(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114746043 A
(43)申请公布日 2022.07.12

(21)申请号 202080081583.9

(22)申请日 2020.09.28

(30)优先权数据
62/906,413 2019.09.26 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.05.24

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/053092 2020.09.28

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/062373 EN 2021.04.01

(71)申请人 史赛克公司
地址 美国密歇根州

(72)发明人 J·G·瓦伦 Z·博尔图斯 Z·肯普 D·塔隆

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 王丽军

(51)Int.Cl.
A61B 34/10(2006.01)
A61B 34/20(2006.01)
A61B 17/16(2006.01)
A61B 34/00(2006.01)
A61B 90/00(2006.01)
A61B 17/00(2006.01)

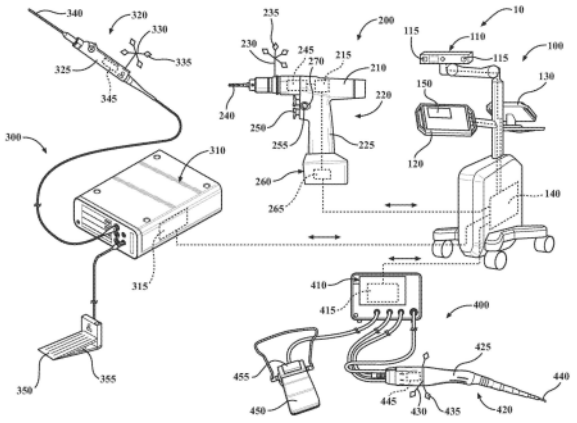
权利要求书17页 说明书58页 附图27页

(54)发明名称

外科导航系统

(57)摘要

本公开总体上涉及一种外科系统。外科系统包括一个或多个外科器械组件和/或外科导航系统。外科器械组件包括能够被外科导航系统跟踪的跟踪设备。外科系统还被配置为允许用户定义一个或多个与患者的解剖结构和/或外科手术路径相关的警报区域。外科系统进一步包括与外科导航系统通信的警报设备，使得警报设备被配置为基于由外科导航系统确定的外科器械相对于所定义的警报区域和/或外科手术路径的位置而向外科医生或医务人员提供用户可感知的警报。



CN 114746043 A

1.一种外科系统,其被配置为允许医务人员在已知坐标系中定义与患者的关键结构相关的警报区域,以帮助医务人员对患者进行外科手术,所述外科系统包括:

导航系统;

控制台,其包括与导航系统通信的控制处理器;

包括钻杆的高速外科器械,所述高速外科器械包括与所述控制处理器通信的变速电机,所述变速电机被配置为使所述钻杆以大于每分钟70,000转的第一切割速度和低于每分钟70,000转但高于每分钟60,000转的第二切割速度旋转;和

脚踏开关,用于控制所述高速外科器械的所述变速电机的操作,与所述控制处理器通信;

其中,导航系统被配置为主动地确定所述钻杆相对于已知坐标系中的警报区域的位置;

其中,导航系统被配置为:当导航系统确定所述钻杆进入警报区域时,向所述控制处理器发送信号,以操纵所述高速外科器械的所述变速电机,使所述钻杆的旋转从所述第一切割速度转变到所述第二切割速度;并且

其中,当所述钻杆从所述第一切割速度转变到所述第二切割速度时所述钻杆从所述第一切割速度到所述第二切割速度的转变产生可感知的变化,以通知医务人员所述钻杆已经进入所述警报区域。

2.根据权利要求1所述的外科系统,其中,当所述钻杆从所述第一切割速度转变到所述第二切割速度时所述钻杆从所述第一切割速度到所述第二切割速度的转变在所述高速外科器械中产生触觉上可感知的变化,以通知医务人员所述钻杆已经进入所述警报区域。

3.根据权利要求1所述的外科系统,其中,所述脚踏开关能够在第一位置和第二位置之间移动;并且

其中,所述变速电机被配置为在脚踏开关处于所述第一位置时被停用,并且所述变速电机被配置为在脚踏开关不处于所述第一位置时使钻杆以每分钟最少60,000转的速度旋转。

4.根据权利要求3所述的外科系统,其中,在所述钻杆进入所述警报区域时,从所述导航系统接收到所述信号以将所述变速电机从所述第一切割速度操纵到所述第二切割速度之后,所述控制处理器被配置为:在用户移动所述脚踏开关时操纵所述高速外科器械的所述变速电机以使所述钻杆的旋转返回到所述第一切割速度。

5.根据权利要求4所述的外科系统,其中,所述移动所述脚踏开关被定义为将所述脚踏开关移动到所述第一位置并重新定位所述脚踏开关以使其不在所述第一位置。

6.根据权利要求1所述的外科系统,还包括听觉警报设备,所述听觉警报设备被配置为当所述钻杆进入所述警报区域时发出警报声。

7.根据权利要求1所述的外科系统,还包括与所述医务人员接触的触觉警报设备,所述触觉警报设备被配置为当所述钻杆进入所述警报区域时发出能够被所述医务人员感知到的触觉警报。

8.根据权利要求7所述的外科系统,其中,所述触觉警报设备被联接到所述脚踏开关,所述触觉警报设备包括在被激活时振动的电机,使得所述电机的所述振动提供能够在用户的脚中被感觉到的物理警报,用户的脚与所述脚踏开关接触用于控制所述高速外科器械的

所述变速电机的操作。

9.根据权利要求1所述的外科系统,其中,所述警报区域包括用户可选择的第一边界和与所述第一边界相关的用户可选择的深度。

10.根据权利要求1所述的外科系统,还包括与医务人员接触的听觉警报设备和触觉警报设备中的至少一个,当所述钻杆进入所述警报区域时,所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的每一个都能够产生由医务人员感知的警报。

11.根据权利要求10所述的外科系统,其中,所述警报区域包括第一警报区域和第二警报区域,其中,所述导航系统是可配置的以允许用户将第一通知类型或第二通知类型之一分配给所述第一警报区域、所述第二警报区域、或其组合;并且

其中,导航系统是可配置的以基于所述钻杆的位置、第一警报区域、第二警报区域、以及被分配给所述第一警报区域或所述警报区域中的所述一个的所述第一通知或所述第二通知来操纵所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的一个。

12.根据权利要求1所述的外科系统,还包括能够产生第一通知的听觉警报设备和能够产生第二通知的触觉警报设备中的至少一个;

其中,所述警报区域包括用户可选择的第一边界和用户可选择的第二边界;

其中,导航系统是可配置的以允许用户将所述第一通知或所述第二通知中的一个分配给所述第一边界或所述第二边界中的任一个;并且

其中,导航系统是可配置的以基于所述钻杆相对于所述第一边界或所述第二边界的位置来操纵所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的一个,以产生所述第一通知或所述第二通知中的一个。

13.根据权利要求1至12中任一项所述的外科系统,其中,所述导航系统包括图形用户界面(GUI),其包括针对所述警报区域的图形,所述警报区域能够通过操纵所述图形用户界面(GUI)来选择。

14.根据权利要求13、在考虑权利要求10或11时的外科系统,其中,所述图形用户界面(GUI)被配置为提供用户可选择的图标,所述用户可选择的图标被配置为在所述钻杆进入所述警报区域之后禁用所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的至少一个。

15.根据权利要求9所述的外科系统,其中,所述控制处理器被配置为:基于所述钻杆的位置在所述警报区域外面达预定的时间段并且随后返回警报区域而重新激活所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的被禁用的所述至少一个。

16.根据权利要求9所述的外科系统,其中,所述控制处理器被配置为在所述钻头移动时重新激活所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的被禁用的所述至少一个。

17.根据权利要求9所述的外科系统,还包括能够生成用户输入信号的用户输入设备,所述控制处理器被配置为基于所述用户输入信号使所述钻杆返回到所述第一切割速度,其中所述控制处理器被配置为基于所述钻杆的位置在所述警报区域外面达预定时间并且随后返回警报区域而使所述钻杆返回到所述第一切割速度。

18.根据权利要求1所述的外科系统,其中,所述导航系统包括图形用户界面(GUI),所述图形用户界面(GUI)包括针对所述警报区域的图形,所述警报区域能够通过操纵所述图形用户界面(GUI)来选择;并且

其中,在所述钻杆进入所述警报区域时,所述图形用户界面(GUI)还被配置为提供用户

可选择的按钮，所述用户可选择的按钮被配置为向所述控制处理器发送命令以操纵所述高速外科器械的所述变速电机，将所述钻杆的旋转从所述第二切割速度转变回所述第一切割速度。

19.根据权利要求1至14中任一项所述的外科系统，还包括用于联接到所述高速器械的器械跟踪器和用于联接到所述患者的患者跟踪器。

20.根据权利要求1至19中任一项所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为至少部分地基于分割算法来定义边界，所述边界至少部分地定义所述警报区域。

21.根据权利要求20所述的外科系统，其中，所述导航系统还被配置为提供用户可选择的对象，所述用户可选择的对象被配置为允许用户操纵由所述分割算法提供的所述边界。

22.根据权利要求1至19中任一项所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为定义与患者的关键结构相关的第一边界，并且投射与所述第一边界间隔开第一距离的第二边界，所述第一边界和所述第二边界限定代表警报区域的空间；

其中，所述导航系统被配置为：在所述钻杆进入代表所述警报区域的空间时向所述控制处理器发送信号以操纵所述高速外科器械的所述变速电机，使所述钻杆的旋转从所述第一切割速度转变到所述第二切割速度。

23.根据权利要求22所述的外科系统，其中，所述第二边界被投射在距所述第一边界用户可选择的距离处。

24.根据权利要求22所述的外科系统，其中，所述第二边界被基于用户可选择的深度投射在相对于所述第一边界的所述第一距离处。

25.根据权利要求23或24所述的外科系统，其中，所述第二边界包括垂直于所述第一边界的网格的网格。

26.根据权利要求1至19中任一项所述的外科系统，其中，所述警报区域包括被定义的空间，并且所述导航系统被配置为：当所述导航系统确定所述钻杆进入所述空间时向所述控制处理器发送信号以操纵所述高速外科钻杆的所述变速电机，使所述钻杆的旋转从所述第一切割速度转变到所述第二切割速度。

27.根据权利要求1至19中任一项所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为：当导航系统确定所述钻杆与所述边界相邻或在其远侧时向所述控制处理器发送信号以操纵所述高速外科器械的所述变速电机，使所述钻杆的旋转从所述第一切割速度转变到所述第二切割速度。

28.根据权利要求1至27中任一项所述的外科系统，其中，在所述导航系统在定义的时间段内不能确定所述钻杆相对于患者的位置时，所述导航系统还被配置为向所述控制处理器传送第二信号以使所述高速外科器械的所述变速电机停用，直到所述导航系统随后能够确定所述钻杆相对于患者的位置为止。

29.一种外科系统，其能够在已知坐标系中定义与关键结构相关的警报区域，以帮助医务人员对患者进行外科手术，所述外科系统包括：

导航系统；

高速外科器械，其包括钻杆并包括被配置为旋转钻杆的变速电机；

控制台，其包括控制处理器，所述控制处理器与所述高速外科器械的所述变速电机通信并且被配置为从所述导航系统接收数据；和

脚踏开关,其与所述控制处理器通信,用于控制所述高速外科钻杆的所述变速电机的操作,所述脚踏开关包括触觉警报设备;

其中,导航系统被配置为确定所述钻杆相对于警报区域的位置并向所述控制处理器发送指示所述钻杆相对于警报区域的位置的数据,并且所述控制处理器被配置为基于所述钻杆在已知坐标系中相对于所述警报区域的所述位置来操纵所述触觉警报设备,以向医务人员提供通知。

30.根据权利要求29所述的外科系统,其中,所述警报区域包括第一边界和第二边界,所述第二边界与所述第一边界间隔开一距离并限定与所述关键结构相关的空间;并且

其中,所述导航系统被配置为:在所述导航系统确定所述高速外科器械进入所述空间时向所述控制处理器发送信号以操纵所述高速外科器械的所述变速电机,使所述钻杆的旋转从第一切割速度转变为第二切割速度。

31.根据权利要求29所述的外科系统,其中,所述警报区域包括边界,并且所述导航系统被配置为:当导航系统确定所述钻杆与所述边界相邻或在其远侧时向所述控制处理器发送信号以操纵所述高速外科器械的所述变速电机,使所述钻杆的旋转从第一切割速度转变到第二切割速度。

32.根据权利要求29所述的外科系统,其中,所述导航系统被配置为至少部分地基于分割算法来定义边界,所述边界至少部分地定义所述警报区域。

33.根据权利要求29至31中任一项所述的外科系统,其中,所述导航系统包括图形用户界面(GUI),所述图形用户界面包括针对所述警报区域的图形,所述警报区域能够通过操纵所述图形用户界面(GUI)来选择。

34.根据权利要求31或32所述的外科系统,其中,所述第一切割速度包括以大于每分钟70,000转的速度旋转所述钻杆,并且所述第二切割速度包括以低于每分钟70,000转但高于每分钟60,000转的速度旋转所述钻杆。

35.根据权利要求29至34中任一项所述的外科系统,其中,所述导航系统包括图形用户界面(GUI),所述图形用户界面包括针对所述警报区域的图形,所述警报区域能够通过操纵所述图形用户界面(GUI)来选择;并且

其中,当所述钻杆进入所述警报区域时,所述图形用户界面(GUI)还被配置为提供用户可选择的图标,所述用户可选择的图标被配置为向所述控制处理器发送命令以禁用所述触觉警报设备。

36.根据权利要求35所述的外科系统,其中,所述控制处理器被配置为基于所述钻杆的位置在所述警报区域外面达预定时间段并且随后返回到所述警报区域来重新激活被禁用的触觉警报设备。

37.根据权利要求35所述的外科系统,其中,所述控制处理器被配置为基于所述钻杆相对于限定所述警报区域的一部分的边界向远侧移动定义的距离来重新激活被禁用的所述触觉警报设备。

38.根据权利要求35所述的外科系统,其中,所述控制处理器被配置为:基于在所述钻杆与限定所述警报区域的一部分的边界相邻或在其远侧时所述钻杆旋转达定义的时间段来重新激活被禁用的所述触觉警报设备。

39.根据权利要求29至34中任一项所述的外科系统,其中,在所述导航系统持续定义的

时间段内无法确定所述钻杆相对于患者的位置时，所述导航系统还被配置为向所述控制处理器发送所述数据，命令所述控制处理器停用所述高速外科器械的所述变速电机，直到所述导航系统随后能够确定所述钻杆相对于患者的位置为止。

40.一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统，所述外科系统包括：

外科器械组件，所述外科器械组件包括：

包括处理器的控制台；

与所述控制台的所述处理器通信的手持件，所述手持件用于联接到末端执行器和用于驱动所述末端执行器的变速电机；

开关，其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵，以控制所述变速电机的通电；

开关传感器，其被配置为检测所述开关的位置并将指示所述开关的所述位置的第一信号传送给所述处理器；

与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为主动地确定所述末端执行器相对于在已知坐标系中定义的第一边界的位置；

其中，所述导航系统被配置为基于所述末端执行器在已知坐标系中相对于所述第一边界的所述位置向所述处理器传送第二信号以断电所述变速电机；并且

其中，在所述手持件断电时，所述处理器被配置为阻止所述变速电机重新通电，直到从所述开关传感器接收到随后的所述第一信号为止，所述随后的所述第一信号指示医务人员已经操纵了所述开关的所述位置，同时所述末端执行器保持在第一位置。

41.根据权利要求40所述的外科系统，其中，所述处理器还被配置为：在所述末端执行器与所述边界相邻或在其远侧的同时接收到所述随后的所述第一信号用于重新通电所述变速电机；并且

其中，所述导航系统还被配置为：在所述导航系统确定所述末端执行器正在相对于所述第一边界在远侧方向上移动时向所述处理器传送第三信号以断电所述变速电机。

42.根据权利要求41所述的外科系统，其中，所述处理器还被配置为使所述变速电机持续重新通电持续预定的时间段。

43.根据权利要求40所述的外科系统，其中，所述处理器还被配置为：在所述末端执行器与所述第一边界相邻或在其远侧的同时接收到所述随后的所述第一信号用于重新通电所述变速电机；并且

其中，所述导航系统还被配置为：在所述导航系统确定所述末端执行器在所述边界的远侧移动了预定距离时向所述处理器传送第三信号以断电所述变速电机。

44.根据权利要求40至43中任一项所述的外科系统，还包括与医务人员接触的触觉警报设备，所述触觉警报设备被配置为在所述末端执行器与所述第一边界相邻或在其远侧时发出能够被医务人员感知的物理警报。

45.根据权利要求40至43中任一项所述的外科系统，还包括与医务人员接触的听觉警报设备和触觉警报设备，当所述末端执行器与所述第一边界相邻或在其远侧时，所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的每一个都能够产生由医务人员感知的警报。

46.根据权利要求40至43中任一项所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为至少部分地基于分割算法来定义与患者的关键结构相关的所述边界，所述第一边界限定围绕关

键结构的警报区域。

47.根据权利要求46所述的外科系统,其中,所述导航系统还包括图形用户界面(GUI),其被配置为提供用户可选择的对象,所述用户可选择的对象被配置为允许用户操纵提供所述分割算法提供的所述边界。

48.根据权利要求40至47中任一项所述的外科系统,其中,所述导航系统被配置为投射与所述第一边界间隔开第一距离的第二边界,所述第一边界和所述第二边界限定表示所述警报区域的空间;

其中,所述导航系统被配置为在所述末端执行器进入表示所述警报区域的所述空间时向所述处理器传送所述第二信号以断电所述变速电机。

49.根据权利要求48所述的外科系统,其中,所述第二边界被从患者的所述关键结构向远侧投射。

50.根据权利要求40所述的外科系统,其中,所述末端执行器包括第一末端执行器和第二末端执行器,所述第一末端执行器和所述第二末端执行器中的每一个能够可拆卸地联接到所述手持件;并且

其中,所述导航系统被配置为为所述第一末端执行器定义所述第一边界并且为所述第二末端执行器定义第二边界。

51.根据权利要求50所述的外科系统,其中,所述第一末端执行器是钻并且所述第二末端执行器是用于放置螺钉的驱动器。

52.根据权利要求50或51所述的外科系统,其中,所述导航被配置为将所述第二边界定义在相对于所述第一边界的近侧。

53.根据权利要求50至52中任一项所述的外科系统,其中,所述导航系统还被配置为接收螺钉在已知坐标系中的计划姿态,并且其中,所述第一边界和所述第二边界是基于所述螺钉的计划姿态的。

54.根据权利要求53所述的外科系统,其中,所述第一边界和所述第二边界被定位成垂直于所述螺钉的计划姿态的轴线。

55.根据权利要求50至52中任一项所述的外科系统,其中,所述导航系统被配置为:在所述导航系统确定所述第一末端执行器与所述第一边界相邻或在其远侧时向所述控制台的所述处理器传送所述第二信号,以断电所述变速电机;并且

其中,所述导航系统被配置为:在所述导航系统确定所述第二末端执行器与所述第二边界相邻或在其远侧时向所述处理器传送第三信号以断电所述变速电机。

56.根据权利要求40至55中任一项所述的外科系统,其中,在所述导航系统持续定义的时间段内无法确定所述末端执行器相对于患者的位置时,所述导航系统还被配置为向所述处理器发送第四信号,命令所述处理器停用所述变速电机,直到所述导航系统随后能够确定所述末端执行器相对于患者的位置为止。

57.根据权利要求40至49中任一项所述的外科系统,其中,所述末端执行器是高速外科钻杆并且所述开关是脚踏开关。

58.根据权利要求40至49中任一项所述的外科系统,其中,所述末端执行器是钻并且所述开关是被联接到手持件的触发器。

59.根据权利要求58所述的外科系统,其中,所述传感器是被联接到手持件并且被配置

为感测所述开关的位置的霍尔效应传感器。

60.一种能够在已知坐标系中定义警报区域以帮助医务人员对患者进行外科手术的外科系统,所述外科系统包括:

导航系统;

用于联接到末端执行器的手持式外科器械,所述手持式外科器械包括被配置为旋转所述末端执行器的电机;

控制处理器,其设置在所述手持式外科器械中,所述控制处理器与所述电机通信并且被配置为从所述导航系统接收数据;和

触发器,其设置在所述手持式外科器械上,所述触发器与所述控制处理器通信,用于控制所述外科器械的所述电机的操作,

其中,所述触发器包括触觉警报设备;

其中,所述导航系统被配置为向所述控制处理器发送所述末端执行器已进入所述警报区域的数据,并且所述控制处理器被配置为当所述末端执行器进入所述警报区域时操纵所述触发器的所述触觉警报设备以通知医务人员。

61.根据权利要求60所述的外科系统,其中,所述警报区域包括空间,并且所述导航系统被配置为:当导航系统确定所述末端执行器进入所述空间时向所述控制处理器发送信号以操纵所述触发器的所述触觉警报设备,来通知医务人员。

62.根据权利要求61所述的外科系统,其中,所述空间通过识别与关键解剖结构相关的第一边界并投射距所述第一边界第一距离的第二边界来定义,限定在所述第一边界和所述第二边界之间的所述空间至少部分地定义警报区域。

63.根据权利要求60所述的外科系统,其中,所述警报区域包括由所述导航系统至少部分地基于分割算法定义的第一边界;

其中,所述导航系统还被配置为投射距所述第一边界第一距离的第二边界,所述距离至少部分地基于安全系数;

其中,所述导航系统被配置为在所述末端执行器与所述第二边界相邻或在其远侧时向所述控制处理器发送数据;并且

其中,在接收到指示所述末端执行器与所述第二边界相邻或在其远侧的所述数据时,所述控制处理器被配置为当所述末端执行器进入所述警报区域时操纵所述触发器的所述触觉警报设备以通知医务人员。

64.根据权利要求63所述的外科系统,其中,所述警报区域包括定义的空间,并且所述导航系统被配置为:当导航系统确定所述末端执行器何时进入所述空间时向所述控制处理器发送信号,以操纵所述触发器的所述触觉警报设备,来通知医务人员。

65.根据权利要求63或64所述的外科系统,其中,所述第二边界被从患者的所述关键解剖结构向远侧投射。

66.根据权利要求60至65中任一项所述的外科系统,其中,所述控制处理器被配置为在从所述导航系统接收到指示所述末端执行器已经进入所述警报区域的所述数据时停用所述电机。

67.一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统,所述外科系统包括:

手持式外科器械,其被配置为驱动末端执行器,包括:

用于旋转所述末端执行器的变速电机；

能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵的触发器；

触发器传感器，其被配置为检测所述触发器的所述位置并输出指示所述触发器的所述位置的第一信号；和

可再充电电池模块，其被可拆卸地联接到所述手持式外科器械，所述电池模块包括：

被配置为发送和接收信号的收发器；

与所述收发器通信并与所述触发器传感器通信的电池处理器，所述电池处理器被配置为至少部分地基于指示所述触发器的位置的所述第一信号而选择性地向所述手持式外科器械的所述变速电机提供电力；

导航系统，其经由所述收发器与所述电池处理器通信，所述导航系统被配置为主动地确定所述末端执行器相对于第一边界的位置，所述第一边界被相对于已知坐标系定义；

其中，所述导航系统被配置为基于所述末端执行器和所述第一边界在已知坐标系中的所述位置而向所述电池处理器传送第二信号，以限制供给所述手持式外科器械的电力；并且

其中，在所述电池处理器限制供给所述手持式外科器械的电力时，所述电池处理器被配置为阻止所述变速电机通电，直到从所述触发器传感器接收到指示医务人员已经操纵了所述触发器的所述位置的随后的所述第一信号为止。

68.根据权利要求67所述的外科系统，其中，所述可再充电电池模块还包括：

用于存储电能的电池单元，用于为所述手持式外科器械的所述变速电机供电；和

开关，其与所述电池处理器通信并被配置为控制电能从所述电池单元流出，所述开关具有被配置为允许电能从所述电池单元流出的通电状态和被配置为阻止电能从所述电池单元流出的断电状态。

69.根据权利要求67或68所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为投射与所述第一边界隔开第一距离的第二边界，所述第一边界和所述第二边界限定表示警报区域的空间；

其中，所述导航系统被配置为：在所述导航系统确定所述末端执行器的所述位置与所述第二边界相邻或在其远侧并且已经进入表示所述警报区域的所述空间时，向所述电池处理器传送所述第二信号以切断到所述手持式外科器械的电力。

70.根据权利要求67至69中任一项所述的外科系统，其中，所述导航系统还被配置为提供默认的所述第一距离；并且

其中，所述导航系统包括图形用户界面(GUI)，其被配置为提供用户可选择的提示，所述用户可选择的提示被配置为允许用户将所述第一边界的位置修改到所述电池处理器被配置为阻止所述变速的通电的位置。

71.根据权利要求68至70中任一项所述的外科系统，其中，在触发器传感器指示所述触发器处于所述第二位置的情况下所述电池处理器限制供给所述手持式外科器械的电力时，所述电池处理器被配置为操纵所述开关以阻止所述变速电机的通电，直到触发器传感器已经指示用户已经将所述触发器移动到所述第一位置并返回到所述第二位置为止。

72.根据权利要求67至71中任一项所述的外科系统，其中，所述电池处理器还被配置为使得：在从所述触发器传感器接收到指示医务人员已经操纵了所述触发器的所述位置的所

述随后的所述第一信号时，所述电池处理器被配置为重新通电所述变速电机以旋转所述末端执行器。

73.根据权利要求72所述的外科系统，其中，在所述重新通电所述变速电机以旋转所述末端执行器时，所述导航系统还被配置为：在所述导航系统确定所述末端执行器正在所述第一边界的远侧移动时向所述电池处理器传送第三信号以限制供给所述手持式外科器械的电力。

74.根据权利要求72所述的外科系统，其中，在所述重新通电所述变速电机以旋转所述末端执行器时，所述电池处理器还被配置为使所述手持式外科器械重新通电持续定义的时间段内，导航系统被配置为在所述时间段期间确定所述末端执行器的方向性；

其中，所述导航系统被配置为：如果所述末端执行器正在相对于所述第一边界向远侧移动则向所述电池处理器传送第三信号；

其中，在接收到所述第三信号时，所述电池处理器被配置为激活所述开关。

75.根据权利要求72所述的外科系统，其中，在所述重新通电所述变速电机以旋转所述末端执行器时，所述电池处理器还被配置为使所述手持式外科器械重新通电持续定义的时间段内，导航系统被配置为在所述时间段期间确定所述手持式外科器械的方向性；

其中，所述导航系统被配置为：如果所述末端执行器与所述边界相邻或在其远侧并且所述外科器械正在靠近所述关键结构移动，则向所述电池处理器传送第三信号，并且如果所述末端执行器与所述边界相邻或在其远侧则向所述电池处理器传送四信号；

其中，在接收到所述第三信号时，所述电池处理器被配置为切断到所述手持式外科器械的电力；并且

其中，在接收到所述第四信号时，所述电池处理器被配置为继续通电所述手持式外科器械的所述变速电机以允许用户从患者身上移除所述末端执行器。

76.根据权利要求67所述的外科系统，其中，所述末端执行器包括第一末端执行器和第二末端执行器，所述第一末端执行器和所述第二末端执行器中的每一个能够可拆卸地联接到所述手持件；并且

其中，所述导航系统被配置为识别所述第一末端执行器和所述第二末端执行器，以在识别出所述第一末端执行器时为所述第一末端执行器定义所述第一边界并且在识别出所述第二末端执行器时为所述第二末端执行器定义第二边界。

77.根据权利要求76所述的外科系统，其中，所述第一末端执行器是钻并且所述第二末端执行器是用于放置植入物的驱动器。

78.根据权利要求76或77所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为将所述第二边界定义在相对于所述第一边界的近侧。

79.根据权利要求76至78中任一项所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为识别所述第一末端执行器，并且在所述导航系统确定所述第一末端执行器与所述第一边界相邻或在其远侧时通过操纵所述开关来向所述电池处理器传送所述第二信号以断电所述变速电机；并且

80.根据权利要求76至78中任一项所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为识别所述第二末端执行器，并且在导航系统确定所述第二末端执行器与所述第二边界相邻或在其远侧时通过操纵所述开关来向所述电池处理器传送第三信号，以断电所述变速电机。

81.根据权利要求67所述的外科系统,其中,所述电池处理器还被配置为:在所述末端执行器与所述第一边界相邻或在其远侧的情况下接收到所述随后的第一信号时,使所述变速电机重新通电持续定义的时间段内;并且

其中,所述导航系统还被配置为在所述导航系统确定所述末端执行器正在向所述第一边界的远侧移动时向所述处理器传送第三信号,以断电所述变速电机。

82.根据权利要求67所述的外科系统,其中,所述处理器还被配置为:在所述末端执行器与所述第一边界相邻或在其远侧的情况下接收到所述随后的第一信号时,使所述变速电机重新通电;并且

其中,所述导航系统还被配置为:在所述导航系统确定所述末端执行器在所述第一边界的远侧已经移动了定义的距离时向所述处理器传送第三信号,以断电所述变速电机。

83.根据权利要求67至82中任一项所述的外科系统,其中,所述触发器传感器是霍尔效应传感器。

84.一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统,所述外科系统包括:

手持式外科器械,其被配置为驱动末端执行器,包括:

变速电机;

能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵的触发器;

手持件处理器,其被配置为至少部分地基于所述触发器的所述位置来控制所述变速电机的通电;

可再充电电池模块,其被可拆卸地联接到所述手持式外科器械,所述电池模块包括:

被配置用于发送和接收信号的收发器;

与所述收发器通信的电池处理器,所述处理器被配置为使所述手持式外科器械通电和断电;

导航系统,其经由所述收发器与所述电池处理器通信,所述导航系统被配置为主动地确定所述末端执行器相对于已知坐标系中的边界的位置;

其中,所述导航系统被配置而基于所述末端执行器相对于所述已知坐标系中的所述边界的所述位置来向所述电池处理器传送第一信号,以使所述手持式外科器械暂时断电;

其中,在所述手持式外科器械保持在所述边界处或与其相邻时并且在所述电池处理器断电所述手持式外科器械之后,所述导航系统被配置为确定所述末端执行器的运动方向相对于边界在近侧还是远侧方向上,并向所述电池处理器传送第二信号;

其中,所述电池处理器被配置为基于所述手持式外科器械的运动是在相对于所述边界的近侧方向上而将所述手持式外科器械重新通电。

85.一种供医务人员在对患者进行外科手术程序使用的外科系统,所述外科系统包括:

手持式外科器械,其被配置用于接收末端执行器,所述手持式外科器械包括:

变速电机,其被配置为旋转所述末端执行器;

能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵的触发器;

触发器传感器,其被配置为检测所述触发器的所述位置并输出指示所述触发器的所述位置的第一信号;和

手持件处理器,其被配置为至少部分地基于来自所述触发器传感器的指示所述触发器的所述位置的所述第一信号来控制所述变速电机的通电;

与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为定义第一边界并主动地确定所述外科器械相对于所述第一边界的位置，并且，当所述触发器传感器指示所述触发器处于所述第二位置以及所述导航系统确定所述手持式外科器械与所述第一边界相邻和/或在其远侧时，向所述手持件处理器传送第二信号以停用所述变速电机；并且

在所述手持式外科器械保持与所述第一边界相邻和/或在其远侧时，所述手持件处理器被配置为在从所述触发器传感器接收到随后的所述第一信号时重新激活所述变速电机，所述随后的所述第一信号指示医务人员已经操纵了所述触发器以将所述触发器从所述第二位置移动到所述第一位置并返回到所述第二位置。

86.根据权利要求85所述的外科系统，其中，在所述手持式外科器械与所述第一边界相邻和/或在其远侧的情况下重新激活所述变速电机时，所述导航系统被配置为：在所述导航系统确定所述手持式外科器械已经朝向患者的关键结构向近侧移动了定义的距离时向所述手持件处理器传送第三信号以停用所述变量电机。

87.根据权利要求85所述的外科系统，其中，在所述手持式外科器械与所述第一边界相邻和/或在其远侧的情况下重新激活所述变速电机时，所述导航系统被配置为：在所述导航系统确定所述手持式外科器械正在在患者的关键结构的远侧移动时向所述手持件处理器传送第四信号以维持所述变速电机的激活。

88.根据权利要求85所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为至少部分地基于分割算法来定义所述第一边界。

89.根据权利要求85至88中任一项所述的外科系统，其中，所述导航系统还包括图形用户界面(GUI)，其被配置为提供用户可选择的对象，所述用户可选择的对象被配置为允许用户操纵通过所述分割算法提供的所述第一边界。

90.根据权利要求85至89中任一项所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为投射与所述第一边界间隔开第一距离的第二边界，所述第一边界和所述第二边界限定代表警报区域的空间；

其中，所述导航系统被配置为在所述末端执行器进入代表所述警报区域的所述空间时向所述手持件处理器传送所述第二信号以停用所述变速电机。

91.根据权利要求90所述的外科系统，其中，所述第二边界被相对于用户从所述第一边界向近侧投射。

92.根据权利要求85至91中任一项所述的外科系统，其中，在所述导航系统在定义的时间段内不能确定所述末端执行器相对于患者的位置时，所述导航系统还被配置为向所述处理器传送第三信号，命令所述处理器停用所述变速电机，直到所述导航系统随后能够确定所述末端执行器相对于患者的当前位置为止。

93.一种供医务人员在对患者进行脊柱或颅脑外科手术时使用的外科系统，所述外科系统包括：

手持式外科器械，其被配置为接收末端执行器，所述手持式外科器械包括：

手持件；

设置在所述手持件内的变速电机；

能够由医务人员操纵以激活和停用所述变速电机的触发器；

开关，其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵以控制所述变速电机的速

度；

被配置为控制所述变速电机的通电的处理器；

与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为确定所述开关是处于所述第一位置还是所述第二位置；并且

其中，所述导航系统被配置为基于所述开关处于适当的所述位置并且基于被联接到所述手持式外科器械的所述末端执行器的类型而向所述处理器传送信号，以控制所述变速电机的通电。

94.根据权利要求93所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为：在所述导航系统识别出对于被联接到所述手持式外科器械的所述类型的所述末端执行器来说所述开关处于不正确的所述位置时，向所述处理器传送所述信号以停用所述变速电机；并且

其中，所述导航系统被配置为：在所述导航系统识别出对于被联接到所述外科器械的所述类型的所述末端执行器来说所述开关处于正确的所述位置时，向所述处理器传送所述信号以激活所述变速电机。

95.根据权利要求93或94所述的外科系统，其中，所述手持式外科器械还包括联接到所述开关的跟踪器；并且

其中，所述导航系统被配置为基于所述跟踪器的所述位置确定所述开关是处于所述第一位置还是所述第二位置。

96.根据权利要求93至95中任一项所述的外科系统，其中，所述手持式外科器械还包括电池模块；并且

其中，所述处理器设置在所述电池模块内。

97.一种供医务人员在对患者进行外科手术程序时使用的外科系统，所述外科系统包括：

手持式外科器械组件，所述手持式外科器械组件包括：

手持件；

第一末端执行器或第二末端执行器中的一个，所述第一末端执行器和所述第二末端执行器中的每一个能够可拆卸地联接到所述手持件；

设置在所述手持件内的变速电机；和

被配置为控制所述变速电机的通电的处理器；

与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统确定所述第一末端执行器和所述第二末端执行器的身份；并且

其中，所述导航系统被配置为至少部分地基于所述第一末端执行器的识别而在已知坐标系中定义第一边界并且在已知坐标系中定义不同于所述第一边界的第二边界，所述第二边界至少部分地基于所述第二末端执行器的识别；并且

当识别出所述第一末端执行器时，所述导航系统被配置为基于所述第一末端执行器相对于所述第一边界的位置向所述处理器传送第一信号以控制所述变速电机的通电；

当识别出所述第二末端执行器时，所述导航系统被配置为基于所述第二末端执行器相对于所述第二边界的位置向所述处理器传送信号以来控制所述变速电机的通电。

98.根据权利要求97所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为当第一末端执行器被联接到所述手持件时主动地确定所述第一末端执行器相对于所述第一边界的位置，以及

当第二末端执行器被联接到所述手持件时主动地确定所述第二末端执行器相对于所述第二边界的位置，并将所述第一末端执行器或所述第二末端执行器的所述位置传送至所述处理器。

99.根据权利要求97或98所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为：在所述导航系统确定所述第一末端执行器与所述第一边界相邻或在其远侧时或所述第二末端执行器与所述第二边界相邻或在其远侧时向所述处理器传送信号以停用所述变速电机。

100.根据权利要求97所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为允许所述医务人员输入被联接到所述手持式外科器械的所述第一末端执行器或所述第二末端执行器的身份。

101.根据权利要求97至100中任一项所述的外科系统，其中，所述手持式外科器械组件包括电池模块；并且

其中，所述手持式外科器械组件的处理器设置在所述电池模块内并且被配置为通过所述电池模块控制所述变速电机的通电。

102.根据权利要求97至100中任一项所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为基于被选择将要插入患者体内的植入物的计划姿态来定义所述第一边界，并且所述第二边界与所述第一边界沿着植入物的轴线相距第一距离。

103.根据权利要求97至102中任一项所述的外科系统，其中，所述第一末端执行器是钻并且所述第二末端执行器是驱动器；并且

其中，第一边界定位成垂直于植入物的轴线。

104.根据权利要求97至102中任一项所述的外科系统，还包括能够可拆卸地联接到所述手持件的第三末端执行器，其中所述导航系统被配置为至少部分地基于所述第三末端执行器来定义第三边界；并且

当所述第三末端执行器联接到所述手持件时，所述导航系统被配置为至少部分地基于所述第三末端执行器相对于所述第二边界的位置而向所述处理器传送信号，以控制所述变速电机的通电或以使所述反馈设备振动。

105.根据权利要求104所述的外科系统，其中，所述第三末端执行器是丝锥。

106.根据权利要求97所述的外科系统，其中，所述手持式外科器械组件还包括第二手持件，所述第二手持件包括第二变速电机和配置成控制所述第二变速电机的通电的第二处理器；

其中，所述第一末端执行器和所述第二末端执行器中的每一个能够可拆卸地联接到所述第二手持件；

其中，所述第一末端执行器被联接到所述手持件，并且所述第二末端执行器被联接到所述第二手持件；

其中，所述导航系统被配置为基于所述第一末端执行器相对于所述第一边界的位置向所述处理器传送所述第一信号以控制所述手持件的所述变速电机的通电；并且

其中，所述导航系统被配置为基于所述第一末端执行器相对于所述第一边界的位置向所述第二处理器传送所述第二信号以控制所述第二手持件的所述第二变速电机的通电。

107.根据权利要求99所述的外科系统，还包括第一跟踪设备和第二跟踪设备，每个都能够由所述导航系统识别，

其中，所述导航系统被配置为将所述第一边界与所述第一跟踪设备相关联并且将所述第二边界与所述第二跟踪设备相关联。

108.根据权利要求97至107中任一项所述的外科系统，其中，所述第二边界被从第一边界向远侧投射。

109.在对患者进行医疗程序时使用导航系统对外科器械进行导航的方法，所述外科器械包括手持件、联接到手持件的末端执行器、用于选择性地致动末端执行器的变速电机、以及用于控制所述变速电机的通电的处理器，所述方法包括：

确定所选择的植入物在已知坐标系中的计划姿态；

基于所选择的植入物的姿态在已知坐标系中创建多个边界，所述多个边界包括特定于钻的边界和特定于驱动器的边界；

使用导航系统跟踪外科器械的位置；

基于将末端执行器识别为钻器械而激活特定于钻的边界；

基于将末端执行器识别为驱动器器械而激活特定于驱动器的边界；

当已经基于特定于钻的边界和末端执行器的位置识别出钻器械时，控制手持件的电机的通电；以及

当已经基于特定于驱动器的边界和末端执行器的位置识别出驱动器器械时控制手持件的电机的通电。

110.根据权利要求109所述的方法，其中，所述方法还包括基于医务人员的偏好操纵由导航系统提供的特定于钻的边界的步骤。

111.根据权利要求109或110所述的方法，其中，所述方法还包括将钻器械联接到所述手持件的步骤，所述导航系统被配置为识别钻器械并至少部分地基于驱动器器械相对于特定于钻的边界的位置来控制所述手持件的电机的通电。

112.根据权利要求109至111中任一项所述的方法，其中，所述方法还包括将所述驱动器器械联接到所述手持件的步骤，所述导航系统被配置为识别驱动器器械并至少部分地基于驱动器器械相对于特定于驱动器的边界的位置来控制手持件的电机的通电。

113.根据权利要求109至112中任一项所述的方法，其中，所述方法还包括在导航系统确定以下之一时激活警报设备的步骤：

所述驱动器器械位置与特定于钻的边界相邻或在其远侧，或者

所述驱动器器械位置与特定于驱动器的边界相邻或在其远侧；并且

其中激活警报设备包括控制电机的通电以限制供给外科器械的电力。

114.根据权利要求109至111中任一项所述的方法，其中，所述方法还包括将不同的警报类型分配给特定于钻的边界和特定于驱动器的边界中的每一个的步骤。

115.根据权利要求109所述的方法，其中，所述方法还包括识别被联接到所述手持件的钻器械的步骤，所述导航系统被配置为提供所述特定于钻的边界；

将钻器械应用到要放置所选择的植入物的生物组织部位；

跟踪钻器械相对于特定于钻的边界的位置，并且在导航系统确定钻器械与特定于钻的边界相邻或在其远侧时，导航系统向处理器发信号以停用变速电机；

将钻器械与手持件脱开；

将驱动器器械联接到手持件，导航系统被配置为识别驱动器器械并提供特定于驱动器

的边界；

将第二末端执行器应用到要放置所选择的植入物的生物组织部位；以及

跟踪驱动器器械相对于特定于钻的边界的位置，并且在导航系统确定驱动器器械与特定于驱动器的边界相邻或在其远侧时，导航系统向处理器发信号以停用变速发动机。

116.根据权利要求109至115中任一项所述的方法，还包括基于所选择的植入物的计划姿态得出轴线的步骤，其中所述特定于钻的边界和所述特定于驱动器的边界是在所述特定于钻的边界和所述特定于驱动器的边界沿着所述轴线的轴向部位处垂直于网格的平面。

117.根据权利要求109至115中任一项所述的方法，还包括导航系统基于钻器械和驱动器器械的不同几何形状识别钻器械和驱动器器械的步骤。

118.根据权利要求109至115中任一项所述的方法，还包括导航系统基于下述识别钻器械和驱动器器械的步骤：第一跟踪器被联接到钻器械并且第二跟踪器被联接到驱动器器械，使得第一跟踪器和第二跟踪器分别包括能够被导航系统识别出的不同几何形状。

119.根据权利要求109至115中任一项所述的方法，其中，所述特定于钻的边界和所述特定于驱动器的边界基于相应器械工具的尖端与所述特定于钻的边界和所述特定于驱动器的边界上的点之间的已知距离来确定，以控制手持件的电机的通电。

120.一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统，所述外科系统包括：

高速外科器械组件，所述高速外科器械组件包括：

包括处理器的控制台；

与所述控制台的所述处理器通信的手持件，所述手持件包括末端执行器和用于驱动所述末端执行器的变速电机；

开关，其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵，用于控制所述变速电机的通电；

与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为主动地确定所述末端执行器相对于已知坐标系中的边界的位置；

其中，所述导航系统被配置为在所述导航系统确定所述末端执行器的所述位置处于边界处或与其相邻时向所述处理器传送第一信号，以使所述手持件暂时断电；

其中，在使所述变速电机重新通电时，所述导航系统被配置为基于所述手持件的运动相对于所述边界在远侧而向所述处理器传送第二信号，以使所述处理器通电或断电所述手持件。

121.根据权利要求120所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为在所述手持件的运动远离患者的外科手术部位时向所述处理器传送所述第二信号，以使所述处理器通电所述手持件。

122.根据权利要求120所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为在所述手持件的运动是靠近患者的外科手术部位时向所述处理器传送所述第二信号，以使所述处理器断电所述手持件。

123.根据权利要求120至122中任一项所述的外科系统，其中，所述导航系统被配置为：在所述手持件保持与所述边界相邻和/或在其远侧的情况下医务人员将所述开关从所述第二位置操纵到所述第一位置并返回到所述第二位置时，向所述处理器传送第三信号，所述第三信号被配置为使所述处理器通电所述手持件，而与所述第二信号无关。

124.一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统,所述外科系统包括:

高速外科器械组件,所述高速外科器械组件包括:

包括处理器的控制台;

与所述控制台的所述处理器通信的手持件,所述手持件包括末端执行器和用于驱动所述末端执行器的变速电机;

第一开关,其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵,以控制所述变速电机在正向上的通电;和

第二开关,其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵,以控制所述变速电机在相反方向上的通电;

与所述处理器通信的导航系统,所述导航系统被配置为主动地确定所述末端执行器相对于与患者的关键结构相关地定义的警报区域的位置;

其中,所述导航系统被配置为:在所述导航系统确定所述末端执行器的所述位置已经进入所述警报区域并且所述变速电机处于所述正向上时向所述处理器传送第一信号以断电所述手持件;

其中,在所述处理器使所述手持件断电时并且所述手持件保持在所述警报区域中的情况下,所述导航系统被配置为向所述处理器传送第二信号,以使所述处理器阻止所述变速电机在所述正向上的重新通电并允许所述变速电机在所述反向方向上重新通电。

125.一种与导航系统一起使用的外科器械组件,所述导航系统被配置为允许医务人员定义与患者相关的警报区域,以帮助医务人员对患者进行外科手术,所述外科器械组件包括:

控制台,其包括与导航系统通信的控制处理器;

高速外科钻杆组件,其包括与所述控制处理器通信的变速电机,所述变速电机被配置为旋转钻杆;

脚踏开关,其能够在第一位置和第二位置之间移动,以通电所述高速外科钻杆组件的所述变速电机;

与所述控制处理器通信的脚踏开关传感器,所述脚踏开关被配置为检测所述脚踏开关的所述位置并将指示所述脚踏开关的所述位置的第一信号传送到所述控制处理器;和

被联接到所述脚踏开关并与所述控制处理器通信的触觉警报设备,所述触觉警报设备位于所述脚踏开关上,使得当医务人员压下所述脚踏开关以操作所述高速外科钻杆组件时所述触觉警报设备与所述医务人员的脚接触;

其中,所述导航系统被配置为主动地确定所述钻杆在已知坐标系中相对于所述警报区域的位置;

其中,所述导航系统被配置为当所述钻杆进入警报区域时向所述控制处理器发送第二信号以激活所述触觉警报设备以发出能够被医务人员感知的触觉警报;并且

其中,当所述钻杆仍在警报区域内时,所述处理器被配置为在从所述脚踏开关传感器接收到指示医务人员移动所述脚踏开关的随后的所述第一信号时停用所述触觉警报设备。

126.根据权利要求125所述的外科器械组件,其中,所述处理器被配置为:在所述医务人员于定义的时间段内使所述脚踏开关在所述第一位置和所述第二位置之间移动了定义的行程数量时停用所述触觉警报设备。

127.一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统,所述外科系统包括:

钻组件,所述钻组件包括:

包括处理器的控制台;

与所述控制台的所述处理器通信的手持件,所述手持件包括末端执行器和用于驱动所述末端执行器的变速电机;

开关,其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵,以控制所述变速电机的通电;

与所述处理器通信的导航系统,所述导航系统被配置为主动地确定所述末端执行器相对于与患者的关键结构相关地定义的边界的位置;

其中,所述导航系统被配置为响应于所述末端执行器与所述边界相邻或在其远侧而向将所述处理器传送第一信号,使所述处理器调整扭矩映射,所述手持件的所述变速电机被通过所述扭矩映射提供动力。

128.根据权利要求127所述的外科系统,其中,所述边界包括包含所述关键结构的第一边界,所述第一边界由所述导航系统使用分割算法定义;

其中,所述导航系统被配置为投射与所述第一边界间隔开第一距离的第二边界;并且

其中,所述导航系统被配置为响应于所述末端执行器与所述第二边界相邻或在其远侧而向所述处理器传送第一信号使所述处理器调整扭矩映射,所述手持件的所述变速电机被通过所述扭矩映射提供动力。

129.根据权利要求128所述的外科系统,其中,所述第一距离是基于安全系数的。

130.根据权利要求128或129所述的外科系统,其中,所述第二边界被从患者的所述关键结构向远侧投射。

131.一种外科系统,其被配置用于允许医务人员定义与患者的关键结构相关的警报区域,以帮助医务人员对患者进行外科手术,所述外科系统包括:

导航系统;

控制台,其包括与导航系统通信的控制处理器;

包括钻杆的高速外科器械;

脚踏开关,用于控制所述高速外科器械的所述变速电机的操作,与所述控制处理器通信;

其中,所述导航系统被配置用于:

主动地确定所述钻杆相对于所述警报区域的位置;

当导航系统确定所述钻杆进入警报区域时触发警报响应;

基于用户输入信号停用警报响应;

基于钻杆在警报区域外面持续预定时间并随后重新进入警报区域而重新触发警报响应。

132.根据权利要求131所述的外科系统,其中,所述警报响应是使所述钻杆从第一切割速度转变为第二切割速度,触发听觉警报设备、触发视觉警报设备或触发触觉警报设备。

133.根据权利要求131所述的外科系统,其中,所述预定时间是5到15秒范围内的时间。

外科导航系统

背景技术

[0001] 在现代外科手术中，可供医务人员使用的最重要的器械之一是电动外科器械，例如无绳钻、锯、线驱动器、高速钻、超声手持件等。通常这些外科器械包括在手持件或外壳内的电机和/或处理器。外科器械可包括被配置用于接收切割附件的附接特征，所述切割附件被设计为应用到外科手术部位以执行特定医疗程序。例如，外科钻可以利用诸如钻头、钻杆或扩孔器的切割附件来向组织内切割孔或选择性地去除诸如骨头的组织。对患者使用电动外科器械的能力减轻了外科医生在对患者执行医疗程序时的身体压力。此外，与之前的手动等效器械相比，使用电动外科器械可以更快且更准确地执行大多数外科手术程序。

[0002] 外科导航系统可以帮助外科医生在外科手术程序期间导航外科器械，例如鼻窦、脊柱或颅脑外科手术。这些外科手术程序可能涉及将外科器械插入外科手术部位，从外科手术部位穿过外科手术路径到外科手术目标区域，以及操纵外科手术目标。一些外科导航系统包括显示器，在该显示器上，外科器械的定位被覆盖在患者的一个或多个2D图形表示(例如CT或MRI图像)上。使用该系统，外科医生可以识别出外科器械的定位，但不能识别出外科器械是否正确地沿着外科手术路径行进，或者外科器械是否正确地操纵外科手术目标区。因此，在一些情况下，外科器械可能偏离外科手术路径或外科手术目标区域。同时，外科器械的精确导航也很重要，因为重要的解剖特征可能非常靠近外科手术路径或外科手术目标区域。重要的是要意识到外科器械何时偏离路线和/或何时可能接近重要的解剖区域。因此，本领域中需要识别出外科器械何时偏离路线和/或何时可能接近重要解剖区域并通知医务人员。

发明内容

[0003] 本公开总体上涉及一种外科系统。外科系统大致可以包括一个或多个外科器械组件和/或外科导航系统。外科器械组件可以包括能够被外科导航系统跟踪的跟踪设备。外科系统还可以被配置为允许用户定义一个或多个与患者的解剖结构和/或外科手术路径相关的警报区域。外科系统还可以包括与外科导航系统通信的警报设备，使得警报设备可以被配置为基于如由外科导航系统确定的外科器械相对于所定义的警报区域和/或外科手术路径的位置而向外科医生或医务人员提供用户可感知的警报。

[0004] 示例性配置提供了一种外科系统，该外科系统被配置为允许医务人员在已知坐标系中定义与患者身上的关键结构相关的警报区域，以帮助医务人员对患者进行外科手术。外科系统还包括导航系统。该系统还包括控制台，该控制台可以包括与导航系统通信的控制处理器。该系统还包括高速外科器械，该高速外科器械包括钻杆，所述高速外科器械可以包括与所述控制处理器通信的变速电机，所述变速电机被配置为以大于每分钟70,000转的第一切割速度和低于每分钟70,000但高于每分钟60,000转的第二切割速度旋转。该系统还包括与所述控制处理器通信的用于控制所述高速外科器械的所述变速电机的操作的脚踏开关。该系统还包括其中导航系统被配置为主动地确定所述钻杆相对于已知坐标系中的警报区域的位置。该系统还包括其中导航系统被配置为向所述控制处理器发送信号以操纵所

述高速外科器械的所述变速电机，从而当导航系统确定所述钻杆进入警报区域时使所述钻杆的旋转从所述第一切割速度转变为所述第二切割速度；并且其中，当所述钻杆从所述第一切割速度转变到所述第二切割速度时所述钻杆从所述第一切割速度到所述第二切割速度的转变产生可感知的变化，以通知医务人员所述钻杆已经进入所述警报区域。

[0005] 在另一示例性配置中，外科系统能够在已知坐标系中与关键结构相关地定义警报区域，以帮助医务人员对患者进行外科手术。外科系统还包括导航系统。该系统还包括高速外科器械，该高速外科器械可以包括钻杆并且可以包括被配置为旋转钻杆的变速电机。该系统还包括控制台，该控制台可以包括控制处理器，所述控制处理器与所述高速外科器械的所述变速电机通信并且被配置为从导航系统接收数据。该系统还包括与所述控制处理器通信的脚踏开关，用于控制所述高速外科钻杆的所述变速电机的操作，所述脚踏开关可以包括触觉警报设备。该系统还包括其中导航系统被配置为确定所述钻杆相对于警报区域的位置并向所述控制处理器发送指示所述钻杆相对于警报区域的位置的数据，并且所述控制处理器被配置为基于在已知坐标系中所述钻杆相对于所述警报区域的所述位置来操纵所述脚踏开关的触觉警报设备，以向医务人员提供通知。

[0006] 在又一示例性配置中，公开了一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统。该外科系统还包括外科器械组件，该外科器械组件可以包括：包括处理器的控制台；与所述控制台的所述处理器通信的手持件，所述手持件用于联接到末端执行器和用于驱动所述末端执行器的变速电机；一能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵的开关，用于控制所述变速电机的通电；开关传感器，其被配置为检测所述开关的位置并将指示所述开关的所述位置的第一信号传送给所述处理器。系统还包括与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为主动地确定所述末端执行器相对于在已知坐标系中定义的第一边界的位置。该系统还包括其中所述导航系统被配置为向所述处理器传送第二信号，以基于所述末端执行器相对于已知坐标系中的所述第一边界的所述位置来断电所述变速电机。该系统还包括，在所述手持件断电时，所述处理器被配置为阻止所述变速电机重新通电，直到从所述开关传感器接收到随后的所述第一信号，所述随后的所述第一信号指示医务人员已经操纵所述开关的所述位置，同时所述末端执行器保持在所述第一位置。

[0007] 在又一示例性配置中，外科系统能够在已知坐标系中定义警报区域以帮助医务人员对患者进行外科手术。外科系统还包括导航系统。该系统还包括用于联接到末端执行器的手持式外科器械，所述手持式外科器械可以包括被配置为旋转所述末端执行器的电机。该系统还包括设置在所述手持式外科器械中的控制处理器，所述控制处理器与所述电机通信并且被配置为从所述导航系统接收数据。该系统还包括设置在所述手持式外科器械上的触发器，所述触发器与所述控制处理器通信以控制所述外科器械的所述电机的操作。该系统还包括其中所述触发器可以包括触觉警报设备。该系统还包括其中所述导航系统被配置为向所述控制处理器发送所述末端执行器已经进入警报区域的数据，并且所述控制处理器被配置为操纵所述触发器的所述触觉警报设备，以通知医务人员所述末端执行器已经进入警报区域。

[0008] 在又一示例性配置中，一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统。该外科系统还包括手持式外科器械，其被配置为驱动末端执行器，并且可以包括：用于旋转所述末端执行器的变速电机、能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵的触发

器、被配置为检测所述触发器的所述位置并输出指示所述触发器的所述位置的第一信号的触发器传感器。该系统还包括被可拆卸地联接到所述手持式外科器械的可再充电电池模块，所述电池模块可以包括：被配置为发送和接收信号的收发器；与所述收发器通信并与所述触发器传感器通信的电池处理器，所述电池处理器被配置为至少部分地基于指示所述触发器的位置的所述第一信号而选择性地向所述手持式外科器械的所述变速电机提供电力。该系统还包括通过所述收发器与所述电池处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为主动地确定所述末端执行器相对于与已知坐标系相关地定义的第一边界的位置。该系统还包括所述导航系统被配置为向所述电池处理器传送第二信号，以基于所述末端执行器的所述位置和在已知坐标系中的所述第一边界而限制供给所述手持式外科器械的电力。该系统还包括在所述电池处理器限制供给所述手持式外科器械的电力时所述电池处理器被配置为阻止所述变速电机通电，直到从所述触发器传感器接收到指示医务人员已经操纵了所述触发器的所述位置的随后的所述第一信号为止。

[0009] 在又一示例性配置中，一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统。该外科系统还包括手持式外科器械，其被配置为驱动末端执行器，并且可以包括：变速电机；能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵的触发器；手持件处理器，其被配置为至少部分地基于所述触发器的所述位置来控制所述变速电机的通电。该系统还包括可拆卸地联接到所述手持式外科器械的可再充电电池模块，所述电池模块可以包括：被配置为发送和接收信号的收发器；与所述收发器通信的电池处理器，所述处理器被配置为使所述手持式外科器械通电和断电。该系统还包括通过所述收发器与所述电池处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为主动地确定所述手持式外科器械相对于已知坐标系中的边界的位置。该系统还包括其中所述导航系统被配置为向所述电池处理器传送第一信号，以基于所述末端执行器相对于所述已知坐标系中的所述边界的所述位置来暂时断电所述手持式外科器械。该系统还包括当所述手持式外科器械保持在所述边界处或与其相邻并且在所述电池处理器使所述手持式外科器械断电后，所述导航系统被配置为确定所述末端执行器的运动相对于边界在近侧还是远侧方向上，并向所述电池处理器传送第二信号。该系统还包括其中所述电池处理器被配置为基于所述手持式外科器械的运动相对于边界在近侧方向上而重新通电所述手持式外科器械。

[0010] 在又一示例性配置中，一种供医务人员使用以对患者执行外科手术程序的外科系统。该外科系统还包括被配置为接收末端执行器的手持式外科器械，所述手持式外科器械可包括：被配置为旋转所述末端执行器的变速电机；能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵的触发器；触发器传感器，其被配置为检测所述触发器的所述位置并输出指示所述触发器的所述位置的第一信号；和手持件处理器，其被配置为至少部分地基于来自所述触发器传感器的指示所述触发器的所述位置的所述第一信号来控制所述变速电机的通电。该系统还包括与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为定义第一边界并主动地确定所述外科器械相对于所述第一边界的位置并向所述手持件处理器传送第二信号，以当所述触发器传感器指示所述触发器处于所述第二位置并且所述导航系统确定所述手持式外科器械与所述第一边界相邻和/或在其远侧时停用所述变速电机。该系统还包括当所述手持式外科器械保持与所述第一边界相邻和/或在其远侧时，所述手持件处理器被配置为在从所述触发器传感器接收到随后的所述第一信号时重新激活所述变速电机，所述

随后的所述第一信号指示医务人员已经操纵了所述触发器将所述触发器从所述第二位置移动到所述第一位置并返回到所述第二位置。

[0011] 在又一个示例性配置中，一种供医务人员在对患者进行脊柱或颅脑外科手术中使用的外科系统。外科系统还包括配置为接收末端执行器的手持式外科器械，所述手持式外科器械可以包括：手持件，设置在所述手持件内的变速电机，能够由医务人员操纵以激活和停用所述变速电机的触发器，能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵以控制所述变速电机的速度的开关，配置为控制所述变速电机的通电的处理器。该系统还包括与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为确定所述开关是处于所述第一位置还是所述第二位置。该系统还包括其中所述导航系统被配置为向所述处理器传送信号，以基于所述开关处于适当的所述位置并且基于被联接到所述手持式外科器械的所述末端执行器的类型来控制所述变速电机的通电。

[0012] 在又一示例性配置中，一种供医务人员在对患者执行外科手术程序时使用的外科系统。所述外科系统还包括手持式外科器械组件，所述手持式外科器械组件可以包括：手持件；第一末端执行器或第二末端执行器中的一个，所述第一末端执行器和所述第二末端执行器中的每一个能够可拆卸地联接到所述手持件；设置在所述手持件内的变速电机；和处理器，其被配置为控制所述变速电机的通电。该系统还包括与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统确定所述第一末端执行器和所述第二末端执行器的身份。该系统还包括其中所述导航系统被配置为至少部分地基于所述第一末端执行器的识别而在已知坐标系中定义第一边界并且在已知坐标系中定义不同于所述第一边界的第二边界，所述第二边界至少部分地基于所述第二末端执行器的识别。该系统还包括当识别出所述第一末端执行器时，所述导航系统被配置为向所述处理器传送第一信号，以基于所述第一末端执行器相对于所述第一边界的位置来控制所述变速电机的通电。该系统还包括当识别出所述第二末端执行器时，所述导航系统被配置为向所述处理器传送信号，以基于所述第二末端执行器相对于所述第二边界的位置来控制所述变速电机的通电。

[0013] 在又一示例性配置中，一种在对患者进行医疗程序期间使用导航系统为外科器械导航的方法。该方法还包括确定所选择的植入物在已知坐标系中的计划姿态；基于所选择的植入物的姿态在已知坐标系内创建多个边界，所述多个边界包括特定于钻的边界和特定于驱动器的边界。该方法还包括使用导航系统跟踪外科器械的位置；基于将末端执行器识别为钻器械来激活特定于钻的边界，基于将末端执行器识别为驱动器器械来激活特定于驱动器的边界。该方法还包括当已经基于特定于钻的边界和手持件的位置识别出钻器械时控制手持件的电机的通电。该方法还包括当已经基于特定于驱动器的边界和手持件的位置识别出驱动器器械时控制手持件的电机的通电。

[0014] 在又一示例性配置中，一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统。外科系统还包括高速外科器械组件，其可以包括：包括处理器的控制台；与所述控制台的所述处理器通信的手持件，所述手持件可以包括末端执行器和用于驱动所述末端执行器的变速电机；能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵以控制所述变速电机的通电的开关。该系统还包括与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为主动地确定所述手持件相对于已知坐标系中的边界的位置。该系统还包括其中所述导航系统被配置为向所述处理器传送第一信号，以在所述导航系统确定所述手持件的所述位置处于边界处或

与其相邻时暂时断电所述手持件。该系统还包括在重新通电所述变速电机时，所述导航系统被配置为基于所述手持件的运动相对于边界较远而向所述处理器传送第二信号使所述处理器通电或断电所述手持件。

[0015] 在又一示例性配置中，一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统。外科系统还包括高速外科器械组件，其可以包括：包括处理器的控制台；与所述控制台的所述处理器通信的手持件，所述手持件可以包括末端执行器和用于驱动所述末端执行器的变速电机；第一开关，其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵以控制所述变速电机在正向上的通电；以及第二开关，其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操作以控制所述变速电机在相反方向上的通电。该系统还包括与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为主动地确定所述手持件相对于与患者的关键结构相关地定义的警报区域的位置。该系统还包括其中所述导航系统被配置为向所述处理器传送第一信号，以在所述导航系统确定所述手持件的所述位置已经进入所述警报区域并且所述变速电机处于所述正向上时使所述手持件断电。该系统还包括当所述处理器使所述手持件断电并且当所述手持件保持在所述警报区域中时，所述导航系统被配置为向所述处理器传送第二信号，以使所述处理器阻止所述变速电机在所述正向上的重新通电，并允许所述变速电机在所述反向方向上的重新通电。

[0016] 在又一示例性配置中，与导航系统一起使用的外科器械组件，所述导航系统被配置为允许医务人员定义与患者相关的警报区域以帮助医务人员对患者进行外科手术。外科器械组件还包括控制台，控制台可以包括与导航系统通信的控制处理器。该组件还包括高速外科钻杆组件，该组件可以包括与所述控制处理器通信的变速电机，所述变速电机被配置为旋转钻杆。该组件还包括能够在第一位置和第二位置之间移动的脚踏开关，用于为所述高速外科钻杆组件的所述变速电机供电。该组件还包括与所述控制处理器通信的脚踏开关传感器，所述脚踏开关被配置为检测所述脚踏开关的所述位置并将指示所述脚踏开关的所述位置的第一信号传送到所述控制处理器。该组件还包括被联接到所述脚踏开关并与所述控制处理器通信的触觉警报设备，所述触觉警报设备定位在所述脚踏开关上，使得当医务人员压下所述脚踏开关以操作所述高速外科钻杆组件时，所述触觉警报设备与所述医务人员的脚接触。该组件还包括其中导航系统被配置为主动地确定所述钻杆相对于已知坐标系中的警报区域的位置。该组件还包括其中导航系统被配置为向所述控制处理器发送第二信号，以当所述钻杆进入警报区域时激活所述触觉警报设备而发出能够被医务人员感知到的触觉警报；在所述钻杆仍处于警报区域中时，所述处理器被配置为在从所述脚踏开关传感器接收到指示医务人员移动所述脚踏开关的随后的所述第一信号时停用所述触觉警报设备。

[0017] 在又一示例性配置中，一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统。该外科系统还包括钻组件，该钻组件可以包括：包括处理器的控制台；与所述控制台的所述处理器通信的手持件，所述手持件可以包括末端执行器和用于驱动所述末端执行器的变速电机；能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵以控制所述变速电机的通电的开关。该系统还包括与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为主动地确定所述手持件相对于与患者的关键结构相关地定义的边界的位置。该系统还包括其中所述导航系统被配置为响应于所述末端执行器与所述边界相邻或在其远侧而向所述处理器传送第

一信号以使所述处理器调整扭矩映射，所述手持件的所述变速电机被通过扭矩映射所述提供电力。

[0018] 在又一示例性配置中，外科系统被配置为允许医务人员定义与患者的关键结构相关的警报区域，以帮助医务人员对患者进行外科手术。外科系统还包括导航系统。该系统还包括控制台，该控制台可以包括与导航系统通信的控制处理器。该系统还包括包含钻杆的高速外科器械。该系统还包括与所述控制处理器通信的用于控制所述高速外科器械的所述变速电机的操作的脚踏开关。该系统还包括其中导航系统被配置为：主动地确定所述钻杆相对于警报区域的位置，当导航系统确定所述钻杆进入警报区域时触发警报响应，基于用户输入信号而停用警报响应，基于钻杆在警报区域外预定时间并随后重新进入警报区域而重新触发警报响应。

[0019] 本公开的这些和其他配置、特征和优点对于本领域技术人员将是显而易见的。本公开不旨在限制于或受这些配置、实施例、特征和/或优点的限制。

附图说明

[0020] 当结合附图考虑时，通过参考以下详细描述，本发明的优点将容易理解，因为它们将变得更好理解，其中：

[0021] 图1A是外科系统的示意图，其包括多个外科器械组件和用于跟踪与各外科器械组件中的每一个相关联的外科器械的外科导航系统。

[0022] 图1B是图1A的外科系统的替代配置的示意图。

[0023] 图2是外科手术室的示例性布局的透视图，包括图1A-1B的外科器械组件中的至少一个和外科导航系统用于对患者执行医疗程序。

[0024] 图3是在使用图1A-1B的外科器械组件中的至少一个对患者执行医疗程序时从外科医生的角度观察的外科手术部位的示意图。

[0025] 图4A是图1A-1B的外科系统的第一示例性外科器械的示意图，第一外科器械被相对于患者定向在第一位置。

[0026] 图4B是图4A的第一外科器械的示意图，第一外科器械被相对于患者定向在第二位置。

[0027] 图4C是图4A的第一外科器械的示意图，第一外科器械被相对于患者定向在第三位置。

[0028] 图4D是图4A的第一外科器械的示意图，第一外科器械被相对于患者定向在第四位置。

[0029] 图5A是图1A-1B的外科系统的第二示例性外科器械的示意图，第二外科器械被相对于患者和所定义的第一组示例性警报区域定向在第一位置。

[0030] 图5B是图5A的第二外科器械的示意图，第二外科器械被相对于患者和所定义的第一组示例性警报区域定向在第二位置。

[0031] 图5C是图5A的第二外科器械的示意图，第二外科器械被相对于患者和所定义的第一组示例性警报区域定向在第三位置。

[0032] 图5D是图5A的第二外科器械的示意图，第二外科器械被相对于患者和所定义的第二组示例性警报区域定向在第三位置。

[0033] 图5E是图5A的第二外科器械的示意图，第二外科器械被相对于患者和所定义的第二组示例性警报区域定向在第三位置。

[0034] 图5F是图5A的第二外科器械的示意图，第二外科器械还包括电池模块和电池处理器。

[0035] 图6是包括导航系统和手持式外科器械的示例性外科系统的示意图，手持式外科器械包括电池模块和多个末端执行器。

[0036] 图7是包括导航系统和高速钻杆的示例性外科系统的示意图，高速钻杆包括控制台和多个切割钻杆。

[0037] 图8是导航系统的示例性图形用户界面(GUI)的示意图，该图形用户界面包括与外科手术程序的计划和/或执行相关的用户可选择对象。

[0038] 图9是导航系统的示例性图形用户界面(GUI)的示意图，该图形用户界面显示了外科植入物的计划放置的图像以及与植入物的深度相关的用户可选择对象。

[0039] 图10是导航系统的示例性图形用户界面(GUI)的示意图，该图形用户界面显示了外科植入物的计划放置的图像以及与在执行外科手术程序时使用的各外科器械中的每一个的设置相关的用户可选择的对象。

[0040] 图11A是导航系统的示例性图形用户界面(GUI)的示意图，该图形用户界面显示与定义警报区域的空间相关的用户可选择对象。

[0041] 图11B是图11A的示例性图形用户界面(GUI)的示意图，示意出从不同角度定义警报区域的空间。

[0042] 图11C是图11A的示例性图形用户界面(GUI)的示意图，示意出从不同角度定义警报区域的空间。

[0043] 图12A是导航系统的示例性图形用户界面(GUI)的示意图，该图形用户界面显示与定义警报区域的边界相关的用户可选择对象。

[0044] 图12B是图12A的示例性图形用户界面(GUI)的示意图，示意出从不同角度定义警报区域的边界。

[0045] 图12C是图12A的示例性图形用户界面(GUI)的示意图，示意出从不同角度定义警报区域的边界。

[0046] 图13A是导航系统的示例性图形用户界面(GUI)的示意图，示意出在放置外科植入物的过程中患者空间的矢状视图。

[0047] 图13B是图13A的示例性图形用户界面(GUI)的示意图，示意出在放置外科植入物的过程中患者空间的轴向视图。

具体实施方式

[0048] 在执行外科手术程序期间可靠地跟踪外科器械以遵循计划的外科手术路径和/或避开关键解剖结构是最重要的。此外，当外科器械变得与外科手术路径不对准和/或具有撞击关键解剖结构的风险时，提供反馈和/或通知执行该程序的医务人员具有相似的重要性。

[0049] 因此，图1A和图1B示出了示例性外科系统10，该外科系统10可以包括外科导航系统100，用于跟踪一个或多个外科器械组件200、300、400以协助医务人员、例如外科医生来执行医疗程序，外科器械组件包括外科器械220、320、420。

[0050] 外科导航系统100可以包括导航界面，该导航界面包括一个或多个显示单元120，一个或多个用户输入设备130、例如一个或多个图形用户界面(GUI)150。外科导航系统100的显示单元120可以被配置为显示各种提示或数据输入框。例如，显示单元120可以被配置为显示允许外科医生手动输入或选择要执行的外科手术程序的类型的文本框或提示。显示单元120还可被配置为显示患者数据，例如术前图像或扫描。如上所述，术前图像可以基于患者解剖结构的MRI扫描、放射扫描或计算机断层(CT)扫描。术前图像可上传至外科导航系统100并显示在显示单元120上。显示单元120还可以被配置为显示覆盖在患者数据或图像上的用于医疗程序的外科手术计划。

[0051] 外科手术计划可以包括用于执行医疗程序的外科手术路径或在该医疗程序期间的医疗器械的计划轨迹或方向。外科手术计划还可以包括将在医疗程序期间插入的植入物或医疗设备的位置和/或定向覆盖在患者数据或图像上。设想外科导航系统100可包括显示单元120，显示单元120被配置为显示和/或投影用于执行医疗程序的外科手术路径或在该医疗程序期间的医疗器械的计划轨迹或定向的全息图像。这可以包括将外科手术路径投影到外科手术室中的患者或其他表面上。它还可以包括将外科手术路径投影到外科医生佩戴的头部单元上，例如头部单元的透镜、护罩或眼镜。包括由外科医生佩戴的用于显示目标轨迹和/或目标部位的显示单元的外科导航系统100的示例性配置在国际专利申请No.PCT/IB2018/053130中公开了，其全部内容被通过引用方式并入本文。

[0052] 用户输入设备130和/或图形用户界面(GUI)150可以被配置为允许外科医生输入或键入患者数据或修改外科手术计划。患者数据可以包括患者图像，例如患者解剖结构的术前图像。这些图像可以基于患者解剖结构的MRI扫描、放射学扫描或计算机断层(CT)扫描。患者数据还可以包括与正在执行的医疗程序的类型、患者的解剖特征、患者的具体医疗状况和/或针对外科导航设置的操作设置有关的附加信息。例如，在进行脊柱外科手术时，外科医生可以通过用户输入设备130和/或图形用户界面(GUI)150输入与正在上面进行医疗程序的特定椎骨相关的信息。外科医生还可以输入与椎骨相关的各种解剖学尺寸和/或将要在该医疗程序期间插入的医疗设备或植入物的尺寸和形状。用户输入设备130和/或图形用户界面(GUI)150还可以被配置为允许外科医生选择、编辑或操纵患者数据。例如，外科医生可以从患者数据识别出和/或选择解剖特征。这可以包括选择外科手术部位，例如选择椎骨和/或椎骨上要执行该医疗程序的特定区域。

[0053] 外科医生可能还能够识别出关键解剖特征，例如外科医生在医疗程序过程中可能想要瞄准或避开的解剖特征。例如，外科医生可以使用用户输入设备130和/或图形用户界面(GUI)150来选择外科医生希望避开的皮质壁、神经、血管或类似的关键解剖结构并建立围绕着这些解剖结构的区域。外科医生还可以使用用户输入设备130和/或图形用户界面(GUI)150来选择和/或输入外科手术路径的目标部位、目标轨迹、目标深度或类似特征，以帮助指导外科医生执行医疗程序。

[0054] 该系统可以被配置为利用分割来方便感兴趣的区域和/或边界。该分割可以自动、半自动或手动执行。

[0055] 在手动分割的一个示例中，外科医生还可以利用用户输入设备130和/或图形用户界面(GUI)150来定义几何基元以定义感兴趣区域。一种为了分割和可视化人体的腔或孔口而定义几何基元的方法可以包括以下步骤：通过在3D患者图像中定义封闭的几何基元以生

成初始包络，来进行手动预分割；分析预分割的几何基元内的解剖结构；使用分析的结果进行包络的调整；并可视化包络。对可视化的包络的调整可以基于使用计算的体素关联分析的解剖结构，并且对可视化的单元包络(cell envelope)的调整可以通过计算被完全和/或部分地关联到该单元的体素的表面网格来实现。此外，对可视化的包络的调整可以通过优化封闭的几何基元的类型、定向、位置和/或大小来实现。用于定义几何基元和引导外科器械的示例性方法和系统在美国专利申请No.15/300,414和美国专利申请No.15/582,637中公开了，两者均被通过引用方式整体并入本文。

[0056] 用户输入设备130和/或图形用户界面(GUI)150也可以被配置为输入外科手术计划。这可以包括选择要使用的外科器械和要插入的设备和/或植入物。它还可以包括识别将所述设备或植入物放置在患者体内的位置和/或定向(即姿态)。用户输入设备130和/或图形用户界面(GUI)150还可以允许外科医生选择要插入的植入物的参数，例如要插入的螺钉的长度和/或直径。

[0057] 外科导航系统100还可包括导航处理器140。导航处理器140可以设置在个人计算机或膝上型计算机上。导航处理器140可以与用户输入设备130、显示单元120、中央处理单元(CPU)和/或其他处理器、存储器(未示出)和存储装置(未示出)通信。导航处理器140还可以包括与外科导航系统100的操作相关的和用于实现本文公开的各种例程和/或方法的软件和/或操作指令。软件和/或操作指令可以包括计划系统，该计划系统被配置用于相对于患者20定义植入物的准确位置和/或角度对准。导航处理器140可以直接或间接地与外科器械组件200、300、400有线或无线通信。

[0058] 导航系统还可以包括被导航处理器140用来控制外科器械220、320、420的操作的软件。该软件可以包括边界和/或警报区域生成器。边界生成器可以在导航处理器140、器械处理器215、315、415和/或其他部件上实现，例如在单独的处理器或控制器上。用于边界生成的示例性系统和方法可以在美国专利公开No.2004/0034283A1中找到，其全部内容被通过引用方式并入本文。边界生成器也可以是远离外科器械220、320、420操作的单独的系统的一部分。边界生成器是生成用于约束外科器械220、320、420的移动和/或操作的一个或多个虚拟边界的软件程序或模块。在一些示例中，边界生成器提供定义虚拟钻和/或驱动器引导(例如，虚拟植入物计划引导)的虚拟边界。这些虚拟边界或警报区域还可以被提供用于控制外科器械220、320、420相对于外科医生希望避开的关键解剖特征、目标深度和/或目标部位的操作。虚拟边界可以是一维的(1D)、二维的(2D)、三维的(3D)，并且可以包括点、线、轴、轨迹、平面(无限平面或由解剖结构或其他边界界定的平面段)、体积或其他形状，包括复杂的几何形状。虚拟边界可以由像素、点云、体素、三角网格、其他2D或3D模型、它们的组合等来表示。美国专利公开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以被用来促进外科手术程序的计划或执行。可以使用多个边界来定义区域。

[0059] 虚拟边界可以以多种方式使用。例如，导航处理器140可以/或者基于外科器械220、320、420与边界的关系(例如，空间、速度等)控制外科器械220、320、420的某些操作/功能。还设想了边界的其他用途。

[0060] 用于确保器械被定位在希望的深度的边界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来定义。虚拟边界也可以称为虚拟对象。可以相对于解剖模型(比如3D

骨骼模型)来定义虚拟边界。换言之,与虚拟边界相关联的点、线、轴、轨迹、平面、体积等可以在相对于解剖模型的坐标系固定不动的坐标系中定义,使得对解剖模型的跟踪(例如,通过跟踪它所配准到的相关解剖结构)还能够实现对虚拟边界的跟踪。

[0061] 解剖模型被配准到第一患者跟踪器,使得虚拟边界与解剖模型和相关联的坐标系关联起来。虚拟边界可以是植入物特异性的,例如基于植入物的尺寸、形状、体积等来定义,和/或是患者特异性的,例如基于患者的解剖结构来定义。虚拟边界可以是在术前、术中或其组合创建的边界。换言之,虚拟边界可以是在外科手术程序开始之前、在外科手术程序期间(包括在去除组织过程中)或其组合定义的。可以以多种方式提供虚拟边界,例如通过导航处理器140创建虚拟边界、从其他源/系统接收虚拟边界等。虚拟边界可以存储在存储器中以用于提取和/或更新。

[0062] 进一步设想,在一些情况下,虚拟边界可以包括多个平面边界,这些平面边界可以用于为将要在单一一个程序中使用的单独的器械描绘多个目标深度(例如,三个目标深度)。例如,第一虚拟边界代表用于钻孔的钻的目标深度,第二虚拟边界代表丝锥的目标深度,而第三虚拟边界代表用于插入螺钉的驱动器的目标深度,如图5D所示,并将在下面更详细解释。这些多个虚拟边界可以被导航处理器140一次一个地激活,以将切割一次限制到一个平面。导航处理器140跟踪外科器械220、320、420相对于虚拟边界的状态。

[0063] 外科导航系统100还可以包括跟踪单元110,该跟踪单元110包括一个或多个传感器115。传感器可以包括照相机,例如CCD照相机、CMOS照相机和/或光学图像照相机、磁性传感器、射频传感器、或适于检测和/或感测外科器械组件200、300、400的跟踪设备230、330、430的位置的任何其他传感器。可以在美国专利公开No.2017/0333137中找到合适的跟踪单元以及其可以利用的各种定位器的描述,该专利在此通过引用方式整体并入本文。

[0064] 参考图1A-1B,各种示例性外科器械组件200、300、400被示出为与外科导航系统100通信。下面将更详细地描述各种示例性外科器械组件中的每一个。外科器械组件200、300、400可以配置为与外科导航系统100有线和/或无线通信。此外,外科器械组件200、300、400中的每一个可具有能够执行相似功能和/或操作的多个相似部件。在各外科器械组件200、300、400中的每一个之间的相似部件将包括相同的两位数字,这两位数字前面由2、3或4开头,以反映相关联的外科器械组件200、300、400。例如,外科器械组件200、300、400中的每一个可以包括外科器械220、320、420。

[0065] 外科系统10可以包括与导航系统100通信的第一外科器械组件200。例如,第一外科器械组件200可以配置为包括手持件225的第一外科器械220,例如外科钻或驱动器。手持件225可以包括被配置用于容纳第一外科器械220的各部件的外壳210。手持件225可被成形为限定手柄或握持部分,以供外科医生在执行医疗程序时握住。合适的手持件在美国专利No.5747953中进行了描述,该专利的全部内容被通过引用方式并入本文。

[0066] 第一外科器械220还可以包括第一器械处理器215和电机245。第一器械处理器215和电机245中的每一个都可以设置在第一外科器械220的手持件225内。第一器械处理器215和电机245可以相互通信,并且第一器械处理器215可以被配置为控制电机245的操作,进而控制第一外科器械220的操作。例如,第一外科器械220可以包括末端执行器240,例如用于钻孔的钻头或用于插入螺钉的驱动器。末端执行器240可以联接到第一外科器械220的手持件225,使得电机245可以可操作地联接到末端执行器240。例如,电机245可以被配置为旋转

钻头240以钻孔和/或去除生物组织。第一器械处理器215可以与电机245通信并且被配置为控制电机245的操作，进而控制钻头240的操作。第一器械处理器215还可以与导航处理器140通信并且被配置为交换与第一外科器械220的位置和/或定向有关的数据，以及与第一外科器械220的操作有关的数据。例如，第一器械处理器215和导航处理器140可以被配置为基于由外科导航系统100检测到的第一外科器械220的位置和/或定向而在彼此之间传送与第一外科器械220的操作相关的数据。

[0067] 第一外科器械组件200还可包括电源260。电源260可以可拆卸地联接到外科钻220的手持件225。例如，电源260可以包括可拆卸电池组。还设想电源260可被形成为第一外科器械220的手持件225的一部分或设置在其内。电源260可以与第一器械处理器215和/或电机245电连通并且被配置为选择性地向电机245供电以旋转末端执行器240。电源也可以是通过电绳向第一外科器械供电的外科控制台。

[0068] 在电源采用可拆卸电池组形式的情况下，电源260还可以包括处理器265。处理器265可以通过电力信号和/或数据信号与第一器械处理器215通信。处理器265和第一器械处理器215可以被配置为在彼此之间进行通信以控制电机245的操作，进而控制第一外科器械220的操作。例如，电源260中的处理器265可以被配置为识别电源260何时已经下降到阈值电荷水平以下，使得电源260可能无法以用于钻孔或切割生物组织的最小阈值继续操作电机245。处理器265可以被配置为切断到第一器械处理器215和/或电机245的任何电力，以防止末端执行器240的操作，直到电源260具有足够的电荷水平来以高于用于钻孔或切割生物组织的最低阈值的速率操作电机245。电源260中的处理器265还可以与导航处理器140无线通信。电源260可以包括收发器，该收发器被配置为在电源260和外科导航系统100和/或器械处理器215之间发送和接收信号。

[0069] 处理器265和导航处理器140可以被配置为基于由外科导航系统100检测到的第一外科器械220的位置和/或定向而在彼此之间传送与第一外科器械220的操作相关的数据。例如，导航系统100可以被配置为基于由外科导航系统100检测的第一外科器械220的位置和/或定向而向处理器265传送数据，包括使处理器265停止向第一器械处理器215和/或电机245供电的指令。导航系统100还可以被配置为基于由外科导航系统100检测到的第一外科器械220的位置和/或定向而向处理器265传送数据，包括使处理器265继续和/或恢复向第一器械处理器215和/或电机245供电的指令。

[0070] 第一外科器械组件200还可以包括开关250，例如触发器或按钮或操作杆，其可操作地联接到第一器械处理器215。开关250可以被配置为能够由医务人员操纵以控制变速电机245的通电。例如，开关250可以在第一位置、断电状态和第二位置、通电状态之间进行操作。第一外科器械组件200还可以包括开关传感器，该开关传感器被配置为基于用户对开关250的操作来检测开关250的位置并生成指示开关250的位置的信号和/或将该信号传送该第一器械处理器215，以控制第一外科器械220的操作。例如，开关250可以包括第一位置、第二位置以及第一和第二位置之间的多个中间位置。第一位置可以被配置为关位置，使得当第一器械处理器215接收到开关传感器已经检测到开关250处于第一位置的信号时，第一器械处理器215阻止能量从电源260流到电机245，防止第一外科器械220的操作。可替代地，当第一器械处理器215接收到开关传感器已经检测到开关250处于第二位置的信号时，第一器械处理器215可以被配置为允许最大能量流从电源260流向电机245，允许第一外科器械220

以最大钻孔或切割速度操作。当第一器械处理器215接收到开关传感器已经检测到开关250处于中间位置之一的信号时，第一器械处理器215可以被配置为允许从电源260流向电机245的能量流处于与开关250在第一和第二位置之间的位置相对应的水平，允许第一外科器械220以中间钻削或切割速度操作。例如，如果第一器械处理器215接收到开关传感器已经检测到开关250被定位于第一和第二位置之间的中途(50％)的信号，则第一器械处理器215可以被配置为允许从电源260流向电机245的能量流处于允许第一外科器械220以最大钻削或驱动速度的50％的速率操作的水平。可替代地，第一器械处理器215可以被配置为在开关250处于不同于第一位置的位置的任何时候都允许最大能量从电源260流向电机245，从而当开关250处于第二位置或任何中间位置时都允许第一外科器械220以最大钻削或切割速度操作。示例性开关传感器可以在美国专利No.9,295,476中找到，该专利的全部内容被通过引用方式并入本文。

[0071] 第一外科器械组件200还可以包括第一警报设备255。第一警报设备255可以包括听觉、触觉和/或视觉上可感知的设备。第一警报设备255可以被配置为与第一器械处理器215或电源260的处理器通信。第一器械处理器215或其他处理器可被配置为基于预编程的条件或设置发送信号以激活第一警报设备255来提供警告或通知。

[0072] 例如，如上所述，外科医生可以使用用户输入设备130将被定义工况和/或设置输入到外科导航系统100中，例如选择外科医生希望避开的皮质壁、神经、血管或类似的解剖结构并建立围绕那些解剖结构的区域或区。外科医生还可以使用用户输入设备130来选择和/或输入目标部位(一个或多个位置)、一个或多个自由度上的目标轨迹、或无裁切区、或外科手术路径中的类似特征，以帮助指导外科医生进行医疗程序。基于导航处理器140提供的数据，第一器械处理器215可以被配置为在第一外科器械220的末端执行器240进入如外科医生定义的所述区域和/或区中的一个时发送信号以激活第一警报设备255。基于由导航处理器140提供的数据，第一器械处理器215或其他处理器还可以被配置为在第一外科器械220的末端执行器240离开轨迹时和/或在末端执行器240到达目标部位时发送信号以激活第一警报设备255。

[0073] 在示例性配置中，第一警报设备255可以包括振动装置，该振动装置被放置成与外科医生接触并且被配置为振动以通知外科医生特定状况或提供警告。在示例性配置中，如图1A-1B所示，第一警报设备255可以包括被联接到用于控制第一外科器械220的操作的开关250的振动装置。第一警报设备255可以被配置为在发生被定义工况时振动。由于在致动第一外科器械220时外科医生将与开关250持续接触，所以外科医生会感觉到第一警报设备255振动并被告知发生了被定义工况。第一警报设备255可以被配置为在发生被定义工况时以特定模式或间隔产生振动。可替代地，第一警报设备255可以被配置为在第一工况发生时产生特定模式或间隔的第一振动并且在第二工况发生时产生不同模式或间隔的第二振动。

[0074] 第一警报设备255还可以被配置为被配置为在被定义工况发生时向外科医生提供听觉警报的听觉设备，例如扬声器。例如，第一警报设备255可以包括被配置为在发生被定义工况时产生特定的声音的扬声器。可替代地，第一警报设备255可以包括被配置为在发生被定义工况时以特定模式或间隔产生声音的扬声器。扬声器可被包括以作为外科导航系统的一部分。

[0075] 在又一种配置中，第一警报设备255可以被配置为视觉可感知的设备或指示器，例

如视觉显示器，其被配置为在发生被定义工况时向外科医生提供视觉警报。例如，第一警报设备255可以包括被配置为在发生被定义工况时闪烁的灯。可替代地，第一警报设备255可以包括多个多色灯，其被配置为在发生被定义工况时以定义的颜色或图案点亮和/或闪烁。在第一警报设备是显示器的情况下，显示器可以被配置为生成指示警报条件的视觉提示。导航显示器120可以用作第一警报设备255的显示器，使得导航显示器120被配置用于提供警告外科医生的视觉提示。例如，导航显示器120可以被配置为在第一警报设备255被触发时显示提示或窗口，从而向外科医生提供通知。可替代地，导航显示器120被配置为在第一警报设备被触发时闪烁和/或改变颜色。使用导航显示器120作为第一警报设备255的显示器的众多优点之一是外科医生在执行该程序期间已经在经常观看导航显示器120了，因此如果导航显示器120被配置为显示由第一警报设备255提供的通知则外科医生很可能及时地接收到视觉通知。

[0076] 在某些配置中，可拆卸电源260也可以包括第一警报设备。例如，可拆卸电源260可以包括对导航处理器产生的信号进行响应的振动电机或扬声器。

[0077] 还设想第一警报设备255可以包括听觉、触觉和/或视觉可感知设备的组合。例如，第一警报设备255可以被配置为听觉设备和触觉设备的组合，使得触觉设备可以被配置为振动以提供第一警报并且听觉设备可以被配置为产生噪音以提供第二次警报。第一和第二警报可以指示发生了同样的被定义工况，或者第一和第二警报可以指示发生了不同的被定义工况。例如，第一警报可以基于第一外科器械220与目标轨迹未对准，而第二警报可以基于末端执行器240到达目标部位。

[0078] 虽然第一警报设备255被图示为联接到或靠近第一外科器械组件200的开关250，但是可以设想第一警报设备255可以联接到和/或定位在替代位置。例如，当第一警报设备255包括触觉设备时，第一警报设备255可以配置为可移除地附接到外科医生的振动构件。第一警报设备255可以被配置为可穿戴设备，例如佩戴在外科医生的腕或臂上的手环，使得在被定义工况发生时外科医生能够感觉到第一警报设备255振动。可替代地，当第一警报设备255包括听觉设备时，第一警报设备255可以被配置为可移除地附接到外科医生的扬声器。第一警报设备255可以被配置为蓝牙扬声器或耳机以佩戴在外科医生的头上或定位在外科医生的耳朵内，使得在被定义工况发生时外科医生能够听到第一警报设备255产生噪音。

[0079] 虽然没有要求，但将第一警报设备255定位成远离第一外科器械220有许多优点。例如，将第一警报设备255定位成远离第一外科器械220的一个优点是它可以减小第一外科器械220的尺寸。这可以允许第一外科器械220装配在较小的空间中。较小的第一外科器械220对于外科医生来说对外科手术部位提供的视野阻碍更少。将第一警报设备255远离第一外科器械220定位的另一个优点，特别是在触觉设备的情况下，是第一警报设备255不使第一外科器械220振动或不影响第一外科器械220的移动，同时仍然向外科医生提供警报或通知。在高度技术性的程序中，使第一外科器械220振动的警报可能会导致外科医生由于被第一警报设备255惊吓和/或所述振动向第一外科器械220赋予不希望的运动而将第一外科器械220移动到不希望的位置。

[0080] 第一外科器械组件200还可以包括跟踪设备230。跟踪设备230可以联接到第一外科器械220的手持件225。跟踪设备230可以包括可由外科导航系统100的跟踪单元110识别

的多个标记235。标记235可以包括用于向传感器115发射光信号(例如,反射从跟踪单元110发射的光)的无源跟踪元件(例如,反射器)。在其他配置中,标记235可以被配置为有源跟踪标记。还设想标记235可以包括有源和无源布置的组合。标记235可以以相对于其他标记235定义的或已知的位置和定向布置,以便允许外科导航系统100确定外科器械220的位置和定向(姿态)。例如,标记235可以配准到第一外科器械220以允许外科导航系统100确定第一外科器械220的末端执行器240或切割部分在限定空间(例如外科手术区)内的位置和/或定向。在一种示例性配置中,外科导航系统100可以被配置为确定第二外科器械220的末端执行器240或切割部分相对于目标轨迹和/或计划的外科手术路径的目标部位的位置和/或定向。在另一示例性配置中,外科导航系统100还可以被配置为确定第二外科器械220的末端执行器240或切割部分相对于患者体内的关键解剖结构、以及相对于用户定义的边界、区和/或区域的位置和/或定向。

[0081] 外科系统10可以可替代地包括与导航系统100一起使用的第二外科器械组件300。例如,第二外科器械组件300可以包括包含手持件325的第二外科器械320,例如高速外科钻或超声外科手持件。手持件325可以联接到控制台310,控制台310被配置为控制第二外科器械320的各部件的操作。手持件325可以成形为限定手柄或握持部分,以供外科医生在执行医疗程序时握住。连接到控制台的示例性第二外科器械可以在美国专利No.10,016,209和美国专利公开No.20190117322中找到,它们分别被通过引用方式整体并入本文。

[0082] 第二外科器械320还可以包括第二器械处理器315和电机345。第二器械处理器315可以设置在第二外科器械组件300的控制台310内。电机345可以设置在第二外科器械320的手持件325内。第二器械处理器315和电机345可以相互通信,并且第二器械处理器315可以被配置为控制电机345的操作,进而控制第二外科器械320的操作。例如,第二外科器械320可以通过将第二器械处理器315连接到电机345的绳联接到控制台,以允许第二器械处理器315到电机345之间的通信控制电机的操作。第二器械处理器315还可以包括末端执行器340,例如高速切割钻杆或超声尖端。末端执行器340可以联接到第二外科器械320的手持件325,使得电机345可以可操作地联接到末端执行器340。例如,电机345可以被配置为致动高速切割钻杆340以磨削生物组织和/或从外科手术部位去除生物组织或使超声尖端振动。第二器械处理器315可以与电机345通信并且被配置为控制电机345的操作,进而控制高速切割钻杆340的操作。第二器械处理器315还可以与导航处理器140通信并且被配置为交换与第二外科器械320的位置和/或定向有关的数据,以及与第二外科器械320的操作有关的数据。例如,第二器械处理器315和导航处理器140可以被配置为基于由外科导航系统100检测到的第二外科器械320的位置和/或定向而在彼此之间传送与第二外科器械320的操作相关的数据。还设想其它的外科器械可以联接控制台和/或与设置在控制台310内的第二器械处理器315通信。

[0083] 第二外科器械组件300还可以包括电源(未示出)。电源可以联接到第二外科器械组件300的控制台310并且被配置为向第二外科器械320的电机345提供能量以致动末端执行器340。还设想控制台310可以包括绳(cord),其被配置为插入到连接至电网的插座中,以向第二外科器械组件300提供能量。电源可以与第二器械处理器315和/或电机345电连通并且被配置为选择性地向电机345供电以致动末端执行器340。

[0084] 第二外科器械组件300还可以包括开关350,例如脚踏开关、触发器或按钮,其可操

作地联接到第二器械处理器315。开关350可以被配置为基于用户输入而产生信号和/或将信号传送到第二器械处理器315以控制第二外科器械320的操作。例如，开关350可以包括第一位置、第二位置以及在第一和第二位置之间的多个中间位置。第一位置可以被配置为关位置，使得当第二器械处理器315检测到开关350处于第一位置时，第二器械处理器315阻止能量从电源流到电机345，防止第二外科器械320的操作。可替代地，当第二器械处理器315检测到开关350处于第二位置时，第二器械处理器315可以被配置为允许最大能量从电源流到电机345，从而允许第二外科器械320以最大速度或位移(例如最大切割速度或磨削速度或振动速度或振动幅度)操作。当第二器械处理器315检测到开关350处于中间位置之一时，第二器械处理器315可以被配置为允许从电源流到电机345的能量与开关350在第一和第二位置之间的位置的水平相对应，允许第二外科器械320以中间切割或磨削速度操作。例如，如果第二器械处理器315检测到开关350被定位在第一和第二位置之间的中途(50％)，则第二器械处理器315可以被配置为允许从电源流到电机345的能量对应于允许第二外科器械320以最大切割或磨削速度的50％的速率操作的水平。可替代地，第二器械处理器315可以被配置为在开关350处于不同于第一位置的位置的任何时候都允许最大能量从电源流到电机345，从而当开关350处于第二位置或任何中间位置时都允许第二外科器械320以最大切割或磨削速度操作。

[0085] 尽管图中未示出，但可以设想多个外科器械320可以联接到控制台310并由脚踏开关控制。开关350、例如脚踏开关可以被配置为控制多个外科器械中的每一个。例如，单一一个脚踏开关可以包括多个按钮，每一个按钮可以分配给多个外科器械中的一个。包括被连接到控制台以控制多个外科器械的开关的示例性外科系统在美国专利申请No.15/450,477中公开了，其被整体以引用方式并入本文。

[0086] 第二外科器械组件300还可以包括第二警报设备355。第二警报设备355可以包括听觉、触觉和/或视觉可感知的设备。第二警报设备355可以被配置为与第二器械处理器315通信或直接与导航处理器通信。第二器械处理器315或导航处理器可被配置为基于预编程的条件或设置来发送信号以激活第二警报设备355，提供警告或通知。

[0087] 例如，如上所述，外科医生可以使用用户输入设备130将被定义工况和/或设置输入到外科导航系统100中，例如选择外科医生希望避开的皮质边界、神经、血管或类似的解剖结构并建立围绕这些解剖结构的边界或区。外科医生还可以使用用户输入设备130来选择和/或输入目标部位、目标轨迹或类似特征以帮助指导外科医生执行医疗程序。基于导航处理器140提供的数据，第二器械处理器315可以被配置为在第二外科器械320的末端执行器340进入如外科医生定义的围绕着解剖结构的区域和/或区中的一个时发送信号以激活第二警报设备355。例如，外科医生可以利用外科导航系统100的用户输入设备130来相对于解剖模型定义边界或区。这可以包括识别关键解剖特征，例如椎体的特定壁、中央孔、神经或血管，并为其分配区。如上所述，导航系统100可以包括用于在患者体内相对于关键解剖特征生成虚拟边界的边界生成器。作为生成那些边界的一部分，导航系统100可以被配置为基于分割算法认定和/或定义虚拟边界。在导航系统100生成一个或多个虚拟边界时，导航系统140可进一步配置为允许外科医生选择深度或距离。在外科医生选择深度后，导航系统100可被配置为在距初始虚拟边界的选定深度或距离处投射第二虚拟边界。在初始虚拟边界和第二虚拟边界之间定义的区域和/或空间(volume)可以定义所述区的至少一部分。可

以在美国专利公开No.2017/0061242A1中找到分割的示例性系统和/或方法,其全部内容被通过引用方式并入本文。

[0088] 它还可以包括识别附加区,所述附加区包括围绕关键解剖特征的区或区域,例如定义环绕关键解剖特征的第二区域,该第二区域与关键解剖特征的边界间隔开一距离。它还可以包括定义附加的后续区域,例如环绕着第二区域并且与关键解剖特征的边界间隔开的距离大于第二区域与关键解剖特征间隔开的距离的第三区域。在本示例性配置中,末端执行器340可能首先接触最外面的警报区域,触发第二警报设备355产生第一警报。然后末端执行器340可能接触最接近关键解剖结构的下一个警报区域,触发警报设备355产生第二警报。第一和第二警报被配置为通知外科医生发生了末端执行器340进入被分配给第一和第二警报的相应警报区域的情况。外科导航系统100可以被配置为允许外科医生根据具体程序的需要来定义警报区域或区。警报区域可以配置为边界线或配置为环绕关键解剖结构的区。例如,警报区域可以包括环绕关键解剖结构的区或层。外科医生可以在外科导航系统100中定义警报区域的厚度。例如,与关键解剖结构相邻设置的第二警报区域可以定义为围绕关键解剖结构的两毫米厚的区。该厚度可以根据程序的类型和/或外科医生的偏好而变化,以确保不接触关键解剖结构。外科医生可以定义后续的警报区域,其可以与第二警报区域相邻并且与关键解剖结构相反,使得后续的警报区域比第二警报区域距关键解剖结构更远。

[0089] 外科医生可以将所述后续的警报区域定义为环绕第二警报区域的最外周界的五毫米厚区。该厚度根据程序的类型和/或外科医生的偏好通过操纵用户输入设备得到。

[0090] 应当理解,这些警报区域可以基于来自患者扫描的分割数据自动生成。

[0091] 基于导航处理器140提供的数据,第二器械处理器315也可以被配置为在第二外科器械320的末端执行器340偏离轨迹和/或在末端执行器340到达目标部位/区域/边界时发送信号以激活第二警报设备355。例如,基于外科导航系统100识别出末端执行器340和/或第二外科器械320未与作为计划外科手术路径的一部分而建立的目标轨迹正确对准,第二警报设备355可以被激活以产生听觉、触觉或视觉上可感知的警报中的至少一种。在本示例性配置中,第二警报设备355可以产生触觉警报,例如使开关350或可拆卸电源振动,以通知外科医生末端执行器340未与目标轨迹正确对准。一旦末端执行器340与目标轨迹正确对准,第二警报设备355就可以被停用。第二警报设备355可以类似地配置为基于外科导航系统100识别出末端执行器340和/或第二外科器械320已经到达外科医生定义的目标部位而被激活以产生听觉、触觉或视觉上可感知的警报中的至少一种。例如,第二警报设备355可以产生触觉警报,例如使开关350振动,以通知外科医生末端执行器340已经到达目标部位/区域,例如相对于关键解剖特征边界的优选深度或位置。一旦末端执行器340已经到达目标部位,还设想控制台可以被配置为停用电机,进而停用末端执行器340,以防止末端执行器340超出目标部位/区域。

[0092] 在示例性配置中,第二警报设备355可以包括振动装置,该振动装置被放置为与外科医生接触并被配置为振动以通知外科医生特定情况或提供警告。在示例性配置中,如图1A-1B所示,第二警报设备355可包括被联接到用于控制第二外科器械320的操作的开关350的振动设备,例如脚踏开关。第二警报设备355可以被配置为在被定义工况发生时振动。例如,第二警报设备可以包括与脚踏开关350联接和/或通信的振动设备。在这种配置中,第二

警报设备355可以被配置为使脚踏开关350振动以通知外科医生被定义工况的发生，例如第二外科器械320的末端执行器340接近和/或进入定义的警报区域中的一个。由于在致动第二外科器械320时外科医生将与开关350持续接触，因此外科医生将感觉到第二警报设备355振动并被通知被定义工况的发生而不影响他或她对手持式外科器械的抓握。第二警报设备355可以被配置为在被定义工况发生时以特定模式或间隔产生振动。可替代地，第二警报设备355可以被配置为在发生第一工况时产生特定模式或间隔的第一振动，并且在发生第二工况时产生不同模式或间隔的第二振动。例如，第二警报设备355可以被配置为在第二外科器械320的末端执行器340接近和/或进入第一警报区域时交替振动和停止，并且第二警报设备355可以被配置为当第二外科器械320的末端执行器340接近和/或进入第二警报区域时连续振动。

[0093] 第二警报设备355还可以被配置为听觉设备，例如扬声器，其被配置为在被定义工况发生时向外科医生提供听觉警报。例如，第二警报设备355可以包括被配置为在发生被定义工况时产生特定的声音的扬声器。可替代地，第二警报设备355可以包括被配置为在发生被定义工况时产生特定模式或间隔的声音的扬声器，例如该工况为末端执行器的位置跨过定义的区域/边界。

[0094] 在又一种配置中，第二警报设备355可以被配置为视觉可感知设备，例如视觉显示器，其被配置为在发生被定义工况时向外科医生提供视觉警报。例如，第二警报设备355可以包括被配置为在发生被定义工况时闪烁的灯。可替代地，第二警报设备355可以包括多个多色灯，其被配置为在发生被定义工况时以定义的颜色或图案点亮和/或闪烁。显示器可以集成到手持件或电池中，或者作为导航系统的一部分，或者它们的组合。

[0095] 还设想第二警报设备355可以包括听觉、触觉和/或视觉可感知的设备的组合。例如，第二警报设备355可以被配置为听觉设备和触觉设备的组合，使得触觉设备可以被配置为振动以提供第一警报并且听觉设备可以被配置为产生噪音以提供第二次警报。第一和第二警报可以指示发生了相同的被定义工况，或者第一和第二警报可以指示发生了不同的被定义工况。例如，第一警报可以基于第二外科器械320进入第一区而产生，并且第二警报可以基于末端执行器340进入第二区而产生。

[0096] 虽然第二警报设备355被图示为联接到第二外科器械组件300的开关350，但是可以设想第二警报设备355可以联接到和/或定位在替代位置。例如，当第二警报设备355包括触觉设备时，第二警报设备355可以被配置为可拆卸地附接到外科医生的振动构件。第二警报设备355可以被配置为佩戴在外科医生的腕或臂上的手环，使得在被定义工况发生时外科医生能够感觉到第二警报设备355振动。可替代地，当第二警报设备355包括听觉设备时，第二警报设备355可以被配置为可拆卸地附接到外科医生的扬声器。第二警报设备355可以被配置为蓝牙扬声器或耳机，以佩戴在外科医生的头上或定位在外科医生的耳朵内，以便在被定义工况发生时外科医生能够听到第二警报设备355产生噪音。

[0097] 虽然没有要求，但将第二警报设备355定位成远离第二外科器械320有许多优点。例如，将第二警报设备355定位成远离第二外科器械320的一个优点是它可以减小第二外科器械320的尺寸。这可以允许第二外科器械320装配在较小的空间中。较小的第二外科器械320对于外科医生来说对外科手术部位提供的视野阻碍更少。将第二警报设备355远离第二外科器械320定位的另一个优点，特别是在它是触觉设备的情况下，是第二警报设备355不

使第二外科器械320振动或不影响第二外科器械320的移动，同时仍然向外科医生提供警报或通知。在一些医疗程序中，外科医生可以依靠他们对器械的感觉和/或触碰来执行该程序。例如，外科医生可以依靠对器械的感觉或接触来认识到扭矩的变化，其可以指示正在被切割和/或去除的生物物质的连贯性(consistency)/密度的变化。与正在切割/去除生物物质时相比，外科医生对器械的感觉和/或接触还可以指示末端执行器何时在自由地旋转。在这些示例性情况下，以及在外科医生对器械的触摸和/或感觉可以帮助他们准确执行医疗程序的其他情况下，将警报设备355定位成远离第二外科器械320可能是有利的，例如定位在脚踏开关350中。在高度技术性的程序过程中，将振动的警报设备定位在第二外科器械320上或附近可能会由于被第二警报设备355惊吓和/或所述振动会赋予第二外科器械320不希望的移动而导致外科医生将第二外科器械320移动到不希望的位置。振动第二外科器械320还可能导致末端执行器340抓住或咬入生物物质而导致不想要的结果，例如在医疗程序期间接触关键解剖特征或去除/损坏不打算去除的生物材料。

[0098] 第二外科器械组件300还可包括跟踪设备330。跟踪设备330可以联接到第二外科器械320的手持件325。跟踪设备330与在上面针对第一外科器械组件所描述的类似。

[0099] 外科系统10可以包括与导航系统100通信的第三外科器械组件400。例如，第三外科器械组件400可以包括包含手持件425的第三外科器械420，例如超声器械。手持件425可以联接到控制台410，控制台410被配置为控制第三外科器械420的各部件的操作。手持件425可以成形为包括手柄或握持部分，以供外科医生在执行医疗程序时握住。

[0100] 第三外科器械420还可包括第三器械处理器415和电机445。第三器械处理器415可以设置在第三外科器械组件400的控制台410内。电机445可以设置在第三外科器械420的手持件425内。第三器械处理器415和电机445可以相互通信。电机445可以包括压电元件，该压电元件被配置为在向该压电元件施加电流时膨胀和收缩。压电元件可以包括在堆叠体中端对端地布置的多个盘形压电元件。第三器械处理器415可以被配置为控制电机445的操作，进而控制第三外科器械420的操作。例如，第三外科器械420可以包括末端执行器440，例如超声尖端组件。末端执行器440可以包括超声尖端组件，该超声尖端组件包括喇叭形部，当压电元件膨胀和收缩时，其超声尖端部分以超声速度振动。超声尖端组件还可以包括外部护套，其至少部分地设置在除超声尖端部分外的喇叭形部上。末端执行器440可以联接到第三外科器械420的手持件425，使得电机445可以可操作地联接到末端执行器440。例如，电机445可配置成致动超声尖端组件440以磨削和/或从外科手术部位去除生物组织。第三器械处理器415可以与电机445通信并且被配置为控制电流到压电元件的流动，控制电机445的操作，进而控制超声尖端组件440的操作。第三器械处理器415还可以与导航处理器140通信并且被配置为交换与第三外科器械420的位置和/或定向有关的数据，以及与第三外科器械420的操作有关的数据。例如，第三器械处理器415和导航处理器140可以被配置为基于由外科导航系统100检测到的第三外科器械420的位置和/或定向而在彼此之间传送与第三外科器械420的操作相关的数据。

[0101] 第三外科器械组件400还可以包括电源(未示出)。电源可以联接到第三外科器械组件400的控制台410并且被配置为向第三外科器械420的电机445提供能量以致动末端执行器440。例如，电源可以包括可拆卸电池组。还设想控制台410可以包括绳，其被配置为插入连接到电网的插座，以向第三外科器械组件400供应能量。电源可以与第三器械处理器

415和/或电机445电连通并且被配置为选择性地向电机445供电以致动末端执行器440。

[0102] 第三外科器械组件400还可以包括可操作地联接到第三器械处理器415的开关450，例如脚踏开关、踏板或按钮。开关450可以被配置为基于用户输入而产生信号和/或将信号传送到第三器械处理器415以控制第三外科器械420的操作。例如，开关450可以包括第一位置、第二位置以及第一和第二位置之间的多个中间位置。第一位置可以配置为关位置，使得当第三器械处理器415检测到开关450处于第一位置时，第三器械处理器415阻止能量从电源流到电机445，从而阻止第三外科器械420的操作。可替代地，当第一器械处理器415检测到开关450处于第二位置时，第三器械处理器415可以被配置为允许最大能量从电源流到电机445，从而允许第三外科器械420以最大位移操作。当第三器械处理器415检测到开关450处于中间位置之一时，第三器械处理器415可以被配置为允许从电源流到电机445的能量具有与位于第一和第二位置之间的开关450的位置相对应的水平，以允许第三外科器械420以中间位移操作。例如，如果第三器械处理器415检测到开关450位于第一位置和第二位置之间的中途(50％)，则第三器械处理器415可以被配置为允许从电源流到电机445的能量具有允许第三外科器械420以最大位移的50％的速率操作的水平。可替代地，第三器械处理器415可以被配置为每当开关450处于除第一位置之外的位置时即允许最大能量从电源流到电机445，以便在开关450处于第二位置或任何中间位置时允许第三外科器械420以最大位移操作。

[0103] 第三外科器械组件400还可包括第三警报设备455。第三警报设备455可以包括听觉、触觉和/或视觉可感知的设备。第三警报设备455可以被配置为与第三器械处理器415通信。第三器械处理器415可以被配置为基于预编程的条件或设置发送信号以激活第三警报设备455来提供警告或通知。例如，如上所述，外科医生可以使用用户输入设备130将被定义工况和/或设置输入到外科导航系统100中，例如选择外科医生希望避开的皮质边界、神经、血管或类似解剖结构并建立围绕这些解剖结构的区或区域。例如，外科医生可以利用外科导航系统100的用户输入设备130在患者数据内定义区或区域。这可以包括识别关键解剖特征，例如神经或血管，并为其分配区域。它还可以包括识别附加区域，该附加区域包括围绕关键解剖特征的区或区域，例如定义环绕关键解剖特征的第二区域，该第二区域与关键解剖特征的边界间隔开一距离。它还可以包括定义附加的后续区域，例如环绕第二区域并且与关键解剖特征的边界间隔开的距离大于第二区域与关键解剖特征间隔的距离的第三区域。在该示例性配置中，末端执行器440可能首先接触最外面的区域，触发警报设备455产生第一警报。然后末端执行器440可能接触最接近关键解剖结构的下一个区域，触发警报设备455以产生第二警报。第一和第二警报被配置为通知外科医生末端执行器440进入被分配给第一和第二警报的相应区域的发生。

[0104] 外科医生还可以使用用户输入设备130来选择和/或输入目标部位、目标轨迹或外科手术路径的类似特征，以帮助指导外科医生执行医疗程序。基于导航处理器140提供的数据，第三器械处理器415可以被配置为在第三外科器械420的末端执行器440进入由外科医生定义的围绕解剖结构的区和/或区域中的一个时发送信号以激活第三警报设备455。基于由导航处理器140提供的数据，第三器械处理器415还可以被配置为在第三外科器械420的末端执行器440偏离轨迹时和/或在末端执行器440到达目标部位时发送信号以激活第三警报设备455。例如，基于外科导航系统100识别出末端执行器440和/或第三外科器械420未与

作为计划外科手术路径的一部分而建立的目标轨迹正确对准，第三警报设备455可以被激活以产生听觉、触觉或视觉上可感知的警报中的至少一种。在该示例性配置中，第三警报设备455可以产生触觉警报，例如使开关450振动，以通知外科医生末端执行器440未与目标轨迹正确对准。一旦末端执行器440与目标轨迹正确对准，第三警报设备455就可以被停用。第三警报设备455可以类似地配置为基于外科导航系统100识别出末端执行器440和/或第三外科器械420已经到达在计划的外科手术路径中的由外科医生定义的目标部位而被激活以产生听觉、触觉或视觉上可感知的警报中的至少一种。例如，第三警报设备455可以产生触觉警报，例如使开关450振动，以通知外科医生末端执行器440已经到达目标部位，例如优选深度。一旦末端执行器440已经到达目标部位，还设想控制台可以被配置为停用电机，进而停用末端执行器340，以防止末端执行器340超出目标部位。

[0105] 在示例性配置中，第三警报设备455可以如上文针对第一和第二警报设备所描述的那样进行配置。

[0106] 第三外科器械组件400还可以包括跟踪设备430。跟踪设备430可以联接到第三外科器械420的手持件425。跟踪设备430可以类似于以上针对其他器械组件所定义的。

[0107] 上述外科器械组件200、300、400旨在作为外科系统10内的示例性器械和/或配置，而不旨在进行限制。还设想了其他类型和形式的外科器械组件。虽然图中将多个示例性外科器械组件200、300、400描述为外科系统10的一部分并且与外科导航系统100通信，但是可以设想外科系统10可以仅包括单一一个外科器械组件200、300、400和导航系统100。此外，虽然图1A-1B中所示的外科系统10包括三个外科器械组件200、300、400和单一一个外科导航系统100，但设想外科系统10可以配置为包括外科器械组件200、300、400和/或外科导航系统100的任何组合。例如，外科系统10可以包括单一一个外科器械组件200、300、400和多个外科导航系统100。

[0108] 参考图2，示出了使用上述外科系统10对患者20执行医疗程序的外科手术室或外科手术间的示例性配置。包括外科导航系统100和上述外科器械组件200、300、400中的至少一个外科器械组件的外科系统10在外科手术室中可以放置在患者20和/或将要进行医疗程序的外科手术部位30周围。

[0109] 虽然在图2中仅示出了第二外科器械组件300，但应当理解，这只是外科系统10的示例性配置，并且设想可以将任意数量的外科器械组件200、300、400定位在外科手术室内。如上所述，第二外科器械组件300包括第二外科器械320，第二外科器械320包括末端执行器340和跟踪设备330。跟踪设备330包括能够被外科导航系统100识别和/或跟踪的多个标记335。第二外科器械320联接到远离第二外科器械320定位的控制台310。第二外科器械组件300还包括远离患者20定位并联接到控制台310的开关350。开关350经由容纳在控制台310内的第二器械处理器315(未示出)与第二外科器械320通信。

[0110] 虽然在图2中未示出，但第二外科器械组件300还包括上述的第二警报设备355。基于第二警报设备355的配置，第二警报设备355可以定位在开关350上、外科医生身上的某处、和/或外科医生可观察到的外科手术室内的一部位。例如，如上所述，包括触觉构件的第二警报设备355可以定位在外科医生身上，例如他们的腕或踝上。可替代地，包括听觉构件的第二警报设备355可以定位在外科医生的耳朵上。在又一配置中，第二警报设备355包括视觉设备，第二警报设备355可定位在外科导航系统100的显示单元120上或外科医生能够

感知到、但不会阻挡或干扰外科医生对外科手术部位30的观察的类似部位。在其他配置中，第二警报设备是脚踏开关，并且在外科手术期间不容易观察到，因为它位于外科手术室桌子下方。

[0111] 尽管先前未讨论，但还设想外科系统10还可包括成像系统500，例如CT或MRI成像设备。成像系统500可以包括扫描仪510和显示单元520。扫描仪520可用于拍摄患者20的外科手术部位30的图像并将其显示在显示单元520上。例如，扫描仪可以包括配置为围绕患者20旋转以产生外科手术部位30的多个图像的C形臂。成像系统500还可以包括包含软件的处理器(未示出)，如本领域技术人员已知的，其能够获得由扫描仪510捕获的多个图像并生成外科手术部位30的2-D图像和/或3-D模型。显示单元520可以被配置为显示所生成的2-D图像和/或3-D模型。

[0112] 成像系统500还可以与外科导航系统100的导航处理器140通信。成像系统500可以被配置为经由有线和/或无线连接与导航处理器140通信。例如，成像系统500可以被配置为向导航处理器140提供术前和/或术中图像数据，例如所生成的外科手术部位30的2-D图像和/或3-D模型。然后，导航处理器140可以被配置为将生成的2-D图像和/或3-D模型提供给导航显示单元120，在这里外科医生可以使用用户输入设备130或使用算法来识别和/或定义围绕关键解剖结构周围的相应区和/或区域。例如，外科医生可以利用外科导航系统100的用户输入设备130来定义围绕着在执行医疗程序期间外科医生希望避开的椎体、神经或血管的警报区域。外科医生可以利用外科导航系统100的用户输入设备130来输入和/或修改将在执行医疗程序期间使用的计划外科手术路径、边界或警报区域。

[0113] 参考图3，示出了在执行医疗程序期间从外科医生的角度观察到的患者20的外科手术部位30的示例性示意图。图3的示例性示意图描绘了在医疗程序期间上述外科系统10的示例性布置，包括第二外科器械组件300。第二外科器械组件300包括被定位在外科手术部位30附近并且在外科医生的视野内的第二外科器械320，其包括手持件325和末端执行器340。第二外科器械组件300的其它部件与第二外科器械320通信，但远离第二外科器械320定位并且在外科医生的视野之外。例如，当外科医生专注于外科手术部位时，外科导航系统100、控制台310、开关350和警报设备355都可以远离第二外科器械320定位并且在外科医生的视野之外。这可以减少外科医生观察外科手术部位的障碍并提高外科医生专注于外科手术部位30和/或执行医疗程序的能力。

[0114] 参考图4A-5C，图示了在执行医疗程序期间上述外科系统10的各示意图。为了进一步解释外科系统10的操作，外科系统10的各示意图包括相对于患者20处于不同定向中的上述外科器械220、320、420中的一个或多个外科器械。外科器械220、320、420，例如第二外科器械320，被示出为相对于患者20的外科手术部位30处于第一位置。外科器械220、320、420可以包括包含器械处理器215、315、415的控制台或外壳210、310、410。如上所述，器械处理器215、315、415可以与导航系统的导航处理器140通信。外科器械220、320、420还可以包括开关250、350、450，例如触发器、手动开关或脚踏开关，其联接到控制台或外壳210、310、410并且与器械处理器215、315、415通信。警报设备255、355、455可以联接到开关250、350、450并与器械处理器215、315、415通信。尽管图中未示出，但如上所述，警报设备255、355、455不需要联接到开关250、350、450。相反，设想警报设备255、355、455可以与开关250、350、450分开。例如，警报设备255、355、455可以联接到控制台或外壳210、310、410并且与器械处理器

215、315、415有线或无线地通信。还设想警报设备255、355、455是与器械处理器215、315、415无线通信的独立的设备，例如外科医生佩戴的手环或袖章。

[0115] 此外，如上所述，外科医生可以使用外科导航系统100在术前和/或术中患者数据(例如CT或MRI扫描)中识别出和/或定义各种边界、区、目标轨迹、目标部位等。例如，如图4A-4C所示，外科医生可以利用外科导航系统100来相对于外科手术部位30内的关键解剖结构或边界(例如中央孔、椎体壁、神经或血管)选择和/或定义虚拟边界(边界1、2、3)和/或警报区域(区域1、2、3)。这可以包括在距关键解剖结构的不同距离处定义多个虚拟边界(边界1、2、3)和/或警报区域(区域1、2、3)。例如，如图4A-5C所示，外科手术部位30包括要在其上执行医疗程序的椎骨。第一虚拟边界(边界1)可以相对于该关键解剖结构(诸如脊髓的外周界)来定义。边界1可以由外科医生使用导航系统100手动地定义。然而，外科医生也可以从导航系统100的边界生成器软件提供的虚拟边界的填充列表中选择边界1。如上所述，导航系统100可以包括包含边界生成器的软件。导航处理器140可以被配置为基于由外科医生选择或输入的各个数据点提供一个或多个虚拟边界的列表。例如，外科医生可以选择外科手术的部位、外科手术的类型、要使用的外科器械200、300、400的类型、要插入的设备或植入物的类型等，并且边界生成器可以被配置为定义一个或多个虚拟边界供来用户选择。边界生成器还可以配置为定义警报区域(区域1、2、3、4)。第一警报区域(区域1)可以定义为距关键解剖结构(例如脊髓的外边界)第一距离。区域1可以定义为第一虚拟边界(边界1)和第二虚拟边界(边界2)之间的空间。边界2可由外科医生定义，包括外科医生输入和/或选择区域1的希望深度，并且导航系统被配置为基于该深度定义边界2。例如，导航系统100可以被配置为提示外科医生输入和/或选择该深度，然后导航系统可以基于该深度定义边界2。可替代地，外科医生可以从导航系统100的边界生成器软件提供的虚拟边界的填充列表中选择边界2。例如，导航系统100可以被配置为提供末端执行器240、340、440的填充列表，包括用于末端执行器240、340、440中的每一个末端执行器的警报区域的默认深度，并且导航系统可以配置成基于外科医生选择的末端执行器240、340、440来定义区域1。

[0116] 在一个示例性配置中，边界生成器可以被配置为至少部分地基于正在执行的外科手术程序而在距第一虚拟边界(边界1)的默认距离处生成第二虚拟边界(边界2)。例如，边界生成器可以被配置为将边界2生成为距离边界1两毫米。外科医生可以使用图形用户界面(GUI)150和/或用户输入设备130编辑或修改边界1和边界2之间的距离或深度。边界1和边界2之间定义的空间可以定义第一警报区域(区域1)。

[0117] 第二警报区域(区域2)可以被定义为距关键解剖结构第二距离，使得第二距离大于第一距离。区域2可以定义为边界2和第三虚拟边界(边界3)之间的空间。边界3可以由外科医生定义，或者边界3可以由外科医生从导航系统100的边界生成器软件提供的虚拟边界的填充列表中选择。例如，边界生成器可以被配置为至少部分地基于正在执行的外科手术程序来生成与边界2相距默认距离的边界3。外科医生可以使用图形用户界面(GUI)150和/或用户输入设备130编辑或修改边界2和边界3之间的距离或深度。第三警报区域(区域3)可以定义在关键解剖结构的边界处和/或包括该关键解剖结构。第四虚拟边界(边界4)也可以定义在诸如椎骨的生物组织的周界和/或边界处。还设想外科导航系统100可以被配置为基于由医务人员选择或输入的信息来定义虚拟边界(边界1、2、3、4)和/或警报区域(区域1、2、3、4)。例如，外科导航系统100可以被配置为基于由医务人员输入的以下条目中的一项或多

项来定义警报区域(区域1、2、3、4):要执行的程序类型、患者上的执行该程序的部位、要使用的植入物275的类型、要使用的外科器械220、320、420的类型和/或末端执行器240、340、440的类型。然后,医务人员可以有机会使用用户输入设备130和/或图形用户界面(GUI)150修改或改变由外科导航系统100定义的虚拟边界(边界1、2、3、4)和/或警报区域(区域1、2、3、4)。同样,还设想基于识别图像数据中的某些关键解剖结构的算法自动生成各区域。

[0118] 在从外科手术部位处的椎骨表面去除生物组织的医疗程序期间,外科器械220、320、420的末端执行器240、340、440可能接近各虚拟边界(边界1、2、3、4)中的一个虚拟边界和/或警报区域(区域1、2、3、4)。如上所述,外科导航系统100可以被配置为跟踪外科器械220、320、420相对于各个虚拟边界(边界1、2、3、4)和/或警报区域(区域1、2、3、4)的位置和/或定向,并且在末端执行器240、340、440接近和/或进入各虚拟边界(边界1、2、3、4)中的一个和/或警报区域(区域1、2、3、4)时将信号或指令传送到器械处理器215、315、415以激活警报设备255、355、455,通知外科医生。例如,在虚拟边界(边界1、2、3、4)的实例中,外科导航系统100可以被配置为跟踪外科器械220、320、420相对于各虚拟边界(边界1、2、3、4)的位置和/或定位,并且在末端执行器240、340、440与虚拟边界(边界1、2、3、4)相邻和/或在其远侧时将信号或指令传送到器械处理器215、315、415以激活警报设备255、355、455,通知外科医生。例如,器械处理器215、315、415基于末端执行器的尖端与虚拟边界(边界1、2、3、4)相邻地定位来激活警报设备255、355、455。器械处理器215、315、415基于末端执行器的尖端被定位在虚拟边界(边界1、2、3、4)远侧定义的距离处来激活警报设备255、355、455。器械处理器215、315、415可以被配置为将该距离定义为尖端位于虚拟边界(边界1、2、3、4)远侧0.5mm、1mm、2mm、3mm等处。外科导航系统100可以被配置为允许外科医生将特定类型的警报分配给各虚拟边界(边界1、2、3、4)中的每一个和/或警报区域(区域1、2、3、4)。这可以包括用于通知外科医生的听觉、触觉和/或视觉警报。听觉、触觉和/或视觉警报器可以耦合到开关250、350、450,例如外科医生在操作外科器械时将接触的脚踏开关或触发器。如上所述,将包括触觉警报的警报设备255、355、455定位在开关250、350、450上有多种优点。当包括触觉警报的警报设备355、455定位在远离外科器械320、420定位的开关350、450上时尤其如此,例如在如上所述的示例性第二和第三外科器械组件300、400中就是这种情况。

[0119] 一旦警报设备255、355、455已经被激活,系统10可被配置为使得警报设备255、355、455可由外科医生停用。这可以通过按下被配置用于停用警报设备255、355、455的按钮或开关或图标来完成。用于停用警报设备255、355、455的按钮、开关和/或图标可以定位在导航系统140上。例如,导航显示器120可以被配置为允许用户选择图标以停用警报设备255、355、455的触摸屏。还设想外科医生可以操纵导航系统100的用户输入设备130上的按钮或开关以停用警报设备255、355、455。还设想用于停用警报设备255、355、455的按钮或开关可以定位在外科器械组件200、300、400的外壳210或控制台310、410上,并且外科医生可以操纵所述按钮或开关以停用警报设备255、355、455。可替代地,还设想这可以通过以定义的模式或节奏操纵触发器和/或脚踏开关250、350、450以停用警报设备255、355、455来实现。例如,系统可以被配置为使得在警报设备255、355、455已经被激活之后双击开关250、350、450即会停用警报设备255、355、455以允许外科医生不间断地继续该程序。系统10可以配置成使得停用警报设备255、355、455可能需要外科医生采取行动,例如双击开关250、350、450。这可确保外科医生证实和/或确认已收到警报并已采取肯定且明确的步骤来停用

警报设备255、355、455。这可以防止在外科医生没有接收和/或意识到警报设备255、355、455被激活的情况下意外停用警报设备255、355、455。

[0120] 外科导航系统100还可以被配置为基于外科器械220、320、420相对于虚拟边界(边界1、2、3、4)中的一个或多个和/或警报区域(区域1、2、3、4)的位置和/或定向、通过操纵电机245、345、445的速度以及进而操纵末端执行器240、340、440操作的速度来提供警报。例如,外科导航系统100可以被配置为基于外科器械220、320、420相对于一个或多个虚拟边界(边界1、2、3、4)和/或警报区域(区域1、2、3、4)的位置而将电机245、345、445从最大切割速度降低到最小切割速度。

[0121] 这可以包括,一旦末端执行器340邻近第二虚拟边界(边界2)和/或到其远侧和/或进入第一警报区域(区域1),外科导航系统100即向第二器械处理器315发送信号以减小第二外科器械320(例如高速切割钻)的电机345的输出,将末端执行器340的旋转从当前操作速度,例如75,000RPM,降低到对于切割组织来说仍有效的较低速度,例如60,000RPM。对外科器械220、320、420的电机245、345、445的速度以及末端执行器240、340、440的旋转的操纵可由被配置用于调节提供给电机245、345、445的电流和/或电压的器械处理器215、315、415引起。例如,为了使外科器械220、320、420的电机245、345、445减速,器械处理器215、315、415可以被配置为减小提供给电机245、345、445的电压和/或电流。器械处理器215、315、415可以被配置用于逐渐减小提供给电机245、345、445的电流和/或电压,从而导致末端执行器240、340、440的旋转逐渐减慢。电流和/或电压的逐渐减小允许电机245、345、445从第一切割速度缓慢变化到第二切割速度。反过来也可以是正确的。器械处理器215、315、415可以类似地配置成通过增大提供给电机245、345、445的电压和/或电流来加速外科器械220、320、420的电机245、345、445。

[0122] 使外科器械220、320、420的电机245、345、445减速可以在手持件225、325、425中以由外科医生感觉到的触觉警报的形式向外科医生提供警报或通知。还设想使外科器械220、320、420的电机245、345、445减速可以以听觉警报的形式向外科医生提供警报或通知,因为在电机245、345、445从最大切割速度降低到最小切割速度时外科医生听到电机245的桨距(pitch)变化,或者感知到切割效率的变化。虽然不要求电机245、345、445从最大切割速度降低到最小切割速度,但希望电机245、345、445不会减速到低于预定的最小切割速度,以防止末端执行器240、340、440咬住或抓住以及离线(offline)和/或偏离轨迹。这可能导致末端执行器240、340、440接触和/或损坏关键解剖结构。进一步设想,如果末端执行器240、340、440接近关键解剖结构,外科导航系统100还可以配置成禁用或停止电机245、345、445。这可以防止末端执行器240、340、440接触和/或损坏关键解剖结构。在跟踪外科器械220、320、420以及末端执行器240、340、440的过程中,设想外科器械220、320、420的跟踪设备可能会被遮挡而离开导航系统的视野。进一步设想,导航系统100可以被配置为如果外科器械220、320、420的跟踪设备离开了导航系统的视野持续定义的时间段则禁用或停止电机245、345、445以阻止末端执行器240、340、440的操作,以便阻止外科器械220、320、420当其在患者空间内的位置未知时的操作。在美国专利公开No.2016/0242858A1中描述了一种示例性导航系统和/或方法,该导航系统和/或方法被配置为在外科器械位于导航系统的视野之外时阻止外科器械的操作,其全部内容被通过引用方式并入本文。

[0123] 参考图4A,外科器械220、320、420,例如第二外科器械320,被图示为相对于患者的

外科手术部位30处于第一位置和/或定向。外科器械220、320、420可以被配置用于从外科手术部位30去除生物组织。在第一位置，末端执行器240、340、440被与定义的虚拟边界(边界1、2、3)间隔开和/或在限定各警报区域(区域1、2、3)的空间之外。在该示例性场景中，外科导航系统100可以识别出末端执行器240、340、440被与定义的虚拟边界(边界1、2、3)间隔开和/或在定义的警报区域(区域1、2)之外，并且当操作开关250、350、450被操纵以致动末端执行器240、340、440时允许外科器械220、320、420以正常工作条件操作。在这种场景下警报设备255、355、455可以被配置为是不活动的。边界1、2和3以及区域1、2和3的嵌套性质(一个比另一个更远)可以提供逐渐更多的警报，以确保外科医生意识到外科器械220、320、420非常靠近关键解剖结构和/或目标深度。

[0124] 参考图4B，外科器械220、320、420被图示为相对于患者的外科手术部位30处于第二位置。在第二位置，末端执行器240、340、440在去除生物组织的同时至少部分地进入了第二警报区域(区域2)。在此示例中，区域2被定义在边界3和边界2之间。在该示例性场景中，外科导航系统100可以识别出末端执行器240、340、440与边界3相邻地定位和/或在其远侧和/或已经进入代表第二警报区域(区域2)的空间，并且触发上述各种警报中的一种。例如，外科导航系统100可以被配置为向器械处理器215、315、415和/或导航处理器发送信号以激活警报设备255、355、455，因为末端执行器240、340、440与边界3相邻地定位和/或到其远侧和/或已进入第二警报区域(区域2)。取决于被分配给第二警报区域(区域2)的警报类型，警报设备255、355、455可被配置为提供触觉警报A，例如使开关250、350、450振动。可替代地，警报设备255、355、455可以被配置为提供视觉警报B，例如导航系统的显示屏上的闪烁灯。在又一配置中，警报设备255、355、455可以被配置为提供听觉警报C，例如哔哔声。外科导航系统100还可以被配置为向器械处理器215、315、415发送信号以减小外科器械220、320、420的电机245、345、445的输出，使末端执行器240(例如外科钻)、340、440的旋转从大于每分钟70,000转(70,000RPM)的第一切割速度降低到低于每分钟70,000转但高于每分钟60,000转(60,000RPM)的第二切割速度。还设想可以利用各种警报的组合，例如警报设备255、355、455产生触觉警报A和视觉警报B的组合，如图4B所示。

[0125] 参考图4C，第二外科器械220、320、420被图示为相对于患者的外科手术部位30处于第三位置。在第三位置，末端执行器240、340、440在去除生物组织的同时位于边界2的远侧和/或已经进入限定在边界1和边界2之间的第一警报区域(区域1)。在该示例性场景中，外科导航系统100可以确定末端执行器240、340、440进入了第一警报区域(区域1)并触发上述各种警报中的一种。例如，外科导航系统100可以被配置为向器械处理器215、315、415发送信号，指示末端执行器240、340、440相对于边界2和/或区域1的位置。如果末端执行器240、340、440与边界2相邻地定位和/或到其远侧和/或已进入第一警报区域(区域1)，则来自外科导航系统100的信号可以包括使器械处理器215、315、415激活警报设备255、355、455的命令。可替代地，还设想来自外科导航系统100的信号可以包括末端执行器240、340、440相对于边界2和/或区域1的位置，并且器械处理器215、315、415可被配置为在外科导航系统100指示末端执行器240、340、440与边界2相邻地定位和/或到其远侧和/或已进入第一警报区域(区域1)时激活警报设备255、355、455。取决于被分配给第一警报区域(区域1)的警报类型，警报设备255、355、455可被配置为提供触觉警报A，例如使开关250、350、450振动。可替代地，警报设备255、355、455可以被配置为提供视觉警报B，例如闪烁的灯。在又一配置

中，警报设备255、355、455可以被配置为提供听觉警报C，例如哔哔声。外科导航系统100还可以被配置为向器械处理器215、315、415发送信号以减小外科器械220、320、420的电机245、345、445的输出，使末端执行器240、340、440的旋转从75,000RPM降低到60,000RPM。可替代地，外科导航系统100可被配置为一旦末端执行器240、340、440进入第一警报区域(区域1)就禁用或停止末端执行器240、340、440的旋转，以防止末端执行器240、340、440在关键解剖结构中活动。这可以防止末端执行器240、340、440损坏关键解剖结构。还设想可以利用各种警报的组合，例如警报设备255、355、455产生触觉警报A、视觉警报B和听觉警报C的组合，如图4C所示。

[0126] 参考图4D，第二外科器械220、320、420被图示为相对于患者的外科手术部位30处于第四位置。如图4D所示，外科导航系统和/或医务人员仅选择和/或定义了两个警报区域，包括第一警报区域(区域1)和第二警报区域(区域2)。区域2代表关键解剖结构，例如中央孔。区域1定义在边界1和边界2之间，其中边界1是关键解剖结构的公认周界，即中央孔的边界。如上所述，可以通过使用分割算法来识别该边界。在第四位置，末端执行器240、340、440在去除生物组织的同时与边界2相邻地定位和/或到其远侧和/或已进入第一警报区域(区域1)。在此示例性场景中，外科导航系统100可以识别出末端执行器240、340、440与边界2相邻地定位和/或到其远侧和/或已进入第一警报区域(区域1)并触发上述各种警报中的一种。例如，外科导航系统100可以被配置为向器械处理器215、315、415发送信号，指示末端执行器240、340、440相对于边界2和/或区域1的位置。如果末端执行器240、340、440与边界2相邻地定位和/或到其远侧和/或已进入第一警报区域(区域1)，则来自外科导航系统100的信号可以包括使器械处理器215、315、415激活警报设备255、355、455的命令。可替代地，还设想来自外科导航系统100的信号可以包括末端执行器240、340、440相对于边界2和/或区域1的位置，并且器械处理器215、315、415可以被配置为在外科导航系统100指示末端执行器240、340、440与边界2相邻地定位和/或到其远侧和/或已经进入第一警报区域(区域1)时激活警报设备255、355、455。取决于被分配给边界2和第一警报区域(区域1)中的每一个的警报类型，警报设备255、355、455可以被配置为提供触觉警报A，例如使开关250、350、450振动。可替代地，警报设备255、355、455可以被配置为提供视觉警报B，例如闪烁的灯。在又一配置中，警报设备255、355、455可以被配置为提供听觉警报C，例如哔哔声。外科导航系统100还可以被配置为向器械处理器215、315、415发送信号以减小外科器械220、320、420的电机245、345、445的输出，使末端执行器240、340、440的旋转从大于每分钟70,000转(70,000RPM)的第一切割速度降低到低于每分钟70,000转但高于每分钟60,000转(60,000RPM)的第二切割速度。可替代地，外科导航系统100可以被配置为一旦末端执行器240、340、440与边界2相邻地定位和/或到其远侧和/或已经进入第一警报区域(区域1)就禁用或停止末端执行器240、340、440的旋转，以防止末端执行器240、340、440接触和/或进入围绕着关键解剖结构定义的第二警报区域(区域2)。这可以防止末端执行器240、340、440接触和/或损坏关键解剖结构。还设想可以利用各种警报的组合，例如警报设备255、355、455产生触觉警报A、视觉警报B和听觉警报C的组合。

[0127] 参考图5A-5F，示出了上述外科器械组件200、300、400之一的各种示意图，其包括相对于患者20处于不同定向的外科器械220、320、420。参考图5A，外科器械220、320、420，例如第一外科器械220，被图示为相对于患者的外科手术部位30处于第一位置。外科器械220、

320、420可被配置用于钻孔以从外科手术部位30去除生物组织或被配置用于将螺钉、例如椎弓根螺钉驱动到外科手术部位中。在此场景下，外科医生可以选择和/或定义计划植入物姿态，例如一个或多个计划螺钉姿态，包括目标轨迹Axis-T和目标深度T，目标轨迹Axis-T和目标深度T。可替代地，导航处理器140可以接收计划外科手术路径，该计划外科手术路径基于患者图像数据的分割和将要在程序期间插入的医疗设备或植入物275的计划姿态而自动生成。

[0128] 目标轨迹Axis-T可以包括将要在程序期间插入的植入物275的希望定向，并且可以用来在准备用以接收螺钉的生物组织时与外科器械220、320、420并且进而与一个或多个末端执行器240、340、440对准。目标深度T可以包括在已知坐标系中的希望深度或位置。目标深度也可以被称为边界并且可以被配置为垂直于目标轨迹的局部平面。还设想外科导航系统100可以被配置为基于由医务人员选择或输入的信息来定义目标轨迹Axis-T和目标深度T。例如，外科导航系统100可以被配置为基于医务人员输入的以下条目中的一个或个来定义目标轨迹Axis-T和目标深度T：要执行的程序类型、要使用的植入物275的类型或尺寸、要使用的外科器械220、320、420的类型和/或末端执行器240、340、440的类型。

[0129] 在第一位置，末端执行器240、340、440的所有部分都在一个或多个定义的虚拟边界(边界1、2、3、4)和/或警报区域(区域1、2、3、4)之外。因此，不需要用于通知外科医生可能与关键解剖结构发生接触的警报。然而，如外科导航系统100确定的，外科器械220、320、420未与目标轨迹Axis-T对准。在该示例性场景中，外科导航系统100可以被配置为触发上述各种警报中的一种。例如，外科导航系统100可以被配置为向器械处理器215、315、415发送信号以激活警报设备255、355、455，因为末端执行器240、340、440的定向没有与目标轨迹Axis-T对准。取决于被分配给目标轨迹Axis-T的警报类型，警报设备255、355、455可以被配置为提供触觉警报A，例如使开关250、350、450振动。可替代地，警报设备255、355、455可以被配置为提供视觉警报B，例如闪烁的灯。在又一配置中，警报设备255、355、455可以被配置为提供听觉警报C，例如哔哔声。外科导航系统100还可以被配置为向器械处理器215、315、415发送信号以减小外科器械220、320、420的电机245、345、445的输出，使末端执行器240、340、440的旋转从最大切割速度降低到最小切割速度。可替代地，外科导航系统100可以被配置为在末端执行器240、340、440与目标轨迹Axis-T对准之前禁用或停止末端执行器240、340、440的旋转，以防止末端执行器240、340，440钻出未对准的孔。还设想可以利用各种警报的组合，例如警报设备255、355、455产生触觉警报A、视觉警报B和听觉警报C的组合。在图5A中，外科医生已经分配了触觉警报A，例如当末端执行器240、340、440未与目标轨迹Axis-T对准时使开关250、350、450振动。还设想可以将上述各种警报中的一种或多种分配于此场景中，以在末端执行器240、340、440与虚拟边界(边界1、2、3、4)中的一个相邻和/或到其远侧、和/或接近和/或进入各警报区域(1、2、3、4区)中的一个时通知外科医生。

[0130] 此外，还设想外科导航系统100可被配置为，当末端执行器240、340、440和/或外科器械220、320、420被定位在患者和/或外科手术部位的阈值距离内时，仅发送信号以激活警报设备255、355、455以产生上述各种警报中的一种，和/或停用/禁用变速电机245、345、445以阻止末端执行器240、340、440的致动。这可以相对于在已知坐标系中定义的参考定位RL和/或参考坐标系来测量，例如骨骼上的位置。通过计算参考定位和末端执行器之间的距离，导航系统可以确定外科器械是否相对靠近外科手术部位。

[0131] 可替代地，外科导航系统100可以被配置为，当末端执行器240、340、440和/或外科器械220、320、420在距患者和/或外科手术部位阈值距离(即，安全距离)之外时，允许变速电机245、345、445不间断地致动末端执行器240、340、440，而不管末端执行器240、340、440和/或外科器械220、320、420相对于目标轨迹Axis-T的位置。这可以包括当末端执行器240、340、440和/或外科器械220、320、420在距患者和/或外科手术部位阈值距离之外时停用所有警报设备255、355、455。这可以允许医务人员不间断地测试外科器械220、320、420，以确保在接近外科手术部位和开始程序之前一切都处于正确的工作状态。然而，一旦末端执行器240、340、440和/或外科器械220、320、420位于参考定位/参考坐标系的阈值距离内，警报设备255、355、455可以被激活并且外科导航系统100可以再次将所有适当的信号传送到处理器215、315、415，从而以上述方式激活警报设备255、355、455和/或停用变速电机245、345、445。

[0132] 参考图5B，外科器械220、320、420，例如第一外科器械220，被图示为相对于患者的外科手术部位30处于第二位置。在第二位置，末端执行器240、340、440与虚拟边界(边界1、2、3、4)间隔开和/或在定义的警报区域(区域1、2、3、4)之外。末端执行器240、340、440还与目标轨迹Axis-T正确地对准。在该示例性场景中，外科导航系统100可以识别出末端执行器240、340、440与虚拟边界(边界1、2、3、4)中的一个或多个间隔开和/或在一个或多个定义的警报区域(区域1、2、3、4)之外并与目标轨迹Axis-T对准，并允许外科器械220、320、420在开关250、350、450被操纵以致动末端执行器240、340、440时以正常工作条件操作。在这种场景下，警报设备255、355、455也可能是不活动的。

[0133] 参考图5C，外科器械220、320、420，例如第三外科器械220，被图示为相对于患者的外科手术部位30处于第三位置。在第二位置，末端执行器240、340、440与边界(边界1、2、3、4)中的一个或多个间隔开和/或在一个或多个定义的警报区域(区域1、2、3、4)之外。末端执行器240、340、440也与目标轨迹Axis-T正确地对准。然而，末端执行器240、340、440的尖端已经到达目标深度T，在边界4处或与其相邻。在该示例性场景中，外科导航系统100可以识别出末端执行器240、340、440或植入物275已达到目标深度T，并被配置为禁用或停止末端执行器240、340、440的旋转，因为它已经达到目标深度T，以阻止末端执行器240、340、440钻出超过目标深度T的深度的孔。此外，外科导航系统可以被配置为触发上述各种警报中的一种。例如，外科导航系统100可以被配置为向器械处理器215、315、415发送信号以激活警报设备255、355、455，因为末端执行器240、340、440已经达到目标深度T。取决于被分配给目标部位T的警报类型，警报设备255、355、455可以被配置为在外科导航系统100确定末端执行器240、340、440已经到达目标部位T时提供触觉警报A，例如使开关250、350、450振动。可替代地，警报设备255、355、455可以被配置为提供视觉警报B，例如闪烁的灯。在又一配置中，警报设备255、355、455可以被配置为提供听觉警报C，例如哔哔声。外科导航系统100还可以被配置为向器械处理器215、315、415发送信号以减小外科器械220、320、420的电机245、345、445的输出，从而将末端执行器240、340、440的旋转从最大切割速度降低到最小切割速度。还设想可以使用各种警报的组合，例如警报设备255、355、455产生触觉警报A、视觉警报B和听觉警报C的组合。如图5A所示，外科医生已经分配了视觉警报B，例如当末端执行器240、340、440已经达到目标深度T时，开关250、350、450上闪烁的光。

[0134] 参考图5D-5F，外科器械220、320、420，例如第一外科器械220，被相对于患者的外

科手术部位30示意出。第一外科器械220可以被配置为以与在上面关于图5A-5C所述的定义的边界类似的方式操作。然而，在图5D-5F中，示出了一些附加的示例性虚拟边界(边界4、5、6、7)和/或警报区域。例如，图5D示出了各种附加的示例性虚拟边界(边界4、5、6、7)。虚拟边界(边界4、5、6、7)可以对应于用于插入被联接到第一外科器械220的不同末端执行器240的不同深度。设想多个不同的末端执行器240(将在下面更详细地描述)可以联接到第一外科器械220的手持件225。每个不同的末端执行器240可以被配置为执行不同的功能和/或操作，作为对患者执行程序的一部分。外科导航系统100可以被配置为识别出末端执行器240中的哪一个被联接到手持件225并且定义与相应末端执行器240A、240B、240C中的每一个对应的相应虚拟边界(边界4、5、6、7)和/或警报区域。第四虚拟边界(边界4)可以对应于所选择的植入物275的目标深度。第四、第五和第六虚拟边界(边界5、6、7)中的每一个可以被配置为对应于用于相应末端执行器240A、240B、240C中的每一个的目标深度。基于相应末端执行器240A、240B、240C的希望的深度和/或位置，与相应末端执行器240A、240B、240C中的每一个对应的虚拟边界(边界5、6、7)中的每一个可被确定为距第四虚拟边界(边界4)的定义距离。还设想第四虚拟边界(边界4)和第五虚拟边界(边界5)被定位于同一部位。在此场景下，对应于第一末端执行器240A的第五虚拟边界(边界5)可以限定植入物275的初始目标深度，并且随后的每一个虚拟边界(边界6、7)可以基于距第五虚拟边界(边界5)的距离进行定义。例如，第一末端执行器240A可以包括钻，第二末端执行器240B可以包括丝锥，第三末端执行器240C可以包括在准备椎弓根螺钉和将椎弓根螺钉插入椎骨内的外科手术程序中使用的驱动器。如图5D所示，第五虚拟边界(边界5)可以被外科导航系统100定义为对应于第一末端执行器240A的深度，第六虚拟边界(边界6)可以被外科导航系统100定义为对应于第二末端执行器240B的深度，并且第七虚拟边界(边界7)可以被外科导航系统100定义为对应于第三末端执行器240C的深度。虚拟边界(边界4、5、6、7)中的每一个可以包括垂直于沿着目标轴线Axis-T的轴向定位的平面，对应于所附接的末端执行器240A、240B、240C的目标深度。导航系统100可以被配置为基于外科器械的位置和被联接到手持件225的相应末端执行器240A、240B、240C的尖端的已知位置来定义虚拟边界(边界4、5、6、7)。

[0135] 上述的各种警报和/或警报设备255、355、455中的一个或多个可被分配给各虚拟边界(边界4、5、6、7)中的每一个。虽然虚拟边界(边界4、5、6、7)被描述为由外科导航系统100定义，但也可以设想它们可以由医务人员定义和/或选择。例如，医务人员可以使用用户输入设备130或图形用户界面(GUI)150定义或选择患者数据内的虚拟边界(边界4、5、6、7)。还设想虚拟边界(边界4、5、6、7)可以由外科导航系统100定义和/或推荐，并且医务人员可以使用用户输入设备130和/或图形用户界面(GUI)150修改或改变由外科导航系统100定义的虚拟边界(边界4、5、6、7)。

[0136] 参考图5E，外科器械220、320、420，例如第一外科器械220，被相对于患者的外科手术部位30示意出。第一外科器械220可以被配置为以与在上面关于图5A-5C所述的被定义警报区域类似的方式操作。图5E图示了警报区域(区5、6)的替代示例性配置。如上所述，警报区域可以被定义为环绕或抵接关键解剖结构，例如图4A-5C中示意的区域1、2和3，以在接近关键解剖结构时提醒医务人员。警报区域也可以被定义为用于识别解剖结构的边界，例如图5A-5D中示意的区域4，以在接近该边界时警告医务人员并避免破坏皮质壁。如图5E所示，可以沿目标轨迹Axis-T的相反两侧的边界定义警报区域(区域5、6)，以警告医学专业人员

从目标轨迹Axis-T的任何偏差。警报区域(区域5、6)的形状或轮廓也可以设计为与关键解剖结构和/或边界的形状相匹配。例如,外科导航系统100可以被配置为定义警报区域(区域6),使得它围绕椎弓根的外周界弯曲以在第一外科器械220的末端执行器240接近椎骨的外周界时警告医务人员,防止医学专业人员破坏椎弓根的外周界。外科导航系统100还可以被配置为定义警报区域(区域5),使得其轮廓围绕椎骨内的关键解剖结构(中央孔),以当第一外科器械220的末端执行器240接近关键解剖结构时警告医务人员,防止医务人员接触关键解剖结构。

[0137] 参考图5F,外科器械220、320、420,例如第一外科器械220,被相对于患者的外科手术部位30示意出。虚拟边界(边界4、5、6、7)类似于上面关于图5D描述的那些。然而,图5F中的系统图示了各部件的替代布置,其中外科器械还包括电池模块260,电池模块包括电池处理器265。该系统可以被配置为使得导航处理器140与电池处理器265通信。电池处理器265可以接收来自导航处理器140的信号,以根据外科器械相对于虚拟边界(边界4、5、6、7)的位置来操纵从电池模块260到手持件225的电力流动,进而操纵变速电机245。来自导航处理器140的信号可以被配置为向电池处理器265指示末端执行器240的位置与虚拟边界(边界4、5、6、7)相邻和/或到其远侧,从而致使电池处理器265中断从电池模块260到手持件225、以及因而到变速电机245的电力流动。可替代地,还设想来自导航处理器140的信号可以包括给电池处理器265的命令,指导电池处理器265基于导航系统100确定末端执行器240的位置与虚拟边界(边界4、5、6、7)相邻和/或到其远侧而中断从电池模块260到手持件225、以及因而到变速电机245的电力流动。电池处理器265还可以与器械处理器215通信,使得器械处理器215可以被配置为基于从电池处理器接收的数据而停用电机。

[0138] 参考图6,示出了包括外科导航系统100和上述第一外科器械220的外科系统的示例性配置。虽然在图6中仅示出了第一外科器械,但是可以设想上述任何外科器械220、320、420可以被包括在系统中。外科系统还可以包括多个末端执行器240A、240B、240C,它们能够可拆卸地联接到第一外科器械220的手持件225。末端执行器240A、240B、240C也可以称为末端执行器、外科手术附件和/或工具附件。例如,外科系统可以包括第一末端执行器240A,第一末端执行器240A包括用于在生物材料中进行切割和/或钻削的钻。外科系统还可以包括第二末端执行器240B,该第二末端执行器240B包括用于在孔或孔口的内表面上制造螺纹的丝锥。外科系统还可以包括第三末端执行器240C,该第三末端执行器240C包括用于将螺钉驱动或插入孔或孔口内的驱动器。末端执行器240A、240B、240C中的每一个可以包括器械跟踪设备230A、230B、230C,器械跟踪设备230A、230B、230C包括标记235A、235B、235C的唯一配置和/或布置。例如,器械跟踪设备230A、230B、230C的标记235A、235B、235C可以包括相对于其他器械跟踪设备230A、230B、230C的标记235A、235B、235C的唯一尺寸、形状和/或布置。虽然未在图中示出,但还设想末端执行器240A、240B、240C中的每一个可以联接到单独的手持件225,其中手持件225中的每一个可以包括具有标记235A、235B、235C的唯一配置和/或布置的跟踪设备230A、230B、230C。例如,器械跟踪设备230A、230B、230C的标记235A、235B、235C可以包括相对于其他器械跟踪设备230A、230B、230C的标记235A、235B、235C的唯一尺寸、形状和/或布置。导航系统100可以被配置为基于与特定手持件225的已知关联和相对于被附接到特定手持件225的器械跟踪设备230A、230B、230C的标记235A、235B、235C的唯一尺寸、形状和/或布置来识别末端执行器240A、240B、240C。然后,导航系统可以被配置为为目

前正在被导航的适当末端执行器240A、240B、240C提供虚拟边界(边界4、5、6、7)和/或警报区域(区域4、5、6、7)。

[0139] 外科导航系统100可以被配置为基于器械跟踪设备230A、230B、230C的标记235A、235B、235C的布置和/或配置来识别末端执行器240A、240B、240C中的哪一个末端执行器被联接到第一外科器械的手持件225。然后,外科导航系统100可以配置为定义各警报区域。例如,外科导航系统100可以被配置为定义与各末端执行器240A、240B、240C中的每一个末端执行器的目标深度相对应的警报区域和/或边界。图5D中示出了虚拟边界(边界4、5、6、7)和/或警报区域(区域5、6和7)的示例性配置,其中边界5可以对应于第一末端执行器240A的目标深度,边界6可以对应于第二末端执行器240B的目标深度,并且边界7可以对应于第三末端执行器240C的目标深度。外科导航系统100可以被编程和/或配置为,在外科导航系统100确定外科器械220、320、420处于虚拟边界(边界4、5、6、7)中的一个或多个处/或与其相邻或者已经进入被定义警报区域中的一个时,操纵外科器械220、320、420的电机245、345、445的速度和/或激活警报设备255、355、455。例如,当外科导航系统100检测到第一末端执行器240A联接到手持件225时,外科导航系统100可以被配置为在第一末端执行器240A与边界5相邻和/或到其远侧时向外科器械220的处理器215、315、415发送信号以停用变速电机245、345、445。当外科导航系统100检测到第二末端执行器240B被联接到手持件225时,外科导航系统100可以被配置为当第二末端执行器240B与边界6相邻和/或到其远侧时向外科器械220的处理器215、315、415发送信号以停用变速电机245、345、445。当外科导航系统100检测到第三末端执行器240C联接到手持件225时,外科导航系统100可以被配置为当第三末端执行器240C与边界7相邻和/或到其远侧时向外科器械220的处理器215、315、415发送信号以停用变速电机245、345、445。换言之,对于特定的末端执行器,只有特定的警报区域和/或虚拟边界是活动的。当适当的末端执行器进入现场时,外科导航系统仅仅激活适合于被识别出的末端执行器的适当的虚拟边界和/或警报区域。

[0140] 一旦外科导航系统100在末端执行器240、340、440与虚拟边界中的一个相邻和/或到其远侧和/或进入各警报区域中的一个的情况下已经向外科器械220、320、420的处理器215、315、415发送了用于停用变速电机245、345、445的信号,处理器215、315、415即停用变速电机245、345、445,例如使电机以0rpm旋转。在末端执行器240、340、440保持与虚拟边界中的一个相邻和/或保持在其远侧和/或保持在各警报区域中的一个内的同时,在暂时停用变速电机245、345、445之后,处理器215、315、415可以被配置为重新启动变速电机245、345、445。变速电机245、345、445可以在定义的时间段之后由处理器215、315、415重新启动,例如经过了超过1、2、3或4秒的时间。

[0141] 可替代地,在处理器215、315、415接收到开关250、350、450已经被用户操纵的信号之后,变速电机245、345、445可以由处理器215、315、415重新激活。例如,处理器分析在定义的时间段内开关激活的节奏。例如,处理器215、315、415可以被配置为在从开关传感器接收到下述信号之后重新激活变速电机245、345、445:在半秒内开关250、350、450已经被从第二位置操纵到第一位置再回到第二位置。开关250、350、450被操纵的时间和次数仅旨在作为用于下述的一个示例节奏和/或时间框架:在因为进入警报区域而使变速电机245、345、445被停用之后,操纵开关250、350、450以重新激活变速电机245、345、445。在一个示例中,当触发器或脚踏开关250、350、450已经完全释放时,处理器215、315、415可以重新激活电机245、

345、445。

[0142] 一旦重新激活电机245、345、445，即可以通过操纵开关或触发器250、350、450来执行对末端执行器240、340、440的速度的控制，如正常操作那样。

[0143] 一旦已经重新激活变速电机245、345、445，同时末端执行器240、340、440与虚拟边界中的一个相邻和/或到其远侧和/或仍在各警报区域中的一个内，外科导航系统100将继续跟踪末端执行器240、340、440和/或外科器械220、320、420的位置。

[0144] 然而，在重新激活之后，如果导航系统100检测到末端执行器240、340、440和/或外科器械220、320、420正在相对于该边界在远侧方向上进一步移动和/或移动到警报区域内更远，或者已经在该边界远侧行进了阈值距离和/或已经行进通过了警报区域的一部分，则外科导航系统100可以被配置为向处理器215、315、415发送后续信号以再次操纵变速电机245、345、445的速度和/或停用变速电机245、345、445。例如，如果外科导航系统100检测到末端执行器240、340、440已经在虚拟边界的远侧移动了两毫米和/或进入警报区域更远，则外科导航系统100可以被配置为向处理器215、315、415发送后续信号以再次停用变速电机245、345、445。然后，外科医生将需要再次经历上述过程中的一个以再次重新激活变速电机245、345、445。导航处理器140和/或器械处理器215、315、415可以被配置为仅允许有限数量的重新激活，和/或可以仅在末端执行器240、340、440在边界和/或区域的阈值距离内时允许重新激活。

[0145] 可替代地，一旦已经重新激活变速电机245、345、445，同时末端执行器240、340、440与虚拟边界中的一个相邻和/或到其远侧和/或仍在各警报区域中的一个内，如果外科导航系统100确定末端执行器240、340、440正在相对于虚拟边界在近侧方向上移动和/或正在退出警报区域，则外科导航系统100可以配置为允许变速电机245、345、445不间断地操作。换言之，一旦导航系统100确定末端执行器240、3240、440被反转，导航处理器140和/或器械处理器215、315、415可以被配置为允许外科器械220、320、420的正常操作。

[0146] 第一外科器械220还可以包括模式开关270，模式开关270被配置为改变变速电机245的操作特性。开关可以被配置为在两个或更多个位置之间可滑动和/或可旋转。例如，模式开关可以具有第一位置和第二位置，其中模式开关可以被配置为基于模式开关的位置在高速和低速之间切换变速电机。可替代地，模式开关可以被配置为基于模式开关的位置在高扭矩和低扭矩操作模式之间切换变速电机。在又一配置中，模式开关可以被配置为基于模式开关的位置在高速和低扭矩操作模式与低速和高扭矩操作模式之间切换变速电机。操作模式可以由医务人员基于要执行的程序的类型来选择。例如，当执行钻削过程时，医务人员可能希望外科器械220处于高速和低扭矩操作模式。可替代地，当执行驱动过程时，医务人员可能希望外科器械220处于低速和高扭矩操作模式。

[0147] 外科导航系统100还可以被配置为确定模式开关270的位置。外科器械220可以包括检测模式开关270的位置的模式开关传感器。然后处理器215可以被配置为将模式开关的位置传送给外科导航系统100。可替代地，模式开关可以包括允许外科导航系统100确定模式开关270的位置的跟踪器。在又一种配置中，外科导航系统100可以配置为使用机器视觉来确定模式开关270的位置。如上所述，外科导航系统还可被配置为确定多个末端执行器240A、240B、240C中的哪一个被联接到外科器械220的手持件225。如上所述，特定的操作模式对于不同的程序来说可能是有利的。因此，外科导航系统100可以被配置为基于识别出的

模式开关270的位置比较末端执行器240A、240B、240C的操作模式。然后，如果模式开关270的位置不匹配被联接到手持件225的末端执行器240A、240B、240C的优选操作模式，则可以配置外科导航系统100使其向外科器械220的处理器215、265发送信号以阻止手持件225的操作。例如，如果钻型末端执行器240A被联接到手持件225，推荐的操作模式为高速和低扭矩，而模式开关270处于低速和高扭矩位置，则外科导航系统100可以向处理器215、265发送信号，并且处理器215、265可以被配置为在模式开关270被移动到高速和低扭矩位置之前阻止变速电机245通电。

[0148] 参考图7，示出了包括上述外科导航系统100和第二外科器械320的外科系统的示例性配置。虽然在图6中仅示出了第一外科器械，但是可以设想上述的任何外科器械220、320、420都可以包括在系统中。外科系统还可以包括多个末端执行器340A、340B、340C，它们能够可拆卸地联接到第二外科器械320的手持件325。末端执行器340A、340B、340C也可以称为末端执行器(affecter)、外科手术附件和/或工具附件。例如，外科系统可以包括第一末端执行器340A，第一末端执行器340A包括具有第一直径头部D1的第一钻杆头部360A。外科系统还可以包括第二末端执行器340B，第二末端执行器340B包括具有第二直径头部D2的第二钻杆头部360B。外科系统还可以包括第三末端执行器340C，第三末端执行器340C包括具有第三直径头部D3的第三钻杆头部360C。还设想每个末端执行器340A、340B、340C的头部可以因形状、材料和/或切割类型而变化。还设想轴的长度可以从一个末端执行器340A、340B、340C到下一个末端执行器而变化。

[0149] 外科导航系统100可以被配置为识别末端执行器340A、340B、340C中的哪一个被联接到手持件325。识别被联接到手持件325的末端执行器340A、340B、340C的一种示例性方式是使用机器视觉。在该示例性配置中，外科导航系统100可以配置为基于各末端执行器340A、340B、340C中的每一个的特性来识别被联接到手持件325的末端执行器340A、340B、340C。例如，外科导航系统100可以被配置为基于头部360A、360B、360C的直径D1、D2、D3来识别末端执行器340A、340B、340C。然后，外科导航系统100可以被配置为基于识别出的末端执行器340A、340B、340C来定义各警报区域。例如，外科导航系统100可以被配置为定义围绕一个或多个关键解剖结构的警报区域。在图4A-4D中示出了虚拟边界(边界1、2、3)和/或警报区域(区域1、2和3)的示例性配置。各虚拟边界和/或警报区域可以基于围绕着单一一个关键解剖结构的不同距离，或者可以使用一个或多个虚拟边界和/或警报区域来识别多个关键解剖结构。外科导航系统100可以被编程和/或配置为在外科导航系统100确定外科器械220、320、420已经进入被定义警报区域中的一个时执行各种警报类型中的任何一种，例如停用外科器械220、320、420，或激活警报设备255、355、455。例如，不同的末端执行器直径可能具有不同厚度的警报区域。换言之，警报区域相对于关键结构和/或边界的深度可以由导航系统100基于末端执行器240、340、440的识别来自动地调整和/或设置。

[0150] 参考图8，图示了导航系统100的图形用户界面(GUI)150的示例性配置。图形用户界面(GUI)150可配置为导航系统100的显示器120上的触摸屏。如图8所示，图形用户界面(GUI)150可以包括外科医生可选择和/或可操作的多个按钮和/或提示。例如，图形用户界面(GUI)150可以包括示例性警报界面151或窗口，其包括许多按钮，这些按钮可由用户选择或操纵以在执行医疗程序期间修改或调整提供警报的各种设置。警报设置界面151可以包括工具选择按钮152A、152B。工具选择按钮152A、152B可以允许外科医生从外科器械的填充

列表中选择外科器械组件200、300、400，或者可以允许外科医生输入将要在外科手术程序执行过程中使用的特定的外科器械组件200、300、400。例如，工具选择按钮152A、152B可以允许外科医生选择包括高速切割钻杆第二外科器械320。这为导航系统140识别特定的外科器械320，允许导航系统填充被识别出的器械将要使用的各虚拟边界和/或警报区域。工具选择按钮152A、152B也可以配置为允许外科医生选择外科器械组件200、300、400，以及可联接到外科器械220、320、420的一个或多个末端执行器240、340、440。例如，外科医生可以选择第一外科器械220，并进一步选择可以在程序期间使用的末端执行器240A、240B、240C中的一个或多个末端执行器，以允许导航系统填充用于各末端执行器240A、240B、240C中的每一个末端执行器的各虚拟边界和/或警报区域。

[0151] 警报设置界面151还可以包括一个或多个警报按钮156A、156B、156C、156D。警报按钮162A、162B、156C、156D可用于操纵上述各种警报。例如，第一警报按钮156A可以被配置为允许用户激活或停用与末端执行器240、340、440的旋转速度相关的警报。例如，如上所述，导航处理器140和/或器械处理器215、315、415可以被配置为基于末端执行器240、340、440相对于一个或多个虚拟边界和/或警报区域的位置来操纵末端执行器240、340、440的旋转速度(RPM)。

[0152] 第二警报按钮156B可以被配置为允许用户激活或停用触觉警报。例如，用户可以操纵第二警报按钮156B来激活上述触觉警报中的一个。这可以包括将导航处理器140配置为基于末端执行器240、340、440相对于一个或多个虚拟边界和/或警报区域的位置向外科器械组件200、300、400发送信号以激活所配置的警报设备255、355、455以向外科医生提供触觉警报。

[0153] 第三警报按钮156C可以被配置为允许用户激活或停用视觉警报。例如，用户可以操纵第三警报按钮156C来激活视觉警报中的一个。这可以包括将导航处理器140配置为基于末端执行器240、340、440相对于一个或多个虚拟边界和/或警报区域的位置向外科器械组件200、300、400发送信号以激活所配置的警报设备255、355、455以向外科医生提供视觉警报。

[0154] 第四警报按钮156D可以被配置为允许用户激活或停用上述听觉警报中的一个。例如，用户可以操纵第四警报按钮156D来激活听觉警报，使得导航处理器140可以基于末端执行器240、340、440相对于一个或多个虚拟边界和/或警报区域的位置向外科器械组件200、300、400发送信号以激活所配置的警报设备255、355、455以向外科医生提供听觉警报。

[0155] 图形用户界面(GUI)150A的警报设置界面151也可以是一个或多个警报图形158A、158B。警报图形154A、154B可以特定于特殊的外科器械和/或末端执行器并且可以被配置为提供各虚拟边界和/或警报区域的部位的示意和/或视觉表示。第一警报图形158A可以包括外科手术区以及在医疗程序期间要插入的任何植入物或设备的视觉表示，以帮助外科医生识别该程序的部位并设置各种警报。例如，如图8所示，第一警报图形包括椎体的视觉资料，其中将要进行程序的区域以虚线勾勒出来。第一警报图形还可以包括在程序期间要插入的椎弓根螺钉的视觉资料。

[0156] 第二警报图形158B可以被配置为提供下述的视觉表示：在程序期间要插入的植入物或设备、以及指示各虚拟边界(边界5、6、7)相对于所述植入物或设备的标记，以便帮助外科医生调整或修改下述部位，在所述部位处，被分配给各虚拟边界和/或警报区域中每一个

的警报应该被触发。例如，如图8所示，第二警报图形158B包括下述的视觉表示：要插入的椎弓根螺钉、以及将在程序过程中触发各种警报的沿椎弓根螺钉的标记，这些标记指示各虚拟边界(边界1、2、3)相对于椎弓根螺钉的定位。

[0157] 图形用户界面(GUI)150A的警报设置界面151还可以包括虚拟边界设置界面160A、160B。边界设置界面160A、160B可以包括一个或多个提示或按钮162A、162B、162C、162D、162E，用于设置和/或操纵虚拟边界何时将触发上述各种警报中的一种或多个警报。第一边界设置界面160A可以包括第一按钮162A，第一按钮162A可以被配置为识别在程序期间要插入的植入物和/或设备。这允许导航系统100确定要提供哪些和多少虚拟边界和/或警报区域。例如，如果外科医生操纵第一按钮162A以指示将执行的是椎板切开术，则导航系统100将理解这是切除过程并且导航系统100将知道识别并提供围绕着椎骨的关键结构的各个警报区域，以帮助外科医生执行该程序。请注意，如果外科医生操纵第一按钮162A以指示将执行的是椎弓根螺钉外科手术，则导航系统100将知道识别并提供用于帮助外科医生钻孔、攻丝和放置椎弓根螺钉所需的各虚拟边界。

[0158] 边界设置界面160A的第二按钮162B可以被配置为包括深度按钮162B。深度按钮162B可以被配置为允许外科医生选择用于诸如椎板切开术的切除手术的警报区域的深度。例如，图8中所示的第一边界设置界面160A指示外科医生正在基于对第一按钮162A的操纵而为椎板切开术设置警报。基于外科医生的这一选择，第二按钮162B提供被配置为允许外科医生选择警报区域的深度的可操纵按钮，该深度将由导航系统100使用用来触发各种警报中的一种或多个。

[0159] 警报设置界面151可以被配置为使得可以基于对边界设置界面160A的按钮162A、162B的操纵来操纵或改变与边界设置界面160A相邻的警报图形158A。

[0160] 警报设置界面151的第二边界设置界面160B可以包括与用于在医疗程序期间触发警报的各虚拟边界和/或警报区域的配置相关的附加按钮162C、162D、162E。例如，如图8中所示，第二边界设置界面160B可以被配置为提供按钮162C、162D、162E，用以操纵对用于插入椎弓根螺钉的程序的警报的设置。第二边界设置界面160B的第三按钮162C可以被配置为设置用来沿着目标轨迹定位虚拟边界(例如边界5)的参考定位的距离或深度。例如，如图8所示，第三按钮162C包括拨动开关(toggle)，以允许外科医生在警报被触发之前设置插入第一末端执行器、即钻的深度。在示例中，用户已将第三按钮162C设置为30mm，指示导航系统100应该在第一末端执行器行进了30mm的距离或达到30mm的深度时为第一末端执行器触发警报。第二边界设置界面160B可以包括附加按钮162D、162E，用于操纵和/或调整何时应该为第二末端执行器(即丝锥)和/或第三末端执行器(即用于插入螺钉的驱动器)触发警报。如上所述，导航系统100可以被配置为使得用于操纵针对第二和第三末端执行器的警报的第四和第五按钮162D、162E可以基于用于为第一末端执行器触发警报的虚拟边界来操纵用于触发上述警报的虚拟边界。例如，如第四按钮162D所指示的，用于针对第二末端执行器(即，丝锥)触发警报的虚拟边界应该相对于用于针对第一末端执行器触发警报的虚拟边界移位零毫米(0-mm)。然而，第四按钮162D可以被操纵以根据需要移位用于针对第二末端执行器触发警报的边界。类似地，可以操纵第五按钮162E来修改或调整用于针对第三末端执行器触发警报的虚拟边界。

[0161] 图形用户界面(GUI)150A的警报设置界面151还可以包括警报测试按钮164A、

164B。警报测试按钮164A、164B可以被配置为测试和/或确认所选择的警报是活动的并且正常工作。例如，在操作中，在外科医生已经选择了和/或已经向警报设置界面151内输入了与医疗程序相关的所有各种信息之后，外科医生可以选择警报测试按钮164A、164B以确认所选择的警报是活动的。例如，如果外科医生选择的针对电机速度警报的第一警报按钮156A是活动的，则外科医生可以激活外科器械220、320、420并按下警报测试按钮164A、164B。按下警报测试按钮164A、164B命令导航系统向器械处理器215、315、415发送测试信号以激活与第一警报按钮156A相关联的警报，例如降低电机的速度并因而降低末端执行器240、340、440的配给速度。在用户选择警报测试按钮164A、164B时，基于对警报按钮156A、156B、156C、156D、156E的操纵而已经激活的各种警报中的每一个应该被触发。在选择警报测试按钮164A、164B时未触发的任何被激活警报应该在开始医疗程序之前由外科医生进一步评估以确认它们实际上工作正常。

[0162] 参考图9，图示了如在导航系统100的显示器120上显示的示例性图形用户界面(GUI)150B。图形用户界面(GUI)150B可以被配置为包括外科手术计划的视觉表示，包括植入物275A、275B在已知坐标系内的计划姿态。植入物275A、275B可以限定目标轴线Axis-T_1、Axis-T_2。导航系统100可以提供沿目标轴线Axis-T_1、Axis-T_2的一个或多个虚拟边界(边界5、6、7)，如上所述，表示在执行该程序时使用的各个末端执行器240A、240B、240C中的每一个的目标深度。例如，如图9所示，第一边界(边界5A、5B)被示出为沿着每个植入物275A、275B的目标轴线Axis-T_1、Axis-T_2。导航系统140可以被配置为基于第一末端执行器240A(例如用于钻削放置螺钉275A、275B的孔的钻)的尖端的目标深度来定义第一边界(边界5A、5B)。导航系统100可以进一步被配置为基于第二末端执行器240C(例如用于在孔中切割螺纹的丝锥)的目标深度来定义第二边界(边界6A、6B)。设想导航系统100可以至少部分地基于所选择的植入物275A、275B及其姿态来相对于第一边界(边界5A、5B)定义第二边界(边界6A、6B)。例如，导航系统100可以在患者的已知坐标系内沿着目标轴线Axis-T_1、Axis-T_2定义第一边界(边界5A、5B)。然后基于所选择的植入物275A、275B，导航系统100可以被配置为基于所选择的植入物275A、275B在距第一边界(边界5A、5B)一距离处定义第二边界(边界6A、6B)。导航系统140还可被配置为基于第三末端执行器240C(例如用于将螺钉275A、275B放置在孔中的驱动器)的目标深度来定义第三边界(边界7A、7B)。设想导航系统100可以至少部分地基于所选择的植入物275A、275B及其姿态来相对于第一边界(边界5A、5B)定义第三边界(边界7A、7B)。例如，导航系统100可以沿着目标轴线Axis-T_1、Axis-T_2在患者的已知坐标系内定义第一边界(边界5A、5B)。然后，基于所选择的植入物275A、275B，导航系统可以被配置为基于所选择的植入物275A、275B在距第一边界(边界5A、5B)一距离处定义第三边界(边界7A、7B)。例如，导航系统可以被配置为基于第一边界(边界1A、1B)的深度和所选择的植入物275A、275B的已知长度，导航系统可以确定第三边界(边界7A、7B)应该沿目标轴线Axis-T_1、Axis-T_2与第一边界(边界5A、5B)间隔三十毫米(30mm)。虽然只有第一边界(边界5A，5B)、第二边界(边界6A，6B)和第三边界(边界7A、7B)在图9中示出，但可以设想另外的虚拟边界。导航系统140可以被配置为将虚拟边界定义和分配给末端执行器240A、240B、240C中的每一个。这些虚拟边界的定位和/或它们被配置用于触发上述各种警报中的一种的时间可以使用警报设置界面151以关于图8描述的方式进行操纵和/或调整。

[0163] 图9的示例性图形用户界面(GUI)150B还可以包括计划界面166A，该计划界面166A

包括多个计划按钮168A、168B，外科医生可以操纵所述计划按钮以修改或适应性调整植入物275A、275B的放置。例如，计划界面166A可以包括可由外科医生操纵以修改计划螺钉的直径的直径按钮。计划界面166A还可以包括可由外科医生操纵以修改计划螺钉275A、275B的长度的长度按钮。计划界面166A还可以允许用户通过改变计划螺钉275A、275B相对于患者模型的位置和/或定向来重新定位计划螺钉275A、275B。

[0164] 图9的图形用户界面(GUI)150B的计划界面166A还可以包括警报按钮170。如上所述，警报按钮170可以被配置为激活、修改和/或禁用上述各种警报中的一种或多个。图形用户界面(GUI)150B可以被配置为使得外科医生选择警报按钮170即可以打开与图8中描述的界面类似的边界设置界面160C。边界设置界面160C可以包括附加按钮和/或提示，它们可由外科医生操纵以修改或调整被配置用于触发一个或多个警报的虚拟边界和/或警报区域。

[0165] 参考图10，图示了在选择警报按钮170时外科医生可以查看的示例性边界设置界面160C。例如，用户从图9的图形用户界面(GUI)150B中选择计划界面166A的警报按钮170可以使图形用户界面(GUI)150B打开边界设置界面160C以在导航显示器120上查看。边界设置界面160C可以包括警报按钮156D，该警报按钮156D被配置为允许外科医生激活或停用各种警报。边界设置界面160C还可以包括一个或多个按钮162C、162D、162E，类似于对上述图8的边界设置界面160A、160B所描述的那些。例如，边界设置界面160C可以包括三个边界操纵按钮162C、162D、162E，用于各末端执行器240A、240B、240C中的每一个。如上所述，对按钮162C、162D、162E的操纵可以针对各末端执行器240A、240B、240C中的每一个修改或操纵触发警报的时间。这允许外科医生通过修改导航系统100来创建定制的外科手术计划。基于外科医生使用按钮162C、162D、162E输入的值，各虚拟边界的定位将在外科手术计划内更新，上述外科手术计划被用于导航系统以在该程序期间基于各末端执行器240A、240B、240C相对于一个或多个虚拟边界的位置来触发警报。

[0166] 图形用户界面(GUI)150B甚至可以包括在导航系统100的显示器120上显示的水平标签174。水平标签174可以被配置为识别解剖特征或关键结构。例如，如图9和10所示，水平标签174被配置为识别第三腰椎椎骨(L3)。水平标签174可用于识别患者的任意数量的解剖结构和/或区。可替代地，水平标签174可用于识别正在显示的解剖结构的特定姿态、定向或视图。水平标签174可以由导航系统基于患者数据自动分配。可替代地，水平标签174可由外科医生从填充列表中选择。例如，患者数据可以包括患者脊柱的图像或表示，并且外科医生可以选择被分配给每个椎骨的水平标签174。在又一配置中，导航系统100可配置成允许外科医生使用用户输入设备130或图形用户界面(GUI)150输入水平标签174。

[0167] 参考图11A至11C，图示了如在导航系统100的显示器120上显示的替代示例性图形用户界面(GUI)150C。图形用户界面(GUI)150C可以被配置为显示解剖特征的多个视图，包括在已知坐标系中相对于切除手术的解剖特征示出的各虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)。参考图11A，在图形用户界面(GUI)150C中显示了椎骨的俯视图，包括与关键解剖结构相关的各虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)。与上述图形用户界面(GUI)150类似，图11A中所示的图形用户界面(GUI)150C包括计划界面166B，计划界面166B包括一个或多个按钮，例如被配置为激活和/或停用各警报中的一个或多个的警报按钮156D。计划界面166B还可以包括计划按钮168C，该计划按钮168C被配置为允许外科医生操纵各警报和/或被配置为触发各警报中的一个或多个的各虚拟边界(边界1、2、8、9)。例

如,计划界面166B的计划按钮168C可以被配置为允许用户通过操纵定义警报区域(区域1)的至少一部分的各虚拟边界(边界1、2)中的一个或多个虚拟边界之间的距离来增大或减小各警报区域中一个或多个警报区域的深度。

[0168] 图形用户界面(GUI)150C还可以包括警报指示器172,警报指示器172被与各虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)相关地定位在解剖特征的显示内。警报指示器172可以定位在特定的虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)附近,并且被配置为向外科医生识别被分配给靠近警报按钮的所述边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)的警报是否被激活、停用和/或休眠。例如,靠近第四边界(边界4)的警报指示器172显示了具有穿过它的线的铃。导航系统140可以被配置为使得该符号指示第四边界(边界4)的警报被停用。可替代地,靠近第一和第二边界(边界1、2)的警报指示器172显示没有线穿过它的铃。导航系统140可以被配置为使得该警报指示器172指示针对第一和第二边界(边界1,2)的警报被激活。警报指示器172还可以由外科医生选择和/或操纵以激活或停用被分配给特定虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)的警报。例如,靠近第四边界(边界4)的警报指示器172可以被配置为使得外科医生对警报指示器172的操纵可以导致激活或停用第四边界(边界4)的警报。

[0169] 参考图11B,椎骨的侧视图显示在图形用户界面(GUI)150C中,包括各虚拟边界(边界1、2、8、9)的定位。虽然未在图11B中显示,但设想图11B的图形用户界面(GUI)150还可以包括计划界面166,该计划界面包括一个或多个按钮168,该按钮被配置为允许外科医生操纵各种警报、和/或操纵可以被定义用来触发各种警报的各虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)的位置。图形用户界面(GUI)150C还可以包括警报指示器172,警报指示器172被与各虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)相关地定位在解剖特征的显示内。警报指示器172可以定位在特定虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)附近并且可由外科医生操纵以激活、停用和/或休眠被分配给该特定虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)的警报。例如,靠近第四边界(边界4)的警报按钮可以被配置为使得外科医生对警报指示器172的操纵可以导致激活或停用用于第四边界(边界4)的警报。如上所述,警报指示器172还可以被配置为向外科医生识别被分配给警报指示器172附近的边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)的警报是否被激活或停用。

[0170] 图形用户界面(GUI)150C还可以包括一个或多个标识显示在图形用户界面(GUI)150C上的解剖结构的标签174A、174B。如图11B所示,两个标签174A、174B被显示在图形用户界面(GUI)150C上,第一标签174A标识主要解剖结构,第二标签174B标识相邻解剖结构。图形用户界面(GUI)150C可以被配置为使得用户可以操纵图形用户界面(GUI)150C以在主要解剖结构和相邻解剖结构之间导航。例如,外科医生可以选择第一标签174A,将第一标签174A附近的解剖结构识别为主要解剖结构。图形用户界面(GUI)150C可以被配置为在显示器120的中心显示主要解剖结构。可替代地,外科医生可以选择第二标签174B,并且图形用户界面(GUI)150C可以被配置为将靠近第二标签174B的解剖结构识别为主要解剖结构,并且将靠近第二标签174B的解剖结构定位在显示器120的中心。虽然在图11B中仅显示了两个标签,但图形用户界面(GUI)150C可以被配置为包括任意数量的标签174。

[0171] 参考图11C,椎骨的透视图被显示在图形用户界面(GUI)150C中,包括各虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)的定位。虽然未在图11C中显示,但设想图11C的图形

用户界面(GUI)150还可以包括包含一个或多个按钮168的计划界面166，按钮168被配置为允许外科医生操纵各种警报和/或操纵可以被定义用来触发各种警报的各虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)的位置。图形用户界面(GUI)150C还可以包括警报指示器172(未示出)，其被与各虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)相关地定位在解剖特征的显示内。如上所述，图形用户界面(GUI)150C可以被配置为包括任意数量的标签174。图11C图示了包括多个标签174A、174B、174C的图形用户界面(GUI)150C的示例性配置。图形用户界面(GUI)150C可以被配置为允许外科医生通过选择外科医生选择查看的解剖结构的标签174A、174B、174C来在与各标签174A、174B、174C中的每一个相关联的各解剖结构之间导航。

[0172] 参考图12A到12C，图示了如在导航系统100的显示器120上显示的替代示例性图形用户界面(GUI)150D。图形用户界面(GUI)150D可以包括上述图11A至11C的图形用户界面(GUI)150C的任何和/或所有特征、按钮和或元素。图形用户界面(GUI)150D也可以以与上述图11A至11C的图形用户界面(GUI)150C相同或相似的方式起作用和/或操作。如图12A至12C所示的图形用户界面(GUI)150D还可以包括查看按钮176。查看按钮176可由外科医生操纵以在包括各虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)的解剖特征的各视图之间切换和/或变化。例如，在图12A中，查看按钮176指示图形用户界面(GUI)150D正在显示解剖特征的轴向视图。可替代地，外科医生可以利用查看按钮176使图形用户界面(GUI)150D显示解剖特征和相关虚拟边界(边界1、2、8、9)和/或警报区域(区域1)的不同视图。例如，参考图12B，查看按钮176指示图形用户界面(GUI)150D正在显示解剖特征的矢状视图。参考图12C，查看按钮176指示图形用户界面(GUI)150D正在显示解剖特征的平面映射图。

[0173] 还设想图形用户界面(GUI)150D可以包括缩放按钮178，该缩放按钮178被配置为允许外科医生通过放大和/或缩小来操纵导航系统100的显示器120上的图像。图形用户界面(GUI)150D的缩放按钮178的示例性配置在图12A和12B中示出了。缩放按钮178可以包括在本文描述的任何图形用户界面(GUI)中。

[0174] 参考图13A和13B，图示了在植入物275的放置期间在外科器械220、320、420的导航过程中导航系统100的显示器120上所示的示例性图形用户界面(GUI)150E。与上述图形用户界面(GUI)150类似，图形用户界面(GUI)150E包括识别出在图形用户界面(GUI)150E上显示的解剖结构的标签174。图形用户界面(GUI)150E还包括查看按钮176，其被配置为允许外科医生在视图之间切换。例如，外科医生可以利用查看按钮176使图形用户界面(GUI)150E显示如图13A所示的解剖结构的矢状视图。可替代地，外科医生可以利用查看按钮176使图形用户界面(GUI)150E显示如图13B所示的解剖结构的轴向视图。虽然未在图中示出，但设想可以利用查看按钮176使图形用户界面(GUI)150E显示解剖结构的其它视图。

[0175] 图形用户界面(GUI)150E还可以被配置为显示使用导航系统100定义的虚拟边界(边界5、6、7、8)和/或警报区域。如上所述，在外科器械220、320、420的导航过程中，导航系统100可以被配置为基于末端执行器240、340、440相对于虚拟边界(边界5、6、7、8)中的一个和/或警报区域的位置而向器械处理器215、315、415发送信号或命令以触发上述各种警报中的一种。如图13A和13B所示，基于由外科医生在图8中描述的警报界面151中选择和/或输入的信息，许多虚拟边界(边界5、6、7、8)和/或警报区域(区域4)被显示在已知坐标系内。虚拟边界(边界5、6、7、8)和/或警报区域(区域4)被配置用于触发警报。如图13A和13B所示，虚

拟边界(边界5、6、7)可以对应于用于与虚拟边界(边界5、6、7)中的每一个虚拟边界对应的末端执行器的插入的希望深度。导航系统100可以被配置为基于末端执行器240、340、440相对于相应虚拟边界(边界5、6、7)的位置而向器械处理器215、315、415发送信号或命令来触发警报,作为协助外科医生导航外科器械220、320、420以放置植入物275或设备的一部分。

[0176] 图形用户界面(GUI)150E还可以被配置为显示植入物275或设备的计划姿态280。例如,如图13A和13B所示,图形用户界面(GUI)150E可以显示和勾勒出指示植入物在已知坐标系内的计划姿态280的轮廓,以帮助外科医生导航外科器械220、320、420来放置植入物275或设备。如图13A和13B中可见,图形用户界面(GUI)150E可以显示末端执行器240C将植入物275相对于计划姿态280和虚拟边界(边界5、6、7)驱动到位。

[0177] 图形用户界面(GUI)150E还可以包括其它的用户界面按钮180、182。用户界面按钮180可以被配置为锁定或解锁屏幕。例如,外科医生可以操纵用户界面按钮180以锁定屏幕,防止对图形用户界面(GUI)150E的额外和/或无意的碰触而做出改变。可替代地,用户界面按钮182可以被配置为截取屏幕截图和/或捕捉当前显示在图形用户界面(GUI)150E上的图像。例如,外科医生可以操纵用户界面按钮182以在程序执行期间在外科器械220、320、420的导航过程中捕捉显示在图形用户界面(GUI)150E上的图像。用户界面按钮182还可以被配置为激活和/或停用对显示在图形用户界面(GUI)150E上的图像的视频记录。例如,外科医生可以操纵用户界面按钮182以在程序执行期间在外科器械220、320、420的导航过程中开始和停止对显示在图形用户界面(GUI)150E上的图像的视频记录。

[0178] 尽管图中未示出,但在外科器械220、320、420的导航过程中,在各种警报中的一种被基于末端执行器240、340、440相对于虚拟边界和/或警报区域中的一个或多个的位置而触发时,图形用户界面(GUI)150可以被配置为提供或显示休眠按钮,允许用户休眠和/或暂时停用已触发的警报。图形用户界面(GUI)150可以被配置为使得对休眠按钮的操纵将暂时禁用如上所述的警报中的一个或多个。例如,在操纵休眠按钮时,被触发的警报可以暂时停用定义的时间段,例如两秒。在经过所述定义的时间段之后,如果根据末端执行器240、340、440相对于虚拟边界和/或警报区域中的一个或多个的位置有必要了,则可以重新激活和触发警报。如上所述,还设想对休眠按钮的操纵可以暂时停用被触发的警报,直到末端执行器240、340、440已经相对于虚拟边界和/或警报区域中的一个或多个更远地移动定义的距离为止。在末端执行器240、340、440相对于虚拟边界和/或警报区域中的一个或多个移动定义的距离时,可以重新激活警报。取决于导航系统140确定的手持件225、325、425的移动方向以及末端执行器240、340、440相对于虚拟边界和/或警报区域中的一个或多个的位置,可能会触发警报。上面更详细地描述了触发、休眠和/或重新激活各种警报的各种场景。

[0179] 下面是所述休眠功能的示例性操作:

[0180] 条件

[0181] (?)

[0182] #

[0183] 1 如果 末端执行器与虚拟边界相邻和/或到其远侧和/或在警报区域内

[0184] 2 或者 末端执行器与虚拟边界相邻和/或到其远侧并且靠近该虚拟边界、或者进出警报区域的时间少于定义的时间段(例如:5秒)

[0185] 3 并且 在第一和第二位置之间操纵触发器和/或脚踏开关

[0186] 4 然后 暂时禁用所有警报设备

[0187] 5 并且 所有警报设备保持禁用

[0188] 6 直到 末端执行器已经靠近虚拟边界和/或离开警报区域持续定义的时间段(例如:7秒)

[0189] 7 然后 警报设备被重新启用并且能够再次触发

[0190] 8 并且 响起可听到的“警报已启用”声音序列

[0191] 9 如果 已为该程序重新启用了所有警报设备,无论是哪些警报设备

[0192] 注意:启用和禁用的警报设备可能不会静音-限制音量范围

[0193] 除非上述条件1或2已经满足,否则执行触发器或脚踏开关的双击确实会影响所述外科器械的操作

[0194] 导航外科器械的方法:

[0195] 使用导航系统导航外科器械的方法可以包括在患者20的术前和/或术中数据内定义虚拟边界(边界5、6、7)和/或警报区域,例如区域1、2、3、4,所述患者20的术前和/或术中数据如上所述由成像系统500提供或者通过对患者20的外科手术部位30成像的其他类似装置提供。该方法可以还包括识别虚拟边界(边界5、6、7)和/或警报区域(区域1、2、3、4)和/或将它们配准到患者。例如,这可以通过使用外科导航系统100的用户输入设备130在术前和/或术中数据内识别和/或标记虚拟边界(边界5、6、7)和/或警报区域(区域1、2、3、4)来实现。定义虚拟边界(边界5、6、7)和/或警报区域(区域1、2、3、4)可以包括对围绕着在执行医疗程序的过程中外科医生希望避开的关键解剖结构(例如神经)的边界标记。还设想各虚拟边界(边界5、6、7)可以由外科导航系统使用分割算法和/或边界生成器来识别。虚拟边界(边界5、6、7)可以是用户可选择的和/或由用户修改。可以建立多个区域,例如让外科医生知道他们正在接近关键解剖结构的第一警报区域(区域1)。第一警报区域(区域1)可以至少部分地由第一和第二虚拟边界(边界1、2)限定,其中第一和第二边界以用户可选择的距离和/或深度间隔开,在第一和第二边界之间限定的空间代表该警报区域(区域1)。第二警报区域(区域2)可以限定在第一警报区域(区域1)内,其中第二警报区域(区域2)旨在让外科医生知道他们更接近关键解剖结构。第三警报区域(区域3)可以限定在第一警报区域(区域1)和第二警报区域(区域2)内,其中第三警报区域(区域3)是关键解剖结构并且旨在让外科医生知道他们正位于外周界处并且即将破坏关键解剖结构。第四警报区域(区域4)可被限定在与末端执行器240、340、440最初进入椎骨的椎骨表面相对的椎骨的外周界处。各警报区域中的每一个警报区域都可以至少部分地定义为在两个或更多个虚拟边界之间限定的区域或空间。当末端执行器240、340、440接近椎骨的外周界并且处于可能破坏外周界的危险中时,第四警报区域(区域4)可以通知外科医生。该步骤可以还包括定义计划的外科手术路径,例如定义目标轨迹Axis-T和/或目标部位T。目标轨迹Axis-T可以包括优选的轨迹和/或姿态,以使外科器械220、320、420与目标部位T对准并到达目标部位T。目标轨迹Axis-T可以基于下述因素的组合而建立,这些因素可以包括但不限于:避开关键解剖结构、正在执行的医疗程序的类型、正在插入的植入物类型、以及植入物的希望的放置和/或定向。例如,目标轴线Axis-T可以基于用于插入椎弓根螺钉以将支撑构件附接到脊柱的优选角度和/或部位来建立。

[0196] 该方法可以还包括利用器械跟踪设备230、330、430相对于患者20和/或外科手术

部位30的位置和定向来跟踪外科器械220、320、420的位置。这可以使用外科导航系统100来实现。外科器械220、320、420的器械跟踪设备230、330、430可以配准到外科导航系统100。然后，使用跟踪单元110，外科导航系统100可以在执行医疗程序期间跟踪外科器械220、320、420的位置、定向和/或姿态。

[0197] 该方法可以还包括基于外科器械220、320、420相对于所定义的虚拟边界(边界4、5、6、7)和/或警报区域(区域1、2、3)的位置在最大切割速度和最小切割速度之间操纵外科器械220、320、420的变速电机245、345、445的速度。例如，外科导航系统100可以被配置为向外科器械220、320、420的器械处理器215、315、415传达外科器械220、320、420与虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7)相邻和/或到其远侧和/或已进入第一警报区域(区域1)，并命令器械处理器215、315、415将电机245、345、445的速度从最大切割速度降低到最小切割速度，以通知外科医生外科器械220、320、420已进入第一警报区域(区域1)。外科导航系统100还可以被配置为向外科器械220、320、420的器械处理器215、315、415传达外科器械220、320、420的末端执行器240、340、440即将突破第三警报区域(区域3)并命令器械处理器215、315、415降低电机245、345、445的速度和/或禁用电机245、345、445，以通知外科医生外科器械220、320、420即将突破第三警报区域(区域3)，防止外科器械220、320、420接触和/或损坏关键解剖结构。当外科器械220、320、420进入由外科医生定义的警报区域(区域1、2、3)中的一个时将变速电机245、345、445从最大切割速度降低到最小切割速度可以产生由变速电机245、345、445产生的桨距的听觉上可感知的变化，以通知外科医生外科器械220、320、420与虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7)相邻和/或到其远侧和/或已进入警报区域(区域1、2、3)中的一个，但不损害外科器械220、320、420继续切割生物组织的能力。保持最小切割速度可以防止外科器械220、320、420的末端执行器240、340、440抓住或咬住并朝不希望的方向抛出，可能损坏患者20体内的关键解剖结构。

[0198] 基于外科器械220、320、420的位置而在最大切割速度和最小切割速度之间操纵外科器械220、320、420的变速电机245、345、445的速度的步骤可以还包括基于外科器械220、320、420相对于所定义的目标轨迹Axis-T和/或目标部位T而在最大切割速度和最小切割速度之间操纵外科器械220、320、420的变速电机245、345、445的速度。例如，外科导航系统100可以被配置为向外科器械220、320、420的器械处理器215、315、415传达外科器械在220、320、420与目标轨迹Axis-T未对准，并命令器械处理器215、315、415将电机245、345、445的速度从最大切割速度降低到最小切割速度，以通知外科医生外科器械220、320、420未对准。外科导航系统100还可以被配置为向外科器械220、320、420的器械处理器215、315、415传达外科器械220、320、420的末端执行器240、340、440已经到达目标部位T，并命令器械处理器215、315、415降低电机245、345、445的速度和/或禁用电机245、345、445，以通知外科医生外科器械220、320、420已经到达目标部位T。

[0199] 该方法还可包括基于外科器械220、320、420相对于所定义的虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7)和/或警报区域(区域1、2、3)的位置来激活警报设备255、355、455以产生听觉、触觉或视觉通知中的至少一种。例如，外科导航系统100可以被配置为向外科器械220、320、420的器械处理器215、315、415传达外科器械220、320、420与第一虚拟边界(边界1)相邻和/或到其远侧和/或已进入第一警报区域(区域1)，并命令器械处理器215、315、415激活警报设备255、355、455以产生听觉、触觉、或视觉通知中的至少一种，通知外科医生外科器械

220、320、420与第一虚拟边界(边界1)相邻和/或在其远侧和/或已进入第一警报区域(区域1)。还设想可以使用警报设备255、355、455和各类型通知的组合。例如,外科导航系统100可以被配置为向外科器械220、320、420的器械处理器215、315、415传达外科器械220、320、420与第一虚拟边界(边界1)相邻和/或在其远侧和/或已进入第一警报区域(区域1),并命令器械处理器215、315、415激活警报设备255、355、455以产生听觉通知,通知外科医生外科器械220、320、420与第一虚拟边界(边界1)相邻和/或在其远侧和/或已进入第一警报区域(区域1)。然后,外科导航系统100可以被配置为向外科器械220、320、420的器械处理器215、315、415传达外科器械220、320、420与第二虚拟边界(边界2)相邻和/或在其远侧和/或已进入第二警报区域(区域2),并命令器械处理器215、315、415激活警报设备255、355、455以产生触觉通知,通知外科医生外科器械220、320、420与第二虚拟边界(边界2)相邻和/或在其远侧和/或已经进入第二警报区域(区域2)。外科导航系统100还可以被配置为向外科器械220、320、420的器械处理器215、315、415传达外科器械220、320、420的末端执行器240、340、440与第三虚拟边界(边界3)相邻和/或在其远侧和/或即将突破第三警报区域(区域3),并指示器械处理器215、315、415降低电机245、345、445的速度和/或禁用电机245、345、445,以通知外科医生外科器械220、320、420与第三虚拟边界(边界3)相邻和/或在其远侧和/或即将突破第三警报区域(区域3),并阻止外科器械220、320、420接触和/或损坏关键解剖结构。这只是在执行医疗程序时外科系统10可能产生的各种警报组合的示例性配置。设想可以将任何类型和/或组合的警报分配给各虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7、8、9)和/或警报区域、目标轨迹和/或目标部位。这些警报可以由外科医生在使用外科导航系统100在术前和/或术中数据内定义各警报区域、目标轨迹和/或目标部位时分配。

[0200] 在对患者进行医疗程序期间使用外科导航系统100导航外科器械220、320、420的替代方法可以包括包括手持件225、325、425的外科器械220、320、420,末端执行器240、340、440联接到手持件225、325、425。外科器械220、320、420可包括用于选择性地致动末端执行器240、340、440的变速电机245、345、445,以及用于控制所述变速电机245、345、445的通电的处理器215、315、415。该方法可以包括选择医疗植入物275,例如椎弓根螺钉。该方法还可以包括在存储于外科导航系统100上的患者数据中识别医疗植入物275将被放置在患者20上的部位。例如,医务人员可以利用用户输入设备130,例如键盘、触摸屏或类似设备,来选择植入物275将被放置的患者20部位或部分,例如椎骨。然后,外科导航系统100可以被配置为基于所选择的医疗植入物275以及识别出的医疗植入物275将被放置的部位来定义各虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7、8、9)。可替代地,还设想外科导航系统100可以被配置为识别被联接到外科器械220、320、420的手持件225、325、425的末端执行器240、240、440的类型,并基于末端执行器240、340、440的类型和/或程序的部位来定义一个或多个虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7、8、9)。例如,在钻削程序中,外科导航系统可以被配置为定义对应于钻的第一边界、对应于丝锥的第二边界以及对应于用于放置植入物275的驱动器的第三边界,这些虚拟边界中的每一个都基于植入物275的计划姿态而沿着目标轨迹Axis-T来定义。

[0201] 该方法还可以包括使用外科导航系统100跟踪外科器械220、320、420的位置的步骤。这可以包括使用机器视觉和/或使用联接到外科器械220、320、420的器械跟踪器230、330、430。在外科导航系统100确定外科器械220、320、420已经进入任何被定义的虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7、8、9)和/或警报区域(即区域1-8B)时,外科导航系统100可配置为向

处理器215、265、315、415发出信号以停用变速电机245、345、445。例如，外科导航系统100可以被配置为向第一外科器械220的电池处理器265发送信号，其中电池处理器265与第一器械处理器215通信。电池处理器265和/或器械处理器215可以被配置为阻止电流从诸如电池260的电源流向变速电机245。这可以使用外科导航系统100和外科器械220、320、420之间的有线或无线形式的通信来实现。

[0202] 该方法还可以包括基于医务人员的偏好操纵由外科导航系统定义的虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7、8、9)和/或警报区域的步骤。例如，医务人员可以增加警报区域的大小和/或厚度，以提供外科器械220、320、420接近边界或关键解剖结构的更早警告。医务人员还可以重新定位患者数据内的警报区域。这可以包括修改在患者数据中定义的警报区域的大小、形状和/或数量。医务人员可以类似地操纵这些虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7、8、9)沿着目标轨迹Axis-T的轴向位置和/或深度，以提供末端执行器具体警告。虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7、8、9)沿着目标轨迹Axis-T的轴向位置和/或深度还可以基于植入物275的计划姿态进行操纵以提供外科器械220、320、420接近边界或目标深度的更早警告。医务人员还可以重新定位患者数据内的虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7、8、9)。这可以包括修改在患者数据内定义的虚拟边界(边界1、2、3、4、5、6、7、8、9)的位置、深度、形状和/或数量。

[0203] 其中外科器械组件200、300、400包括能够可拆卸地联接到手持件225、325、425的多个末端执行器240、340、440，该方法还可以包括将第一末端执行器240A、340A联接到手持件225、325的步骤。外科导航系统100可以被配置为识别第一末端执行器240A、340A并且至少部分地基于第一末端执行器来定义第一边界和/或第一警报区域。第一边界可以包括第一末端执行器240A、340A的目标深度。该方法还可以包括将第二末端执行器240B、340B联接到手持件225、325的步骤。外科导航系统100可以被配置为识别第二末端执行器240B、340B并且至少部分地基于第二末端执行器240B、340B来定义第二边界和/或第二警报区域。第二边界可以包括第二末端执行器240B、340B的目标深度，其可以不同于基于第一末端执行器240A、340A定义的第一边界。

[0204] 该方法还可以包括在外科导航系统100确定外科器械220、320、420已经进入被定义警报区域中的一个时激活警报设备255、355、455的步骤。这可以包括激活听觉或触觉警报设备。这还可以包括停用外科器械220、320、420的变速电机245、345、445。它还可以包括将变速电机245、345、445的速度从最大切割速度降低到最小切割速度。速度的变化可能会产生医务人员可以感知的触觉和听觉警报。

[0205] 该方法还可以包括将警报类型分配给每个被定义的虚拟边界和/或警报区域的步骤。外科导航系统100可以被配置为基于先前保存的医务人员的简档或系统配置，将不同类型的警报中的一种或多种自动分配给每个所定义的虚拟边界和/或警报区域。可替代地，医务人员可以使用用户输入设备130将不同警报类型中的一种或多种分配给所定义的虚拟边界和/或警报区域中的每一个。

[0206] 该方法还可以包括识别联接到手持件225、325的第一末端执行器240A、340A的步骤，并且外科导航系统100可以被配置为至少部分地基于第一末端执行器240A、340A来定义第一边界和/或第一警报区域。然后，该方法可以包括将第一末端执行器240A、340A与手持件225、325分离并将第二末端执行器240B、340B联接到手持件225、325，并且外科导航系统100可以被配置为识别第二末端执行器240B、340B并且至少部分地基于第二末端执行器

240B、340B来定义第二边界和/或第二警报区域。

[0207] 该方法可以进一步包括识别联接到手持件225、325的第一末端执行器240A、340A的步骤，并且外科导航系统100可以被配置为至少部分地基于第一末端执行器240A、340A而定义第一边界和/或第一警报区域。然后，该方法可以包括将第一末端执行器240A、340A应用到生物组织将要放置医疗植入物的部位。在外科导航系统100确定外科器械220、320、420与第一边界相邻和/或在其远侧和/或已经进入第一警报区域时，外科导航系统100可以被配置为向处理器215、265、315、415发送信号以停用变速电机245、345、445。还设想外科导航系统100可以被配置为发送信号以激活上述警报设备之一以产生上述各种类型的警报之一。然后，该方法可以包括将第一末端执行器240A、340A与手持件225、325、425分离并且将第二末端执行器240B、340B联接到手持件225、325、425。外科导航系统100可以被配置为识别第二末端执行器240B、340B并且至少部分地基于第二末端执行器240B、340B来定义第二边界和/或第二警报区域。该方法还可以包括将第二末端执行器240B、340B应用到生物组织将要放置医疗植入物的部位。在外科导航系统100确定外科器械220、320、420与第二边界相邻和/或在其远侧和/或已经进入第二警报区域时，外科导航系统100可以被配置为向处理器发送信号以停用变速电机。还设想外科导航系统100可以被配置为发送信号以激活上述警报设备之一以产生上述各种类型的警报之一。

[0208] 在另一种配置中，导航系统被配置为基于末端执行器相对于警报区域的位置将第一信号传送到控制台的处理器。该信号可以使控制台基于扭矩映射(torque map)将感测到的速度与手持件的希望速度进行比较。使用扭矩映射，控制台可以基于感测到的切割工具的速度来确定切割工具的计算扭矩。然后，基于切削工具的计算扭矩和切削工具的感测速度，控制台可以确定切削工具消耗的计算电力。扭矩映射还提供切削工具消耗的期望电力以及切削工具在消耗的期望电力下的期望扭矩和期望速度。导航系统可以被配置为使控制台基于末端执行器进入警报区域来调整扭矩映射。更具体地，一旦末端执行器与虚拟边界相邻和/或在其远侧和/或进入警报区域，控制台可以以减小的扭矩为钻头提供电力，使得末端执行器在末端执行器与虚拟边界相邻和/或在其远侧和/或在警报区域内不太有效和/或不太激进地切割。

[0209] 涵盖上述系统其它配置的技术方案：

[0210] Ⅰ.一种与导航系统一起使用的外科器械组件，该导航系统被配置为允许医务人员在患者身上定义警报区域，以帮助医务人员对患者进行脊柱或颅脑外科手术，所述外科器械组件包括：

[0211] 控制台，其包括与导航系统通信的控制处理器；

[0212] 高速外科钻杆，其包括与所述控制处理器通信的变速电机，所述变速电机配置成以大于每分钟70,000转的第一切割速度和低于每分钟70,000转但高于每分钟60,000转的第二切割速度旋转钻杆；和

[0213] 脚踏开关，用于控制所述高速外科钻杆的所述变速电机的操作，与所述控制处理器通信；

[0214] 其中，导航系统被配置为主动地确定所述高速外科钻杆相对于患者的位置；

[0215] 其中，导航系统被配置为当导航系统确定高速外科钻杆进入所述警报区域时向所述控制处理器发送信号以操纵所述高速外科钻杆的所述变速电机，使所述钻杆的旋转从所

述第一切割速度转变到所述第二切割速度;并且

[0216] 其中,在所述高速外科钻杆从所述第一切割速度转变到所述第二切割速度时所述钻杆从所述第一切割速度到所述第二切割速度的转变引起由所述高速外科钻杆产生的桨距的听觉上可感知到的变化,以通知医疗人员所述高速外科钻杆已进入所述警报区域,但不损害所述钻杆继续切割生物组织的能力。

[0217] II.根据技术方案I所述的外科器械组件,其中,在所述钻杆从所述第一切割速度转变到所述第二切割速度时所述钻杆从所述第一切割速度到所述第二切割速度的转变在所述高速外科钻杆中引起触觉上可感知到的变化,以通知医疗人员所述高速外科钻杆已进入所述警报区域,但不损害所述钻杆继续切割生物组织的能力。

[0218] III.根据技术方案I所述的外科器械组件,其中,所述脚踏开关能够在第一位置和第二位置之间移动;并且

[0219] 其中,所述变速电机被配置为当所述脚踏开关处于所述第一位置时被停用,并且所述变速电机被配置为当处于所述第二位置时以每分钟最少60,000转的速度旋转钻杆。

[0220] IV.根据技术方案I所述的外科器械组件,还包括听觉警报设备,其被配置为当所述高速外科钻杆进入所述警报区域时发出警报声。

[0221] V.根据技术方案I所述的外科器械组件,进一步包括与医务人员接触的触觉警报设备,所述触觉警报设备被配置为当所述高速外科钻杆进入所述警报区域时发出能够被医务人员感知的物理警报。

[0222] VI.根据技术方案V所述的外科器械组件,其中,所述触觉警报设备被联接到所述脚踏开关,使得所述物理警报将在与所述脚踏开关接触的医务人员的附属物中感受到,以控制所述高速外科钻杆的所述变速电机的操作。

[0223] VII.根据技术方案V所述的外科器械组件,其中,所述警报区域包括第一区域和第二区域;并且

[0224] 其中,所述触觉设备被配置为当所述高速外科钻杆进入所述第一区域时产生第一通知,并且当所述高速外科钻杆进入所述第二区域时产生第二通知。

[0225] VIII.根据技术方案I所述的外科器械组件,进一步包括与医务人员接触的听觉警报设备和触觉警报设备,当所述高速外科钻杆进入所述警报区域时所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的每一个都能够产生由医务人员感知到的警报。

[0226] IX.根据技术方案I所述的外科器械组件,还包括能够产生第一通知的听觉警报设备和能够产生第二通知的触觉警报设备中的至少一个;

[0227] 其中,所述警报区域包括用户可定义的第一区域和用户可定义的第二区域;

[0228] 其中,导航系统可配置为允许用户将所述第一通知或所述第二通知中的一个分配给所述第一区域或者所述第二区域的任一个;并且

[0229] 其中,导航系统可配置为基于所述高速外科钻杆的位置和被分配给所述第一区域或所述第二区域中的所述一个的所述第一通知或所述第二通知来操纵所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的一个。

[0230] X.一种供医务人员在对患者进行脊柱或颅脑外科手术的过程中使用的外科系统,所述外科系统包括:

[0231] 包括控制处理器的控制台;

[0232] 高速外科钻杆，其包括与所述控制处理器通信的变速电机，所述变速电机被配置为以大于每分钟70,000转的第一切割速度和在每分钟60,000转和每分钟65,000转之间的第二切割速度旋转钻杆；

[0233] 脚踏开关，用于控制所述高速外科钻杆的所述变速电机的操作，与所述控制处理器通信；

[0234] 与所述控制台通信的导航系统，所述导航系统被配置为允许医务人员在患者身上定义警报区域并主动地确定所述高速外科钻杆相对于患者的位置并将所述位置传送给所述控制处理器；并且

[0235] 其中，所述导航系统被配置为将信号传送到控制处理器以操纵所述高速外科钻杆的所述变速电机，以便在所述导航系统确定所述高速外科钻杆的所述钻杆已进入所述警报区域时将所述钻杆的旋转从所述第一切割速度转变到所述第二切割速度；

[0236] 其中，所述钻杆从所述第一切割速度到所述第二切割速度的转变引起由所述高速外科钻杆的所述变速电机的桨距的听觉上可感知到的变化，以通知医务人员所述高速外科钻杆已经进入所述警报区域，但不损害所述钻杆继续切割生物组织的能力。

[0237] XI.根据技术方案X所述的外科系统，其中，在所述高速外科钻杆从所述第一切割速度转变到所述第二切割速度时所述钻杆从所述第一切割速度到所述第二切割速度的转变在所述高速外科钻杆中产生触觉上可感知的变化，以通知医务人员所述高速外科钻杆已进入所述警报区域，但不损害所述钻杆继续切割生物组织的能力的。

[0238] XII.根据技术方案XI所述的外科系统，其中，所述脚踏开关能够在第一位置和第二位置之间移动；并且

[0239] 其中，所述变速电机被配置为在所述脚踏开关处于所述第一位置时被停用，并且所述变速电机被配置为在处于所述第二位置时以每分钟最少60,000转的速度旋转钻杆。

[0240] XIII.根据技术方案X所述的外科系统，还包括听觉警报设备，其被配置为当所述高速外科钻杆进入所述警报区域时发出警报声。

[0241] XIV.根据技术方案X所述的外科系统，进一步包括与医务人员接触的触觉警报设备，所述触觉警报设备被配置为当所述高速外科钻杆进入所述警报区域时发出能够被医务人员感知到的物理警告。

[0242] XV.根据技术方案XIV所述的外科系统，其中，所述触觉警报设备联接到所述脚踏开关，使得所述物理警报将在与所述脚踏开关接触的医务人员的附属物中被感觉到，用于控制所述高速外科钻杆的所述变速电机的操作。

[0243] XVI.根据技术方案XIV所述的外科系统，其中，所述警报区域包括第一区域和第二区域；并且

[0244] 其中，所述触觉警报设备被配置为在所述高速外科钻杆进入所述第一区域时产生第一通知，并且在所述高速外科钻杆进入所述第二区域时产生第二通知。

[0245] XVII.根据技术方案X所述的外科系统，进一步包括与医务人员接触的听觉警报设备和触觉警报设备，当所述高速外科钻杆进入所述警报区域时，所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的每一个都能够产生由医务人员感知到的警报。

[0246] XVIII.一种与外科导航系统一起使用的外科系统，所述导航系统能够在患者身上定义警报区域，以帮助医务人员对患者进行脊柱或颅脑外科手术，所述外科系统包括：

[0247] 高速外科钻杆，其包括被配置为旋转钻杆的变速电机；

[0248] 包括控制处理器的控制台，所述控制处理器与所述高速外科钻杆的所述变速电机通信，并且被配置为从外科导航系统接收与所定义的警报区域和所述高速外科钻杆相对于所定义的警报区域的位置相关的数据；

[0249] 与所述控制处理器通信的脚踏开关，所述脚踏开关能够在第一位置和第二位置之间移动，用于控制所述高速外科钻杆的所述变速电机的操作；

[0250] 其中，当所述脚踏开关处于所述第一位置时，所述变速电机被停用并且所述钻杆以每分钟零转的速率旋转；

[0251] 其中，当所述脚踏开关处于所述第二位置时，所述变速电机被配置为以最大切割速率旋转所述钻杆；

[0252] 其中，当所述脚踏开关处于所述第一位置和所述第二位置之间的中间位置时，所述变速电机被配置为以介于最小切割速率和所述最大切割速率之间的中间速率旋转所述钻杆；并且

[0253] 其中，导航系统被配置为向所述控制处理器发送表示所述钻杆已经进入警报区域的数据并操纵所述高速外科钻杆的所述变速电机，以当所述脚踏开关被定位于所述中间位置或所述第二位置时将所述钻杆的旋转降低到所述最小切割速率。

[0254] XIX.根据技术方案XVIII所述的外科系统，进一步包括联接到所述脚踏开关并与所述控制台通信的触觉警报设备；并且

[0255] 其中，所述控制台被配置为操纵所述触觉警报设备以在所述钻杆进入所述警报区域时产生能够由医务人员感知到的物理通知。

[0256] XX.一种与导航系统一起使用的外科器械组件，所述导航系统能够在患者身上定义警报区域以帮助医务人员对患者进行脊柱或颅脑外科手术，所述外科器械组件包括：

[0257] 高速外科钻杆，其包括被配置用于旋转钻杆的变速电机；

[0258] 包括控制处理器的控制台，所述控制处理器与所述高速外科钻杆的所述变速电机通信并且被配置为从所述外科导航系统接收数据；和

[0259] 脚踏开关，其与所述控制处理器通信以控制所述高速外科钻杆的所述变速电机的操作，所述脚踏开关包括触觉警报设备；

[0260] 其中，导航系统被配置为向所述控制处理器发送表示所述钻杆已进入所定义的警报区域的数据，并且被配置为操纵所述脚踏开关的所述触觉警报装置以在所述钻杆进入所述警报区域时通知医务人员。

[0261] XXI.一种使用导航系统对具有变速电机的医疗器械进行导航的方法，所述导航系统包括被联接到医疗器械的器械跟踪器和联接到患者的患者跟踪器，所述方法包括：

[0262] 在患者的术前数据中定义警报区域；

[0263] 将警报区域配准到患者跟踪器；

[0264] 使用器械跟踪器相对于患者跟踪器的位置和定向来跟踪医疗器械的位置；以及

[0265] 基于医疗器械相对于所定义的警报区域的位置在最大切割速度和最小切割速度之间操纵医疗器械的变速电机的速度。

[0266] XXII.根据技术方案XXI所述的方法，其中，操纵变速电机的速度包括当医疗器械进入所定义的警报区域时将变速电机从最大切割速度减速到最小切割速度。

[0267] XXIII.根据技术方案XXII所述的方法,其中,当医疗器械进入所定义的警报区域时将变速电机从最大切割速度减速到最小切割速度产生由变速电机产生的桨距的听觉上可感知到的变化,以通知医务人员医疗器械已进入所定义的警报区域,但不会影响医疗器械继续切割生物组织的能力。

[0268] XXIV.根据技术方案XXI所述的方法,进一步包括基于医疗器械相对于被定义的警报区域的位置来激活警报设备以产生听觉、触觉或视觉通知中的至少一种。

[0269] XXV.根据技术方案XXIV所述的方法,其中,被定义的警报区域包括第一区域和第二区域;并且

[0270] 其中,激活警报设备的步骤包括当医疗器械进入第一区域时产生触觉通知,以及当医疗器械进入第二区域时产生听觉通知。

[0271] XXVI.一种供医务人员在对患者进行脊柱或颅脑外科手术时使用的外科系统,所述外科系统包括:

[0272] 手持式外科器械,其被配置为驱动末端执行器,包括:

[0273] 变速电机;

[0274] 能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵的触发器;

[0275] 触发器传感器,其被配置为检测所述触发器的所述位置并输出指示所述触发器的所述位置的第一信号;

[0276] 与所述触发器传感器通信的手持件处理器,所述手持件处理器被配置为至少部分地基于指示所述触发器的所述位置的所述第一信号来控制所述变速电机的通电;

[0277] 可再充电电池模块,其被可拆卸地联接到所述手持式外科器械,所述电池模块包括:

[0278] 被配置为发送和接收信号的收发器;

[0279] 与所述收发器通信的电池处理器,所述处理器被配置为向所述手持式外科器械提供电力;

[0280] 导航系统,其经由所述收发器与所述电池处理器通信,所述导航系统被配置为主动地确定所述外科器械相对于与患者相关地定义的警报区域的位置;

[0281] 其中,所述导航系统被配置为在所述导航系统确定所述外科器械的所述位置已进入所述警报区域时向所述电池处理器传送第二信号以切断到所述手持式外科器械的电力;并且

[0282] 其中,在所述电池处理器切断到所述手持式外科器械的电力并且所述外科器械保持在所述警报区域中时,所述手持件处理器被配置为阻止所述变速电机的通电,直到从所述触发器传感器接收到指示医务人员已经操纵了所述触发器的所述位置的随后的所述第一信号为止。

[0283] XXVII.根据技术方案XXVI所述的外科系统,其中,所述可再充电电池模块进一步包括:

[0284] 电池单元,用于存储电能,以为所述手持式外科器械的所述变速电机供电;

[0285] 开关,其与所述电池处理器通信并被配置为控制电能从所述电池单元流出,所述开关具有被配置为允许电能从所述电池单元流出的通电状态和被配置为防止电能从所述电池单元流出的断电状态。

[0286] XXVIII.一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统,所述外科系统包括:

[0287] 手持式外科器械,其被配置为驱动末端执行器,包括:

[0288] 变速电机;

[0289] 能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵的开关;

[0290] 开关传感器,其被配置为检测所述开关的所述位置并输出指示所

[0291] 述开关的所述位置的第一信号;和

[0292] 与所述开关传感器通信的手持件处理器,所述手持件处理器被配置为至少部分地基于指示所述开关的所述位置的所述第一信号来控制所述变速电机的通电;

[0293] 电源,其被可拆卸地联接到所述手持式外科器械并且被配置为向所述手持式外科器械提供电力;

[0294] 与所述手持件处理器通信的导航系统,所述导航系统被配置为主动地确定所述外科器械相对于与患者相关地定义的警报区域的位置;

[0295] 其中,所述导航系统被配置为在所述导航系统确定所述外科器械的所述位置已经进入所述警报区域时向所述手持件处理器传送第二信号以断电所述变速电机;并且

[0296] 其中,在所述手持式外科器械断电并且当所述外科器械保持在所述警报区域时中,所述手持件处理器被配置为阻止所述变速电机重新通电,直到从所述开关传感器接收到表示医务人员已经操纵了所述开关的所述位置的随后的所述第一信号为止。

[0297] XXIX.根据技术方案XXVIII所述的外科系统,还包括可拆卸地联接到所述手持式外科器械的可再充电电池模块,所述电池模块包括:

[0298] 被配置为发送和接收信号的收发器;

[0299] 电池单元,用于存储电能以为所述手持式外科器械的所述变速电机供电;

[0300] 开关,其被配置为控制电能从所述电池单元流出,所述开关具有被配置为允许电能从所述电池单元流出的通电状态和被配置为阻止电能从所述电池单元流出的断电状态;

[0301] 与所述收发器和所述开关通信的电池处理器,所述电池处理器被配置为至少部分地基于由所述收发器接收的所述信号而在所述通电状态和所述断电状态之间操纵所述开关。

[0302] XXX.一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统,所述外科系统包括:

[0303] 高速钻杆组件,所述高速钻杆组件包括:

[0304] 包括处理器的控制台;

[0305] 与所述控制台的所述处理器通信的手持件,所述手持件包括末端执行器和用于驱动所述末端执行器的变速电机;

[0306] 脚踏开关,其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵,用于控制所述变速电机的通电;

[0307] 开关传感器,其被配置为检测所述脚踏开关的位置并将指示所述脚踏开关的所述位置的第一信号传送到所述处理器;

[0308] 与所述处理器通信的导航系统,所述导航系统被配置为主动地确定所述手持件相对于与患者相关地定义的警报区域的位置;

[0309] 其中，所述导航系统被配置为在所述导航系统确定所述手持件的所述位置已经进入所述警报区域时向所述处理器传送第二信号以断电所述变速电机；并且

[0310] 其中，在所述手持件断电并且当所述手持件保持在所述警报区域中时，所述处理器被配置为阻止所述变速电机重新通电，直到从所述开关传感器接收到指示医务人员已经操纵了所述脚踏开关的所述位置的随后的所述第一信号为止。

[0311] XXXI.根据技术方案XXX所述的外科系统，进一步包括与医务人员接触的触觉警报设备，所述触觉警报设备被配置为在所述高速外科钻杆进入所述警报区域时发出能够被医务人员感知到的物理警告。

[0312] XXXII.根据技术方案XXX所述的外科系统，进一步包括与医务人员接触的听觉警报设备和触觉警报设备，当所述高速外科钻杆进入所述警报区域时，所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的每一个都能够产生由医务人员感知到的警报。

[0313] XXXII.一种供医务人员在对患者进行脊柱或颅脑外科手术时使用的外科系统，所述外科系统包括：

[0314] 手持式外科器械，其被配置为驱动末端执行器，包括：

[0315] 变速电机；

[0316] 能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵的触发器；

[0317] 手持件处理器，其被配置为至少部分地基于所述触发器的所述位置来控制所述变速电机的通电；

[0318] 可再充电电池模块，其被可拆卸地联接到所述手持式外科器械，所述电池模块包括：

[0319] 被配置为发送和接收信号的收发器；

[0320] 与所述收发器通信的电池处理器，所述处理器被配置为使所述手持式外科器械通电和断电；

[0321] 导航系统，其经由所述收发器与所述电池处理器通信，所述导航系统被配置为主动地确定所述手持式外科器械相对于与患者相关地定义的警报区域的位置；

[0322] 其中，所述导航系统被配置为在所述导航系统确定所述手持式外科器械的所述位置已进入所述警报区域时向所述电池处理器传送第一信号以暂时断电所述手持式外科器械；

[0323] 当所述手持式外科器械保持在所述警报区域中时并且在所述电池处理器使所述手持式外科器械断电之后；并且

[0324] 所述电池处理器使所述变速电机重新通电，所述导航系统被配置为：基于所述手持式外科器械的运动相对于患者的外科手术部位在近侧或远侧方向上而向所述电池处理器传送第二信号以使所述电池处理器通电或断电所述手持式外科器械。

[0325] XXXIV.一种用于被医务人员使用来对患者进行外科手术程序的外科系统，所述外科系统包括：

[0326] 手持式外科器械，其被配置为接收末端执行器，所述手持式外科器械包括：

[0327] 变速电机，其被配置为旋转所述末端执行器；

[0328] 能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵的触发器；

[0329] 触发器传感器，其被配置为检测所述触发器的所述位置并输出指示所述触发器的

所述位置的第一信号；

[0330] 手持件处理器，其被配置为至少部分地基于来自所述触发器传感器的指示所述触发器的所述位置的所述第一信号来控制所述变速电机的通电；

[0331] 导航系统，其与所述处理器通信，所述导航系统被配置为在患者身上定义警报区域并主动地确定所述外科器械相对于所述警报区域的位置，并当所述触发器传感器指示所述触发器处于所述第二位置并且所述导航系统确定所述手持式外科器械已进入所述警报区域时向所述手持件处理器传送第二信号以停用所述变速电机；并且

[0332] 当所述手持式外科器械保持在所述警报区域中时，所述手持件处理器被配置为在从所述触发器传感器接收到随后的所述第一信号时重新激活所述变速电机，所述随后的所述第一信号指示医务人员已经操纵了所述触发器将所述触发器从所述第二位置移动到所述第一位置并返回到所述第二位置。

[0333] XXXV.根据技术方案XXXIV所述的外科系统，其中，在所述手持式外科器械保持在所述警报区域中的同时重新激活所述变速电机的情况下，所述导航系统被配置为：在所述导航系统确定所述手持式外科器械已经朝向患者的外科手术部位(所述警报区域)向近侧移动了定义的距离时向所述手持件处理器传送第三信号以停用所述变速电机。

[0334] XXXVI.根据技术方案XXXIV所述的外科系统，其中，在所述手持式外科器械保持在所述警报区域中的同时重新激活所述变速电机时，所述导航系统被配置为：在所述导航系统确定所述手持式外科器械正在向患者的外科手术部位(所述警报区域)的远侧移动时向所述手持件处理器传送第四信号以维持所述变速电机的激活。

[0335] XXXVII.一种供医务人员在对患者进行脊柱或颅脑外科手术时使用的外科系统，所述外科系统包括：

[0336] 手持式外科器械，其被配置为接收末端执行器，所述手持式外科器械包括：

[0337] 变速电机；

[0338] 触发器，其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵，以激活和停用所述变速电机；和

[0339] 处理器，其被配置为控制所述变速电机的通电；

[0340] 与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为允许医务人员定义患者身上的目标轴线以及器械测试距离阈值；

[0341] 其中，所述导航系统被配置为确定所述手持式外科器械相对于所述目标轴线的实际轴线，并确定所述手持式外科器械相对于目标深度的位置，并将该结果与器械测试距离阈值进行比较；并且

[0342] 当所述导航系统确定所述手持式外科器械的所述位置比所述器械测试距离阈值更接近所述目标深度并且所述手持式外科器械的所述实际轴线与所述目标轴线未对准时，所述导航系统被配置为向所述处理器传送第一信号以阻止所述变速电机通电；

[0343] 当所述导航系统确定所述手持式外科器械的所述位置距所述目标深度比所述器械测试距离阈值更远时，所述导航系统不会使所述处理器阻止所述变速电机的通电，而不管所述手持式外科器械的所述实际轴线是否与所述目标轴线未对准。

[0344] XXXVIII.根据技术方案XXXVII所述的外科系统，其中，当所述触发器处于所述第二位置以激活所述变速电机时，所述导航系统被配置为：在所述导航系统确定所述手持式

外科器械被定位在所述目标轴线上并且已经达到所述目标深度时向所述处理器传送第五信号以停用所述变速电机。

[0345] XXXIX.一种供医务人员在对患者进行脊柱或颅脑外科手术时使用的外科系统,所述外科系统包括:

[0346] 手持式外科器械,其被配置为接收末端执行器,所述手持式外科器械包括:

[0347] 手持件;

[0348] 设置在所述手持件内的变速电机;

[0349] 能够由医务人员操纵以激活和停用所述变速电机的触发器;

[0350] 开关,其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵,以控制所述变速电机的速度;

[0351] 被配置为控制所述变速电机的通电的处理器;

[0352] 与所述处理器通信的导航系统,所述导航系统被配置为确定所述开关是处于所述第一位置还是所述第二位置;并且

[0353] 其中,所述导航系统被配置为:基于所述开关处于适当的所述位置并且基于被联接到所述手持式外科器械的所述末端执行器的类型而向所述处理器传送信号以控制所述变速电机的通电。

[0354] XL.根据技术方案XXXIX所述的外科系统,其中,所述导航系统被配置为:在所述导航系统识别出对于联接到所述手持式外科器械的所述末端执行器的所述类型来说所述开关处于不正确的所述位置时向所述处理器传送所述信号,以停用所述变速电机;并且

[0355] 其中,所述导航系统被配置为:在所述导航系统识别出对于联接到所述外科器械的所述末端执行器的所述类型来说所述开关处于正确的所述位置时向所述处理器传送所述信号,以激活所述变速电机。

[0356] XLI.根据技术方案XXXIX或XL所述的外科系统,其中,所述手持式外科器械还包括联接到所述开关的跟踪器;并且

[0357] 其中,所述导航系统被配置为基于所述跟踪器的所述位置来确定所述开关是处于所述第一位置还是所述第二位置。

[0358] XLII.根据技术方案XXXIX-XLI中任一项所述的外科系统,其中,所述手持式外科器械还包括电池模块;并且

[0359] 其中,所述处理器设置在所述电池模块内。

[0360] XLIII.一种供医务人员在对患者进行脊柱或颅脑外科手术时使用的外科系统,所述外科系统包括:

[0361] 手持式外科器械组件,所述手持式外科器械组件包括:

[0362] 手持件;

[0363] 第一末端执行器或第二末端执行器中的一个,所述第一末端执行器和所述第二末端执行器中的每一个都能够可拆卸地联接到所述手持件;

[0364] 设置在所述手持件内的变速电机;

[0365] 可选的反馈装置,其振动;和

[0366] 处理器,其被配置为控制所述变速电机的通电和/或所述反馈装置的振动;

[0367] 与所述处理器通信的导航系统,所述导航系统被配置为至少部分地基于所述第一

末端执行器来在患者身上定义第一警报区域,并且至少部分地基于所述第二末端执行器来在患者身上定义第二警报区域;并且

[0368] 当所述第一末端执行器联接到所述手持件时,所述导航系统被配置为至少部分地基于所述第一末端执行器相对于所述第一警报区域的位置向所述处理器传送第一信号,以控制所述变速电机的通电或使所述反馈装置振动;

[0369] 当所述第二末端执行器联接到所述手持件时,所述导航系统被配置为至少部分地基于所述第二末端执行器相对于所述第二警报区域的位置向所述处理器传送信号,以控制所述变速电机的通电或使所述反馈装置振动。

[0370] XLIV.根据技术方案XLIII所述的外科系统,其中,所述导航系统被配置为主动地确定所述手持式外科器械相对于所述警报区域的位置并将所述位置传送给所述处理器。

[0371] XLV.根据技术方案XLIII所述的外科系统,其中,所述导航系统被配置为在所述导航系统确定所述第一末端执行器已经进入所述第一警报区域或所述第二末端执行器已经进入所述第二警报区域时向所述处理器传送信号,以停用所述变速电机。

[0372] XLVI.根据技术方案XLIII所述的外科系统,其中,所述手持式外科器械还包括:

[0373] 与所述处理器电连通的脚踏开关;和

[0374] 反馈装置被联接到所述脚踏开关。

[0375] XLVII.根据技术方案XLIII所述的外科系统,其中,所述导航系统被配置为允许所述医务人员输入被联接到所述手持式外科器械的所述第一末端执行器或所述第二末端执行器的类型。

[0376] XLVIII.根据技术方案XLIII-XLVII中任一项的外科系统,其中,所述手持式外科器械组件包括电池模块;并且

[0377] 其中,所述可选的反馈装置设置在所述电池模块内。

[0378] XLIX.一种供医务人员在对患者进行脊柱或颅脑外科手术时使用的外科系统,所述外科系统包括:

[0379] 高速钻杆组件,所述高速钻杆组件包括:

[0380] 包括处理器的控制台;

[0381] 与所述控制台的所述处理器通信的手持件;

[0382] 第一末端执行器或第二末端执行器中的一个,所述第一末端执行器和所述第二末端执行器中的每一个都能够可拆卸地联接到所述手持件;

[0383] 设置在所述手持件内的变速电机;

[0384] 可选的反馈装置;和

[0385] 其中,所述处理器被配置为控制所述变速电机的通电和/或所述反馈装置的振动;

[0386] 与所述处理器通信的导航系统,所述导航系统被配置为至少部分地基于所述第一末端执行器来定义关于患者的第一警报区域,并且至少部分地基于所述第二末端执行器来定义关于患者的第二警报区域;并且

[0387] 当所述第一末端执行器被联接到所述手持件时,所述导航系统被配置为至少部分地基于所述第一末端执行器相对于所述第一警报区域的位置向所述处理器传送第一信号以控制所述变速电机的通电或激活所述反馈装置;

[0388] 当所述第二末端执行器被联接到所述手持件时,所述导航系统被配置为至少部分

地基于所述第二末端执行器相对于所述第二警报区域的位置向所述处理器传送信号以控制所述变速电机的通电或激活所述反馈装置。

[0389] L.根据技术方案XLIX所述的外科系统,其中,所述可选的反馈装置包括与医务人员接触的触觉警报设备,所述触觉警报设备被配置为当所述高速外科钻杆进入所述警报区域时发出能够被医务人员感知到的物理警报。

[0390] LI.根据技术方案XLIX所述的外科系统,其中,所述可选的反馈装置包括与医务人员接触的听觉警报设备和触觉警报设备,当所述高速外科钻杆进入所述警报区域时,所述听觉警报设备和所述触觉警报设备中的每一个都能够产生由医务人员感知到的警报。

[0391] LII.根据技术方案XLIX或L所述的外科系统,其中,所述高速钻杆组件还包括联接到所述控制台的脚踏开关,所述脚踏开关能够在第一位置和第二位置之间移动以控制所述变速电机的通电;

[0392] 其中,所述医务人员能够通过在定义的时间框架内以定义的模式操纵所述脚踏开关来停用所述可选的反馈装置。

[0393] LIII.一种在对患者进行医疗程序期间使用外科导航系统对外科器械进行导航的方法,所述外科器械包括手持件、联接到手持件的末端执行器、用于选择性地致动末端执行器的变速电机、以及用于控制所述变速电机的通电的处理器,所述方法包括:

[0394] 选择医疗植入物;

[0395] 在存储于外科导航系统上的患者数据内识别出医疗植入物将被放置在患者身上的位置,其中外科导航系统被配置为基于所选择的医疗植入物和所识别出的医疗植入物将被放置的位置来定义警报区域;

[0396] 使用外科导航系统跟踪外科器械的位置;

[0397] 在导航系统确定外科器械已进入定义的警报区域时,外科导航系统向处理器发信号以停用变速电机。

[0398] LIV.根据技术方案LIII所述的方法,其中,所述方法进一步包括基于医务人员的偏好来操纵由外科导航系统定义的警报区域的步骤。

[0399] LV.根据技术方案LIII或LIV所述的方法,其中,所述方法进一步包括将第一末端执行器联接到手持件的步骤,所述外科导航系统被配置为识别第一末端执行器并至少部分地基于第一末端执行器来定义第一警报区域。

[0400] LVI.根据技术方案LIII-LV中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括将第二末端执行器联接到所述手持件的步骤,所述外科导航系统被配置为识别所述第二末端执行器并且至少部分地基于第二末端执行器来定义第二警报区域。

[0401] LVII.根据技术方案LIII-LVI中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括在外科导航系统确定外科器械已进入所定义的警报区域时激活警报设备的步骤。

[0402] LVIII.根据技术方案LIII-LVII中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括将警报类型分配给每个所定义的警报区域的步骤。

[0403] LIX.根据技术方案LIII所述的方法,其中,所述方法还包括识别联接到所述手持件的第一末端执行器的步骤,所述外科导航系统被配置为至少部分地基于所述第一末端执行器来定义第一警报区域;

[0404] 将第一末端执行器与手持件分离;

[0405] 将第二末端执行器联接到手持件，外科导航系统被配置为识别第二末端执行器并至少部分地基于第二末端执行器来定义第二警报区域。

[0406] LX.根据技术方案LIII所述的方法，其中，所述方法还包括识别联接到所述手持件的第一末端执行器的步骤，所述外科导航系统被配置为至少部分地基于所述第一末端执行器来定义第一警报区域；

[0407] 将第一末端执行器应用到要放置医疗植入物的生物组织部位；

[0408] 在导航系统确定外科器械已进入第一警报区域时，外科导航系统向处理器发信号以停用变速电机；

[0409] 将第一末端执行器与手持件分离；

[0410] 将第二末端执行器联接到手持件，外科导航系统被配置为识别第二末端执行器并至少部分地基于第二末端执行器来定义第二警报区域；

[0411] 将第二末端执行器应用到要放置医疗植入物的生物组织部位；以及

[0412] 在导航系统确定外科器械已进入第二警报区域时，外科导航系统向处理器发信号以停用变速电机。

[0413] LXI.一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统，所述外科系统包括：

[0414] 高速钻杆组件，所述高速钻杆组件包括：

[0415] 包括处理器的控制台；

[0416] 与所述控制台的所述处理器通信的手持件，所述手持件包括末端执行器和用于驱动所述末端执行器的变速电机；

[0417] 脚踏开关，其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵，以控制所述变速电机的通电；

[0418] 与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为主动地确定所述手持件相对于与患者相关地定义的警报区域的位置；

[0419] 其中，所述导航系统被配置为在所述导航系统确定所述手持件的所述位置已经进入所述警报区域时向所述处理器传送第一信号以暂时断电所述手持件；

[0420] 其中，在所述处理器暂时使所述手持件断电时，所述手持件保持在所述警报区域中；并且

[0421] 其中，在重新通电所述变速电机时，所述导航系统被配置为基于所述手持件的运动相对于患者的外科手术部位在近侧还是远侧方向上而向所述处理器传送第二信号，以使所述处理器通电或断电所述手持件。

[0422] LXII.一种与导航系统一起使用的外科器械组件，所述导航系统被配置为允许医务人员在患者身上定义警报区域以帮助医务人员对患者进行外科手术，所述外科器械组件包括：

[0423] 控制台，其包括与导航系统的通信的控制处理器；

[0424] 高速外科钻杆组件，其包括与所述控制处理器通信的变速电机，所述变速电机被配置为旋转钻杆；

[0425] 脚踏开关，其能够在第一位置和第二位置之间移动以为所述高速外科钻杆的所述变速电机通电；

[0426] 与所述控制处理器通信的脚踏开关传感器，所述脚踏开关被配置为检测所述脚踏开关的位置并将指示所述脚踏开关的所述位置的第一信号传送给所述控制处理器；和

[0427] 联接到所述脚踏开关并与所述控制处理器通信的触觉警报设备，所述触觉警报设备定位在所述脚踏开关上，使得当医务人员压下所述脚踏开关以操作所述高速外科钻杆时所述触觉警报设备与所述医务人员接触；

[0428] 其中，导航系统被配置为主动地确定所述高速外科钻杆相对于患者的位置；

[0429] 其中，所述导航系统被配置为在所述高速外科钻杆进入警报区域时向所述控制处理器发送第二信号以激活所述触觉警报设备以发出能够被医务人员感知到的物理警报；并且

[0430] 其中，当所述高速外科钻杆仍在警报区域中时，所述处理器被配置为在从所述脚踏开关传感器接收到随后的所述第一信号时停用所述警报设备，所述随后的所述第一信号指示医务人员在定义的时间段内使所述脚踏开关在所述第一位置和所述第二位置之间移动了定义的行程数量。

[0431] LXIII.一种供医务人员在对患者进行外科手术时使用的外科系统，所述外科系统包括：

[0432] 高速钻杆组件，所述高速钻杆组件包括：

[0433] 包括处理器的控制台；

[0434] 与所述控制台的所述处理器通信的手持件，所述手持件包括末端执行器和用于驱动所述末端执行器的变速电机；

[0435] 脚踏开关，其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操作，以控制所述变速电机的通电；

[0436] 与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为主动地确定所述手持件相对于与患者相关地定义的警报区域的位置；

[0437] 其中，所述导航系统被配置为向所述处理器传送第一信号，以使所述处理器响应于所述末端执行器进入所述警报区域而调整扭矩映射，所述手持件被通过所述扭矩映射提供电力。

[0438] LXIV.一种供医务人员在对患者进行脊柱或颅脑外科手术时使用的外科系统，所述外科系统包括

[0439] 手持式外科器械，其被配置为接收末端执行器，所述手持式外科器械包括：

[0440] 手持件；

[0441] 设置在所述手持件内的变速电机；

[0442] 能够由医务人员操纵以激活和停用所述变速电机的触发器；

[0443] 开关，其能够由医务人员在第一位置和第二位置之间操纵，以控制所述变速电机的速度；

[0444] 被配置为控制所述变速电机的通电的处理器；

[0445] 与所述处理器通信的导航系统，所述导航系统被配置为利用机器视觉来确定所述开关是处于所述第一位置还是所述第二位置；并且

[0446] 其中，所述导航系统被配置为向所述处理器传送信号，以基于所述开关处于适当的所述位置并且基于被联接到所述手持式外科器械的所述末端执行器的类型来控制所述

变速电机的通电。

[0447] LXV.根据技术方案LXIV所述的外科系统,其中,所述手持式外科器械还包括联接到所述开关的跟踪器;并且

[0448] 其中,所述导航系统被配置为基于所述跟踪器的所述位置来确定所述开关是处于所述第一位置还是所述第二位置。

[0449] LXVI.根据技术方案LXIV或LXV所述的外科系统,其中,所述手持式外科器械还包括电池模块;并且

[0450] 其中,所述处理器设置在所述电池模块内。

[0451] LXVII.一种用于引导外科器械执行医疗程序的外科导航系统,所述外科导航系统基本上如前述技术方案中的任一项所述。

[0452] 在前面的描述中已经讨论了若干实施例。然而,本文所讨论的实施例并非旨在穷举或将本发明限制为任何特定形式。所使用的术语旨在具有描述性而非限制性词语的性质。鉴于上述教导,许多修改和变化是可能的,并且本发明可以以不同于具体描述的方式实施。

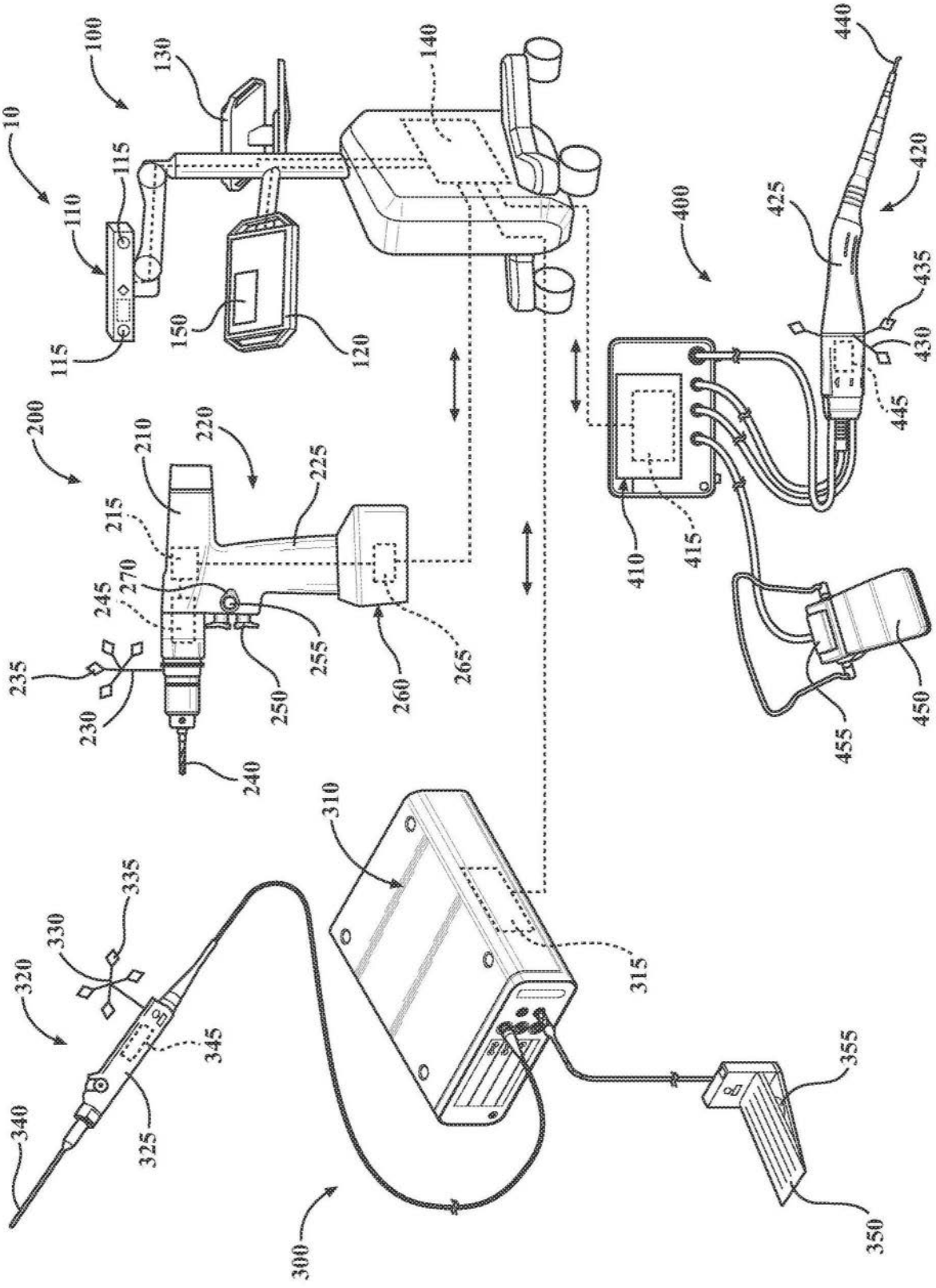

10
100
110
115
115
130
140
150
120
200
210
220
225
215
245
270
235
230
250
255
260
265
240
400
410
415
420
425
435
430
445
440
450
455
300
310
315
320
330
335
345
325
340
350
355

图1A

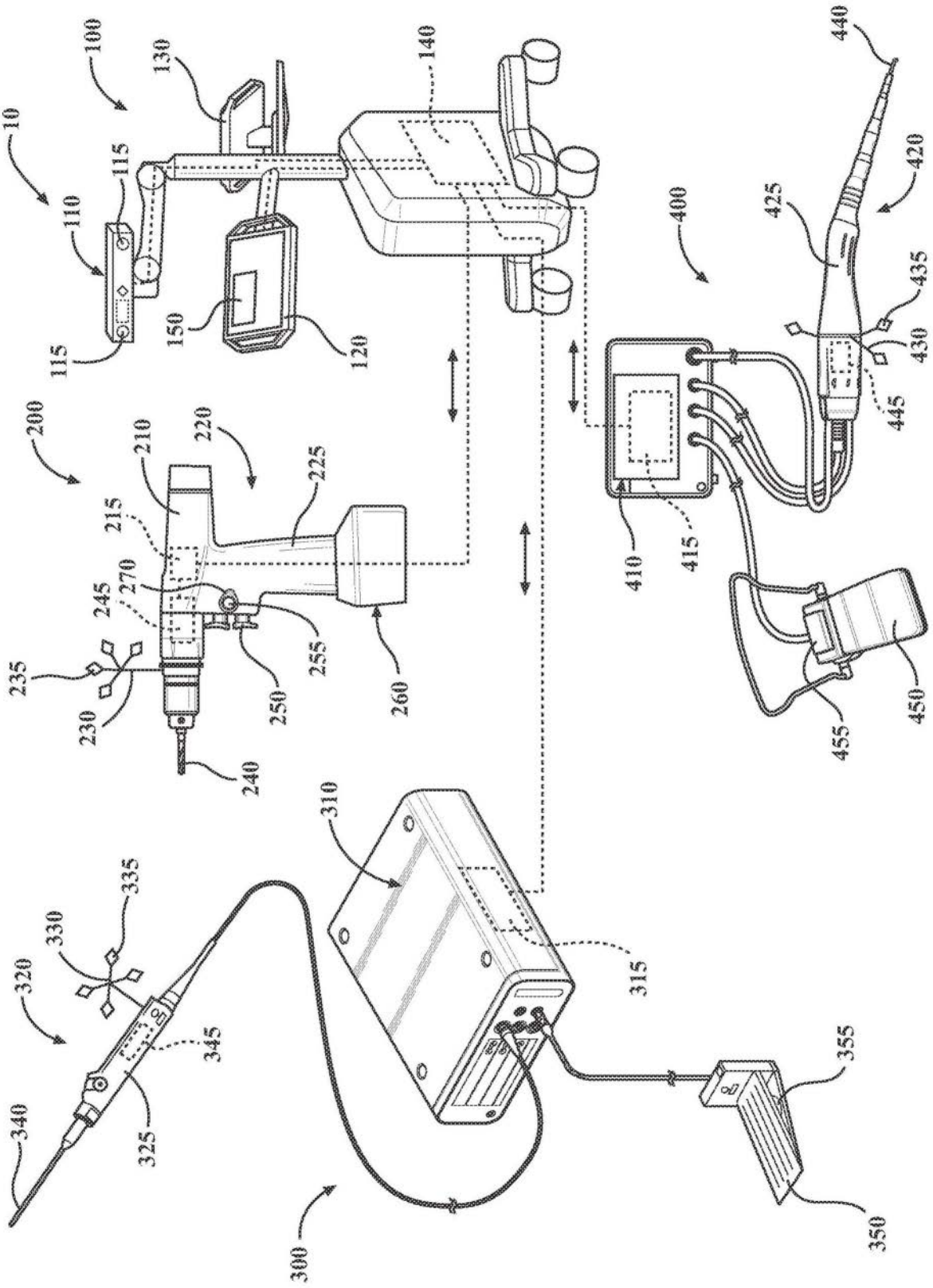

10
100
110
115
115
130
140
150
120
200
210
220
225
215
245
270
235
230
240
250
255
260
400
410
415
420
425
435
430
445
440
450
455
300
310
315
320
330
335
340
325
345
350
355

图1B

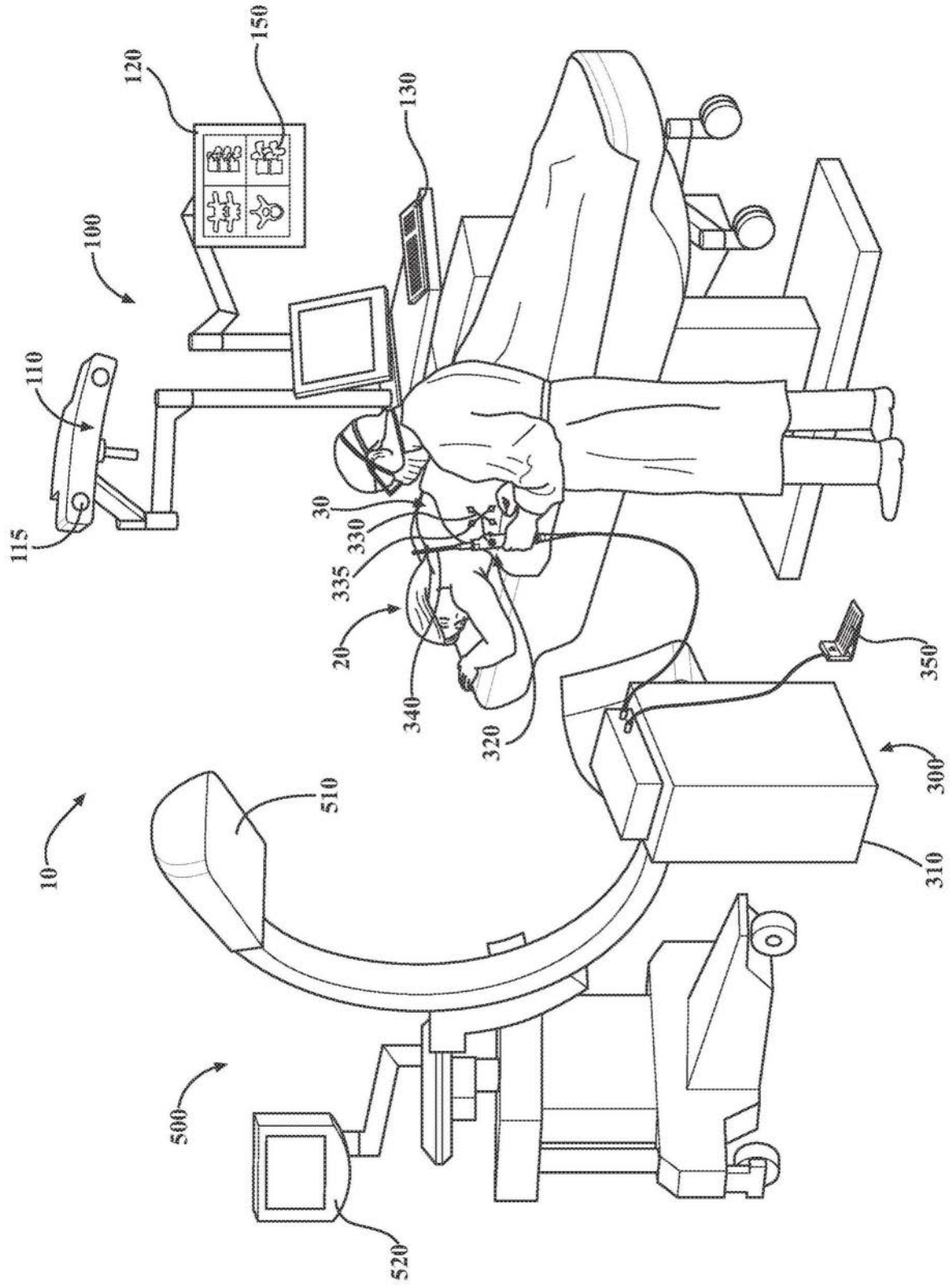

150
120
130
100
110
115
30
330
335
20
340
320
350
300
310
510
10
500
520

图2

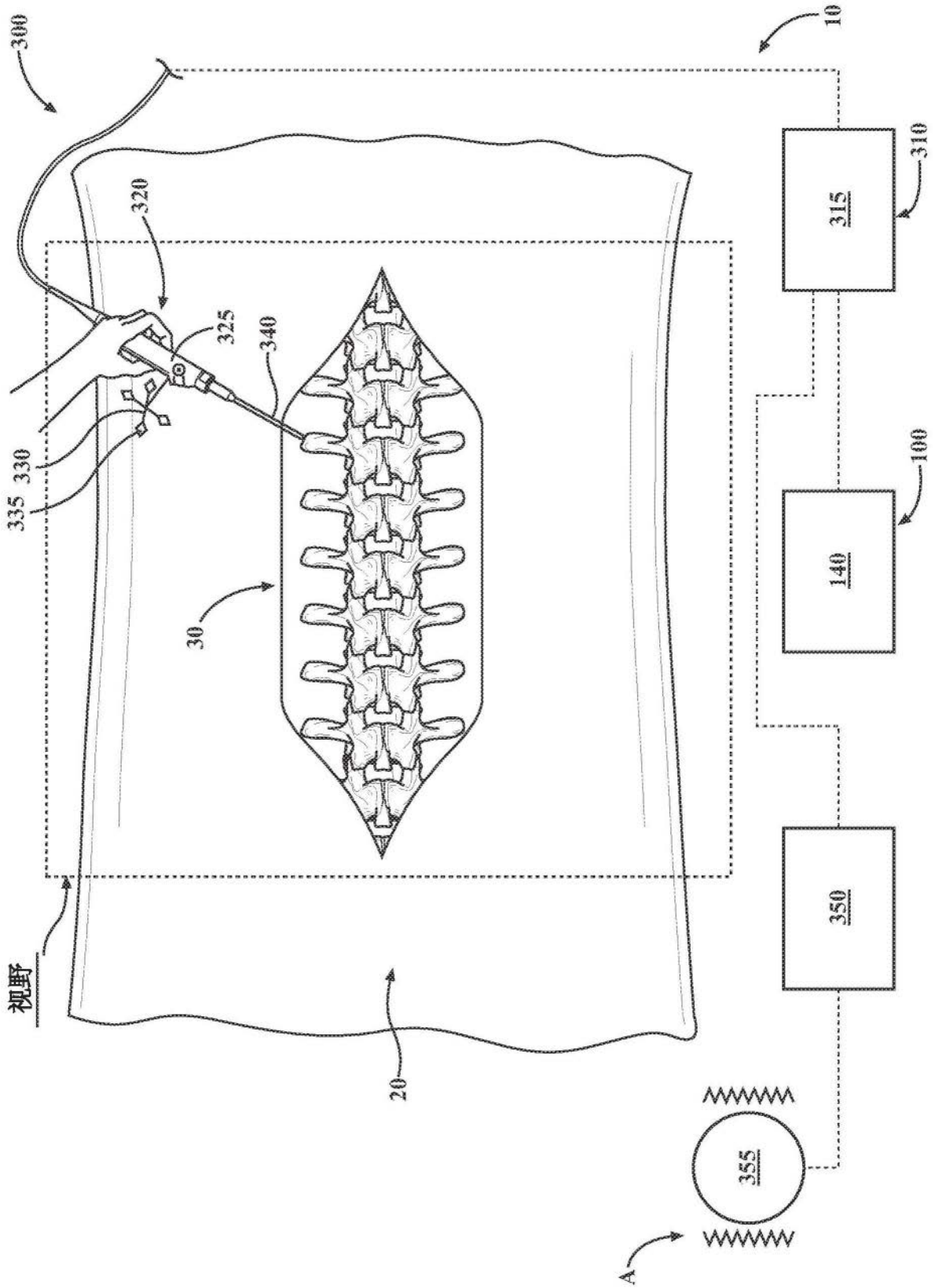


图3

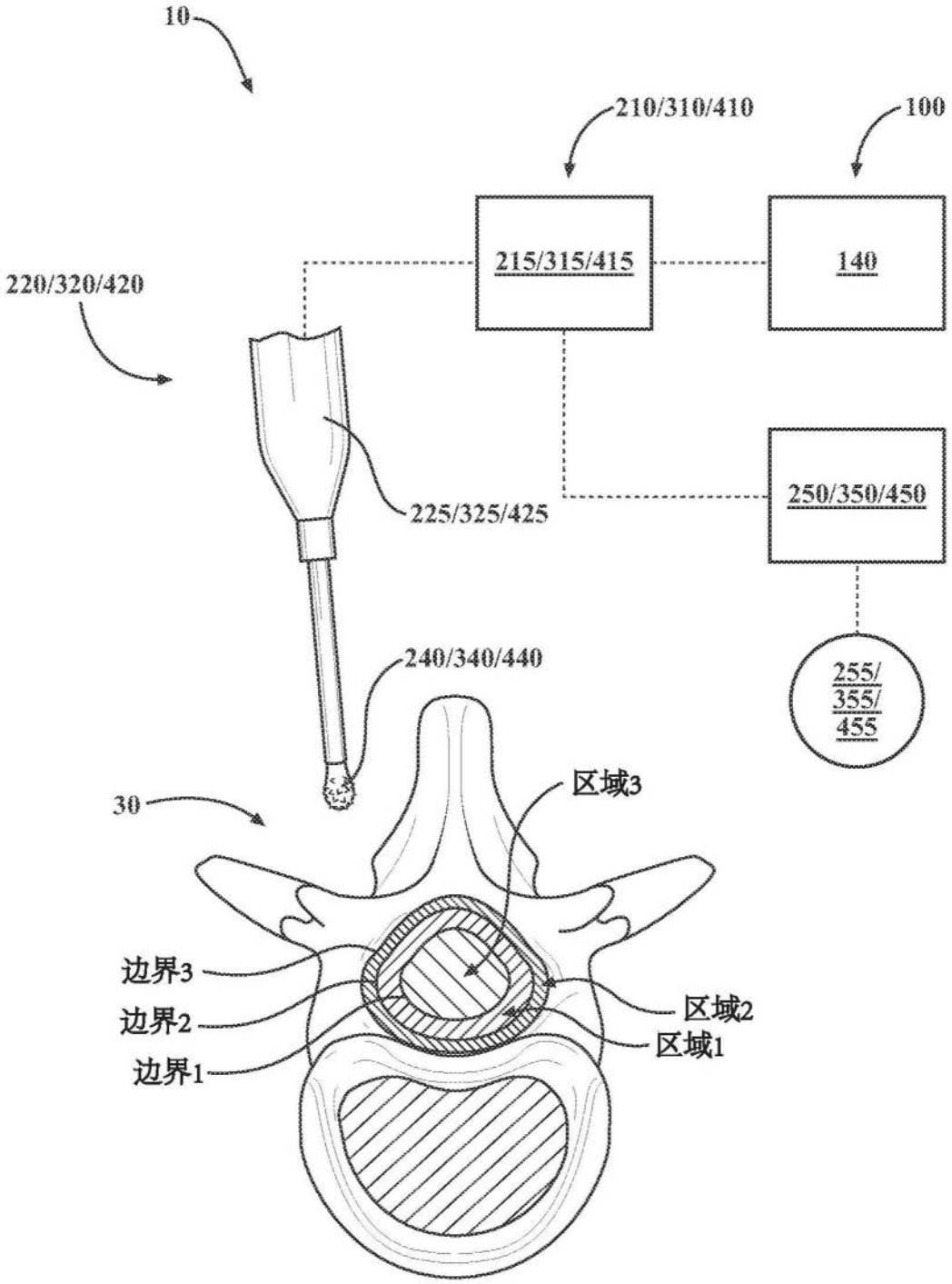

10
210/310/410
100
215/315/415
140
220/320/420
225/325/425
250/350/450
240/340/440
255/
355/
455
30
区域3
边界3
区域2
边界2
区域1
边界1

图4A

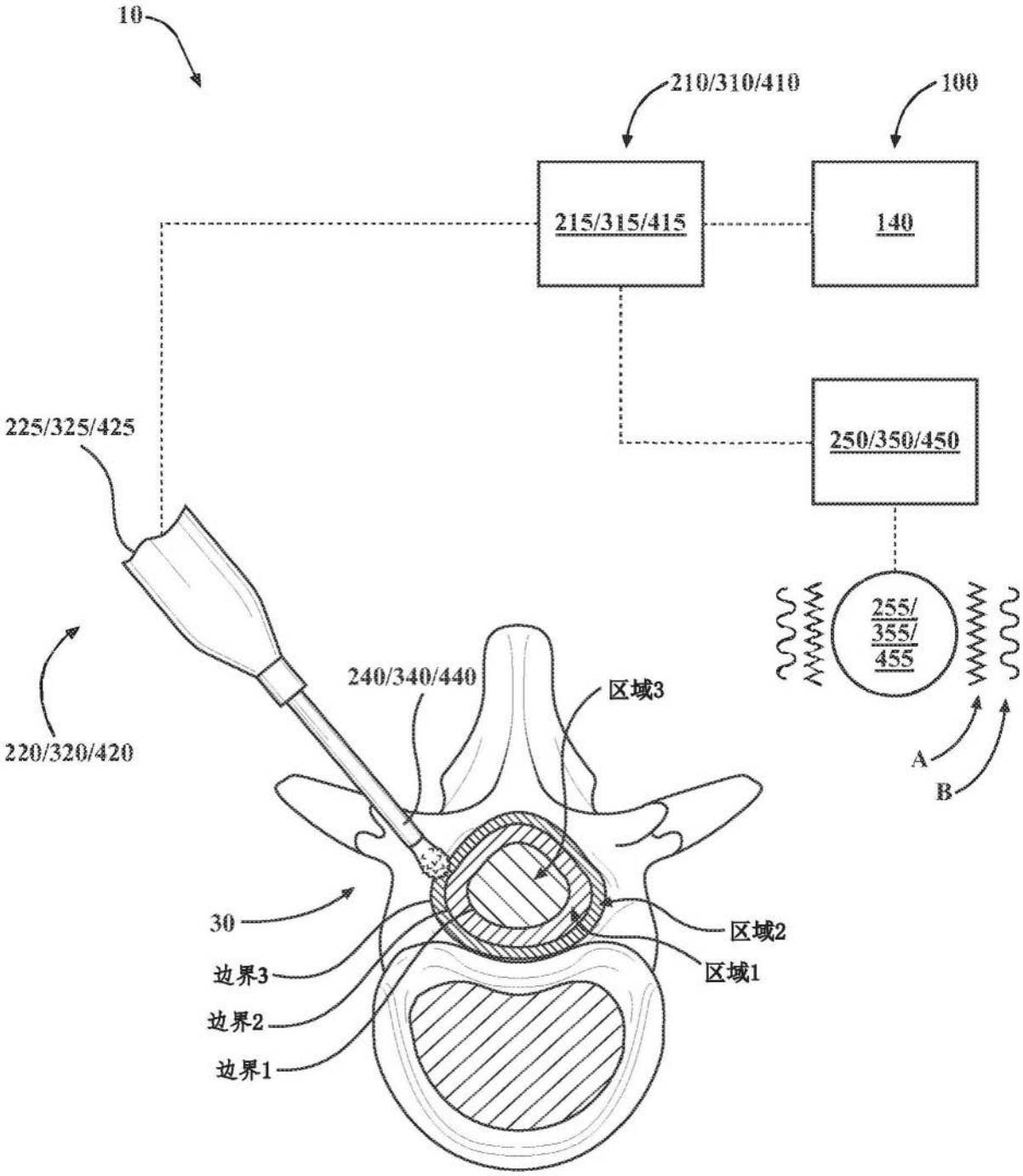

10
210/310/410
100
215/315/415
140
250/350/450
225/325/425
255/
355/
455
220/320/420
240/340/440
区域3
A
B
30
区域2
区域1
边界3
边界2
边界1

图4B

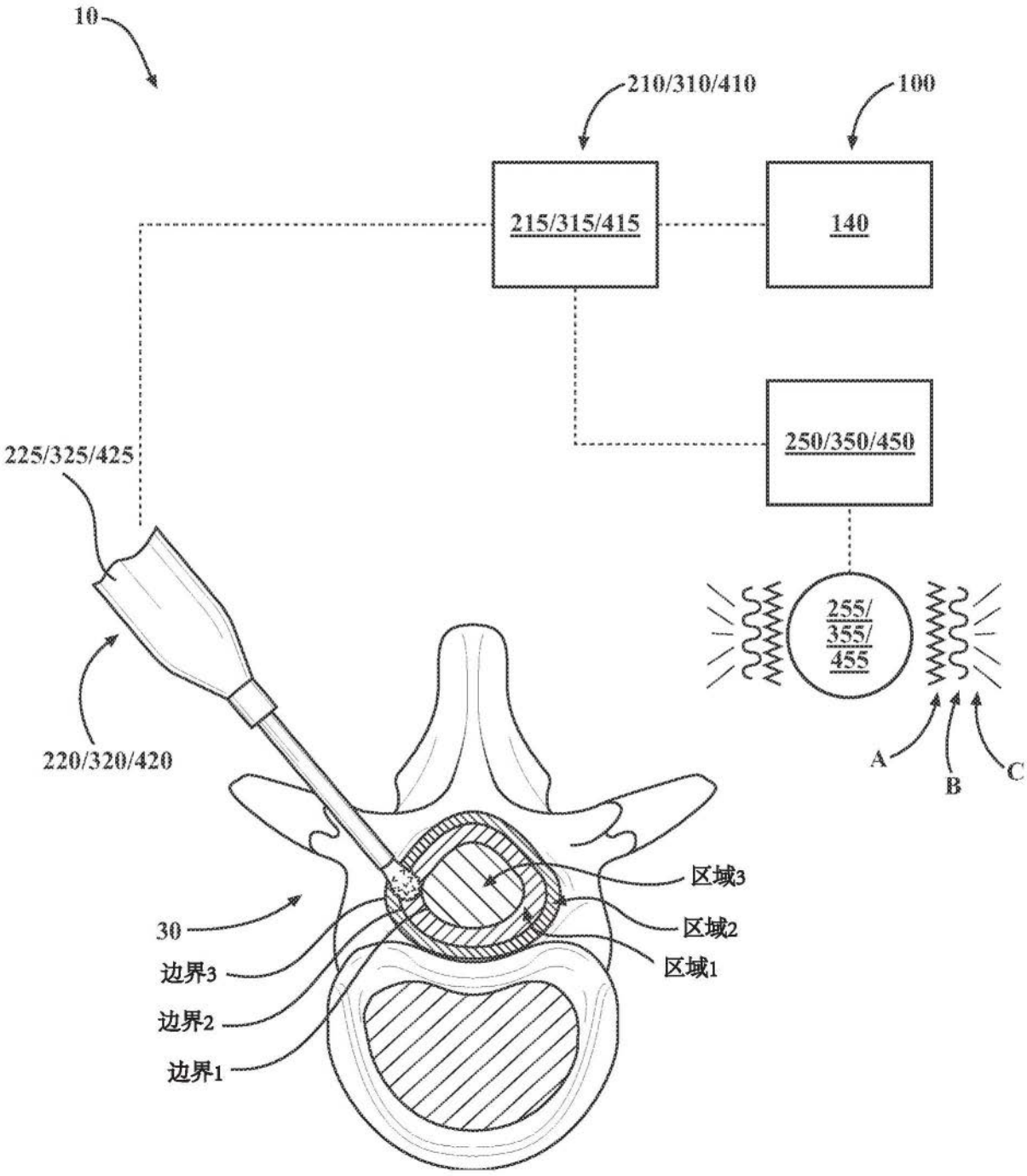

10
210/310/410
100
215/315/415
140
250/350/450
225/325/425
255/
355/
455
A
B
C
220/320/420
区域3
区域2
区域1
30
边界3
边界2
边界1

图4C

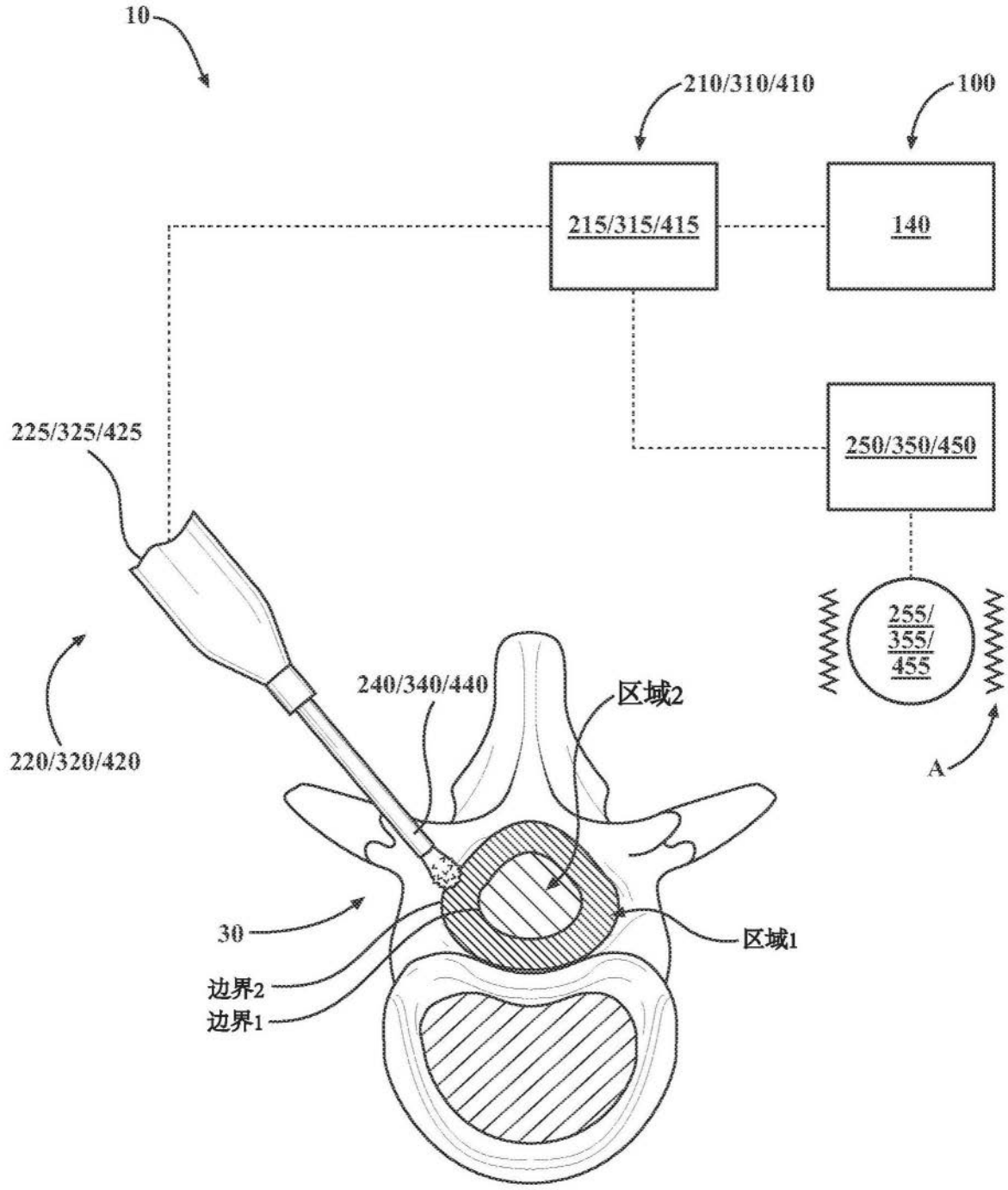

10
210/310/410
100
215/315/415
140
250/350/450
225/325/425
255/
355/
455
A
220/320/420
240/340/440
区域2
30
区域1
边界2
边界1

图4D

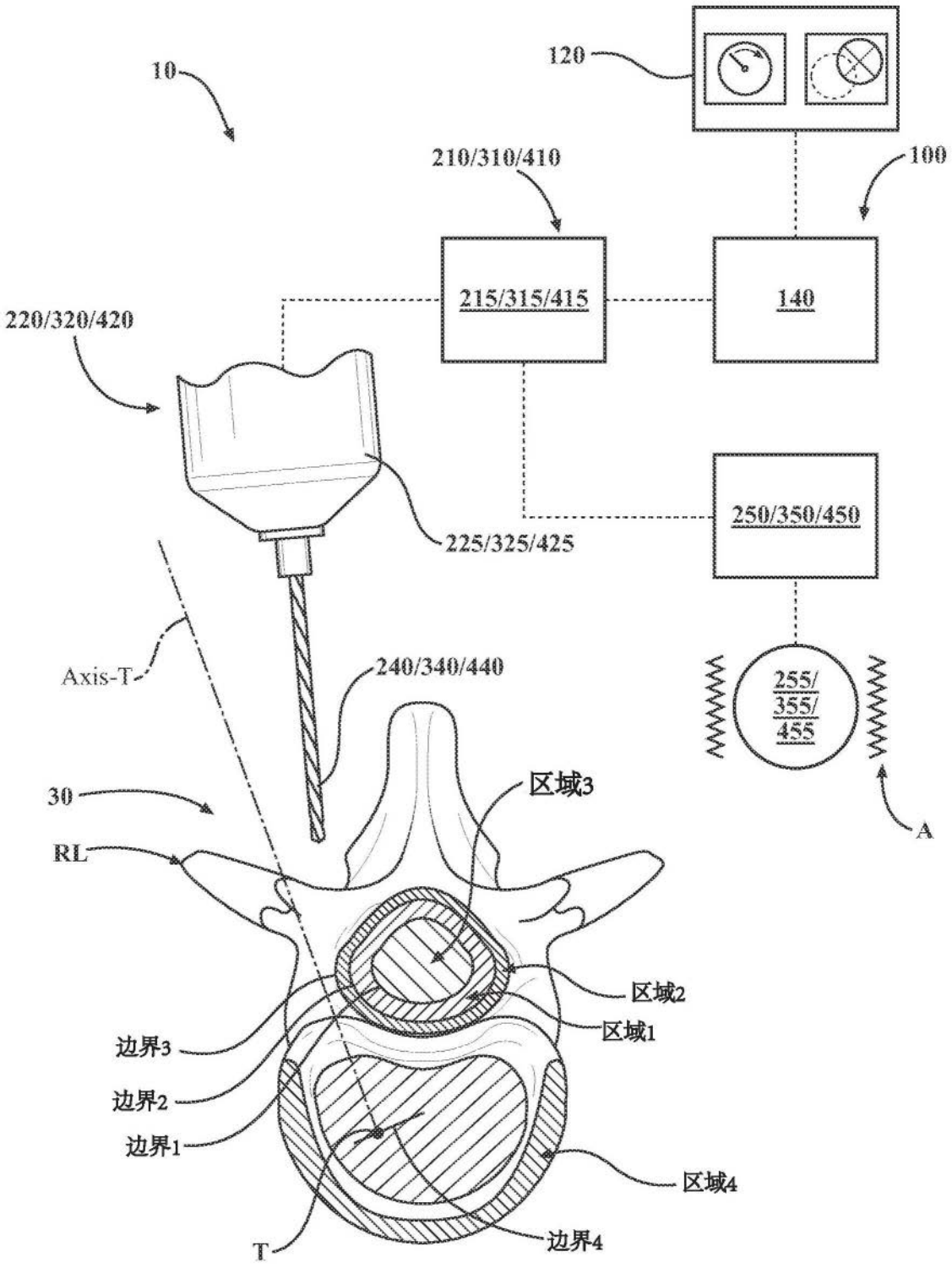

10
120
210/310/410
100
215/315/415
140
220/320/420
225/325/425
250/350/450
255/
355/
455
A
Axis-T
240/340/440
30
RL
区域3
区域2
区域1
边界3
边界2
边界1
区域4
边界4
T

图5A

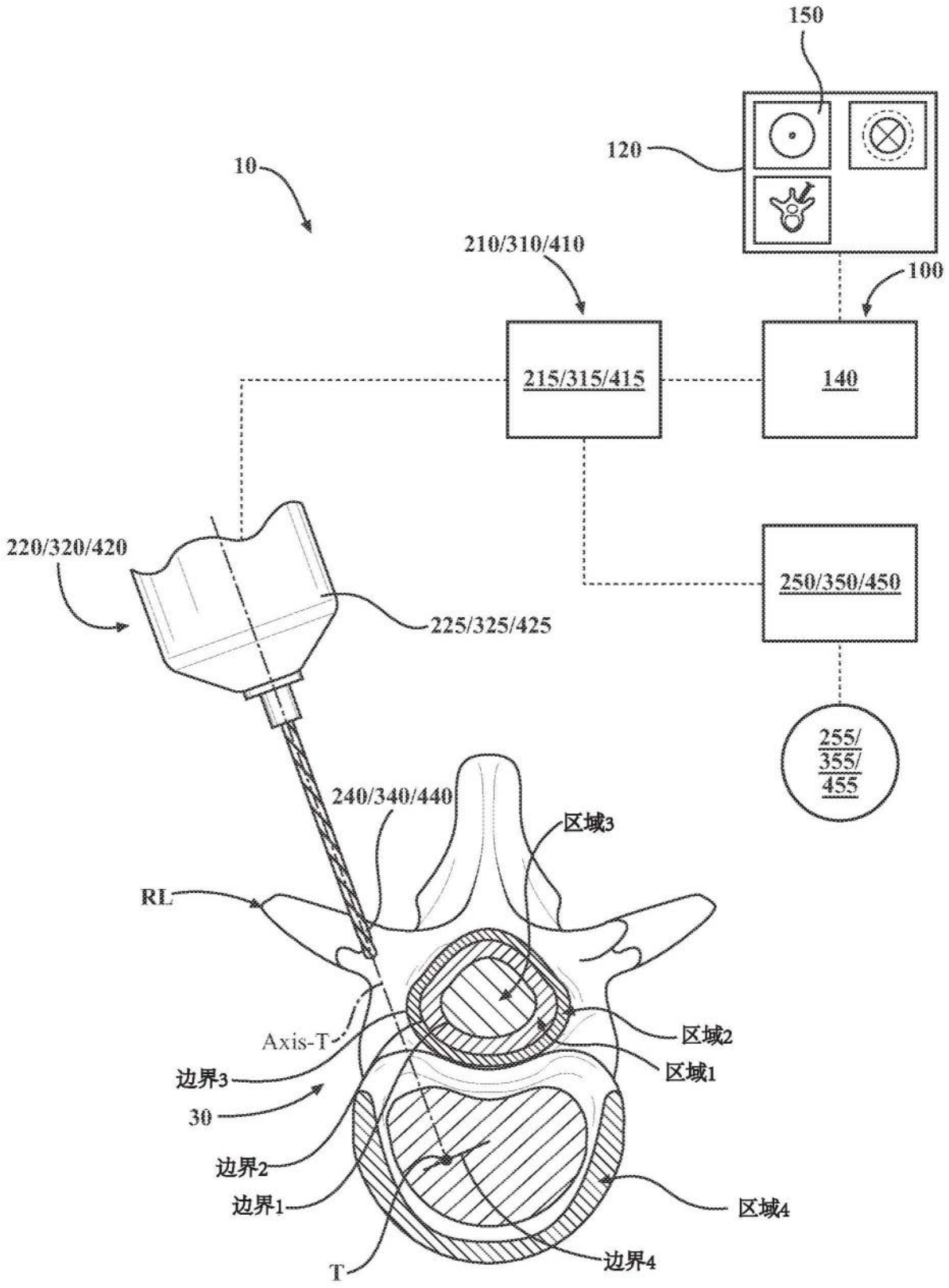

150
120
10
210/310/410
100
215/315/415
140
220/320/420
225/325/425
250/350/450
255/
355/
455
240/340/440
区域3
RL
Axis-T
区域2
区域1
边界3
30
边界2
边界1
区域4
T
边界4

图5B

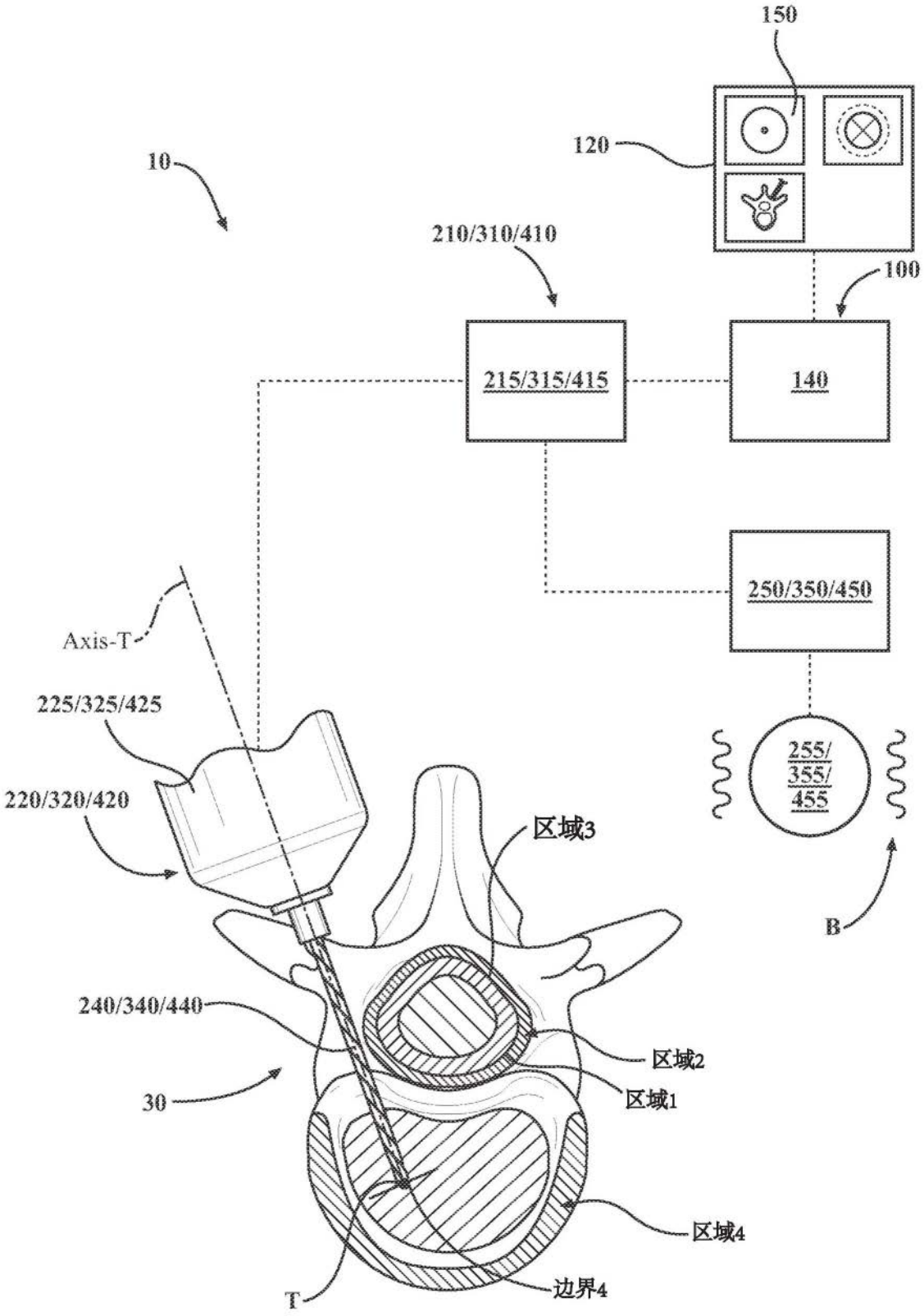

150
120
10
210/310/410
100
215/315/415
140
250/350/450
Axis-T
225/325/425
255/
355/
455
220/320/420
区域3
B
240/340/440
区域2
区域1
30
区域4
T
边界4

图5C

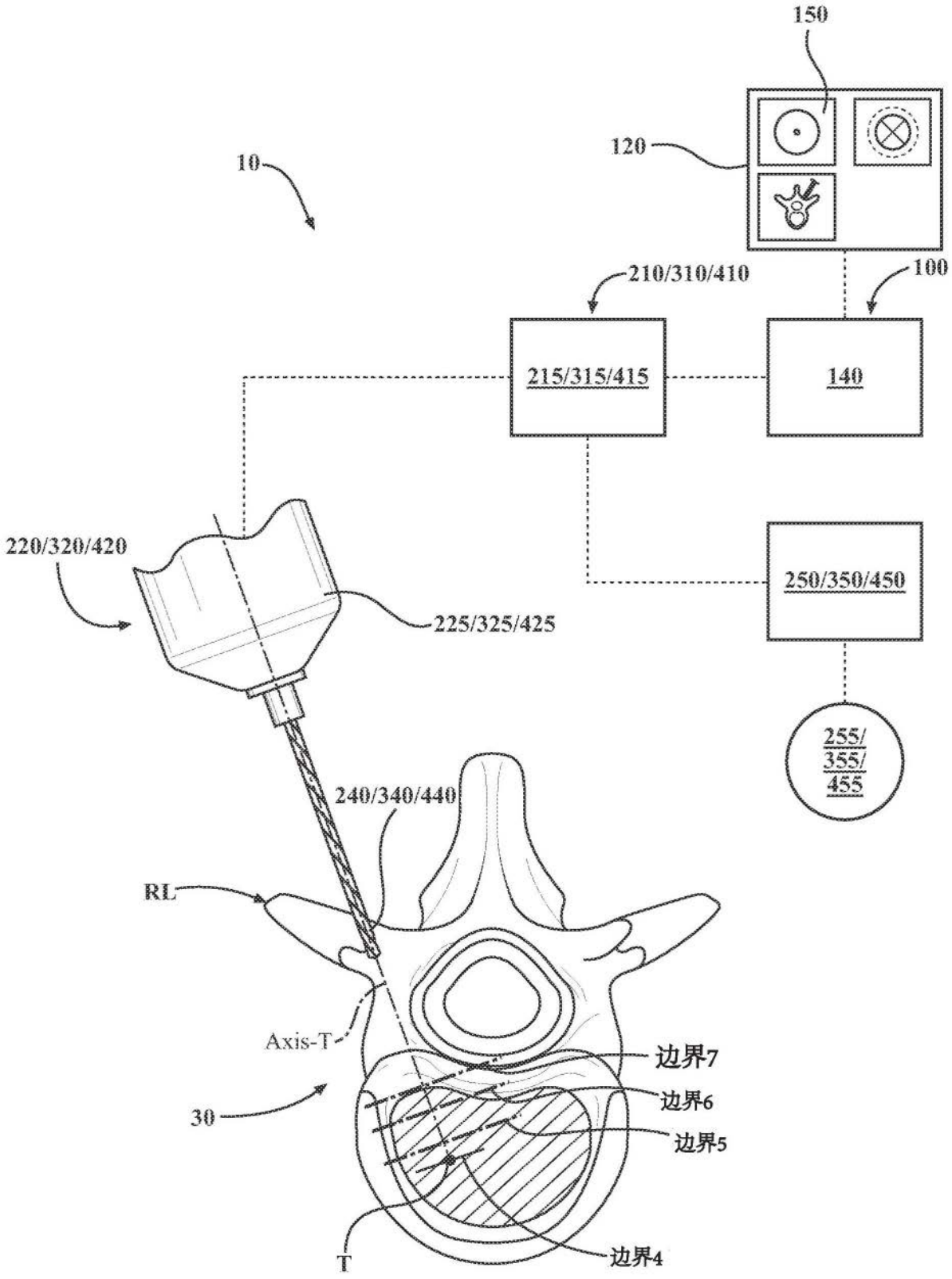

150
120
10
210/310/410
100
215/315/415
140
220/320/420
225/325/425
250/350/450
255/
355/
455
240/340/440
RL
Axis-T
30
边界7
边界6
边界5
边界4
T

图5D

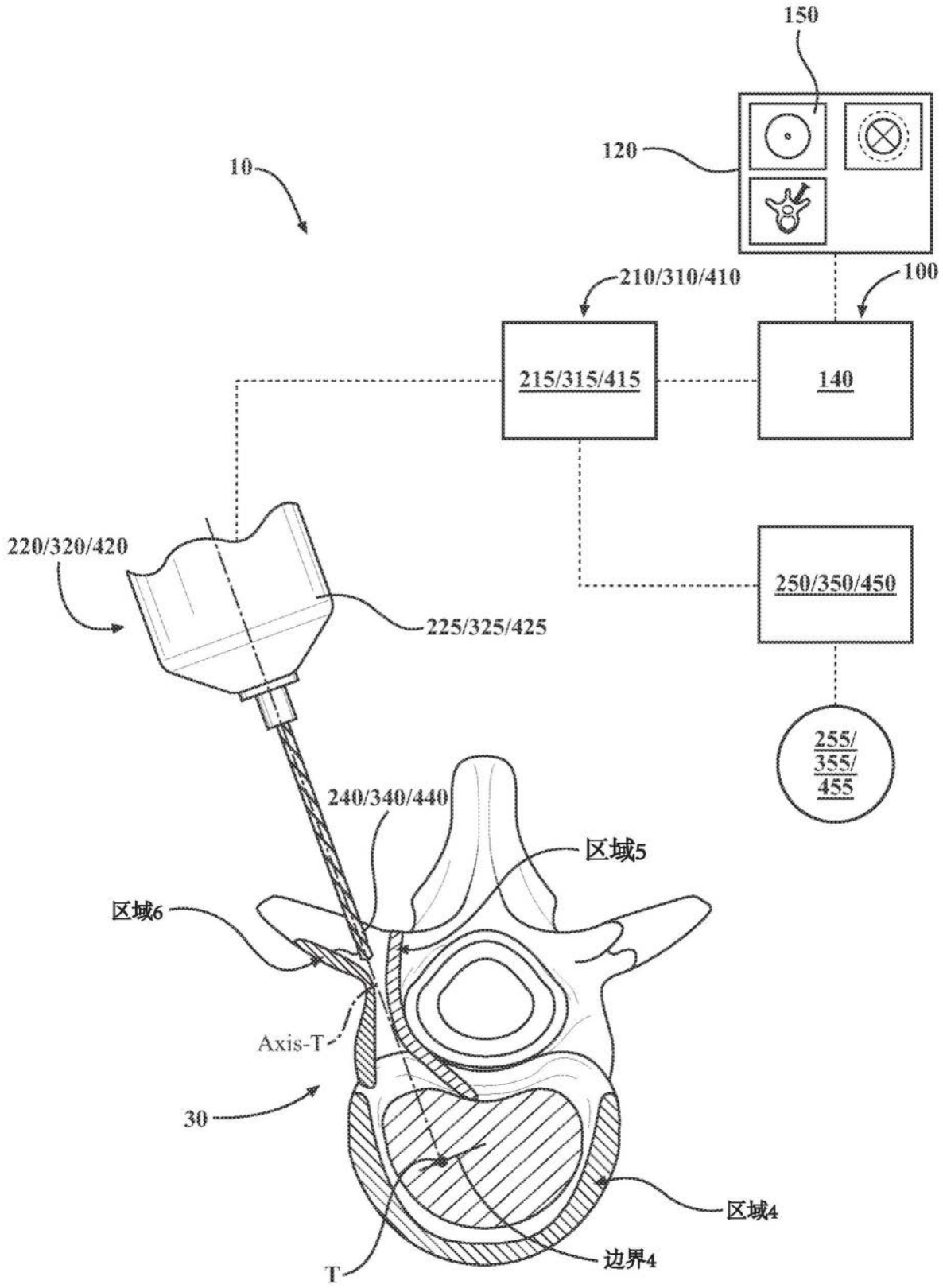

150
120
10
210/310/410
100
215/315/415
140
220/320/420
225/325/425
250/350/450
255/
355/
455
240/340/440
区域5
区域6
Axis-T
30
区域4
边界4
T

图5E

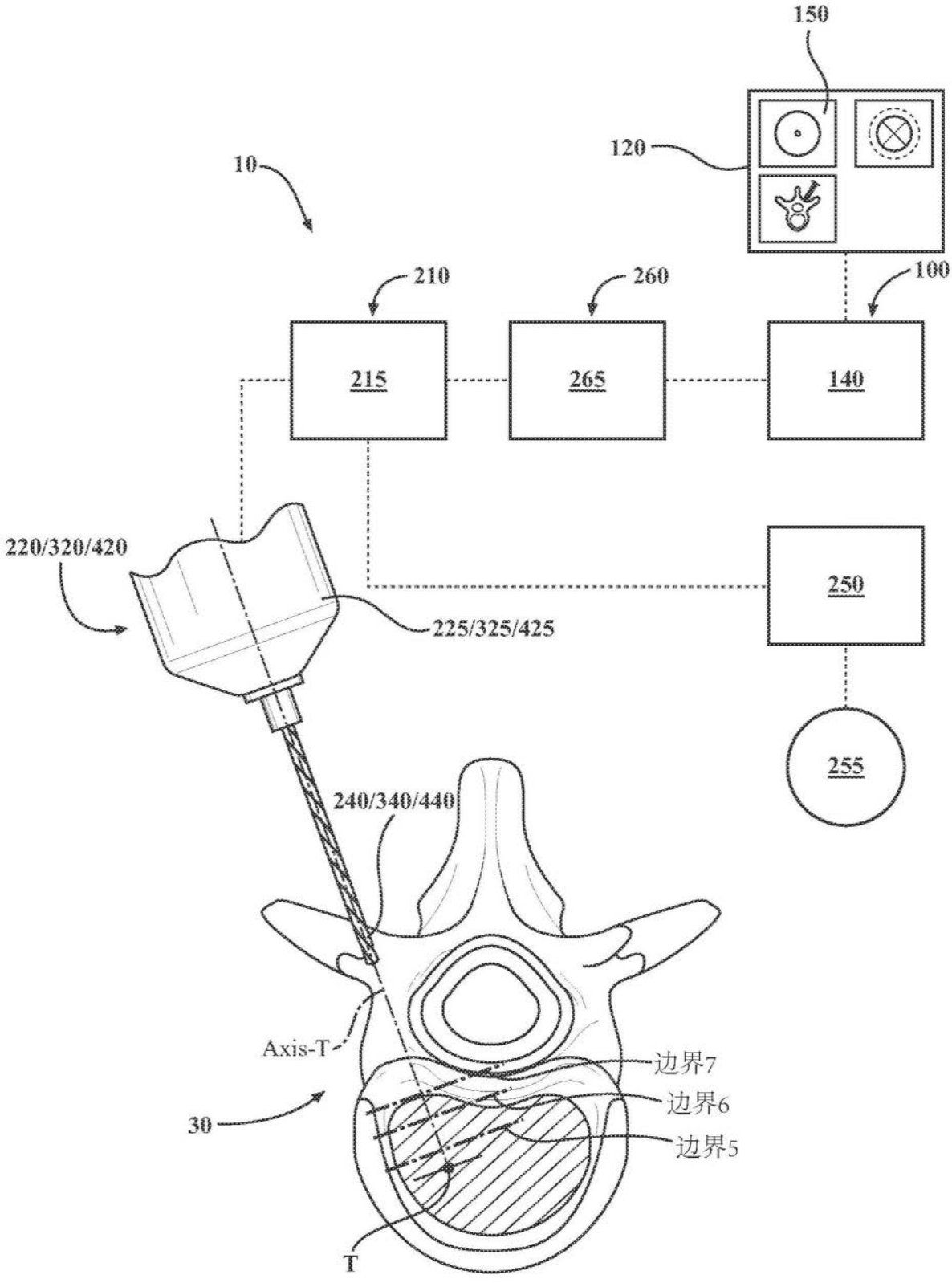

150
120
10
210
260
100
215
265
140
220/320/420
225/325/425
250
255
240/340/440
Axis-T
边界7
边界6
边界5
30
T

图5F

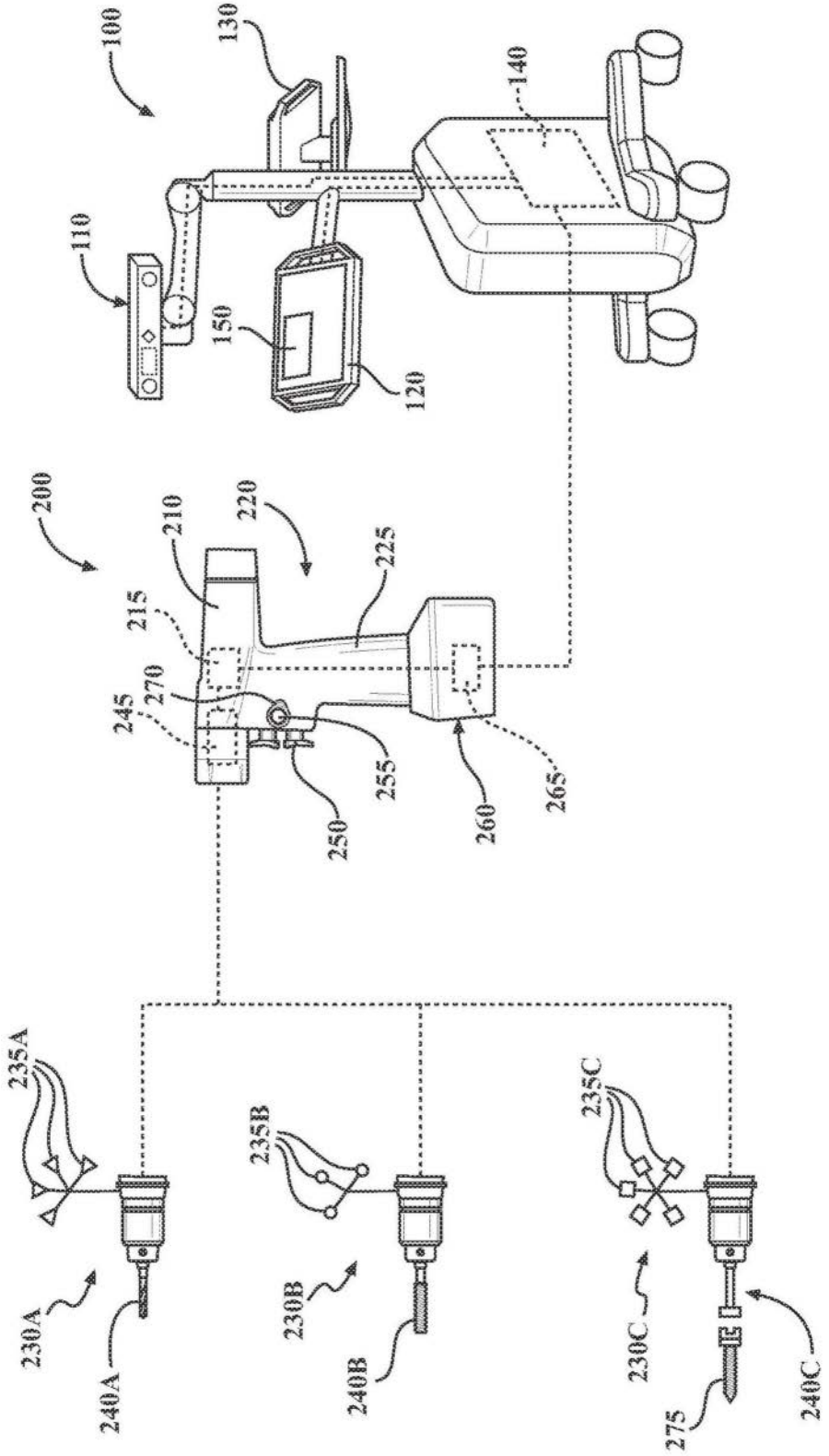

100
130
140
110
150
120
200
210
220
225
215
245
270
255
250
260
265
235A
230A
240A
235B
230B
240B
235C
230C
275
240C

图6

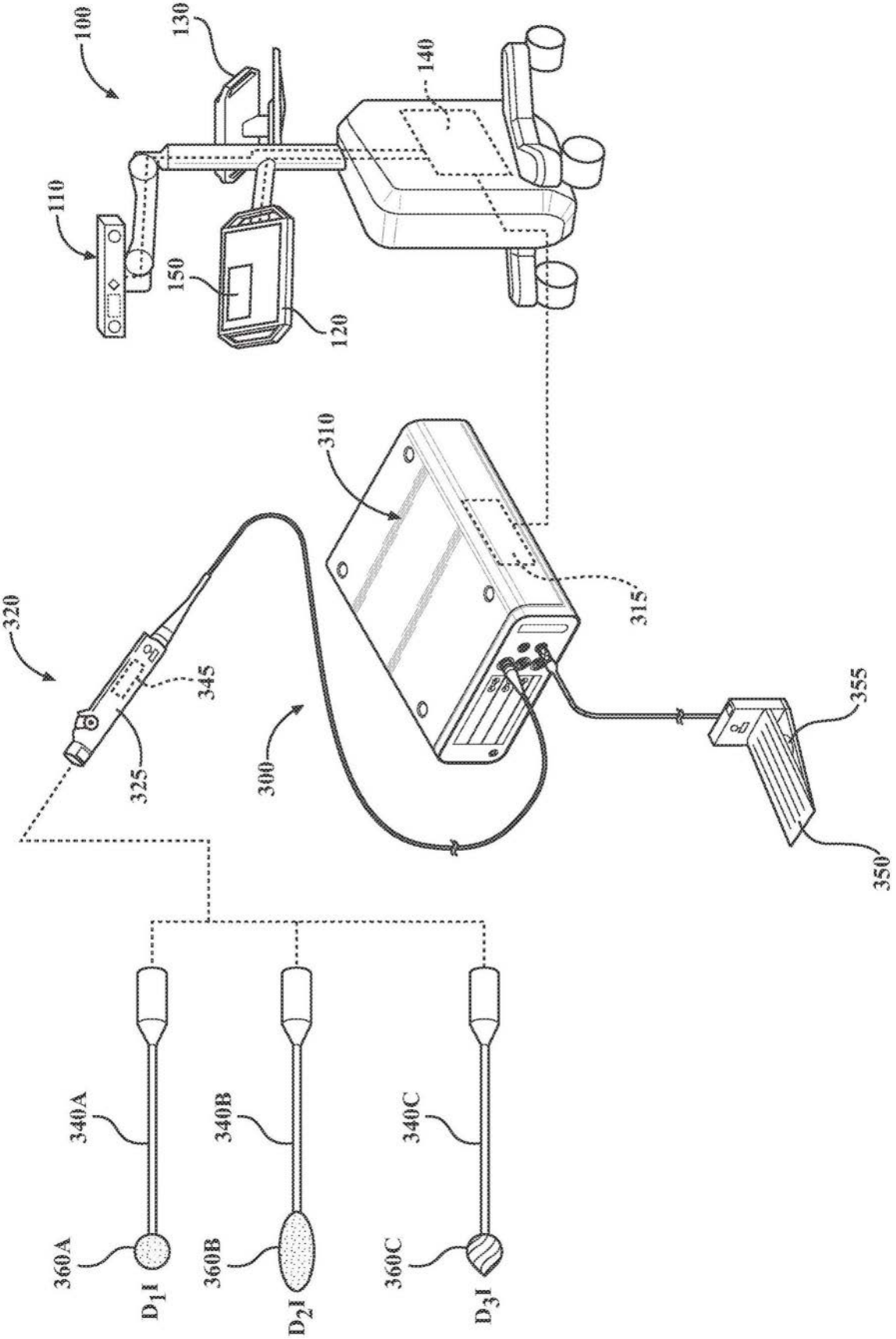

100
130
140
110
150
120
310
315
320
345
325
300
355
350
340A
340B
340C
360A
360B
360C
D_{11}
D_{21}
D_{31}

图7

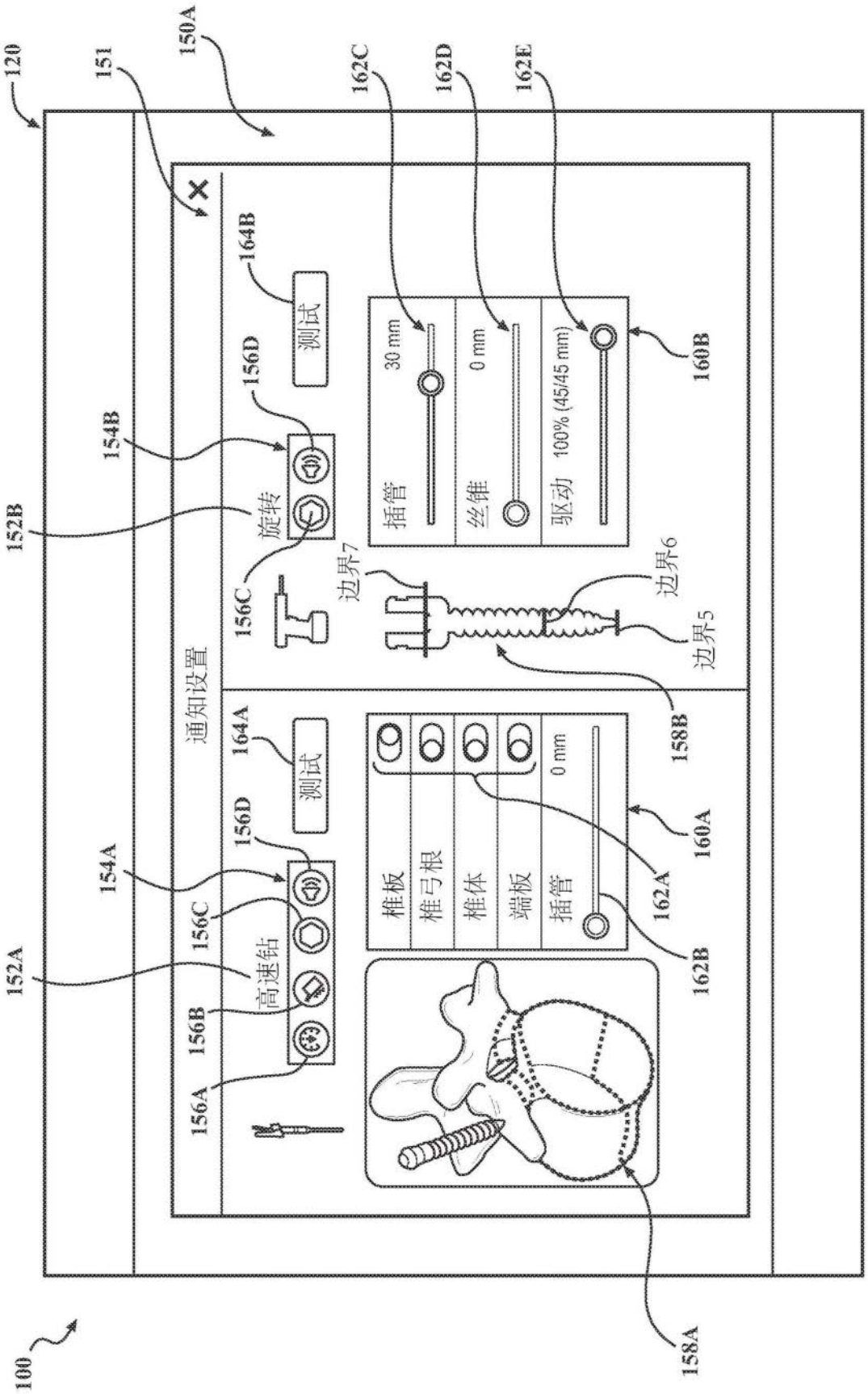

120
151
150A
162C
162D
162E
164B
测试
156D
154B
152B
旋转
156C
插管
30 mm
丝锥
0 mm
驱动
100% (45/45 mm)
160B
边界7
边界6
边界5
通知设置
158B
164A
测试
156D
154A
156C
152A
高速钻
156B
156A
椎板
椎弓根
椎体
端板
插管
0 mm
160A
162A
162B
158A
100

图8

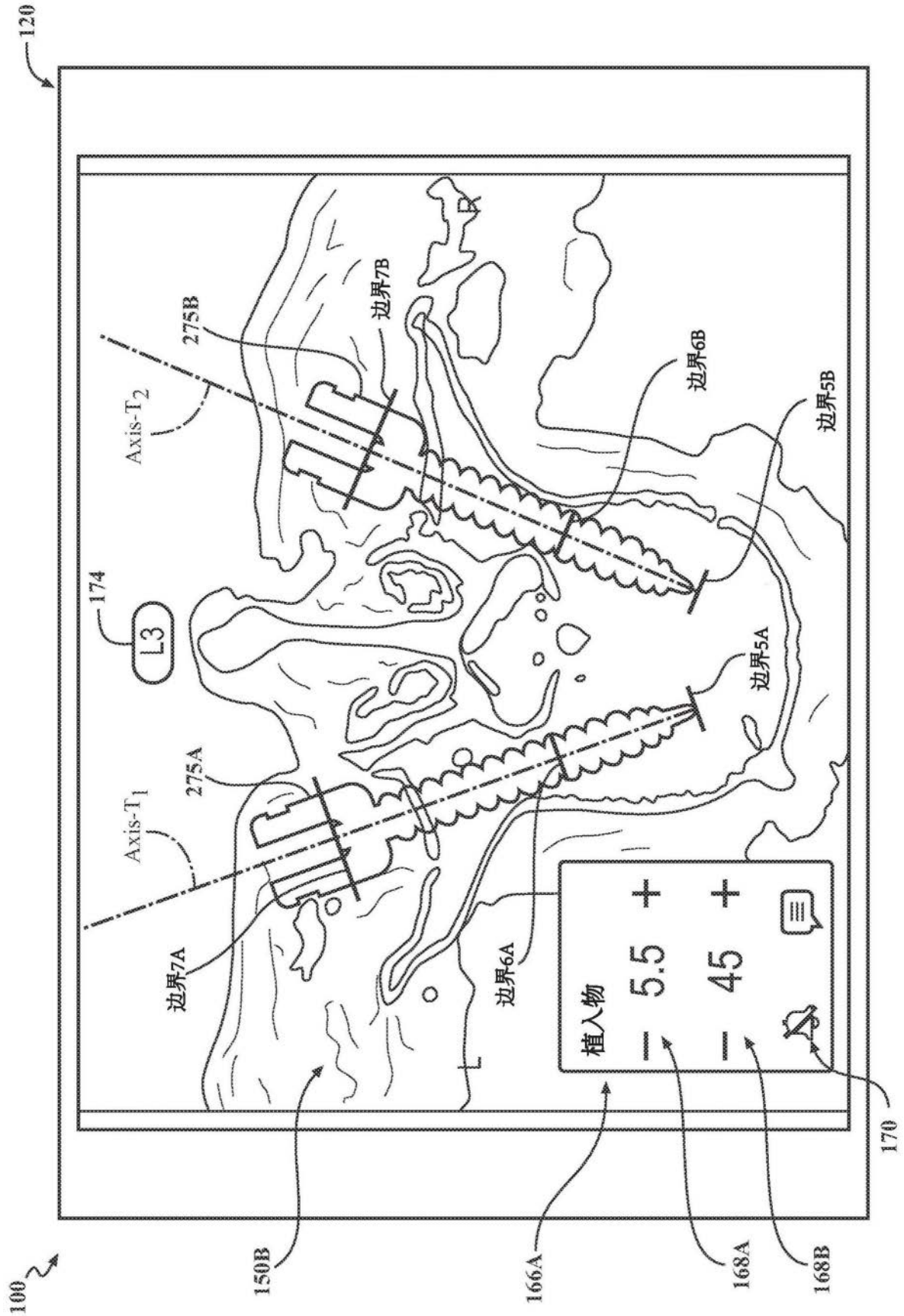

120
100
150B
166A
168A
168B
170
174
L3
275A
275B
Axis-T1
Axis-T2
边界7A
边界7B
边界6A
边界6B
边界5A
边界5B
植入物
5.5
45
L
R

图9

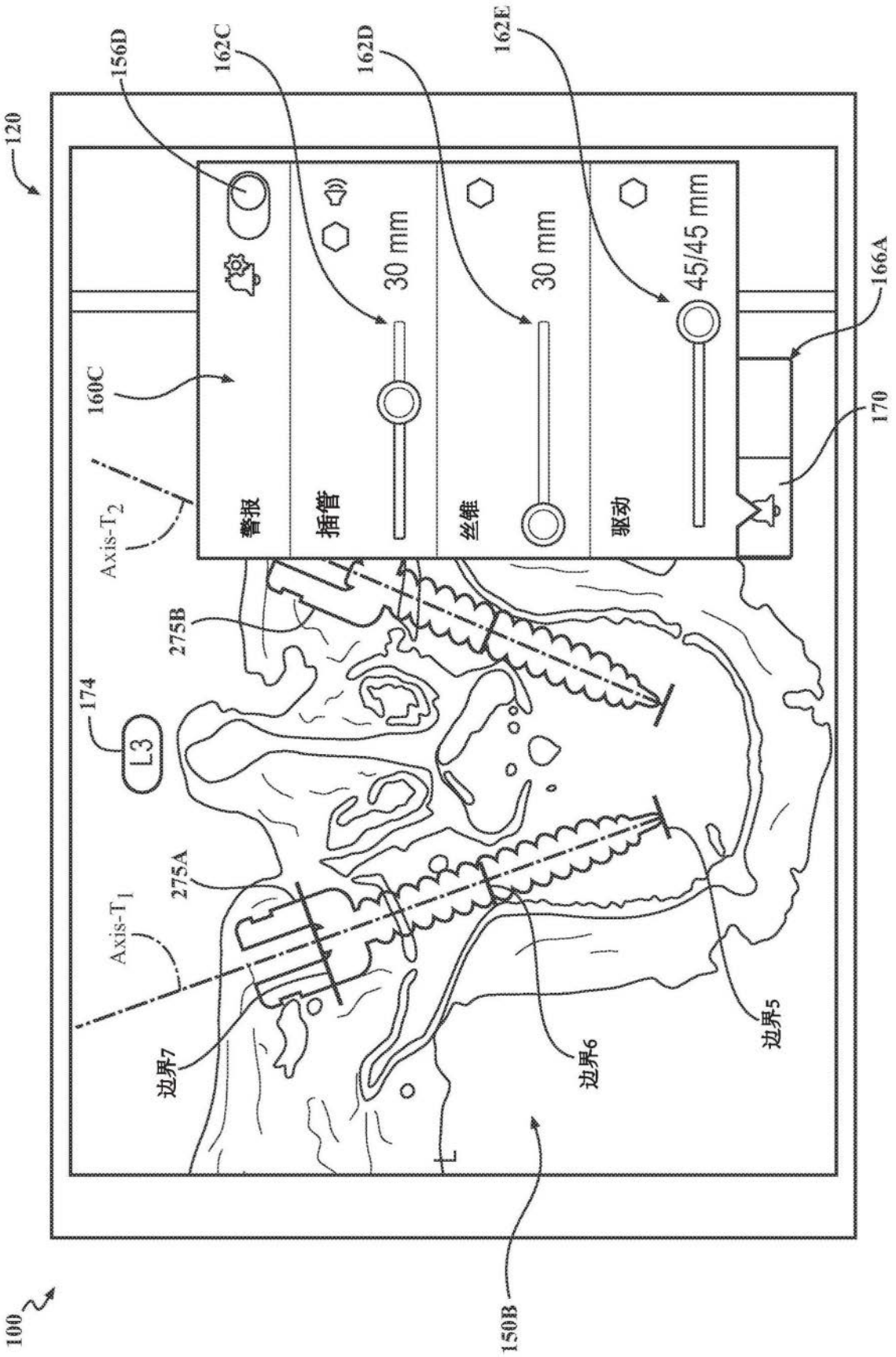

120
156D
162C
162D
162E
166A
170
160C
警报
插管
丝锥
驱动
30 mm
30 mm
45/45 mm
Axis-T2
275B
174
L3
275A
Axis-T1
边界7
边界6
边界5
L
150B
100

图10

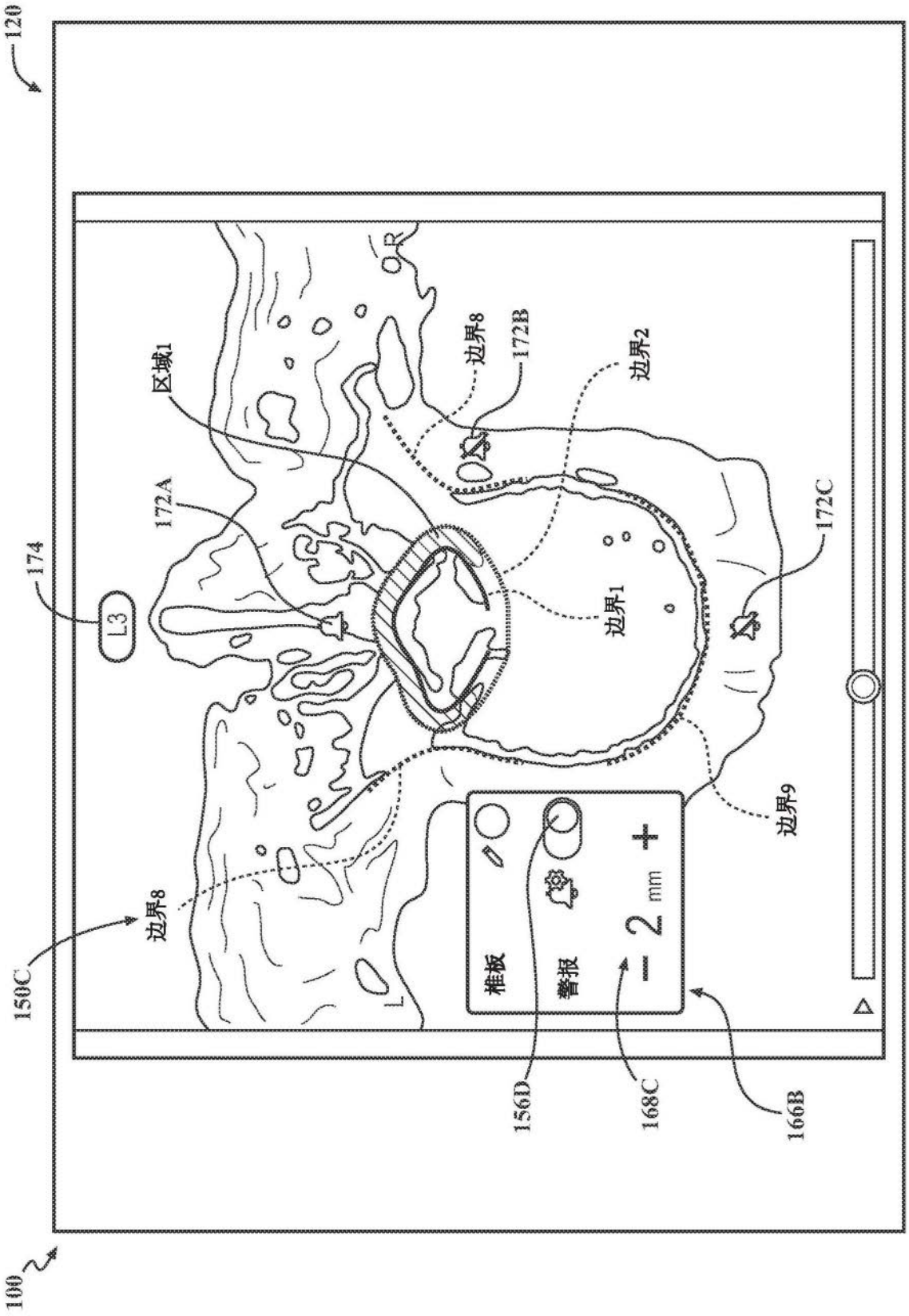

120
174
L3
区域1
172A
边界8
172B
边界2
172C
边界1
边界9
边界8
150C
推板
警报
2 mm
156D
168C
166B
100

图11A

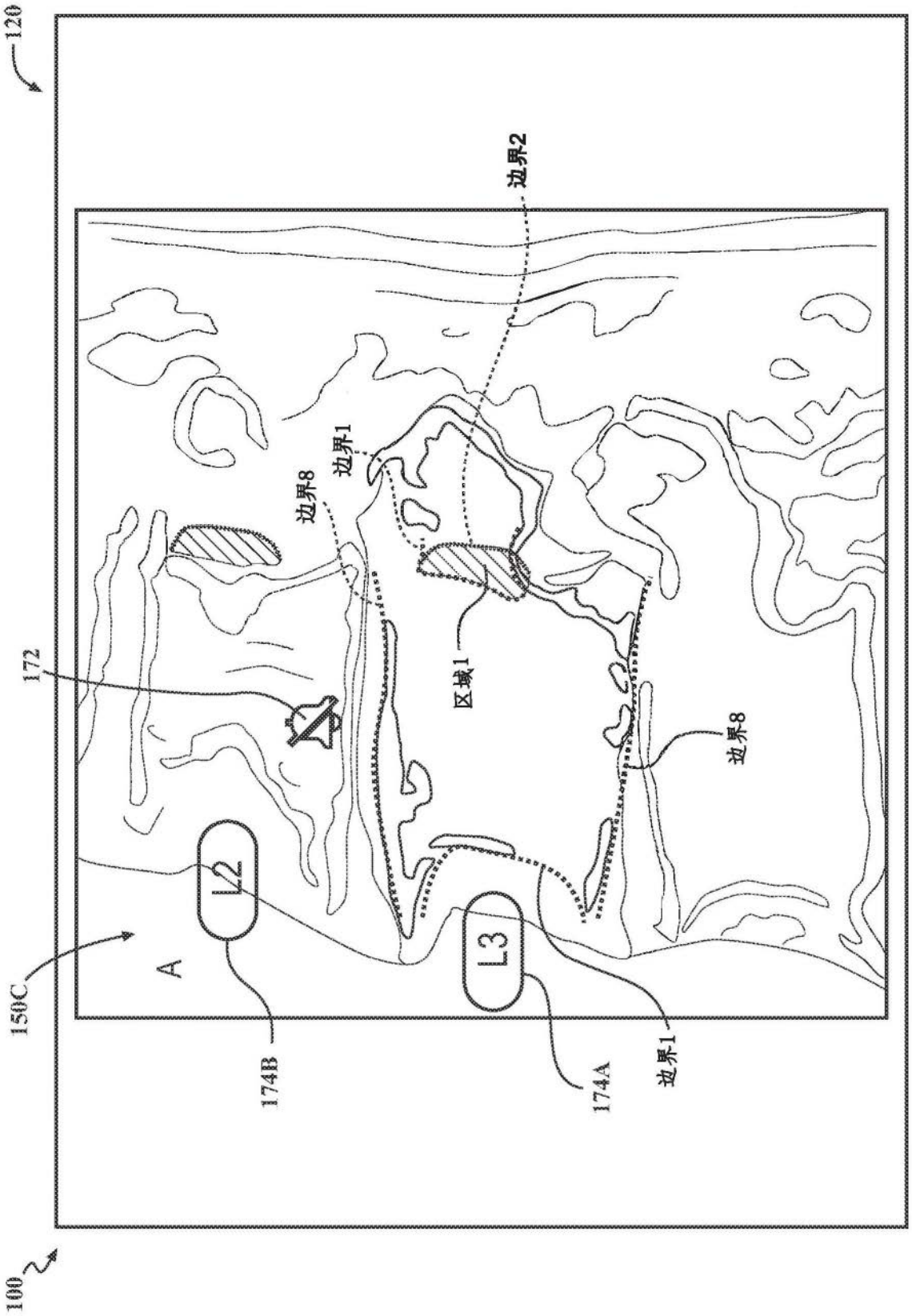


图11B

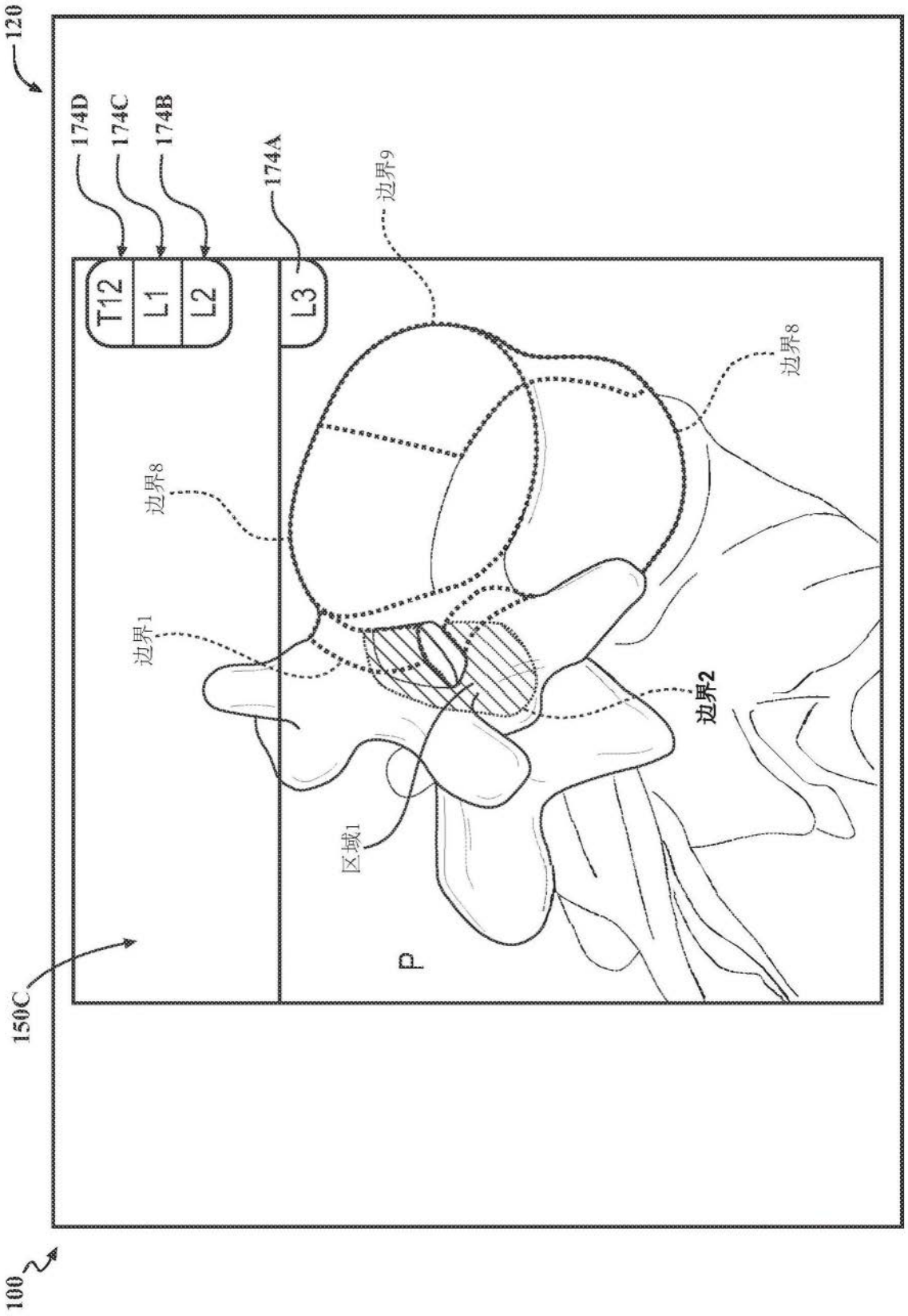

120
174D
174C
174B
174A
T12
L1
L2
L3
边界9
边界8
边界8
边界1
边界2
区域1
P
150C
100

图11C

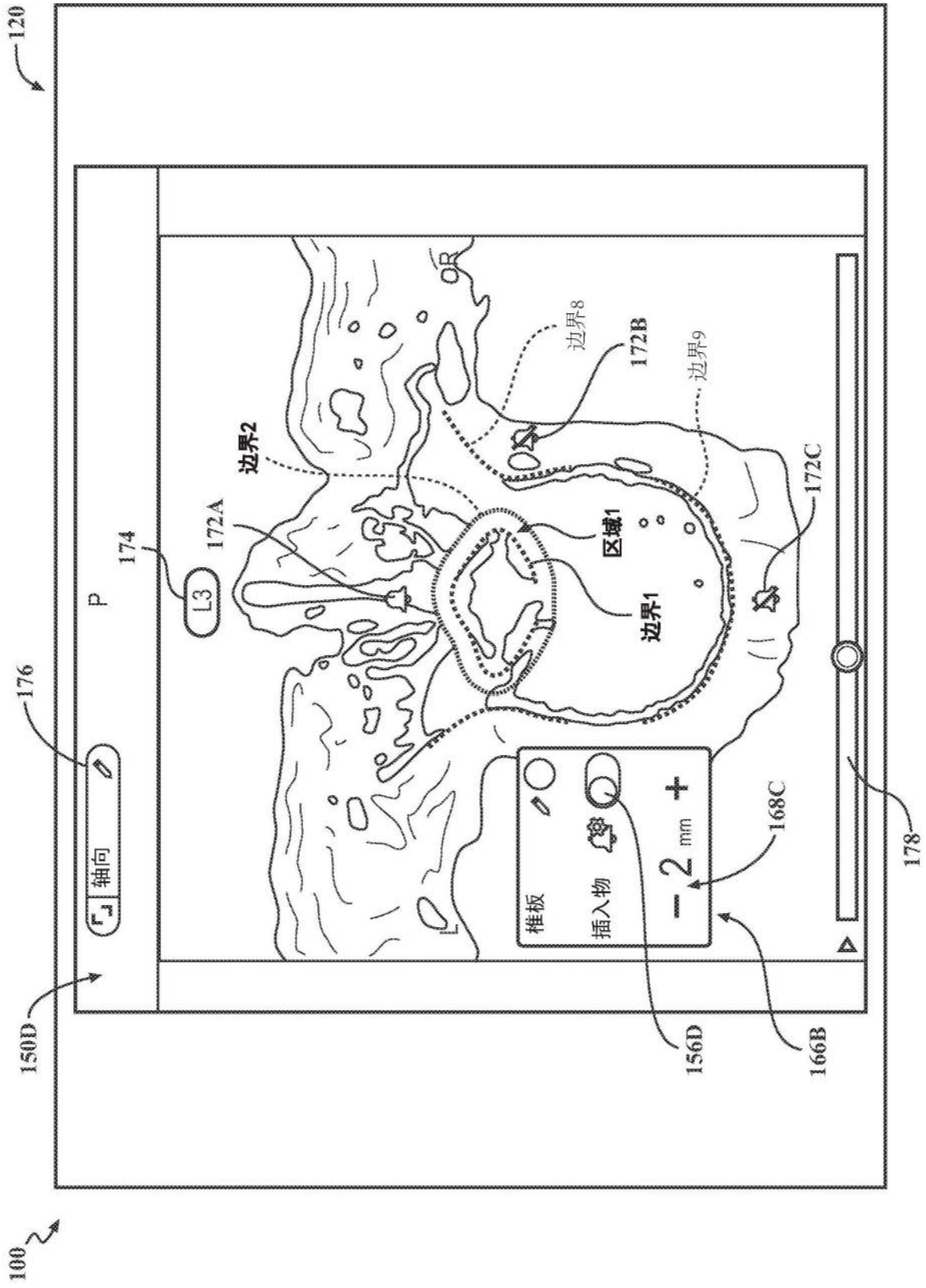

120
176
150D
100
轴向
P
174
L3
172A
边界2
OR
边界8
172B
边界9
172C
区域1
边界1
椎板
插入物
2 mm
168C
156D
166B
178

图12A

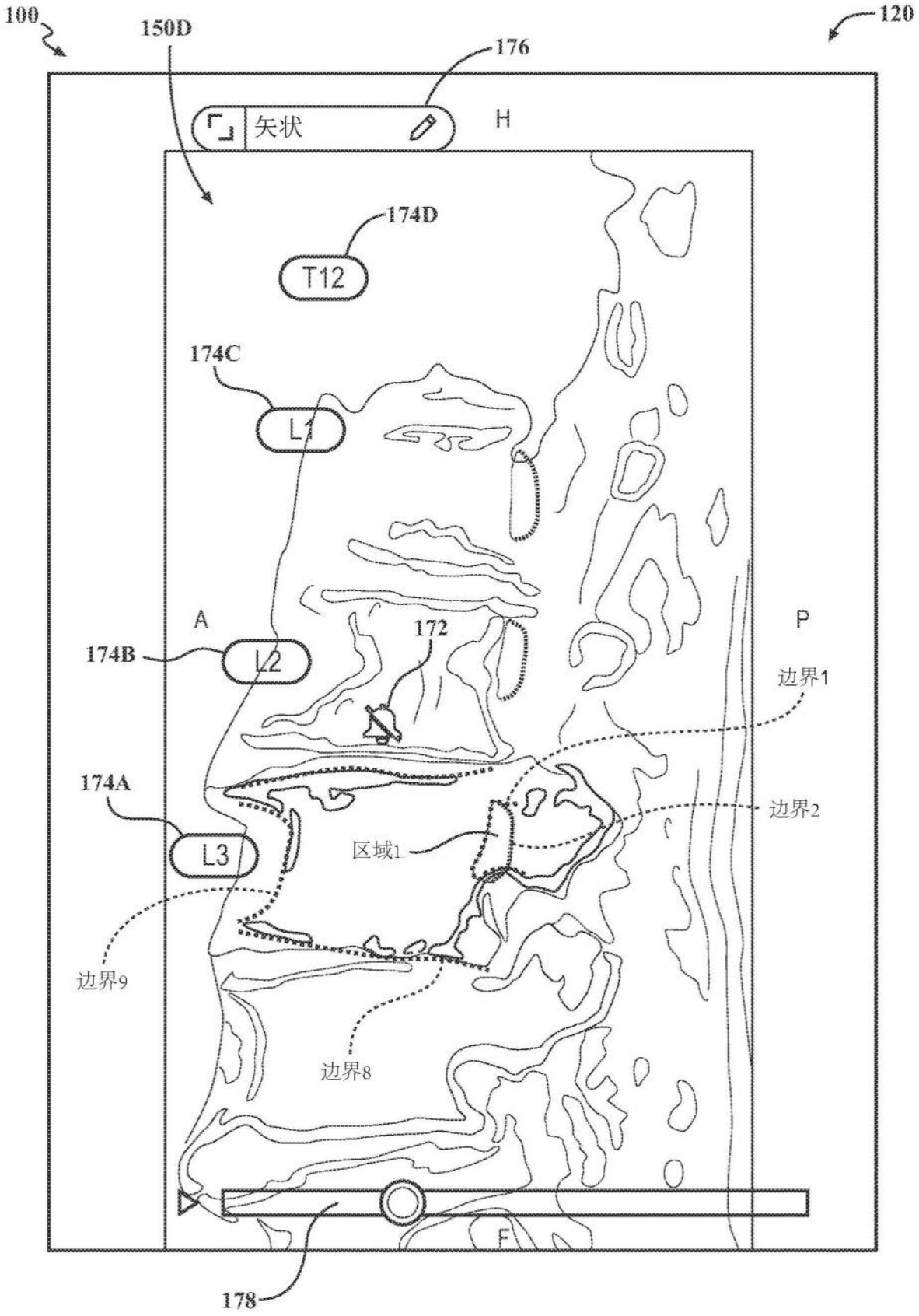

100
150D
120
176
矢状
H
174D
T12
174C
L1
A
P
174B
L2
172
边界1
174A
L3
边界2
区域1
边界9
边界8
F
178

图12B

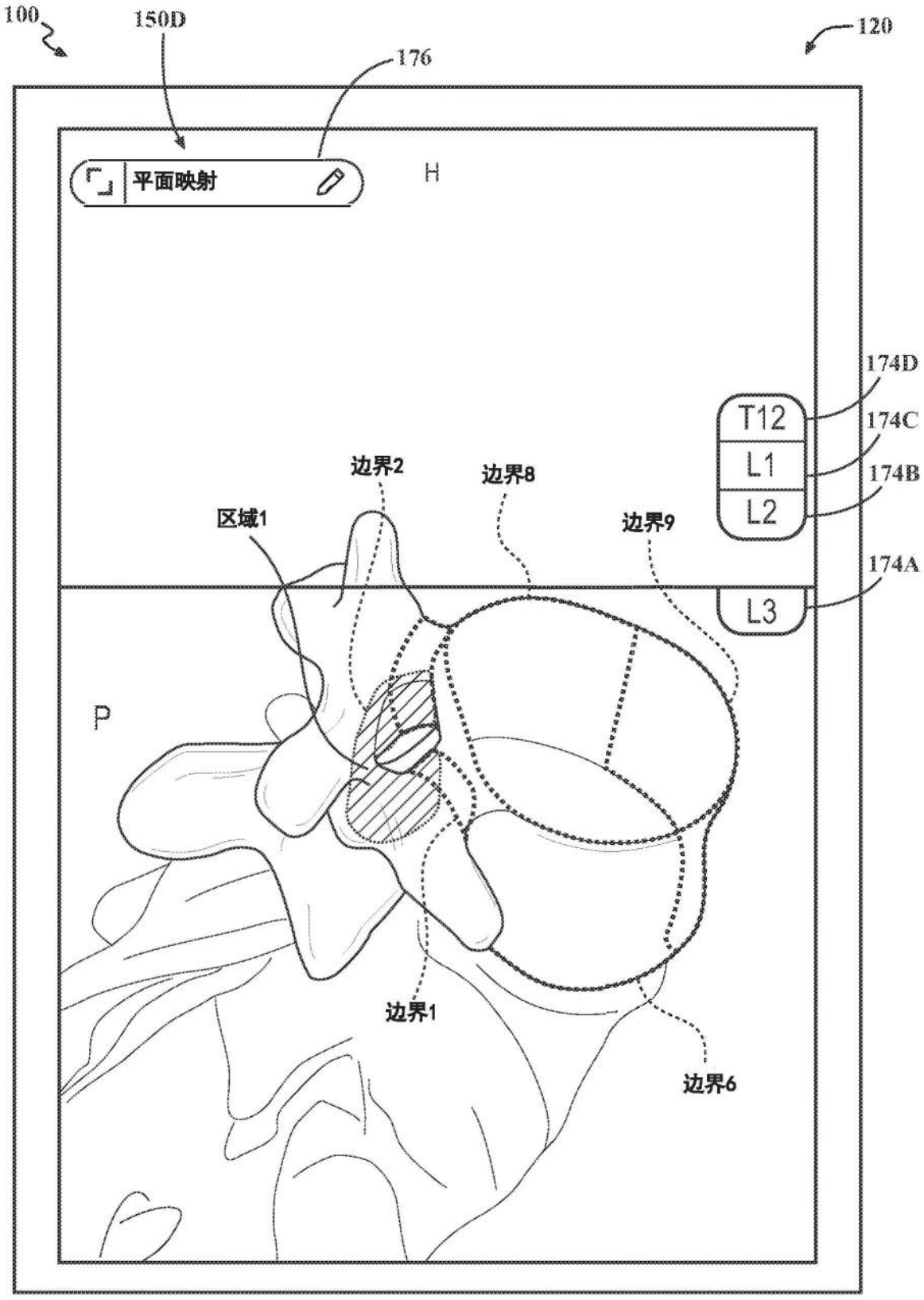

100
150D
176
120
平面映射
H
174D
T12
174C
L1
174B
L2
174A
L3
边界2
边界8
区域1
边界9
P
边界1
边界6

图12C

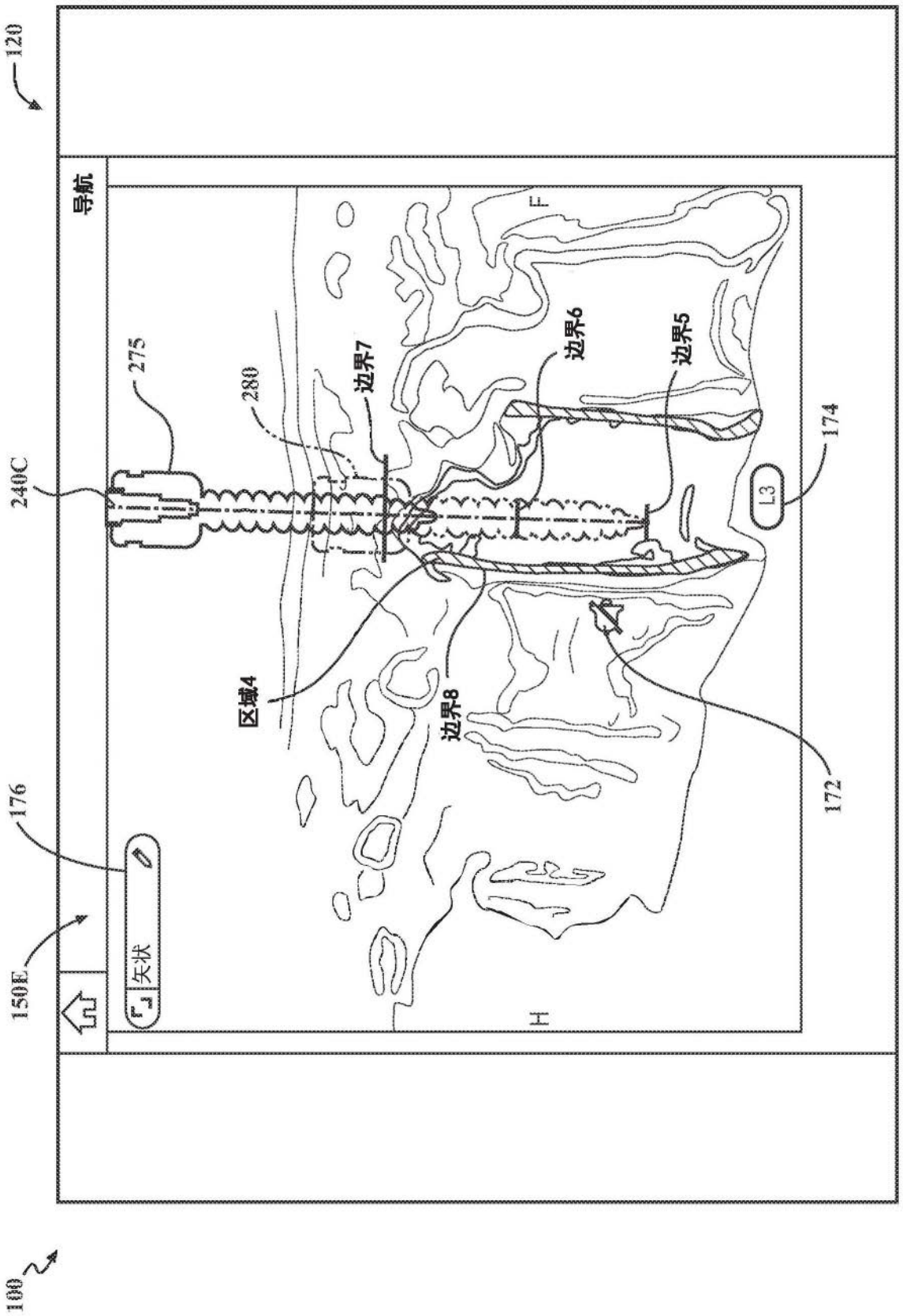

导航
120
240C
275
280
边界7
边界6
边界5
174
L3
区域4
边界8
172
176
150E
矢状
F
H
100

图13A

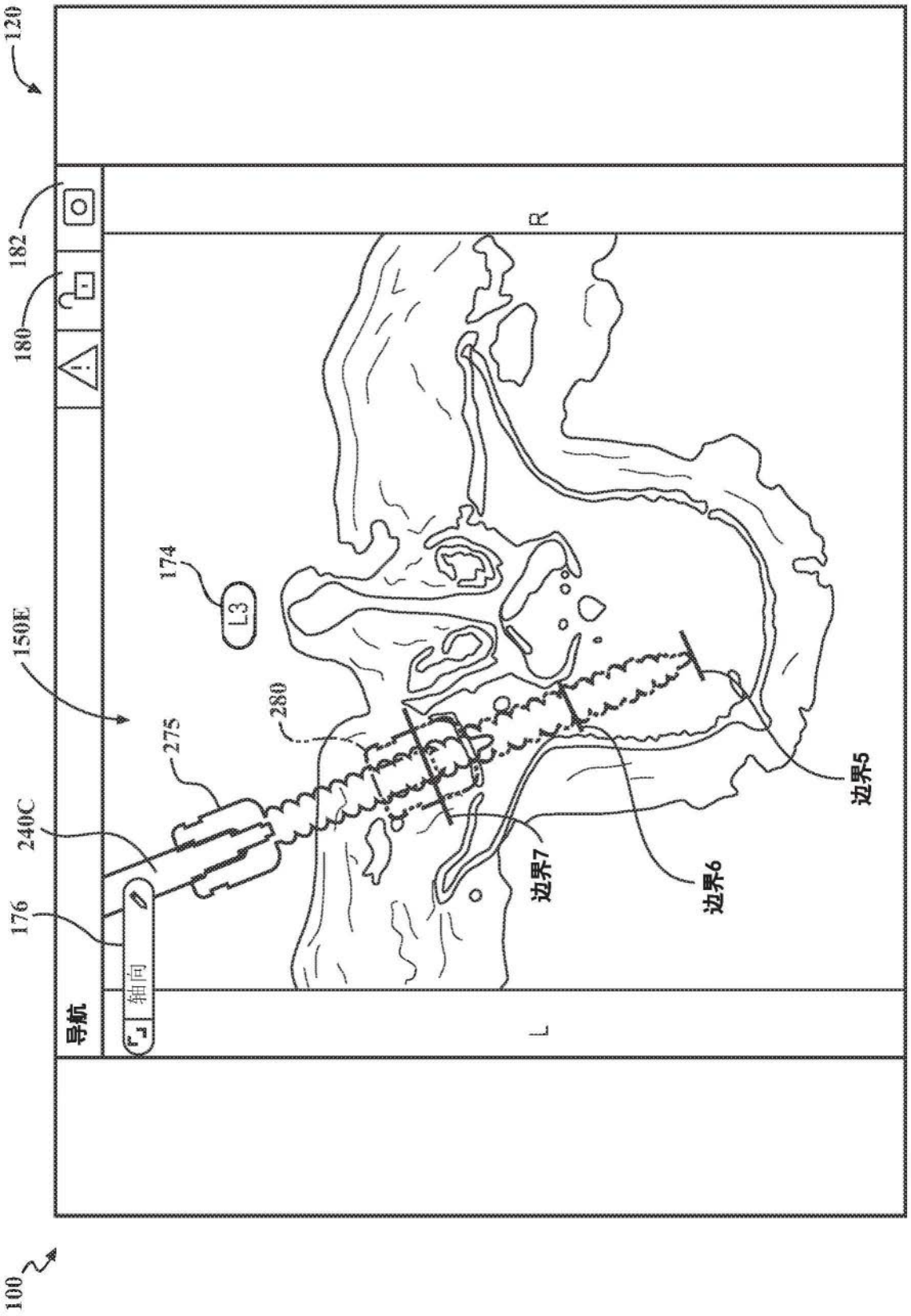


图13B