



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111587095 A

(43)申请公布日 2020.08.25

(21)申请号 201980007882.5

(22)申请日 2019.01.09

(30)优先权数据

62/615,590 2018.01.10 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2020.07.09

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/012847 2019.01.09

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2019/139949 EN 2019.07.18

(71)申请人 柯惠LP公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 威廉·派纳 迈尔·罗森贝格

德怀特·梅格兰

(74)专利代理机构 北京金信知识产权代理有限公司 11225

代理人 刘英

(51)Int.Cl.

A61B 34/35(2006.01)

A61B 34/20(2006.01)

A61B 90/00(2006.01)

权利要求书3页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

机器人外科手术系统和控制机器人外科手术系统的方法

(57)摘要

本文公开了机器人外科手术系统和控制机器人外科手术系统的方法。一种所公开的方法包含：用成像装置在固定参考框架中在视觉上捕获外科手术部位内的工具的工具姿态；根据所述固定参考框架中的支撑所述工具的连杆的已知几何布置确定所述连杆的臂姿态；以及响应于控制信号，在所述固定参考框架中操纵所述连杆以将所述工具移动到所需工具姿态。

1. 一种控制外科手术机器人的方法,所述方法包括:

用成像装置在固定参考框架中在视觉上捕获外科手术部位内的第一工具的第一工具姿态;

根据所述固定参考框架中支撑所述第一工具的第一连杆的已知几何布置确定所述第一连杆的第一臂姿态;以及

响应于第一控制信号,在所述固定参考框架中操纵所述第一连杆以将所述第一工具移动到所需第一工具姿态。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中在所述固定参考框架中在视觉上捕获所述第一工具的所述第一工具姿态包含:在由所述成像装置限定的框架中限定所述固定参考框架。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中在所述固定参考框架中在视觉上捕获所述第一工具的所述第一工具姿态包含:用所述成像装置的第一透镜和第二透镜两者捕获所述第一工具姿态。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中在视觉上捕获所述第一工具姿态包含标识所述第一工具上的一个或多个标记的位置。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中在视觉上捕获所述第一工具姿态包含捕获光的红外线光谱内的所述一个或多个标记的位置。

6. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:

用所述成像装置在所述固定参考框架中在视觉上捕获所述外科手术部位内的第二工具的第二工具姿态;

根据所述固定参考框架中支撑所述第二工具的第二连杆的已知几何布置确定所述第二连杆的第二臂姿态;以及

响应于第二控制信号,在所述固定参考框架中操纵所述第二连杆以将所述第二工具移动到所需第二工具姿态。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中确定所述第一臂姿态和确定所述第二臂姿态全部发生在所述固定参考框架内。

8. 根据权利要求1所述的,其进一步包括从机器人外科手术系统的用户界面接收所述控制信号。

9. 一种控制外科手术系统的工具的功能的方法,所述方法包括:

用成像装置捕获外科手术部位的图像;

确定所述外科手术部位内的所述工具相对于目标组织的距离;

当所述工具距所述目标组织的距离在预定距离内时,使得能够激活所述工具的功能;以及

响应于控制信号而激活所述工具的所述功能以用所述工具操纵组织。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中使得能够激活所述工具的所述功能包含向与所述外科手术系统互动的临床医生提供所述功能被启用的视觉标志。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中提供视觉标志包含改变所述外科手术系统的显示器的边框的颜色。

12. 根据权利要求9所述的方法,其进一步包括当所述工具距所述目标组织的距离超出所述预定距离时使得不能激活所述工具的所述功能。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中使得不能激活所述功能包含向与所述外科手术系统互动的临床医生提供所述功能被禁用的视觉标志。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中提供视觉标志包含改变所述外科手术系统的显示器的边框的颜色。

15. 根据权利要求9所述的方法,其进一步包括当所述工具距所述目标组织的距离在所述预定距离内时,所述外科手术系统用所述工具在所述外科手术部位内完成自动化任务。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中完成所述自动化任务包含当所述工具距所述目标组织的距离在所述预定距离内时缝接所述目标组织。

17. 根据权利要求9所述的方法,其进一步包括在使得能够激活所述工具的所述功能之前,验证与所述外科手术系统介接的临床医生的视线是否看向所述外科手术系统的显示器上的启用区。

18. 根据权利要求9所述的方法,其中用所述工具激活所述工具的所述功能以操纵组织包含以下各项中的至少一个:用所述工具夹持组织、用所述工具向组织输送电外科手术能量、用所述工具缝合组织、用所述工具缝接组织或推动所述工具的剪刀穿过组织。

19. 一种外科手术系统,其包括:

成像装置,其被配置成捕获外科手术部位的图像;

具有功能的工具,所述功能被配置成响应于控制信号而操纵组织;以及

处理单元,其与所述成像装置和所述工具通信,所述处理单元被配置成:

根据所捕获的所述图像确定所述工具相对于所述目标组织的距离;以及

当所述工具定位在所述目标组织的预定距离内时,使得能够激活所述工具的所述功能。

20. 根据权利要求19所述的外科手术系统,其进一步包括被配置成提供所述外科手术部位的表示的显示器。

21. 根据权利要求20所述的外科手术系统,其中所述处理单元被配置成提供启用区的表示,所述启用区由所述外科手术部位的所述表示内的所述预定距离限定。

22. 根据权利要求20所述的外科手术系统,其中所述处理单元被配置成在启用所述工具的所述功能时在所述显示器上提供视觉标志。

23. 根据权利要求22所述的外科手术系统,其中所述显示器被配置成在启用所述工具的所述功能时改变所述显示器的边框的颜色。

24. 根据权利要求19所述的外科手术系统,其进一步包括被配置成提供所述外科手术部位的表示的显示器,所述处理单元被配置成在使得能够激活所述工具的所述功能之前验证临床医生的视线是否看向所述显示器。

25. 根据权利要求19所述的外科手术系统,其中所述处理单元被配置成当所述工具在所述目标组织的所述预定距离内时完成自动化任务。

26. 根据权利要求19所述的外科手术系统,其中所述处理单元被配置成当所述工具定位在超出所述目标组织的所述预定距离的位置时,阻止激活所述工具的所述功能。

27. 一种操纵成像装置的方法,所述方法包括:

在所述成像装置的视场内标识所跟踪的质心;

操纵所述成像装置的姿态以将所述所跟踪的质心定位在所述成像装置的所述视场的

中心处；

在所述视场内移动第一工具，使得所述所跟踪的质心在所述成像装置的所述视场内移动；以及

当所述第一工具在所述视场内移动时跟踪所述所跟踪的质心，并且将所述所跟踪的质心维持在所述成像装置的所述视场的所述中心处。

28. 根据权利要求27所述的方法，其中标识所述所跟踪的质心包含将所述所跟踪的质心限定为所述第一工具的第一工具质心。

29. 根据权利要求27所述的方法，其中标识所述所跟踪的质心包含将所述所跟踪的质心限定为所述第一工具的第一工具质心与目标组织之间的点。

30. 根据权利要求27所述的方法，其进一步包括在所述视场内移动第二工具，使得所述所跟踪的质心在所述成像装置的所述视场内移动。

31. 根据权利要求30所述的方法，其中标识所述所跟踪的质心包含将所述所跟踪的质心限定为所述第一工具的第一工具质心与所述第二工具的第二工具质心之间的点。

32. 根据权利要求30所述的方法，其中标识所述所跟踪的质心包含将所述所跟踪的质心限定为在所述第一工具的第一工具质心、所述第二工具的第二工具质心和目标组织之间进行三角测量而得到的点。

33. 根据权利要求27所述的方法，其中操纵所述成像装置的姿态包含移动支撑所述成像装置的外科手术机器人的臂。

34. 根据权利要求27所述的方法，其中跟踪所述所跟踪的质心包含延迟所述成像装置的所述视场的重新居中，直到所述所跟踪的质心偏离所述视场的所述中心达预定距离。

35. 根据权利要求27所述的方法，其中跟踪所述所跟踪的质心包含限制所述成像装置的所述视场的移动速度。

36. 一种外科手术系统，其包括：

第一工具，其至少部分地限定所跟踪的质心；

臂，其能在外科手术部位内移动；以及

成像装置，其支撑在所述臂上并且具有视场，所述成像装置被配置成被操纵以将所述所跟踪的质心维持在所述视场的中心处。

37. 根据权利要求36所述的外科手术系统，其中所述所跟踪的质心限定于所述第一工具的第一工具质心处。

38. 根据权利要求36所述的外科手术系统，其中所述所跟踪的质心限定于所述第一工具的第一工具质心与所述外科手术部位内的目标之间的点处。

39. 根据权利要求36所述的外科手术系统，其进一步包括第二工具，所述所跟踪的质心限定于所述第一工具的第一工具质心与所述第二工具的第二工具质心之间的点处。

40. 根据权利要求36所述的外科手术系统，其进一步包括第二工具，所述所跟踪的质心是在所述第一工具的第一工具质心、所述第二工具的第二工具质心和所述外科手术部位内的目标之间的点处进行三角测量而得到。

机器人外科手术系统和控制机器人外科手术系统的方法

背景技术

[0001] 例如远程手术系统等机器人外科手术系统用于执行微创外科手术过程,其与传统的开放外科手术技术相比具有许多益处,包含疼痛较少、住院时间较短、能更快地恢复正常活动、疤痕极小、恢复时间减少以及对组织的损伤较小。

[0002] 机器人外科手术系统可以具有多个机械臂,其响应于外科医生查看由外科手术部位的图像捕获装置捕获的图像时输入装置的移动而移动附接的器械或工具,例如图像捕获装置、缝合器、电外科器械等。在机器人外科手术过程中,每个工具通过开口(自然开口或切口)插入患者体内,并且定位成在外科手术部位操纵组织。开口围绕患者的身体放置,使得外科手术器械可用于协作执行机器人外科手术过程,并且图像捕获装置可观察外科手术部位。

[0003] 在机器人外科手术过程中,精确了解和控制工具在外科手术部位内的位置非常重要。因此,在机器人外科手术过程中,持续需要用于检测和控制工具在外科手术部位内的位置的系统和方法。

发明内容

[0004] 本公开涉及通过在视觉上捕获外科手术部位内的工具姿态来控制外科手术机器人。在所公开的方法中,一种成像装置捕获外科手术部位内的工具的工具姿态。然后,外科手术机器人确定支撑工具的连杆的臂姿态。然后,外科手术机器人响应于来自临床医生的输入而操纵臂以将工具移动到所需工具姿态。在视觉上确定工具姿态提高工具在外科手术部位内的位置的精确性和分辨率。提高的精确性和分辨率可以用于完成精准移动,并且可有助于完成自动化动作。在视觉上确定工具姿态还消除运动学模型中的偏差,这些偏差是由关节的负载和动态性能引起的。

[0005] 在本文公开的一些方法中,基于在视觉上捕获的工具姿态来启用和禁用工具的功能。当工具的末端执行器在外科手术部位的启用区内时,可以启用所述工具的功能。可以基于目标组织的位置、目标组织的大小、非目标组织相对于目标组织的接近度或工具的功能的类型来确定启用区。包含显示器的用户界面可以控制外科手术机器人。显示器示出外科手术部位的图形表示,并且可以提供启用区的视觉标志和工具的功能的启用/禁用状态。例如,显示器可以具有边框,当启用工具的功能时,所述边框显示一种颜色,而当禁用工具的功能时,所述边框显示另一种颜色。另外或替代地,当启用工具的功能时,显示器可以用一种颜色示出工具,而当禁用工具的功能时,显示器可以用另一种颜色示出工具。可以设想,当工具在启用区中时,外科手术机器人可以使用所述工具在外科手术部位内完成自动化任务。在特定方法中,用户界面可以跟踪临床医生的视线,以在启用工具的功能之前验证临床医生的视线是否聚焦到或看向显示器上启用区的表示。可以设想,通过要求工具在启用区内和/或要求在激活工具的功能之前临床医生的视线看向启用区,可以通过当工具在启用区之外时减少无意地或意外地激活工具功能而增加机器人外科手术过程中的安全性。

[0006] 在某些方法中,成像装置的视图中心可以在外科手术过程中自动地跟踪质心。所

跟踪的质心可以是工具的质心、工具的质心和目标组织之间的点,或多个工具的质心之间的点。所跟踪的质心可以自动指派到外科手术部位内的现用的工具,也可以由临床医生选择性地指派。通过在外科手术过程中自动跟踪质心,临床医生可以将注意力集中在所述过程,而不必专注于移动成像装置。所述方法可包含从机器人外科手术系统的用户界面接收控制信号。

[0007] 在本公开的一方面,一种控制外科手术机器人的方法包含:用成像装置在固定参考框架中在视觉上捕获外科手术部位内的第一工具的第一工具姿态;根据所述固定参考框架中支撑所述第一工具的第一连杆的已知几何布置确定所述第一连杆的第一臂姿态;以及响应于第一控制信号,在所述固定参考框架中操纵所述第一连杆以将所述第一工具移动到所需第一工具姿态。

[0008] 在各方面,在所述固定参考框架中在视觉上捕获所述第一工具的所述第一工具姿态包含:在由所述成像装置限定的框架中限定所述固定参考框架。在所述固定参考框架中在视觉上捕获所述第一工具的所述第一工具姿态可包含:用所述成像装置的第一透镜和第二透镜两者捕获所述第一工具姿态。

[0009] 在一些方面,在视觉上捕获所述第一工具姿态包含标识所述第一工具上的一个或多个标记的位置。在视觉上捕获所述第一工具姿态可包含捕获光的红外线光谱内的所述一个或多个标记的位置。

[0010] 在某些方面,所述方法包含:用所述成像装置在所述固定参考框架中在视觉上捕获所述外科手术部位内的第二工具的第二工具姿态;根据所述固定参考框架中支撑所述第二工具的第二连杆的已知几何布置确定所述第二连杆的第二臂姿态;以及响应于第二控制信号,在所述固定参考框架中操纵所述第二连杆以将所述第二工具移动到所需第二工具姿态。确定所述第一臂姿态和确定所述第二臂姿态可全部发生在所述固定参考框架内。

[0011] 在本公开的另一方面,一种控制外科手术系统的工具的功能的方法包含:用成像装置捕获外科手术部位的图像;确定所述外科手术部位内的所述工具相对于目标组织的距离;当所述工具距所述目标组织的距离在预定距离内时使得能够激活所述工具的功能;以及响应于控制信号而激活所述工具的所述功能以操纵所述工具。

[0012] 在各方面,使得能够激活所述工具的所述功能包含向与所述外科手术系统互动的临床医生提供所述功能被启用的视觉标志。提供视觉标志可包含改变所述外科手术系统的显示器的边框的颜色。

[0013] 在一些方面,所述方法可包含在所述工具距所述目标组织的距离超出所述预定距离时使得不能激活所述工具的所述功能。使得不能激活所述功能可包含向与所述外科手术系统互动的临床医生提供所述功能被禁用的视觉标志。提供视觉标志可包含改变所述外科手术系统的显示器的边框的颜色。

[0014] 在某些方面,所述方法可包含当所述工具距所述目标组织的距离在所述预定距离内时,所述外科手术系统用所述工具在所述外科手术部位内完成自动化任务。完成所述自动化任务可包含当所述工具距所述目标组织的距离在所述预定距离内时缝接所述目标组织。

[0015] 在特定方面,所述方法可包含在使得能够激活所述工具的所述功能之前,验证与所述外科手术系统介接的临床医生的视线是否看向所述外科手术系统的显示器上的启用

区。用所述工具激活所述工具的所述功能以操纵组织可包含以下各项中的至少一个：用所述工具夹持组织、用所述工具向组织输送电外科手术能量、用所述工具缝合组织、用所述工具缝接组织或推动所述工具的剪刀或刀穿过组织。

[0016] 在本公开的另一方面，一种外科手术系统包含：成像装置、工具和处理单元。所述成像装置被配置成捕获外科手术部位的图像。所述工具具有被配置成响应于控制信号而操纵组织的功能。所述处理单元与所述成像装置和所述工具通信，并且被配置成根据捕获的图像确定所述工具相对于所述目标组织的距离，并且当所述工具定位在所述目标组织的预定距离内时，使得能够激活所述工具的所述功能。

[0017] 在各方面，所述外科手术系统包含显示器，所述显示器被配置成提供所述外科手术部位的表示。所述处理单元可被配置成提供启用区的表示，所述启用区由所述外科手术部位的表示内的所述预定距离限定。所述处理单元可被配置成在启用所述工具的所述功能时在所述显示器上提供视觉标志。所述显示器可被配置成在启用所述工具的所述功能时改变所述显示器的边框的颜色。

[0018] 在一些方面，所述外科手术系统包含显示器，所述显示器被配置成提供所述外科手术部位的表示。所述处理单元可被配置成在使得能够激活所述工具的所述功能之前验证临床医生的视线是否看向所述显示器。所述处理单元可被配置成当所述工具在所述目标组织的所述预定距离内时完成自动化任务。所述处理单元可被配置成当所述工具定位在超出所述目标组织的所述预定距离的位置时，阻止激活所述工具的所述功能。

[0019] 在本公开的另一方面，一种操纵成像装置的方法包含：在所述成像装置的视场内标识所跟踪的质心；操纵所述成像装置的姿态以将所述所跟踪的质心定位在所述成像装置的所述视场的中心处；在所述视场内移动第一工具，使得所述所跟踪的质心在所述成像装置的所述视场内移动；以及当所述第一工具在所述视场内移动时跟踪所述所跟踪的质心，并且将所述所跟踪的质心维持在所述成像装置的所述视场的所述中心处。

[0020] 在各方面，标识所述所跟踪的质心包含将所述所跟踪的质心限定为所述第一工具的第一工具质心。替代地，标识所述所跟踪的质心可包含将所述所跟踪的质心限定为所述第一工具的第一工具质心与目标组织之间的点。所述所跟踪的质心可为所述第一工具质心和所述目标组织的质心之间的线的中间点。

[0021] 在一些方面，所述方法包含在所述视场内移动第二工具，使得所述所跟踪的质心在所述成像装置的所述视场内移动。标识所述所跟踪的质心可包含将所述所跟踪的质心限定为所述第一工具的第一工具质心与所述第二工具的第二工具质心之间的点。所述所跟踪的质心可为所述第一工具质心和所述第二工具质心之间的线的中间点。替代地，标识所述所跟踪的质心可包含将所述所跟踪的质心限定为在所述第一工具的第一工具质心、所述第二工具的第二工具质心和目标组织之间进行三角测量而得到的点。

[0022] 在某些方面，操纵所述成像装置的姿态包含移动支撑所述成像装置的外科手术机器人的臂。跟踪所述所跟踪的质心可包含延迟所述成像装置的所述视场的重新居中，直到所述所跟踪的质心偏离所述视场的所述中心达预定距离。跟踪所述所跟踪的质心可包含限制所述成像装置的所述视场的移动速度。

[0023] 在本公开的另一方面，一种外科手术系统包含：第一工具、臂和成像装置。所述第一工具至少部分地限定所跟踪的质心。所述臂可在外科手术部位内移动。所述成像装置支

撑在所述臂上且具有视场。所述成像装置被配置成被操纵以将所述所跟踪的质心维持在所述视场的中心处。

[0024] 在各方面,所述所跟踪的质心限定于所述第一工具的第一工具质心处。替代地,所述所跟踪的质心可限定于所述第一工具的第一工具质心与所述外科手术部位内的目标之间的点处。

[0025] 在一些方面,所述外科手术系统包含第二工具。可在所述第一工具的第一工具质心与所述第二工具的第二工具质心之间的点处限定所述所跟踪的质心。所述所跟踪的质心可在所述第一工具的第一工具质心、所述第二工具的第二工具质心和所述外科手术部位内的目标之间的点处进行三角测量得到。

[0026] 可以预见,可以在现有的机器人外科手术系统的软件中实施本文的方法以提高现有系统的功效。另外,可用专用设备增强本文详述的方法中的一些。

[0027] 此外,在一致的程度上,本文描述的任何方面可与本文描述的任何或所有其它方面结合使用。

附图说明

[0028] 下文参考图式描述本公开的各种方面,所述图式并入本说明书中并且构成本说明书的一部分,在附图中:

[0029] 图1是根据本公开的用户界面和机器人系统的示意性图示;

[0030] 图2是图1的机器人系统的连杆的透视图;

[0031] 图3是外科手术部位的示意性图示,图1的机器人系统的工具插入其中;

[0032] 图4是说明响应于工具的工具姿态而启用图3的的工具的功能的方法的流程图;

[0033] 图5是图1的用户界面的显示器的视图;并且

[0034] 图6是外科手术部位的示意性图示,图1的机器人系统的工具插入其中,所述图示示出用于引导成像装置的视图中心的质心。

具体实施方式

[0035] 现将参考图式详细地描述本公开的实施例,其中相同的附图标记表示若干视图中的每一张中完全相同的或对应的元件。如本文所用,术语“临床医生”指代医生、护士或任何其他医护人员,且可包含辅助人员。在整个描述中,术语“近侧”指代装置的或装置部件的最靠近临床医生或外科手术机械臂的部分,且术语“远侧”指代装置的或装置部件的离临床医生或外科手术机械臂最远的部分。

[0036] 参考图1,根据本公开的机器人外科手术系统1一般示作机器人系统10、处理单元30和用户界面40。机器人系统10通常包含连杆或臂12和机器人基座18。臂12可移动地支撑具有末端执行器22的工具20,所述末端执行器被配置成作用于组织。臂12各自具有支撑工具20的末端14。另外,臂12的末端14可包含成像装置16,用于对外科手术部位“S”进行成像。用户界面40通过处理单元30与机器人基座18通信。

[0037] 用户界面40包含被配置成显示三维图像的显示装置44。显示装置44显示外科手术部位“S”的三维图像,所述三维图像可包含由定位在臂12的末端14上的成像装置16捕获的数据和/或包含由定位在外科手术室周围的成像装置捕获的数据(例如,定位在外科手术部

位“S”内的成像装置、定位成邻近于患者的成像装置、定位在成像连杆或臂52的远侧末端的成像装置56)。成像装置(例如,成像装置16、56)可捕获外科手术部位“S”的视觉图像、红外图像、超声波图像、X射线图像、热图像和/或任何其它已知的实时图像。成像装置向处理单元30传输捕获到的成像数据,所述处理单元根据成像数据实时产生外科手术部位“S”的三维图像,并且向显示装置44传输三维图像以供显示。

[0038] 用户界面40还包含支撑在控制臂43上的输入手柄42,其允许临床医生操纵机器人系统10(例如,移动臂12、臂12的末端14和/或工具20)。输入手柄42中的每一个与处理单元30通信以向所述处理单元传输控制信号并且从所述处理单元接收反馈信号。另外或替代地,输入手柄42中的每一个可包含输入装置(未示出),其允许外科医生操纵(例如,夹持、抓握、启动、打开、关闭、旋转、推进、切片等)支撑在臂12的末端14处的工具20的末端执行器22。

[0039] 输入手柄42中的每一个可移动穿过预定的工作空间以在外科手术部位“S”内移动臂12的末端14。显示装置44上的三维图像被定向,使得输入手柄42的移动移动臂12的末端14,如在显示装置44看到的那样。应了解,显示装置上的三维图像的定向可相对于患者上方的视图而成镜像或旋转。另外,应了解,显示装置44上的三维图像的大小可按比例调整为大于或小于外科手术部位“S”的实际结构,从而允许临床医生拥有外科手术部位“S”内的结构的更佳视图。当输入手柄42移动时,工具20以及末端执行器22在外科手术部位“S”内移动,如下文详细描述。如本文详细描述的,工具20的移动还可包含支撑工具20的臂12的末端14的移动。

[0040] 关于机器人外科手术系统1的构造和操作的详细论述,可参考美国专利第8,828,023号,其全部内容以引用的方式并入本文中。

[0041] 参考图2,机器人系统10被配置成支撑其上的工具20(图1)并且选择性地相对于患者“P”(图1)中的小切口的多个定向上移动工具20,同时将工具20维持在小切口内。臂12包含可枢转地彼此连接的多个细长构件或杆110、120、130、140,以向臂12提供不同的自由度。具体地,臂12包含第一杆110、第二杆120、第三杆130和第四杆140。

[0042] 第一杆110具有第一末端110a和第二末端110b。第一末端110a可旋转地联接到固定结构。固定结构可以是锁定在适当位置的可移动推车102、外科手术台、支柱、手术室壁或存在于手术室中的其它结构。第一电动机“M1”可操作地联接到第一末端110a以使第一杆110围绕第一旋转轴线 A_1 旋转,所述第一旋转轴线穿过横向于第一杆110的纵向轴线的第二末端110a。第一杆110的第二末端110b具有第二电动机“M2”,所述第二电动机可操作地联接到第二杆120的第一末端120a,因此电动机“M2”的致动影响第二杆120相对于第一杆110围绕第二旋转轴线 A_2 的旋转,所述第二旋转轴线被限定为穿过第一杆110的第二末端110b以及第二杆120的第一末端120a。可以预见,第二旋转轴线 A_2 可以横向于第一杆110的纵向轴线以及第二杆120的纵向轴线。

[0043] 第二杆120的第二末端120b可操作地联接到第三杆130的第一末端130a以使第三杆130相对于第二杆120围绕第三旋转轴线 A_3 旋转,所述第三旋转轴线穿过第二杆的第二末端120b以及第三杆130的第一末端130a。第三旋转轴线 A_3 平行于第二旋转轴线 A_2 。第二杆120围绕第二旋转轴线 A_2 的旋转影响第三杆130围绕第三旋转轴线 A_3 的旋转,使得第一杆110和第三杆130维持基本上彼此平行的关系。关于维持第一杆和第三杆基本上彼此平行的关系

的示例性机制的详细描述,可参考2018年1月10日提交的标题为“外科手术机械臂及其带轮组件(SURGICAL ROBOTIC ARMS AND PULLEY ASSEMBLIES THEREOF)”的申请号为62/615,578[代理案卷号#355872.USP1(203-10542PRO)]的美国临时专利申请以及2019年1月9日提交的标题为“外科手术机械臂及其带轮组件(SURGICAL ROBOTIC ARMS AND PULLEY ASSEMBLIES THEREOF)”的申请号为PCT/US2019/12839[代理案卷号#355872W001]的PCT专利申请,其全部内容以引用的方式并入本文中。

[0044] 第三杆130的第二末端130b可操作地联接到第四杆140的第一末端140a。第四杆140相对于第三杆130围绕第四旋转轴线 A_4 旋转,所述第四旋转轴线穿过第三杆130的第二末端130b以及第四杆140的第一末端140a。

[0045] 另外参考图3,第四杆140可呈轨道的形式,所述轨道支撑滑件142。滑件142可沿着平行于第四杆140的纵向轴线的轴线滑动且支撑工具20。

[0046] 在外科手术过程中,机器人系统10接收来自用户界面40的输入命令以移动工具20,从而移动末端执行器22以操纵和/或作用于外科手术部位“S”内的组织。具体地,机械臂12的杆110、120、130、140相对于彼此旋转,并且滑件142响应于输入命令而平移以在外科手术部位“S”内定位和定向工具20。为了控制机械臂12,机器人系统10根据输入命令计算工具20的所需工具姿态、捕获工具20的工具姿态,并且操纵机械臂12以将工具20移动到所需工具姿态。根据所需工具姿态,机器人系统10计算机械臂12的所需臂姿态以实现所需工具姿态。然后,机械臂12响应于用户界面40(图1)捕获的输入而确定要操纵杆110、120、130、140中的哪些以达成所需臂姿态,并且因此达成外科手术部位“S”内的工具20的所需工具姿态。

[0047] 为了确定机械臂12的臂姿态,机器人系统10用定位在外科手术部位“S”内的成像装置或内窥镜200来捕获外科手术部位“S”内的工具20的位置和定向或工具姿态。如下文中详细描述,内窥镜200被描述成捕获外科手术部位内的工具姿态;然而,可以设想,可以使用成像装置,并且所述成像装置中的每一个可以包含单个或多个透镜以捕获二维或三维图像。

[0048] 内窥镜200可以固定在外科手术部位“S”内,可以由外科手术室内的临床医生操纵,或者可以附接到另一机械臂12,使得可以在外科手术过程中操纵内窥镜200的位置和定向。机器人系统10使用已知技术使用内窥镜200在视觉上捕获外科手术部位“S”内的工具20的工具姿态。工具20可包含标志以辅助捕获工具姿态,其可包含(但不限于)使用不同的颜色、不同的标记、不同的形状或其组合。可以相对于内窥镜200在相机框架中捕获工具20的工具姿态,并且将所述工具姿态转换到外科手术部位“S”的框架、工具20的框架、机械臂12的框架或任何其它所需参考框架。可以预见,将工具20的工具姿态转换到固定框架可能是有益的。

[0049] 根据工具20的工具姿态,机器人系统10可以用机械臂12的已知运动学特性来计算机械臂12的臂姿态,从工具20的工具姿态开始计算并朝着第一杆110进行。通过根据工具20的工具姿态计算机械臂12的臂姿态,将工具20移动到外科手术部位“S”内的所需工具姿态的解决方案考虑了机械臂12或工具20在承受负载时的任何变形。另外,通过根据工具姿态计算臂姿态,无需知道固定结构(例如,可移动推车102)的位置、无需知道臂12的第一杆110(图2)联接至哪里,也无需确定将工具20移动到所需工具姿态的解决方案。在计算解决方案时,机器人系统10考虑了臂12与其它臂12、外科手术室内的临床医生、患者或外科手术室

的其它结构的任何可能的碰撞。此外,通过在共同框架(例如,单个内窥镜的相机框架)中计算工具姿态和/或臂姿态,可以通过用每个臂(例如,臂12)的运动学特性同时计算工具和/或臂的姿态以计算杆(例如,杆110)的位置,从而估计臂12的可能碰撞。

[0050] 可以设想,机器人系统10可以用于通过内窥镜200同时捕获多个工具20的工具姿态。通过捕获多个工具20的工具姿态,可以高精度地控制工具20与工具20的末端执行器22的交互作用。这种高精度的控制可以用于完成自动化任务;例如,缝接组织。可以预见,通过使用单个内窥镜200捕获多个工具20的工具姿态,可以通过在自动化任务的持续期间减少将高精度的工具姿态从相机框架转换到另一框架的需要而提高自动化任务的速度和准确性。

[0051] 可以设想,可以使用一个以上的相机和/或内窥镜200来同时捕获外科手术部位“S”内的工具20的工具姿态。应了解,当使用多个相机时,将工具20的位置和定向转换到除由相机之一限定的框架之外的框架可能是有益的。

[0052] 可以设想,根据所捕获的工具姿态确定臂姿态允许根据所捕获的工具姿态和臂12的运动学特性确定支撑每个臂12的可移动推车102的位置。在外科手术过程完成之后,可以确定外科手术过程的效率并记录可移动推车102的位置。通过将外科手术过程中的可移动推车102的位置与高效率等级进行比较,可以提供用于给定过程的可移动推车102的导向或推荐位置以提高未来外科手术过程的效率。提高外科手术过程的效率可以减少成本、减少外科手术时间和恢复时间,同时改善外科手术效果。

[0053] 继续参考图3且另外参考图4,根据本公开揭示一种响应于捕获的姿态而启用和禁用工具20的功能的方法。在外科手术过程中,内窥镜200用于确定外科手术部位“S”内的解剖结构的位置。可以在外科术前扫描中登记解剖结构的位置,从而可以在外科手术部位“S”内标识目标组织“T”。可以在外科手术过程之前和/或外科手术过程中标识目标组织“T”,并且执行外科手术的临床医生或远程操作外科手术过程的临床医生可以标识目标组织“T”。

[0054] 在标识出目标组织“T”的情况下,围绕目标组织“T”创建启用区“EZ”,使得仅当工具20的末端执行器22在启用区“EZ”内时才允许激活工具20的功能。通过使得仅当末端执行器22在启用区“EZ”内时才允许激活工具20的功能,可以防止无意地或意外地激活工具20。

[0055] 启用区“EZ”是基于与目标组织“T”相邻的外科手术部位“S”内的几何位置。启用区“EZ”的大小可以基于工具20的一个或多个功能(例如,夹持、输送电外科手术能量、缝合、缝接、推进刀等)。启用区“EZ”还可以基于其它解剖结构与目标组织“T”的接近度。例如,其它解剖结构与目标组织“T”间隔开时的启用区“EZ”可以大于其它解剖结构接近或与目标组织“T”接触时的启用区。可以在外科手术过程之前或外科手术过程期间手动地设置启用区“EZ”,或可以基于工具20的功能自动地设置启用区“EZ”。可以设想,针对给定的外科手术过程,目标组织“T”可能处于外科手术部位“S”中的多个位置。在此类外科手术过程中,外科手术部位“S”可以包含围绕每个目标组织“T”的启用区“EZ”。

[0056] 另外参考图5,显示器44上可以显示启用区“EZ”的图形表示。启用区“EZ”可以显示为围绕目标组织“T”的云状,也可以显示为清晰状,而此时启用区“EZ”外的区域则显示为云状。另外或替代地,显示器44上另一形式的视觉描绘可以表示启用区“EZ”。

[0057] 如上所述,在外科手术过程中,相机捕获工具20的工具姿态。当机器人系统10根据工具姿态确定末端执行器22在启用区“EZ”外时,机器人系统10阻止临床医生激活工具20的

功能。可以设想,显示器44还可提供工具20的功能被禁用的视觉指示。例如,显示器44上的边框45可呈红色,工具20或工具20的一部分的颜色(例如,末端执行器22)可呈红色。另外或替代地,用户界面40的输入手柄42(图1)上的激活按钮(未示出)可提供工具20的功能被禁用的视觉指示(例如,背后亮红色的光)。

[0058] 当机器人系统10根据工具姿态确定末端执行器22进入启用区“EZ”时,机器人系统10启用工具20的功能。当工具20进入启用区“EZ”时,显示器44可提供工具20的功能被启用的视觉指示。例如,显示器44上的边框45可呈绿色,工具20或工具20的一部分(例如,末端执行器22)可呈绿色。另外或替代地,用户界面40的输入手柄42(图1)上的激活按钮(未示出)可提供工具20的功能被启用的视觉指示(例如,背后亮绿色的光)。

[0059] 可以预见,在外科手术过程中,多个工具20在外科手术部位“S”内。工具20可基于相应工具的末端执行器22相对于目标组织“T”的启用区“EZ”的位置而独立地启用工具20的功能。替代地,可以设想,在多个工具位于外科手术部位“S”内的情况下,仅当两个末端执行器22都位于启用区“EZ”内时才可启用工具20的功能。当工具20一起协作以作用于目标组织“T”时,以此方式限制启用功能可为优选的。

[0060] 所述方法可包含在启用工具20的功能之前,验证与用户界面40互动的临床医生的视线是否看向显示器44上的启用区“EZ”。具体地,在外科手术过程中,用户界面40跟踪与其互动的临床医生的视线。当内窥镜200确定工具20之一的末端执行器22进入启用区“EZ”时,用户界面40验证与用户界面40互动的临床医生的视线是否看向显示器44的一部分,所述部分包含目标组织“T”和/或启用区“EZ”的表示。在启用工具20的功能之前,要求临床医生的视线看向目标组织“T”或启用区“EZ”为外科手术过程提供了额外的安全性。

[0061] 如上文详细描述,内窥镜200可以围绕外科手术部位“S”移动。可以设想,当内窥镜200围绕外科手术部位“S”移动时,工具20的功能将被禁用,直到内窥镜200的位置固定为止。通过在内窥镜200围绕外科手术部位“S”移动时禁用工具20的功能向外科手术过程提供额外的安全性。

[0062] 参考图6,利用上文详细描述,机器人外科手术系统1描述一种用于在外科手术过程中改变成像装置或内窥镜200的视图中心和/或视场的方法。在外科手术过程中,外科手术部位“S”的视图可以跟踪外科手术部位“S”内的工具20的末端执行器22。通过跟踪工具20的末端执行器22,可以将与用户界面40互动的临床医生的注意力或焦点导向外科手术过程,而不会因为视线看向内窥镜200的视图中心而分散注意力或消耗注意力。

[0063] 内窥镜200设置在机器人系统10(图2)的臂12上,使得机器人系统10可以在外科手术过程中操纵内窥镜200。一开始,将内窥镜200引入外科手术部位“S”,使内窥镜的视图中心导向关注区域。关注区域可以是工具20的末端执行器22进入外科手术部位“S”的入口点,或者关注区域可以被导向外科手术部位“S”内的目标组织“T”。另外,可以将内窥镜200的视场设置成涵盖外科手术部位“S”的较大区域。

[0064] 在设置内窥镜200的视场和视图中心“CV”后,将工具20的末端执行器22置于内窥镜200的视场“FV”内。然后,内窥镜200用于确定工具20的工具姿态,如上文详细描述。根据工具姿态,可以确定末端执行器22的质心“C₁”。使内窥镜200的视图中心重新居中以导向末端执行器22的质心“C₁”,使得内窥镜200跟踪质心“C₁”。如本文所用,应了解,质心可包含特征等,或在数学上可计算的位置。

[0065] 在外科手术过程中,应了解,末端执行器22的质心“C₁”围绕外科手术部位“S”移动。当质心“C₁”移动时,内窥镜200的视图中心“CV”重新居中以跟踪末端执行器22的质心“C₁”。通过在外科手术过程中使内窥镜200的视图中心“CV”重新居中,可以将临床医生的注意力和焦点导向外科手术过程。

[0066] 可以用使得移动的视图中心“CV”不分散查看显示器44(图1)临床医生的注意力的方式来进行重新居中。以如下方式进行重新居中:可以控制重新居中的速度以确保在视图中心“CV”重新居中期间有感知上适当的体验。重新居中可以实施质心“C₁”的停留时间,以使重新居中顺利进行。重新居中还可以具有内窥镜200的视图中心“CV”的最大速度。另外,重新居中还可以在移动开始和结束时对内窥镜200的视图中心“CV”的加速/减速进行塑造,从而保持视图中心“CV”的重新居中以使与用户界面40互动的临床医生感到舒适。此外,重新居中可以并入滞后形式,以防止视图中心“CV”持续追赶末端执行器22。例如,可能直到末端执行器22的质心(例如,质心“C₁”)从内窥镜的视图中心“CV”偏移预定距离(例如,约3cm),才会发生重新居中。可以预见,重新居中可以完全自动化,也可以根据临床医生的判断选择性地激活。

[0067] 可以设想,内窥镜200的视图中心可以跟踪质心“C₂”,所述质心位于末端执行器22的质心“C₁”和目标组织“T”之间。另外,内窥镜200可以基于末端执行器22的质心“C₁”与目标组织“T”之间的距离来调节其视场“FV”,使得当末端执行器22接近目标组织“T”时,内窥镜200放大或缩小视场“FV”的大小。另外,当末端执行器22移动远离目标组织“T”时,内窥镜200缩小或增大视野“FV”的大小。

[0068] 在外科手术过程中,外科手术部位“S”内有两个工具20,内窥镜200的视图中心“CV”可以跟踪质心“C₄”,所述质心在第一末端执行器22的质心“C₁”和第二末端执行器22的质心“C₃”之间居中。通过用内窥镜200的视图中心“CV”跟踪质心“C₄”,临床医生可以观察到第一末端执行器22和第二末端执行器22的交互作用。另外,内窥镜200可以基于质心“C₁”和“C₃”之间的距离来改变其视场“FV”的大小。替代地,内窥镜200的视图中心“CV”可以追踪质心“C₂”,所述质心在第一末端执行器22的质心“C₁”和目标组织“T”之间居中并且忽略第二末端执行器22的质心“C₃”。应了解,也可将滞后形式引入跟踪内窥镜200的视图中心“CV”的质心“C₄”。

[0069] 在外科手术过程中,外科手术部位“S”内有两个以上的工具20,内窥镜200的视图中心“CV”可以跟踪质心(例如,质心“C₄”),其以类似于上文关于两个工具20详细描述的方式在现用的末端执行器22的质心(例如,质心“C₁”和“C₃”)之间居中。当现用的末端执行器22在外科手术部位“S”内改变时,内窥镜200的视图中心“CV”在现用的末端执行器22之间的质心上重新居中。

[0070] 虽然已经在附图中示出本公开的若干实施例,但并不旨在将本公开限制于此,而是旨在使本公开的范围与本领域所允许的范围一样宽,并且同样地阅读说明书。还可以预见上述实施例的任何组合,并且上述实施例的任何组合在所附权利要求的范围内。因此,上文的描述不应解释为限制性的,而仅仅是作为特定实施例的范例。本领域的技术人员将在所附权利要求书的范围内预见其它修改。

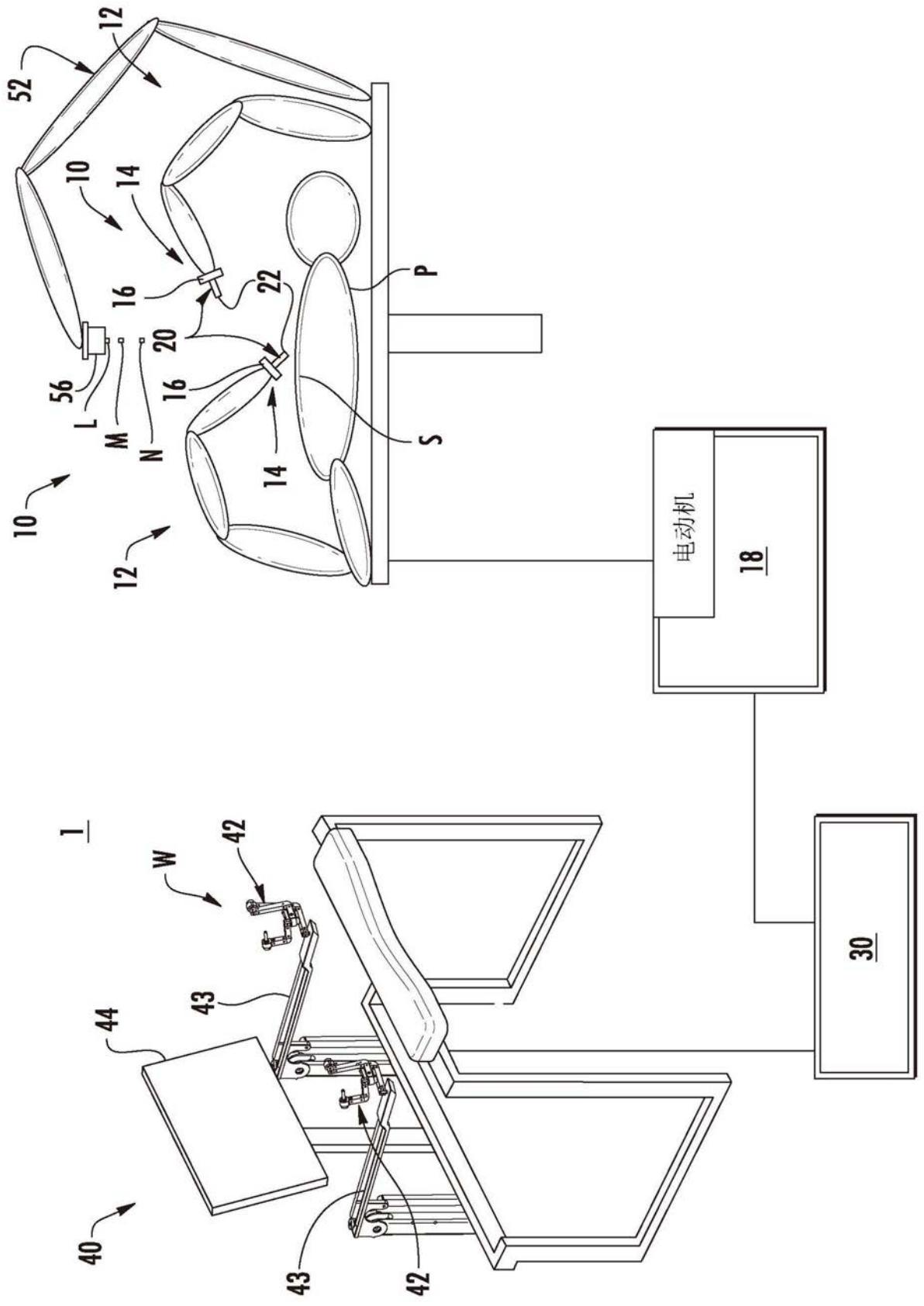


图1

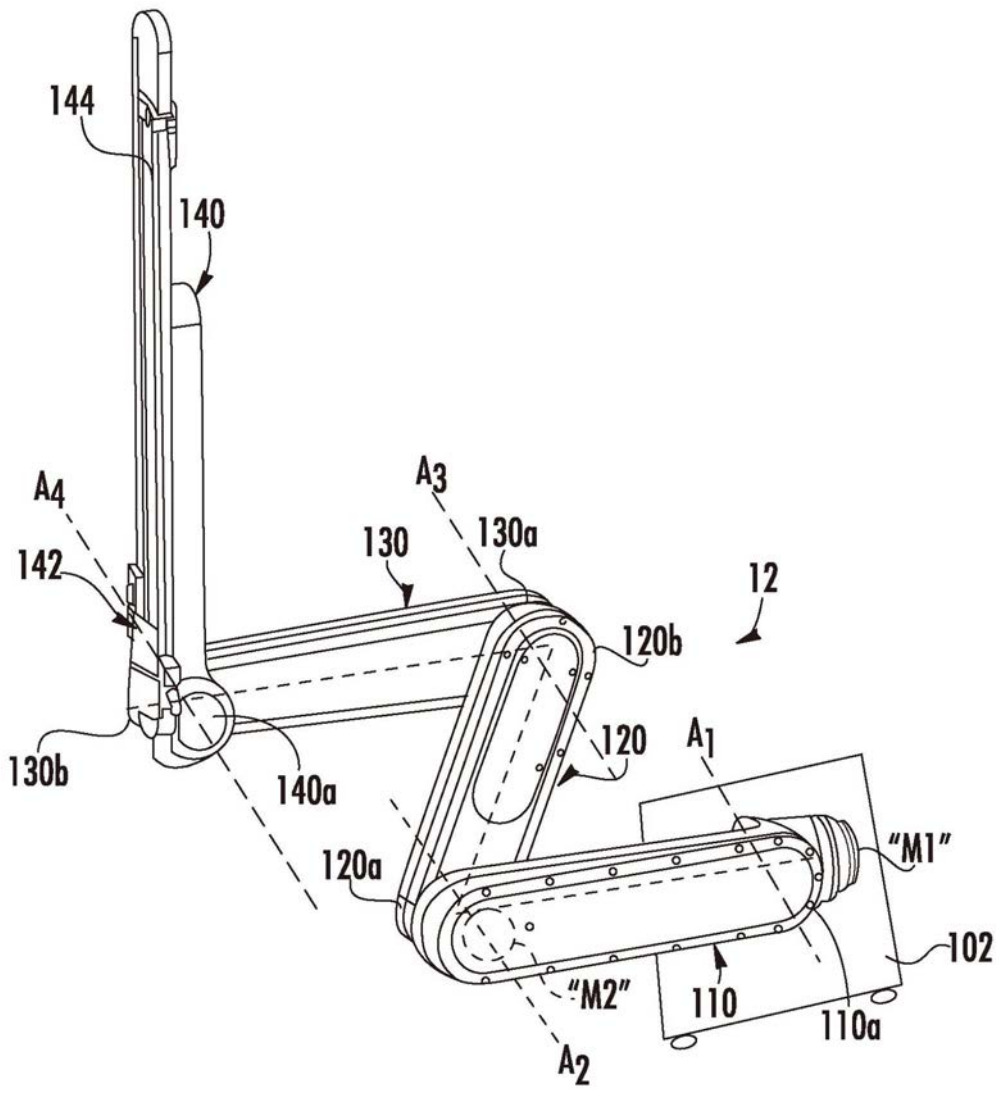


图2

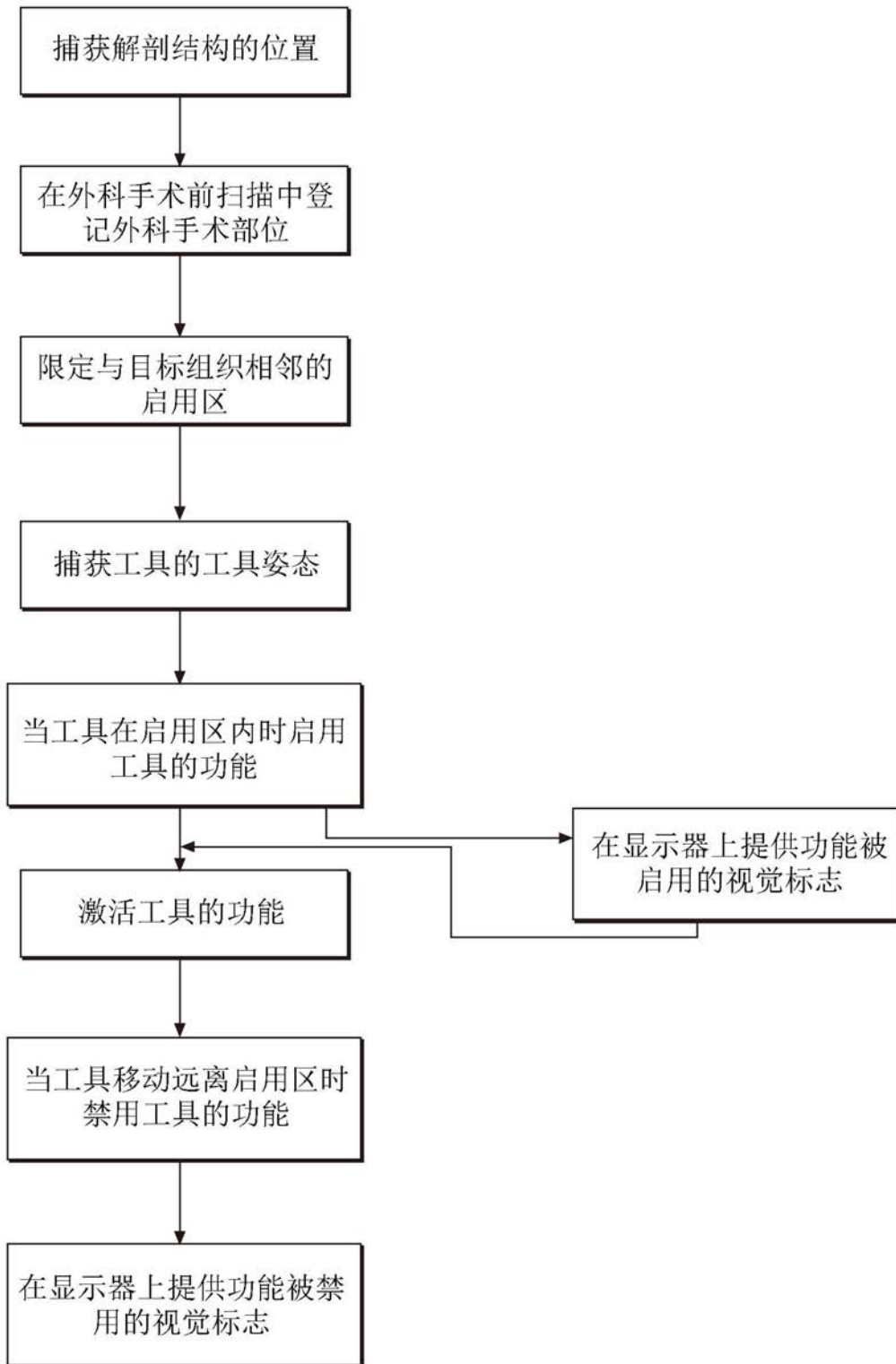


图4

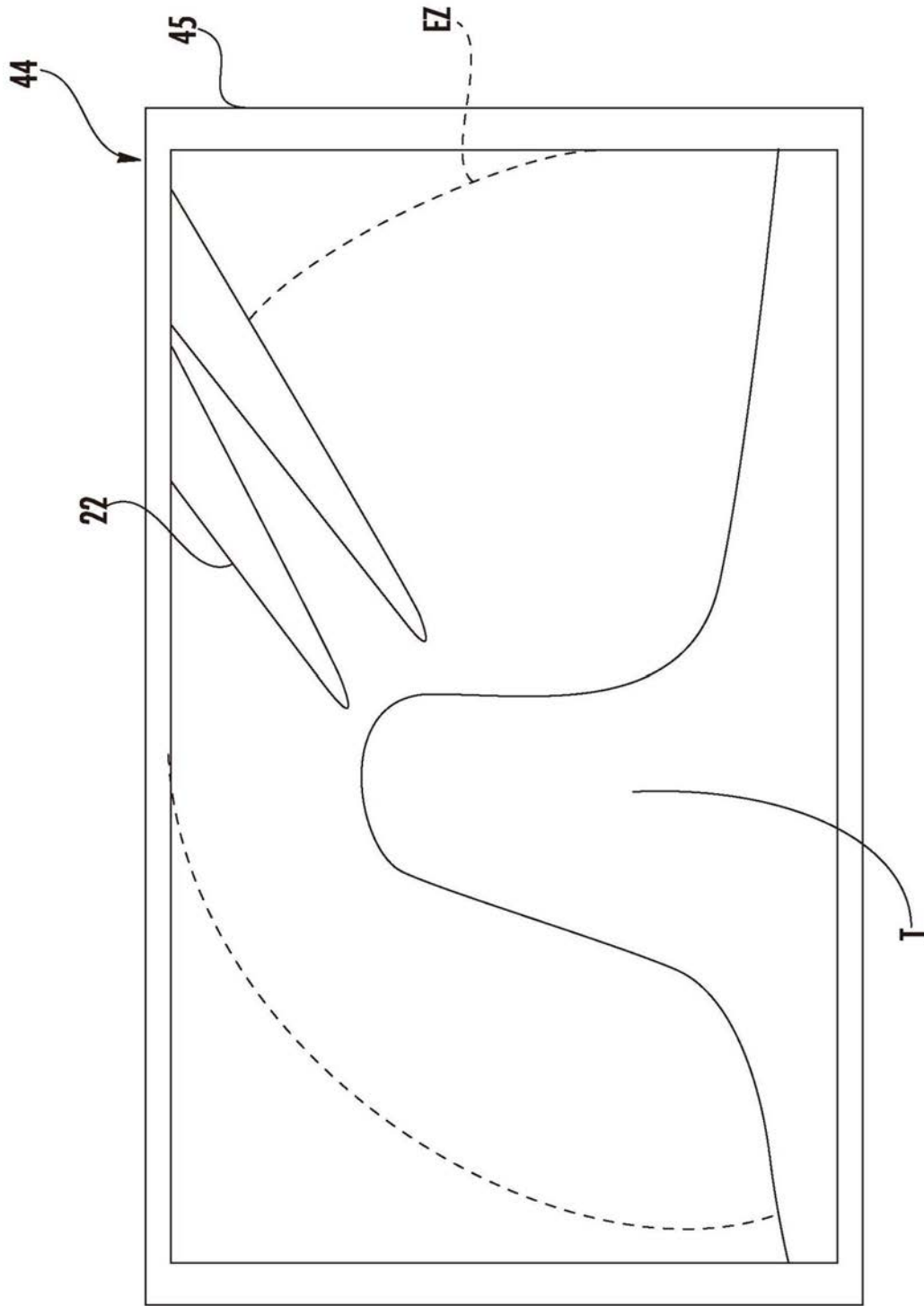


图5

