



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102233708 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 22

(21) 申请号 201110047522. 3

(22) 申请日 2011. 02. 24

(30) 优先权数据

12/768, 007 2010. 04. 27 US

(73) 专利权人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 D·M·罗特尔 K·S·威尔登

W·S·霍伦斯泰纳 B·G·罗宾斯

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

B32B 37/10(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 0271263 A2, 1988. 06. 15, 全文.

US 2009320292 A1, 2009. 12. 31, 全文.

CN 101258019 A, 2008. 09. 03, 全文.

审查员 赖国栋

权利要求书1页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

用于形成和施加具有复杂几何形状的复合铺层的方法和设备

(57) 摘要

复合铺层被形成在工具上且被铺设到轮廓性部件上。该工具的轮廓与所述部件的轮廓大体匹配。产生表示部件在空间中相对于所述工具的位置的一组位置数据。自动操纵器使用所述位置数据来将所述工具移动至靠近所述部件并将所述轮廓性铺层铺设到所述部件上。

1. 一种在轮廓性部件 (24) 上形成和铺设复合铺层 (20) 的方法, 包含:

在工具 (25) 上形成轮廓性复合铺层, 该工具具有在其上的至少两个柔性压紧器, 且该工具的轮廓与所述部件的轮廓匹配;

产生表示所述部件相对于所述工具的位置的一组位置数据 (45a);

使用操纵器 (36) 和所述位置数据将所述工具移动至靠近所述部件并将所述轮廓性复合铺层铺设到所述轮廓性部件上;

通过给所述工具上的气囊 (54) 充气而抵靠所述部件压紧所述铺层; 以及特征在于通过给所述工具上的袋 (56) 充气而抵靠所述部件进一步压紧所述铺层。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 进一步包含:

通过给所述袋放气而使所述袋缩回远离被压紧的铺层。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 包括:

首先施加真空到所述袋且之后到所述气囊, 从而导致所述袋和所述气囊放气且被抽离所述复合铺层。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中使用自动纤维铺设机 (42) 在所述工具上自动铺设复合材料从而形成所述轮廓性复合铺层。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中产生所述位置数据是通过确定所述工具轮廓在共用三维坐标系 (55) 中相对于所述部件轮廓的三维位置的三维 (3-D) 位置而实施的。

6. 一种在轮廓性基底上施加复合铺层 (20) 的设备, 包含:

工具 (25), 其适于被安装到操纵器 (36) 上以便将所述工具移动至靠近所述基底, 所述工具包括与所述基底的轮廓大体匹配的轮廓性工具面 (28);

第一柔性压紧器, 其包括被密封于所述工具的真空袋 (56) 且用于将铺层压紧到所述基底上, 所述第一柔性压紧器覆盖所述工具面并适于使复合铺层铺设在其上; 以及特征在于

在所述工具上介于所述第一柔性压紧器和所述工具面之间的包括柔性可充气气囊 (54) 的第二柔性压紧器, 其用于将所述铺层压紧到所述基底上; 以及

用于控制所述第一柔性压紧器和所述第二柔性压紧器的控制装置, 其中所述控制装置包括压力源 (62)、真空源 (64) 和将所述压力源和所述真空源与所述袋和所述气囊选择性地连接在一起的控制器 (74)。

用于形成和施加具有复杂几何形状的复合铺层的方法和设 备

技术领域

[0001] 本公开大体涉及复合部件的制造,且更具体地涉及用于形成和施加复合铺层(例如倍增件)到具有复杂几何形状的部件表面上的方法和设备。

背景技术

[0002] 自动纤维铺设(AFP)机可用于铺层/铺放(layup)复合层压结构,该复合层压结构包含具有多个纤维取向中的一个纤维取向的多个层板。在使用AFP机制造整个结构的情况下,建构速率可以取决于AFP机的速度,因为层板通常顺序形成。为了加速建构过程,可以手工建构结构的某些部段并将其作为预装配套件施加到结构。例如,可在AFP建构序列中作为子任务手工地预装配并施加倍增件。但是,手工预装配倍增件铺层可能是费时且困难的,尤其在倍增件必须被施加到具有复杂表面几何形状的结构的情况下,例如飞机的多轮廓机头或机尾部段。使用自动机械预装配倍增件的现有尝试已经局限于或者平坦或者在一个维度中具有不变曲率的铺层。

[0003] 因此,存在对用于形成和施加铺层(例如倍增件)至具有包括多种轮廓的复杂表面几何形状的复合结构的方法和设备的需要。

发明内容

[0004] 所公开的实施例提供用于形成和施加铺层到具有复杂形状的复合结构(例如多轮廓部件)上的方法和设备。铺放、施加和压紧需求被整合到可使用单个工具的一个过程中。可使用AFP机将复合材料铺放到具有与部件表面基本匹配的多轮廓工具面的工具上而快速形成匹配部件表面的几何形状的铺层。该工具也可以用于铺设和压紧铺层到部件表面上。所公开的方法和设备允许在主装配线之外制造铺层(例如倍增件),因此允许它们根据需要被重做且被检查而不会减慢主装配过程。

[0005] 根据一个公开实施例,提供了一种形成和铺设复合铺层到轮廓性部件(即具有一定轮廓的部件,contoured part)上的方法。该方法包括在工具上形成轮廓性复合铺层,其中该工具的轮廓与所述部件的轮廓基本匹配。该方法还包括产生表示所述部件相对于所述工具的位置的一组位置数据。该方法使用操纵器和所述位置数据将所述工具移动至靠近所述部件并且将所述轮廓性铺层铺设到该部件上。使用自动纤维铺设机来自动将复合材料铺设到所述工具上,从而形成所述轮廓性复合铺层。通过给所述工具上的气囊充气 and / 或通过给所述工具上的袋充气从而抵靠所述部件压紧所述铺层。通过给所述袋放气而使所述袋和被压紧的铺层分离。通过确定工具轮廓在共用3-D坐标系中相对于部件轮廓的3-D位置的三维(3-D)位置来实现产生所述位置数据。

[0006] 根据另一实施例,提供了一种施加复合倍增件到具有多轮廓表面的部件上的方法。该方法包含抽吸真空袋使其下降到与部件表面轮廓大体匹配的工具的多轮廓面上。复合层板被铺放到所述袋之上在工具面上。该方法包括产生表示所述工具面相对于所述部件

表面的位置的一组位置数据。该方法进一步包含使用所述位置数据和操纵器将所述工具自动移动至靠近所述部件并抵靠所述部件表面铺设所述铺层。该方法还包括通过给所述袋充气而抵靠所述部件表面压紧所述铺层。抽吸所述袋使其下降到所述工具面上是通过在所述袋内抽真空而实施的。

[0007] 根据另一实施例,提供了一种施加铺层到具有多轮廓表面的部件上的方法。该方法包括抽吸柔性袋使其下降到与部件表面轮廓大体匹配的工具的多轮廓面上。该方法包括在被袋覆盖的工具面上铺放复合铺层,并且移动所述工具至靠近所述部件并使用所述工具铺放所述铺层到所述部件表面上。该方法还包括通过给所述袋充气而抵靠所述部件压紧所述铺层,以及通过在所述袋中抽真空而将所述袋与被压紧的铺层分开。该方法可进一步包含通过给所述工具面和所述袋之间的气囊充气而抵靠所述部件表面压紧所述铺层。

[0008] 根据另一实施例,提供了一种用于在轮廓性基底上施加复合铺层的设备。该设备包括工具、第一和第二压紧器以及用于控制所述第一和第二压紧器的装置。所述工具适于被安装到操纵器上以便将所述工具移动至靠近所述基底,且该工具包括与所述基底的轮廓大体匹配的轮廓性工具面。第一柔性压紧器覆盖所述工具面并适于将复合铺层铺设在其上。第二柔性压紧器被置于所述第一压紧器和所述工具面之间,以便用于将所述铺层压紧到所述基底上。所述第一压紧器可包括密封至所述工具的真空袋,且所述第二压紧器可包括柔性可充气的气囊。用于控制所述第一和第二压紧器的装置可包括压力源、真空源和使用所述压力源和所述真空源给所述第一和第二压紧器选择性地增压和降压的控制器。

[0009] 根据另一实施例,提供了用于在具有多轮廓表面的部件上形成和施加复合铺层的设备。该设备包含具有与部件表面的轮廓大体匹配的多轮廓面的工具、在所述工具上的柔性袋、操纵器和控制器。柔性袋覆盖且符合所述工具面的轮廓,且该柔性袋适于使铺层铺设到其上且被增压以抵靠所述部件表面压紧所述铺层。所述操纵器操纵所述工具使其靠近所述部件且在所述部件表面上铺设所述铺层。控制器控制所述操纵器的操作和所述袋的增压。该设备可以进一步包含在所述工具面和所述袋之间用于抵靠所述部件表面压紧所述铺层的可充气气囊。在一个实施例中,所述工具由结构性泡沫形成。

[0010] 根据又一实施例,提供了用于在具有多轮廓表面的部件上形成和施加复合铺层的设备。该设备包含工具、机器人操纵器、自动复合纤维铺设机、定位器系统、压紧器和控制装置。所述工具包括与部件表面的轮廓大体匹配的多轮廓面。机器人操纵器具有被安装在其上的工具以便操纵所述工具。自动复合纤维铺设机包括用于在所述工具面上形成多层复合铺层的纤维铺设头。定位器系统产生在共用空间坐标系中相对于彼此定位所述纤维铺设头、所述工具面和所述部件表面的一组位置数据。在所述工具上的压紧器抵靠所述部件表面压紧所述铺层,且控制装置基于所述位置数据控制所述操纵器、所述自动纤维铺设机和所述压紧器的操作。

[0011] 7. 一种在具有多轮廓表面的部件上施加复合倍增件的方法,包含:

[0012] 抽吸真空袋使其下降到与部件表面轮廓大体匹配的工具的多轮廓面上;

[0013] 在所述袋之上在工具面上铺设复合层;

[0014] 产生表示所述工具面相对于所述部件表面的位置的一组位置数据;

[0015] 使用所述位置数据和操纵器将所述工具自动移动至靠近所述部件并且抵靠所述部件表面铺设所述铺层;以及

- [0016] 通过给所述袋充气而抵靠所述部件表面压紧所述铺层。
- [0017] 8. 根据权利要求 7 所述的方法,其中抽吸所述袋使其下降到所述工具面上是通过在所述袋内抽吸真空而实施的。
- [0018] 9. 根据权利要求 7 所述的方法,进一步包含:
- [0019] 通过在所述袋中抽吸真空而将所述袋与被压紧的所述铺层分开。
- [0020] 10. 根据权利要求 7 所述的方法,进一步包含:
- [0021] 通过给所述袋与所述工具面之间的气囊充气而抵靠所述部件压紧所述铺层。
- [0022] 11. 一种在具有多轮廓表面的部件上施加铺层的方法,包含:
- [0023] 抽吸柔性袋使其下降到与部件表面轮廓大体匹配的工具的多轮廓面上;
- [0024] 在被袋覆盖的工具面上铺设复合铺层;
- [0025] 移动所述工具至靠近所述部件并使用所述工具在所述部件表面上铺设所述铺层;
- [0026] 通过给所述袋充气而抵靠所述部件表面压紧所述铺层;以及
- [0027] 通过在所述袋中抽吸真空而将所述袋与被压紧的所述铺层分开。
- [0028] 12. 根据权利要求 11 所述的方法,进一步包含:
- [0029] 通过给所述工具面和所述袋之间的气囊充气而抵靠所述部件表面压紧所述铺层。
- [0030] 13. 根据权利要求 11 所述的方法,其中:
- [0031] 抽吸所述袋使其下降到所述工具面上包括在所述袋中抽吸真空,并且
- [0032] 移动所述袋至靠近所述部件是通过使用被控制器操作的操纵器而实施的,其中使用将所述部件在空间中的位置和所述工具面的位置关联的一组数据来对所述控制器编程。
- [0033] 17. 用于在具有多轮廓表面的部件上形成和施加复合铺层的设备,包含:
- [0034] 具有与部件表面的轮廓大体匹配的多轮廓面的工具;
- [0035] 在所述工具上覆盖且符合所述工具面的轮廓的柔性袋,所述袋适于使铺层铺设在其上且被增压以抵靠所述部件表面压紧所述铺层;
- [0036] 用于操纵所述工具使其靠近所述部件且在所述部件表面上铺设所述铺层的操纵器;
- [0037] 用于控制所述操纵器的操作和所述袋的增压的控制器。
- [0038] 18. 根据权利要求 17 所述的设备,进一步包含:
- [0039] 在所述工具面和所述袋之间用于抵靠所述部件表面压紧所述铺层的可充气气囊。
- [0040] 19. 根据权利要求 17 所述的设备,其中所述工具是结构性泡沫。
- [0041] 20. 用于在具有多轮廓表面的部件上形成和施加复合铺层的设备,包含:
- [0042] 具有与部件表面的轮廓大体匹配的多轮廓面的工具;
- [0043] 机器人操纵器,其具有被安装在其上的工具以便操纵所述工具;
- [0044] 包括用于在所述工具面上形成多层复合铺层的纤维铺设头的自动复合纤维铺设机;
- [0045] 用于产生在共用空间坐标系中相对于彼此定位所述纤维铺设头、所述工具面和所述部件表面的一组位置数据的定位器系统;
- [0046] 在所述工具上用于抵靠所述部件表面压紧所述铺层的压紧器;以及
- [0047] 用于基于所述位置数据控制所述操纵器、所述自动纤维铺设机和所述压紧器的操

作的控制装置。

[0048] 21. 根据权利要求 20 所述的设备,其中所述压紧器包括密封至所述工具且覆盖所述工具面的可增压袋,所述袋适于被增压以抵靠所述部件表面对所述铺层施力。

[0049] 22. 根据权利要求 21 所述的设备,进一步包含:

[0050] 在所述工具上布置在所述工具面和所述袋之间用于通过所述袋施加压紧压力到所述铺层的可增压气囊。

[0051] 23. 根据权利要求 22 所述的设备,进一步包含:

[0052] 压力源;

[0053] 真空源;以及

[0054] 被所述控制装置操作的一组阀,用于选择性地将所述压力源和所述真空源与所述袋和所述气囊中的每个连接在一起。

[0055] 24. 用于在具有多轮廓表面的复合飞机部件上形成和施加复合倍增件的设备,包含:

[0056] 具有与部件表面的轮廓大体匹配的多轮廓面的结构性泡沫工具;

[0057] 用于操纵所述工具的机器人操纵器;

[0058] 用于将所述工具可释放地安装到所述操纵器上且允许改变所述操纵器上的所述工具的安裝适配器;

[0059] 包括用于在所述工具面上形成多层复合铺层的纤维铺设头的自动复合纤维铺设机;

[0060] 用于产生在共用空间坐标系中定位所述纤维铺设头、所述工具面和所述部件表面的一组位置数据的定位器系统;

[0061] 覆盖所述工具面且密封至所述工具以便抵靠所述部件表面压紧所述铺层的可充气袋;

[0062] 在所述工具面上且在所述袋内用于抵靠所述部件表面压紧所述铺层的可充气气囊;

[0063] 压力源;

[0064] 真空源;

[0065] 用于给所述袋和所述气囊中的每一个单独充气 and 放气的装置,其包括用于选择性地将所述压力源和所述真空源中的每一个与所述袋和所述气囊连接在一起的阀系统;以及

[0066] 用于协调和控制所述操纵器、所述自动纤维铺设头和所述阀系统的操作的控制器。

[0067] 25. 一种用于在具有多轮廓表面的复合飞机部件上形成和施加复合倍增件的方法,包含:

[0068] 在与部件表面的轮廓大体匹配的工具的多轮廓面之上铺设柔性袋;

[0069] 密封所述袋至所述工具以形成大体真空密闭腔;

[0070] 通过在所述真空腔中抽吸真空而抽吸所述袋使其下降到所述工具面上;

[0071] 使用自动纤维铺设机以便在所述袋上形成复合铺层且使其符合所述工具面的轮廓;

[0072] 安装所述工具到自动控制的操纵器上;

- [0073] 产生在 3-D 空间坐标系中相对于所述部件表面定位所述工具面的一组位置数据；
- [0074] 使用所述操纵器移动所述工具至靠近所述部件且在所述部件表面上铺设所述铺层；
- [0075] 给所述工具面和所述袋之间的气囊充气以抵靠所述部件表面压紧所述铺层；
- [0076] 给所述袋充气以进一步抵靠所述部件表面压紧所述铺层；以及
- [0077] 通过在所述袋中抽吸真空而给所述袋放气；以及
- [0078] 使用已编程的控制器以便协调和控制所述自动纤维铺设机、所述袋、所述气囊和所述操纵器的操作。

附图说明

- [0079] 图 1 是用于形成和施加具有复杂几何形状的复合铺层的设备的功能方框图。
- [0080] 图 2 是飞机的多轮廓机头部段的透视图，该机头部段具有根据公开实施例施加和压紧至其上的复合倍增件。
- [0081] 图 3 是用于形成和施加图 2 所示倍增件的工具的等轴侧视图，为了清楚没有使出压紧袋和气囊。
- [0082] 图 4 是用于形成和施加具有复杂几何形状的复合铺层至图 2 所示的机头部段的设备的侧视图。
- [0083] 图 5 是工具和定位器系统的剖面图和示意图结合的示图。
- [0084] 图 6A 是最初装配时工具的剖面图。
- [0085] 图 6B 是图 6A 所示工具的透视图。
- [0086] 图 7A 是类似于图 6A 的示图，但示出袋已经被抽吸而下降抵靠工具表面。
- [0087] 图 7B 是类似于图 6B 的示图，但示出袋已经被抽吸而下降抵靠工具表面。
- [0088] 图 8A 是工具的剖面图，示出用于在工具面上形成铺层的自动纤维铺设头。
- [0089] 图 8B 是工具的透视图，示出已经被部分形成在工具面上的铺层。
- [0090] 图 9A 是工具的剖面图，示出铺层已经被铺设在部件表面上，且气囊已经被充气而抵靠部件表面压紧铺层。
- [0091] 图 9B 是示出将铺层铺设到部件表面上的工具的透视图。
- [0092] 图 10 是类似与图 9A 的示图，但示出工具上的袋已经被充气以进一步抵靠部件表面压紧铺层。
- [0093] 图 11 是类似于图 10 的示图，但示出由于向袋施加了真空而使得袋已经与铺层分离。
- [0094] 图 12 是流程图，示出在多轮廓部件表面上形成和铺设具有复杂几何形状的铺层的方法。
- [0095] 图 13 是飞机制造和服役方法论的流程图。
- [0096] 图 14 是飞机的方框图示图。

具体实施方式

- [0097] 参考图 1-3，该公开的实施例涉及用于在具有复杂几何形状的基底上形成和铺设复合铺层 20 的方法和设备，基底可以包括图 2 所示的部件 24 的多轮廓表面 22。在所实

施例中,部件 24 包含飞机的机头部段,且铺层 20 包含加固机头部段 24 的区域 34 的倍增件(doubler)。该设备包括安装到由一个或多个控制器 35 操作的适当操纵器 36 上的工具组件 25。操纵器 36 可包含机器人或类似自动仪器,其基于控制器 35 所用的编程指令组使得工具组件 25 沿着坐标系 55 中的多条轴线移动。

[0098] 工具组件 25 包括具有多轮廓工具面 28 的工具 26,多轮廓工具面 28 与区域 34 中的多轮廓部件表面 22 匹配,其中在区域 34 处将要铺层 20 施加到部件 24。工具组件 25 还包括分别用于抵靠部件表面 22 压紧铺层 20 的第一和第二压紧器 54、56。工具组件 25 还包括工具基部 30,工具 26 安装到该工具基部 30 上。分别使用由一个(多个)控制器 35 操作的压力源 62 和真空源 64 给压紧器 54、56 中的每一个充气 and 放气。

[0099] 铺层 20 可以通过自动纤维铺设机 (AFP) 42 被形成在多轮廓工具面 28 上,其中该自动纤维铺设机 42 也由(多个)控制器 35 操作。定位器系统 45 产生一组位置数据 45a,该组位置数据 45a 在三维特殊坐标系 55 中相对于部件表面 22 定位工具面 28 的位置和取向。类似地,定位器系统 45 可由控制器 35 用于定位和协调 AFP 机 42 相对于工具面 28 的运动。

[0100] 现在注意示出设备额外细节的图 4 和图 5。在该实施例中,操纵器 36 包含被安装为沿着一对轨道 38 线性移动的机器人。机器人包括机器人臂 40,机器人臂 40 具有借助于速变适配器 32(图 5) 安装到其端部的工具组件 25。速变适配器 25 允许具有不同构造的工具 26 快速安装到臂 40 上,从而将不同构造的铺层 20 铺设到具有不同几何形状的部件 24 的不同区域上。如前所述,机器人被一个或多个已编程控制器 35(图 1) 操作且能够沿空间坐标系 55 中的多条轴线平移工具组件 25。机器人操纵工具组件 25 以便在部件 24 的多轮廓表面 22 上的目标区域 34 中铺设倍增件或其它铺层 20。

[0101] AFP 机 42 可包含被安装为沿着轨道 38 线性移动的第二机器人仪器 42a,且 AFP 机 42 包括安装在机器人臂 46 的端部上的自动纤维铺设头 44。如下面将介绍的,头 44 在工具面 28 上铺下多条或多道(course) 复合纤维带或束,以形成多轮廓铺层 20,然后铺层 20 被由机器人定位的工具组件 25 铺设且压紧到工具表面 22 上。在可替换实施例中,铺层 20 在传送器(未示出)或传送带(未示出)上被装配且被运送至机器人。

[0102] 定位器系统 45(图 1) 监测和更新工具 26 且因而监测和更新工具面 28(图 1) 相对于部件 24,尤其是相对于部件表面 22 的位置。定位器系统 45 的使用允许工具组件 25 和机器人是可运动的,而不是被安装到固定位置。这种运动性可提高铺设准确度同时有利于简化制造过程。如前所述,定位器系统 45(图 1) 产生一组位置数据 45a(图 1) 从而协调 AFP 机 42、工具组件 25 以及部件 24 在共用空间坐标系 55(图 5) 中的运动。位置数据 45a 可在闭合反馈环中被一个(多个)控制器 35 持续更新和使用,以便将铺层 20 准确铺设在部件表面 22 上。

[0103] 定位器系统 45 可包含一个或多个激光追踪器 48,其通过将激光束 52 引导到位于工具组件 25 和部件 24 上的反射目标 50 上而产生位置数据。定位器系统 45 可以可选地进一步包括记录从反射目标 50 反射出的激光束光的位置的照相测量照相机 33,从而测量工具组件 25 在空间坐标系 55 中相对于部件表面 22 的位置。照相测量照相机 33 可包含(例如但不限于)商业可获得的照相机,例如商业可获得的 V-star 照相机。使用对多个反射目标 50 的照相测量和激光追踪器测量的组合,可确定工具面在共用空间坐标系 55 中相

对于部件表面 22 的位置。多个反射目标 50 的位置的照相测量和激光追踪器测量可以利用可包含一部分控制器 35 的一个或更多个计算机和软件程序被整合在一起。包括反射目标 50 的定位器系统 45 可类似于 2009 年 9 月 8 日授权的美国专利 No. 7, 5897, 258 号中公开的定位器系统, 该专利全部内容通过引用合并于此。

[0104] 现在特别参照图 5, 工具 26 可包含 (例如但不限于) 轻质结构性泡沫, 工具面 28 可通过多种 공지 制造技术 (例如但不限于机加工和模制) 中的任意技术被形成在轻质结构性泡沫中。可使用低成本制造方法由其他低成本材料制造工具 26, 从而降低工具 26 的成本。第一压紧器可包含可充气气囊 54, 可充气气囊 54 可以被定位在工具面 28 上或稍微凹入工具面 28 内, 如在 54a 处所示。第二压紧器 56 可包含柔性真空袋 56, 柔性真空袋 56 将围绕其周边 56a 密封到工具 26, 从而在工具面 28 之上形成可增压的大体真空密闭腔 65。通气件 58 可设置在工具面 28 与袋 56 之间以便在抽真空过程中允许空气在袋 56 下面运动。袋 56 和通气件 58 二者覆盖工具面 28, 由此保护工具面 28 不受损坏, 且有利于从工具 26 去除铺层 20。袋 56 可具有在铺层过程中允许复合铺层预浸料坯粘到其表面而不变形的表面纹理, 不过袋 56 具有足够弹性以充气、压紧和释放在部件表面 22 上的铺层 20。袋 56 可由例如但不限于具有带纹理或不带纹理表面的胶乳膜、聚乙烯包装膜或聚氨酯橡胶形成。

[0105] 在图 5、图 6A、图 7A、图 8A、图 9A 和图 10 中所示的实施例中, 气囊 54 被示为一系列大体平行的分隔开但互连的气囊 54b, 气囊 54b 作为单个气囊 54 而起作用。但是在其他实施例中, 气囊 54 可包含大体在整个工具面 28 之上延伸的单个气囊。气囊 54 可被成形、设定尺寸且排列其充气的顺序, 从而最佳地压紧到部件表面 22。气囊 54 和袋 56 中的每个都通过一系列流动控制阀 72 和三向控制阀 70 被连接到压力源 62 和真空源 64。控制阀 70 被可与先前介绍的控制器 35 (图 1) 相同或不同的控制器 74 操作, 并且起作用以选择性地 将压力源 62 或真空源 64 连接到气囊 54 和袋 56。因此, 自动操作的控制阀 70 可将气囊 54 和袋 58 中的任一个或两个都连接至压力源 62, 从而增压且由此给气囊 54 或袋 56 充气。类似地, 控制阀 70 可将真空源 64 连接至气囊 54 或袋 56, 从而使气囊 54 放气或排空袋 56, 使袋 56 下降到工具面 28 上。在一些实施例中, 工具面 28 可具有也可与控制阀 70 连接的真空槽 60 从而辅助给腔 65 增压 / 降压。

[0106] 图 6-11 示出工具组件 25 的用法和用于形成多轮廓铺层 24, 然后将其铺设和压紧到部件表面 22 上的连续步骤。首先参照图 6A 和图 6B, 在将工具 26 固定到工具基部 30 之后, 袋 56 和通气件 58 被安装在工具面 28 之上, 且袋 56 的周边 56a 被密封至工具 26, 从而在袋 56 和工具 26 之间形成基本真空密闭的可增压腔 65 (图 5 和图 6)。然后真空管路 66 和压力管路 68 (图 5) 被安装和连接至气囊 54 和袋 58 二者。此时, 管路 75 和管路 77 都既不通过控制阀 70 (图 5) 连接到压力源 62 也不通过控制阀 70 (图 5) 连接到真空源 64, 而是向大气开放, 因此气囊 54 和腔 65 都大体处于大气压。

[0107] 现在参照图 7A 和图 7B, 通过使用控制阀 70 连接真空源 64 到管路 75 和 77 而准备好工具组件 25, 这导致气囊 54 大体充分的放气和从腔 65 排空空气。从腔 65 中排空空气导致袋 65 被抽吸而下降到工具表面 28 上, 从而使袋 56 大体符合工具表面 28 的多个轮廓。

[0108] 参照图 8A 和图 8B, 袋已经被抽吸而下降到工具面 28 上, 纤维铺设头 44 可根据预定层板方案开始将复合纤维材料铺放到袋 56 上。层板随着由 AFP 机 42 形成而符合工具面 28 的轮廓, 因此铺层 20 具有与部件表面 22 的轮廓大体匹配的轮廓。当铺层 20 被形成在工

具面 28 上时,管路 75 和 77 仍然保持与真空源 64 连接。

[0109] 参照图 9A 和图 9B,在铺层 20 已经被形成在工具 26 上后,机器人将工具组件 25 移动至靠近部件 24 处,且在期望位置(图 4 中的区域 34)处在部件表面 22 上施加铺层 20。在铺层 20 被施加至部件表面 22 且与其接触时,压力源 62 与管路 75 连接,同时真空源 64 保持与管路 77 连接。管路 75 的增压导致气囊 54 的充气,使得气囊 54 充气且施加压力至铺层 20,这导致抵靠部件表面 22 压紧铺层。在气囊 54 压紧铺层 20 的过程中,由于通过管路 77 施加真空,袋 56 保持被放气。

[0110] 接下来,如图 10 所示,压力源 62 连接管路 77,管路 77 给袋 56 增压且充气,使其膨胀且施加压力至铺层 20,这进一步抵靠部件表面 22 压紧铺层 20。

[0111] 图 11 示出该过程的下一步骤,其中真空源 64 与管路 75 和 77 都连接,从而导致气囊 54 和袋 56 都放气。袋 56 的放气导致袋 56 与铺层 20 分开且从铺层 20 缩回。当袋 56 与铺层 20 分开时,机器人 56 将工具组件 25 返回至待命位置(未示出)以准备好下一铺层/施加循环。

[0112] 现在注意图 12,其大体示出形成和施加复合铺层至多轮廓部件表面的方法的步骤。开始于步骤 76,工具 26 被制造,在所示示例中,这是通过将结构性泡沫形成为具有与部件表面 22 大体匹配的多轮廓工具面 26 的理想形状而实施的。如前所述,可使用各种已知制造过程中任意过程将结构性泡沫形成为理想工具形状,所述过程包括但不限于机加工和模制。接下来,在步骤 78,真空/压力管路 75、77 被布置在工具 26 内且与流动控制阀 72 连接。在步骤 80,使用先前描述的照相测量和/或激光追踪技术或其它技术产生一组位置数据,以便相对于部件表面 22 定位工具面 26。在步骤 82,真空被施加至气囊 54 和袋 56 二者,使得袋 56 被抽吸而下降到多轮廓工具面 26 上。在步骤 83,通过使用 AFP 机 42 在袋 56 之上形成与工具面 26 相符合的一个或更多个层板,从而在工具面 26 上形成复合铺层 42。

[0113] 在已经形成多轮廓铺层 20 的情况下,然后在步骤 84,机器人或其它操纵器将工具组件 25 移动至靠近部件 24,且将铺层 20 铺设到部件表面 22 上。接下来,如步骤 86 所示,气囊 54 被增压,使其充气且施加压紧力至铺层 20,同时真空袋 56 保持被放气。然后,在步骤 88,袋 56 也被增压,使其充气且施加额外压紧力至铺层 20,这进一步抵靠部件表面 22 压紧铺层 20。在压紧之后,真空首先被施加至袋 56 然后被施加至气囊 54,使它们中的每一个都放气且被抽吸而远离铺层 20。在该方法的一个实际实施例中,气囊 54 被充气一分钟而真空被施加至袋 56。然后,袋 56 被充气一分钟,随后真空被施加至袋 56,这有助于将袋 56 拉离压紧的铺层 20。最后,在步骤 92,工具组件 25 被缩回至待命位置,准备重复铺层形成和铺设循环。

[0114] 本公开的实施例可用于多种可能的应用,尤其在运输业中,包括例如航空航天业、海运业和汽车应用。因此,现在参考图 13 和图 14,本公开的实施例可被用于图 13 所示的飞机制造和服役方法 94 以及如图 14 所示的飞机 96 的情况中。所公开的实施例中的飞机应用可包括例如许多种组件和子组件,例如但不限于结构性构件和内部部件。在预生产过程中,示例性方法 94 可包括飞机 96 的技术规格和设计 98 以及材料获取 100。在生产过程中,进行飞机 96 的部件和子组件制造 102 以及系统整合 104。此后,飞机 96 可经过认证和交付 106,以便服役 108。当被消费者使用时,规定了飞机 96 的例行维护和保养 110(这可包括修改、重构、翻新等等)。

[0115] 可由系统整合者、第三方和 / 或操作者 (例如, 消费者) 执行或实施方法 94 的每个过程。为了描述的目的, 系统整合者可包括但不限于任意数量的飞机制造商和主系统次承包商 ; 第三方可包括但不限于任意数量的销售商、次承包商和供应商 ; 并且操作者可以是航空公司、租赁公司、军事实体、服务机构等等。

[0116] 如图 14 所示, 通过示例性方法 94 制造出的飞机 96 可包括具有多个系统 114 和内部设施 116 的机身 112。高级系统 114 的示例包括推进系统 120、电气系统 120、液压系统 122 和环境系统 124 中的一个或多个。可包括任意数量的其它系统。所公开的方法可用于制造用于内部设施 116 或机身 112 中的部件、结构性构件、组件或子组件。虽然示出了航空航天示例, 但是本公开的原理可适用于其它工业, 例如海运业和汽车产业。

[0117] 可在制造和服役方法 94 的任意一个或多个阶段中采用本文包含的系统和方法。例如可以以类似于当飞机 96 服役时制造部件、结构性构件、组件或子组件的方式制作或加工对应于生产过程 102 的部件、结构元件、组件或构件。同样, 一个或多个设备实施例、方法实施例或其组合可用于生产阶段 102 和 104 中, 例如, 通过极大加速飞机 96 的组装或减少飞机 96 的成本。类似地, 一个或多个设备实施例、方法实施例或其组合可在飞机 96 服役时被使用, 例如但不限于维护和保养 110。

[0118] 虽然已经关于某些示例性实施例描述了本公开的实施例, 但应当明白, 具体实施例是为了说明而不是限制的目的, 因为本领域技术人员将想到其他变体。

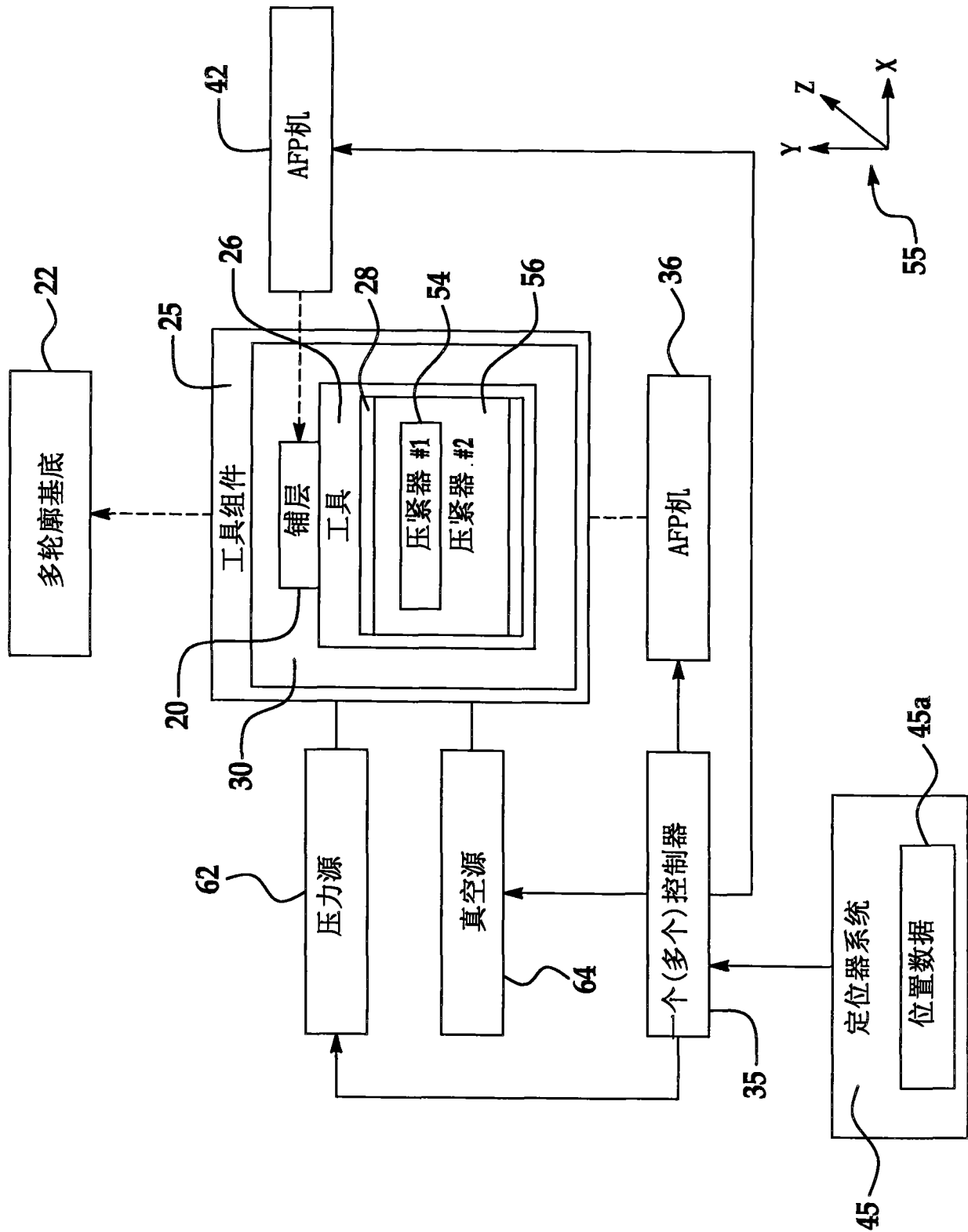
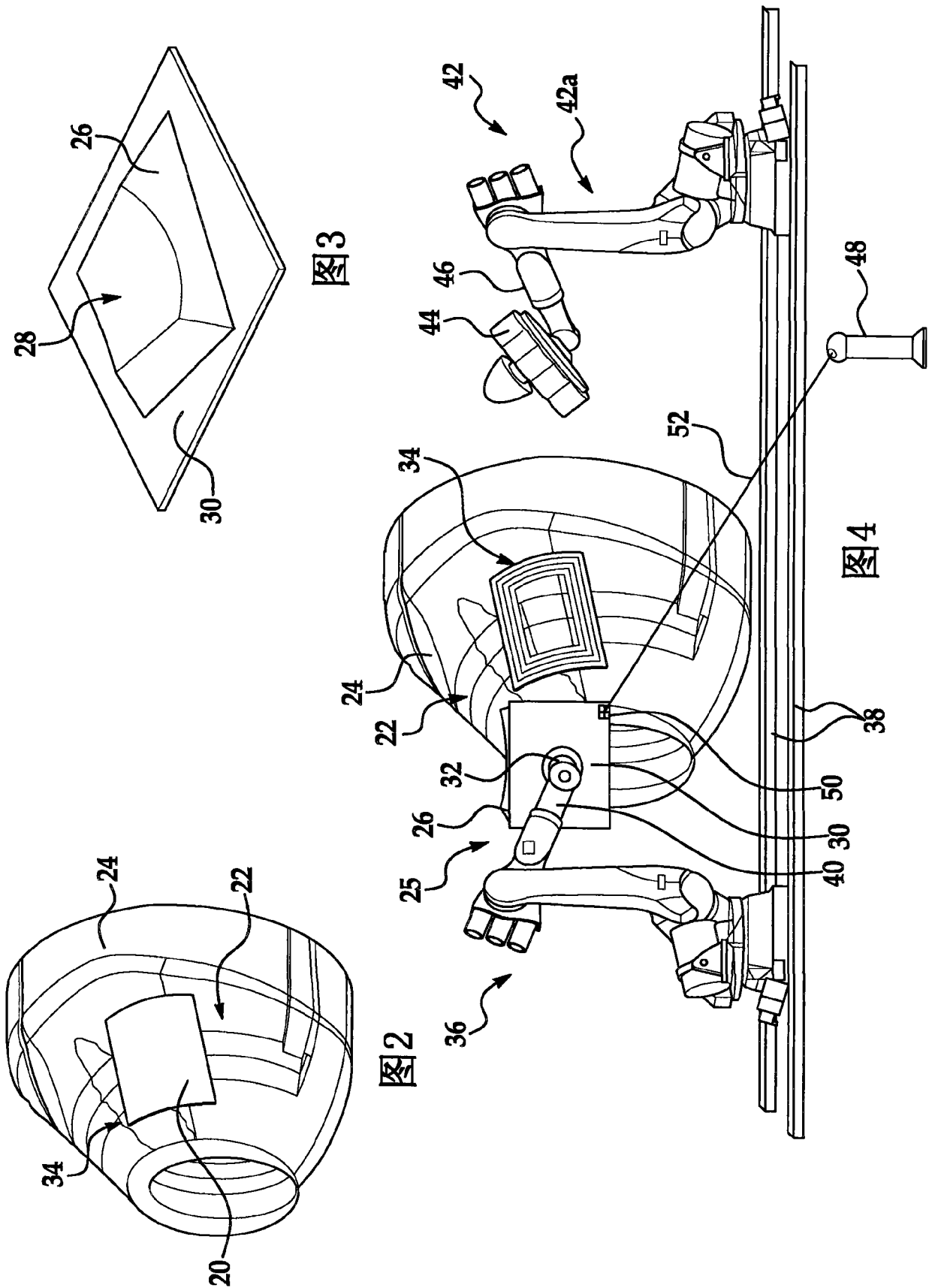


图 1



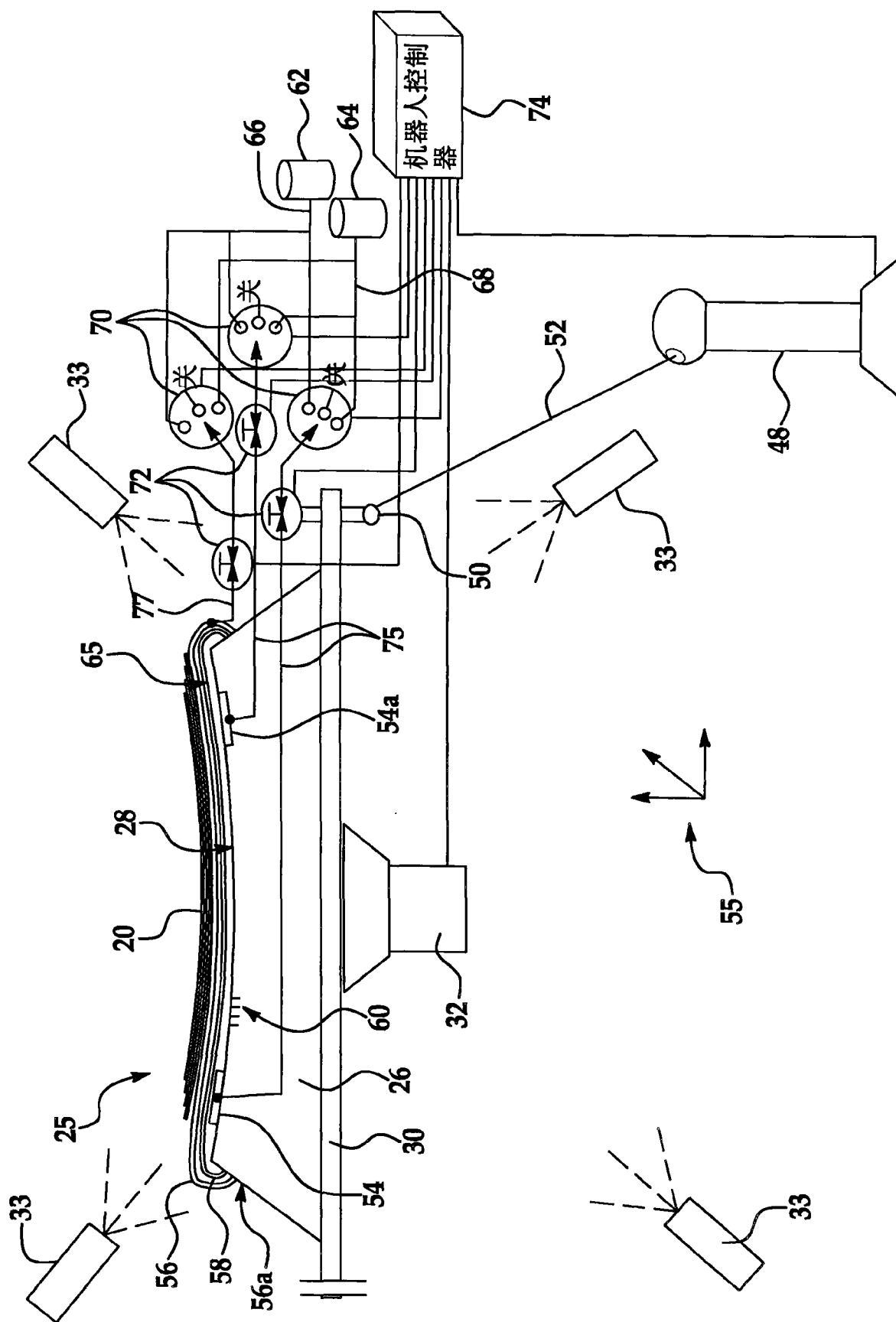


图 5

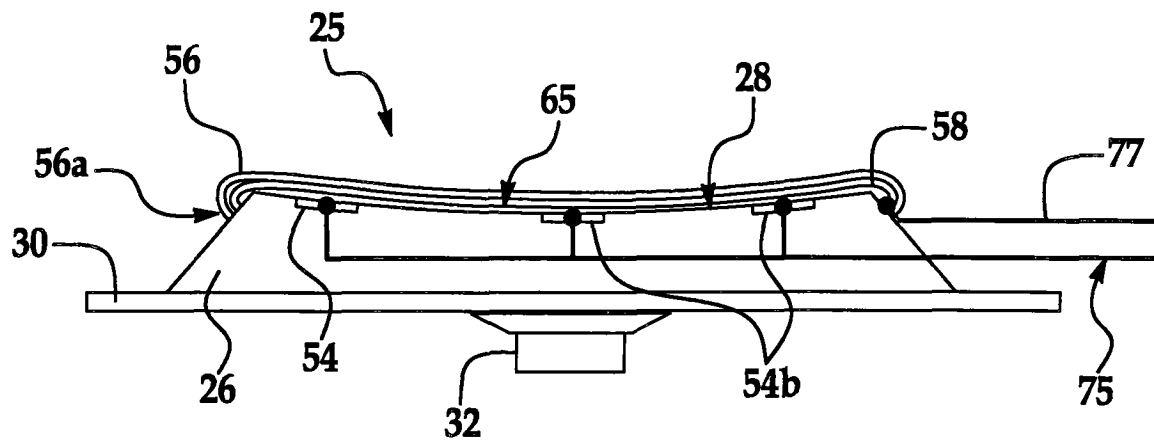


图 6A

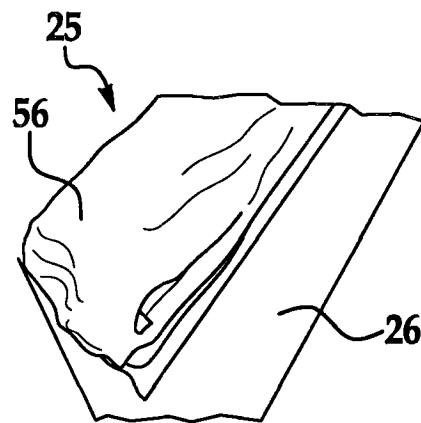


图 6B

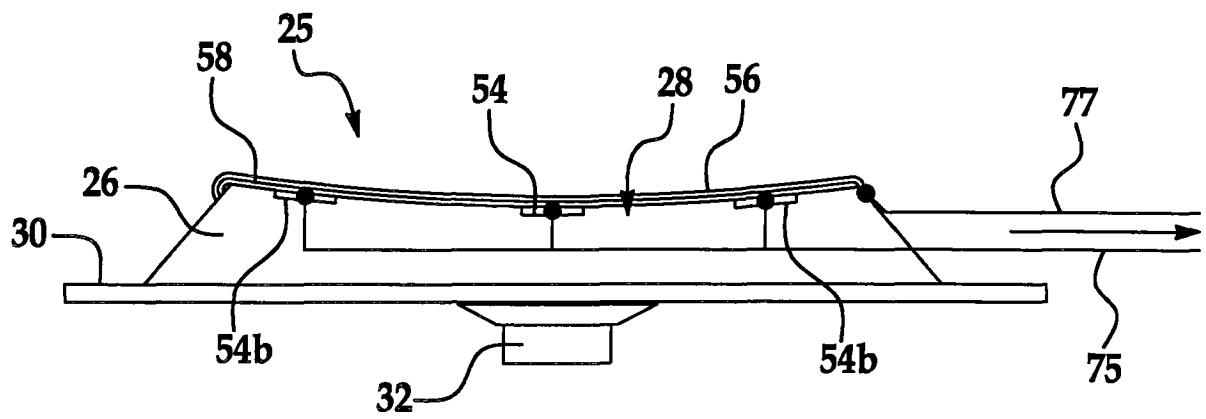


图 7A

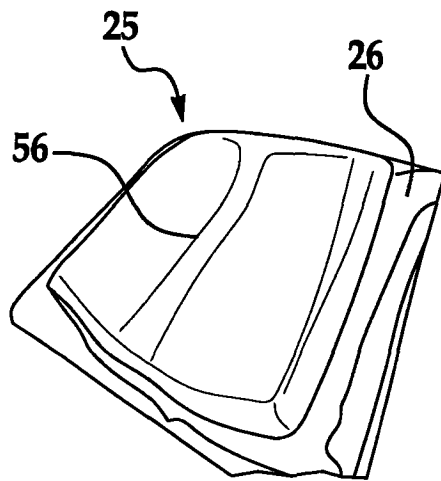


图 7B

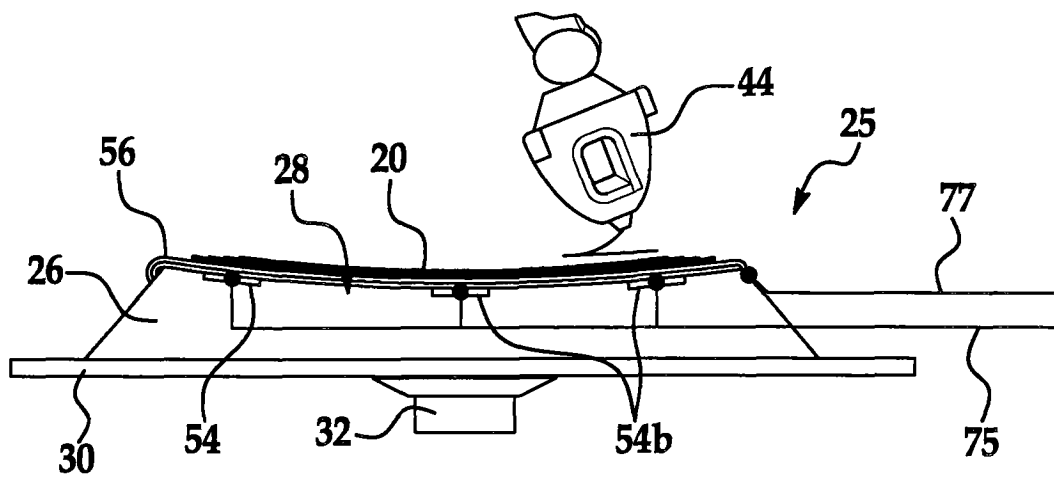


图 8A

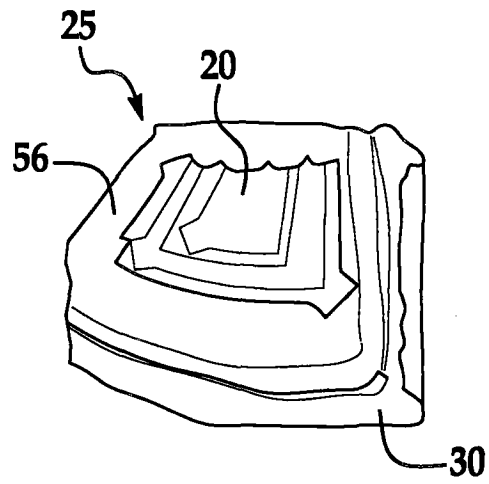


图 8B

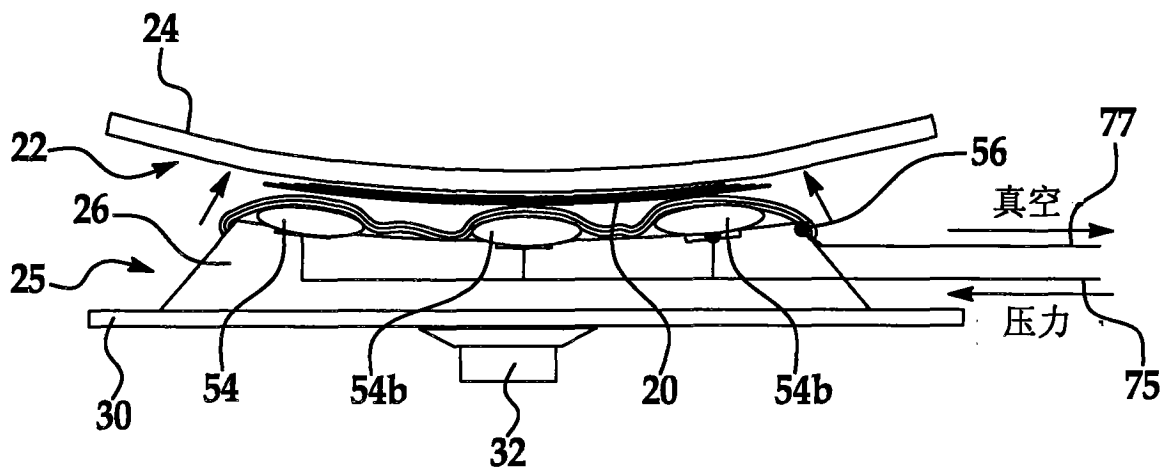


图 9A

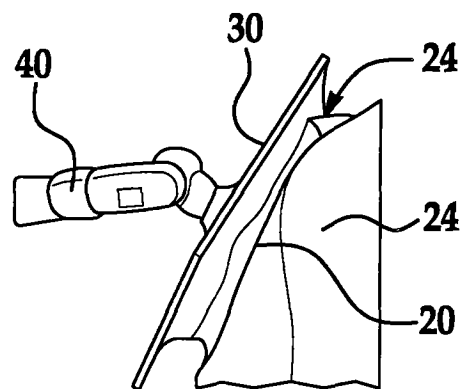


图 9B

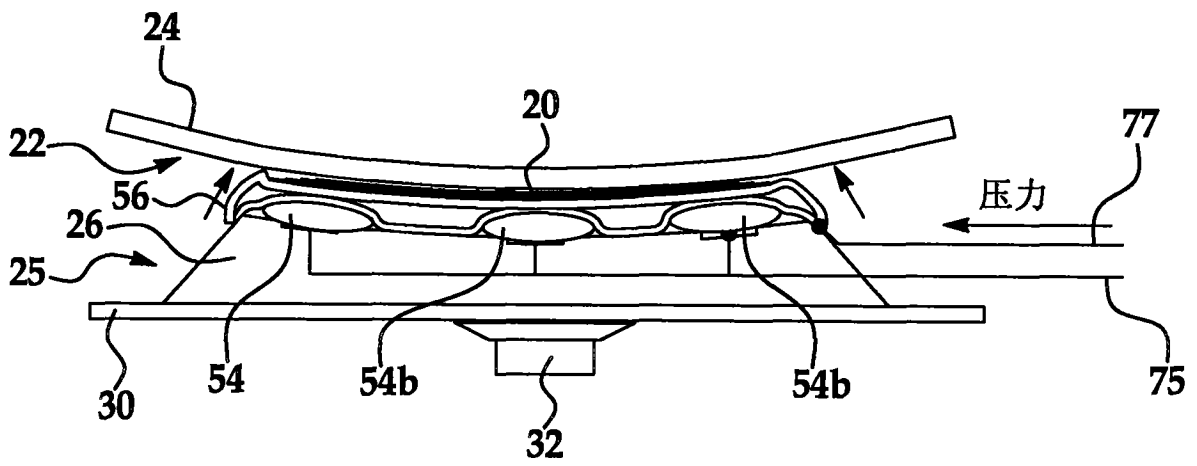


图 10

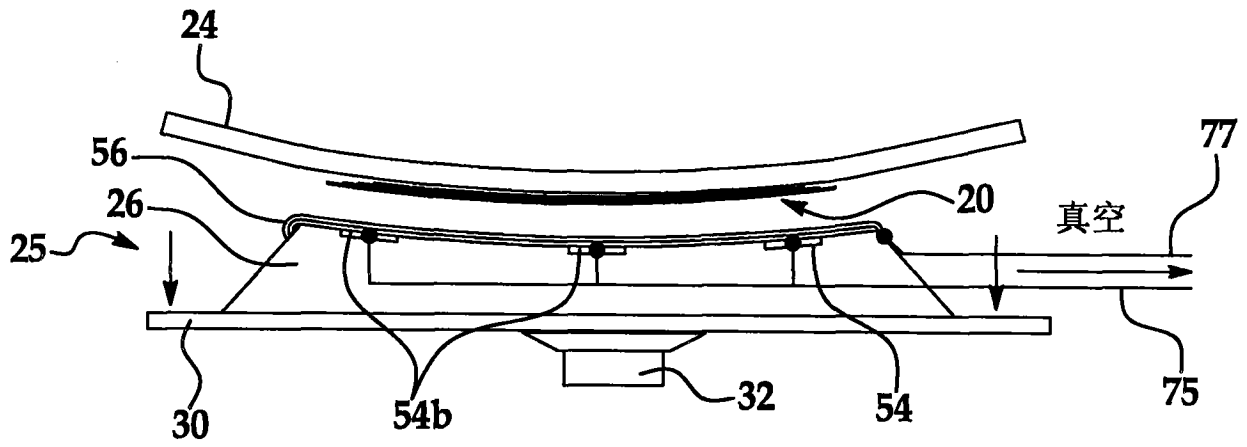


图 11

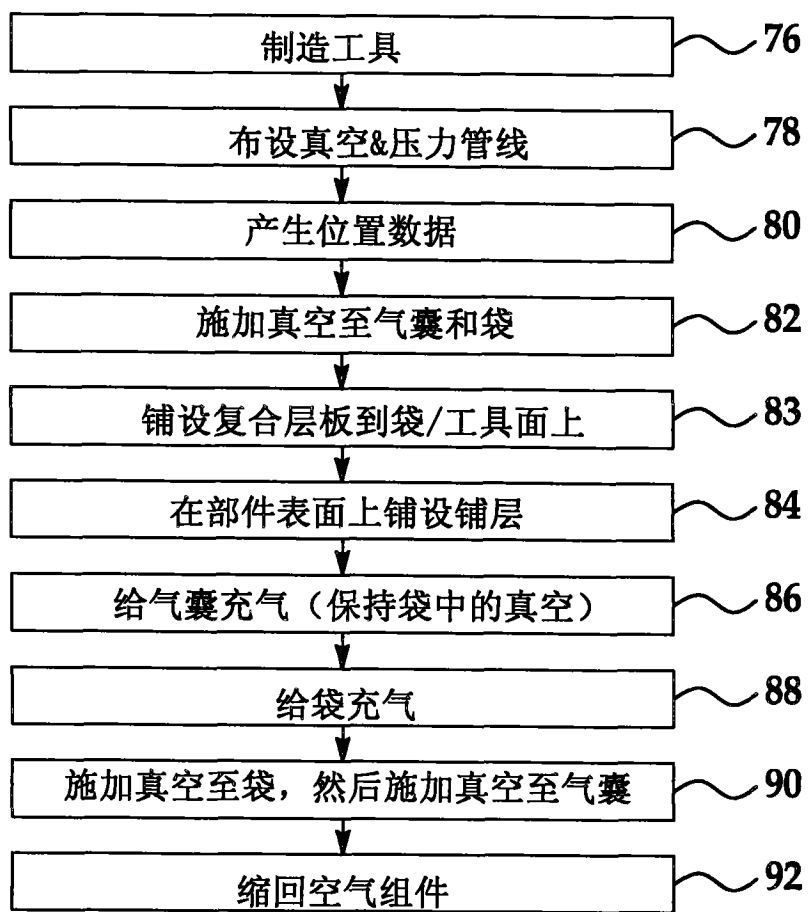


图 12

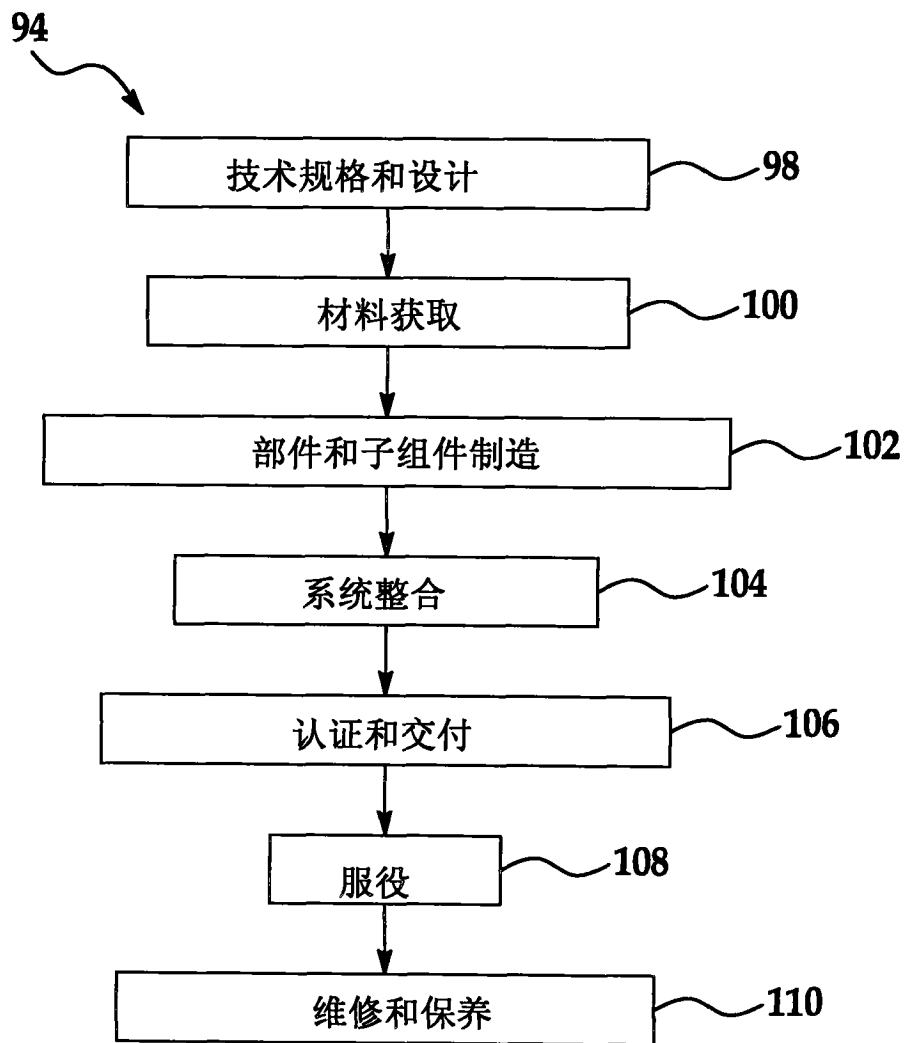


图 13

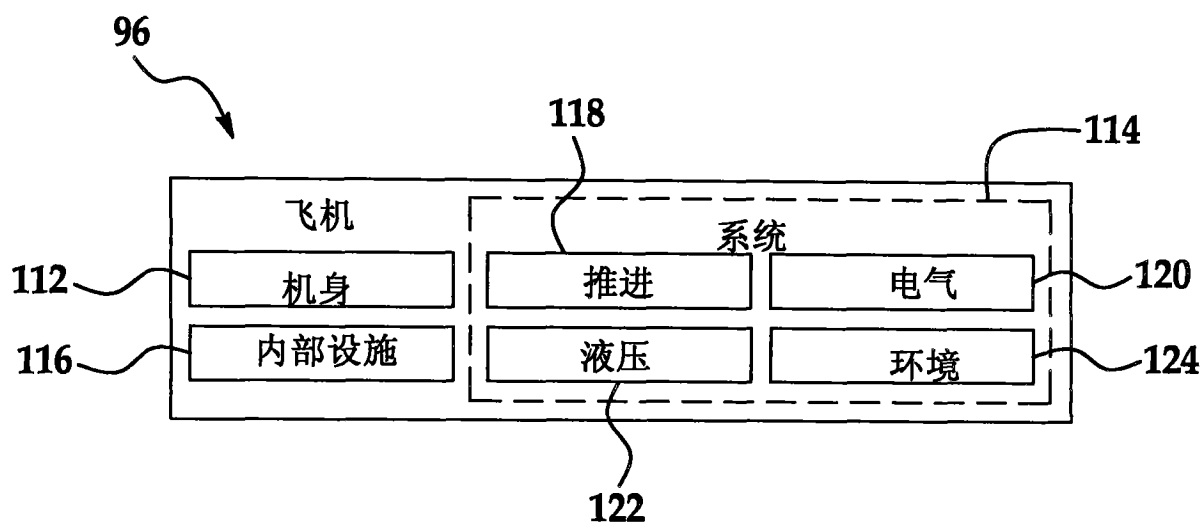


图 14