



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110816807 B

(45) 授权公告日 2024.03.29

(21) 申请号 201910462335.8

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2019.05.30

B64C 1/06 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110816807 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2020.02.21

CN 101772452 A, 2010.07.07

(30) 优先权数据

CN 101795937 A, 2010.08.04

16/058,230 2018.08.08 US

CN 103561940 A, 2014.02.05

(73) 专利权人 波音公司

DE 102008057247 B3, 2010.01.28

地址 美国伊利诺伊州

EP 2960150 A1, 2015.12.30

(72) 发明人 K·H·格里斯 K·D·麦肯齐

GB 0712552 D0, 2007.08.08

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

US 2008067289 A1, 2008.03.20

专利代理人 徐东升 赵蓉民

US 2015283745 A1, 2015.10.08

审查员 官申运

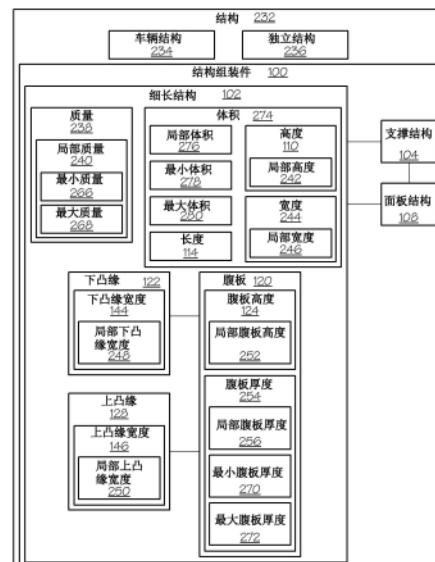
权利要求书4页 说明书33页 附图19页

(54) 发明名称

细长结构、具有细长结构的结构组装件以及支撑结构载荷的方法

(57) 摘要

本申请公开细长结构、具有细长结构的结构组装件以及支撑结构载荷的方法。结构组装件包括支撑结构和与支撑结构相交的细长结构。细长结构具有长度和质量。细长结构的质量沿细长结构的长度变化。细长结构的局部质量朝向支撑结构减小并且远离支撑结构增加。



1. 一种结构组装件(100),包括:

支撑结构(104);以及

细长结构(102),其与所述支撑结构(104)相交,所述细长结构(102)具有长度(114)和质量(238),其中所述细长结构(102)包括延伸所述细长结构(102)的所述长度(114)的腹板(120)并且包括从所述腹板(120)延伸的下凸缘(122);并且其中:

所述细长结构(102)的所述质量(238)沿所述细长结构(102)的所述长度(114)变化;以及

在沿着所述细长结构(102)的所述长度(114)的特定区域、面积或位置处的局部质量(240)朝向所述支撑结构(104)减小并且远离所述支撑结构(104)增加,并且其中:

所述细长结构(102)具有高度(110);

所述细长结构(102)的所述高度(110)沿所述细长结构(102)的所述长度(114)变化;以及

所述细长结构(102)的局部高度(242)朝向所述支撑结构(104)减小并且远离所述支撑结构(104)增加;并且其中:

所述腹板(120)具有腹板厚度(254);

所述腹板厚度(254)沿所述细长结构(102)的所述长度(114)变化;以及

所述腹板(120)的局部腹板厚度(256)朝向所述支撑结构(104)减小并且远离所述支撑结构(104)增加。

2. 根据权利要求1所述的结构组装件(100),其中:

所述细长结构(102)的所述局部高度(242)的减小对应于所述细长结构(102)的所述局部质量(240)的减小;以及

所述细长结构(102)的所述局部高度(242)的增加对应于所述细长结构(102)的所述局部质量(240)的增加。

3. 根据权利要求1或2所述的结构组装件(100),其中:

邻近所述支撑结构(104)的所述细长结构(102)的所述局部高度(242)是所述细长结构(102)的最小高度(116);以及

在远离所述支撑结构(104)间隔开的位置处的所述细长结构(102)的所述局部高度(242)是所述细长结构(102)的最大高度(118)。

4. 根据权利要求3所述的结构组装件(100),其中:

所述支撑结构(104)包括具有开口(206)的壁结构(264);

所述细长结构(102)延伸通过所述开口(206);以及

所述细长结构(102)的所述最小高度(116)位于所述支撑结构(104)的所述开口(206)处。

5. 根据权利要求4所述的结构组装件(100),其中:

所述开口(206)具有开口高度(258);以及

所述开口高度(258)小于所述细长结构(102)的所述最大高度(118)。

6. 根据权利要求3所述的结构组装件(100),其中:

所述支撑结构(104)是第一支撑结构(104A);

所述结构组装件(100)还包括第二支撑结构(104B),所述第二支撑结构(104B)与所述

第一支撑结构(104A)相对并远离所述第一支撑结构(104A)间隔开；

所述细长结构(102)在所述第一支撑结构(104A)和所述第二支撑结构(104B)之间延伸；

所述细长结构(102)的所述最小高度(116)位于所述细长结构(102)与所述第一支撑结构(104A)以及与所述第二支撑结构(104B)的交叉点处；以及

所述细长结构(102)的所述最大高度(118)位于所述第一支撑结构(104A)和所述第二支撑结构(104B)之间的中间位置。

7. 根据权利要求1所述的结构组装件(100)，其中：

所述腹板(120)具有腹板高度(124)；

所述腹板(120)的所述腹板高度(124)沿所述细长结构(102)的所述长度(114)变化，并且至少部分地限定所述细长结构(102)的所述高度(110)；以及

所述腹板(120)的局部腹板高度(252)朝向所述支撑结构(104)减小并且远离所述支撑结构(104)增加。

8. 根据权利要求7所述的结构组装件(100)，其中：

所述腹板(120)的所述局部腹板高度(252)的减小对应于所述细长结构(102)的所述局部质量(240)的减小；以及

所述细长结构(102)的所述局部腹板高度(252)的增加对应于所述细长结构(102)的所述局部质量(240)的增加。

9. 根据权利要求1所述的结构组装件(100)，其中：

所述腹板(120)的所述局部腹板厚度(256)的减小对应于所述细长结构(102)的所述局部质量(240)的减小；以及

所述细长结构(102)的所述局部腹板厚度(256)的增加对应于所述细长结构(102)的所述局部质量(240)的增加。

10. 根据权利要求1所述的结构组装件(100)，其中：

所述细长结构(102)还包括从所述腹板(120)延伸的上凸缘(128)，所述上凸缘(128)与所述下凸缘(122)相对；

所述下凸缘(122)具有沿所述细长结构(102)的所述长度(114)变化的下凸缘宽度(144)；以及

所述上凸缘(128)具有沿所述细长结构(102)的所述长度(114)变化的上凸缘宽度(146)。

11. 根据权利要求1或2所述的结构组装件(100)，其中所述细长结构(102)包括整体结构。

12. 根据权利要求1所述的结构组装件(100)，其中：

所述细长结构(102)耦接到所述支撑结构(104A)；并且

面板结构(108)耦接到所述支撑结构(104A)。

13. 根据权利要求1所述的结构组装件(100)，其中：

所述支撑结构(104A)是飞行器(1200)的框架；

所述细长结构(102)是所述飞行器(1200)的桁条；并且

面板结构(108)是所述飞行器(1200)的蒙皮面板。

14. 根据权利要求1所述的结构组装件(100),其中:

所述下凸缘(122)具有宽度;并且

所述下凸缘(122)的所述宽度沿所述细长结构(102)变化。

15. 根据权利要求10所述的结构组装件(100),其中:

所述上凸缘(128)具有宽度;并且

所述上凸缘(128)的所述宽度沿所述细长结构(102)变化。

16. 一种用于结构组装件(100)的细长结构(102),所述细长结构(102)具有长度和质量,并包括:

延伸所述细长结构(102)的长度的腹板(120);以及

从所述腹板(120)延伸的下凸缘(122);其中:

所述细长结构(102)配置成与所述结构组装件(100)的支撑结构(104)相交;

所述细长结构(102)的质量沿所述细长结构(102)的长度变化;

所述细长结构(102)的局部质量沿所述细长结构(102)的长度的至少一部分减小,并且沿所述细长结构(102)的长度的至少一个其他部分增加,并且其中:

所述腹板(120)具有腹板厚度(254);

所述腹板厚度(254)沿所述细长结构(102)的所述长度变化;以及

所述腹板(120)的局部腹板厚度(256)朝向所述支撑结构(104)减小并且远离所述支撑结构(104)增加;并且其中:

所述细长结构(102)具有高度(110);

所述细长结构(102)的所述高度(110)沿所述细长结构(102)的所述长度变化;以及

所述细长结构(102)的局部高度(242)朝向所述支撑结构(104)减小并且远离所述支撑结构(104)增加。

17. 根据权利要求16所述的细长结构(102),其中:

所述腹板(120)的局部腹板高度的减小对应于所述细长结构(102)的局部质量的减小;以及

所述细长结构(102)的局部腹板高度的增加对应于所述细长结构(102)的局部质量的增加。

18. 根据权利要求16所述的细长结构(102),其中:

所述腹板(120)的局部腹板厚度的减小对应于所述细长结构(102)的局部质量的减小;以及

所述细长结构(102)的局部腹板厚度的增加对应于所述细长结构(102)的局部质量的增加。

19. 一种用于在结构组装件(100)中支撑结构载荷的方法(1000),所述结构组装件(100)包括支撑结构(104)和与所述支撑结构(104)相交的细长结构(102),所述细长结构(102)具有长度(114)和质量(238),其中所述细长结构(102)包括延伸所述细长结构(102)的所述长度(114)的腹板(120)并且包括从所述腹板(120)延伸的下凸缘(122),其中:

所述细长结构(102)的所述质量(238)沿所述细长结构(102)的所述长度(114)变化;以及

在沿着所述细长结构(102)的所述长度(114)的特定区域、面积或位置处的局部质量

(240) 朝向所述支撑结构(104)减小并且远离所述支撑结构(104)增加,其中:

所述细长结构(102)具有高度(110);

所述细长结构(102)的所述高度(110)沿所述细长结构(102)的所述长度(114)变化;以及

所述细长结构(102)的局部高度(242)朝向所述支撑结构(104)减小并且远离所述支撑结构(104)增加;并且其中:

所述腹板(120)具有腹板厚度(254);

所述腹板厚度(254)沿所述细长结构(102)的所述长度(114)变化;以及

所述腹板(120)的局部腹板厚度(256)朝向所述支撑结构(104)减小并且远离所述支撑结构(104)增加;

所述方法(1000)包括以下步骤:

将所述结构载荷加载到所述细长结构(102);反抗所述结构载荷以抵抗弯曲力矩;以及卸载所述细长结构(102)上的所述结构载荷。

20. 根据权利要求19所述的方法(1000),其中:

所述腹板(120)具有腹板高度(124);

所述腹板高度(124)沿所述细长结构(102)的所述长度(114)变化;

所述腹板(120)的局部腹板高度(252)的减小对应于所述细长结构(102)的所述局部质量(240)的减小;

所述腹板(120)的局部腹板高度(252)的增加对应于所述细长结构(102)的所述局部质量(240)的增加;以及

响应于加载,所述结构载荷由具有最大质量(268)的所述细长结构(102)的至少一部分接收。

21. 根据权利要求19或20所述的方法(1000),还包括在所述细长结构(102)的所述长度(114)上改变所述结构载荷,其中所述结构载荷沿着具有最大质量(268)的所述细长结构(102)的一部分增加,并且所述结构载荷沿着具有最小质量(266)的所述细长结构(102)的一部分减小。

细长结构、具有细长结构的结构组裝件以及支撑结构载荷的方法

技术领域

[0001] 本公开总体涉及结构组裝件，并且更具体地涉及具有细长结构的结构组裝件，例如具有桁条的飞行器结构。

背景技术

[0002] 结构组裝件可用于多种配置，以在各种加载条件下为结构提供结构支撑。通常，这种结构组裝件包括结构支撑构件和耦接到结构支撑构件的细长结构构件。这种结构支撑构件和细长结构构件用作结构组裝件的框架的承载部件。通常，这种细长结构构件在结构支撑构件之间的位置处为结构组裝件提供挠曲和扭转刚度。许多这种结构组裝件用于构造例如飞行器的车辆结构，以及其他独立结构。

[0003] 在示例中，飞行器的机翼和机身组裝件通常包括称为桁条或加强件的平行的细长结构构件。这种桁条通常可操作地耦接到机翼和机身的蒙皮构件，其协同地为机翼和机身表面提供期望的挠曲和扭转刚度。桁条可以包括诸如平面腹板部分的部分，该部分通常在大致垂直于相应的蒙皮构件的方向上定向并且在沿机翼表面的翼展方向上或在沿机身表面的纵向方向上延伸，使得桁条抵抗由加载条件产生的弯曲力矩。

[0004] 尽管这种细长结构构件可以提供优于其他设计配置的某些优越的弯曲刚度特性，但是可能倾向于限制某些细长结构构件的使用的一个问题是在附接区域具有足够的载荷传递的情况下难以将细长结构构件附接到结构组裝件的相邻结构支撑构件，而不会过度增加重量和成本。例如，可能需要附接配件以便于将某些细长结构构件适当地附接到各种类型的相关结构支撑构件，例如机翼框架构件或机身框架构件。虽然在某些情况下，当施加的载荷低时，附接某些细长结构构件可能相对容易，但对于高载荷结构来说这可能是具有挑战性的。

[0005] 设计具有期望重量和性能特性的细长结构构件（例如桁条）也是具有挑战性的。例如，具有期望性能特性的细长结构构件可能在结构上和几何形状上比期望的更复杂，或者可能比期望的更重。随着结构和几何形状复杂性的增加，制造这种细长结构构件的时间和成本也会增加。例如，如果细长结构构件具有期望的重量，则细长结构构件的性能特性可以使得在需要单个细长结构构件的地方可能需要附加的细长结构构件。

[0006] 因此，本领域技术人员继续在具有细长结构构件的结构组裝件的领域中进行研究和开发，并且因此，旨在解决上述问题的细长结构、具有细长结构的结构组裝件，以及用于支撑结构载荷的方法将找到效用。

发明内容

[0007] 以下是根据本公开的主题的可以要求或可以不要求保护的示例的非详尽列表。

[0008] 在示例中，结构组裝件包括支撑结构和与支撑结构相交的细长结构。细长结构具有长度和质量。细长结构的质量沿细长结构的长度变化。细长结构的局部质量朝向支撑结

构减小并且远离支撑结构增加。

[0009] 在示例中,用于结构组装件的细长结构具有长度和质量,并且包括延伸细长结构的长度的腹板和从腹板延伸的下凸缘。细长结构被配置为与结构组装件的支撑结构相交。细长结构的质量沿细长结构的长度变化。细长结构的局部质量沿着细长结构的长度的至少一部分减小并且沿着细长结构的长度的至少一个其他部分增加。

[0010] 在示例中,一种用于支撑结构组装件中的结构载荷的方法,结构组装件包括支撑结构和与支撑结构相交的细长结构,该方法包括以下步骤:(1)将结构载荷加载到细长结构上,细长结构具有的质量沿着细长结构的长度的至少一部分变化,其中细长结构的局部质量朝向支撑结构减小并且远离支撑结构增加;(2)反抗结构载荷以抵抗弯曲力矩;(3)卸载细长结构上的结构载荷。

[0011] 根据以下具体实施方式、附图和所附权利要求,所公开的结构组装件、细长结构和方法的其他示例将变得显而易见。

附图说明

- [0012] 图1是结构和该结构的结构组装件的示例的示意性框图;
- [0013] 图2是结构组装件的示例的示意性局部透视图;
- [0014] 图3是结构组装件的示例的示意性局部透视图;
- [0015] 图4是飞行器的示例的示意性透视图;
- [0016] 图5是结构组装件的示例的示意性分解局部截面图;
- [0017] 图6是结构组装件的示例的示意性局部透视图;
- [0018] 图7是结构组装件的示例的示意性局部透视图;
- [0019] 图8是结构组装件的示例的示意性局部透视图;
- [0020] 图9是结构组装件的示例的示意性局部截面图;
- [0021] 图10是结构组装件的示例的示意性局部透视图;
- [0022] 图11是结构组装件的示例的示意性局部透视图;
- [0023] 图12是结构组装件的示例的示意性局部透视图;
- [0024] 图13是结构组装件的示例的示意性局部透视图;
- [0025] 图14是所公开的结构组装件的一部分的示例的示意性透视图;
- [0026] 图15是结构组装件的示例的示意性局部截面图;
- [0027] 图16是结构组装件的示例的示意性局部透视图;
- [0028] 图17是结构组装件的示例的示意性局部透视图;
- [0029] 图18是用于支撑结构组装件中的结构载荷的方法的示例的流程图;
- [0030] 图19是制作细长结构的方法的示例的流程图;
- [0031] 图20是制造环境的示例的示意性框图;以及
- [0032] 图21是示例性飞行器生产和维护方法的流程图。

具体实施方式

[0033] 以下详细描述参考附图,附图示出了由本公开描述的具体示例。具有不同结构和操作的其他示例不脱离本公开的范围。不同附图中,相同的附图标记可以指代相同特征、元

件或部件。

[0034] 下面提供了可以是根据本公开的主题可以但不一定要求保护的说明性非详尽示例。本文对“示例”的引用意味着结合该示例描述的一个或多个特征、结构、元件、部件、特性和/或操作步骤被包括在根据本公开的主题的至少一个实施例和/或实施方式中。因此，贯穿本公开的短语“示例”、“一些示例”和类似语言可以但不一定指代相同的示例。此外，表征任何一个示例的主题可以但不一定包括表征任何其他示例的主题。

[0035] 本公开提供细长结构的示例、利用细长结构的结构组装件、通过利用细长结构的结构组装件支撑结构载荷的方法，以及制作细长结构和利用细长结构的结构组装件的方法。例如，这种细长结构可以用于增加强度、承载载荷、传递载荷，以及抵抗由载荷产生的弯曲力矩。所公开的细长结构的示例沿其长度的至少一部分具有可变质量和/或可变体积中的至少一个。在所公开的细长结构的一些示例中，该可变质量和/或可变体积通过细长结构沿其长度的至少一部分具有可变高度、可变宽度和/或可变腹板厚度中的至少一个来实现。这种细长结构的可变质量和/或可变体积可以对由于横向屈曲引起的细长结构的一个或多个部分的局部失效提供抵抗力。所公开的结构组装件的示例包括这种细长结构，其可操作地耦接到结构组装件的至少一个支撑结构。本文公开的细长结构、结构组装件和方法的示例可以与各种结构一起使用。更具体地，本文公开的细长结构、结构组装件和方法的示例可以与各种车辆结构一起使用，例如飞行器、航天器、机动艇、船只和其他艇，以及希望具有轻质、坚固的结构的各种各样的其他独立结构。

[0036] 图1示出了利用至少一个结构组装件100构造或以其他方式制作的结构232的示例。在一些示例中，结构232是车辆结构234或者采取车辆结构234的形式。例如，车辆结构234可以形成任何类型的车辆(例如飞行器、航天器、机动艇、船只等)的至少一部分。在一些示例中，结构232是独立结构236或者采用独立结构236的形式。例如，独立结构236可以形成永久或临时建筑物、火箭、卫星，或任何其他类型的制造结构的至少一部分。

[0037] 在一些示例中，结构组装件100包括至少一个支撑结构104和至少一个细长结构102。通常，结构232包括多个结构组装件100。尽管图1中仅示出了包括单个支撑结构104和单个细长结构102的单个结构组装件100，但是通常，结构组装件100(例如，形成结构232)中的每一个包括多个支撑结构104和多个细长结构102。在一些示例中，细长结构102中的至少一个与支撑结构104中的至少一个相交或形成接合点。在一些示例中，细长结构102中的至少一个在相邻并相对的一对支撑结构104之间延伸。在一些示例中，细长结构102中的至少一个与支撑结构104中的至少一个可操作地耦接，例如以将载荷从细长结构102传递到支撑结构104。

[0038] 出于本公开的目的，术语“相交”、“交叉”、“交叉点”及其变体具有本领域技术人员的普通含义，并且例如，其指的是彼此相遇、彼此穿过或以其他方式在彼此之间形成接合点的两个或更多个项目。

[0039] 在一些示例中，结构组装件100包括至少一个面板结构108。虽然图1中所示的结构组装件100包括单个面板结构108，但是通常，结构组装件100(例如，形成结构232)中的每一个包括多个面板结构108。在一些示例中，面板结构108形成结构组装件100的外部或结构232的外部的一部分。

[0040] 在一些示例中，细长结构102与面板结构108可操作地耦接，例如以将载荷从面板

结构108传递到细长结构102。在一些示例中,支撑结构104与面板结构108可操作地耦接,例如以将载荷从面板结构108传递到支撑结构104。

[0041] 通常,细长结构102(或多个细长结构102中的每一个)具有由长度114、高度110和宽度244限定的几何形状。细长结构102还具有由细长结构102的几何形状限定的体积274。细长结构102还具有由细长结构102的材料成分和细长结构102的几何形状(例如,体积274)限定的质量238。

[0042] 在一些示例中,细长结构102的质量238沿着细长结构102的长度114是可变的(例如,包括可变质量)。换句话说,细长结构102的局部质量240贯穿细长结构102的长度114的一个或多个部分变化。为了本公开的目的,术语“局部质量”是指细长结构102在沿着该细长结构102的长度114的特定区、区域或位置处的质量238。在一些示例中,质量238沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中,质量238具有沿着细长结构102的某些长度的恒定局部质量240部分和沿着相同细长结构102的其他某些(例如,不同的)长度的可变局部质量240部分。

[0043] 在一些示例中,细长结构102的质量238邻近支撑结构104(例如,在其处或附近)减小或降低。在示例中,定位成邻近或者位于支撑结构104处的细长结构102的局部质量240是细长结构102的最小局部质量(在本文中也称为最小质量266)或限定细长结构102的最小局部质量。

[0044] 在一些示例中,细长结构102的质量238从支撑结构104到沿细长结构102的长度114与支撑结构104间隔开的位置增加。在示例中,远离支撑结构104定位的细长结构102的局部质量240是细长结构102的最大局部质量(在本文中也称为最大质量268),或限定细长结构102的最大局部质量。

[0045] 在一些示例中,位于细长结构102与一对支撑结构104中的至少一个的交叉点或接合点处的细长结构102的局部质量240是细长结构102的最小质量266或限定细长结构102的最小质量266。在一些示例中,位于该对支撑结构104之间的中间位置的细长结构102的局部质量240是细长结构102的最大质量268或限定细长结构102的最大质量268。

[0046] 在一些示例中,细长结构102中局部质量240增加(例如,增加到最大质量268)的部分被选择在沿细长结构102的长度114的响应于加载最可能发生屈曲的位置处,例如在远离支撑结构104间隔开的位置处或在一对相邻支撑结构104之间的位置。类似地,细长结构102中局部质量240减小(例如,小到最小质量266)的部分被选择在沿细长结构102的长度114的响应于加载最不可能发生屈曲的位置处,例如邻近支撑结构104。细长结构102的最小质量266和最大质量268的这种选择性位置通过在需要支撑结构载荷的位置处增加质量238并且在不需要支撑结构载荷的位置处减小质量238而有利于优化细长结构102的材料和重量以及足以反抗施加到结构组件100的载荷的强度-重量要求。

[0047] 在一些示例中,细长结构102的体积274沿着细长结构102的长度114是可变的(例如,包括可变体积)。换句话说,细长结构102的局部体积276 240贯穿细长结构102的长度114的一个或多个部分变化。为了本公开的目的,术语“局部体积”是指细长结构102在沿细长结构102的长度114的特定区、区域或位置处的体积274。在一些示例中,体积274沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中,体积274具有沿着细长结构102的某些长度的恒定局部体积276部分和沿着相同细长结构102的其他某些(例如,不同的)长度的可变局部

体积276部分。

[0048] 在一些示例中,细长结构102的体积274邻近支撑结构104(例如,在其处或附近)减小或降低。在示例中,定位成邻近或者位于支撑结构104处的细长结构102的局部体积276是细长结构102的最小局部体积(在本文中也称为最小体积278)或限定细长结构102的最小局部体积。

[0049] 在一些示例中,细长结构102的体积274从支撑结构104到沿着细长结构102的长度114的远离支撑结构104间隔开的位置增加。在示例中,远离支撑结构104定位的细长结构102的局部体积276是细长结构102的最大局部体积(在本文中也称为最大体积280)或限定细长结构102的最大局部体积。

[0050] 在一些示例中,位于细长结构102与一对支撑结构104中的至少一个的交叉点或接合点处的细长结构102的局部体积276是细长结构102的最小体积278或限定细长结构102的最小体积278。在一些示例中,位于该对支撑结构104之间的中间位置的细长结构102的局部体积276是细长结构102的最大体积280或限定细长结构102的最大体积280。

[0051] 在一些示例中,在细长结构102中局部体积276增加(例如,到最大体积280)的部分被选择在沿细长结构102的长度114的响应于加载最可能发生屈曲的位置处,例如在远离支撑结构104间隔开的位置处或在一对相邻支撑结构104之间。类似地,细长结构102中局部体积276减小(例如,到最小体积278)的部分被选择在沿细长结构102的长度114的响应于加载最不可能发生屈曲的位置处,例如邻近支撑结构104。细长结构102的最小体积278和最大体积280的这种选择性位置通过在需要支撑结构载荷的位置处增加体积274并且在不需要支撑结构载荷的位置处减小体积274而有利于优化细长结构102的材料和空间要求以及足以反抗施加到结构组件100的载荷的强度-重量要求。

[0052] 在一些示例中,通过沿细长结构102的长度114改变细长结构102的高度110来实现或完成可变质量238和/或可变体积274中的至少一个。换句话说,细长结构102的局部高度242贯穿细长结构102的长度114的一个或多个部分变化。为了本公开的目的,术语“局部高度”是指细长结构102在沿细长结构102的长度114的特定区、区域或横截面位置处的高度110。在一些示例中,高度110沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中,高度110具有沿着细长结构102的某些长度的恒定局部高度242部分和沿着相同细长结构102的其他某些(例如,不同)长度的可变局部高度242的部分。

[0053] 在一些示例中,细长结构102的高度110邻近支撑结构104(例如,在其处或附近)减小或降低,以便减小细长结构102的质量238和/或体积276中的至少一个。在示例中,定位成邻近或位于支撑结构104处的细长结构102的局部高度242是对应于细长结构102的最小质量266的细长结构102的最小局部高度(在本文中也称为最小高度116),或限定该细长结构102的最小局部高度。

[0054] 在一些示例中,细长结构102的高度110从支撑结构104到沿细长结构102的长度114远离支撑结构104间隔开的位置增加,以便增加细长结构102的质量238和/或体积276中的至少一个。在示例中,远离支撑结构104定位的细长结构102的局部高度242是对应于细长结构102的最大质量268的细长结构102的最大局部高度(在本文中也称为最大高度118),或限定该细长结构102的最大局部高度。

[0055] 在一些示例中,通过沿细长结构102的长度114改变细长结构102的宽度244来实现

或完成可变质量238和/或可变体积274中的至少一个。换句话说，细长结构102的局部宽度246贯穿细长结构102的长度114的一个或多个部分变化。为了本公开的目的，术语“局部宽度”是指细长结构102在沿细长结构102的长度114的特定区、区域或横截面位置处的宽度244。在一些示例中，宽度244沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中，宽度244具有沿细长结构102的某些长度的恒定局部宽度246的部分和沿相同细长结构102的某些其他(例如，不同)长度的可变局部宽度246的部分。

[0056] 在一些示例中，细长结构102的宽度244邻近支撑结构104(例如，在其处或附近)减小或降低，以便减小细长结构102的质量238和/或体积276中的至少一个。在示例中，定位成邻近或位于支撑结构104处的细长结构102的局部宽度246是对应于细长结构102的最小质量266的细长结构102的最小局部宽度(在本文中也称为最小宽度)，或限定该细长结构102的最小局部宽度。

[0057] 在一些示例中，细长结构102的宽度244从支撑结构104到沿细长结构102的长度114远离支撑结构104间隔开的位置增加，以便增加细长结构102的质量238和/或体积276中的至少一个。在示例中，远离支撑结构104定位的细长结构102的局部宽度244是对应于细长结构102的最大质量268的细长结构102的最大局部宽度(在本文中也称为最大宽度)，或限定该细长结构102的最大局部宽度。

[0058] 在一些示例中，细长结构102包括腹板120。通常，腹板120被定向为垂直于面板结构108。腹板120具有腹板高度124和腹板厚度254。腹板高度124至少部分地限定细长结构102的高度110。

[0059] 出于本公开的目的，涉及物品相对于另一物品的位置、方位和/或取向的术语(例如垂直、平行和类似术语)包括完全如所述(在可以被认为是精确的范围内)的位置、方位和/或取向的条件和大致如所述的位置、方位和/或取向的条件。出于本公开的目的，术语“大约”是指或表示接近但不完全是仍然执行期望功能或实现期望结果的所述条件的条件。例如，术语“大约”可以指在所述条件的小于10%以内的条件。

[0060] 在一些示例中，通过沿着细长结构102的长度114改变腹板120的腹板高度124来实现或完成可变质量238和/或可变容积274中的至少一个。换句话说，腹板120的局部腹板高度252贯穿细长结构102的长度114的一个或多个部分变化。为了本公开的目的，术语“局部腹板高度”指的是腹板120在沿细长结构102的长度114的特定区、区域或横截面位置处的腹板高度124。在一些示例中，腹板高度124沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中，腹板高度124具有沿着细长结构102的某些长度的恒定局部腹板高度252的部分和沿着相同细长结构102的某些其他(例如，不同)长度的可变局部腹板高度252的部分。

[0061] 在一些示例中，细长结构102的腹板120的腹板高度124邻近支撑结构104(例如，在其处或附近)减小或降低，以便减小细长结构102的质量238和/或体积276中的至少一个。在示例中，定位成邻近或位于支撑结构104处的腹板120的局部腹板高度252是对应于细长结构102的最小质量266的细长结构102的最小局部腹板高度(在本文中也称为最小腹板高度132)，或限定该细长结构102的最小局部腹板高度。

[0062] 在一些示例中，细长结构102的腹板120的腹板高度124从支撑结构104到沿细长结构102的长度114远离支撑结构104间隔开的位置增加，以便增加细长结构102的质量238和/或体积276中的至少一个。在示例中，远离支撑结构104定位的腹板120的局部腹板高度252

是对于细长结构102的最大质量268的最大局部腹板高度(在本文中也称为最大腹板高度134),或限定该细长结构102的最大局部腹板高度。

[0063] 在一些示例中,通过沿着细长结构102的长度114改变腹板120的腹板厚度254来实现或完成可变质量238和/或可变容积274中的至少一个。换句话说,腹板120的局部腹板厚度256贯穿细长结构102的长度114的一个或多个部分变化。为了本公开的目的,术语“局部腹板厚度”是指腹板120在沿着细长结构102的长度114的特定区、区域或横截面位置的腹板厚度。在一些示例中,腹板厚度254沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中,腹板厚度254具有沿细长结构102的某些长度的恒定局部腹板厚度256的部分和沿着相同细长结构102的某些其他(例如,不同)长度的可变局部腹板厚度256的部分。

[0064] 在一些示例中,细长结构102的腹板120的腹板厚度254邻近支撑结构104(例如,在其处或附近)减小或降低,以便减小细长结构102的质量238和/或体积276中的至少一个。在示例中,定位成邻近或位于支撑结构104处的腹板120的局部腹板厚度256是对于细长结构102的最小质量266的最大局部腹板厚度(在本文中也称为最小腹板厚度270),或限定该细长结构102的最小局部腹板厚度。

[0065] 在一些示例中,细长结构102的腹板120的腹板厚度254从支撑结构104到沿细长结构102的长度114远离支撑结构104间隔开的位置增加,以便增加细长结构102的质量238和/或体积276中的至少一个。在示例中,远离支撑结构104定位的腹板120的局部腹板厚度256是对于细长结构102的最大局部质量的细长结构102的最大局部腹板厚度(在本文中也称为最大腹板厚度272),或限定该细长结构102的最大局部腹板厚度。

[0066] 在一些示例中,细长结构102包括下凸缘122和上凸缘128中的至少一个。在一些示例中,腹板120耦接到下凸缘122并从下凸缘122延伸。在一些示例中,腹板120耦接到下凸缘122和上凸缘128并在下凸缘122和上凸缘128之间延伸。在一些示例中,下凸缘122具有下凸缘宽度144,并且上凸缘128具有上凸缘宽度248。细长结构102的宽度244至少部分地由下凸缘宽度144和/或上凸缘宽度146中的一个限定。应当注意,为了本公开的目的,相对术语(例如“下”、“基部”、“上”、“顶部”、“底部”等)指的是物品的相对方位和/或方向,例如,如相应的附图视图所示。

[0067] 在一些示例中,通过沿着细长结构102的长度114改变细长结构102的下凸缘宽度144和/或上凸缘宽度146中的至少一个来实现或完成可变质量238和/或可变体积276中的至少一个。换句话说,局部下凸缘宽度248和/或局部上凸缘宽度250贯穿细长结构102的长度114的一个或多个部分变化。为本公开的目的,术语“局部下凸缘宽度”和“局部上凸缘宽度”是指沿着细长结构102的长度114的特定区、区域或横截面位置处的相应下凸缘122和上凸缘128的宽度。在一些示例中,下凸缘宽度144和/或上凸缘宽度146沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中,下凸缘宽度144和/或上凸缘宽度146具有沿着细长结构102的某些长度的恒定局部下凸缘宽度248和/或局部上凸缘宽度250的部分并且具有沿着相同细长构件102的某些其他(例如,不同)长度的可变局部下凸缘宽度248和/或局部上凸缘宽度250的部分。

[0068] 在一些示例中,细长结构102的下凸缘宽度144和/或上凸缘宽度146邻近支撑结构104(例如,在其处或附近)减小或降低,以便减小细长结构102的质量238和/或体积274中的至少一个。在示例中,定位成邻近或位于支撑结构104处的细长结构102的局部下凸缘宽度

248和/或局部上凸缘宽度250是对应于细长结构102的最小质量266的细长结构102的最小局部下凸缘宽度(在本文中也称为最小下凸缘宽度)和/或最小局部上凸缘宽度(在本文中也称为最小上凸缘宽度),或限定所述细长结构102的最小局部下凸缘宽度和/或最小局部上凸缘宽度。

[0069] 在一些示例中,细长结构102的下凸缘宽度144和/或上凸缘宽度146从支撑结构104到沿细长结构102的长度114远离支撑结构104间隔开的位置增加,以便增加细长结构102的质量238和/或体积276中的至少一个。在示例中,远离支撑结构104定位的细长结构102的局部下凸缘宽度248和/或局部上凸缘宽度250是对应于细长结构102的最大局部质量的细长结构102的最大局部下凸缘宽度(在本文中也称为最大下凸缘宽度)和/或最大局部上凸缘宽度(在本文中也称为最大上凸缘宽度),或限定所述细长结构102的最大局部下凸缘宽度和/或最大局部上凸缘宽度。

[0070] 图2示出了结构组装件100的外部的示例的一部分,并且图3示出了结构组装件100的内部的示例的一部分。结构组装件100包括形成结构组装件100的框架的多个细长结构102(也单独地称为细长结构102)和多个支撑结构104(也单独地称为支撑结构104)。换句话说,细长结构102和支撑结构104形成结构组装件100的骨架状结构。由细长结构102和支撑结构104形成的框架可以覆盖有外部材料,例如多个面板结构108(也单独地称为面板结构108)。

[0071] 在一些示例中,面板结构108与细长结构102和支撑结构104可操作地耦接。在一些示例中,面板结构108通过紧固件106的阵列与细长结构102和支撑结构104可操作地耦接。在一些示例中,细长结构102与支撑结构104可操作地耦接。在一些示例中,细长结构102和支撑结构104使用一个或多个安装夹可操作地耦接在一起。

[0072] 形成结构组装件100的结构构件可以由各种材料形成。在一些示例中,细长结构102、支撑结构104和/或面板结构108由金属材料(例如铝、钢或钛)制作。在一些示例中,细长结构102、支撑结构104和/或面板结构108由非金属材料(例如具有以预定取向定向的多层增强纤维(例如纤维增强复合材料)的增强聚合物基材料)制作。

[0073] 图4示出了飞行器1200的示例。飞行器1200是至少部分地利用一个或多个结构组装件100(图1)构造的结构232(例如车辆结构234(图1))的示例。在说明性示例中,飞行器1200是固定翼飞行器。飞行器1200包括机体1202和多个高级系统1204。高级系统1204的示例包括推进系统1208、电气系统1210、液压系统1212、环境系统1214和通信系统1216中的一个或多个。在其他示例中,飞行器1200可以包括任何数量的其他类型的系统。

[0074] 飞行器1200包括形成飞行器1200的框架的多个结构组装件100(也单独地称为结构组装件100)。换句话说,细长结构102和支撑结构104形成机体1202的骨架状结构。

[0075] 在示例中,机体1202包括或形成飞行器1200的机身1218。机身1218是飞行器1200的主体,其限定飞行器1200的内部1206,内部1206可以包括乘客舱和/或货舱,并且包括被配置成容纳机组人员、一个或多个乘客和/或货物的任何合适的中央框架结构。其在说明性示例中,机身1218是细长的大致柱形机身。

[0076] 在示例中,机身1218包括位于飞行器1200前端的机头部分1222和位于飞行器1200后端的机尾部分1224。为了本公开的目的,术语“前”和“后”具有本领域技术人员已知的普通含义并且指的是相对于飞行器1200的移动方向的方位。在一些示例中,机尾节段1224还

包括至少一个垂直安定面1226和/或至少一个水平安定面1228。

[0077] 在一些示例中,结构组装件100(例如,图2和图3中所示)是或形成飞行器1200的机身1218的一部分。在这些示例中,细长结构件102是机身1218的加强结构构件,通常称为桁条或加强件;支撑结构104是机身1218的主要结构构件,通常称为框架或隔框;并且面板结构10是机身1218的外蒙皮,通常称为蒙皮面板。细长结构102大致彼此平行地定向并且大致平行于机身1218的纵向轴线延伸。支撑结构104包括环形箍,该环形箍围绕机身1218的纵向轴线周向延伸并且沿着机身1218的纵向轴线间隔开。

[0078] 机体1202还包括或形成一对机翼1220(也分别称为机翼1220)。每个机翼1220耦接到机身1218。每个机翼1220包括被配置为向飞行器1200提供升力的任何合适的翼型结构。在说明性示例中,机翼1220是以后掠翼锥形平面的形式从机身1218的下部延伸的细长结构。在其他示例中,翼1220是平直的或三角形的。在其他示例中,翼1220是梯形、恒定、椭圆形、半椭圆形或本领域中已知的其他配置。

[0079] 在一些示例中,结构组装件100(例如,图2和图3中所示)是或者形成飞行器1200的机翼1220的一部分。在这些示例中,细长结构件102是机翼1220的加强结构构件,通常称为桁条或加强件;支撑结构104是机翼1220的结构构件,通常称为肋;并且面板结构10是机翼1220的外蒙皮,通常称为蒙皮面板。细长结构102大致彼此平行地定向并且大致平行于机翼1220的翼展方向轴线延伸。支撑结构104大致彼此平行地定向,大致平行于机翼1220的翼弦方向轴线延伸,并且沿机翼1220的翼展方向轴线间隔开。

[0080] 通常,飞行器1200包括形成机体1202、机身1218、机翼1220、垂直安定面1226、水平安定面1228和飞行器1200的其他结构的各种结构构件。这种结构构件的示例包括隔框、肋、桁条、翼梁、纵梁、蒙皮面板和其他类型的零件。这些结构构件通过各种方法中的任何一种(包括但不限于通过各种紧固件的连接、共固化、结构粘结(例如,粘合剂粘结)、或整体成形)耦接在一起。

[0081] 在其他示例中,结构组装件100(例如,图2和图3中所示)是或形成另一种类型的车辆结构234或独立结构236的一部分。在示例中,细长结构102是在结构组装件100的支撑结构104之间延伸、与支撑结构104相交和/或连结到支撑结构104的任何结构部件或构件。图5示出了包括细长结构102和一部分面板结构108的所公开的结构组装件100的示例的一部分。在示例中,细长结构102包括下凸缘122(也称为第一结构、基部凸缘或底部凸缘)、腹板120和上凸缘128(也称为第二凸缘、端部凸缘或顶部凸缘)。

[0082] 腹板120位于下凸缘122和上凸缘128之间。上凸缘128与下凸缘122相对。腹板120延伸细长结构102的长度114(图1)。腹板120具有腹板高度124。在一些情况下,腹板高度124也可以通常称为腹板深度。腹板高度124在上凸缘128的上凸缘底表面136和下凸缘122的下凸缘顶表面138之间延伸,或由其间的距离限定。腹板高度124可以在几何形状上构造成或者“设计”成对结构组装件100施加的载荷提供期望的抵抗力。

[0083] 在一些示例中,腹板120的腹板高度124沿着细长结构102的长度114(图1)是可变的(例如,包括可变高度)。换句话说,腹板高度124贯穿细长结构102的长度114的一个或多个部分变化。在一些示例中,腹板高度124沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中,腹板高度124具有沿着细长结构102的某些长度的恒定高度部分和沿着相同细长结构102的不同长度的可变高度部分。

[0084] 在一些示例中,腹板120的腹板高度124是沿着细长结构102的长度114的对应于细长结构102的最小高度116的一个或多个位置处的最小腹板高度132,或者限定所述最小腹板高度132。腹板120的腹板高度124是沿着细长结构102的长度114的对应于细长结构102的最大高度118的一个或多个位置处的最大腹板高度134,或者限定所述最大腹板高度134。

[0085] 在一些示例中,最小腹板高度132对应于细长结构102的最小质量266。在一些示例中,最小腹板高度132对应于细长结构102的最小体积278。

[0086] 在一些示例中,例如,通过相应地减小细长结构102的宽度244和/或腹板120的腹板厚度254,最大腹板高度134对应于细长结构102的最小质量266。在一些示例中,例如,通过相应地减小细长结构102的宽度244和/或腹板120的腹板厚度254,最大腹板高度134对应于细长结构102的最小体积280。

[0087] 在一些示例中,最大腹板高度134对应于细长结构102的最大质量268。在一些示例中,最大腹板高度134对应于细长结构102的最大体积280。

[0088] 在一些示例中,例如,通过相应地增加细长结构102的宽度244和/或腹板的腹板厚度254,最小腹板高度132对应于细长结构102的最大质量268。在一些示例中,例如,通过相应地增加细长结构102的宽度244和/或腹板的腹板厚度254,最小腹板高度132对应于细长结构102的最大体积280。

[0089] 在一些示例中,腹板120的腹板厚度254沿着细长结构102的长度114(图1)是可变的(例如,包括可变厚度)。换句话说,腹板厚度254贯穿细长结构102的长度114的一个或多个部分变化。在一些示例中,腹板厚度254沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中,腹板厚度254沿着细长结构102的某些长度具有恒定高度部分并且沿相同细长结构102的不同长度具有可变高度部分。

[0090] 在一些示例中,在沿着细长结构102的长度114的一个或多个位置处,腹板120的腹板厚度254是或者限定最小腹板厚度270。在沿着细长结构102的长度114的一个或多个其他位置处,腹板120的腹板厚度254是或者限定最大腹板厚度272。

[0091] 在一些示例中,最小腹板厚度270对应于细长结构102的最小高度116。在一些示例中,最小腹板厚度270对应于腹板120的最小腹板高度132。

[0092] 在一些示例中,最小腹板厚度270对应于细长结构102的最大高度118。在一些示例中,最小腹板厚度270对应于腹板120的最大腹板高度134。

[0093] 在一些示例中,最大腹板厚度272对应于细长结构102的最小高度116。在一些示例中,最大腹板厚度272对应于腹板120的最小腹板高度132。

[0094] 在一些示例中,最大腹板厚度272对应于细长结构102的最大高度118。在一些示例中,最大腹板厚度272对应于腹板120的最大腹板高度134。

[0095] 在一些示例中,最小腹板厚度270对应于细长结构102的最小质量266。在一些示例中,最小腹板厚度270对应于细长结构102的最小体积274。

[0096] 在一些示例中,例如,通过相应地减小细长结构102的宽度244和/或腹板120的腹板高度124,最大腹板厚度272对应于细长结构102的最小质量266。在一些示例中,例如,通过相应地减小细长结构102的宽度244和/或腹板120的腹板高度124,最大腹板厚度272对应于细长结构102的最小体积278。

[0097] 在一些示例中,最大腹板厚度272对应于细长结构102的最大质量268。在一些示例

中,最大腹板厚度272对应于细长结构102的最大体积274。

[0098] 在一些示例中,例如,通过相应地增加细长结构102的宽度244和/或腹板120的腹板高度124,最小腹板厚度270对应于细长结构102的最大质量238。在一些示例中,例如,通过相应地增加细长结构102的宽度244和/或腹板120的腹板高度124,最小腹板厚度270对应于细长结构102的最大体积280。

[0099] 在示例中,下凸缘122和上凸缘128包括大致平面的构件。在示例中,上凸缘顶表面140大致是平面的。类似地,在示例中,下凸缘底表面142大致是平面的。可替代地,在其他示例中,上凸缘顶表面140和/或下凸缘底表面142中的一个或两个可以是非平面的。

[0100] 在一些示例中,下凸缘122和/或上凸缘128的凸缘部分可位于腹板120的一个或两个纵向边缘上,以便对由于横向屈曲引起的腹板120的局部失效提供抵抗力。例如,下凸缘122的凸缘部分还通过为面板结构108和/或支撑结构104提供附接表面而使细长结构102能够耦接到面板结构108和/或支撑结构104。细长结构102还可以帮助携带和/或传递载荷。例如,细长结构102可以将载荷从面板结构108传递到另一结构,例如支撑结构104。

[0101] 沿着细长结构102的跨度(span)或长度114(即,进入图5的页面),下凸缘122具有下凸缘宽度144,并且上凸缘128具有上凸缘宽度146。在一些示例中,下凸缘宽度144和/或上凸缘宽度146中的一个或两个沿细长结构102的长度114是恒定的(例如,包括恒定宽度)。在一些示例中,下凸缘宽度144和/或上凸缘宽度146中的一个或两个沿细长结构102的长度114是可变的(例如,包括可变宽度)。换句话说,下凸缘宽度144和/或上部凸缘宽度146中的一个或两个贯穿细长结构102的长度114的一个或多个部分变化。在一些示例中,下部凸缘宽度144和/或上部凸缘宽度146中的一个或两个沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中,下凸缘宽度144和/或上凸缘宽度146中的一个或两个沿细长结构102的某些长度具有恒定宽度部分并且沿相同细长结构102的不同长度具有可变宽度部分。

[0102] 在一些示例中,如图所示,与细长结构102的总高度(即,高度110)或腹板120的腹板高度124相比,上凸缘宽度146相对窄(例如,相对较小)。在一些示例中,如图所示,与下凸缘宽度144相比,上凸缘宽度146相对窄(例如,相对较小)。然而,在其他示例中,可以使用替代的相对宽度。

[0103] 在一些示例中,下凸缘宽度144可以是结构组件100经历的加载或细长结构102的至少一部分(例如在面板结构108和下凸缘122之间的部分,例如在面板结构108和下凸缘部分中的一个之间的部分)经历的加载的函数。在一些示例中,上凸缘宽度146可以是结构组件100经受的加载或细长结构102的至少一部分(例如上凸缘部分中的一个)经历的负载的函数。

[0104] 在示例中,如图5所示,下凸缘122包括第一下凸缘部分148和第二下凸缘部分150。第一下凸缘部分148和第二下凸缘部分150都远离腹板120的下部区域152(例如,基部)延伸。在示例中,第一下凸缘部分148和第二下凸缘部分150在腹板120的两侧横向向外延伸。

[0105] 在示例中,第一下凸缘部分148具有第一下凸缘部分宽度154,并且第二下凸缘部分150具有第二下凸缘部分宽度156。通常,第一下凸缘部分宽度154和第二下凸缘部分宽度156组合地限定下凸缘宽度144。

[0106] 在一些示例中,如图所示,第一下凸缘部分148和第二下凸缘部分150都沿公共平面横向延伸。在一些其他示例中,也可以使用替代的非平面下凸缘部分配置。在一些示例

中,细长结构102包括多于两个下凸缘部分。

[0107] 在一些示例中,第一下凸缘部分宽度154和第二下凸缘部分宽度156大致或近似相等。可替代地,在一些示例中,第一下凸缘部分宽度154和第二下凸缘部分宽度156沿细长结构102的长度114的特定部分不相等或不同。

[0108] 在一些示例中,第一下凸缘部分宽度154沿着细长结构102的长度114的至少一部分是可变的(例如,包括可变宽度),而相对的第二下凸缘部分宽度156沿着细长结构的长度114的至少一部分是恒定的(例如,包括恒定宽度),或反之亦然。在一些示例中,第一下凸缘部分宽度154和第二下凸缘部分宽度156都沿着细长结构102的长度114的至少一部分是可变的(例如,包括可变宽度)。

[0109] 在一些示例中,细长结构102的下凸缘122仅包括单个下凸缘部分,例如仅包括第一下凸缘部分148或仅包括第二下凸缘部分150。在细长结构102包括的下凸缘122仅包括一个下凸缘部分(例如,诸如第一下凸缘部分148)的一些示例中,这种单个下凸缘部分可以具有恒定宽度。例如,这种单个下凸缘部分可以在细长结构102的整个长度114上具有恒定的宽度。在细长结构102包括的下凸缘122仅包括一个下凸缘部分(例如,诸如第一下凸缘部分148)的一些示例中,这种单个下凸缘部分可以具有可变宽度。例如,这种单个下凸缘部分可沿着细长结构102的长度114的至少一部分或在细长结构102的整个长度114上具有可变宽度。

[0110] 在一些示例中,细长结构102的下凸缘122沿细长结构102的长度114的特定部分包括第一下凸缘部分148,并且沿着细长结构102的长度114的另一特定部分包括第二下凸缘部分150。换句话说,细长结构102包括第一下凸缘部分148的至少一个节段和第二下凸缘部分150的至少一个节段。在这种布置的示例中,第一下凸缘部分148的节段和第二下凸缘部分150的节段处于或位于彼此相邻的位置。

[0111] 在一些示例中,如图5所示,第一下凸缘部分148和第二下凸缘部分150两者大致关于腹板120对称,因为它们具有大致相似的几何形状。可替代地,在其他示例中,第一下凸缘部分148和第二下凸缘部分150关于腹板120不对称。在一些示例中,第一下凸缘部分148和第二下凸缘部分150中的一个或两个包括沿着细长结构102的长度114的至少一部分延伸的可变形状。这种可变形状的下凸缘部分可以包括弯曲的、阶梯的、倾斜的或其他类似的凸缘配置。可替代地,在一些示例中,第一下凸缘部分148和第二下凸缘部分150都沿着细长结构102的整个长度114仅包括一个形状。

[0112] 出于本公开的目的并如图所示,下凸缘122限定细长结构102的底部或基部,或者称为定位成邻近面板结构108(例如,在其处或附近)的内凸缘。下凸缘底表面142限定细长结构102的外纵向表面。该外纵向表面被配置成邻接结构组装件100的面板结构108的安装表面176(例如,内表面或上表面或内模线)。

[0113] 在示例中,如图5所示,上凸缘128包括第一上凸缘部分158和第二上凸缘部分160。第一上凸缘部分158和第二上凸缘部分160都远离腹板120的上部区域162(例如,自由远端)延伸。在示例中,第一上凸缘部分158和第二上凸缘部分160在腹板120的两侧横向向外延伸。

[0114] 在示例中,第一上凸缘部分158具有第一上凸缘部分宽度164,并且第二上凸缘部分160具有第二上凸缘部分宽度166。通常,第一上凸缘部分宽度164和第二上凸缘部分宽度

166组合地限定上凸缘宽度146。

[0115] 在一些示例中,如图所示,第一上凸缘部分158和第二上凸缘部分160都沿公共平面横向延伸。在一些其他示例中,也可以使用替代的非平面上凸缘部分配置。在一些示例中,细长结构102包括多于两个上凸缘部分。

[0116] 在一些示例中,第一上凸缘部分宽度164和第二上凸缘部分宽度166大致或近似相等。可替代地,在一些示例中,第一上凸缘部分宽度164和第二上凸缘部分宽度166沿细长结构102的长度114的特定部分不相等或不同。

[0117] 在一些示例中,第一上凸缘部分宽度164沿着细长结构102的长度114的至少一部分是可变的(例如,包括可变宽度),而相对的第二上凸缘部分宽度166沿着细长结构的长度114的至少一部分是恒定的(例如,包括恒定宽度),或反之亦然。在一些示例中,第一上凸缘部分宽度164和第二上凸缘部分宽度166都沿着细长结构102的长度114的至少一部分是可变的(例如,包括可变宽度)。

[0118] 在一些示例中,细长结构102的上凸缘128仅包括单个上凸缘部分,例如仅包括第一上凸缘部分158或仅包括第二上凸缘部分160。在细长结构102包括的上凸缘128仅包括一个上凸缘部分(例如,诸如第一上凸缘部分158)的一些示例中,这种单个上凸缘部分可以具有恒定的宽度。例如,这种单个下凸缘部分可以在细长结构102的整个长度114上具有恒定宽度。在细长结构102包括的上凸缘128仅包括一个上凸缘部分(例如,诸如第一上凸缘部分158)的一些示例中,这种单个上凸缘部分可具有可变宽度。例如,这种单个上凸缘部分可以沿着细长结构102的长度114的至少一部分或在细长结构102的整个长度114上具有可变宽度。

[0119] 在一些示例中,细长结构102的上凸缘128沿着细长结构102的长度114的特定部分包括第一上凸缘部分158,并且沿着细长结构102的长度114的另一特定部分包括第二上凸缘部分160。换句话说,细长结构102包括第一上凸缘部分158的至少一个节段和第二上凸缘部分160的至少一个节段。在这种布置的示例中,第一上凸缘部分158的节段和第二上凸缘部分160的节段处于或位于彼此相邻的位置。

[0120] 在一些示例中,如图5所示,第一上凸缘部分158和第二上凸缘部分160两者大致关于腹板120对称,因为它们具有大致相似的几何形状。可替代地,在其他示例中,第一上凸缘部分158和第二上凸缘部分160关于腹板120是不对称的。在一些示例中,第一上凸缘部分158和第二上凸缘部分160中的一个或两个包括沿着细长结构102的长度114的至少一部分延伸的可变形状。这种可变形状的上凸缘部分可以包括弯曲的、阶梯的、倾斜的或其他类似的凸缘配置。可替代地,在一些示例中,第一上凸缘部分158和第二上凸缘部分160都沿细长结构102的整个长度114仅包括一个形状。

[0121] 出于本公开的目的并且如图所示,上凸缘128限定细长结构102的顶部或自由远端,或者被称为远离面板结构108定位的外凸缘。

[0122] 在一些示例中,细长结构102是整体结构(例如,由整体结构形成)。在一些示例中,这种整体结构由金属材料制作。在一些示例中,这种整体金属结构可以通过挤压、轧制和/或锻造工艺制作,以形成细长结构102的期望形状、几何形状和/或配置(例如,下凸缘122、腹板120和/或上凸缘128)。另外,在一些示例中,通过机械加工操作来制作这种整体金属结构的部分,以实现细长结构102的期望形状、几何形状和/或配置。在示例中,腹板120、下凸

缘122和/或上凸缘128的部分可以加工成具有大致平面表面,该表面可以用作细长结构102的安装表面。在示例中,腹板120、下凸缘122和/或上凸缘128的部分可以被加工以分别实现可变腹板高度和/或可变凸缘宽度。

[0123] 在一些示例中,这种整体金属结构可以通过增材制造工艺制作,以形成细长结构102的期望形状、几何形状和/或配置(例如,下凸缘122、腹板120和/或上凸缘128)。出于本公开的目的,术语“增材制造”是指通过添加层叠材料来构建三维对象的并且利用例如计算机、三维建模软件(例如,计算机辅助设计)、机器设备和分层材料(例如,金属、塑料等)的任何可用技术。增材制造的示例包括但不限于选择性激光烧结(SLS)、直接金属激光烧结(DMLS)和选择性激光熔化(SLM)。有利地,可以使用增材制造工艺来实现细长结构102的期望形状、几何形状和/或构造,同时降低制作工艺的复杂性和废料的量。在示例中,增材制造可以使得腹板120、下凸缘122和/或上凸缘128的部分能够原位(即,构建)形成,并具有可以用作细长结构102的安装表面的大致平面表面。在示例中,增材制造可以使得腹板120、下凸缘122和/或上凸缘128的部分能够在原位形成,并分别具有可变腹板高度和/或可变凸缘宽度。

[0124] 在一些示例中,整体结构由增强聚合物复合材料制作。这种整体复合结构可以通过各种已知的复合制造技术中的任何一种制作,以形成细长结构102的期望形状、几何形状和/或配置(例如,下凸缘122、腹板120和/或上凸缘128)。在示例中,增强聚合物复合材料的层(例如以编织或非编织片材或浸渍有树脂基质的单向带的形式)可以铺设在具有细长结构102的期望形状、几何形状和/或配置的成形工具(例如心轴或模具)上并且被固化。

[0125] 在示例中,面板结构108具有面板厚度168。与细长结构102类似,面板结构108可以由多种材料中的任何一种(例如金属材料或增强聚合物复合材料)制作。取决于面板结构108和细长结构102的材料成分,面板结构108以各种技术中的任何一种耦接到细长结构102的下凸缘122。

[0126] 在一些示例中,例如在面板结构108和细长结构102均由复合材料形成的情况下,使用合适的粘合材料将面板结构108耦接到下凸缘122。在一些示例中,细长结构102和面板结构108可以处于相对未固化的状态。在一些示例中,细长结构102和面板结构108可以处于相对固化的状态。在一个特定示例中,可以通过在相对未固化的面板结构108和相对固化的细长结构102的下凸缘122之间插入薄膜粘合材料而将面板结构108耦接到下凸缘122。然后将薄膜粘合剂固化同时将未固化的面板结构108固化,从而在下凸缘122和面板结构108之间形成粘合剂粘结。可替代地,在另一个特定的示例中,薄膜粘合剂可以插入相对固化的面板结构108和相对未固化的细长结构102之间,以便在细长结构102正在固化的同时形成粘合剂粘结。

[0127] 在一些示例中,例如在面板结构108和细长结构102中的一个或两个由复合材料和/或金属材料形成的情况下,面板结构108和下凸缘122可以包括至少一个孔170,其投射通过下凸缘122的下凸缘部分中的至少一个和面板结构108。孔170的尺寸适合于容纳紧固件106的螺纹轴部分172(例如,螺栓),螺纹轴部分172与紧固件106的螺母部分174螺纹接合,螺母部分174协同地将面板结构108和下凸缘122耦接。当预定扭矩被施加到紧固件106时,紧固件106(即,螺纹轴部分172和螺母部分174)协同地向面板结构108和下凸缘122施加预定的压缩力。这种紧固系统通过包括在装配期间当实现预定张力时破裂的剪切部分而产

生预定张力。

[0128] 在一些示例中,细长结构102包括下凸缘122和上凸缘128,下凸缘122具有第一下凸缘部分148和第二下凸缘部分150两者,并且上凸缘128具有第一上凸缘部分158和第二上凸缘部分160两者。这种凸缘布置通常被称为采用“T”形梁结构的形式。

[0129] 在一些示例中,细长结构102包括仅具有第一下凸缘部分148的下凸缘122,并且可选地包括具有第一上凸缘部分158和/或第二上凸缘部分160中的一个或两个的上凸缘128。这种凸缘布置通常被称为采用“J”形梁结构的形式。

[0130] 在一些示例中,细长结构102包括仅具有第二下凸缘部分150的下凸缘122,并且可选地包括具有第一上凸缘部分158和/或第二上凸缘部分160中的一个或两个的上凸缘128。这种凸缘布置通常被称为采用“L”形梁结构的形式。

[0131] 在一些示例中,细长结构102包括仅具有第一下凸缘部分148(或仅具有第二下凸缘部分150)的下凸缘122和仅具有第一上凸缘部分158(或仅具有第二上凸缘部分160)的上凸缘128。这种凸缘布置通常被称为采用“C”形梁结构(或倒“C”形梁结构)的形式。

[0132] 在一些示例中,细长结构102包括仅具有第二下凸缘部分150(或仅具有第一下凸缘部分148)的下凸缘122和仅具有第一上凸缘部分158(或仅具有第二上凸缘部分160)的上凸缘128。这种凸缘布置通常被称为采用“Z”形梁结构(或倒“Z”形梁结构)的形式。

[0133] 在一些示例中,细长结构102仅包括具有第一下凸缘部分148和/或第二下凸缘部分150中的一个或两个的下凸缘122,或者仅包括直接耦接到面板结构108的腹板120。这种布置通常被称为采用叶片结构(例如,叶片桁条)的形式。

[0134] 在一些示例中,细长结构102可以包括形成不同开放或闭合配置的其他形状和/或几何形状。例如,细长结构102可以包括各种其他梁结构或帽型结构(例如帽桁条)中的任何一种。

[0135] 图6示出了所公开的结构组件100的示例的一部分,其包括细长结构102、面板结构108的一部分,以及相对的一对支撑结构104(分别称为第一支撑结构104A和第二支撑结构104B)的一部分。图7示出了所公开的结构组件100的示例的一部分,其包括细长结构102的一部分、面板结构108的一部分和支撑结构104的一部分。图8示出了所公开的结构组件100的示例的一部分,其包括细长结构102的一部分、面板结构108的一部分和支撑结构104的一部分。图9示出了所公开的结构组件100的示例的一部分的一个节段,其包括细长结构102(其具有邻近(例如在支撑结构104处或附近)截取的横截面)、面板结构108的一部分,以及支撑结构104的一部分。

[0136] 参见图6和图7,细长结构102具有高度110。通常,如图5所示,细长结构102的高度110由腹板120的腹板高度124结合下凸缘122的下凸缘厚度(即,在下凸缘底表面142和下凸缘顶表面138之间延伸)和/或上凸缘128的上凸缘厚度(即,在上凸缘底表面136和上凸缘顶表面140之间延伸)限定。

[0137] 细长结构102的高度110沿其长度114是可变的(例如,包括可变高度)。换句话说,高度110贯穿细长结构102的长度114的一个或多个部分变化。在一些示例中,高度110沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中,高度110沿着细长结构102的某些长度具有恒定高度部分并且沿着相同细长结构102不同长度具有可变高度部分。

[0138] 在一些示例中,细长结构102的长度114从细长结构102的第一端部178到细长结构

102的与第一端部178相对的第二端部180限定。在一些示例中,包含性地位于第一端部178和第二端部180之间的细长结构102的某一尺寸限定细长结构102的长度114。在一些示例中,细长结构102的长度114被限定从一个端部(例如,第一端部178或第二端部180)到一个支撑结构104(例如,第一支撑结构104A或第二支撑结构104B)。在一些示例中,细长结构102的长度114限定在相邻的相对的一对支撑结构104之间(例如,在第一支撑结构104A和第二支撑结构104B之间)。在一些示例中,位于相邻的相对的一对支撑结构104之间(例如,在第一支撑结构104A和第二支撑结构104B之间)的区域或区被称为结构组件100的隔区(bay)182。

[0139] 通常,在图6至图9所示的示例中,细长结构102包括腹板120、下凸缘122和上凸缘128,其各自具有限定局部质量240和/或局部体积276的的局部横截面形状和局部几何形状,所述局部质量240和/或局部体积276沿细长结构102的长度114的至少一部分变化。

[0140] 在细长结构102的一些示例中,如图6至图8所示,下凸缘120具有沿细长结构102的长度114的至少一部分的可变或不均匀的横截面。在示例中,细长结构102包括沿着细长结构102的长度114的一部分(例如,仅某些部分)延伸的下凸缘122,并且下部凸缘宽度144(图5)沿着细长结构102的长度114的至少一部分是可变的。例如,下凸缘122包括沿细长结构102的长度114的一部分延伸的第一下凸缘部分148和/或第二下凸缘部分150中的一个或两个,并且第一下凸缘部分宽度154(图5)和/或第二下凸缘部分宽度156(图5)沿着细长结构的长度114的至少一部分是可变的。例如,第一下凸缘部分宽度154和/或第二下凸缘部分宽度156可以沿细长结构102的长度114连续变化,或者可以沿着细长结构102的长度114的不同部分包括变化节段和恒定节段。

[0141] 在一些示例中,如图6至图8所示,下凸缘122(第一下凸缘部分148或第二下凸缘部分150)包括多个下凸缘节段,例如第一下凸缘节段190、第二下凸缘节段192、第三下凸缘节段194、第四下凸缘节段196、第五下凸缘节段198等。在一些示例中,下凸缘宽度144(第一下凸缘部分宽度154和/或第二下凸缘部分宽度156)是或者限定沿细长结构102的长度114的某些部分(例如在下凸缘节段中的相邻下凸缘节段之间)的最小宽度。在一些示例中,下凸缘宽度144(第一下凸缘部分宽度154和/或第二下凸缘部分宽度156)是或者限定沿着细长结构102的长度114的某些其他部分(例如,沿着下凸缘节段)的最大宽度。

[0142] 在一些示例中,下凸缘节段(例如,第一下凸缘节段190、第二下凸缘节段192、第三下凸缘节段194、第四下凸缘节段196和第五下凸缘节段198)中的每一个的下凸缘宽度大致或近似等同。在一些示例中,下凸缘节段(例如,第一下凸缘节段190、第二下凸缘节段192、第三下凸缘节段194、第四下凸缘节段196和/或第五下凸缘节段198)中的至少一个的下凸缘宽度与下凸缘节段中的至少另一个不同。作为示例,第二下凸缘节段192的下凸缘宽度可以大致宽于第一下凸缘节段190和/或第三下凸缘节段194的下凸缘宽度。

[0143] 在一些示例中,下凸缘节段(例如,第一下凸缘节段190、第二下凸缘节段192、第三下凸缘节段194、第四下凸缘节段196和第五下凸缘节段198)中的每一个的下凸缘宽度沿着包括相应的下凸缘节段的细长结构102的长度114的一部分是恒定的。例如,第一下凸缘节段190、第二下凸缘节段192、第三下凸缘节段194、第四下凸缘节段196和第五下凸缘节段198中的每一个的下凸缘宽度沿着相应的下凸缘节段的长度是恒定的。在一些示例中,下凸缘节段(例如,第一下凸缘节段190、第二下凸缘节段192、第三下凸缘节段194、第四下凸缘

节段196和/或第五下凸缘节段198)中的一个或多个的下凸缘宽度沿着包括相应的下凸缘节段的细长结构102的长度114的一部分是可变的。例如第一下凸缘节段190、第二下凸缘节段192、第三下凸缘节段194、第四下凸缘节段196和/或第五下凸缘节段198中的至少一个的下凸缘宽度沿着相应的上凸缘节段的长度是可变的。

[0144] 在细长结构102的一些示例中,下凸缘122沿细长结构102的整个长度114具有恒定或均匀的横截面。在示例中,细长结构102包括沿着细长结构102的整个长度114延伸的下凸缘122,并且下凸缘宽度144(图5)沿细长结构102的整个长度114是恒定的。在示例中,下凸缘122包括沿细细结构102的整个长度114延伸的第一下凸缘部分148和/或第二下凸缘部分150中的一个或两个,并且第一下凸缘部分宽度154(图5)和/或第二下凸缘部分宽度156(图5)沿细长结构的整个长度114是恒定的。

[0145] 在细长结构102的一些示例中,如图7所示,上凸缘128沿细长结构102的整个长度114具有恒定或均匀的横截面。在示例中,细长结构102包括沿细细结构102的整个长度114延伸的上凸缘128,并且上凸缘宽度146(图5)沿细长结构102的整个长度114是恒定的。在示例中,上凸缘128包括沿细细结构102的整个长度114延伸的第一上凸缘部分158和/或第二上凸缘部分160中的一个或两个,并且第一上凸缘部分宽度164(图5)和/或第二上凸缘部分宽度166(图5)沿细长结构的整个长度114是恒定的。

[0146] 在细长结构102的一些示例中,如图6和图8所示,上凸缘128沿细长结构102的长度114的至少一部分具有可变或不均匀的横截面。在示例中,细长结构102包括沿着细长结构102的长度114的一部分(例如,仅某些部分)延伸的上凸缘128,并且上凸缘宽度146(图5)沿着细长结构102的长度114的至少一部分是可变的。在示例中,上凸缘128包括沿细长结构102的长度114的一部分延伸的第一上凸缘部分158和/或第二上凸缘部分160中的一个或两个,并且第一上凸缘部分宽度164(图5)和/或第二上凸缘部分宽度166(图5)沿着细长结构102的长度114的至少一部分是可变的。例如,第一上凸缘部分宽度164和/或第二上凸缘部分宽度166可以沿细长结构102的长度114连续变化,或者可以沿细长结构102的长度114的不同部分具有变化节段和恒定节段。

[0147] 在一些示例中,如图6和图8所示,上凸缘128(第一上凸缘部分158和/或第二上凸缘部分160)包括多个上凸缘节段,例如第一上凸缘节段184、第二上凸缘节段186、第三上凸缘节段188等。在一些示例中,上凸缘宽度146(第一上凸缘部分宽度164和/或第二上凸缘部分宽度166)是或者限定沿着细长结构102的长度114的某些部分(例如位于上凸缘节段的相邻上凸缘节段的之间)的最小宽度。在一些示例中,上凸缘宽度146(第一上凸缘部分宽度164和/或第二上凸缘部分宽度166)是或者限定沿着细长结构102的长度114的某些其他部分(例如,沿着上凸缘节段)的最大宽度。在一些示例中,细长结构102的没有上凸缘128的区将上凸缘节段的相邻上凸缘节段(例如,在第一上凸缘节段184和第二上凸缘节段186之间或在第二上凸缘节段186和第三上凸缘节段188之间)分开。换句话说,上凸缘宽度146(第一上凸缘部分宽度164或第二上凸缘部分宽度166)的最小宽度可以沿细长结构102的长度114的某些部分(例如在上凸缘节段之间)接近零。

[0148] 在一些示例中,上凸缘节段(例如,第一上凸缘节段184、第二上凸缘节段186和第三上凸缘节段188)中的每一个的上凸缘宽度大致或近似相等。在一些示例中,上凸缘节段(例如,第一上凸缘节段184、第二上凸缘节段186和/或第三上凸缘节段188)中的至少一个

的上凸缘宽度不同于上凸缘节段中的至少另一个。作为示例,第二上凸缘节段186的上凸缘宽度可以大致宽于第一上凸缘节段184和/或第三上凸缘节段188的上凸缘宽度。

[0149] 在一些示例中,上凸缘节段(例如,第一上凸缘节段184、第二上凸缘节段186和第三上凸缘节段188)中的每一个的上凸缘宽度沿着包括相应的上凸缘节段的细长结构102的长度114的一部分是恒定的。例如,第一上凸缘节段184、第二上凸缘节段186和第三上凸缘节段188中的每一个的上凸缘宽度沿着相应的上凸缘节段的长度是恒定的。在一些示例中,上凸缘节段(例如,第一上凸缘节段184、第二上凸缘节段186和/或第三上凸缘节段188)中的一个或多个的上凸缘宽度沿着包括相应的上凸缘节段的细长结构102的长度114的一部分是可变的。例如,第一上凸缘节段184、第二上凸缘节段186和/或第三上凸缘节段188中的至少一个的上凸缘宽度沿着相应的上凸缘节段的长度是可变的。

[0150] 参见图7至图9,在一些示例中,支撑结构104包括壁结构264,壁结构264包括通过支撑结构腹板204连接的支撑结构上凸缘200和支撑结构下凸缘202。在一些示例中,支撑结构下凸缘202从支撑结构腹板204的一侧或两侧横向向外延伸。在一些示例中,支撑结构上凸缘200从支撑结构腹板204的一侧或两侧横向向外延伸。支撑结构104包括或限定开口206(通常称为鼠洞)。开口206形成或限定键槽,细长结构102通过该键槽穿过或延伸通过支撑结构104。开口206大致与细长结构102的横截面形状(例如,细长结构102的腹板和凸缘配置)互补。开口206使细长结构102能够(优选地沿着面板结构108)横跨支撑结构104、延伸通过支撑结构104或与支撑结构104拼接。细长结构102穿过的开口206具有开口高度258。

[0151] 参照图9,在示例中,支撑结构腹板204包括或限定支撑结构腹板开口208。支撑结构腹板开口208是开口206的一部分,细长结构102的腹板120和上凸缘128通过该开口206穿过或延伸通过支撑结构104。支撑结构腹板开口208大致与细长结构102的腹板120和上凸缘128的横截面形状互补。在示例中,支撑结构下凸缘202包括或限定支撑结构下凸缘开口210。支撑结构下凸缘开口210与支撑结构腹板开口208相交。支撑结构下凸缘开口210是开口206的一部分,细长结构102的下凸缘122通过该开口206穿过或延伸通过支撑结构104。支撑结构下凸缘开口210大致与细长结构102的下凸缘122的横截面形状互补。支撑结构腹板开口208和支撑结构下凸缘开口210一起使细长结构102能够(优选地,沿着面板结构108)延伸通过支撑结构104(例如,与支撑结构104拼接)。

[0152] 在一些示例中,支撑结构104的支撑结构腹板204包括位于开口206周围(例如,围绕开口206)的厚度增加的区域,称为加厚区域212。在示例中,加厚区域212位于在支撑结构腹板开口208和支撑结构下部凸缘开口210周围。

[0153] 在一些示例中,支撑结构腹板开口208的一部分是圆形的。支撑结构腹板204的加厚区域212和支撑结构腹板开口208的圆形部分可有助于在结构组装件100的加载期间防止或抵抗支撑结构104中的裂缝萌生和传播,并有助于稳定支撑结构104的支撑结构上凸缘200。在示例中,支撑结构腹板204的一部分(例如,位于加厚区域212周围的部分)包括平面表面214。如本领域普通技术人员将认识到的,细长结构102和/或支撑结构104的尺寸、形状、材料结构和几何形状可以改变,以适应正在组装的结构组装件100(例如,机身或机翼)的类型,并且因此,如本文所描绘的结构组装件100的各种部件不应视为限制性的。

[0154] 因为细长结构102延伸通过支撑结构104,所以支撑结构104的支撑结构下凸缘202与面板结构108的接触发生在由支撑结构下凸缘202限定的多个周向定向的表面处。换句话

说,当支撑结构下凸缘202沿着面板结构108的安装表面延伸时,支撑结构下凸缘开口210中断支撑结构下凸缘202的底表面与面板结构108的安装(例如,内)表面的接触。在细长结构102和支撑结构104的交叉点处,在支撑结构下凸缘202之间形成重叠部分。该重叠部分有助于确保细长结构102和支撑结构104有助于形成阻止裂纹扩展的多个连续周向外表面。

[0155] 参照图9,在一些示例中,开口206的开口高度258大于细长结构102的邻近支撑结构104的高度110(局部高度242)。在示例中,开口高度258大于细长结构102的最小高度116(在沿细长结构102的长度114的与细长结构102与支撑结构104相交并穿过开口206的位置相对应的位置处的细长结构102的局部高度242)。换句话说,开口206的上部位于或处于细长结构102的上端部(例如,上凸缘128)上方。

[0156] 在一些示例中,开口206的开口高度258小于细长结构102在远离支撑结构104间隔开的位置处的高度110(局部高度242)。在示例中,开口高度258小于细长结构102的最大高度118(在沿细长结构102的长度114的与远离支撑结构104间隔开或处于相邻并相对的一对支撑结构104之间的位置102相对应的位置处的细长结构102的局部高度242)。换句话说,开口206的上部位于或处于细长结构102的上端部(例如,上凸缘128)下方。

[0157] 开口高度258的这种布置通过增加从开口206的上端部延伸到支撑结构腹板204的上端部的支撑结构104的尺寸,有利地使得支撑结构104的厚度减小或降低,并且特别地,使支撑结构104的其他增厚区域212的厚度减小。

[0158] 图10示出了所公开的结构组装件100的示例的一部分,其包括细长结构102、面板结构108的一部分、相对的一对支撑结构104的一部分(例如,第一支撑结构104A和第二支撑结构104B)和安装夹216(也被单独称为安装夹216)。图11和图12各自示出了所公开的结构组装件100的示例的一部分,其中细长结构102通过安装夹216可操作地耦接到支撑结构104。

[0159] 参照图10,在一些示例中,结构组装件100包括安装夹216。安装夹216用于将细长结构102与支撑结构104可操作地耦接。在一些示例中,细长结构102包括或提供有一个或多个夹安装表面218。在一些示例中,细长结构102的一个或多个部分可以被制作成具有大致平面表面,其中这种平面表面用作安装表面218,以用于将细长结构安装夹216安装到细长结构102。在示例中,细长结构102的上凸缘128的一个或多个部分形成为具有大致平面表面,该表面用作安装表面218,以用于将安装夹216耦接到细长结构102。在示例中,细长结构102的腹板120的一个或多个部分形成为具有大致平面表面,该表面用作安装表面218,以用于将安装夹216耦接到细长结构102。在一些示例中,安装表面218沿着细长结构102的长度114定位,以便与细长结构102的穿过支撑结构104的(或由其提供的)开口206的部分或节段相符。

[0160] 参照图11和图12,在一些示例中,安装夹216包括第一主体部分220和从第一主体部分220延伸的第二主体部分222。在一些示例中,第一主体部分220和第二主体部分222定向成或处于彼此垂直。在示例中,第一主体部分220包括夹具第一安装表面。在所示的示例中,夹具第一安装表面大致是平面的并且邻近支撑结构104中的开口206(例如,在其处或附近)(图12)耦接到支撑结构104的支撑结构腹板204的加厚区域212的平面表面214。在示例中,第二主体部分222包括夹具第二安装表面。在所示的示例中,夹具第二安装表面大致是平面的并且邻近支撑结构104中的开口206(例如,在其处或附近)耦接到细长结构102的腹

板120的平面安装表面218。

[0161] 安装夹216以各种方式中的任何一种方式耦接到支撑结构104和细长结构102。作为示例,安装夹216可以通过粘合剂、通过粘结、通过固化、通过铆接或通过使用任何其他合适的安装技术而耦接到位。

[0162] 将安装夹216与所公开的结构组装件100一起使用的一个优点是,这种安装夹216通常可以快速且容易地安装,因为安装夹可以沿着支撑结构104的相应的大致平面或平坦表面装配,因此不需要对安装夹216进行特殊加工。类似地,安装夹216也可以通常快速且容易地沿细长结构102的相应的大致平面表面装配。因此,不需要附加加工或制作细长结构102。此外,由于安装夹216可以沿支撑结构104和细长结构102两者的大致平面表面装配,因此即使当结构组装件100受到增强的振动力和其他载荷和力(例如飞行器经常遇到的那些)时,装配的安装夹216也可以保持在适当位置。这种安装夹配置的另一个优点是安装夹216的厚度可以根据细长结构102设计承载的总载荷而变化。可以在不改变细长结构102和/或支撑结构104的情况下改变安装夹216的这种厚度。

[0163] 图13示出了所公开的结构组装件100的示例的一部分,其包括细长结构102的一部分、面板结构108的一部分、支撑结构104的一部分,以及支架224(也被单独称为支架224)。图14示出了所公开的结构组装件100的示例的一部分,其包括细长结构102、面板结构108的一部分、相对的一对支撑结构104的一部分(例如,第一支撑结构104A和第二支撑结构104B),以及支架224。图15示出了所公开的结构组装件100的一部分的示例的节段,其包括细长结构102(其具有邻近(例如,在支撑结构104处或附近)截取的横截面、面板结构108的一部分、支撑结构104的一部分和支架224)。

[0164] 参照图13至图15,在一些示例中,并非支撑结构104直接耦接到面板结构108(如图6至图10所示),而是支撑结构104远离面板结构108间隔开并且支架224将支撑结构104与面板结构108可操作地耦接。通常,支架224用作将支撑结构104连接到面板结构108的拼接。

[0165] 参照图13,在示例中,支架224中的每一个包括支架腹板228和从支架腹板228的一侧横向向外延伸的支架凸缘230或支脚。在一些示例中,支架腹板228的一部分被安装到支撑结构104的支撑结构腹板204的加厚区域212的平面表面214。支架腹板228的另一部分从支撑结构104延伸到面板结构108,使得支撑结构104远离面板结构108间隔开。支架凸缘230耦接到面板结构108的安装表面。在一些示例中,支架凸缘203也耦接到细长结构102的下凸缘122。

[0166] 在一些示例中,位于支撑结构104、面板结构108和相邻的一对支架224之间的区域限定开口226。类似于开口206(图7至图9),开口226形成或限定键槽,细长结构102通过该键槽穿过或延伸通过支撑结构104。开口226大致与细长结构102(例如,细长结构102的腹板和凸缘配置)的横截面形状互补。开口226使细长结构102能够(优选地沿着面板结构108)横跨支撑结构104和支架224、延伸通过支撑结构104和支架224或与支撑结构104和支架224拼接。细长结构102穿过的开口226具有开口高度258。

[0167] 参照图15,在一些示例中,开口226的开口高度258大于细长结构102的邻近支撑结构104的高度110(局部高度242)。在示例中,开口高度258大于细长结构102的最小高度116(在沿细长结构102的长度114的与细长结构102与支撑结构104相交并且穿过开口226的位置相对应的位置处的细长结构102的局部高度242)。换句话说,开口226的上部位于或处于

细长结构102的上端部上方。

[0168] 在一些示例中,开口226的开口高度258小于细长结构102在远离支撑结构104间隔开的位置处的高度110(局部高度242)。在示例中,开口高度258小于细长结构102的最大高度118(在沿细长结构102的长度114的与远离支撑结构104间隔开的或处于相邻并相对的一对支撑结构104之间的位置112相对应的位置处的细长结构102的局部高度242)。换句话说,开口226的上部位于或处于细长结构102的上端部(例如,上凸缘128)下方。

[0169] 在支撑结构104远离面板结构108间隔开的一些示例中,例如当支撑结构104通过支架224耦接到面板结构108时,支撑结构104的支撑结构下端部260位于或处于细长结构102的最大高度118(在沿细长结构102的长度114的与远离支撑结构104间隔开或处于相邻并相对的一对支撑结构104之间的位置112相对应的位置处的细长结构102的局部高度242)下方。

[0170] 图16示出了所公开的结构组件100的示例的一部分,其包括细长结构102的一部分,面板结构108的一部分,以及相对的一对支撑结构104的一部分(例如,第一支撑结构104A和第二支撑结构104B)。

[0171] 参照图16,在一些示例中,支撑结构104中的至少一个(例如,第一支撑结构104A)包括位于面板结构108上或与面板结构108一体的衬垫(pad-up)262,或采取这种衬垫262的形式。在一些示例中,衬垫262包括面板结构108的面板厚度168(图5)的局部增加,其用作细长结构102的安装表面176。在一些示例中,衬垫262包括耦接到面板结构108的内表面的垫片或楔形结构,其用作细长结构102的安装表面176。

[0172] 虽然未明确示出,但是在一些示例中,相对的一对支撑结构104(例如,第一支撑结构104A和第二支撑结构104B)都包括衬垫262或采用衬垫262的形式。在其他示例中,一对支撑结构104中的一个(例如,第一支撑结构104A)包括衬垫262,并且该对支撑结构104中的相对的一个(例如,第二支撑结构104B)包括壁结构264。

[0173] 图17示出了所公开的结构组件100的示例的一部分,其包括多个细长结构102和蒙皮面板108。在示例中,结构组件100是等栅格(isogrid)或正交栅格(orthogrid)结构或采取等栅格或正交栅格的形式,其中面板结构108形成板或表皮,并且多个细长结构102相交以形成包括一系列三角形、正方形或菱形加强肋的晶格结构(即在细长结构102之间限定的三角形、正方形或菱形空间)。

[0174] 参照图17,在一些示例中,细长结构102中的一个或多个包括下凸缘122和从下凸缘122延伸的腹板120。在一些示例中,细长结构102中的一个或多个仅包括直接从蒙皮面板108延伸的腹板120。在一些示例中,细长结构102中的一个或多个包括下凸缘122、上凸缘128和在下凸缘122和上凸缘128之间延伸的腹板120。

[0175] 在一些示例中,细长结构102耦接到面板结构108。在示例中,下凸缘122耦接到面板结构108的安装表面176(例如,通过紧固件、结构粘结等)。

[0176] 在一些示例中,细长结构102与面板结构108是一体的。在示例中,细长结构102的下凸缘122和腹板120与面板结构108一体地形成(例如,通过共固化、增材制造,机械加工或其他减材制造等)。在示例中,细长结构102的腹板120和面板结构108一体地形成(例如,通过共固化、增材制造、机械加工或其他减材制造等)。因此,在一些示例中,结构组件100是由例如金属材料(例如,整体金属结构)或增强的聚合物复合材料(例如,整体复合结构)制

作的整体结构(例如,由整体结构形成)。

[0177] 在一些示例中,支撑结构104是形成多个细长结构102的接合点或交叉点的结构节点,或采取这种结构节点的形式。换句话说,支撑结构104是耦接到面板结构108的结构构件,在该结构构件处,多个细长结构彼此相交或者多个细长结构102的端部彼此连结。

[0178] 在示例中,细长结构102的长度114限定在相邻的相对的一对支撑结构104(或结构节点)之间。细长结构102的高度110或腹板120的腹板高度124沿着细长结构102的长度114是可变的。在一些示例中,高度110或腹板高度124沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中,高度110或腹板高度124沿着细长结构102的一定长度具有恒定高度部分,并且沿着相同细长结构102的不同长度具有可变高度部分。

[0179] 在一些示例中,腹板120的腹板厚度254沿着细长结构102的长度114是可变的。在一些示例中,腹板120的腹板厚度254沿着细长结构102的长度114连续变化。在一些示例中,腹板120的腹板厚度254沿着细长结构102的某些长度具有恒定厚度部分,并且沿着相同细长结构102的不同长度具有可变厚度部分。

[0180] 在一些示例中,细长结构102的高度110是或限定在邻近框架结构104(结构节点)定位或处于邻近框架结构104(诸如,邻近第一框架结构104A和/或第二框架结构104B中的至少一个)处的细长结构102的最小高度116。在一些示例中,细长结构102的高度110是或限定在相邻的相对的一对框架结构104之间的位置112处的细长结构102的最大高度118。在一些示例中,细长结构102的最大高度118的位置112在第一框架结构104A和第二框架结构104B之间的中间位置。

[0181] 在一些示例中,腹板120的腹板高度124是或者限定在沿着细长结构102的长度114的对应于细长结构102的最小高度116的一个或多个位置处的最小腹板高度132。腹板120的腹板高度124是或者限定在沿着细长结构102的长度114的对应于细长结构102的最大高度118的一个或多个位置处的最大腹板高度134。

[0182] 在一些示例中,最小腹板高度132对应于细长结构102的最小质量266和/或最小体积278中的至少一个。在一些示例中,最大腹板高度134对应于细长结构102的最大质量238和/或最小体积278中的至少一个。

[0183] 在一些示例中,最小腹板高度132对应于细长结构102的最大质量268和/或最大体积280中的至少一个。在一些示例中,最大腹板高度134对应于细长结构102的最大质量268和/或最大体积280中的至少一个。

[0184] 在一些示例中,腹板120的腹板厚度254是或限定在沿着细长结构102的长度114的一个或多个位置处的最小腹板厚度270,并且腹板120的腹板厚度254是或限定在沿着细长结构102的长度114的一个或多个其他位置处的最大腹板厚度272。

[0185] 在一些示例中,最小腹板厚度270对应于细长结构102的最小高度116和/或腹板120的最小腹板高度132。在一些示例中,最小腹板厚度对应于细长结构102的最大高度118和/或腹板120的最大腹板高度134。

[0186] 在一些示例中,最大腹板厚度272对应于细长结构102的最小高度116和/或腹板120的最小腹板高度132。在一些示例中,最大腹板厚度272对应于细长结构102的最大高度118和/或腹板120的最大腹板高度134。

[0187] 在一些示例中,最小腹板厚度270对应于细长结构102的最小质量266和/或最小体

积278中的至少一个。在一些示例中,最小腹板厚度270对应于细长结构102的最大质量268和/或最大体积280中的至少一个。

[0188] 在一些示例中,最大腹板厚度272对应于细长结构102的最小质量266和/或最小体积278中的至少一个。在一些示例中,最大腹板厚度272对应于细长结构102的最大质量268和/或最大体积280中的至少一个。

[0189] 参见图1至图3和图5-图16,因此,结构组件100包括至少一个支撑结构104,例如第一支撑结构104A。在一些示例中,结构组件100包括多个支撑结构104,例如第一支撑结构104A和第二支撑结构104B,第二支撑结构104B远离第一支撑结构104A间隔开并且与第一支撑结构104A相对并且相邻。

[0190] 结构组件100还包括至少一个细长结构102。在一些示例中,结构组件100包括多个细长结构102。细长结构102与支撑结构104相交。在一些示例中,细长结构102耦接到支撑结构104。在一些示例中,细长结构102延伸通过或穿过支撑结构104。在一些示例中,细长结构102与相对的相邻的一对支撑结构104(例如,第一支撑结构104A和第二支撑结构104B)中的每一个相交。在一些示例中,细长结构102延伸通过或穿过相对的相邻的一对支撑结构104中的一个或两个。

[0191] 在一些示例中,结构组件100包括至少一个面板结构108。在一些示例中,结构组件100包括多个面板结构108。在一些示例中,支撑结构104耦接到面板结构108。在一些示例中,细长结构102耦接到面板结构108。

[0192] 在一些示例中,结构组件100包括支撑结构104和与支撑结构104相交的细长结构102。细长结构102具有长度114和质量238。细长结构102的质量238沿细长结构102的长度114变化。细长结构102的局部质量240朝向支撑结构104减小和远离支撑结构104增加。

[0193] 在一些示例中,细长结构102也具有体积274。细长结构102的体积274沿着细长结构102的长度114变化。细长结构102的局部体积276朝向支撑结构104减小和远离支撑结构104增加。

[0194] 因此,在一些示例中,细长结构102的质量238和/或体积274中的至少一个中的局部减小或降低邻近细长结构102和支撑结构104的交叉点(例如,在其处或附近)发生。

[0195] 在一些示例中,细长结构102的局部质量240的减小对应于细长结构102的局部体积276的减小,并且细长结构102的局部质量240的增加对应于细长结构102的局部体积276的增加。在一些示例中,细长结构102的局部体积276的减小对应于细长结构102的局部质量240的减小,并且细长结构102的局部体积276的增加对应于细长结构102的局部质量240的增加。

[0196] 在一些示例中,细长结构102具有高度110。细长结构102的高度110沿细长结构102的长度114变化。细长结构102的局部高度242朝向支撑结构104减小并且远离支撑结构104增加。在一些示例中,细长结构102的局部高度242的减小对应于细长结构102的局部质量240的减小,并且细长结构102的局部高度242的增加对应于细长结构102的局部质量240的增加。在一些示例中,细长结构102的局部高度242的减小对应于细长结构102的局部体积的减小,并且细长结构102的局部高度242的增加对应于细长结构102的局部体积276的增加。在一些示例中,细长结构102的邻近支撑结构104的局部高度242是细长结构102的最小高度116,并且细长结构102在远离支撑结构104间隔开的位置处的局部高度242是细长结构102

的最大高度118。

[0197] 在一些示例中,支撑结构104包括具有开口206的壁结构264。细长结构102延伸通过开口206。细长结构102的最小高度116位于支撑结构104的开口206处。在一些示例中,开口206具有开口高度258。开口高度258小于细长结构102的最大高度118。在一些示例中,支撑结构构件104(例如,第一支撑结构104A和第二支撑结构104B)中的每一个包括或限定与其相关联的开口206。细长结构102延伸通过或穿过与第一支撑结构104A相关联的开口206(例如,第一开口),并延伸通过或穿过与第二支撑结构104B相关联的开口206(例如,第二开口)。细长结构102的最小高度116位于与支撑结构104中的每一个相关联的开口206处。

[0198] 在一些示例中,支撑结构104是相邻且相对的一对支撑结构104的第一支撑结构104A。结构组件100还包括相邻且相对的一对支撑结构104的第二支撑结构104B,第二支撑结构104B与第一支撑结构104A相对并且远离第一支撑结构104A间隔开。细长结构102在第一支撑结构104A和第二支撑结构104B之间延伸。细长结构102的最小高度116位于细长结构102与第一支撑结构104A的交叉点处以及细长结构102与第二支撑结构104B的交叉点处。细长结构102的最大高度118位于第一支撑结构104A和第二支撑结构104B之间的中间位置。

[0199] 在一些示例中,细长结构102包括延伸细长结构102的长度114的腹板120,以及从腹板120延伸的下凸缘122。腹板120具有腹板高度124。腹板120的腹板高度124沿着细长结构102的长度114变化,并且至少部分地限定细长结构102的高度110。腹板120的局部腹板高度252朝向支撑结构104减小并且远离支撑结构104增加。在一些示例中,腹板120的局部腹板高度252的减小对应于细长结构102的局部质量240的减小,并且细长结构102的局部腹板高度252的增加对应于细长结构102的局部质量240的增加。在一些示例中,腹板120的局部腹板高度252的减小对应于细长结构102的局部体积276的减小,并且细长结构102的局部腹板高度252的增加对应于细长结构102的局部体积276的增加。

[0200] 在一些示例中,腹板120具有腹板厚度254。腹板厚度254沿着细长结构102的长度114变化。腹板120的局部腹板厚度256朝向支撑结构104减小并且远离支撑结构104增加。在一些示例中,腹板120的局部腹板厚度256的减小对应于细长结构102的局部质量240的减小,并且细长结构102的局部腹板厚度256的增加对应于细长结构102的局部质量240的增加。在一些示例中,腹板120的局部腹板厚度256的减小对应于细长结构102的局部体积276的减小,并且细长结构102的局部腹板厚度256的增加对应于细长结构102的局部体积276的增加。

[0201] 在一些示例中,细长结构102是整体结构。在一些示例中,结构组件100是整体结构。

[0202] 在一些示例中,细长结构102的高度110沿着细长结构102的至少一个节段(例如,第一节段)或沿着细长结构102的长度114的至少一个部分(例如,第一部分)减小。在一些示例中,细长结构102的高度110沿着细长结构102的至少一个其他节段(例如,第二节段)或沿着细长结构102的长度114的至少一个其他部分(例如,第二部分)增加。

[0203] 在一些示例中,细长结构102的高度110从支撑结构104到远离支撑结构104间隔开的位置112增加。在一些示例中,细长结构102的高度110从第一支撑结构104A到位于第一支撑结构104A和第二支撑结构104B之间位置112增加。在一些示例中,细长结构102的高度110从位于第一支撑结构104A和第二支撑结构104B之间位置112到第一支撑结构104A和第二支

撑结构104B两者减小。

[0204] 在一些示例中,细长结构102的高度110是或限定邻近支撑结构104(例如邻近支撑结构104A和/或第二支撑结构104B中的至少一个)定位或处于邻近支撑结构104处的细长结构102的最小高度116。在一些示例中,在位置112处,细长结构102的高度110是或限定细长结构102的最大高度118。在一些示例中,细长结构102的最大高度118的位置112位于第一支撑结构104A和第二支撑结构104B之间的中间位置。在一些示例中,细长结构102的最大高度118位于或处于第一支撑结构104A和第二支撑结构104B之间限定的隔区182的大致中间处。换句话说,其中细长结构102的高度110是最大高度118的位置112是结构组装件100的隔区中间位置。

[0205] 在一些示例中,腹板120的腹板高度124沿细长结构102的长度114的至少一部分(例如,第一部分)变化。沿着细长结构102的长度114的腹板120的腹板高度124对应于细长结构102沿其长度114的高度110。在一些示例中,在沿着细长结构102的长度114的对应于细长结构102的最小高度116的一个或多个位置处,腹板120的腹板高度124是或者限定最小腹板高度132。在一些示例中,在沿着细长结构102的长度114的对应于细长结构102的最大高度118的一个或多个位置处,腹板120的腹板高度124是或者限定最大腹板高度134。

[0206] 在一些示例中,细长结构102还包括下凸缘122。下凸缘122从腹板120延伸。下凸缘122与面板结构108可操作地耦接。下凸缘122具有下凸缘宽度144。在一些示例中,下凸缘宽度144沿着细长结构102的长度114的至少一部分变化。在一些示例中,细长结构102还包括上凸缘128。上凸缘128从腹板120延伸。上凸缘128与下凸缘122相对。上凸缘128具有上凸缘宽度146。在一些示例中,上凸缘沿细长结构102的长度114的至少一部分变化。在一些示例中,在支撑结构104的开口206处,下凸缘宽度144是最小下凸缘宽度。在一些示例中,在支撑结构104的开口206处,上凸缘宽度126是最小上凸缘宽度。

[0207] 如本文所公开的,结构组装件100包括具有通过细长结构102的高度110、细长结构102的宽度244、腹板120的腹板高度124和/或腹板120的腹板厚度254中的至少一个的局部变化来实现的可变质量238和/或可变体积274的细长结构102,这可以提供多种优点。作为示例,细长结构102的可变高度110或腹板120的可变腹板高度124(例如,沿细长结构102的一些节段提供较高的腹板120,并沿着细长结构102的其他节段提供较短的腹板)和/或腹板120的可变腹板厚度254(例如,沿细长结构102的一些节段提供较宽的腹板120,并且沿细长结构102的其它节段提供较薄的腹板120)可以提供沿细长结构102的长度114所需的可变稳定性和可变承载能力。作为另一个示例,与传统的加强件或桁条设计相比,具有可变高度110的细长结构102或具有可变腹板高度124的腹板120和/或腹板120的可变腹板厚度254可以提供更有利的强度重量比。作为另一个示例,细长结构102的可变高度110或腹板120的可变腹板高度124和/或腹板120的可变腹板厚度254可以减小某些结构组装件100所需的细长结构102的总数(例如,减小某些飞行器组装件(例如机身和/或机翼)中使用的桁条的数量),以减小结构组装件100的总重量和组装时间。作为另一示例,细长结构102的可变高度110或腹板120的可变腹板高度124和/或腹板120的可变腹板厚度254可以使得细长结构102的几何形状能够被定制,从而能够充分承受细长结构102将沿细长结构102的长度114所承受的不同类型和各种类型的载荷,以便最小化结构材料的量并因此最小化细长结构102的重量。

[0208] 作为另一个示例,腹板120的较高部分和/或腹板120的较厚部分可以设置在相邻支撑结构104之间或在隔区中间位置(例如,位置112)。在隔区中间位置,这是沿着细长结构102的长度114可能需要增加稳定性的位置。作为另一个示例,腹板120的较短部分和/或腹板120的较薄部分可以设置在细长结构102和支撑结构104的交叉处,例如在开口206(或开口226)内,在该开口处细长结构102穿过支撑结构104。在开口206处,这是沿着细长结构102的长度114可以允许降低稳定性的位置。这样,细长结构102的变化高度110或腹板120的变化腹板高度124和/或腹板120的变化腹板厚度254可以定制,以支撑细长结构102可以在细长结构102的长度114上经历的不同载荷。通常,细长结构102的最小高度116的位置、腹板120的最小腹板高度132的位置、腹板120的最小腹板厚度270的位置、细长结构102的最大高度118的位置、腹板120的最大腹板高度134的位置和腹板120的最大腹板厚度272的位置由防止细长结构102屈曲(例如响应于压缩载荷)所需的强度驱动。

[0209] 作为另一个示例,在相邻支撑结构104之间提供腹板120的较高部分和/或腹板120的较厚部分可以使相邻支撑结构104之间的间隔更大和/或减少支撑结构104,从而减小结构组装件100的成本和重量。作为另一个示例,在开口206(或开口226)内提供腹板120的较短部分和/或腹板120的较薄部分可以使开口206(或开口226)更小(例如,更薄和/或更短)。该较小的开口206可以使支撑结构104的总高度和/或厚度减小,或者能够使用提供足够的故障安全要求的较短的支撑结构104。

[0210] 包括具有可变凸缘宽度的细长结构102的结构组装件100也可提供各种优点。作为示例,与传统的加强件或桁条设计相比,沿着凸缘的一些节段提供较宽的凸缘部分并且沿着凸缘的其他节段提供较窄的凸缘部分可以提供更有利的强度重量比,并且可以使细长结构102的几何形状能够被定制,以便能够充分承受细长结构102将沿细长结构102的长度114经历的不同类型和各种类型的载荷,以便最小化结构材料的量并因此最小化细长结构102的重量。作为另一个示例,较宽的凸缘部分可以设置在相邻的支撑结构104之间或在隔区中间位置处。在该隔区中间位置处,这是沿着细长结构102的长度114可能需要增加稳定性的位置。因此,可以定制宽度变化的凸缘部分以支撑细长结构102在细长结构102的长度114上可以经历的不同负载。

[0211] 图18示出了用于支撑结构组装件100中的结构载荷的方法1000的示例的流程图。在一些示例中,结构组装件100包括支撑结构104和与支撑结构104相交的细长结构102。在一些示例中,结构组装件100包括面板结构108、耦接到面板结构108的支撑结构104,以及耦接到面板结构108并且与支撑结构104相交的细长结构102。在一些示例中,结构组装件100包括多个支撑结构104和在支撑结构104中的相邻支撑结构之间延伸的多个细长结构102。

[0212] 根据结构组装件100和细长结构102的示例,方法1000提供由细长结构102支撑结构载荷和/或增加细长结构102的结构载荷容量。在一些示例中,方法1000提供在结构支撑件100上支撑结构载荷和/或增加结构支撑件100的结构载荷容量,其中结构载荷处于细长结构102上。在一些示例中,方法1000提供通过结构232支撑结构载荷和/或增加结构232的结构载荷容量,其中结构载荷处于结构组装件100(例如结构组装件100的细长结构102)上。

[0213] 在一些示例中,结构载荷可以处于细长结构102上,细长结构102包括沿着细长结构102的长度114延伸的腹板120,以及下凸缘122。在一些示例中,结构载荷可以沿着腹板120驻留。腹板120沿着细长结构102的长度114的至少一部分具有可变腹板高度124和/或可

变腹板厚度254。

[0214] 在一些示例中,方法1000包括将结构载荷施加到结构组装件100(框1002)。在示例中,结构载荷是施加到结构232的结构组装件100的一个或多个部分的压缩载荷。在示例中,结构载荷的施加响应于车辆结构234(例如,飞行器1200)的操作或独立结构236的利用。在示例中,结构232的操作或利用施加压力或力,并且因此将结构载荷施加到结构组装件100,例如施加到耦接到面板结构108的细长结构102和支撑结构104。

[0215] 在一些示例中,方法1000包括将结构载荷加载到细长结构102上的步骤(框1004)。在一些示例中,细长结构102具有沿细长结构102的长度114的至少一部分变化的质量238。细长结构102的局部质量240朝向支撑结构104减小并且远离支撑结构104增大。在一些示例中,细长结构102具有沿细长结构102的长度114的至少一部分变化的高度110。细长结构102的高度110邻近支撑结构102减小,并且从支撑结构104到远离支撑结构104间隔开的位置112增加。

[0216] 通常,响应于结构232的操作或利用,方法1000产生被配置为将结构载荷施加到细长结构102的特定部分的力。根据方法1000,在一些示例中,响应于加载,结构载荷由细长结构102的至少一部分接收(框1006)。在一些示例中,细长结构102包括延伸细长结构102的长度114的腹板120。腹板120具有腹板高度124和腹板厚度254。腹板高度124和腹板厚度254中的至少一个沿着细长结构102的长度114变化。腹板120的局部腹板高度252和局部腹板厚度256中的至少一个的减小对应于细长结构102的局部质量240和/或局部体积276中的至少一个的减小。腹板120的局部腹板高度252和局部腹板厚度256中的至少一个的增加对应于细长结构102的局部质量240和/或局部体积276中的至少一个的增加。响应于加载,结构载荷由具有最大质量268的细长结构102的至少一部分接收。在一些示例中,细长结构102的高度110在邻近支撑结构104处是最小高度116,并且细长结构102的高度110在远离支撑结构104间隔开地位置112处是最大高度118。响应于加载,结构载荷由具有最大高度118的细长结构102的至少一部分接收(框1006)。

[0217] 响应于结构323的操作或利用,方法1000产生被配置为将结构载荷施加到细长结构102(例如沿细长结构102的腹板120)的特定部分的力。在一些示例中,细长结构102包括具有腹板高度124和腹板厚度254的腹板120,腹板高度124至少部分地限定细长结构102的高度110。腹板120的腹板高度124和/或腹板120的腹板厚度254沿着细长结构102的长度114的至少一部分变化。细长结构102还包括下凸缘122,下凸缘122从腹板120延伸并且耦接到面板结构108。在一些示例中,将结构载荷加载到细长结构102上的步骤包括至少在细长结构102的腹板120中接收结构载荷的至少一部分的步骤。

[0218] 在一些示例中,细长结构102穿过由支撑结构104提供的开口206(或开口226)。在一些示例中,存在以下中的至少一个:腹板120的腹板高度124在开口206内是最小腹板高度132和/或腹板120的腹板厚度254在开口206内是最小腹板厚度270。以下中的至少一个:腹板120的腹板高度124在远离支撑结构104间隔开地位置112处是最大腹板高度134和/或腹板120的腹板厚度254在远离支撑结构104间隔开地位置112处是最大腹板厚度272。根据方法1000,在一些示例中,响应于加载,结构载荷的至少一部分由具有最大腹板高度134和/或最大腹板厚度272的腹板120的至少一部分接收。

[0219] 根据方法1000,在一些示例中,产生结构载荷的力处于大致垂直于细长结构102的

腹板120的方向上。在示例中,这种加载可以沿细长结构102的各个部分发生,特别是沿着位于第一框架结构104A和第二支撑结构104B之间的细长结构102的长度114的部分(例如,在隔区中间位置)发生。在一些示例中,结构载荷可以沿细长结构102的长度114变化。在这种情况下,细长结构102的长度114的接收大部分载荷的部分被制作成具有最大高度118、腹板120的最大腹板高度134和/或腹板120的最大腹板厚度272。换句话说,细长结构102的高度110、腹板120的腹板高度124和/或腹板120的腹板厚度254可以随结构载荷沿细长结构102的长度114变化。在一些示例中,相比于沿细长结构102的第二节段或沿着细长结构102的长度114的第二部分(其具有减小的质量238(例如,最小质量266)和/或减小的体积274(例如最小体积278)),结构载荷可以沿着细长结构102的第一节段或沿着长度114的第一部分(其具有增加的质量238(例如,最大质量268)和/或增加的体积274(例如,最大体积280))更大。在一些示例中,相比于沿细长结构102的第二节段或沿着长度114的第二部分(具有减小的高度110(例如,最小高度116)、减小的腹板高度124(例如,最小的腹板高度132)和/或减小的腹板厚度254(例如,最小腹板厚度270)),结构载荷可以沿着细长结构102的第一节段或沿着长度114的第一部分(其具有增加的高度110(例如,最大高度118)、增加腹板高度124(例如,最大腹板高度134)和/或增加腹板厚度254(例如,最大腹板厚度272))更大。

[0220] 根据方法1000,在一些示例中,方法1000还包括在细长结构102的长度114上改变结构载荷的步骤。在示例中,结构载荷沿着细长结构102的具有最大高度118、最大腹板高度134和/或最大腹板厚度272(例如,最大质量268和/或最大体积280)的部分增加,并且结构载荷沿着细长结构102的具有最小高度116、最小腹板高度132和/或最小腹板厚度270(例如,最小质量266和/或最小体积278)的部分减小。

[0221] 在一些示例中,方法1000包括响应于加载而反抗结构载荷以抵抗弯曲力矩的步骤(框1008)。在一些示例中,该步骤包括反抗沿着细长结构102的具有最大高度118、腹板120的最大腹板高度134和/或最大腹板厚度272的至少一部分(例如,位于相邻支撑结构104之间的细长结构102的一部分)提供的沿腹板120的可变腹板高度124和/或腹板120的可变腹板厚度254的载荷。在这种情况下,细长结构102的具有最大高度118、最大腹板高度134和/或最大腹板厚度272的部分抵抗相邻支撑结构104之间的细长结构102的屈曲。

[0222] 在一些示例中,方法1000还包括卸载细长结构102上的结构载荷的步骤(框1010)。在一些示例中,该步骤包括卸载沿着细长结构102的其中细长结构102与支撑结构104相交的位置(例如,细长结构102穿过由支撑结构104提供的开口206的位置)的至少一部分提供的沿细长结构102的可变高度110、腹板120的可变腹板高度124和/或腹板120的可变腹板厚度254的载荷的步骤。可替代地或附加地,该步骤可以包括卸载邻近(例如,在其处或附近)安装夹216的结构载荷的步骤,该安装夹216将细长结构102的安装表面218可操作地耦接到支撑结构104的平面表面214。

[0223] 图19示出了用于制作结构组装件100的细长结构102的方法2000的示例的流程图。图20示出了用于设计和制作细长结构102的制造环境300的示例。

[0224] 如上所述,细长结构102被设计和制作成具有沿长度114的至少一部分变化的质量238和/或体积274。在一些示例中,可变质量238和/或可变体积274是通过设计和制作具有沿长度114的至少一部分变化的高度110的细长结构102、具有沿着长度114的至少一部分变化的腹板高度124的腹板120和/或具有沿长度114的至少一部分变化的腹板厚度254的腹板

120来实现的。另外,在一些示例中,通过设计和制作具有下凸缘122和/或上凸缘128的细长结构102,下凸缘122具有沿着长度114的至少一部分变化的下凸缘宽度144,上凸缘128具有沿着长度114的至少一部分变化的上凸缘宽度146,从而实现可变质量238和/或可变体积274。根据方法2000,可以基于细长结构102的加载要求选择细长结构102的可变高度110、腹板120的可变腹板高度124、可变腹板厚度254和/或可变下凸缘宽度144和/或可变上凸缘宽度146。换句话说,可以优化细长结构102的材料成分和几何形状以平衡细长结构102的尺寸、形状和重量与被加载有载荷的结构组件100的空间要求。在一些示例中,细长结构102的最大高度118、腹板120的最大腹板高度134和/或腹板120的最大腹板厚度272被选择在沿细长结构102的长度114的响应于加载最可能发生屈曲的位置处,诸如在相邻支撑结构104之间的位置112处。类似地,细长结构102的最小高度116、腹板120的最小腹板高度132和/或腹板120的最小腹板厚度270被选择在沿细长结构102的长度114的响应于加载最不可能发生屈曲的位置处,诸如邻近支撑结构104处。细长结构102的最小高度116、最小腹板高度132、最小腹板厚度270、最大高度118、最大腹板高度134和最大腹板厚度272的这种选择性位置通过仅在需要支撑结构载荷的位置放置材料,有利地实现用于制造细长结构102的材料的优化以及足以反抗施加到结构组件100的载荷的强度-重量要求。

[0225] 参考图20,在一些示例中,使用在计算机系统304(例如,一个或多个计算机)上执行的计算机程序产品302来执行细长结构102的优化设计。计算机系统304包括至少一个处理器306和存储器308,例如非暂时性计算机可读介质。计算机程序产品302包括存储在存储器308上并且可由处理器306执行以执行根据所公开的方法2000的操作步骤的计算机代码。通常,计算机系统304提供用于执行方法2000的步骤的至少一部分的操作环境。例如,方法2000可以由一个计算机或几个互连的计算机实现。计算机系统304可以包括单独或联合执行一组(或多组)指令以实现本文所讨论的任何一个或多个操作的计算设备的任何集合。可以使用适于执行本文所述方法的任何类型的计算机系统304或其他装置。硬件和软件的典型组合可以是通用计算机系统。通用计算机系统可以包括计算机程序,例如计算机程序产品302,其控制计算机系统304,使得其执行本文所述的操作步骤。

[0226] 在一些示例中,方法2000的实施方式可以采用计算机可用存储介质(例如,硬盘、CD-ROM、固态存储器等)上的计算机程序产品302的形式。计算机可用存储介质可以包括体现在其上的计算机可用程序代码。出于本公开的目的,术语“计算机程序产品”可以指包括能够实现本文描述的方法的实施方式的设备。术语计算机程序、软件应用程序、计算机软件例程和/或这些术语的其他变体可以表示旨在使具有信息处理能力的计算系统直接执行特定功能或在执行以下一项或两项((a)转换为另一种语言、代码或符号;或(b)以不同的材料形式复制)之后执行特定功能的一组指令的以任何语言、代码或符号的任何表达。指令可以被称为可以由处理器306读取和执行的程序代码、计算机可用程序代码或计算机可读程序代码。在不同示例中,程序代码可以体现在不同的物理或计算机可读存储介质上,例如存储器308。

[0227] 参考图19,在一些示例中,方法2000包括产生前体(precursor)细长结构312的虚拟表示(本文称为前体三维模型310)的步骤(框2002)。使用包括由计算机系统304执行的指令的计算机程序产品302产生前体三维模型310。

[0228] 由前体三维模型310表示的前体细长结构312包括细长结构102的特征,例如至少

下凸缘和腹板,以及可选地上凸缘。前体三维模型310具有恒定的横截面几何形状。换句话说,前体三维模型310的下凸缘具有沿着前体细长结构312的长度恒定的下凸缘宽度和沿前体细长结构312的长度恒定的腹板高度,以及可选地沿着前体细长结构312的长度恒定的上凸缘宽度。

[0229] 在一些示例中,方法2000包括将加载条件施加到前体三维模型310的步骤(框2004)。在一些示例中,加载条件包括施加到前体三维模型310的节点的多个虚拟力,其表示将施加到结构组件100或者施加到细长结构102的载荷(例如,压缩载荷)。使用包括由计算机系统304执行的指令的计算机程序产品302将加载条件施加到前体三维模型310。

[0230] 在一些示例中,方法2000包括改变前体三维模型310的横截面几何形状的步骤(框2006)。前体三维模型310的横截面的改变基于沿着前体三维模型310的长度的其中最可能反抗载荷的位置。在一些示例中,前体三维模型310的高度、腹板的腹板高度和/或腹板的腹板厚度沿着前体细长结构312的长度的其中响应于加载最有可能屈曲的部分增加。在一些示例中,前体三维模型310的高度、腹板的腹板高度和/或腹板的腹板厚度沿着前体细长结构312的长度的其中响应于加载最不可能屈曲的部分减小。

[0231] 在一些示例中,方法2000包括产生细长结构102的虚拟表示(本文称为三维模型314)的步骤(框2008)。基于响应于加载条件而产生的改变的横截面几何形状来产生三维模型314。使用包括由计算机系统304执行的指令的计算机程序产品302产生三维模型314。

[0232] 在一些示例中,方法2000包括制作细长结构102的步骤(框2010)。细长结构102包括具有下凸缘宽度144的下凸缘122,该下凸缘宽度144沿细长结构102的长度114的至少一部分变化,并且对应于响应于加载条件产生的前体三维模型310的下凸缘宽度。细长结构102包括具有腹板高度124和/或腹板厚度254的腹板120,腹板高度124和/或腹板厚度254沿细长结构102的长度114的至少一部分变化,并且对应于响应于加载条件产生的前体三维模型310的腹板高度和腹板厚度。可选地,细长结构102还包括具有上凸缘宽度146的上凸缘128,该上凸缘宽度146沿着细长结构102的长度114的至少一部分变化,并且对应于响应于加载条件产生的前体三维模型310的上凸缘宽度。

[0233] 根据方法2000,响应于施加到结构组件100的加载条件而选择性地指定沿细长结构102的长度114的其中最大质量268和/或最大体积280所处的位置和沿细长结构102的长度114的其中最小质量266和/或最小体积278所处的位置。在一些示例中,响应于施加到结构组件100的加载条件而选择性地指定沿细长结构102的长度114的其中最大高度118、最大腹板高度134和/或最大腹板厚度272所处的位置和沿细长结构102的长度114的其中最小高度116、最小腹板高度132和/或最小腹板厚度270所处的位置。

[0234] 参照图20,在一些示例中,使用增材制造装置316制作细长结构102。在一些示例中,增材制造装置316通过分层添加进给材料(诸如金属)来构建细长结构102。增材制造装置316基于三维模型314制作细长结构102。在这种示例中,细长结构102是整体结构。在一些示例中,增材制造装置316通过分层添加进给材料(诸如金属)来构建结构组件100,结构组件100例如包括面板结构108和细长结构102,以及可选地包括支撑结构104。增材制造装置316基于三维模型314制作结构组件100。在这种示例中,结构组件100是整体结构。

[0235] 本文公开的结构组件100、细长结构102和方法1000和2000的示例可以用于各种潜在的应用,特别是在运输工业中,包括例如航空航天应用。现在参考图4和图21,结构组件

件100、细长结构102和方法1000和2000的示例可以在飞行器制造和维护方法1100(如图21的流程图所示)和飞行器1200(如图4所示)的背景下使用。所公开的示例的飞行器应用可以包括制作具有细长结构的结构组装件,该结构组装件形成机身、机翼或用于制造飞行器的其他部件。

[0236] 如图21所示,在预生产期间,说明性方法1100可以包括飞行器1200的规范和设计(框1102)和材料采购(框1104)。在飞行器1200的生产期间,可以进行飞行器1200的部件和子组装件制造(框1106)和系统集成(框1108)。此后,飞行器1200可以通过认证和交付(框1110)以投入使用(框1112)。所公开的结构组装件100、细长结构102以及方法1000和2000可以形成部件和子组装件的制造(框1106)和/或系统集成(框1108)的一部分。日常维修和维护(框1114)可以包括飞行器1200的一个或多个系统的修改、重新配置、翻新等。

[0237] 说明性方法1100的每个过程可以由系统集成商、第三方和/或运营商(例如,客户)执行或进行。出于本说明书的目的,系统集成商可以包括但不限于任何数量的飞行器制造商和主要系统分包商;第三方可以包括但不限于任何数量的供应商、分包商和供应商;并且运营商可以是航空公司、租赁公司、军事实体、服务机构等。

[0238] 在由图21示出的流程图中所示的制造和维护方法1100的任何一个或多个阶段期间,可以采用本文示出或描述的结构组装件100、细长结构102和方法1000和2000的示例。例如,对应于部件和子组装件制造(框1106)的部件或子组装件(例如包括细长结构102的那些)可以以类似于在将飞行器1200投入使用(框1112)时生产的部件和子组装件的方式制作或制造。而且,可以在生产阶段(框1108和框1110)期间使用结构组装件100、细长结构102、以及方法1000和2000或其组合的一个或多个示例。类似地,可以在例如但不限于飞行器1200被投入使用时(框1112)以及在维修和维护阶段(框1114)期间使用结构组装件100、细长结构102,以及方法1000和2000或其组合的一个或多个示例。

[0239] 尽管示出了航空航天的示例,但是本文公开的原理可以应用于其他行业,例如汽车工业、航天工业、建筑工业以及其他设计和制造工业。因此,除了飞行器之外,本文公开的原理还可以应用于其他车辆结构234(例如陆地车辆、海上车辆,空中车辆等)和独立结构236。

[0240] 如本文所使用的,“被配置为”执行指定功能的系统、装置、结构、物品、元件、部件或硬件确实能够在没有任何改变的情况下执行指定功能,而不是仅仅具有在进一步修改之后执行指定功能的潜力。换句话说,为了执行指定的功能的目的而具体选择、创建、实现、利用、编程和/或设计“被配置为”执行指定功能的系统、装置、结构、物品、元件、部件或硬件。如本文所使用的,“被配置为”表示系统、装置、结构、物品、元件、部件或硬件的现有特性能够使得系统、装置、结构、物品、元件、部件或硬件在没有进一步修改的情况下执行指定功能。出于本公开的目的,被描述为“被配置为”执行特定功能的系统、装置、结构、物品、元件、部件或硬件可以附加地或替代地被描述为“适于”和/或“操作为”执行该功能。

[0241] 除非另有说明,否则术语“第一”,“第二”等在本文中仅用作标记,并且不旨在对这些术语所涉及的项目施加顺序、位置或分级要求。此外,对“第二”项目的引用不要求也不排除存在较低编号的项目(例如,“第一”项目)和/或较高编号的项目(例如,“第三”项目)。

[0242] 出于本公开的目的,术语“耦接”、“耦合”和类似术语是指彼此连结、链接、紧固、连接、通信或以其他方式相关联(例如,机械地、电气地、流体地、光学地、电磁地)的两个或更

多个元件。在各种示例中,元件可以直接或间接相关联。作为示例,元件A可以直接与元件B相关联。作为另一个示例,元件A可以(例如,经由另一元件C)间接地与元件B相关联。应当理解,并非必须表示出各种公开的元件之间的所有关联。因此,也可以存在除了图中所示的那些之外的耦接。

[0243] 如本文所使用的,短语“至少一个”在与项目列表一起使用时意味着可以使用所列项目中的一个或多个的不同组合,并且可能仅需要列表中的每个项目中的一个。例如,“项目A、项目B和项目C中的至少一个”可以包括但不限于项目A或项目A和项目B。该示例还可以包括项目A、项目B和项目C或项目B和项目C。在其他示例中,“至少一个”可以是,例如但不限于,两个项目A、一个项目B和十个项目C;四个项目B和七个项目C;以及其他合适的组合。

[0244] 在上文参考的图1和图20中,框可以表示元件、部件和/或其部分,并且连接各种元件和/或部件的线(如果有的话)可以表示机械、电气、流体、光学、电磁和其他耦接和/或其组合。也可以存在除框图中描绘的那些之外的耦接。连接表示各种元件和/或部件的框的虚线(如果有的话)在功能和目的上与实线表示的耦接相似的耦接;然而,由虚线表示的耦接可以被选择性地提供或者可以涉及替代示例。同样,用虚线表示的元件和/或部件(如果有的话)表示替代示例。在不脱离本公开的范围的情况下,可以从特定示例中省略以实线和/或虚线示出的一个或多个元件。环境元件(如果有的话)用虚线表示。为清楚起见,还可以示出虚拟(虚构)元件。本领域技术人员将理解,图1和图20中所示的一些特征可以以各种方式组合,而不需要包括图1和图20、其他附图和/或所附公开内容中描述的其他特征,即使该组合或这些组合未在本文中明确说明。类似地,不限于所呈现的示例的附加特征可以与本文示出和描述的一些或所有特征组合。

[0245] 在如上所述的图18、图19和图21中,框可以表示操作和/或其部分,并且连接各个框的线不暗示任何特定顺序或操作或其部分的从属性。由虚线表示的框表示替代操作和/或其部分。连接各个框的虚线(如果有的话)表示操作或其部分的替代从属性。应当理解,并非必须表示出各种公开的操作之间的所有从属性。图18、图19和图21以及描述本文陈述的所公开方法的操作的所附公开内容不应被解释为必须确定要执行操作的序列。相反,尽管指示了一个说明性的顺序,但是应该理解,可以在适当时修改操作的顺序。因此,可以对所示的操作进行修改、添加和/或省略,并且可以以不同的顺序或同时执行某些操作。另外,本领域技术人员将理解,并非所有描述的操作都需要被执行。

[0246] 条款1.一种用于结构组件的细长结构,细长结构具有长度和质量,并包括:

[0247] 延伸细长结构的长度的腹板;以及

[0248] 从腹板延伸的下凸缘;其中:

[0249] 细长结构配置成与结构组件的支撑结构相交;

[0250] 细长结构的质量沿细长结构的长度变化;

[0251] 细长结构的局部质量沿着细长结构的长度的至少一部分减小,并且沿着细长结构的长度的至少一个其他部分增加。

[0252] 条款2.根据条款1所述的细长结构,其中:

[0253] 腹板具有腹板高度;

[0254] 腹板的腹板高度沿细长结构的长度变化;

[0255] 腹板的局部腹板高度的减小对应于细长结构的局部质量的减小;以及

- [0256] 细长结构的局部腹板高度的增加对应于细长结构的局部质量的增加。
- [0257] 条款3.根据条款1所述的细长结构,其中:
 - [0258] 腹板具有腹板厚度;
 - [0259] 腹板厚度沿细长结构的长度变化;
 - [0260] 腹板的局部腹板厚度的减小对应于细长结构的局部质量的减小;以及
 - [0261] 细长结构的局部腹板厚度的增加对应于细长结构的局部质量的增加。
- [0262] 尽管已经示出和描述了所公开的结构组装件、细长结构和方法的各种示例,但是本领域技术人员在阅读说明书后可以进行修改。本申请包括这些修改,并且仅受权利要求的范围限制。

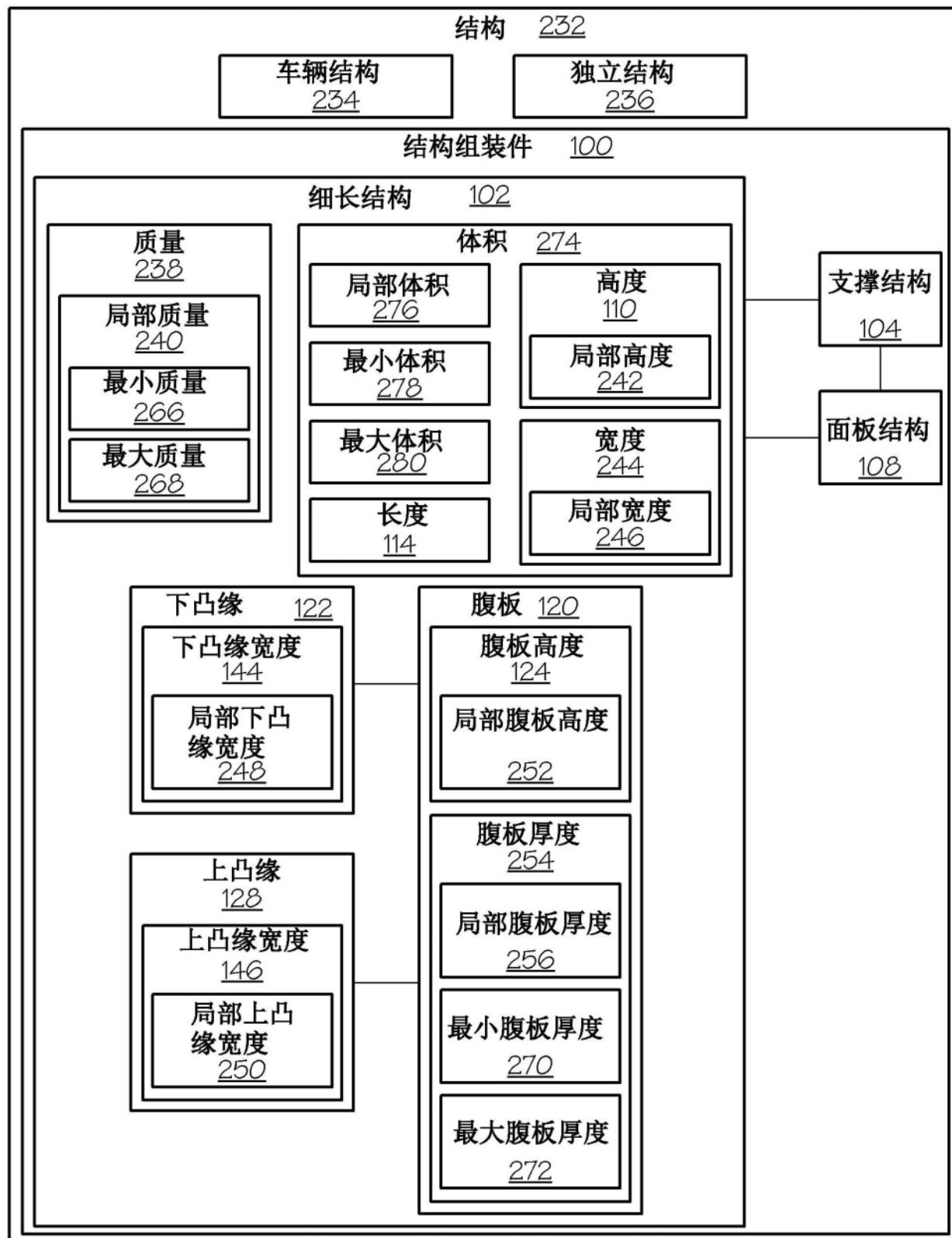


图1

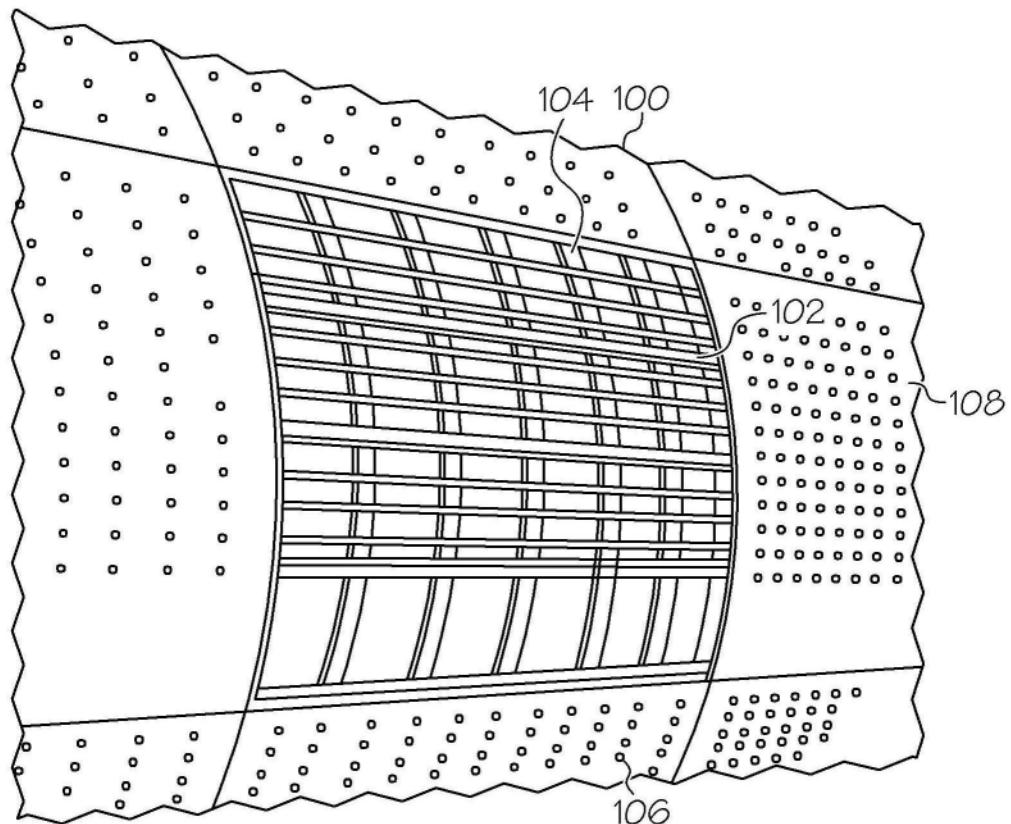


图2

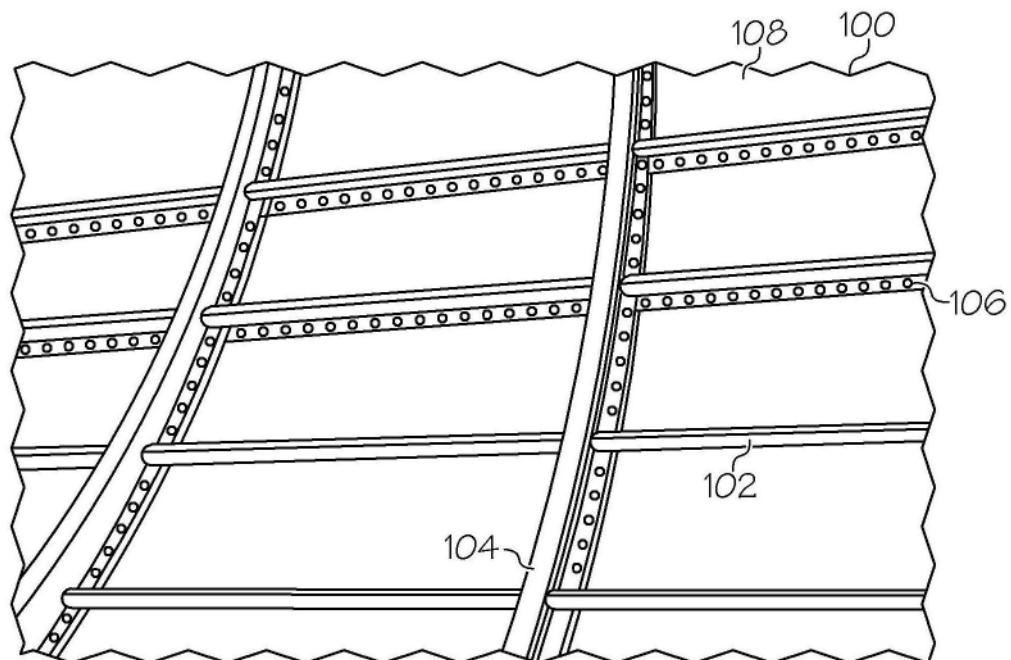


图3

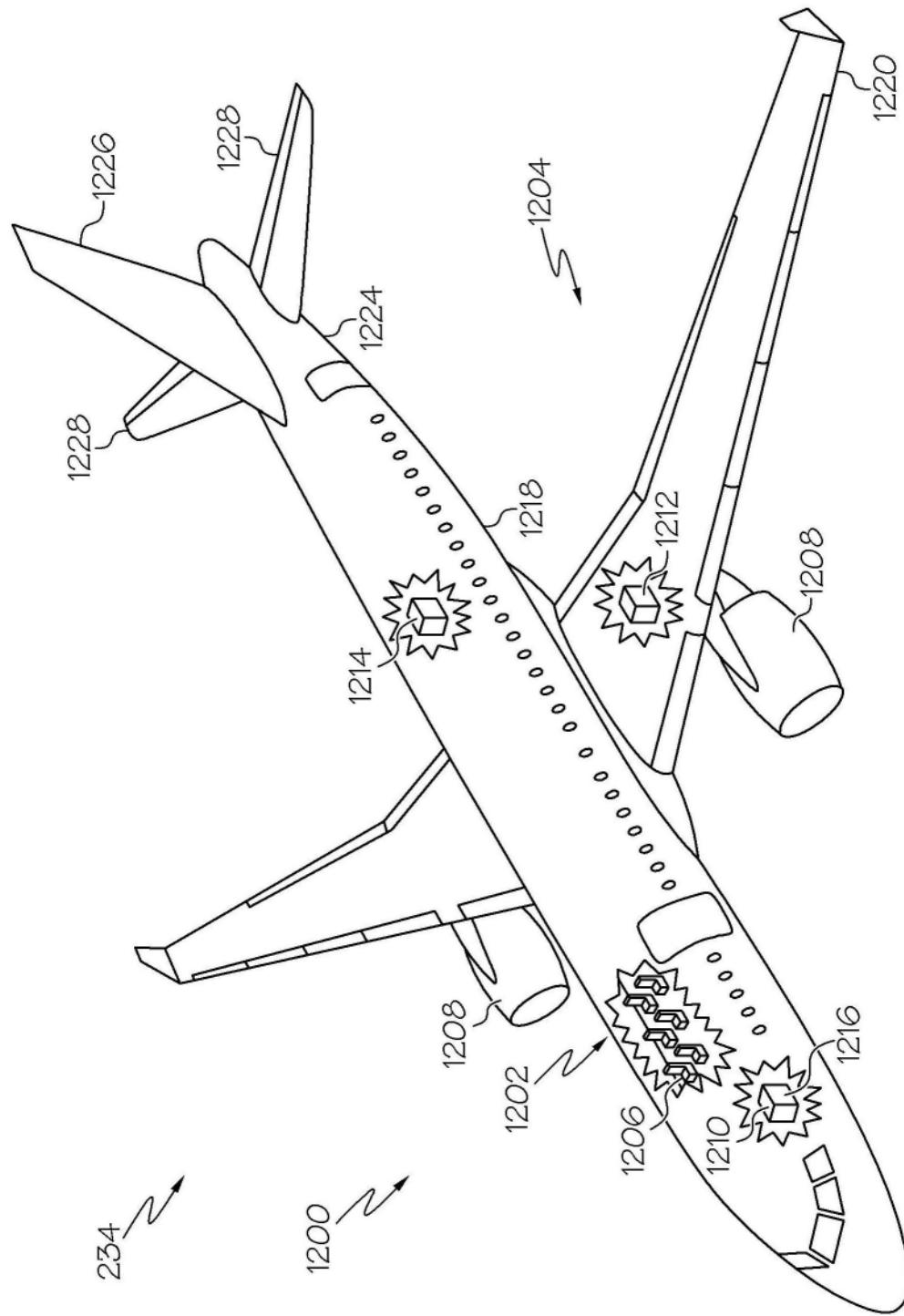


图4

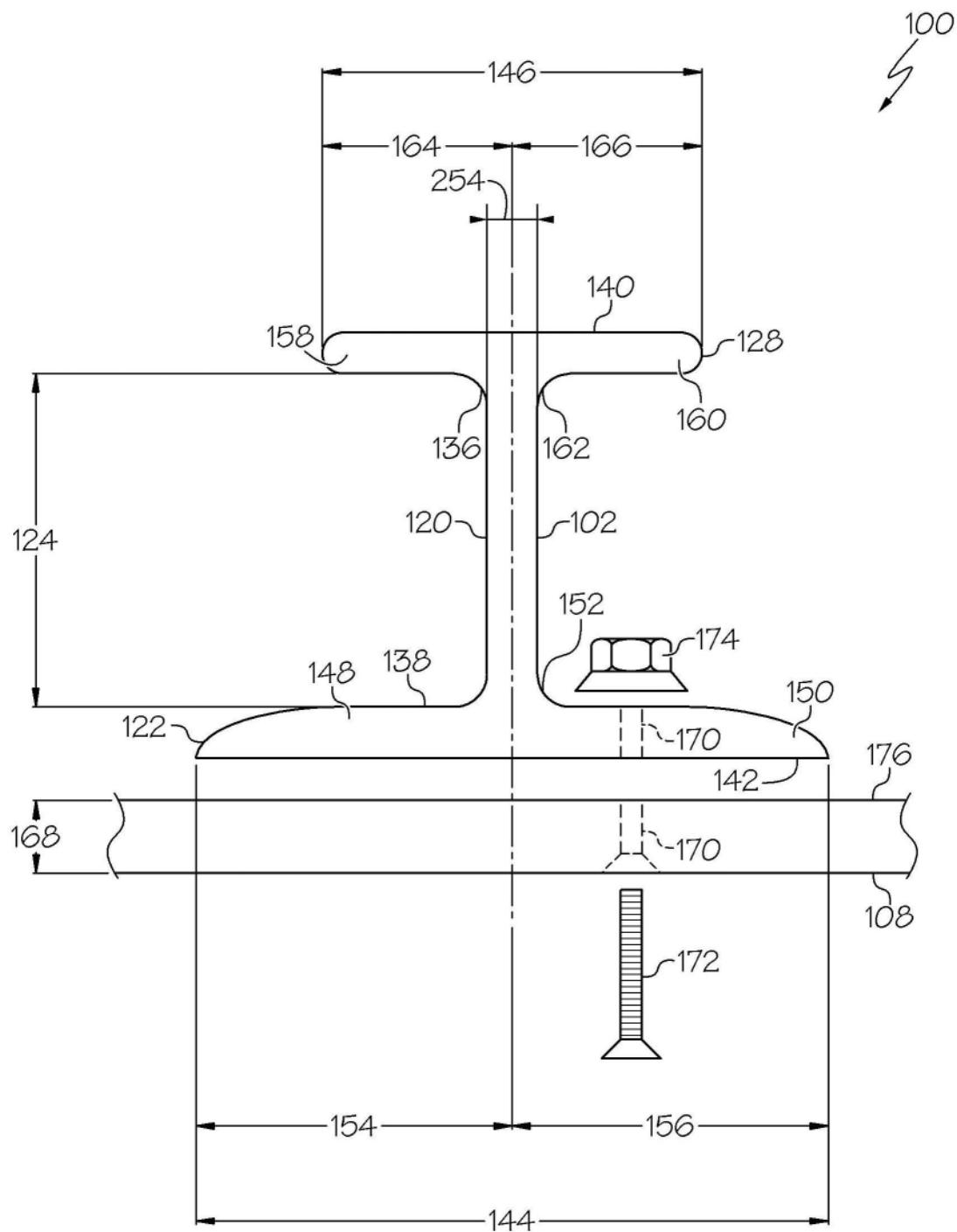


图5

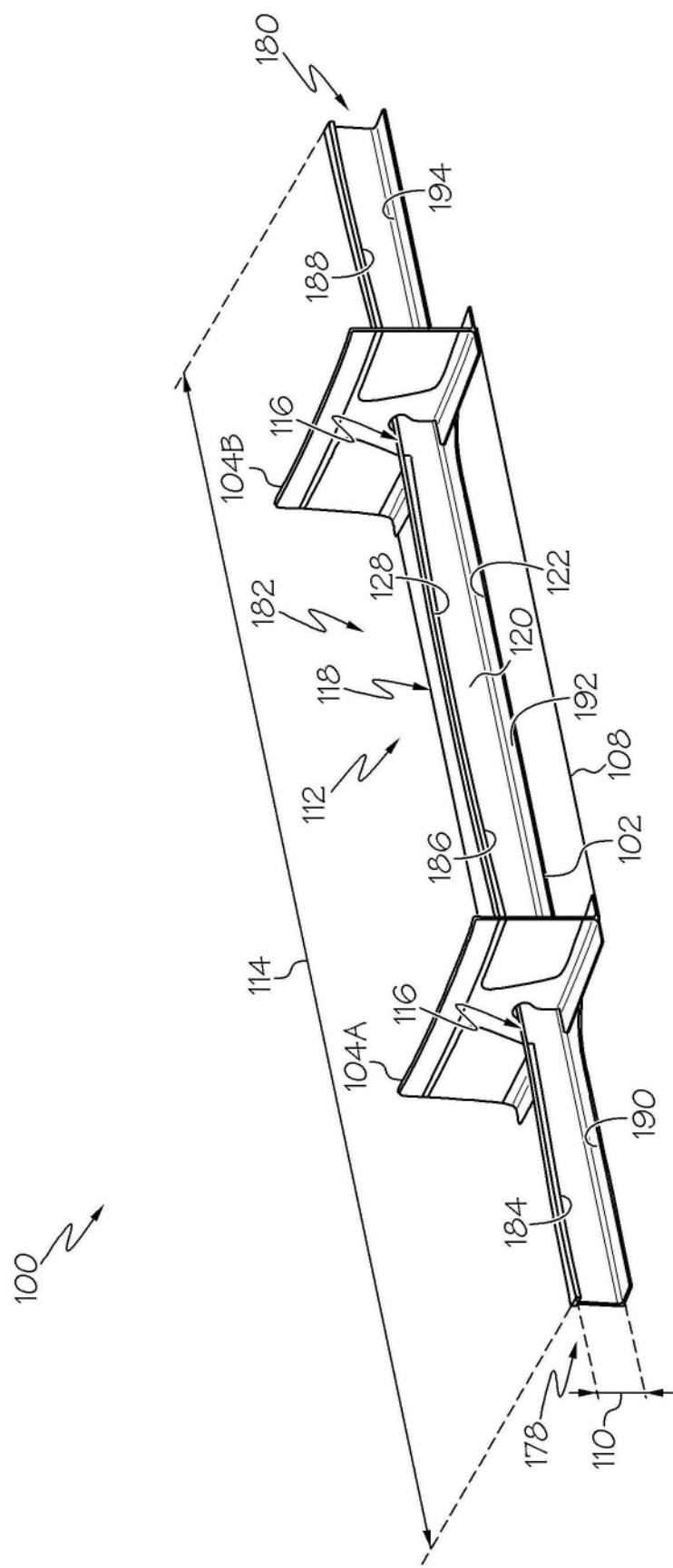


图6

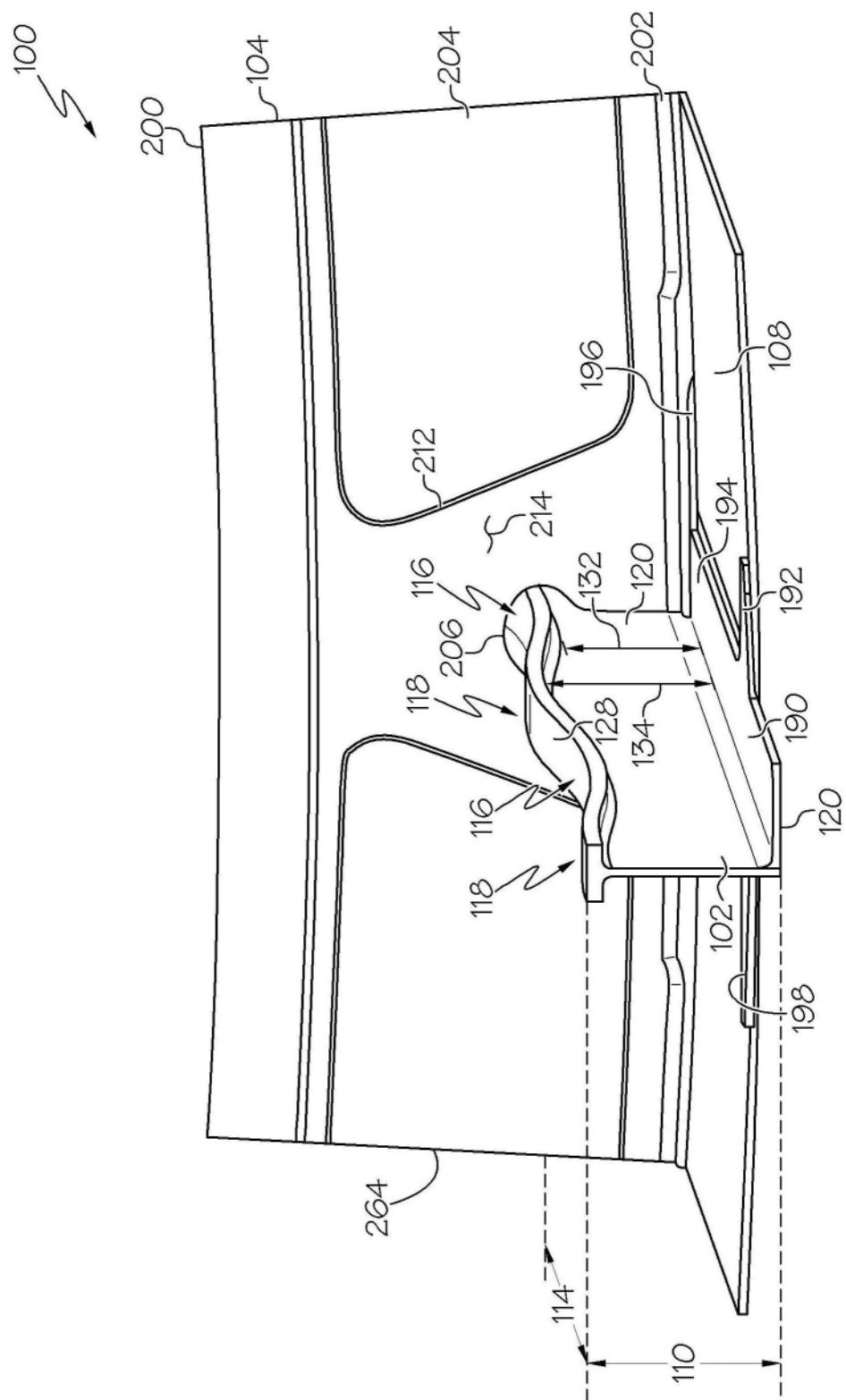


图7

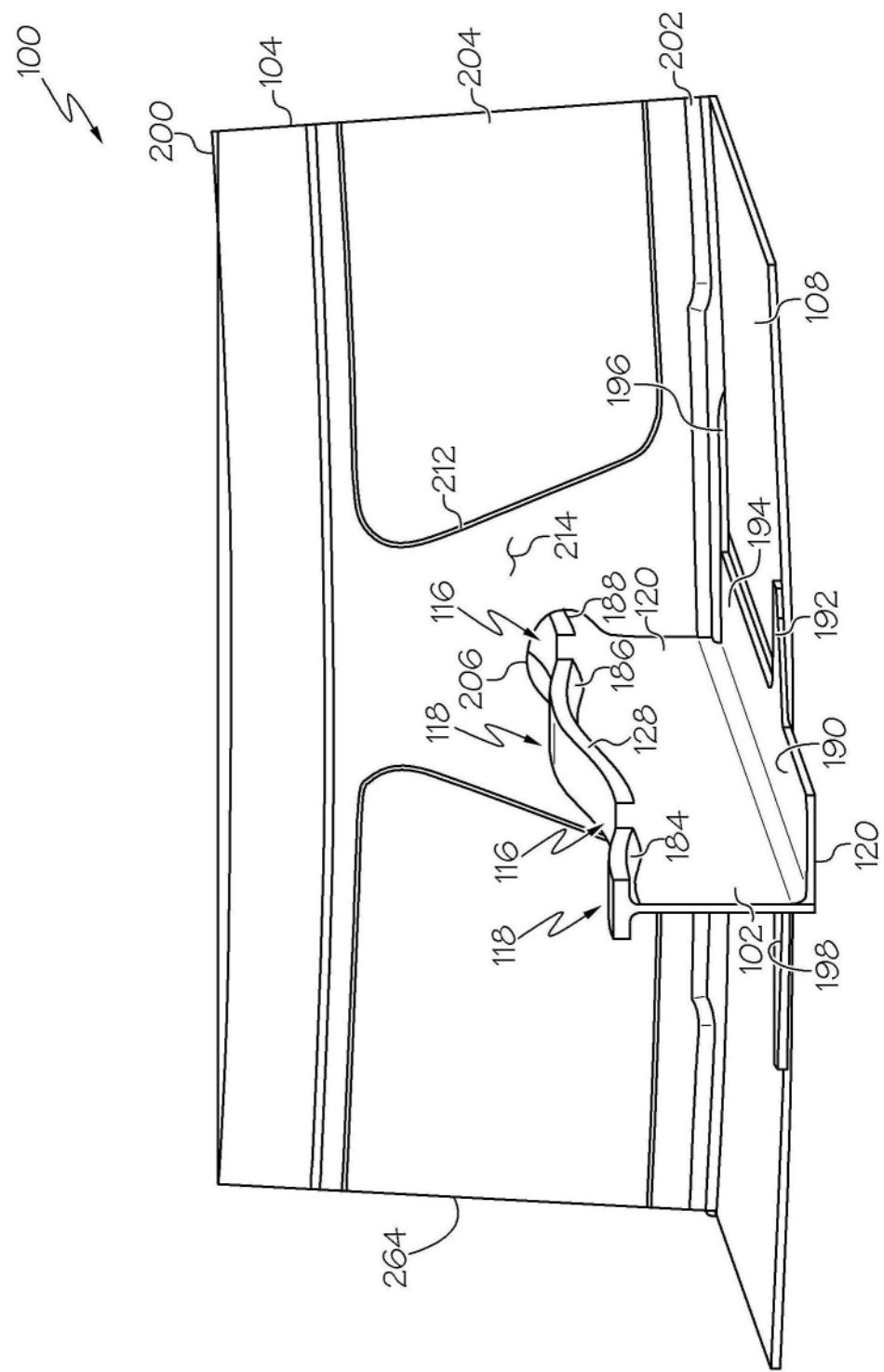


图8

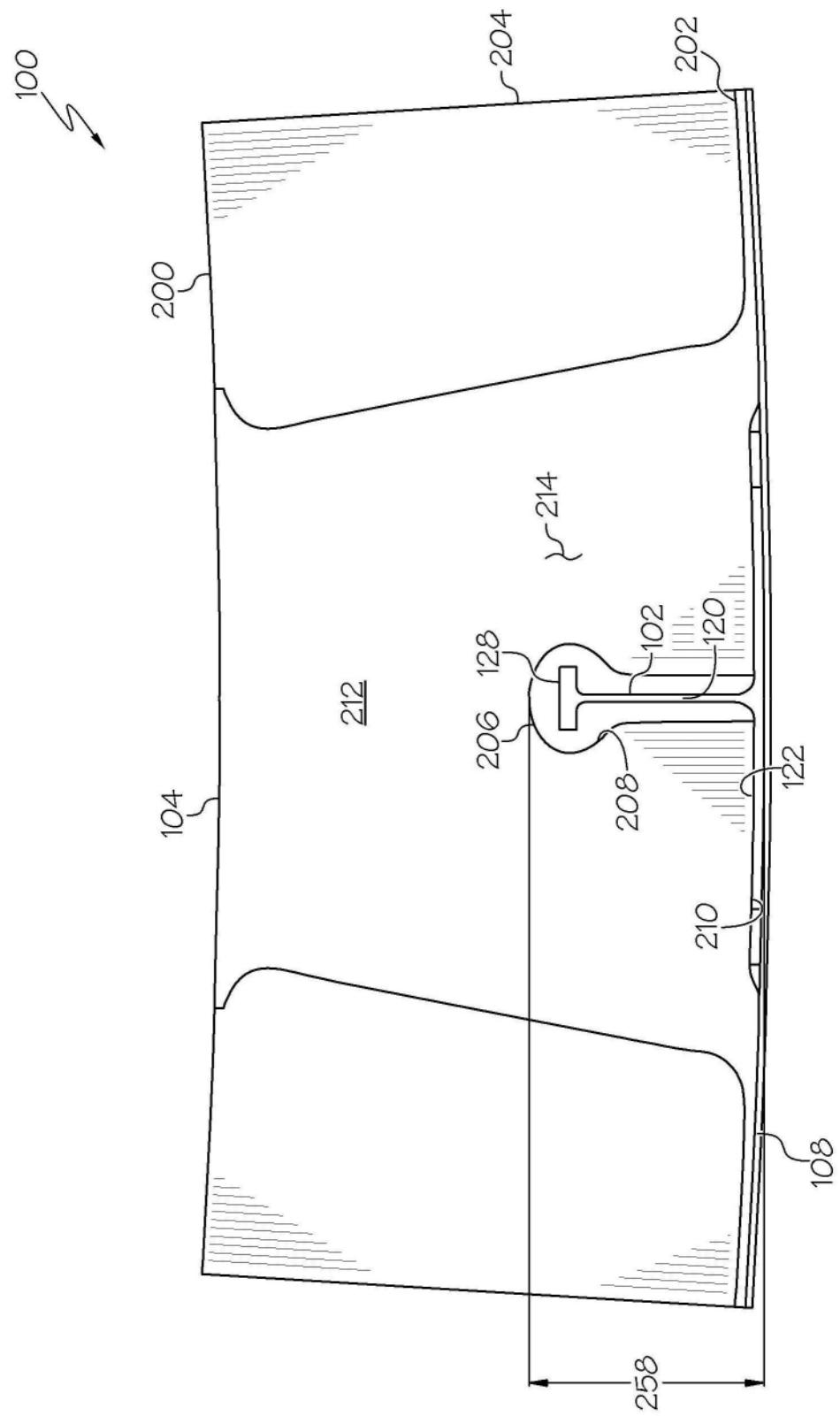


图9

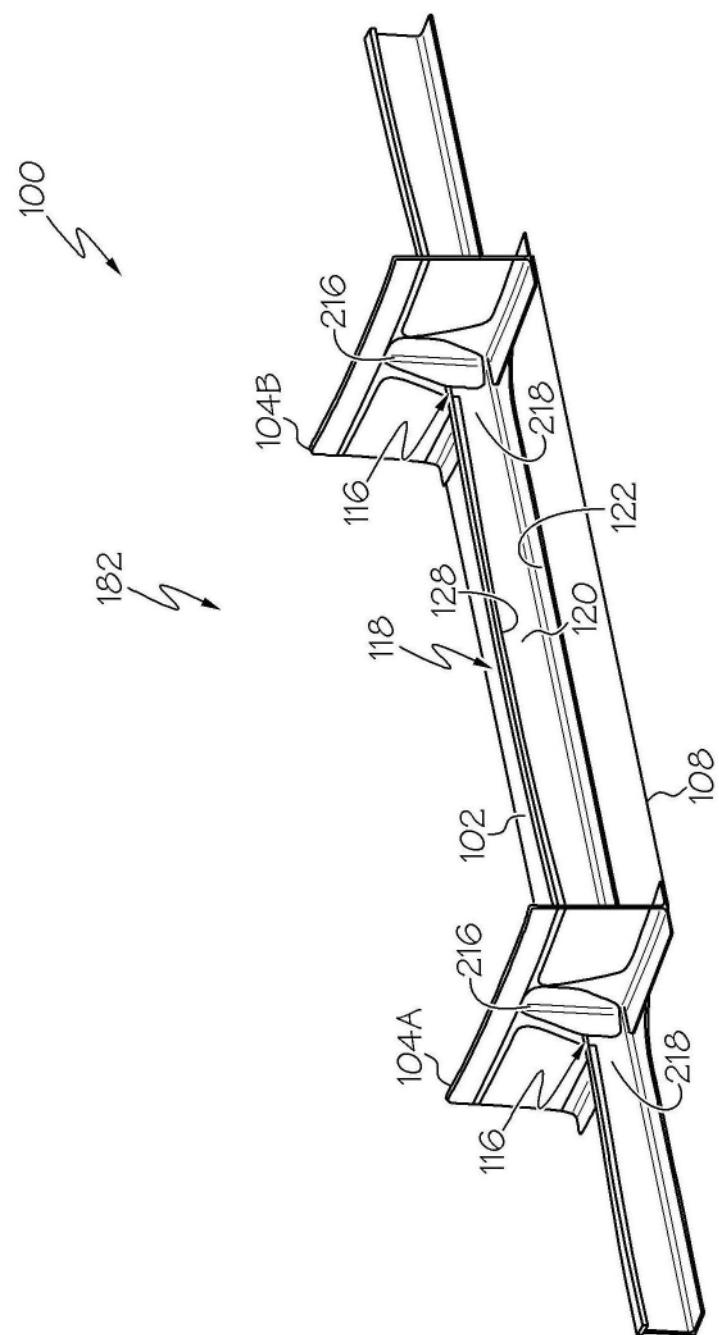


图10

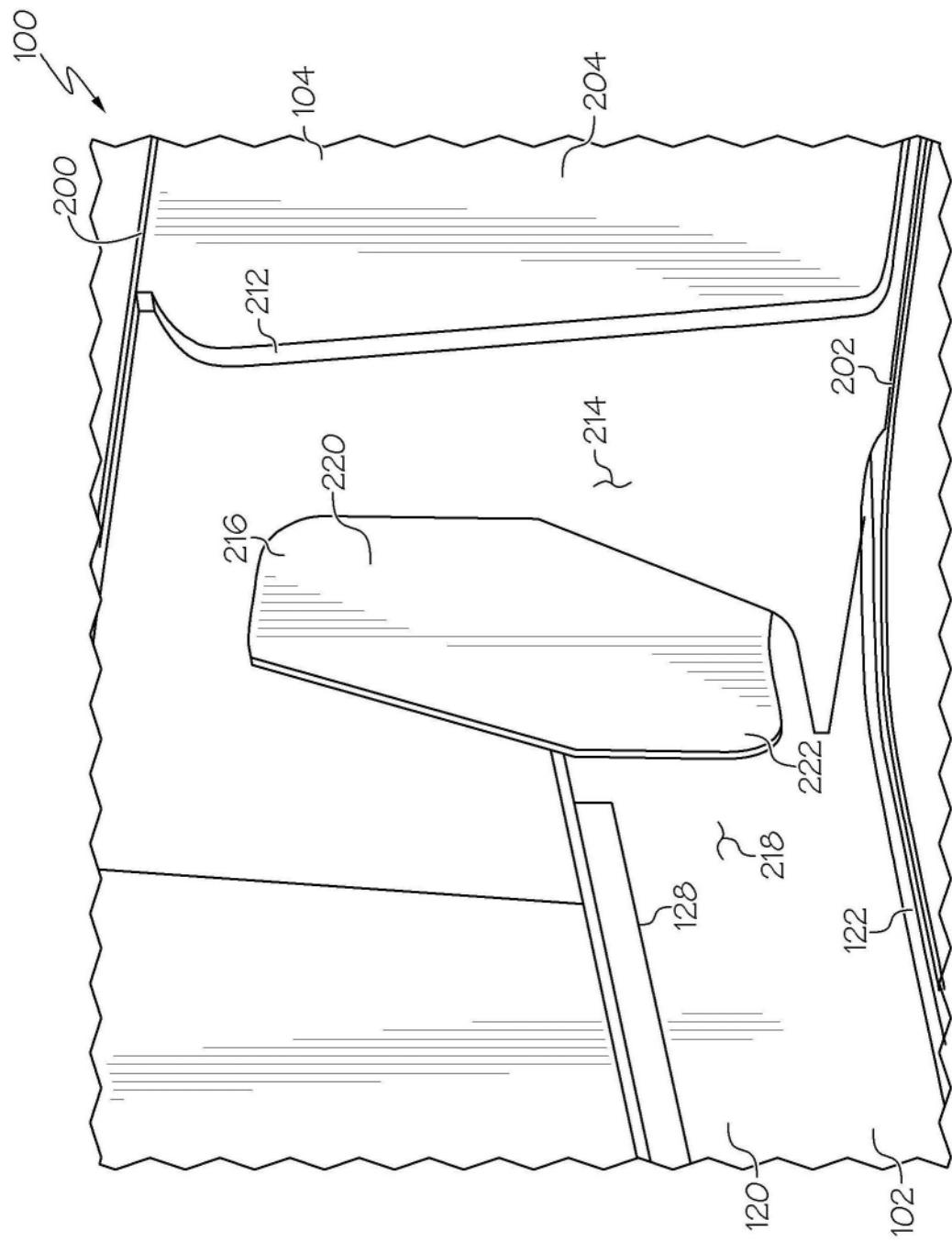


图11

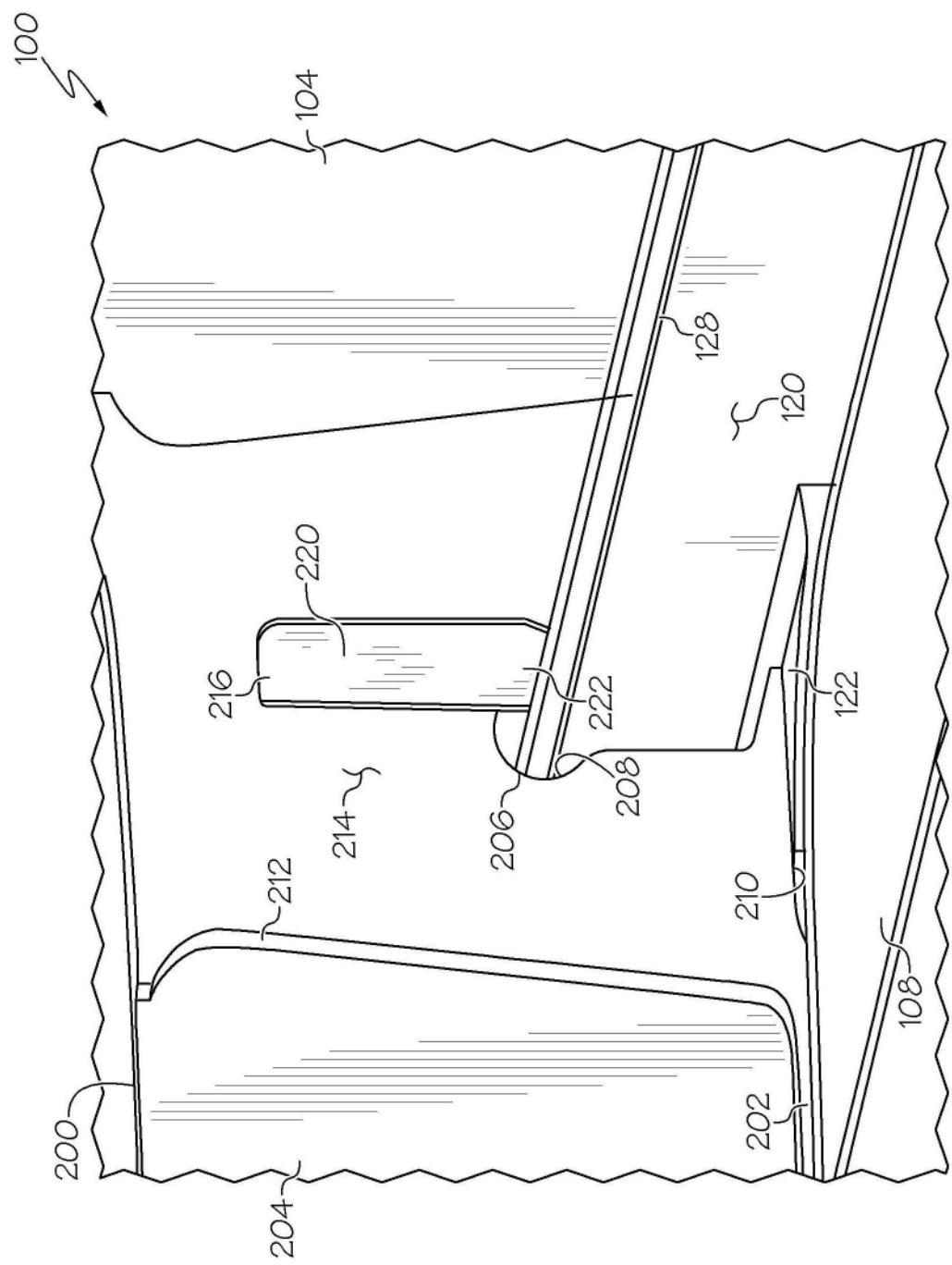


图12

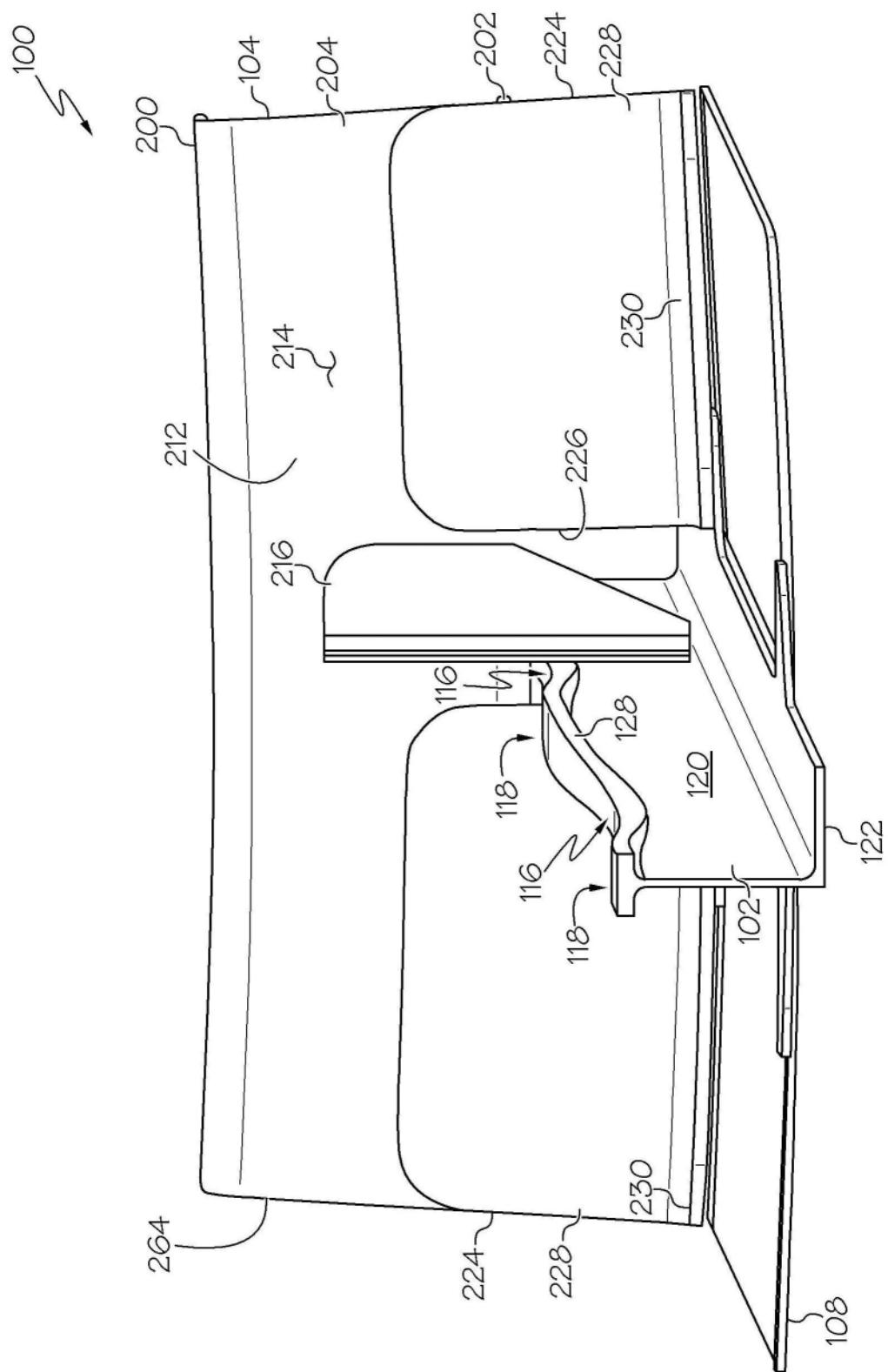


图13

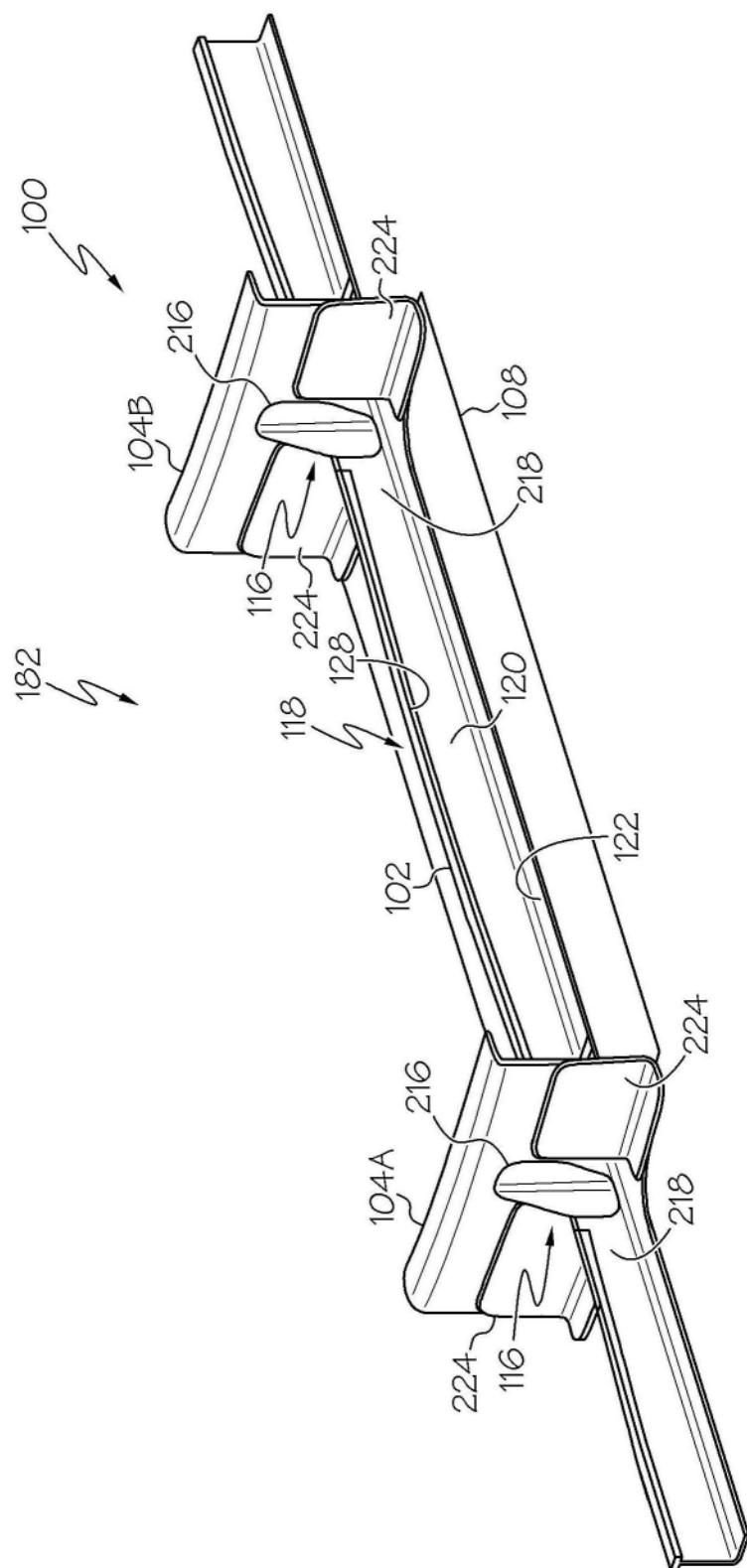


图14

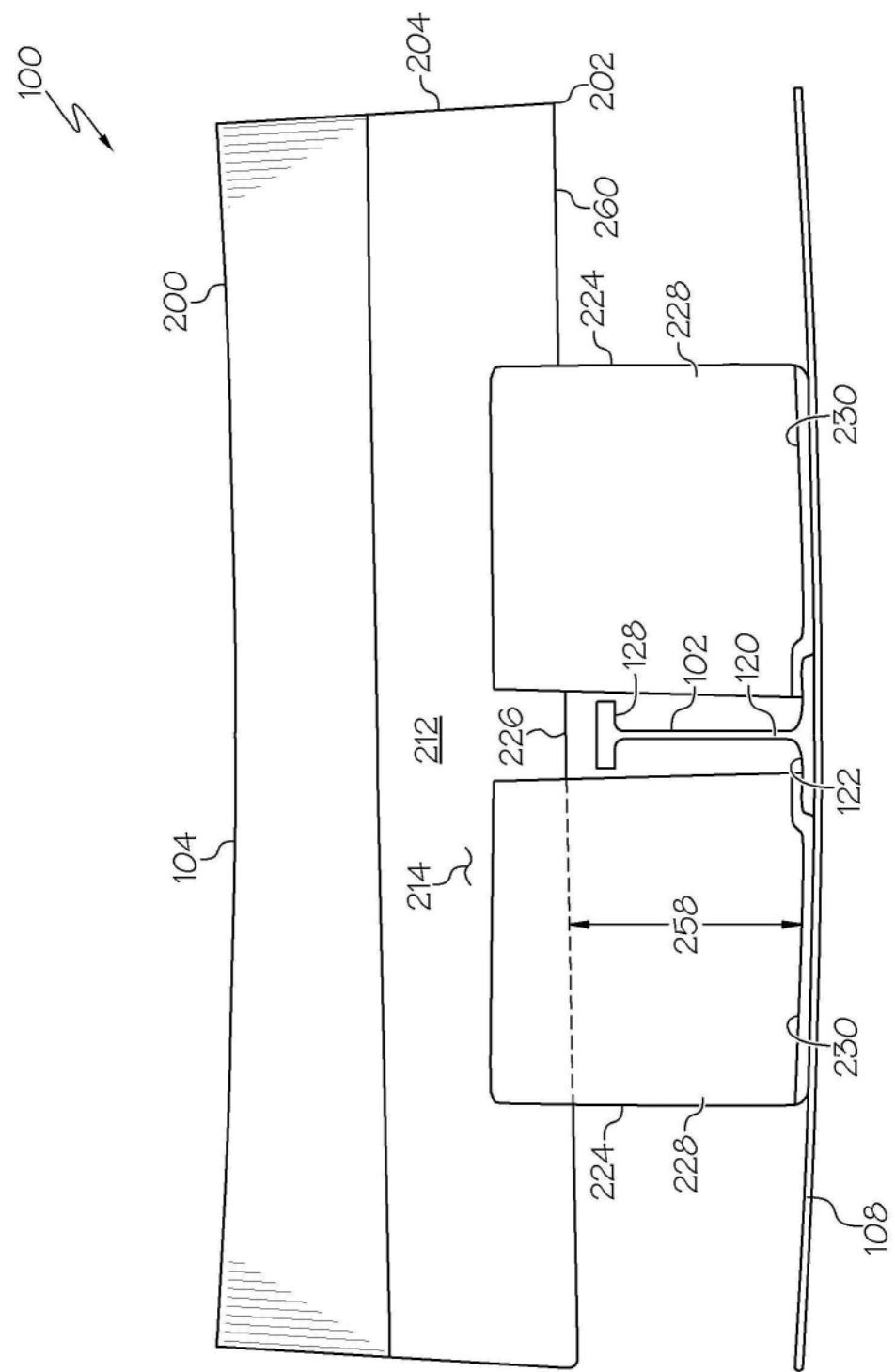


图15

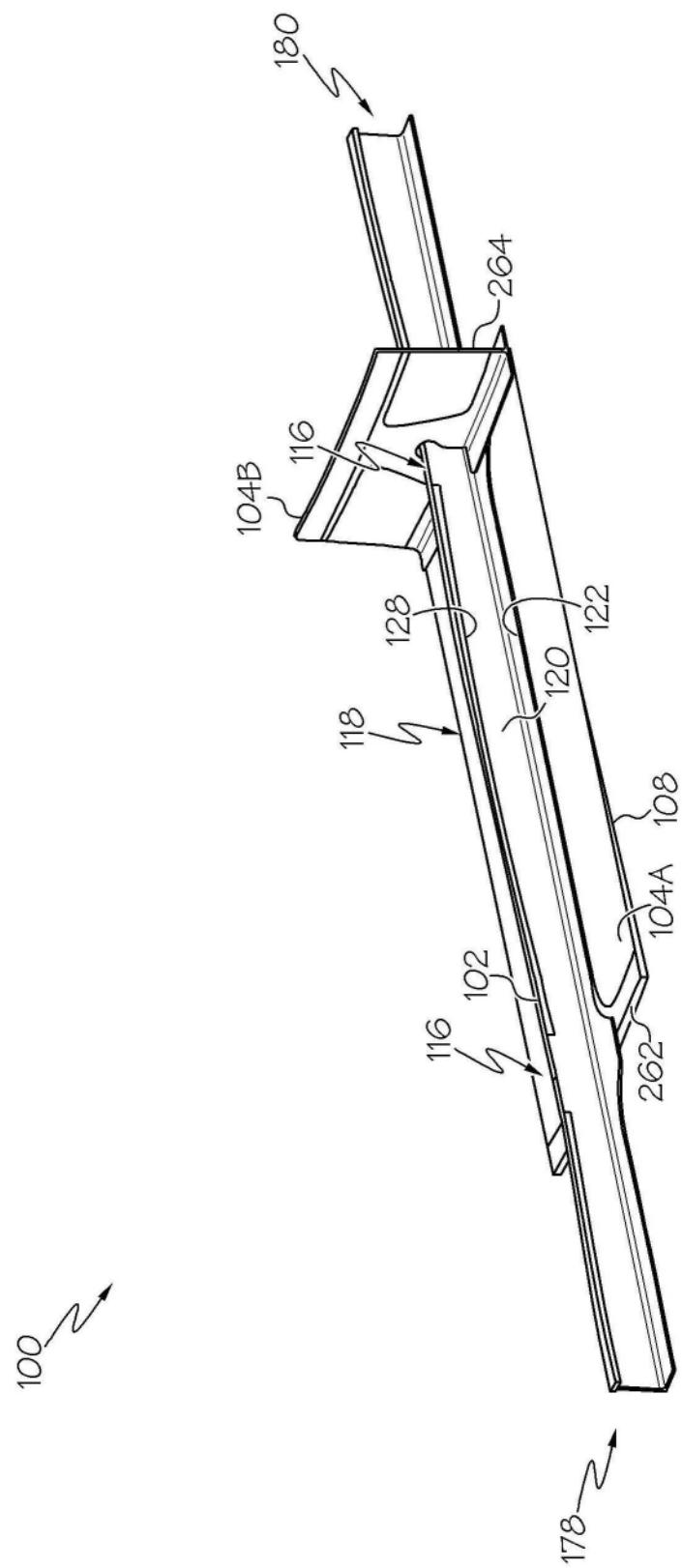


图16

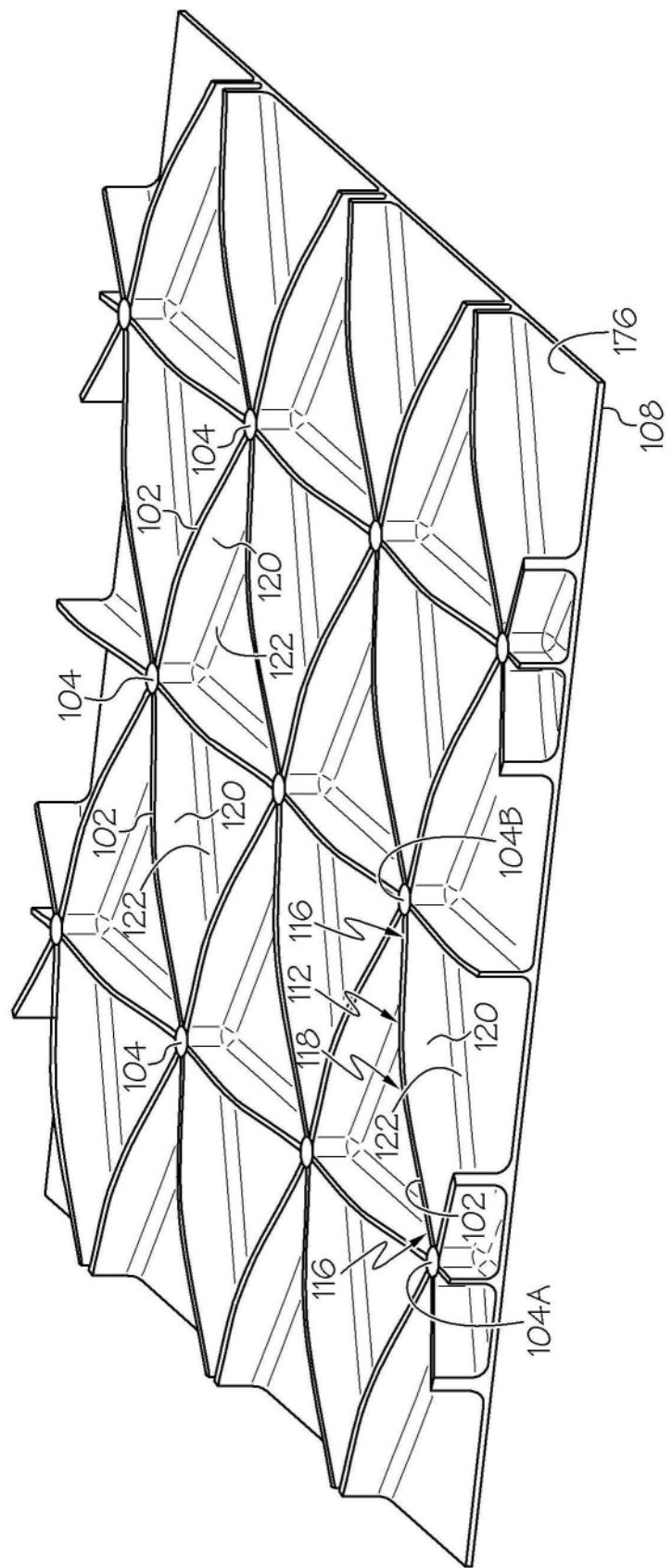


图17

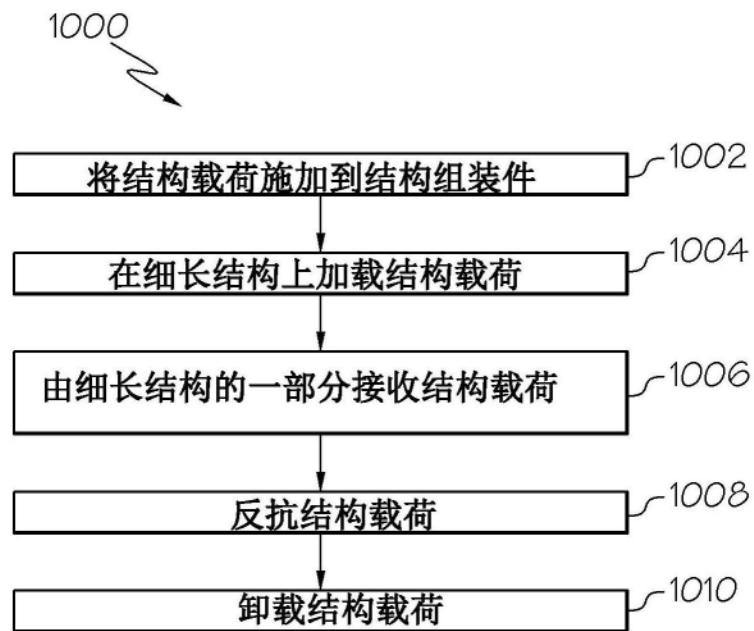


图18

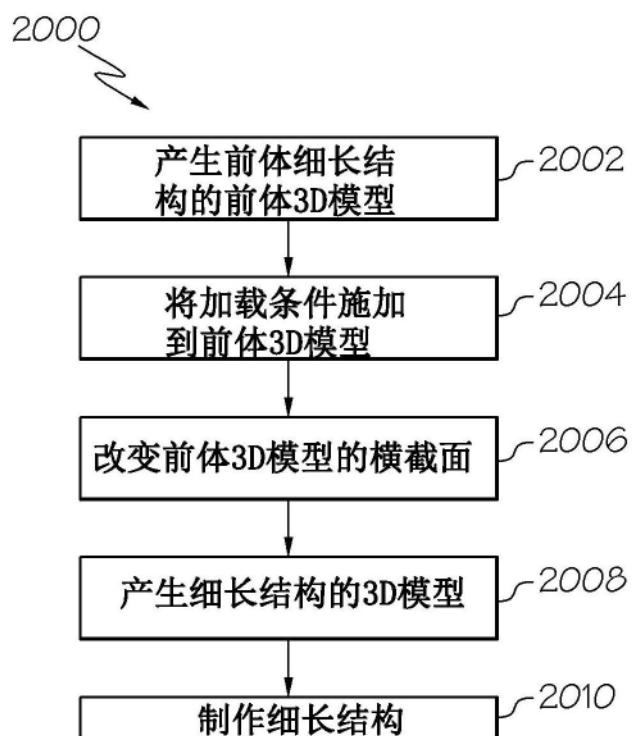


图19

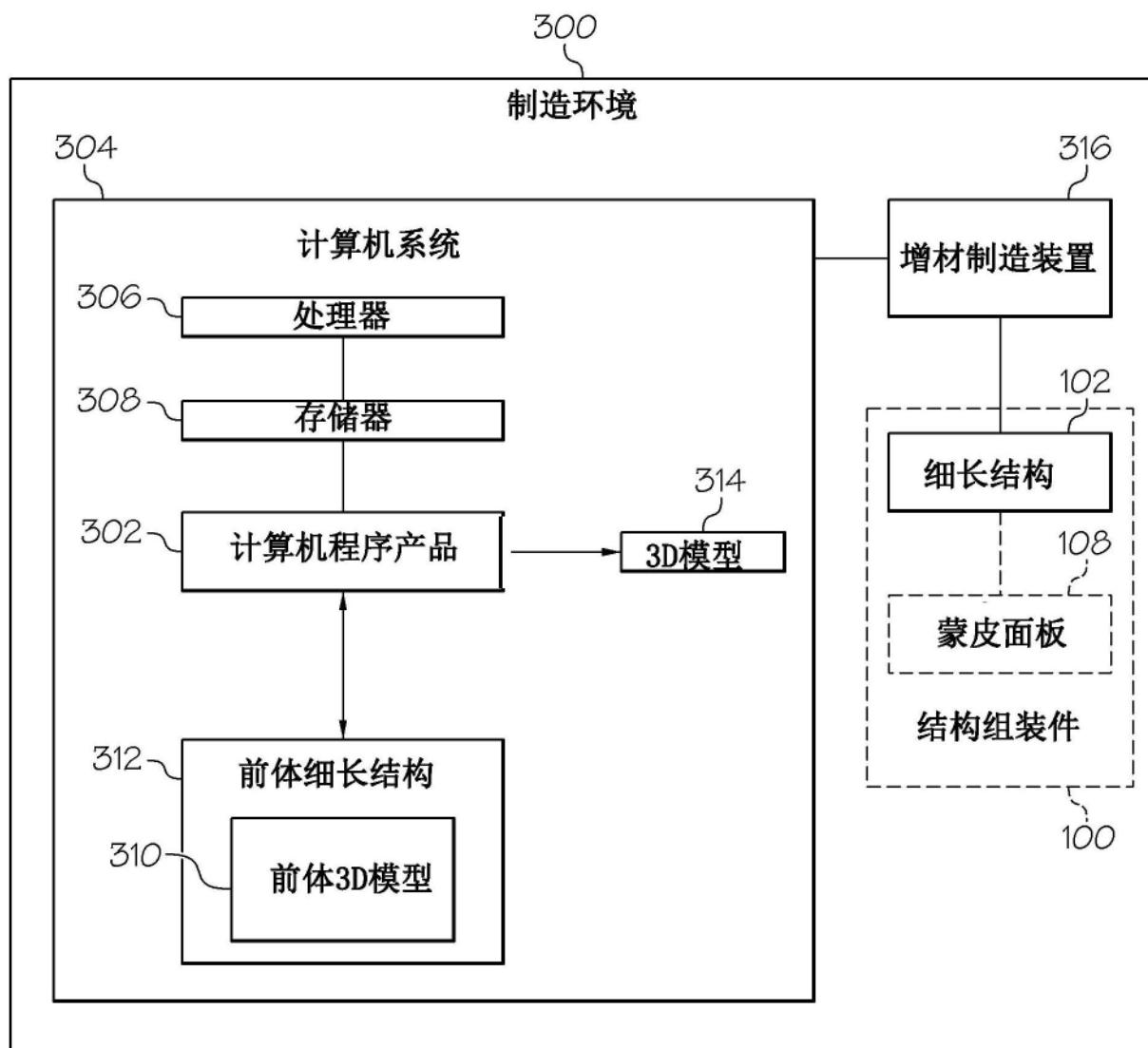


图20

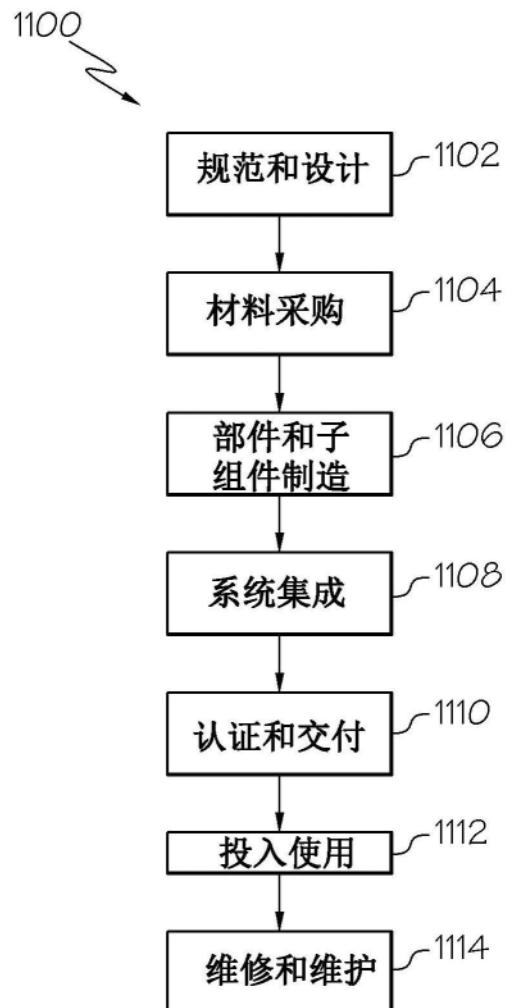


图21