



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107849929 B

(45)授权公告日 2019.11.08

(21)申请号 201680043509.1

F.多勇 N.莫拉迪

(22)申请日 2016.07.08

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107849929 A

代理人 姜凝 傅永霄

(43)申请公布日 2018.03.27

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

F01D 9/02(2006.01)

62/196486 2015.07.24 US

F01D 25/24(2006.01)

14/939237 2015.11.12 US

F01D 9/04(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.01.24

(56)对比文件

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CA2016/050801 2016.07.08

CN 1950595 A,2007.04.18,全文.

US 4989406 A,1991.02.05,全文.

(87)PCT国际申请的公布数据
W02017/015743 EN 2017.02.02

CN 203891945 U,2014.10.22,全文.

US 2941781 A,1960.06.21,全文.

(73)专利权人 普拉特 - 惠特尼加拿大公司
地址 加拿大魁北克省

US 2006/0275110 A1,2006.12.07,全文.

US 2011/0255964 A1,2011.10.20,全文.

CN 1877100 A,2006.12.13,全文.

US 2010/0132369 A1,2010.06.03,全文.

(72)发明人 P.特斯福达里斯 E.维拉斯

审查员 靳文强

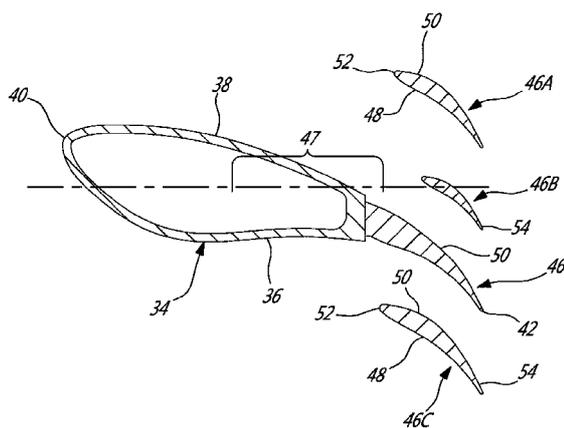
权利要求书3页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

具有非一致叶片轴向弦的一体式支柱-叶片喷嘴(ISV)

(57)摘要

一种一体式支柱和涡轮叶片喷嘴(ISV),包括:在其间限定流动通道的内管道壁和外管道壁;径向地延伸穿过所述流动通道的周向地间隔分开的支柱的阵列;径向地延伸穿过所述流动通道的周向地间隔分开的叶片的阵列。所述支柱中的至少一个与所述叶片中的相关联的一个沿周向方向对齐并且与其一起形成一体式支柱-叶片翼型。所述一体式支柱-叶片翼型的相对侧上的邻近叶片相对于其他叶片具有不一致的轴向翼弦。



1. 一种用于燃气涡轮发动机的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴,所述一体式支柱和涡轮叶片喷嘴包括:内管道壁和外管道壁,所述内管道壁和所述外管道壁在其间限定环形流动通道;径向地延伸穿过所述流动通道的周向地间隔分开的支柱的阵列;和径向地延伸穿过所述流动通道的周向地间隔分开的叶片的阵列,所述叶片具有相对于通过所述环形流动通道的气体流动的方向布置在所述支柱的前缘的下游的前缘,所述支柱中的至少一个与所述叶片中的相关联的一个沿周向方向对齐并且与其一起形成一体式支柱-叶片翼型,其中所述一体式支柱-叶片翼型的相对侧上的邻近叶片中的至少一个具有比所述周向间隔分开的叶片的阵列中的其他叶片的轴向翼弦更短的轴向翼弦。

2. 根据权利要求1所述的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴,其特征在于,所述一体式支柱-叶片翼型的相对侧上的两个邻近叶片均具有比所述其他叶片的轴向翼弦更短的轴向翼弦。

3. 根据权利要求1所述的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴,其特征在于,所述邻近叶片中的第一个具有比所述其他叶片的轴向翼弦更长的轴向翼弦,且同时所述邻近叶片中的第二个具有比所述其他叶片的轴向翼弦更短的轴向翼弦。

4. 根据权利要求1所述的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴,其特征在于,所述一体式支柱-叶片翼型的相对侧上的两个邻近叶片具有相对于所述其他叶片不一致的轴向翼弦。

5. 根据权利要求1所述的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴,其特征在于,所述邻近叶片具有相同的轴向翼弦,所述邻近叶片的轴向翼弦与所述其他叶片的轴向翼弦不同。

6. 根据权利要求3所述的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴,其特征在于,所述邻近叶片中的第一个相对于所述其他叶片向上游延伸到其中在操作期间预期有流动分离的位置。

7. 根据权利要求1所述的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴,其特征在于,所述邻近叶片中的具有更短轴向翼弦的至少一个布置在所述一体式支柱-叶片翼型的吸力侧上。

8. 根据权利要求1所述的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴,其特征在于,所述邻近叶片和所述一体式支柱-叶片翼型分别在所述一体式支柱-叶片翼型的相对侧上限定第一叶片间通道和第二叶片间通道,并且其中,所述邻近叶片中的具有比所述其他叶片的轴向翼弦更短的轴向翼弦的至少一个短足以避免在所述第一叶片间流动通道和所述第二叶片间流动通道的入口端处的临界截面的距离。

9. 根据权利要求8所述的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴,其特征在于,所述第一叶片间流动通道和所述第二叶片间流动通道的临界截面定位在所述邻近叶片的后缘处。

10. 根据权利要求1所述的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴,其特征在于,所述邻近叶片中的至少一个相对于所述其他叶片更短,使得所述一体式支柱-叶片翼型的厚度最大的区域与所述邻近叶片中的所述至少一个的前缘部分间隔小于所述邻近叶片中的所述至少一个的后缘与所述一体式支柱-叶片翼型之间垂直于所述一体式支柱-叶片翼型所测得的距离的距离。

11. 根据权利要求1所述的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴,其特征在于,所述邻近叶片中的至少一个的前缘处于相对于通过所述环形流动通道的气体流动的方向具有标称轴向翼弦的所述其他叶片的前缘的下游,并且其中所述邻近叶片中具有更短轴向翼弦的至少一个邻近叶片的前缘处于一轴向点的下游,在所述轴向点处所述一体式支柱-叶片翼型与所述邻近叶片中的所述至少一个的前缘之间的距离变得小于所述邻近叶片中的所述至少一个的前缘的下游所述邻近叶片中的所述至少一个与所述一体式支柱-叶片翼型之间的最短距

离。

12. 一种设计一体式支柱和涡轮叶片喷嘴的方法,所述一体式支柱和涡轮叶片喷嘴具有周向的支柱阵列和周向的叶片阵列,所述叶片具有相对于通过所述一体式支柱和涡轮叶片喷嘴的气体流动的方向设置在所述支柱的前缘的下游的前缘,所述支柱中的每个沿周向方向与所述叶片中的相关联的一个对齐并与其形成一体式支柱-叶片翼型,所述方法包括:建立所述叶片的标称轴向翼弦;进行流场分析;且然后基于所述流场分析,通过相对于所述标称轴向翼弦增大或减小其轴向翼弦来调节邻近所述一体式支柱-叶片翼型的叶片的轴向翼弦,包括当在所述叶片与所述一体式支柱-叶片翼型之间检测到流动收缩时,缩短邻近所述一体式支柱-叶片翼型的叶片的轴向翼弦。

13. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,增大或减小邻近所述一体式支柱叶片翼型的叶片的轴向翼弦包括当在所述邻近叶片的前缘的上游的位置处在所述一体式支柱-叶片翼型的一侧上检测到流动分离时,增大在所述一体式支柱-叶片翼型的所述一侧上的邻近叶片的轴向翼弦,增大轴向翼弦以便所述邻近叶片的前缘在检测到流动分离之处的上游轴向地延伸。

14. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,所述一体式支柱-叶片翼型具有 t_{max}/c 比,其中 t_{max} 是所述一体式支柱-叶片翼型的最大厚度,且 c 是所述一体式支柱-叶片翼型的真实翼弦长,其中进行流场分析包括计算所述 t_{max}/c 比,并且其中调节邻近所述一体式支柱-叶片翼型的叶片的轴向翼弦包括当所述 t_{max}/c 比大于预定值时缩短邻近所述一体式支柱-叶片翼型的叶片中的相关联的一个。

15. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,当在所述流场分析期间检测到所述一体式支柱-叶片翼型与邻近叶片之间会聚且然后发散的通道时,缩短所述邻近叶片以消除流动收缩。

16. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,邻近所述一体式支柱-叶片翼型的叶片中的至少一个叶片相对于其他叶片被缩短,以便防止所述一体式支柱-叶片翼型的厚度最大的区域与所述至少一个叶片的前缘部分间隔开小于所述至少一个叶片的后缘与所述一体式支柱-叶片翼型之间垂直于所述一体式支柱-叶片翼型所测得的距离的距离。

17. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,邻近所述一体式支柱-叶片翼型的叶片中的至少一个叶片被缩短,使得其前缘处于一轴向点的下游,其中在所述轴向点处,所述一体式支柱-叶片翼型与所述至少一个叶片的前缘之间的距离变得小于所述一体式支柱-叶片翼型与所述至少一个叶片的其余部分之间的最短距离。

18. 一种燃气涡轮发动机,包括:限定在内管道壁和外管道壁之间的气体路径;径向地延伸穿过所述气体路径的周向地间隔分开的支柱的阵列;和周向地间隔分开的叶片的阵列,所述叶片径向地延伸穿过所述气体路径并相对于通过所述气体路径的气体流动的方向布置在所述支柱的下游,所述支柱中的每个均与所述叶片中的相关联的一个沿周向方向在角度上对齐并且与其一起形成一体式支柱-叶片翼型,每个一体式支柱-叶片翼型布置在两个相邻叶片之间,所述相邻叶片相对于其他叶片具有不一致的轴向翼弦分布,其中所述不一致的轴向翼弦分布包括所述相邻叶片中的至少一者具有比其他叶片的轴向翼弦更短的轴向翼弦。

19. 根据权利要求18所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,具有更短轴向翼弦的至少一

个相邻叶片具有前缘,所述前缘相对于通过所述气体路径的气体流动的方向布置在其他叶片的前缘的下游。

20.根据权利要求18所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述不一致的轴向翼弦分布还包括所述相邻叶片中的至少一者具有比其他叶片的轴向翼弦更长的轴向翼弦。

具有非一致叶片轴向弦的一体式支柱-叶片喷嘴 (ISV)

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2015年7月24日提交的美国临时专利申请No. 62/196,486的优先权,其内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本申请大体涉及燃气涡轮发动机,并且更具体地涉及一体式支柱和叶片喷嘴 (ISV)。

背景技术

[0004] 燃气涡轮发动机管道可以具有在气体流动路径中的支柱以及用于引导气体流动通过管道的叶片。通常,支柱与叶片轴向地间隔开以避免流动分离问题。这导致更长的发动机配置。为了减小发动机长度,已经提出将支柱与叶片一体化。然而,迄今为止,调整叶片喷嘴的流量仍然具有挑战性。

发明内容

[0005] 在一方面,提供一种用于燃气涡轮发动机的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴 (ISV),所述ISV包括:在其间限定环形流动通道的内管道壁和外管道壁;径向地延伸穿过所述流动通道的周向地间隔分开的支柱的阵列;径向地延伸穿过所述流动通道的周向地间隔分开的叶片的阵列,所述叶片具有相对于通过所述环形流动通道的气体流动方向布置在所述支柱的前缘下游的前缘,所述支柱中的至少一个与所述叶片中的相关联的一个沿周向方向对齐并且与其一起形成一体式支柱-叶片翼型,其中所述一体式支柱-叶片翼型的相对侧上的邻近叶片中的至少一个具有比所述周向地间隔分开的叶片的阵列中的其他叶片的轴向弦更短的轴向弦。

[0006] 根据另一方面,提供一种设计一体式支柱和涡轮叶片喷嘴 (ISV) 的方法,所述一体式支柱和涡轮叶片喷嘴 (ISV) 具有周向的支柱阵列和周向的叶片阵列,所述叶片具有相对于通过所述ISV的气体流动的方向设置在所述支柱的前缘的下游的前缘,所述支柱中的每一个均与所述叶片中的相关联的一个沿周向方向对齐并与其形成一体式支柱-叶片翼型,所述方法包括:建立所述叶片的标称轴向弦;进行流场分析;且然后基于所述流场分析,通过相对于所述标称轴向弦增大或减小其轴向弦来调节邻近所述一体式支柱-叶片翼型的叶片的轴向弦,这包括当检测到所述叶片与所述一体式支柱-叶片翼型之间的流动收缩时缩短邻近所述一体式支柱-叶片翼型的叶片的轴向弦。

[0007] 根据另一大体方面,提供一种燃气涡轮发动机,其包括:限定在内管道壁和外管道壁之间的气体路径;径向地延伸穿过所述气体路径的周向地间隔分开的支柱的阵列;和周向地间隔分开的叶片的阵列,所述叶片径向地延伸穿过所述气体路径并相对于通过所述气体路径的气体流动的方向大体布置在所述支柱的下游,所述支柱中的每一个均与所述叶片中的相关联的一个沿周向方向在角度上对齐并且与其一起形成一体式支柱-叶片翼型,每

个一体式支柱-叶片翼型均布置在两个相邻叶片之间,所述相邻叶片相对于其他叶片具有不一致的轴向弦分布,其中所述不一致的轴向弦分布包括所述相邻叶片中的至少一个具有比所述其他叶片的轴向弦更短的轴向弦。

附图说明

[0008] 现在参考附图,附图中:

[0009] 图1是燃气涡轮发动机的示意性横截面视图;

[0010] 图2是适合用于形成图1中所示的发动机的气体路径的一部分的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴(ISV)的横截面视图;

[0011] 图3是沿图2中的线3-3取得的横截面视图;以及

[0012] 图4是周向延伸的示意性局部视图,其示出可能的不一致轴向弦分布,其特征在于,在一体式支柱-叶片翼型的压力侧和吸力侧上的叶片相对于其他叶片的标称翼弦分别具有更长和更短的轴向翼弦。

具体实施方式

[0013] 图1示出优选地设置为用于在亚音速飞机中使用的类型的涡轮螺旋桨式燃气涡轮发动机10,其大体包括串行流动连通的用于对空气加压的多级压缩机14、燃烧器16(在其中压缩空气与燃料混合并被点燃以便生成热燃烧气体的环形流)以及用于从燃烧气体提取能量的涡轮区段18。

[0014] 图2示出适于形成发动机10的流动通道(诸如,主气体路径)的一部分的一体式支柱和涡轮叶片喷嘴(ISV) 28。比如,ISV能够形成用于将气体流动从高压涡轮组件引导至低压涡轮组件的涡轮中间框架模块的一部分。然而,应理解的是,ISV 28能够被用在发动机10的其他区段中。而且,应理解的是,ISV 28不限于涡轮螺旋桨式发动机应用。事实上,ISV 28能够被安装在其他类型的燃气涡轮发动机上,诸如涡轮风扇式发动机、涡轮轴发动机和辅助动力单元(APU)。

[0015] ISV 28可以具有整体式构造,或者其可以是比如图3中所示的具有多个部件的组件。ISV 28大体包括径向外管道壁30和径向内管道壁32,其围绕发动机轴线同心地布置并在其间限定环形流动通道33。流动通道33限定发动机气体路径的轴向部分。

[0016] 同时参考图2至图4,能够认识到的是,周向间隔分开的支柱34(图2至图4中仅示出一个)的阵列在外管道壁30与内管道壁32之间径向地延伸。支柱34可以具有包括在前缘40与后缘42之间沿弦向延伸的压力侧壁36和吸力侧壁38的中空翼型形状。辐条44和/或维护管线(未示出)可以在内部延伸穿过中空支柱34。支柱34可以被用于传递载荷和/或保护给定结构(例如维护管线)免受流动通过流动通道33的高温气体的影响。ISV 28在其下游端处具有导引叶片喷嘴区段28b,其包括用于将气体流动引导至后转子(未示出)的周向地间隔分开的叶片46的阵列。导引叶片喷嘴区段28b可以被组装到ISV 28的上游支柱区段28a,如比如美国专利公开No. US2015/0098812、No. US2015/0044032和No. 2014/0255159中所描述的那样,上述公开的内容通过引用并入本文。

[0017] 叶片46具有翼型形状,并且径向地延伸穿过外管道壁30与内管道壁32之间的流动通道33。叶片46具有在前缘52与后缘54之间轴向地延伸的相对的压力侧壁48和吸力侧壁

50。叶片46的前缘52布置在支柱34的前缘40的下游(相对于如图4中由A所描绘的通过环形流动通路33的气体流动的方向)。叶片46的后缘54和支柱34的后缘42延伸至图4中由线57所描绘的共同径向平面。

[0018] 每个支柱34均沿周向方向与叶片46中的相关联的一个在角度上对齐,以形成一体式支柱-叶片翼型47(图3和4)。通过将每个支柱34的翼型形状与相关联的叶片46'的翼型形状相结合来实现一体化(图3)。因此,支柱34中的每一个均沿下游方向并入设置在流动通道33的下游端处的导引叶片的阵列的叶片46中的对应的一个。如从图3和图4能够认识到的那样,与支柱34对齐的叶片46'的压力侧壁48和吸力侧壁50大体上延续相应的相关联的支柱34的对应压力侧壁36和吸力侧壁38向后延伸。如图4中所示,每个叶片46均具有对应于叶片46的前缘52与后缘54之间的轴向距离的轴向翼弦C。

[0019] 叶片46通常具有等同的翼型形状。因此,一体式支柱-叶片翼型47的每侧上的叶片间通道不同于叶片46之间的叶片间通道。本文提出修改该区域以进一步优化效率以及ISV损耗并减小叶片喷嘴与后转子之间的轴向距离。

[0020] 比如,为了使损耗最小化并避免分离区,在一体式支柱-叶片翼型47的相对侧上的邻近叶片46B、46C(即一体式支柱-叶片翼型47的相邻叶片;也就是说,紧接着ISV翼型或在ISV翼型的任一侧上的叶片)中的一者或两者相比于其他叶片46的翼型形状能够具有不同的翼型形状,且更具体地,具有不同的轴向翼弦。比如:

[0021] a) 任一相邻叶片46B或46C相对于另一叶片46A均能够具有更长的轴向翼弦C;

[0022] b) 相对于叶片46A,叶片46B能够具有更长的轴向翼弦C,且叶片46C能够具有更短的轴向翼弦C;

[0023] c) 相对于叶片46A,叶片46C能够具有更长的轴向翼弦C,且叶片46B能够具有更短的轴向翼弦C(该特定组合在图4中示出);

[0024] d) 叶片46B或叶片46C中的仅一者能够具有比其他叶片46A的轴向翼弦C更短的轴向翼弦C;或者

[0025] e) 相对于叶片46A,相邻叶片46B和46C两者均能够具有更短的轴向翼弦C。

[0026] 可以实现不一致的轴向翼弦的上述组合以提供以下益处中的至少一个:

[0027] - 叶片喷嘴的出口处均衡的质量流动分布。

[0028] - 最小化的损耗。

[0029] - 叶片喷嘴的出口处减小的静压梯度。

[0030] - 最小化叶片喷嘴的出口处的支柱尾流。

[0031] - 通过将后转子定位成更靠近叶片喷嘴来减少发动机长度。

[0032] ISV的邻近叶片46B、46C的轴向翼弦分布随 t_{max}/c 比而变,其中“ t_{max} ”是一体式支柱-叶片翼型47的最大厚度,并且“ c ”是一体式支柱-叶片翼型47的真实翼弦长。如果一体式支柱叶片47的厚度最大的位置过于靠近邻近叶片46B、46C中的一者的前缘52(这意味着小的真实翼弦长 c 和因此大的 t_{max}/c 比),则一体式支柱叶片表面与邻近叶片46B或46C之间的距离可能小于临界截面(throat)T(即,两个邻近翼型之间的最小横截面积,其通常在后缘处),从而在叶片间通道中形成上游流动收缩。由于这种情况,流动被截留在一体式支柱-叶片和邻近叶片之间的叶片间通道的入口处,从而形成阻扼或收缩,这导致整个叶片间通道的流动分离和阻塞。为了克服该问题,设计ISV时的一种选项是缩短当在ISV的分析模型上

进行流场分析时检测到这种现象的邻近叶片46B或46C。另一方面,如果在流场分析期间,在一体式支柱-叶片翼型47的任一侧上的叶片46的前缘52的上游观察到流动分离,则其中观察到流动分离的邻近叶片46B、46C的轴向翼弦C能够增大,使得延长的叶片的前缘定位在流动分离位置的上游以拦阻流动分离。通过在一体式支柱-叶片翼型47的压力侧或吸力侧处如此延长叶片的轴向翼弦,能够向其中通常将发生流动分离的流动提供额外的导引,且因此能够避免流动分离。

[0033] 因此,根据流场分析的结果,邻近叶片46B、46C的不一致轴向翼弦的各种组合都是可能的。根据前述内容,本领域技术人员将认识到的是,根据每个一体式支柱-叶片翼型47周围存在的流场,以及(在一体式支柱-叶片翼型表面上、在一体式支柱-叶片翼型47的相对侧上的叶片间通道中,以及在邻近叶片表面上)观察到的分离区,设计者可以考虑延长或缩短与每个一体式支柱-叶片翼型47相邻的(多个)邻近叶片46B、46C,以便或者增大轴向翼弦以更好地导引流动并避免流动分离,或者减小轴向翼弦以打开其中检测到流动收缩的叶片间通道。

[0034] 除了上述翼弦长度的尺寸重新设计之外,一体式支柱-叶片翼型47的相对侧上的相邻叶片46B和46C能够重新交错(改变在叶片的翼弦线与涡轮轴向方向之间限定的交错角)以提供改进的空气动力学性能。而且,这些翼型的前部分可能与其余翼型不同,以更好地匹配支柱过渡部。

[0035] 在设计ISV时,设计者可以以对于所有叶片46(包括邻近一体式支柱-叶片翼型47的叶片46B和46C)均具有相同的标称轴向翼弦的情况开始。然后可以在ISV的初始设计的计算机化模型上执行流场分析。鉴于流场分析,设计者此后可以相对于初始固定的标称轴向翼弦增大或减小叶片46B、46C的轴向翼弦或长度。比如,如果在邻近叶片46B、46C终止处的上游在一体式支柱-叶片翼型47的一侧处观察到流动分离,则设计者可以增大邻近叶片46B、46C的长度以在检测到流动分离之处的上游导引流动,从而防止在修改的设计中发生流动分离。如果例如设计者看到在一体式支柱-叶片翼型47的一侧处形成会聚且然后发散的叶片间通道,则设计者可以缩短邻近叶片46B、46C的轴向翼弦,以便打开叶片间通道的上游部分,且因此消除通道的入口端处的收缩。可以缩短邻近叶片46B、46C,使得其前缘处于一轴向点的下游,在该轴向点处,一体式支柱-叶片翼型47与邻近叶片的前缘之间的距离变得小于一体式支柱-叶片翼型47与叶片46B、46C的其余部分之间的最短距离。叶片46B、46C可以缩短足以消除在叶片46B、46C的后缘54处的临界截面T的上游的检测到的流动收缩的长度。比如,邻近一体式支柱-叶片翼型47的叶片46B、46C可以相对于其他叶片46A缩短,以便防止一体式支柱-叶片翼型47的厚度最大区域与邻近叶片46B、46C的前缘部分间隔开一距离,并且该距离小于邻近叶片46B、46C的后缘54与一体式支柱-叶片翼型47之间如垂直于一体式支柱-叶片翼型47所测得的距离。

[0036] 因此,基于在数值模型上所观察到的流场,调整邻近一体式支柱-叶片翼型的叶片的初始轴向翼弦,以在涡轮喷嘴周围提供更均匀的质量流动分布。

[0037] 以上描述意在仅是示例性的,并且本领域技术人员将认识到,在不脱离所公开的本发明的范围的情况下,可以对所描述的实施例做出改变。也应该理解的是,构想到上文所描述的特征的各种组合。比如,能够在每个一体式支柱-叶片翼型的任一侧上提供不同的翼型设计以及邻近一体式翼型结构的叶片的重新交错。这些特征能够在仍然允许相同的流动

通过每个叶片间通道的同时得以实现。而且落入本发明的范围内的其他修改,鉴于对本公开的审视,对于本领域技术人员而言将是显而易见的,并且此类修改旨在落入所附权利要求内。

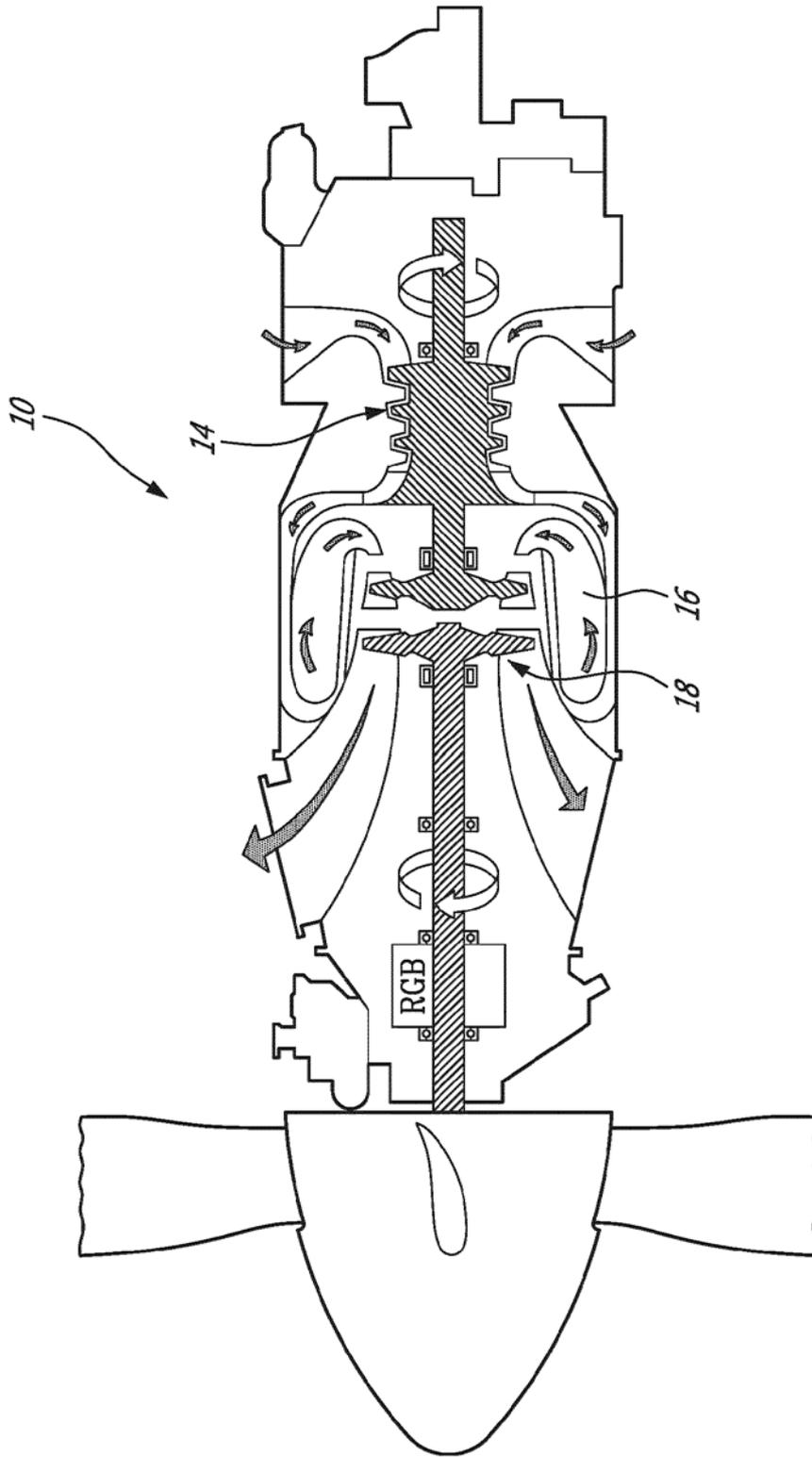


图 1

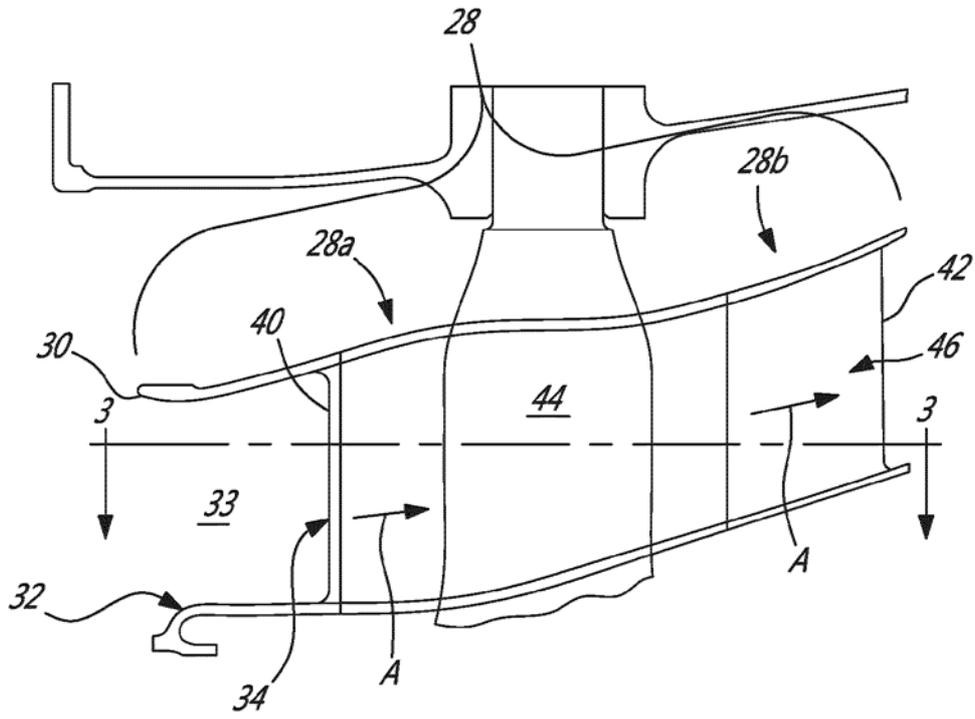


图 2

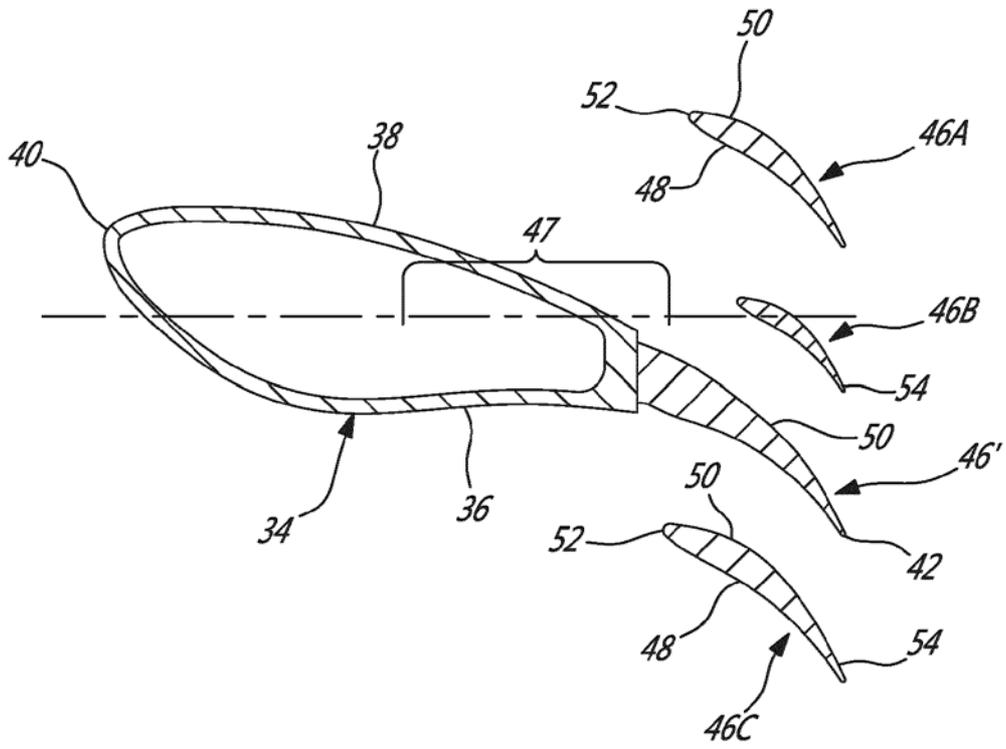


图 3

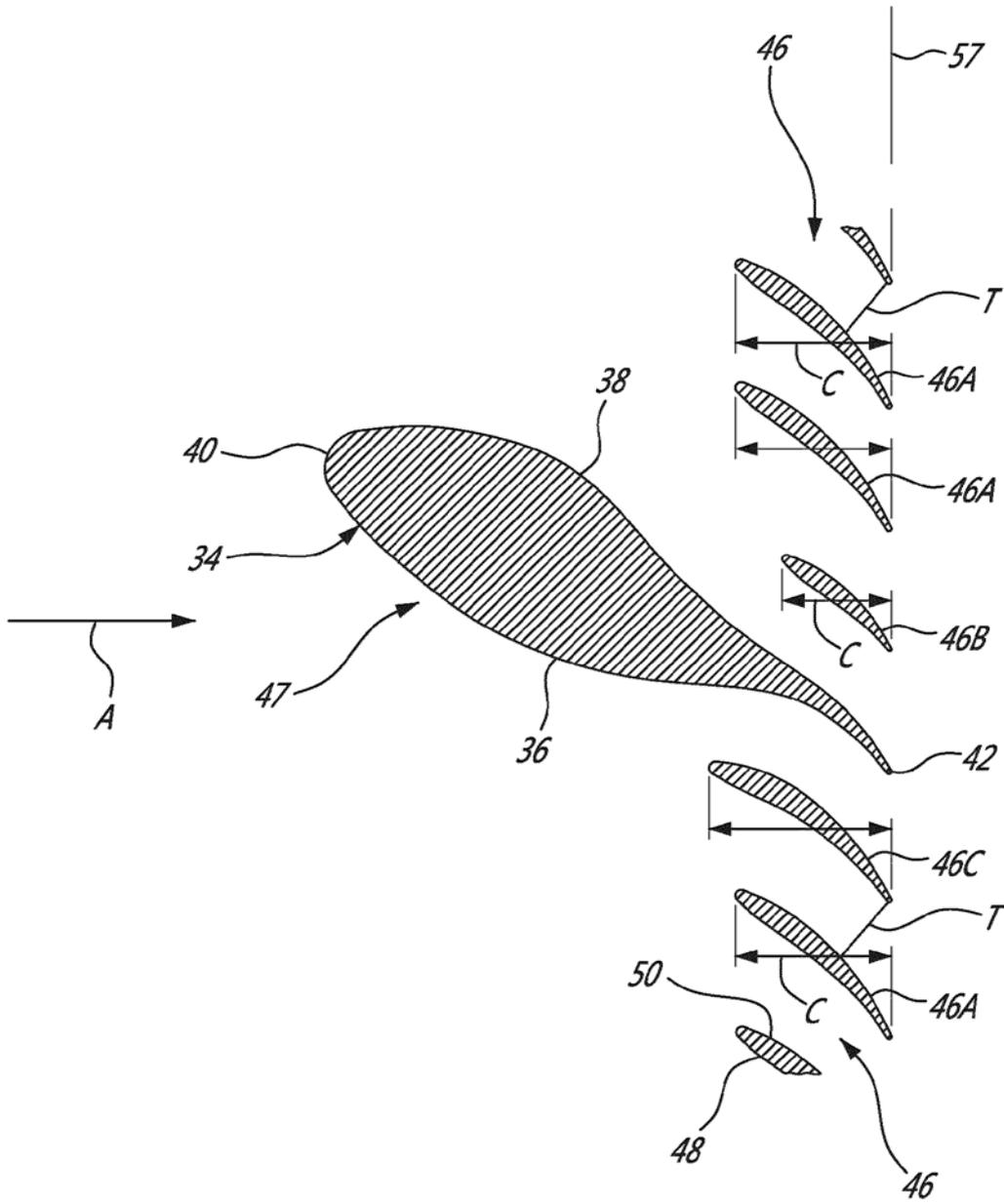


图 4