

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 91100704.0

[45]授权公告日 2000年3月29日

[11]授权公告号 CN 1050890C

[22]申请日 1991.2.5 [24]颁证日 1999.12.17

[21]申请号 91100704.0

[30]优先权

[32]1990.2.5 [33]US [31]474,394

[73]专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72]发明人 威廉·西奥多·比奇特尔

金秋田正义 罗伊·马歇尔·沃沙姆

审查员 石 竟

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

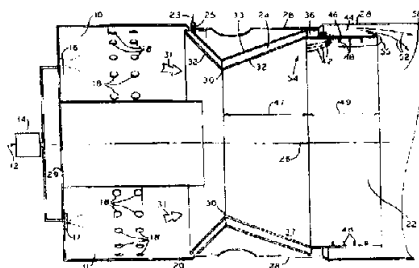
代理人 孟八一 齐曾度

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图页数 2 页

[54]发明名称 低 NO_x 排放的燃烧器和燃烧方法

[57]摘要

提供了一种改进的燃气轮机燃烧器,该燃烧器能减少氮氧化物的排放量,其方法是将燃料气与空气预先进行混合,然后将此混合气通过文丘里管送入燃烧器,设置一条包围文丘里管的空气冷却通道,使该通道朝着燃烧区向下游延伸,借此使燃烧的稳定性达到最佳状态并降低了 NO_x 和 CO 的排放量。



ISSN 1008-4274



权利要求书

1. 一种干燥的低氮氧化物(NO_x)排放的燃烧器, 其中包括:

一个用于使燃料气和空气混合的预混合室(10, 11);

5 一个位于所说预混合室(10, 11)下游并用于燃烧预混合燃料气和空气的燃烧室(22), 该燃烧室包括一个隔离区和一个处于隔离区下游的燃烧区;

10 一个位于所说预混合室(10, 11)和所说燃烧室(22)之间的文丘里管(24), 所说的燃料气和空气的预混合物通过该文丘里管进入所说的燃烧室(22);

其特征在于其中还包括:

一条让冷却气体流过的通道(36), 该通道沿着处于所说燃烧室(22)区域内的文丘里管(24)的下游表面(32)的至少一部分轴向延伸;

15 所说的通道(36)在所说文丘里管(24)壁上相对于所说预混合的燃料气和空气输入所说燃烧室(22)的通道形成于另外一侧; 以及

所说的通道(36)在所说燃烧室(22)的下游延伸超过所说隔离区的中间部位;

借助于以上各点, 可以使所说燃烧器在很宽的温度范围内有效地燃烧以降低所说燃烧器的 NO_x 排放量。

20 2. 如权利要求1的燃烧器, 其特征在于所说的文丘里管(24)包括一个收缩所说燃料气和空气的气流的部位, 而所说的通道(36)具有一个位于所说收缩部位的下游并紧贴在所说燃烧室(22)周边上的下游出口。

25 3. 如权利要求2的燃烧器, 其特征在于所说通道(36)的下游出口部位沿所说燃烧室周围设置一条第二通道(44), 而所说文丘里管出口向更远的下游延伸以防止冷却流体明显地逆向流入所说隔离区。

4. 一种向一个包括隔离区和燃烧区的燃气轮机燃烧器输入燃料并且氮氧化物和一氧化碳的排放量低的燃烧方法, 该方法包括:

在预混合室中将燃料气与空气混合;

将经过混合的燃料气与空气的混合物通过一个处于所说燃气轮机内部的文丘里管收缩部位以使该气流加速;

其特征在于其中还包括:

至少要用冷气体来冷却所说燃烧区中的那部分文丘里管的下游壁;

5 将所说冷却气体通过一条紧贴所说文丘里管并且延伸超过所说隔离区的中间部位的通道; 以及

点燃所说的混合物, 以使其在所说燃烧器的燃烧区中燃烧起来。

10 5. 如权利要求 4 的燃烧方法, 其特征在于其中还包括一个调节所说通道轴向长度以使所说混合物的燃烧稳定在较低的温度范围内并借此把氮氧化物的排放量减少到最小程度的附加步骤。

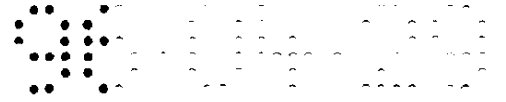
6. 如权利要求 5 的燃烧方法, 其特征在于空气是作为冷却气体提供的。

15 7. 如权利要求 4 的燃烧方法, 其特征在于所说燃烧器的外壁基本上为圆筒形, 而所说通道是通过在所说燃烧器内提供器壁而形成的并且与所说外壁基本上同心。

8. 如权利要求 7 的燃烧方法, 其特征在于所说通道的长度被调节到大大地大于所说器壁之间的径向距离。

9. 如权利要求 8 的燃烧方法, 其特征在于所说的通道长度被调节到使所说通道的下游出口至少处于隔离区的中间部位。

20



说明书

低 NO_x 排放的燃烧器和燃烧方法

本发明涉及一种氮氧化物(NO_x)排放量低的新型燃烧器和燃烧方法。

近年来,燃气轮机的制造商越来越关心污染物的排放。特别是关心氮氧化物(NO_x)的排放,因为这种氧化物是造成空气污染的前体。

众所周知,NO_x的形成随着火焰温度的升高和停留时间的延长而增加。因此,从理论上说,可以通过降低火焰的温度和/或缩短反应气体在峰值温度下的停留时间来减少NO_x的排放量。然而在实际上,由于目前的燃气轮机燃烧器具有湍流扩散火焰的特性,因此要做到这一点是有困难的。在这类燃烧器中,燃烧是在围绕正在蒸发的燃料液滴或正在分送气体燃料的喷嘴的薄层中以接近于1的燃料/空气当量比进行的,而与整个反应区内的当量比无关。由于这种条件能产生最高的火焰温度,因此产生了相当大量的NO_x。

另一点也是众所周知的,就是喷射大量的水或水蒸气可以减少NO_x的生成,这样就可使常规的燃烧器符合低NO_x排放量的要求。然而,喷射水或蒸气的方法也有很多缺点,包括增加了系统的复杂性、由于需要对水进行处理而增加了运行费用,还有是导致其他性能指标下降。

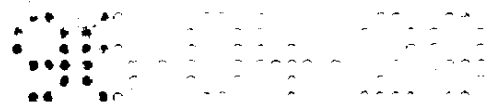
如果必须满足其他燃烧设计标准,则要实现低NO_x排放的问题甚至会变得更复杂。这类燃烧标准包括:良好的品质、良

好的交叉点火性能、在整个负荷范围上稳定、排气温度曲线的波动次数少或者说曲线平直、长的寿命以及操作安全。

已知有一些因素会导致燃料中的氮和空气中的氮生成氮的氧化物，并且已针对这些因素作出了种种努力来采用各种不同的燃烧器操作方法。例如，可以参考美国专利US 3,958,413；US 3,958,416；US 3,946,553；和US 4,420,929。然而，迄今为止所用的方法或者不适用于稳定的燃气轮机燃烧器，或者由于下列的一些理由而不能满足要求。

有一种文丘里管结构可以用来稳定燃烧火焰。在这种装置中，通过燃烧一种稀薄而均匀的燃料和空气的混合物来使峰值火焰温度降低并借此降低NO_x的排放量。在燃烧器文丘里管的上游使燃料和空气进行预混合，然后在文丘里尖棱喉管的下游燃烧此混合物，这样可以达到火焰的均匀性。这种文丘里管结构由于加快了喉管前气流的速度，可用来防止火焰喷回到预混合区。另外，在文丘里管下游器壁附近的气流性质，属于一种分隔气流区，并且可认为它能起火焰保持区的作用。为了使预混合燃料达到连续和稳定的燃烧，这种火焰保持区是需要的。由于文丘里管的器壁与燃烧火焰密切接触，因此该器壁必须加以冷却。为了达到这一点，可在文丘里管器壁的外侧用空气喷射，然后使这些空气排放到文丘里管下游的燃烧区。然而，这种装置至今也不是完全满意的。

授予Wilkes和Hill的美国专利US 4,292,801（该发明被转让给本发明的同一位受让人，在此是作为对比文件而引入的）描述了这样一种燃气轮机燃烧器，该燃烧器具有被文丘里管喉



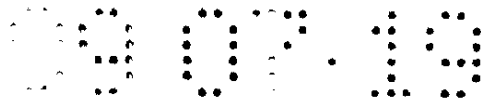
管或颈缩区分隔成的上游燃烧室和下游燃烧室。其他一些旨在减少 NO_x 排放量的专利申请包括序号为51DV-2910和51DV-2903、其发明人为M·Kuwata, J·Waslo和R·Washam的专利申请, 它们被转让给本发明的同一受让人, 此处将其列出, 以供参考。序号为51DV-2903的专利申请是针对包含一个文丘里管的预混合燃料和空气的燃烧器装置的。

预混合燃料的燃烧按其性质来说是极不稳定的。不稳定的燃烧条件会导致火焰不能维持, 此处将这种现象称之为“熄火”。当燃料—空气的化学计算比率降低到刚好高于可燃性的下限时, 这种熄火的情况尤其是可能的, 而为了达到 NO_x 的低排放量, 上述的条件又是必须的。在使用预混合干燥低 NO_x 燃烧器时所需解决的问题是, 既要贫化燃料—空气的混合物以减少 NO_x 的含量, 又要在所希望的操作温度下保持稳定的火焰。另外, 最好是在一个宽广的燃烧温度范围内都能达到稳定的预混合燃烧, 以使燃气轮机的操作具有更大的适应性, 并同时提高燃气轮机燃烧系统的使用寿命。

因此, 本发明的一个目的是既要降低在涡轮机燃烧系统中氮氧化物(NO_x)的排放量, 同时又能在所希望的操作温度下保持稳定的火焰。

本发明的第二个目的是提供一种能在宽广的燃烧温度范围内呈现稳定的预混合燃烧的涡轮机燃烧系统。

本发明的第三个目的是提供一种利用改进的文丘里管式的燃料和空气供给的干燥低 NO_x 的涡轮机燃烧系统, 所说的文丘里管式的燃料和空气供给能改善涡轮机的燃烧。



本发明的第四个目的是提供一种其系统动压力已降低了的、改进的涡轮机燃烧系统。

本发明还有另一个目的是提高低 NO_x 涡轮机燃烧系统的寿命。

从上述这些目的来看，本发明属于一种具有低氮氧化物排放量的燃气轮机，在该燃气轮机中，燃料气体与空气先进行预混合，然后通过一文丘里管进入燃烧室。该文丘里管由空气来冷却，它包括一个基本上为圆柱形的通道，该通道附属于文丘里管的下游喉管上并延伸到燃烧室中，控制文丘里管的冷空气逆流进入靠近文丘里管下游器壁的隔离区。

更具体地讲，本发明提出一种干燥的低氮氧化物(NO_x)排放的燃烧器，其中包括：

一个用于使燃料气和空气混合的预合室；

一个位于所说预合室下游并用于燃烧预混合燃料气和空气的燃烧室，该燃烧室包括一个隔离区和一个处于隔离区下游的燃烧区；

一个位于所说预混合室和所说燃烧室之间的文丘里管，所说的燃料气和空气的预合物通过该文丘里管进入所说的燃烧室；

其特征还在于其中还包括：

一条让冷却气体流过的通道，该通道沿着处于所说燃烧室区域内的文丘里管的下游表面的至少一部分轴向延伸；

所说的通道在所说文丘里管壁上相对于所说预混合的燃料气和空气输入所说燃烧室的通道形成于另外一侧；以及

所说的通道在所说燃烧室的下游延伸超过所说隔离区的中间部位；

借助于以上各点，可以使所说燃烧器在很宽的温度范围内有效地燃烧以降低所说燃烧器的 NO_x 排放量。

另一方面，本发明提出一种向一个包括隔离区和燃烧区的燃气



轮机燃烧器输入燃料并且氮氧化物和一氧化碳的排放量低的燃烧方法，该方法包括：

在预混合室中将燃料气与空气混合；

将经过混合的燃料气与空气的混合物通过一个处于所说燃气轮机内部的文丘里管收缩部位以使该气流加速；

其特征在于其中还包括：

至少要用冷气体来冷却所说燃烧区中的那部分文丘里管的下游壁；

将所说冷却气体通过一条紧贴所说文丘里管并且延伸超过所说隔离区的中间部位的通道；以及

点燃所说的混合物，以使其在所说燃烧器的燃烧区中燃烧起来。

采用本发明的燃烧器和燃烧方法可提高燃烧气轮机的燃烧器中燃料燃烧运行的稳定性并且降低 NO_x 和 CO 的排放量。

图1是一个体现本发明的燃气轮机燃烧系统的简化剖视图；

图2是一个通过使用本发明来达到的改善运转特征的曲线

图；

图3是局部剖视图，以缩小的比例示出图1中的一部分，该图体现了本发明的另一种实施方案。

首先参看图1，其中10和11 是一个环形预混合室或两个单独的预混合室的剖面，燃料气和空气在此室中进行混合。燃料气12可以是天然气或其他烃类蒸气，它通过燃料气流的控制装置14被输送到分别位于预混合室10和11中的如16或17所示的一个或多个燃料喷嘴，并根据所引用的美国专利说明书和专利申请书，可以有很多个环绕在燃烧器上游一端周围的预混合室。虽然在图1 中只示出10和11两个预混合室，但是可以有任何适当数目的预混合室。对于每一个预混合室来说，可以用单个如

16和17所示的轴对称燃料喷嘴。空气通过如18所示的一个或多个气孔进入。这些空气在已提高的5至15个大气压下自涡轮压缩机（未示出）被输送到气孔18。

预混合的燃料和空气通过由两个环形器壁32所形成的文丘里管24而进入燃烧室22的内部，所说的两个环形管壁32相交于缩颈或收缩的喉管30处。燃烧室22通常环绕轴线26呈圆筒形并被外器壁28和29包围。

文丘里管24可以使按箭头31所示方向向下游流动的燃料-空气混合物在通过收缩喉管30进入燃烧室22时的速度加快。

由于文丘里管壁32紧靠燃烧室22，因此文丘里管的管壁必须沿着并通过通道36的冲刷空气流来冷却，所说的通道36由文丘里管壁32与通常平行于它的另一块管壁33包围而成。冷却空气23可由涡轮压缩机（未示出）提供，空气从入口25处穿过器壁33进入通道，或者，另一种可提供选择的方案是如上述的US 4,292,801中所述的那样，通过器壁上的气孔进入通道。冷却介质还可以是（或者包括）蒸气或水与空气的混合物。

把冷却空气从文丘里管24的通道36处排放出去的装置表明不是在宽广的温度范围内像所希望那样稳定地运转，和/或不能保证象所希望的那样达到最佳的低NO_x排放量。在研制一种改进的低NO_x的燃烧器20的过程中，我们用气流目视观测技术在一个耐热有机玻璃燃烧器的全尺寸模型中观察到，文丘里管的冷却空气首先排入燃料室22，然后“逆向”流入下游区域37中紧挨着文丘里管壁的隔离区。隔离区的特点是借助于少量的

空气和在主气流与器壁32之间的区域中再循环的已燃的和未燃的燃料气来将主气流与器壁32隔开。隔开主气流的这种作用是由于在文丘里喉管30下游的几何截面迅速增加而造成的。业已发现，当下游的出口通道36直接连接到燃烧室22的内部时，则在该燃烧器中文丘里管排出冷却气流的途径是一条如虚线和箭头42所示的逆流途径。在后来对这样的干燥低NO_x系统的实际“起动”试验表明，减少进入隔离区的文丘里管冷却空气的流量可以提高预混合燃料燃烧运转的稳定性。

这样，我们就已证明了，逆向流动的冷空气对这类文丘里管燃烧系统的稳定性有不利的影晌。

根据进一步的试验确定，通过控制从文丘里管壁32下游向燃烧器内部的燃烧区流动的冷却空气流，就可使燃烧器的性能得到显著的和意想不到的改进，并且还确定，这一点可以用一种相当简单的硬件来达到。

现在再参看图1，出口通道36 连接到从出口通道向下延伸的通道44，而该通道44由圆筒状器壁46与燃烧器器壁28共同构成，器壁46与器壁28同心，而前者处于后者之内。由于器壁46也紧挨燃烧室22，因此也需要采用某种方法来冷却，例如从外部吹喷空气或用薄层空气或散热片48来使热量从器壁传走。器壁46可以是燃烧器的圆筒状器壁护罩，它靠近燃烧室。对于每一种燃烧器的设计来说，通道44的长度49应选最佳的数值，不过该长度通常约为文丘里管出口通道36 径向宽度的8至10倍。本发明的一个实施方案是燃烧器20的内径为10英寸，从文丘里管24的吹缩喉管30处至文丘里管的出口通道36的下游出口49之

间的轴向距离47为3英寸，喉管30的直径为7英寸，由圆筒状器壁46和28所共同构成的通道44的轴向长度为2英寸。在其他的实施方案中，燃烧器20的内径在10—14英寸之间变化，距离47在3—5英寸之间变化，喉管30的直径在7—9英寸之间变化，通道44的长度在2—7英寸之间变化。这种装置中，可观察到从文丘里管24排出的冷却空气52绝大部分按箭头52所示的方向往下流入燃烧室，只有很小一部分成为逆向气流55。我们发现，这种装置有明显的好处，这一点将在下面详细叙述。

然而，在还未进行实际的燃烧器试验和以耐热有机玻璃的实际尺寸模型进行气流目测试验之前，我们曾认为，通过通道44流出的文丘里管的冷却空气会沿着器壁28排到燃烧区58而不会全部地或基本上全部地如箭头42所示逆着燃料气和空气的流动方向向上游流入隔离区54。与原来的想法相反，现在我们相信，在邻近文丘里管下游器壁32处的隔离区54中的低压区域（由于文丘里喉管30的收缩断面显著加速了燃烧气流而造成的）会使从通道36的下游端排出来的文丘里管的冷却空气，逆向往上游流入隔离区54。

本发明提供一种具有足够长度的通道以使文丘里管的冷却空气流入处于更下游的区域。可以相信，这样将使冷空气排放出至少是处于隔离区54中区下方。

后来在起动具有不同通道长度的燃烧设备进行的全压燃烧试验发现，控制进入隔离区54的冷却气体流量，可以明显地提高预混合燃料—空气燃烧器的稳定性。所获的改进结果包括，可预混合运转的温度范围显著扩大，此外，使燃烧器20在较低

的燃烧系统压力下的工作能力获得明显的提高。根据用没有通道44的燃烧系统进行的全压燃烧试验时所获的温度测量结果，可以推断出，文丘里管的冷空气明显地冷却了和稀释了在隔离区54中再循环的燃烧气体，这样就降低了在该区域中火焰保持的稳定性。

图2示出了改变通道44的长度49时所产生的影响。参考图2，其中Y轴表示燃烧器的废气温度($^{\circ}\text{F}$)，X轴表示通道44的长/宽比。曲线57的上方为稳定的火焰区，而曲线下方为波动的(或者是不稳定的)火焰区。可以看出，增加长/宽比就降低了燃烧器20获得稳定火焰的温度范围。图2示出，燃烧器的废气温度如何随着器壁46的长度49变化而变化，该长度为无因次单位，以文丘里管30直径的倍数来表示。在该曲线的下方，燃烧器开始以波动的模式运行，这时预混合气的燃烧是不稳定的。在 1600°F 以下，燃料气和空气的预混合发生熄火。例如，假若文丘里管空气排气道的无因次长度为0.25，则干燥低 NO_x 燃烧器20只能在废气温度高于 1900°F 的条件下稳定地运行。另外，如果全负荷运转温度为 2100°F ，那么按预混合燃烧模式在部分负荷2次下运转时所相应的废气温度在 1900° 至 2100°F 之间。应该指出，这时的稳定火焰温度可从原来的 2100°F 以上降低到 1700°F 以下。这种能够在较宽广的温度范围内(包括较低的温度)保持稳定火焰的能力已使 NO_x 和一氧化碳(CO)排放量获得了预期的降低。

由于改进了干燥低 NO_x 燃烧器20的预混合运转而使本发明具有下列优点：(1)由于在较大温度范围内(包括较低的温度)都能使燃烧器稳定并能以预混合的模式起动，这样就能使燃气

轮机有更大的运转适应性；(2)降低了生成物NO_x的排放量；(3)降低了CO的排放量；(4)由于降低了系统的动压力，因此可以延长燃烧器的使用寿命和两次检修之间的时间；(5)提供了一种调节燃烧器运转的方法，例如，可把排气量调至最佳值，以使燃烧器维持正常的操作温度。

图3示出了本发明的另一个实施方案。参看图3，选择合适的通道44的长度，这样就可使本发明在各种运转工艺下都能达到最佳的工作状态。圆筒状轴套元件60以可滑动的方式密封地安装在通道的内部，这样就能够调节通道44的有效长度。由于燃烧器20内部的高温和苛刻的环境，大多数的装置都会包括一个被设计用来达到最佳工作特性的不可调器壁46。以控制元件62简略表示的调节装置可以是任何能使燃烧器20适应那样环境的装置，例如可使用齿条或齿轮机构，或者通过控制元件62在器壁28上的轴向槽64中的移动来使轴套60作简单的移动，控制元件62是一个带有螺纹的紧固件，当把该紧固件紧紧地拧进轴套的螺孔66中时，就可把轴套固定于所需的位置上。

虽然就一些最佳实施方案解释了本发明，但是应该明白，在不背离本发明的精神和范围的情况下，可以对具体的结构、部件的布置和组合以及对所用材料的类型作出各种更改。

说明书附图

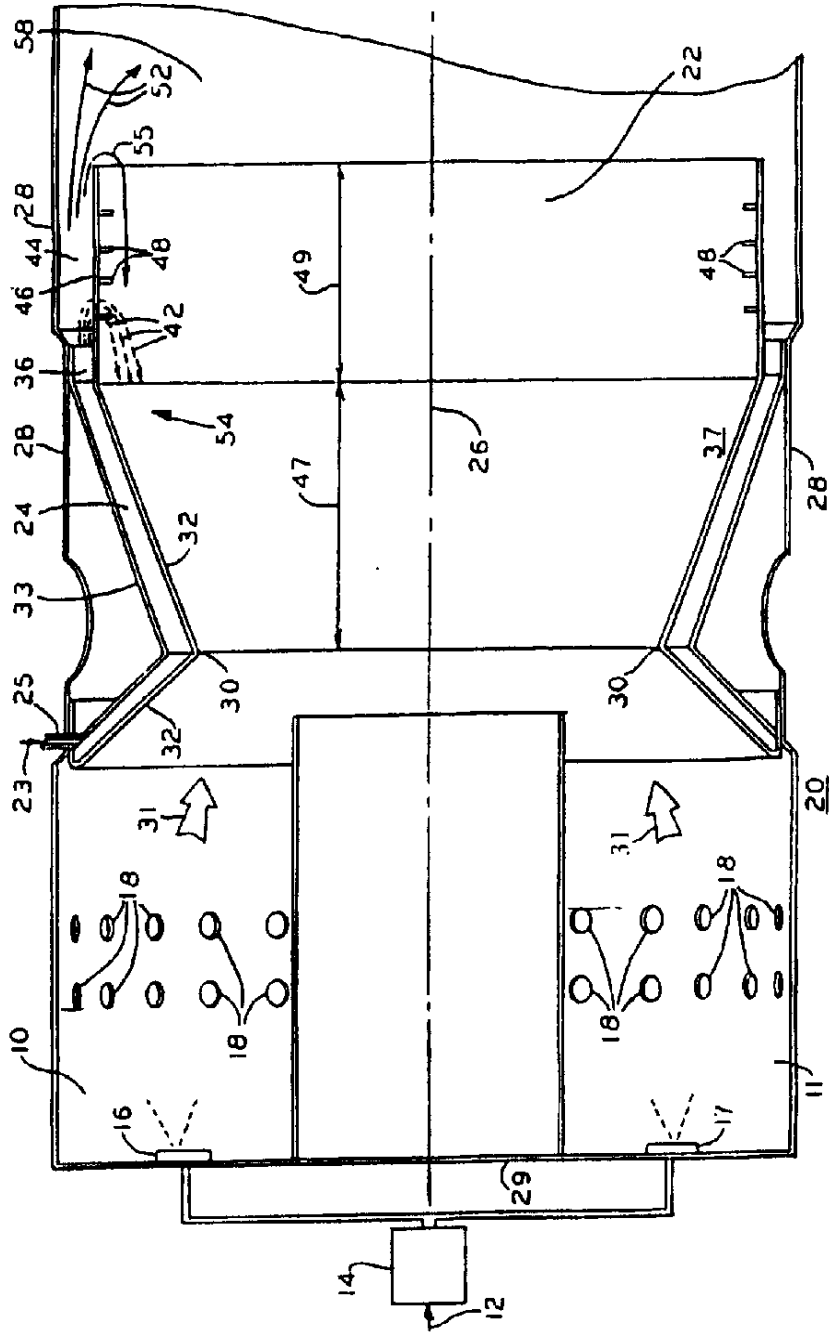
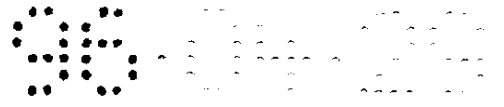
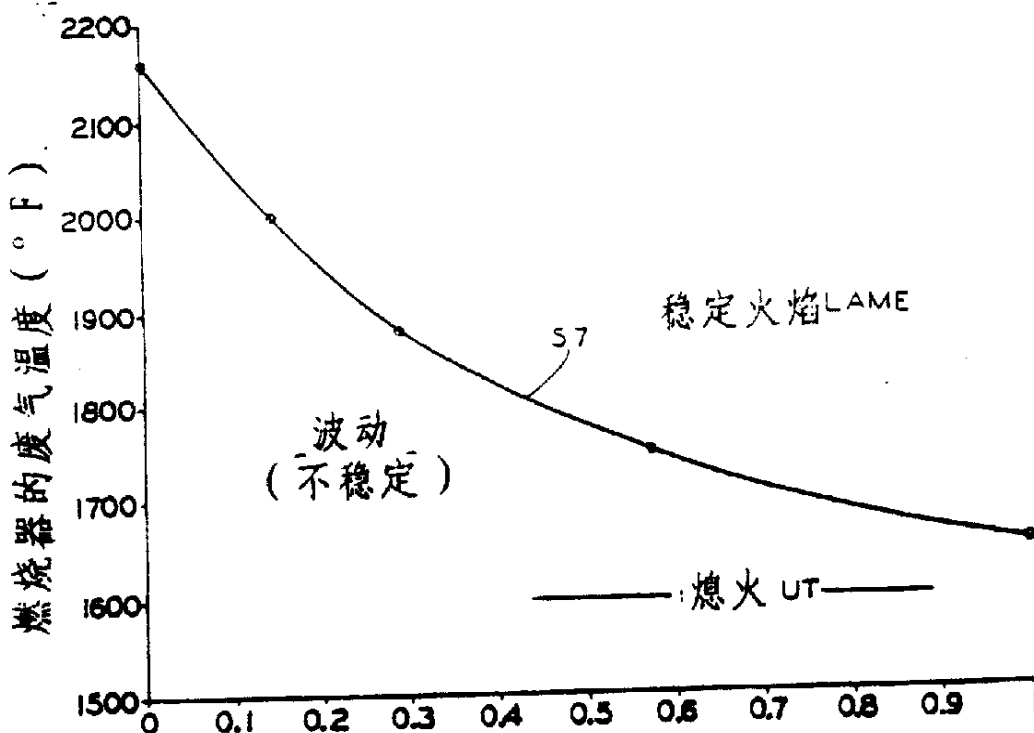


图1

不同通道长度下的燃烧操作特性



器壁46的长度49 / 文丘里喉管的宽度

图2

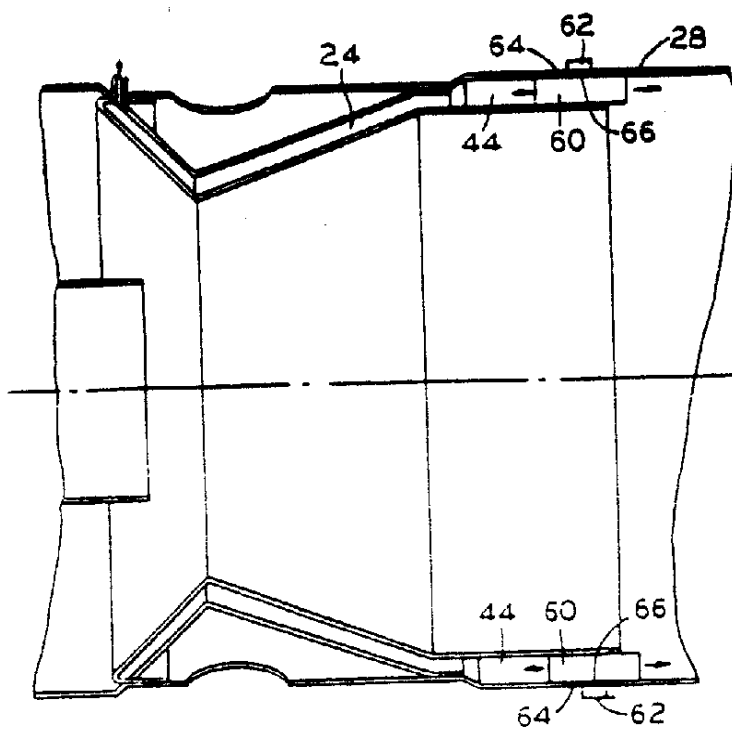


图3