



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109783839 B

(45) 授权公告日 2025. 04. 15

(21) 申请号 201811343672.7
(22) 申请日 2018.11.13
(65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 109783839 A
(43) 申请公布日 2019.05.21
(30) 优先权数据
 15/810,840 2017.11.13 US
(73) 专利权人 达索系统三维软件公司
 地址 美国马萨诸塞州
(72) 发明人 A·迪夫卡尔 M·埃珀特
 S·萨万特
(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 刘瑜 王英

G06F 30/27 (2020.01)
G06T 19/20 (2011.01)
G06F 111/04 (2020.01)
G06F 111/20 (2020.01)
G06F 18/23 (2023.01)
G06N 3/0499 (2023.01)

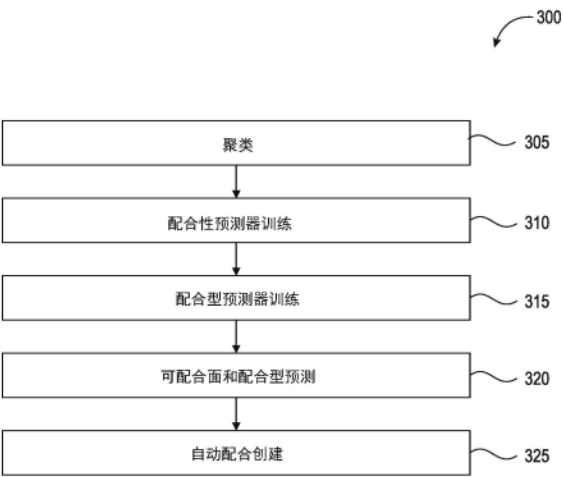
(56) 对比文件
 Palwinder Singh 等.Port-Compatibility
 and Connectability Based Assembly Design.
 《Journal of Computing and Information
 Science in Engineering》.2004,第1-6节.
 C. L. Philip Chen 等.An Integration
 of Neural Network and Rule-Based Systems
 for Design and Planning of Mechanical
 Assemblies.《IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS.
 MAN. AND CYBERNETICS》.1993,第1-4节.

(51) Int.Cl.
 G06F 30/10 (2020.01)

审查员 于湃
 权利要求书3页 说明书8页 附图10页

(54) 发明名称
 针对常用部件的自动组件配合创建

(57) 摘要
 方法和系统识别常用的CAD部件并应用机器学习技术来预测这些部件的可配合实体和相对应的配合类型,以自动将部件添加到CAD模型。示例方法包括访问存储在计算机数据库中的关于CAD模型零件的信息和相关的配合信息,以及将零件划分为具有类似全局形状签名的零件的多个聚类。响应于添加新零件,将新零件的实体的上下文签名输入到配合性预测器神经网络中以确定新零件的可配合实体。将 (i) 可配合实体的上下文签名和 (ii) CAD模型的另一零件的实体的上下文签名输入到配合型预测器神经网络中,以确定实体之间的配合类型。基于确定的配合类型自动添加新零件和另一零件之间的配合。



1. 一种在真实世界对象的计算机辅助设计CAD模型中的几何实体之间自动地创建配合的计算机实现的方法,所述方法包括:

访问存储在计算机数据库中的关于CAD模型零件的信息和相关的配合信息;

将CAD模型零件划分为多个聚类,每个聚类包括具有类似全局形状签名的CAD模型零件;

利用用于聚类的CAD模型零件的配合性信息来训练配合性预测器神经网络,所述配合性预测器神经网络被配置为响应于CAD模型零件的实体的上下文签名的输入而提供配合性信息;

训练配合型预测器神经网络以识别两个实体之间的一种或多种配合类型;

响应于新零件被添加到所述CAD模型:

将所述新零件的多个实体的上下文签名输入到所述配合性预测器神经网络中以确定所述新零件的可配合实体;以及

将(i)所述新零件的可配合实体的上下文签名和(ii)所述CAD模型的另一零件的实体的上下文签名输入到所述配合型预测器神经网络中,以确定所述实体之间的至少一种配合类型;以及

基于确定的至少一种配合类型,在所述新零件的可配合实体与所述CAD模型的另一零件的实体之间自动地添加至少一个配合,

其中,用于给定零件的给定实体的给定上下文签名是所述给定零件内的给定实体的一个或多个上下文位置的数字表示。

2. 如权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,所述给定上下文签名是通过计算所述给定实体的质心与所述给定零件周围的边界框的平面之间的比率来计算的。

3. 如权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,将CAD模型零件划分为多个聚类包括:

对于所述计算机数据库中的多个零件中的每一个零件,计算所述零件的全局形状签名;以及

如果所述零件的全局形状签名在阈值量内,则对零件进行聚类。

4. 如权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,训练所述配合性预测器神经网络包括利用用于与其他聚类相比具有相对较高密度的聚类的CAD模型零件的配合性信息来训练所述配合性预测器神经网络,所述聚类的相对较高密度指示所述聚类的零件在所述CAD模型中被频繁使用。

5. 如权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,训练所述配合性预测器神经网络包括利用用于所述CAD模型零件的所有实体的配合性信息来训练所述配合性预测器神经网络。

6. 如权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,训练所述配合性预测器神经网络包括训练多个配合性预测器神经网络,每个配合性预测器神经网络与不同的配合类型相对应。

7. 如权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,训练所述配合型预测器神经网络包括利用以下来训练所述配合型预测器神经网络:(i) 包括常用零件的聚类的可配合实体以及(ii) 与所述常用零件配合的零件的所有实体。

8. 如权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,自动添加至少一个配合包括:

确定所述新零件的与所述CAD模型的另一零件可配合的多个实例;

创建所述新零件的所述多个实例;以及

将所述新零件的所有实例的实体与所述CAD模型的另一零件的不同实体配合。

9. 一种在真实世界对象的计算机辅助设计CAD模型的几何实体和新零件之间自动创建配合的计算机实现的方法,所述方法包括:

访问利用用于CAD模型零件的配合性信息训练的配合性预测器神经网络,所述配合性预测器神经网络被配置为响应于CAD模型零件的实体的上下文签名的输入而提供配合性信息;

将所述新零件的多个实体的上下文签名输入到所述配合性预测器神经网络中以确定所述新零件的可配合实体;

访问被训练以识别两个实体之间的一种或多种配合类型的配合型预测器神经网络;

将(i)所述新零件的可配合实体的上下文签名以及(ii)所述CAD模型的另一零件的实体的上下文签名输入到所述配合型预测器神经网络中,以确定所述实体之间的至少一种配合类型;以及

基于确定的至少一种配合类型,在所述新零件的可配合实体与所述CAD模型的另一零件的实体之间自动地添加至少一个配合,

其中,用于给定零件的给定实体的给定上下文签名是所述给定零件内的给定实体的一个或多个上下文位置的数字表示。

10. 一种计算机辅助设计CAD系统,包括:

计算机数据库,其被配置为存储关于CAD模型零件的信息和相关的配合信息;以及

处理器,其能够操作地耦合到所述计算机数据库,并且被配置为:

将CAD模型零件划分为多个聚类,每个聚类包括具有类似全局形状签名的CAD模型零件;

利用用于聚类的CAD模型零件的配合性信息来训练配合性预测器神经网络,所述配合性预测器神经网络被配置为响应于CAD模型零件的实体的上下文签名的输入而提供配合性信息;

训练配合型预测器神经网络,以识别两个实体之间的一种或多种配合类型;

响应于新零件被添加到所述CAD模型:

将所述新零件的多个实体的上下文签名输入到所述配合性预测器神经网络中以确定所述新零件的可配合实体;以及

将(i)所述新零件的可配合实体的上下文签名和(ii)所述CAD模型的另一零件的实体的上下文签名输入到所述配合型预测器神经网络中,以确定所述实体之间的至少一种配合类型;以及

基于确定的至少一种配合类型,在所述新零件的可配合实体与所述CAD模型的另一零件的实体之间自动地添加至少一个配合,

其中,用于给定零件的给定实体的给定上下文签名是所述给定零件内的给定实体的一个或多个上下文位置的数字表示。

11. 如权利要求10所述的CAD系统,其中,所述处理器被配置为通过计算所述给定实体的质心与所述给定零件周围的边界框的平面之间的比率来计算所述给定上下文签名。

12. 如权利要求10所述的CAD系统,其中,所述处理器被配置为通过以下方式将CAD模型零件划分为多个聚类:

对于所述计算机数据库中的多个零件中的每一个零件,计算所述零件的全局形状签名;以及

如果所述零件的全局形状签名在阈值量内,则对零件进行聚类。

13. 如权利要求10所述的CAD系统,其中,所述处理器被配置为利用用于与其他聚类相比具有相对较高密度的聚类的CAD模型零件的配合性信息来训练所述配合性预测器神经网络,所述聚类的相对较高密度指示所述聚类的零件在CAD模型被频繁使用。

14. 如权利要求10所述的CAD系统,其中,所述处理器被配置为利用用于所述CAD模型零件的所有实体的配合性信息来训练所述配合性预测器神经网络。

15. 如权利要求10所述的CAD系统,其中,所述处理器被配置为训练多个配合性预测器神经网络,每个配合性预测器神经网络与不同的配合类型相对应。

16. 如权利要求10所述的CAD系统,其中,所述处理器被配置为利用(i) 包括常用零件的聚类的可配合实体,以及(ii) 与所述常用零件配合的零件的所有实体来训练所述配合型预测器神经网络。

17. 如权利要求10所述的CAD系统,其中,所述处理器被配置为:

确定能够与所述CAD模型的另一零件配合的所述新零件的多个实例;

创建所述新零件的所述多个实例;以及

将所述新零件的所有实例的实体与所述CAD模型的另一零件的不同实体配合。

18. 一种计算机辅助设计CAD系统,包括:

计算机数据库,其被配置为存储关于CAD模型零件的信息和相关的配合信息;以及

处理器,其能够操作地耦合到所述计算机数据库,并且被配置为:

访问利用用于CAD模型零件的配合性信息训练的配合性预测器神经网络,所述配合性预测器神经网络被配置为响应于CAD模型零件的实体的上下文签名的输入而提供配合性信息;

将新零件的多个实体的上下文签名输入到所述配合性预测器神经网络中以确定所述新零件的可配合实体;

访问被训练以识别两个实体之间的一种或多种配合类型的配合型预测器神经网络;

将(i) 所述新零件的可配合实体的上下文签名以及(ii) 所述CAD模型的另一零件的实体的上下文签名输入到所述配合型预测器神经网络中,以确定所述实体之间的至少一种配合类型;以及

基于确定的至少一种配合类型,在所述新零件的可配合实体与所述CAD模型的另一零件的实体之间自动地添加至少一个配合,

其中,用于给定零件的给定实体的给定上下文签名是所述给定零件内的给定实体的一个或多个上下文位置的数字表示。

19. 一种其上存储有计算机程序的计算机程序产品,所述计算机程序在由处理器执行时,使得所述处理器能够执行根据权利要求1-9中的任一项所述的方法。

针对常用部件的自动组件配合创建

背景技术

[0001] 计算机辅助设计 (CAD) 软件允许用户构造和操纵复杂的三维 (3D) 模型。可以使用许多不同的建模技术来创建 3D 模型。一种这样的技术是实体建模技术,其提供拓扑 3D 模型,其中 3D 模型是互连拓切实体 (例如,顶点、边和面) 的集合。拓切实体具有相对应的支撑几何实体 (例如,点、修剪曲线和修剪曲面)。修剪曲面对应于由边限定的拓扑面。CAD 系统可以结合实体建模和其他建模技术,例如参数化建模技术。参数化建模技术可用于定义用于模型的不同特征和部件的各种参数,并基于各种参数之间的关系来定义这些特征与部件之间的关系。

[0002] 设计工程师是 3D CAD 系统的典型用户。设计工程师设计 3D 模型的物理和美学方面,并且熟练掌握 3D 建模技术。设计工程师创建零件并可将零件组装成子组件。子组件也可以包括其他子组件。使用零件和子组件设计组件。以下将零件和子组件统称为部件。

[0003] 以下是在描述 3D CAD 系统时可以使用的某些术语的定义。

[0004] • 组件:其中零件、特征和其他组件 (子组件) 配合在一起的文档。零件和子组件可以存在于与组件分开的文档中。例如,在组件中,活塞可以与另一零件 (例如,连杆或气缸) 配合。然后,该组件可以用作发动机的组件中的子组件。

[0005] • 主体:实体包括拓扑数据和几何数据。实体中的拓扑数据 (例如,面、边和顶点) 在相同的实体中具有对应的几何数据。每个顶点对应一个点。每条边对应一条曲线。每个面对应一个表面。用于车轮的示例性多体零件可包括轴主体、轮辋主体和用于连接轴和轮辋主体的多个轮辐主体。

[0006] • 部件:组件内的任何零件或子组件。

[0007] • 边:特征的单个外边界。

[0008] • 实体:离散元素,例如面、边、顶点等。

[0009] • 面:模型或表面的可选区域 (平面或其他),其具有帮助限定模型或表面的形状边界。例如,矩形实体具有六个面,并且圆柱形实体具有三个面。

[0010] • 特征:与其他特征组合而构成零件或组件的单个形状。

[0011] • 大型设计评审:一种组件评审模式,其允许非常大的组件快速打开,同时仍保留在进行组件的设计评审时有用的功能。在大型设计审阅模式中,用户可以:导航组件的设计树、测量距离、创建横截面、隐藏和显示部件,以及创建、编辑和回放漫游。大型设计评审模式也可称为“图形模式”。

[0012] • 轻量级:组件中的零件,其仅将其模型数据的子集加载到存储器中。剩余的模型数据根据需要加载。轻量级可提高大型复杂组件的性能。

[0013] • 配合:组件中的实体 (例如,零件或主体) 之间的几何关系。示例配合包括角度、重合、同心、距离、平行、垂直和相切。

[0014] • 零件:由特征组成的单个 3D 对象。零件可以包括多个主体。零件可以成为组件中的部件。零件的实例包括例如螺栓、销和板。

[0015] • 平面:平面结构几何形状。

[0016] • 点:3D模型中的单个位置。

[0017] • 已解析:组件部件的状态,其中它完全加载到存储器中。解析后,所有部件的模型数据都可用,因此可以在配合中选择、引用、编辑、使用其实体等。

[0018] • 子组件:作为较大组件的一部分的组件。例如,汽车的转向机构是汽车的子组件。

[0019] • 表面:具有边边界的零厚度平面或3D实体。

[0020] • 顶点:两个或更多个边相交的点。可以选择顶点用于草绘、标注尺寸以及许多其他CAD操作。

[0021] 实体建模系统可以是基于特征的3D CAD系统,其中使用各种特征来构造部件。特征的示例包括凸台、圆角、倒角、切口、孔、壳、阁楼和扫掠。CAD系统将零件、子组件和组件的内容存储在数据文件中。除了特征之外,CAD数据文件的内容可以包括设计简档、布局、内部部件(例如,主体)和图形实体。设计CAD组件时的常见任务是根据几何关系将CAD组件的实体配合在一起。例如,孔和销可以沿其轴线以重合关系配合。包含大量配合的组件需要设计工程师花费大量时间配置配合。

发明内容

[0022] 所公开的方法和系统识别常用的CAD组件并应用机器学习技术来预测那些部件的可配合实体和相对应的配合类型。基于这些确定,可以将常用部件自动添加到CAD模型中。

[0023] 一个示例实施例是一种自动创建真实世界对象的CAD模型中的几何实体之间的配合的计算机实现的方法。该示例方法包括访问存储在计算机数据库中的关于CAD模型零件的信息和相关配合信息。该方法还包括将CAD模型零件划分为多个聚类,其中每个聚类包括具有类似全局形状签名的CAD模型零件。使用用于聚类的CAD模型零件的配合性信息来训练配合性预测器神经网络。配合性预测器神经网络被配置为响应于CAD模型零件的实体的上下文签名的输入而提供配合性信息。训练配合型预测器神经网络以识别两个实体之间的一种或多种配合类型。该方法还包括:响应于新零件被添加到CAD模型,将新零件的多个实体的上下文签名输入到配合性预测器神经网络中以确定新零件的可配合实体,并将(i)新零件的可配合实体的上下文签名和(ii)CAD模型的另一零件的实体的上下文签名输入到配合型预测器神经网络中,以确定实体之间的至少一种配合类型。基于所确定的至少一种配合类型,自动添加新零件的可配合实体与CAD模型的另一零件的实体之间的至少一个配合。

[0024] 另一示例实施例是一种自动创建真实世界对象的CAD模型的几何实体和新零件之间的配合的计算机实现的方法。该示例方法包括访问利用用于CAD模型零件的配合性信息训练的配合性预测器神经网络,并将新零件的多个实体的上下文签名输入到配合性预测器神经网络中以确定新零件的可配合实体。配合性预测器神经网络被配置为响应于CAD模型零件的实体的上下文签名的输入而提供配合性信息。该方法还包括访问经训练以识别两个实体之间的一种或多种配合类型的配合型预测器神经网络,并将(i)新零件的可配合实体的上下文签名和(ii)CAD模型的另一零件的实体的上下文签名输入到配合型预测器神经网络中,以确定实体之间的至少一种配合类型。基于所确定的至少一种配合类型,在新零件的可配合实体与CAD模型的另一零件的实体之间自动添加至少一个配合。

[0025] 另一示例实施例是一种CAD系统,其包括计算机数据库和可操作地耦合到计算机

数据库的处理器。计算机数据库被配置为存储关于CAD模型零件的信息和相关的配合信息。处理器被配置为将CAD模型零件划分为多个聚类,其中每个聚类包括具有类似全局形状签名的CAD模型零件。处理器还被配置为利用用于聚类的CAD模型零件的配合性信息来训练配合性预测器神经网络。配合性预测器神经网络被配置为响应于CAD模型零件的实体的上下文签名的输入而提供配合性信息。处理器还被配置为训练配合型预测器神经网络以识别两个实体之间的一种或多种配合类型。处理器还被配置为:响应于新零件被添加到CAD模型,将新零件的多个实体的上下文签名输入到配合性预测器神经网络中以确定新零件的可配合实体,并将(i)新零件的可配合实体的上下文签名和(ii)CAD模型的另一零件的实体的上下文签名输入到配合型预测器神经网络中,以确定实体之间的至少一种配合类型。处理器还被配置为基于所确定的至少一种配合类型来在新零件的可配合实体与CAD模型的另一零件的实体之间自动添加至少一个配合。

[0026] 另一示例实施例是一种CAD系统,其包括计算机数据库和可操作地耦合到计算机数据库的处理器。计算机数据库被配置为存储关于CAD模型零件的信息和相关的配合信息。处理器被配置为访问利用用于CAD模型零件的配合性信息训练的配合性预测器神经网络,并将新零件的多个实体的上下文签名输入到配合性预测器神经网络中以确定新零件的可配合实体。配合性预测器神经网络被配置为响应于CAD模型零件的实体的上下文签名的输入而提供配合性信息。处理器还被配置为访问配合型预测器神经网络,该配合训练器被训练以识别两个实体之间的一种或多种配合类型,并将(i)新零件的可配合实体的上下文签名和(ii)CAD模型的另一零件的实体的上下文签名输入到配合型预测器神经网络中,以确定实体之间的至少一种配合类型。处理器还被配置为基于所确定的至少一种配合类型在新零件的可配合实体与CAD模型的另一零件的实体之间自动添加至少一个配合。

[0027] 在一些实施例中,零件的实体的上下文签名可以是零件内的实体的上下文位置的数字表示。可以通过计算实体的质心与零件周围的边界框的平面之间的比率来计算这种上下文签名。

[0028] 在一些实施例中,将CAD模型零件划分为多个聚类可以包括,对于计算机数据库中的多个零件中的每一个,计算零件的全局形状签名,并且如果零件的全局形状签名在阈值量内,则对多个零件进行聚类。

[0029] 在一些实施例中,可以利用用于与其他聚类相比具有相对较高密度的聚类的CAD模型零件的配合性信息来训练配合性预测器神经网络。聚类的相对较高的密度可以指示聚类的各零件频繁在CAD模型中使用。可以使用用于CAD模型零件的所有实体的配合性信息来训练配合性预测器神经网络。可以训练多个配合性预测器神经网络,每个配合性预测器神经网络对应于不同的配合类型。在一些实施例中,配合型预测器神经网络可以用(i)包括常用零件的聚类的可配合实体和(ii)与常用零件配合的零件的所有实体进行训练。

[0030] 在一些实施例中,自动添加至少一个配合可以包括(i)确定与CAD模型的另一零件可配合的新零件的多个实例,(ii)创建新零件的所述多个实例的实例,以及(iii)新零件的所有实例的实体与CAD模型的另一零件的不同实体配合。

附图说明

[0031] 通过以下对示例性实施例的更具体的描述,前述内容将变得显而易见,如附图中

所示,其中相同的附图标记在不同的视图中指代相同的部分。附图不一定按比例绘制,而是将重点放在说明实施例上。

[0032] 图1A和图1B示出了示例CAD组件和零件。

[0033] 图2A和图2B示出了示例CAD零件的面。

[0034] 图3是示出了根据示例实施例的自动创建真实世界对象的CAD模型中的几何实体之间的配合的流程图。

[0035] 图4示出了根据示例实施例的具有用于可配合性预测器的相关联的输入和输出的示例神经网络的表示。

[0036] 图5示出了根据示例实施例的具有用于配合类型预测器的相关联的输入和输出的示例神经网络的表示。

[0037] 图6A和图6B示出了面相对于零件的上下文位置的示例性数字表示。

[0038] 图7A-图7C示出了根据示例实施例的将常用零件添加到CAD组件的示例步骤的表示。

[0039] 图8是示出了根据示例实施例的自动创建真实世界对象的CAD模型中的几何实体之间的配合的方法的流程图。

[0040] 图9是示出了根据示例实施例的自动创建真实世界对象的CAD模型的几何实体和新零件之间的配合的方法的流程图。

[0041] 图10是可以在其中实现实施例的计算机系统的示意图。

具体实施方式

[0042] 以下是对示例实施例的描述。

[0043] 所公开的方法和系统将机器学习技术应用于关于先前使用的CAD模型部件的数据,以识别常用部件并预测用于这些部件的可配合实体和相对应的配合类型。基于这些确定,可以将常用部件自动添加到CAD模型中。例如,椅子的制造商可以频繁使用某些部件,例如脚轮。频繁使用的部件或其变体可以在形式和功能上表现出类似性,例如,组件中的配合行为,模拟中的加载和边界条件等。这些类似性不被当前最先进的CAD解决方案所利用。所公开的方法和系统可以利用常用部件之间的配合行为的类似性并使这些部件自动地配合(例如,当用户将脚轮“拖动并拖放”到组件时在组装环境中自动将脚轮与椅子的腿配合)。图1A示出了使用各种脚轮的椅子变型的示例CAD组件。椅子105和120包括不同的靠背部件110、125,但包括类似的腿和脚轮部件115、130。图1B示出了不同脚轮部件的集合。

[0044] 因为频繁使用的部件在CAD组装、模拟、运动等中表现出类似的功能行为,所以可以使用机器学习算法来利用这些类似性来自动地针对常用部件(例如,脚轮)创建配合。这使得设计师有更多的时间专注于例如他设计更好的椅子的目标,而不是在重复性的苦差事上浪费时间和精力。

[0045] 使用配合将CAD模型组装在一起。对于几何上类似的部件,配合也趋于类似。通过将机器学习算法与部件的几何描述符结合使用,可以利用这一事实来提供常用组件与CAD组件的其余零件之间的配合创建的自动化。以下是涉及将脚轮自动配合到椅子上的具体示例。脚轮通常使用两个配合约束配合到椅子的腿上:(1)脚轮的轴的顶面与椅子腿上的相对对应面之间的重合约束。在图2A中突出显示了脚轮205的顶面210。(2)脚轮的轴的圆柱面与腿

的孔的圆柱面之间的同心约束。在图2B中突出显示了脚轮205的轴的圆柱面215。

[0046] 图3是示出了根据示例实施例的自动创建真实世界对象的CAD模型中的几何实体之间的配合的流程图。示例方法300包括聚类305、可配合性预测器训练310、配合型预测器训练315、可配合面和配合型预测320,以及自动配合创建325。以下描述图3中所示的示例方法的元件的示例实现方式。

[0047] 聚类305:可以搜索(爬行)CAD零件的数据库,并且将零件划分为具有类似零件的多个聚类。可以将组件中使用的零件的每个实例添加到要划分为聚类的零件的整体中。例如,如果在给定的组件中使用了零件的五个实例,那么该零件的五个实例将添加到零件的整体中。这可以导致包括这五个零件的聚类密度的增加,从而能够确定具有常用部件的聚类。如果与其他聚类相比,零件的聚类相对密集,则可以推断出该聚类中的部件更频繁地用于CAD模型中。示例方法300的聚类部分的输出包括零件的聚类。特别感兴趣的聚类是包括频繁出现的部件的聚类。作为具体示例,可以预期搜索具有椅子组件的部件的数据库以产生扶手、座椅、椅子把手、靠背、腿和脚轮的聚类。聚类基于形状类似性完成,并且可以根据已知方法基于零件的全局形状签名表示。图1B示出了脚轮的示例聚类。

[0048] 可配合性预测器训练310:利用来自要针对其创建预测器的聚类的配合几何形状的数据来训练神经网络。该神经网络可以被输入有零件的面的上下文签名,并且神经网络的输出是确定该几何形状是否可配合。可以使用用于聚类中所有面的配合性信息来训练神经网络。可以针对每种约束类型(例如,重合约束、同心约束等)训练单独的神经网络。可以仅针对频繁使用的部件(例如椅子示例中的脚轮)训练神经网络。图4表示具有用于可配合性预测器的相关联的输入405和输出410的示例神经网络400。可以将面签名405作为输入提供给神经网络400,并且例如可以提供0或1的值作为输出410,其中0可以指示面不可配合,并且1可以指示面是可以配合的。

[0049] 配合型预测器训练315:训练另一神经网络以识别两个几何形状之间的配合类型。一组几何形状可以是包括常用组件的聚类的可配合几何形状。另一组几何形状可以是常用组件与之配合的部件的所有几何形状。来自包括频繁出现的部件的所有CAD组件的累积数据可以用作配合型预测器神经网络的训练数据。对神经网络的输入可以是可配合面的上下文签名与配合部件的所有面的上下文签名相结合的组合。在椅子组件的具体示例中,椅子的腿的所有几何形状可以与脚轮的可配合面配对。该信息可以形成对神经网络的输入,而输出可以是例如同心配合、重合配合或根本不配合。当用几个这样的面训练神经网络时,它能够预测当用来自脚轮的可配合面和来自椅子腿的任何面输入时,两个几何形状之间的配合类型。图5表示示例神经网络500,其具有用于配合型预测器的相关联的输入505、510和输出515、520、525。面签名505、510可以作为输入提供给神经网络500,并且例如0或1的值可以提供以作为每个配合型515、520、525的输出。对于每个配合类型,0可以指示面对于该类型不能配合,1表示面可以对于该类型能配合。

[0050] 面的上下文签名(“面标签”)可以是面相对于其特定零件的上下文位置的数字表示。上下文签名可以包括以下任何数字表示。可以针对具有边界框的角和边界框的相应边界平面的零件计算边界框(例如,面向对象的边界框(OOBB))。可以计算该零件中的面的质心,并且可以计算面的质心与边界框的六个边的距离的比率。这些比率可以称为 $d1x/d2x$ 、 $d1y/d2y$ 、 $d1z/d2z$,如图6A所示。在图6A中,当面位于边界框的顶平面时, $d1x$ 为0,因此图6A

中未示出 $d1x$ 。在计算比率时,可以遵循使用较小距离作为分子的惯例。这些比率可以表示面在其零件的上下文中的位置。例如,脚轮的杆的顶面沿X、Y、Z轴具有类似的比率,用于不同形状和尺寸脚轮的合理变化。

[0051] 类似于距离比,可以在面的质心与零件的质心之间的矢量之间计算角度。具有惯性矩的主轴的这些角度可以表示为Alpha、Beta和Gamma,如图6B所示。

[0052] 可以将面的面积与所有面的面积的总和的比率计算为零件的上下文中面的相对尺寸的数学表示。

[0053] 可以将面周长的平方与面的面积的比率计算为面形状的数学表示。例如,与正方形面相比,圆形面具有不同的比例。上述任何或所有计算都可以形成上下文签名的一部分,所述上下文签名用于在其零件的上下文中表示面并用于形成神经网络的输入。

[0054] 可配合面和配合型预测320:当设计者在组装环境中插入零件(例如,脚轮)时,对可配合性预测器的输入(例如,面签名)可以被创建并馈送到可配合性预测器。可配合性预测器提供可在新插入零件中可配合的面的确定。在椅子的具体示例中,被确定为可配合的面被提供作为对配合型预测器的输入。将面与椅子腿部的面配对,针对配合型预测器创建输入。配合型预测器提供可以在部件(例如,脚轮和椅子的腿)之间可能的配合类型作为输出。预测的配合类型可以是例如,同心、重合、其他配合类型或者不可能配合。

[0055] 自动配合创建325:在预测配合类型之后,可以在组件中的常用组件(例如,脚轮)和现有部件(例如,椅子腿)之间创建配合。可以确定脚轮的多个实例,并且创建脚轮的几何形状和椅子的腿之间的相关配合。图7A-图7C示出了当CAD设计者将脚轮710a添加到椅子组件700时的示例步骤的表示。如图7A所示,如上所述,使用可配合性预测器识别用于脚轮710a的配合面。如图7B所示,使用配合类型预测器识别配合几何形状和配合类型,如上所述。配合型预测器还可以确定要创建脚轮的多个实例。在该示例中,创建五个脚轮710a-e,每个脚轮对应于椅子700的腿705上的配合点。如图7C所示,使用所识别的配合几何形状和配合类型来创建脚轮710a-710e和椅子700的腿705之间的配合。虽然已经在椅子组件的上下文中描述了上述示例方法,但是该方法可以与任何频繁出现的部件一起使用。可以针对具有足够训练数据的任何频繁出现的部件训练可配合性和配合型预测器。

[0056] 图8是示出了根据示例实施例的自动创建真实世界对象的CAD模型中的几何实体之间的配合的方法800的流程图。该示例方法包括访问805关于存储在计算机数据库中的CAD模型零件的信息和相关的配合信息。该方法还包括将CAD模型零件划分810为多个聚类,其中每个聚类包括具有类似全局形状签名的CAD模型零件。使用用于聚类的CAD模型零件的配合性信息训练815配合性预测器神经网络。配合性预测器神经网络被配置为响应于CAD模型零件的实体的上下文签名的输入而提供配合性信息。训练820配合型预测器神经网络以识别两个实体之间的一种或多种配合类型。该方法还包括:响应于新零件被添加到CAD模型,将新零件的多个实体的上下文签名输入825到配合性预测器神经网络中以确定新零件的可配合实体,并将(i)新零件的可配合实体的上下文签名和(ii)CAD模型的另一零件的实体的上下文签名输入到配合型预测器神经网络,以确定实体之间的至少一种配合类型。基于所确定的至少一种配合类型,自动添加830新零件的可配合实体与CAD模型的另一零件的实体之间的至少一个配合。

[0057] 图9是示出了根据示例实施例的自动创建真实世界对象中的CAD模型的几何实体

和新零件之间的配合的方法900的流程图。该示例方法包括访问905利用用于CAD模型零件的配合性信息训练的配合性预测器神经网络,并将新零件的多个实体的上下文签名输入910到配合性预测器神经网络中以确定新零件的可配合实体。配合性预测器神经网络被配置为响应于CAD模型零件的实体的上下文签名的输入而提供配合性信息。该方法还包括访问915配合型预测器神经网络,其被训练以识别两个实体之间的一种或多种配合类型,并且将(i)新零件的可配合实体的上下文签名以及(ii)CAD模型的另一零件的实体的上下文签名输入920到配合型预测器神经网络中,以确定实体之间的至少一个配合类型。基于所确定的至少一种配合类型来在新零件的可配合实体与CAD模型的另一零件的实体之间自动添加925至少一个配合。

[0058] 图10示出了计算机化建模系统1000,其包括CPU 1002、计算机监视器1004、键盘输入设备1006、鼠标输入设备1008和存储设备1010。CPU 1002、计算机监视器1004、键盘1006、鼠标1008、以及存储设备1010可以包括通常可用的计算机硬件设备。例如,CPU 1002可以包括基于Intel的处理器。鼠标1008可以具有传统的左和右按钮,设计工程师可以按下该按钮以向CPU 1002执行的软件程序发出命令。作为鼠标1008的替代或补充,计算机化建模系统1000可以包括诸如轨迹球、触敏板或指示设备之类的指示设备以及键盘1006中内置的按钮。本领域普通技术人员应当意识到,可以使用另一个可用的指示设备来实现这里参考鼠标设备描述的相同结果。其他合适的计算机硬件平台是合适的,这将从下面的讨论中变得明显。这样的计算机硬件平台优选地能够操作Microsoft Windows NT、Windows 2000、Windows XP、Windows ME、Windows 7等,UNIX、Linux或MAC OS操作系统。

[0059] 计算机化建模系统1000中可以包括附加的计算机处理单元和硬件设备(例如,快速原型设计、视频和打印机设备)。此外,计算机化建模系统1000可以包括网络硬件和软件,从而能够与硬件平台1012进行通信,并促进包括CPU和存储系统的许多计算机系统之间的通信,以及其他计算机组件。

[0060] 计算机辅助建模软件(例如,过程300、800和900)可以存储在存储设备1010上并加载到CPU 1002中并由CPU 1002执行。建模软件允许设计工程师创建和修改3D模型和实现本文描述的实施例的方面。如所描述的,CPU 1002使用计算机监视器1004来显示3D模型及其他方面。使用键盘1006和鼠标1008,设计工程师可以输入和修改与3D模型相关联的数据。CPU 1002接受并处理来自键盘1006和鼠标1008的输入。CPU 1002处理输入以及与3D模型相关联的数据,并对如建模软件所命令地那样在计算机监视器1004上显示的数据进行相应和适当的改变。在一个实施例中,建模软件基于实体建模系统,该实体建模系统可用于构建由一个或多个实体和表面体组成的3D模型。

[0061] 实施例可以在数字电子电路中实现,或者在计算机硬件、固件、软件或其组合中实现。装置可以在有形地体现在机器可读存储设备中的计算机程序产品中实现,以由可编程处理器执行;并且方法步骤可以由执行指令程序的可编程处理器执行,以通过对输入数据进行操作并产生输出来执行功能。实施例可有利地在可在可编程系统上执行的一个或多个计算机程序中实现,该可编程系统包括至少一个可编程处理器,其耦合以从数据存储系统、至少一个输入设备以及至少一个输出设备接收数据和指令,并将数据和指令发送到数据存储系统、至少一个输入设备以及至少一个输出设备。每个计算机程序可以用高级过程或面向对象的编程语言实现,或者如果需要可以用汇编语言或机器语言实现;在任何情况下,语

言可以是编译或解释语言。作为非限制性示例,合适的处理器包括通用和专用微处理器。通常,处理器从只读存储器和/或随机存取存储器接收指令和数据,并且在一些实施例中,可以通过全局网络下载指令和数据。适合于有形地体现计算机程序指令和数据的存储设备包括所有形式的非易失性存储器,包括例如半导体存储器设备,例如EPROM、EEPROM和闪存设备;磁盘,如内部硬盘和可移动磁盘;磁光盘;以及CD-ROM磁盘。任何前述内容可以由定制设计的ASIC(专用集成电路)补充或并入其中。

[0062] 本文公开的实施例的优点是减轻在现有方法和系统中不正确地计算应用于部件的公差时发生的问题。这些问题可能导致下游产生按尺寸要求制造的部件,但由于干扰而不能组装,这导致昂贵的返工情况或报废零件。不仅自动完成每个公差的计算,而且自动生成必要的尺寸、公差和显示项目。所公开实施例的另一个优点是系统地推导在给定在源组件上定义的基准的情况下目标部件的必要基准特征。这是有利的,因为在应用几何尺寸和公差时,正确应用基准是最大的挑战之一。所公开的实施例解决了该挑战。

[0063] 虽然已经具体示出和描述了示例实施例,但是本领域技术人员将理解,在不脱离所附权利要求所涵盖的实施例的范围的情况下,可以在形式和细节上进行各种改变。例如,实现方式可以改变执行操作的顺序。此外,取决于实现方式的需要,本文描述的特定操作可以实现为组合操作、消除、添加或以其他方式重新布置。此外,相对于鼠标的特定用户界面操作(例如,点击、拖动、拖放)是作为说明而非限制。用于对模型或设计数据进行选择、移动、放置等的其他用户界面操作是合适的。所公开的方法和系统可以例如用三层神经网络实现,并且可以使用Keras库来训练神经网络。神经网络的特定拓扑以及用于实现方式的特定库可以导致不同的实现方式,尽管解决方案的本质是类似的。

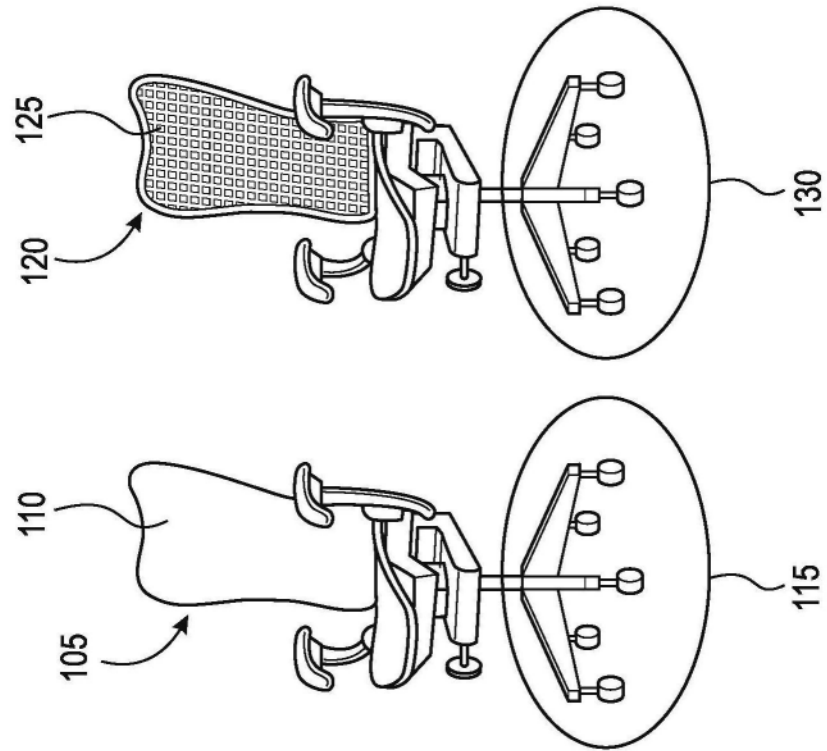


图1A

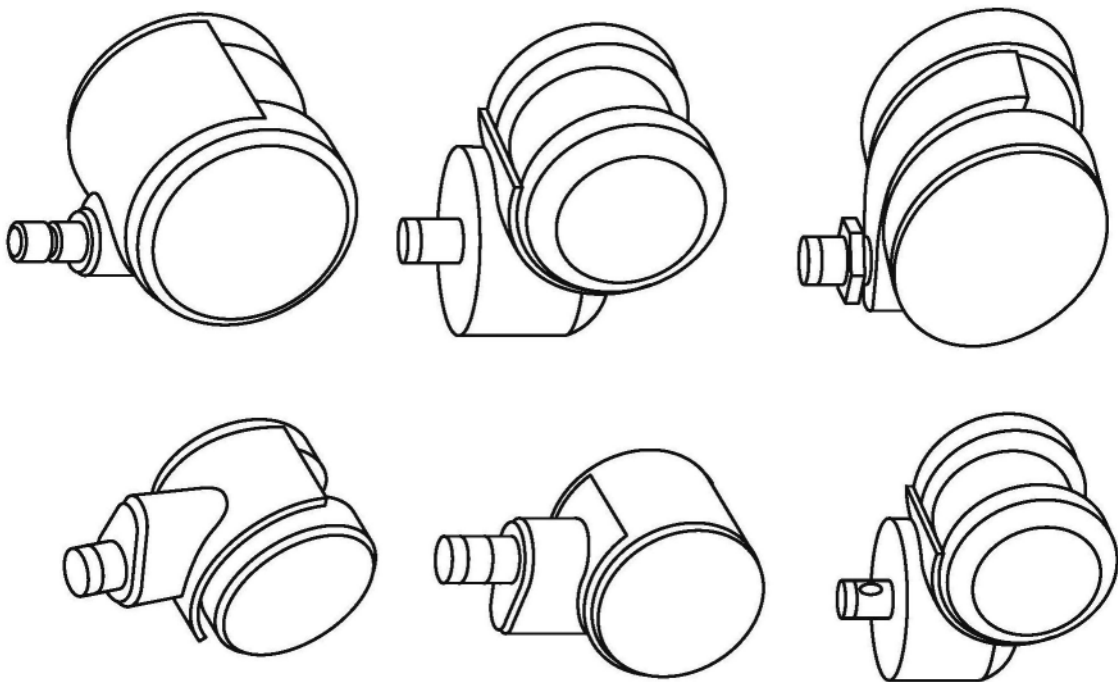
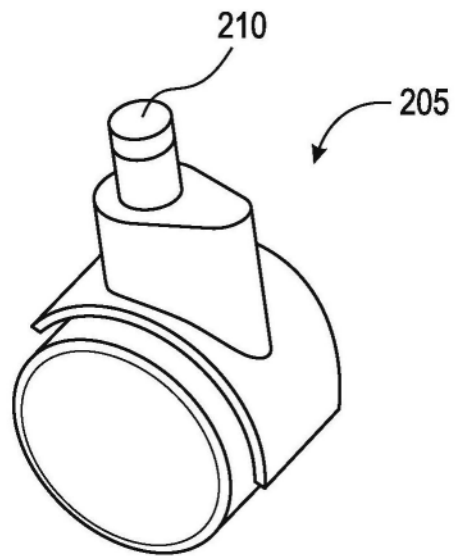
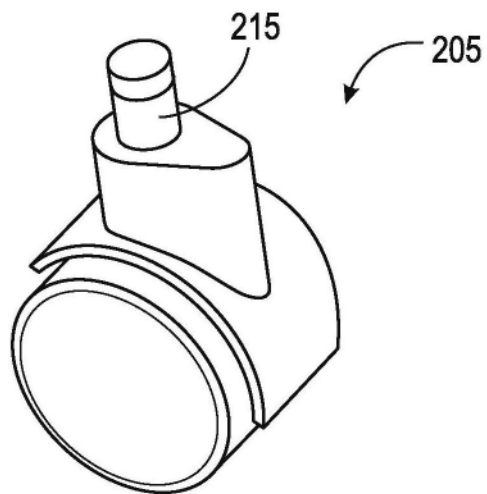


图1B



突出显示的重合面

图2A



突出显示的同心面

图2B

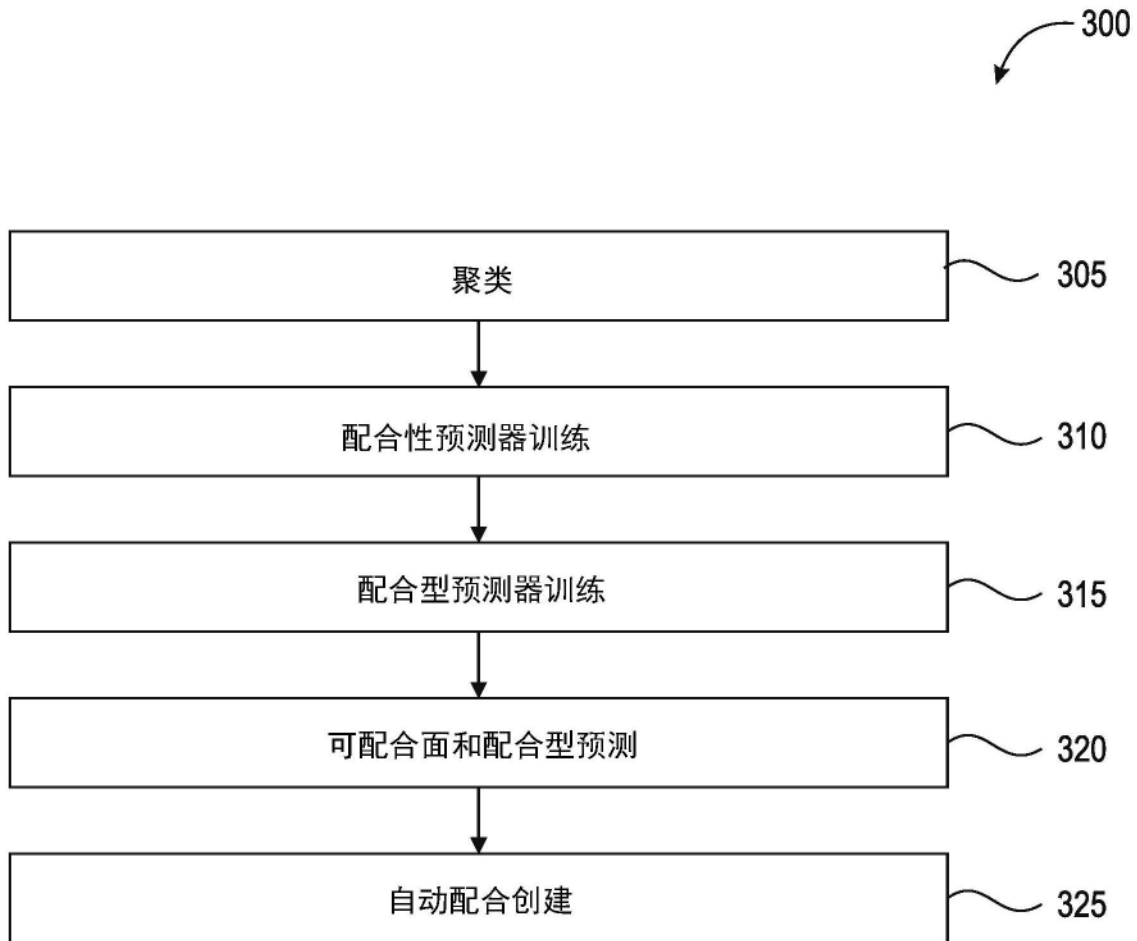


图3

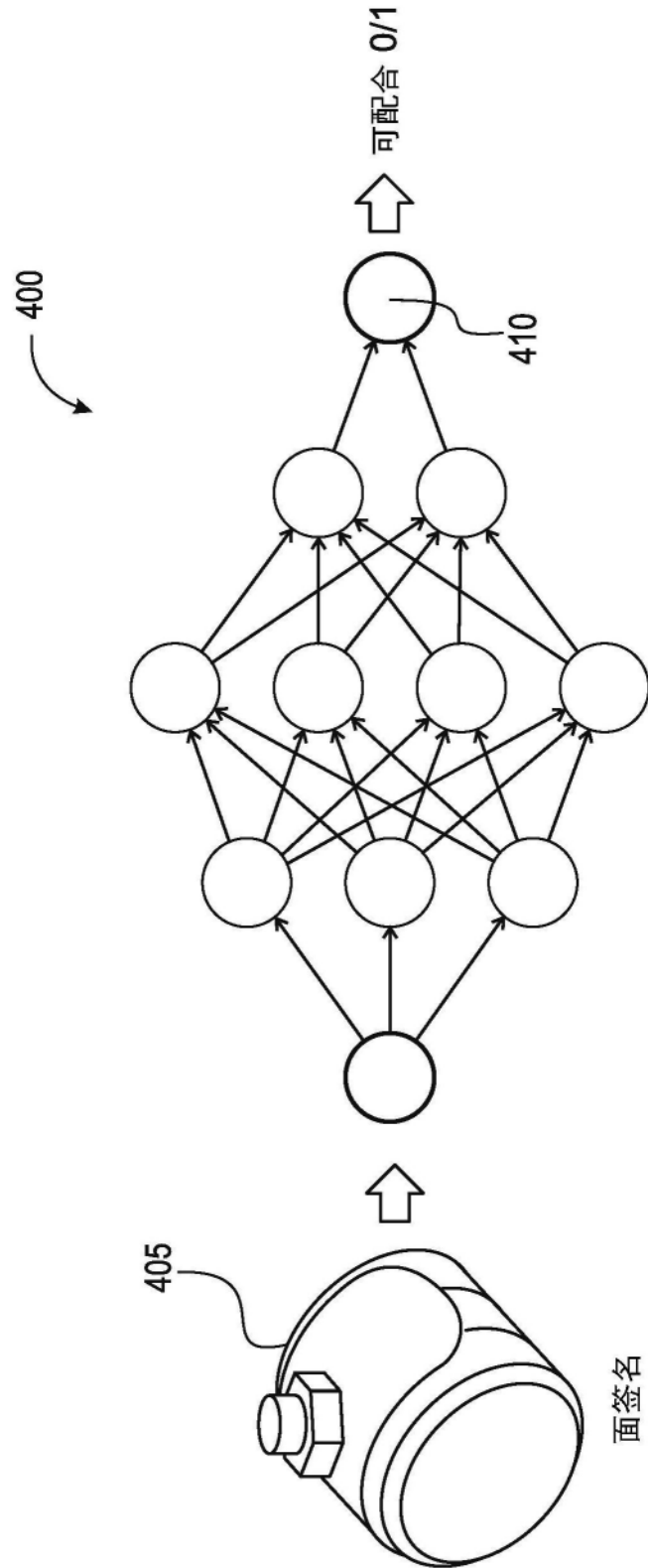


图4

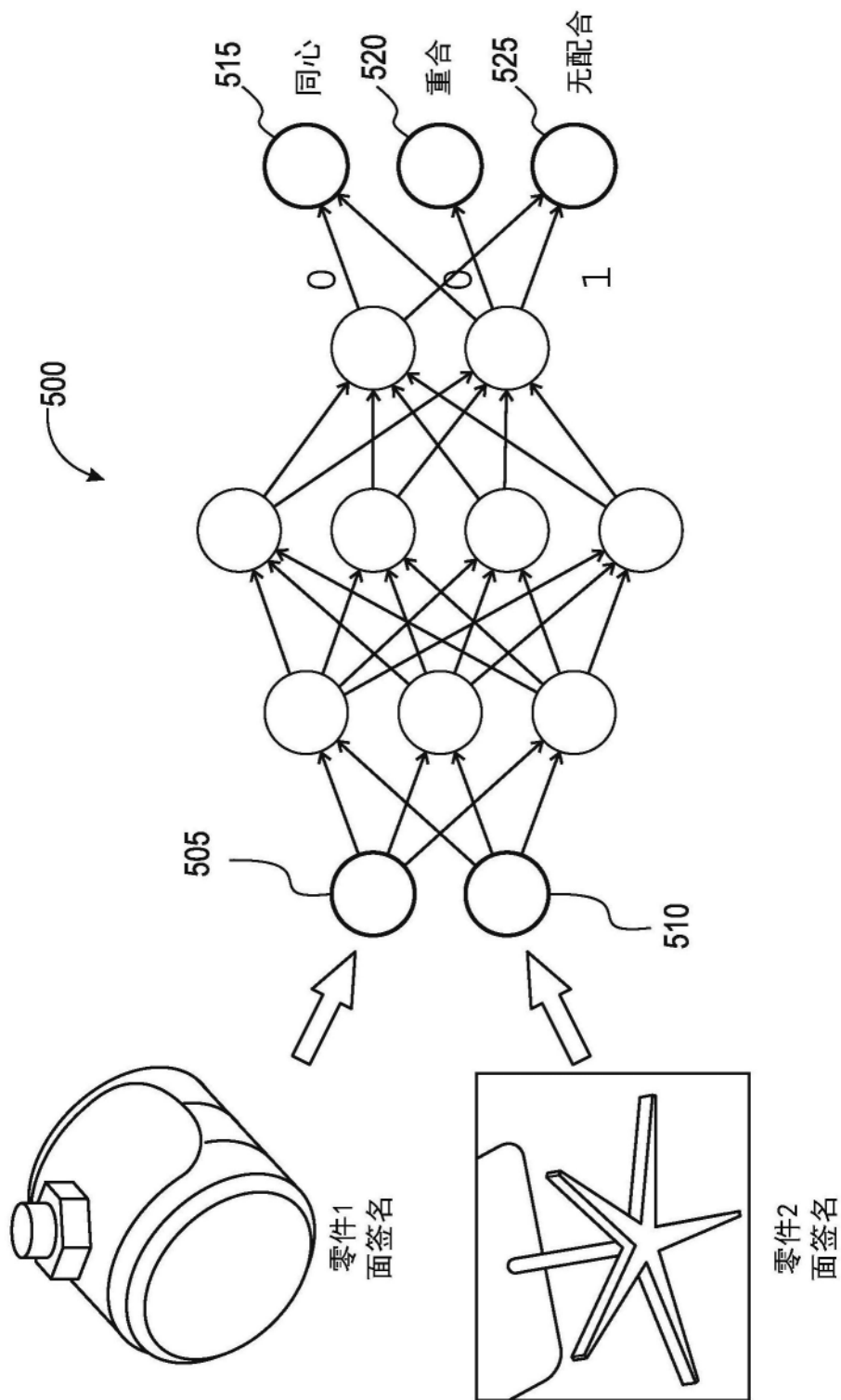


图5

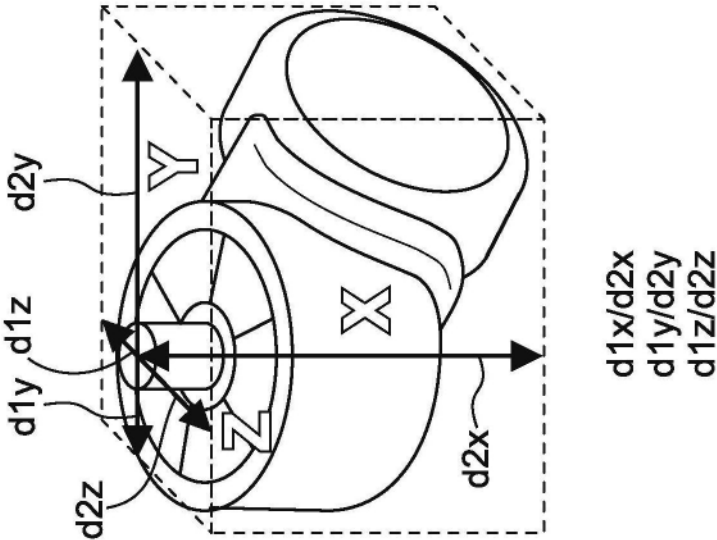


图6A

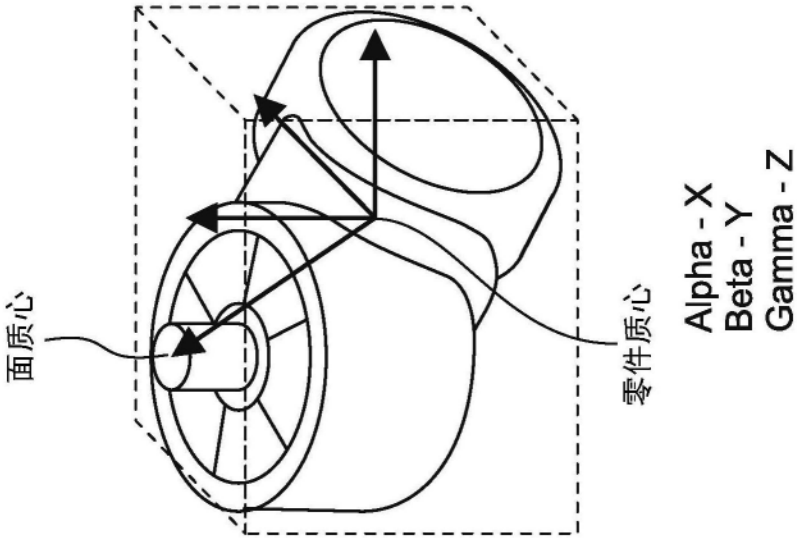


图6B

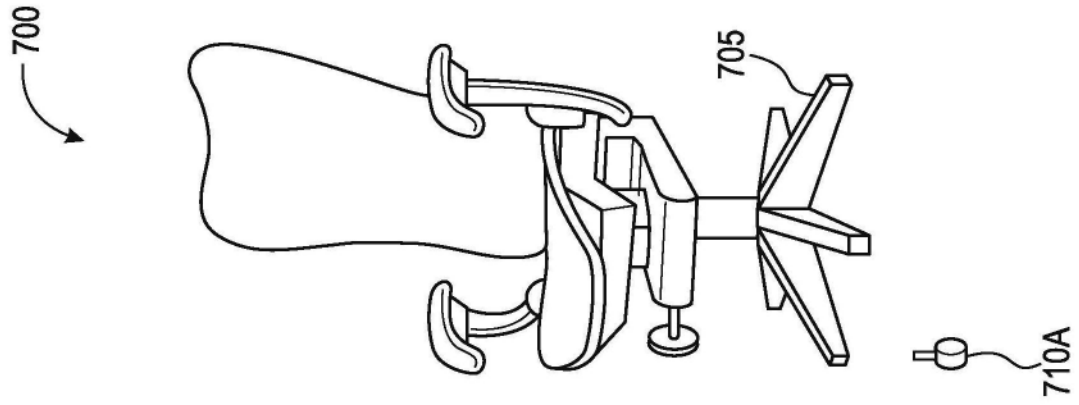


图7A

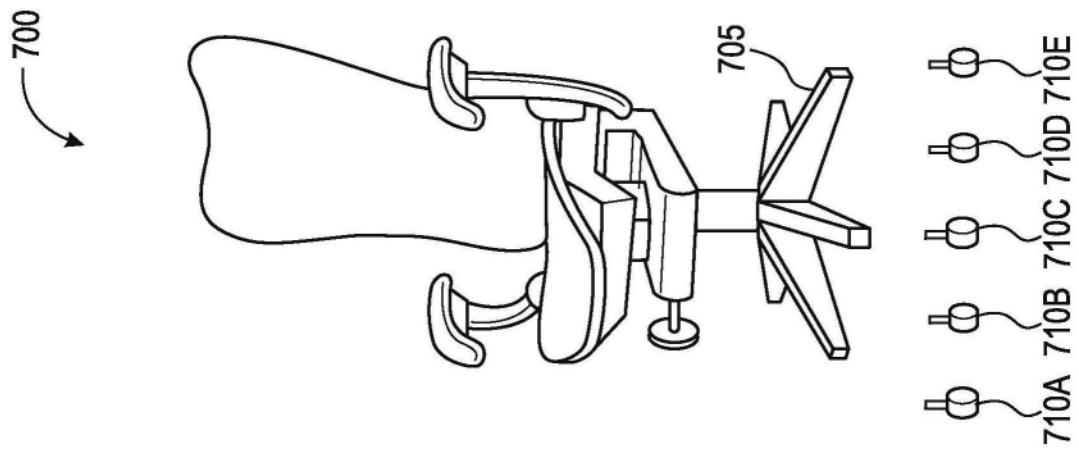


图7B

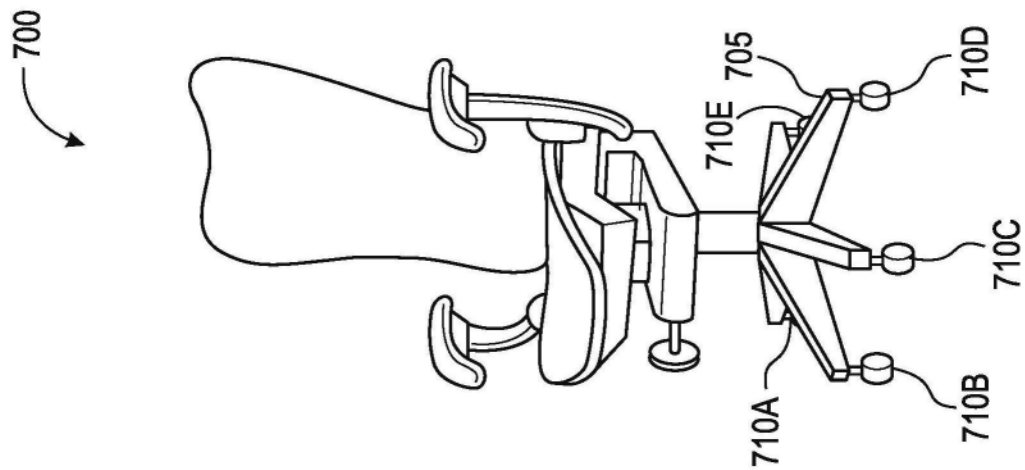


图7C

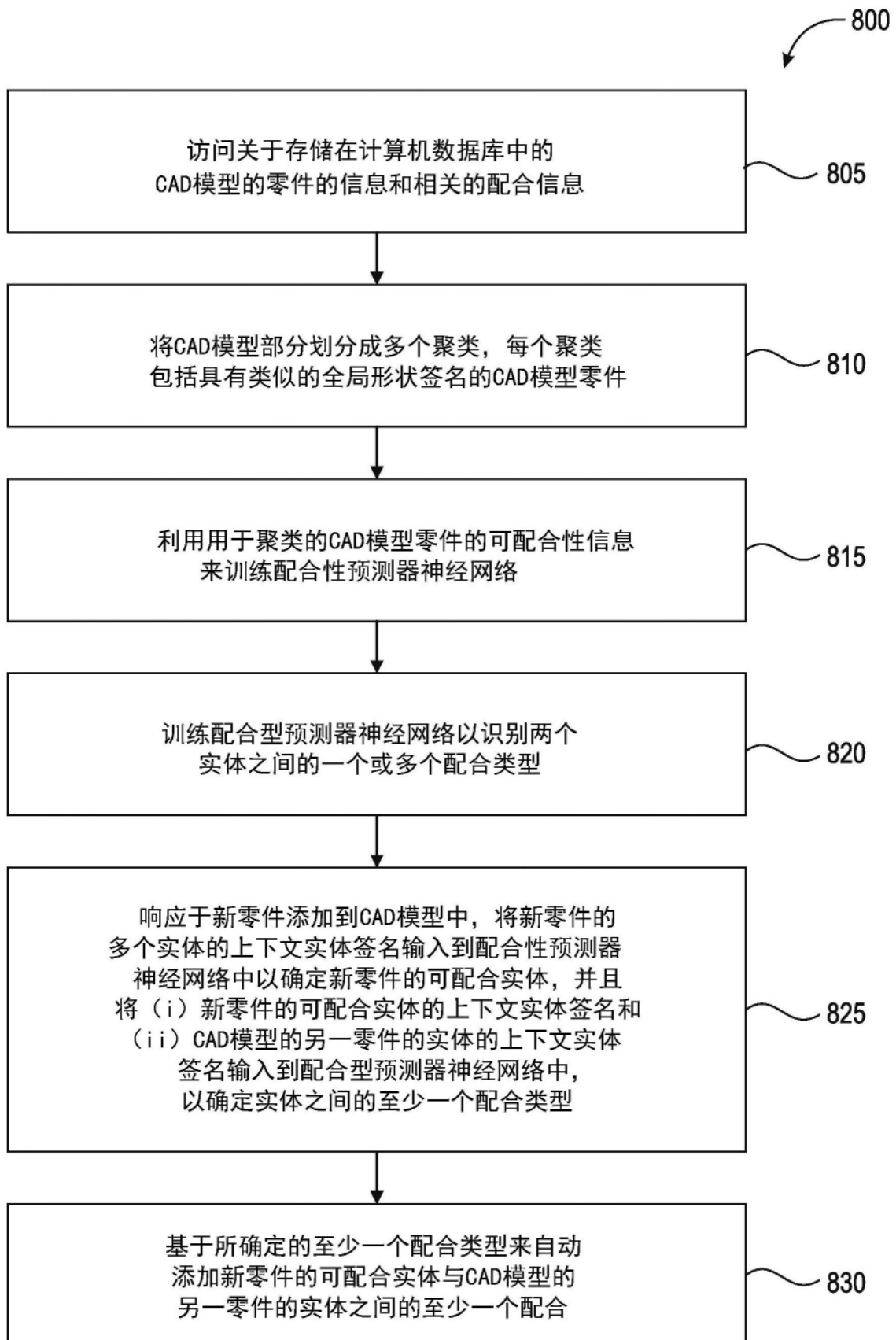


图8

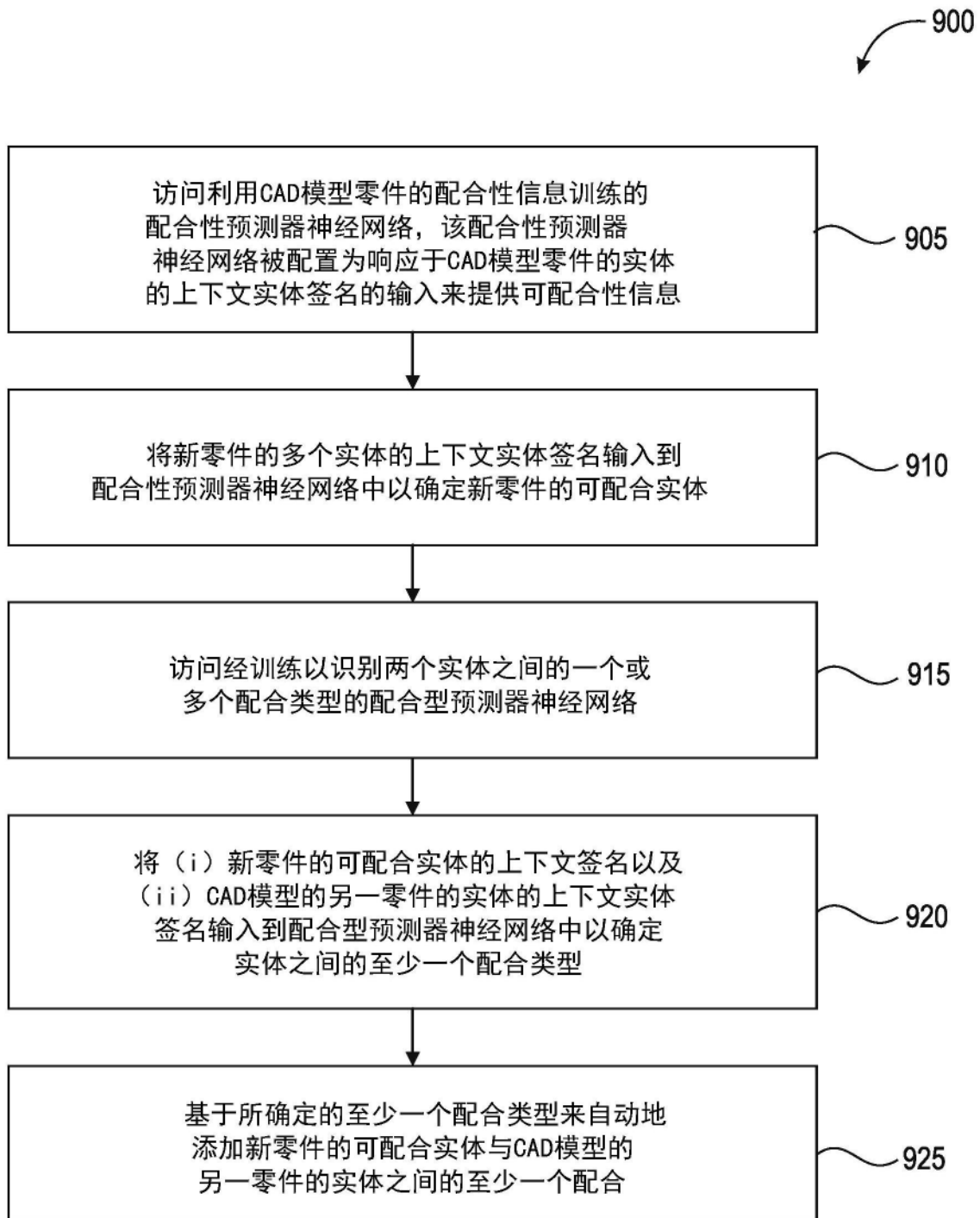


图9

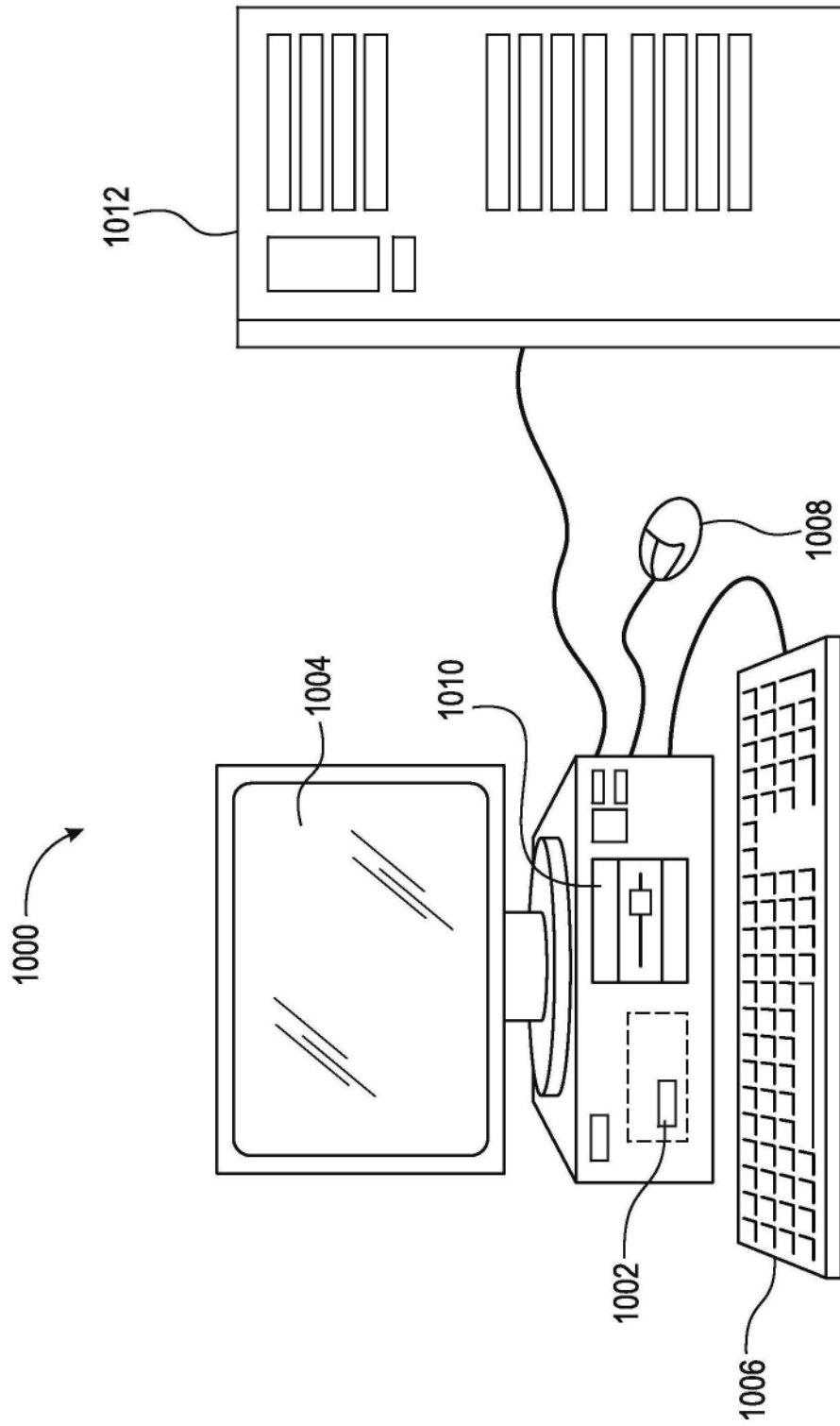


图10