(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207896211 U
(45)授权公告日 2018.09.21

(21)申请号 201820228641.6

(22)申请日 2018.02.08

(73)专利权人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区清华园

(72)发明人 裴普成 任棚 李跃华 吴子尧
陈东方 黄尚尉 贾肖宁

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事务所(普通合伙) 11201
代理人 黄德海

(51)Int.Cl.
H01M 8/04119(2016.01)
H01M 8/04029(2016.01)
H01M 8/04007(2016.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

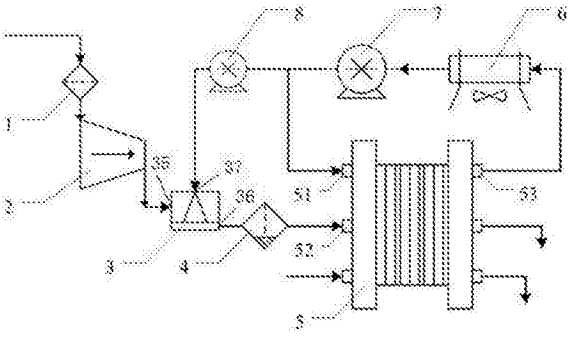
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)实用新型名称

一种用于质子交换膜燃料电池的空气供气增湿中冷系统

(57)摘要

本实用新型公开了一种用于质子交换膜燃料电池的空气供气增湿中冷系统。所述系统连接在燃料电池堆处，燃料电池堆具有用于循环冷却水的冷却回路。增湿中冷系统包括：增湿中冷器、增湿支路和气水分离器。增湿中冷器连接在包括空气滤清器和空压机的供气支路上，用于冷却并加湿进入燃料电池堆之前的空气。增湿支路连通冷却回路中冷却水泵的出口及增湿中冷器冷却水入口，用于为增湿中冷器输送冷却水。气水分离器连通增湿中冷器的空气出口及电堆空气入口。本实用新型兼备中冷和增湿功能，无需专门设置增湿水路，降温增湿环节无需电动控制，适用于大功率燃料电池系统且有助于大幅缩减系统成本。



CN 207896211 U

1.一种用于质子交换膜燃料电池的空气供气增湿中冷系统，其特征在于，连接在燃料电池堆处，所述燃料电池堆具有电堆冷却水入口、电堆冷却水出口及电堆空气入口，所述燃料电池堆具有冷却回路以循环冷却水，其中，冷却水经过冷却水泵，从所述电堆冷却水入口进入所述燃料电池堆，经所述电堆冷却水出口进入散热器，散热后经所述冷却水泵进入所述电堆冷却水入口实现循环，所述空气供气增湿中冷系统包括：

增湿中冷器，连接在包括空气滤清器和空压机的供气支路上，用于冷却并加湿进入所述燃料电池堆之前的空气，所述增湿中冷器具有增湿中冷器冷却水入口、增湿中冷器空气入口及增湿中冷器空气出口；

增湿支路，连通所述冷却水泵的出口及所述增湿中冷器冷却水入口，用于为所述增湿中冷器输送冷却水；和

气水分离器，连通所述增湿中冷器空气出口及所述电堆空气入口，用于分离增湿空气中的液态水，具有气水分离器入口、气水分离器出口及气水分离器排水口；

其中，空气依次经所述空气滤清器、所述空压机、所述增湿中冷器和所述气水分离器，从所述电堆空气入口进入所述燃料电池堆参与阴极反应。

2.根据权利要求1所述的空气供气增湿中冷系统，其特征在于，所述冷却水泵流量固定，通过控制所述散热器中的冷却风扇起停和转速来控制冷却水温度，以此保证所述冷却水泵的出口的水压恒定。

3.根据权利要求1所述的空气供气增湿中冷系统，其特征在于，

$\Delta P = P_{pump} - P_{humidifier}$

ΔP是所述冷却水泵出口压力与所述的空气供气增湿中冷系统额定工作状态下增湿中冷器内腔喷嘴出口处空气压力的压力差，

P_{pump}是所述冷却水泵出口压力，

$P_{humidifier}$是所述空气供气增湿中冷系统额定工作状态下增湿中冷器内腔喷嘴出口处空气压力，

若$\Delta P < 1bar$，所述空气供气增湿中冷系统还包括布置在所述增湿中冷器冷却水入口之前的增压水泵；

若$\Delta P \geq 1bar$，所述空气供气增湿中冷系统无需增设所述增压水泵。

4.根据权利要求3所述的空气供气增湿中冷系统，其特征在于，所述增压水泵具有增压水泵入口及增压水泵出口，通过保持所述增压水泵出口的水压恒定值，以保证所述的增湿中冷器的冷却水入口水压恒定。

5.根据权利要求1所述的空气供气增湿中冷系统，其特征在于，所述增湿中冷器与所述气水分离器在普通工作状态下均沿竖直方向布置，所述增湿中冷器空气出口与所述气水分离器入口固联，所述气水分离器排水口竖直向下。

6.根据权利要求1所述的空气供气增湿中冷系统，其特征在于，所述增湿中冷器包括：

壳体，其上具有所述增湿中冷器空气入口及所述增湿中冷器空气出口；

顶盖，覆盖在所述壳体的顶部，并与所述壳体固定连接；

压力雾化喷嘴，安装在所述顶盖处，其具有入口及出口，所述入口即为所述增湿中冷器冷却水入口；和

导流翅片，安装在所述壳体的内部并位于所述压力雾化喷嘴的下方。

7.根据权利要求6所述的空气供气增湿中冷系统，其特征在于，所述压力雾化喷嘴的入口、出口压力固定，维持固定喷雾水量，该水量最小值为空气流量最大时所对应的饱和增湿水量，计算公式为：

$\dot{m}_{water_inject_min}=\frac{18}{22.4\times60}\frac{P_{sat,T}}{P_{air,in}}\cdot\dot{Q}_{air_max}$，式中，

$\dot{m}_{water_inject_min}$为压力雾化喷嘴最小喷雾水量，单位：g/s；

$P_{sat,T}$为在电堆工作温度T下的饱和蒸气压，单位：Pa；

$P_{air,in}$为空气入堆压力，单位：Pa；

$\dot{Q}_{air_max}$为最大空气流量，单位：SLPM。

8.根据权利要求6所述的空气供气增湿中冷系统，其特征在于，所述导流翅片的数量为多个且呈交错布置，以强迫空气在所述增湿中冷器内部作曲折流动，延长空气运动长度。

9.根据权利要求1所述的空气供气增湿中冷系统，其特征在于，所述气水分离器为压缩空气气水分离器，以分离出增湿空气中的液态水，并保证在不影响空气压力的情况下自动排出所述液态水。

10.根据权利要求1-9中任一项所述的空气供气增湿中冷系统，其特征在于，所述增湿中冷器内部聚集的液态水在空气吹扫和重力作用下排入所述气水分离器，被分离后自动排出，所述气水分离器同时起到排除所述增湿中冷器内腔余水和增湿空气去水后处理的作用。

一种用于质子交换膜燃料电池的空气供气增湿中冷系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及质子交换膜燃料电池，尤其涉及一种用于质子交换膜燃料电池的空气供气增湿中冷系统。

背景技术

[0002] 质子交换膜燃料电池(以下简称燃料电池)功率密度高、效率高、工作温度低、产物无污染等优势使其非常适合于车载使用；而且相对于锂离子电池作主动力的纯电动汽车而言，燃料电池汽车可以有效解决里程焦虑问题，极具发展前景。

[0003] 燃料电池作为一种电化学动力源，其工作需要在空气供给系统、氢气供给系统、冷却系统等子系统的配合下完成。燃料电池对内部水状态非常敏感。内部缺水会导致：(1)质子交换膜脱水，质子传导能力下降，电堆欧姆阻抗升高；(2)催化层催化活性降低，燃料电池活化损失增大。而内部液态水的集聚会阻碍反应气体扩散到催化层参与反应，可能会导致燃料电池水淹。缺水和水的过量都会造成燃料电池性能下降，由此说明为燃料电池反应气体提供增湿是必要的，而且增湿必须恰当。

[0004] 目前，有通过合理设计燃料电池堆和流场的结构的方式实现电堆内部自增湿的方案，丰田Mirai燃料电池堆的三维流场设计就属于内部增湿。但是结构设计难度较大，工艺要求复杂，控制变量多，而且增湿效果有限。

[0005] 目前，还有液态水喷雾增湿法，该方法在大功率燃料电池系统中应用比较广泛，可以同时起到空气的增湿中冷作用。但是，目前的喷雾增湿系统存在明显的技术弱点，主要包括：

[0006] (1)为液态水喷雾需要另外构建水路。若新构建水路无加热，则增湿效果差；若新构建水路有加热，则系统结构进一步复杂化。

[0007] (2)喷雾容腔内部结构设计考虑不足，降温增湿效果不理想，需要依靠喷水量控制；容腔结构优化空间较大。

[0008] (3)控制增湿器内部水位。通过控制规避增湿器内部液态水过多造成故障，使得系统控制复杂化，降低系统可靠性。

实用新型内容

[0009] 本实用新型旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此，本实用新型提出一种用于质子交换膜燃料电池的空气供气增湿中冷系统。

[0010] 本实用新型提供的一种用于质子交换膜燃料电池的空气供气增湿中冷系统，连接在燃料电池堆处，所述燃料电池堆具有电堆冷却水入口、电堆冷却水出口及电堆空气入口，所述燃料电池堆具有冷却回路以循环冷却水，其中，冷却水经过冷却水泵，从所述电堆冷却水入口进入所述燃料电池堆，经所述电堆冷却水出口进入散热器，散热后经所述冷却水泵进入所述电堆冷却水入口实现循环，所述空气供气增湿中冷系统包括：

[0011] 增湿中冷器，连接在包括空气滤清器和空压机的供气支路上，用于冷却并加湿进

入所述燃料电池堆之前的空气，所述增湿中冷器具有增湿中冷器冷却水入口、增湿中冷器空气入口及增湿中冷器空气出口；

[0012] 增湿支路，连通所述冷却水泵的出口及所述增湿中冷器冷却水入口，用于为所述增湿中冷器输送冷却水；和

[0013] 气水分离器，连通所述增湿中冷器空气出口及所述电堆空气入口，用于分离增湿空气中的液态水，具有气水分离器入口、气水分离器出口及气水分离器排水口；

[0014] 其中，空气依次经所述空气滤清器、所述空压机、所述增湿中冷器和所述气水分离器，从所述电堆空气入口进入所述燃料电池堆参与阴极反应。

[0015] 进一步地，所述冷却水泵流量固定，通过控制所述散热器中的冷却风扇起停和转速来控制冷却水温度，以此保证所述冷却水泵的出口的水压恒定。

[0016] 进一步地，所述的空气供气增湿中冷系统中，

[0017] $\Delta P = P_{pump} - P_{humidifier}$

[0018] ΔP是所述冷却水泵出口压力与所述的空气供气增湿中冷系统额定工作状态下增湿中冷器内腔喷嘴出口处空气压力的压力差，

[0019] P_{pump}是所述冷却水泵出口压力，

[0020] $P_{humidifier}$是所述空气供气增湿中冷系统额定工作状态下增湿中冷器内腔喷嘴出口处空气压力，

[0021] 若$\Delta P < 1bar$，所述空气供气增湿中冷系统还包括布置在所述增湿中冷器冷却水入口之前的增压水泵；

[0022] 若$\Delta P \geq 1bar$，所述空气供气增湿中冷系统无需增设所述增压水泵。

[0023] 进一步地，所述增压水泵具有增压水泵入口及增压水泵出口，通过保持所述增压水泵出口的水压恒定值，以保证所述的增湿中冷器的冷却水入口水压恒定。

[0024] 进一步地，所述增湿中冷器与所述气水分离器在普通工作状态下均沿竖直方向布置，所述增湿中冷器空气出口与所述气水分离器入口固联，所述气水分离器排水口竖直向下。

[0025] 进一步地，所述增湿中冷器包括：

[0026] 壳体，其上具有所述增湿中冷器空气入口及所述增湿中冷器空气出口；

[0027] 顶盖，覆盖在所述壳体的顶部，并与所述壳体固定连接；

[0028] 压力雾化喷嘴，安装在所述顶盖处，其具有入口及出口，所述入口即为所述增湿中冷器冷却水入口；和

[0029] 导流翅片，安装在所述壳体的内部并位于所述压力雾化喷嘴的下方。

[0030] 进一步地，所述压力雾化喷嘴的入口、出口压力固定，维持固定喷雾水量，该水量最小值为空气流量最大时所对应的饱和增湿水量，计算公式为：

[0031] $\dot{m}_{water_inject_min} = \frac{18}{22.4 \times 60} \frac{P_{sat,T}}{P_{air,in}} \cdot \dot{Q}_{air_max}$，式中，

[0032] $\dot{m}_{water_inject_min}$为压力雾化喷嘴最小喷雾水量，单位：g/s；

[0033] $P_{sat,T}$为在电堆工作温度T下的饱和蒸气压，单位：Pa；

[0034] $P_{air,in}$为空气入堆压力，单位：Pa；

[0035] $\dot{Q}_{air_max}$为最大空气流量，单位：SLPM。

[0036] 进一步地，所述导流翅片的数量为多个且呈交错布置，以强迫空气在所述增湿中冷器内部作曲折流动，延长空气运动长度。

[0037] 进一步地，所述气水分离器为压缩空气气水分离器，以分离出增湿空气中的液态水，并保证在不影响空气压力的情况下自动排出所述液态水。

[0038] 进一步地，所述增湿中冷器内部聚集的液态水在空气吹扫和重力作用下排入所述气水分离器，被分离后自动排出，所述气水分离器同时起到排除所述增湿中冷器内腔余水和增湿空气去水后处理的作用。

[0039] 本实用新型空气供气增湿中冷系统中的加湿中冷器集有效增湿和中冷功能于一体，避免了在增湿器外另外使用中冷器的复杂设计，简化了系统结构；本实用新型直接利用冷却水路为增湿中冷器提供液态水，省去了为增湿中冷器另外增设的复杂水路，简化了冷却水喷雾增湿的系统结构，且提供的冷却水泵出口冷却水温度较高，可以增强增湿效果；本实用新型空气供气增湿中冷系统的降温增湿环节无需任何控制，提升了系统的可靠性。

[0040] 本实用新型的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本实用新型的实践了解到。

附图说明

[0041] 本实用新型的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

[0042] 图1是本实用新型实施例的用于质子交换膜燃料电池的空气供气增湿中冷系统结构示意图；

[0043] 图2是图1中的增湿中冷器与气水分离器的装配结构示意图；

[0044] 图3是图1中的增湿中冷器组成结构示意图。

[0045] 附图标记：

[0046] 1空气滤清器，

[0047] 2空压机，

[0048] 3增湿中冷器，

[0049] 31顶盖，32压力雾化喷嘴，33壳体，34导流翅片，35增湿中冷器空气入口，36增湿中冷器空气出口，37增湿中冷器冷却水入口，

[0050] 4气水分离器，

[0051] 41气水分离器入口，42气水分离器出口，43气水分离器排水口，

[0052] 5燃料电池堆，

[0053] 51电堆冷却水入口，52电堆空气入口，53电堆冷却水出口，

[0054] 6散热器，

[0055] 7冷却水泵，

[0056] 8增压水泵。

具体实施方式

[0057] 下面详细描述本实用新型的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始

至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本实用新型，而不能理解为对本实用新型的限制。

[0058] 图1是本实用新型实施例的用于质子交换膜燃料电池的空气供气增湿中冷系统结构示意图。一种用于质子交换膜燃料电池的空气供气增湿中冷系统，连接在燃料电池堆5处，所述燃料电池堆5具有电堆冷却水入口51、电堆冷却水出口53及电堆空气入口52，所述燃料电池堆5具有冷却回路以循环冷却水。其中，冷却水经过冷却水泵7，从所述电堆冷却水入口51进入所述燃料电池堆5，经所述电堆冷却水出口53进入散热器6，散热后经所述冷却水泵7进入所述电堆冷却水入口51实现循环。所述空气供气增湿中冷系统包括：增湿中冷器3、增湿支路和气水分离器4。增湿中冷器3连接在包括空气滤清器1和空压机2的供气支路上，用于冷却并加湿进入所述燃料电池堆5之前的空气，所述增湿中冷器3具有增湿中冷器冷却水入口37、增湿中冷器空气入口35及增湿中冷器空气出口36。增湿支路连通所述冷却水泵7的出口及所述增湿中冷器冷却水入口37，用于为所述增湿中冷器3输送冷却水。气水分离器4连通所述增湿中冷器空气出口36及所述电堆空气入口52，用于分离增湿空气中的液态水，具有气水分离器入口41、气水分离器出口42及气水分离器排水口43。其中，空气依次经所述空气滤清器1、所述空压机2进入所述增湿中冷器3，增湿中冷器3喷射液态水，液态水气化的同时将空气增湿并冷却，之后增湿空气经所述气水分离器4去除液态水后，从所述电堆空气入口52进入所述燃料电池堆5参与阴极反应。

[0059] 本实用新型空气供气增湿中冷系统采用喷雾增湿法为空压机2排出的高热低湿空气降温增湿。加湿中冷器集有效增湿和中冷功能于一体，避免了在增湿器外另外使用中冷器的复杂设计，简化了系统结构。本实用新型直接利用冷却水路为增湿中冷器3提供液态水，省去了为增湿中冷器3另外增设的复杂水路，简化了冷却水喷雾增湿的系统结构，且提供的冷却水泵7出口冷却水温度较高，可以增强增湿效果。本实用新型空气供气增湿中冷系统的降温增湿环节无需任何控制，提升了系统的可靠性。本实用新型适用于大功率燃料电池系统且有助于大幅缩减系统成本。

[0060] 进一步地，如图1所示，本实施例中，所述冷却水泵7流量固定，通过控制所述散热器6中的冷却风扇起停和转速来控制冷却水温度，以此保证所述冷却水泵7的出口的水压恒定。

[0061] 进一步地，如图1所示，本实施例中，进一步地，所述的空气供气增湿中冷系统中，

[0062] $\Delta P = P_{pump} - P_{humidifier}$

[0063] ΔP是所述冷却水泵7出口压力与所述的空气供气增湿中冷系统额定工作状态下增湿中冷器3内腔喷嘴出口处空气压力的压力差，

[0064] P_{pump}是所述冷却水泵7出口压力，

[0065] $P_{humidifier}$是所述空气供气增湿中冷系统额定工作状态下增湿中冷器3内腔喷嘴出口处空气压力，

[0066] 若$\Delta P < 1bar$，所述空气供气增湿中冷系统还包括布置在所述增湿中冷器冷却水入口37之前的增压水泵8；

[0067] 若$\Delta P \geq 1bar$，所述空气供气增湿中冷系统无需增设所述增压水泵8。更进一步地，所述增压水泵8具有增压水泵入口及增压水泵出口，通过保持所述增压水泵出口的水压恒

定值，以保证所述增湿中冷器冷却水入口37水压恒定。

[0068] 图2是图1中的增湿中冷器与气水分离器的装配结构示意图。图3是图1中的增湿中冷器组成结构示意图。参见图2，还可以参见图3，进一步地，本实施例中，所述增湿中冷器3与所述气水分离器4在普通工作状态下均沿竖直方向布置，所述增湿中冷器空气出口36与所述气水分离器入口41固联，所述气水分离器排水口43竖直向下。更进一步地，所述气水分离器4为压缩空气气水分离器，以分离出增湿空气中的液态水，并保证在不影响空气压力的情况下自动排出所述液态水。更进一步地，所述增湿中冷器3内部聚集的液态水在空气吹扫和重力作用下排入所述气水分离器4，被分离后自动排出，所述气水分离器4同时起到排除所述增湿中冷器3内腔余水和增湿空气去水后处理的作用。

[0069] 本实用新型中，利用空气吹扫和重力作用将增湿中冷器3内部集聚的液态水排入气水分离器4，气水分离器4同时起到增湿中冷器3内部余水排除和增湿空气去水后处理的作用，无需对增湿中冷器3内部液态水量进行控制，并且可有效避免供给电堆的空气中带有液态水。以此简化系统结构并提高系统可靠性。

[0070] 进一步地，所述增湿中冷器3包括：壳体33、顶盖31、压力雾化喷嘴32和导流翅片34。壳体33上具有所述增湿中冷器空气入口35及所述增湿中冷器空气出口36。顶盖31覆盖在所述壳体33的顶部，并与所述壳体33固定连接。本实施例中，通过紧固件连接。压力雾化喷嘴32安装在所述顶盖31处，其具有入口及出口，所述入口即为所述增湿中冷器冷却水入口37，冷却水泵7出口直接与增湿中冷器冷却水入口37连接向压力雾化喷嘴32供应液态水。导流翅片34安装在所述壳体33的内部并位于所述压力雾化喷嘴32的下方。本实施例中，所述压力雾化喷嘴32的液态水来自于冷却回路，利用冷却水较高的温度强化增湿效果。

[0071] 进一步地，若冷却水泵7扬程不能满足喷嘴雾化压力要求，则冷却水泵7出口冷却水可经增压水泵8增压后流向压力雾化喷嘴32。所述压力雾化喷嘴32的入口、出口压力固定，维持固定喷雾水量，该水量最小值为空气流量最大时所对应的饱和增湿水量，计算公式为：

[0072] $\dot{m}_{water_inject_min}=\frac{18}{22.4\times60}\frac{P_{sat,T}}{P_{air,in}}\cdot\dot{Q}_{air_max}$，式中，

[0073] $\dot{m}_{water_inject_min}$为压力雾化喷嘴32最小喷雾水量，单位：g/s；

[0074] $P_{sat,T}$为在电堆工作温度T下的饱和蒸气压，单位：Pa；

[0075] $P_{air,in}$为空气入堆压力，单位：Pa；

[0076] $\dot{Q}_{air_max}$为最大空气流量，单位：SLPM(标准升每分钟)。

[0077] 进一步地，如图3所示，本实施例中，本实用新型重新设计了压力雾化喷嘴32的喷雾容腔内部结构，所述导流翅片34的数量为多个且呈交错布置，以增强水气接触效果并辅助散热，有效强化降温和增湿性能。具体实施时，所述导流翅片34用于强迫空气在所述增湿中冷器3内部作曲折流动，延长空气运动长度。所述导流翅片34用于强化内部涡流的形成，利用涡流有效保水，增强水气接触效果。所述导流翅片34用于增强增湿中冷器3对流换热效果，有辅助散热作用。

[0078] 在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示意性实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结

构、材料或者特点包含于本实用新型的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0079] 尽管已经示出和描述了本实用新型的实施例，本领域的普通技术人员可以理解：在不脱离本实用新型的原理和宗旨的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型，本实用新型的范围由权利要求及其等同物限定。

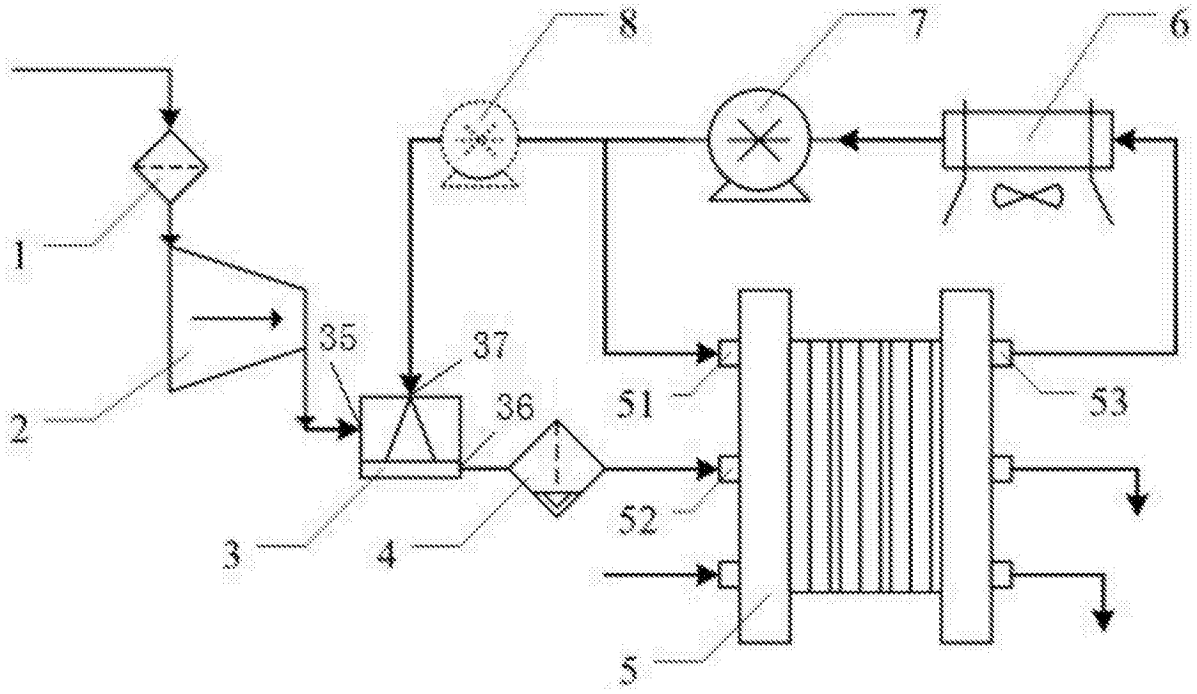


图1

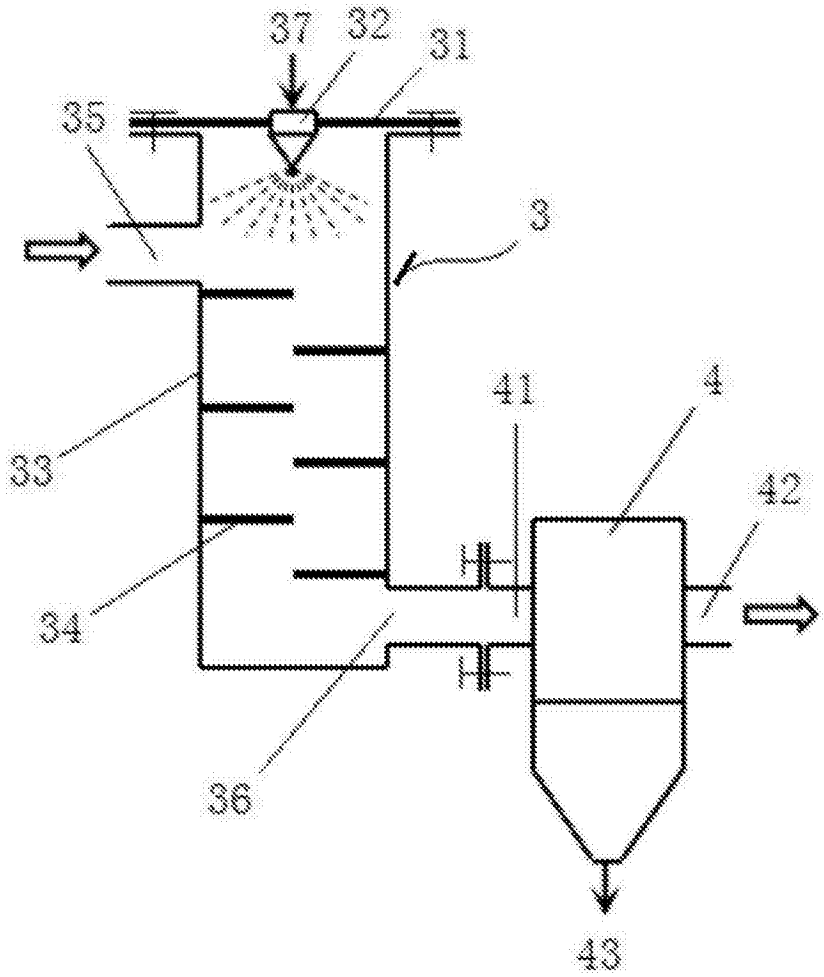


图2

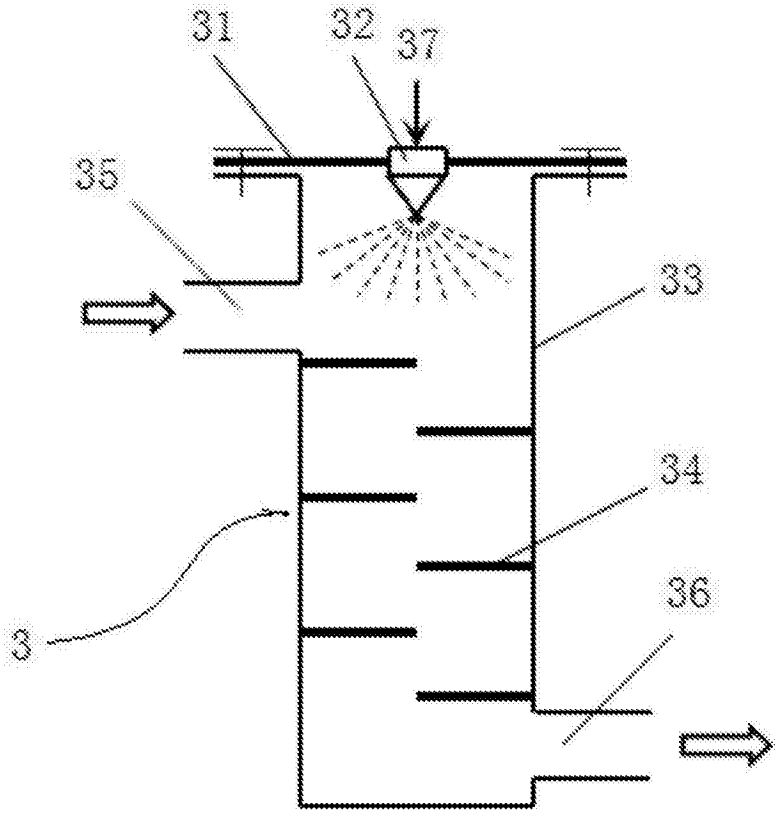


图3