



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113483324 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 20

(21) 申请号 202110805933.8

F23D 14/58 (2006.01)

(22) 申请日 2021.07.16

F23D 14/70 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113483324 A

(56) 对比文件

CN 104390235 A, 2015.03.04

CN 204717746 U, 2015.10.21

(43) 申请公布日 2021.10.08

审查员 齐隽楠

(73) 专利权人 中国科学院上海高等研究院

地址 201210 上海市浦东新区海科路99号

(72) 发明人 邓炜 叶爽 庄晓杰 李银宾

陈静薇 黄伟光

(74) 专利代理机构 上海光华专利事务所(普通

合伙) 31219

专利代理师 刘逸潇

(51) Int. Cl.

F23D 14/00 (2006.01)

F23D 14/46 (2006.01)

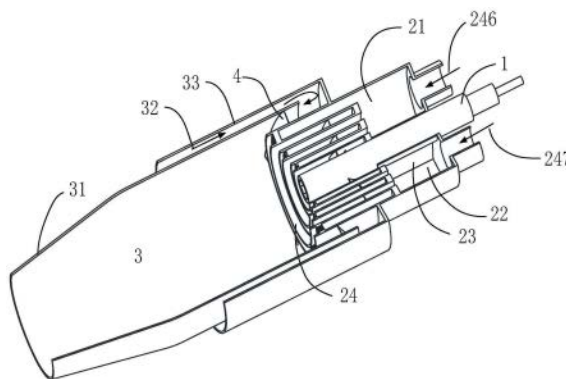
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

尾气燃烧器

(57) 摘要

本发明公开了一种尾气燃烧器,包括值班火焰喷嘴、设置于值班火焰喷嘴外围的尾气喷嘴组件、设置于值班火焰喷嘴和尾气喷嘴组件后方的燃烧室以及设置于燃烧室外侧与燃烧室连通的二次风逆流通道,尾气喷嘴组件后端设置有尾气喷嘴,尾气喷嘴包括阳极尾气通道和阴极尾气通道,通过控制值班火焰喷嘴的燃烧程度来实现尾气喷嘴喷出尾气的稳定燃烧。本发明通过将值班火焰喷嘴设置于尾气燃烧器中心位置,将尾气喷嘴组件设置于值班火焰喷嘴外围,有利于值班火焰喷嘴引燃外侧的尾气,进而实现通过控制值班火焰喷嘴的燃烧程度来组织尾气进行稳定燃烧的目的。



1. 一种尾气燃烧器,其特征在于,包括值班火焰喷嘴、设置于所述值班火焰喷嘴外围的尾气喷嘴组件、设置于所述值班火焰喷嘴和所述尾气喷嘴组件后方的燃烧室以及设置于所述燃烧室外侧与所述燃烧室连通的二次风逆流通道,所述尾气喷嘴组件后端设置有尾气喷嘴,所述尾气喷嘴包括阳极尾气通道和阴极尾气通道,通过控制值班火焰喷嘴的燃烧程度来实现所述尾气喷嘴喷出尾气的稳定燃烧;

其中,所述尾气喷嘴组件包括套装于所述值班火焰喷嘴上的筒状结构,所述筒状结构前段通过腔室隔板隔成阳极集气室和阴极集气室;

所述尾气喷嘴包括由内而外依次套装于所述值班火焰喷嘴外围的多个环形管,所述环形管之间形成多个尾气通道,所述尾气通道包括阳极尾气通道和阴极尾气通道,所述阳极尾气通道和所述阴极尾气通道间隔设置,所述环形管之间设置有第二连接部,以使得所述阳极集气室与所述阳极尾气通道处于连通状态,与所述阴极尾气通道处于非连通状态,使得所述阴极集气室与所述阴极尾气通道处于连通状态,与所述阳极尾气通道处于非连通状态,所述尾气喷嘴实现阳极尾气和阴极尾气的扩散燃烧;

多个套装的环形套管中,作为外部环形套管时的环形套管末端均长于相邻内部环形套管末端,以使得值班火焰喷嘴末端和尾气喷嘴组件末端共同形成一个凹陷状。

2. 根据权利要求1所述尾气燃烧器,其特征在于,所述值班火焰喷嘴包括由内而外依次套装的中心管、内套管和外套管,所述中心管与所述内套管之间形成一次风通道,所述内套管和外套管之间形成燃料通道,所述内套管和外套管之间后端设置有第一连接部,所述第一连接部上设置有燃料喷孔,所述燃料通道与所述燃烧室通过所述燃料喷孔连通,所述中心管内设置有脉冲点火器。

3. 根据权利要求2所述尾气燃烧器,其特征在于,所述燃料喷孔为在所述第一连接部上均匀设置的多个第一微型孔道,所有所述第一微型孔道轴线均不与所述中心管中心轴线处于同一平面。

4. 根据权利要求2所述尾气燃烧器,其特征在于,所述一次风通道和所述二次风逆流通道内均设置有旋转叶片。

5. 根据权利要求1所述尾气燃烧器,其特征在于,所述阳极集气室设置有阳极尾气入口,所述阴极集气室设置有阴极集气室入口,所述尾气喷嘴设置于所述筒状结构后段。

6. 根据权利要求5所述尾气燃烧器,其特征在于,所述阳极尾气通道后端设置有第三连接部,所述第三连接部上设置有多个第二微型孔道,所述阳极尾气通道与所述燃烧室通过所述第二微型孔道连通。

7. 根据权利要求1所述尾气燃烧器,其特征在于,所述燃烧室外围套装有进风筒,所述进风筒与所述燃烧室之间形成二次风逆流通道,所述二次风逆流通道连通所述燃烧室。

8. 根据权利要求1所述尾气燃烧器,其特征在于,所述燃烧室末端设置有收缩喷口。

9. 根据权利要求1-8任意一项所述尾气燃烧器,其特征在于,所述阳极尾气通道和阴极尾气通道内设有旋转叶片。

尾气燃烧器

技术领域

[0001] 本发明涉及燃烧技术领域,尤其涉及一种可用于燃料电池的尾气燃烧器。

背景技术

[0002] 燃料电池能够把燃料的化学能直接转化为电能,不受卡诺循环效应限制,属于一种高效发电技术。燃料电池在使用过程中会从阳极排出含有氢、一氧化碳等可燃气体(即阳极尾气),同时也会从阴极排出氧气和氮气的混合气(即阴极尾气)。由于阳极尾气和阴极尾气均具有较高的热焓,因此,为提高燃料电池发电效率,并同时符合环保要求,一般会采取尾气燃烧的方式对燃料电池排出的尾气进行处理,同时,固体氧化物燃料电池在正常发电运行过程中,需对进入电池的燃料以及空气进行提前预热,燃料电池发电后,只有尾气进行回热利用,才能符合其高效洁净的优势。

[0003] 燃料电池发电过程产生的阳极尾气中可燃气体(如氢、一氧化碳等)热值低,组分的含量变化很大。例如来自重整器的氢会与氧气发生电化反应生成水,使得可燃气体仅剩少量的氢、一氧化碳以及大量水分,进而使得阳极尾气的热值低,且组分发生了较大的变化。另外,燃料电池在运行过程中,工况的变化也会导致阳极尾气的组分与热值等参数发生变化。燃料电池在运行过程中,阳极尾气的组分和热值等参数发生变化,会导致尾气燃烧的稳定难以控制,甚至会发生回火或熄火等现象,这些都将造成燃料电池无法正常工作,甚至造成损坏等安全事故。固体氧化物燃料电池在启动初期,通常需要燃烧燃料(如CH₄)为其重整器提供所需热能,尾气燃烧器最好能够兼顾燃料的燃烧,简化系统。

[0004] 因此,燃料电池的尾气燃烧器成为了燃料电池的一项关键技术。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是现有的尾气燃烧器无法组织尾气,尤其是低热值尾气,组分参数变化时,进行稳定燃烧,进而无法在尾气燃烧过程中消除熄火、回火等安全隐患,另外,兼顾在重整器启动时燃料的燃烧。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种尾气燃烧器,包括值班火焰喷嘴、设置于所述值班火焰喷嘴外围的尾气喷嘴组件、设置于所述值班火焰喷嘴和所述尾气喷嘴组件后方的燃烧室以及设置于所述燃烧室外侧与所述燃烧室连通的二次风逆流通道,所述尾气喷嘴组件后端设置有尾气喷嘴,所述尾气喷嘴包括阳极尾气通道和阴极尾气通道,通过控制值班火焰喷嘴的燃烧程度,来实现所述尾气喷嘴喷出尾气的稳定燃烧。

[0007] 优选地,所述值班火焰喷嘴包括由内而外依次套装的中心管、内套管和外套管,所述中心管与所述内套管之间形成一次风通道,所述内套管和外套管之间形成燃料通道,所述内套管和外套管之间后端设置有第一连接部,所述第一连接部上设置有燃料喷孔,所述燃料通道与所述燃烧室通过所述燃料喷孔连通,所述中心管内设置有脉冲点火器。

[0008] 优选地,所述燃料喷孔为在所述第一连接部上均匀设置的多个第一微型孔道,所有所述第一微型孔道轴线均不与所述中心管中心轴线处于同一平面。

- [0009] 优选地,所述一次风通道和所述二次风逆流通道内均设置有旋转叶片。
- [0010] 优选地,所述尾气喷嘴组件包括套装于所述值班火焰喷嘴上的筒状结构,所述筒状结构前段通过腔室隔板隔成阳极集气室和阴极集气室,所述阳极集气室设置有阳极尾气入口,所述阴极集气室设置有阴极集气室入口,所述尾气喷嘴设置于所述筒状结构后段。
- [0011] 优选地,所述尾气喷嘴包括由内而外依次套装于所述值班火焰喷嘴外围的多个环形管,所述环形管之间形成多个尾气通道,所述尾气通道包括阳极尾气通道和阴极尾气通道,所述阳极尾气通道和所述阴极尾气通道间隔设置,所述环形管之间设置有第二连接部,以使得所述阳极集气室与所述阳极尾气通道处于连通状态,与所述阴极尾气通道处于非连通状态,使得所述阴极集气室与所述阴极尾气通道处于连通状态,与所述阳极尾气通道处于非连通状态。
- [0012] 优选地,所述阳极尾气通道后端设置有第三连接部,所述第三连接部上设置有多个第二微型孔道,所述阳极尾气通道与所述燃烧室通过所述第二微型孔道连通。
- [0013] 优选地,所述燃烧室外围套装有进风筒,所述进风筒与所述燃烧室之间形成二次风逆流通道,所述二次风逆流通道连通所述燃烧室。
- [0014] 优选地,所述燃烧室末端设置有收缩喷口。
- [0015] 优选地,所述阳极尾气通道和阴极尾气通道内设有旋转叶片。
- [0016] 与现有技术相比,上述方案中的一个或多个实施例可以具有如下优点或有益效果:
- [0017] 应用本发明实施例提供的尾气燃烧器,通过将值班火焰喷嘴设置于尾气燃烧器中心位置,将尾气喷嘴组件设置于值班火焰喷嘴外围,有利于值班火焰喷嘴引燃外侧的尾气,进而实现通过控制值班火焰喷嘴的燃烧程度来组织尾气进行稳定燃烧的目的,达到在阳极尾气热值低,组分与热值等参数发生变化的条件下,可以进行稳定燃烧的效果。且进一步将尾气喷嘴中的阳极尾气通道和阴极尾气通道与值班火焰喷嘴的距离逐渐加大,确保每个通道输出的尾气均存在独立的燃烧空间,使尾气燃烧反应尽量分散于燃烧室内,提高了火焰的稳定性,使各点燃烧强度在空间上分布更合理,且避免了局部高温烧损零件,减少过量氮氧化物的排放。
- [0018] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

附图说明

- [0019] 图1示出了本发明实施例一尾气燃烧器的整体剖面图;
- [0020] 图2示出了本发明实施例一尾气燃烧器中值班火焰喷嘴的剖面图;
- [0021] 图3示出了本发明实施例一尾气燃烧器中尾气喷嘴组件的剖面图;
- [0022] 图4示出了本发明实施例一尾气燃烧器尾气喷嘴中一个阳极尾气通道的剖面图;
- [0023] 附图标记说明:
- [0024] 1为值班火焰喷嘴、11为中心管、12为内套管、13为外套管、14为一次风通道、15为燃料通道、16为燃料喷嘴、17为第一连接部;2为尾气喷嘴组件、21为阳极集气室、22为阴极集气室、23为腔室隔板、24为尾气喷嘴,240为第二连接部、241为中心套管、242为阳极尾气

通道、243为阴极尾气通道、244为阳极喷嘴、245为阴极喷口、246为阳极尾气入口、247为阴极尾气入口、248为第三连接部、249为第二微型孔道；3为燃烧室、31为收缩喷口、32为二次风逆流通道、33为进风筒；4为旋转叶片。

具体实施方式

[0025] 以下将结合附图及实施例来详细说明本发明的实施方式，借此对本发明如何应用技术手段来解决技术问题，并达成技术效果的实现过程能充分理解并据以实施。需要说明的是，只要不构成冲突，本发明中的各个实施例以及各实施例中的各个特征可以相互结合，所形成的技术方案均在本发明的保护范围之内。附图用来提供对本发明的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与本发明的实施例共同用于解释本发明，并不构成对本发明的限制。

[0026] 燃料电池发电后尾气需进行回热利用才能符合其高效洁净的优势。但燃料电池在发电过程产生的阳极尾气中可燃气体(如氢、一氧化碳等)热值低，组分的含量变化很大。例如来自重整器的氢会与氧气发生电化反应生成水，使得可燃气体仅剩少量的氢、一氧化碳以及大量水分。进而使得阳极尾气的热值发生了较大的变化。另外燃料电池在运行过程中，工况的变化也会导致阳极尾气的组分与热值等参数发生变化。燃料电池在运行过程中阳极尾气的组分和热值等参数发生变化，会导致尾气燃烧的稳定性难以控制，甚至会发生回火或熄火等现象，这些都将造成燃料电池无法正常工作，甚至造成损坏等安全事故。

[0027] 实施例一

[0028] 为解决现有技术中存在的技术问题，本发明实施例提供了一种尾气燃烧器。

[0029] 图1示出了本发明实施例一尾气燃烧器的整体剖面图；参考图1所示，本发明实施例尾气燃烧器包括值班火焰喷嘴1、尾气喷嘴组件2及燃烧室3，尾气喷嘴组件2设置于值班火焰喷嘴1外围，燃烧室3则设置于值班火焰喷嘴1和尾气喷嘴组件2后方，为尾气及值班火焰的燃烧提供燃烧空间，值班火焰喷嘴1用于控制燃烧程度来实现尾气喷嘴喷出尾气的稳定燃烧，尾气喷嘴组件2用于尾气燃烧，并通过控制阳极尾气流量和阴极尾气流量，以保证阳极尾气和阴极尾气在充分燃烧的化学当量值附近，使得尾气燃烧更加充分。

[0030] 其中，值班火焰喷嘴1主要用于起到稳定燃烧的作用。图2示出了本发明实施例一尾气燃烧器中值班火焰喷嘴的剖面图；参考图2所示，值班火焰喷嘴1包括中心管11、内套管12和外套管13，中心管11内设置有脉冲点火器，可实现值班火焰喷嘴1点火燃烧。内套管12套装于中心管11外侧，并与中心管11之间形成一次风通道14，一次风通道14末端开口即作为一次风通道14的喷口。且优选地，一次风通道14内设置具有一定旋流角度的旋转叶片4，当具有一定压力的一次风空气经过时，产生旋流。外套管13套装于内套管12外侧，并与内套管12之间形成燃料通道15，且在燃料通道15后端设置有第一连接部17，第一连接部17上设置有燃料喷孔，燃料通道15与燃烧室3之间通过燃料喷孔连通。需要说明的是，第一连接部并不设置于燃料通道15的末端，即燃料喷孔与燃料通道末端共同构成燃料喷嘴16。进一步燃料喷孔即为在第一连接部17上均匀设置的多个第一微型孔道，且所有第一微型孔道轴线均不与中心管中心轴线处于同一平面，因此燃料通道15内的燃料气体延第一微型孔道喷出，燃料气体可围绕中心轴形成具有一定强度的旋流，而旋流产生的回流区也可对火焰起稳定作用。且进一步通过设计一次风空气和燃料的旋流强度，还可以控制值班火焰喷嘴1产

生的火焰形状,进而起到稳定整个燃烧器火焰燃烧的作用。

[0031] 上述值班火焰喷嘴1结构实现了扩散火焰燃烧方式,且当燃料通道15内的燃料选取燃料电池的燃料(如,CH₄)时,可确保燃料来源可靠,同时也可确保燃料的流量、组分、压力和温度等参数稳定,对整个燃烧器起到稳定燃烧以及避免熄火的作用。同时为保持整个燃烧器的稳定燃烧,值班火焰喷嘴1的燃烧功率可在整个燃烧器功率的5%~50%范围内调节,也可以在燃料电池重整器启动时,为其提供加热能量。且燃料喷嘴16布置在一次风外侧也有助于引燃尾气喷嘴,保证尾气燃烧稳定。

[0032] 尾气喷嘴组件2用于收集尾气,并将其作为燃料输出。图3示出了本发明实施例一尾气燃烧器中尾气喷嘴组件的剖面图;参考图1、3所示,尾气喷嘴组件2设置于值班火焰喷嘴1的外围。尾气喷嘴组件2的前端设置有阳极集气室21和阴极集气室22,以实现燃料电池尾气的收集。尾气喷嘴组件2的后端则设置有尾气喷嘴24,用于将尾气作为燃料分配输出。优选地,尾气喷嘴组件整体可包括套装于值班火焰喷嘴1外套管13上的筒状结构,尾气喷嘴组件2前段通过腔室隔板23隔成阳极集气室21和阴极集气室22,阳极集气室21前端连通有阳极尾气入口246,阴极集气室22前端连通有阴极尾气入口247。

[0033] 尾气喷嘴24可实现阳极尾气和阴极尾气的扩散燃烧。具体地,包括多个由内而外依次套装的环形管,最内侧的环形管为中心套管241,中心套管241套装于值班火焰喷嘴1外套管13上。多个环形管之间形成多个尾气通道,多个尾气通道可设置为阳极尾气通道242和阴极尾气通道243,且阳极尾气通道242和阴极尾气通道243间隔设置。各个环形管之间设置有第二连接部240,第二连接部240的设置可使得阳极集气室21仅与阳极尾气通道242连通,阴极集气室22则仅与阴极尾气通道243连通;即第二连接部240的设置使得阳极集气室21不与阴极尾气通道243连通,阴极集气室22则不与阳极尾气通道242连通,使得阳极尾气和阴极尾气分别从不同通道内输出,以避免两者混合造成回火、爆燃。

[0034] 需要说明的是,中心套管241的末端设置为长于值班火焰喷嘴1中外套管13的末端,且多个套装的环形套管中,作为外部环形套管时的环形套管末端均长于相邻内部环形套管末端,以使得值班火焰喷嘴末端和尾气喷嘴组件末端共同形成一个凹陷状,该种设置可实现阳极尾气和阴极尾气的扩散燃烧更可靠、更充分,使得燃烧室内燃烧更加充分。

[0035] 图4示出了本发明实施例一尾气燃烧器尾气喷嘴中一个阳极尾气通道的剖面图;参考图4所示,阳极尾气通道242末端设置有第三连接部248,第三连接部248上设置有多个第二微型孔道249,阳极尾气通道242即是通过第二微型孔道249与燃烧室3连通。需要说明的是,第三连接部也并不设置于阳极尾气通道242的末端,即第二微型孔道249与阳极尾气通道242末端共同构成阳极喷嘴244,同时阴极尾气通道243的末端开口即作为阴极喷口245。第二微型孔道249为直通孔流道,孔径在1mm左右。第二微型孔道249的设计一是可以保证流量在空间的均匀分布,二则是可防止回火。更近一步地,阳极尾气通道242和阴极尾气通道243内均设有旋转叶片4。设置于阳极尾气通道和阴极尾气通道内的旋转叶片不仅用于使得尾气在通道内形成旋流,控制尾气流速,还用于使阳极尾气在阳极尾气通道内分布均匀,且使阴极尾气在阴极尾气通道内分布均匀。需要说明的是,可通过对阳极尾气通道242和阴极尾气通道243内旋转叶片4以及第二微型孔道249的设计等,使得每一个阴极尾气通道243输出的阴极尾气流量与其相邻的阳极尾气通道242输出的阳极尾气流量对应,保证阳极尾气和阴极尾气在充分燃烧的学当量值附近,这样保证了整个尾气喷嘴24的化学当量

值,进而满足低热值、低可燃组分浓度的阳极尾气稳定燃烧的要求。进一步阳极喷嘴244和阴极喷口245间隔设置,且与中心套管241的轴向距离逐渐加大,可保证每个尾气喷嘴具有独立的燃烧空间,使得尾气燃烧反应尽量分散于燃烧室3内,提高了火焰的稳定性,并使各点燃烧强度在空间上分布更合理,避免局部高温烧损零件,减少了过量氮氧化物的排放。且由于燃料电池使用过程中,产生的阳极尾气包含氢、一氧化碳等可燃气体,阴极尾气中则包含空气在燃料电池电化学反应后,剩余的氧气和氮气组成。因此在尾气燃烧器处理燃料电池尾气时,阴极喷口245实际为阳极喷嘴244燃烧提供氧气。

[0036] 进一步需要说明的是,阳极喷嘴244组的中心套管241可以作为值班火焰喷嘴1的外套管13,或值班火焰喷嘴1的外套管13可以作为阳极喷嘴244组的中心套管241。

[0037] 燃烧室3是组织燃烧的空间。具体地,燃烧室3可为筒状结构,其前端连接于尾气喷嘴组件2外侧,末端则设置有收缩喷口31。收缩喷口31可使得燃烧烟气运行到燃烧室3末端受到挤压,在燃烧室中部形成回流,加快燃烧室内气体流动,消除高温炽热点,达到降低燃烧反应中氮氧化物的生成,并提高尾气在燃烧室内的温度,提高燃烧强度和燃烧效率。进一步地,燃烧室3外围还设置有进风筒33。进风筒33套装于燃烧室3外围,其前端与尾气喷嘴组件2外侧连接,燃烧室3前端与尾气喷嘴组件2之间设置有进风口,进风筒33与燃烧室3之间即形成了二次风逆流通道32,二次风逆流通道32连通燃烧室3,用于为燃烧室3提供二次风,冷却燃烧室壁面,以避免温度过高损坏器件,提高二次风温度,有助于提高燃烧效率。优选地,在燃烧室3前端,二次风逆流通道32折流进入燃烧室的通道内设置有旋转叶片4,可起到均布并调节二次风逆流通道32内气体流速的作用,同时也可使燃烧完烟气形成卷吸,起到加强燃烧室内气体流动,均衡燃烧室内温度的作用。

[0038] 需要说明的是,二次风可使得尾气燃烧器具有一定的过剩空气系数,确保了燃烧室3内的燃烧效率,并能起到控制燃烧后的排气温度的目的,满足后续工艺要求。二次风来源于外来空气,其通道逆流式布置于燃烧室3外侧,通过两者之间壁面换热,可对提高二次风温度,同时也可对燃烧室3壁面进行冷却,避免超温烧损。

[0039] 本发明实施例提供的尾气燃烧器,通过将值班火焰喷嘴设置于尾气燃烧器中心位置,将尾气喷嘴组件设置于值班火焰喷嘴外围,有利于值班火焰喷嘴引燃外侧的尾气,进而实现通过控制值班火焰喷嘴的燃烧程度来组织尾气进行稳定燃烧的目的,达到在阳极尾气热值低、组分与热值等参数发生变化的条件下,尾气仍然能进行稳定燃烧的效果。且进一步将尾气喷嘴中的阳极尾气通道和阴极尾气通道与值班火焰喷嘴的距离逐渐加大,确保每个通道输出的尾气均存在独立的燃烧空间,使尾气燃烧反应尽量分散于燃烧室内,提高了火焰的稳定性,使各点燃烧强度在空间上分布更合理,且避免了局部高温烧损零件,减少过量氮氧化物的排放。

[0040] 且阳极尾气通道、阴极尾气通道、二次风逆流通道和一次风通道内对带有一定不同旋转角的旋转叶片的设置,一方面可起到均布各通道内气体流速的作用,另一方面也可使燃烧完烟气产生回流,达到稳定燃烧,控制燃烧强度,提高燃烧效率的目的。

[0041] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“第一”“第二”“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0042] 虽然本发明所公开的实施方式如上,但所述的内容只是为了便于理解本发明而采用的实施方式,并非用以限定本发明。任何本发明所属技术领域的技术人员,在不脱离本

发明所公开的精神和范围的前提下,可以在实施的形式上及细节上作任何的修改与变化,但本发明的保护范围,仍须以所附的权利要求书所界定的范围为准。

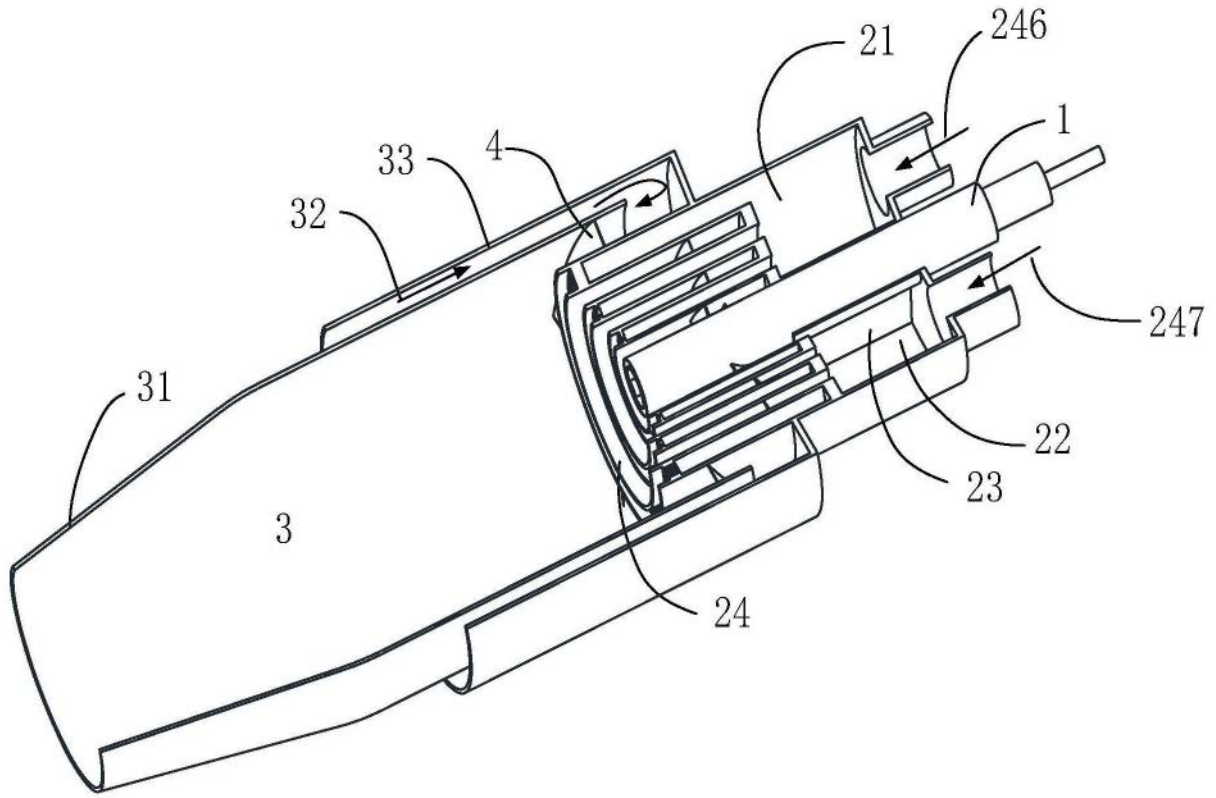


图1

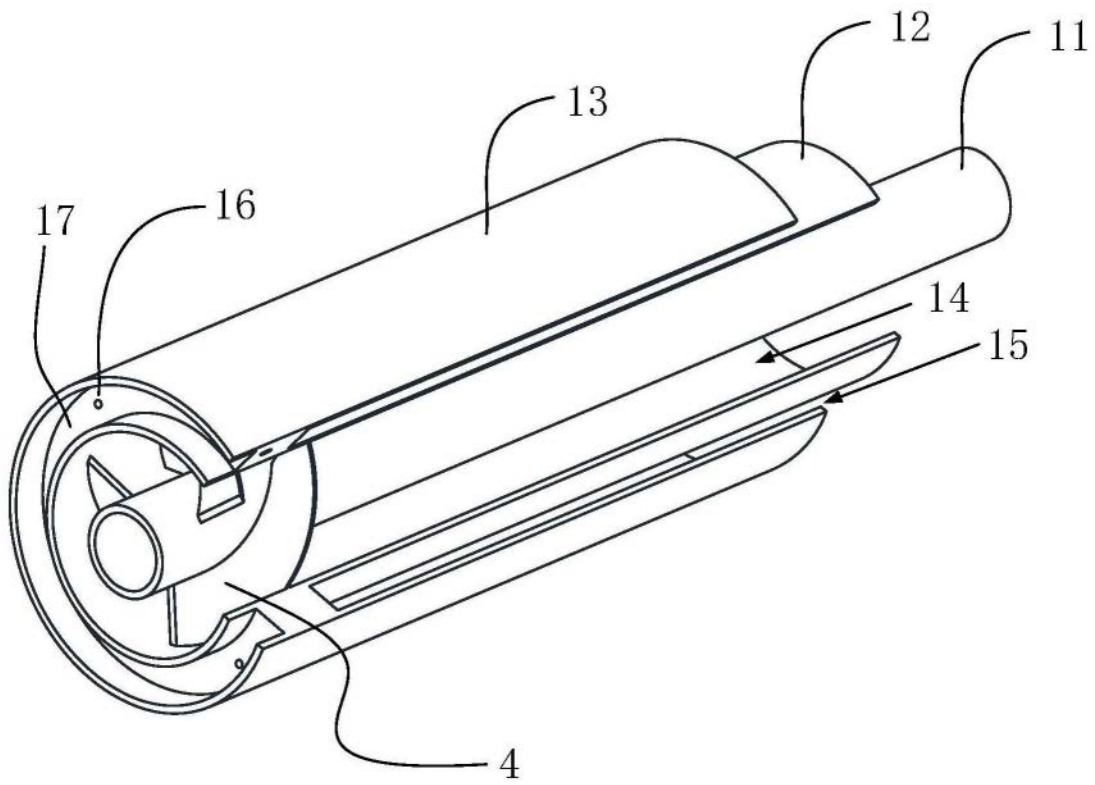


图2

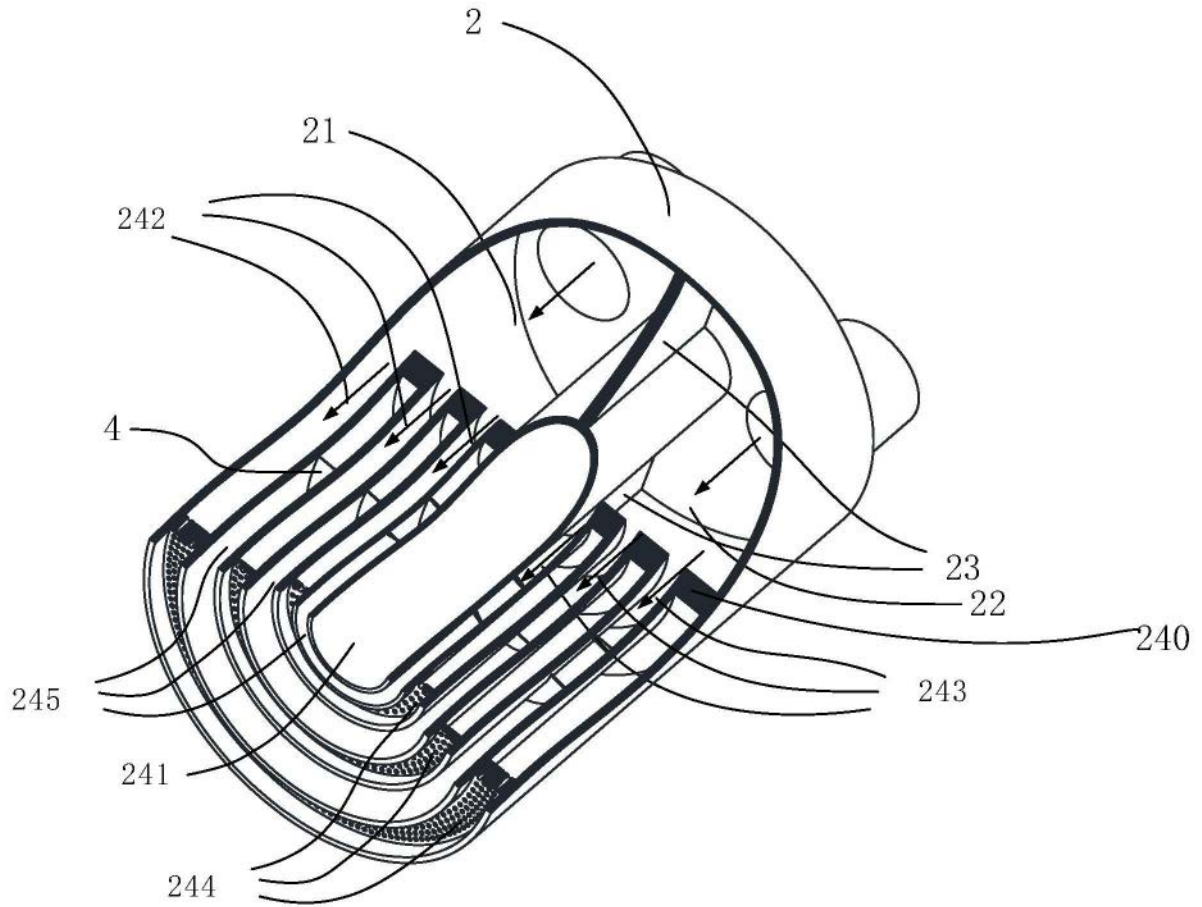


图3

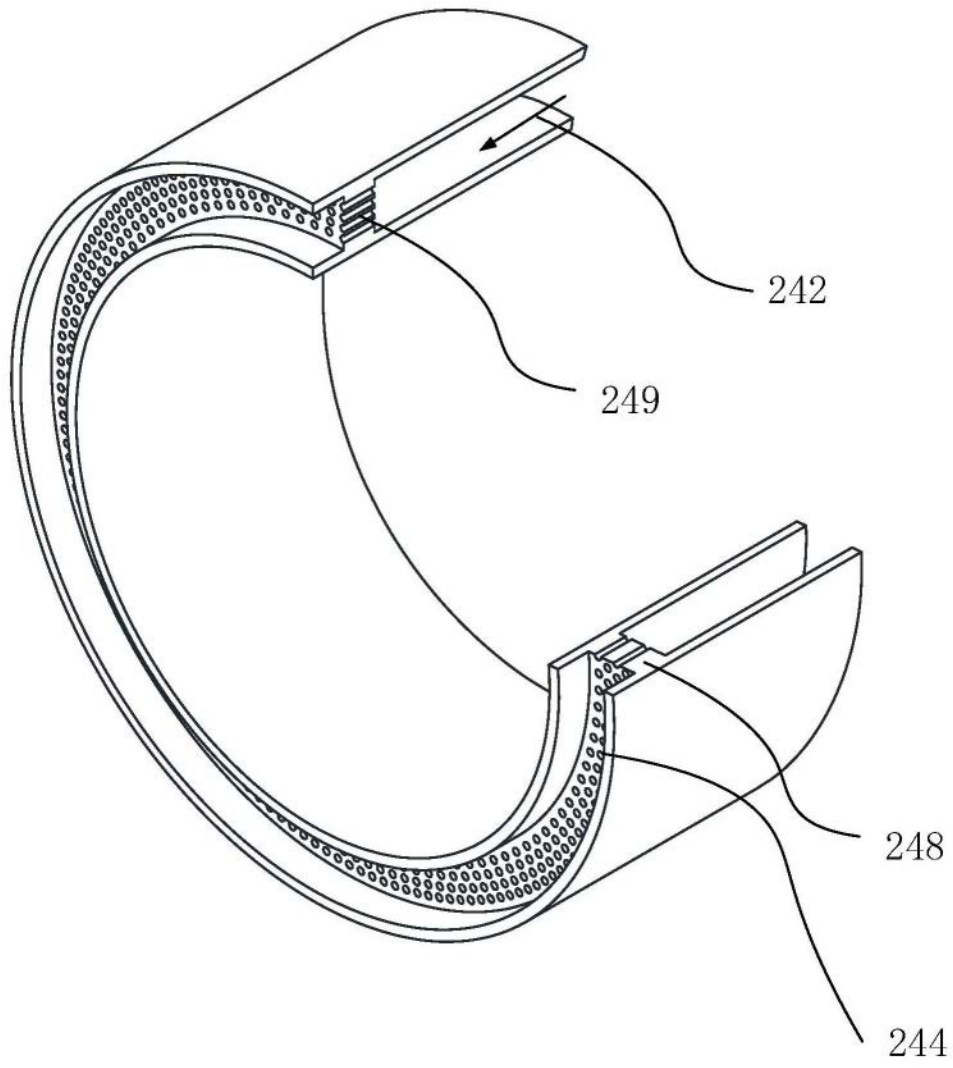


图4