



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115871957 B

(45) 授权公告日 2023.05.16

(21) 申请号 202310044322.5

B64F 5/60 (2017.01)

(22) 申请日 2023.01.30

审查员 韩熙玥

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115871957 A

(43) 申请公布日 2023.03.31

(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 程迪 陆阳 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

专利代理师 焦海峰

(51) Int. Cl.

G01M 9/00 (2006.01)

G01M 15/02 (2006.01)

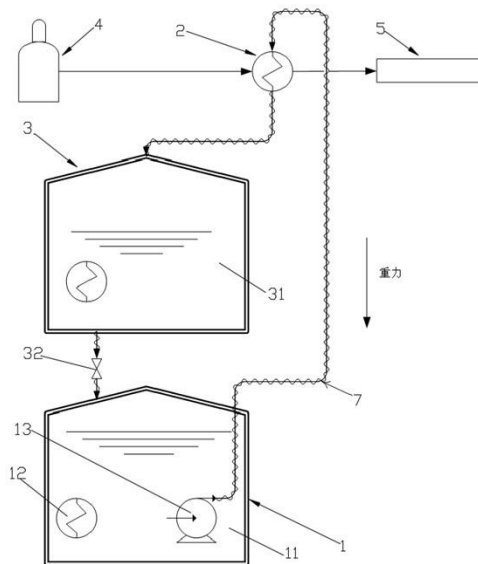
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

基于热流体增温的模拟喷气推进装置和模拟喷气推进方法

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种基于热流体增温的模拟喷气推进装置和模拟喷气推进方法,装置包括喷气主体,且喷气主体上设置有喷射气体转化机构,还包括热流体蓄热增温换热机构,热流体蓄热增温换热机构用于向喷射气体转化机构提供喷射气体;其中,热流体蓄热增温换热机构包括顺次连通设置的热流体加热蓄热结构、换热结构和流体回收结构,换热结构还与喷射气体储存结构以及供气结构各自连通,且热流体加热蓄热结构向换热结构提供热流体,喷射气体储存结构向换热结构提供高压气体。本发明通过引入热流体进行蓄热,并利用换热结构的传递,能够快速地完成喷气过程的复现,经济有效地根据需要进行喷气推进操作。



1. 一种基于热流体增温的模拟喷气推进装置,包括喷气主体,且所述喷气主体上设置有喷射气体转化机构,其特征在于,还包括热流体蓄热增温换热机构,所述热流体蓄热增温换热机构用于向所述喷射气体转化机构提供喷射气体;其中,

所述热流体蓄热增温换热机构包括顺次连通设置的热流体加热蓄热结构(1)、换热结构(2)和流体回收结构(3),所述换热结构(2)还与喷射气体储存结构(4)以及供气结构(5)各自连通,且所述热流体加热蓄热结构(1)向所述换热结构(2)提供热流体,所述喷射气体储存结构(4)向所述换热结构(2)提供高压气体;

所述热流体加热蓄热结构(1)包括用于储存热流体的储流罐(11),用于对所述储流罐(11)加热的第一加热器(12),以及连通设置于所述储流罐(11)和所述换热结构(2)之间的第一流体泵(13);

所述流体回收结构(3)至少包括用于储存回收后的流体的储存罐(31),且所述储存罐(31)与所述储流罐(11)之间通过回流阀(32)和/或第二流体泵(33)连通;

所述储存罐(31)中还设置有第二加热器(34);

所述储流罐(11)和所述储存罐(31)之间还连通设置有缓冲加热结构(6);

所述缓冲加热结构(6)包括自所述储流罐(11)至所述储存罐(31)的延伸方向顺次设置的多块加热板(61),且多块所述加热板(61)上各自形成有加热通道(62),且自靠近所述储存罐(31)一侧的所述加热板(61)至远离所述储存罐(31)一侧的加热板(61)上的所述加热通道(62)的直径顺次减小。

2. 根据权利要求1所述的一种模拟喷气推进装置,其特征在于,多块所述加热板(61)自靠近所述储存罐(31)至远离所述储存罐(31)的加热温度顺次增加。

3. 根据权利要求1或2所述的一种模拟喷气推进装置,其特征在于,所述换热结构(2)和所述供气结构(5)之间的连接通道,和/或所述换热结构(2)和所述供气结构(5)的连接通道中还设置有温度感应控制结构,所述温度感应控制结构至少包括温度感应器,以及与所述温度感应器电连的控制单元,所述控制单元用于控制所述热流体加热蓄热结构(1)和所述喷射气体各自向所述换热结构(2)提供的流体或气体的流量。

4. 一种基于热流体增温的模拟喷气推进方法,其特征在于,采用根据权利要求1-3中任意一项所述的基于热流体增温的模拟喷气推进装置,所述模拟喷气推进方法包括:

S100、将热流体加热蓄热结构中的热流体至少输入换热结构,以及热流体加热蓄热结构和换热结构连通的管路中,完成预热过程;

S200、通过喷射气体储存结构向换热结构中输出高压气体,调整热流体加热蓄热结构输出的热流体流量和喷射气体储存结构输出的气体流量,至换热结构中输出的气体温度达到预设值;

S300、通过供气结构将换热结构中的气体输出,喷射气体转化机构将输出的气体形成为喷射气体,完成喷气推进过程;

S400、关闭热流体加热蓄热结构输出的热流体和喷射气体储存结构输出的气体,将热流体输入流体回收结构中进行回收。

5. 根据权利要求4所述的一种模拟喷气推进方法,其特征在于,步骤S100中还包括,将回收后的热流体通过流体回收结构经连通管路输入热流体加热蓄热结构中;且,

流体回收结构和/或连通管路对热流体进行加热。

6. 根据权利要求5所述的一种模拟喷气推进方法,其特征在于,步骤S100中,通过流体回收结构输入至热流体加热蓄热结构中的热流体经过流体回收结构、连通管路和热流体加热蓄热结构顺次进行加热;且加热温度自所述热流体经过流体回收结构至所述热流体加热蓄热结构顺次增加;

步骤S300中具体包括:

S301、通过供气结构将换热结构中的气体输出,待喷射气体转化机构吸入预设流量的气体后,排出气体,完成对喷射气体转化机构的腔体的预热;

S302、待预热完成后,根据预先设置的喷气推进时间,向喷射气体转化机构喷入推进剂燃烧加热后并转化为喷射气体喷出,完成喷气推进过程;且喷射气体转化机构的吸气端对吸入气体的流量可调节地设置。

基于热流体增温的模拟喷气推进装置和模拟喷气推进方法

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及超声速空气动力学技术领域，具体涉及一种基于热流体增温的模拟喷气推进装置和模拟喷气推进方法。

背景技术

[0002] 在空气动力学地面试验领域，在模拟超声速到高超声速飞行试验时，往往对试验气体也具有要求，需要其具有高于常温的温度来复现飞行条件或者防止绝热膨胀过程中的冷凝。目前产生高温高压试验气体的方法主要包括绝热压缩、电弧加热、燃烧加热、蓄热加热、连续电阻加热等方式。其中绝热压缩产生的气体试验时间较短；电弧加热会产生电极烧蚀产物；燃烧加热会产生水或二氧化碳等污染气体；蓄热加热方式设备笨重，设备投资大，试验频率和效率低；连续电阻加热对电力电子系统的总功率和控制要求较高。这些方式均难以经济地长时间持续产生稳定温度的高温高压来流空气用于马赫3以上的发动机等相关试验。

发明内容

[0003] 为此，本发明实施例提供一种基于热流体增温的模拟喷气推进装置和模拟喷气推进方法，通过引入热流体进行蓄热，并利用换热结构的传递，能够快速实现喷气过程的复现，经济有效地根据需要快速完成喷气推进装置的喷气推进操作。

[0004] 为了实现上述目的，本发明的实施方式提供如下技术方案：

[0005] 在本发明实施例的一个方面，提供了一种基于热流体增温的模拟喷气推进装置，包括喷气主体，且所述喷气主体上设置有喷射气体转化机构，还包括热流体蓄热增温换热机构，所述热流体蓄热增温换热机构用于向所述喷射气体转化机构提供喷射气体；其中，

[0006] 所述热流体蓄热增温换热机构包括顺次连通设置的热流体加热蓄热结构、换热结构和流体回收结构，所述换热结构还与喷射气体储存结构以及供气结构各自连通，且所述热流体加热蓄热结构向所述换热结构提供热流体，所述喷射气体储存结构向所述换热结构提供高压气体。

[0007] 作为本发明的一种优选方案，所述热流体加热蓄热结构包括用于储存热流体的储流罐，用于对所述储流罐加热的第一加热器，以及连通设置于所述储流罐和所述换热结构之间的第一流体泵。

[0008] 作为本发明的一种优选方案，所述流体回收结构至少包括用于储存回收后的流体的储存罐，且所述储存罐与所述储流罐之间通过回流阀和/或第二流体泵连通。

[0009] 作为本发明的一种优选方案，所述储存罐中还设置有第二加热器；

[0010] 所述储流罐和所述储存罐之间还连通设置有缓冲加热结构。

[0011] 作为本发明的一种优选方案，所述缓冲加热结构包括自所述储流罐至所述储存罐的延伸方向顺次设置的多块加热板，且多块所述加热板上各自形成有加热通道，且自靠近所述储存罐一侧的所述加热板至远离所述储存罐一侧的加热板上的所述加热通道的直径

顺次减小。

[0012] 作为本发明的一种优选方案,多块所述加热板自靠近所述储存罐至远离所述储存罐的加热温度顺次增加。

[0013] 作为本发明的一种优选方案,所述换热结构和所述供气结构之间的连接通道,和/或所述换热结构和所述供气结构的连接通道中还设置有温度感应控制结构,所述温度感应控制结构至少包括温度感应器,以及与所述温度感应器电连的控制单元,所述控制单元用于控制所述热流体加热蓄热结构和所述喷射气体各自向所述换热结构提供的流体或气体的流量。

[0014] 在本发明实施例的另一个方面,还提供了一种基于热流体增温的模拟喷气推进方法,采用根据上述所述的基于热流体增温的模拟喷气推进装置,所述模拟喷气推进方法包括:

[0015] S100、将热流体加热蓄热结构中的热流体至少输入换热结构,以及热流体加热蓄热结构和换热结构连通的管路中,完成预热过程;

[0016] S200、通过喷射气体储存结构向换热结构中输出高压气体,调整热流体加热蓄热结构输出的热流体流量和喷射气体储存结构输出的气体流量,至换热结构中输出的气体温度达到预设值;

[0017] S300、通过供气结构将换热结构中的气体输出,喷射气体转化机构将输出的气体形成为喷射气体,完成喷气推进过程;

[0018] S400、关闭热流体加热蓄热结构输出的热流体和喷射气体储存结构输出的气体,将热流体输入流体回收结构中进行回收。

[0019] 作为本发明的一种优选方案,步骤S100中还包括,将回收后的热流体通过流体回收结构经连通管路输入热流体加热蓄热结构中;且,

[0020] 流体回收结构和/或连通管路对热流体进行加热。

[0021] 作为本发明的一种优选方案,步骤S100中,通过流体回收结构输入至热流体加热蓄热结构中的热流体经过流体回收结构、连通管路和热流体加热蓄热结构顺次进行加热;且加热温度自所述热流体经过流体回收结构至所述热流体加热蓄热结构顺次增加。

[0022] 作为本发明的一种优选方案,步骤S300中具体包括:

[0023] S301、通过供气结构将换热结构中的气体输出,待喷射气体转化机构吸入预设流量的气体后,排出气体,完成对喷射气体转化机构的腔体的预热;

[0024] S302、待预热完成后,根据预先设置的喷气推进时间,向喷射气体转化机构喷入推进剂燃烧加热后并转化为喷射气体喷出,完成喷气推进过程;且喷射气体转化机构的吸气端对吸入气体的流量可调节地设置。

[0025] 本发明的实施方式具有如下优点:

[0026] 本发明相较于现有的固体多孔结构蓄热结构,可以通过热流体流动避免固体轴向导热导致的出口气体温度逐渐下降的问题,在高温热流体温度、高温热流体流量以及气体流量保持稳定的条件下,可以保持出口气体温度不变,适合长时间提供喷射用气。并且本发明涉及的技术方案更容易放大实现更大流量和更长时间的喷射推进过程。

附图说明

[0027] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对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,下面描述中的附图仅仅是示例性的,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,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0028] 本说明书所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。

[0029] 图1为本发明实施例提供的热流体蓄热增温换热机构的局部结构示意图;

[0030] 图2为本发明实施例提供的其中一种热流体蓄热增温换热机构的结构示意图;

[0031] 图3为本发明实施例提供的另一种热流体蓄热增温换热机构的结构示意图;

[0032] 图4为本发明实施例提供的缓冲加热结构的局部结构示意图;

[0033] 图5为本发明实施例提供的模拟喷气推进方法的流程图。

[0034] 图中:

[0035] 1-热流体加热蓄热结构;2-换热结构;3-流体回收结构;4-喷射气体储存结构;5-供气结构;6-缓冲加热结构;7-管路;8-通气阀门;

[0036] 11-储流罐;12-第一加热器;13-第一流体泵;

[0037] 31-储存罐;32-回流阀;33-第二流体泵;34-第二加热器;

[0038] 61-加热板;62-加热通道。

具体实施方式

[0039] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式,熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效,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。

[0040] 以下通过具体实施例进行进一步的说明。

[0041] 实施例1

[0042] 如图1和图2所示,本发明提供了一种基于热流体增温的模拟喷气推进装置,其中,采用热流体蓄热增温换热机构向喷射气体转化机构提供喷射气体,在需要提供特定温度条件的喷射气体时,则采用如图2所示的热流体蓄热增温换热机构进行操作,其具体操作过程如下:

[0043] 整个操作过程包括三个阶段:准备阶段、运行阶段和收尾阶段。

[0044] 在准备阶段开始前,需要在喷射气体储存结构4中加入高压常温介质(如高压空气),在储流罐11中加入足量的低温热流体(如低熔点熔盐)并进行初融;在准备阶段,利用第一加热器12将储流罐11中的热流体加热至指定温度,然后利用第一流体泵13泵送较小流量的热流体预热并充满至少热流体加热蓄热结构1和换热结构2之间的管路7和换热结构2中。

[0045] 在运行阶段,首先打开喷射气体储存结构4的出口阀门,通入与高温热流体流量成

一定比例的流量的气体与高温热流体在换热结构2中进行换热,待出口温度基本稳定之后,监控出口气体温度是否达到预期的温度,通过调节喷射气体储存结构4中流出的气体和/或热流体加热蓄热结构1流出的高温热流体的流量,使换热结构2出口处的气体的温度达到预期的温度,然后逐渐同步地增大气体与高温热流体的流量,使气体的出口温度和流量达到预期的工况点,此时换热结构2出口的气体可通过供气结构5进一步经过喷射气体转化机构向喷气主体提供喷射气体。在运行阶段,热流体与气体的流量比例与换热结构2两路流体的出口温度可通过能量守恒与换热器理论进行估计或通过前期试验进行标定。气体与高温热流体的流量增大的速度最高值取决于换热结构2。

[0046] 在收尾阶段,首先逐步降低气体与高温热流体的流量,最终关闭喷射气体储存结构4,并利用小流量的高温热流体将管路7和换热结构2加热至热流体粘性较小的状态。然后关闭阀门,利用重力将管路7和换热结构2中的热流体回流至储流罐11和/或储存罐31中。

[0047] 收尾阶段结束后,如果热流体加热蓄热结构1中留有足够进行下一次操作的热流体,可以重新进入运行阶段再次进行运行,如果需要重新加热,可以打开回流阀32,依靠重力将储存罐31中的热流体回流至储流罐11中,并利用第一加热器12将储流罐11中的热流体加热至指定温度。

[0048] 这样的布置中,储存罐31和储流罐11沿重力方向自上而下设置,从而能够通过打开回流阀32,即可基于重力因素,使得储存罐31中的热流体回落至储流罐11中。

[0049] 需要说明的是,这里的换热结构2上可以连通设置一个能够与外界环境连通或闭合的通气阀门8,从而能够使得整个装置能够方便快捷地实现与外界环境的连通,并能够在后续通过通气的方式完成本装置中气体基于重力因素的回落。同时,需要注意的是,这里的通气阀门8优选为位于整个装置的最上端。对于此结构的具体操作等,在实施例2中有进一步的阐述,在此不多作赘述。

[0050] 实施例2

[0051] 另一种热流体蓄热增温换热机构的结构如图3所示,其操作过程具体如下:

[0052] 包括三个阶段:准备阶段、运行阶段和收尾阶段。

[0053] 在准备阶段开始前,需要关闭通气阀门8,在喷射气体储存结构4中加入高压常温介质(如高压空气),在储存罐31中加入足量的低温热流体(如低熔点熔盐)并进行初融;在准备阶段,利用第二流体泵33将储存罐31中的热流体泵入缓冲加热结构6中,缓冲加热结构6将热流体加热至指定温度,随后流入储流罐11中,待储流罐11中充装有足够一次操作使用的热流体后,可停止第二加热器34和缓冲加热结构6,也可以不停止,直到储存罐31中缺乏足够多的热流体;最后利用第一流体泵13泵送较小流量的热流体预热并充满管路7和换热结构2。

[0054] 在运行阶段,首先打开喷射气体储存结构4的出口阀门,通入与高温热流体流量成一定比例的流量的气体与高温热流体在换热结构2中进行换热,待出口气体温度和出口热流体温度基本稳定之后,监控这两个温度是否达到预期,通过调节喷射气体储存结构4中流出的气体和/或热流体加热蓄热结构1流出的高温热流体的流量,使出口温度达到预期的温度,然后逐渐同步地增大气体与高温热流体的流量,使气体的出口温度和流量达到预期的工况点,此时换热结构2出口的气体可用于供气结构5(此步骤可参照实施例1的运行阶段)。在运行阶段,热流体与气体的流量比例与换热结构2两路流体的出口温度可通过能量守恒

与换热器理论进行估计或通过前期试验进行标定。气体与高温热流体的流量增大的速度最高值取决于换热结构2的热结构性能以及第一流体泵13的调速能力。在运行阶段中,第二流体泵33和缓冲加热结构6可以不停止运行,直到储存罐31中缺乏足够多的热流体。

[0055] 在收尾阶段,首先逐步降低气体与高温热流体的流量,最终关闭喷射气体储存结构4,并利用小流量的高温热流体将管路7和换热结构2中的热流体加热至热流体粘性较小的状态。然后通气阀门8,利用重力将管路7和换热结构2中的热流体回流至储流罐11和/或储存罐31中,然后关闭通气阀门8。

[0056] 收尾阶段结束后,如果储流罐11中留有足够进行下一次操作的热流体,可以重新进入运行阶段再次进行操作。

[0057] 在这一实施例中,基于缓冲加热结构6的引入,可以进一步降低静止下的热流体加热时间,即能够更好地提高循环供应热流体的效率。对此,为了更为有效地提高整个泵送过程的加热效果,更好地提升后续的换热效果,这里的缓冲加热结构6可以进一步包括自所述储流罐11至所述储存罐13的延伸方向顺次设置的多块加热板61,且多块所述加热板61上各自形成有加热通道62,且自靠近所述储存罐13一侧的所述加热板61至远离所述储存罐13一侧的加热板61上的所述加热通道62的直径顺次减小。多块所述加热板61自靠近所述储存罐13至远离所述储存罐13的加热温度顺次增加。从而有效地实现梯度式加热,且能稳定提供具有高热量的热流体。

[0058] 在实施例1和实施例2中,这里的储流罐11和储存罐13均优选为具有良好的保温和伴热功能的罐体,从而可防止热流体冻结并减少热量损失。管路7也可以进一步采用保温和/或伴热的措施,从而减少热流体流动中在管路7中的散热损失,并保证热流体在管路7中始终处于热流体的结晶温度以上,防止热流体冻结堵塞管路7。

[0059] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范畴。

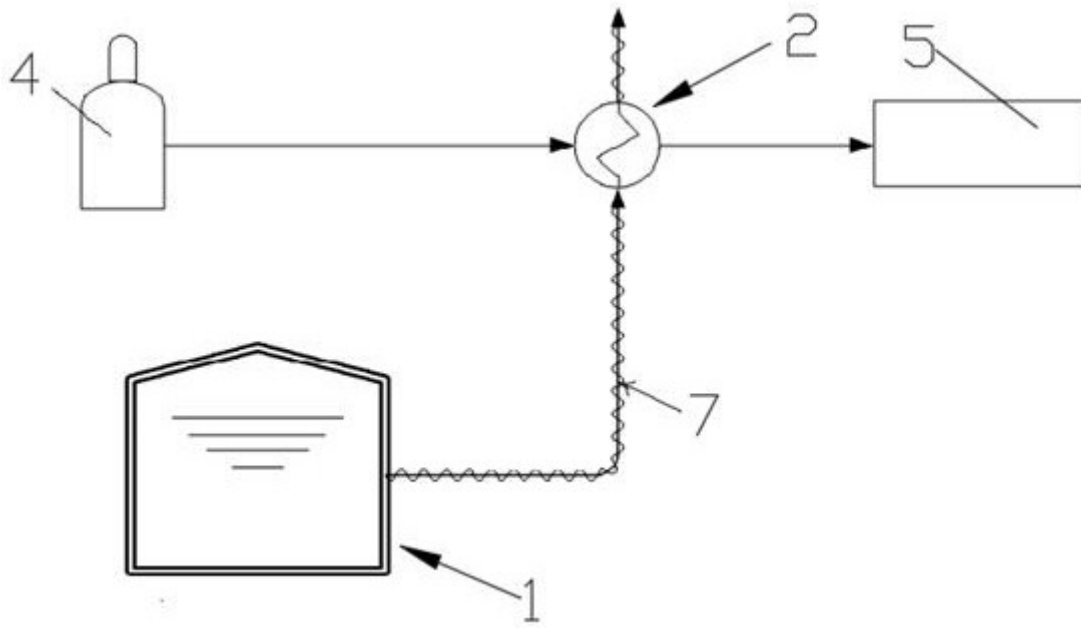


图1

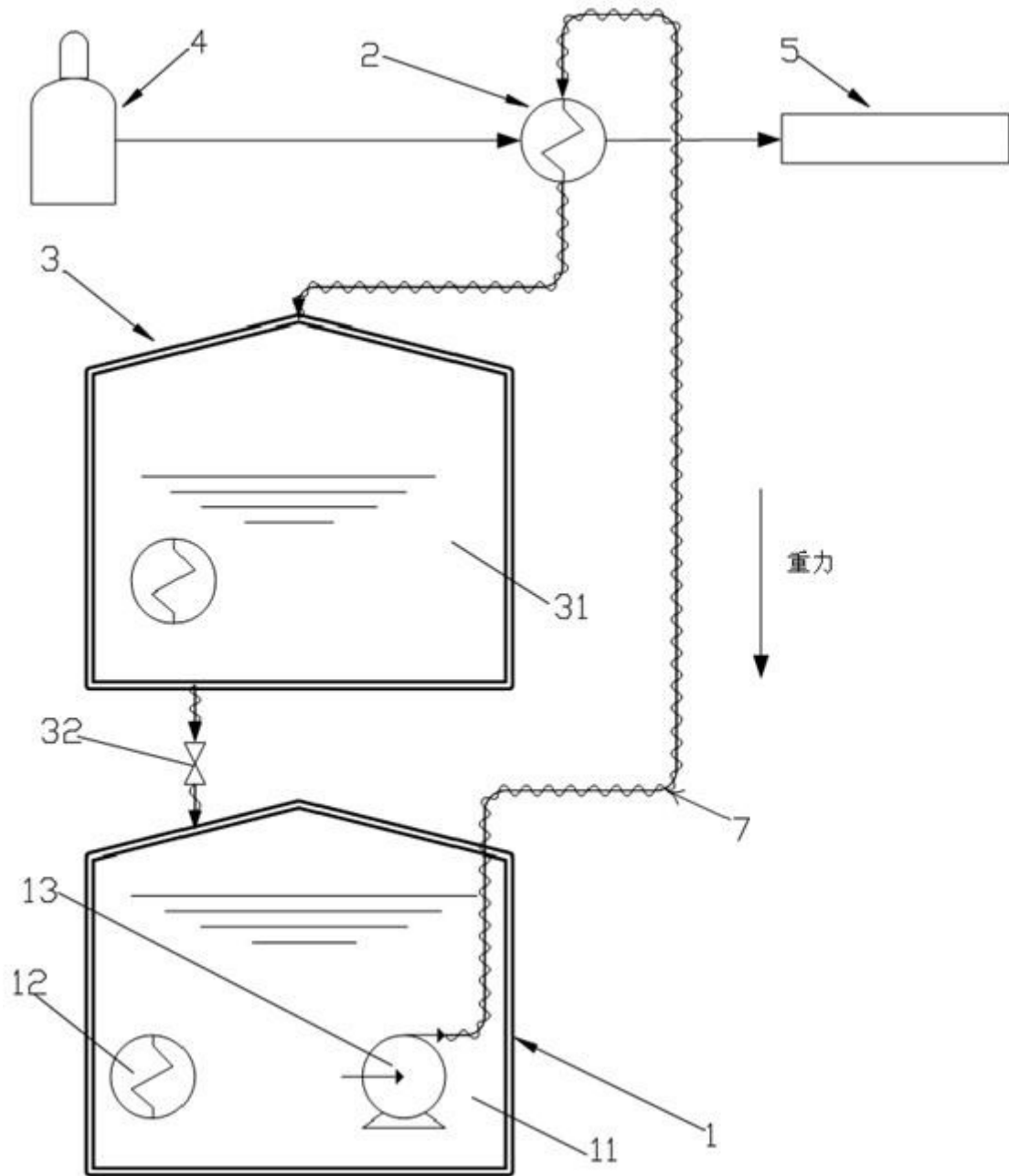


图2

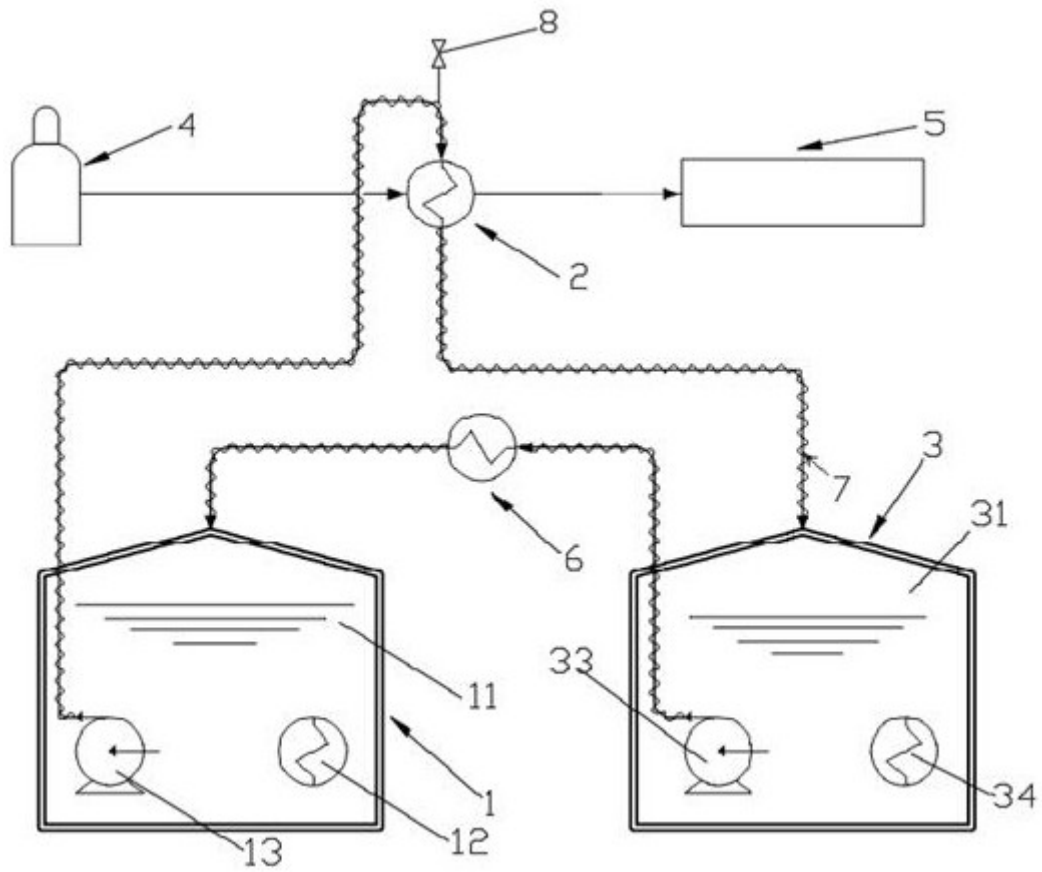


图3

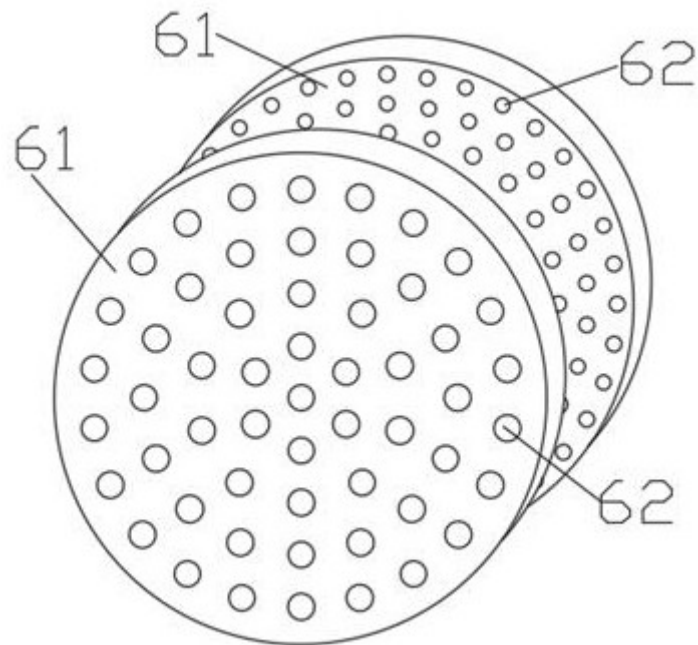


图4

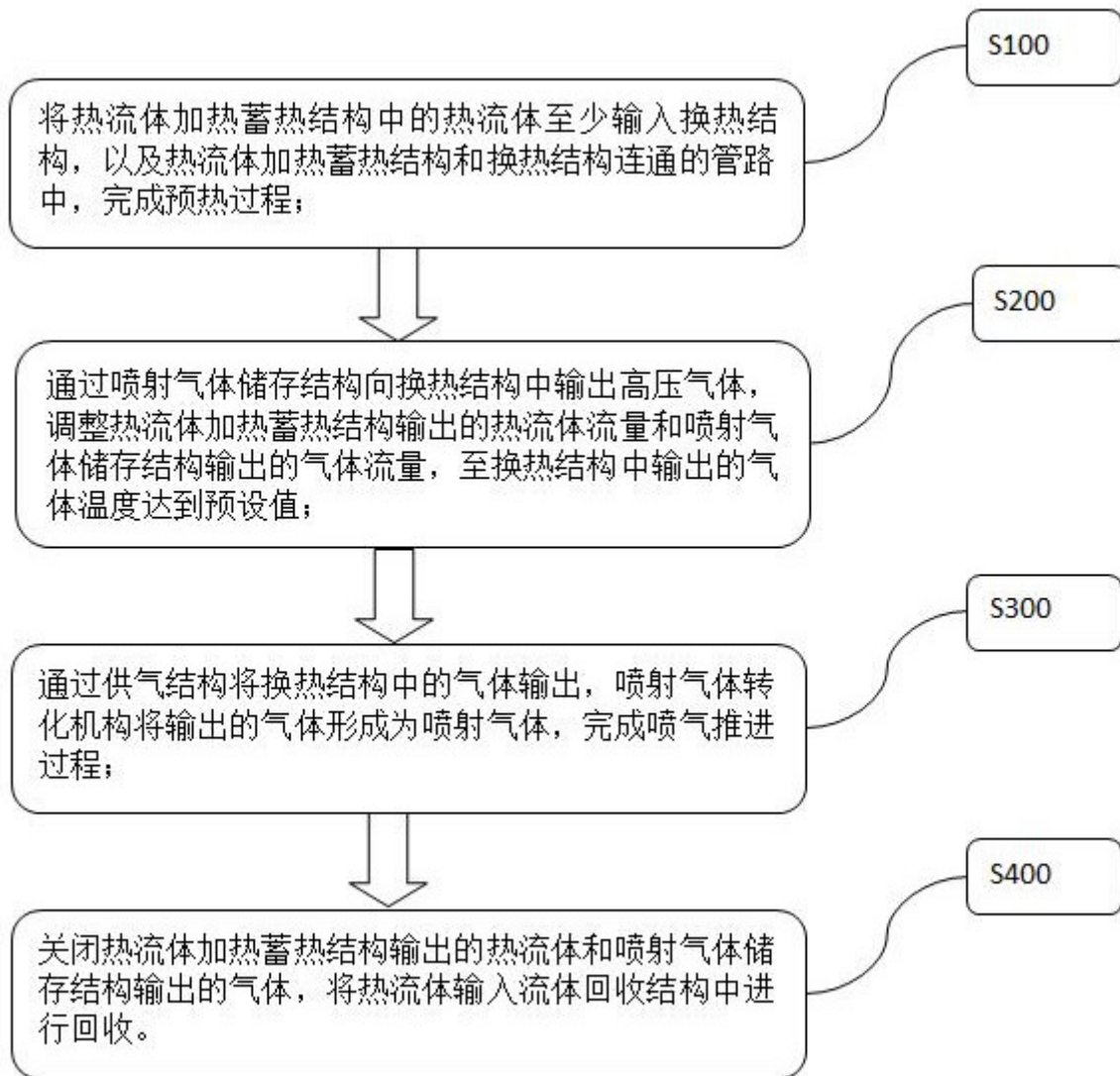


图5