿轮比的旋转耦合件将所述第二输出链路耦合于所述第二末端执行器驱动轴。

19. 根据权利要求 15 所述的手术组装件,包含公共驱动轴,通过该公共驱动轴所述第一和第二基底链路旋转地耦合于所述主轴。

20. 根据权利要求 15 所述的手术组装件,其中所述主轴组装件具有向后驱动扭矩阈值,以便当所述主轴组装件受到超过所述向后驱动扭矩阈值的净力矩时,所述主轴向后驱动所述主轴驱动器,并且当所述主轴组装件受到低于所述向后驱动扭矩阈值的净力矩时,所述主轴不向后驱动所述主轴驱动器,所述第二对抗扭矩的量与所述第二输出扭矩的量相差比所述向后驱动扭矩阈值更小的第二净力矩量。

21. 根据权利要求 20 所述的手术组装件,其中所述第二净力矩量小于所述向后驱动扭矩阈值的百分之五十。

22. 根据权利要求 21 所述的手术组装件,其中所述第二净力矩量小于所述向后驱动扭矩阈值的百分之二十五。

23. 根据权利要求 22 所述的手术组装件,其中所述第二净力矩量小于所述向后驱动扭矩阈值的百分之十。

24. 根据权利要求 15 所述的手术组装件,其中所述第二变速器包括第二行星齿轮箱,所述第二行星齿轮箱具有第二恒星齿轮、第二环形齿轮以及由第二载体支撑的第二行星齿

轮。

25. 根据权利要求 24 所述的手术组装件,其中所述第二恒星齿轮对应于所述第二输入链路,所述第二载体对应于所述第二输出链路,并且所述第二环形齿轮对应于所述第二基底链路。

26. 根据权利要求 24 所述的手术组装件,其中所述第二载体对应于所述第二输入链路,所述第二恒星齿轮对应于所述第二输出链路,并且所述第二环形齿轮对应于所述第二基底链路。

27. 根据权利要求 24 所述的手术组装件,其中所述第二载体或所述第二恒星齿轮对应于所述第二基底链路。

28. 根据权利要求 24 所述的手术组装件,其中所述第一变速器包含第一行星齿轮箱,所述第一行星齿轮箱具有第一恒星齿轮、第一环形齿轮以及由第一载体支撑的第一行星齿轮。

29. 根据权利要求 28 所述的手术组装件,其中所述第一恒星齿轮对应于所述第一输入链路,所述第一载体对应于所述第一输出链路,并且所述第一环形齿轮对应于所述第一基底链路。

30. 根据权利要求 28 所述的手术组装件,其中所述第一载体对应于所述第一输入链路,所述第一恒星齿轮对应于所述第一输出链路,并且所述第一环形齿轮对应于所述第一基底链路。

在手术仪器中去耦仪器轴滚动和末端执行器促动

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求在 2010 年 11 月 15 日提交的标题为“METHOD FOR PASSIVELY DECOUPLING TORQUE APPLIED BY A REMOTE ACTUATOR INTO AN INDEPENDENTLY ROTATING MEMBER”的 U.S. 临时申请号 61/413,885 (代理人案号为 ISRG02930PROV/US) 的优先权; 以及在 2011 年 5 月 31 日提交的标题为“DECOUPLING INSTRUMENT SHAFT ROLL AND END EFFECTOR ACTUATION IN A SURGICAL INSTRUMENT”的 U.S. 临时申请号 61/491,789 (代理人案号为 ISRG03310/US) 的优先权; 这些申请的全部内容通过引用的方式并入。

背景技术

[0003] 微创手术技术旨在降低在诊断或手术过程中受损的体外组织的量, 从而减少患者康复时间、不适以及有害副作用。所以, 使用微创手术技术可以显著地缩短标准手术住院时间的平均长度。同样地, 使用微创外科手术还可以减少患者康复时间、患者不适以及患者停工的时间。

[0004] 常见的微创手术形式是内窥镜检查, 而常见的内窥镜检查形式是在腹腔内侧进行微创检查和手术的腹腔镜检查。在标准的腹腔镜手术中, 患者腹部被吹入气体, 套管套通过小(近似二分之一英寸或者更小)的切口, 从而为腹腔镜检查仪器提供入口端。

[0005] 腹腔镜检查手术仪器通常包括用于观看手术范围的内窥镜(例如, 腹腔镜)以及在手术部位操作的工具。通常, 除了每个工具的操作端或末端执行器通过延长管(还被称为例如仪器轴或主轴)与其把手分开之外, 操作工具类似于在传统(开放)手术中所使用的工具。末端执行器能够包括, 例如, 夹具、抓紧器、剪刀、烙器、线性切割器或持针器。

[0006] 为了执行手术过程, 外科医生将操作工具通过套管套递至内部手术部位, 并且在腹部外侧操纵这些工具。外科医生通过显示从内窥镜采集的手术部位图像的监控器来观看该过程。例如, 在关节镜检查、后腹腔镜检查、盆腔检查、肾镜检查、膀胱镜检查、脑神经检查、窦镜检查、子宫镜检查、尿道镜检查等等中采用了类似的内窥镜技术。

[0007] 微创远程手术机器人系统经研制增加了外科医生在内部手术部位操作时的敏捷度, 同时允许外科医生在较远位置(无菌区外)为患者进行手术。在远程系统中, 在控制台处, 外科医生通常被提供由手术部位的图像。当在合适的指示器或显示器上观看到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装置, 在患者身上执行手术过程。每个主输入装置控制伺服机械促动/铰接手术仪器的运动。在手术过程中, 远程系统能够提供多种含有末端执行器的手术仪器或工具的机械促动和控制, 以响应于主输入装置的操纵来为外科医生执行各种功能, 例如, 保持或驱动针、抓取血管、解剖组织等等。

[0008] 在许多现有的微创远程手术机器人系统中, 由具有若干机器人臂的手术机器人手术仪器操纵。每个机器人臂具有若干机器人接头以及安装设备, 用于附着手术仪器。与至少一个安装设备整体形成的是若干驱动耦合器(例如, 旋转驱动耦合器), 其驱动地与相应的手术仪器输入耦合器接口。手术仪器包括这样的机构, 其将输入耦合器驱动地耦合于手术仪器的相关运动(例如, 主轴旋转、末端执行器倾斜、末端执行器偏转、末端执行器钳爪夹

紧、吻合部署、组织切割等等)。在许多现有微创远程手术机器人系统中,均能够缆绳地驱动手术机器人的每个驱动耦合器,以便,例如,如在缆绳驱动促动系统中一样提供对输出耦合器的运动的准确控制。通过准确地控制输出耦合器的运动,能够实现对手术仪器的相关运动的准确控制。

[0009] 缆绳驱动的输出耦合器通常具有有限的运动范围。该有限的运动范围在如下情况下并非是不利的,其中输出耦合器与不受末端执行器任何其他运动影响的末端执行器的一个运动相关。然而,该有限的运动范围可能在如下情况下是不利的,其中输出耦合器与受到末端执行器另一运动影响的末端执行器的一个运动相关。例如,仪器轴旋转将不利地耦合驱动轴旋转,其中驱动轴被用于促动末端执行器机构(例如,夹紧机构、吻合部署机构、组织切割机构等等)。尽管能做出与仪器轴旋转和驱动轴旋转有关的输出耦合器的补偿运动,但是该补偿运动减少了输出耦合器的有限运动范围的能够被用于其主要目的的一部分。

[0010] 因此,认为需要有在手术仪器中去耦手术仪器的相关运动(具体地去耦仪器轴滚动和末端执行器促动)的手术组装件和相关方法。

[0011] 操纵和控制这些执行器同样是机器人手术系统的特别有益的方面。由于该原因,可取地是提供包括下列机构的手术工具,即该机构可提供末端执行器的三种程度的旋转运动,从而模拟外科医生手腕的自然动作。该机构应该恰当地按尺寸形成以用于微创过程,并且设计相对简单,以便减少可能的故障点。另外,该机构应提供适度的运动范围,从而允许在各种位置中操纵末端执行器。

[0012] 在许多不同的手术过程中已采用了非机器人线性夹紧、切割和吻合装置。例如,这样的装置能够被用于切除胃肠道内的癌肿性或异常的组织。许多已知的手术装置,其包括线性夹紧、切割和吻合装置,通常具有被用于操纵患者组织的相对钳爪。

[0013] 对于具有相对钳爪的已知装置,必须将大量的机械功率传递至末端执行器,从而例如有效地夹紧组织、吻合组织、切割组织等等。在多数例子中,仪器的主轴必须反作用于被传递至末端执行器的至少部分机械力和/或扭矩,或者是通过主轴压缩来反作用于张力,或者是通过主轴的扭矩来反作用于经被置于主轴内的驱动轴被传递的扭矩。如果主轴或被用于旋转地放置主轴的机构没有足够的刚性,则主轴将响应于反作用力或扭矩而意外运动。

[0014] 因此,还认为需要有将高的促动扭矩传输至末端执行器的手术组装件,其不会遇到因被传输的促动扭矩,导致单独可旋转主轴的意外旋转,其中可旋转主轴被用于支撑末端执行器。

发明内容

[0015] 公开了手术组装件和相关方法,其提供了用于去耦仪器轴和末端执行器促动。在许多实施例中,差速器被用于组合与仪器轴旋转有关的运动和输入运动,从而将输出运动产生至末端执行器的促动机构,其中末端执行器由仪器轴的远端支撑。促动机构铰接部分末端执行器(即,钳爪、用于部署吻合的机构、组织切割机构等等)。能够这样配置差速器,以便仪器轴的旋转导致末端执行器部分大体上零铰接,从而消除仪器轴滚动和末端执行器促动之间的任何不利耦合的可能性。

[0016] 因此,一方面,提供了手术组装件。手术组装件包括基底、被旋转地安装至基底并

在远端和近端之间延伸的仪器轴、被支撑在仪器轴的远端处且包括由旋转运动驱动的促动机构的末端执行器、旋转地耦合促动机构且经配置将旋转运动提供至促动机构的驱动轴以及被旋转地耦合至驱动轴且接收第一输入运动和第二输入运动的差速器。差速器经配置组合第一和第二输入运动,从而产生旋转驱动轴的旋转运动。第一输入运动被可旋转地耦合至促动源。并且第二输入运动被耦合至仪器轴相对于基底的旋转。在许多实施例中,末端执行器包括被促动机构铰接的钳爪。

[0017] 手术组装件能够经配置大体上使促动机构的促动从仪器轴的旋转去耦。例如,能够这样配置差速器,以便当第一输入运动为零时,仪器轴相对于基底的旋转导致了驱动轴相对于仪器轴的旋转大体上为零。

[0018] 能够通过使用缆绳和滑轮实施差速器。例如,差速器能够包括将驱动轴相对于基底的旋转驱动地耦合至仪器轴相对于基底的旋转的第一缆绳以及驱动地耦合至促动源的第二缆绳。在许多实施例中,第二缆绳被耦合至分别具有第一和第二滑轮的第一和第二滑轮组,其中第一缆绳被第一和第二滑轮接合。如另一个例子,差速器能够包括将驱动轴相对于基底的旋转驱动地耦合至促动源的第一缆绳以及驱动地耦合至仪器轴相对于基底的旋转的第二缆绳。在许多实施例中,第二缆绳被耦合至分别具有第一和第二滑轮的第一和第二滑轮组,其中第一缆绳被第一和第二滑轮接合。

[0019] 差速器能够包括行星齿轮箱,其包括恒星齿轮、耦合至载体的行星齿轮以及环形齿轮。在许多实施例中,第一输入运动旋转载体,第二输入运动旋转恒星齿轮,并且环形齿轮的旋转被传递至驱动轴。第一输入运动能够通过输入轴被传递至载体。恒星齿轮能够围绕输入轴旋转。在许多实施例中,输入轴横于仪器轴取向。手术组装件能够包括扭力弹簧,其被耦合于基底和载体之间,从而在促动源和载体分离的条件下,将驱动轴返回至相对于仪器轴的预定旋转位置。

[0020] 在另一个方面,提供了使得手术仪器轴旋转从驱动轴旋转去耦的方法,其中驱动轴驱动地耦合末端执行器的机构。本方法包括产生与所需的末端执行器配置相关的第一输入运动;相对于基底旋转手术仪器轴,其中手术仪器轴在邻接基底的近端和支撑末端执行器的远端之间延伸;响应手术仪器轴相对于基底的旋转,产生第二输入运动;组合第一和第二输入运动,从而产生输出运动;以及响应输出运动,旋转驱动轴。在许多实施例中,组合第一和第二输入运动,以便当第一输入运动为零时,大体上不会出现驱动轴相对于手术仪器轴的旋转。

[0021] 能够通过使用缆绳实行本方法。例如,本方法能够包括:响应手术仪器轴相对于基底的旋转来移动第一缆绳;响应第二缆绳的移动来移动第二缆绳、移动第一滑轮和第二滑轮;将第一缆绳与第一和第二滑轮中的每个接合;以及响应第一缆绳的移动来旋转驱动轴。在许多实施例中,本方法包括在相应滑轮的近似 180 度扇形面期间,将第一缆绳与第一和第二滑轮中的每个接合。如另一个例子,本方法能够包括移动第一缆绳、响应手术仪器轴相对于基底的旋转来移动第二缆绳、响应于第二缆绳的移动来移动第一滑轮和第二滑轮、将第一缆绳与第一和第二滑轮中的每个接合以及响应于第一缆绳的移动来旋转驱动轴。在许多实施例中,本方法包括在相应滑轮的近似 180 度扇形面期间,将第一缆绳与第一和第二滑轮中的每个接合。

[0022] 通过使用差动齿轮组装件能够实施本方法。例如,本方法能够包括:响应第一输

入运动来旋转差动齿轮组装件的第一输入链路；响应第二输入运动来旋转差动齿轮组装件的第二输入链路；以及响应差动齿轮组装件的输出链路的旋转来旋转驱动轴。在许多实施例中，差动齿轮组装件包括行星齿轮组装件，其具有恒星齿轮、被耦合至载体的行星齿轮以及环形齿轮。能够使用将第一和第二输入运动耦合至差速器的任何合适的耦合件。例如，第一输入运动能够旋转载体，第二输入运动能旋转恒星齿轮，以及通过环形齿轮的旋转能够产生输出运动。本方法能够包括经输入轴将第一输入运动传递至载体，以及围绕输入轴旋转恒星齿轮。在许多实施例中，输入轴横于仪器轴取向。本方法能够包括在产生第一输入运动的促动源和差动齿轮组装件的第一输入链路断开连接的条件下，将末端执行器返回至预定配置。

[0023] 还公开了这样的手术组装件和相关方法，其在未造成主轴的不良旋转的情况下，提供了将高水平的促动扭矩传输至末端执行器的旋转机构，其中末端执行器由独立可旋转主轴支撑。输入驱动轴经变速器和旋转耦合件与旋转机构和主轴耦合，以便主轴被动地承受与被传输至旋转机构的促动扭矩方向相反的对抗扭矩，以便抑制主轴的不良旋转（例如，向后驱动）。公开的组装件和方法能够被扩展到将高水平的促动扭矩传输至末端执行器的两个或更多旋转机构，同时被动地抑制主轴的不良旋转。当在微创机器人手术组装件和过程中采用所公开的组装件和方法时，尤为有利。

[0024] 因此，一方面，提供了微创机器人手术组装件。手术组装件包括基底；主轴组装件，其被旋转地安装至基底，其中主轴组装件包括主轴、由主轴支撑的末端执行器以及驱动地耦合至末端执行器的第一末端执行器驱动轴；主轴驱动器，其相对于基底旋转地驱动主轴；第一输入驱动轴，其用于传输第一输入扭矩；以及第一变速器，其具有旋转地耦合至第一驱动轴的第一输入链路、被旋转地耦合至第一末端执行器驱动轴的第一输出链路以及第一基底链路。第一变速器提供第一输入链路和第一输出链路之间的第一齿轮比，以便将第一输出扭矩传输至主轴组装件，以响应于第一输入扭矩。通过第一末端执行器驱动轴，第一末端执行器扭矩被传输至末端执行器，以响应于第一输出扭矩。第一基底链路以第二齿轮比旋转地耦合主轴，以便响应于第一输入扭矩，第一基底链路将第一对抗扭矩传输至与第一输出扭矩方向相反的主轴。通过第一输出扭矩，第一对抗扭矩抑制了主轴组装件的旋转驱动。通过提供非统一齿轮比的旋转耦合，第一输出链路能够与第一末端执行器驱动轴耦合。

[0025] 在许多实施例中，第一对抗扭矩量至少大致等于第一输出扭矩量。优选地，第一对抗扭矩量在第一输出扭矩量的百分之 10 内。理想地，第一对抗扭矩量在第一输出扭矩量的百分之 2 内。

[0026] 在许多实施例中，主轴组装件具有向后驱动的扭矩阈值，以便当主轴受到向后驱动扭矩阈值以上的净力矩时，主轴向后驱动主轴驱动器，以及当主轴受到向后驱动扭矩阈值以下的净力矩时，主轴不会向后驱动主轴驱动器。第一对抗扭矩量与第一输出扭矩量的差别在于比向后驱动扭矩阈值要少的第一净力矩。优选地，第一净力矩量小于向后驱动扭矩阈值的百分之 50。更优选地，第一净力矩量小于向后驱动扭矩阈值的百分之 25。还更优选地，第一净力矩量小于向后驱动扭矩阈值的百分之 10。理想地，第一净力矩量小于向后驱动扭矩阈值的百分之 2。

[0027] 在许多实施例中，第一变速器包括第一行星齿轮箱，其具有第一恒星齿轮、第一环形齿轮以及由第一载体支撑的第一行星齿轮。在许多实施例中，第一恒星齿轮对应于第一

输入链路,第一载体对应于第一输出链路,以及第一环形齿轮对应于第一基底链路。在许多实施例中,第一载体对应于第一输入链路,第一恒星齿轮对应于第一输出链路,以及第一环形齿轮对应于第一基底链路。在许多实施例中,第一恒星齿轮或第一载体对应于第一基底链路。

[0028] 在许多实施例中,主轴旋转仅诱导第一末端执行器驱动轴相对于主轴的相对少的旋转量。例如,在许多实施例中,主轴旋转导致比主轴旋转的百分之 10 要少的第一端部执行器驱动轴的旋转。在许多实施例中,诱发的第一末端执行器驱动轴旋转比主轴旋转的百分之 5 要少。

[0029] 在许多实施例中,手术组装件还包括第二末端执行器驱动轴,其被驱动地耦合至末端执行器,并且被包括在主轴组装件内;第二输入驱动轴,其用于传输第二输入扭矩;以及第二变速器,其具有旋转地耦合至第二输入驱动轴的第二输入链路、旋转地耦合至第二末端执行器驱动轴的第二输出链路以及第二基底链路。第二变速器提供第二输入链路和第二输出链路之间的第三齿轮比,以便将第二输出扭矩传输至主轴组装件,以响应于第二输入扭矩。通过第二末端执行器驱动轴,第二末端执行器扭矩被传输至末端执行器,以响应于第二输出扭矩。第二基底链路以第四齿轮比旋转地耦合主轴,以便响应于第二输入扭矩,第二基底链路将第二对抗扭矩传输至与第二输出扭矩方向相反的主轴。通过第二输出扭矩,第二对抗扭矩抑制了主轴组装件的旋转驱动。通过提供非统一齿轮比的旋转耦合,第二输出链路能够与第二末端执行器驱动轴耦合。手术组装件能够包括公共驱动轴,由此第一和第二基底链路旋转地耦合主轴。

[0030] 在许多实施例中,第二对抗扭矩量至少大致等于第二输出扭矩量。优选地,第二对抗扭矩量在第二输出扭矩量的百分之 10 以内。理想地,第二对抗扭矩量在第二输出扭矩量的百分之 2 以内。

[0031] 在许多实施例中,主轴组装件具有向后驱动的扭矩阈值,以便当主轴组装件受到向后驱动扭矩阈值以上的净力矩时,主轴向后驱动主轴驱动器,以及当主轴组装件受到向后驱动扭矩阈值以下的净力矩时,主轴不会向后驱动主轴驱动器。第二对抗扭矩量与第二输出扭矩量的差别能够小于向后驱动扭矩阈值。优选地,第二净力矩量小于向后驱动扭矩阈值的百分之 50。还更优选地,第二净力矩量小于向后驱动扭矩阈值的百分之 25。理想地,第二净力矩量小于向后驱动扭矩阈值的百分之 10。

[0032] 在许多实施例中,第二变速器包括第二行星齿轮箱,其具有第二恒星齿轮、第二环形齿轮以及由第二载体支撑的第二行星齿轮。在许多实施例中,第二恒星齿轮相应于第二输入链路、第二载体相应于第二输出链路以及第二环形齿轮相应于第二基底链路。在许多实施例中,第二载体相应于第二输入链路、第二恒星齿轮相应于第二输出链路以及第二环形齿轮相应于第二基底链路。在许多实施例中,第二载体或第二恒星齿轮相应于第二基底链路。

[0033] 另一方面,提供了这样的方法,其在手术过程中,用于防止被传输至末端执行器的促动扭矩向后驱动向后可驱动主轴。本方法包括旋转第一变速器的第一输入链路,其提供了第一变速器的第一输入链路和第一输出链路之间的第一齿轮比。第一输出链路旋转地耦合主轴组装件,其被旋转地安装至基底并且包括主轴和由主轴支撑的末端执行器。第一输出扭矩通过第一输出链路被传输至主轴组装件,并且第一末端执行器扭矩被传输至末端执

行器,以响应于第一输出扭矩。第一输出扭矩比主轴组装件的向后驱动扭矩阈值要大。本方法还包括通过第一基底链路和主轴之间的第一旋转耦合,传输来自第一变速器的第一基底链路的扭矩。第一旋转耦合提供第一基底链路和主轴之间的第二齿轮比,以便第一对抗扭矩被施加至与第一输出扭矩方向相反的主轴。通过第一输出扭矩,第一对抗扭矩抑制了主轴组装件的旋转驱动。

[0034] 第一对抗扭矩量与第一输出扭矩量能够相差比向后驱动扭矩阈值要少的第一净力矩。优选地,第一净力矩量小于向后驱动扭矩阈值的百分之 50。更优选地,第一净力矩量小于向后驱动扭矩阈值的百分之 25。理想地,第一净力矩量小于向后驱动扭矩阈值的百分之 10。

[0035] 在许多实施例中,第一对抗扭矩量至少大致等于第一输出扭矩量。优选地,第一对抗扭矩量在第一输出扭矩量的百分之 10 以内。理想地,第一对抗扭矩量在第一输出扭矩量的百分之 2 以内。

[0036] 在许多实施例中,第一末端执行器驱动轴将第一末端执行器扭矩传输至末端执行器,并且主轴旋转仅诱发了相对少的第一末端执行器驱动轴的旋转量。例如,在许多实施例中,主轴旋转诱发了第一端部执行器驱动轴的旋转,其比主轴旋转的百分之 10 要少。并且在许多实施例中,所诱发的第一末端执行器驱动轴旋转比主轴旋转的百分之 5 要少。

[0037] 在许多实施例中,本方法还包括旋转第二变速器的第二输入链路,其提供了第二变速器的第二输入链路和第二输出链路之间的第三齿轮速比。第二输出链路旋转地耦合主轴组装件,以便第二输出扭矩通过第二输出链路被传输至主轴组装件,并且第二末端执行器扭矩被传输至末端执行器,以响应于第二输出扭矩。第二输出扭矩比向后驱动扭矩阈值要大。在许多实施例中,本方法还包括通过第二基底链路和主轴之间的第二旋转耦合,传输来自第二变速器的第二基底链路的扭矩。第二旋转耦合提供第二基底链路和主轴之间的第四齿轮比,以便第二对抗扭矩被施加至与第二末端输出扭矩方向相反的主轴。通过第二输出扭矩,第二对抗扭矩抑制了主轴组装件的旋转驱动。并且在许多实施例中,第一和第二旋转耦合共享公共驱动轴。

[0038] 为了更全面地理解本发明的性质和优势,应参考接下来的详细描述和附图。根据下面的附图和详细描述将明白本发明的其他方面、目标和优势。

附图说明

[0039] 图 1 示出根据许多实施例的用于执行手术的微创机器人手术系统的平面图。

[0040] 图 2 示出根据许多实施例的机器人手术系统的外科医生控制台的透视图。

[0041] 图 3 示出根据许多实施例的机器人手术系统电子车的透视图。

[0042] 图 4 概略示出根据许多实施例的机器人手术系统。

[0043] 图 5A 示出根据许多实施例的机器人手术系统的患者侧车(手术机器人)的前视图。

[0044] 图 5B 示出机器人手术工具的前视图。

[0045] 图 6A 示出根据许多实施例的机器人手术工具的透视图,其中机器人手术工具包括具有相对夹紧钳爪的末端执行器。

[0046] 图 6B 示出图 6A 末端执行器的特写透视图。

[0047] 图 7 示出图 6A 所示末端执行器的分解透视图,其示出被用于将驱动轴的旋转运动

转换成相对夹紧钳爪的铰接的机构。

[0048] 图 8A 和图 8B 示出根据许多实施例的末端执行器的透视图,其具有相对 / 对置夹紧钳爪和将驱动轴的旋转运动转换成相对夹紧钳爪的铰接的机构。

[0049] 图 9 为根据许多实施例简化透视图,其示出驱动轴驱动地耦合末端执行器的促动机构,其中末端执行器被支撑在可旋转仪器轴的远端处。

[0050] 图 10 为根据许多实施例的简化原理图,其示出使用差速器组合第一输入运动和仪器轴旋转,从而产生用于促动末端执行器机构的输出运动。

[0051] 图 11A 为根据许多实施例的简化平面原理图,其示出缆绳实施的差速器被用于在手术仪器中使仪器轴滚动和末端执行器促动去耦。

[0052] 图 11B 示出了图 11A 所示缆绳实施的差速器的简化侧视原理图。

[0053] 图 12 为根据许多实施例的透视图,其示出手术仪器的近侧底盘具有缆绳驱动的差速器,其被用于在手术仪器中使仪器轴滚动和末端执行器促动去耦。

[0054] 图 13 为根据许多实施例的透视图,其示出手术仪器的近侧底盘具有行星齿轮箱,其被用于在手术仪器中使仪器轴滚动和末端执行器促动去耦。

[0055] 图 14 示出图 13 所示手术仪器的近侧底盘的平面图。

[0056] 图 15 示出图 13 所示手术仪器的近侧底盘的侧视图。

[0057] 图 16 示出根据许多实施例的部分分解透视图,其示出行星齿轮箱与手术仪器的输入耦合器耦合。

[0058] 图 17 示出图 16 所示行星齿轮箱和输入耦合器的分解透视图。

[0059] 图 18 示出根据许多实施例的将手术仪器轴旋转从驱动轴旋转去耦的方法的动作,其中驱动轴与由手术仪器支撑的末端执行器机构驱动地耦合。

[0060] 图 19 示出根据许多实施例的关于缆绳驱动的差速器的动作,其中缆绳驱动的差速器能够被用于图 18 所示方法的实施中。

[0061] 图 20 示出根据许多实施例的关于另一个缆绳驱动的差速器的动作,其中该缆绳驱动的差速器能够被用于图 18 所示方法的实施中。

[0062] 图 21 示出根据许多实施例的关于差速器齿轮组装件的动作,其中该差速器齿轮组装件能够被用于图 18 所示方法的实施中。

[0063] 图 22 概略地示出根据许多实施例的机器人组装件,其具有在可旋转主轴内的两个偏置驱动轴。

[0064] 图 23 概略地示出根据许多实施例的图 22 所示机器人组装件的部件与控制器的集成。

[0065] 图 24 概略地示出根据许多实施例的机器人工具和相关机器人系统。

[0066] 图 25 概略地示出根据许多实施例的手术组装件,其中驱动马达与末端执行器和支撑末端执行器的主轴耦合,从而避免主轴的意外旋转。

[0067] 图 26 示出根据许多实施例的行星齿轮组装件的透视图。

[0068] 图 27a 示出根据许多实施例的微创手术仪器组装件的透视图,其中该组装件包括驱动马达,其与独立可旋转主轴以及相应内部驱动轴耦合,以便避免由于通过驱动轴被传递至末端执行器的促动扭矩而引起的主轴的意外旋转。

[0069] 图 27b 示出图 27a 所示仪器组装件的解剖透视图,其示出马达组以及驱动耦合件,

其将马达组内的驱动马达耦合至主轴以及相应内部驱动轴。

[0070] 图 28a 示出图 27a 仪器组装件的内部部件的透视图,其示出驱动马达和用于将驱动马达旋转地耦合至主轴和相应内部驱动轴的部件。

[0071] 图 28b 为分解透视图,其示出图 28a 所示内部部件处于对应于图 28b 所示的去耦状态。

[0072] 图 29a 示出图 29a 所示内部部件的透视图,其与将其中一个驱动马达耦合至主轴和相应内部驱动轴有关。

[0073] 图 29b 示出图 29a 所示内部部件的端视图。

[0074] 图 29c 示出图 29b 的横截面 A-A。

[0075] 图 30 示出图 27a 所示仪器组装件的内部部件的透视图,其示出驱动马达、齿轮箱以及用于将驱动马达旋转地耦合至相应内部驱动轴以及主轴的齿轮。

[0076] 图 31 示出根据许多实施例的方法流程图,本方法用于防止在手术过程中,传输至末端执行器的促动扭矩旋转地驱动向后可驱动主轴。

具体实施方式

[0077] 在下列描述中,将描述本发明的各种实施例。为了说明的目的,提出了具体配置和细节,以便提供对本实施例的透彻地理解。然而,本领域技术人员应明白在没有具体细节的情况下可实行本发明。此外,为了不混淆已描述的实施例,可以省略或简化已知特征。

[0078] 微创机器人手术

[0079] 现在参考附图,其中贯穿多个附图,相同附图标记指代相同部分,图 1 示出微创机器人(MIRS)系统 10 的平面图,通常其用于在平躺在手术台 14 上的患者 12 上执行微创诊断或手术过程。本系统能够包括供外科医生 18 在手术过程中使用的手术控制台 16。一个或更多助手 20 也可参与本过程。MIRS 系统 10 还能够包括患者侧车 22 (手术机器人)以及电子车 24。患者侧车 22 能够操纵至少一个被可拆卸耦合的工具组装件 26 (下文仅被称为“工具”)通过患者 12 身体内的微创切口,且同时外科医生 18 通过控制台 16 观看手术部位。能够通过内窥镜 28,例如立体内窥镜,获得手术部位图像,其中能够通过患者侧车 22 操纵内窥镜 28,以便为内窥镜 28 定向。电子车 24 能够被用于处理通过手术控制台 16 随后向外科医生 18 显示的手术部位图像。一次使用的手术工具 26 的数量一般取决于诊断或手术过程和手术室内的空间限制以及其他因素。如果在过程中需要改变正使用的一个或更多工具 26,则助手 20 可从患者侧车 22 拆卸工具 26,并且使用来自手术室内的托盘 30 处的另一个工具 26 来替换。

[0080] 图 2 示出手术控制台 16 的透视图。手术控制台 16 包括左眼显示器 32 和右眼显示器 34,其用于为外科医生 18 呈现能够有深度感觉的手术部位的协调立体图。控制台 16 还包括一个或更多输入控制装置 36,其又导致患者侧车 22 (图 1 所示)操纵一个或更多工具。输入控制装置 36 能够提供与其相关工具 26 相同的自由度(图 1 所示),以便为外科医生提供输入控制装置 36 与工具 26 一体形成的远程呈现或感知,以便外科医生具有直接控制工具 26 的强烈感觉。为了该目的,可以采用位置、力以及触觉反馈传感器(未示出),从而通过输入控制装置 36,将位置、力以及触觉感觉从工具 26 传输回到外科医生手部。

[0081] 手术控制台 16 一般与患者位于相同的房间,以便外科医生可直接监测手术过程,

如果需要可以实体存在,并且直接对助手说话,而不是通过电话或其他通信介质。然而,外科医生能够位于不同的房间,完全不同的建筑物,或其他距离患者较远位置,从而允许远程手术过程。

[0082] 图 3 示出电子车 24 的透视图。电子车 24 能够与内窥镜 28 耦合,并且能够包括这样处理器,其用于处理被捕捉图像,以便随后在手术控制台上或另一个本地和 / 或远程的合适的显示器上向外科医生显示。例如,在使用立体内窥镜的情况下,电子车 24 能够处理被捕捉图像,以便为外科医生呈现手术部位的协调立体图像。这样的协调能够包括对置图像之间的对齐,并且能够包括调整立体内窥镜的立体工作距离。如另一个例子,图像处理能够包括对先前确定的照相机标定参数的使用,以便补偿图像捕捉装置的图像误差,例如光学像差。

[0083] 图 4 概略地示出机器人手术系统 50 (例如图 1 所示 MIRS 系统 10)。如上所述,外科医生能够使用手术控制台 52 (例如图 1 所示手术控制台 16),从而在微创过程中控制患者侧车(手术机器人)54 (例如图 1 所示患者侧车 22)。患者侧车 54 能够使用图像装置,例如立体内窥镜,捕捉手术部位的图像,并且将被捕捉图像输出至电子车 56 (例如图 1 所示电子车 24)。如上所述,电子车 56 能够在任何随后显示之前以各种方式处理被捕捉图像。例如,在通过手术控制台 52 将组合的图像显示给外科医生之前,电子车 56 能够使用虚拟控制界面叠覆被捕捉图像。患者侧车 54 能够输出被捕捉图像,以便在电子车 56 之外处理。例如,患者侧车 54 能够将被捕捉图像输出至处理器 58,其能够被用于处理被捕捉图像。还能够通过电子车 56 和处理器 58 的组合来处理图像,其中电子车 56 和处理器 58 能够耦合在一起,以便共同、相继和 / 或其组合地处理被捕捉的图形。一个或更多分离的显示器 60 还能够与处理器 58 和 / 或电子车 56 耦合在一起,用于图像(例如手术部位的图像或其他有关图像)的本地和 / 或远程显示。

[0084] 图 5A 和图 5B 分别示出患者侧车 22 和手术工具 62。手术工具 62 为手术工具 26 的例子。示出患者侧车 22 提供了对三个手术工具 26 和图像装置 28 (例如用于捕捉手术部位图像的立体内窥镜)的操纵。通过由具有若干机器人接头的机器人机构提供这样的操纵。能够通过患者的切口放置并且操纵图像装置 28 和手术工具 26,以便运动学的远程中心被维持在切口处,以便将切口的尺寸减至最小。当手术工具 26 远端被放置在图像装置 28 的视野内时,手术部位图像能够包括手远端的图像。

[0085] 组织抓取末端执行器

[0086] 图 6A 示出手术工具 70,其包括近侧底盘 72、仪器轴 74 以及远侧末端执行器 76,该远侧末端执行器 76 具有钳爪 78,其能够被铰接成抓取患者组织。近侧底盘包括输入耦合器,其经配置与患者侧车 22 的输出耦合器接口并且由其驱动。输入耦合器与弹簧组装件 80 的输入链路驱动地耦合。弹簧组装件 80 被安装至近侧底盘 82 的框架 82,并且包括输出链路,其与被设置在仪器轴 74 内的驱动轴驱动地耦合。驱动轴驱动地耦合钳爪 78。图 6B 提供了末端执行器 76 的钳爪 78 的特写视图。

[0087] 图 7 示出图 6A 所示末端执行器 76 的分解透视图,其示出夹紧机构,其被用于将驱动轴 84 的旋转运动转换成末端执行器 76 的对置夹紧钳爪的铰接。末端执行器包括上部钳爪 86、下部钳爪 88、框架 90、用于将上部钳爪 86 和下部钳爪 88 枢转地安装至框架 90 的销件 92 以及与驱动轴 84 驱动地耦合的导向螺杆机构 94。导向螺杆机构 94 包括导向螺杆 96

和配合的平移螺母 98, 该螺母 98 通过导向螺杆 96 的旋转而沿着框架 90 内的开槽 100 前进和缩回。平移螺母 98 包括相反地延长的凸出, 其与上部钳爪 86 内的开槽 102 以及下部钳爪 88 内的开槽 104 接口, 从而导致当平移螺母 98 沿开槽 100 前进或缩回时上部钳爪 86 和下部钳爪 88 围绕销件 92 的铰接。

[0088] 图 8A 和图 8B 示出类似于图 7 所示夹紧机构的夹紧机构的操作。按所示方向旋转驱动轴 84 导致平移螺母 98 向远侧朝向销件 92 前进, 下部钳爪 88 和上部钳爪 86 被销件 92 枢转地安装至末端执行器的框架 90。如图 8B 所示, 平移螺母 98 的凸出接合上部钳爪 86 中的开槽 102。平移螺母 98 朝向销件 92 的向远侧前进造成上部钳爪按所示方向旋转, 并且造成下部钳爪 88 按相反方向旋转, 从而打开钳爪。类似地, 平移螺母 98 远离销件 92 的向近侧前进造成钳爪闭合。因此, 钳爪能够被铰接成抓取患者组织。

[0089] 图 7、图 8A 以及图 8B 所示的导向螺杆型夹紧机构提供了实质性的机械优点, 即其将由驱动轴传输的相对低的扭矩转换成相对高的夹紧力。为了避免组织通过具有这种实质性机械优点的机构受到过量的夹紧力, 能够控制通过驱动轴传输至夹紧机构的扭矩。

[0090] 替代性末端执行器机构

[0091] 驱动轴 84 能够被用于促动任何合适的末端执行器机构。例如, 驱动轴 84 能够被用于促动下列机构, 例如组织吻合机构、组织切割机构以及大体上能够由旋转输入促动的任何合适的末端执行器机构。

[0092] 去耦仪器轴滚动和末端执行器促动

[0093] 图 9 提供了用于讨论手术仪器中仪器轴滚动和末端执行器促动去耦的恰当的起点。图 9 示出包括铰接的钳爪 112 的末端执行器 110, 其中该钳爪 112 可经操作抓取物品 (例如, 患者组织、缝合针等等)。末端执行器 110 包括用于促动末端执行器 110 机构的促动机构, 例如铰接的钳爪 112。促动机构与驱动轴 114 驱动地耦合。末端执行器 110 被支撑在仪器轴 116 的远端。相对于支撑了仪器轴 116 的近侧底盘基底, 仪器轴 116 在一定旋转范围内可旋转。同样地, 相对于近侧底盘基底, 驱动轴 114 在一定旋转范围内可旋转。

[0094] 在驱动轴 114 与仪器轴 116 旋转无关地被独立驱动时, 通过仪器轴 116 相对于近侧底盘基底的旋转范围, 降低了驱动轴 114 相对于近侧底盘基底的能够被用于促动末端执行器钳爪 112 的旋转范围部分。例如, 对于仪器轴 116 相对于基底的旋转范围等于两转并且驱动轴 114 相对于基底的旋转范围等于十转的情况而言, 驱动轴 114 相对于末端执行器 110 的净旋转范围等于八转。也就是, 驱动轴 114 相对于基底的两转有效地被仪器轴 116 相对于基底的两转抵消, 这是因为这两个单独的两转当被组合时产生了驱动轴 114 相对于末端执行器 110 的促动机构为零的净旋转。

[0095] 图 10 示出对差速器 118 的使用, 其用于将第一输入运动 120 与仪器轴旋转 122 组合, 从而产生输出运动 124, 以便驱动末端执行器促动机构。差速器 118 能够经配置抵消仪器轴旋转在驱动轴 114 相对于近侧底盘基底的旋转量和驱动轴 114 相对于末端执行器促动机构的相应旋转量之间产生差异的上述影响。例如, 差速器 118 能够经配置, 将相对于近侧底盘基底的两个顺时针回转的第一输入运动 120 与相对于近侧底盘基底的一个顺时针回转的仪器轴运动 122 组合, 从而产生了相对于近侧底盘基底的三个顺时针回转的输出运动 124, 其有效地提供了相对于末端执行器的两个顺时针回转的输出运动。当驱动轴 114 和仪器轴 116 在相反方向上旋转时, 这样的差速器配置还用作抵消仪器轴旋转的上述影响。例

如,通过这样的差速器配置,相对于近侧底盘基底的第一输入运动 120 的两个顺时针回转与相对于基底的仪器轴 122 的一个逆时针旋转组合,从而产生了相对于基底的一个顺时针旋转的输出运动 124,这样有效地产生了输出运动相对于末端执行器的两个顺时针旋转的输出运动。

[0096] 尽管优选差速器经配置大体上抵消了仪器轴旋转对相对于近侧底盘基底的驱动轴旋转量和相对于末端执行器促动机构的驱动轴旋转量之间产生的差异的所有上述影响,但是差速器还能够经配置抵消仪器轴旋转至任何合适程度的影响。例如,差速器能够经配置成抵消不足、过度抵制以及甚至放大仪器轴旋转的上述影响,以便适于实现所需的手术仪器的操作特性。

[0097] 能够以任何合适的方式实施差速器。例如,能够使用缆绳和滑轮来实施差速器。如另一个例子,能够使用齿轮,例如行星齿轮箱组装件来实施差速器。

[0098] 缆绳实施的差速器

[0099] 图 11A 示出根据许多实施例的缆绳实施的差速器 130,其被用于在机器人手术仪器中使仪器轴滚动和末端执行器促动去耦。差速器 130 包括被旋转地耦合于仪器轴相对于近侧底盘基底的旋转的辊轮 / 滚动滑轮 132、被旋转地耦合于促动源的末端执行器促动轮 / 末端执行器促动滑轮 134 以及被旋转地耦合于末端执行器钳爪促动机构的导向螺杆驱动轮 / 导向螺杆驱动滑轮 136。接合辊轮 132 和导向螺杆驱动轮 136 二者的第一缆绳 138 提供了导向螺杆驱动轮 136 响应于辊轮 132 旋转的旋转。接合末端执行器促动轮 134 的第二缆绳 140 与第一滑轮组 142 和第二滑轮组 144 耦合。第一滑轮组 142 包括第一移动滑轮 146。第二滑轮组 144 包括第二移动滑轮 148。第一和第二移动滑轮 146、148 接合第一缆绳 138。

[0100] 在辊轮 132 和导向螺杆驱动轮 136 之间,第一缆绳 138 接合四个固定导轮。这些固定导轮包括第一导轮 150、第二导轮 152、第三导轮 154 以及第四导轮 156。

[0101] 图 11B 示出缆绳实施的差速器 130 的侧视图。通过螺旋齿轮 158,辊轮 132 旋转地耦合仪器轴的旋转。辊轮 132 和螺旋齿轮 158 围绕旋转轴线 160 旋转。仪器轴围绕横于螺旋齿轮旋转轴线 160 取向的旋转轴线旋转。螺旋齿轮 158 和配合的螺旋齿轮(其附接成随仪器轴旋转)将仪器轴的旋转传递成辊轮 132 的旋转。

[0102] 四个固定的导轮 150、152、154、156 用作在水平和竖直方向二者上约束第一缆绳 138 的位置。第一和第三导轮 150、154 被放置在第二和第四导轮 152、156 下面,从而在第一缆绳 138 的重叠部分之间提供竖直分隔。还水平地放置第一和第三导轮 150、154,从而在第一移动滑轮 146 整个行程范围内提供第一移动滑轮 146 和第一缆绳 138 之间的 180 度接合。同样地,还水平地放置第二和第四导轮 152、156,从而在第二移动滑轮 148 整个行程范围内提供第二移动滑轮 148 和第一缆绳 138 之间的 180 度接合。

[0103] 缆绳实施的差速器 130 组合了辊轮 132 的运动和末端执行器促动轮 134 的运动,从而产生了导向螺杆驱动轮 136 的运动。例如,在末端执行器促动轮 134 不存在任何旋转的情况下,辊轮 132 的旋转产生了导向螺杆驱动轮 136 的对应旋转,从而导致导向螺杆驱动轮 136 相对于末端执行器钳爪促动机构没有净旋转。在辊轮 132 没有任何旋转的情况下,末端执行器促动轮 134 的旋转产生了第一和第二移动滑轮 146、148 的对应运动,从而产生了导向螺杆轮 136 的旋转。为了辊轮 132 和末端执行器促动轮 134 二者的同时旋转,第一

缆绳 138 和第二缆绳 140 的对应运动导致了导向螺杆驱动轮 136 的旋转,且该旋转是辊轮 132 和末端执行器促动轮 134 的旋转的组合。

[0104] 图 12 示出根据许多实施例的具有缆绳实施的差速器 170 的机器人手术仪器的透视图。缆绳实施的差速器 170 经配置与缆绳实施的差速器 130 相似,但是包括六个固定的导轮 172、174、176、178、180、182,从而水平和竖直地约束第一缆绳 184。

[0105] 能够使用任何合适的缆绳实施的差速器。例如,在缆绳实施的差速器 130 的变体中,由末端执行器促动轮 134 驱动第一缆绳 138,以及由辊轮 132 驱动第二缆绳 140。

[0106] 齿轮实施的差速器

[0107] 图 13 示出根据许多实施例的包括齿轮实施的差速器 192 的机器人手术仪器的近侧底盘 190 的透视图。齿轮实施的差速器 192 包括行星齿轮组装件,其具有恒星齿轮、被耦合至载体的行星齿轮以及环形齿轮。载体通过输入轴旋转地耦合近侧底盘的输入耦合器。输入轴与输入耦合器对齐,并且横于仪器轴。恒星齿轮通过螺旋齿轮 194、196 旋转地耦合仪器轴 116 的旋转。载体和恒星齿轮的旋转导致了环形齿轮的旋转。通过螺旋齿轮 198、200、输出轴 202 以及在内部路由至仪器轴 116 的驱动轴,环形齿轮旋转地耦合末端执行器促动机构。图 14 示出近侧底盘 190 和齿轮实施的差速器 192 的平面图。图 15 示出近侧底盘 190 和齿轮实施的差速器 192 的侧视图。

[0108] 图 16 和图 17 为根据许多实施例的分解图,其示出齿轮实施的差速器 210 的细节。齿轮实施的差速器 210 包行星齿轮箱组装件 212。图 16 示出齿轮实施的差速器 210 和附接的输入轴和输入耦合器 214,其侧向摆放,在此其可被安置在具有仪器轴 116 的机器人手术仪器的近侧底盘 216 内。齿轮实施的差速器 210 的安装中心线 218 和中心轴线 220 说明了距被安置位置的偏置。

[0109] 图 17 示出齿轮实施的差速器 210、输入轴以及输入耦合器 214 的分解透视图。差速器 210 包括与行星齿轮 224 耦合的载体 222、通过输入齿轮 228 旋转地驱动的恒星齿轮 226、具有内部环形齿轮和外部螺旋输出齿轮 232 的环形齿轮构件 230。载体 222 被旋转地耦合于输入轴 234 并且由输入轴 234 驱动,其中输入轴 234 旋转地耦合输入耦合器 214 并且由输入耦合器 214 驱动。在近侧底盘 216 被安装至机器人臂时,输入耦合器 214 与手术机器人的机器人臂的对应输出耦合器接口并且由其旋转地驱动。载体 222 的旋转导致行星齿轮 224 中心线围绕中心轴线 220 旋转。输入齿轮 228 旋转地耦合仪器轴 116 的旋转。恒星齿轮 226 和行星齿轮 224 中心线围绕中心轴线 220 的旋转组合导致环形齿轮构件 230 围绕中心轴线 220 的对应旋转。环形齿轮构件 230 通过外部螺旋输出齿轮 232 与末端执行器促动机构驱动地耦合。

[0110] 齿轮实施的差速器 210 包括耦合于载体 222 和近侧底盘 216 之间的扭力弹簧 236。在机器人臂中的载体和促动源断开后,扭力弹簧将载体返回至预定位置,从而将末端执行器促动机构返回至预定配置。

[0111] 在操作中,齿轮实施的差速器 210 操作类似于上述差速器 118。按照已知方式的额外的齿轮装置能够被用于考虑到仪器轴 116 和外部螺旋输出齿轮 232 的最终输出运动之间的定向速度差异和旋转速度差异。

[0112] 示例性行星齿轮箱参数

[0113] 下列等式提供了恒星齿轮 226、载体 222 以及环形齿轮构件 230 之间的关系。

[0114] $(2+n) \omega_a + n \omega_s - 2(1+n) \omega_c = 0$ 等式(1),

[0115] 其中: $n = N_s / N_p$ (行星齿轮箱的齿形系数)

[0116] N_s = 恒星齿轮齿数

[0117] N_p = 行星齿轮上的齿轮齿数

[0118] ω_a = 环形齿轮构件的角速度(也被称为“齿圈”)

[0119] ω_s = 恒星齿轮的角速度

[0120] ω_c = 载体角速度

[0121] 如等式(1)所示, 环形齿轮构件 230 的角速度为恒星齿轮 226 的角速度和载体 222 的角速度的线性组合。因此, 在齿轮实施的差速器 210 中(其中由仪器轴 116 的旋转来旋转地驱动恒星齿轮 226, 由输入耦合器 214 来旋转地驱动载体 222, 以及环形齿轮构件 230 被旋转地耦合于末端执行器促动机构), 仪器轴 116 的旋转导致环形齿轮构件 230 的对应的额外旋转, 从而使仪器轴旋转从末端执行器促动机构的促动去偶。

[0122] 下列参数提供了齿轮实施的差速器 210 的行星齿轮箱的示例性配置。

[0123] $N_s = 24$ $N_p = 12$ $n = N_s / N_p = 2$

[0124] $N_a = N_s + 2N_p = 48$ 环形齿轮齿数

[0125] $DP = 64$ 齿轮齿数 / 节圆直径(齿 / 英寸)

[0126] $PD_s = N_s / DP = 0.375$ 英寸——恒星齿轮的节圆直径

[0127] $PD_p = N_p / DP = 0.1875$ 英寸——行星齿轮的节圆直径

[0128] $PD_a = N_a / DP = 0.75$ 英寸——环形齿轮构件的环形齿轮的节圆直径

[0129] 关于零载体角速度(对应于通过输入耦合器 214 没有旋转输入), 等式(1)减少到:

[0130] $(2+n) \omega_a + n \omega_s = 0$, 等式(1)中 $\omega_c = 0$

[0131] 对于上述示例性行星齿轮箱参数, $n = 2$, 其产生了环形齿轮构件角速度(ω_a)和恒星齿轮角速度(ω_s)之间的如下关系:

$$[0132] \quad \omega_a = -\frac{n}{(2+n)} \omega_s = -\frac{2}{(2+2)} \omega_s = -0.5 \omega_s$$

[0133] 为了考虑到恒星齿轮 226 和环形齿轮构件 230 之间的旋转方向的差异以及为了被旋转地耦合于末端执行器促动机构的驱动轴如仪器轴 116 般的等量旋转, 使用已知方式的额外齿轮装置能够被用在仪器轴 116 和恒星齿轮 226 之间和 / 或环形齿轮构件 230 和被旋转地耦合于末端执行器促动机构的驱动轴之间。

[0134] 手术组装件应用

[0135] 能够在任何合适的应用中采用本文所公开的手术组装件。例如, 能够在其他手术仪器中, 以手动的或电动的、手持式或机器人式、直接控制或远程操作的方式采用本文所公开的手术组装件, 用于开放或微创(单个开口或多个开口)过程。这样的仪器的例子包括那些具有接收扭矩促动输入(例如, 用于抓取控制功能、部件取向控制功能、部件位置功能等等)的远侧部件的仪器。示例性非限制例子包括远程操作或手持式仪器, 其包括吻合、切割、组织消融、成像装置取向和定位控制、大力抓取、活组织检查以及末端执行器和取向控制。

[0136] 使仪器轴滚动和末端执行器促动去耦的方法

[0137] 图 18 示出根据许多实施例的将手术仪器轴旋转从驱动轴旋转去耦的方法 250 的动作, 其中驱动轴与由手术仪器支撑的末端执行器的机构驱动地耦合。例如, 通过使用任何

合适的差速器,例如如上所述的差速器 118、缆绳实施的差速器 130、缆绳实施的差速器 170 以及齿轮实施的差速器 192 中的任一项,能够实践本方法 250。本方法 250 包括产生与所需的末端执行器配置相关的第一输入运动(动作 252);相对于基底旋转手术仪器轴,其中手术仪器轴在邻接基底的近端和支撑末端执行器的远端之间延伸(动作 254);响应于手术仪器轴相对于基底的旋转产生第二输入运动(动作 256),组合第一和第二输入运动从而产生输出运动(动作 258),以及响应于输出运动旋转驱动轴(动作 260)。在许多实施例中,第一和第二输入运动被组合成使得当第一输入运动为零时驱动轴相对于手术仪器轴大体上不会旋转。

[0138] 图 19 示出通过使用缆绳实施的差速器(例如本文所描述那些中的任一种)能够实践本方法 250 的动作。动作包括响应于手术仪器轴相对于基底的旋转移动第一缆绳(动作 262),移动第二缆绳(动作 264),响应于第二缆绳的移动而移动第一滑轮和第二滑轮(动作 266),将第一缆绳与第一和第二滑轮中每个接合(动作 268),以及响应于第一缆绳的运动旋转驱动轴(动作 270)。在许多实施例中,在相应滑轮的近似 180 度扇形面中,第一缆绳与第一和第二滑轮中每个接合。

[0139] 图 20 示出通过使用缆绳实施的差速器(例如本文所描述那些中的任一种)能够实践本方法 250 的动作。动作包括移动第一缆绳(动作 272),响应于手术仪器轴相对于基底的旋转而移动第二缆绳(动作 274),响应于第二缆绳的运动而移动第一滑轮和第二滑轮(动作 276),将第一缆绳与第一和第二滑轮中的每个接合(动作 278),以及响应于第一缆绳的运动而旋转驱动轴(动作 280)。在许多实施例中,在相应滑轮的近似 180 度扇形面内,第一缆绳与第一和第二滑轮中的每个接合。

[0140] 图 21 示出通过使用缆绳实施的差速器(例如本文所描述那些中的任一种)能够被用于实践本方法 250 的动作。动作包括响应于第一输入运动而旋转差动齿轮组装件的第一输入链路(动作 282),响应于第二输入运动而旋转差动齿轮组装件的第二输入链路(动作 284),以及响应于差动齿轮组装件的输出链路的旋转而旋转驱动轴(动作 286)。

[0141] 方法应用

[0142] 能够在任何合适的应用中采用本文所公开的方法。例如,本文所公开的方法能够在手术仪器中,以手动的或电动的、手持式或机器人式、直接控制或远程操作的方式采用本文所公开的手术组装件,以用于开放或微创(单个开口或多数开口)手术过程。这样的仪器的例子包括那些具有接收扭矩促动输入(例如,用于抓取控制功能、部件取向控制功能、部件位置功能等等)的远侧部件的仪器。示例性非限制例子包括远程操作或手持式仪器,其包括吻合、切割、组织消融、成像装置取向和定位控制、大力抓取、活组织检查以及末端执行器和取向控制。

[0143] 可旋转轴内的驱动轴

[0144] 图 22 概略地示出机器人组装件 370,其具有在可旋转主轴内的两个偏置驱动轴。机器人组装件 370 包括与可旋转主轴 374 的远端耦合的末端执行器 372 以及与主轴 374 和末端执行器 372 二者耦合的促动组装件 376。

[0145] 末端执行器 372 包括末端执行器基底、第一促动机构 378、第二促动机构 380 以及控制缆绳机构 382。末端执行器基底枢转地耦合至可旋转主轴 374。第一促动机构 378 和第二促动机构 380 是轴驱动的,并且能够被用于促动和 / 或铰接各种末端执行器特征和 / 或

装置,例如,夹紧特征、可运动切割特征、切割和吻合装置或能够使用轴驱动的机构促动和/或铰接的其他合适的末端执行器特征和/或装置。控制缆绳机构 328 还能够被用于促动和/或铰接各种末端执行器特征和/或装置,尤其是那些其中需要快速反应的特征和/或装置,例如抓取特征、被用于相对于主轴铰接末端执行器基底的主轴-末端执行器基底腕部或能够经由一个或更多控制缆绳被促动和/或铰接的其他合适的特征和/或装置。

[0146] 末端执行器基底与可旋转主轴 374 耦合,以便主轴 374 围绕主轴旋转轴线的旋转产生末端执行器基底的对应旋转。如上所述,独立地旋转主轴 374 的能力提供了相对于非旋转主轴的增加的末端执行器操纵性,其在某些手术过程中,例如在某些微创手术过程中是有利的。末端执行器基底还能够通过合适的腕部机构 384 与可旋转主轴 374 耦合,其中腕部机构 384 提供了额外的末端执行器操纵性。

[0147] 两个驱动轴被用于驱动末端执行器驱动的促动机构。第一驱动轴 386 经安装围绕第一驱动轴旋转轴线旋转,其中第一驱动轴旋转轴线从主轴旋转轴线偏置。第一驱动轴 386 操作性地耦合第一促动机构 378。同样地,第二驱动轴 388 经安装围绕第二驱动轴旋转轴线旋转,其中第二驱动轴旋转轴线从主轴旋转轴线偏置。第二驱动轴 388 操作性地耦合第二促动机构 380。

[0148] 促动组装件 376 与可旋转主轴 374、第一驱动轴 386、第二驱动轴 388 以及控制缆绳机构 382 耦合。可旋转主轴 374 经安装相对于促动组装件 376 的基底旋转。促动组装件 376 可经操作产生可旋转主轴 374 相对于基底的旋转。促动组装件 376 还可经操作产生可旋转主轴 374 相对于基底的旋转、第一驱动轴 386 相对于可旋转主轴 374 的旋转以及第二驱动轴 388 相对于可旋转主轴 374 的旋转的任何组合。这样,可以独立于和/或同时于可旋转主轴 374 的旋转来促动第一促动机构 378 和/或第二促动机构 380。

[0149] 促动组装件 376 经配置提供上述功能性,其中即使在可旋转主轴 374 相对于基底的旋转过程中,相对于可旋转主轴 374,能够独立地旋转第一驱动轴 386 和第二驱动轴 388。促动组装件 376 包括与主轴编码器 392 和主轴接口 394 耦合的主轴马达 390、与第一编码器 398 和第一接口 400 耦合的第一马达 396、与第二编码器 404 和第二接口 406 耦合的第二马达 402 以及与控制缆绳编码器 410 和控制缆绳接口 412 耦合的控制缆绳马达 408。主轴接口 394 与可旋转主轴 374 耦合,以便将旋转运动从主轴马达 390 传递至可旋转主轴 374。主轴马达 390 能够固定地耦合基底,以便被传递的旋转运动导致可旋转主轴 374 相对于基底的旋转。主轴编码器 392 测量主轴马达 390、主轴接口 394 和/或可旋转主轴 374 的取向,并且能够与控制器(图 22 中未示出)耦合,以便向控制器提供被测量的取向。第一接口 400 与第一驱动轴 386 耦合,以便可经操作,在可旋转主轴 374 的任何取向和/或旋转运动期间,将来自第一马达 396 的旋转运动传递至第一驱动轴 386。第一编码器 398 测量第一马达 396、第一接口 400 和/或第一驱动轴 386 的取向,并且能够与控制器耦合,以便向控制器提供被测量的取向。第二接口 406 与第二驱动轴 388 耦合,以便可经操作,在可旋转主轴 374 的任何取向和/或旋转运动期间,将来自第二马达 402 的旋转运动传递至第二驱动轴 388。第二编码器 404 测量第二马达 402、第二接口 406 和/或第二驱动轴 388 的取向,并且能够与控制器耦合,以便向控制器提供被测量的取向。控制缆绳接口 412 与控制缆绳 414 耦合,控制缆绳 414 操作地耦合控制缆绳机构 382。控制缆绳 414 能够被路由成使得容许可旋转主轴 374 的一定旋转取向范围,例如,通过在主轴旋转轴线附近路由,从而将由于可旋转主

轴 374 的旋转所导致的控制缆绳的长度变化减至最小, 以及通过被配置成容许控制缆绳的任何扭转和 / 或控制缆绳之间的扭转(例如, 通过具有容许缆绳 - 缆绳摩擦的配置), 其中这些扭矩可能由于主轴 374 的一些旋转取向所导致的。控制缆绳编码器 410 测量控制缆绳马达 408 和 / 或控制缆绳接口 412 的取向, 并且能够与控制器耦合, 以便为控制器提供被测量的取向。

[0150] 图 23 为根据许多实施例的简化方框图, 其示出带有控制器 416 的机器人组装件 370 的部件的集成。控制器 416 包括至少一个处理器 418, 其经总线子系统 420 与若干外围装置通信。这些外围装置通常包括存储子系统 422。

[0151] 存储子系统 422 维持基础程序设计和数据结构, 其提供了控制器 416 的功能性。用于实施上述机器人组装件功能性的软件模块通常被存储在存储子系统 422 内。存储子系统 422 通常包括存储器子系统 424 和文档存储子系统 426。

[0152] 存储器子系统 424 通常包括若干存储器, 其包括在程序执行过程中用于存储指令和数据的主随机存取存储器(RAM) 428 以及存储固定指令的只读存储器(ROM) 430。

[0153] 文档存储子系统 426 为程序和数据文档提供了永久性(非易失性) 存储, 并且能够包括硬盘驱动器、磁盘驱动器或其他非易失性存储器, 例如快擦写存储器 / 闪存。输入装置, 例如磁盘存储器, 能够被用于输入上述软件模块。替代性地, 其他已知结构可以替代性地被用于输入软件模块, 例如 USB 端口。

[0154] 在该上下文中, 一般所使用的术语“总线子系统”包括允许各种部件和子系统彼此按照所要的方式通信的任何机构。示意性地示出总线子系统 420 为单个总线, 但典型系统具有若干总线, 例如本地总线以及一个或更多扩充总线(例如, ADB、SCSI、ISA、EISA、MCA、网络用户总线或 PCI) 以及串联和并联端口。

[0155] 控制器 416 控制机器人组装件 370 的部件, 以响应于配套接收的信号, 所述信号包括来自输入控制装置 36 (如图 2 所示) 的信号以及来自主轴编码器 392、第一编码器 398、第二编码器 404 以及控制缆绳编码器 410 的信号。被控制的部件包括主轴马达 390、第一马达 396、第二马达 402 以及控制缆绳马达 408。额外的部件(未示出), 例如数 / 模转换器能够被用于使得部件接口于控制器 416。

[0156] 图 24 为根据许多实施例的简化方框图, 其示出机器人手术系统内的机器人手术工具 432 的集成。工具 432 包括近侧工具底盘 434, 其经配置被可释放地安装在操纵器 436 上, 该操纵器 436 具有经配置与近侧工具底盘 434 接口的工具接口。如上所述, 工具 432 还包括细长主轴 374, 其被安装成当被主轴马达旋转时相对于近侧工具底盘 434 旋转。末端执行器 440 与主轴 374 的远端耦合, 以便随着主轴旋转。主要控制系统 442 可操作地耦合操纵器 436。辅助控制系统 444 还能够操作地耦合操纵器 436。通过操纵器 436, 主要控制系统 442 与辅助控制系统 444 的组合能够用于控制工具 432 的所有可能铰接。例如, 辅助控制系统 444 能够控制用于第一驱动轴旋转和第二驱动轴旋转的驱动马达。主要控制系统 442 能够控制用于主轴旋转的驱动马达和一个或更多控制缆绳驱动马达。该辅助控制器能够被用于补充现有机器人手术系统构造, 以便允许使用具有在独立旋转主轴内路由的一个或更多偏置驱动轴的当前所公开的机器人工具。

[0157] 将驱动马达耦合至末端执行器和支撑末端执行器的主轴, 以便避免主轴的意外旋转

[0158] 图 25 概略地示出根据许多实施例的手术组装件 500, 其中被用于促动末端执行器旋转机构的驱动马达与主轴和 / 或末端执行器组装件耦合, 以便在末端执行器旋转机构的促动过程中, 避免主轴 / 末端执行器组装件的意外旋转。手术组装件 500 包括被旋转地安装至基底 (例如, 图 24 所示的操纵器 436) 的主轴 / 末端执行器组装件 502、相对于基底旋转地驱动主轴 / 末端执行器组装件 502 的主轴驱动器 504 以及对抗促动组装件 506, 其旋转地耦合主轴 / 末端执行器组装件 502, 以便将促动扭矩提供至末端执行器旋转机构以及将对抗扭矩 507 提供至主轴 / 末端执行器组装件 502。

[0159] 主轴 / 末端执行器组装件 502 包括被旋转地安装至基底并且通过主轴驱动器 504 旋转地驱动的主轴 508 以及通过主轴 508 支撑的末端执行器 510。末端执行器 510 包括第一旋转机构 512 和第二旋转机构 514。第一和第二旋转机构 512、514 能够被用于铰接末端执行器部件, 例如, 夹爪、吻合装置、切割装置等等。

[0160] 由于尺寸约束对微创手术工具的影响, 可取地是将施加到第一和第二旋转机构 512、514 的促动扭矩从外部源提供至主轴 / 末端执行器组装件 502。然而, 在该配置中, 因为第一和第二旋转机构 512、514 是被主轴 / 末端执行器组装件 502 的主轴 508 支撑的末端执行器 510 的部分, 所以当促动扭矩从外部源被传输至第一和第二旋转机构 512、514 时, 一些或所有的被传输促动扭矩均被主轴 508 反作用。通过主轴 / 末端执行器组装件 502 反作用的促动扭矩还被主轴驱动器 504 反作用。结果, 经被主轴 / 末端执行器组装件 502 所反作用的足够量的扭矩, 主轴驱动器 504 可以是可向后驱动的。也就是说, 主轴驱动器 504 可具有向后驱动扭矩阈值, 以便当主轴 / 末端执行器组装件 502 受到向后驱动扭矩阈值以上的净力矩 (包括用于克服摩擦力诱导的约束力所需的任何扭矩) 的影响时, 主轴 / 末端执行器组装件 502 向后驱动主轴驱动器, 并且在主轴 / 末端执行器组装件 502 受到向后驱动扭矩阈值以下的净力矩的影响时, 主轴 / 末端执行器组装件 502 不会向后驱动主轴驱动器。同样可取的是避免某些防止通过主轴 508 的主轴驱动器 504 的旋转驱动 (也被称为向后驱动) 的机构的使用, 所述机构例如扭矩制动器、不可逆的齿轮装置等等, 以便避免有关成本、尺寸、重量、有关的不利特性和 / 或费用。

[0161] 在手术组装件 500 中, 对抗促动组装件 506 为外部源, 其产生了被传输至第一和第二旋转机构 512、514 的促动扭矩。对抗促动组装件 506 还产生了被传输至主轴 508 的平衡扭矩, 以便防止主轴驱动器 504 的向后驱动。对抗促动组装件 506 包括第一驱动马达 516、第二驱动马达 518、第一变速器 520、第一旋转耦合件 522、第二变速器 524 以及第二旋转耦合件 526。

[0162] 第一驱动马达 516 经第一变速器 520 和第一旋转耦合件 522 被旋转地耦合于第一旋转机构 512 和主轴 508。第一驱动马达 516 旋转地耦合第一变速器的第一输入链路 528, 并且将第一输入扭矩传输至第一输入链路 528。第一变速器 520 在第一变速器 520 的第一输入链路 528 和第一输出链路 530 之间提供了第一齿轮比。第一输出链路 530 旋转地耦合第一旋转机构 512。第一旋转耦合件 522 被连接在第一变速器 520 的第一基底链路 532 和主轴 508 之间。第一旋转耦合件 522 在第一基底链路 532 和主轴 508 之间提供了第二齿轮比。第一基底链路 532 被非旋转地接地 (例如, 被非旋转地接地至基底, 其中主轴 508 被旋转地安装在基底)。

[0163] 通过第一变速器 520 所提供的第一齿轮比远大于一, 以便第一输出链路 530 传输

超过第一输入扭矩的扭矩。因为第一变速器 520 的第一基底链路 532 被非旋转地接地,所以由第一输出链路 530 传输的扭矩和第一输入扭矩之间的差异被相反方向的从第一基底链路 532 传输至第一旋转耦合件 522 的扭矩平衡。在许多实施例中,第一齿轮比明显地比一要大,以便通过第一输出链路 530 传输的扭矩和沿相反方向的从第一基底链路 532 传输至第一旋转耦合件 522 的扭矩具有大致上相等的量。例如,在第一齿轮比为 9 比 1 的实施例中,通过第一输出链路 530 传输的扭矩为第一输入扭矩的 9 倍。在相反方向上被第一基底链路 532 传输至第一旋转耦合件 522 的扭矩的量是第一输入扭矩的量的 8 倍。

[0164] 被第一旋转耦合件 522 提供的第二齿轮比被选择成使得被第一旋转耦合件 522 传输至主轴 508 的扭矩足以平衡被第一输出链路 530 传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的扭矩,以便禁止通过主轴 / 末端执行器组装件 502 旋转驱动主轴驱动器 504。在主轴驱动器 504 具有非零向后驱动的扭矩阈值时,能够从一定齿轮比范围内选出第二齿轮比,并且其仍能导致禁止通过主轴 / 末端执行器组装件 502 旋转驱动主轴驱动器。理想地,第二齿轮比被选择成使得被第一旋转耦合件传输至主轴的扭矩足以平衡被第一输出链路 530 传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的扭矩。并且尽管在图 9 中未示出,但是第一变速器 520 的第一输出链路 530 无需直接旋转地耦合主轴 / 末端执行器组装件 502,而是能够以如下方式耦合,即使得在第一输出链路 530 和主轴 / 末端执行器组装件 502 之间提供不一致的齿轮比。在存在这样的不一致齿轮比的情况下,由第一旋转耦合件 522 提供的第二齿轮比能够被配置成考虑到额外的不一致齿轮比。

[0165] 以类似的方式,经第二变速器 524 和第二旋转耦合件 526,第二驱动马达 518 旋转地耦合第二旋转机构 514 和主轴 508。第二驱动马达 518 旋转地耦合第二变速器的第二输入链路 534,并且将第二输入扭矩传输至第二输入链路 534。第二变速器 524 提供了在第二变速器 524 的第二输入链路 534 和第二输出链路 536 之间的第三齿轮比。第二输出链路 536 旋转地耦合第二旋转机构 514。第二旋转耦合件 526 被连接在第二变速器 524 的第二基底链路 538 和主轴 508 之间。第二旋转耦合件 526 提供了在第二基底链路 538 和主轴 508 之间的第四齿轮比。第二基底链路 538 被非旋转地接地(例如,被非旋转地接地至基底,其中主轴 508 被旋转地安装在基底)。

[0166] 被第二变速器 524 提供的第三齿轮比远大于一,以便第二输出链路 536 传输超过第二输入扭矩的扭矩。因为第二变速器 524 的第二基底链路 538 被非旋转地接地,所以由第二输出链路 536 传输的扭矩和第二输入扭矩之间的差异被相反方向从第二基底链路 538 传输至第二旋转耦合件 526 的扭矩平衡。在许多实施例中,第三齿轮比明显地比一要大,以便被第二输出链路 536 传输的扭矩和沿相反方向的从第二基底链路 538 传输至第二旋转耦合件 526 的扭矩具有大致上相等的量。例如,在第三齿轮比为 9 比 1 的实施例中,被第二输出链路 536 传输的扭矩为第二输入扭矩的 9 倍。并且相反方向的被第二基底链路 538 传输至第二旋转耦合件 526 的扭矩的量是第二输入扭矩的量的 8 倍。

[0167] 被第二旋转耦合件 526 提供的第四齿轮比被选择成使得被第二旋转耦合件 526 传输至主轴 508 的扭矩足以平衡被第二输出链路 536 传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的扭矩,以便禁止通过主轴 / 末端执行器组装件 502 旋转驱动主轴驱动器 504。在主轴驱动器 504 具有非零向后驱动的扭矩阈值的情况下,能够从一定齿轮比范围内选出第四齿轮比,并且其仍能禁止通过主轴 / 末端执行器组装件 502 旋转驱动主轴驱动器。理想地,第四齿轮

比被选择成使得被第二旋转耦合件传输至主轴的扭矩足以平衡被第二输出链路 536 传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的扭矩。尽管在图 25 中未示出,但是第二变速器 524 的第二输出链路 536 无需直接旋转地耦合主轴 / 末端执行器组装件 502,而是能够以如下方式耦合,即使得在第二输出链路 536 和主轴 / 末端执行器组装件 502 之间提供不一致的齿轮比。在存在这样的不一致齿轮比的情况下,被第二旋转耦合件 524 提供的第四齿轮比能够被配置成考虑到额外的不一致齿轮比。

[0168] 尽管第一和第二输出链路 530、536 能够分别直接旋转地耦合第一和第二旋转机构 512、514,但是主轴 / 末端执行器组装件 502 包括在第一输出链路 530 和与第一旋转机构 512 旋转地耦合的第一驱动轴 542 之间提供齿轮比的第一齿轮组装件 540,以及在第二输出链路 536 和与第二旋转机构 514 旋转地耦合的第二驱动轴 546 之间提供齿轮比的第二齿轮组装件 544。对于第一和第二齿轮组装件 540、544 二者,其输入和输出之间的扭矩差被反作用到主轴 508。不管由第一和第二齿轮组装件 540、544 所提供的齿轮比如何,因为第一和第二齿轮组装件 540、544 是主轴 / 末端执行器组装件 502 的一部分,所以当扭矩被传输至第一和第二旋转机构 512、514 时,通过主轴 508 反作用由于第一和第二齿轮组装件 540、544 的不一致齿轮比所产生的任何扭矩差。结果,相对于被用于对抗通过第一和第二输出链路 530、536 被传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的促动扭矩的对抗扭矩 507 的量,第一和第二齿轮组装件 540、544 的齿轮比不会影响对抗促动组装件 506 的配置(例如,齿轮比)。

[0169] 经第一和第二输出链路 530、536 被传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的扭矩能够超过主轴驱动器 504 的向后驱动扭矩阈值,同时经对抗促动组装件 506 传输至主轴 508 的对抗扭矩禁止主轴驱动器 504 的旋转驱动。对抗促动组装件 506 被配置成,即使在通过第一和第二输出链路 530、536 传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的扭矩超过向后驱动扭矩阈值时,对抗扭矩的量与通过第一和第二输出链路 530、536 被传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的扭矩的量也相差一个比主轴驱动器 504 的向后驱动扭矩阈值更小的净扭矩量。优选地,即使当由第一和第二输出链路 530、536 所传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的扭矩超过向后驱动扭矩阈值时,净扭矩量也比向后驱动扭矩阈值的百分之 50 还小。更优选地,即使当由第一和第二输出链路 530、536 所传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的扭矩超过向后驱动的扭矩阈值时,净扭矩量也比向后驱动扭矩阈值的百分之 25 还要小。更加优选地,即使当由第一和第二输出链路 530、536 所传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的扭矩超过向后驱动的扭矩阈值时,净扭矩量比向后驱动扭矩阈值的百分之 10 还要小。理想地,即使当由第一和第二输出链路 530、536 所传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 的扭矩超过向后驱动的扭矩阈值时,净扭矩量比向后驱动扭矩阈值的百分之 2 还要小。例如,在主轴 / 末端执行器组装件 502 被非旋转地耦合主轴驱动器 504 的情况下(例如,在发生故障的情况下,或未能正确地建立在手术组装件 500 和手术机器人之间的耦合的情况下),手术组装件 500 中的用于起作用来约束主轴 / 末端执行器组装件 502 相对于基底旋转的摩擦会足以阻止当净扭矩量比向后扭矩阈值的百分之 2 要小时主轴 / 末端执行器组装件 502 的旋转。

[0170] 第一旋转耦合件 522 和第二旋转耦合件 536 能够共用旋转地耦合主轴 508 的一个或更多共同部件。例如,公共驱动轴能够旋转地耦合主轴 508,从而将对抗扭矩从一个或两个基底链路 532、538 传输至主轴 508。

[0171] 尽管任何合适的变速器类型能够被用于第一和第二变速器,但是能够使用行星齿轮箱,并且其经配置能提供合适的齿轮比。这样行星齿轮箱能够经配置具有合适的小尺寸,从而允许用于对抗促动组装件 506 中。图 26 示出示例性行星齿轮组 550。行星齿轮组 550 包括被附着至输入链路 554 的恒星齿轮 552、环形齿轮 556、绕恒星齿轮 552 分布且旋转地将恒星齿轮 552 耦合至环形齿轮 556 的四个行星齿轮 558 以及旋转地耦合且支撑每个行星齿轮 558 的载体 560。

[0172] 此外,行星齿轮箱提供合适的特征,其可以以任何可能的组合来用作第一和第二变速器 520、524 的第一和第二输入链路 528、534、第一和第二输出链路 530、536 以及第一和第二基底链路 532、538。例如。恒星齿轮能够对应于第一和第二输入链路、第一和第二输出链路以及第一和第二基底链路中的任何一个。同样地,载体能够对应于第一和第二输入链路、第一和第二输出链路以及第一和第二基底链路中的任何一个。并且环形齿轮能够对应于第一和第二输入链路、第一和第二输出链路以及第一和第二基底链路中的任何一个。作为合适组合的具体例子,恒星齿轮能够对应于第一 / 第二输入链路,载体能够对应于第一 / 第二输出链路,并且环形齿轮能够对应于第一 / 第二基底链路。作为另一个例子,恒星齿轮能够对应于第一 / 第二输出链路,载体能够对应于第一 / 第二输入链路,并且环形齿轮能够对应于第一 / 第二基底链路。并且为了进一步说明本发明的目的,载体或恒星齿轮能够对应于第一 / 第二基底链路。

[0173] 图 27a 至图 29a 示出根据图 9 所示手术组装件 500 的微创机器人手术仪器组装件 600。因此,上述关于手术组装件 500 的讨论应用至手术仪器组装件 600,并且因此在此可省略上述讨论的部分。仪器组装件 600 包括促动组装件 602,其被设置在仪器组装件的近端。主轴 604 旋转地安装至促动组装件 602。第一驱动轴 606 和第二驱动轴 608 被安装成在主轴 604 内旋转,并且将扭矩分别传输至末端执行器(未示出)的第一旋转机构和第二旋转机构,其中该末端执行器被支撑在仪器组装件的远端。图 11a 示出促动组装件的透视外部图。图 11b 示出仪器组装件 600 的分解透视图,其示出与驱动耦合件 612 去耦的马达组 610,通过该耦合件,第一和第二驱动马达旋转地耦合主轴 604 以及第一和第二驱动轴 606、608。

[0174] 图 28a 示出仪器组装件 600 的内部部件的透视图。图 28b 为图 28a 所示内部部件的分解透视图,其处于对应于图 27b 的去耦状态。图 29a 是移除了第二驱动马达、第二行星齿轮变速器以及第二耦合轴以便不会妨碍对剩余部件的说明的仪器组装件 600 的内部部件透视图。图 29b 示出图 29a 的内部部件的端视图。图 29c 示出图 29b 的横截面 A-A。仪器组装件 600 包括第一驱动马达 614、第一行星变速器 616、第二驱动马达 618、第二行星变速器 620、第一耦合轴 622、第二耦合轴 624 以及共用反馈轴 626。因为第一和第二行星齿轮变速器 616、618 旋转地接地至主轴 604,所以第一和第二行星齿轮变速器分别相对于第一和第二驱动马达 614、618 旋转以响应主轴 604 旋转。

[0175] 第一耦合轴 622 形成在第一行星变速器 616 的载体和第一驱动轴 606 之间的扭矩路径的一部分。第一驱动马达 614 将第一输入扭矩传输至第一行星变速器 616 的恒星齿轮。第一行星变速器 616 的载体经相互啮合的小齿轮旋转地耦合第一耦合轴 622。并且第一耦合轴 622 经一对小齿轮和一个环形齿轮旋转地耦合第一驱动轴 606,如图 29a 和图 29c 所示,以及在 2009 年 11 月 13 日提交的题为“MOTOR INTERFACE FOR PARALLEL DRIVE SHAFTS WITHIN AN INDEPENDENTLY ROTATING MEMBER”的 U. S. 临时专利申请 No. 61/260,919 (代

理人卷号 No. ISRG02360PROV) 中所描述的,其全部内容以引用的方式并入。

[0176] 同样地,第二耦合轴 624 形成在第二行星变速器 620 的载体和第二驱动轴 608 之间的扭矩路径的一部分。第二驱动马达 618 将第二输入扭矩传输至第二行星变速器 620 的恒星齿轮。第二行星变速器 620 的载体经相互啮合的小齿轮旋转地耦合第二耦合轴 624。并且第二耦合轴 624 经一对小齿轮和一个环形齿轮旋转地耦合第二驱动轴 608,如在 2009 年 11 月 13 日提交的题为“MOTOR INTERFACE FOR PARALLEL DRIVE SHAFTS WITHIN AN INDEPENDENTLY ROTATING MEMBER”的 U.S. 临时专利申请 No. 61/260,919 (代理人卷号 No. ISRG02360PROV) 中所描述的,其全部内容以引用的方式并入。

[0177] 共用反馈轴 626 形成在第一行星变速器 616 的基底链路和主轴 604 之间的扭矩路径的一部分以及在第二行星变速器 620 的基底链路和主轴之间的扭矩路径的一部分。第一行星变速器 616 的基底链路经一对小齿轮旋转地耦合共用反馈轴 626,其中一个所述小齿轮形成第一行星变速器 616 的基底链路的一部分。同样地,第二行星变速器 620 的基底链路经一对小齿轮旋转地耦合共用反馈轴 626,其中一个所述小齿轮形成第二行星变速器 620 的基底链路的一部分。共用反馈轴 626 经一对小齿轮旋转地耦合主轴 604,其中一个所述小齿轮直接旋转地耦合主轴。主轴 604 经一对螺旋齿轮 628、630 旋转地耦合主轴马达(未示出)。

[0178] 在操作过程中,当主轴未被旋转时,第一和第二变速器的共用反馈轴 626 和基底链路也不会旋转,这是由于其与主轴旋转地耦合。因为第一和第二行星变速器的基底链路被非旋转地接地至促动组装件的基底,所以基底链路根据需要自由地旋转偏斜,从而将对抗扭矩传输至主轴,以响应于来自驱动马达的输入扭矩,并且根据命令,由主驱动马达旋转主轴,导致公共驱动轴旋转,从而通过公共驱动轴的旋转,基底链路自由地旋转。

[0179] 仪器组装件 600 提供了相对于替代性途径的若干优势,其被认为是防止了因将促动扭矩传输至末端执行器的旋转机构而产生的主轴的意外旋转。例如,仪器组装件 600 提供了将高水平的扭矩传输至由独立的可旋转主轴支撑的末端执行器的第一和第二旋转机构中的一个或两个,且同时提供了对抗扭矩传输至主轴,从而能够导致大体上无净力矩被施加至主轴,否则这种净力矩可能向后驱动被用于旋转主轴的主驱动马达。被动/无源地完成了对抗扭矩的传输,从而避免在主动途径中必须要有的部件的使用。仪器组装件 600 提供两个方向上的连续线性特性,其中没有突然释放能量的可能性。仪器组装件 600 与现实的包装方案兼容,该方案考虑了相对于主轴尺寸的相对大的马达和齿轮箱尺寸。相对于相当的仪器组装件,仪器组装件 600 的应用也不需要额外的功率。仪器组装件 600 还呈现了摩擦、磨损、齿间隙、制造精度以及机构中所使用的部件刚性的总体不变性。因为齿轮装置形成了变速器和主轴之间的运动学上的封闭系统,在该封闭系统内采用任何齿间隙,因此不存在高于机构的被计算残留扭矩的净力矩被施加至主轴/末端执行器组装件。在仪器组装件内提供了所有上述优势,其中该仪器组装件提供了在将扭矩传输至末端执行器的第一和第二旋转机构中的一个或两个的过程中,主轴通过主驱动马达的自由旋转。

[0180] 替代性方案被认为未能提供一个或更多上述优势。被评定的替代性方案包括单向正齿轮、不可向后驱动的蜗轮、摩擦制动器、主轴旋转锁、经主驱动马达施加的额外功率、经主驱动马达对主轴旋转的有源补偿、使用辅助马达补偿所施加的扭矩以及将马达和齿轮箱安装至主轴。尤其是,自动闭锁齿轮原理存在如下问题,其中当齿轮组从闭锁向解锁转变

时,在负荷下的旋转方向的变化会造成突然且快速释放机械能量。制动器具有类似的缺点,因为制动器的释放会是突然的能量释放。

[0181] 示例性齿轮比的扭矩平衡计算

[0182] 图 30 提供了下列关于示例性齿轮比描述的参考标识号,其能够被用于上述手术组装件 500 中。因为对抗组装件 506 使用类似的配置以用于将第一和第二驱动马达 516、518 与主轴 / 末端执行器组装件 502 耦合,所以以下将呈现关于将第一驱动马达 516 与主轴 / 末端执行器组装件 502 耦合,同时应理解相对于将第二驱动马达 518 与主轴 / 末端执行器组装件 502 耦合,也可应用本讨论。

[0183] 通过等式(1)能够计算被第一输出链路 530 传输至主轴 / 末端执行器组装件 502 (T_c) 的扭矩。

[0184] $T_c = T_m \times P \times (N_{1B}/N_{1A}) \times (N_{1D}/N_{1C})$ 等式(1)

[0185] 其中:

[0186] T_m = 马达 1 驱动扭矩

[0187] P = 行星齿轮箱 P1 的齿轮比

[0188] N_{1A} = 齿轮 1A 的齿轮齿数

[0189] N_{1B} = 齿轮 1B 的齿轮齿数

[0190] N_{1C} = 齿轮 1C 的齿轮齿数

[0191] N_{1D} = 齿轮 1D 的齿轮齿数

[0192] 能够通过等式(2)计算经第一基底链路 532 和第一旋转耦合件 522 的被传输至主轴 508 (T_r) 的对抗扭矩。

[0193] $T_r = -T_m \times (P-1) \times (N_{3B}/N_{3A}) \times (N_{3D}/N_{3C})$ 等式 2

[0194] 其中:

[0195] N_{3A} = 齿轮 3A 的齿轮齿数

[0196] N_{3B} = 齿轮 3B 的齿轮齿数

[0197] N_{3C} = 齿轮 3C 的齿轮齿数

[0198] N_{3D} = 齿轮 3D 的齿轮齿数

[0199] 将末端执行器驱动轴位置从主轴位置去耦

[0200] 除了提供如上所述的对抗扭矩之外,能够实施手术组装件 500 和仪器组装件 600,从而基本将末端执行器驱动轴的位置从主轴位置去耦。例如,能够选择手术组装件 500 的配置,以便当第一和第二输入链路 528、534 不旋转时(即,第一和第二驱动马达 516、518 不旋转),通过主轴驱动器 504 的主轴 508 的旋转不会造成第一和第二驱动轴 542、546 相对于主轴 508 的显著旋转量。第一和第二驱动轴 542、546 的诱发旋转能够比主轴 508 旋转的百分之 10 要少。在一些实施例中,第一和第二驱动轴 542、546 的诱发旋转能够比主轴旋转的百分之 5 要少。这样的属性是非常有益的。例如,在一些实施例中,第一和第二驱动马达 516、518 具有有限的运动范围。通过将第一和第二驱动轴 542、546 的位置基本从主轴 508 的位置去耦,主轴运动范围不受第一和第二驱动马达 516、518 的运动范围限制。此外,这种去耦相对于末端执行器的操作特性在第一和第二旋转机构 512、514 方面是有益的,由于这样的去耦防止第一和第二旋转机构 512、514 响应单纯的主轴旋转的显著促动。例如,在第一和第二旋转机构 512、514 中的一个被用于促动吻合器机构的情况下,去耦有助于防止由

于由主轴 508 旋转诱发的第一和第二旋转机构 512、514 的旋转所导致的意外吻合。此外，在不存在这种去耦的情况下，将需要监测主轴 508 的位置，并且使用被监测位置来产生第一和第二驱动马达 516、518 的对抗旋转，以便修正第一和第二驱动轴 542、546 的诱发运动。

[0201] 能够通过等式(3)计算由主轴 508 旋转所诱发的第一驱动轴 542 的旋转量。正如可以理解的，在等式(3)中，对应于第二驱动轴 546 的参数能够代替对应于第一旋转轴 542 的参数，从而计算由主轴 508 旋转所诱发的第二驱动轴 546 的旋转量。

[0202] 等式(3)

$$[0203] \quad Ind_{rot} = Main_{rot} \times \left\{ \frac{\left(\frac{N_{3B}}{N_{3A}} \right) \times \left(\frac{N_{3D}}{N_{3C}} \right) \times \left(\frac{p-1}{P} \right) \times \left(\frac{N_{1A}}{N_{1B}} \right) \times \left(\frac{N_{1C}}{N_{1D}} \right) - 1}{\left(\frac{N_{1F}}{N_{1E}} \right)} \right\}$$

[0204] 其中：

[0205] N_{1E} = 齿轮 1E 的齿轮齿数

[0206] N_{1F} = 齿轮 1F 的齿轮齿数

[0207] 表 1 至表 3 列出关于示例性实施例的末端执行器驱动轴的齿轮装置参数、所得到的单元扭矩计算以及所诱发的旋转水平。

[0208] 表 1 第一示例性实施例

[0209]

参数描述	参数变量	参数值
马达 1 输出扭矩	T_m	1
行星齿轮箱 P1 的齿轮速比	P	25
齿轮 1A 的齿数	N_{1A}	32
齿轮 1B 的齿数	N_{1B}	40
齿轮 1C 的齿数	N_{1C}	23
齿轮 1D 的齿数	N_{1D}	55
齿轮 1E 的齿数	N_{1E}	43
齿轮 1F 的齿数	N_{1F}	13
获得的输入驱动扭矩	T_c	74.7
齿轮 3A 的齿数	N_{3A}	50
齿轮 3B 的齿数	N_{3B}	64

[0210]

齿轮 3C 的齿数	N_{3C}	23
齿轮 3D 的齿数	N_{3D}	55
获得的对抗扭矩	Tr	-73.5
扭矩失衡百分比	$((T_c+Tr)/T_c)/100$	1.7%
参考主轴旋转	$Main_{rot}$	520°
诱发的末端执行器驱动轴 旋转	Ind_{rot}	-25.3° (4.9%)

[0211] 表 2 第二示例性实施例

[0212]

参数描述	参数变量	参数值
马达 1 输出扭矩	Tm	1
行星齿轮箱 P1 的齿轮速比	P	9
齿轮 1A 的齿数	N_{1A}	24
齿轮 1B 的齿数	N_{1B}	54
齿轮 1C 的齿数	N_{1C}	23
齿轮 1D 的齿数	N_{1D}	55
齿轮 1E 的齿数	N_{1E}	43
齿轮 1F 的齿数	N_{1F}	13
获得的输入驱动扭矩	Tc	48.4
齿轮 3A 的齿数	N_{3A}	51
齿轮 3B 的齿数	N_{3B}	61
齿轮 3C 的齿数	N_{3C}	14
齿轮 3D 的齿数	N_{3D}	70
获得的对抗扭矩	Tr	-47.8
扭矩失衡百分比	$((T_c+Tr)/T_c)/100$	1.2%
参考主轴旋转	$Main_{rot}$	520°
诱导的末端执行器驱动轴 旋转	Ind_{rot}	-20.6° (4.0%)

[0213] 表 3 第二示例性实施例

[0214]

参数描述	参数变量	参数值
马达 1 输出扭矩	T_m	1
行星齿轮箱 P1 的齿轮速比	P	25
齿轮 1A 的齿数	N_{1A}	23
齿轮 1B 的齿数	N_{1B}	56
齿轮 1C 的齿数	N_{1C}	23
齿轮 1D 的齿数	N_{1D}	55
齿轮 1E 的齿数	N_{1E}	43
齿轮 1F 的齿数	N_{1F}	13
获得的输入驱动扭矩	T_c	145.6
齿轮 3A 的齿数	N_{3A}	51
齿轮 3B 的齿数	N_{3B}	61
齿轮 3C 的齿数	N_{3C}	14
齿轮 3D 的齿数	N_{3D}	70
获得的对抗扭矩	T_r	-143.5
扭矩失衡百分比	$((T_c + T_r)/T_c)/100$	1.4%
参考主轴旋转	$Main_{rot}$	520°
诱导的末端执行器驱动轴 旋转	Ind_{rot}	-24.0° (4.6%)

[0215] 相关方法

[0216] 图 31 示出根据许多实施例的方法 700, 其用于防止在手术过程中被传输至末端执行器的促动扭矩向后驱动可向后驱动的主轴。上述手术组装件 500 和仪器组装件 600 能够被用于实践方法 700。能够省略一个或更多下列动作。

[0217] 在动作 702 中, 旋转第一变速器的第一输入链路, 以便第一变速器的第一输出链路将第一输出扭矩传输至主轴组装件, 其包括主轴和由主轴支撑的末端执行器, 并且将第一末端执行器扭矩传输至末端执行器。第一变速器提供了第一输入链路和第一输出链路之间的第一齿轮比。第一输出扭矩比主轴驱动器的向后驱动扭矩阈值要大, 其中主轴驱动器经操作旋转地驱动主轴组装件。

[0218] 在动作 704 中, 扭矩经由第一旋转耦合件从第一变速器的第一基底链路被传输至主轴。第一旋转耦合件提供了第一基底链路和主轴之间的第二齿轮比, 以便第一对抗扭矩与第一输出扭矩方向相反地被施加至主轴。第一对抗扭矩禁止了主轴组装件被第一输出扭矩旋转驱动。

[0219] 主轴驱动器具有向后驱动扭矩阈值, 以便当主轴组装件受到超过向后驱动扭矩阈

值的净力矩时,主轴向后驱动主轴驱动器,以及当主轴受到低于向后驱动扭矩阈值的净力矩时,主轴不会向后驱动主轴驱动器。优选地,第一对抗扭矩的量与第一输出扭矩的量能够相差比向后驱动扭矩阈值百分之 50 更小的第一净扭矩。更优选地,即使当第一输出扭矩超过向后驱动扭矩阈值时,第一净力矩量也比向后驱动扭矩阈值百分之 25 更小。更优选地,即使当第一末端执行器扭矩超过向后驱动扭矩阈值时,第一净力矩量也比向后驱动扭矩阈值百分之 10 更小。理想地,即使当第一末端执行器扭矩超过向后驱动扭矩阈值时,第一净力矩量也比向后驱动扭矩阈值百分之 2 更小。

[0220] 在动作 706 中,第二变速器的第二输入链路旋转,以便第二变速器的第二输出链路将第二输出扭矩传输至主轴组装件,并且将第二末端执行器扭矩传输至末端执行器。第二变速器提供了第二输入链路和第二输出链路之间的第三齿轮比。第二输出扭矩比主轴驱动器的向后驱动扭矩阈值要大。

[0221] 在动作 708 中,扭矩经第二旋转耦合件从第二变速器的第二基底链路被传输至主轴。第二旋转耦合件提供第二基底链路和主轴之间的第四齿轮比,以便第二对抗扭矩沿与第二输出扭矩方向相反地被施加至主轴。第二对抗扭矩禁止了主轴组装件被第二输出扭矩旋转驱动。

[0222] 第一和第二旋转耦合件能够共用一个或更多共用部件。例如,第一和第二旋转耦合能够共用公共驱动轴。

[0223] 其他变体在本发明精神内。因此,尽管本发明允许有各种修正和可选配置,在附图中示出其中的某些所示实施例,并且已在上文中详细描述。然而,应明白无意要限制本发明于具体形式或已公开形式,相反,本发明旨在涵盖所有修正、可选配置以及在本发明精神和范围内的等效物,如在权利要求中所限定的。

[0224] 除非另有说明或明确被上下文否定,否则在描述本发明的上下文中(尤其在下列权利要求中)的术语“一”和“一个”和“本”以及类似指称被解释为涵盖单数和复数。除非另有说明,否则术语“包含”、“具有”、“包括”以及“含有”被解释为开放式术语(即,意味着“包括,但不限制”)。

[0225] 术语“连接”被解释为部分地或整体包含其中、附着至或接合在一起,即使存在一些干扰。除非本文另有说明,否则本文数值范围的重复仅是要作为用于单独地指代位于范围内的每个分开数值的速记方法,并且每个分开数值均并入说明书中,以防在文中单独地重复。除非另有说明或上下文中明确否定,否则能够以任何合适的顺序执行本文所述的所有方法。除非另有说明,否则本文所提出的任何以及所有例子,或示例性语言(例如“例如”)的使用,仅是要更好地说明本发明的实施例,而不是要提出对本发明范围的限制。

[0226] 说明书中的任何语言不应被解释为指示任何未申明元素作为实践本发明所必须的。

[0227] 本文描述了该发明的优选实施例,其包括发明者已知的用于实施本发明的最佳方式。在阅读了上述描述后,那些优选实施例的变体对本领域技术人员而言是显而易见的。除非本文具体描述,否则本发明者预计熟练技术人员适当地采用该变体,以及本发明者想要实践本发明。因此,如可适用法律所允许的,该发明包括所附权利要求中所列举的主题事项的所有修正和等效物。此外,除非本文另有指示或被上下文明确否定,否则在所有可能变体中的上述元素的任何组合均包含在本发明中。

[0228] 因此,本文所引用的所有参考,包括出版物、专利申请、以及专利均通过引用的方式并入,其并入程度与其通过引用的方法单独整体并入或本文所列整体并入的程度是相同的。

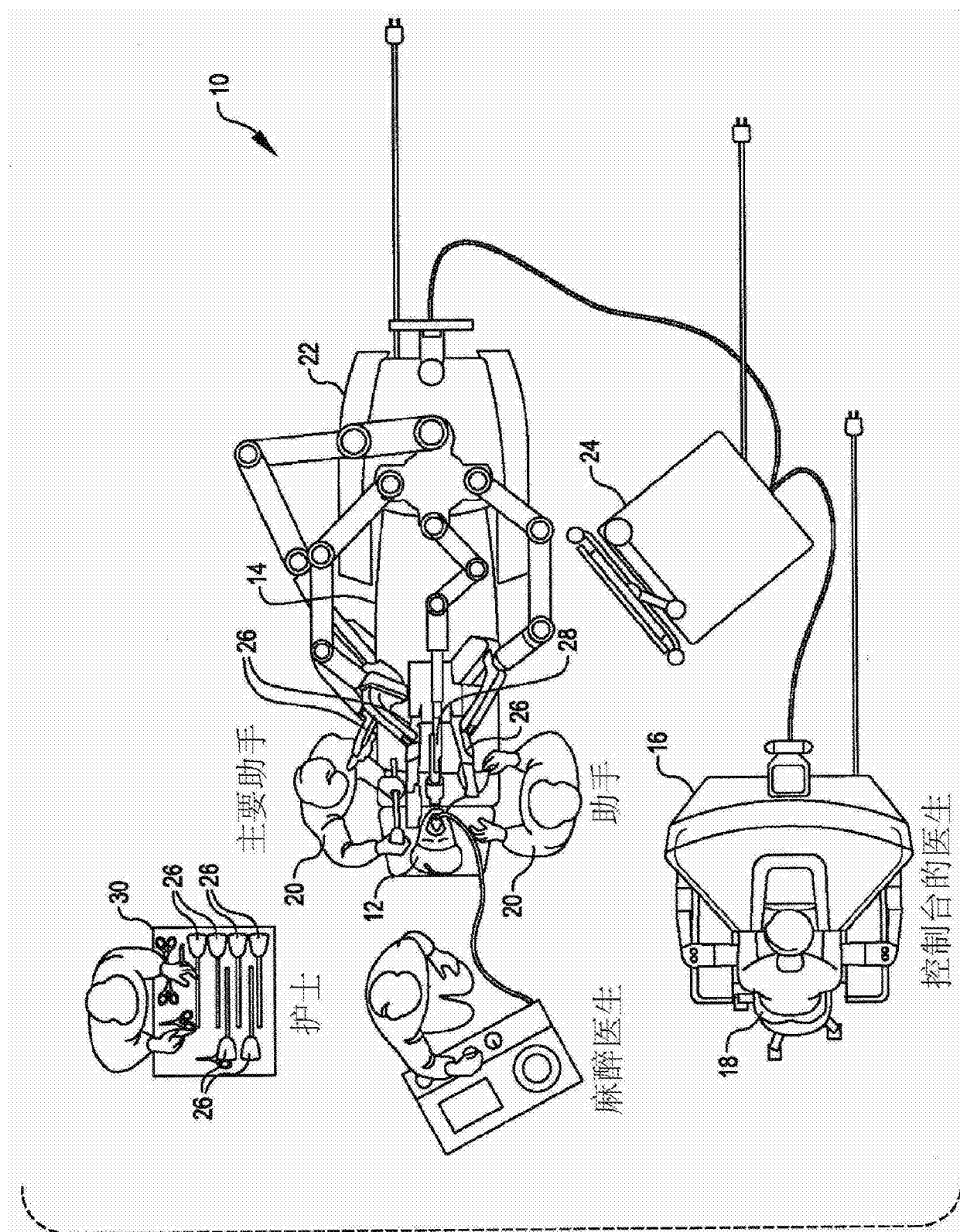


图 1

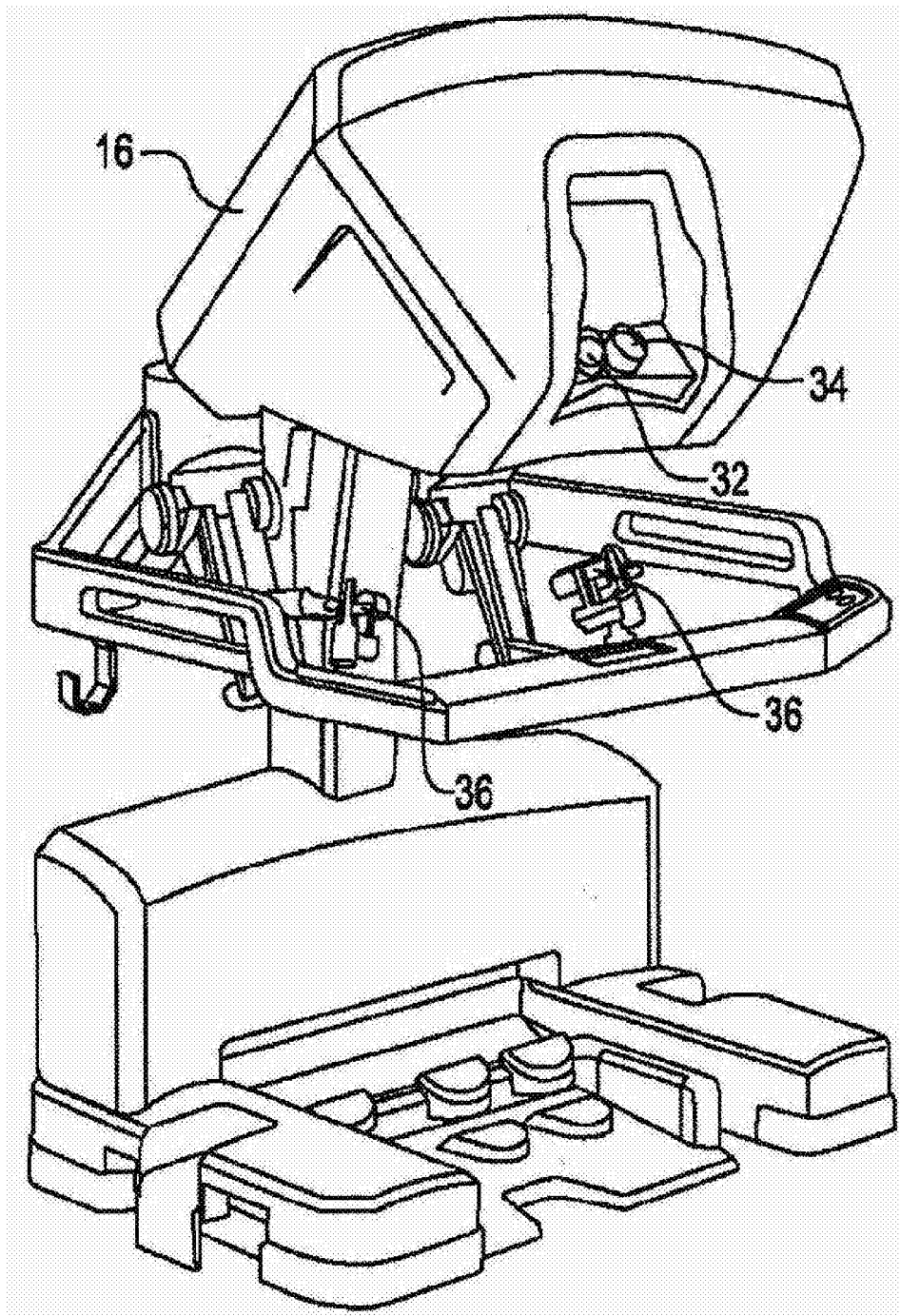


图 2

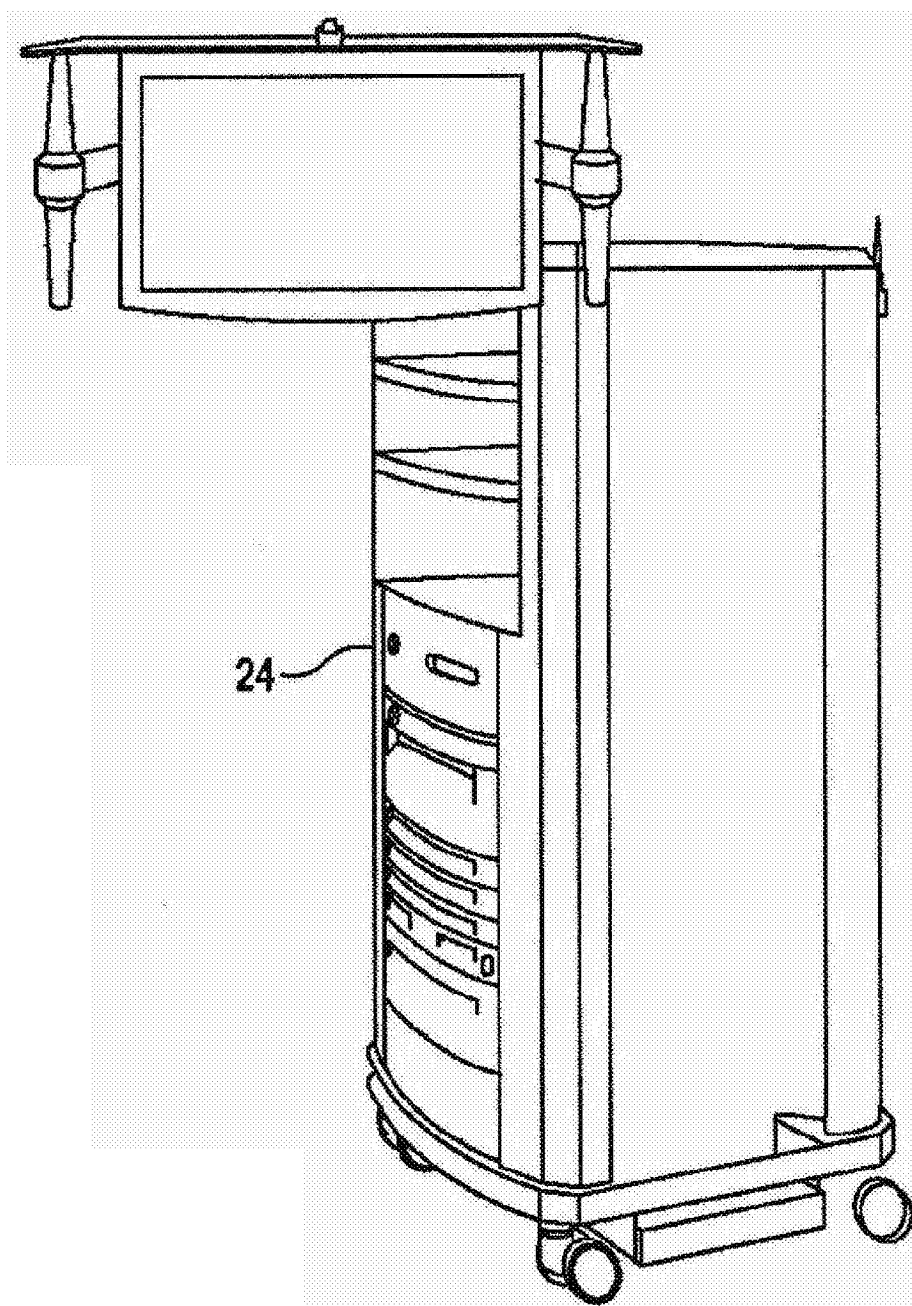


图 3

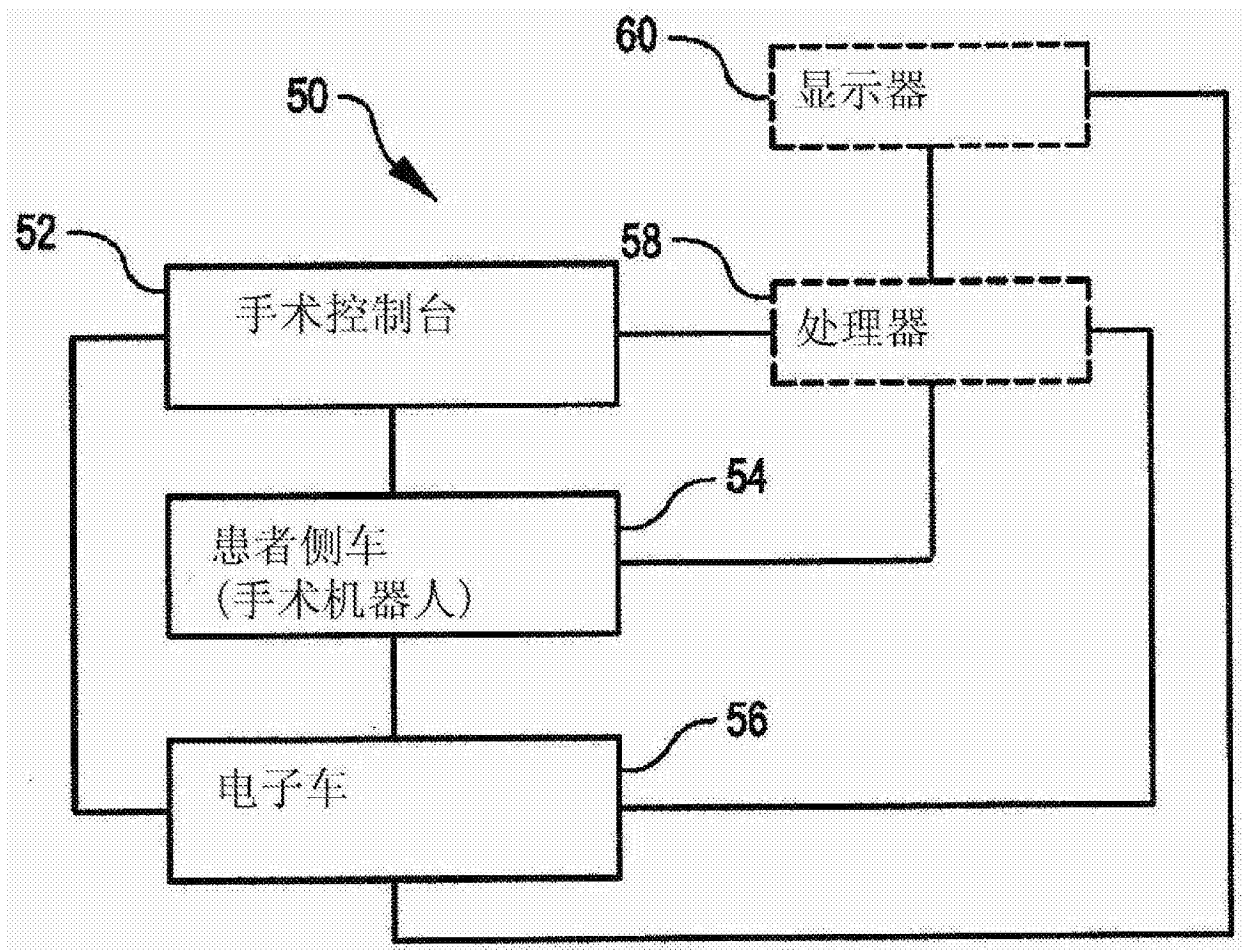


图 4

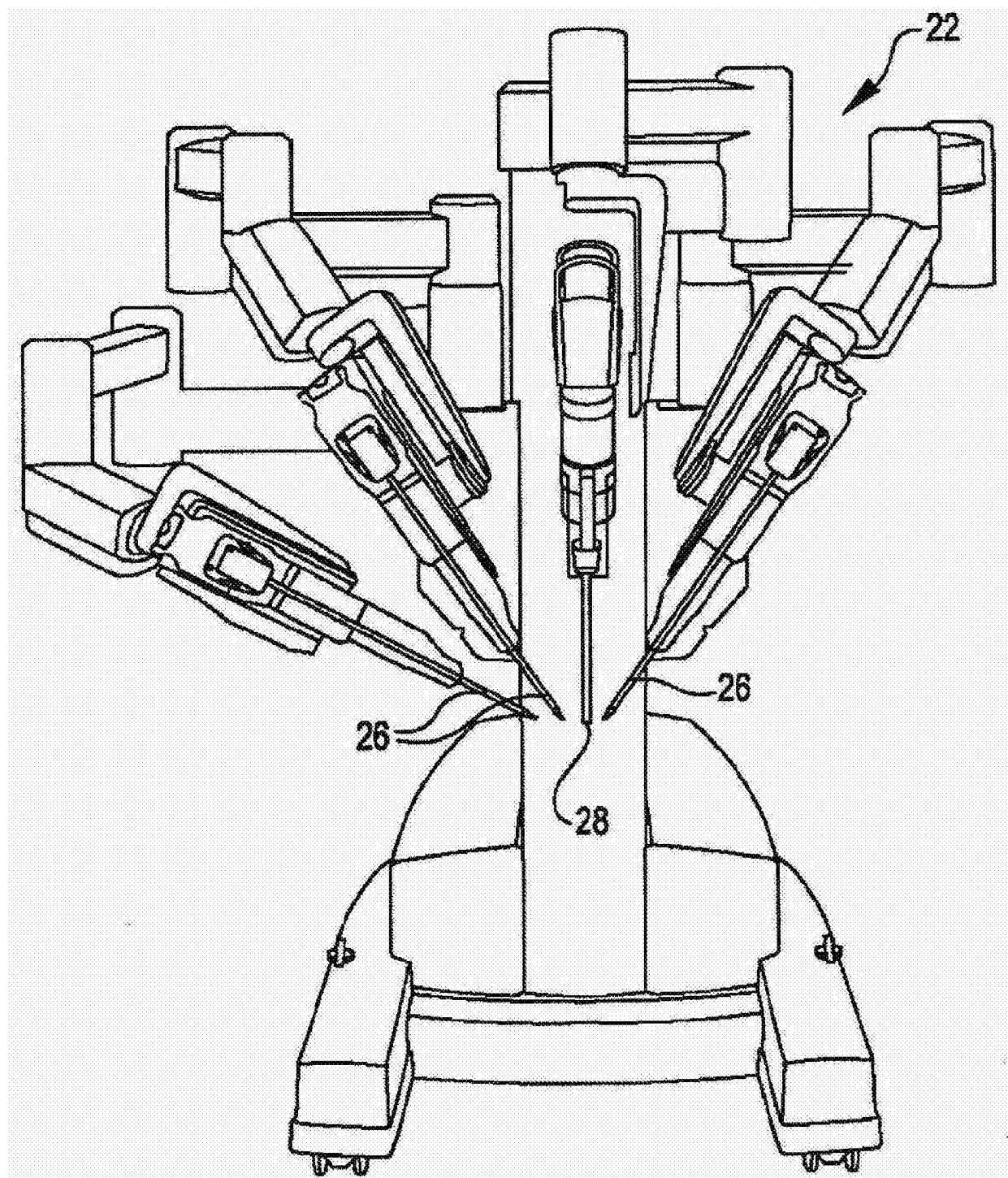


图 5A

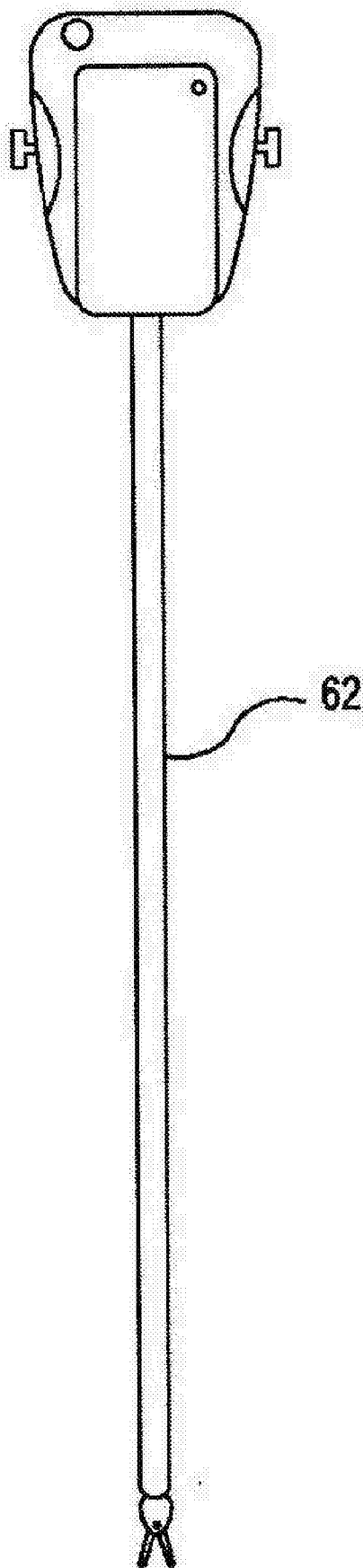
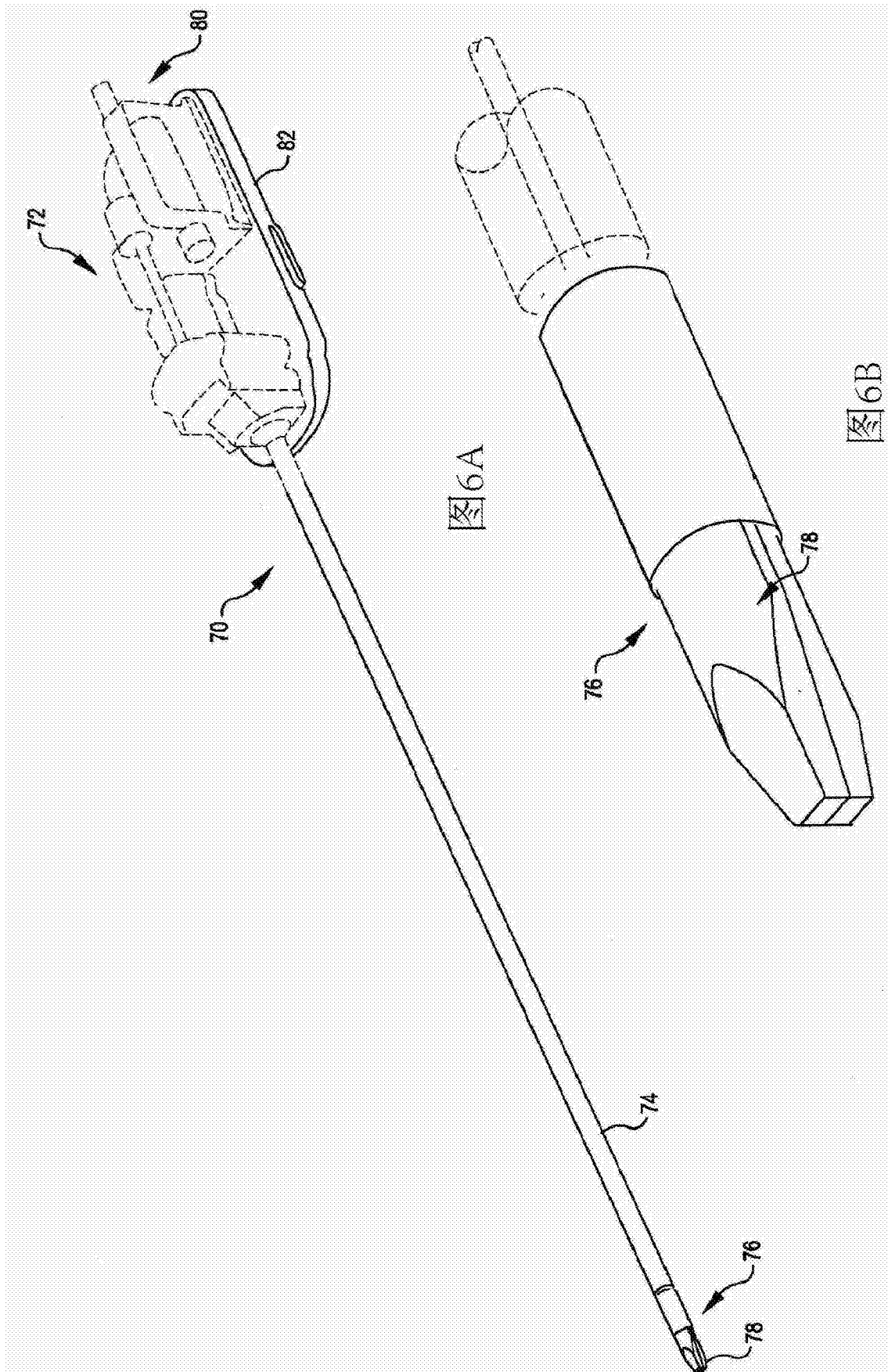


图 5B



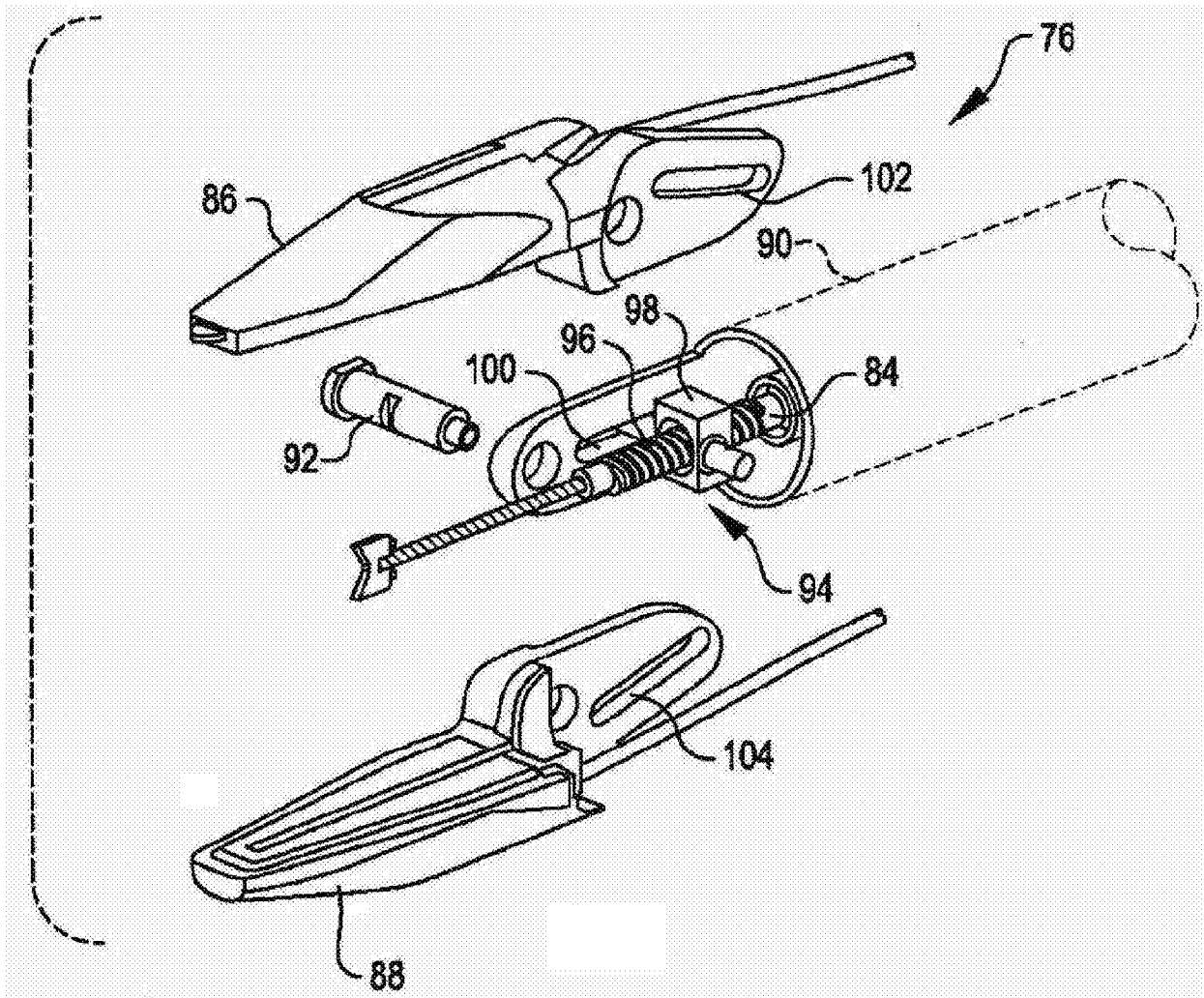


图 7

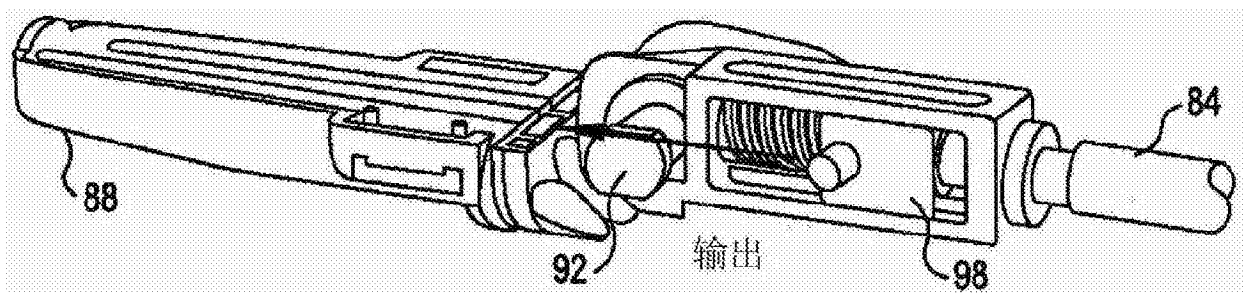


图 8A

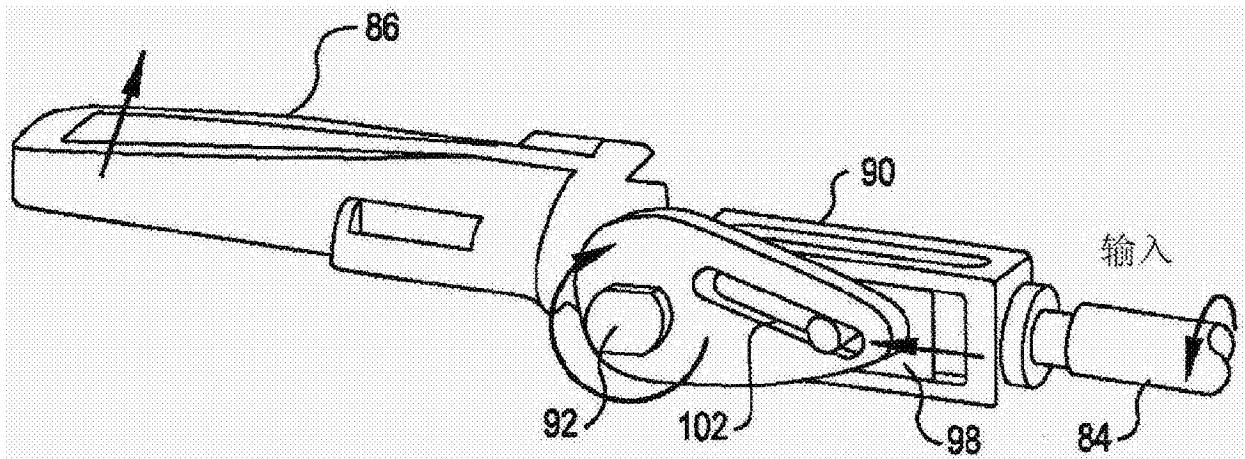


图 8B

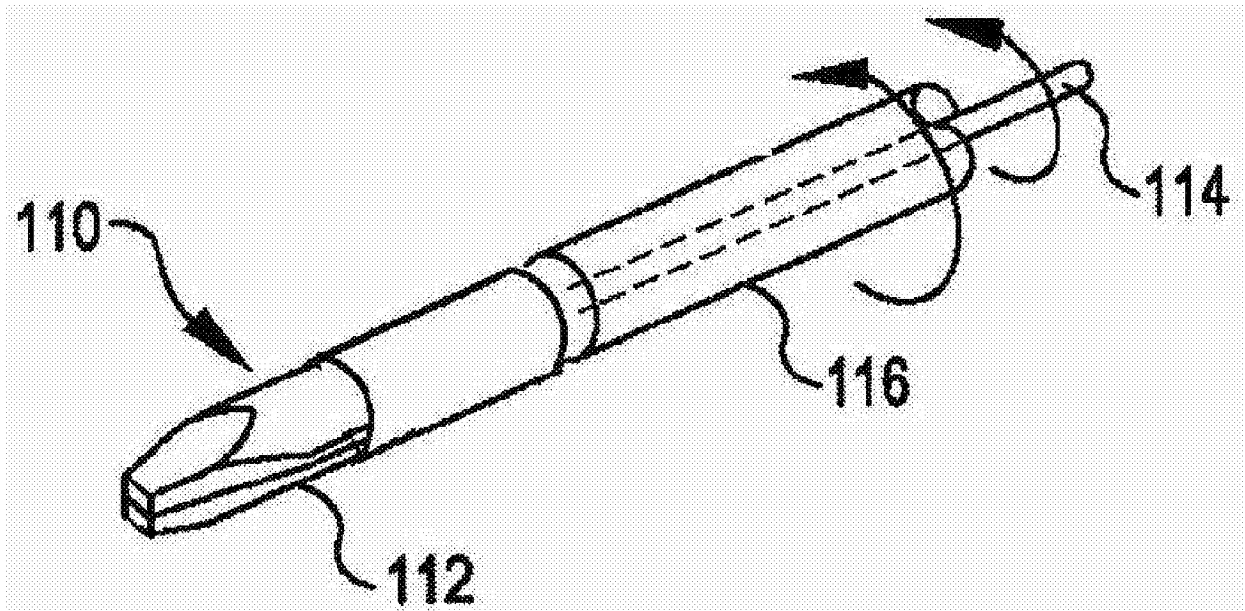
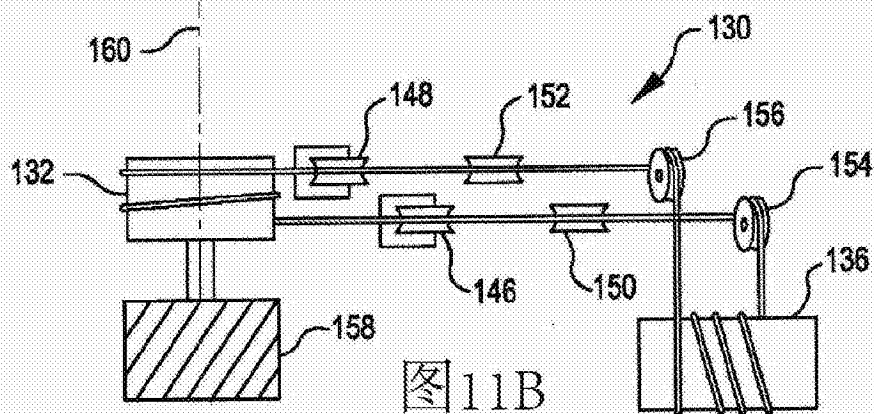
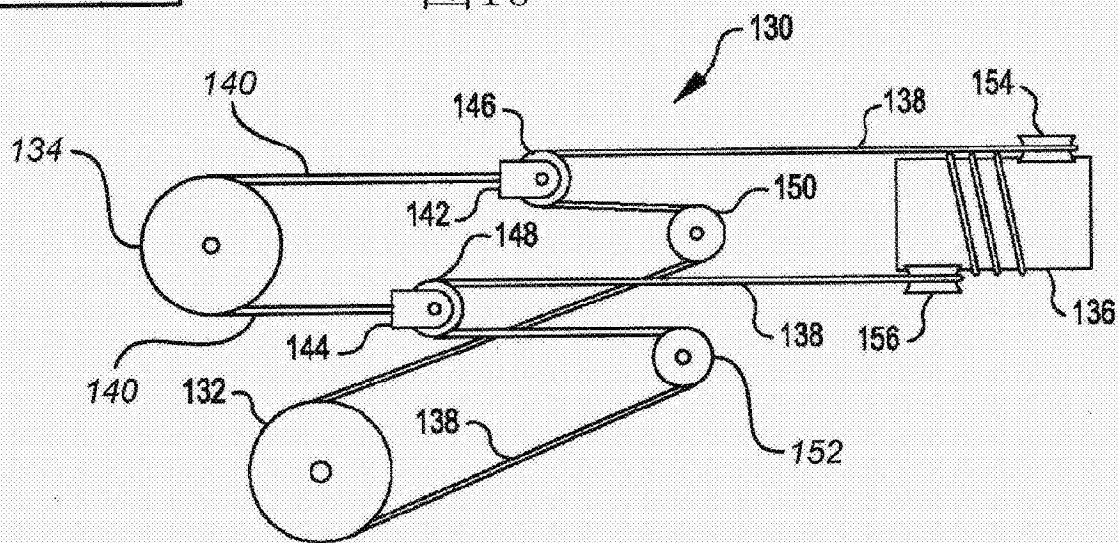
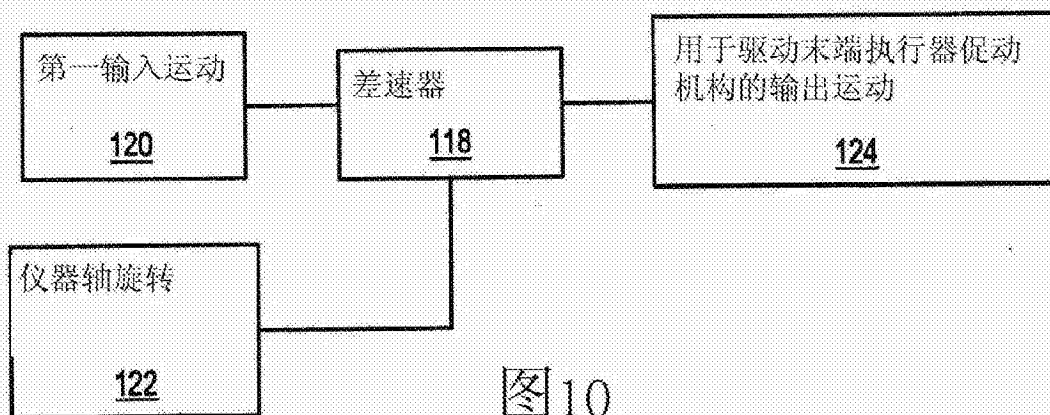


图 9



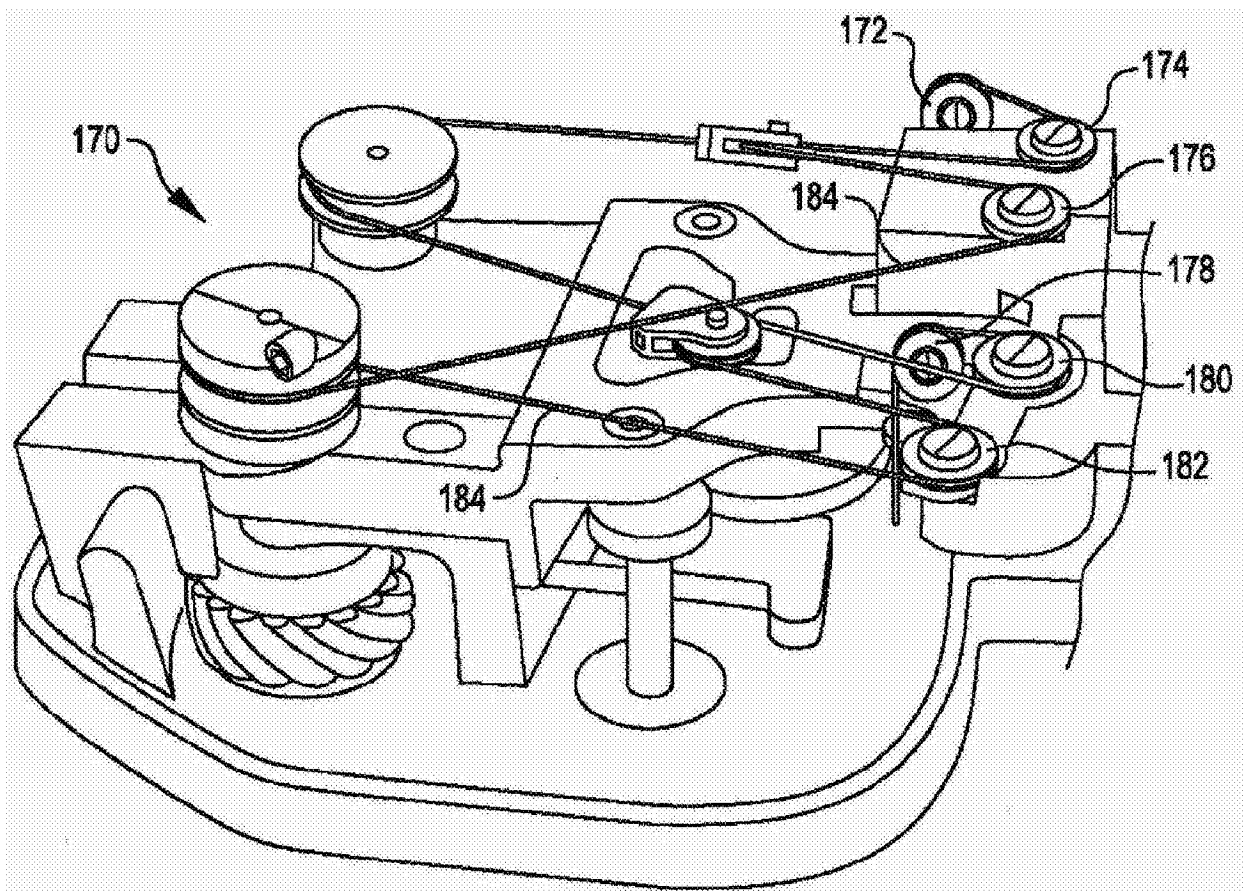


图 12

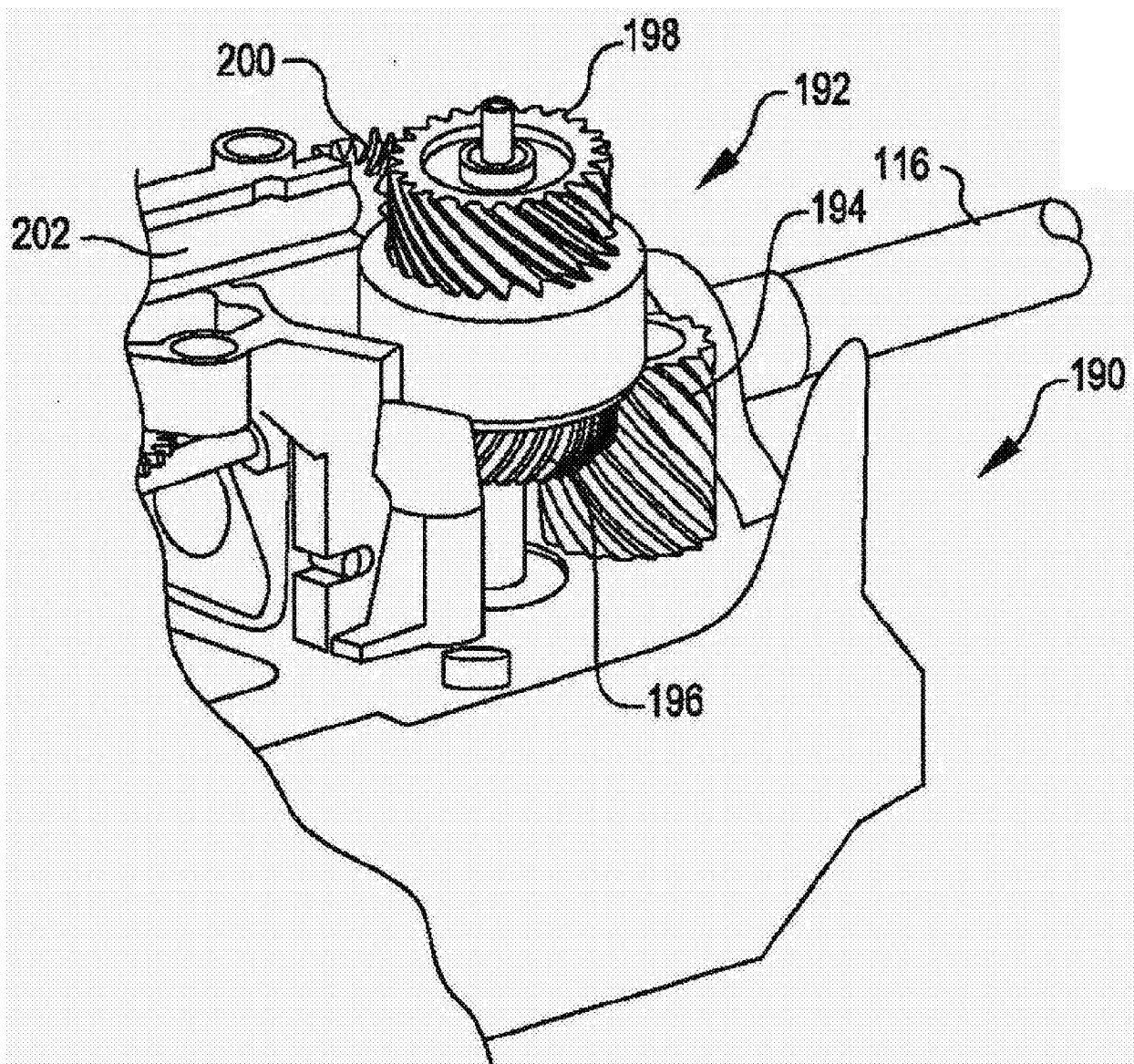


图 13

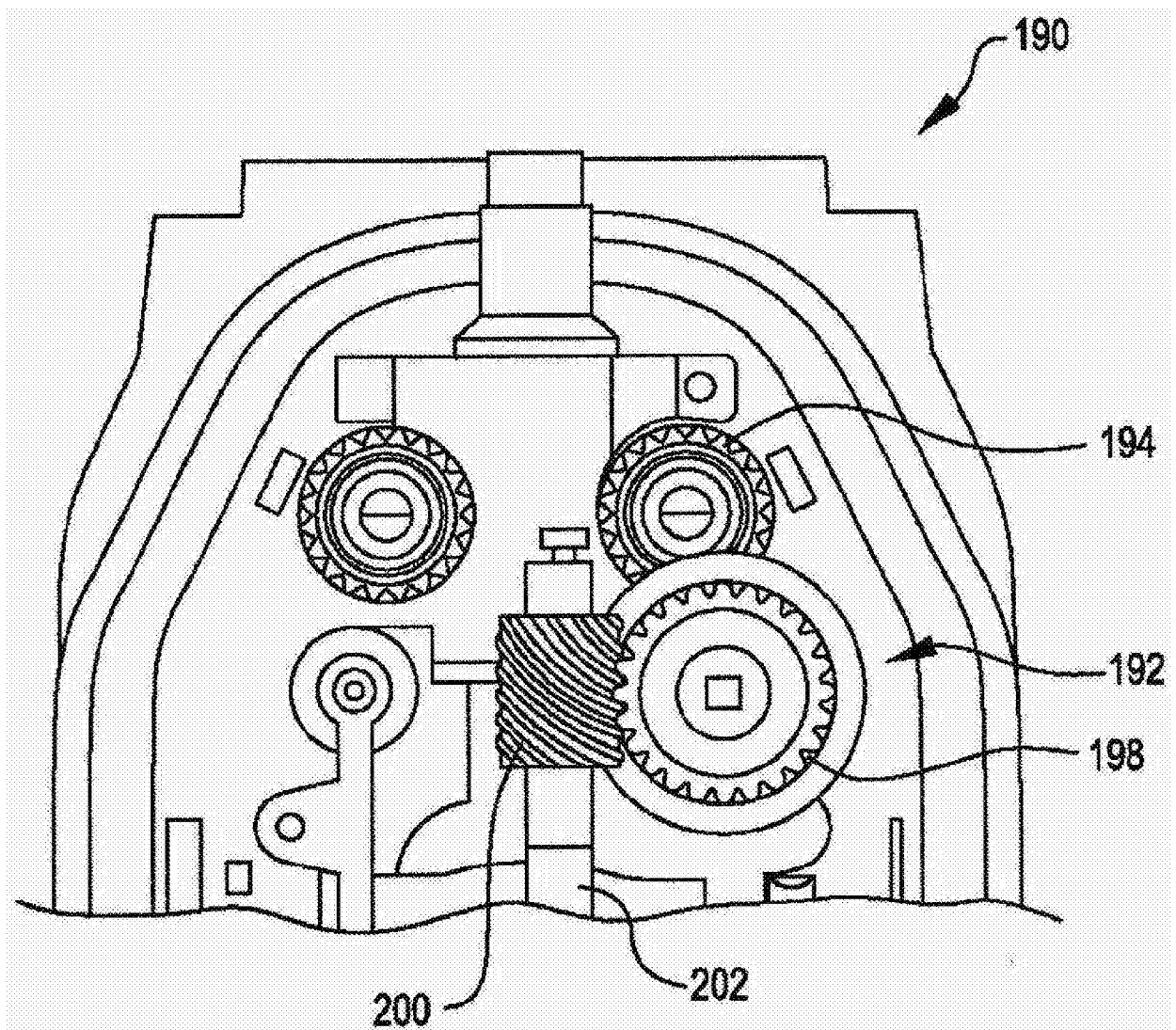


图 14

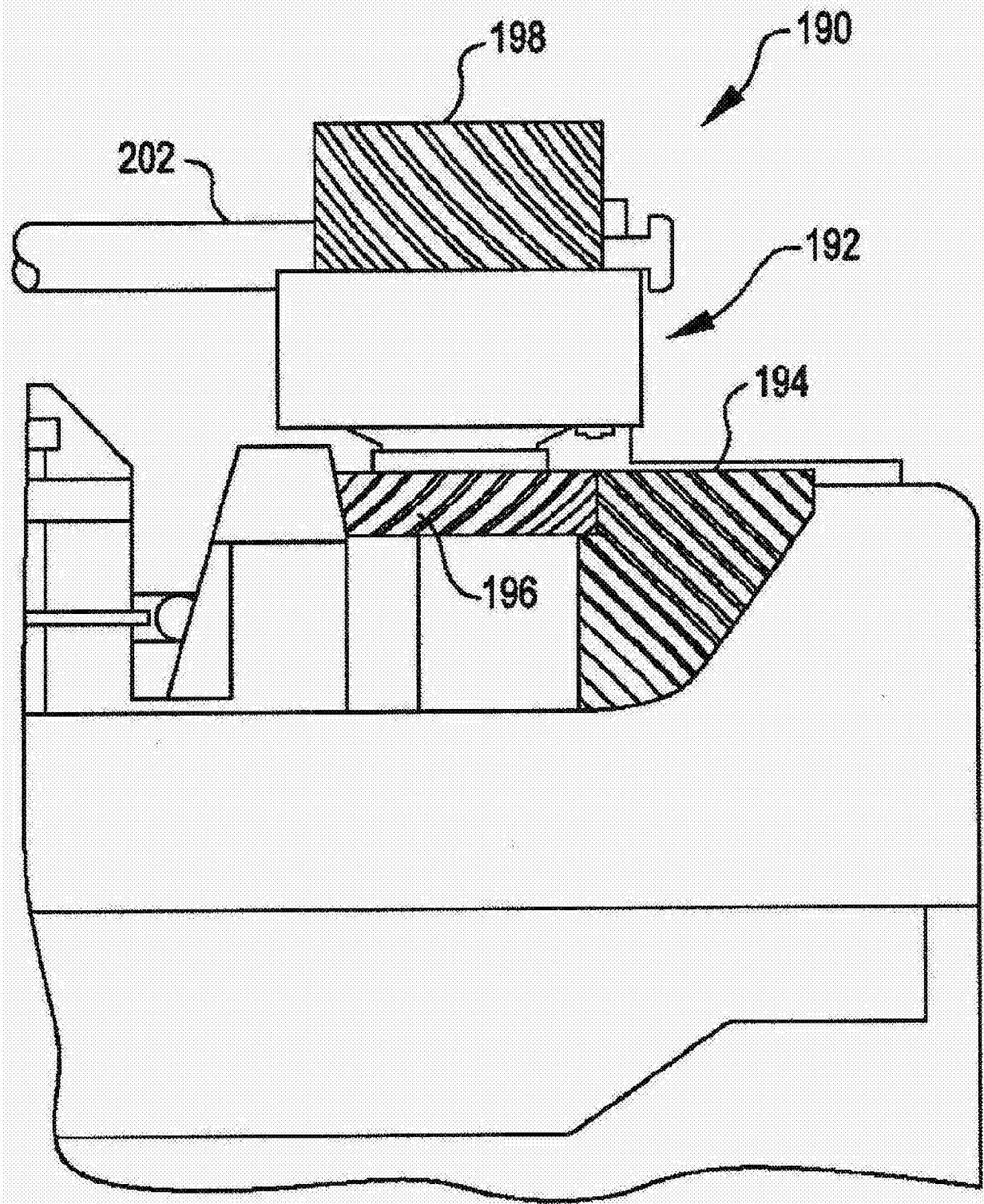


图 15

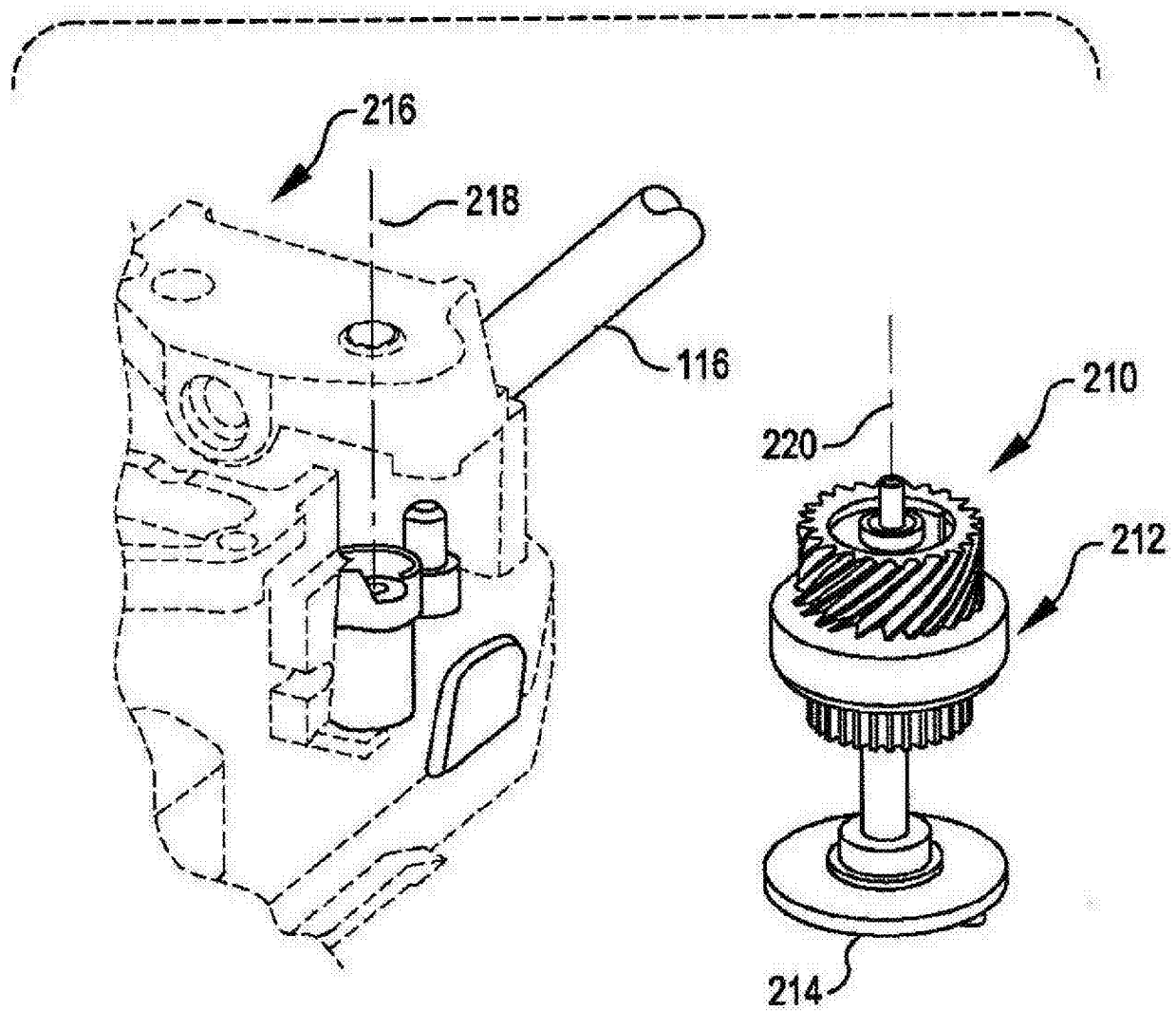


图 16

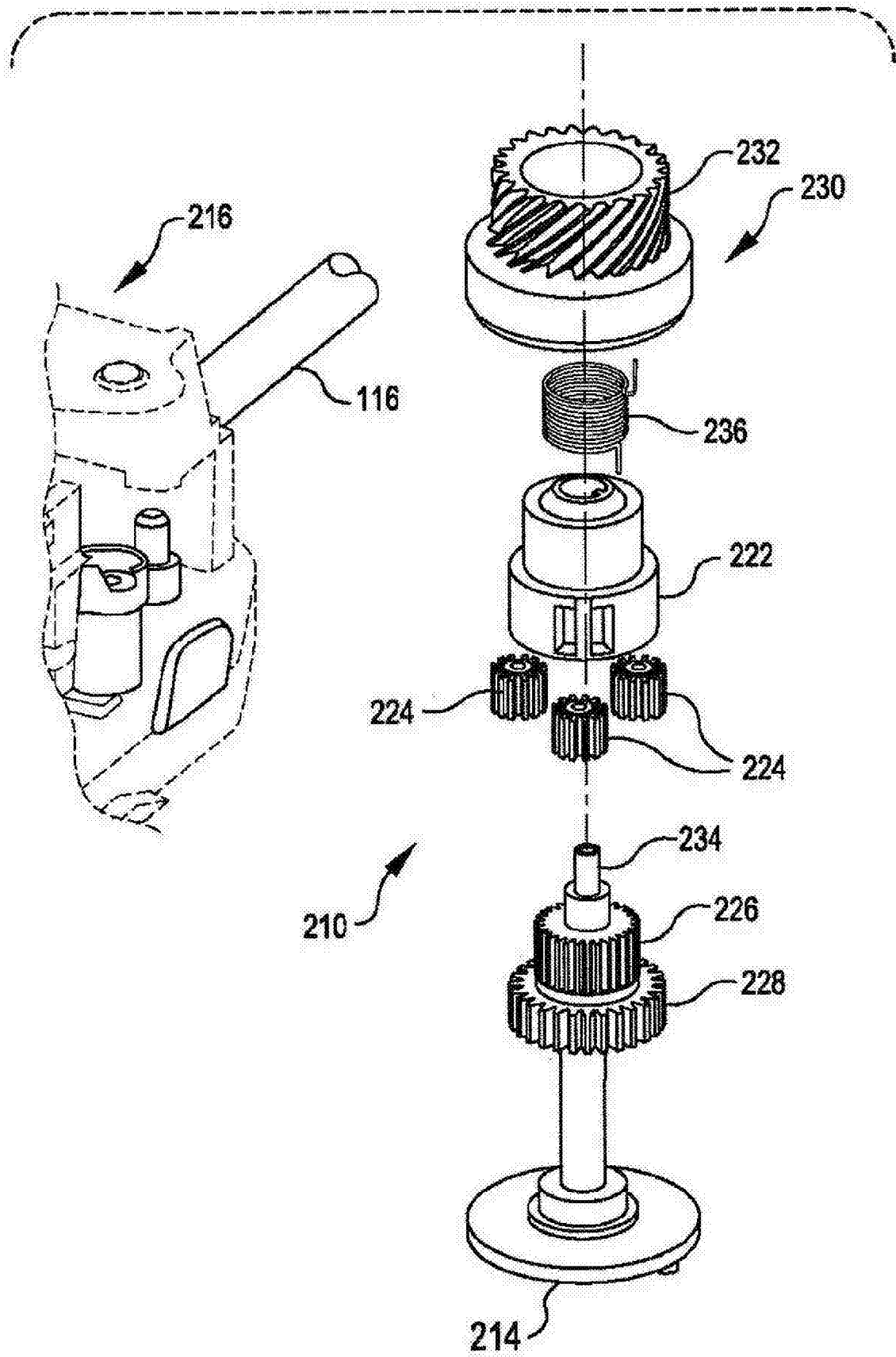


图 17

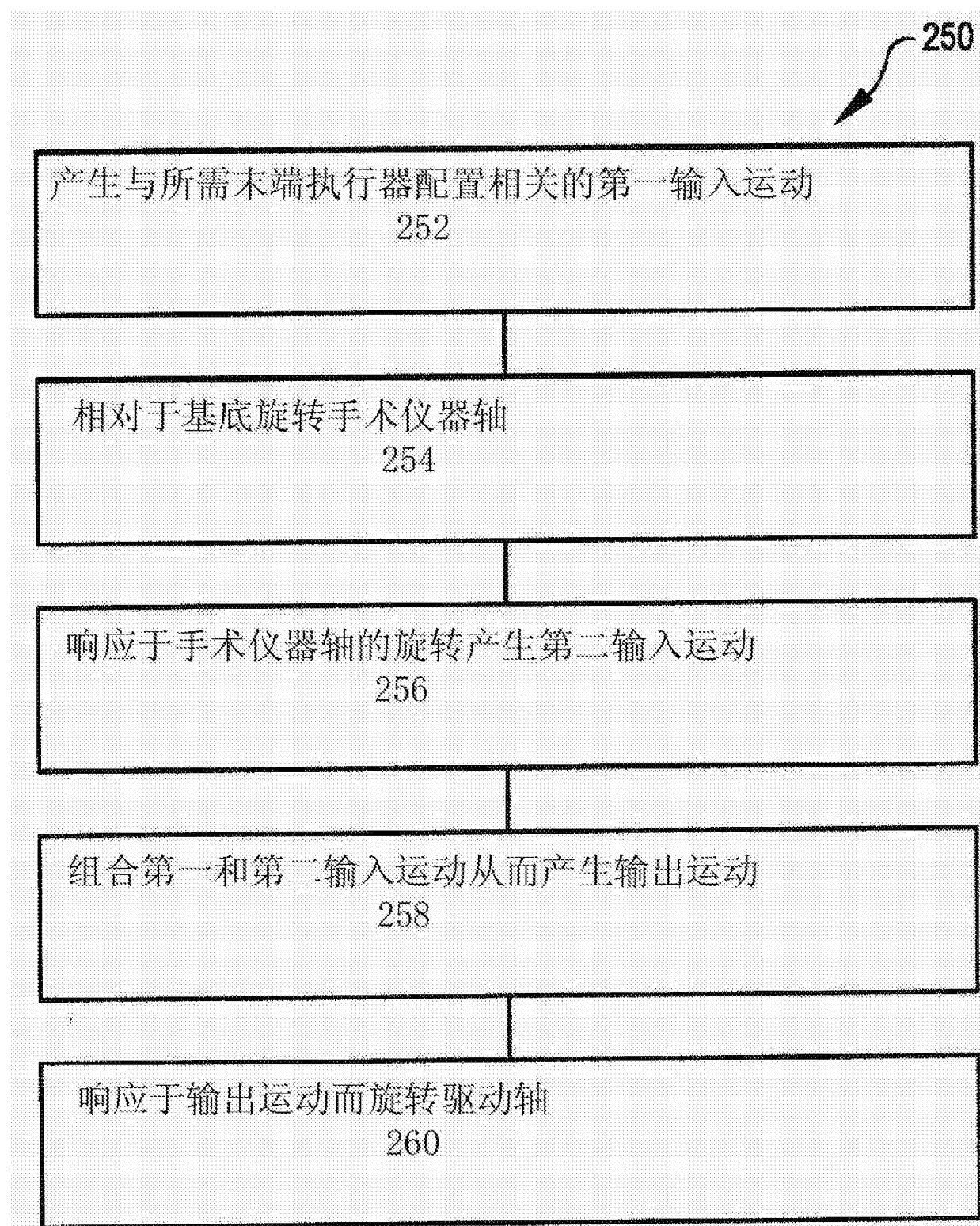


图 18

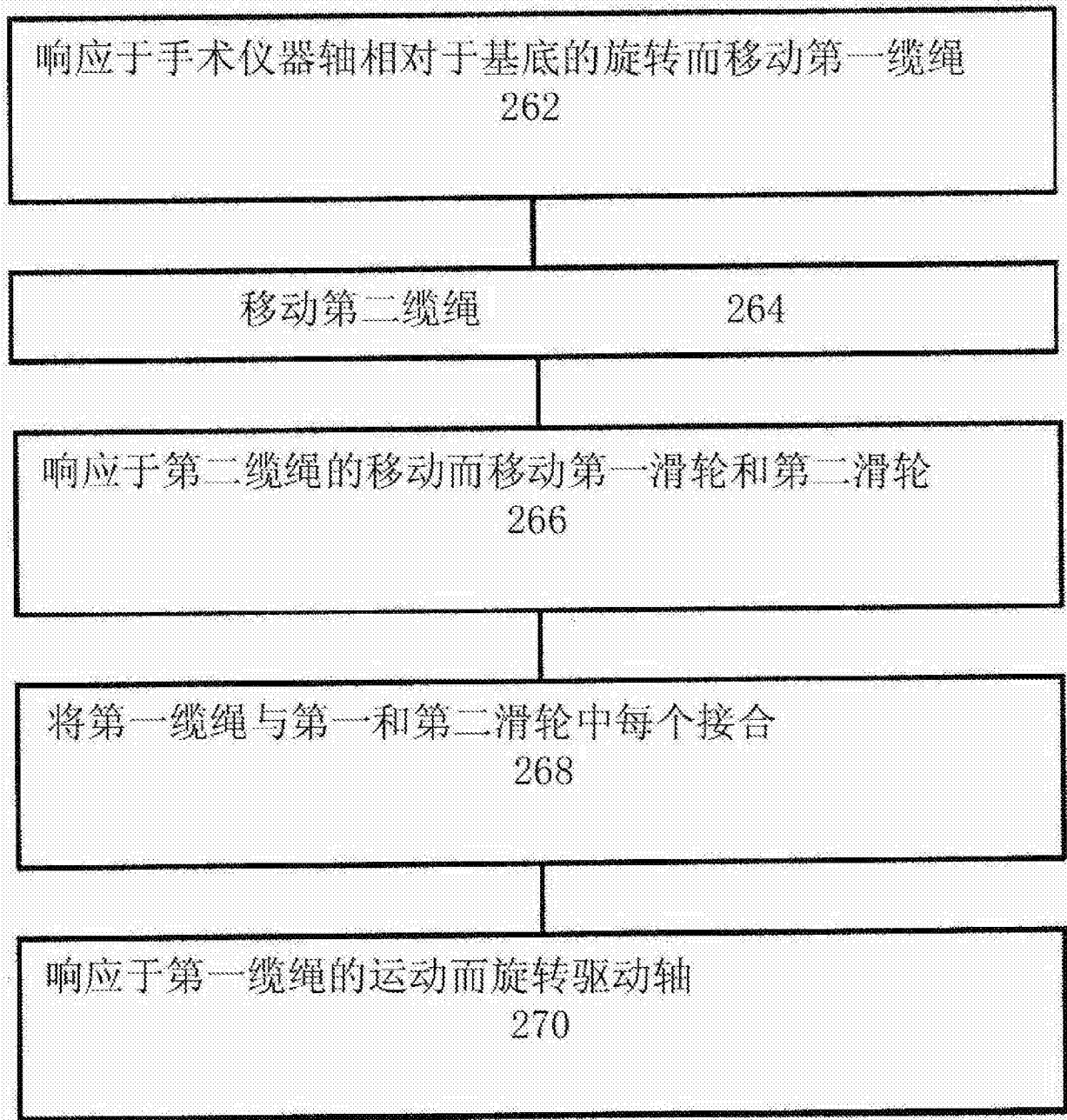


图 19

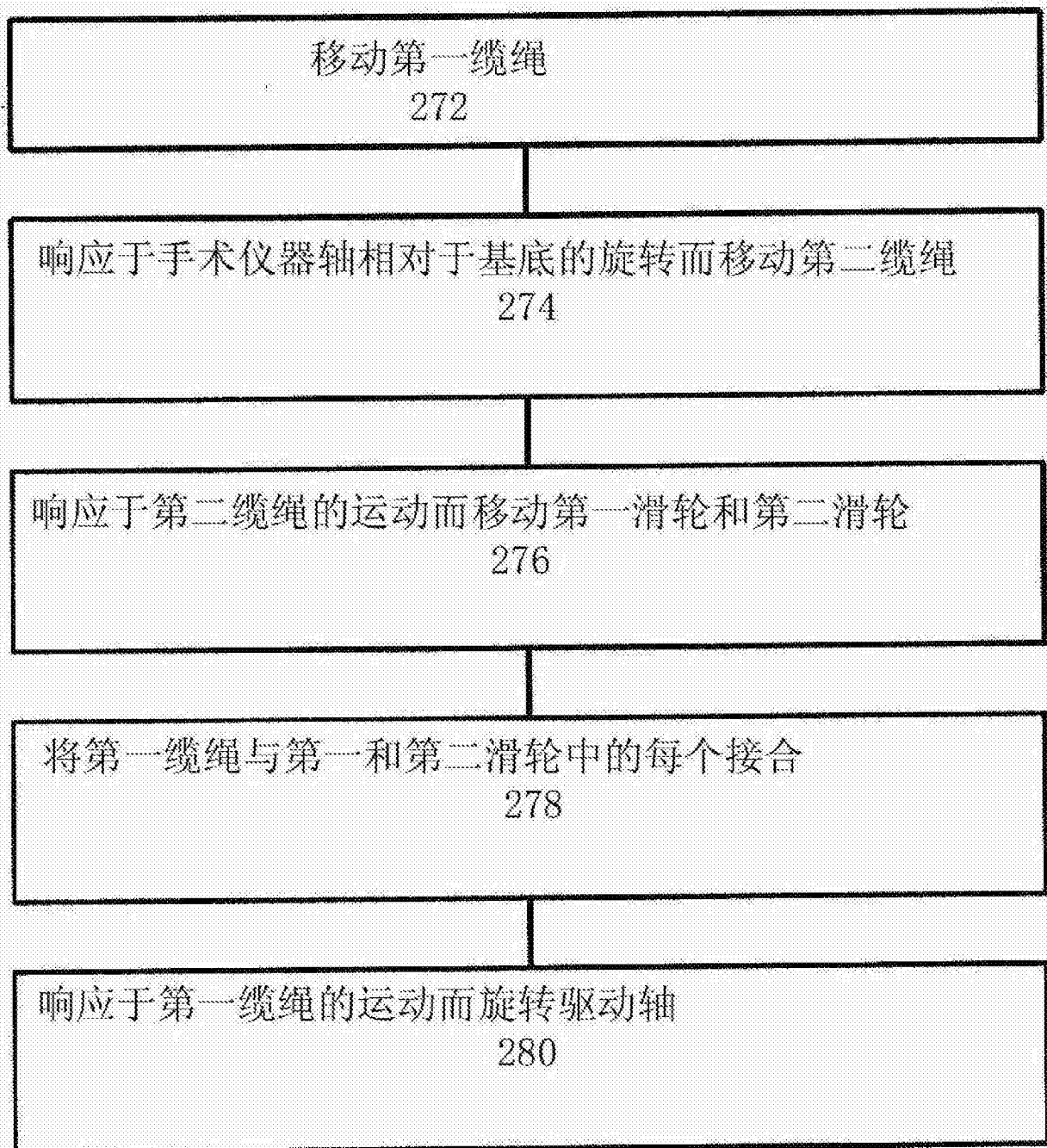


图 20

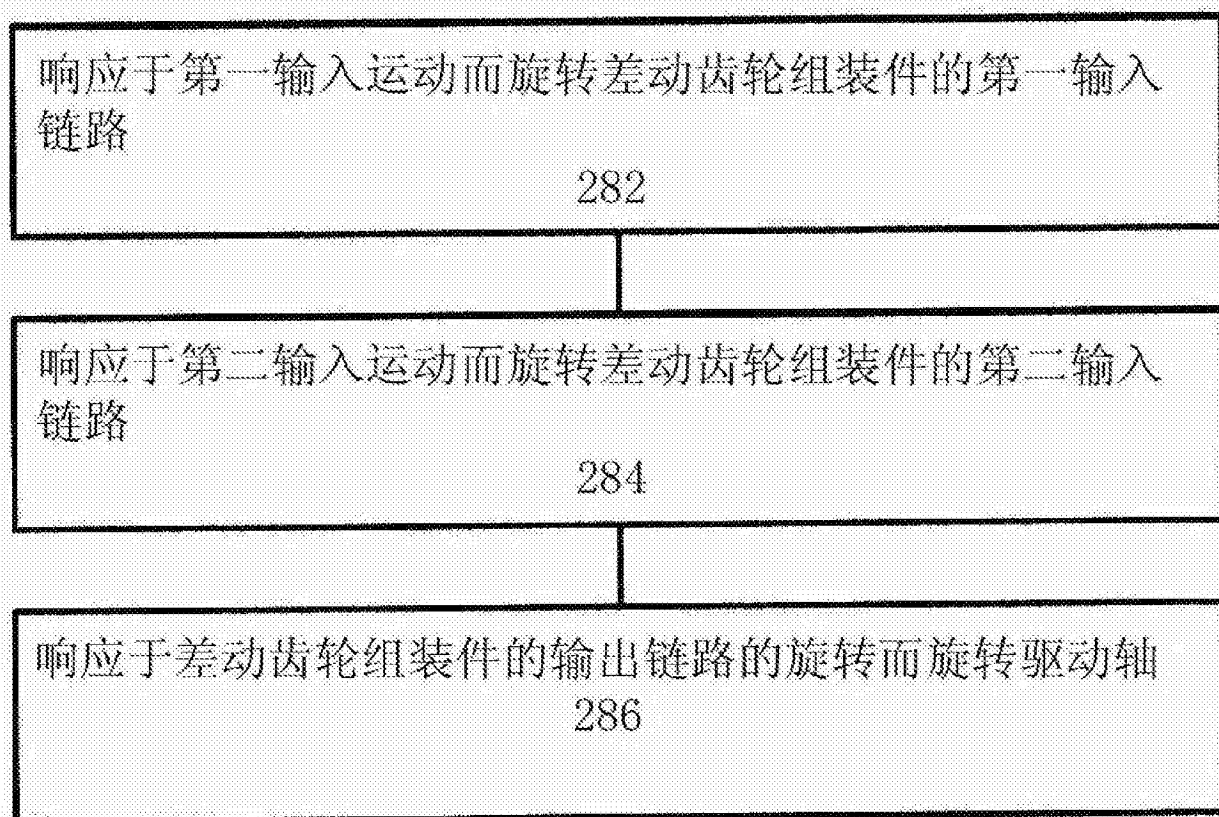


图 21

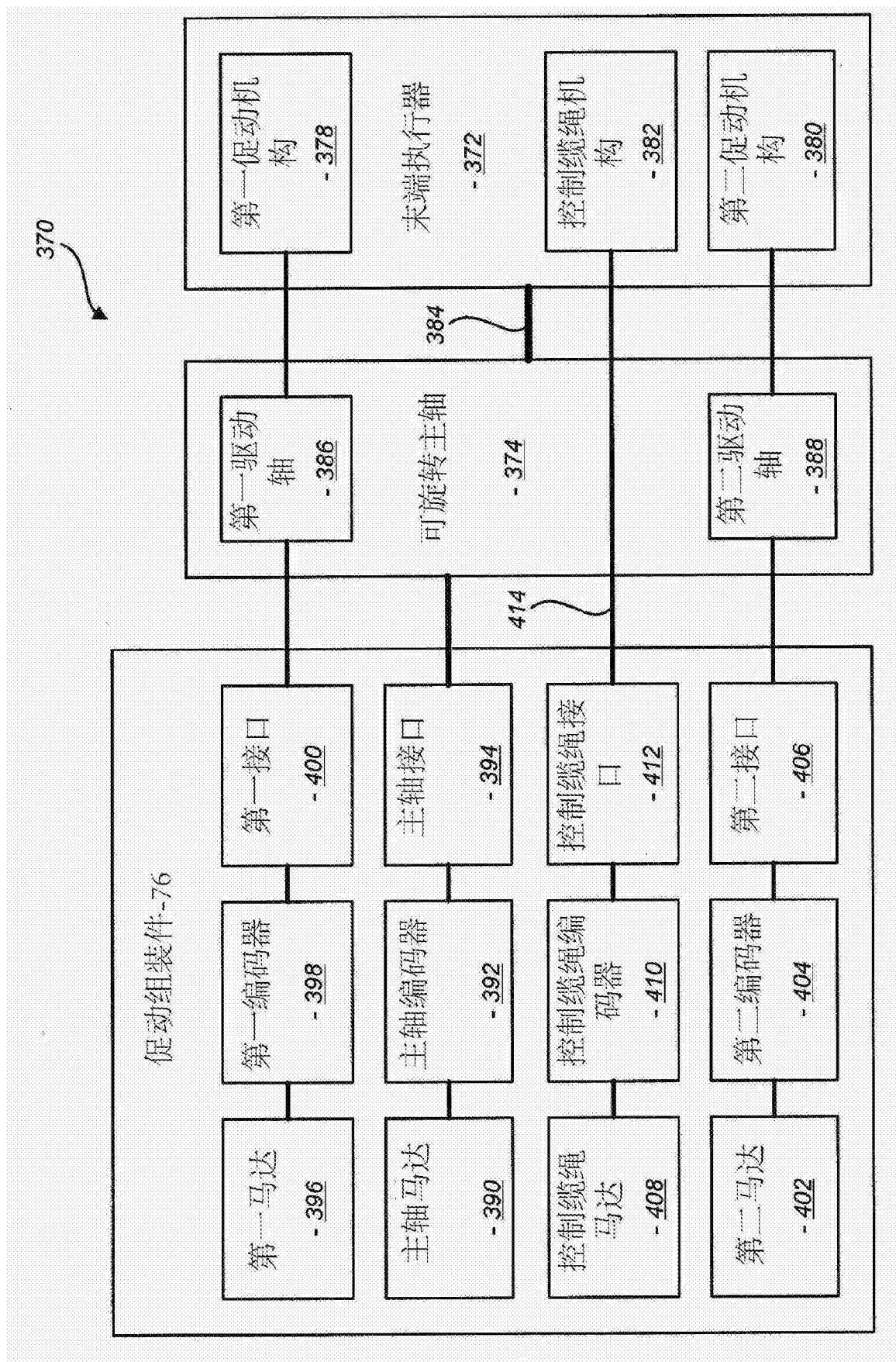


图 22

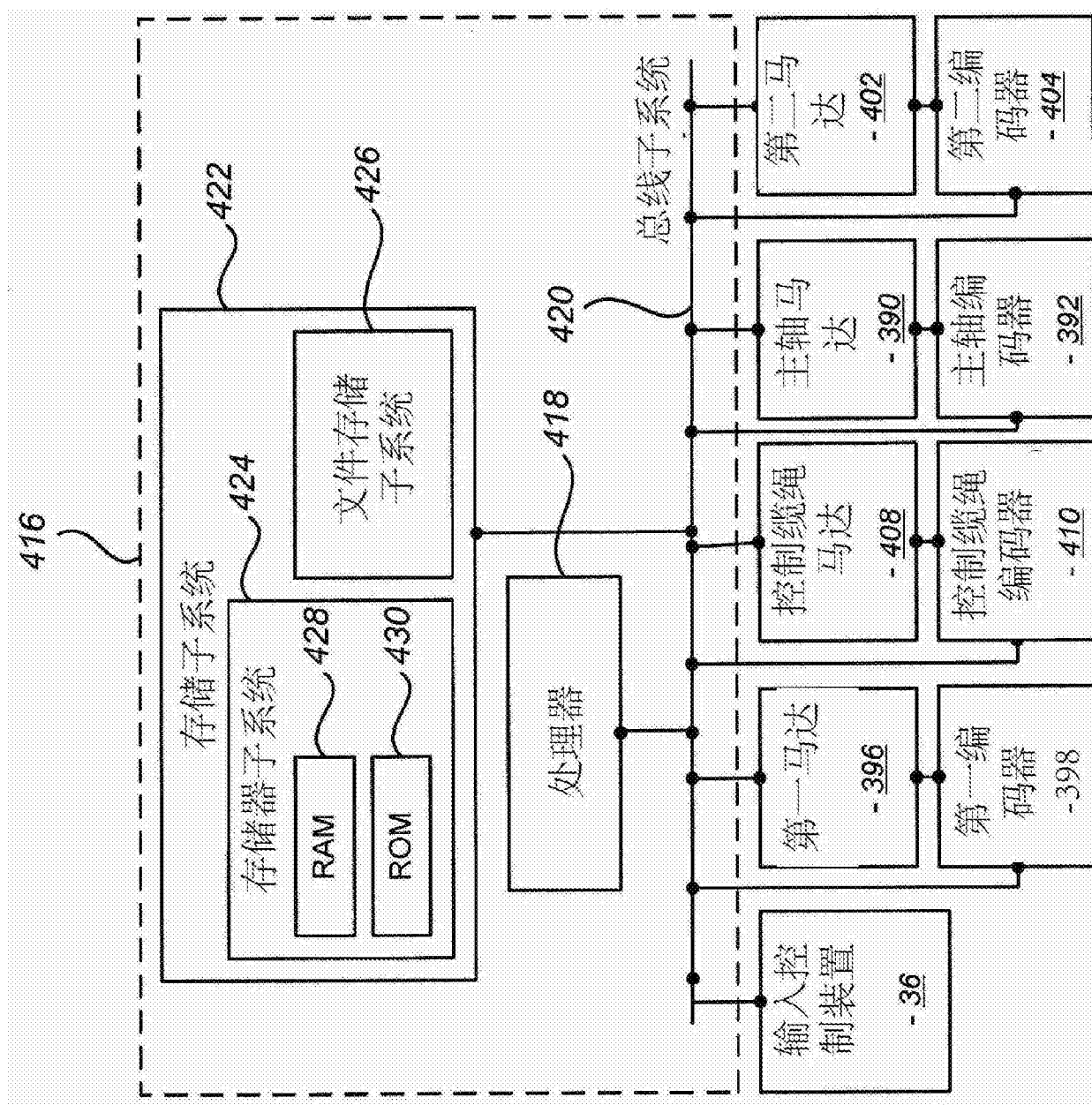


图 23

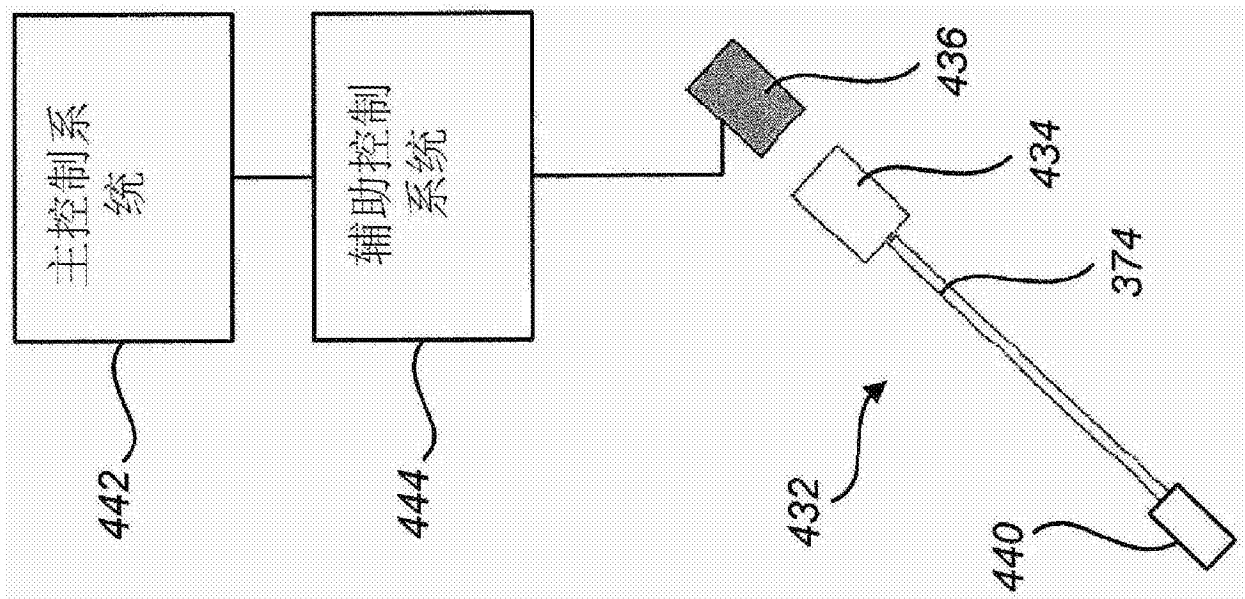


图 24

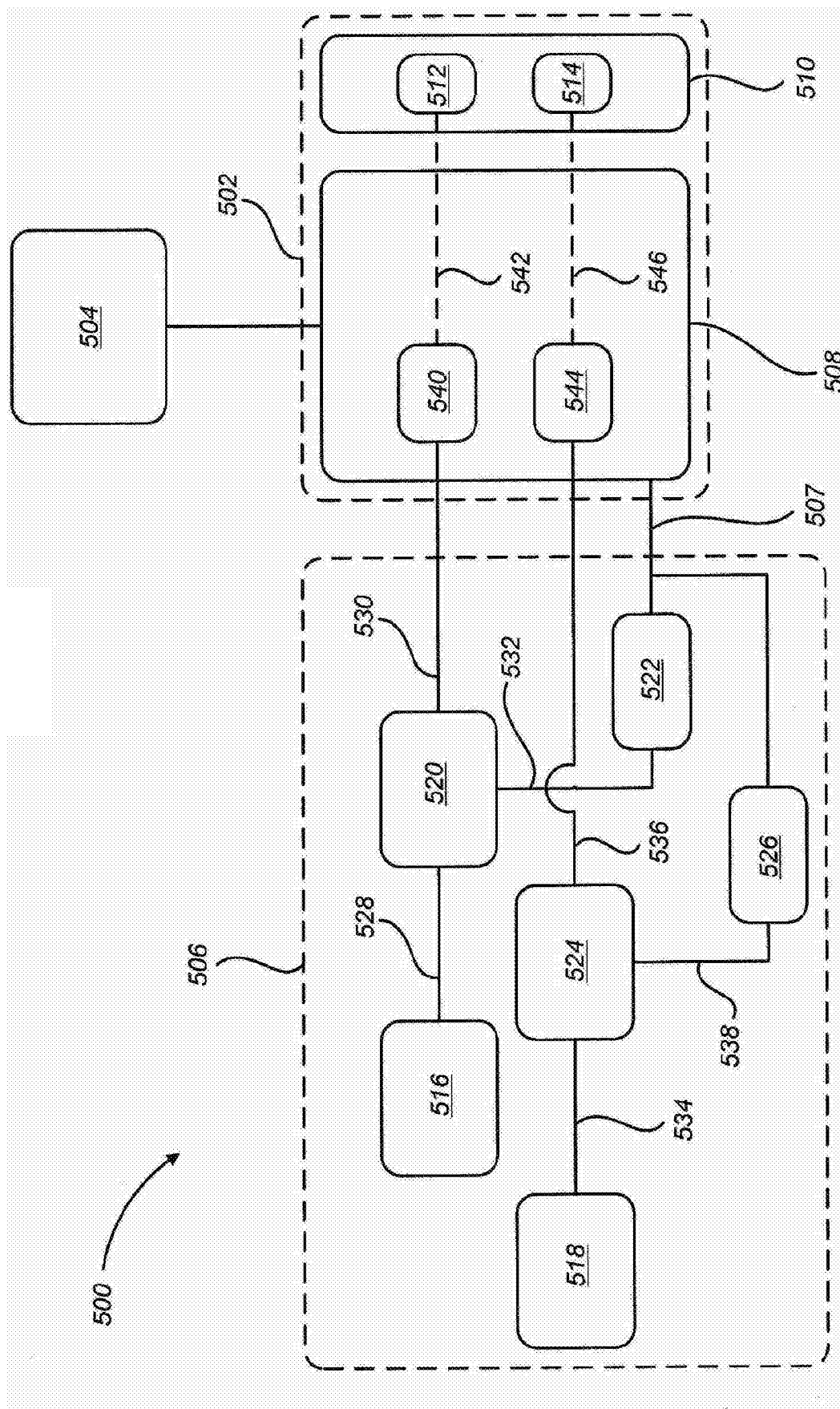


图 25

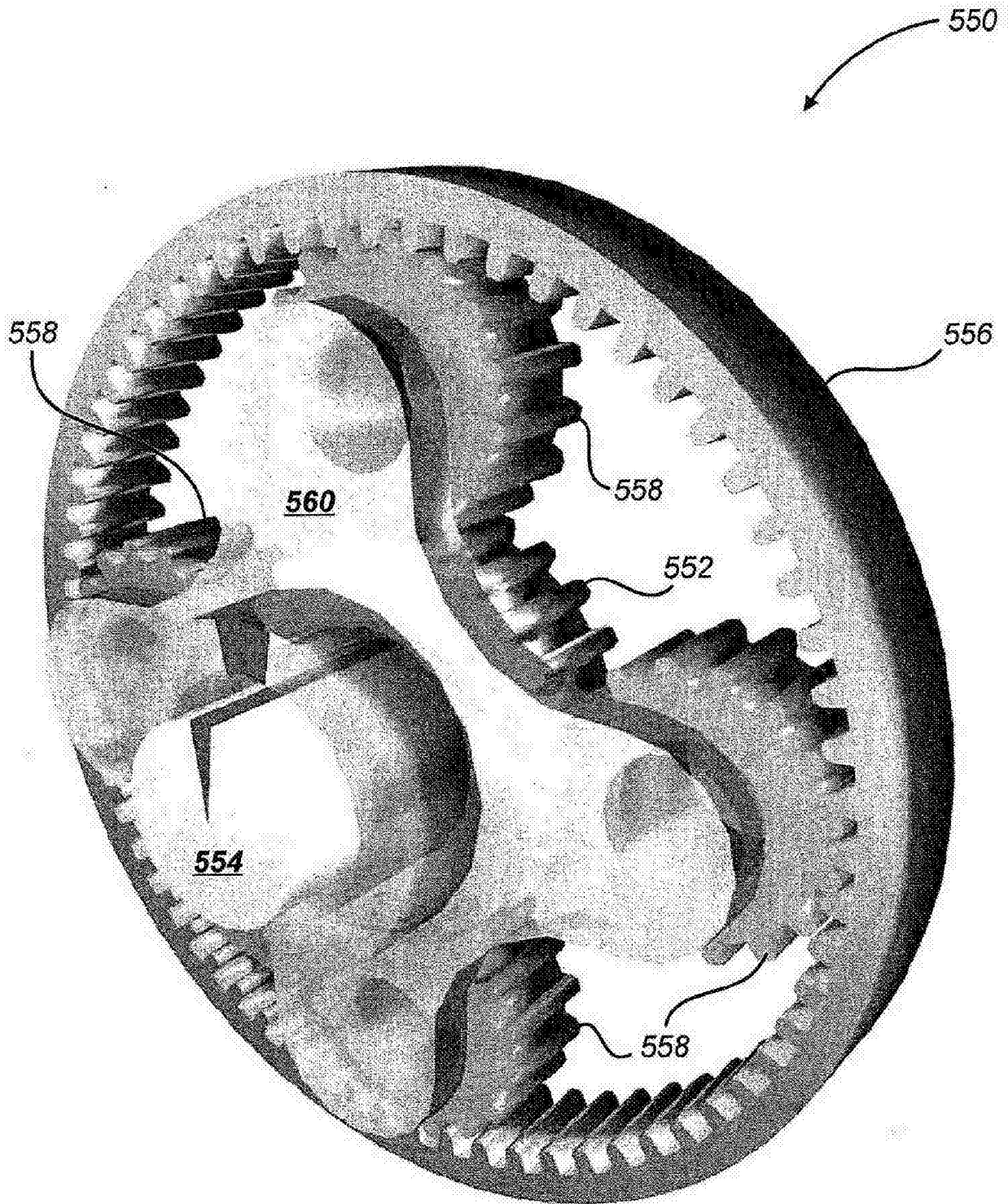
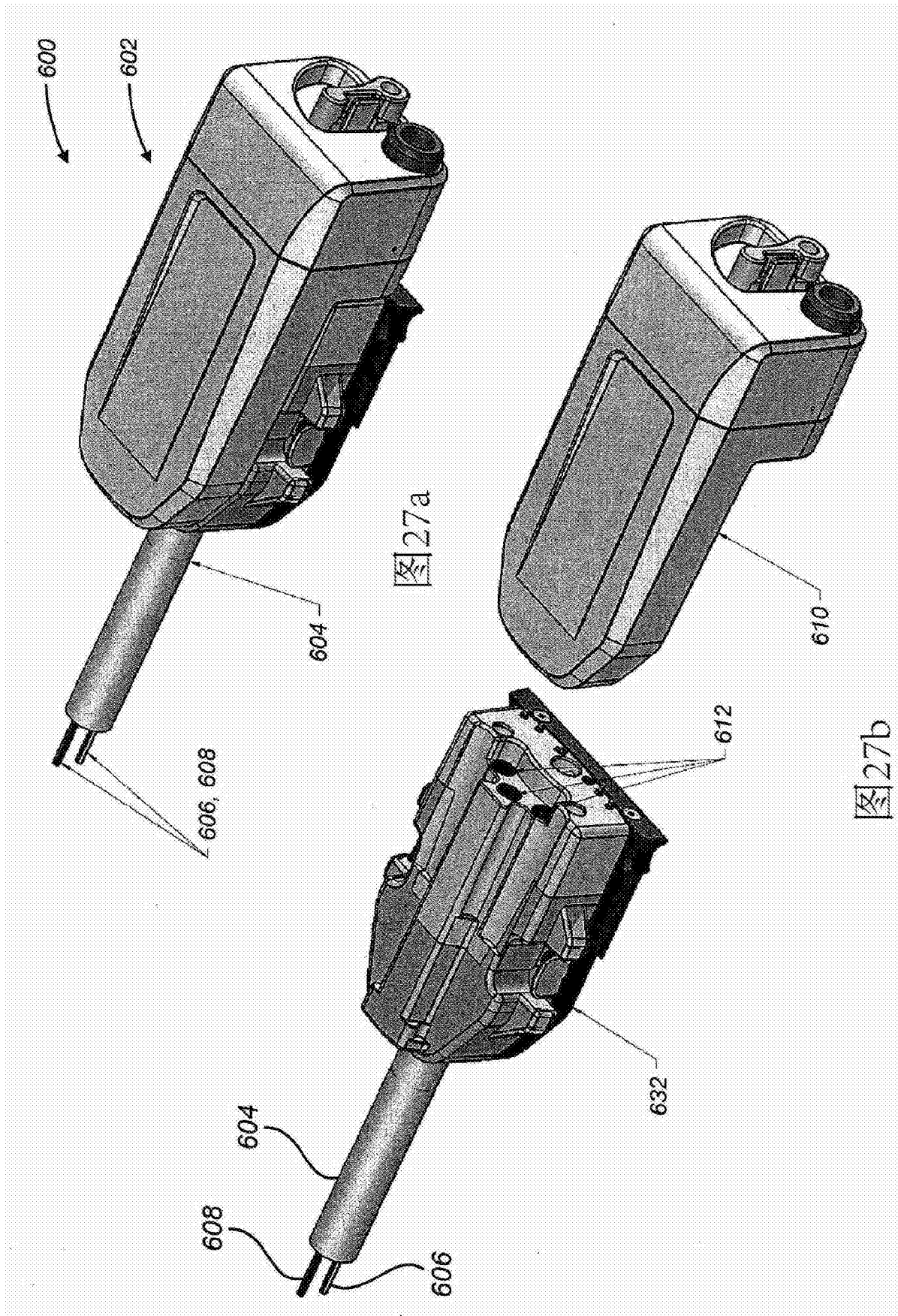
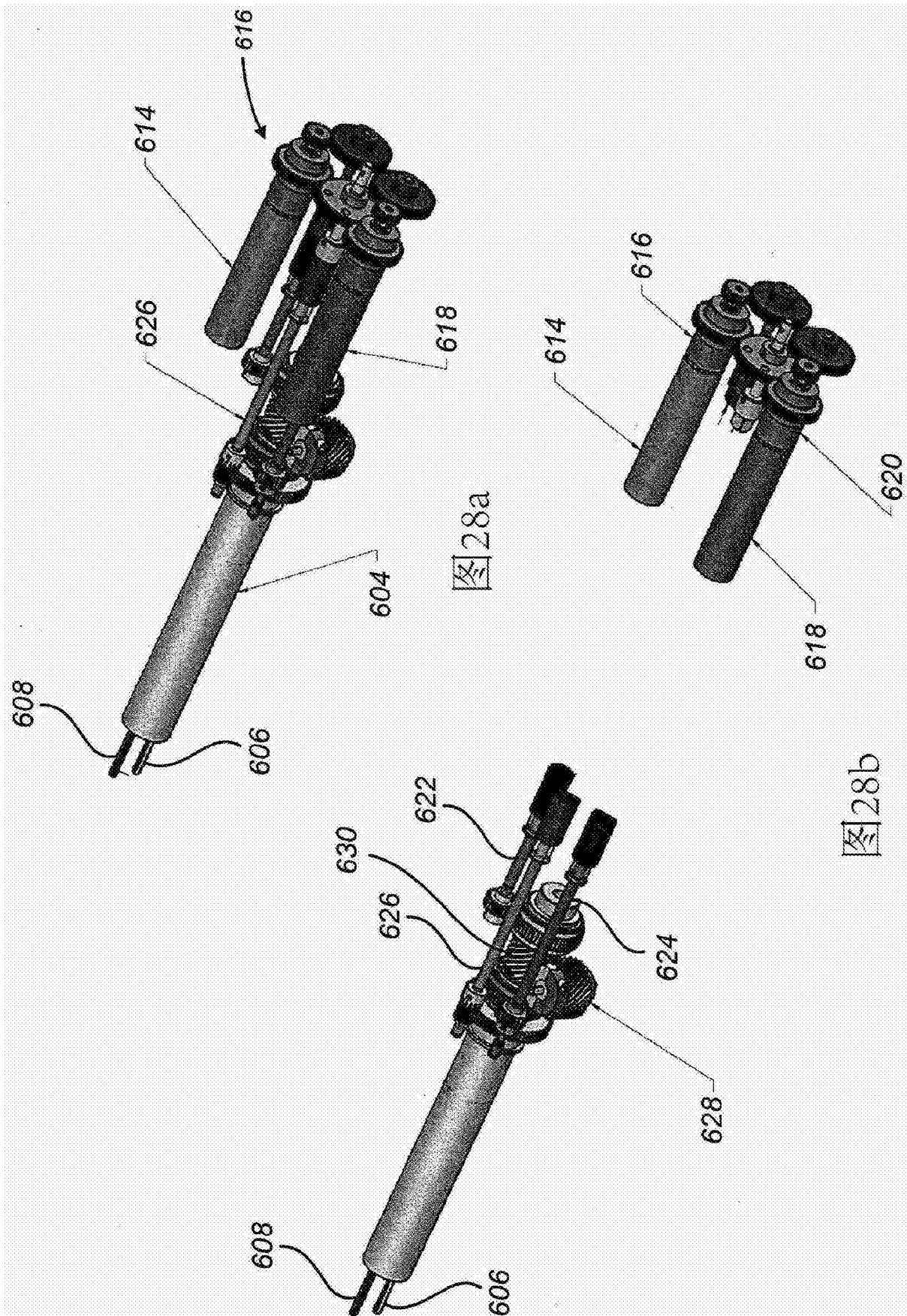
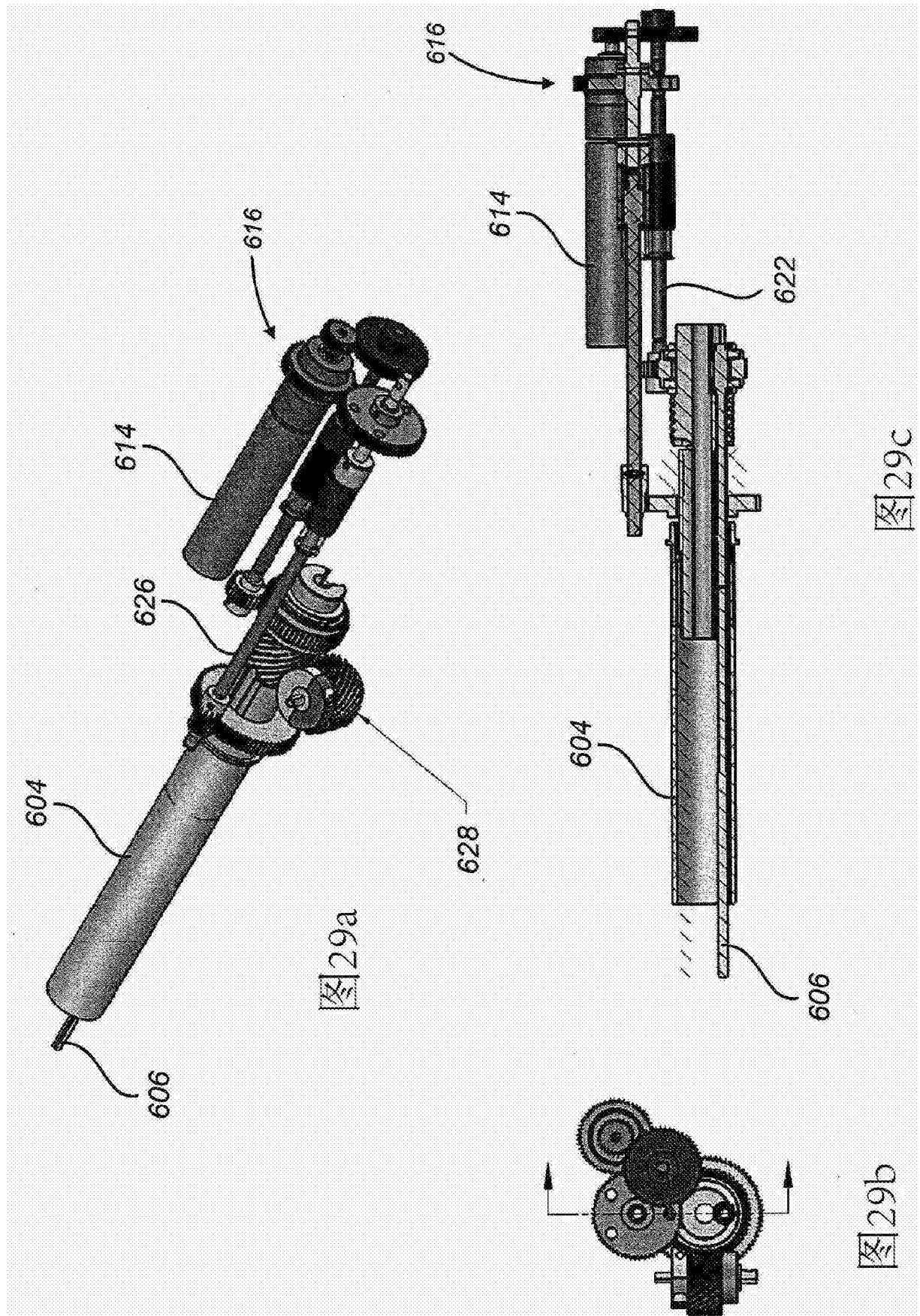


图 26







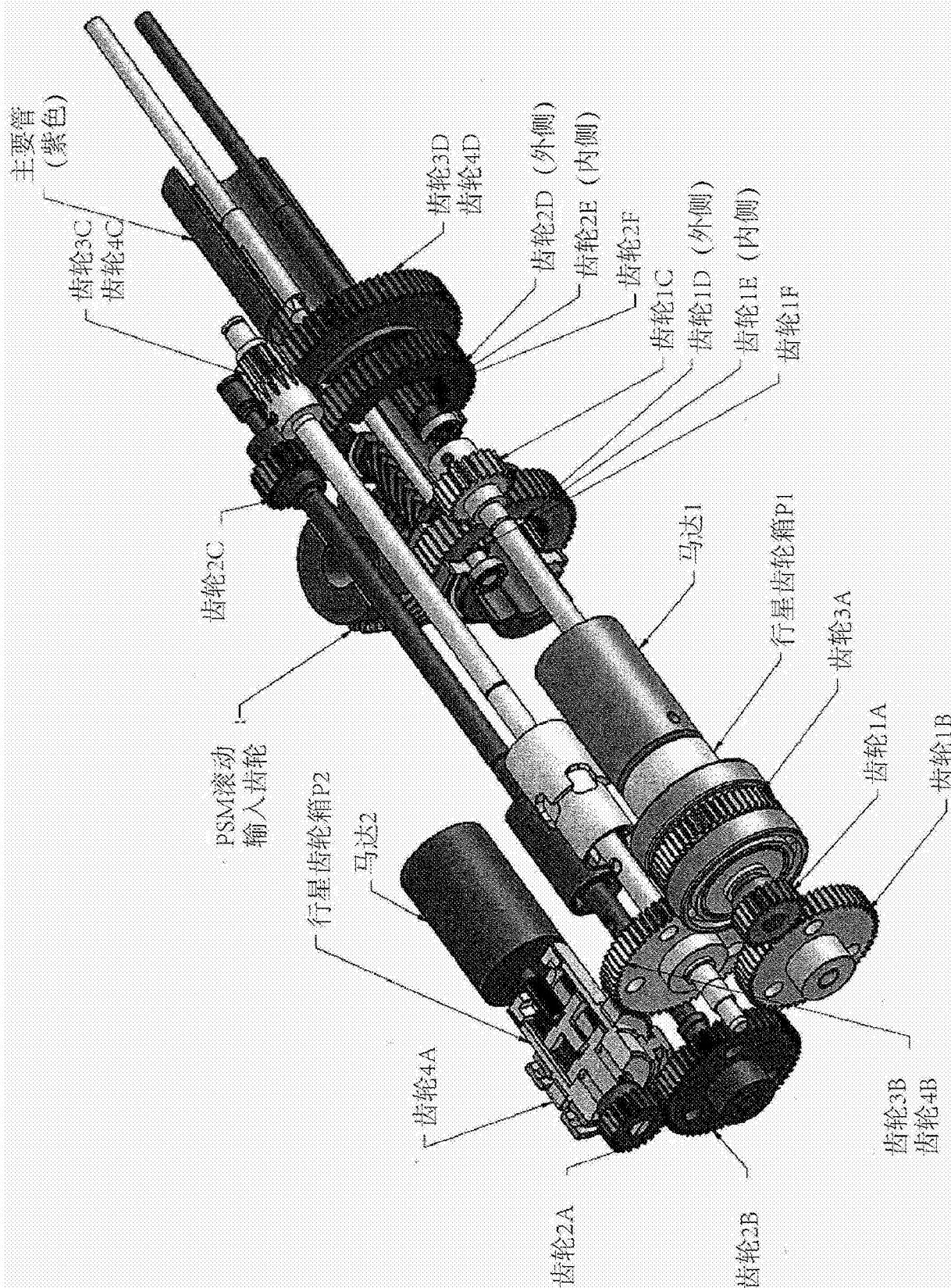


图 30

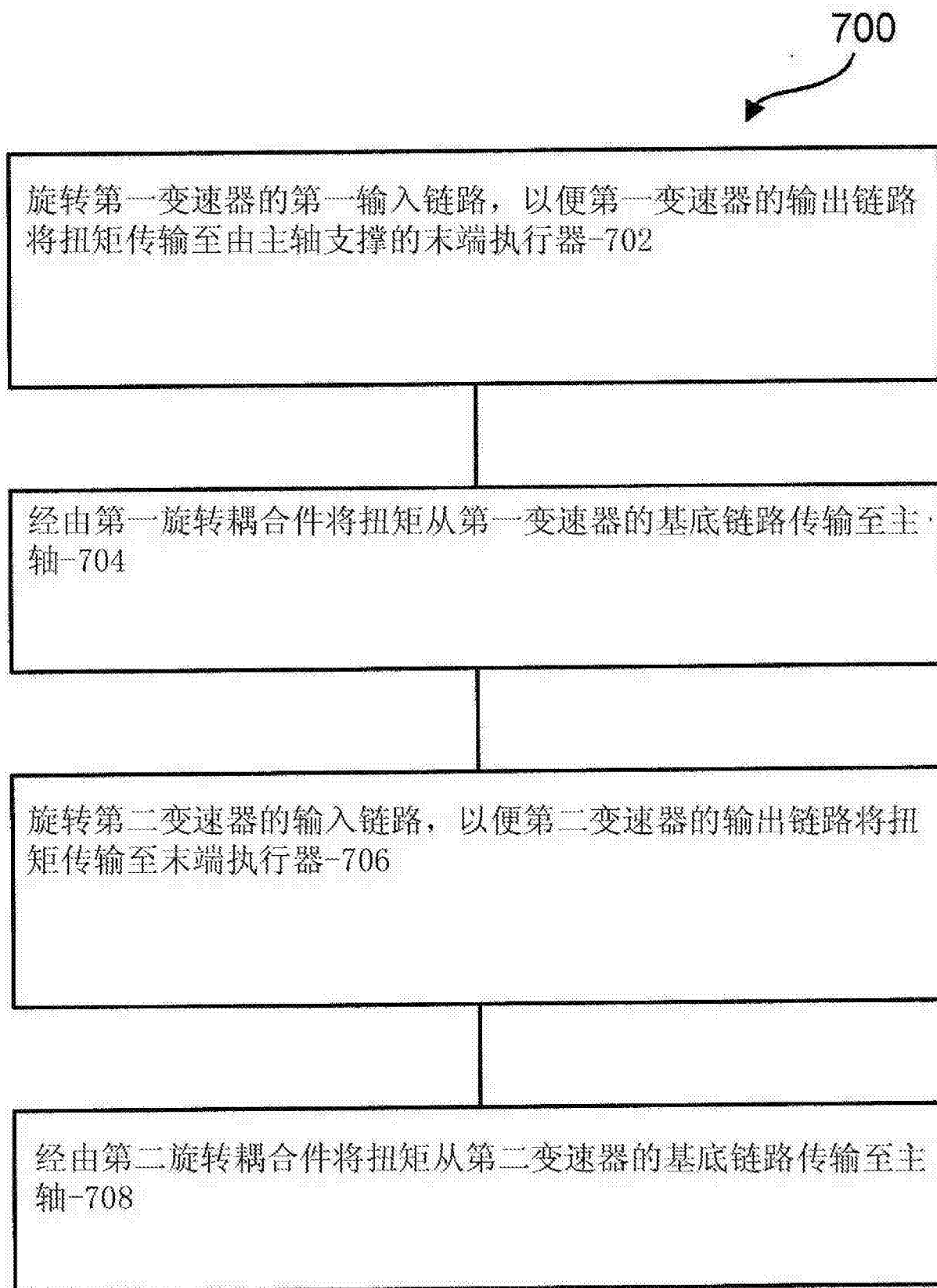


图 31