



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108930594 A

(43)申请公布日 2018.12.04

(21)申请号 201810513538.0

F01D 25/12(2006.01)

(22)申请日 2018.05.25

F01D 9/02(2006.01)

(30)优先权数据

15/605351 2017.05.25 US

(71)申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 A.R.斯图尔特 J.D.克莱门茨

R.施米德特 T.O.莫尼斯

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 郭帆扬 谭祐祥

(51)Int.Cl.

F02C 7/06(2006.01)

F02C 7/18(2006.01)

F01D 25/16(2006.01)

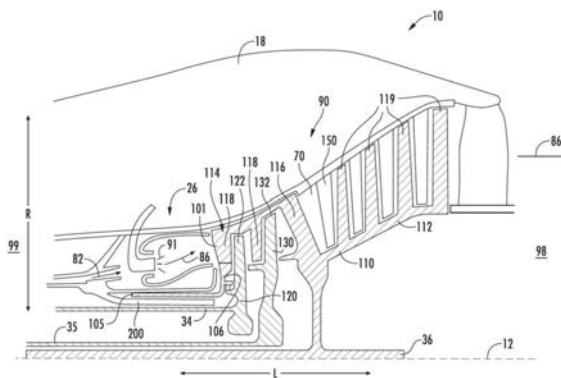
权利要求书1页 说明书15页 附图6页

(54)发明名称

交叉涡轮发动机的空气轴承和热管理喷嘴布置

(57)摘要

本公开涉及一种燃气涡轮发动机,所述燃气涡轮发动机限定纵向方向、沿所述纵向方向延伸的轴向中心线、沿着所述纵向方向的上游端和与所述上游端相对的下游端、径向方向和圆周方向。燃气涡轮发动机包括联接到高压(HP)轴和HP压缩机的高速涡轮转子、包括轴向延伸的毂的低速涡轮转子、和径向地设置在低速涡轮转子和高速涡轮转子之间的第一涡轮轴承。高速涡轮转子限定穿过高速涡轮转子的涡轮冷却管道。低速涡轮转子包括与涡轮冷却管道相邻的旋转喷嘴。第一涡轮轴承限定外部空气轴承和内部空气轴承。第一涡轮轴承限定与第一涡轮转子的旋转喷嘴相邻的静止喷嘴。



1. 一种燃气涡轮发动机,其限定纵向方向、沿所述纵向方向延伸的轴向中心线、沿着所述纵向方向的上游端和与所述上游端相对的下游端、径向方向和圆周方向,所述燃气涡轮发动机包括:

高速涡轮转子,所述高速涡轮转子联接到高压轴和高压压缩机,其中所述高速涡轮转子限定穿过所述高速涡轮转子的涡轮冷却管道;

低速涡轮转子,所述低速涡轮转子包括轴向延伸的毂,并且其中所述低速涡轮转子包括与所述涡轮冷却管道相邻的旋转喷嘴;以及

第一涡轮轴承,所述第一涡轮轴承径向设置在所述低速涡轮转子与所述高速涡轮转子之间,其中所述第一涡轮轴承限定外部空气轴承和内部空气轴承,并且其中所述第一涡轮轴承限定与所述第一涡轮转子的旋转喷嘴相邻的静止喷嘴。

2. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其中所述第一涡轮轴承限定朝向所述高速涡轮转子延伸的轴向延伸的臂,并且其中所述静止喷嘴联接到所述臂。

3. 根据权利要求2所述的燃气涡轮发动机,其中所述静止喷嘴设置成与所述低速涡轮转子的旋转喷嘴纵向相邻布置。

4. 根据权利要求2所述的燃气涡轮发动机,其中所述第一涡轮轴承的所述臂和所述低速涡轮转子的所述毂一起限定在它们之间的腔体,空气通过所述腔体从所述外部空气轴承流过所述静止喷嘴。

5. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其中所述低速涡轮转子的旋转喷嘴包括与所述静止喷嘴相邻的第二翼型件。

6. 根据权利要求5所述的燃气涡轮发动机,其中通过所述低速涡轮转子的旋转喷嘴限定通道。

7. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其中所述低速涡轮转子的旋转喷嘴包括与所述高速涡轮转子的涡轮冷却管道相邻的第一翼型件。

8. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其中所述旋转喷嘴限定外直径壁和内直径壁,所述外直径壁和所述内直径壁中的每一个大致沿着所述纵向方向从所述静止喷嘴延伸到所述高速涡轮转子的涡轮冷却管道。

9. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其中所述第一涡轮轴承还包括联接到所述静止喷嘴的径向延伸的臂,并且其中所述径向延伸的臂联接到燃烧部段的内直径。

10. 根据权利要求9所述的燃气涡轮发动机,其中所述低速涡轮转子进一步限定延伸穿过所述低速涡轮转子的低转子冷却通道,其中所述低转子冷却通道在所述低速涡轮的外部护罩翼型件处限定出口孔口。

交叉涡轮发动机的空气轴承和热管理喷嘴布置

技术领域

[0001] 本公开主题大体上涉及燃气涡轮发动机架构。更具体地,本公开主题涉及用于燃气涡轮发动机部段的轴承布置和热管理系统。

背景技术

[0002] 燃气涡轮发动机大体上包括涡轮部段,所述涡轮部段在燃烧部段的下游,可随压缩机部段旋转以旋转和操作燃气涡轮发动机产生动力,例如推进力。一般燃气涡轮发动机设计标准常常包括必须平衡或折衷的冲突标准,包括提高燃料效率、操作效率和/或动力输出,同时维持或减少重量、零件数量和/或包装(换言之,发动机的轴向和/或径向尺寸)。

[0003] 传统的燃气涡轮发动机通常包括涡轮部段,其限定与中压涡轮和/或低压涡轮以串行流动布置的高压涡轮。高压涡轮包括在燃烧部段和高压涡轮转子之间的入口或喷嘴引导叶片。常规地,离开燃烧部段的燃烧气体与涡轮的通常被称为高压涡轮转子的第一旋转级的速度(例如,沿着圆周或切向方向)相比限定了相对较低的速度。因此,传统上,喷嘴引导叶片用于加速离开燃烧部段的燃烧气体的流动,以沿着切向或圆周方向更接近地匹配或超过高压涡轮转子速度。已知使用喷嘴引导叶片来匹配或超过高压涡轮转子速度的这种流动加速度可改善总的发动机可操作性和性能。

[0004] 此后,传统的燃气涡轮发动机涡轮部段通常相应地包括连续的行或级的固定和旋转的翼型件或者叶片和轮叶。这种常规构造通常调节进入和离开每级叶片和轮叶的燃烧气体的流量。然而,传统的涡轮部段,特别是固定的翼型件(即叶片和喷嘴引导叶片)需要大量和大质量的冷却空气来减轻由于热燃烧气体造成的损坏。例如,通常,喷嘴引导叶片被设计为能够承受沿着环形空间的最大燃烧气体温度(即,热点),这可能明显大于沿着环形空间的平均燃烧气体温度。因此,常规发动机被设计成使用来自压缩机部段的大量或大质量冷却空气或者来自燃烧部段的未燃烧空气,以减轻喷嘴引导叶片的结构损坏、磨损、劣化以及最终减轻维护和修理。然而,这种冷却空气通过消除可能用于燃烧来驱动涡轮、压缩机和风扇的能量而不利地影响整体发动机效率、性能、燃料消耗和/或可操作性。另外,当确定燃气涡轮发动机的维护和修理间隔时,喷嘴引导叶片通常是限制部件,由此限制整体发动机性能和效率。

[0005] 改进涡轮部段效率的已知解决方案是将涡轮部段的转子(即,旋转翼型件或轮叶的连续行或级)交叉构造。例如,已知的解决方案是利用喷嘴引导叶片、高压涡轮转子、另一个涡轮叶片级(即固定翼型件)以及与低压涡轮交错构造的中压涡轮,沿纵向方向从上游端到下游端以串行流动布置来构造涡轮部段。另一种已知的解决方案是利用喷嘴引导叶片、高压涡轮转子以及其后的各种级别的交错转子,包括低压、中压或高压涡轮转子,以串行流动布置来构造涡轮部段。

[0006] 然而,尽管有各种已知的解决方案,但存在需要使涡轮部段能够进一步朝向燃烧部段进行交错构造的结构。更进一步,需要布置和操作能够有效使用压缩空气进行轴承操

作和发动机冷却的涡轮部段轴承的方法。

发明内容

[0007] 本发明的各方面和优势将部分地在以下描述中阐述,或可从所述描述显而易见,或可通过本发明的实践而得知。

[0008] 本公开涉及一种燃气涡轮发动机,其限定纵向方向、沿所述纵向方向延伸的轴向中心线、沿着所述纵向方向的上游端和与所述上游端相对的下游端、径向方向和圆周方向。燃气涡轮发动机包括联接到高压(HP)轴和HP压缩机的高速涡轮转子、包括轴向延伸的毂的低速涡轮转子、和径向地设置在低速涡轮转子和高速涡轮转子之间的第一涡轮轴承。高速涡轮转子限定穿过高速涡轮转子的涡轮冷却管道。低速涡轮转子包括与涡轮冷却管道相邻的旋转喷嘴。第一涡轮轴承限定外部空气轴承和内部空气轴承。第一涡轮轴承限定与第一涡轮转子的旋转喷嘴相邻的静止喷嘴。

[0009] 在各种实施例中,第一涡轮轴承限定朝向高速涡轮转子延伸的轴向延伸的臂,并且其中静止喷嘴联接到该臂。在一个实施例中,静止喷嘴设置成与低速涡轮转子的旋转喷嘴纵向相邻布置。在另一个实施例中,第一涡轮轴承的臂和低速涡轮转子的毂一起限定其间的腔体,空气通过该腔体从外部空气轴承流过静止喷嘴。

[0010] 在各种实施例中,低速涡轮转子的旋转喷嘴包括与静止喷嘴相邻的第二翼型件。在一个实施例中,通过低速涡轮转子的旋转喷嘴限定通道。

[0011] 在一个实施例中,低速涡轮转子的旋转喷嘴包括与高速涡轮转子的涡轮冷却管道相邻的第一翼型件。

[0012] 在另一个实施例中,旋转喷嘴限定外直径壁和内直径壁,每个壁大体沿着纵向方向从静止喷嘴延伸到高速涡轮转子的涡轮冷却管道。

[0013] 在各种实施例中,第一涡轮轴承还包括联接到静止喷嘴的径向延伸的臂,其中径向延伸的臂联接到燃烧部段的内直径。在一个实施例中,低速涡轮转子进一步限定延伸穿过低速涡轮转子的低转子冷却通道,其中低转子冷却通道在低速涡轮的外部护罩翼型件处限定出口孔口。在另一个实施例中,径向延伸的臂限定第二静止喷嘴,该第二静止喷嘴纵向地与低转子冷却通道的入口开口相邻设置。在又一个实施例中,低转子冷却通道限定在低转子冷却通道内延伸的多个叶片。在又一个实施例中,低转子冷却通道限定从低转子冷却通道的入口开口到出口孔口大致增大的径向横截面积。在再一个实施例中,第二静止喷嘴设置在燃烧部分的压力增压室中并且沿静止喷嘴的径向方向向外设置。

[0014] 在一个实施例中,静止喷嘴限定多个翼型件,所述多个翼型件被构造成引起通常与低速涡轮转子的旋转方向同方向的空气漩涡。

[0015] 在另一个实施例中,旋转喷嘴限定多个翼型件,所述多个翼型件被构造成引起通常与低速涡轮转子的旋转方向反方向的空气漩涡。

[0016] 在又一个实施例中,第一涡轮轴承包括在第一涡轮轴承的外直径处的外部环形壁和在第一涡轮轴承的内直径处的内部环形壁。外部环形壁和内部环形壁中的每一个通常与发动机的轴向中心线同心,并且外部环形壁和内部环形壁中的每一个至少部分地沿着纵向方向延伸。

[0017] 在一个实施例中,第一涡轮轴承包括多个外部孔口,所述多个外部孔口至少沿着

纵向方向并且沿着外部空气轴承布置,并且其中所述多个外部孔口与低速涡轮转子的毂相邻。

[0018] 在另一个实施例中,第一涡轮轴包括多个内部孔口,所述多个内部孔口至少沿着纵向方向并且沿着内部空气轴承布置,其中所述多个内部孔口与高速涡轮转子相邻。

[0019] 在又一个实施例中,低速涡轮转子沿着圆周方向在第一方向上旋转,并且高速涡轮转子沿圆周方向在与低速涡轮转子的第一方向相反的第二方向上旋转。

[0020] 具体地,本申请技术方案1涉及一种燃气涡轮发动机,其限定纵向方向、沿所述纵向方向延伸的轴向中心线、沿着所述纵向方向的上游端和与所述上游端相对的下游端、径向方向和圆周方向,所述燃气涡轮发动机包括:

[0021] 高速涡轮转子,所述高速涡轮转子联接到高压轴和高压压缩机,其中所述高速涡轮转子限定穿过所述高速涡轮转子的涡轮冷却管道;

[0022] 低速涡轮转子,所述低速涡轮转子包括轴向延伸的毂,并且其中所述低速涡轮转子包括与所述涡轮冷却管道相邻的旋转喷嘴;以及

[0023] 第一涡轮轴承,所述第一涡轮轴承径向设置在所述低速涡轮转子与所述高速涡轮转子之间,其中所述第一涡轮轴承限定外部空气轴承和内部空气轴承,并且其中所述第一涡轮轴承限定与所述第一涡轮转子的旋转喷嘴相邻的静止喷嘴。

[0024] 本申请技术方案2涉及根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其中所述第一涡轮轴承限定朝向所述高速涡轮转子延伸的轴向延伸的臂,并且其中所述静止喷嘴联接到所述臂。

[0025] 本申请技术方案3涉及根据技术方案2所述的燃气涡轮发动机,其中所述静止喷嘴设置成与所述低速涡轮转子的旋转喷嘴纵向相邻布置。

[0026] 本申请技术方案4涉及根据技术方案2所述的燃气涡轮发动机,其中所述第一涡轮轴承的所述臂和所述低速涡轮转子的所述毂一起限定在它们之间的腔体,空气通过所述腔体从所述外部空气轴承流过所述静止喷嘴。

[0027] 本申请技术方案5涉及根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其中所述低速涡轮转子的旋转喷嘴包括与所述静止喷嘴相邻的第二翼型件。

[0028] 本申请技术方案6涉及根据技术方案5所述的燃气涡轮发动机,其中通过所述低速涡轮转子的旋转喷嘴限定通道。

[0029] 本申请技术方案7涉及根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其中所述低速涡轮转子的旋转喷嘴包括与所述高速涡轮转子的涡轮冷却管道相邻的第一翼型件。

[0030] 本申请技术方案8涉及根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其中所述旋转喷嘴限定外直径壁和内直径壁,所述外直径壁和所述内直径壁中的每一个大致沿着所述纵向方向从所述静止喷嘴延伸到所述高速涡轮转子的涡轮冷却管道。

[0031] 本申请技术方案9涉及根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其中所述第一涡轮轴承还包括联接到所述静止喷嘴的径向延伸的臂,并且其中所述径向延伸的臂联接到燃烧部段的内直径。

[0032] 本申请技术方案10涉及根据技术方案9所述的燃气涡轮发动机,其中所述低速涡轮转子进一步限定延伸穿过所述低速涡轮转子的低转子冷却通道,其中所述低转子冷却通道在所述低速涡轮的外部护罩翼型件处限定出口孔口。

[0033] 本申请技术方案11涉及根据技术方案10所述的燃气涡轮发动机，其中所述径向延伸的臂限定第二静止喷嘴，所述第二静止喷嘴与所述低转子冷却通道的入口开口纵向相邻地设置。

[0034] 本申请技术方案12涉及根据技术方案10所述的燃气涡轮发动机，其中所述低转子冷却通道限定在所述低转子冷却通道内延伸的多个叶片。

[0035] 本申请技术方案13涉及根据技术方案11所述的燃气涡轮发动机，其中所述低转子冷却通道限定通过所述低转子冷却通道至所述出口孔口的强制涡流。

[0036] 本申请技术方案14涉及根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机，其中所述静止喷嘴限定多个翼型件，所述多个翼型件被构造成引起大致与所述低速涡轮转子的旋转方向同方向的空气漩涡。

[0037] 本申请技术方案15涉及根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机，其中所述旋转喷嘴限定多个翼型件，所述多个翼型件被构造成引起大致与所述低速涡轮转子的旋转方向反方向旋转的空气漩涡。

[0038] 本申请技术方案16涉及根据技术方案11所述的燃气涡轮发动机，其中所述第二静止喷嘴设置在所述燃烧部段的压力增压室中并且沿着所述静止喷嘴的径向方向向外设置。

[0039] 本申请技术方案17涉及根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机，其中所述第一涡轮轴包括在所述第一涡轮轴承的外直径处的外部环形壁和在所述第一涡轮轴承的内直径处的内部环形壁，并且其中所述外部环形壁和所述内部环形壁中的每一个大致与所述发动机的轴向中心线同心，并且进一步其中，所述外部环形壁和所述内部环形壁中的每一个至少部分地沿着所述纵向方向延伸。

[0040] 本申请技术方案18涉及根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机，其中所述第一涡轮轴包括多个外部孔口，所述多个外部孔口至少沿着所述纵向方向并且沿着所述外部空气轴承布置，并且其中所述多个外部孔口与所述低速涡轮转子的毂相邻。

[0041] 本申请技术方案19涉及根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机，其中所述第一涡轮轴包括多个内部孔口，所述多个内部孔口至少沿着所述纵向方向并且沿着所述内部空气轴承布置，并且其中所述多个内部孔口与所述高速涡轮转子相邻。

[0042] 本申请技术方案20涉及根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机，其中所述低速涡轮转子沿所述圆周方向在第一方向上旋转，并且所述高速涡轮转子沿所述圆周方向在与所述低速涡轮转子的所述第一方向相反的第二方向上旋转。

[0043] 参考以下描述和所附权利要求书，本发明的这些和其它特征、方面及优点将变得更好理解。并入于本说明书中且构成本说明书的一部分的附图说明本发明的实施例，且连同所述描述一起用于解释本发明的原理。

附图说明

[0044] 本说明书中针对所属领域的技术人员来阐述本发明的完整且启发性公开内容，包括其最佳模式，本说明书参考了附图，其中：

[0045] 图1是根据本公开的方面的并有涡轮部段的示例性实施例的示例性燃气涡轮发动机的示意性截面图；

[0046] 图2是图1所示的发动机的燃烧部段和涡轮部段的实施例的示意性横截面图,其包括支撑涡轮部段的第一涡轮轴承的实施例;

[0047] 图3是包括支撑图1-2所示的涡轮部段的第一涡轮轴承的发动机的实施例的示意性横截面图;

[0048] 图4是包括支撑图1-2所示的涡轮部段的第一涡轮轴承的发动机的另一实施例的示意性横截面图;

[0049] 图5是包括支撑图1-2所示的涡轮部段的第一涡轮轴承的发动机的又一实施例的示意性横截面图;以及

[0050] 图6是描绘通过包括根据图1-5所示的各种实施例的第一涡轮轴承的发动机的流动的示意性流程图。

[0051] 在本说明书和附图中参考标号的重复使用意图表示本发明的相同或相似特征或元件。

具体实施方式

[0052] 现将详细参考本发明的实施例,在图中说明本发明的实施例的一个或多个实例。每个实例是为了解释本发明而非限制本发明而提供。实际上,所属领域的技术人员将清楚,在不脱离本发明的范围或精神的情况下可在本发明中进行各种修改和变化。举例来说,说明或描述为一个实施例的部分的特征可与另一实施例一起使用以产生又一实施例。因此,希望本发明涵盖此类属于所附权利要求书和其等效物的范围内的修改和变化。

[0053] 如本文中所使用,术语“第一”、“第二”和“第三”可互换使用以区分一个部件与另一部件,且并不在于表示个别部件的位置或重要性。

[0054] 术语“上游”和“下游”是指相对于流体路径中的流体流的相对方向。举例来说,“上游”是指流体流出的方向,而“下游”是指流体流向的方向。

[0055] 除非另外规定,否则术语“低”、“中”、“高”或其相应比较级(例如更,如适用)各自是指发动机内的相对速度。举例来说,“低涡轮”或“低速涡轮”限定低于“高涡轮”或“高速涡轮”的转速。替代地,除非另外规定,否则前述术语可以其最高级理解。举例来说,“低涡轮”可以是指涡轮部段内最低转速涡轮,且“高涡轮”可以是指涡轮部段内最高转速涡轮。

[0056] 整体上提供用于交叉涡轮部段的第一涡轮轴承的示例性实施例以及操作和热管理方法。第一涡轮轴承限定邻近低速涡轮转子设置的外部空气轴承和邻近高速涡轮转子设置的内部空气轴承。低速涡轮转子大致限定低速涡轮转子,该低速涡轮转子在限定高速涡轮转子的高速涡轮转子的行之前和之间交叉排列。在各种实施例中,第一涡轮轴承及其操作方法包括向涡轮部段的高速涡轮转子和/或外直径(OD)二级流动路径提供冷却。

[0057] 包括第一涡轮轴承的燃气涡轮发动机的实施例及其操作方法可以使得能够有效地使用冷却空气来操作第一涡轮轴承和涡轮部段,从而改善整体燃气涡轮效率和/或减少燃料消耗。在此示出和描述的具有交叉涡轮部段的燃气涡轮发动机的实施例可以进一步实现低速涡轮转子和高速涡轮转子的交叉的附加级,直到并且包括高速涡轮转子的前方或上游的低速涡轮转子的一个或多个级。在各种实施例中,具有交叉涡轮部段的燃气涡轮发动机可进一步减少冷却空气消耗,提高发动机效率、性能和/或可操作性,和/或减少部件数量、重量和/或包装(即轴向和/或径向尺寸)。更进一步地,交叉涡轮部段可以减小轴

向流动面积和转速的平方的乘积(该乘积被称为“ AN^2 ”),同时另外降低涡轮部段的每个级的平均功因数。

[0058] 现在参考附图,图1是根据本公开的方面的结合有涡轮部段90的示例性实施例的示出为高旁路涡轮风扇发动机的示例性燃气涡轮发动机10(本文中被称为“发动机10”)的示意性横截面图。尽管下文进一步参考涡轮风扇发动机进行描述,但本公开还可应用到一般来说包括螺旋桨风扇发动机、涡轮喷气发动机、涡轮螺旋桨发动机和涡轮轴燃气涡轮发动机的涡轮机械,包括船舶和工业涡轮发动机和辅助电力单元。另外,尽管在下文中将其描述为三轴燃气涡轮发动机,但本公开也适用于双轴燃气涡轮发动机。如图1所示出,发动机10具有出于参考目的在其中延伸穿过的纵向或轴向中心线轴线12。发动机10限定纵向方向L、径向方向R以及沿着纵向方向L的上游端99和下游端98。

[0059] 一般来说,发动机10可包括限定环形入口20的基本上管状的外部壳体18。外部壳体18包覆或以串行流动布置至少部分地流过压缩机部段21、燃烧部段26和交叉涡轮部段90(本文中被称为“涡轮部段90”)。一般来说,发动机10以从上游端99到下游端98的串行流动布置限定风扇组件14、压缩机部段21、燃烧部段26和涡轮部段90。在图1所示的实施例中,压缩机部段21限定高压(HP)压缩机24和中压(IP)压缩机22。在其它实施例中,风扇组件14可进一步包括或限定联接到风扇转子15和/或低速轴36且在径向方向R上从风扇转子15和/或低速轴36朝外延伸的多个风扇轮叶42的一个或多个级。在各种实施例中,联接到低速轴36的多个风扇轮叶42的多个级可以被称为低压(LP)压缩机。

[0060] 环形风扇壳体或外罩44圆周地环绕风扇组件14的至少部分和/或外部壳体18的至少部分。在一个实施例中,外罩44可相对于外部壳体18由多个圆周地隔开的出口引导叶片或撑杆46支撑。外罩44的至少部分可在外部壳体18的外部部分上方(在径向方向R上)延伸,以便在其间限定旁路空气流通道48。

[0061] 现在参考图2,大体上提供发动机10的涡轮部段90的示例性实施例。涡轮部段90包括沿着纵向方向L延伸的低速涡轮转子110。低速涡轮转子110包括内部护罩112、外部护罩114和将内部护罩112联接到外部护罩114的至少一个连接翼型件116。外部护罩114包括沿着径向方向R向内延伸的多个外部护罩翼型件118。在各种实施例中,内部护罩112可以包括沿径向方向R向外延伸的多个内部护罩翼型件119。

[0062] 内部护罩112和外部护罩114各自大致沿着纵向方向L延伸。内部护罩112和/或外部护罩114可各自至少部分地在径向方向R上延伸。在各种实施例中,内部护罩112从连接翼型件116延伸。在一个实施例中,内部护罩112进一步沿着纵向方向L朝向下游端98延伸。仍然在各种实施例中,外部护罩114从连接翼型件116沿着纵向方向L朝向燃烧部段26朝向上游端99延伸。

[0063] 现在参考图2-3,涡轮壳体155沿着纵向方向L从燃烧部段26大致延伸并圆周地围绕涡轮部段90。涡轮壳体155可限定径向位于低速涡轮转子110的外部护罩114与涡轮壳体155之间的外直径(OD)二级流动路径71。涡轮壳体155可以包括多个孔口,流体可以通过该孔口进入或流出到二级流动路径71和/或核心流动路径70。

[0064] 仍然参考图2,涡轮部段90还包括高速涡轮转子120和中速涡轮转子130,每个转子均布置在低速涡轮转子110的一个或多个连接翼型件116的前方或上游99。高速涡轮转子120包括沿着径向方向R向外延伸的多个高速涡轮翼型件122。中速涡轮转子130包括沿

着径向 方向R向外延伸的多个中速涡轮翼型件132。多个高速涡轮翼型件122 和中速涡轮翼型件132分别沿着纵向方向L布置在低速涡轮转子110 的多个外部护罩翼型件118之间。

[0065] 在各种实施例中,高速涡轮转子120限定涡轮冷却回路125,涡轮冷却回路至少部分地沿着纵向方向L和径向方向R延伸通过。涡轮冷却回路125通常限定在高速涡轮转子120的转子、毂或盘的结构或壁内。涡轮冷却回路125可以进一步限定在高速涡轮翼型件122的结构内。涡轮冷却回路125可以在高速涡轮翼型件122处限定一个或多个冷却回路出口127,压缩空气231通过该一个或多个冷却出口将高速涡轮转子120排出到涡轮部段90处的核心流动路径70中。

[0066] 在各种实施例中,低速涡轮转子110限定多级旋转翼型件,诸如沿着纵向方向L设置的多个外部护罩翼型件118、一个或多个连接翼型件116和/或沿着纵向方向L设置的多个内部护罩翼型件119。在一个实施例中,低速涡轮转子110限定高速涡轮转子120的前方或上游99的至少一个级。在另一个实施例中,涡轮部段90限定第一级翼型件,其中第一级包括高速涡轮转子120的每级的前方或上游99的低速涡轮转子110的多个外部护罩翼型件118。

[0067] 仍然在各种实施例中,例如如图2所示,发动机10以沿着纵向方向L从上游端99到下游端98的串行流动布置限定低速涡轮转子110的多个外部护罩翼型件118、高速涡轮转子120的多个高速涡轮翼型件122、以及低速涡轮转子110的多个外部护罩翼型件118。仍然在各种实施例中,低速涡轮转子110和高速涡轮转子120的交叉的附加迭代可以限定在连接翼型件116的前方或上游99。

[0068] 在又一些实施例中,例如如图2所示,发动机10进一步限定在高速涡轮转子120下游沿纵向方向L交叉构造的低速涡轮转子110的两级或更多级以及中速涡轮转子130的一级或更多级。例如,发动机10可以沿着纵向方向L从上游端99到下游端98以串行流动布置限定燃烧部段26、低速涡轮转子110的第一级101、高速涡轮转子120、低速涡轮转子110、中速涡轮转子130和低速涡轮转子110。在一个实施例中,发动机10可以进一步限定高速涡轮转子120和/或中速涡轮转子130与低速涡轮转子110交叉布置(即沿着纵向方向L交替布置)的附加级。

[0069] 作为另一个非限制性示例,如图2所示,发动机10还可以限定多个外部护罩翼型件118、多个高速涡轮翼型件122、多个外部护罩翼型件118、多个中速涡轮翼型件132、多个外部护罩翼型件118、附加的多个中速涡轮翼型件132和连接翼型件116的串行流动布置。应该理解的是,虽然图2示出了高速涡轮转子120限定一个级,但是高速涡轮转子120可以大致限定低速涡轮转子110的第一级101与低速涡轮转子110的连接翼型件116之间的并且沿着纵向方向L在它们之间交叉的一个或多个级。类似地,应该理解的是,尽管图1将中速涡轮转子130示出为限定两个级,但中速涡轮转子130可通常限定高速涡轮转子120与低速涡轮转子110的连接翼型件116之间的一个或多个级。

[0070] 现在参考图1-6,在各种实施例中,低速涡轮转子110与沿着纵向方向L延伸且围绕轴向中心线12大致同心的低速轴36驱动连接并可随其一起旋转。在一个实施例中,如图1所示,低速轴36连接至风扇组件14,风扇组件14由涡轮部段90的低速涡轮转子110驱动旋转。低速轴36连接到风扇组件14的风扇转子15。在各种实施例中,风扇组件14可限定多个风扇轮叶42的多个级,其中多个风扇轮叶进一步限定LPC。

[0071] 在各种实施例中,中速涡轮转子130与沿着纵向方向L延伸且围绕轴向中心线12大致同心的中速轴35驱动连接并可随其一起旋转。在一个实施例中,如图1所示,中速轴35连接到IP压缩机22,IP压缩机由涡轮部段90的中速涡轮转子130驱动旋转。

[0072] 仍然参考图1-6,涡轮部段90的高速涡轮转子120与沿着纵向方向L延伸并且围绕轴向中心线12大致同心的HP轴34驱动连接并可随其一起旋转。HP轴34连接到HP压缩机24,HP压缩机由涡轮部段90的高速涡轮转子120驱动旋转。

[0073] 参考图2,涡轮部段90还包括一个或多个涡轮叶片150。涡轮叶片150可限定圆周布置的多个固定翼型件(即叶片)。在一个实施例中,涡轮叶片150沿着纵向方向L设置在多个内部护罩翼型件119之间。在各种实施例中,涡轮叶片150设置在低速涡轮转子110的连接翼型件116的下游98。在多个内部护罩翼型件119之间交叉布置的涡轮叶片150或多个涡轮叶片可以实现燃烧气体86的进一步调节以及经由多个内部护罩翼型件119从低速涡轮转子110提取功或能量。

[0074] 在发动机10的操作过程中,如图1-6共同所示,高速涡轮转子120通常以比中速涡轮转子130更高的转速旋转。中速涡轮转子130通常以比低速涡轮转子110更高的速度旋转。在发动机10的操作期间,如箭头74示意性地指示的一定体积的空气通过外罩和/或风扇组件14的相关入口76进入发动机10。当空气74穿过风扇轮叶42时,如由箭头78示意性指示的空气的一部分被引导或导引进旁路空气流通道48中,而如由箭头80示意性指示的空气的另一部分被引导或通过风扇组件14。空气80在朝向燃烧部段26流动通过压缩机部段21时被逐渐压缩。

[0075] 如箭头82示意性地指示,经压缩空气82流动到燃烧部段26中,在所述燃烧部段26中引入燃料91,与经压缩空气82的至少部分混合,且经点燃以形成燃烧气体86。燃烧气体86流动到涡轮部段90中,使得涡轮部段90的旋转部件旋转且支撑压缩机部段21和/或风扇组件14中分别联接的旋转部件的操作。在各种实施例中,低速涡轮转子110以及其所附接的低速轴36沿着圆周方向在第一方向上旋转。高速涡轮转子120以及与其附接的HP轴34沿着圆周方向在与第一方向相反的第二方向上旋转。在一个实施例中,中速涡轮转子130和其所附接的中速轴35在第二方向上与高速涡轮转子120共同旋转并且与低速涡轮转子110反向旋转。

[0076] 应该进一步理解的是,这里所使用和描述的第一方向和第二方向旨在表示相对于彼此的方向。因此,第一方向可以指顺时针旋转(从下游朝向上游观察),并且第二方向可以指逆时针旋转(从下游朝向上游观察)。可替代地,第一方向可以指逆时针旋转(从下游朝向上游观察)并且第二方向可以指顺时针旋转(从下游朝向上游观察)。

[0077] 进一步在发动机10的操作期间,离开燃烧部段26的燃烧气体86限定朝向发动机10的下游端98的通常较低的速度。低速涡轮转子110的第一级101的低速旋转(例如沿着切向或圆周方向)例如在切向或圆周方向上将燃烧气体86的速度加速到大致等于或大于高速涡轮转子120的速度。

[0078] 通过将低速涡轮转子110限定为在燃烧部段26的后面或下游的涡轮部段90的第一级101,发动机10可以避免需要第一涡轮叶片或喷嘴引导叶片来加速高速涡轮转子120前方或上游的燃烧气体86以限定高速涡轮。这样,发动机10可减少来自压缩机部段21和/或燃烧部段26的冷却空气的量或质量,从而通过在燃烧期间使用更多的能量(即压缩空

气)来提高发动机效率。另外或替代地,涡轮部段90可以减少必要的冷却空气并且使得能够提高压缩机部段21的性能和/或可操作性,包括喘振裕度和/或效率,或者减少来自压缩机部段21的所需的工作量,这可以减小压缩机部段21的轴向尺寸或级,并且进一步减少发动机包装、重量和/或零件数量,并且通常改善发动机10的性能。

[0079] 另外,避免需要第一涡轮叶片或喷嘴引导叶片可以使得涡轮部段90或更具体地作为旋转级的第一级101被设计成平均燃烧气体86温度而不是设计成适应沿着燃烧部段26内的核心流动路径70的环形空间的峰值温度(即高点)。因此,由于第一级101的所有多个外部护罩翼型件118都在旋转,所以所有的多个外部护罩翼型件118可能仅短暂地承受燃烧热点的不利影响,而不是基本持续或恒定地暴露于来自燃烧气体的较高温度,与围绕核心流动路径70的环形空间的其它位置形成对比。此外,由于燃烧热点对涡轮部段90的不利影响减小,本文所述的涡轮部段90可以实现用于燃烧部段26的替代设计方法。因此,涡轮部段90可以使得燃烧部段26的设计能够进一步改善燃烧稳定性,减少排放物,增加飞行包线的全部或部分的可操作性,增加高度重新点火性能和/或减少贫油熄火(LBO)。

[0080] 现在参考图3,整体上提供包括支撑低速涡轮转子110和高速涡轮转子120的第一涡轮轴承200的发动机10的详细示意性横截面图。第一涡轮轴承200径向设置在低速涡轮转子110的毂105与联接到高速涡轮转子120的HP轴34之间。第一涡轮轴承200限定沿着第一涡轮轴承200的外直径215并且与低速涡轮转子110的毂105相邻的外部空气轴承210。第一涡轮轴承200还限定沿着内直径225并且与联接到高速涡轮转子120的HP轴24相邻的内部空气轴承220。

[0081] 在各种实施例中,第一涡轮轴承200包括在外部空气轴承210的外直径215处的外部环形壁211和在内部空气轴承220的内直径225处的内部环形壁221。外部和内部环形壁211、221中的每一个围绕发动机10的轴向中心线12圆周地延伸并且与轴向中心线12大致同心。外部环形壁211和内部环形壁221各自至少部分地沿着纵向方向L延伸。第一涡轮轴承200还包括多个外部孔口213,所述多个外部孔口至少沿着纵向方向L并且沿着外部空气轴承210圆周地布置。多个外部孔口213与低速涡轮转子110的毂105相邻。第一涡轮轴承200还包括多个内部孔口223,所述多个内部孔口至少沿着纵向方向L并且沿着内部空气轴承220沿圆周方向布置。所述多个内部孔口223与联接到高速涡轮转子120的HP轴34相邻。

[0082] 在各种实施例中,外部空气轴承210和/或内部空气轴承220可以由围绕发动机10的轴向中心线12基本上圆周布置的多个节段形成,以共同限定大致360度的环形表面,例如外部环形壁211和/或内部环形壁221。

[0083] 参考图3,燃烧部段26包括大致围绕燃烧器组件并限定压力增压室84的压缩机/扩散器框架25。压缩机/扩散器框架25通常限定压力容器,该压力容器在HP压缩机24的出口下游并且大致在燃烧室85的上游和/或径向围绕燃烧室85限定环形压力增压室84,在该处压缩空气82基本上限定压缩机出口压力。压缩机/扩散器框架25通常包括在燃烧部段26内大致环形且径向向内的内部扩散器框架27。内部扩散器框架27通常从压缩机部段21朝向涡轮部段90延伸,从而支撑第一涡轮轴承200和燃烧器组件。第一涡轮轴承200联接到内部扩散器框架27并且从内部扩散器框架朝向涡轮部段90悬臂地延伸。

[0084] 在各种实施例中,第一涡轮轴承200在外部空气轴承210的外部环形壁211的外直

径215处限定至少部分环形的凹槽217。凹槽217 径向地邻近低速涡轮转子110的毂105设置。在各种实施例中,凹槽 217被限定为靠近低速涡轮转子110的毂105的上游端。例如,凹槽 217可限定在外部空气轴承210上,从毂105的上游端径向相邻于毂 105的纵向跨度的50%内(换言之,从毂105的最靠近发动机10的 上游端99的端部)。作为另一个例子,凹槽 217可以限定在第一涡轮轴承200的外部环形壁211上,沿着径向方向R邻近毂105的跨度的30%内,沿着纵向方向L接近发动机10的上游端99。

[0085] 在一个实施例中,发动机10进一步限定HP压缩机24与第一涡轮轴承200之间的压缩机密封界面240。在压缩机密封界面240与第 一涡轮轴承200之间,发动机10限定第一腔体245,第一腔体围绕发 动机10的轴向中心线12沿圆周至少部分地延伸。发动机10进一步 限定高速涡轮转子120与第一涡轮轴承之间的涡轮密封界面250。在 涡轮密封界面250和第一涡轮轴承200之间,发动机10限定第二腔 体255,该第二腔体围绕发动机10的轴向中心线 12沿圆周至少部分 地延伸。密封界面240、250可各自包括护罩和刀刃或迷宫式密封的 组合,以限定每个密封界面240、250。

[0086] 发动机10可进一步包括第一歧管260,第一歧管从压力增压室 84延伸到第一涡轮 轴承200并在其间流体连通。如箭头261示意性示 出的,来自压缩机部段21的压缩空气82可 以从压力增压室84流动 通过第一歧管260进入第一涡轮轴承200。穿过第一涡轮轴承200的 空气261流动到第一涡轮轴承200的外部空气轴承210和内部空气轴 承220的第一和第二多 个孔口213、223处并通过第一和第二多个孔 口213、223流出。

[0087] 第一涡轮轴承200通常限定静压空气轴承,压缩空气261通过该 静压空气轴承流 出第一和第二多个孔口213、223,以限定旋转部件之 间的分离流体膜。在第一涡轮轴承200 的外部空气轴承210处,压缩 空气261限定外部环形壁211与低速涡轮转子110的毂105之间的流 体膜。在第一涡轮轴承200的内部空气轴承220处,压缩空气261限 定内部环形壁221 和联接到高速涡轮转子120的HP轴34之间的流体 膜。来自压缩机部段21的和压力增压室84 中的压缩空气至少部分地 限定或确定低速涡轮转子110的毂105与第一涡轮轴承200之间 以及 高速涡轮转子120的HP轴34和第一涡轮轴承200之间的间隙量或距 离。

[0088] 第一涡轮轴承200还包括设置在低速涡轮转子110所包括的旋转 喷嘴135附近的 静止喷嘴235。静止喷嘴235包括多个翼型件以提高 流动速度并将一部分空气241从第一涡轮 轴承200引导至低速涡轮转 子110的旋转喷嘴135。在一个实施例中,静止喷嘴235被构造 成引 起与低速涡轮转子110的旋转方向共旋转或同方向的空气241漩涡。例如,在这里提 供的实施例中,低速涡轮转子110围绕轴向中心线112 沿着圆周方向在第一方向上旋转。静 止喷嘴235包括限定压力侧和抽 吸侧或大致为翼型轮廓的多个叶片,所述叶片大致沿着第 一方向引导 空气241漩涡穿过低速涡轮转子110的旋转喷嘴135。

[0089] 仍然参考图3,第一涡轮轴承200可以包括轴向延伸的臂205, 静止喷嘴235联接到 该轴向延伸的臂205。轴向延伸的臂205大致沿 着纵向方向L延伸并且将沿着纵向方向L相 邻的静止喷嘴235设置到 低速涡轮转子110的旋转喷嘴135。更具体地,轴向延伸的臂205将 静止喷嘴235设置在旋转喷嘴135的上游端99附近。轴向延伸的臂 205是大致环形的且沿着 低速涡轮转子110的毂105的径向方向R向 外。低速涡轮转子110的轴向延伸的臂205和毂 105一起限定其间的 延伸到静止喷嘴235的轴承腔体207。在发动机10操作期间,压缩空 气 82进入第一涡轮轴承200,如箭头261示意性所示。如箭头242示 意性所示,压缩空气从外部

空气轴承210的多个外部孔口213离开。

[0090] 在各种实施例中,旋转喷嘴135限定邻近高速涡轮转子120的涡轮冷却管道125设置的第一翼型件136。旋转喷嘴135还可以限定邻近第一涡轮轴承200的静止喷嘴235设置的第二翼型件137。在一个实施例中,第一翼型件136和/或第二翼型件137构造成使空气去漩涡。在另一个实施例中,第一翼型件136和/或第二翼型件137构造成引起通过旋转喷嘴135的空气漩涡(示意性地由箭头243示出),该空气漩涡大致与低速涡轮转子110围绕轴向中心线12的旋转方向反方向旋转。例如,在低速涡轮转子110围绕轴向中心线12在第一方向上旋转的实施例中,第一翼型件136和/或第二翼型件137各自构造成限定压力侧和抽吸侧,以引起在与第一方向相反的大致沿着圆周方向的第二方向上的空气243漩涡。这样,旋转喷嘴135可以引起空气243漩涡或切向加速(即,沿着围绕轴向中心线12的圆周方向),以减小进入高速涡轮转子120的涡轮冷却管道125的空气231的速度的差异或与该速度大致匹配。

[0091] 仍然参考图3,旋转喷嘴135可限定大致沿着纵向方向L从静止喷嘴235延伸到高速涡轮转子120的涡轮冷却管道125的外直径壁138和内直径壁139。外直径壁138和内直径壁139可围绕轴向中心线12大致环形地延伸并且包括设置在外直径壁138和内直径壁139之间的多个第一翼型件136和第二翼型件137。外直径壁138、内直径壁139、第一翼型件136和/或第二翼型件137可一起限定旋转喷嘴135,以至至少部分地沿圆周方向引起空气243的加速和涡旋,以减小空气243的转速相对于高速涡轮转子120围绕轴向中心线12的转速的差异或与该转速大致匹配。

[0092] 在一个实施例中,如图3所示,发动机10还可以包括联接到静止喷嘴235的径向延伸的臂237。径向延伸的臂237进一步联接到燃烧部段26的内直径29。例如,内直径29可限定在限定燃烧室85的燃烧器50的内部衬套52上。径向延伸的臂237可以在静止喷嘴235和/或第一涡轮轴承200处提供额外的结构支撑和/或振动衰减。在其他实施例中,与径向延伸的臂237联接的燃烧部段26的内直径29可以包括沿着纵向方向L延伸并靠近低速涡轮转子110的旋转喷嘴135的内部扩散器框架。

[0093] 这里示出和描述的旋转喷嘴135可以从流过其中的空气243消散热能。如箭头231示意性所示,来自旋转喷嘴135的空气243然后进入高速涡轮转子120的涡轮冷却管道125,并且提供高速涡轮转子120的热衰减或冷却。

[0094] 仍然参考图3,旋转喷嘴135还可限定穿过旋转喷嘴135的通道134,空气242的至少一部分通过该通道134流出外部空气轴承210并通过通道134传递到核心流动路径70。在一个实施例中,至少部分地通过旋转喷嘴135的第二翼型件137大致地限定通道134。通道134通常可以提供从第一涡轮轴承210到限定在低速涡轮转子110和高速涡轮转子120之间的腔体107以及从腔体107到核心流动路径70的流体连通。在各种实施例中,通道134可提供从第一涡轮轴承200和高速涡轮转子120之间限定的第二腔体255到在低速涡轮转子110和高速涡轮转子120之间限定的腔体107并进一步到核心流动路径70的流体连通。

[0095] 当压缩空气261对外部空气轴承210与毂105之间的空间加压时,压缩空气261被收集在由外部环形壁211处的凹槽217限定的环形腔体218中。此外,随着压缩空气261对第一涡轮轴承200和联接到高速涡轮转子120的HP轴34之间的空间加压,压缩空气261被收集在限定在压缩机密封界面240和第一涡轮轴承200之间的第一腔体245中。在各种实施例

中,压缩空气261可进一步被收集在涡轮密封界面250和第一涡轮轴承200之间限定的第二腔体255中。收集在每个腔体218、245、255中的空气然后可收集在第一涡轮轴承200内并通过第二歧管270排出,如箭头271示意性所示。第二歧管270从第一涡轮轴承200延伸到压力调节阀300并在其之间流体连通。

[0096] 在各种实施例中,第二歧管270与环形腔体218和第一腔体245流体连通。第二歧管270可限定由来自环形腔体218和第一腔体245的空气限定的压缩空气271穿过其中的流动和压力。在另一个实施例中,第二歧管270进一步与第二腔体255流体连通。第二歧管270可限定由来自环形腔体218、第一腔体245和第二腔体255的空气限定的压缩空气271穿过其中的流动和压力。

[0097] 现在参考图4,整体上提供包括支撑低速涡轮转子110和高速涡轮转子120的第一涡轮轴承200的发动机10的另一个示例性实施例。图4中提供的示例性实施例可以基本上与关于图1-3所示和所述的实施例类似地构造。但是,图4中的发动机10的实施方式还包括从压力增压室84延伸并且联接到第一涡轮轴承200的第四歧管290。第四歧管290提供从压力增压室84到第一涡轮轴承200的air的流动和压力的流体连通,如箭头291示意性所示,穿过第一涡轮轴承200并且通过冷却孔口230流出。第四歧管290可以将独立于第一歧管260来自压力增压室84的空气和通过其加压的压缩空气261收集到外部空气轴承210和内部空气轴承220。这样,第四歧管290可以限定孔口、体积或面积,包括但不限于限制器或孔口板、可变几何形状、阀等,其可以引起穿过第一涡轮轴承200、通过静止喷嘴235和旋转喷嘴135并且进入高速涡轮转子120的涡轮冷却管道125(如箭头231示意性所示)的压缩空气291的压力与压缩空气261的压力不同。

[0098] 在各种实施例中,第四歧管290可以延伸到单独的外部压缩空气源(例如,在压力增压室84的外部或燃烧部段26的外部),以引发(induce)独立于通过压力增压室84的流量、压力和/或温度的流量、压力和/或温度。通过第四歧管290的空气291的流量和/或压力可以与通过第一歧管260进入第一涡轮轴承200的空气261分开地被主动地或被动地控制。主动控制可以包括一个或多个阀或致动装置以打开或限制空气291到涡轮冷却回路125。被动控制可以包括限定体积面积的计量或限制板、孔口或喷嘴、管道或歧管中的一个或多个,所述体积面积的大小被设定为在一个或多个发动机操作条件下提供期望的最小或最大流量和/或压力。

[0099] 现在参考图5,整体上提供包括第一涡轮轴承200的发动机10的另一个示例性实施例。图5中所示的示例性实施例可以基本上类似于图1-4中所示和本文所述的实施例地构造。图5中的发动机10的实施例进一步包括沿着静止喷嘴235的径向方向R大致向外设置的第二静止喷嘴265。第二静止喷嘴265通常通过第一涡轮轴承200的轴向延伸的臂205与静止喷嘴235流体地分离。轴向延伸的臂205大体上将通过轴承腔体207的空气241的流动与来自压力增压室84通过第二静止喷嘴265的air的流动分开,空气由箭头263示意性地示出。

[0100] 仍然参考图5,低速涡轮转子110可进一步限定大致延伸穿过低速涡轮转子110的臂106的低转子冷却通道165。限定低转子冷却通道165的低速涡轮转子110通常包括靠近第二静止喷嘴265的入口开口163和出口孔口167。出口孔口167通常限定在低速涡轮转子110的多个外部护罩翼型件118上。在一个实施例中,出口孔口167被限定在多个外部护罩

翼型件118的第一级101上。在这样的实施例中，第一级101在燃烧部段26下游限定涡轮部段90的第一翼型件。在各种实施例中，出口孔口167被限定为朝向多个外部护罩翼型件118的上游端99或前方或前缘，以向多个外部护罩翼型件118提供冷却。

[0101] 仍然在各种实施例中，低转子冷却通道165包括在低转子冷却通道165内延伸的多个叶片。在一个实施例中，低转子冷却通道165限定通过其到达出口孔口167的强制(forced)涡流，其中通过低转子冷却通道165的空气267的压力通常随着通过低转子冷却通道165的半径增大而增大，例如至少部分地从入口开口163到出口孔口167。

[0102] 如图5所示，在发动机10的操作期间，来自燃烧部段26的压力增压室84的至少一部分空气263流过第二静止喷嘴265。空气263流入限定在低速涡轮转子110的臂106内的低转子冷却通道165中，其流动由箭头267示意性地示出。然后，空气流267从低转子冷却通道165通过限定在低速涡轮转子110的多个外部护罩翼型件118上的一个或多个出口孔口167流出并且进入到发动机10的涡轮部段90的核心流动路径70中。来自压力增压室84并穿过低转子冷却通道165的空气流通常为低速涡轮转子110的多个外部护罩翼型件118提供热衰减。

[0103] 现在参考图6，整体上提供示出通过发动机10的空气和燃烧气体的流动的示例性示意图。图6中的发动机10的示意图大体示意性地示出了空气和燃烧气体通过发动机10的流动，如关于图1-5中提供的各种实施例所示和所述。在图1-6所示的发动机10的操作期间，来自压力增压室的压缩空气281通常向压力调节阀300提供参考压力，该参考压力通常可以反映或对应于压力增压室84中的压力。压力调节阀300通常调节从压力增压室84延伸的第三歧管280与其内部的压缩空气281和第二歧管270与离开第一涡轮轴承200的压缩空气271之间的压力差。在各种实施例中，第三歧管280从燃烧部段26的压力增压室84延伸到压力调节阀300并且在其之间流体连通。在一个实施例中，第三歧管280将参考压力或运动压力传递至压力调节阀300。如箭头281示意性所示，压力增压室84中的压缩空气82对第三歧管280加压。压力调节阀300调节低速涡轮转子110的毂105和外部空气轴承210之间的空气压力以及内部空气轴承220和联接到高速涡轮转子120的HP轴34之间的空气压力。

[0104] 参考图1-6，第一涡轮轴承200在第一级101处将低速涡轮转子110支撑在多个外部护罩翼型件118的内部。例如，第一涡轮轴承200可以大致支撑高速涡轮转子120的前方或上游99的悬置式或悬臂式低速涡轮转子110。另外，第一涡轮轴承200支撑高速涡轮转子120和联接到HP压缩机24的HP轴34。

[0105] 第一轴承200的布置可以提供朝向低速涡轮转子110的上游端99的支撑，以在高速涡轮转子120前方和/或之间交叉。此外，第一轴承200向低速涡轮转子110的上游端99提供支撑，以限制低速涡轮转子110从朝向燃烧部段26的上游的连接翼型件116的悬置或悬臂重量。另外，第一轴承200向低速涡轮转子110的上游端99提供支撑，以向内部护罩112和从那里向涡轮部段90的下游端98延伸的多个内部护罩翼型件119提供平衡。在各种实施例中，低速涡轮转子110的轴向延伸毂105可以进一步限定一个或多个平衡平面。平衡平面可限定可将重量添加至低速涡轮转子110或从低速涡轮转子110移除的特征以辅助转子平衡和操作。

[0106] 通过提供改进的燃料效率、运行效率和/或功率输出，同时维持或减轻重量、零件

数量和/或包装,本文中显示和描述的涡轮部段90可以改进现有的涡轮部段。在高速涡轮转子120的多个高速涡轮翼型件122之间交叉的低速涡轮转子110的多个外部护罩翼型件118可以通过移除每个旋转部件之间的固定翼型件的级来减少包装并减少部件数量。另外,涡轮部段90可提供与减速齿轮箱相当的效率益处,而不增加发动机10的重量或尺寸(例如轴向长度)。作为燃烧部段26下游的第一级的低速涡轮转子110可通过减少不适于产生燃烧气体86的冷却空气来进一步提高发动机效率,从而允许来自压缩机部段21的更多能量用于燃烧和发动机10的操作。此外,去除燃烧部段26和涡轮部段90的低速涡轮转子110之间的喷嘴引导叶片可以减少或消除与沿着核心流动路径70的环形空间的燃烧气体中的热点有关的设计约束。

[0107] 本文中大体上示出且描述的涡轮部段90的各种实施例可构造为安装到鼓、或毂、或一体式的装有轮叶的转子(IBR)或装有轮叶的盘、或其组合中的个别轮叶。轮叶、毂或装有轮叶的盘可由陶瓷基质复合(CMC)材料和/或适合于燃气涡轮发动机热部段的金属形成,金属例如但不限于,镍基合金、钴基合金、铁基合金或钛基合金,所述合金中的每一个可包括但不限于铬、钴、钨、钼和/或铼。涡轮部段90或其部分或其部分的组合,包括内部护罩112、外部护罩114、连接翼型件116、多个外部护罩翼型件118和/或多个内部护罩翼型件119,可以使用增材制造或3D打印、或铸造、锻造、机加工、或由3D打印模具形成的铸件或其组合来形成。可使用例如螺母、螺栓、螺钉、销钉或铆钉等紧固件或使用例如焊接、钎焊、粘合、摩擦或扩散粘合等接合方法或紧固件和/或接合方法的组合来机械地接合涡轮部段90或其部分,例如旋转部件110、120、130的各级、外部护罩114、内部护罩112、和/或各种护罩、密封件和其他细节。又另外,应理解,包括内部和/或外部护罩112、114的低速涡轮转子110可并入有允许差动膨胀的特征。此类特征包括但不限于上述制造方法、各种护罩、密封件、材料和/或其组合。

[0108] 本文中所述且图1-6中所示出的系统和方法可减少燃料消耗、增加可操作性、提高发动机性能和/或动力输出,同时维持或减小重量、零件数量和/或包装(例如径向和/或轴向尺寸)。本文中所提供的系统可允许优于例如涡轮风扇的现有燃气涡轮发动机构造,增大高旁路比和/或总压力比,同时相对于具有类似动力输出的其它燃气涡轮发动机维持或减小包装。本文中所描述的系统可促进提高旁路比和/或总压力比且由此提高燃气涡轮发动机的总效率。本文提供的系统可通过减少或消除需要冷却空气的固定翼型件(例如喷嘴引导叶片)来增加总体燃气涡轮发动机效率。

[0109] 又另外,本文中所描述且图1-6中所示出的系统和方法可减小流动面积与燃气涡轮发动机的转速的平方的乘积(乘积在本文中被称作“AN²”)。举例来说,关于图1-6示出和描述的发动机10相对于常规的齿轮传动的涡轮风扇构造可大体上减小AN²。一般来说,例如通过减小转速和/或流动面积而减小AN²增加了所需的平均级功系数(即旋转翼型件的每个级上所需平均负载量)。然而,本文中所描述的系统可减小AN²,同时还减小平均级功系数且通过在高速涡轮转子120和中速涡轮130的一个或多个级中的交叉低速涡轮转子110来维持涡轮部段90的轴向长度(与具有类似推力输出和包装的发动机比较),同时还限定朝向涡轮部段90的下游端98的非交叉的涡轮结构(即内部护罩112和多个内部护罩翼型件119)。因此,低速涡轮转子110可增加翼型件的旋转级的数量,同时减小平均级功系数,且因此减小AN²,同时减少轴向长度的增加以产生类似的AN²值。低速涡轮转子110可进

一步减小 AN^2 ,同时相对于具有类似动力输出和/或包装的燃气涡轮发动机的涡轮部段额外减少在涡轮部段90中旋转和固定的翼型件的总数量。

[0110] 此外,图1-6中所示且本文所述的系统和方法通过使高速涡轮转子120的前方或上游99的低速涡轮转子110交叉布置,可以进一步提高发动机效率,减少翼型件数量,减少发动机重量和/或减轻燃烧部段设计约束。例如,将低速涡轮转子110的第一级限定为紧邻燃烧部段26的下游98,而在其之间没有第一涡轮叶片或喷嘴引导叶片,并且限定低速涡轮转子110与高度涡轮转子120反向旋转,与固定的第一涡轮叶片或喷嘴引导叶片相比,可以减少总体燃烧热点对低速涡轮转子110的第一级的影响。这样,本文描述的涡轮部段90和发动机10可以通过去加重热点或燃烧模式因子来移除对燃烧部段26设计的约束,以有利于其他设计标准,诸如减少排放物,改善贫油熄火(LBO)和/或高度重新点火,可提高部分或全部操作范围的整体可操作性,或增加操作范围。

[0111] 应该认识到,为了说明的目的,可以强调某些特征,例如间隙、腔体、孔口或相邻结构之间的关系。例如,毂105和第一涡轮轴承200可以限定彼此之间的紧密关系,以便在每个结构之间限定空气241、242、291等的薄膜。作为另一个例子,示意性箭头通常可以表示流体的优先流动方向,通常是由于腔体或结构之间的压力或压力变化或降压,或通过孔口、开口、通道等而导致的。例如,空气241、291通常可以从第一涡轮轴承200通过轴承腔体207朝向静止喷嘴235流动。

[0112] 此书面描述使用实例来公开本发明,包括最佳模式,并且还使所属领域的技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统以及执行任何所并入的方法。本发明的可获专利的范围由权利要求书限定,且可包括所属领域的技术人员所想到的其它实例。如果此类其它实例包括并非不同于权利要求书的字面语言的结构要素,或如果它们包括与权利要求书的字面语言无实质差异的等效结构要素,那么它们既定在权利要求范围内。

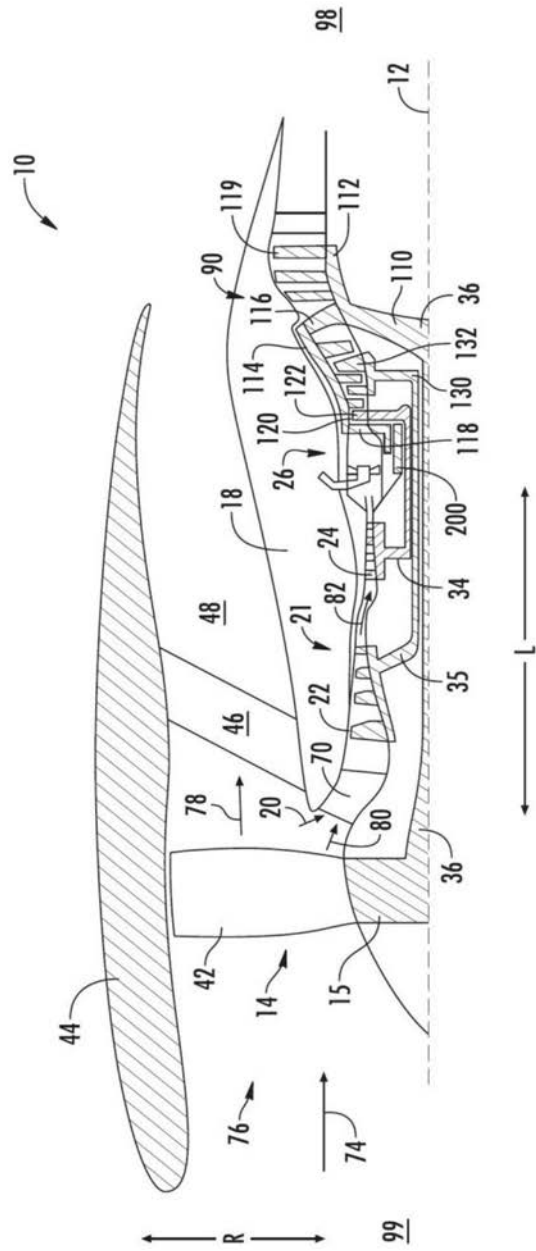


图1

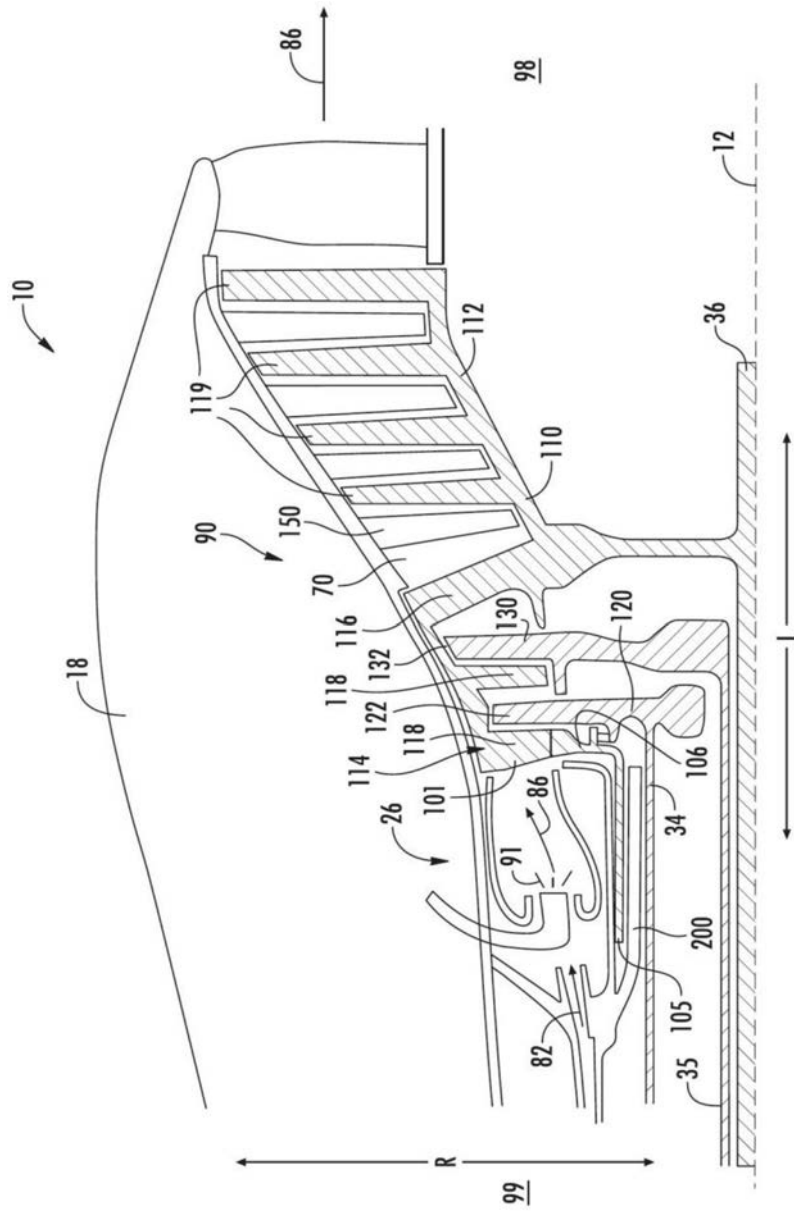


图2

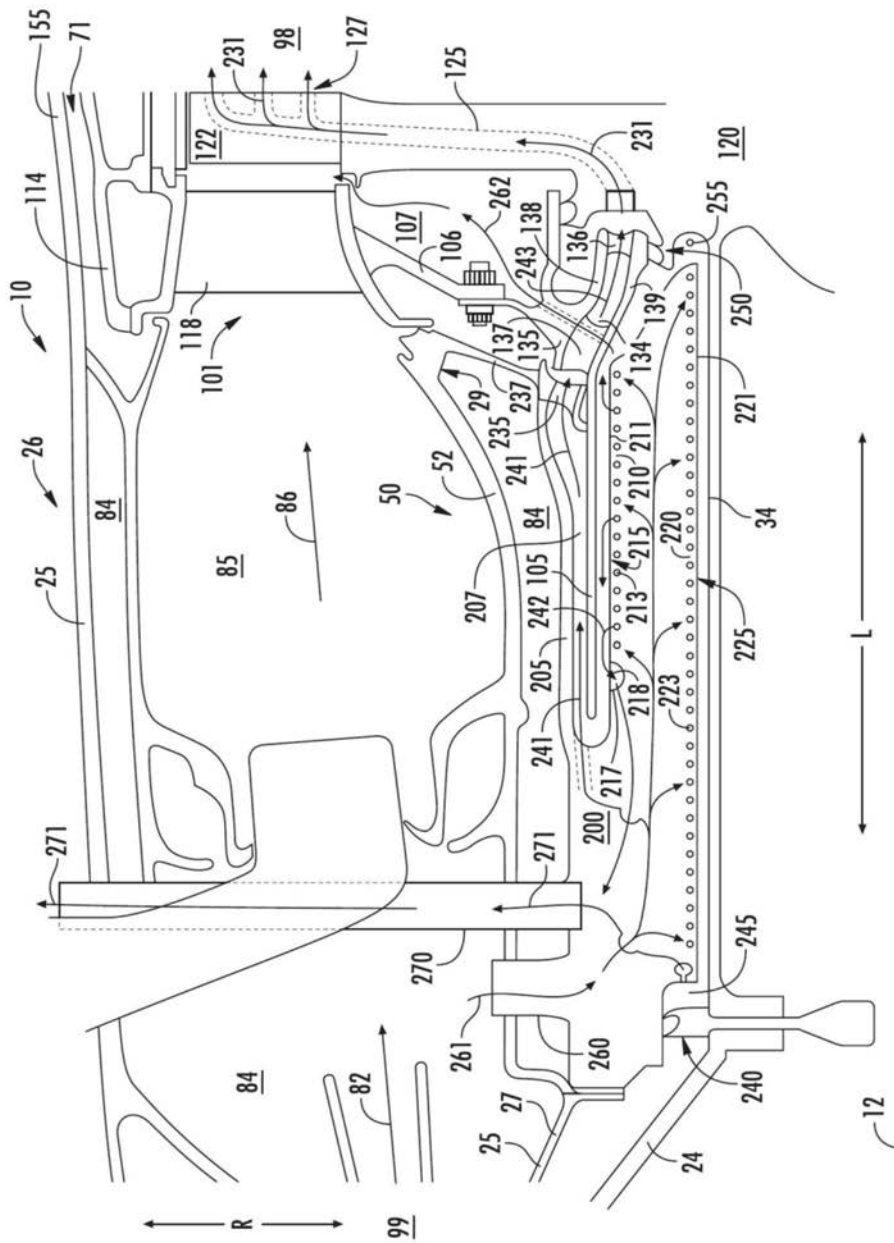


图3

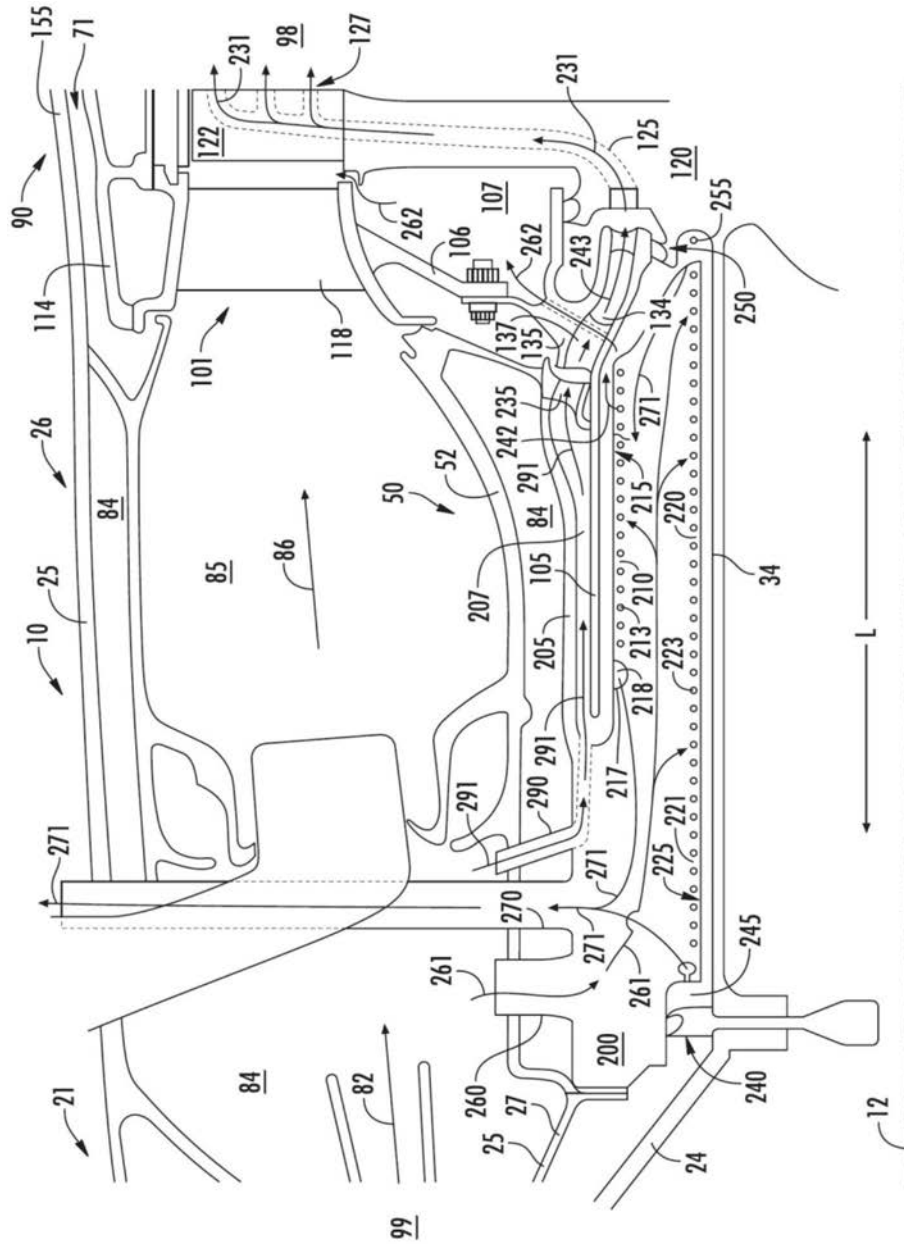


图4

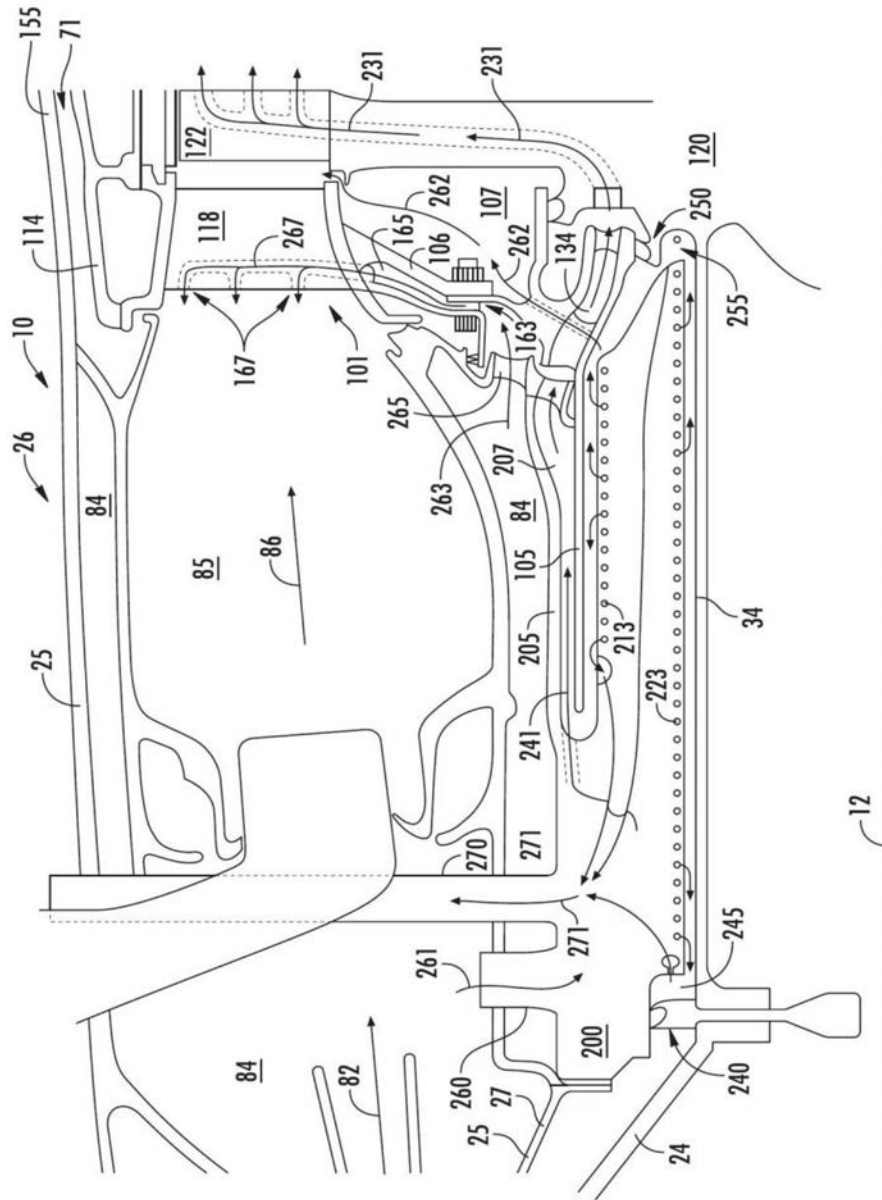


图5

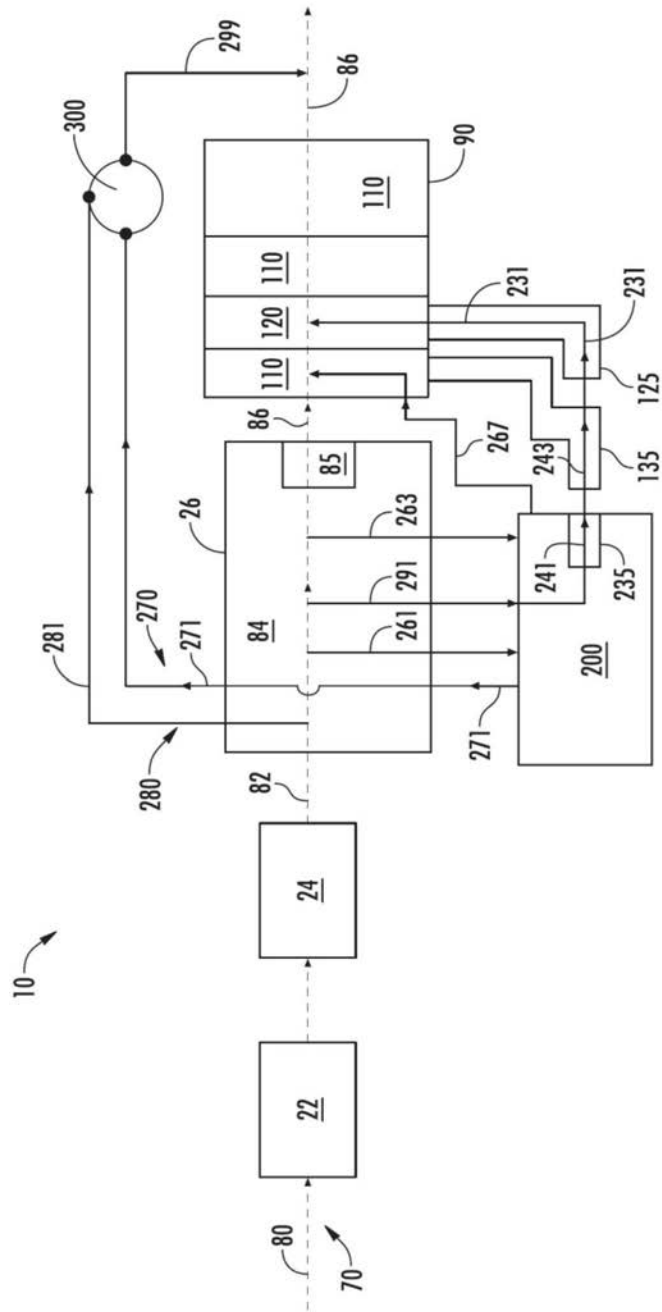


图6