



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114109903 A

(43) 申请公布日 2022.03.01

(21) 申请号 202110977028.0

(22) 申请日 2021.08.24

(30) 优先权数据

63/070,259 2020.08.25 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 尼古拉斯·约瑟夫·克莱

伊恩·F·普伦蒂斯

(74) 专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限

公司 31300

代理人 徐颖聪

(51) Int. Cl.

F04D 29/34 (2006.01)

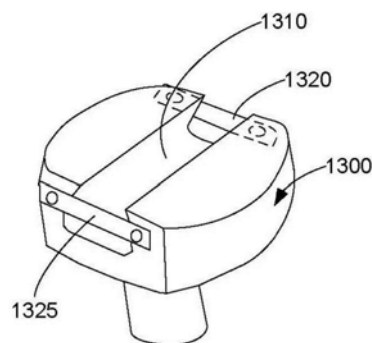
权利要求书1页 说明书19页 附图30页

(54) 发明名称

叶片燕尾榫和保持设备

(57) 摘要

公开了槽容纳发动机的叶片的方法、设备、系统和制品。示例叶片设备包括：夹头，夹头包括槽，以接收叶片的端部；以及多个保持器，多个保持器包括定位在夹头的第一端上的第一保持器和定位在夹头的第二端上的第二保持器，以为槽中的叶片提供轴向保持。



1. 一种叶片设备,其特征在于,包括:
夹头,所述夹头包括槽,以接收叶片的端部;以及
多个保持器,所述多个保持器包括定位在所述夹头的第一端上的第一保持器和定位在所述夹头的第二端上的第二保持器,以为所述槽中的所述叶片提供轴向保持。
2. 根据权利要求1所述的叶片设备,其特征在于,其中所述多个保持器包括多个带。
3. 根据权利要求1所述的叶片设备,其特征在于,其中所述夹头包括兜部,以接收所述保持器。
4. 根据权利要求1所述的叶片设备,其特征在于,其中所述夹头包括斜坡,以保持和支撑所述保持器。
5. 根据权利要求4所述的叶片设备,其特征在于,其中所述斜坡与定位在所述槽中的所述叶片的所述端部对准。
6. 根据权利要求1所述的叶片设备,其特征在于,其中所述夹头是圆形的,其中所述第一端和所述第二端是扁平的。
7. 根据权利要求1所述的叶片设备,其特征在于,其中使用螺栓将所述多个保持器固定到所述夹头。
8. 根据权利要求7所述的叶片设备,其特征在于,其中至少一个螺栓延伸到所述叶片中。
9. 根据权利要求8所述的叶片设备,其特征在于,其中所述至少一个螺栓处于单剪切或双剪切中的至少一种。
10. 根据权利要求1所述的叶片设备,其特征在于,进一步包括相对于所述槽中的所述叶片的所述端部定位的塞入件。

叶片燕尾榫和保持设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本专利源自于2020年8月25日提交的美国临时专利申请序列号63/070,259。美国临时专利申请序列号63/070,259的全部内容通过引用并入本文。特此要求美国临时专利申请序列号63/070,259的优先权。

技术领域

[0003] 本公开大体涉及叶片保持,并且更具体地,涉及用于叶片燕尾榫的保持设备。

背景技术

[0004] 近年来,涡轮发动机越来越多地用于各种应用和领域。涡轮发动机是复杂的机器,具有广泛的可用性、可靠性和适用性要求。涡轮发动机包括风扇叶片。风扇叶片高速旋转并随后压缩气流。然后高压压缩机将加压气流送入燃烧室以产生高温高压气体流。在操作中,各种力作用在叶片上并且可能导致叶片脱位和/或以其他方式不适合在发动机中继续操作。

附图说明

[0005] 图1A示出了示例涡轮风扇燃气涡轮发动机的示例横截面视图。

[0006] 图1B示出了示例开放式转子发动机的示例横截面视图。

[0007] 图2是示例高压压缩机转子的局部截面图,描绘了压缩机燕尾榫。

[0008] 图3A-4B示出了作用在叶片燕尾榫上的示例力和力矩。

[0009] 图5示出了其中转子或叶片的燕尾榫适配在槽中的示例。

[0010] 图6A-6C示出了示例自调节、锁定间隔设备的视图。

[0011] 图7示出了用于叶片燕尾榫的示例夹头或保持器。

[0012] 图8描绘了其中可以实施图7的夹头构造的示例发动机横截面。

[0013] 图9示出了示例叶片燕尾榫所经历的放大比与频率比的示例图。

[0014] 图10A-10C示出了燕尾加载相对于基线的差异。

[0015] 图11A-11C示出了示例叶片燕尾榫轴向和径向保持构造。

[0016] 图12A-12B示出了关于塞入件负载(例如,图11A-11C的示例的塞入件1140)的示例参数化。

[0017] 图13A-13C示出了改进的夹头燕尾构造1300,其中叶片燕尾槽设置在夹头和/或耳轴中,在槽的两侧上具有组合的轴向保持和槽加强件。

[0018] 图14A-14D示出了夹头和燕尾榫设计的替代示例视图,其中燕尾榫围绕和/或以其他方式附接到夹头,而不是定位在槽中。

[0019] 图15A-15B示出了具有径向桨距(pitch)轴线的传统布置,叶片围绕该径向桨距轴线旋转,该径向桨距轴线与发动机的径向中心线平行或共线定向。

[0020] 图16A-16B示出了示例构造,其中桨距轴线与发动机的径向中心线不平行或共线。

[0021] 图17-27示出了调节的桨距轴线处的叶片的示例构造。

[0022] 图28是确定叶片位置以设置相对于发动机径向轴线的桨距轴线的方法的流程图。

[0023] 附图不是按比例绘制的。替代地,可以在附图中放大区域的厚度。通常,贯穿附图和随附的书面描述将使用相同的附图标记来指代相同或相似的部件。除非另有说明,否则连接参考(例如,附接、联接、连接和接合)应被广义地解释并且可以包括元件集合之间的中间构件和元件之间的相对移动。因此,连接参考不一定推断两个元件是直接连接的并且彼此具有固定关系。声明任何部分与另一部分“接触”和/或“直接接触”意味着两个部分之间没有中间部分。

[0024] 描述词“第一”、“第二”、“第三”等在本文中当识别可单独提及的多个元件或部件时使用。除非基于其使用上下文另有说明或理解,否则此类描述词无意赋予列表中的优先级、物理顺序或布置或时间排序的任何含义,而是为了便于理解所公开的示例仅用作分别指代多个元件或部件的标签。在一些示例中,描述词“第一”可用于指代详细描述中的元件,而相同元件可在权利要求中用不同描述词(诸如“第二”或“第三”)来指代。在这样的情况下,应当理解,这样的描述词仅用于便于引用多个元件或部件。

具体实施方式

[0025] 飞行器包括用作推进系统以产生机械动力和力(诸如推力)的发动机。燃气涡轮(也称为燃气轮机或涡轮发动机)是一种可以在飞行器的推进系统中实施的内燃机。例如,燃气涡轮可以与涡轮风扇或涡轮喷气飞行器发动机结合实施。燃气涡轮在诸如工业发电的领域也有重要应用。

[0026] 在下面的详细描述中,参考了形成其一部分的附图,并且其中以举例说明的方式示出了可以实践的具体示例。这些示例被足够详细地描述以使本领域技术人员能够实践该主题,并且应当理解可以利用其他示例。因此,提供以下详细描述以描述示例性实施方式,而不被视为限制本公开中描述的主题的范围。来自以下描述的不同方面的某些特征可以组合以形成以下讨论的主题的新的方面。

[0027] 当介绍本公开的各种实施例的元件时,冠词“一”、“一种”、“该”和“所述”旨在表示存在一个或多个元件。术语“第一”、“第二”等并不表示任何顺序、数量或重要性,而是用于区分一个元件与另一个元件。术语“包含”、“包括”和“具有”旨在是包括性的,并且意味着除了所列元件之外可能还有其他元件。由于在本文中使用了术语“连接到”、“联接到”等,一个物体(例如,材料、元件、结构、构件等)可以连接到或联接到另一个物体,而不管一个物体是否直接连接或联接到另一个物体,或者在一个物体和另一个物体之间是否存在一个或多个中间物体。

[0028] 如本文所用,术语“系统”、“单元”、“模块”、“发动机”等可包括操作以执行一个或多个功能的硬件和/或软件系统。例如,模块、单元或系统可以包括计算机处理器、控制器和/或其他基于逻辑的装置,其基于存储在有形和非暂时性计算机可读存储介质(例如计算机存储器)上的指令执行操作。替代地,模块、单元、发动机或系统可以包括基于装置的硬连线逻辑执行操作的硬连线装置。附图中所示的各种模块、单元、发动机和/或系统可以表示基于软件或硬连线指令操作的硬件、指导硬件执行操作的软件、或其组合。

[0029] 术语“上游”和“下游”是指相对于流体路径中的流体流动的相对方向。例如,“上

游”是指流体从其流动的方向，“下游”是指流体向其流动的方向。如本文所用，“竖直”是指垂直于地面的方向。如本文所用，“水平”是指平行于燃气涡轮发动机100的中心线的方向。如本文所用，“横向”是指垂直于轴向方向和竖直方向的方向（例如，进出图1的平面等）。

[0030] 在本文使用的一些示例中，术语“基本上”用于描述在所述关系的三度内的两个部分之间的关系（例如，基本上共线的关系是在线性的三度内，基本上垂直的关系是在垂直的三度内，基本上平行的关系是在平行的三度内等）。

[0031] 如本文所用，术语“轴向”和“纵向”均指平行于燃气涡轮（例如，涡轮风扇、核心燃气涡轮发动机等）的中心线轴线的方向，而“径向”是指与轴向方向垂直的方向，并且“切向”或“周向”是指与轴向方向和径向方向相互垂直的方向。因此，如本文所用，“径向向内”是指从燃气涡轮的外圆周朝向燃气涡轮的中心线轴线的径向方向，而“径向向外”是指从燃气涡轮的中心线轴线朝向燃气涡轮的外圆周的径向方向。如本文所用，术语“向前”、“前”和“前部”是指在穿过或围绕部件的气流中相对上游的位置，而术语“向后”和“后”是指在穿过或围绕部件的气流中相对下游的位置。

[0032] 结合飞行器的推进系统的涡轮风扇发动机实施的燃气涡轮的基本操作包括利用风扇通过涡轮风扇发动机的前部吸入新鲜大气气流。在涡轮风扇发动机的操作中，进气的第一部分绕过涡轮风扇的核心燃气涡轮发动机以直接产生推力。进气的第二部分穿过位于核心燃气涡轮发动机（例如，燃气涡轮）中的风扇和高压压缩机（例如，第二压缩机）之间的增压压缩机（例如，第一压缩机）。增压压缩机用于在气流进入高压压缩机之前升高或增压进气的第二部分的压力。然后气流可以穿过高压压缩机，高压压缩机进一步对气流加压。增压压缩机和高压压缩机均包括附接到转子和/或轴的一组叶片。叶片相对于静止轮叶高速旋转，并且每个叶片随后压缩气流。高压压缩机然后将加压气流供给到燃烧室（例如，燃烧器）。在一些示例中，高压压缩机以每小时数百英里的速度供给加压气流。在一些情况下，燃烧室包括一个或多个燃料喷射器环，燃料喷射器环将稳定的燃料流喷射到燃烧室中，在燃烧室中燃料与加压气流混合。压缩机（特别是高压压缩机）的第二个用途是排出空气，用于飞行器的其他系统（例如机舱压力、加热和空气调节等）。

[0033] 在核心燃气涡轮发动机的燃烧室中，燃料由点火器提供的电火花点燃，其中在一些示例中燃料在超过2000华氏度的温度下燃烧。由此导致的燃烧产生高温、高压气体流（例如，热燃烧气体），该气体流穿过称为涡轮的另一组叶片。例如，涡轮可包括低压涡轮和高压涡轮。低压涡轮和高压涡轮中的每一个都包括交替旋转叶片和静止翼型截面叶片（例如，轮叶）的复杂阵列。高压涡轮位于燃烧器的轴向下游和低压涡轮的轴向上游。当热燃烧气体穿过涡轮时，热燃烧气体通过叶片和/或轮叶膨胀，导致旋转叶片联接到高压涡轮和低压涡轮的转子从而旋转。

[0034] 高压涡轮和低压涡轮的旋转叶片用于至少两个目的。旋转叶片的第一个目的是驱动风扇、高压压缩机和/或增压压缩机，以将更多加压空气吸入燃烧室中。例如，在涡轮风扇的双线轴设计中，低压涡轮（例如，第一涡轮）可以经由第一轴（统称为燃气涡轮的第一线轴）附接到增压压缩机（例如，第一压缩机）和风扇并且与增压压缩机和风扇进行力传输连接，使得低压涡轮的转子的旋转驱动增压压缩机的转子和风扇。例如，高压涡轮（例如，第二涡轮）可以经由与第一轴同轴的第二轴（统称为燃气涡轮的第二线轴）附接到高压压缩机（例如，第二压缩机）并且与高压压缩机进行力传输连接，使得高压涡轮的转子的旋转驱动

高压压缩机的转子。旋转叶片的第二个目的是使可操作地联接到涡轮区段的发电机旋转以产生电力。例如,涡轮可以发电以供飞行器、电站等使用。

[0035] 鉴于核心燃气涡轮发动机和/或涡轮风扇发动机的方面的静态、动态、离心和/或热应力限制和重量考虑,飞行器发动机(例如涡轮风扇)的设计的目的大体是在核心燃气涡轮发动机的压缩机内压缩尽可能多的空气。限定压缩机的压缩作用的度量是压缩机的压缩比(例如,压力比)。涡轮风扇发动机的压缩机的压缩比是压缩机的出口(例如燃气涡轮的燃烧室处的高压压缩机的出口)处的压力与风扇的入口处的压力之比。较高的压缩比提高涡轮发动机的热效率并降低涡轮发动机的比燃料消耗(例如,用于由喷气发动机产生的推力的燃料的比)。因此,增加燃气涡轮的压缩机的压缩比可以增加由喷气发动机(诸如涡轮风扇等)产生的推力,和/或可以提高喷气发动机的燃料效率。反过来,燃气涡轮设计的一个目的是最小化或以其他方式减少通过压缩机的压力损失以最大化或以其他方式提高压缩比。尽管结合涡轮风扇喷气发动机讨论了本文公开的示例,但应理解,本文公开的示例可以与涡轮喷气发动机、涡轮螺旋桨喷气发动机、用于发电的燃气轮机或期望提高跨一台或多台压缩机的压缩比的任何其他合适的应用结合实施。

[0036] 涡轮风扇的涡轮发动机的示例低压压缩机和高压压缩机均包括一个或多个级。每个级包括围绕中心转子安装的压缩机叶片(例如,第一翼型件)的环形阵列,该环形阵列与静止压缩机轮叶(例如,第二翼型件)的环形阵列配对,该静止压缩机轮叶与转子间隔开并固定到压缩机的壳体。在压缩机级的后部,转子和伴随叶片的旋转提供了气流的速度、温度和压力的增加。在压缩机级的前部,跨压缩机轮叶的气流扩散(例如,失去速度)提供压力增加。跨低压压缩机和高压压缩机的多级的实施方式提供了操作喷气发动机(例如涡轮风扇)的压缩比。

[0037] 在高压压缩机和低压压缩机的示例中,压缩机叶片(在本文中也称为叶片和/或燕尾叶片)分别绕对应的高压压缩机转子和低压压缩机转子排列。高压转子和伴随的压缩机叶片(例如,叶片、燕尾叶片等)通常由钛合金(例如,钛-铝合金、钛-铬合金等)和/或钢合金(例如,钢铬合金)等制成。例如,为了提高维护和组装的便利性、叶片的可更换性和/或高压压缩机的模块化,离散的压缩机叶片绕高压转子环形串行安装,以实现绕转子的基本均匀的环形分布。为此,根据本公开的教导实施的示例压缩机叶片包括翼型部分和安装部分。压缩机叶片的翼型部分导致气流的速度、压力和温度增加。压缩机叶片的安装部分能够将叶片安装到转子上。在一些示例中,翼型部分和/或安装部分的几何形状对于高压压缩机的每一级的压缩机叶片可以不同,并且对于高压压缩机的每一级内的压缩机叶片可以相同。

[0038] 在某些示例中,示例压缩机叶片的安装部分包括燕尾突出部和平台。在该示例中,高压压缩机转子在每一级处设置有燕尾槽(例如,本文中也称为槽),以接收该级的多个叶片的燕尾突出部。例如,当高压压缩机转子的燕尾槽接收压缩机叶片的燕尾突出部时,压缩机叶片可以与高压转子处于安装状态。在该示例中,叶片的燕尾突出部限定径向外部和径向内部(例如,安装时相对径向向外的部分)和径向内部(例如,安装时相对径向向内的部分)。在该示例中,径向外部的轴向长度(例如,当安装时,涡轮发动机和/或压缩机的轴向方向上的长度)比径向内部的轴向长度相对小。燕尾槽也包括径向外部和径向内部。例如,径向外部可包括朝向燕尾槽的中心轴向延伸的一对环形凸缘(例如,颈部、第一颈部等)。压缩机叶片和燕尾槽的尺寸使得当压缩机叶片与压缩机叶片处于安装状态时,燕尾槽的环形凸缘(例如

颈部)与压缩机叶片的径向内部干涉,从而防止压缩机叶片径向向外移动。

[0039] 传统上,级的多个压缩机叶片直接串行地环形安装在燕尾槽中,使得每个叶片的平台与第一周向侧上的第一后续叶片的平台接合,并且与第二周向侧上的第二后续叶片的平台接合。

[0040] 尽管本文中公开的示例是结合涡轮风扇发动机的核心燃气涡轮发动机的高压压缩机的转子的燕尾槽讨论的,但是可以根据本公开的教导实施其他示例,以用于低压压缩机、中压压缩机、单线轴燃气涡轮的唯一压缩机、具有替代槽设计的压缩机、用于工业发电的燃气涡轮的压缩机、涡轮转子和/或任何其他合适的应用。

[0041] 开放式转子发动机的一个挑战是创建安全的加载机构以将叶片保持在它们的槽中。本文公开和描述的示例提供了各种机构(例如,称为叶片保持设备、保持装置等)以将转子叶片保持在发动机槽中。

[0042] 这些构造的优点包括保持叶片加载在燕尾槽中,例如在低rpm的情况下,其中叶片在槽中的适当就位(seating)减少并且激振力可能很高,例如在螺旋桨或开放式转子应用中。例如,在螺旋桨或开放式转子发动机应用中,由于螺旋桨加载不对称(例如,P因子或1P加载),在飞行的各个阶段期间都会经历高振动负载。1P加载(也称为+/-1P加载)是指由叶片的激励频率相对于转子转速(revolution)引起的叶片上的移动或力,这通常发生在起飞旋转期间。

[0043] 此外,现有的涡轮螺旋桨或开放式转子技术要求当叶片出现故障时,不能移除单个叶片。替代地,必须完成复杂的拆卸处理才能移除单个风扇叶片,这增加了检修设备所需的时间和工作量。相比之下,某些示例使叶片能够单独地保持和从叶片组件中移除以进行检修、修理、更换等。

[0044] 示例保持机构可应用于封闭式和开放式转子发动机设计。仅出于说明的目的,图1A示出了示例封闭式转子涡轮风扇发动机,并且图1B示出了示例开放式转子发动机。

[0045] 图1A是示例涡轮风扇燃气涡轮发动机10的示意局部横截面侧视图。发动机10可以特别地构造为用于飞行器的燃气涡轮发动机。尽管在本文中进一步描述为涡轮风扇发动机,但是发动机10可以限定涡轮轴发动机、涡轮螺旋桨发动机或涡轮喷气燃气涡轮发动机,包括船舶和工业发动机以及辅助动力单元。如图1A所示,发动机10具有纵向或轴向中心线轴线12,该纵向或轴向中心线轴线12延伸通过发动机10以用于参考目的。轴向方向A与供参考的轴向中心线轴线12同向地延伸。发动机10还限定上游端99和下游端98以供参考。通常,发动机10可包括风扇组件14和设置在风扇组件14下游的核心发动机16。作为参考,发动机10限定轴向方向A、径向方向R和周向方向C。一般而言,轴向方向A平行于轴向中心线12延伸,径向方向R在与轴向方向A正交的方向上从轴向中心线12向外延伸以及向内延伸到轴向中心线12,并且周向方向围绕轴向中心线12延伸三百六十度(360°)。

[0046] 核心发动机16可大致包括限定环形入口20的基本上管状外壳18。外壳18以串行流动关系包围或至少部分地形成:压缩机区段,其具有增压或低压(LP)压缩机22、高压(HP)压缩机24、热添加系统26;膨胀区段或涡轮区段,其包括高压(HP)涡轮28、低压(LP)涡轮30;以及喷射排气喷嘴区段32。高压(HP)转子轴34将HP涡轮28驱动地连接到HP压缩机24。低压(LP)转子轴36将LP涡轮30驱动地连接到LP压缩机22。LP转子轴36还可以连接到风扇组件14的风扇轴38。在某些示例中,如图1A所示,LP转子轴36可以经由减速齿轮40例如以间接驱动

或齿轮驱动构造连接到风扇轴38。

[0047] 如图1A所示,风扇组件14包括多个风扇叶片42,多个风扇叶片42联接到风扇轴38并从风扇轴38径向向外延伸。环形风扇壳体或机舱44可周向围绕风扇组件14和/或核心发动机16的至少一部分。本领域普通技术人员应当理解,机舱44可以被构造为由多个周向间隔开的出口导向轮叶或支柱46相对于核心发动机16被支撑。此外,机舱44的至少一部分可以在核心发动机16的外部分上延伸以在其间限定风扇流动通道48。然而,应当理解,发动机10的各种构造可省略机舱44,或省略机舱44围绕风扇叶片42延伸,例如以提供图1B中描绘的发动机10的开放式转子或螺旋桨风扇构造。

[0048] 应当理解,轴34、36,压缩机22、24和涡轮28、30的组合限定发动机10的转子组件90。例如,HP轴34、HP压缩机24和HP涡轮28可以限定发动机10的高速或HP转子组件。类似地,LP轴36、LP压缩机22和LP涡轮30的组合可以限定发动机10的低速或LP转子组件。发动机10的各种示例还可以包括风扇轴38和风扇叶片42作为LP转子组件。在某些示例中,发动机10可以进一步限定风扇转子组件,该风扇转子组件经由风扇轴38和减速齿轮40与LP线轴至少部分地机械分离。更进一步的示例可进一步限定由中压压缩机、中压轴和设置在LP转子组件和HP转子组件之间的中压涡轮(相对于串行空气动力学流动布置)限定的一个或多个中间转子组件。

[0049] 在发动机10的操作期间,由箭头74示意性示出的气流进入发动机10的由风扇壳或机舱44限定的入口76。由箭头80示意性示出的一部分空气通过至少部分地经由外壳18限定的核心入口20进入核心发动机16。气流经由核心流动路径70以串行流动方式提供通过压缩机、热添加系统和膨胀区段。气流80在流过压缩机22、24的连续级时被逐渐压缩,例如由箭头82示意性地示出。压缩空气82进入热添加系统26并与液体和/或气体燃料混合,并且被点燃以产生燃烧气体86。应当理解,热添加系统26可以形成用于产生燃烧气体的任何合适的系统,包括但不限于爆燃或爆震燃烧系统,或其组合。热添加系统26可包括环形、罐形、环形罐、驻涡、渐开线或涡旋、富燃、稀燃、旋转爆震或脉冲爆震构造,或其组合。

[0050] 燃烧气体86在从喷射排气喷嘴区段32排出之前释放能量以驱动HP转子组件和LP转子组件的旋转。从燃烧气体86释放能量进一步驱动包括风扇叶片42的风扇组件14的旋转。一部分空气74绕过核心发动机16并流过风扇流动通道48,例如由箭头78示意性地示出。

[0051] 应当理解,图1A描绘并描述了具有风扇流动通道48和核心流动路径70的两流发动机。图1A中描绘的示例具有围绕风扇叶片42的机舱44,例如以提供噪音衰减、叶片脱落保护和机舱的已知其他益处,并且其在本文中可被称为“管道式风扇”,或整个发动机10可被称为“管道式发动机”。

[0052] 图1B提供了根据本公开的一个示例的示例开放式转子涡轮发动机的示意横截面视图。特别地,图1B提供了航空三流涡轮风扇发动机,本文称为“三流发动机100”。图1B的三流发动机100可以安装到飞行器(例如固定翼飞行器),并且可以产生用于推进飞行器的推力。三流发动机100的架构在操作期间提供三股不同的产生推力的气流。与图1A中所示的发动机10不同,三流发动机100包括不通过机舱或罩而成管道式的风扇,使得在本文中可将其称为“非管道式风扇”,或者整个发动机100可被称为“非管道式发动机”。

[0053] 作为参考,三流发动机100限定轴向方向A、径向方向R和周向方向C。此外,三流发动机100限定沿轴向方向A延伸的轴向中心线或纵向轴线112。一般而言,轴向方向A平行于

纵向轴线112延伸,径向方向R在与轴向方向A正交的方向上从纵向轴线112向外延伸以及向内延伸到纵向轴线112,并且周向方向围绕纵向轴线112延伸三百六十度(360°)。三流发动机100例如沿轴向方向A在前端114和后端116之间延伸。

[0054] 三流发动机100包括核心发动机120和定位在其上游的风扇区段150。通常,核心发动机120以串行流动顺序包括压缩机区段、燃烧区段、涡轮区段和排气区段。特别地,如图1B所示,核心发动机120包括核心罩122,其限定环形核心入口124。核心罩122进一步包围低压系统和高压系统。在某些示例中,核心罩122可以包围并支撑增压或低压(“LP”)压缩机126,用于对通过核心入口124进入核心发动机120的空气加压。高压(“HP”)、多级、轴流式压缩机128从LP压缩机126接收加压空气并进一步增加空气的压力。加压空气流向下流动到燃烧器130,在燃烧器130中燃料被喷射到加压空气流中并被点燃以提高加压空气的温度和能量水平。应当理解,如本文所用,术语“高/低速”和“高/低压”可互换地相对于高压/高速系统和低压/低速系统使用。此外,应当理解,术语“高”和“低”在同一上下文中用于区分这两个系统,并且不意味着暗示任何绝对速度和/或压力值。

[0055] 高能燃烧产物从燃烧器130向下游流动到高压涡轮132。高压涡轮132通过高压轴136驱动高压压缩机128。在这点上,高压涡轮132与高压压缩机128驱动联接。高能燃烧产物然后流向低压涡轮134。低压涡轮134通过低压轴138驱动低压压缩机126和风扇区段150的部件。在这点上,低压涡轮134与低压压缩机126和风扇区段150的部件驱动联接。在该示例中,LP轴138与HP轴136同轴。在驱动涡轮132、134中的每一个之后,燃烧产物通过核心排气喷嘴140离开核心发动机120以产生推进推力。因此,核心发动机120限定在核心入口124和核心排气喷嘴140之间延伸的核心流动路径或核心管道142。核心管道142是沿径向方向R大致定位在核心罩122内侧的环形管道。

[0056] 风扇区段150包括风扇152,其在该示例中是主要风扇。对于图1B所示的示例,风扇152是开放式转子或非管道式风扇。然而,在其他示例中,风扇152可以是管道式,例如通过风扇壳体或机舱周向围绕风扇152。如图所示,风扇152包括风扇叶片154的阵列(图1B中仅示出一个)。风扇叶片154是可旋转的,例如,绕纵向轴线112。如上所述,风扇152经由LP轴138与低压涡轮134驱动联接。风扇152可以例如以直接驱动构造与LP轴138直接联接。可选地,如图1B所示,风扇152可以经由减速齿轮箱155例如以间接驱动或齿轮驱动构造与LP轴138联接。

[0057] 此外,风扇叶片154可以围绕纵向轴线112等间距布置。每个叶片154具有根部和末端以及限定在它们之间的跨度。每个叶片154限定中心叶片轴线156。对于该示例,风扇152的每个叶片154可绕其各自的中心叶片轴线156例如彼此一致地旋转。可以控制一个或多个致动器158以使叶片154绕它们各自的中心叶片轴线156变桨。然而,在其他示例中,每个叶片154可以是固定的或不能绕其中心叶片轴线156变桨。

[0058] 风扇区段150还包括风扇导向轮叶阵列160,该风扇导向轮叶阵列160包括围绕纵向轴线112设置的风扇导向轮叶162(图1B中仅示出一个)。对于该示例,风扇导向轮叶162不能绕纵向轴线112旋转。每个风扇导向轮叶162具有根部和末端以及限定在它们之间的跨度。风扇导向轮叶162可以如图1B所示未被罩住,或者可以例如被沿径向方向R从风扇导向轮叶162的末端向外间隔开的环形护罩罩住。每个风扇导向轮叶162限定中心叶片轴线164。对于该示例,风扇导向轮叶阵列160的每个风扇导向轮叶162可绕其各自的中心叶片轴线

164例如彼此一致地旋转。可以控制一个或多个致动器166以使风扇导向轮叶162绕它们各自的中心叶片轴线164变桨。然而,在其他示例中,每个风扇导向轮叶162可以固定或不能绕其中心叶片轴线164变桨。风扇导向轮叶162安装到风扇罩170上。

[0059] 如图1B所示,除了非管道式风扇152之外,在风扇152的后方还包括管道式风扇184,使得三流发动机100包括管道式风扇和非管道式风扇两者,两者都用于通过空气的移动产生推力而无需通过核心发动机120。管道式风扇184被示出在与风扇导向轮叶162大致相同的轴向位置处,并且在风扇导向轮叶162的径向内侧。或者,管道式风扇184可以在风扇导向轮叶162和核心管道142之间,或者在风扇导向轮叶162的更前方。管道式风扇184可由低压涡轮134(例如,联接到LP轴138)或由任何其他合适的旋转源驱动,并且可用作增压器的第一级或可单独操作。

[0060] 风扇罩170环形地包围核心罩122的至少一部分并且大体沿着径向方向R定位在核心罩122的外侧。特别地,风扇罩170的下游区段在核心罩122的前部上延伸以限定风扇流动路径或风扇管道172。进入的空气可以通过风扇管道入口176通过风扇管道172进入并且可以通过风扇排气喷嘴178离开以产生推进推力。风扇管道172是沿径向方向R大体定位在核心管道142外侧的环形管道。静止支柱174可各自在空气动力学上成形为引导空气由此流动。除了静止支柱174之外,其他支柱可用于连接和支撑风扇罩170和/或核心罩122。在许多示例中,风扇管道172和核心管道122可以在核心罩122的相对侧(例如,相对径向侧)上至少部分地共同延伸(大体轴向地)。例如,风扇管道172和核心管道122可以各自直接从核心罩122的前缘144延伸,并且可以在核心罩的相对径向侧上大致轴向地部分共同延伸。

[0061] 三流发动机100还限定或包括入口管道180。入口管道180在发动机入口182和核心入口124/风扇管道入口176之间延伸。发动机入口182大体上限定在风扇罩170的前端,并且沿轴向方向A定位在风扇152和风扇导向轮叶160的阵列之间。入口管道180是环形管道,其沿径向方向R定位在风扇罩170的内侧。沿入口管道180向下游流动的空气被核心罩122的分流器或前缘144分流到核心管道142和风扇管道172中,但不一定均匀。入口管道180沿径向方向R比核心管道142宽。入口管道180沿径向方向R也比风扇管道172宽。

[0062] 示例燕尾榫和槽构造

[0063] 图2是示例高压压缩机转子的局部截面图,描绘了压缩机燕尾槽。在图2的示例中,一个或多个压缩机叶片202安装在高压压缩机转子200上。在图2的视图中,向前的方向是向左的,向后的方向是向右的。示例燕尾槽204包括下腔206。燕尾突出部208装配在示例燕尾槽204的下腔206中。

[0064] 某些示例提供改进的槽中燕尾榫就位。某些示例提供向叶片的燕尾榫添加径向负载的燕尾榫就位。在某些示例中,径向负载与轴向保持特征结合被添加到燕尾榫。在低转速/每分钟(RPM)的大施加力矩期间,径向加载使燕尾榫保持就位。在某些示例中,在开放式转子构造中,提供高径向负载以防止叶片及其燕尾榫从其槽脱位。

[0065] 当前构造(例如梁或钉当弹簧)可以在风车条件下提供一些径向负载,但不能提供足够的径向负载以将叶片可靠地保持在槽中。当前构造不是锁定或自调节的。相反,某些示例提供足够的径向负载以将叶片的燕尾榫保持在槽中。某些示例是锁定和自调节的。

[0066] 在某些示例中,开放式转子叶片可能会受到各种条件(例如低末端速度、高螺旋桨交替负载、反推力等)的影响,这会导致燕尾榫从槽或承窝(socket)脱位并导致燕尾榫和叶

片的快速磨损。某些示例提供了机构以增加燕尾榫上的就位力,从而防止在正常振动和/或反向推力负载条件下移动。

[0067] 某些示例提供了装配在叶片下方并且具有内部带有楔形件的锥形槽的间隔件。楔形件的移动改变了间隔件的有效厚度。预加载的弹簧拉动楔形件,使间隔件膨胀,从而对叶片根部施加力。楔形件/弹簧布置的性质自动补偿制造变化。使用期间由于磨损或蠕变而导致的零件尺寸改变也类似地适用。

[0068] 某些示例提供径向夹具,径向夹具锁定以使得其在反作用(reaction)负载下不压缩。径向夹具还是自调节的以补偿部件磨损、顺应性、蠕变、温度、制造差异等,同时在小包络内操作。某些示例提供扩展楔形件。

[0069] 因此,某些示例提供预加载机构以防止叶片燕尾榫脱位和/或磨损。替代地或附加地,某些示例调节桨距轴线以减小或最小化力矩范围。

[0070] 图3A示出了具有刚性材料和径向负载的示例燕尾榫/槽附件300。如示例300所示,跨燕尾榫320的压力面的接触力分布310大致均匀。如图3B的示例所示,向叶片的柄部340添加力矩330改变了接触力分布315以反应力矩330。

[0071] 如图4A的示例所示,如果力矩330变得足够大,则接触力317沿压力面的边缘变为零,压力面的边缘失去或松开接触并开始张开。如果这是振动负载(1P)的结果,则可能导致叶片的移动和快速磨损。如图4B的示例中所示,通过添加径向负载410,可以增加边缘接触损失之前的力矩承载能力420,代价是平均和峰值接触压力。

[0072] 螺旋桨叶片具有大范围的必须作出反应的力矩。例如,燕尾附件可设有径向力410以将燕尾榫保持在槽中并防止或减少由于力矩330引起的摇摆,这进而减少磨损和相关联的故障和维护。

[0073] 图5示出了示例,其中转子或叶片520的燕尾榫510装配在槽(也称为耳轴530)中。燕尾榫510的底部与耳轴530的腔之间的空间540可有助于燕尾榫510的运动。为了补偿这种运动(例如,由于压力、振动等),可以添加插件,例如锁定物等。

[0074] 例如,锁定间隔件可以填充空间540并且将预加载施加到槽/承窝/耳轴530中的燕尾榫510。锁定间隔件可以在小包络中提供径向夹紧力,以补偿耳轴530中的部件磨损、顺应性、蠕变等。例如,锁定间隔件可以对温度不敏感、重量轻并且能够在不锁定或复杂化的情况下拆卸以从其耳轴530移除叶片520。

[0075] 示例自调节、锁定间隔件

[0076] 图6A-6C示出了示例自调节、锁定间隔设备600的视图。示例间隔件设备600可以被插入到空间540中并且被锁定以减少或抑制燕尾榫510在耳轴530中的移动(例如,用作帮助将燕尾榫510保持在耳轴/槽/承窝530中的预加载或保持装置)。示例间隔件设备600包括间隔件610、楔形件620和弹簧630。可在组装、维护等时设置的弹簧630拉动楔形件620通过间隔件610以提供预加载,从而将叶片520的燕尾榫510保持在槽/耳轴530中以帮助确保顺应性并减少磨损。例如,间隔件610、楔形件620和/或弹簧630的材料、张力、弯曲度等可基于间隙或空间540、燕尾榫510、叶片520和/或耳轴530的尺寸而变化。楔形件620装配在间隔件610内部,并且当弹簧630收紧时,弹簧630拉动楔形件620以扩展间隔件610(例如,在空间或间隙540中)。弹簧630在叶片520的底部产生径向力(例如,径向预加载力),并且可以通过用弹簧630或多或少地拉动楔形件620来适应空间540的变化。楔形件620也在叶片520上产生

轴向负载,使得来自弹簧630和楔形件620的径向力和轴向力的组合用于将叶片520保持在位置中。随着力增加,楔形件620将由于相对于间隔件610施加在楔形件620上的摩擦强度而不会滑回(例如,使间隔件610自锁)。如果反作用增加,楔形件620不会压缩。间隔件610、楔形件620和弹簧630的组合可以适应由于磨损、热等引起的距离变化。例如,间隔件610、楔形件620和弹簧630的选择确定了锁定间隔件设备600的范围。

[0077] 在某些示例中,间隔件610、楔形件620和/或弹簧630是金属的。然而,取决于空间540和所涉及的总力,间隔件610、楔形件620和/或弹簧630中的一个或多个可以是非金属的。例如,间隔件610和/或楔形件620可以由钛、铝、复合材料等形成。例如,弹簧630可以由层压复合材料形成。涂层可应用于表面以控制磨损和摩擦(例如,Teflon®浸渍的Nomex®或玻璃布、钼漆、无涂层(例如裸露)等)。在某些示例中,间隔件610形成为弯曲形(例如,也可以是S弯曲形)。间隔件610可以形成为弯曲的单件等,和/或形成为通过铰链和/或其他连接接合在一起的两个部分。间隔件610、楔形件620、弹簧630等可以是机加工的、注塑成型的、增材制造的等。

[0078] 因此,锁定间隔件组件600(而不是柔性梁弹簧)提供锁定、自调节机构以向耳轴530中的燕尾榫510施加径向负载。例如,示例设备600形成扩展楔形件,扩展楔形件增加燕尾榫510上的就位力以帮助在振动和/或反向推力负载条件下将燕尾榫510保持在耳轴或槽530中。间隔件楔形件组件600装配在叶片燕尾榫510下方并且具有内部带有楔形件620的锥形槽610。楔形件620的移动改变了间隔件610的有效厚度。预加载弹簧630拉动楔形件620以扩展间隔件610并在叶片根部510上施加力。通过楔形件620/弹簧630布置可自动补偿制造偏差。例如,楔形件620/弹簧630与间隔件610的组合类似地适应在使用期间由于磨损或蠕变而导致的零件尺寸改变。取决于构造,单独或与径向力结合的添加的轴向力克服了脱位力矩,以将叶片燕尾榫510保持就位。

[0079] 因此,某些示例提供用于发动机叶片的保持系统。示例保持系统包括例如间隔件610的间隔装置,以与叶片端部一起定位在承窝中。示例保持系统包括例如楔形件620的楔入装置,定位在间隔装置内部。示例保持系统包括例如弹簧630的装置,用于收紧以拉动楔入装置,以扩展间隔装置。

[0080] 其他示例可以实施为替代和/或补充上述锁定间隔件设备600。例如,夹头或保持器可与耳轴、承窝或其他槽一起使用以固定叶片的燕尾榫。

[0081] 示例径向和/或轴向预加载

[0082] 图7示出了用于叶片燕尾榫的示例夹头或保持器700。某些示例提供带槽的、配重的夹头700(而不是一体式或圆形夹头)以固定叶片520的燕尾榫510。使用示例配重夹头700,燕尾榫滑入固定装置710,并且叶片滑入形成夹头700的槽720。例如,配重夹头700提供径向力以在低RPM下大施加力矩期间保持燕尾榫510就位。

[0083] 图8描绘了示例发动机横截面800,其中可以实施夹头700构造。示例横截面800示出了示例叶片805及其相关联的径向负载810。叶片径向负载810可以使用如本文所述的多种径向和/或轴向预加载装置来反应。

[0084] 图9示出了当暴露于无阻尼、某些阻尼、临界阻尼等(如变量 ζ 所示)时,示例叶片燕尾榫所经历的放大比与频率比的示例图。根据本文公开的某些示例,可以适应大的频率/放大裕度(1F/1R)以处理增加的叶片加载,特别是在诸如图8的示例中所示的开放式转子构造

中,同时防止燕尾榫脱位。例如,开放式转子P因子是由旋转期间叶片的攻角(AoA)引起的。可能会导致叶片加载($1/F$)增加,这可能会使传统燕尾榫脱位。因此,存在动力以维持大 $1F/1R$ 裕度。P因子和相关联的叶片加载和脱位可以通过如本文所述的预加载机构来抵消。

[0085] 图10A-10C示出了燕尾加载相对于基线的差异,加上或减去P加载。例如,图10A图示了起飞或基线处的负载或力。图10B示出了示例起飞力加上不对称叶片效应P(例如,起飞+1P)。图10C示出了示例起飞力减去不对称叶片效应P(例如,起飞-1P)。

[0086] 示例基于夹头的构造

[0087] 在某些示例中,径向和轴向预加载都可以使用塞入件(ram)施加到叶片燕尾榫。图11A-11C示出了示例叶片燕尾榫轴向和径向保持构造,其可以替代地和/或附加地用于图6A-6C的构造等。例如,通过组合使用这些构造,可以施加径向力和轴向力以将叶片保持在其耳轴或槽中。

[0088] 图11A的示例描绘了具有机械螺钉以相对于夹头1120固定叶片1110的燕尾榫的双楔形件构造。在图11A的示例中,转动螺钉1130拉入楔形件或塞入件1140以分离上锥体1和下锥体2。螺钉1130可以在组装、维护等时转动和设置。拉动楔形件/塞入件1140分开锥体1和锥体2,使叶片1110就位在夹头1120中,并接合轴向凸片1150、1155以固定叶片1110。

[0089] 在图11B的示例中,螺钉或柱塞(plunger)1130可从夹头1120的底部移动以在塞入件1140上向上推动。由螺钉/柱塞1130产生的来自塞入件1140的压力有助于固定叶片1110。如此,与在图11A的示例中拉动塞入件1140不同,图11B的构造将螺钉1130定位在塞入件1140下方并利用螺钉的移动在塞入件1140上向上推动,从而向叶片1110施加压力以保持叶片1110相对于夹头1120就位。

[0090] 在图11C的示例中,提供弹簧1160代替图11A的锥体。塞入件1140被推入以推出弹簧1160并使叶片1110相对于夹头1120就位。弹簧1160允许一些移动,同时向塞入件1140至少提供轴向力以保持叶片1110相对于夹头1120就位。

[0091] 因此,图11A-11C的示例产生大于脱位力矩(例如,大于脱位力矩至少1.5等)的轴向和/或径向力以将叶片1110相对于夹头1120保持在适当位置。示例设计适用于振动压力加载(例如,1.5-4倍气动负载之间等)下的低RPM叶片就位,同时可用于机翼上叶片移除。例如,结合轴向保持以有助于调节夹头尺寸。例如,示例构造可应用于开放式转子叶片/螺旋桨、短机舱(例如,具有显著加载 >1.2 倍气动负载等)、燕尾接口(interface)等,具有组合的轴向和径向保持。

[0092] 图12A-12B示出了关于塞入件负载(例如,图11A-11C的示例的塞入件1140)的示例参数化。例如,翼型件和气动负载想要将翼型件从其槽中脱位。某些示例提供冲击力(ram force)以始终保持翼型件就位。如图12A-12B的示例所示,可以确定最小冲击力以提供可行的弹簧-燕尾榫-夹头构造。例如,在停机坪上的转子风车期间(例如,当风吹动并移动叶片时),传统弹簧在叶片上施加几千磅的力以保持叶片就位。当叶片用动力旋转时,叶片的重量使叶片就位于槽中,并且相关联的传统弹簧对叶片没有影响。为了弥补传统弹簧的不足,某些示例提供了改进的弹簧,该弹簧在整个风车、接合旋转和其他受力过程中向叶片施加力。这可以被参数化,如图12A-12B的示例中所示。

[0093] 例如,如图12A所示,气动负载被置于固定到附件的翼型件上。气动负载施加在翼型件或叶片的径向压力中心(CP)。在翼型件的附接点产生的力矩(M)可以计算为:

[0094] $M = \text{气动负载} \times CP$ (公式1)。

[0095] 翼型件的脱位力矩 (M_p) 可以计算为:

[0096] $M_p = >1.5 \text{气动负载} \times CP$ (公式2)。

[0097] 如图12B的示例中所示,冲压力可以反应附接点处影响叶片的燕尾榫的力矩 (M)。冲压力与以角度 α 在距离 (d) 施加到叶片燕尾榫的力 (F) 相关。例如,力 (F) 与冲压力和脱位力矩 (M_p) 的关系如下:

[0098] $F = \text{冲压力} / 2 \times \cos(\alpha)$ (公式3);

并且

[0099] $F \times d = M_p$ (公式4)。

[0100] 然后,所需的冲压力也可以与脱位力矩 (M_p) 相关:

[0101] $\text{冲压力} / 2 \times \cos(\alpha) \times d = M_p$ (公式5);

并且

[0102] $\text{冲压力} = 2 [M_p / (2 \cos(\alpha) \times d)]$ (公式6)。

[0103] 因此,可以计算冲压力以反应叶片燕尾榫的脱位力矩,并用于将塞入件和/或其他预加载施加到燕尾榫,如本文所述。

[0104] 回到图7的示例配重夹头700,某些示例为夹头设计提供燕尾榫接口。即,替代或除了向槽/承窝/耳轴中的叶片燕尾榫提供预加载力,可以采用夹头来将燕尾榫保持在槽/承窝/耳轴中。某些示例将这种构造应用于开放式转子涡轮风扇发动机,其中桨距控制叶片需要保持叶片附件。使用燕尾接口,修改的夹头可在前后方向上提供轴向保持,并向夹头柱添加刚度。由于夹头700是圆形的,与夹头700的中间跨度相比,柱中的刚度抵消了燕尾槽断开端的较小刚度。某些示例允许在夹头设计中使用燕尾槽。例如,燕尾槽允许叶片的飞行线移除,并且还允许叶片在根部更薄,这限制了叶片毂流动阻塞。此外,具有燕尾榫使用的某些示例可以实现变桨构造,从而允许毂附近的更薄叶片柄、调节叶片等。

[0105] 可以修改图7的初始夹头700和燕尾榫构造以更好地将燕尾榫保持在槽中。图13A-13C示出了改进的夹头燕尾构造1300,其中叶片燕尾槽设置在夹头和/或耳轴中,在槽的两侧具有组合的轴向保持和槽加强件(在本文中也称为保持器或保持带)。例如,图13A-13C的示例适用于具有燕尾槽的可变桨距夹头和/或可旋转毂(例如,开放式转子发动机毂等)上的其他夹头构造,并为槽中的叶片提供轴向保持。可以经由螺栓连接提供柱加强。某些示例包含可选的机加工斜面试口以用于附加的加强和/或可选的轴向螺栓连接以保持夹头接口。

[0106] 例如,圆形夹头可被加工成平整前后面并形成具有斜坡的兜部(pocket)以将一个或多个加强带保持在适当位置,并反应力距以将叶片保持在适当位置。在某些示例中,夹头可由钛或其他类似材料形成,部件由相同材料或至少与热膨胀系数(CTE)匹配的材料形成。耳轴或承窝的其他部分也可以由钛(而不是钢)形成,因为改进的夹头加强并提供支撑,使耳轴中的较重金属变得不必要。因此,改进的构造不仅为叶片提供增加的支撑,而且还减轻了材料的重量。

[0107] 更具体地,图13A示出了用于叶片燕尾榫的夹头/耳轴基部1300的示例立体图。夹头/耳轴承窝1300包括槽1310,叶片的燕尾榫定位在槽1310中。保持器或加强件1320、1325设置在槽1310的端部。保持器1320、1325将轴向保持和槽加强相结合,以帮助保持叶片在槽

1310中就位。

[0108] 图13B示出了图13A的布置1300的顶视图。如图13B的示例所示,夹头/耳轴1300中的叶片槽1310由轴向保持器1320界定。如图13B的示例顶视图所示,斜坡1330、1335可以(可选地)加工到保持器1320中以用于附加的加强支撑。例如,斜坡1330、1335可以在燕尾榫装配在槽1310中时与燕尾榫对准。可以在夹头/耳轴1300和保持器1320的每一端上的保持器1320中加工兜部1340、1345。螺栓1350、1355(可选地)通过保持器1320的相应端通过兜部1340、1345定位,并进入夹头/耳轴1300以相对于夹头/耳轴1300固定保持器1300,并且将燕尾榫固定在槽1310中。虽然保持器1320被示为示例,但保持器1325(在该视图中未示出)可以类似地构造在夹头/耳轴1300的槽1310的另一端。

[0109] 图13C示出了图13A-13B的布置1300的轴向视图。如图13C的示例中所示,兜部1340、1345被机加工到夹头/耳轴固定装置1300中,以容纳保持器1320、1325并且可以提供机加工斜坡1330、1335以用于附加的加强。

[0110] 因此,图13A-13C的示例为槽中的叶片提供轴向保持并且经由螺栓连接提供柱加强。图13A-13C的示例可以结合机加工的斜坡接口以用于附加的加强。图13A-13C的示例可以结合轴向螺栓连接以保持夹头接口。例如,图13A-13C的示例可以应用于各种夹头/耳轴构造,包括具有燕尾槽的可变桨距夹头。

[0111] 某些示例提供了叶片保持设备,叶片保持设备包括接收装置(例如夹头/耳轴1300),包括用于接收叶片端部的槽,以及保持装置(例如保持器1320、1325),单独或与斜坡1330、1335和/或兜部1340、1345结合,定位在接收装置的第一端和第二端以提供叶片在槽中的轴向保持。

[0112] 图14A-14D示出了夹头和燕尾榫设计的替代示例视图,其中燕尾榫围绕和/或以其他方式附接到夹头,而不是定位在槽中。图14A的示例示出了替代夹头1400设计,其包括围绕夹头1400定位并位于夹头1400的槽1410中的叶片燕尾榫1405。在图14A的示例中,添加了径向力1415,冲击叶片燕尾榫1405以保持燕尾榫1405在夹头1400中就位。如图14B的示例中所示,螺栓1420可以在单剪切中将叶片和/或其燕尾榫1405连接或固定到夹头1400。螺栓1420的放置降低了燕尾榫1405可能被强制分开或撬开的可能性。然而,可以移除螺栓1420以检修或更换叶片和/或夹头1400(例如,在翼上时)。

[0113] 图14C示出了示例构造,其中燕尾榫相对于夹头1400以夹紧的、分离的布置定位。燕尾榫具有与夹头1400相互作用的主要部分1430和与主要部分1430一起工作以接合和夹紧夹头1400的分离部分1435。螺栓1420围绕夹头1400连接主要部分1430和分离部分1435。如图14D的示例中所示,夹紧的分离燕尾榫的变型可以包括与夹紧燕尾榫1450接合的垫片或锥体1440,夹紧燕尾榫1450用螺栓1420连接到垫片/锥形夹头1440。例如,图14D的示例构造提供了与螺栓1420的双剪切连接。

[0114] 因此,使用图14A-14C的示例构造中的一个或多个,例如,燕尾榫面可以成角度(例如,60-90度)、平行等,并且相对于夹头定位以反应振动力。一个或多个螺栓可用于将燕尾榫附接到夹头并承载摩擦和剪切(单剪切或双剪切)。例如,如果要修理或更换叶片,则可以从夹头上松开燕尾榫的螺栓以移除叶片。

[0115] 桨距轴线的示例变化

[0116] 叶片以一定的角度或桨距定位在它们的承窝或槽中。例如,桨距是指叶片在空气

中的角度。桨距对应于叶片的入射角,入射角会影响叶片在运动时的攻角。在许多构造中,用于测量桨距的轴线(径向桨距轴线)与发动机的径向中心对准(例如,称为径向桨距轴线)。然而,在某些示例中,代替或除了将叶片锁定/固定在夹头中,桨距轴线的改变也可用于在槽中的叶片上反应力矩。例如,可以使用非径向桨距轴线来减轻力矩反作用。某些示例提供用于飞行器发动机(例如开放式转子螺旋桨驱动发动机或其他叶片发动机)的变桨装置。

[0117] 图15A示出了具有径向桨距轴线1500的常规布置,叶片1510围绕径向桨距轴线旋转,径向桨距轴线定向为平行于或共线于发动机1520的径向中心线。如图15B所示,运动中的叶片1510保持与发动机的径向中心线一致的桨距轴线1500。

[0118] 然而,图16A示出了示例构造,其中桨距轴线1600具有向前偏斜和/或切向倾斜,使得桨距轴线1600不与发动机1620的径向中心线平行或共线。如图16B的示例中所示,向桨距轴线1600添加偏斜和/或倾斜(例如,切向倾斜等)会由于桨距变化而改变非设计条件下的加载的惯性分量。例如,这种构造可用于降低在燕尾榫或根部附件和相关轴承处反应的力矩的峰值,使值更小和更轻。

[0119] 在某些示例中,桨距轴线1600向前或向后偏斜,和/或倾斜进入或远离旋转方向。作为响应,可以改变非设计条件下力矩反作用的惯性分量,从而减少峰值负载(例如,对于5.6/1.6度的倾斜/偏斜组合减少30%等)。例如,通过相对于力的作用线移动叶片1600来改变桨距轴线角1600在叶片1610的根部或基部处产生人工惯性反作用,并且该反作用可用于抵消影响叶片1600的一些负载。

[0120] 在某些示例中,毂为多个叶片提供负载支承附接点。例如,毂随附接在开放式或封闭式转子发动机设计中的多个叶片一起旋转。毂可以包括一个或多个轴承,分别连接到一个或多个耳轴或与一个或多个耳轴集成在一起(例如,如果是集成的,则为耳轴轴承)。每个耳轴都与叶片相关联并承载与毂连接的叶片的径向负载。在某些示例中,毂可以被机加工成使得轴承的轴线相对于发动机中心线偏斜或倾斜,以引起桨距轴线的改变。叶片绕倾斜轴线的旋转降低了叶片上的峰值弯矩和相关负载。

[0121] 例如,反向推力导致叶片附接点处所涉及的力矩反作用范围大大增加。这些力矩由翼型件(例如,叶片)和耳轴(例如,燕尾榫等)之间的连接以及耳轴和毂之间的轴承反应。燕尾榫附件和轴承布置的尺寸和重量与最大负载成比例,这也决定了风扇的半径比,这是一个关键的性能指标。某些示例减小了叶片附件的尺寸和重量,并允许提高稳定性和性能。

[0122] 图17-27示出了相对于耳轴1720及其带有轴承1730的毂处于调节的桨距角的叶片1710的示例构造。如图17-27的示例中所示,叶片1710安装到耳轴1720的毂1730的位置设置叶片1710的桨距角并影响其负载(例如,径向负载等)。图17-27的示例示出了叶片1710相对于耳轴1720的各种放置被设想以产生调节的桨距轴线,该调节的桨距轴线与发动机的径向中心线对准或发散以产生期望的力矩反作用。通过相对于毂1730和/或耳轴1720偏斜、倾斜和/或以其他方式移动叶片1710,可以在叶片1710的根部产生人工惯性反作用以抵消径向负载。

[0123] 例如,图17将叶片1710的第一端定位在耳轴1720的连接附近。在图18的示例中,叶片1710相对于耳轴1720旋转。在图19中,叶片1710的第一端可移除地固定到耳轴1720。图20-27提供了倾斜、旋转、移位和/或以其他方式移动耳轴1720中的叶片1710以产生从毂

1730和相关联的发动机的径向轴线偏移的桨距轴线的附加示例。

[0124] 在某些示例中,叶片1710相对于耳轴1720和/或毂1730的定位可以通过有限元(FE)建模来确定,以模拟和解析(resolve)基于叶片1710和耳轴1720之间的附接点的反作用。例如,附接点和/或相关联的桨距轴线可以被修改以确定叶片1710的取向和到耳轴1720的附接点,其减少或最小化叶片1710上的反作用。

[0125] 因此,某些示例提供了转子设备,该转子设备包括移动装置(例如毂)以促进发动机中的叶片的移动,发动机具有径向中心线,和连接装置(例如耳轴),以容纳第一叶片,连接装置或第一叶片中的至少一个以相对于径向中心线偏斜或倾斜中的至少一个定位,从而形成偏离径向中心线的桨距轴线,使得桨距轴线不与径向中心线平行或共线,移动意味着使第一叶片绕桨距轴线旋转。在某些示例中,保持装置包括塞入件、弹簧、楔形件、锥体、螺钉、螺栓等中的至少一种。

[0126] 图28是确定叶片位置以设置相对于发动机径向轴线的桨距轴线的方法2800的流程图。在某些示例中,在框2802处,创建叶片1710的有限元(FE)模型,并且叶片1710的燕尾附件在选定位置(例如,以桨距轴线为中心)连接到耳轴1720和/或其他附接机构。在框2804处,叶片绕选定位置(例如,桨距轴线)旋转以表示不同的操作条件,并且在框2806处,可以施加对应的压力和温度负载。例如,在框2808处,可以在附接点处求解模型并解析反作用。可以确定临界反作用的最大值和最小值。在框2810处,可以修改燕尾榫和/或桨距轴线的位置并且重复分析以找到具有最小临界反作用绝对值(例如,平衡燕尾榫)的位置。

[0127] 在某些示例中,在框2812处,创建设计空间的实验设计(DoE)研究,其中桨距轴线在窄范围(+/-10度)上倾斜和/或偏斜。在框2814处,结果可以被制成表格,并且使用统计分析/数据处理工具来创建基于倾斜/偏斜预测输出的元模型(例如,替代模型)。在框2816处,可以通过使用相对重要性函数组合各个输出来创建加权输出参数。在框2818处,可以使用优化工具来运行元模型并确定导致最小加权输出参数的倾斜/偏斜的组合。

[0128] 在某些示例中,在框2820处,通过组合两个结果以获得一个最终结果来对结果进行加权(例如,一个结果比另一个更有价值,因此对其进行加权等)。在框2822处,可以检查输入以给出最有吸引力的组合结果,并且可以对各种输入进行加权以确定什么是最重要的/什么提供最好的结果。例如,桨距/倾斜可以改变10%,以评估对力、力矩等的影响。

[0129] 如本文所述,可以应用多种装置、定位和相关技术来将叶片维持或保持在夹头、耳轴、槽和/或其他承窝中。某些示例提供了多种叶片保持设备,其可以单独使用或组合使用以降低燕尾榫在承窝(例如耳轴、夹头、槽等)中移动的可能性。某些示例提供锁定间隔件或插入件。某些示例提供了塞入件、楔形件、弹簧、保持带和/或其他装置以将径向和/或轴向预加载施加到叶片/翼型件的燕尾榫或基部。某些示例调节桨距轴线。某些示例既调节桨距轴线又提供间隔件以将叶片固定在其槽中。

[0130] “包括”和“包含”(及其所有形式和时态)在本文中用作开放式术语。因此,每当权利要求采用任何形式的“包括”或“包含”(例如,包含、包括、具有等)作为前言或在任何类型的权利要求叙述中,应理解,在不超出对应权利要求或引用的范围的情况下,可以存在附加元件、术语等。如本文所用,当短语“至少”用作例如权利要求的前言中的过渡术语时,它与术语“包含”和“包括”相同的方式开放式结束。术语“和/或”当以例如A、B和/或C的形式使用时是指A、B、C的任何组合或子集,例如(1)单独A,(2)单独B,(3)单独C,(4)A与B,(5)A与C,

(6) B与C,以及(7) A与B以及与C。如本文在描述结构、部件、项目、物体和/或事物的上下文中所使用的,短语“A和B中的至少一个”旨在指代包括(1)至少一个A、(2)至少一个B,以及(3)至少一个A和至少一个B中的任何一个的实施方式。类似地,如本文在描述结构、部件、项目、物体和/或事物的上下文中所使用的,短语“A或B中的至少一个”旨在指代包括(1)至少一个A、(2)至少一个B,以及(3)至少一个A和至少一个B中的任何一个的实施方式。如本文在描述处理、指令、动作、活动和/或步骤的进行或执行的上下文中所使用的,短语“A和B中的至少一个”旨在指代包括(1)至少一个A,(2)至少一个B,以及(3)至少一个A和至少一个B中的任何一个的实施方式。类似地,如本文在描述处理、指令、动作、活动和/或步骤的进行或执行的上下文中所使用的,短语“A或B中的至少一个”旨在指代包括(1)至少一个A,(2)至少一个B,以及(3)至少一个A和至少一个B中的任何一个的实施方式。

[0131] 如本文所用,单数引用(例如,“一”、“一种”、“第一”、“第二”等)不排除复数。如本文所用,术语“一”或“一种”实体是指该实体中的一个或多个。术语“一”(或“一种”)、“一个或多个”和“至少一个”在本文中可以互换使用。此外,虽然单独的特征可能被包括在不同的示例或权利要求中,但这些可以被组合,并且包括在不同的示例或权利要求中并不意味着特征的组合不是可行的和/或有利的。

[0132] 从上文可以理解,已经公开了改进槽中的叶片的设计和构造的示例方法、设备和制品。当受到力时,某些示例改进了叶片在槽中的定位和定位的保持。

[0133] 尽管本文公开了某些示例方法、设备和制品,但本专利的覆盖范围不限于此。相反,本专利涵盖了完全落入本专利权利要求范围内的所有方法、设备和制品。

[0134] 进一步的方面由以下条项的主题提供:

[0135] 示例1提供了一种设备,所述设备包括:承窝,所述承窝接收叶片的端部;以及保持装置,所述保持装置与所述承窝和所述叶片相互作用,用于将所述叶片的所述端部保持在所述承窝中。所述保持装置包括:间隔件,所述间隔件与所述叶片的所述端部一起定位在所述承窝中;楔形件,所述楔形件定位在所述间隔件内部;以及弹簧,所述弹簧拉紧以拉动所述楔形件来扩展所述间隔件。

[0136] 示例2是任何前述条项的所述设备,其中所述承窝包括耳轴。

[0137] 示例3是任何前述条项的所述设备,其中所述承窝定位在开放式转子发动机的毂上。

[0138] 示例4是任何前述条项的所述设备,其中所述弹簧被拉紧以相对于所述承窝中的所述间隔件锁定所述楔形件。

[0139] 示例5是任何前述条项的所述设备,其中所述间隔件、所述楔形件和所述弹簧是金属的。

[0140] 示例6是任何前述条项的所述设备,其中所述间隔件、所述楔形件和所述弹簧中的至少一个具有涂层。

[0141] 示例7是任何前述条项的所述设备,其中所述间隔件形成为弯曲的。

[0142] 示例8是任何前述条项的所述设备,其中所述间隔件形成为单个弯曲件。

[0143] 示例9是任何前述条项的所述设备,其中所述间隔件由接合在一起的多个部分形成。

[0144] 示例10是任何前述条项的所述设备,进一步包括相对于所述承窝中的所述叶片的

所述端部定位的塞入件。

[0145] 示例11是一种保持设备,包括:间隔件,所述间隔件要与叶片的端部一起定位在承窝中;楔形件,所述楔形件定位在所述间隔件内部;以及弹簧,所述弹簧拉紧以拉动所述楔形件来扩展所述间隔件。

[0146] 示例12是任何前述条项的所述设备,其中所述承窝包括耳轴。

[0147] 示例13是任何前述条项的所述设备,其中所述承窝定位在开放式转子发动机的毂上。

[0148] 示例14是任何前述条项的所述设备,其中所述弹簧被拉紧以相对于所述承窝中的所述间隔件锁定所述楔形件。

[0149] 示例15是任何前述条项的所述设备,其中所述间隔件、所述楔形件或所述弹簧中的至少一个具有涂层。

[0150] 示例16是任何前述条项的所述设备,其中所述间隔件形成为弯曲的。

[0151] 示例17是任何前述条项的所述设备,其中所述间隔件形成为单个弯曲件。

[0152] 示例18是任何前述条项的所述设备,其中所述间隔件由接合在一起的多个部分形成。

[0153] 示例19是任何前述条项的所述设备,进一步包括相对于所述承窝中的所述叶片的所述端部定位的塞入件。

[0154] 示例20是一种用于发动机的叶片的保持系统。示例保持系统包括:间隔装置,所述间隔装置要与叶片的端部一起定位在承窝中;楔入装置,所述楔入装置定位在所述间隔装置内部;以及拉紧装置,所述拉紧装置拉动所述楔入装置以扩展所述间隔装置。

[0155] 示例21是一种叶片设备,包括:夹头,所述夹头包括槽,以接收叶片的端部;以及多个保持器,所述多个保持器包括定位在所述夹头的第一端上的第一保持器和定位在所述夹头的第二端上的第二保持器,以为所述槽中的所述叶片提供轴向保持。

[0156] 示例22是任何前述条项的所述设备,其中所述多个保持器包括多个带。

[0157] 示例23是任何前述条项的所述设备,其中所述夹头包括兜部,以接收所述保持器。

[0158] 示例24是任何前述条项的所述设备,其中所述夹头包括斜坡,以保持和支撑所述保持器。

[0159] 示例25是任何前述条项的所述设备,其中所述斜坡与定位在所述槽中的所述叶片的所述端部对准。

[0160] 示例26是任何前述条项的所述设备,其中所述夹头是圆形的,其中所述第一端和所述第二端是扁平的。

[0161] 示例27是任何前述条项的所述设备,其中使用螺栓将所述多个保持器固定到所述夹头。

[0162] 示例28是任何前述条项的所述设备,其中至少一个螺栓延伸到所述叶片中。

[0163] 示例29是任何前述条项的所述设备,其中所述至少一个螺栓处于单剪切或双剪切中的至少一种。

[0164] 示例30是任何前述条项的所述设备,进一步包括相对于所述承窝中的所述叶片的所述端部定位的塞入件。

[0165] 示例31是一种开放式转子发动机设备,包括:可旋转毂;夹头,所述夹头定位在所

述毂上,所述夹头包括槽,以接收叶片的端部;以及多个保持器,所述多个保持器包括定位在所述夹头的第一端上的第一保持器和定位在所述夹头的第二端上的第二保持器,以为所述槽中的所述叶片提供轴向保持。

[0166] 示例32是任何前述条项的所述设备,其中所述多个保持器包括多个金属带。

[0167] 示例33是任何前述条项的所述设备,其中所述夹头包括兜部,以接收所述保持器。

[0168] 示例34是任何前述条项的所述设备,其中所述夹头包括斜坡,以保持和支撑所述保持器。

[0169] 示例35是任何前述条项的所述设备,其中所述夹头是圆形的,其中所述第一端和所述第二端是扁平的。

[0170] 示例36是任何前述条项的所述设备,其中使用螺栓将所述多个保持器固定到所述夹头。

[0171] 示例37是任何前述条项的所述设备,其中至少一个螺栓延伸到所述叶片中。

[0172] 示例38是任何前述条项的所述设备,其中所述至少一个螺栓处于单剪切或双剪切中的至少一种。

[0173] 示例39是任何前述条项的所述设备,进一步包括相对于所述承窝中的所述叶片的所述端部定位的塞入件。

[0174] 示例40是一种叶片保持设备,包括:接收装置,所述接收装置包括槽,以接收叶片的端部;以及保持装置,所述保持装置定位在所述接收装置的第一端和第二端处,以为所述槽中的所述叶片提供轴向保持。

[0175] 示例41是一种叶片设备,包括:毂,所述毂便于叶片在发动机中移动,所述发动机具有径向中心线;以及耳轴,所述耳轴连接到所述毂,所述耳轴包括槽以容纳第一叶片,所述耳轴或所述第一叶片中的至少一个定位成相对于所述径向中心线偏斜或倾斜中的至少一种,以形成偏离所述径向中心线的桨距轴线,使得所述桨距轴线不与所述径向中心线平行或共线,所述毂使所述第一叶片绕所述桨距轴线旋转。

[0176] 示例42是任何前述条项的所述设备,进一步包括至少一个轴承,所述至少一个轴承安装到所述毂,并且连接到所述耳轴或与所述耳轴集成在一起中的至少一个。

[0177] 示例43是任何前述条项的所述设备,其中所述偏斜包括向前偏斜。

[0178] 示例44是任何前述条项的所述设备,其中所述倾斜包括切向倾斜。

[0179] 示例45是任何前述条项的所述设备,其中所述切向倾斜进入或远离旋转方向。

[0180] 示例46是任何前述条项的所述设备,其中所述第一叶片的位置被建模以基于所述第一叶片和所述耳轴之间的附接点来模拟和解析反作用。

[0181] 示例47是任何前述条项的所述设备,其中所述附接点或所述第一叶片的取向中的至少一个是基于所模拟的所述第一叶片上的反作用来确定的。

[0182] 示例48是任何前述条项的所述设备,进一步包括相对于所述耳轴中的所述第一叶片定位的塞入件。

[0183] 示例49是任何前述条项的所述设备,进一步包括相对于所述耳轴中的所述第一叶片定位的弹簧或楔形件中的至少一个。

[0184] 示例50是一种转子设备,包括:移动装置,所述移动装置便于叶片在发动机中移动,所述发动机具有径向中心线;以及连接装置,所述连接装置容纳第一叶片,所述连接装

置或所述第一叶片中的至少一个定位成相对于所述径向中心线偏斜或倾斜中的至少一种，以形成偏离所述径向中心线的桨距轴线，使得所述桨距轴线不与所述径向中心线平行或共线，所述移动装置使所述第一叶片绕所述桨距轴线旋转。

[0185] 示例51是任何前述条项的所述设备，其中所述偏斜包括向前偏斜。

[0186] 示例52是任何前述条项的所述设备，其中所述倾斜包括切向倾斜。

[0187] 示例53是任何前述条项的所述设备，进一步包括保持装置，以将所述叶片保持在所述连接装置中。

[0188] 示例54是一种计算机实施的方法，该方法确定叶片位置以相对于径向发动机轴线设置桨距轴线。示例方法包括：在相对于附接到发动机的毂的耳轴的位置处调节叶片的模型的位置；对所述模型施加负载；求解所述模型以解析由所述负载引起的反作用；基于模型求解预测一个或多个输出；基于所述一个或多个输出确定所述叶片的偏斜或倾斜中的至少一个；产生叶片位置以形成偏离所述发动机的径向中心线的桨距轴线，使得所述桨距轴线不与所述径向中心线平行或共线，所述叶片绕所述桨距轴线旋转。

[0189] 示例55是任何前述条项的所述方法，其中所述至少一个输出包括多个输出，并且进一步包括组合所述输出以创建加权输出参数。

[0190] 示例56是任何前述条项的所述方法，进一步包括评估所述叶片位置的结果。

[0191] 示例57是任何前述条项的所述方法，其中所述模型是有限元模型，并且其中对所述叶片的所述位置进行建模以基于所述叶片和所述耳轴之间的附接点来模拟和解析反作用。

[0192] 示例58是任何前述条项的所述方法，其中基于在所述叶片上模拟和解析的所述反作用来确定所述叶片的所述附接点或取向中的至少一个。

[0193] 示例59是任何前述条项的所述方法，其中所述位置是第一位置，并且进一步包括将所述位置修改为第二位置并重复所述方法。

[0194] 示例60是任何前述条项的所述方法，进一步包括创建设计空间以在一定范围内倾斜或偏斜所述桨距轴线中的至少一个。

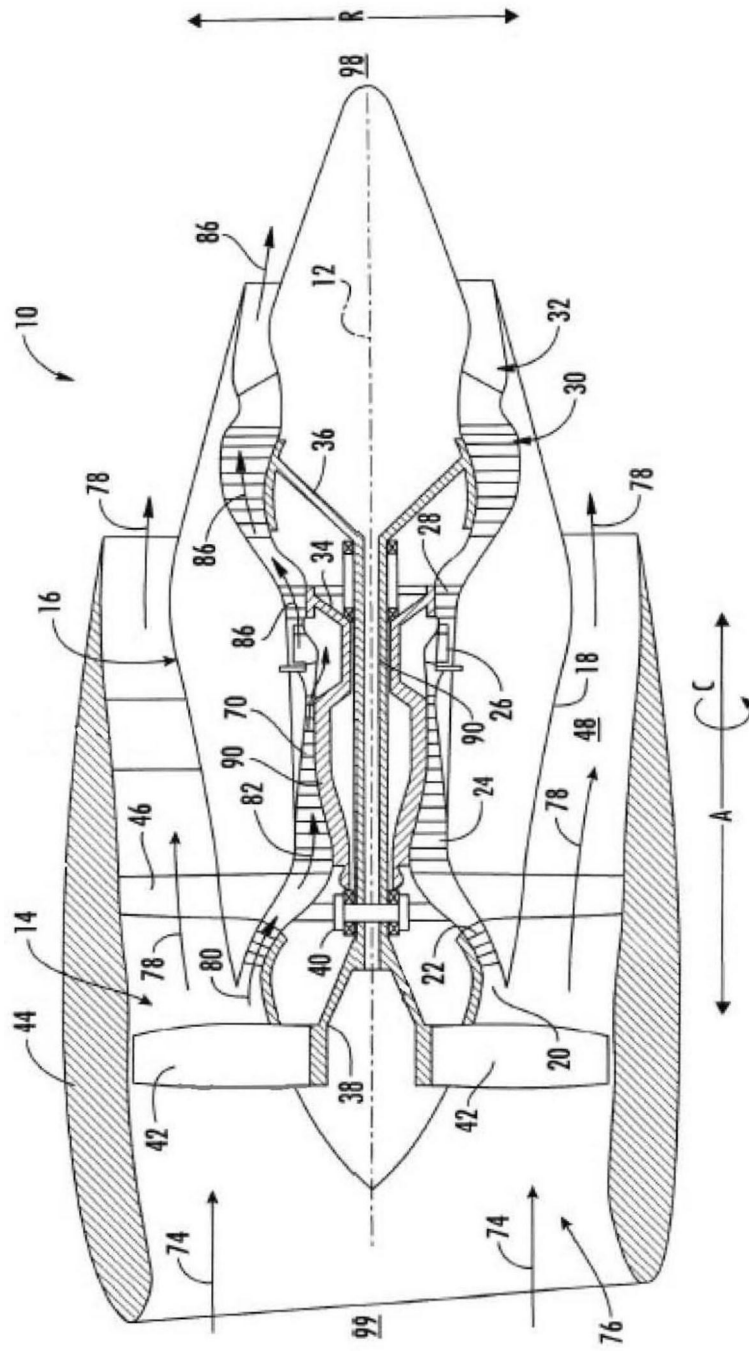


图1A

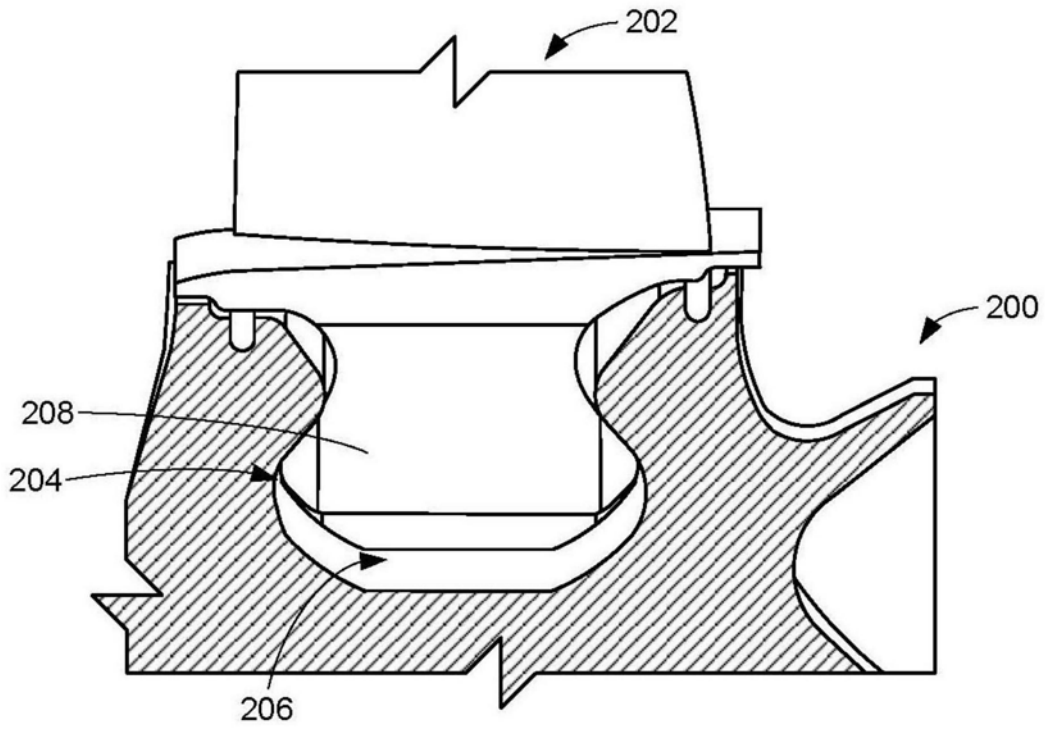


图2

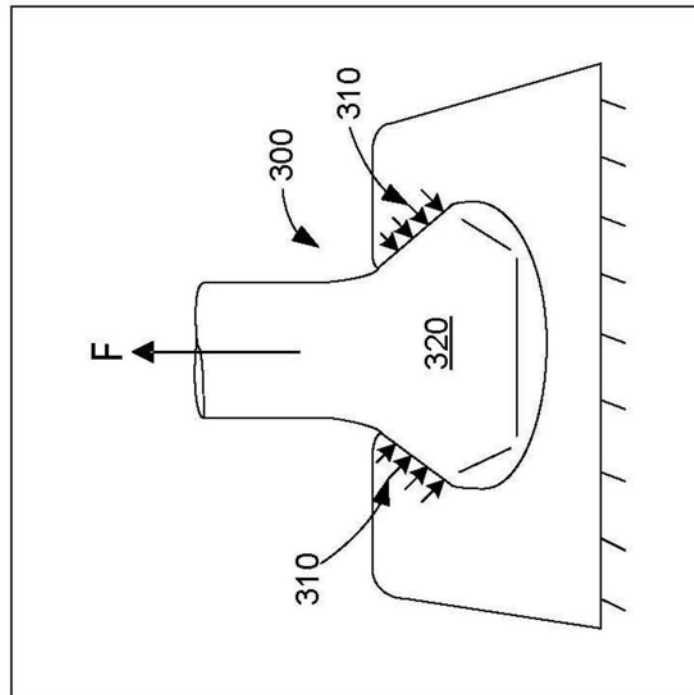


图3A

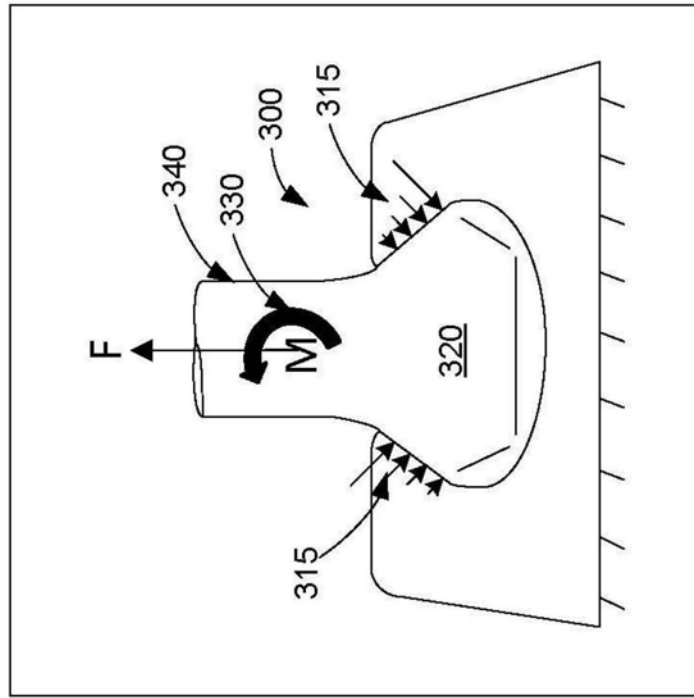


图3B

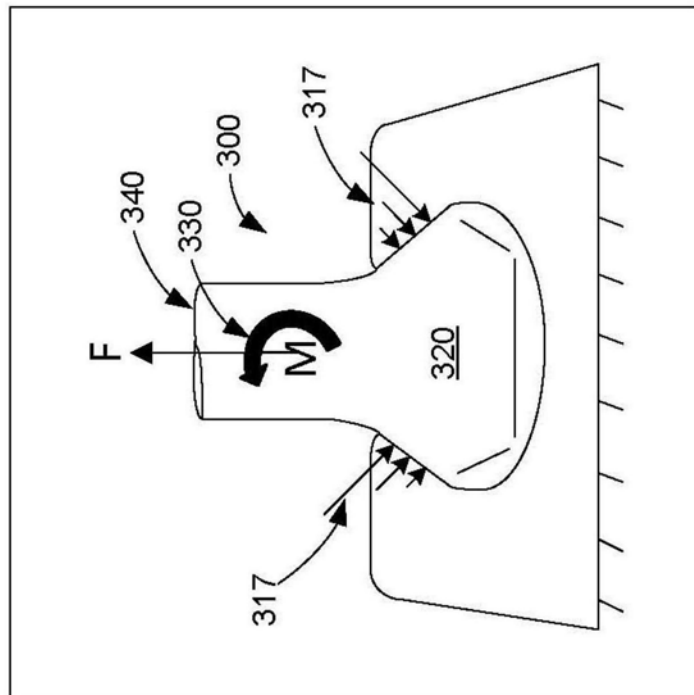


图4A

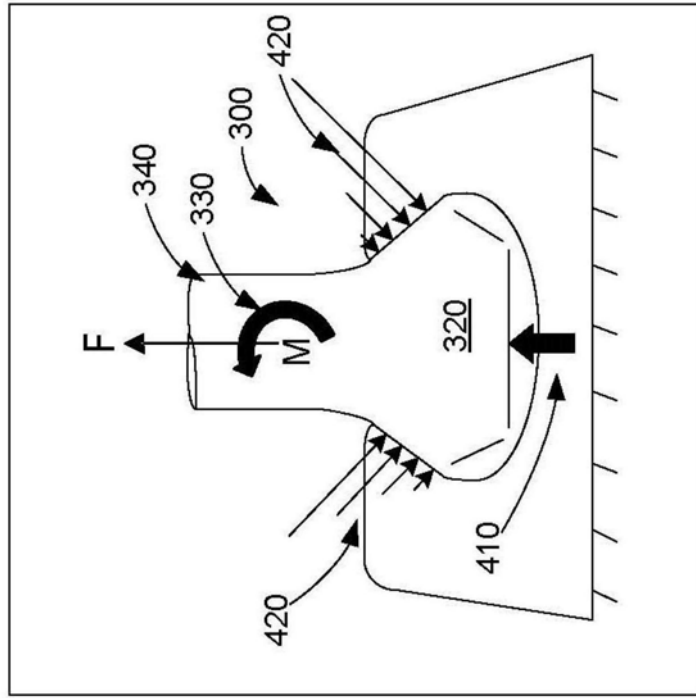


图4B

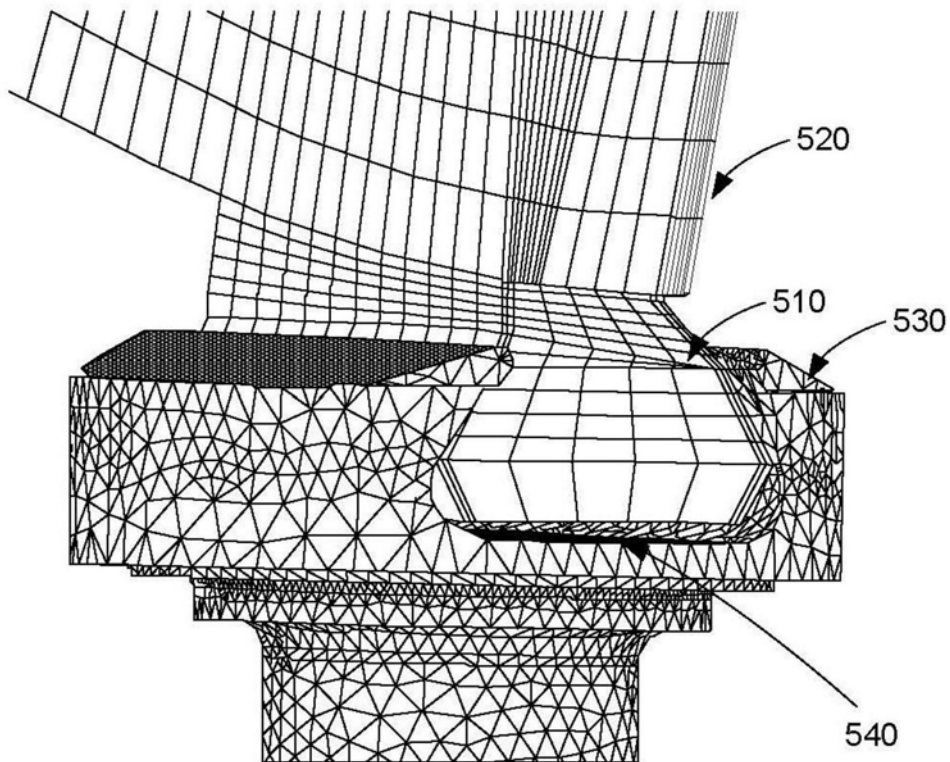


图5

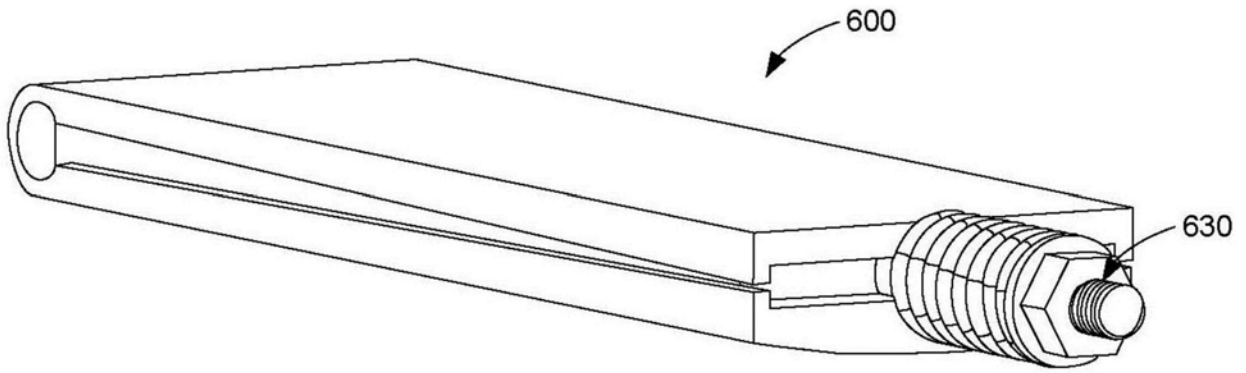


图6A

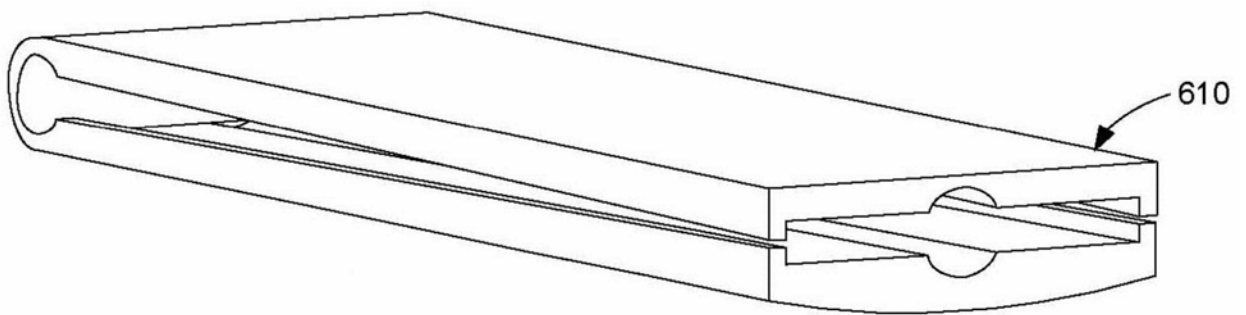


图6B

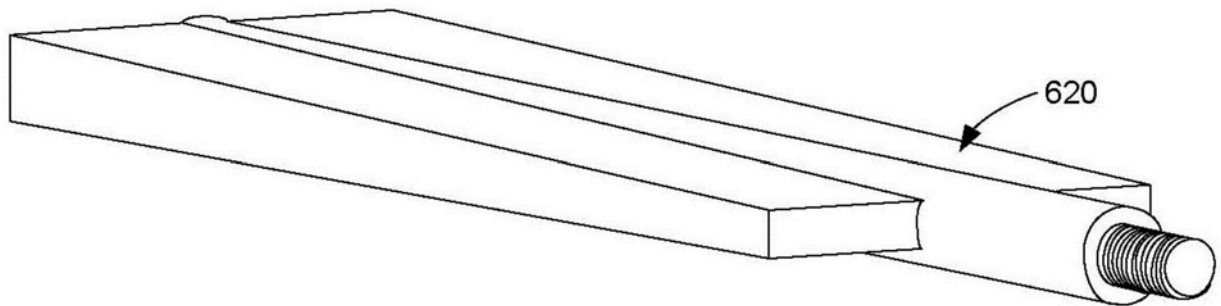


图6C

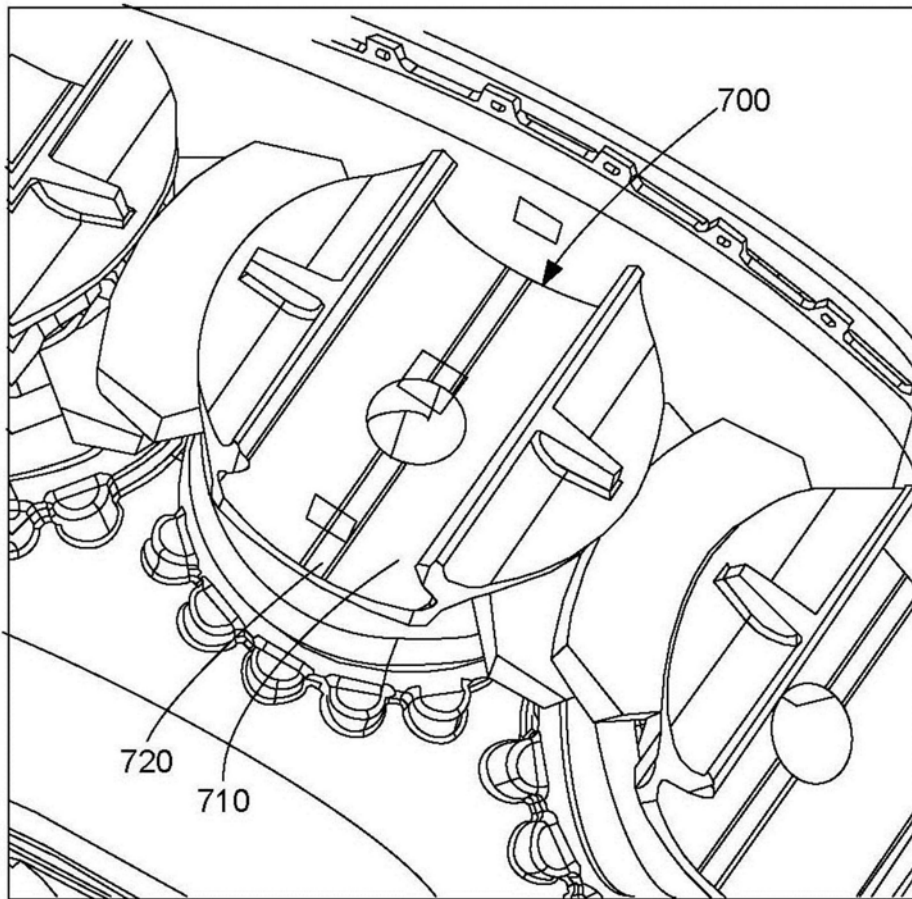


图7

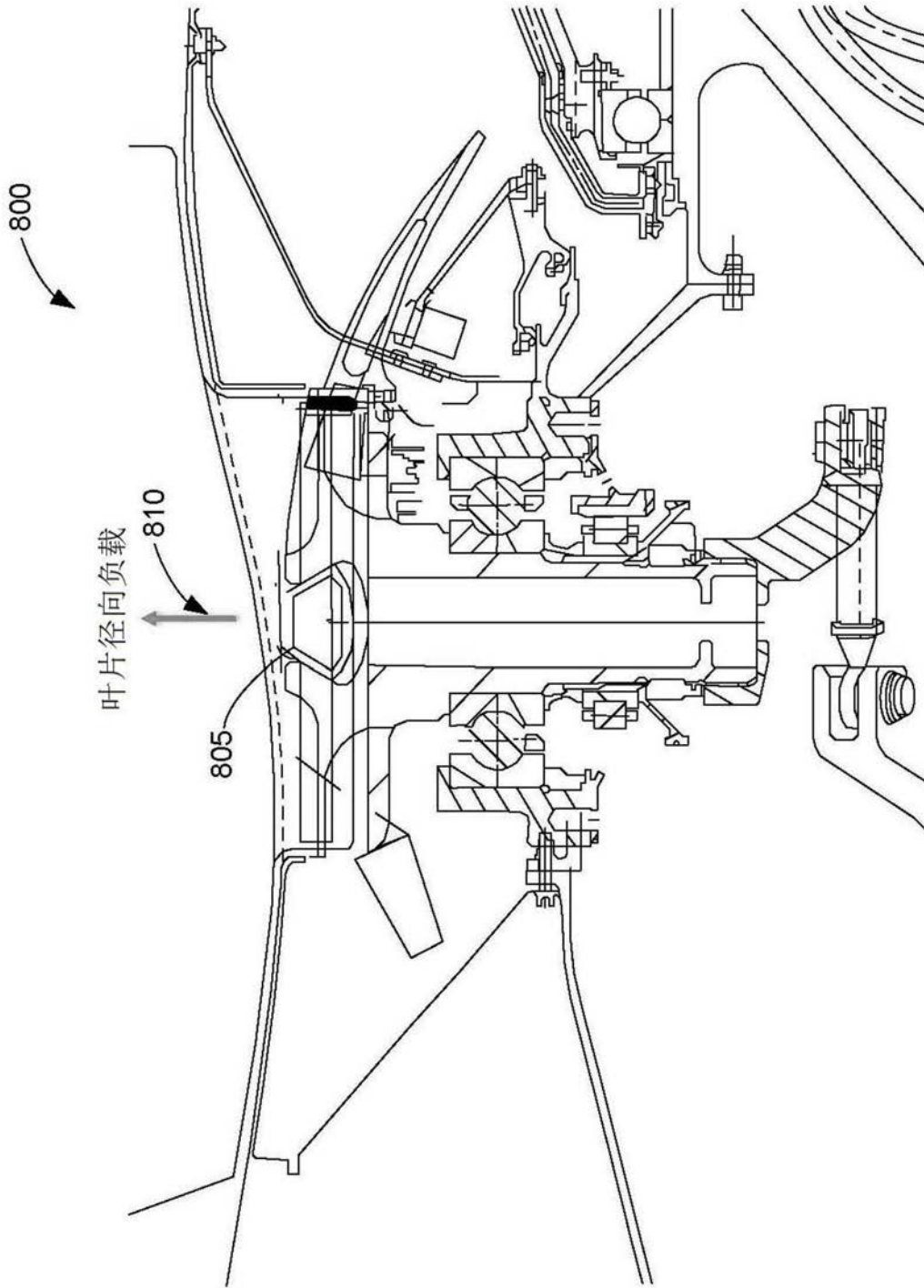


图8

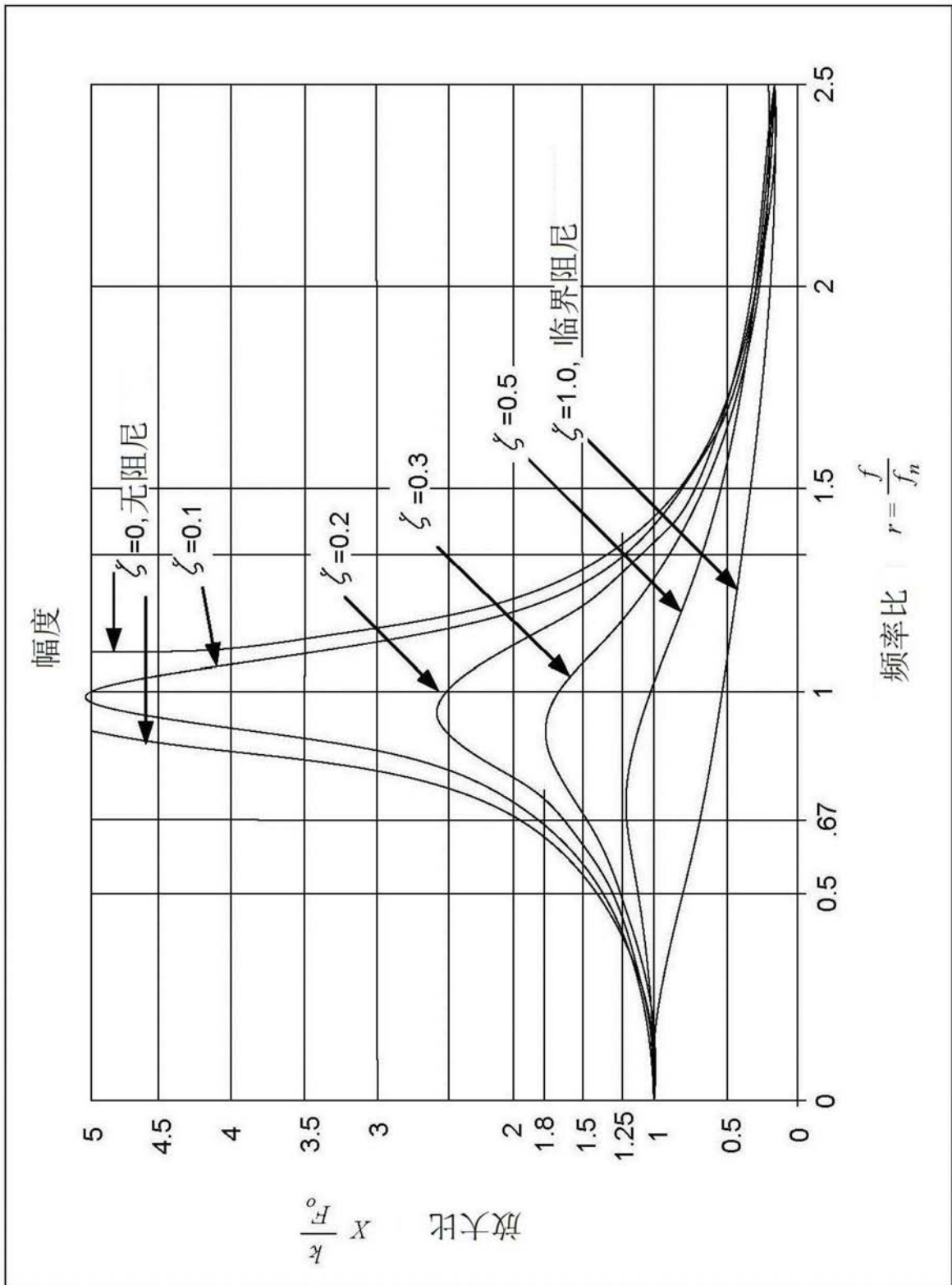


图9

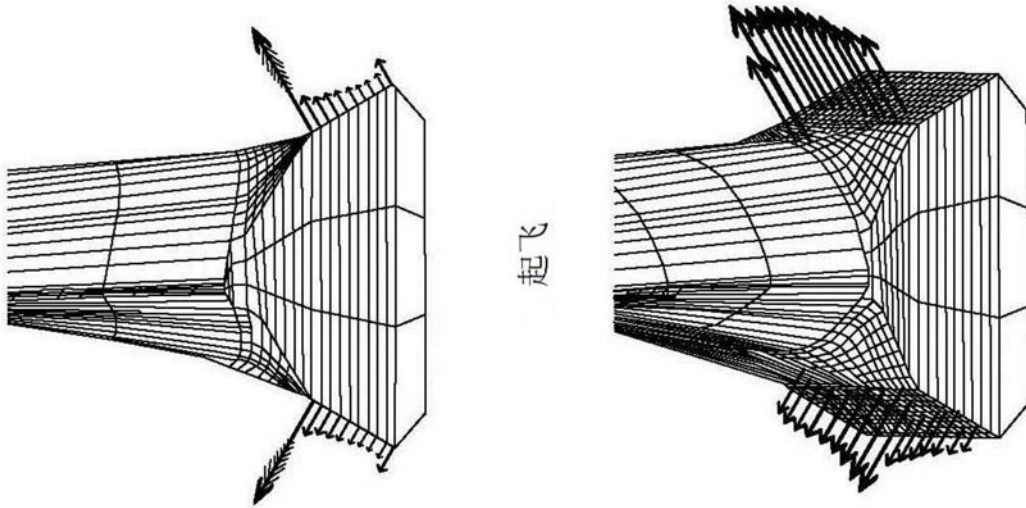


图10A

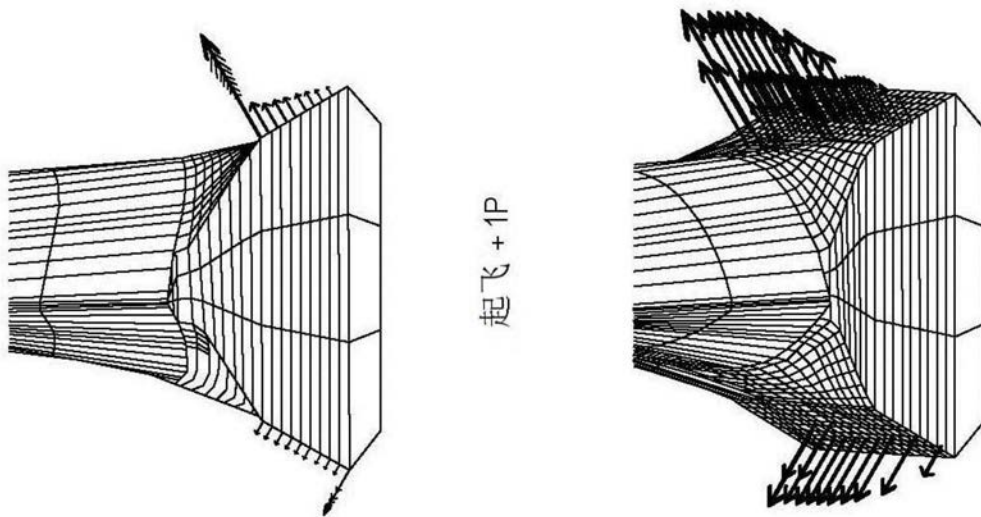


图10B

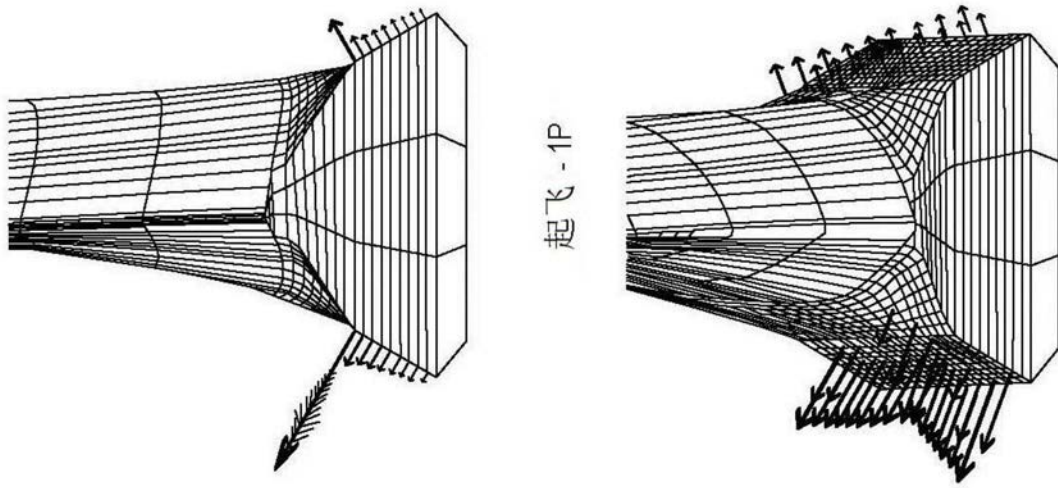


图10C

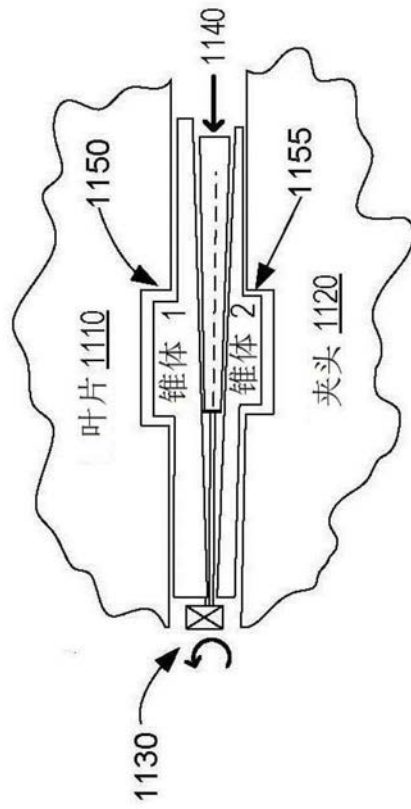


图11A

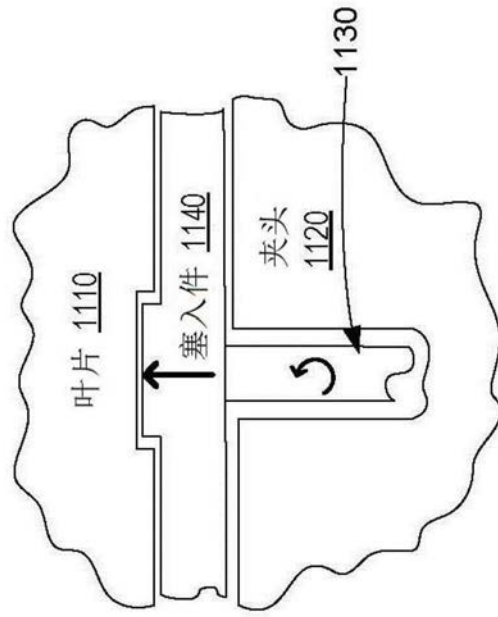


图11B

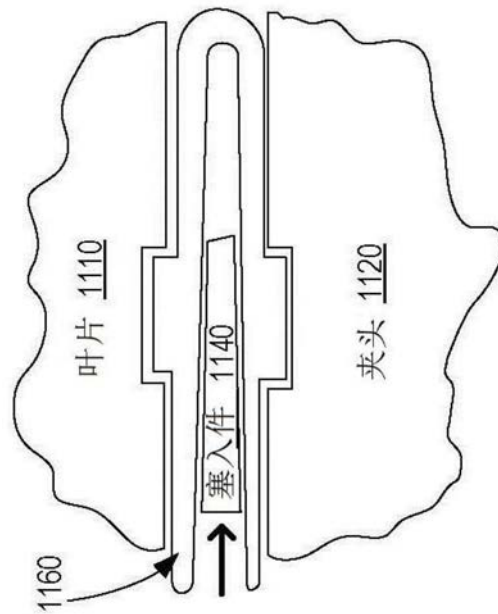


图11C

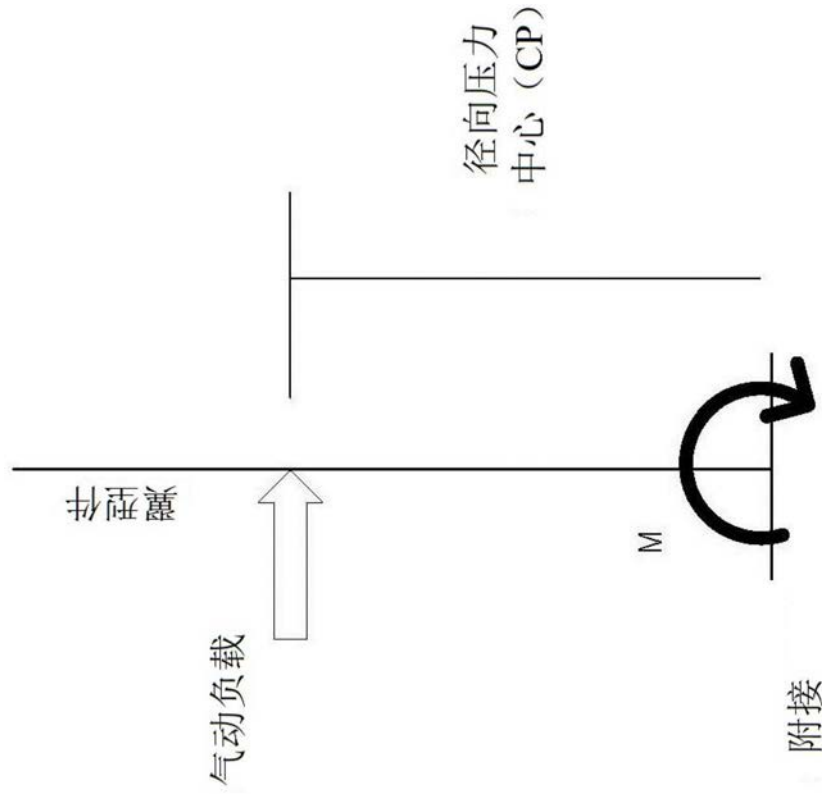


图12A

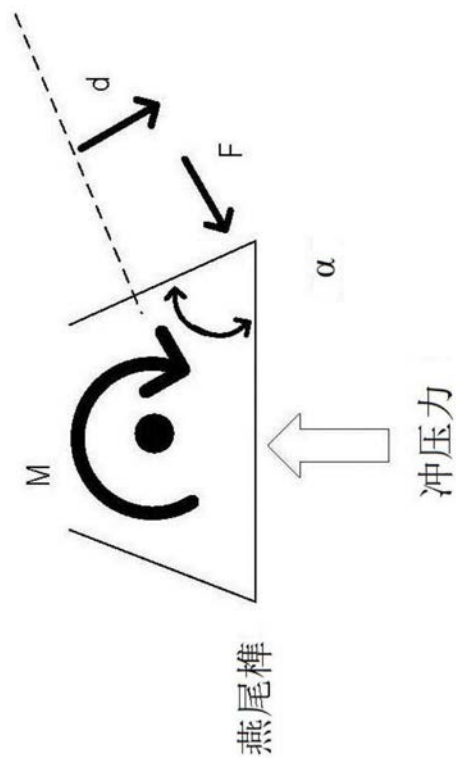


图12B

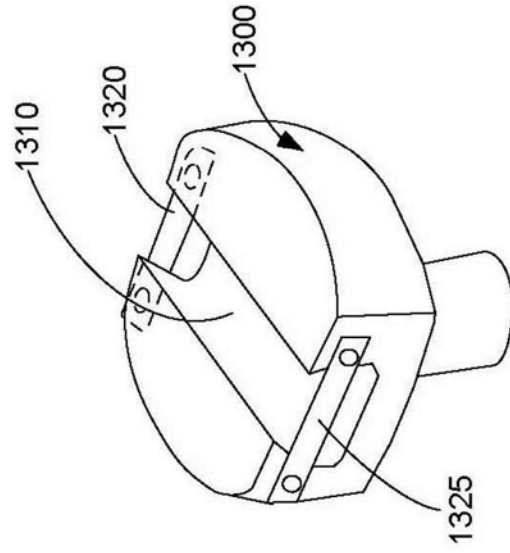


图13A

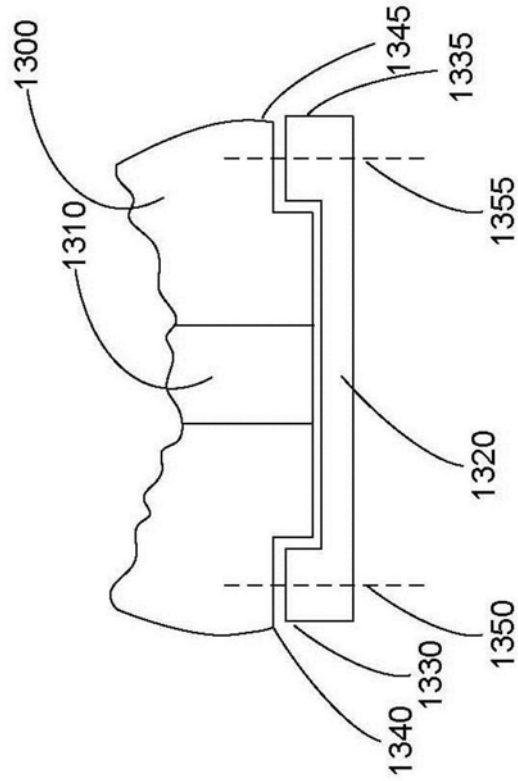


图13B

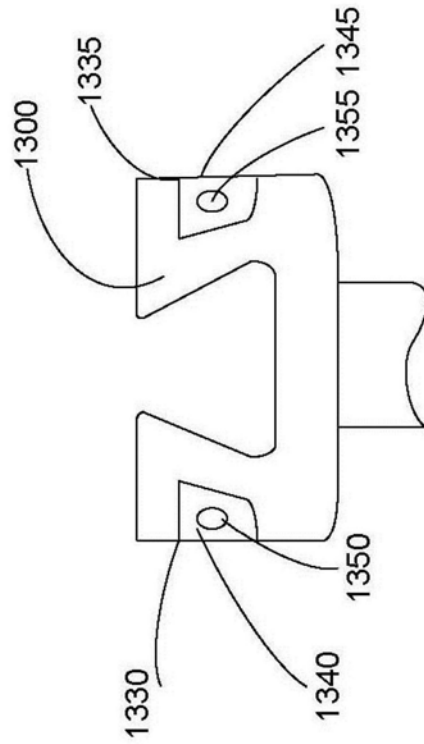


图13C

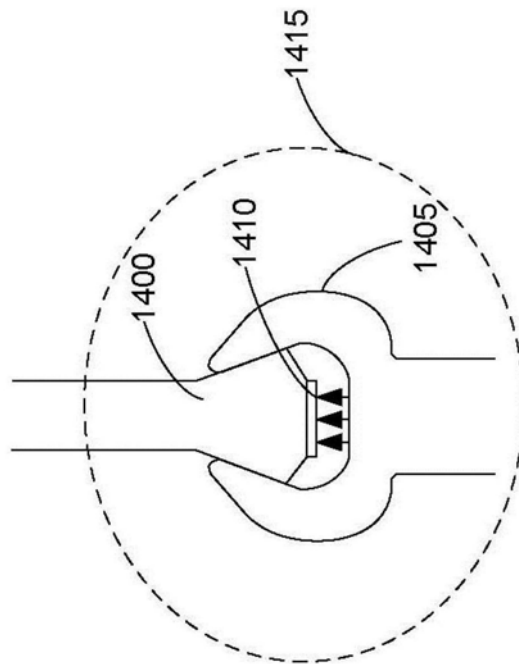


图14A

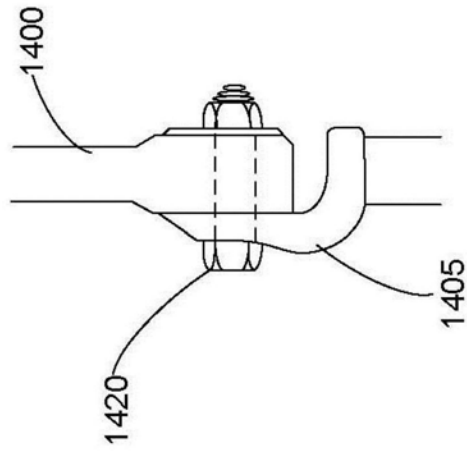


图14B

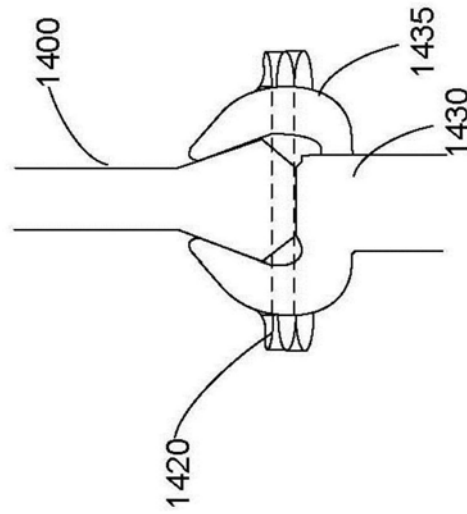


图14C

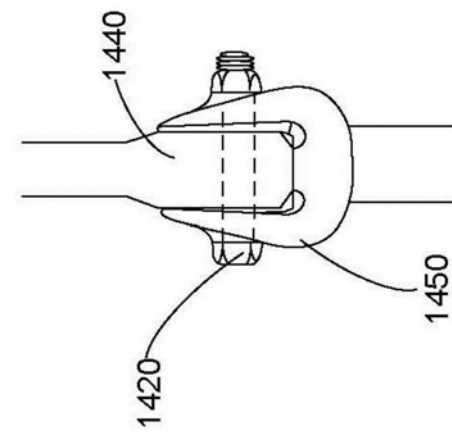


图14D

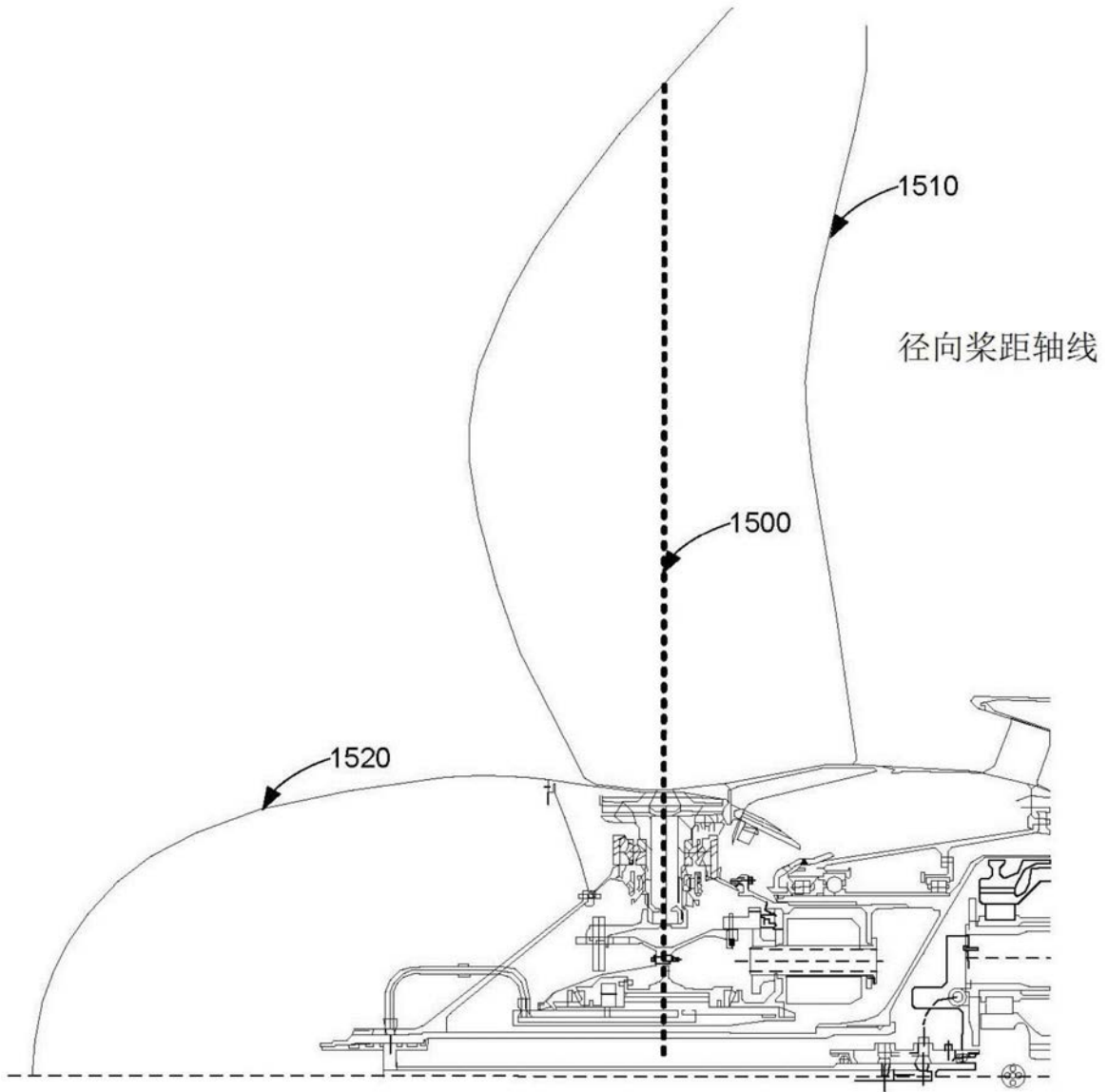


图15A

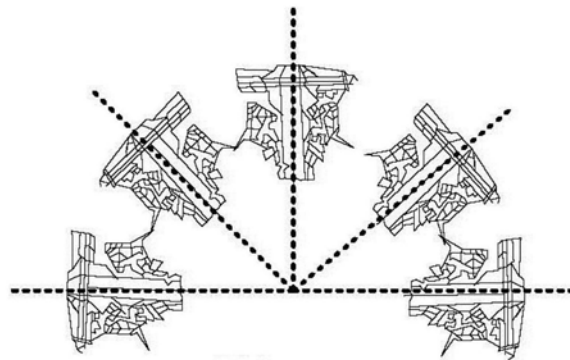


图15B

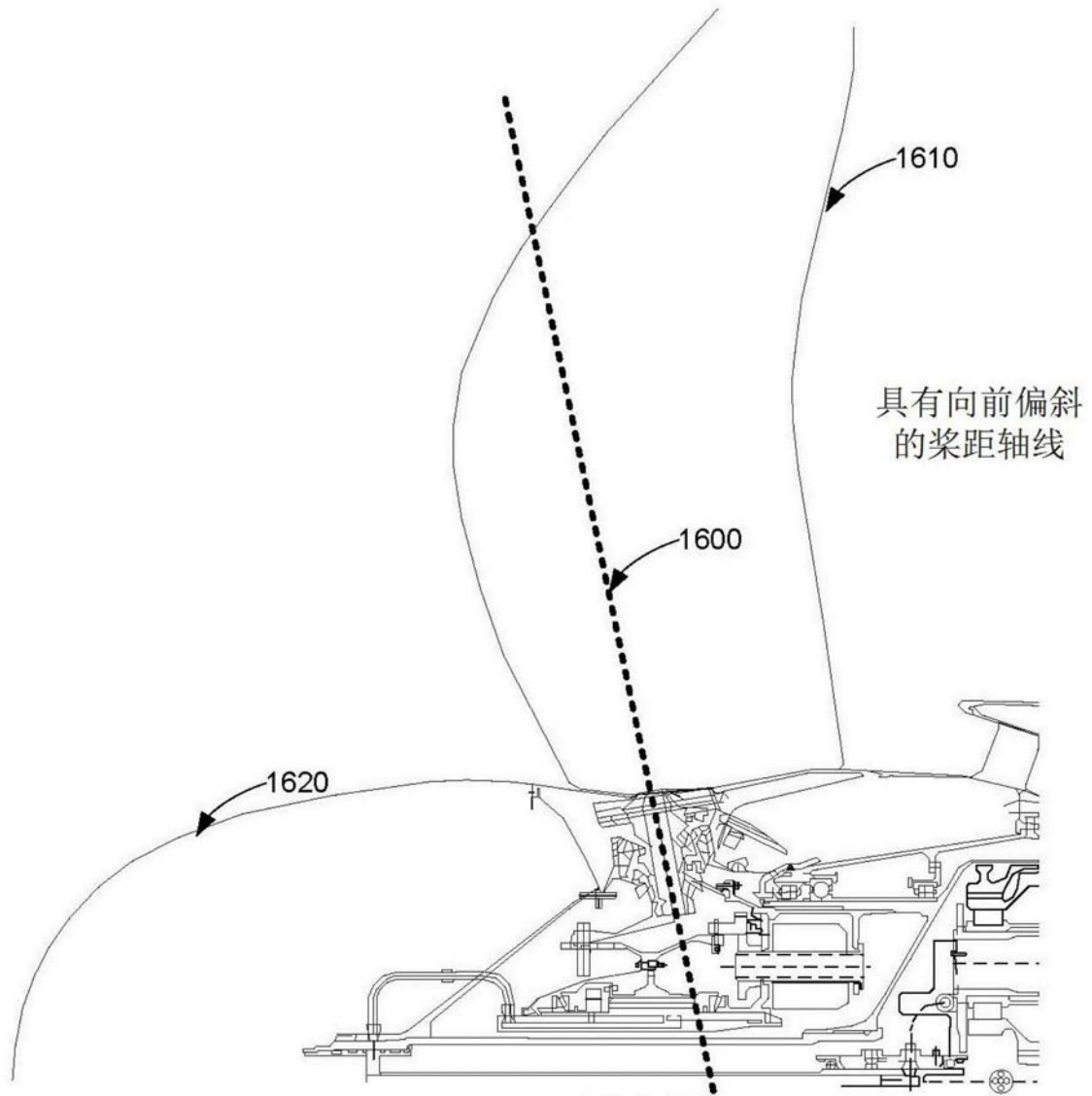


图16A

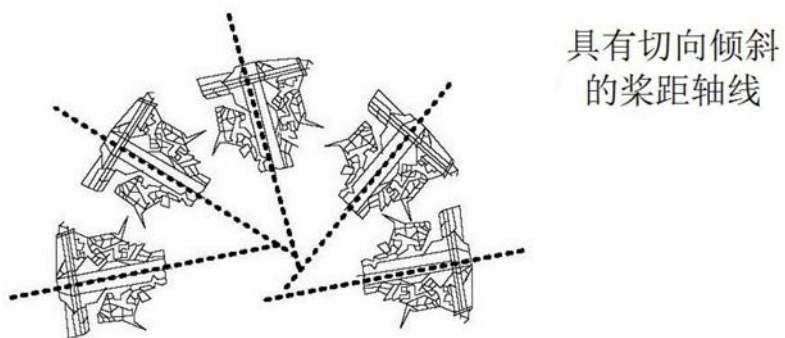


图16B

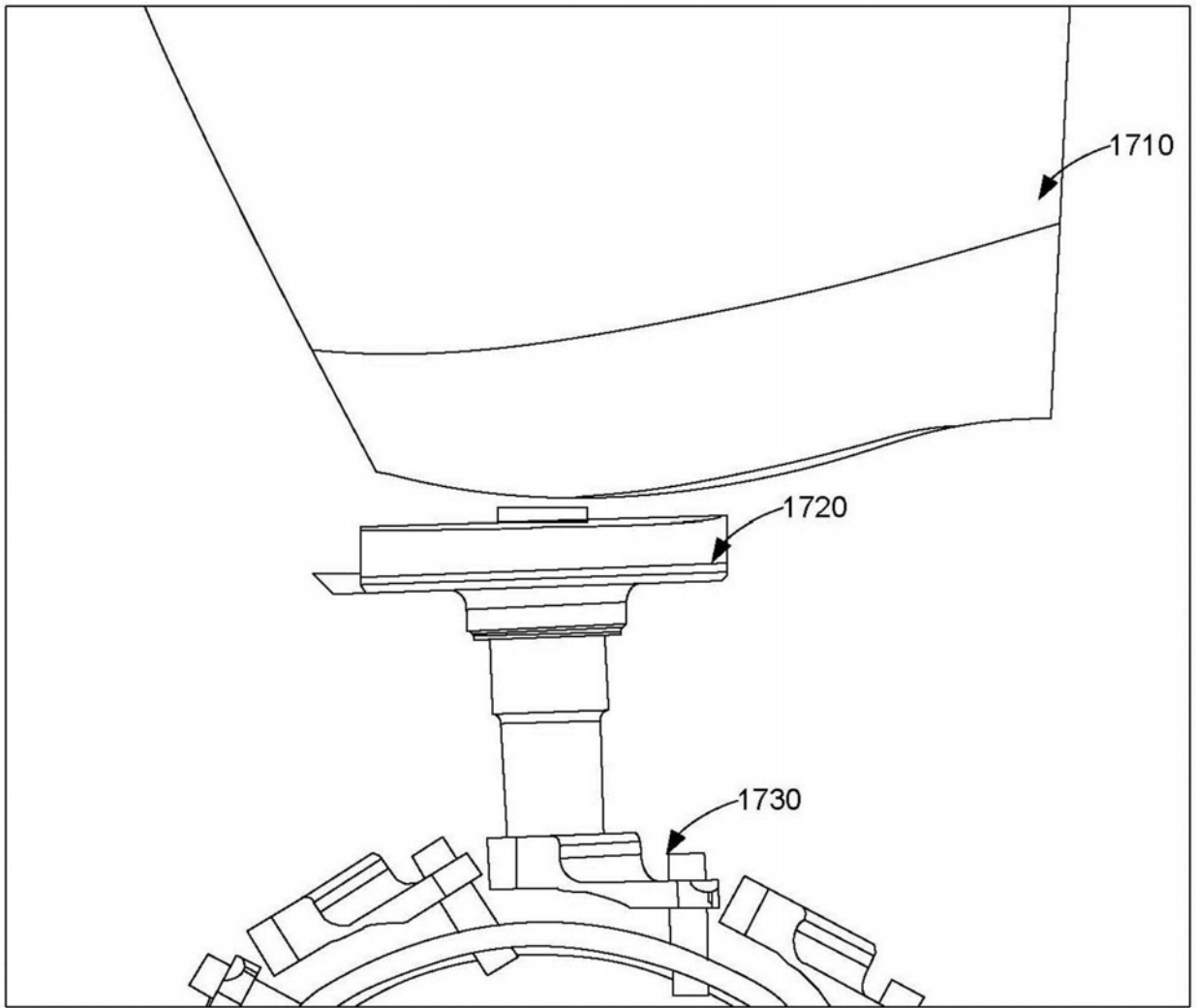


图17

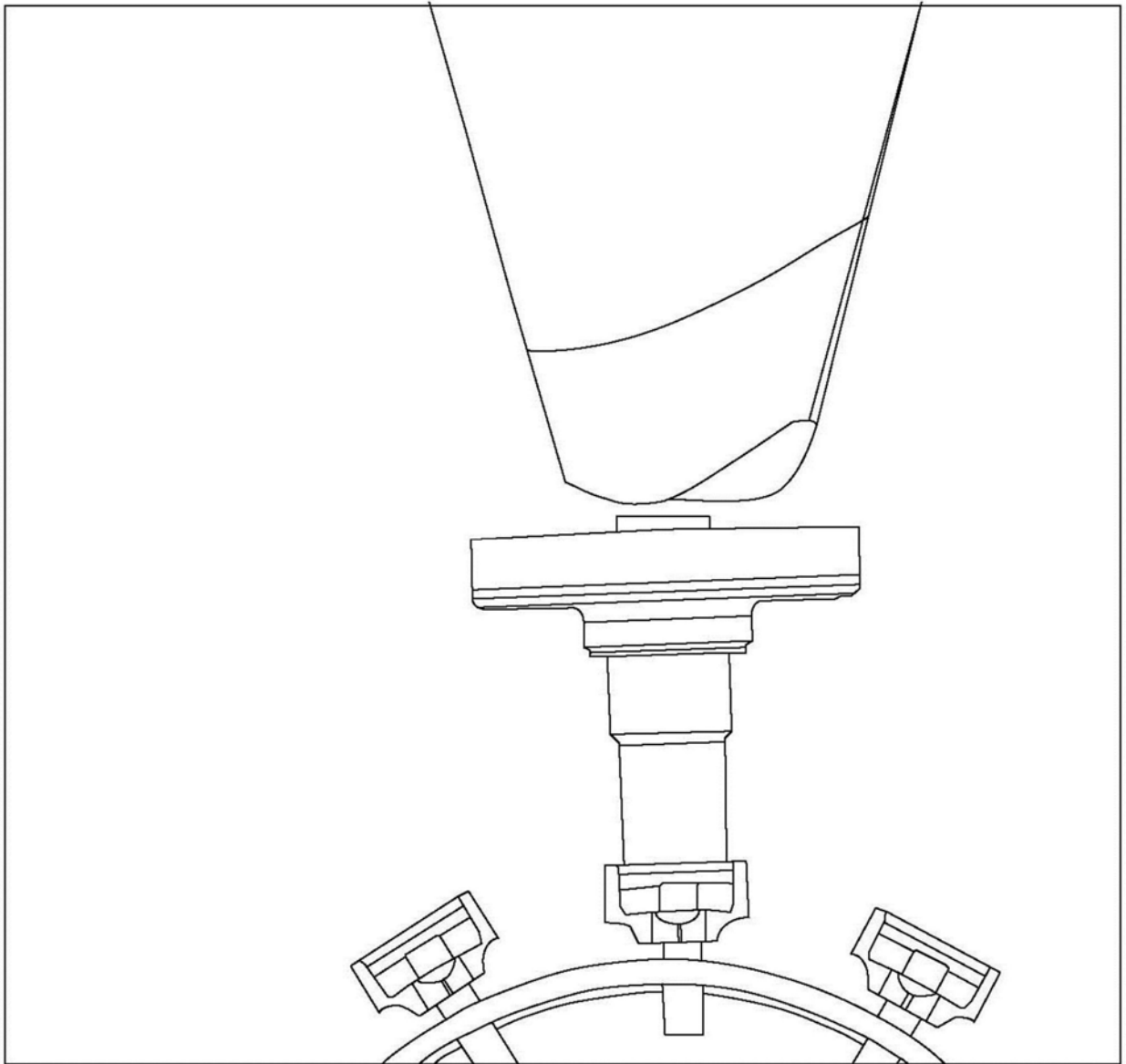


图18

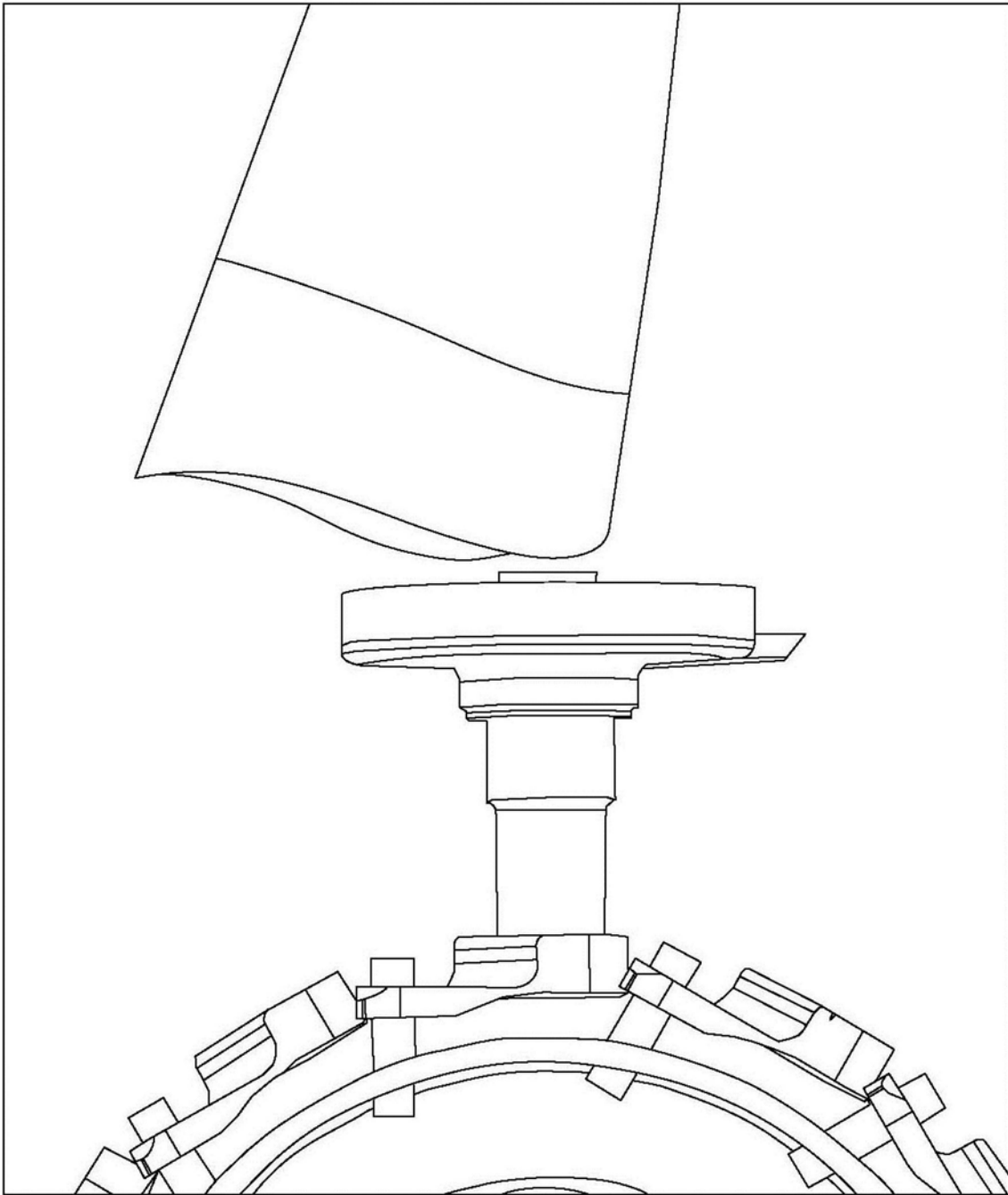


图19

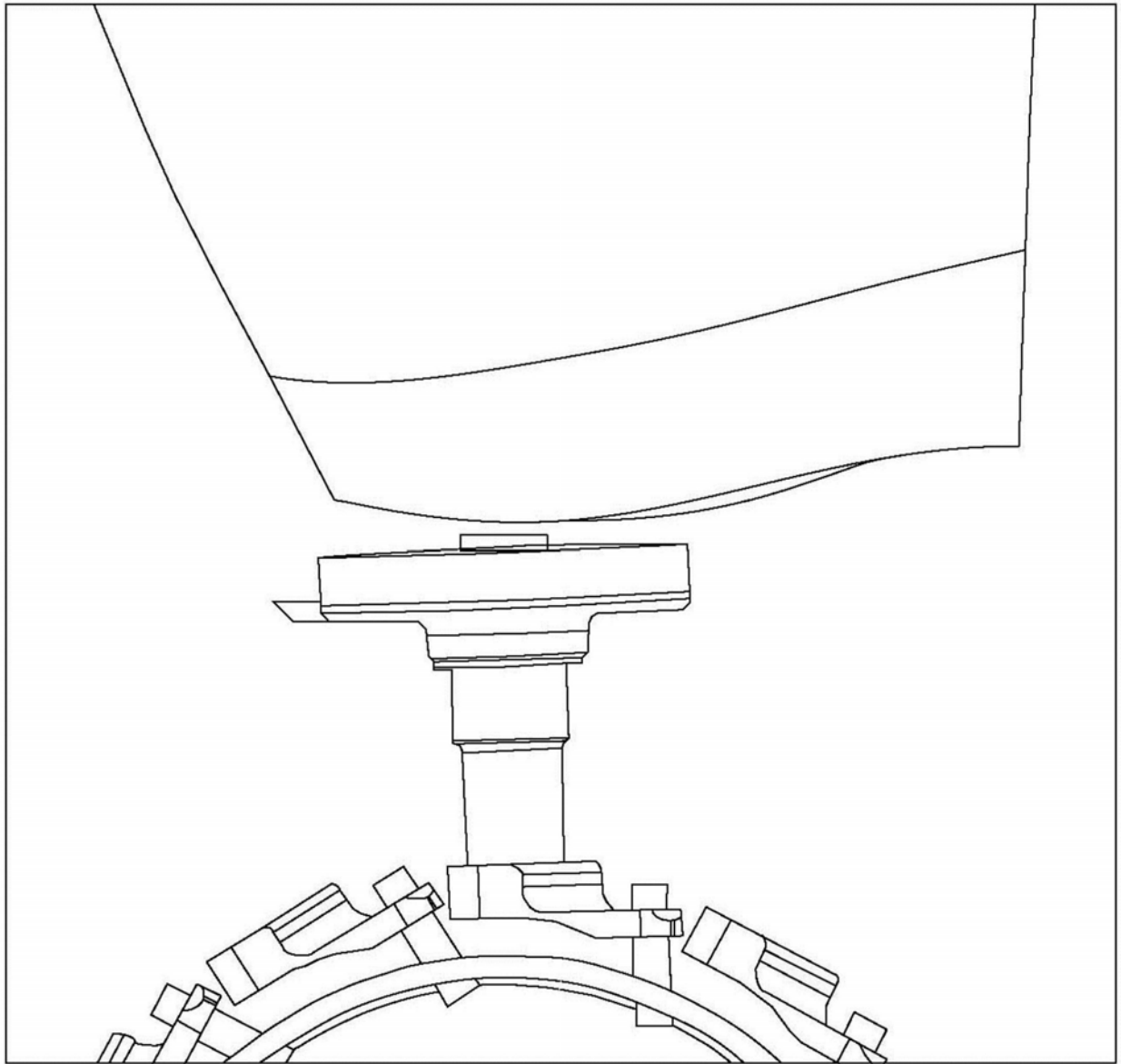


图20

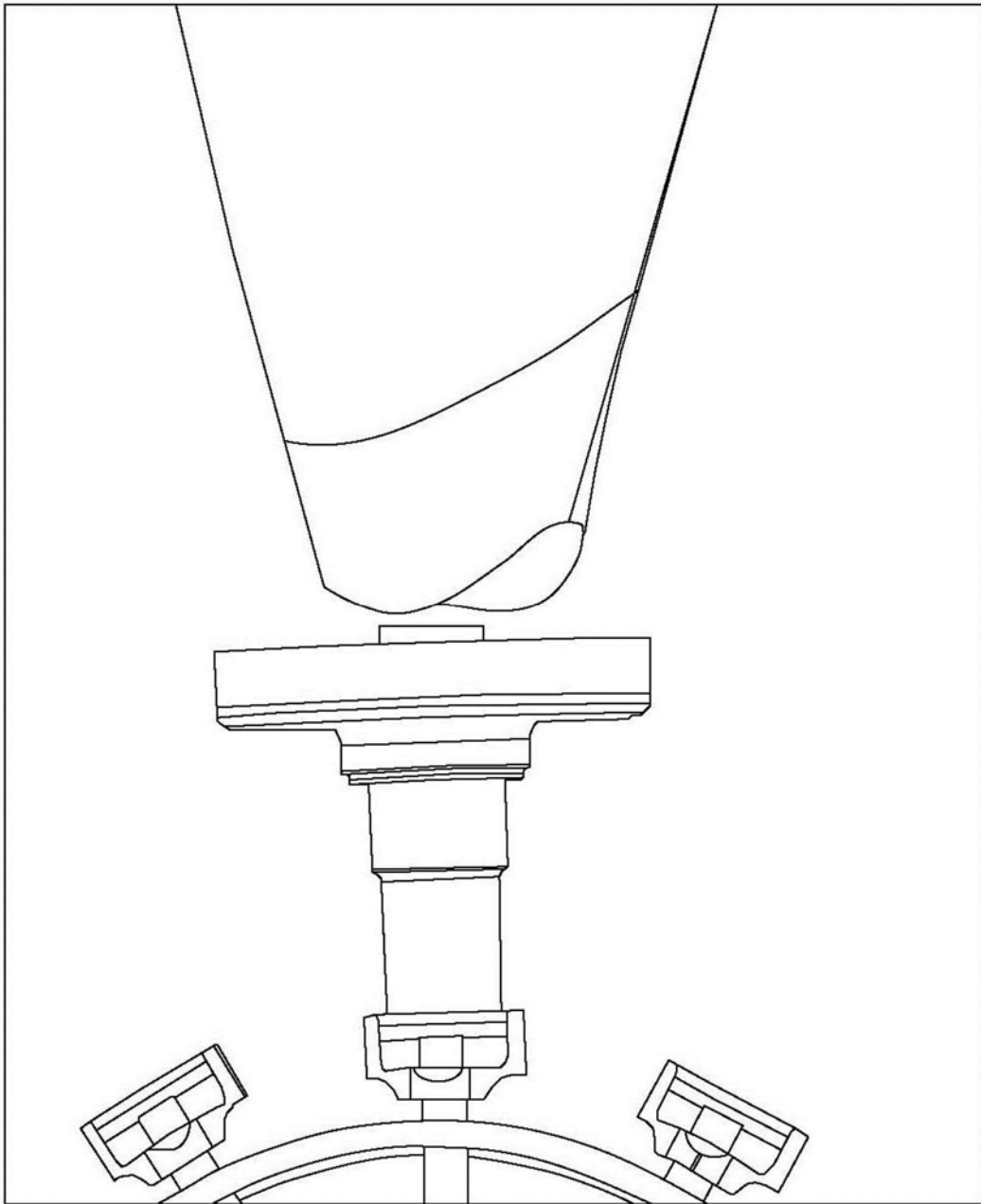


图21

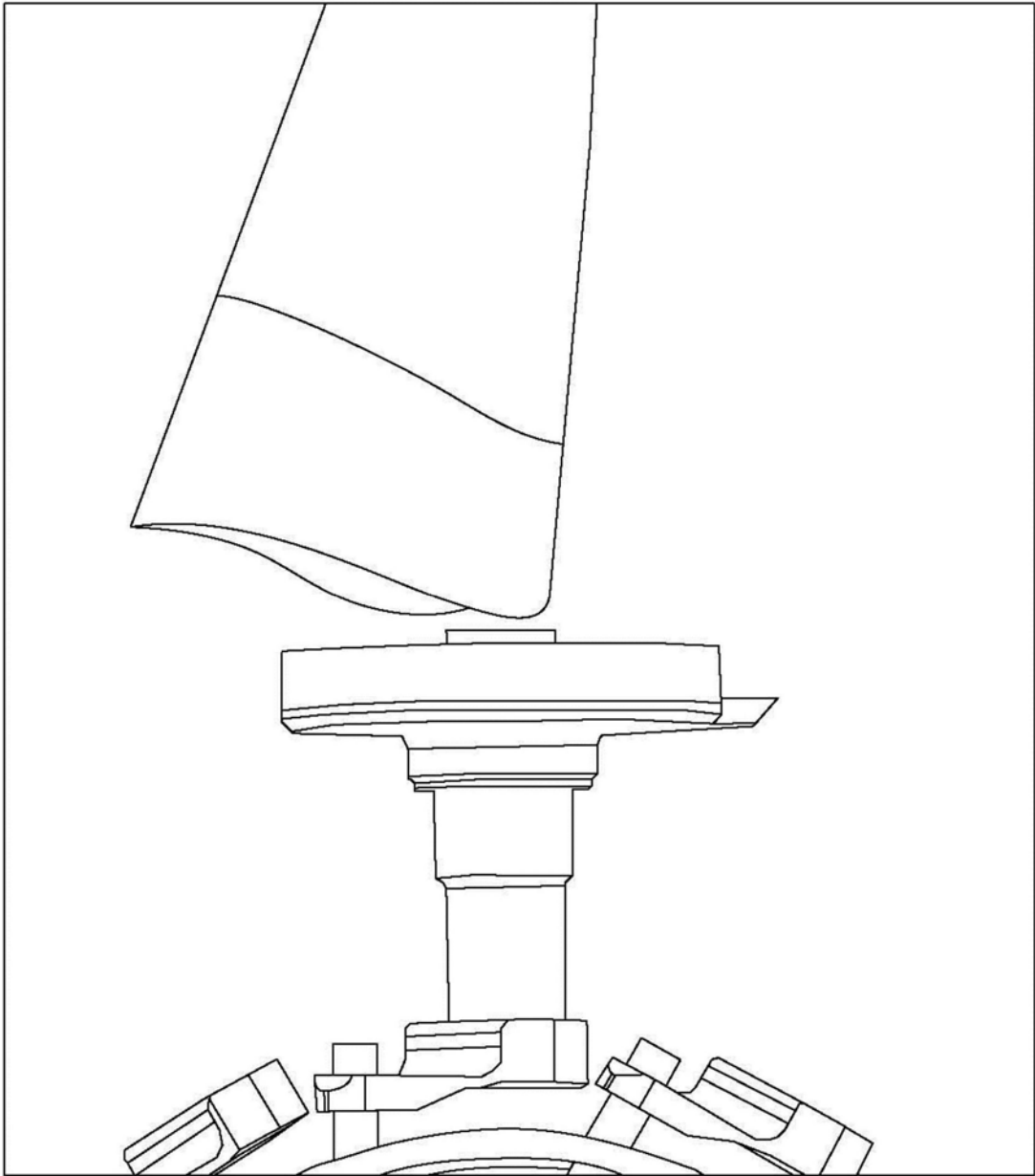


图22

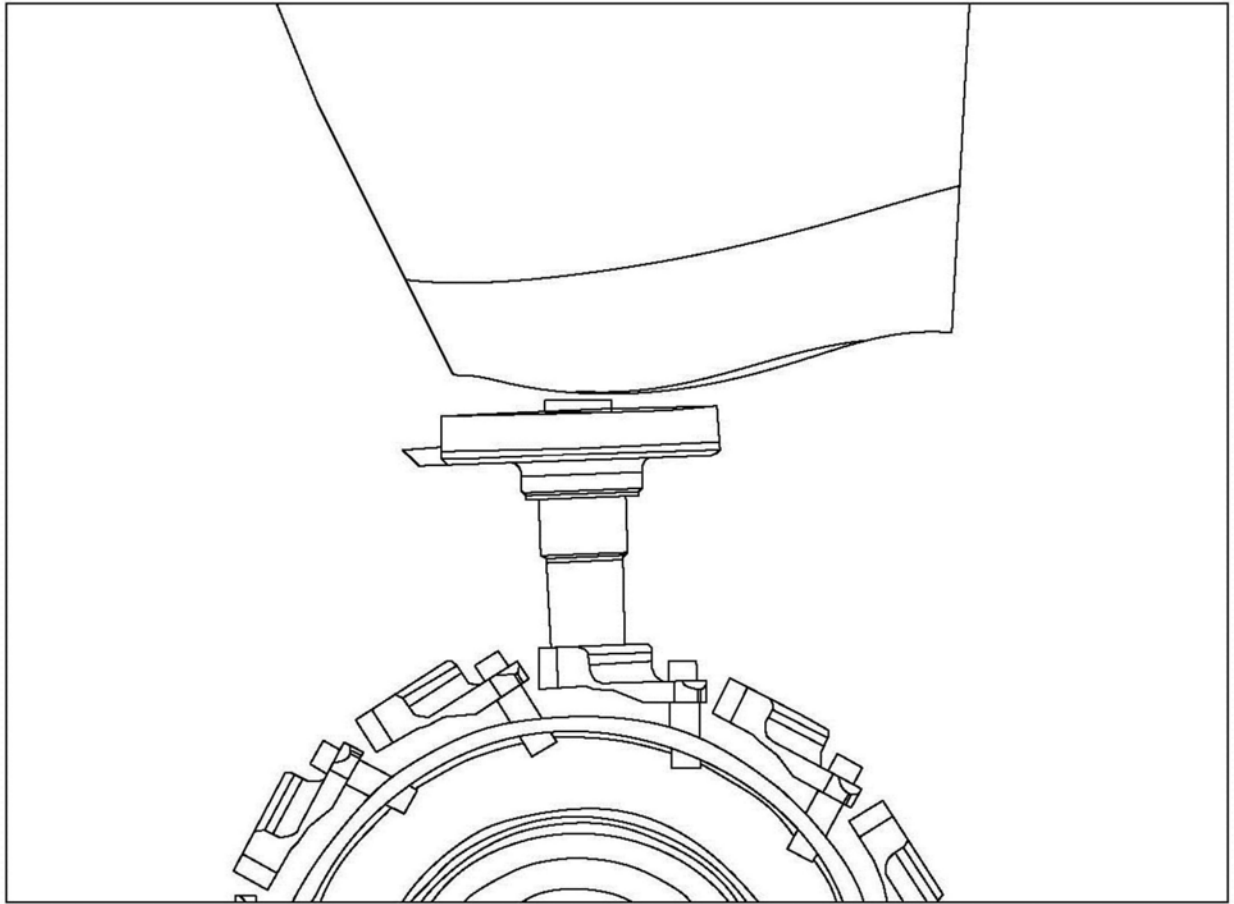


图23

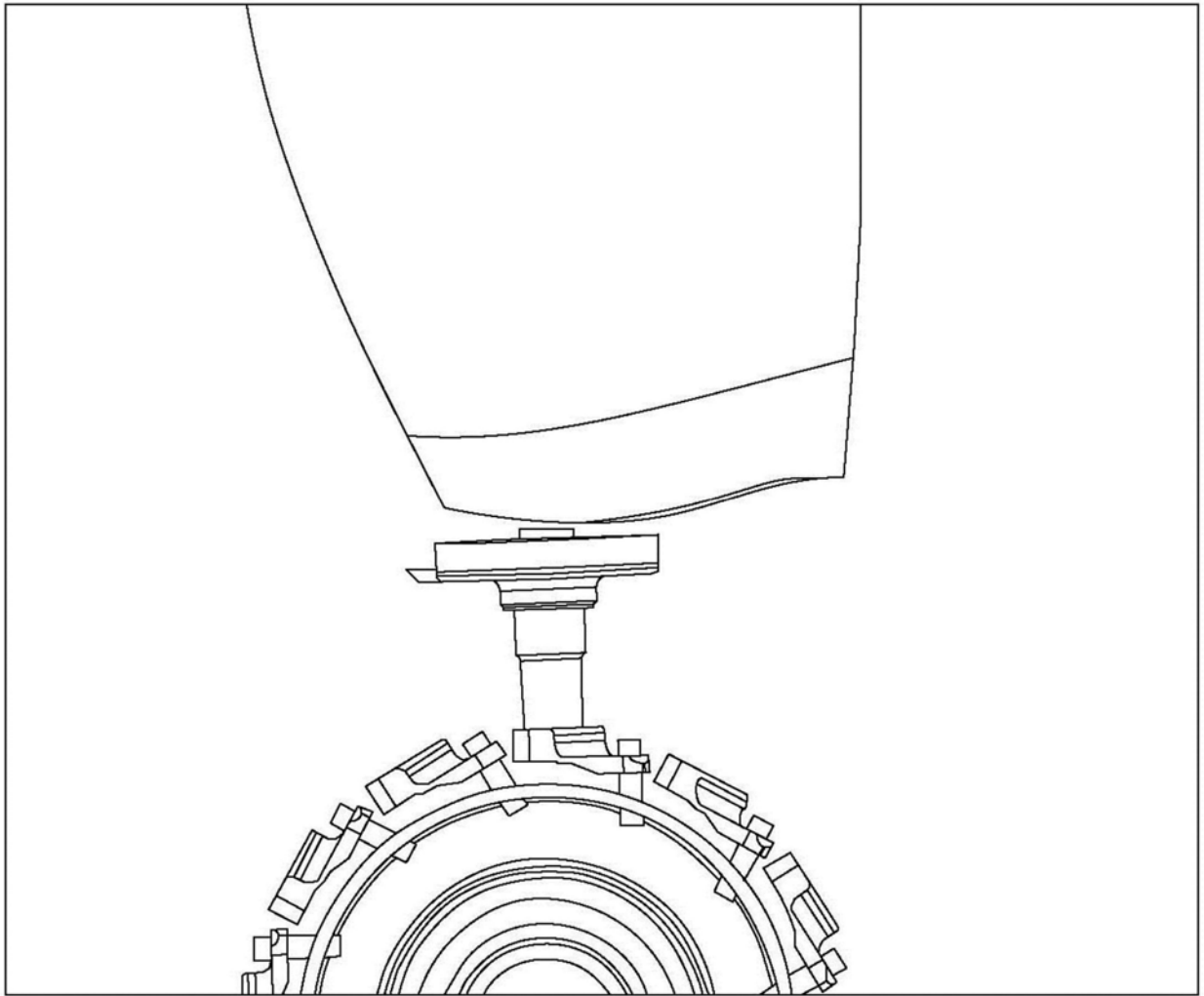


图24

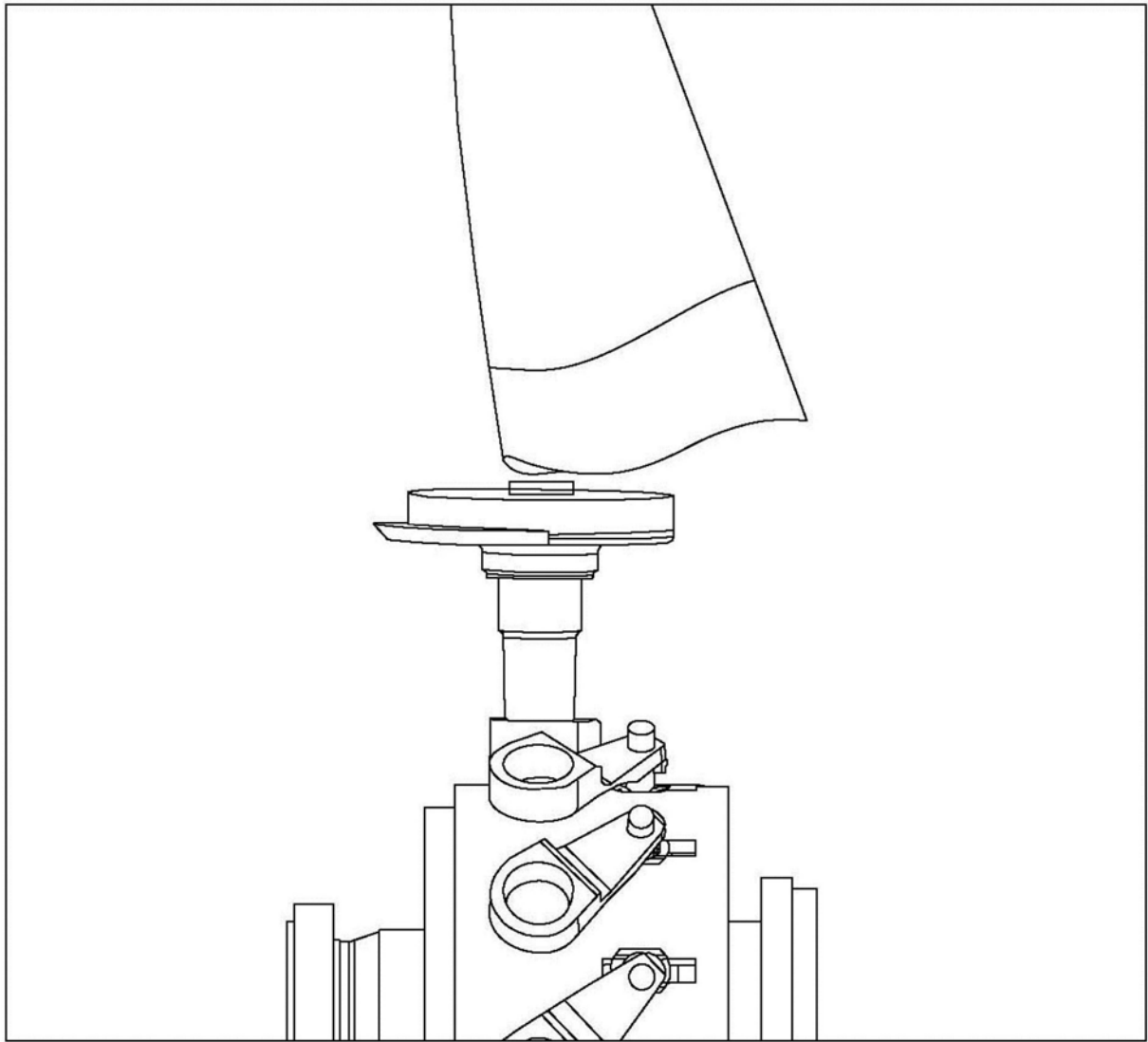


图25

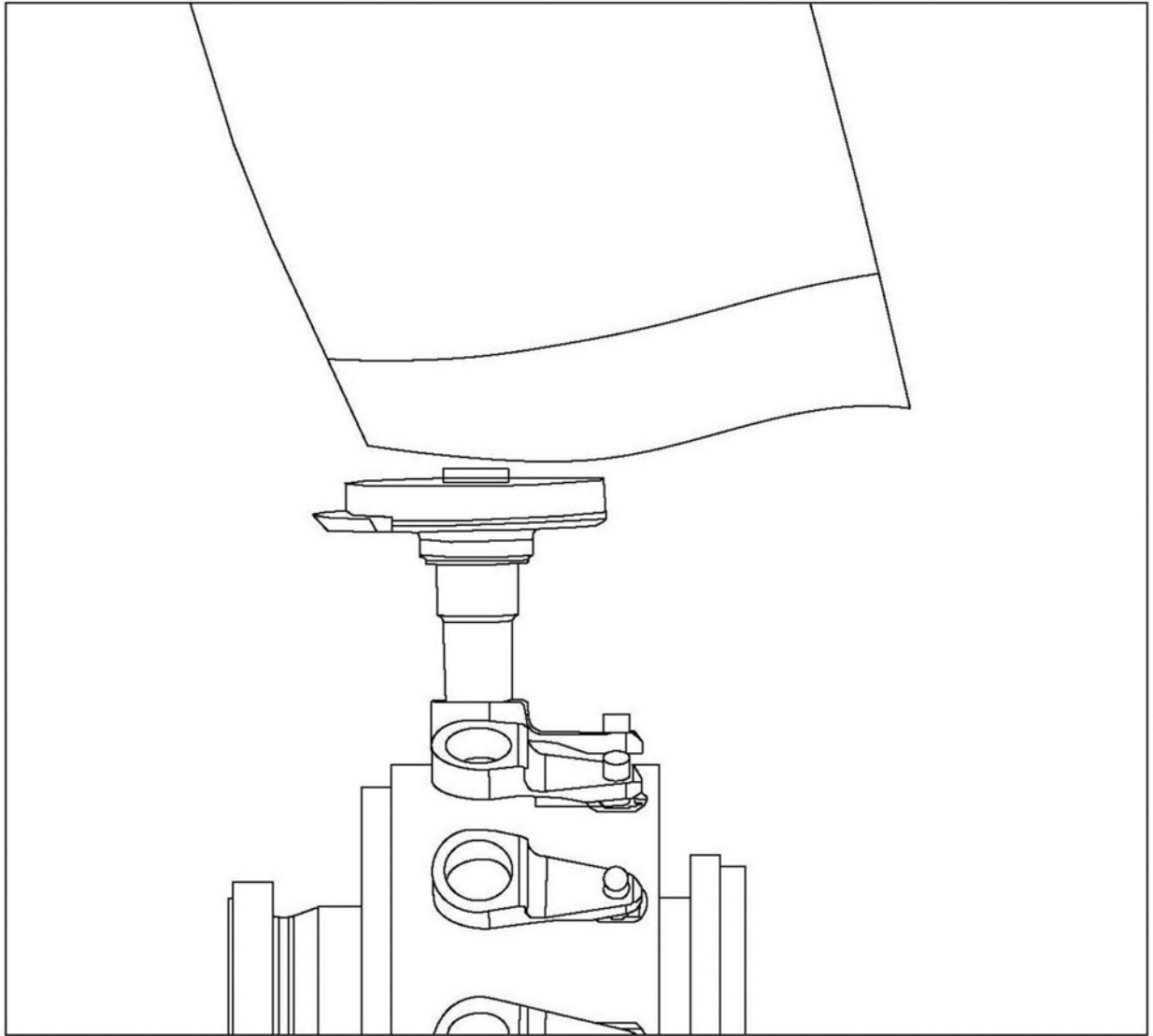


图26

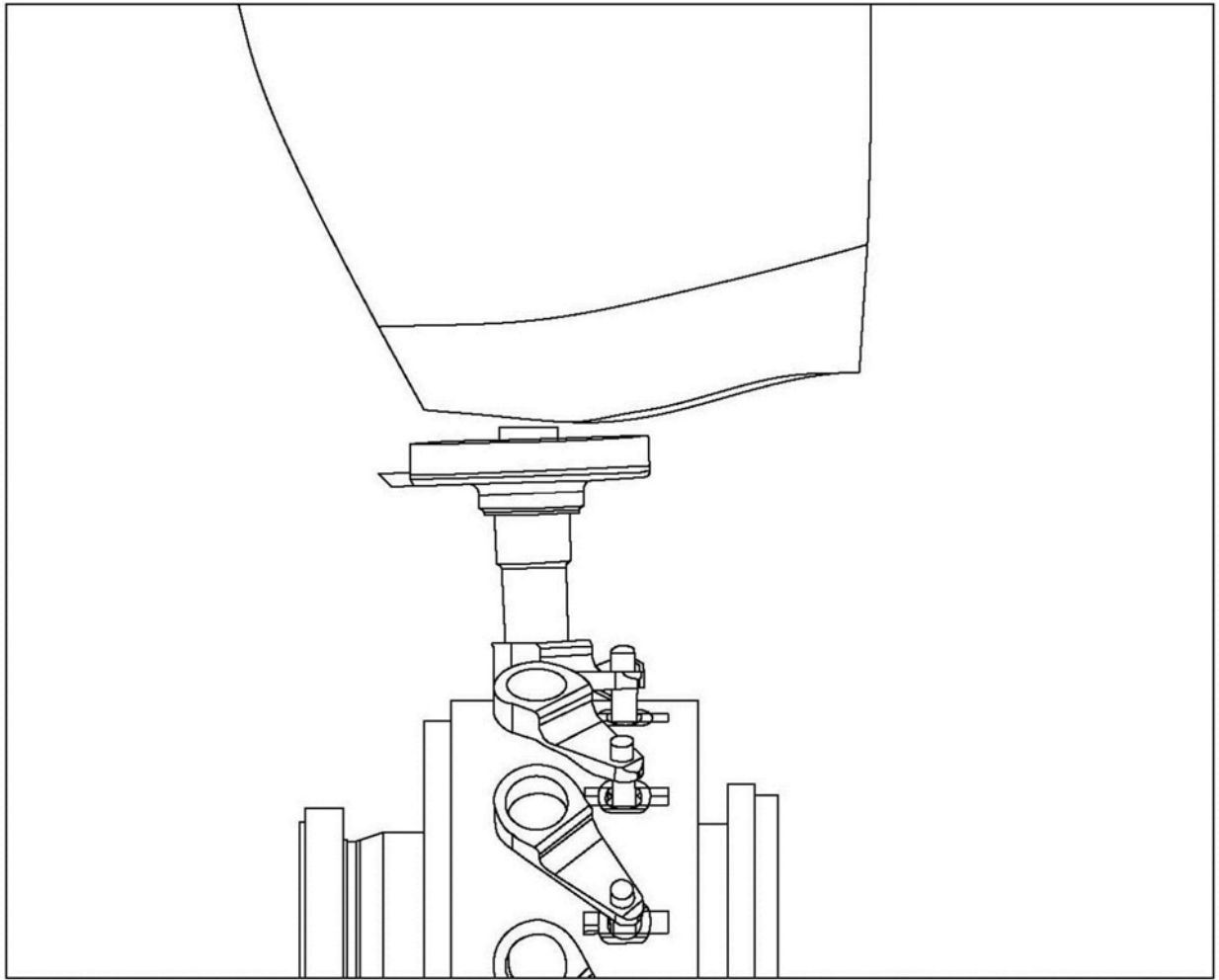


图27

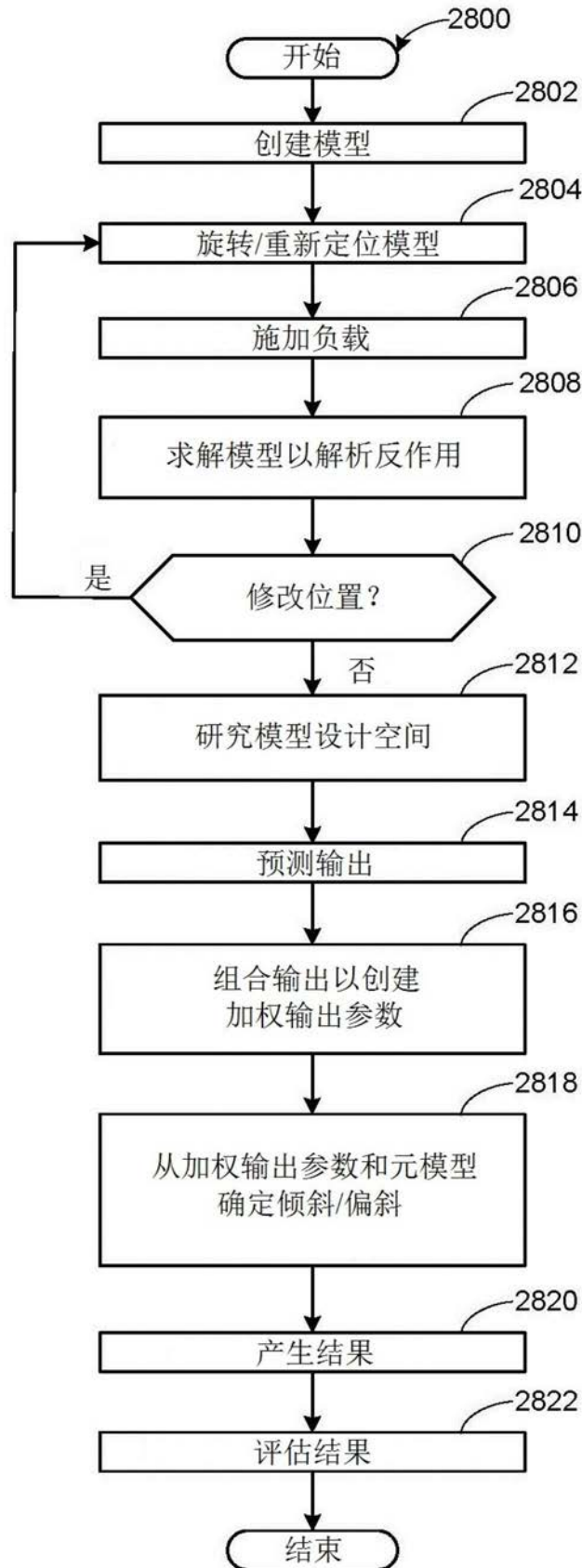


图28