



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106437874 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201610750459.2

(22)申请日 2016.08.30

(71)申请人 南京工业大学

地址 210009 江苏省南京市鼓楼区新模范
马路5号

(72)发明人 凌祥 杨谕 彭浩

(74)专利代理机构 南京钟山专利代理有限公司
32252

代理人 戴朝荣

(51) Int. Cl.

F01D 15/10(2006.01)

F25J 1/02(2006.01)

F28D 20/02(2006.01)

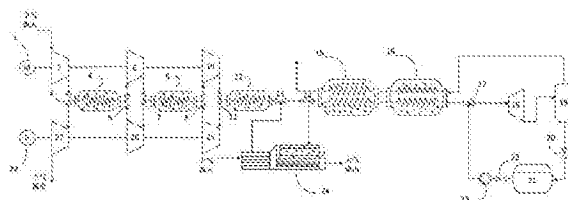
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种利用相变储能的新型液态空气储能系统

(57)摘要

一种利用相变储能的新型液态空气储能系统,包括储能和释能两个工作状态:储能过程中,压缩机组由驱动单元驱动,与蓄热器组、蓄冷器、液体膨胀机、气液分离器和液态空气储罐依次相连;释能过程中,低温泵与蓄冷器、气化器、蓄热器组和主膨胀机组依次连接,主膨胀机组驱动发电机,低温泵和液态空气储罐相连,蓄热器组和蓄冷器均采用缠绕管式换热器,壳程内有相变蓄热材料,气化器采用中间介质气化器。本发明将缠绕管式换热器和中间介质气化器应用到液态空气储能系统中,管程通空气与壳程内的相变蓄热、蓄冷材料进行换热,相变蓄热、蓄冷材料分别将压缩热和液态空气冷量储存,保证了热量和冷量的循环利用,提高了系统的效率。



1. 一种利用相变储能的新型液态空气储能系统,其特征在于,包括:驱动单元(1)、压缩机组、蓄热器组、蓄冷器(15、16)、液体膨胀机(18)、气液分离器(19)、液态空气储罐(21)、低温泵(23)、气化器(24)、主膨胀机组和发电机(28);系统具有储能和释能两个工作状态:在储能过程中,所述压缩机组由驱动单元(1)驱动,压缩机组与蓄热器组、蓄冷器(15、16)、液体膨胀机(18)、气液分离器(19)和液态空气储罐(21)依次连接;在释能过程中,所述液态空气储罐(21)与低温泵(23)相连,低温泵(23)与蓄冷器(15、16)、气化器(24)、蓄热器组和主膨胀机组依次相连,主膨胀机组驱动发电机(28)。

2. 如权利要求1所述的新型液态空气储能系统,其特征在于:所述压缩机组包括多台串联的压缩机(2、6、10),所述主膨胀机组包括多台串联的主膨胀机(25、26、27),所述蓄热器组包括多台蓄热器(4、8、12),压缩机(2、6、10)、主膨胀机(25、26、27)和蓄热器(4、8、12)一一对应,压缩机(2、6、10)与蓄热器(4、8、12)依次间隔连接,主膨胀机(25、26、27)与蓄热器(4、8、12)也依次间隔连接。

3. 如权利要求2所述的新型液态空气储能系统,其特征在于:蓄热器(4、8、12)和蓄冷器(15、16)的进出口均设有换向阀(3、5、7、9、11、13、14、17),气液分离器(19)和液态空气储罐(21)之间设有液态空气进口阀(20),低温泵(23)和液态空气储罐(21)之间设有液态空气出口阀(22)。

4. 如权利要求2所述的新型液态空气储能系统,其特征在于:蓄热器(4、8、12)采用单股流缠绕管式换热器,管程通压缩空气,壳程填充固液相变蓄热介质,各蓄热器(4、8、12)相互独立且隔热串联。

5. 如权利要求4所述的新型液态空气储能系统,其特征在于:所述固液相变蓄热介质为六水氯化镁,蓄热形式为潜热蓄热。

6. 如权利要求1所述的新型液态空气储能系统,其特征在于:蓄冷器(15、16)采用多股流缠绕管式换热器,壳程填充蓄冷工质。

7. 如权利要求6所述的新型液态空气储能系统,其特征在于:所述蓄冷工质为甲醇、正戊烷、丙烷或其组合,以固液相变潜热形式回收和再利用冷量。

8. 如权利要求1所述的新型液态空气储能系统,其特征在于:所述气化器(24)为中间介质气化器,包括调温器(401)、蒸发器(402)和凝结器(403),所述蒸发器(402)中含有中间介质(410);气化器(24)的热流体进口连接至大气,冷流体进口连接至蓄冷器(15)的出口,将液态空气完全气化。

9. 如权利要求8所述的新型液态空气储能系统,其特征在于:所述调温器(401)、蒸发器(402)和凝结器(403)均为管壳式换热器,所述中间介质(410)为甲醇。

10. 如权利要求2所述的新型液态空气储能系统,其特征在于:所述压缩机(2、6、10)、主膨胀机(25、26、27)和液体膨胀机(18)可采用轴流式、离心式或混合式。

一种利用相变储能的新型液态空气储能系统

技术领域

[0001] 本发明属于能量储存领域,具体涉及一种利用相变储能的新型液态空气储能系统。

背景技术

[0002] 当今世界,能源需求量不断增加,而对化石燃料的过度依赖将导致严重的环境和气候问题,新的可再生能源的开发以及提高现有能源的利用率已经成为全球学者和科学家关注的话题。风能和太阳能是在技术和成本上最具竞争力的新能源形式,但存在间歇式和不稳定的发电特点,因此必须依靠储能技术对其能量进行存储,以改善其电能输出质量,提高发电经济性和可靠性。目前已有的电力储能技术包括抽水储能、压缩空气储能、蓄电池储能、超导磁能、飞轮储能和超级电容等。由于储能容量、成本、储能周期、能量密度、充放电效率、寿命和环保等原因,迄今还只有抽水蓄能和压缩空气储能在百MW级大型商业系统中运行。

[0003] 抽水蓄能由于具有明显的一体化并且安装并网储电能力占全球的99.3%,现已成为全球大规模储能的现实标准,但是其建设位置很受限制,并且有些地方缺少这种地理条件。

[0004] 压缩空气储能是另一种可以实现大容量和长时间电能存储的电力储能系统,是指将低谷时利用多余的电力将空气压缩,将压缩后的高压空气密封在储气设施中,在需要时释放压缩空气推动膨胀机发电的储能方式。但是压缩空气储能技术的储能密度低,难点是需要合适的储存压缩空气的场所,其中地下盐洞是压缩空气储能系统中成本最低的储气室,仍需要盐洞有足够的深度,水下CAES也正在被研究,但是也需要合适的水深。如果在地面上用大量的储气罐来储存压缩后的高压空气,那么会大大增加建设成本。

[0005] 液态空气储能作为一种新型储能技术,将空气液化储存,具有能量密度大,不受地理条件限制,成本相对较低等特点,能够有效解决储存问题。近些年来,国内外学者相继开展液态空气储能技术的研究。与现有技术相比,本发明在蓄热和蓄冷两部分均采用了带相变蓄热、蓄冷的缠绕管式换热器,代替了以热罐、冷罐和换热器结合的形式将空气的热量和冷量储存起来,实现了蓄热器和蓄冷器的蓄放热都能够在一个设备中进行,有效储存了压缩热和液态空气冷量,循环利用到整个系统中;并且在气化部分增加了中间介质气化器,有效地将蓄冷器排出的低温空气完全气化,起到了膨胀发电前空气的预热作用,从而提高了系统的效率。

发明内容

[0006] 本发明的针对现有技术中的不足,提供一种利用相变储能的新型液态空气储能系统。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

一种利用相变储能的新型液态空气储能系统,其特征在于,包括:驱动单元、压缩机组、

蓄热器组、蓄冷器、液体膨胀机、气液分离器、液态空气储罐、低温泵、气化器、主膨胀机组和发电机；系统具有储能和释能两个工作状态：在储能过程中，所述压缩机组由驱动单元驱动，压缩机组与蓄热器组、蓄冷器、液体膨胀机、气液分离器和液态空气储罐依次连接；在释能过程中，所述液态空气储罐与低温泵相连，低温泵与蓄冷器、气化器、蓄热器组和主膨胀机组依次相连，主膨胀机组驱动发电机。

[0008] 为优化上述技术方案，采取的具体措施还包括：

所述压缩机组包括多台串联的压缩机，所述主膨胀机组包括多台串联的主膨胀机，所述蓄热器组包括多台蓄热器，压缩机、主膨胀机和蓄热器一一对应，压缩机与蓄热器依次间隔连接，主膨胀机与蓄热器也依次间隔连接。

[0009] 蓄热器和蓄冷器的进出口均设有换向阀，气液分离器和液态空气储罐之间设有液态空气进口阀，低温泵和液态空气储罐之间设有液态空气出口阀。

[0010] 蓄热器采用单股流缠绕管式换热器，管程通压缩空气，壳程填充固液相变蓄热介质，各蓄热器相互独立且隔热串联。

[0011] 所述固液相变蓄热介质为六水氯化镁，蓄热形式为潜热蓄热。

[0012] 蓄冷器采用多股流缠绕管式换热器，壳程填充蓄冷工质。

[0013] 所述蓄冷工质为甲醇、正戊烷、丙烷或其组合，以固液相变潜热形式回收和再利用冷量。

[0014] 所述气化器为中间介质气化器，包括调温器、蒸发器和凝结器，所述蒸发器中含有中间介质；气化器的热流体进口连接至大气，冷流体进口连接至蓄冷器的出口，将液态空气完全气化。

[0015] 所述调温器、蒸发器和凝结器均为管壳式换热器，所述中间介质为甲醇。

[0016] 所述压缩机、主膨胀机和液体膨胀机可采用轴流式、离心式或混合式。

[0017] 本发明的有益效果是：采用带相变蓄热、蓄冷的缠绕管式换热器和中间介质气化器，空气通过压缩机组后进入缠绕管式蓄热器，固液相变蓄热介质通过潜热的形式储存压缩热的并在释能段将热量释放出来，实现了蓄放热在同一个设备中进行，有效的提高了蓄热效率。与缠绕管式蓄热器相似，缠绕管式蓄冷器中的蓄冷工质将液态空气的冷量储存起来，在储能段完成压缩空气的液化，同样实现了蓄放热在同一个设备中进行，有效的提高了蓄冷效率。而在蓄冷器后增设中间介质气化器，利用大气的温度和中间介质的蓄放热将释能段的低温空气完全气化，进而提高了系统的效率。

附图说明

[0018] 图1是本发明的整体结构示意图。

[0019] 图2是本发明单股流缠绕管式换热器的结构示意图。

[0020] 图3是本发明多股流缠绕管式换热器的结构示意图。

[0021] 图4是本发明中间介质气化器的结构示意图。

[0022] 附图标记如下：驱动单元1；压缩机2、6、10；换向阀3、5、7、9、11、13、14、17；蓄热器4、8、12；蓄冷器15、16；液体膨胀机18；气液分离器19；进口阀门20；液态空气储罐21；出口阀门22；低温泵23；气化器24；膨胀机25、26、27；发电机28；管箱101；缠绕管102；中心筒103；夹套104；管板105；储能空气进口和释能空气出口106；释能空气进口和储能空气出口107；蓄

热介质入口108;蓄热介质出口109;管板201;缠绕管202;夹套203;中心筒204;储能空气入口和释能空气出口205;释能空气进口和储能空气出口206;返流冷空气入口207;返流冷空气出口208;蓄冷工质入口209;蓄冷工质出口210;调温器401;蒸发器402;凝结器403;中间通道404;管板405;折流板406;换热直管407;挡板408;换热U形管409;中间介质410;大气入口A1;大气出口A2;低温空气入口A3;低温空气出口A4。

具体实施方式

[0023] 现在结合附图对本发明作进一步详细的说明。

[0024] 如图1所示的利用相变储能的新型液态空气储能系统,包括驱动单元1、压缩机组、蓄热器组、蓄冷器15、16、液体膨胀机18、气液分离器19、液态空气储罐21、低温泵23、气化器24、主膨胀机组和发电机28。其中,压缩机组包括多台串联的压缩机2、6、10,主膨胀机组包括多台串联的主膨胀机25、26、27,蓄热器组包括多台蓄热器4、8、12,压缩机2、6、10、主膨胀机25、26、27和蓄热器4、8、12数量相同且一一对应,压缩机2、6、10与蓄热器4、8、12依次间隔连接,主膨胀机25、26、27与蓄热器4、8、12也依次间隔连接。蓄热器4、8、12和蓄冷器15、16的进出口均设有换向阀3、5、7、9、11、13、14、17,蓄热器组通过换向阀同时与压缩机组和主膨胀机组连接,并可根据工作需要进行换向。气液分离器19和液态空气储罐21之间设有液态空气进口阀20,低温泵23和液态空气储罐21之间设有液态空气出口阀22。

[0025] 系统具有储能和释能两个工作状态:储能时,驱动单元1带动压缩机2、6、10,空气经过压缩机2、6、10多级压缩至高温高压状态,在多级压缩之间设有级间蓄热器4、8、12,压缩机2、6、10和蓄热器4、8、12为一一对应的关系,压缩机2、6、10出口空气进入蓄热器4、8、12,被蓄热器4、8、12中的蓄热介质降温,固液相变蓄热介质吸热融化,压缩热储存在蓄热介质中,空气经过多级压缩和换热后,保证温度为常温。从最后一台蓄热器12出口流出的常温高压空气分别进入蓄冷器15、16,被蓄冷器15、16冷却至合适温度,出蓄冷器16的低温高压空气经液体膨胀机18进一步降温至液化温度,压强降为常压,由于空气没有被完全液化,气液混合物经气液分离器19分离,完全液化的液态空气通过进口阀20进入液态空气储罐21进行储存,未被液化的空气回流至蓄冷器15、16,冷能被蓄冷器15、16吸收后排空。

[0026] 释能时,打开出口阀门22,改变换向阀3、5、7、9、11、13、14、17的方向,低温泵23将液态空气储罐21的液态空气增压到一定压力后,输送到蓄冷器15、16,与相变蓄冷工质换热并气化,同时冷量被蓄冷工质回收,出蓄冷器15的高压空气进入气化器24进一步升温气化,温度升高后的高压空气进入蓄热器12、8、4与蓄热介质换热升温,最后通过膨胀机27、26、25膨胀做功,多级膨胀后的气体排空。

[0027] 下面对利用相变储能的新型液态空气储能系统各个组成部分进行详细说明:

驱动单元1可采用驱动电机,所需电力来源于可再生能源电力、电网或发电厂多余的电力。压缩机2、6、10包括多台串联的压缩机,利用低谷的多余电能压缩空气,压缩机常采用轴流式、离心式或混合式。

[0028] 蓄热器4、8、12采用单股流缠绕管式换热器,与压缩机2、6、10和主膨胀机25、26、27一一对应,起到级间冷却和加热的作用,多台单股流缠绕管式换热器相互独立且隔热串联,管程通压缩空气,壳程填充固液相变蓄热介质。如图2所示,单股流缠绕管式换热器包括管箱101、缠绕管102、中心筒103、夹套104和管板105,还具备储能空气进口和释能空气出口

106、释能空气进口和储能空气出口107、蓄热介质入口108和蓄热介质出口109。储能时,储能空气进口106通入高温压缩空气,被壳程内的固液相变蓄热介质降温,固液相变蓄热介质吸热融化,压缩热储存在蓄热介质中,压缩空气从储能空气出口107排出;释能时,改变蓄热器进出口的换向阀3、5、7、9、11、13的方向,被气化的空气通过释能空气进口107进入蓄热器管程,与壳程的固液相变蓄热介质换热,固液相变蓄热介质放热凝固,之后释能空气从释能空气出口106排出,其中蓄热介质为六水氯化镁,蓄热形式为潜热蓄热。

[0029] 蓄冷器15、16采用多股流缠绕管式换热器,如图3所示,多股流缠绕管式换热器包括管板201、缠绕管202、夹套203、中心筒204,还具备储能空气入口和释能空气出口205、释能空气进口和储能空气出口206、返流冷空气入口207、返流冷空气出口208、蓄冷工质入口209和蓄冷工质出口210。储能时,高压空气从最后一台蓄热器12出口流出,然后依次进入蓄冷器15、16,相变蓄冷工质和返流空气提供冷量逐级将压缩空气降温至接近液化点;释能时,改变蓄冷器15、16进出口的换向阀14、17的方向,流出低温泵23的液态空气依次进入蓄冷器16、15,逐级将冷量传递给蓄冷工质,蓄冷工质被冷却凝固,将冷量储存起来。其中蓄冷工质可为甲醇、正戊烷、丙烷及其混合物,相变温度按照换热温区梯度分布,从176K-85K逐级递减。

[0030] 液体膨胀机18用于蓄冷器15、16冷却后的高压空气的降压液化,压缩空气在液体膨胀机18的理想膨胀过程是等熵过程,液化系数很高,有利于提升系统的液化效率。气液分离器19用于将未被完全液化的气液混合空气分离,气体部分由上部出口流出,回流至蓄冷器16、15,进行冷量的回收利用,液体部分由下部出口流出到液态空气储罐20进行储存。液态空气储罐21用于储存液态空气,罐壁采用良好的保温材料用于与外界绝热,保证储能和释能间隔期液态空气的温度保持不变。低温泵23用于在释能时用于提升液态空气的压力,低温泵23能在液态空气的低温环境下工作。

[0031] 气化器24为如图4所示的中间介质气化器,主要由调温器401、蒸发器402和凝结器403三个管壳式换热器组成,还包括中间通道404、管板405、折流板406、换热直管407、挡板408、换热U形管409和中间介质410,具备大气入口A1、大气出口A2、低温空气入口A3和低温空气出口A4。大气首先通过大气进口A1进入调温器401,在调温器401换热管内流动放热,然后再进入蒸发器402,在蒸发器402的换热管内流动进一步放出热量,最后排出气化器24;低温空气首先进入凝结器403,在凝结器403的换热U形管409内流动吸热并气化,然后进入调温器401与大气换热,进一步升高温度;中间介质410即甲醇在蒸发器402中吸热气化,在凝结器403中放热液化,如此反复循环传递热量,并完全气化蓄冷器15的出口低温空气。

[0032] 主膨胀机组包括多台串联的主膨胀机25、26、27,用于高压工质膨胀做功,主膨胀机25、26、27常采用轴流式、离心式或混合式。

[0033] 以上仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不仅局限于上述实施例,凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰,应视为本发明的保护范围。

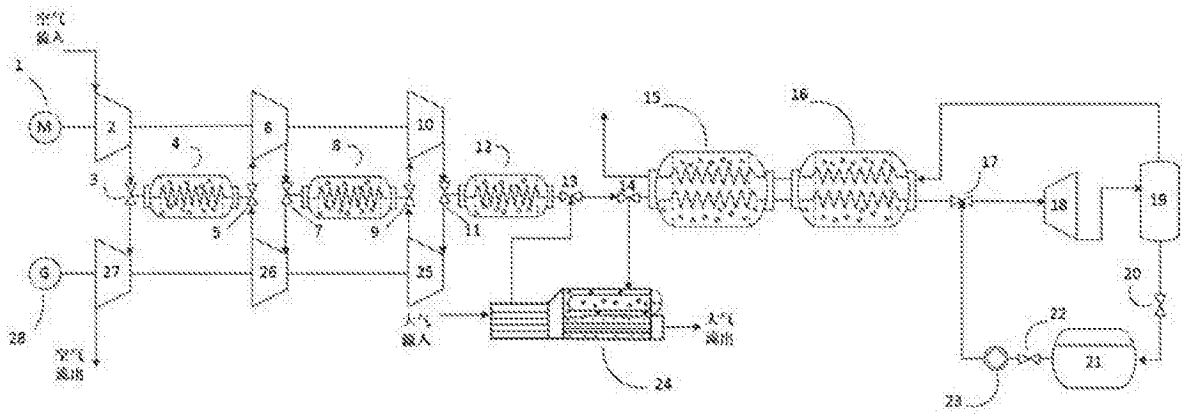


图1

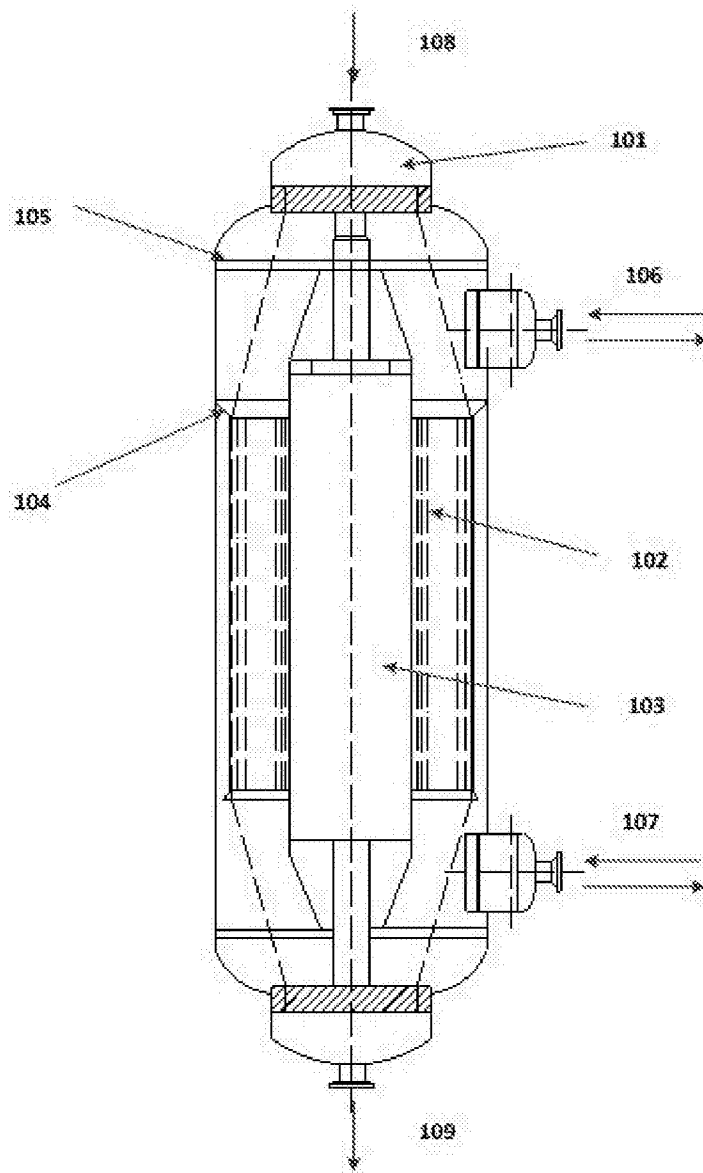


图2

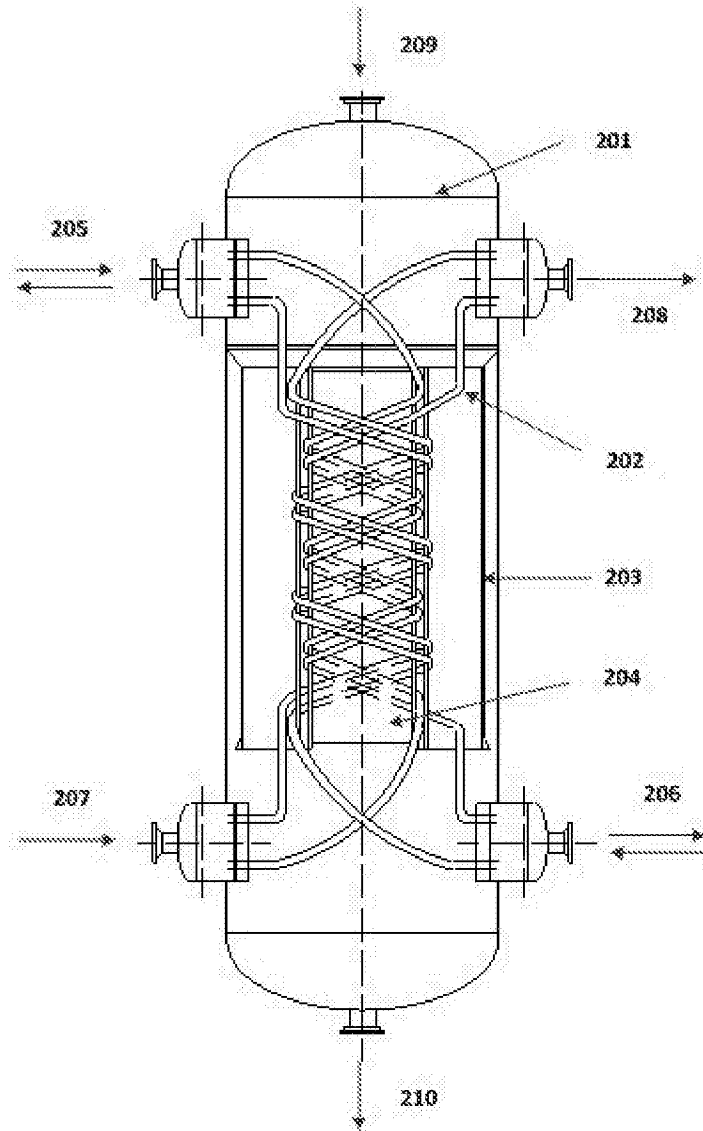


图3

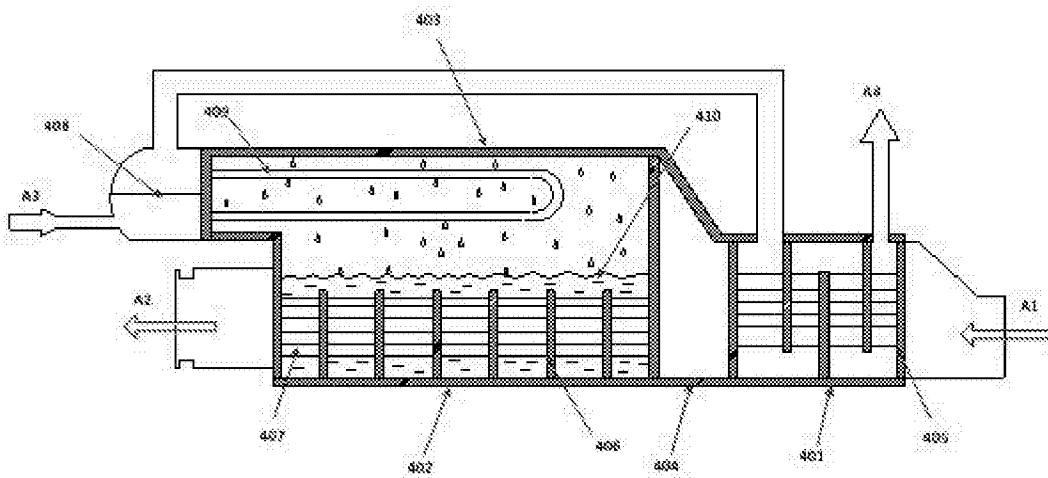


图4