(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107314398 B
(45)授权公告日 2019.10.01

(21)申请号 201710485348.8
(22)申请日 2017.06.23
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107314398 A
(43)申请公布日 2017.11.03
(73)专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号
(72)发明人 姚卫 李波 张泰昌 袁跃明 范学军
(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理事务所(普通合伙) 11390
代理人 胡剑辉
(51)Int.Cl.
F23R 3/38(2006.01)

审查员 郑丹丹

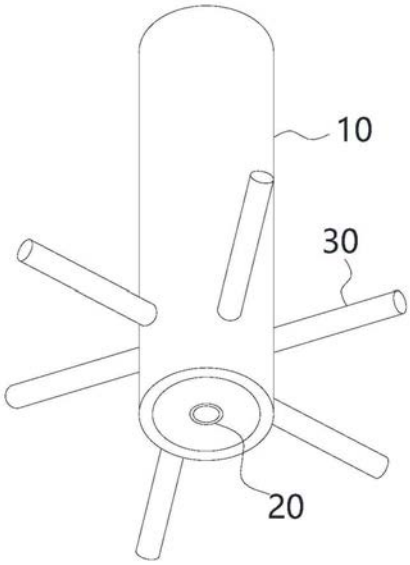
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种两组元旋流自引射喷嘴

(57)摘要

本发明提供了一种两组元旋流自引射喷嘴，包括：内喷嘴，为中空的燃料射流通道；外喷嘴，为中空的氧化剂射流通道，以同心且间隔的方式套在所述内喷嘴外，底部封闭；切向管道，由垂直于所述外喷嘴的外壁面的方向，均匀且倾斜的绕外壁面的底部分布，并与所述外喷嘴的内部连通。本发明能够实现燃料射流和氧化剂射流的快速均匀混掺、提高燃烧稳定性和降低喷嘴的烧蚀损毁率。



CN 107314398 B

1.一种两组元旋流自引射喷嘴,其特征在于,包括:

内喷嘴,为中空的燃料射流通道;

外喷嘴,为中空的氧化剂射流通道,以同心且间隔的方式套在所述内喷嘴外,底部封闭;

切向管道,由垂直于所述外喷嘴的外壁面的方向,均匀且倾斜的绕外壁面的底部分布,并与所述外喷嘴的内部连通;

所述外喷嘴的射流为螺旋上升,并对内喷嘴的射流产生卷吸和轴向驱动后在内喷嘴顶部和外喷嘴中心轴线处形成负压区,该负压区的压力低于外喷嘴出口平均压力的20%,所述切向管道相对所述外喷嘴的外壁面之间的夹角小于90度。

2.根据权利要求1所述的两组元旋流自引射喷嘴,其特征在于,

所述内喷嘴的高度低于所述外喷嘴的高度。

3.根据权利要求1所述的两组元旋流自引射喷嘴,其特征在于,

所述内喷嘴的壁面厚度至少为所述外喷嘴内直径的十分之一。

4.根据权利要求3所述的两组元旋流自引射喷嘴,其特征在于,

所述内喷嘴的内直径为所述外喷嘴内直径的五分之一至四分之一。

5.根据权利要求1所述的两组元旋流自引射喷嘴,其特征在于,

所述内喷嘴的燃料射流速度不低于所述外喷嘴的氧化剂射流速度的50%。

6.根据权利要求5所述的两组元旋流自引射喷嘴,其特征在于,

所述外喷嘴的氧化剂射流的旋拧数至少不低于0.5,且不高于2.5。

7.根据权利要求6所述的两组元旋流自引射喷嘴,其特征在于,

所述切向管道的数量为4~8根。

8.根据权利要求1所述的两组元旋流自引射喷嘴,其特征在于,

所述切向管道的数量为6根,所述切向管道的倾斜角度为49度。

一种两组元旋流自引射喷嘴

技术领域

[0001] 本发明涉及发动机领域，特别是涉及一种发动机中使燃料和氧化剂充分混合以产生高效、稳定燃烧的两组元旋流自引射喷嘴。

背景技术

[0002] 喷嘴在发动机中控制燃油流量，使燃料流和氧化剂流充分混合，以产生高效、稳定的燃烧。因此喷嘴在发动机燃油雾化燃烧动态系统中起着极其重要的作用。自1892 年狄塞尔首先将直射式喷嘴用于柴油机，人们基于提高混合效率和实现火焰稳定性的主要目的开展了大量的实验与理论研究，发展了不同类型的喷嘴，目前普遍应用的喷嘴主要有以下几种类型：直射式、气动式、超声雾化式和离心旋流式。目前，对无旋流的直喷喷嘴的理论分析较多，但对旋流喷嘴的射流特性及其破碎雾化机理的认识尚不清晰。为了在有限的燃烧室内部提高燃料流雾化和混合效率，离心旋流式喷嘴在先进航空发动机和火箭发动机燃烧室被广泛采用。

[0003] 现有离心旋流式喷嘴的工作原理是：燃料流在压差作用下进入旋流器产生旋转流动，在剪切力和离心力的共同作用下，再经喷口喷出。离心旋流式喷嘴由于雾化性能好、结构相对简单、运行可靠等优点而广泛应用在燃气轮机、火箭发动机、内燃机、工业锅炉和工业窑炉等热力设备上。目前国内外对各种新型旋流喷嘴的设计及其流场优化目前仍处于初步研究阶段，尚无成熟的理论指导和工业设计标准。

[0004] 在旋流喷嘴基本流场结构方面，1)Datta 和 Some等用数值模拟方法研究了旋流喷嘴的空气芯、雾化锥角等特性参数对喷嘴流场的影响；2)Seeks 和 Essay等通过实验观察了旋流喷嘴出口平面倾斜角度对喷雾发展过程和雾滴大小分布的影响。

[0005] 在新型嘴设计方面，1)Daniel 和 Corinne等对一种有螺旋导流结构的压力旋流喷嘴进行了研究，王成军、陈明功等也做过类似结构喷嘴的实验和模拟，并对旋流室的螺旋升角及通道槽数进行了优化设计；2)胡鹤鸣等设计并通过数值模拟分析了一种用于切向/轴向组合式用于旋转破碎磨料的射流喷嘴；3)Christopher等对一种切片式旋流发生器的燃油喷嘴进行了实验研究，分析了切片的几何要素对旋转非预混火焰稳定性的影响。

[0006] 由于现有的旋流喷嘴一般采用内旋外混的形式设计，即借助离心力是的内侧流体向外侧扩散并与外侧流体掺混。此类型的喷嘴由于内侧流体不聚拢会存在混合不均匀、混掺速度慢、燃烧稳定性差以及容易烧蚀喷嘴等一系列缺点。

发明内容

[0007] 本发明的目的是要提供一种能够使发动机中燃料和氧化剂充分混合以产生高效、稳定燃烧的两组元旋流自引射喷嘴。

[0008] 特别地，本发明提供一种两组元旋流自引射喷嘴，包括：

[0009] 内喷嘴，为中空的燃料射流通道；

[0010] 外喷嘴，为中空的氧化剂射流通道，以同心且间隔的方式套在所述内喷嘴外，底部

封闭；

[0011] 切向管道，由垂直于所述外喷嘴的外壁面的方向，均匀且倾斜的绕外壁面的底部分布，并与所述外喷嘴的内部连通。

[0012] 在本发明的一个实施方式中，所述内喷嘴的高度低于所述外喷嘴的高度。

[0013] 在本发明的一个实施方式中，所述内喷嘴的壁面厚度至少为所述外喷嘴内直径的十分之一。在本发明的一个实施方式中，所述内喷嘴的内直径为所述外喷嘴内直径的五分之一至四分之一。

[0014] 在本发明的一个实施方式中，所述内喷嘴的燃料射流速度不低于所述外喷嘴的氧化剂射流速度的50%。

[0015] 在本发明的一个实施方式中，所述外喷嘴的射流为螺旋上升，并对内喷嘴的射流产生卷吸和轴向驱动后在内喷嘴顶部和外喷嘴中心轴线处形成负压区，该负压区的压力至少低于外喷嘴出口平均压力的20%。

[0016] 在本发明的一个实施方式中，所述外喷嘴的氧化剂射流的旋拧数至少不低于0.5，且不高于2.5。

[0017] 在本发明的一个实施方式中，所述切向管道相对所述外喷嘴的外壁面之间的夹角小于90度。

[0018] 在本发明的一个实施方式中，所述切向管道的数量为4~8根。

[0019] 在本发明的一个实施方式中，所述切向管道的数量为6根，所述切向管道的倾斜角度为49度。

[0020] 本发明能够实现燃料射流和氧化剂射流的快速均匀混掺、提高燃烧稳定性和降低喷嘴的烧蚀损毁率。

附图说明

[0021] 图1是本发明一个实施方式的喷嘴的立体结构示意图；

[0022] 图2是本发明一个实施方式的喷嘴的剖视图；

[0023] 图3是本发明一个实施方式的喷嘴工作时的数值模拟示意图；

[0024] 图4是本发明一个实施方式的喷嘴的氧化剂射流速度场示意图；

[0025] 图5是本发明一个实施方式的喷嘴的燃料流体积分数形态示意图；

[0026] 图6是本发明一个实施方式的喷嘴的火焰温度场示意图。

具体实施方式

[0027] 如图1、2所示，本发明一个实施方式的一种两组元旋流自引射喷嘴一般性地包括内喷嘴20、外喷嘴10和切向管道30。

[0028] 该内喷嘴20为圆形的中空管，用于喷射燃料。该外喷嘴10同样为圆形的中空管，以同心方式套在内喷嘴20外部且与内喷嘴20具备一定的距离，外喷嘴10的底部封闭，但不影响内喷嘴20；外喷嘴10作为氧化剂的通道。该切向管道30由垂直于外喷嘴20的外壁面的方向，均匀且倾斜的绕外壁面的底部圆周分布，并与外喷嘴10的内部连通；切向管道30用于将燃料喷入外喷嘴10内，利用喷射的倾斜角度产生旋流再由外喷嘴的另一端喷出。具体切向管道30相对外喷嘴10的外壁面之间的夹角可以小于90度。而切向管道30的数量可以为4~8

根，优选为6根，其中数量的多少与产生的旋流均匀度有关。

[0029] 在工作时，燃料射流自内喷嘴20喷出，氧化剂射流从切向管道30进入外喷嘴10，由于外喷嘴10的底部为封闭状态，因此氧化剂射流自外喷嘴10与内喷嘴20喷出燃料射流相同方向喷出，燃料射流和氧化剂射流在初始阶段相互隔绝，燃料射流和氧化剂射流初始混合的位置在内喷嘴20喷口附近。每个切向管道30与安装点外喷嘴壁面切向呈小于90度的切向角度，以促使氧化剂射流产生自旋。

[0030] 本实施方式中，内喷嘴20出口高度需要低于外喷嘴10的高度，一般内喷嘴20的高度可以为外喷嘴10高度的三分之一至二分之一，该结构可以增强初始掺混效果。

[0031] 此外，内喷嘴20的壁厚至少为外喷嘴20内直径的十分之一左右，而内喷嘴20的内直径可以为外喷嘴10内直径的五分之一至四分之一。外喷嘴10的氧化剂射流为螺旋上升，并对内喷嘴20的燃料射流产生卷吸和轴向驱动后可在内喷嘴20顶部和外喷嘴10中心轴线处形成负压区，该结构可以扩大负压区增强引射效果。

[0032] 本实施方式的自引射工作原理利用龙卷风的形成原理，龙卷风由快速上升旋转的直立中空管状气流构成，同样，喷嘴在工作时也可以形成同样的自引射原理。

[0033] 本实施方式的自引射工作原理为：外侧流体（即氧化剂射流）以很高的速度（如：400 m/s）从外侧切向入外喷嘴10内并流出形成轴向自旋射流，其同时具有轴向速度和切向旋转速度。该螺旋上升的外侧流体对中心流体（即燃料射流）产生卷吸和轴向驱动从而在内喷嘴20顶部和外喷嘴10中心轴线处形成负压区，该负压区通过内外压差克服外侧流体的离心力使得外侧流体向中心轴线处聚拢。中心流体因顶部负压区的抽吸而提速，即被外侧流体引射，同时逐渐被外侧自旋引射流体卷吸，使得氧化剂射流和燃料射流充分均匀混合。

[0034] 结合自引射原理和喷嘴的具体结构，其中发生自引射的关键设计因素包括：外侧流体从外喷嘴喷出产生轴向射流、外侧流体经由切向管道产生外侧流体自旋、内喷嘴产生中心射流。其中外侧流体的轴向速度、旋拧数和内侧流体的轴向速度是影响引射效果的主要配置参数。为保证足够好的引射效果，即负压区的压力足够低（通常要求低于外侧流体出口平均压力的20%），要求中心射流的速度低于外侧流体速度的50%。外侧流体的旋拧数一般要求不低于0.5以保证较好的卷吸掺混效果，不高于2.5以防止离心力过大引起的外侧流体周向外扩。如图2所示，在本发明的一个实施方式中，提供一个具体的自引射喷嘴具体尺寸说明：

[0035] 内喷嘴20直径为1.3 mm，壁厚为0.4 mm，柱高为8 mm；外喷嘴20直径为5.5mm，柱高为13 mm；内喷嘴20相对外喷嘴10缩进距离为5 mm。切向管道30为6个且均匀分布与外喷嘴10壁面周向，直径为1.84 mm，长度为3 mm，切向孔中心与中心轴距离为1.8mm，切向管道30与当地壁面切向夹角为49度。

[0036] 以下以具体的图示来说明本发明的三维数值模拟结果。

[0037] 图3的速度场分布表明在切向管道30和外喷嘴10流道作用下，氧化剂射流同时获得了轴向速度和切向速度，呈螺旋式上升形态，燃料射流在出口后明显提速。

[0038] 图4的燃料射流体积分数形态直观地显示了其被外侧流体卷吸直至完全掺混（体积分数将为零）的过程，燃料在距离内喷嘴20出口6D（D为内喷嘴20直径）的较短距离内实现了完全掺混，表明所展示结构具有较好的掺混效果。

[0039] 图5表明在内喷嘴20顶部和中心轴线区域产生了预期的负压区，该负压区的压力

低于氧化剂射流出口压力20%，因而对外侧氧化剂射流产生了聚拢效应，同时低于燃料出口压力因而对燃料射流产生了引射作用。

[0040] 图6为火焰温度场显示，火焰向内聚拢呈稳定的本生灯式部分预混火焰形态，同时距离外喷嘴10有一定提升距离，可避免喷嘴的过热损坏。

[0041] 通过上述数值结构分析表明，本发明能够实现燃料射流和氧化剂射流的快速均匀混掺、提高燃烧稳定性和降低喷嘴的烧蚀损毁率。

[0042] 至此，本领域技术人员应认识到，虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例，但是，在不脱离本发明精神和范围的情况下，仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此，本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

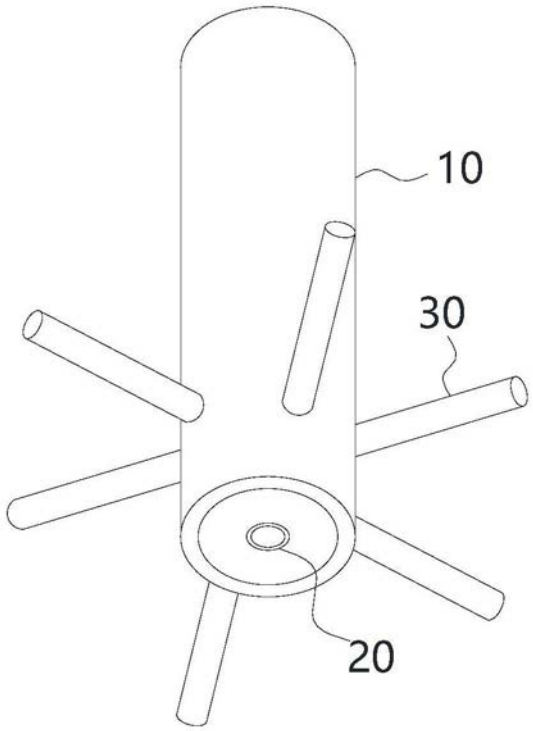


图1

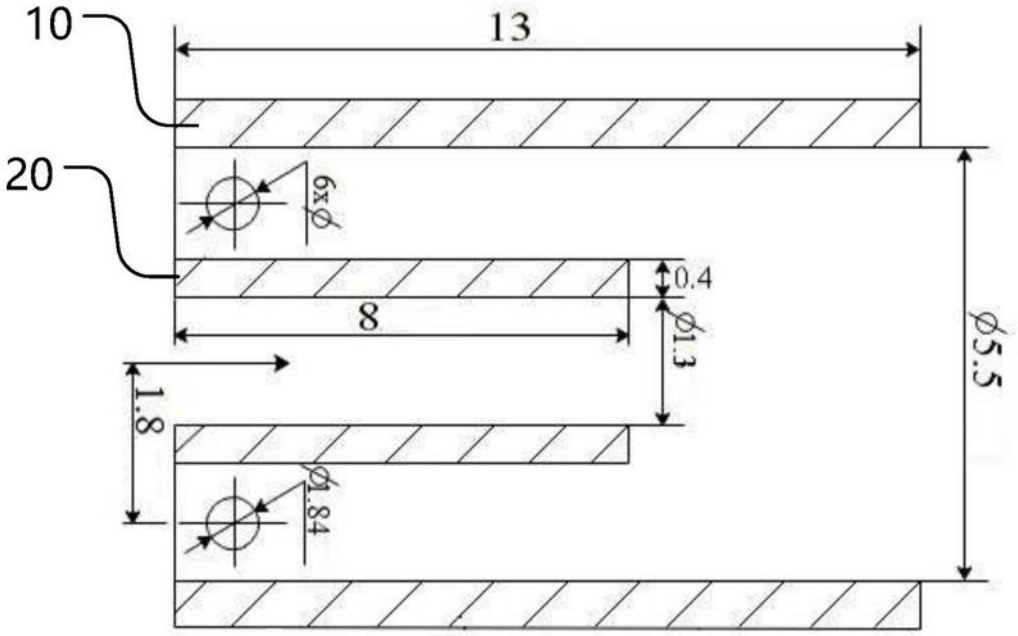


图2

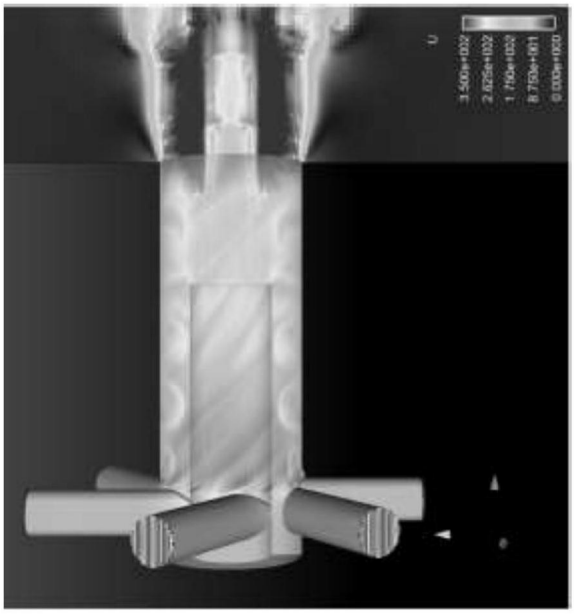


图3

图4

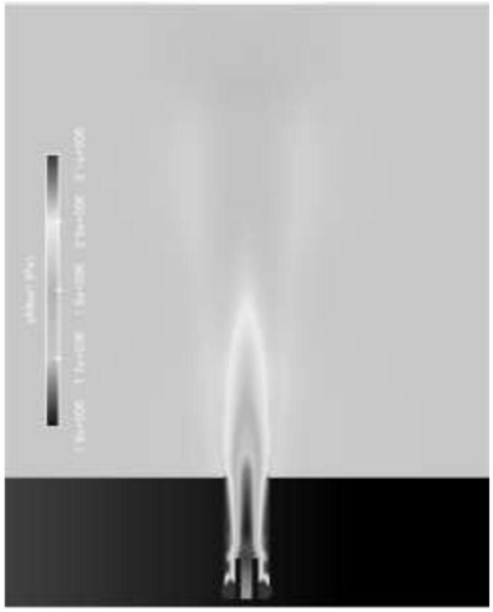


图5

图6