



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111780079 A

(43) 申请公布日 2020.10.16

(21) 申请号 202010636712.8

(22) 申请日 2020.07.03

(71) 申请人 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 刘秋生 朱志强 王许稳

(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 焦海峰

(51) Int. Cl.

F22B 1/30 (2006.01)

F22B 35/00 (2006.01)

F22B 37/02 (2006.01)

F22B 37/34 (2006.01)

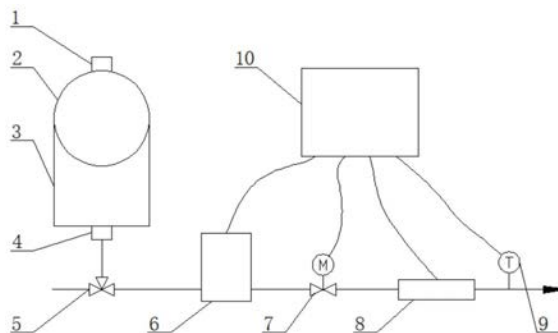
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种空间地面两用蒸汽发生器

(57) 摘要

本发明公开了一种空间地面两用蒸汽发生器,蓄能器的底端设置有注液口,注液口通过三通阀和流量控制器连接,流量控制器通过电磁阀和管道式加热器连接,管道式加热器通过管道与试验液池连接,该管道内设置有热电偶;通过数据处理器设定流量控制器流量值,通过热电偶实时测量蒸汽温度并传输至数据处理器,通过数据处理器对加热器进行PID控制,实现稳定温度的蒸汽输出。蒸汽发生器出口温度不受出口压力的影响,源动力完全依靠自身。且该装置不受地面重力的影响,在空间微重力条件下也能较好的应用,且已成功用于我国首艘货运飞船(TZ-1)上进行的空间蒸发与冷凝科学实验装置的蒸汽产生与注汽系统中。



1. 一种空间地面两用蒸汽发生器,其特征在于,包括蓄能器、三通阀、流量控制器、电磁阀、管道式加热器、热电偶、数据处理器,

所述蓄能器由外壳和内部两部分组成,蓄能器的内部设置有气囊,通过气囊分割为内部气体侧和内部液体侧两部分,蓄能器的顶端设置有注气口,蓄能器的底端设置有注液口,注液口通过三通阀和流量控制器连接,流量控制器通过电磁阀和加热器连接,加热器通过管道与试验液池连接,该管道内设置有热电偶;

所述流量控制器、电磁阀、加热器和热电偶分别和数据处理器电连接,通过数据处理器设定流量控制器流量值,通过热电偶实时测量蒸汽温度并传输至数据处理器,通过数据处理器对管道式加热器加热功率进行PID控制,实现稳定温度的蒸汽输出。

2. 根据权利要求1所述一种空间地面两用蒸汽发生器,其特征在于,所述蓄能器设置为隔膜式蓄能器,其外部设置为金属外壳,内部设置有隔膜气囊,气囊与注气口连接,隔膜外空间与注液口连接。

3. 根据权利要求1所述一种空间地面两用蒸汽发生器,其特征在于,所述流量控制器为蒸汽流量的控制装置,蒸汽流量通过控制加热前液体的流量来实现,流量控制器采用热式流量控制器或科式力流量控制器。

4. 根据权利要求1所述一种空间地面两用蒸汽发生器,其特征在于,所述加热器设置为管道式加热器,管道式加热器由管外加热片、加热器外管和内螺纹杆构成,加热器外管和内螺纹杆紧配合,且形成螺纹微槽道,控制流体只在螺纹微槽道内流动。

5. 根据权利要求1或4所述一种空间地面两用蒸汽发生器,其特征在于,所述管道式加热器既为蒸汽加热组件,又作为蒸汽流动的管道。

6. 根据权利要求1所述一种空间地面两用蒸汽发生器,其特征在于,所述蓄能器内部气体侧充有一定压力的氮气,内部液体侧充装一定容量的试验工质。

7. 根据权利要求1所述一种空间地面两用蒸汽发生器,其特征在于,所述管道式加热器还设置有附属卡套接头,通过卡套接头将加热器和管道连接。

8. 根据权利要求1所述一种空间地面两用蒸汽发生器,其特征在于,所述蓄能器既作为蒸汽发生器液体的储罐,同时又为整个蒸汽发生系统提供动力,该动力仅仅依靠自身的内能,不需要额外的电机驱动。

9. 根据权利要求1所述一种空间地面两用蒸汽发生器,其特征在于,还设置有辅助混合机构,包括混合器壳体,混合器壳体的上设置有主进气管和辅进气管,主进气管向混合器壳体内延伸设置有主分配管,辅进气管向混合器壳体内延伸设置有副分配管,副分配管沿垂直方向垂直排布设置,主分配管沿水平方向横向排布设置。

10. 根据权利要求9所述一种空间地面两用蒸汽发生器,其特征在于,主分配管沿着中心轴等间距排布设置有凹形孔,相邻凹形孔之间设置有倾斜角度 15° 的蒸汽分布孔;副分配管通过接管连接分流盘,分流盘包括同轴设置的内圆管和外圆管,内圆管和外圆管两个圆筒体形成的空腔后边通过密封板堵上,外圆管向内圆管处延伸开设有气孔,气孔以内圆管的中心轴为轴呈圆周均匀分布。

一种空间地面两用蒸汽发生器

技术领域

[0001] 本发明属于蒸汽发生设备技术领域,具体涉及一种空间微重力环境下蒸汽发生系统。

背景技术

[0002] 蒸汽的温度、压力、流量等参数对冷凝试验的准确性有着重要的影响。在地面上,一般的蒸汽发生装置都有一定的过热度,这就需要蒸汽发生器系统包含液体加热器、气液分离器和过热器。为输出稳定温度的蒸汽,在过热器后一般都安装有喷水减温器或回热减温装置。

[0003] 在空间微重力环境下,地面上比较容易实现的蒸汽发生在空间会遇到一定困难。首先,地面液体加热装置不能应用于空间。由于受重力的影响,地面上沸腾产生的蒸汽在浮力作用下会自动流动到液面上部的空间。该加热装置本身就具有气液分离作用。在空间上,由于重力影响很小,经过壁面加热后的蒸汽非常难脱离加热壁面。这就更容易形成第一类传热恶化使加热器内部压力升高。其次,气液分离器作用是可以分离出夹带在蒸汽中少量的液体颗粒。在空间上由于普通加热器无法对气液进行初步分离,则进入到普通惯性或离心分离器中的液体比例较高,气液分离器效率将大受影响。再次空间试验一般对各器件有很高的可靠性要求,所以在蒸汽发生器各系统中尽可能减少电气驱动的移动部件。另外,在工业生产中,当几台设备同时运行时,部分设备产生的蒸汽如果找不到合适的用途,将造成能量浪费,尤其是经过换热后的过热或饱和蒸汽,由于压力、温度不同导致无法有效利用,如果采用直接混合方式混合,由于蒸汽的压力或温度的波动,这将造成设备经常性的受到由于这些波动而引起的压力及热应力冲击,给安全生产造成极大的危害。

[0004] 现有技术中没有专门为空间微重力环境和地面重力环境设计的过热蒸汽发生器,因此,如何研发出一种系统简单、重量轻、可提供较高温度精度、流量精度的过热蒸汽发生器,应用于空间微重力环境和地面重力环境中具有重要的现实意义。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的技术问题,本发明的目的在于为空间微重力和地面重力环境提供一种系统简单、重量轻、可提供较高温度精度、流量精度的过热蒸汽发生器。

[0006] 本发明采取的技术方案为:

[0007] 一种空间地面两用蒸汽发生器,包括蓄能器、三通阀、流量控制器、电磁阀、管道式加热器、热电偶、数据处理器,

[0008] 蓄能器由外壳和内部两部分组成,蓄能器的内部设置有气囊,通过气囊分割为内部气体侧和内部液体侧两部分,蓄能器的顶端设置有注气口,蓄能器的底端设置有注液口,注液口通过三通阀和流量控制器连接,流量控制器通过电磁阀和管道式加热器连接,管道式加热器通过管道与试验液池连接,该管道内设置有热电偶;

[0009] 所述流量控制器、电磁阀、管道式加热器和热电偶分别和数据处理器电连接,通过

数据处理器设定流量控制器流量值,通过热电偶实时测量蒸汽温度并传输至数据处理器,通过数据处理器对加热器加热功率进行PID控制,实现稳定温度的蒸汽输出。

[0010] 进一步的,所述蓄能器设置为隔膜式蓄能器,其外部设置为金属外壳,内部设置有隔膜气囊,气囊与注气口连接,隔膜外空间与注液口连接。

[0011] 进一步的,所述流量控制器为蒸汽流量的控制装置,蒸汽流量通过控制加热前液体的流量来实现,流量控制器采用热式流量控制器或科式力流量控制器,控制精度高,满足蒸汽流量稳定输出的要求。

[0012] 进一步的,所述管道式加热器由管外加热片、加热器外管和内螺纹杆构成,加热器外管和内螺纹杆紧配合,且形成螺纹微槽道,控制流体只在螺纹微槽道内流动。

[0013] 进一步的,所述管道式加热器既为蒸汽加热组件,又作为蒸汽流动的管道,节省了安装及布置空间,满足空间小型化需求。

[0014] 其中,螺纹微通道有利于空间微重力条件下的液体在毛细作用力下的均匀输运,减少输运流体脉动和局部干烧的风险。

[0015] 同时,螺旋形的内螺纹微槽道增长了流体流动的行程,增加流体与加热管壁的接触时间,使流体得到充分加热。

[0016] 进一步的,所述管道式加热器还设置有附属卡套接头,通过卡套接头将加热器和管道连接。

[0017] 进一步的,所述蓄能器内部气体侧充有一定压力的氮气,内部液体侧充装一定容量的试验工质。

[0018] 进一步的,所述蓄能器既作为蒸汽发生器液体的储罐,同时又为整个蒸汽发生系统提供输运动力,该动力仅仅依靠自身的内能,不需要额外的电机驱动,纯机械式的动力源不仅节省了空间设备的功率,也提高了设备的可靠性。

[0019] 进一步的,还设置有辅助混合机构,包括混合器壳体,混合器壳体的上设置有主进气管和辅进气管,主进气管向混合器壳体内延伸设置有主分配管,辅进气管向混合器壳体内延伸设置有副分配管,副分配管沿竖直方向垂直排布设置,主分配管沿水平方向横向排布设置。

[0020] 进一步的,主分配管沿着中心轴等间距排布设置有凹形孔,相邻凹形孔之间设置有倾斜角度 15° 的蒸汽分布孔;副分配管通过接管连接分流盘,分流盘包括同轴设置的内圆管和外圆管,内圆管和外圆管两个圆筒体形成的空腔后边通过密封板堵上,外圆管向内圆管处延伸开设有气孔,气孔以内圆管的中心轴为轴呈圆周均匀分布。

[0021] 本发明的有益效果为:

[0022] 本发明中的蓄能器既作为蒸发器的液体储罐,又为整个蒸汽发生器提供驱动流体流动的源动力。只要流量控制器前后达到一定的压差,流量控制器就能够控制流体在恒定的流量下运行。管道式加热器作为蒸发器的核心部件之一,起着加热流体到设定温度的作用。管道式加热器外壁包覆片式加热片,加热片受主控制电路的控制。三通阀起着控制蓄能器加注液体和连通蓄能器和流量控制器的作用。在正常运行情况下,先预热加热器到一定温度,然后再打开流量控制器和电磁阀,通过加热片PID控制,将管道内工质控制在某一设定温度下。蒸汽发生器出口温度不受出口压力的影响,源动力完全依靠自身。且该装置不受地面重力的影响,在空间微重力条件下也能较好的应用。

[0023] 蒸汽发生器在地面工业化生产中具有广泛的应用,地面浮力效应利于快速加热过程中的气液分离和蒸汽快速运输,而在空间微重力环境下的浮力缺失使得地面的蒸汽发生器不能应用于空间设备中,本发明针对空间微重力环境下过热蒸汽的获取,考虑微重力下表面面张力影响下的气液供给的特点进行了典型化设计:

[0024] (1) 空间设备质量小、体积小、安全性高、可靠性高的要求。本发明中的蓄能器的液体储运和兼顾机械式压力运输、管道加热器的液体运输和蒸汽发生兼顾等,契合了空间设备的上述特殊要求。

[0025] (2) 内螺纹式输液方式,利用了空间微重力环境下起主导作用的毛细力作用,保证了流体均匀运输,增长了流体流动的行程,增加流体与加热管壁的接触时间,使流体得到充分加热,减少输运流体脉动和局部干烧的风险。

[0026] (3) 内螺纹式微槽道尺度下,重力影响减小,不仅保证本发明应用于地面常重力环境下,毛细作用对于地面反重力的应用场景也是一种有益的探索。

[0027] 副分配管和主分配管将组分在主进气管处形成交错的两股气流,集轴向导流和径向导流为一体,形成蒸汽向心螺旋流,即在设备内形成涡流,使得流体温度分布均匀,有效缓解由于蒸汽压力波动造成的压力冲击,也能够减少由于蒸汽混合不均匀而引起的热应力的频繁变化。

[0028] 由内圆管和外圆管组成的分流盘结构稳定性强,呈圆周均匀分布的气孔保证混合充分,降低了设备的噪声及振动;减轻了气孔的磨损,保证反应气长期稳定、均匀的分配,提高蒸汽混合效果。

[0029] 由该技术方案研制的空间蒸汽发生器已经成功用于我国首艘货运飞船(TZ-1)上进行的空间冷凝科学实验装置的蒸汽产生与注汽系统中,在轨多次实现了FC72液体加热蒸汽的定量、定压和定温实时供给到封闭冷凝实验腔内,并获得了科学实验结果,验证了该新技术在空间微重力环境中可以无人操作的自动实施过程。

附图说明

[0030] 图1为本发明的整体结构示意图。

[0031] 图2为本发明中管道式加热器的结构示意图。

[0032] 图3为本发明中副分配管的结构示意图。

[0033] 图4为本发明中分流盘的结构示意图。

[0034] 图5为本发明中主分配管的结构示意图。

[0035] 其中,1、注气口;2、气囊;3、蓄能器;4、注液口;5、三通阀;6、流量控制器;7、电磁阀;8、加热器;9、热电偶;10、数据处理器;11、管外加热片;12、螺纹微槽道;13、内螺纹杆;14、加热器外管;15、分流盘;16、接管;17、密封板;18、内圆管;19、外圆管;20、气孔;21、凹形孔;22、蒸汽分布孔。

具体实施方式

[0036] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0037] 实施例1

[0038] 如图1、图2所示,空间地面两用蒸汽发生器,由蒸汽发生器蓄能器3、三通阀5、流量控制器6、电磁阀7、管道式加热器8及其附属卡套接头、管路等组成,所述蓄能器3设置为隔膜式蓄能器3,其外部设置为金属外壳,内部设置有隔膜气囊2,气囊2与注气口1连接,隔膜外空间与注液口4连接,蓄能器3的顶端设置有注气口1,蓄能器3的底端设置有注液口4,注液口4通过三通阀5和流量控制器6连接,流量控制器6通过电磁阀7和管道式加热器8连接,管道式加热器8通过管道与试验液池连接,该管道内设置有热电偶9;

[0039] 所述流量控制器6、电磁阀7、管道式加热器8和热电偶9分别和数据处理器10电连接,通过数据处理器10设定流量控制器6流量值,通过热电偶9实时测量蒸汽温度并传输至数据处理器10,通过数据处理器10对管道式加热器8进行PID控制,实现稳定温度的蒸汽输出。

[0040] 蒸汽流量是靠控制加热前液体的流量来实现的,其控制装置为流量控制器6。流量控制器6由流量测量部分、控制阀门部分、集成电路部分构成。流量测量部分可应用热式或科式力等流量测量原理。经测量产生的流量信号输入到集成电路,经电路运算,输出控制信号控制阀门的开度。流量控制器6采用热式流量控制器6或科式力流量控制器6。

[0041] 控制蒸汽的温度由管道式加热器8来实现。加热器8采用管道式加热器8,其由管外加热片11、管道式加热器外管14和内螺纹杆13构成,加热器外管14设置为中空圆柱体管道结构,管外加热片11设置为片式结构,其均匀包覆于加热器外管14的外侧壁上,管外加热片11受主控制电路的控制,加热外管和内螺纹杆13紧配合,且形成螺纹微槽道12,控制流体只在螺纹微槽道12内流动。微槽道可提高流体在管道内的流速,增加其对流换热系数;增加流体与加热管壁的接触面积,使流体得到充分加热;为螺旋上升形式,可以使液体在离心力的作用下趋于加热壁面,使未汽化的液体充分接触到加热壁面,即使在空间微重力环境下也不受影响;槽道行程较长,阻力可观,即使改变加热段前后压力其出口蒸汽温度亦不受影响。管道式加热器8既作为加热组件,又作为蒸汽流动的管道。

[0042] 蓄能器3由外壳和内部两部分组成。内部由气囊2分割为内部气体侧和内部液体侧两部分。内部气体侧充有一定压力的氮气,内部液体侧充装一定容量的试验工质。蓄能器3既作为蒸汽发生器液体的储罐,又为整个蒸汽发生系统提供动力,且该动力仅仅依靠自身的内能,不需要额外的电气驱动。

[0043] 数据处理器10负责流量控制器6流量值的设定、电磁阀7的启闭和管道式加热器8加热段的PID控制。通过管道内热电偶9对蒸汽的测量,经过信号数据处理输出控制信号,对加热片进行PID控制,以实现稳定温度的蒸汽输出。

[0044] 在蒸汽发生器使用前要对蓄能器3进行注气注液准备。连接高压氮气瓶和蓄能器3气体端,缓缓对蓄能器3注入一定压力的氮气。注气完成后将三通阀5旋至注液侧。连接注液工装,将高压实验工质注入到带有一定压力的内部液体侧。由于注液管路内有部分空气,在注液完成后依靠重力将内部液体侧气体排出,然后将三通阀5旋至流量控制器6侧。

[0045] 在启动蒸汽发生器系统时,先对管道式加热器8进行一定时间的预热。防止在流量控制器6和电磁阀7打开瞬间液体流过未加热的加热段进入液池。加热段预热一定时间后,打开电磁阀7,对流量控制器6加电。通过串口,对流量控制器6的流量,PID参数进行设置。设置完成后流量控制器6阀门自动缓缓开启。依靠其自身的程序,即使该设备前后压力有一定

变化,其亦能对液体流量进行准确的控制。在开启流量控制器6的同时开启加热段PID控制。加热段热电偶9温度测量流经加热段的蒸汽。当实验液池注蒸汽完成后,先关闭流量控制器6,再关闭电磁阀7和加热片,防止未加热的液体进入实验装置。

[0046] 综上所述可知,通过空间地面两用蒸汽发生器系统,可实现在空间微重力环境下输出确定温度、流量的过热蒸汽,且过热蒸汽的温度流量参数不受蓄能器3压力的变化和试验液池压力大小的影响。为简化系统可省去电磁阀7。该蒸汽发生器电驱动部件极少,极大提高系统的可靠性。

[0047] 还设置有辅助混合机构,辅助混合机构可拆卸式安装在管道式加热器8的后方,包括混合器壳体,混合器壳体的上设置有主进气管和辅进气管,主进气管向混合器壳体内延伸设置有主分配管,辅进气管向混合器壳体内延伸设置有副分配管,副分配管沿垂直方向垂直排布设置,主分配管沿水平方向横向排布设置。

[0048] 主分配管沿着中心轴等间距排布设置有凹形孔21,相邻凹形孔之间设置有倾斜角度 15° 的蒸汽分布孔22,凹形孔21和蒸汽分布孔22协同配合在主分配管内实现了蒸汽混合均匀。

[0049] 副分配管通过接管16连接分流盘15,分流盘15包括同轴设置的内圆管18和外圆管19,内圆管18和外圆管19两个圆筒体形成的空腔后边通过密封板17堵上,外圆管19向内圆管18处延伸开设有气孔20,气孔20以内圆管18的中心轴为轴呈圆周均匀分布。

[0050] 主蒸汽通过主分配管使得蒸汽在设备的局部沿轴向均匀分布,且气流平行于径向;辅助蒸汽通过分流盘与设备轴线沿一定的切向角度进入装置,并沿着装置内壁形成涡流,与主蒸汽流以相互垂直的角度相互碰撞以达到均匀混合。

[0051] 本项技术方案已经成功用于我国首艘货运飞船上进行的空间蒸发与冷凝科学实验装置的蒸汽产生与注汽系统中,在轨实现了FC72液体蒸汽的定量、定压和定温实时提供到封闭冷凝实验腔内,并获得了科学实验结果,验证了该新技术在空间微重力环境中可以无人操作的自动实施过程。

[0052] 以上所述仅为本发明较佳的实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

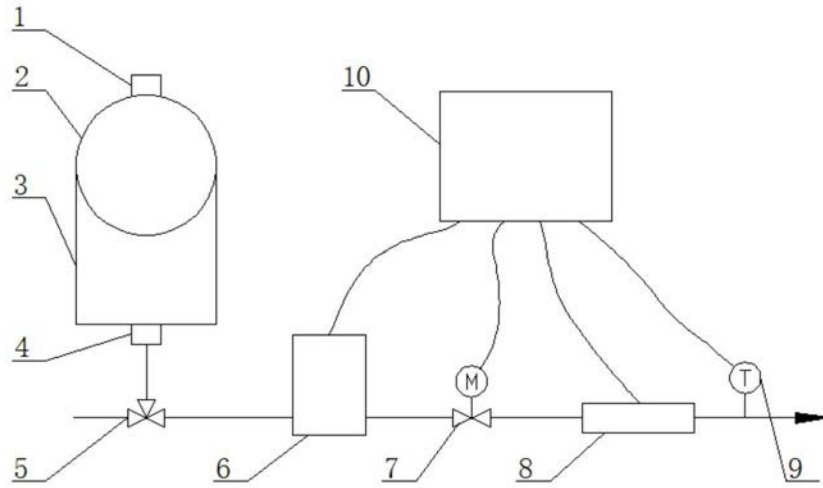


图1

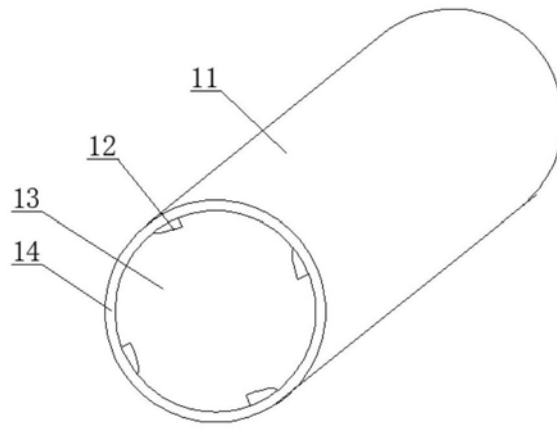


图2

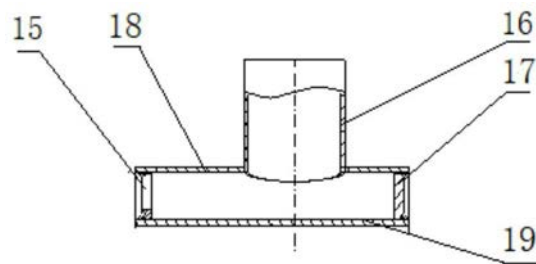


图3

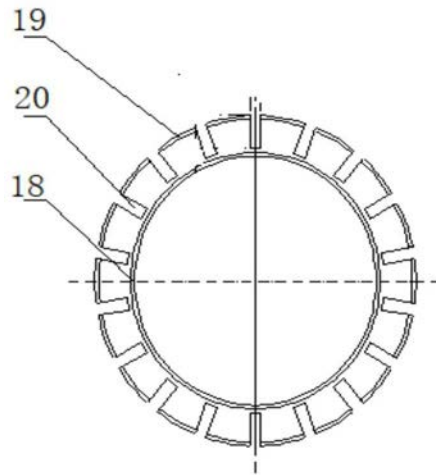


图4

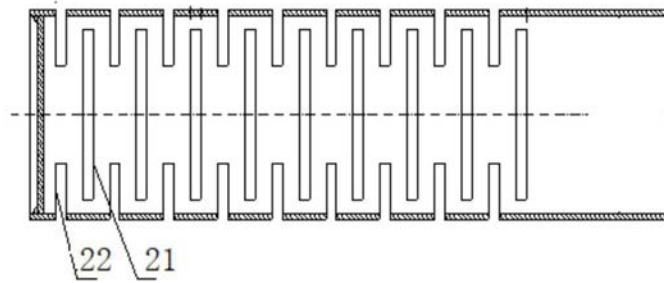


图5