[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F25B 40/00 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880015513.2

[43] 公开日 2010 年 3 月 24 日

[11] 公开号 CN 101680691A

[22] 申请日 2008.5.9
[21] 申请号 200880015513.2
[30] 优先权
[32] 2007. 5.11 [33] US [31] 60/928,826
[32] 2007.11.16 [33] US [31] 60/988,562
[32] 2007.12.17 [33] US [31] PCT/US2007/025675
[86] 国际申请 PCT/US2008/006043 2008.5.9
[87] 国际公布 WO2008/140809 英 2008.11.20
[85] 进入国家阶段日期 2009.11.10
[71] 申请人 纳幕尔杜邦公司
地址 美国特拉华州
[72] 发明人 D·克洛迪克 Y·里亚基
B·H·米诺尔
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 段晓玲 孙秀武

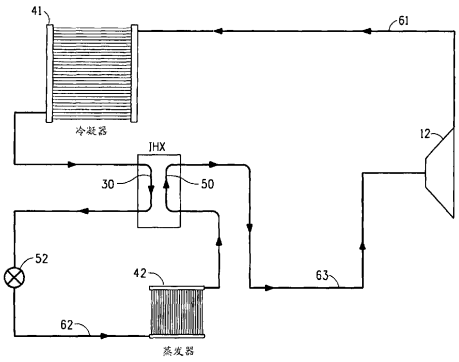
权利要求书 4 页 说明书 24 页 附图 2 页

[54] 发明名称

用于在蒸汽压缩热传递系统中进行热交换的方法以及包含具有双排蒸发器或冷凝器的中间换热器的蒸汽压缩热传递系统

[57] 摘要

本公开涉及在蒸汽压缩热传递系统中进行热交换的方法。 具体地讲，它涉及使用中间换热器以改善蒸汽压缩热传递系统的性能，所述蒸汽压缩热传递系统使用包含至少一种氟烯烃的工作流体。 此外，本公开还涉及包括中间换热器的蒸汽压缩热传递系统，所述中间换热器结合有双排蒸发器或双排冷凝器或两者兼具。



1. 用于在蒸汽压缩热传递系统中进行热交换的方法，所述蒸汽压缩热传递系统具有在其中循环的工作流体，所述方法包括以下步骤:

(a) 使包含氟烯烃的工作流体循环至内部换热器的第一管道的入口，通过所述内部换热器并循环至其出口;

(b) 使所述工作流体从所述内部换热器的第一管道的出口循环至蒸发器的入口，通过所述蒸发器以蒸发所述工作流体，从而将其转换为气态工作流体，并通过所述蒸发器的出口;

(c) 使所述工作流体从所述蒸发器的出口循环至所述内部换热器的第二管道的入口，以将热从来自所述冷凝器的液态工作流体传递至来自所述蒸发器的气态工作流体，通过所述内部换热器，并且循环至所述第二管道的出口;

(d) 使所述工作流体从所述内部换热器的第二管道的出口循环至压缩机的入口，通过所述压缩机以压缩所述气态工作流体，并且循环至所述压缩机的出口;

(e) 使所述工作流体从所述压缩机的出口循环至冷凝器的入口，并且通过所述冷凝器以使所述压缩的气态工作流体冷凝成液体，并且循环至所述冷凝器的出口;

(f) 使所述工作流体从所述冷凝器的出口循环至所述中间换热器的所述第一管道的入口，以将热从来自所述冷凝器的液体传递至来自所述蒸发器的气体，并且循环至所述第二管道的出口; 和

(g) 使所述工作流体从所述内部换热器的第二管道的出口循环回所述蒸发器。

2. 权利要求 1 的方法，其中所述第二管道中的工作流体以与所述第一管道中的工作流体的流动方向相反的方向流动，从而冷却所

述第一管道中的工作流体，并加热所述第二管道中的工作流体。

3. 权利要求 1 的方法，其中所述第一管道具有大于所述第二管道的直径，而且将所述第二管道设置为与所述第一管道同心，并且所述第一管道中的热液体包围所述第二管道中的冷气体。

4. 权利要求 1 的方法，其中所述冷凝步骤包括:

(i) 使所述工作流体循环至双排冷凝器的后排，其中所述后排接纳第一温度下的工作流体，以及

(ii) 使所述工作流体循环至所述双排冷凝器的前排，其中所述前排接纳第二温度下的工作流体，其中所述第二温度低于所述第一温度，使得经过所述前排和所述后排的空气是预先加热的，因此所述空气到达所述后排时比到达所述前排时的温度要高。

5. 权利要求 1 的方法，其中所述蒸发步骤包括:

(i) 使所述工作流体通过具有第一排和第二排的双排蒸发器的入口，

(ii) 使所述第一排中的工作流体以垂直于通过所述蒸发器入口的流体流动的方向循环，以及

(iii) 使所述第二排中的工作流体通常以与通过所述入口的工作流体的流动方向相反的方向循环。

6. 权利要求 1、4、或 5 的方法，其中所述工作流体还包含至少一种选自氢氟烃、氟代醚、烃、二甲基醚(DME)、二氧化碳(CO_2)、氨(NH_3)、和三氟碘甲烷(CF_3I)的化合物。

7. 权利要求 1、4、或 5 的方法，其中所述氟烯烃包含 HFC-1234yf。

8. 权利要求 7 的方法，其中与用 HFC-134a 作为工作流体的系统相比，所述系统的性能系数和冷却能力提高至少 7.5%。

9. 用于热交换的蒸汽压缩热传递系统，所述蒸汽压缩热传递系统包括:

(a) 具有入口和出口的蒸发器;

(b) 具有入口和出口的压缩机，其中所述入口与所述蒸发器的出口相连;

(c) 与所述压缩机的出口相连的双排冷凝器，所述双排冷凝器具有:

(i) 入口，

(ii) 与所述入口相连的第一排，所述第一排包括第一入口歧管和多个通道，所述通道允许第一温度下的工作流体流入所述歧管，然后以至少一个方向流经所述通道，并在第二出口歧管中汇集，

(iii) 与所述第一排相连的第二排，所述第二排包括多个用于传导第二温度下的工作流体的通道，所述第二温度低于所述第一排中工作流体的温度，以及

(iv) 将所述第一排连接到所述第二排的导管；以及

(d) 中间换热器，其具有:

(i) 第一管道，所述第一管道具有与所述冷凝器的出口相连的入口和出口，以及

(ii) 第二管道，所述第二管道具有与出口相连的入口和与所述双排冷凝器的入口相连的出口;

其中所述蒸发器的入口与所述中间换热器的第一管道的出口相连。

10. 用于热交换的蒸汽压缩热传递系统，所述蒸汽压缩热传递系统包括:

(a) 用于蒸发工作流体的双排蒸发器，所述蒸发器具有:

(i) 入口，

(ii) 与所述入口相连的前排;

(iii) 与所述前排相连的后排，和

(iv) 与所述后排相连的出口;

(b) 具有入口和出口的压缩机，其中所述入口与所述蒸发器的出口相连;

(c) 具有入口和出口的冷凝器，其中所述入口与所述压缩机的出口相连；和

(d) 中间换热器，其具有：

(i) 第一管道，所述第一管道具有与冷凝器的出口线相连的入口和与所述蒸发器的入口相连的出口，以及

(ii) 第二管道，所述第二管道具有与所述蒸发器的出口相连的入口。

用于在蒸汽压缩热传递系统中进行热交换的方法以及包含具有双排蒸发器或冷凝器的中间换热器的蒸汽压缩热传递系统

发明背景

1 发明领域。

本发明涉及在蒸汽压缩热传递系统中进行热交换的方法。具体地讲，它涉及使用中间换热器，以改善使用包含至少一种氟烯烃的工作流体的蒸汽压缩热传递系统的性能。

2. 背景技术。

一直在寻找改善热传递系统（例如冷却系统和空调）的性能的方法，以降低此类系统的运行成本。

在推荐用于热传递系统（包括蒸汽压缩热传递系统）的新工作流体时，重要的是能够提供改善新工作流体冷却能力和能量效率的方法。

发明概述

申请人已经发现，由于流出冷凝器的工作流体过冷，在使用氟烯烃的蒸汽压缩热传递系统中使用中间换热器可提供意想不到的有益效果。所谓“过冷”是指液体温度降至给定压力下液体的饱和点以下。饱和点是蒸汽通常会冷凝成液体的温度，但过冷会使得在给定压力下产生较低温度的蒸汽。通过将蒸汽冷却至饱和点以下，可提高净制冷量。因此，过冷可改善系统的冷却能力和能量效率，所述系统例如使用氟烯烃作为其工作流体的蒸汽压缩热传递系统。

具体地讲，当氟烯烃 2,3,3,3-四氟丙烯(HFC-1234yf)用作工作流体时，与使用已知的工作流体，例如 1,1,1,2-四氟乙烷(HFC-134a)相比，氟烯烃工作流体的性能系数与能力方面获得了令人惊讶的结果。实际上，与使用 HFC-134a 作为工作流体的系统相比，使用 HFC-1234yf 的系统的性能系数以及冷却能力提高了至少 7.5%。

因此，根据本发明，本公开提供了用于在蒸汽压缩热传递系统中进行热交换的方法，该方法包括:

(a) 使包含氟烯烃的工作流体循环至内部换热器的第一管道的入口，通过内部换热器并循环至其出口;

(b) 使工作流体从内部换热器的第一管道的出口循环至蒸发器的入口，通过蒸发器以使工作流体蒸发，从而将工作流体转换为气态的工作流体，然后通过蒸发器的出口;

(c) 使工作流体从蒸发器的出口循环至内部换热器的第二管道的入口，以将热量从来自冷凝器的液态工作流体传递至来自蒸发器的气态工作流体，然后通过内部换热器，循环至第二管道的出口;

(d) 使工作流体从内部换热器第二管道的出口循环至压缩机的入口，通过压缩机以压缩气态工作流体，然后循环至压缩机的出口;

(e) 使工作流体从压缩机的出口循环至冷凝器的入口，通过冷凝器以使压缩的气态工作流体冷凝成液体，然后循环至冷凝器的出口;

(f) 使工作流体从冷凝器的出口循环至中间换热器的第一管道的入口，以将热量从来自冷凝器的液体传递至来自蒸发器的气体，然后循环至第二管道的出口；以及

(g) 使工作流体从内部换热器第二管道的出口循环回蒸发器。

此外，已经发现的是，过冷可以提高采用错流/逆流热交换的系统，例如使用双排冷凝器或双排蒸发器的系统的性能和效率。

因此，进一步根据本发明的方法，本公开还提供了冷凝步骤，该冷凝步骤可包括:

(i) 使工作流体循环至双排冷凝器的后排，其中后排接纳第一温度下的工作流体；以及

(ii) 使工作流体循环至双排冷凝器的前排，其中前排接纳第二温度下的工作流体，其中第二温度低于第一温度，使得经过前排和后排的空气是预先加热的，因此空气到达后排时比到达前排时的温度要高。

在一个实施方案中，本发明的工作流体可以是 2,3,3,3-四氟丙烯(HFC-1234yf)。

进一步根据本发明的方法，本公开还提供了蒸发步骤，该蒸发步骤可包括:

(i) 使工作流体通过具有第一排和第二排的双排蒸发器的入口，

(ii) 使第一排中的工作流体以垂直于通过蒸发器入口的流体流动的方向循环，以及

(iii) 使第二排中的工作流体通常以与通过入口的工作流体流动方向相反的方向循环。

根据本发明，还提供了用于热交换的蒸汽压缩热传递系统，其包括与双排冷凝器或双排蒸发器或这两者相结合的中间换热器。

附图简述

结合下列附图可以更好地理解本发明，其中:

图 1 为包括中间换热器的蒸汽压缩热传递系统的一个实施方案的示意图，用于在根据本发明的蒸汽压缩热传递系统中实施热交换方法。

图 1A 为中间换热器的一个特定实施方案的剖面图，其中换热器的管道是彼此同心的。

图 2 为可以与图 1 的蒸汽压缩热传递系统一起使用的双排冷凝器的透视图。

图 3 为可以与图 1 的蒸汽压缩热传递系统一起使用的双排蒸发器的透视图。

发明详述

本公开的一个实施方案提供了用于在蒸汽压缩热传递系统中进行热交换的方法。蒸汽压缩热传递系统是可在多个步骤中重复使用工作流体的闭回路系统，其中在一个步骤中产生冷却效应，在另外的步骤中产生加热效应。此类系统一般包括蒸发器、压缩机、冷凝器和膨胀装置，在本领域是已知的。将参考图 1 对该方法进行描述。

结合图 1，来自冷凝器 41 的液态工作流体经管线流至中间换热器，或简称 IHX。中间换热器包括含有相对较热的液态工作流体的第一管道 30，和含有相对较冷的气态工作流体的第二管道 50。IHX 的第一管道与冷凝器

的出口管线连接。然后液态工作流体流经膨胀装置 52，并经过管线 62 流至位于待冷却的主体附近的蒸发器 42。在蒸发器中，工作流体经蒸发转换成气态工作流体，工作流体的蒸发可提供冷却效应。膨胀装置 52 可以是膨胀阀、毛细管、孔道或任何使得工作流体可经受突然的压力下降的其他装置。蒸发器具有出口，冷的气态工作流体通过该出口流至 IHX 的第二管道 50，其中冷的气态工作流体与 IHX 的第一管道 30 中的热的液态工作流体进行热接触，因此冷的气态工作流体被稍微加热。气态工作流体从 IHX 的第二管道经过管线 63 流至压缩机 12 的入口。气体在压缩机中被压缩，压缩的气态工作流体从压缩机中排出，经过管线 61 流至冷凝器 41，工作流体在冷凝器 41 中冷凝，从而释放出热量，然后重复该循环。

在中间换热器中，含有相对较热的液态工作流体的第一管道和含有相对较冷的气态工作流体的第二管道处于热接触状态，从而允许热量从热的液体传递至冷的气体。两个管道进行热接触的方式可以有所不同。在一个实施方案中，第一管道具有大于第二管道的直径，而且第二管道设置为与第一管道同心，第一管道中的热液体包围第二管道中的冷气体。该实施方案在图 1A 中示出，图中第一管道(30a)包围第二管道(50a)。

在一个实施方案中，内部换热器第二管道中的工作流体还可以沿着与第一管道中工作流体的流动方向相反的方向流动，从而冷却第一管道中的工作流体，并加热第二管道中的工作流体。

可通过双排冷凝器或双排蒸发器在图 1 的系统中提供错流/逆流热交换，但应当指出的是，该系统并不限于此类双排冷凝器或蒸发器。此类冷凝器和蒸发器在提交于 2006 年 12 月 19 日的美国临时专利申请号 60/875,982（现在为国际申请 PCT/US07/25675，提交于 2007 年 12 月 17 日）中有详细的描述，其尤其适用于包含非共沸或近共沸组合物的工作流体。因此，根据本发明，提供了包括双排冷凝器或双排蒸发器或两者的蒸汽压缩热传递系统。此类系统与以上根据图 1 所述的系统相同，不同的是对双排冷凝器或双排蒸发器的描述。

参考图 2 描述包括双排冷凝器的此类系统。图 2 示出了双排冷凝器 41。在该双排错流/逆流设计中，热工作流体通过第一排或后排 14 进入冷凝器，流经第一排，并通过第二排或前排 13 离开冷凝器。第一排连接到

入口或收集器 6 上，使得工作流体经由收集器 6 进入第一排 14。第一排包括第一入口歧管和多个通道或管程，图 2 中示出了其中一个管程 2。工作流体进入入口并在第一排的第一管程 2 内流动。通道允许第一温度下的工作流体流入歧管，然后以至少一个方向流经通道，并在第二出口歧管中汇集，其被示为图 1 中的 15。在第一排或后排中，工作流体以逆流方式被空气冷却，其中空气已被该双排冷凝器的第二排或前排 13 加热。工作流体从第一排 14 的第一管程 2 流至与第一排相连的第二排 13。第二排包括多个用于传导第二温度下的工作流体的通道，该第二温度低于第一排中工作流体的温度。工作流体从第一排的第一管程 2 通过导管，或连接处 7 并通过导管 16 流至第二排的管程 3。然后工作流体通过与第一和第二排相连的导管或连接处 8 从管程 3 流至第二排 13 中的管程 4。然后工作流体通过导管或连接处 9 从管程 4 流至管程 5。然后过冷的工作流体经由出口歧管 15 从连接处或出口 10 离开冷凝器。空气以相对于工作流体流的逆流方式流动，在图 2 中以具有点 11 和 12 的箭头表示。图 2 中示出的设计是通用的，可用于固定应用以及移动应用中的任何空气-制冷剂冷凝器。

现在将参考图 3 对包括双排蒸发器的蒸汽压缩热传递系统进行描述。图 3 中示出了双排蒸发器 42。在该双排错流/逆流设计中，双排蒸发器包括入口、与入口相连的第一排或前排 17、与第一排相连的第二排或后排 18，以及与后排相连的出口。具体地讲，工作流体以最低温度经由图 3 中示出的入口或收集器 24 进入蒸发器 19。然后工作流体向下流过槽 20，经由收集器 25 流至槽 21，然后从槽 21 经由收集器 26 流至后排中的槽 22。然后工作流体从槽 22 经由收集器 27 流至槽 23，最后通过出口或收集器 28 离开蒸发器。空气以交叉逆流方式流动，如图 3 中具有点 29 和 30 的箭头所示。

在图 1、1A、2 和 3 所示的实施方案中，蒸汽压缩热传递系统组件之间的连接管线可以由已知可用于此类目的的任何一般导管材料构成，工作流体可以通过上述连接管线流动。在一个实施方案中，可以用金属管路或金属管材（例如铝或铜或铜合金管材）连接热传递系统的组件。在另一个实施方案中，系统中可以使用软管，其中软管由各种材料构成，例如聚合物或弹性体，或此类材料与增强材料（如金属网等）的组合。提交于 2006

年 9 月 1 日的美国临时专利申请号 60/841,713（现在为国际申请 PCT/US07/019205，提交于 2007 年 8 月 31 日，并在 2008 年 3 月 6 日公布为 WO2008-027255A1）中提供了用于热传递系统，尤其是汽车空调系统的软管设计的一个实例。就 IHX 的管道而言，金属管路或管材可提供从热液态工作流体到冷气态工作流体的更有效的热传递。

本发明的实施方案的蒸汽压缩热传递系统中可以使用各种类型的压缩机，包括往复式、回转式、喷射式、离心式、涡旋式、螺杆式或轴流式，这取决于压缩流体的机械方法，如正排量式（如往复式、涡旋式或螺杆式）或动态式（如离心式或喷射式）。

在某些实施方案中，本文所公开的热传递系统的蒸发器和冷凝器可以使用翅片换热器和管道换热器、微通道换热器以及竖直或水平的单程管道换热器或板式换热器等等。

本文所述的闭回路蒸汽压缩热传递系统可以用于固定式制冷、空调和加热泵或移动式空调和制冷系统。固定式空调和加热泵应用包括窗式、无管式、管道式、组装式终端、冷却器和轻型商用及商用空调系统，包括屋顶柜式空调系统。制冷应用包括家用冷藏机和冷冻机、制冰机、整装冷藏柜和冷冻机、步入式冷藏柜和冷冻机，以及超市系统和运输制冷系统。

移动式制冷系统或移动式空调系统是指整合在道路、铁路、海洋或航空运输单元中的任何制冷或空调系统。此外，本发明中包括被称为“联合运输”系统的设备，所述设备旨在向独立于任何移动载体的系统提供制冷或空调效果。此类联合运输系统包括“容器”（结合海路/陆路运输）以及“交换体”（结合公路和铁路运输）。本发明尤其适用于陆路运输制冷或空调设备，例如汽车空调设备或陆路运输制冷设备。

蒸汽压缩热传递系统中使用的工作流体包含至少一种氟烯烃。所谓氟烯烃是指任何包含碳、氟和任选地氢或氧并且还包含至少一个双键的化合物。这些氟烯烃可以是直链的、支链的或环状的。

氟烯烃在工作流体中具有多种效用，举例来说，包括用作发泡剂、鼓泡剂、灭火剂、热传递介质（例如用于制冷系统、冷藏机、空调系统、热泵、冷却器等的热传递流体和制冷剂）。

在一些实施方案中，热传递组合物可包含含有至少一种具有 2 至 12 个碳原子的化合物的氟烯烃，在另一个实施方案中，氟烯烃包含具有 3 至 10 个碳原子的化合物，在另一个实施方案中，氟烯烃包含具有 3 至 7 个碳原子的化合物。代表性的氟烯烃包括但不限于表 1、表 2 和表 3 中列出的所有化合物。

在一个实施方案中，本发明的方法使用包含具有式 E-或 Z-$R^1CH=CHR^2$（式 I）的氟烯烃的工作流体，其中 R^1和 R^2独立地为 C_1至 C_6全氟烷基。R^1和 R^2基的实例包括但不限于：CF_3、C_2F_5、$CF_2CF_2CF_3$、$CF(CF_3)_2$、$CF_2CF_2CF_2CF_3$、$CF(CF_3)CF_2CF_3$、$CF_2CF(CF_3)_2$、$C(CF_3)_3$、$CF_2CF_2CF_2CF_2CF_3$、$CF_2CF_2CF(CF_3)_2$、$C(CF_3)_2C_2F_5$、$CF_2CF_2CF_2CF_2CF_2CF_3$、$CF(CF_3)CF_2CF_2C_2F_5$、以及 $C(CF_3)_2CF_2C_2F_5$。在一个实施方案中，式 I 的氟烯烃在分子中具有至少约 4 个碳原子。在另一个实施方案中，式 I 的氟烯烃在分子中具有至少约 5 个碳原子。表 1 中示出了示例性的非限制性式 I 化合物。

表 1

代码	结构	化学名称
F11E	$CF_3CH=CHCF_3$	1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯
F12E	$CF_3CH=CHC_2F_5$	1,1,1,4,4,5,5,5-八氟-2-戊烯
F13E	$CF_3CH=CHCF_2C_2F_5$	1,1,1,4,4,5,5,6,6,6-十氟-2-己烯
F13iE	$CF_3CH=CHCF(CF_3)_2$	1,1,1,4,5,5,5-七氟-4-(三氟甲基)-2-戊烯
F22E	$C_2F_5CH=CHC_2F_5$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,6-十氟-3-己烯
F14E	$CF_3CH=CH(CF_2)_3CF_3$	1,1,1,4,4,5,5,6,6,7,7,7-十二氟-2-庚烯
F14iE	$CF_3CH=CHCF_2CF-(CF_3)_2$	1,1,1,4,4,5,6,6,6-九氟-5-(三氟甲基)-2-己烯
F14sE	$CF_3CH=CHCF(CF_3)-C_2F_5$	1,1,1,4,5,5,6,6,6-九氟-4-(三氟甲基)-2-己烯
F14tE	$CF_3CH=CHC(CF_3)_3$	1,1,1,5,5,5-六氟-4,4-双(三氟甲基)-2-戊烯
F23E	$C_2F_5CH=CHCF_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,7,7,7-十二氟-3-庚烯
F23iE	$C_2F_5CH=CHCF(CF_3)_2$	1,1,1,2,2,5,6,6,6-九氟-5-(三氟甲基)-3-己烯

F15E	$CF_3CH=CH(CF_2)_4CF_3$	1,1,1,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-十四氟-2-辛烯
F15iE	$CF_3CH=CH-CF_2CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,4,4,5,5,6,7,7,7-十一氟-6-(三氟甲基)-2-庚烯
F15tE	$CF_3CH=CH-C(CF_3)_2C_2F_5$	1,1,1,5,5,6,6,6-八氟-4,4-双(三氟甲基)-2-己烯
F24E	$C_2F_5CH=CH(CF_2)_3CF_3$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,7,7,8,8,8-十四氟-3-辛烯
F24iE	$C_2F_5CH=CHCF_2CF-(CF_3)_2$	1,1,1,2,2,5,5,6,7,7,7-十一氟-6-(三氟甲基)-3-庚烯
F24sE	$C_2F_5CH=CHCF(CF_3)-C_2F_5$	1,1,1,2,2,5,6,6,7,7,7-十一氟-5-(三氟甲基)-3-庚烯
F24tE	$C_2F_5CH=CHC(CF_3)_3$	1,1,1,2,2,6,6,6-八氟-5,5-双(三氟甲基)-3-己烯
F33E	$C_2F_5CF_2CH=CH-CF_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,3,6,6,7,7,8,8,8-十四氟-4-辛烯
F3i3iE	$(CF_3)_2CFCH=CH-CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,5,6,6,6-八氟-2,5-双(三氟甲基)-3-己烯
F33iE	$C_2F_5CF_2CH=CH-CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,5,5,6,6,7,7,7-十一氟-2-(三氟甲基)-3-庚烯
F16E	$CF_3CH=CH(CF_2)_5CF_3$	1,1,1,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,9-十六氟-2-壬烯
F16sE	$CF_3CH=CHCF(CF_3)(CF_2)_2C_2F_5$	1,1,1,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8十三氟4(三氟甲基)-2-庚烯
F16tE	$CF_3CH=CHC(CF_3)_2CF_2C_2F_5$	1,1,1,6,6,6-八氟-4,4-双(三氟甲基)-2-庚烯
F25E	$C_2F_5CH=CH(CF_2)_4CF_3$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,9-十六氟-3-壬烯
F25iE	$C_2F_5CH=CH-CF_2CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,7,8,8,8-十三氟-7-(三氟甲基)-3-辛烯
F25tE	$C_2F_5CH=CH-C(CF_3)_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,6,6,7,7,7-十氟-5,5-双(三氟甲基)-3-庚烯
F34E	$C_2F_5CF_2CH=CH-(CF_2)_3CF_3$	1,1,1,2,2,3,3,6,6,7,7,8,8,9,9,9-十六氟-4-壬烯
F34iE	$C_2F_5CF_2CH=CH-CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,2,3,3,6,6,7,8,8,8-十三氟-7-(三氟甲基)-4-辛烯
F34sE	$C_2F_5CF_2CH=CH-CF(CF_3)C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,3,6,7,7,8,8,8-十三氟-6-(三氟甲基)-4-辛烯

F34tE	$C_2F_5CF_2CH=CH-C(CF_3)_3$	1,1,1,5,5,6,6,7,7,7-十氟-2,2-双(三氟甲基)-3-庚烯
F3i4E	$(CF_3)_2CFCH=CH-(CF_2)_3CF_3$	1,1,1,2,5,5,6,6,7,7,8,8,8-十三氟-2(三氟甲基)-3-辛烯
F3i4iE	$(CF_3)_2CFCH=CH-CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,5,5,6,7,7,7-十氟-2,6-双(三氟甲基)-3-庚烯
F3i4sE	$(CF_3)_2CFCH=CH-CF(CF_3)C_2F_5$	1,1,1,2,5,6,6,7,7,7-十氟-2,5-双(三氟甲基)-3-庚烯
F3i4tE	$(CF_3)_2CFCH=CH-C(CF_3)_3$	1,1,1,2,6,6,6-七氟-2,5,5-三(三氟甲基)-3-己烯
F26E	$C_2F_5CH=CH(CF_2)_5CF_3$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-十八氟-3-癸烯
F26sE	$C_2F_5CH=CHCF(CF_3)(CF_2)_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,5,6,6,7,7,8,8,9,9,9-十五氟-5-(三氟甲基)-3-壬烯
F26tE	$C_2F_5CH=CHC(CF_3)_2CF_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,6,6,7,7,8,8,8-十二氟-5,5-双(三氟甲基)-3-辛烯
F35E	$C_2F_5CF_2CH=CH-(CF_2)_4CF_3$	1,1,1,2,2,3,3,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-十八氟-4-癸烯
F35iE	$C_2F_5CF_2CH=CH-CF_2CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,2,3,3,6,6,7,7,8,9,9,9-十五氟-8-(三氟甲基)-4-壬烯
F35tE	$C_2F_5CF_2CH=CH-C(CF_3)_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,3,7,7,8,8,8-十二氟-6,6-双(三氟甲基)-4-辛烯
F3i5E	$(CF_3)_2CFCH=CH-(CF_2)_4CF_3$	1,1,1,2,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,9-十五氟-2-(三氟甲基)-3-壬烯
F3i5iE	$(CF_3)_2CFCH=CH-CF_2CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,5,5,6,6,7,8,8,8-十二氟-2,7-双(三氟甲基)-3-辛烯
F3i5tE	$(CF_3)_2CFCH=CH-C(CF_3)_2C_2F_5$	1,1,1,2,6,6,7,7,7-九氟-2,5,5-三(三氟甲基)-3-庚烯
F44E	$CF_3(CF_2)_3CH=CH-(CF_2)_3CF_3$	1,1,1,2,2,3,3,4,4,7,7,8,8,9,9,10,10,10-十八氟-5-癸烯
F44iE	$CF_3(CF_2)_3CH=CH-CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,3,3,6,6,7,7,8,8,9,9,9-十五氟-2-(三氟甲基)-4-壬烯

F44sE	$CF_3(CF_2)_3CH=CH-CF(CF_3)C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,6,6,7,7,8,8,9,9,9-十五氟-3-(三氟甲基)-4-壬烯
F44tE	$CF_3(CF_2)_3CH=CH-C(CF_3)_3$	1,1,1,5,5,6,6,7,7,8,8,8-十二氟-2,2,-双(三氟甲基)-3-辛烯
F4i4iE	$(CF_3)_2CFCF_2CH=CH-CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,3,3,6,6,7,8,8,8十二氟2,7-双(三氟甲基)-4-辛烯
F4i4sE	$(CF_3)_2CFCF_2CH=CH-CF(CF_3)C_2F_5$	1,1,1,2,3,3,6,7,7,8,8,8-十二氟-2,6-双(三氟甲基)-4-辛烯
F4i4tE	$(CF_3)_2CFCF_2CH=CH-C(CF_3)_3$	1,1,1,5,5,6,7,7,7-九氟-2,2,6-三(三氟甲基)-3-庚烯
4s4sE	$C_2F_5CF(CF_3)CH=CH-CF(CF_3)C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,6,7,7,8,8,8-十二氟-3,6-双(三氟甲基)-4-辛烯
F4s4tE	$C_2F_5CF(CF_3)CH=CH-C(CF_3)_3$	1,1,1,5,6,6,7,7,7-九氟-2,2,5-三(三氟甲基)-3-庚烯
F4t4tE	$(CF_3)_3CCH=CH-C(CF_3)_3$	1,1,1,6,6,6-六氟-2,2,5,5-四(三氟甲基)-3-己烯

式 I 的化合物可以通过将式 R^1I 的全氟烷基碘与式 $R^2CH=CH_2$ 的全氟烷基三氢烯烃接触以形成式 $R^1CH_2CHIR^2$ 的三氢碘全氟烷烃来制备。然后可以将该三氢碘全氟烷烃脱氢碘化，形成 $R^1CH=CHR^2$。作为另外一种选择，烯烃 $R^1CH=CHR^2$ 可以通过式 $R^1CHICH_2R^2$ 的三氢碘全氟烷烃的脱氢碘化作用制备，而三氢碘全氟烷烃是通过式 R^21 的全氟烷基碘与式 $R^1CH=CH_2$ 的全氟烷基三氢烯烃反应形成的。

全氟烷基碘与全氟烷基三氢烯烃的接触可以通过将反应物在合适的反应容器中混合而以成批模式进行，所述反应容器应能够在反应温度下在反应物和产物产生的自生压力下进行操作。合适的反应容器包括由不锈钢，尤其是奥氏体型不锈钢，以及熟知的高镍合金，如 Monet® 镍铜合金、Hastelloy® 镍基合金和 Inconel® 镍铬合金加工而成的容器。

作为另外一种选择，反应可以以半间歇给料模式进行，其中将全氟烷基三氢烯烃反应物通过合适的添加设备（例如泵）在反应温度下加入到全氟烷基碘反应物中。

全氟烷基碘与全氟烷基三氢烯烃的比率应介于约 1:1 至约 4:1 之间，优选介于约 1.5:1 至 2.5:1 之间。比率小于 1.5:1 容易导致大量的 2:1 加合物，如 Jeanneaux等人在 Journal of Fluorine Chemistry 第四卷第 261-270 页(1974)中所报道的。

所述全氟烷基碘与所述全氟烷基三氢烯烃接触的优选温度优选在约 150℃至 300℃，优选约 170℃至约 250℃，并且最优选约 180℃至约 230℃的范围内。

全氟烷基碘与全氟烷基三氢烯烃反应的合适接触时间为约 0.5 小时至 18 小时，优选为约 4 至约 12 小时。通过全氟烷基碘与全氟烷基三氢烯烃的反应制备的三氢碘全氟烷烃可以直接用于脱氢碘化步骤或可以优选在脱氢碘化步骤之前通过蒸馏进行回收和纯化。

脱氢碘化步骤可以通过将三氢碘全氟烷烃与碱性物质接触来进行。合适的碱性物质包括碱金属氢氧化物（如氢氧化钠或氢氧化钾）、碱金属氧化物（如氧化钠）、碱土金属氢氧化物（如氢氧化钙）、碱土金属氧化物（如氧化钙）、碱金属醇盐（如甲醇钠或乙醇钠）、氨水、氨基钠、或碱性物质的混合物（如碱石灰）。优选的碱性物质为氢氧化钠和氢氧化钾。

三氢碘全氟烷烃与碱性物质的接触可以在液相中进行，优选在存在能够溶解两种反应物的至少一部分的溶剂的情况下进行。适用于脱氢碘化步骤的溶剂包括一种或多种极性有机溶剂，例如醇（如甲醇、乙醇、正丙醇、异丙醇、正丁醇、异丁醇、和叔丁醇）、亚硝酸盐（如乙腈、丙腈、丁腈、苄腈、或己二腈）、二甲基亚砜、N,N-二甲基甲酰胺、N,N-二甲基乙酰胺、或环丁砜。可以根据沸点产物以及纯化过程中从产物中分离痕量溶剂的难易程度来选择溶剂。通常，乙醇或异丙醇是用于该反应的良好溶剂。

通常，脱氢碘化反应可以通过在合适的反应容器中将反应物之一（碱性物质或三氢碘全氟烷烃）添加到另一种反应物中来进行。反应容器可以由玻璃、陶瓷或金属加工而成，并且优选用叶轮或搅拌装置进行搅拌。

适于进行脱氢碘化反应的温度为约 10℃至约 100℃，优选为约 20℃至约 70℃。脱氢碘化反应可以在环境压力下或低压或高压下进行。值得注意

的是，在脱氢碘化反应中，式 I 的化合物在形成后从反应容器中被蒸馏出来。

作为另外一种选择，可以通过在存在相转移催化剂的情况下将所述碱性物质的水溶液与三氢碘全氟烷烃溶液在一种或多种低极性有机溶剂中接触来进行脱氢碘化反应，所述低极性有机溶剂例如为：烷烃（如己烷、庚烷、或辛烷）、芳族烃（如甲苯）、卤化烃（如二氯甲烷、氯仿、四氯化碳、或全氯乙烯）或醚（如乙醚、甲基叔丁基醚、四氢呋喃、2-甲基四氢呋喃、二氧杂环己烷、二甲氧基乙烷、二甘醇二甲醚、或四甘醇二甲醚）。合适的相转移催化剂包括：季铵卤化物（如溴化四丁基铵、四丁基硫酸氢铵、三乙基苄基氯化铵、十二烷基三甲基氯化铵和甲基三辛基氯化铵）、季鏻卤化物（如甲基三苯基溴化鏻和四苯基氯化鏻）、或本领域称为冠醚的环状聚醚化合物（如 18-冠-6 和 15-冠-5）。

作为另外一种选择，脱氢碘化反应可以在不存在溶剂的情况下，通过将三氢碘全氟烷烃添加到固体或液体碱性物质中来进行。

脱氢碘化反应的合适反应时间为约 15 分钟至约六小时或更多，具体情况取决于反应物的溶解度。脱氢碘化反应通常较快，需要约 30 分钟至约三小时完成。式 I 的化合物可以通过在加入水后进行相分离、通过蒸馏、或通过它们的组合从脱氢碘化反应混合物中回收。

在本发明的另一个实施方案中，氟烯烃包含环状氟烯烃（环-[CX=CY(CZW)n-]（式 II），其中 X、Y、Z 和 W 独立地选自 H 和 F，并且 n 为 2 至 5 的整数）。在一个实施方案中，式 II 的氟烯烃分子中具有至少约 3 个碳原子。在另一个实施方案中，式 II 的氟烯烃分子中具有至少约 4 个碳原子。在另一个实施方案中，式 II 的氟烯烃分子中具有至少约 5 个碳原子。式 II 的代表性环状氟烯烃列于表 2 中。

表 2

环状 氟烯烃	结构	化学名称
FC-C1316cc	环-CF_2CF_2CF=CF-	1, 2, 3, 3, 4, 4-六氟环丁烯
HFC-C1334cc	环-CF_2CF_2CH=CH-	3, 3, 4, 4-四氟环丁烯
HFC-C1436	环-$CF_2CF_2CF_2CH$=CH-	3, 3, 4, 4, 5, 5-六氟环戊烯
FC-C1418y	环-CF_2CF=$CFCF_2CF_2$-	1, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5-八氟环戊烯

FC-C151-10y	环-$CF_2CF=CFCF_2CF_2CF_2$-	1,2,3,3,4,4,5,5,6,6-十氟环己烯

本发明的组合物可包含单一的式 I 或式 II 的化合物，例如，表 1 或表 2 中的化合物的一种，也可包含式 I 或式 II 的化合物的组合。

在另一个实施方案中，氟烯烃可包含表 3 中列出的这些化合物。

表 3

名称	结构	化学名称
HFC-1225ye	$CF_3CF=CHF$	1,2,3,3,3-五氟-1-丙烯
HFC-1225zc	$CF_3CH=CF_2$	1,1,3,3,3-五氟-1-丙烯
HFC-1225yc	$CHF_2CF=CF_2$	1,1,2,3,3-五氟-1-丙烯
HFC-1234ye	$CHF_2CF=CHF$	1,2,3,3-四氟-1-丙烯
HFC-1234yf	$CF_3CF=CH_2$	2,3,3,3-四氟-1-丙烯
HFC-1234ze	$CF_3CH=CHF$	1,3,3,3-四氟-1-丙烯
HFC-1234yc	$CH_2FCF=CF_2$	1,1,2,3-四氟-1-丙烯
HFC-1234zc	$CHF_2CH=CF_2$	1,1,3,3-四氟-1-丙烯
HFC-1243 yf	$CHF_2CF=CH_2$	2,3,3-三氟-1-丙烯
HFC-1243zf	$CF_3CH=CH_2$	3,3,3-三氟-1-丙烯
HFC-1243yc	$CH_3CF=CF_2$	1,1,2-三氟-1-丙烯
HFC-1243zc	$CH_2FCH=CF_2$	1,1,3-三氟-1-丙烯
HFC-1243ye	$CH_2FCF=CHF$	1,2,3-三氟-1-丙烯
HFC-1243ze	$CHF_2CH=CHF$	1,3,3-三氟-1-丙烯
FC-1318my	$CF_3CF=CFCF_3$	1,1,1,2,3,4,4,4-八氟-2-丁烯
FC-1318cy	$CF_3CF_2CF=CF_2$	1,1,2,3,3,4,4,4-八氟-1-丁烯
HFC-1327my	$CF_3CF=CHCF_3$	1,1,1,2,4,4,4-七氟-2-丁烯
HFC-1327ye	$CHF=CFCF_2CF_3$	1,2,3,3,4,4,4-七氟-1-丁烯
HFC-1327py	$CHF_2CF=CFCF_3$	1,1,1,2,3,4,4-七氟-2-丁烯
HFC-1327et	$(CF_3)_2C=CHF$	1,3,3,3-四氟-2-(三氟甲基)-1-丙烯
HFC-1327cz	$CF_2=CHCF_2CF_3$	1,1,3,3,4,4,4-七氟-1-丁烯
HFC-1327cye	$CF_2=CFCHFCF_3$	1,1,2,3,4,4,4-七氟-1-丁烯
HFC-1327cyc	$CF_2=CFCF_2CHF_2$	1,1,2,3,3,4,4-七氟-1-丁烯
H FC-1336yf	$CF_3CF_2CF=CH_2$	2,3,3,4,4,4-六氟-1-丁烯
HFC-1336ze	$CHF=CHCF_2CF_3$	1,3,3,4,4,4-六氟-1-丁烯
HFC-1336eye	$CHF=CFCHFCF_3$	1,2,3,4,4,4-六氟-1-丁烯
HFC-1336eyc	$CHF=CFCF_2CHF_2$	1,2,3,3,4,4-六氟-1-丁烯
HFC-1336pyy	$CHF_2CF=CFCHF_2$	1,1,2,3,4,4-六氟-2-丁烯
HFC-1336qy	$CH_2FCF=CFCF_3$	1,1,1,2,3,4-六氟-2-丁烯
HFC-1336pz	$CHF_2CH=CFCF_3$	1,1,1,2,4,4-六氟-2-丁烯
HFC-1336mzy	$CF_3CH=CFCHF_2$	1,1,1,3,4,4-六氟-2-丁烯

HFC-1336qc	$CF_2=CFCF_2CH_2F$	1,1,2,3,3,4-六氟-1-丁烯
HFC-1336pe	$CF_2=CFCHFCHF_2$	1,1,2,3,4,4-六氟-1-丁烯
HFC-1336ft	$CH_2=C(CF_3)_2$	3,3,3-三氟-2-(三氟甲基)-1-丙烯
HFC-1345qz	$CH_2FCH=CFCF_3$	1,1,1,2,4-五氟-2-丁烯
HFC-1345mzy	$CF_3CH=CFCH_2F$	1,1,1,3,4-五氟-2-丁烯
HFC-1345fz	$CF_3CF_2CH=CH_2$	3,3,4,4,4-五氟-1-丁烯
HFC-1345mzz	$CHF_2CH=CHCF_3$	1,1,1,4,4-五氟-2-丁烯
HFC-1345sy	$CH_3CF=CFCF_3$	1,1,1,2,3-五氟-2-丁烯
HFC-1345fyc	$CH_2=CFCF_2CHF_2$	2,3,3,4,4-五氟-1-丁烯
HFC-1345pyz	$CHF_2CF=CHCHF_2$	1,1,2,4,4-五氟-2-丁烯
HFC-1345cyc	$CH_3CF_2CF=CF_2$	1,1,2,3,3-五氟-1-丁烯
HFC- 1345pyy	$CH_2FCF=CFCHF_2$	1,1,2,3,4-五氟-2-丁烯
HFC-1345eyc	$CH_2FCF_2CF=CHF$	1,2,3,3,4-五氟-1-丁烯
HFC-1345ctm	$CF_2=C(CF_3)(CH_3)$	1,1,3,3,3-五氟-2-甲基-1-丙烯
HFC-1345ftp	$CH_2=C(CHF_2)(CF_3)$	2-(二氟甲基)-3,3,3-三氟-1-丙烯
HFC 1345fye	$CH_2=CFCHFCF_3$	2,3,4,4,4-五氟-1-丁烯
HFC-1345eyf	$CHF=CFCH_2CF_3$	1,2,4,4,4-五氟-1-丁烯
HFC-1345eze	$CHF=CHCHFCF_3$	1,3,4,4,4-五氟-1-丁烯
HFC-1345ezc	$CHF=CHCF_2CHF_2$	1,3,3,4,4-五氟-1-丁烯
HFC-1345eye	$CHF=CFCHFCHF_2$	1,2,3,4,4-五氟-1-丁烯
HFC-1354fzc	$CH_2=CHCF_2CHF_2$	3,3,4,4-四氟-1-丁烯
HFC-1354ctp	$CF_2=C(CHF_2)(CH_3)$	1,1,3,3-四氟-2-甲基-1-丙烯
HFC-1354etm	$CHF=C(CF_3)(CH_3)$	1,3,3,3-四氟-2-甲基-1-丙烯
HFC-1354tfp	$CH_2=C(CHF_2)_2$	2-(二氟甲基)-3,3-二氟-1-丙烯
HFC-1354my	$CF_3CF=CHCH_3$	1,1,1,2-四氟-2-丁烯
HFC-1354mzy	$CH_3CF=CHCF_3$	1,1,1,3-四氟-2-丁烯
FC-141-10myy	$CF_3CF=CFCF_2CF_3$	1,1,1,2,3,4,4,5,5,5-十氟-2-戊烯
FC-141-10cy	$CF_2=CFCF_2CF_2CF_3$	1,1,2,3,3,4,4,5,5,5-十氟-1-戊烯
HFC-1429mzt	$(CF_3)_2C=CHCF_3$	1,1,1,4,4,4-六氟-2-(三氟甲基)-2-丁烯
HFC-1429myz	$CF_3CF=CHCF_2CF_3$	1,1,1,2,4,4,5,5,5-九氟-2-戊烯
HFC-1429mzy	$CF_3CH=CFCF_2CF_3$	1,1,1,3,4,4,5,5,5-九氟-2-戊烯
HFC-1429eyc	$CHF=CFCF_2CF_2CF_3$	1,2,3,3,4,4,5,5,5-九氟-1-戊烯
HFC-1429czc	$CF_2=CHCF_2CF_2CF_3$	1,1,3,3,4,4,5,5,5-九氟-1-戊烯
HFC-1429cycc	$CF_2=CFCF_2CF_2CHF_2$	1,1,2,3,3,4,4,5,5-九氟-1-戊烯
HFC-1429pyy	$CHF_2CF=CFCF_2CF_3$	1,1,2,3,4,4,5,5,5-九氟-2-戊烯
HFC-1429myyc	$CF_3CF=CFCF_2CHF_2$	1,1,1,2,3,4,4,5,5-九氟-2-戊烯
HFC-1429myye	$CF_3CF=CFCHFCF_3$	1,1,1,2,3,4,5,5,5-九氟-2-戊烯
HFC-1429eyym	$CHF=CFCF(CF_3)_2$	1,2,3,4,4,4-六氟-3-(三氟甲基)-1-丁烯
HFC-1429cyzm	$CF_2=CFCH(CF_3)_2$	1,1,2,4,4,4-六氟-3-(三氟甲基)-1-丁烯

HFC-1429mzt	$CF_3CH=C(CF_3)_2$	1,1,1,4,4,4-六氟-2-(三氟甲基)-2-丁烯
HFC-1429czym	$CF_2=CHCF(CF_3)_2$	1,1,3,4,4,4-六氟-3-(三氟甲基)-1-丁烯
HFC-1438fy	$CH_2=CFCF_2CF_2CF_3$	2,3,3,4,4,5,5,5-八氟-1-戊烯
HFC-1438eycc	$CHF=CFCF_2CF_2CHF_2$	1,2,3,3,4,4,5,5-八氟-1-戊烯
HFC-1438ftmc	$CH_2=C(CF_3)CF_2CF_3$	3,3,4,4,4-五氟-2-(三氟甲基)-1-丁烯
HFC-1438czzm	$CF_2=CHCH(CF_3)_2$	1,1,4,4,4-五氟-3-(三氟甲基)-1-丁烯
HFC-1438ezym	$CHF=CHCF(CF_3)_2$	1,3,4,4,4-五氟-3-(三氟甲基)-1-丁烯
HFC-1438ctmf	$CF_2=C(CF_3)CH_2CF_3$	1,1,4,4,4-五氟-2-(三氟甲基)-1-丁烯
HFC-1447fzy	$(CF_3)_2CFCH=CH_2$	3,4,4,4-四氟-3-(三氟甲基)-1-丁烯
HFC-1447fz	$CF_3CF_2CF_2CH=CH_2$	3,3,4,4,5,5,5-七氟-1-戊烯
HFC-1447fycc	$CH_2=CFCF_2CF_2CHF_2$	2,3,3,4,4,5,5-七氟-1-戊烯
HFC-1447czcf	$CF_2=CHCF_2CH_2CF_3$	1,1,3,3,5,5,5-七氟-1-戊烯
HFC-1447mytm	$CF_3CF=C(CF_3)(CH_3)$	1,1,1,2,4,4,4-七氟-3-甲基-2-丁烯
HFC-1447fyz	$CH_2=CFCH(CF_3)_2$	2,4,4,4-四氟-3-(三氟甲基)-1-丁烯
HFC-1447ezz	$CHF=CHCH(CF_3)_2$	1,4,4,4-四氟-3-(三氟甲基)-1-丁烯
HFC-1447qzt	$CH_2FCH=C(CF_3)_2$	1,4,4,4-四氟-2-(三氟甲基)-2-丁烯
HFC-1447syt	$CH_3CF=C(CF_3)_2$	2,4,4,4-四氟-2-(三氟甲基)-2-丁烯
HFC-1456szt	$(CF_3)_2C=CHCH_3$	3-(三氟甲基)-4,4,4-三氟-2-丁烯
HFC-1456szy	$CF_3CF_2CF=CHCH_3$	3,4,4,5,5,5-六氟-2-戊烯
HFC-1456mstz	$CF_3C(CH_3)=CHCF_3$	1,1,1,4,4,4-六氟-2-甲基-2-丁烯
HFC-1456fzce	$CH_2=CHCF_2CHFCF_3$	3,3,4,5,5,5-六氟-1-戊烯
HFC-1456ftmf	$CH_2=C(CF_3)CH_2CF_3$	4,4,4-三氟-2-(三氟甲基)-1-丁烯
FC-151-12c	$CF_3(CF_2)_3CF=CF_2$	1,1,2,3,3,4,4,5,5,6,6,6-十二氟-1-己烯（或全氟-1-己烯）
FC-151-12mcy	$CF_3CF_2CF=CFCF_2CF_3$	1,1,1,2,2,3,4,5,5,6,6,6-十二氟-3-己烯（或全氟-3-己烯）
FC-151-12mmtt	$(CF_3)_2C^{=}C(CF_3)_2$	1,1,1,4,4,4-六氟-2,3-双(三氟甲基)-2-丁烯
FC-151-12mmzz	$(CF_3)_2CFCF=CFCF_3$	1,1,1,2,3,4,5,5,5-九氟-4-(三氟甲基)-2-戊烯

HFC-152-11mmtz	$(CF_3)_2C=CHC_2F_5$	1,1,1,4,4,5,5,5-八氟-2-(三氟甲基)-2-戊烯
HFC-152-11 mmyyz	$(CF_3)_2CFCF=CHCF_3$	1,1,1,3,4,5,5,5-八氟-4-(三氟甲基)-2-戊烯
PFBE（或HFC-1549fz）	$CF_3CF_2CF_2CF_2CH=CH_2$	3,3,4,4,5,5,6,6,6-九氟-1-己烯（或全氟丁基乙烯）
HFC-1549fztmm	$CH_2=CHC(CF_3)_3$	4,4,4-三氟-3,3-双(三氟甲基)-1-丁烯
HFC-1549mmtts	$(CF_3)_2C=C(CH_3)(CF_3)$	1,1,1,4,4,4-六氟-3-甲基-2-(三氟甲基)-2-丁烯
HFC-1549fycz	$CH_2=CFCF_2CH(CF_3)_2$	2,3,3,5,5,5-六氟-4-(三氟甲基)-1-戊烯
HFC-1549myts	$CF_3CF=C(CH_3)CF_2CF_3$	1,1,1,2,4,4,5,5,5-九氟-3-甲基-2-戊烯
HFC-1549mzzz	$CF_3CH=CHCH(CF_3)_2$	1,1,1,5,5,5-六氟-4-(三氟甲基)-2-戊烯
HFC-1558szy	$CF_3CF_2CF_2CF=CHCH_3$	3,4,4,5,5,6,6,6-八氟-2-己烯
HFC-1558fzccc	$CH_2=CHCF_2CF_2CF_2CHF_2$	3,3,4,4,5,5,6,6-八氟-2-己烯
HFC-1558mmtzc	$(CF_3)_2C=CHCF_2CH_3$	1,1,1,4,4-五氟-2-(三氟甲基)-2-戊烯
HFC-1558ftmf	$CH_2=C(CF_3)CH_2C_2F_5$	4,4,5,5,5-五氟-2-(三氟甲基)-1-戊烯
HFC-1567fts	$CF_3CF_2CF_2C(CH_3)=CH_2$	3,3,4,4,5,5,5-七氟-2-甲基-1-戊烯
HFC-1567szz	$CF_3CF_2CF_2CH=CHCH_3$	4,4,5,5,6,6,6-七氟-2-己烯
HFC-1567fzfc	$CH_2=CHCH_2CF_2C_2F_5$	4,4,5,5,6,6,6-七氟-1-己烯
HFC-1567sfyy	$CF_3CF_2CF=CFC_2H_5$	1,1,1,2,2,3,4-七氟-3-己烯
HFC-1567fzfy	$CH_2=CHCH_2CF(CF_3)_2$	4,5,5,5-四氟-4-(三氟甲基)-1-戊烯
HFC-1567myzzm	$CF_3CF=CHCH(CF_3)(CH_3)$	1,1,1,2,5,5,5-七氟-4-甲基-2-戊烯
HFC-1567mmtyf	$(CF_3)_2C=CFC_2H_5$	1,1,1,3-四氟-2-(三氟甲基)-2-
		戊烯
FC-161-14myy	$CF_3CF=CFCF_2$	1,1,1,2,3,4,4,5,5,6,6,7,7,7-十四氟-2-庚烯
FC-161-14mcyy	$CF_3CF_2CF=CFCF_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,4,5,5,6,6,7,7,7-十四氟-2-庚烯

HFC-162-13mzy	$CF_3CH=CFCF_2CF_2C_2F_5$	1,1,1,3,4,4,5,5,6,6,7,7,7-十三氟-2-庚烯
HFC162-13myz	$CF_3CF=CHCF_2CF_2C_2F_5$	1,1,1,2,4,4,5,5,6,6,7,7,7-十三氟-2-庚烯
HFC-162-13mczy	$CF_3CF_2CH=CFCF_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,4,5,5,6,6,7,7,7-十三氟-3-庚烯
HFC-162-13mcyz	$CF_3CF_2CF=CHCF_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,5,5,6,6,7,7,7-十三氟-3-庚烯
PEVE	$CF_2=CFOCF_2CF_3$	五氟乙基三氟乙烯基醚
PMVE	$CF_2=CFOCF_3$	三氟甲基三氟乙烯基醚

表 2 和表 3 中列出的化合物可商购获得，也可通过本领域已知的方法或本文所述的方法制备。

1,1,1,4,4-五氟-2-丁烯可以由 1,1,1,2,4,4-六氟丁烷($CHF_2CH_2CHFCF_3$)通过室温下在蒸汽相中通过固体 KOH 上的脱氟化氢作用来制备。1,1,1,2,4,4-六氟丁烷的合成在 US 6,066,768 中有所描述，该专利以引用方式并入本文。

1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯可以通过使用相转移催化剂在约 60℃下将 1,1,1,4,4,4-六氟-2-碘丁烷($CF_3CHICH_2CF_3$)与 KOH 进行反应来制备。1,1,1,4,4,4-六氟-2-碘丁烷的合成可以通过全氟甲基碘(CF_3I)与 3,3,3-三氟丙烯($CF_3CH=CH_2$)在约 200℃、自生压力下反应约 8 小时来进行。

3,4,4,5,5,5-六氟-2-戊烯可以通过在 200-300℃下使用固体 KOH 或在碳催化剂上进行 1,1,1,2,2,3,3-七氟戊烷($CF_3CF_2CF_2CH_2CH_3$)的脱氟化氢反应来制备。1,1,1,2,2,3,3-七氟戊烷可以通过 3,3,4,4,5,5,5-七氟-1-戊烯($CF_3CF_2CF_2CH=CH_2$)的氢化作用来制备。

1,1,1,2,3,4-六氟-2-丁烯可以通过使用固体 KOH 对 1,1,1,2,3,3,4-七氟丁烷($CH_2FCF_2CHFCF_3$)进行脱氟化氢来制备。

1,1,1,2,4,4-六氟-2-丁烯可以通过使用固体 KOH 对 1,1,1,2,2,4,4-七氟丁烷($CHF_2CH_2CF_2CF_3$)进行脱氟化氢来制备。

1,1,1,3,4,4-六氟-2-丁烯可以通过使用固体 KOH 对 1,1,1,3,3,4,4-七氟丁烷($CF_3CH_2CF_2CHF_2$)进行脱氟化氢来制备。

1,1,1,2,4-五氟-2-丁烯可以通过使用固体 KOH 对 1,1,1,2,2,3-六氟丁烷($CH_2FCH_2CF_2CF_3$)进行脱氟化氢来制备。

1,1,1,3,4-五氟-2-丁烯可以通过使用固体 KOH 对 1,1,1,3,3,4-六氟丁烷($CF_3CH_2CF_2CH_2F$)进行脱氟化氢来制备。

1,1,1,3-四氟-2-丁烯可以通过使 1,1,1,3,3-五氟丁烷($CF_3CH_2CF_2CH_3$)与 KOH 水溶液在 120℃下反应来制备。

1,1,1,4,4,5,5,5-八氟-2-戊烯可以通过使用相转移催化剂在约 60℃下由($CF_3CHICH_2CF_2CF_3$)与 KOH 进行反应来制备。4-碘代-1,1,1,2,2,5,5,5-八氟戊烷的合成可以通过全氟碘乙烷(CF_3CF_2I)与 3,3,3-三氟丙烯在约 200℃、自生压力下反应约 8 小时来进行。

1,1,1,2,2,5,5,6,6,6-十氟-3-己烯可以通过使用相转移催化剂在约 60℃下由 1,1,1,2,2,5,5,6,6,6-十氟-3-碘己烷($CF_3CF_2CHICH_2CF_2CF_3$)与 KOH 反应来制备。1,1,1,2,2,5,5,6,6,6-十氟-3-碘己烷的合成可以通过全氟碘乙烷(CF_3CF_2I)与 3,3,4,4,4-五氟-1-丁烯($CF_3CF_2CH=CH_2$)在约 200℃、自生压力下反应约 8 小时来进行。

1,1,1,4,5,5,5-七氟-4-(三氟甲基)-2-戊烯可以通过 1,1,1,2,5,5,5-七氟-4-碘代-2-(三氟甲基)-戊烷($CF_3CHICH_2CF(CF_3)_2$)与 KOH 在异丙醇中的脱氟化氢反应来制备。$CF_3CHICH_2CF(CF_3)_2$通过在高温下，例如约 200℃下，由$(CF_3)_2CFI$与$CF_3CH=CH_2$的反应来制备。

1,1,1,4,4,5,5,6,6,6-十氟-2-己烯可以通过 1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯($CF_3CH=CHCF_3$)与四氟乙烯($CF_2=CF_2$)和五氟化锑(SbF_5)的反应来制备。

2,3,3,4,4-五氟-1-丁烯可以通过高温下 1,1,2,2,3,3-六氟丁烷在氟化氧化铝上的脱氟化氢反应来制备。

2,3,3,4,4,5,5,5-八氟-1-戊烯可以通过 2,2,3,3,4,4,5,5,5-九氟戊烷在固体 KOH 上的脱氟化氢反应来制备。

1,2,3,3,4,4,5,5-八氟-1-戊烯可以通过高温下 2,2,3,3,4,4,5,5,5-九氟戊烷在氟化氧化铝上的脱氟化氢反应来制备。

式 I、式 II、表 1、表 2 和表 3 的许多化合物以不同构型的异构体或立体异构体存在。当未指定具体的异构体时，所述的组合物旨在包括所有单一构型的异构体、单一的立体异构体、或它们的任何组合。例如，F11E 代表 E-异构体、Z-异构体、或两种异构体以任何比率构成的任何组合物

或混合物。又如，HFC-1225ye 代表 E-异构体、Z-异构体、或两种异构体以任何比率构成的任何组合物或混合物，其中 Z 异构体是优选的。

在一些实施方案中，工作流体还可包含至少一种选自氢氟烃、氟代醚、烃、二甲基醚(DME)、二氧化碳(CO_2)、氨(NH_3)、和三氟碘甲烷(CF_3I)的化合物。

在一些实施方案中，工作流体还可包含氢氟烃，该氢氟烃含有至少一种含碳、氢、和氟的饱和化合物。尤其可用的是具有 1 至 7 个碳原子并且具有约 -90℃至约 80℃的常态沸点的氢氟烃。氢氟烃是可从多种来源获得的商业产品，或者可以用本领域已知的方法制备。代表性的氢氟烃化合物包括但不限于氟甲烷(CH_3F, HFC-41)、二氟甲烷(CH_2F_2, HFC-32)、三氟甲烷(CHF_3, HFC-23)、五氟乙烷(CF_3CHF_2, HFC-125)、1,1,2,2-四氟乙烷(CHF_2CHF_2, HFC-134)、1,1,1,2-四氟乙烷(CF_3CH_2F, HFC-134a)、1,1,1-三氟乙烷(CF_3CH_3, HFC-143a)、1,1-二氟乙烷(CHF_2CH_3, HFC-152a)、氟乙烷(CH_3CH_2F, HFC-161)、1,1,1,2,2,3,3-七氟丙烷($CF_3CF_2CHF_2$, HFC-227ca)、1,1,1,2,3,3,3-七氟丙烷(CF_3CHFCF_3, HFC-227ea)、1,1,2,2,3,3-六氟丙烷($CHF_2CF_2CHF_2$, HFC-236ca)、1,1,1,2,2,3-六氟丙烷($CF_3CF_3CH_2F$, HFC-236cb)、1,1,1,2,3,3-六氟丙烷($CF_3CHFCHF_2$, HFC-236ea)、1,1,1,3,3,3-六氟丙烷($CF_3CH_2CF_3$, HFC-236fa)、1,1,2,2,3-五氟丙烷($CHF_2CF_2CH_2F$, HFC-245ca)、1,1,1,2,2-五氟丙烷($CF_3CF_2CH_3$, HFC-245cb)、1,1,2,3,3-五氟丙烷($CHF_2CHFCHF_2$, HFC-245ea)、1,1,1,2,3-五氟丙烷(CF_3CHFCH_2F, HFC-245eb)、1,1,1,3,3-五氟丙烷($CF_3CH_2CHF_2$, HFC-245fa)、1,2,2,3-四氟丙烷($CH_2FCF_2CH_2F$, HFC-254ca)、1,1,2,2-四氟丙烷($CHF_2CF_2CH_3$, HFC-254cb)、1,1,2,3-四氟丙烷(CHF_2CHFCH_2F, HFC-254ea)、1,1,1,2-四氟丙烷(CF_3CHFCH_3, HFC-254eb)、1,1,3,3-四氟丙烷($CHF_2CH_2CHF_2$, HFC-254fa)、1,1,1,3-四氟丙烷($CF_3CH_2CH_2F$, HFC-254fb)、1,1,1-三氟丙烷($CF_3CH_2CH_3$, HFC-263fb)、2,2-二氟丙烷($CH_3CF_2CH_3$, HFC-272ca)、1,2-二氟丙烷($CH_2FCHFCH_3$, HFC-272ea)、1,3-二氟丙烷($CH_2FCH_2CH_2F$, HFC-272fa)、1,1-二氟丙烷($CHF_2CH_2CH_3$, HFC-272fb)、2-氟丙烷(CH_3CHFCH_3, HFC-281ea)、1-氟丙烷($CH_2FCH_2CH_3$, HFC-281fa)、1,1,2,2,3,3,4,4-八氟丁烷($CHF_2CF_2CF_2CHF_2$, HFC-338pcc)、1,1,1,2,2,4,4,4-八氟丁烷

($CF_3CH_2CF_2CF_3$, HFC-338mf)、1,1,1,3,3-五氟丁烷($CF_3CH_2CHF_2$, HFC-365mfc)、1,1,1,2,3,4,4,5,5,5-十氟戊烷($CF_3CHFCHFCF_2CF_3$, HFC-43-10mee)、以及1,1,1,2,2,3,4,5,5,6,6,7,7,7-十四氟庚烷($CF_3CF_2CHFCHFCF_2CF_2CF_3$, HFC-63-14mee)。

在一些实施方案中，工作流体还可包含氟代醚，该氟代醚含有至少一种具有碳、氟、氧、和任选地氢、氯、溴或碘的化合物。氟代醚可以商购获得，也可以用本领域已知的方法制备。代表性的氟代醚包括但不限于九氟甲氧基丁烷（$C_4F_9OCH_3$，任何或所有可能的异构体或它们的混合物）；九氟乙氧基丁烷（$C_4F_9OC_2H_5$，任何或所有可能的异构体或它们的混合物）；2-二氟甲氧基-1,1,1,2-四氟乙烷（HFOC-236eaEβγ、或 $CHF_2OCHFCF_3$）；1,1-二氟-2-甲氧基乙烷(HFOC-272fbEβγ, $CH_3OCH_2CHF_2$)；1,1,1,3,3,3-六氟-2-(氟甲氧基)丙烷（HFOC-347mmzEβγ、或 $CH_2FOCH(CF_3)_2$）；1,1,1,3,3,3-六氟-2-甲氧基丙烷（HFOC-356mmzEβγ、或 $CH_3OCH(CH_3)_2$）；1,1,1,2,2-五氟-3-甲氧基丙烷（HFOC-365mcEβγ、或 $CF_3CF_2CH_2OCH_3$）；2-乙氧基-1,1,1,2,3,3,3-七氟丙烷（HFOC-467mmyEβγ、或 $CH_3CH_2OCF(CF_3)_2$）；以及它们的混合物。

在一些实施方案中，工作流体还可包含烃，该烃含有仅具有碳和氢的化合物。尤其可用的是具有3至7个碳原子的化合物。烃可从众多化学制品供应商处商购获得。代表性的烃包括但不限于丙烷、正丁烷、异丁烷、环丁烷、正戊烷、2-甲基丁烷、2,2-二甲基丙烷、环戊烷、正己烷、2-甲基戊烷、2,2-二甲基丁烷、2,3-二甲基丁烷、3-甲基戊烷、环己烷、正庚烷、和环庚烷。

在一些实施方案中，工作流体可包含含有杂原子的烃，例如二甲基醚(DME, CH_3OCH_3)。DME可商购获得。

在一些实施方案中，工作流体还可包含二氧化碳(CO_2)，二氧化碳可以从多种来源商购获得，或可以用本领域已知的方法制备。

在一些实施方案中，工作流体还可包含氨(NH_3)，氨可以从多种来源商购获得，或可以用本领域已知的方法制备。

在一些实施方案中，工作流体还包含至少一种选自氢氟烃、氟代醚、烃、二甲基醚(DME)、二氧化碳(CO_2)、氨(NH_3)、和三氟碘甲烷(CF_3I)的化合物。

在一个实施方案中，工作流体包含 1,2,3,3,3-五氟丙烯(HFC-1225ye)。在另一个实施方案中，工作流体还包含二氟甲烷(HFC-32)。在另一个实施方案中，工作流体还包含1,1,1,2-四氟乙烷(HFC-134a)。

在一个实施方案中，工作流体包含 2,3,3,3-四氟丙烯(HFC-1234yf)。在另一个实施方案中，工作流体包含HFC-1225ye和HFC-1234yf。

在一个实施方案中，工作流体包含 1,3,3,3-四氟丙烯(HFC-1234ze)。在另一个实施方案中，工作流体包含 E-HFC-1234ze（或反式-HFC-1234ze）。

在另一个实施方案中，工作流体还包含至少一种选自 HFC-134a、HFC-32、HFC-125、HFC-152a、和 CF_3I 的化合物。

在某些实施方案中，工作流体可包含选自下组的组合物:

HFC-32 和 HFC-1225ye;

HFC-1234yf 和 CF_3I;

HFC-32、HFC-134a、和 HFC-1225ye;

HFC-32、HFC-125、和 HFC-1225ye;

HFC-32、HFC-1225ye、和 HFC-1234yf;

HFC-125、HFC-1225ye、和 HFC-1234yf;

HFC-32、HFC-1225ye、HFC-1234yf、和 CF_3I;

HFC-134a、HFC-1225ye、和 HFC-1234yf;

HFC-134a 和 HFC-1234yf;

HFC-32 和 HFC-1234yf;

HFC-125 和 HFC-1234yf;

HFC-32、HFC-125、和 HFC-1234yf;

HFC-32、HFC-134a、和 HFC-1234yf;

DME 和 HFC-1234yf;

HFC-152a 和 HFC-1234yf;

HFC-152a、HFC-134a、和 HFC-1234yf;

HFC-152a、正丁烷、和 HFC-1234yf;

HFC-134a、丙烷、和 HFC-1234yf;

HFC-125、HFC-152a、和 HFC-1234yf;

HFC-125、HFC-134a、和 HFC-1234yf;

HFC-32、HFC-1234ze、和 HFC-1234yf;

HFC-125、HFC-1234ze、和 HFC-1234yf;

HFC-32、HFC-1234ze、HFC-1234yf、和 CF_3I;

HFC-134a、HFC-1234ze、和 HFC-1234yf;

HFC-134a 和 HFC-1234ze;

HFC-32 和 HFC-1234ze;

HFC-125 和 HFC-1234ze;

HFC-32、HFC-125、和 HFC-1234ze;

HFC-32、HFC-134a、和 HFC-1234ze;

DME 和 HFC-1234ze;

HFC-152a 和 HFC-1234ze;

HFC-152a、HFC-134a、和 HFC-1234ze;

HFC-152a、正丁烷、和 HFC-1234ze;

HFC-134a、丙烷、和 HFC-1234ze;

HFC-125、HFC-152a、和 HFC-1234ze; 或

HFC-125、HFC-134a、和 HFC-1234ze。

实施例

实施例 1

性能比较

测试了装配和未装配中间换热器的汽车空调系统，以确定使用 IHX 后是否有所改善。工作流体为 95 重量% 的 HFC-1225ye 和 5 重量% 的 HFC-32 的共混物。每个系统都有冷凝器、蒸发器、压缩机和热膨胀装置。蒸发器和冷凝器入口处的环境空气温度为 30℃。对 2 种压缩机速度，即 1000 和 2000rpm，以及 3 种车辆速度，即 25、30、和 36km/h 进行了测试。蒸发器上的空气体积流量为 380m^3/h。

与未装配 IHX 的系统相比，装配有 IHX 的系统的冷却能力显示出 4 至 7% 的提高。与未装配 IHX 的系统相比，装配有 IHX 的系统的 COP 也显示出 2.5 至 4% 的提高。

实施例 2

装配内部换热器后的性能改善

计算装配和未装配 IHX 时 HFC-134a 和 HFC-1234yf 的冷却性能。使用的条件如下：

冷凝器温度	55℃
蒸发器温度	5℃
过热（绝对的）	15℃

说明相关性能的数据示于表 5 中。

表 5

测试	过冷，℃	COP	制冷量 kJ/m^3	压缩机功，kJ/kg
HFC-134a，未装配IHX	0	4.74	2250.86	29.6
HFC-134a，装配有IHX	5.0	5.02	2381.34	29.6
HFC-134a， 装配IHX后的提高 %		5.91	5.80	
HFC-1234yf，未装配IHX	0	4.64	2172.43	24.37
HFC-1234yf，装配有IHX	5.8	5.00	2335.38	24.37
HFC-1234yf， 装配IHX后的提高 %		7.76	7.50	

以上数据表明，与装配有 IHX 的 HFC-134a 相比，装配有 IHX 的氟烯烃(HFC-1234yf)的能量效率(COP)和冷却能力获得了意想不到的改善程度。具体地讲，COP 提高了 7.67%，冷却能力提高了 7.50%。

应当指出的是，过冷差异由 HFC-1234yf 与 HFC-134a 的分子量、液体密度和液体热容的差异引起。基于这些参数，可以估计，不同化合物所获得的过冷可能会有差异。当 HFC-134a 的过冷设为 5℃时，计算出 HFC-1234yf 对应的过冷为 5.8℃。

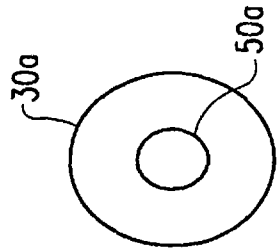


图1A

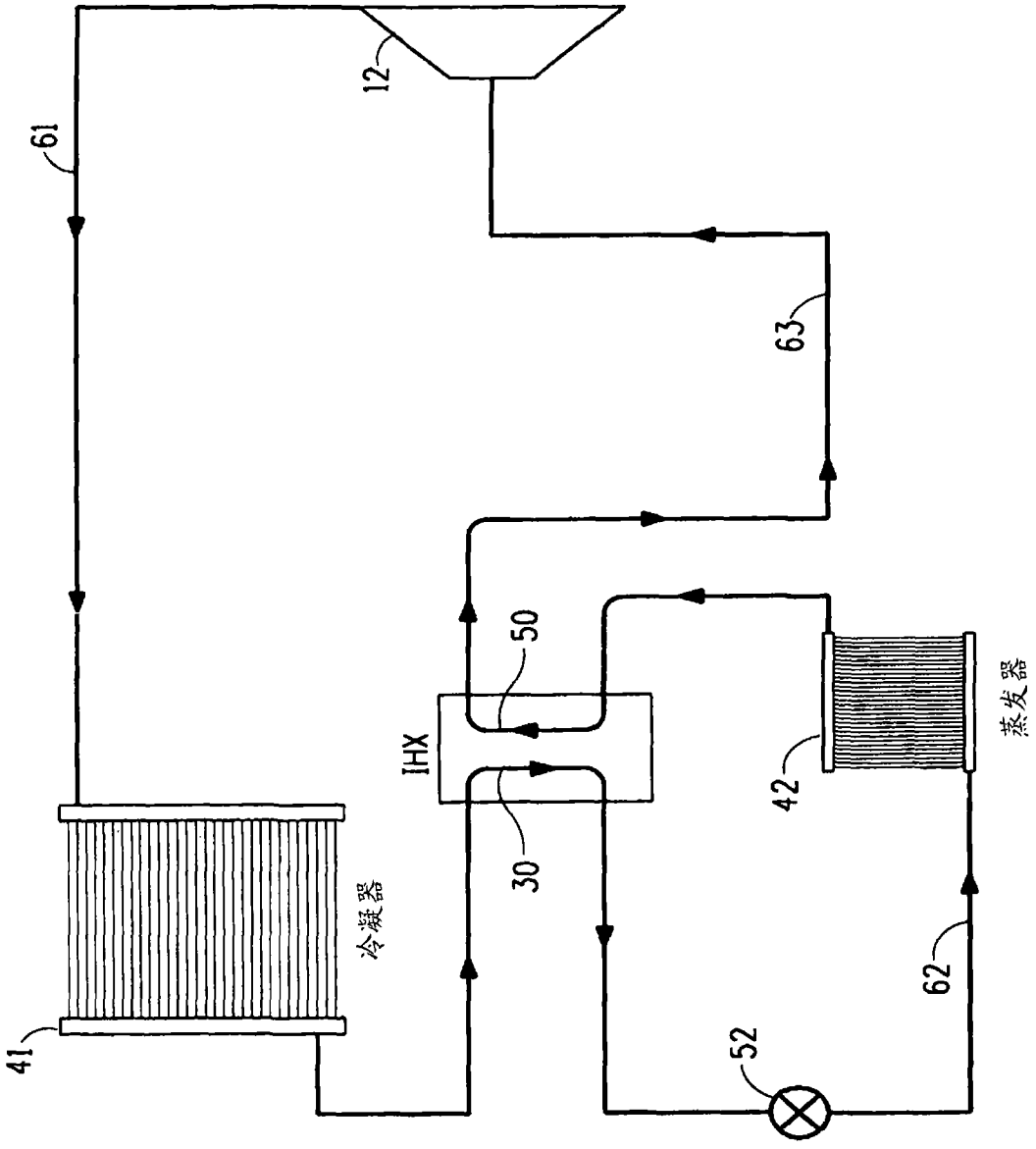


图1

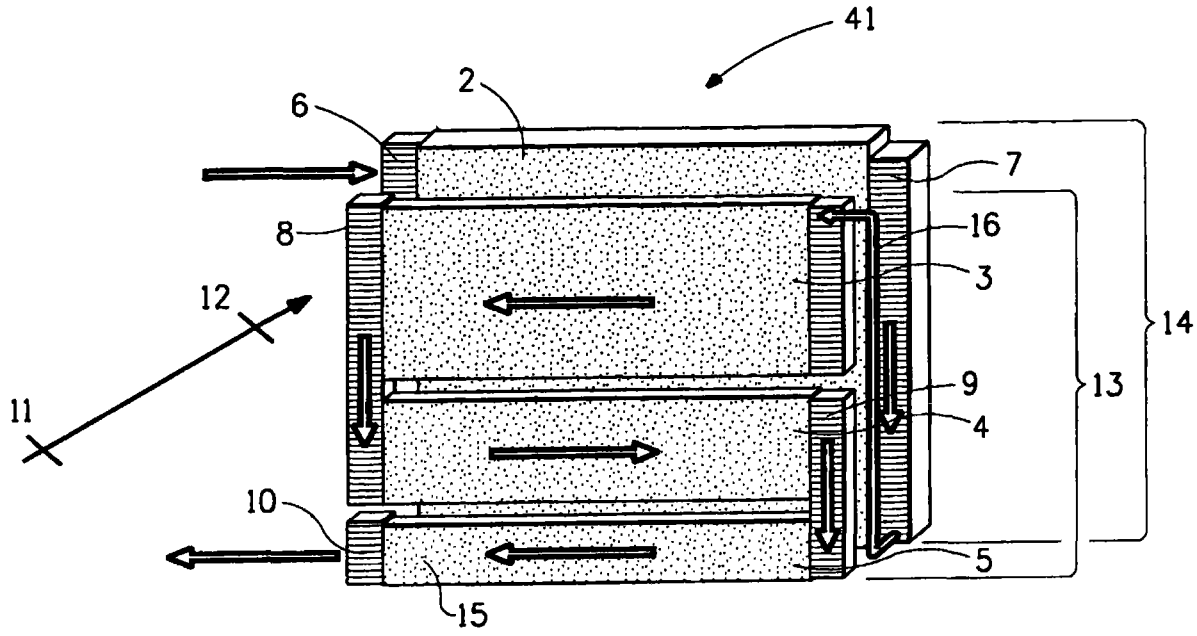

41
2
6
7
8
16
3
12
14
11
9
13
4
10
5
15

图2

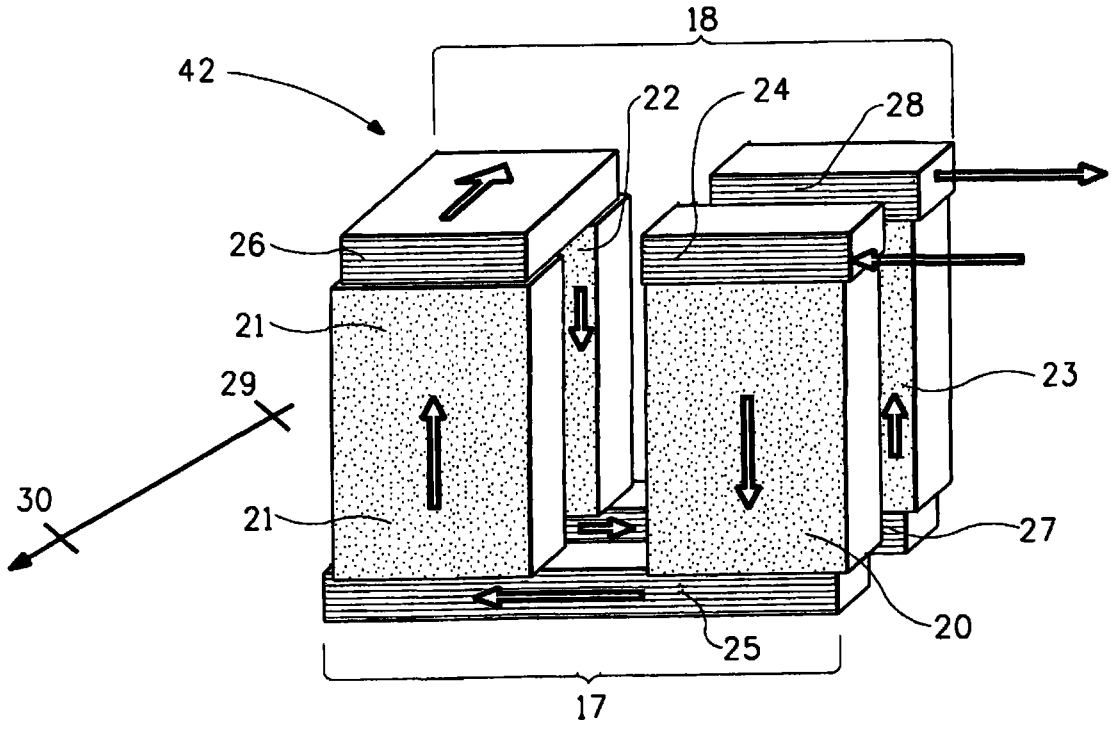

18
42
22
24
28
26
21
23
29
30
21
27
20
25
17

图3