



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115325569 B

(45) 授权公告日 2023.05.26

(21) 申请号 202211075964.3

F23R 3/58 (2006.01)

(22) 申请日 2022.09.02

F23R 3/28 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115325569 A

(56) 对比文件

CN 104406197 A, 2015.03.11

CN 105737200 A, 2016.07.06

(43) 申请公布日 2022.11.11

CN 1403745 A, 2003.03.19

(73) 专利权人 华能国际电力股份有限公司

US 2007033919 A1, 2007.02.15

地址 100031 北京市西城区复兴门南大街  
丙2号

US 2005268613 A1, 2005.12.08

专利权人 西安热工研究院有限公司

《GASFLOW-MPI analysis on deflagration in fullscale hydrogen refueling station experiments: H2-air premixed cloud and high-pressure H2 jet》.《international journal of hydrogen energy》.2022,全文.

(72) 发明人 夏家兴 肖俊峰 王峰 王玮

李晓丰 高松 胡孟起 夏林

连小龙 王一丰

Liuxi Cai.《Gas-particle flows and erosion characteristic of large capacity dry top gas pressure recovery turbine》.《Energy》.2016,全文.

(74) 专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理有限公司 11250

专利代理师 安晓红

审查员 庄静娴

(51) Int. Cl.

F23R 3/38 (2006.01)

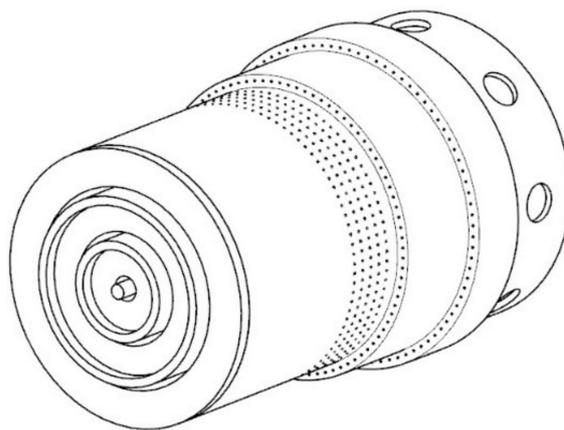
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

## (54) 发明名称

一种燃烧室、燃气轮机及燃烧控制方法

## (57) 摘要

本发明涉及燃气轮机技术领域,具体涉及一种燃烧室、燃气轮机及燃烧控制方法,燃烧室包括:筒体,具有提供燃烧空间的腔体;燃烧室头段与筒体连接,包括:至少一个喷嘴组件和至少一个扩散组件;喷嘴组件和扩散组件间隔套设置;燃气轮机包括燃烧室;本申请采用上述方案,扩散组件产生的扩散气体流速低于从喷嘴组件喷出的预混气流速,加之两者边界层间强烈的剪切作用,使喷嘴组件喷出的预混气流速降低,燃烧火焰更加稳定;进而提高燃气轮机的运行效率和稳定性。燃烧控制方法包括:经扩散组件输送至筒体的燃料燃烧稳定后,再经喷嘴组件向筒体内输送燃料,使其燃烧;上述方法确保燃烧始终处于稳定状态,避免超温及异常压力脉动。



1. 一种燃烧室,其特征在于,包括:  
筒体(2),具有提供燃烧空间的腔体;  
燃烧室头段(1),与所述筒体(2)连接,包括:至少一个喷嘴组件和至少一个扩散组件;  
喷嘴组件和扩散组件间隔套设;  
所述喷嘴组件包括:  
喷嘴本体(7),用于向所述筒体(2)输送预混燃料,所述喷嘴本体(7)的喷嘴为环缝,且环缝宽度小于氢气的淬熄距离;  
预混气供给件,与所述喷嘴本体(7)连接,用于向所述喷嘴本体(7)输送预混燃料;  
所述扩散组件包括:  
空气供给通道(8),与所述筒体(2)的内部连通,且在所述空气供给通道(8)靠近筒体(2)的一端设有旋流器(10);  
氢气供给通道(9),与空气供给通道(8)套设设置,所述氢气供给通道(9)与所述筒体(2)的内部连通,且在所述氢气供给通道(9)靠近筒体(2)的一端设有氢气供给孔(11)。
2. 根据权利要求1所述的燃烧室,其特征在于,所述喷嘴组件还包括固定板(15),所述固定板(15)上设有多个条形通道(14),所述固定板(15)设于所述预混气供给件中,以将所述预混气供给件分为一个主供气腔(3)和对应设置的多个支供气腔(4),多个支供气腔(4)与多个所述条形通道(14)一一对应设置;  
所述固定板(15)包括:互相连接的径向固定板(5)和轴向固定板(6);所述轴向固定板(6)的截面为圆环形,径向固定板(5)连接多个轴向固定板(6),相邻的两个径向固定板(5)和两个轴向固定板(6)形成一个条形通道14。
3. 根据权利要求1所述的燃烧室,其特征在于,相邻空气供给通道(8)中的旋流器(10)的旋向相反。
4. 根据权利要求3所述的燃烧室,其特征在于,所述氢气供给孔(11)与所述氢气供给通道(9)的轴向呈角度布置,所述氢气供给孔(11)向燃烧室的轴向倾斜,所述氢气供给孔(11)轴向与氢气供给通道(9)轴向的角度范围为30~60度。
5. 根据权利要求1-4任一项所述的燃烧室,其特征在于,  
在所述筒体(2)的外壁上设有多个冷却孔(12)。
6. 根据权利要求1-4任一项所述的燃烧室,其特征在于,  
在所述筒体(2)上远离燃烧室头段(1)的一端设有多个掺混孔(13)。
7. 一种燃气轮机,其特征在于,包括权利要求1-6任一项所述的燃烧室。
8. 一种燃烧控制方法,利用权利要求1-6任一项所述的燃烧室进行燃烧,其特征在于,包括:经扩散组件输送至筒体的燃料燃烧稳定后,再经喷嘴组件向筒体内输送燃料,使其燃烧。

## 一种燃烧室、燃气轮机及燃烧控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及燃气轮机技术领域，具体涉及一种燃烧室、燃气轮机及燃烧控制方法。

### 背景技术

[0002] 目前，燃气轮机已广泛应用于能源、电力和船舶等各个行业。氢能因其清洁环保和可持续利用等优点得到快速发展，目前已广泛应用于交通和化工等领域。现有的天然气掺氢燃烧技术，是在天然气中掺入一定比例的氢气，在混合均匀后，输送至燃气轮机的燃烧室，进行燃烧。天然气掺氢燃烧技术能够保证燃气轮机联合循环机组的发电效率，同时降低碳排放。

[0003] 氢气热值高，并且燃烧产物只有水，尤其适用于燃气轮机燃烧。燃气轮机的燃烧方式包括：预混燃烧和扩散燃烧。但是，氢气预混燃烧时燃烧速度快，易回火；扩散燃烧导致燃烧区局部温度过高，造成氮氧化物排放增多、燃烧室出口温度分布均匀性较差。

### 发明内容

[0004] 因此，本发明要解决的技术问题在于克服现有技术中氢气预混燃烧时易回火、燃烧不稳定的缺陷。

[0005] 为了实现上述目的，本发明提供一种燃烧室，包括：

[0006] 筒体，具有提供燃烧空间的腔体；

[0007] 燃烧室头段，与所述筒体连接，包括：至少一个喷嘴组件和至少一个扩散组件；喷嘴组件和扩散组件间隔套设设置。

[0008] 可选地，所述喷嘴组件包括：

[0009] 喷嘴本体，用于向所述筒体输送预混燃料，所述喷嘴本体的喷嘴为环缝，且环缝宽度小于氢气的淬熄距离；

[0010] 预混气供给件，与所述喷嘴本体连接，用于向所述喷嘴本体输送预混燃料。

[0011] 可选地，所述喷嘴组件还包括固定板，所述固定板上设有多个条形通道，所述固定板设于所述预混气供给件中，以将所述预混气供给件分为一个主供气腔和对应设置的多个支供气腔，多个支供气腔与多个所述条形通道一一对应设置。

[0012] 可选地，所述扩散组件包括：

[0013] 空气供给通道，与所述筒体的内部连通，且在所述空气供给通道靠近筒体的一端设有旋流器；

[0014] 氢气供给通道，与空气供给通道套设设置，所述氢气供给通道与所述筒体的内部连通，且在所述氢气供给通道靠近筒体的一端设有氢气供给孔。

[0015] 可选地，相邻空气供给通道中的旋流器的旋向相反。

[0016] 可选地，所述氢气供给孔与所述氢气供给通道的轴向呈角度布置，所述氢气供给孔向燃烧室的轴向倾斜，所述氢气供给孔轴向与氢气供给通道轴向的角度范围为30~60度。

[0017] 可选地,在所述筒体的外壁上设有多个冷却孔。

[0018] 可选地,在所述筒体上远离燃烧室头段的一端设有多个掺混孔。

[0019] 本发明还提供一种燃气轮机,包括所述的燃烧室。

[0020] 本发明还提供一种燃烧控制方法,利用所述的燃烧室进行燃烧,包括:经扩散组件输送至筒体的燃料燃烧稳定后,再经喷嘴组件向筒体内输送燃料,使其燃烧。

[0021] 本发明的上述技术方案相比现有技术具有以下优点:

[0022] 1. 本发明提供的燃烧室,包括:筒体,具有提供燃烧空间的腔体;燃烧室头段,与所述筒体连接,包括:至少一个喷嘴组件和至少一个扩散组件;喷嘴组件和扩散组件间隔套设置;本申请采用上述技术方案,通过喷嘴组件和扩散组件的间隔套设置,扩散组件产生的扩散气体流速低于从喷嘴组件喷出的预混气流速,加之两者边界层间强烈的剪切作用,可使喷嘴组件喷出的预混气流速降低,使得燃烧火焰更加稳定;同时减少氮氧化物排放、提高燃烧室出口温度分布均匀性。

[0023] 2. 本发明所述喷嘴组件包括:喷嘴本体,用于向所述筒体输送预混燃料,所述喷嘴本体的喷嘴为环缝,且环缝宽度小于氢气的淬熄距离;预混气供给件,与所述喷嘴本体连接,用于向所述喷嘴本体输送预混燃料;本申请技术方案通过设置环缝宽度小于氢气的淬熄距离,当火焰沿着所述环缝向上游逆向燃烧时,狭窄的流道可增大燃料燃烧的热损失,同时自由基与流道壁面的碰撞几率增加,参加反应的自由基减少,从而终止燃烧,防止回火。

[0024] 3. 本发明所述喷嘴组件还包括固定板,所述固定板上设有多个条形通道,所述固定板设于所述预混气供给件中,以将所述预混气供给件分为一个主供气腔和对应设置的多个支供气腔,多个支供气腔与多个所述条形通道一一对应设置;本申请采用上述技术方案,通过固定板将喷嘴组件进行可靠地固定连接。

[0025] 4. 本发明所述扩散组件包括:空气供给通道,与所述筒体的内部连通,且在所述空气供给通道靠近筒体的一端设有旋流器;氢气供给通道,与空气供给通道套设设置,所述氢气供给通道与所述筒体的内部连通,且在所述氢气供给通道靠近筒体的一端设有氢气供给孔;本申请通过设置旋流器,由于空气的密度大和流量高,氢气和空气产生稳定旋流,得到合理回流区,两者的相互作用可使氢气随空气以一定旋流角度向下游流动,并且旋流器可以连接固定相邻的喷嘴组件和扩散组件;同时,使用氢气为燃料,能够有效降低碳排放,保护环境。

[0026] 5. 本发明相邻空气供给通道中的旋流器的旋向相反;本申请通过设置旋向相反的旋流器,有利于形成合理回流区,并加强扩散气体与从所述喷嘴组件喷出的预混气之间边界层的相互作用,降低预混气流速,使火焰稳定。

[0027] 6. 本发明所述氢气供给孔与所述氢气供给通道的轴向呈角度布置,所述氢气供给孔向燃烧室的轴向倾斜,所述氢气供给孔轴向与氢气供给通道轴向的角度范围为30~60度;本申请采用上述技术方案,确保氢气从所述氢气供给孔流出后,能够进入扩散空气的主流区,有利于氢气和空气掺混以及扩散燃烧。

[0028] 7. 本发明在所述筒体的外壁上设有多个冷却孔;本申请通过设置冷却孔,降低所述筒体的壁面温度。

[0029] 8. 本发明在所述筒体上远离燃烧室头段的一端设有多个掺混孔;本申请通过设置掺混孔,调节燃烧室出口温度的分布。

[0030] 9. 本发明提供的燃气轮机,包括所述的燃烧室;本申请采用上述技术方案通过燃烧室的结构设置,使得燃烧火焰更加稳定,进而提高燃气轮机的运行效率和稳定性。

[0031] 10. 本发明提供的燃烧控制方法,利用所述的燃烧室进行燃烧,包括:经扩散组件输送至筒体的燃料燃烧稳定后,再经喷嘴组件向筒体内输送燃料,使其燃烧;本申请采用上述技术方案,可确保燃烧始终处于稳定状态,避免超温及异常的压力脉动现象。

## 附图说明

[0032] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0033] 图1为本发明实施方式中提供的燃烧室的立体结构示意图;

[0034] 图2为本发明实施方式中提供的燃烧室的剖视结构示意图;

[0035] 图3为本发明实施方式中提供的燃烧室的右视结构示意图;

[0036] 图4为图2中A处的局部放大结构示意图;

[0037] 图5为图2中B处的局部放大结构示意图;

[0038] 图6为图2中C处的局部放大结构示意图;

[0039] 图7为本发明实施方式中提供的燃烧室的局部剖面结构示意图。

[0040] 附图标记说明:

[0041] 1、燃烧室头段;2、筒体;3、主供气腔;4、支供气腔;5、径向固定板;6、轴向固定板;7、喷嘴本体;8、空气供给通道;9、氢气供给通道;10、旋流器;11、氢气供给孔;12、冷却孔;13、掺混孔;14、条形通道;15、固定板。

## 具体实施方式

[0042] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0043] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,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。

[0044] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0045] 此外,下面所描述的本发明不同实施方式中所涉及的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互结合。

[0046] 如图1至图7所示的燃烧室的一种具体实施方式,包括:依次连接的燃烧室头段1与筒体2等。

[0047] 如图1至图3、以及图7所示,所述筒体2具有提供燃烧空间的腔体,即火焰筒;所述燃烧室头段1包括:三个喷嘴组件和三个扩散组件,且喷嘴组件和扩散组件依次间隔套设置。三个喷嘴组件和三个扩散组件同轴周向排布六级。进一步的,排布的级数可以由燃烧室的设计尺寸及燃烧设计参数进行适当调整。

[0048] 所述喷嘴组件包括:喷嘴本体7、预混气供给件和固定板15,所述喷嘴本体7用于向所述筒体2输送预混燃料,具体的,所述预混燃料为天然气、氢气以及空气的混合燃料,或者是氢气和空气的混合燃料;所述喷嘴本体7的喷嘴为环缝,且环缝宽度小于氢气的淬熄距离;所述预混气供给件与所述喷嘴本体7连接,用于向所述喷嘴本体7输送预混燃料。所述固定板15为环形,如图7所示,所述固定板15包括:互相连接的径向固定板5和轴向固定板6;具体的,所述轴向固定板6的截面为圆环形,径向固定板5连接五个轴向固定板6,相邻的两个径向固定板5和两个轴向固定板6形成一个条形通道14,进一步的,所述条形通道14的面积可由燃烧设计参数及所需流量进行适当调整,条形通道14的面积不同,流量不同;所述固定板15设于所述预混气供给件中,以将所述预混气供给件分为一个主供气腔3和对应设置的多个支供气腔4,多个支供气腔4与多个所述条形通道14一一对应设置;具体的,所述主供气腔3和支供气腔4的截面均为圆环形。

[0049] 每级喷嘴组件包括:一个主供气腔3,每个主供气腔3对应四个支供气腔4。进一步的,每级喷嘴组件的支供气腔4的数量也可以由燃烧室的设计尺寸及燃烧设计参数进行适当调整,具体的,燃烧设计参数包括:燃烧室流场参数分布。每级喷嘴组件和扩散组件中的燃料流量可以单独调节。进一步的,各级喷嘴组件中的各支供气腔4的流量均支持独立调整;各级扩散组件中的各空气供给通道8和氢气供给通道9的流量也全部支持独立调整。在所述喷嘴组件的燃料进口和燃料出口均设有倒圆角以降低阻力损失;在所述燃烧室头段1与所述筒体2的内部连接处设有倒圆角,避免产生角回流区。

[0050] 如图4至图6所示,所述扩散组件包括:空气供给通道8和氢气供给通道9;所述空气供给通道8与所述筒体2的内部连通,且在所述空气供给通道8的右端设有旋流器10;相邻空气供给通道8中的旋流器10的旋向相反;进一步的,所述扩散组件的直径越大,旋流器10的叶片个数越多,旋流器10的叶片尺寸可根据燃烧设计参数进行适当调整,以确保旋流效果。所述氢气供给通道9与空气供给通道8套设设置,所述氢气供给通道9与所述筒体2的内部连通,且在所述氢气供给通道9的右端设有氢气供给孔11。所述氢气供给孔11与所述氢气供给通道9的轴向呈角度布置;所述氢气供给孔11向燃烧室的轴向倾斜,所述氢气供给孔11轴向与氢气供给通道9轴向的角度范围为30~60度,具体的角度可根据燃烧设计参数进行适当调整,以确保旋流效果。具体的,所述氢气供给孔11在所述氢气供给通道9的末端沿周向分布;进一步的,氢气供给孔11的个数及直径可适当进行调整。每级扩散组件包括:单个空气供给通道8和氢气供给通道9。具体的,所述空气供给通道8的截面为圆环形;中心级为氢气供给通道9,且为圆柱形空腔;其余级的氢气供给通道9的截面也为圆环形。

[0051] 在所述筒体2的外壁上设有多个冷却孔12。在所述筒体2的右端设有多个掺混孔13。

[0052] 本发明还提供一种燃气轮机,包括所述的燃烧室。

[0053] 本发明还提供一种燃烧控制方法,利用所述的燃烧室进行燃烧,包括:经扩散组件输送至筒体的燃料燃烧稳定后,再经喷嘴组件向筒体内输送燃料,使其燃烧。当某级喷嘴组件供气燃烧时,至少应有一级与其紧邻的扩散组件也供气燃烧,确保燃烧稳定性。进一步的,当燃气轮机处于启动阶段时,可仅依靠部分喷嘴组件及扩散组件燃烧出力;当以额定功率运行时,可使所有喷嘴组件及扩散组件工作,确保燃气轮机连续和稳定出力;当停机时,可按顺控程序停止喷嘴组件及扩散组件的燃料供应;当由于故障跳机时,为保护燃气轮机及其辅助设备的安全,可按顺控程序切断所有喷嘴组件及扩散组件的燃料供应。具体的,在停机时,应先停止喷嘴组件的燃料供应,待燃气轮机稳定后,再停止扩散组件的燃料供应。

[0054] 本申请所述燃烧室的燃烧控制过程原理简述如下:在火焰筒中,位于喷嘴组件出口下游的区域作为主燃区,位于扩散组件出口下游的区域作为值班区,氢气和空气扩散燃烧时形成值班火焰,引燃从喷嘴本体7喷出的氢气和空气的预混气,使主燃区稳定燃烧。该燃烧室在工作时,首先使值班火焰稳定燃烧,各级扩散组件中的空气供给通道8将空气输送至旋流器10,经旋流器10的作用,产生定向旋流后流出空气供给通道8,空气并以一定旋流角度向燃烧室的下游流动。同时,各级扩散组件中的氢气供给通道9将氢气输送至其末端,然后由氢气供给孔11以一定角度将氢气输送至火焰筒中的空气主流区,使氢气和空气充分掺混;由于空气的密度高和流量大,加之气体射流作用,使得氢气和空气存在着强烈的剪切作用,可使氢气随空气以相同的旋流角度向燃烧室下游流动,并形成回流区,点火后即可形成值班燃烧区。待值班火焰稳定后,氢气和空气掺混均匀形成的预混气流动至各级主供气腔3中,然后经条形通道14流动至各支供气腔4,再由对应的喷嘴本体7将预混燃料输送到火焰筒中燃烧,形成主燃区。该燃烧室在点火初始阶段,可先从中心级扩散组件及其相邻的喷嘴组件开始供气燃烧,待燃烧稳定后,再沿径向逐级开始供给氢气与空气,逐步形成多级值班区及主燃区。值班区扩散气体的流速低于从喷嘴本体7喷出的预混气流速,从而在扩散气体和预混气的边界层间的强烈剪切作用下,可使从喷嘴本体7喷出的预混气流速降低,稳定主燃区火焰。

[0055] 作为替代的实施方式,去除主供气腔3,直接由支供气腔4提供预混燃料。

[0056] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其他不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引申出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

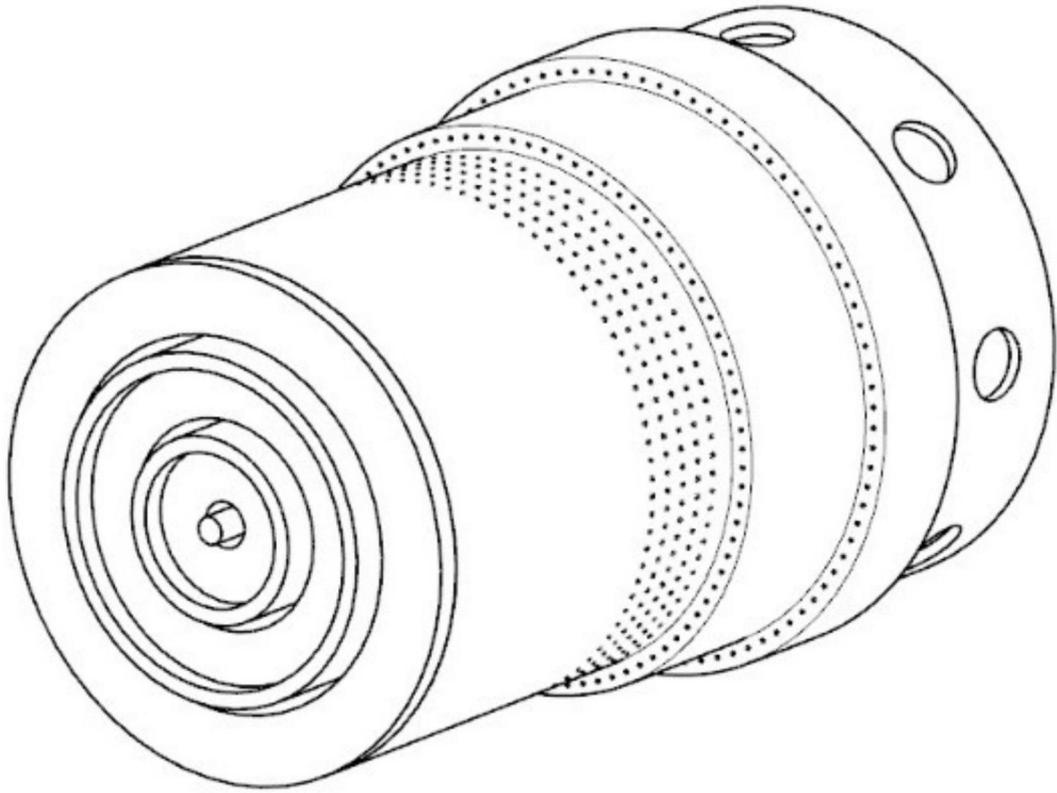


图1

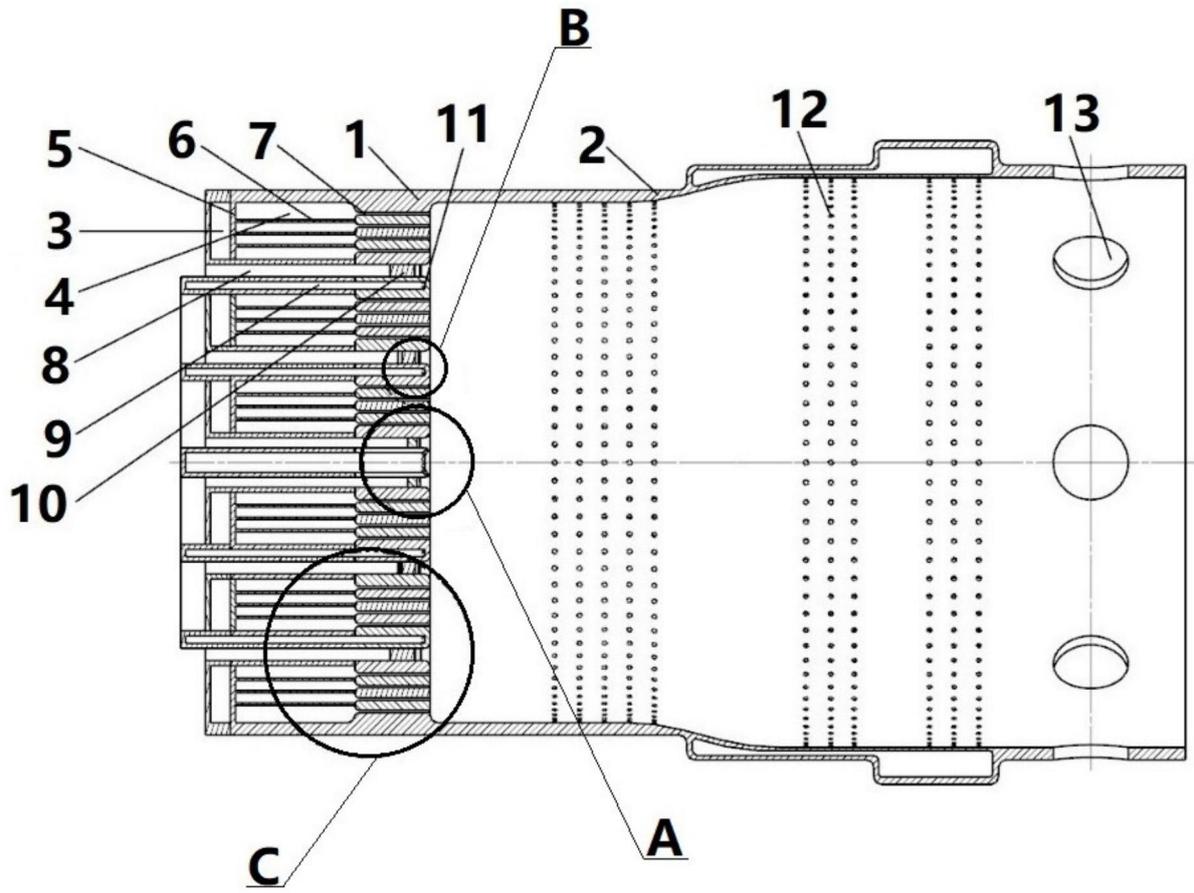


图2

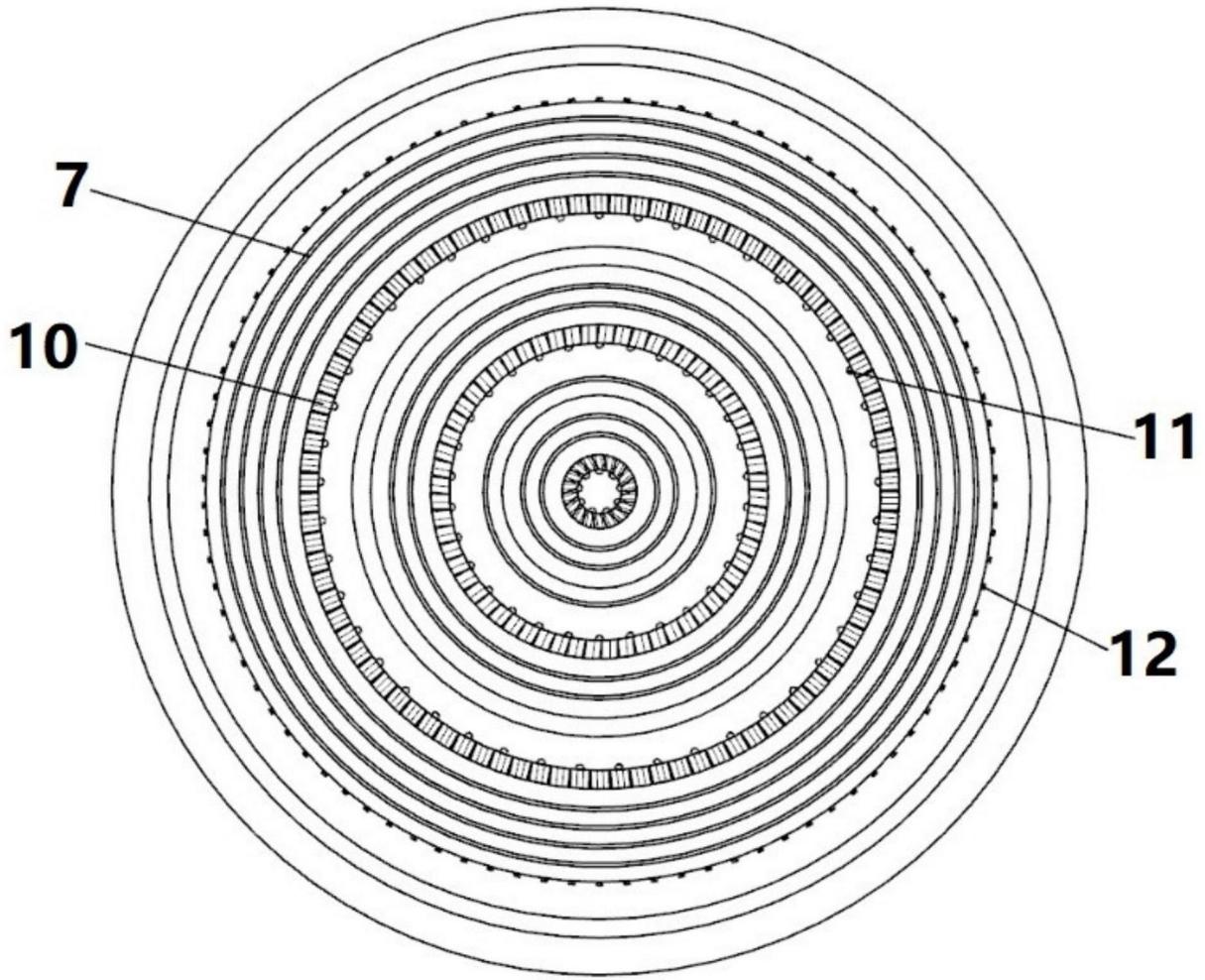


图3

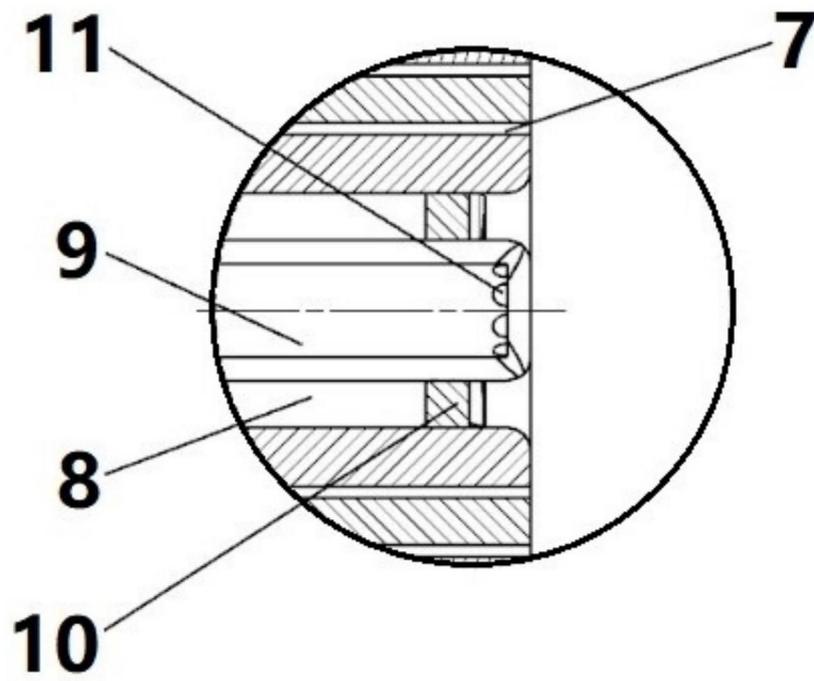


图4

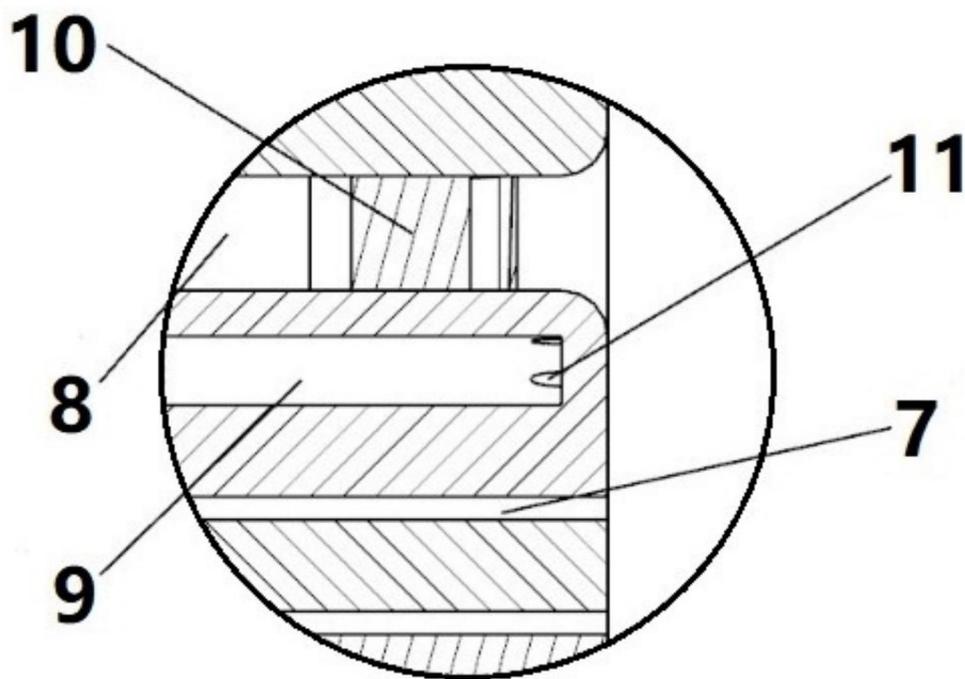


图5

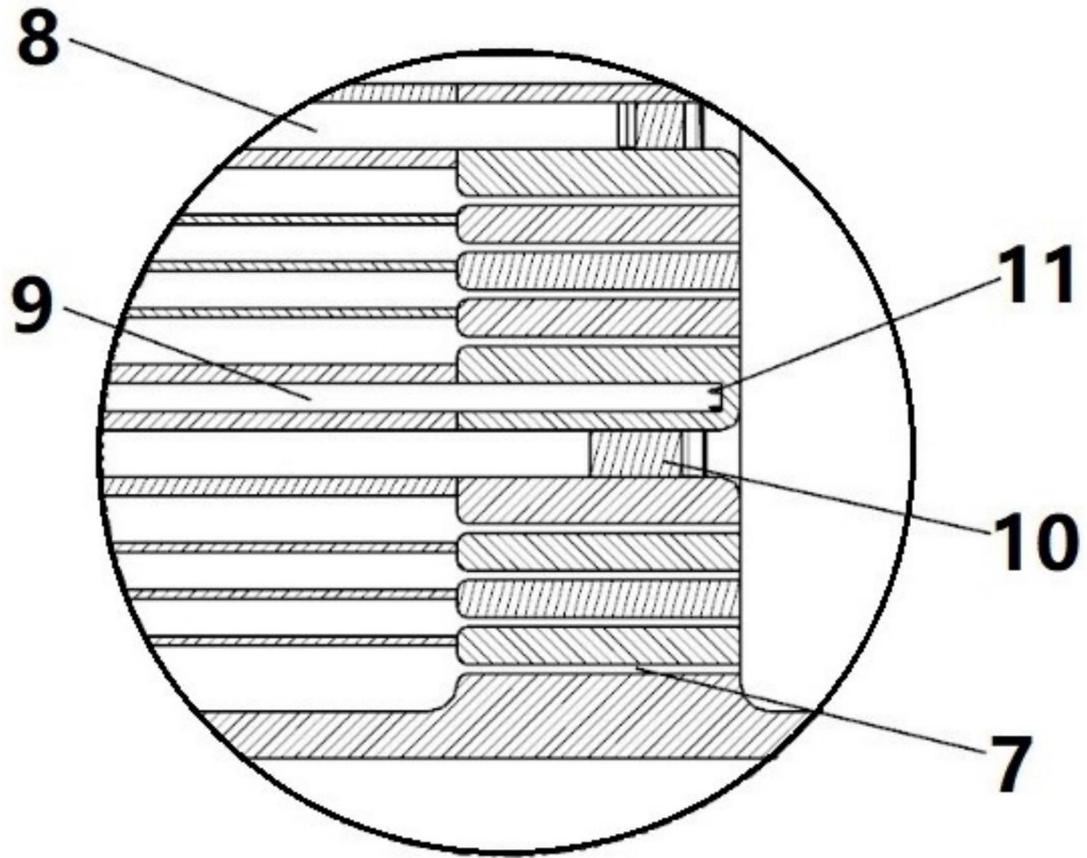


图6

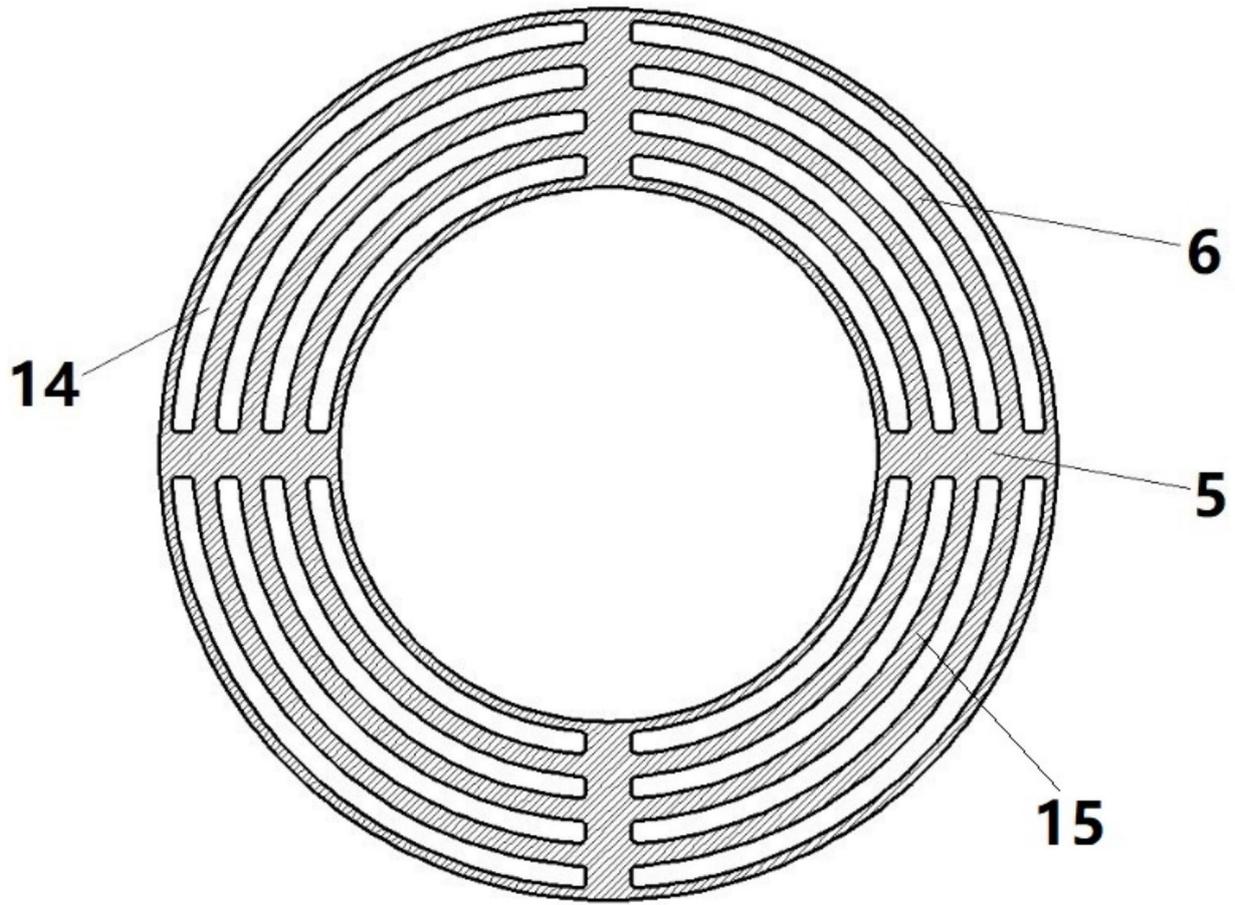


图7