



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106287814 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(21)申请号 201610861437.3

(22)申请日 2016.09.29

(71)申请人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

(72)发明人 颜应文 刘云鹏 李井华 邸东

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237

代理人 贺翔

(51)Int.Cl.

F23R 3/20(2006.01)

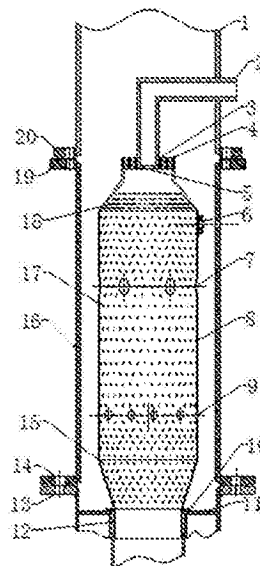
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室

(57)摘要

本发明公开了一种轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,包括燃烧室进气管道,机匣,燃烧室出口段,机匣上端连接有燃烧室进气管道,下端连接有燃烧室出口段,燃烧室出口段上安装有火焰筒;火焰筒通过天然气进口管道与燃烧室进气管道连接;火焰筒头部顶端安装有天然气烧嘴,以及套在天然气烧嘴上的一级旋流器组件、二级旋流器组件;在天然气烧嘴上设置多个天然气喷孔;火焰筒中段上侧安装有主燃孔,主燃孔的上端设置有点火器安装组件;火焰筒中段下侧安装有掺混孔;本发明还公开了旋流器组件的内部结构;本发明的燃烧室能够有利于燃料和空气的快速均匀混合,并且火焰筒头部形成稳定的回流区,并且提高了燃烧室整体的使用寿命。



1. 一种轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,包括燃烧室进气管道(1),机匣(16),燃烧室出口段(12),其特征在于,所述的机匣(16)上端连接有燃烧室进气管道(1),所述的机匣(16)下端连接有燃烧室出口段(12),所述的燃烧室出口段(12)上安装有火焰筒(8);所述的火焰筒(8)通过天然气进口管道(2)与燃烧室进气管道(1)连接;所述的天然气进口管道(2)的顶端安装有天然气烧嘴(5),以及套在天然气烧嘴(5)上的一级旋流器组件(3)、二级旋流器组件(4),并且一级旋流器组件(3)、二级旋流器组件(4)与天然气进口管道(2)上的天然气烧嘴(5)通过一定的间隙配合进行固定;所述的天然气烧嘴(5)上设置多个天然气喷孔(23);所述的火焰筒(8)中段上侧安装有主燃孔(7),主燃孔(7)的上端设置有点火器安装组件(6);所述的火焰筒(8)中段下侧安装有掺混孔(9)。

2. 根据权利要求1所述的轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,其特征在于,所述的天然气喷孔(23)与轴向进气气流具有一定的夹角;所述的天然气烧嘴(5)上的天然气喷孔(23)的孔径为0.3~3.5mm;数量为6~20;所述的烧嘴喷射的角度为 30° ~ 150° 。

3. 根据权利要求1所述的轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,其特征在于,所述的燃烧室进气管道(1)通过燃烧室进口法兰(19)以及燃烧室进气段法兰(20)与机匣(16)连接;所述的燃烧室出口段(12)通过涡轮进口法兰(13)以及燃烧室出口法兰(14)与机匣(16)连接。

4. 根据权利要求1所述的轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,其特征在于,所述的点火器安装组件(6)在火焰筒(8)外壁上可以移动。

5. 根据权利要求1所述的轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,其特征在于,所述的火焰筒(8)头部表面安装有火焰筒头部气膜冷却小孔(18),火焰筒(8)中段表面安装有火焰筒中段气膜冷却小孔(17),火焰筒(8)尾部表面安装有火焰筒收缩段气膜冷却小孔(15)。

6. 根据权利要求1所述的轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,其特征在于,所述的天然气进口管道(2)为直角结构,所述的天然气进口管道(2)与燃烧室进气管道(1)通过焊接连接或者法兰连接。

7. 根据权利要求1所述的轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,其特征在于,所述的燃烧室出口段(12)与火焰筒(8)尾部的连接处依次设有火焰筒支撑板(10)以及涡轮支撑板(11),并且单管燃烧室为竖直放置。

8. 一种如权利要求1所述的轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,其特征在于,所述的一级旋流器组件(3)、二级旋流器组件(4)为双轴向旋流器组合、双径向旋流器组合或斜切径向旋流器组合。

9. 根据权利要求8所述的轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,其特征在于,所述的一级旋流器(3)和二级旋流器(4)还可以合并为单级轴向旋流器。

10. 根据权利要求8所述的轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,其特征在于,所述的一级旋流器组件(3)、二级旋流器组件(4)上分别安装有一级旋流器叶片(21)、二级旋流器叶片(22);所述的一级旋流器叶片(21)、二级旋流器叶片(22)为直叶片式或者螺旋式,安装角度为 20° ~ 80° ,叶片数目为6~30。

一种轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室

技术领域

[0001] 本发明属于地面燃气轮机领域,具体涉及一种轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室。

背景技术

[0002] 近十年来,地面燃气轮机的使用价值以及应用前景已经被国内外的学者充分证明。并且随着能源消耗的日益增加,分布式电源也逐渐得到了重视。分布式供电有不需要远距离输配电设备,能够就近利用能源,按照用户要求方便实现热、电、冷三联产并且具备能够满足特殊应用环境的动力和用电需求的优点。地面燃气轮机是将燃料的化学能转变为电能的最为快速、稳定和方便的具有高功率密度的能量转换装置之一。地面燃气轮机所使用的燃料可以是气体燃料或者液体燃料,其中气体燃料以天然气为多,液体燃料包括柴油和重油等。地面燃气轮机技术的发展与应用受到航空燃机技术和理论的发展、地面燃机自身技术的发展、相关学科技术的发展以及市场需求的激励。

[0003] 目前国内对地面燃气轮机燃烧室的研究,主要参考国外较为成熟的技术,其中所使用的燃料多数为气体燃料。气体燃料不同于液体和固体燃料,燃烧过程包含三个阶段:(1)燃料与空气混合、(2)混合气体加热着火、(3)完成燃烧化学反应。燃气轮机燃烧室大多采用扩散式燃烧,混合后的可燃气体是靠外部点火源点燃,为了防止脱火、熄火,除了应是气体的喷出速度和火焰传播速度相适应外,还应该采取措施构成强有力的点火源,靠自身产生的热量实现连续稳定的燃烧。为了提高地面燃气轮机的整体性能,其燃烧室一般采用高温合金材料,采用多级旋流的方式形成回流区稳定火焰,结合主燃孔和掺混孔形成较为均匀的出口温度场,采用合理的冷却方式冷却火焰筒壁面,从而保证火焰筒的寿命。对于地面燃气轮机,大多采用回流环形和折流形式的燃烧室,尺寸相对于航空燃气轮机燃烧室来讲较长,具有对压气机出口流场不敏感和出口温度较为均匀等优点,且不用过分考虑燃烧室的复杂结构和重量。但是回流式燃烧室存在着火焰筒冷却面积大、转弯附加压力损失和不对称流动等缺点。尤其以天然气为燃料的地面燃气轮机,由于不同地区的天然气的甲烷等含量不尽相同,这就导致了燃料的热值等参数有一定的变化,这就要求其燃烧室应该具有一定宽度的燃料热值适应性。在地面燃气轮机燃烧室的设计过程中应该充分考虑上述特点进行设计,发挥其长处,克服其短处。因此,设计一种能够提高燃烧室整体的使用寿命,同时实现天然气与空气气流之间的快速均匀掺混,并且火焰筒头部形成稳定的回流区,有利于燃烧室火焰稳定的燃烧室一直是本领域技术人员待解决的技术难题。

发明内容

[0004] 本发明针对现有技术存在的问题,提出了一种轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,能够有利于燃料和空气的快速均匀混合,并且火焰筒头部利用旋流器形成稳定的回流区,有利于燃烧室火焰稳定并且提高了燃烧室整体的使用寿命。

[0005] 本发明是这样实现的,一种轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,包括燃烧室进

气管道,机匣,燃烧室出口段,其特征在于,所述的机匣上端连接有燃烧室进气管道,所述的机匣下端连接有燃烧室出口段,所述的燃烧室出口段上安装有火焰筒;所述的火焰筒通过天然气进口管道与燃烧室进气管道连接;所述的火焰筒头部顶端安装有天然气烧嘴,以及套在天然气烧嘴上的一级旋流器组件、二级旋流器组件,并且存在空隙;当火焰筒受热膨胀时,天然气烧嘴固定不动,火焰筒可以向上移动一定的轴向距离,从而消除燃烧室火焰筒的热应力;所述的天然气烧嘴上设置多个天然气喷孔;所述的火焰筒中段上侧安装有主燃孔,主燃孔的上端设置有点火器安装组件;所述的火焰筒中段下侧安装有掺混孔;通过天然气烧嘴与旋流器组件的设置,可以实现天然气与头部旋流器旋转气流之间的快速均匀掺混,有利于头部燃烧的组织;主燃孔的设计可以对头部回流区进行有效截断,并补充头部氧气参与燃烧,使得喷嘴喷出的天然气完全燃烧;掺混孔的设置可以使得空气与主流高温燃气均匀混合,并形成满足涡轮进口的温度场,降低燃烧室出口高温热点,从而提高涡轮寿命;在火焰筒上沿圆周设计多个掺混孔,从而调节燃烧室出口温度分布;一级旋流器组件、二级旋流器组件流出的空气开始迅速向外高速旋转扩张,从而造成火焰筒中心部位压力降低,导致后面气流逆流来补充,从而在燃烧室头部形成稳定的回流区,为形成稳定的点火源提供了气动条件。

[0006] 进一步,所述的喷孔与轴向具有一定的夹角;所述的天然气烧嘴上天然气喷孔的孔径为0.3~3.5mm;数量为6~20;所述的烧嘴上的天然气喷孔喷射的角度为 30° ~ 150° 。

[0007] 进一步,所述的燃烧室进气管道通过燃烧室进口法兰以及燃烧室进气段法兰与机匣连接;所述的燃烧室出口段通过涡轮进口法兰以及燃烧室出口法兰与机匣连接。

[0008] 进一步,所述的点火器安装组件在火焰筒外壁上可以移动;考虑到火焰筒受热膨胀和部件加工及安装误差,在火焰筒外壁设计的有点火器安装组件,点火器安装组件可以沿圆周 360° 方向均有一定的移动空间,从而方便点火器安装以及燃烧后的受热自由膨胀。

[0009] 进一步,所述的火焰筒头部表面安装有火焰筒头部气膜冷却小孔,火焰筒中段表面安装有火焰筒中段气膜冷却小孔,火焰筒尾部表面安装有火焰筒收缩段气膜冷却小孔;在火焰筒壁面上设计了全覆盖气膜冷却小孔可以提高火焰筒寿命。

[0010] 进一步,所述的与火焰筒头部与天然气进口管道通过一定的间隙进行配合;所述的天然气进口管道与燃烧室进气管道通过焊接连接或者法兰连接;保证密封,防止燃烧室进气管道中的高压空气漏出。

[0011] 进一步,所述的燃烧室出口段与火焰筒尾部的连接处依次设有火焰筒支撑板以及涡轮支撑板;整个燃烧室设计为竖直放置在涡轮进口支撑板上,通过火焰筒支撑板来固定火焰筒,其中尾部的火焰筒支撑板是主要的受力部件,整个火焰筒的重力由火焰筒支撑板传递给涡轮支撑板来承受;火焰筒头部与天然气烧嘴之间由一定的间隙进行固定,从而保证火焰筒受热后自由向上膨胀。

[0012] 本发明还公开了一种轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室,所述的一级旋流器组件、二级旋流器组件为双轴向旋流器组合、双径向旋流器组合或斜切径向旋流器组合。

[0013] 进一步,所述的一级旋流器和二级旋流器还可以合并为单级轴向旋流器。

[0014] 进一步,所述的单管燃烧室的一级旋流器组件、二级旋流器组件上分别安装有一级旋流器叶片、二级旋流器叶片;所述的一级旋流器叶片、二级旋流器叶片为直叶片式或者螺旋式,安装角度为 20° ~ 80° ,叶片数目为6~30。

[0015] 本发明与现有技术的有益效果在于：

(1)通过旋流器、主燃孔和掺混孔结构的设置,使得头部两股旋转气流进入火焰筒后形成剪切层,有利于燃料和空气的快速均匀混合,并且火焰筒头部形成稳定的回流区,有利于燃烧室火焰稳定;

(2)通过设计天然气烧嘴结构和天然气喷孔数量、角度,从而实现天然气与头部旋流器旋转气流之间的快速均匀掺混,有利于头部燃烧的组织;

(3)合理设计主燃孔和掺混孔的大小和数量。通过改变主燃孔的大小来调节射流深度,截断燃烧中心回流区,缩短燃烧长度。通过改变掺混孔大小来调节射流深度,并与主流高温燃气均匀混合,形成满足涡轮进口的温度场,降低燃烧室出口高温热点,从而提高涡轮寿命

(4)通过竖直放置燃烧室的设计,具备了合理的机械应力和热应力受力机构,保证火焰筒的承力和受热的自由膨胀,因此整个火焰筒的重力通过火焰筒尾部焊接的支撑板来承受;而整体火焰筒的受热膨胀,向上伸缩,通过在头部烧嘴与旋流器组件之间的自由移动来实现受热自由膨胀。

[0016] (5)火焰筒壁面设计有全覆盖冷却小孔,在火焰筒的内壁面附近形成空气薄膜,冷却火焰筒壁面,降低火焰筒壁面温度和温度梯度,从而提高燃烧室整体的使用寿命。

[0017] (6)通过一级轴向旋流器和二级轴向旋流器设计成两级轴向旋流器,气流旋向相反,可以形成较强的气流剪切层,有利于燃料与空气的快速混合,使得气态燃料和空气的快速均匀混合,混合可燃气体经高速旋转后在火焰筒的头部形成稳定的回流区,起到了稳定火焰的作用,通过点火器点燃可燃气体进行稳定燃烧;或者进行合并为单级轴向旋流器,保证头部回流区结构以及与天然气的掺混不变条件下,实现单管燃烧室头部结构简单,从而降低加工成本。

附图说明

[0018] 图1为本发明一种轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室结构示意图。

[0019] 图2为本发明一种轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室的地面燃气轮机燃烧室旋流器结构示意图。

[0020] 其中,1-燃烧室进气管道,2-天然气进气管道,3-一级旋流器组件,4-二级旋流器组件,5-天然气烧嘴,6-点火器安装孔组件,7-主燃孔,8-火焰筒,9-掺混孔,10-火焰筒支撑板,11-涡轮进口支撑板,12-燃烧室出口段,13-涡轮进口法兰,14-燃烧室出口法兰,15-火焰筒收缩段气膜冷却小孔,16-机匣,17-火焰筒中段气膜冷却小孔,18-火焰筒头部气膜冷却小孔,19-燃烧室进口法兰,20-燃烧室进气段法兰,21-一级旋流器叶片,22-二级旋流器叶片,23-天然气喷孔。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图和实施例对发明进一步说明。

[0022] 如图1所示,本发明一种轴向进气的地面燃气轮机单管燃烧室包括燃烧室进气管道1,机匣16,燃烧室出口段12所述的机匣16上端连接有燃烧室进气管道1,所述的机匣16下端连接有燃烧室出口段12,三者所围成的中空端安装有火焰筒8,所述的火焰筒8安装在燃烧室出口段12上端;所述的火焰筒8通过天然气进口管道2与燃烧室进气管道1进行固定;所

述的火焰筒8头部顶端安装有天然气烧嘴5;天然气进口管道2的一端与天然气烧嘴5相连接;一级旋流器组件3、二级旋流器组件4套在天然气烧嘴5上,并且存在空隙;所述的天然气烧嘴5上设置多个天然气喷孔23,天然气喷孔与轴向进气气流具有一定的夹角,天然气喷孔23的孔径在0.3~3.5mm之间、数量在6~20个之间以及喷射的角度在 30° ~ 150° 之间,甚至是喷嘴的结构形式都可以根据所需的工作状态进行适当的调整,从而达到喷射的燃料尽快与空气混合均匀。火焰筒8中段上侧安装有主燃孔7,主燃孔7的上端设置有点火器安装组件6;火焰筒8中段下侧安装有掺混孔9;火焰筒8头部表面安装有火焰筒头部气膜冷却小孔18,火焰筒8中段表面安装有火焰筒中段气膜冷却小孔17,火焰筒8尾部表面安装有火焰筒收缩段气膜冷却小孔15。

[0023] 来自离心压气机的高压气体经过蜗壳收集后,从轴向燃烧室进气管道1进入单管燃烧室后,分为4部分流路进入燃烧室火焰筒,分别是流经一级旋流器组件3、二级旋流器组件4、火焰筒上的主燃孔7、掺混孔9以及火焰筒壁面上的全覆盖气膜冷却小孔,即火焰筒收缩段气膜冷却小孔15、中段表面安装有火焰筒中段气膜冷却小孔17以及火焰筒头部气膜冷却小孔18进入火焰筒。燃烧室进气管道1通过燃烧室进口法兰19以及燃烧室进气段法兰20与机匣16连接;燃烧室出口段12通过涡轮进口法兰13以及燃烧室出口法兰14与机匣16连接,可以保证密封,防止漏气;头部的天然气进口管道2设有螺纹,方便与天然气管道连接,可以保证密封,防止漏气,且天然气进口管道2与燃烧室进气管道1焊接连接或者通过法兰连接,保证密封,防止燃烧室进气管道中的高压空气漏出;由于整个燃气轮机总体设计要求,整个燃烧室设计为竖直放置在涡轮进口支撑板11上,因此需要考虑其机械应力和热应力的承力件设计,主要由头部的一级旋流器组件3、二级旋流器组件4与天然气烧嘴5的连接,以及火焰筒8尾部的火焰筒支撑板10来固定,其中尾部的火焰筒支撑板10是主要的受力部件,整个火焰筒的重力由火焰筒支撑板传递给涡轮支撑板11来承受;保证火焰筒的承力和受热的自由膨胀;整个火焰筒的重力通过火焰筒尾部焊接的支撑板来承受;而整体火焰筒的受热膨胀,通过在头部设计的烧嘴与旋流器组件之间的轴向自由移动来保证其自由膨胀。

[0024] 一级旋流器组件3、二级旋流器组件4套在天然气烧嘴5上并且有一定的空隙空间,当火焰筒受热膨胀时,天然气烧嘴5固定不动,火焰筒8可以向上移动一定的轴向距离,从而消除燃烧室火焰筒的热应力。考虑到火焰筒受热膨胀和部件加工及安装误差,在火焰筒中部的中段设计有点火器安装组件6,点火器安装组件6可以在火焰筒8外壁上可以移动,并且在圆周 360° 方向均有一定的移动空间,从而方便点火器安装。

[0025] 10%~40%左右的空气从一级旋流器组件3、二级旋流器组件4进去,与烧嘴喷出的天然气进行充分混合,在两级旋流气流作用下形成稳定的回流区,经壁面上点火器点燃后,形成稳定的燃烧火焰;10%~40%左右的空气从主燃孔进入主流区,通过主燃孔的射流来截断头部高温回流区,从而控制回流区长度,并补充新鲜空气,使烧嘴喷出的天然气完全燃烧;10%~40%左右的空气从掺混孔进入,调节出口温度分布,使其温度场满足涡轮设计要求,从而提高涡轮的寿命;从火焰筒上的全覆盖气膜冷却小孔进入的空气,在火焰筒内壁面上形成全覆盖气膜,从而提高火焰筒寿命。

[0026] 如图2所示,燃烧室头部的主要结构为两级旋流器结构,包括一级旋流器组件3和二级旋流器组件4,一级旋流器组件3和二级旋流器组件4可以为双轴向旋流器组合、双径向

旋流器组合或斜切径向旋流器组合。将一级旋流器组件3主要设计成轴向旋流器,二级旋流器组件4设计成轴向旋流器,其叶片为螺旋形叶片或直叶片,并且两级旋流器的进气旋向相反或相同,两级旋流器进气形成剪切层,保证天然气与空气快速均匀的混合。从一级旋流器组件3、二级旋流器组件4流出的空气开始迅速向外高速旋转扩张,从而造成火焰筒中心部位压力降低,导致后面气流逆流来补充,从而在燃烧室头部形成稳定的回流区,为形成稳定的点火源提供了气动条件;混气在燃烧室头部经点火器组件6点燃后迅速燃烧,释放热量,气流加速,从燃烧室火焰筒出口段12高速喷出,推动燃烧室后的涡轮做功,将热能转变为机械能。

[0027] 一级旋流器组件3可以通过整体铸造或机械加工方式进行加工,二级旋流器组件4可以通过整体机械加工、整体铸造或焊接等方式进行加工,旋流器叶片等部件可以通过焊接方式与旋流器内外壁面进行连接,两级旋流器之间通过焊接连接;一级旋流器组件3、二级旋流器组件4与燃烧室火焰筒8通过焊接相连接;火焰筒壁面上火焰筒收缩段气膜冷却小孔15、中段表面安装有火焰筒中段气膜冷却小孔17以及火焰筒头部气膜冷却小孔18可以通过激光打孔或机械打孔技术进行加工,主燃孔7和掺混孔9比较大的孔可以通过机械加工的方式进行加工;通过设计合理的主燃孔和掺混孔的大小和数量,从而组织合理的主燃孔射流深度和进气量,主燃孔射流能够截断回流区,使燃烧化学反应主要发生在回流区内。组织好合理的掺混孔射流深度和气量,形成满足涡轮进口要求的温度场,从而降低高温热点。火焰筒支撑板10通过焊接方式与火焰筒出口段12连接,使得火焰筒整体承重通过支撑板10坐在涡轮进口支撑板11上。

[0028] 一级旋流器3为轴向旋流器,旋流角度在 $20^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 之间、叶片数量在6~30个之间,这些设置均可以做出适当的调整,气流旋向沿气流方向可为顺时针或者逆时针;二级旋流器4也设计为轴向叶片式旋流器,叶片安装角度在 $20^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 之间和叶片数目在6~30个之间均可以做出适当的调整。一级旋流器组件3、二级旋流器组件4的气流旋向相反,可以形成较强的气流剪切层,有利于燃料与空气的快速混合,并且两级旋流器叶片可以为直叶片式或螺旋叶片式;火焰筒8上面的火焰筒壁面上火焰筒收缩段气膜冷却小孔15、中段表面安装有火焰筒中段气膜冷却小孔17以及火焰筒头部气膜冷却小孔18与来流壁面之间的夹角在 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间、复合角在 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间,这些设置根据实际情况进行适当的调整,从而达到最佳冷却效果。

[0029] 在保证两级旋流器流通面积不变条件下,工程上也可以把一级旋流器3和二级旋流器4合并为单级轴向旋流器,通过设计单级旋流器的旋流数,并与天然气烧嘴进行匹配,保证燃烧室头部形成稳定的燃烧流场,从而实现结构简单,并降低其加工成本。

[0030] 燃烧室头部的空气量,其中包括一级旋流器3、二级旋流器4进气量和火焰筒头部冷却孔18的冷却空气量占到进口总空气量的12%~40%左右,燃烧室头部总体为偏富油燃烧,从而保证有较好的燃烧稳定性。

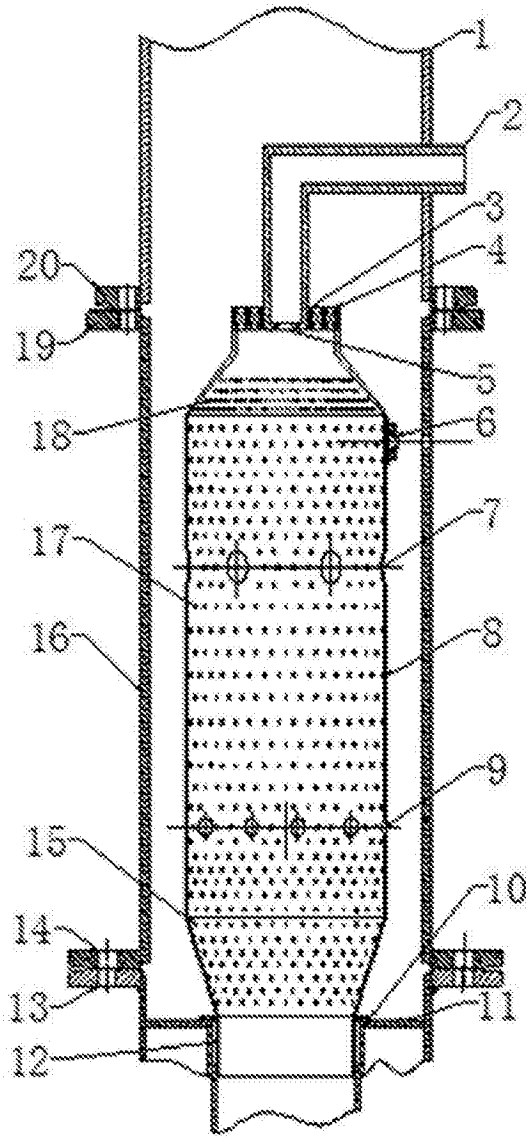


图1

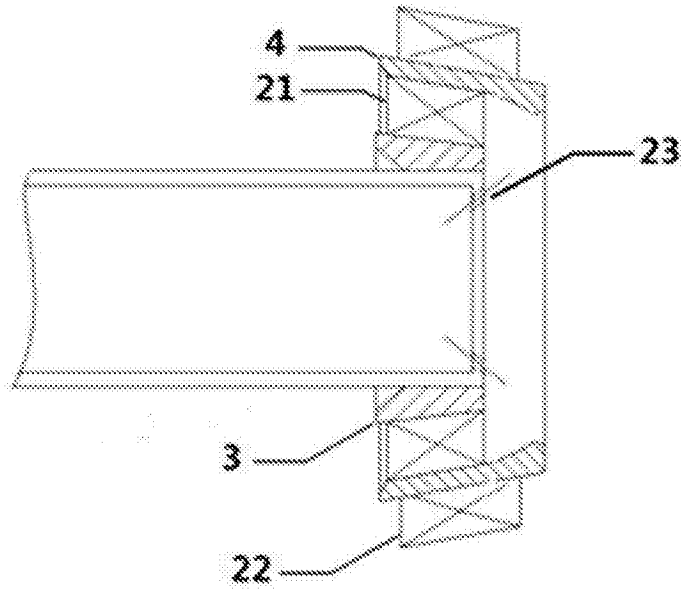


图2