



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104160115 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 19

(21) 申请号 201380011829. 5

(22) 申请日 2013. 02. 20

(30) 优先权数据

13/408, 287 2012. 02. 29 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 08. 29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/026776 2013. 02. 20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/130309 EN 2013. 09. 06

(71) 申请人 西门子能源有限公司

地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 大卫·A·利特勒

赖因哈德·席尔普

克里斯托弗·W·罗斯

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 潘炜 田军锋

(51) Int. Cl.

F01D 9/02(2006. 01)

F02C 3/14(2006. 01)

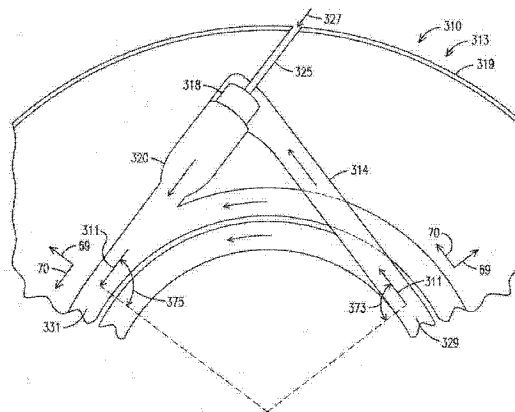
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

具有从压缩机到涡轮的改进的气流旋转的环管式燃气涡轮发动机的中段

(57) 摘要

本发明提出了一种燃气涡轮发动机 (310) 的中构架部分 (313), 该中构架部分 (313) 包括具有将气流 (311) 以第一角度 (372) 定向的最末级叶片的压缩机部段。该中构架部分 (313) 还包括具有接收以第二角度 (374) 定向的气流 (311) 的第一级叶片的涡轮部段。该中构架部分 (313) 还包括将来自于压缩机部段的气流 (311) 直接联通至涡轮部段的上游的燃烧室头部 (318) 的歧管 (314)。该燃烧室头部 (318) 在气流 (311) 中引入从第一角度 (372) 到第二角度 (374) 的偏移角度, 使得气流 (311) 以第二角度 (374) 从燃烧室头部 (318) 排出。在引入偏移角度的同时, 燃烧室头部 (318) 至少保持或增大第一角度 (372)。



1. 一种燃气涡轮发动机的中构架部分,所述中构架部分包括:
压缩机部段,所述压缩机部段具有被构造成使从所述压缩机部段排出的气流以第一角度定向的最末级叶片;
涡轮部段,所述涡轮部段具有被构造成接收以第二角度定向的气流的第一级叶片;
歧管,所述歧管被构造成将来自于所述压缩机部段的气流直接联通至所述燃气涡轮发动机的位于所述涡轮部段上游的燃烧室头部;
其中,所述燃烧室头部被构造成在气流中引入从所述第一角度到所述第二角度的偏移角度,使得从所述燃烧室头部排出的气流以所述第二角度定向;
以及,其中,所述燃烧室头部被构造成至少保持或增大气流的所述第一角度。
2. 根据权利要求 1 所述的中构架部分,其中所述第一角度是在绝对参考坐标系中相对于纵向方向测得的初始切向角,其中所述第二角度是在所述绝对参考坐标系中相对于所述纵向方向测得的最终切向角。
3. 根据权利要求 2 所述的中构架部分,其中所述燃烧室头部被构造成通过至少保持气流的相对于所述纵向方向的所述初始切向角而引入所述气流的角度偏移。
4. 根据权利要求 3 所述的中构架部分,其中所述燃烧室头部被构造成将相对于所述纵向方向测得的所述初始切向角增大所述偏移角度,从而使气流以相对于所述纵向方向测得的所述最终切向角定向,其中,所述偏移角度等于所述最终切向角和所述最初切向角的差。
5. 根据权利要求 2 所述的中构架部分,其中所述最终切向角大于所述最初切向角。
6. 一种燃气涡轮发动机的中构架部分,所述中构架部分包括:
压缩机部段,所述压缩机部段具有被构造成使从所述压缩机部段排出的气流以第一角度定向的最末级叶片;
涡轮部段,所述涡轮部段具有被构造成接收以第二角度定向的气流的第一级叶片;以及
用于在气流中引入从所述第一角度到所述第二角度的偏移角度从而使得所述第一角度至少被保持或增大的装置,所述装置定位在所述压缩机部段的下游且在所述涡轮部段的上游。
7. 根据权利要求 6 所述的中构架部分,还包括歧管,所述歧管被构造成将来自于所述压缩机部段的气流直接联通至所述燃气涡轮发动机的燃烧室头部;其中用于引入所述偏移角度的所述装置是所述燃烧室头部。
8. 根据权利要求 7 所述的中构架部分,其中所述歧管呈直的管状形式。
9. 根据权利要求 6 所述的中构架部分,其还包括歧管,所述歧管被构造成将来自于所述压缩机部段的气流直接联通至所述燃气涡轮发动机的燃烧室头部;其中用于引入所述偏移角度的所述装置是所述歧管。
10. 根据权利要求 9 所述的中构架部分,其中所述歧管呈弯曲的螺旋形管状形式。
11. 根据权利要求 6 所述的中构架部分,其中所述第一角度是在绝对参考坐标系中相对于纵向方向测得的初始切向角,其中所述第二角度是在所述绝对参考坐标系中相对于所述纵向方向测得的最终切向角。
12. 根据权利要求 8 所述的中构架部分,其中所述歧管是扩散器,并且其中所述扩散器以所述第一角度定向,以接收来自于所述压缩机部段的气流。

13. 根据权利要求 12 所述的中构架部分,还包括所述燃烧室头部下游的过渡部;其中所述过渡部以所述第二角度定向,以接收来自于所述燃烧室头部的以所述第二角度定向的气流,从而将所述气流传送到所述涡轮部段的所述第一级叶片。

14. 根据权利要求 8 所述的中构架部分,其中所述歧管的面与所述燃烧室头部的面相平行,并且,其中,在所述歧管与所述燃烧室头部的接口处,所述歧管的外径大于所述燃烧室头部的直径。

15. 根据权利要求 10 所述的中构架部分,其中所述歧管包括在所述压缩机部段的出口处以所述第一角度定向的入口,以接收来自于所述压缩机部段的气流;所述歧管包括在所述燃烧室头部的入口处以所述第二角度定向的出口,以将气流以所述第二角度引导到所述燃烧室头部的入口中。

16. 根据权利要求 15 所述的中构架部分,其中,所述歧管的面与所述燃烧室头部的面相平行,并且,其中,在所述歧管与所述燃烧室头部的接口处,所述歧管的外径大于所述燃烧室头部的直径。

17. 根据权利要求 15 所述的中构架部分,其中,在所述歧管与所述燃烧室头部的接口处,所述歧管的外径小于所述燃烧室头部的直径,使得所述歧管的出口定位在所述燃烧室头部的入口中。

18. 根据权利要求 7 所述的中构架部分,其中,所述第一角度是在所述压缩机部段的出口处垂直于径向方向的初始切向角;以及,其中,所述第二角度是在所述涡轮部段的入口处垂直于径向方向的最终切向角。

19. 根据权利要求 18 所述的中构架部分,其中,所述初始切向角基于所述压缩机部段的出口的径向高度和所述燃烧室头部的直径;其中,所述最终切向角基于在所述燃烧室头部下游的过渡部的出口的径向高度以及所述燃烧室头部的所述直径。

20. 根据权利要求 18 所述的中构架部分,还包括在所述燃烧室头部下游的过渡部,所述过渡部呈直的管状形式,并且以所述最终切向角定位,以接收来自于所述燃烧室头部的以所述最终切向角定向的气流;其中,所述歧管是呈直的管状形式的扩散器,所述扩散器以所述初始切向角定向,以接收来自于所述压缩机部段的气流。

21. 根据权利要求 20 所述的中构架部分,其中所述燃烧室头部被构造成使气流的方向从所述初始切向角旋转至所述最终切向角。

具有从压缩机到涡轮的改进的气流旋转的环管式燃气涡轮发动机的中段

[0001] 关于联邦政府资助开发的声明

[0002] 本发明的开发得到美国能源部予以的 DE-FC26-05NT42644 号合同的部分支持。因此,美国政府对本发明可以具有一定的权利。

技术领域

[0003] 本发明涉及环管式燃气涡轮发动机,更具体地说,涉及一种环管式燃气涡轮发动机的中构架 (midframe) 部分。

背景技术

[0004] 在美国专利 No. 7, 721, 547 (“’547 专利”) 中讨论了环管式燃气涡轮发动机的传统中构架设计,该专利转让给了本发明的受让人,在此引入作为参考。’547 专利的图 1 被复制作为本文的图 1,该图示出了经过传统环管式燃气涡轮发动机 10 的中构架部分 13 的横截面。燃气涡轮发动机 10 的主要部件是压缩机部段 12、燃烧部段 16 和涡轮部段 48。转子组件 17 定位于中央并且延伸穿过这三个部段。在工作中,压缩机部段 12 通过进气口 (未图示) 接收空气并且对空气进行压缩。已压缩气流 11 从压缩机部段 12 传送到轴向扩散器 14,然后气流 11 进入外壳 19 内的腔 15,在腔 15 中,总气流 11 被分离并且进入环管式燃烧部段 16 的多个燃烧室头部 18 之一,其中环管式燃烧部段 16 以环形构型环绕转子组件 17。

[0005] 如图 1 所示,压缩机部段 12 包括包围交替的多排静叶片 23 和旋转叶片 25 的圆筒 27、29。静叶片 23 可以附接至圆筒 27,旋转叶片 25 可以安装至转子组件 17 以便与转子组件 17 一起旋转。静叶片 23 包括最末静叶片 26 和位于邻近压缩机部段 12 的出口处的出口导叶 28。此外,旋转叶片 25 包括定位在最末静叶片 26 和出口导叶 28 的上游的最末级叶片 24。最末静叶片 26 和出口导叶 28 用于去除离开最末级叶片 24 的气流 11 的绝对切向旋流角 (在绝对参考系中相对于纵向方向测量)。

[0006] 如在图 1 中进一步示出的,提供了承载支柱 30 以在燃烧部段 16 的外壳 19 处支承转子组件 17 的轴盖 32。可以由本领域的技术人员领会的是,可以为四个燃烧室头部 18 中的每一个分别提供一个支柱 30。如图 1 所示,轴向扩散器 14 包括内锥体 36 和外锥体 34,并且在内锥体 36 和外锥体 34 之间的横截面积沿纵向方向 68 增大,使得气流 11 经过扩散器 14 扩张并且减速,从而将速度头转换成压力头。如图 1 中所示的,支柱 30 在轴盖 32 之间附接至轴向扩散器 14 的外锥体 34,由此,燃烧部段 16 的外壳 19 在轴盖 32 处支承支柱 30。

[0007] 如在图 1 中进一步示出的,提供转子冷却抽取管道 38,该转子冷却抽取管道 38 从腔 15 中抽取已压缩空气,并且将该已压缩空气传送到冷却器 42 中。已冷却的空气从冷却器 42 传送并且经过位于腔 15 内且将已冷却的空气引导到轴盖 32 的下面的转子冷却喷射管道 40,以冷却发动机的旋转部件。

[0008] 发动机的另一个需要冷却的部分是在通向涡轮部段 48 的入口处的过渡部 20 中的

拐弯部,该拐弯部在燃气涡轮发动机 10 的工作过程中通常会经历特别高的热通量。为了在燃气涡轮发动机 10 的工作过程中冷却过渡部 20 的后端 54,进入腔 15 的气流 11 的一部分 58 与过渡部 20 的接近最高热通量区域的后端 54 相接触,以便通过使用热对流来冷却过渡部 20 的后端 54。

[0009] '547 专利的图 8 复制于本文中作为图 2,其示出了在图 1 的过渡部 20 的基础上进行了改良的“跨叶片”过渡部 20'。图 2 示出了燃气涡轮发动机 10' 的中构架部分 13' 的自上而下的径向视图,其包括燃烧部段 16' 和位于燃烧部段 16' 的下游的涡轮部段 48' 的第一级涡轮叶片阵列 49',并且在燃烧部段 16' 和第一级涡轮叶片阵列 49' 之间定位有“跨叶片”过渡部 20'。图 2 的中构架部分 13' 包括类似于图 1 的压缩机部段 12 的压缩机部段(未图示)。第一级外壳包围第一级涡轮叶片阵列 49' 并且包括叶片环 51'。优选地,叶片环 51' 的上游侧 53' 适于联接至过渡部出口 55'。跨叶片过渡部 20' 包括具有入口 62' 和出口 55' 的过渡部管体 60',其中,入口 62' 用于接收从燃烧室部段 16' 排出的气流,出口 55' 用于朝向第一级叶片阵列 49' 排放气流,在入口 62' 和出口 55' 之间有内部通道 66'。出口 55' 在三个坐标方向上偏离入口 62',这三个坐标方向为径向方向(进/出图)、纵向方向 68 和切向方向 70'。从出口 55' 排出的气流在绝对参考坐标系内沿着切向方向 70' 相对于纵向方向 68 呈一定角度,如箭头 72' 所描述,这是由第一级涡轮叶片阵列 49' 所需要的。将简单讨论中构架部分 13' 的绝对参考坐标系和相对参考坐标系,以及流出压缩机和进入燃气涡轮发动机 10' 的涡轮 48' 的气流的速度矢量是如何在所述每个参考坐标系中表示的。图 3 示出了燃气涡轮发动机 10' 的压缩机部段 12 的最末级叶片 24 和中构架部分 13' 的涡轮 48' 的第一级叶片 49' 的自上而下的径向视图,其中最末级叶片 24 和第一级叶片 49' 沿着图 2 的传统燃气涡轮发动机 10' 的纵向轴线 75 隔开。离开最末级叶片 24 的输出气流在最末级叶片 24 的(相对)参考坐标系中沿着相对输出速度矢量 76 定向。在压缩机部段 12 的工作过程中,最末级叶片 24 围绕纵向轴线 75 以垂直于纵向轴线 75 定向的叶片速度矢量 78 旋转。为了在绝对参考坐标系中确定离开最末级叶片 24 的输出气流的速度矢量,叶片速度矢量 78 与相对输出速度矢量 76 叠加,从而产生沿切向方向 70 相对于纵向方向 68 呈角度 82 的绝对输出速度矢量 80。在示例性实施方式中,角度 82 大约为 45 度。因此,离开最末级叶片 24 的输出气流的绝对输出速度矢量 80 定向为在切向方向 70 上相对于纵向方向 68 大约呈 45 度角。传统中构架部分 13' 的最末级叶片 26、28 被构造成将绝对输出速度矢量 80 的角度 82 从 45 度减小到大约 0 度,以对准沿着纵向轴线 75 的气流。然而,如下文所讨论的,本发明的实施方式不利用最末级叶片,而是利用离开最末级叶片 24 的绝对输出速度矢量 80 的初始角度 82。图 3 还示出了流向图 2 中所示的涡轮 48' 的第一级叶片 49' 的进入气流。为了最大限度地提高涡轮 48' 的效率,进入气流在第一级叶片 49' 的(相对)参考坐标系中沿着相对进入速度矢量 84 定向。在涡轮 48' 的工作过程中,第一级叶片 49' 围绕纵向轴线 75 以垂直于纵向轴线 75 定向的叶片速度 86 旋转。为了在绝对参考坐标系中确定进入气流的速度矢量,叶片速度矢量 86 与相对进入速度矢量 84 叠加,从而产生在切向方向 70 上相对于纵向方向 68 呈角度 90 的绝对进入速度矢量 88。在示例性实施方式中,角度 90 大约为 70 度。因此,流到涡轮 48' 的第一级叶片 49' 上的进入气流的绝对进入速度矢量 88 定向为在切向方向 70 上相对于纵向方向 68 大约呈 70 度角。与图 2 的过渡部 20' 相对比,图 1 中示出的过渡部 20 将气流排出至仅在径向方向和纵向方向 68 上

偏移的涡轮部段 48, 因此气流在切向方向上不相对于纵向方向 68 呈一定角度。由于涡轮部段 48 的第一级涡轮叶片阵列 49 需要在切向方向上相对于纵向方向 68 呈一定角度的进入气流, 因此图 1 的涡轮部段 48 包括第一级叶片 74, 以使从过渡部 20 排出的气流沿切向方向偏移。然而, 通过在过渡部 20' 中实施跨叶片设计, 能够使气流在切向方向上相对于纵向方向 68 呈必要的角度 90 从出口 55' 排出, 以适应第一级涡轮叶片阵列 49', 从而不需要第一级叶片 74。在 '547 专利中, 发明人对燃气涡轮发动机的中构架部分——燃烧部段的下游——作了各种改进, 以提高燃气涡轮发动机的工作效率。在本发明中, 本发明人对燃气涡轮发动机的中构架部分——燃烧部段的上游——作了各种改进, 以同样提高燃气涡轮发动机的工作效率和 / 或成本效率。

发明内容

[0010] 本发明人已经认识到, 通过在发动机的中段的设计中的创新可以获得环管式燃气涡轮发动机的工作效率的显著改善。本发明人已经认识到, 空气在环管式燃气涡轮发动机中从压缩机部段到燃烧室部段的移动一般是非结构化的、混乱的过程。由压缩机部段产生的已压缩空气被引导至环形腔 15 中, 并且允许寻找其在各种结构障碍物周围的阻力最小的路径, 继而进入一个相应的燃烧室头部 18 中。因此, 气流经历湍流, 流体摩擦产生压力损失。本发明人已经认识到, 改进的发动机中段设计可以通过使涡流的减少降到最低而将这种损失降到最低, 从而提供改进的总的发动机性能。

[0011] 气流 11 在从压缩机部段 12 行进到燃烧室头部 18 中的一个时, 会经历基于总的旋转角度的气动损失。最末静叶片 26 和出口导叶 28 共同使气流 11 旋转了初始绝对切向旋流角, 以去除由旋转叶片 24 赋予的例如 45 度的初始绝对切向旋流角, 使气流 11 在进入轴向扩散器 14 时沿下游纵向方向 68 定位。除了初始绝对切向旋流角旋转, 气流 11 在离开扩散器 14 并进入腔 15 中时还会经历两个 180 度的旋转: 第一个近似 180 度的旋转, 以使气流 11 从初始下游纵向方向 68 定向成上游纵向方向, 以使气流 11 纵向地向后行进至相应燃烧室头部 18; 以及第二个近似 180 度的旋转, 其发生在燃烧室头部 18 处, 以将气流 11 引导到燃烧室头部 18 的入口中。因此, 气流 11 在从压缩机部段 12 行进到燃烧室头部 18 之一的过程中经历了近似 400 度的总的旋转, 并且该旋转的大多数是在腔 15 的非结构化环境中完成的。本发明人已经认识到, 气流从压缩机部段行进到相应的燃烧室头部的气动效率可以通过减小空气的这种总的旋转和 / 或更加精确地控制旋转过程而提高。例如, 在扩散器出口处可以将径向速度分量引入到气流中, 使得气流在扩散器出口处是混合流 (该混合流中有合成的纵向、切向和径向速度分量)。通过在扩散器出口处将径向速度分量引入到气流中, 在腔 15 中的所需的总旋转角度将会减小, 并且从压缩机部段行进到相应的燃烧室头部的气流的气动效率将会提高。如上所述, 传统环管式燃气涡轮发动机 10 的最末级叶片和出口导叶提供用于消除由旋转压缩机叶片 24 赋予的大约 45 度的初始切向旋流角, 使得气流沿着下游纵向方向 (0 度切向旋流角) 引导至腔 15 中。本发明人已经认识到一些过渡部的设计——例如在上文所讨论的图 2 中的跨叶片设计——要求从过渡部 20' 输出到涡轮部段 48' 的第一级叶片 49' 的最终绝对切向旋流角 (相对于纵向方向 68) 比压缩机部段的最末级叶片产生的初始绝对切向旋流角大。例如, 在示例性实施方式中, 跨叶片的设计要求到达涡轮部段 48' 的第一级叶片 49' 的最终绝对切向旋流角为 70 度, 超过了离开压缩机部段的最末

级叶片 24 的呈 45 度的初始绝对切向旋流角。本发明人已经认识到,保持并进而增大离开压缩机部段的最末级叶片的初始绝对切向旋流角将会是有利的,而不是通过最末级压缩机叶片 26 和出口导叶 28 消除初始绝对切向旋流角以及通过过渡部 20' 将其替换为涡轮部段 48' 的第一级叶片 49' 的传统操作。本发明人已经认识到,离开压缩机部段的最末级叶片初始绝对切向旋流角可以通过跨叶片过渡部而增大了偏移角度,以使得从跨叶片过渡部输出的气流的绝对切向旋流角实现入射到第一级叶片 49' 上的所需的最终绝对切向旋流角。通过过渡部产生的该偏移角度例如可以是 25 度,将其附加至由最末级压缩机叶片 24 提供的 45 度角以得到在第一级涡轮叶片 49' 处所需的 70 度切向角,从而消除对最末级压缩机叶片 26 和出口导叶 28 的需求。通过保持或增补离开压缩机部段的最末级叶片的气流的初始绝对切向旋流角,可以使气流以相比于传统设计大幅减小的总旋转角度从压缩机出口传送到相应的燃烧室头部,从而提高燃气涡轮发动机的中构架部分的气动效率。

[0012] 本发明人还已经认识到,从压缩机部段 12 到燃烧室头部 18 的气流 11 的气动效率可以通过直接将气流从压缩机-扩散器出口的相应部段联通至每个单独的燃烧室头部入口而得以提高。在传统的燃气涡轮中,已压缩气流 11 从压缩机部段 12 传送到轴向扩散器 14,然后气流 11 进入外壳 19 内的腔 15,其中,气流 11 在随机进入腔 15 中的多个燃烧室头部 18 的任何一个的过程中都会经历气动损失。在从扩散器 14 中出来同时进入腔 15 中时,气流 11 因为与均邻近扩散器 14 的出口处定位的承载支柱 30、转子冷却喷射管道 40 以及过渡部 20 的近侧 22 相接触而再次经历气动损失。通过如本文所述的直接将气流 11 从压缩机-扩散器出口联接至相应的燃烧室头部入口,可以避免气流全部进入腔中,从而能够减少与随意进入多个燃烧室头部 18 之一相关联的气动损失。

附图说明

- [0013] 本发明以基于附图的如下描述进行解释,其中:
- [0014] 图 1 是传统涡轮发动机的一部分的横截面视图;
- [0015] 图 2 是传统涡轮发动机的过渡部的跨叶片设计的横截面视图;
- [0016] 图 3 是图 2 的传统涡轮发动机的最末级压缩机叶片和第一级涡轮叶片的径向视图;
- [0017] 图 4 是涡轮发动机中的直线形扩散器管道的局部纵向视图;
- [0018] 图 5 是图 4 中所示的直线形扩散器管道的局部径向视图;
- [0019] 图 6 是涡轮发动机中的螺旋形扩散器管道的局部径向视图;
- [0020] 图 7 是图 6 中所示的螺旋形扩散器管道的局部纵向视图;
- [0021] 图 8 是气流的总压力和静态压力相对沿燃气涡轮发动机的气流的纵向位置的曲线图;
- [0022] 图 9 是涡轮发动机中的螺旋管道的局部径向视图;以及
- [0023] 图 10 是图 9 所示的螺旋管道的局部纵向视图。

具体实施方式

[0024] 如上所述,本发明的发明人已经认识到,燃气涡轮发动机的改进的中构架部分的特征是从扩散器出口发起混合气流(轴向、切向加上径向流动速度)。通过从扩散器出口发

起混合气流,气流从扩散器出口传送至燃烧室头部入口,同时经历与使用传统中构架部分的气流相比减小的总旋转角度。

[0025] 提供一种中构架设计,其中,能够在中构架部分的在传统轴向压缩机部段下游的扩散器中发起混合气流。图 4 示出了燃气涡轮发动机 310 的中构架部分 313 的在径向-切向平面中的纵向横截面视图,其中,压缩机部段(未图示)将气流压缩到压缩机部段的下游的环形部 329 中。多个扩散器管道 314 以环形构型定位在燃气涡轮发动机 310 的转子组件(未图示)的周围。扩散器管道 314 接收来自于环形部 329 的已压缩空气,扩散器管道 314 以角度 373 在切向方向 70 上切向地导向,其中,角度 373 定向为相对于径向方向 69 呈 90 度角。因此,来自于环形部 329 的气流 311 分别沿混合流的方向被引导至每个相应的扩散器管道 314 中,其中,径向速度分量和切向速度分量均基于角度 373,而纵向速度分量则沿着纵向方向(未图示)。扩散器管道 314 在下文中更详细地讨论,其包括如下特征:在混合气流 311 从压缩机部段出口传送至燃烧室 318、再到过渡部 320、最后到达环形部 331 和燃气涡轮发动机 310 的涡轮部段时,该特征能够使混合气流 311 所需的总旋转角最小化。扩散器管道 314 的上述讨论确定了混合气流 311 能够在燃气涡轮发动机 310 的中构架部分 313 的扩散器管道 314 中产生。

[0026] 图 5 示出了图 4 的扩散器管道 314 在纵向-切向平面中的径向视图,其中,扩散器管道 314 在压缩机部段出口处从环形部 329 延伸到燃烧室 316 的相应燃烧室头部 318 入口。图 5 的中构架部分 313 中的压缩机部段的最末级叶片(未图示)类似于图 3 中所示的中构架部分 13' 的最末级叶片 24,因此,气流 311 以在切向方向 70 上相对于纵向方向 68 呈角度 372 定向的绝对输出速度矢量从中构架部分 313 的最末级叶片(未图示)离开。在示例性实施方式中,角度 372 大约为 45 度。为了使绝对输出速度矢量以角度 372 定向,扩散器管道 314 为也呈角度 372 的直管道,以接收气流 311。同样的,在图 5 的中构架部分 313 中的涡轮的第一级叶片(未图示)类似于图 3 中所示的中构架部分 13' 的第一级叶片 49',因此,气流 311 以绝对进入速度矢量入射到第一级叶片 49' 上,其中绝对进入速度矢量定向成沿切向方向 70 相对于纵向方向 68 呈角度 374。在示例性实施方式中,角度 374 大约为 70 度。为了使绝对进入速度矢量以角度 374 定向,跨叶片过渡部 320 为也呈角度 374 的直管道,以接收来自于燃烧室头部 318 的呈角度 374 的气流 311。因此,气流 311 在燃烧室头部 318 处经历了绝对速度矢量从角度 372 到角度 374 的偏移。虽然从角度 372 到角度 374 的角度偏移发生在燃烧室头部 318 处,但是与传统中构架部分中的从压缩机出口到燃烧室头部入口的气流的总旋转角度例如 400 度相比,该角度偏移相对较小,例如为 25 度。如在图 5 中所示的,扩散器管道 314 被设计成使气流从环形部 329 通过直的管状管道到达出口,而过渡部 320 则被设计成具有与扩散器管道 314 相反的设计,因为其使气流从入口通过直的管状管道到达涡轮部段内的环形部 331。如图 4 中所示的,喷射器 325 定位成将一定体积的燃料 327 传送至燃烧室头部 318 中,燃料 327 与气流 311 相混合,随后该空气-燃料混合物被点燃。如图 5 所示,扩散器管道 314 的出口包围燃烧室头部 318 入口的入口,因为扩散器管道 314 出口的外径 342 大于燃烧室头部 318 入口的外径 344。

[0027] 除了在中构架部分 313 的纵向-切向平面(图 5)中行进的气流 311 的角度偏移,气流 311 还经历中构架部分 313 的径向-切向平面中的角度偏移,并且这两个角度偏移组合起来以确定气流 311 在从压缩机出口传送到相应的燃烧室头部 318 入口时的总旋转角

度。图 4 示出了在径向-切向平面中的中构架部分 313, 其中, 气流 311 从压缩机出口 (未图示) 处的环形部 329 沿着相对于径向方向 69 呈 90 度的角度 373 定向的切向方向 70 传送。气流 311 在扩散器管道 314 中传送, 扩散器管道 314 同样在径向-切向平面中倾斜角度 373, 并且气流 311 沿具有合成的径向速度分量和切向速度分量的混合流方向进入燃烧室头部 318 入口。气流 311 沿具有合成的径向速度分量和切向速度分量的混合流方向以角度 375 从燃烧室头部 318 入口出来, 并且在于径向-切向平面中以角度 375 类似地倾斜的过渡部 320 中传送。随后气流 311 在环形部 331 处沿切向方向 70 离开过渡部 320, 其中切向方向 70 在过渡部 320 出口处定向成相对于径向方向 69 呈 90 度的角度 375。在气流 311 进入环形部 331 以后, 在涡轮 (未图示) 的第一级叶片处在纵向-切向平面 (图 5) 中以适当的角度 374 引导气流 311。气流 311 在径向-切向平面中的角度偏移是基于如下因素的, 例如压缩机部段出口的径向高度、燃烧室头部 318 的径向高度和涡轮入口的径向高度。图 4 的目的是假定压缩机部段的最末级叶片的高度小于外壳 319 中的涡轮的第一级叶片的高度, 那么与气流 311 离开过渡部 320 相比, 气流 311 以减小的径向高度进入扩散器管道 314。在示例性实施方式中, 角度 373 可以是 90 度, 同时角度 375 可以是 90 度, 因此, 在气流 311 从压缩机部段出口行进到燃烧室头部 318 入口时, 气流 311 将会在径向-切向平面中经历大约 90 的旋转。

[0028] 如前面所讨论的, 在气流 311 从压缩机部段出口传送到燃烧室头部 318 入口时, 集成的扩散器管道 314 使得气流 311 的总旋转角度大幅减小。气流 311 的总旋转角度包括气流 311 在纵向-切向平面 (图 5) 内的旋转角度和气流 311 在径向-切向平面 (图 4) 内的旋转角度。如上所述, 例如, 在示例性实施方式中, 气流 311 在纵向-切向平面 (图 5) 内的旋转角度可以大约为 25 度。同样的, 如上所述, 例如, 在示例性实施方式中, 气流 311 在径向-切向平面 (图 4) 内的旋转角度可以大约为 90 度。因此, 通过使用集成的扩散器管道 314, 能够使从压缩机出口传送到燃烧室头部 318 入口的气流 311 的总旋转角度大约为 115 度。该总旋转角度大幅地小于在燃气涡轮发动机的传统中构架部分中从压缩机出口传送到燃烧室头部入口的气流的大约 400 度的总旋转角度。事实上, 扩散器管道 314 能够提高燃气涡轮发动机 310 的中构架部分 313 的气动效率。

[0029] 图 6-7 示出了燃气涡轮发动机 310' 的中构架部分 313' 的替代性实施方式, 该中构架部分 313' 类似于图 4 和图 5 的中构架部分 313, 除了扩散器管道 314' 具有不同于图 4 和图 5 的扩散器管道 314 的替代性设计。如前面所讨论的, 图 4 和图 5 的扩散器管道 314 的特征在于直的管状构型, 该直的管状构型相对于纵向方向 68 朝着切向方向 70 以角度 372 将气流 311 引导至燃烧室头部 318 入口, 然后, 在气流 311 到达过渡部 320 之前, 气流 311 在燃烧室头部 318 入口处角度偏移为沿着切向方向 70 相对于纵向方向 68 呈角度 374。因此, 气流 311 的从角度 372 到角度 374 的角度偏移发生在燃烧室头部 318 入口处。与图 4 和图 5 的扩散器管道 314 相比, 图 6-7 的扩散器管道 314' 采用的是螺旋形而不是直的管状构型, 其中扩散器管道 314' 的环形部 329 处的入口沿切向方向 70 相对于纵向方向 68 以角度 372 定位, 而扩散器管道 314' 的在燃烧室头部 318 入口处的出口沿切向方向 70 相对于纵向方向 68 以角度 374 定位。因此气流 311 的从角度 372 到角度 374 的角度偏移发生在螺旋形扩散器管道 314' 的在环形部 329 处的入口和燃烧室头部 318 入口处的出口之间的整个长度上。由于从角度 372 到角度 374 的所需的角度的偏移发生在扩散器管道 314' 的整

个长度上,因此该角度偏移不需要发生在燃烧室头部 318 入口处。因此,从扩散器管道 314' 的出口传送到燃烧室头部 318 入口中的气流 311 经历极小的角度偏移。图 6-7 中的扩散器管道 314' 的出口附接至燃烧室头部 318 入口,使得扩散器管道 314' 出口的面 321' 平行于燃烧室头部 318 入口的面 323 定位。如同图 4 和图 5 中所示的中构架部分 313,扩散器管道 314' 出口的外径 342 大于燃烧室头部 318 入口的外径 344,使得扩散器管道 314' 出口包围燃烧室头部 318 入口。如在图 7 中示出的,由于扩散器管道 314' 在径向-切向平面中呈螺旋形,因此扩散器管道 314' 可以增加至比图 4 中所示的具有直的管状构型的扩散器管道 314 的峰值径向高度更大的峰值径向高度。因此,为了适应扩散器管道 314' 的更大的峰值径向高度,可以使中构架部分 313' 的特征为具有比图 4 的外壳 319 更大的外壳 319',使得扩散器管道 314' 在外壳 319' 中具有足够的径向空间以将混合气流 311 从压缩机出口传送到燃烧室头部 318 入口。基于中构架部分 313' 的较大外壳 319' 和中构架部分 313 的较小外壳 319,中构架部分 313 的制造成本效率可能会大于中构架部分 313'。然而,如前面所讨论的,扩散器管道 314 采用了直的管状形式,其在扩散器管道 314 出口处引导从角度 372 到角度 374 的角度偏移,而扩散器管道 314' 采用了螺旋形式,其沿着扩散器管道 314' 的长度引导从角度 372 到角度 374 的角度偏移,从而可以使中构架部分 313' 的气动效率大于中构架部分 313。

[0030] 图 4-7 的集成扩散器管道的实施方式用于在气流通过扩散器管道时减小气流的动态压力并同时增加气流的静态压力。图 8 示出了在图 4 和图 5 的扩散器管道中的气流 311 的总压力 502 和静态压力 504 以及在外壳 319 中的扩散器管道外侧的中间压力 506 的曲线图。本领域的技术人员可以领会的是,气流的总压力 502 是气流的静态压力 504 和气流的动态压力之和。因此,气流 311 的动态压力可以由气流 311 的总压力 502 和静态压力 504 之间的差来确定。图 8 描绘了贯穿燃气涡轮发动机 310 的中构架部分 313 的不同位置处的各种压力,其中包括压缩机 508 的最末级叶片、燃烧室头部入口 510、燃烧室头部出口 512 和跨叶片过渡部出口 514。如图 8 所示,当气流 311 经过压缩机最末级叶片 508 和燃烧室头部入口 510 之间的扩散器管道 314 时,气流 311 会减速,从而降低动态压力,因此提高静态压力 504。扩散器管道 314 逐渐降低气流 311 的动态压力,从而有效地将气流 311 的大部分或全部动态压力转变成静态压力 504。相反地,图 1 的传统中构架部分 13 将气流 11 排出到腔 15 中,在腔 15 中,气流 11 突然失去大量的动态压力,所失去的动态压力可能不会转变回动态压力,从而在将气流 11 排出到腔 15 的过程中损失掉。在燃料-空气混合物进入燃烧室头部入口 510 之后,燃烧室头部 318 中的燃料-空气混合物被点燃,这使得气流 311 加速经过燃烧室出口 512 和经过过渡部出口 514,从而增大动态压力,进而降低静态压力 504。在贯穿中构架部分 313 的整个工作过程中,外壳 319 中的压力被设定为中间压力 506,在贯穿中构架部分 313 的每个位置处,该中间压力 506 都小于静态压力 504。本领域的技术人员可以领会的是,在扩散器管道 314 和燃烧室头部 318 之间以及燃烧室头部 318 和过渡部 320 之间的接口处会聚集停滞的空气。通过将外壳 319 中的中间压力 506 调整为小于扩散器管道 314、燃烧室头部 318 或过渡部 320 中的气流 311 的静态压力 504,将会使泄露的气流穿过这些接口,以排出这些接口中的任何停滞的空气,从而避免在这些接口处积聚热的、停滞的空气。

[0031] 图 9-10 示出了燃气涡轮发动机 310" 的中构架部分 313" 的替代性实施方式,其类

似于图 6-7 中描述的燃气涡轮发动机 310' 的中构架部分 313', 其中, 混合气流 311 通过歧管 314", 歧管 314" 不起扩散器的作用, 而是会加快混合气流 311 从压缩机出口处的环形部 329 到燃烧室头部 318 入口的速度。不同于图 6-7 的扩散器管道 314', 歧管 314" 的外径 342" 小于燃烧室头部 318 入口的外径 344", 使得歧管 314" 的出口定位在燃烧室头部 318 的入口中。相反地, 在图 4-7 的上述实施方式中, 扩散器管道的外径 342 大于燃烧室头部 318 入口的外径 344, 使得扩散器管道出口包围燃烧室头部 318 入口。如同图 4 和图 7 中的中构架部分 313、313', 图 9 的中构架部分 313" 包括喷射器 325, 以将一定体积的燃料 327 传送到燃烧室头部 318 中。燃料 327 例如可以是诸如氢气的能够显现高火焰速度的活性燃料, 因此, 需要混合气流 311 以高进入速度进入燃烧室头部 318, 以避免反燃。通过将歧管 314" 的外径 342" 的尺寸设定为小于燃烧室头部 318 入口的外径 344" 的尺寸, 以及将歧管 314" 出口定位在燃烧室头部 318 入口中, 从而使进入燃烧室头部 318 入口的混合气流 311 的速度增大至燃烧室头部 318 的高进入速度临界值, 以避免在活性燃料 327 通过喷射器 325 传送到燃烧室头部 318 中时发生反燃。

[0032] 虽然本发明的各种实施方式已在本申请文件中示出和描述, 但是显而易见的是所提供的这些实施方式仅仅作为示例。可以做出众多变形、改变及替代而均不偏离本文中的本发明。因此, 其目的是, 本发明只能通过所附权利要求的精神和范围来限制。

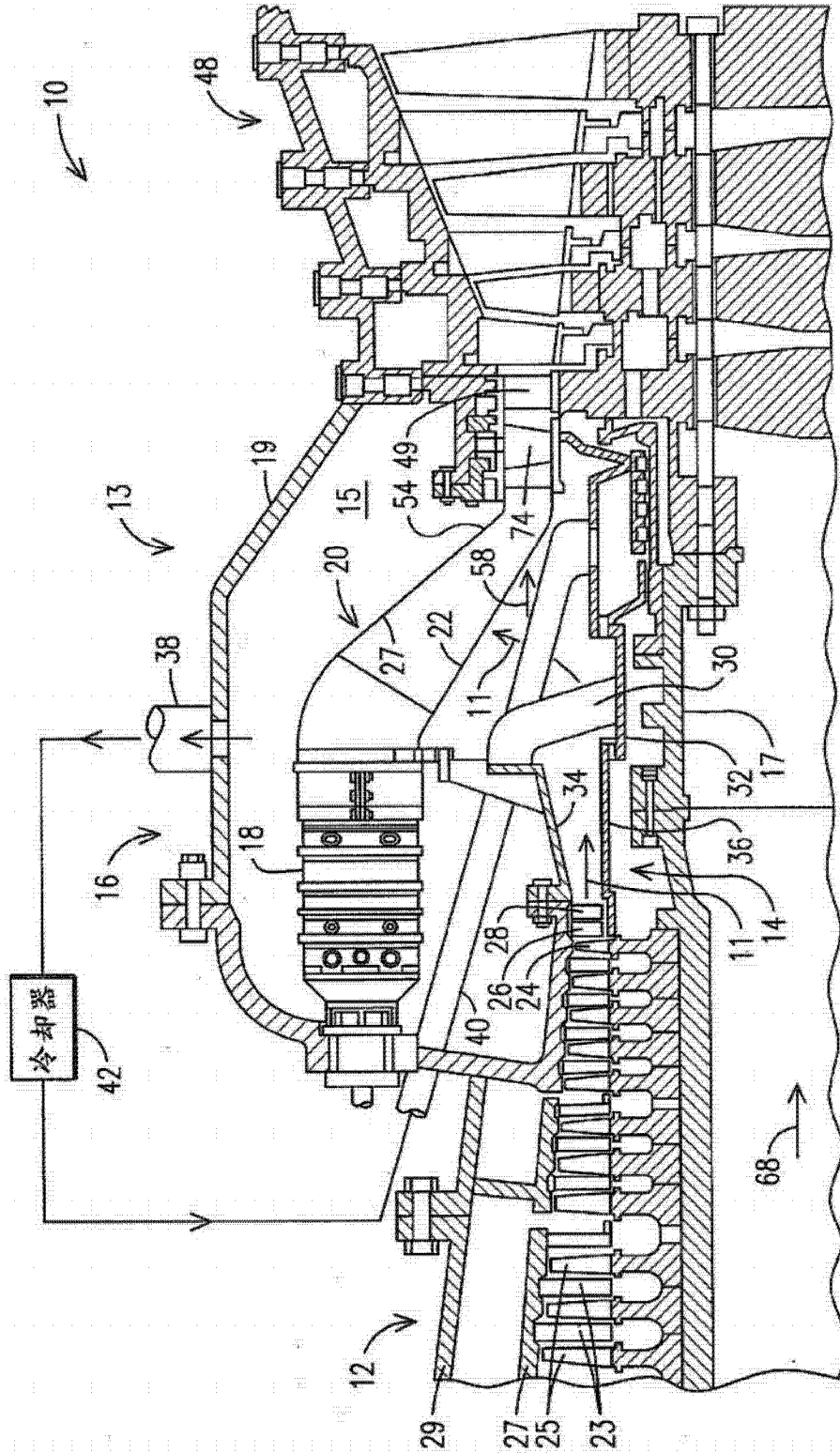


图 1 现有技术

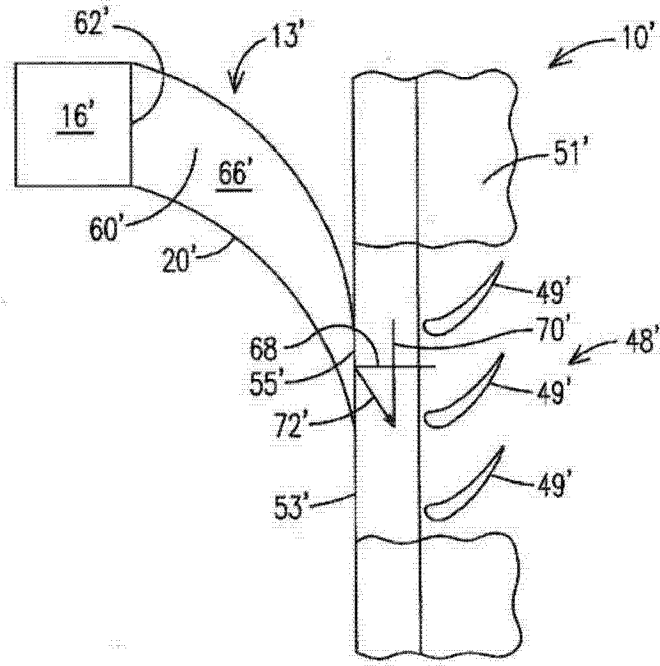


图 2 现有技术

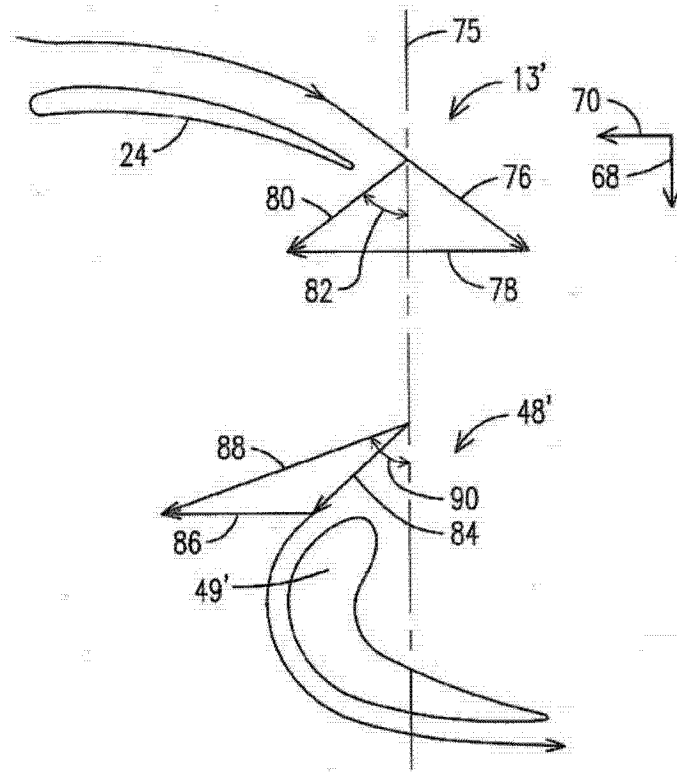


图 3 现有技术

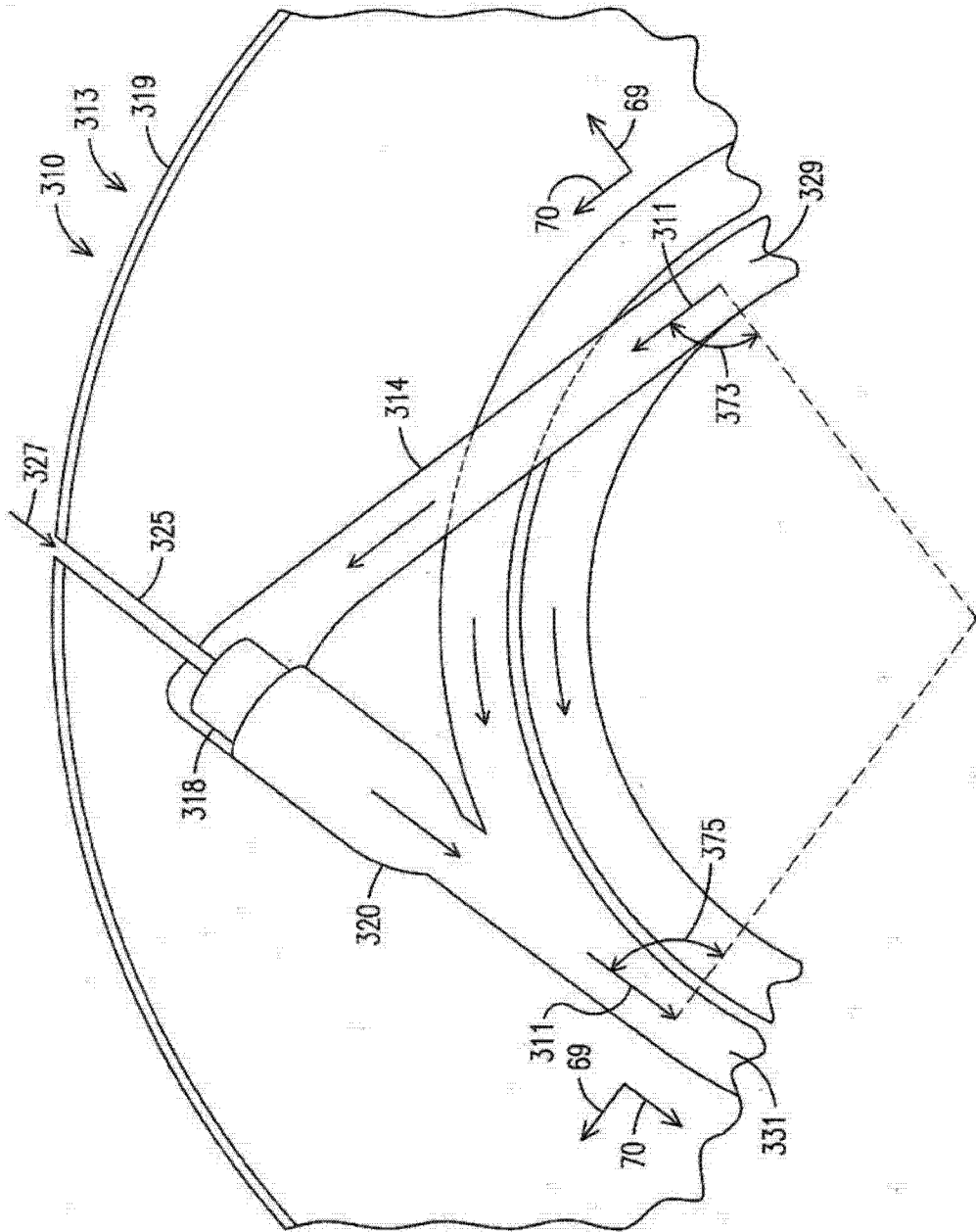


图 4

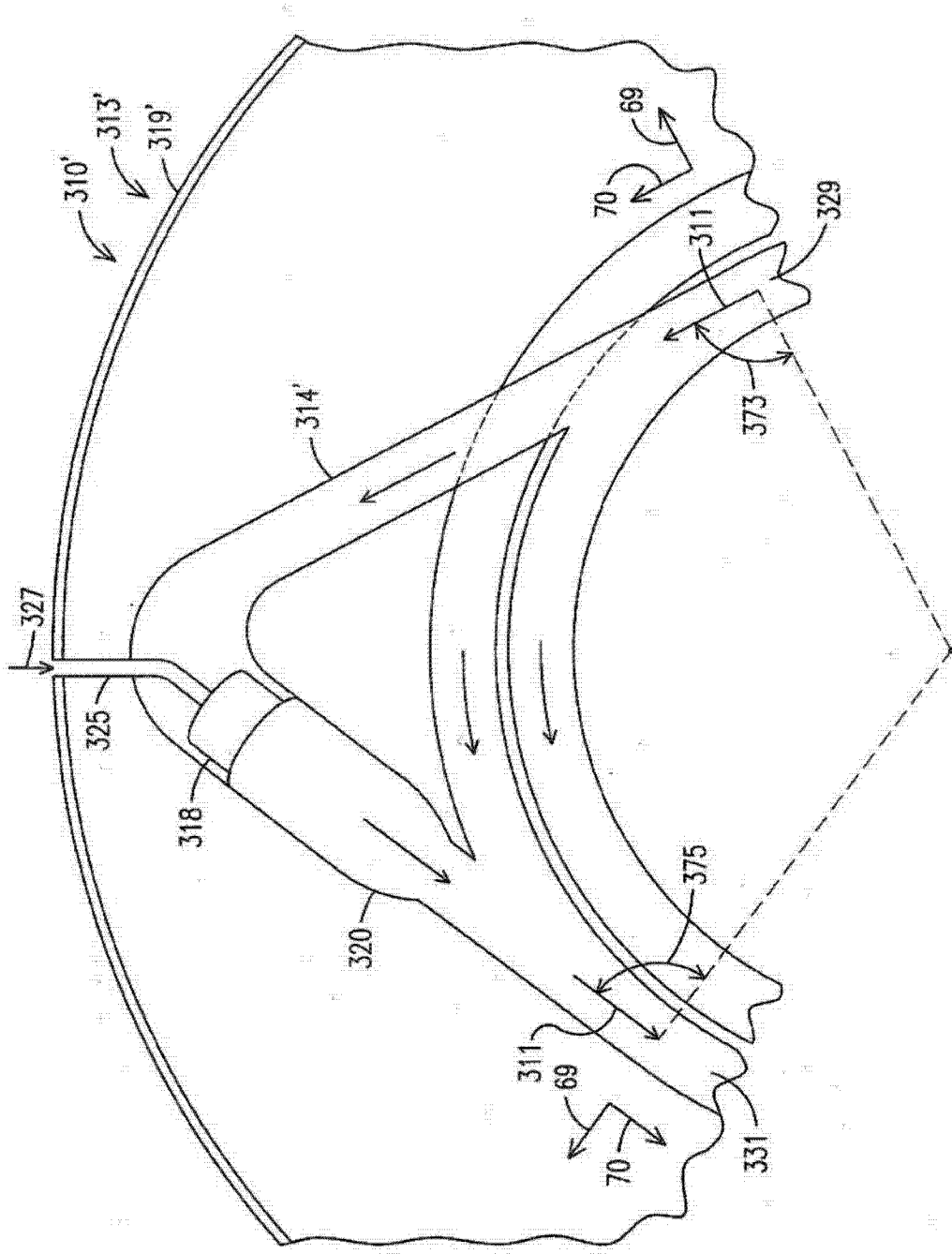


图 7

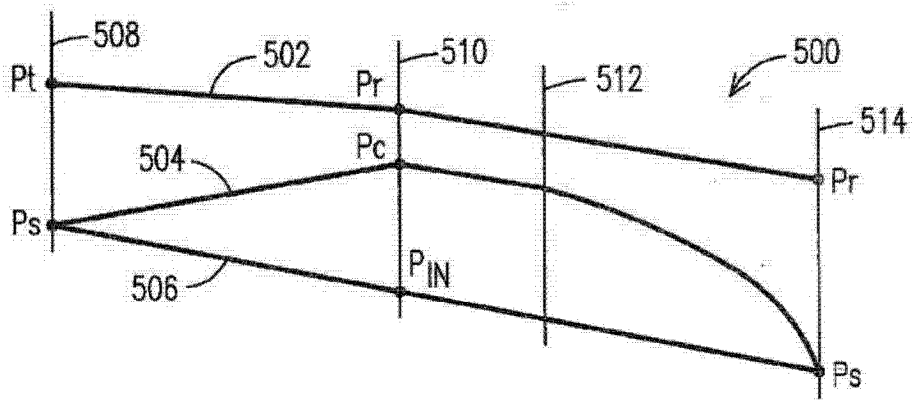


图 8

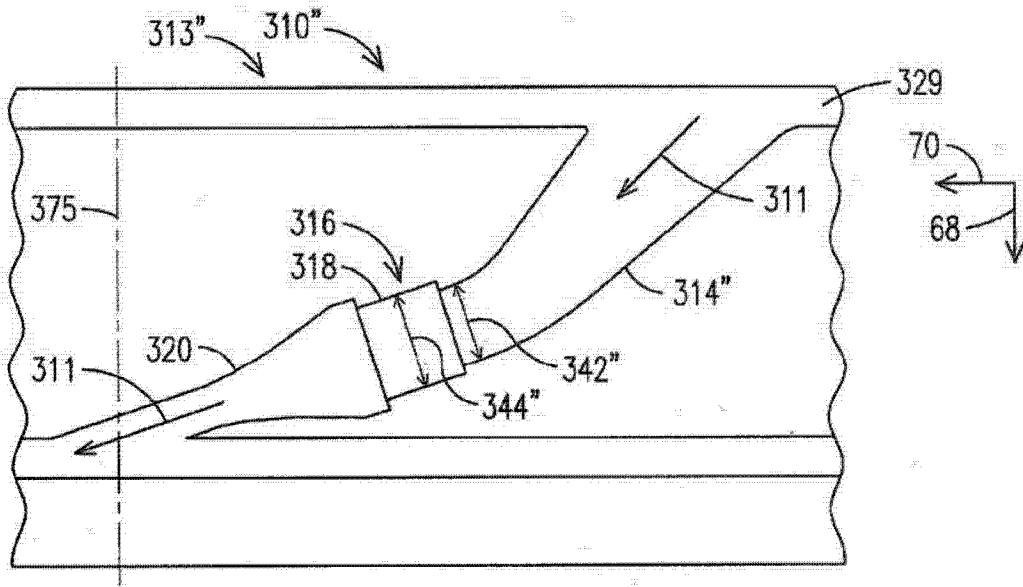


图 9

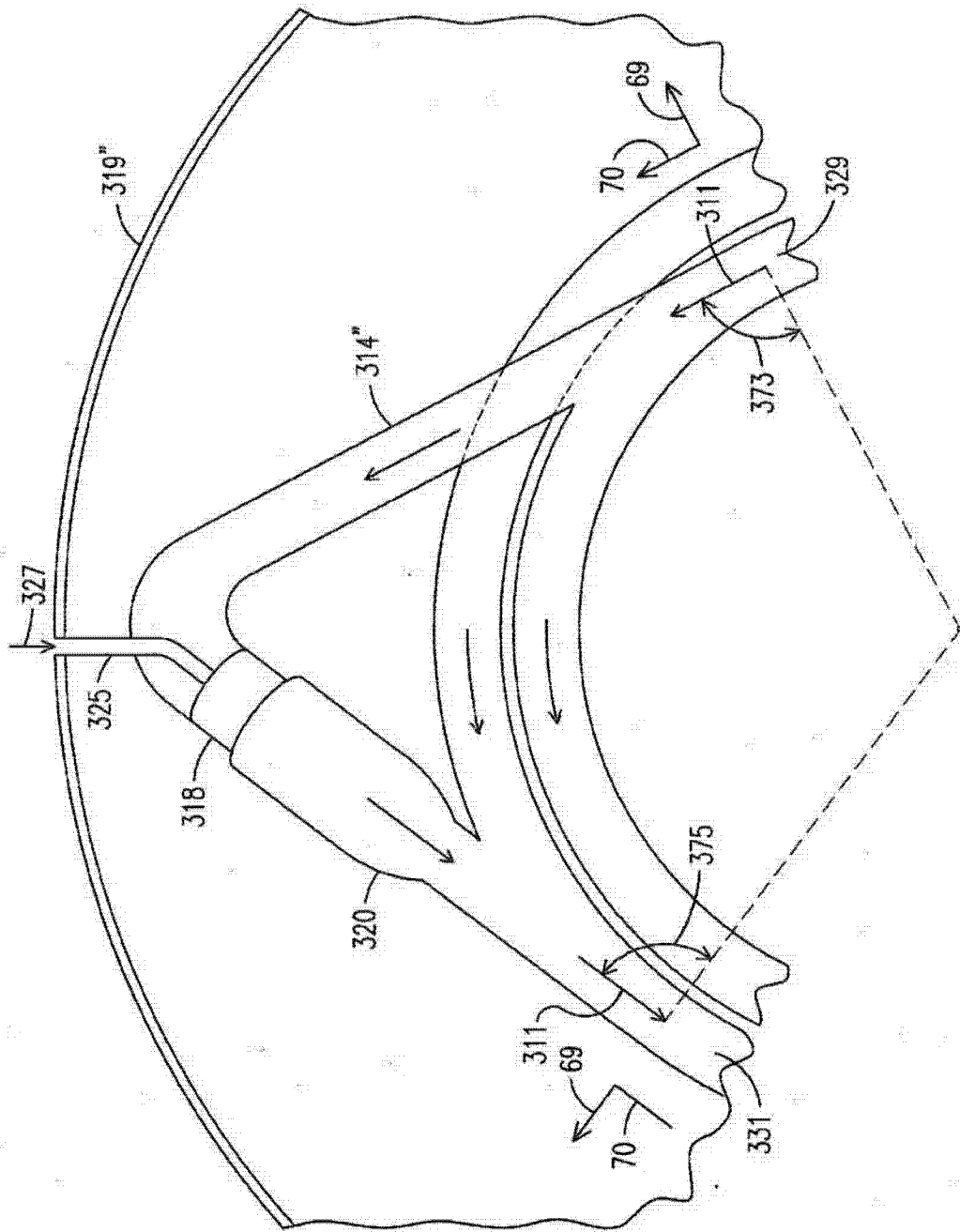


图 10