



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101816020 A

(43) 申请公布日 2010.08.25

(21) 申请号 200780037791.3

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22) 申请日 2007.10.10

代理人 赵腾飞 王英

(30) 优先权数据

11/545,773 2006.10.11 US

(51) Int. Cl.

G06T 15/00(2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009.04.09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/080937 2007.10.10

(87) PCT申请的公布数据

W02008/045934 EN 2008.04.17

(71) 申请人 达索系统公司

地址 法国韦利济-维拉库布莱

(72) 发明人 J-j·格里莫 J·杜格拉斯

E·皮秋祖

权利要求书 4 页 说明书 12 页 附图 7 页

(54) 发明名称

用于三维图像的跟随方法

(57) 摘要

一种基于计算机方法,其使得能够穿过三维图像跟随屏幕上的三维图像中的所选择部件。在一个实施例中,所述方法包括在图像中选择部件,去除包括在所述图像中的阻碍观察所述部件的任何障碍物,沿着所述部件移动光标,同时将所述光标的移动限制在所选择部件上,并且在移动所述光标的同时,在所述观察屏的所选择区域中自动地去除在移动所述光标期间出现的阻碍观察所述部件的任何进一步的障碍,使得所述光标能够跟随所述部件的几何形状。因此,在跟随所述部件的几何形状时,在所选择区域将未受阻碍的视图提供给用户。

1. 一种用于在包括部件的三维计算机模型中跟随所选择部件的几何特征的方法,所述模型显示在计算机屏幕上,并且所述方法包括下列步骤:

从三维计算机模型中选择部件;以及

沿着所述部件的几何特征跟随所述部件,而且同时地且自动地去除在所述三维模型中阻碍观察所述部件的任何障碍物,以便在跟随所述部件时允许观察所述部件。

2. 根据权利要求1所述的方法,还包括在所述计算机屏幕上重新定位所述模型,以便显示先前没有被显示并且位于所述部件正在被跟随的方向上的所述模型的另一部分,从而使得沿着所述方向能够进一步跟随所述特征。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述部件的所述选择包括:最初,自动地从所述三维模型中去除阻碍观察所选择部件的任何障碍物。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,从所述三维模型中选择所述部件包括:使用光标选择所述部件。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,从所述三维模型中选择所述部件包括:从目录树结构中选择所述部件。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,从所述三维模型中选择所述部件包括:过滤出所述三维模型的除了包含所述部件的层之外的所有层。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述跟随所述部件的步骤包括:以所述用户选择的预定速度自动地跟随所述部件。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述跟随所述部件的步骤包括:在显示所述三维图像的屏幕上使用光标跟随所选择部件。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中,通过参数化曲线模型来表示所述部件,并且在与所述曲线模型相切的直线垂直的观察平面内设置用于观察所述曲线模型的观察点。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中,针对所述曲线模型的几何形状的改变,设立新的切线。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中,计算与所选择部件的所选表面垂直的平面,并且相对于所述垂直平面定义从其观察在所述三维计算机模型中的所选择部件的观察点。

12. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述跟随所选择部件的步骤包括:沿着所选择部件移动光标,同时将所述光标的移动限制在所选择部件上。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中,在将所述光标的所述移动限制在所选择部件上的期间,只要所述光标的所述移动的分量在所选择部件的范围以内,用于控制所述光标的输入设备的移动就会造成所述光标的移动。

14. 根据权利要求1所述的方法,其中,所选择部件包括由多个子部件构成的组件。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中,通过合并操作来定义由多个子部件构成的所述组件。

16. 根据权利要求14所述的方法,其中,由多个子部件构成的所述组件基于所述多个子部件的共有属性。

17. 根据权利要求1所述的方法,其中,所选择部件包括单个离散的部件。

18. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述三维模型包括体模型,其中,使用光标跟随所选择部件,并且其中,使用位于标量场、向量场以及张量场中的一个内的值来将所述光标

的移动限制在所选择部件上。

19. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,结合所选择部件的所述跟随,使用音频输出。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其中,在跟随所选择部件期间使用光标,并且只要所述光标正在跟随所选择部件,所述音频输出就包括产生的连续声音。

21. 根据权利要求 19 所述的方法,其中,使用被限制在所选择部件上的光标来跟随所述部件,并且其中,使用所述音频输出来在没有跟随所选择部件时提供指示。

22. 根据权利要求 21 所述的方法,其中,所述音频输出包括在没有跟随所选择部件时产生的听得见的警告。

23. 根据权利要求 21 所述的方法,其中,所述音频输出包括对在所述跟随所选择部件的步骤期间遇到的异常做出响应而产生的听得见的警告。

24. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,使用一系列的点来表示所选择部件的所述几何特征。

25. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,改变显示给用户的所述三维模型的观察点的定向,使得在与视图方向一致的直线和所述几何特征的切线之间定义的角度保持不变。

26. 根据权利要求 25 所述的方法,其中,所述几何特征是所选择部件的表面,并且其中,在与所述视图方向一致的直线和与所述表面垂直的直线之间的角度保持不变。

27. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,当所选择部件的连续性发生改变时,将所述模型立即从在所述连续性的改变之前的定向移动至新的定向。

28. 根据权利要求 27 所述的方法,其中,当发生所述连续性的改变时,提供警告给用户。

29. 根据权利要求 27 所述的方法,其中,在跟随所选择部件的期间使用在观察所述三维模型的观察窗内移动的光标,并且其中,当所述光标移动至位于所述观察窗的边界处的点时平移所述观察窗,以便使得所述光标能够继续跟随所选择部件。

30. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,将基于相对于所选择部件进行的计算的信息显示给用户。

31. 一种用于使得能够在屏幕上穿过三维图像跟随所述三维图像的所选择部件的基于计算机的方法,所述方法包括下列步骤:

在观察屏幕上选择包括在三维图像中的部件;

去除包括在所述三维图像中的阻碍观察所选择部件的任何障碍物;

沿着所选择部件移动光标,同时将所述光标的移动限制在所选择部件上;以及

在移动所述光标的同时,在所述屏幕的所选择区域中,自动地去除在沿着所述部件移动所述光标的期间出现在所述部件前面的、阻碍观察所述部件的任何进一步的障碍物,使得所述光标能够跟随所述部件的几何形状,从而在跟随所述部件的几何形状时所述光标的所述移动期间,在所述屏幕的所述所选择区域中将所选择部件的未受阻碍的视图提供给用户。

32. 根据权利要求 31 所述的基于计算机的方法,其中,所述所选择区域包括包含所述三维图像的一部分的所述屏幕的所选择部分。

33. 根据权利要求 31 所述的基于计算机的方法,其中,所述所选择区域包括所述屏幕的全部。

34. 根据权利要求 31 所述的基于计算机的方法,其中,使用树结构来选择所选择部件。
35. 根据权利要求 31 所述的基于计算机的方法,其中,通过使用与所述部件相关的标识符进行过滤,来选择所选择部件。
36. 根据权利要求 35 所述的基于计算机的方法,其中,所述标识符包括所选择部件的名称。
37. 根据权利要求 35 所述的基于计算机的方法,其中,所述标识符包括所选择部件的属性。
38. 根据权利要求 31 所述的基于计算机的方法,其中,在所述自动去除步骤中,将被去除的障碍物从所述屏幕上完全去除。
39. 根据权利要求 31 所述的基于计算机的方法,其中,在所述自动去除步骤中,将被去除的障碍物在所述屏幕上保留为虚幻像。
40. 根据权利要求 31 所述的基于计算机的方法,其中,所述所选择区域跟随所述光标在所述部件的几何特征上的投影。
41. 根据权利要求 40 所述的基于计算机的方法,其中,所述几何特征包括表面曲率、边缘以及顶点中的一个。
42. 根据权利要求 41 所述的基于计算机的方法,其中,所述所选择区域包括以与出现在所选择部件的曲线几何特征上的选择线的最接近的点为圆心的圆。
43. 根据权利要求 31 所述的基于计算机的方法,其中,在观察所述图像期间,将静态观察点提供给所述用户。
44. 根据权利要求 31 所述的基于计算机的方法,其中,在观察所述图像期间,将一直集中在所述光标上的观察点提供给所述用户。
45. 根据权利要求 31 所述的基于计算机的方法,其中,在观察所述图像期间,将所述光标接近所述观察区域的边界时会改变的观察点提供给所述用户。
46. 根据权利要求 31 所述的基于计算机的方法,其中,所述所选择部件包括多个子部件。
47. 一种用于跟随在包括键盘的计算机设备的观察屏幕上所显示的三维计算机模型中的所选择部件的几何特征的方法,所述方法包括下列步骤:
响应于按下所述键盘的第一键,通过去除在所述三维模型中阻碍观察所述部件的任何障碍物,来观察到要选择的部件;
使用第二键选择所述部件;
沿着所选择部件的几何特征移动光标,以便跟随所述几何特征;以及
在移动所述光标的同时,自动地去除在沿着所述部件移动所述光标的期间出现在所述部件前面并且阻碍观察所述部件的任何进一步的障碍物,使得所述光标能够跟随所述部件的所述几何特征,从而在所述光标的所述移动期间将所选择部件的未受阻的视图提供给用户,其中,在移动所述光标时,改变显示在所述屏幕上的所述模型的所述视图,以显示位于光标移动方向上的、先前没有被显示的所述模型的另一部分。
48. 根据权利要求 47 所述的方法,其中,当在跟随所述几何特征期间所述光标被移动至所述观察屏幕的边界时改变所述视图,并且移动设置在所述观察屏幕上的所述模型的所述视图,使得所述模型的所述另一部分是先前处于在所述光标移动方向上所述边界之外的

部分。

49. 根据权利要求 47 所述的方法,其中,每次所述光标被移动至边界时改变所述视图,并且其中,响应于所述光标移动至所述边界,移动显示在所述屏幕上的所述模型的所述视图和所述光标的位置,使得所述屏幕上的所述光标的位置返回至所述屏幕的中央区域,从而在跟随所述几何特征期间从所述中央区域开始继续所述光标的进一步移动。

50. 根据权利要求 47 所述的方法,其中,所述去除进一步的障碍物的步骤包括:以虚线显示所述障碍物,以便使得能够穿过所述障碍物观察所述部件。

51. 根据权利要求 47 所述的方法,其中,当所述障碍物不再阻碍观察所述部件时,恢复已经被去除的所述进一步的障碍物。

用于三维图像的跟随方法

技术领域

[0001] 本发明涉及三维计算机模型领域,更具体地说,涉及使得用户能够与三维图像进行交互的基于计算机的方法和软件。

背景技术

[0002] 当然,有很多不同的操作三维模型或图像以执行各种任务的计算机应用程序所使用的工具。在一些应用程序中,可以使用指针来跟随表面。例如,在由共同受让人 Seemage 公司研发的应用程序中,“顶尖 (toy top)”形状的指针或光标表示在其上指针正在移动的法向。该“顶”指针可以用来对将垂直于指针的轴放置的工具(例如,剖面)进行定位,或者沿着指针的轴对观察点进行定位。

[0003] 尽管这些方法是与三维计算机模型和图像进行交互的非常有用的方法,但是这些应用程序假设对指针停留其上的部件的观察不受位于用户希望跟随或者交互的部件前面的其他部件或组件的阻碍或妨碍。更具体地说,在如上所述的方法中,当所述“顶尖”指针遇到指针位于其上的所选择部件的前面或者阻挡所选择部件的另一部件的表面时,所述指针“跳”至妨碍观察最初所选择部件的部件或组件的表面,并且不保留在原来部件的表面上。

[0004] 对诸如管道的三维对象进行观察的当前方法还包括使用二维图形以试图跟随整个管线。然而,当存在很多线或者有其他障碍时,跟随特定的线将不再具有现实可能性。

[0005] Matsui 等人在专利号为 5,182,775 的美国专利中公开了一定程度上相关的另一种方法,该方法包括对管道的放射影像进行差别分析以检测管道焊接中的缺陷。然而,在许多其他差别中,该方法不是交互式的并且使用差别分析以产生缺陷的图片。

[0006] 其他可能相关的专利包括专利号为 5,467,441 ;5,617,114 ;5,729,704 以及 5,818,455 的美国专利以及号码为 EP 0 636 971 B1 的欧洲专利说明书。例如,这些专利中的第一个公开了一种用于操作从其已经产生了第一图像的基于对象的模型数据结构的方法,其中所述基于对象的模型数据结构用来产生具有被添加、被取代或被删除对象的第二图像。在后面的例子中,能够删除对象以另外显示被隐藏的对象。第二个专利涉及具有能够由其他工具组成的点进 (click-through) 工具的用户界面。所述工具包括具有可视过滤器 (visual filter) 的点进按钮。

[0007] 还参考了系列号为 10/532,305 的共同受让的待审的申请,出于所有的目的通过引用的方式将其合并于此。该专利申请公开了一种使得新定义的属性能够“被锁定”的设备,以使得这些属性在随后的相机位置改变期间被保持。所述设备有利地装备有“跟随模式”,当改变相机位置时利用该“跟随模式”使得二维范围内的影响区域跟随被锁定的对象。

发明内容

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种方法,所述方法为用户提供了交互式地在整体中观察所选择部件或者观察部件的零件的能力,尤其当其他对象、部件或者组件已经妨碍了这种观察时以及在穿过所述部件的区域的一部分或者全部而跟随所述部件时。应理

解,仅提取所述部件并且使得所述部件的周围物体不可见不是这里要解决的基本问题的合适的方法。关于这一点,通常需要提供与所选择部件相关的环境或者背景以便使得能够马上识别并且立刻知道组件中的所选择部件的位置。此外,在尝试穿过部件的区域而跟随部件时将出现特殊问题,因为可能遇到新的妨碍观察的对象,另外,可能到达了屏幕边界,阻止了进一步跟随所述部件。

[0009] 如下所述,本发明的实施例能够用在许多类型的领域和平台中。对于表面型三维模型来说,实施例能够用于 AEC 中所有类型的模型(例如, NURBS、其他 b-rep 定义的表面、多边形模型等),实施例用来例如使得用户能够跟随建筑物中的管道、水管、通气管道以及布线。对于航天技术和离散型制造应用来说,实施例使得用户能够跟随作为装备(harnesses)部件的水压导管和气动导管、水管、电缆、电布线等。在石油勘探、石油开发、化工生产中以及对于诸如炼油厂和化工厂的应用来说,本发明的实施例使得能够跟随被其他管道、处理单元或者其他结构挡住的管道。

[0010] 对于体模型来说,本发明的实施例能够用于挖掘应用,其中使得用户能够跟随竖井、通风孔以及岩脉;在如上提到的石油勘探和油田开发中,其中使得用户能够跟随钻井轨迹、岩层以及地质构造的边界;在医疗应用中,其中实施例使得用户能够跟随例如静脉、动脉、淋巴、胆管、神经系统以及器官的表面。

[0011] 其他使用是在使用标量场或者向量场的应用中跟随流体(例如,液体流等)。而另一种使用是跟随诸如一系列的焊接点或者焊接线的系列。

[0012] 本发明的实施例还使得能够结合物理对象观察三维模型或者图像,所述物理对象由所述模型制成或者由某个物理对象衍生出来的模型制成。这能够通过现场直接观察或者通过远程观察来完成。实施例还使得用户能够观察所述物理对象以及模型,并且决定将采取的任何行动。这种特征在包括例如消防、化工、安全应用、维护与修理以及内科和外科手术的许多领域中非常有用。简单的示例包括确定从建筑物的外部在墙的什么位置打孔以观察到特定对象(管道、电器盒等),或者确定在什么位置进行挖掘以观察到被埋对象。

[0013] 根据本发明的一个方面,提供一种用于在包括部件的三维计算机模型中跟随所选部件的几何特征的方法,所述模型显示在计算机屏幕上,并且所述方法包括下列步骤:

[0014] 从三维计算机模型中选择部件;以及

[0015] 沿着所述部件的几何特征跟随所述部件,同时:(i)同时地并且自动地去除在所述三维模型中阻碍观察所述部件的任何障碍物,以便在跟随所述部件时允许观察所述部件,并且(ii)在所述计算机屏幕上重新定位所述模型,以便显示先前没有被显示并且位于所述部件正在被跟随的方向上的所述模型的另一部分,从而使得沿着所述方向能够进一步跟随所述特征。

[0016] 优选地,所述部件的选择包括:最初自动地从所述三维模型中去除阻碍观察所选择部件的任何障碍物。在一个优选实施例中,从所述三维模型中选择所述部件包括:使用光标选择所述部件。在另一优选实施例中,从所述三维模型中选择所述部件包括:从目录树结构中选择所述部件。在另一优选实施例中,从所述三维模型中选择所述部件包括:过滤出所述三维模型的除了包含所述部件的层之外的所有层。在有利的实现中,所述跟随所述部件的步骤包括:以用户选择的预定速度自动地跟随所述部件。

[0017] 优选地,所述跟随所述部件的步骤包括在显示所述三维图像的屏幕上使用光标跟

随所选择部件。

[0018] 在一个优选实施例中,其中通过参数化曲线模型来表示所述部件,在与所述曲线模型相切的直线垂直的观察平面中设置用于观察所述曲线模型的观察点。有利地,针对所述曲线模型的几何形状的改变,设立新的切线。

[0019] 在另一优选实施例中,计算与所选择部件的所选表面垂直的平面,并且相对于所述垂直平面定义从其观察在所述三维计算机模型中的所选择部件的观察点。

[0020] 优选地,所述跟随所选择部件的步骤包括沿着所选择部件移动光标,同时将所述光标的移动限制在所选择部件上。有利地,在将所述光标的移动限制在所选择部件上的期间,只要所述光标的所述移动的分量在所选择部件的范围以内,用于控制所述光标的输入设备的移动就会造成所述光标的移动。

[0021] 在一个优选实施例中,所选择部件包括由多个子部件构成的组件。有利地,在一个实现中,通过合并操作来定义由多个子部件构成的组件。在另一有利实现中,由多个子部件构成的组件基于所述多个子部件的共有属性。在另一优选实施例中,所选择部件包括单个离散的部件。

[0022] 在一个优选实施例中,其中所述三维计算机模型包括体模型,使用光标来跟随所选择部件,并且使用标量场、向量场以及张量场中的一个内的值来将所述光标的移动限制在所选择部件上。

[0023] 在一个有利实现中,结合所选择部件的所述跟随,使用音频输出。在一个优选实施例中,在跟随所选择部件期间使用光标,并且只要所述光标正在跟随所选择部件,所述音频输出就包括产生的连续声音。

[0024] 在另一实现中,其中使用音频输出,使用被限制在所选择部件上的光标来跟随所述部件,并且其中,使用所述音频输出来在没有跟随所选择部件时提供指示。优选地,所述音频输出包括在没有跟随所选择部件时产生的听得见的警告。

[0025] 在另一优选实施例中,所述音频输出包括对在所述跟随所选择部件的步骤期间遇到的异常 (incongruity) 做出响应而产生的听得见的警告。

[0026] 在一个优选实现中,使用一系列的点来表示所选择部件的所述几何特征。如下所讨论,该实现在跟随一系列焊接点等时是有用的。

[0027] 优选地,改变显示给用户的所述三维模型的所述观察点的定向,使得在与视图方向一致的直线和所述几何特征的切线之间定义的角度保持不变。

[0028] 在一个优选实施例中,其中所述几何特征是所选择部件的表面,在与所述视图方向一致的直线和与所述表面垂直的直线之间的角度保持不变。

[0029] 优选地,当所选择部件的连续性发生改变时,将所述计算机模型立即从在所述连续性的改变之前的定向移动至新的定向。当发生所述连续性的改变时,优选地提供警告给用户。

[0030] 在另一优选实施例中,在跟随所选择部件的期间使用在观察所述三维模型观察窗 (viewport) 内移动的光标,并且当所述光标移动至位于所述观察窗的边界处的点时平移所述观察窗,以便使得所述光标能够继续跟随所选择部件。

[0031] 在一个有利的实施例中,还将基于相对于所选择部件进行的计算的信息显示给用户。以下将更为详细地讨论该特征。

[0032] 根据本发明的另一方面,提供一种用于使得能够在屏幕上穿过三维图像跟随所述三维图像的所选择部件的基于计算机的方法,所述方法包括下列步骤:在观察屏幕上选择包括在三维图像中的部件;去除包括在所述三维图像中的阻碍观察所选择部件的任何障碍物;沿着所选择部件移动光标,同时将所述光标的移动限制在所选择部件上;以及在移动所述光标的同时,在所述屏幕的所选择区域中,自动地去除在沿着所述部件移动所述光标的期间出现在所述部件前面的阻碍观察所述部件的任何进一步的障碍物,使得所述光标能够跟随所述部件的几何形状,从而在跟随所述部件的几何形状时的所述光标的所述移动期间,在所述屏幕的所述所选择区域中将所选择部件的未受阻碍的视图提供给用户。

[0033] 在一个优选实施例中,所选择区域包括包含所述三维图像的一部分的所述屏幕的所选择部分。或者,所选择区域包括所述屏幕的全部。

[0034] 在一个优选实施例中,使用树结构来选择所选择部件。在另一优选实施例中,通过使用与所述部件相关的标识符进行过滤来选择所选择部件。在一个实现中,所述标识符包括所选择部件的名称。或者,所述标识符包括所选择部件的属性。

[0035] 优选地,在所述自动去除步骤中,将被去除的障碍物从所述屏幕上完全去除。在可替代的优选实施例中,在所述自动去除步骤中,将被去除的障碍物在所述屏幕上保留为虚幻像(ghost image)。

[0036] 优选地,所选择区域跟随所述光标在所述部件的几何特征上的投影。在一个优选实现中,所述几何特征包括表面曲率、边缘以及顶点中的一个。

[0037] 在一个优选实施例中,所选择区域包括以与出现在所选择部件的曲线几何特征上的选择线的最接近的点为圆心的圆。

[0038] 在一个优选实施例中,在观察所述图像期间将静态观察点提供给所述用户。在可替代的优选实施例中,在用户观察所述图像期间将一直集中在所述光标上的观察点提供给所述用户。在另一可替代的优选实施例中,在所述用户观察所述图像期间将所述光标接近观察区域的边界时会改变的观察点提供给所述用户。

[0039] 如上所述,所选择部件可以包括多个子部件,即,可以由多个子部件构成的组件,而不是单个离散的部件。

[0040] 根据本发明的另一方面,提供一种用于跟随在包括键盘的计算机设备的观察屏幕上显示的三维计算机模型中的所选择部件的几何特征的方法,所述方法包括下列步骤:

[0041] 响应于按下所述键盘的第一键,通过去除在所述三维模型中阻碍观察所述部件的任何障碍物来观察到要选择的部件;

[0042] 使用第二键选择所述部件;

[0043] 沿着所选择部件的几何特征移动光标,以跟随所述几何特征;以及

[0044] 在移动所述光标的同时,自动地去除在沿着所述部件移动所述光标的期间出现在所述部件前面并且阻碍观察所述部件的任何进一步的障碍物,使得所述光标能够跟随所述部件的所述几何特征,从而在所述光标的所述移动期间将所选择部件的未受阻碍的视图提供给所述用户。

[0045] 其中,在移动所述光标时,改变显示在所述屏幕上的所述模型的所述视图,以便显示位于光标移动方向上的、先前没有被显示的所述模型的另一部分。

[0046] 优选地,在跟随所述几何特征期间,当所述光标被移动至所述观察屏幕的边界时

改变所述视图,并且移动设置在所述观察屏幕上的所述模型的所述视图,使得所述模型的所述另一部分是先前处于在所述光标移动方向上所述边界之外的所述模型的一部分。

[0047] 有利地,每次所述光标被移动至边界时改变所述视图,并且移动显示在所述屏幕上的所述模型的所述视图以及在所述屏幕上的所述光标的位置,使得在所述屏幕上的所述光标的位置返回至所述屏幕的中央区域,从而在跟随所述几何特征期间从所述中央区域开始继续所述光标的进一步运动。

[0048] 优选地,所述去除进一步的障碍物的步骤包括:以虚幻线(ghost line)显示所述障碍物,以便使得能够穿过所述障碍物观察所述部件。

[0049] 本发明的其他特征和优点将在下面的优选实施例的具体描述中进行阐述或者变得显而易见。

附图说明

[0050] 图 1 是根据本发明的一个优选实施例的跟随方法的流程图;

[0051] 图 2(a) 和图 2(b) 是在解释跟随操作的各个方面时所使用的观察窗和所选择部件的高度示意性的正视图;

[0052] 图 3(a) 和图 3(b) 是在解释跟随操作的其他方面时所使用的与图 2(a) 和图 2(b) 中的观察窗和所选择部件类似的高度示意性的正视图;

[0053] 图 4 是在解释跟随操作的另一方面时使用的高度示意性的俯视平面图;

[0054] 图 5 是在解释另一操作特征时使用的高度示意性的透视图;

[0055] 图 6(a)、6(b) 以及 6(c) 是示出了其他操作方面的高度示意性的透视图;

[0056] 图 7(a)、7(b) 以及 7(c) 是在解释本跟随方法的三种不同实现或实施例时使用的高度示意性的透视图;以及

[0057] 图 8 是根据本发明另一优选实施例的跟随方法的流程图。

具体实施方式

[0058] 如上所表明,根据本发明的一个重要方面,提供一种基于计算机的方法,该方法使得能够穿过三维图像或计算机模型跟随所选择部件或组件。作为最初步骤,用户选择待跟随或待观察的预期部件。在优选实施例中,为了使得能够观察预期部件,所述方法用于自动地去除阻止直接观察所述部件的其他对象、层或其他障碍物或障碍。例如,如果待跟随的部件是建筑物中或建筑物一部分中的特定的布线导管、管道或者输送管,所述方法用于从用户的观察点或视点(perspective)观察到的图像中去除诸如墙壁、隔层等的所有对象。这使得用户最初能够观察并且然后直接在三维表示中跟随所选择部件。在跟随所述部件期间,随着跟随所述部件,自动地去除阻碍观察所选择部件的其他对象和障碍物。在优选实施例中,对阻碍观察所述部件的障碍物和阻碍物的去除限于通过将观察点或选择的视点投影至所选择部件之上所定义的中心点周围的区域。如上所表明,所述方法还可以用来跟随由多个单独部件构成的组件。所述方法可以实现为单独的工具或模式,或作为与其他建模工具应用程序结合的非排他式模式,其中由所述应用程序提供的导航工具(navigational tool)受到了所述方法的限制。

[0059] 参照图 1,示出了根据本发明的一个优选实施例的方法的方块流程图。下面将讨论

本发明的方法的不同优选实施例和实现,其中省略或修改了图 1 中所示的这些步骤,或采用不同的步骤。在示出的方法中,用户在屏幕上观察结构、对象或其他组件的三维图像或模型,且如同所讨论的一样,能够采用许多不同领域中的许多不同图像或模型。

[0060] 如图 1 所示,在第一步骤 10 中,用户在三维图像中选择特定的预期部件或者由多个部件构成的组件,以及用户期望穿过三维图像而进行跟随的路线、过程或区域。用户可以通过使用几种不同技术中的一种来选择预期部件。例如,在一个实施例中,用户通过利用设置在观察屏幕上的光标或者其他选择图标来手动地以及交互式地选择部件。用户还可以通过使用菜单或目录树结构来选择部件。在本实施例中,包含在图像中的每个部件或由多个部件构成的组件设置有相关标识符,该相关标识符包括在目录树结构中,并且与屏幕上的三维图像的部件相关。在选择部件期间,用户从目录树中选择与期望部件或组件相关的标识符。在另一实施例中,用户通过过滤出非期望部件来选择期望部件。例如,通过使用目录树,用户可以选择过滤器特征以除去在三维图像中包含的用户不希望跟随的部件、部件种类或其他组件。如上所表明,在表面 3D 模型中,不是选择单个离散的部件,对于用户来说另一选择是选择由多个部件构成的组件,即,该被选择“部件”实际上可以是由多个子部件构成的组件。该组件能够通过利用所述选择的共有属性或使用其他方法,通过合并操作来定义。

[0061] 如方框或步骤 12 所表明,在优选实施例中,当选择期望部件时,在最初步骤中自动去除了其他部件。被去除的部件可以完全消失或者可以以虚幻像(ghost)的形式保留在屏幕上,使得用户未受阻碍地观察所选择部件,还可以在环境中观察所选择部件,即,与相邻部件或者周围环境相对照地观察所选择部件。此外,被去除部件可以仅是在屏幕的被选定或所选择区域中在所选择部件前面的那些部件,或者可以是屏幕上的所有部件。因此,在前一种情况下,用户可以选择所选择部件前面的、在其中障碍物或障碍将被去除的图像的区域尺寸,使得能够观察与所选择部件对应的区域。

[0062] 一旦用户选择了待跟随的部件,在本发明的一个优选实施例中,用户可以选择在屏幕上观察并且显示模型的视点或者观察点。优选地,用户可以使用几种不同模型或者选择。例如,在一种模式中,观察点不自动地改变。在另一模式中,使用光标并且观察点一直集中在光标的上。在使用光标的另一模式中,当光标接近所提供的当前视图的边界时改变观察点。

[0063] 在图 1 的实施例中,用户通过沿着部件移动光标来手动地跟随部件。在可替代实施例中,提供有自动跟随选项。通过选择自动跟随选项,用户从选定的视点或者观察点来观察图像或者动画,并且穿过三维图像来自动地跟随该部件。在本实施例中,优选地提供使得用户能够控制跟随速度、暂停所述过程等的控制。如同下面具体所讨论的,如果选择了手动(光标)选项,则优选地将光标的移动限制在待跟随的所选择部件上。

[0064] 如上所讨论,在一个优选实施例中,在第一步骤中自动去除了三维图像中阻碍观察所选择部件的任何障碍物。在一个实现中,按照从用户最初选择的观察点和视点所确定的,沿着所选择部件,去除任何阻碍观察的障碍或者对象。观察区域可以跟随光标或者其他指针在感兴趣的部件的几何形状(即,表面、曲线、边缘或者顶点)上的投影。例如,对于曲线,所选择的观察区域可以是以该曲线上最接近于拾取线的点为圆心的圆。

[0065] 在选择了部件之后,在接下来的步骤中,如步骤 14 所示,用户沿着所选择部件移

动光标、指针或者一些其他图标（在下文中称为光标），以穿过三维图像或模型来跟随所述部件。如上所表明，所提供的观察区域或观察窗可以包括屏幕的一部分或者整个屏幕。

[0066] 如步骤 16 中所示，如果在如步骤 14 所示的该移动光标期间，三维图像中的其他障碍物阻挡了对所选择部件的观察，或者在用户沿着所选择部件移动光标的同时阻碍了对所选择部件的观察，则自动去除阻碍观察所选择部件的障碍物。这使得用户在沿着所选择部件移动光标的同时能够观察所选择部件。如上所表明，在一个优选实施例中，仍然可以以虚线显示“被去除”的障碍物。

[0067] 同样如方框 16 所示，重新定位屏幕图像显示，以显示位于光标移动方向上并且先前没有被显示的模型的另一部分，以便使得光标能够跟随在初始屏幕显示范围之外的图像。在下面将结合图 8 具体地讨论该特征和该特征的其他方面。

[0068] 在去除或者除去阻挡观察所选择部件的障碍物时，可以使用各种已知的方法。例如，一种方法涉及通过使用通常被称为 z -缓冲器，即，深度 z 的缓冲存储器，来测量在所选择部件周围的区域中的像素的深度。通过使用具有图像二维尺寸的存储器容量，使用 z -缓冲器技术允许当所选择部件被隐藏时显示所选择部件。因此，在 3-D 图像上，只有在存储器中的先前 z 值（深度值）大于被测量像素的当前 z 值的情况下，才取代当前被测量的像素。该过程通常称为深度测量。

[0069] 返回图 1 所示的优选实施例的步骤 14，在本实施例中，如上所述，将光标限制在所述部件上，即，将在屏幕上的光标移动限制为仅在所选择部件上和沿着所选择部件移动，并且当控制设备（鼠标）提供离开该部件的移动时光标消失或者不能移动。因此，在优选的实现中，当用户移动光标时，仅能够沿着待跟随的预期部件并且在待跟随的预期部件以内移动光标。例如，在跟随管道期间，如果将光标定位于管道中间的管道上，且将光标的移动限制于管道，则因此光标将能够向左或者向右移动至管道的末端，并且向上或者向下移动范围是管道的半径。此外，在优选实施例中，在跟随所选择部件期间，只要（即，仅当）输入设备的移动的分量产生了光标在管道的限制以内的移动，则诸如鼠标的相关输入或者控制设备的移动将应用于光标的位置，即，如果光标的这种移动将超出管道的限制之外，则鼠标的移动不会导致光标的移动。

[0070] 根据另一优选实施例，设置了在沿着所选择部件移动光标时连续发声并且当不再跟随部件时终止的音频输出。当光标没有被直接限制至该部件或者没有结合这种限制时能够使用这种特性。换句话说，在一个优选实施例中，通过警告用户光标已经移出了所选择部件，将音频输出用来限制光标的移动。关于这一点，如果光标移出了该部件，则能够提供简单的音频警告。在另一实现中，只要光标碰到不连续或者发生异常的情况，就提供音频警告。

[0071] 应理解在一些示例中，一系列点就足够描述部件的几何形状。例如，在焊接部件之间的点期间，针对车辆上的参考点以及过程的路径，一系列的点就足够。

[0072] 在待跟随的部件具有小截面的情况下（例如，其中部件是导线、血管或其他细长的形状），几何形状可以利用参数化曲线模型来定义（通过 $x = f(t)$, $y = f(t)$, $z = f(t)$ 表示）。在这些情况下，根据一个有利的实施例，为了确定观察平面，确定所述曲线模型的切线，并且将观察平面定义为垂直于所述切线的平面。因此用户的观察点将包括在所述观察平面中。

[0073] 在诸如管道的所选择部件足够大的情况下,能够直接计算从用户观察点到所选择部件的表面的垂直线。因此,有很多不同的方式来表示所选择部件,并且有很多不同方式能够用来确定用户的观察点。

[0074] 在优选实施例中,使用曲线模型来定义所述部件,以使得视图或者观察点与曲线的切线之间的角度保持不变的方式来移动计算机模型的定向。优选地,在待跟随的所选择部件的几何形状为表面的情况下,保持观察点和该表面的垂直线之间的角度。另一方面,在所选择部件的几何形状简单地是一个点的情况下,视图不会自动改变。

[0075] 考虑提供给用户的视图的定向和位置改变的范例,且再次参考管道的范例,考虑在观察时向左跟随管道并且在管道中具有远离用户的 90 度的弯曲或者转向的情况(例如,90° 的直角弯曲),在光标在所述弯曲附近移动时模型将向右旋转,并且在完成了 90 度的旋转后终止所述旋转。

[0076] 当遇到不连续时同样调整观察点。例如,当在导管或管道中遇到 90 度的转向时,模型的定向将从当前定向快速移动至新定向。在一个优选实施例中,通过音频信号或者屏幕上的警告来警告用户有不连续,以便警告用户需要做出决定,从而帮助用户做出正确的决定。

[0077] 在优选实现中,如果发生了不连续并且其中正跟随的部件划分为或者分成多个部件或者路径(例如,其中电线电缆分成三个较小的电缆),则将具有可能的选择的饼形图叠加在该不连续上,以便使得用户能够决定跟随哪一个部件或者路径。

[0078] 如上所述,在优选实施例中,当光标到达位于观察区域的边界边缘处的点时,显示的观察区域将自动地调整为使得图像或模型的接下来相邻的部分进入视图。因此,参考图 2(a) 和 2(b),在图 2(a) 中在观察区域或者观察窗 22 之外用虚线示出了待跟随的曲线部件 20,并且在观察孔 22 内用实线示出了部件 20。如图 2(b) 所示,在跟随部件时观察窗 22 将沿着部件 20 向左平移。在 22' 示出了沿着部件 20 移动的观察窗的新(“n”)位置。因此,在这些实施例中,当光标接近或者到达观察窗的左边界处的点时,视点或者观察点向左平移。

[0079] 图 3(a) 中针对不同部件 24,即,不同曲率的部件,示出了观察窗 22 的类似的平移,以及图 3(b) 中针对类似的部件 26,但是如图所示,视线垂直于部件 26。

[0080] 图 4 是示出了沿着所选择部件 30 在第一位置(左边)和新“n”位置之间观察窗 28 的移动的平面图,以便使得能够观察到部件 30 的两个不同部分。再次用实线示出这些部件。

[0081] 图 5 示出了立方模型 32 并且说明了观察窗 34 的位置如何从立方模型 32 的第一面 32a 的前面、以 34a 表示的第一位置突然改变至模型 32 的相邻面 34b 的前面、以 34b 表示的第二位置。在如上所述的实施例中,当光标到达模型 32 的面 32a 的右边缘(如图 5 中所观察到的)时将发生这种情况。

[0082] 在优选实施例中,使用光标,在边缘的情况下,模型的定向跟随由位于光标点处的两个面所形成的“角”的平分面。

[0083] 对于顶点不连续的情况,在一个实现中,当光标接近顶点时,通过顶点上的限制和鼠标或者其他控制光标的控制设备的移动的交集来确定光标的移动。所选择的面或者边缘将是最接近鼠标的移动的面或者边缘。在只有一个面可见并且其他面隐藏的情况下,将进

行例外处理,并且在顶点外远离该可见面的移动将被解释为朝向相邻隐藏的面中的一个移动。所选择的面将是具有所述移动的最大不受限制的量的那一个面。

[0084] 现在转到关于在提供 3D 图像时所使用的相机的校准的示例,并且尤其是关于这种相机所提供的视图的定位和视图的定向的改变,假设 C 代表由世界坐标系 (WCS) 表示的相机的坐标系。所以 C_x 是相机视图的 x 轴, C_y 是相机视图的 y 轴以及 C_z 是相机的观察方向 (视图的 z 轴)。在 WCS 中, C 确定观察点和观察方向。应了解,相机的投影可能是透视或者正射的。另外,假设 P 代表拾取线 (穿过光标画出的三维线中的线) 以及 U_p 代表世界的绝对垂直线。

[0085] 现在考虑 R 点,在三维坐标中通过 ($R.V_x, R.V_y$ 和 $R.V_z$) 定义所选择部件的曲线上的一点, $R.Origin$ 定义为在该曲线上最接近于 C_z 轴的点,以及 $R.V_x$ 等于 T,这里 T 是曲线在 $R.Origin$ 处的切线。如果 T 与 U_p 重合,则 $R.V_y$ 是不与 T 重合的任意的轴,否则, $R.V_y$ 是 U_p 。 $R.V_z$ 是向量积 ($R.V_x, R.V_y$)。考虑在光标附近所计算的三维坐标系 $Rcursor, Rcursor.Origin$ 是在该曲线上最接近于 P 的点; $Rcursor.V_x$ 等于 $Tcursor$,这里 $Tcursor$ 是该曲线在 $Rcursor.origin$ 处的切线。如果 $Tcursor$ 与 U_p 重合,则 $Rcursor.V_y$ 是不与 $Tcursor$ 重合的任意轴。否则, $Rcursor.V_y$ 等于 U_p 。 $Rcursor.V_z$ 是向量积 ($Rcursor.V_x, Rcursor.V_y$)。

[0086] 为了计算跟随曲线的相机的新位置,使用下列方法:进行搜索,以计算 WCS 表示的、定义了跟随曲线所必需的相机位置的三维坐标系 C_{new} 。 C_{temp} 是由世界坐标系向 R 坐标系转换的 C。现在 C_{temp} 被认为以 $Rcursor$ 表示,并且计算“逆”变换来以世界坐标系表示 C_{temp} 。因此,在从 $Rcursor$ 转换为 WCS 时, C_{new} 等于 C_{temp} 。 C_{cursor} 确定了在世界坐标系中的新的观察点以及视图的新定向。

[0087] 在另一实施例中,位移是“平滑的”,并且考虑在该曲线上的在 $R.Origin$ 和 $Rcursor.Origin$ 之间的中间点。在所述部件的几何形状是表面时,该方法是一样的,除了由接近光标的面的垂直线 N 取代 T。

[0088] 现在参照图 6(a) 和 6(b),并且首先参考图 6(a),提供了三维图像或者计算机模型 36 的透视图,以曲线 38 的形式示出了待跟随部件,以及当前观察点 40 和观察窗或者屏幕 42。在图 6(a) 中,没有启用跟随系统时,所选择部件,换言之是曲线 38,对于用户来说是不可见的。在图 6(b) 中,跟随系统被启用,并且通过观察窗 42 的屏幕,三维图像或者计算机模型中的所选择部件 38 是可见的。在本实施例中,该曲线在整个屏幕 42 上是可见的。此外,如与上面图 5 所述类似的图 6(c) 所示,视图仅相对于用户的定向而跟随光标。

[0089] 参照图 7(a) 和 7(b),示出了三个不同的实施例,其中跟随系统被启用。图 7(a) 至 7(b) 与图 6(a) 和 6(b) 类似,并且对相同的元件赋予了相同的参考标号。在图 7(a) 中,屏幕 42 的视图 40 从第一位置 (在右边) 跟随光标至“n”位置,并且在整个屏幕 42 上曲线 38 都是可见的。

[0090] 在图 7(b) 的实施例中,再次启用跟随系统,但是视图 40 不在屏幕 42 上跟随光标。替代地,在光标沿着部件 36 移动时,屏幕 42 上的切割区域 (cutaway area) 44 跟随光标,使得在屏幕 40 上通过相关的切割 44 示出了部件 38 的不同部分。

[0091] 在图 7(c) 的实施例中,再次启用跟随系统,并且与图 7(a) 一样,视图 40 跟随光标,使得视图从第一位置 (在右边) 改变至“n”位置,如图 7(c) 所示,但是与图 7(a) 相比,部件 (曲线) 38 仅在切割区域 44 中可见。

[0092] 参考图 8, 示出了根据本发明的另一实施例的跟随方法的流程图。在该实施例中, 在第一步骤 50 中, 通过去除在部件或者对象前面的障碍物 (例如, 其他部件或者对象), 使用监视器键 (例如, TAB 键) 来观察到要选择的部件或者对象 (例如, 管道), 以便允许观察所述部件。

[0093] 在接下来步骤, 步骤 52 中, 使用另一监视器键来选择部件, 并且如步骤 54 所示, 通过沿着部件移动光标来始终跟随部件的特征 (例如, 部件的区域)。

[0094] 如方框 56 所示, 在沿着部件移动光标的同时, 去除或者取消出现在部件前面的阻止观察部件的任何障碍物, 以便使得能够连续地观察并跟随所述部件。如上所述, 障碍物的这种去除或者取消能够通过下述任一方式来实现: 或者完全从屏幕图像中实际去除所述障碍物, 或者通过虚幻线或伪影 (Phantom) 线示出所述障碍物, 从而使得能够穿过所述障碍物观察到所述部件。优选地, 如果在沿着该特征连续地移动光标时, 所述障碍物在光标的区域中不再阻碍观察部件, 则与以前一样恢复并且再现所述障碍, 即, 作为真实的部件或者对象。

[0095] 根据本实施例的另一特征, 在跟随部件时, 改变视图, 即, 监视器屏幕上的模型的图像, 以沿着光标移动的方向显示整个模型的更多部分, 使得能够连续地跟随所述部件。在一个优选实施例中, 如方框 58 所示, 当沿着部件移动光标时, 改变显示在屏幕上的模型的视图以便显示先前没有被显示并且位于光标移动方向上的模型的另一部分。此外, 同样如方框 58 所示, 在一个优选实施例中, 在跟随特征期间, 当光标移动, 即, 重新定位至屏幕的中央区域时, 重新定位视图。在一个实施例中, 当光标遇到屏幕边缘 (例如, 监视器屏幕的一个边缘) 时, 发生这种重新定位。换句话说, 当光标到达屏幕边缘时, 在屏幕上重新定位 (例如, 回到中心位置) 光标, 使得能够进行连续光标移动并且将从该新的、更中央的位置开始继续光标的移动。在一个优选实施例中, 当光标沿着特定的方向移动时, 光标的重新定位或者重新回到中心位置与视图的重新定位 (重新回到中心位置) 将同时且自动地发生, 并且视图和光标的这种重新定位并不取决于遇到了屏幕的边缘的光标。

[0096] 根据一些优选实施例的另一特征, 在跟随操作操作期间, 即, 在所选择部件被跟随的同时, 显示感兴趣的信息。典型地, 在空间 xyz 坐标中而不是在曲线坐标系中执行测量。在一个有利的实施例中, 计算并且显示在表面上的曲线的长度, 或者边缘的长度。例如, 测量管道的长度, 或者测量管道的从管道入口点直到管道里可能已经出现了障碍物的位置这一部分的长度。

[0097] 在另一实现中, 沿着所选择部件提供例如示出了沿着管道或者表面至每个特定点的曲率的长度的标志。将再次显示这些信息。

[0098] 根据另一有利的特征, 在 3-D 场景中设置跟随标记以启用跟随操作, 即, 判断什么时候启用跟随系统以及什么时候禁用所述系统。例如, 可以在场景中生成诸如布置在曲线上的特定位置处的 3D 环之类的 3D 或者 2D 标记。可以在曲线的不同横坐标处布置相对大数量的标记, 或者将这些标记直接放置在 3D 面或者 3D 点上。例如, 在一个实现中, 如果当光标在标记上时用户按压左边鼠标按钮, 则跟随系统相对于所链接的几何形状 (即, 该标记下面的曲线或者表面) 启用, 并且当用户释放左边鼠标按钮时, 跟随系统被禁用, 并且转移该标记至一新的位置以便以后的使用。

[0099] 优选方法的其他特征包括基于上述计算来计算表面的测量值以及部件的其他方

面。在一个有利的实施例中，该方法可以使用曲线测量来计算距离和长度。

[0100] 在使用标记的另一有利的实现中，用户还可以应用标记至特定的点，以计算所选择点之间的距离。用户可以在不同曲线横坐标处生成标记，或者然后直接放置至三维面或者点上。例如，如果当光标在标记上时用户按下左边鼠标按钮，则在链接的几何形状（该标记下的曲线或者表面）上启用跟随，当用户释放左边鼠标按钮时，禁用跟随机制，并且将该标记转移至一新的位置以便以后的使用。

[0101] 如上所示，可以从整个屏幕上或者屏幕的一部分上去除阻碍跟随所选择部件的障碍物。对于用户来说优选地规定了从其去除障碍或者障碍物的区域的大小和形状。因此，尽管区域可以是整个屏幕，但是根据应用和用户的希望可以将所述区域限于所选择部件周围的受限制区域。

[0102] 根据另一特征，跟随路径可以用来生成动画或者 AVI。同样，能够如下面将具体讨论一样将跟随与 GPS 系统结合起来。

[0103] 在优选实施例中，用户能够使用笔记本电脑或者便携式 PC，使用跟随系统来实时和实地地跟随所选择部件，从而例如允许用户跟随被埋的管道或者布置在墙里的管道。在本示例中，当所述管道是可观察到时，执行复位为“零”以便提供在 3D 图像上“读出”的实际位置作为：(i) 管道的位置以及 (ii) 管道被埋的深度。如上所讨论，能够在跟随建筑物中的输送管、炼油厂或者化学工厂中的管道以及很多其他情况中使用类似的应用。

[0104] 同样如上所讨论，在优选实施例中，能够将模型转向或者旋转以便跟随在所选择部件中的转向或者弯曲（例如，管道或者电导线中的 90 度直角弯曲）。在这种情况下，屏幕上的三维图像将使得用户能够利用用户的物理空间坐标来参考模型的当前观察坐标。

[0105] 跟随系统还可以与以局部坐标或者整体坐标提供了位置和定向的标识的六自由度设备一起使用。诸如由 Pohlhemus 制造的这些设备能够用来提供六个局部自由度。还能够以其他方式来提供整体坐标，例如，耦合 GPS 至三轴加速计。

[0106] 根据跟随系统的另一有利的特征，提供了对模型和用来实现该模型的物理对象两者的组合观察。在一个实现中，平板 PC 安装了跟随系统，并且使用测量值来控制软件的观察窗。能够在固定的距离（例如，手臂长度）处固定该平板 PC，并且该软件的观察窗将覆盖所选择部件（例如管道）的被障碍视图的观察，并且现场提供所选择部件的视图。

[0107] 在另一有利的实现中，在观察者的一个眼睛附近安装一个小显示器。该眼睛接收例如部件的模型的没有被妨碍的视图的图像，而肉眼利用视差差异观看被妨碍的视图。

[0108] 在另一实现中，每个眼睛都从独立的显示器接收各自的图像。适当地补偿为每个眼睛所生成的图像以提供正确的配准，使得模型的感知图像与物理对象的感知图像在位置和定向上一致。例如，通过使用具有半反涂层的光学元件能够将模型的虚拟图像和物理图像混合。

[0109] 在一些实施例中，当模型进行转向以跟随例如管道中的 90 度的直角弯曲时，在屏幕上设置三维参考对象，所述参考对象使得用户能够利用用户的物理空间坐标来参考模型的当前观察坐标。

[0110] 在另一实施例中，定位剖面以便切割所选择部件，即，提供所选择部件的截面图。例如，这在大的管子中布置有多个管道时将很有用。该剖面垂直于用户的观察点，并且该剖面的定位将会如上针对先前实施例所述的一样跟随光标的移动等。

[0111] 尽管已经结合多个优选实施例对本发明进行了描述,但是应理解已经描述的特定方法和系统仅示意性描述了本发明不同方面和原理,并且在不偏离本发明的精神和范围的情况下可以对描述的方法和系统作出各种变型。

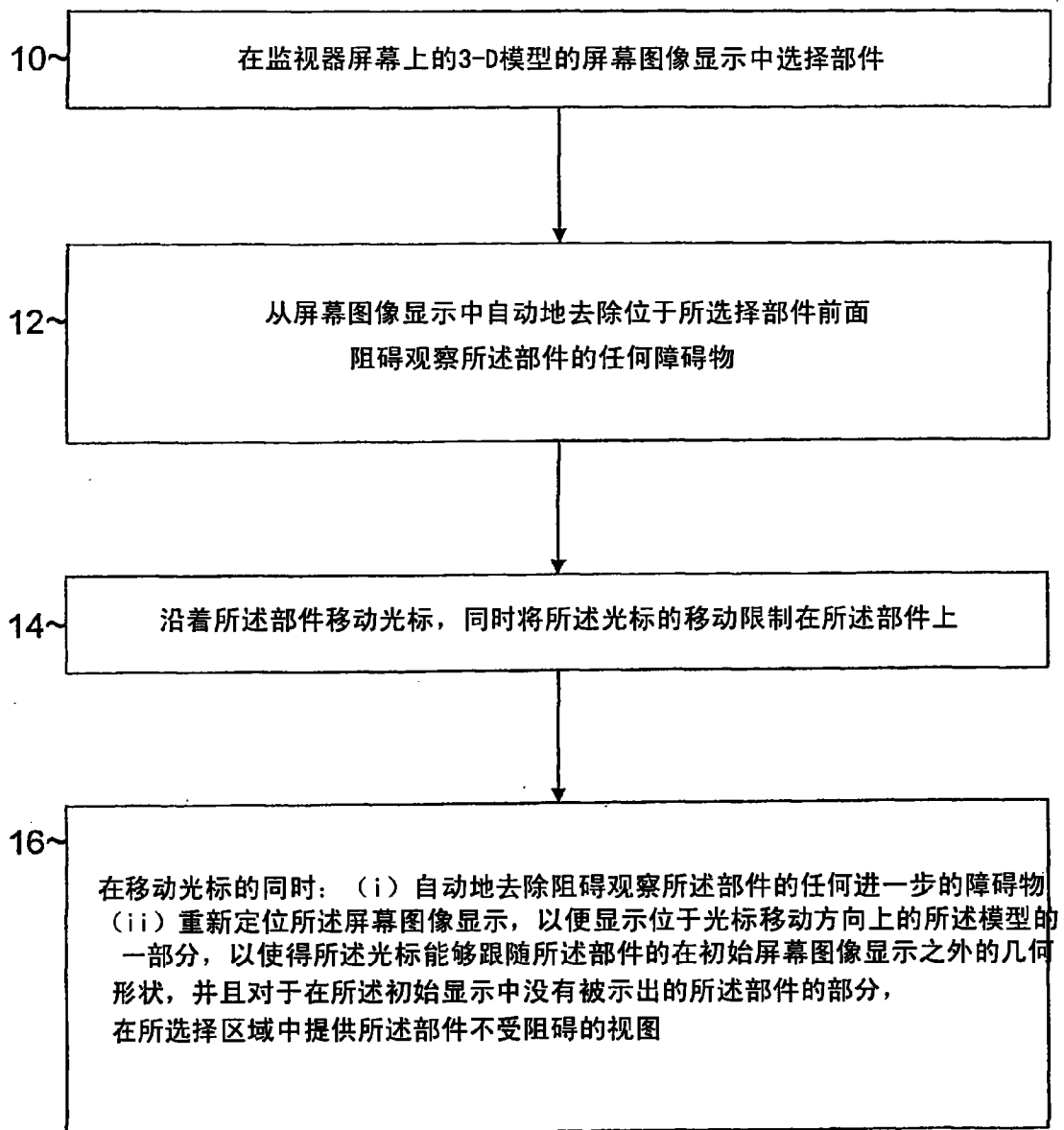


图 1

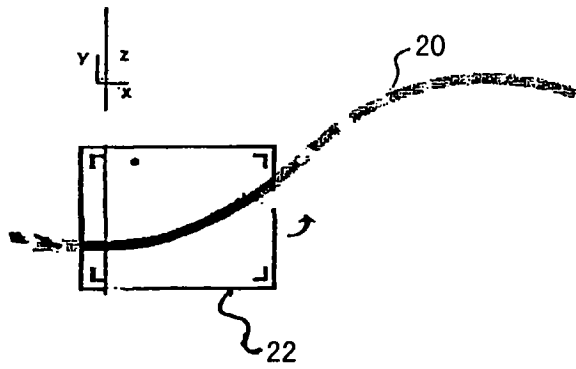


图 2(a)

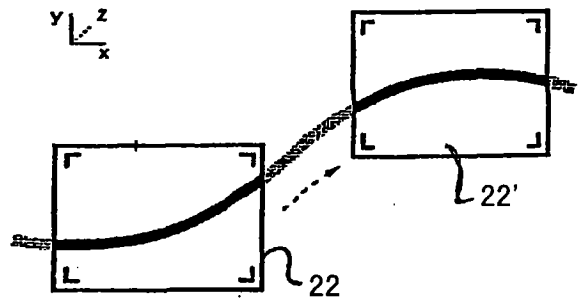


图 2(b)

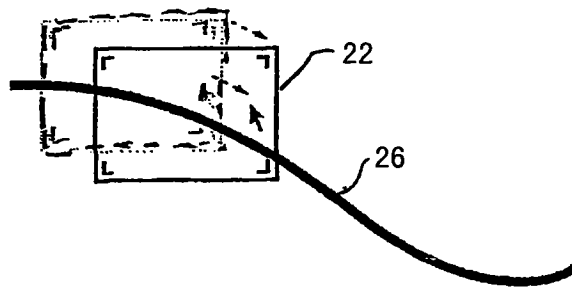


图 3(a)

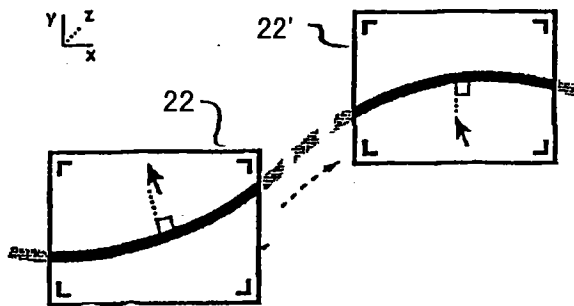


图 3(b)

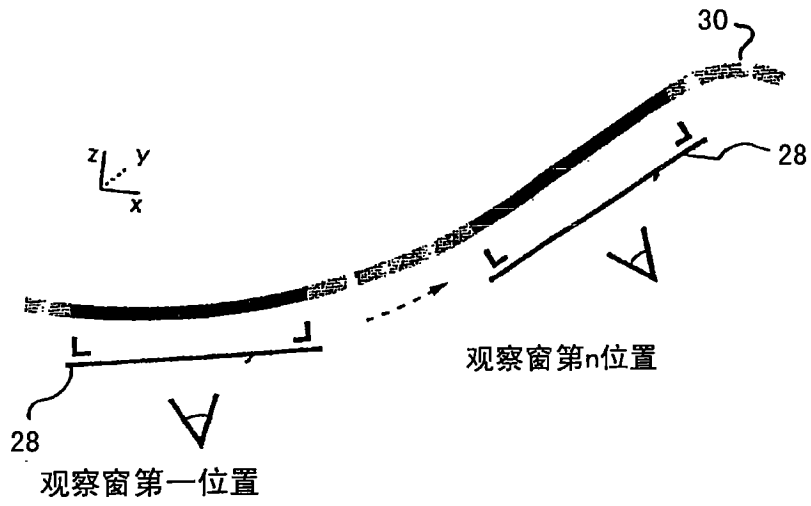


图 4

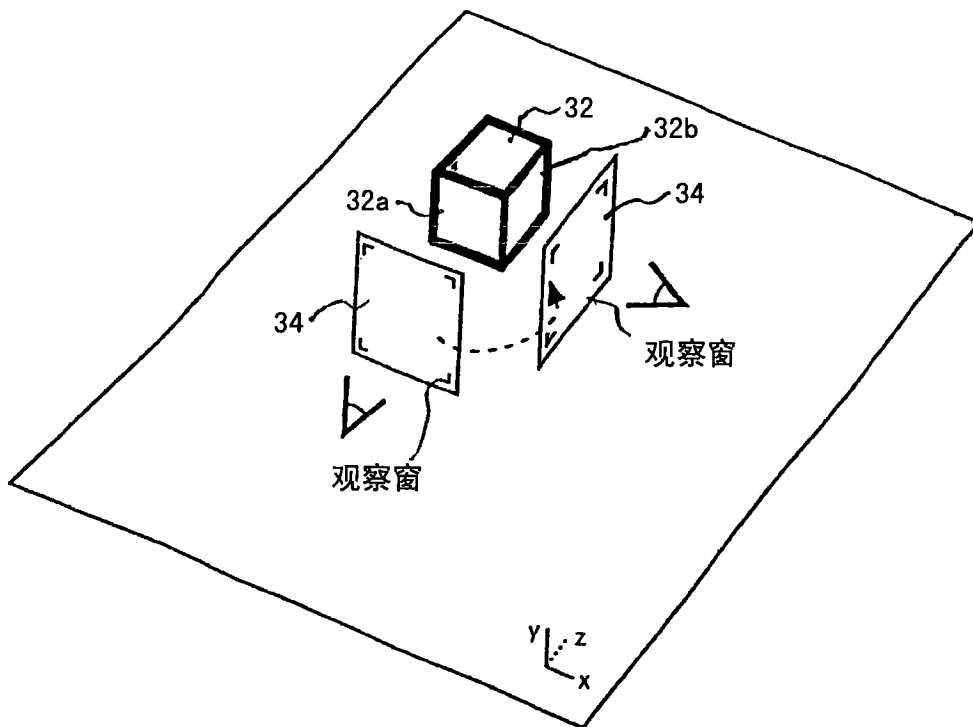


图 5

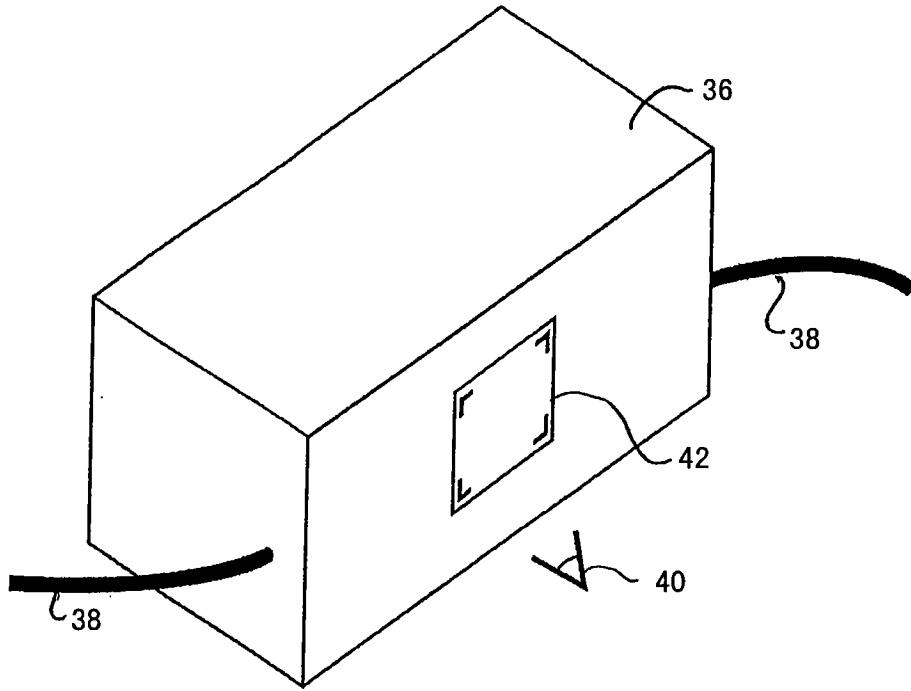


图 6(a)

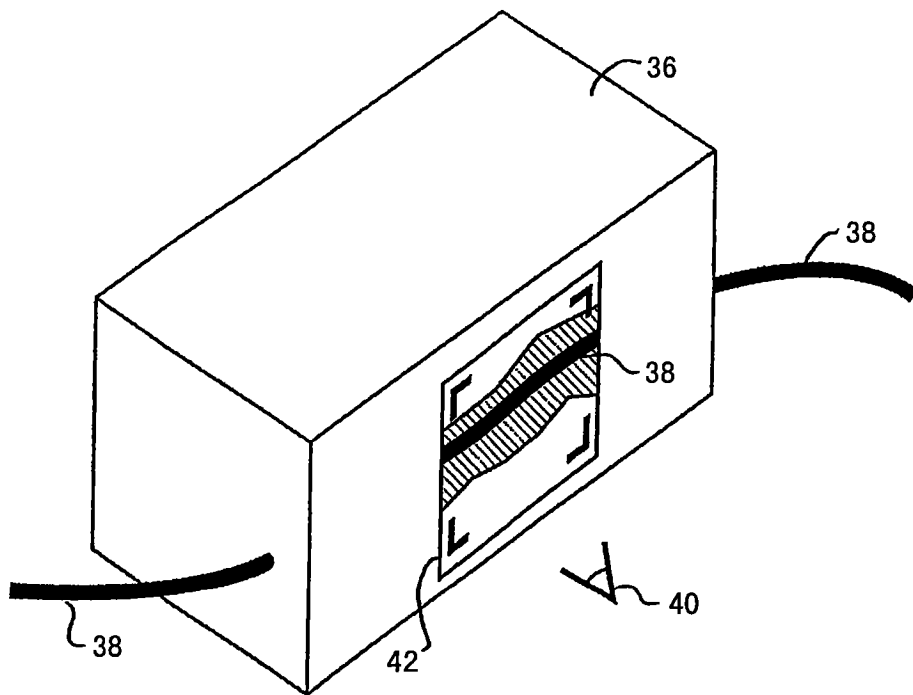


图 6(b)

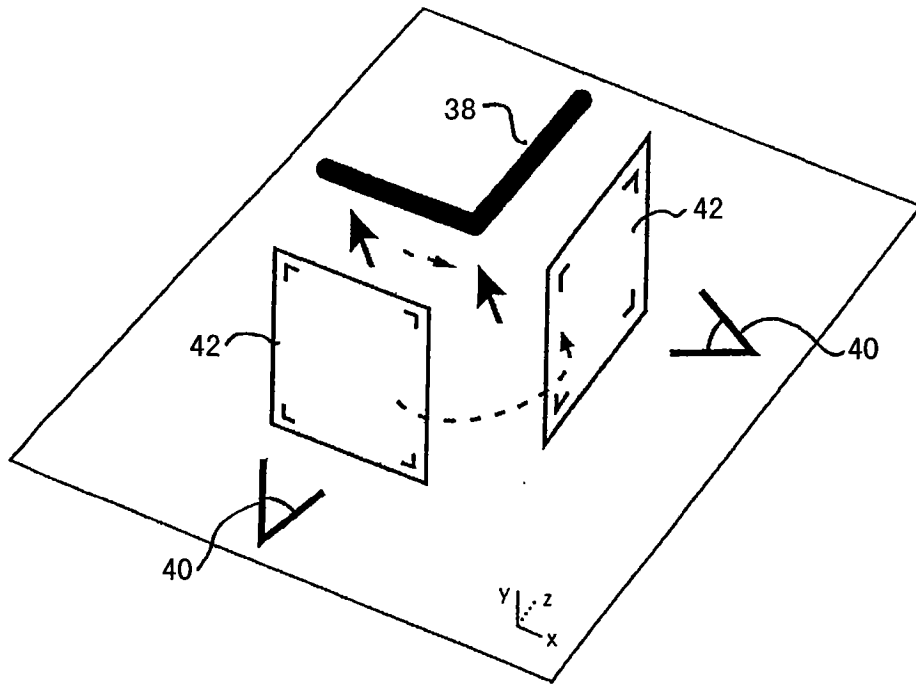


图 6(c)

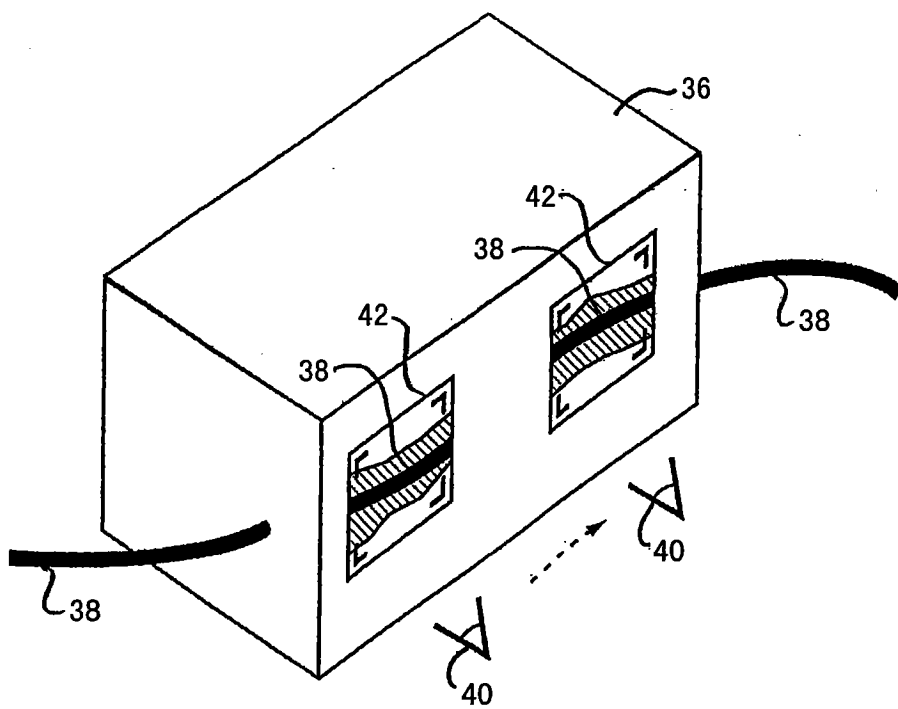


图 7(a)

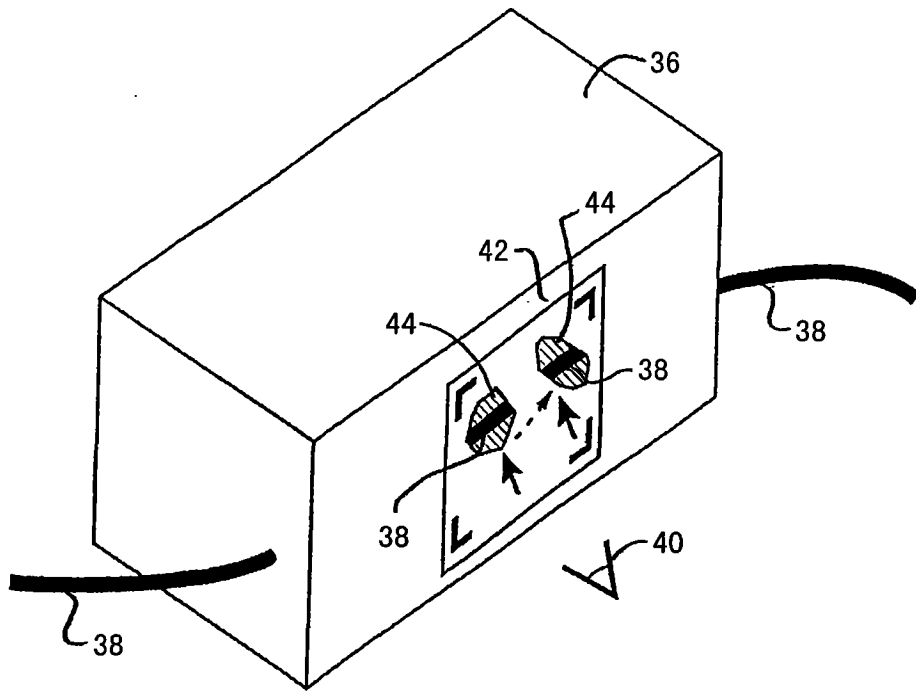


图 7(b)

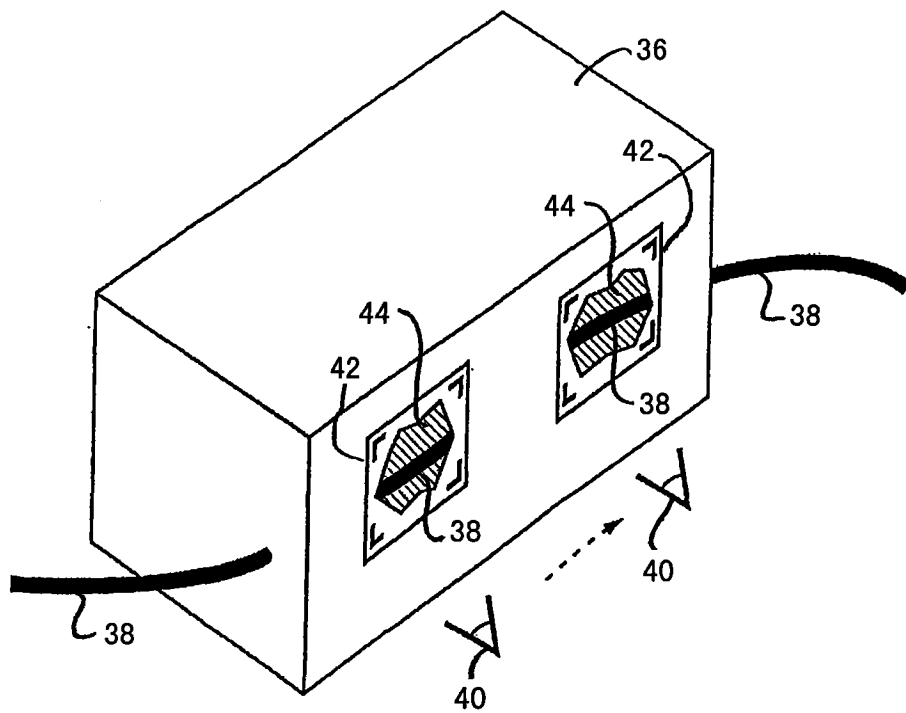


图 7(c)

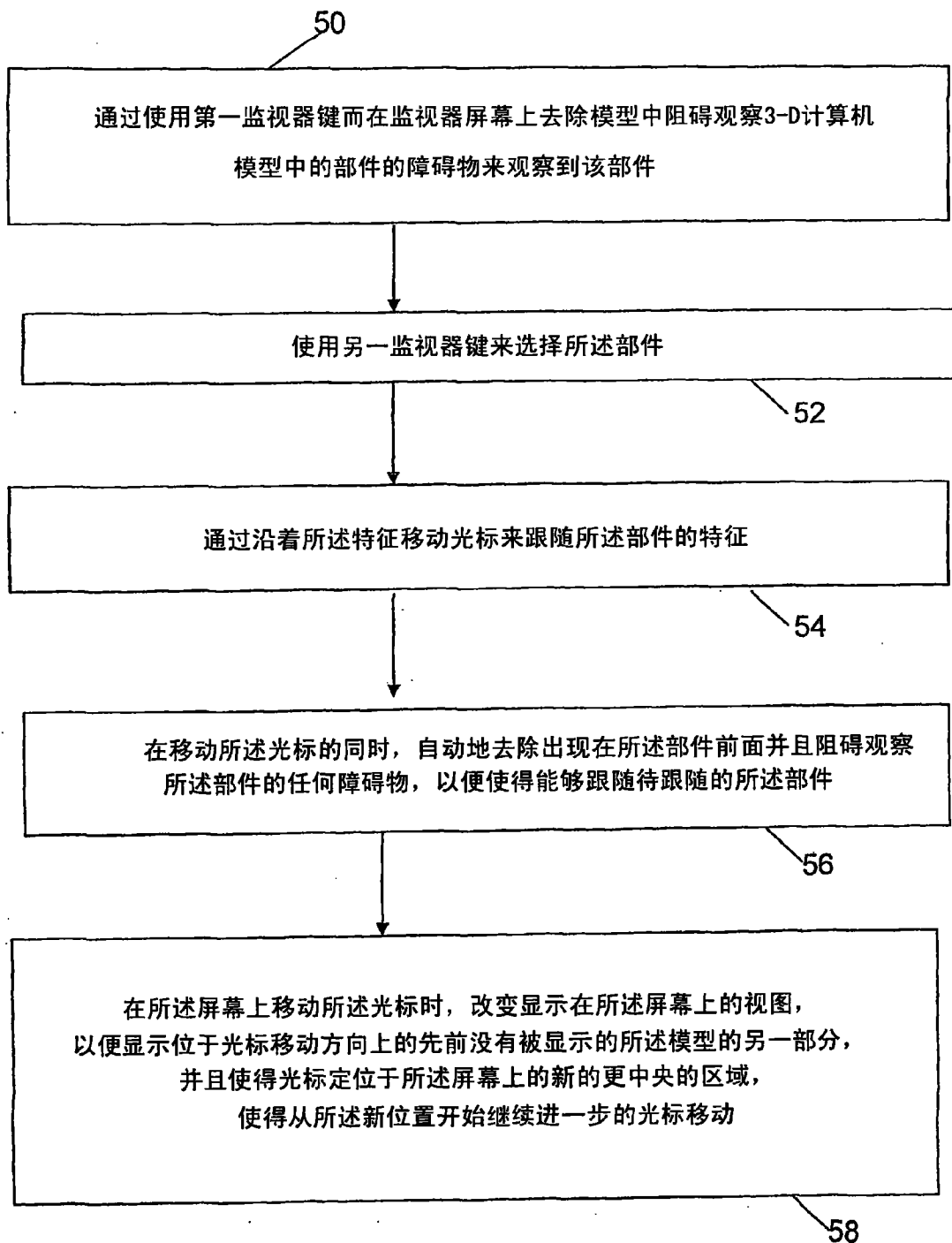


图 8