



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104047725 B

(45)授权公告日 2017.09.12

(21)申请号 201410095097.9

(22)申请日 2014.03.14

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104047725 A

(43)申请公布日 2014.09.17

(30)优先权数据

13/836703 2013.03.15 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 K.M.格雷厄姆 K.K.文卡塔拉曼

L.B.小戴维斯

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 肖日松 谭祐祥

(51)Int.Cl.

F02C 3/14(2006.01)

F02C 7/00(2006.01)

F02C 7/22(2006.01)

(56)对比文件

US 2010/0242482 A1,2010.09.30,

US 2010/0242482 A1,2010.09.30,

CN 102135034 A,2011.07.27,

US 2009/0145137 A1,2009.06.11,

US 6240732 B1,2001.06.05,

US 6047550 A,2000.04.11,

审查员 张祥

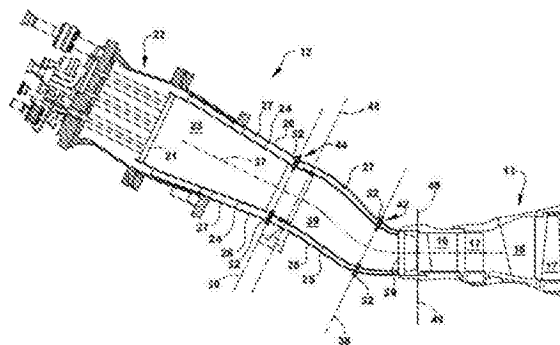
权利要求书2页 说明书11页 附图18页

(54)发明名称

与燃气涡轮中的下游燃料和空气注射有关的系统和设备

(57)摘要

本发明公开一种与燃气涡轮机中的下游燃料和空气注射有关的系统和设备,所述燃气涡轮机包括:内部流路,所述内部流路限定成穿过燃烧器和涡轮;后架,所述后架形成所述燃烧器与所述涡轮之间的接口,所述后架包括约束所述内部流路的刚性结构构件,其中所述后架包括限定所述内部流路的外侧边界的内壁;穿过所述后架形成的周向延伸的燃料腔室;以及穿过所述后架的所述内壁形成的出口端口。所述出口端口可配置用于将所述燃料腔室连接至所述内部流路。



1. 一种燃气涡轮发动机,其包括:

内部流路,所述内部流路限定成穿过燃烧器和涡轮;

后架,所述后架形成所述燃烧器与所述涡轮之间的接口,所述后架包括约束所述内部流路的刚性结构构件,其中所述后架包括限定所述内部流路的外侧边界的内壁;

穿过所述后架形成的周向延伸的燃料腔室;穿过所述后架的所述内壁形成的出口端口,所述出口端口配置用于将所述燃料腔室连接到所述内部流路;

穿过所述后架的外壁形成的空气入口端口;以及

横穿所述燃料腔室的管;

其中,所述管中的每个经过配置,以便使第一末端连接到所述空气入口端口中的一个,并且使第二末端连接到所述出口端口中的一个;

在所述后架内表面上形成的所述出口端口包括:a) 空气出口端口,其配置用于连接到所述管中一个;以及b) 燃料出口端口,其配置用于连接到所述燃料腔室;

所述燃料出口端口中的每个接近所述空气出口端口中的一个定位;所述空气出口端口配置成具有圆形形状,并且所述燃料出口端口配置成具有围绕所述空气出口端口中的一个而形成的环形形状。

2. 如权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其中所述后架包括在6与20个之间的所述出口端口;

其中所述燃料腔室包括燃料入口端口,所述燃料入口端口穿过所述后架的外壁形成、并使所述燃料入口端口流体连接到燃料供应。

3. 如权利要求2所述的燃气涡轮发动机,其中所述燃料腔室配置用于约束所述内部流路;

其中所述出口端口围绕所述内部流路周向间隔开来;

所述燃气涡轮发动机进一步包括在所述燃料入口端口上游处的预混合器,所述预混合器包括作为输入的空气供应和燃料供应。

4. 如权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其中所述后架的所述出口端口包括具有两个注射级的下游注射系统的第一注射级;

其中所述下游注射系统的第二级沿着所述内部流路的纵轴从所述第一注射级向前或向后轴向间隔开来;

其中所述下游注射系统的所述第一注射级和所述第二级各自包括配置用于将空气和燃料注射到所述内部流路中的多个注射器。

5. 如权利要求4所述的燃气涡轮发动机,其中所述燃烧器包括朝着前端的初级空气和燃料注射系统,其中所述内部流路包括由环绕内衬限定的初级燃烧区,并且紧接所述内衬后部,所述内部流路包括由环绕过渡连接件限定的过渡区;

其中所述过渡连接件配置用于将初级燃烧区流体连接到所述涡轮,所述过渡连接件具有从所述内衬的圆柱形截面形状过渡到所述涡轮的环状截面形状的形状,其中所述过渡连接件的后端包括所述后架;

其中所述后架包括:第一连接装置,所述后架通过所述第一连接装置连接到所述过渡连接件;以及第二连接装置,所述后架通过所述第二连接装置连接到所述涡轮;以及

其中所述后架包括环状截面形状。

6. 如权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其中所述出口端口中的每个相对于所述后架的所述内壁的表面齐平配置。

7. 如权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其中所述出口端口中的每个配置成从所述后架的所述内壁突出,以使所述出口端口延伸到所述内部流路中。

8. 如权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其中所述出口端口相对于垂直于通过所述内部流路的燃烧流的参考方向是倾斜的。

9. 如权利要求8所述的燃气涡轮发动机,其中所述出口端口倾斜包括朝所述燃烧流的下游方向在 0° 与 45° 之间。

10. 如权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其中所述空气入口端口配置用于将所述后架外的区域流体连接到所述燃料腔室。

11. 一种燃气涡轮发动机,其包括:

内部流路,所述内部流路限定成穿过燃烧器和涡轮;

后架,所述后架形成所述燃烧器与所述涡轮之间的接口,所述后架包括约束所述内部流路的刚性结构构件,其中所述后架包括限定所述内部流路的外侧边界的内壁;

穿过所述后架形成的周向延伸的燃料腔室;

穿过所述后架的所述内壁形成的出口端口,所述出口端口配置用于将所述燃料腔室连接到所述内部流路;

穿过所述后架的外壁形成的空气入口端口;以及

横穿所述燃料腔室的管;

其中,所述管中的每个经过配置,以便使第一末端连接到所述空气入口端口中的一个,并且使第二末端连接到所述出口端口中的一个;

在所述后架内表面上形成的所述出口端口包括:a) 空气出口端口,其配置用于连接到所述管中一个;以及b) 燃料出口端口,其配置用于连接到所述燃料腔室;

所述燃料出口端口中的每个接近所述空气出口端口中的一个定位;所述管中的每个包括坚固结构,所述坚固结构配置用于使得移动通过所述管的流体与移动通过所述燃料腔室的流体分开。

与燃气涡轮中的下游燃料和空气注射有关的系统和设备

技术领域

[0001] 本发明是大体涉及燃烧或燃气涡轮发动机(在下文中称作“燃气涡轮”)中的燃烧系统。更确切地,但非限制性地,本发明是描述与燃气涡轮的燃烧系统中空气和燃料的下游或延迟注射有关的新颖方法、系统和/或设备。

背景技术

[0002] 燃气涡轮效率在过去的数十年中已经大大提高,这是因为新的技术使发动机大小能够增加并使操作温度能够更高。一种允许更高操作温度的技术基础是引入新颖并创新的传热技术,用以冷却热气路径内的部件。另外,新的材料已在燃烧器内实现更高温度能力。

[0003] 然而,在此时间范围期间,制定出了新的标准,其限制了某些污染物在发动机的操作期间可排放的水平。确切地说,均对发动机的操作温度敏感的NO_x、CO和UHC的排放水平受到更严格的管制。其中,NO_x排放水平在更高的发动机点火温度下尤其对增加的排放水平敏感,并且因此大大限制可增加多少温度。由于更高的操作温度与更有效的发动机是一致的,因此,这妨碍了发动机效率的提高。简而言之,燃烧器的操作大大限制燃气涡轮操作效率。

[0004] 因此,先进的燃烧器设计技术主要目标之一变成开发这种配置:在这些更高操作温度下,减少燃烧器驱动的排放水平,以使发动机可在更高温度下点火,并因此具有更高的压力比循环和更高的发动机效率。因此,如将了解,对减少排放、尤其减少NO_x排放并能实现更高点火温度的新颖燃烧系统设计将有很大商业需求。

发明内容

[0005] 本发明描述一种燃气涡轮发动机,其包括:内部流路,所述内部流路限定成穿过燃烧器和涡轮;后架(aft frame),所述后架形成所述燃烧器与所述涡轮之间的接口,所述后架包括约束(circumscribe)所述内部流路的刚性结构构件,其中所述后架包括限定所述内部流路的外侧边界的内壁;穿过所述后架形成的周向延伸的燃料腔室;以及穿过所述后架的所述内壁形成的出口端口。所述出口端口可配置用于将所述燃料腔室连接至所述内部流路。

[0006] 本发明进一步描述一种环状结构构件,其配置用于环绕在燃气涡轮发动机内的燃烧器与涡轮之间延伸的内部流路,所述环状结构构件包括:连接装置,所述环状结构构件通过所述连接装置来连接到所述燃烧器和所述涡轮;内壁,在操作中,所述内壁限定了所述内部流路的外侧边界;形成在所述环状结构构件框架内的周向延伸的燃料腔室;穿过后架的外壁形成的燃料入口端口;穿过所述后架的所述外壁形成的空气入口端口;以及穿过所述后架的所述内壁形成的出口端口,所述出口端口将所述燃料腔室流体连接到所述内部流路。

[0007] 结合附图和所附权利要求书阅读优选实施例的以下详细描述,将清楚地了解本发明的这些和其他特征。

附图说明

[0008] 通过结合所附权利要求书来仔细研究本发明的示例实施例的以下更详细的描述，将更完整地理解并了解本发明的这些和其他特征。

[0009] 图1是可使用本发明的某些实施例的示例燃气涡轮的示意性截面图示；

[0010] 图2是可使用本发明实施例的常规燃烧器的示意性截面图示；

[0011] 图3是包括根据常规设计的单级下游燃料注射器的常规燃烧器的示意性截面图示；

[0012] 图4是根据本发明示例实施例各方面的燃烧器和涡轮上游级的示意性截面图示；

[0013] 图5是根据本发明的替代实施例的燃烧器和涡轮上游级的示意性截面图示；

[0014] 图6是根据本发明的替代实施例的燃烧器和涡轮上游级的示意性截面图示；

[0015] 图7是根据本发明的替代实施例的燃烧器和涡轮上游级的示意性截面图示；

[0016] 图8是根据本发明的替代实施例的燃烧器和涡轮上游级的示意性截面图示；

[0017] 图9是根据本发明的替代实施例的燃烧器和涡轮上游级的示意性截面图示；

[0018] 图10是根据本发明的替代实施例的燃烧器和涡轮上游级的示意性截面图示；

[0019] 图11是根据本发明的替代实施例的燃烧器和涡轮上游级的示意性截面图示；

[0020] 图12是根据本发明的替代实施例的燃烧器和涡轮上游级的示意性截面图示；

[0021] 图13是根据本发明的替代实施例的燃烧器和涡轮上游级的示意性截面图示；

[0022] 图14为根据本发明的某些方面的后架透视图；

[0023] 图15为根据本发明的某些方面的后架截面图；

[0024] 图16为根据本发明的某些方面的后架截面图；

[0025] 图17为根据本发明的某些方面的后架截面图；

[0026] 图18为根据本发明的某些方面的后架截面图；以及

[0027] 图19为根据本发明的某些方面的后架截面图；

具体实施方式

[0028] 尽管本发明的以下实例可参照特定类型的涡轮发动机进行描述，但所属领域的技术人员将会了解，本发明可不限于此类用途而适用于其他类型的涡轮发动机，除非其中进行特别限制。另外，将会了解，在描述本发明时，某些术语可用于指称燃气涡轮发动机内某些机器部件。在可能情况下，通用工业术语将以与其公认意义相一致的方式来使用并采用。然而，此类术语不应进行狭义理解，如所属领域的一般技术人员将会了解，通常可使用不同术语指称一个特定机器部件。另外，在本说明书中描述为单个部件的部分可在另一背景中指示为由多个部件构成，或者，在本说明书中描述为包括多个部件的部分可在其他地方称为单个部件。由此，在理解本发明的范围时，不仅应当注意特定术语，而且还应注意附带的描述、背景，以及部件的结构、配置、功能和/或使用，尤其是可能在所附权利要求书中提供的内容。

[0029] 本说明书可按常规使用若干描述性的术语，并且在本节的一开始定义这些术语可以是有帮助的。因此，除非另外陈述，否则这些术语及其定义如下。如本说明书所使用，术语“下游”和“上游”是指相对于流体流动的方向，例如像通过燃气涡轮的压缩机、燃烧器和涡

轮段的工作流体,或者通过一个发动机部件系统的流冷却剂。术语“下游”对应流体流动的方向,而术语“上游”指与流体流动方向相反或相对的方向。若无进一步说明,术语“前”和“后”是指相对于燃气涡轮取向的方向,其中“前”是指发动机的前方或压缩机端,而“后”是指发动机的后方或涡轮端,这两者的对准在图1中示出。

[0030] 另外,在给定了燃气涡轮发动机的围绕中心轴线的配置和一些部件系统中这种相同类型的配置情况下,将有可能使用描述相对于轴线的位置的术语。就此而言,将会了解,术语“径向”是指垂直于轴线的移动或位置。与此相关,可能要求描述离中心轴线的相对距离。在这种情况下,例如,如果第一部件所处位置比第二部件更靠近中心轴线,那么在本说明书中将陈述为第一部件位于第二部件的“径向内部”或“内侧”。另一方面,如果第一部件所处位置比第二部件更远离中心轴线,那么在本说明书中将陈述为第一部件位于第二部件的“径向外侧”或“外侧”。另外,将会了解,术语“轴向”是指平行于轴线的移动或位置。并且,最后,术语“周向”是指围绕轴线的移动或位置。如所提及,尽管可相对于通常延伸通过发动机的压缩机和涡轮段的公共中心轴线或轴应用这些术语,但它们也可相对于其他部件或子系统。例如,在许多机器所通用的圆柱形的“罐型”燃烧器情况下,给予这些术语相关意义的轴线可以是纵向参考轴线,其被限定为穿过以其形状来命名的圆柱形的“罐状”形状的中心或者过渡连接件的更环状的下游形状的中心。

[0031] 现在参照图1,作为背景技术,提供了可使用本发明的实施例的一种示例燃气涡轮10。通常,燃气涡轮发动机通过从压缩空气流中燃料燃烧产生的加压热气流中提取能量来运行。如图1所示,燃烧涡轮发动机10包括轴向压缩机11,所述轴向压缩机11通过公共轴来机械连接到下游涡轮段或涡轮13,而燃烧器12定位在两者之间。如图所示,压缩机11包括了多个级,其中每个级都包括一排压缩机转子叶片、后接一排压缩机定子叶片。涡轮13也包括多个级。每个涡轮级包括一排涡轮动叶(bucket)或转子叶片、后接在操作中保持固定的一排涡轮喷嘴定子叶片。涡轮定子叶片通常彼此周向间隔开来,并且围绕转动轴线固定。转子叶片可安装在连接到轴的转子叶轮上。

[0032] 在操作中,压缩机11内的压缩机转子叶片转动而来压缩被引导到燃烧器12中的空气流。在燃烧器12内,压缩空气与燃料混合并点燃,以便产生赋能工作流体流,所述赋能工作流体流随后可膨胀通过涡轮13。确切地说,将来自燃烧器12的工作流体引导到涡轮转子叶片上以引发转动,转子叶轮随后将转动平移(translate)到轴上。通过这种方式,工作流体流的能量被转换成正在转动的轴的机械能。随后,可使用轴的机械能来驱动压缩机转子叶片的转动,以便产生压缩空气的必要供应,并且例如,驱动发电机产生电力。

[0033] 图2是可使用本发明各实施例的常规燃烧器的截面图。然而,燃烧器20可采用各种形式,其中每个适于包括本发明的各实施例。通常,燃烧器20包括定位在头端22处的多个燃料喷嘴21。应当了解,用于燃料喷嘴21的各种常规配置可与本发明一起使用。在头端22内,将空气和燃料置于一起,以供在环绕内衬24限定的燃烧区23内燃烧。内衬24通常从头端22延伸到过渡连接件25。如图所示,内衬24由导流套筒26环绕,并且类似地,过渡连接件25由冲击套筒28环绕。应当了解,在导流套筒26与内衬24和过渡连接件25与冲击套筒28之间,形成环带,所述环带在本说明书中将被称作“流动环带(flow annulus)27”。如图所示,流动环带27延伸燃烧器20长度的大部分。从内衬24起,过渡连接件25在其朝涡轮13向下游延伸时将流从内衬24的圆形截面转换到环状截面。在下游末端处,过渡连接件25将工作流体流引

导向涡轮13的第一级。

[0034] 应当了解,导流套筒26和冲击套筒28通常具有穿过其形成的冲击孔(未示出),这些冲击孔会允许来自压缩机12的压缩空气冲击流进入形成于导流套筒26/内衬24和/或冲击套筒28/过渡连接件25之间的流动环带27。通过冲击孔的压缩空气流对流地冷却内衬24和过渡连接件25的外表面。穿过导流套筒26和冲击套筒28进入燃烧器20的压缩空气通过流动环带27被引导向燃烧器20的前端。随后,压缩空气进入燃料喷嘴21,在此,其与燃料混合以供燃烧。

[0035] 涡轮13通常具有多个级,其中每个包括两个轴向层叠排的叶片:一排定子叶片16、后面接着一排转子叶片17,如图1和4所示。每个叶片排包括围绕涡轮13的中心轴线周向间隔开来的许多叶片。在下游末端处,过渡连接件25包括出口和后架29,用以将燃烧产物流引导到涡轮13中,在涡轮13中,所述燃烧产物流与转子叶片相互作用,从而引发围绕轴的转动。通过这种方式,过渡连接件25用于连接燃烧器20与涡轮13。

[0036] 图3示出包括补充或下游燃料/空气注射的燃烧器12的视图。应当了解,这样的补充燃料/空气注射通常称作延迟贫注射或者轴向分级注射。如本说明书所使用,此类型的注射将因燃料/空气注射相对于定位在头端22处的初级燃料喷嘴21的下游位置而称作“下游注射”。应当了解,图3的下游注射系统30与常规设计一致并仅仅出于示例目的提供。如图所示,下游注射系统30可包括限定在导流套筒26内的燃料通路31,但其他类型燃料输送也是可能的。燃料通路31可延伸到注射器32,在这个实例中,注射器32被定位在内衬24和导流套筒26的后端处或附近。注射器32可包括喷嘴33和跨过流动环带27延伸的传送管34。在给定这种布置情况下,应当了解,每个注射器32使来源于导流套筒26外部的压缩空气供应与通过喷嘴33输送的燃料供应集合在一起,并将此混合物注射到内衬24内的燃烧区23中。如图所示,若干燃料注射器32可围绕导流套筒26/内衬24组件周向定位,以便在燃烧区23周围的多个点处引入燃料/空气混合物。若干燃料注射器32可定位在同一轴向位置处。也就是说,将若干注射器定位在沿着燃烧器12的中心轴线37的同一位置。如本说明书所使用,具有此配置的燃料注射器32可描述成定位在公共注射平面38上,所述公共注射平面38如图所示为垂直于燃烧器12的中心轴线37的平面。在图3的示例常规设计中,注射平面36定位在内衬24的后末端或下游末端处。

[0037] 转至图4至19以及本发明的发明,应当了解,燃气涡轮排放水平取决于许多操作准则。燃烧区中反应物的温度是这些因素之一、并且已显示其对某些排放水平更造成影响,尤其是NO_x排放水平。应当了解,燃烧区内反应物的温度与燃烧器的出口温度成比例,这对应于更高的压力比,并且另外,更高的压力比使这些布雷顿循环型(Brayton Cycle type)发动机中的效率水平提高。由于已经发现NO_x排放水平与反应物温度具有强烈并直接的关系,现代燃气涡轮仅仅能够在通过如先进燃料喷嘴设计和预混合等技术进步来增加点火温度的同时,维持可接受的NO_x排放水平。在这些进步之后,采用延迟或下游注射使得点火温度能够进一步增加,因为已经发现,在更高温度下反应物在燃烧区内的更短的停留时间使得NO_x水平降低。确切地说,已显示出,至少在某个程度上,可使用停留时间控制来控制NO_x排放水平。

[0038] 这种下游注射也称作“延迟贫注射(late lean injection)”,其将空气和燃料供应的一部分引入被输送到燃烧器头端或前端内的初级注射点的空气和燃料主要供应的下

游。应当了解,注射器的这种下游定位减少了燃烧反应物在燃烧器内更高温度的火焰区内的停留时间。确切地说,由于穿过燃烧器的流体流速度大体恒定,因此,缩短通过下游注射的反应物在离开火焰区前必须行进的距离,减少了这些反应物在高温下于火焰区中的停留时间,如所陈述,这就减少了发动机的NO_x的形成以及NO_x的排放水平。这实现了先进的燃烧器设计:其将先进燃料/空气混合或预混合技术与下游注射的减少的反应物停留时间结合,以实现燃烧器点火温度的进一步增加,并重要地是实现更有效的发动机,而同时还维持可接受的NO_x排放水平。

[0039] 然而,其他考虑因素限制了完成下游注射可采用的方式以及可达到的程度。例如,下游注射可导致CO和UHC的排放水平升高。也就是说,如果在燃烧区中过于下游的位置处注射太大量的燃料,那么可能导致燃料不完全燃烧,或者CO不充分烧尽。因此,尽管关于延迟注射的概念和如何可用其影响某些排放的基本原理可能众所周知,但是挑战性的设计障碍在于如何能够优化这种策略以便实现更高的燃烧器点火温度。因此,能够以有效和成本节省的方式实现停留时间进一步优化的新颖燃烧器设计和技术对于进一步的技术进步而言是重要的领域,如在下文讨论,这是本发明的主题。

[0040] 本发明的一个方面提出针对下游注射的一种集成两级注射方法。如在下文讨论,每级可轴向间隔开来,以便具有相对于燃烧器12更后部分和/或涡轮13上游区域内的另一级的离散轴向位置。现在参照图4,示出燃气涡轮发动机10的截面部分,根据本发明的方面,所述截面部分显示出安排延迟注射的两个级中每一个设置的大致范围(阴影部分)。更确切地,根据本发明的下游注射系统30可包括位于过渡区39内的两个集成轴向注射级,其是限定在燃烧器12的过渡连接件25内的内部流路的部分,或是限定在涡轮13的第一级内下游处的内部流路的部分。本发明的两个轴向级包括了本说明书中所谓的上游或“第一级41”以及下游或“第二级42”。根据某些实施例,这些轴向级中的每一个包括多个注射器32。每个级内的注射器32可在过渡区39或涡轮13前部部分内大致相同的轴向位置处周向间隔开来。以这种方式配置的注射器32(即,在公共轴向平面上周向间隔开的注射器32)在本说明书中将描述为具有公共注射平面38,如针对图5至7详细地讨论。根据优选实施例,第一级41和第二级42中每个处的注射器可配置用于在每个位置注射空气和燃料两者。

[0041] 图4示出根据优选实施例第一级41和第二级42中每个可被定位的轴向范围。为了限定优选轴向定位,应当了解,在给定图5至7的截面图或剖面图情况下,燃烧器12和涡轮13可描述为限定内部流路,所述内部流路围绕纵向中心轴线37从燃烧器12的头端22附近的上游末端延伸到涡轮13段中的下游末端。因此,第一级41和第二级42中每个的定位可相对于各自沿着内部流路纵轴37的位置进行限定。同样如在图4中指示,可限定出垂直于纵向中心轴线37而形成的某些参考平面,这些参考平面对位于涡轮此区域内的轴向位置提供进一步限定。这些参考平面中第一个是燃烧器中间平面48,其为相对于中心轴线37的垂直平面,定位在燃烧器12的大致轴向中点处,即,大约位于头端22的燃料喷嘴21与燃烧器12的下游末端之间的中部。应当了解,燃烧器中间平面48通常出现在内衬24/导流套筒26组件通向过渡连接件25/冲击套筒28组件时的位置附近。如图所示,被限定在燃烧器12后端处的第二参考平面在本说明书中称作燃烧器端面49。燃烧器端面49标志后架29的下游远末端。

[0042] 根据优选实施例,如图4所示,本发明的下游注射系统30可包括两个轴向注射级,即第一级41和第二级42,它们定位在燃烧器中间平面的后方。更确切地,第一级41可定位在

过渡区39的后半部中,而第二级42可定位在第一级41与涡轮13中第一排定子叶片16之间。更优选地,第一级41可定位在燃烧器12后部部分内非常靠后的位置处,而第二级42位于燃烧器12的端面49附近或下游处。在某些情况中,可将第一级41和第二级42定位在彼此附近,以便可采用公共空气/燃料导管。

[0043] 现在转至图5至10,所提供的若干优选实施例示出本发明的涉及两级系统的进一步方面。这些附图中的每个包括通过示例燃烧器12和涡轮13的内部流路的截面图。所属领域的普通技术人员应当了解,在本说明书中也称作初级空气和燃料注射系统的头端22和燃料喷嘴21可包括若干配置中的任何配置,因为本发明的操作不依赖于其任何一种特定配置。根据某些实施例,头端22和燃料喷嘴21可配置成与延迟贫注射或下游注射系统兼容,如美国专利8,019,523中描述并定义,所述美国专利在此以引用的方式整体并入。在头端22的下游,内衬24可限定燃烧区23,在燃烧区23内,输送到头端22的空气和燃料大量主要供应进行燃烧。随后,过渡连接件25可从内衬24向下游延伸并且限定过渡区39,并且在过渡连接件25的下游末端处,后架29可将燃烧产物引导向涡轮13中的最初一排定子叶片16。

[0044] 这些第一注射级41和第二注射级42中的每个可包括多个周向间隔开的注射器32。每个轴向级内的注射器32可定位在公共注射平面38上,所述公共注射平面38是相对于内部流路纵轴37的垂直参考平面。为了清晰起见而在图5至7中以简化形式呈现注射器32,其可包括用于将空气和燃料注射到燃烧器12的下游或后端或者涡轮13内第一级中的任何常规设计。任一级41、42中的注射器32可包括:图3的注射器32;以及美国专利8,019,523和7,603,863中描述或参考的那些注射器中的任何注射器,所述美国专利以引用的方式并入本说明书中;针对图14至19在下文描述的那些注射器中的任何注射器;以及其他常规燃烧器燃料/空气注射器。如在并入的参考中提供,本发明的燃料/空气注射器32还可包括根据任何常规装置和设备的集成在一排定子叶片16内的那些注射器,例如像在美国专利7,603,863中描述的那些。对于过渡区39内的注射器32,其均可由过渡连接件25和/或冲击套筒28进行结构支撑,并且在一些情况下,可延伸到过渡区39中。注射器32可配置用于在大体横向于通过过渡区39的主导流动方向的方向上将空气和燃料注射到过渡区39中。根据某些实施例,下游注射系统30中的每个轴向级可包括若干注射器32,所述注射器32以规律间隔或在其他情况中以不均匀的间隔周向间隔开来。例如,根据一个优选实施例,在每个轴向级处可采用介于3个与10个之间的注射器32。在其他优选实施例中,第一级可包括介于3个与6个之间的注射器,并且第二级(和第三级,如果存在)均可包括介于5个与10个之间的注射器。关于注射器的周向安排,介于两个轴向级41、42之间的注射器32可安排成直线或彼此交错,并且如下文讨论,可安排用于对另一个进行补充。在优选实施例中,第一级41的注射器32可配置用于比第二级42的注射器32更多地穿透主流。在优选实施例中,这可导致第二级42比第一级41具有更多围绕所述流路圆周定位的注射器32。第一级、第二级和第三级(如果存在)的注射器均可配置成:在操作中,注射器在某个方向上注射空气和燃料,所述方向与垂直于通过内部流路的主导流动方向的参考线在 $+30^{\circ}$ 与 -30° 之间。

[0045] 对于下游注射系统30的第一级41和第二级42的轴向定位,在图5和6的优选实施例中,第一级41可正好定位在燃烧器中间平面48的上游或下游,并且第二级42可定位在燃烧器12的端面49附近。在某些实施例中,第一级41的注射平面38可设置在过渡区39内,大致在燃烧器中间平面48与端面49之间的中部。如图5所示,第二级42可正好定位在燃烧器12的下

游末端或端面49上游。换句话说,第二级42的注射平面38可正好出现在后架29的上游末端上游。应当了解,第一级41和第二级42的下游位置减少了从其注射的反应物停留在燃烧器内的时间。也就是说,在给定通过燃烧器13的流的相对恒定速度情况下,停留时间减少与反应物在到达燃烧器的下游终端或火焰区前所必须行进的距离直接相关。因此,如在下文更详细地讨论,用于第一级41的距离51(如图6所示)导致所注射反应物的停留时间是头端22处释放反应物停留时间的一小部分。类似地是,用于第二级42的距离52导致所注射反应物的停留时间是第一级41处释放反应物停留时间的一小部分。如所陈述,此减少的停留时间使得NO_x排放水平减少。如在下文更详细地讨论,在某些实施例中,在给定轴向位置以及计算出的通过燃烧器的流率情况下,注射级相对于初级燃料和空气注射系统以及相对彼此的精确安排可取决于预期停留时间。

[0046] 在另一示例实施例中,如图7所示,第一级41的注射平面38可定位在过渡连接件25的后尾或后面四分之一处(aft quarter),其如图所示位于燃烧器12中比图5的第一级41略微更下游的位置。在这种情况下,第二级42的注射平面38可定位在后架29处,或者非常靠近燃烧器12的端面49。在此情况下,根据优选实施例,第二级42的注射器32可集成到后架29的结构中。

[0047] 在另一示例实施例中,如图8所示,第一级41的注射平面38可正好定位在后架29或燃烧器12端面49略微上游处。第二级42可定位在或非常靠近涡轮13内第一排定子叶片16的轴向位置。在优选实施例中,第二级42的注射器32可集成到这一排定子叶片16中,如在上文提及。

[0048] 本发明还包括控制配置,用于将空气和燃料分布在头端22的初级空气和燃料注射系统与下游注射系统的第一级41和第二级42之间。相对彼此而言,根据优选实施例,第一级41可配置用于注射比第二级42更多的燃料。在某些实施例中,在第二级42处注射的燃料少于在第一级处注射燃料的50%。在某些实施例中,在第二级42处注射的燃料介于在第一级41处注射燃料的10%与50%之间。第一级41和第二级42中每个可配置用于在给定所注射的燃料情况下注射大致最小量的空气(这可通过分析和测试来确定),以便针对燃烧器出口温度大致地最小化NO_x,而同时还允许CO充分烧尽。其他优选实施例包括在头端22的初级空气和燃料注射系统与下游注射系统的第一级41和第二级42之间的更多特定水平的空气和燃料分布。例如,在一个优选实施例中,燃料分布包括:介于50%与80%之间的燃料到达初级空气和燃料注射系;介于20%与40%之间的燃料到达第一级41;并且介于2%与10%之间的燃料到达第二级。在此类情况下,空气分布可包括:介于60%与85%之间的空气到达初级空气和燃料注射系统;介于15%与35%之间的空气到达第一级41;并且介于1%与5%之间的空气到达第二级42。在另一优选实施例中,可甚至更精确地限定这样的空气和燃料分流。在这种情况下,初级空气和燃料注射系统、第一级41以及第二级42之间的空气和燃料分流如下:分别来说,燃料为70/25/5%,并且空气为80/18/2%。

[0049] 两个注射级的各个注射器可通过若干方式控制并且配置,以便实现所期望的操作以及优选的空气和燃料分流。应当了解,这些方法中的某些包括美国专利申请2010/0170219中的各方面,所述美国专利申请在此以引用的方式整体并入。如在图9中示意性地呈现,可通过公共控制阀55控制通向每个级41、42的空气和燃料供应。也就是说,在某些实施例中,可将空气和燃料供应配置成带有公共阀55的单个系统,并且在两个级之间期望的

空气和燃料分流可通过在两个级中单独供应通道或注射器32内的开孔大小调整来被动确定。如图10所示,每个级41、42的空气和燃料供应可通过控制对每个级41、42的供料的单独阀55进行单独控制。应当了解,本说明书所提及的任何可控制阀都可电连接到控制器,并且其设置是通过根据常规系统的控制器操纵的。

[0050] 第一级41中注射器32的数量以及每个注射器的周向位置可进行选择,以使注射的空气和燃料穿透主要燃烧器流,从而改进混合和燃烧。注射器32可经过调整,以便能够充分穿透到主流中,从而在给定注射下游位置情况下,使空气和燃料在短暂停留时间中充分混合并且反应。第二级42中注射器32的数量可进行选择,以便补充从第一级41注射产生的流动和温度分布。另外,第二级可配置成在工作流体流中具有比第一级注射要求的更少的射流穿透。由此,与第一级相比,第二级的流路外围周围可设有更多注射点。另外,第一级注射器32的数量和类型、以及在每个注射器处注射的空气和燃料的量可进行选择,以将可燃的反应物安排在温度低和/或CO浓度高的位置,从而改进燃烧以及CO烧尽状况。优选地是,第一级41的轴向位置应当尽可能地靠后,其与第二级42的能力一致,用于促进离开第一级41的CO/UHC反应。由于第二级42注射的停留时间非常短暂,如在上文提及,相对一小部分燃料将注射到此处。第二级42空气的量还可基于计算和测试数据最小化。

[0051] 在某些优选实施例中,第一级41和第二级42可经过配置,以使来自第一级41的注射空气和燃料比来自第二级42的注射空气和燃料更多地穿透通过内部流路的燃烧流。在这样的情况中,如已提及,第二级42可采用更多注射器32(相对于第一级41),所述注射器32配置用于产生不太强力的注射流。应当了解,通过这种策略,第一级41的注射器32可配置成主要用于将它们注射的空气和燃料与燃烧流(combustion flow)在内部流路的中间区域中混合,而第二级42的注射器32配置用于主要将注射的空气和燃料与燃烧流在内部流路的外围区域中混合。

[0052] 根据本发明的方面,下游注射的两个级可集成,以便改进功能、反应物的混合和通过内部流路的燃烧特性,同时改进关于在操作中输送到燃烧器13的压缩空气供应的使用的效率。也就是说,可能要求较少注射空气即可实现与下游注射关联的性能优点,这增加了供应到燃烧器13后部部分的空气的量、以及此空气提供的冷却效果。与此一致,在优选实施例中,第一级41的注射器32的周向安排包括一种配置:通过这种配置,注射的空气和燃料基于来自初级空气和燃料注射系统的预期的燃烧流而穿透内部流路中的预定区域,从而增加在第一级41下游的燃烧流中的反应物混合和温度均匀性。另外,第二级42注射器32的周向安排可为这样一种:在给定第一级41下游的预期燃烧流的特性情况下,补充第一级41注射器32的周向安排。应当了解,若干不同的燃烧流特性对于改进通过燃烧器的燃烧而言是重要的,这可有益于排放水平。这些特性例如包括反应物分布、温度分布、CO分布以及燃烧流内UHC分布。应当了解,这些特性可定义为内部流路内的轴向位置或范围上的燃烧流内任何流动特性的截面分布,并且可使用某些计算机操作模型来预测此类特性,或其可通过对实际发动机操作的实验或测试或其组合进行确定。通常,当燃烧流充分混合并均匀时性能得到改进,并且本发明的集成两级方法可用来实现这个目的。因此,在给定通过第一级41和第二级42的注射器32的周向安排进行的空气和燃料注射的预期效果情况下,第一级41和第二级42的注射器32的周向安排可基于:a)在操作中正好在第一级41上游的预期燃烧流的特性;以及b)正好在第二级42下游的预期燃烧流的特性。如所说明的,所述特性在此可为反应物

分布、温度分布、NO_x分布、CO分布、UHC分布,或者可用来模拟这些中的任何特性的其他相关特性。另外,根据本发明的另一方面,第一级41注射器32的周向安排可基于在操作中正好在第一级41上游的预期燃烧流的特性,所述特性可基于初级空气和燃料注射系统30的配置。第二级42注射器32的周向安排可基于正好在第二级42上游的预期燃烧流的特性,所述特性可基于第一级41注射器32的周向安排。

[0053] 应当了解,本发明的集成两级下游注射系统30具有若干优点。第一,集成系统通过将第一级与第二级物理连接来使停留时间减少,这允许将第一级41进一步向下游移动。第二,集成系统允许在第一级中使用更多并更小的注射点,因为第二级可定制用于解决在第一级下游所产生的流的不期望的属性。第三,纳入第二级允许每级都可配置用于比单极系统更少地穿透到主流中,这就要求使用更少“载体”空气而来获得必要的穿透。这意味着更少空气将从流动环带内的冷却流中被虹吸出来,从而允许主燃烧器结构在降低的温度下操作。第四,减少的停留时间将会允许更高的燃烧室温度,而不增加NO_x排放。第五,可使用单个“双歧管”布置来简化集成两级注射系统构造,这使得这些不同优点的实现是成本节省的。

[0054] 现在转至本发明的附加实施例,应当理解,注射级的定位可基于停留时间。如所描述,下游注射级的定位可影响多个燃烧性能参数,包括(但不限于)一氧化碳排放(CO)。下游级的定位过于靠近初级级的位置可能在下级未得到燃料供应时引起过多一氧化碳排放。因此,来自初级区的流必须有时间进行反应并在第一下游注射级前消耗一氧化碳。应当了解,此要求的时间是流的“停留时间”,或者换句话说,燃烧材料的流行进通过轴向间隔开的注射级间距离所花费的时间。在两个级间的停留时间可在任何两个位置间基于所述位置之间的总体积以及体积流率(volumetric flow rate)而来在整体基础上进行计算,所述体积流率可在给定燃气涡轮发动机的操作模式情况下进行计算。因此,在任何两个位置之间的停留时间可计算为体积除以体积流率,其中体积流率是随密度的质量流率(mass flow rate over density)。换句话说,体积流率可计算为质量流率乘以气体温度乘以适用气体常数除以气体的压力。

[0055] 因此,已经确定,在考虑包括一氧化碳排放水平的排放水平情况下,第一下游注射级与燃烧器头端处的初级燃料和空气注射系统的距离应不近于6毫秒(ms)。也就是说,这个停留时间是在发动机的某个操作模式中的时间段,在此时间段中燃烧流沿内部流路从限定在初级空气和燃料注射系统处的第一位置行进到限定在下游注射系统的第一级处的第二位置。在这种情况下,第一级应定位在初级空气和燃料注射系统后的某个距离处,所述距离相当于至少6ms的第一停留时间。另外,已经确定,就NO_x排放观点来看,延迟下游注射具有有益影响,并且第二下游注射级应定位成与燃烧器出口或燃烧室端面的距离小于2ms。也就是说,这个停留时间是在发动机的某个操作模式中的时间段,在此时间段中燃烧流沿内部流路从限定在第二级处的第一位置行进到限定在燃烧器端面处的第二位置。在这种情况下,第二级应定位在燃烧器端面前的某个距离处,所述距离相当于小于2ms的上述停留时间。

[0056] 图11至14示出带有三个注射级的系统。图11示出其中三个级中每个可定位在内的轴向范围。根据优选实施例,如图11所示,本发明的下游注射系统30可包括三个轴向注射级,即第一级41、第二级42和第三级43,它们定位在燃烧器中间平面的后方。更确切地,第一

级41可定位在过渡区39中,第二级42可定位在燃烧器端面49附近,并且第三级可定位在燃烧器端面49处或其后方。图12和14提供三个注射级中每个都可位于这些范围内的某些优选实施例。如图12所示,第一级和第二级可位于过渡区内,并且第三级可位于燃烧器端面附近。如图13所示,第一级可位于过渡区内,而第二级和第三级分别位于后架和第一排定子叶片处。在某些实施例中,如在上文讨论,第二级可集成到后架中,而第三级集成到定子叶片中。

[0057] 本发明进一步描述包括三个注射级的下游注射系统内的燃料和空气注射量及速率。在一个实施例中,第一级、第二级和第三级包括一种配置:其将第二级处所注射的燃料限制为不到第一级处所注射燃料的50%,并将第三级处所注射的燃料限制为不到第一级处所注射燃料的50%。在另一优选实施例中,第一级、第二级和第三级包括一种配置:其将第二级处所注射的燃料限制为在第一级处所注射燃料的10%与50%之间,并将第三级处所注射的燃料限制为在第一级处所注射燃料的10%与50%之间。在其他优选实施例中,初级空气和燃料注射系统以及下游注射系统的第一级、第二级和第三级可配置成在操作中向各自输送总燃料供应的以下百分数:50%与80%之间输送到初级空气和燃料注射系统;20%与40%之间输送到第一级;2%与10%之间输送到第二级;以及2%与10%之间输送到第三级。在又一些优选实施例中,初级空气和燃料注射系统以及下游注射系统的第一级、第二级和第三级可配置成在操作中向各自输送总燃烧器空气供应的以下百分数:60%与85%之间输送到初级空气和燃料注射系统;15%与35%之间输送到第一级;1%与5%之间输送到第二级;以及0%与5%之间输送到第三级。在另一优选实施例中,初级空气和燃料注射系统以及下游注射系统的第一级、第二级和第三级可配置成在操作中向各自输送总燃料供应的以下百分数:约65%输送到初级空气和燃料注射系统;约25%输送到第一级;约5%输送到第二级;以及约5%输送到第三级。在这种情况下,初级空气和燃料注射系统以及下游注射系统的第一级、第二级和第三级可配置成在操作中向各自输送总空气供应的以下百分数:约78%输送到初级空气和燃料注射系统;约18%输送到第一级;约2%输送到第二级;以及约2%输送到第三级。

[0058] 图14至19提供本发明另一方面的实施例,其包括燃料注射器结合到后架29中的方式。如所陈述,后架29包括框架构件,所述框架构件提供燃烧器12下游末端与涡轮13上游末端之间的接口。

[0059] 如图14所示,后架29形成约束或包围内部流路的刚性结构构件。后架29包括内表面或内壁65,其限定内部流路的外侧边界。后架29包括外表面66,所述外表面66包括结构元件,所述后架通过所述结构元件连接到燃烧器和涡轮。多个出口端口74可穿过后架29的内壁形成。出口端口74可配置用于将燃料腔室71连接至内部流路67。后架29可包括在6个与20个之间的出口端口,但也可提供更多或更少的出口端口。出口端口74可围绕后架内壁65周向间隔开来。如图所示,后架29可包括环状截面形状。

[0060] 如图15至19所示,根据本发明的后架29可包括其内形成的周向延伸的燃料腔室71。如图15所示,燃料腔室71可具有燃料入口端口72,所述燃料入口端口72穿过后架29的外壁66形成,并且燃料通过其被供应到燃料腔室71。因此,燃料入口端口72可将燃料腔室71连接到燃料供应77。燃料腔室77可配置用于约束或者完全包围内部流路67。如图所示,一旦燃料到达燃料腔室71,它随后即可通过出口端口74注射到内部流路67中。如图16所示,在某些情况下,可在输送到燃料腔室71之前将空气与燃料在预混合器84内预混合。或者,可将空气

和燃料置于一起并在燃料腔室71内混合,其实例在图17中示出。在这种情况下,空气入口端口73可在后架29的外壁66中形成,并且可与燃料腔室71流体连通。空气入口端口73可围绕后架29周向间隔开来,并由在此区域中环绕燃烧器的压缩机排气供料。

[0061] 同样如图17所示,出口端口74可以是倾斜的。这个角度可相对于垂直于通过内部流路67的燃烧流的参考方向。在某些优选实施例中,如图所示,出口端口倾斜可朝燃烧流下游方向在 0° 与 45° 之间。另外,出口端口74可相对于后架29内壁65的表面齐平配置,如图17所示。或者,出口端口74可配置成使得每个出口端口从内壁65突出并进入内部流路67中,如图19所示。

[0062] 图18和19提供多个管81配置用于横穿燃料腔室71的替代实施例。管81中每个经过配置,以便使第一末端连接到空气入口端口73中的一个,并且使第二末端连接到出口端口74中的一个。在某些实施例中,如图18所示,在后架的内表面65上所形成的出口端口74包括:a)空气出口端口76,其配置用于连接到管81中一个;以及b)燃料出口端口72,其配置用于连接到燃料腔室71。这些出口端口中的每个可在内壁65上接近彼此定位,以便促使一旦燃料和空气注射到内部流路67中即混合。在优选实施例中,如图18所示,空气出口端口76配置成具有圆形形状,并且燃料出口端口75配置成具有围绕空气出口端口76的圆形形状而形成的环形形状。这种配置将进一步促使燃料和空气一旦输送到内部流路67中即混合。应当了解,在某些实施例中,管81将具有坚固(solid)结构,这种坚固结构防止移动通过管81的流体与移动通过燃料腔室71的流体混合,直到两种流体都注射到内部流路67中。或者,如图19所示,管71可包括开口82,所述开口82允许空气和燃料在注射到内部流路67中之前预混合。在此类情况下,促使湍流和混合的结构、例如湍流器83,可包括在开口82下游,以便增强预混合。

[0063] 所属领域中的技术人员应当了解,与若干实施例有关的上述许多不同特征和配置可进一步选择性地用于形成本发明的其他可能实施例。出于简洁性和所属领域技术人员能力考虑,将不提供或详细讨论本发明的任何可能迭代方案,即使包含在下述若干权利要求或其他方面中的所有组合和可能的实施例意图属于本发明的一部分。另外,所属领域的技术人员可基于本发明的上述若干示例实施例的描述来做出改进、变化和修改。在所属技术领域范围内的此类改进、变化和修改同样意图包括在所附权利要求书的范围内。另外,应当了解,上述说明仅仅涉及本发明的描述实施例,所属领域的技术人员可在不脱离本发明的精神和范围情况下对本发明做多种变化和修改,本发明的精神和范围由所附权利要求书及其等效物定义。

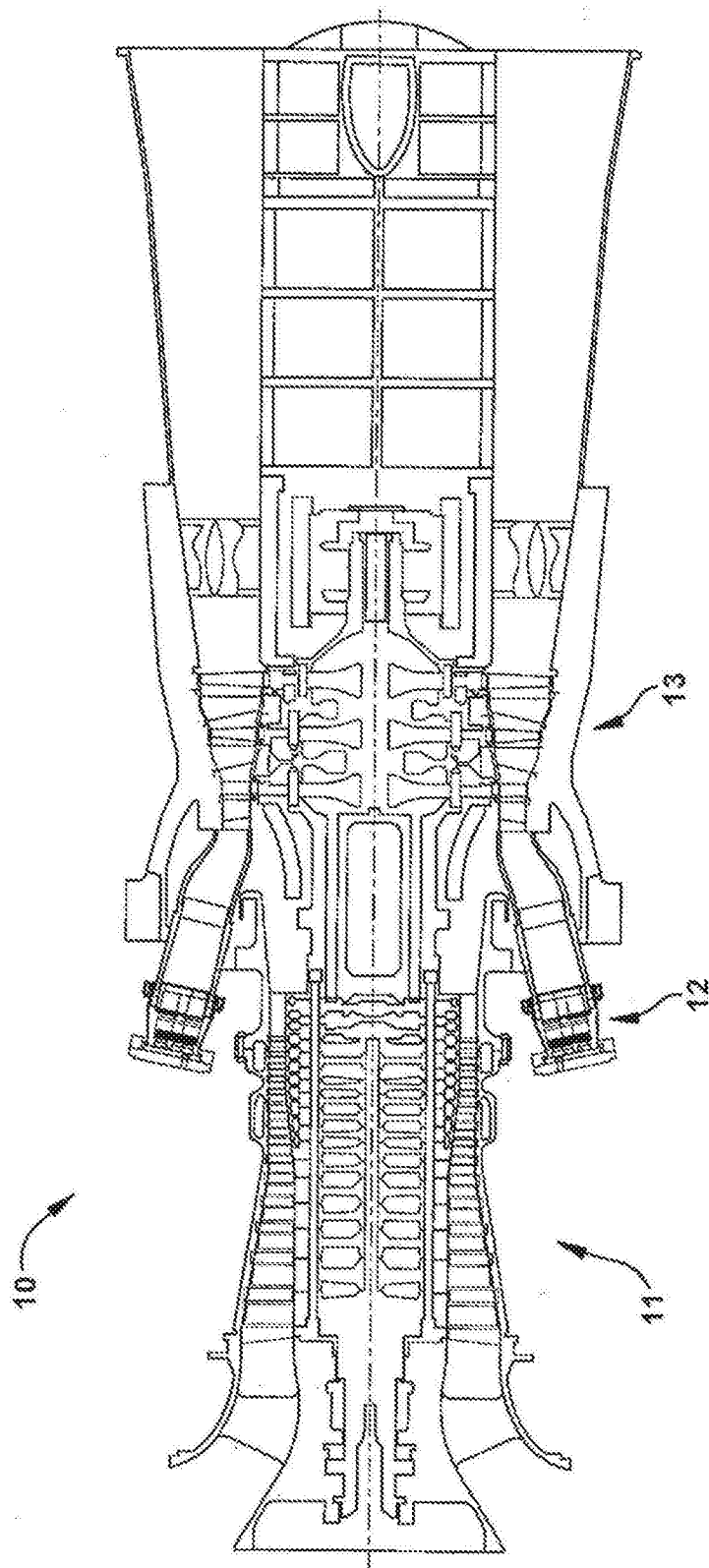


图1 (现有技术)

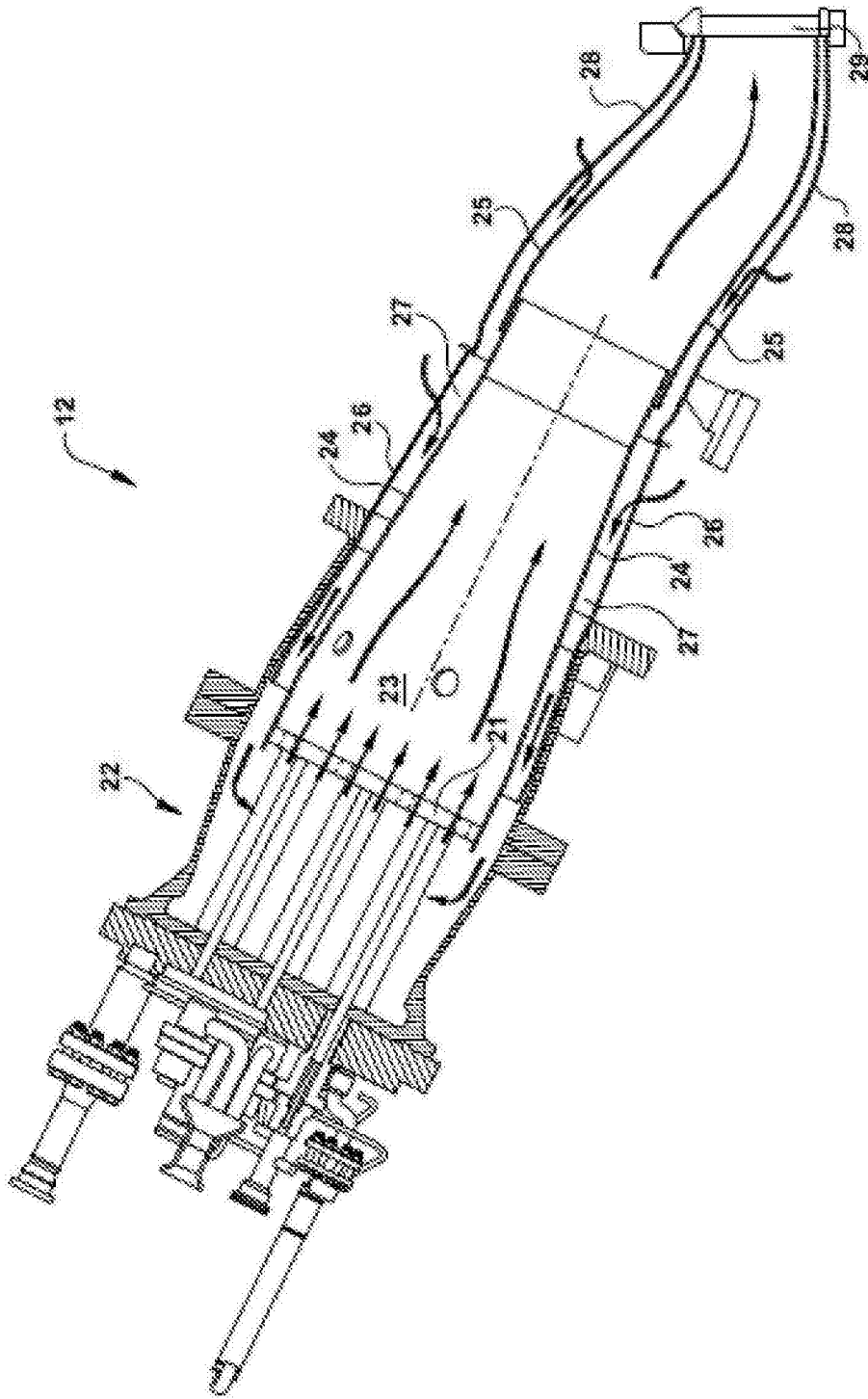


图2 (现有技术)

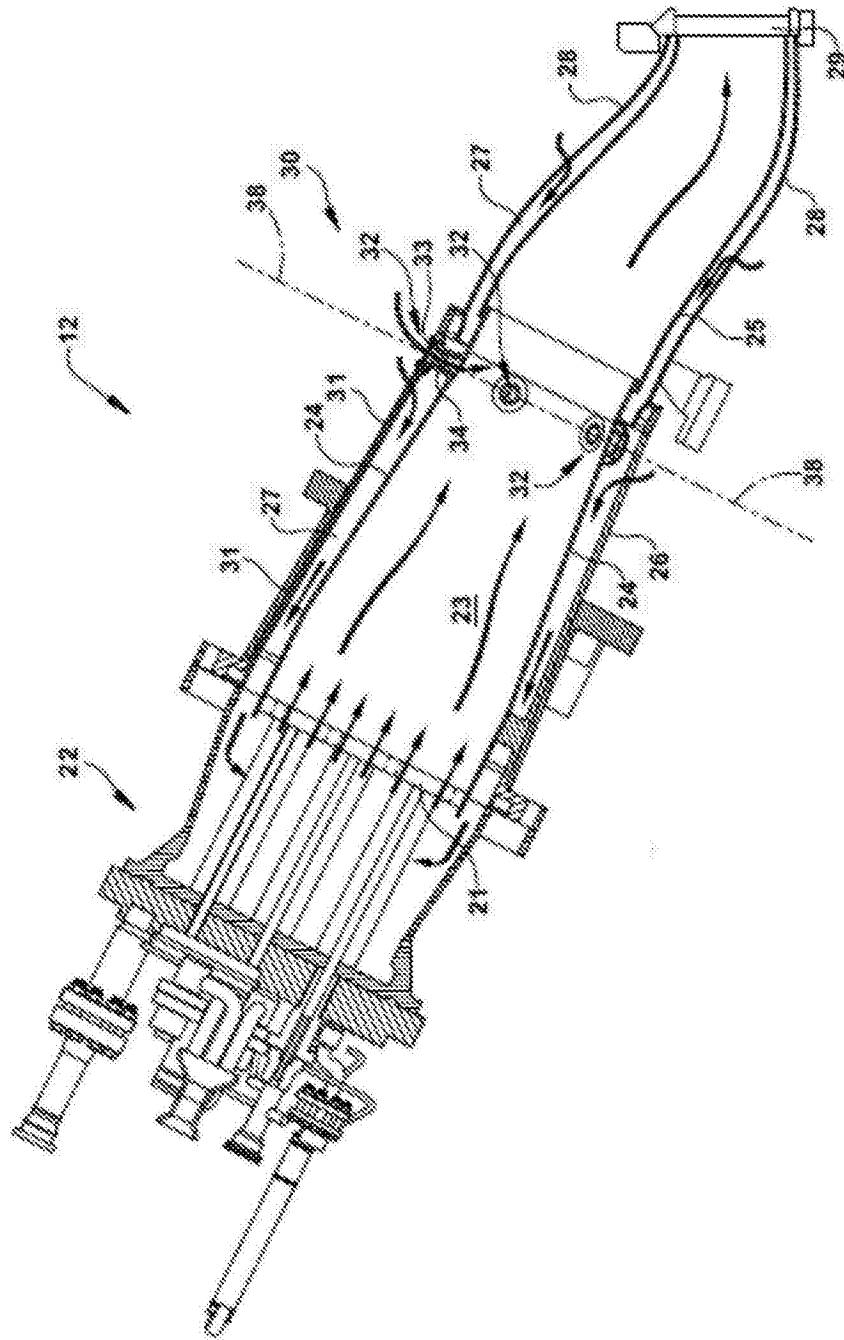


图3(现有技术)

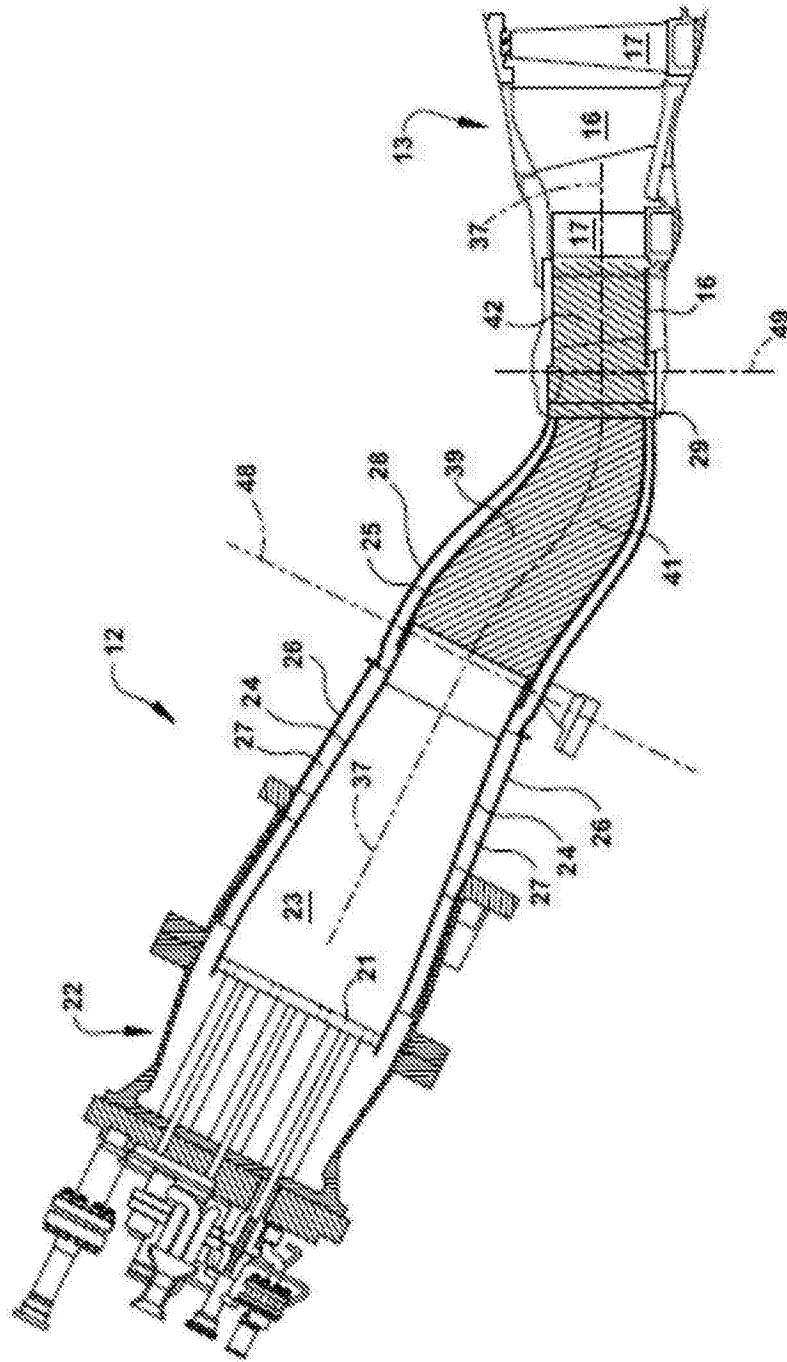


图4

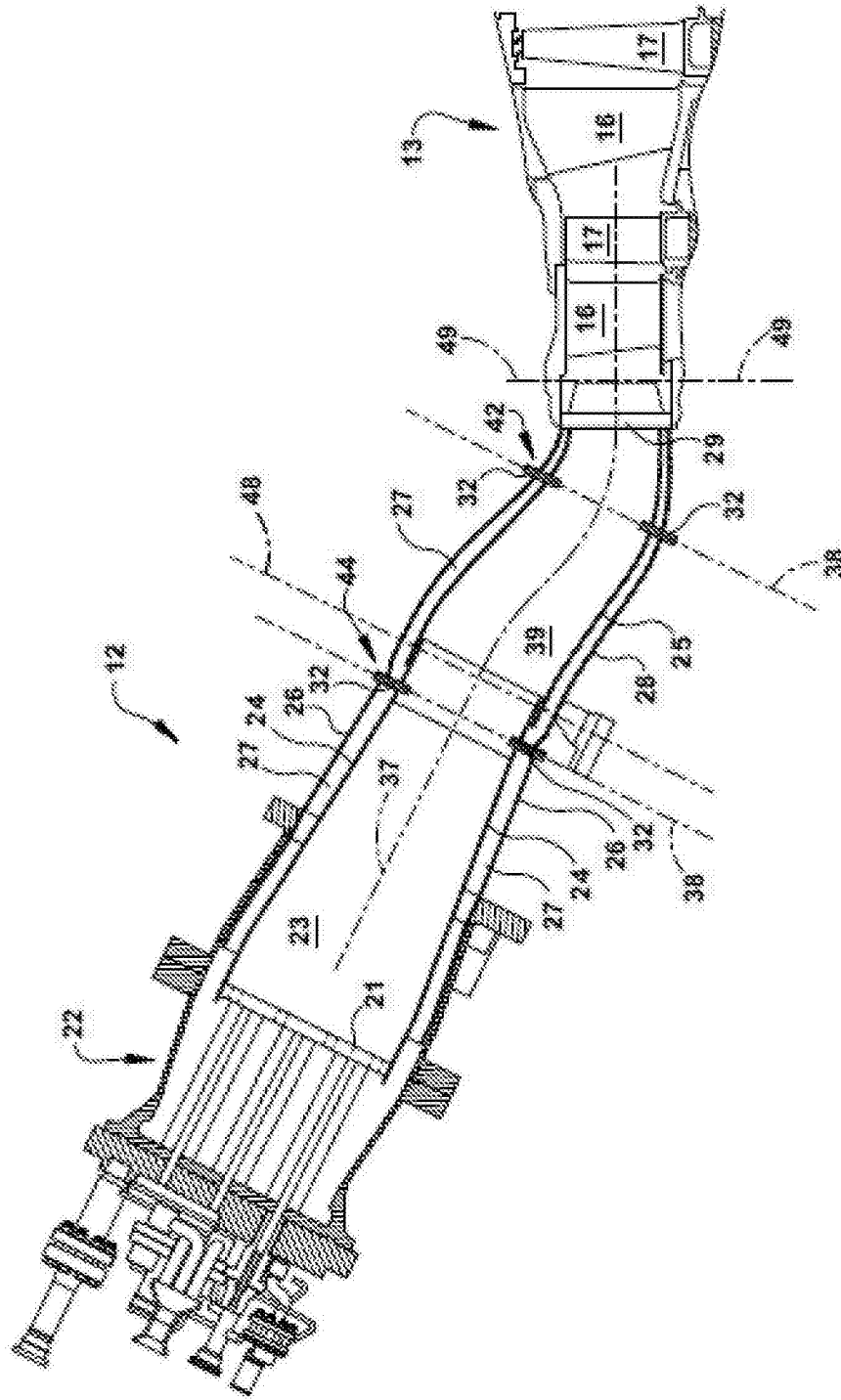


图5

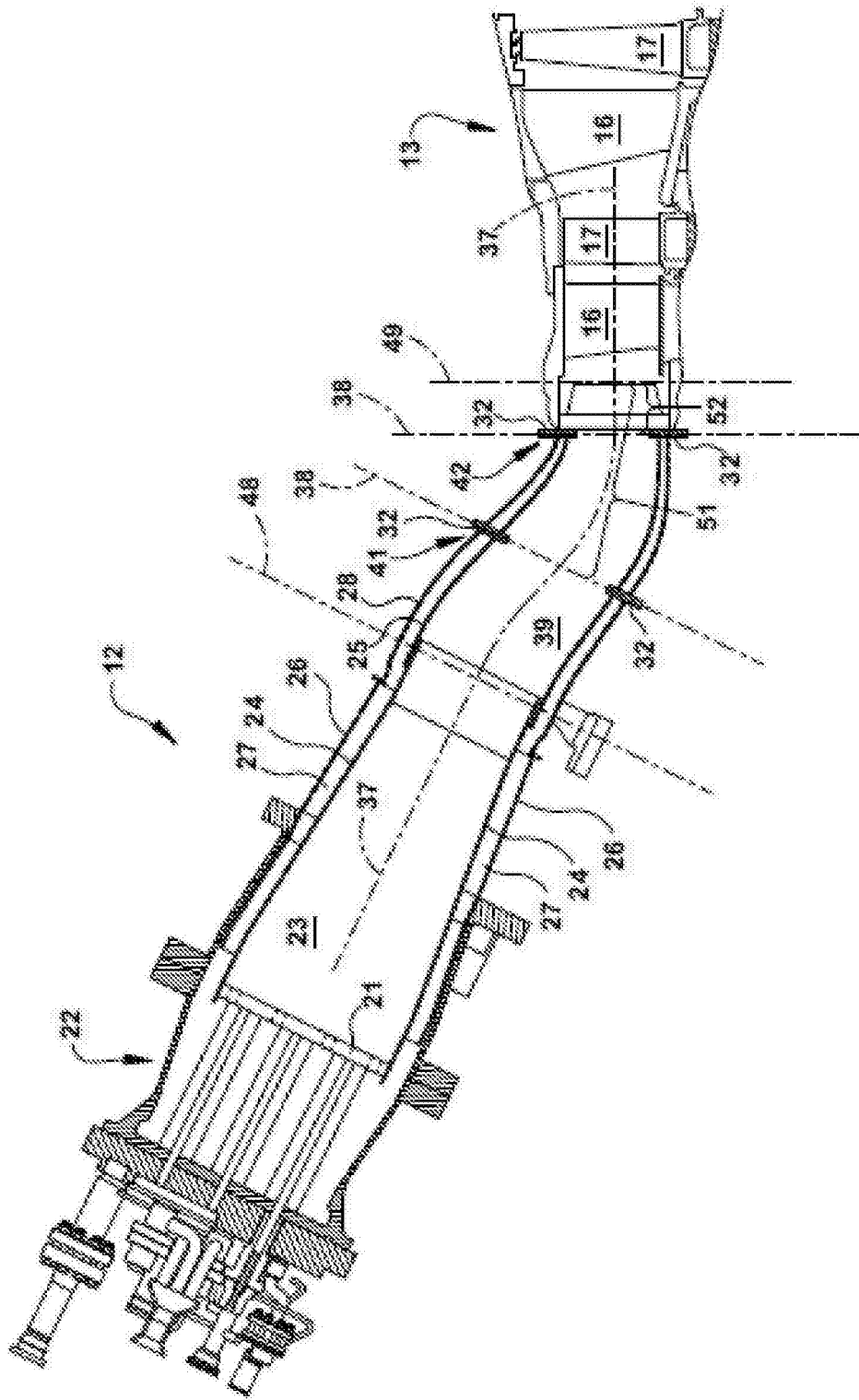


图6

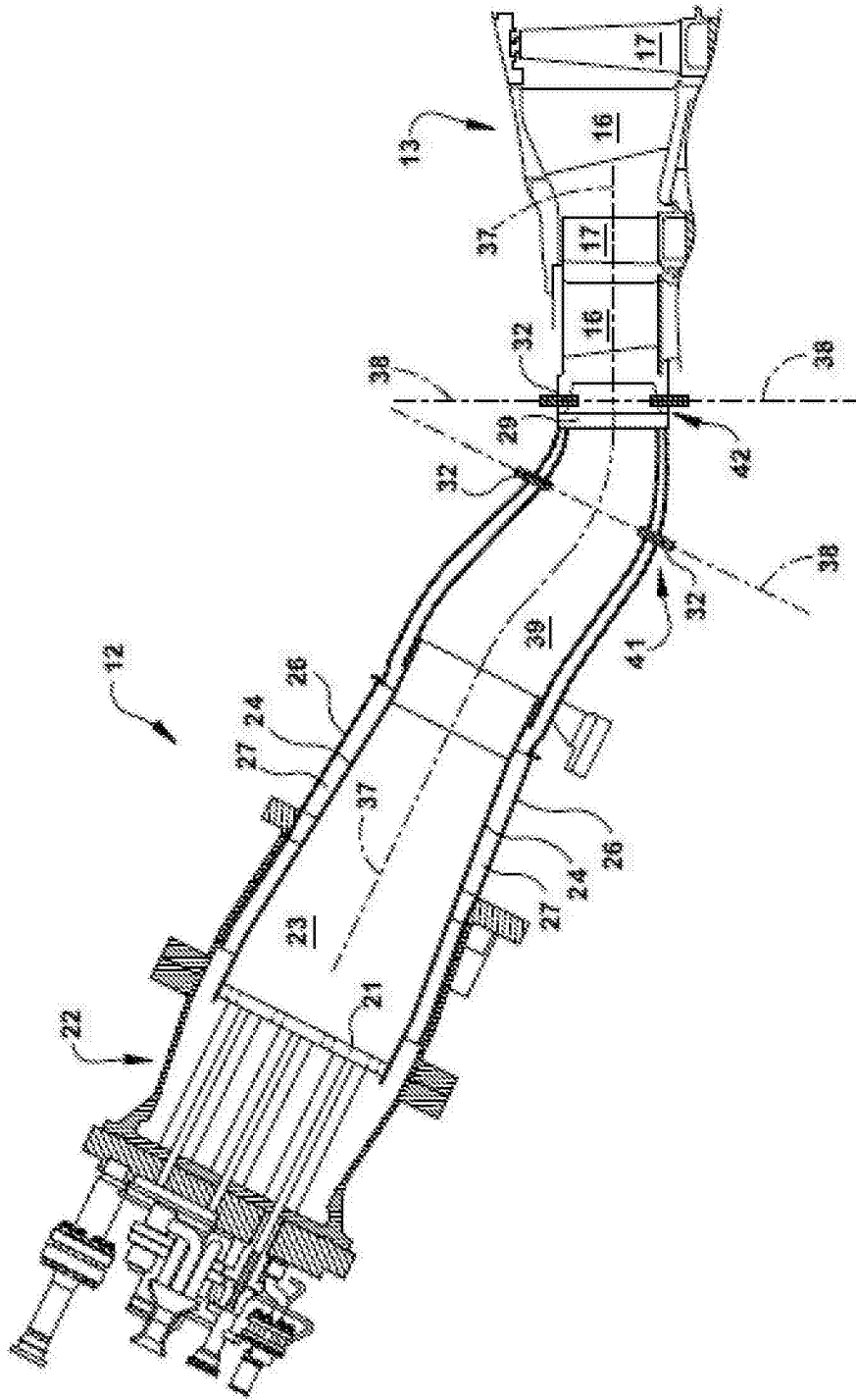


图7

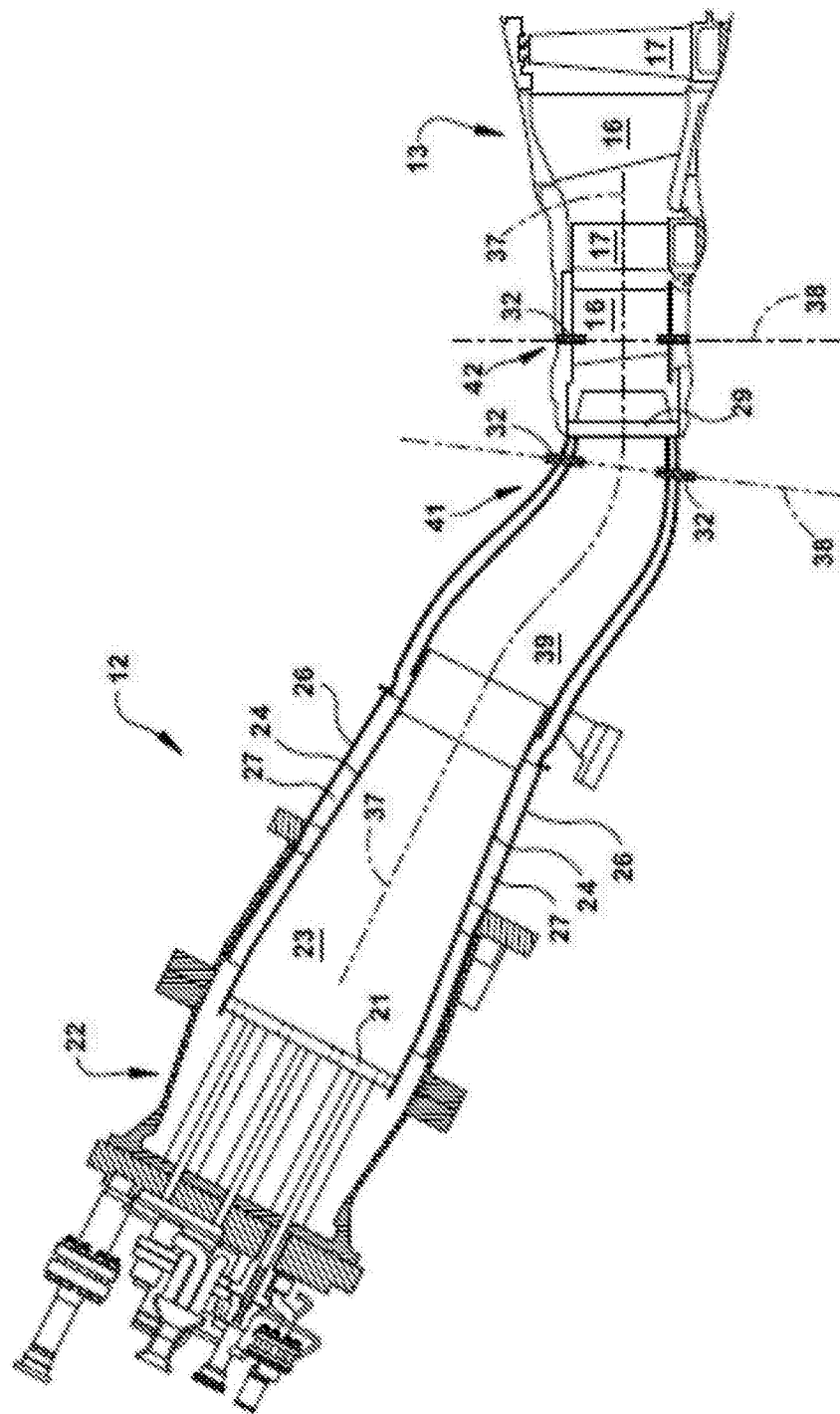


图8

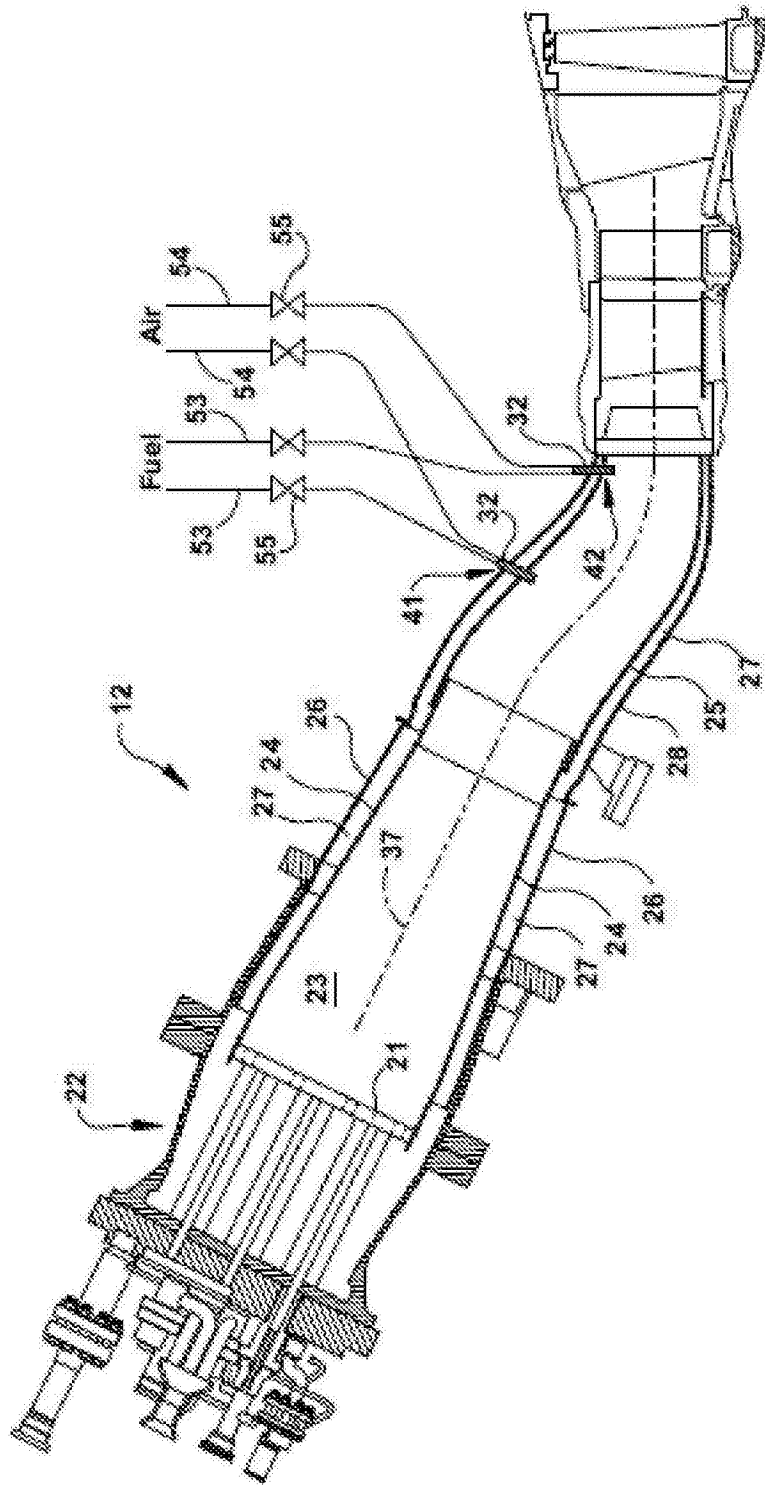


图10

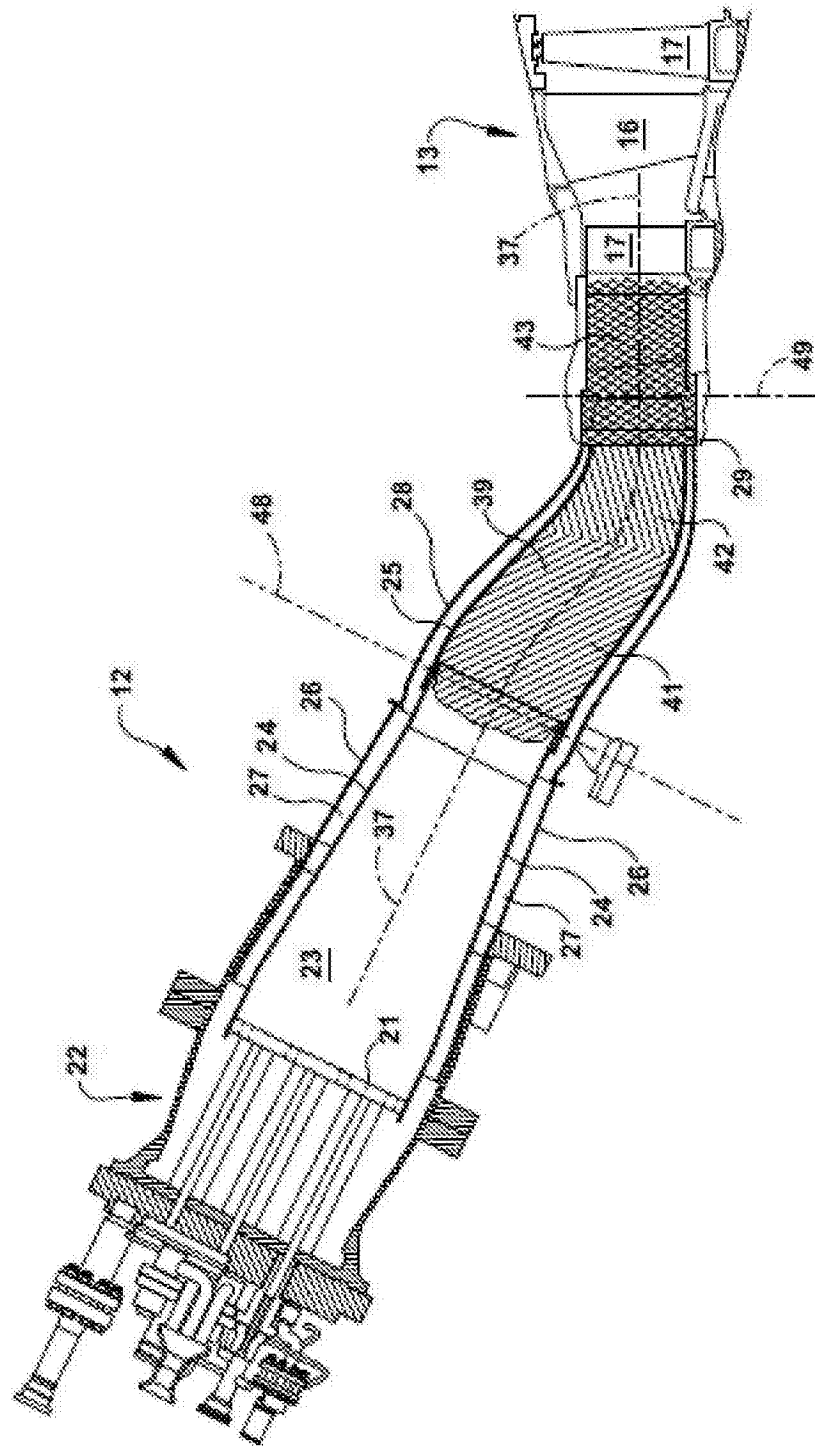


图11

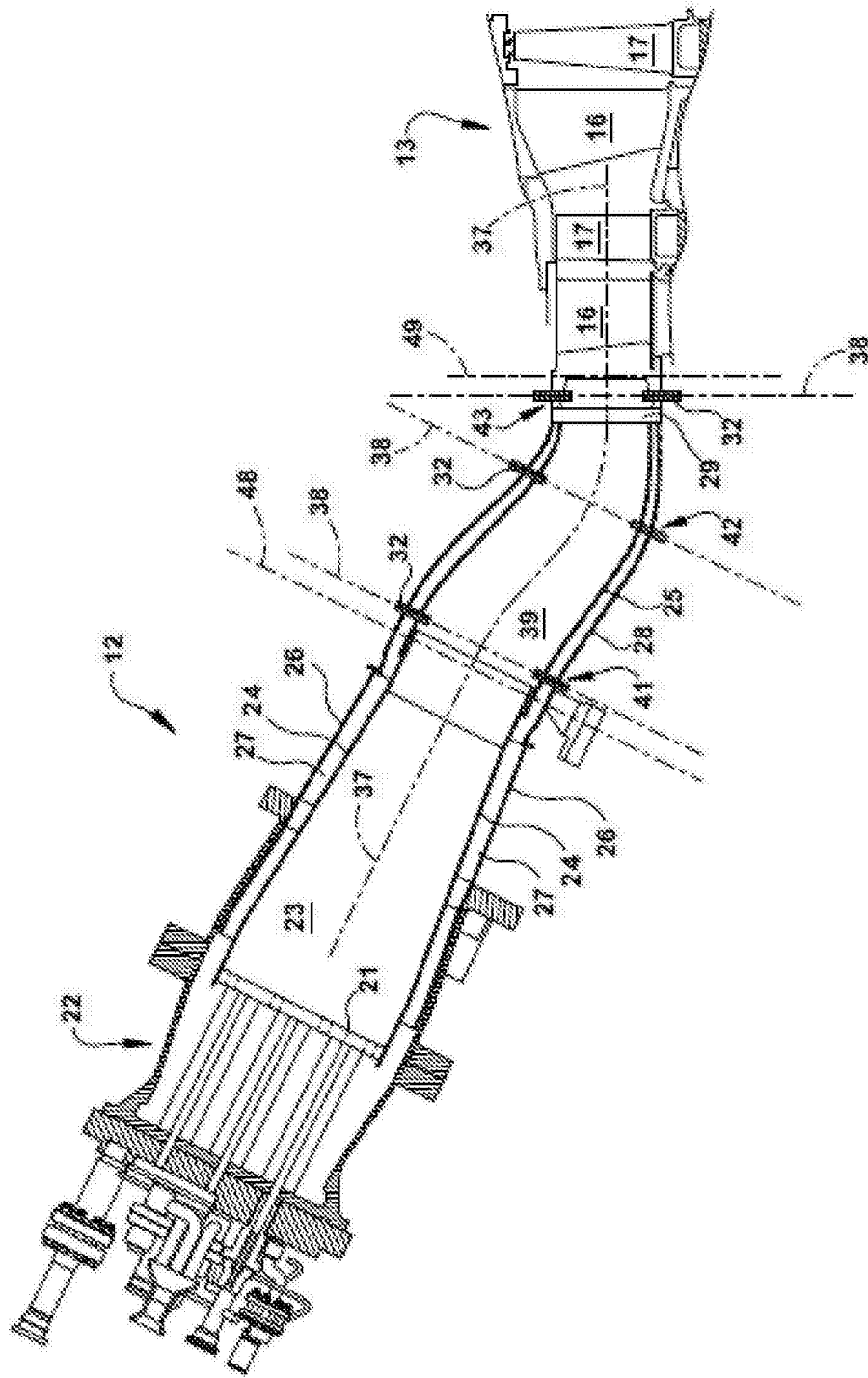


图12

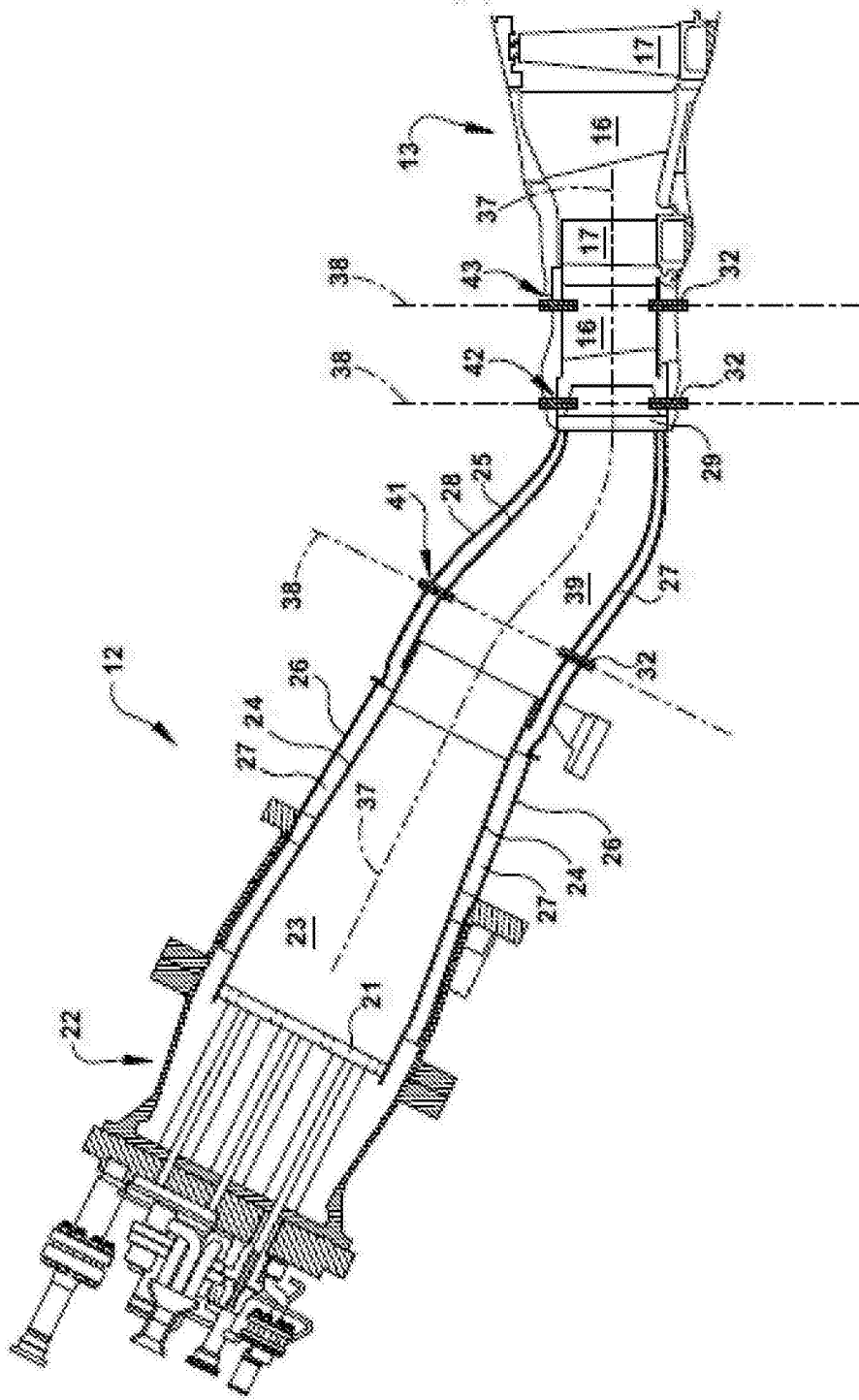


图13

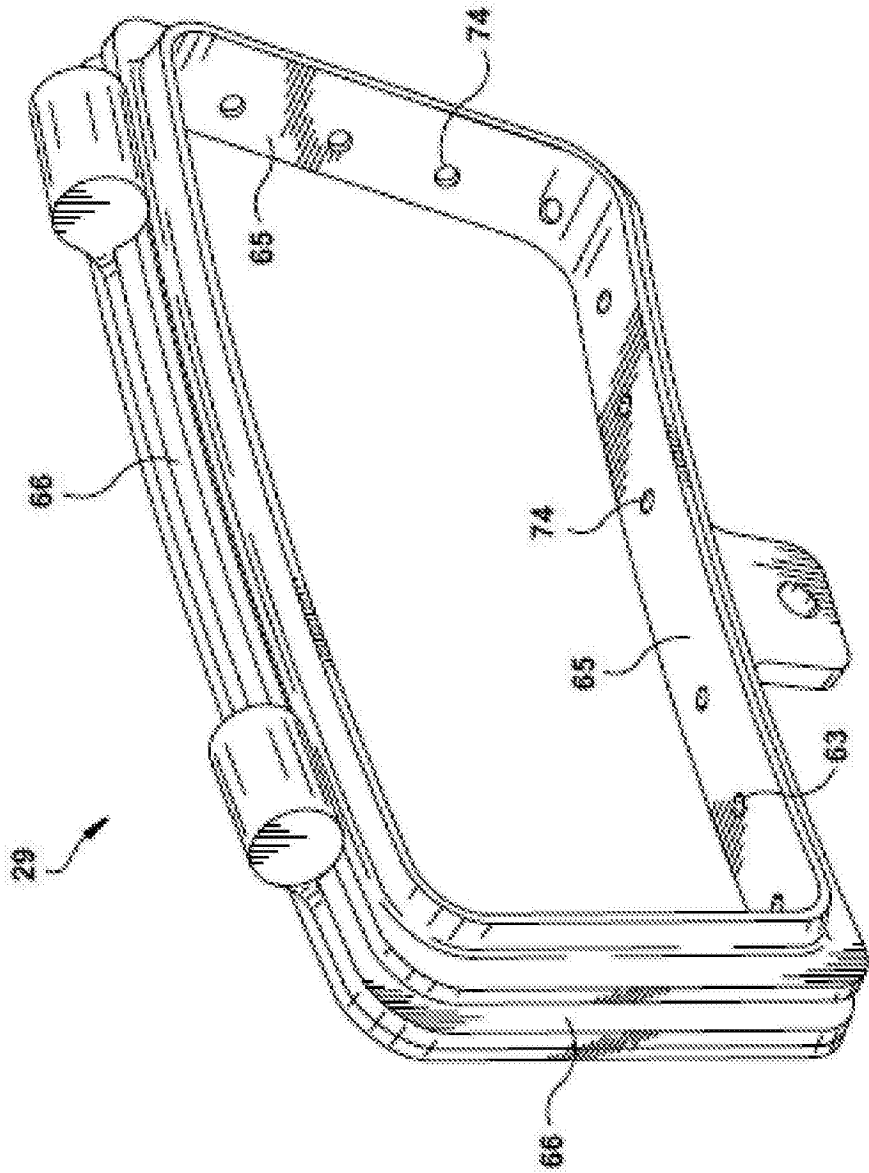


图14

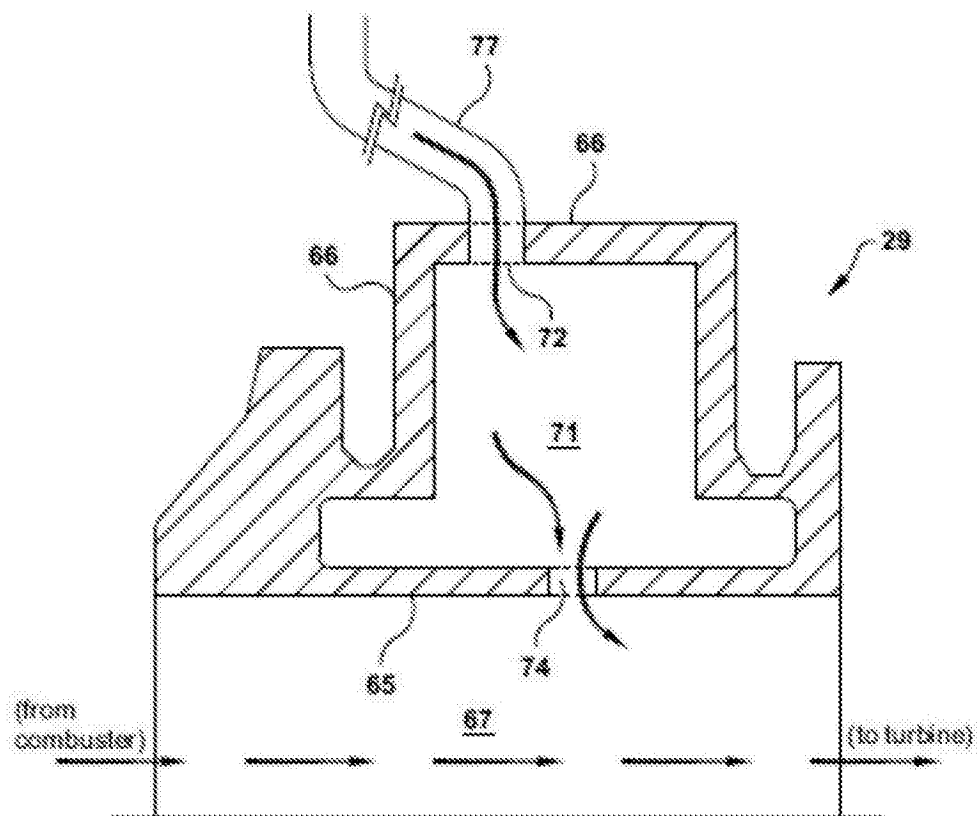


图15

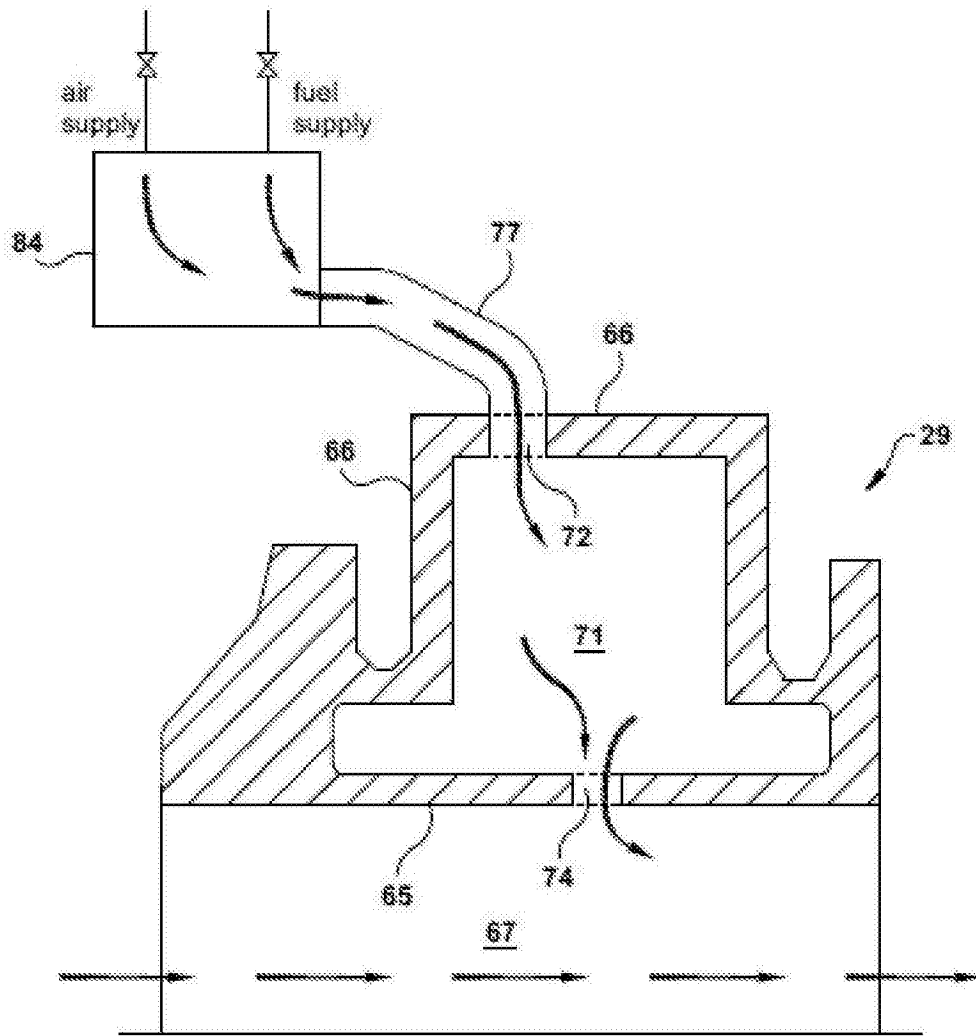


图16

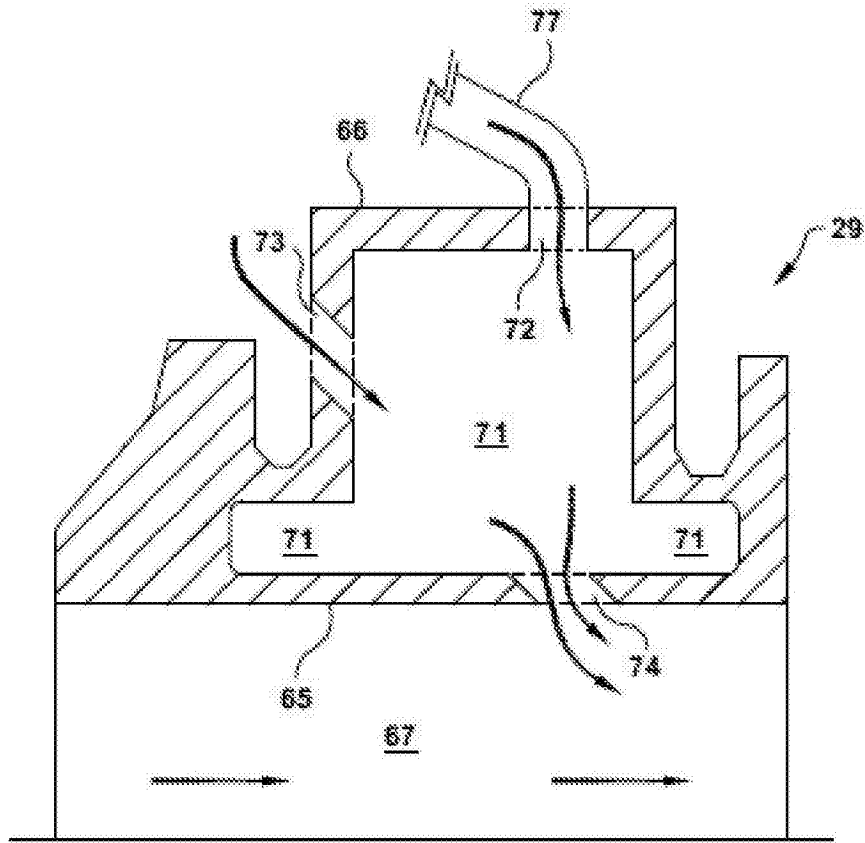


图17

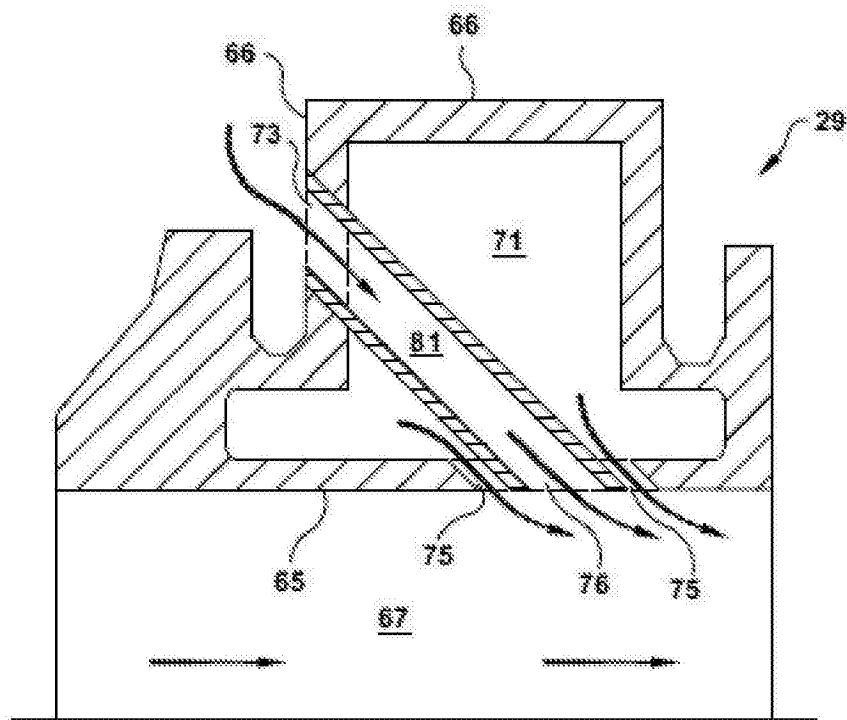


图18

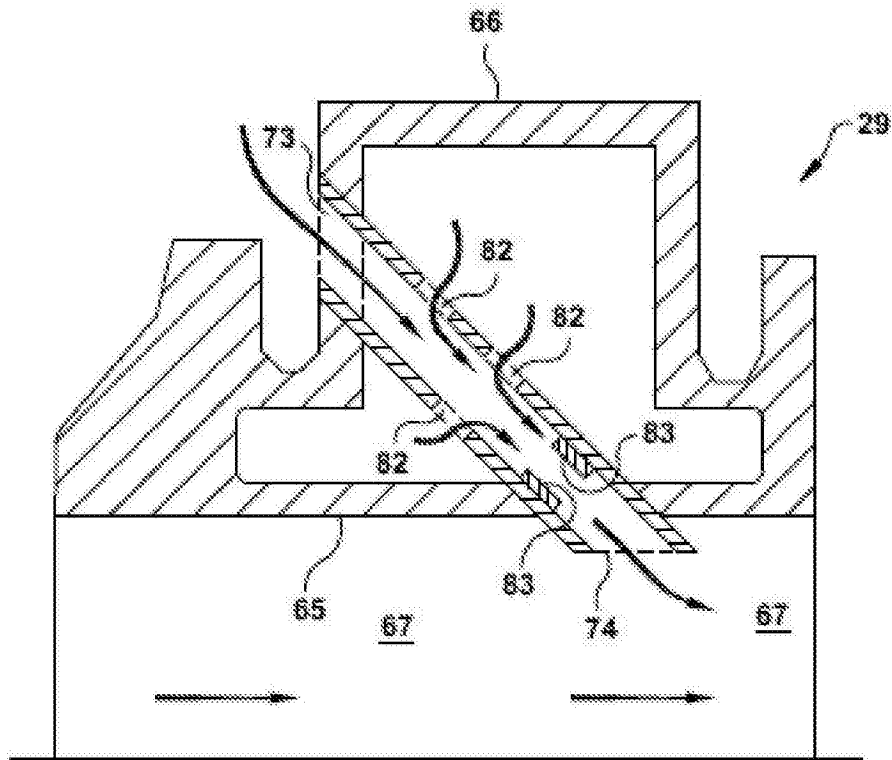


图19