(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111196368 B
(45)授权公告日 2025.05.02

(21)申请号 201911127123.0
(22)申请日 2019.11.18
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111196368 A
(43)申请公布日 2020.05.26
(30)优先权数据
62/768,384 2018.11.16 US
62/929,260 2019.11.01 US
(73)专利权人 斯凯旺蒂尔国际(英国)有限责任公司
地址 英国伍斯特
(72)发明人 N·艾伦·迈特尼
贾斯丁·尤金·沃尔德伦
韦德·奥斯丁·路易斯
马克·阿里特
(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270
专利代理师 江海 李雪
(51)Int.Cl.
B64D 23/00(2006.01)
A63G 31/00(2006.01)
(56)对比文件
CN 105854304 A,2016.08.17
CN 108780021 A,2018.11.09
审查员 周楠

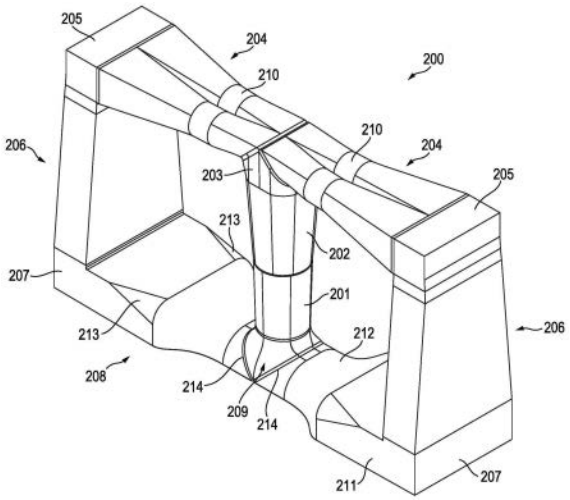
权利要求书2页 说明书20页 附图25页

(54)发明名称

再循环竖直风洞

(57)摘要

一种再循环竖直风洞,用于室内跳伞并具有至少一个再循环气流气室。气流气室包括容纳飞行舱的第一竖直构件、顶部水平构件、第二竖直构件以及底部水平构件。底部水平构件具有第一部段和第二部段。拐角部段将底部水平构件的第二部段与第一竖直构件相连接。底部水平构件的第二部段使途经底部水平构件的气流在第一部段和第二部段到拐角部段的出口之间收缩。拐角部段进一步使朝向第一竖直构件离开底部水平构件的第二部段的气流收缩。



CN 111196368 B

1.一种用于室内跳伞的竖直风洞,其特征在于,所述竖直风洞包括:

再循环气流气室;

容纳在所述气流气室的第一竖直构件内的飞行舱;

所述再循环气流气室包括顶部水平构件、底部水平气室以及第二竖直构件;

拐角部段布置在所述飞行舱下方并将所述底部水平气室连接到所述飞行舱,所述拐角部段包括具有中心线的导向叶片结构和圆拱;

其中,所述底部水平气室具有第一部段和第二部段,所述第一部段和第二部段从所述第二竖直构件延伸到所述第一竖直构件,所述第一部段连接到所述第二竖直构件,所述第二部段连接到所述拐角部段;

所述第一部段具有基本上矩形的横截面;

所述第二部段使气流在所述第一部段和所述拐角部段之间收缩,所述第二部段具有上表面;

所述第二部段的壁包括所述第一部段和所述拐角部段之间的过渡段;

所述拐角部段使气流在所述第二部段和所述飞行舱之间收缩;

所述拐角部段的壁包括所述第二部段和所述飞行舱之间的过渡段,从而减小所述再循环气流气室的高度;

所述第二部段的上表面具有基本上对应于所述拐角部段的圆拱的圆拱形状,所述拐角部段的圆拱从所述中心线至少部分地沿着所述第一部段的方向延伸。

2.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,进一步包括另一底部水平气室,所述拐角部段将所述飞行舱连接到每个底部水平气室,所述导向叶片结构具有两个圆拱。

3.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述第一部段包括一个或多个拐角过渡部分,所述一个或多个拐角过渡部分在所述第二竖直构件附近的硬拐角到所述底部水平气室的第二部段处的圆形拐角之间过渡。

4.根据权利要求3所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述一个或多个拐角过渡部分至少沿着所述第一部段的长度的大部分延伸。

5.根据权利要求3所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述一个或多个拐角过渡部分由所述第一部段的壁形成。

6.根据权利要求3所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述一个或多个拐角过渡部分由安装在所述第一部段内的单独的结构形成。

7.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,沿着竖直方向,所述第二竖直构件的基部比所述拐角部段的基部更高地布置。

8.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述第二竖直构件的基部具有加宽的矩形几何结构以减小挖掘深度。

9.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述拐角部段的壁形成入口收缩部,所述入口收缩部在所述导向叶片结构和所述飞行舱之间围绕所述飞行舱的中心轴线竖直地定向。

10.根据权利要求9所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述入口收缩部直接安装到所述导向叶片结构的一个或多个圆拱。

11.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述底部水平气室直接连

接到所述导向叶片结构的一个或多个圆拱中的圆拱。

12.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述导向叶片结构的一个或多个圆拱至少部分地限定经过所述拐角部段的所述再循环气流气室。

13.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述拐角部段的壁在所述飞行舱和所述导向叶片结构的一个或多个圆拱之间至少部分地形成S形双曲率轮廓。

14.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述拐角部段将所述飞行舱连接到两个底部水平气室,经过所述拐角部段的所述再循环气流气室在这两个底部水平气室中的每一个处具有半椭圆形横截面,以及在所述飞行舱处具有圆形或基本上圆形的横截面。

15.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,一个或多个圆拱跨越在所述中心线的端部之间并向上倾斜。

16.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述导向叶片结构为所述竖直风洞的一个或多个气室结构提供结构支撑。

17.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述导向叶片结构的中心线包括具有弯曲表面的脊,所述弯曲表面在水平或基本上水平到垂直或基本上垂直之间过渡。

18.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,所述底部水平气室的第二部段的壁形成入口收缩部,所述入口收缩部在所述底部水平气室的第一部段和所述拐角部段之间水平地定向。

19.根据权利要求1所述的用于室内跳伞的竖直风洞,其中,经过所述底部水平气室的第二部段的所述再循环气流气室包括接近所述第一部段处的基本上矩形的横截面,以及接近所述拐角部段处的半椭圆形或基本上半椭圆形的横截面。

再循环竖直风洞

技术领域

[0001] 本公开涉及再循环竖直风洞,尤其涉及用于室内跳伞的风洞。

背景技术

[0002] 这些风洞在安全且受控的室内环境中再现室外跳伞的体验。然而,再循环竖直风洞的建造和操作通常较昂贵,再循环竖直风洞需要大量空间以在可接受的噪声和能量消耗水平内产生足够强大而使一人或多人悬浮的气流,同时还维持恒定的气流质量。通常期望的是,经过飞行舱的气流基本上均匀、紊流少。沿着气流方向移动,再循环竖直风洞通常包括飞行舱、位于飞行舱上方的扩散器、第一拐角或转弯部、上水平气室、第二拐角或转弯部、竖直返回气室、第三拐角或转弯部、下水平气室、第四拐角或转弯部以及位于飞行舱下方的入口收缩部,入口收缩部还被称为收缩管道或喷嘴。风洞设计成具有单个流动路径回路或多个流动路径回路,在多个流动路径回路的情况下,不同的气流路径通常在飞行舱的下游(即在第一拐角处或接近第一拐角处)分岔,然后在飞行舱的上游(即在第四拐角处或接近第四拐角处)再次汇聚。

[0003] 一些再循环竖直风洞设施将风洞结构的底部部分(例如底部拐角、下水平气室、入口收缩部、竖直返回气室的下部)安装在地下,使得飞行舱位于地平面或接近地平面处。按照这种方式,可增加风洞的结构完整性,同时还避免了需要将飞行舱布置在设施的上面那一层上,这种布置可减小商业可见性/可达性并增加相关的建造成本。该设计方法还可允许设施符合当地建筑高度限制。此外,将流动路径回路的至少一部分布置在地下,可有助于吸收来自风洞的热和噪声。然而,由于许多再循环竖直风洞设计的尺寸要求,导致如果飞行舱将位于地平面或接近地平面处,则通常需要大量的地下挖掘,以放置必需的地基。例如,在一些设计中,飞行舱的基部和下水平气室的基部之间的高度可约为25英尺(7.6m)或更大。建造成本和工程时间表通常将随着挖掘的长度和宽度线性地增加,但是随着挖掘的深度成指数地增加。根据当地土壤组成和水分含量,可进一步放大成本和时间需求。技术挑战也随着挖掘深度的增加而出现,包括要考虑如下风险升高:在更深的位置处由周围地带施加的侧压力更高而导致崩塌和水入渗。此外,由于在一些地方的基岩浅,导致可能难以实现期望深度或者实现期望深度的成本过高。在放置结构基础时,传统方法通常使用灌注水泥以形成风洞的底部部分,而降低建造成本,这通常导致简单几何结构限定流动路径横截面,与之相比,预成形构造具有从不同材料生产的专门设计的几何结构。需要再循环竖直风洞在飞行舱和流动路径结构的基部之间具有减小的高度,最小程度地影响用于室内跳伞的气流的质量或风洞效率。

[0004] 此外,风洞通常具有线缆层组件或结构,以给站立在飞行舱内的用户提供支撑,同时还在室内跳伞期间允许气流经过以使用户悬浮。在许多风洞中,线缆安装到围绕飞行舱的外周布置的多个焊接件。焊接件通常由单独的承载横梁或设施结构的其它元件支撑,这可增加建造成本。线缆通常具有变化的尺寸,以最小化飞行舱周围的焊接件所需的水平占用空间,原因是许多飞行舱的横截面是圆形的或基本上圆形的,意味着经过飞行舱的边缘

的线缆不需要与经过飞行舱的中心直径的线缆一样长。焊接件通常具有可去除的顶盖,以触及牢固地安装在焊接件内的线缆的端部。因此,这种设计通常由位于设施的商业层(例如飞行舱周围的集结舱或观察区)上的工人从上方安装、更换和维护。由于线缆跨越飞行舱延伸并安装在焊接件内,所以焊接件的内部通常与风洞流动路径空气动力学连通。为了防止噪声通过焊接件渗入飞行舱周围的商业区,顶盖通常密封以防止顾客暴露于风洞内的高分贝水平。这种设计具有相对昂贵的部件建造成本;由于飞行舱周围的进出盖可见,导致主观上更差的美学外观;相对长的、复杂的和费力的安装/维护过程,这增加了劳动力成本和工程时间表;由于需求的复杂性,导致可能的供应商的范围受限。

[0005] 风洞设计和建造的另一考虑是流动路径的水平尺寸要求。例如,一些位置可能没有可用于适应特定风洞设计的水平长度尺寸需求所需的空间或占用空间。从这个意义来说,更少的位置可用于风洞建造。需要再循环竖直风洞沿着流动路径结构的长度具有减小的尺寸需求。

[0006] 上文对现有技术及其任何限制的讨论旨在是说明性的而非排他性的。通过阅读说明书和附图,现有技术的其它限制将对本领域技术人员来说变得明显。

发明内容

[0007] 结合系统、工具和方法描述和说明如下实施例及其诸多方面,其意在是说明性的而非对范围的限制。在各个实施例中,减少或消除一个或多个描述的问题,而其它实施例涉及其它改进。

[0008] 本公开涉及一种再循环竖直风洞设计。一方面在于减小飞行舱的基部和第四拐角和/或下水平气室的基部之间的垂直距离或高度。另一方面在于使入口收缩部和第四拐角在飞行舱下方融合成单个结构和气流路径元件。另一方面在于当飞行舱布置在地平面或接近地平面处时,降低与掘金深度关联的建造成本和时间需求。另一方面是高效的能量消耗以降低风洞的操作成本。另一方面在于最小化这种风洞内的紊流、摩擦和压力损失。另一方面在于在飞行舱内提供气流,该气流在均匀性和紊流方面至少与现有风洞设计的质量相当。

[0009] 这些方面可通过用于室内跳伞的竖直风洞来满足,该竖直风洞包括:

[0010] 至少一个再循环气流气室,该气流气室包括第一竖直构件、顶部水平构件、第二竖直构件以及底部水平构件;

[0011] 用于提供气流的装置,该气流流经该气流气室并沿着向上的方向在第一竖直构件中流动;

[0012] 容纳在该气流气室的第一竖直构件内的飞行舱;

[0013] 拐角部段将底部水平构件与第一竖直构件相连接;

[0014] 其中,底部水平构件具有第一部段和第二部段,第一部段和第二部段从第二竖直构件延伸到第一竖直构件,第一部段连接到第二竖直构件,第二部段连接到拐角部段,拐角部段将底部水平构件连接到第一竖直构件;

[0015] 底部水平构件的第二部段使途经底部水平构件的气流在第一部段和第二部段到拐角部段的出口之间收缩;

[0016] 拐角部段进一步使朝向第一竖直构件离开底部水平构件的第二部段的气流收缩。

[0017] 通过提供拐角部段，拐角部段将至少一个底部水平构件连接到第一竖直构件及其飞行舱，这种设计使得途经拐角部段的气流收缩，可显著减小这种竖直风洞的整个高度。然后，由拐角部段提供位于飞行舱上游的必需的入口收缩部。因此，与现有技术的这种风洞相比，飞行舱的底部可布置得低得多。因此，飞行舱的底部可布置在第一竖直构件的最底部。为了提供平衡的气流收缩，该竖直风洞提供双级收缩，这两个收缩不一定需要彼此分开，而是可连续进行。一个收缩区布置在第一竖直构件的底部处的拐角部段中，上游收缩部段布置在底部水平构件内。

[0018] 相信这是第一次提出将第一竖直构件及其飞行舱的底部处的拐角部段用作入口收缩器。

[0019] 本公开的益处可通过如下风洞实现，该风洞具有一个单返回气流气室或具有一个以上返回气流气室，例如在第一竖直构件的相对侧与第一竖直构件相关地布置的两个气流气室。此外，可实现本公开的益处，而不管用于提供气流的装置、风扇组件在返回气流气室中布置在何处。风扇组件可布置在顶部水平构件中。还能够将风扇组件布置在第二竖直构件中，尤其布置在第二竖直构件的上部段中。

[0020] 为了减少收缩的拐角部段内的紊流，能够在拐角部段中布置一组导向叶片，这一组导向叶片将水平流动地进入拐角部段的气流重新定向成朝向第一竖直构件内的飞行舱的方向。根据导向叶片提供给气流的引导长度，沿着气流行进方向更短的导向叶片可布置在拐角部段内。根据风洞构造，还可使用两组或更多组导向叶片。导向叶片可布置在拐角部段的类似于圆拱的部分内，该圆拱部分通常提供气室壁的一部分。该圆拱部分优选地沿着使气流在拐角部段中重新定向的弯曲方向弯曲。

[0021] 在一些实施例中，在拐角部段中使气流重新定向和收缩同时减小紊流的另一措施在于在底部部段中提供脊。该脊类似于导向叶片起作用，使进入拐角部段的气流的至少下部部分的流动重新定向。在风洞具有关于第一竖直构件彼此相对地布置的两个返回气流气室的情况下，两个脊通常可以以它们的背部彼此邻接地布置，并布置成与经过第一竖直构件中的飞行舱的竖直中心线对齐。这意味着两个脊布置成使得它们的中心投射在飞行舱的中部。这两个脊可以是由单个部件提供个单独的部件，或者例如在该位置一体地形成在气室壁中。

[0022] 在下文公开风洞的许多进一步的方面。在特定实施例中公开和描述的所有特征还可彼此独立地使用。这意味着即使与其它特征一起描述单独的特征和每个特征的益处，也不一定需要与该特征组合地公开的其它特征，就可实现单独的特征和每个特征的益处。

[0023] 另一方面在于提供一种线缆层组件或结构，使得组装用的组成部件的制造成本降低。另一方面在于提供一种线缆层组件，该线缆层组件降低更大的风洞设施建筑物的建造成本。另一方面在于简化和减少线缆层组件的安装所需的时间。另一方面在于简化和减少线缆层组件的维护所需的时间。另一方面在于减少具有这种线缆层组件的新风洞建筑物的上市时间。另一方面在于增加线缆层组件的潜在供应商来源。另一方面在于提供一种线缆层组件，该线缆层组件能够使围绕飞行舱的地板变成流线型或者简约抽象美观。另一方面在于提供一种线缆层组件，该线缆层组件构造成从下方进行维护服务。

[0024] 另一方面在于在风洞的拐角中提供一种台阶式气室分岔，以降低风洞的拐角之间的尺寸需求。另一方面在于在风洞的拐角中提供一种台阶式气室分岔，以提供足够的空间

间隙来容纳直接布置在拐角下游的管道和/或管道风扇。另一方面在于在风洞的拐角中提供一种台阶式气室分岔,以提供足够的空间间隙来容纳其它结构元件例如支撑柱或梁。

[0025] 另一方面在于提供一种再循环竖直风洞,其中,在竖直返回构件中气流气室被分开。

[0026] 另一方面在于提供一种再循环竖直风洞,该再循环竖直风洞具有用于控制参与者运动的飞行者交换系统,和飞行舱与设施的周围观察区之间的环境交换。

[0027] 除了上文描述的实施例和诸多方面之外,通过参考构成本说明书的一部分的详细描述和附图,进一步的实施例和诸多方面将变得明显。

附图说明

[0028] 在下文中,参考如下附图描述本公开:

[0029] 图1示出了根据现有技术的再循环竖直风洞的侧视图;

[0030] 图1A示出了沿着线A-A截取的图1的风洞的截面图;

[0031] 图2示出了根据本公开的再循环竖直风洞的透视图;

[0032] 图3示出了图2的风洞的前侧视图;

[0033] 图4示出了图2的风洞的右侧视图;

[0034] 图5示出了图2的风洞的仰视图;

[0035] 图6示出了沿着图3的线6-6截取的、图2的风洞的顶部截面图;

[0036] 图7示出了沿着图6的线7-7截取的、图2的风洞的第四拐角的局部截面侧视图;

[0037] 图8示出了沿着图6的线8-8截取的、图2的风洞的第四拐角的局部截面侧视图;

[0038] 图9示出了风洞的下水平气室的局部透视图;

[0039] 图10示出了图9的下水平气室的侧视图;

[0040] 图11示出了图10的沿着线11-11截取的截面图;

[0041] 图12示出了图11的沿着线12-12截取的截面图;

[0042] 图13示出了包括导向叶片结构的另一实施例的分解透视图;

[0043] 图14示出了图13的导向叶片结构的侧视图;

[0044] 图15示出了穿过图14的框B区域中的导向叶片结构的基部的中央截取的截面图;

[0045] 图16示出了包括线缆层组件的另一实施例的透视图;

[0046] 图17示出了图16的俯视图;

[0047] 图18示出了图16的线缆层组件的焊接件之一的透视图;

[0048] 图19示出了图18的分解视图;

[0049] 图20示出了图16的线缆层组件的仰视图;

[0050] 图21示出了图20的框C在部分切除时的细节视图;

[0051] 图22示出了沿着图17的线22-22截取的截面图;

[0052] 图23示出了图22的框D的细节视图;

[0053] 图24示出了图23的更宽大的透视图;

[0054] 图25示出了具有台阶式拐角构造的单返回再循环风洞的侧视图;

[0055] 图26示出了双返回再循环风洞和台阶式拐角构造的局部侧视图;

[0056] 图27示出了具有收缩拐角的单返回再循环风洞的透视图;

[0057] 图28示出了图27的风洞的另一透视图；

[0058] 图29示出了具有分开的返回空气塔的再循环风洞的另一实施例的透视图；

[0059] 图30示出了图29的风洞的侧视图；

[0060] 图31示出了根据本公开的具有飞行者交换装置的风洞设施的示意性楼层平面图；

[0061] 图32示出了飞行者交换装置的侧向透视图；

[0062] 图33示出了根据本公开的具有飞行者交换系统的再循环竖直风洞的侧视图；

[0063] 图34示出了沿着图33的线34-34截取的截面图；

[0064] 图35示出了沿着图33的线35-35截取的截面图。

[0065] 在图6、图7、图34和图35的截面图中，内部风洞空间通常由对角剖面线指示。

[0066] 在进一步解释描绘的实施例之前，应该理解的是在本发明申请时，本发明不限于所示出的特定布置的细节，原因是本发明能够具有其它实施例。目的是，本文公开的实施例和附图被认为是说明书的而非限制性的。此外，本文使用的术语是为了描述的目的，而非作为限制。

具体实施方式

[0067] 图1和图1A示出了根据现有技术的再循环竖直风洞100。沿着气流方向移动，该风洞100包括飞行舱101、位于飞行舱101上方的扩散器102、第一拐角103、上水平气室104、第二拐角105、竖直返回气室106、第三拐角107、下水平气室108、第四拐角109以及位于飞行舱101下方的入口收缩部110。下水平气室108具有第一部段111和第二部段112，第二部段112具有收缩的横截面。一个或多个风扇(未示出)布置在流动路径气室中以产生经过流动路径气室的气流。在图1中气流方向由虚线箭头表示。导向叶片113布置在拐角103、105、107、109中，以分别重新定向扩散器102和上水平气室104之间的气流、上水平气室104和竖直返回气室106之间的气流、竖直返回气室106和下水平气室108之间的气流、以及下水平气室108和入口收缩部110之间的气流。在图1中导向叶片结构113的位置由虚线表示。在气流进入飞行舱101以支持用户进行室内跳伞之前，气流的速度通过下水平气室108的第二部段112和入口收缩部110的减小的横截面而增加。竖直风洞可设置有单个流动路径回路或多个流动路径回路。在具有两个或更多个返回回路的风洞中，不同的气流路径通常在飞行舱101上方的第一拐角103处或接近第一拐角103处分岔，以及在飞行舱101下方的第四拐角109处或接近第四拐角109处汇聚。多路径风洞通常对称设计。虽然通常与具有矩形横截面的飞行舱相比建造起来更昂贵，但是具有圆形或基本上圆形的横截面的飞行舱通常具有更均匀和紊流更少的气流，原因是矩形横截面的硬拐角(急剧拐角)产生紊流。同样，入口收缩部110的四个拐角也将紊流引入进入飞行舱101的气流中。

[0068] 图2至图8示出了根据本公开的再循环竖直风洞200的一个可能的实施例。沿着气流方向移动，风洞200包括飞行舱201、位于飞行舱201上方的扩散器202、第一拐角203、上水平气室204、第二拐角205、竖直返回气室206、第三拐角207、下水平气室208以及第四拐角209(收缩拐角)。风洞200具有两个对称的气流返回路径，这两个气流返回路径在第一拐角203处分岔并在第四拐角209处汇聚。为了方便和简洁的目的，下文的描述通常仅涉及风洞200的单侧或单个回路；理解的是，除非特别注释，否则风洞200的两侧的结构相同。在其它实施例中，风洞200可包括单返回气流路径(见图27和图28)或者两个以上返回气流路径(未

示出)。图27和图28的单返回再循环竖直风洞以与图2至图8的风洞200相同的原理设计,因此在此不再进一步详细描述。上水平气室204具有两个管道风扇210,两个管道风扇210产生经过风洞200的气流。其它实施例具有一个风扇210或两个以上风扇210。此外,风扇210还可位于沿着流动路径回路的其它位置,包括位于不在上水平气室204中的位置。另外,多个风扇210可设置在单个气室中,而非如所示的设置在分开的气室中。本公开的精神和范围并非如此限制。根据仿真,说明了双返回风洞200在飞行舱201中实现与现有风洞设计相当的气流质量(为了室内跳伞目的),例如在紊流、切变和速度图均匀性方面。

[0069] 第三拐角207可具有相对宽的矩形构造以减小挖掘深度。例如,如果在与下水平气室208的接合处第三拐角207的横截面更加方形,则第三拐角207沿着竖直尺寸的高度需要增加以保持经过第三拐角的横截面面积相同,目的是减少气流摩擦。通过水平加宽第三拐角207,增加了基础部的横向占用空间需求同时降低了深度需求,这使得如果飞行舱布置在地平面或接近地平面处,则挖掘成本能够纯节省。在竖直返回气室206和第三拐角207的接合处,竖直返回气室206可共享第三拐角207的加宽的几何结构。同样,在下水平气室208和第三拐角207的接合处,下水平气室208也可共享第三拐角207的加宽的几何结构。

[0070] 下水平气室208可包括第一部段211和第二部段212。沿着气流方向,竖直返回气室206经过第三拐角207过渡,进入下水平气室208的第一部段211中。然后,经过第一部段211过渡,进入下水平气室208的第二部段212中。第二部段212连接到位于飞行舱201下方的第四拐角209(收缩拐角)。在竖直返回气室206和/或第三拐角207具有矩形横截面的情况下,下水平气室208的第一部段211也可具有基本上矩形的横截面。当然,竖直返回气室206、第三拐角207、下水平气室208可具有除了矩形之外不同的几何结构,包括其它多边形几何结构或弯曲几何结构(例如圆形、椭圆形或基本上圆形、基本上椭圆形)以及包括它们的不同组合。形成矩形几何结构的平坦壁通常用于流动路径的这些位置以降低建造成本和复杂度,而当使用弯曲几何结构或多边几何结构时通常增加建造成本和复杂度,甚至硬拐角可将额外的紊流引入气流中。

[0071] 下水平气室208的第一部段211可包括拐角过渡部分213,以用于过渡进入下水平气室208的第二部段212。例如,在描绘的实施例中,在第一部段211和第二部段212之间的接合处,流动路径的横截面通常是矩形的,具有圆形的顶部拐角。第一部段211的上部拐角在第三拐角207附近的硬拐角之间通过拐角过渡部分213逐渐过渡到第二部段212处的这种圆形拐角。在一些实施例中,拐角过渡部分213可至少沿着第一部段211的纵向长度的大部分延伸。在其它实施例中,拐角过渡部分213可至少沿着第一部段211的纵向长度的三分之二延伸。此外,在一些实施例中,拐角过渡部分213可至少沿着第一部段211的长度的四分之三延伸,包括沿着第一部段211的整个纵向长度或者基本上整个纵向长度延伸。拐角过渡部分213有助于减少第二部段212的上拐角下游的紊流。

[0072] 当沿着纵向轴线观察时,下水平气室208的第二部段212在与第一部段211的接合处从具有圆形拐角的基本上矩形的横截面收缩,达到在与第四拐角209的接合处基本上半卵形或半椭圆形的横截面(见图7)。针对该横截面的形状的其它描述术语可包括半个体育场、隧道、彩虹等,指的是以圆拱为界限的平坦的或基本上平坦的底部/基部侧。在第一部段211和第四拐角209之间,第二部段212的流动路径横截面在竖直尺寸和水平尺寸上收缩。这种几何结构收缩增加了进入第四拐角209的气流的速度。在沿着第二部段212的纵向长度

(在第一部段211和第四拐角209之间)收缩时横截面几何机构的平滑过渡,还在气流经过该几何结构加速期间促进紊流小的气流。此外,第二部段212的这种收缩使得流动路径横截面平滑过渡到第四拐角209并经过第四拐角209。在第四拐角209处第二部段212的基本上半卵形或基本上半椭圆形的横截面几何结构,一旦通过第四拐角209转到水平平面,则便于使在飞行舱201下方的第四拐角209的出口处上升的气流形成基本上圆形的水平横截面,这允许更短的紊流小的收缩。

[0073] 第四拐角209(收缩拐角)使下水平气室208中的气流直接向上转向,进入飞行舱201。同时,第四拐角209(收缩拐角)还减小下水平气室208和飞行舱201的基部之间的流动路径的总横截面面积,这增加了使用户悬浮在飞行舱201内的气流的速度。在具有两个或更多个返回回路的实施例中,在分开的气流进入飞行舱201之前,第四拐角209(收缩拐角)还使分开的气流融合。通过将第四拐角和入口收缩部一起集成在单个结构中,消除了在飞行舱下方设置单独的入口收缩部结构的需求。按照这种方式,可显著减小飞行舱201的基部和第四拐角209(收缩拐角)和/或下水平气室208的基部之间的垂直距离。

[0074] 例如,与相当的风洞设计相比,飞行舱201的基部和第四拐角209(收缩拐角)的基部之间的风洞流动路径的高度可减小大约35%,但是不会显著牺牲效率。这可对应于大约10英尺或更大的高度。高度节省还对应于整个风洞流动路径的缩短。通过公开的设计,挖掘减少的建造甚至整个地面以上的建造是可行的。益处包括建造成本节省、建造时间节省以及建造风险降低。此外,降低的高度需求使得能够在具有高度限制的地点建造。

[0075] 具体地,在一些实施例中,对于双回路再循环风洞,飞行舱201的基部和第四拐角(收缩拐角)209(或下水平气室208)的基部之间的高度可实现为小于或等于飞行舱201的直径的1.3倍。换句话说,[飞行舱的基部和收缩拐角的基部之间的垂直距离]≤[1.3×飞行舱的直径]。在一些实施例中,对于单回路再循环风洞,飞行舱201的基部和第四拐角(收缩拐角)209(或下水平气室208)的基部之间的高度可实现为小于或等于飞行舱201的直径与因子1.9的乘积。换句话说,[飞行舱的基部和收缩拐角的基部之间的垂直距离]≤[1.9×飞行舱的直径]。

[0076] 关于成本并因此潜在节省,应该认识到,建造风洞的成本取决于地点。因素包括风洞材料的成本、劳动力成本、材料运输到地点的成本、特定地点的土方工程成本等。因素还可根据质量和可用性改变。工程时间表和市场力量两方面的时间可进一步影响成本。换句话说,每个工程具有它本身的挑战和情况,使得难以与完成的风洞地点进行直接比较。基于可用数据和工程估计,每挖掘一英尺,根据本公开的风洞可节省大约20000至100000美元,估计平均节省大约40000美元。这使得每个建筑物与多达400000美元或更大数额相关。一些工程可实现1000000美元或更大数额的节省。这些节省可补偿其它方面增加的成本,如果有的话,例如专门制造、运输或使用相对更昂贵的材料。暂不考虑挖掘深度,根据本公开的收缩拐角的复杂几何结构和曲率与更基本的几何结构(例如,由灌注混凝土制成的矩形拐角)相比可节省成本,这似乎与直觉相反。但是一旦给弯曲壁气室(例如下水平气室部段212)构建模具,该模具可重复用于具有相同模型的未来工程,则与灌注混凝土相比,实际上可节省成本。例如,与用于简单气室几何结构(例如平坦壁)的灌注混凝土相比,使用具有复杂曲率的预成形玻璃纤维气室,可在部件和安装成本方面产生多达100000美元的节省,这样抵消了运输和材料成本的潜在增加。通过减小高度,混凝土(施工规范协会(CSI)2012分区代码

03)和土方工程(CSI 2012分区代码31)成本可显著减小,幅度在数十万美元。根据风洞地点,土方工程尤其可实现显著节省,原因是地点湿度、土壤类型、基岩深度等可显著增加挖掘成本和所需的支撑成本,在一些情况下,对于特别有挑战的建造地点,总成本增加超过1000000美元。此外,根据本公开,估计平均工程时间表减少一个月或两个月。不能与保持工程成本降低和通过开放风洞设施加快回报相关地理解一些时间节省。再次必须认识到,每个建筑工程是独一无二的且取决于多个因素的相互作用;意味着不可能在每一种情况下实现本文逃离的潜在节省。然而,有限的数据和现金估计说明:通常不管具体的工程地点,在建造根据本公开的具有收缩拐角设计的风洞时,预计存在显著的节省。

[0077] 在气室壁过渡过程中,第四拐角209(收缩拐角)包括平滑或基本上平滑的曲率。这种构造还减少紊流经过第四拐角209(收缩拐角)。在双返回或双回路风洞设计(见图2至图8)中,第四拐角209(收缩拐角)可描述成包括两个弯曲圆拱214。每个下水平气室208的底表面接合以在第四拐角209(收缩拐角)的沿着风洞200的横向轴线的一个端部处形成中心线215。然后,该中心线215可被认为是形成第四拐角209(收缩拐角)的基部。第四拐角209(收缩拐角)的每个圆拱214在中心线215的彼此倾斜远离的端部上方跨越,以在每个下水平气室208的第二部段212之间的气室壁到飞行舱201的过渡处限定流动路径的横截面几何形状。按照这种方式,圆拱214形成被风洞200的横向轴线平方的V形,中心线215形成在V形的最低点或基部中点(见图8)。每个圆拱214位于第四拐角209(收缩拐角)的管构造接合下水平气室208的管构造的位置处。然而,应该认识到,圆拱214本身不需要沿着气室壁过渡部分通过独立结构形成。例如,第四拐角209(收缩拐角)和下水平气室208的至少一部分还可形成为单件。圆拱214描述成沿着气室过渡的空间中的点,不一定由在气室部段之间的物理接合处单独的结构形成或设置成单独的结构。同样,本文在“拐角”和“气室”之间的任何描述是为了方便描述,能够在不同位置接合风洞200的流动路径结构。

[0078] 此外,在描绘的实施例中,中心线215构成脊。这里,脊由每个下水平气室208的底表面形成,这些底表面向上转以在中心线215处汇合。在其它实施例中,脊可由安装在该位置的一个或多个部件形成(例如,如果下水平气室208的底表面是平坦或基本上平坦的,本身不向上转以形成脊)。至少与不具有向上突出的脊结构、使得沿着底表面的气流可迎面汇合的实施例相比,脊有助于使沿着每个下水平气室208的底表面的气流向上重新定向进入第四拐角209(收缩拐角)并减少从气流融合产生的紊流。然而,应该认识到,不完全需要脊以实现本公开的益处,实际上,在其它实施例中可以不存在脊。在这种情况下,中心线215(上述V形的最低点或基部中点)可设置成平坦或基本上平坦的表面。例如,下水平气室208的底表面可在中心线位置以平坦或基本上平坦的方式接合,或者根据具体构造,中心线215可在该位置沿着单个气室部件的表面定位。在单返回实施例中,中心线215可设置在下水平气室208的底表面与第四拐角209(收缩拐角)的竖直或基本上竖直的端部壁例如在硬边缘或通过弯曲表面过渡接合的位置。因此,类似于圆拱214,中心线215描述成空间中的点。

[0079] 尽管如此,使用这些约定,第四拐角209(收缩拐角)从飞行舱201的圆形基部平滑地过渡到沿着一个圆拱214的点。沿着下水平气室208的水平轴线,在飞行舱201的基部和每个相应圆拱214的顶点之间移动时,第四拐角209(收缩拐角)的气室壁的平滑过渡包括单曲率或基本上单曲率(见图8);其它实施例在此可包括稍微S形的双曲率轮廓。沿着与水平平面中的纵向轴线垂直的横向轴线,在中心线215或脊处的每个相应圆拱214的端部和飞行舱

201的基部之间移动时，第四拐角209(收缩拐角)的壁的平滑过渡包括S形的双曲率轮廓(见图7)。第四拐角209(收缩拐角)的壁不包括任何硬角拐角；通过曲线实现过渡，使得所有表面是光滑的。这促进了空气动力学效率同时最小化紊流。在接近第四拐角209(收缩拐角)时，下水平气室208的第二部段212的横截面可以是半椭圆形，使得每个倾斜圆拱214在其与第四拐角209(收缩拐角)的接合处限定下水平气室208的顶壁和侧壁。下水平气室208的基部可以是平坦的、基本上平坦的或弯曲的，如下文所述。

[0080] 下水平气室208的底表面216(地板)，或者下水平气室208和第三拐角207和/或第四拐角209，可构造成排出可积聚在风洞200中的任何液体。例如，如图3至图5所示，在第四拐角209的每一侧上的整个底表面或基本上整个底表面216可以是碗形状的。每个碗形状的底表面216的最低点217可设置有排水孔。在一些实施例中，底表面216(地板)的最低点217可沿着经过下水平气室208的中央纵向轴线，位于第一部段211和第二部段212之间的接合处(见图5)。按照这种方式，底表面216(地板)沿着纵向轴线“下落”在第三拐角207中和第三拐角207之后，可有助于适应经过第三拐角207进入下水平气室208的气流的方向改变。因此，底表面216(地板)在移动经过第一部段211和第四拐角209(收缩拐角)之间的第二部段212时沿着纵向轴线“升高”，可与第二部段212中的流动路径的收缩一致。同样，沿着横向轴线，底表面216(地板)的碗形状可进一步减少经过底表面216(地板)的紊流。底表面216(地板)沿着碗形状的周长的垂直深度减小，可进一步提供节省的挖掘。为此，在一些实施例中，沿着竖直方向，第三拐角207的基部可比第四拐角209的基部更高地布置。可设置泵以辅助排出积聚的液体。

[0081] 图9示出了包括第一部段211(局部视图)和第二部段212的下水平气室208的另一实施例。在该实施例中，第二部段212具有两件式构造，包括连接到第一部段211的收缩部分218和连接到第四拐角209(收缩拐角)的横截面面积恒定的过渡部分219。此外，使气流的封闭流动路径完整的下水平气室208的底表面216(地板)与气室壁结构分开设置。例如，底表面216(地板)可以是混凝土以降低成本，而壁结构可以是制造成特定形状的玻璃纤维或其它材料，这通常增加成本。这是在本公开的精神和范围内，本文描述的流动路径结构可如何替代地构造和装配的另一示例。同样，过渡部分219的特征在于成为下水平气室208的一部分或第四拐角209(收缩拐角)的一部分。如描绘的实施例中，第一部段211可以不定形以形成拐角过渡部分213。反之，如图10至12中看到的，拐角过渡部分213可以是安装在第一部段211的气室内的单独的结构(例如板)。按照这种方式，第一部段211可构造成具有平坦或基本上平坦的壁，以降低成本。拐角过渡部分213限定在拐角处经过第一部段211的流动路径的横截面。拐角过渡部分213可定形以在接近第三拐角207的硬拐角到与第二部段212的接合处的圆形或基本上圆形的拐角之间移动时，使流动路径的横截面平滑地收缩。

[0082] 图13和图14示出了另一实施例，其中，第四拐角209(收缩拐角)的圆拱214对应于包括多个导向叶片221的框架结构220。在描绘的实施例中，框架结构220的每一侧横向地连接到第二部段212的过渡部分219，但是下水平气室208也可具有其它构造。在上方，框架结构220连接到第四拐角209(收缩拐角)。导向叶片221构造成使气流向上朝向飞行舱201重新定向。导向叶片221并因此圆拱214可与水平平面成一定倾角布置。如图14描绘的实施例中看到的，圆拱214可以以例如大约45°倾斜。在一些实施例中，如图15中看到的，中心线215对应于描绘的实施例中的脊，可由于相邻的气室地板独立的结构(例如板)设置。如上所述，在

一些实施例中可省略脊;虽然通过以导向叶片的方式使沿着气室208的底表面的气流向上转,脊部件提高经过飞行舱的中心的流动均匀性,但是不完全需要实现本文描述的本公开的所有益处。导向叶片221可以是中空的或包括通道,以使冷却流体流动经过导向叶片221,从而消除从再循环气流产生的摩擦热。框架结构220可给第四拐角209(收缩拐角)提供结构支撑,因此给安装在第四拐角209(收缩拐角)上方的风洞200的部件提供结构支撑。因此,框架结构220可以承载并牢固地安装在与风洞气室相邻的地板中。当然,其它结构(例如建筑物支撑梁)还可给风洞部件提供结构支撑,在这种情况下,根据设计,框架结构220不需要承载。

[0083] 现在转到图16至图25,在进一步的实施例中,风洞200还包括线缆层组件222。如图13至图15的实施例中,线缆层组件222可安装到框架结构220。按照这种方式,线缆层组件222整体上由风洞200结构支撑,这消除了提供单独的承载元件以支撑线缆层组件222的需求,从而降低风洞设施的建造成本。线缆层组件222包括在飞行舱201中形成地板的多个线缆223,用户可站立在地板上且气流可穿过地板以使用户悬浮。线缆层组件222还包括围绕飞行舱201的外周的多个壳体或焊接件224。现在参考图18和图19,每个焊接件224可具有:安装板225,用于牢固地将线缆223的端部安装在安装板225上;整流罩226,形成在飞行舱201和第四拐角209(收缩拐角)的接合处的气流气室壁的一部分(见图23和图24);以及盖板227,在风洞设施的观察水平上提供于飞行舱201相邻的地板表面。盖板可构造成安装形成飞行舱201的壁的面板228。

[0084] 如图21中看到的(图21包括椭圆形剖面区域以示出组件的额外部分),所有线缆223可具有相同的长度,跨越飞行舱201的基部按照正方形或基本上正方形的轮廓图案布置。按照这种方式,可降低线缆生产和更换成本,原因是单个线缆规格用于整个地板。这还可增加线缆223的合适供应商的来源。每个线缆223附接到吊环螺栓229。吊环螺栓229延伸经过相应的焊接件224的安装板225,以通过螺母231和垫圈232附接到压缩弹簧230而受到压力(但是还可适应其它联接部件)。套管233可减少吊环螺栓229的磨损并保持吊环螺栓229的同轴度。因此每个线缆223保持张紧地跨越飞行舱201并构造成通过压缩弹簧230柔性地吸收力(例如,来自下落的用户的力以防止受伤)。通过这种安装构造,线缆223本身如果需要则可容易地更换,不必还从安装板225拆卸其它部件。

[0085] 如图23和图24中看到的,焊接件224的整流罩226包括孔或槽,以允许线缆223离开飞行舱201以附接到安装板225。在飞行舱201的基部,整流罩226与第四拐角209(收缩拐角)的气室壁重叠,以在二者之间形成连续表面。面板228围绕整流罩226牢固地安装到盖板227,以限定飞行舱201的壁。例如,面板228可定位在放置块上以使面板228的内表面与整流罩226的内表面对齐,保持角可在面板228的相对侧上固定于盖板227的顶表面,结构粘合剂可施加在保持角和整流罩226之间的通道中以使面板228固定就位。根据特定设计所用的飞行舱201的期望横截面几何结构,面板228可以是弯曲的、平坦的或二者的混合。面板228通常由透明材料制成,以允许从风洞设施的其它区域观察飞行舱201内发生的活动。

[0086] 应该认识到,线缆层组件222可从焊接件224的下方(而非上方)触及以进行维护。按照这种方式,不需要触及盖板227,甚至不需要使盖板227相对于飞行舱201周围的商业区密封。相反,竣工的地板(例如地毯、木材、瓷砖、合成物等)可安装在盖板227上方,以给顾客提供飞行舱201周围的地板的流线型或者简约抽象美观。为了维护的目的,例如为了检查或

更换线缆层组件的部件,框架结构220可包括走道以便于从焊接件224的下方触及线缆223和安装板225(见图16)。此外,围绕第四拐角209的底层地板或地下室区域通常通过与飞行舱入口相邻的飞行者集结区中的开口而与气流气室通风,以平衡二者之间的压力,这意味着该线缆层设计不会以负面方式影响该通常非公共区域的环境状况。此外,基板不需要覆盖焊接件的底部或者在结构上将焊接件安装到单独的承载横梁或风洞设施结构的其它支撑元件,这进一步降低了建造/制造成本并简化了组装过程。

[0087] 在双返回再循环风洞的一些实施例中,线缆223和位于线缆下方的风洞气室的底表面(或者拐角的基部)之间的高度小于或等于飞行舱的直径的1.3倍。换句话说:[线缆和拐角的基部之间的垂直距离]≤[1.3×飞行舱的直径]。在单回路再循环风洞的一些实施例中,线缆223和位于线缆下方的风洞气室的底表面(或者拐角的基部)之间的高度小于或等于飞行舱的直径的1.9倍。换句话说:[线缆和拐角的基部之间的垂直距离]≤[1.9×飞行舱的直径]。

[0088] 转到图25(描绘单返回流动路径)和图26(描绘双返回流动路径),根据本公开的再循环风洞300可进一步包括位于风洞300的一个或多个拐角302中的台阶式转弯部301。虽然台阶式转弯部301描绘成位于第一拐角中,但是应该认识到,台阶式转弯部301可如期望的设置在风洞的其它拐角302中。台阶式转弯部301将气室303的流动路径分成两个或更多个流动路径。在描绘的实施例中,拐角出口流动路径对应于管道304,管道304容纳风扇305,风扇305产生经过风洞300的气流。应该进一步认识到,管道304不一定需要容纳风扇305。导向叶片结构306可设置在拐角302内,位于每个管道304的入口处,以重新定向气室303和管道304之间的气流。通过这种构造,台阶式转弯部301使气流分岔,以在相邻管道304之间提供空间或间隙307。例如,台阶式转弯部301可用于在多个独立的管道风扇305之间建立足够的间距,这可减小沿着纵向轴线经过管道304所需的风洞流动路径长度,原因是风扇305能够通过台阶式转弯部301布置成更接近拐角302。在其它实施例中,台阶式转弯部301可建立间距以容纳和清除布置在空间307内的元件(例如结构梁/柱、通风口、电线等)。因此,可减小风洞300的尺寸占用空间,这能够使风洞建造在具有有限空间的地点。同样,空间或间隙307的建立可在设施设计时提供额外的自由和选择。此外,台阶式转弯部301的优点不一定限于竖直风洞;在本公开的精神和范围内,水平风洞还可使用该台阶式转弯部构造以实现这种益处。

[0089] 现在参考图29和图30,示出了根据本公开的再循环风洞400的又一实施例。如描绘的,风洞400可以以与上述实施例相同的方式设计,意味着上文的描述等同地应用于该实施例,除了风洞400的第二拐角和竖直返回气室分成一个以上流动路径。风洞400包括第一返回空气塔402和第二返回空气塔404。返回空气塔402、404对应于第二拐角和竖直返回气室。返回空气塔402、404给气流提供单独的平行的流动路径。因此,在该实施例中,气流在第一拐角处的风洞400的每一侧或回路之间分开,进一步在经过上水平气室、第二拐角以及竖直返回气室的两个流动路径之间分开。然后,返回空气塔402、404的流动路径可在第三拐角处重新接合。在描绘的实施例中,返回空气塔402、404通过间隙物理地分开(见图30),但是其它实施例可具有由两个返回空气塔共享的物理分开结构,而在两个返回空气塔之间不存在间隙(例如限定两个返回空气塔的流动路径的一部分的气室分隔壁)。返回空气塔402、404之间的这种分隔允许竖直返回气室在第二拐角和第三拐角之间更快地扩展(横截面面积增

加),但不会建立与气室壁分离的气流,这种分离可导致紊流增加、不稳定和效率损失。如果第二拐角和第三拐角的横截面面积保持恒定,则因此与单个流动路径竖直返回气室相比,竖直返回气室的长度可使用分开的返回空气塔402、404减小,但不存在气流与壁的分离,原因是在相同距离上的壁分岔能力提高。竖直返回气室的长度减小或高度降低能够使风洞400的整个高度降低,相应地使容纳风洞400的设施的高度降低。上文针对收缩拐角讨论的高度降低的益处,在此也适用。应该认识到,描述成分开的返回空气塔402、404可集成到之前描述的风洞200中。

[0090] 现在参考图31和图32,根据本公开的再循环竖直风洞可进一步包括飞行者交换装置500。图31示出了围绕飞行舱区域的示意性风洞设施的局部楼层平面图。风洞包括具有圆形或基本上圆形的横截面的飞行舱502,参与者在飞行舱502中进行室内跳伞,但是其它实施例可包括不同形状的横截面。控制室504与飞行舱502相邻地布置,在控制室504中设施的人员可监控飞行者的活动(例如如果参与者受伤)和风洞状况(例如温度、风速等)并根据需要控制风洞系统。封闭走廊506将飞行舱502连接到飞行者交换装置500。例如,参与者可跨步经过形成在飞行舱502的壁中的开门框架,以在走廊506和飞行舱502之间移动。走廊506相对于设施的周围观察区508密封。飞行者交换装置500包括具有两个相对门的封闭舱。其中一个门是外门510,连接到观察区508。另一个门是内门512,连接到走廊506。当参与者想要进入风洞时,飞行者交换装置500的外门510首先打开。然后,参与者从观察区508经过外门510进入飞行者交换装置500。然后外门510关闭。一旦参与者位于飞行者交换装置500内且外门510关闭,则随后内门512可打开。然后,参与者跨步经过内门512以离开飞行者交换装置500并进入走廊506。此时,参与者可继续经过走廊506以进入飞行舱502。然后内门512可关闭。参与者可以以相反的过程离开风洞。

[0091] 门510、512的操作可以自动进行、手动进行或这两种方式。例如,打开和/或关闭可通过来自操作者控制室504的按钮或另一输入装置来操作。同样,按钮或其它输入装置可设置在门510、512本身上,以由例如位于飞行者交换装置500和/或走廊506内的参与者操作。还可使用自动定时操作来控制门510、512何时打开和/或关闭,以及控制具体的门打开和/或关闭的顺序。还可使用传感器来进行自动门操作。此外,RFID或条形码/QR码读取器可设置在外门510附近,以扫描参与者佩戴的腕带或出入证,从而在外门510打开之前确认授权的进入。

[0092] 因此,应该认识到,飞行者交换装置500提供受控制的和连续的机制,以在飞行舱502和观察区508之间交换飞行者。通过双门系统防止或减少飞行舱502和观察区508之间的压力和噪声交换。可通过鉴别扫描方法控制或跟踪用户的进出。此外,现有风洞设施具有用于容纳多批参与者并围绕飞行舱外周延伸的整个集结舱区域,与该现有风洞设施相比,更少地阻碍从周围观察区508对飞行舱502的观察。这一方面还给其它用户释放了观察区508的与飞行舱502相邻的额外的层空间。

[0093] 图33至图35示出了根据本公开的具有飞行者交换装置500的再循环竖直风洞的实施例。设施的商业层(未示出)通常与飞行舱502的基部、走廊506和飞行者交换装置500位于同一水平处。商业层将位于商业层上方的空间(例如围绕飞行舱502的观察区508)与位于商业层下方的空间(例如围绕收缩拐角的区域、下水平气室等)分开。如图34和图35中看到的,走廊506可与至少一个空气通风口514空气动力学连通。例如,走廊506的地板可包括将走廊

506的内部链接到空气通风口514的内部的一个或多个开口。空气通风口514可与建筑物的外部环境空气动力学连通,或者与位于商业层下方的空间(例如围绕收缩拐角的区域、下水平气室等)空气动力学连通。在描绘的实施例中,空气通风口514是封闭管道,其延伸以连接到建筑物的外部,而非打开到位于商业层下方的空间,这种打开可在该空间中导致吸风。走廊506和空气通风口514之间的气流在图中由带箭头的线表示。因此,走廊506中的压力通过与空气通风口514空气动力学连通而平衡。这降低了噪声(例如压力波的沉闷声)并提高了走廊506内的用户的舒适度。在具有通风走廊506的本实施例中,飞行者交换装置500的双门510、512更大地起作用以在走廊506和商业区或观察区508之间控制用户的进出和减少噪声交换,而非防止压力交换。

[0094] 虽然已经讨论了诸多方面和实施例,但是本领域技术人员将认识到它们的某些修改、排列、添加及子组合。因此意图是:所附的权利要求解释成包括在权利要求的真实的精神和范围内的所有这样的修改、排列、添加及子组合。本文描述的每个实施例具有许多等同物。

[0095] 已使用的术语和表述用作描述性术语,而非限制性术语,在这样的术语和表述的使用时,不意在排除所示出和描述的特征或其一部分的任何等同物;认识到在请求保护的发明的范围内可进行各种修改。因此,应该理解到,虽然通过某些实施例和可选特征具体地公开了本发明,但是本领域技术人员可采取本文公开的构思的修改和变型,这样的修改和变型被认为位于所附的权利要求限定的本发明的范围内。无论何时在说明书中给出了一个范围,包括在给出的范围内的所有中间范围和子范围以及所有独立的值,旨在包括在本公开中。当本文使用马库什组或其它分组时,该组的所有独立的成员以及该组的所有可能的组合和子组合,旨在单独地包括在本公开中。

[0096] 通常,本文使用的术语和短语具有其公认的意思,这样的意思可通过参考本领域技术人员已知的标准课文、著作、杂志文献和语境来找到。提供上述限定以明确它们在本发明的上下文中的具体用途。

[0097] 在实例1中,提供一种用于室内跳伞的竖直风洞,竖直风洞包括:

[0098] 再循环气流气室;

[0099] 容纳在该气流气室的第一竖直构件内的飞行舱;

[0100] 再循环气流气室包括顶部水平构件、底部水平构件以及第二竖直构件;

[0101] 拐角部段布置在飞行舱下方并将底部水平气室连接到飞行舱,拐角部段包括具有中心线的导向叶片结构和圆拱;

[0102] 其中,底部水平气室具有第一部段和第二部段,第一部段和第二部段从第二竖直构件延伸到第一竖直构件,第一部段连接到第二竖直构件,第二部段连接到拐角部段;

[0103] 第一部段具有基本上矩形的横截面;

[0104] 第二部段使气流在第一部段和拐角部段之间收缩,第二部段具有上表面;

[0105] 第二部段的壁包括第一部段和拐角部段之间的过渡段;

[0106] 拐角部段使气流在第二部段和飞行舱之间收缩;

[0107] 拐角部段的壁包括第二部段和飞行舱之间的过渡段,从而减小再循环气流气室的高度;

[0108] 第二部段的上表面具有基本上对应于拐角部段的圆拱的圆拱形状,拐角部段的圆

拱从该中心线至少部分地沿着第一部段的方向延伸。

[0109] 在实例2中,实例1的竖直风洞进一步包括另一底部水平气室,拐角部段将飞行舱连接到每个底部水平气室,导向叶片结构具有两个圆拱。

[0110] 在实例3中,基于实例1的竖直风洞中,第一部段包括一个或多个拐角过渡部分,该一个或多个拐角过渡部分在第二竖直构件附近的硬拐角到底部水平气室的第二部段处的圆形拐角之间过渡。

[0111] 在实例4中,基于实例3的竖直风洞中,该一个或多个拐角过渡部分至少沿着第一部段的长度的大部分延伸。

[0112] 在实例5中,基于实例3的竖直风洞中,该一个或多个拐角过渡部分由第一部段的壁形成。

[0113] 在实例6中,基于实例3的竖直风洞中,该一个或多个拐角过渡部分由安装在第一部段内的单独的结构形成。

[0114] 在实例7中,基于实例1的竖直风洞中,底部水平气室的地板包括碗形状,该碗形状构造成排出积聚在竖直风洞中的液体。

[0115] 在实例8中,基于实例7的竖直风洞中,底部水平气室的地板的最低点布置在第一部段和第二部段之间的点处。

[0116] 在实例9中,基于实例7的竖直风洞中,底部水平气室的地板的碗形状延伸到第二竖直构件的基部。

[0117] 在实例10中,基于实例1的竖直风洞中,第二竖直构件的基部,沿着竖直方向,比拐角部段的基部更高地布置。

[0118] 在实例11中,基于实例1的竖直风洞中,第二竖直构件的基部具有加宽的矩形几何结构以减小挖掘深度。

[0119] 在实例12中,基于实例1的竖直风洞中,飞行舱在与拐角部段的接合处包括圆形或基本上圆形的横截面。

[0120] 在实例13中,基于实例1的竖直风洞中,拐角部段的壁形成入口收缩部,入口收缩部在导向叶片结构和飞行舱之间围绕飞行舱的中心轴线竖直地定向。

[0121] 在实例14中,基于实例13的竖直风洞中,入口收缩部直接安装到导向叶片结构的一个或多个圆拱。

[0122] 在实例15中,基于实例1的竖直风洞中,底部水平气室直接连接到导向叶片结构的一个或多个圆拱中的圆拱。

[0123] 在实例16中,基于实例1的竖直风洞中,导向框架结构的一个或多个圆拱至少部分地限定经过拐角部段的再循环气流气室。

[0124] 在实例17中,基于实例1的竖直风洞中,拐角部段的壁在飞行舱和导向叶片结构的一个或多个圆拱之间至少部分地形成S形双曲率轮廓。

[0125] 在实例18中,基于实例1的竖直风洞中,拐角部段将飞行舱连接到两个底部水平气室,在这两个底部水平气室和飞行舱之间拐角部段的横截面面积以大约2:1的比例收缩。

[0126] 在实例19中,基于实例1的竖直风洞中,拐角部段将飞行舱连接到两个底部水平气室,经过拐角部段的再循环气流气室在这两个底部水平气室中的每一个处具有半椭圆形横截面,以及在飞行舱处具有圆形或基本上圆形的横截面。

[0127] 在实例20中,基于实例1的竖直风洞中,一个或多个圆拱跨越在该中心线的端部之间并向上倾斜。

[0128] 在实例21中,基于实例20的竖直风洞中,导向框架结构的一个或多个圆拱中的每个圆拱相对于水平平面以大约45度向上倾斜。

[0129] 在实例22中,基于实例1的竖直风洞中,导向叶片结构的一个或多个圆拱包括第一圆拱和第二圆拱,第一圆拱沿着与第二圆拱相对的方向延伸。

[0130] 在实例23中,基于实例1的竖直风洞中,导向叶片结构包括跨越导向框架结构的一个或多个圆拱中的每个圆拱延伸的导向叶片,导向叶片构造成将来自底部水平气室的气流向上重新定向到飞行舱。

[0131] 在实例24中,基于实例1的竖直风洞中,导向叶片结构为竖直风洞的一个或多个气室结构提供结构支撑。

[0132] 在实例25中,基于实例1的竖直风洞中,导向叶片结构的中心线垂直于或基本上垂直于经过底部水平气室的气流而延伸。

[0133] 在实例26中,基于实例1的竖直风洞中,导向叶片结构的中心线与经过飞行舱的水平中心线对齐。

[0134] 在实例27中,基于实例1的竖直风洞中,导向叶片结构的中心线包括具有弯曲表面的脊,该弯曲表面在水平或基本上水平到垂直或基本上垂直之间过渡。

[0135] 在实例28中,基于实例1的竖直风洞中,导向叶片结构包括设置在再循环气流气室外部的框架结构,导向叶片结构的一个或多个圆拱附接到框架结构。

[0136] 在实例29中,基于实例28的竖直风洞中,线缆层组件安装到导向叶片结构的框架结构,线缆层组件包括跨越飞行舱延伸的多个线缆。

[0137] 在实例30中,实例1的竖直风洞是双回路再循环风洞,跨越飞行舱的线缆层和拐角部段的基部之间的高度≤(飞行舱的直径×1.3)。

[0138] 在实例31中,实例1的竖直风洞是单回路再循环风洞,跨越飞行舱的线缆层和拐角部段的基部之间的高度≤(飞行舱的直径×1.9)。

[0139] 在实例32中,基于实例1的竖直风洞中,底部水平气室的第二部段的壁形成入口收缩部,入口收缩部在底部水平气室的第一部段和拐角部段之间水平地定向。

[0140] 在实例33中,基于实例1的竖直风洞中,经过底部水平气室的第二部段的再循环气流气室包括接近第一部段处的基本上矩形的横截面,以及接近拐角部段处的半椭圆形或基本上半椭圆形的横截面。

[0141] 在实例34中,提供一种用于竖直风洞的拐角的导向叶片结构,竖直风洞形成再循环气流气室,导向叶片结构包括:

[0142] 至少部分地布置在再循环气流气室外部的框架结构;

[0143] 框架结构包括两个圆拱;

[0144] 圆拱跨越在中心线的端部之间;

[0145] 每个圆拱相对于水平平面以一定角度倾斜;

[0146] 圆拱彼此沿着相反的方向延伸;以及

[0147] 沿着两个圆拱中的每个圆拱安装的导向叶片,导向叶片布置在再循环气流气室内并构造成使经过拐角的气流被重新定向。

[0148] 在实例35中,基于实例34的导向叶片结构中,竖直风洞的拐角布置在飞行舱的下方,导向叶片将来自竖直风洞的水平气室的气流向上重新定向到飞行舱。

[0149] 在实例36中,基于实例34的导向叶片结构中,每个圆拱的顶点连接到在框架结构的柱之间延伸的横梁。

[0150] 在实例37中,基于实例34的导向叶片结构中,框架结构包括布置在再循环气流气室外部的两个横梁和四个柱,每个横梁在框架结构的两个柱之间延伸。

[0151] 在实例38中,基于实例37的导向叶片结构中,每个横梁在再循环气流气室的一部分上方延伸。

[0152] 在实例39中,基于实例34的导向叶片结构中,圆拱形成再循环气流气室的至少一部分。

[0153] 在实例40中,基于实例34的导向叶片结构在结构上支撑竖直风洞的气室结构。

[0154] 在实例41中,基于实例34的导向叶片结构中,竖直风洞的气室壁直接连接到导向叶片结构的圆拱。

[0155] 在实例42中,基于实例34的导向叶片结构中,圆拱相对于水平平面以大约45度倾斜。

[0156] 在实例43中,基于实例34的导向叶片结构中,导向叶片包括一个或多个通道,以使冷却流体流经导向叶片。

[0157] 在实例44中,基于实例34的导向叶片结构中,线缆层组件安装到框架结构。

[0158] 在实例45中,基于实例34的导向叶片结构中,该中心线由脊设置。

[0159] 在实例46中,基于实例45的导向叶片结构中,脊包括两个相对的弯曲表面,这两个相对的弯曲表面在水平或基本上水平到垂直或基本上垂直之间过渡。

[0160] 在实例47中,实例34-46中任一个实例的导向叶片结构,包含在如下所述实例48-69中任一个实例的线缆层组件和/或如上所述实例1-33中任一个实例的竖直风洞中。

[0161] 在实例48中,提供一种用于竖直风洞的线缆层组件,竖直风洞形成包括飞行舱的再循环气流气室,线缆层组件包括:

[0162] 支撑焊接件的框架结构,焊接件围绕飞行舱的基部布置;

[0163] 每个焊接件至少具有气室壁整流罩和线缆安装板;

[0164] 气室壁整流罩形成与再循环气流气室的相邻气室壁平齐或基本上平齐的表面;

[0165] 气室壁整流罩包括槽以容纳延伸经过该槽的多个线缆;

[0166] 线缆跨越再循环气流气室,以在飞行舱的基部形成线缆层;

[0167] 每个线缆的端部固定到相对的焊接件的安装板;

[0168] 其中,每个线缆具有相同或基本上相同的长度。

[0169] 在实例49中,基于实例48的线缆层组件中,框架结构包括布置在风洞的再循环气流气室外部的支撑柱,焊接件安装到支撑柱。

[0170] 在实例50中,基于实例48的线缆层组件中,在线缆维护期间,能够从下方触及焊接件。

[0171] 在实例51中,基于实例48的线缆层组件中,框架结构支撑位于风洞的再循环气流气室外部的一个或多个用户平台,用户平台布置在一个或多个焊接件下方以便于在线缆维护期间触及。

[0172] 在实例52中,基于实例51的线缆层组件中,盖板形成与飞行舱相邻的地板表面。

[0173] 在实例53中,实例48的线缆层组件进一步包括:

[0174] 延伸经过线缆安装板中的开口的多个吊环螺栓,每个线缆的端部附接到相对的焊接件的吊环螺栓;

[0175] 沿着线缆安装板与飞行舱相对地布置的多个压缩弹簧,每个压缩弹簧构造成使吊环螺栓偏离飞行舱;

[0176] 由此,通过从压缩弹簧经由吊环螺栓引入线缆中的张力,拉动线缆张紧地跨越飞行舱;以及

[0177] 当足够的相反力施加到线缆时,压缩弹簧被压缩,这允许吊环螺栓朝着飞行舱移动,从而给线缆提供更大的弯曲。

[0178] 在实例54中,基于实例53的线缆层组件中,套管设置在线缆安装板的开口中,以使吊环螺栓经过套管而安装。

[0179] 在实例55中,基于实例53的线缆层组件中,螺母和垫圈设置在每个吊环螺栓的与线缆相对的端部上,压缩弹簧布置在线缆安装板与螺母和垫圈之间,压缩弹簧通过螺母和垫圈与吊环螺栓可操作地连接。

[0180] 在实例56中,实例48的线缆层组件具有四个焊接件。

[0181] 在实例57中,实例48的线缆层组件具有四个焊接件,焊接件的线缆安装板形成或基本上形成正方形。

[0182] 在实例58中,基于实例48的线缆层组件中,一个焊接件的线缆安装板平行于或基本上平行于关于飞行舱相对的焊接件的线缆安装板。

[0183] 在实例59中,基于实例48的线缆层组件中,一个焊接件的线缆安装板垂直于或基本上垂直于相邻的焊接件的线缆安装板。

[0184] 在实例60中,基于实例48的线缆层组件中,形成在焊接件之间的线缆层是正方形或基本上正方形的。

[0185] 在实例61中,基于实例48的线缆层组件中,在跨越飞行舱延伸时,线缆与其它线缆垂直地相交。

[0186] 在实例62中,基于实例48的线缆层组件中,线缆沿着两个方向跨越飞行舱延伸,这两个方向彼此垂直。

[0187] 在实例63中,基于实例48的线缆层组件中,在两个相对的焊接件之间延伸的线缆彼此平行或基本上平行。

[0188] 在实例64中,基于实例48的线缆层组件中,飞行舱的横截面是圆形或基本上圆形的。

[0189] 在实例65中,基于实例48的线缆层组件中,形成线缆层的相交的线缆是互相编织的。

[0190] 在实例66中,基于实例48的线缆层组件中,每个焊接件进一步具有盖板,盖板跨越气室壁整流罩和线缆安装板而延伸,盖板构造成在线缆维护期间不被移除。

[0191] 在实例67中,基于实例48的线缆层组件中,盖板设置有保持角以用于安装飞行舱的壁面板,壁面板布置在盖板上方,位于保持角和焊接件的气室壁整流罩之间。

[0192] 在实例68中,基于实例48的线缆层组件中,相邻气室壁成形为适应至少部分地在

相邻气室壁上方延伸的气室壁整流罩,相邻气室壁成形为适应气室壁整流罩,以形成平齐或基本上平齐的表面。

[0193] 在实例69中,基于实例48-68中任一个实例的线缆层组件中,线缆层组件包含在如上所述实例34-47中任一个实例的导向叶片结构和/或如上所述实例1-33中任一个实例的竖直风洞中。

[0194] 在实例70中,提供一种风洞,风洞包括:

[0195] 通过拐角部段连接到至少一个第二气室的气室,拐角部段使经过风洞的气流从第一气室重新定向到第二气室;

[0196] 拐角部段具有至少一个出口侧,出口侧连接到第二气室的两个或更多个管道,导向叶片结构沿着拐角部段的出口侧设置,以使来自第一气室的气流直接重新定向到第二气室的多个管道中;

[0197] 其中,拐角部段的出口侧包括台阶式转弯部;

[0198] 台阶式转弯部使气流分开进入第二气室的多个管道中;以及

[0199] 沿着气流经过第一气室的方向,第二气室的管道彼此分隔开;

[0200] 由此,在第二气室的相邻管道之间,间隙空间与拐角部段的出口侧相邻地形成。

[0201] 在实例71中,实例70的风洞具有两个第二气室。

[0202] 在实例72中,基于实例71的风洞中,这两个第二气室中的每个第二气室具有两个或更多个管道,两个或更多个管道通过台阶式转弯部连接到拐角部段。

[0203] 在实例73中,基于实例70的风洞中,第二气室仅有两个管道。

[0204] 在实例74中,基于实例70的风洞中,拐角部段的出口侧以相对于气流经过第一气室的方向成大约45度的角度与第二气室的管道相连接。

[0205] 在实例75中,基于实例70的风洞中,导向叶片结构相对于气流经过第一气室的方向以大约45度的角度布置。

[0206] 在实例76中,基于实例70的风洞中,第二气室的、在连接到拐角部段的出口侧时最远离第一气室的管道,与第二气室的延伸到第一气室的纵向轴线的相邻管道相比,更靠近第一气室的纵向轴线延伸。

[0207] 在实例77中,基于实例70的风洞中,第二气室的每个管道的横截面具有相同或基本上相同的尺寸。

[0208] 在实例78中,基于实例70的风洞中,第二气室的每个管道容纳用于产生气流的风扇。

[0209] 在实例79中,基于实例70的风洞中,由相邻管道之间的台阶式转弯部形成的间隙空间容纳用于风洞的风洞设施的一个或多个结构元件。

[0210] 在实例80中,基于实例70-79任一个实例的风洞中,风洞是用于室内跳伞的竖直风洞。

[0211] 在实例81中,基于实例80的风洞中,竖直风洞是如上所述实例1-33中任一个实例的竖直风洞。

[0212] 附图标记的列表

[0213] 100 风洞 300 风洞

[0214] 101 飞行舱 301 台阶式转弯部

[0215] 102 扩散器
[0216] 103 第一拐角
[0217] 104 上水平气室
[0218] 105 第二拐角
[0219] 106 竖直返回气室
[0220] 107 第三拐角
[0221] 108 下水平气室
[0222] 109 第四拐角
[0223] 110 入口收缩器
[0224] 111 下水平气室的第一部段
[0225] 112 下水平气室的第二部段
[0226] 113 导向叶片
[0227] 200 风洞
[0228] 201 飞行舱
[0229] 202 扩散器
[0230] 203 第一拐角
[0231] 204 上水平气室
[0232] 205 第二拐角
[0233] 206 竖直返回气室
[0234] 207 第三拐角
[0235] 208 下水平气室
[0236] 209 第四拐角(收缩拐角)
[0237] 210 风扇
[0238] 211 下水平气室的第一部段
[0239] 212 下水平气室的第二部段
[0240] 213 拐角过渡部分
[0241] 214 收缩拐角的圆拱
[0242] 215 中心线
[0243] 216 底表面(地板)
[0244] 217 地板的最低点
[0245] 218 第二部段的收缩部分
[0246] 219 第二部段的过渡部分
[0247] 220 框架结构
[0248] 221 导向叶片
[0249] 222 线缆层组件
[0250] 223 线缆
[0251] 224 焊接件
[0252] 225 安装板
[0253] 226 整流罩

302 拐角
303 气室
304 管道
305 风扇
306 导向叶片结构
307 空间或间隙
400 再循环风洞
402 第一返回空气塔
404 第二返回空气塔
500 飞行者交换装置
502 飞行舱
504 控制室
506 走廊
508 观察区
510 外门
512 内门
514 通风口

[0254] 227 盖板

[0255] 228 飞行舱的壁面板

[0256] 229 吊环螺栓

[0257] 230 压缩弹簧

[0258] 231 螺母

[0259] 232 垫圈

[0260] 233 套管

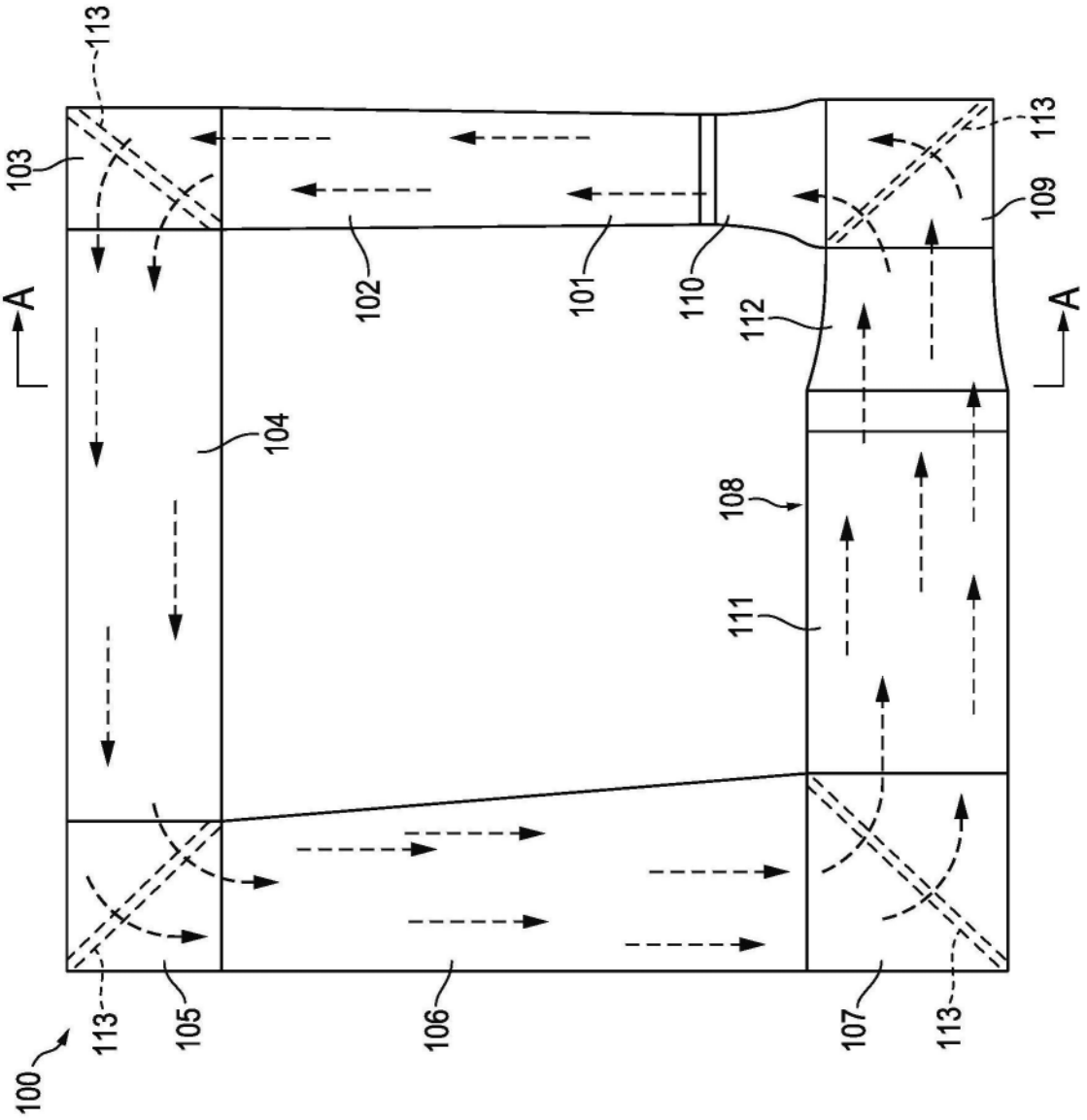

113
103
A
102
101
110
112
113
109
A
104
108
111
100
113
105
106
107
113

图1

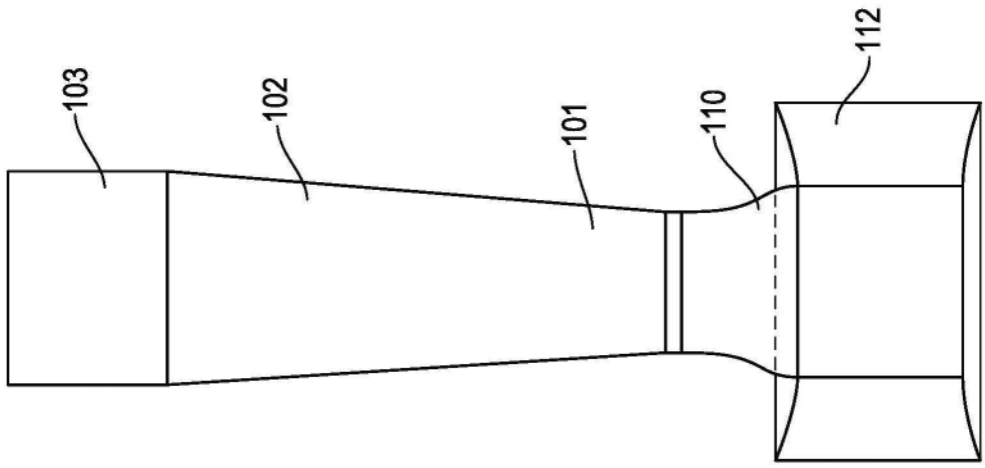


图1A

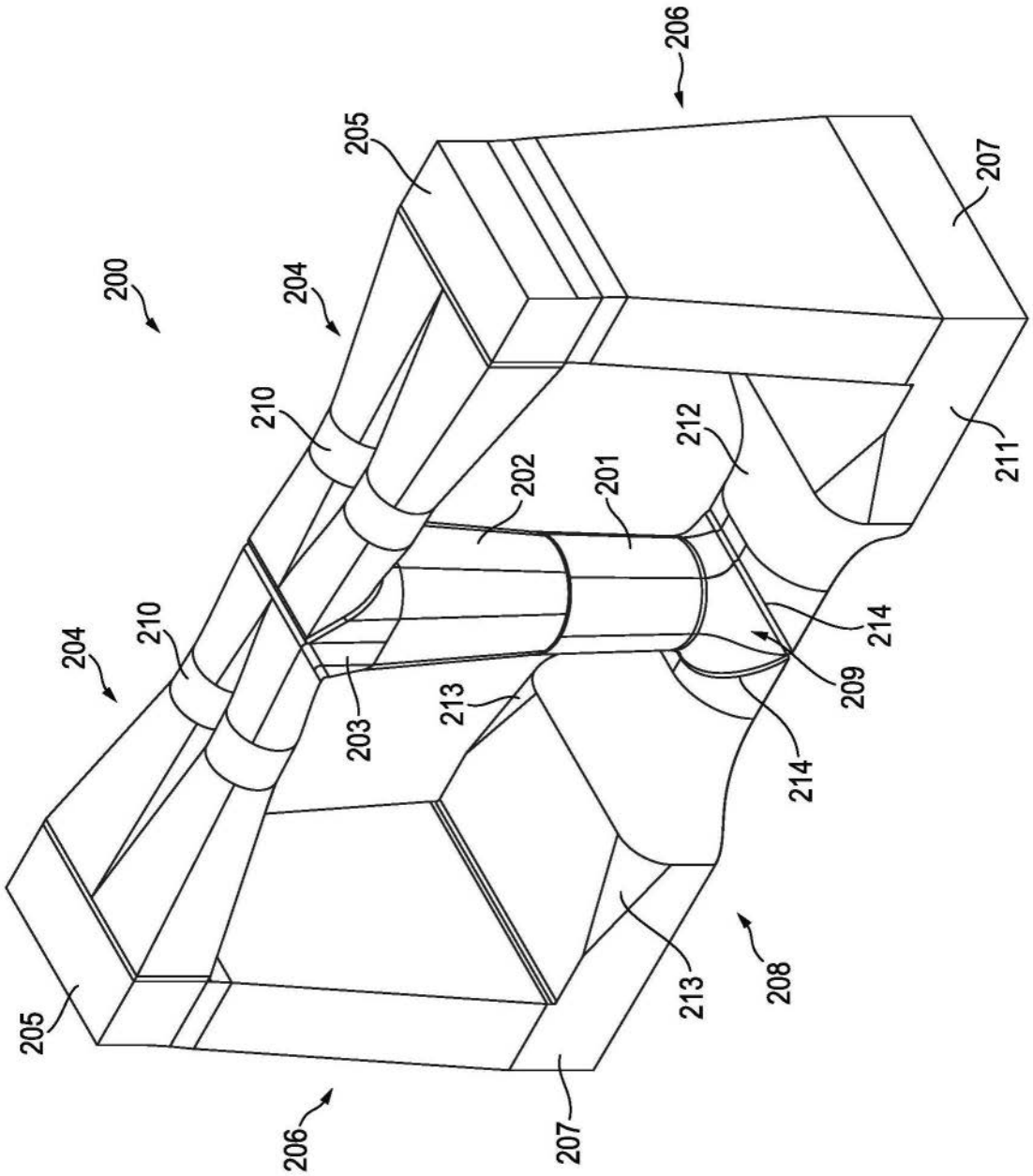

206
205
207
200
204
210
212
211
202
201
214
204
210
209
213
203
214
205
213
208
206
207

图2

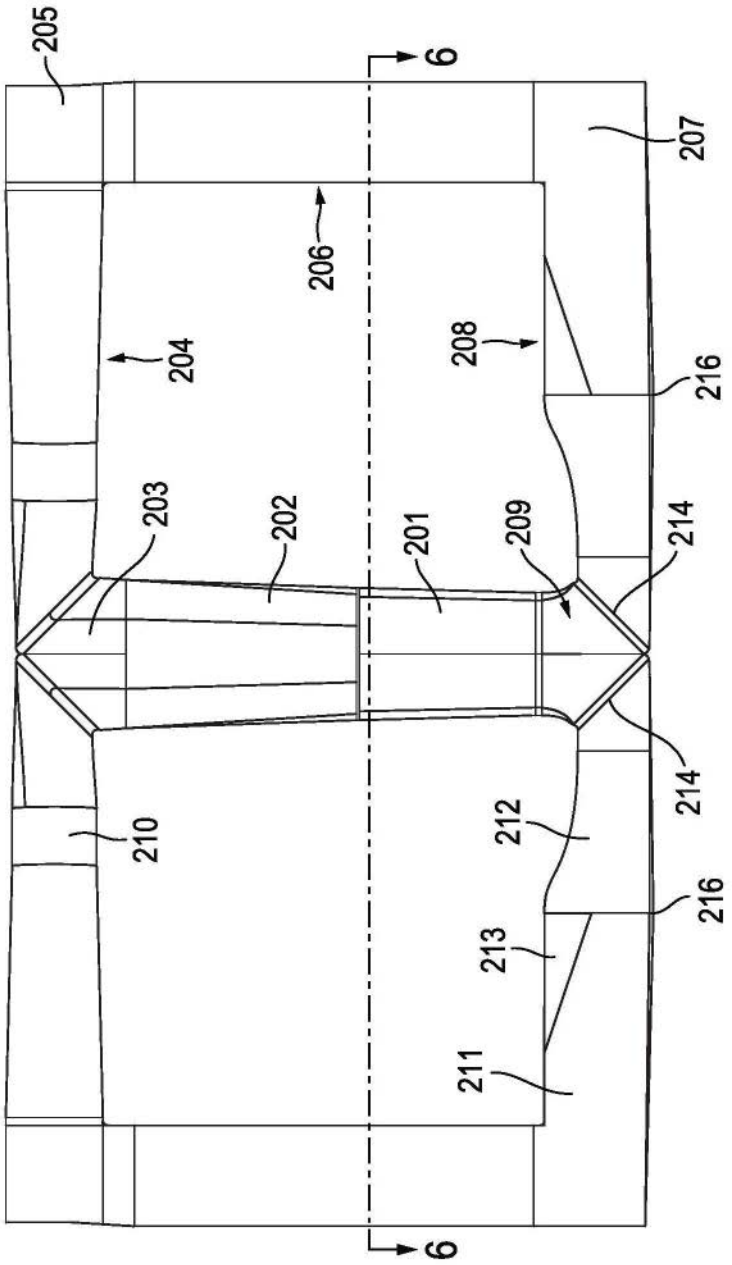

205
6
207
206
204
208
216
203
202
201
209
214
214
210
212
216
213
211
6

图3

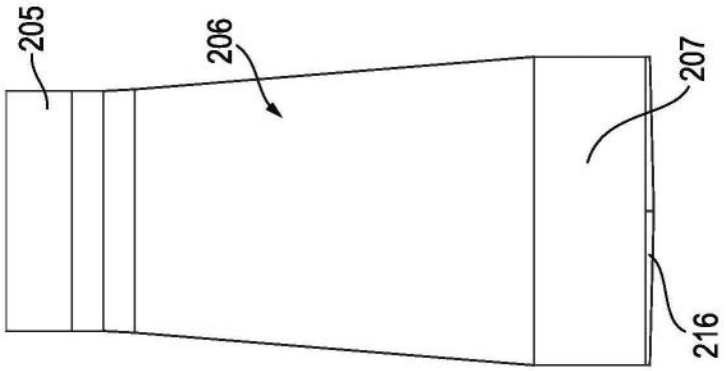


图4

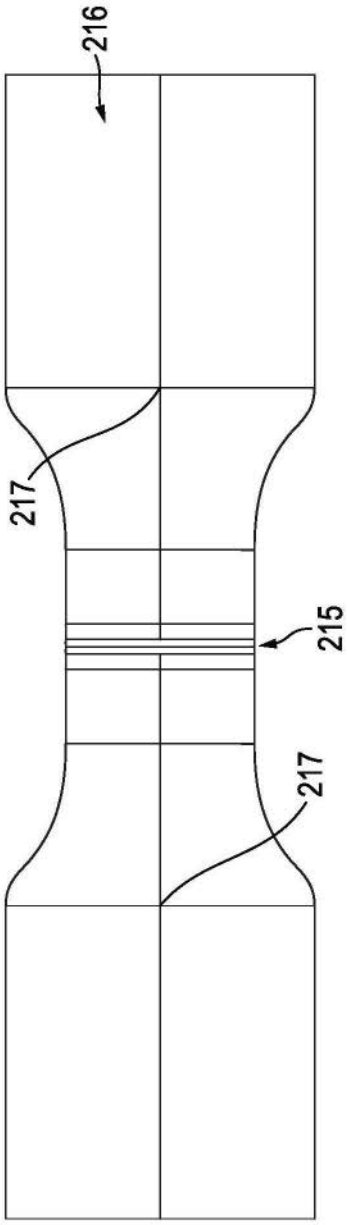


图5

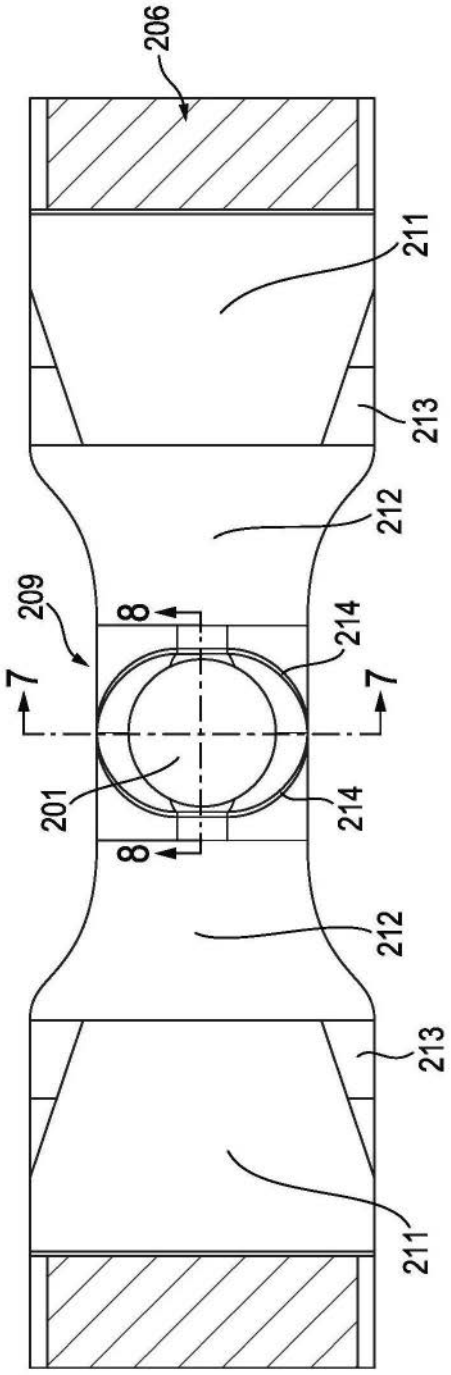


图6

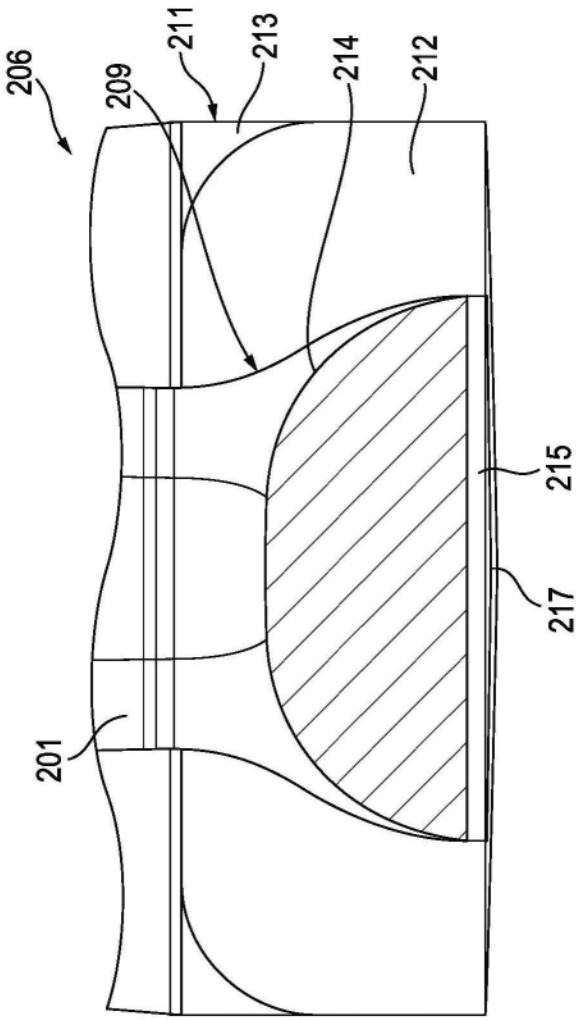


图7

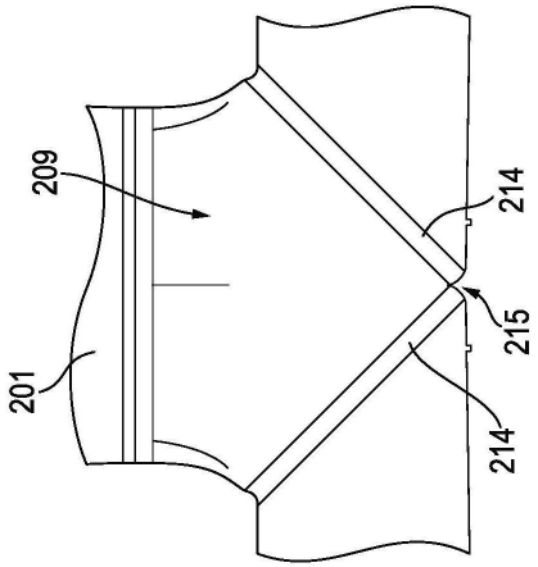


图8

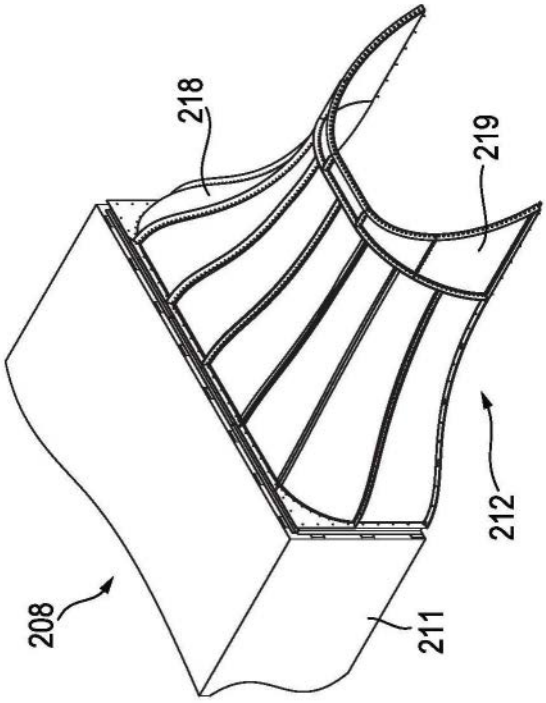


图9

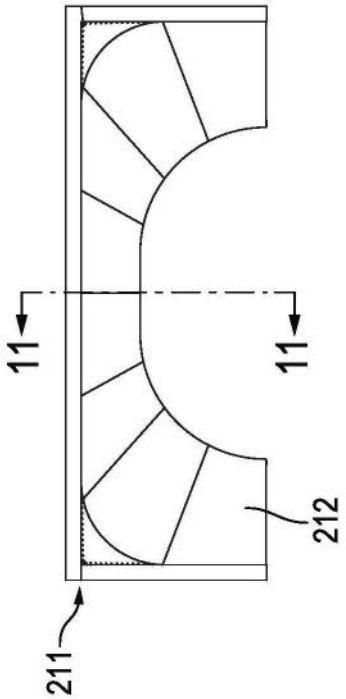


图10

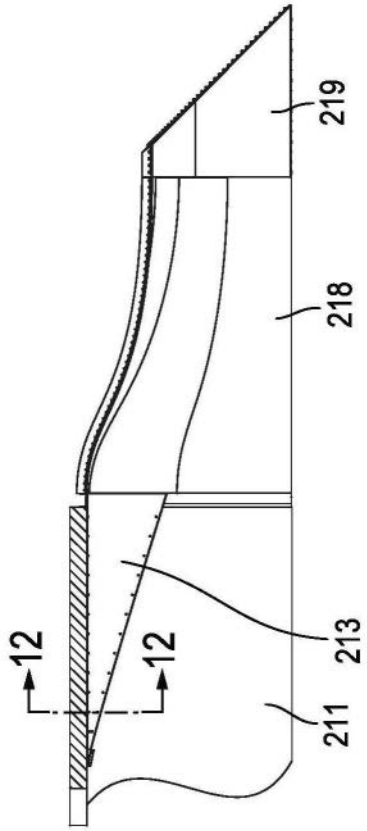


图11

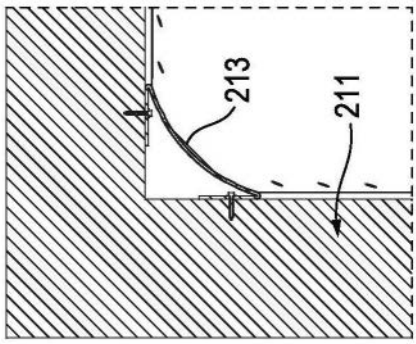


图12

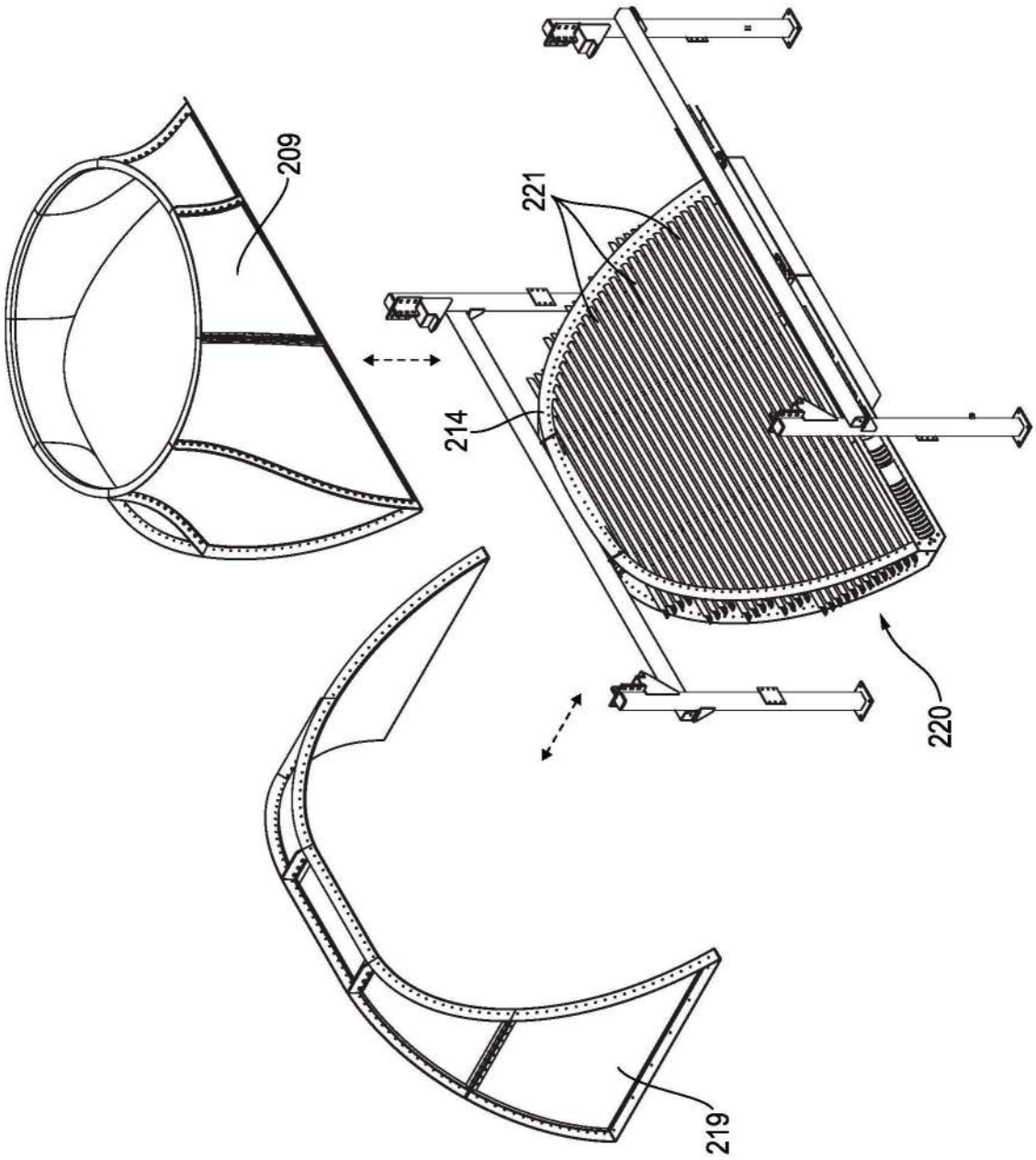


图13

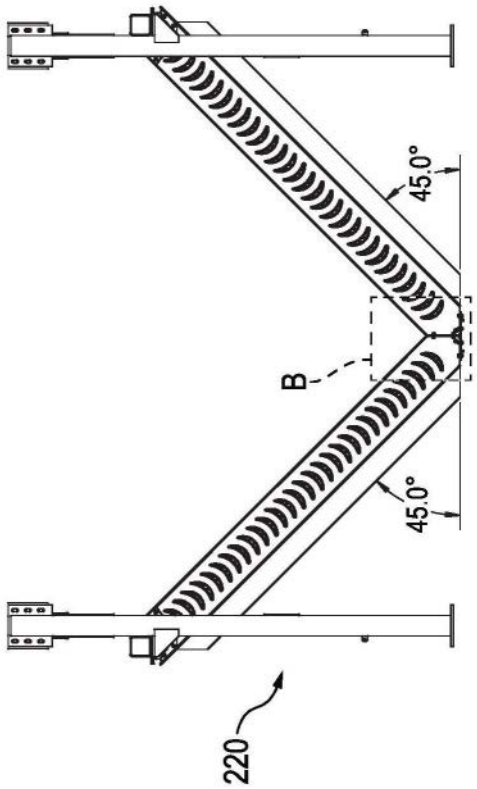


图14

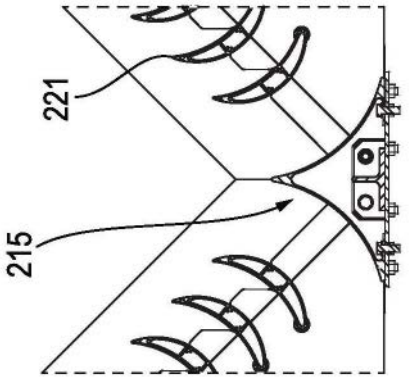


图15

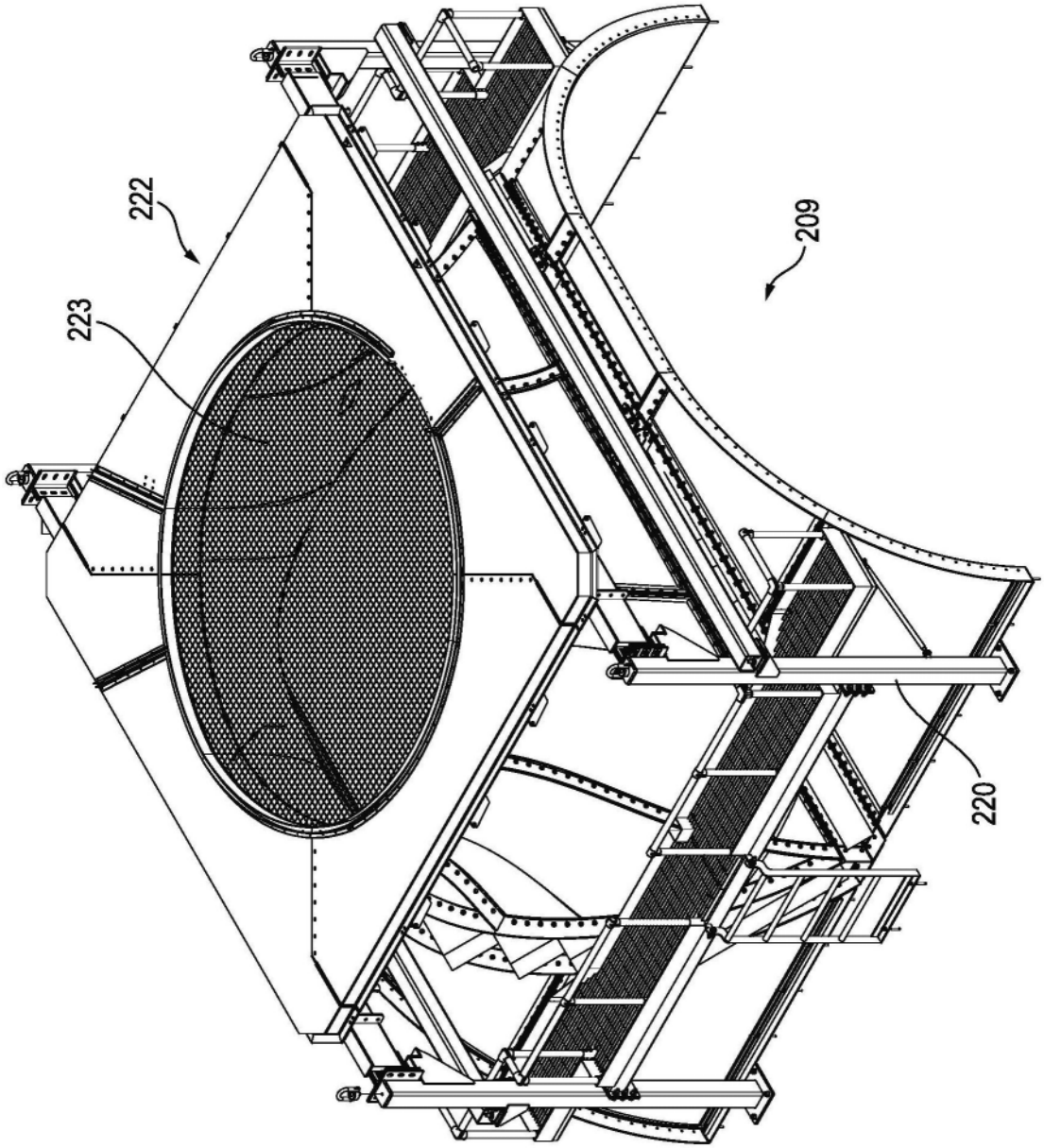


图16

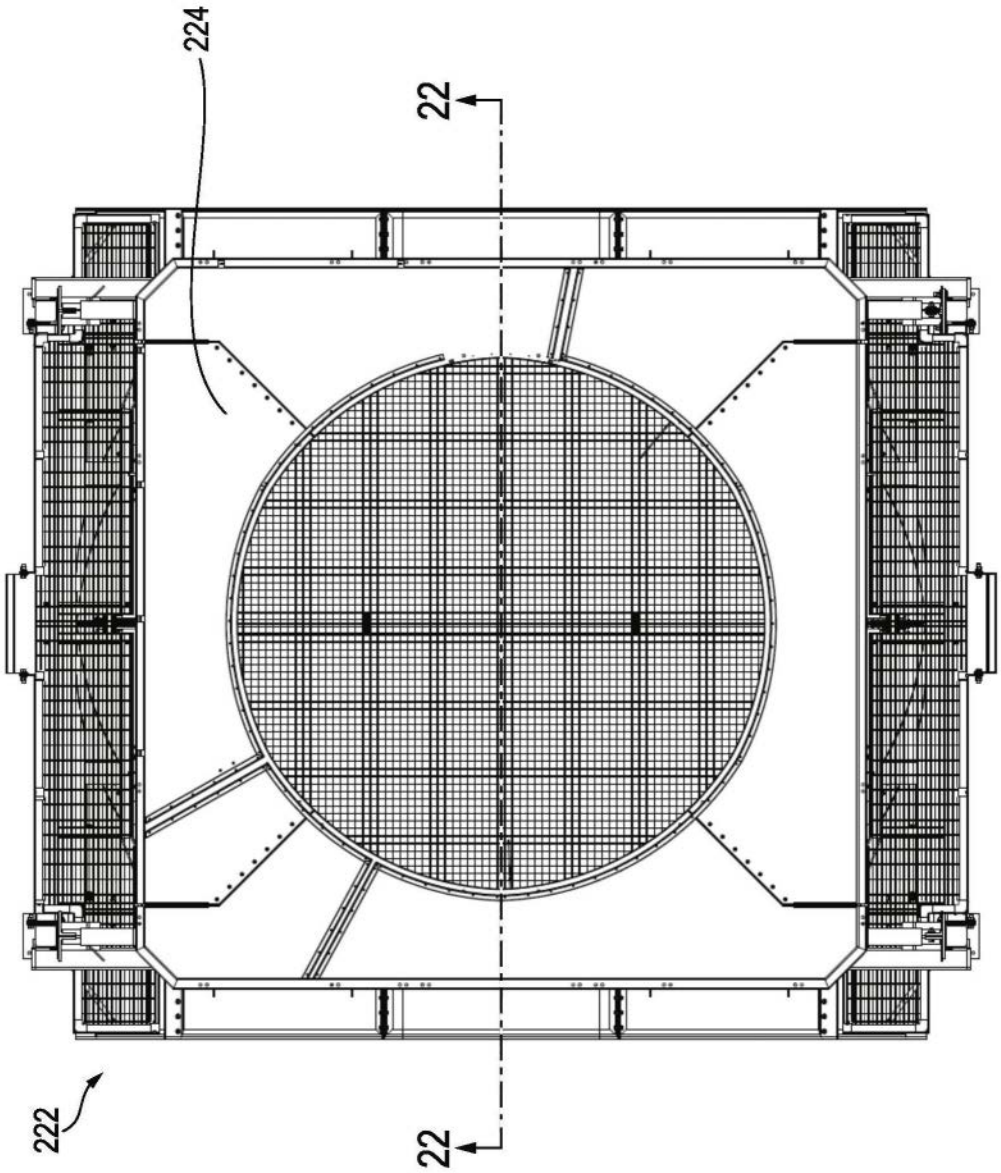


图17

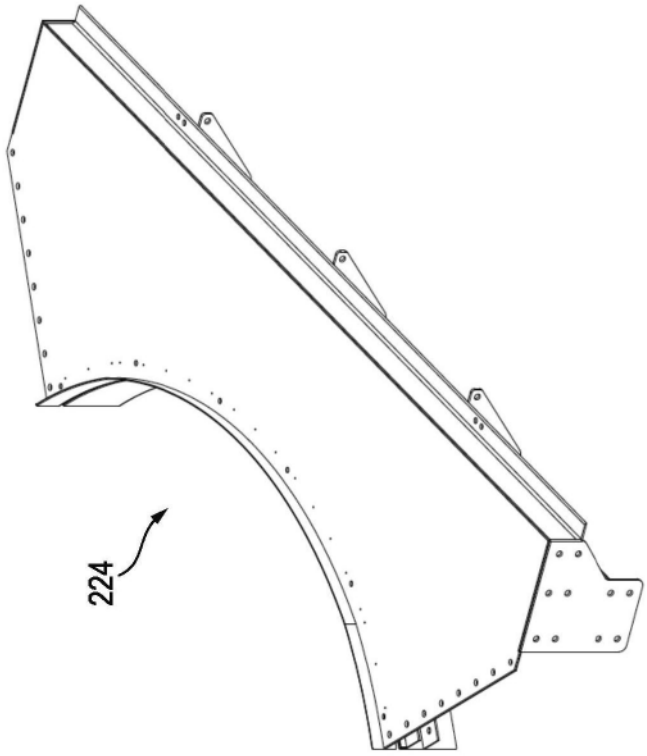


图18

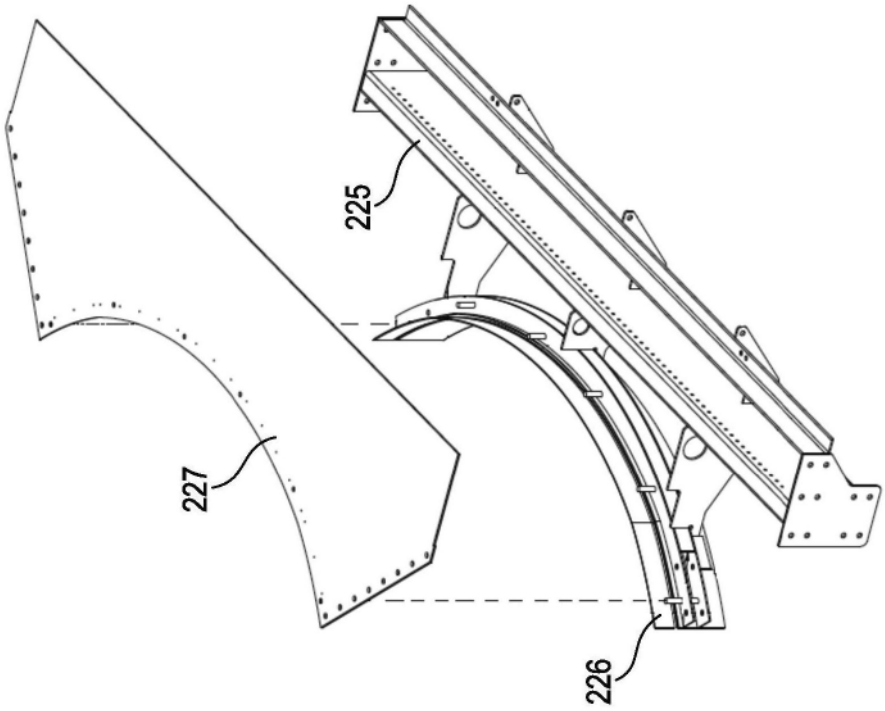


图19

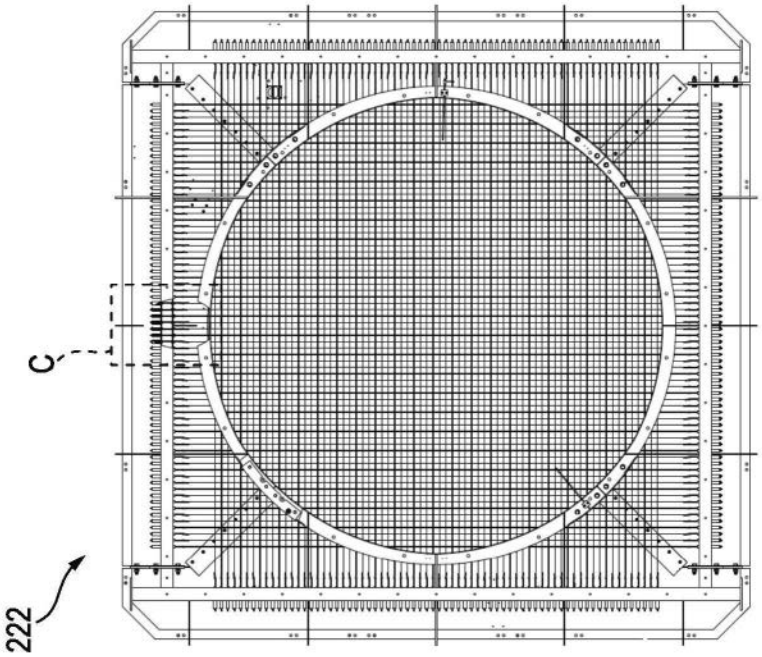


图20

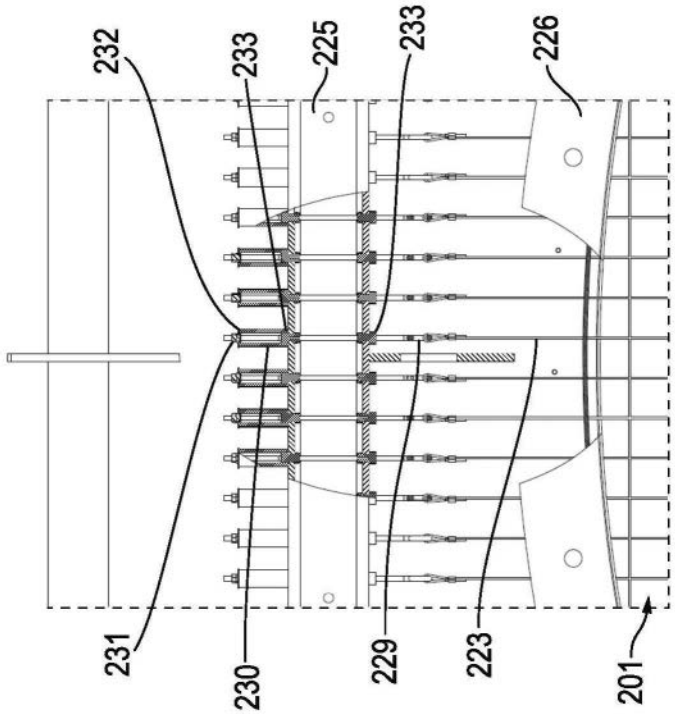


图21

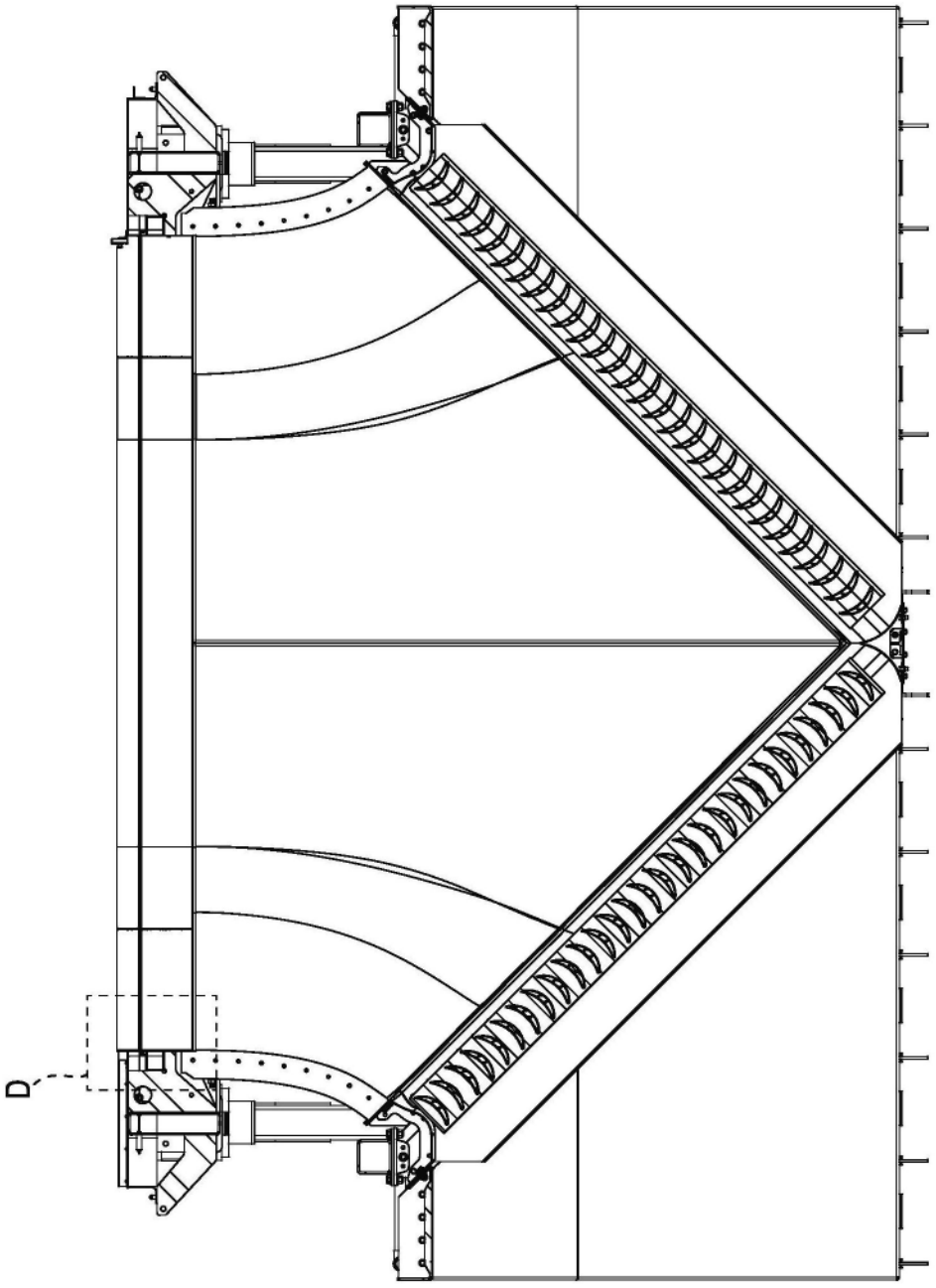


图22

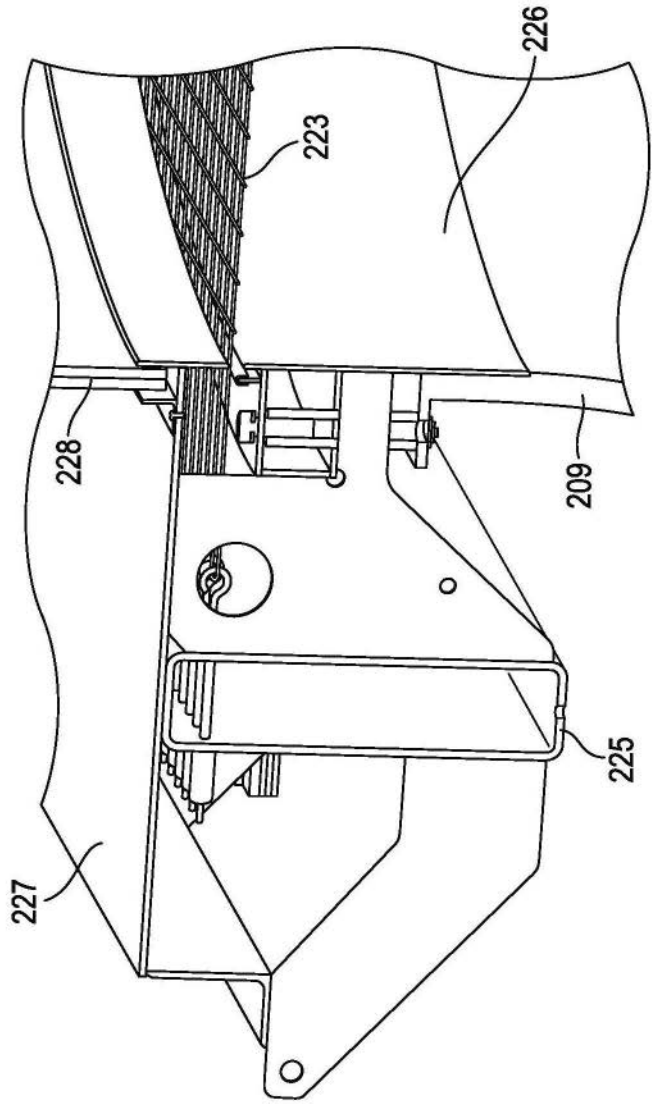


图 24

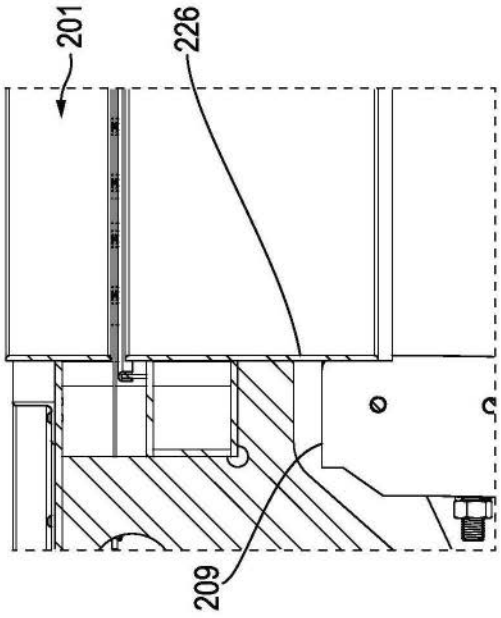


图 23

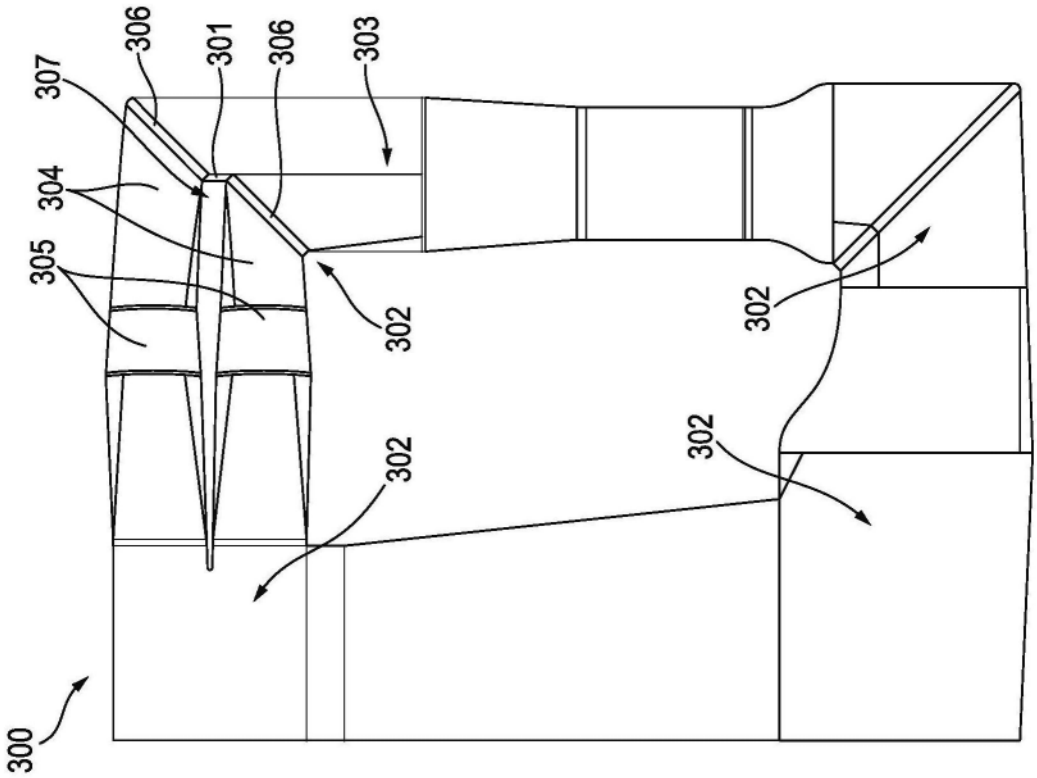

306
301
306
303
307
304
305
302
302
302
302
300

图25

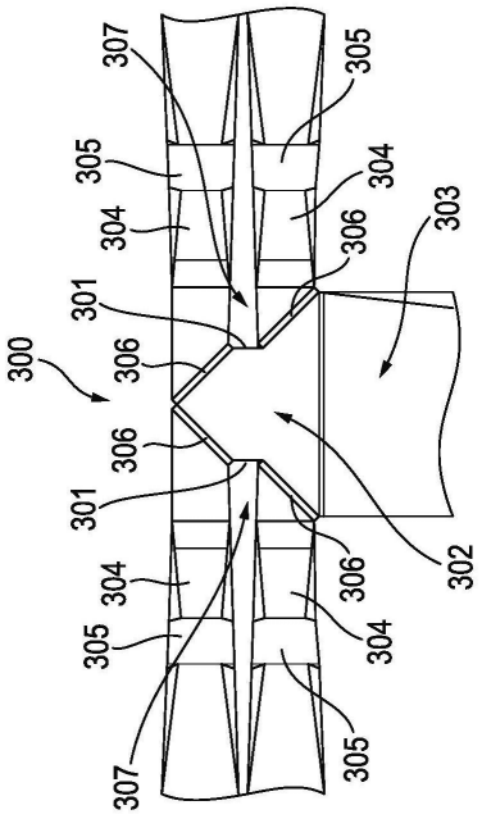

307
305
305
304
304
306
303
301
300
306
306
301
302
304
306
305
304
307
305

图26

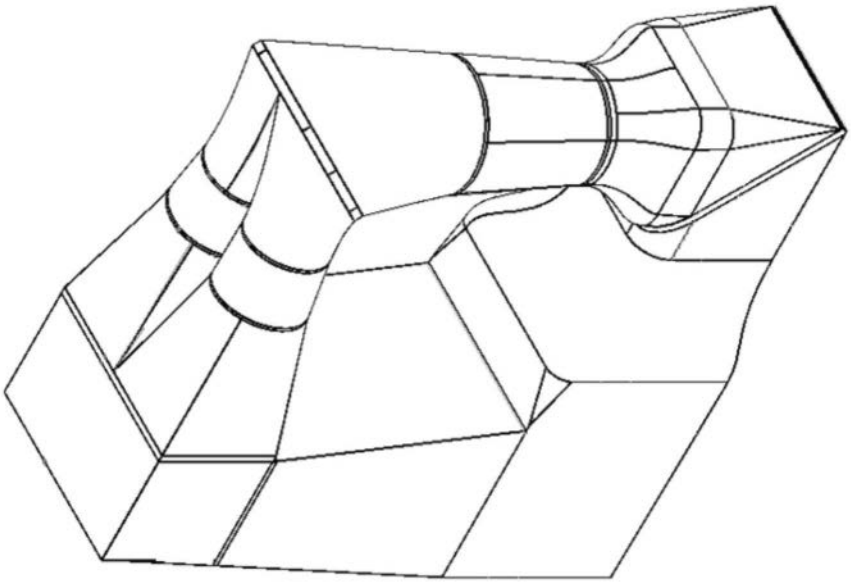


图27

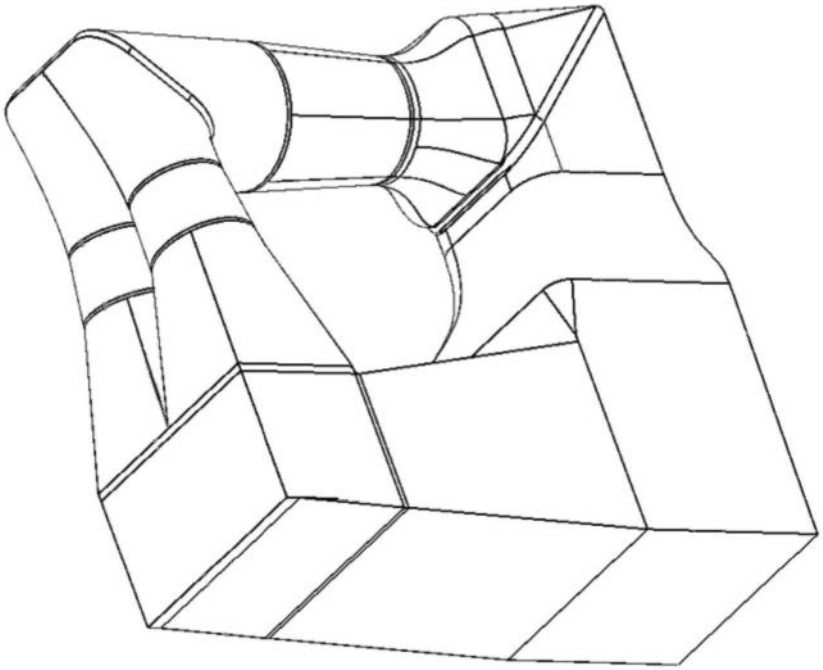


图28

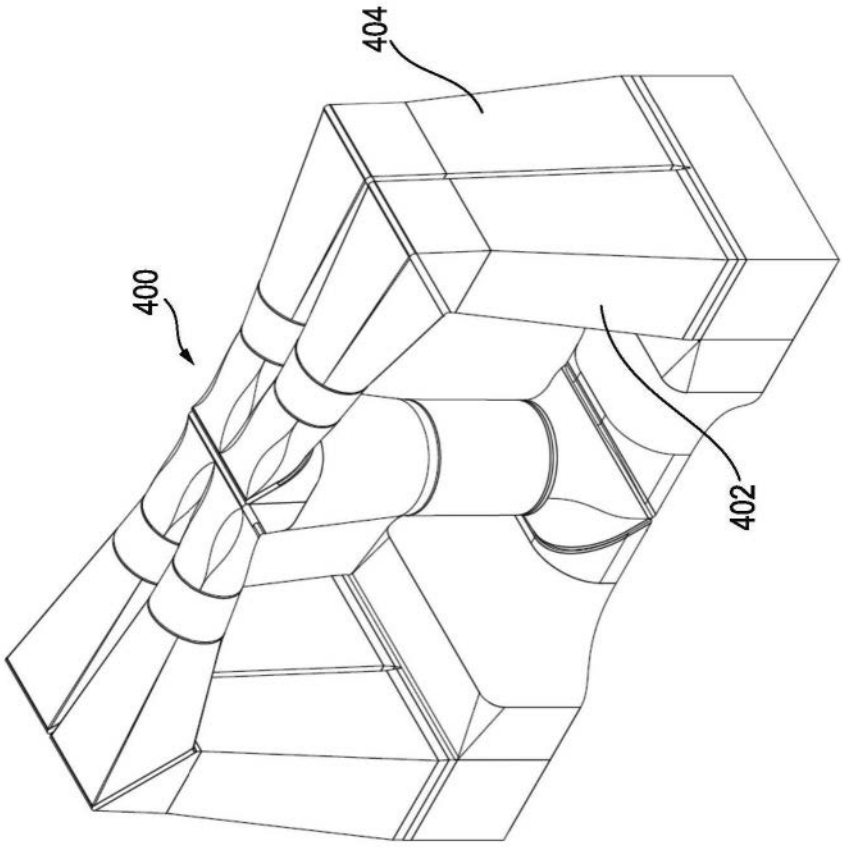


图29

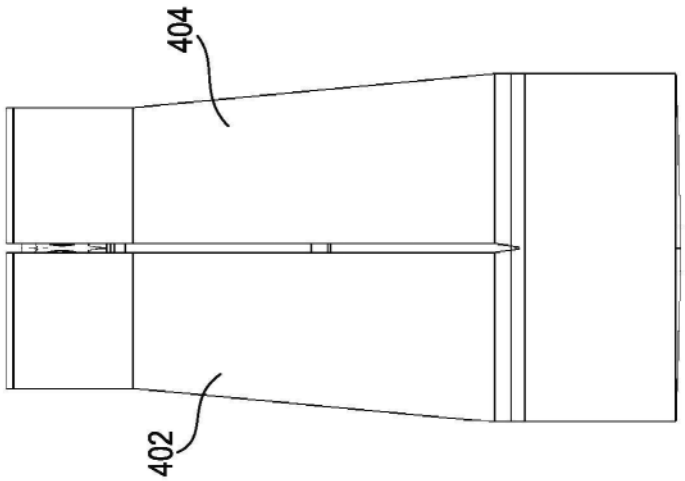


图30

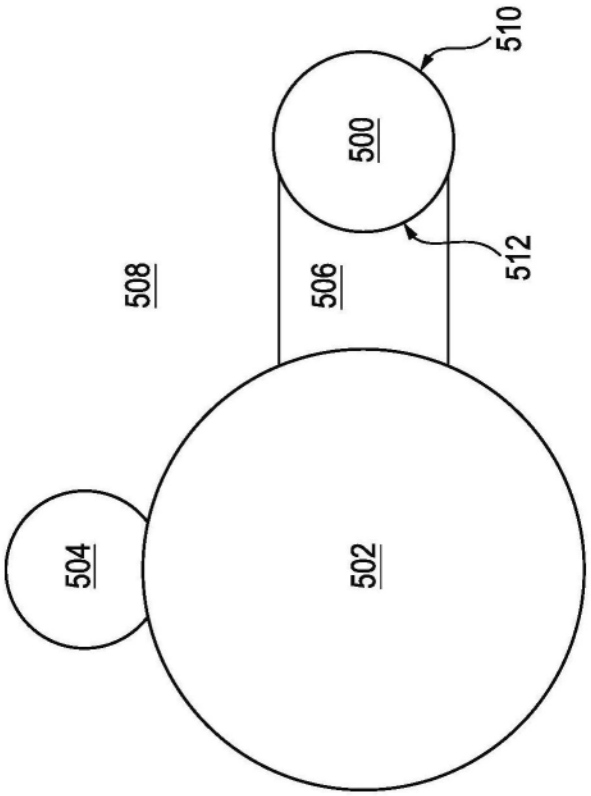


图31

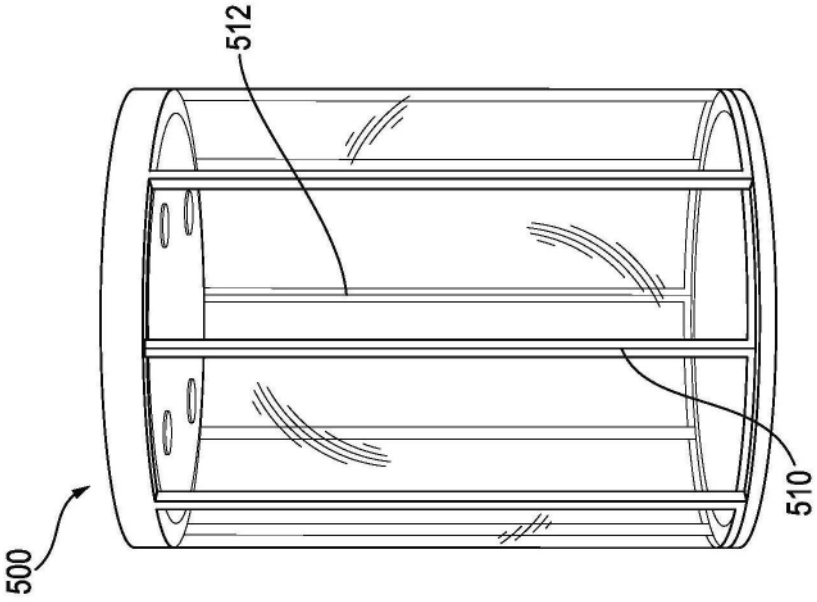


图32

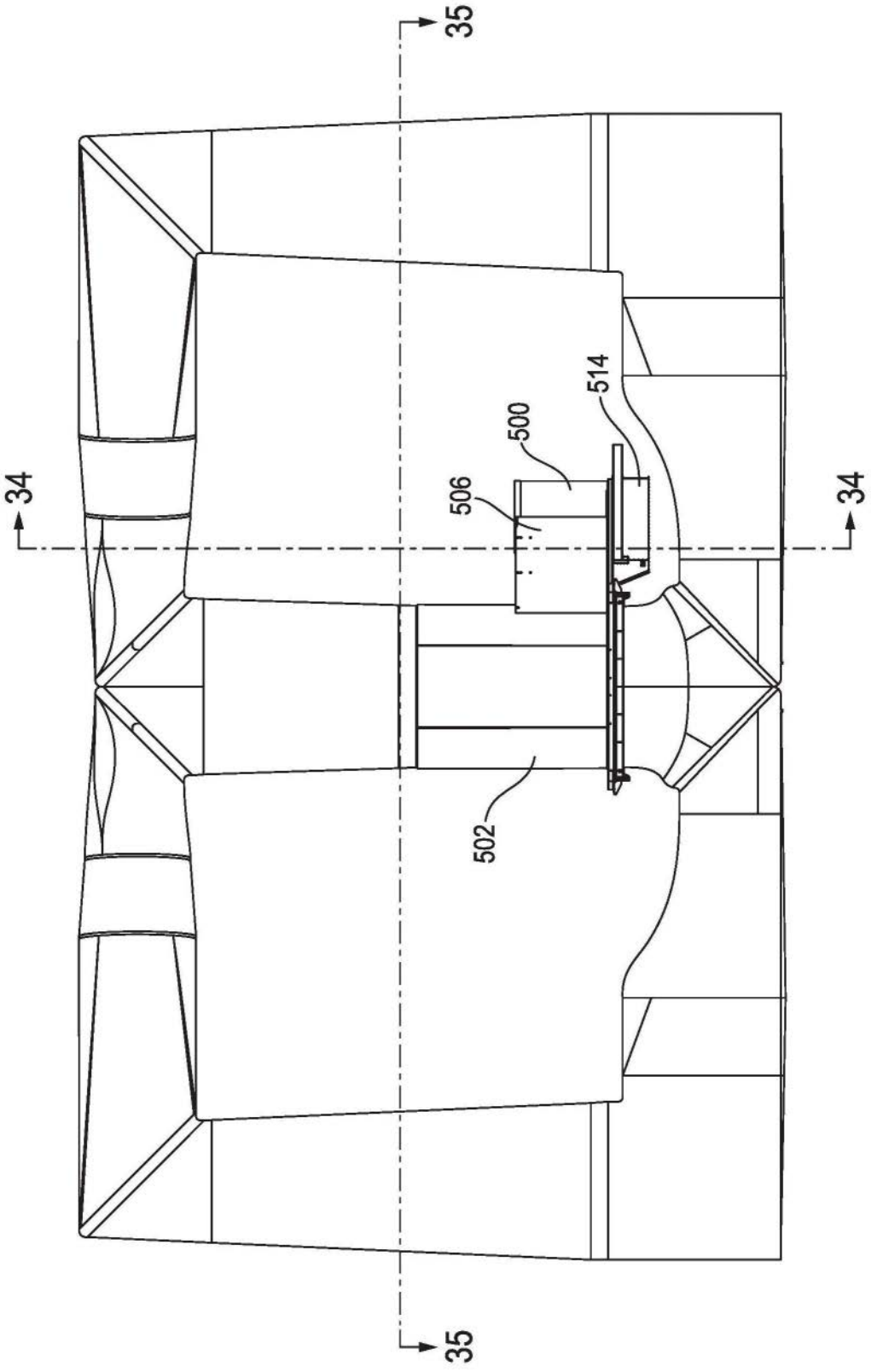


图33

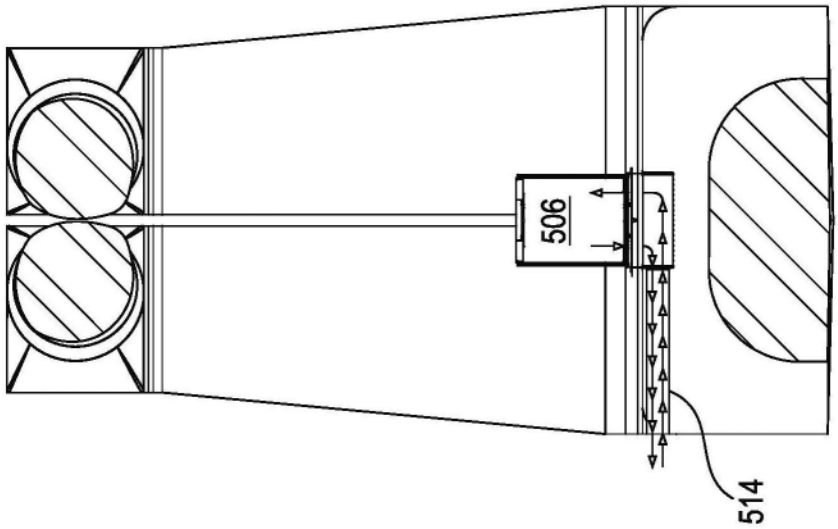


图34

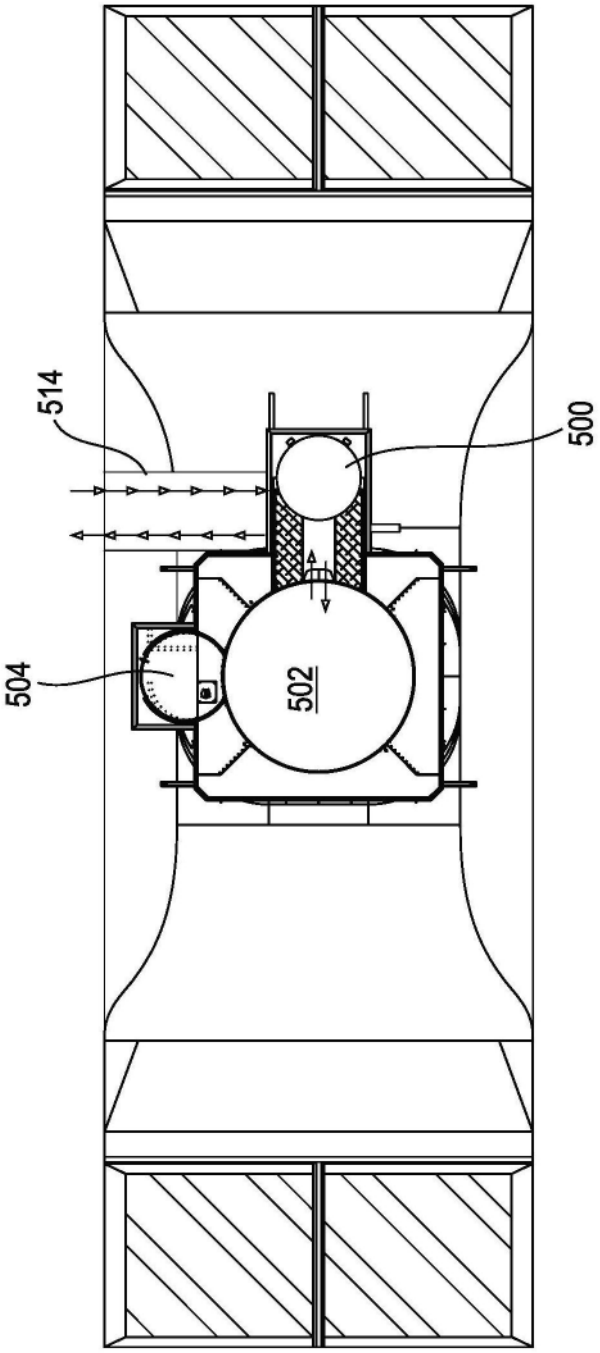


图35