



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108216678 B

(45) 授权公告日 2023.01.31

(21) 申请号 201711134408.8

(22) 申请日 2017.11.16

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108216678 A

(43) 申请公布日 2018.06.29

(30) 优先权数据  
15/381,644 2016.12.16 US

(73) 专利权人 波音公司  
地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 D·B·瓦萨 J·E·米勒  
S·L·斯塔德利 S·E·亚瑟  
K·S·毕昂迪克 B·M·莫里亚蒂  
R·C·恩格 M·H·梅琳

(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 5/50 (2017.01)

(56) 对比文件  
DE 102014006991 A1, 2014.12.11  
US 2007062383 A1, 2007.03.22  
CN 105413921 A, 2016.03.23  
CN 104520111 A, 2015.04.15  
EP 0390296 A1, 1990.10.03  
US 4401699 A, 1983.08.30

审查员 陈艳

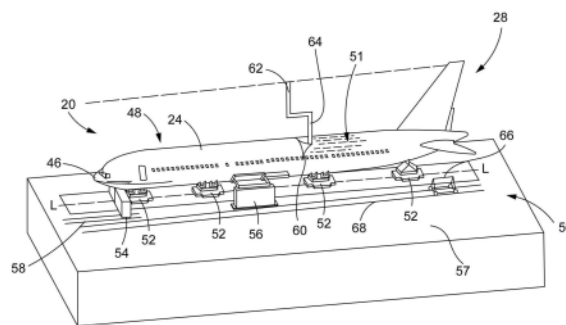
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

### (54) 发明名称

可变横截面顺应机构

### (57) 摘要

本发明提供可变横截面顺应机构。一种用于处理轮廓化表面的表面处理支撑结构组件包括由多个基础结构形成的支撑结构阵列,每个基础结构相对于彼此可操作地联接并且被构造沿着纵向轴线滑动和围绕垂直于所述纵向轴线的横向平移轴线旋转。该支撑结构阵列进一步包括联接至所述支撑结构阵列的每个基础结构的至少一个施加器头,所述至少一个施加器头中的每个施加器头都被构造处理所述轮廓化表面。另外,基础结构致动器操作地联接至每个基础结构并且被构造沿着所述纵向轴线和所述横向平移轴线操纵所述每个基础结构,从而相对于所述轮廓化表面调整所述支撑结构阵列。



1. 一种用于处理轮廓化表面的表面处理支撑结构组件, 该表面处理支撑结构组件包括:

由多个基础结构形成的支撑结构阵列, 每个基础结构构造有至少一个基础结构致动器且相对于彼此能操作地联接并且被构造成响应于来自相应的基础结构致动器的致动沿着相应的基础结构的纵向轴线滑动和围绕垂直于所述纵向轴线的横向平移轴线旋转;

联接至所述支撑结构阵列的每个基础结构的至少一个施加器头, 所述至少一个施加器头中的每个施加器头都被构造成处理所述轮廓化表面; 以及

多个所述基础结构致动器, 所述多个基础结构致动器中的至少一个基础结构致动器操作地联接至所述相应的基础结构并且被构造成沿着所述纵向轴线和所述横向平移轴线操纵该相应的基础结构, 从而相对于所述轮廓化表面单独地调整形成所述支撑结构阵列的所述基础结构。

2. 根据权利要求1所述的表面处理支撑结构组件, 其中所述支撑结构阵列操作地联接至第一附装臂和第二附装臂, 并且所述第一附装臂和所述第二附装臂进一步包括附装臂致动器, 该附装臂致动器被操纵而在第一轮廓化形状和第二轮廓化形状之间调整所述支撑结构阵列。

3. 根据权利要求2所述的表面处理支撑结构组件, 其中所述第一轮廓化形状包括第一半径, 所述第二轮廓化形状包括第二半径。

4. 根据权利要求2所述的表面处理支撑结构组件, 其中所述第一附装臂包括第一基础结构接头, 所述第二附装臂包括第二基础结构接头, 所述第一基础结构接头和所述第二基础结构接头均以可旋转的方式联接至所述支撑结构阵列, 并且所述第一基础结构接头被构造成围绕第一附装臂轴线和第一基础结构接头轴线旋转, 所述第二基础结构接头被构造成围绕第二附装臂轴线和第二基础结构接头轴线旋转。

5. 根据权利要求4所述的表面处理支撑结构组件, 其中所述第一附装臂进一步包括第一附装柱接头, 所述第二附装臂进一步包括第二附装柱接头, 所述第一附装柱接头和所述第二附装柱接头均以可旋转的方式附装至支撑柱并且被构造成围绕相应的第一附装臂轴线和第二附装臂轴线旋转。

6. 根据权利要求2所述的表面处理支撑结构组件, 该表面处理支撑结构组件进一步包括联接至每个基础结构的传感器, 所述传感器被构造成检测所述轮廓化表面的现有形状并生成轮廓化数据集。

7. 根据权利要求6所述的表面处理支撑结构组件, 该表面处理支撑结构组件进一步包括以能通信的方式联接至所述传感器、所述基础结构致动器和所述附装臂致动器的控制器, 其中所述控制器被编程以从所述传感器接收信号并且基于所述轮廓化数据集控制所述基础结构致动器和所述附装臂致动器来操纵所述支撑结构阵列。

8. 根据权利要求1所述的表面处理支撑结构组件, 其中所述至少一个施加器头包括被构造成对所述轮廓化表面施加表面处理的研磨头、检查头、加热器、UV发射器、喷涂喷嘴和喷墨打印头中的一者。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的表面处理支撑结构组件, 其中所述轮廓化表面为飞机的外部。

10. 一种利用表面处理支撑结构组件处理轮廓化表面的方法, 该方法包括:

由多个基础结构形成支撑结构阵列,每个基础结构构造有至少一个基础结构致动器且相对于彼此以能操作的方式联接并且被构造成响应于来自相应的基础结构致动器的致动沿着相应的基础结构的纵向轴线滑动和围绕垂直于所述纵向轴线的横向平移轴线旋转;

将至少一个施加器头联接至所述支撑结构阵列的每个基础结构,所述至少一个施加器头中的每个施加器头都被构造成向所述轮廓化表面施加表面处理;以及

将多个所述基础结构致动器中的至少一个基础结构致动器联接至所述相应的基础结构并且沿着所述纵向轴线和所述横向平移轴线操纵该相应的基础结构,从而相对于所述轮廓化表面单独地调整形成所述支撑结构阵列的所述基础结构。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中所述支撑结构阵列操作地联接至第一附装臂和第二附装臂,并且调整所述支撑结构阵列的步骤包括启动附装臂致动器,以在第一轮廓化形状和第二轮廓化形状之间调整所述支撑结构阵列。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中所述第一轮廓化形状包括第一半径,所述第二轮廓化形状包括第二半径,在第一轮廓化形状和第二轮廓化形状之间调整所述支撑结构阵列的步骤包括在所述第一半径和所述第二半径之间进行调整。

13. 根据权利要求11所述的方法,其中所述第一附装臂包括第一基础结构接头,所述第二附装臂包括第二基础结构接头,所述第一基础结构接头和所述第二基础结构接头均以可旋转的方式联接至所述支撑结构阵列,并且调整所述支撑结构阵列的步骤包括分别围绕第一附装臂轴线、第一基础结构接头轴线、第二附装臂轴线和第二基础结构接头轴线旋转所述第一附装臂和所述第二附装臂。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中所述第一附装臂进一步包括以可旋转的方式附装至支撑柱的第一附装柱接头,所述第二附装臂进一步包括以可旋转的方式附装至所述支撑柱的第二附装柱接头,并且调整所述支撑结构阵列的步骤进一步包括围绕相应第一附装臂轴线和第二附装臂轴线旋转所述第一附装柱接头和所述第二附装柱接头。

15. 根据权利要求11所述的方法,该方法进一步包括将传感器联接至每个基础结构,并且操纵每个基础结构的步骤包括所述传感器检测所述轮廓化表面的现有形状并生成轮廓化数据集。

16. 根据权利要求15所述的方法,该方法进一步包括将控制器以可通信的方式联接至所述传感器、所述基础结构致动器和所述附装臂致动器,并且操纵所述支撑结构阵列的步骤包括对所述控制器进行编程以从所述传感器接收信号并基于所述轮廓化数据集控制所述基础结构致动器和所述附装臂致动器来操纵所述支撑结构阵列。

17. 根据权利要求10所述的方法,其中将至少一个施加器头联接至基础结构的步骤包括研磨头、检查头、加热器、UV发射器、喷涂喷嘴和喷墨打印头中的一者以对所述轮廓化表面施加表面处理。

## 可变横截面顺应机构

### 技术领域

[0001] 本公开总体而言涉及用于处理表面的自动化表面处理组件和方法,更具体而言,涉及用于处理轮廓化表面的自动化表面处理支撑结构组件系统和方法。

### 背景技术

[0002] 处理和涂布诸如商用飞机之类的机器的结构表面是一个长而广泛的过程。表面处理经常需要对包括各种各样大的轮廓化表面进行涂布。此外,涂布结构表面包括施加用于工程特性的多层涂层以及施加装饰性涂装。装饰性涂装使用复杂过程施加,这种过程需要一系列遮蔽操作,之后在需要的地方施加彩色涂料或涂层。这些遮蔽和涂漆操作顺序地重复,直到完成外表面处理。因此,在具有各种各样轮廓化表面的大面积上进行这些过程需要相当大量的时间和资源。

### 发明内容

[0003] 根据本发明的一个方面,公开了一种用于处理轮廓化表面的表面处理支撑结构组件。该表面处理支撑结构组件包括由多个基础结构形成的支撑结构阵列,每个基础结构相对于彼此可操作地联接并且被构造成沿着纵向轴线滑动和围绕垂直于所述纵向轴线的横向平移轴线旋转。该支撑结构阵列进一步包括联接至所述支撑结构阵列的每个基础结构的至少一个施加器头,所述至少一个施加器头中的每个施加器头都被构造成处理所述轮廓化表面。另外,基础结构致动器操作地联接至每个基础结构并且被构造成沿着所述纵向轴线和所述横向平移轴线操纵所述每个基础结构,从而相对于所述轮廓化表面调整所述支撑结构阵列。

[0004] 根据本公开的另一个方面,公开了一种利用表面处理支撑结构组件处理轮廓化表面的方法。该方法包括由多个基础结构形成支撑结构阵列,每个基础结构相对于彼此可操作地联接并且被构造成沿着纵向轴线滑动和围绕垂直于所述纵向轴线的横向平移轴线旋转。该方法进一步包括将至少一个施加器头联接至所述支撑结构阵列的每个基础结构,所述至少一个施加器头中的每个施加器头都被构造成向所述轮廓化表面施加表面处理。另外,该方法包括将基础结构致动器联接至每个基础结构并且沿着所述纵向轴线和所述横向平移轴线操纵所述每个基础结构,从而相对于所述轮廓化表面调整所述支撑结构阵列。

[0005] 根据本公开的又一个方面,公开了一种用于处理飞机外表面的表面处理支撑结构组件系统。该表面处理支撑结构组件系统包括由多个基础结构形成的多个支撑结构阵列,每个基础结构相对于彼此可操作地联接并且被构造成沿着纵向轴线滑动和围绕垂直于所述纵向轴线的横向平移轴线旋转。该表面处理支撑结构组件系统进一步包括联接至每个基础结构的至少一个施加器头,并且所述至少一个施加器头中的每个施加器头都被构造成沿着所述飞机的外表面处理轮廓化表面。此外,基础结构致动器操作地联接至每个基础结构并且被构造成沿着所述纵向轴线和所述横向平移轴线操纵所述每个基础结构。另外,所述表面处理支撑结构组件系统包括可通信地联接至所述基础结构致动器的控制器,该控制器

被编程以操作所述基础结构致动器,从而沿着所述飞机的外表面相对于所述轮廓化表面操纵多个支撑结构阵列。

[0006] 这里公开的特征、功能和优点能够在各种实施方式中独立地获得,或者可以在另外其它实施方式中组合,参照如下描述和附图可以更好地认识这些实施方式的细节。

## 附图说明

[0007] 图1是根据本公开构造的示例性运载工具的立体图;

[0008] 图2是示例性轮廓化表面以及根据本公开的表面处理支撑结构组件的立体图;

[0009] 图3是根据本公开的示例性表面处理支撑结构组件和工作区域的剖视图;

[0010] 图4是根据本公开的表面处理支撑结构组件的另一个实施方式的立体图;

[0011] 图5是根据本发明的表面处理支撑结构组件的附加实施方式的立体图;

[0012] 图6是根据本公开的图5的表面处理支撑结构组件的基础结构的实施方式的放大立体图;

[0013] 图7是根据本发明的示例性控制和通信系统的示意图;以及

[0014] 图8是示出了利用根据本公开的表面处理支撑结构组件处理轮廓化表面的示例性方法的流程图。

[0015] 应该理解,这些附图未必是按照比例绘制的,并且以图解方式示意性地示出了所公开的实施方式(在一些情况下以部分视图示出)。在某些情况下,对理解所公开的方法和设备来说不必要或者致使其它细节难以理解的细节可能已经省略。应该进一步理解,如下详细描述仅仅是示例性的,并且不是为了限制本公开的应用或用途。这样,尽管出于说明方便而仅在例示实施方式中描绘并描述了本公开,但是可以在这里没有示出或描述的许多其它实施方式中以及各种系统和环境中实现该公开。

## 具体实施方式

[0016] 如下详细描述旨在提供用于执行本公开的方法和装置。该公开的实际范围由所附权利要求限定。

[0017] 参照图1,示出了运载工具20。运载工具20的一个非限制性示例为飞机。然而,本公开也适用于其它类型的运载工具和机器。如图所示,该运载工具20构造有包括机身24、机翼26和尾段28的机架22。另外,一个或多个推进单元30联接至每个机翼26以在行进方向上推进运载工具20。此外,每个机翼26固定地附装至机身24,并且推进单元30附装至机翼26的下侧表面,然而,推进单元30在其它附装位置附装也是可行的。在一些实施方式中,每个机翼26位于沿着机身24的基本中心位置,并且每个机翼26被构造成包括多个襟翼32、前缘装置34和周边边缘装置36(即,小翼)。而且,在运载工具20的操作期间,襟翼32、前缘装置34和周边边缘装置36能够在多个位置中进行调整以便控制并稳定运载工具20。例如,襟翼32和前缘装置34可在若干不同位置进行调整以使机翼26产生期望的提升特性。另外,机架22的尾段28包括提供运载工具20的其它稳定性和可操作性功能的部件,诸如升降舵38、方向舵40、垂直稳定翼42和水平稳定器44。

[0018] 图2示出了附装有尾段28的机身24的一个非限制性示例。通常,运载工具20的机身24和其它部件由铝、铝合金、钛、碳复合材料或其它已知材料构成。此外,机身24形成运载工

具20的管状结构,该管状结构包括被指定作为机身24的前部的鼻部46和被指定作为机身24的后部的尾段28。机身24的外表面在鼻部46和尾段28之间沿着机身24的长度改变尺寸和形貌。结果,机身24经常被描述为具有轮廓化表面48或轮廓。在一个实施方式中,该轮廓化表面48包括由机身24以及运载工具20的其它部件的一系列变化表面几何形状形成的各种各样的表面轮廓。例如,沿着机身24从鼻部46移动到尾段28,轮廓化表面48表现出变化的几何形状和轮廓,诸如但不限于机身24的直径增加、机身24的直径减小、凸表面、凹表面、其它这种表面几何形状和轮廓以及它们的组合。

[0019] 在运载工具20制造和/或维护期间,机身24和运载工具的其它部件位于工作区域50内,并且准备好进行一个或多个制造步骤和/或安排好的维护步骤。在一些实施方式中,运载工具20的制造和/或维护包括沿着机身24、机翼26(图1)、尾段28或运载工具20的其它部分在轮廓化表面48上施加表面处理层51。一般来说,沿着轮廓化表面48施加表面处理层51包括对轮廓化表面48进行清洁、研磨、上底漆、涂面漆、防护、固化、检查、修复或其它已知表面处理中的一个或多个。此外,表面处理层51的一个非限制性示例包括施加装饰性涂装涂层,这种装饰性涂装涂层不仅提供抵抗运载工具20遇到的恶劣环境条件的表面防护,而且在机身24上产生装饰性设计,这有助于将一个运载工具20与另一个运载工具识别并区分开。另外,在一些实施方式中,表面处理层51由多个层构成,诸如向轮廓化表面48施加底漆涂层、粘合促进剂、面漆涂料、清漆涂料、装饰性涂料和其它表面处理层。

[0020] 如图2中进一步所示,在将机翼26(图1)和其它部件附装或以其它方式联接至运载工具20之前,通过将机身24定位在工作区域50内而将运载工具20准备好进行表面处理。然而,在另选实施方式中,诸如但不限于在运载工具20的维护或保养期间,可以在带有已经附装的机翼26(图1)、尾段28和其它部件的完全组装好的运载工具20上进行轮廓化表面48的表面处理。例如,在一些情况下,运载工具20的外表面在操作过程中被损坏,从而轮廓化表面48需要修理以将损坏修复。结果,将完全组装好的运载工具20定位在工作区域50内并且准备好进行一个或多个表面处理。

[0021] 在开始表面处理之前,通过多个自动化引导车52(AGV)将机身24运送到工作区域50。AGV 52沿着机身24的下侧定位以给运载工具20提供足够的支撑,并且被构造成将机身24移动就位。尽管图2示出了使用四个AGV 52,但是当然可以使用其它数量的AGV 52(即更少或更多的AGV 52)。一旦AGV 52将机身24移动到工作区域50内,则将一个或多个结构沿着机身24的底侧定位以在表面处理期间提供支撑。在一些实施方式中,运载工具鼻部支撑结构54位于机身24的鼻部46的下侧,并且至少一个运载工具中央支撑结构56位于机身24的中央部分的下面。另外,尽管图2中示出了运载工具鼻部支撑结构54和运载工具中央支撑结构56,但是可以在沿着机身24的需要支撑的其它地方放置一个或多个附加支撑结构,诸如但不限于在尾段28下面或者运载工具鼻部支撑结构54和运载工具中央支撑结构56之间的任何地方。

[0022] 在一个非限制性实施方式中,鼻部支撑结构54和运载工具中央支撑结构56通过一组运载工具支撑结构轨道58可滑动地联接至工作区域50的地板57。鼻部支撑结构54和运载工具中央支撑结构56沿着运载工具支撑结构轨道58滑动并且定位在机身24下面以确保机身24或运载工具20的其它部件得到合适的支撑。此外,鼻部支撑结构54和运载工具中央支撑结构56被构造成使得它们能够不与AGV 52干涉地沿着运载工具支撑结构轨道58移动。结

果,AGV 52能够与鼻部支撑结构54和运载工具中央支撑结构56一起在表面处理期间支撑机身24或运载工具20的其它部件。尽管图2示出了使用AGV 52和鼻部支撑结构54以及运载工具中央支撑结构56来输送并支撑机身24和运载工具20的其它部件,但是对本领域技术人员已知的是,定位、支撑和输送机身24和运载工具20的其它部件的其它方法也是可行的。

[0023] 如图2中进一步所示,工作区域50配备有被构造成向运载工具20的轮廓化表面48施加表面处理层51或以其它方式处理该轮廓化层48的至少一个表面处理支撑结构组件60。在一些实施方式中,该表面处理支撑结构组件60被附装至高架龙门62,该高架龙门62被构造成在工作区域50内给表面处理支撑结构组件60提供支撑和运动。在一个非限制性示例中,高架龙门62被附装至延伸工作区域50的长度L-L的高架龙门结构62,该高架龙门结构62在表面处理期间容纳机身24或运载工具20的其它部件。高架龙门62被构造成在表面处理支撑结构组件60处理运载工具20的轮廓化表面48时沿着高架龙门结构62移动该表面处理支撑结构组件60。此外,在一个非限制性示例中,表面处理支撑结构组件60包括将表面处理支撑结构组件60联接至高架龙门62的附装柱64。

[0024] 附加地或另选地,,该表面处理支撑结构组件60安装在类似于用来将机身24移入和移出工作区域50的AGV 52的表面处理支撑组件自动化引导车 (AGV) 66上。该表面处理支撑组件AGV 66被构造成在表面处理支撑结构组件60处理运载工具20的轮廓化表面48时沿着工作区域50的地板57的长度L-L移动。在一个实施方式中,该表面处理支撑组件AGV 66联接至一组表面处理AGV轨道68,该组表面处理AGV轨道68在机身24旁边横向地定位并且被构造成沿着工作区域50的地板57的长度L-L运行。此外,一些实施方式包括两组表面处理AGV轨道68,这两组表面处理AGV轨道68在工作区域50内间隔开,从而使得机身24能够在两组表面处理AGV轨道68之间基本居中地定位。结果,一个或多个表面处理支撑结构组件60在轮廓化表面48的表面处理期间能够位于机身24的每一侧。在另选实施方式中,该表面处理支撑组件AGV 66构造有一组车轮或不需要安装在表面处理AGV轨道68上的其它地面接合元件。结果,在表面处理支撑组件60处理运载工具20的轮廓化表面48的同时,该表面处理支撑组件AGV 66在一组车轮或其它地面接合元件上沿着工作区域50的地板57行进。在一些实施方式中,使用多个表面处理支撑结构组件60进行轮廓化表面48的表面处理,从而一个或多个表面处理支撑结构组件60安装在高架龙门62和一个或多个表面处理支撑组件AGV 66二者上。高架龙门62和/或表面处理支撑组件AGV 66布置在机身24周围,以将每个表面处理支撑结构组件60相邻于轮廓化表面48定位。结果,安装在高架龙门62和/或表面处理支撑组件AGV 66上的多个表面处理支撑结构组件60提供了管状机身24的圆周或其它表面尺寸周围的完全覆盖,以对轮廓化表面48进行表面处理。

[0025] 现在参照图3至图4,示出了工作区域50的另选实施方式。工作区域50包括形成在地板57中的地板座坑72,并且地板座坑72被构造成延伸工作区域50的长度L-L(图2中所示)。另外,地板座坑72包括座坑龙门74,该座坑龙门74被构造成给可操作地附装至座坑龙门74的至少一个表面处理支撑结构组件60提供支撑和运动。一般来说,座坑龙门74被构造成从地板座坑72的底部向上延伸,并且提供用于每个表面处理支撑结构组件60的附装柱64的一个或多个附装点76。此外,座坑龙门74附装至布置在地板座坑72内的基础结构,从而在处理机身24的轮廓化表面48的同时,座坑龙门74能够沿着地板座坑72的长度L-L(图2)移动一个或多个表面处理支撑结构组件60。在一些实施方式中,座坑龙门74对定位成沿着机身



24或运载工具20的其它部件的下侧处理轮廓化表面48的一个或多个表面处理支撑结构组件60进行支撑。然而,座坑龙门74和所述一个或多个表面处理支撑结构之间60是可调整的,以按照需要沿着轮廓化表面48定位所述一个或多个表面处理支撑结构组件60。

[0026] 如图3至图4中进一步所示,高架龙门62和座坑龙门74均构造有用于可操作地联接至至少一个表面处理支撑结构组件60的至少一个附装点76。在一些实施方式中,高架龙门62和座坑龙门74中的每个都可操作地联接至多于一个的表面处理支撑结构组件60,并且每个表面处理支撑结构组件60都相邻地定位至机身24的轮廓化表面48以形成表面处理支撑结构组件阵列77。在一个非限制性示例中,多个表面处理支撑结构组件阵列77被布置成基本围绕(即在圆周方向上围绕)机身24的轮廓化表面48。结果,当座坑龙门74和高架龙门62沿着机身24移动时,在圆周方向上向轮廓化表面48施加表面处理层51(图2)。座坑龙门74和高架龙门62彼此独立地控制和操作。然而,在一个非限制性示例中,座坑龙门74和高架龙门62被同步,从而它们同时沿着机身24移动以处理轮廓化表面48。在一个另选实施方式中,座坑龙门74和高架龙门62以交错方式定位并且在它们沿着机身24移动的同时处理轮廓化表面48的不同部分。而且,在又一个附加实施方式中,座坑龙门74和高架龙门62中的一者保持在固定不动位置,而座坑龙门74和高架龙门62中的另一者沿着机身24的轮廓化表面48移动。

[0027] 另外,座坑龙门74和高架龙门62定位多个表面处理支撑结构组件阵列77以使得与运载工具20和工作区域50的部件的干涉最小化。如图4所示,高架龙门62和座坑龙门74均构造有两个表面处理支撑结构组件阵列77,每个表面处理支撑结构组件阵列77都包括四个表面处理支撑结构组件60。然而,在每个表面处理支撑结构组件阵列77中还可以有其它数量和构造的表面处理支撑结构组件60。

[0028] 在一个非限制性示例中,包括竖直稳定翼42、水平稳定器44和其它这种部件的尾段28在轮廓化表面48的表面处理期间被附装至机身24。附装至座坑龙门74和高架龙门62的多个表面处理支撑结构组件阵列77被布置成使得与竖直稳定翼42和运载工具20的其它部件的干涉最小化(即避免与它们接触)。而且,多个表面处理支撑结构组件阵列77被布置成使得当座坑龙门74被尾段28经过时附装至座坑龙门74的多个表面处理支撑结构组件60在水平稳定器44下面经过。此外,多个表面处理支撑结构组件阵列77被布置成当高架龙门62被尾段28经过时附装至高架龙门62的多个表面处理支撑结构组件60在竖直稳定翼42的任一侧经过。尽管图3示出了尾段28与座坑龙门74、高架龙门62和多个表面处理支撑结构组件阵列77之间的相互作用,但是将理解的是,座坑龙门74、高架龙门62和多个表面处理支撑结构组件60还被构造成使得与运载工具20的其它部件诸如但不限于每个机翼26、推进单元30和其它这种部件(参见图1)的干涉最小化。

[0029] 此外,座坑龙门74和高架龙门62定位多个表面处理支撑结构组件60以使与运载工具中央支撑结构56、运载工具鼻部支撑结构54(图2)和其他结构以及在工作区域50内存在的设备的干涉最小化(即避免与它们接触)。如上所述,诸如运载工具中央支撑结构56和运载工具鼻部支撑结构54(图2)之类的支撑结构位于工作区域50中并且被构造成在轮廓化表面48的表面处理期间支撑运载工具20的机身24和其它部件。在一个非限制性示例中,运载工具中央支撑结构56包括基本平行于地板56并且支撑机身24的底侧部分的水平部分78。运载工具中央支撑结构56的水平部分78远离机身24横向地延伸至运载工具中央支撑结构56



的竖直部分80,该竖直部分80被支撑至或以其它方式固定至工作区域50的地板57。而且,运载工具中央支撑结构56的竖直部分80横向定位在地板座坑72的外侧并且构造有高度82,从而运载工具中央支撑结构56的区域84在机身24下面由运载工具中央支撑结构56的水平部分78和竖直部分80限定。运载工具中央支撑结构56的区域84被构造成在座坑门框74和多个表面处理支撑结构组件阵列77在轮廓化表面48的表面处理期间经过运载工具中央支撑结构56时为座坑龙门74和多个表面处理支撑结构组件阵列77提供间隙。而且,高架龙门62和多个表面处理支撑结构组件阵列77被布置且定位成在它们沿着机身24的轮廓化表面48移动时避免与运载工具中央支撑结构56干涉。

[0030] 参照图5,示出了示例性表面处理支撑结构组件60的扩大部分。表面处理支撑结构组件60包括多个基础结构86,这些基础结构86可操作地彼此相联接以形成包括九个基础结构86的基础结构阵列88。然而,另选数量的基础结构86也是可行的。另外,表面处理支撑结构组件60包括至少两个附装臂90,这两个附装臂90在臂第一端92处连接至基础结构阵列88,并且在臂第二端94处联接至附装柱64。在一些实施方式中,附装臂致动器95操作地联接至臂第二端94和附装柱64,从而对附装臂90进行调整或者以其它方式铰接以在至少第一位置(即第一半径)和第二位置(即第二半径)之间操纵基础结构阵列88。例如,在图5中,附装臂90被调整成使得每个附装臂90的臂第一端92展开,结果使基础结构阵列88处于扩展位置并以V形构造布置。然而,基础结构阵列88的其它形状和布置也是可行的。另外,尽管图5中示出了两个附装臂90,但是将理解,为了支撑和铰接多个基础结构86,另选数量和构造的附装臂90也是可行的。

[0031] 而且,每个附装臂90都包括位于臂第一端92处的第一可旋转接头96和位于臂第二端94处的第二可旋转接头98。在一些实施方式中,每个附装臂90都具有臂纵向轴线100,每个第一可旋转接头96具有第一接头轴线102,并且每个第二可旋转接头98具有第二接头轴线104。结果,使得表面处理支撑结构组件60可围绕多个轴线进行调整,以便符合并遵循沿着轮廓化表面48或机身24或运载工具20的其它部件遇到的各种表面几何形状和轮廓(即增加/减小的直径和凸表面/凹表面)(图1)。例如,在一些实施方式中,第一接头轴线102垂直于臂纵向轴线100取向,从而第一可旋转接头96围绕臂纵向轴线100和第一接头轴线102二者旋转,以相对于机身24的轮廓化表面48和运载工具20的其它这样的部件调整多个基础结构86。另外,第二可旋转接头98围绕臂纵向轴线100和第二接头轴线104旋转以进一步调整和定位多个基础结构86,从而表面处理支撑结构组件60可在至少第一和第二位置之间调整,从而相对于轮廓化表面48维持基础结构阵列88的正确取向(即,法向)。

[0032] 此外,包括在基础结构阵列88中的多个基础结构86中的每个基础结构86都构造有一个或多个调整装置以相对于轮廓化表面48单独地调整每个基础结构86。例如,每个基础结构86可单独地调整,从而基础结构阵列88的每个基础结构86相对于轮廓化表面48维持正确定位(即,法向取向和距离)。如图6所示,并继续参照图5,每个基础结构86相对于彼此可操作地联接,并且被构造成沿着由纵向狭槽108或沿着每个接触结构86的一部分形成的其它这种孔口限定的基础结构纵向轴线106滑动。另外,每个基础结构86构造有至少一个基础结构致动器110诸如但不限于线性致动器、径向致动器或任何其它已知的这种致动装置。在一个非限制性示例中,每个基础结构86包括多个基础结构致动器110,所述多个基础结构致动器110被构造成使每个基础结构86沿着基础结构纵向轴线106滑动,使每个基础结构86围

绕基础结构纵向轴线106旋转,或者基础结构86的其它这种致动。例如,多个基础结构致动器110中的至少一个基础结构致动器被构造成线性致动器装置,当表面处理支撑结构组件60铰接在至少第一位置和第二位置之间时该线性致动器装置使每个基础结构86滑动以扩展和/或折叠基础结构组阵列88。此外,所述多个基础结构致动器110中的至少一个被构造成旋转致动器,该旋转致动器被构造成围绕基础结构枢转点112旋转。在一些实施方式中,每个基础结构86基于轮廓化表面48的形貌而被可旋转致动,以维持每个基础结构86相对于机身24的轮廓化表面48或运载工具20的其它部件的正确距离和法向取向。

[0033] 表面处理支撑结构组件60和每个单个基础结构86的致动和调整使得能够多功能地弹性响应于沿着轮廓化表面48遇到的复杂几何形状和轮廓。如图5中进一步所示,表面处理支撑结构组件60的一些实施方式包括安装至或以其它方式连接至每个基础结构86的至少一个传感器114。传感器114被构造成扫描并收集轮廓化表面48的表面轮廓和其它这种数据,并且在表面处理支撑结构组件60的致动和调整中使用所收集的数据。诸如但不限于视频传感器(即摄像机)、激光扫描形貌和表面高度感测传感器(即LIDAR)和其它这种表面度量传感器之类的传感器114被构造成扫描并监测轮廓化表面48的形貌和其它几何形状,从而使得每个基础结构86维持法向取向和相对于轮廓化表面48的距离。而且,多个表面处理支撑结构组件60的连续致动和调整在施加表面处理层51中提供了改进的精度并且减少了处理轮廓化表面48所需的时间量。

[0034] 返回来参照图4,示出了附装至高架龙门62和座坑龙门74的多个表面处理支撑结构组件阵列77。在一些实施方式中,包括多个基础结构阵列88的表面处理支撑结构组件阵列77被构造成处理机身24的轮廓化表面48。而且,每个单独基础结构86适合于保持并定位至少一个表面处理施加器头116诸如但不限于研磨环、涂料喷嘴、喷墨打印头、干燥/固化检查环、加热器、UV发射器和其它已知的施加器头。此外,在一些实施方式中,每个表面处理施加器头116和基础结构86可交换地构造成使得附接至各个基础结构86的表面处理施加器头116的类型取决于期望的表面处理。

[0035] 例如,为了清洁和研磨轮廓化表面48,附装至每个基础结构86的表面处理施加器头116为研磨环,而为了向轮廓化表面48施加底漆、粘合促进剂、面漆涂料和/或清漆涂层,附装至每个基础结构86的表面处理施加器头116为涂料喷嘴。此外,为了在轮廓化表面48上施加装饰性涂装涂层,附装至每个基础结构86的表面处理施加器头116为喷墨打印头,而为了沿着轮廓化表面48使表面处理干燥固化并对表面处理进行检查,附装至每个基础结构86的表面处理施加器头116为干燥/固化和检查环。要理解的是,研磨环、涂料喷嘴、喷墨打印头和干燥/固化和检查环、加热器、UV发射器和其它已知的施加器头是安装至或以其它方式附装至基础结构阵列88的表面处理施加器头116的非限制性示例。其他已知的表面处理施加器头116由多个表面处理支撑结构组件60使用以完成期望的任务。此外,在一些实施方式中,针对各种表面处理(例如,清洁、研磨、上底漆、涂面漆、防护、固化、检查或修复)而组装多个表面处理支撑结构组件阵列77,并且根据期望的表面处理交换这些阵列而不是个别的表面处理施加器头116。

[0036] 在一些实施方式中,表面处理层51由单个表面涂层构成并且沿着轮廓化表面48以单遍分配。然而,按照需要进行附加次数的遍数以沿着轮廓化表面48施加表面处理层51。在一个非限制性示例中,多个表面处理支撑结构组件阵列77被构造成向轮廓化表面48施加多

次处理和多个涂层,这些处理和涂层组合而形成表面处理层51。表面处理支撑结构组件阵列77和所选的表面处理施加器头116沿着机身24的轮廓化表面48每次提供一个处理或涂层。结果,表面处理支撑结构组件60进行一遍或多遍以分配构成表面处理层51的多个涂层中的每个涂层。另选地,两个或更多个表面处理支撑结构组件60被构造成在所述两个或更多个表面处理支撑结构组件60中的每个沿着机身24的轮廓化表面48移动时均施加单个涂层,以分配构成表面处理层51的多个涂层。

[0037] 继续参照图2至图6,图7示出了被构造成操作高架龙门62、座坑龙门74和至少一个表面处理支撑结构组件60的控制和通信系统118的示意图。控制和通信系统118由控制器120和可通信地联接至控制器120的输入/输出终端122构成。附加地或另选地,表面处理支撑结构组件60附装至被构造成围绕工作区域50移动的一个或多个AGV 52。在这种情况下,控制器120被编程以控制AGV 52、表面处理支撑结构组件60和任何其它这种部件的运动。此外,控制器120被编程以监测和调整基础结构阵列88的每个基础结构86以及多个表面处理施加器头116的位置。在一些实施方式中,控制器120和输入/输出终端122相对于工作区域50远程定位(图2)。结果,控制器120、输入/输出终端122、表面处理支撑结构组件60以及控制和通信系统118的其它这种部件之间的通信使用射频网络、计算机数据网络、Wi-Fi数据网络、蜂窝数据网络、卫星数据网络或任何其它已知数据通信网络建立。另选地,控制器120和输入/输出终端122被构造成就近地定位在工作区域50中(图2)并且设立在相邻于表面处理支撑结构组件60的位置。在就近定位配置中,控制器120和输入/输出终端122仍然被构造成使用射频网络、计算机数据网络、Wi-Fi数据网络、蜂窝数据网络、卫星数据网络或任何其它已知数据通信网络进行通信。

[0038] 控制和通信系统118的用户诸如操作员、监管员或其它相关人员能够使用输入/输出终端122访问控制器120。在这些实施方式中,输入/输出终端122允许通过键盘、鼠标、转盘、按钮、触摸屏、麦克风或其它已知输入设备输入命令和其它指令。此外,由控制和通信系统118和控制器120生成的数据和其它信息将通过监视器、触摸屏、扬声器、打印机或其它已知输出设备给用户输出到输入/输出终端122。在一些实施方式中,输入/输出终端122通过有线连接可通信地联接至控制器120。另选地,输入/输出终端122通过无线通信网络可通信地联接至控制器120,所述无线通信网络诸如蓝牙、近场通信、射频网络、计算机数据网络、Wi-Fi数据网络、蜂窝数据网络、卫星数据网络或任何其它已知数据通信网络。在一些实施方式中,输入/输出终端122为手持移动设备诸如平板计算机、智能电话设备或其它这种移动设备,并且该手持设备无线联接至控制器120。结果,控制和通信系统118的一个或多个用户能够访问控制器120,每个用户具有相对于控制器120和/或表面处理支撑结构组件60远程定位的不同手持输入/输出终端122。这种构造将允许在机身24的轮廓化表面48的处理期间灵活地监测和操作控制和通信系统118。

[0039] 在一些实施方式中,控制和通信系统118的控制器120由一个或多个计算装置构成,所述一个或多个计算装置能够执行允许用户指示并控制表面处理支撑结构组件60的控制机构和/或软件。控制器120的所述一个或多个计算装置被编程以控制高架龙门62、座坑龙门74、表面处理AGV 52或其它运动装置的运动,以沿着机身24的轮廓化表面48移动和定位至少一个表面处理支撑结构组件60。此外,控制器120的所述一个或多个计算装置被编程以控制表面处理支撑结构组件60的致动和调整,以便使表面处理支撑结构组件60相对于轮

廓化表面48适当地定位。在控制和通信系统118的一个示例性应用中,用户能够在沿着轮廓化表面48施加表面处理层51或其它这种处理的同时使用控制器120和输入/输出终端122来对图案和过程进行编程以供表面处理支撑结构组件60遵循。此外,使用通信网络可通信地联接控制器120、输入/输出终端122和表面处理支撑结构组件60允许进行双向通信,从而由控制器120发送的命令由表面处理支撑结构组件60接收,并且由表面处理支撑结构组件60接收的数据发送至控制器120并由控制器120接收。

[0040] 在一个实施方式中,诸如但不限于视频传感器(即摄像机)、激光扫描形貌和表面高度感测传感器(即LIDAR)和其它这种表面度量传感器之类的至少一个传感器114被结合至表面处理支撑结构组件60中并且可通信地联接至控制器120和输入/输出终端122。在一些实施方式中,表面处理支撑结构组件60的每个基础结构86包括被构造成扫描和监测轮廓化表面48的表面形貌和几何形状传感器114。由传感器114收集的数据传送至控制器120并供控制器120利用。此外,控制器120被编程以存储和分析由多个传感器114收集的数据并从该数据提取信息,并且利用所提取的信息来控制 and 调整表面处理支撑结构组件60以及各个基础结构86。

[0041] 此外,所述至少一个传感器114和控制器120可操作地联接,这使得它们能够一起工作,以收集关于轮廓化表面48的数据诸如但不限于检测机身24的半径的变化,收集轮廓化表面48的成像和视频数据,提供轮廓化表面48的形貌图和表面轮廓,提供表面处理支撑结构组件60的定位和位置数据,并且提供由所述至少一个传感器114收集的任何其它这种表面数据。所收集的数据然后由所述至少一个传感器114传送至控制器120并由控制器120接收,从而控制器120的控制机构和/或软件能够利用该数据对高架龙门62、座坑龙门74、表面处理支撑结构组件60、各个基础结构86和其它这种部件的控制和操作进行调整。另外,用户能够在输入/输出终端122上观察由所述至少一个传感器114收集的数据,并且如果必要的话,对从控制器120发送到高架龙门62、座坑龙门74、表面处理支撑结构组件60、各个基础结构86和其它这种部件的控制命令进行调整。在一些实施方式中,控制和通信系统118能够通过,在表面处理支撑结构组件60与控制和通信系统118之间建立的双向通信链路对高架龙门62、座坑龙门74、表面处理支撑结构组件60、各个基础结构86和其它这种部件进行实时调整。

[0042] 现在参照图8并继续参照之前的图1至图7,示出了流程图,该流程图示出了利用表面处理支撑结构组件60处理轮廓化表面48的示例性表面处理方法或过程124。在利用表面处理支撑结构组件60处理轮廓化表面48的方法124的第一方框126中,将具有轮廓化表面48的结构诸如机身24移动到工作区域50内的用于表面处理的位置。在一个非限制性示例中,机身24由一个或多个AGV 52运送到工作区域50内并且输送至运载工具鼻部支撑结构54、运载工具中央支撑结构56或其它支撑结构。在表面处理期间,机身24由鼻部支撑结构54和运载工具中央支撑结构56、一个或多个AGV 52和可能需要的任何其它支撑结构支撑。

[0043] 在一个非限制性示例中,表面处理包括将轮廓化表面48上的任何防护性或之前施加的涂层去除,遮盖轮廓化表面48的某些不用处理的区域,研磨、清洁和干燥轮廓化表面48,施加表面防护涂层、粘合促进剂涂层、底漆涂层、面漆涂层、溶胶凝胶涂层、顶层涂层、装饰性涂装涂层、清漆涂层和/或其它防护性涂层和/或预备处理。此外,在开始对轮廓化表面48进行处理之前,在下一个方框128中,将至少一个表面处理支撑结构组件60定位在工作区

域50内并且沿着机身24的轮廓化表面48进行调整和对准。在一个非限制性示例中,将多个表面处理支撑结构组件60布置到附装至高架龙门62和/或座坑龙门74的一个或多个表面处理支撑结构组件阵列77中。而且,在多个表面处理支撑结构组件阵列77的调整和对准期间,将至少一个传感器114附装至表面处理支撑结构组件阵列77并且构造成扫描和收集轮廓化表面48的表面形貌数据。表面形貌数据或轮廓化数据集然后被传送至控制和通信系统118的控制器120并由该控制器120接收,并用来相对于轮廓化表面48调整表面处理支撑结构组件阵列77的命令和控制参数。

[0044] 根据下一个方框130,在轮廓化表面48的任何表面处理之前,进行调整检查以确认表面处理支撑结构组件60的一个或多个表面处理支撑结构组件阵列77以及每个基础结构86相对于轮廓化表面48被正确地调整和对准。在一些实施方式中,所述调整检查包括轮廓化表面48和每个基础结构86之间的正确距离或间隙的确认。另外,所述调整检查确认每个基础结构86位于相对于轮廓化表面48的法向正交取向。如果没有相对于轮廓化表面48正确地调整和对准表面处理支撑结构组件60的每个基础结构86,则将导致缺陷表面处理,诸如,表面处理层51的不均匀施加或其它这种表面处理缺陷。因此,如果检查发现输入并存储在控制器120中的预先确定的一组调整准失败,则表面处理支撑结构组件60继续进行一个或多个表面处理支撑结构组件阵列77和每个基础结构86的调整以校正任何调整错误。在一些实施方式中,表面处理组件的操作员或其它用户将被通知调整错误并且被指示进行表面处理支撑结构组件60的必要调整和对准。

[0045] 一旦正确地调整并对准表面处理支撑结构组件60,则在下一个方框132中,表面处理支撑结构组件60开始对轮廓化表面48进行期望的处理。在一些实施方式中,表面处理支撑结构组件60中的每个基础结构86可互换地联接至至少一个表面处理施加器头116,诸如但不限于研磨环、涂料喷嘴、喷墨打印头、干燥/固化和检查环、加热器、UV发射器和其它已知施加器头。表面处理施加器头116基于轮廓化表面48的期望表面处理来选择。通常,表面处理支撑结构组件60在运载工具20的尾段28处开始对轮廓化表面48进行处理,并且沿着机身24朝向鼻部46移动。另选地,在尾段28和鼻部46之间的中间位置对准和调整表面处理支撑结构组件60,并且表面处理支撑结构组件60在所指位置处对轮廓化表面48进行表面处理。

[0046] 在下一个方框134中,表面处理支撑结构组件60沿着轮廓化表面48继续移动,并且至少一个传感器114继续扫描和收集轮廓化表面48形貌的数据。在一些实施方式中,由传感器114收集的数据由控制器120使用以在表面处理支撑结构组件60沿着轮廓化表面48移动时对表面处理支撑结构组件60进行实时调整。例如,表面处理支撑结构组件60的每个基础结构86被连续地调整以维持与轮廓化表面48的法向和正交取向。此外,在表面处理支撑结构组件60继续沿着机身24的轮廓化表面48移动时,控制器120继续分析由至少一个传感器114收集的表面形貌数据。

[0047] 结果,在下一个方框136中,包括控制器120的控制和通信系统118将连续地进行调整检查以确认表面处理支撑结构组件60的每个基础结构86与轮廓化表面48正确地调整、对准和取向。在一些实施方式中,如果基础结构86中的一个或多个基础结构86失去调整、对准和/或取向,则控制器120将向表面处理支撑结构组件60传送调整控制信号以调整或重新调整每个基础结构86。在下一个方框138中,如果确定一个或多个基础结构86保持失准,则表

面处理支撑结构组件60停止沿着机身24的轮廓化表面48移动,以便执行重新调整。在一些实施方式中,处理轮廓化表面48的方法124返回到方框136以对表面处理支撑结构组件60的基础结构86重新调整。在另选实施方式中,表面处理支撑结构组件60以更慢的步伐沿着轮廓化表面48移动,以便对基础结构86进行重新调整和重新对准。

[0048] 如果表面处理支撑结构组件60通过连续调整、对准和取向检查,则在下一个方框140中,表面处理支撑结构组件60将继续沿着轮廓化表面48移动。在下一个方框142中,当表面处理支撑结构组件60到达鼻部46或沿着机身24的其它预定停止点时,控制器120确定是否需要另一个表面处理。如果需要另一个处理,则在一个非限制性示例中,处理轮廓化表面48的方法124返回到方框128,将适当的表面处理施加器头116联接至每个基础结构86,并且将表面处理支撑结构组件60定位在指定开始位置(即,鼻部46、尾段28或另选的预定开始点),并且准备沿着机身24的轮廓化表面48进行下一个表面处理。在一些实施方式中,使用同一个表面处理支撑结构组件60进行随后的表面处理,并且根据期望的表面处理更换表面处理施加器头116。另选地,使用构造有期望的表面处理施加器头116的一个或多个附加表面处理支撑结构组件60对轮廓化表面48进行随后的表面处理。一旦已经对轮廓化表面48进行了所有期望的表面处理,则在下一个方框144中,结束表面处理方法124,并且将机身24移动到下一个制造或维护步骤。

[0049] 尽管针对某些具体实施方式给出并提供了上述详细描述,但是要理解的是,该公开的范围不应该限于这些实施方式,这些实施方式仅仅是为了实现和最佳模式目的而提供。本公开的范围和精神比所具体公开的这些实施方式更宽,并且包含在所附权利要求内。而且,尽管与某些具体实施方式一起描述了一些特征,但是这些特征不限于仅与描述它们的实施方式一起使用,而是可以与和替换实施方式一起公开的其它特征一起使用或与这些其它特征分开地使用。

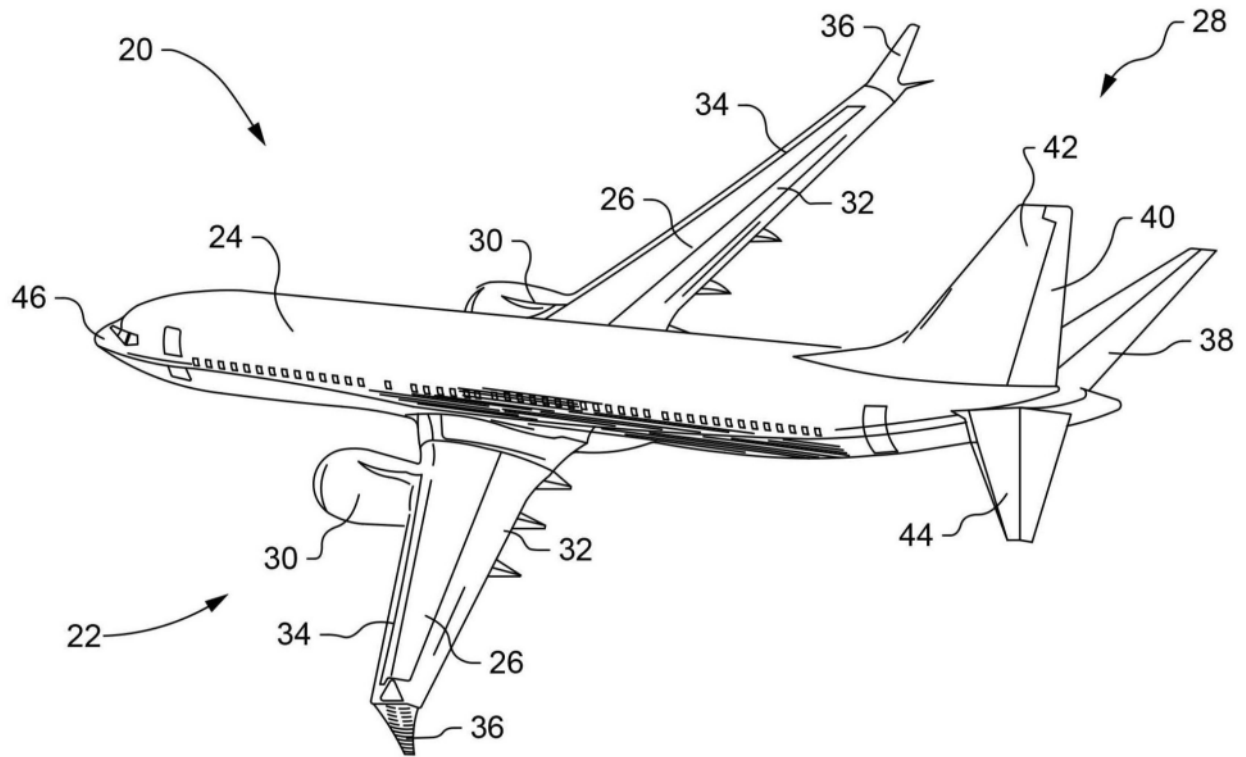


图1



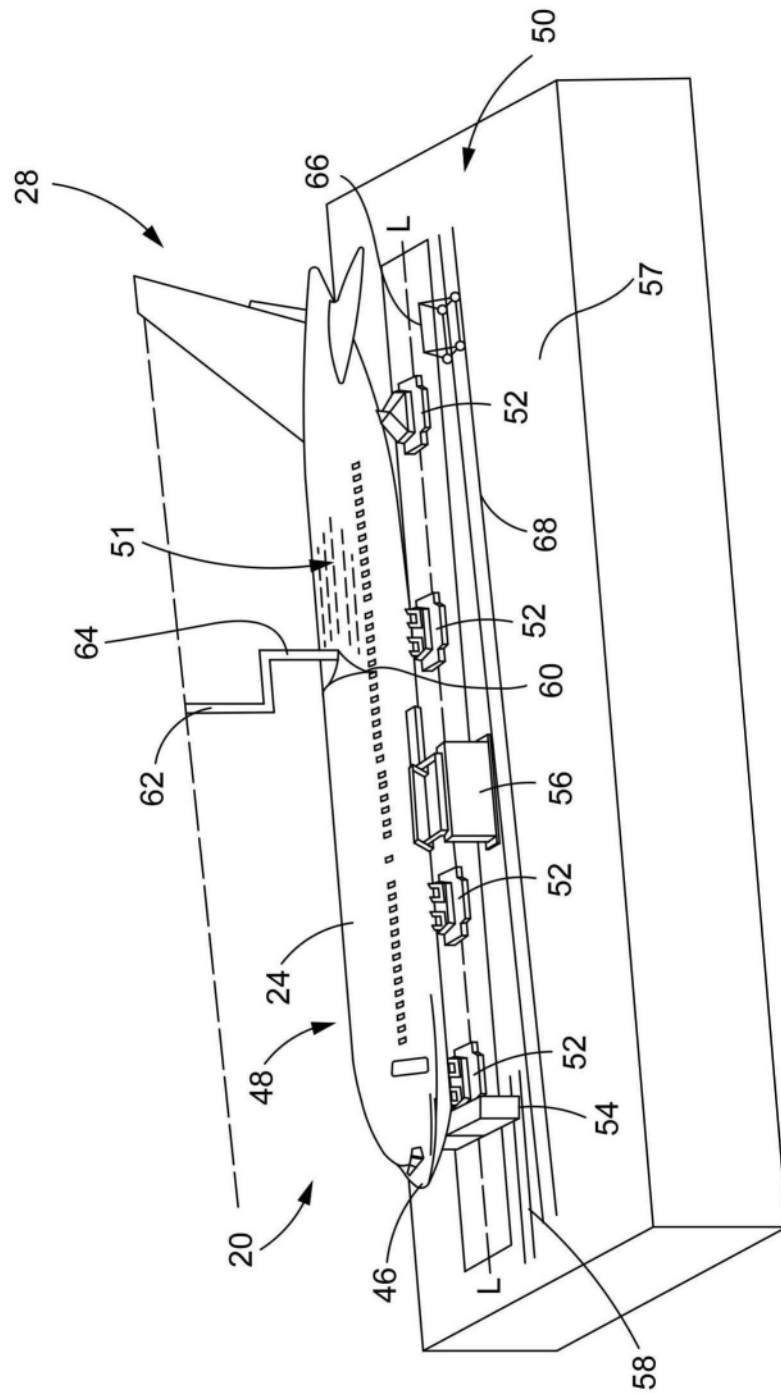


图2

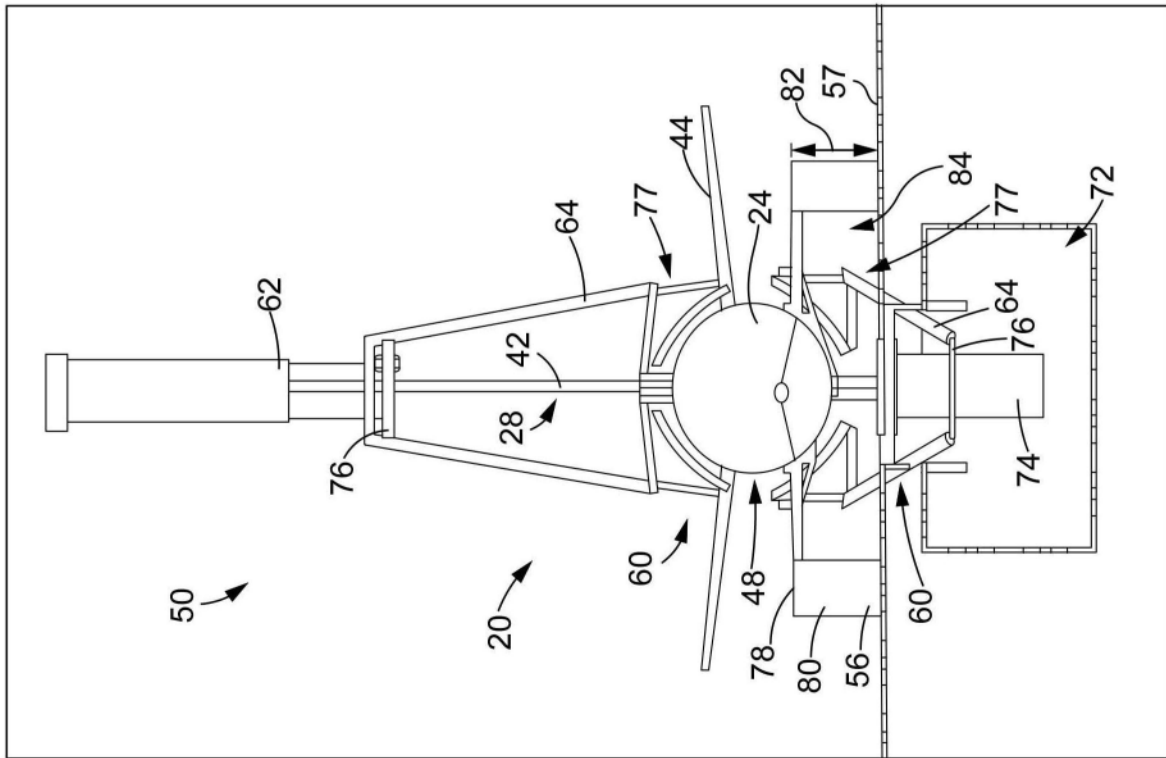


图3

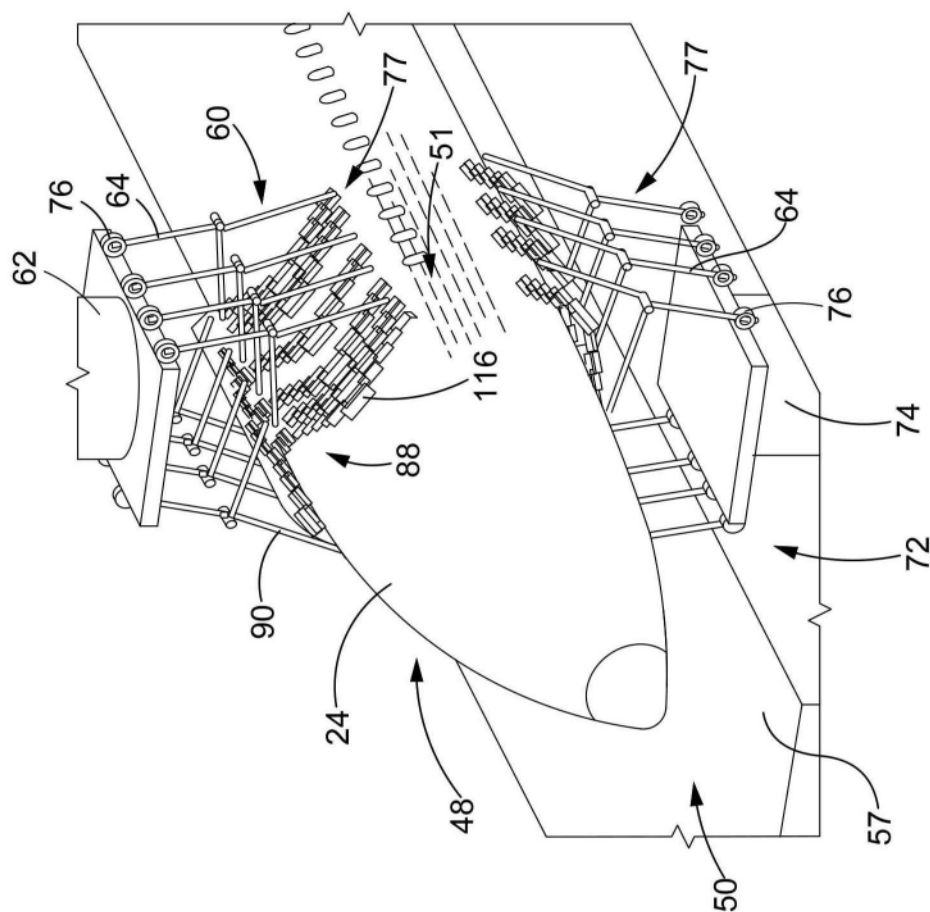
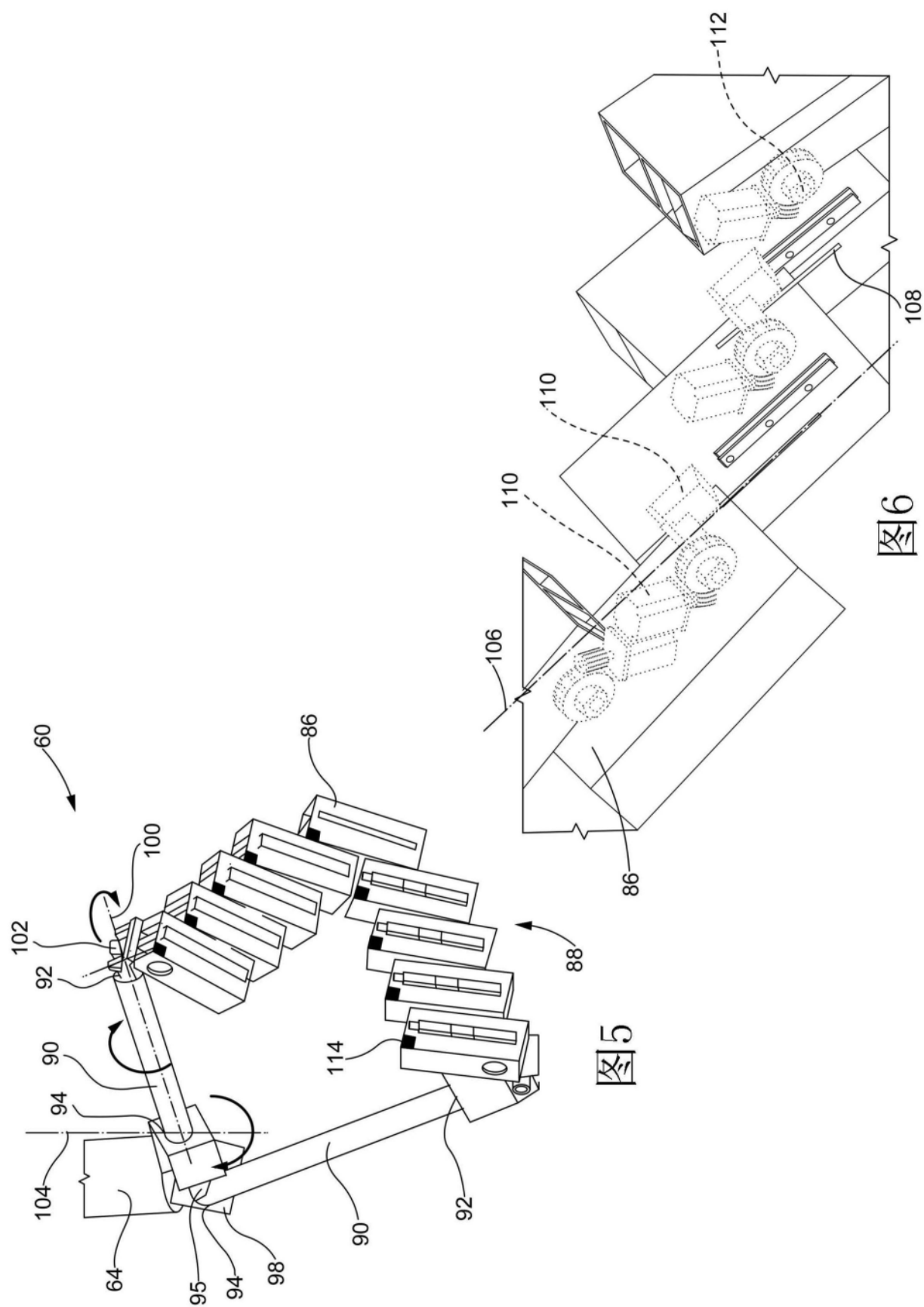


图4



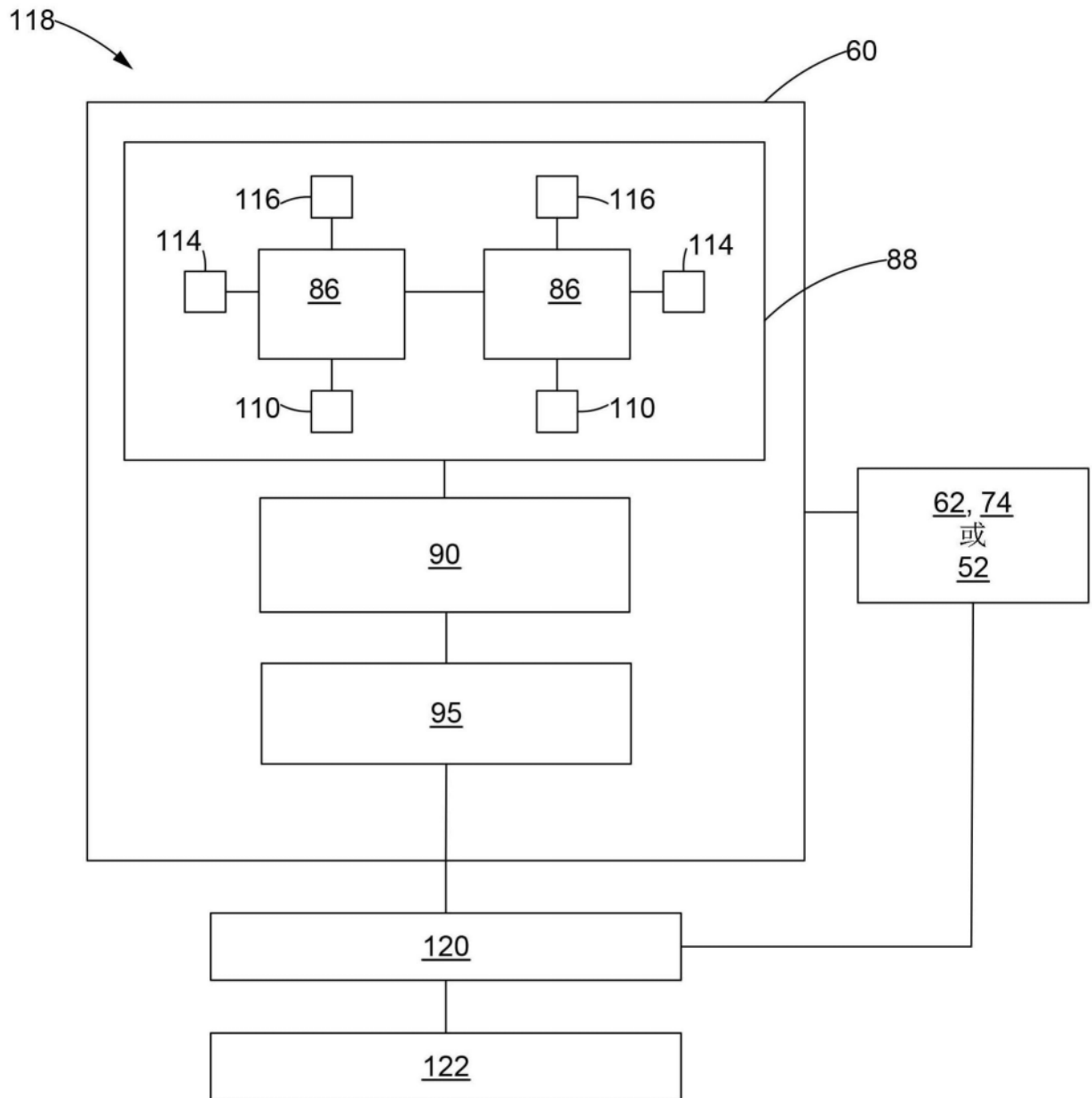


图7

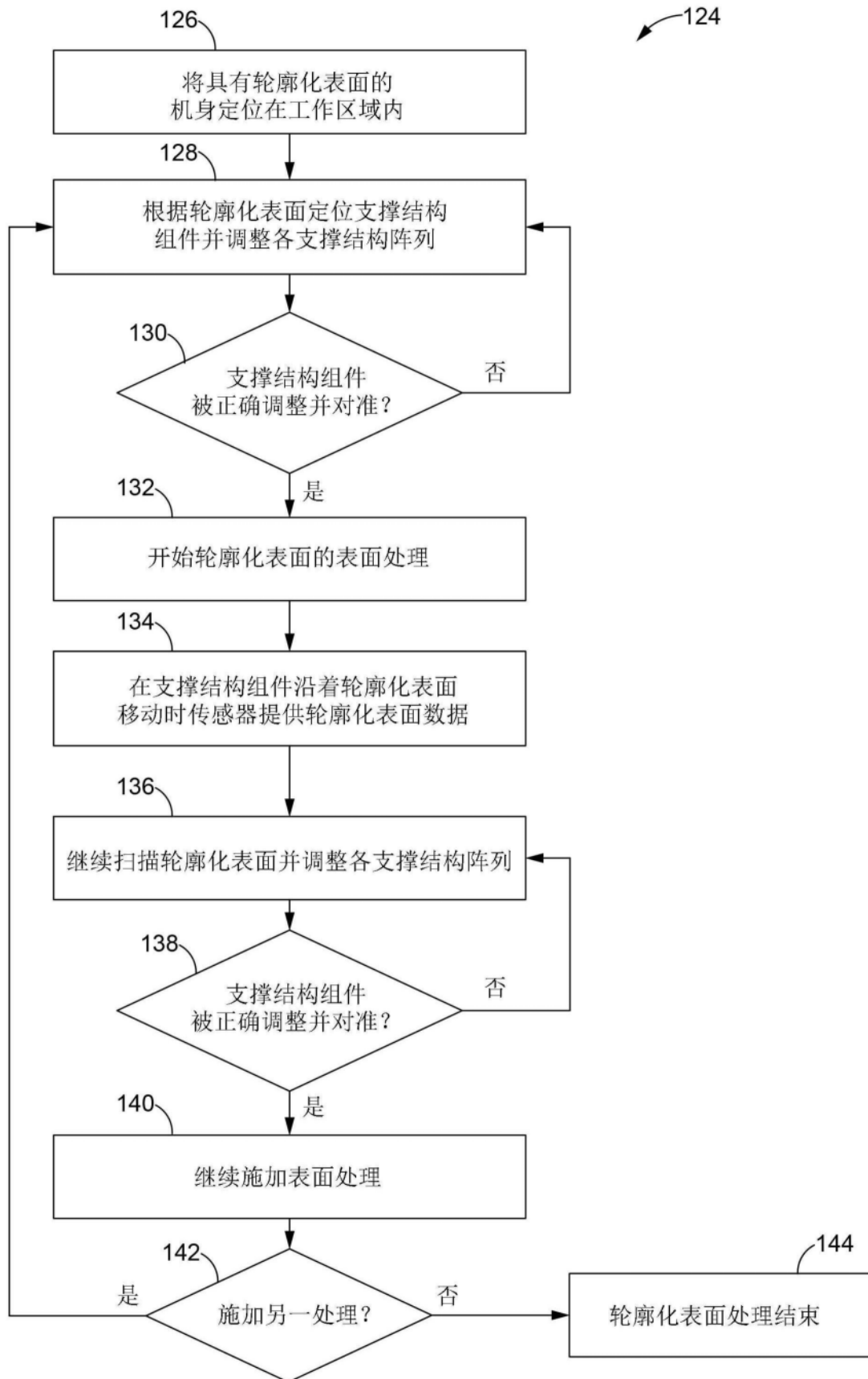


图8