



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110435921 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 25

(21) 申请号 201910799738.1

(22) 申请日 2015.07.07

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110435921 A

(43) 申请公布日 2019.11.12

(30) 优先权数据
62/022,641 2014.07.09 US
14/559,483 2014.12.03 US

(62) 分案原申请数据
201510394115.8 2015.07.07

(73) 专利权人 波音公司
地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 H·S·奥贝罗伊 M·A·芬德利
B·萨尔 A·S·德雷珀
J·A·阿里亚加

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 王小东

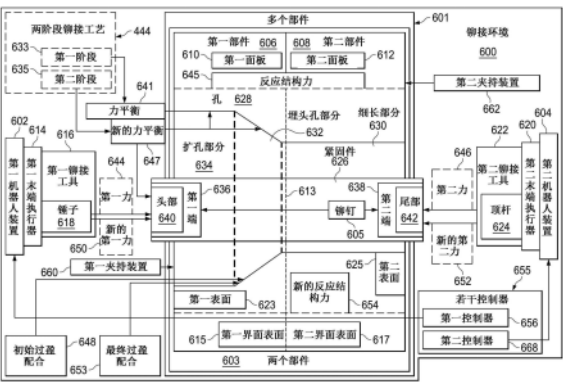
(51) Int.Cl.
B64F 5/10 (2017.01)
审查员 温美仪

权利要求书1页 说明书36页 附图16页

(54) 发明名称
两阶段铆接

(57) 摘要

本发明涉及两阶段铆接以及用于将两个部件(603)紧固在一起的方法和设备。可在保持力平衡(641)的同时,在紧固件(626)和贯穿所述两个部件(603)延伸的孔(628)的至少一部分之间形成初始过盈配合(648)。可在保持新的力平衡(647)的同时,在所述紧固件(626)和所述孔(628)之间形成最终过盈配合(653)。



1. 一种用于安装铆钉的方法,所述方法包括:

在安装所述铆钉期间在第一方向上产生与正施加到贯穿两个部件延伸的孔中的紧固件的头部的第一力和施加到所述紧固件的端部的第二力之差基本上相等的反应结构力;以及

在安装所述铆钉期间在与所述第一方向相反的第二方向上产生新的反应结构力。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,产生新的反应结构力的步骤包括:产生与正施加到所述紧固件的所述头部的新的第一力和施加到所述紧固件的所述端部的新的第二力之差基本上相等的反应结构力。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第二力比所述第一力小;并且产生反应结构力的步骤包括:使用所述反应结构力补偿所述第一力和所述第二力之间的力差异,以保持力平衡。

4. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述新的第二力比所述新的第一力大,并且产生新的反应结构力的步骤包括:使用所述新的反应结构力补偿所述新的第一力和所述新的第二力之间的力差异,以保持新的力平衡。

5. 一种包括部分形成的铆钉的设备,该设备还包括:

多个部件;以及

孔,其贯穿所述多个部件延伸;

其中,所述部分形成的铆钉与所述孔的埋头孔部分或所述孔的扩孔部分形成过盈配合。

两阶段铆接

[0001] 本发明是申请号为201510394115.8、申请日为2015年7月7日、发明名称为“两阶段铆接”的中国发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本公开总体涉及飞行器,并且特别地涉及飞行器的机身的建造。更加特别地,本公开涉及用于执行两阶段铆接过程以安装用于建造机身组件的铆钉的方法、设备和系统。

背景技术

[0003] 建造机身可包括组装机身的蒙皮面板和支撑结构。蒙皮面板和支撑结构可接合到一起以形成机身组件。例如,而而不仅限于,蒙皮面板可具有支撑构件(诸如,机架和纵梁),该支撑构件被附接至蒙皮面板的将面向机身组件内部的表面。这些支撑构件可用于形成机身组件的支撑结构。蒙皮面板可相对于彼此定位,并且支撑构件可系在一起以形成该支撑结构。

[0004] 然后,可执行紧固操作,以将蒙皮面板和支撑构件接合到一起,形成机身组件。例如,这些紧固操作可包括铆接操作、过盈配合栓接操作、其它类型的附接操作或者这些操作的某种组合。机身组件可能需要以满足机身组件的外模线(OML)要求和内模线(IML)要求的方式进行组装。

[0005] 利用一些目前可用的用于建造机身组件的方法,为将蒙皮面板和支撑构件组装到一起而执行的紧固操作可手动执行。例如,而而不仅限于,定位在机身组件外部的第一人工操作员和定位在机身组件内部的第二人工操作员可使用手持式工具来执行这些紧固操作。在某些情况下,相比于预期,这种类型的手动紧固工艺可能劳动强度更大、更耗时、更具人体工程学挑战或更昂贵。另外,在一些情况下,被手动安装以将部件接合到一起的铆钉可具有不及预期的部件之间界面上的理想均匀过盈配合。

[0006] 一些目前的涉及手动紧固工艺的用于建造机身的组装方法可能允许在期望的组装设施或工厂中以期望的组装速率或期望的组装成本来建造机身。在某些情况下,目前用于建造机身的组装方法和系统可能要求在为建造机身而专门指定且永久构造的设施或工厂中建造这些机身。目前的这些组装方法和系统可能无法适应不同类型和形状的机身。例如,而而不仅限于,建造机身所需要的大型和重型器械可能永久地附装到工厂,并且被构造成只用于特定类型的机身。因此,期望具有至少考虑一些上面讨论的问题以及其它可能问题的方法和设备。

发明内容

[0007] 在一个例证性实施方式中,可提供一种将两个部件紧固在一起的方法。可在保持力平衡的同时,在紧固件和贯穿所述两个部件延伸的孔的至少一部分之间形成初始过盈配合。可在保持新的力平衡的同时,在紧固件和孔之间形成最终过盈配合。

[0008] 在另一个例证性实施方式中,可提供一种用于安装铆钉的方法。可在安装所述铆钉期间在第一方向上产生反应结构力。可在安装所述铆钉期间在与所述第一方向相反的第

二方向上产生新的反应结构力。

[0009] 在另一个例证性实施方式中,可提供一种用于执行两阶段铆接工艺的方法。可在保持力平衡的同时,使用与第一机器人装置关联的锤子和与第二机器人装置关联的顶杆(bucking bar)在紧固件和贯穿两个部件延伸的孔的至少一部分之间形成初始过盈配合。可在保持新的力平衡的同时,使用所述顶杆和所述锤子 in 所述紧固件和所述孔之间形成最终过盈配合,使得所述最终过盈配合在所述两个部件之间的界面上是基本上均匀的。

[0010] 在又一个例证性实施方式中,一种设备可包括:第一机器人装置,其具有第一工具;第二机器人装置,其具有第二工具;以及若干控制器,其控制所述第一机器人装置和所述第二机器人装置来执行两阶段铆接工艺。

[0011] 在再一个例证性实施方式中,一种设备可包括:多个部件;孔,其贯穿所述多个部件延伸;以及部分形成的铆钉,其与所述孔的至少一部分形成过盈配合。

[0012] 这些特征、功能和优点可在本公开的各种实施方式中独立地实现,或者可在其它实施方式中组合,其中,可参考以下的描述和附图明白其它细节。

附图说明

[0013] 在所附权利要求书中阐述了据信是例证性实施方式的特性的新颖性特征。然而,当结合附图阅读时,将参考本公开的例证性实施方式的以下具体实施方式最好地理解例证性实施方式以及其优选使用模式、其它目标和特征,其中:

[0014] 图1是根据例证性实施方式的采取框图形式的制造环境的图示;

[0015] 图2是根据例证性实施方式的采取框图形式的机身组件的图示;

[0016] 图3是根据例证性实施方式的采用框图形式的制造环境内柔性制造系统的多个移动系统的图示;

[0017] 图4是根据例证性实施方式的采用框图形式的多个移动平台的图示;

[0018] 图5是根据例证性实施方式的采用框图形式的横跨分布式公用物网络(distributed utility network)的多个公用物的流程的图示;

[0019] 图6是根据例证性实施方式的采用框图形式的铆接环境的图示;

[0020] 图7是根据例证性实施方式的铆接环境的图示;

[0021] 图8是根据例证性实施方式的剖面的放大视图的图示;

[0022] 图9是根据例证性实施方式的完全安装好的铆钉的图示和形成在铆钉和孔之间的最终过盈配合的图表;

[0023] 图10是在根据例证性实施方式的制造环境中在机身组件的内部内执行紧固工艺的多个移动平台的等距剖视图的图示;

[0024] 图11是根据例证性实施方式的柔性制造系统和机身组件的横截面视图的图示;

[0025] 图12是根据例证性实施方式的采用流程图形式的用于将两个部件紧固在一起的过程的图示;

[0026] 图13是根据例证性实施方式的采用流程图形式的用于执行两阶段铆接工艺的工艺的图示;

[0027] 图14是根据例证性实施方式的采用流程图形式的用于执行两阶段铆接工艺的工艺的图示;

- [0028] 图15是根据例证性实施方式的采用流程图形式的用于安装铆钉的工艺图示；
- [0029] 图16是根据例证性实施方式的采用框图形式的数据处理系统的图示；
- [0030] 图17是根据例证性实施方式的采用框图形式的飞行器制造及检修方法的图示；以及
- [0031] 图18是可实现例证性实施方式的采用框图形式的飞行器的图示。

具体实施方式

[0032] 例证性实施方式认识并考虑到不同的考虑。例如，例证性实施方式认识并考虑到，可能期望使建造飞行器的机身组件的工艺自动化。使建造飞行器的机身组件的工艺自动化可提高建造效率、改进建造质量并且降低建造机身组件的相关成本。例证性实施方式还认识并考虑到，使建造机身组件的工艺自动化可提高执行组装操作的准确度和精确度，从而确保更好地遵守机身组件的外模线 (OML) 要求和内模线 (IML) 要求。

[0033] 此外，例证性实施方式认识并考虑到，用于建造飞行器的机身组件的工艺自动化可显著减少建造周期所需要的时间量。例如，但不限于，使紧固操作自动化可减少并且在某些情况下消除为执行这些紧固操作以及其它类型的组装操作而对人工操作员的需要。

[0034] 此外，相比于主要靠手动执行该工艺，这种类型的用于建造飞行器的机身组件的工艺自动化可能劳动强度更低、耗时更少、人体工程学挑战更低并且更廉价。手工劳动的减少对于人工劳动者可具有期望的益处。另外，机身组装工艺的自动化可允许在期望的组装设施和工厂中以期望的组装率和期望的组装成本来建造机身组件。

[0035] 例证性实施方式还认识并考虑到，可能期望使用可以被自主地驱动且操作以使建造机身组件的工艺自动化的器械。特别地，可能期望具有自主柔性制造系统，其包括这样的移动系统，该移动系统可在整个工厂地板上被自主地驱动，如建造机身组件所需要的相对于工厂地板被自主地定位，被自主地操作以建造机身组件，并且然后当机身组件的建造已经完成时被自主地驱离。

[0036] 如本文所使用的，自主地执行任何的操作、动作或步骤可能意味着在基本上没有任何人工输入的情况下执行此操作。例如，但不限于，可自主驱动的平台是可基本独立于任何人工输入被驱动的平台。以这种方式，可自主驱动平台可以是能够基本独立于人工输入而驱动或被驱动的平台。

[0037] 由此，例证性实施方式提供了用于建造飞行器的机身组件的方法、设备和系统。特别地，例证性实施方式提供了使建造机身组件的工艺的大部分 (如果不是全部) 自动化的自主柔性制造系统。例如，但不限于，自主柔性制造系统可使安装紧固件以将机身蒙皮面板和机身支撑结构结合到一起而建造机身组件的工艺自动化。

[0038] 然而，例证性实施方式认识并考虑到，使用自主柔性制造系统使建造机身组件的工艺自动化可能出现独特的技术挑战，即需要独特的技术解决方案。例如，例证性实施方式认识并考虑到，可能期望为自主柔性制造系统内的所有各种系统提供公用物。特别地，可能期望以将不会中断或延迟建造机身组件的工艺或者约束自主柔性制造系统内的各种移动系统在整个工厂地板的运动的方式来提供这些公用物。

[0039] 例如，但不限于，可能期望使用基础结构为自主柔性制造系统提供一组公用物，诸如电力、通信和空气，该基础结构仅包括与提供这一组公用物的一组公用物源每个公用物

源的单个直接连接。这些直接连接可在地上、地面或地下。可使用例如(但不限于)公用物夹具来建立这些直接连接。由此,基础结构可包括:公用物夹具,该公用物夹具为一组公用物源的每个公用物源提供直接连接;以及组装区域,该组装区域具有大到足够允许自主柔性制造系统的各种系统联接到公用物夹具且彼此串联的地板空间。以这种方式,这一组公用物可从这一组公用物源流向公用物夹具,然后流向组装区域内的自主柔性制造系统的各种系统的下游。

[0040] 由此,例证性实施方式提供了分布式公用物网络,其可用于为自主柔性制造系统的各种系统提供公用物。分布式公用物网络能以不约束或阻碍自主柔性制造系统的各种移动系统的运动的方式提供这些公用物。自主柔性制造系统的不同的移动系统可自主地彼此联接,以形成该分布式公用物网络。

[0041] 现在参照附图,并且特别地参考图1至图6,采取根据例证性实施方式的框图的形式描绘了制造环境的图示。特别地,在图1至图6中,描述了机身组件、柔性制造系统、柔性制造系统内的可用于建造机身组件的各种系统以及分布式公用物网络。

[0042] 现在转向图1,采取根据例证性实施方式的框图的形式描绘了制造环境的图示。在该例证性示例中,制造环境100可以是机身102的至少一部分可被制造用于飞行器104的一种环境的示例。

[0043] 制造环境100可采取若干不同的形式。例如,但不限于,制造环境100可采取以下形式:工厂、制造设施、户外厂区、封闭的制造区域、海上平台或一些其它类型的适于建造机身102的至少一部分的制造环境100。

[0044] 可使用制造工艺108来建造机身102。柔性制造系统106可用于实施制造工艺108的至少一部分。在一个例证性示例中,可使用柔性制造系统106使制造工艺108基本自动化。在其它例证性示例中,制造工艺108的仅一个或多个阶段可基本自动化。

[0045] 柔性制造系统106可构造成自主地执行制造工艺108的至少一部分。以这种方式,柔性制造系统106可被称为自主柔性制造系统112。在其它例证性示例中,柔性制造系统106可被称为自动化的柔性制造系统。

[0046] 如所描绘的,制造工艺108可包括用于建造机身组件114的组装工艺110。柔性制造系统106可构造成自主地执行组装工艺110的至少一部分。

[0047] 在完成制造工艺108之前在制造工艺108期间的任何阶段,机身组件114可以是机身102。在某些情况下,机身组件114可用来指部分组装的机身102。取决于实施方案,一个或多个其它部件可能需要附接至机身组件114,以全面完成机身102的组装。在其它情况下,机身组件114可用来指完全组装的机身102。柔性制造系统106可建造机身组件114,直到需要将机身组件114移向用于建造飞行器104的制造工艺的下一阶段的一点为止。在某些情况下,在用于建造飞行器104的制造工艺的一个或多个后期阶段可使用柔性制造系统106的至少一部分。

[0048] 在一个例证性示例中,机身组件114可以是用于形成机身102的特定区段的组件。作为一个示例,机身组件114可采取用于形成机身102的后段的后机身组件116的形式。在另一示例中,机身组件114可采取用于形成机身102的前段的前机身组件117的形式。在又一示例中,机身组件114可采取中间机身组件118的形式,用于形成机身102的中央区段或位于机身102的后段和前段之间的机身102的一些其它中间段。

[0049] 如所描绘的,机身组件114可包括多个面板120和支撑结构121。支撑结构121可包括多个构件122。多个构件122可用于既支撑多个面板120又将多个面板120彼此连接。支撑结构121可有助于为机身组件114提供强度、刚度和负载支撑。

[0050] 多个构件122可与多个面板120关联。如本文所使用的,当一个部件或结构与另一部件或结构“关联”时,所述关联在所描绘的示例中是物理关联。

[0051] 例如,通过以下中的至少一者:固定到第二部件、粘接到第二部件、装设到第二部件、附接到部件、联接到部件、焊接到第二部件、紧固到第二部件、附着到第二部件、胶接到第二部件或以一些其它合适的方式连接到第二部件,第一部件(诸如多个构件122中的一个)可视为与第二部件(诸如多个面板120中的一个)关联。还可使用一个或多个其它部件将第一部件连接到第二部件。例如,可使用第三部件将第一部件连接到第二部件。此外,通过形成第二部件的一部分、第二部件的延伸或两者,第一部件可视为与第二部件关联。在另一示例中,通过与第二部件共固化,第一部件可视为第二部件的一部分。

[0052] 如本文所使用的,短语“(中的)至少一个/至少一者”当与一系列条目使用时,意指可使用所列条目中的一个或多个的不同组合并且可能仅需要列中的一个条目。所述条目可以是特定的对象、事物、动作、工艺或类别。换句话说,“(中的)至少一个/至少一者”意指可使用列中的条目或条目数量的任何组合,但可能并不需要列中的所有条目。

[0053] 例如,“条目A、条目B和条目C中的至少一个”或“条目A、条目B或条目C中的至少一个”可能意味着:条目A;条目A和条目B;条目B;条目A、条目B和条目C;或条目B和条目C。在某些情况下,“条目A、条目B和条目C中的至少一个”可能意味着例如(但不限于):两个条目A、一个条目B和十个条目C;四个条目B和七个条目C;或一些其它合适的组合。

[0054] 在这些例证性示例中,多个构件122的一构件能以若干不同的方式与多个面板120中的至少一个关联。例如,但不限于,多个构件122的一构件可直接附接至单个面板,附接至两个或更多个面板,附接至直接附接至至少一个面板的另一构件,附接至直接或间接附接至至少一个面板的至少一个构件,或者以一些其它方式与多个面板120中的至少一个关联。

[0055] 在一个例证性示例中,在开始用于建造机身组件114的组装工艺110之前,基本所有或所有的多个构件122可与多个面板120关联。例如,在多个面板120彼此经由组装工艺110而结合之前,多个构件122的相应部分可与多个面板120的每个面板关联。

[0056] 在另一例证性示例中,在开始组装工艺110之前,仅多个构件122的第一部分可与多个面板120关联。组装工艺110可包括将多个构件122的剩余部分附接至多个面板120,至少用于为多个面板120提供支撑或者将多个面板120连接到一起中的一者。多个构件122的在组装工艺110之前附接至多个面板120的第一部分以及多个构件122的在组装工艺110期间附接至多个面板120的剩余部分可一起形成支撑结构121。

[0057] 在又一例证性示例中,在组装工艺110期间,所有的多个构件122可与多个面板120关联。例如,在组装工艺110之前,多个面板120均可“裸露”,无需任何构件附接至或以其它的方式与面板关联。然后在组装工艺110期间,多个构件122可与多个面板120关联。

[0058] 以这种方式,用于机身组件114的支撑结构121能以若干不同的方式建造起来。在下面的图2中更详细地描述包括多个面板120和支撑结构121的机身组件114。

[0059] 建造机身组件114可包括将多个面板120结合到一起。能以若干不同的方式执行结合多个面板120。取决于实施方案,将多个面板120结合到一起可包括将多个构件122中的一

个或多个结合到多个面板120中的一个或多个或者结合到多个构件122的其它构件。

[0060] 特别地,结合多个面板120可包括:将至少一个面板结合到至少一个其它面板,将至少一个构件结合到至少一个其它构件,或者将至少一个构件结合到至少一个面板,或者它们的一些组合。作为一个例证性示例,将第一面板和第二面板结合到一起可包括以下中的至少一个:将第一面板直接紧固到第二面板,将与第一面板关联的第一构件结合到与第二面板关联的第二构件,将与第一面板关联的构件直接结合到第二面板,将与第一面板和第二面板两者均关联的一个构件结合到另一构件,将选定构件结合到第一面板和第二面板两者,或者一些其它类型的结合操作。

[0061] 组装工艺110可包括操作124,可执行操作124将多个面板120结合到一起以建造机身组件114。在该例证性示例中,可使用柔性制造系统106来自主地执行操作124的至少一部分。

[0062] 操作124可包括例如(但不限于):临时连接操作125、钻孔操作126、紧固件插入操作128、紧固件安装操作130、检查操作132、其它类型的组装操作或这些操作的一些组合。可执行临时连接操作125以将多个面板120临时连接到一起。例如,但不限于,临时连接操作125可包括使用钉紧固件将多个面板120临时钉接到一起。

[0063] 钻孔操作126可包括:钻孔穿过多个面板120的一个或多个,在某些情况下,钻孔穿过多个构件122的一个或多个。紧固件插入操作128可包括将紧固件插入由钻孔操作126钻出的孔中。

[0064] 紧固件安装操作130可包括完全安装已插入孔中的每个紧固件。紧固件安装操作130可包括例如(但不限于)铆接操作、过盈配合栓接操作、其它类型的紧固件安装操作或这些操作的一些组合。检查操作132可包括检查完全安装的紧固件。取决于实施方案,柔性制造系统106可用于基本自主地执行任何数量的这些不同类型的操作124。

[0065] 如所描绘的,柔性制造系统106可包括多个移动系统134、控制系统136和公用物系统138。多个移动系统134均可以是可驱动的移动系统。在某些情况下,多个移动系统134均可以是可自主驱动的移动系统。例如,但不限于,多个移动系统134均可包括可在制造环境100内从一个地点被自主地驱动到另一地点的一个或多个部件。在下面的图3中更详细地描述多个移动系统134。

[0066] 在该例证性示例中,控制系统136可用于控制柔性制造系统106的操作。例如,但不限于,控制系统136可用于控制多个移动系统134。特别地,控制系统136可用于引导多个移动系统134中的每个在制造环境100内的运动。控制系统136可至少部分地与多个移动系统134关联。

[0067] 在一个例证性示例中,控制系统136可包括一组控制器140。如本文所使用的,“一组”条目可包括一个或多个条目。以这种方式,一组控制器140可包括一个或多个控制器。

[0068] 一组控制器140均可使用硬件、固件、软件或它们的一些组合来实施。在一个例证性示例中,一组控制器140可与多个移动系统134关联。例如,但不限于,一组控制器140中的一个或多个可实施为多个移动系统134的一部分。在其它示例中,一组控制器140中的一个或多个可独立于多个移动系统134来实施。

[0069] 一组控制器140可生成命令142,以控制柔性制造系统106的多个移动系统134的操作。一组控制器140可使用无线通信链路、有线通信链路、光通信链路或其它类型的通信链

路中的至少一个与多个移动系统134通信。以这种方式,任何数量的不同类型的通信链路可用于与一组控制器140通信以及在一组控制器140之间通信。

[0070] 在这些例证性示例中,控制系统136可使用从传感器系统133接收的数据141来控制多个移动系统134的操作。传感器系统133可包括任何数量的单独的传感器系统、传感器装置、控制器、其它类型的部件或它们的组合。在一个例证性示例中,传感器系统133可包括激光跟踪系统135和雷达系统137。激光跟踪系统135可包括任何数量的激光跟踪装置、激光目标或它们的组合。雷达系统137可包括任何数量的雷达传感器、雷达目标或他们的组合。

[0071] 传感器系统133可用于协调多个移动系统134的各种移动系统在制造环境100内的运动和操作。作为一个例证性示例,雷达系统137可用于移动系统、移动系统内的系统、移动系统内的部件或它们的一些组合的宏观定位。此外,激光跟踪系统135可用于移动系统、移动系统内的系统、移动系统内的部件或它们的一些组合的微定位。

[0072] 多个移动系统134可用于形成分布式公用物网络144。取决于实施方案,多个移动系统134中的一个或多个可形成分布式公用物网络144。若干公用物146可从若干公用物源148流向组成分布式公用物网络144的多个移动系统134的各种移动系统。

[0073] 在该例证性示例中,若干公用物源148均可位于制造环境100内。在其它例证性示例中,若干公用物源148中的一个或多个可位于制造环境100的外侧。由这一个或多个公用物源提供的相应的公用物然后可使用例如(但不限于)一个或多个公用物线缆被运载到制造环境100中。

[0074] 在一个例证性示例中,分布式公用物网络144可允许若干公用物146经由若干公用物线缆而直接从若干公用物源148流向多个移动系统134中的一个移动系统。该一个移动系统然后将若干公用物146分配给多个移动系统134中的其它移动系统,使得这些其它移动系统不需要直接接收来自若干公用物源148的若干公用物146。

[0075] 如所描绘的,可使用公用物系统138而形成分布式公用物网络144。公用物系统138可包括公用物夹具150。公用物系统138可构造成连接到若干公用物源148,使得若干公用物146可从若干公用物源148流向公用物夹具150。取决于实施方案,公用物夹具150可在地上或地面。例如,但不限于,公用物夹具150可在制造环境100内的地板的地下。

[0076] 公用物夹具150然后将若干公用物146分配给多个移动系统134中的一个或多个。特别地,多个移动系统134之一到公用物夹具150的一种自主联接之后可以是任何数量的移动系统彼此串联的自主联接,以形成分布式公用物网络144。公用物夹具150可在移动系统的自主联接的串联的公用物夹具150的下游将若干公用物146分配给多个移动系统134中的每个。

[0077] 取决于实施方案,分布式公用物网络144可具有链状构造或树状构造。在一个例证性示例中,多个移动系统134可包括移动系统A、B、C和D(在图中未示出),移动系统A自主地联接到公用物夹具150并且移动系统B、C和D自主地联接到移动系统A且彼此串联。用于分布式公用物网络144的链状构造的示例可包括若干公用物146,若干公用物146从若干公用物源148经由若干公用物线缆流向公用物夹具150,从公用物夹具150流向移动系统A,从移动系统A流向移动系统B,从移动系统B流向移动系统C,以及从移动系统C流向移动系统D。用于分布式公用物网络144的树状构造的示例可包括若干公用物146,若干公用物146从若干公用物源148经由若干公用物线缆流向公用物夹具150,从公用物夹具150流向移动系统A,从

移动系统A流向移动系统B和移动系统C两者,以及从移动系统C流向移动系统D。在下面的图5中更详细地描述了可使用多个移动系统134来实施分布式公用物网络144的一种方式的示例。

[0078] 在一些例证性示例中,多个柔性制造系统可用于同时建造多个机身组件。例如,柔性制造系统106可以是许多柔性制造系统中的第一柔性制造系统。

[0079] 在一个例证性示例中,柔性制造系统106、第二柔性制造系统152和第三柔性制造系统154可分别用于建造后机身组件116、中间机身组件118和前机身组件117。后机身组件116、中间机身组件118和前机身组件117然后可结合到一起,以形成完全组装的机身102。以这种方式,在该示例中,柔性制造系统106、第二柔性制造系统152和第三柔性制造系统154可一起形成柔性机身制造系统158。

[0080] 由此,可使用以类似于柔性制造系统106的方式实施的任何数量的柔性制造系统在制造环境100内建造任何数量的机身组件(诸如机身组件114)。类似地,可使用任何数量的以类似于柔性机身制造系统158的方式实施的柔性机身制造系统在制造环境100内建造任何数量的完全的机身(诸如机身102)。

[0081] 现在参考图2,采取根据例证性实施方式的框图的形式来描绘图1的机身组件114的图示。如上文所描述的,机身组件114可包括多个面板120和支撑结构121。机身组件114可用来指建造机身组件114的任何阶段。例如,机身组件114可用来指多个面板120中的单个面板、多个面板120的已经或正被结合到一起的多个面板、部分建造的机身组件或完全建成的机身组件。

[0082] 如所描绘的,机身组件114可被建造成使得机身组件114具有多个机身区段205。多个机身区段205均可包括多个面板120中的一个或多个。在该例证性示例中,多个机身区段205均可采取柱形机身区段、筒形机身区段、渐缩柱形机身区段、锥形机身区段、拱形机身区段或具有一些其它类型的形状的区段的形式。取决于实施方案,多个机身区段205中的一个机身区段可具有如下形状:基本圆形横截面形状、椭圆横截面形状、卵形横截面形状、带圆角的多边形横截面形状或以其它的方式呈闭合曲线的横截面形状。

[0083] 作为一个具体例证性示例,多个机身区段205均可以是机身组件114的限定在基本垂直于中心轴线或穿过机身组件114的纵向轴线截取的机身组件114的两个径向横截面之间的部分。以这种方式,可沿着机身组件114的纵向轴线来布置多个机身区段205。换句话说,可纵向地布置多个机身区段205。

[0084] 机身区段207可以是多个机身区段205之一的示例。机身区段207可包括多个面板120中的一个或多个。在一个例证性示例中,可围绕机身区段207沿圆周来布置多个面板区段,以形成机身区段207的蒙皮。在某些情况下,可围绕机身区段207沿圆周来布置多排的两个或更多个纵向相邻面板,以形成机身区段207的蒙皮。

[0085] 在一个例证性示例中,机身组件114可具有机顶200、龙骨202和侧面204。侧面204可包括第一侧面206和第二侧面208。

[0086] 机顶200可以是机身组件114的顶部。龙骨202可以是机身组件114的底部。机身组件114的侧面204可以是机身组件114在机顶200和龙骨202之间的部分。在一个例证性示例中,机身组件114的机顶200、龙骨202、第一侧面206和第二侧面208均可由多个面板120的至少一个面板的至少一部分形成。此外,多个机身区段205的每个的一部分可形成机顶200、龙

骨202、第一侧面206和第二侧面208中的每个。

[0087] 面板216可以是多个面板120之一的示例。取决于实施方案,面板216还可被称为蒙皮面板、机身面板或机身蒙皮面板。在一些例证性示例中,面板216可采取包括多个较小面板(这可被称为子面板)的大型面板的形式。大型面板还可被称为超级面板。在这些例证性示例中,面板216可包括金属、金属合金、一些其它类型的金属材料、复合材料或一些其它类型的材料中的至少一者。作为一个例证性示例,面板216可包括铝合金、钢、钛、陶瓷材料、复合材料、一些其它类型的材料或它们的一些组合。

[0088] 当用于形成机身组件114的龙骨202时,面板216可被称为龙骨面板或底面板。当用于形成机身组件114的侧面204之一时,面板216可被称为侧面板。当用于形成机身组件114的机顶200时,面板216可被称为机顶面板或顶面板。作为一个例证性示例,多个面板120可包括用于形成机顶200的机顶面板218、用于形成侧面204的侧面板220以及用于形成龙骨202的龙骨面板222。侧面板220可包括用于形成第一侧面206的第一侧面板224以及用于形成第二侧面208的第二侧面板226。

[0089] 在一个例证性示例中,机身组件114的多个机身区段205的机身区段207可包括一个机顶面板218、两个侧面板220以及一个龙骨面板222。在另一例证性示例中,机身区段207可形成机身组件114的端部。

[0090] 在某些情况下,机身区段207可独自包括单个面板,诸如面板216。例如,但不限于,面板216可采取端面板228的形式。

[0091] 端面板228可用于形成机身组件114的一端。例如,当机身组件114采取图1中的后机身组件116的形式时,端面板228可形成机身组件114的最后端。当机身组件114采取图1中的前机身组件117的形式时,端面板228可形成机身组件114的最前端。

[0092] 在一个例证性示例中,端面板228可采取柱形面板、锥形面板、桶形面板或渐缩柱形面板的形式。例如,端面板228可以是具有直径关于机身组件114的中心轴线可改变的大致圆形横截面形状的单个柱形面板。

[0093] 以这种方式,如上文所描述的,机身区段207可仅仅包括端面板228。在一些例证性示例中,机身区段207可以是仅包括单个面板(其可以是端面板228)的末端机身区段。在某些情况下,当机身区段207是末端机身区段时,隔框(bulkhead) 272可与端面板228关联。取决于实施方案,隔框272(其还可被称为压力隔框)可视为与端面板228分离或者视为端面板228的一部分。在这些例证性示例中,隔框272可具有拱型形状。

[0094] 当机身组件114采取图1中的后机身组件116的形式时,隔框272可以是机身区段207的位于后机身组件116的最后端处的部分。当机身组件114采取图1中的前机身组件117的形式时,隔框272可以是机身区段207的位于后机身组件116的最前端处的部分。图1中的中间机身组件118在中间机身组件118的任一端处可不包括隔框,诸如隔框272。以这种方式,能以任何数量的不同方式来实现多个机身区段205。

[0095] 面板216可具有第一表面230和第二表面232。第一表面230可构造成用作面向外部的表面。换句话说,第一表面230可用于形成机身组件114的外部234。第二表面232可构造成用作面向内部的表面。换句话说,第二表面232可用于形成机身组件114的内部236。多个面板120均能以类似于面板216的方式来实施。

[0096] 如此前所描述的,支撑结构121可与多个面板120中的相应面板关联。支撑结构121

可包括与面板216关联的多个构件122。在一个例证性示例中,相应部分240可以是对应于面板216的多个构件122的部分。相应部分240可形成对应于面板216的支撑区段238。支撑区段238可形成支撑结构121的一部分。

[0097] 多个构件122可包括支撑构件242。支撑构件242可包括例如(但不限于)连接构件244、框架246、纵梁248、加强筋250、支柱252、肋间结构构件254或其它类型的结构构件中的至少一者。

[0098] 连接构件244可将其它类型的支撑构件242连接到一起。在某些情况下,连接构件244还可将支撑构件242连接到多个面板120。连接构件244可包括例如(但不限于)剪切夹256、系材258、拼接件260、肋间连接构件262、其它类型的机械连接构件或它们的一些组合。

[0099] 在一个例证性示例中,当面板216包括多个子面板时,连接构件244可用于例如(但不限于)将框架246的在相邻子面板的环箍方向上延伸的互补框架和纵梁248的在相邻子面板的纵向方向上延伸的互补纵梁连接到一起。在其它例证性示例中,连接构件244可用于将互补框架、纵梁或多个面板120的两个或更多个相邻面板上的其它类型的支撑构件连接到一起。在某些情况下,连接构件244可用于将两个或更多个相邻机身区段上的互补支撑构件连接到一起。

[0100] 可执行如图1中描述的操作124,以将多个面板120结合到一起建造机身组件114。在一个例证性示例中,多个紧固件264可用于将多个面板120结合到一起。

[0101] 如上文所描述的,能以若干不同的方式来执行将多个面板120结合到一起。将多个面板120结合到一起可包括以下操作中的至少一者:将多个面板120中的至少一个面板结合到多个面板120中的另一面板,将多个面板120中的至少一个面板结合到多个构件122中的至少一个构件,将多个构件122中的至少一个构件结合到多个构件122中的另一构件,或者一些其它类型的结合操作。多个面板120可结合到一起,使得多个构件122最终形成用于机身组件114的支撑结构121。

[0102] 如所描绘的,若干地板266可与机身组件114关联。在该例证性示例中,若干地板266可以是机身组件114的一部分。若干地板266可包括例如(但不限于)乘客地板、货舱地板或一些其它类型的地板中的至少一个。

[0103] 现在参考图3,采取根据例证性实施方式的框图的形式描绘了在图1的制造环境100内的柔性制造系统106的多个移动系统134的图示。如所描绘的,柔性制造系统106可用于在制造环境100的地板300上建造机身组件114。当制造环境100采取工厂的形式时,地板300可被称为工厂地板302。

[0104] 在一个例证性示例中,地板300可以是基本平滑且基本平坦的。例如,地板300可以是基本水平的。在其它例证性示例中,地板300的一个或多个部分可以是倾斜的、带斜面的或者是不平坦的。

[0105] 组装区域304可以是在制造环境100内指定用于执行图1的用于建造机身组件(诸如机身组件114)的组装工艺110的区域。组装区域304还可被称为隔间或工作隔间。在该例证性示例中,组装区域304可以是地板300上的指定区域。然而,在其它例证性示例中,组装区域304可包括地板300上的指定区域以及该指定区域上方的区域。任何数量的组装区域可存在于制造环境100内,使得可在制造环境100内同时建造任何数量的机身组件。

[0106] 如所描绘的,多个移动系统134可包括多个自主车辆306、支架系统308、塔架系统

310和自主加工系统312。多个移动系统134均可横跨地板300而驱动。换句话说,多个移动系统134均能够被自主地驱动,横跨地板300从地板300上的一个地点315到达另一地点317。

[0107] 在一个例证性示例中,多个自主车辆306均可采取自动导向车辆(AGV)的形式,自动导向车辆能够独立地操作而无需人工引导或导向。在某些情况下,多个自主车辆306可被称为多个自动导向车辆(AGV)。

[0108] 在该例证性示例中,在图1的组装工艺110期间,支架系统308可用于支撑并保持机身组件114。在某些情况下,支架系统308可被称为可驱动式支架系统。在其它的情况下,支架系统308可被称为可自主驱动式支架系统。

[0109] 支架系统308可包括若干夹具313。如本文所使用的,“若干”条目可包括一个或多个条目。以这种方式,若干夹具313可包括一个或多个夹具。在一些例证性示例中,若干夹具313可被称为若干可驱动式夹具。在其它例证性示例中,若干夹具313可被称为若干可自主驱动式夹具。

[0110] 若干夹具313可包括若干支架夹具314。在一些例证性示例中,若干支架夹具314可被称为若干可驱动式支架夹具。在其它例证性示例中,若干支架夹具314可被称为若干可自主驱动式支架夹具。支架夹具322可以是若干支架夹具314之一的示例。

[0111] 若干保持结构326可与若干支架夹具314的每个关联。与若干支架夹具314的每个关联的若干保持结构326可与机身组件114接合并用于支撑机身组件114。例如,与支架夹具322关联的若干保持结构326可接合并用于支撑多个面板120中的一个或多个。

[0112] 若干支架夹具314可横跨制造环境100的地板300被自主地驱动到组装区域304。在一个例证性示例中,若干支架夹具314均可使用多个自主车辆306中的相应自主车辆横跨地板300被自主地驱动。换句话说,但不限于,多个自主车辆306中的若干相应自主车辆316可用于横跨地板300将若干支架夹具314驱动到组装区域304中。

[0113] 在该例证性示例中,若干相应自主车辆316可从例如(但不限于)贮存区域318横跨地板300而驱动到组装区域304。贮存区域318可以是这样的区域:当柔性制造系统106未被使用时或者当此特定装置或系统未被使用时,在该区域中可贮存多个自主车辆306、支架系统308、塔架系统310、自主加工系统312或图1的控制系统136中的至少一个。

[0114] 取决于实施方案,贮存区域318可被称为家区域、存储区域或基地区域。虽然贮存区域318被描绘为位于制造环境100内,但在其它例证性示例中,贮存区域318可位于制造环境100外侧的一些其它区域或环境中。

[0115] 多个自主车辆306中的若干相应自主车辆316可将若干支架夹具314驱动到若干选定的支架位置320。如本文所使用的,“位置(position)”可包括地点(location)、取向或两者。所述地点可关于参考坐标系处于二维坐标或三维坐标中。所述取向可以是关于参考坐标系的二维或三维取向。该参考坐标系可例如(但不限于)是机身坐标系、飞行器坐标系、针对制造环境100的坐标系或一些其它类型的坐标系。

[0116] 当若干支架夹具314包括多于一个支架夹具使得若干选定的支架位置320包括多于一个支架位置时,这些支架位置可以是相对于彼此选择的位置。以这种方式,若干支架夹具314可被定位成使得若干支架夹具314相对于彼此处于若干选定的支架位置320中。

[0117] 在这些例证性示例中,若干相应自主车辆316可用于在组装区域304内将若干支架夹具314驱动到若干选定的支架位置320中。横跨地板300来“驱动”部件或系统可能意味着,

例如(但不限于),基本将此部件或系统的整体从一个地点移向另一地点。例如,但不限于,横跨地板300来驱动支架夹具322可能意味着将支架夹具322的整体从一个地点移向另一地点。换句话说,所有或基本所有的包括支架夹具322的部件可同时一起从一个地点移向另一地点。

[0118] 一旦若干支架夹具314已被驱动到组装区域304中的若干选定的支架位置320之中,若干支架夹具314就可彼此联接并联接至塔架系统310。一旦在选定的公差内将若干支架夹具314定位在若干选定的支架位置320中,若干相应自主车辆316然后就可远离若干支架夹具314驱动到例如(但不限于)贮存区域318。在其它例证性示例中,若干相应自主车辆316可包括单个自主车辆,该单个自主车辆用于一次一个地在组装区域304内将若干支架夹具314的每个驱动到若干选定的支架位置320的相应选定位置中。

[0119] 在组装区域304中,若干支架夹具314可构造成形成组件夹具324。当若干支架夹具314中的不同支架夹具已经相对于彼此放置在若干选定的支架位置320中时,可形成组件夹具324。在某些情况下,当若干支架夹具314已经彼此联接同时若干支架夹具314处于若干选定的支架位置320中时,以及当与若干支架夹具314的每个关联的若干保持结构326已被调整而接收机身组件114时,可形成组件夹具324。

[0120] 以这种方式,若干支架夹具314可形成单个夹具实体,诸如组件夹具324。组件夹具324可用于支撑并保持机身组件114。在某些情况下,组件夹具324可被称为组件夹具系统或夹具系统。在某些情况下,组件夹具324可被称为可驱动式组件夹具。在其它情况下,组件夹具324可被称为可自主驱动式组件夹具。

[0121] 一旦已经形成组件夹具324,若干支架夹具314就可接收机身组件114。换句话说,多个机身区段205可与若干支架夹具314接合。特别地,多个机身区段205可与若干保持结构326接合,若干保持结构326与若干支架夹具314的每个关联。多个机身区段205能以任何数量的方式与若干支架夹具314接合。

[0122] 当若干支架夹具314包括单个支架夹具时,此支架夹具可用于支撑并保持基本整个机身组件114。当若干支架夹具314包括多个支架夹具时,这些支架夹具均可用于支撑并保持多个机身区段205的至少一个相应机身区段。

[0123] 在一个例证性示例中,多个机身区段205均可一次一个地与若干支架夹具314接合。例如,但不限于,用于多个机身区段205的特定机身区段的所有面板可相对于彼此以及若干支架夹具314的相应支架夹具进行定位,然后与相应支架夹具接合。多个机身区段205的剩余机身区段然后可形成并以类似的方式与若干支架夹具314接合。以这种方式,通过使多个面板120的至少一部分接合与组成组件夹具324的若干支架夹具314的每个关联的若干保持结构326,使得多个面板120由若干支架夹具314支撑,多个面板120可与若干支架夹具314接合。

[0124] 如图2中描述的,多个面板120可包括龙骨面板222、侧面板220和机顶面板218。在一个例证性示例中,用于形成图2中的机身组件114的龙骨202的所有的图2中的龙骨面板222可首先相对于若干支架夹具314进行定位并与若干支架夹具314接合。接着,用于形成图2中的机身组件114的侧面204的所有的图2中的侧面板220可相对于龙骨面板222进行定位并与龙骨面板222接合。然后,用于形成图2中的机身组件114的机顶200的所有的图2中的机顶面板218可相对于侧面板220进行定位并与侧面板220接合。以这种方式,多个机身区段

205可同时组装,以形成机身组件114。

[0125] 在一个例证性示例中,多个面板120中的每个面板均可具有多个构件122的在面板与若干支架夹具314之一接合之前完全形成并与面板关联的相应部分。多个构件122的该相应部分可被称为支撑区段。例如,在面板216与若干支架夹具314之一或图2中的多个面板120的另一面板接合之前,图2中的支撑区段238可完全形成面板216并与图2中的面板216关联。换句话说,在图2的面板216与若干支架夹具314之一接合之前,图2中的支撑构件242的相应部分已经可附接至面板216,并且图2中的连接构件244的相应部分已经被安装成使支撑构件242的该部分彼此连接。

[0126] 在其它例证性示例中,在多个面板120已经彼此接合并与若干支架夹具314接合之后,多个构件122可与多个面板120关联。在其它例证性示例中,在多个面板120彼此接合并与若干支架夹具314接合之前,多个构件122的仅一部分可与多个面板120关联,然后一旦多个面板120已经彼此接合并与若干支架夹具314接合,多个构件122的剩余部分与多个面板120关联。

[0127] 在一些例证性示例中,当图2的面板216与若干支架夹具314之一或与多个面板120的其它面板之一接合时,图2中的一个或多个支撑构件242、图2中的一个或多个连接构件244或两者可不与面板216关联。例如,但不限于,在面板216已经与支架夹具322接合之后,图2中描述的框架246可加装到图2的面板216。在另一示例中,在面板216已经与支架夹具322接合之后,图2中描述的加强筋250可加装到图2的面板216。

[0128] 建造机身组件114可包括:随着多个面板120在组件夹具324的若干支架夹具314上建造起来,使多个面板120彼此接合。例如,通过至少连接支撑构件的与面板关联的部分,可连接多个面板120中的相邻面板。取决于实施方案,搭接拼接件、对接拼接件或其它类型的拼接件中的至少一者可用于连接相邻面板(除了或代替相邻面板的相应支撑构件的连接)。

[0129] 作为一个例证性示例,与多个面板120中的两个相邻面板关联的支撑构件可使用连接构件而连接到一起,从而连接了两个相邻面板。与这两个相邻面板关联的两个支撑构件可例如(但不限于)以一些其它的方式被拼接、捆绑、夹持、钉接、销接、结合或紧固到一起。当两个相邻面板沿环箍相邻时,可在环箍方向上连接互补框架。当两个相邻面板沿纵向相邻时,可在纵向方向上连接互补纵梁。

[0130] 在某些情况下,在这两个相邻面板上连接互补的纵梁、框架或其它支撑构件可成为将这些面板拼接到一起的一部分。相邻面板可使用任何数量的面板拼接件、纵梁拼接件、框架拼接件或其它类型的拼接件而连接到一起。

[0131] 在一个例证性示例中,通过使用临时紧固件或永久紧固件将多个面板120或多个构件122中的至少一者临时地紧固到一起,多个面板120可临时地彼此连接。例如,但不限于,临时夹钳可用于将多个面板120中的两个面板一起临时地连接并保持到位。可通过以下手段中的至少一者来执行将多个面板120临时地连接到一起:将至少两个多个面板120临时地连接到一起,将至少两个多个构件122临时地连接到一起,或者将多个面板120中的至少一个临时地连接到多个构件122中的至少一个,使得与多个面板120关联的多个构件122形成了图2中用于机身组件114的支撑结构121。

[0132] 作为一个例证性示例,可使用临时紧固件328将多个面板120临时地钉接或销接到一起,直到多个紧固件264被安装成将多个面板120结合到一起以形成机身组件114。临时地

连接多个面板120可将图2由多个面板120形成的多个机身区段205临时地连接到一起。一旦多个紧固件264已安装好,然后就可拆除临时紧固件328。

[0133] 以这种方式,多个面板120能以若干不同的方式连接到一起。一旦多个面板120已经连接到一起,多个构件122就可视为形成了用于机身组件114的支撑结构121。将多个面板120连接到一起以及形成支撑结构121可保持期望地遵守机身组件114的外模线要求和内模线要求。换句话说,多个面板120可相对于彼此在一起保持到位,使得使用多个面板120而形成的机身组件114在选定的公差内满足机身组件114的外模线要求和内模线要求。

[0134] 特别地,组件夹具324可支撑多个面板120以及与多个面板120关联的支撑结构121,使得使用多个面板120和支撑结构121而建造的机身组件114具有选定公差内的形状和构造。以这种方式,该形状和构造可维持在选定的公差内,同时在建造机身组件114期间支撑着多个面板120以及与多个面板120关联的多个构件122。可至少部分地由例如(但不限于)机身组件114的外模线要求和内模线要求来确定该形状。在某些情况下,可至少部分地由机身组件114的框架和纵梁的地点和取向来确定该形状。

[0135] 在某些情况下,当多个面板120和支撑结构121的包括机身组件114的组件已到达期望点时,若干相应自主车辆316可将组件夹具324驱动出组装区域304。例如,机身组件114可横跨地板300被驱动到制造环境100内的不同区域中,从地板300驱动到不同制造环境中的另一地板上,或者从地板300驱动到一些其它区域或环境的另一地板上。

[0136] 在一个例证性示例中,组件夹具324可被驱动到另一组件夹具所位于的一些其它地点,使得两个组件夹具可联接而形成更大的组件夹具。作为一个例证性示例,组件夹具324可用于保持并支撑图1中的后机身组件116,而以类似于组件夹具324的方式实施的另一组件夹具可用于保持并支撑图1中的前机身组件117。以类似于组件夹具324的方式实施的又一组件夹具可用于保持并支撑图1中的中间机身组件118。

[0137] 一旦这三个机身组件已经建造完毕,三个组件夹具就可被带到一起以形成更大的组件夹具来保持后机身组件116、中间机身组件118和前机身组件117,使得这三个机身组件可被结合以形成图1中描述的机身102。特别地,这个更大的组件夹具可保持后机身组件116、中间机身组件118和前机身组件117彼此对准,使得可在选定的公差内建造机身102。

[0138] 在另一例证性示例中,以类似于组件夹具324的方式实施的第一组件夹具和第二组件夹具可分别用于保持并支撑图1的后机身组件116和前机身组件117。一旦这两个机身组件已经建造完毕,然后两个组件夹具就可被带到一起以形成更大的组件夹具来保持两个机身组件,使得这些机身组件可被结合以形成机身102。更大的组件夹具可保持后机身组件116和前机身组件117彼此对准,使得可在选定的公差内建造机身102。

[0139] 如所描绘的,塔架系统310包括若干塔架330。塔架332可以是若干塔架330之一的一个实施方案的示例。塔架332可构造成为机身组件114在图2中描述的内部236提供出入口。在一些例证性示例中,塔架332可被称为可驱动式塔架。在其它例证性示例中,塔架332可被称为可自主驱动式塔架。

[0140] 在一个例证性示例中,塔架332可采取第一塔架334的形式。在某些情况下,第一塔架334还可被称为操作员塔架。在另一例证性示例中,塔架332可采取第二塔架336的形式。在某些情况下,第二塔架336还可被称为机器人塔架。以这种方式,若干塔架330可包括第一塔架334和第二塔架336两者。

[0141] 第一塔架334可构造成基本由人工操作员使用,而第二塔架336可构造成基本由具有与移动平台关联的至少一个机器人装置的移动平台使用。换句话说,第一塔架334可允许人工操作员接近并进入机身组件114的内部236。第二塔架336可允许移动平台接近并进入机身组件114的内部236。

[0142] 第一塔架334和第二塔架336可在组装工艺110期间在不同的时间里相对于组件夹具324进行定位。作为一个例证性示例,多个自主车辆306之一可用于将第一塔架334从贮存区域318移动或自主地驱动到组装区域304内的选定的塔架位置338中。若干支架夹具314然后可相对于处于组装区域304内的选定的塔架位置338的第一塔架334使用若干相应自主车辆316被自主地驱动到若干选定的支架位置320。

[0143] 在图1的组装工艺110期间的一些后期阶段,第二塔架336可更换为第一塔架334。例如,多个自主车辆306之一可用于将第一塔架334自主地驱动出组装区域304并回到贮存区域318中。多个自主车辆306中的相同自主车辆或不同自主车辆然后可用于将第二塔架336从贮存区域318自主地驱动到组装区域304内的先前被第一塔架334占据的选定的塔架位置338中。取决于实施方案,第一塔架334可稍后更换为第二塔架336。

[0144] 在其它例证性示例中,第一塔架334和第二塔架336均可具有多个自主车辆306中的与塔架固定地关联的自主车辆。换句话说,多个自主车辆306之一可与第一塔架334成一体,并且多个自主车辆306之一可与第二塔架336成一体。例如,多个自主车辆306之一可视为第一塔架334的一部分或建造于第一塔架334中。第一塔架334然后可视为能够横跨地板300自主地驱动。以类似的方式,多个自主车辆306之一可视为第二塔架336的一部分或建造于第二塔架336中。第二塔架336然后可视为能够横跨地板300自主地驱动。

[0145] 塔架系统310和组件夹具324可构造成形成彼此的接口340。接口340可以是塔架系统310和组件夹具324之间的物理接口。塔架系统310还可构造成形成与公用物系统138的接口342。在一个例证性示例中,可自主地形成接口340和接口342。

[0146] 接口342可以是塔架系统310和公用物系统138之间的物理接口。在这些例证性示例中,除了物理接口,接口340和接口342还可以是公用物接口。例如,关于电力的公用物,接口340和接口342可视为电气接口。

[0147] 公用物系统138被构造成当塔架系统310和公用物系统138经由接口342被物理联接且电联接时,将若干公用物146分配给塔架系统310。塔架系统310然后将若干公用物146分配给当组件夹具324和塔架系统310经由接口340被物理联接且电联接时由支架系统308形成的组件夹具324。若干公用物146可包括电力、空气、液压流体、通信、水或一些其它类型的公用物中的至少一者。

[0148] 如所描绘的,公用物系统138可包括公用物夹具150。公用物夹具150可构造成接收来自若干公用物源148的若干公用物146。若干公用物源148可包括例如(但不限于)以下公用物源中的至少一个:发电机、电池系统、水系统、电线、通信系统、液压流体系统、空气罐或一些其它类型的公用物源。例如,公用物夹具150可接收来自发电机的电力。

[0149] 在一个例证性示例中,公用物夹具150可相对于组装区域304进行定位。取决于实施方案,公用物夹具150可定位在组装区域304的内侧或组装区域304的外侧。

[0150] 在一些例证性示例中,公用物夹具150可与地板300关联。取决于实施方案,公用物夹具150可与地板300永久地关联或与地板300临时地关联。在其它例证性示例中,公用物夹

具150可与制造环境100的一些其它表面(诸如顶棚)或制造环境100中的一些其它结构关联。在某些情况下,公用物夹具150可在地板300内的地下。

[0151] 在一个例证性示例中,第一塔架334可相对于公用物夹具150关于地板300被自主地驱动到选定的塔架位置338中,使得接口342可形成在第一塔架334和公用物夹具150之间。一旦接口342已经形成,若干公用物146就可从公用物夹具150流向第一塔架334。组件夹具324然后可自主地形成与第一塔架334的接口340,以在第一塔架334和组件夹具324之间形成公用物线缆的网络。一旦接口342和接口340两者已经形成,在公用物夹具150处接收的若干公用物146就可从公用物夹具150流向第一塔架334,并且流向若干支架夹具314的形成组件夹具324的每个支架夹具。以这种方式,第一塔架334可充当用于将若干公用物146分配给组件夹具324的管道或“中间人”。

[0152] 当接口340已经形成在第二塔架336和组件夹具324之间并且接口342已经形成在第二塔架336和公用物夹具150之间时,若干公用物146能以如上文所描述的类似的方式提供给第二塔架336和组件夹具324。由此,公用物夹具150可将若干公用物146分配给塔架系统310和组件夹具324,塔架系统310和支架组件夹具324无需分离地连接到若干公用物源148或任何其它公用物源。

[0153] 自主加工系统312可在机身组件114由组件夹具324支撑并保持的同时用于组装多个面板120和支撑结构121。自主加工系统312可包括多个移动平台344。多个移动平台344均可构造成执行图1中描述的组装工艺110的一个或多个操作124。特别地,多个移动平台344可在选定的公差内相对于多个面板120被自主地驱动到选定位置中,以自主地执行将多个面板120结合到一起以建造机身组件114的操作124。在下面的图4中更详细地描述了多个移动平台344。

[0154] 在该例证性示例中,控制系统136中的一组控制器140可生成如图1中描述的命令142,以控制支架系统308、塔架系统310、公用物系统138、自主加工系统312或多个自主车辆306中的至少一者的操作。图1中的一组控制器140可使用任何数量的无线通信链路、有线通信链路、光通信链路、其它类型的通信链路或它们的组合而与支架系统308、塔架系统310、公用物系统138、自主加工系统312或多个自主车辆306中的至少一者通信。

[0155] 以这种方式,柔性制造系统106中的多个移动系统134可用于使建造机身组件114的工艺自动化。多个移动系统134可关于将多个面板120结合到一起而能够基本自主地建造机身组件114,以减少所需要的总体时间、精力和人力资源。

[0156] 柔性制造系统106可建造机身组件114,直到要将机身组件114移向用于建造机身102的制造工艺108的下一阶段或用于建造飞行器104的制造工艺的下一阶段所需要的点(取决于实施方案)。在某些情况下,在用于建造机身102和飞行器104的制造工艺108的这些后期阶段的一个或多个阶段期间,采取组件夹具324的形式的支架系统308可继续运载并支撑机身组件114。

[0157] 现在参考图4,描绘了采取根据例证性实施方式的框图的形式图3的多个移动平台344的图示。如所描绘的,多个移动平台344可包括若干外部移动平台400和若干内部移动平台402。以这种方式,多个移动平台344可包括至少一个外部移动平台和至少一个内部移动平台。

[0158] 在一些例证性示例中,若干外部移动平台400可被称为若干可驱动式外部移动平

台。类似地,在某些情况下,若干内部移动平台402可被称为若干可驱动式内部移动平台。在其它例证性示例中,若干外部移动平台400和若干内部移动平台402可分别称为若干可自主驱动式外部移动平台和若干可自主驱动式内部移动平台。

[0159] 外部移动平台404可以是若干外部移动平台400之一的示例,并且内部移动平台406可以是若干内部移动平台402之一的示例。外部移动平台404和内部移动平台406可以是可自主驱动的平台。取决于实施方案,外部移动平台404和内部移动平台406均可构造成独自地或者在图3的多个自主车辆306的协助下横跨地板300自主地驱动。

[0160] 作为一个例证性示例,但不限于,外部移动平台404可使用多个自主车辆306中的相应自主车辆横跨地板300被自主驱动。在一些例证性示例中,外部移动平台404以及多个自主车辆306的该相应自主车辆可彼此成一体。例如,自主车辆可与外部移动平台404固定地关联。外部移动平台404的整个负载可转移到自主车辆,使得横跨地板300驱动自主车辆会横跨地板300驱动外部移动平台404。

[0161] 外部移动平台404可从例如(但不限于)贮存区域318被驱动到相对于机身组件114的外部234的位置,以执行图1中的一个或多个操作124。如所描绘的,至少一个外部机器人装置408可与外部移动平台404关联。在该例证性示例中,外部机器人装置408可视为外部移动平台404的一部分。在其它例证性示例中,外部机器人装置408可视为物理地附接至外部移动平台404的分离部件。外部机器人装置408可采取例如(但不限于)机械臂的形式。

[0162] 外部机器人装置408可具有第一末端执行器410。任何数量的工具可与第一末端执行器410关联。这些工具可包括例如(但不限于)钻孔工具、紧固件插入工具、紧固件安装工具、检查工具或一些其它类型的工具中的至少一者。特别地,任何数量的紧固工具可与第一末端执行器410关联。

[0163] 如所描绘的,第一工具411可与第一末端执行器410关联。在一个例证性示例中,第一工具411可以是以可拆除的方式与第一末端执行器410关联的任何工具。换句话说,随着需要执行各种操作,与第一末端执行器410关联的第一工具411可改变。例如,但不限于,第一工具411可采取一种类型的工具(诸如钻孔工具)的形式,以执行一种类型的操作。该工具然后可更换为另一类型的工具(诸如紧固件插入工具),以变成与第一末端执行器410关联的新的第一工具411来执行不同类型的操作。

[0164] 在一个例证性示例中,第一工具411可采取第一铆接工具412的形式。第一铆接工具412可用于执行铆接操作。在一些例证性示例中,若干不同的工具可更换为第一铆接工具412并与第一末端执行器410关联。例如,但不限于,第一铆接工具412可更换为钻孔工具、紧固件插入工具、紧固件安装工具、检查工具或一些其它类型的工具。

[0165] 外部移动平台404可横跨地板300被自主地驱动并相对于图3中支撑机身组件114的组件夹具324进行定位,以相对于多个面板120之一来定位第一末端执行器410以及与第一末端执行器410关联的第一工具411。例如,外部移动平台404可相对于组件夹具324横跨地板300被自主地驱动到外部位置414。以这种方式,可使用外部移动平台404来宏观定位由外部移动平台404运载的第一工具411。

[0166] 一旦处于外部位置414,就可至少使用外部机器人装置408自主地控制第一末端执行器410以相对于多个面板120之一的面向外部侧的特定地点来定位与第一末端执行器410关联的第一工具411。以这种方式,可相对于特定地点来微定位第一工具411。

[0167] 当内部移动平台406未被使用时,内部移动平台406可位于图3中的第二塔架336上。当图3中描述的接口342形成在第二塔架336和组件夹具324之间时,内部移动平台406可从第二塔架336被驱动到机身组件114的内部236中并用于执行一个或多个操作124。在一个例证性示例中,内部移动平台406可具有允许内部移动平台406从第二塔架336移动到机身组件114内侧的地板上的运动系统。

[0168] 至少一个内部机器人装置416可与内部移动平台406关联。在该例证性示例中,内部机器人装置416可视为内部移动平台406的一部分。在其它例证性示例中,内部机器人装置416可视为物理地附接至内部移动平台406的分离部件。内部机器人装置416可采取例如(但不限于)机械臂的形式。

[0169] 内部机器人装置416可具有第二末端执行器418。任何数量的工具可与第二末端执行器418关联。例如,但不限于,钻孔工具、紧固件插入工具、紧固件安装工具、检查工具或一些其它类型的工具中的至少一者可与第二末端执行器418关联。特别地,任何数量的紧固工具可与第二末端执行器418关联。

[0170] 如所描绘的,第二工具419可与第二末端执行器418关联。在一个例证性示例中,第二工具419可以是以可拆除的方式与第二末端执行器418关联的任何工具。换句话说,随着需要执行各种操作,与第二末端执行器418关联的第二工具419可改变。例如,但不限于,第一工具411可采取一种类型的工具(诸如钻孔工具)的形式,以执行一种类型的操作。该工具然后可更换为另一类型的工具(诸如紧固件插入工具),以变成与第一末端执行器410关联的新的第一工具411来执行不同类型的操作。

[0171] 在一个例证性示例中,第二工具419可采取第二铆接工具420的形式。第二铆接工具420可与第二末端执行器418关联。第二铆接工具420可用于执行铆接操作。在一些例证性示例中,若干不同的工具可更换为第二铆接工具420并与第二末端执行器418关联。例如,但不限于,第二铆接工具420可更换为钻孔工具、紧固件插入工具、紧固件安装工具、检查工具或一些其它类型的工具。

[0172] 内部移动平台406可从第二塔架336被驱动到机身组件114中并相对于机身组件114的内部236进行定位,以相对于多个面板120之一来定位第二末端执行器418以及与第二末端执行器418关联的第二工具419。在一个例证性示例中,内部移动平台406可在图2中的若干地板266之一上相对于机身组件114被自主地驱动到机身组件114内的内部位置422中。以这种方式,第二工具419可使用内部移动平台406被宏观定位到内部位置422中。

[0173] 一旦处于内部位置422,就可自主地控制第二末端执行器418,以相对于多个面板120之一的面向内部侧或图2中组成支撑结构121的多个构件122之一的面向内部侧的特定地点来定位与第二末端执行器418关联的第二工具419。以这种方式,可相对于特定地点来微定位第二工具419。

[0174] 在一个例证性示例中,用于外部移动平台404的外部位置414以及用于内部移动平台406的内部位置422可被选择成使得可使用外部移动平台404和内部移动平台406在机身组件114上的地点426处执行紧固工艺424。紧固工艺424可包括任何数量的操作。在一个例证性示例中,紧固工艺424可包括以下操作中的至少一者:钻孔操作428、紧固件插入操作430、紧固件安装操作432、检查操作434或一些其它类型的操作。

[0175] 作为一个具体示例,可使用与外部移动平台404的第一末端执行器410关联的第一

工具411或与内部移动平台406的第二末端执行器418关联的第二工具419自主地执行钻孔操作428。例如,但不限于,第一工具411或第二工具419可采取用在执行钻孔操作428中的钻孔工具的形式。可使用第一工具411或第二工具419自主地执行钻孔操作428,以在地点426处形成孔436。孔436可穿过多个面板120中的两个面板、多个构件122中的两个构件或面板和多个构件122之一的至少一者。

[0176] 可使用与外部移动平台404的第一末端执行器410关联的第一工具411或与内部移动平台406的第二末端执行器418关联的第二工具419自主地执行紧固件插入操作430。紧固件插入操作430可导致紧固件438插入孔436中。

[0177] 然后可使用与外部移动平台404的第一末端执行器410关联的第一工具411或与内部移动平台406的第二末端执行器418关联的第二工具419中的至少一个工具自主地执行紧固件安装操作432。在一个例证性示例中,可使用采取第一铆接工具412的形式的第一工具411和采取第二铆接工具420的第二工具419自主地执行紧固件安装操作432,使得紧固件438变成安装在地点426处的铆钉442。铆钉442可以是完全安装的铆钉。铆钉442可以是图2中描述的多个紧固件264之一。

[0178] 在一个例证性示例中,紧固件安装操作432可采取螺栓螺母类型安装工艺433的形式。与第一末端执行器410关联的第一工具411可用于例如(但不限于)穿过孔436来安装螺栓435。与第二末端执行器418关联的第二工具419然后可用于在螺栓435上安装螺母437。在某些情况下,安装螺母437可包括将足够的扭矩施加给螺母437,使得螺母437的一部分破碎。在这些情况下,螺母437可被称为易碎轴环(frangible collar)。

[0179] 在另一例证性示例中,紧固件安装操作432可采取过盈配合螺栓类型安装工艺439的形式。与第一末端执行器410关联的第一工具411可用于例如(但不限于)穿过孔436来安装螺栓435,使得在螺栓435和孔436之间形成过盈配合。与第二末端执行器418关联的第二工具419然后可用于在螺栓435上安装螺母437。

[0180] 在又一例证性示例中,紧固件安装操作432可采取两阶段铆接工艺444的形式。可使用例如(但不限于)与外部移动平台404关联的第一铆接工具412以及与内部移动平台406关联的第二铆接工具420来执行两阶段铆接工艺444。

[0181] 例如,第一铆接工具412和第二铆接工具420可分别由外部移动平台404和内部移动平台406相对于彼此进行定位。例如,外部移动平台404和外部机器人装置408可用于相对于机身组件114的外部234处的地点426来定位第一铆接工具412。内部移动平台406和内部机器人装置416可用于相对于机身组件114的内部236处的相同地点426来定位第二铆接工具420。

[0182] 第一铆接工具412和第二铆接工具420然后可用于执行两阶段铆接工艺444,以在地点426处形成铆钉442。铆钉442可将多个面板120中的至少两个结合到一起,将多个面板120中的面板结合到由多个构件122形成的支撑结构121,或者将多个面板120中的两个面板结合到支撑结构121。

[0183] 在该示例中,可在机身组件114上的多个地点446的每个地点处执行两阶段铆接工艺444,以安装如图2中描述的多个紧固件264。两阶段铆接工艺444可确保图2中的多个紧固件264以期望的质量和期望的准确度水平被安装在多个地点446处。

[0184] 以这种方式,内部移动平台406可在机身组件114的内侧被自主地驱动并操作,以

相对于机身组件114上的多个地点446来定位内部移动平台406以及与内部移动平台406关联的第二铆接工具420,用于执行图1中描述的组装工艺110。类似地,外部移动平台404可围绕机身组件114被自主地驱动并操作,以相对于机身组件114上的多个地点446来定位外部移动平台404以及与外部移动平台404关联的第一铆接工具412,用于执行操作124。

[0185] 现在参考图5,采取根据例证性实施方式的框图的形式描绘了横跨图1的分布式公用物网络144的若干公用物146的流动图示。如所描绘的,若干公用物146可横跨分布式公用物网络144进行分配。

[0186] 分布式公用物网络144可包括例如(但不限于)若干公用物源148、公用物夹具150、若干塔架330、组件夹具324、若干外部移动平台400和若干公用物单元500。在某些情况下,分布式公用物网络144还可包括若干内部移动平台402。在一些例证性示例中,若干公用物源148可视为与分布式公用物网络144分离。

[0187] 在该例证性示例中,若干塔架330的仅一个塔架每次可包括在分布式公用物网络144中。在使用第一塔架334的情况下,当公用物夹具150联接到若干公用物源148,第一塔架334联接到公用物夹具150,组件夹具324联接到第一塔架334,并且若干外部移动平台400联接到若干公用物单元500时,可形成分布式公用物网络144。

[0188] 若干公用物单元500可与组件夹具324的若干支架夹具314关联或者与若干支架夹具314分离。例如,但不限于,若干双接口可使用一个或多个双接口连接器形成在若干外部移动平台400、若干公用物单元500和若干支架夹具314之间。

[0189] 在使用第二塔架336的情况下,当公用物夹具150联接到若干公用物源148,第二塔架336联接到公用物夹具150,组件夹具324联接到第二塔架336,若干内部移动平台402联接到第二塔架336,并且若干外部移动平台400联接到若干公用物单元500时,可形成分布式公用物网络144,若干公用物单元500可与若干支架夹具314关联或者独立于若干支架夹具314。若干内部移动平台402可经由与第二塔架336关联的若干线缆管理系统来接收若干公用物146。

[0190] 以这种方式,可使用单个公用物夹具150横跨分布式公用物网络144来分配若干公用物146。这种类型的分布式公用物网络144可减少若干公用物部件、公用物线缆以及其它类型的将若干公用物146提供给分布式公用物网络144中的各种部件所需要的装置。此外,利用这种类型的分布式公用物网络144,至少从公用物夹具150开始,在图1的制造环境的地板300上方可完全地提供若干公用物146。

[0191] 现在参考图6,描绘了根据例证性实施方式的采用框图形式的铆接环境的图示。铆接环境600可以是其中可安装铆钉605以接合多个部件601的环境的示例。可使用例如图4中的两阶段铆接工艺444安装铆钉605。

[0192] 在一个例证性示例中,多个部件601可包括两个部件603。两个部件603可包括第一部件606和第二部件608。第一部件606和第二部件608可相遇于界面613。特别地,界面613可形成在第一部件606的第一界面表面615和第二部件608的第二界面表面617。在其它例证性示例中,第一界面表面615和第二界面表面617可分别称为第一紧配表面和第二紧配表面。

[0193] 如所描绘的,第一部件606可采取第一面板610的形式并且第二部件608可采取第二面板612的形式。第一面板610和第二面板612可以是图1中的多个面板120中的面板的示例。在其它例证性示例中,第二部件608可采取构件(诸如,图1中的多个构件122中的构件)

的形式。特别地,第二部件608可采取支承构件(诸如,图2中的多个支承构件242中的支承构件)的形式。

[0194] 铆钉605可以被安装成接合第一部件606和第二部件608。在其它例证性示例中,铆钉605可被安装成将第一部件606、第二部件608和第三部件(未示出)接合在一起。可使用图4中的两阶段铆接工艺444完全安装铆钉605。

[0195] 可使用第一机器人装置602和第二机器人装置604安装铆钉605。在一个例证性示例中,第一机器人装置602可采取图4中的外部机器人装置408的形式。在这个示例中,第二机器人装置604可采取图4中的内部机器人装置416的形式。

[0196] 如所描绘的,第一末端执行器614可与第一机器人装置602关联并且第一铆接工具616可与第一末端执行器614关联。第一铆接工具616可采取例如(而不限于)锤子618的形式。在一个例证性示例中,第一末端执行器614和第一铆接工具616可分别采取图4中的第一末端执行器410和第一铆接工具412的形式。

[0197] 另外,第二末端执行器620可与第二机器人装置604关联并且第二铆接工具622可与第二末端执行器620关联。第二铆接工具622可采取例如(而不限于)顶杆624的形式。在一个例证性示例中,第二末端执行器620和第二铆接工具622可分别采取图4中的第二末端执行器418和第二铆接工具420的形式。

[0198] 可钻出穿过第一部件606和第二部件608的孔628。所如描绘的,孔628可从第一部件606的第一表面623延伸到第二部件608的第二表面625。可将紧固件626插入孔628中。在这个例证性示例中,紧固件626可具有第一端636和第二端638。

[0199] 在这个例证性示例中,紧固件626可在从第一部件606到第二部件608的方向上通过孔628插入。紧固件626可被插入,使得紧固件626的第一端636处的紧固件626的一部分保持在第一部件606的第一表面623外部并且紧固件626的第二端638处的紧固件626的一部分延伸经过第二部件608的第二表面625。换言之,紧固件626可突出经过第一表面623和第二表面625到达孔628外部。

[0200] 紧固件626可在第一端636具有头部640。在一些例证性示例中,孔628可具有细长部分630、埋头孔部分632和扩孔部分634。细长部分630可以是相对于穿过孔628的中轴具有基本上相同直径的部分。在一些例证性示例中,细长部分630也可称为紧固件626的轴。在其它例证性示例中,孔628可只具有细长部分630和埋头孔部分632。在其它例证性示例中,孔628可只具有细长部分630。

[0201] 可通过向紧固件626的头部640施加第一力644并且向紧固件626的第二端638施加第二力646,来执行两阶段铆接工艺444的第一阶段633,其中,第一力644大于第二力646。第一铆接工具616可施加第一力644,而第二铆接工具622可施加第二力646。

[0202] 特别地,执行两阶段铆接工艺444的第一阶段633可形成紧固件626和孔628的至少一部分之间的初始过盈配合648。更具体地,可在紧固件626和孔628在朝向第二部件608的方向上从第一表面623延伸的那部分之间的初始过盈配合648。执行两阶段铆接工艺444的第一阶段633可造成紧固件626的至少一部分的形状改变。例如(而非限制)紧固件626的第一端636处的头部640、第二端638、或头部640和第二端部638之间的至少一部分可响应于头部640被施加第一力644和第二端638被施加第二力646而改变。

[0203] 可通过第一力644、第二力646和反应结构力645形成力平衡641。反应结构力645可

以是响应于第一力644的第一部件606和第二部件608的偏斜力。在这个例证性示例中,当第一力644基本上等于第二力646和反应结构力645之和时形成力平衡641。

[0204] 特别地,可由第一部件606和第二部件608产生反应结构力645,从结构上补偿第一力644和第二力646之间的力差异。反应结构力645可基本上等于第一力644和第二力646之差,第一力644被施加到贯穿两个部件603延伸的孔628中的紧固件626的头部640并且第二力646被施加到紧固件626的第二端638。以这种方式,第一部件606和第二部件608的这种结构补偿可确保力平衡641基本上得以保持。

[0205] 在两阶段铆接工艺444的第一阶段633之后,紧固件626可被视为是部分形成的铆钉。特别地,第一阶段633可将紧固件626转变成具有选定公差内的过盈配合的部分形成的铆钉。这个过盈配合可以是初始过盈配合648。

[0206] 一旦形成初始过盈配合648,就可调节第一力644或第二力646中的至少一者,以形成新的第一力650和新的第二力652。新的第二力652可大于新的第一力650。新的第一力650或新的第二力652中的至少一个可分别不同于初始的第一力644或初始的第二力646。

[0207] 在这个例证性示例中,可通过使用第一铆接工具616向紧固件626的头部640施加新的第一力650并且使用第二铆接工具622向紧固件626的第二端638施加新的第二力652,来执行第二阶段635。在第一铆接工具616向第一端636施加新的第一力650的同时向第二端638施加新的第二力652可在紧固件626和孔628之间形成最终过盈配合653。

[0208] 特别地,最终过盈配合653可被形成为,使得界面613第一侧(其可以处于第一部件606的第一界面表面615处)处的最终过盈配合653可等于界面613第二侧(其可以处于第二部件608的第二界面表面617处)处的最终过盈配合653。换句话讲,在界面613上,最终过盈配合653可基本上相等。

[0209] 特别地,在第二阶段635期间,第二铆接工具622可通过在第一铆接工具616向第一端636施加新的第一力650的同时向第二端638施加新的第二力652,改变紧固件626的第二端638处的形状来形成尾部642。一旦形成尾部642,紧固件626可称为已经完全安装好的铆钉605。在一些情况下,紧固件626的某个其它部分可在第二阶段635期间改变形状。例如,除了紧固件626的第二端部638、头部640、头部640和第二端部638之间的至少一部分或这二者可响应于头部640被施加新的第一力650和第二端638被施加新的第二力652来改变形状。

[0210] 可通过新的第一力650、新的第二力652和新的反应结构力654形成力平衡647。新的反应结构力654可以是响应于新的第二力652的施加而使第一部件606和第二部件608偏斜的力。在一个例证性示例中,当新的第二力652基本上等于新的第一力650和新的反应结构力654之和时形成力平衡647。

[0211] 特别地,可由第一部件606和第二部件608产生新的反应结构力654,从结构上补偿新的第一力650和新的第二力652之间的新的力差异。新的反应结构力654可基本上等于新的第一力650和新的第二力652之差,新的第一力650被施加到贯穿两个部件603延伸的孔628中的紧固件626的头部640并且新的第二力652被施加到紧固件626的第二端638。以这种方式,第一部件606和第二部件608的这种结构补偿可确保新的力平衡647基本上得以保持。

[0212] 在一些例证性示例中,最终过盈配合653可沿着孔628的整个长度基本上均匀。在其它例证性示例中,最终过盈配合653可在界面613内基本上是均匀的,但在第一部件606的第一表面623或第二部件608的第二表面625中的至少一个附近可以是不同的。在一个例证

性示例中,第二表面625附近的最终过盈配合653可比第一表面623附近的最终过盈配合653更紧。

[0213] 使最终过盈配合653在界面613内基本上均匀可提高所形成的铆钉605的质量。特别地,用这个最终过盈配合653,可提高两个部件603之间的接合强度。这种类型的安装可提高两个部件603之间接合的疲劳寿命。另外,安装具有最终过盈配合653的铆钉605可以按提高包括两个部件603的结构的整体强度的方式来增强两个部件603的接合。

[0214] 可使用若干控制器655控制第一机器人装置602和第二机器人装置604,以执行两阶段铆接工艺444。取决于实现方式,若干控制器655可包括可属于图1中描述的一组控制器140的一个或若干控制器。在一个例证性示例中,若干控制器655可包括第一控制器656和第二控制器658,第一控制器656和第二控制器658中的每个可以是图1中的一组控制器140中的控制器的一个实现方式的示例。

[0215] 第一控制器656可产生第一数量的命令,这些命令造成第一机器人装置602并由此造成第一铆接工具616在第一阶段633期间向紧固件626的头部640施加第一力644并且在第二阶段635期间向紧固件626的头部640施加新的第一力650。第二控制器658可产生第二数量的命令,这些命令造成第二机器人装置604并由此造成第二铆接工具622在第一阶段633期间向紧固件626的第二端638施加第二力646并且在第二阶段635期间向紧固件626的第二端638施加新的第二力652。

[0216] 以这种方式,一组控制器655可命令第一机器人装置602和第二机器人装置604执行两阶段铆接工艺444的第一阶段633和第二阶段635。这种类型的控制可确保铆钉605被安装成具有选定公差内的最终过盈配合653。在一个例证性示例中,在界面613内,最终过盈配合653可基本上是均匀的。

[0217] 在一个例证性示例中,第一夹持装置660可与第一机器人装置602关联并且第二夹持装置662可与第二机器人装置604关联。第一夹持装置660和第二夹持装置662可用于在向紧固件626的第一端636施加第一力644之前将第一部件606和第二部件608夹持在一起。第一夹持装置660可向第一部件606的第一表面623施加第一夹持力并且第二夹持装置662可向第二部件608的第二表面625施加第二力,第二力与第一夹持力基本上相等。

[0218] 一旦第一部件606和第二部件608被夹持在一起,就可钻出孔628。此后,可在第一部件606和第二部件608被夹持在一起的同时,将紧固件626插入孔628中。接下来,可使用紧固件626执行两阶段铆接工艺444以安装铆钉605。

[0219] 使用第一夹持装置660和第二夹持装置662将第一部件606和第二部件608夹持在一起可确保:在两阶段铆接工艺444的第一阶段633期间形成初始过盈配合648期间,第一部件606和第二部件608被相对于彼此基本上固定就位并且基本上彼此接触。换言之,第一部件606和第二部件608可被夹持,以确保在向头部640施加第一力644以形成初始过盈配合648之前和同时,第一部件606不相对于第二部件608移动。

[0220] 在这个例证性示例中,第一部件606和第二部件608可在向紧固件626的第二端638施加第二力646之前被松开。第一部件606和第二部件608可不再需要被夹持,这是因为已经形成了初始过盈配合648并且在已经形成了初始过盈配合648之后第一铆接工具616保持毗邻头部640。

[0221] 图1至图6中的图示并不意在暗示要物理或架构限制于可实现例证性实施方式的

方式。可使用作为图示部件的补充或替代的其它部件。一些部件可以是可选的。另外,呈现一些框来图示一些功能部件。当在例证性实施方式中实现时,这些框中的一个或多个可被组合、分割或者组合并分割为不同的框。

[0222] 例如,在某些情况下,不止一个柔性制造系统可存在于制造环境100内。这多个柔性制造系统可用于在制造环境100内建造多个机身组件。在其它例证性示例中,柔性制造系统106可包括多个支架系统、多个塔架系统、多个公用物系统、多个自主加工系统和多个自主车辆,使得可在制造环境100内建造多个机身组件。

[0223] 在一些例证性示例中,公用物系统138可包括视为与柔性制造系统106分离的多个公用物夹具。这些多个公用物夹具均可构造成与柔性制造系统106和任何数量的其它柔性制造系统一起使用。

[0224] 另外,在这些例证性示例中可自主地执行多个移动系统134中的移动系统的不同联接。然而,在其它例证性示例中,在其它例证性示例中可手动执行多个移动系统134中的一个与多个移动系统134的另一个的联接。

[0225] 此外,在其它例证性示例中,多个移动系统134中的一个或多个可由例如(而不限于)人工操作员驱动。例如,而不限于,在某些情况下,第一塔架332可以在人工导向下驱动。

[0226] 现在参考图7,描绘了根据例证性实施方式的铆接环境的图示。在这个例证性示例中,铆接环境700可以是图6中的铆接环境600的一个实现方式的示例。第一机器人装置702可具有带工具708的末端执行器706并且第二机器人装置704可具有带工具712的末端执行器710。

[0227] 第一机器人装置702和第二机器人装置704可以分别是图6中的第一机器人装置602和第二机器人装置604的示例。另外,末端执行器706和工具708可以分别是图6中的第一末端执行器614和第一铆接工具616的实现方式的示例。末端执行器710和工具712可以分别是图6中的第二末端执行器620和第二铆接工具622的实现方式的示例。

[0228] 工具708和工具712可分别采取锤子711和顶杆713的形式。锤子711和顶杆713可以分别是图6中的锤子618和顶杆624的实现方式的示例。

[0229] 工具708和工具712可用于形成铆钉来接合第一部件714和第二部件716。在这个例证性示例中,铆钉718和铆钉720已经安装完毕。

[0230] 如所描述的,紧固件722被插入通过孔721,孔721贯穿第一部分714和第二部件716延伸。紧固件722可以是图6中的紧固件626的一个实现方式的示例。紧固件722可具有头部724和端部726。头部724和端部726可以分别是图6中的头部640和第二端部638的实现方式的示例。以下,在图8中可放大地示出剖面730。

[0231] 现在,参考图8,根据例证性实施方式描绘图7中的剖面730的放大视图的图示。如所描绘的,孔721可具有扩孔部分803、埋头孔部分805和细长部分807,扩孔部分803、埋头孔部分805和细长部分807可以分别是图6中的扩孔部分634、埋头孔部分632和细长部分630的实现方式的示例。

[0232] 在这个例证性示例中,冲击力800可被施加到头部724,以在头部724和孔721的扩孔部分805之间形成初始过盈配合801。初始过盈配合801可以是图6中的初始过盈配合648的一个实现方式的示例。

[0233] 在向端部726施加扣紧力802的同时,可向头部724施加冲击力800。冲击力800和扣

紧力802的这种施加可构成铆接的第一阶段。冲击力800和扣紧力802可以分别是图6中的第一力644和第二力646的实现方式的示例。冲击力800可大于扣紧力802。

[0234] 第一部件714和第二部件716可响应于冲击力800产生反应结构力804。反应结构力804可包括偏斜力811和偏斜力812。偏斜力811可以是使第一部件714和第二部件716的处于紧固件722的一侧814处的那一部分响应于冲击力800而偏斜的力。偏斜力812可以是使第一部件714和第二部件716的处于紧固件722的另一侧816处的那一部分响应于冲击力800而偏斜的力。在这个例证性示例中,偏斜力811和偏斜力812可基本上相等。特别地,偏斜力811和偏斜力812可都等于FD。当然,在其它例证性示例中,偏斜力811和偏斜力812可不相等。

[0235] 在冲击力800、扣紧力802和反应结构力804之间形成力平衡。特别地,冲击力800(FH)可基本上等于扣紧力802(FB)和反应结构力804(FRS)之和,使得形成力平衡。更具体地,冲击力800可基本上等于扣紧力802、偏斜力811和偏斜力812之和,使得:

$$[0236] \quad FH = FB + FRS = FB + 2FD \quad (1)$$

[0237] 接下来,调节冲击力800或扣紧力802中的至少一个,使得可向紧固件722施加新的冲击力806和新的扣紧力808,以在端部726处形成尾部,该尾部在以下图9中被示出为尾部902。新的冲击力806和新的扣紧力808的这种施加可构成铆接的第二阶段。新的冲击力806和新的扣紧力808可以分别是图6中的新的第一力650和新的第二力652的实现方式的示例。新的扣紧力808可大于新的冲击力806。

[0238] 第一部件714和第二部件716可响应于新的冲击力800产生新的反应结构力810。新的反应结构力810可包括新的偏斜力818和新的偏斜力812。新的偏斜力818可以是使第一部件714和第二部件716的处于紧固件722的一侧814的那一部分响应于新的冲击力800而偏斜的力。新的偏斜力820可以是使第一部件714和第二部件716的处于紧固件722的另一侧816的那一部分响应于新的扣紧力808而偏斜的力。在这个例证性示例中,新的偏斜力818和新的偏斜力820可基本上相等。特别地,新的偏斜力818和新的偏斜力820可都等于FND。当然,在其它例证性示例中,新的偏斜力818和新的偏斜力820可不相等。

[0239] 在这个例证性示例中,在新的冲击力806、新的扣紧力808和新的反应结构力810之间形成力平衡。特别地,新的扣紧力808(FNB)可基本上等于新的冲击力806(FNH)和新的反应结构力810(FNRS)之和,使得形成新的力平衡。更具体地,新的扣紧力808可基本上等于新的冲击力806、新的偏斜力818和新的偏斜力820之和,使得:

$$[0240] \quad FNB = FNH + FNRS = FNH + 2FND \quad (2)$$

[0241] 在铆接的第二阶段期间施加新的冲击力806和新的扣紧力808可形成最终过盈配合(未示出)。

[0242] 现在,参考图9,根据例证性实施方式描绘完全安装好的铆钉的图示和图7中的形成在铆钉和孔721之间的最终过盈配合的图表。在这个例证性示例中,铆钉900已经完全形成并且被安装好,以接合第一部件714和第二部件716。如所描绘的,铆钉900此时具有尾部902。图8中针对形成铆钉900描述的两阶段铆接工艺可制作质量提高的铆钉900。

[0243] 特别地,两阶段铆接工艺可导致在铆钉900和孔721之间形成最终过盈配合904。最终过盈配合904可以是图6中的最终过盈配合653的一个实现方式的示例。最终过盈配合904可以处在选定的公差内。在这个例证性示例中,在界面906上,最终过盈配合904可以是基本上均匀的。界面906可形成在第一表面907和第二表面908之间。

[0244] 图表910示出沿着铆钉900的各个位置处形成的最终过盈配合904。如图表910中所示,位于第一表面907附近的界面906一侧的位置912处的最终过盈配合904可基本上等于位于第二表面908附近的界面906另一侧的位置914处的最终过盈配合904。特别地,在大约位置912和位置914之间的界面906上,最终过盈配合904可以基本上是均匀的。

[0245] 另外,在这个例证性示例中,相比于铆钉900的头部724附近的位置916,在靠近铆钉900的尾部902附近的位置914,最终过盈配合904可较大。以这种方式,铆钉900可具有期望质量的最终过盈配合904,最终过盈配合904沿着铆钉900的长度是不同的,但最终过盈配合904在界面906上基本上是均匀的。

[0246] 现在,参考图10,根据例证性实施方式描绘了在制造环境中机身组件的内部内执行紧固工艺的多个移动平台的等距剖视图的图示。在这个例证性示例中,制造环境1001可以是图1中的制造环境100的一个实现方式的示例。

[0247] 如所描绘的,柔性制造系统1000可存在于制造环境1001中。柔性制造系统1000可用于建造机身组件1002。柔性制造系统1000可以是图1中的柔性制造系统106的一个实现方式的示例。机身组件1002可以是图1中的机身组件114的一个实现方式的示例。

[0248] 在这个例证性示例中,机身组件1002可包括多个面板1003和多个构件1004。多个面板1003和多个构件1004可以是图1和图2中的多个面板120和多个构件122的实现方式的示例。可使用柔性制造系统1000将多个面板1003接合在一起,可包括将多个构件1004中的构件彼此接合,将多个构件1004中的构件接合到多个面板1003的面板,或二者。

[0249] 如所描绘的,柔性制造系统1000可包括多个自主车辆1006、支架系统1008、塔架系统1010、自主加工系统1012和公用物系统1014。多个自主车辆1006、支架系统1008、塔架系统1010、自主加工系统1012和公用物系统1014可以分别是图3中的多个相应自主车辆316、图3中的支架系统308、图3中的塔架系统312、图3中的自主加工系统312和图1中的公用物系统138的实现方式的示例。

[0250] 如所描绘的,多个自主车辆1006可包括自主车辆1007、自主车辆1009和自主车辆1011以及其它自主车辆(未示出)。自主车辆1007、1009和1011可具有全方位轮。多个自主车辆1006被用于将支架系统1008、塔架系统1010和自主加工系统1012移动到相对于彼此选定的位置。

[0251] 在建造机身组件1002期间,支架系统1008可形成用于支撑机身组件1002的组件夹具1013。组件夹具1013可以是图3中的组件夹具324的一个实现方式的示例。

[0252] 塔架系统1010可包括机器人塔架1016,其可以是图3中的第二塔架336的一个实现方式的示例。自主车辆1007被示出为设置在机器人塔架1016下方。自主车辆1007可用于相对于公用物系统1014的公用物夹具1018将机器人塔架1016移动到选定的塔架位置。

[0253] 在这个例证性示例中,机器人塔架1016可联接到公用物系统1014的公用物夹具1018。支架系统1008可联接到机器人塔架1016。另外,自主加工系统1012可联接到支架系统1008和机器人塔架1016。以这种方式,多个公用物可从公用物夹具1018向下游分布到机器人塔架1016、支架系统1008和自主加工系统1012。

[0254] 在这个例证性示例中,自主加工系统1012可包括多个移动平台1015。多个移动平台1015可用于执行紧固工艺,以将多个面板1003接合在一起。可接合多个面板1003,以形成搭接接头、对接接头或其它类型的接头中的至少一者。以这种方式,多个面板1003可被接

合,使得周向附接件、纵向附接件或某种其它类型的附接件中的至少一者得以形成在多个面板1003的各种面板之间。

[0255] 如所描绘的,多个移动平台1015可包括内部移动平台1020、内部移动平台1022、外部移动平台1024和外部移动平台1026。内部移动平台1020和内部移动平台1022可以在外部移动平台1024和外部移动平台1026正在沿着机身组件1002的外部执行组装操作的同时在机身组件1002的内部1028执行操作。

[0256] 内部移动平台1020和内部移动平台1022可以是图4中的多个内部移动平台402的至少一部分的一个实现方式的示例。外部移动平台1024和外部移动平台1026可以是图4中的多个外部移动平台400的至少一部分的一个实现方式的示例。

[0257] 内部移动平台1020可构造成为沿着客舱地板1021移动,而内部移动平台1022可被构造成为沿着货舱地板1023移动。内部移动平台1020和内部移动平台1022可联接到机器人塔架1016,以穿过机器人塔架1016接纳多个公用物。外部移动平台1024和外部移动平台1026可联接到支架系统1008,以接纳来自支架系统1008的多个公用物。

[0258] 如所描绘的,内部机器人装置1036和内部机器人装置1038可与内部移动平台1022关联。内部机器人装置1032、内部机器人装置1034、内部机器人装置1036和内部机器人装置1038中的每个可以是图4中的内部机器人装置416的一个实现方式的示例。

[0259] 外部机器人装置1040可与外部移动平台1024关联。外部机器人装置1042可与外部移动平台1026关联。外部机器人装置1040和外部机器人装置1042中的每个可以是图4中的外部机器人装置408的一个实现方式的示例。

[0260] 如所描绘的,外部机器人装置1040和内部机器人装置1034可协同地工作,以将紧固件(诸如,图6中的紧固件626)自主地安装在机身组件1022中。类似地,外部机器人装置1042和内部机器人装置1038可协同地工作,以将紧固件(诸如,图6中的紧固件626)自主地安装在机身组件1002中。

[0261] 在这个例证性示例中,外部机器人装置1040的末端执行器1044和内部机器人装置1034的末端执行器1046可相对于机身组件1002上的相同地点进行定位,以在该地点处执行紧固工艺(诸如,图4中的紧固工艺424)。在这个例证性示例中,紧固工艺可包括两阶段铆接工艺(诸如,图4和图6中描述的两阶段铆接工艺444)。类似地,外部机器人装置1042的末端执行器1048和内部机器人装置1038的末端执行器1050可相对于机身组件1002上的相同地点进行定位,以在该地点处执行可包括两阶段铆接工艺的紧固工艺。

[0262] 在这个例证性示例中,自主车辆1099可与外部移动平台1024固定地关联。自主车辆1099可用于自主地驱动外部移动平台1024。例如,自主车辆1099可用于相对于组件夹具1013横跨制造环境1001的地板1052来自主地驱动外部移动平台1024。

[0263] 类似地,自主车辆1011可与外部移动平台1026固定地关联。自主车辆1011可用于自主地驱动外部移动平台1026。例如,自主车辆1011可用于相对于组件夹具1013横跨制造环境1001的地板1052来自主地驱动外部移动平台1026。

[0264] 通过与外部移动平台1024和外部移动平台1026固定地关联,自主车辆1009和自主车辆1011可视为分别与外部移动平台1024和外部移动平台1026形成一体。然而,在其它例证性示例中,这些自主车辆在其它例证性示例中可独立于外部移动平台。

[0265] 在这些例证性示例中,可使用计量学系统(未示出)来协助将内部移动平台1020、

内部移动平台1022、外部移动平台1024和外部移动平台1026相对于机身组件1002进行定位。特别地,可使用计量学系统(未示出)将内部移动平台1020的内部机器人装置1032、内部移动平台1020的内部机器人装置1034、内部移动平台1022的内部机器人装置1036、内部移动平台1022的内部机器人装置1038、外部移动平台1024的外部机器人装置1040和外部移动平台1026的外部机器人装置1042精确定位。特别地,这些机器人装置可相对于彼此并且相对于机身组件1002精确定位。

[0266] 现在参考图11,根据例证性实施方式描绘了图10的柔性制造系统1000和机身组件1002的横截面视图的图示。在这个例证性示例中,描绘了在图10中的线11-11的方向上截取的图10的柔性制造系统1000和机身组件1002的横截面视图。如所描绘的,内部移动平台1020可在机身组件1002的内部1028内沿着客舱地板1021移动,而内部移动平台1022可沿着机身组件1002的货舱地板1023移动。

[0267] 可使用计量学系统(未示出)将与自主加工系统1012关联的各种机器人装置相对于彼此并且相对于机身组件1002精确定位,使得紧固件可被安装在机身组件1002中。在一个例证性示例中,可使用两阶段铆接工艺(诸如,图4中的两阶段铆接工艺444)安装铆钉。例如(而不限于)与内部移动平台1020关联的内部机器人装置1032和与外部移动平台1024关联的外部机器人装置1040可相对于机身组件1002上的相同地点进行定位,以执行两阶段铆接工艺。

[0268] 图7至图11中的图示并不意在暗示要物理或架构限制于可实现例证性实施方式的方式。可使用作为图示部件的补充或替代的其它部件。一些部件能是可选的。

[0269] 图7至图11中示出的不同部件可以是图1至图6中以框形式示出的部件如何可以实施为物理结构的例证性示例。另外,图7至图11中的一些部件可与图1至图6中的部件组合,与图1至图6中的部件一起使用,或者这二者的组合。

[0270] 现在转向图12,描绘了采取根据例证性实施方式的流程图形式的用于将两个部件紧固在一起的工艺的图示。可使用图1中的柔性制造系统106来实现图12中示出的工艺。具体地,可使用图12中图示的工艺在图6中的铆接环境600中紧固第一部件606和第二部件608。

[0271] 该工艺可开始于:在保持力平衡641的同时,在紧固件626和贯穿两个部件603延伸的孔628的至少一部分之间形成初始过盈配合648(操作1200)。在操作1200中,力平衡641可处在第一力644、第二力646和反应结构力645之间,第一力644正被施加到紧固件626的第一端636,第二力646正被施加到紧固件626的第二端638,并且小于第一力644。紧固件626的第一端636可采取头部640的形式。另外,在操作1200中,两个部件603可包括例如第一部件606和第二部件608。

[0272] 接下来,可在保持新的力平衡647的同时,在紧固件626和孔628之间形成最终过盈配合653(操作1202),此后过程终止。可通过在保持新的力平衡647的同时在紧固件626的第二端638处形成尾部642以完全安装铆钉605,来执行操作1202。新的力平衡647可处在正施加到头部640的新的第一力650、正被施加到第二端的新的第二力652和新的反应结构力654之间。在操作1202中在紧固件626的第二端638处形成尾部642可完成紧固件安装,并由此完成将两个部件603一起接合于安装有紧固件626的特定地点。可在任何数量的地点以任何数量的次数重复图12中描述的工艺,以安装任何数量的铆钉。

[0273] 现在转向图13,根据例证性实施方式的采用流程图形式描绘用于执行两阶段铆钉工艺的工艺的图示。可使用图1中的柔性制造系统106来实现图13中示出的工艺。特别地,图13中图示的工艺可用于执行图4和图6中的两阶段铆接工艺444,以在图6中的铆接环境600中紧固第一部件606和第二部件608。

[0274] 该工艺可开始于:在保持力平衡641的同时,使用与第一机器人装置602关联的锤子618和与第二机器人装置604关联的顶杆624,在紧固件626和贯穿两个部件603延伸的孔628的至少一部分之间形成初始过盈配合648(操作1300)。力平衡641可处在第一力644、第二力646和反应结构力645之间,第一力644正被施加到紧固件626的第一端636处的头部640,第二力646正被施加到紧固件626的第二端638,并且小于第一力644。

[0275] 接下来,可在保持新的力平衡647的同时,使用顶杆624和锤子618在紧固件626和孔628之间形成最终过盈配合653,使得最终过盈配合653在两个部件603之间的界面613上基本上是均匀的(操作1302),此后过程终止。换句话讲,两个部件603之间的界面613第一侧的最终过盈配合653可在选定的公差内等于界面613第二侧的最终过盈配合653。新的力平衡647可处在正施加到头部640的新的第一力650、正被施加到第二端638的新的第二力652和新的反应结构力654之间。在操作1302中,可在紧固件626的第二端638处形成尾部642以基本上完成铆钉605的安装。

[0276] 在操作1302中在紧固件626的第二端638处形成尾部642可完成在铆钉605的地点将两个部件603接合在一起的铆钉605的安装。因最终过盈配合653在界面613上基本上是均匀的,铆钉605可被视为是理想的或足够高的质量。

[0277] 现在转向图14,根据例证性实施方式采用流程图形式描绘用于执行两阶段铆钉工艺的工艺的图示。可使用图1中的柔性制造系统106来实现图14中示出的工艺。特别地,可使用图14中示出的工艺执行图4中的两阶段铆接工艺444,以在图6中的铆接环境600中紧固第一部件606和第二部件608。

[0278] 该工艺开始于:将第一部件606和第二部件608相对于彼此夹持(操作1400)。在操作1400中,可使用第一夹持装置660和第二夹持装置662将第一部件606和第二部件608夹持在一起。第一夹持装置660可向第一部件606的第一表面623施加第一夹持力并且第二夹持装置662可向第二部件608的第二表面625施加基本上等于第一夹持力的第二夹持力,以将这些部件夹持在一起。

[0279] 接下来,使用与第一机器人装置602关联的锤子618,向设置在穿过第一部件606和第二部件608的孔628内的紧固件626的头部640施加第一力644(操作1402)。此后,第一部件606和第二部件608被松开(操作1404)。然后,使用与第二机器人装置604关联的顶杆624向紧固件626的端部施加第二力646,在第二机器人装置604中,第二力646小于第一力644(操作1406)。

[0280] 接着,在保持正被施加到头部640的第一力644、正被施加到紧固件626的端部的第二力646和反应结构力645之间的力平衡的同时,使用锤子618按时间间隔冲击紧固件626的头部640多次,以在紧固件626和穿过第一部件606和第二部件608的孔628的至少一部分之间形成初始过盈配合648(操作1408)。接下来,调节第一力644或第二力646中的至少一者,以形成新的第一力650和新的第二力652,其中,新的第二力652大于新的第一力650(操作1410)。

[0281] 接着,在保持正被施加到头部640的新的第一力650、正被施加到端部的新的第二力652和新的反应结构力654之间的新的力平衡647的同时,使用顶杆624按时间间隔冲击紧固件626的端部多次,以在紧固件626的端部处形成尾部642并且在紧固件626和孔628之间形成最终过盈配合(操作1412),此后终止工艺。一旦执行了操作1412,铆钉605就可被视为完全形成和安装好并且第一部件606和第二部件608可被视为被紧固。铆钉605可具有期望质量,使得在紧固件626和孔628之间形成的最终过盈配合653可处在选定的公差内。在一个例证性示例中,最终过盈配合653在第一部件606和第二部件608之间的界面613上是基本上均匀的。

[0282] 现在转向图15,根据例证性实施方式采用流程图形式描绘了用于安装铆钉的工艺图示。可实现图15中示出的工艺来安装铆钉(诸如,图6中的铆钉605)。

[0283] 该工艺可开始于:在安装铆钉605期间在第一方向上产生反应结构力645(操作1500)。接着,可在安装铆钉605期间在与第一方向相反的第二方向上产生新的反应结构力654(操作1502),此后该工艺终止。

[0284] 不同的所描绘实施方式中的流程图和框图图示了例证性实施方式中的设备和方法的一些可能实现方式的架构、功能性和操作。在这方面,流程图或框图中的每个框可代表模块、节段、功能、一部分操作或步骤、它们的一些组合。

[0285] 在例证性实施方式的一些替代实施方案中,框中指出的一种或多种功能可不以图中指出的次序出现。例如,在某些情况下,取决于涉及的功能性,可基本同时执行接连示出的两个框,或者有时能以相反的次序执行这些框。另外,除了流程图或框图中图示的块之外,可增添其它的框。

[0286] 现在转向图16,根据例证性实施方式采用框图形式描绘了数据处理系统的图示。数据处理系统1600可用于实现上述控制器中的任一个,包括图1中的控制系统136。例如,数据处理系统1600可用于实现图1中的一组控制器140中的一个或多个。

[0287] 如所描绘的,数据处理系统1600包括通信框架1602,通信框架1602提供处理器单元1604、存储装置1606、通信单元1608、输入/输出单元1610和显示器1612之间的通信。在某些情况下,通信框架1602可实现为总线系统。

[0288] 处理器单元1604被构造成执行软件指令来执行多个操作。取决于实现方式,处理器单元1604可包括多个处理器、多处理器核或某种其它类型的处理器中的至少一个。在某些情况下,处理器单元1604可采取硬件单元(诸如,电路系统、专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑装置或某种其它合适类型的硬件单元)的形式。

[0289] 用于操作系统的指令、由处理器单元1604运行的应用和程序可位于存储装置1606中。存储装置1606可经由通信框架1602与处理器单元1604通信。如本文所使用的,也称为计算机可读存储装置的存储装置是任何能够存储临时基础、永久基础或两者的信息的硬件。该信息可包括(而不限于)数据、程序代码、其它信息或它们的一些组合。

[0290] 存储器1614和永久存储器1616是存储装置1606的示例。存储器1614可采取例如随机存取存储器或某种类型的易失性或非易失性存储装置的形式。永久存储器1616可包括任何数量的部件或装置。例如,永久存储器1616可包括硬盘驱动器、闪存、可重写光盘、可重写磁带或以上的一些组合。由永久存储器1616所使用的介质可或不可去除。

[0291] 通信单元1608允许数据处理系统1600与其它数据处理系统、装置或与这二者通

信。通信单元1608可使用物理通信链路、无线通信链路或这二者来提供通信。

[0292] 输入/输出单元1610允许输入被接收自以及输出被发送给连接到数据处理系统1600的其它装置。例如,输入/输出单元1610可允许通过键盘、鼠标、某种其它类型的输入装置或它们的组合来接收用户输入。作为另一示例,输入/输出单元1610可允许输出被发送给连接到数据处理系统1600的打印机。显示器1612被构造成向用户显示信息。显示器1612可包括例如(而不限于)监视器、触摸屏、激光显示器、全息显示器、虚拟显示装置、某种其它类型的显示装置或它们的组合。

[0293] 在这个例证性示例中,可使用由计算机实现的指令由处理器单元1604执行不同例证性实施方式的工艺。这些指令可称为程序代码、计算机可用程序代码或计算机可读程序代码并且可被处理器单元1604中的一个或多个处理器读取并执行。

[0294] 在这些示例中,程序代码1618以功能化形式位于计算机可读介质1620上,其能选择性地去除,并且程序代码1618可被加载到或转移到数据处理系统1600上,由处理器单元1604加以执行。程序代码1618和计算机可读介质1620一起形成计算机程序产品1622。在这个例证性示例中,计算机可读介质1620可以是计算机可读存储介质1624或计算机可读信号介质1626。

[0295] 计算机可读存储介质1624是用于存储程序代码1618的物理或有形存储装置,而非传播或传输程序代码1618的介质。计算机可读存储介质1624可例如(而不限于)是光盘或磁盘或连接到数据处理系统1600的永久存储器装置。

[0296] 另选地,程序代码1618可使用计算机可读信号介质1626转移到数据处理系统1600。计算机可读信号介质1626可例如是包含程序代码1618的传播的数据信号。该数据信号可以是电磁信号、光信号或某种其它类型的可以经由物理通信链路、无线通信链路或这二者传输的信号。

[0297] 图16中的数据处理系统1600的图示并不意在架构限制为例证性实施方式可实施的方式。可在包括作为数据处理系统1600所图示部件的补充或替代的部件的数据处理系统中,实现不同的例证性实施方式。另外,图16中示出的部件可依据示出的例证性示例而变化。

[0298] 可在如图17中示出的飞行器制造和检修方法1700以及如图18中示出的飞行器1800的背景下描述本公开的例证性实施方式。首先转向图17,描绘了根据例证性实施方式的采用框图形式的飞行器制造和检修方法的图示。在前期生产过程中,飞行器制造和检修方法1700可包括图18中的飞行器1800的规范和设计1702及材料采购1704。

[0299] 在生产过程中,进行图18中的飞行器1800的部件和子组件制造1706以及系统整合1708。此后,图18中的飞行器1800可经过认证和交付1710以便投入服役1712。在由客户检修期间,图18中的飞行器1800被安排进行例行维护及检修1714(这可包括改造、重构、翻新和其它维修和检修)。

[0300] 可由系统集成商、第三方或操作员中的至少一者进行或执行飞行器制造和检修方法1700的各过程。在这些示例中,操作员可以是顾客。为了本描述之目的,系统集成商可包括(而不限于)任一数量的飞行器制造商与主系统分包商;第三方可包括(而不限于)任一数量的供应商、转包商以及供货商;并且操作员可以是航空公司、租赁公司、军事实体、服务组织等。

[0301] 现在参考图18,采取框图形式描述了飞行器的图示,例证性实施方式可在此框图中实现。在该示例中,飞行器1800由图17中的飞行器制造及检修方法1700生产,并且可包括具有多个系统1804与内饰1806的机架1802。系统1804的实施例包括推进系统1808、电气系统1810、液压系统1812以及环境系统1814中的一个或多个。可包括任一数量的其它系统。尽管示出了航空航天的实施例,但是不同的例证性实施方式可应用于诸如汽车工业的其它工业。

[0302] 在此实施的设备与方法可在图17中的飞行器制造和检修方法1700的至少一个阶段期间采用。具体地,可使用图1中的柔性制造系统106在飞行器制造和检修方法1700的任一个阶段期间制造飞行器1800的机身。例如,而不限于,可在部件及子组件制造1706、系统整合1708、或飞机制造及检修方法1700的某个其它阶段期间,使用图1中的柔性制造系统106。特别地,可使用图4中的两阶段铆接工艺444将铆钉安装在机身面板(诸如,图1中的多个面板120)中,以建造例如(而不限于)用于飞机1800的机架1802的图1中的机身组件114。

[0303] 在一个例证性示例中,在图17中的部件和子组件制造1706中生产的部件或子组件能以类似于在飞行器1800处于图17中的服役1712时生产的部件或子组件的方式来制作或制造。作为又一示例,在诸如部件及子组件制造1706和系统整合1708(图17中)的生产阶段期间,可利用一个或多个设备实施方式、方法实施方式或它们的组合。在飞行器1800处于服役1712时,在图17的维护及检修1714期间,或者这二者,可利用一个或多个设备实施方式、方法实施方式或它们的组合。多个不同例证性实施方式的使用可基本加快组装并减少飞行器1800的成本。

[0304] 出于图示和描述的目的,已经呈现了对不同例证性实施方式的描述,该描述并非旨在穷举或限于所公开形式的实施方式。许多修改和变型对本领域普通技术人员将是显而易见的。另外,与其它期望的实施方式相比,不同的例证性实施方式可提供不同的特征。所选择的一个或多个实施方式被选中并加以描述,以便最好地解释实施方式、实际应用的原理,并且针对适合所设想的特定用途的具有各种修改的各种实施方式使其它的本领域普通技术人员能够理解本公开。

[0305] 由此,总而言之,根据本发明的第一方面提供了:

[0306] A1、一种将两个部件紧固在一起的方法,所述方法包括:在保持力平衡的同时,在紧固件和贯穿所述两个部件延伸的孔的至少一部分之间形成初始过盈配合;以及在保持新的力平衡的同时,在紧固件和孔之间形成最终过盈配合。

[0307] A2、还提供了根据段落A1所述的方法,其中,形成最终过盈配合的步骤包括:在保持新的力平衡的同时,在所述紧固件的端部处形成尾部。

[0308] A3、还提供了根据段落A2所述的方法,其中,形成尾部的步骤包括:形成所述尾部以完成将铆钉安装在所述孔中。

[0309] A4、还提供了根据段落A1所述的方法,其中,形成最终过盈配合的步骤包括:在保持新的力平衡的同时,在所述紧固件的与该紧固件的头部相对的端部处形成尾部,以在所述紧固件和所述孔之间形成处于选定的公差内的所述最终过盈配合。

[0310] A5、还提供了根据段落A1所述的方法,其中,形成最终过盈配合的步骤包括:在所述紧固件的与该紧固件的头部相对的端部处形成尾部,使得所述最终过盈配合在所述两个部件之间的界面上是基本上均匀的。

[0311] A6、还提供了根据段落A1所述的方法,其中,形成初始过盈配合的步骤包括:命令第一机器人装置向所述紧固件的头部施加第一力;以及命令第二机器人装置向所述紧固件的端部施加第二力,所述第二力小于所述第一力。

[0312] A7、还提供了根据段落A6所述的方法,其中,命令第一机器人装置的步骤包括:向所述第一机器人装置发送第一数量的命令,致使所述第一机器人装置控制与所述第一机器人装置关联的第一铆接工具,以向所述紧固件的头部施加所述第一力。

[0313] A8、还提供了根据段落A7所述的方法,其中,命令第二机器人装置的步骤包括:向所述第二机器人装置发送第二数量的命令,致使所述第二机器人装置控制与所述第二机器人装置关联的第二铆接工具,以向所述紧固件的端部施加所述第二力。

[0314] A9、还提供了根据段落A1所述的方法,其中,形成初始过盈配合的步骤包括:在使用第二机器人装置向所述紧固件的端部施加第二力的同时,还使用第一机器人装置向所述紧固件的头部施加第一力,其中,所述第二力小于所述第一力。

[0315] A10、还提供了根据段落A9所述的方法,其中,形成初始过盈配合的步骤还包括:保持所述第一力、所述第二力和反应结构力之间的力平衡。

[0316] A11、还提供了根据段落A1所述的方法,其中,形成初始过盈配合的步骤包括:使用与第一机器人装置关联的锤子向所述紧固件的头部施加第一力;以及使用与第二机器人装置关联的顶杆向所述紧固件的端部施加第二力。

[0317] A12、还提供了根据段落A1所述的方法,其中,形成最终过盈配合的步骤包括:命令第一机器人装置向所述紧固件的头部施加新的第一力;以及命令第二机器人装置向所述紧固件的端部施加新的第二力,所述新的第二力大于所述新的第一力,其中,所述新的第一力或所述新的第二力中的至少一者分别不同于第一力或第二力。

[0318] A13、还提供了根据段落A1所述的方法,其中,形成最终过盈配合的步骤包括:在使用第二机器人装置向所述紧固件的端部施加新的第二力的同时,还通过使用第一机器人装置向所述紧固件的头部施加新的第一力,在所述紧固件的所述端部处形成尾部,其中,所述新的第一力小于所述新的第二力。

[0319] A14、还提供了根据段落A13所述的方法,其中,在所述紧固件的所述端部处形成尾部的步骤包括:保持所述新的第一力、所述新的第二力和新的反应结构力之间的新的力平衡。

[0320] A15、还提供了根据段落A13所述的方法,其中,在所述紧固件的所述端部处形成尾部的步骤包括:使用与所述第一机器人装置关联的锤子向所述头部施加所述新的第一力;以及使用与所述第二机器人装置关联的顶杆向所述紧固件的所述端部施加所述新的第二力。

[0321] A16、还提供了根据段落A1所述的方法,其中,形成初始过盈配合的步骤包括:在向所述紧固件的端部施加第二力的同时,还向所述紧固件的头部施加第一力,使得产生反应结构力,其中,所述第一力基本上等于所述第二力和所述反应结构力之和。

[0322] A17、还提供了根据段落A16所述的方法,所述方法还包括:调节所述第一力或所述第二力中的至少一者,以形成新的第一力和新的第二力。

[0323] A18、还提供了根据段落A17所述的方法,其中,形成最终过盈配合的步骤包括:在向所述紧固件的端部施加新的第二力的同时,还向所述紧固件的头部施加新的第一力,使

得产生新的反应结构力,其中,所述新的第二力基本上等于所述新的第一力和所述新的反应结构力之和。

[0324] A19、还提供了根据段落A1所述的方法,所述方法还包括:在向所述紧固件的第一端施加第一力之前,将第一部件和第二部件夹持在一起;以及在向所述紧固件的第二端施加第二力之前,松开所述第一部件和所述第二部件。

[0325] A20、还提供了根据段落A1所述的方法,所述方法还包括:将第一部件和第二部件夹持在一起。

[0326] A21、还提供了根据段落A20所述的方法,其中,将第一部件和第二部件夹持在一起的步骤包括:使用第一夹持装置向所述第一部件的第一表面施加第一夹持力;以及使用第二夹持装置向所述第二部件的第二表面施加与所述第一夹持力基本上相等的第二夹持力。

[0327] A22、还提供了根据段落A21所述的方法,所述方法还包括:在所述第一部件和所述第二部件被夹持在一起的情况下,钻出穿过所述第一部件和所述第二部件的孔。

[0328] A23、还提供了根据段落A22所述的方法,所述方法还包括:在所述第一部件和所述第二部件被夹持在一起的情况下,将所述紧固件插入所述孔中。

[0329] A24、还提供了根据段落A23所述的方法,其中,形成初始过盈配合的步骤包括:在所述第一部件和所述第二部件被夹持在一起的情况下,使用第一铆接工具向所述紧固件的位于该紧固件的第一端处的头部施加第一力。

[0330] A25、还提供了根据段落A24所述的方法,所述方法还包括:在向所述头部施加所述第一力之后,松开所述第一部件和所述第二部件。

[0331] A26、还提供了根据段落A24所述的方法,其中,施加第一力的步骤包括:将所述第一铆接工具相对于所述紧固件的头部定位并且使所述第一铆接工具接触所述紧固件的头部,使得所述第一铆接工具向所述紧固件的头部施加所述第一力。

[0332] A27、还提供了根据段落A24所述的方法,其中,形成初始过盈配合的步骤还包括:在所述第一部件和所述第二部件被松开的情况下,使用第二铆接工具向所述紧固件的第二端施加比所述第一力小的第二力。

[0333] A28、还提供了根据段落A27所述的方法,其中,形成初始过盈配合的步骤还包括:使用所述第一铆接工具按时间间隔冲击所述紧固件的头部。

[0334] A29、还提供了根据段落A28所述的方法,其中,冲击所述紧固件的头部的步骤包括:在保持所述第一铆接工具正施加的所述第一力大于所述第二铆接工具正施加的所述第二力的同时,按时间间隔冲击所述头部多次。

[0335] A30、还提供了根据段落A1所述的方法,其中,形成初始过盈配合的步骤包括:在使用与第二机器人装置关联的顶杆向所述紧固件的端部施加第二力的同时,使用与第一机器人装置关联的锤子用第一力按时间间隔冲击所述紧固件的头部多次。

[0336] A31、还提供了根据段落A30所述的方法,其中,形成最终过盈配合的步骤包括:在使用所述锤子向所述头部施加新的第一力的同时,使用所述顶杆用新的第二力按另一个时间间隔冲击所述紧固件的头部多次,以在所述紧固件的端部处形成尾部。

[0337] 根据本发明的其它方面,提供了:

[0338] B1、一种用于安装铆钉的方法,所述方法包括:在安装所述铆钉期间在第一方向上产生反应结构力;以及在安装所述铆钉期间在与所述第一方向相反的第二方向上产生新的

反应结构力。

[0339] B2、还提供了根据段落B1所述的方法,其中,产生反应结构力的步骤包括:产生与正施加到贯穿两个部件延伸的孔中的紧固件的头部的第一力和施加到所述紧固件的端部的第二力之差基本上相等的反应结构力。

[0340] B3、还提供了根据段落B1所述的方法,其中,产生新的反应结构力的步骤包括:产生与正施加到贯穿两个部件延伸的孔中的紧固件的头部的新的第一力和施加到所述紧固件的端部的新的第二力之差基本上相等的反应结构力。

[0341] B4、还提供了根据段落B1所述的方法,其中,产生反应结构力的步骤包括:向贯穿两个部件延伸的孔中的紧固件的头部施加第一力;以及向所述紧固件的端部施加比所述第一力小的第二力;并且使用所述反应结构力补偿所述第一力和所述第二力之间的力差异,以保持力平衡。

[0342] B5、还提供了根据段落B4所述的方法,其中,产生新的反应结构力的步骤包括:向所述紧固件的头部施加新的第一力;以及向所述紧固件的端部施加比所述新的第一力大的新的第二力;并且使用所述新的反应结构力补偿所述新的第一力和所述新的第二力之间的力差异,以保持新的力平衡。

[0343] 根据本发明的其它方面,提供了:

[0344] C1、一种用于执行两阶段铆接工艺的方法,所述方法包括:在保持力平衡的同时,使用与第一机器人装置关联的锤子和与第二机器人装置关联的顶杆在紧固件和贯穿两个部件延伸的孔的至少一部分之间形成初始过盈配合;以及在保持新的力平衡的同时,使用所述顶杆和所述锤子 in 所述紧固件和所述孔之间形成最终过盈配合,使得所述最终过盈配合在所述两个部件之间的界面上是基本上均匀的。

[0345] 根据本发明的其它方面,提供了:

[0346] D1、一种设备,该设备包括:第一机器人装置,其具有第一工具;第二机器人装置,其具有第二工具;以及若干控制器,其控制所述第一机器人装置和所述第二机器人装置来执行两阶段铆接工艺。

[0347] D2、还提供了根据段落D1所述的设备,其中,所述第一工具是与所述第一机器人装置关联的第一铆接工具,并且所述第二工具是与所述第二机器人装置关联的第二铆接工具。

[0348] D3、还提供了根据段落D2所述的设备,其中,所述第一铆接工具是锤子,并且所述第二铆接工具是顶杆。

[0349] D4、还提供了根据段落D1所述的设备,其中,所述若干控制器包括:第一控制器,其控制所述第一机器人装置;以及第二控制器,其控制所述第二机器人装置。

[0350] D5、还提供了根据段落D1所述的设备,其中,所述若干控制器与所述第一机器人装置或所述第二机器人装置中的至少一者关联。

[0351] D6、还提供了根据段落D1所述的设备,其中,所述若干控制器控制所述第一机器人装置和所述第二机器人装置,以在所述两阶段铆接工艺的第一阶段期间保持力平衡,并且在所述两阶段铆接工艺的第二阶段期间保持新的力平衡。

[0352] D7、还提供了根据段落D1所述的设备,所述设备还包括:外部移动平台,其中,所述第一机器人装置是与所述外部移动平台关联的外部机器人装置。

[0353] D8、还提供了根据段落D1所述的设备,所述设备还包括:内部移动平台,其中,所述第二机器人装置是与所述内部移动平台关联的内部机器人装置。

[0354] D9、还提供了根据段落D1所述的设备,其中,所述设备还包括:第一夹持装置,其与所述第一机器人装置关联;以及第二夹持装置,其与所述第二机器人装置关联。

[0355] D10、还提供了根据段落D9所述的设备,其中,所述第一夹持装置和所述第二夹持装置用于在向紧固件的第一端施加第一力之前将第一部件和第二部件夹持在一起,并且其中,所述第一部件和所述第二部件在向所述紧固件的第二端施加第二力之前松开。

[0356] 根据本发明的其它方面,提供了:

[0357] E1、一种设备,该设备包括:多个部件;孔,其贯穿所述多个部件延伸;以及部分形成的铆钉,其与所述孔的至少一部分形成过盈配合。

[0358] E2、还提供了根据段落E1所述的设备,其中,所述部分形成的铆钉与所述孔的埋头孔部分、所述孔的扩孔部分或所述孔的细长部分的至少一部分形成过盈配合。

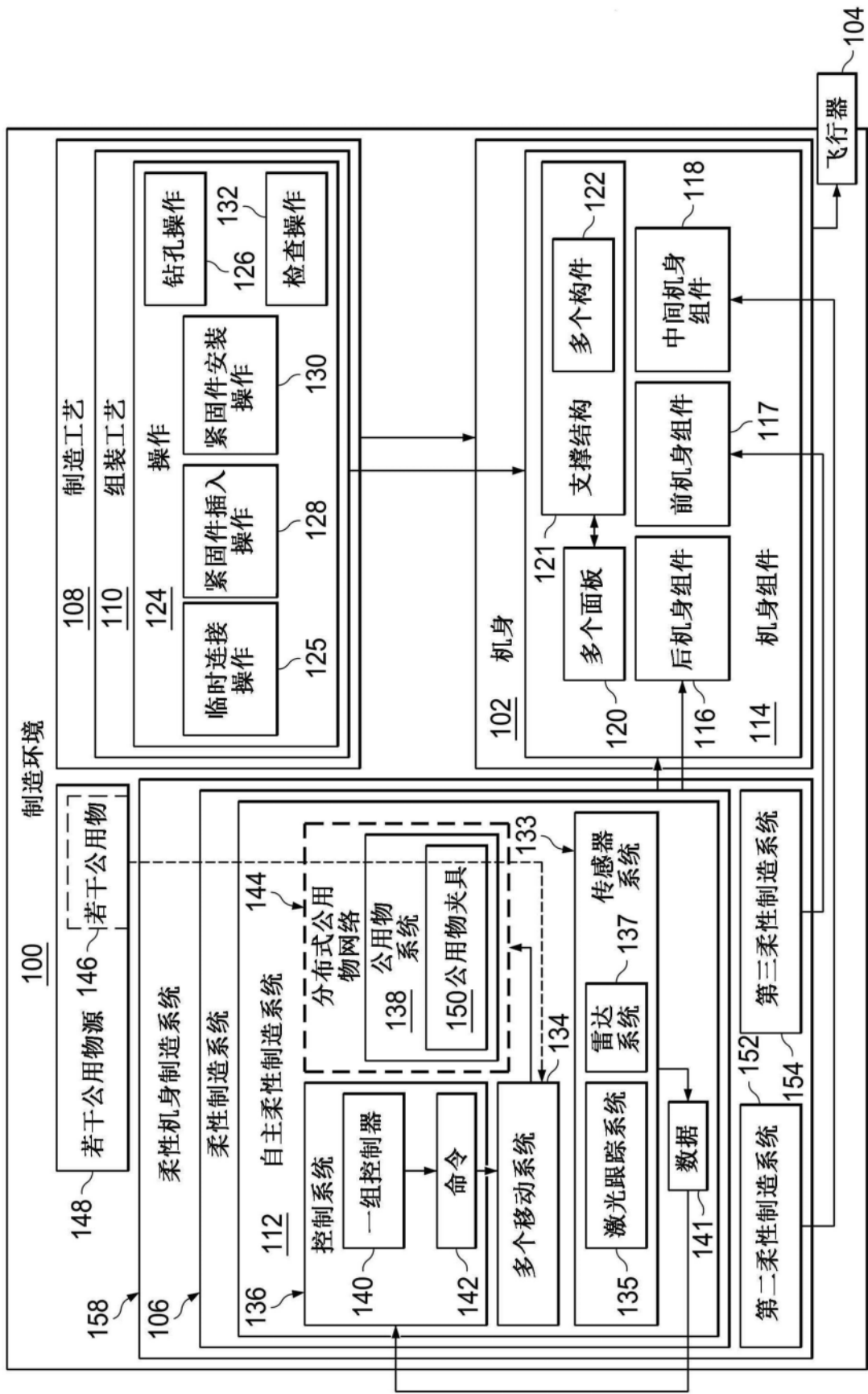


图1

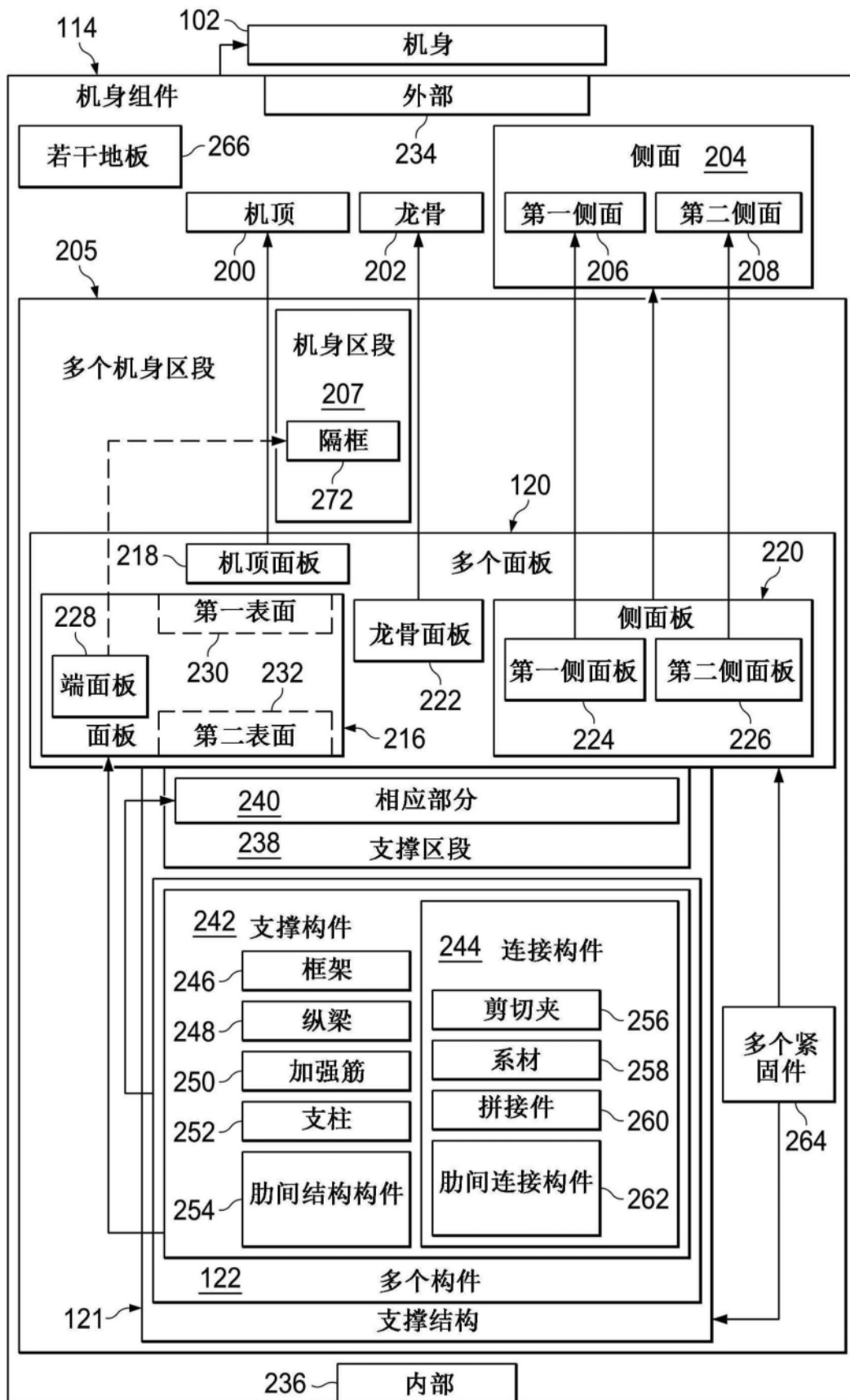


图2

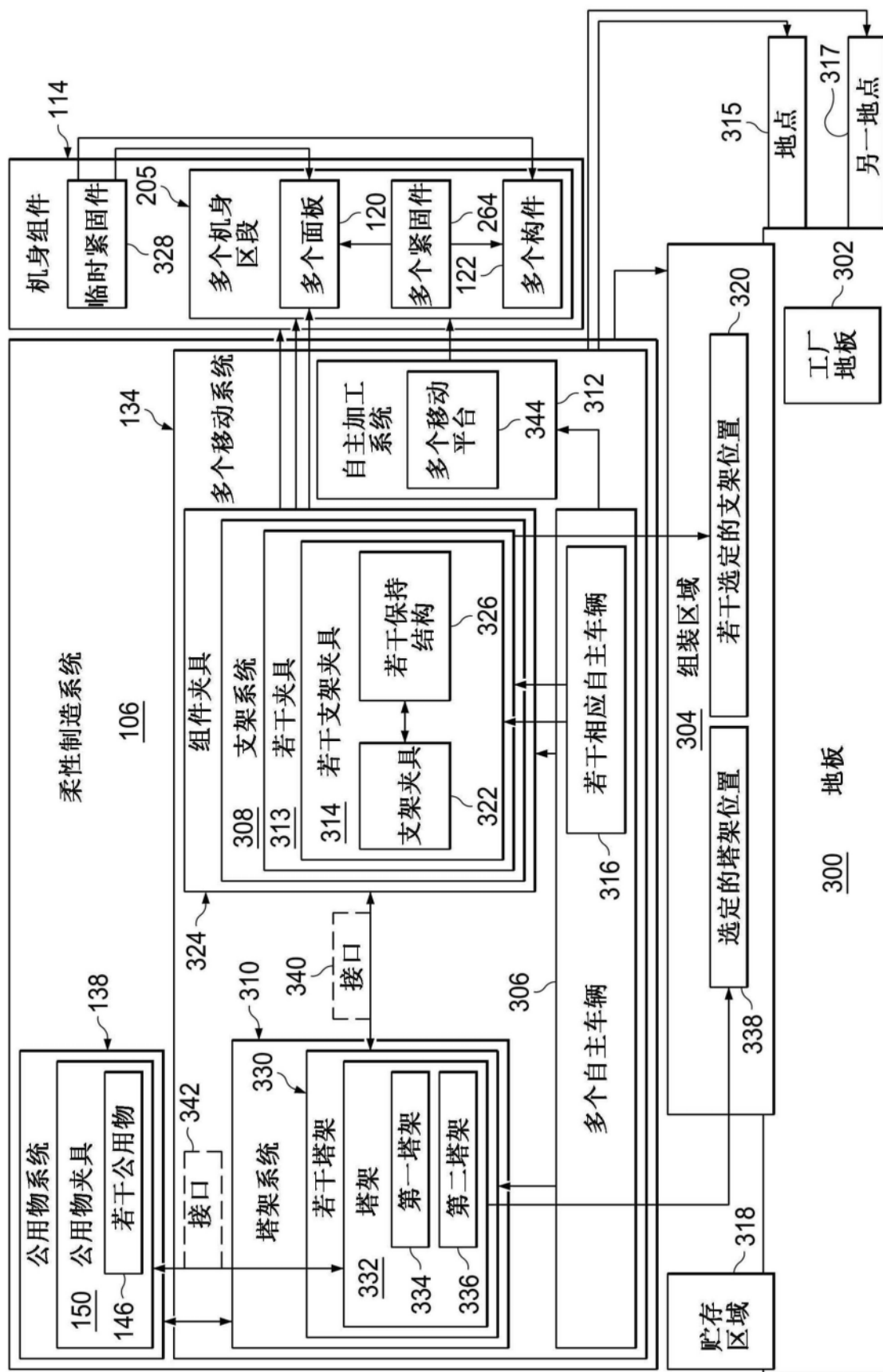


图3

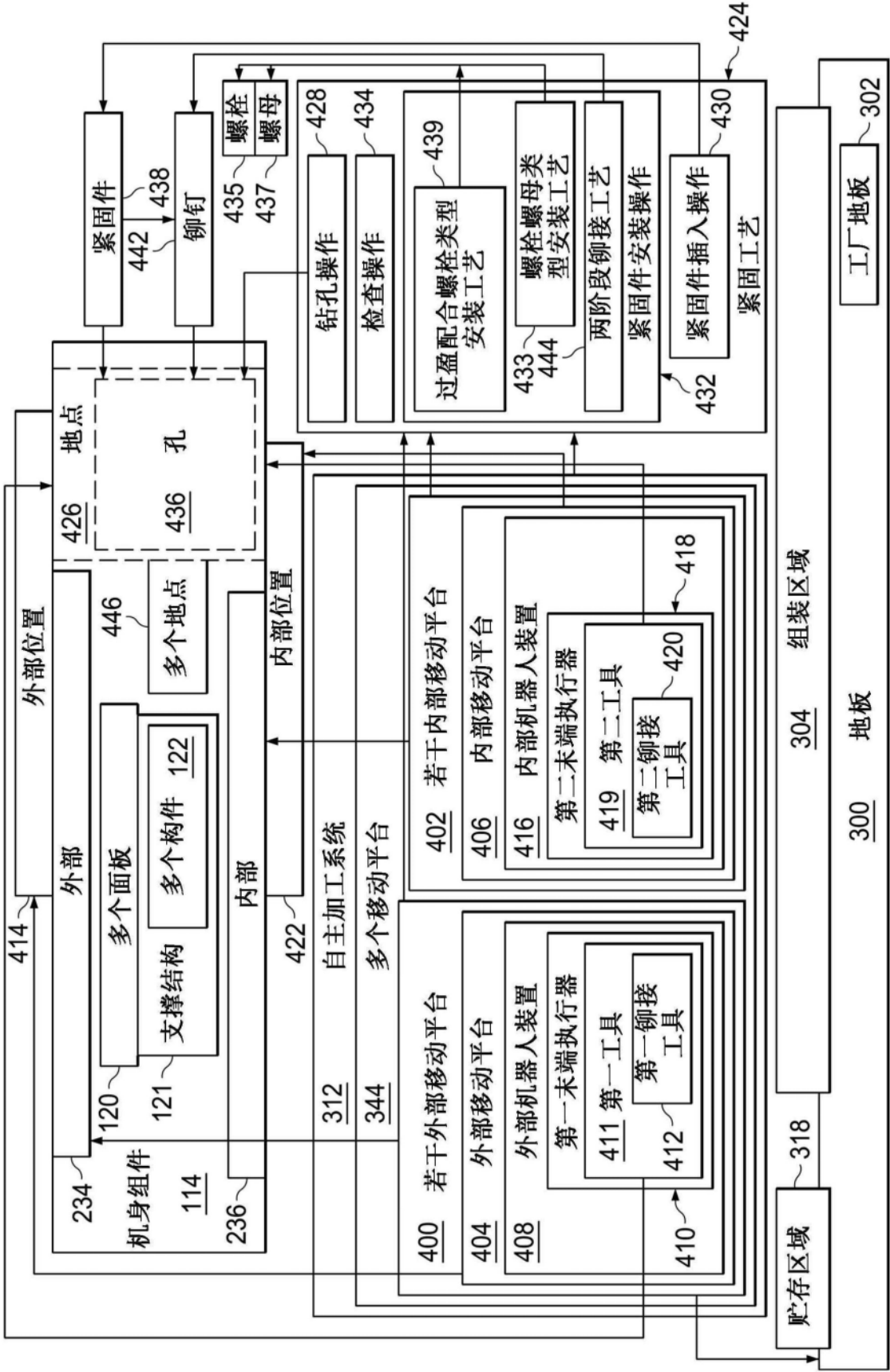


图4

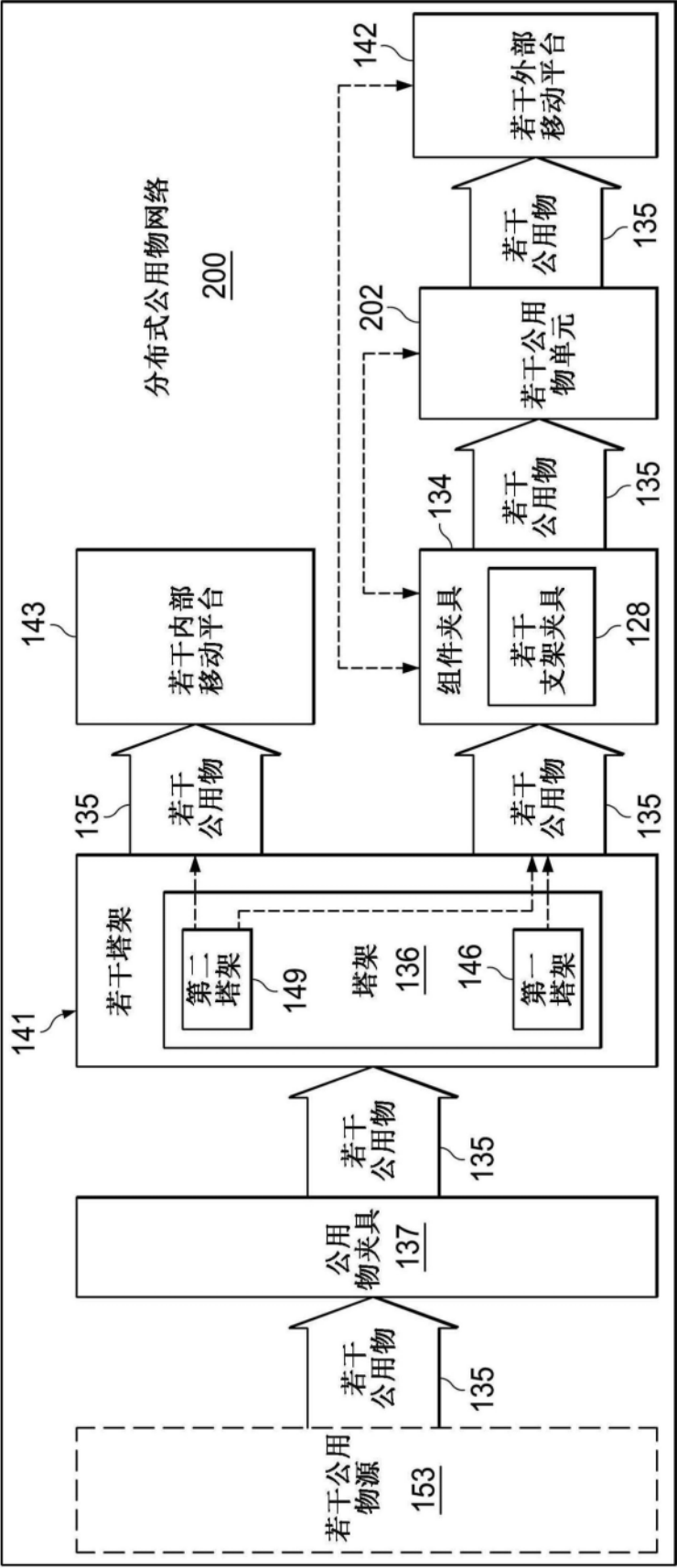


图5

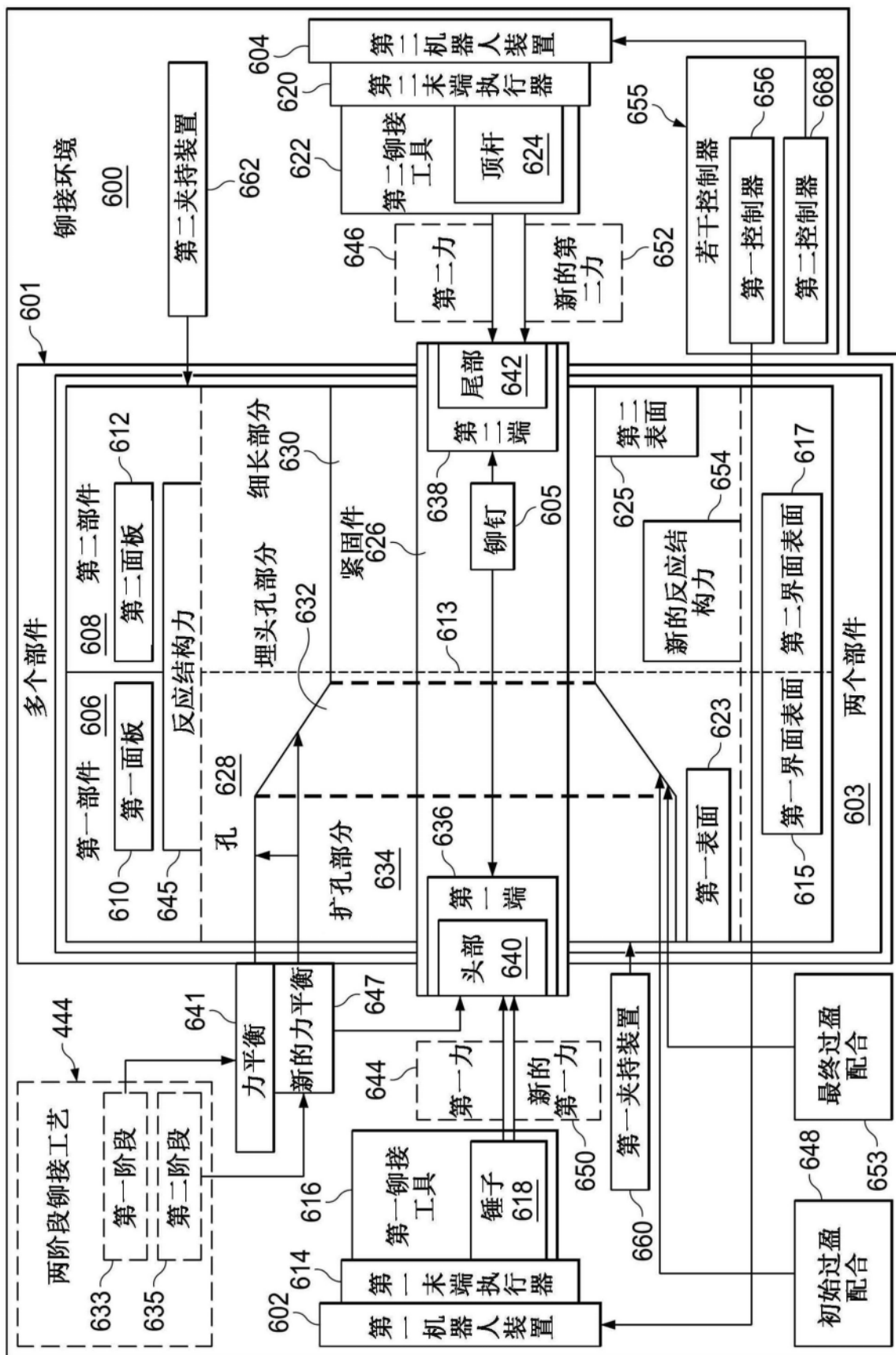


图6

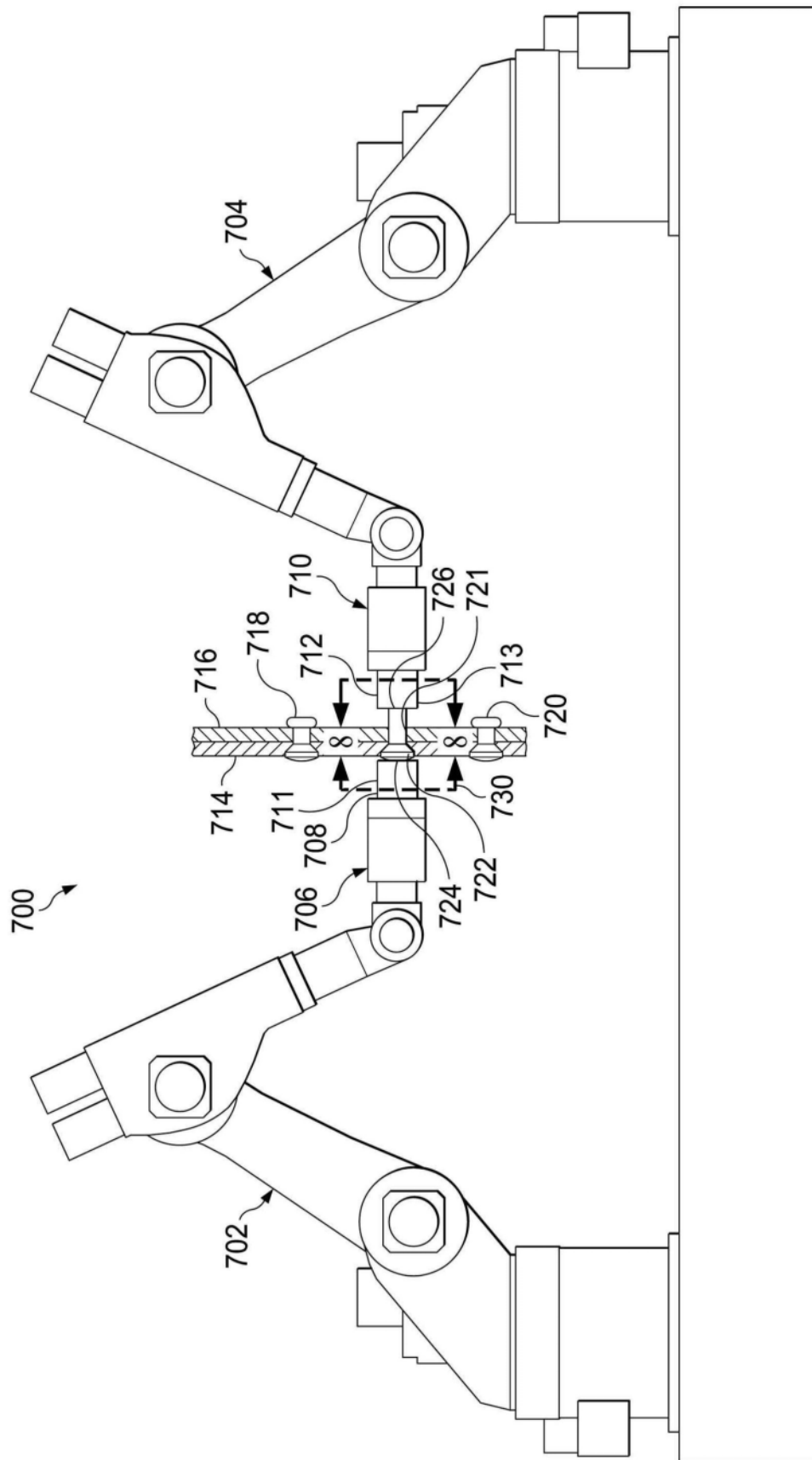


图7

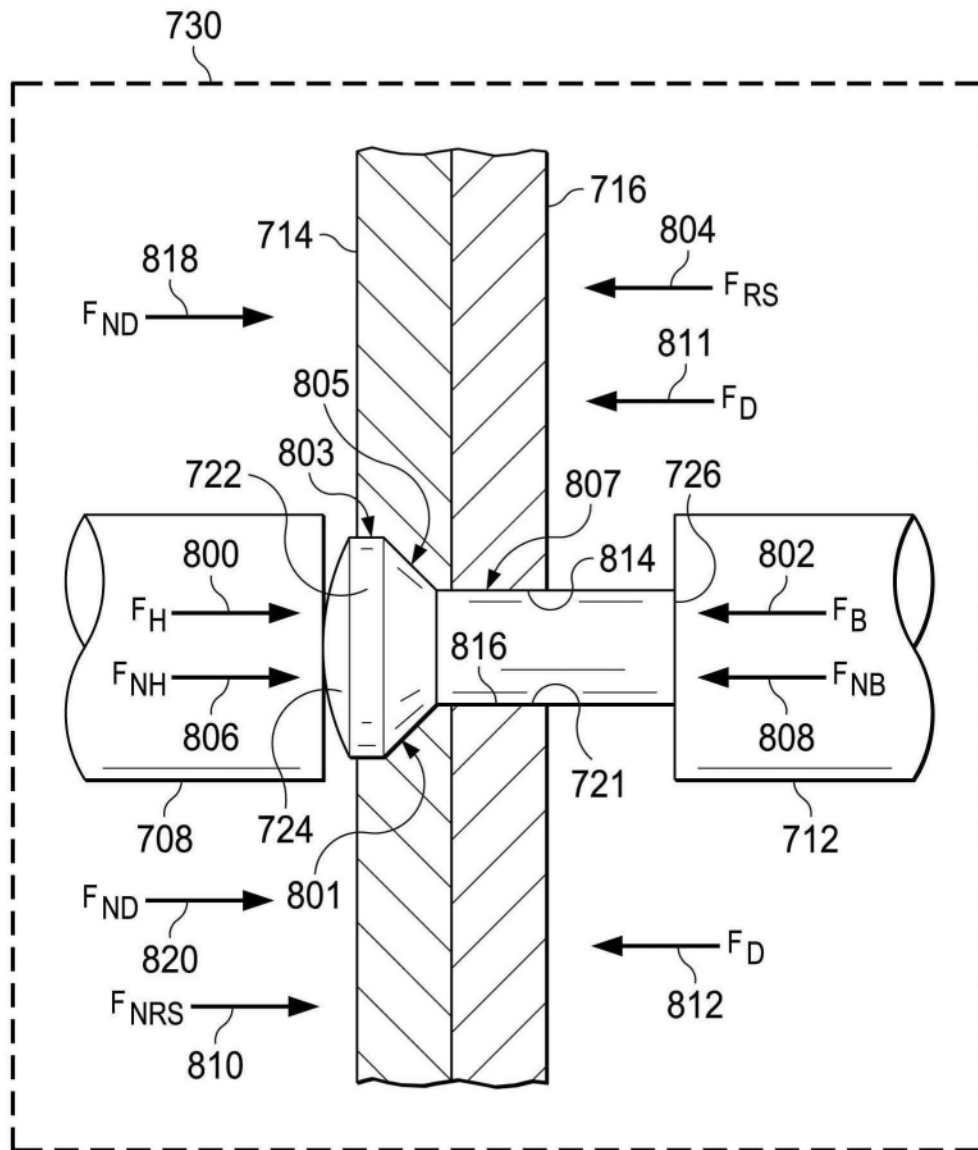


图8

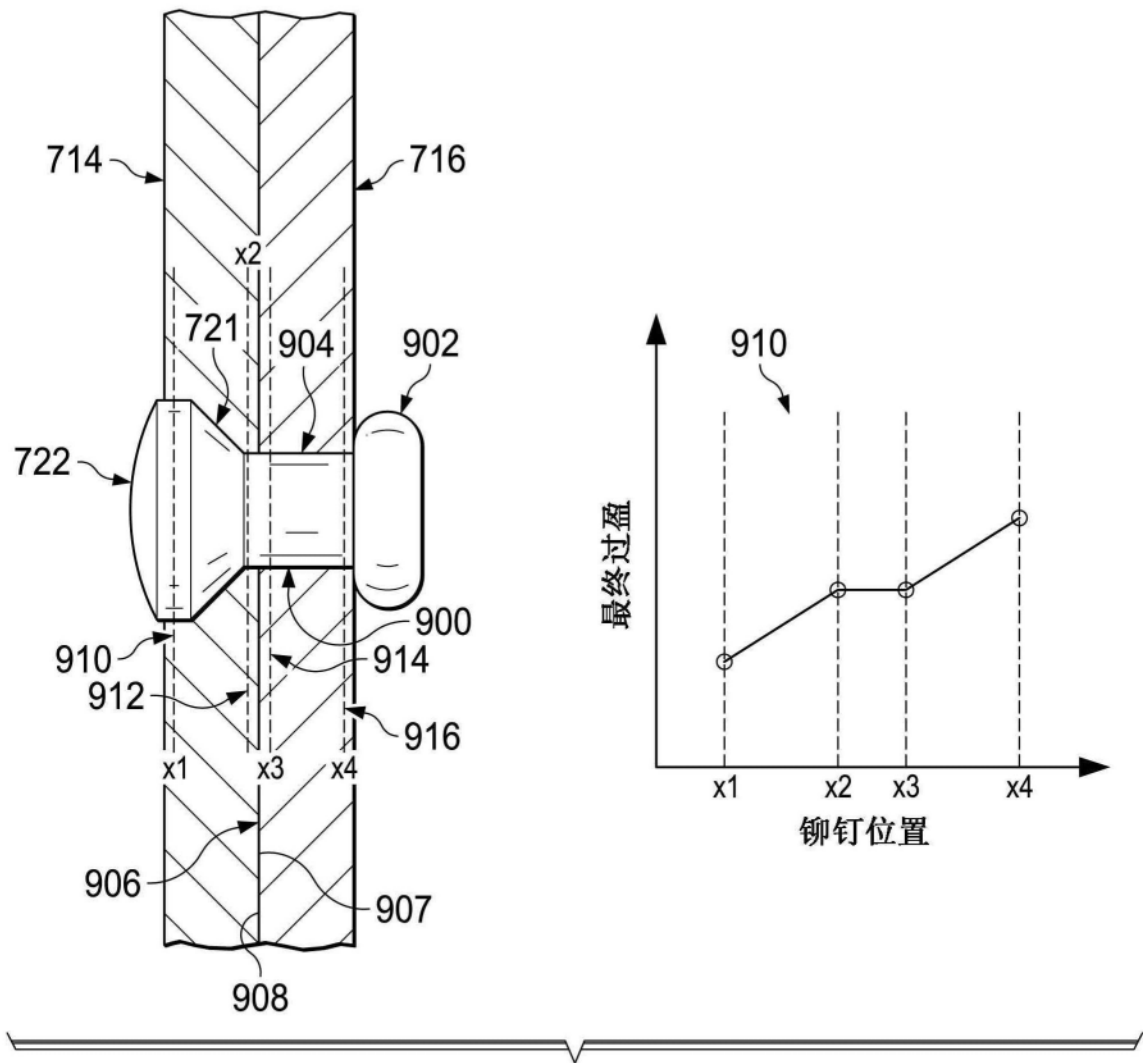


图9

图9

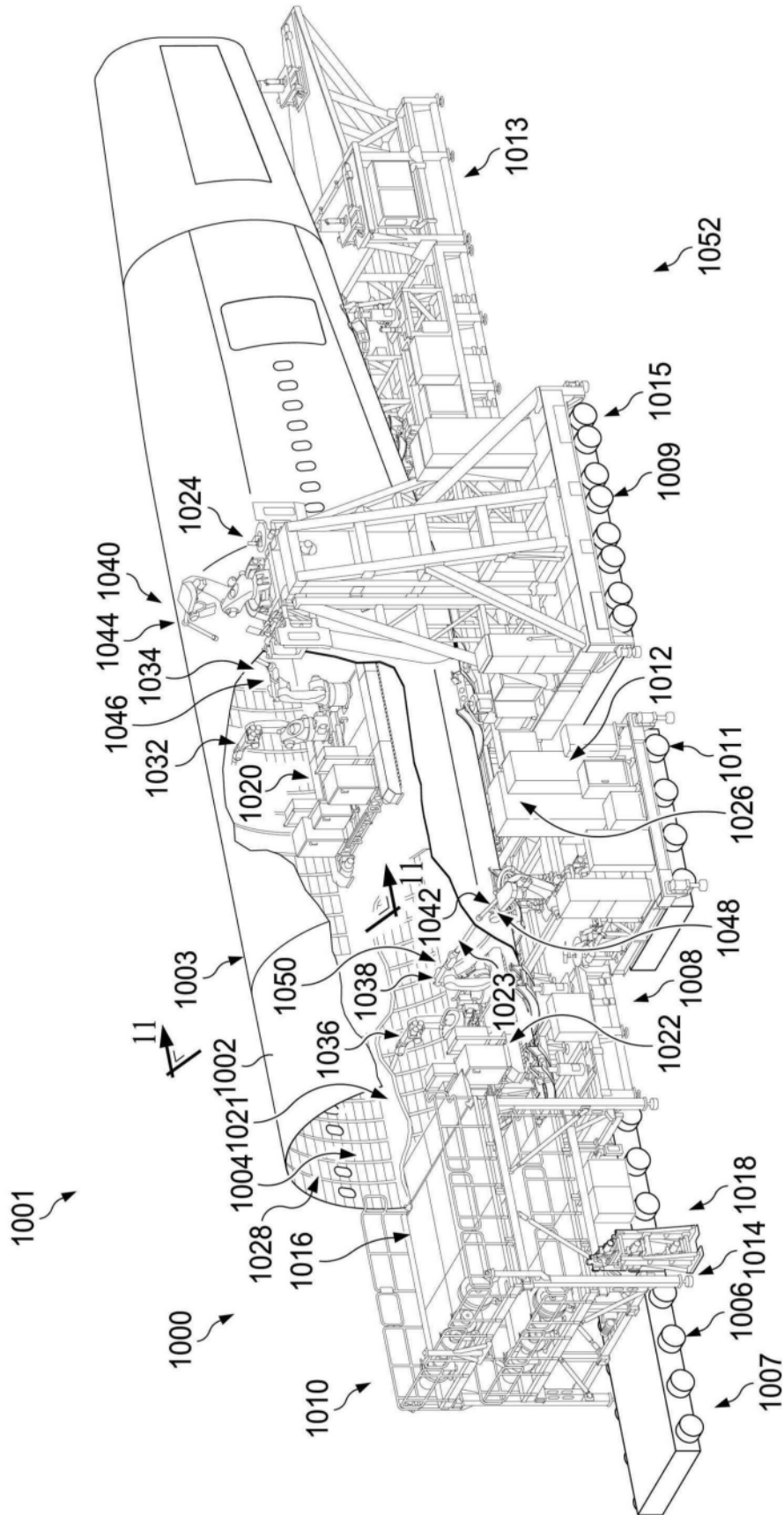


图10

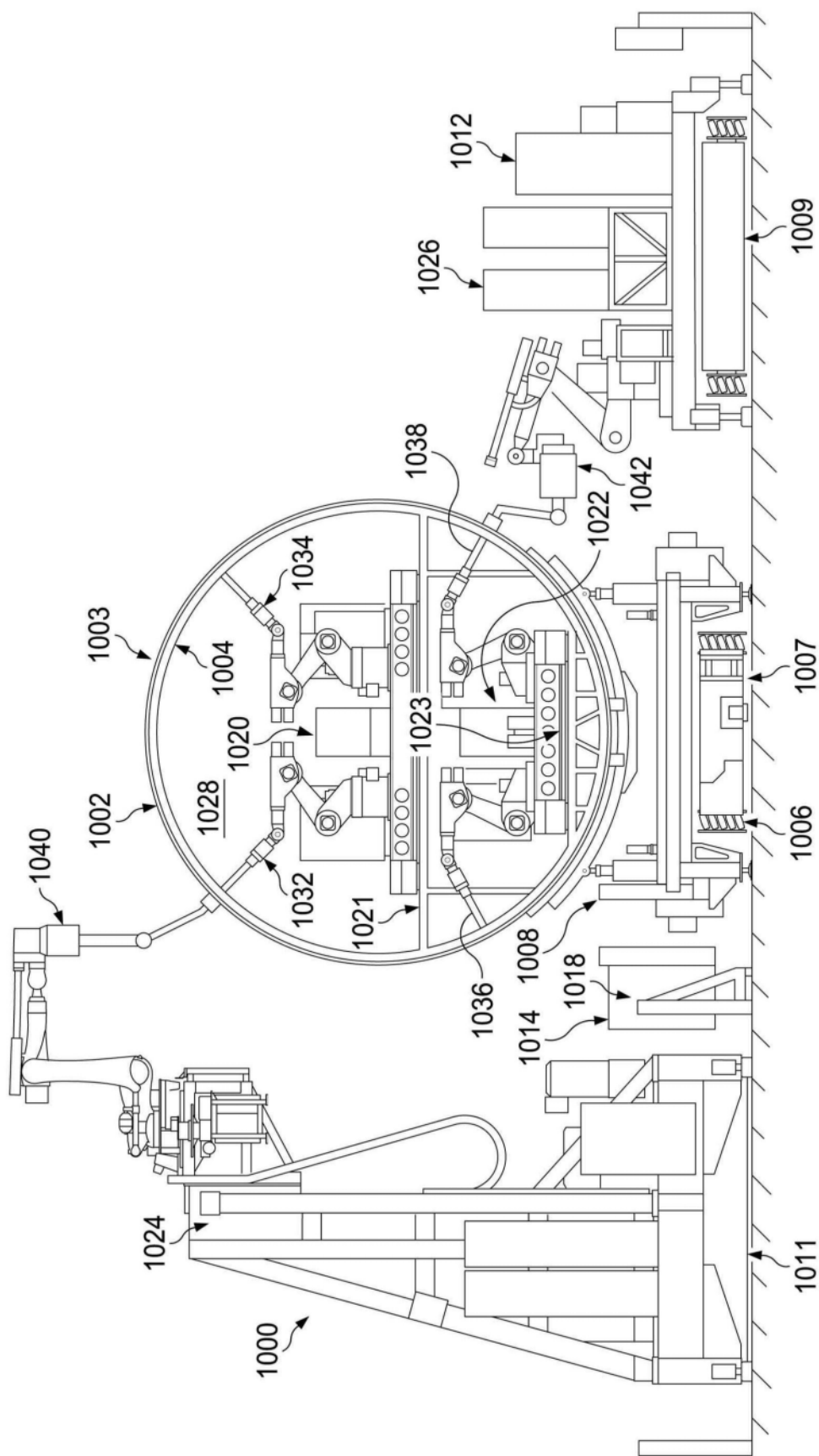


图11

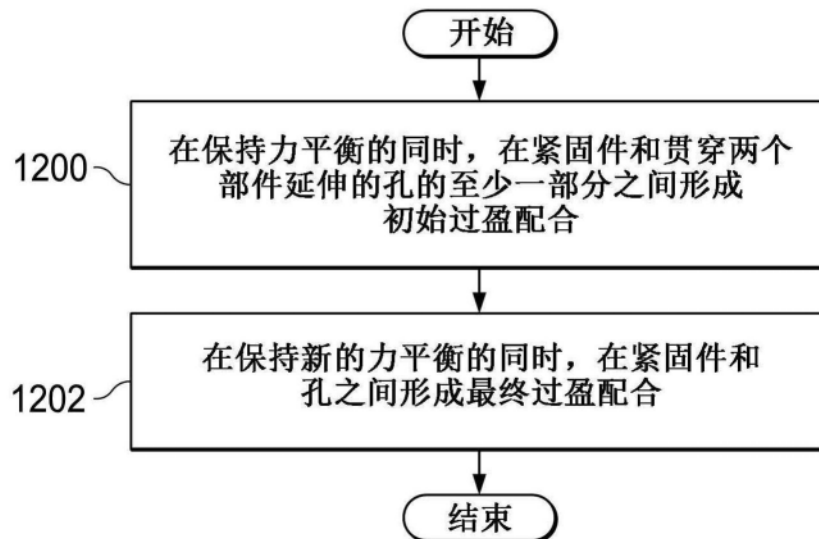


图12

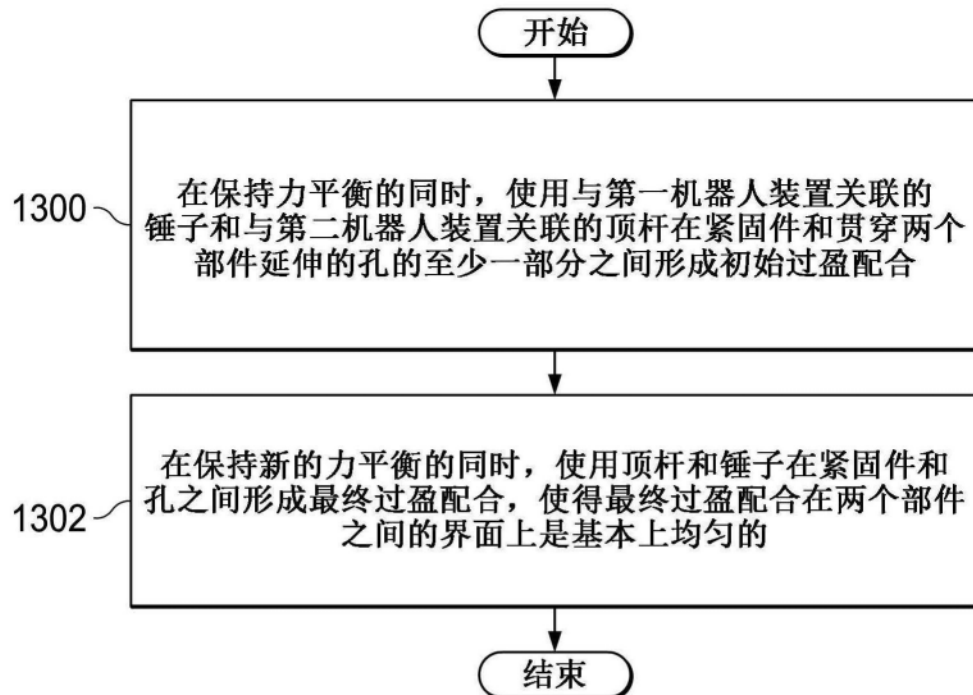


图13

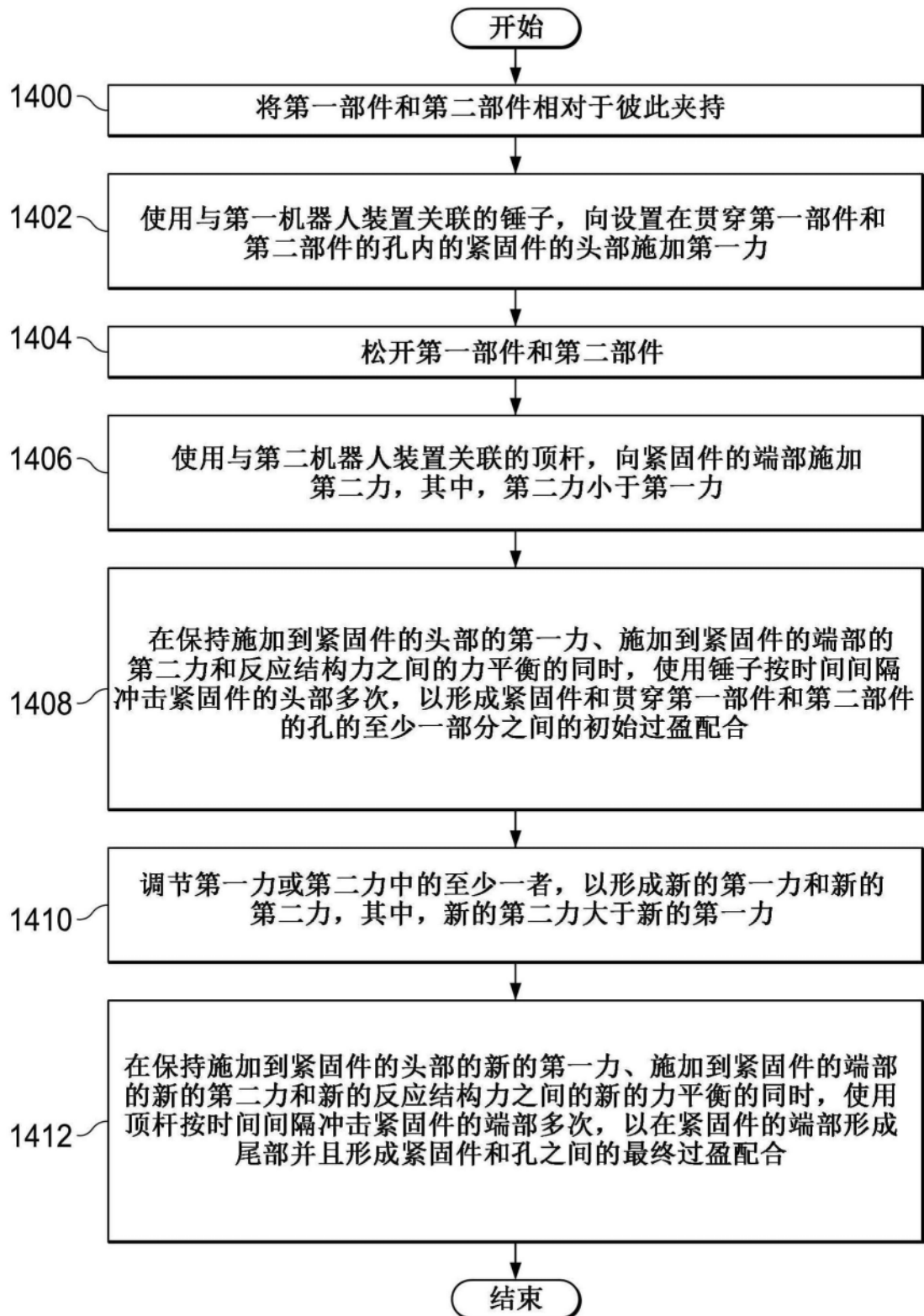


图14

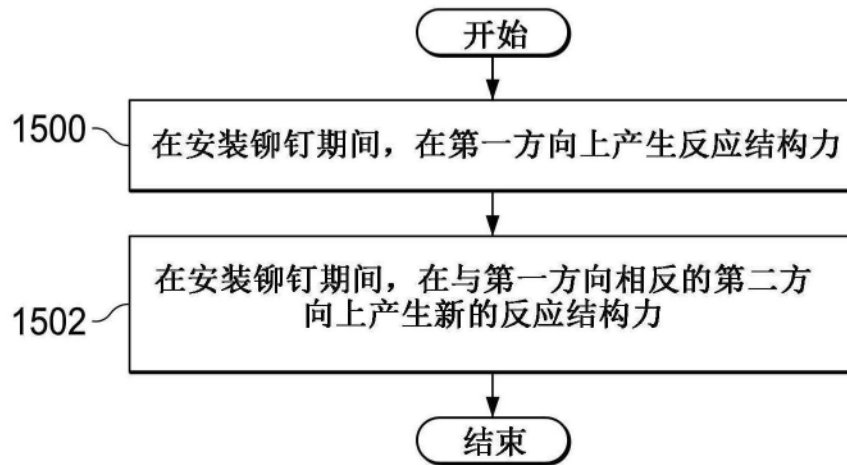


图15

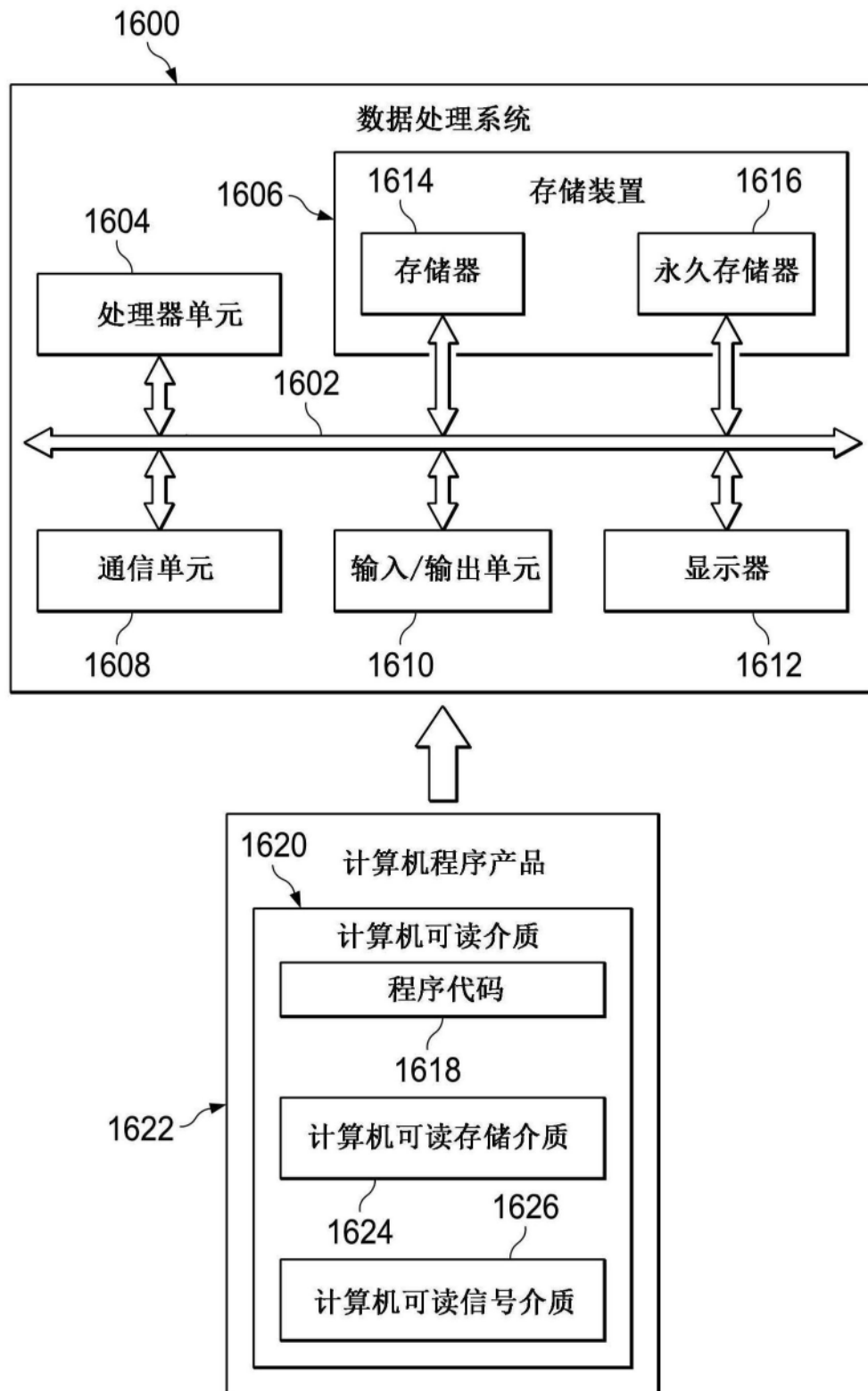


图16

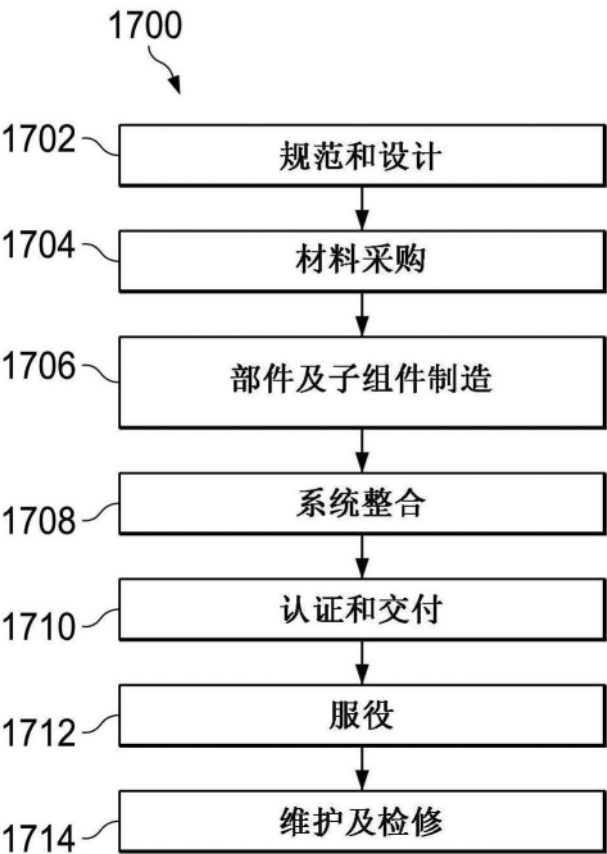


图17

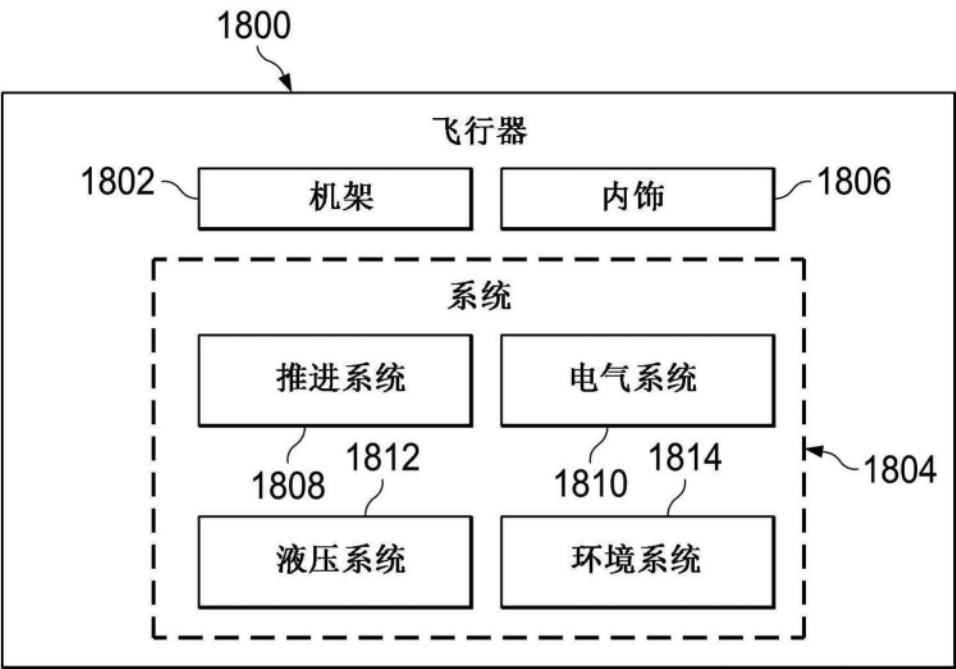


图18