

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G06G 7/48



[12] 发明专利申请公开说明书

G06G 7/58 G06F 9/455

[21] 申请号 02814354.X

[43] 公开日 2004 年 9 月 22 日

[11] 公开号 CN 1531704A

[22] 申请日 2002.7.16 [21] 申请号 02814354.X

[30] 优先权

[32] 2001.7.16 [33] US [31] 60/305,958

[32] 2002.7.15 [33] US [31] 10/196,717

[86] 国际申请 PCT/US2002/022612 2002.7.16

[87] 国际公布 WO2003/009212 英 2003.1.30

[85] 进入国家阶段日期 2004.1.16

[71] 申请人 伊梅森公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 尼尔·T·奥利恩

佩德罗·格雷戈里奥

戴维·W·贝利

史蒂文·P·瓦萨洛

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限公司

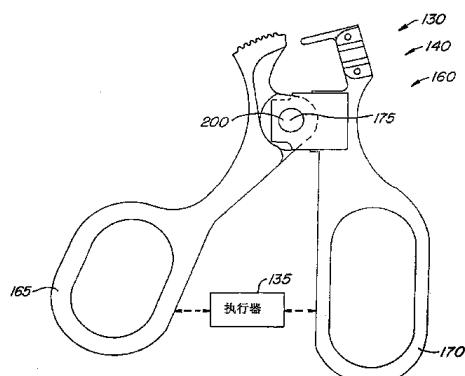
代理人 谷慧敏 钟 强

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 12 页

[54] 发明名称 可转动的计算机接口

[57] 摘要

一种用于与计算机仿真系统一起使用的计算机接口。该接口包括第一把手部分和以可转动的方式与第一把手部分相连接的第二把手部分(图3)。执行器(135)与两个把手部分(165、170)中的至少一个相连接，并构造为向用户提供反馈。



1. 一种与计算机仿真系统一起使用的计算机接口，该接口包括：
第一把手部分；

5 第二把手部分，该部分以可转动的方式与第一把手部分相连接；
和

执行器，与第一和第二把手部分中的至少一个相连接并构造为为
用户提供反馈。

10 2. 根据权利要求 1 所述的计算机接口，其中执行器与第一和第
二把手部分都相连接。

15 3. 根据权利要求 2 所述的计算机接口，其中执行器包括旋转电
机。

4. 根据权利要求 1 所述的计算机接口，其中执行器与第一把手
部分相连接，并包括旋转电机、伸入第二把手部分的旋转轴和与旋转
轴和第二把手部分相连接的电缆。

20 5. 根据权利要求 1 所述的计算机接口，还包括与第一和第二把
手部分都相连接的弹簧。

6. 根据权利要求 1 所述的计算机接口，还包括至少一个用于检
测连接第一和第二把手部分的枢轴的角旋转的传感器。

25 7. 根据权利要求 1 所述的计算机接口，其中反馈为包括将把手
部分分开、将把手部分合拢、振动、扭矩、和噪音的组中的至少一个。

30 8. 一种与计算机仿真系统一起使用的计算机接口，该接口包括
由细长部分和手柄组成的实用工具，该手柄包括：

第一把手部分，该部分处于细长部分的近端；

第二把手部分，该部分处于细长部分的近端并以可转动的方式与第一把手部分相连接；和

5 执行器，与第一和第二把手部分中的至少一个相连接，该执行器被构造为向用户提供反馈。

9. 根据权利要求 8 所述的计算机接口，其中执行器与第一和第二把手部分都相连接。

10 10. 根据权利要求 9 所述的计算机接口，其中执行器包括一旋转电机。

15 11. 根据权利要求 8 所述的计算机接口，其中执行器与第一把手部分相连接，并包括旋转电机、伸入第二把手部分的旋转轴、和与旋转轴和第二把手部分相连接的电缆。

12. 根据权利要求 8 所述的计算机接口，还包括与第一和第二把手部分都相连接的弹簧。

20 13. 根据权利要求 8 所述的计算机接口，还包括至少一个用于检测连接第一和第二把手部分的枢轴的角旋转的传感器。

14. 根据权利要求 8 所述的计算机接口，其中反馈为包括将把手部分分开、将把手部分合拢、振动、扭矩、和噪音的组中的至少一个。

25 15. 根据权利要求 8 所述的计算机接口，还包括至少一个用于检测细长部分的运动和位置中的至少一个的传感器。

30 16. 一种在计算机仿真中在实用工具内提供反馈的方法，该方法包括：

提供包括细长部分和手柄的实用工具，该手柄包括：

第一把手部分，该部分处于细长部分的近端；

第二把手部分，该部分处于细长部分的近端并以可转动的方式与第一把手部分相连接；和

5 执行器，该执行器与第一和第二把手部分中的至少一个相连接；
并且

该执行器为用户提供反馈。

10 17. 根据权利要求 16 所述的方法，其中反馈为包括将把手部分
分开、将把手部分合拢、振动、扭矩、和噪音的组中的至少一个。

18. 根据权利要求 16 所述的方法，还包括检测连接第一和第二
把手部分的枢轴的角旋转。

15 19. 根据权利要求 16 所述的方法，还包括检测细长部分的运动
和位置中的至少一个。

20 20. 根据权利要求 16 所述的方法，还包括提供一个弹簧，该弹簧
与第一和第二把手部分相连接并将第一和第二把手部分彼此偏压而
分开或靠拢。

可转动的计算机接口

5 对相关申请的交叉引用

本发明要求提交于 2001 年 7 月 16 日、序号为 60/305958、名称为“PIVOTABLE COMPUTER INTERFACE”的美国临时申请的利益，其内容为所有目的通过参考完全结合于此。

10 关于政府支持的研究或开发权利的声明

不可申请

参考提交于光盘上的“顺序列表”、表格、或者计算机程序列表附录。

不可申请

15

技术领域

本发明涉及用户与计算机的接口连接。

背景技术

20 在各种应用中，用户与电子的和机械的设备相连接，并且，对于更自然、易用和信息丰富的接口的需求是一种持续的考虑。在本发明的上下文中，用户与用于各种应用下的计算机设备相连接。一个这样的应用是与计算机生成环境相交互，例如虚拟显示环境，包括手术仿真、游戏、实际手术以及其它应用程序生成环境。计算机输入设备，
25 例如鼠标和跟踪球，经常用于在图形环境中控制光标，并在这些应用程序中提供输入。

30 在一些接口设备中，也向用户提供了力反馈和/或触觉反馈，它们在此合称为“触觉反馈”。例如，触觉式的游戏杆、鼠标、游戏柄、方向盘、或其它类型的设备可以根据图形环境内产生的事件或交互将

力输出到用户，例如在游戏或其它应用程序中。在计算机仿真中，经常需要在图形环境中图形地表示用户或用户的一部分，并使用户可以与图形环境实际地交互。

5 发明内容

本发明提供一种与计算机仿真系统一起使用的计算机接口。该接口包括第一把手部分和以可转动的方式与第一把手部分相连接的第二把手部分。执行器与两个把手部分中的至少一个相连接，并构造为向用户提供反馈。

10

根据本发明的一个方面，执行器与第一和第二把手部分都相连接。

根据本发明的另一方面，执行器包括旋转电机。

15

根据本发明的另一方面，执行器与第一把手部分相连接，并包括旋转电机、伸入第二把手部分的转轴以及与转轴和第二把手部分相连接的电缆。

20

根据本发明的另一方面，计算机接口还包括与第一和第二把手部分都相连接的弹簧。

根据本发明的另一方面，计算机接口包括至少一个用于检测枢轴角旋转的传感器，该枢轴连接第一和第二把手部分。

25

根据本发明的另一方面，反馈为包括推开把手部分、合拢把手部分、振动、扭矩和噪声的组中的至少一个。

30

根据本发明的另一方面，接口包括具有细长部分和手柄的实用工具。手柄包括第一和第二把手部分，而执行器与两个把手部分中的至

少一个相连接。

根据本发明的另一方面，提供有传感器，该传感器检测细长部分的运动和位置中的至少一个。

5

根据本发明的另一方面，在计算机仿真过程中在实用工具内提供反馈的方法包括提供具有细长部分和手柄的实用工具，该手柄包括细长部分近端的第一把手部分，处于细长部分近端并以可转动的方式与第一把手部分相连接的第二把手部分，以及与第一和第二把手部分中的至少一个相连接的执行器。执行器为用户提供反馈。

10

本发明的其它特性和优点将根据对下述的优选示例实施例的说明的阅读和理解并参考附图而得到了解，其中类似的标号表示类似的部件。

15

附图说明

图 1 为根据本发明的计算机接口系统的示意图；

图 2 为根据本发明的计算机接口系统的示意图，该系统包括一个具有可转动手柄的装置；

20

图 3 为根据本发明的触觉接口设备的一个实施例的示意图；

图 4 为根据本发明的触觉接口设备的另一个实施例的示意图；

图 5 为根据本发明的触觉接口设备的另一个实施例的示意图；

图 6 为根据本发明的触觉接口设备的另一个实施例的示意图；

图 7 为根据本发明的触觉接口设备的另一个实施例的示意图；

25

图 8 为根据本发明的触觉接口设备的另一个实施例的示意图；

图 9—11 为图 8 所示的触觉接口设备的其它视图；和

图 12 为一个具有传感器和执行器的装置的示意侧视图。

具体实施例

30

本发明涉及计算机仿真，并更特别地涉及有关图形图像控制的计

算机仿真，例如作为由用户操纵的仪器的图形表示的图形图像。尽管该过程至少部分地在手术仿真接口的语境中说明，本发明可以用于其它仿真和计算机交互过程和/或控制其它的图形图像，并且应该不局限于此处所提供的例子。

5

图 1 为根据本发明的计算机接口系统 100 的示意图。计算机接口系统 100 能够产生计算机生成环境或者虚拟现实环境。显示器 105 为用户提供图形环境 110。在图形环境 110 中有图形图像 115。图形图像 115 可以为例如光标或其它图形对象，其位置、运动、和/或形状是可控的。例如，图形图像 115 可以为指针光标、游戏中的角色、手术仪器、手术仪器端部的视野、用户的表示部分等。在图形环境中也有图形对象 120，例如如图所示的圆形对象、或者包括可以由用户或其它用户控制的另一图形图像的任何其它图形表示。与显示器 105 相联系的控制器 125 能够例如通过执行包括与仿真有关的应用程序的程序代码，而生成和/或控制图形环境 110。用户对象 130 可以由用户操纵，例如通过将用户对象 130 的位置与图形图像 115 的显示位置和/或形状直接相关或通过将用户对象 130 的位置与图形图像 115 的运动速率和/或形状变化相关，而对用户对象 130 的操纵控制图形环境 110 中图形图像 115 的位置、方向、形状和/或其它特性。或者整个用户对象 130 可以由用户操纵，或者用户对象 130 的一部分可以相对于用户对象 130 的另一部分而受到操纵。例如，用户对象可以为与用户的一只或两只手相接合的表面，例如游戏杆、鼠标、鼠标外壳、记录笔、按钮、细长刚性或柔性件、装置套等，并可以在一到六个自由度下运动。

25

任选地，可以为用户提供触觉反馈，以增加虚拟现实环境的真实性。例如，当图形环境 110 中产生预定事件时，例如图形图像 115 与图形对象 120 的交互，控制器 125 可以使执行器 135 输出触觉感觉给用户。在所示版本中，执行器 135 将触觉感觉输出给用户对象 130，通过该用户对象 130，触觉感觉被提供给用户。执行器 135 和用户对象 130 可以为触觉接口设备 140 的一部分。执行器 135 可以处于触觉

接口设备 140 中，以向用户对象 130 或用户对象的一部分施加一个力。

执行器 135 可以主动地或被动地提供触觉感觉。例如，执行器 135 可以包括与用户对象 130 相连接的一个或多个电机，以在一个或多个自由度下施加一个力到用户或用户对象 130。可选地或另外地，执行器 135 可以包括与用户对象相连接的一个或多个制动机构，以在一个或多个自由度下禁止用户或用户对象 130 的运动。触觉感觉表示提供给用户的任何与用户的触觉有关的感觉。例如，触觉感觉可以包括动力反馈和/或触觉反馈。动力反馈表示任何主动或被动地施加给用户的力，以模拟在图形环境 110 中可能受到的力，例如施加于用户或用户对象 130 的支撑力，以模拟图形图像 115 的至少一部分所受到的力。例如，如果图形图像 115 靠在一个表面、一个障碍物或一个阻碍物上，执行器 135 可以输出一个对用户对象 130 的力，该力防止或阻碍了用户或用户对象 130 在障碍物或阻碍物方向上的运动。触觉反馈表示施加给用户而为用户提供预定产生于图形环境 110 中的触觉指示的任何主动或被动的力。例如，在图形图像 115 与图形对象 120 相交互时，振动、点击、弹出等可以输出给用户。另外，触觉反馈可以包括所施加的触觉感觉，以近似或提供动力错觉。例如，通过改变所施加振动的频率和/或振幅，可以模拟在不同图形对象的表面质地中的振动，或者在图形图像穿过一个对象时，通过提供一系列点击，可以模拟穿过时的阻力。例如，在一个版本中，只要图形图像 115 与图形对象 120 相接合，例如弹力的动力感觉就可以施加于用户，以模拟可选择性变形的表面。可选地或另外地，触觉感觉，例如弹出，可以在图形图像 115 移动跨过图形对象 120 表面时施加于用户，以模拟图形对象 120 的质地。

控制器 125 可以为计算机 150 等，例如图 2 中所示计算机。在一个版本中，计算机 150 可以包括处理器并能够执行程序代码。例如，计算机可以为个人计算机或工作站，例如 PC 兼容机或 Macintosh 个人计算机，或者 Sun 或 Silicon Graphics 工作站。计算机 150 可以在

Windows™、MacOS、Unix、或 MS-DOS 操作系统下或类似操作系统下运行。可选的是，计算机 150 可以为多种家用视频游戏控制台系统之一，其通常连接到电视机或其它显示器，例如可以由 Nintendo、Sega、或 Sony 提供的系统。在其它实施例中，计算机 150 可以为“机顶盒”，其可以用于，例如，为用户提供交互电视功能，或者使用户可以与本地或全球网络使用标准连接和协议进行交互的“网络”或“互联网计算机”，例如用于因特网和万维网的。计算机 150 可以包括主微处理器、随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、输入/输出 (I/O) 电路，和/或本领域技术人员所熟知的其它计算机部件。计算机 150 可以执行应用程序，使用该应用程序用户可以与例如触觉接口设备 140 和/或用户对象 130 的外设进行交互。例如，应用程序可以为仿真程序，例如，医学过程仿真程序、游戏、计算机辅助设计或其它图形设计程序、操作系统、字处理程序或电子表格，执行例如 HTML 或 VRML 指令的网页或浏览器、科学分析程序、或者可能或可能不使用触觉反馈的其它应用程序。在这里，为简化起见，例如 Windows™、MS-DOS、MacOS、Linux、Be 等操作系统也被称为“应用程序”。应用程序可以包括交互图形环境，例如使用户可以把信息输入到程序中的图形用户接口 (GUI)。典型地，应用程序提供要在显示屏 155 上显示的图像和/或输出其它反馈，例如听觉信号。计算机 150 能够生成图形环境 110，其可以为图形用户接口、游戏、仿真、例如那些上述的、或者其它的视觉环境。计算机 150 显示图形对象 120，例如图形表示和图形图像、或“计算机对象”，它们不是物理的对象，而是数据的逻辑软件单元集合和/或可以由计算机在显示屏 155 上作为图像显示的过程，这为本领域技术人员所熟知。应用程序校验从用户对象 130 的电子仪器和传感器接收到的输入信号，并输出将转化为执行器 135 的触觉输出的力的值和/或指令。使这种仿真软件与计算机输入/输出 (I/O) 设备相连接的适当的软件驱动可以由加利福尼亚州 San Jose 的 Immersion 公司提供。显示屏 155 可以包括在计算机中，并可以为标准显示屏 (LCD、CRT、平板等)、3-D 镜，或任何其它视觉输出设备。

在计算机接口系统 100 的一个版本中，用户对象 130 包括例如腹腔镜手术中所使用的手术装置的真实或仿真装置 160 的至少一部分的手柄。在图 2 所示的版本中，装置 160 包括具有第一把手 165 和第二把手 170 的手柄。第一把手 165 和第二把手 170 可以绕枢轴 175 相对转动。手柄的操纵可以由一个或多个传感器检测到，该传感器在用户对象 130 内部或上面，或者与该用户对象 130 相联系。指示所测得操纵的信号被提供给计算机 150，任选地通过传感器接口 180，以控制图形图像 115 的位置、方向、和/或形状。例如，传感器可以检测装置 160 的细长部分 185 在一到六个或更多自由度下的运动或位置，以控制图形图像 115 的显示位置，如美国专利 5623582、5821920、5731804 和 5828197 中所公开的，它们每一个都通过参考完全地结合在此。可选地或另外地，可以例如通过检测绕枢轴 175 的旋转量，设置一个或多个传感器以检测第一把手 165 相对于第二把手 170 的操纵。然后，所检测的转动可以用于控制所显示图形图像 115 的形状。例如，在所示版本中，相对于第二把手 170 转动第一把手 165 可以导致钳夹 190 在图形图像 115 顶部的打开或关闭。在这种方式下，用户可以能够操纵装置 160 以使图形图像 115 抓握图形对象 120 或以其它方式与其相接合。

在使用中，用户与装置 160 相接触，以与图形环境 110 相交互。在图 2 所示版本中，用户抓握包括第一把手 165 和第二把手 170 的手柄，并通过使把手旋转并任选地通过在其它自由度下操纵装置 160 而操纵装置 160。例如，用户可以使装置 160 移动到他或她的左侧并向右，以使图形图像 115 实现为看起来与图形对象 120 相接触。另外，用户可以旋转把手以使图形钳夹 190 看起来象抓握着图形对象 120。

可以通过提供执行器 135 而增加图形环境交互的真实性，执行器 135 适于在用户与图形环境 110 交互期间为用户提供一种或多种触觉感觉。执行器可以或者直接地为用户提供触觉感觉，或者可以通过用户对象将触觉感觉施加到用户，例如通过装置 160 将力施加到用户。

这使用户可以不仅将与图形对象 120 相接触的图形图像 115 形象化，而且通过用户的触觉接收到该对象已被接触到的指示，从而提供了更深刻的印象。在一个版本中，可以放置执行器 135，以提供对第一把手 165 和/或对第二把手 170 的触觉感觉，从而模拟与把手的相对转动有关的夹持力。业已发现，通过为用户提供模拟夹持力的触觉感觉，
5 用户对于与图形对象 120 真实交互的感受得到加强。例如，可以为把手提供与抓握着图形对象 120 的图形钳夹 190 相关联的触觉感觉，以模拟对一个对象的实际抓握。因此，在图 2 所示的版本中，计算机 150 通过提供信号，任选地通过执行器界面 195，控制触觉感觉向装置 160
10 的输出以启动手掌施力机构。

图 3 示出了触觉接口 140 的一个版本。可以放置一个或多个角度传感器 200 以检测绕枢轴 175 的角旋转。在一个相对简单的版本中，单个数字或模拟传感器检测把手的打开状态或关闭状态，计算机 150
15 相应地在图形环境 110 中显示图形钳夹 190 为或者打开、或者关闭、或者抓握着一个对象。在另一版本中，角度传感器 200 可以包括提供可变信号的传感器，通过该信号可以控制图形钳夹 190 的显示。连接角传感器可以包括一个或多个光学的、电的、磁的编码器、一个染色计、一个纤维光学传感器、一个电位计等。可以放置执行器 135 以强制第一把手 165 和第二把手 170 分开和/或合拢。
20

图 4 示出了触觉接口 140 的一个非接地的版本。在此版本中，执行器 135 被容纳于第二把手 170 的内部或上面。执行器能够驱动第一把手 165 朝向或离开第二把手 170。根据此版本，装置 160 不必为提供与把手的旋转有关的触觉感受而接地。
25

执行器 135 可以包括旋转电机 135a，如图 5 中所例示的版本。在此版本中，第一把手 165 包括延长部分 205，而第二把手包括延长部分 215。延长部分 205、215 彼此重叠，如图 5 中所示。第二把手 170 的延长部分 215 包括凹入部分 220，该部分容纳旋转电机执行器 135a，
30

并且，该部分将电机 135a 接地至第二把手 170。电机 135a 能够旋转从其中伸出的轴 225。轴 225 伸入第一把手延伸部分 205 的凹入部分 210 中。电缆 230 固定于第一把手 165，例如，通过固定至延伸部分 205 的凹入部分 210 的壁上。电缆 230 的另一端固定于转轴 225，例如通过固定于轴 225 中的一个通孔 235 中。轴 225 沿箭头方向的旋转使电缆 230 绕轴 225 卷绕并将第一把手 165 拉向第二把手 170。因此，电机 135a 的驱动可以使抓握力施加到装置 160 上。这种抓握力可以是与图形环境中的交互有关的触觉感觉。另外地或可选地，抓握力可以用来增加、放大或减少用户施加到接口设备 165 上的力。任选地，将把手偏压向打开位置的弹簧 240 可以用来抵消执行器 135a 产生的抓握力。

可选地，旋转电机执行器 135a 可以用于产生反抗把手关闭的力，如图 6 所示。在图 6 所示的版本中，电缆 230 固定于第一把手 165 的延伸部分 205 中的凹入部分 210 的相对侧。因此，在轴 225 沿图 6 所示箭头方向旋转时，第一把手 165 和第二把手 170 被强制分开。所产生的这个力也可以被用于触觉感觉。例如，当图形钳夹 190 与图形对象 120 相接触时，可以输出一个力给用户，该力防止和禁止把手相对于所显示活动的关闭。可选地或另外地。所施加的力可以用于增加、放大、或减少施加于用户的力，如上所述。在图 6 所示版本中，任选地提供弹簧 240 以将把手彼此相向地偏压。

图 7 示出了触觉接口 140 的另一版本。在此版本中，旋转电机执行器 135a 和转轴 225 能够向把手主动施加关闭或开启力。在图 7 所示版本中，转轴 225 用作绞盘型设备。电缆 230 的一端固定于凹入部分 210 的一侧而电缆 230 的另一侧固定于凹入部分 210 的另一侧。电缆卷绕于转轴 225 上并延伸穿过通孔 235。因此，转轴 225 在一个方向上的旋转使得打开力施加到把手上，而在另一个方向上的旋转使得关闭力施加到把手上。

5

图 8 示出了类似于图 7 所示版本的一个版本，但是该版本具有锥形的转轴 225。锥形转轴 225 允许在把手间运动的更大范围。锥形使在轴上的电缆量的上升与在整个行程范围里在凹入部分 210 中从轴中放出的电缆量完全相同。在此方式下，电缆中的松弛量减少，这减少了反冲并保持电缆在轴上的紧密接触。在一个版本中，锥形轴 225 为圆锥形。在一个特别有用的版本中，圆锥形轴 225 的侧面形状为，其延伸部分使侧面大致地在枢轴 175 处交叉。在另一版本中，该轴可以为阶梯状的。

10

图 9 和图 10 示出了图 8 所示的触觉接口设备 140 的顶部和侧面透视图。图 11 示出了图 8 所示的触觉接口设备 140，该设备带有覆盖电机 135a 的盖 250。

15

20

25

图 12 示出了一个版本，其中实际手术装置为接口设备 140。在所示版本中为腹腔镜装置的手术装置可以包括可由手柄的操纵控制的顶部。例如，顶部可以包括钳夹 190a，该钳夹可以通过打开和关闭手柄的把手 165、170 而打开和关闭。手术装置手柄也可以包括例如上述驱动机构之一的执行器 135，以迫使把手打开或关闭。执行器 135 可以用于辅助用户用力或可以用于减少用户施加于把手上的力，或可以用于将触觉感觉施加给用户。在一个版本中，可以提供传感器 260 以检测手术装置顶部的情况。例如，可以设置压力或力传感器以检测施加于一个或多个钳夹 190ab 上的压力或力。所检测的情况可以提供给控制器，该控制器可以为一个单独的控制器或者可以为手术装置上的一个控制器或逻辑。然后，控制器可以根据所检测的情况控制执行器 135 的操作。例如，通常机械的连接不足以告知用户钳夹已与对象相交互。因此，传感器可以足够敏感以检测预定的交互，而控制器可以使触觉响应施加到用户以指示该交互。另外的交互已在 2001 年 3 月 16 日提交的美国专利申请 No.09/811358 中讨论，其通过参考完全地结合于此。

30

尽管已经以几个优选实施例的形式对本发明进行了描述，可以预期的是，通过本领域技术人员对说明书的阅读和对附图的研究，它的改动、更换和等价物将是显而易见的。例如，在与仿真系统一起使用时，可以模拟上述之外的腹腔镜技术。例如，在下列美国专利中公开了其它的技术，所有这些都通过参考完全地结合于此：5735874；
5 5514156；5163945；5980510；5632432；6168605；5258004；5307976；
5447513；5681324；6090120 和 5846254。另外，仿真可以包括腹腔
10 镜过程以外的手术应用。而且，接口设备可以用于非手术仿真。例如，
应用程序可以响应剪切接口并可以包括关于如何正确修建玫瑰丛的指
令程序代码或者可以使用可转动把手的触觉反馈的游戏环境。另外，
所公开的施力机构可以用于施加力以相对转动任何环境中的部件。

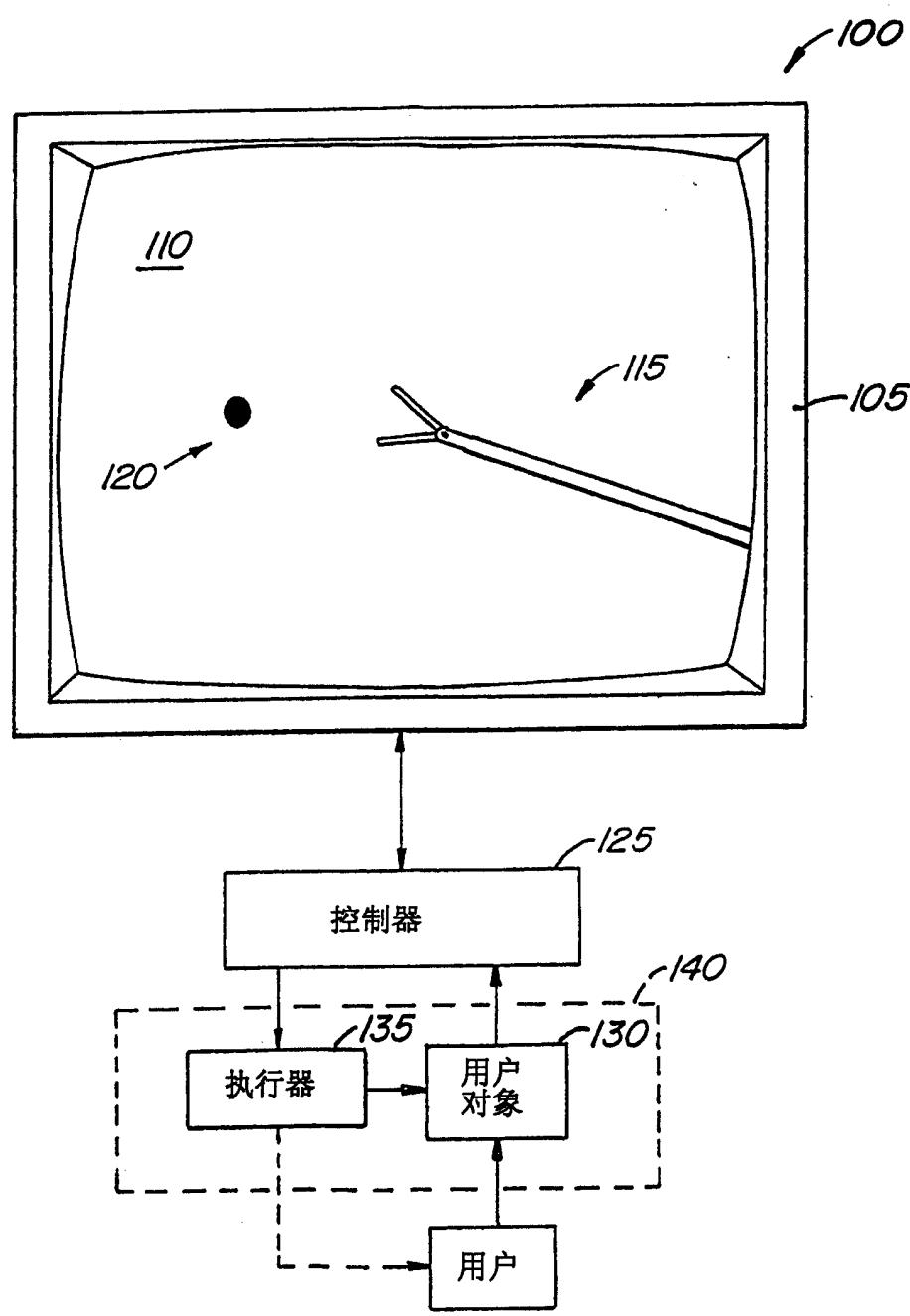


图1

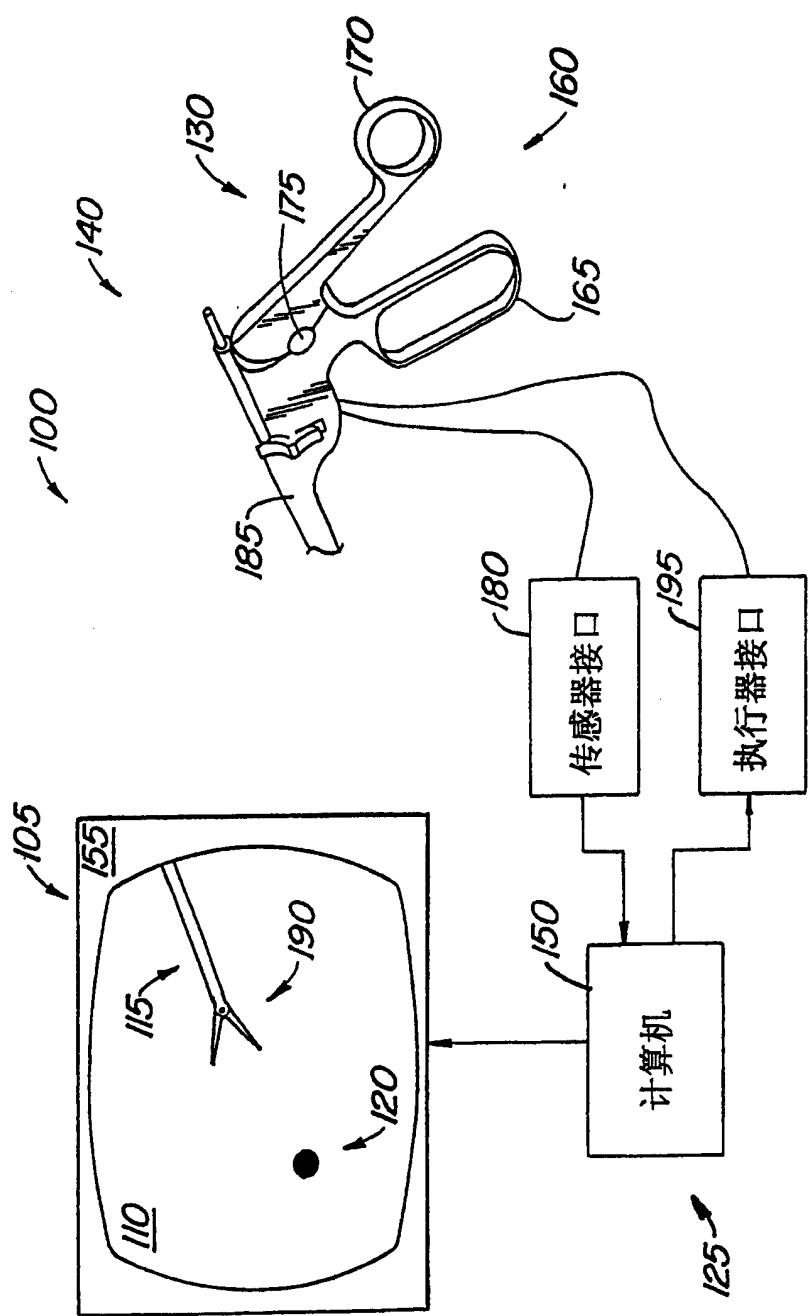


图2

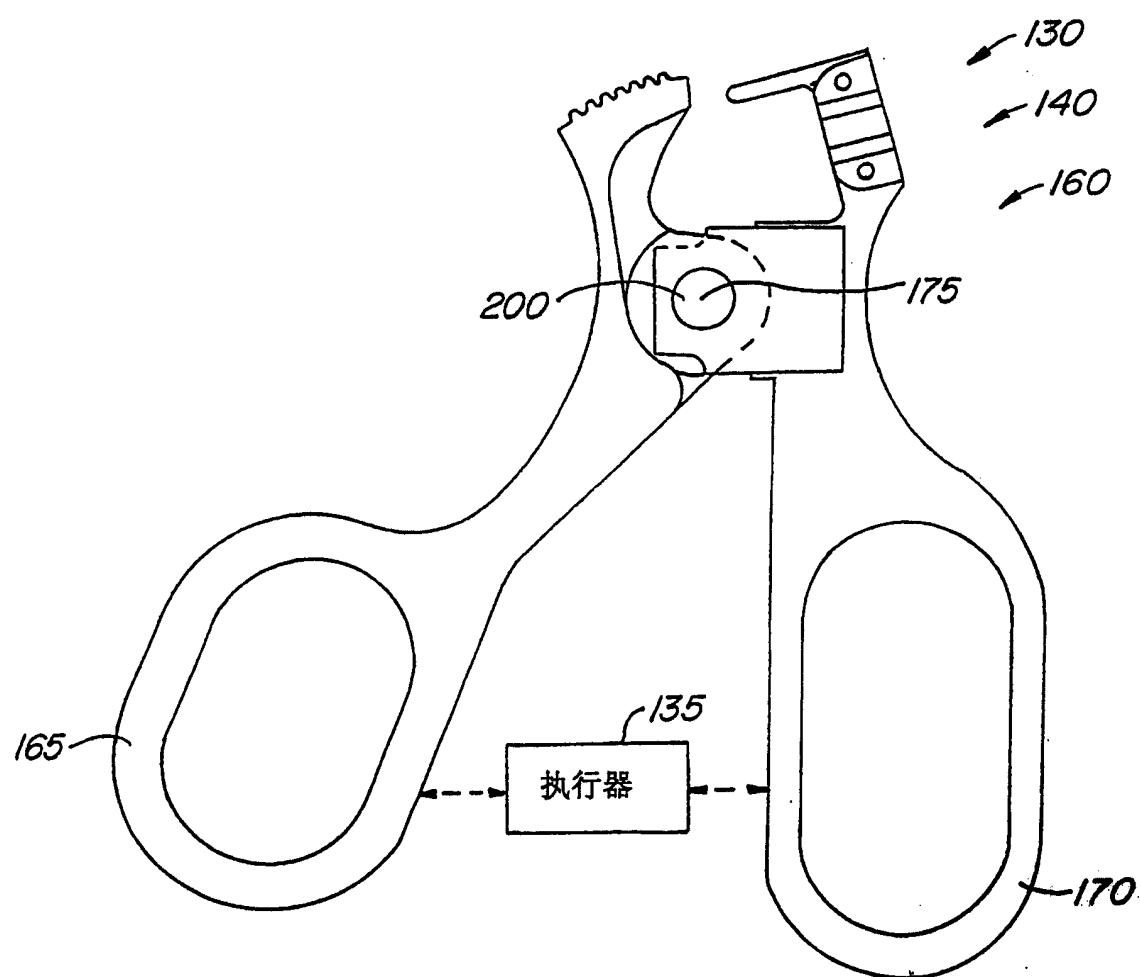


图3

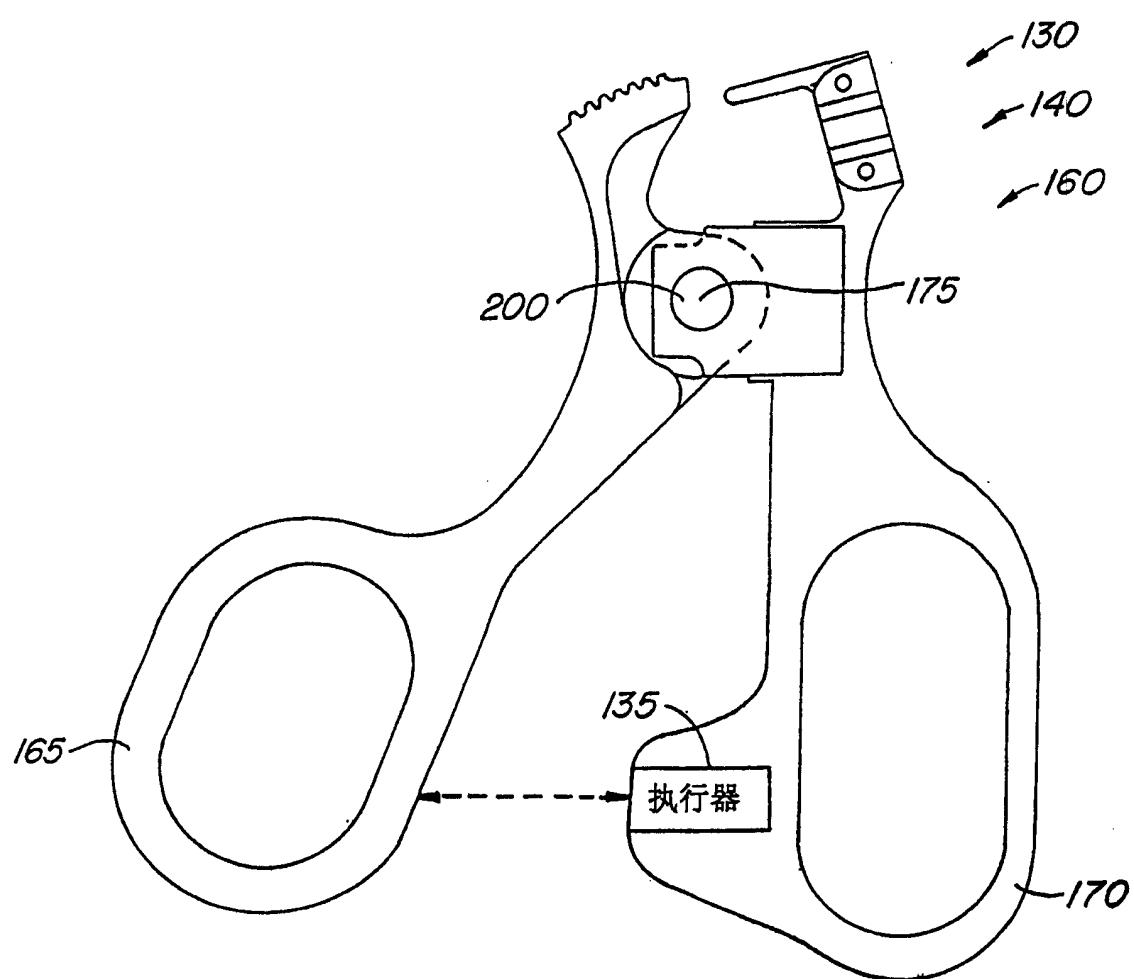


图4

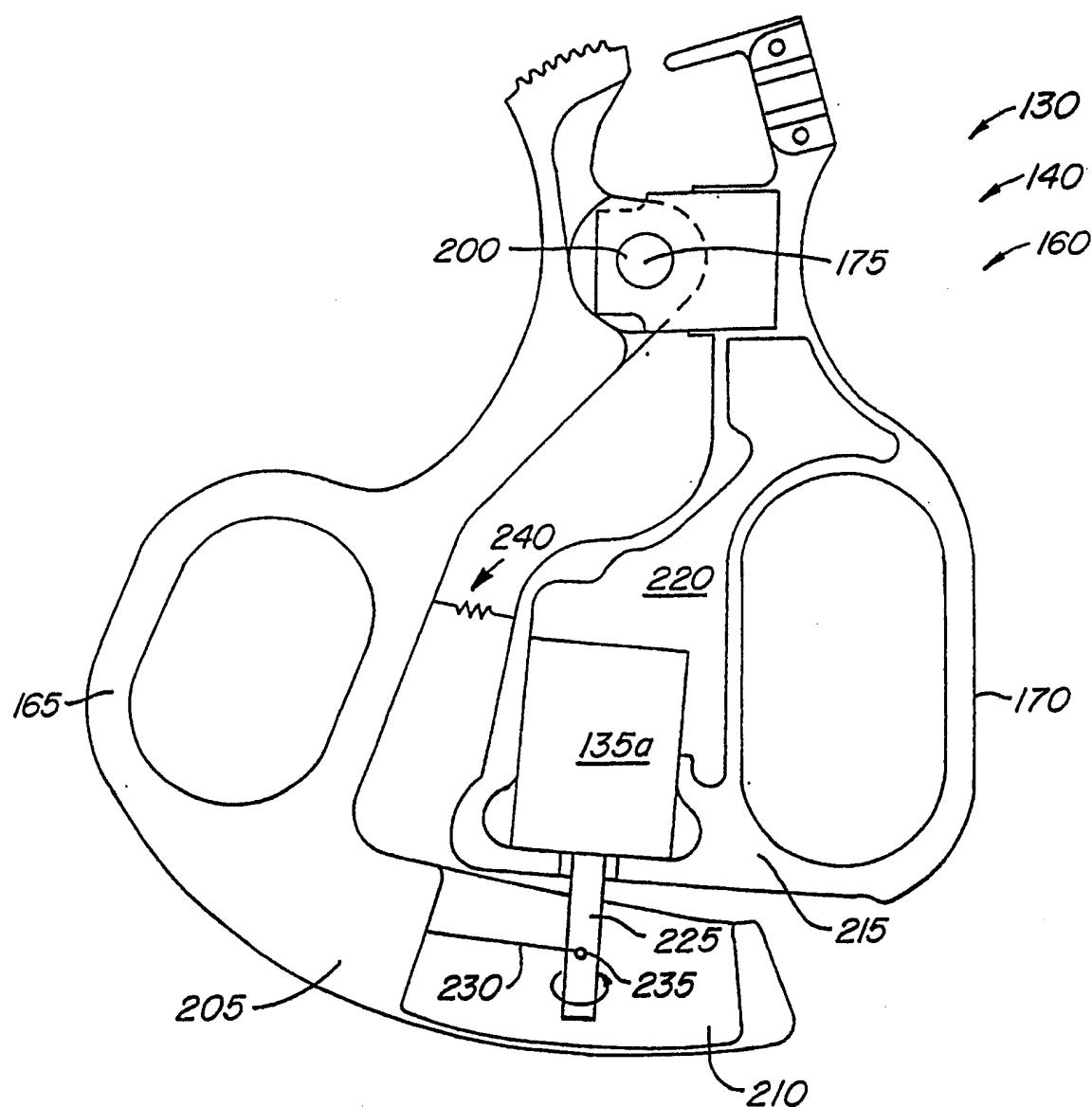


图5

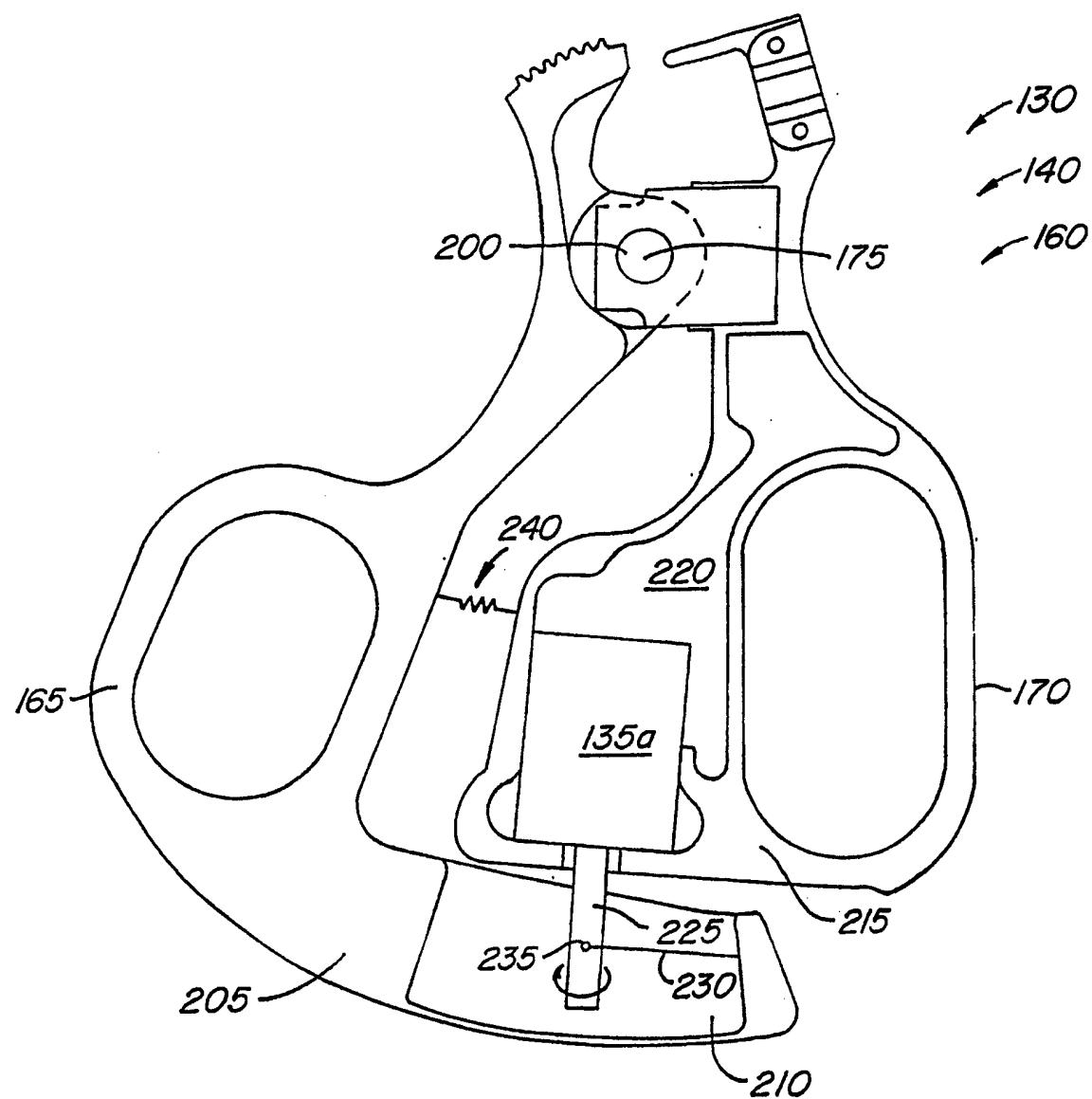


图6

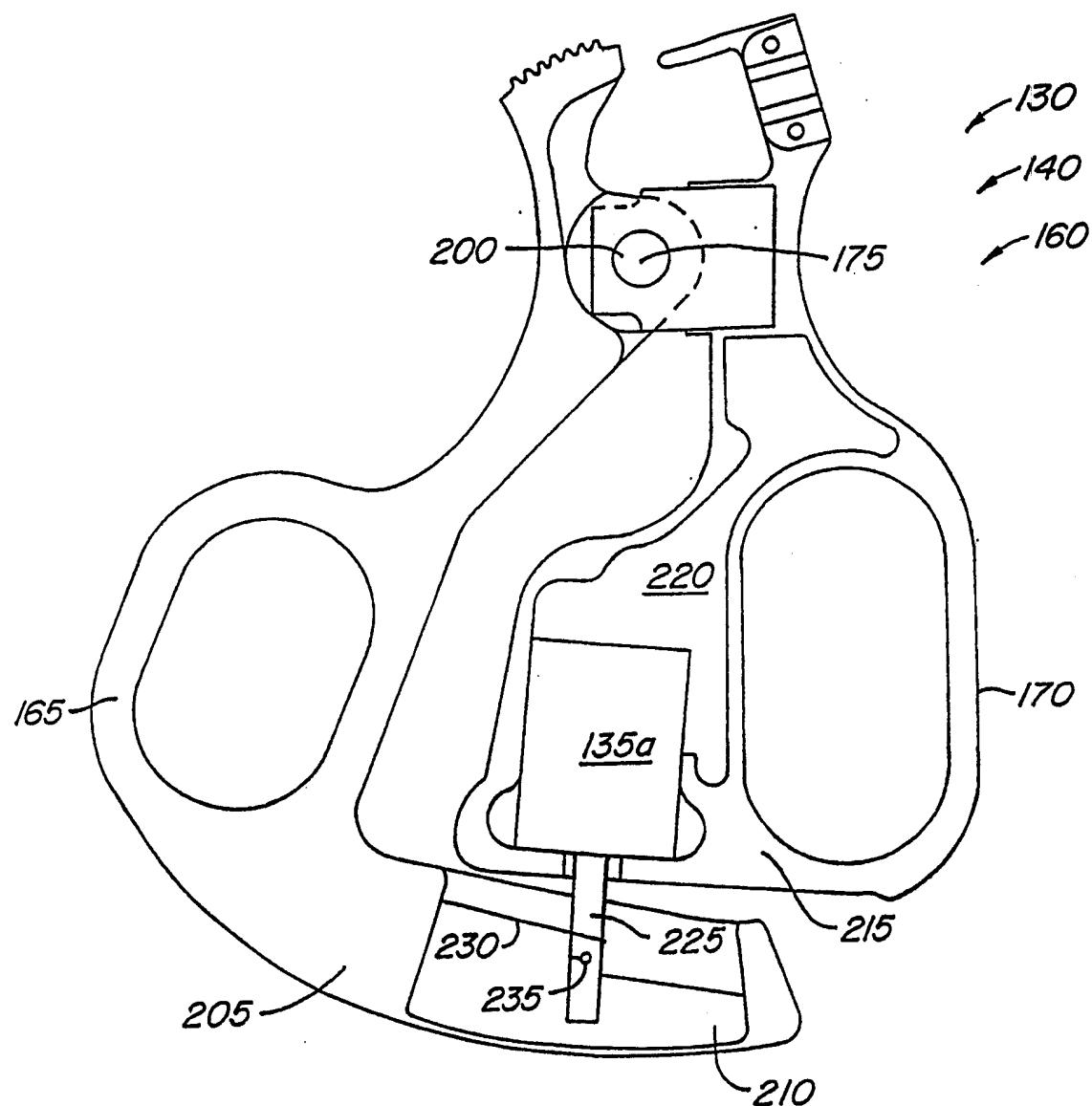


图7

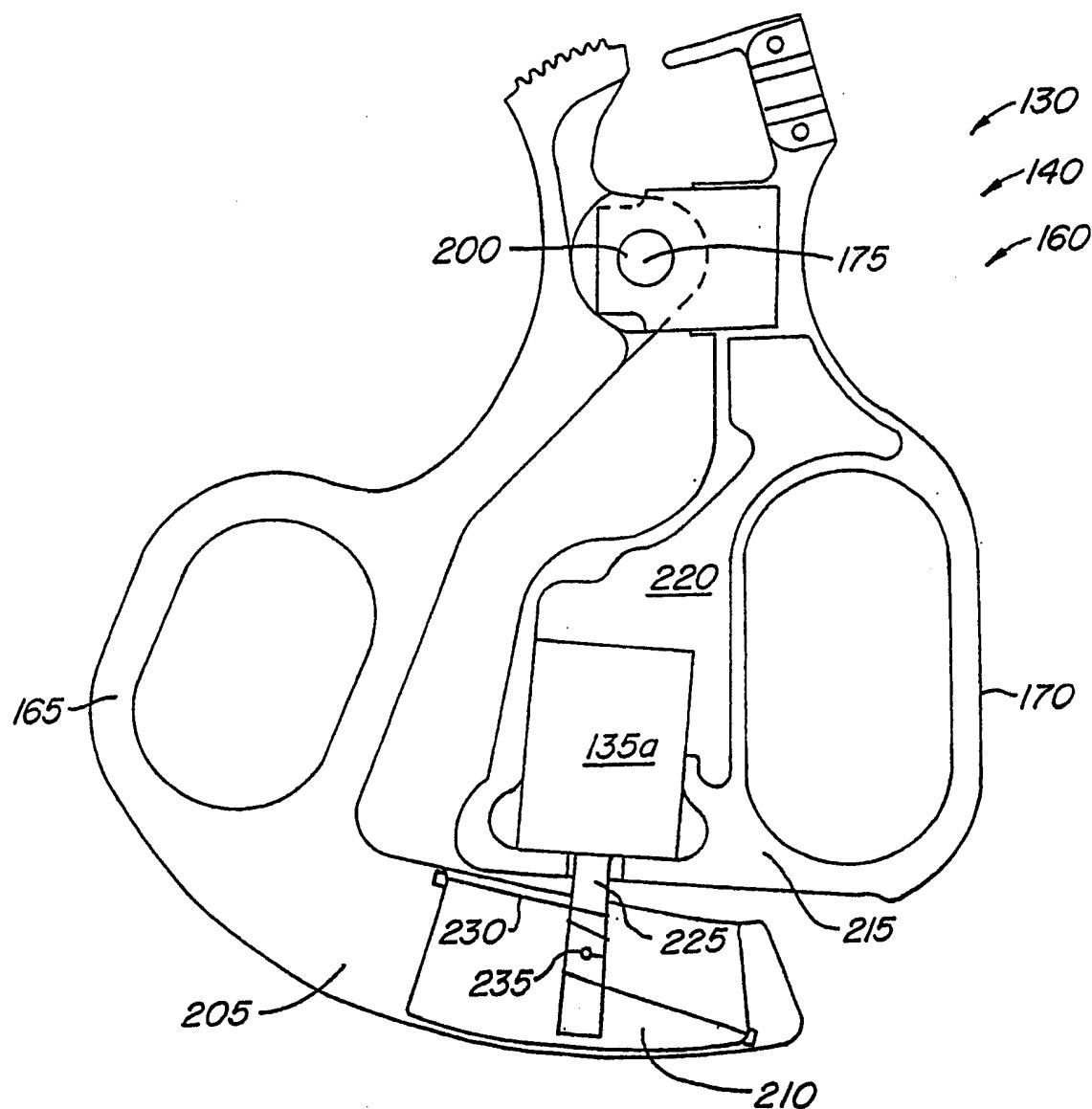


图8

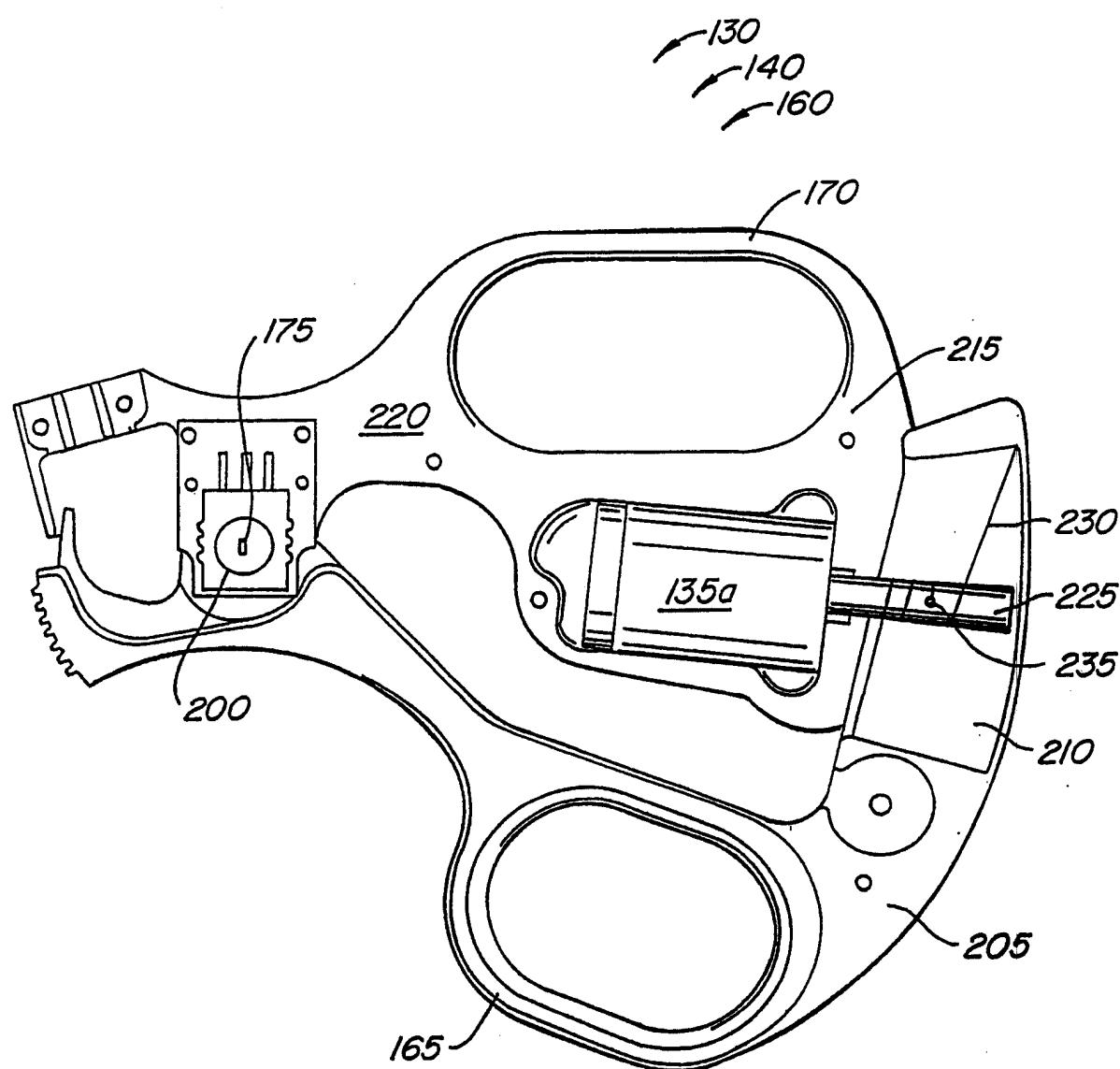


图9

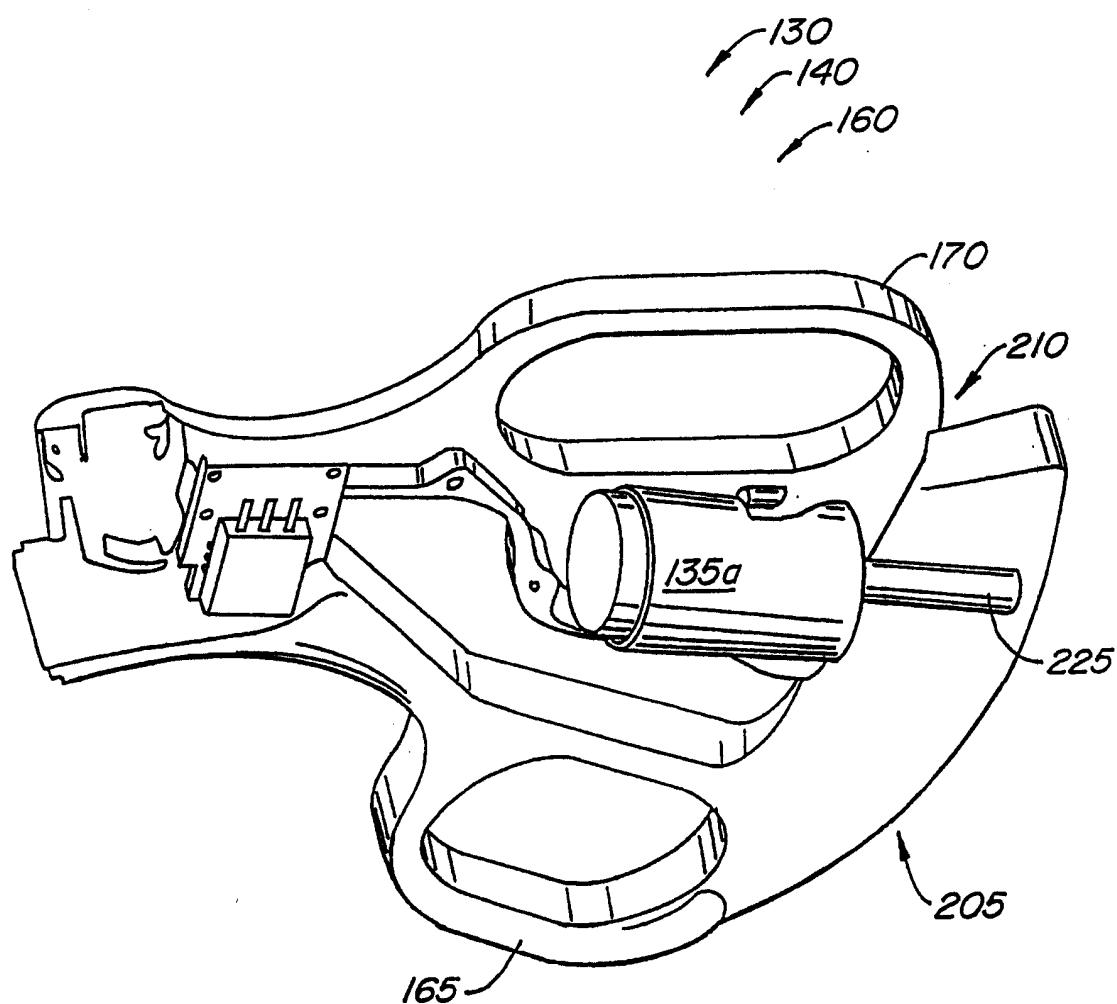


图10

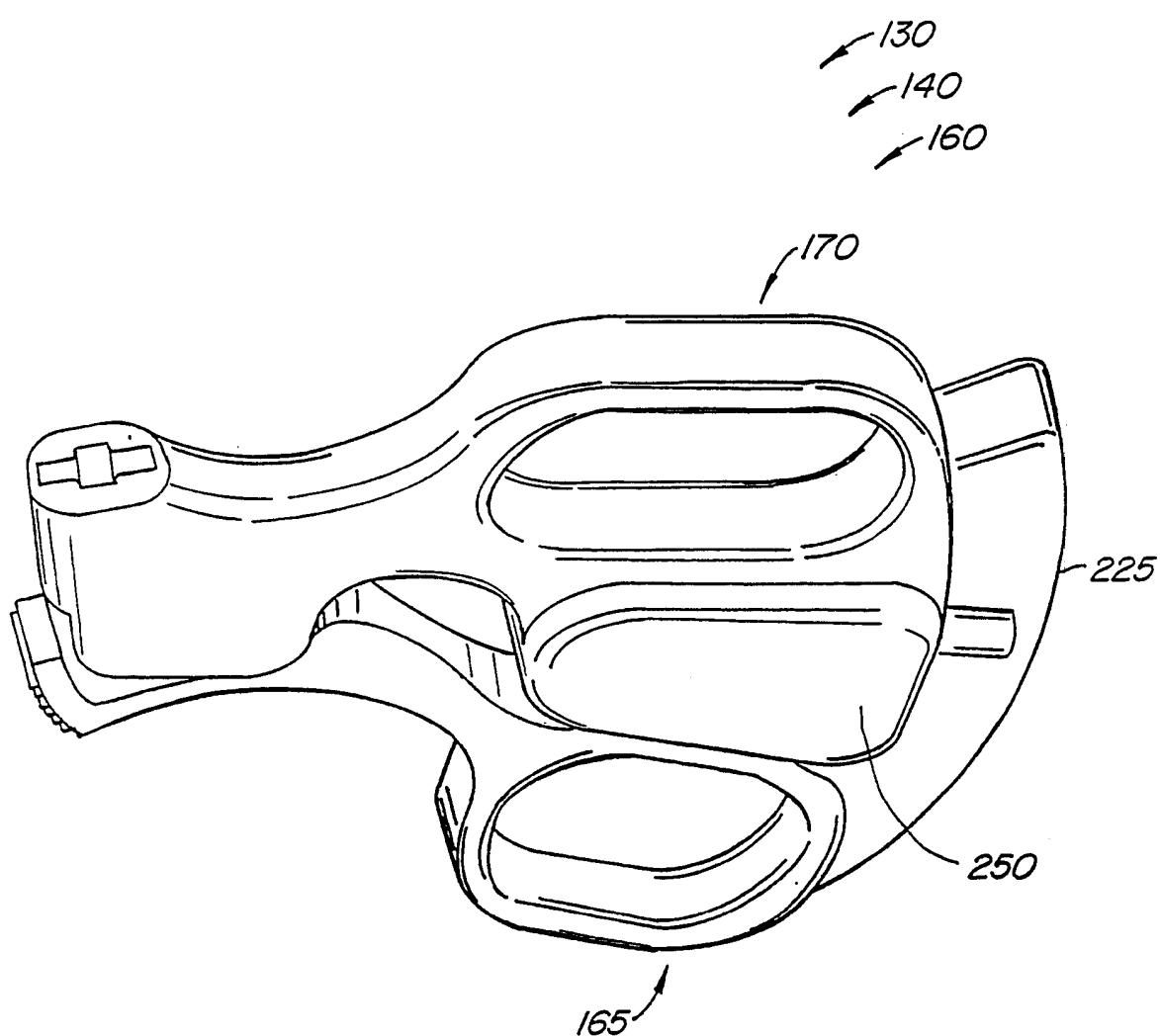


图11

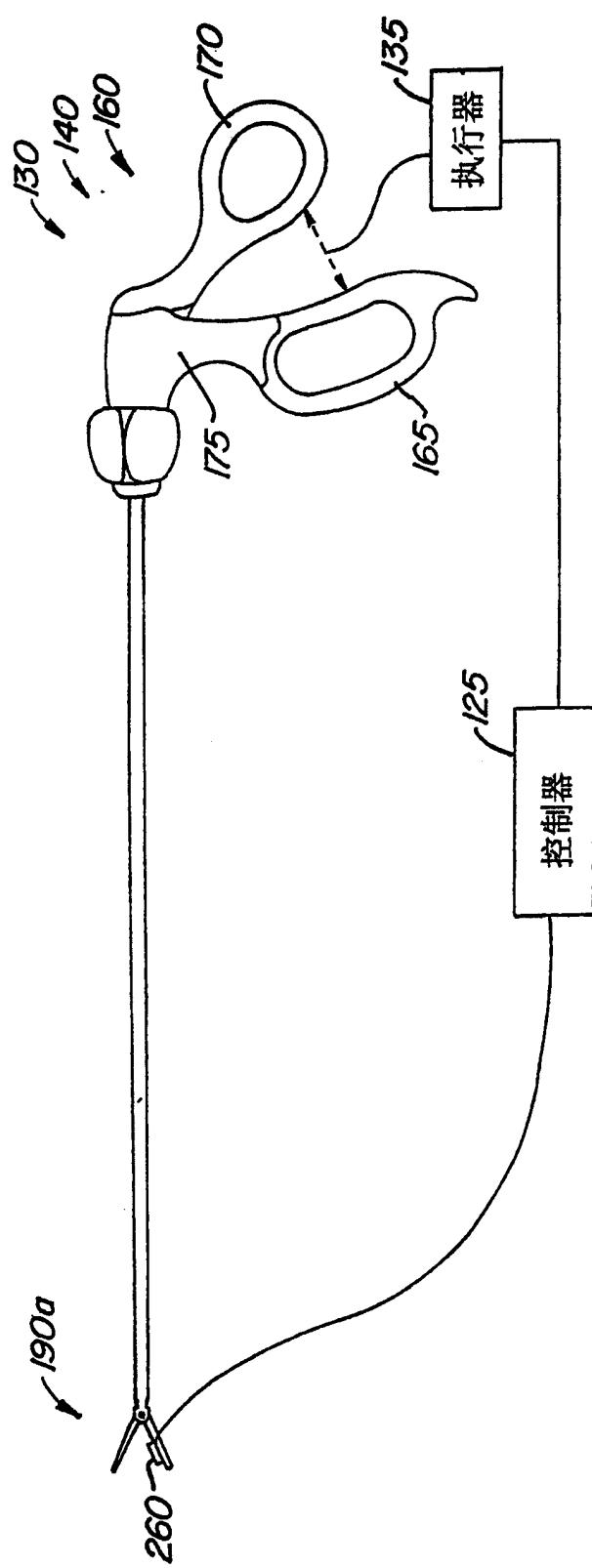


图12