

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G06F 19/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880023798.4

[43] 公开日 2010年3月31日

[11] 公开号 CN 101689229A

[22] 申请日 2008.7.11

[21] 申请号 200880023798.4

[30] 优先权

[32] 2007.7.11 [33] US [31] 11/827,183

[86] 国际申请 PCT/US2008/008547 2008.7.11

[87] 国际公布 WO2009/009137 英 2009.1.15

[85] 进入国家阶段日期 2010.1.7

[71] 申请人 斯特拉塔西斯公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 唐纳德·J·德尔兹沃思

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

代理人 王波波

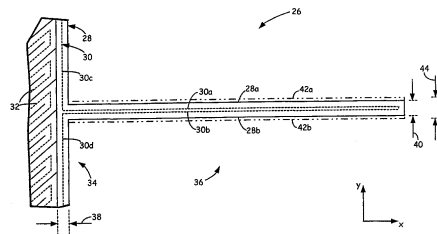
权利要求书4页 说明书22页 附图21页

[54] 发明名称

用于构建具有薄壁区域的三维对象的方法

[57] 摘要

本发明提供了一种用于修改三维对象的计算机辅助设计模型的方法，所述方法包括：确定阈值壁宽；提供计算机辅助设计模型的至少一条分片层折线；确定所述至少一条分片层折线的第一和第二部分之间的第一距离；以及在所述第一距离小于所述阈值壁宽的情况下调整所述第一和第二部分的位置以提供第二距离，其中，所述第二距离约等于所述阈值壁宽或大于所述阈值壁宽。



1、一种用于修改三维对象的计算机辅助设计模型的方法，所述方法包括：

建立阈值壁宽；

提供计算机辅助设计模型的至少一条分片层折线，所述至少一条分片层折线包括第一部分和第二部分；

确定所述第一部分和所述第二部分之间的第一距离；以及

在所述第一距离小于所述阈值壁宽的情况下，调整所述第一部分和所述第二部分的位置，以提供所述第一部分和所述第二部分之间的第二距离，其中，所述第二距离约等于所述阈值壁宽或者大于所述阈值壁宽。

2、根据权利要求1所述的方法，其中，所述阈值壁宽的范围从路宽的大约150%到路宽的大约200%，所述路宽是从分层沉积系统沉积的构建材料的路宽。

3、根据权利要求2所述的方法，其中，所述阈值壁宽的范围从所述路宽的大约160%到所述路宽的大约180%。

4、根据权利要求1所述的方法，其中，所述阈值壁宽约等于所述路宽。

5、根据权利要求1所述的方法，其中，所述第一部分包括第一顶点，第二部分包括第二顶点，并且，调整所述第一部分和第二部分的位置包括：

针对所述第一顶点生成第一调整向量；

针对所述第二顶点生成第二调整向量；

基于所述第一调整向量来重定位所述第一顶点；以及

基于所述第二调整向量来重定位所述第二顶点。

6、根据权利要求1所述的方法，其中，所述第一部分包括将第一段和第二段互连的第一顶点，第二部分包括将第三段和第四段互连的第二顶点，并且，确定所述第一距离包括：

确定所述第一顶点与所述第三段和第四段之间的第一最小距离；

以及

确定所述第二顶点与所述第一段和第二段之间的第二最小距离。

7、根据权利要求1所述的方法，还包括：基于具有在调整后的位置处的所述第一部分和所述第二部分的所述分片层折线来生成外围工具路径。

8、一种用于修改三维对象的计算机辅助设计模型的方法，所述方法包括：

建立阈值壁宽；

提供计算机辅助设计模型的至少一条分片层折线，所述至少一条分片层折线包括多个顶点和多个段；

确定所述多个顶点中的第一顶点和所述多个段中的至少一段之间的第一距离；以及

在所述距离小于所述阈值壁宽的情况下调整所述第一顶点的位置。

9、根据权利要求8所述的方法，其中，所述阈值壁宽是从分层沉积系统沉积的构建材料的路宽的函数。

10、根据权利要求8所述的方法，其中，确定所述第一顶点和所述至少一段之间的第一距离包括：

在所述第一顶点的预定距离内搜索所述多个顶点中的至少第二顶点，其中，所述第二顶点连接至所述至少一段；以及

确定所述第一顶点和所述至少一段之间的最小距离。

11、根据权利要求8所述的方法，其中，调整所述第一顶点的位置包括：

针对所述第一顶点，作为所述阈值壁宽的函数来生成调整向量；

以及

基于所述调整向量来重定位所述第一顶点。

12、根据权利要求8所述的方法，其中，所述阈值壁宽是第一阈值壁宽，所述方法还包括：

建立第二阈值壁宽；以及

在所述距离小于所述第二阈值壁宽的情况下调整所述第一顶点

的位置。

13、根据权利要求8所述的方法，还包括：基于具有在调整后的位置处的所述第一顶点的所述分片层折线来生成外围工具路径。

14、一种用于修改三维对象的计算机辅助设计模型的方法，所述方法包括：

建立阈值壁宽；

提供计算机辅助设计模型的至少一条分片层折线，

所述至少一条分片层折线包括：

将第一段与第二段互连的第一顶点；以及

将第三段与第四段互连的第二顶点；

确定所述第一顶点与所述第一段和第二段之间的第一最小距离；

确定所述第二顶点与所述第三段和第四段之间的第二最小距离；

在所述第一最小距离小于所述阈值壁宽的情况下调整所述第一顶点的位置；以及

在所述第二最小距离小于所述阈值壁宽的情况下调整所述第二顶点的位置，其中，调整后的第一顶点和调整后的第二顶点之间调整后的距离约等于所述阈值壁宽或者大于所述阈值壁宽。

15、根据权利要求14所述的方法，其中，所述阈值壁宽的范围从路宽的大约150%到路宽的大约200%，所述路宽是从分层沉积系统沉积的构建材料的路宽。

16、根据权利要求15所述的方法，其中，所述阈值壁宽的范围从所述路宽的大约160%到所述路宽的大约180%。

17、根据权利要求14所述的方法，其中，所述阈值壁宽约等于所述路宽。

18、根据权利要求14所述的方法，其中，调整所述第一顶点的位置包括：

针对所述第一顶点，作为所述阈值壁宽的函数来生成第一调整向量；以及

基于所述第一调整向量来重定位所述第一顶点。

19、根据权利要求18所述的方法，其中，调整所述第二顶点的位

置包括：

针对所述第二顶点，作为所述阈值壁宽的函数来生成第二调整向量；以及

基于所述第二调整向量来重定位所述第二顶点。

20、根据权利要求14所述的方法，其中，所述至少一条分片层折线包括第一折线和第二折线，并且所述第一顶点位于所述第一折线上而所述第二顶点位于所述第二折线上。

用于构建具有薄壁区域的三维对象的方法

技术领域

本发明涉及使用分层沉积系统从计算机辅助设计（CAD）模型制造三维（3D）对象。具体地，本发明涉及用于修改 CAD 模型的薄壁区域的几何形状的方法。

背景技术

分层沉积系统用于通过将可流动构建材料沉积在 x-y 平面中的基底上来以逐层的方式从 CAD 模型（例如 STL 数据）构建 3D 对象。将构建材料沉积为来自可移动沉积头的路线的序列，其中所沉积的路线固化至之前沉积的构建材料。然后沿着 z 轴（与 x-y 平面垂直）增加沉积头相对于基底的位置，并且重复该过程多次以形成类似 CAD 模型的 3D 对象。

在计算机控制下根据表示 3D 对象的构建数据来执行沉积头相对于基底的移动。通过将 3D 对象的 CAD 模型分片为多个水平的分片层来获得构建数据。每一个分片层典型地包括定义分片层的几何形状的一条或者更多折线。由以线性段互连的多个主顶点来定义每一条折线，其中每一个主顶点是 x-y 平面中表示一对线性段之间的角度偏转点的坐标点。基于这些折线，主机然后生成一个或者更多工具路径，用于针对每一个分片层来沉积构建材料的路线。

CAD 模型典型地能够比分层沉积系统所能够再现的更加详细地描述 3D 对象的几何形状。因此，CAD 模型可以包括在构建操作期间创建不期望结果（如过度填充的条件）的几何形状。可以导致过度填充条件的一个特定几何形状是薄壁区域，其中 3D 对象的壁厚落入大于单一工具路径的宽度但小于一对相邻工具路径的组合宽度的范围内。因此，需要在用分层沉积系统构建 3D 对象时修改薄壁区域的几何形状以减少创建过度填充条件的风险的技术。

发明内容

本发明涉及一种用于修改三维对象的 CAD 模型的方法。该方法包括：建立阈值壁宽并提供 CAD 模型的分片层的至少一条折线，其中，所述至少一条折线包括第一部分和第二部分。该方法还包括：确定所述第一部分和第二部分之间的第一距离，以及在所述第一距离小于阈值壁宽的情况下调整所述第一和第二部分的位置以提供第二距离，其中，所述第二距离约等于所述阈值壁宽或大于所述阈值壁宽。

附图说明

图 1 是根据本发明的用于构建 3D 对象的组件的前视图。

图 2 是具有薄壁区域的 CAD 模型的分片层的示意图。

图 3 是根据本发明的用于从 CAD 模型构建 3D 对象的方法的流程图。

图 4 是用于修改折线的几何形状的方法的流程图，该折线包含创建潜在过度填充条件的薄壁区域。

图 5A-5K 是图 2 所示的分片层的薄壁区域的示意图，示意了图 4 所示的用于修改折线的几何形状的方法的操作。

图 6A-6C 是分片层的形成会聚尖峰的备选薄壁区域的示意图，进一步示意了图 4 所示的方法。

图 7 是用于修改布置在两条或者更多折线之间的薄壁区域的几何形状的方法的流程图。

图 8 是用于从 CAD 模型构建 3D 对象的方法的流程图，该 CAD 模型包含比单一路径宽度更窄的薄壁区域。

图 9 是用于从 CAD 模型构建 3D 对象的方法的流程图，该 CAD 模型包含创建潜在过度填充条件的薄壁区域和/或比单一路径宽度更窄的薄壁区域。

具体实施方式

图1是根据本发明的用于构建3D对象的组件10的前视图。组件10

包括分层沉积系统12、控制器14、以及主机16，其中，分层沉积系统12是用于使用分层沉积技术来构建3D对象的系统。用于分层沉积系统12的合适系统包括将构建材料的路线进行沉积，以逐层方式构建3D对象的系统，如基于挤压的分层沉积系统（例如，由Stratasys, Inc., Eden Prairie, MN开发的融合沉积建模系统）。

如图所示，分层沉积系统12包括构建腔18、沉积头20以及基底22。构建腔18是包含沉积头20和基底22在内的、用于以所提供的构建材料来构建3D对象（称作3D对象24）的构建环境。控制器14基于主机16提供的构建数据来指引沉积头20和基底22的运动。控制器14还指引沉积头20的沉积图案，以选择性地沉积构建材料（以及支撑材料），从而在基底22上构建3D对象24（以及任何随附的支撑结构）。

主机16是经由控制器14与分层沉积系统12进行交互以构建3D对象24的基于计算机的系统。主机16从与3D对象24相对应的CAD模型（图中未示出）生成构建数据，并且将构建数据中继至控制器14。在很多情形中，CAD模型可以具有比分层沉积系统12所能够再现的更加详细的几何形状（例如，一个或者更多薄壁区域）。这可能增加在构建操作期间对3D对象24的相应部分进行过度填充的风险。然而，如下所述，主机16根据本发明来修改CAD模型的几何形状，以减少创建过度填充条件的风险。

为了易于讨论，参照组件10的部件（例如主机16）来进行对本发明的下面的描述。然而，本发明不应受限于组件10的特定布置，并且可以用各种不同的基于计算机的系统和分层沉积系统来执行本发明。例如，备选地，主机16可以是修改CAD模型的几何形状的一个或者更多位于远程的计算机系统。在本实施例中，然后从主机16向经由控制器14与分层沉积系统12进行通信的第二计算机系统（图中未示出）提供所产生的构建数据。此外，应理解，对象24的几何形状仅作为示例，并且本发明适于与具有各种不同几何形状设计的CAD模型和3D对象一起使用。

图2是层26的示意图，层26为主机16（图1所示）生成的CAD模型的分片层，其中CAD模型与要用分层沉积系统12（图1所示）构建的

3D对象24（图1所示）相对应。层26包括折线28、外围工具路径30、以及光栅工具路径32。折线28是布置在x-y平面中的外围几何形状，定义了层26处3D对象24的外表面。折线28内的区域是在构建操作期间用构建材料填充的层26的部分，并且将该区域分为块区域（bulk region）34以及薄壁区域36。

在将CAD模型分片为多个层（例如层26）并且标识折线28之后，主机16生成层26的外围工具路径30以及光栅工具路径32。外围工具路径30和光栅工具路径32定义沉积头20（图1所示）在沉积构建材料期间将遵循的沉积图案。基于路宽38来生成外围工具路径30和光栅工具路径32，路宽38是来自分层沉积系统12的构建材料的所沉积的路线的预测宽度。路宽38可以依赖于各种因素，如构建材料属性、所使用的分层沉积系统的类型、沉积条件、沉积尖端尺寸、以及其组合。例如，用于融合沉积建模系统的路宽38的合适宽度的范围从大约250微米（大约10密耳）到大约510微米（大约20密耳）。

在相对于折线28的内部偏移位置处生成外围工具路径30，该位置在大约路宽38的一半的距离处。将外围工具路径30子划分为子路径30a至30d，其中工具子路径30a和30b位于薄壁区域36处，并且子路径30c以及30d位于大块区域34处。子路径30c和30d将大块区域34的外围定义为具有等于路宽38的宽度的单一工具路径。然后在相对于子路径30c和30d的内部偏移位置处生成光栅工具路径32，从而填充大块区域34。如图所示，可以用充足的空间来生成子路径30c和30d以及光栅工具路径32，以在没有任何工具路径重叠的情况下充分地填充大块区域34。相应地，当分层沉积系统12基于子路径30c和30d以及光栅工具路径32来沉积构建材料的路线时，大块区域34提供了最小的过度填充风险。

相比而言，子路径30a和30b定义了具有环绕布置的薄壁区域36的外围，其中生成彼此相邻的一对工具子路径（即子路径30a和30b）。如果薄壁区域36的壁宽是路宽38的宽度的两倍，则可以用充足的空间来生成子路径30a和30b，以在没有任何工具路径重叠的情况下实质上填充薄壁区域36。然而，由壁宽40沿着y轴将薄壁区域36处的折线28的平行段（称作段28a和28b）分开，其中壁宽40落入大于路宽38（即，大

于构建材料的单一路线)但小于路宽38的两倍(即,小于一对相邻的构建材料路线)的范围内。因此,当以薄壁区域36处的环绕配置生成外围工具路径30时,子路径30a和30b重叠。这种重叠可能导致构建材料的沉积路线过度填充3D对象24的相应区域,从而导致较差的部件质量并潜在地损坏沉积头20。

一种用于降低创建过度填充条件的风险的技术涉及移除重叠的工具路径之一(例如移除子路径30b)。这消除了子路径30a和30b的任何重叠。然而,移除工具路径之一将薄壁区域36的壁宽减少为路宽38,从而降低了薄壁区域36的强度。然而,根据本发明,可以修改薄壁区域36的几何形状,以降低在薄壁区域36处创建过度填充条件的风险。具体地,可以将折线28的段28a和28b调整至调整后的段42a和42b的位置(图中用虚线示出),使得薄壁区域36处调整后的壁宽(称作调整后的壁宽44)约等于“阈值壁宽”,或者大于阈值壁宽。

图3是用于从具有至少一个薄壁区域(例如图2所示的薄壁区域36)的CAD模型构建3D对象(例如,图1所示的3D对象24)的方法46的流程图。方法46包括步骤48-68,并且首先涉及建立分层沉积系统(例如图1所示的分层沉积系统12)的“阈值壁宽”(步骤48)。在该实施例中,阈值壁宽是在没有实质上过度填充的情况下可以沉积一对相邻的构建材料路线的最小壁宽,并且阈值壁宽是基于从分层沉积系统沉积的构建材料的预测路宽(例如,图2所示的路宽38)。

如上所述,等于两倍路宽的壁宽能够在没有任何重叠的情况下使用一对相邻的构建材料路线来构建。因此,具有该壁宽的折线不需要任何几何形状修改。从而,在一个实施例中,阈值壁宽大约是路宽的200%,或者更少。根据分层沉积系统以及构建条件,也可以使用低至约为路宽的150%的壁宽,而不创建实质上过度填充的条件。然而,低于路宽的大约150%,沉积的构建材料的重叠路线开始实质上过度填充3D对象的相应区域。相应地,合适阈值壁宽的示例的范围从路宽的大约150%到路宽的大约200%,特别合适的阈值壁宽的范围从路宽的大约160%到路宽的大约180%。例如,对于被配置为沉积具有大约510微米(大约20密耳)路宽的构建材料的融合沉积建模系统,合适的阈值

壁宽是大约860微米（大约34密耳）（即，大约路宽的170%）。

一旦确定阈值壁宽，主机16（图1所示）可以基于阈值壁宽来修改薄壁区域（例如薄壁区域36）的几何形状，以降低创建过度填充条件的风险。阈值壁宽还可以用作作为各种后续计算的基础的预定义值。这允许计算随着阈值壁宽的改变而改变，从而允许用各种不同的分层沉积系统和构建条件来执行方法46。对于下面与层26相关的讨论，假定分层沉积系统12的阈值壁宽是路宽38的大约170%。

然后将CAD模型分片为多个分片层（例如，层26），其中每一个分片层包括一个或者更多折线（步骤50）。然后主机16选择第一分片层进行分析（步骤52），并且标识所选分片层的折线的坐标（步骤54）。然后分析所标识的折线，以确定折线的相邻部分（例如图2所示的段28a和28b）之间的距离（步骤56）。在备选实施例中，可以在针对首先选择的分片层的一个或者更多步骤50-56之后执行步骤48中对阈值壁宽的确定。

然后主机16确定相邻部分之间的距离是否小于阈值壁宽（步骤58）。在层26的当前示例中，分层沉积系统12的阈值壁宽是路宽38的170%。相比而言，壁宽40（图2所示）是路宽38的大约125%，小于阈值壁宽。因此，然后主机16调整折线的相邻部分的位置，使得这些部分之间调整后的壁宽约等于阈值壁宽或者更大（步骤60）。对于图2所示的示例，步骤60涉及将段28a和28b的位置调整至调整后的段42a和42b（图2所示）的位置，在该位置处，调整后的段42a和42b之间调整后的壁宽44（图2所示）约等于阈值壁宽或者更大。

然后主机16基于具有调整后的部分的折线来生成当前分片层的一个或者更多外围工具路径（步骤62）。也可以生成光栅工具路径（例如图2所示的光栅工具路径32）以填充大块区域（例如图2所示的大块区域34）。然后主机16确定当前分片层是否是针对薄壁几何形状要分析的CAD模型的最后一个分片层（步骤64）。如果不是，则主机16进行至CAD模型的下一个分片层（步骤66），并且对每一个其余分片层重复步骤54-62。这修改了CAD模型的每一个分片层中的薄壁区域的几何形状。当分析了最后一个分片层时（步骤64），主机16然后将相应构建

数据中继至控制器14（图1所示），以用分层沉积系统12来构建3D对象24（步骤68）。由于每一个分片层的折线的部分被分开约等于（或者大于）阈值壁宽的距离，因此在没有实质上过度填充3D对象24的相应区域的情况下对构建材料的路线进行沉积。这保持了3D对象24的质量，并且降低了损坏沉积头20的风险。

图4和5A至5K示出了一种用于执行方法46（图3所示）的步骤56至60以修改包含薄壁区域的折线的几何形状的合适技术。图4是方法70的流程图，方法70包括步骤72至93，并且首先涉及沿折线（例如图1所示的折线28）生成次顶点（步骤72）。如上所述，从CAD模型的分片层生成的折线包括在主顶点处互连的多个线性段，其中每一个主顶点表示一对线性段之间的角度偏转点。根据步骤72，主机16（图1所示）生成沿线性段共线的其他次顶点。这些次顶点将折线的线性段划分为子段，并且提供用于修改折线的几何形状的潜在点。

然后主机16从主和次顶点的序列中选择初始测试顶点（步骤74），并且搜索与测试顶点相邻的其他顶点（步骤76）。这些相邻顶点可以指示潜在的过度填充条件。如果找不到相邻顶点（步骤78），则主机16确定当前测试顶点是否是沿折线的序列中的最后一个顶点（步骤80）。如果不是，则主机16进行至序列中的下一个顶点（步骤82），并且搜索与该下一个测试顶点相邻的其他顶点（步骤76）。如果找到相邻的顶点（步骤78），则主机16标识位于相邻顶点的每一侧的子段（步骤84），并且确定所标识的子段和当前测试顶点之间的最小距离（步骤86）。

然后主机16确定所标识的子段和当前测试顶点之间的最小距离是否小于阈值壁宽（步骤88）。如果否，则如上所述主机16确定当前测试顶点是否是沿折线的序列中的最后一个顶点（步骤80）。然而，如果所标识的子段和当前测试顶点之间的最小距离小于阈值壁宽，则主机16生成当前测试顶点的“调整向量”（步骤90）。如下所述，调整向量允许调整当前测试顶点（以及随附的折线子段）的位置。在生成调整向量之后，如上所述主机16确定当前测试顶点是否是沿折线的序列中的最后一个顶点（步骤80）。

然后重复步骤76-82，直到分析了沿折线的序列中的每一个顶点。

当分析了序列中的最后一个顶点时，主机16然后基于所生成的调整向量来调整测试顶点的位置（步骤92）。如果没有为给定顶点生成调整向量，则不调整该顶点的位置。顶点位置的调整相应地调整了折线的段的位置（根据方法46的步骤60）。在调整测试顶点的位置之后，接着移除布置在共线的子段上的任何顶点，以减少构建数据所需的数据坐标的数量（步骤93）。

图5A至5K是薄壁区域36（图2所示）的示意图，示出了对层26应用方法70（图4所示）。如图5A所示，折线28包括主顶点94、96、98以及100，其中每一个是折线28的角度偏转点。相应地，段28a布置在主顶点94和96之间，段28b布置在主顶点98和100之间，并且段28c布置在主顶点96和100之间。

根据方法70的步骤72，主机16（图1所示）生成沿折线28的次顶点，包括沿段28a的次顶点102a至102c，以及沿段28b的次顶点104a至104c。这将段28a分为子段106a至106d，并且将段28b分为子段108a至108d。此外，主机16在大块区域34生成次顶点110和112，其中，次顶点110将折线28分为子段114a和114b，并且次顶点112将折线28分为子段116a和116b。环绕折线28的整个外围生成类似的次顶点。

有利地，所生成的次顶点的数量基于预定的“顶点间隔”，可以将“顶点间隔”作为阈值壁宽的函数导出。合适顶点间隔的示例的范围从阈值壁宽的大约100%到阈值壁宽的大约600%，特别合适的顶点间隔的范围从阈值壁宽的大约300%到阈值壁宽的大约600%。小于阈值壁宽的大约100%的顶点间隔需要大量计算，从而增加了生成构建数据所需的时间。相反地，大于阈值壁宽的大约600%的顶点间隔减少了充分修改折线28的几何形状所需的细节。

在一个实施例中，通过下述步骤来生成次顶点102a至102c：测量段28a的长度；将该长度除以顶点间隔；并且将结果值减少至最接近的整数。类似地，通过下述步骤来生成次顶点104a至104c：测量段28b的长度；将该长度除以顶点间隔；并且将结果值减少至最接近的整数。在图5A所示的示例中，沿段28a，主顶点94和96、次顶点102a至102c被分开约为400%阈值壁宽的顶点间隔；沿段28b，主顶点98和100、次

顶点104a至104c被分开约为400%阈值壁宽的顶点间隔。相比而言，段28c的长度小于阈值壁宽的100%。因此，不沿段28c生成次顶点。

当将折线28的段（例如28a）的长度进行分割并且将结果值减少至最接近的整数时，有时可能生成相对接近主顶点的次顶点。这可能导致在调整顶点时（根据方法70的步骤92）折线28的原始几何形状实质上失真。因此，在优选实施例中，不在与主顶点的特定距离内生成次顶点，以保护折线28的原始几何形状。沿折线28的主顶点和次顶点之间的合适最小间隙的示例包括为顶点间隔的至少大约20%的间隙。备选地，可以将主顶点和次顶点之间的最小间隙度量为阈值壁宽的函数。对于上面讨论的特别合适的顶点间隔，沿折线28的主顶点和次顶点之间的合适的最小间隙的示例包括为阈值壁宽至少大约110%的间隙。

图5B示出了在生成次顶点102a至102c、104a至104c、110和112之后的薄壁区域36。根据方法70的步骤74，主机16选择初始测试顶点来分析。可以从沿折线28的任意主或次顶点中选择该初始测试顶点。因此，为了易于讨论，在本示例中选择主顶点94作为初始测试顶点。根据方法70的步骤76，主机16然后搜索与主顶点94相邻的其他顶点。在一个实施例中，通过在主顶点94周围形成测试框118来执行该步骤，其中测试框118允许主机16高效地对可能指示潜在过度填充条件的任何顶点进行标记。

测试框118的尺寸可以根据所需的分析范围而变化，并且还可以将作为阈值壁宽的函数来计算。测试框118的合适尺寸的示例包括从约为阈值壁宽的400%到约为阈值壁宽的800%的壁长，其中测试框是以主顶点94为中心环绕的。在图5B所示的示例中，测试框是以主顶点94为中心环绕的，并且具有约为阈值壁宽的600%的壁长（即，在每一个方向上与主顶点94相距阈值壁宽的大约300%）。在备选实施例中，可以用具有不同形状 of 测试框来取代测试框118（例如以主顶点94为中心环绕的圆形测试框）。

然后主机16搜索测试框118内的任何其他顶点。在一个实施例中，主机16忽略给定范围内（例如阈值壁宽的210%）折线28中与测试顶点

位于相同段上的任何顶点。这将顶点的选择限制在位于相邻段上的顶点。根据方法70的步骤78，主机16找到测试框118内的主顶点98。因此，根据方法70的步骤84，主机16然后标识主顶点98的子段。沿折线28的每一个顶点是在给定顶点和位于给定顶点任一侧的顶点之间延伸的一对子段的一部分。相应地，对于主顶点98，所标识的子段是子段108a和116a。

然后根据方法70的步骤86，确定主顶点94（即当前测试顶点）与子段108a和116a之间的最小距离。在当前示例中，最小距离直接位于主顶点94和主顶点98之间（由线120表示）。在备选示例中，当前测试顶点可以与所标识的相邻顶点偏移。在这些备选示例中，沿相邻子段之一的点将提供至当前测试顶点的最小距离。

根据方法70的步骤88，主机16然后确定该最小距离是否小于阈值壁宽。在当前示例中，主顶点94和主顶点98之间的距离（沿线120）等于壁宽40，为路宽38（图1所示）的125%。这小于阈值壁宽（在本示例中阈值壁宽为路宽38的170%）。因此，根据方法70的步骤90，主机16生成主顶点94的调整向量122，其中调整向量122从主顶点94（即，当前测试顶点）沿与线120共线的方向远离主顶点98延伸。

有利地，调整向量122的幅度使得主顶点94和98的组合的调整后的位置提供与阈值壁宽大约相等或者更大的调整后的距离。如下所述，由于对沿折线28的每一个顶点执行方法70，主顶点98也将具有调整向量（图5B未示出），使得调整向量122和主顶点98的调整向量的组合的幅度将主顶点94和98定位在约等于阈值壁宽或者更大的调整后的距离处。相应地，在一个实施例中，由等式1来计算每一个调整向量的幅度：

$$\text{幅度}_{\text{调整向量}} \geq \frac{(\text{阈值壁宽} - \text{最小距离})}{2}$$

根据等式1，调整向量122的幅度是阈值壁宽与线120的长度之差的一半，其中阈值壁宽等于路宽38的170%，线122的长度是路宽38的125%。这产生的幅度为路宽38的22.5%。在减少主机16所需计算次数的备选实施例中，将每一个调整向量的幅度设置为预定义值，该预定义值为阈值壁宽至少大约一半。

图5C示出了在为主顶点94生成调整向量122之后的薄壁区域36。根据方法70的步骤80，主机16然后确定主顶点94是否为沿折线28的最后一个顶点。由于沿折线28存在尚未分析的其他顶点，根据方法70的步骤82，主机进行至下一个测试顶点。在当前示例中，序列中的下一个顶点是次顶点102a。主机16然后以与上述针对主顶点94的相同方式来对次顶点102a重复方法70的步骤76至90。相应地，根据方法70的步骤76，主机16在次顶点102a周围生成测试框124，并且在测试框124内搜索任何其他顶点。根据方法70的步骤78，主机16找到测试框124内的次顶点104a。因此，根据方法70的步骤84，主机16然后将子段108a和108b标识为与次顶点104a相邻。

然后，根据方法70的步骤86，主机16确定次顶点102a与子段108a和108b之间的最小距离。在当前示例中，最小距离直接位于次顶点102a和次顶点104a之间（由线126表示）。根据方法70的步骤88，主机16然后确定该最小距离是否小于阈值壁宽。在当前示例中，次顶点102a和次顶点104a之间的距离也等于壁宽40，如上所述小于阈值壁宽。因此，主机16生成次顶点102a的调整向量128，其中调整向量128从次顶点102a沿与线126实质上共线的方向远离次顶点104a延伸。由于段28a和28b平行，调整向量128具有与调整向量122的幅度相等的幅度（即，路宽38的22.5%）。

图5D示出了在针对次顶点102b和102c分别生成调整向量130和132之后的薄壁区域36。通过以与以上针对调整向量128所描述的相同方式来重复方法70的步骤76至90，来生成调整向量130和132。根据方法70的步骤80，主机16然后确定次顶点102c是否是沿折线28的最后一个顶点。由于沿折线28存在尚未分析的其他顶点，根据方法70的步骤82，主机16进行至下一个测试顶点。在当前示例中，序列中的下一个顶点是主顶点96。相应地，根据方法70的步骤76、78以及84，主机在主顶点96周围生成测试框134，找到测试框134内的主顶点100，并且将段28c和子段108d标识为与主顶点100相邻。

如图所示，段28c是布置在主顶点96和100之间的折线28的段部分，提供对方法70的步骤86的例外情况。在该场景中，当主机16确定

主顶点96和段28c/子段108d之间的最小距离时，主机16省略与当前测试顶点（即，主顶点96）连接的任意段。否则，方法70的步骤86中确定的最小距离事实上为零。相应地，在当前示例中，最小距离直接位于主顶点96和100之间（由与段28c重叠的线136来表示）。

根据方法70的步骤88，主机16然后确定该最小距离小于阈值壁宽。因此，在一个实施例中，主机16可以生成主顶点96的调整向量138（以虚线示出），其中调整向量138从主顶点96沿与线136实质上共线的方向远离主顶点100延伸，并且具有与调整向量122、128、130和132的幅度相等的幅度。然而，如上所述，主机16有利地忽略给定范围内（例如阈值壁宽的210%）折线28中与测试顶点位于相同段上的任何顶点，从而将顶点的选择限制在位于相邻段上的顶点。在当前示例中，主顶点100位于折线28中与主顶点96相同的段（即段28c）上，并且在阈值壁宽的210%之内。从而在本实施例中，主机16不为主顶点96生成调整向量138。

图5E示出了在分析主顶点96之后的薄壁区域36。根据方法70的步骤80，主机16然后确定主顶点96是否为沿折线28的最后一个顶点。由于沿折线28存在尚未分析的其他顶点，根据方法70的步骤82，主机16进行至主顶点100。根据方法70的步骤76、78以及84，主机16然后在主顶点100周围生成测试框140，找到测试框140内的主顶点96，并且将段28c和子段102d标识为与主顶点96相邻。

如上所述，主机16有利地省略与当前测试顶点（即，主顶点100）连接的任意段。相应地，在当前示例中，省略段28c并且最小距离直接位于主顶点96和100之间（由与段28c重叠的线142表示）。根据方法70的步骤88，主机16然后确定该最小距离小于阈值壁宽。因此，在一个实施例中，主机16可以生成主顶点100的调整向量144（图中虚线所示），其中调整向量144从主顶点100沿与线142实质上共线的方向远离主顶点96延伸，并且具有与调整向量138（图5D所示）的幅度相等的幅度。然而，如上面针对调整向量138所讨论的，主顶点96位于折线28中与主顶点100相同的段（即段28c）上，并且在阈值壁宽的210%之内。从而，在本实施例中，主机16不为主顶点100生成调整向量144。

图5F示出了在分析主顶点100之后的薄壁区域36。然后根据方法70的步骤80，主机16确定主顶点100是否是沿折线28的最后一个顶点。由于沿折线28存在尚未分析的其他顶点，因此根据方法70的步骤82，主机16进行至次顶点104c。根据方法70的步骤76、78以及84，主机16然后在次顶点104c周围生成测试框146，找到测试框146内的次顶点102c，并将子段106c和106d标识为与次顶点102c相邻。

然后根据方法70的步骤86，主机16确定次顶点104c与子段106c和106d之间的最小距离。在当前示例中，最小距离直接位于次顶点102c和次顶点104c之间（由线148表示）。根据方法70的步骤88，主机16然后确定该最小距离是否小于阈值壁宽。在当前示例中，次顶点102c和次顶点104c之间的距离也等于壁宽40，小于阈值壁宽。因此，主机16生成次顶点104c的调整向量150，其中调整向量150从次顶点104c沿与线148实质上共线的方向远离次顶点102c延伸，并且具有与调整向量144（图5E所示）的幅度相等的幅度。如上所述，这些调整向量的幅度使得顶点之间调整后的距离约等于阈值壁宽或者更大。相应地，调整向量132和150的组合的幅度提供了次顶点102c和104c之间约等于阈值壁宽的调整后的距离。

图5G示出了在分别为次顶点104b和104a生成调整向量152和154之后的薄壁区域36。通过与上述针对次顶点104c相同的方式来重复方法70的步骤76-90来生成调整向量152和154。根据方法70的步骤80，主机16然后确定次顶点104a是否是沿折线28的最后一个顶点。由于沿折线28存在尚未分析的其他顶点，根据方法70的步骤82，主机16进行至主顶点98。相应地，根据方法70的步骤76、78以及84，主机16在主顶点98周围生成测试框156，找到测试框156内的主顶点94，并将子段106a和114a标识为与主顶点94相邻。

然后根据方法70的步骤86，主机16确定主顶点98与子段106a和114a之间的最小距离。在当前示例中，最小距离直接位于主顶点94和98之间（由线158表示）。根据方法70的步骤88，主机16然后确定该最小距离是否小于阈值壁宽。在当前示例中，主顶点94和98之间的距离也等于壁宽40，小于阈值壁宽。因此，主机16生成主顶点98的调整向

量160,其中调整向量160从主顶点98沿与线158实质上共线的方向远离主顶点94延伸,并且具有与调整向量150、152以及154的幅度相等的幅度。调整向量122和160的组的幅度提供了主顶点94和98之间约等于阈值壁宽的调整后的距离。

图5H示出了在为主顶点98生成调整向量160之后的薄壁区域36。根据方法70的步骤80,主机16然后确定主顶点98是否是沿折线28的最后一个顶点。由于沿折线28存在尚未分析的其他顶点,根据方法70的步骤82,主机16进行至大块区域34处沿折线28的次顶点112。相应地,根据方法70的步骤76,主机16在次顶点112周围生成测试框162,并且在测试框162内搜索任何其他顶点。此时,根据方法70的步骤78,主机16找不到位于测试框162内的任何相邻顶点。因此,主机16跳过方法70的步骤84至90,并且不为次顶点112生成调整向量。由于折线28不具有在次顶点112处有过度填充条件的风险,因此对于次顶点112而言不需要调整向量。

图5I示出了在分析了次顶点112之后的薄壁区域36。对位于折线28上的其余主和次顶点重复步骤76至90。如图5I所示,要分析的最后一个顶点是大块区域34处沿折线28的次顶点110。当到达次顶点110时,根据方法70的步骤76,主机16在次顶点110周围生成测试框164,并且搜索测试框164内的其他顶点。此时,根据方法70的步骤78,主机16找不到位于测试框164内的任何相邻顶点。因此,主机16跳过方法70的步骤84至90,并且不为次顶点110生成调整向量。

图5J示出了在分析了次顶点110之后的薄壁区域36。根据方法70的步骤80,主机16然后确定次顶点110是否是沿折线28的最后一个顶点。由于此时已经分析了沿折线28的所有顶点,因此,根据方法70的步骤92,主机16然后基于调整向量来调整顶点的位置。这将段28a调整至调整后的段42a和43a的位置,并且将段28b调整至调整后的段42b和43b的位置,其中调整后的段42a和42b之间调整后的壁宽28等于阈值壁宽。如图所示,这修改了折线28的几何形状,以降低在使用分层沉积系统12(图1所示)进行构建操作期间在薄壁区域36处对工具路径进行过度填充的风险。此外,调整后的段43a和43b向主顶点96和100会聚,

从而保护薄壁区域36处折线28的原始几何形状。

一旦根据方法70修改了折线28的几何形状，根据方法70的步骤93移除布置在共线子段上的顶点。因此，由于段42a的子段在主顶点94和次顶点102c之间共线，移除次顶点102a和102b。类似地，从段42b的子段中移除次顶点104a和104b，并且移除次顶点110和112。如上所述，这减少了主机16需要保留的数据坐标的数量。

图5K示出了在移除了次顶点102a、102b、104a、104b、110以及112之后的薄壁区域36。根据方法46（图3所示）的步骤62，主机16然后基于折线26修改后的几何形状来生成外围工具路径166。由于段42a和42b被分开约等于阈值壁宽的调整后的壁宽44，因此外围工具路径166的环绕部分具有可接受的重叠量，从而降低了对3D对象24的相应区域进行过度填充的风险。

如图5A至5K所示，调整后的每一个顶点仅具有位于相应测试框内的单一相邻顶点。因此，仅响应于单一相邻顶点来生成调整向量。然而，在给定测试框存在多个相邻顶点的情形中，对每一个相邻顶点执行方法70的步骤86、88以及90，并且所生成的调整向量是累积的。这确保相对于多个相邻顶点中的每一个对测试顶点进行重定位。此外，尽管上述方法70与单一薄壁区域（即薄壁区域36）一起使用，但是方法70还适于与具有多个薄壁区域（具有各种几何形状设计）的折线一起使用。

图6A至6C是层168的示意图，层168为备选CAD模型的分片层。如图6A所示，层168类似于层26（图2所示）并且包括折线170、外围工具路径172以及光栅工具路径174。折线170是布置在x-y平面上的外围几何形状，具有会聚尖峰的几何形状而不是折线28（图2所示）的平行段几何形状。折线170内的区域是层168中在构建操作期间将用构建材料填充的部分，并且被划分为大块区域176和薄壁区域178。如薄壁区域178处所示，主顶点180、182和184定义了折线170，其中主顶点180和184位于大块区域176和薄壁区域178之间的交叉处，并且主顶点182位于会聚尖峰的尖端。

主顶点180、182以及184将折线170分为段170a和170b，其中段170a

将主顶点180和182互连，并且段170b将主顶点182和184进行互连。段170a和170b的会聚性质相应地在阈值线188处将薄壁区域178分为第一区域178a和第二区域178b。阈值线188是沿段170a和170b的位置，在该位置处，薄壁区域178沿y轴的壁宽等于分层沉积系统12（图1所示）的阈值壁宽。因此，第一区域178a的宽度大于阈值壁宽，并且第二区域178b的宽度小于阈值壁宽。

基于路宽186来生成外围工具路径172以及光栅工具路径174，如上针对路宽186（图2所示）所述，路宽186是来自分层沉积系统12的构建材料的沉积路线的预测宽度。在相对于折线170的内部偏移位置处生成外围工具路径172，该位置在路宽186的大约一半的距离处。然后在相对于外围工具路径172的内部偏移位置处生成光栅工具路径174，从而填充大块区域176。

当以薄壁区域178处的环绕配置来生成外围工具路径172时，随着相邻工具路径（称作子路径172a和172b）向主顶点182前进，该相邻工具路径具有越来越大的重叠量。当子路径172a和172b从第一区域178a跨过阈值线188转变到第二区域178b时，子路径172a和172b的重叠变得足够大以引起构建材料的沉积路线过度填充3D对象的相应区域。如上所述，这可能导致较差的部件质量并且潜在地损坏分层沉积系统12。

此外，如图6A所示，子路径172a和172b沿x轴会聚在实质上不到主顶点182的点处（称作点190）。因此，基于子路径172a和172b的沉积的构建材料的路线将不会沿x轴延伸至主顶点182的相应位置。当构建3D对象时，这也降低了部件质量。因此，为了改进部件质量并且降低在第二区域178b处创建过度填充条件的风险，主机16（图1所示）根据方法70（图4所示）来修改薄壁区域178的几何形状。

图6B示出了在主机16根据方法70（图4所示）的步骤72至90分析了沿折线170的每一个顶点之后的层168。如图所示，段170a还包括次顶点192a至192e，并且段170b还包括次顶点192a至194e，这些是根据方法70的步骤72来生成的。根据方法70，主机16分析每一个主和次顶点，并且针对在具有小于阈值壁宽的分隔距离的部分处的顶点来生成调整向量。

由于第一区域178a具有大于阈值壁宽的壁宽，主顶点180和184、以及次顶点192a和194a将不具有生成的调整向量。然而，由于第二区域178b具有小于阈值壁宽的壁宽，次顶点192b至192e以及194b至194e分别具有为其生成的调整向量196b至196e和198b至198e。如图所示，调整向量196b至196e和198b至198e的幅度随着第二区域178b的壁宽的减小而增大。这是由于随着壁宽减小，“最小距离”（等式1中所使用）减小。

注意，主顶点182不具有生成的调整向量。如上面对于方法70的步骤72所讨论的，有利地，不在主顶点的特定距离内生成次顶点，以保护折线（例如折线170）的原始几何形状。本实施例有益于与具有会聚尖峰几何形状的薄壁区域一起使用，如薄壁区域178。在当前示例中，限制次顶点192e和194e的位置，以防止对主顶点182的位置进行调整，从而保留薄壁区域178沿x轴的原始长度。

在分析了每一个顶点之后，根据方法70的步骤92，主机16基于调整向量196b至196e以及198b至198e来调整次顶点192b至192e以及194b至194e的位置。这将次顶点192b至192e以及194b至194e定位在相反的位置上，该相反的位置提供沿第二区域178b的约等于阈值壁宽或者更大的壁宽。然后根据方法70的步骤93，主机16移除位于共线子段上的任何顶点。在当前示例中，这移除了次顶点192b至192d以及194b至194d。

图6C示出了在根据方法70修改了折线170的几何形状之后的层168。在修改过折线170的几何形状之后，将段170a（图6A所示）子划分为子段200a（在主顶点180和次顶点192a之间）、子段200b（在次顶点192a和192e之间）、以及子段200c（在次顶点192e和主顶点182之间）。类似地，将段170b（图6A所示）子划分为子段202a（在主顶点184和次顶点194a之间）、子段202b（在次顶点194a和194e之间）、以及子段202c（在次顶点194e和主顶点182之间）。

由于第一部分178a处的壁厚度大于阈值壁宽，因此不改变段200a和202a。然而，段200b和202b现在位于提供约等于阈值壁宽或者更大的壁宽的位置处。段200c和202c提供折线170的小会聚部分，从而允许

沉积的构建材料的路线实质上沿x轴到达主顶点182的位置。一旦根据方法70修改了折线170的几何形状,基于修改后的几何形状来生成外围工具路径204。由于第二区域178b具有等于阈值壁宽或者更大的壁宽,因此外围工具路径204的环绕子路径具有可接受的重叠量,从而降低了对3D对象的相应区域进行过度填充的风险。

图7是方法206的流程图,方法206类似于方法70(图4所示),但是适于与具有多条折线的分片层一起使用。很多CAD模型设计可以包括针对给定分片层的多条折线。例如,分片层可以包括定义3D对象的外表面的第一折线以及定义3D对象的内表面(例如内腔)的第二折线。尽管方法70适于标识单一折线内的一个或者更多薄壁区域,方法206将方法70进行扩展,以进一步标识可能存在于两条或者更多折线之间的薄壁区域。方法206包括步骤208至220,并且首先涉及为每一条折线生成次顶点(步骤208)。对于每一条折线,以与上述方法70的步骤72相同的方式来生成次顶点。这允许主机16标识位于特定折线之外的顶点。

然后主机16标识多条折线中第一折线(步骤210),并且对所标识的折线执行方法70的步骤74至80(步骤212)。这以与上述方法70相同的方式为沿所标识的折线的每一个顶点生成调整向量。然而,由于多条折线中的每一条包括一系列主和次顶点,根据方法70的步骤76,当标识相邻顶点时,主机16还可以依赖于当前折线外部的顶点。因此,还可以基于相邻折线之间的潜在过度填充条件来生成调整向量。

当分析了当前折线的每一个顶点时,主机16然后确定当前折线是否是给定层的最后一条折线(步骤214)。如果不是,则主机16进行至该层的下一条折线(步骤216),并且对每一条剩余折线重复步骤212。当分析了最后一条折线的每一个顶点时,主机16然后基于分片层的每一条折线的调整向量来调整顶点的位置(步骤218),并且移除位于共线子段上的顶点(步骤220)。有利地,在为给定分片层的所有折线的所需顶点生成了调整向量之后,执行步骤218和220。否则,如果在分析第二折线之前根据步骤218调整了第一折线的顶点的位置,则第一折线顶点的调整后的位置可能在分析第二折线时阻止对相邻顶点的所需

标识。相应地，方法206是对给定分片层内的多条折线的几何形状合适修改。注意，方法206也适于与包含单一折线的分片层一起使用。在该情况中，方法206的步骤208、210、214以及216变得多余，从而将方法206简化为方法70。

图8是用于从具有小于单一路宽的薄壁区域的CAD模型来构建3D对象的方法222的流程图，图8示意了方法46(图3所示)的备选实施例。除了创建潜在过度填充条件之外，CAD模型还可以描述具有比单一路宽(例如图2所示的路宽38)更窄的薄壁区域的3D对象。这典型地发生在CAD模型中错误指定3D对象的几何形状时。不幸地是，在该情形中，主机16可能不必须为薄壁区域生成构建路径。此外，生成用于3D对象的支撑结构的算法将典型地标识该薄壁区域，从而排除对该薄壁区域生成支撑结构部件。因此，不为该薄壁区域进行材料路线的沉积，这可能影响依赖该薄壁区域作为支撑的随后沉积的层。

方法222适于修改比单一路宽更窄的薄壁区域的几何形状。方法222包括步骤224至244，并且首先涉及建立分层沉积系统(例如图1所示的分层沉积系统12)的“阈值壁宽”，其中该阈值壁宽约等于沉积的构建材料的路宽(例如图2所示的路宽38)(步骤224)。如上所述，将方法46中使用的“阈值壁宽”称作最小壁宽，可以在没有实质上过度填充的情况下以该最小壁宽来沉积一对相邻的构建材料路线。然而，方法222依赖于阈值壁宽来标识比路宽更窄的区域。因此，在本实施例中，“阈值壁宽”约等于路宽。

一旦确定了阈值壁宽，则以与以上针对方法46的步骤50-68所述相同的方式来执行方法222的步骤226至244。相应地，将CAD模型分片为多个分片层，其中每一个分片层包括一条或者更多折线(步骤226)。然后主机16选择第一分片层进行分析(步骤228)，并且标识所选分片层的折线的坐标(步骤230)。然后分析所标识的折线，以确定折线的相邻部分之间的距离(步骤232)。在备选实施例中，可以在针对所选的第一分片层的步骤226至232中的一个或者更多步骤之后执行步骤224中对阈值壁宽的确定。

然后主机16确定相邻部分之间的距离是否小于阈值壁宽(即，小

于单一路宽) (步骤234)。如果是, 则主机16调整折线的相邻部分的位置, 使得部分之间调整后的壁宽约等于阈值壁宽 (即, 约等于路宽) (步骤236)。然后主机16基于具有调整后的部分的折线来生成当前分片层的一条或者更多工具路径 (步骤238)。由于部分之间调整后的壁宽约等于路宽, 因此为薄壁区域生成了单一工具路径。

然后主机16确定当前分片层是否为针对薄壁几何形状要分析的CAD模型的最后一个分片层 (步骤240)。如果不是, 则主机16进行至CAD模型的下一个分片层 (步骤242), 并且对每一个其余分片层重复步骤230至238。这修改了CAD模型的每一个分片层中的薄壁区域的几何形状, 使得每一个薄壁区域具有至少约等于沉积的构建材料的路宽的宽度。当分析了最后一个分片层时 (步骤240), 主机16然后将相应构建数据中继至控制器14 (图1所示), 以使用分层沉积系统12来构建3D对象 (步骤244)。

由于每一个分片层的折线的调整后的部分被分开约等于路宽的距离, 因此主机16能够为薄壁区域生成工具路径。这允许薄壁区域为随后形成的层提供层间支撑。在一个实施例中, 以与以上针对方法70所述相同的方式来执行方法222的步骤232至236, 其中阈值壁宽约等于路宽。此外, 还可以以与以上针对方法206所述相同的方式来对多条折线执行方法222。

图9是方法246的流程图, 方法246为方法46 (图3所示) 和方法222 (图8所示) 的组合。因此, 方法246适用于降低创建过度填充条件的风险, 并且用于在构建操作期间提供对3D对象的层间支撑。方法246包括步骤248至272, 并且首先涉及建立用于分层沉积系统 (例如图1所示的分层沉积系统12) 的“第一阈值壁宽”以及“第二阈值壁宽” (步骤248)。第一阈值壁宽与方法222的步骤224中的上述阈值壁宽相同。相应地, 第一阈值壁宽约等于沉积的构建材料的路宽。第二阈值壁宽与方法46的步骤48中的上述阈值壁宽相同。因此, 合适的第二阈值壁宽的示例包括以上针对方法46的步骤48中的阈值壁宽所讨论的阈值壁宽。

一旦建立了第一和第二阈值壁宽, 将CAD模型分片为多个分片

层，其中每一个分片层包括一条或者更多折线（步骤250）。然后主机16选择第一分片层以进行分析（步骤252），并且标识所选分片层的折线的坐标（步骤254）。然后分析所标识的折线以确定折线的相邻部分之间的距离（步骤256）。在备选实施例中，可以在针对第一所选分片层的步骤250至256中的一个或者更多之后执行步骤248中对第一和第二阈值壁宽的确定。

然后主机16确定相邻部分之间的距离是否小于第一阈值壁宽（即，小于单一路宽）（步骤258）。该步骤允许主机16确定壁宽是否过窄而不足以沉积构建材料的单一路线。如果是，则主机16调整折线的相邻部分的位置，使得部分之间调整后的壁宽约等于第一阈值壁宽（即，约等于路宽）（步骤260）。然后主机16基于具有调整后的部分的折线来为当前分片层生成一条或者更多工具路径（步骤266）。

如果相邻部分之间的距离不小于第一阈值壁宽（步骤258），则主机16确定相邻部分之间的距离是否小于第二阈值壁宽（步骤262）。该步骤允许主机16确定该壁宽是否可能创建过度填充条件。由于主机16已经在步骤258中确定相邻部分之间的距离至少与单一路宽一样大，步骤262有效地确定相邻部分之间的距离是否落在第一和第二阈值壁宽之间。如果相邻部分之间的距离小于第二阈值壁宽，则主机16调整折线的相邻部分的位置，使得部分之间调整后的壁宽约等于第二阈值壁宽，或者更大（步骤264）。然后主机16基于具有调整后的部分的折线来为当前分片层生成一条或者更多工具路径。（步骤266）。

在一个实施例中，主机16为当前分片层的每一个薄壁区域执行步骤256至264。因此，对于当前分片层，可以根据步骤260来调整折线的第一区域的部分并且可以根据步骤264来调整折线的第二区域的部分。在本实施例中，有利地，根据方法70（图4所示）来执行步骤256、258以及260，其中“阈值壁宽”指第一阈值壁宽，并且有利地根据方法70来执行步骤256、262以及264，其中“阈值壁宽”指第二阈值壁宽。这允许方法246修改单一分片层中的多个薄壁区域的几何形状，其中薄壁区域比路宽更窄或者可能创建过度填充条件。

在生成工具路径之后，然后主机16确定当前分片层是否是针对薄

壁几何形状要分析的CAD模型的最后一个分片层（步骤268）。如果不是，则主机16进行至CAD模型的下一个分片层（步骤270），并且对每一个其余分片层重复步骤254至266。这修改了CAD模型的每一个分片层中的薄壁区域的几何形状。当分析了最后一个分片层之后（步骤268），主机16将相应构建数据中继至控制器14（图1所示），以使用分层沉积系统12来构建3D对象（步骤272）。

方法248示出了用于调整给定分片层的折线的相邻部分的位置的合适实施例，并且起到与方法46和222类似的作用。例如，如果给定CAD模型不包括具有小于第一阈值壁宽的任何部分，则步骤258和260变得多余，从而将方法246简化为与方法46相同的步骤。备选地，如果给定CAD模型不包括具有大于第一阈值壁宽并且小于第二阈值壁宽的壁宽的任何部分，则步骤262和264变得多余，从而将方法246简化为与方法222相同的步骤。此外，可以与以上针对方法206（图7所示）所述相同的方式对多条折线执行方法246。

如上所述，基于阈值壁宽的不同值，本发明适用于为各种目的来修改薄壁区域的几何形状（例如减少过度填充条件并且提供层间支撑）。这提高了构建操作期间3D对象的质量。尽管已经参照优选实施例描述了本发明，本领域技术人员将认识到，可以在不背离本发明的精神和范围的情况下在形式和细节上作出改变。

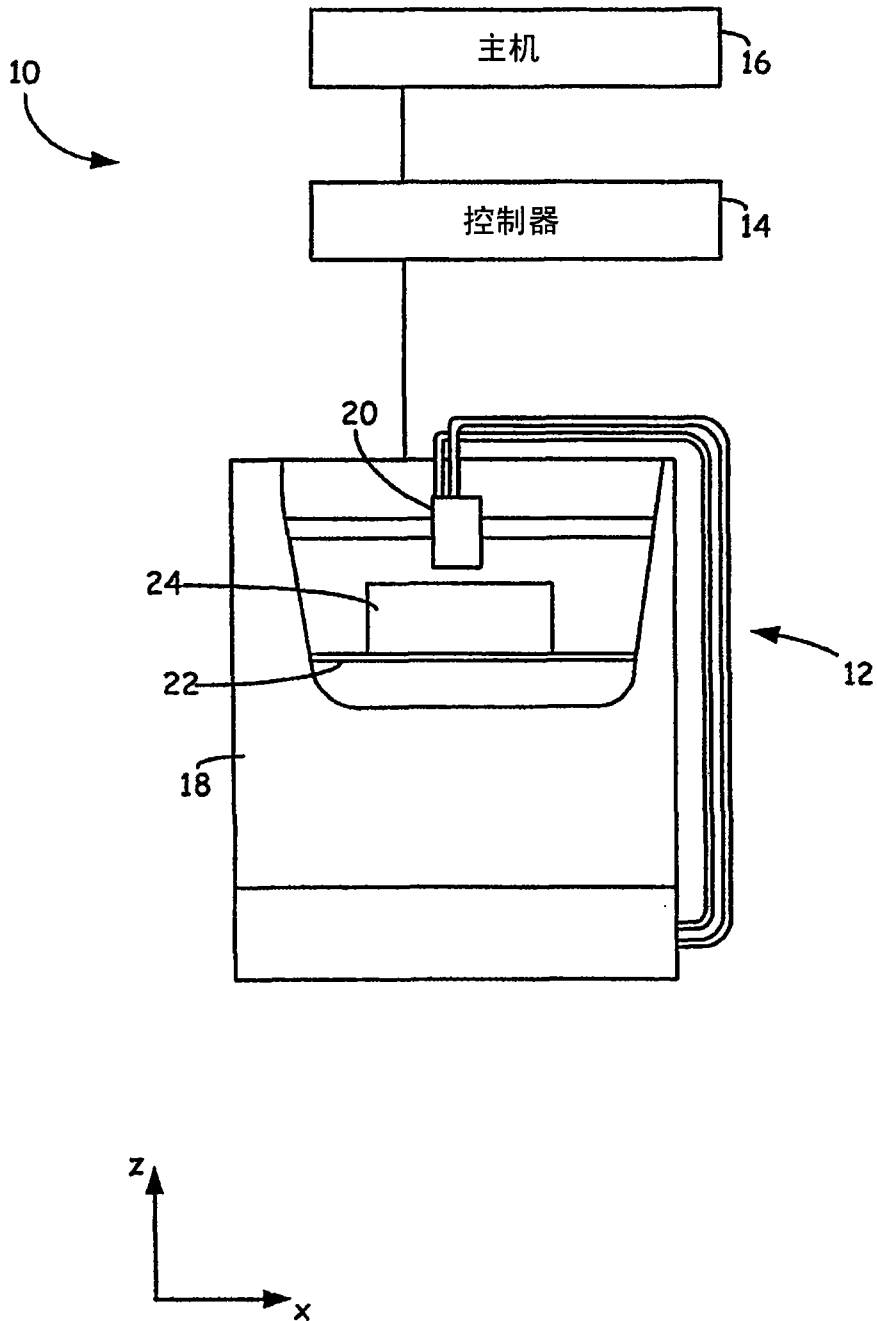


图 1

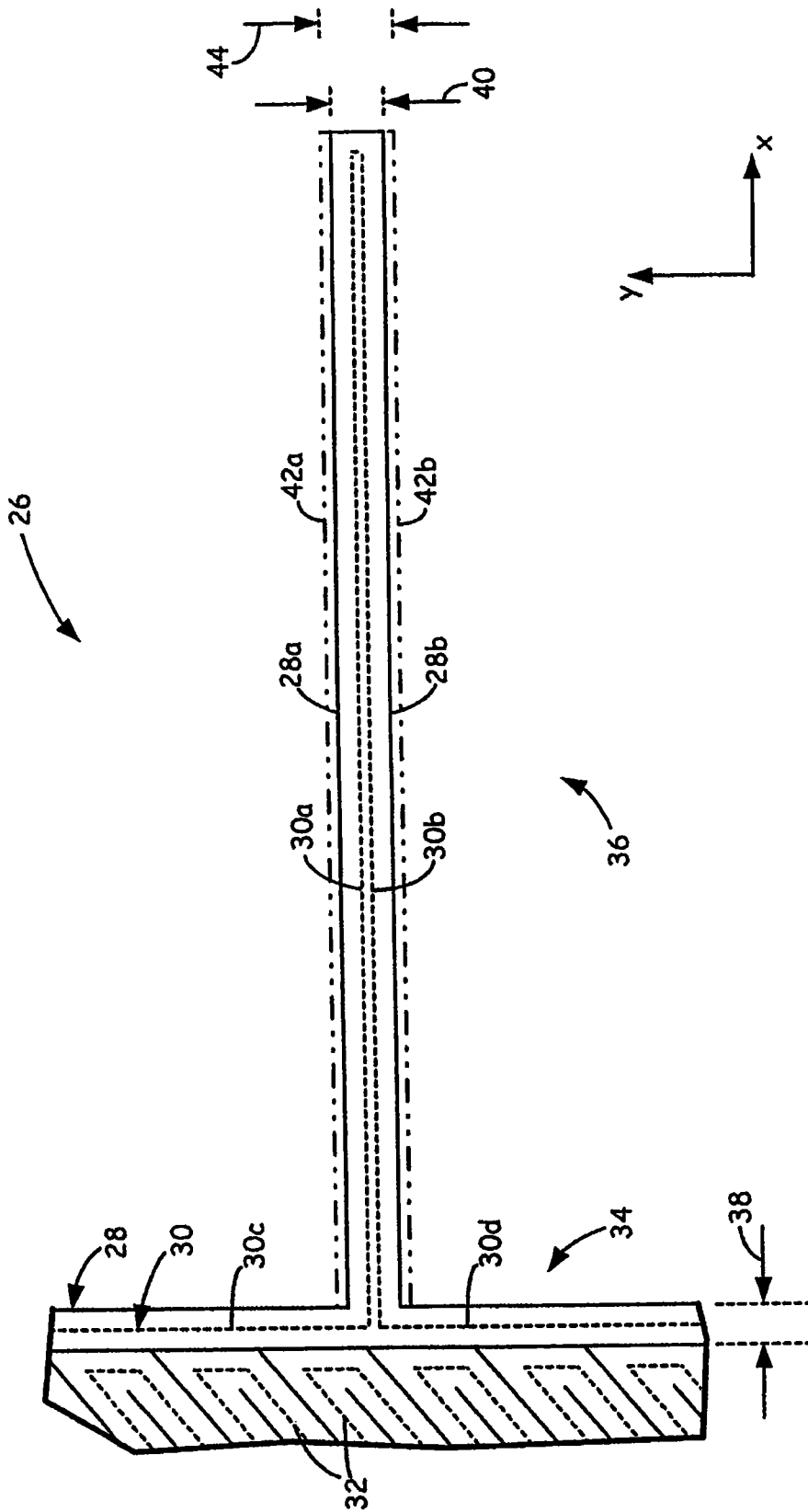


图 2

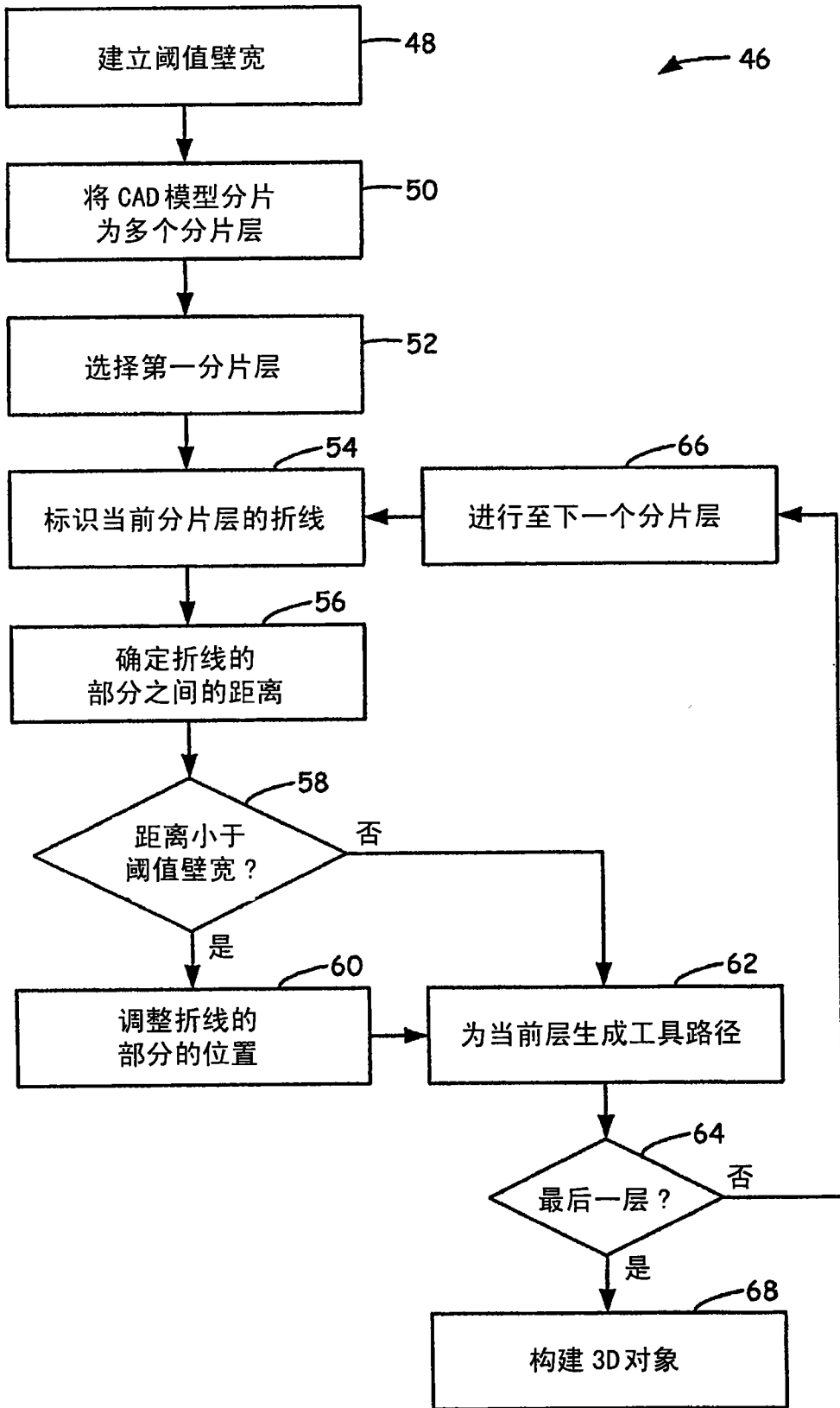


图 3

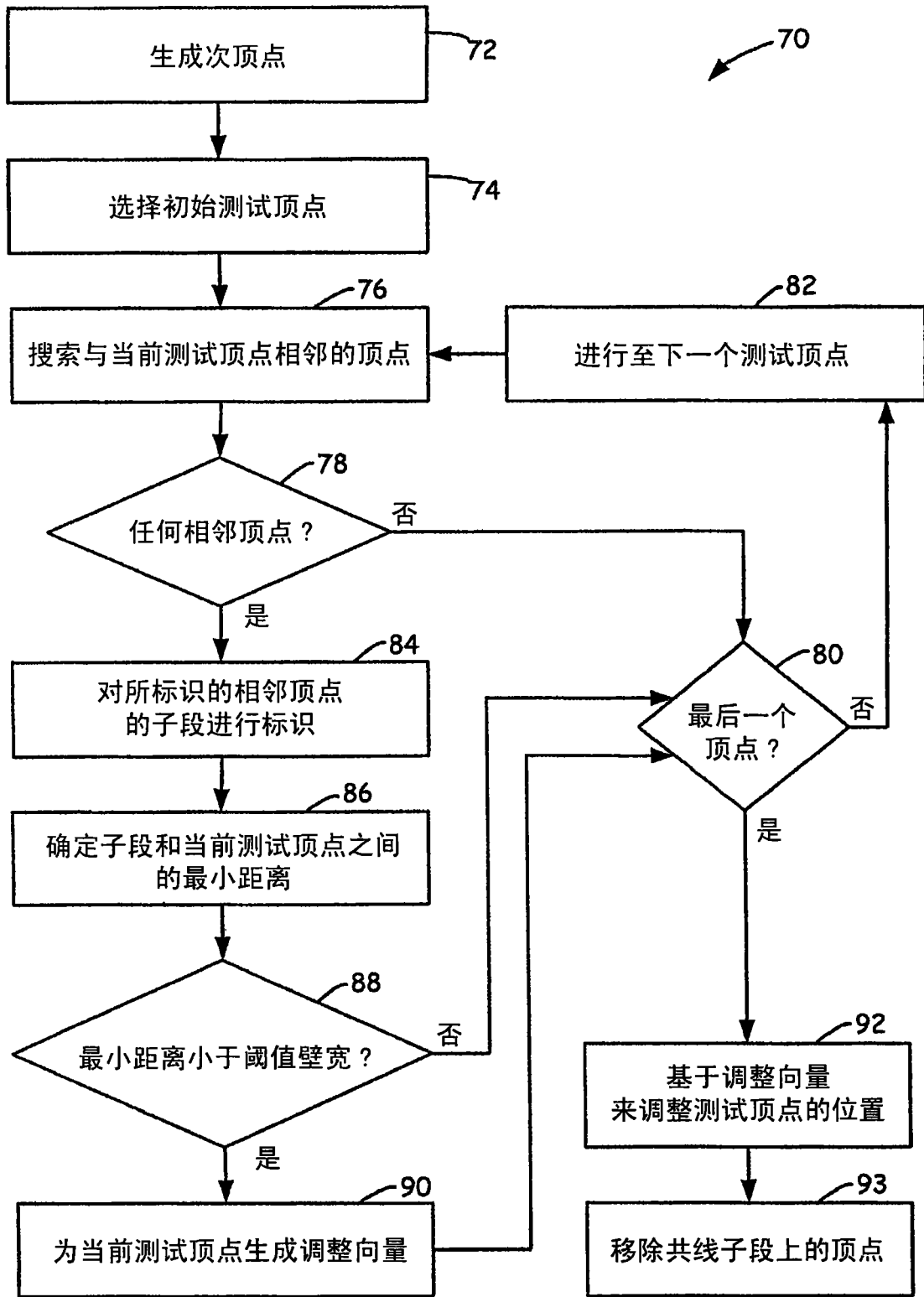


图 4

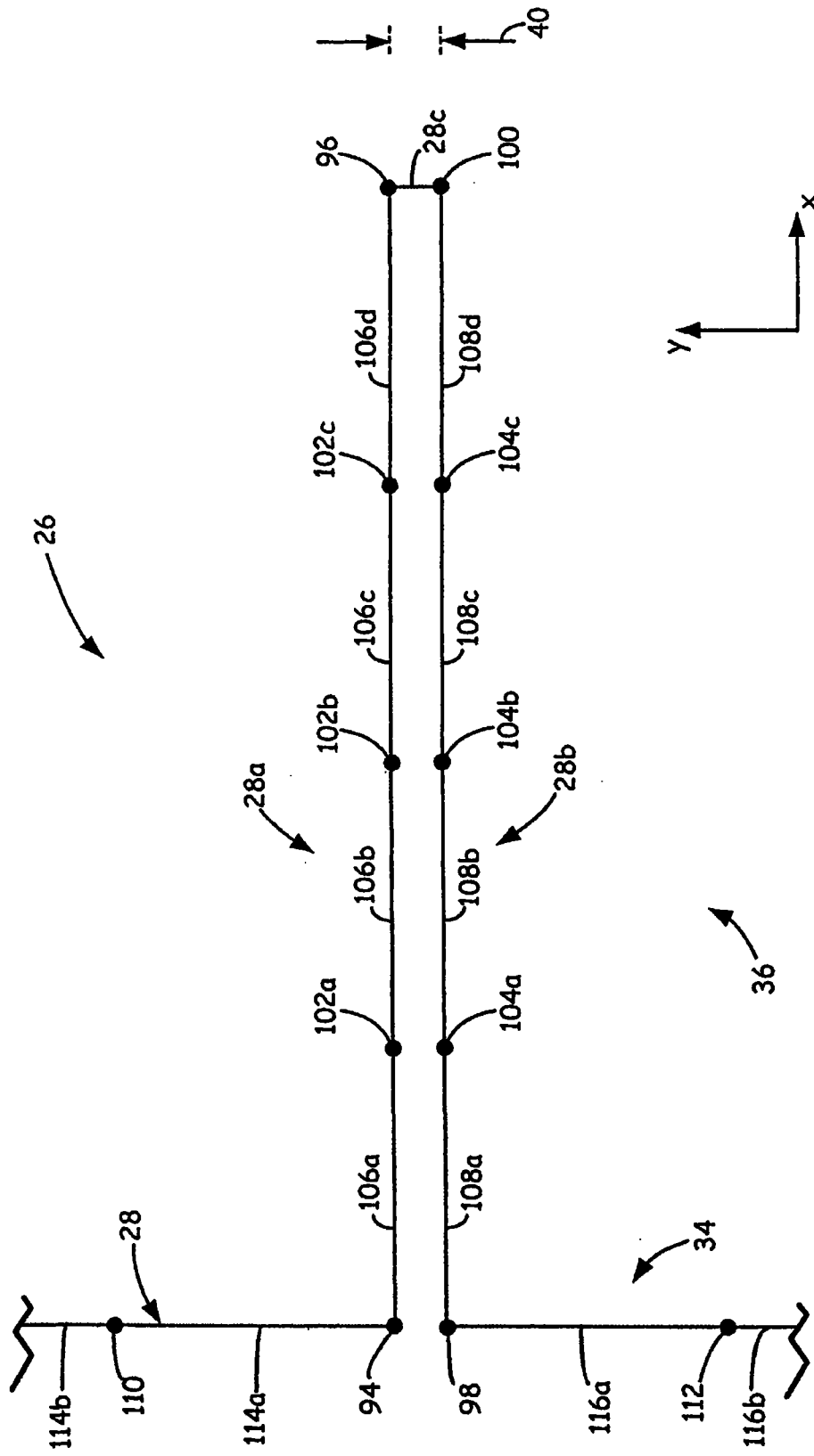


图 5A

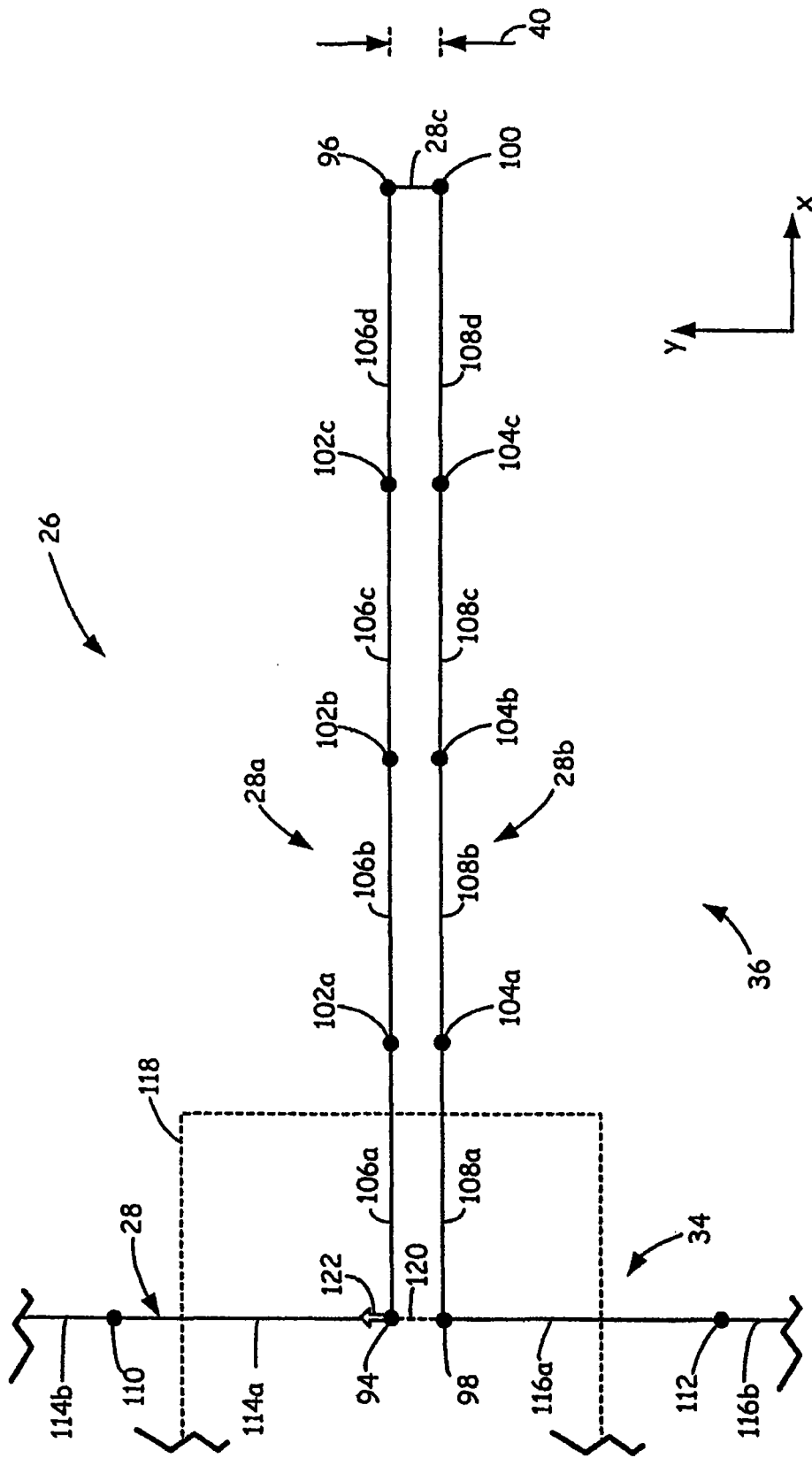


图 5B

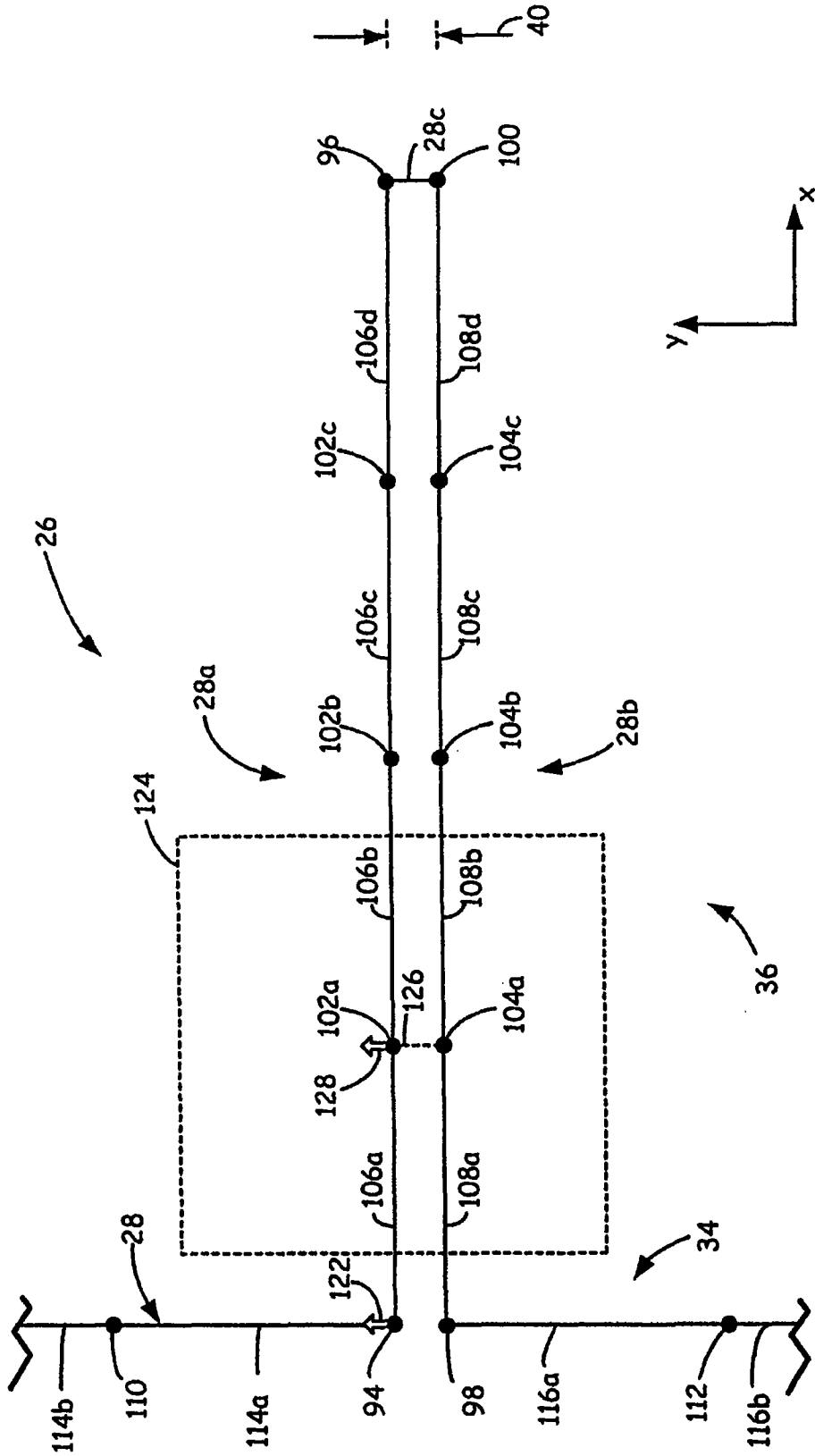


图 50

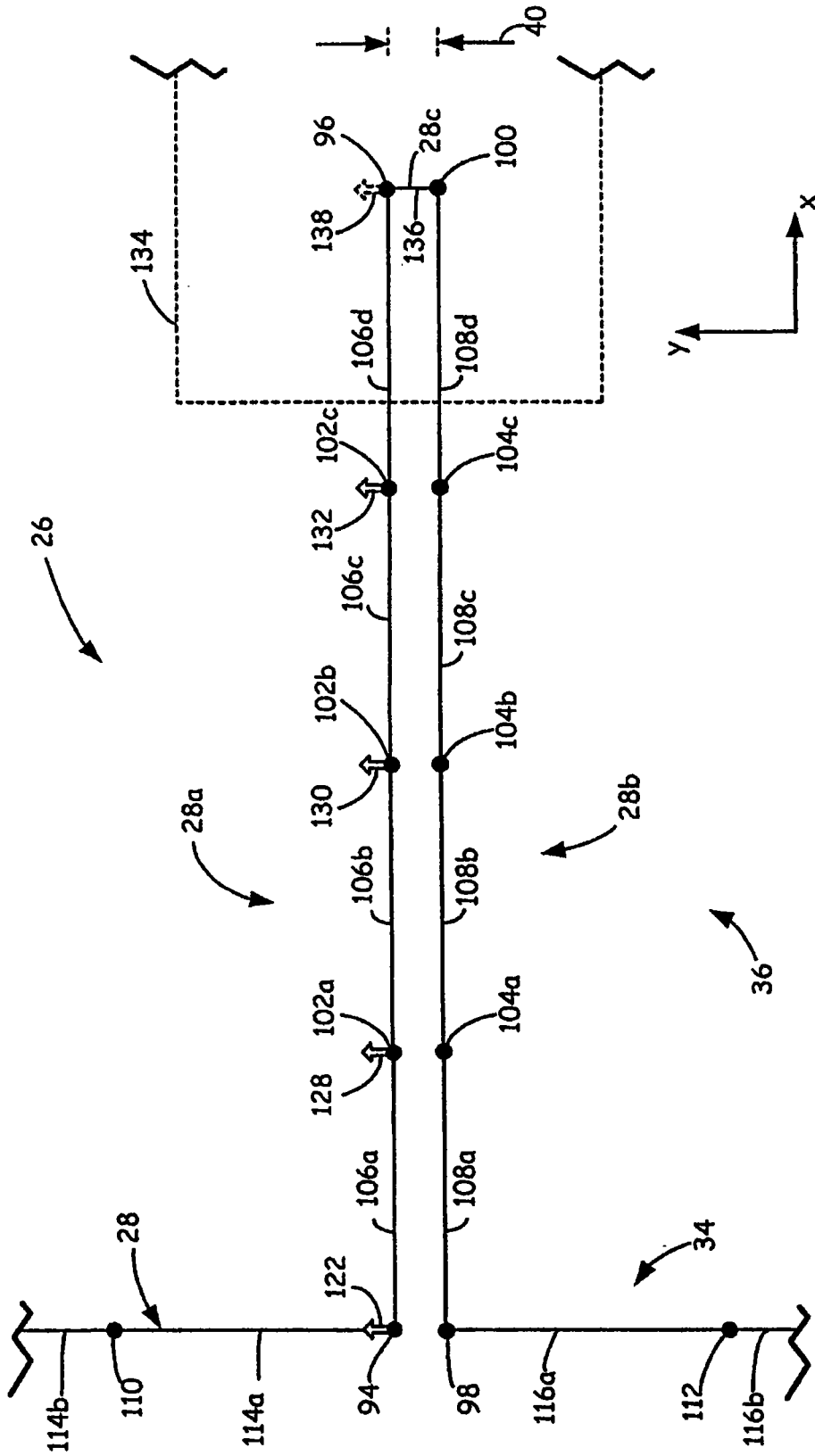


图 5D

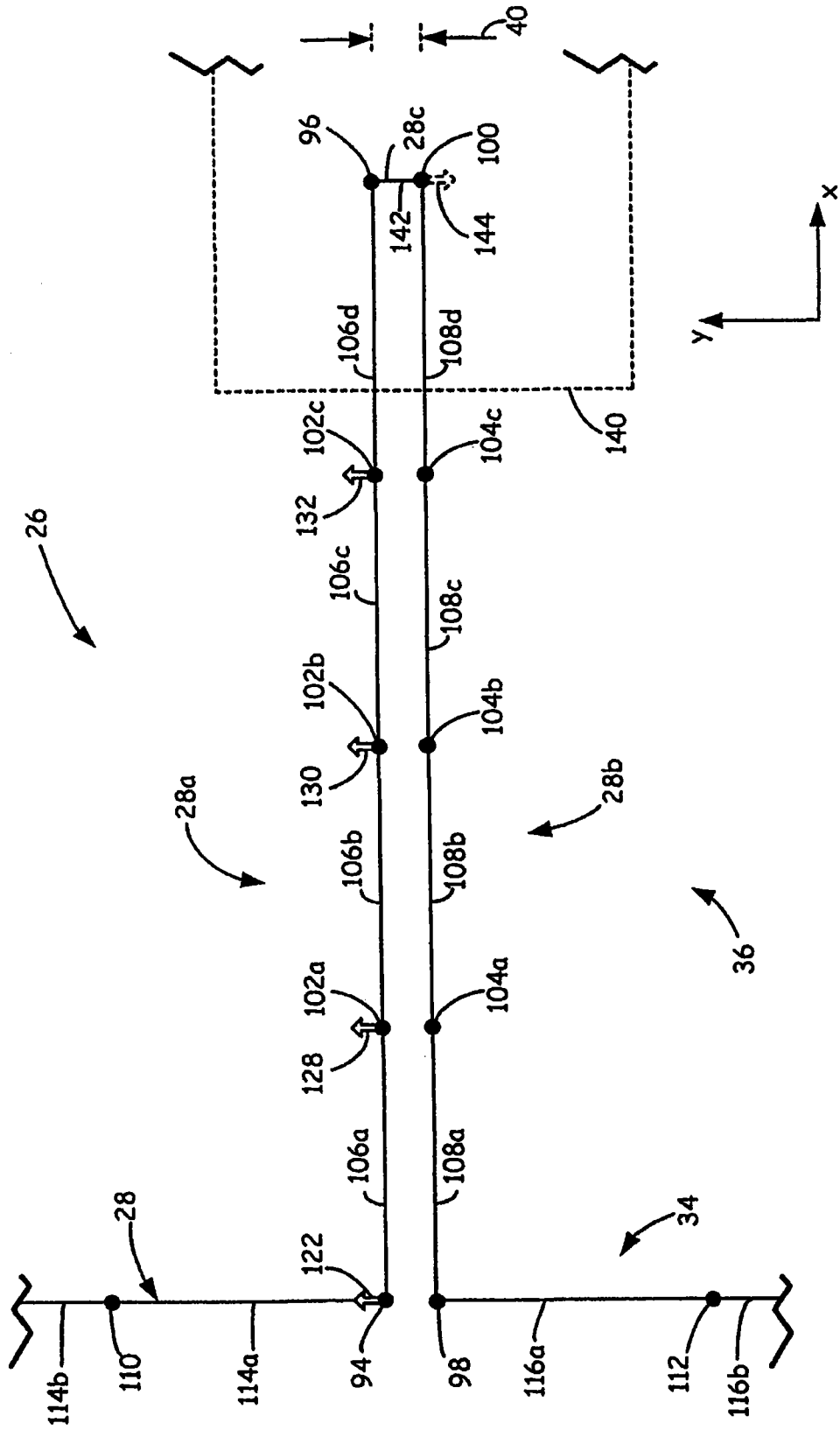


图 5E

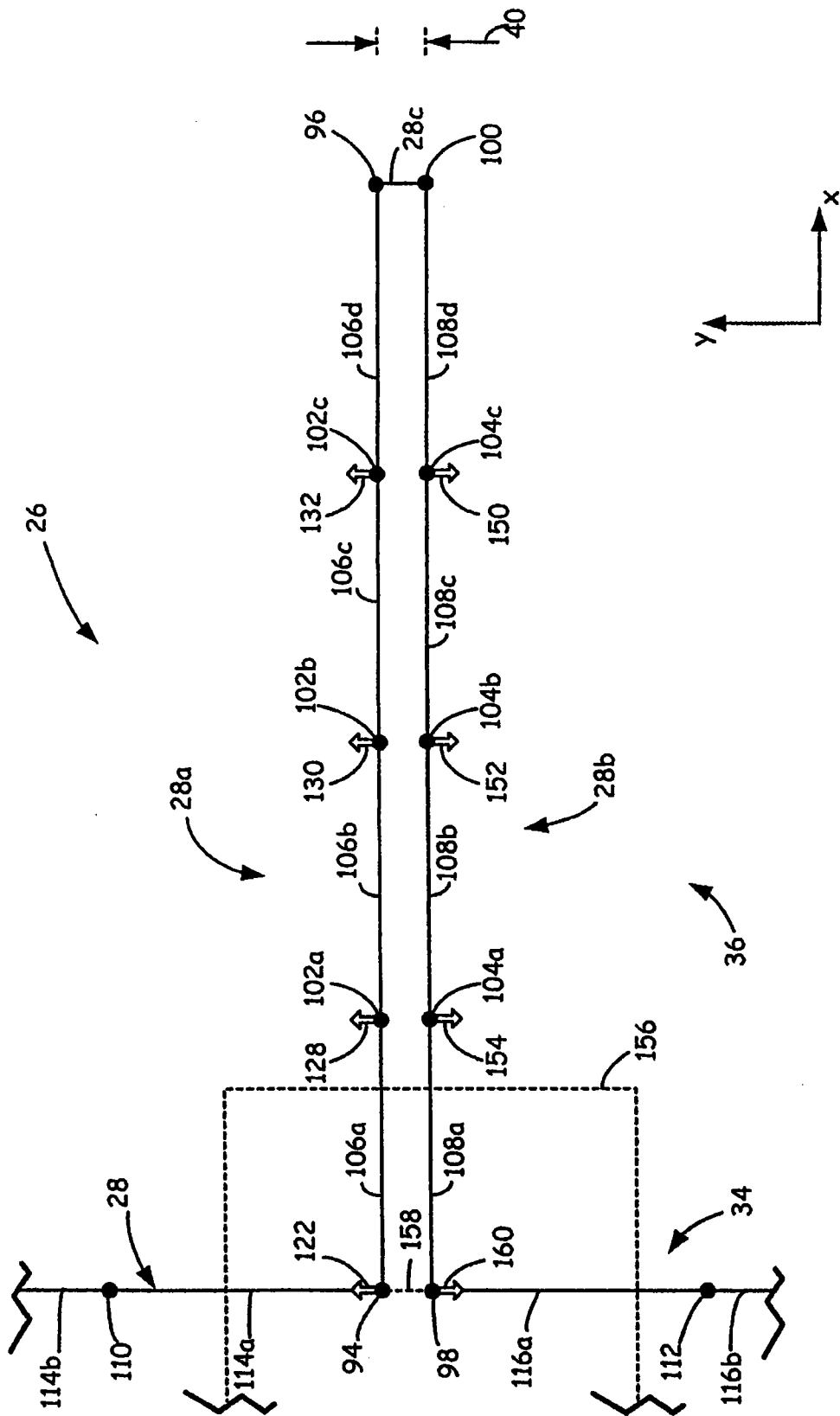


图 5G

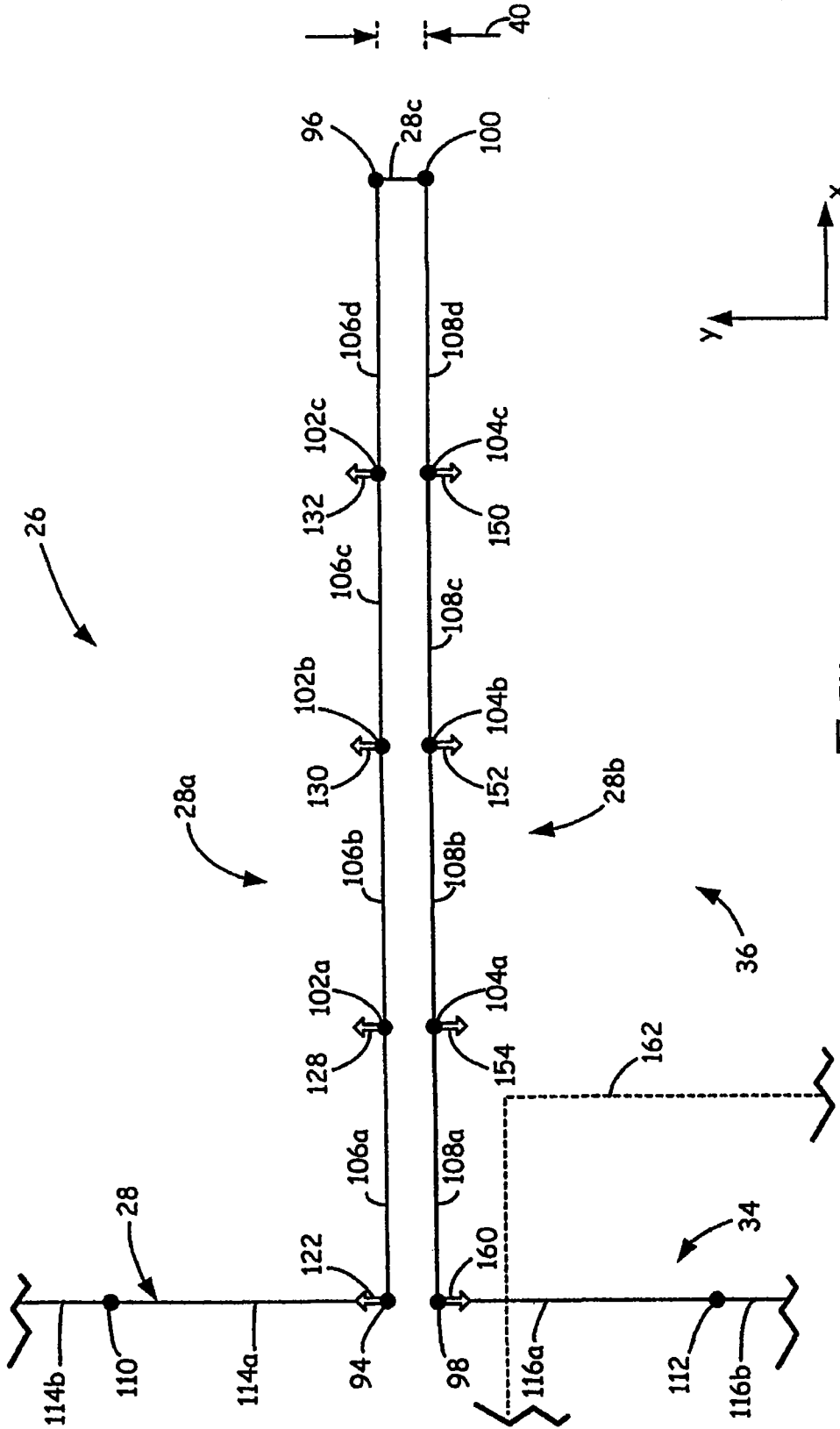


图 5H

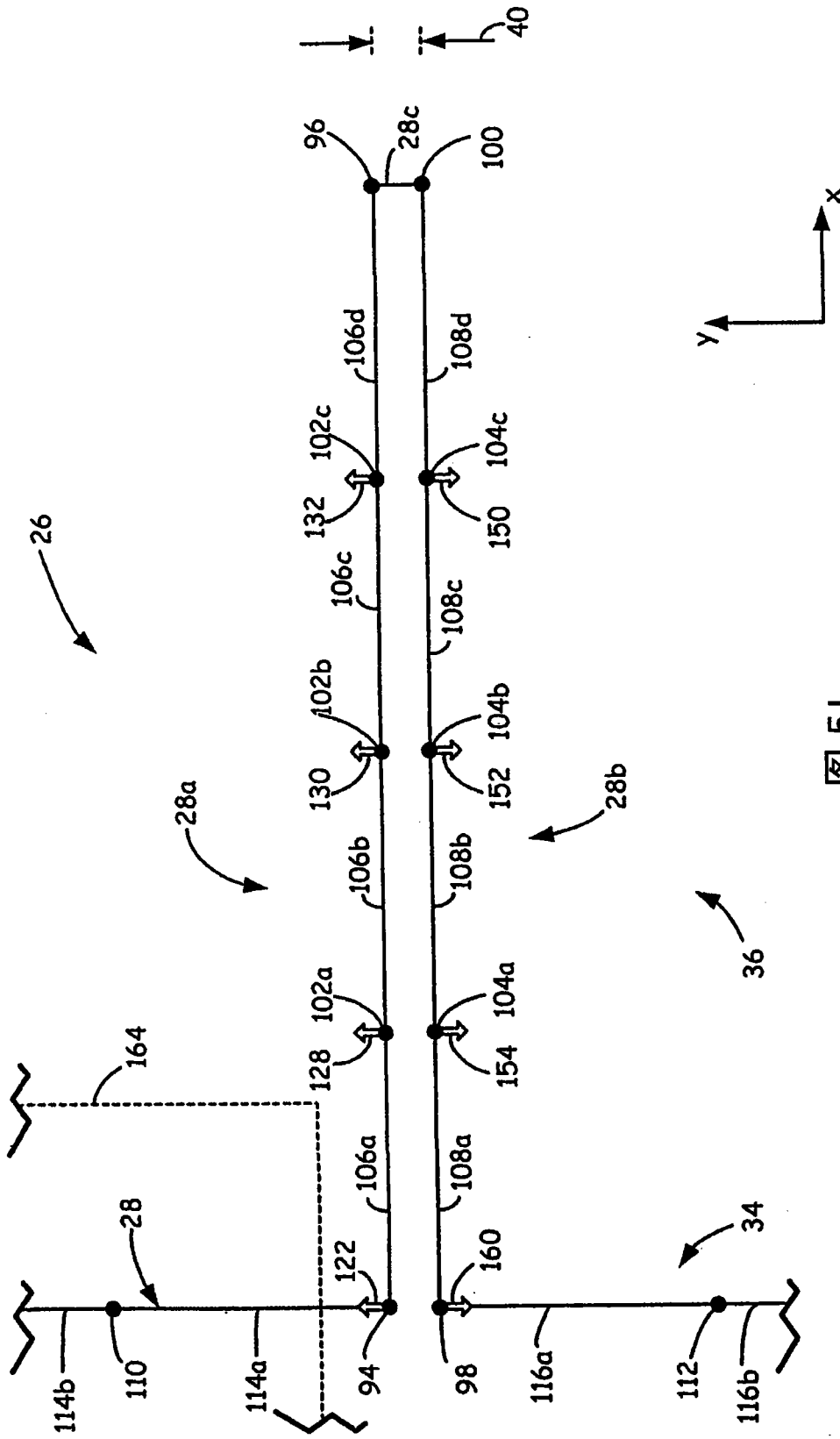


图 51

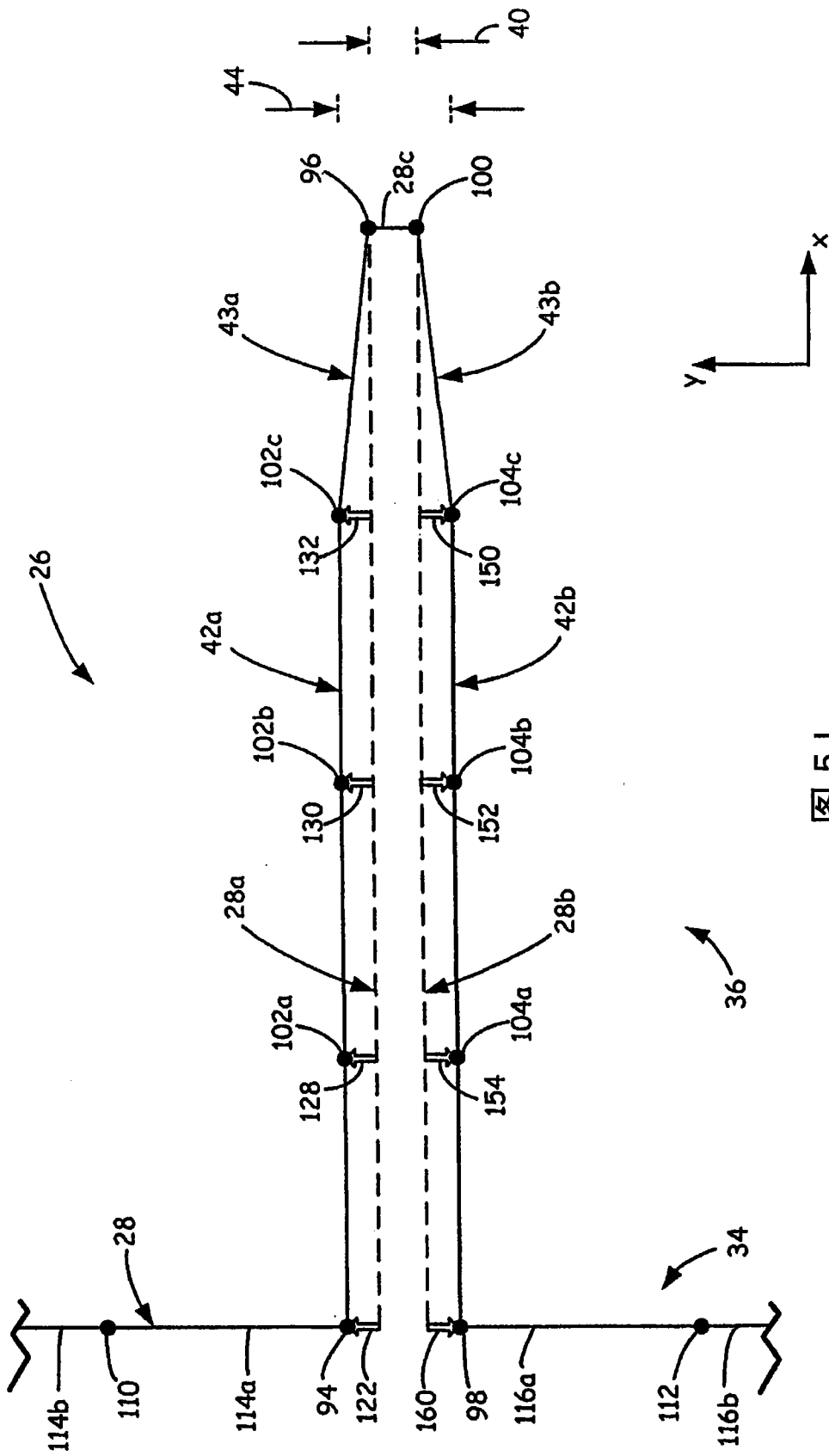


图 5J

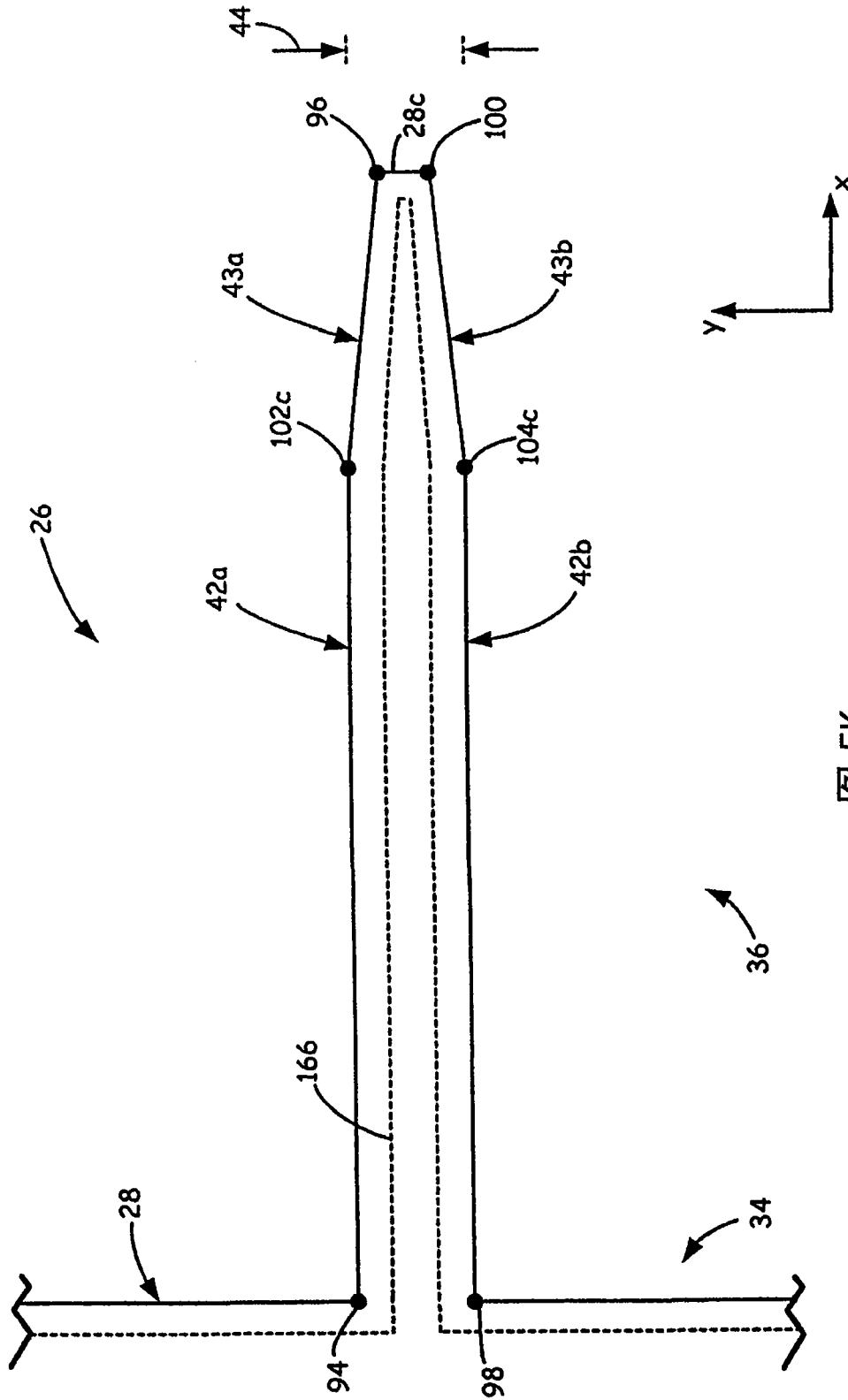


图 5K

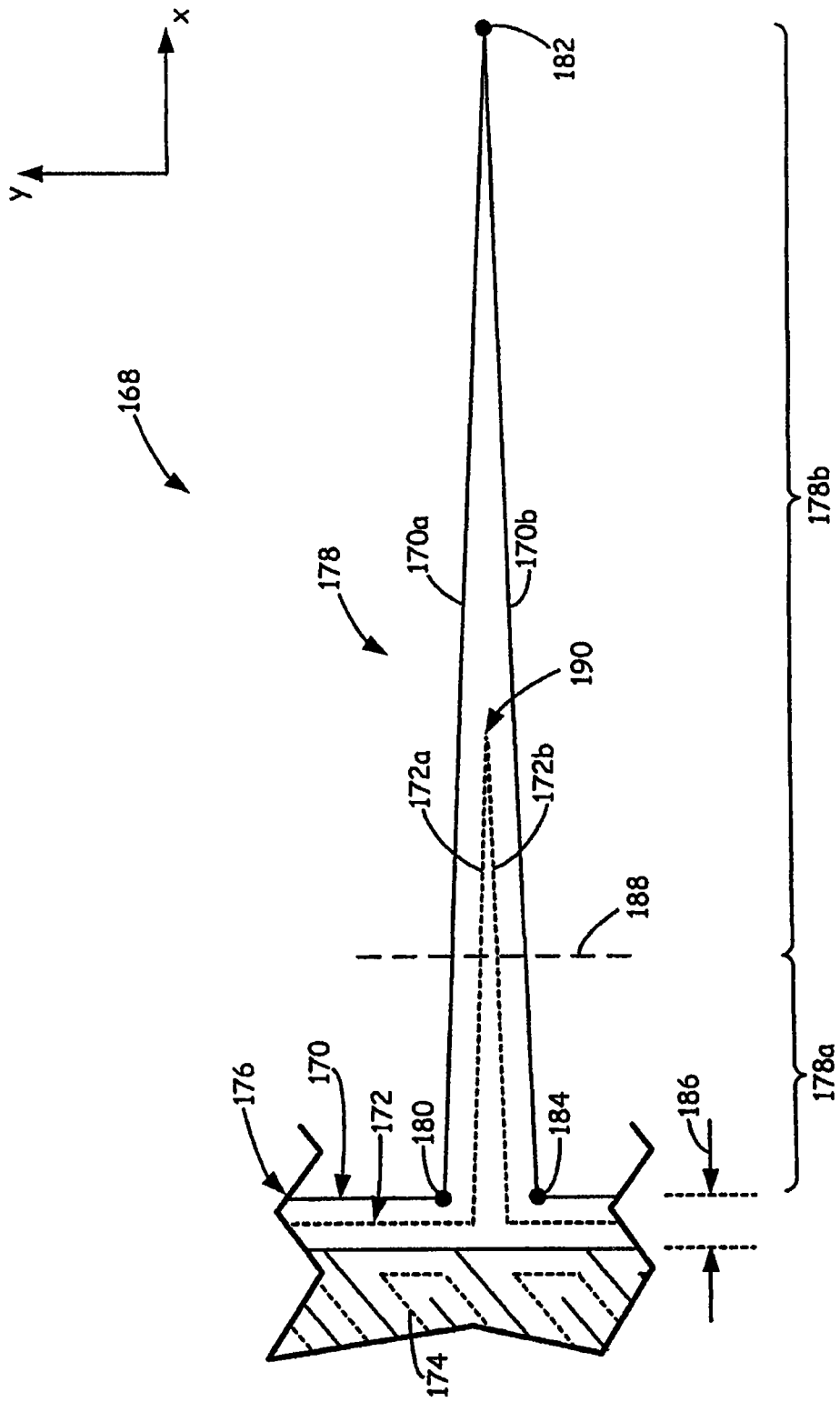


图 6A

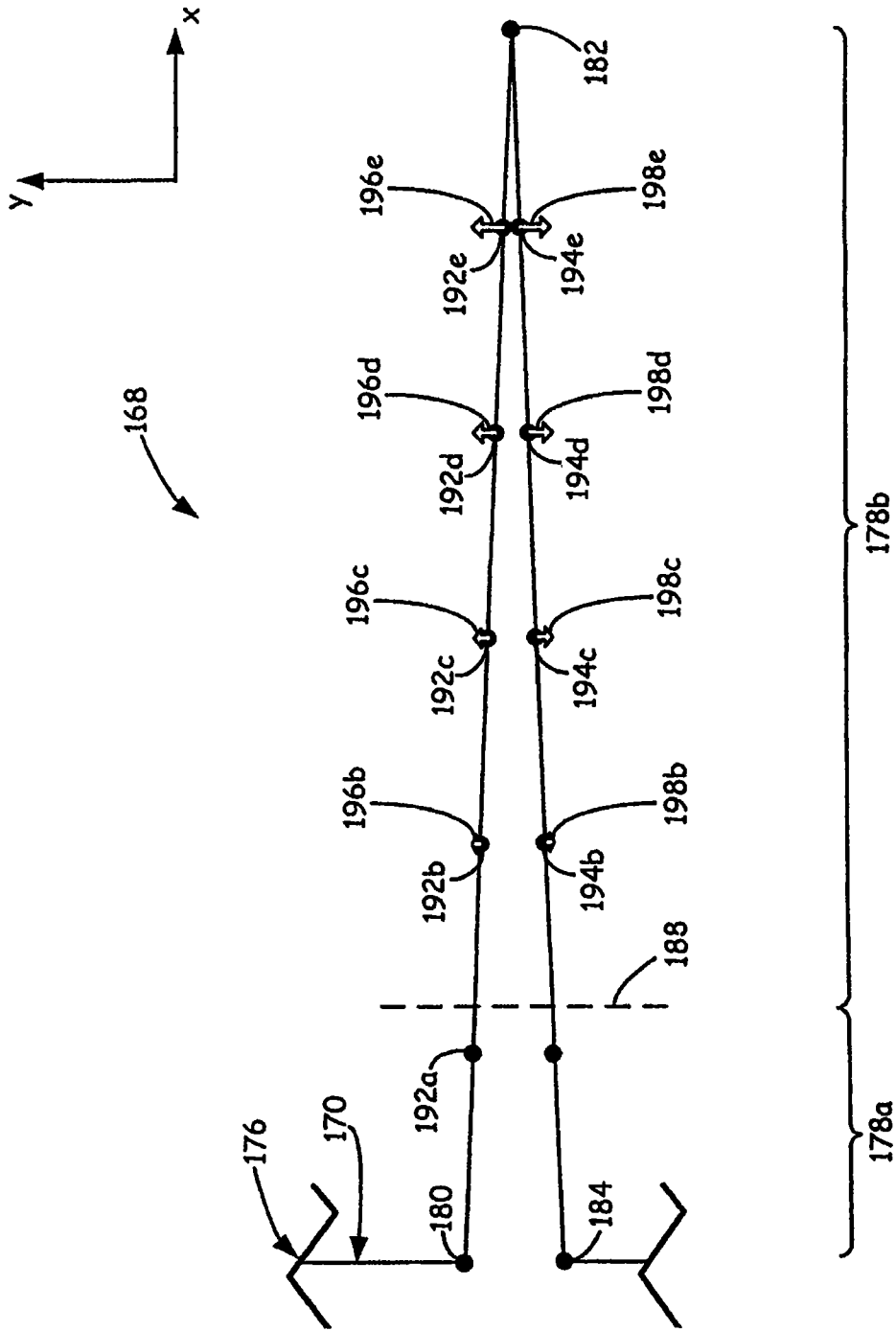


图 6B

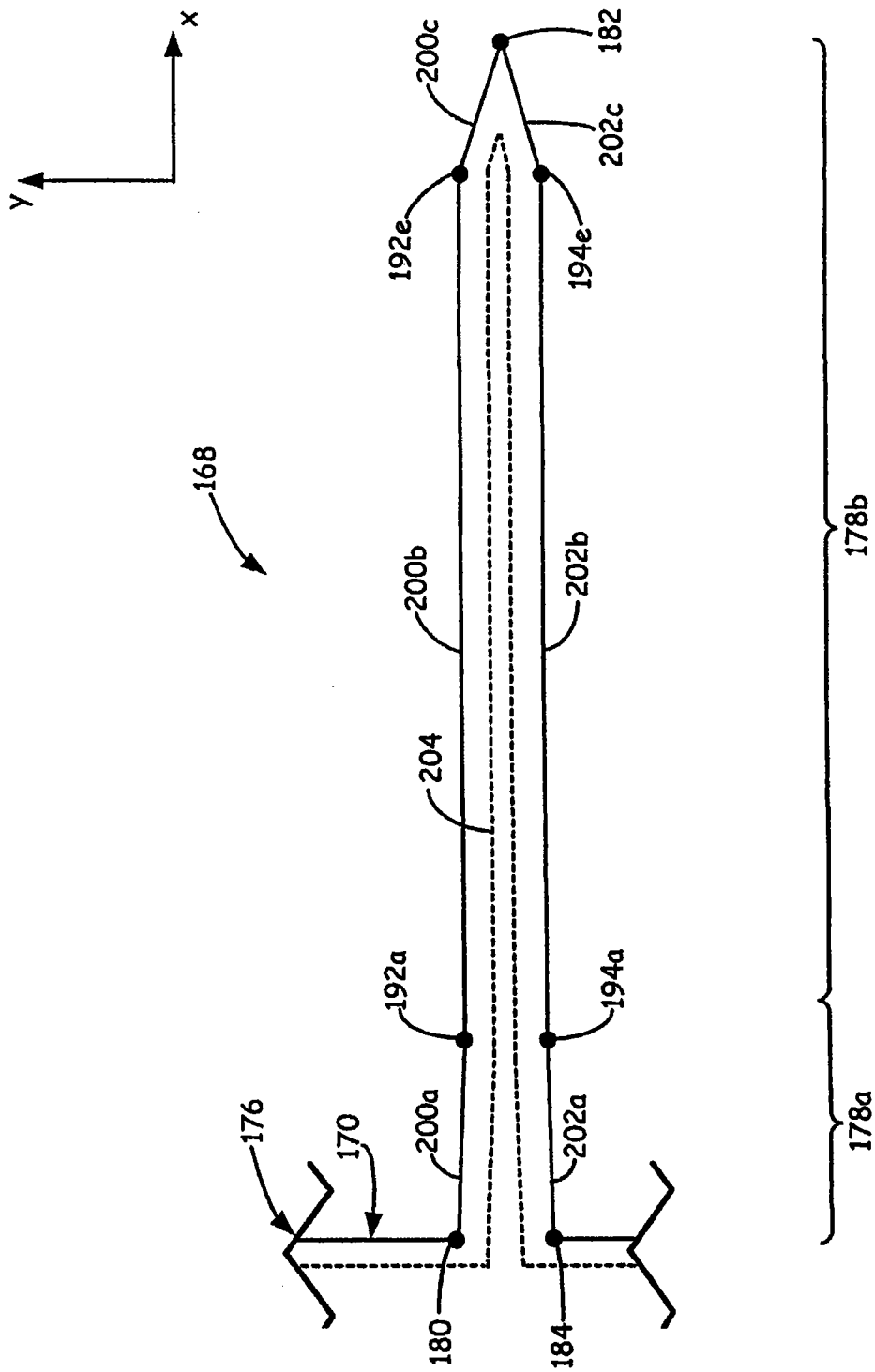


图 6C

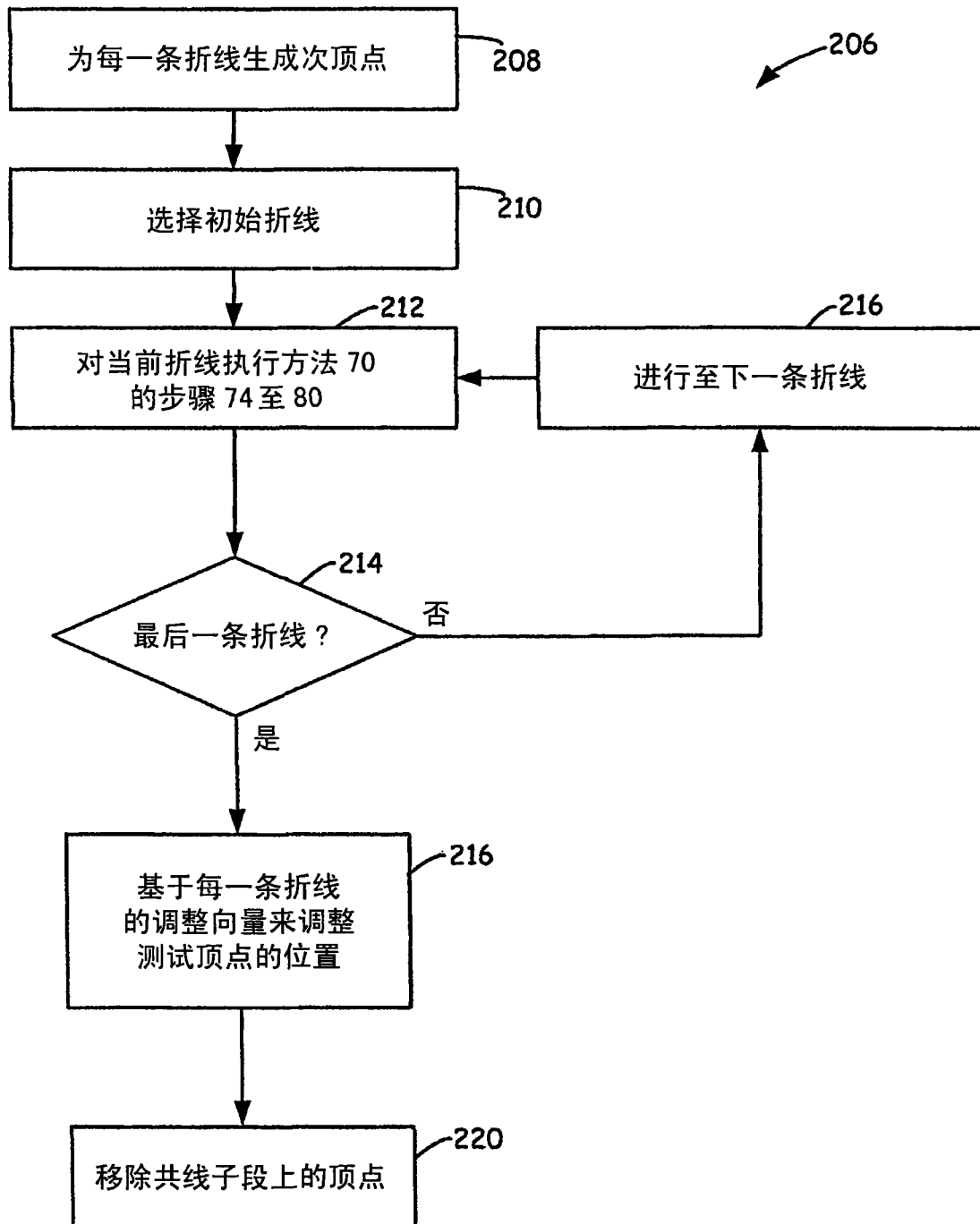


图 7

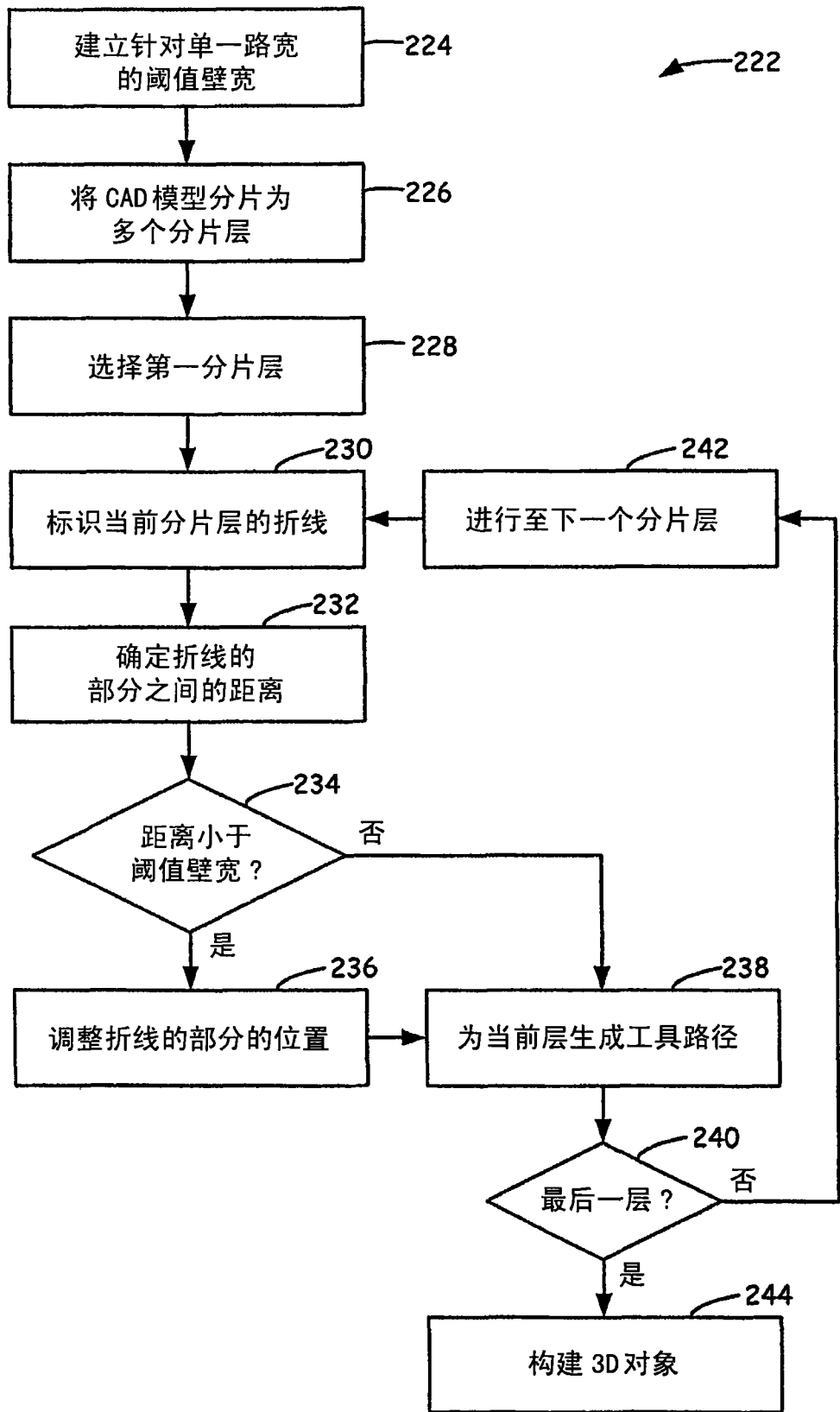


图 8

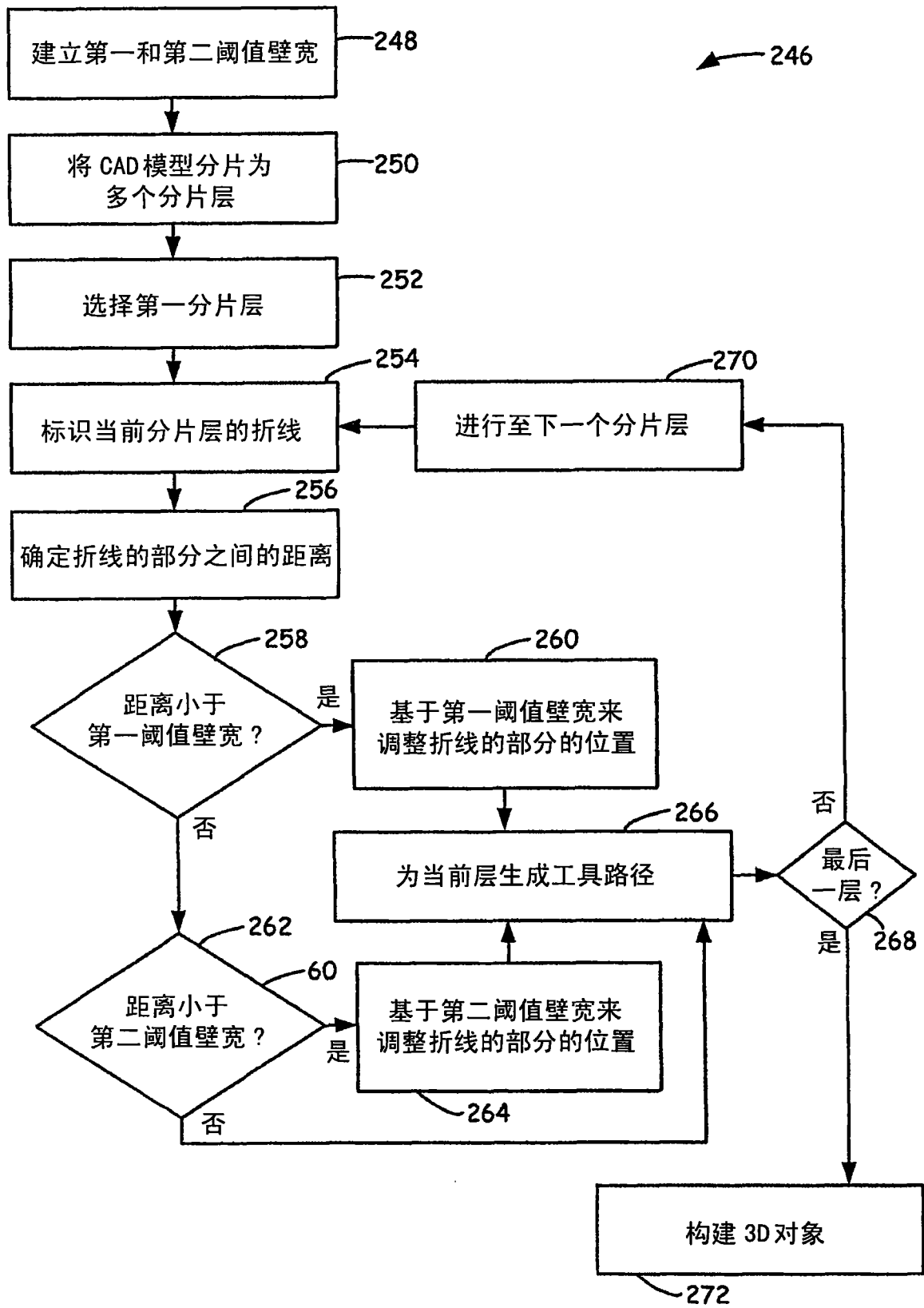


图 9