



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110356283 A

(43)申请公布日 2019.10.22

(21)申请号 201910700976.2

(22)申请日 2019.07.31

(71)申请人 重庆长安汽车股份有限公司  
地址 400023 重庆市江北区建新东路260号

(72)发明人 游典 翟昱民

(74)专利代理机构 重庆华科专利事务所 50123  
代理人 康海燕

(51)Int.Cl.  
B60L 58/26(2019.01)  
B60L 58/27(2019.01)

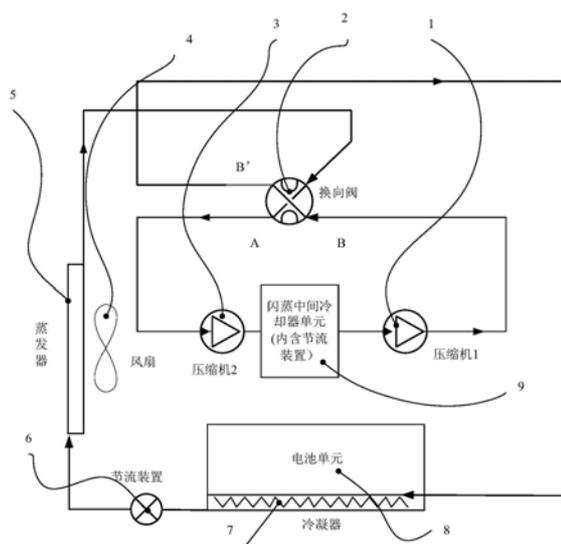
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种车用动力电池的热管理系统

(57)摘要

本发明涉及车用动力电池的热管理系统,包括压缩机机组、四通换向阀、冷凝器风扇、外部换热器、电池换热器和电池单元。外部换热器、电池换热器通过管路连接,并通过四通换向阀与压缩机机组和闪蒸中间冷却单元连接;压缩机机组包含两个压缩机,并在它们之间连接闪蒸中间冷却单元,通过控制连接管路上各开关阀的开关,使两压缩机形成串连或并联结构,在制冷工况下,采用并联模式,增强电池的冷却效果;在热泵工况下,采用串联运行模式,并实现双级压缩,使得电池加温效率在低温条件下显著提高。本发明具有独立于车辆本身而对电池进行热管理的特点,解决动力电池在冬季低温条件下面临输出急剧下降的技术瓶颈,同时使得系统开发易于实现模块化和标准化。



CN 110356283 A

1. 一种车用动力电池的热管理系统,其特征在於,包括压缩机机组、四通换向阀(2)、冷凝器风扇(4)、外部换热器(5)、电池换热器(7)和电池单元(8);

所述外部换热器(5)、电池换热器(7)通过管路连接,并通过四通换向阀2与压缩机机组和闪蒸中间冷却单元(9)连接;

所述压缩机机组包含两个压缩机,并在两个压缩机之间连接一个闪蒸中间冷却单元(9),通过控制连接管路上各开关阀的开关,使两个压缩机形成串连或并联结构,实现对电池单元的冷却或加温;

当电池处于被冷却状态时,第一压缩机(1)和第二压缩机(3)与闪蒸中间冷却单元(9)连通的管路上的开关阀全部断开,闪蒸中间冷却单元(9)不参与工作,第一压缩机(1)和第二压缩机(3)形成并联状态,四通换向阀(2)的B'口和A口连通,冷媒经过四通换向阀的A口通向外部换热器(5)进行冷凝散热后,经节流装置(6)膨胀降压后,在电池换热器7内蒸发吸收电池单元(8)的热量,实现对电池的降温;由于四通换向阀(2)的A'口和B口连通,冷媒经过四通换向阀2的B口回到两个压缩机的吸气端C点,冷媒通过并联的第一压缩机(1)和第二压缩机(3)后,在压缩机的输出端D点汇合,再流向四通换向阀(2)的B'点,完成整个制冷循环;

当电池处于被加温状态时,使第一压缩机(1)和第二压缩机(3)并联的管路上的开关阀断开,第一压缩机(1)和第二压缩机(3)之间通过闪蒸中间冷却单元(9)连通,四通换向阀(2)的B口和B'口连通,冷媒通过四通换向阀(2)的B'口流向电池换热器(7),冷媒流过电池换热器7时冷凝放热对电池单元(8)进行加温,然后冷媒经节流装置(6)膨胀降压后进入外部换热器(5)吸热蒸发,由于四通换向阀(2)的A'口和A口连通,冷媒经由四通换向阀的A口流回到第二压缩机(3)的进口端,通过闪蒸中间冷却单元(9)和第一压缩机(1)完成第二级压缩,再流向四通换向阀B点,完成整个热泵循环。

2. 根据权利要求1所述的车用动力电池的热管理系统,其特征在於,所述闪蒸中间冷却单元(9)内含一个单独的节流装置(16)和闪蒸内冷器(17),电池换热器(7)的出口与节流装置(16)的进口H通过设置有第二开关阀(11)的管路连接,第二压缩机(3)的输出端与闪蒸内冷器(17)的进口K通过设置有第五开关阀(14)的管路连接,闪蒸内冷器(17)的顶部出汽口J与第一压缩机1的输入端通过管路连接,闪蒸内冷器(17)的底部出液口L与外部换热器(5)的冷凝液进口通过设置有第四开关阀(13)的管路连接;第二压缩机(3)的输出端与第一压缩机(1)的输入端之间还通过设置有第三开关阀(12)的管路连接;在第一压缩机(1)与四通换向阀(2)连通的管路上设置有第一开关阀(10),在第二压缩机(3)与四通换向阀(2)连通的管路上设置有第六开关阀(15)。

3. 根据权利要求2所述的车用动力电池的热管理系统,其特征在於:系统在制冷工况,所述第二、第三、第四、第五开关阀(11、12、13、14)均处于断开状态,第一开关阀(10)和第六开关阀(15)处于闭合导通状态;系统在热泵工况,所述第二、第三、第四、第五开关阀(11、12、13、14)均处于闭合导通状态,第一开关阀(10)和第六开关阀(15)处于断开状态。

4. 根据权利要求1-3之任一项所述的车用动力电池的热管理系统,其特征在於,在室外换热器(5)与电池单元换热器(7)之间还连接有节流膨胀装置(6);在系统冷却状态,冷媒通过室外换热器(5)进行散热后,再通过节流膨胀装置(6),进入电池单元换热器(7);在系统加温状态,冷媒流过电池单元换热器(7)冷凝放热,然后经节流膨胀装置(6)进行膨胀降压

后,进入室外换热器(5)。

5.根据权利要求1-3任一项所述的车用动力电池的热管理系统,其特征在于:在热泵循环系统中,采用双级、但不限于双级压缩热力循环。

6.根据权利要求1-3任一项所述的车用动力电池的热管理系统,其特征在于:所述冷媒可以使用不同类型,优选R134A、R1234YF、CO<sub>2</sub>、R22和R410A。

## 一种车用动力电池的热管理系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于新能源车领域,包括BEV(纯电动汽车)、PHEV(插电式混合动力车),HEV(混合动力车),具体涉及对车载动力电池提供冷却和加温的热管理系统。

### 背景技术

[0002] 传统车辆的整车热管理系统通常包含发动机冷却系统和车内乘员空调系统,空调系统在夏季和热天通过一套蒸汽压缩制冷系统对座舱进行冷却,而在冬季或冷天则引用发动机排气所产生的热量对座舱进行加温。

[0003] 出于世界环保的需要和原油供应紧张,世界上出现了新能源车型,包括纯电驱动BEV和混合动力驱动类型HEV(混合动力驱动)和PHEV(插电式混合动力驱动)。就动力配置而言,最突出的事件是动力电池的引入,其用于提供驱动电机所需的动力源,以此降低燃油的需求甚至于完全取代燃油。新能源车型具有巨大未来,有可能大量取代内燃车型,甚至在数十年内完全取而代之。

[0004] 然而,新能源车型的环保和燃油效率的优势不得不付出代价,表现为技术开发难度大增和成本明显上升。目前成为主流的锂电类型(不限于锂电)动力电池的热管理,成为技术难点,即既要保证电池在夏季运行的诸多状态下其内部温度不能超出限定的温度,否则其寿命将会大打折扣;对于冬季低温环境中的运行,则问题更为严重。一方面,低温环境中座舱乘员需要加温,此时由于没有燃油车发动机排气热源的供应,使用电力加温成为不二选择,其能耗可能高达5000瓦;另一方面,在低环温条件下,动力电池的输出能力大幅度下降。二者结合,对续航里程形成本质性的影响。例如,三菱电动车iMiev在正常环温时,续航里程可达160KM,而在0℃时,使用电加温对座舱加温,导致可用里程剧减到不足60KM,其衰减幅度高达60%+!而在更低的环温条件下,形势更为严重。因此,较为复杂的空气热泵加温系统成为技术方向。典型案例是,2015年在美国刚刚上市的经典BEV BMW i3在环温高于-10℃时,开始应用热泵系统改进实验性。而在在环温低于-10℃,普通热泵系统也无法正常工作,因此不得不加装一个5500瓦的PTC加温器。

[0005] 当前的空调系统和整车热管理系统采取共用一台压缩机方案,既要满足空调系统在夏季对座舱制冷和冬季对座舱采暖的气候调节功能,又要同时满足对动力电池在高温运行时冷却和低温条件下加温的热管理功能,使得新能源车型热管理系统开发难度大增。相当于在当前的座舱气候控制系统上,多加了一个额外的负荷,并且座舱的冷却和电池冷却二者的冷源不应在同一蒸发温度上,实现合理高效运行甚是不易。现有技术通常通过一级水冷换热器对电池进行间接降温,换热效率低,控制难度大,沿程热损失大,部件成本高,开发周期长。事实上,必须针对一个车型开发一套热管理系统,致使系统开发很难实现模块化和标准化。

[0006] 进一步而言,兼顾电池加温的热泵系统导致热管理系统变得更为复杂,以上述BMW为例,该热泵系统增加了36个零部件,增重约7KG。

[0007] 以上形势使得新能源汽车在广大高寒地区及一般地区的冬季的实用性变得十分

困难,在世界范围内,形成了技术瓶颈,阻滞了新能源车辆的广泛发展。

[0008] 鉴于上述形势,出现了动力电池单独冷却的设计,但其功能仅限于冷却功能的实现。

## 发明内容

[0009] 针对现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种车用动力电池的热管理系统,能够对PHEV、HEV车辆的动力电池单独进行热管理的调节装置,即可冷却亦可加温,解决动力电池在冬季面临输出极具下降的瓶颈,同时使得热力系统开发易于实现模块化和标准化,单车开发大为简化。

[0010] 在本热管理系统设计中,采用由两台小排量压缩机组成的热泵系统,在制冷模式下,两台压缩机并联运行,增强电池的冷却效果;在热泵模式下,两台压缩机串联运行,并采用双级压缩技术,通过中间冷却器实现热泵效率在低温条件下显著提高,获得良好的电池加温效果。

[0011] 本发明的技术方案如下:

[0012] 本发明提出一种车用动力电池的热管理系统,兼有热天降低电池温度和冬季对电池加温的功能。包括压缩机机组、四通换向阀、冷凝器风扇、外部换热器、电池换热器和电池单元(即冷却对象)。

[0013] 所述外部换热器、电池换热器通过管路连接,并通过四通换向阀与压缩机机组和闪蒸中间冷却单元连接。

[0014] 所述压缩机机组包含两个压缩机,并在两个压缩机之间连接一个闪蒸中间冷却单元,通过控制连接管路上各开关阀的开关,使两个压缩机形成串连或并联结构,实现对电池单元的冷却或加温。

[0015] 当电池处于被冷却状态时,第一压缩机和第二压缩机与闪蒸中间冷却单元连通的管路上的开关阀全部断开,闪蒸中间冷却单元不参与工作,第一压缩机1和第二压缩机形成并联状态,四通换向阀处于缺省状态,冷媒经过四通换向阀2的A口通向外部换热器进行冷凝散热后,经节流装置膨胀降压后,在电池换热器7内蒸发吸收电池单元的热量,实现对电池的降温。冷媒然后流向四通换向阀,经过四通换向阀2的B口回到两个压缩机的吸气端C点,冷媒通过并联的第一压缩机和第二压缩机后,在压缩机的输出端D点汇合,再流向四通换向阀的B'点,完成整个制冷循环。

[0016] 当电池处于被冷却状态时,两台压缩机共同并联工作制冷循环,可实现较小型压缩机联合完成较大的冷却任务,具有强大的制冷能力。

[0017] 当电池处于被加温状态时,使第一压缩机和第二压缩机并联的管路上的开关阀断开,第一压缩机和第二压缩机之间通过闪蒸中间冷却单元连通,四通换向阀处于转换状态,冷媒经过四通换向阀的B'口流向电池换热器7,冷媒流过电池换热器时冷凝放热对电池单元进行加温,然后冷媒经节流装置膨胀降压后进入外部换热器吸热蒸发,再经由四通换向阀的A口,流回到第二压缩机的进口端,通过闪蒸中间冷却单元和第一压缩机完成第二级压缩,再流向四通换向阀B点,完成整个热泵循环。

[0018] 工作原理:依据制冷热动力学原理,当系统蒸发压力过低时,采用多级压缩循环有助于显著提高系统热效率和制热/制热量。本发明中,热泵工况下拟采用双级压缩循环,其

热力循环P-H图如图3所示。

[0019] 因此,当电池处于被加温状态时,压缩机组设计为串连联合工作,将对热泵系统在低环温工况下产生较好的制热效果。以R134A工质为例,当系统工作在低温蒸发温度时,其质量流量170KG/H降低到51,降幅达70%,而系统能效系数COP则可能降低到约0.5,低于PTC电加温的热效率0.9,因此十分不经济。而如本发明一样经过两级压缩,COP可达约2.0,在同等质量流量条件下,得以产生较大系统的制热量,使得工作对象动力电池的本体温度尽可能的优良以取得良好的电池动力输出,产生较长的行驶距离。

[0020] 进一步,所述闪蒸中间冷却单元内含一个单独的节流装置和闪蒸内冷器,电池换热器的出口与节流装置的进口H通过设置有第二开关阀的管路连接,第二压缩机的输出端与闪蒸内冷器的进口K通过设置有第五开关阀的管路连接,闪蒸内冷器的顶部出汽口J与第一压缩机的输入端通过管路连接,闪蒸内冷器的底部出液口L与外部换热器的冷凝液进口通过设置有第四开关阀的管路连接;第二压缩机的输出端与第一压缩机的输入端之间还通过设置有第三开关阀的管路连接;在第一压缩机与四通换向阀连通的管路上设置有第一开关阀,在第二压缩机与四通换向阀连通的管路上设置有第六开关阀。

[0021] 本系统在采用两台压缩机实现双级循环时,还通过一台闪蒸中间冷却器用于过程中分离汽液,实现双级压缩。图中,高压高温蒸汽冷媒从第二压缩机排出进入闪蒸中间冷却器,在闪蒸中间冷却器中有一部分冷媒部分液化,而气态部分进入第一压缩机做第二级压缩。此后进入电池换热器,经节流装置实现节流降压,进入闪蒸内冷器,液体部分再进入外部换热器,然后回到第一压缩机的进口,完成整个二级压缩循环。

[0022] 采用本发明所述的系统对车用动力电池进行有效热管理,能够对动力电池单独进行热管理,既可对其冷却亦可对其加温,实现电池的全天候热管理。采用多压缩机串连、并联设计:在对电池冷却状态下,自动采用并联模式,增强电池的冷却效果;而在加温状态下,自动实现热泵模式,并采用双级压缩技术,使得电池加温效率在低温条件下显著提高。

[0023] 本发明可以解决动力电池在冬季低温条件下面临输出急剧下降的技术瓶颈,同时使得整车热系统开发易于实现模块化和标准化,单车开发大为简化。

## 附图说明

[0024] 图1制冷模式系统原理图;

[0025] 图2热泵模式系统原理图;

[0026] 图3双级压缩循环原理图;

[0027] 图4制冷模式的系统实施方案原理图;

[0028] 图5热泵模式的系统实施方案原理图;

[0029] 图6闪蒸中间冷却单元内部原理图。

## 具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本发明做进一步说明,应当注意,这里描述的实施例只用于举例说明,并不限制本发明:

[0031] 参见图1,是本发明的制冷工况原理,系统包括一个压缩机机组(包含第一压缩机1和第二压缩机3),四通换向阀2,冷凝器风扇4,外部换热器5(在不同的状态下,分别起冷凝

器或蒸发器的作用),节流装置6(膨胀阀或其类型节流方式),电池换热器7(不同的状态下,分别起蒸发器或冷凝器的作用),电池单元8(冷却对象),以及各段连接管路和控制各管路通断的开关阀等其他相关部件。

[0032] 当电池处于被冷却状态时,第一压缩机1和第二压缩机3形成并联状态,状态换向阀2处于缺省状态,即冷媒经由A点通向室外换热器5(起冷凝器作用),通过节流装置6,进入电池换热器7。由电池单元换热器7产生的冷量通过某种机理和方式传递到电池单元8,实现对电池单元的降温。冷媒然后流向状态换向阀2,在B点回到两个压缩机共同的吸气端C点,并分别经过两个并联的压缩机后,冷媒在共同的出气端口D点汇合,再回到状态换向阀A点,完成整个热力循环。此状态中,两台压缩机共同并联工作制冷循环,实现较小型压缩机联合完成较大的冷却任务,具有强大的制冷能力。

[0033] 参见图2,是本发明的热泵工况原理:系统部件组成与图1类似,但为形成双级压缩循环,第一压缩机1和第二压缩机3串联,并在中间增加了闪蒸中间冷却单元9,其中闪蒸中间冷却单元9内含一个单独的节流装置16和闪蒸内冷器17(见图6)。

[0034] 系统工作原理参见图3:依据制冷热动力学原理,当系统蒸发压力过低时,采用多级压缩循环有助于显著提高系统热效率和制热/制热量。本例中,热泵状态下拟采用双级压缩循环,其热力循环P-H图如图3所示。

[0035] 图6中,两台第一压缩机1和3中间串的闪蒸中间冷却单元9用于过程中分离汽液,实现双级压缩。图中,高压高温蒸汽冷媒从第二压缩机3排出进入闪蒸中间冷却单元9,在闪蒸中间冷却单元9中有一部分冷媒部分液化,而气态部分进入第一压缩机1做第二级压缩。此后进入电池换热器7(此处做冷凝器用),经膨胀装置16实现节流降压,进入闪蒸内冷器17,液体部分再经节流装置6进入外部换热器5(此处做蒸发器用),然后回到第二压缩机3的进口,完成整个二级压缩循环。

[0036] 回到图2,以便详述当系统为加温工况时,即热泵循环时的工作原理:此时四通换向阀2处于转换状态,即冷媒在状态换向阀2的B点反向流向B',去向电池换热器7,如图2箭头方向所示。冷媒流过电池换热器7时,产生冷凝放热,对电池单元8进行加温,使得电池在低环温条件下得以具有较好的工作效能。然后冷媒经节流装置6进行膨胀降压后,进入外部换热器5,然后经由四通换向阀2的A点,回到第二压缩机3的进口端,通过闪蒸中间冷却单元9,以及第一压缩机1,完成一个完整的热泵循环。

[0037] 以下参见图4,介绍本发明处于制冷工况时的实施细节。其基本原理同于图1,但增加了必要的控制装置,主要是多个控制开关,如第一开关阀10,第三开关阀12,第四开关阀13,第五开关阀14,第二开关阀11,第六开关阀15,以便实现模式转换。

[0038] 具体地,所述第一开关阀10设置在四通换向阀2的A口与第一压缩机1入口连接的管路上,用于在两个压缩机需并联时闭合,在两个压缩机需串联时断开。

[0039] 所述第三开关阀12设置在第二压缩机3与第一压缩机1连接的管路上,闭合第三开关阀12,可将第二压缩机3的一部分输出直接输送到第一压缩机1。

[0040] 所述第四开关阀13设置在闪蒸内冷器17的冷凝液出口L与外部换热器5的冷凝液进口连接的管路上。

[0041] 所述第二开关阀11设置在电池换热器7的顶部出汽口和节流装置16的进口H的连接管路上。

[0042] 所述第五开关阀14设置在第二压缩机3的输出端与闪蒸内冷器17的进口K的连接管路上。

[0043] 所述第六开关阀15设置在第二压缩机3的输出端与状态换向阀2的B口的连接管路上,用于在两个压缩机需并联时闭合,在两个压缩机需串联时断开。

[0044] 当电池处于被冷却状态时,第二开关阀11,第三开关阀12,第四开关阀13,第五开关阀14均处于断开状态,而第一开关阀10和第六开关阀15处于闭合状态,四通换向阀2处于缺省状态,B口和A'口连通,B'口和A口连通,即冷媒经由状态换向阀2的A口通向外部换热器5。通过节流装置6,进入电池换热器7。由电池换热器7(即蒸发器)产生的冷量通过某种机理和方式传递到电池单元8,实现对电池的降温。然后冷媒通过四通换向阀2的B口回到第二压缩机3的进气端口,也经C点经过第一开关阀10(接通状态)过I点,流向N点,进入第一压缩机1的进口。这时第一压缩机1和第二压缩机3形成并联状态,冷媒在D点汇合,再回到状态换向阀B点,完成整个热力循环。两台压缩机共同并联工作制冷循环,可实现较小型压缩机联合完成较大的冷却任务,具有强大的制冷能力。由于第二开关阀11,第三开关阀12,第四开关阀13,第五开关阀14均处于断开状态,因此跨越了闪蒸中间冷却单元9,即该部件在此工况下不起作用。

[0045] 参见图5和图6,介绍本发明处于热泵工况时的实施细节。其基本原理同于图2,但增加了必要的控制装置,主要是多个控制开关和控制逻辑,其中第一开关阀10和第六开关阀15断开,第二开关阀11,第三开关阀12,第四开关阀13,第五开关阀14闭合,以实现加温模式转换。此工况下,闪蒸中间冷却单元9将被激励参与循环而形成热泵循环。

[0046] 当电池处于被加温状态时,四通换向阀2处于转换状态,四通换向阀2的B口和B'口连通,A口和A'口连通。冷媒而从第一压缩机1出口,经D点再由四通换向阀2的B'口通向电池换热器(冷凝器)7,释放热量对电池单元8进行加温。冷媒其中一路通过节流装置6,进入外部换热器(蒸发器)5,流向四通换向阀2的A口,由于第一开关阀10断开,冷媒只能流向第二压缩机3的入口,完成第一级压缩机后部分经第三开关阀12,再经I点、N点回到第一压缩机1进行第二级压缩,完成热力循环。

[0047] 从电池换热器(7冷凝器)出来的另一路冷媒,经由第二开关阀11进入闪蒸中间冷却单元9,与第二压缩机3输出的经过第五开关阀14进入闪蒸中间冷却单元9的K口的冷媒汇合,气态冷媒从其顶部出汽口J经N点进入第一压缩机1进行第二级压缩,完成热力循环。液态冷媒从闪蒸中间冷却单元9的L口经第四开关阀13回到E点参与再次循环。

[0048] 以上两台压缩机共同工作,形成二级压缩,在低环温状态下热泵的工作效率得到有效改善。对于寒冷季节和地区,实验证明,系统COP可达约2.0水平,在同等质量流量条件下,得以产生较大系统的制热量,较单级热泵高出50%左右,使得工作对象动力电池的本体温度尽可能的适宜,从而显著改善动力电池的动力输出,使得车辆续航里程有效延长。

[0049] 本实施例采用的冷媒以R134A为例,但不限于此,还可以包括,R1234YF、CO<sub>2</sub>、R22和R410A等,可以使用不同类型的冷媒,实现较大的制冷量/制热量,便于小型化轻量化。

[0050] 综上,本发明所涉及的车用动力电池的热管理系统,具有独立于车辆本身而对电池进行热管理的特点。该系统对车用动力电池进行有效热管理,既可对其冷却亦可对其加温,实现电池的全天候热管理。在热力系统设计中,采用双级、但不限于双级压缩热力循环。着重解决动力电池在冬季面临输出极具下降的瓶颈,并使得电池加温效率显著提高。在对

电池冷却状态下,自动采用并联模式,增强电池的冷却效果;而在加温状态下,自动实现热泵模式,并采用双级压缩技术,使得电池加温效率在低温条件下显著提高。此外,本发明可使得新能源汽车电池热管理系统开发形成模块化从而大为简化开发研制。

[0051] 本发明中,基础设计为动力电池的独立热管理装置,但不限于独立装置,保留其他类似车载系统,也同样可行。

[0052] 因此,本文内容结合具体的实施方式对本发明所作说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出多种修改、替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

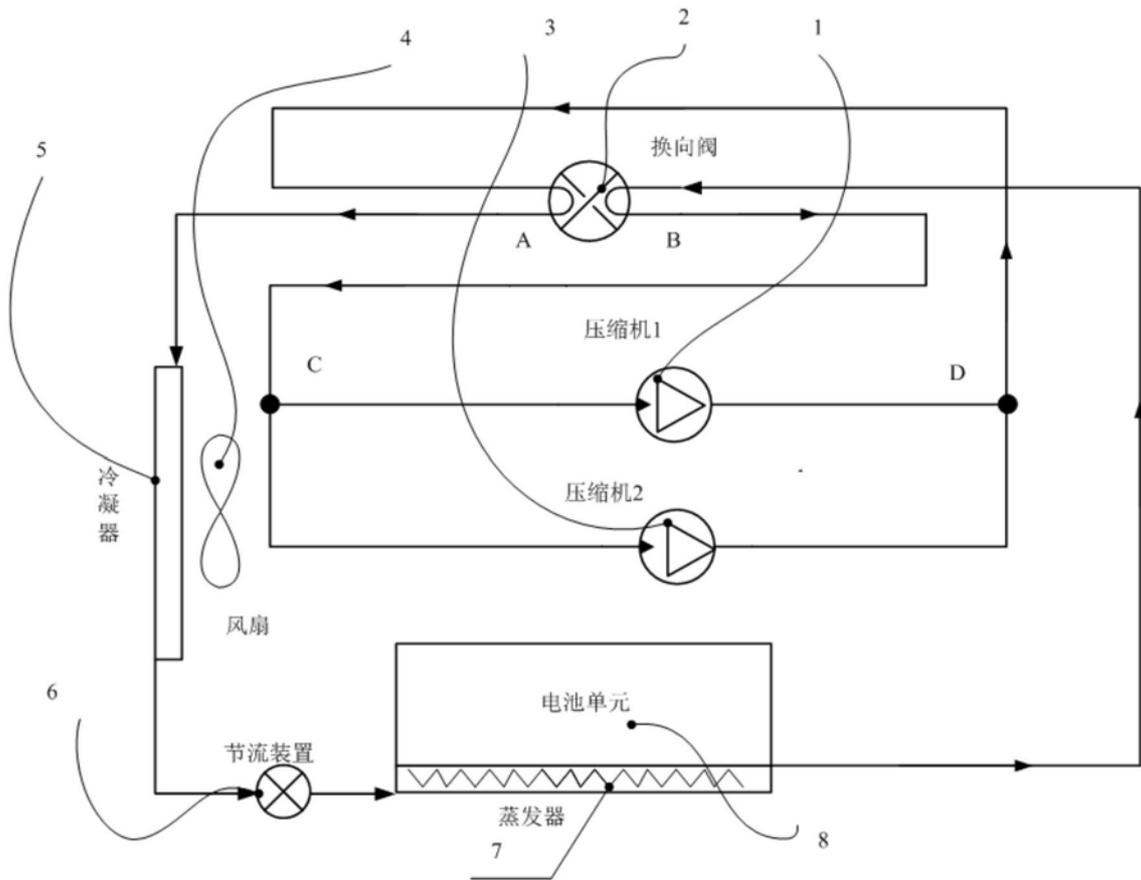


图1

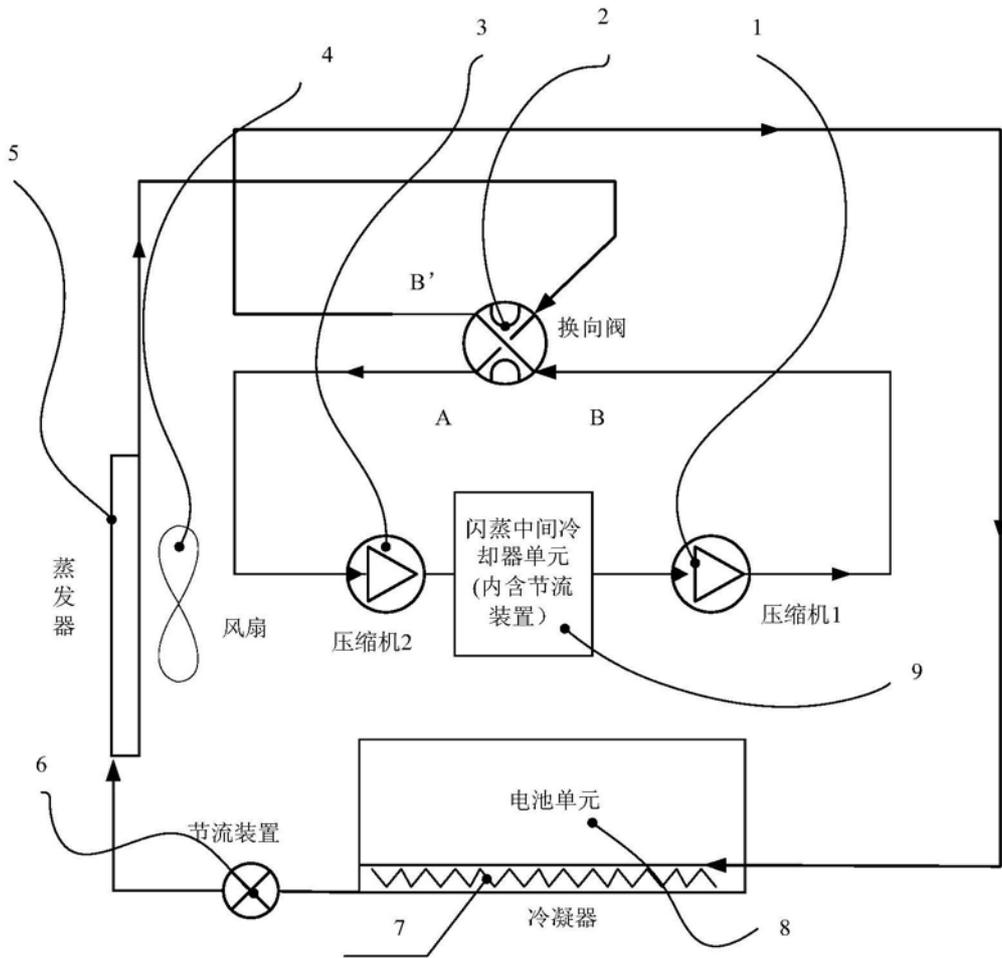


图2

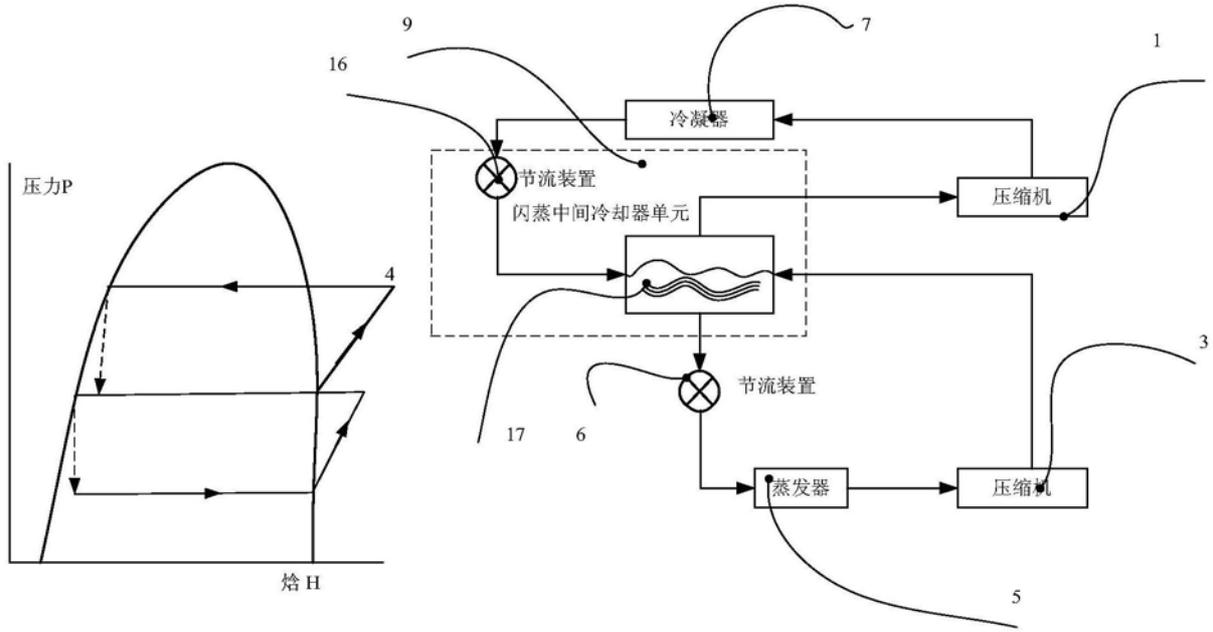


图3

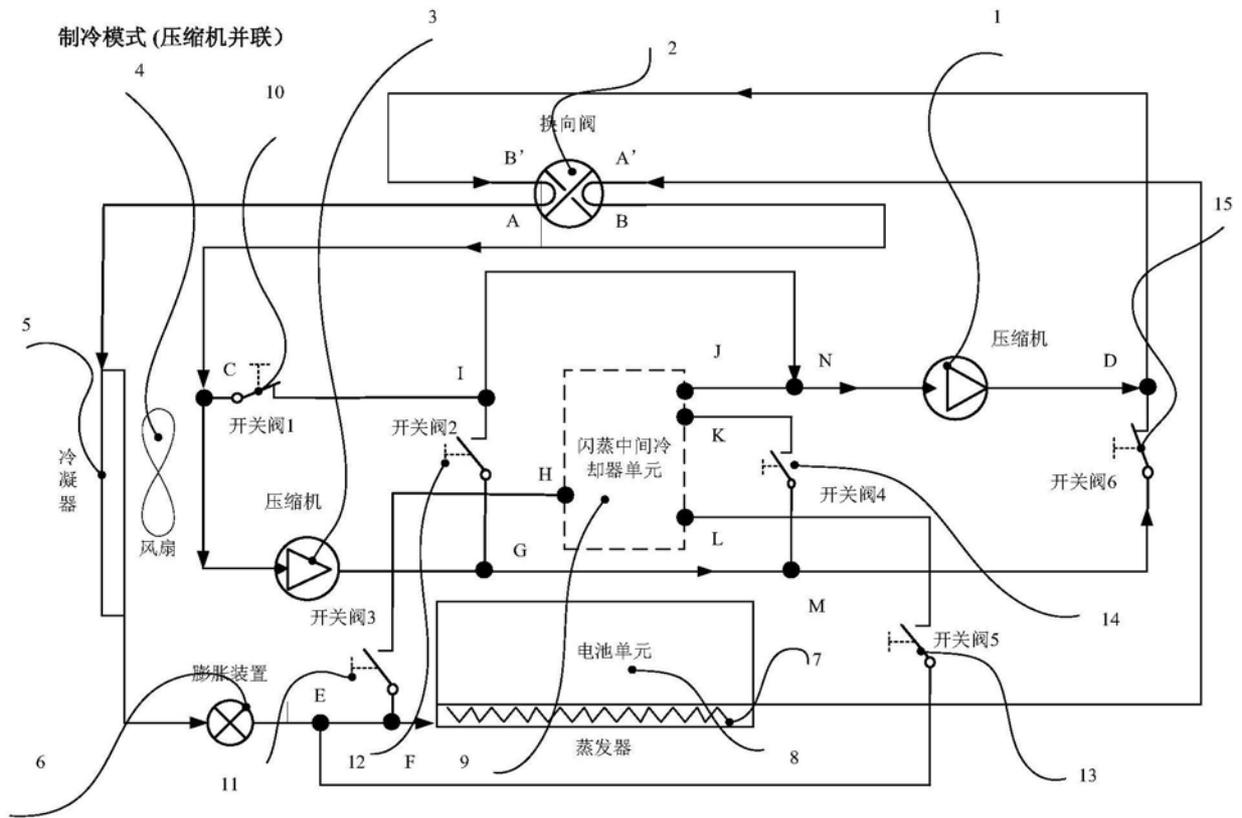


图4

热泵模式（压缩机串联）

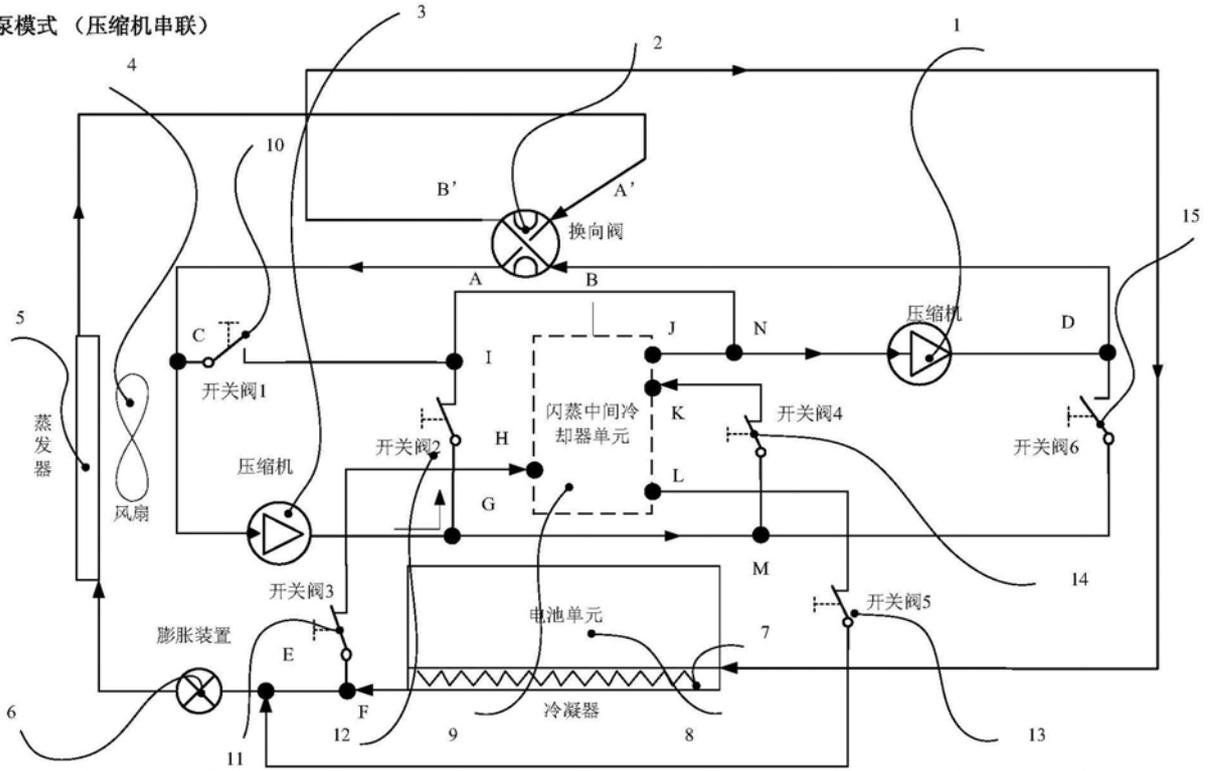


图5

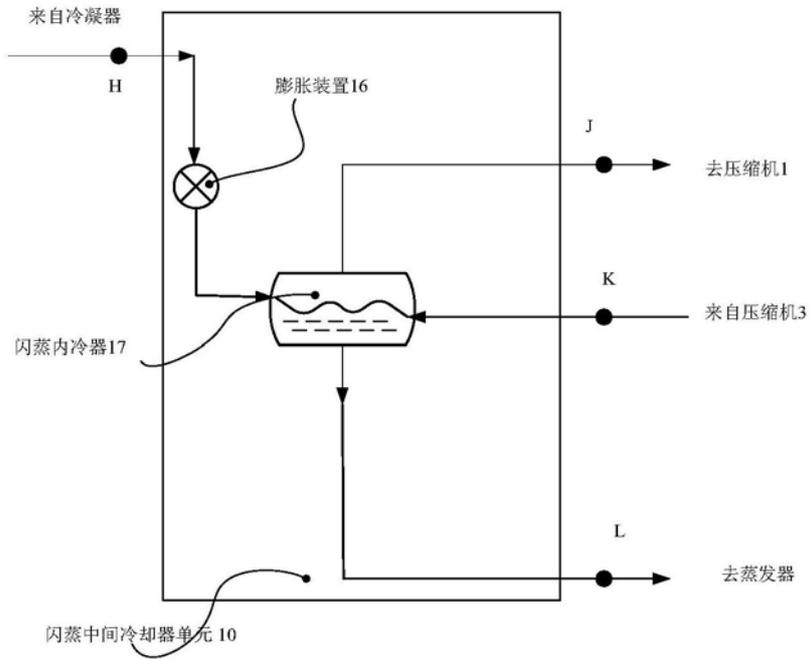


图6