



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105823087 A

(43)申请公布日 2016.08.03

(21)申请号 201610165191.6

(22)申请日 2016.03.22

(71)申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72)发明人 张弛 王波 肖荣洪 林宇震

(74)专利代理机构 北京科迪生专利代理有限公司 11251

代理人 杨学明 顾炜

(51)Int.Cl.

F23R 3/38(2006.01)

F23R 3/30(2006.01)

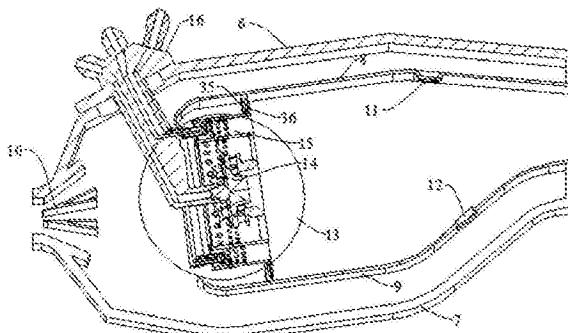
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室

(57)摘要

本发明公开了一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室，采用单环腔结构，包括扩压器、燃烧室外机匣、燃烧室内机匣、火焰筒外壁、火焰筒内壁及燃烧室头部。燃烧室采用分级燃烧方案，燃烧头部分为预燃级和主燃级，预燃级采用旋流稳定的扩散燃烧方式，作为燃烧室的稳火源；主燃级采用预混预蒸发燃烧方式，有利于均匀燃烧。本发明采用中心分级的结构，预燃级结构简单；主燃级采用独特的气泡雾化喷嘴进行燃油喷射，使燃油具有高的雾化质量，利于燃油雾化与掺混，进一步增加了燃油分布的均匀性，从而使航空发动机燃烧室的整个着陆起飞循环的污染排放得到进一步降低。



1. 一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室，其特征在于：该低污染燃烧室采用单环腔结构，由扩压器(10)、燃烧室外机匣(6)、燃烧室内机匣(7)、火焰筒外壁(8)、火焰筒内壁(9)和燃烧室头部(13)组成；燃烧用空气全部由燃烧室头部(13)进入火焰筒，掺混空气由掺混孔射入；采用分级燃烧方案，分为预燃级(14)和主燃级(15)，燃油喷嘴(16)供给燃烧室所有燃油，主燃级(15)通过头部整体端壁(35)、头部整体导流片(36)与火焰筒外壁(8)和火焰筒内壁(9)固定，预燃级(14)则通过级间连接段(19)与主燃级(15)联接，并与主燃级(15)同心；所述预燃级(14)由预燃级一级涡流器(37)、预燃级二级涡流器(38)、预燃级文氏管(39)和预燃级喷嘴(30)组成，预燃级燃油通过预燃级燃油管路(33)进入预燃级喷嘴(30)雾化形成预燃级油雾(17)，所述主燃级(15)由主燃级外壁(20)、主燃级内壁(21)、主燃级端壁(23)和气泡雾化喷嘴(29)组成，主燃级外壁(20)上开有主燃级进气斜孔(22)，主燃级空气通过斜孔进入主燃级预混通道(34)，气泡雾化喷嘴(29)由气泡雾化喷嘴外壁(24)、气泡小管(25)、燃油喷孔(27)、主燃级进油环(40)组成，主燃级燃油通过主燃级燃油管路(31)和主燃级进油环(40)进入气泡雾化喷嘴(29)的喷嘴腔体(28)，雾化空气在扩压器(10)前引气，通过雾化气管路(32)进入气泡雾化喷嘴(29)的喷嘴腔体(28)，雾化气和燃油在预燃级气泡雾化喷嘴(29)和主燃级气泡雾化喷嘴(30)内部形成泡状两相流动，泡状流体通过燃油喷孔(27)喷入燃烧室，气泡由于喷嘴内外压力差爆炸形成高质量主燃级油雾(18)，主燃级油雾(18)在主燃级预混通道内与旋流空气快速掺混，并进行预蒸发，进入燃烧室后均匀燃烧，降低污染排放。

2. 根据权利要求1所述的一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室，其特征在于：所述预燃级(14)采用的旋流器的级数为n，其中 $1 \leq n \leq 5$ ；每级旋流器采用旋流器的结构是轴向旋流器，或是径向旋流器，或是切向旋流器；当预燃级(14)的级数n=1时，旋流器直接与级间连接段(19)连接；当预燃级(14)的级数 $1 < n \leq 5$ 时，各级旋流器先连接成一个整体，再与级间连接段(19)连接。

3. 根据权利要求1所述的一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室，其特征在于：所述主燃级(15)采用的旋流器的级数为n，其中 $1 \leq n \leq 5$ ；每级旋流器采用旋流器的结构是轴向旋流器，或是径向旋流器，或是切向旋流器；主燃级设计有预混预蒸发通道，实现预混燃烧降低排放。

4. 根据权利要求1所述的一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室，其特征在于：所述的主燃级(15)采用气泡雾化喷嘴(29)，其高效和高质量的喷雾在主燃级预混通道(34)实现预混预蒸发后进入燃烧室均匀燃烧，降低污染排放，气泡雾化喷嘴喷孔直径为0.5~4.0mm，能有效防止喷嘴结焦。

5. 根据权利要求1所述的一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室，其特征在于：所述的燃油喷嘴(16)供应燃烧室所需的全部燃油，主燃级燃油占总燃油量的比例为50%~90%。

6. 根据权利要求1所述的一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室，其特征在于：所述的燃烧室头部(13)沿周向均匀布置，个数为10~60个，燃烧室头部(13)的空气量占燃烧室总空气量的20%~80%，其中主燃级(15)占头部空气量的60%~90%，预燃级(14)占头部空气量的10%~40%。

7. 根据权利要求1所述的一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室，其特征在于：

所述燃烧室的火焰筒外壁(8)和火焰筒内壁(9)的冷却方式采用气膜冷却、发散冷却或复合冷却方式,以对壁面温度进行控制延长火焰筒的寿命。

8.根据权利要求1所述的一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室,其特征在于:在所述的火焰筒外壁(8)后部设置有火焰筒外壁掺混孔(11),在所述的火焰筒内壁(9)后部设置有火焰筒内壁掺混孔(12),掺混用气分别从火焰筒外壁掺混孔(11)和火焰筒内壁掺混孔(12)进入火焰筒,以控制燃烧室出口温度分布。

一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室

技术领域

[0001] 本发明涉及航空燃气轮机的技术领域,具体涉及一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室,该燃烧室采用分级燃烧的模式,预燃级在中心,采用扩散燃烧和预混燃烧相结合的方式,在保证燃烧室稳定燃烧的同时,降低小工况下的污染排放;主燃级在预燃级外围,采用预混预蒸发燃烧的方式,主要用于降低大工况下的污染排放,从而降低航空发动机整个着陆起飞循环(Landing and Take-off,LTO)循环的污染排放。

背景技术

[0002] 代航空发动机燃烧室的基本性能和结构分布已经达到相当高的水平,但是对于现代航空发动机燃烧室来说,仍然存在大量的难题和挑战,新材料、新工艺、新结构、新概念的发展应用才是保证其持续进步的源泉。

[0003] 现代民用航空发动机燃烧室的主要发展趋势是低污染燃烧。民用航空发动机燃烧室必须满足日益严格的航空发动机污染排放标准。目前采用的CAEP6(Committee on Aviation Environmental Protection)标准对污染排放物的规定已经非常严格,特别是对NO_x污染排放要求;而最新的CAEP8标准提出了将NO_x的排放在CAEP6的排放标准上降低15%,随着航空业的迅猛发展和人们环保意识的不断提高,未来对燃气轮机燃烧室污染排放会提出更高的要求。

[0004] 美国航空发动机的两个著名公司GE和PW对低污染燃烧室早已着手研究,GE首先研发了双环腔低污染燃烧DAC(用于GE90和CFM56),PW公司采用了RQL(富油燃烧-淬熄-贫油燃烧,Rich burn-Quench-Lean burn,简称RQL)低污染燃烧室TALON II(用于PW4000和6000系列)。在下一代低污染燃烧室方面,GE公司采用LDM(Lean Direct Mixing Combustion,贫油直接混合燃烧室)技术为其GEnx发动机研制的TAPS(Twin Annular Premixing Swirler)低污染燃烧室。该燃烧室在台架全环试验验证中,NO_x污染排放比CAEP2排放标准降低了50%。GE公司申请了多项美国专利:申请号US6363726、US6389815、US6354072、US6418726、US01/078732、US6381964和US6389815,所有这些专利都是预燃级采用扩散燃烧、主燃级采用预混燃烧的燃烧组织方式,目的是降低污染指数最大的大工况下的NO_x排放。PW公司继续采用RQL方式提出了降低NO_x污染排放的低污染燃烧室为TALON X,采用的头部形式是PW公司发展的空气雾化喷嘴,燃烧室为单环腔,在V2500发动机扇型试验段上的试验结果比CAEP2标准降低了50%。Rolls-Royce公司采用LDM技术发展的低污染燃烧室是ANTLE,该燃烧室是一个单环腔分级燃烧室,其NO_x污染排放比CAEP2标准降低了50%,用于其新一代发动机湍达1000。

[0005] 中国的北京航空航天大学对低污染燃烧室也申请了CN200910238793.X、CN201010101574.X、CN 201010034141.7、CN 201010277014.X等多项专利,采用的方案是预燃级采用扩散燃烧方式,主燃级采用预混燃烧方式,主燃级为环形结构,轴向或径向供油,采用多点喷射或是预膜雾化方式,目的是降低大工况下的NO_x排放,从而使整个LTO循环的NO_x的排放得到降低,但要进一步降低整个LTO循环的NO_x的排放水平难度较大。

[0006] 以上所述的专利,都是针对在大工况下降低污染排放,而根据国际民航组织(International Civil Aviation Organization, ICAO)规定的一个标准循环下的排放物指数,用LTO Emission来表达这个参数,计算如下式:

$$[0007] LTO \text{ Emission}(\text{g/kN}) = \frac{D_p}{F_{\infty}} = \frac{\sum_i^N EI_{m,i} \dot{m}_{mf,i} T_{m,i}}{F_{\infty}}$$

[0008] 由上式可知,LTO Emission跟四个工况下的NOx排放量有关,即既与大工况下的NOx排放有关,还与小工况下的NOx排放有关。

[0009] 标准LTO循环中的运行模式、每个运行模式下的推力和运行时间,如下表所示。

[0010] 表1ICAO规定的LTO循环中的运行模式和时间

[0011]

运行模式	推力设置	运行时间(min)
起飞(Take-off)	100%F _{oo}	0.7
爬升(Climb)	85%F _{oo}	2.2
进场(Approach)	30%F _{oo}	4.0
滑行/地面慢车(Taxi/ground idle)	7%F _{oo}	26.0

[0012] 常规或者现役的推力在140KN的CFM56-5B/3发动机的NOx排放如下表,数据来源于ICAO Emission data bank。

[0013] 表2CFM56-5B/3的NOx排放水平

参数	单位	慢车	进场	爬升	起飞
排放指数(EI)	g/(kgf)	4.45	9.28	19.77	26.18
燃油流量	kg/s	0.112	0.448	1.086	1.325
运行时间	g	1560	240	132	42

排放量	g/kN	777.5	997.8	2834.1	1456.9
-----	------	-------	-------	--------	--------

[0016] 燃烧室采用分级燃烧,预燃级为扩散燃烧方式,主燃级为预混燃烧方式,降低了大工况下的NOx排放,可以达到的NOx排放如下表所示:

[0017] 表3主燃级采用预混燃烧可以达到的NOx排放水平

[0018]

参数	单位	慢车	进场	爬升	起飞
NOx排放指数(EI)	g/(kgf)	4.45	9.28	4	4.1
燃油流量	kg/s	0.112	0.448	1.086	1.325
运行时间	g	1560	240	132	42
排放量	g/kN	777.5	997.8	594	228

[0019] 在小工况(地面慢车、进场)下,虽然NOx排放指数较低,根据表1可知小工况下的运行时间远远高于其他大工况,根据表3可知,当主燃级采用预混燃烧方式时,可以使大工况下的NOx排放指数得到大幅度降低,此时预燃级的NOx排放总量在整个LTO循环的污染排放排放中占的比重最大,因此要想进一步降低整个LTO循环的NOx排放,就需要考虑降低预燃

级的NO_x排放。

[0020] 而不管是何种先进的低污染燃烧室,其关键技术就是降低NO_x(氮氧化物)、CO(一氧化碳)、UHC(未燃碳氢化合物)和冒烟的燃烧技术,核心问题是降低燃烧区的温度,同时使燃烧区温度场均匀,即整体和局部的当量比控制,而主燃区当量比的均匀性又主要取决于燃油雾化和油气掺混的均匀性。

[0021] 本发明是针对航空发动机低污染燃烧的新方法。根据NO_x与CO产生的机理及试验结果可知:燃烧室的主燃区当量比在0.6~0.8范围内产生的NO_x与CO(UHC和CO的排放规律类似)很少。基于此原理,要兼顾NO_x与CO、UHC的排放量都处于低值范围,应考虑两个因素:其一是主燃区的平均当量比,其二是主燃区平均当量比的均匀性,并且在所有航空发动机的工作情况下都应如此。而主燃区当量比的均匀性又主要取决于燃油雾化和油气掺混的均匀性。这主要取决于两方面:一是燃油颗粒直径分布的均匀性,即SMD的分布均匀性;二则是燃油油雾浓度分布的均匀性。从燃烧方式讲,应采用均匀的预混燃烧,达到主燃区当量比均匀性要求以降低污染排放。

[0022] 目前的常规燃烧方式无法降低NO_x、CO和UHC。原因是目前燃烧室的设计方法所决定的。对于常规燃烧室来说,在大状态时,由于采用液雾扩散燃烧方式,燃烧区局部当量比总是在1附近,远超过上述低污染燃烧所需当量比范围要求,此时虽然CO和UHC的排放低,但NO_x的排放达到最大。在小状态时,燃烧区当量比又很低,远低于上述低污染燃烧所需当量比区间,此时虽然NO_x排放低,但CO和UHC排放又很高。另外,由于常规燃烧室普遍采用扩散燃烧方式,局部当量比不均匀,因此对于常规燃烧室来说,无法满足在整个发动机工作范围内的低污染要求。

发明内容

[0023] 本发明要解决的技术问题是:克服现有技术不足,运用预混预蒸发燃烧技术,提供了一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室,燃烧室采用分级燃烧的模式,预燃级在中心,采用扩散燃烧和预混燃烧相结合的方式,在保证燃烧室稳定燃烧的同时,降低小工况下的污染排放;主燃级在预燃级外围,采用预混预蒸发燃烧的方式,主要用于降低大工况下的污染排放,从而降低航空发动机整个LTO循环的污染排放。

[0024] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种主燃级采用气泡雾化喷嘴的低污染燃烧室,该低污染燃烧室采用单环腔结构,由扩压器、燃烧室外机匣、燃烧室内机匣、火焰筒外壁、火焰筒内壁和燃烧室头部组成;燃烧用空气全部由燃烧室头部进入火焰筒,掺混空气由掺混孔射入;采用分级燃烧方案,分为预燃级和主燃级,燃油喷嘴供给燃烧室所有燃油,主燃级通过头部整体端壁、头部整体导流片与火焰筒外壁和火焰筒内壁固定。预燃级则通过级间连接段与主燃级联接,并与主燃级同心;所述预燃级由预燃级一级涡流器、预燃级二级涡流器、预燃级文氏管和预燃级喷嘴组成,预燃级燃油通过预燃级燃油管路进入预燃级喷嘴雾化形成预燃级油雾。所述主燃级由主燃级外壁、主燃级内壁、主燃级端壁和气泡雾化喷嘴组成。主燃级外壁上开有主燃级进气斜孔,主燃级空气通过斜孔进入主燃级预混通道。气泡雾化喷嘴由气泡雾化喷嘴外壁、气泡小管、燃油喷孔、主燃级进油环组成。主燃级燃油通过主燃级燃油管路和主燃级进油环进入气泡雾化喷嘴的喷嘴腔体。雾化空气在扩压器前引气,通过雾化气管路进入气泡雾化喷嘴的喷嘴腔体。雾化气和燃油在预燃级气泡雾化

喷嘴和主燃级气泡雾化喷嘴内部形成泡状两相流动。泡状流体通过燃油喷孔喷入燃烧室，气泡由于喷嘴内外压力差爆炸形成高质量主燃级油雾。主燃级油雾在主燃级预混通道内与旋流空气快速掺混，并进行预蒸发，进入燃烧室后均匀燃烧，降低污染排放。

[0025] 进一步，所述预燃级采用的旋流器的级数为n，其中 $1 \leq n \leq 5$ ；每级旋流器采用旋流器的结构是轴向旋流器，或是径向旋流器，或是切向旋流器；当预燃级的级数 $n=1$ 时，旋流器直接与级间连接段连接；当预燃级的级数 $1 < n \leq 5$ 时，各级旋流器先连接成一个整体，再与级间连接段连接。

[0026] 进一步，所述主燃级采用的旋流器的级数为n，其中 $1 \leq n \leq 5$ ；每级旋流器采用旋流器的结构是轴向旋流器，或是径向旋流器，或是切向旋流器；主燃级设计有预混预蒸发通道，实现预混燃烧降低排放。

[0027] 进一步，所述的主燃级采用气泡雾化喷嘴，其高效和高质量的喷雾在主燃级预混通道实现预混预蒸发后进入燃烧室均匀燃烧，降低污染排放，气泡雾化喷嘴喷孔直径为 $0.5 \sim 4.0\text{mm}$ ，能有效防止喷嘴结焦。

[0028] 进一步的，所述的燃油喷嘴供应燃烧室所需的全部燃油，主燃级燃油占总燃油量的比例为 $50\% \sim 90\%$ 。

[0029] 进一步的，所述的燃烧室头部沿周向均匀布置，个数为 $10 \sim 60$ 个，燃烧室头部的空气质量占燃烧室总空气质量的 $20\% \sim 80\%$ ，其中主燃级占头部空气质量的 $60\% \sim 90\%$ ，预燃级占头部空气质量的 $10\% \sim 40\%$ 。

[0030] 进一步的，所述燃烧室的火焰筒外壁和火焰筒内壁的冷却方式采用气膜冷却、发散冷却或复合冷却方式，以对壁面温度进行控制延长火焰筒的寿命。

[0031] 进一步的，在所述的火焰筒外壁后部设置有火焰筒外壁掺混孔，在所述的火焰筒内壁后部设置有火焰筒内壁掺混孔，掺混用气分别从火焰筒外壁掺混孔和火焰筒内壁掺混孔进入火焰筒，以控制燃烧室出口温度分布。

[0032] 本发明的原理如下：通过控制航空发动机燃烧室内燃烧区的当量比和均匀度来达到降低污染排放的目的。燃烧用空气全部从燃烧室头部进入火焰筒，使大部分的燃油和空气掺混均匀后再进入火焰筒燃烧，对控制燃烧区当量比降低污染排放有利。

[0033] 燃烧室采用分级燃烧方案，燃烧头部分为预燃级和主燃级，预燃级采用旋流稳定的扩散燃烧方式，作为燃烧室的稳火源；主燃级采用预混预蒸发燃烧方式，有利于均匀燃烧。本发明采用中心分级的结构，预燃级结构简单；主燃级采用独特的气泡雾化喷嘴进行燃油喷射，使燃油具有高的雾化质量，利于燃油雾化与掺混，进一步增加了燃油分布的均匀性，从而使航空发动机燃烧室的整个着陆起飞循环的污染排放得到进一步降低。

[0034] 本发明与现有技术相比所具有的优点如下：

[0035] (1)、本发明主燃级采用贫油预混预蒸发技术，有利于均匀燃烧；采用特殊的气泡雾化喷嘴进行燃油喷射，使燃油具有好的雾化质量，利于燃油雾化与掺混，进一步增加了燃油分布的均匀性，使燃烧室具有很大的降低污染排放的潜力。由于气泡雾化喷嘴内部引入了雾化空气，能降低燃烧室冒烟排放。另外，气泡雾化喷嘴喷孔直径较大，大大减小了贫油直接喷射燃烧室喷孔结焦的风险；

[0036] (2)、本发明采用单环腔燃烧室结构，燃烧用空气全部由头部供入，火焰筒上只有掺混孔和必要的冷却孔，具有模块化特征，简化了燃烧室结构，预混预蒸发圆管结构简单，

易于加工；主燃级结构简单，易于装配；

[0037] (3)、本发明采用分级燃烧概念，预燃级提供稳火源，主燃级实现低污染燃烧，在降低污染排放的同时可确保航空发动机燃烧室的稳定性。

附图说明

[0038] 图1是发动机结构示意图；

[0039] 图2是本发明的燃烧室结构剖视图；

[0040] 图3是本发明的燃烧室头部结构剖视图；

[0041] 图4是本发明的主燃级剖视图；

[0042] 图5是本发明的预燃级剖视图；

[0043] 图6是本发明的气泡雾化喷嘴剖视图；

[0044] 其中附图标记的含义为：1是低压压气机，2是高压压气机，3是燃烧室，4是高压涡轮，5是低压涡轮，6是燃烧室外机匣，7是燃烧室内机匣，8是火焰筒外壁，9是火焰筒内壁，10是扩压器，11是火焰筒外壁掺混孔，12是火焰筒内壁掺混孔，13是燃烧室头部，14是预燃级，15是主燃级，16是燃油喷嘴，17是预燃级油雾，18是主燃级油雾，19是级间连接段，20是主燃级外壁，21是主燃级内壁，22是主燃级进气斜孔，23是主燃级端壁，24是气泡雾化喷嘴外壁，25是气泡小管，26是通气孔，27是燃油喷孔，28是喷嘴腔体，29是气泡雾化喷嘴，30是预燃级喷嘴，31是主燃级燃油管路，32是雾化气管路，33是预燃级燃油管路，34是主燃级预混通道，35是头部整体端壁，36是头部整体导流片，37是预燃级一级涡流器，38是预燃级二级涡流器，39是预燃级文氏管，40是主燃级进油环。

具体实施方式

[0045] 下面结合附图和具体实施方式进一步说明本发明。

[0046] 图1是发动机结构示意图，包括低压压气机1，高压压气机2，燃烧室3，高压涡轮4和低压涡轮5。发动机工作时，空气经过低压压气机1压缩后，进入高压压气机2，高压空气再进入燃烧室3中与燃油燃烧，燃烧后形成的高温高压燃气进入到高压涡轮4和低压涡轮5，通过涡轮做功分别驱动高压压气机2和低压压气机1。

[0047] 如图2所示，燃烧室头部采用中心分级结构，预燃级在中心，主燃级在预燃级外围。燃烧室3采用单环腔结构，燃烧室外机匣6和燃烧室内机匣7构成了燃烧室的外轮廓，并与前后的高压压气机2和高压涡轮4连接。高压压气机2的来流空气从扩压器10经过降速扩压后进入燃烧室，在火焰筒外壁8、火焰筒内壁9和燃烧室头部13所包围的空间内与燃油完成燃烧。在外掺混孔11和内掺混孔12以前的区域为燃烧区，掺混空气从掺混孔进入火焰筒，与燃烧区的高温燃气掺混，使出口温度达到设计要求。燃烧室头部13包括预燃级14、主燃级15、燃油喷嘴16和级间连接段19，主燃级15通过头部整体端壁35与火焰筒外壁8和火焰筒内壁9焊接固定，而预燃级14由级间连接段19与主燃级15固定联接，燃油喷嘴16供给全部燃油。头部整体导流片36焊接在头部整体端壁35上，使其与火焰筒内的高温燃气分开，以保护结构完整性。

[0048] 图3是一个燃烧室头部13结构的剖视图，预燃级14和主燃级15按照同心的方式布置在一起，预燃级在中心，主燃级布置在预燃级外围。燃烧室头部13沿周向均匀布置，个数

为10~60个,其空气量占燃烧室总空气量的20%~80%,其中主燃级15占头部空气量的60%~90%,预燃级14占头部空气量的10%~40%。预燃级喷油嘴30为压力雾化喷嘴、气动雾化喷嘴或组合式喷嘴。

[0049] 图4是主燃级15结构的剖视图,主燃级由主燃级外壁20、主燃级内壁21、主燃级端壁23和气泡雾化喷嘴29组成。主燃级外壁20上开有主燃级进气斜孔22,主燃级空气通过斜孔进入主燃级预混通道34。主燃级油雾18在主燃级预混通道内与旋流空气快速掺混,并进行预蒸发,进入燃烧室后均匀燃烧,降低污染排放。

[0050] 在图5中,预燃级14采用了双涡流器结构,由预燃级一级涡流器37、预燃级二级涡流器38和预燃级文氏管39组成,三者焊接在一起。预燃级油雾17利用预燃级文氏管39进一步雾化。

[0051] 在图6中,气泡雾化喷嘴29由气泡雾化喷嘴外壁24、气泡小管25、主燃级进油环40组成。雾化气和燃油在气泡雾化喷嘴内部形成泡状两相流动。泡状流体通过燃油喷孔喷入燃烧室,气泡由于喷嘴内外压力差爆炸形成高质量油雾18。主燃级油雾18在主燃级预混通道内与旋流空气快速掺混,并进行预蒸发,进入燃烧室后均匀燃烧,降低污染排放。

[0052] 以上所述,仅为本发明中的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉该技术的人在本发明所揭露的技术范围内,可理解想到的变换或替换,都应涵盖在本发明的包含范围之内,因此,本发明的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。

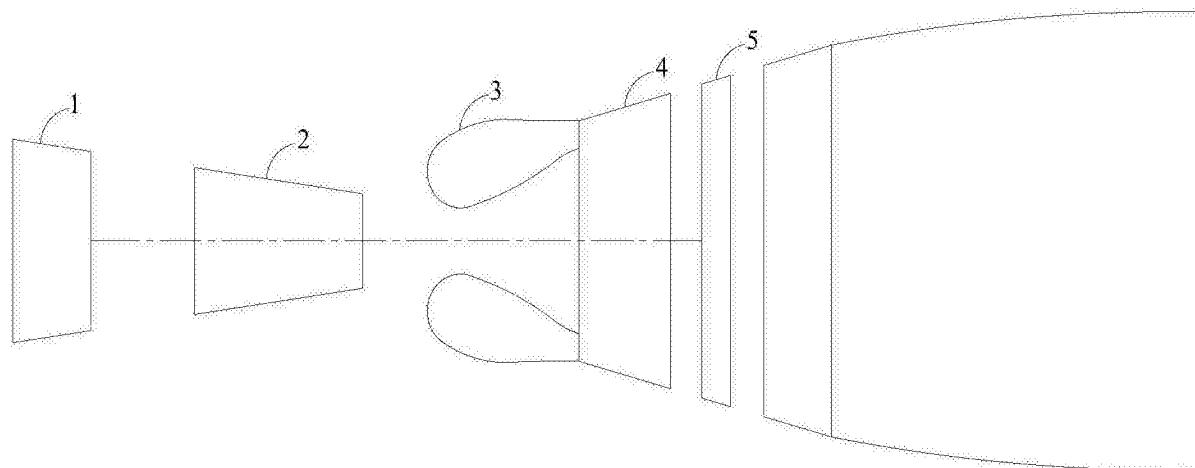


图1

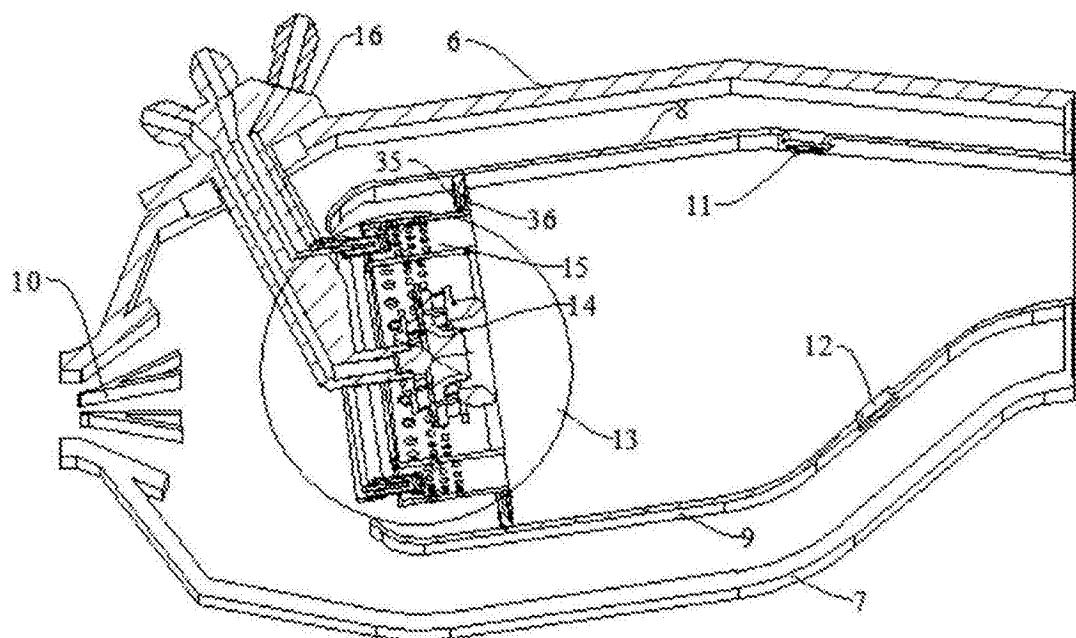


图2

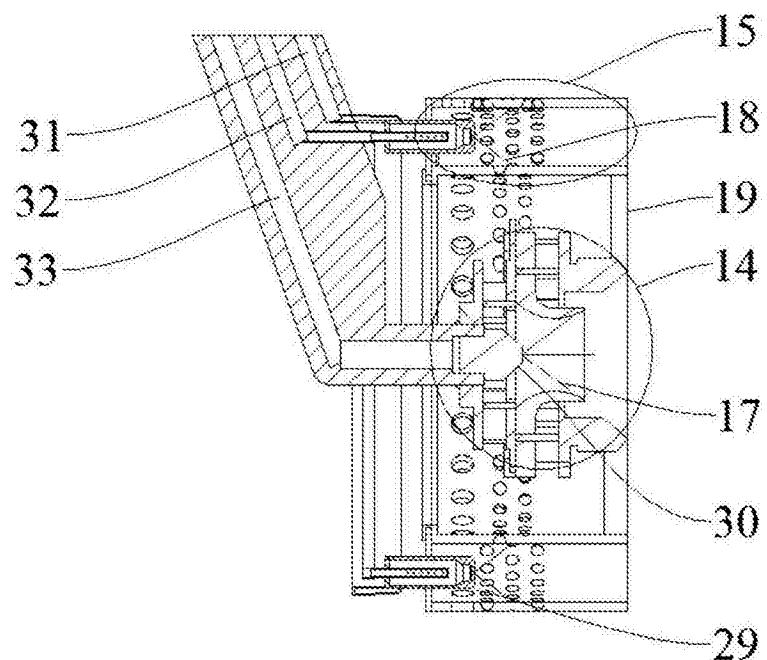


图3

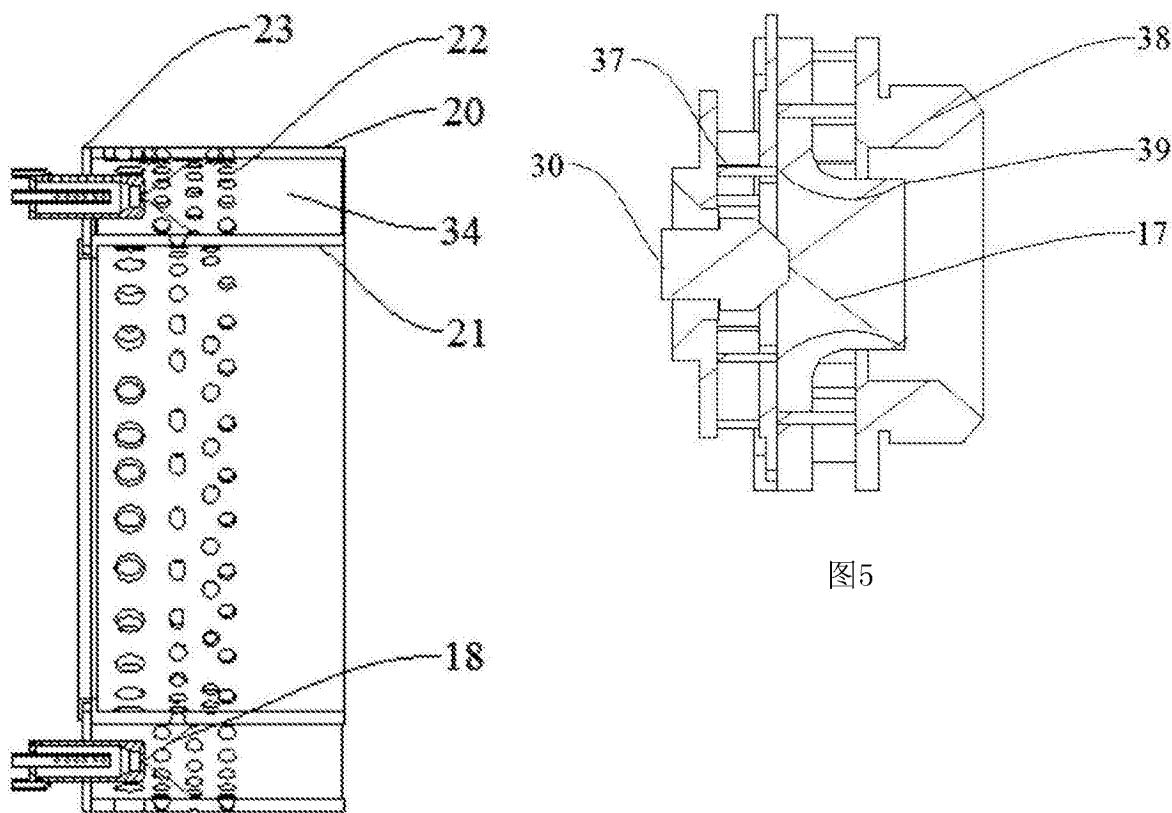


图5

图4

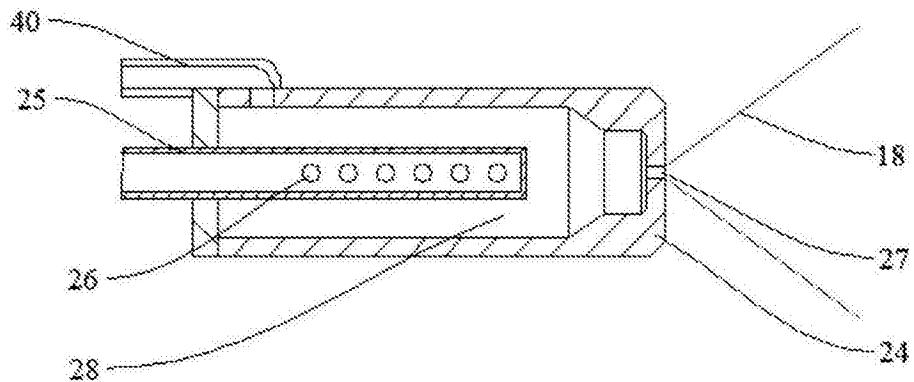


图6