



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114375183 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 19

(21) 申请号 202080063792.0

(22) 申请日 2020.07.15

(30) 优先权数据

62/874,107 2019.07.15 US

63/015,184 2020.04.24 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.03.11

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/042128 2020.07.15

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/011646 EN 2021.01.21

(71) 申请人 史赛克公司
地址 美国密歇根州

(72) 发明人 T·J·博宗 S·J·里森纳
J·蒂默

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

代理人 王丽军

(51) Int.Cl.
A61B 34/30 (2016.01)
A61B 34/20 (2016.01)
A61B 90/00 (2016.01)

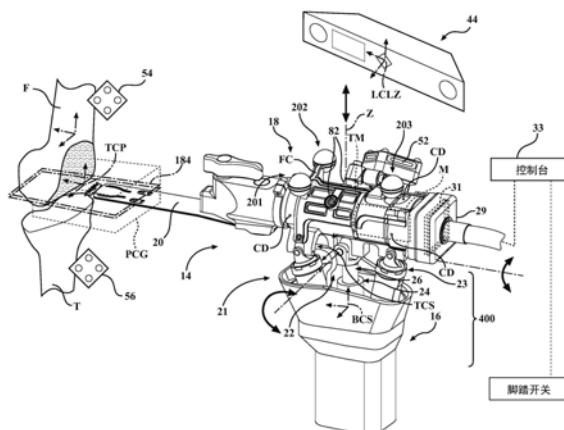
权利要求书21页 说明书60页 附图84页

(54) 发明名称

机器人手持式外科器械系统和方法

(57) 摘要

提供了一种包括用于与刀具一起使用的机器人器械的系统。在一些形式中,机器人器械包括用于由用户保持的手持部分和可移动地联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件。多个致动器将刀具支撑件和手持部分操作地互连以使刀具支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动。可选的约束组件可以操作地互连刀具支撑件和手持部分,以约束刀具支撑件相对于手持部分在三个自由度上的移动。引导阵列帮助用户定位刀具和/或器械的部分。



1. 一种用于与刀具一起使用以执行手术的手持式机器人器械,所述机器人器械包括:
用于由用户保持的手持部分;
刀具支撑件,其被可移动地联接到所述手持部分以支撑所述刀具;
多个致动器,其使刀具支撑件和手持部分操作地互连以使刀具支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动,所述多个致动器中每一个致动器的有效长度都是可主动调节的;和
约束组件,其具有使刀具支撑件和手持部分操作地互连的被动连杆机构,所述被动连杆机构以被配置用于约束刀具支撑件相对于手持部分在三个自由度上的移动的方式联接到刀具支撑件和手持部分。
2. 根据权利要求1所述的机器人器械,其中,所述被动连杆机构独立于所述多个致动器使刀具支撑件和手持部分操作地互连,所述被动连杆机构的有效长度是可被动调节的。
3. 根据任一项前述权利要求所述的机器人器械,其中,所述约束组件包括将所述被动连杆机构联接到刀具支撑件的被动连杆机构接头。
4. 根据权利要求3所述的机器人器械,其中,所述被动连杆机构接头包括被动连杆机构U形接头或被动连杆机构球形接头。
5. 根据权利要求3或4中任一项所述的机器人器械,其中,所述被动连杆机构包括轴和被配置用于沿约束轴线接收轴的套筒,所述被动连杆机构被配置用于允许轴相对于套筒沿约束轴线轴向地滑动并且被配置用于在所述多个致动器中的一个或多个致动器的致动期间约束轴相对于约束轴线的径向移动。
6. 根据权利要求5所述的机器人器械,其中,所述被动连杆机构包括键,以用于约束轴相对于套筒围绕约束轴线的转动。
7. 根据权利要求5或6中任一项所述的机器人器械,其中,所述多个致动器中的每一个致动器沿活动轴线布置,所述活动轴线被配置为相对于约束轴线以倾斜配置布置。
8. 根据权利要求4-7中任一项所述的机器人器械,包括将所述多个致动器联接到刀具支撑件的多个第一活动接头。
9. 根据权利要求8所述的机器人器械,其中,所述多个第一活动接头中的每一个第一活动接头包括活动U形接头或活动球形接头。
10. 根据权利要求9所述的机器人器械,其中,所述第一活动接头和所述被动连杆机构接头限定设置在公共平面上的平行的枢转轴线。
11. 根据权利要求10所述的机器人器械,其中,所述刀具支撑件包括刀具连接器,所述刀具连接器被布置成使得当刀具被可拆卸地联接到刀具支撑件时所述刀具位于平行于公共平面的刀具平面上。
12. 根据权利要求11所述的机器人器械,其中,所述刀具平面与所述公共平面间隔开1.0英寸或更小。
13. 根据权利要求9-12中任一项所述的机器人器械,包括将所述多个致动器中的两个致动器联接到手持部分的第二活动接头和将所述多个致动器中的一个致动器联接到手持部分的第三活动接头。
14. 根据权利要求13所述的机器人器械,其中,所述第二活动接头中的每一个第二活动接头包括被布置成相对于手持部分围绕旋转轴线旋转的旋转枢,并且第三活动接头包括被固定到手持部分的枢转外壳。

15. 根据权利要求14所述的机器人器械, 其中, 所述第二活动接头中的每一个第二活动接头包括枢转地联接到所述旋转枢之一的载架, 并且所述第三活动接头包括枢转地联接到所述枢转外壳的载架。

16. 根据权利要求15所述的机器人器械, 其中, 所述载架中的每一个载架包括耳轴。

17. 根据权利要求15或16中任一项所述的机器人器械, 其中, 所述多个致动器中的每一个致动器包括导螺杆, 所述载架被配置用于可螺纹地接收导螺杆, 使得所述导螺杆中的每一个导螺杆能够相对于所述载架中的相应一个载架转动以调节所述多个致动器中的相应一个致动器的有效长度。

18. 根据权利要求17所述的机器人器械, 其中, 所述多个致动器中的每一个致动器包括具有被固定到所述导螺杆中的一个导螺杆的转子的电机, 并且所述多个致动器中的每一个致动器包括外壳, 所述转子被配置用于相对于所述外壳转动。

19. 根据权利要求17或18中任一项所述的机器人器械, 包括被固定到所述导螺杆的止动件, 所述止动件的尺寸被设置成在导螺杆的行进的末端抵接所述载架。

20. 根据权利要求18或19中任一项所述的机器人器械, 其中, 所述外壳中的每一个外壳和对应的载架被在第一自由度上约束了相对移动, 以允许导螺杆相对于载架转动。

21. 根据权利要求18-20中任一项所述的机器人器械, 其中, 所述第一活动接头中的每一个第一活动接头都包括从所述外壳中的相应一个外壳延伸的枢转枢。

22. 根据任一项前述权利要求所述的机器人器械, 其中, 所述多个致动器包括有效长度沿第一活动轴线可调节的第一致动器、有效长度沿第二活动轴线可调节的第二致动器、和有效长度沿第三活动轴线可调节的第三致动器。

23. 根据权利要求22所述的机器人器械, 其中, 所述被动连杆机构的有效长度沿约束轴线是可调节的, 在所述多个致动器的整个致动过程中所述约束轴线和所述第三活动轴线沿中心平面共面。

24. 根据权利要求22-23中任一项所述的机器人器械, 其中, 所述致动器被枢转地联接到刀具支撑件并且被枢转地联接到手持部分, 使得所述致动器在致动过程中能够相对于刀具支撑件和手持部分枢转。

25. 根据权利要求22-24中任一项所述的机器人器械, 其中, 所述第一、第二和第三致动器的有效长度是可独立调节的, 以调节刀具支撑件相对于手持部分的摇摆定向、俯仰定向和平移位置中的一个或多个。

26. 根据任一项前述权利要求所述的机器人器械, 其中, 所述刀具支撑件包括用于驱动刀具的运动的电机。

27. 根据权利要求26所述的机器人器械, 其中, 所述刀具支撑件包括被联接到电机的传动装置, 用于将来自电机的旋转运动转换为刀具的摆动运动。

28. 根据任一项前述权利要求所述的机器人器械, 其中, 所述机器人器械的重量小于6磅。

29. 根据权利要求28所述的机器人器械, 其中, 所述手持部分被配置用于由用户抓握和手动支撑。

30. 一种用于与锯片一起使用以执行手术的手持式机器人器械, 所述机器人器械包括: 用于由用户保持的手持部分;

刀片支撑件,其被可移动地联接到所述手持部分以支撑所述锯片;

多个致动器,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动;

约束组件,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以约束刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上的移动;和

控制器,其被耦合到所述多个致动器以控制所述多个致动器的调节从而沿着一平面保持锯片。

31. 根据权利要求30所述的机器人器械,其中,所述多个致动器包括有效长度沿第一活动轴线可调节的第一致动器、有效长度沿第二活动轴线可调节的第二致动器、有效长度沿第三活动轴线可调节的第三致动器、以及有效长度沿约束轴线可调节的被动连杆机构。

32. 根据权利要求31所述的机器人器械,其中,所述第一、第二和第三致动器的有效长度是可独立调节的,以调节刀片支撑件相对于手持部分的摇摆定向、俯仰定向和平移位置中的一个或多个。

33. 根据权利要求31-32中任一项所述的机器人器械,其中,所述控制器被配置用于控制所述致动器以使其返回到在所述致动器的有效长度的最小值和最大值之间的初始位置。

34. 根据权利要求30-33中任一项所述的机器人器械,其中,所述控制器被配置用于控制刀片支撑件相对于手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置。

35. 根据权利要求30-34中任一项所述的机器人器械,其中,所述控制器包括被安装到刀片支撑件的控制外壳和位于控制外壳内部的控制板。

36. 根据权利要求35所述的机器人器械,其中,所述控制器包括与控制板进行数据和电力通信的远程控制台。

37. 根据权利要求30-36中任一项所述的机器人器械,其中,所述刀片支撑件包括用于驱动锯的运动的电机。

38. 根据权利要求37所述的机器人器械,其中,所述刀片支撑件包括被联接到电机的传动装置,用于将来自电机的旋转运动转换为锯的摆动运动。

39. 根据权利要求30-38中任一项所述的机器人器械,其中,所述手持部分包括用于被用户抓握的握把。

40. 根据权利要求39所述的机器人器械,其中,所述手持部分被配置用于由用户抓握和手动支撑。

41. 根据权利要求30-40中任一项所述的机器人器械,还包括跟踪器安装件,其被固定到刀片支撑件以可拆卸地接收导航跟踪器。

42. 根据权利要求30-41中任一项所述的机器人器械,还包括引导阵列,其被联接到所述器械并且是可控制的以向用户视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的一个或多个期望变化,以便实现期望的姿态。

43. 根据权利要求30-42中任一项所述的机器人器械,其中,所述机器人器械的重量小于6磅。

44. 一种用于与锯片一起使用以执行手术的手持式机器人系统,所述系统包括:

器械,所述器械包括:

用于由用户保持的手持部分;和

刀片支撑件,其被联接到所述手持部分以支撑所述锯片;

致动器组件,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动,所述致动器组件包括多个致动器;

包括多个视觉指示器的引导阵列,所述引导阵列被联接到所述器械并且是可控制的,以向用户视觉地指示所述手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的一个或多个期望变化,以便实现手持部分的期望姿态;和

控制器,其被配置用于控制所述多个致动器的调节以沿着期望的平面保持锯片,

所述控制器还被配置用于基于所述多个致动器中的一致动器的致动器信息来控制所述引导阵列,以在用户移动器械时视觉地指示俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的所述一个或多个期望变化。

45. 根据权利要求44所述的手持式机器人系统,其中,所述致动器信息选自包括下述的组:所述致动器的测量位置、所述致动器的先前命令位置、所述致动器的可用行进量、所述致动器的极限、所述致动器的先前测量位置、所述致动器的命令位置、所述致动器的模拟命令位置、或它们的组合。

46. 根据权利要求45所述的手持式机器人系统,其中,所述致动器信息包括所述致动器的可用行进量和所述致动器的命令位置。

47. 根据权利要求44-46中任一项所述的手持式机器人系统,其中,所述多个视觉指示器中的视觉指示器包括第一段和第二段,所述控制器被配置用于控制第一段和第二段的照明,使得第一段和第二段能够以不同的状态操作以指示手持部分的期望移动的方向。

48. 根据权利要求47所述的手持式机器人系统,其中,所述多个致动器包括第一致动器,其中所述控制器被配置用于基于与所述第一致动器有关的致动器信息来控制所述视觉指示器的第一段和第二段的照明,以向用户指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置中的一个或多个方面的一个或多个期望变化。

49. 根据权利要求46所述的手持式机器人系统,其中,所述多个视觉指示器中的每一个视觉指示器包括第一段和第二段,其中所述控制器被配置用于基于与所述多个致动器中的两个或更多个致动器有关的致动器信息来控制所述多个视觉指示器的第一段和第二段之一的照明,以指示用户改变手持部分的平移位置。

50. 根据权利要求46所述的手持式机器人系统,其中,所述多个视觉指示器中的每一个视觉指示器包括第一段和第二段,其中所述控制器被配置用于基于与所述多个致动器中的两个或更多个致动器有关的致动器信息来控制所述多个视觉指示器的第一段和第二段之一的照明,以指示用户改变手持部分的俯仰定向。

51. 根据权利要求46所述的手持式机器人系统,其中,所述多个视觉指示器中的每一个视觉指示器包括第一段和第二段,其中所述控制器被配置用于基于与所述多个致动器中的两个或更多个致动器有关的致动器信息来控制所述多个视觉指示器的第一段和第二段之一的照明,以指示用户改变手持部分的摇摆定向。

52. 根据权利要求47-51中任一项所述的手持式机器人系统,其中,所述第一段和所述第二段位于所述视觉指示器的中线的相反两侧,所述控制器被配置用于照亮所述第一段和第二段中的至少一者,以指示手持部分的期望移动的方向。

53. 根据权利要求47-52中任一项所述的手持式机器人系统,其中,所述第一段和所述

第二段彼此相邻定位。

54. 根据权利要求47-53中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述控制器被配置用于以开状态和关状态操作所述第一段和所述第二段中的每一个。

55. 根据权利要求47-53中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述第一段包括能够发射第一颜色的第一照明源, 并且所述第二段包括能够发射不同于所述第一颜色的第二颜色的第二照明源。

56. 根据权利要求44-55中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器包括第一视觉指示器和第二视觉指示器, 所述第一视觉指示器和所述第二视觉指示器中的每一个包括第一段和第二段, 第一视觉指示器的第一段与第二视觉指示器的第一段在公共平面中。

57. 根据权利要求44-47中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述控制器被配置用于以使用户能够在俯仰定向的期望变化、摇摆定向的期望变化和平移位置的期望变化之间进行区分的方式操作引导阵列。

58. 根据权利要求46-57中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个致动器包括第一致动器并且与所述多个致动器中的所述一个或多个致动器有关的致动器信息是所述第一致动器的命令位置, 其中所述多个视觉指示器包括被基于与所述多个致动器中的第一致动器有关的命令位置进行控制的第一视觉指示器。

59. 根据权利要求58所述的手持式机器人系统, 其中, 所述第一视觉指示器被配置用于当所述第一致动器处于第一命令位置时发射第一颜色并且当所述第一致动器处于第二命令位置时发射第二颜色, 所述第一命令位置不同于第二命令位置。

60. 根据权利要求46-57中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个致动器包括第一致动器并且与所述多个致动器中的所述一个或多个致动器有关的致动器信息是第一致动器的命令位置和第一致动器的可用行进量, 其中所述多个视觉指示器包括被基于第一致动器的命令位置和第一致动器的可用行进量进行控制的第一视觉指示器。

61. 根据权利要求60所述的手持式机器人系统, 其中, 所述第一视觉指示器被配置用于基于第一致动器的第一命令位置和第一致动器的可用行进量发射第一颜色, 基于第一致动器的第二命令位置和第一致动器的可用行进量发射第二颜色, 以及基于第一致动器的第三命令位置发射第三颜色, 其中第一命令位置不同于第二命令位置, 且第二命令位置不同于第三命令位置。

62. 根据权利要求44-61中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器中的每一个视觉指示器包括能够发射第一颜色的第一照明源和能够发射不同于所述第一颜色的第二颜色的第二照明源。

63. 根据权利要求44-61中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器中的每一个视觉指示器包括能够发射第一颜色的第一照明源, 能够发射不同于第一颜色的第二颜色的第二照明源, 以及能够发射不同于第一颜色和第二颜色的第三颜色的第三照明源。

64. 根据权利要求44-47中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述刀片支撑件限定中心平面, 所述多个视觉指示器包括第一和第二视觉指示器, 并且所述第一和第二视觉指示器在所述中心平面的相反两侧上从所述中心平面偏置。

65. 根据权利要求64所述的手持式机器人系统, 其中, 所述刀片支撑件限定垂直于所述中心平面的平面, 所述多个视觉指示器包括第一和第二视觉指示器以及第三视觉指示器, 所述第一和第二视觉指示器中的至少一个位于垂直于所述中心平面的所述平面的一侧并且所述第三视觉指示器位于所述垂直平面的相反侧。

66. 根据权利要求44-47中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器包括第一视觉指示器、第二视觉指示器和第三视觉指示器, 所述第一视觉指示器、第二视觉指示器和第三视觉指示器中的每一个包括第一段和第二段, 所述第一视觉指示器的第一段与第二视觉指示器的第一段并且与第三视觉指示器的第一段在公共平面中。

67. 根据权利要求47所述的手持式机器人系统, 其中, 所述第一段和第二段被竖直地布置在第一轴线上, 所述第一轴线垂直于由所述刀片支撑件限定的平面。

68. 根据权利要求44-47中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器中的至少一个视觉指示器包括第一段和第二段, 所述控制器被配置用于控制所述第一段和第二段的照明, 使得所述第一段和第二段以不同的状态操作以指示手持部分的期望移动的方向。

69. 根据权利要求68所述的手持式机器人系统, 其中, 所述控制器被配置用于控制所述第一段和第二段的照明, 以向用户指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置中的一个或多个方面的一个或多个期望变化。

70. 根据权利要求46所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个致动器包括第一致动器和第二致动器并且与所述多个致动器中的所述至少一个致动器有关的致动器信息是第一致动器的第一命令位置和第二致动器的第一命令位置, 其中所述多个视觉指示器被基于第一致动器的第一命令位置和第二致动器的第一命令位置进行控制。

71. 根据权利要求70所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器中的至少一个视觉指示器被配置用于基于第一致动器和第二致动器中至少一个的第一命令位置发射第一颜色, 并且基于第一致动器和第二致动器中至少一个的第二命令位置发射第二颜色, 所述第一命令位置不同于所述第二命令位置。

72. 根据权利要求70所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个致动器包括第一致动器和第二致动器, 并且与所述多个致动器中的所述一个或多个致动器有关的致动器信息是第一致动器的命令位置和第一致动器的可用行进量和第二致动器的命令位置和第二致动器的可用行进量, 其中所述多个视觉指示器中的至少一个视觉指示器被基于第一致动器的命令位置和第一致动器的可用行进量和第二致动器的命令位置和第二致动器的可用行进量进行控制。

73. 根据权利要求70所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器中的至少一个视觉指示器被配置用于: 基于第一致动器的第一命令位置和第二致动器的第一命令位置和第一致动器的可用行进量和第二致动器的可用行进量来发射第一颜色, 基于第一致动器的第二命令位置并且基于第二致动器的第二命令位置来发射第二颜色, 以及基于第一致动器的第三命令位置和第二致动器的第三命令位置来发射第三颜色, 其中第一命令位置不同于第二命令位置, 第二命令位置不同于第三命令位置。

74. 根据权利要求44-47中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器包括三个视觉指示器, 所述三个视觉指示器布置在公共平面中。

75. 根据权利要求44-47中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器中的每一个视觉指示器包括上部和下部, 所述控制器被配置用于控制所述上部和下部的照明, 使得所述上部和下部以不同的状态操作来指示手持部分的期望移动的方向。

76. 根据权利要求75所述的手持式机器人系统, 其中, 所述控制器被配置用于基于所述命令位置和所述可用行进量来控制所述上部和下部的照明使所述上部和下部被以相同的状态操作。

77. 根据权利要求76所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器包括第一视觉指示器、第二视觉指示器和第三视觉指示器, 并且所述刀片支撑件限定中心平面, 其中所述第一视觉指示器和所述第二视觉指示器在所述中心平面的相反两侧上从中心平面偏置并且所述中心平面经过所述第三视觉指示器。

78. 根据权利要求76-77中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述控制器被配置用于控制上部和下部的照明, 以向用户指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置中的一个或多个方面的一个或多个期望变化。

79. 根据权利要求76-78中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述控制器被配置用于控制上部的照明使其以第一状态操作, 并且控制下部的照明使其以不同于第一状态的第二状态操作, 以指示用户改变手持部分的平移位置。

80. 根据权利要求76-79中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器包括第一视觉指示器、第二视觉指示器和第三视觉指示器, 并且所述控制器被配置用于控制第三视觉指示器的上部的照明使其以第一状态操作并且控制第一和第二视觉指示器的上部的照明使其以不同于第一状态的第二状态操作, 以指示用户改变手持部分的俯仰定向。

81. 根据权利要求76-79中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器包括第一视觉指示器、第二视觉指示器和第三视觉指示器, 并且所述控制器被配置用于控制第一视觉指示器的上部的照明使其以第一状态操作并且控制第二视觉指示器的上部的照明使其以不同于第一状态的第二状态操作, 以指示用户改变手持部分的摇摆定向。

82. 根据权利要求74-81中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器包括第一视觉指示器、第二视觉指示器和第三视觉指示器, 这些视觉指示器沿刀片支撑件布置使得所述第一和第二视觉指示器相对于所述第三视觉指示器位于远侧。

83. 根据权利要求74-82中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述多个视觉指示器中的每一个视觉指示器具有球形形状, 其具有能够以不同的状态操作的上半球形部分和下半球形部分。

84. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统, 所述系统包括:
器械, 所述器械包括:
用于由用户保持和支撑的手持部分;
刀片支撑件, 其被可移动地联接到所述手持部分以支撑所述锯片;
致动器组件, 其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面上, 所述致动器组件包括多个致动器; 和
视觉指示器, 用于指示手持部分的期望移动; 和

控制器,其被配置用于控制所述多个致动器的调节以沿所述期望的平面保持锯片,

所述控制器被配置用于基于与所述多个致动器中的一致动器有关的致动器信息来控制所述视觉指示器,以视觉地指示在俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化。

85. 根据权利要求84所述的手持式机器人系统,其中,所述致动器信息选自包括下述的组:所述致动器的测量位置、所述致动器的先前命令位置、所述致动器的可用行进量、致动器的极限、所述致动器的先前测量位置、所述致动器的命令位置、所述致动器的模拟命令位置、或它们的组合。

86. 根据权利要求85所述的手持式机器人系统,其中,所述致动器信息包括所述致动器的可用行进量和所述致动器的命令位置。

87. 根据权利要求84-86中任一项所述的手持式机器人系统,其中,所述控制器被配置用于以使用户能够在俯仰定向的期望变化、摇摆定向的期望变化和平移位置的期望变化之间进行区分的方式操作视觉指示器。

88. 根据权利要求85-86中任一项所述的手持式机器人系统,其中,与所述多个致动器中的所述一个或多个致动器有关的致动器信息是所述多个致动器中的第一致动器的命令位置,其中所述视觉指示器被基于所述第一致动器的命令位置进行控制。

89. 根据权利要求88所述的手持式机器人系统,其中,所述视觉指示器被配置用于基于所述第一致动器的第一命令位置输出第一指示并且基于所述第一致动器的第二命令位置输出第二指示,其中所述第一指示不同于第二指示,所述第一命令位置不同于第二命令位置。

90. 根据权利要求85所述的手持式机器人系统,其中,与所述致动器有关的致动器信息是所述多个致动器中的第一致动器的命令位置和所述第一致动器的可用行进量,其中所述视觉指示器被基于所述多个致动器中的第一致动器的命令位置和所述第一致动器的可用行进量进行控制。

91. 根据权利要求85所述的手持式机器人系统,其中,所述致动器信息是第一致动器的命令位置和第二致动器的命令位置,其中所述视觉指示器被基于所述第一致动器的命令位置和所述第二致动器的命令位置进行控制。

92. 根据权利要求91所述的手持式机器人系统,其中,所述视觉指示器被配置用于基于所述第一致动器和第二致动器的命令位置输出第一指示,并且基于所述第一致动器和第二致动器的第二命令位置输出第二指示,所述第一命令位置不同于第二命令位置。

93. 根据权利要求85所述的手持式机器人系统,其中,所述致动器信息是所述多个致动器中的第一致动器的第一命令位置和所述第一致动器的可用行进量以及所述多个致动器中的第二致动器的命令位置和所述第二致动器的可用行进量,其中所述视觉指示器被基于所述第一致动器和第二致动器的命令位置并且基于所述第一致动器的可用行进量和所述第二致动器的可用行进量进行控制。

94. 根据权利要求85-93中任一项所述的手持式机器人系统,还包括显示屏,所述显示屏被配置用于显示所述视觉指示器。

95. 根据权利要求94所述的手持式机器人系统,其中,所述显示屏被安装到所述刀片支撑件。

96. 根据权利要求84-95中任一项所述的手持式机器人系统,其中,所述机器人器械的

重量小于6磅。

97. 根据权利要求94-96中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述显示屏包括第一部分和第二部分, 所述第一部分包括第一视觉指示器并且所述第二部分包括第二视觉指示器。

98. 根据权利要求97所述的手持式机器人系统, 其中, 与所述多个致动器中的一个致动器有关的致动器信息是所述多个致动器中的第一致动器的命令位置和所述多个致动器中的第二致动器的命令位置, 其中所述第一和第二视觉指示器被基于所述第一致动器的命令位置和所述第二致动器的命令位置进行控制。

99. 根据权利要求98所述的手持式机器人系统, 其中, 与所述多个致动器中的一个致动器有关的致动器信息是所述多个致动器中的第一致动器的命令位置和第一致动器的可用行进量和第二致动器的命令位置和第二致动器的可用行进量, 其中第一和第二视觉指示器中的至少一个视觉指示器被基于所述多个致动器中的第一致动器的命令位置和第一致动器的可用行进量和所述多个致动器中的第二致动器的命令位置和第二致动器的可用行进量进行控制。

100. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统, 所述系统包括:

器械, 所述器械包括:

用于由用户保持的手持部分;

刀片支撑件, 其被联接到所述手持部分以支撑所述锯片;

致动器组件, 其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面中, 所述致动器组件包括多个致动器;

定位器, 其被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位;

控制器, 其被耦合到所述多个致动器以便以包括下述的多种模式控制所述器械的操作: 第一模式, 其中所述控制器自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器以将所述锯片相对于手持部分的姿态保持在一姿态中, 和第二模式, 其中所述控制器自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器使所述锯片相对于手持部分的姿态主动地朝向所述期望的平面移动, 并且所述控制器被配置用于基于所述锯片的位置和所述参考定位的位置自动地从第一模式切换到第二模式。

101. 根据权利要求100所述的手持式机器人系统, 还包括跟踪器安装件, 其被固定到所述刀片支撑件以可拆卸地接收导航跟踪器, 所述定位器被配置用于基于所述导航跟踪器的位置确定所述锯片的位置。

102. 根据权利要求100-101中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述刀片支撑件包括锯驱动电机和用于驱动所述锯片的摆动运动的传动装置。

103. 根据权利要求100-102中任一项所述的手持式机器人系统, 还包括患者跟踪器。

104. 根据权利要求103所述的手持式机器人系统, 其中, 所述控制器被配置用于基于与骨骼相关联的参考定位在已知坐标系中的位置来控制所述锯驱动电机, 所述参考定位被相对于所述患者跟踪器定义。

105. 根据权利要求104所述的手持式机器人系统, 还包括输入设备, 其是可操作的以控制所述锯驱动电机的速度, 其中所述控制器被配置用于在第一模式和第二模式中基于与骨

骼相关联的参考定位的位置并基于所述锯片的位置来防止通过所述输入设备致动所述锯驱动电机。

106. 根据权利要求100-105中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述控制器被配置用于基于所述锯片的位置和所述参考定位的位置来确定距离参数。

107. 根据权利要求106所述的手持式机器人系统, 其中, 所述距离参数选自包括方向和量值的组。

108. 根据权利要求107所述的手持式机器人系统, 其中, 所述距离参数具有远离骨骼的方向和大于第一阈值的量值。

109. 根据权利要求100-108中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 被保持的姿态包括除所述多个致动器的初始位置之外的位置。

110. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统, 所述系统包括:

器械, 所述器械包括:

用于由用户保持的手持部分; 和

被联接到所述手持部分的刀片支撑件, 所述刀片支撑件包括锯驱动电机;

致动器组件, 其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述刀片置于期望的平面上, 所述致动器组件包括多个致动器;

输入设备, 其是可操作的以控制所述锯驱动电机的速度;

定位器, 其被配置用于确定所述锯片在已知坐标系中的姿态;

被耦合到所述多个致动器的控制器,

所述控制器是可操作的以确定手持部分在已知坐标系中的姿态;

所述控制器是可操作的以确定锯片在已知坐标系中的期望姿态;

所述控制器是可操作的以基于锯片的姿态、锯片的期望姿态和手持部分的姿态来确定锯片的命令姿态,

所述控制器能够:

以第一模式操作, 其中所述控制器自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器, 使得锯片保持在期望的平面上并且所述锯驱动电机对所述输入设备进行响应; 和

以第二模式操作, 其中所述锯驱动电机不对所述输入设备进行响应, 其中所述控制器被配置用于基于锯片的姿态、手持部分的姿态以及锯片的命令姿态自动地从第一模式切换到第二模式。

111. 根据权利要求110所述的手持式机器人系统, 其中, 所述手持部分的姿态基于所述多个致动器中的一致动器的致动器信息来确定。

112. 根据权利要求110-111中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 所述致动器信息是所述多个致动器中每一个致动器的测量位置。

113. 根据权利要求110-112中任一项所述的手持式机器人系统, 还包括用于指示所述手持部分的期望移动的视觉指示器, 其中所述控制器被耦合到所述视觉指示器并且被配置用于控制所述视觉指示器以视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化, 以便实现期望的手持部分姿态。

114. 根据权利要求113所述的手持式机器人系统, 其中, 所述视觉指示器基于与所述多

个致动器中的一致动器有关的信息,其中与所述致动器有关的信息是所述多个致动器中的第一致动器的命令位置和第一致动器的可用行进量,其中所述视觉指示器被基于下述进行控制:所述多个致动器中的第一致动器的命令位置以将锯片移动到期望的平面,和第一致动器的可用行进量。

115. 根据权利要求110-114中任一项所述的手持式机器人系统,还包括患者跟踪器。

116. 根据权利要求115所述的手持式机器人系统,其中,所述控制器被配置用于基于与骨骼相关联的参考定位在已知坐标系中的位置来控制所述锯驱动电机。

117. 根据权利要求110-116中任一项所述的手持式机器人器械,还包括被联接到所述刀片支撑件的跟踪器,其中所述定位器被配置用于基于联接到所述刀片支撑件的跟踪器的姿态来确定所述锯片的姿态。

118. 根据权利要求110-117中任一项所述的手持式机器人器械,其中,所述锯片的期望姿态基于规划的虚拟对象的姿态来确定。

119. 根据权利要求110-118中任一项所述的手持式机器人器械,其中,所述控制器被配置用于当锯片的姿态、手持部分的姿态和锯片的命令姿态指示锯片的命令姿态超出所述多个致动器的范围的情况时自动地从第一模式切换到第二模式。

120. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统,所述系统包括:

器械,所述器械包括:

用于由用户保持的手持部分;

刀片支撑件,其被联接到所述手持部分以支撑所述锯片;

致动器组件,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面上,所述致动器组件包括多个致动器;

输入设备;

控制器,其被耦合到所述多个致动器以便以包括第一模式和第二模式的多种模式控制所述多个致动器,

所述第一模式中所述控制器自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器,使所述锯片相对于手持部分的姿态主动地朝向所述期望的平面移动;

所述第二模式使得所述控制器自动地控制以将锯片相对于手持部分的姿态保持在一姿态中,

其中,所述控制器被配置用于基于来自所述输入设备的输入信号从第一模式切换到第二模式。

121. 根据权利要求120所述的手持式机器人系统,其中,所述输入设备选自包括下述的组:脚踏开关、触摸屏、麦克风、指针、触发器或其组合。

122. 根据权利要求120-121中任一项所述的手持式机器人系统,其中,被保持的姿态包括对所述多个致动器中的第一致动器来说除初始位置之外的位置。

123. 根据权利要求122所述的手持式机器人系统,其中,被保持的姿态包括对于所述多个致动器中的第一致动器和第二致动器来说除初位之外的位置。

124. 根据权利要求120-123中任一项所述的手持式机器人系统,其中,在所述第二模式中,所述控制器控制所述多个致动器以抵抗用户在骨骼切割期间施加在所述锯片上的力。

125. 一种用于与锯片一起使用以自动控制多个致动器的调节行为的手持式机器人系统,所述系统包括:

器械,所述器械包括:

用于由用户保持的手持部分;和

被联接到所述手持部分的刀片支撑件,所述刀片支撑件包括用于驱动所述锯片的运动的锯驱动电机;

致动器组件,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面上,所述致动器组件包括多个致动器;

定位器,其被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位,以确定距离参数;和

被耦合到所述多个致动器的控制器,所述控制器是可操作的以控制所述多个致动器使锯片以在锯片和手持部分之间的运动参数的第一值朝向所述期望的平面移动,并且所述控制器还是可操作的以控制所述多个致动器使锯片以在锯片和手持部分之间的运动参数的第二值朝向所述期望的平面移动,其中所述第一值不同于第二值,所述控制器是可操作的以基于所述距离参数将操作从第一值改变为第二值。

126. 根据权利要求125所述的手持式机器人系统,其中,所述运动参数选自包括加速度和速度的组。

127. 根据权利要求126和127中任一项所述的手持式机器人系统,其中,所述距离参数选自包括方向和量值的组。

128. 根据权利要求126所述的手持式机器人系统,其中,所述控制器是可操作的用于当所述距离参数具有远离骨骼的方向和大于第一阈值的量值时使所述锯片以运动参数的第一值朝向所述期望的平面移动,并且所述控制器是可操作的用于当所述距离参数具有远离骨骼的方向和大于第二阈值且小于第一阈值的量值时使所述锯片以运动参数的第二值朝向所述期望的平面移动,其中所述运动参数是加速度,所述运动参数的第二值大于所述运动参数的第一值。

129. 根据权利要求126所述的手持式机器人系统,其中,所述控制器是可操作的用于当所述距离参数具有进入到骨骼内的方向和大于零的量值时使所述锯片以运动参数的第一值朝向所述期望的平面移动,并且其中所述运动参数是加速度,所述运动参数的第二值大于所述运动参数的第一值。

130. 根据权利要求126所述的手持式机器人系统,其中,所述控制器是可操作的用于当所述距离参数具有远离骨骼的方向和大于第一阈值的量值时使所述锯片以运动参数的第一值朝向所述期望的平面移动,并且所述控制器是可操作的用于当所述距离参数具有远离骨骼的方向和大于第二阈值且小于第一阈值的量值时使所述锯片以运动参数的第二值朝向所述期望的平面移动,其中所述运动参数是速度,所述运动参数的第二值大于所述运动参数的第一值。

131. 根据权利要求126所述的手持式机器人系统,其中,所述控制器是可操作的用于当所述距离参数具有进入到骨骼内的方向和大于零的量值时使所述锯片以运动参数的第一值朝向所述期望的平面移动,并且其中所述运动参数是速度,所述运动参数的第二值大于

所述运动参数的第一值。

132. 根据权利要求125-131中任一项所述的手持式机器人系统,其中,所述与骨骼相关联的参考定位是骨骼的表面。

133. 根据权利要求131所述的手持式机器人系统,其中,所述运动参数的第一值为零。

134. 一种用于与刀具一起使用机器人器械的方法,所述机器人器械包括用于由用户保持的手持部分、可移动地联接到手持部分以支撑所述刀具的刀具支撑件、使刀具支撑件和手持部分操作地互连的多个致动器、以及具有使刀具支撑件和手持部分操作地互连的被动连杆机构的约束组件,所述方法包括以下步骤:

通过主动地调节所述多个致动器的一个或多个有效长度,使刀具支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动;和

约束刀具支撑件相对于手持部分的在三个自由度上的移动。

135. 一种引导机器人器械的移动的方法,所述机器人器械具有用于由用户保持和支撑的手持部分、可移动地联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件、将刀具支撑件和手持部分操作地互连以使刀具支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将刀具置于期望的轨迹或平面上的多个致动器、以及与所述多个致动器相关联的视觉指示器,所述方法包括以下步骤:

将所述多个致动器中的每一个致动器调节到在最大位置和最小位置之间的初始位置;和

用视觉指示器指示手持部分的期望移动。

136. 一种引导用于与锯片一起使用的手持式机器人系统的移动的方法,所述机器人系统包括器械,所述器械具有用于由用户保持和支撑的手持部分、可移动地联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件、将刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动的多个致动器、包括多个视觉指示器的引导阵列,所述引导阵列被联接到所述器械,所述方法包括:

确定所述多个致动器的致动器信息;

控制所述多个致动器以将锯片保持在期望的平面上;以及

基于所述多个致动器的致动器信息控制所述引导阵列,以视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的期望变化。

137. 一种引导用于与锯片一起使用的手持式机器人系统的移动的方法,所述机器人系统包括视觉指示器和器械,所述器械具有用于由用户保持和支撑的手持部分、可移动地联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件、将刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动的致动器组件,所述致动器组件包括多个致动器,所述方法包括:

确定所述多个致动器的致动器信息;

控制所述多个致动器以将锯片保持在期望的平面上;以及

基于所述多个致动器的致动器信息控制所述视觉指示器,以视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的期望变化。

138. 一种控制用于与锯片一起使用的手持式机器人系统的移动的方法,所述机器人系统包括定位器和手持式器械,所述手持式器械具有用于由用户保持的手持部分和可移动地

联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件,一致动器组件将刀片支撑件和手持部分操作地互连,所述致动器组件包括多个致动器,所述方法包括以下步骤:

在已知坐标系中用定位器确定锯片的位置;

在已知坐标系中确定与骨骼相关联的参考定位;

以包括下述的多种模式控制所述多个致动器的操作以便控制所述机器人器械的操作:

第一模式,其包括自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器以将锯片相对于手持部分的姿态保持在一姿态中,和

第二模式,其包括自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器使所述锯片相对于手持部分的姿态主动地朝向期望的平面移动;和

基于锯片的位置的位置和参考定位的位置自动地从第一模式切换到第二模式。

139. 一种控制用于与锯片一起使用的手持式机器人系统的移动的方法,所述机器人系统包括定位器、输入设备和手持式器械,所述手持式器械具有用于由用户保持的手持部分和可移动地联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件,一致动器组件将刀片支撑件和手持部分操作地互连,所述致动器组件包括多个致动器,所述刀片支撑件包括锯驱动电机,所述方法包括以下步骤:

在已知坐标系中用定位器确定锯片的姿态;

在已知坐标系中确定手持部分的姿态;

确定锯片的期望姿态;

基于锯片的姿态、锯片的期望姿态和手持部分的姿态确定锯片的命令姿态;

以包括下述的多种模式控制所述多个致动器的操作以便控制所述机器人器械的操作:

第一模式,其包括自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器使所述锯片保持在期望的平面上并且所述锯驱动电机对所述输入设备进行响应,和

第二模式,其中所述锯驱动电机不对所述输入设备进行响应;以及

基于锯片的姿态、手持部分的姿态和锯片的命令姿态自动地从第一模式切换到第二模式。

140. 一种控制用于与锯片一起使用的手持式机器人系统的移动的方法,输入设备,和具有用于由用户保持的手持部分和可移动地联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件的手持式器械,一致动器组件将刀片支撑件和手持部分操作地互连,所述致动器组件包括多个致动器,所述刀片支撑件包括锯驱动电机,所述方法包括以下步骤:

以包括下述的多种模式控制所述多个致动器的操作以便控制所述机器人器械的操作:

第一模式,其中所述控制器自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器使所述锯片相对于手持部分的姿态主动地朝向期望的平面移动,和

第二模式,其中所述控制器自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器使所述锯片相对于手持部分的姿态保持在一姿态中,以及基于从所述输入设备接收的输入信号从第二模式切换到第一模式。

141. 一种控制用于与锯片一起使用的手持式机器人系统的移动的方法,所述机器人系统包括定位器和手持式器械,所述手持式器械具有用于由用户保持的手持部分和可移动地联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件,跟踪器联接到刀片支撑件,致动器组件将刀片支撑件和手持部分操作地互连,所述致动器组件包括多个致动器,所述刀片支撑件包括锯

驱动电机,所述多个致动器中的每一个致动器包括可操作以输出编码器输出信号的编码器;所述方法包括以下步骤:

利用定位器利用跟踪器确定锯片的姿态;

确定锯片的期望姿态;

确定所述多个致动器中的每一个致动器的位置;

基于所述多个致动器中的每一个致动器的位置确定手持部分的姿态;

基于由定位器确定的锯片的姿态、锯片的期望姿态和手持部分的姿态确定锯片的命令姿态;

基于所述命令姿态并且基于所述多个致动器中的每一个致动器的位置来确定所述多个致动器中的每一个致动器的命令位置;以及

基于所述命令位置控制所述多个致动器中的每一个致动器。

142. 一种控制用于与锯片一起使用的手持式机器人系统的移动的方法,所述机器人系统包括定位器、第一跟踪器、第二跟踪器和手持式器械,所述手持式器械具有用于由用户保持的手持部分和可移动地联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件,所述第一跟踪器联接到所述刀片支撑件,所述第二跟踪器联接到所述手持部分,一致动器组件将刀片支撑件和手持部分操作地互连,所述致动器组件包括多个致动器,所述方法包括以下步骤:

使用定位器利用第一跟踪器确定锯片的姿态;

使用定位器利用第二跟踪器确定手持部分的姿态;以及

基于锯片的姿态和手持部分的姿态控制所述多个致动器中的一个或多个致动器以朝向期望的平面移动。

143. 一种控制用于与锯片一起使用的手持式机器人系统的移动的方法,所述机器人系统包括定位器和手持式器械,所述手持式器械具有用于由用户保持的手持部分和可移动地联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件,一致动器组件将刀片支撑件和手持部分操作地互连,所述致动器组件包括多个致动器,所述方法包括以下步骤:

在已知坐标系中使用定位器确定锯片的位置;

在已知坐标系中确定与骨骼相关联的参考定位的位置;

基于参考定位的位置和锯片的位置确定距离参数;

控制所述多个致动器使锯片以在锯片和手持部分之间的运动参数的第一值朝向期望的平面移动;以及

控制所述多个致动器使锯片以在锯片和手持部分之间的运动参数的第二值朝向期望的平面移动,其中所述第一值不同于第二值,所述控制器是可操作的以基于所述距离参数将操作从第一值改变到第二值。

144. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统,所述系统包括:

器械,所述器械包括:

用于由用户保持的手持部分;和

刀片支撑件,其被联接到所述手持部分以支撑所述锯片;

致动器组件,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动,所述致动器组件包括多个致动器;

包括多个视觉指示器的引导阵列,所述引导阵列被联接到所述器械并且是可控制的以

向用户视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的一个或多个期望变化,以便实现手持部分的期望姿态;和

控制器,其被耦合到所述多个致动器,以基于锯片的姿态和手持部分的姿态控制所述多个致动器的调节从而沿着期望的平面保持锯片;

所述控制器还被耦合到所述引导阵列,所述控制器被配置用于基于所述刀片的所述期望的平面控制所述引导阵列,以在用户移动所述器械时视觉地指示俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的所述一个或多个期望变化。

145. 根据权利要求144所述的手持式机器人系统,还包括定位器,其被配置用于确定所述锯片的姿态和所述手持部分的姿态。

146. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统,所述系统包括:

器械,所述器械包括:

用于由用户保持和支撑的手持部分;

刀片支撑件,其被可移动地联接到所述手持部分以支撑所述刀片;

致动器组件,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面上,所述致动器组件包括多个致动器;

用于指示手持部分的期望移动的视觉指示器;

控制器,其被耦合到所述多个致动器,以基于锯片的姿态和手持部分的姿态来控制所述多个致动器的调节从而沿着所述期望的平面保持所述锯片;

所述控制器被耦合到所述视觉指示器,所述控制器被配置用于基于所述刀片的所述期望的平面来控制所述视觉指示器,以视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化,从而实现期望的手持部分姿态。

147. 根据权利要求146所述的手持式机器人系统,还包括定位器,其被配置用于确定所述锯片的姿态和所述手持部分的姿态。

148. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统,所述系统包括:

器械,所述器械包括:

用于由用户保持的手持部分;

联接到所述手持部分的刀片支撑件,所述刀片支撑件包括用于驱动所述锯片的运动的锯驱动电机;

致动器组件,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面上,所述致动器组件包括多个致动器;

定位器,其被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位;和

被耦合到所述多个致动器的控制器,所述控制器是可操作的以控制所述多个致动器使锯片以在锯片和手持部分之间的运动参数的第一值朝向所述期望的平面移动,并且所述控制器还是可操作的以控制所述多个致动器使锯片以在锯片和手持部分之间的运动参数的第二值朝向所述期望的平面移动,其中所述第一值不同于第二值,所述控制器是可操作的以基于锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位的位置将操作从第一值改变为第二值。

149. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统,所述系统包括:

器械,所述器械包括:

用于由用户保持的手持部分;和

联接到所述手持部分的刀片支撑件,所述刀片支撑件包括用于驱动所述锯片的运动的锯驱动电机;

致动器组件,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面上,所述致动器组件包括多个致动器;

定位器,其被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位;和

被耦合到所述多个致动器的控制器,所述控制器是可操作的以控制所述多个致动器使锯片朝向所述期望的平面移动,所述控制器还是可操作的以控制所述锯驱动电机的电机参数为第一值和第二值,其中所述第一值不同于第二值,控制器是可操作的以基于锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位的位置将操作从第一值改变为第二值。

150. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统,所述系统包括:

器械,所述器械包括:

用于由用户保持的手持部分;

联接到所述手持部分的刀片支撑件,所述刀片支撑件包括用于驱动所述锯片的运动的锯驱动电机;

致动器组件,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面上,所述致动器组件包括多个致动器;

定位器,其被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位,用于确定距离参数;和

被耦合到所述多个致动器的控制器,所述控制器是可操作的以控制所述多个致动器使锯片朝向所述期望的平面移动,所述控制器还是可操作的以控制所述锯驱动电机的电机参数为第一值和第二值,其中所述第一值不同于第二值,所述控制器是可操作的以基于所述距离参数将操作从第一值改变为第二值。

151. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统,所述系统包括:

器械,所述器械包括:

用于由用户保持的手持部分;

联接到所述手持部分的刀片支撑件,所述刀片支撑件包括用于驱动所述锯片的运动的锯驱动电机;

致动器组件,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面上,所述致动器组件包括多个致动器;

被耦合到所述多个致动器的控制器,所述控制器是可操作的以:

确定所述锯片的姿态;

确定所述锯片的期望姿态;

确定所述多个致动器中每一个致动器的位置；

基于所述多个致动器中每一个致动器的当前位置确定手持部分的姿态；

基于所述锯片的姿态、所述锯片的期望姿态和所述手持部分的姿态确定所述锯片的命令姿态；

基于所述命令姿态并且基于位置确定所述多个致动器中每一个致动器的命令位置；并且

所述控制器是可操作的以基于所述命令位置控制所述多个致动器中的每一个致动器。

152. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统，所述系统包括：

器械，所述器械包括：

用于由用户保持的手持部分；和

刀片支撑件，其被联接到所述手持部分以支撑所述锯片；

致动器组件，其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动，所述致动器组件包括多个致动器；

包括多个视觉指示器的引导阵列，所述引导阵列被联接到所述器械并且是可控制的以向用户视觉地指示所述锯片的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的一个或多个期望变化，以便实现手持部分的期望姿态；和

被耦合到所述引导阵列的控制器，所述控制器被配置用于基于与所述多个致动器中的一个或多个致动器有关的致动器信息来控制所述引导阵列，以便在用户移动所述器械时视觉地指示所述锯片在俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的所述一个或多个期望变化。

153. 根据权利要求152所述的手持式机器人系统，其中，所述致动器信息选自包括下述的组：所述致动器的测量位置、先前命令位置、所述致动器的可用行进量、所述致动器的极限、所述致动器的先前测量位置、所述致动器的命令位置、所述致动器的模拟命令位置、或其组合。

154. 根据权利要求153所述的手持式机器人系统，其中，所述致动器信息包括所述致动器的可用行进量和所述致动器的模拟命令位置。

155. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统，所述系统包括：

器械，所述器械包括：

用于由用户保持和支撑的手持部分；

刀片支撑件，其被可移动地联接到所述手持部分以支撑所述刀片；

致动器组件，其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面上，所述致动器组件包括多个致动器；

用于指示锯片的期望移动的视觉指示器；和

被耦合到所述视觉指示器的控制器，所述控制器被配置用于基于所述多个致动器的致动器信息来控制所述视觉指示器，以便在用户移动所述器械时视觉地指示所述锯片的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化。

156. 根据权利要求155所述的手持式机器人系统，其中，所述致动器信息选自包括下述的组：所述致动器的测量位置、先前命令位置、所述致动器的可用行进量、所述致动器的极限、所述致动器的先前测量位置、所述致动器的命令位置、所述致动器的模拟命令位置、或

其组合。

157. 根据权利要求155所述的手持式机器人系统, 其中, 所述致动器信息包括所述致动器的可用行进量和所述致动器的模拟命令位置。

158. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统, 所述系统包括:

用于由用户保持的手持部分;

刀片支撑件, 其被可移动地联接到所述手持部分以支撑刀具;

致动器组件, 其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面上, 所述致动器组件包括多个致动器, 所述多个致动器中的每一个致动器都能够在最大位置和最小位置之间调节并且具有在最大位置和最小位置之间的初始位置;

用于指示手持部分的期望移动的视觉指示器; 和

控制器, 其被耦合到所述多个致动器和所述视觉指示器以便以包括第一模式和第二模式的多种模式控制操作, 在所述第一模式中所述控制器自动地将所述多个致动器中的每一个致动器调节到它们的初始位置, 在所述第二模式中所述锯片大致位于所述期望的平面上并且所述控制器指示手持部分的期望移动以便将所述锯片保持在所述期望的平面上。

159. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统, 所述系统包括:

器械, 所述器械包括:

用于由用户保持和支撑的手持部分;

刀片支撑件, 其被可移动地联接到所述手持部分以支撑所述刀片;

致动器组件, 其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动从而将所述锯片置于期望的平面上, 所述致动器组件包括多个致动器;

定位器, 其被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位;

视觉指示器; 和

被耦合到所述视觉指示器的控制器, 所述控制器被配置用于基于所述多个致动器的致动器信息而以第一模式控制所述视觉指示器, 以便在用户移动所述器械时视觉地指示所述锯片的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化, 所述控制器还被配置用于基于所述多个致动器的致动器信息而以第二模式控制所述视觉指示器, 以便在用户移动所述器械时视觉地指示所述手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化, 所述控制器被配置用于基于锯片的位置和参考定位的位置或基于从输入设备接收的输入信号而在第一模式和第二模式之间切换。

160. 根据权利要求159所述的手持式机器人系统, 其中, 所述控制器被配置用于基于所述锯片的位置和所述参考定位的位置来确定距离参数。

161. 根据权利要求160所述的手持式机器人系统, 其中, 所述距离参数选自包括方向和量值的组。

162. 根据权利要求160所述的手持式机器人系统, 其中, 所述距离参数具有远离骨骼的方向和大于第一阈值的量值。

163. 根据权利要求159-162中任一项所述的手持式机器人系统, 其中, 在所述第一模式中, 所述控制器自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器以使锯片相对于手持部分的

姿态保持在一姿态中,而在所述第二模式中,所述控制器自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器以使所述锯片相对于手持部分的姿态主动地朝向所述期望的平面移动。

164. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统,所述系统包括:

器械,所述器械包括:

用于由用户保持的手持部分;和

刀片支撑件,其被联接到所述手持部分以支撑所述锯片;

致动器组件,其使刀片支撑件和手持部分操作地互连以使刀片支撑件相对于手持部分在三个自由度上移动,所述致动器组件包括多个致动器;

定位器,其被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位;

包括多个视觉指示器的引导阵列;

被耦合到所述引导阵列的控制器,所述控制器被配置用于基于与所述多个致动器中的一个或多个致动器有关的致动器信息而以第一模式控制引导阵列,以便在用户移动所述器械时视觉地指示所述锯片在俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的一个或多个期望变化,并且所述控制器还被配置用于基于所述多个致动器的致动器信息而以第二模式控制引导阵列,以便在用户移动所述器械时视觉地指示在手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的一个或多个变化,所述控制器被配置用于基于锯片的位置和参考定位的位置或基于从输入设备接收的输入信号而在第一模式和第二模式之间切换。

165. 根据权利要求164所述的手持式机器人系统,其中,所述控制器被配置用于基于所述锯片的位置和所述参考定位的位置来确定距离参数。

166. 根据权利要求165所述的手持式机器人系统,其中,所述距离参数选自包括方向和量值的组。

167. 根据权利要求166所述的手持式机器人系统,其中,所述距离参数具有远离骨骼的方向和大于第一阈值的量值。

168. 根据权利要求164-167中任一项所述的手持式机器人系统,其中,在所述第一模式中,所述控制器自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器以将所述锯片相对于手持部分的姿态保持在一姿态中,而在所述第二模式中,所述控制器自动地控制所述多个致动器中的每一个致动器以使所述锯片相对于手持部分的姿态主动地朝向所述期望的平面移动。

169. 一种用于与刀具一起使用的机器人外科器械,可选地包括权利要求1-168的任何特征,所述外科器械包括:

用于由用户保持的手枪式握把,所述手枪式握把具有远端和近端;

刀具支撑件,其被可移动地联接到手枪式握把以支撑刀具;

多个致动器,其将刀具支撑件和手枪式握把操作地互连以使刀具支撑件相对于手枪式握把在多个自由度上移动,所述多个致动器包括:

升降致动器,其包括位于手枪式握把中的被连接到轴的电机,以及被连接到刀具支撑件并且当电机被激活时沿所述轴平移的滑架;

一对辅助致动器,每一个辅助致动器与滑架和刀具支撑件联接;

其中,所述辅助致动器位于升降致动器的远侧。

170. 一种机器人外科器械,可选地包括权利要求1-168的任何特征,所述外科器械包括:

用于由用户保持的可手持体；

可移动地联接到可手持体的刀具支撑件；

由刀具支撑件支撑的刀具联接器；

用于使刀具支撑件相对于可手持体在多个自由度上移动的多个致动器，所述多个致动器包括：

一对线性致动器，其使刀具支撑件和可手持体操作地互连，所述一对线性致动器中的每一个线性致动器具有连接到可手持体的第一部分和连接到刀具支撑件的第二部分，所述一对线性致动器被布置成用于控制刀具支撑件相对于可手持体的升降和俯仰；和

旋转致动器，其被布置成用于控制刀具联接器相对于刀具支撑件和可手持体的摇摆移动。

171. 一种用于与外科刀具一起使用的机器人外科器械，可选地包括权利要求1-168的任何特征，所述外科器械包括：

用于由用户保持的可手持体；

刀具支撑件，其被可移动地联接到可手持体以支撑刀具；

用于使刀具支撑件相对于可手持体在多个自由度上移动的多个致动器，所述多个致动器包括：

升降致动器，其具有连接到可手持体的第一部分和连接到刀具支撑件的第二部分；和

一对辅助致动器，所述一对辅助致动器中的每一个辅助致动器包括操作地连接到升降致动器的致动器部分和操作地连接到刀具支撑件的支撑部分，使得所述一对辅助致动器中的每一个辅助致动器被布置成在升降致动器和刀具支撑件之间有效地操作以相对于升降致动器移动刀具支撑件；

其中，所述升降致动器被布置成用于使刀具支撑件和辅助致动器两者都相对于可手持体在一个自由度上移动。

机器人手持式外科器械系统和方法

技术领域

[0001] 本公开总体上涉及外科机器人手持式器械系统和使用方法。

背景技术

[0002] 物理切割引导件用于在从患者身上切除组织时约束外科刀具。在某些情况下,物理切割引导件约束此类外科刀具,目的是准备关节以接受替换植入物。将物理切割引导件定位和固定到患者所需的时间可能占执行外科手术所需的总时间的很大一部分。

[0003] 导航系统(也称为跟踪系统)可用于正确地对准和固定夹具,以及跟踪用于从患者身上切除组织的外科刀具的位置和/或定向。跟踪系统通常采用一个或多个与刀具和被切除的组织相关联的跟踪器。然后用户可以查看显示以确定刀具相对于要去除的组织的期望切割路径的当前位置。显示器可以以要求用户将视线从组织和手术部位移开以可视化刀具的进程的方式布置。这会分散用户对手术部位的注意力。此外,用户可能难以以期望的方式放置刀具。

[0004] 机器人辅助手术通常依赖于具有能在六个自由度(DOF)上移动的机器人臂的大型机器人。这些大型机器人在手术室中操作和操纵可能很麻烦。

[0005] 需要系统和方法来解决这些挑战中的一个或多个。

发明内容

[0006] 提供了一种用于与刀具一起使用的机器人器械。机器人器械包括用于由用户保持的手持部分。刀具支撑件被可移动地联接到手持部分以支撑刀具。多个致动器将刀具支撑件和手持部分操作地互连以相对于手持部分在三个自由度上移动刀具支撑件。多个致动器中的每一个都是可主动调节的。约束组件具有被动连杆机构,被动连杆机构操作地互连刀具支撑件和手持部分。被动连杆机构以被配置用于约束刀具支撑件相对于手持部分在三个自由度上的移动的方式联接到刀具支撑件和手持部分。

[0007] 提供用于与锯片一起使用的另一种机器人器械。机器人器械包括用于由用户保持的手持部分。刀片支撑件被可移动地联接到手持部分以支撑锯片。多个致动器将刀片支撑件和手持部分操作地互连,以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件。约束组件将刀片支撑件和手持部分操作地互连,以在三个自由度上约束刀片支撑件相对于手持部分的移动。控制器被耦合到所述多个致动器以控制多个致动器的调节从而限定虚拟锯切割引导件。

[0008] 提供了用于与刀具一起使用的另一种系统。该系统包括具有用于由用户保持的手持部分和连接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件的器械。引导阵列被联接到器械并且是可控制的以向用户视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的期望变化,以便实现刀具的期望姿态。控制器被耦合到引导阵列并被配置用于在用户移动器械的手持部分时自动调节引导阵列以视觉地指示俯仰定向、摇摆定向和平移方面的期望变化。

[0009] 提供了用于与刀具一起使用的另一种系统。该系统包括具有用于由用户保持的手

持部分和联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件的器械。引导阵列被联接到器械并且是可控制的以向用户视觉地指示刀具的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的期望变化,以便实现期望的姿态。引导阵列被布置用于代表刀具的平面。控制器被耦合到引导阵列并被配置为在用户移动刀具时自动调节引导阵列以视觉地指示俯仰定向、摇摆定向和平移方面的期望变化。

[0010] 提供了用于与刀具一起使用的另一种机器人系统。该机器人系统包括用于由用户保持和支撑的手持部分。刀具支撑件可移动地联接到手持部分以支撑刀具。多个致动器将刀具支撑件和手持部分操作地互连,以相对于手持部分在三个自由度上移动刀具支撑件,从而将刀具置于期望的轨迹或平面上。所述多个致动器中的每一个可在最大位置和最小位置之间调节并且具有在最大位置和最小位置之间的初始位置。视觉指示器与所述多个致动器相关联以指示手持部分的期望移动。控制器被耦合到视觉指示器以控制视觉指示器的操作用于指示手持部分的期望移动。

[0011] 提供了另一个机器人系统。机器人系统包括用于由用户保持的手持部分。刀具支撑件可移动地联接到手持部分以支撑刀具。多个致动器操作地互连刀具支撑件和手持部分,以相对于手持部分在三个自由度上移动刀具支撑件,从而将刀具置于期望的轨迹或平面上。所述多个致动器中的每一个都可在最大位置和最小位置之间调节并且具有在最大位置和最小位置之间的初始位置。视觉指示器与所述多个致动器相关联以指示手持部分的期望移动。控制器被耦合到所述多个致动器和视觉指示器以便以包括下述的多种模式控制操作:初始模式,其中控制器自动将所述多个致动器中的每一个调节到它们的初始位置,接近模式,其中控制器指示刀具的期望移动以便在所述多个致动器处于它们的初始位置的同时将刀具置于期望的轨迹或平面上,以及瞄准模式,其中刀具大致位于所述期望的轨迹或平面上并且控制器指示手持部分的期望移动以便将刀具保持在期望的轨迹或平面上。

[0012] 提供了一种与刀具一起使用机器人器械的方法,该机器人器械包括用于由用户保持的手持部分、可移动地联接到手持部分以支撑该刀具的刀具支撑件、操作地互连刀具支撑件和手持部分的多个致动器、以及具有操作地互连刀具支撑件和手持部分的被动连杆机构的约束组件。该方法包括通过主动地调节所述多个致动器的一个或多个有效长度来相对于手持部分在三个自由度上移动刀具支撑件,并且约束刀具支撑件相对于手持部分在三个自由度上的移动。

[0013] 提供了一种用于引导器械的移动的方法,该器械具有用于由用户保持的手持部分、联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件、以及联接到该器械并且被布置为代表刀具的平面的引导阵列。该方法包括向用户视觉地指示刀具的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的期望变化以便实现期望的姿态。

[0014] 提供了用于引导机器人器械的移动的另一种方法,该机器人器械具有用于由用户保持和支撑的手持部分、可移动地联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件、将刀具支撑件和手持部分操作地互连以相对于手持部分在三个自由度上移动刀具支撑件以便将刀具置于期望的轨迹或平面上的多个致动器、以及与所述多个致动器相关联的视觉指示器。该方法包括将所述多个致动器中的每一个调节到在最大位置和最小位置之间的初始位置,并且利用视觉指示器指示手持部分的期望移动。

[0015] 提供了用于引导机器人器械的移动的另一种方法,该机器人器械具有用于由用户

保持的手持部分、可移动地联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件、操作地互连刀具支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀具支撑件从而将刀具置于期望的轨迹或平面上的多个致动器、以及与所述多个致动器相关联的视觉指示器。该方法包括以包括下述的多种模式控制机器人器械的操作：初始模式，其中控制器自动地将所述多个致动器中的每一个调节到最大和最小位置之间的初始位置；接近模式，其中控制器指示刀具的期望移动以便在所述多个致动器处于它们的初始位置的同时将刀具置于期望的轨迹或平面上；以及瞄准模式，其中刀具大致位于所述期望的轨迹或平面上，并且控制器指示手持部分的期望移动以便将刀具保持在期望的轨迹或平面上。

[0016] 在一个示例中，提供了一种机器人外科器械。该机器人外科器械包括用于由用户保持的可手持体、可移动地联接到可手持体的刀具支撑件、由刀具支撑件支撑的刀具连接器、以及在多个自由度上相对于可手持体移动刀具支撑件的多个致动器。所述多个致动器包括将刀具支撑件和可手持体操作地互连的一对线性致动器。这对线性致动器中的每一个都具有连接到可手持体的第一部分和连接到刀具支撑件的第二部分，布置成控制刀具支撑件相对于可手持体的升降和俯仰。所述多个致动器还包括旋转致动器，其布置成控制刀具连接器相对于刀具支撑件和可手持体的摇摆移动。

[0017] 在另一个示例中，提供了一种用于与外科刀具一起使用的机器人外科器械。外科器械包括用于由用户保持的可手持体、可移动地联接到可手持体以支撑刀具的刀具支撑件、以及相对于可手持体在多个自由度上移动刀具支撑件的多个致动器。所述多个致动器包括具有连接至可手持体的第一部分和连接至刀具支撑件的第二部分的升降致动器，以及一对辅助致动器。这对辅助致动器中的每一个包括操作地连接到升降致动器的致动器部分和操作地连接到刀具支撑件的支撑部分，使得这对辅助致动器中的每一个被布置成在升降致动器和刀具支撑件之间有效地操作以相对于升降致动器移动刀具支撑件。升降致动器被布置成使刀具支撑件和辅助致动器两者在一个自由度上相对于可手持体移动。

[0018] 在另一个示例中，提供了一种用于与刀具一起使用的机器人外科器械。该外科器械包括用于由用户保持的手枪式握把，手枪式握把具有远端和近端、可移动地联接到手枪式握把以支撑刀具的刀具支撑件、以及操作地互连刀具支撑件和手枪式握把以相对于手枪式握把在多个自由度上移动刀具支撑件的多个致动器。所述多个致动器包括：升降致动器，其包括位于连接到轴的手枪式握把中的电机，以及连接到刀具支撑件并且当电机被激活时沿着轴平移的滑架。所述多个致动器还包括一对辅助致动器，每个辅助致动器与滑架和刀具支撑件联接，位于升降致动器的远侧。

[0019] 一个总体方面包括在执行手术时与锯片一起使用的手持式机器人系统。手持式机器人系统也包括器械，该器械可以包括用于由用户保持的手持部分；联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件；操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件的致动器组件，致动器组件包括多个致动器。该系统还包括引导阵列，该引导阵列可以包括多个视觉指示器，该引导阵列被联接到器械并且是可控制的以向用户视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的一个或多个期望变化，以便实现手持部分的期望姿态；和控制器，其被配置用于控制所述多个致动器的调节以沿期望的平面保持锯片。该系统还包括所述控制器进一步被配置为基于所述多个致动器中的一致动器的致动器信息来控制引导阵列的，以当用户移动器械时视觉地指示俯仰定向、摇摆定向和平

移位置方面的一个或多个期望变化。

[0020] 一个总体方面包括一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。手持式机器人系统也包括器械,该器械可以包括用于由用户保持和支撑的手持部分;可移动地联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件;致动器组件,其操作地互连刀片支撑件和手持部分,以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件,从而将锯片置于期望的平面上,致动器组件包括多个致动器;以及用于指示手持部分的期望移动的视觉指示器;和控制器,其被配置用于控制所述多个致动器的调节以沿期望的平面保持锯片,控制器被配置用于基于与所述多个致动器中的一致动器有关的致动器信息来控制视觉指示器,以在用户移动器械时视觉地指示俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化。

[0021] 一个总体方面包括一种控制移动的方法。该控制移动的方法可以包括用定位器用跟踪器确定锯片的姿态;确定锯片的期望姿态;确定多个致动器中每一个的位置;基于多个致动器中每一个的位置确定手持部分的姿态;基于由定位器确定的锯片的姿态、锯片的期望姿态和手持部分的姿态来确定锯片的命令姿态;基于该命令姿态并且基于多个致动器中每一个的位置来确定多个致动器中每一个的命令位置;并且基于该命令位置来控制多个致动器中的每一个。一个总体方面包括基于该命令位置控制多个致动器中的每一个。这种控制移动的方法可以包括使用定位器通过第一跟踪器确定锯片的姿态;使用定位器通过第二跟踪器确定手持部分的姿态,并基于锯片的姿态和手持部分的姿态来控制多个致动器中的一个或多个致动器使其朝向期望的平面移动。

[0022] 一个总体方面包括一种控制用于与锯片一起使用的手持式机器人系统的移动的方法。该控制移动的方法还包括在已知坐标系中使用定位器确定锯片的位置;在已知坐标系中确定与骨骼相关联的参考定位的位置。该移动还包括基于参考定位的位置和锯片的位置确定距离参数;控制多个致动器使锯片以锯片和手持部分之间的运动参数的第一值移向期望的平面;并且控制多个致动器使锯片以锯片和手持部分之间的运动参数的第二值移向期望的平面,其中第一值不同于第二值,控制器是可操作的以基于距离参数将操作从第一值更改为第二值。

[0023] 一个总体方面包括一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。手持式机器人系统也包括器械,该器械可以包括用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件;致动器组件,其操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件。该系统还包括引导阵列,该引导阵列可以包括多个视觉指示器,该引导阵列被联接到器械并且是可控制的,以向用户视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的一个或多个期望变化,以便实现手持部分的期望姿态。该系统可以包括控制器,其被耦合到所述多个致动器,以基于锯片的姿态和手持部分的姿态来控制所述多个致动器的调节从而沿着期望的平面保持锯片,控制器进一步耦合到引导阵列并被配置为基于刀片的期望平面来控制引导阵列以在用户移动器械时视觉地指示俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的一个或多个期望变化。

[0024] 一个总体方面包括用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。手持式机器人系统也包括器械,该器械可以包括用于由用户保持和支撑的手持部分、可移动地联接到手持部分以支撑刀片的刀片支撑件;致动器组件,其操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件,从而将锯片置于期望的平面上,致动器组件包

括多个致动器。该系统还包括视觉指示器,用于指示手持部分的期望移动;控制器,其耦合到多个致动器以基于锯片的姿态和手持部分的姿态来控制多个致动器的调节以沿着期望的平面保持锯片。控制器可以耦合到视觉指示器并且被配置用于基于刀片的期望平面来控制视觉指示器以视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化,以便实现期望的手持部分姿态。

[0025] 一个总体方面包括用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。手持式机器人系统也包括器械,该器械可以包括用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分的刀片支撑件,刀片支撑件可以包括用于驱动锯片的运动的锯驱动电机;致动器组件,其将刀片支撑件和手持部分操作地互连以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件从而将锯片置于期望的平面上,致动器组件包括多个致动器。该系统还包括定位器,该定位器被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位;以及耦合到多个致动器的控制器,控制器可操作以控制多个致动器使锯片以在锯片和手持部分之间的运动参数的第一值移向期望的平面,并且控制器进一步可操作以控制多个致动器使锯片以在锯片和手持部分之间的运动参数的第二值移向期望的平面,其中第一值不同于第二值,控制器可操作以基于锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位的位置将操作从第一值更改为第二值。

[0026] 一个总体方面包括用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。手持式机器人系统包括器械,该器械包括用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分的刀片支撑件,刀片支撑件可以包括用于驱动锯片的运动的锯驱动电机;致动器组件,其将刀片支撑件和手持部分操作地互连以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件从而将锯片置于期望的平面上,致动器组件可以包括多个致动器。该系统还包括定位器,其被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位。该系统可包括耦合到多个致动器的控制器,该控制器可操作以控制多个致动器以将锯片移向期望的平面,并且该控制器进一步可操作以便控制锯驱动电机的电机参数为第一值和第二值,其中第一值不同于第二值,控制器可操作以基于锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位的位置将操作从第一值改变为第二值。

[0027] 一个总体方面包括用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。手持式机器人系统包括器械,该器械包括用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分的刀片支撑件,刀片支撑件可以包括用于驱动锯片的运动的锯驱动电机;致动器组件,其操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件以便将锯片置于期望的平面上,致动器组件可以包括多个致动器。该系统还包括定位器,该定位器被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位以确定距离参数。该系统可包括被耦合到多个致动器的控制器,该控制器可操作以控制多个致动器以将锯片移向期望的平面,并且该控制器进一步可操作以控制锯驱动电机的电机参数为第一值和第二值,其中第一值不同于第二值,控制器可操作以基于距离参数将操作从第一值改变为第二值。

[0028] 一个总体方面包括用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。手持式机器人系统包括器械,该器械具有用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分的刀片支撑件,刀片支撑件可包括用于驱动锯片的运动的锯驱动电机;致动器组件,其操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件以便将锯片置于期望的平面上,致动器组件可以包括多个致动器。该系统还包括被耦合到多个致动器的控制器,该控

制器可操作以基于多个致动器中每一个的当前位置来确定锯片的姿态、锯片的期望姿态、多个致动器中每一个的位置、手持部分的姿态,基于锯片的姿态、锯片的期望姿态和手持部分的姿态来确定锯片的命令姿态,以及基于该命令姿态并且基于位置来确定多个致动器中每一个的命令位置。该系统还包括可操作以基于该命令位置来控制多个致动器中的每一个的控制器。

[0029] 一个总体方面包括用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。该手持式机器人系统包括器械,该器械具有用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件;致动器组件,其操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件,致动器组件可以包括多个致动器。该系统还包括引导阵列,该引导阵列包括多个视觉指示器,该引导阵列被联接到器械并且是可控制的,以向用户视觉地指示锯片的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的一个或多个期望变化,以便实现手持部分的期望姿态。该系统可以包括控制器,其被耦合到引导阵列并且被配置用于基于有关于多个致动器中的一个或多个致动器的致动器信息来控制引导阵列,以在用户移动器械时视觉地指示锯片在俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的一个或多个期望变化。

[0030] 一个总体方面包括用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。手持式机器人系统包括器械,该器械具有用于由用户保持和支撑的手持部分;可移动地联接到手持部分以支撑刀片的刀片支撑件;致动器组件,其操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件以便将锯片置于期望的平面上,致动器组件可以包括多个致动器。该系统还包括用于指示锯片的期望移动的视觉指示器。该系统包括控制器,该控制器被耦合到视觉指示器并且被配置用于基于有关于多个驱动器的致动器信息来控制视觉指示器,以在用户移动器械时视觉地指示锯片的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化。

[0031] 一个总体方面包括用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。手持式机器人系统也包括具有用于由用户保持的手持部分的器械。该系统还包括可移动地联接到手持部分以支撑刀具的刀片支撑件。该系统还包括致动器组件,该致动器组件操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件以便将锯片置于期望的平面上,致动器组件可以包括多个致动器,多个致动器中的每一个都可在最大和最小位置之间调节并且具有在最大和最小位置之间的初始位置。该系统还包括用于指示手持部分的期望移动的视觉指示器。该系统还包括被耦合到多个致动器和视觉指示器的控制器,以便以包括下述的多种模式控制操作:第一模式,其中控制器自动地将多个致动器中的每一个调节到它们的初始位置,和第二模式,其中锯片大致位于期望的平面上并且控制器指示手持部分的期望移动以便将锯片保持在期望的平面上。

[0032] 一个总体方面包括用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。手持式机器人系统包括器械,该器械可包括:用于由用户保持和支撑的手持部分;可移动地联接到手持部分以支撑刀片的刀片支撑件;致动器组件,其操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件以将锯片置于期望的平面上,致动器组件可以包括多个致动器。该系统还包括被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位的定位器,和视觉指示器。该系统包括被耦合到视觉指示器的控制器,该控制器被配置用于基于有关于多个致动器的致动器信息而以第一模式控制视觉指示器,以在用户移动

器械时视觉地指示锯片的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化,控制器还被配置用于基于有关于多个致动器的致动器信息而以第二模式控制视觉指示器,以在用户移动器械时视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化,控制器被配置用于基于锯片的位置和参考定位的位置或者基于从输入设备接收的输入信号而在第一模式和第二模式之间切换。

[0033] 一个总体方面包括用于与锯片一起使用的手持式机器人系统。该手持式机器人系统包括器械,该器械具有用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件;致动器组件,其操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件,致动器组件可以包括多个致动器。该系统可以包括定位器,该定位器被配置用于在已知坐标系中确定锯片的位置和与骨骼相关联的参考定位。该系统还包括引导阵列,该引导阵列可以包括多个视觉指示器和耦合到该引导阵列的控制器。控制器可以被配置用于基于有关于多个致动器中的一个或多个致动器的致动器信息来以第一模式控制引导阵列,以在用户移动器械时视觉地指示锯片在俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的一个或多个期望变化,并且控制器还被配置用于基于多个致动器的致动器信息来以第二模式控制引导阵列,以在用户移动器械时视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的一个或多个变化,控制器被配置用于基于锯片的位置和参考定位的位置或基于从输入设备接收的输入信号来在第一模式和第二模式之间切换。

附图说明

[0034] 当结合附图考虑时,通过参考以下详细描述可以更好地更容易地理解本公开的优点。

[0035] 图1是机器人系统的透视图。

[0036] 图2是使用机器人器械在股骨上切割五个平面以接收全膝植入物的透视图。

[0037] 图3A-3C是机器人器械的各种俯仰定向的图示。

[0038] 图4A-4C是机器人器械的各种摇摆定向的图示。

[0039] 图5A-5C是机器人器械的各种z轴平移位置的图示。

[0040] 图6是机器人器械的前透视图,示出了刀具支撑件相对于手持部分的一种特定姿态。

[0041] 图7是控制系统的框图,还示意出各种软件模块。

[0042] 图8是机器人器械的后透视图。

[0043] 图9是机器人器械的侧视图。

[0044] 图10是机器人器械的后视图。

[0045] 图11是机器人器械的前视图。

[0046] 图12是机器人器械的刀具支撑件的顶部后透视图。

[0047] 图13是机器人器械的刀具支撑件的底部后透视图。

[0048] 图14是示出了刀具支撑件的本体和与多个致动器的相关联的接头连接的分解图。

[0049] 图15是示出了手持部分的基部和与多个致动器的相关联的接头连接的分解图。

[0050] 图16是大致沿着图10中的线16-16截取的局部剖视图。

[0051] 图17是手持部分的基部的俯视透视图。

- [0052] 图18是手持部分的基部的仰视透视图。
- [0053] 图19是被动连杆机构的轴的透视图。
- [0054] 图20是替代的致动器和连杆机构布置的透视图。
- [0055] 图21是替代的致动器和连杆机构布置的剖视图。
- [0056] 图22示意出使用机器人器械的各个区域。
- [0057] 图23A-23D示意出引导阵列的使用。
- [0058] 图23E示意出用于引导阵列的视觉指示器的状态的示例方案。
- [0059] 图24A-24C示意出引导阵列的使用。
- [0060] 图25A-25C示意出引导阵列的使用和多个致动器的调节用于将刀具保持在期望的平面上。
- [0061] 图26A-26B示意出偏离期望平面的刀具的移动以及使用引导阵列将刀具置于期望的平面上。
- [0062] 图27示意出使用机器人器械沿期望的平面切除骨骼。
- [0063] 图28是另一个机器人器械的透视图,其握把以虚线显示。
- [0064] 图29是图28的机器人器械的另一个透视图。
- [0065] 图30和31是在图28的机器人器械中使用的柔性电路的透视图。
- [0066] 图32是用于锚固图30和31示出的柔性电路的各部分的柔性电路支撑件的仰视透视图。
- [0067] 图33是用于图28的机器人器械的手持部分的加重端部帽的仰视透视图。
- [0068] 图34是图28的机器人器械的握把的透视图
- [0069] 图35是机器人器械的替代配置的透视图。
- [0070] 图36是图35的机器人器械的替代配置的侧视图。
- [0071] 图37是图35的机器人器械的替代配置的后透视图。
- [0072] 图38A是图35的机器人器械的替代配置的侧视图,示出了线性致动器和旋转致动器组件。
- [0073] 图38B是图35的机器人器械的替代配置的横向剖视图,示出了旋转致动器组件和刀具支撑件。
- [0074] 图38C是带有旋转致动器电机的刀具支撑件的透视图。
- [0075] 图39A和39B示出了具有与机器人器械的头部分离开的电机的刀具支撑件,头部包括环形齿轮。
- [0076] 图40A和40B是图35的机器人器械的刀具支撑件的透视图。
- [0077] 图41是示出了刀具支撑件的本体和与多个致动器的相关联的接头连接的分解图。
- [0078] 图42是示出了手持部分的基部和与多个致动器的相关联的接头连接的分解图。
- [0079] 图43是手持部分的基部的俯视透视图。
- [0080] 图44是被动连杆机构的轴的透视图。
- [0081] 图45A和45B示出了图35的机器人器械的透视图,示出了刀具支撑件和头部的不同致动位置。
- [0082] 图46是机器人器械的替代配置的透视图。
- [0083] 图47是图46的机器人器械的前透视图。

- [0084] 图48是图46的机器人器械的后透视图。
- [0085] 图49是图46的机器人器械的侧视图,其具有包括升降致动器的致动器组件。
- [0086] 图50是图46的机器人器械的后透视图。
- [0087] 图51A和51B是图46的机器人器械的刀具支撑件的透视图。
- [0088] 图52是示出了刀具支撑件的本体和与升降致动器的相关联的接头连接的分解图。
- [0089] 图53A以侧透视图示出了包括升降致动器和一对辅助致动器的致动器组件。
- [0090] 图53B示出了致动器组件的分解图。
- [0091] 图54A是与刀具支撑件附接的致动器组件的透视图。
- [0092] 图54B是升降致动器的横截面图。
- [0093] 图55A-55C是使刀具支撑件相对于可手持体移动的致动器组件的示意图。
- [0094] 图56A-56C示出辅助致动器相对于可手持体调节刀具支撑件的摇摆。
- [0095] 图57示出了具有模块化刀具系统的机器人器械的替代配置的透视图。
- [0096] 图58A-58D描绘了与图57的机器人器械一起使用的多个模块化刀具附件的透视图。
- [0097] 图59是被配置为切割引导件的机器人器械的透视图。
- [0098] 图60示意出机器人器械的替代配置的透视图。
- [0099] 图61A和61B示意出机器人器械以不同的致动器行为使用的各个区域。
- [0100] 图62A-62C示意出在选定模式中进行致动器控制的一个示例。
- [0101] 图63A和63B示出执行切割的机器人器械的示意图。
- [0102] 图64示意出与患者解剖结构和外科机器人器械相关的导航系统的一部分。
- [0103] 图65示意出带有位于手持部分上的引导阵列的器械。
- [0104] 图66示意出带有作为显示屏的引导阵列的器械。
- [0105] 图67和图68示出将致动器安装在手持部分中的替代配置。
- [0106] 图69显示了带有输入设备的替代握把。
- [0107] 图70是机器人系统的替代配置的透视图。

具体实施方式

[0108] 概要

[0109] 参考图1,示出了机器人系统10。机器人系统10被示出用于对患者12执行全膝手术以切除患者12的股骨F和胫骨T的一些部分,使患者12可以接收全膝植入物IM。机器人系统10可用于执行其他类型的外科手术,包括涉及硬/软组织去除的手术,或其他形式的处理。例如,处理可以包括切割组织、凝固组织、消融组织、缝合(stapling)组织、缝合(suturing)组织等。在一些示例中,外科手术涉及膝部手术、髌部手术、肩部手术、脊柱手术和/或踝部手术,并且可能涉及去除要被外科植入物替代的组织,外科植入物例如膝部植入物、髌部植入物、肩部植入物、脊柱植入物和/或踝部植入物。本文公开的机器人系统10和技术可用于执行其他手术,外科或非外科的,并且可用于工业应用中或使用机器人系统的其他应用中。

[0110] 参考图1和2,机器人系统10包括机器人器械14。在一些示例中,用户手动地保持和支撑器械14(如图1所示)。在一些示例中,参考图70,当器械至少部分地或完全地由诸如被动臂(例如,具有锁定接头的连杆机构臂)、活动臂和/或类似(例如,参见图70中由虚线示出

的被动臂15)的辅助装置支撑时,用户可以手动保持器械14。如图1和图2最佳所示,器械14包括用于由用户和/或辅助装置手动抓握和/或支撑的手持部分16。

[0111] 器械14可以在没有引导臂帮助的情况下由用户自由移动和支撑,例如,被配置用于由人类用户保持,同时实现材料的物理去除,使得在外科手术中刀具的重量只由用户的手支撑。换言之,器械14可以被配置为被保持,使得用户的手抵抗着重力支撑器械14。器械14可重8磅或更少,6磅或更少,5磅或更少,甚至3磅或更少。器械14可以具有对应于ANSI/AAMI HE75:2009的重量。器械14还包括用于接收刀具20的刀具支撑件18。用于操作器械14的方法可以包括用户在没有来自被动臂或机器人臂的任何帮助的情况下悬置器械14的重量。被动臂和Kang等人的美国专利No.9,060,794的内容被以引用方式并入本文。在一些示例中,机器人系统10可以没有机器人臂,机器人臂具有多于一个连续布置的接头。

[0112] 刀具20被联接到刀具支撑件18以在下面进一步描述的机器人系统10的某些操作中与解剖结构相互作用。刀具20也可称为末端执行器。刀具20可以是能够从刀具支撑件18移除的,从而在需要时可以附接新的/不同的刀具20。刀具20也可以永久地固定到刀具支撑件18。刀具20可包括被设计用于接触患者12的组织能量施加器。在一些示例中,刀具20可以是锯片,如图1和2所示,或其他类型的切割附件。在这种情况下,刀具支撑件可被称为刀片支撑件。应该理解,在任何提到刀片支撑件的情况下,它都可以用术语“刀具支撑件”代替,反之亦然。然而,可以考虑其他刀具,例如Bozung的美国专利No.9,707,043的内容,该专利被通过引用方式并入本文。在一些示例中,刀具20可以是钻头、超声振动尖端、钻、缝合器等。刀具20可包括Walén等人的美国专利No.9,820,753或美国专利No.10,687,823中所示的刀片组件,两者都被通过引入方式并入本文。刀具支撑件18可包含驱动电机M和在Walén等人的美国专利No.9,820,753中示出的其他驱动部件,以驱动刀片组件的摆动运动。这种驱动部件可以包括联接到驱动电机M的传动装置TM,以将来自驱动电机M的旋转运动转换成刀具20的摆动运动。

[0113] 包括一个或多个致动器21、22、23的致动器组件400使刀具支撑件18相对于手持部分16在三个自由度上移动以提供机器人运动,该机器人运动帮助将刀具20置于期望的位置和/或定向(例如,在切除术期间相对于股骨F和/或胫骨T处于期望的姿态),同时用户手动保持手持部分16。致动器组件400可包括被并联、串联或两者布置的致动器21、22、23。在一些示例中,致动器21、22、23使刀具支撑件18相对于手持部分16在三个或更多个自由度上移动。在一些示例中,致动器组件400被配置为使刀具支撑件18相对于手持部分16在至少两个自由度上移动,例如俯仰和z轴平移。在一些示例中,例如本文所示,致动器21、22、23使刀具支撑件18和其相关联的刀具支撑件坐标系TCS相对于手持部分16和其相关联的基础坐标系BCS在仅三个自由度上移动。例如,刀具支撑件18和其刀具支撑件坐标系TCS可以:绕其y轴旋转以提供俯仰运动;绕其x轴旋转以提供摇摆运动;和沿与基础坐标系BCS的z轴重合的轴线Z平移以提供z轴平移运动。在图2中用箭头并且在图3A-3C、4A-4C和5A-5C的示意图中分别示出了所允许的俯仰、摇摆和z轴平移的运动。图6提供了在器械14的运动范围内的刀具支撑件18的姿态和手持部分16的姿态的一个示例。在图中未示出的一些示例中,致动器可以使刀具支撑件18相对于手持部分16在四个或更多个自由度上移动。

[0114] 返回参考图2,具有被动连杆机构26的约束组件24可用于约束刀具支撑件18相对于手持部分16在其余三个自由度上的移动。约束组件24可包括任何合适的连杆机构(例如,

具有任何合适的形状或配置的一个或多个连杆)以约束如本文所述的运动。在图2所示的示例中,约束组件24操作以通过以下方式限制刀具支撑件坐标系TCS的运动:约束绕基础坐标系BCS的z轴的旋转以约束偏航运动;约束在基础坐标系BCS的x轴方向上的平移以约束x轴平移;以及约束在基础坐标系BCS的y轴方向上的平移以约束y轴平移。在下面进一步描述的某些情况下,致动器21、22、23和约束组件24被控制,以有效地模仿物理切割引导件PCG的功能,例如物理锯切割引导件(参见图2中的虚线)。

[0115] 参考图7,提供器械控制器28或其他类型的控制单元来控制器械14。器械控制器28可以包括一个或多个计算机,或引导器械14的操作和刀具支撑件18(和刀具20)相对于手持部分16的运动的任何其他合适形式的控制器。器械控制器28可以具有中央处理单元(CPU)和/或其他处理器、存储器和存储装置(未示出)。器械控制器28装载有如下所述的软件。处理器可以包括一个或多个处理器用于控制器械14的操作。处理器可以是任何类型的微处理器、多处理器和/或多核处理系统。器械控制器28可以附加地或替代地包括一个或多个微控制器、现场可编程门阵列、片上系统、分立电路和/或能够执行本文描述的功能的其他合适的硬件、软件或固件。术语处理器不意于将任何实施例限制到单一一个处理器。器械14还可包括用户界面UI,其具有一个或多个显示器和/或输入设备(例如,触发器、按钮、脚踏开关、键盘、鼠标、麦克风(语音激活)、手势控制设备、触摸屏等)。

[0116] 器械控制器28控制刀具20的操作,例如通过控制提供给刀具20(例如提供给控制切割运动的刀具20的驱动电机M)的功率以及控制刀具支撑件18相对于手持部分16的运动(例如,通过控制致动器21、22、23)。器械控制器28控制刀具支撑件18和刀具20相对于手持部分16的状态(例如,位置和/或定向)。器械控制器28可以控制由致动器21、22、23引起的刀具20相对于手持部分16和/或相对于解剖结构的运动的速度(线性速度或角速度)、加速度或其他变化率。

[0117] 如图2所示,器械控制器28可包括安装到刀具支撑件18的控制外壳29,其中一个或多个控制板31(例如,一个或多个印刷电路板和相关联的电子部件)设置于控制外壳29内部。控制板31可以包括用于控制致动器21、22、23和驱动电机M(例如,通过电机控制器)的微控制器、驱动器、存储器、传感器或其他电子部件。器械控制器28还可以包括与控制板31进行数据和电力通信的板外(off-board)控制台33。此处描述的传感器S、致动器21、22、23和/或驱动电机M可以向控制板31馈送信号,控制板31将数据信号传送到控制台33进行处理,并且控制台33可以将电力和/或位置命令馈送回控制板31,以便为致动器21、22、23和/或驱动电机M提供电力和控制它们的定位。可以设想该处理也可以在控制外壳的控制板上执行。当然,设想不必需单独的控制外壳。

[0118] 在一些形式中,控制台33可以包括用于供电和控制致动器21、22、23和驱动电机M的单一一个控制台。在一些形式中,控制台33可以包括用于供电和控制致动器21、22、23的一个控制台和用于供电和控制驱动电机M的单独控制台。一种用于供电和控制驱动电机M的控制台可以与在2004年9月30日提交的、题为“Control Console to which Powered Surgical Handpieces are Connected, the Console Configured to Simultaneously Energize more than one and less than all of the Handpieces”的美国专利No.7,422,582中描述的类似,该专利被通过引用方式并入本文。柔性电路FC,也称为柔性电路,可以将致动器21、22、23和/或其他部件与器械控制器28互连。例如,可以在致动器21、22、23和

控制板31之间提供柔性电路FC。其他形式的连接,有线的或无线的,可以以附加形式或替代形式存在于部件之间。

[0119] 简要地回到图1,机器人系统10还包括导航系统32。导航系统32的一个示例在2013年9月24日提交的、题为“Navigation System Including Optical and Non-Optical Sensors”的美国专利No.9,008,757中描述了,该专利被通过引用方式并入本文。导航系统32跟踪各对象的移动。这样的对象包括例如器械14、刀具20和解剖结构,例如股骨F和胫骨T。导航系统32跟踪这些对象以收集每个对象关于(导航)定位器坐标系LCLZ的状态信息。如在这里所使用的,对象的状态包括、但不限于定义被跟踪对象(例如,其坐标系)的位置和/或定向或该位置和/或定向的等效物/变化率的数据。例如,状态可以是对象的姿态,和/或可以包括线速度数据、角速度数据等。

[0120] 导航系统32可以包括容置着导航控制器36和/或其他类型的控制单元的推车组件34。导航用户界面UI与导航控制器36操作地通信。导航用户界面UI包括一个或多个显示器38。导航系统32能够使用所述一个或多个显示器38向用户显示被跟踪对象的相对状态的图形表示。导航用户界面UI还包括一个或多个输入设备以将信息输入到导航控制器36内或以其他方式选择/控制导航控制器36的某些方面。这种输入设备包括交互式触摸屏显示器。然而,输入设备可以包括按钮、脚踏开关、键盘、鼠标、麦克风(语音激活)、手势控制设备等中的任何一个或多个。

[0121] 导航系统32还包括耦合到导航控制器36的导航定位器44。在一个示例中,定位器44是光学定位器并且包括相机单元46。相机单元46具有壳体48,壳体48容置着一个或多个光学传感器50。定位器44可以包括它自己的定位器控制器49并且可以进一步包括摄像机VC。

[0122] 导航系统32包括一个或多个跟踪器。在一些示例中,跟踪器包括指针跟踪器PT、刀具跟踪器52、第一患者跟踪器54和第二患者跟踪器56。在图1所示的示例中,刀具跟踪器52牢固地附接到器械14,第一患者跟踪器54牢固地附连到患者12的股骨F,并且第二患者跟踪器56牢固地附连到患者12的胫骨T。在该示例中,患者追踪器54、56牢固地附连到骨的部分。指针跟踪器PT牢固地附连到指针57,指针57用于将解剖结构配准到定位器坐标系LCLZ和/或用于其他校准和/或配准功能。

[0123] 刀具跟踪器52可以附连到器械14的任何合适的部件上,并且在一些形式中可以附接到手持部分16、刀具支撑件18、直接附接到刀具20、或者它们的组合。跟踪器52、54、56、PT可以以任何合适的方式固定到它们相应的部件,例如通过紧固件、夹具等。例如,跟踪器52、54、56、PT可以是刚性地固定的、柔性地连接的(光纤),或者根本没有物理连接(超声),只要有合适的(补充的)方式来确定相应的跟踪器到相关联的对象的关系(量度)。跟踪器52、54、56、PT中的任何一个或多个可以包括有源标记58。有源标记58可以包括发光二极管(LED)。可替代地,跟踪器52、54、56、PT可以具有无源标记,例如反射器,其反射从相机单元46发射的光。也可以使用印刷的标记或本文未具体描述的其他合适的标记。

[0124] 可以采用各种坐标系用于跟踪对象的目的。例如,所述坐标系可以包括定位器坐标系LCLZ、刀具支撑件坐标系TCS、基础坐标系BCS、与跟踪器52、54、56、PT中的每一个相关联的坐标系,与解剖结构相关联的一个或多个坐标系,与解剖结构的术前和/或术中图像(例如,CT图像、MRI图像等)和/或模型(例如,2D或3D模型)相关联的一个或多个坐标系,以

及TCP(刀具中心点)坐标系。在建立坐标系之间的关系后(例如通过配准、校准、几何关系、测量等),可以使用变换将各坐标系中的坐标转换到其他坐标系。

[0125] 如图2所示,在一些示例中,TCP是在刀具20的远端定义的TCP坐标系的预先确定的参考点或原点。刀具20的几何形状可以相对于TCP坐标系和/或相对于刀具支撑件坐标系TCS进行定义。刀具20可以包括一个或多个几何特征,例如周长(perimeter)、圆周长(circumference)、半径、直径、宽度、长度、高度、体积、面积、表面/平面、运动包络范围(沿任何一个或多个轴线)等,所述几何特征被相对于TCP坐标系和/或相对于刀具支撑件坐标系TCS定义并存储在导航系统32中。在一些示例中,刀具20具有刀片平面(例如,用于锯片),为了方便和易于说明而将对其进行描述,但不旨在将刀具20限制为任何特定形式。点、其他图元、网格、其他3D模型等可用于虚拟地表示刀具20。TCP坐标系、刀具支撑件坐标系TCS和刀具跟踪器52的坐标系可以根据刀具20的配置以各种方式定义。例如,指针57可以与刀具支撑件18和/或刀具20中的校准凹痕(calibration divot)CD一起使用,用于:确定(校准)刀具支撑件坐标系TCS相对于刀具跟踪器52的坐标系的姿态;确定TCP坐标系相对于刀具跟踪器52的坐标系的姿态;和/或确定TCP坐标系相对于刀具支撑件坐标系TCS的姿态。可以使用其他技术来直接测量TCP坐标系的姿态,例如通过将一个或多个附加跟踪器/标记直接附接和固定到刀具20。在一些形式中,跟踪器/标记也可以附接并固定到手持部分16、刀具支撑件18或两者。

[0126] 因为刀具支撑件18是能够通过致动器21、22、23而相对于手持部分16在多个自由度上移动的,因此器械14可以采用编码器、霍尔效应传感器(具有模拟或数字输出)和/或任何其他位置感测方法,以测量TCP坐标系和/或刀具支撑件坐标系TCS相对于基础坐标系BCS的姿态。器械14可以使用来自测量致动器21、22、23的致动的传感器的测量结果来确定TCP坐标系和/或刀具支撑件坐标系TCS相对于基础坐标系BCS的姿态,如下文进一步描述的。

[0127] 定位器44监测跟踪器52、54、56、PT(例如,其坐标系)以确定跟踪器52、54、56、PT中每一个的状态,其分别对应于分别附接于其上的对象的状态。定位器44可以执行已知的三角测量技术来确定跟踪器52、54、56、PT和相关联的对象的状态。定位器44提供跟踪器52、54、56、PT的状态给导航控制器36。在一些示例中,导航控制器36确定跟踪器52、54、56、PT的状态并将其传送给器械控制器28。

[0128] 导航控制器36可包括一个或多个计算机,或任何其他合适形式的控制器。导航控制器36具有中央处理单元(CPU)和/或其他处理器、存储器和存储装置(未示出)。处理器可以是任何类型的处理器、微处理器或多处理器系统。导航控制器36装载有软件。例如,软件将从定位器44接收的信号转换成表示被跟踪的对象的位置和/或定向的数据。导航控制器36可以附加地或替代地包括一个或多个微控制器、现场可编程门阵列、片上系统、分立电路和/或能够执行本文描述的功能的其他合适的硬件、软件或固件。术语处理器不旨在将任何实施例限制到单一一个处理器。

[0129] 尽管示出了使用三角测量技术来确定对象状态的导航系统32的一个示例,但是导航系统32可以具有用于跟踪器械14、刀具20和/或患者12的任何其他合适的配置。在另一个示例中,导航系统32和/或定位器44是基于超声的。例如,导航系统32可以包括耦合到导航控制器36的超声成像设备。超声成像设备对上述对象中的任何一个进行成像,例如器械14、刀具20和/或患者12,并基于超声图像生成状态信号给导航控制器36。超声图像可以是2D、

3D或两者的组合。导航控制器36可以近乎实时地处理图像以确定对象的状态。超声成像设备可以具有任何合适的配置并且可以不同于如图1所示的相机单元46。

[0130] 在另一个示例中,导航系统32和/或定位器44是基于射频(RF)的。例如,导航系统32可以包括耦合到导航控制器36的RF收发器。器械14、刀具20和/或患者12可以包括附接于其上的RF发射器或转发器。RF发射器或转发器可以是无源的或有源供电的。RF收发器发射RF跟踪信号,并基于从RF发射器接收的RF信号产生状态信号给导航控制器36。导航控制器36可以分析接收到的RF信号以将相关状态与其相关联。RF信号可以具有任何合适的频率。RF收发器可被定位在任何合适的位置,以使用RF信号有效地跟踪对象。此外,RF发射器或转发器可以具有与图1中所示的跟踪器52、54、56、PT非常不同的任何合适的结构配置。

[0131] 在又一个示例中,导航系统32和/或定位器44是基于电磁的。例如,导航系统32可以包括耦合到导航控制器36的EM收发器。器械14、刀具20和/或患者12可以包括附接于其上的EM部件,例如任何合适的磁性跟踪器、电磁跟踪器、感应跟踪器等。这些跟踪器可以是无源的或被有源地供电。EM收发器生成EM场并且基于从跟踪器接收的EM信号生成状态信号给导航控制器36。导航控制器36可以分析接收到的EM信号以将相对状态与其相关联。同样,这样的导航系统32示例可以具有与图1所示的导航系统32配置不同的结构配置。

[0132] 导航系统32可具有本文未具体列举的任何其他合适的部件或结构。此外,可以为本文描述的导航系统32的任何其他示例实施或提供上文关于所示导航系统32描述的任何技术、方法和/或部件。例如,导航系统32可以单独使用惯性跟踪或跟踪技术的任何组合,并且可以附加地或替代地包括基于光纤的跟踪、机器视觉跟踪等。

[0133] 参考图7,机器人系统10包括控制系统60,控制系统包括器械控制器28和导航控制器36等部件。控制系统60还包括一个或多个软件程序和软件模块。软件模块可以是在器械控制器28、导航控制器36或其组合上运行的一个或多个程序的一部分,用于处理数据以帮助机器人系统10的控制。软件程序和/或模块包括存储在器械控制器28、导航控制器36或其组合上的存储器64中的计算机可读指令,由控制器28、36中的一个或多个处理器70执行。存储器64可以是任何合适的存储器配置,例如非暂时性存储器、RAM、非易失性存储器等,并且可以在本地或从远程数据库实现。另外,用于提示用户和/或与用户通信的软件模块可以形成一个或多个程序的一部分,并且可以包括存储在器械控制器28、导航控制器36或其组合上的存储器64中的指令。用户可以与导航用户界面UI或其他用户界面UI的任何输入设备进行交互,以与软件模块通信。用户界面软件可以在与器械控制器28和/或导航控制器36分开的设备上运行。器械14可以通过电力/数据连接与器械控制器28通信。电力/数据连接可以提供路径,利用该路径输入和输出基于由导航系统32生成并传输给器械控制器28的位置和定向数据来控制器械14。

[0134] 控制系统60可以包括输入、输出和适合于执行这里描述的功能和方法的处理设备的任何合适的配置。控制系统60可包括器械控制器28、导航控制器36或其组合,和/或可仅包括这些控制器中的一个,或其它的控制器。这些控制器可以通过如图7所示的有线总线或通信网络、通过无线通信或以其他方式进行通信。控制系统60也可称为控制器。控制系统60可以包括一个或多个微控制器、现场可编程门阵列、片上系统、分立电路、传感器、显示器、用户界面、指示器、和/或能够执行此处描述的功能的其它适合的硬件、软件或固件。

[0135] 器械

[0136] 在一种示例性配置中,器械14在图8-19中最佳地示出。器械14包括用于由用户保持的手持部分16,可移动地联接到手持部分16以支撑刀具20的刀具支撑件18,具有使刀具支撑件18和手持部分16操作地互连以相对于手持部分16在三个自由度上移动刀具支撑件18的多个致动器21、22、23的致动器组件400,以及约束组件24,其具有使刀具支撑件18和手持部分16操作地互连的被动连杆机构26。

[0137] 手持部分16包括用于由用户抓握的握把72,以使用户能够手动支撑器械14。手持部分16可以配置有符合人体工程学的特征,例如供用户的手保持的握把、用于防止用户的手在潮湿和/或带血时滑动的纹理化涂层或混合材料涂层。手持部分16可以包括锥度以适应具有不同手尺寸的用户并且其轮廓被设计成与用户的手和/或手指的轮廓相匹配。手持部分16还包括基部74,握把72通过一个或多个紧固件、粘合剂、焊接等附接到基部74。在所示形式中,基部74包括具有大体中空圆柱形形状的套筒76。接头支撑件77、78、79从套筒76延伸。致动器21,22,23可以通过下面进一步描述的接头在接头支撑件77、78、79处可移动地联接到基部74。

[0138] 刀具支撑件18包括刀具支撑件本体80,跟踪器52可以通过一个或多个跟踪器安装件可拆卸地安装到该刀具支撑件本体80,所述一个或多个跟踪器安装件在一个或多个安装位置82处固定到刀具支撑件18。在所示形式中,刀具20可拆卸地联接到刀具支撑件18。特别地,刀具支撑件18包括刀具连接器,例如刀具20安装到的头部84,如Walén等人的美国专利No.9,820,753中所述的,该专利被通过引用方式并入本文。驱动刀具20的操作的驱动电机M(例如,在一些形式中,用于驱动锯片的摆动)设置在刀具支撑件本体80中。刀具20可以以Walén等人的美国专利No.9,820,753中公开的方式附接到头部84和从头部84释放,该专利被通过引用方式并入本文。如图12和13最佳所示,刀具支撑件18还包括多个致动器安装件86、88、90,致动器21、22、23在所述致动器安装件处通过接头可移动地联接到刀具支撑件18,如下面进一步描述的。致动器安装件86、88、90可包括支架等,其适于安装致动器21、22、23,使得刀具支撑件18能够相对于手持部分16在至少三个自由度上移动。

[0139] 在所示形式中,致动器21、22、23包括在基部74和刀具支撑件本体80之间延伸的电动线性致动器。当被致动时,致动器21、22、23的有效长度改变,以改变在刀具支撑件本体80和基部74之间沿致动器21、22、23的相应轴线的距离。因此,致动器21、22、23协同工作以改变它们的有效长度并使刀具支撑件18相对于手持部分16在至少三个自由度上移动。在所示形式中,提供了三个致动器21、22、23,并且它们可以称为第一、第二和第三致动器21、22、23或者前致动器21、22和后致动器23。第一、第二和第三致动器21、22、23的有效长度沿着第一活动轴线AA1、第二活动轴线AA2和第三活动轴线AA3(见图14)是可调节的。第一、第二和第三致动器21、22、23的有效长度是可独立调节的,以相对于手持部分16调节刀具支撑件18的俯仰定向、摇摆定向和z轴平移位置中的一个或多个,如前所述。在一些示例中,可以提供更多的致动器。在一些示例中,致动器可以包括旋转致动器。致动器21、22、23可以包括具有任何合适尺寸或形状的一个或多个连杆的连杆结构。致动器21、22、23可以具有适合于使刀具支撑件18能够在至少三个自由度上相对于手持部分16移动的任何配置。例如,在某些形式中,可能有一个前致动器和两个后致动器,或一些其他的致动器布置。

[0140] 在本形式中,致动器21、22、23通过多个活动接头连接到基部74和刀具支撑件本体80。活动接头包括一组第一活动接头92,其将致动器21、22、23在致动器安装件86、88、90处

联接到刀具支撑件本体80。在一个形式中,如图14和16所示,第一活动接头92包括活动U形接头。U形接头包括第一枢轴销94和接头块96。第一枢轴销94经由接头块96中的通孔98将接头块96枢转地连接到致动器安装件86、88、90。固定螺钉100可以将第一枢轴销94紧固到致动器安装件86、88、90。U形接头还可包括第二枢轴销104。接头块96具有横孔102以接收第二枢轴销104。第二枢轴销104具有通孔103以接收第一枢轴销94,使得第一枢轴销94、接头块96和第二枢轴销104形成U形接头的交叉部。每个U形接头的第一枢轴销94和第二枢轴销104限定相交的枢转轴线PA(见图16)。第二枢轴销104将致动器21、22、23的枢转枢106枢转地连接到接头块96。这样,致动器21、22、23能够相对于刀具支撑件本体80在两个自由度上移动。其他类型的活动接头也被考虑,例如包括具有接纳销的槽的球的活动球形接头105(例如参见图20和21)。

[0141] 参考图14和15,活动接头还包括一组第二活动接头108,其将前两个致动器21、22联接到手持部分16的基部74。在所示形式中,第二活动接头108被支撑在接头支撑件77、78处。每个第二活动接头108包括旋转枢110,其被布置成相对于手持部分16的基部74围绕旋转轴线SA旋转。每个旋转枢110具有旋转头部112和从旋转头部112延伸以在接头支撑件77、78之一处枢转地接合基部74的柱114。螺母115螺纹连接到柱114的一端以将柱114捕获在基部74中,同时允许相应的旋转枢110在其相应的接头支撑件77、78内自由旋转。

[0142] 每个第二活动接头108包括枢转地联接到旋转枢110之一的载架116。载架116具有带内螺纹的通孔117以接收前两个致动器21、22的导螺杆150,如下文进一步描述的。每个载架116还包括相反的耳轴118,其允许载架116通过被安置在旋转枢110上的凹穴120中而相对于旋转枢110绕枢转轴线PA(参见图14)枢转。在一些形式中,对于每个第二活动接头108来说,旋转轴线SA与枢转轴线PA相交以限定单一一个顶点,致动器21、22围绕该顶点在两个自由度上移动。

[0143] 盖122被紧固到旋转头部112并限定凹穴120中的一个,而旋转头部112限定另一个凹穴120。在组装期间,首先以耳轴118中的一个放置在旋转头部112上的凹穴120中的方式定位载架116,然后将盖122紧固在另一个耳轴118上,使得载架116被捕捉在盖122和旋转头部112之间并且能够通过耳轴118和凹穴120而相对于旋转枢110枢转。由于旋转枢110和相关联的载架116的配置,即载架116能够围绕旋转轴线SA旋转并围绕枢转轴线PA枢转,第二活动接头108允许前两个致动器21、22相对于基部74的两个自由度的移动。前两个致动器21、22与基部74之间的其他接头布置也是可能的。

[0144] 活动接头还包括将后(第三)致动器23联接到手持部分16的基部74的第三活动接头124。在所示形式中,第三活动接头124被支撑在接头支撑件79处。第三活动接头124包括固定到基部74的接头支撑件79的枢转外壳126。

[0145] 第三活动接头124包括通过耳轴118枢转地联接到枢转外壳126的载架116。具有凹穴132的紧固件130经由通孔133附接到枢转外壳126的任一侧以接合耳轴118。紧固件130被布置成使载架116在组装之后能够经由位于凹穴132中的耳轴118枢转。载架116具有带内螺纹的通孔117以接收后致动器23的导螺杆150,如下文进一步描述的。由于枢转外壳126和相关联的载架116的配置,即相关联的载架116仅能够围绕枢转轴线PA枢转(例如,而不是旋转)的能力,第三活动接头124仅允许后致动器23相对于基部74的一个移动自由度。后致动器23和基部74之间的其他接头布置也是可能的。

[0146] 参考图16,致动器21、22、23中的每一个都包括外壳134。外壳134包括筒体136和螺纹连接到筒体136的帽138。形成第一活动接头92的一部分的枢转枢106被固定到外壳134,使得外壳134和枢转枢106能够通过第一活动接头92一起相对于刀具支撑件18移动。帽138捕捉枢转枢106的环形肩部140以将枢转枢106固定到筒体136。

[0147] 在一些形式中,枢转枢106和筒体136包括一个或多个对准特征,以将每个枢转枢106以预定义的相对定向对准到其相应的筒体136。这种对准特征可以包括配合部分、键/键槽等。在组装期间,首先可以将枢转枢106以其预定义的相对定向紧固到筒体136,然后可以将帽138螺纹连接到筒体136上(例如,通过相配合的外螺纹和内螺纹)以将枢转枢106以预定义的相对定向捕获到筒体136。这种预定义的关系可有助于布线和/或对准柔性电路FC,防止枢转枢106相对于筒体136摇摆和/或用于其他目的。

[0148] 致动器21、22、23中的每一个还包括设置在每个外壳134中的电机142。电机142具有布置在外壳134中的壳体144和布置在壳体144内的电机绕组组件146。电机绕组组件146也可以例如通过固定螺钉SS(参见图16)或其他对准特征(例如上述那些)以预定义的相对定向对准到筒体136。每个电机142还具有固定到导螺杆150的转子148。导螺杆150由一个或多个衬套和/或轴承151支撑以在外壳134中旋转。转子148和相关联的导螺杆150被配置为在电机142选择性通电时相对于外壳134致动。导螺杆150具有细螺距(fine pitch)和导程角以防止反向驱动(即,它们是自锁的)。这样,被置于刀具20上的负载就不容易反向驱动电机142。在一些示例中,导螺杆150具有8-36级3螺纹,具有从0.02到0.03英寸/转的导程。也可以采用其他螺纹类型/尺寸。

[0149] 致动器21、22、23中的每一个可由单独的电机控制器控制。电机控制器可以分别连接到致动器21、22、23,以单独地将每个致动器21、22、23引导到给定的目标位置。在一些示例中,电机控制器是比例积分微分(PID)控制器。在一些示例中,电机控制器可以与器械控制器28集成或形成器械控制器28的一部分。为了便于说明,在本文中电机控制器将被描述为器械控制器28的一部分。

[0150] 电源通过控制台33向电机142提供例如32VDC功率信号。32VDC信号通过器械控制器28施加到电机142。器械控制器28选择性地向每个电机142提供功率信号以选择性地激活电机142。电机142的这种选择性激活用来定位刀具20。电机142可以是任何合适类型的电机,包括无刷DC伺服电机、其他形式的DC电机等。电源还向器械控制器28供电以为器械控制器28内部的部件供电。应当理解,电源可以提供其他类型的功率信号,例如12VDC、24VDC、40VDC等。

[0151] 一个或多个传感器S(还参见图7)将信号传输回器械控制器28,使得器械控制器28可以确定相关联的致动器21、22、23的当前位置(即,测量位置)。这些信号的电平可以与相关联的转子148的旋转位置相关地变化。在一种实施方式中,传感器S可以以高分辨率解析在一给定圈内的转子148的旋转位置。这些传感器S可以是霍尔效应传感器,其基于来自转子148、或来自放置于导螺杆150上的其他磁体(例如,见图16中的2极磁体MG)的感测磁场来输出模拟和/或数字信号。可以从与霍尔效应传感器关联的电机142相关联的电机控制器供应用于激励霍尔效应传感器的低电压信号,例如5VDC。在一些示例中,两个霍尔效应传感器设置在外壳134中并且围绕转子148彼此间隔90度以感测转子位置,使得器械控制器28能够确定转子148的位置并计算转子的增加的圈数(一个这样的传感器S和磁体MG在图16中示

出)。在某些形式中,霍尔效应传感器输出代表增加的计数的数字信号。各种类型的电机和传感器布置都是可能的。在一些示例中,电机142是无刷DC伺服电机并且两个或更多个内部霍尔效应传感器可以围绕转子148彼此间隔90度、120度或任何其他合适的间隔。传感器S还可以包括绝对或增量编码器,其可用于检测转子148的旋转位置并对转子148的圈数进行计数。其他类型的编码器也可以用作所述一个或多个传感器。传感器可以放置在致动器及其周围部件上的任何合适部位,适合于在致动器被调节时确定每个致动器的位置,例如在外壳、螺母、螺钉等上。在又另一种配置中,可以使用无传感器电机控制。在这种实施方式中,可以通过测量电机的反电动势和/或电感来确定每个转子的位置。一个合适的例子可以在美国专利No.7,422,582中找到,该专利被通过引用方式整体并入本文。

[0152] 在一些示例中,来自霍尔效应传感器的输出信号被发送到器械控制器28。器械控制器28监测接收信号的电平变化。基于这些信号,器械控制器28确定转子位置。转子位置可以被认为转子148从初始或初始位置开始的旋转度数。转子148可以进行多次360°旋转。因此转子位置可以超过360°。被称为计数的标量值代表从初始位置开始的转子位置。转子148沿顺时针方向和逆时针方向旋转。每次复数个信号(模拟或数字)的信号电平经历定义的状态变化时,器械控制器28增大或减小计数以指示转子位置的变化。对于转子148的每一次完整的360°旋转,器械控制器28都将计数的值增大或减小固定的计数数字。在一些示例中,转子148每旋转360度,计数在100和3,000之间递增或递减。在一些示例中,转子148的每个360度旋转有1,024个位置(计数),例如当使用增量编码器来监测转子位置时。器械控制器28内部是与每个致动器21、22、23相关联的计数器。计数器存储的值等于被增大或减小的各计数的累计数字。计数值可以是正数、零或负数。在一些形式中,计数值定义了转子148的增加的移动。因此,致动器21、22、23的转子148可以首先移动到已知位置,称为它们的初始位置(下面进一步描述),同时使用计数值来定义转子148的当前位置。

[0153] 如前所述,载架116具有带内螺纹的通孔117以螺纹地接收导螺杆150,使得每一个导螺杆150可以相对于载架116中的相应一个旋转,用于调节所述多个致动器21、22、23中相应一个致动器的有效长度,从而改变由器械控制器28测量的计数。外壳134和对应载架116中的每一个在至少一个自由度上被约束了相对移动,以允许导螺杆150相对于载架116旋转。更具体地,导螺杆150能够相对于载架116旋转,因为:枢转枢106不能围绕相关联的活动轴线AA1、AA2、AA3旋转(即,由于第一活动接头92的配置,枢转枢106被约束了这种旋转移动);而且载架116不能围绕相关联的活动轴线AA1、AA2、AA3旋转(即,由于第二活动接头108和第三活动接头124的配置,载架116被约束了这种旋转移动)。

[0154] 止动件152,例如螺纹紧固件和形成在导螺杆150上的肩部,被固定到导螺杆150。止动件152的尺寸设计为在每个导螺杆150的行进的末端抵接载架116。

[0155] 如前所述,致动器21、22、23的有效长度是可主动调节的,以使得刀具支撑件18能够相对于手持部分16移动。该有效长度的一个示例在图16中的第三致动器23上标记为“EL”。这里,有效长度EL是从相关联的载架116的中心到相关联的第一活动接头92的中心测量的。当每个致动器21、22、23被调节时,通过改变导螺杆150被旋入或旋出其相关联的载架116多远、从而改变从相关联的载架116的中心到相关联的第一活动接头92的中心的距离,有效长度EL改变。致动器21、22、23是可在有效长度EL的最小值和最大值之间调节的。每个致动器21、22、23的有效长度EL可以以任何合适的方式表示/测量以表示刀具支撑件18和手

持部分16之间沿着活动轴线AA1、AA2、AA3的距离,该距离改变以导致刀具支撑件18相对于手持部分16的各种移动。

[0156] 约束组件24与致动器21、22、23协同工作以约束由致动器21、22、23提供的移动。致动器21、22、23提供三个自由度上的移动,而约束组件24约束三个自由度上的移动。在所示形式中,约束组件24包括被动连杆机构26,以及将被动连杆机构26联接到刀具支撑件18的被动连杆机构接头156。

[0157] 在一种形式中,如图14和16所示,被动连杆机构接头156包括被动连杆U形接头。U形接头包括第一枢轴销158和接头块160。第一枢轴销158经由接头块160中的通孔164将接头块160枢转地连接到刀具支撑件本体80的被动连杆机构安装件162。固定螺钉166可以将第一枢轴销158固定到被动连杆机构安装件162。U形接头还包括第二枢轴销170。接头块160具有用于接收第二枢轴销170的横孔168。第二枢轴销170将被动连杆机构26的被动连杆机构枢转枢172枢转地连接到接头块160。第二枢轴销170具有通孔171以接纳第一枢轴销158,使得第一枢轴销158、接头块160和第二枢轴销170形成U形接头的交叉部。第一枢轴销158和第二枢轴销170限定相交的枢转轴线PA(见图16)。这样,被动连杆机构26能够相对于刀具支撑件本体80在两个自由度上移动。还设想其他类型的被动连杆机构接头,例如包括具有接收销的槽的球的被动连杆机构球形接头107(例如参见图20和21)。

[0158] 被动连杆机构26包括固定到被动连杆机构枢转枢172的轴174。被动连杆机构26还包括基部74的套筒76,其被配置为沿约束轴线CA接收轴174。被动连杆机构26被配置成允许轴174相对于套筒76沿约束轴线CA轴向滑动并且在致动器21、22、23中的一个或多个致动器的致动期间约束轴174相对于约束轴线CA径向上的移动。

[0159] 被动连杆机构26还包括键176以约束轴174相对于套筒76围绕约束轴线CA的旋转。键176最佳显示在图16中。键176装配在轴174和套筒76上的相对的键槽178、180中,以将轴174不能相对旋转地锁定到套筒76。用于防止轴174和套筒76相对旋转的其他布置也被考虑,例如整体式键/槽布置等。被动连杆机构26独立于致动器21、22、23而操作地互连刀具支撑件18和手持部分16。在致动器21、22、23中的一个或多个致动器的致动期间,被动连杆机构的有效长度EL沿着约束轴线CA是可被动地调节的。套筒76、轴174和键176代表用于被动连杆机构26的一种连杆组合。对于被动连杆机构26来说,以任何合适的方式连接的其他尺寸、形状和数量的连杆都可以采用。

[0160] 在所示形式中,被动连杆机构接头156相对于刀具支撑件18能够绕两个枢转轴线PA枢转。其他配置也是可能的。

[0161] 此外,在所示形式中,第一活动接头92和被动连杆机构接头156限定了布置在公共平面CP上的枢转轴线PA(见图9和11)。非平行枢转轴线PA、布置在不同平面上的平行枢转轴线PA、其组合和/或其他配置也被考虑。

[0162] 在一些形式中,刀具支撑件18的头部84被布置成使得当刀具20联接到刀具支撑件18时刀具20位于平行于公共平面CP的刀具平面TP(例如,刀片平面)上(参见图9和11)。在一些示例中,刀具平面TP与公共平面CP间隔开2.0英寸或更小、1.0英寸或更小、0.8英寸或更小、或0.5英寸或更小。

[0163] 参考图10、14和16,在致动器21、22、23的整个致动期间,约束轴线CA和第三活动轴线AA3可以被定位成沿着竖直中心平面VCP共面。还设想其他配置,包括约束轴线CA和第

三活动轴线AA3不共面的那些配置。

[0164] 在所示形式中,致动器21、22、23被布置成使得在致动器21、22、23的所有位置中(包括处于它们的初始位置时)活动轴线AA1、AA2、AA3都相对于约束轴线CA处于倾斜配置中。使轴线AA1、AA2、AA3倾斜通常使致动器布置逐渐变细,以允许基部74和相关联的握把72更纤薄和更紧凑。可以设想其他配置,包括其中活动轴线AA1、AA2、AA3相对于约束轴线CA不处于倾斜配置的那些配置。这种配置可以包括其中致动器轴线AA1、AA2、AA3在它们的初始位置彼此平行的配置。

[0165] 致动器、活动接头和约束组件的其它配置是可能的。在一些形式中,约束组件可能不存在并且器械14的刀具支撑件18能够相对于手持部分16在额外的自由度上移动。此外,如上所述,可以使用下面描述的致动器组件。

[0166] 虚拟边界

[0167] 控制系统60用来控制器械14的操作的软件包括边界生成器182(见图7)。边界生成器182可以在器械控制器28、导航控制器36和/或在其它部件上(例如在单独的控制器上)实现。边界生成器182也可以是从器械14远程地操作的单独系统的一部分。参考图22,边界生成器182是生成用于约束器械14的移动和/或操作的一个或多个虚拟边界184的软件程序或模块。在一些示例中,边界生成器182提供定义虚拟切割引导件(例如,虚拟锯切割引导件)的虚拟边界184。还可以提供虚拟边界184来描绘如下所述的各种操作/控制区域。虚拟边界184可以是一维的(1D)、二维的(2D)、三维的(3D),并且可以包括点、线、轴线、轨迹、平面(由解剖结构或其他边界界定的无限平面或平面段)、体积或其他形状,包括复杂的几何形状。虚拟边界184可由像素、点云、体素、三角网格、其它2D或3D模型、其组合等表示。美国专利公开文献No.2018/0333207和美国专利No.8,898,043被通过引用方式并入本文,并且它们的任何特征都可用于方便外科手术的规划或执行。

[0168] 可以以各种方式使用虚拟边界184。例如,控制系统60可以:控制刀具20的某些移动以停留在边界内;控制刀具20的某些移动以停留在边界之外;控制刀具20的某些移动以停留在边界上(例如,保持在点、轨迹和/或平面上);控制刀具20的某些移动以接近边界(吸引边界)或从边界排斥(排斥边界);和/或基于器械14到边界的关系(例如,空间、速度等)控制器械14的某些操作/功能。还设想了边界184的其他用途。

[0169] 在一些示例中,虚拟边界184之一是期望的切割平面,如图22所示。在一些形式中,控制系统60在根本上用于将刀具20保持在期望的切割平面上。控制刀具20的定位的虚拟边界184也可以是体积边界,例如体积边界的厚度稍大于刀片的厚度以约束锯片使其停留在边界内和停留在期望的切割平面上,如图2中所示。因此,期望的切割平面可以由虚拟平面边界、虚拟体积边界或其他形式的虚拟边界定义。虚拟边界184也可以被称为虚拟对象。虚拟边界184可以相对于解剖模型AM定义,例如3D骨骼模型(参见图22,其图示了解剖模型AM由于它们的配准而虚拟地覆盖在真正的股骨F上)。换言之,与虚拟边界184相关联的点、线、轴线、轨迹、平面、体积等可以定义在相对于解剖模型AM的坐标系固定的坐标系中,使得解剖模型AM的跟踪(例如,通过跟踪其被配准到的相关联的解剖结构)还能够实现虚拟边界184的跟踪。

[0170] 解剖模型AM被配准到第一患者跟踪器54,使得虚拟边界184与解剖模型AM和相关联的坐标系关联上。虚拟边界184可以是植入物特定的,例如基于植入物的尺寸、形状、体积

等来定义,和/或可以是患者特定的,例如基于患者的解剖结构来定义。虚拟边界184可以是术前、术中或其组合创建的边界。换言之,虚拟边界184可以在外科手术开始之前、在外科手术过程中(包括在组织去除过程中)、或其组合进行定义。虚拟边界184可以以多种方式提供,例如通过控制系统60创建它们、从其他源/系统接收它们等。虚拟边界184可以存储在存储器中以用于检索和/或更新。

[0171] 在一些情况下,例如当准备股骨F以接收全膝植入物IM(见图1)时,虚拟边界184包括多个平面边界,这些平面边界可用于描绘用于全膝植入物IM的多个切割平面(例如,五个切割平面),并且与股骨F的远端的3D模型相关联。这些多个虚拟边界184可以由控制系统60一次一个地激活以一次约束切割到一个平面。

[0172] 器械控制器28和/或导航控制器36跟踪刀具20相对于虚拟边界184的状态。在一个示例中,出于确定致动器21、22、23的目标位置的目的,相对于虚拟边界184测量TCP坐标系的状态(例如,锯片的姿态),使得刀具20保持在期望的状态。在一些情况下,控制系统60控制/定位器械14以模拟物理机头在存在物理边界/障碍的情况下响应的方式。

[0173] 返回参考图7,两个额外的软件程序或模块在器械控制器28和/或导航控制器36上运行。一个软件模块执行行为控制186。行为控制186是计算指示刀具20的下一个命令/期望位置和/或定向(例如,期望姿态)的数据的过程。在一些情况下,只有TCP的期望位置从行为控制186输出,而在一些情况下,输出刀具20的命令姿态。来自边界生成器182的输出(例如在一个或多个坐标系中的虚拟边界184的当前位置和/或定向)可以作为输入馈送到行为控制186内,以确定致动器21、22、23的下一个命令位置和/或刀具20的定向。行为控制186可以处理该输入连同下面进一步描述的一个或多个其他输入,以确定命令姿态。

[0174] 器械控制器28可以通过向每个致动器21、22、23发送命令信号来控制所述一个或多个致动器21、22、23以将刀具20朝向期望的姿态调节。器械控制器28可以知道致动器21、22、23可以相对于手持部分16调节刀具支撑件18的整个长度。在一些示例中,器械控制器28知道致动器21、22、23能够调节的整个长度,并且可以向致动器21、22、23发送命令信号,以使其从一位置向另一位置移动一测量距离。测量位置可以是已知位置,或致动器21、22、23的当前定位与致动器极限之间的距离。致动器21、22、23移动到的每个位置可以是距致动器行进的正极限和负极限(即导螺杆的两端之间的位置)的测量距离。器械控制器28可以命令致动器21、22、23到达和离开测量位置,如下所述。

[0175] 器械控制器28可以向每个致动器21、22、23发送命令信号以使致动器21、22、23从第一位置移动到将刀具20置于期望姿态的命令位置。在一些示例中,该命令位置可以由器械控制器28结合导航系统32确定,以确定刀具20和刀具支撑件18相对于手持部分16、患者跟踪器PT、54、56、虚拟对象(例如期望的切割平面)或其组合的位置,并向致动器21、22、23发送信号以调节特定距离或命令位置,以便将刀具20置于期望姿态。器械控制器可以命令致动器21、22、23到一位置,以便达到刀具20的期望调节。器械控制器28可以控制致动器21、22、23使其线性地移动一计算距离,以将刀具20朝向期望姿态调节。在其他示例中,例如当使用绝对编码器时,器械控制器可以基于由绝对编码器确定的刀具支撑件18相对于手持部分的已知位置而向致动器21、22、23发送信号,以将每个致动器21、22、23置于命令位置。先前的命令位置可以是在致动器21、22、23的当前位置之前致动器21、22、23被调节到的位置。在一些示例中,先前的命令位置可以是为了将刀具20朝向期望姿态调节而将致动器21、22、

23命令到的位置。

[0176] 在一些示例中,当致动器21、22、23中的一个或多个致动器已经达到它们的极限时,器械控制器28可以要求手持部分16进行调节,以便将刀具20带回到致动器能够将刀具20朝向期望的姿态调节的范围内。在这种情况下,可以使用模拟命令位置向用户指示如何移动手持部分16以便将刀具20和致动器21、22、23带回至与期望姿态对准。模拟命令位置可以是由器械控制器28结合来自导航系统32的导航数据而确定的位置,其中在不调节致动器21、22、23的情况下必须移动手持部分16以便将刀具20朝向期望姿态调节。该模拟命令位置与引导阵列200、指示器201、202、203或两者一起工作来向用户发信号:手持部分16需要以特定的方式移动以将刀具20置于期望姿态。在一些示例中,引导阵列200、指示器201、202、203或两者向用户发信号以与致动器21、22、23调节刀具20相同的方式移动手持部分16,只是依赖于用户在致动器保持在位的同时通过操纵手持部分16来纠正刀具20的姿态。

[0177] 第二软件模块执行运动控制188。运动控制188的一个方面是对器械14的控制。运动控制188从行为控制186接收定义下一个命令姿态的数据。基于这些数据,运动控制188确定每个致动器21、22、23的转子148的下一个转子位置(例如,通过反向运动学)使得器械14能够如由行为控制186命令地那样定位刀具20,例如,定位在命令姿态。换句话说,运动控制188将可以在笛卡尔空间中定义的命令姿态处理成器械14的致动器位置(例如转子位置),使得器械控制器28可以相应地命令电机142,将器械14的致动器21、22、23移动到命令位置,例如与刀具20的命令姿态相对应的命令转子位置。在一个形式中,运动控制188调节每个电机142的转子位置并持续地调节每个电机142输出的扭矩,以尽可能地确保电机142驱动相关联的致动器21、22、23到命令转子位置。

[0178] 在一些形式中,对于每个致动器21、22、23来说,器械控制器28确定转子148的测量位置和命令位置之间的差异。器械控制器28输出目标电流(与转子的扭矩成比例),改变电压以将致动器处的电流从初始电流调节为目标电流。目标电流实现致动器21、22、23的移动,将刀具20从测量姿态移动到命令姿态。这可能发生在命令姿态被转换为接头位置之后。在一个示例中,每个转子148的测量位置可以源自上述的传感器S,例如编码器。

[0179] 边界生成器182、行为控制186和运动控制188可以是软件程序的子集。可替代地,每一个都可以是单独的和/或以其任意组合独立运行的软件程序。术语“软件程序”在本文中用于描述被配置用于执行所描述的技术方案的各种能力的计算机可执行指令。为简单起见,术语“软件程序”旨在至少包含边界生成器182、行为控制186和/或运动控制188中的任何一个或多个。软件程序可以在器械控制器28、导航控制器36或其任何组合上实施,或可由控制系统60以任何合适的方式实施。

[0180] 可以提供临床应用程序190来处理用户交互。临床应用程序190处理用户交互的许多方面并协调手术工作流程,包括术前规划、植入物放置、配准、骨准备可视化和植入物适合度的术后评估等。临床应用程序190被配置用于输出到显示器38。临床应用程序190可以在它自己的单独的处理器上运行或可以与器械控制器28和/或导航控制器36一起运行。在一个示例中,临床应用程序190在用户设定了植入物放置之后与边界生成器182接口,然后将边界生成器182返回的虚拟边界184发送给器械控制器28来执行。

[0181] 归位

[0182] 在处理解剖结构之前(例如,在切割股骨F和/或胫骨T之前),以及在下述的某些操

作模式期间,可以执行归位程序,其通过将每个致动器21、22、23置于它们各自的初始位置处来建立刀具20的初始位置。该过程被用来提供参考位置,从该参考位置开始对传感器S测量的转子148的增加的移动进行计数,从而控制系统60能够确定转子148的当前位置。在一些形式中,当传感器S能够测量转子148的绝对位置时,可能不再需要归位。实际上,归位过程创建了致动器21、22、23的初始转子位置(零位置)。初始位置实际上是在沿活动轴线AA1、AA2、AA3的每个方向上提供最大可能行进量的转子148位置。在一些示例中,初始位置大致上被定位成使得导螺杆150的初始点HP(被居中地设置在止动件152之间的中间)被居中地设置在相关联的载架116中(参见图16,其示出两个致动器22、23在他们的初始位置)。即使在不使用归位程序时,例如使用绝对编码器,也可以包括在执行其他模式(例如接近模式,下面进一步描述)之前或之后将致动器21、22、23设置到初始点HP。器械控制器28可以被配置用于控制致动器21、22、23到它们的位于致动器21、22、23有效长度EL的最小值和最大值之间的初始位置。

[0183] 当处于初始位置时,致动器21、22、23的可调节量被最大化,以将刀具20保持在期望姿态。取决于器械14的特定几何形状和配置,各种水平的调节都是可能的。在一些示例中,当所有的致动器21、22、23都处于它们的初始位置时,假设在摇摆定向上进行的改变为零并且没有z-轴平移,刀具20的俯仰定向可以相对于初始位置调节 $\pm 18^\circ$ 。在一些示例中,当所有的致动器21、22、23都处于它们的初始位置时,假设在俯仰定向上进行的变化为零并且没有z-轴平移,刀具20的摇摆定向可以相对于初始位置调节 $\pm 33^\circ$ 。在一些示例中,当所有的致动器21、22、23都处于它们的初始位置时,假设在俯仰定向和摇摆定向上进行的变化为零,刀具20的z轴平移可以相对于初始位置调节 ± 0.37 。当然,在操作期间,刀具20可以在俯仰、摇摆和z轴平移方面同时地、顺序地或两者组合地进行调节。

[0184] 每个致动器21、22、23的归位程序可以顺序地、同时地或以任何期望的顺序执行。在一些情况下,在归位程序期间,器械控制器28致动每个电机142。电机142被致动以使其相关联的导螺杆150旋转,从而导致导螺杆150与相关联的载架116之间沿着相关联的活动轴线AA1、AA2、AA3在每个轴向方向上相对轴向位移,直到止动件152与载架116。这种接触可以由附加的传感器S、通过监测到电机142的电流(例如,超过阈值的电流尖峰指示已经到达止动件152)等来确定。例如,电机142可以致动导螺杆150直到止动件152之一接合载架116,在该点处累积计数和相关联的端部转子位置被存储。也可以在到达第一止动件152时将存储代表转子位置的累积计数的计数器设置为零,但这不是必需的。然后电机142可以在相反方向上致动导螺杆150,直到另一个止动件152接合载架116。在该时间段期间,器械控制器28监测来自传感器S的信号以对转子148的圈数进行计数直到到达另一个端部转子位置。器械控制器28维护计数器中的计数,该计数代表导螺杆150(例如,其轴)在止动件152之间的总旋转度数。初始位置是这些计数的平均值或止动件152之间的平均转子位置。

[0185] 在一些示例中,器械控制器28将表示使导螺杆150在各端部转子位置之间(例如,在行进的极限之间)移位所需的转子148的旋转的累积计数作为数据存储。计算这两个计数之间的绝对差值。将这个差值除以二。该值代表计数的数字,转子148必须从其当前位置循环通过该数字以便将载架116中的初始点HP居中到初始位置。例如,在此过程中,器械控制器28可能接收到指示:在一个端部转子位置,计数的值为2500;在另一个端部转子位置,计数值为-1480。这些计数的值之间的差值为3980。此差值的一半是1990。因此,各端部转子位

置之间的平均计数的值可以计算为 $-1480+1990=510$ 。这个数字被称为目标位置。在归位过程中,该目标位置是等于代表初始位置的累计计数的正数字或负数字。器械控制器28继而向电机142施加激励信号,以使得转子148朝向代表初始位置的该计数旋转。

[0186] 在由此引起的转子148旋转期间,传感器S的变化的值导致计数输出,其改变存储在计数器中的计数值。在该步骤期间,器械控制器28将存储在计数器中的累积计数与由初始位置表示的计数进行比较。当这两个值相等时,器械控制器28终止向电机142施加激励信号。器械控制器28还可以在初始位置将计数器设置为零。应当理解的是,转子148以及(通过引申)导螺杆150的这种旋转导致导螺杆150相对于载架116沿着活动轴线AA1、AA2、AA3移位到其初始位置。一旦致动器21、22、23处于它们的初始位置,就可以启用软停止以防止止动件152(例如,硬止动件)在行进的极限末端接触载架116。软停止可以是软件启用的停止,其设置在刚好低于在归位程序中测量的行进的极限末端的计数值处。软停止可以是预编程到软件中的值。软停止可以是计数值和预编程值的组合。

[0187] 如图16所示,致动器21、22、23中的每一个都具有有效长度EL。初始位置处的有效长度EL可以是任何合适的长度。在一些示例中,初始位置处的有效长度EL可以是大约2.14英寸,并且当接合硬止动件152时有效长度EL的最小值/最大值可以分别是大约1.72和2.56英寸。当使用软停止时,有效长度EL的最小值/最大值可以分别是大约1.78英寸和2.50英寸。应当理解,这些值仅仅是示例,并且可以预见其他值。

[0188] 在一些示例中,与导致转子148朝向载架116移位的转子148的旋转相关联的每个增量计数是正增量计数,并且与导致转子148远离载架116移位的转子148的旋转相关联的每个增量计数是负增量计数。因此器械控制器28能够提供代表转子位置的累积计数数据。

[0189] 当致动器21、22、23处于它们的初始位置或其他预先确定的位置时,可以基于刀具支撑件坐标系TCS和基础坐标系BCS之间的已知几何关系来确定基础坐标系BCS的最初位置。这种关系在致动器21、22、23被调节时发生变化,并且相关联的变化可以基于机器人系统10的运动学来确定(例如,在这些坐标系之间建立动态变换)。替代地或附加地,另一个跟踪器可以相对于基础坐标系BCS附接和固定以直接跟踪基础坐标系BCS相对于刀具支撑件坐标系TCS的姿态。因此,机器人系统10知道刀具20的位置,例如在初始位置以及其与手持部分16的姿态的关系。因此,当用户移动刀具20并且使用刀具跟踪器52跟踪其姿态时,机器人系统10还跟踪手持部分16及其基础坐标系BCS的姿态。在一些示例中,作为先前校准过程的结果,假设刀具20相对于刀具支撑件18的位置是已知的。

[0190] 在一些形式中,通过首先采用固定到手持部分16的单独的跟踪器(见图60)确定在公共坐标系中(例如,基础坐标系BCS的)手持部分16相对于刀具支撑件18(例如,相对于刀具支撑件坐标系TCS)的姿态来确定初始位置。手持部分16和刀具支撑件18之间的这种空间关系也可以通过使用指针57和手持部分16上的已知校准凹痕的配准或通过其他导航方法来确定。然后可以基于器械14的运动学从该空间关系导出致动器21、22、23中的每一个的当前转子位置。知道了当前转子位置,并使用编码器(和相应的编码器信号)测量从当前转子位置的变化,然后器械控制器28可以操作每个致动器21、22、23直到它们到达它们的初始位置。初始位置可以存储在器械控制器28的存储器中。

[0191] 本质上,器械控制器28利用由导航系统32从联接到刀具支撑件18的跟踪器52和器械14上的手持部分16获得的跟踪数据来确定致动器21、22、23的位置,使得此后增量编码器

可以作为绝对编码器操作。

[0192] 一旦配准、校准和归位(如果使用)完成,导航系统32就能够确定刀具20相对于解剖结构(例如,相对于股骨F或其他目标组织)的空间姿态以及所述一个或多个虚拟边界184。这样器械14准备好进行解剖结构的边界约束治疗了(例如,器械14准备好从股骨F切割目标体积的物质了)。即使不使用如上定义的归位程序(例如绝对编码器),致动器21、22、23仍然可以在执行、其他操作模式(例如接近模式)之前或之后被设置到它们的初始位置。

[0193] 在归位过程之后,基于来自导航控制器36的位置和/或定向数据以及来自器械控制器28的累积计数数据或致动器的其他位置数据进行控制。控制可以还基于用户输入进行,例如来自触发器或其他输入设备、比如脚踏开关的用户输入。在一些示例中,器械28可以基于刀具20相对于被治疗的解剖结构的姿态自动地操作,如下文进一步描述的。

[0194] 器械14的控制考虑解剖结构(例如,股骨F)和器械14的最新位置和/或定向,它们被通过数据连接从导航控制器36传输到器械控制器28。利用这些数据,器械控制器28确定虚拟边界184在期望坐标系中的定位(即,位置和/或定向)。还计算刀具20(例如,TCP)与虚拟边界184的相对定位。器械控制器28用刀具20相对于要应用刀具20的解剖结构的位置和/或定向来更新导航系统32(包括显示器38)。还可以呈现虚拟边界184的定位的指示。

[0195] 刀具20与虚拟边界184的相对定位由器械控制器28进行评估,以确定是否需要采取行动,即移动刀具20、改变刀具20的速度(例如摆动速度)、停止刀具20的操作等。例如,指令数据包被发送到电机控制器,例如从控制台33或器械控制器28的其他部件。这些指令数据包包括电机142的转子148的目标位置(或致动器的目标位置)。这里,每个目标位置可以是代表相关联的转子148的目标累积计数的正数字或负数字。控制台33或器械控制器28的其他部件以每0.05至4毫秒一个数据包的速率生成这些指令数据包并将其发送到每个电机控制器。在一些示例中,每个电机控制器接收指令数据包,至少0.125毫秒接收一次。器械控制器28还可以基于刀具20与所述虚拟边界184中的一个或多个的相对定位选择性地调节器械14的切割速度。例如,控制刀具20的摆动和相应的切割的驱动电机M可以在刀具20处于相对于虚拟边界184的不期望关系的任何时候(例如,刀具20偏离目标平面超过阈值)被器械控制器28禁用。

[0196] 在使用期间,当机器人系统10借助于定位在刀具支撑件18上的跟踪器52、利用导航系统32确定刀具20的姿态(当前姿态)时。器械控制器28还可基于来自位于致动器21、22、23中每一个致动器上的所述一个或多个编码器的输出编码器信号来确定致动器21、22、23中每一个致动器的当前位置。一旦接收到每个致动器21、22、23的当前位置,器械控制器28就可以计算手持部分16的当前姿态(例如,基础坐标系BCS相对于期望的坐标系、例如TCP坐标系的当前姿态),使用正向运动学以将致动器位置转换为姿态(TCP相对于BCS)。一旦器械控制器28具有了刀具支撑件18和手持部分16在期望的坐标系中的当前相对姿态,接着器械控制器28就可以基于如由导航系统32确定的刀具20的当前姿态、由致动器21、22、23中每一个致动器的当前位置计算的手持部分16的当前姿态、并且基于规划的虚拟对象(作为期望的切割平面)的位置和/或定向来确定刀具20的命令姿态。该器械计算TCP相对于BCS的姿态(命令姿态),该姿态致使TCP位于期望的平面上或与规划的虚拟对象对准。器械控制器28可以向致动器21、22、23发送命令指令以移动到命令位置,从而改变刀具支撑件18和刀具20的姿态。在一个示例中,刀具20的命令姿态进一步基于目标切割平面,因此器械控制器28计算

刀具支撑件18的当前姿态和致动器21、22、23的当前位置以确定手持部分16的当前姿态。一旦刀具支撑件18的当前姿态、致动器21、22、23的当前位置、和手持部分16的当前姿态已知,器械控制器28就可以向致动器21、22、23发送命令信号,以基于所述期望的平面调节刀具支撑件18和刀具20。控制器计算所述命令姿态,假设手持部分(BCS)的姿态暂时地(在单一一次迭代期间)相对于患者解剖结构是静止的。通过每次更新相应的姿态,调节BCS的实际移动。

[0197] 转向图64,关于各种变换描述了示例性控制。通过在LCLZ (LCLZ-TT) 中用跟踪器52跟踪刀具20、以及使用配准数据确定刀具跟踪器52和刀具20 (例如锯) 的TCP (TT-TCP) 之间的变换来确定TCP。类似地,使用LCLZ (LCLZ-PT) 中的患者跟踪器PT (显示为54) 跟踪患者。使用配准数据和规划信息在患者跟踪器PT和每个规划的虚拟对象184 (TP) 之间确定变换 (PT-TP)。如上所述,BCS和TCP之间的变换 (BCS-TCP) 是基于每个致动器的当前位置计算的 (如上所述)。BCS和TCP之间的变换用于将各种坐标系关联回手持部分16,因为命令姿态可以相对于BCS进行确定。从概念上讲,命令姿态是对BCS到TCP变换的更新,本示例中这导致TCP与规划的虚拟对象184 (目标平面TP) 对准。

[0198] 在整个说明书中,除非另有说明,否则姿态的任何实例可以是命令姿态、当前姿态、过去姿态或过去命令姿态。虽然这些姿态中的每一个可能彼此不同,但由于控制频率的原因,这些姿态之间的位置和/或定向的差异在每次控制迭代中可以是最小的。

[0199] 应当理解,一对象的位置和定向的组合被称为对象的姿态。贯穿本公开,可以预见术语姿态可以通过位置和/或定向代替,反之亦然,用于实现本文描述的概念的合适替代方案。换句话说,术语姿态的任何使用都可以用位置代替,并且术语位置的任何使用都可以用姿态代替。

[0200] 视觉引导

[0201] 如图22所示,引导阵列200可以联接到刀具支撑件18。附加地或替代地,引导阵列200可以附接到手持部分16,如图65所示,或器械14的其他部分。在所示形式中,引导阵列200至少包括第一视觉指示器201、第二视觉指示器202和第三视觉指示器203。视觉指示器201、202、203中的每一个包括耦合到器械控制器28的一个或多个照明源。在一些形式中,照明源包括一个或多个发光二极管 (例如,RGB LED),其可以以不同的状态操作,例如开,关,以不同频率闪耀/闪烁,以不同强度、不同颜色照明,它们的组合等等。在图22所示的形式中,每个视觉指示器201、202、203包括上部和下部204、206 (上段204;下段206)。进一步预见视觉指示器201、202、203中的每一个可被分成多于两个的部分204、206,例如三个或更多、四个或更多、或甚至十个或更多部分。例如,视觉指示器201、202、203中的每一个可以被分成三个部分,每个部分包括一个或多个LED。视觉指示器201、202、203可以具有大致球形的形状,其中上部 and 下部204、206包括可以根据需要单独控制/照明的半球形、透明或半透明的圆顶部。可以预见视觉指示器201、202、203可以具有除球形之外的形状,诸如圆柱形、环形、正方形、多边形或能够向用户传达视觉提示的任何其他形状。一个或多个发光二极管可以与每个圆顶部相关联。视觉指示器201、202、203可以通过一个或多个安装支架205固定到刀具支撑件18或手持部分16。

[0202] 在不使用引导阵列的一些示例中,视觉指示器201、202、203可以包括显示屏的单独的部分 (参见图66),例如被安装到刀具支撑件18或手持部分16的LCD或LED显示器上的单

独的区域(例如图66)。显示屏还可以作为导航系统的一部分被包括在内,作为具有被安装到器械上的显示屏的补充或替代。

[0203] 在一些配置中,可以存在显示屏的一个、两个、三个或四个部分,每个部分对应于不同的视觉指示器。显示屏的每个部分可以对应于不同的视觉图形。如下所述,每个视觉指示器(或显示屏的部分)可以基于致动器信息。在一些情况下,单一一个视觉指示器可以基于来自两个或多个致动器的致动器信息。此外,如全文所描述的,视觉指示器可以使用在指示用户应该将刀具定位在何处的第一模式中和视觉指示器指示用户应该将手持部分定位在何处的第二模式中。

[0204] 例如,视觉指示器201、202、203可以被配置为基于第一致动器21、22、23的第一命令位置输出第一指示(第一视觉图形)和基于第一致动器21、22、23的第二命令位置输出第二指示(第二视觉图形),其中第一指示不同于第二指示,并且第一命令位置不同于第二命令位置。如上所述,可以基于任何合适类型的致动器信息来控制视觉指示器201、202、203。换言之,显示屏上显示的视觉图形可以基于命令位置、先前命令位置、模拟命令位置、当前测量位置、先前测量位置、可用行进量、致动器极限(例如硬或软停止)、从当前位置到命令位置所需的距离,或它们的组合。

[0205] 在一些配置中,器械控制器28被配置为控制上部和下部204、206的照明,使得上部和下部204、206以不同状态操作以指示刀具20的期望移动方向。进一步设想,器械控制器28可以被配置用于以不同状态或利用不同指示控制多个部分的照明。例如,不同的状态可以向用户指示:(1)用户应该如何移动手持部分16,以将刀具20(例如,锯片)置于期望姿态(例如,在期望的切割平面上);或(2)用户应该如何移动手持部分16以使致动器21、22、23在优选方向上移动(例如更接近它们的初始位置),而控制系统60同时工作以将刀具20保持在所述期望姿态,如下文将进一步描述的。

[0206] 在一些操作模式期间,器械控制器28被配置用于自动地控制/调节引导阵列200(例如,改变其状态)以向用户视觉地指示俯仰定向、摇摆定向和z轴平移方面的期望变化,以便在用户通过手持部分16移动刀具20的同时实现刀具20的期望姿态。在一些形式中,引导阵列200以直观地表示刀具20的平面的方式联接到刀具支撑件18或手持部分16。例如,由于三个点定义了一平面,所以三个视觉指示器201、202、203可以大致代表刀具20的平面。在一些情况下,指示器201、202、203中的每一个指示器对应于相对于刀具20的平面具有已知位置的点P1、P2、P3中的一个(例如,位于刀具平面中并且在TCP坐标系、刀具支撑件坐标系TCS或在任何其他合适的坐标系中定义)。在一些形式中,指示器201、202、203分别对应于刀具20的点P4、P5、P6,如图23A-23D所示。与视觉指示器201、202、203相关联的点可以定义在刀具20的平面中的其他合适位置处或与刀具20的平面具有已知关系的位置处。

[0207] 总起来说,使用一个或多个视觉指示器201、202、203的引导阵列200可以被定位并且它们的状态可以被控制,以向用户视觉地指示用于改变刀具20的俯仰、摇摆和平移的期望的移动变化(例如行进量量值),并且(通过延伸)向用户视觉地指示刀具支撑件坐标系TCS的俯仰、摇摆和平移的期望变化,以便实现期望的姿态。更具体地,器械控制器28被配置成以使得用户能够区分俯仰定向的期望变化、摇摆定向的期望变化和平移的期望变化的方式照亮引导阵列200。器械控制器28可以被配置为以使得用户能够指示将刀具20移动到期望平面所需的行进量量值的方式来照亮引导阵列200或控制显示屏。期望平面可以是平面

或平面段。例如,俯仰、摇摆和平移的变化是相对于虚拟边界的一个或多个虚拟边界的。

[0208] 在另一种配置中,使用一个或多个视觉指示器201、202、203的引导阵列200可以被定位并且它们的状态可以被控制,以向用户视觉地指示用于改变手持部分16的俯仰、摇摆和平移的期望的移动变化(例如行进量量值),并且(通过延伸)向用户视觉地指示基础坐标系BCS的俯仰、摇摆和平移的期望变化,以便实现期望的姿态。更具体地,器械控制器28被配置为以使得用户能够区分俯仰定向的期望变化、摇摆定向的期望变化和平移的期望变化的方式照亮引导阵列200或显示屏。器械控制器28被配置成以使得用户能够指示移动手持部分16使得刀具20位于期望平面上所需的行进量量值的方式照亮引导阵列200。例如,俯仰、摇摆和平移的变化是相对于虚拟边界184中的一个或多个虚拟边界的。

[0209] 基于输入信号,例如输入设备(例如脚踏开关、触发器等)的激活,器械控制器28可以将引导阵列200和/或视觉指示器201、202、203(或显示屏)的操作从其中引导阵列/视觉指示器指示刀具20的移动的期望变化的模式切换为指示手持部分16的移动的期望变化。可替代地,器械控制器28可以被配置用于基于在已知坐标系中的刀具20的位置和骨骼的参考定位(reference location)的位置在这些模式之间切换,例如跟踪器54、56、PT。参考定位可以是在该坐标系中的用来相对于目标对象定位器械14的点、表面或体积。例如,参考定位可以是骨骼的表面、骨骼内的点、已知坐标系内的假想或虚拟点、坐标系中的体积或其组合。通过配准和合适的规划步骤,参考定位的位置和/或定向相对于患者跟踪器是已知的。

[0210] 如下所述,器械控制器28可以基于距离参数来切换模式。距离参数可以是距离(例如两个对象相距多远)、量值(距离相对于一个对象的方向)或两者。在一些示例中,当距离参数具有远离骨骼的方向并且大于第一阈值的量值时,器械控制器28可以切换模式。应当理解,在第一模式中,器械控制器28自动控制致动器21、22、23中的每一个致动器以相对于手持部分16的姿态将刀具20保持在一姿态中,并且其中在第二模式中,控制器自动控制致动器21、22、23中的每一个致动器,使得刀具20相对于手持部分16的姿态主动地朝向期望平面移动。模式之间的自动切换可以向用户提供由与骨骼的接近度和要进行的切割适当地确定的引导类型。换言之,当器械14靠近骨骼时,引导阵列200和/或视觉指示器201、202、203操作以提供精确引导来确保手持部分16保持定位在相对于所述期望平面使运动范围最大的姿态中。

[0211] 在图23A-23D所示的方案中,第一和第二视觉指示器201、202位于手持部分16的前方和器械14的相反两侧,分别与致动器21、22大致对准。第三视觉指示器203位于手持部分16的后方,与致动器23大致对准并且在器械14的后部附近,即第一和第二视觉指示器201、202位于第三视觉指示器203的远侧。如图2所示,当从上方并且在初始位置观察时,第一和第二视觉指示器201、202位于刀具支撑件坐标系TCS和基础坐标系BCS的y轴的前方以及刀具支撑件坐标系TCS和基础坐标系BCS的x轴的相反两侧。当从上方并且在初始位置观察时,第三视觉指示器203位于y轴的后方并与x轴对准。在一些示例中,当处于初始位置时,刀具支撑件18限定穿过x轴的竖直中心平面VCP,其中第一和第二视觉指示器201、202在竖直中心平面VCP的相反两侧上从竖直中心平面VCP偏置,并且竖直中心平面VCP经过第三视觉指示器203(见图11)。设想了视觉指示器201、202、203的其他布置。

[0212] 在一些示例中,返回参考图23A-23D,上部和下部204、206可被竖直地定向在平行于刀具支撑件坐标系TCS的z轴的方向轴线DA上,并且不同的状态(例如,颜色、频率、强度

等)可以显示在上部和下部204、206中的每一个中以指示每个视觉指示器201、202、203的期望移动的向上/向下方向。作为这种布置的结果,例如,当所有视觉指示器201、202、203被控制以指示期望向下移动时,这指示用户应该向下移动他们的手(参见图23A中的箭头)。器械控制器28可以控制上部204的照明使上部204以第一状态操作并且下部206以不同于第一状态的第二状态操作,以向用户指示改变刀具20和/或手持部分16相对于虚拟边界184的平移位置。在所示的示例中,向下的方向可以通过将上部204照亮为红色、同时下部206被照亮为黄色(例如,黄色上方是红色指示方向向下)来视觉地指示。

[0213] 器械控制器28还可以被配置用于控制第一视觉指示器201的上部204的照明使其以第一状态操作并且控制第二视觉指示器202的上部204的照明使其以不同于第一状态的第二状态操作,来指示用户改变刀具20的摇摆定向。同样地,器械控制器28可以被配置用于控制第三视觉指示器203的上部204的照明使其以第一状态操作并且控制第一和第二视觉指示器201、202的上部204的照明使其以不同于第一状态的第二状态操作,来向用户指示改变刀具20相对于虚拟边界184的俯仰定向。例如,如图23B所示,当仅需要轻微的向下移动和俯仰定向的改变时(见箭头),可以照亮第一和第二视觉指示器201、202以显示它们仍然需要略微向下移动,但第三视觉指示器203可以以不同方式照亮以显示器械14的后部需要比前部更进一步向下移动(即需要改变俯仰)。在所示的示例中,可以通过将第一和第二视觉指示器201、202的上部204照亮为黄色、而将下部206照亮为绿色来视觉地指示略微向下的方向(例如,绿色上方是黄色指示该方向是略微向下)。同时,第三视觉指示器203可以如图23A中那样保持照亮(例如,红色在黄色上方)以显示需要在后部进一步向下移动,并且因此视觉和直观地向用户指示器械14将在俯仰方面进行重新定位。

[0214] 如图23C所示,器械控制器28可以被配置用于控制第一和第二视觉指示器201、202的上部和下部204、206的照明,使得上部和下部204、206以相同的状态操作,以指示刀具20的平面中的或与刀具20的平面相关联的对应点(P1、P2或P4、P5)处于期望的位置(例如,如绿色上方是绿色的照亮方式所指示的)。换句话说,第一和第二致动器21、22不需要任何进一步的致动以最终将刀具20置于期望平面上。然而,还如图23C所示,第三视觉指示器203的上部和下部204、206仍处于不同状态,表明器械14的后部(以及对应的点P3或P6)仍需要降低,尽管少于图23B中所需要的(如上所述,可以由绿色上方是黄色来指示)。图23D示出了用户按照指示(在俯仰方面)轻微移动器械14的后部的结果,使得刀具20处于期望姿态,如所有视觉指示器201、202、203的上部和下部204、206以相同状态下操作(例如,绿色上方是绿色的照明方式)所指示的。

[0215] 如前所述,引导阵列200的每个视觉指示器201、202、203(或显示屏的每个部分)可以与致动器21、22、23中的一个或多个致动器相关联。换言之,在某些配置中,每个视觉指示器201、202、203可以与致动器21、22、23中的对应一个致动器配对,使得特定视觉指示器201、202、203的状态直接反映其对应致动器21、22、23有关的致动器信息。还预见每个视觉指示器201、202、203可以与致动器21、22、23中的两个或更多个致动器配对。在另一示例中,致动器21、22、23中的两个或更多个致动器可以与一个或多个视觉指示器201、202、203配对。在一些情况下,特定视觉指示器201、202、203的状态可以反映对于一个或多个致动器21、22、23来说将其对应点(例如,P1、P2、P3或P4、P5、P6)移动到命令姿态(例如,刀具20的期望平面)需要移动的量。例如,如图23A中的所有视觉指示器201、202、203上显示的,黄色上

方是红色的照明方案表示每个致动器21、22、23需要行进(例如,缩回)相对较大的距离以将它们的对应点移动到期望平面,或者它可以表示期望平面超出了致动器21、22、23能够达到的范围。更具体地说,在某些情况下,黄色上方是红色的照明方案表示到达期望平面需要的行进距离可能大于致动器的总可用行进量(例如,从致动器的初始位置到硬或软极限所测量的)的60%、65%、70%、75%、80%或更多。其他范围也被考虑。如果照明方案是黄色在红色上方,则致动器21、22、23需要在相反的方向上行进相对较大的距离(例如,伸长)。

[0216] 类似地,如图23B中的视觉指示器201、202上显示的,绿色上方是黄色的照明方案可以表示相关联的致动器21、22需要移动(例如,缩回;伸长)相对更小的距离以将它们的对应点移动到期望的平面。更具体地,在某些情况下,绿色上方是黄色的照明方案表示到达期望平面需要的操作范围可能在致动器的总可用行进量的下述范围内:30-80%、30-75%、30-70%、30-65%、30-60%、40-80%、40-75%、40-70%、40-65%、40-60%、50-80%、50-75%、50-70%、50-65%或50-60%。其他范围也被考虑。如果照明方案是绿色在黄色上方,则致动器21、22需要在相反的方向上行进相对较小的距离(例如,伸长)。

[0217] 如图23D中的所有视觉指示器201、202、203上显示的,绿色上方是绿色的照明方案可以表示相关联的致动器21、22、23需要行进(例如,缩回或伸长)相对较小的距离以将它们的对应点移动到期望的平面,或者它可以表示对应点已经在期望的平面上。更具体地说,在某些情况下,绿色上方是绿色的照明方案表示要到达期望平面所需的行进距离可能在致动器的总可用行进量的0-30%、0-40%或0-50%的范围内,在任一方向上。其他范围也被考虑。图23E中示出了视觉指示器201、202、203的状态的示例方案和用于确定何时改变状态的阈值。在图23E中,从初始位置所需行进的正(+)百分比表示需要伸长移动,从初始位置所需行进的负(-)百分比表示需要缩回移动。其他阈值和与这样的阈值相关联的状态变化也被考虑在内。例如,阈值可以基于所需行进的实际距离(例如,以毫米或英寸为单位)和/或其他合适的参数。

[0218] 视觉指示器201、202、203中的每一个视觉指示器包括至少一个照明源,例如发光二极管(LED)。每个LED可以以不同状态操作,例如开,关,以不同频率闪耀/闪烁,以不同强度/颜色照亮,其组合等。在大多数示例中,视觉指示器201、202、203包括多个LED,使得视觉指示器201、202、203中的每一个视觉指示器能够在视觉指示器的每个部分中产生多种颜色的光,例如绿色、黄色和红色。每种颜色可以代表致动器21、22、23中一个或多个致动器相关的信息。视觉指示器201、202、203的颜色、频率、强度和/或状态可以与一个或多个致动器信息相关,例如命令位置、先前命令位置、模拟命令位置、当前位置、先前测量位置、可用行进量、致动器极限(例如硬或软停止)、从当前位置到命令位置所需的距离,或它们的组合。

[0219] 在一个示例中,与致动器21、22、23中的至少一个致动器相关的信息可以是第一致动器21、22、23的命令位置和第一致动器21、22、23的可用行进量。视觉指示器可以基于用于移动刀具20的第一致动器的命令位置和第一致动器的可用行进量进行控制。例如,第一颜色可以基于在致动器的操作范围内的第一行进范围和该致动器21、22、23的命令位置,并且第二颜色可以基于在致动器21、22、23的操作范围内的第二行进范围和该致动器21、22、23的命令位置,第二行进范围不同于第一行进范围。还可以包括第三颜色,其表示在可用行进量内的致动器2、22、23的第三行进范围,该第三行进范围不同于第二行进范围。例如,第一颜色是红色并且与致动器21、22、23的命令位置最接近可用行进量的外部极限相关,第二颜

色是黄色并且与致动器21、22、23的命令位置距可用行进量的外部极限更远相关,第三种颜色是绿色,表示致动器21、22、23的命令位置距可用行进量范围的各极限都远。在一个示例中,每个视觉指示器201、202、203代表致动器21、22、23,显示要将每个致动器移动到期望定位所需的视觉提示(例如一种或多种颜色;一种或多种图案;一种或多种强度)。在另一个示例中,与各视觉指示器201、202、203相关联的各颜色代表若干致动器参数,使得视觉指示器201、202、203向用户传达代表要将至少一个致动器21、22、23带到命令位置所需的行进量量值的第一颜色,以及代表要将刀具20带到致动器的操作范围内需要手持部分16移动的方向的第二颜色。如上所述,第三颜色可以对应于可用行进量的最外部范围(即,相对于命令位置来说剩余可用的最小行进量),第二颜色可以对应于可用行进量的中间范围,并且第一颜色可以对应于可用行进量的最内部范围(即,相对于命令位置来说剩余可用的最大行进量)。在一些示例中,当视觉指示器201、202、203被配置为具有上部204和下部206时,视觉指示器201、202、203中的每一个视觉指示器可以以不同状态照亮上部204和下部206两者,以指示手持部分16的期望移动方向。在一些形式中,视觉指示器201、202、203的上部和下部204、206的照亮可以基于手持部分16的命令位置和可用行进量以相同的状态操作。

[0220] 引导阵列200、视觉指示器201、202、203可以被配置为,在其中引导阵列和/或视觉指示器指示刀具的放置的第一模式中和其中引导阵列200和/或视觉指示器201、202、203指示手持部分16的放置的第二模式中,基于致动器信息视觉地指示俯仰定向、摇摆定向、z轴平移或其组合方面的变化。引导阵列200、视觉指示器201、202、203可以在两种模式中基于致动器信息视觉地指示相同的视觉提示。可替代地,引导阵列200、视觉指示器201、202、203可以在每种模式中基于致动器信息视觉地指示不同的视觉提示。例如,视觉指示器201、202、203可以基于致动器21、22、23中的一个或多个致动器的可用行进量和命令位置进行控制。在另一种配置中,每个视觉指示器201、202、203可以显示对应的致动器21、22、23的位置并且向用户指示纠正性的移动和/或方向以将手持部分16和/或刀具20放置在平面上。附加地,和/或替代地,每个视觉指示器201、202、203可以显示手持部分16的位置并且向用户指示纠正性的移动和/或方向以将手持部分16和/或刀具20放置在平面上。例如,视觉指示器201、202、203中的每一个视觉指示器可以基于致动器信息向用户指示俯仰定向、摇摆定向、z轴平移或其组合方面的变化,以便调节手持部分16。

[0221] 如上所述,引导阵列200和/或视觉指示器201、202、203(例如显示屏)可用于引导用户将手持部分16和/或刀具20移动到期望姿态(例如目标平面)。在致动器21、22、23可能不会主动地将刀具20朝向期望姿态移动的情况下,即,刀具20的姿态变化可能仅由用户移动手持部分16而引起,则可以采用虚拟模拟来向用户指示如何移动手持部分16以实现刀具20的期望姿态。该模拟可以像致动器21、22、23被主动地控制以实现期望姿态一样操作,因此,器械控制器28产生用于致动器21、22、23中每一个致动器的模拟命令位置(未执行),其可能超出致动器21、22、23中的一个或多个致动器的可用行进量。在这种情况下,视觉指示器201、202、203仍可以发红光(例如,超出范围或接近范围极限),向用户指示需要移动手持部分16。换言之,当致动器21、22、23需要被操作到接近或超出其极限的位置时,这直接向用户指示需要移动手持部分16,即,因此手持部分16被定位成使得致动器21、22、23可以操作以在不超出极限的情况下将刀具20置于期望姿态。例如,器械控制器28基于来自位于致动器21、22、23中每一个致动器上的一个或多个编码器的输出信号来确定致动器21、22、23中的

每一个致动器的当前位置。一旦接收到每个致动器21、22、23的当前位置,器械控制器28就可以计算手持部分16的当前姿态。一旦器械控制器28具有了刀具支撑件18和手持部分16的当前姿态,器械控制器28然后可以基于通过每个致动器21、22、23的当前位置计算的刀具20的当前姿态和手持部分16的当前姿态来确定刀具20、手持部分16或两者的命令姿态。器械控制器28然后可以通过视觉指示器201、202、203(在一些情况下通过使用引导阵列200)向用户发送命令指令,其还与用户将如何移动手持部分16(即,朝向目标平面移动整个器械14)相关。

[0222] 应当理解,通篇描述的引导阵列和/或视觉指示器201、202、203可以与任何外科刀具和器械14的任何致动器配置一起使用。例如,引导阵列200,视觉指示器201、202、203,或者两者都可以与下面进一步描述的配置一起使用。此外,引导阵列200和/或视觉指示器201、202、203可以被理解为包含下述的配置,在这些配置中:引导阵列200和/或视觉指示器201、202、203使机器人系统10能够指示要将刀具20和/或手持部分16移动到期望的姿态、轨迹、定向、位置、平面或其组合需要行进的量。任何引导阵列和/或视觉指示器可以与器械14的任何配置一起使用,以在本申请通篇描述的任何操作模式下向用户发送如何定位、移动和/或调节器械14的信号。例如,俯仰、摇摆和平移方面的变化是相对于虚拟边界中的一个或多个虚拟边界的。引导阵列200和/或视觉指示器201、202、203可以方便不同类型刀具的定位,包括、但不限于钻头或铰刀、驱动器(用于放置螺钉或销)、钻、销、导管等。

[0223] 应当理解,可以采用其他类型的反馈来帮助引导用户,例如声音、触觉(例如,振动)等。例如,可以采用驱动电机M来提供反馈。也可以采用其他类型的视觉反馈,例如使用增强现实技术、将光投射到解剖结构上等。

[0224] 操作

[0225] 在操作期间,机器人系统10最初被供电并且用于操作该系统的软件应用程序被启动。追踪器52、54、56、PT被初始化并且追踪器52、54、56被放置在器械14上和目标解剖结构(例如,股骨F和胫骨T)上。随着跟踪器54、56安装到解剖结构,解剖结构和/或相关联的图像/模型被使用已知的配准技术配准到跟踪器54、56。这可能需要用户用指针57触摸解剖结构上的某些表面或标志。例如,这可能需要用户在按下指针57上的选择按钮或按下导航系统32的脚踏开关的同时触摸解剖结构的表面上的若干点。这在导航系统32中的表面上“绘制”这些点以与解剖结构的术前和/或术中图像/模型相匹配。解剖结构的术前图像和/或术中图像/模型被加载到导航系统32中。解剖结构的被跟踪部分被配准到术前/术中图像/模型。通过延伸,这允许机器人系统10在解剖结构移动时在显示器38上呈现解剖结构的实际位置和定向的图形表示。

[0226] 在校准/配准程序中,通过参考校准凹痕CD或其他参考点的固定的且已知的定位,跟踪器52的定向和定位被校准/配准到刀具支撑件18。在一些示例中,一个或多个跟踪器52可以位于刀具支撑件18、手持部分16或两者上,使得刀具支撑件18和/或手持部分16的位置被导航系统32跟踪。在跟踪器52被集成到器械14中的示例中,由于跟踪器52与刀具支撑件18的相对定位是已知的,则这种校准是不必要的。

[0227] 还定义/获得了用于控制器械14的操作的虚拟对象(例如,虚拟边界184)。在器械控制器28(例如,边界生成器182)上运行的软件生成/获得虚拟对象的初始定义。如可能是必要的,用户可以具有调节虚拟对象的性质/放置的能力和选项。

[0228] 如图22所示,在一种示例性配置中,控制系统60在距目标部位和/或解剖结构预定义距离和/或位置处限定各种区域。这些被显示为区域I、II和III。这些区域中的每一个可以在与解剖结构和/或虚拟边界184相关联的坐标系中定义。在某些情况下,这些区域被定义为围绕着目标部位和/或解剖结构的球体或其他几何图元。在其他示例中,可以相对于器械14、刀具支撑件18、手持部分16、刀具20、目标部位/解剖结构或它们的组合来定义所述区域(以及下文描述的其他区域)。当通过手持部分16、刀具支撑件18、刀具20、目标部位/解剖结构或其组合定义的各区域接近特定的虚拟边界/虚拟切割引导特征时,控制系统60可以控制器械14。

[0229] 在一些示例中,器械控制器28耦合到多个致动器21、22、23和视觉指示器201、202、203以便以包括下述的多种模式控制它们的操作:初始模式,其中器械控制器28自动地将多个致动器21、22、23中的每一个致动器调节到它们的初始位置;接近模式,其中器械控制器28指示刀具20的期望移动,以便在所述多个致动器21、22、23保持在它们的初始位置的同时将刀具20置于期望的姿态(例如,在期望的轨迹或平面上);以及瞄准模式(on-target mode),其中刀具20大致处于期望姿态并且器械控制器28使用引导阵列200及其相关联的视觉指示器201、202、203来指示手持部分16的期望移动,以便将多个致动器21、22、23保持在它们初始位置的阈值内。

[0230] 附加地,和/或替代地,器械控制器28可以将器械14置于除归位模式、接近模式和瞄准模式之外的模式中,控制视觉引导阵列、视觉指示器201、202、203、致动器21、22、23或其组合,以基于多个输入进行致动和调节。

[0231] 在另一种配置中,器械控制器28可以在一模式下操作,用于基于器械14在一区域内的姿态控制引导阵列和/或视觉指示器以指示手持部分16的期望移动以便将刀具20置于期望姿态(例如,在期望的轨迹或平面上),同时多个致动器21、22、23保持在一位置。

[0232] 在另一个示例中,器械控制器28可以在一模式下操作,用于基于器械14在一区域内的姿态控制引导阵列和/或视觉指示器以指示手持部分16的期望移动以将刀具20置于期望的姿态(例如,在期望的轨迹或平面上),同时多个致动器21、22、23相对于目标平面和手持部分16主动地调节刀具支撑件18和刀具20。

[0233] 在一些示例中,器械控制器28可以在第一模式下操作,其基于器械14的姿态自动地控制致动器21、22、23中的每一个致动器使得刀具支撑件18和刀具20相对于手持部分16主动地朝向期望的平面移动,并自动切换到第二模式,其基于器械14的姿态用引导阵列200、视觉指示器201、202、203或两者指示手持部分16的期望移动以将刀具20置于期望的姿态,同时多个致动器21、22、23被保持在一位置。其他操作模式也是可能的。

[0234] 此外,在一个示例中,控制器可以被配置为基于多个致动器的致动器信息以第一模式控制视觉指示器,用于在用户移动器械的同时视觉地指示锯片的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化,控制器还被配置为基于多个致动器的致动器信息以第二模式控制视觉指示器,用于在用户移动器械的同时视觉地指示手持部分的俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化,控制器被配置为基于刀具20的位置和参考定位的位置或基于从输入设备接收的输入信号在第一模式和第二模式之间切换。

[0235] 机器人系统10可以激活初始模式以在启动时将器械14置于初始位置,例如当机器人系统10最初通电时,致动器21、22、23被置于它们的初始位置。即使没有完成整个定义的

初始模式,致动器21、22、23也可以在移动之前被设定在它们各自的初始位置。

[0236] 如图24A所示,当器械14的TCP位于区域III中、区域II外面时,刀具20与解剖结构间隔开。区域III也可以被称为“遥远的”或“远程的”区域。这样,控制系统60可能还不需要引导用户将刀具20置于期望姿态(然而,在一些形式中,引导可以在区域III中开始)。在区域III中,器械控制器28将器械14保持在初始位置,例如器械控制器28将致动器21、22、23的目标位置保持于它们的初始位置。通常,刀具20的操作在区域III中被禁用,例如,用户不能通过触发器、脚踏开关或其他输入设备来激活驱动电机M。在某些形式中,用户可能能够超控此禁用功能,以允许用户在区域III中时就执行某些治疗。

[0237] 应该理解的是,短语“器械的TCP”已经与短语“锯片的位置”可互换地使用。因此,在任何使用器械/刀具的TCP的情况下,它都可以用锯片的位置代替,反之亦然。当然,还可以想到,“锯片”的位置可替代地可以是任何合适配置的刀具的位置,例如钻头、钻、管、销等。

[0238] 在替代配置中,基于致动器信息,例如一个或多个致动器参数的操作范围,当器械14处于任何区域中时,器械控制器28都可以自动地禁用输入设备,例如脚踏开关或触发器。

[0239] 参考图24B,用户将刀具20从区域III推进到区域II(例如,如TCP的定位所指示的)。区域II也可以被称为“中间”区域。在一些形式中,当用户将刀具20从区域III推进到区域II时,器械控制器28自动激活接近模式。在接近模式中,器械控制器28控制引导阵列200及其相关联的视觉指示器201、202、203以引导用户将刀具支撑件18和刀具20置于期望的姿态(例如,期望的轨迹、平面等),如前所述。还可以在导航显示器38上呈现图像以指示器械14与期望姿态的相对定位。一旦刀具20处于期望姿态的阈值距离中,其中当所有当前累积计数值都在每个致动器21、22、23的对应阈值计数值内时可以指示这种情况,然后器械控制器28将刀具20卡锁到期望姿态中,如图24C所示。

[0240] 卡锁是指行为控制186将刀具20的期望姿态传输给运动控制188,接着运动控制188为致动器21、22、23生成目标转子位置以将刀具20置于期望姿态。在一些形式中,当每个致动器21、22、23的将刀具20置于期望姿态的可用行进量在阈值内时,例如在可用行进量的阈值百分比内、在可用行进量的阈值距离内等,卡锁发生。在一些情况下,这些阈值与和视觉指示器201、202、203的状态变化相关联的阈值相同。例如,一旦所有视觉指示器201、202、203都显示绿色,则器械控制器28通过激活每个致动器21、22、23以根据需要进行移动从而使其对应点(例如,P1、P2、P3或P4、P5、P6)位于其期望的位置(例如,在刀具平面上)来将刀具20卡锁到期望姿态。致动器21、22、23被操作以执行卡锁操作的速度(速度)和/或加速度可以由控制系统60控制/限制。在一些情况下,由于相关联的力通过手持部分16传递到用户的手,因此可能希望更快的加速度以便在卡锁到期望姿态时为用户提供清晰的触觉反馈。由于所有的致动器21、22、23同时操作,所以当致动器21、22、23卡锁到期望姿态时还提供声音和视觉反馈。

[0241] 在其他形式中,刀具20可以移动到期望姿态,然后在刀具20保持在其期望位置的同时用户可以在致动器21、22、23的可用行进量的阈值内将手持部分16调节到更舒适的位置来执行切割。然后用户可以通过激活诸如按钮和/或脚踏开关之类的输入设备或在触摸屏上进行选择来选择移动到徒手(free-hand)模式,此模式中手持部分16的姿态被相对于刀具20的姿态保持或冻结在其当前空间关系中。可以预见相对于刀具20的姿态被保持的手

持部分16的姿态改变致动器21、22、23的虚拟阈值,从而一旦用户选择了徒手模式即阻止致动器移动以保持所述被保持的姿态。可替代地,当徒手模式被激活时,所述多个致动器21、22、23可以被重置到它们的初始位置。

[0242] 一旦器械控制器28将刀具20卡锁到期望姿态,则瞄准模式被激活,如图25A-25C所示。具体地,器械控制器28产生一组目标转子位置,与电机142一体的转子148必须转动到该目标转子位置以将刀具20保持在期望姿态。换句话说,如果用户以导致刀具20从其期望姿态移开的方式移动手持部分16,这将由导航系统32检测到。响应于该移动,器械控制器28基于来自导航系统32的数据确定刀具20已经移离了期望姿态多远,并且根据需要通过驱动致动器21、22、23来补偿这种移动以使刀具20回到期望的姿态。应当理解,从期望姿态的这种偏离通常很小,因为器械控制器28以高频率(例如,帧速率)操作以基本上实时地持续地应对这种偏离。

[0243] 目标转子位置基于致动器21、22、23的致动和所产生的移动(例如,运动学)之间的关系来确定。例如,如果上述期望姿态需要相对于手持部分16的z轴平移,则刀具20将在z轴上移动的程度与每个转子148的旋转量之间存在一阶关系(例如,有多少计数与此类z轴移动相关联)。刀具20响应于单独的第三致动器23的致动、或者响应于前者与第一和第二致动器21、22中的一个或两个的组合致动而改变其俯仰定向的程度之间也存在关系。最后,刀具20响应于第一和第二致动器21、22中的一个或两个的致动(存在或不存在第三致动器23的致动)而改变其

[0244] 器械控制器28可以利用来自导航系统32摇摆定向的程度之间存在关系。基于这些关系,器械控制器28为每个转子148确定要保持刀具20的期望姿态而需要的目标转子位置。器械控制器28基于这些目标转子位置操作电机142。例如,控制台33可以将包含这些目标转子位置的数据包传输到电机控制器,并且每个电机控制器可以向相关联的电机142施加适当的激励信号。这些激励信号引起转子148的旋转,这导致导螺杆150的重新定位,导螺杆150根据需要移动刀具支撑件18/刀具20以将刀具20保持在期望的姿态。的跟踪数据以基于手持部分16相对于刀具支撑件18的定位来操作电机142,调节致动器21、22、23以将刀具20保持在期望姿态。

[0245] 图25B和25C示出用户正在移动手持部分16,如果不是致动器21、22、23补偿这种误差来将刀具20保持在期望姿态,该移动将会使刀具20移离期望姿态(与图25A相比)。进行这种检测和补偿的时间周期(例如,帧速率)可以是毫秒或亚毫秒,例如0.5到4毫秒,或者更快。还设想更快或更慢的帧速率。因此,机器人系统10对刀具20移离其期望姿态做出快速响应,使得刀具20在任何给定时间时间周期内仅略微偏离期望姿态。

[0246] 在区域II中,当手持部分16已被用户移动到器械14不能通过致动器21、22、23的操作而将刀具20保持在期望姿态的位置时,如图26A所示,刀具20从期望姿态解锁。更具体地,当致动器21、22、23中的一个或多个超过它们的可用行进量并且不能再根据需要进行调节以停留在期望姿态时,发生解锁。解锁发生时,器械控制器28退出瞄准模式。然后器械控制器28立即以初始模式操作以将致动器21、22、23重新归位。致动器21、22、23的重新归位可以被认为是解锁过程的一部分。因此,通过致动器21、22、23中每一个致动器的重新归位,通过手持部分16将力传递到用户的手,向用户提供触觉反馈。还提供了与重新归位致动器21、22、23相关联的声音和视觉反馈。一旦完成归位,器械控制器28再次以接近模式操作引导阵

列200,如前所述,以指导用户如何移动手持部分16以将刀具20置于期望姿态(图26B)。一旦所有致动器21、22、23需要的行进量再次在预定义的阈值内,器械控制器28将刀具20重新卡锁到期望姿态并重新进入瞄准模式。

[0247] 器械控制器28还以瞄准模式控制引导阵列200的操作,但其功能与接近模式中的略有不同。在瞄准模式和接近模式两者中,引导阵列200被控制用于控制视觉指示器201、202、203的状态以显示用户期望的器械14的手持部分16的移动。如前所述,当用户在视觉指示器201、202、203的引导下朝向期望平面布置手持部分16时,致动器21、22、23被保持在初始位置或其他预先确定的位置。通过将致动器21、22、23保持在它们的初始位置或其他预先确定的位置,用户可以发现调节刀具20并使其与相对于目标的期望平面和器械姿态对准更容易。然而,在瞄准模式中,刀具20已经大致处于期望的姿态,因此视觉引导不旨在帮助将刀具20置于期望的姿态,而是旨在引导用户如何通过将致动器21、22、23保持在它们的初始位置或其他预先确定的位置附近来移动手持部分16以为器械14提供足够的可调节性。例如,当在区域II中处于瞄准模式时,用户可能需要在z轴方向上向上移动手持部分16以移动所有致动器21、22、23使它们更接近它们的初始位置,同时将刀具20保持在期望姿态。换言之,致动器21、22、23可以几乎完全伸出。为了实现这一点,来自引导阵列200的方向指示是向上的。在这种情况下,引导阵列200实际上是引导用户向上移动手持部分16,使致动器21、22、23朝着它们的初始位置操作,以最大化致动器21、22、23的可调节性。当用户向上移动手持部分16时,致动器21、22、23继续操作以将刀具20保持在期望姿态(例如,在虚拟边界184上)。这样,致动器21、22、23缩回,例如朝向它们的初始位置缩回。理想情况下,当用户到达区域I并开始切割骨骼时,每个致动器21、22、23在任一方向上都有最大的行进量值可用。否则,如果致动器21、22、23中的一个或多个在任一方向上几乎已经达到了它们的可用行进量,则即便手持部分16的轻微移动也可能导致器械控制器28无法将刀具20保持在期望姿态,并且可能会进行不准确的切割。在一些情况下,如下文进一步描述的,当这种情况发生时(例如,当致动器21、22、23中的一个或多个已经达到行进量极限或阈值时),器械控制器28可以停用/禁用驱动电机M,无论输入设备(例如触发器或脚踏开关)是否致动。基于在已知坐标系中的刀具20的姿态、手持部分16的姿态和刀具20的命令姿态,器械控制器28可以在驱动电机M能够被致动(例如通过输入设备)的操作状态和阻止由输入设备发送的输入信号导致驱动电机M激活的禁用状态之间自动切换器械14。手持部分16的姿态可以基于致动器信息,例如每个致动器21、22、23的测量位置。通过以这种方式控制器械14,器械控制器28被配置用于当刀具20的姿态、手持部分16的姿态和刀具20的命令姿态指示刀具20的命令姿态超出致动器21、22、23能够达到的范围的情况时在各模式之间自动切换。换句话说,当这种情况存在时,致动器21、22、23不能有效地将刀具20保持在期望的平面上。

[0248] 在瞄准模式中,各视觉指示器201、202、203共同表示手持部分16的期望移动和致动器21、22、23的相应移动以便将刀具20保持在期望姿态。例如,当第一视觉指示器201被操作以指示手持部分16需要移动时,视觉指示器201、202、203代表致动器21、22、23中的一个或多个距离其初始位置过远并且需要移动手持部分16。作为另一示例,如果刀具20处于期望姿态,但是所有三个致动器21、22、23几乎完全缩回,即,它们已经在一个方向上达到它们的最大可用行进量,则器械控制器28将操作引导阵列200和/或显示屏,以吩咐用户大致需要在z轴方向上降低手持部分16,以便所有致动器21、22、23朝向它们的初始位置延伸。

[0249] 可替代地,在一些示例模式中,当第一视觉指示器201被操作以指示需要手持部分16移动时,视觉指示器201表示致动器21、22、23中的一个或多个位于每个致动器21、22、23相对于命令位置的操作范围之外并且手持部分16需要移动。作为另一示例,如果刀具20处于期望姿态,但是所有三个致动器21、22、23几乎完全缩回,即,它们已经在一个方向上达到了致动器的极限或处于总可用行进量内的特定运动范围内,则器械控制器28将操作视觉指示器201、202、203以吩咐用户大致需要在z轴方向上降低或升高手持部分16,以便所有致动器21、22、23在其相对于命令位置的操作范围内。

[0250] 在一些配置中,当用户移动器械14时,器械控制器28可以改变器械14的操作模式,利用特定的控制配置主动控制刀具20相对于手持部分16的至少一个运动参数。运动参数可以是与刀具支撑件相对于手持部分的移动相关的受控变量。例如,运动参数可以是与刀具支撑件的移动行为相关的速度、加速度、扭矩或其组合。在一些示例中,器械控制器28可以改变与速度、加速度或两者有关的运动参数的值,使器械14更快或更慢地调节刀具支撑件18以保持器械14的每个期望姿态。速度可以与刀具支撑件在特定方向上调节位置的速率有关。致动器加速度可以与刀具支撑件18被相对于手持部分16在各位置之间调节的速度变化率有关。这种变化可能取决于:(i) TCP所在的区域;(ii) 在已知坐标系中器械14(例如TCP)相对于与骨骼相关联的参考定位的定位;(iii) 距离参数;(iv) 刀具支撑件18相对于手持部分16的姿态;(v) 或其组合。控制刀具支撑件的加速度可以影响用于将刀具支撑件吸引到期望平面的力和/或扭矩。可以控制每个致动器的电机电流和/或电压以调节刀具支撑件相对于手持部分的运动参数。

[0251] 距离参数可以通过如下来确定:利用导航系统32相对于与骨骼相关联的参考定位(例如,一个或多个跟踪器54、56)来设置与刀具20、刀具支撑件18、手持部分16或其组合相关联的一个或多个跟踪器52,并且利用器械控制器28确定刀具20、刀具支撑件18、手持部分16或其组合的方向、距离或两者。距离参数可以是量值、距离或两者。

[0252] 器械控制器28可以控制致动器21、22、23使刀具20以在刀具20和手持部分16之间的运动参数的第一值朝向期望的平面移动。然后器械控制器28可以使刀具20以运动参数的第二值朝向期望平面移动,使得速度、加速度或两者在第一值和第二值之间不同。例如,如图61A和61B所示,当用户使器械14更靠近与骨骼相关联的参考定位时,器械控制器28利用由导航系统32提供的距离参数来调节所述一个或多个运动参数(例如速度;加速度),使刀具20以改变的运动参数值(即,运动参数的第一值和运动参数的第二值)相对于手持部分16朝向期望平面移动。

[0253] 通过控制刀具支撑件相对于手持部分的速度、加速度或两者,使得在刀具20处于能够切割骨骼的距离内之前(图61A)速度和/或加速度相对较低,移动可能不那么鲁莽并导致要施加的力/扭矩更小。这可以减小为了补偿手持部分16的姿态而移动致动器21、22、23的潜在迷失方向的影响和/或减小作用在用户手上的力。然后,当刀具处于能够切割骨骼的距离内时(图61B),控制器起作用以控制刀具支撑件相对于手持部分的速度、加速度或两者,使得速度和/或加速度相对较高,确保精确切割。

[0254] 参考图61A,当TCP的位置距与骨骼相关联的参考定位(RL)间隔开第一距离参数(DPI)时,器械被控制使得刀具支撑件相对于手持部分移动,例如,以具有第一值的运动参数移动。这是因为TCP与骨骼表面的距离仍然很远。

[0255] 参考图61B,当TCP的位置距与骨骼相关联的参考定位(RL)间隔开第二距离参数(DP2)时,器械14被控制以使得利用具有第二值的运动参数。第一值低于第二值。例如,当运动参数是加速度时,第一值的加速度低于第二值的加速度。

[0256] 通过控制致动器21、22、23的加速度,器械控制器28可以起到向用户指示正在进行模式转换的作用。这是因为致动器21、22、23的加速度的显著变化可以改变器械14的重心并且可以导致用户体验到力的感觉。在一个示例中,通过基于刀具20相对于骨骼上的参考定位的距离参数或姿态来改变致动器21、22、23的加速度,器械14可以向用户提供力感觉,表示随着器械14移动得更靠近参考定位(即,距离参数具有更小的量值)时致动器21、22、23表现不同。

[0257] 当器械在各模式之间、各状态之间、或各模式和状态之间改变时,引导阵列200、视觉指示器201、202、203、器械14或机器人系统10的任何部分可以包括发出在各模式之间、各状态之间、或各模式和状态之间进行转换的信号的指示器。该指示器可以是触觉指示器、视觉指示器、声音指示器或它们的组合,用于通知用户该转换。例如,可以使用诸如在Quaid等人的美国专利No.10,231,790中描述的触觉引导指示器。在另一个示例中,可以引入类似于Bozung的美国专利No.9,707,043中所述的声音指示器,例如驱动电机M操作的改变。其他指示器也被考虑在内。

[0258] 在一些配置中,机器人系统10被理解为具有两个主要操作区域-区域IV和区域V。当刀具进入区域IV时,器械14可以被控制并且类似于在区域I中的瞄准模式那样响应。在区域V中,器械控制器28可以将致动器21、22、23保持在特定位置,同时通过引导阵列200引导用户移动器械14的手持部分16,使得刀具20在电机M被禁用的情况下朝向目标平面移动。参考区域I描述的任何特征可以与区域IV一起使用,反之亦然。

[0259] 在一些配置中,器械控制器28可以控制刀具支撑件18和刀具20相对于手持部分16的速度、加速度或两者,并且可以在从区域V移动到区域IV时改变这些运动参数的值。这可以通过在从区域V移动到区域IV时改变致动器21、22、23的一个或多个运动参数的值来实现。区域IV紧邻并包含与骨骼相关联的参考定位,并且区域V是区域IV外面的空间。在本示例中,运动参数的一个或多个值被调节,使得随着刀具20进入区域IV,刀具20相对于手持部分16朝向期望平面的速度、加速度或两者被渐进地调节,同时引导阵列200指导用户调节手持部分16使其停留在瞄准模式。换句话说,当器械接近区域IV时,致动器21、22、23被控制成使得刀具支撑件18相对于手持部分16的加速度大于器械14当初进入区域V时的加速度(基于刀具20相对于骨骼的参考定位的位置或基于计算的距离参数确定的)。

[0260] 当在区域II中处于瞄准模式时,器械控制器28可以启用刀具20的操作,例如,器械14的用户界面UI的触发器或脚踏开关可以操作以允许用户启动/停止驱动电机M的操作。在某些情况下,输入设备仅允许开/关功能,而器械控制器28自动控制驱动电机M的速度。在其他形式中,可以考虑用用户的输入来控制驱动电机M的速度。在一些示例中,在瞄准模式下驱动电机M是操作的,但是如果刀具20从期望姿态解锁则被禁用。

[0261] 在一些形式中,在TCP到达区域I或IV之前驱动电机M可能会被禁用。在一些示例中,器械控制器28控制致动器21、22、23以朝向期望平面移动刀具20,并且进一步将驱动电机M的电机参数控制在第一值和第二值,使得第一值不同于第二值。电机参数可以是在不同模式期间影响刀具20的行为的驱动电机M的受控变量。例如,电机参数可以是速度(例如每

分钟的转数(RPM))、扭矩、操作时间、电流、加速度或其组合。器械控制器28基于刀具20的位置和与骨骼相关联的参考定位的位置将操作从第一值改变为第二值。在另一示例中,器械控制器28控制致动器21、22、23以使刀具20朝向期望平面移动,并且进一步将驱动电机M的电机参数控制在第一值和第二值,使得第一值与第二值不同。器械控制器28被配置用于基于距离参数而将操作从第一值改变为第二值。电机参数可以是电机速度或电机扭矩。

[0262] 在一个实施方式中,电机参数可以是电机速度,并且器械控制器28可以操作使得当该距离参数具有第一量值和方向时电机速度被控制在第一速度,并且当该距离参数具有与第一量值不同的第二量值和方向时被控制在第二速度。这可以实施为:第一量值为10cm且第二量值为2cm,第一电机速度为0rpm,第二电机速度为16000rpm,并且方向为远离骨骼。这也可以在器械14处于相对于预先确定的坐标系的给定位置时实施。这可能只在器械14相对靠近待切割的骨骼时才导致驱动电机M的激活。第一电机速度可以是电机停止时的速度,而第二电机速度可以是给定刀具的期望操作速度。

[0263] 当用户继续将TCP移动到区域I中时,器械控制器28继续以瞄准模式操作器械14,最终导致刀具20的远端在将要进行治疗的部位处穿透解剖结构的表面,如图27所示。区域I也可称为“治疗”或“切除”区域。在一些形式中,驱动电机M在进入区域I时变成操作的,使得用户可以压下触发器、脚踏开关或其他输入设备以驱动刀具20进行治疗(例如,切割)组织。特别地,器械控制器28启用驱动电机M的操作(例如,控制台33向驱动电机控制器发送相关联的指令包,指示驱动电机M可以被致动)。用户此时压下触发器、脚踏开关或致动另一输入设备以致动驱动电机M。这样刀具20被通电,例如以切除目标部位的组织。在一些形式中,驱动电机M可以由器械控制器28直接控制而无需来自用户的任何输入,例如,刀具20可以基于处于区域I内而自动致动。

[0264] 在区域I中,当处于瞄准模式时,器械控制器28可以监测致动器21、22、23中每一个致动器的转子位置并且在致动器21、22、23中任一一个致动器到达它们下述中的一个时禁用驱动电机M:软停止、硬止动件或任何其他预定义的阈值,例如到软停止的行进量的90%。该阈值可以是可配置的。如上所述,器械控制器28可以基于在已知坐标系中的刀具20的姿态、手持部分16的姿态、和刀具20的命令姿态而在操作状态和禁用状态之间自动地切换器械14,在所述操作状态驱动电机M能够被致动(例如通过输入设备),所述禁用状态则阻止由输入设备发送的输入信号引发驱动电机M的激活。手持部分16的姿态可以基于致动器信息,例如每个致动器21、22、23的测量位置。通过以这种方式控制器械14,器械控制器28被配置用于当刀具20的姿态、手持部分16的姿态和刀具20的命令姿态指示刀具20的命令姿态超出致动器21、22、23能够达到的范围的情况时在各模式之间自动切换。换句话说,在这种情况下发生时,致动器21、22、23不能有效地将刀具20保持在期望的平面上。即使驱动电机M可能被禁用,致动器21、22、23仍可以操作以尽可能地保持刀具20的期望姿态。

[0265] 如果在发生这种情况时刀具20的TCP处于区域II中,那么器械控制器28会通过将刀具20从期望姿态解锁和重新归位来响应于致动器中的一个致动器已经到达其极限或阈值,但是在区域I中将刀具20从期望姿态解锁可能是不期望的,特别是在刀具20已经接合组织的情况下。相反,在区域I中,视觉指示器201、202、203可能被置于下述状态中:给用户发信号指出对于驱动电机M操作来说致动器21、22、23中的哪个致动器处于其可接受极限/阈值之外,(例如,视觉指示器201、202、203可能开始闪耀/闪烁、改变颜色、强度等)。一旦用户

已经移动了手持部分16使得所有致动器21、22、23可以再次达到期望姿态(例如,行进的阈值量可用),视觉指示器201、202、203可以像平常一样恢复操作。当然,在某些形式中和/或在某些特定情况下,在区域I中仍然可能发生解锁。

[0266] 在一些形式中,一旦处理开始(例如,正在切割组织),即使致动器21、22、23中的一个或多个致动器已经达到它们的操作极限,驱动电机M也可以继续操作。例如,当切割到骨骼内并且骨骼本身提供合适的切割引导以基本上在期望平面上继续切割时,这可能发生。在这种情况下,致动器21、22、23可被保持在它们的当前位置和/或虚拟边界184可以被禁用,使得控制系统60不再操作以将刀具20保持在期望的姿态。如上所述,该特征的另一个潜在实施方式是确定距离参数,例如相对于参考定位是进入到骨骼内的方向和刀具20相对于骨骼上的参考定位的量值(即进入骨骼内2cm、3cm、4cm)。基于该确定,器械控制器28可以控制致动器21、22、23,使得刀具20以基于距离参数的运动参数的第一值和基于距离参数的运动参数的第二值相对于手持部分16朝向期望的平面移动。运动参数可以是速度,当距离参数的量值小于3cm时可以具有大于0(或1-5m/s)的第一值,当距离参数的量值大于3cm时可以具有的第二值为0,方向为进入到骨骼内。

[0267] 参考图63A和63B,一旦建立了槽口,当用户切割与患者的解剖结构(例如要切割的骨骼)相关联的目标切割平面时,器械控制器28可以自动调节刀具20相对于手持部分16的一个或多个运动参数的值。在一个示例中,当刀具20朝向期望平面移动时运动参数是刀具20相对于手持部分16的加速度。器械控制器28可以基于由刀具20(例如,由TCP)的姿态确定的相对于与骨骼相关联的参考定位的距离参数(例如方向、量值)自动地改变致动器21、22、23的调节速率。可以保持刀具20的姿态,同时引导阵列200引导用户移动手持部分16以保持或纠正到期望平面。

[0268] 参考图63A,当锯片(TCP)的位置距与骨骼相关联的参考定位(RL)间隔开第一距离参数(DP1)时,器械被控制成使得刀具支撑件相对于手持部分移动,例如,使用量值大于零的运动参数。这是因为槽口尚未充分建立。

[0269] 参考图63B,当锯片(TCP)的位置距与骨骼相关联的参考定位(RL)间隔开第二距离参数(DP2)时,器械被控制成使得使用量值为零的运动参数或以其他方式停止刀具支撑件相对于手持部分的移动。这是因为槽口已经充分建立。

[0270] 一旦刀具20建立了槽口,器械控制器28就可以将运动参数的值设置为零,停止致动器21、22、23使其不再相对于手持部分16调节刀具支撑件18。一旦刀具20已经在骨骼内建立了切割路径,刀具20可能弯曲并试图偏离路线,向回推到手持部分16上。用户可以感知到此力是回推。当刀具20在切割槽290中时,通过器械控制器28控制致动器21、22、23而产生“推回”或“对抗”手持部分的感觉。因此,通过控制致动器朝向期望的平面移动而引起的唯一的移动是手持部分16的移动。这意味着器械控制器28可以使力施加到手持部分16上,然后将其传递到用户的手上。在切割过程中这些力可能会导致疲劳和/或不适。通过改变运动参数,刀具20可以在切割中进一步提供更小的阻力。用户可能会发现,当刀具20在切割槽290内时,通过将运动参数值设置为0或通过其他方式停止手持部分相对于刀具支撑件的移动,允许切割在不对抗手持部分16的情况下完成,切割槽290用作天然的切割引导件(见图63A-63B)。更具体地,器械控制器28可以主动地改变与速度、加速度或两者相关的运动参数的值,使得刀具20进入目标解剖结构内越远,致动器21、22、23朝向目标平面调节的速度

和/或加速度与最初开始切割时的速度和/或加速度相比相对更低,最终在刀具20进行中间切割时停止致动器移动,利用切割到骨骼内的路径作为引导。换句话说,刀具支撑件18在切割开始时移动的速度和/或加速度可以比在相对于参考定位前进到骨骼内阈值距离之后的速度和/或加速度更大。虽然停止致动器21、22、23对刀具支撑件18的调节是关于将运动参数设置为零时描述的,但是应当理解,可以利用其他合适的控制逻辑来停止致动器21、22、23,例如通过停止该算法的运动控制方面或以其他方式冻结多个致动器21、22、23的位置。

[0271] 在一些形式中,一旦治疗开始,器械控制器28就可以限制用户使刀具20远离期望姿态放置(例如,在虚拟边界184之外或偏离虚拟边界184)的能力。例如,在一些实施方式中,一旦导航系统32提供了刀具20正在移离期望切割平面的任何指示,器械控制器28立即终止向驱动电机M施加激励信号,防止刀具20凿击到骨骼,并使软组织损伤最小。在该特征的一些实施方式中,刀具20与期望姿态的可接受错位可以随着切除深度的增加而反向地变化。

[0272] 导航系统32还可监测切割深度。在一些形式中,当确定切割深度在目标深度的0.1和2.0mm之间时,器械控制器28可以停止驱动电机M的操作。在一些示例中,器械控制器28可以不停止驱动电机M的操作,而是依赖于用户控制的驱动电机M的启动、停止和/或速度控制。在一些配置中,将要进行切割的解剖结构特征的表面(例如骨骼表面)可以用作导致器械控制器28使以下的操作模式或行为发生改变的参考点、虚拟边界或两者:(i) 器械14;(ii) 一个或多个致动器21、22、23;(iii) 引导阵列200;(iv) 一个或多个视觉指示器201、202、203;(v) 或其组合。在一些示例中,器械控制器28控制驱动电机M的电机参数为第一值和第二值,使得第一值不同于第二值。器械控制器28基于刀具20的位置和与骨骼相关联的参考定位的位置或基于计算的距离参数将操作从第一值改变为第二值。随着刀具20进入骨骼的切口,器械控制器28可以使用刀具20相对于与骨骼相关联的参考定位的导航数据激活驱动电机M。此外,器械控制器28可以基于刀具20已经到达和与骨骼相关联的参考点相关的特定距离参数值或位置而切断驱动电机M。在一些情况下,在执行外科手术时用户可能会失去对刀具20的感觉。通过基于刀具20的深度控制驱动电机M,用户可能能够更准确地控制切割应该进行多深,防止与位于切割区域周围的韧带和动脉发生干涉。

[0273] 在一些示例中,当器械控制器28通过改变驱动电机M的参数来改变操作模式时,器械14、输入设备、导航系统32、器械控制器28或其组合可以提供声音指示、触觉指示或两者兼有,表明模式已改变。在一种情况下,输入设备可以是脚踏开关,当器械的模式改变时,控制驱动电机M的速度,脚踏开关可能振动。在另一示例中,当模式改变以使驱动电机M加速或减速时,用户可以感知到诸如驱动电机M的电机速度改变音量、音调、振动或其组合的声音指示,指示器械的模式已改变,如Bozung的美国专利No.9,707,043的内容中所述的。

[0274] 任何时候用户认为基于当前治疗过程可能难以在瞄准模式下将刀具20保持在期望姿态上(例如,切割似乎偏离平面),用户可以拉动刀具20返回到区域II并远离期望姿态,以导致刀具20解锁和重新归位,并在接近模式下再次开始。用户还可以通过以小的往复移动重复地将刀具20插入和撤出解剖结构来操作刀具20,以确保在治疗期间刀具20停留在期望的姿态,例如,以防止刀具20被捕获在如果切割继续穿过骨骼的话则最终将刀具20拉离期望姿态的轨迹中。换言之,刀具20的这些往复移动纠正与期望姿态的任何轻微偏差,以防止刀具20被捕获在骨骼中,例如在偏离期望切割平面的切割平面上。

[0275] 在一些示例中,当刀具20从当前治疗过程(例如,切割)缩回时,器械控制器28可以控制多个致动器21、22、23中的每一个以将刀具20相对于手持部分16保持在当前姿态,从而不会发生解锁和重新归位。换句话说,尽管从一个区域移动到另一个区域,用户可以从切口缩回刀具20并且致动器21、22、23相对于手持部分16保持刀具20的姿态,使得用户可以在手中的抓握部和定向相同的情况下返回到初始切口(参见图62A-62C)。图62A示出了在区域IV中处于一姿态的器械14,并且图62B示出在器械14移动到区域V内时器械14保持在相同的姿态。图62C示出器械14以与图62A中相同的姿态返回到区域IV。然而,关于图62B,当放置到区域V中时,可以呈现任何合适的姿态,只要当器械重新进入区域IV时它呈现与最初从区域IV移除时相同的姿态即可。

[0276] 可以预见当前姿态是除初位以外的一位置,即,控制器能够将致动器21、22、23的位置保持在除初始位置以外的位置。用户可以将致动器保持在该位置以防止不必要的致动和移动,防止致动器因移动而产生过多热量,例如当器械14远离目标骨骼相当大的距离时。在一些形式中,用户可以通过下述来选择本刀具行为:致动输入设备,并且选择其中器械控制器28命令刀具姿态被保持或冻结在位的徒手模式。可替代地,在一些示例中,器械控制器28以至少第一模式和第二模式控制器械14的操作,在第一模式中器械控制器28自动控制致动器21、22、23中的每一个以相对于手持部分16的姿态保持刀具20的当前姿态,在第二模式中控制器自动控制致动器21、22、23中的每一个,使得刀具20相对于手持部分16的姿态而主动地朝向期望平面移动。器械控制器28基于在已知坐标系中刀具的位置和与骨骼相关联的参考定位的位置自动地从第一模式切换到第二模式。还预见器械控制器28可以基于与骨骼相关联的参考定位的位置和刀具20的姿态控制器械14的驱动电机M,自动地从其中电机M能够被致动的第一状态和其中电机M被阻止进行致动的第二状态切换。当刀具20从切口移除时,器械控制器28可以,基于由导航系统32确定的刀具20的姿态和与骨骼相关联的参考定位,而自动地将器械14从主动控制致动器21、22、23的移动切换到徒手模式,从而用户可以以相对于刀具20的围绕着手持部分16的相同的抓握部重新恢复该过程,以便-保持舒适的抓握、控制、便利性、对解剖结构的熟悉度、意外的解剖结构、或它们的组合。可替代地,器械控制器28可以被配置用于基于根据刀具20的位置和与骨骼相关联的参考定位的位置确定的距离参数(例如距离;量值)而在第一模式和第二模式之间切换模式。距离参数可以是方向、量值或两者。在一些情况下,当距离参数具有远离骨骼的方向并且量值大于第一阈值,例如12cm时,控制器可以切换到第二模式。

[0277] 在一些形式中,器械控制器28可以在其中器械控制器28自动控制致动器21、22、23使相对于手持部分16的姿态刀具20主动地朝向期望平面移动的模式和其中器械控制器28自动控制以相对于手持部分16的姿态将刀具20保持在当前姿态的模式之间切换。用户可能能够以徒手模式(在任何区域中)冻结致动器21、22、23的移动以允许用户执行一些治疗(例如,切割髌骨或解剖结构的其他部分)。当在徒手模式下致动器21、22、23被阻止进一步移动时,器械14的行为很像传统的切割器械,刀具支撑件18相对于手持部分16没有任何移动。在徒手模式中虚拟边界184也被停用。徒手模式可以由任何合适的用户输入设备(例如,按钮、脚踏开关等)中的任何合适的输入设备来启用。

[0278] 此外,可以预见器械控制器28、用户或两者可以基于导航数据、致动器数据、驱动电机数据或它们的组合,通过输入设备手动地在各模式和各行行为之间切换器械14。在一些

情况下,用户可以确定器械应该保持在特定位置(刀具支撑相对于手持部分)并且用输入设备超控器械控制器。

[0279] 在一些示例中,器械控制器28可以利用一个或多个输入来确定一个或多个输出。所述一个或多个输入可以包括由患者跟踪器54、56确定的骨骼位置,例如参考定位、由刀具支撑件18上的跟踪器52确定的刀具20的刀具中心点TCP、手持部分16的姿态、刀具20的命令姿态、距离参数、致动器信息(例如命令位置、当前位置、过去位置等)、来自脚踏开关或触摸屏的输入信号、或其组合。器械控制器28的所述一个或多个输出可包括改变驱动电机M的电机参数、调节刀具支撑件的运动参数,包括改变加速度或速度,可以切断边界控制,相对于手持部分16保持或冻结刀具20和刀具支撑件18,激活归位模式,或其组合。任何合适的输入组合可以与任何合适的输出一起使用。

[0280] 可以理解,各操作模式中的每一种都可以与任何其他操作模式结合使用。操作模式可以是由器械控制器28确定并由器械14实现的任何受控移动,包括无移动。例如,器械控制器28可以控制刀具支撑件18调节刀具20的速度、加速度或两者,并且将用户引导至如关于图24A-24C、图25A-25C、图26A-26B、图61A-61B、图62A-62C、图63A-63B中的一个或多个或其组合所描述的期望姿态。在一个示例中,图24A-24C中描述的控制模式与图63A-63B的控制模式相结合,使得器械14在进行切割之前在区域III、II和I中按照图24A-24C的器械控制进行控制,并且一旦处于槽口内就如关于图63A-63B所描述的那样控制。此外,所描述的任何模式或行为(例如器械行为、致动器行为、驱动电机行为或其组合)可以与器械14相对于其自身、患者、坐标系、虚拟定位、或其组合的任何区域或定位相结合。

[0281] 应当理解,通篇描述的引导阵列和/或视觉指示器201、202、203可与任何外科刀具和器械14的任何致动器配置一起使用,具有任何控制模式或行为控制。例如,引导阵列200、视觉指示器201、202、203或两者可以与具有当前描述的任何配置的任何控制模式和器械行为一起使用。在一个示例中,引导阵列200、视觉指示器201、202、203、或两者可以与关于至少图35、图45、图57、图59、图60、图65、图66中所示配置描述的器械14或器械14的任何配置一起使用。此外,引导阵列200和/或视觉指示器201、202、203可以被理解为包括下述的配置,在所述配置中:引导阵列200和/或视觉指示器201、202、203使得机器人系统10能够指示要将刀具20和/或手持部分16移动到期望的姿态、轨迹、定向、位置、平面或其组合而需要的行进量量值。贯穿本申请所描述的任何模式中,任何引导阵列200和/或视觉指示器201、202、203可以与器械的任何配置一起使用以向用户发送如何定位、移动和/或调节器械14的信号。例如,俯仰、摇摆和平移方面的变化是相对于一个或多个虚拟边界的。引导阵列200和/或视觉指示器201、202、203可以方便不同类型的刀具的定位,包括但不限于钻头或铰刀、驱动器(用于放置螺钉或销)、钻、销、导管等。

[0282] 参考图28和29,示出了机器人器械14的另一形式。此形式与之前描述的大致相同。在此形式中:(1)柔性电路FC的布线已稍作修改以考虑致动器21、22、23围绕其各自枢轴的移动范围;(2)向基部74增加了加重端部帽208;以及(3)握把72已进行修改以考虑柔性电路FC的替代布线和加重帽208的存在。

[0283] 柔性电路FC的布线在图29中最佳示出。图30和31示出柔性电路FC和控制外壳29与器械14的其余部分隔离开。如图30和31所示,柔性电路FC形成柔性电路组件210的一部分。柔性电路组件210可以包括一体形成的多个柔性细长部分(或腿),或者这些部分可以单独

形成并附接在一起。柔性细长部分可以包括一个或多个柔性塑料基板,例如聚酰亚胺、透明导电聚酯膜等。

[0284] 柔性电路组件210包括被安装和/或嵌入柔性塑料基板中的电子电路。电子电路可以包括用于在视觉指示器201、202、203与控制外壳29中的电路板31中的一个或多个电路板之间传输数据和/或电力的一个或多个电路。电子电路还可以包括用于在致动器21、22、23与电路板31中的一个或多个电路板之间传输数据和/或电力的一个或多个电路。电子电路还可以包括用于在传感器S与电路板31中的一个或多个(或者传感器S可以认为是致动器21、22、23的一部分)之间传输数据和/或电力的一个或多个电路。

[0285] 参考图29和32,柔性电路支撑件212经由一个或多个紧固件安装到刀具支撑件18,以锚定柔性电路组件210的各柔性细长部分中延伸到致动器21、22的两个柔性细长部分。特别地,这两个柔性细长部分经由锚固件214锚固到柔性电路支撑件212。锚固件214用于将柔性细长部分捕获抵靠在柔性电路支撑件212的表面上。锚固件214可包括紧固件,例如螺钉等,或任何其他合适形式的锚固件用以将柔性细长部分保持在所示位置处。

[0286] 具体参考图32,柔性电路支撑件212包括限定一个或多个用于接收锚固件214的锚固件安装位置216的本体。被锚固件214捕获的柔性细长部分包括开口220,锚固件214穿过开口220将柔性细长部分固定到本体(参见图30中所示的开口220)。本体还限定了一对凹口218,其尺寸被设计成接收柔性电路组件210的柔性细长部分以引导那些柔性细长部分,使得在致动器21、22于操作期间移动时减小柔性细长部分上的应力。

[0287] 如图28、29和33所示,加重帽208可由一种或多种材料形成,例如塑料、金属、陶瓷、它们的组合等。加重帽208的尺寸和/或形状可以设计成并且具有能够改变器械14的重量分布的质量,以在用户的手中提供合适的平衡。加重帽208还可以设计成解决/改善由操作器械14引起的用户手上的反作用载荷。

[0288] 除了握把72的顶部222具有朝向后部延伸的呈角度倾斜的倾斜部分224之外,图34中所示的握把72与之前示出和描述的握把72基本相同。当刀具支撑件18相对于手持部分16处于某些极端姿态时,呈角度倾斜的倾斜部分224使握把72在后面开口以容纳柔性电路FC。

[0289] 图69中所示的握把72与之前所示和描述的握把72/手持部分16基本相似,除了包括输入设备298之外,输入设备298在该描绘中被配置为触发器。该配置中的输入设备位于握把72上以允许用户选择性地向器械控制器28发送致动信号。

[0290] 替代配置

[0291] 图67和68显示了用于将致动器安装在带有基部74的手持部分16中的替代配置。图67和68提供了活动接头的替代配置。活动接头可包括将前两个致动器21、22联接到手持部分16的基部74的一组第二活动接头108。在所示形式中,第二活动接头108被支撑在接头支撑件288处。每个第二活动接头108包括旋转轭110,该旋转轭110被布置成相对于手持部分16的基部74旋转。每个旋转轭110具有旋转头部286和从旋转头部286延伸以在接头支撑件286处枢转地接合基部74的柱114。螺母115螺纹地连接到柱114的一端以将柱114捕获在基部74中,同时允许相应的旋转轭110在其相应的接头支撑件286内自由旋转。

[0292] 每个第二活动接头108包括枢转地联接到旋转轭110之一的载架116。每个载架116包括相反的耳轴118,通过将耳轴安置在旋转轭110中的凹穴290中而允许载架116围绕枢转轴PA(参见图14)相对于旋转轭110枢转。

[0293] 旋转头部286限定被配置用于接收耳轴118的凹穴290。载架116的耳轴118滑入凹穴290中,使得耳轴118和载架116设置在旋转头部286内。轴环294被压入枢转外壳292的任一侧,与耳轴118接合。载架116能够通过耳轴118和凹穴290而相对于旋转枢110枢转。由于旋转枢110和相关联的载架116的配置,即载架116能够围绕旋转轴线SA旋转并围绕枢转轴轴线PA枢转,第二活动接头108允许前两个致动器21、22相对于基部74的两个移动自由度。

[0294] 活动接头还包括将后(第三)致动器23联接到手持部分16的基部74的第三活动接头124。在所示形式中,第三活动接头124被支撑在接头支撑件79处。第三活动接头124包括固定到基部74的接头支撑件288的枢转外壳292。

[0295] 第三活动接头124包括经由接合到凹穴290内的耳轴118而枢转地联接到枢转外壳292的载架116。轴环294被推入枢转外壳292的两侧内,与耳轴118接合。轴环294被布置成使得在组装之后经由将耳轴118设置在枢转外壳292的凹穴290中而使载架116能够枢转。由于枢转外壳292和相关联的载架116的配置,即相关联的载架116仅能够绕枢转轴轴线PA枢转(例如,而不是旋转),第三活动接头124仅允许后致动器23相对于基部74的一个移动自由度。

[0296] 转向图35-45B,显示了器械14的替代配置,其使用包括致动器21、22和旋转致动器228的致动器组件400,以及用于将手持部分16连接到刀具支撑件18的约束组件24。致动器21、22被配置用于控制刀具支撑件18的刀具本体80相对于手持部分16的高度和俯仰。旋转致动器组件228与刀具支撑件18联接用于控制与刀具20连接的刀具头84的摇摆移动,从而在刀具支撑件18的刀具本体80和手持部分16被约束了相对于彼此的摇摆时调节刀具20的切割平面。

[0297] 如图35-37中看到的,器械14包括用于由用户保持的手持部分16。手持部分16可以可互换地被称为可手持体。可手持体16是器械的一部分,用户通过握住可手持体16而保持和手动地支撑该部分。可手持体16允许用户不受约束地移动和操纵本器械。刀具支撑件18可移动地联接到可手持体16以支撑刀具20。第一致动器21和第二致动器22位于刀具支撑件18和可手持体16之间,将刀具支撑件18和可手持体16操作地互连。致动器21、22沿着将可手持体一分为二的纵向平面对准。致动器21、22被配置用于使刀具支撑件18在两个自由度上移动,改变z轴平移(相对于手持部分16升降)和相对于可手持体16的俯仰。包括被动连杆机构26的约束组件24位于可手持体16和刀具支撑件18之间,进一步将刀具支撑件18和可手持体16互连。约束组件24被配置用于将刀具支撑件18的移动约束到相对于手持件16的三个自由度上。

[0298] 刀具支撑件18包括旋转致动器组件228,其被配置用于控制刀具20相对于可手持体16的摇摆移动。图38A和38B描绘了包括旋转致动器电机230、驱动构件232和环形齿轮234的旋转致动器组件228。旋转致动器电机230与刀具支撑件18连接并且可以是电动电机。驱动构件232连接到旋转致动器电机230并且被配置为被旋转致动器电机230转动。驱动构件232可以是齿轮。驱动构件232在图38A和38B中特别显示为正齿轮。旋转致动器组件228可以被配置成使得当旋转致动器电机230被致动时,驱动齿轮232直接接触环形齿轮234并使其相对于刀具支撑件18和可手持体16转动。环形齿轮234可被配置为与驱动构件232连接的蜗轮,驱动构件232可被配置为蜗杆,用于防止在操作期间向后驱动刀具20。如图38B中所见,旋转致动器组件228可包括一个或多个中间齿轮236。所述一个或多个中间齿轮236可用于改变驱动齿轮232和环形齿轮234之间的传动比。所述一个或多个中间齿轮236可以是惰轮。

例如,所述一个或多个中间齿轮236可以增大驱动齿轮232和环形齿轮234之间的速比。驱动齿轮232可以与中间齿轮236直接连接以转动中间齿轮236(图38B)。中间齿轮可以与环形齿轮234直接连接,使得环形齿轮234在旋转致动器电机230被致动时旋转。

[0299] 在图39A和39B中看到的示例配置中,环形齿轮234与刀具支撑件18的头84集成在一起。刀具头84可以随环形齿轮234一起旋转,从而调节和控制刀具20(例如锯片)的旋转位置。刀具头84可以围绕由驱动电机M限定的轴线旋转。图39A描绘出具有本体80和头84的刀具支撑件18被部分分解,示出了头84上的环形齿轮234以及与刀具支撑件18的本体80连接的旋转致动器电机230、驱动齿轮232和中间齿轮236。头84可以被配置用于与刀具20接合,使得当环形齿轮234被旋转致动器电机230旋转时,头84和刀具20也旋转,从而调节刀具20相对于可手持体16和刀具支撑件18的摇摆位置(例如图45A和45B)。头部84被配置为相对于可手持体16和刀具支撑件18旋转360度,来定位刀具20。刀具头84可以通过轴向保持螺母与刀具支撑件本体80连接,轴向保持螺母被配置用于将刀具头84保持在位。在其他配置中,头部84可以摇摆360度或更小、270度或更小、180度或更小、90度或更小、或者甚至50度或更小。在进一步的配置中,刀具头84可以摇摆30度或更多、90度或更多、180度或更多、270度或更多、或者甚至360度或更多。在一些示例中,刀具头84可具有硬止动件,其防止刀具头84旋转,限制刀具头84相对于刀具支撑件18和手持部分16的旋转范围。

[0300] 如图38A-38C和40A-40B所示,旋转致动器电机230位于刀具支撑件本体80下方。旋转致动器电机230与刀具支撑件本体80附接并且被配置为在致动器21、22调节刀具支撑件本体80相对于可手持体16的高度和俯仰时与刀具支撑件本体80一起移动。旋转致动器电机被配置用于转动驱动齿轮232,该驱动齿轮232相对于刀具支撑件本体80与环形齿轮234旋转地连接。旋转致动器电机使驱动齿轮旋转,随后使与刀具头84连接的环形齿轮234旋转,导致环形齿轮234和刀具头84相对于刀具支撑件本体80旋转。在一些配置中,旋转致动器电机230可以集成到刀具支撑件本体80中。在一些配置中,旋转致动器可以包括绝对编码器。在另一示例中,例如在图38C中,旋转致动器电机230是附接到刀具支撑件本体80的单独的单元。例如,图38C示出了刀具支撑件本体80和旋转致动器电机230的部分分解图。旋转致动器电机230包括外壳250。旋转致动器电机230通过穿过旋转致动器电机外壳250设置的紧固件272附接到刀具支撑件本体80,紧固件272被接收在刀具支撑件本体80中,然而,其他附接方式(例如粘合剂、焊接等)也被考虑。图38C示出了在旋转致动器电机230的相对对角设置的拐角处的紧固件272,用于将旋转致动器电机附接到刀具支撑件。与旋转致动器电机230的相对拐角相对应的对准销280设置在刀具支撑件本体80中,使旋转致动器电机230到刀具支撑件本体80的附接和与环形齿轮234的对准更容易。旋转致动器电机230包括外壳250。旋转致动器电机230的外壳250可以起到为被动连杆机构26提供被动连杆机构安装件254的作用,这将在下面进一步描述。

[0301] 在治疗解剖结构之前(例如,在切割股骨F和/或胫骨T之前),在下述的某些操作模式期间,可以执行为旋转致动器228建立初始位置的归位程序,这可以包括类似于致动器21、22(如上所述)的归位过程以定位刀具头84和刀具20。该过程提供参考定位,从该参考定位开始对由传感器测量的驱动齿轮232、环形齿轮234或两者的增加的移动进行计数,从而控制系统60能够确定刀具头84和刀具20的当前位置。在一些形式中,当传感器能够测量驱动齿轮232、环形齿轮234或两者的绝对位置时,可能不需要归位。在一些其他配置中,刀具

头84的初始位置可以通过其他方法确定。例如,指针57可以与刀具头84和/或刀具20中的校准凹痕CD一起使用,用于确定刀具头84和刀具20相对于刀具支撑件18、可手持体16、刀具跟踪器52、患者跟踪器54、56、PT或其组合的位置。

[0302] 图35-37描绘了可手持体16通过致动器21、22和被动连杆机构26连接到刀具支撑件18的刀具支撑本体80。可手持体16包括用于由用户抓握的握把72,使得用户能够手动支撑器械14。可手持体16还包括基部74,握把72通过一个或多个紧固件、粘合剂、焊接等附接到该基部74。在所示形式中,基部74包括具有大体中空圆柱形形状的套筒76。枢转外壳126、226从套筒76延伸(图42和43)。致动器21、22在下文进一步描述的枢转外壳126、226处可移动地联接到基部74。

[0303] 在图35-45所示的配置中,刀具20被可拆卸地联接到刀具支撑件18。特别地,如Walén等人的美国专利No.9,820,753中所述的,头部84可与刀具20可拆卸地连接,该专利通过引用方式并入本文。

[0304] 驱动刀具20的操作的驱动电机M设置在刀具支撑件本体80中(例如,在一些形式中用于驱动锯片的摆动)。图39A和39B显示了刀具支撑件18和带有环形齿轮234的头部84。刀具支撑件18可包含驱动电机M和Walén等人的美国专利No.9,820,753中所示的其他驱动部件,以驱动刀片组件的摆动运动。驱动电机M包括从其延伸的驱动构件248,其配置用于随着电机M的输出而旋转。从动构件248从电机M向远侧延伸。从动构件248包括狭槽282,该狭槽282被配置用于接收头部84的从动轴252,使得从动构件248接收从动轴252。在从动构件248将从动轴252接收在从动构件248的狭槽282中时并且在电机M被激活时,从动构件248和从动轴252一起转动。驱动电机M的旋转运动使从动构件248旋转,该从动构件248又使从动轴252旋转,从而为刀具20提供动力。当旋转致动器228被致动时,头部84与环形齿轮234一起旋转以调节头部84和刀具20的旋转位置,而与驱动电机M的激活无关。驱动电机M可以被配置为当刀具20和头部84被旋转致动器组件228的环形齿轮234旋转时保持静止。在另一种配置中,驱动电机M可以配置为与旋转致动器组件228的环形齿轮234一起旋转。刀具20可以以Walén等人的美国专利No.9,820,753中公开的方式附接到头部84和从头部84释放,该专利被通过引用方式并入本文。

[0305] 如图40A和40B最佳所示,刀具支撑件18还包括多个致动器安装件86、88,致动器21、22在这些致动器安装件处经由枢轴安装件可移动地联接到刀具支撑件18,如下文进一步描述的。致动器安装件86、88可包括适于安装致动器21、22的支架等,使得刀具支撑件18能够相对于手持部分16在两个自由度(即z轴平移和俯仰)上移动。

[0306] 如图36和37中可见的,致动器21、22包括在基部74和刀具支撑件本体80之间延伸的电动线性致动器。当被致动时,致动器21、22的有效长度(先前关于图16描述的)改变,以改变在刀具支撑件本体80和基部74之间沿着致动器21、22的对应轴线的距离。因此,致动器21、22协同工作以改变它们的有效长度并使刀具支撑件18相对于可手持体16在至少两个自由度上(俯仰和z轴平移)移动。在图示形式中,提供了两个致动器21、22,并且可以称为第一和第二线性致动器21、22或前致动器21和后致动器22。第一和第二致动器21、22的有效长度沿第一活动轴线AA1和第二活动轴线AA2(见图41)可调节。第一和第二致动器21、22的有效长度可独立调节,以调节刀具支撑件18相对于可手持体16的俯仰定向、z轴平移位置或两者中的一个或多个,如前所述。致动器21、22与旋转致动器组件228相结合,被配置用于相对于

可手持体16在至少三个自由度上调节刀具20,包括围绕刀具支撑件18的纵向轴线的摇摆。在一些示例中可以提供更多的致动器。致动器21、22可包括具有任何合适尺寸或形状的一个或多个连杆的连杆机构。具有致动器21、22和旋转致动器组件228的致动器组件400可以具有适合于使刀具20能够相对于可手持体16在至少三个自由度上移动的任何配置。

[0307] 图36、37和38A示出了通过多个活动接头联接到基部74和刀具支撑件本体80的致动器21、22。活动接头包括一组第一活动接头92,其在致动器安装件86、88处将致动器21、22联接到刀具支撑件本体80。在一种形式中,如图41和42所示,第一活动接头92包括活动枢转接头。枢转接头包括枢轴销94。枢轴销94穿过致动器安装件86、88和位于致动器21、22上的枢转枢106,将致动器21、22枢转地连接到致动器安装件86、88。固定螺钉100可以将横向穿过第一枢轴销94的锁销240紧固到致动器安装件86、88。

[0308] 在图41所示的配置中,致动器21、22(连同被动连杆机构26)被约束成在一个方向上枢转,阻止刀具支撑件18和可手持体16相对于彼此转动和摇摆,同时允许刀具支撑件18垂直地平移和俯仰。致动器安装件86、88具有通孔242以接收锁销240。第一枢轴销94具有横孔244以接收锁销240,使得第一枢轴销94和锁销240相交,使第一枢轴销94相对于致动器安装件86、88锁住(clock)。这样,致动器21、22能够相对于刀具支撑件本体80升降和枢转。

[0309] 致动器21、22在枢转外壳126、226处可移动地联接到基部74,形成将前致动器21和后致动器22联接到可手持体16的基部74的下活动接头246、270。下活动接头246、270支撑在接头支撑件79处。下活动接头246、270包括被固定到基部74的接头支撑件79的枢转外壳126、226。

[0310] 下活动接头246、270分别包括经由耳轴118枢转地联接到枢转外壳126、226的载架116。具有凹穴132的紧固件130经由通孔133附接到枢转外壳126、226的任一侧以接合耳轴118。紧固件130被布置成使得载架116能够在组装之后经由位于凹穴132中的耳轴118而枢转。载架116具有带内螺纹的通孔117以接收致动器21、22的导螺杆150,如下文进一步描述的。由于枢转外壳126、226和相关联的载架116的配置,即相关联的载架116仅能够绕枢转轴PA枢转(例如,而不是旋转),下活动接头246、270仅允许致动器21、22相对于基部74的一个移动自由度。致动器21、22和基部74之间的其他接头布置也是可能的。此外,在图35-45中呈现的致动器21、22的设计和功能与之前在图1-34中呈现的致动器21、22相同。此外,除了旋转致动器组件228之外,致动器21、22以与图1-34中描述的类似的方式被控制、供电和感测。

[0311] 如前所述,载架116具有带内螺纹的通孔117以螺纹地接收导螺杆150,使得每一个导螺杆150可相对于载架116中的对应一个旋转以调节多个致动器21、22中对应一个致动器的有效长度,并且因而改变由器械控制器28测量的计数。每个外壳134和对应的载架116被在至少一个自由度上约束了相对移动,以允许导螺杆150相对于载架116旋转(见图16)。更具体地,导螺杆150能够相对于载架116旋转,因为:枢转枢106不能围绕相关联的活动轴线AA1、AA2旋转(即,借助于第一活动接头92的配置,枢转枢106被限制进行这种旋转运动);并且载架116不能围绕相关联的活动轴线AA1、AA2旋转(即,借助于第二活动接头246、270的配置,载架116限制进行这种旋转运动)。

[0312] 止动件152,例如螺纹紧固件和形成在导螺杆150上的肩部,被固定到导螺杆150。止动件152的尺寸被设计为在每一个导螺杆150的行进的末端处抵接载架116。

[0313] 如上所述,致动器21、22的有效长度是可主动地调节的(在上文中至少在图16中描述过)以使得刀具支撑件18能够相对于手持部分16移动。每个致动器21、22通过下述进行调节:改变导螺杆150被旋入或旋出其相关联的载架116多远并且因而改变从相关联的载架116的中心到相关联的第一活动接头92的中心的距离。致动器21、22可在有效长度的最小值和最大值之间调节。每个致动器21、22的有效长度可以任何合适的方式表示/测量,用于表示刀具支撑件18和手持部分16之间沿着活动轴线AA1、AA2的距离,该距离改变以引起刀具支撑件18相对于可手持体16的各种移动。

[0314] 约束组件24与致动器21、22协同工作以约束由致动器21、22提供的移动。致动器21、22提供两个自由度上的移动,而约束组件24约束三个自由度上的移动。在所示形式中,约束组件24包括被动连杆机构26,以及将被动连杆机构26联接到刀具支撑件18的被动连杆机构接头156。

[0315] 在图41和42所示的配置中,约束组件通过被动连杆机构接头156连接到刀具支撑件18。被动连杆机构接头156包括刀具支撑件18上的被动连杆机构安装件254和被动连杆机构枢转铰172。一对枢轴销256将被动连杆机构26的被动连杆机构枢转铰172枢转地连接到刀具支撑件18的被动连杆机构安装件254,其位于旋转致动器电机230的外壳250上。如图38C和40A-42中可见,旋转致动器组件228的旋转致动器电机230的外壳250与刀具支撑件本体80附接。被动连杆机构26经由被动连杆机构铰172利用一对枢轴销256安装到旋转电机230的外壳250。这对枢轴销256由销274保持在位,销274分别穿过被动连杆机构铰172和枢轴销256中的孔276、278设置并由螺钉锁258固定,从而保持枢轴销256与被动连杆机构铰172轴向对准。作为与刀具支撑件18连接的结果,被动连杆机构26能够在致动器21、22被致动时升降,以及枢转以适应相对于刀具支撑件本体80的不同俯仰角。

[0316] 被动连杆机构26包括被固定到被动连杆机构枢转铰172的轴174。被动连杆机构26还包括基部74的套筒76,其被配置为沿约束轴线CA接收轴174。被动连杆机构26被配置用于允许轴174相对于套筒76沿约束轴线CA轴向地滑动并且在致动器21、22中的一个或多个致动器的致动期间约束轴174相对于约束轴线CA的径向上的移动。

[0317] 被动连杆机构26还包括键176以约束轴174相对于套筒76围绕约束轴线CA的旋转。键176最好地显示在图44中。键176装配在轴174和套筒76上相对的键槽178、180中,以将轴174不能相对旋转地锁定到套筒76。用于防止轴174和套筒76相对旋转的其他布置也被考虑,例如整体式键/槽布置等。被动连杆机构26独立于致动器21、22而将刀具支撑件18和可手持体16操作地互连。在致动器21、22中的一个或多个致动器的致动期间,被动连杆机构的有效长度沿着约束轴线CA可被动地调节。套筒76、轴174和键176代表用于被动连杆机构26的一种连杆组合。对于被动连杆机构26来说,可以采用以任何合适的方式连接的其他尺寸、形状和数量的连杆。被动连杆机构接头156能够相对于刀具支撑件18绕单一一个枢转轴线PA枢转。第一活动接头92和被动连杆机构接头156限定设置在公共平面CP上的枢转轴线PA(见图41和42)。非平行枢转轴线PA、布置在不同平面上的平行枢转轴线PA、其组合和/或其他配置也被考虑。

[0318] 如在图36中可见,刀具支撑件18的头部84被布置成使得当刀具20联接到刀具支撑件18时刀具20位于平行于公共平面CP的刀具平面TP(例如,刀片平面)上。在一些示例中,刀具平面TP与公共平面CP间隔开2.0英寸或更小,1.0英寸或更小,0.8英寸或更小,或0.5英寸

或更小。

[0319] 在所示形式中,致动器21、22被布置成使得在致动器21、22的所有位置中(包括在它们的初始位置时)活动轴线AA1、AA2都相对于约束轴线CA处于倾斜配置中。使轴线AA1、AA2倾斜通常使致动器布置结构逐渐变细,以允许基部74和相关联的握把72更纤薄和更紧凑。可以设想其他配置,包括其中活动轴线AA1、AA2相对于约束轴线CA不处于倾斜配置的那些配置。这样的配置可以包括其中致动器轴线AA1、AA2在它们的初始位置中彼此平行的配置。

[0320] 图45A和45B描绘了处于不同致动状态的外科器械。图45A示出了外科器械,其远侧致动器21的导螺杆150完全旋入载架116中。近侧致动器22被示出为具有伸出的导螺杆150,竖直地推动刀具支撑件18的近端,使刀具支撑件18的远端向下倾斜。图示中保持刀具20的刀具头84被围绕刀具支撑件18的纵向轴线旋转。类似地,图45B示出近侧致动器22的导螺杆150完全旋入载架116中。远侧致动器21被示出为具有伸出的导螺杆150,竖直地推动刀具支撑件18的远端,使刀具支撑件18的远端向上倾斜。刀具头84和刀具被示出为在与如图45A所示的相反方向上围绕刀具支撑件18的纵向轴线旋转。

[0321] 图46-56C中最佳地示出了器械14的替代配置。器械14包括用于由用户保持的可手持体16、可移动地联接到可手持体16以支撑刀具20的刀具支撑件18、包括多个致动器21、22、260的致动器组件400,其将刀具支撑件18和可手持体16操作地互连以相对于可手持体16在三个自由度上移动刀具支撑件18。致动器260是控制z轴平移的主升降致动器,被配置用于支撑和承载辅助致动器21和22。致动器260在z轴方向上平移,使刀具支撑件18和辅助致动器相对于可手持体16移动。辅助致动器21、22被配置用于调节刀具支撑件18相对于升降致动器260和可手持体16的俯仰和摇摆。当升降致动器260使刀具支撑件18和辅助致动器21、22远离可手持体移动时辅助致动器具有更大的运动范围。

[0322] 转向图46-48,可手持体16包括供用户抓握的握把72,以便用户可以手动支撑和自由移动器械14。可手持体16可以配置为手枪式握把。可手持体16还包括基部74,握把72通过一个或多个紧固件、粘合剂、焊接等附接到该基部74。

[0323] 图46-48描绘了外科器械14的前透视图、侧透视图和后透视图,其中升降致动器组件260被联接到刀具支撑件。升降致动器组件与刀具支撑件18和辅助致动器21、22操作地联接,使得当升降致动器组件260被致动并竖直平移时,刀具支撑件18和辅助致动器21、22也被竖直地平移。

[0324] 转向图49,基部74包括将可手持体16与刀具支撑件18相连接的升降致动器260。刀具支撑件18通过升降致动器260和辅助致动器21、22与可手持体16连接。刀具支撑件18包括刀具支撑件本体80,跟踪器52能够通过被固定到刀具支撑件18的一个或多个跟踪器安装件可拆卸地安装到刀具支撑件本体80。在所示形式中,刀具20被可拆卸地联接到刀具支撑件18。特别地,刀具支撑件18包括刀具联接器,例如刀具20安装到的头部84,如Walen等人的美国专利No.9,820,753中公开的,该专利被通过引用方式并入本文。驱动刀具20的操作的驱动电机M设置在刀具支撑件本体80中(例如,在一些形式中用于驱动锯片的摆动)。刀具20可以以Walen等人的美国专利No.9,820,753中公开的方式附接到头部84和从头部84释放,该专利被通过引用方式并入本文。

[0325] 如在图54A和54B中最佳地看到的,升降致动器260包括基部电机262、驱动螺杆

264、和具有大致中空圆柱形状的滑架266。滑架266是带螺纹的以接收驱动螺杆264，驱动螺杆264由基部电机262驱动。滑架266被键接和/或引导至可手持体16，从而允许滑架266沿驱动螺杆264平移而不使滑架266相对于可手持体16和刀具支撑件18旋转。滑架266包括用于将辅助致动器21、22连接到滑架的接头支撑件77、78。

[0326] 升降致动器组件260可在刀具支撑件18与可手持体16相邻的缩回位置和刀具支撑件18远离可手持体16间隔开的伸出位置之间移动(如在图55A-55B中可以看到)。升降致动器260被布置成使刀具支撑件18和辅助致动器21、22相对于可手持体16在一个自由度上移动。辅助致动器21、22与升降致动器260一起被配置为使刀具支撑件18相对于可手持体16在三个自由度上移动。在一些示例中，可以提供更多的致动器。当升降致动器处于刀具支撑件18远离可手持体16间隔开的完全伸出位置时，辅助致动器21、22具有更大的平移长度(图55C)。在一些示例中，辅助致动器21、22可以包括旋转致动器。辅助致动器21、22可以包括具有任何合适尺寸或形状的一个或多个连杆的连杆机构。辅助致动器21、22可以具有适合于使刀具支撑件18能够相对于可手持体16和滑架266在至少两个自由度上移动的任何配置。例如，在某些形式中，可能有两个后辅助致动器，或一些其他的致动器布置。

[0327] 如图52和53A-53B所示，刀具支撑件18包括多个致动器安装件86、88、90，致动器21、22、260在这些致动器安装件处通过接头可移动地联接到刀具支撑件18，如下面进一步描述的。致动器安装件86、88、90可以包括适合安装致动器21、22、260的支架等，使得刀具支撑件18能够相对于可手持体16在三个自由度上移动。

[0328] 图53A和53B将辅助致动器21、22描绘为在滑架266和刀具支撑件本体80之间延伸的电动、线性致动器。当被致动时，致动器21、22的有效长度改变以改变刀具支撑件本体80和滑架266之间沿着致动器21、22的相应轴线的距离。因此，辅助致动器21、22协同工作以改变它们的有效长度并使刀具支撑件18相对于可手持体16和滑架266在至少两个自由度上移动(例如，摇摆、俯仰或两者)。致动器21、22被提供并且可以被称为辅助致动器21、22或俯仰/摇摆致动器21、22。辅助致动器21、22各自具有小于升降致动器260的冲程长度的行程长度(stroke length)。辅助致动器21、22的有效长度分别沿着第一活动轴线AA1和第二活动轴线AA2可调节(见图53A、54A)。升降致动器260的有效长度沿着第三活动轴线AA3可调节，滑架266在基部电机262致动时沿着驱动螺杆264平移。辅助致动器21、22的有效长度是可独立调节的以调节刀具支撑件18相对于可手持体16和滑架266的俯仰定向、摇摆定向或两者中的一个或多个，如前所述。

[0329] 升降致动器260的滑架266和辅助致动器21、22经由多个活动接头联接到刀具支撑件本体80。活动接头包括一组第一活动接头92，其将滑架266和辅助致动器21、22在致动器安装件86、88、90处联接到刀具支撑件本体80。在一个形式中，如图52所示，第一活动接头92包括活动U形接头。U形接头包括第一枢轴销94和接头块96。第一枢轴销94经由接头块96上的通孔98将接头块96枢转地连接到致动器安装件86、88、90。固定螺钉100可以将第一枢轴销94固定到致动器安装件86、88、90。U形接头还可包括第二枢轴销104。接头块96具有横孔102以接收第二枢轴销104。第二枢轴销104具有通孔103以接纳第一枢轴销94，使得第一枢轴销94、接头块96和第二枢轴销104形成U型接头的交叉部。每个U形接头的第一枢轴销94和第二枢轴销104限定相交的枢转轴线。第二枢轴销104将枢转轴106、268枢转地连接到接头块96。这样，滑架266和辅助致动器21、22能够相对于刀具支撑件本体80在三个自由度上移

动。也可以考虑其他类型的活动接头。

[0330] 现在参考图53B,各活动接头还包括一组用于将辅助致动器21、22连接到滑架266的第二活动接头108。在图53B中,第二活动接头108被支撑在接头支撑件77、78处。每个第二活动接头108包括旋转轭110,该旋转轭110布置成相对于滑架266和可手持体16围绕旋转轴线SA旋转。每个旋转轭110具有旋转头部112和柱114,柱114从旋转头部112延伸以在接头支撑件77、78之一处枢转地接合滑架266。螺母115螺纹连接到柱114的一端以将柱114捕获在滑架266中,同时允许相应的旋转轭110在其相应的接头支撑件77、78内自由旋转。

[0331] 如图53B中所见,每个第二活动接头108包括枢转地联接到旋转轭110之一的载架116。载架116具有带内螺纹的通孔117以接收前两个致动器21、22的导螺杆150,如下文进一步描述的。每个载架116还包括相反的耳轴118,其通过被安置在旋转轭110上的凹穴120中而允许载架116围绕枢转轴线PA相对于旋转轭110枢转。在一些形式中,对于第二活动接头108中的每一个来说,旋转轴线SA与枢转轴线PA相交以限定单一一个顶点,致动器21、22围绕该顶点在两个自由度上移动。

[0332] 盖122被紧固到旋转头部112并限定凹穴120之一,而旋转头部112限定另一个凹穴120。在组装期间,首先载架116被以使耳轴118中的一个放置在旋转头部112中的凹穴120中的方式定位,然后将盖122紧固在另一个耳轴118上,使得载架116被捕获在盖122和旋转头部112之间并且能够通过耳轴118和凹穴120而相对于旋转轭110枢转。由于旋转轭110和相关联的载架116的配置,即载架116能够围绕旋转轴线SA旋转并围绕枢转轴线PA枢转,第二活动接头108允许前两个致动器21、22相对于基部74在两个自由度上的移动。前两个致动器21、22与滑架266之间的其他接头布置也是可能的。

[0333] 止动件152,例如螺纹紧固件和形成在导螺杆150上的肩部,被固定到导螺杆150。止动件152的尺寸设计为在每个导螺杆150的行进的末端抵接载架116。

[0334] 致动器21、22基本上类似于上文关于图16描述的致动器。致动器21、22、260中的每一个致动器可由单独的电机控制器控制。电机控制器可以分别单独地连接到致动器21、22、260,以将每个致动器21、22、260单个地引导到给定的目标位置。在一些示例中,电机控制器是比例积分微分(PID)控制器。在一些示例中,电机控制器可以与器械控制器集成或形成器械控制器的一部分。为了便于说明,电机控制器在本文中被描述为器械控制器28(图7)的一部分。升降致动器260和辅助致动器以与上文和图1-34中描述和显示的配置基本上类似的方式进行控制、感测和供电。

[0335] 如前所述,载架116具有带内螺纹的通孔117以螺纹地接收导螺杆150,使得每一个导螺杆150可以相对于载架116中的相应一个旋转来调节辅助致动器21、22中相应一个致动器的有效长度,并且因而改变由器械控制器28测量的计数。外壳134中的每一个和对应载架116在至少一个自由度上被约束了相对移动,以允许导螺杆150相对于载架116旋转。更具体地,导螺杆150能够相对于载架116旋转是因为:枢转轭106不能围绕相关联的活动轴线AA1、AA2旋转(即,由于第一活动接头92的配置,枢转轭106被限制进行此旋转运动);并且载架116不能围绕相关联的活动轴线AA1、AA2旋转(即,由于第二活动接头108的配置,载架116被限制进行此旋转运动)。

[0336] 如前所述,致动器21、22、260的有效长度是可主动调节的(之前关于图16进行了描述),以使得刀具支撑件18能够相对于可手持体16移动。随着每个致动器21、22、260被调节,

通过改变导螺杆150、264被旋入或旋出其相关联的载架116、266多远(的距离)并且因而改变从相关联的载架116、266的中心到相关联的活动接头92的中心的距离,有效长度改变。致动器21、22、260可在有效长度的最小值和最大值之间调节。每个致动器21、22、260的有效长度可以以任何合适的方式表示/测量,用于表示刀具支撑件18和可手持体16之间沿着活动轴线AA1、AA2、AA3的距离,该距离改变以引起刀具支撑件18相对于可手持体16的各种移动。

[0337] 继续参考图49,刀具支撑件18的头部84被布置成使得当刀具20联接到刀具支撑件18时刀具20位于平行于公共平面CP的刀具平面TP(例如,刀片平面)上。在一些示例中,刀具平面TP与公共平面CP间隔开2.0英寸或更小、1.0英寸或更小、0.8英寸或更小、或0.5英寸或更小。

[0338] 在图52、53A和53B中,致动器21、22、260被布置成使得在辅助致动器21、22的所有位置中(包括当它们处于它们的初始位置时)活动轴线AA1、AA2都相对于活动轴线AA3处于倾斜的配置中。使轴线AA1、AA2倾斜通常使致动器装置逐渐变细,以允许滑架266和相关联的握把72更纤薄和更紧凑。可以设想其他配置,包括其中活动轴线AA1、AA2相对于第三活动轴线AA3不处于倾斜配置的那些配置。这种配置可以包括其中致动器轴线AA1、AA2、AA3在它们的初始位置中彼此平行的配置。

[0339] 图49和55A-C示出辅助致动器21、22朝向刀具支撑件18的远端设置,远离用户的手抓握可手持体16的位置,基本上消除了在操作期间用户的手(尤其是拇指和食指之间的连接地带)接触致动器21、22的风险。此外,基部电机262位于可手持体16的基部中,而辅助致动器21、22朝向远端设置,器械14通过将致动器放置在不同的定位来提供热管理。

[0340] 图55A-55C描绘了器械14的示意图,其中刀具支撑件18经由升降致动器260和辅助致动器21、22相对于可手持体16移动。图55A示出了处于缩回位置的升降致动器260,保持刀具支撑件18与可手持体16相邻。图55B描绘了处于伸出位置的升降致动器,使刀具支撑件18远离可手持体16放置。图55C示出辅助致动器21、22正在调节处于倾斜定向的刀具支撑件18。在该示例中,辅助致动器21、22被缩回,使刀具支撑件18和刀具20向下倾斜。

[0341] 图56A-56C示出辅助致动器21、22处于不同的致动状态。在图56A中,辅助致动器21、22都在初始位置,将刀具20保持在水平面上。图56B示出辅助致动器22处于缩回位置并且辅助致动器21处于伸出位置,改变了刀具支撑件18和刀具20的摇摆。类似地,图56C示出辅助致动器21被缩回且辅助致动器22处于伸出位置,在与图56B相反的方向上摇摆刀具支撑件18和刀具20。

[0342] 图57示出了被配置为用作模块化刀具系统300的机器人器械14的替代配置的透视图。图57的器械描绘了与上文讨论的配置基本上相似的器械,其具有包括多个致动器21、22、23和约束组件24的致动器组件400。器械14被配置为在至少三个自由度(例如俯仰、摇摆、升降)上移动。器械14被配置为与多个模块化刀具头一起使用的模块化刀具系统。模块化刀具系统300被配置为将不同的模块化刀具头(302、304、306、308)可拆卸地附接和替换到器械14中以便在手术期间执行不同的功能。刀具支撑件本体80包括接收部分332(例如夹头)用于接收多个模块化刀具头302、304、306、308,如下文进一步讨论的。接收部分332包括用于接收和固定多个模块化头302、304、306、308的锁定特征316。接收部分332包括连接到电机M的输出的驱动接收器318,其被配置为在必要时向模块化刀具头302、308中的一个或多个提供旋转动力。

[0343] 图58A-58D描绘了用于与图57的机器人器械14一起使用的多个模块化刀具附件的透视图。图58A-58D中所示的模块化刀具头302、304、306、308中的每一个均包括用于连接并插入图57中所示的器械14的接收部分内的连接部分326。每个连接部分326包括锁314,其被配置用于接合接收部分332的锁定特征316。模块化刀具头302、304、306、308中的每一个的连接部分326可以被配置为对准并插入到器械14的接收部分332中。刀具头302、304、306、308中的每一个可以被锁定到器械14的接收部分332中。本领域的普通技术人员将理解,可以设想任何合适的锁定配置和/或方法。

[0344] 图58A描绘了模块化锯头302,其被配置为由图57的器械14接收。模块化锯头302包括轴310,轴310被配置为由位于图57的器械14中的轴接收器318接收。轴接收器318与电机M连接以向轴310提供旋转力,为模块锯头302提供动力。模块化锯头302包括传动装置312,用于将轴310的旋转运动转换为刀具安装件320处的另一种类型的运动(例如摆动;轨道运动等)。刀具安装件320被配置为接收用于执行外科手术的刀具。

[0345] 类似于图58A,图58B描绘了模块化探针304。模块化探针304被配置为由图57的器械14接收。模块化探针304包括具有圆形尖端325的纵向延伸杆324。模块化探针304被配置为与导航系统32一起使用以确定外科医生感兴趣的表面和/或区域。模块化探针304可被用于使外科设备、患者或两者与导航系统32配准。模块化探针304被配置为与器械14可拆卸地连接。

[0346] 图58C描绘了与图57的器械14一起使用的模块化骨凿306。模块化骨凿306包括用于与器械14附接的连接部分326和从连接部分326延伸的凿子部分328。模块化骨凿306被示出为具有弯曲的凿子部分328,然而其他形状、曲线和长度也被考虑。

[0347] 图58D示出了与图57的器械14一起使用的模块化钻头308。模块化钻头308包括轴310,轴310被配置为由位于图57的器械14中的轴接收器318接收。轴接收器318与电机M连接以向轴310提供旋转力,为模块化钻头308提供动力。模块化钻头308包括在连接部分326中的传动装置312,其包括用于增大或减小由电机M提供的旋转速度和扭矩的系统,以改变钻头330的旋转速度和扭矩。任何上述刀具都可以直接固定到刀具支撑件18,和/或与刀具支撑件可拆卸地连接。

[0348] 图59是被配置为切割引导件340的机器人器械14的透视图。在该配置中,刀具支撑件本体被配置为切割引导件340,其通过致动器21、22、23在至少三个自由度(例如俯仰、摇摆、升降)上可调节。切割引导件340被配置为在外科手术期间与外科设备一起使用,例如锯。机器人器械与控制系统和导航系统通信以指导用户定位切割引导件340以进行选择性的手术切割,而无需将引导件附接到正在进行手术的解剖结构对象。切割引导件340包括与致动器21、22、23和约束组件24连接的本体342,以及从本体342延伸的夹具344。夹具344包括锯片开口346,其被配置用于将锯片约束到所选的切割平面上,阻止锯从期望的切割区域偏离。

[0349] 在本申请中,包括以下定义,术语“控制器”可以用术语“电路”替换。术语“控制器”可以指代下述、是下述的一部分或包括下述:专用集成电路(ASIC);数字、模拟或混合模拟/数字离散电路;数字、模拟或混合模拟/数字集成电路;组合逻辑电路;现场可编程门阵列(FPGA);执行代码的处理器电路(共享、专用或组);存储由处理器电路执行的代码的存储器电路(共享、专用或组);提供所描述功能的其他合适的硬件部件;或上述中的一些或全部的

组合,例如在片上系统中。

[0350] 控制器可以包括一个或多个接口电路。在一些示例中,接口电路可以实现连接到局域网 (LAN) 或无线个域网 (WPAN) 的有线或无线接口。LAN的示例是Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Standard 802.11-2016 (也称为WIFI无线网络标准) 和IEEE Standard 802.3-2015 (也称为ETHERNET有线网络标准)。WPAN的示例是来自Bluetooth Special Interest Group and IEEE Standard 802.15.4的BLUETOOTH无线网络标准。

[0351] 控制器可以使用接口电路与其他控制器通信。尽管在本公开中控制器可以被描述为在逻辑上直接与其他控制器通信,但是在各种配置中,控制器实际上可以经由通信系统进行通信。通信系统包括物理和/或虚拟网络设备,例如集线器、交换机、路由器和网关。在一些配置中,通信系统连接到或跨越广域网 (WAN),例如互联网。例如,通信系统可以包括多个LAN,它们通过互联网或点对点租用线路、使用包括多协议标签交换 (MPLS) 和虚拟专用网 (VPN) 的技术相互连接。

[0352] 在各种配置中,控制器的功能可以分布在通过通信系统连接的多个控制器之间。例如,多个控制器可以实现由负载平衡系统分布的相同功能。在另一个示例中,控制器的功能可以分摊在服务器 (也称为远程或云) 控制器和客户端 (或用户) 控制器之间。

[0353] 控制器的一些或全部硬件特征可以使用硬件描述语言来定义,例如IEEE Standard 1364-2005 (通常称为“Verilog”) 和IEEE Standard 10182-2008 (通常称为“VHDL”)。硬件描述语言可用于制造和/或编程硬件电路。在一些配置中,控制器的一些或所有特征可以由语言定义,例如IEEE 1666-2005 (通常称为“SystemC”),其包含如下所述的代码和硬件描述两者。

[0354] 各种控制器程序可以存储在存储器电路上。术语存储器电路是术语计算机可读介质的子集。此处使用的术语计算机可读介质不包括通过介质 (例如在载波上) 传播的瞬时电或电磁信号;因此,术语计算机可读介质可以被认为是无形的和非暂时性的。非暂时性计算机可读介质的非限制性示例是非易失性存储器电路 (例如闪存电路、可擦除可编程只读存储器电路、或掩模只读存储器电路)、易失性存储器电路 (例如静态随机存取存储器电路或动态随机存取存储器电路)、磁存储介质 (如模拟或数字磁带或硬盘驱动器) 和光学存储介质 (如CD、DVD或Blu-ray Disc)。

[0355] 本申请中描述的装置和方法可以部分或完全由专用计算机实现,该专用计算机通过配置通用计算机来执行体现在计算机程序中的一个或多个特定功能而创建。上述功能块和流程图元素作为软件规范,可以通过熟练的技术人员或程序员的日常工作将其翻译成计算机程序。

[0356] 计算机程序包括存储在至少一个非暂时性计算机可读介质上的处理器可执行指令。计算机程序还可以包括或依赖于所存储的数据。计算机程序可以包括与专用计算机的硬件交互的基本输入/输出系统 (BIOS)、与专用计算机的特定设备交互的设备驱动程序、一个或多个操作系统、用户应用程序、后台服务、后台应用程序等。

[0357] 计算机程序可以包括: (i) 要解析的描述性文本,例如HTML (超文本标记语言)、XML (可扩展标记语言),或JSON (JavaScript Object Notation), (ii) 汇编代码, (iii) 由编译器从源代码生成的目标代码, (iv) 由解释器执行的源代码, (v) 由即时编译器编译和执行的

源代码等。仅作为示例,源代码可以使用语法规则由包括下述的语言编写:C、C++、C#、Objective C、Swift、Haskell、Go、SQL、R、Lisp、**Java®**、Fortran、Perl、Pascal、Curl、OCaml、**JavaScript®**、HTML5 (超文本标记语言第5版)、Ada、ASP (Active Server Pages)、PHP (PHP:超文本预处理器)、Scala、Eiffel、Smalltalk、Erlang、Ruby、**Flash®**、**Visual Basic®**、Lua、MATLAB、SENSORLINK、和**Python®**。条款部分

[0358] i.一种用于与刀具一起使用的手持式机器人系统,该系统包括:器械,该器械包括用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件;引导阵列,其被联接到器械并且是可控制的,以向用户视觉地指示刀具的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的期望变化,以便实现期望的姿态;和控制器,其被耦合到引导阵列并被配置用于在用户移动刀具时自动地调节引导阵列以视觉地指示俯仰定向、摇摆定向和平移方面的期望变化。

[0359] ii.一种用于与刀具一起使用的手持式机器人系统,该系统包括:器械,该器械包括用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件;引导阵列,其被联接到器械并布置成代表刀具的平面,引导阵列是可控制的以向用户视觉地指示刀具的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的期望变化,以便实现期望的姿态;和被耦合到引导阵列以控制引导阵列的操作的控制器。

[0360] iii.条款ii的手持式机器人系统,其中所述控制器被配置用于以使用户能够在俯仰定向的期望变化、摇摆定向的期望变化和平移的期望变化之间进行区分的方式操作引导阵列。

[0361] iv.条款ii的手持式机器人系统,其中所述引导阵列包括第一视觉指示器、第二视觉指示器和第三视觉指示器,这些视觉指示器中的每一个包括耦合到所述控制器的一个或多个照明源。

[0362] v.条款iv的手持式机器人系统,其中每个视觉指示器包括上部和下部,所述控制器被配置用于控制上部和下部的照明,使上部和下部以不同状态操作以指示刀具的平面的期望移动的方向。

[0363] vi.条款v的手持式机器人系统,其中控制器被配置用于控制上部和下部的照明,使上部和下部以相同的状态操作以指示对应点处于期望的位置。

[0364] vii.条款v的手持式机器人系统,其中各视觉指示器被布置为代表刀具的平面。

[0365] viii.条款vii的手持式机器人系统,其中刀具支撑件限定中心平面,其中第一和第二视觉指示器在中心平面的相反两侧上从中心平面偏置并且所述中心平面经过第三视觉指示器。

[0366] ix.条款viii的手持式机器人系统,其中控制器被配置用于控制上部和下部的照明,以向用户指示相对于期望的姿态刀具的俯仰定向、摇摆定向和平移位置中的一个或多个方面的期望变化。

[0367] x.条款viii的手持式机器人系统,其中控制器被配置用于控制上部的照明使其以第一状态操作,并且控制下部的照明使其以不同于第一状态的第二状态操作,以指示用户改变刀具的平移位置。

[0368] xi.条款viii的手持式机器人系统,其中控制器被配置用于控制第三视觉指示器的上部的照明使其以第一状态操作并且控制第一和第二视觉指示器的上部的照明使其以

不同于第一状态的第二状态操作,以指示用户改变刀具的俯仰定向。

[0369] xii.条款viii的手持式机器人系统,其中控制器被配置用于控制第一视觉指示器的上部的照明使其以第一状态操作并且控制第二视觉指示器的上部的照明使其以不同于第一状态的第二状态操作,以指示用户改变刀具的摇摆定向。

[0370] xiii.条款iv的手持式机器人系统,其中各视觉指示器沿刀具支撑件布置使得所述第一和第二视觉指示器相对于所述第三视觉指示器位于远侧。

[0371] xiv.条款iv的手持式机器人系统,其中每一个视觉指示器具有球形形状,其具有能够以不同的状态操作的上半球形部分和下半球形部分。

[0372] xv.条款ii的手持式机器人系统,包括跟踪器安装件,其被固定到所述刀具支撑件以可拆卸地接收与引导阵列分离的导航跟踪器。

[0373] xvi.一种用于与刀具一起使用的手持式机器人系统,该机器人系统包括:用于由用户保持和支撑的手持部分;可移动地联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件;操作地互连刀具支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀具支撑件从而将刀具置于期望的轨迹或平面上的多个致动器,多个致动器中的每一个是在最大位置和最小位置之间可调节的,并且具有在最大位置和最小位置之间的初始位置;和与多个致动器相关联以指示手持部分的期望移动的视觉指示器;和被耦合到视觉指示器以控制视觉指示器的操作以指示手持部分的期望移动的控制器的。

[0374] xvii.一种手持式机器人系统,包括:用于由用户保持的手持部分;可移动地联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件;多个致动器,其操作地互连刀具支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀具支撑件,从而将刀具置于期望的轨迹或平面上,多个致动器中的每一个是在最大位置和最小位置之间可调节的,并且具有在最大位置和最小位置之间的初始位置;与多个致动器相关联以指示手持部分的期望移动的视觉指示器;以及控制器,其被耦合到多个致动器和视觉指示器,以便以包括下述的多种模式控制操作:初始模式,其中控制器自动地将多个致动器中的每一个调节到它们的初始位置,接近模式,其中控制器指示刀具的期望移动以便在多个致动器处于它们的初始位置的同时将刀具置于期望的轨迹或平面上,和瞄准模式,其中刀具大致位于期望的轨迹或平面上,并且控制器指示手持部分的期望移动以便将刀具保持在期望的轨迹或平面上。

[0375] xviii.一种初始化手持式机器人系统以供使用的方法,该方法包括:提供包括用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件的器械,多个致动器操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件,其中多个致动器中的每一个包括被配置用于输出编码器输出信号的编码器;第一时间在已知坐标系中确定手持部分的姿态;第一时间获取多个致动器中的每一个致动器的编码器信号;基于手持部分的姿态和编码器信号确定初始位置。

[0376] xix.一种引导器械的移动的方法,该器械具有用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件,引导阵列被联接到器械并布置成代表刀具的平面,该方法包括以下步骤:向用户视觉地指示刀具的俯仰定向、摇摆定向和平移方面的期望变化以便实现期望的姿态。

[0377] xx.一种引导机器人器械的移动的方法,该机器人器械具有用于由用户保持的手持部分,可移动地联接到手持部分以支撑刀具的刀具支撑件,操作地互连刀具支撑件和手

持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀具支撑件从而将刀具置于期望的轨迹或平面上的多个致动器,以及与多个致动器相关联的视觉指示器,该方法包括以下步骤:以包括下述的多种模式控制机器人器械的操作:初始模式,控制器自动地将多个致动器中的每一个调节到最大位置和最小位置之间的初始位置;和接近模式,其中控制器指示刀具的期望移动,以便在多个致动器处于它们的初始位置的同时将刀具置于期望的轨迹或平面上;和瞄准模式,其中刀具大致位于期望的轨迹或平面上,并且控制器指示手持部分的期望移动以便将刀具保持在期望的轨迹或平面上。

[0378] xxi.一种机器人外科器械,包括:用于由用户保持的可手持体;可移动地联接到可手持体的刀具支撑件;由刀具支撑件支撑的刀具连接器;使刀具支撑件相对于可手持体在多个自由度上移动的多个致动器,多个致动器包括:将刀具支撑件和可手持体操作地互连的一对线性致动器,所述一对线性致动器中的每一个具有连接到可手持体的第一部分和连接到刀具支撑件的第二部分,这对线性致动器被布置用于控制刀具支撑件相对于可手持体的升降和俯仰;和旋转致动器,其被布置用于控制刀具连接器相对于刀具支撑件和可手持体的摇摆移动。

[0379] xxii.条款xxi的外科器械,还包括约束组件,该约束组件具有将刀具支撑件和可手持体操作地互连的被动连杆机构,该被动连杆机构以被配置用于约束刀具支撑件相对于可手持体在三个自由度上的移动的方式联接到刀具支撑件和可手持体。

[0380] xxiii.条款xxii的外科器械,其中所述一对线性致动器包括有效长度沿第一轴线可调节的第一致动器、有效长度沿第二轴线可调节的第二致动器。

[0381] xxiv.条款xxiii的外科器械,其中所述被动连杆机构的有效长度沿着约束轴线可调节,所述约束轴线在所述多个致动器的整个致动过程中沿中心平面共面。

[0382] xxv.条款xxiv的外科器械,其中线性致动器枢转地联接至刀具支撑件并且枢转地联接至可手持体,使得线性致动器能够在致动期间相对于刀具支撑件和可手持体枢转。

[0383] xxvi.条款xxiv的外科器械,其中该对线性致动器的第一致动器和该对线性致动器的第二致动器的有效长度是可独立调节的,以调节刀具支撑件相对于可手持体的俯仰和升降定向。

[0384] xxvii.条款xxiii的外科器械,其中所述旋转致动器包括电机和外壳。

[0385] xxviii.条款xxvii的外科器械,其中约束组件被枢转地联接到旋转致动器的外壳,从而将约束组件连接到刀具支撑件。

[0386] xxix.条款xxii的外科器械,其中旋转致动器与刀具支撑件和刀具连接器连接,旋转致动器被配置用于使刀具连接器相对于刀具支撑件和可手持体两者旋转360度。

[0387] xxx.条款xxii的外科器械,其中所述一对线性致动器沿着将所述可手持体一分为二的纵向平面对准。

[0388] xxxi.条款xxix的外科器械,其中所述旋转致动器包括具有驱动构件的电机,所述驱动构件可旋转地连接到环形齿轮。

[0389] xxxii.条款xxxi的外科器械,其中电机的驱动构件是蜗杆并且环形齿轮被配置为蜗轮。

[0390] xxxiii.条款xxxi的外科器械,其中电机的驱动构件是正齿轮。

[0391] xxxiv.条款xxiii的外科器械,其中正齿轮可旋转地连接到惰轮,惰轮与环形齿轮

可旋转地连接。

[0392] xxxv. 条款xxxvi的外科器械,其中环形齿轮和刀具连接器被布置成使得当旋转致动器被激活时环形齿轮和刀具连接器一起旋转。

[0393] xxxvi. 条款xxxv的外科器械,其中刀具支撑件包括用于驱动刀具连接器的运动的附属电机。

[0394] xxxvii. 条款xxxvi的外科器械,其中所述刀具连接器包括工作端并且所述附属电机被配置用于致动所述刀具连接器的工作端,其中所述旋转致动器被配置用于独立于所述附属电机转动所述刀具连接器。

[0395] xxxviii. 条款xxxvi的外科器械,其中所述刀具连接器包括联接到所述附属电机的传动装置,用于将来自所述附属电机的旋转运动转换为所述刀具的摆动运动。

[0396] xxxix. 条款xxxvii的外科器械,其中刀具连接器的工作端附接到锯片,从而当附属电机被激活时锯片摆动。

[0397] xl. 条款xxxix的外科器械,其中刀具连接器被配置用于当附属电机被激活时在锯片摆动的同时使刀具连接器和锯片旋转,改变锯片的切割平面。

[0398] xli. 条款xxxix的外科器械,其中旋转致动器的电机沿着刀具支撑件的平面布置。

[0399] xlii. 条款xxxvi的外科器械,其中所述刀具连接器包括工作端并且所述附属电机被配置用于旋转所述刀具连接器的工作端,其中所述旋转致动器被配置用于使所述刀具连接器和所述附属电机一起旋转。

[0400] xliii. 一种用于与外科刀具一起使用的机器人外科器械,该外科器械包括:用于由用户保持的可手持体;可移动地联接到可手持体以支撑刀具的刀具支撑件;使刀具支撑件相对于可手持体在多个自由度上移动的多个致动器,所述多个致动器包括:升降致动器,其具有连接到可手持体的第一部分和连接到刀具支撑件的第二部分;和一对辅助致动器,这对辅助致动器中的每一个都包括操作地连接到升降致动器的致动器部分和操作地连接到刀具支撑件的支撑部分,使得这对辅助致动器中的每一个被布置成在升降致动器和刀具支撑件之间有效地操作以相对于升降致动器移动刀具支撑件;其中,升降致动器被布置成使刀具支撑件和辅助致动器两者相对于可手持体在一个自由度上移动。

[0401] xliv. 条款xliii的外科器械,其中所述多个致动器中的每个致动器的有效长度是可主动调节的。

[0402] xlv. 条款xliii的外科器械,其中辅助致动器可独立于升降致动器操作以控制刀具支撑件的俯仰和摇摆。

[0403] xlvi. 据条款xliv的外科器械,其中,所述升降致动器可在刀具支撑件与可手持体相邻的缩回位置和刀具支撑件远离可手持体间隔开的伸出位置之间移动;其中,由于可手持体和刀具支撑件之间的距离在伸出位置更大,所以这对辅助致动器在伸出位置中相对于缩回位置中具有更大的平移长度。

[0404] xlvii. 条款xliii的外科器械,其中所述升降致动器具有第一行程长度,并且所述辅助致动器中的每一个具有小于所述第一行程长度的第二行程长度。

[0405] xlviii. 条款xliii的外科器械,其中可手持部分包括近端和远端,所述升降致动器位于所述可手持部分的近端和远端之间,并且所述辅助致动器位于升降致动器的远侧。

[0406] xlix. 条款xliii的外科器械,其中所述一对辅助致动器包括有效长度沿第一活动

轴线可调节的第一致动器,有效长度沿第二活动轴线可调节的第二致动器;并且其中,升降致动器的有效长度沿着第三活动轴线可调节。

[0407] 1. 条款xliv的外科器械,包括耦合到多个致动器以控制多个致动器的调节以限定虚拟锯切割引导件的控制。

[0408] li. 条款1的外科器械,其中控制器被配置用于控制多个致动器返回到在致动器的有效长度的最小值和最大值之间的初始位置。

[0409] lii. 条款1的外科器械,其中控制器被配置用于控制刀具支撑件相对于可手持体的俯仰定向、摇摆定向和平移位置以限定虚拟锯切割引导件。

[0410] liii. 条款1的外科器械,其中所述控制器包括安装到所述刀具支撑件的控制外壳和位于所述控制外壳内部的控制板。

[0411] liv. 条款1的外科器械,其中用于驱动刀具的运动的电机与刀具支撑件连接。

[0412] lv. 一种用于与外科刀具一起使用的手持式机器人系统,该系统包括:器械,该器械包括用于由用户保持和支撑的手持部分;可移动地联接到手持部分以支撑外科刀具的刀具支撑件;多个致动器操作地互连刀具支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀具支撑件,从而将外科刀具置于期望的位置、姿态或方向;以及用于指示手持部分的期望移动的视觉指示器;和控制器,其被耦合到多个致动器以控制多个致动器的调节以将外科刀具保持在期望的位置、姿态或定向,控制器被耦合到视觉指示器,控制器被配置用于基于多个致动器的致动器信息来控制视觉指示器,以当用户移动器械时视觉地指示俯仰定向、摇摆定向和平移位置方面的变化。

[0413] lvii. 一种用于与锯片一起使用的手持式机器人系统,该系统包括:器械,该器械包括:用于由用户保持的手持部分和联接到手持部分以支撑锯片的刀片支撑件;多个致动器操作地互连刀片支撑件和手持部分以相对于手持部分在三个自由度上移动刀片支撑件;联接到刀片支撑件的第一跟踪器,联接到手持部分的第二跟踪器;导航系统包括定位器,该定位器被配置用于确定第一跟踪器和第二跟踪器的姿态以确定锯片的姿态和手持部分的姿态;和控制器,其是可操作的以基于锯片的姿态、手持部分的姿态和锯片的期望姿态确定锯片的命令姿态,并且控制器是可操作的以控制多个致动器中的一个或多个朝向命令姿态移动。

[0414] lviii. 条款lvii的手持式机器人系统,其中控制器可操作以进一步基于多个致动器的最小位置和最大位置来控制多个致动器中的一个或多个使其朝向命令姿态移动。

[0415] 在前面的描述中已经讨论了若干配置。然而,本文讨论的配置并不旨在是穷尽的或将教导限制为任何特定形式。已使用的术语旨在具有描述性词的性质而不是限制性的。根据以上教导,可以以不同于具体描述的方式实践的许多修改和变化是可能的。

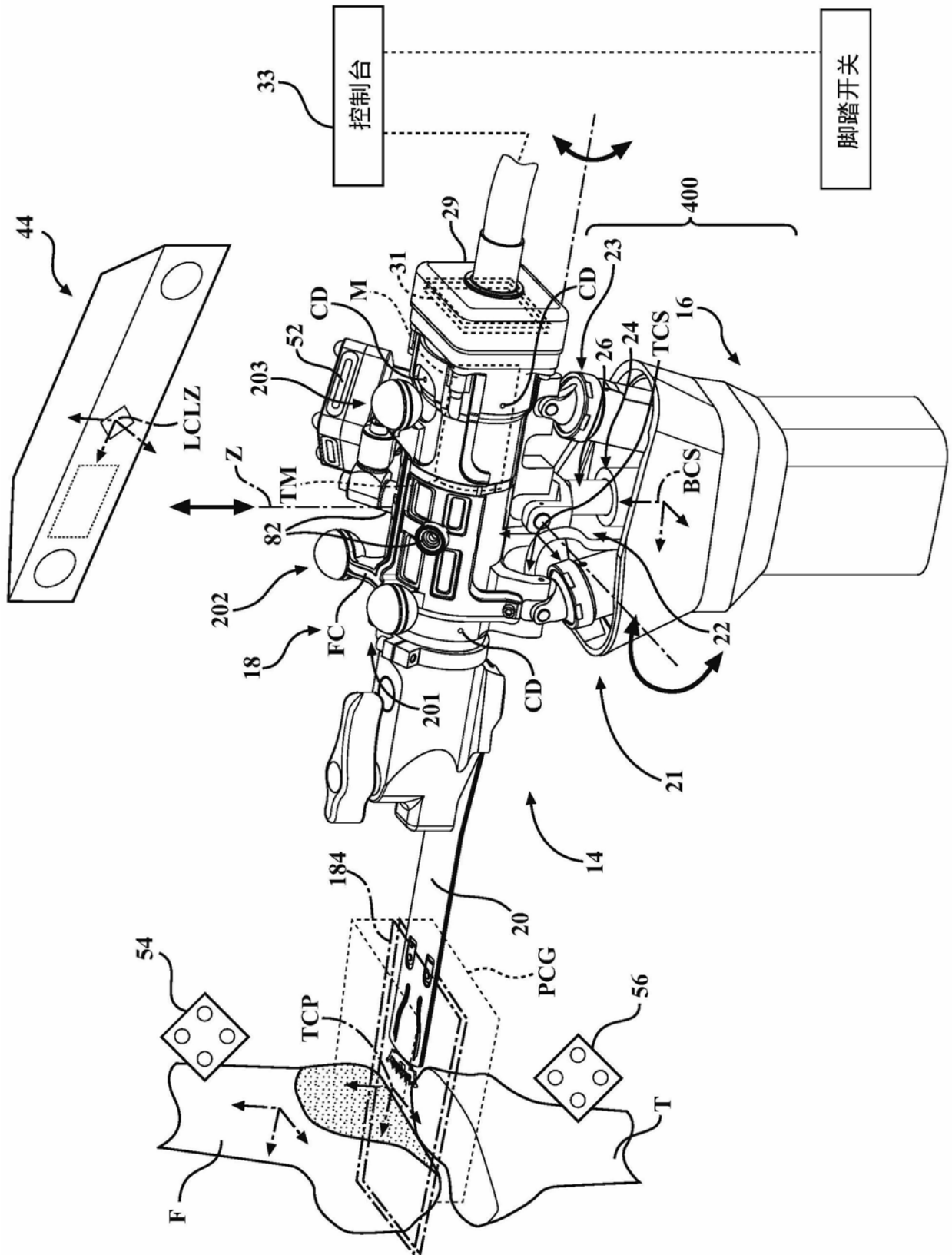


图2

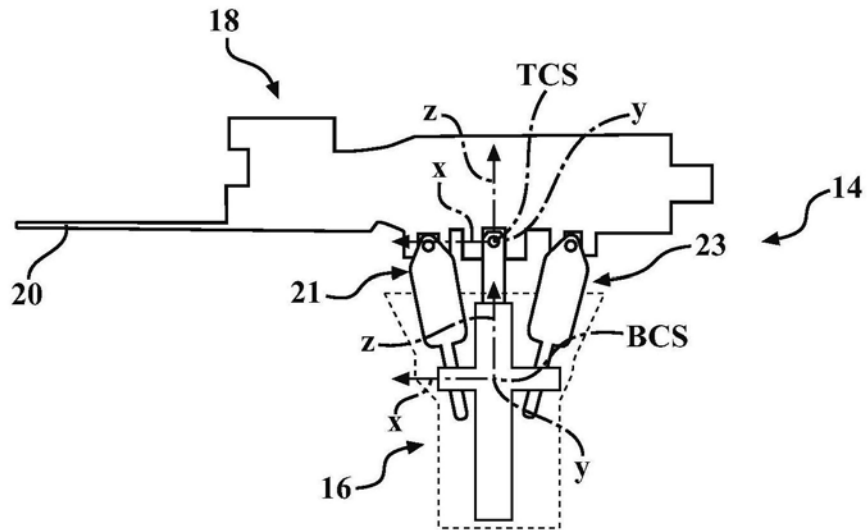


图3A

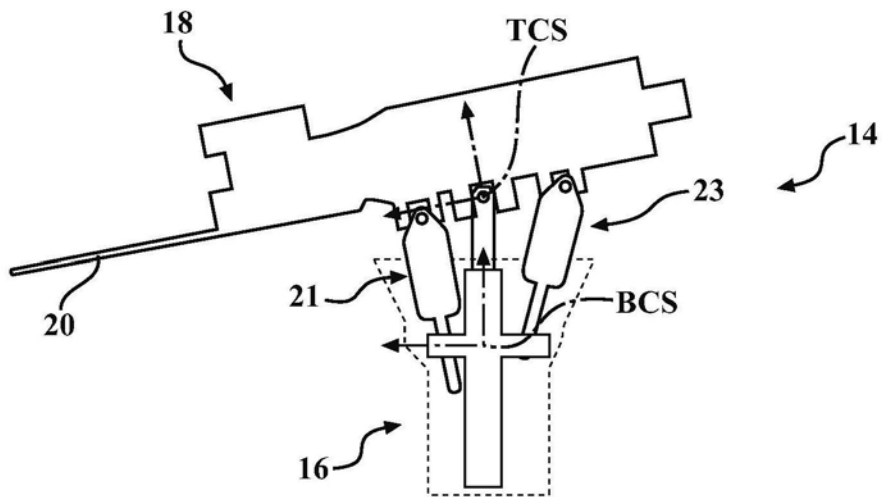


图3B

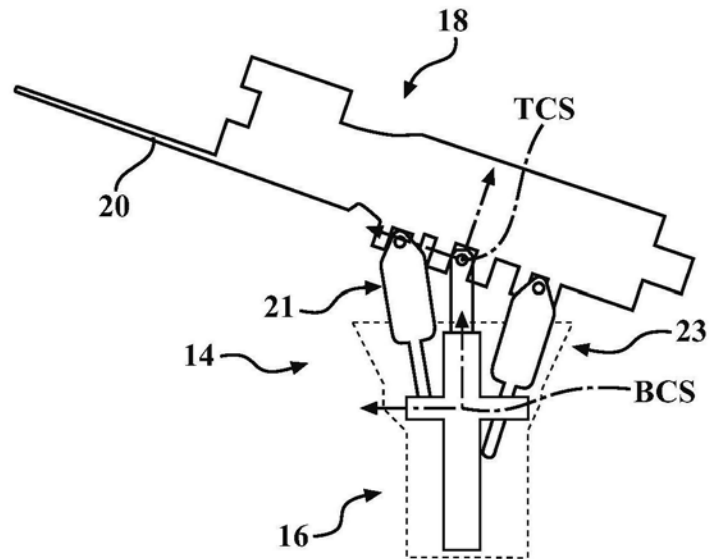


图3C

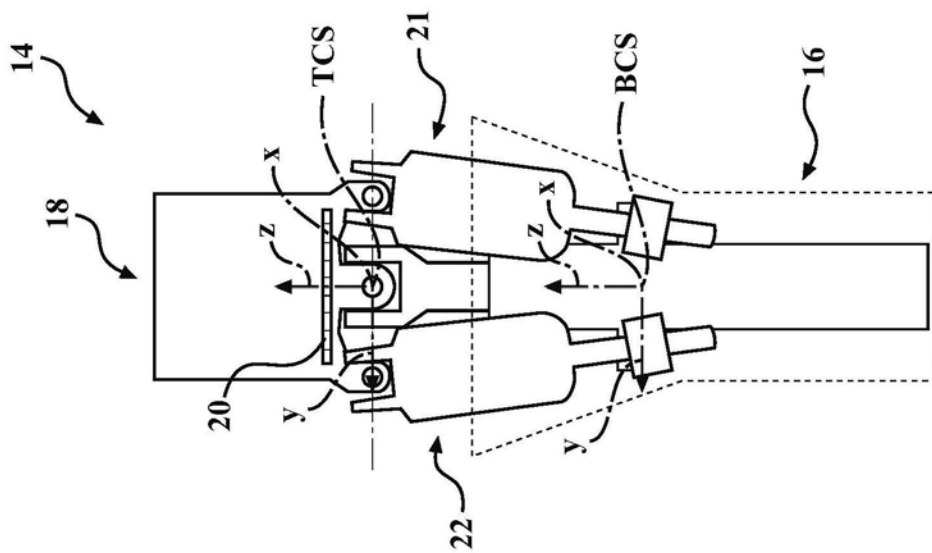


图4A

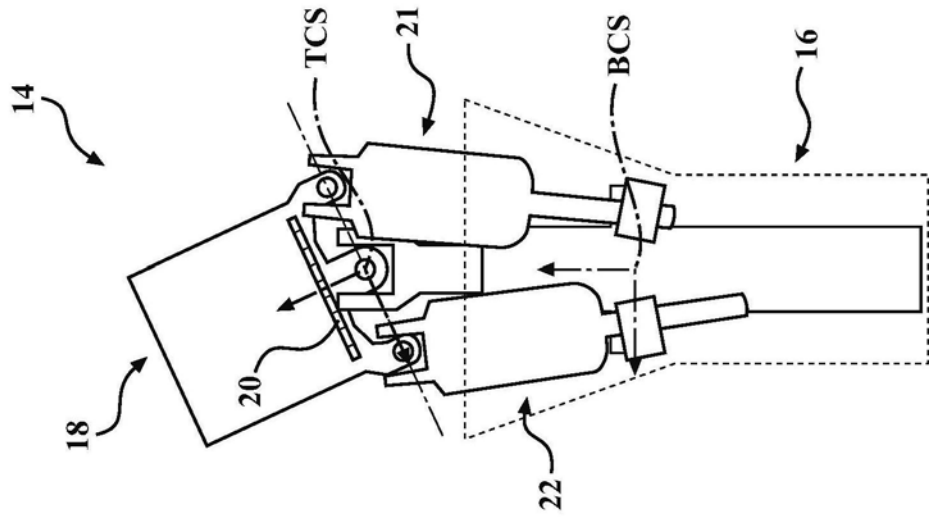


图4B

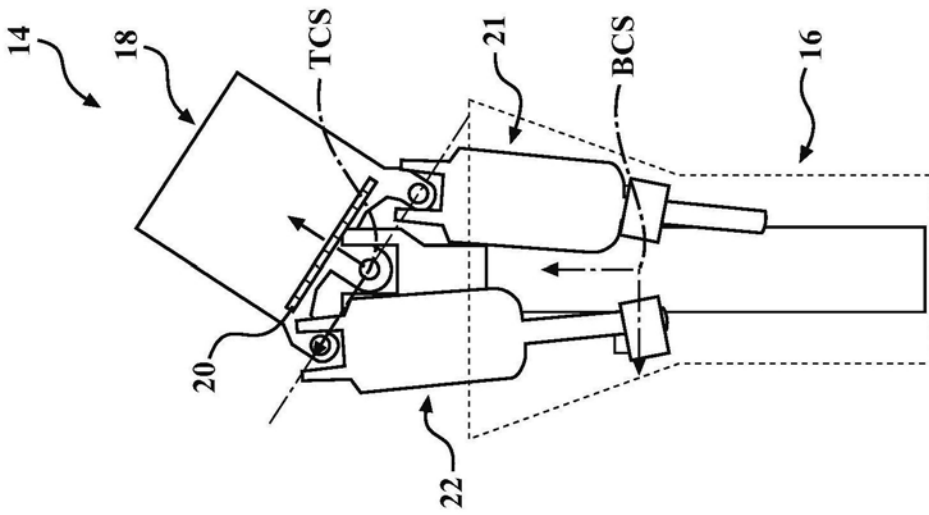


图4C

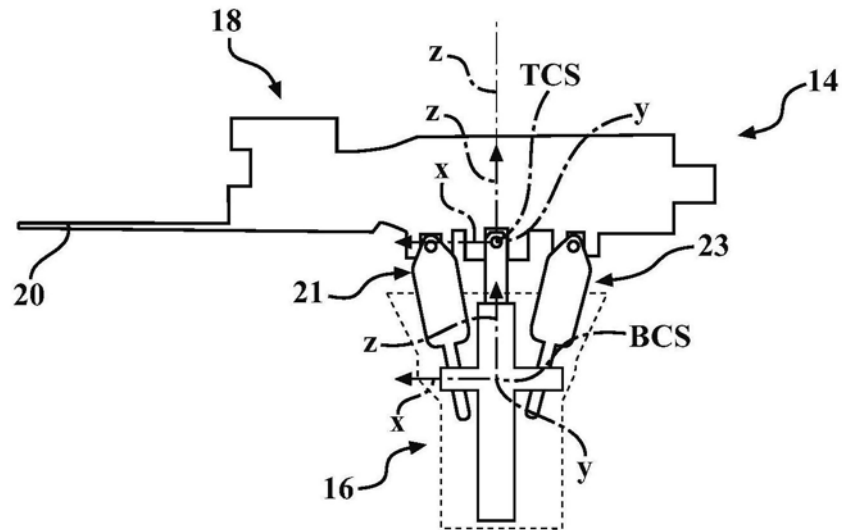


图5A

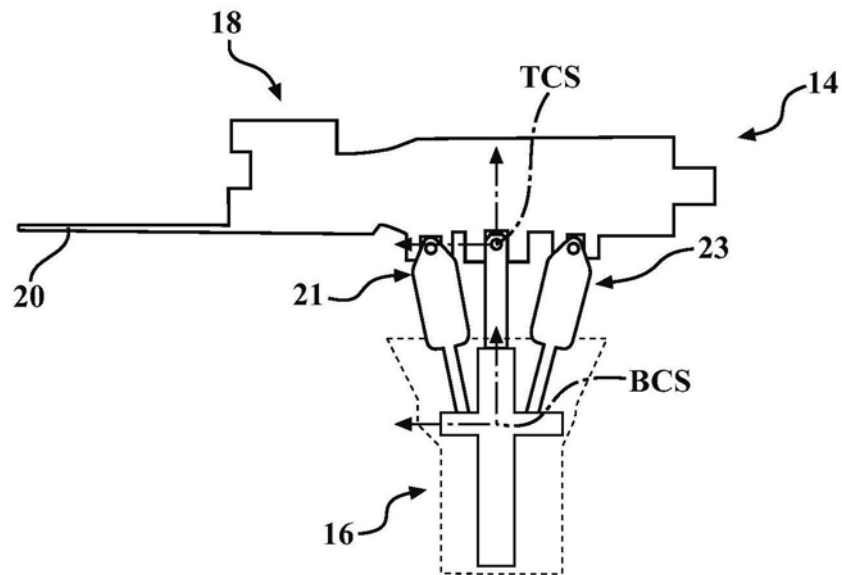


图5B

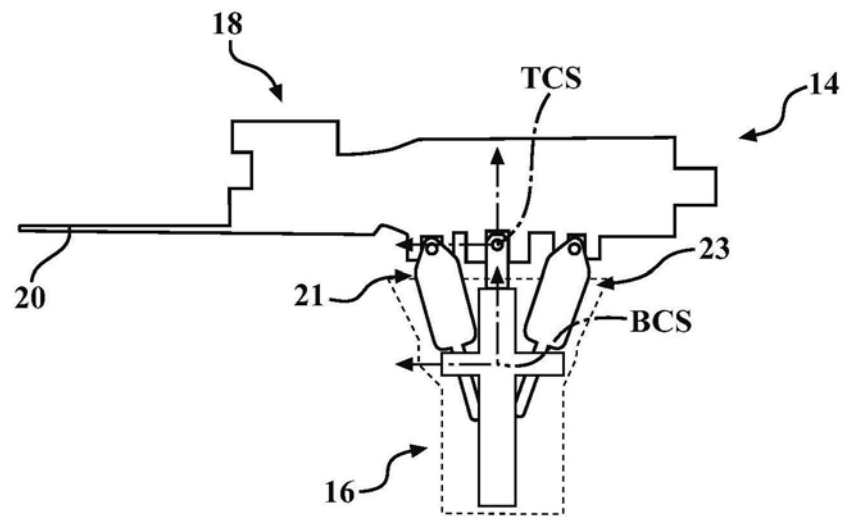


图5C

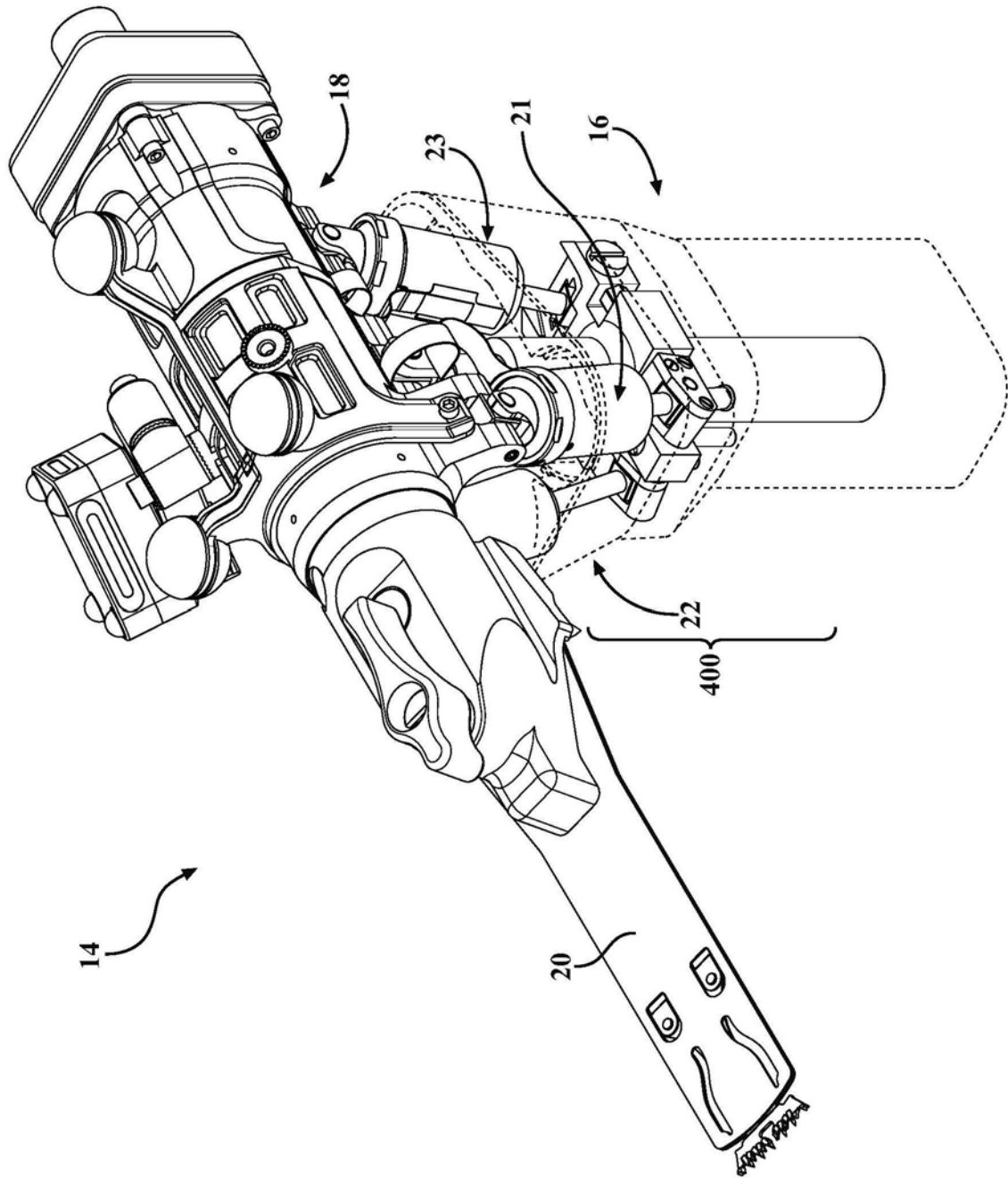


图6

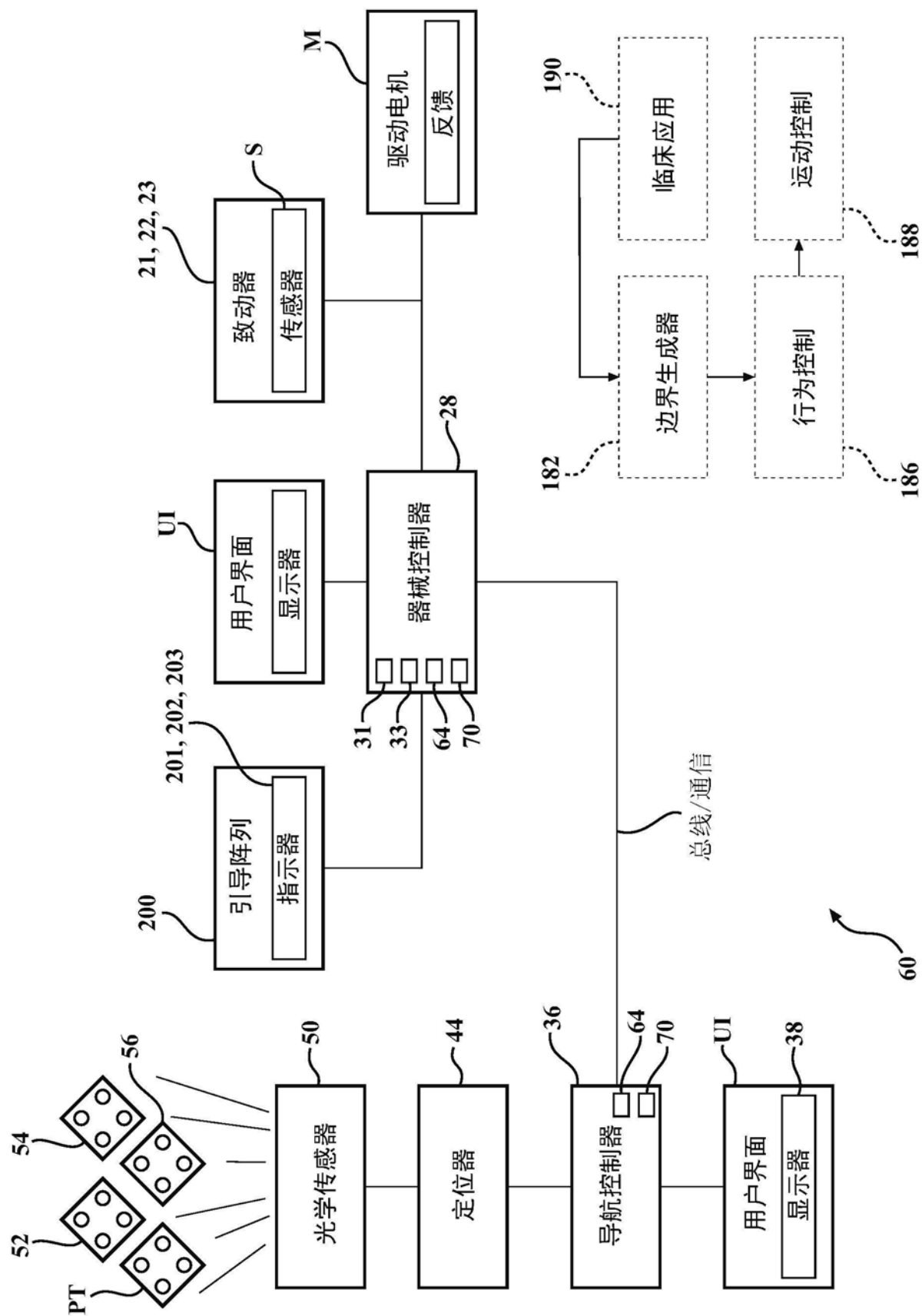


图7

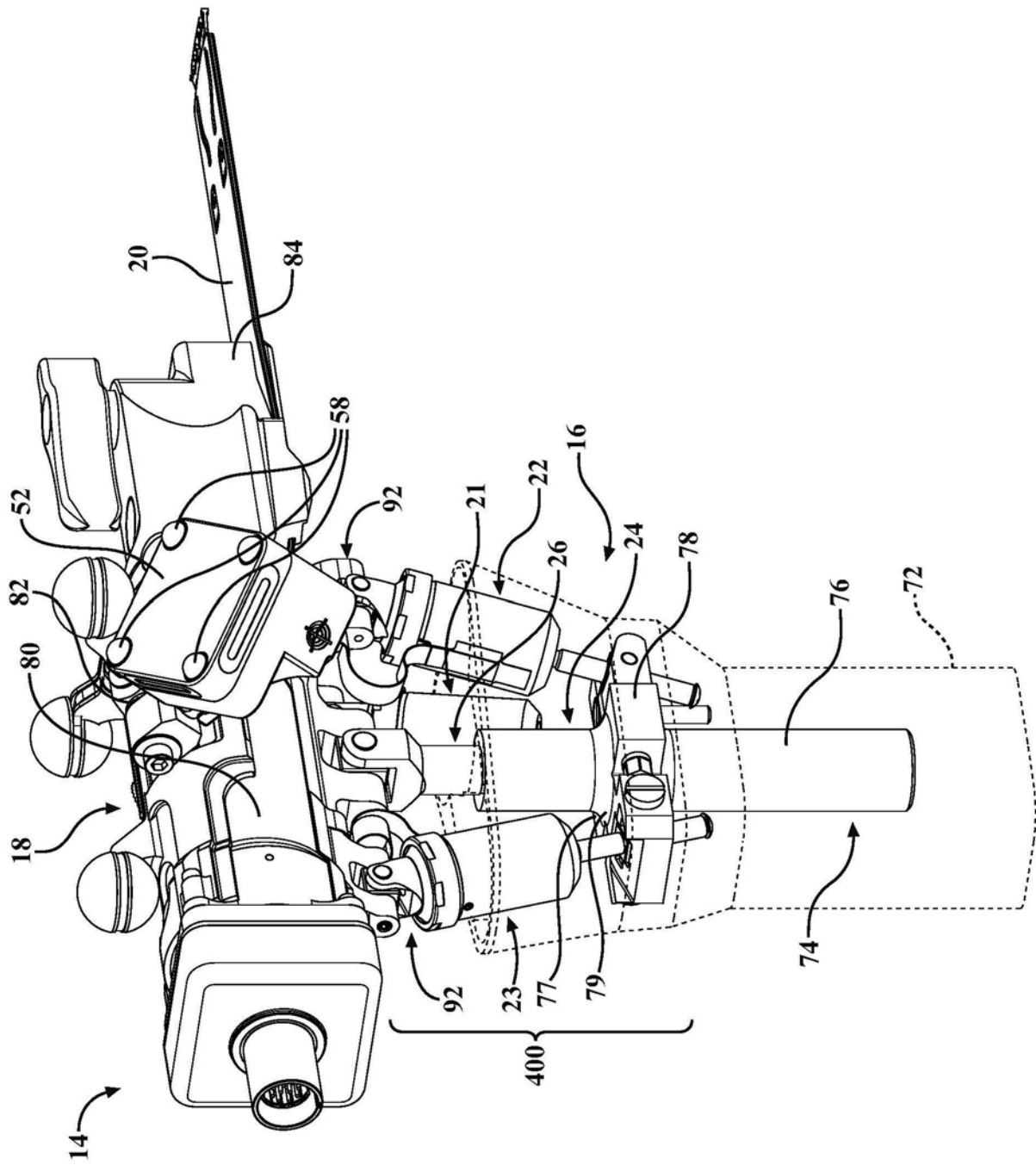


图8

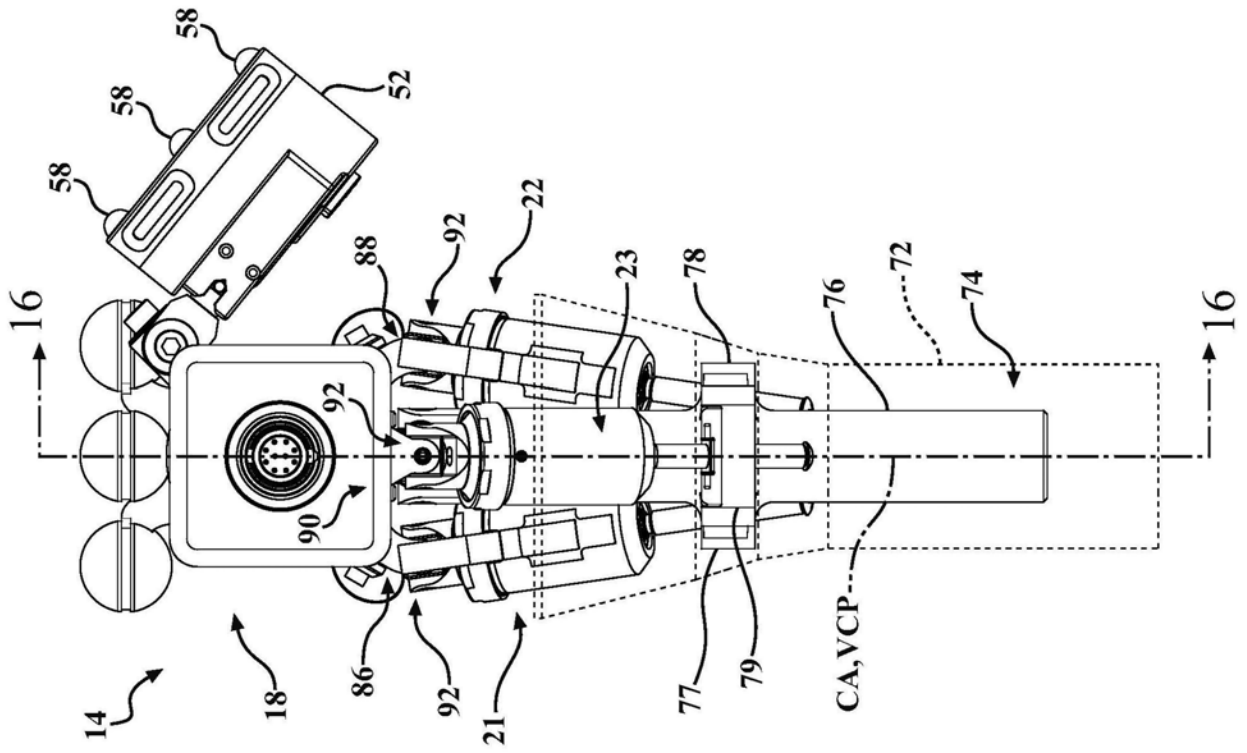


图10

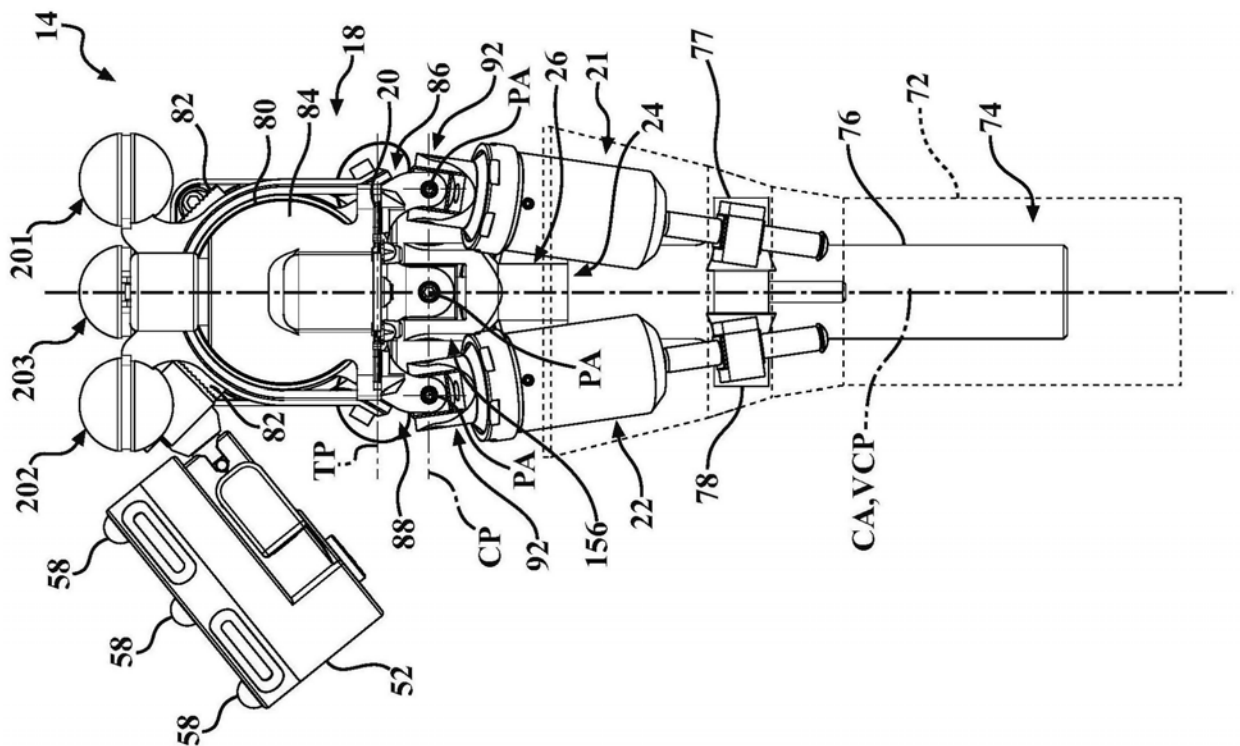


图11

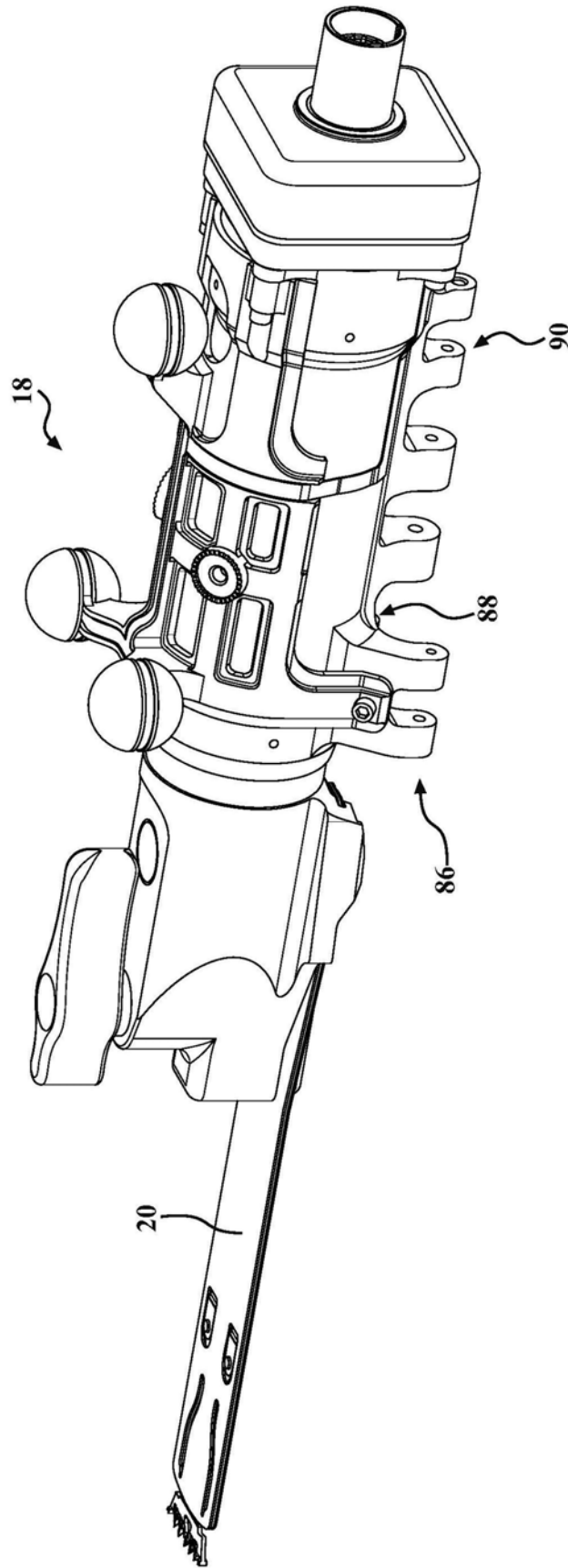


图12

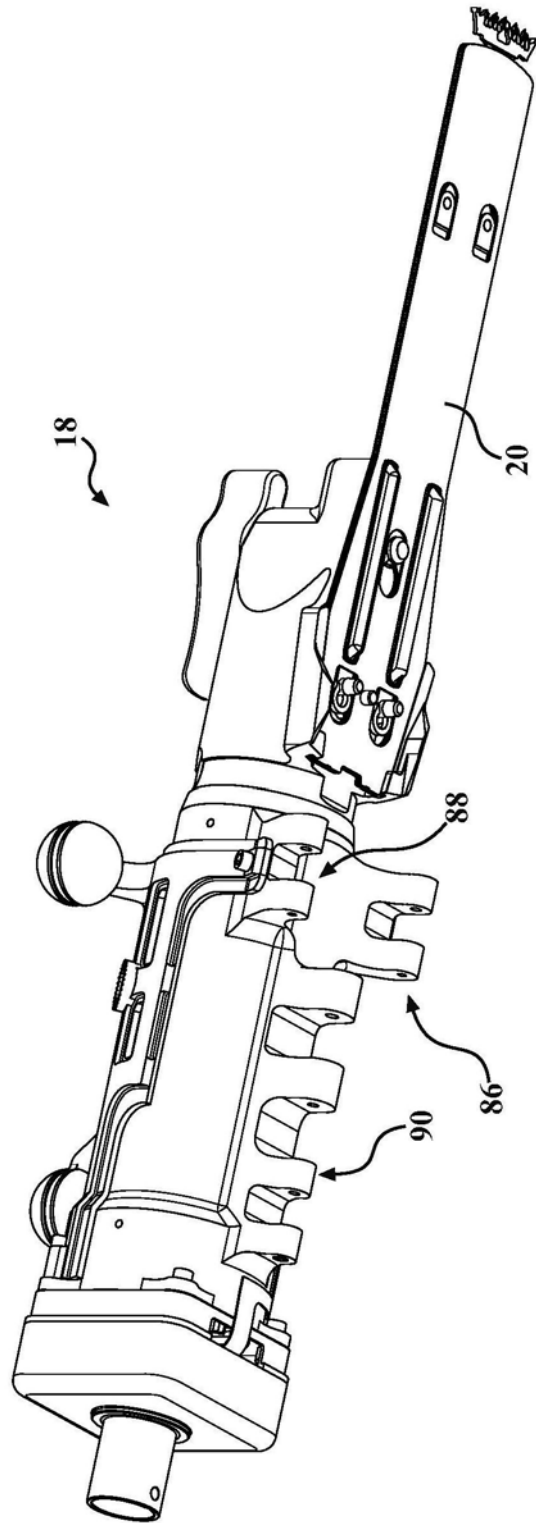


图13

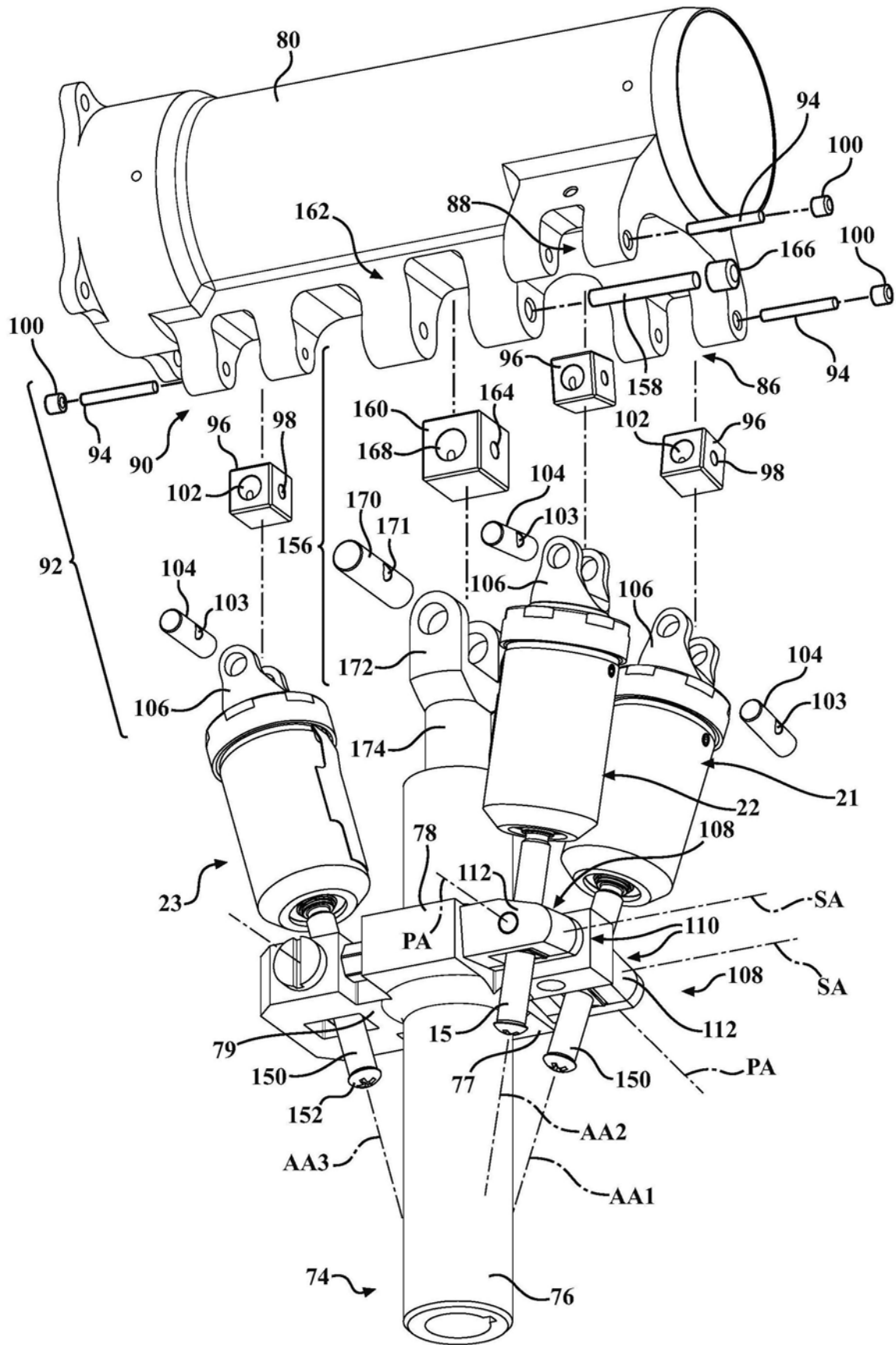


图14

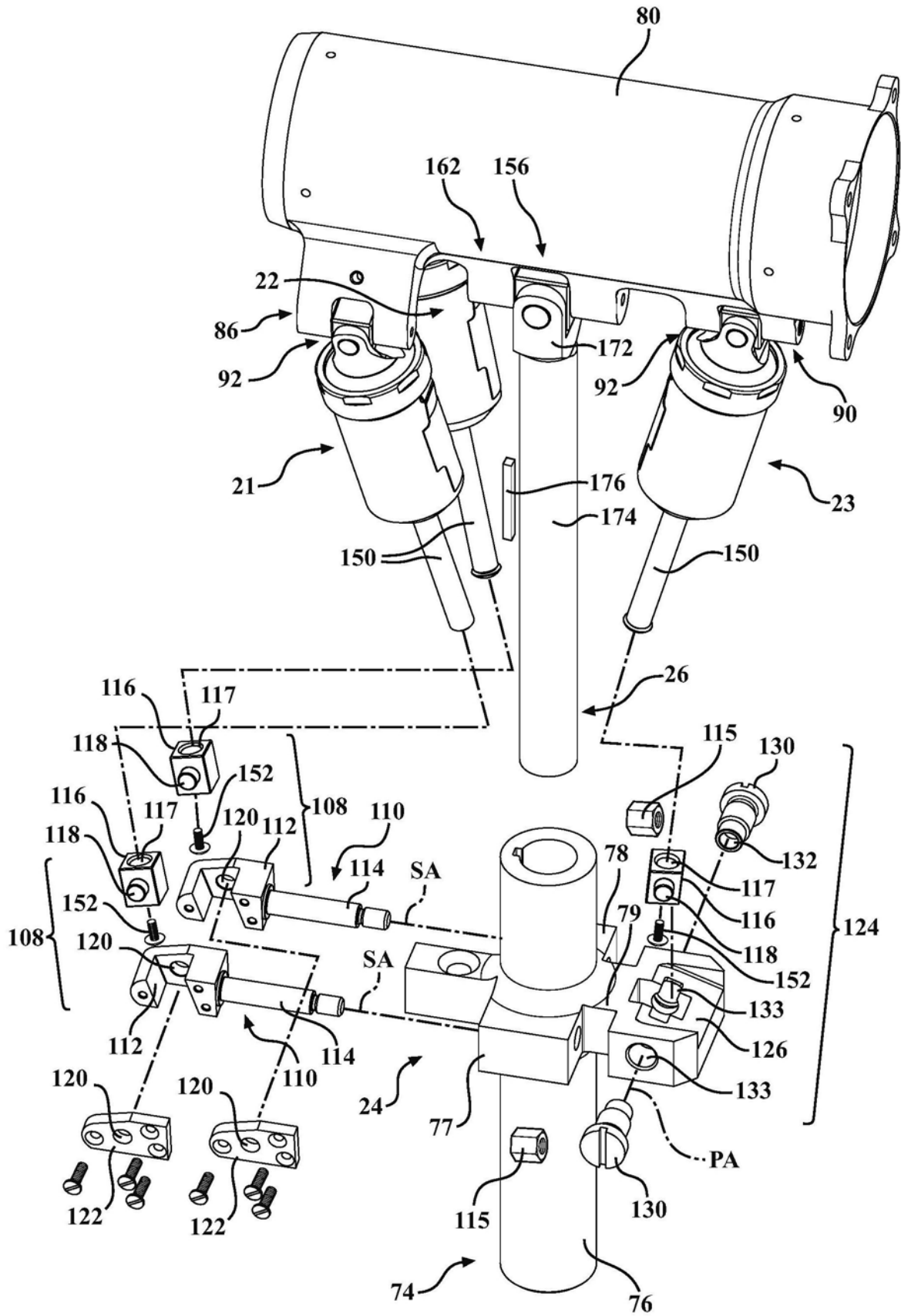


图15

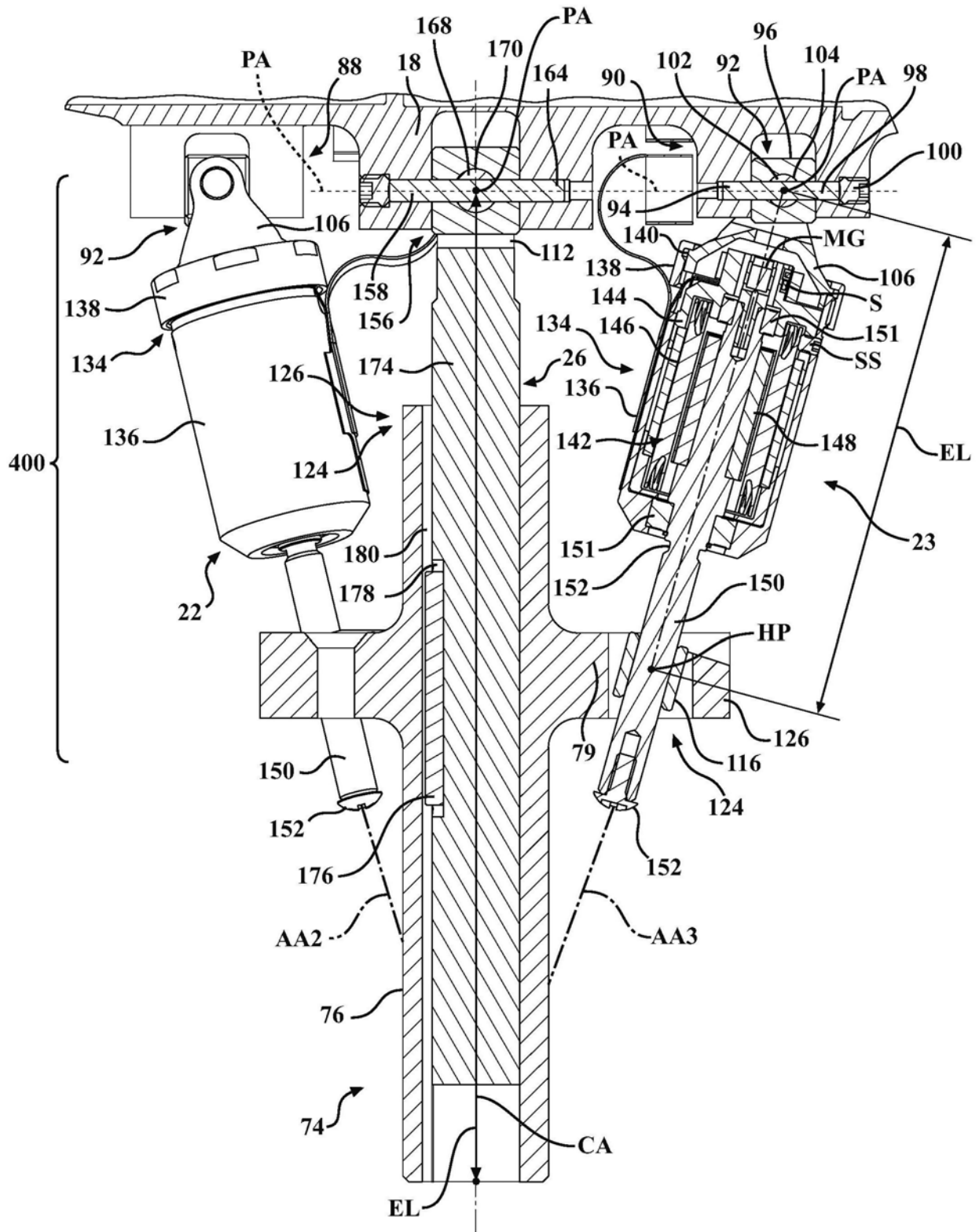


图16

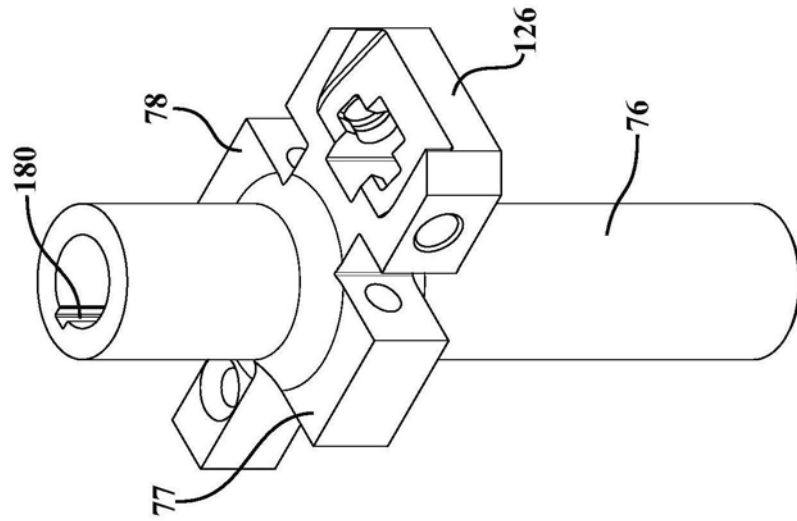


图17

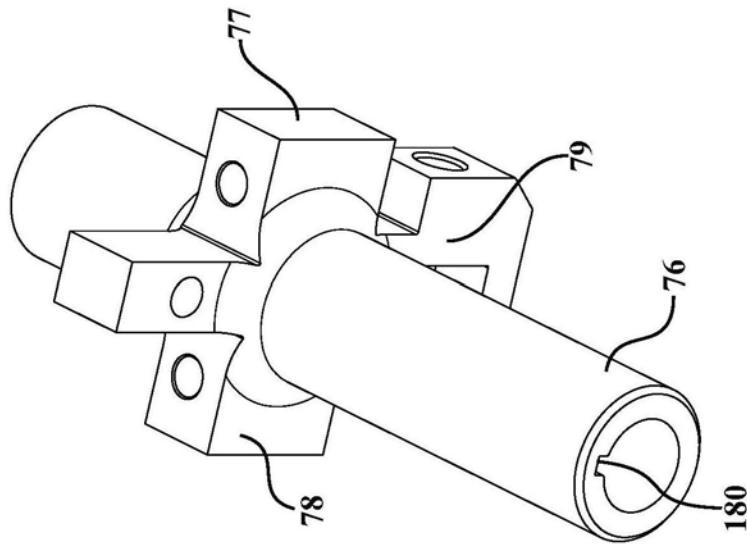


图18

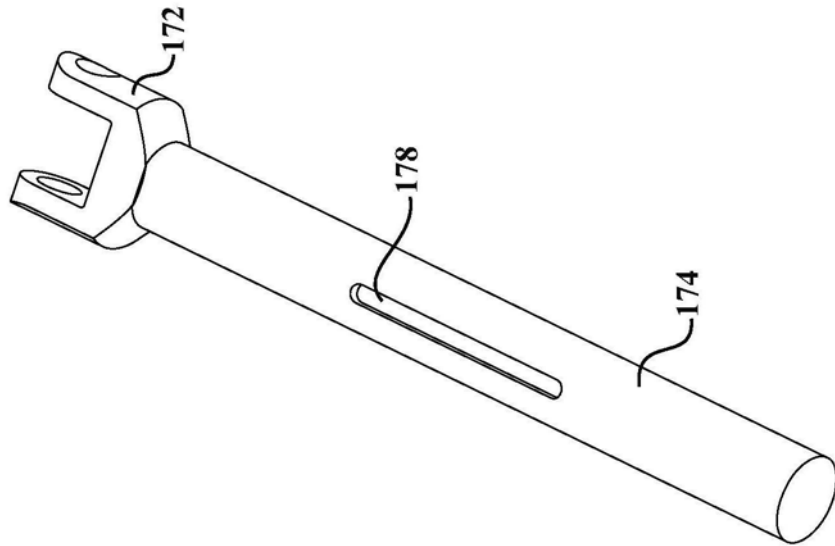


图19

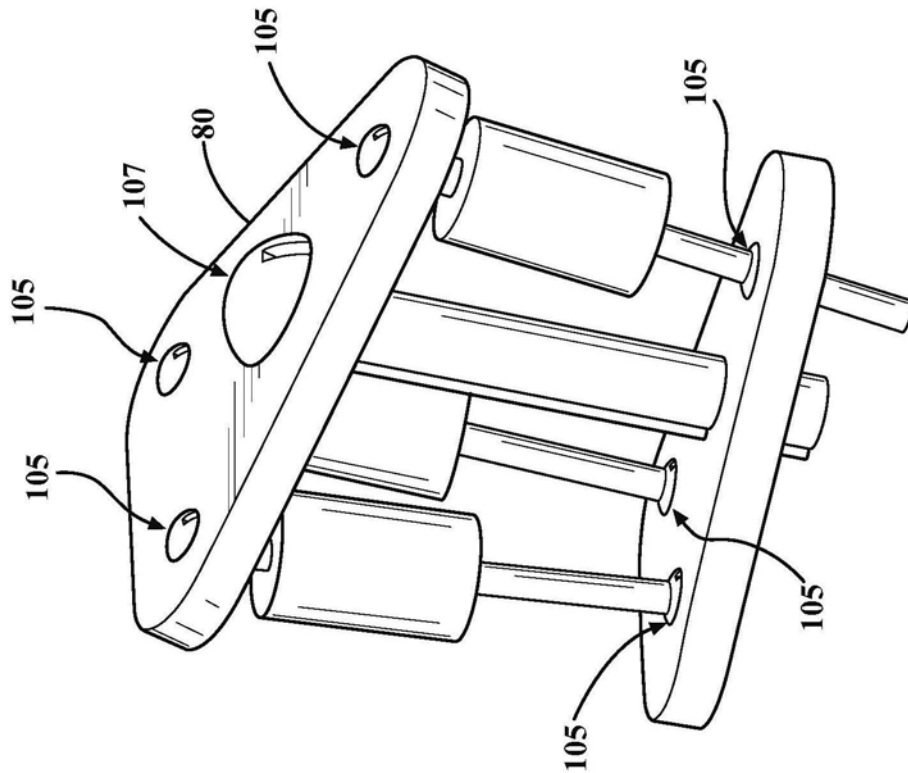


图20

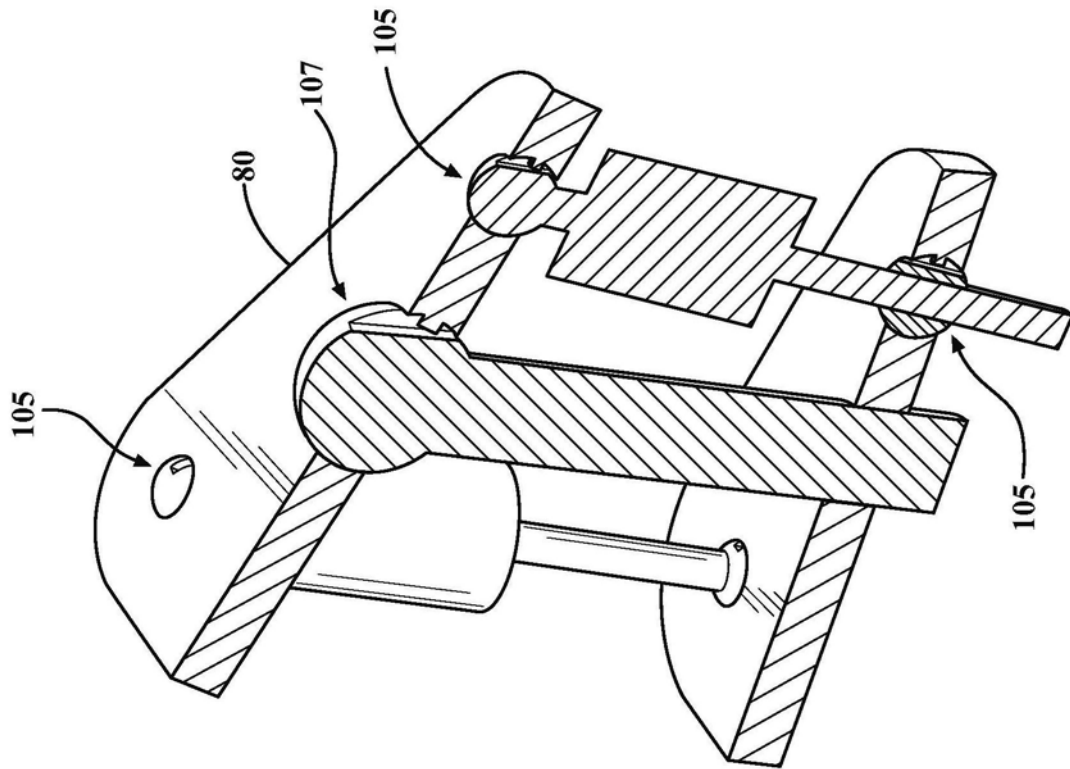


图21

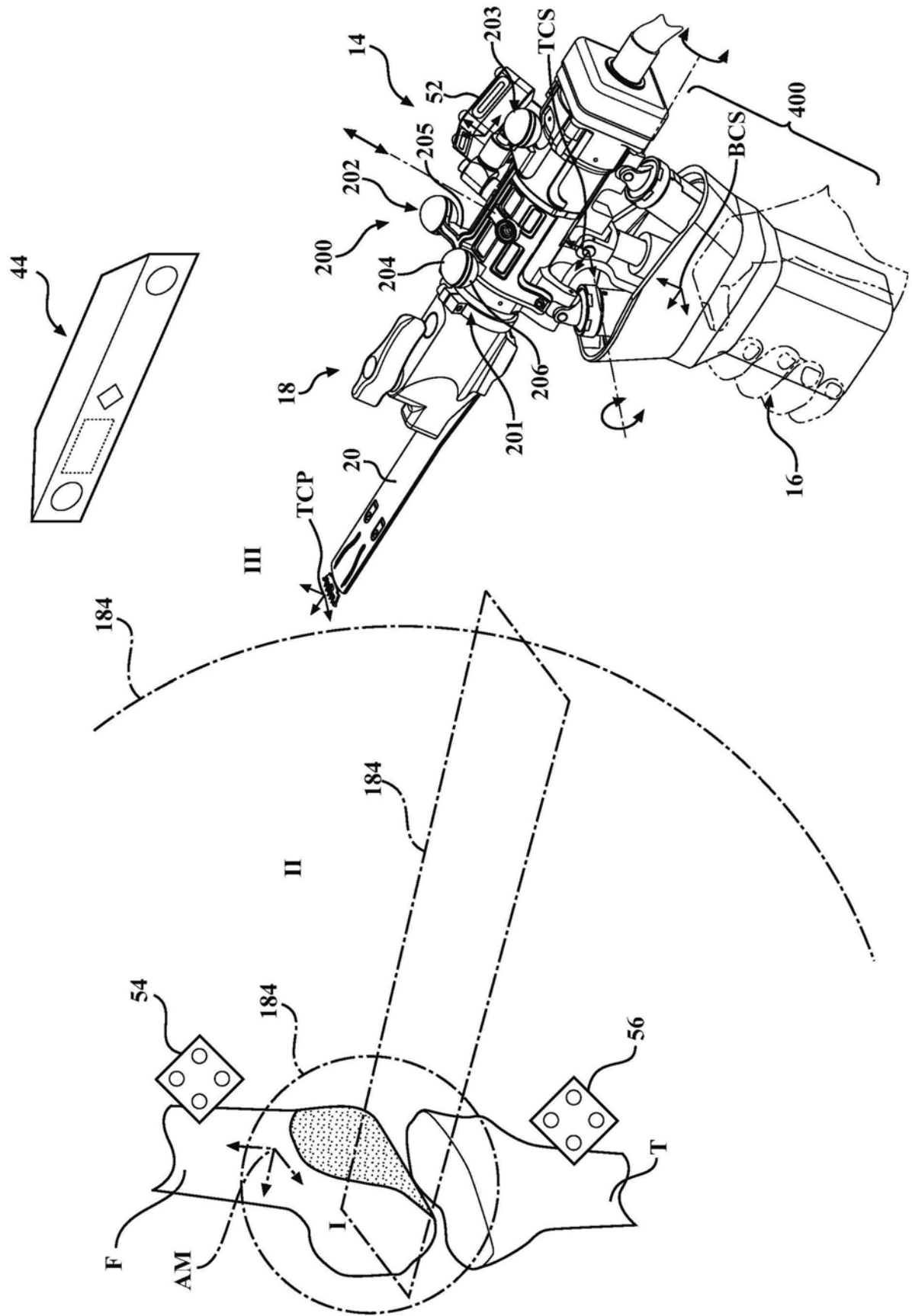


图22

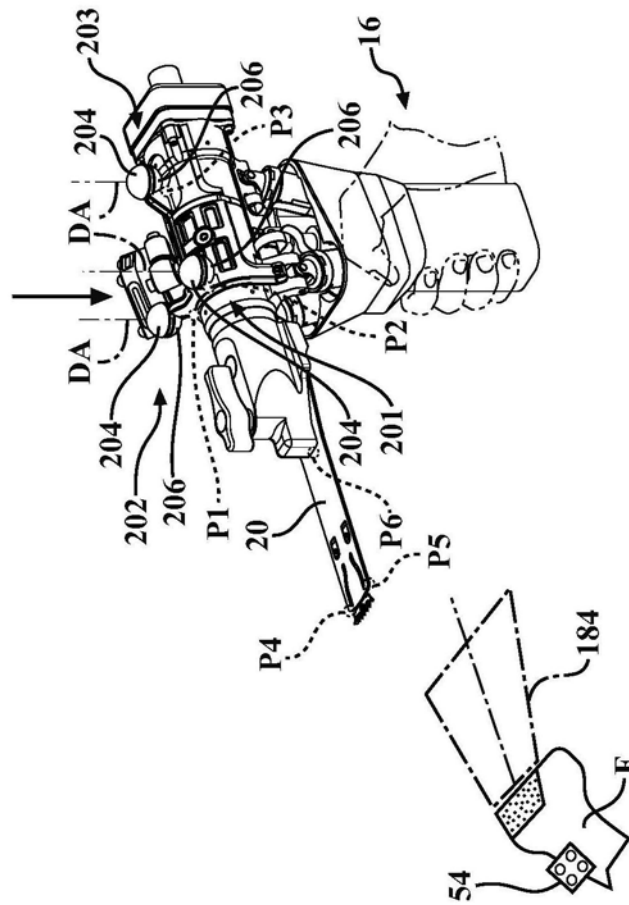


图23A

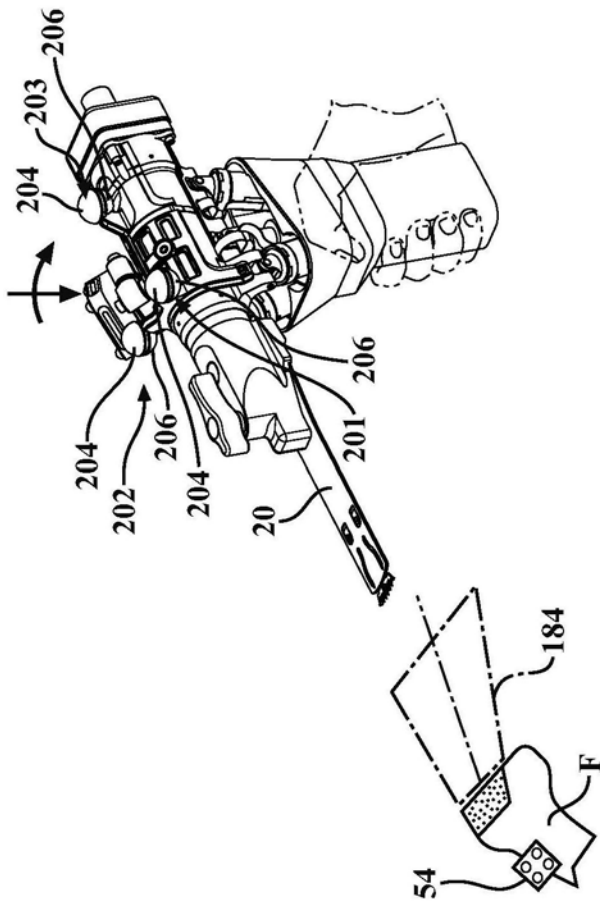


图23B

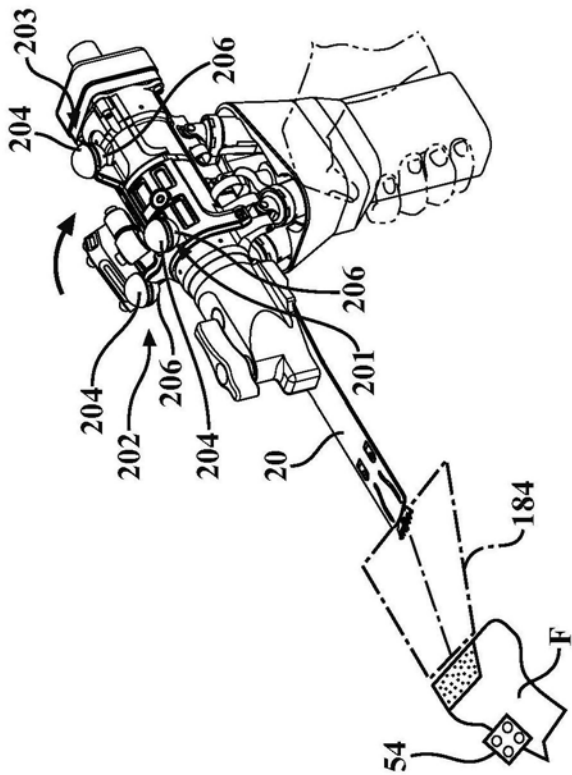


图23C

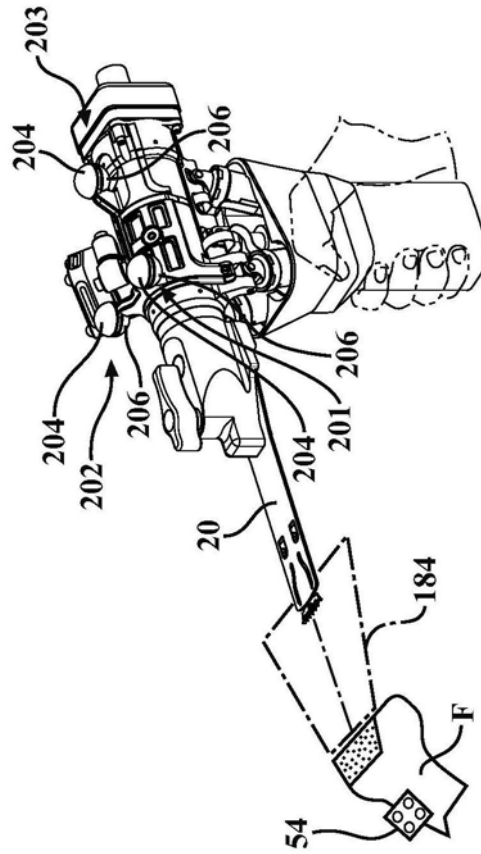


图23D

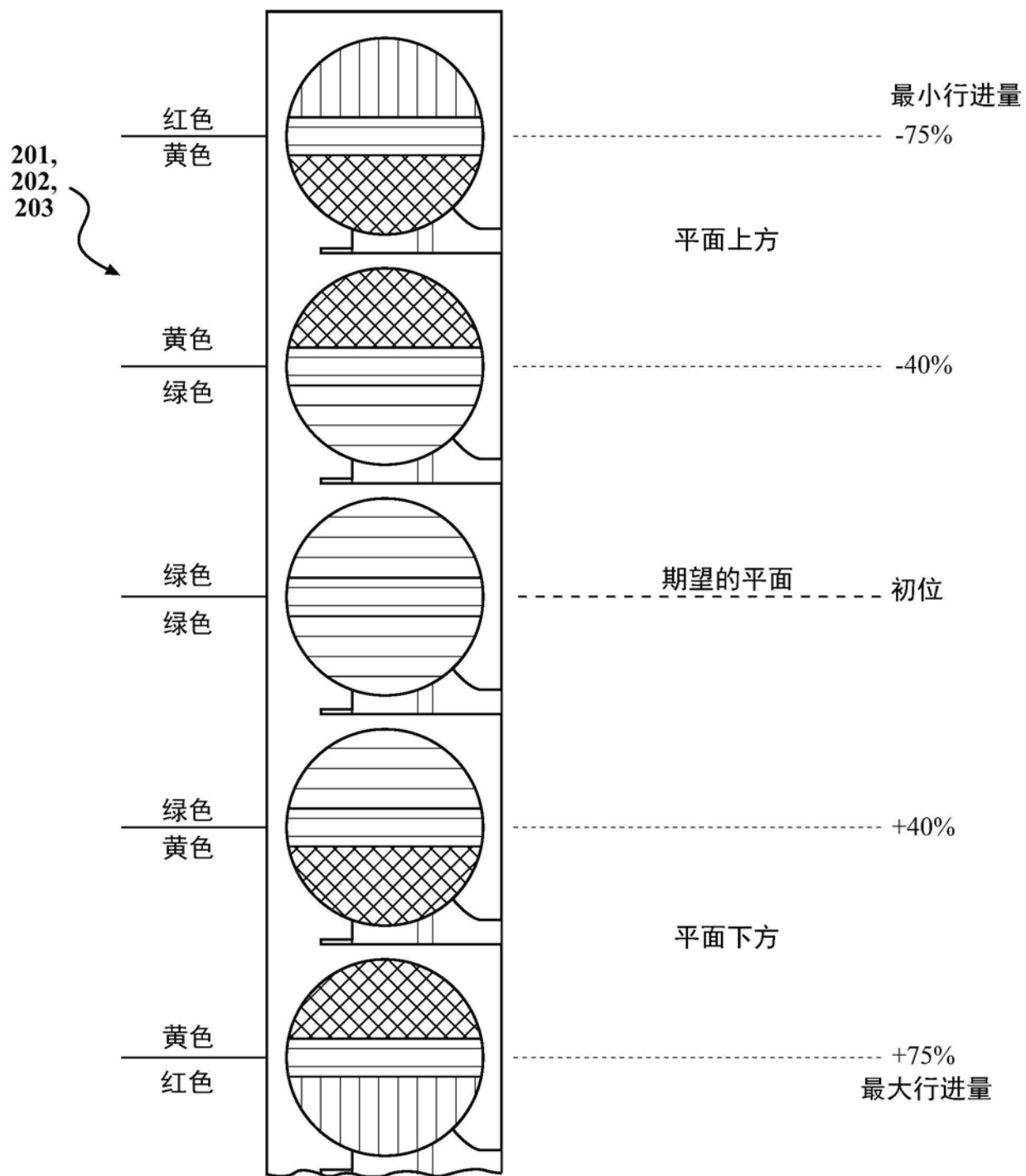


图23E

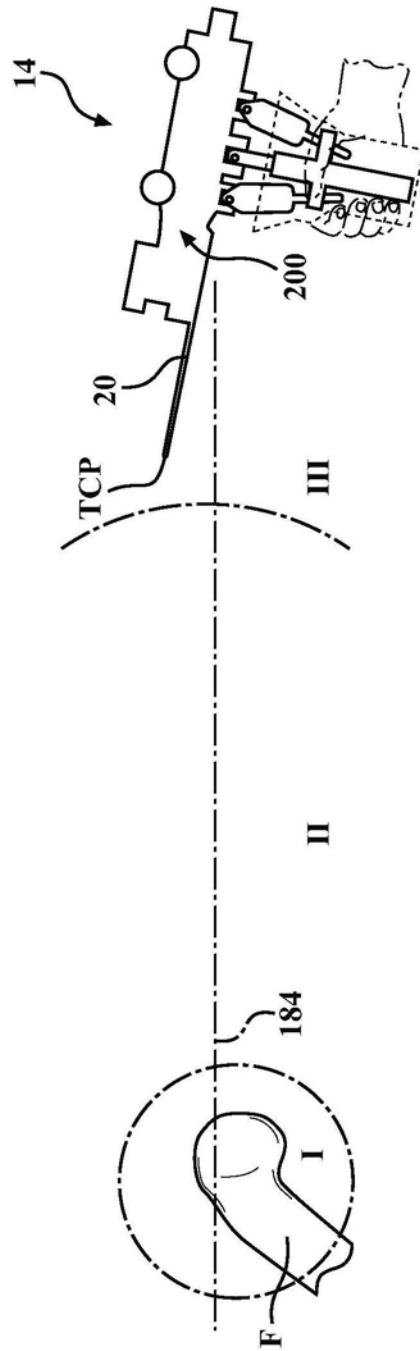


图24A

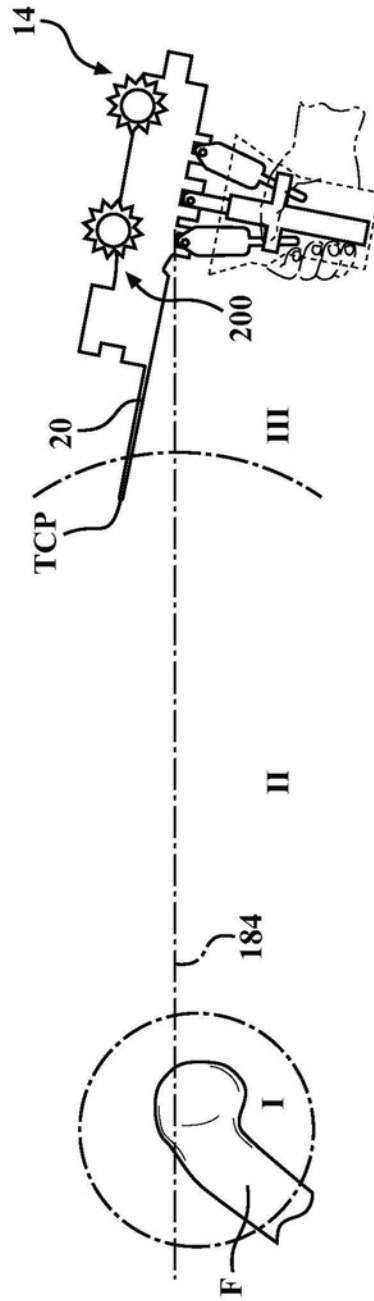


图24B

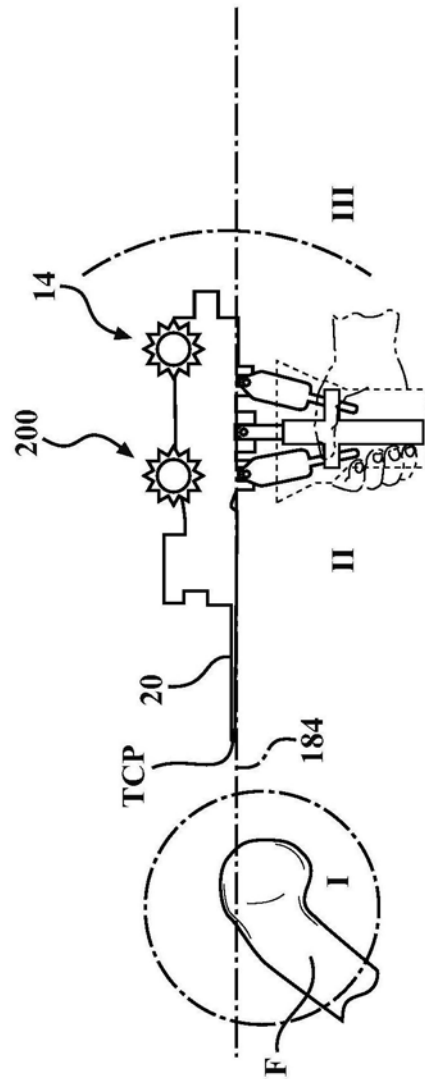


图24C

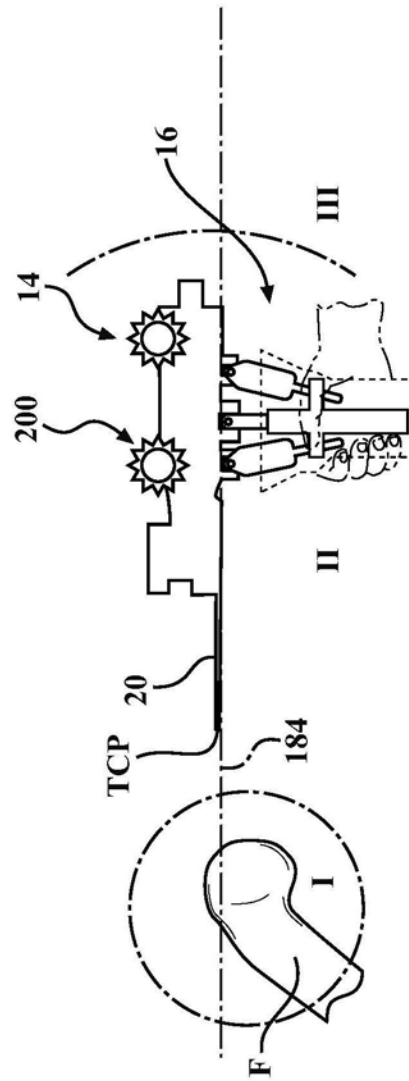


图25A

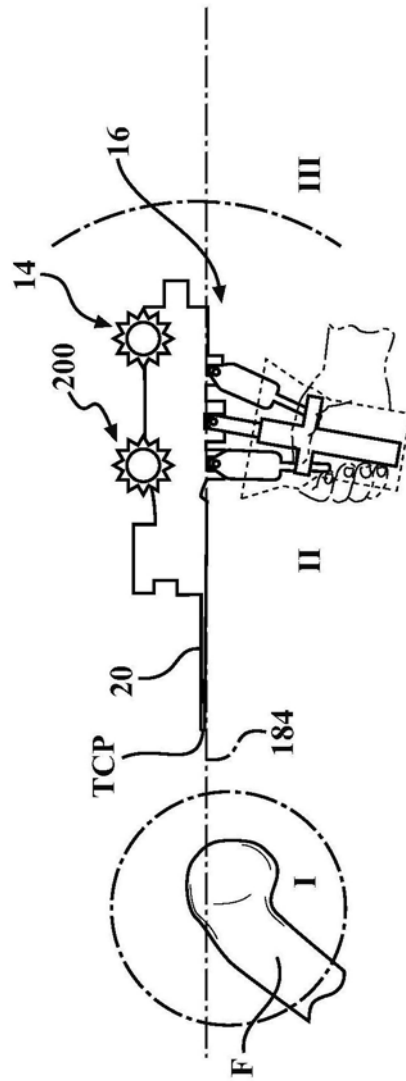


图25B

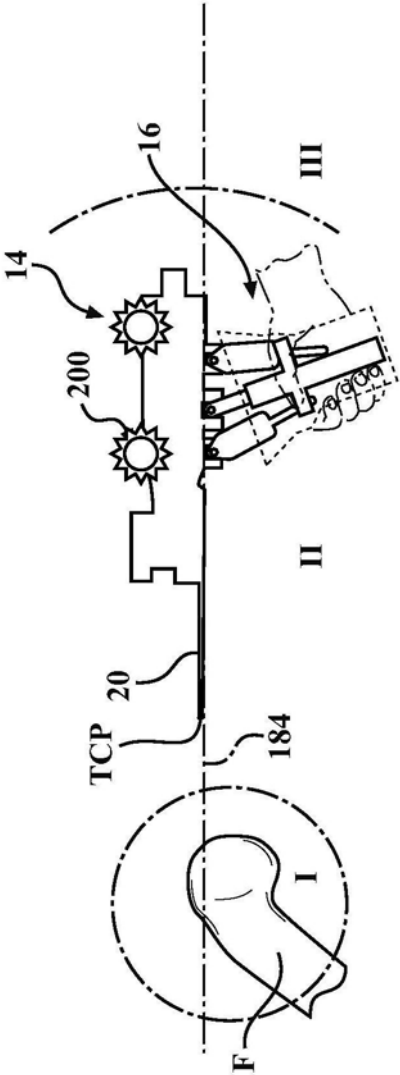


图25C

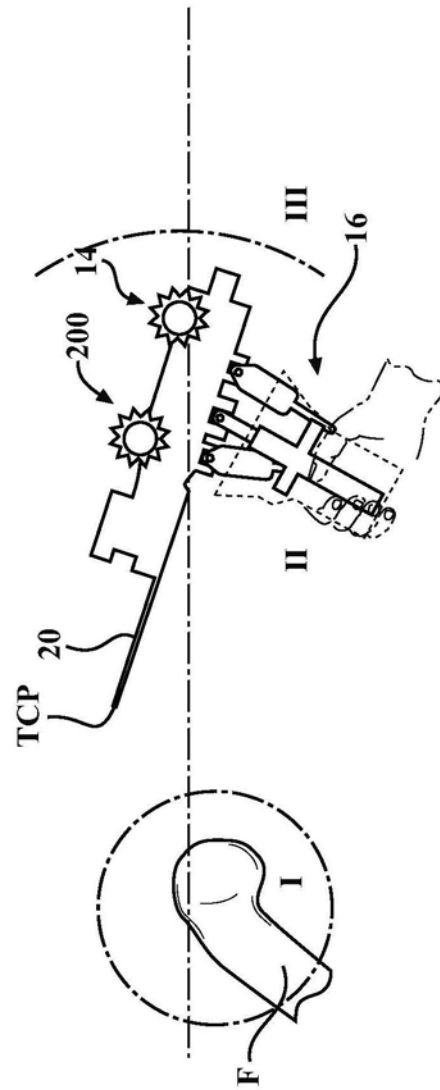


图26A

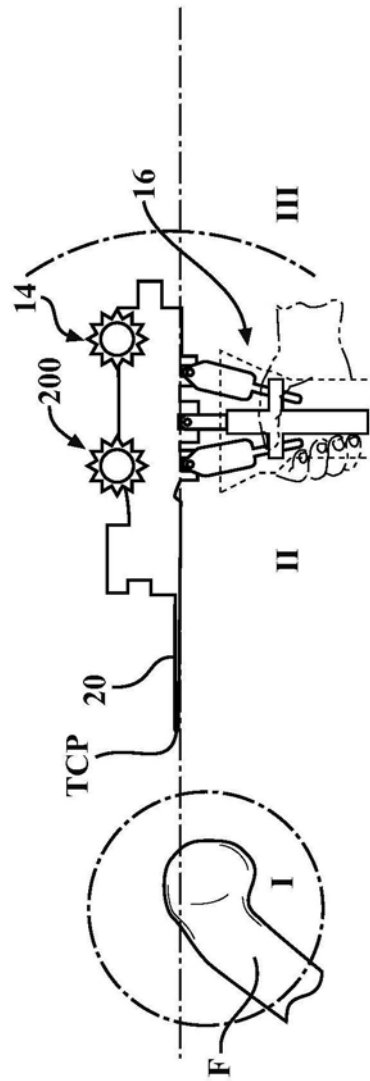


图26B

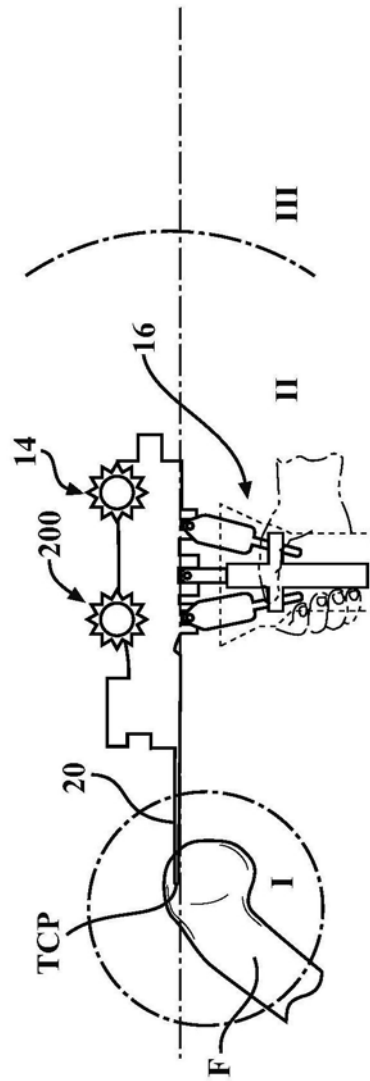


图27

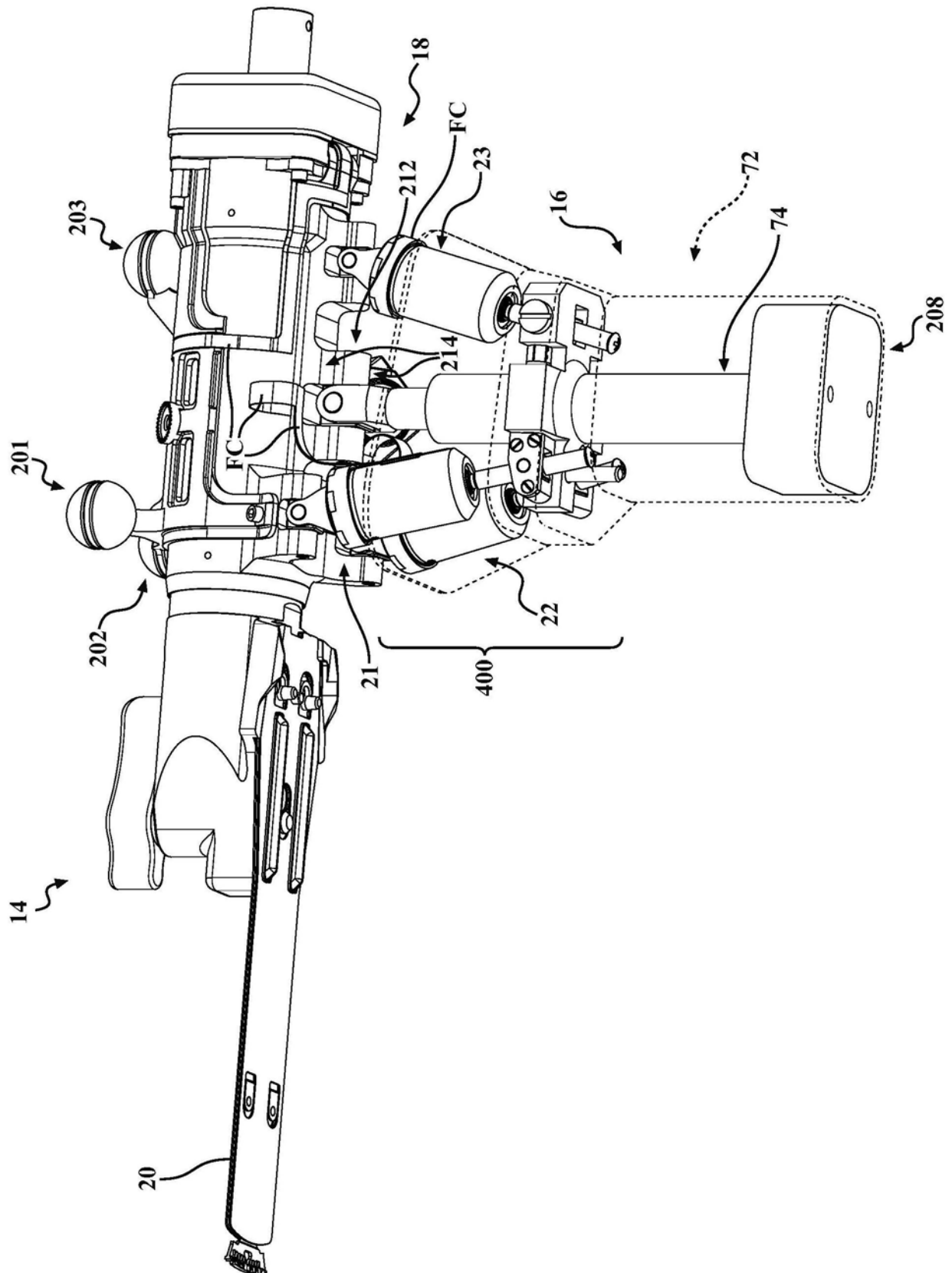


图28

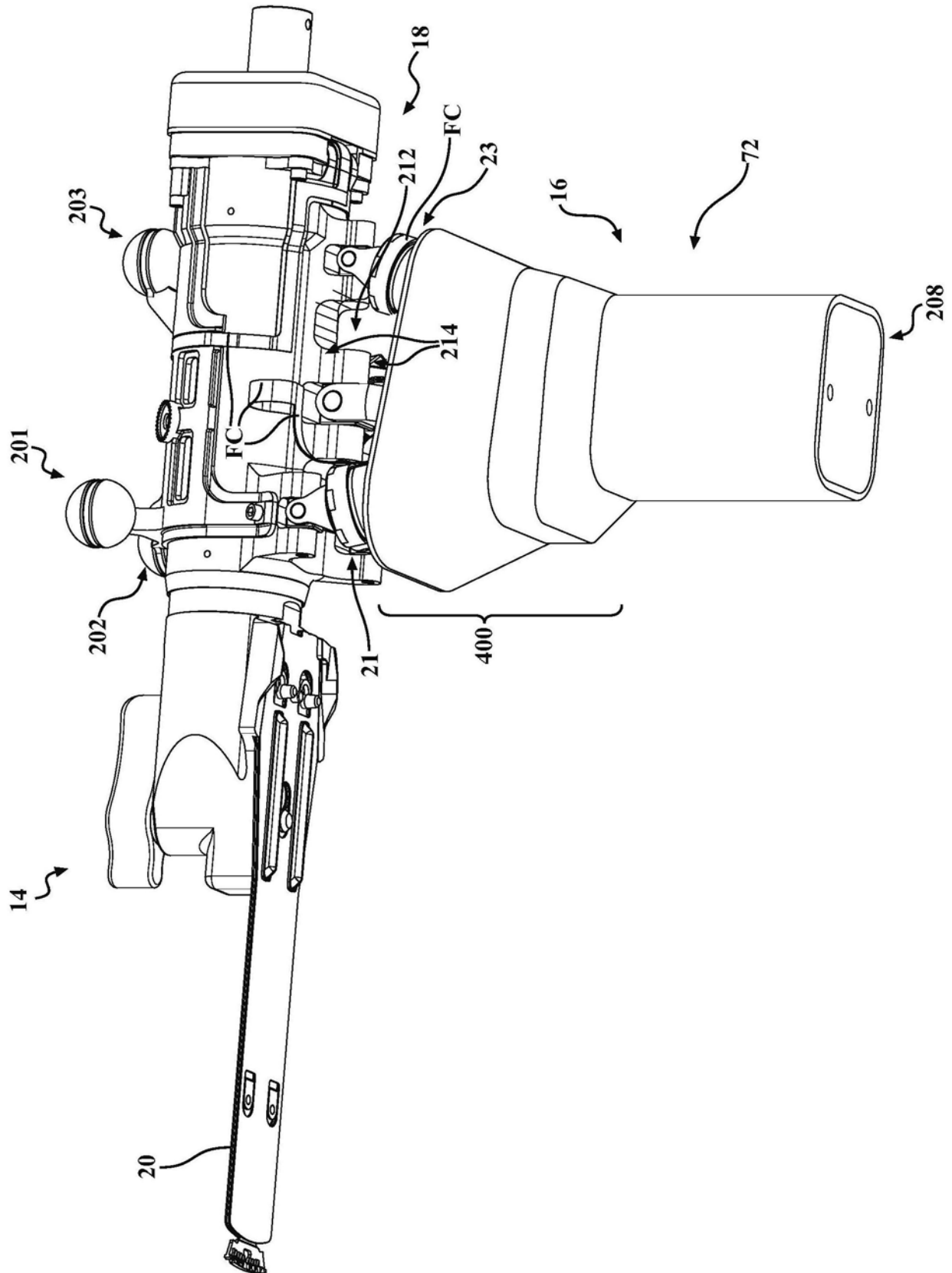


图29

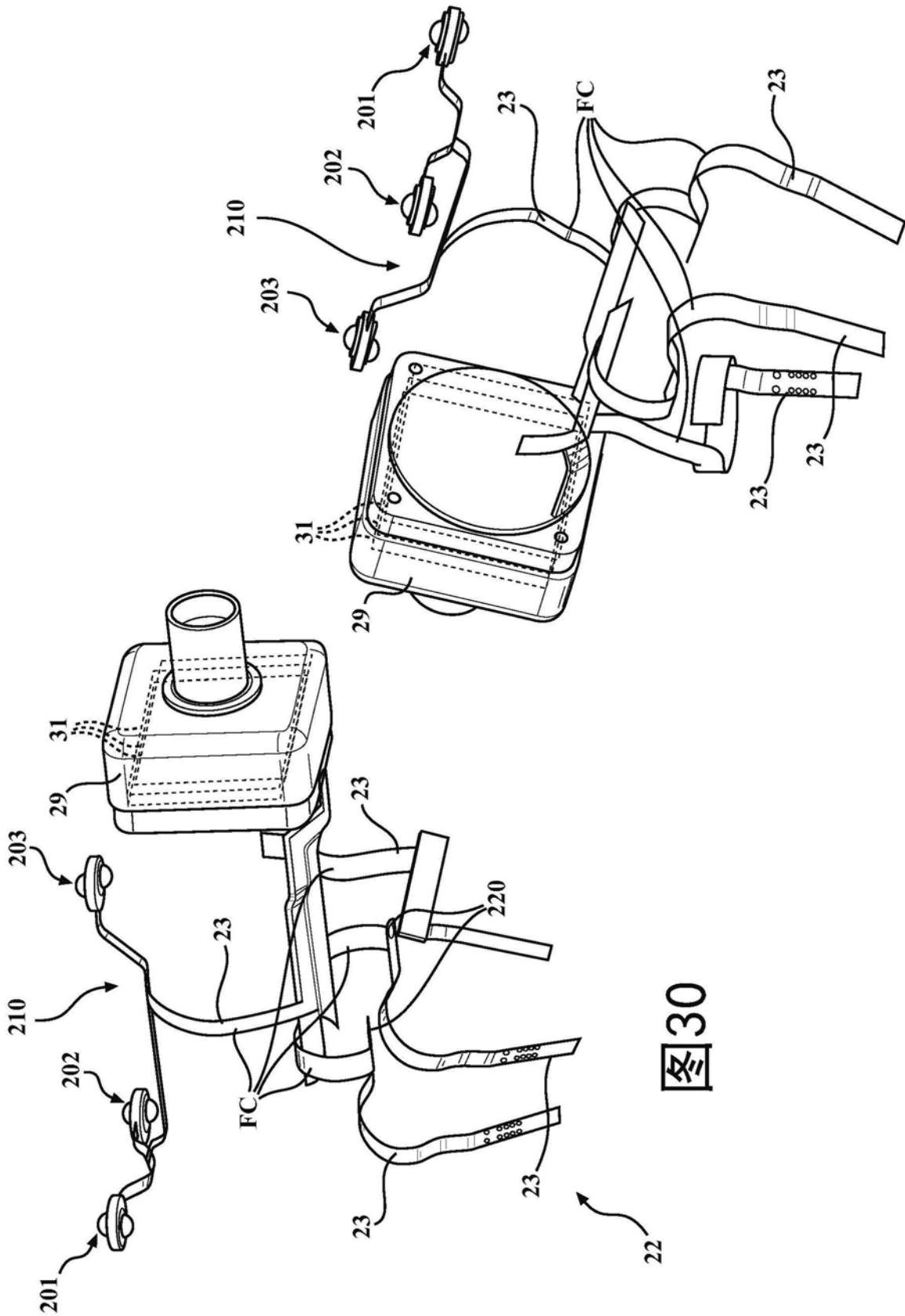


图30

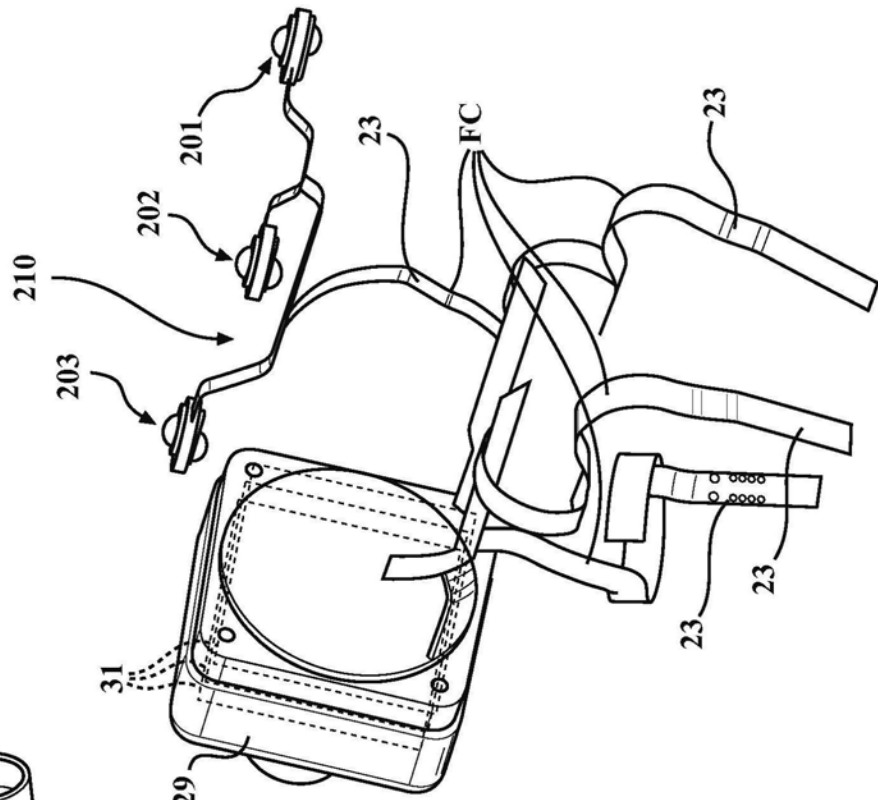


图31

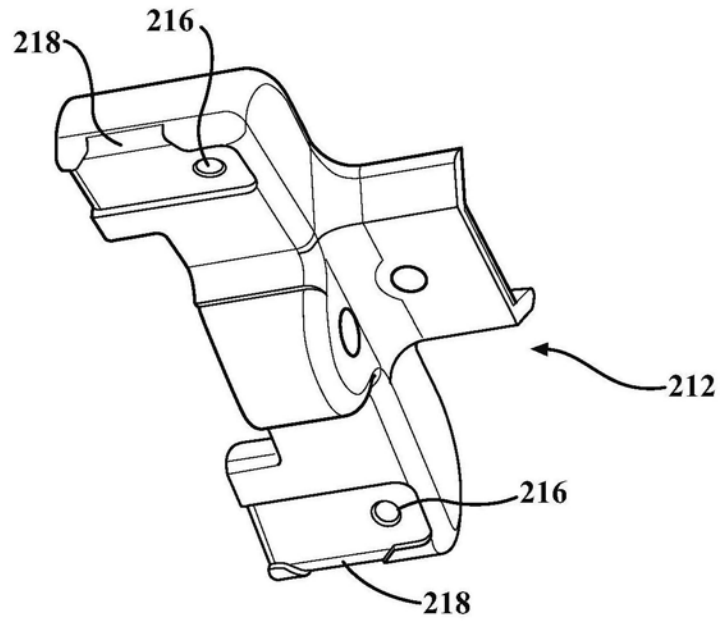


图32

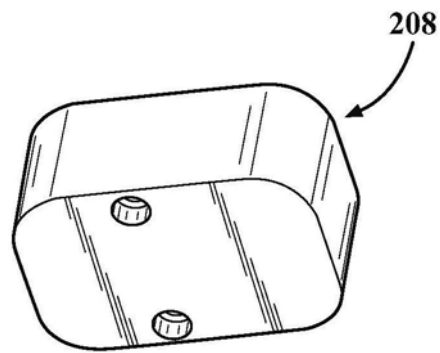


图33

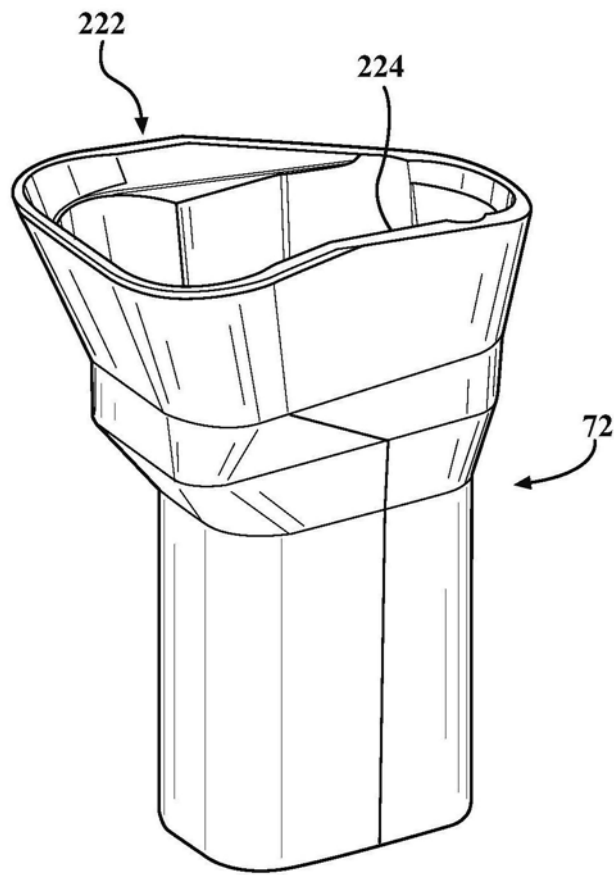


图34

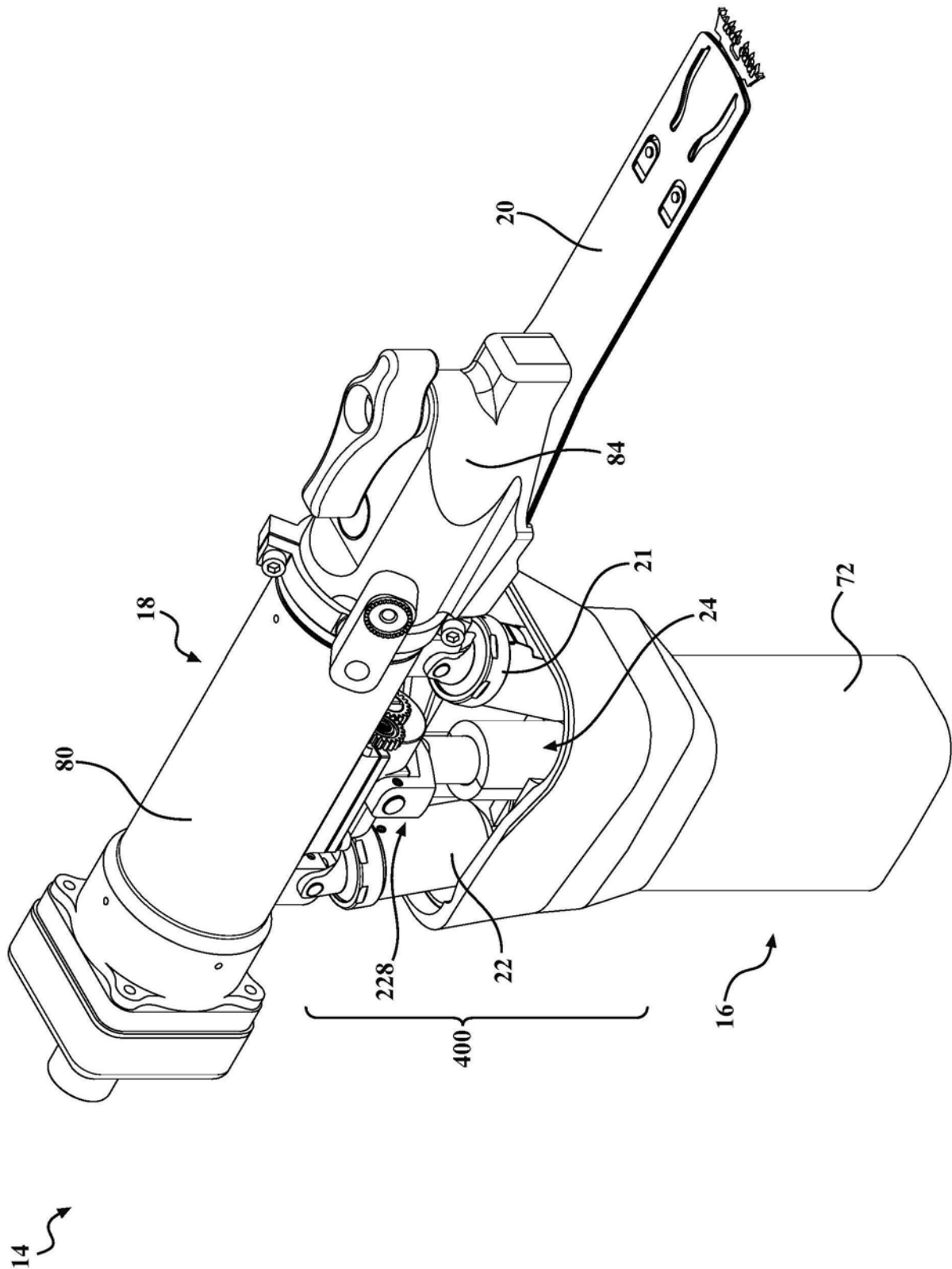


图35

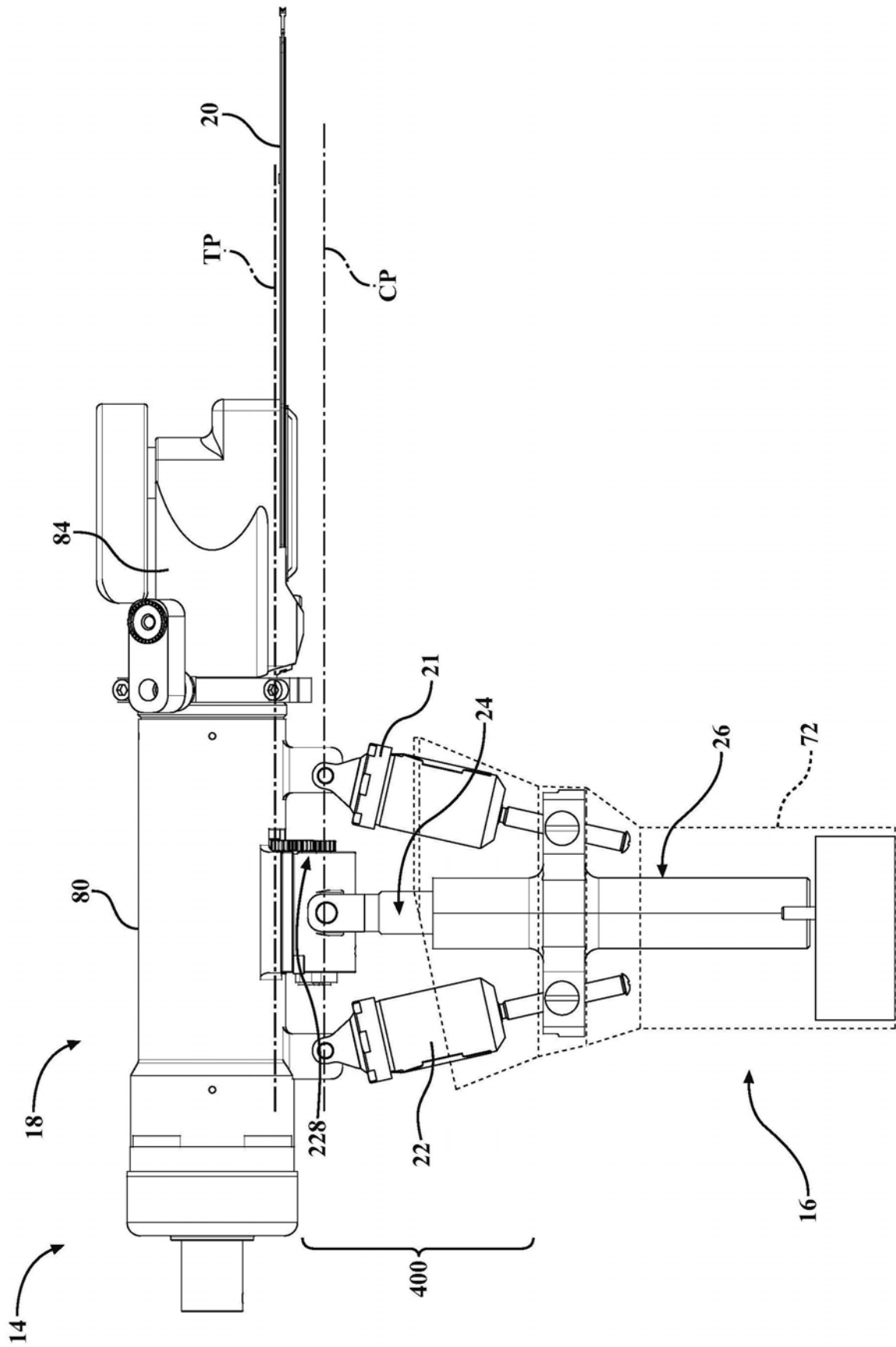


图36

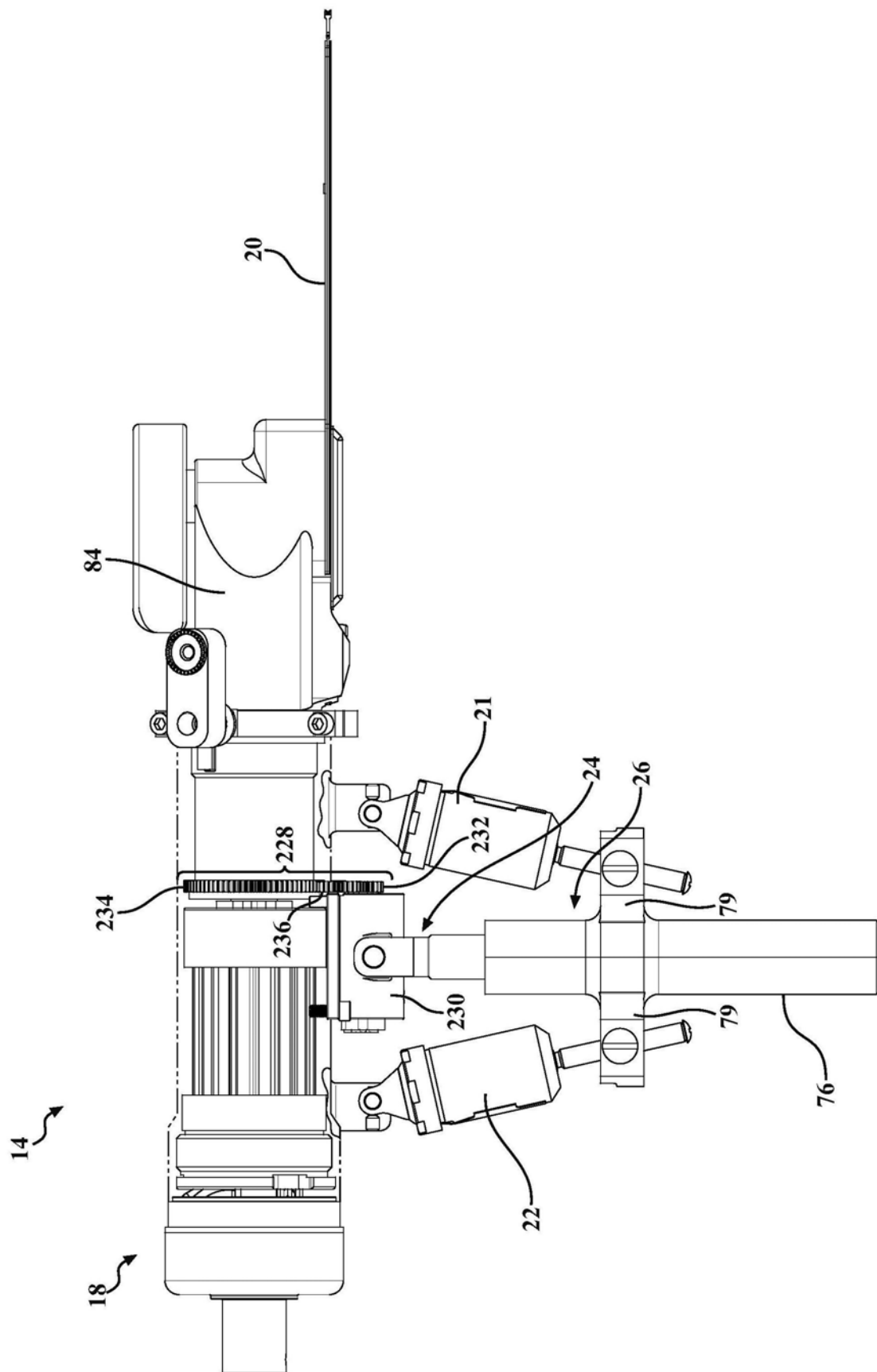


图38A

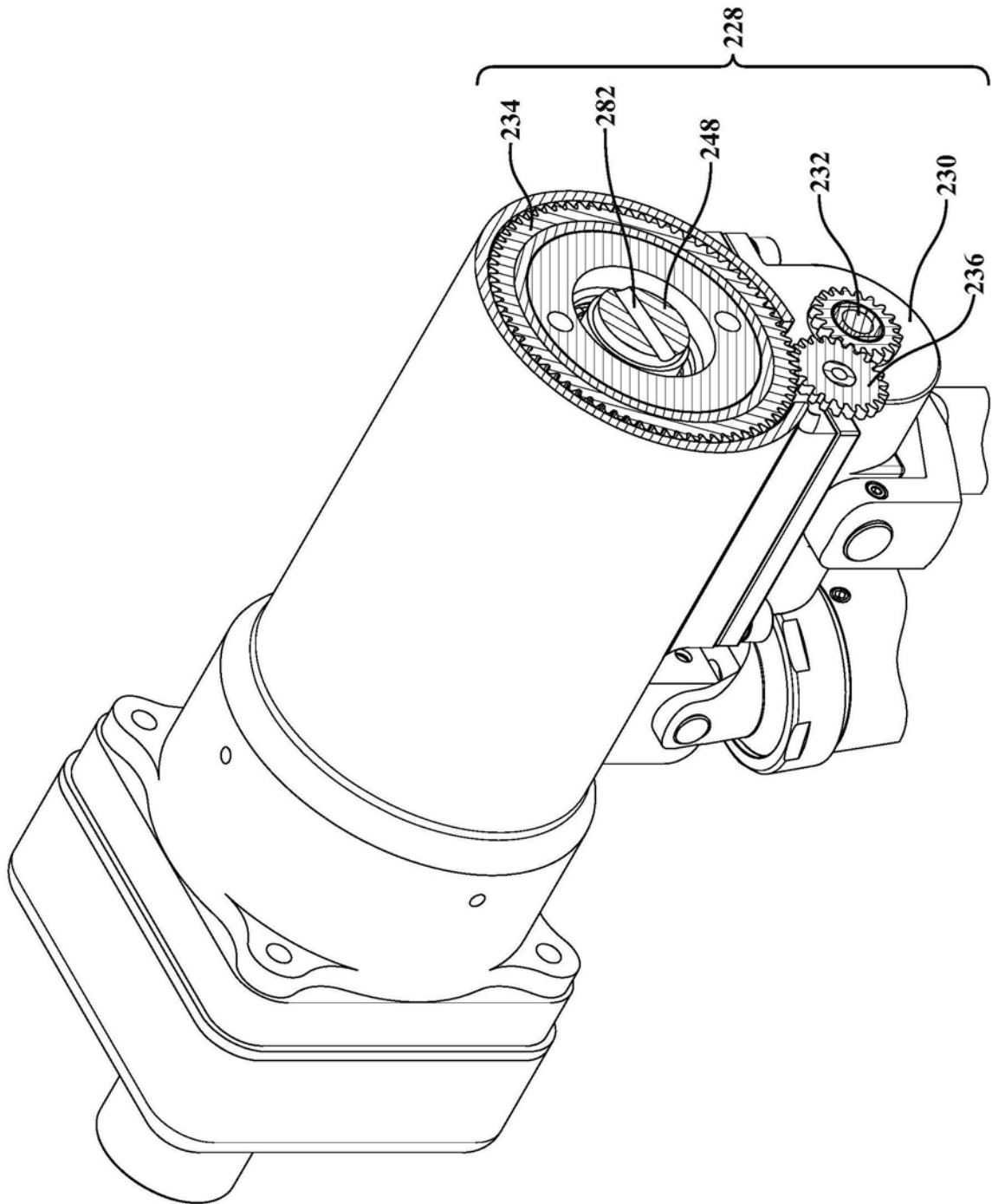


图38B

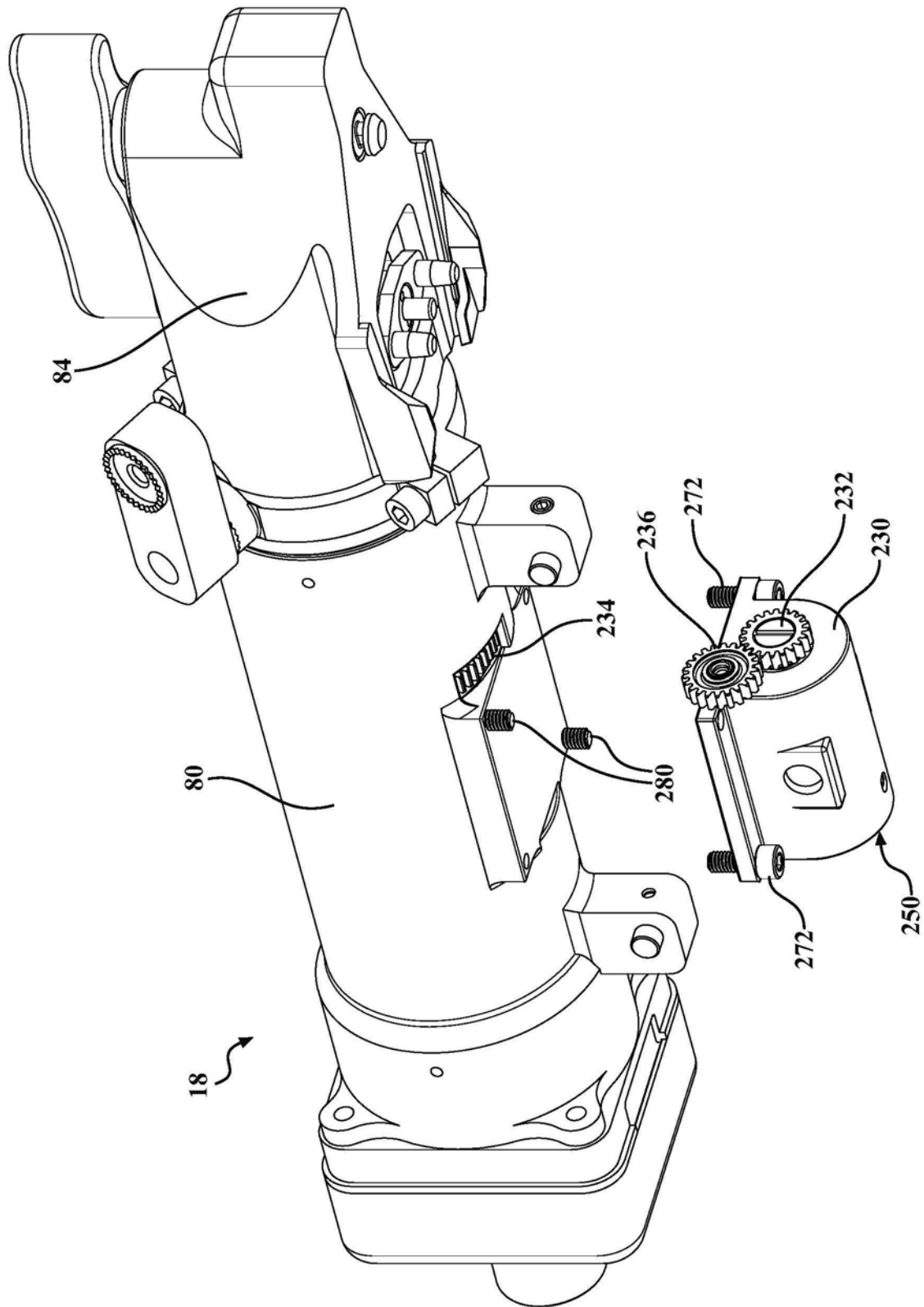


图38C

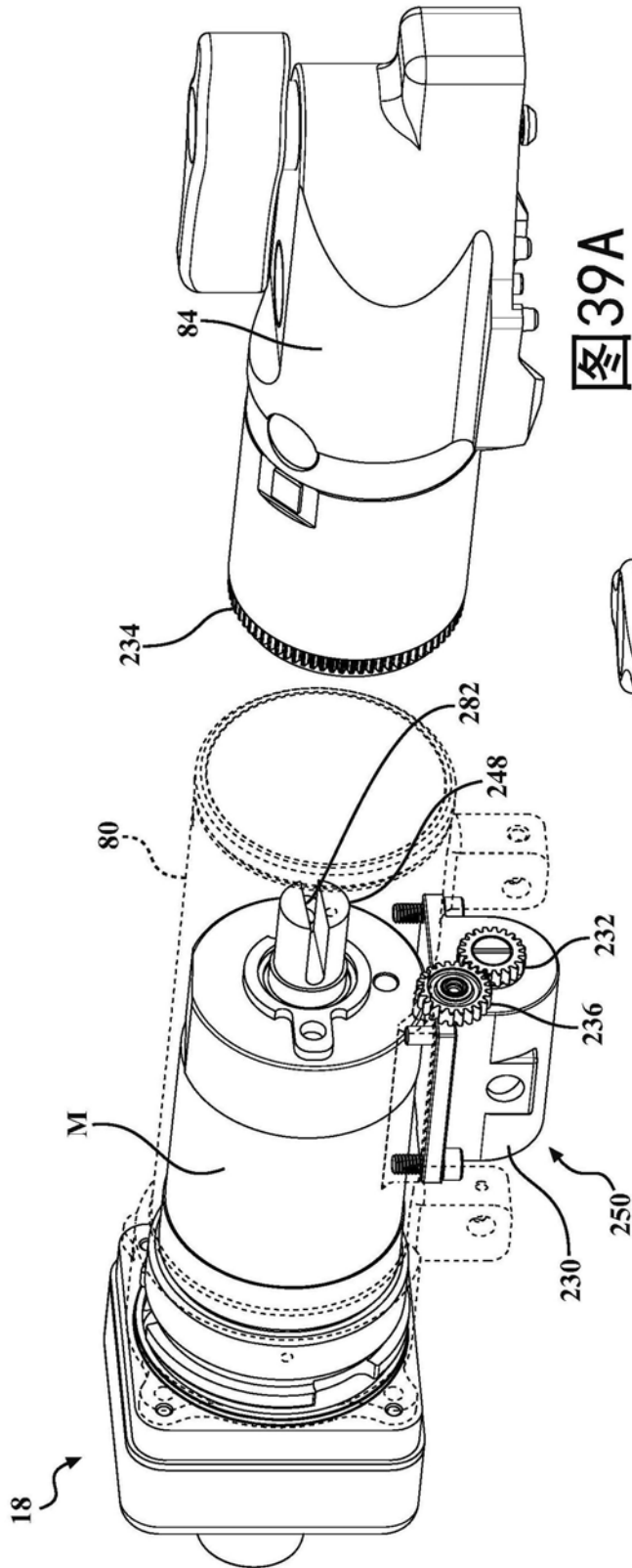


图39A

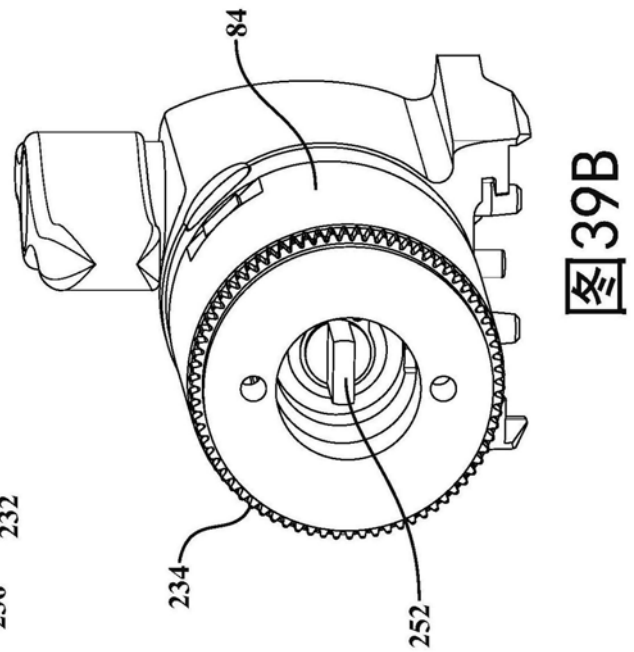


图39B

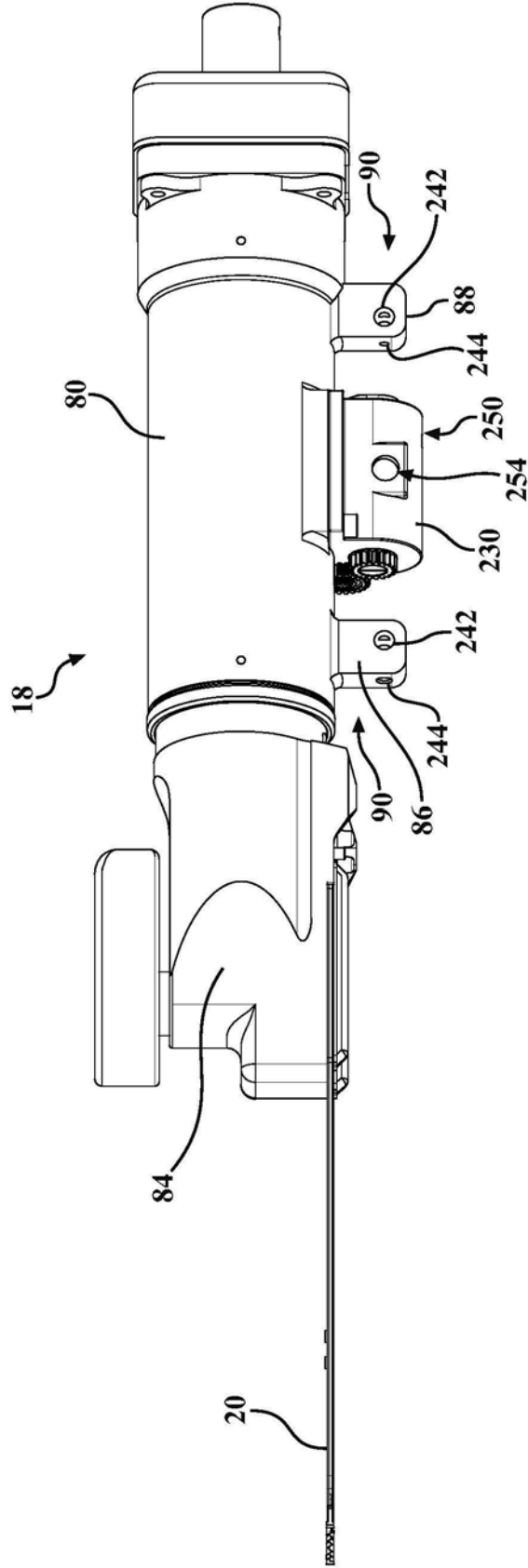


图40A

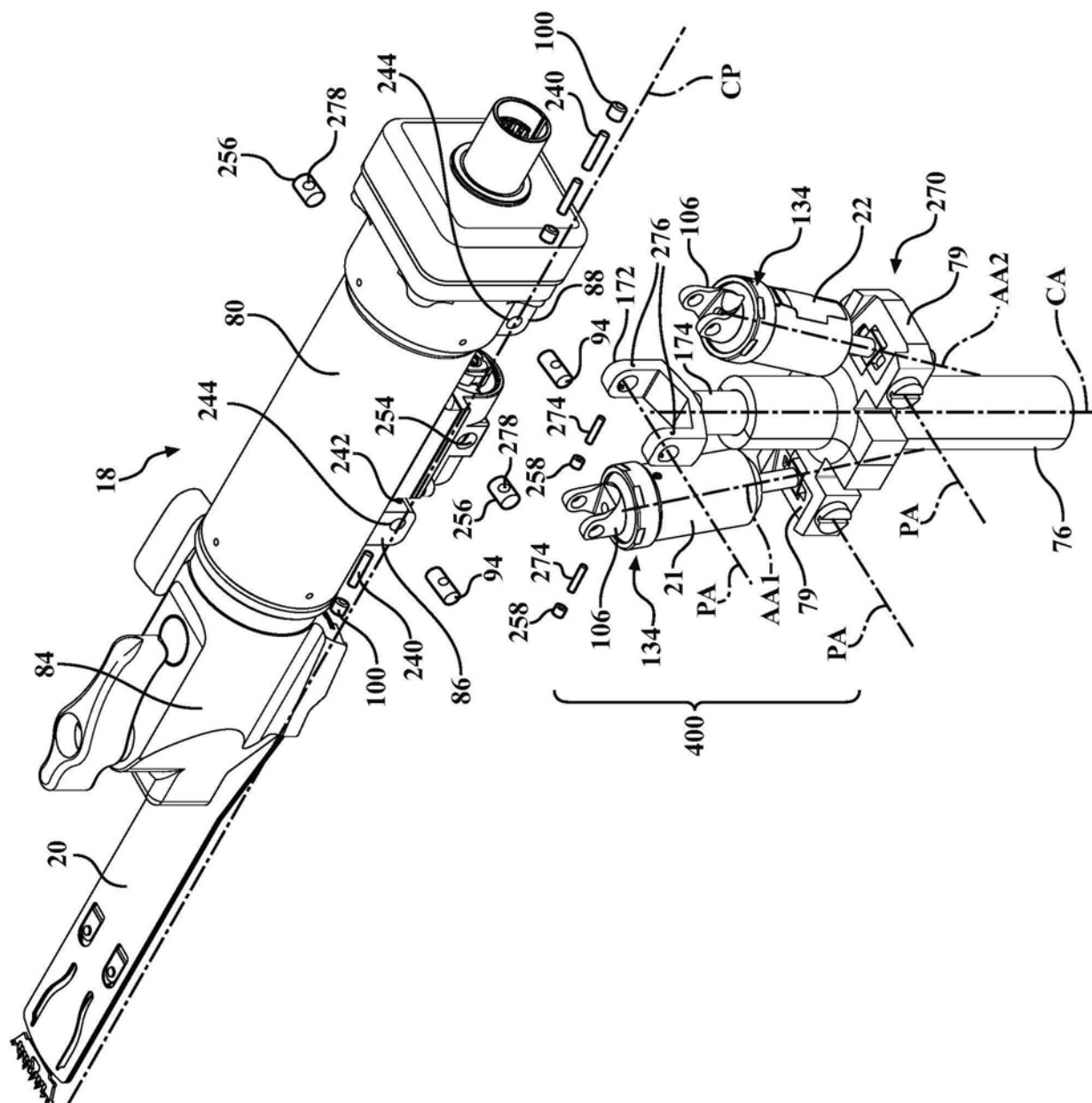


图41

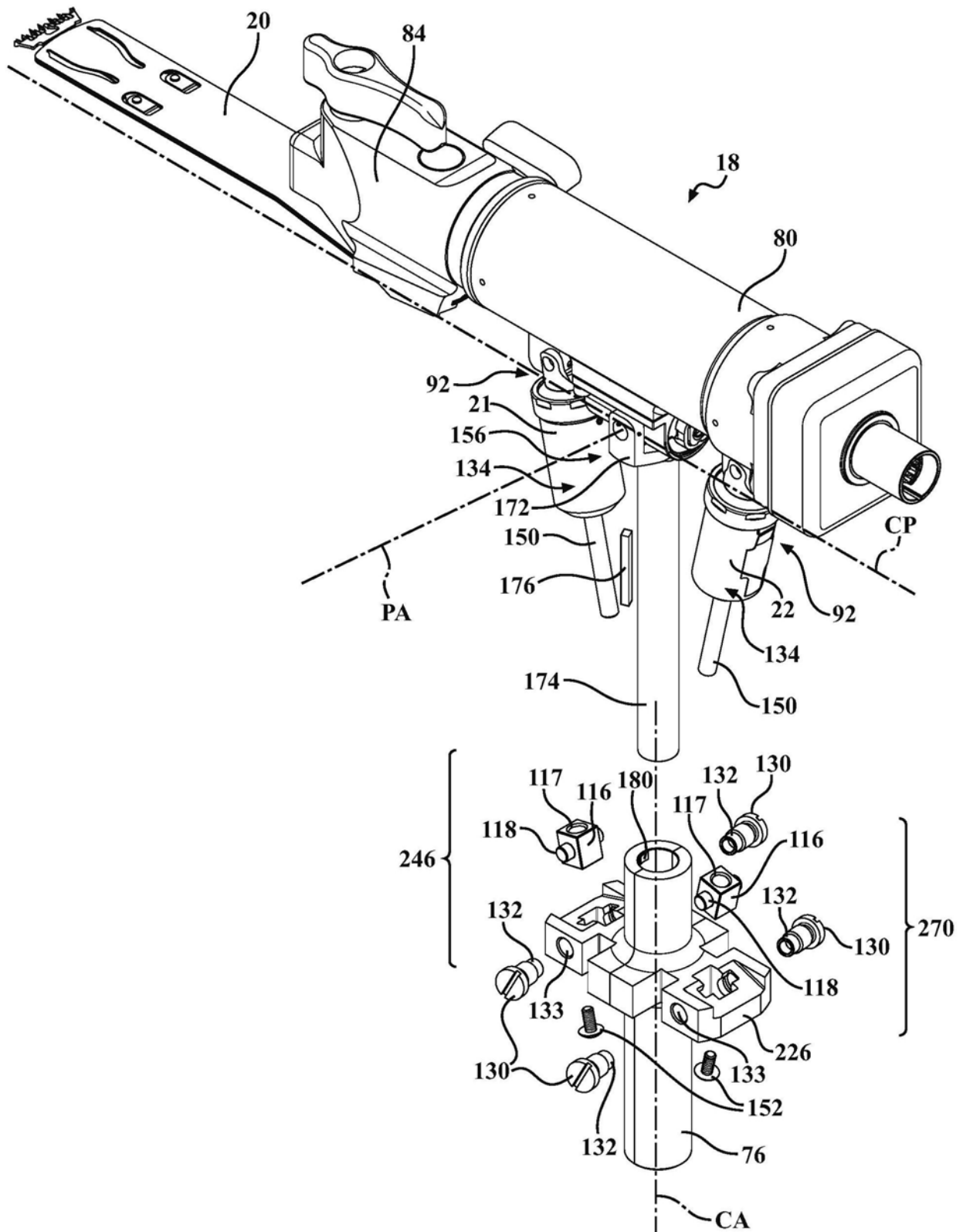


图42

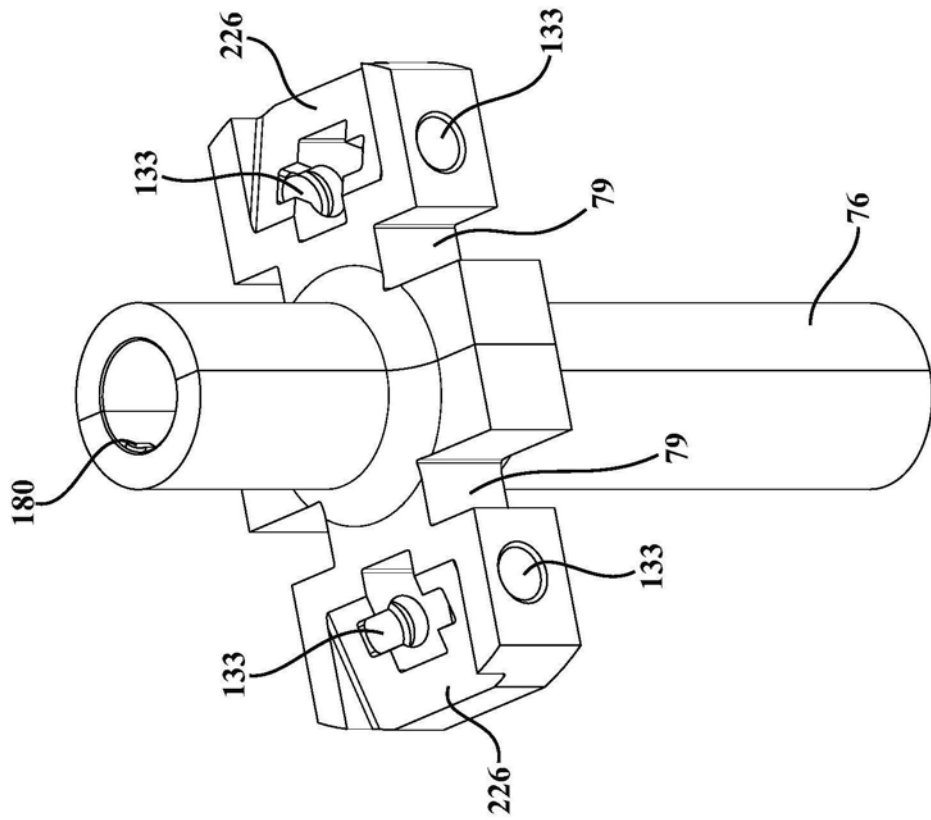


图43

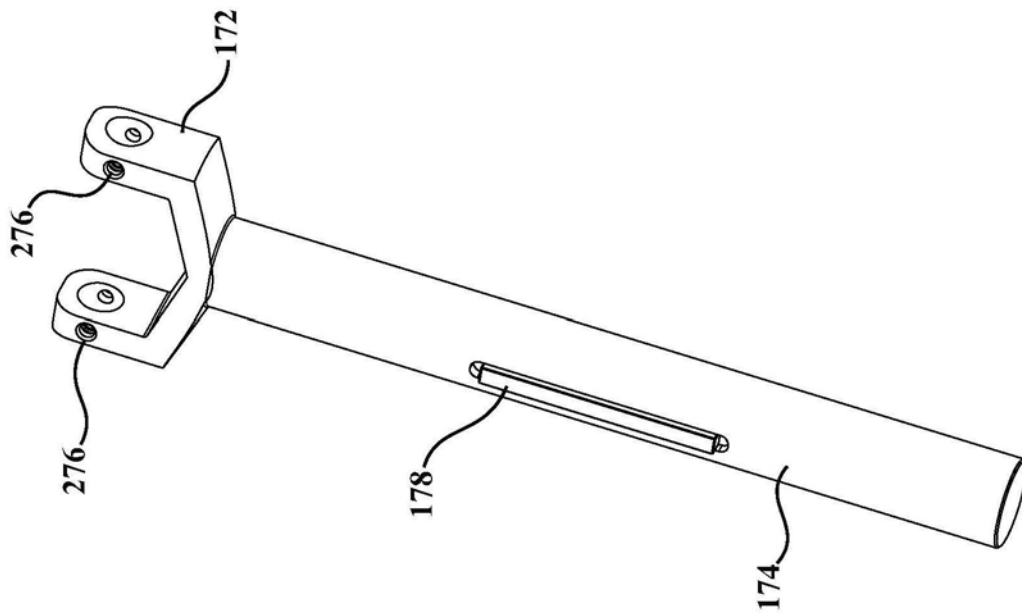


图44

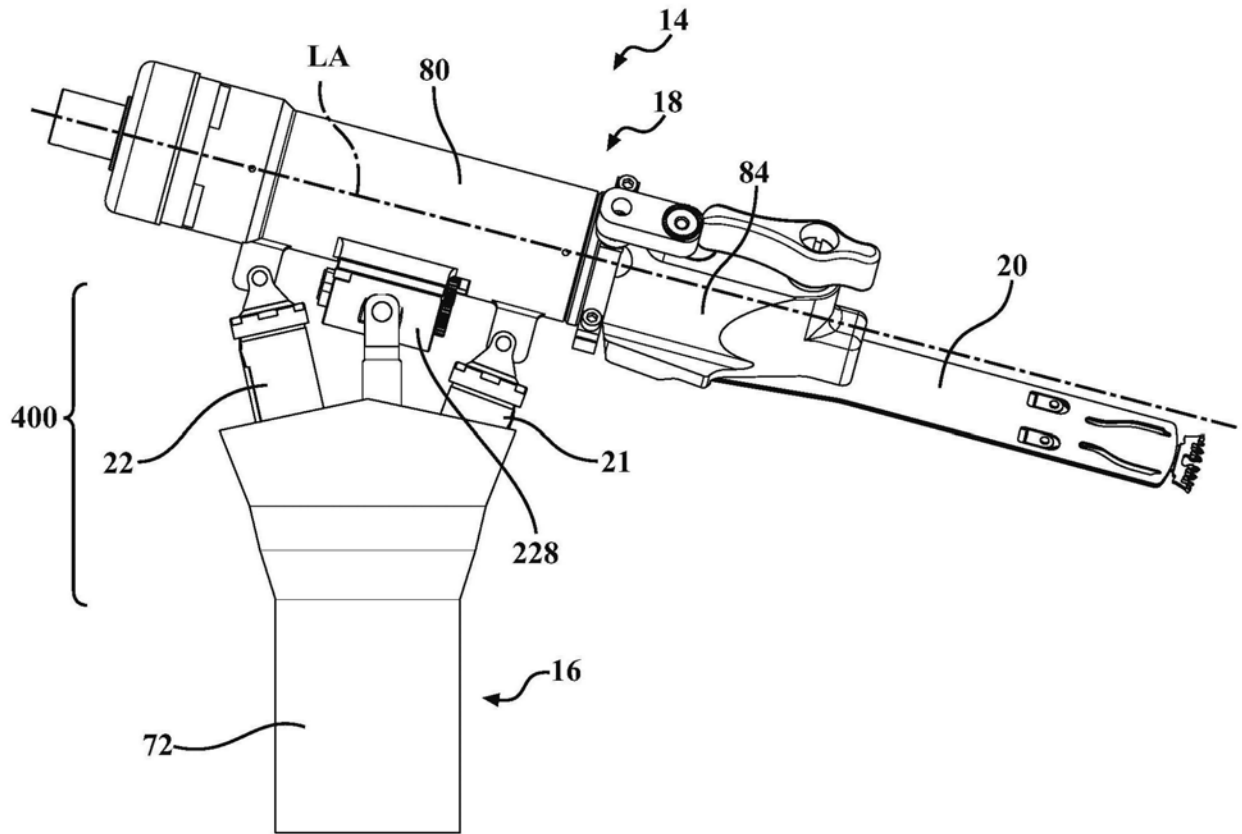


图45A

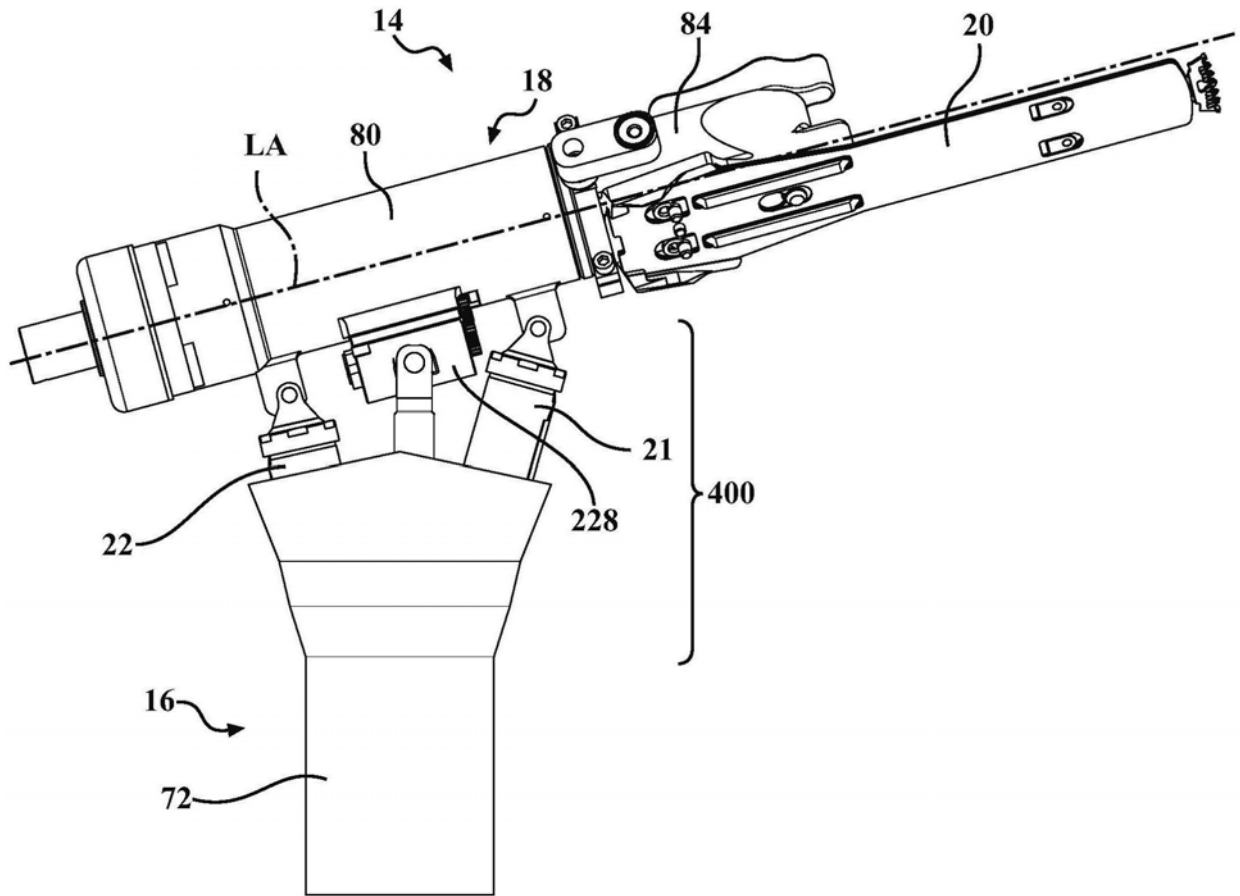


图45B

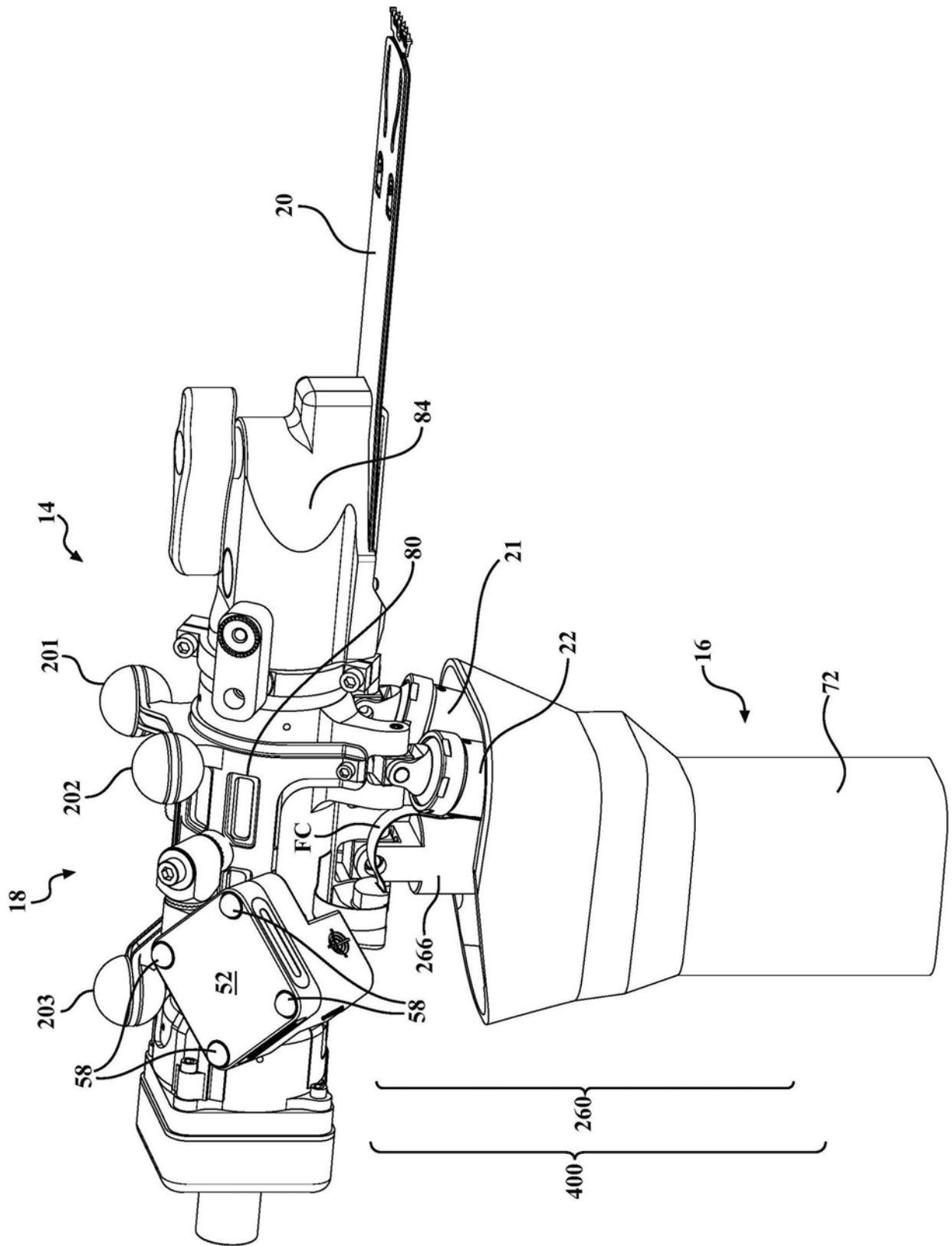


图46

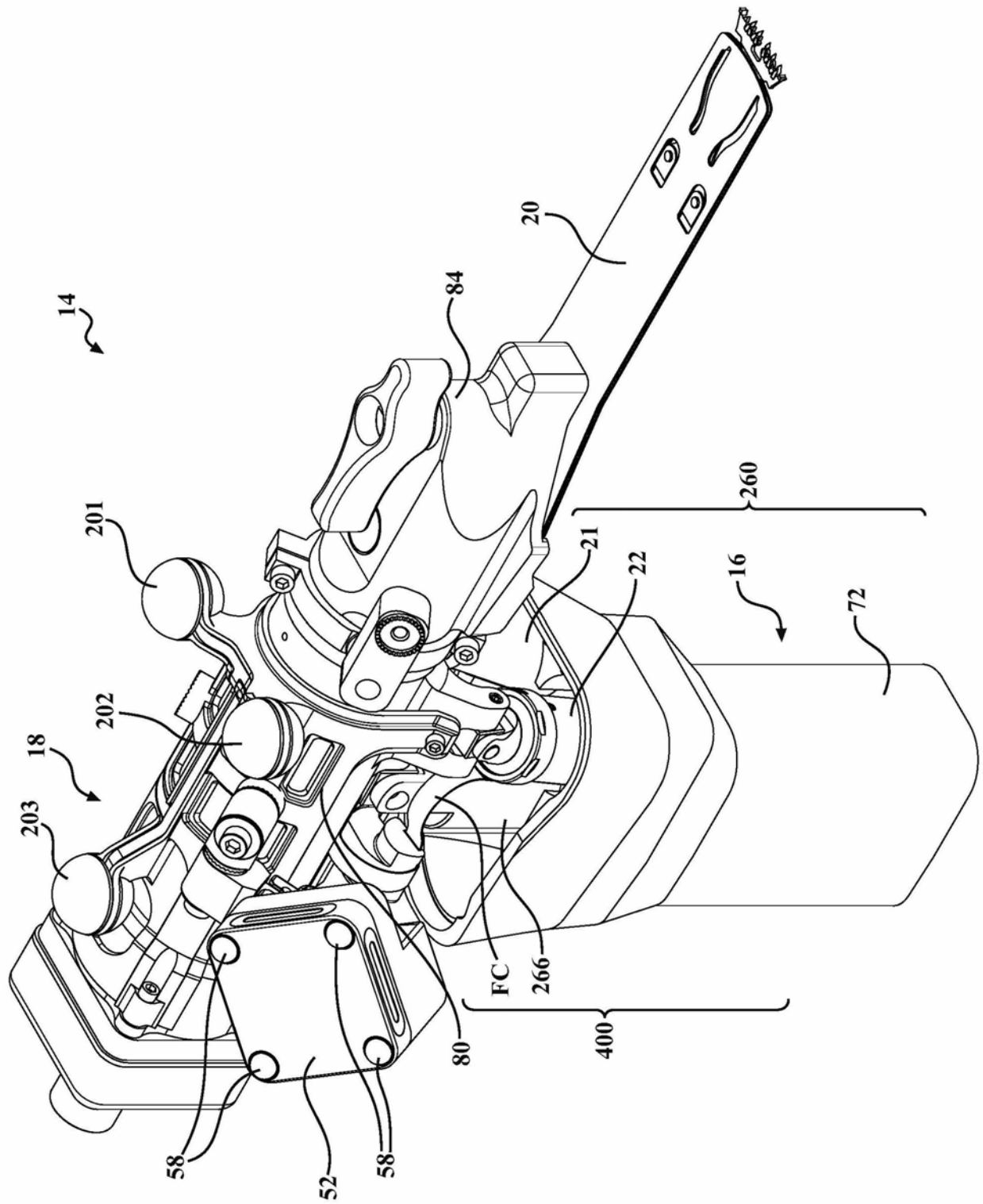


图47

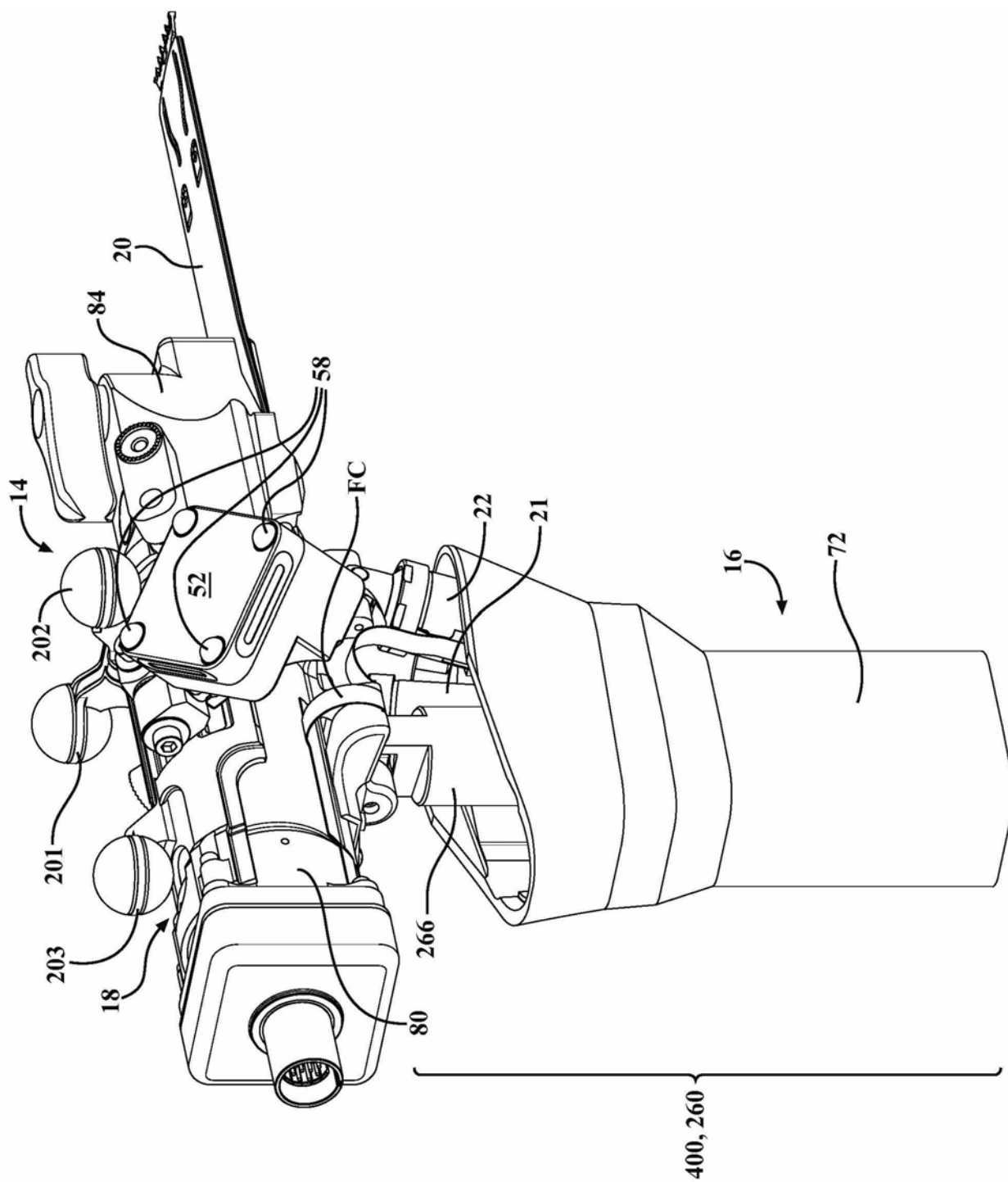


图48

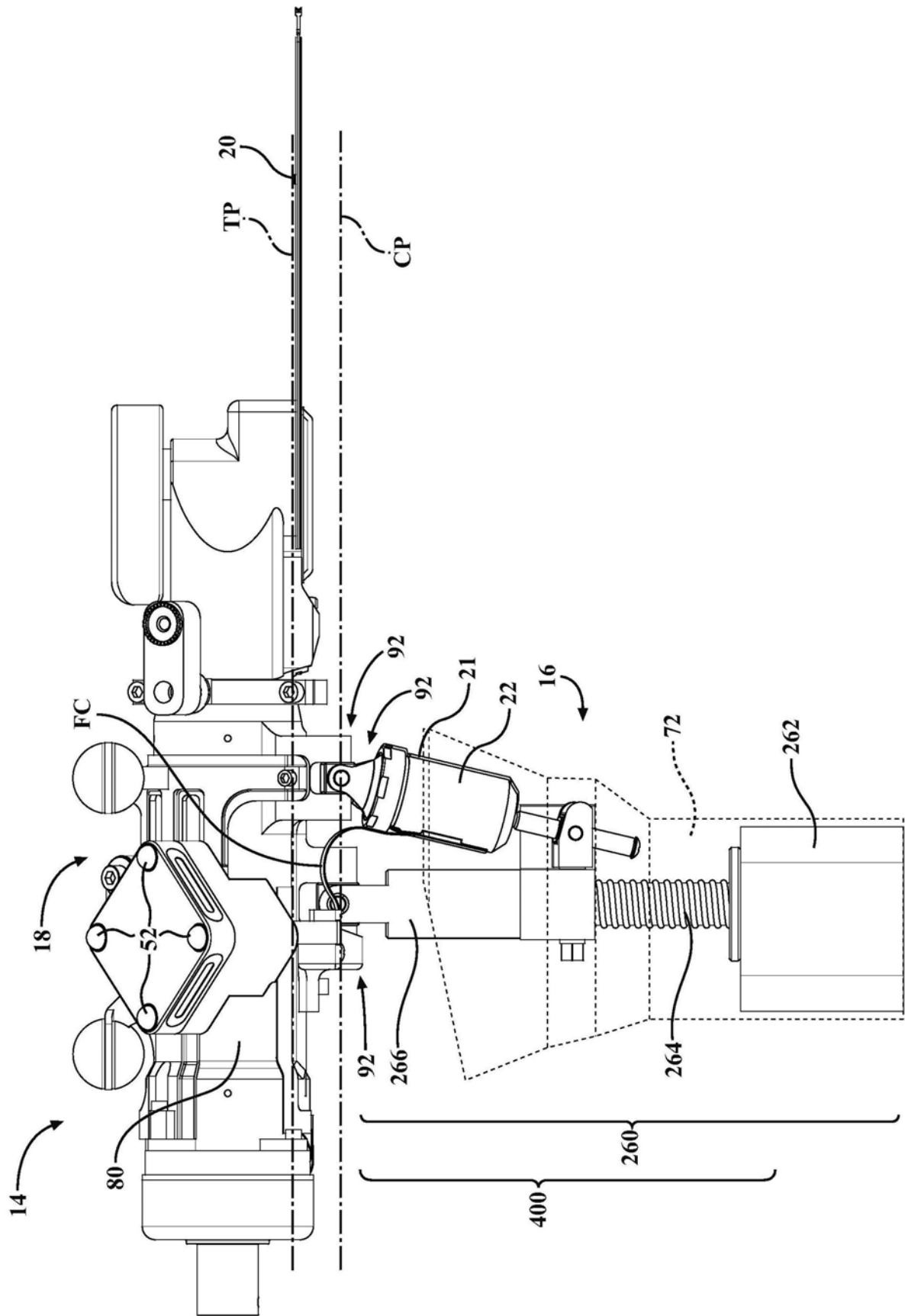


图49

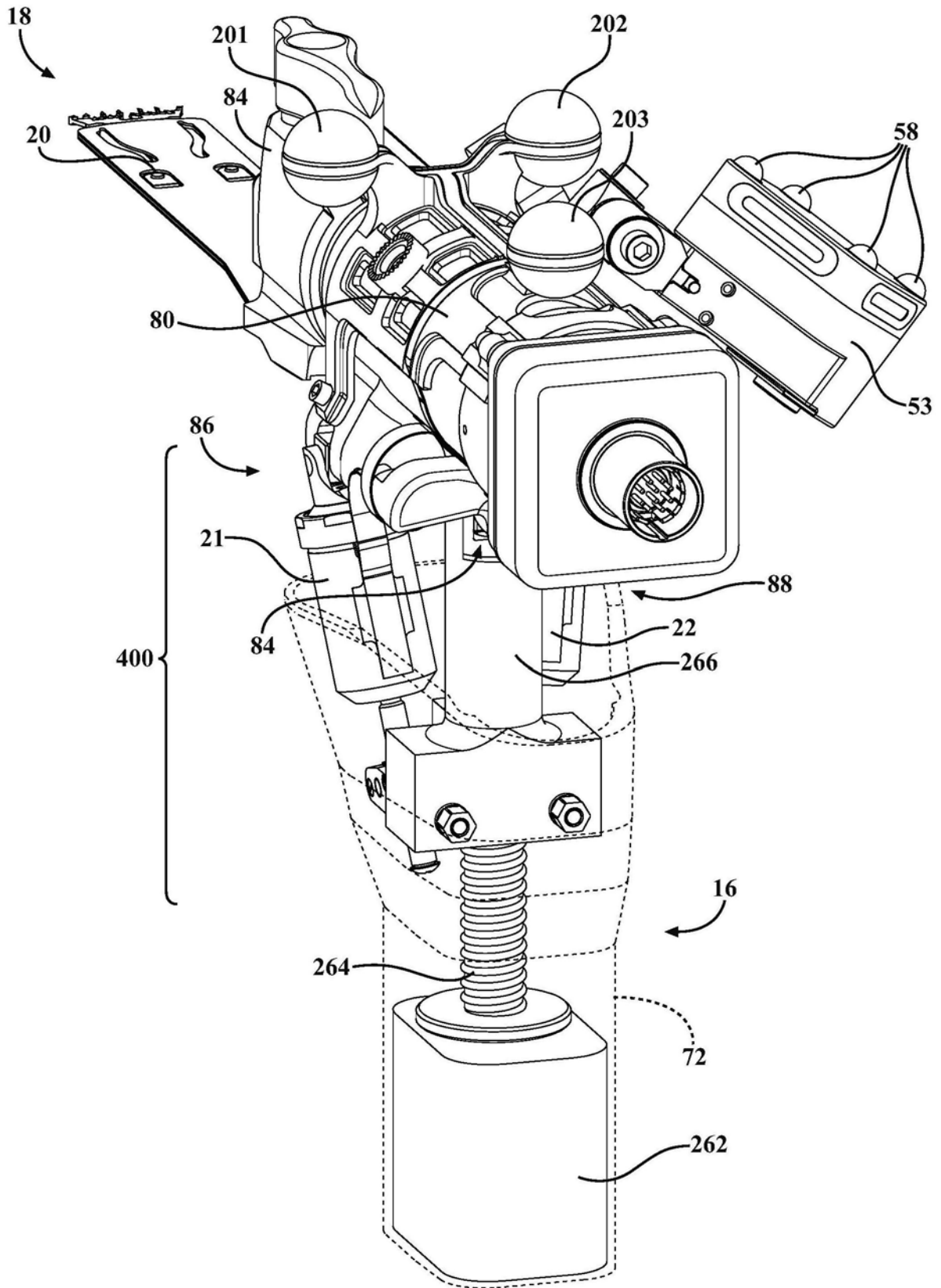


图50

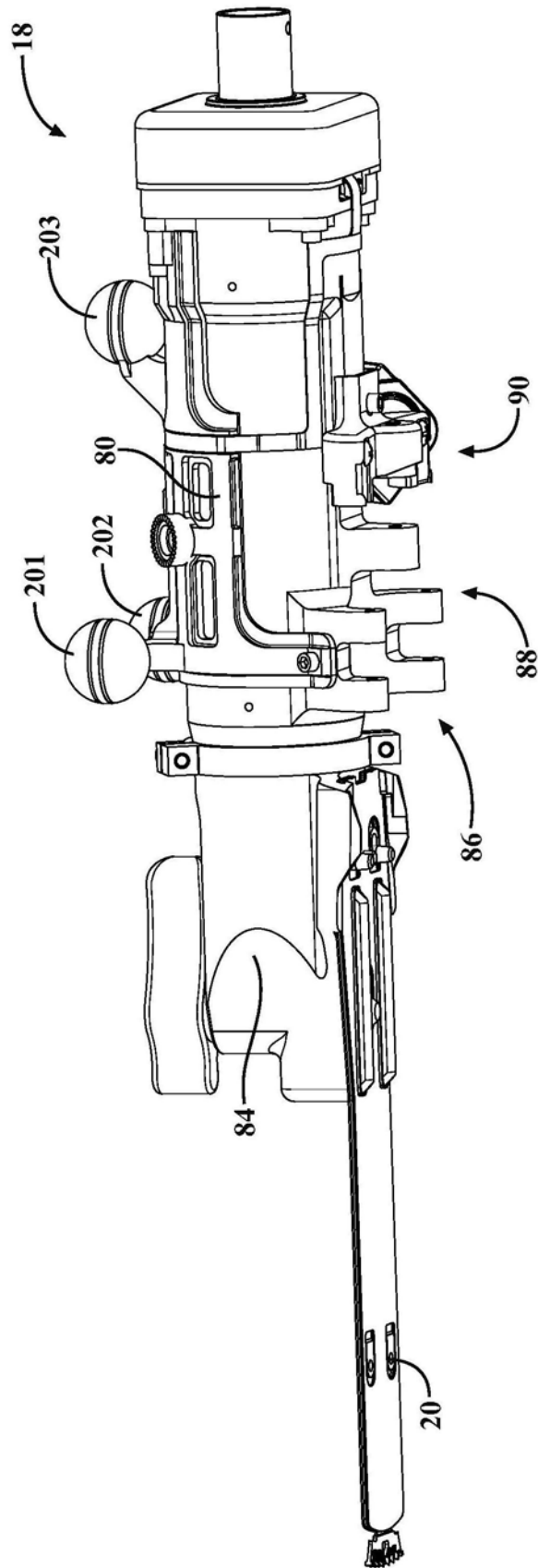


图51A

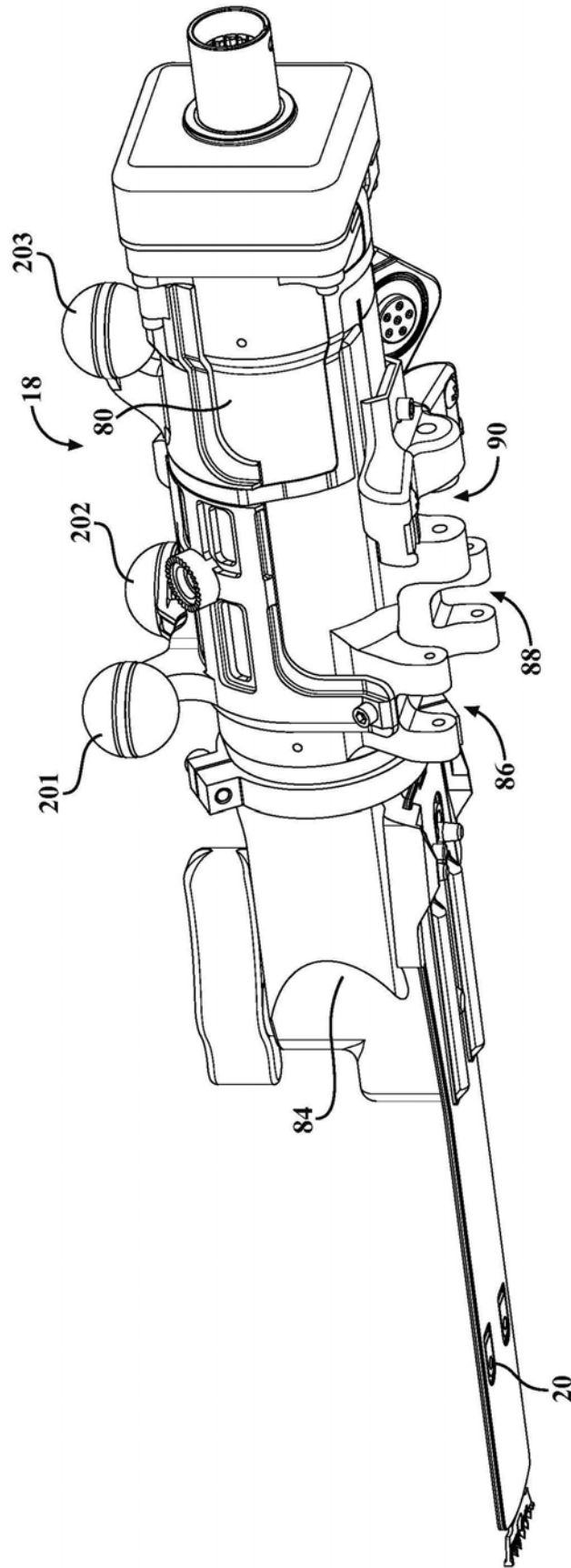


图51B

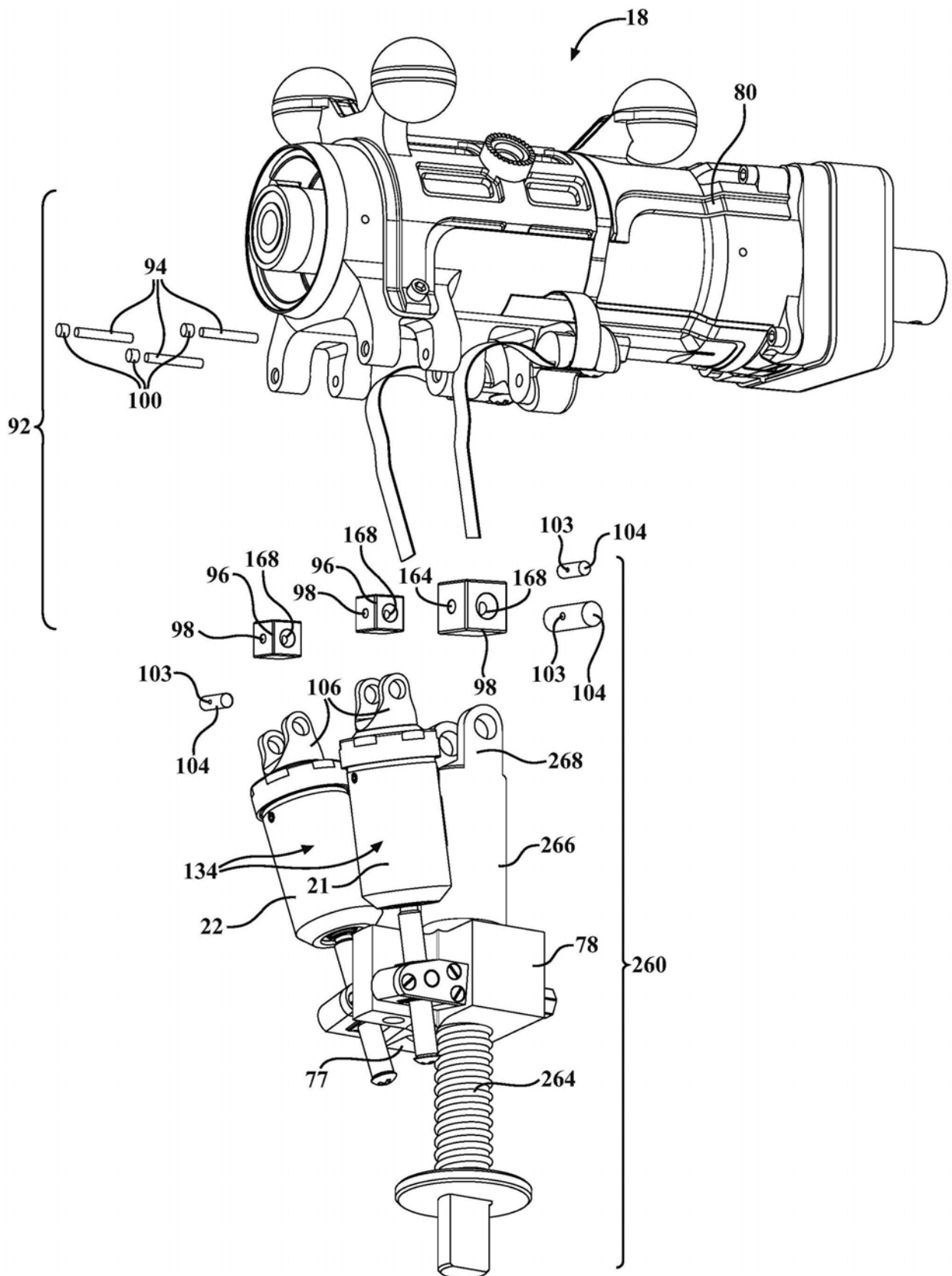


图52

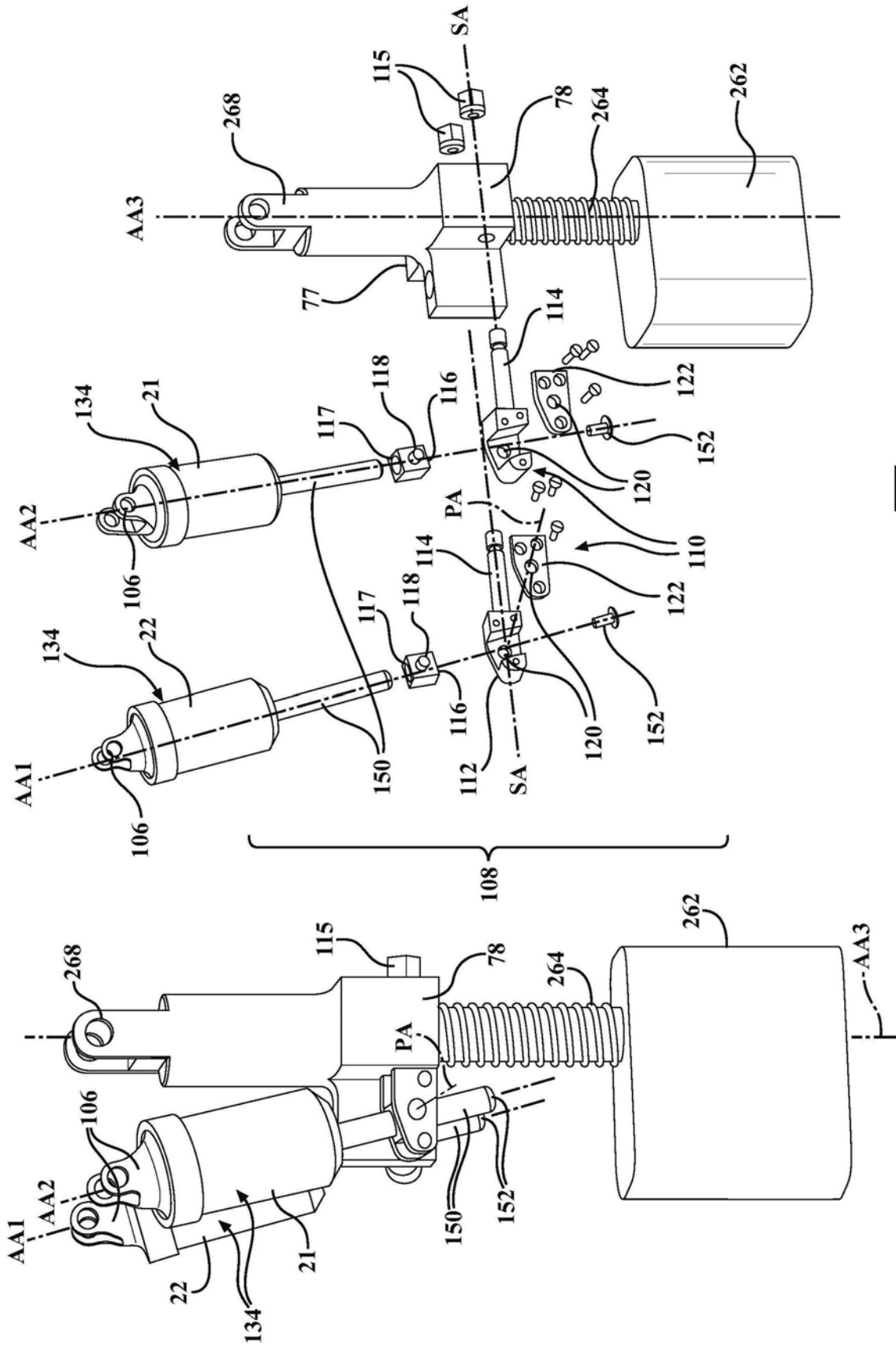


图53B

图53A

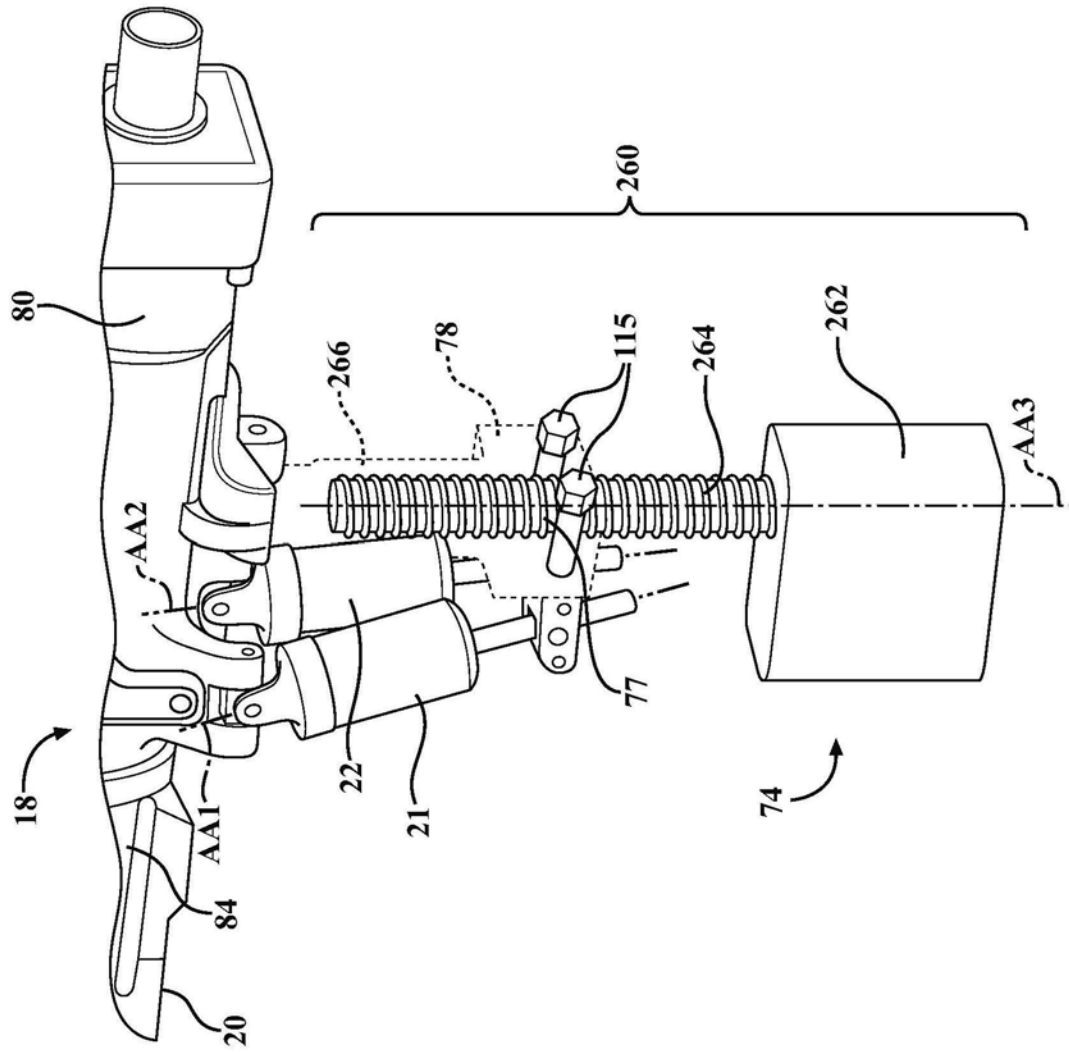


图54A

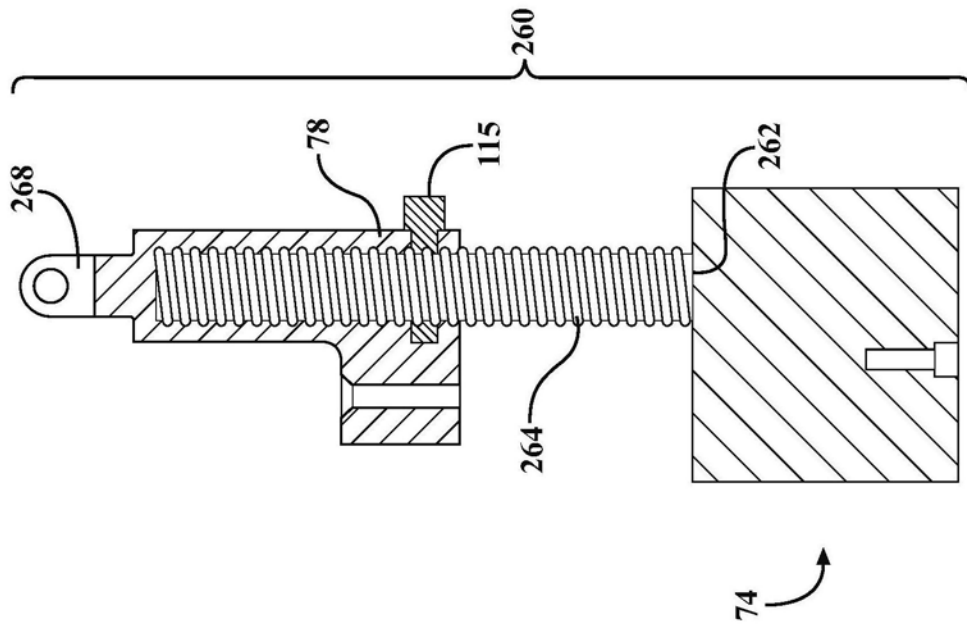


图54B

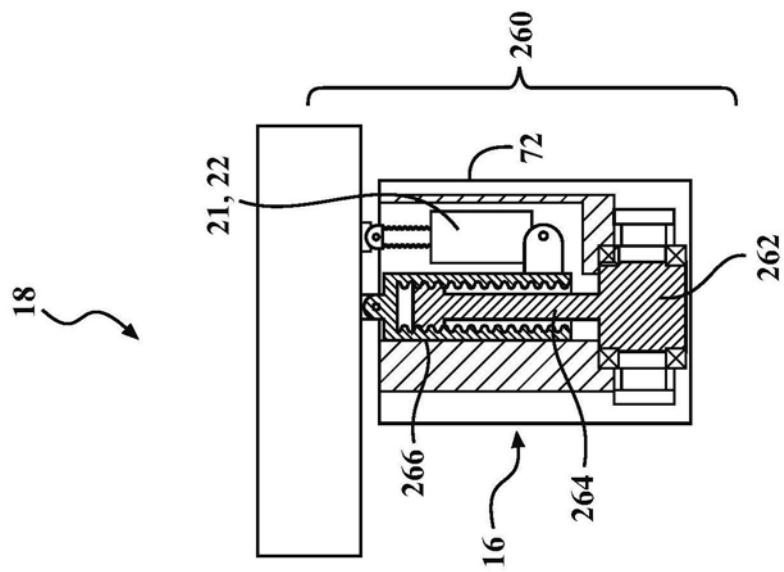


图55A

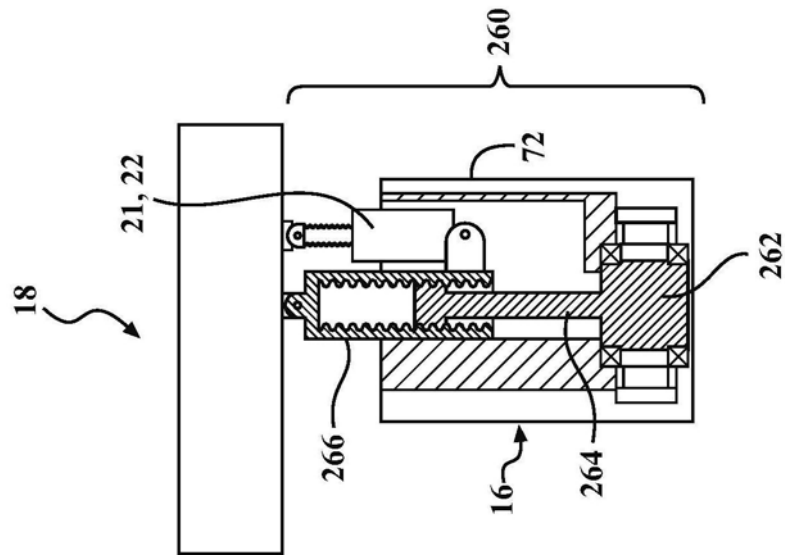


图55B

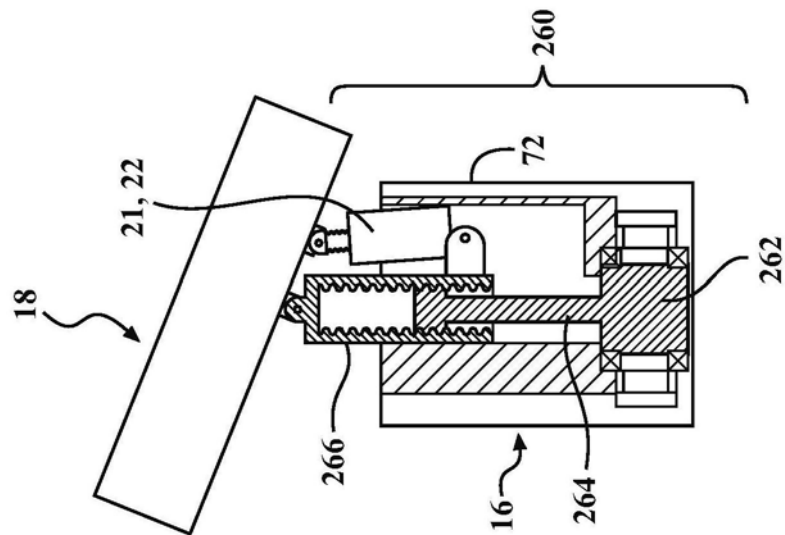


图55C

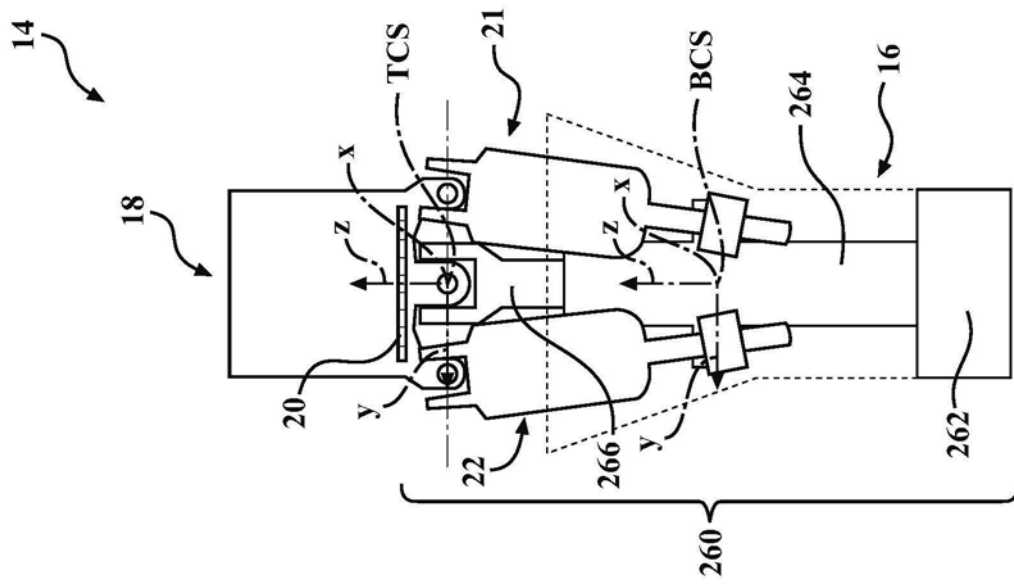


图56A

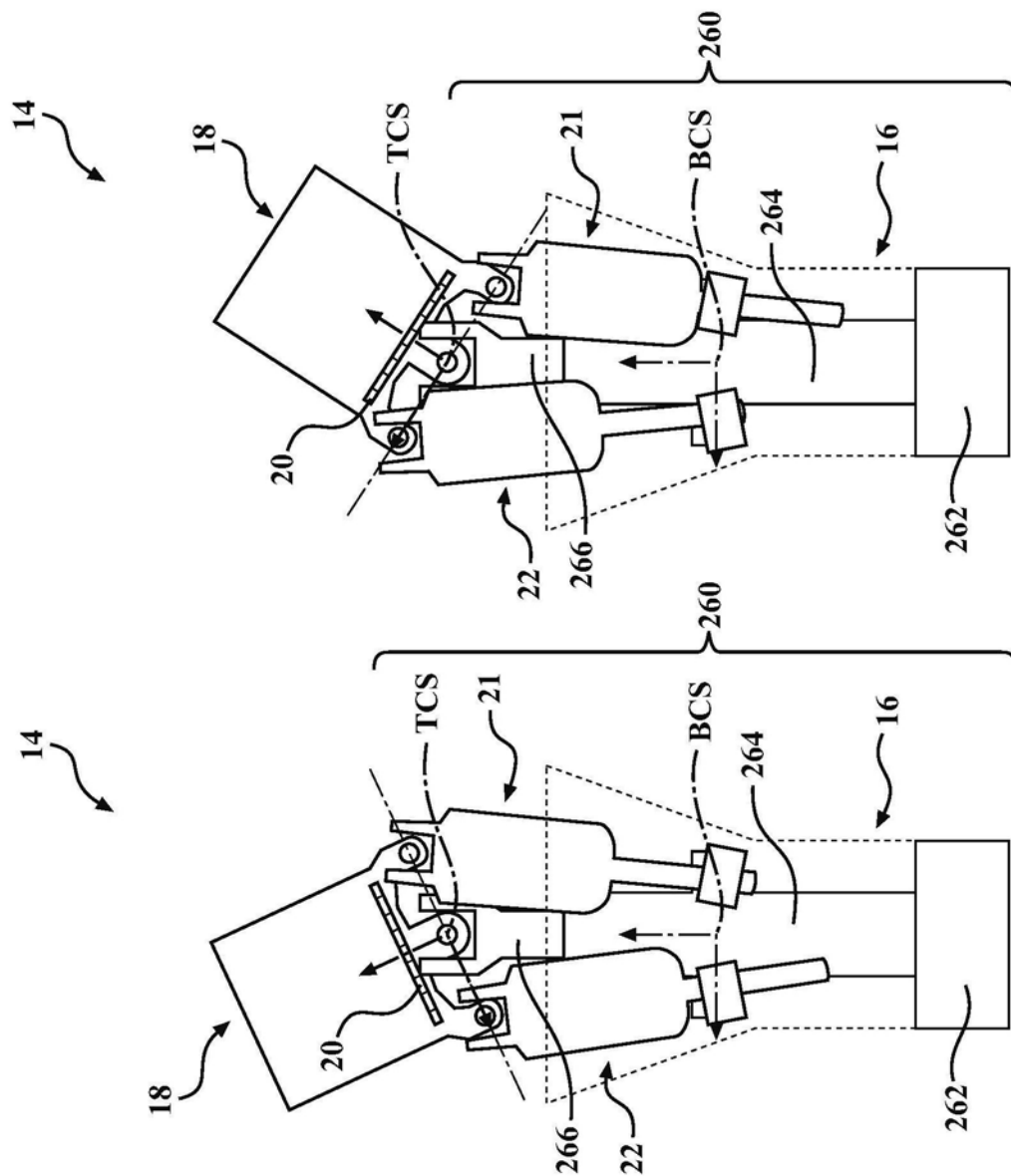


图56C

图56B

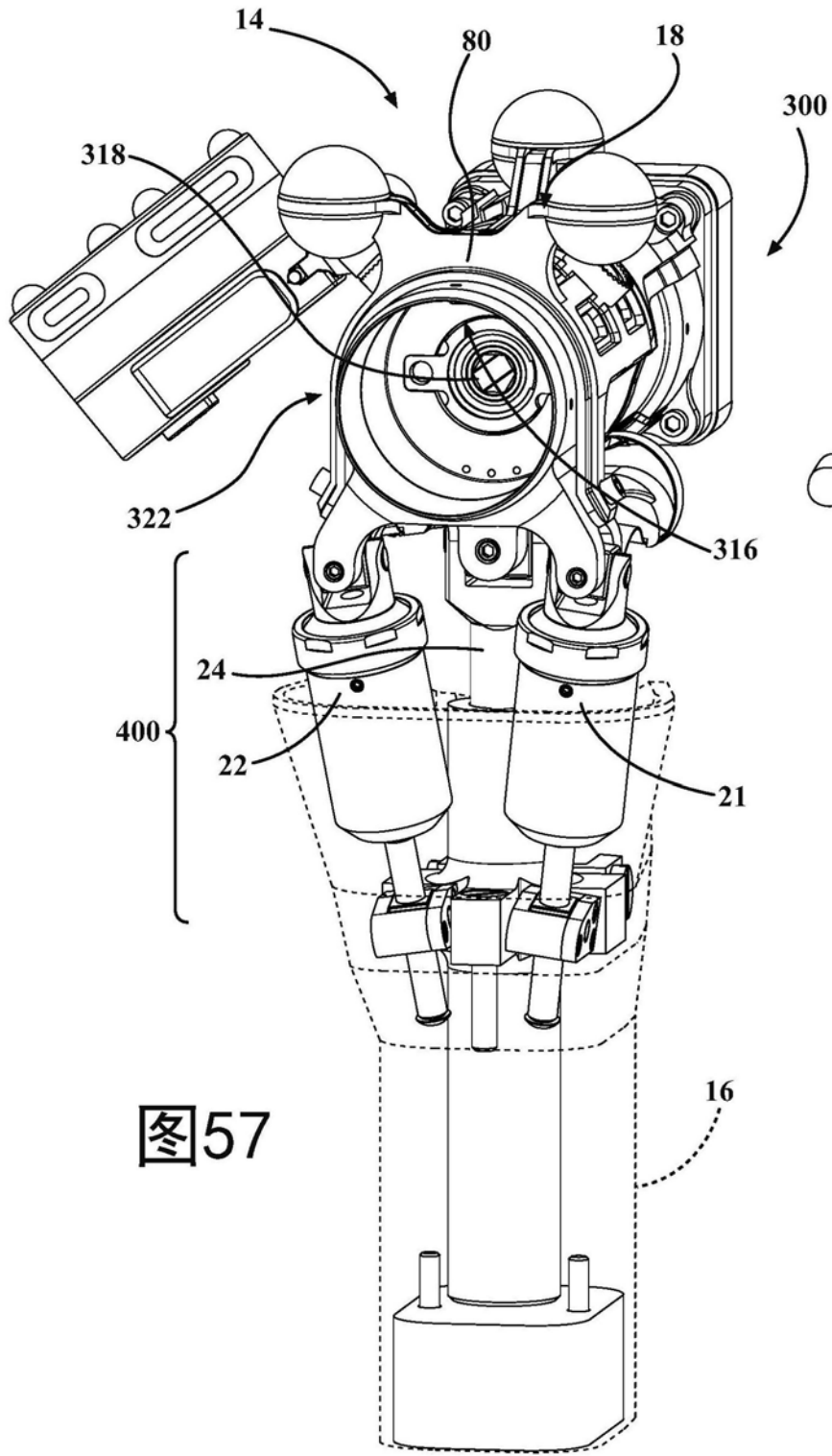


图57

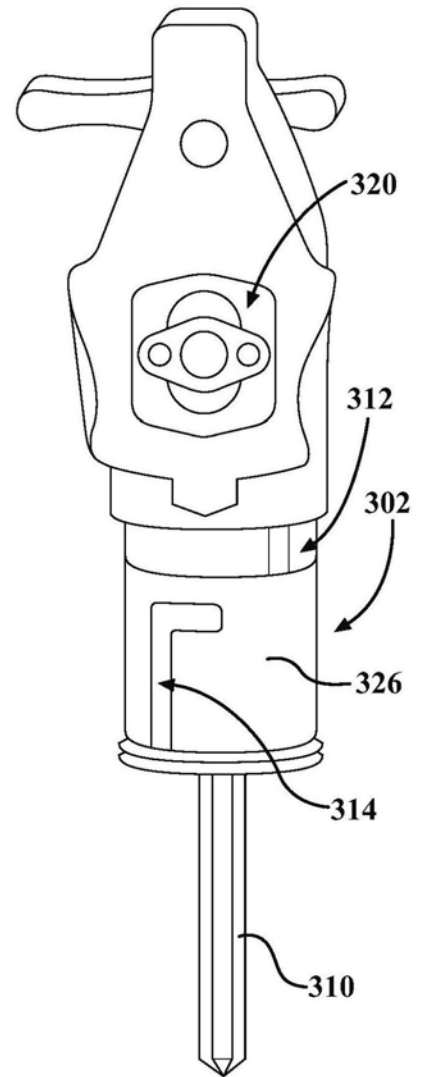


图58A

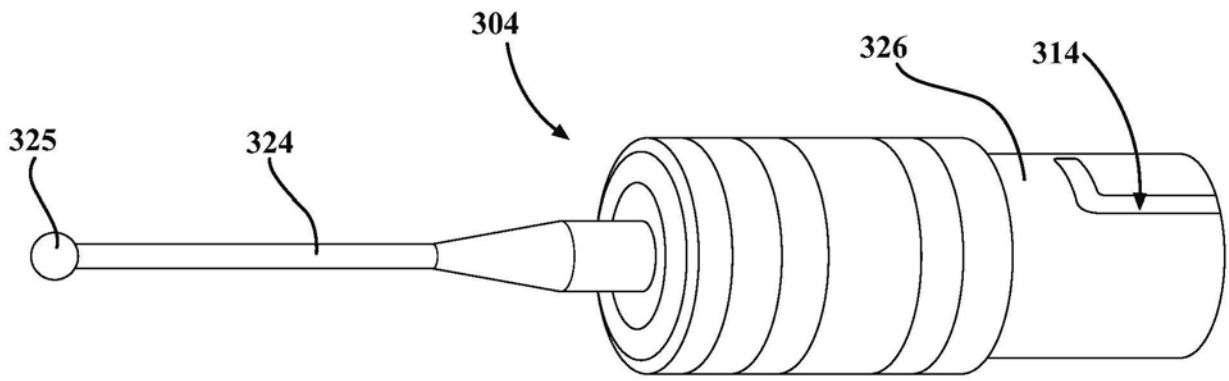


图58B

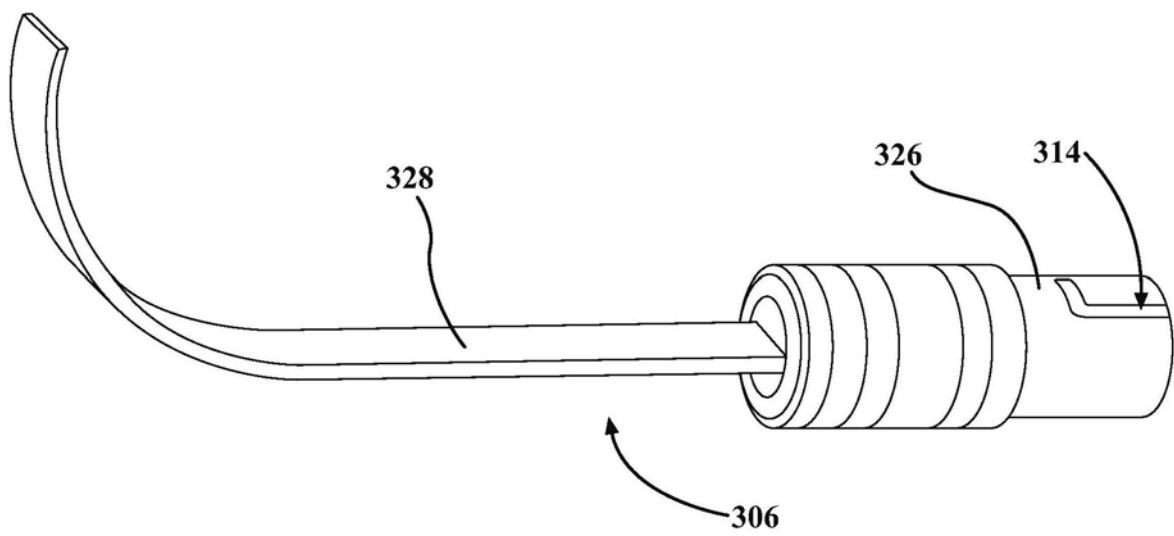


图58C

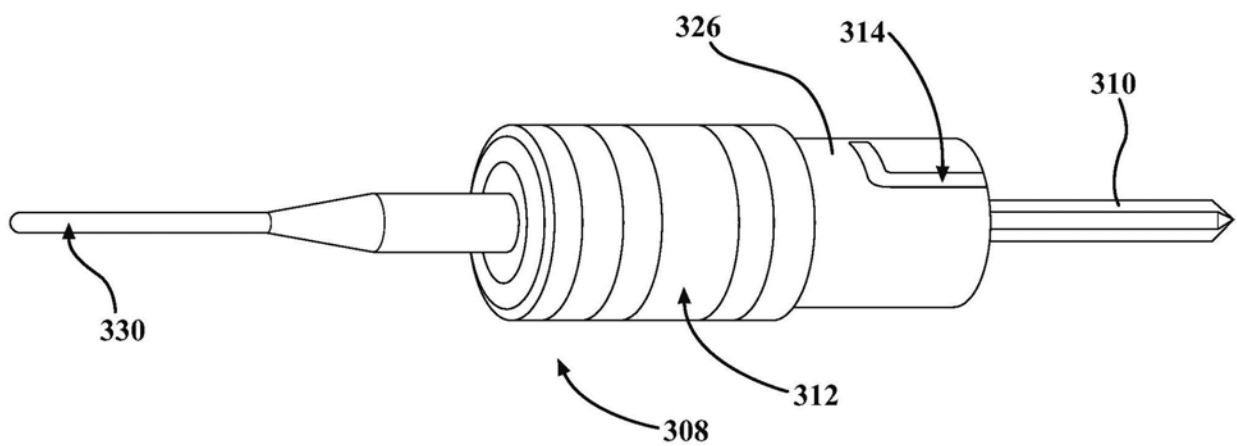


图58D

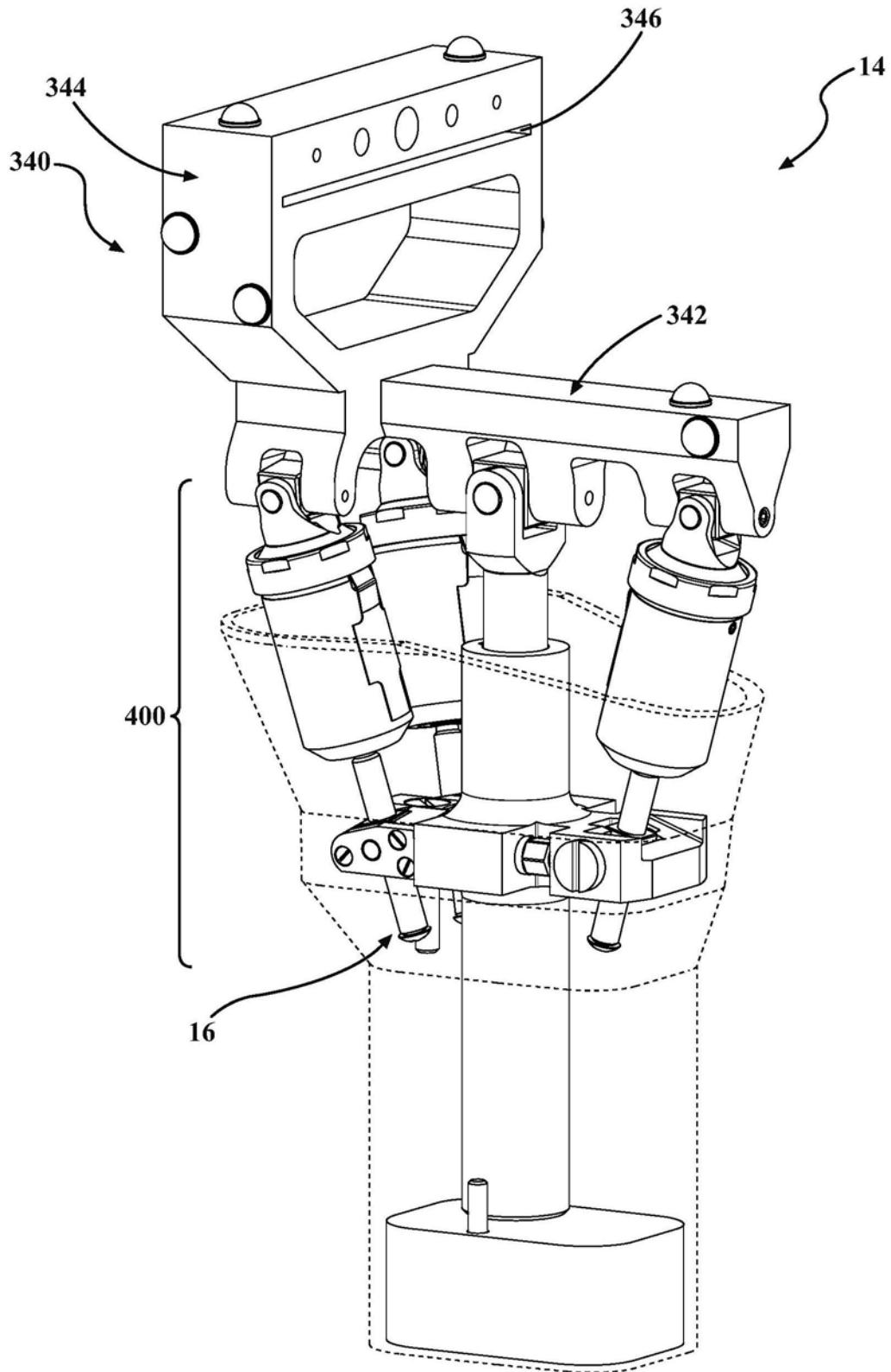


图59

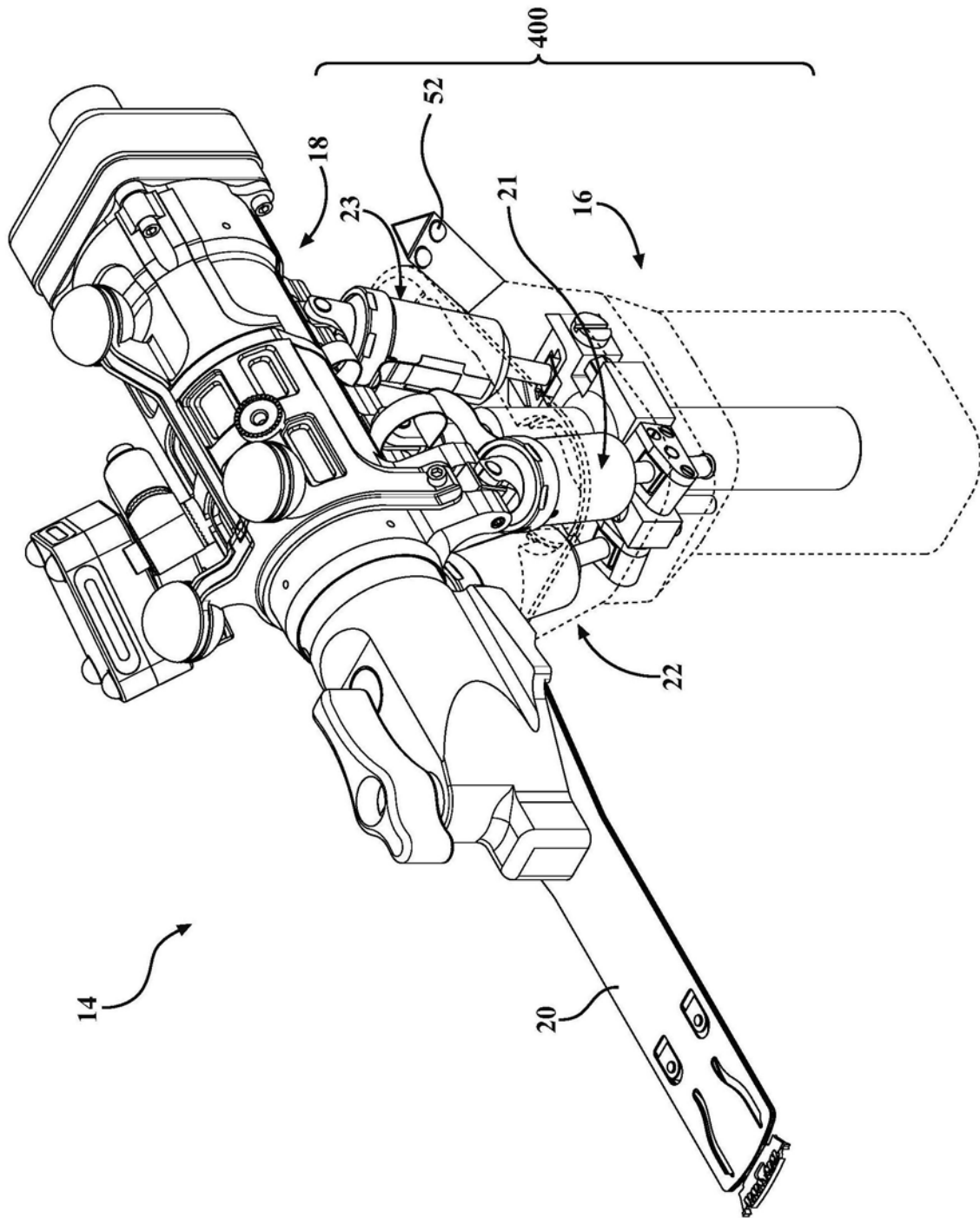


图60

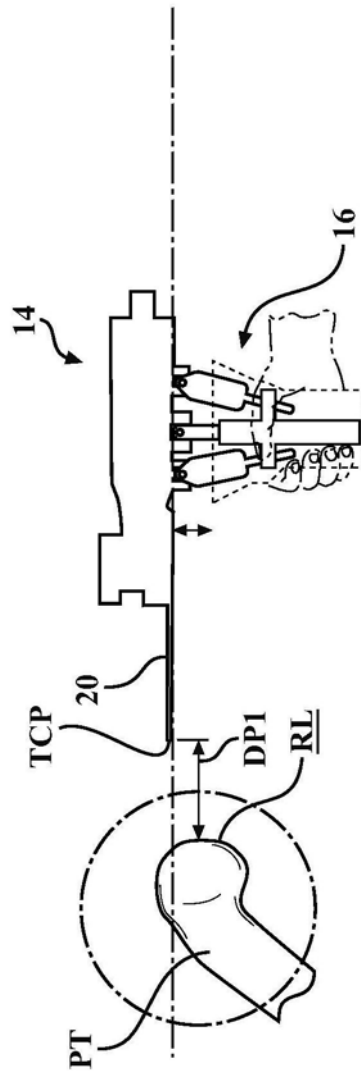


图61A

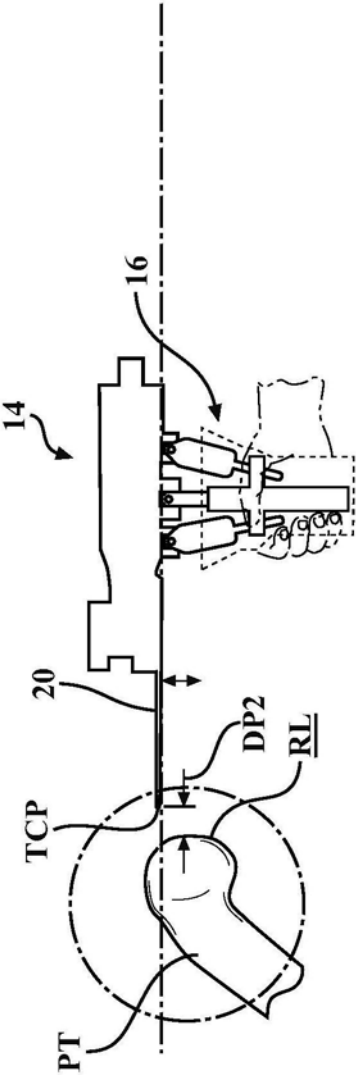


图61B

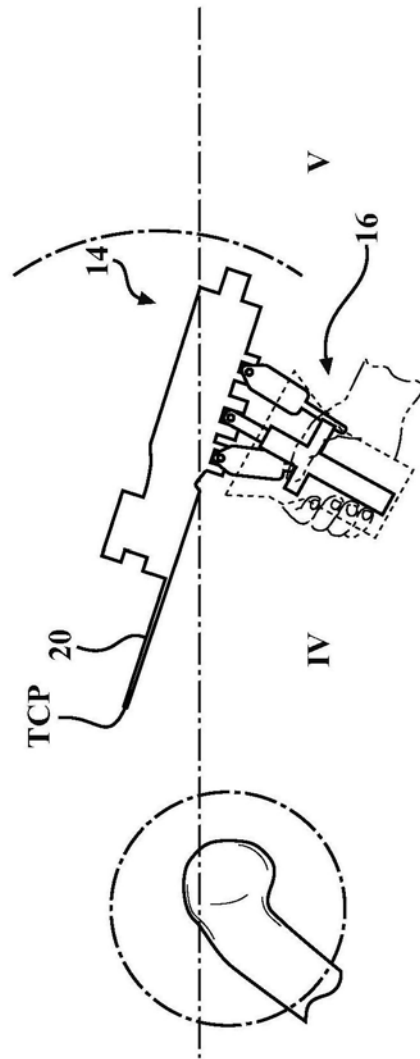


图62A

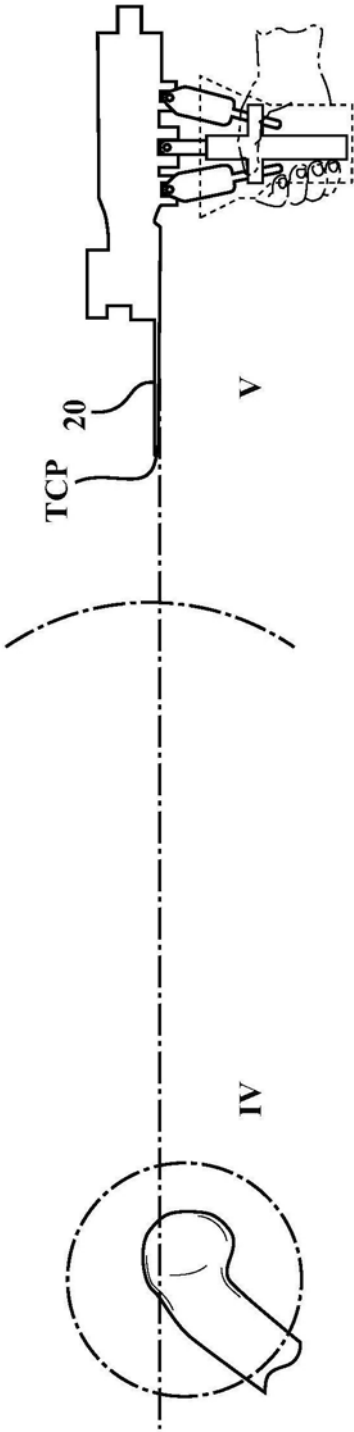


图62B

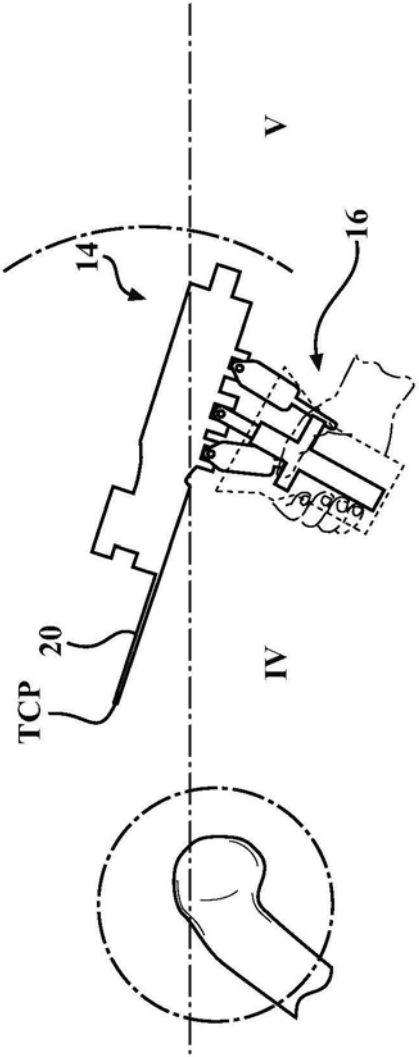


图62C

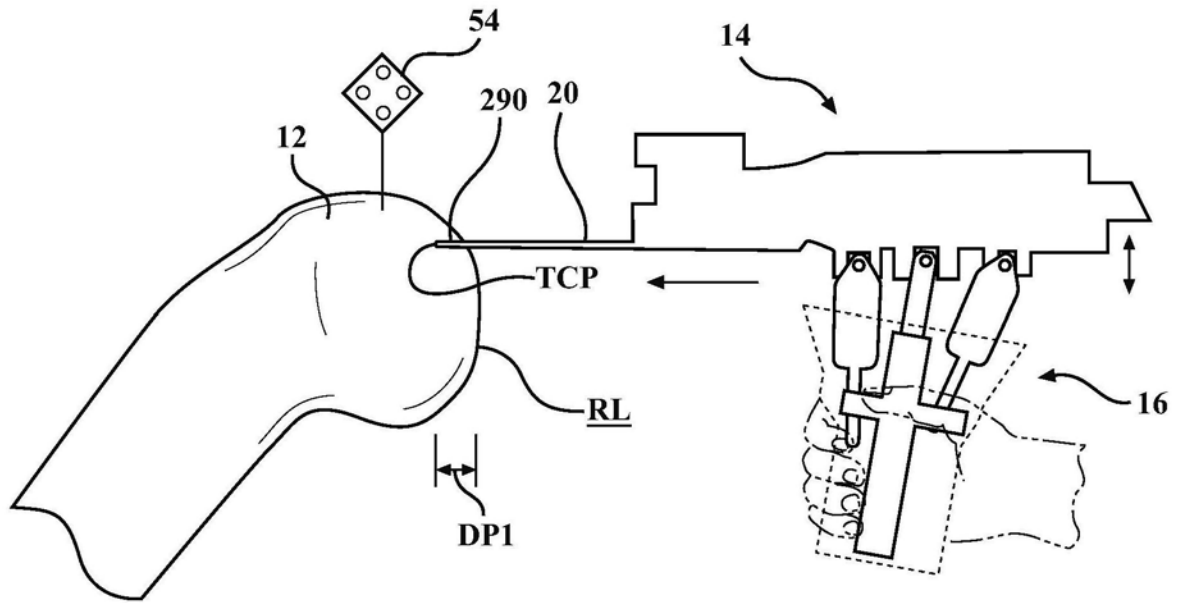


图63A

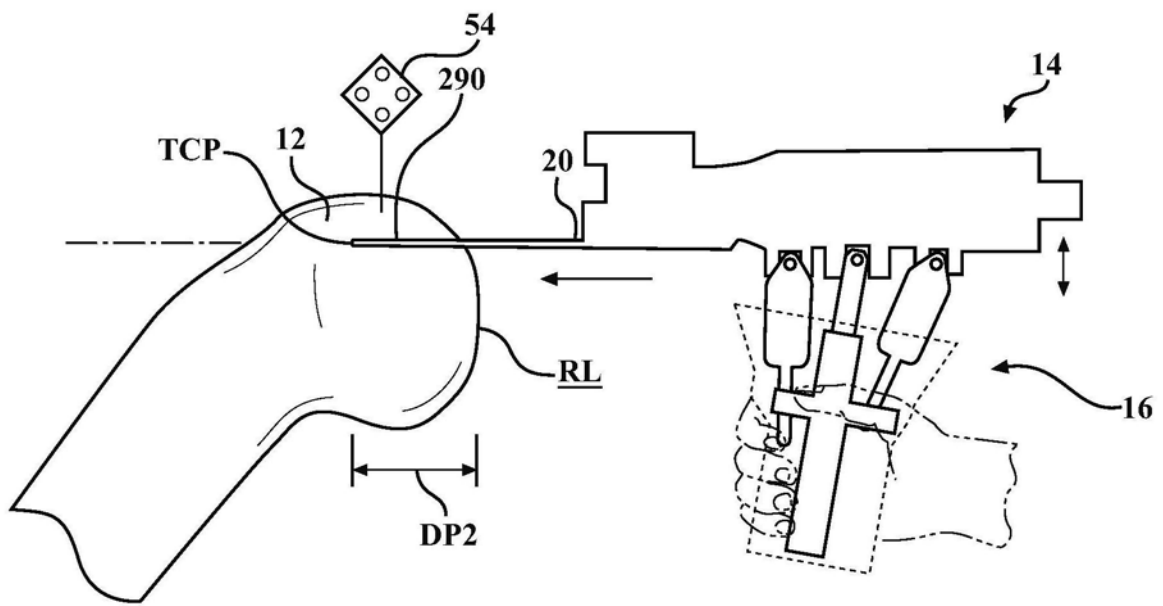


图63B

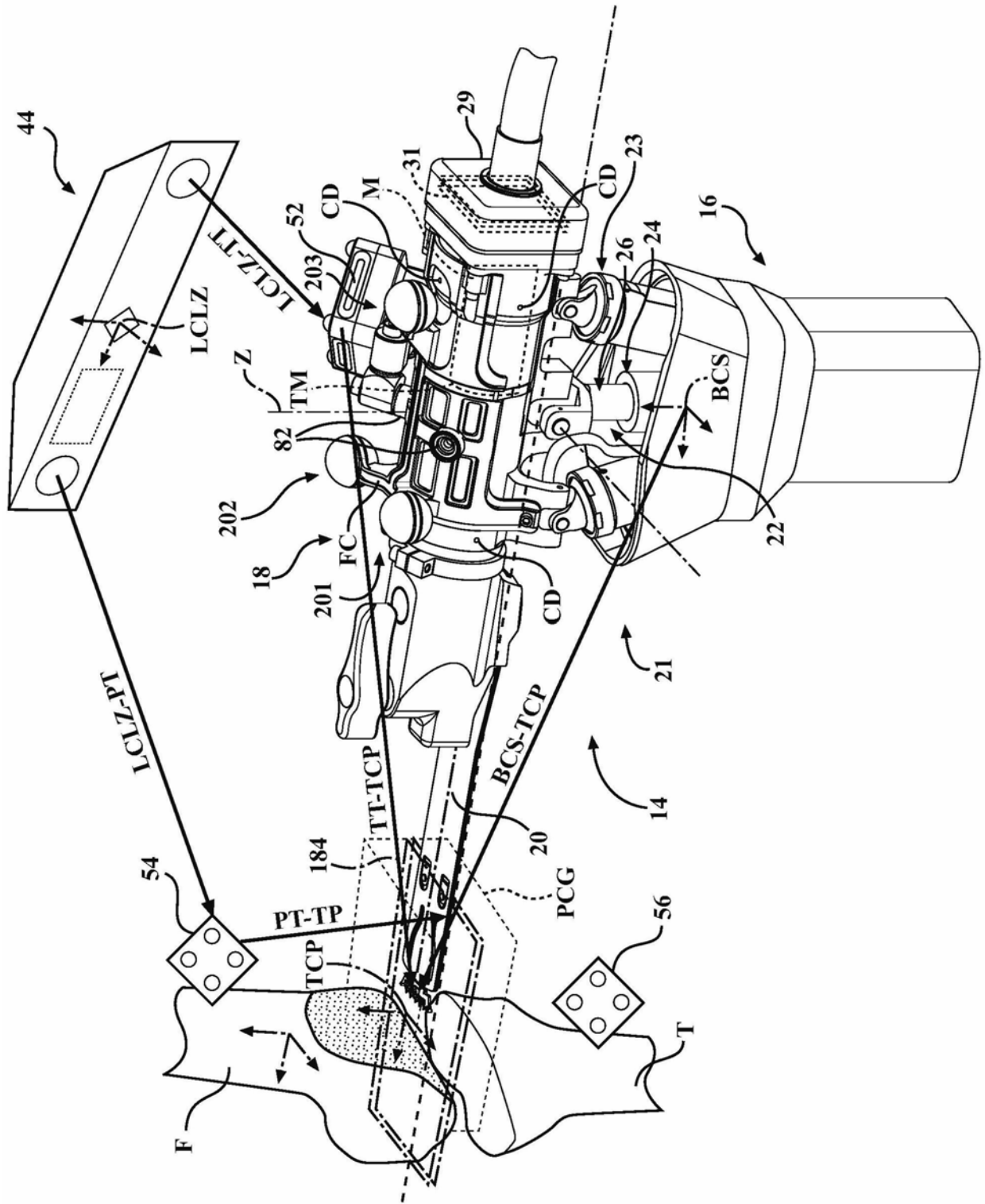


图64

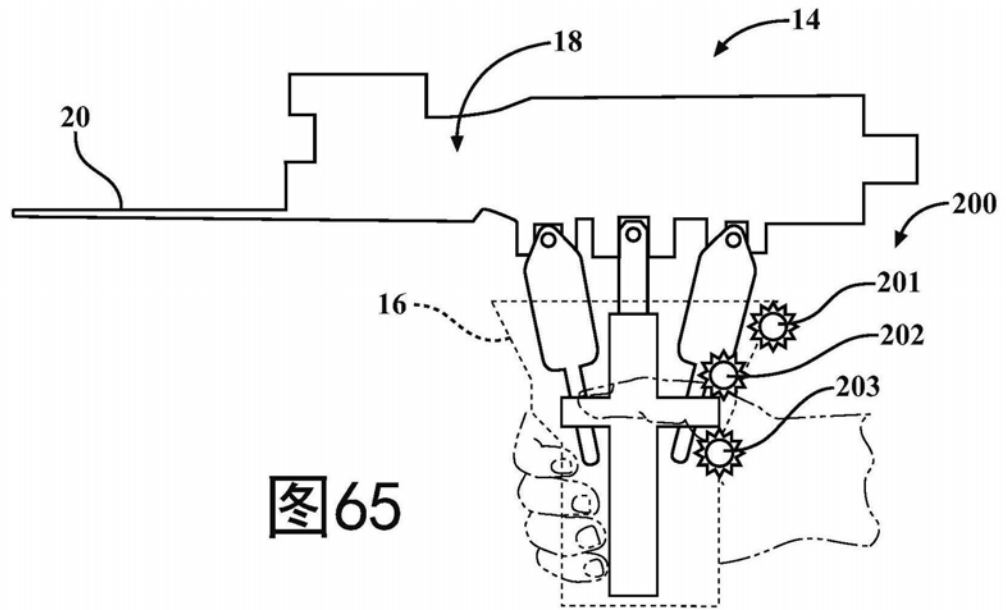


图65

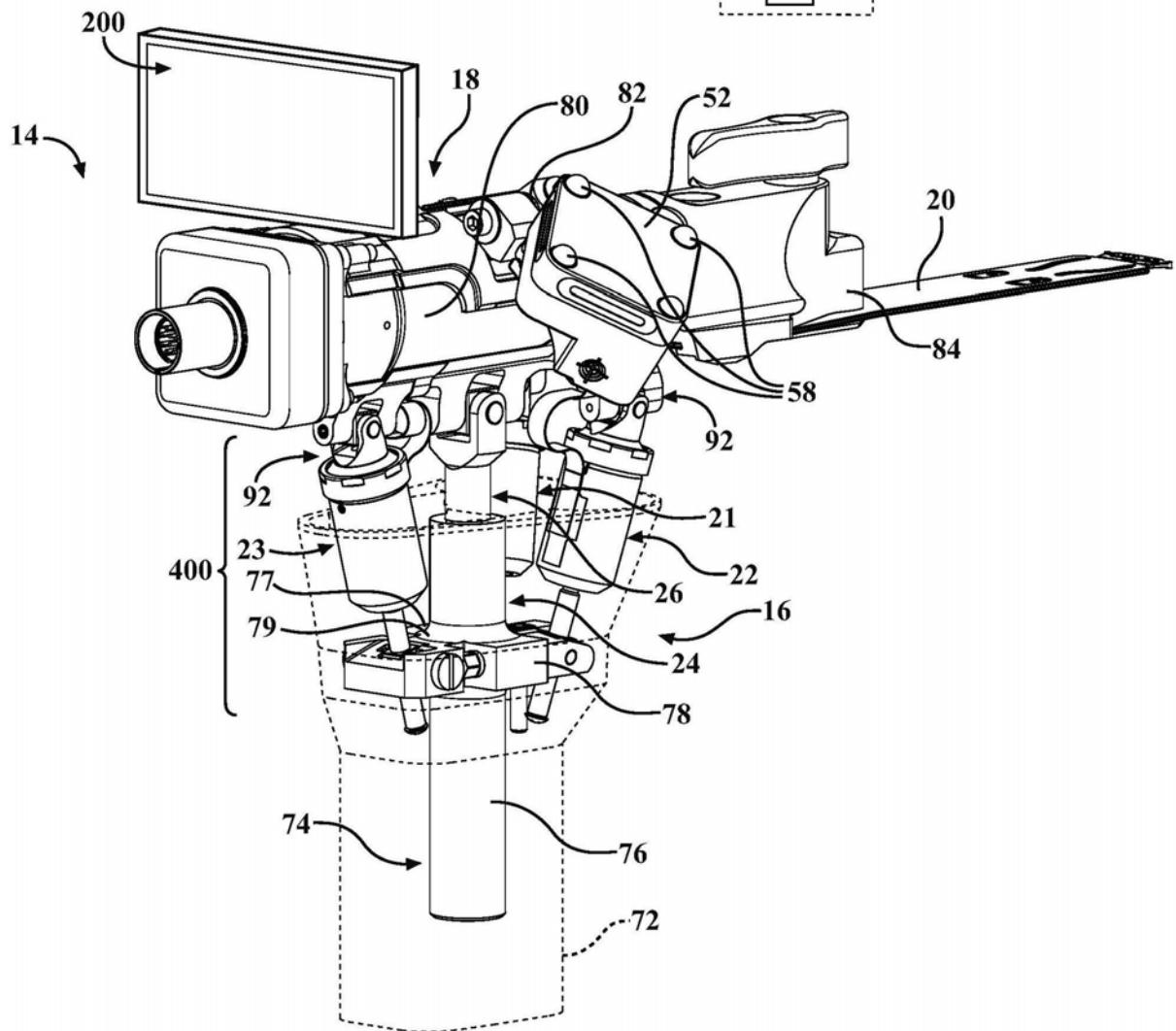


图66

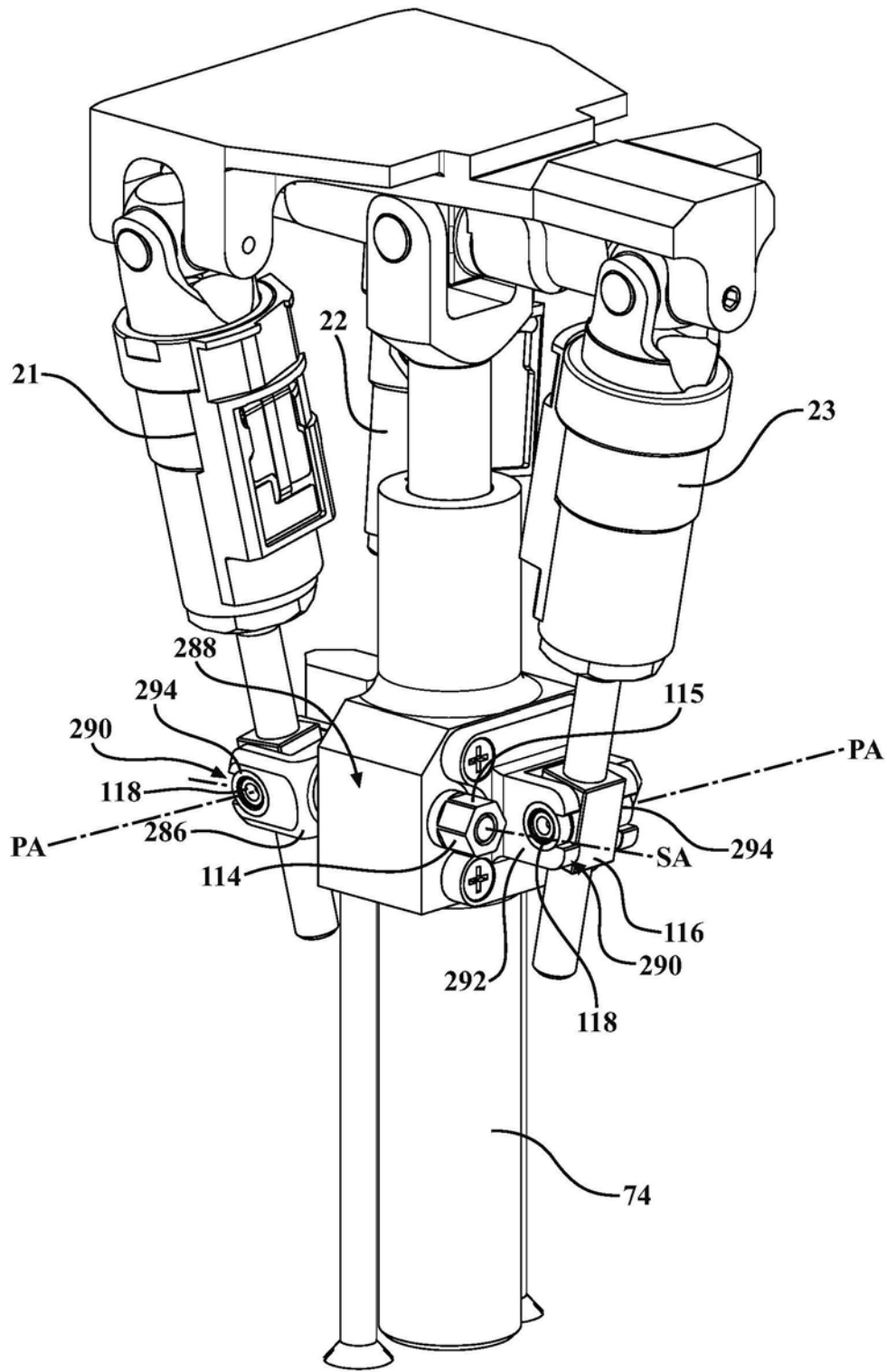


图67

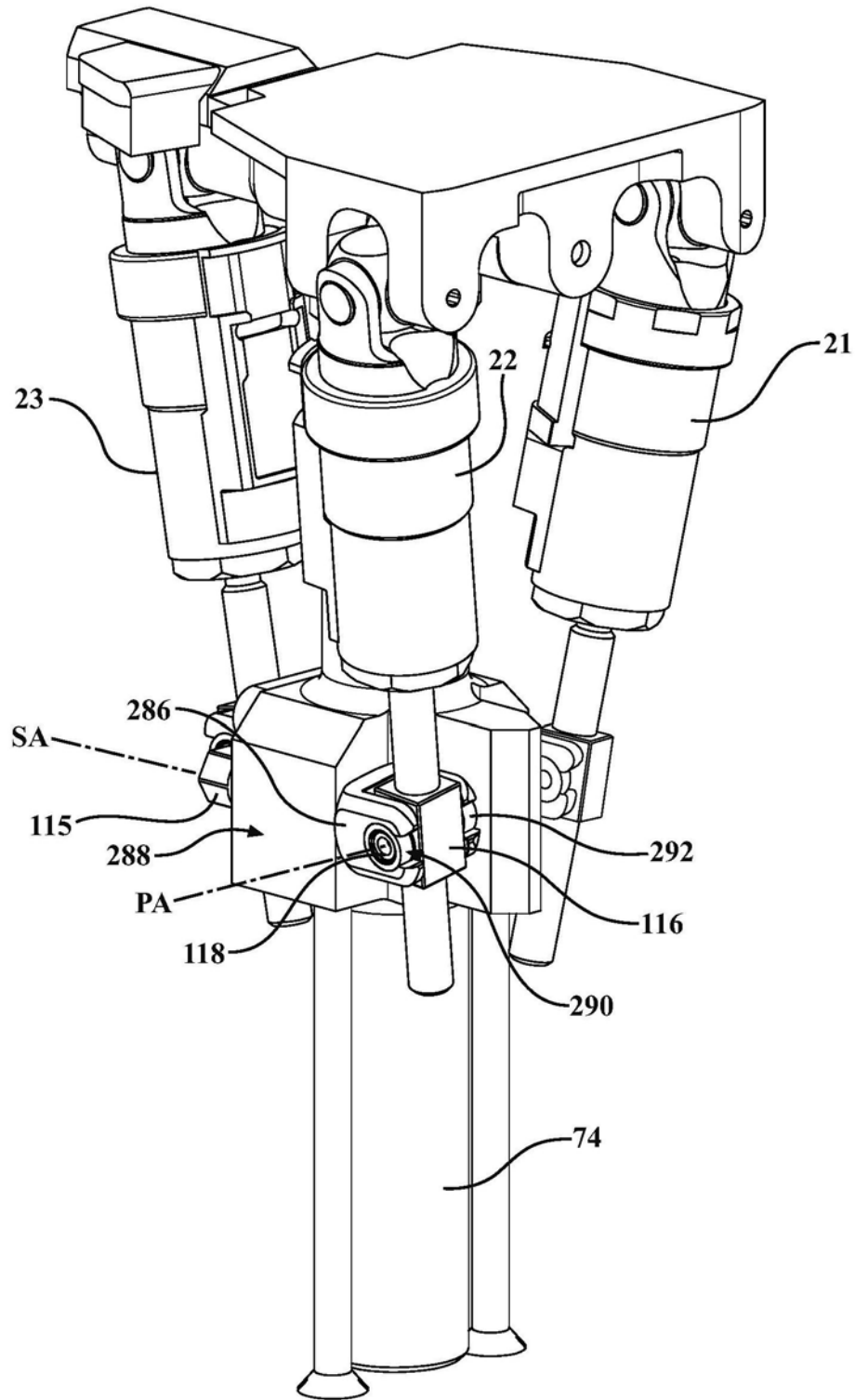


图68

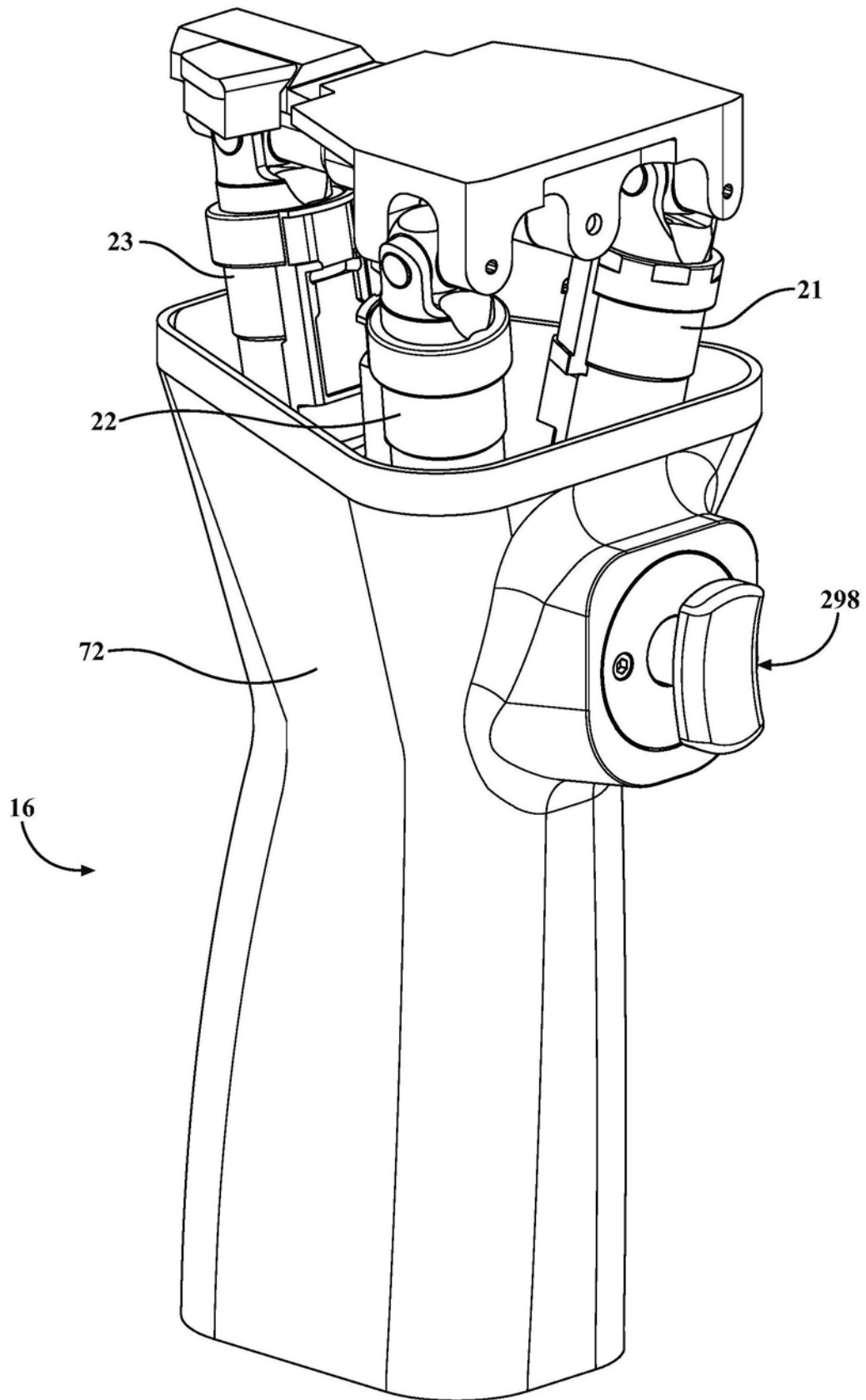


图69

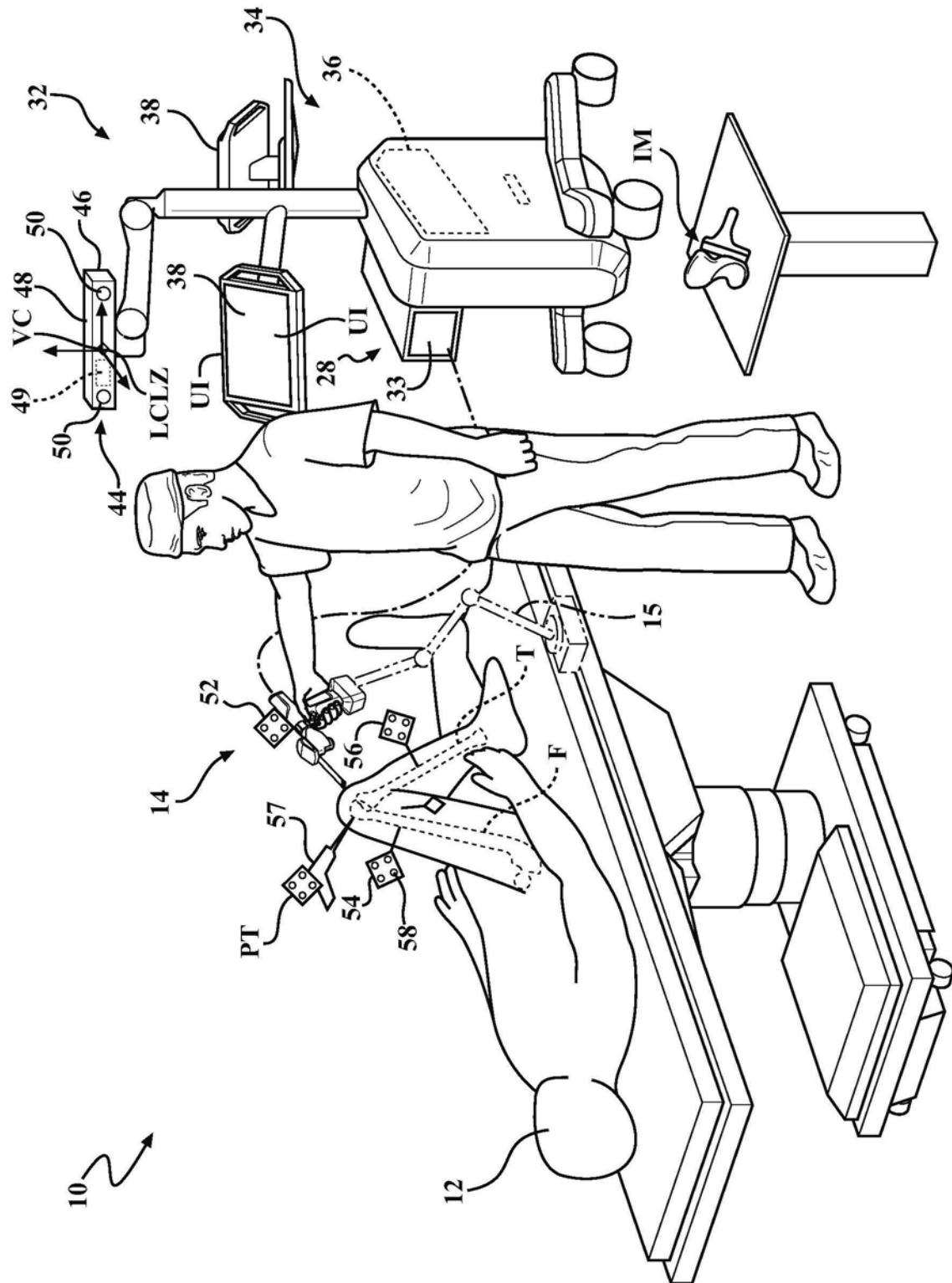


图70