



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101493244 B

(45) 授权公告日 2012.03.21

(21) 申请号 200810005126.2

审查员 李玉红

(22) 申请日 2008.01.22

(73) 专利权人 香港理工大学  
地址 中国香港九龙红磡

(72) 发明人 邓仕明 徐象国 陈铭贤

(74) 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司 72003

代理人 郭晓东

(51) Int. Cl.

F24F 1/00 (2006.01)

F24F 11/00 (2006.01)

(56) 对比文件

Kenichiro Imasu. 双速压缩机节能住宅制冷系统.《制冷技术》.1984,

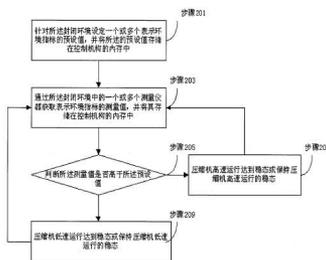
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 7 页

(54) 发明名称

直膨式空调及其系统和控制方法

(57) 摘要

本发明为一种通过直膨式空调冷却干燥封闭环境的方法,该方法包括以下步骤,步骤 1,针对所述封闭环境设定一个温度预设值,并将其存储在控制机构的内存中;步骤 2,通过所述封闭环境中的一个温度测量仪器获取测量值,并将其存储在控制机构的内存中;步骤 3,判断所述测量值是否高于所述预设值,如果所述测量值高于所述预设值,则进行步骤 4,否则进行步骤 5;步骤 4,压缩机高速运行达到稳态或保持压缩机高速运行的稳态,同时返回步骤 2;步骤 5,压缩机低速运行达到稳态或保持压缩机低速运行的稳态,同时返回步骤 2。



1. 一种通过直膨式空调冷却干燥封闭环境的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤,步骤 1,针对所述封闭环境设定一个或多个表示环境指标的预设值,并将所述的预设值存储在控制机构的内存中;  
步骤 2,通过所述封闭环境中的一个或多个测量仪器获取表示环境指标的测量值,并将其存储在控制机构的内存中;  
步骤 3,判断所述测量值是否高于所述预设值,如果所述测量值高于所述预设值,则进行步骤 4,否则进行步骤 5;  
步骤 4,压缩机高速运行达到稳态或保持压缩机高速运行的稳态,同时返回步骤 2;  
步骤 5,压缩机低速运行达到稳态或保持压缩机低速运行的稳态,同时返回步骤 2。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在进行所述步骤 4 的同时,高速运行送风机,并保持送风机稳态高速运行。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在进行所述步骤 5 的同时,低速运行送风机,并保持送风机稳态低速运行。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤 5 中,所述压缩机低速运行为高速状态时速度的 50%或 60%。
5. 如权利要求 3 所述的方法,其特征在于,所述送风机低速运行为高速状态时速度的 50%或 60%。

## 直膨式空调及其系统和控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及直膨式空调及其系统和控制方法,尤其涉及用于改善室内湿度控制和能耗效率的直膨式空调及其系统和控制方法。

### 背景技术

[0002] 直膨式空调具有众多优点,其中包括易于配置、更加节能,而且直膨式空调的维护成本低于其他类型的空调系统。但是,大部分直膨式空调仅配备单速压缩机和送风机,依靠开停循环作为维持室内干球温度的低成本方案而并未解决室内空气湿度的问题。因此,在开停控制的系统中,当空调的制冷效果停止作用时,所有的除湿效果也停止作用。在潮湿环境中,持续除湿的要求通常比制冷作用更重要。

[0003] 各种变频器的使用使得电机的速度控制更为实用,在空调系统中采用可变速的压缩机和送风机以控制温度和湿度的研究已广泛开展,实验结果显示在直膨式空调系统中同时改变压缩机和送风机的速度有助于控制湿度,但是可变速压缩机和送风机之间的协调较为复杂而且成本较高,使得具有可变速压缩机和送风机的直膨式空调的价格是单速压缩机和送风机的很多倍。

[0004] 迄今,业界尚未开发出高性价比的并且同时解决温度和湿度问题的具有可变速压缩机和送风机的直膨式空调。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种直膨式空调来解决现有技术中存在的上述问题及其他缺点。

[0006] 本发明提供一种具有上述直膨式空调的空调系统,其适于解决制冷和除湿的问题,同时保持系统的高性价比。

[0007] 本发明同时提供一种使用直膨式空调的方法。

[0008] 为了达到上述发明目的,本发明为一种直膨式空调,用于控制环境中室内空气温度,并且加强对室内空气湿度的控制,包括:压缩机、膨胀阀、冷凝器、送风机以及具有直膨式盘管的直膨式蒸发器,其特征在于,所述的压缩机为双速压缩机,所述的送风机为双速送风机。

[0009] 如本发明的优选实施例所述的直膨式空调,还包括一个或多个变频器。为了达到上述发明目的,本发明为一种空调系统,用于控制环境中室内空气温度,并且加强对室内空气湿度的控制,包括:制冷设备,其包括双速压缩机、具有直膨式盘管的直膨式蒸发器、膨胀阀、冷凝器、以及制冷剂;送风系统,其包括管道、双速送风机、空气过滤器、以及回气阀;控制机构,其包括微处理器、用户界面、电源、通信装置、以及内存;一个或多个测量仪器;其中,所述控制机构根据所述测量仪器所测的表示环境指标的数据,控制所述制冷设备和送风系统的工作状态。

[0010] 如本发明的优选实施例所述的空调系统,该双速压缩机为转子压缩机,螺旋式或

往复式。

[0011] 如本发明的优选实施例所述的空调系统,所述测量仪器包括空气干球温度计,空气湿球温度计或湿度计。

[0012] 为了达到上述发明目的,本发明为一种通过直膨式空调干燥封闭环境的方法,该方法包括以下步骤,步骤 1,针对所述封闭环境设定一个或多个表示环境指标的预设值,并将所述的预设值存储在控制机构的内存中;步骤 2,通过所述封闭环境中的一个或多个测量仪器获取表示环境指标的测量值,并将其存储在控制机构的内存中;步骤 3,判断所述测量值是否高于所述预设值,如果所述测量值高于所述预设值,则进行步骤 4,否则进行步骤 5;步骤 4,压缩机高速运行达到稳态或保持压缩机高速运行的稳态,同时返回步骤 2;步骤 5,压缩机低速运行达到稳态或保持压缩机低速运行的稳态,同时返回步骤 2。

[0013] 如本发明的优选实施例所述的方法,在进行所述步骤 4 的同时,高速运行送风机,并保持送风机稳态高速运行。

[0014] 如本发明的优选实施例所述的方法,在进行所述步骤 5 的同时,低速运行送风机,并保持送风机稳态低速运行。

[0015] 如本发明的优选实施例所述的方法,设定预设值包括在所述环境中的测量仪器上设定预期温度。

[0016] 如本发明的优选实施例所述的方法,设定预设值包括在所述环境中的一个或多个测量仪器上设定空气干球温度和空气湿球温度。

[0017] 如本发明的优选实施例所述的方法,通过通信方式存储预设值和测量值。

[0018] 如本发明的优选实施例所述的方法,通过所述控制机构在比较判断时允许所述测量值和所述预设值之间存在 0.1 到 0.5 个单位的偏差。

[0019] 如本发明的优选实施例所述的方法,所述步骤 5 中,所述压缩机低速运行行为高速状态时速度的 50%。

[0020] 如本发明的优选实施例所述的方法,所述送风机低速运行行为高速状态时速度的 50%。

## 附图说明

[0021] 本发明的装置和方法的特征、方案和优点将通过以下说明和结合附图更为清晰。

[0022] 图 1 为根据本发明的空调装置的示意图。

[0023] 图 2 为根据本发明的方法的流程图。

[0024] 图 3 为根据本发明的方法的空调系统的示意图。

[0025] 图 4 显示本方法的测试 A1 和用于本领域的其他方法的测试 A2-A5 的条件。

[0026] 图 5 显示 A1 和 A2-A5 的室内空气干球温度变化结果。

[0027] 图 6 显示 A1 和 A2-A5 的室内空气相对湿度变化结果。

[0028] 图 7 显示 A1 和 A2-A5 的能耗性能数据。

## 具体实施方式

[0029] 以下的具体实施例仅为范例并不对本发明的应用和使用构成限制。在本说明书中,术语“空调”指代用于在封闭环境中对空气进行制冷以及除湿的装置。

[0030] 术语“稳态”指系统的某个观测状态将持续进行的状态,除非开始或启动系统后一段时间,否则无法达到稳态。

[0031] 术语“RPM”指代每分钟转数,其与旋转速度的量度有关。

[0032] 术语“高低速度控制”指代在直膨式(DX)空调中,制冷剂流量和送风流量原则上是由压缩机和送风机的转速决定的。

[0033] 图1到图7显示本方法的具体实施例。

[0034] 图1为根据本发明的空调装置的示意图,该装置100包括具有压缩机101的制冷设备,直膨式蒸发器103,膨胀阀107,冷凝器105,控制器106,以及管道系统111构成的通风子系统,送风机113,空气过滤器117,所述方法用于封闭环境120中。

[0035] 本方法中采用的装置100为空调,例如窗体机(window unit),墙体机(through the wall unit),便携空调(portable air conditioner),中央空调或者分体空调(mini-split air conditioner)。装置100可基于封闭环境120的要求设计,例如体积调整、输入功率、基于BTU(British Thermal Unit,英国热量单位)的输出功率,管道长度、管道体积、以及在环境120中装置100的设置位置。

[0036] 用于本方法的压缩机101为可在高速和低速使用的双速蒸汽制冷剂压缩机。压缩机101的高速可为该压缩机的持续最高每分钟转数的速度,持续意味着该压缩机在稳态条件下保持该速度的能力。在一个实施例中,高速为压缩机101的最大速度。压缩机101的低速为压缩机工作在高速的某个百分比水平,例如低速可为高速的40%。在另一实施例中,低速为高速的50%。在其他实施例中,低速为高速的60%。合适的压缩机可在1800RPM到6500RPM的速度下运行。当压缩机101为双速时,设定高速和低速,即在常规运行中,速度不变。例如,高速可设为6000RPM而低速设为高速的60%(3600RPM)。压缩机可为转子式压缩机,例如叶片式、三叶式、或液封环式(liquid seal ring type),活塞压缩机,例如密封型、半密封型、或开放型,摆板压缩机,例如电控变化位移,或螺旋压缩机。商业上适合的压缩机产品包括Bristol® H2NG系列双速压缩机。

[0037] 直膨式蒸发器103可包括直膨式蒸发盘管(未示出)。合适的蒸发盘管可由不锈钢、镀锌钢、铝、铜制成,其包括连接器、分配器、螺纹连接器;所述盘管的翅式换热器(fin)附件可为铝或铜,每英寸10个到22个翅(fin),每英寸10个到16个翅式换热器(fin),每英寸4个到16个翅式换热器(fin),并包括电路。在一个实施例中,翅式换热器(fin)堆叠排列,盘管之间是等距离的。在另一实施例中,翅式换热器(fin)和盘管具有抗腐蚀涂层。美国4089368号专利中的盘管,适用于本方法。

[0038] 在装置100中循环的制冷剂(未示出)可从HCFC类的制冷剂中选择,例如一氟二氟甲烷(R-22);共沸(azetropic)混合物,例如R-410A, R-134c, R-409C;以及液化丙烷气(R-290)。其它合适的制冷剂可选自R-10, R-11, R-12, R-12B1, R-1282, R-13, R-13B1, R-14, R-20, R-21, R-22B1, R-23, R-30, R-31, R-3, 2R-40, R-41, R-50, R-110, R-111, R-112, R-112a, R-113, R-113a, R-114, R-114a, R-11482, R-115, R-116, R-120, R-121, R-122, R-123, R-124, R-124a, R-125, R-E125, R-130, R-131, R-132B, R-132bB2, R-133a, R-134, R-E134, R-140a, R-14182, R-141b, R-142b, R-143a, R-152a, R-160, R-170, R-211, R-212, R-213, R-214, R-215, R-216, R-217, R-217ba, R-218, R-221, R-222, R-223, R-224, R-225CA, R-225CB, R-226, R-227ca, R-227ea, R-231, R-232, R-233, R-234, R-235, R-236cb, R-236ea,

R-236fa, R-FE-36, R-241, R-242, R-243, R-244, R-245ca, R-245cb, R-245ea, R-245eb, R-245fa, R-251, R-252, R-253, R-254cb, R-261, R-262, R-271, R-C316, R-C317, R-C318, R-329ccb, R-338eea, R-347ccd, R-356mcf, R-356mffm, R-400, R-401A, R-401B, R-401C, R-402A, R-402B, R-403A, R-403B, R-404A, R-405A, R-406A, R-407A, R-407B, R-407C, R-408A, R-409A, R-410B, R-411A, R-411B, R-412A, R-414A, R-414B, R-417A, R-422A, R-422B, R-500, R-501, R-502, R-503, R-504, R-505, R-506, R-507, R-508, R-509, R-600, R-600a, R-610, R-611, R-630, R-631, R-702, R-704, R-717, R-718, R-720, R-728, R-732, R-740, R-744, R-744A, R-764, R-1112a, R-1113, R-1114, R-1120, R-1130, R-1132, R-1140, R-1141, R-1211, R-1216, R-1270, R-1301, 以及 R-2402。

[0039] 本方法采用的膨胀阀 107 用于保持装置 100 的高压侧和低压侧之间的压力差,并维持制冷剂的流动。业界有很多合适的膨胀阀,包括温控膨胀阀、喷射阀或电子膨胀阀。在一个实施例中,采用电子膨胀阀。

[0040] 本方法采用的冷凝器 105 通过作用于空气流来吸收释放的热量而运行。合适的冷凝器包括蒸发冷凝器、室外风冷冷凝器 (remote air-cooled condenser) 和风冷冷凝器 (air-cooled condenser)。

[0041] 另外,在制冷设备中,压缩机 101 和冷凝器 105 可由变频器 106 控制。变频器可包括控制部分、驱动部分和操作界面。如装置 100 所用,变频器协助控制压缩机 101 和冷凝器 105 的运行。

[0042] 此处采用的管道 111 的大小适合该封闭环境的必要设施。如本领域技术人员所熟知,管道可根据速度法 (Velocity Method) (即,  $A = q/v$ , 其中  $A$  = 管道横截面积 ( $\text{m}^2$ ),  $q$  = 空气流速 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  $v$  = 空气速度 ( $\text{m}/\text{s}$ )), 等压损失法 (Constant Pressure Loss Method) (或等摩擦法 (Equal Friction Method)), 即在接近风扇的主管道处选择合适的速度; 将主管道处的压力损失作为系统其余部分的样本; 在整个系统将压力 (或摩擦) 损失保持在恒定的水平, 或静态压力恢复法, 即选择二级或支路管道来达到接近于所有出口或入口前的静态压力)。管道 111 可由铝制成。

[0043] 此处采用的送风机 103 用于移动装置 100 和封闭环境周围空气。合适的风扇包括离心推进轴向风扇 (centrifugal propeller axial), 管轴风扇 (tube axial), 管状离心风扇 (tubular centrifugal), 或翼轴 (vane axial) 风扇。送风机 113 可变速或双速。在一个实施例中, 送风机 113 为双速离心风扇。送风机 113 可以 1000RPM 或 5000RPM 的转速运行。送风机 113 是双速的, 即送风机 113 可以高速和低速运行。送风机 113 的高速是送风机 113 在稳态运行中的最高速度。在一个具体实施例中, 高速为风扇的最高速度。送风机 113 的低速是送风机 113 运行于送风机 113 运行于其最高速度的某个百分比时的速度。例如, 低速是送风机 113 运行于送风机 113 运行于其最高速度的 40% 的速度。是在另一具体实施例中, 低速是送风机 113 运行于送风机 113 运行于其最高速度的 50% 时的速度。在再一具体实施例中, 低速是送风机 113 运行于送风机 113 运行于其最高速度的 60% 时的速度。当送风机 113 为双速时, 高速和低速都被设定, 即在常规运行中速度不会变化。例如, 高速设定为 4000RPM, 低速设定为高速的 40% (1600RPM)。

[0044] 在本装置 100 和方法中, 低速不包括装置 100 关闭, 单包括压缩机和 / 或送风机在上述低速中运行。

[0045] 本装置中采用的空气过滤器 117 用于过滤空气中的各种灰尘,以及气流中的微粒和气态物质。空气过滤器 117 可以复用或更换。空气过滤器 117 可由纸,包括玻璃纤维、泡沫、棉花或油浴的聚酯纤维制成。

[0046] 本装置中采用的气闸 115 可为板闸或膜闸,并分为一类,二类或三类。

[0047] 装置 100 可连接于一个测量仪器,例如空气干球温度传感器、空气湿球温度传感器或者湿度计。一个或多个测量仪器可配合使用。空气干球温度传感器用于在不测量空气湿度的情况下测量空气温度。空气湿球温度传感器可为暴露于空气中但不受辐射影响的温度计。空气湿球温度传感器适用于测量环境中隔热饱和情况下的温度。湿度计,例如干湿计、摇动湿度计、或露点湿度计,都适合测定环境的湿度。测量得出的信息可通过有线或无线方式通信,例如红外、射频。在一个具体实施例,将测量仪器得出的信息传送给控制装置(未示出)。

[0048] 另外,在送风系统中,送风机 113 可由变频器(VFD)106 控制。VFD106 可包括控制器、驱动器和操作界面。如装置 100 所采用的 VFD106 协助控制送风机 113 的运行。

[0049] 控制机构(未示出)可通过各种通信方式与装置 100 连接,例如有线或无线的方式,包括射频或红外。控制机构也可通过有线或无线方式与测量仪器连接。在一个实施例中,控制机构作用为测量仪器和装置 100 之间的连接媒介从而发自测量仪器的信息可通过控制机构达到装置 100。控制机构可包括微处理器、存储介质(如,内存)和用户界面(如,键盘、按键、旋钮、显示器)以及电源。控制机构适于控制装置 100 的参数,包括控制压缩机以及送风机在高低速之间的转换。压缩机和送风机可依次受控。控制机构也适于与测量仪器通信,包括设定预设值和读取测量值。控制机构还可在其内存上存储算法,包括数据库、比较算法以及速度调节算法。控制机构可为,笔记本电脑、掌上 PDA、台式计算机或者控制面板。控制机构可固定也可手持。控制机构也可包括多个远程单元用于在多个位置控制装置 100 和 / 或测量仪器。

[0050] 采用装置 100 的封闭环境 120 可为单一单元结构(如,卧室)、多重单元结构(如,具有多个房间的住宅)、或者更大的立式结构(如,五层楼房)。在封闭环境 120 为大型立式结构的情况下,装置 100 可位于屋顶或该结构的顶部。在封闭环境 120 为单一单元的情况下,装置 100 可位于其运行的环境之内。装置 100 的设置位置可以基于环境 120 的要求,且该位置设置为本领域技术人员所熟知。

[0051] 图 2 为根据本发明的方法的流程图,其中步骤 201 是在所述封闭环境中设定一个或多个预设值,并将其存储在控制机构的内存,步骤 203 是通过所述封闭环境中的一个或多个测量仪器获取测量值,并将其存储在控制机构的内存中,步骤 205 是判断测量值是否高于预设值,通过比较决定压缩机高速运行达到稳态或保持压缩机高速运行的稳态即步骤 207 或压缩机低速运行达到稳态或保持压缩机低速运行的稳态即步骤 209。

[0052] 可手动或自动为封闭环境设定预设值。预设值为在封闭环境中达到某个临界变化时的值。超过预设值将启动一系列操作使得环境的条件低于预设值。预设值可为某个特定温度,某个相对湿度,某个能量水平,某个温度区间,某个湿度区间,某个能量水平区间。可在封闭环境中的一个或多个测量仪器中设置一个或多个预设值。例如,如果将某个特定相对湿度设定为预设值,当环境中的实际相对湿度值高于该设定的相对湿度值时,将会激活一系列措施使得相对湿度值低于该相对湿度预设值。在手动设定预设值的情况下,用户可

与位于该环境中的测量仪器发生交互。例如,用户可在测量仪器上设置 24℃ 为预设值。或者,用户可通过控制机构(如,PDA)在测量机构上设置预设值。在与测量仪器的通信中,控制机构将在测量仪器中设定预设值。在自动设定预设值的情况下,控制机构可基于多个因素设定预设值,所述因素例如每日的时间,每年的日期或者特定季节。在达到某个特定因素时,控制机构将自动与测量仪器通信来设定预设值。控制机构可由用户编程来完成该自动操作。

[0053] 在一个实施例中,预设值基于空气干球温度。在另一实施例中,预设值基于空气湿球温度和空气干球温度。

[0054] 设定预设值后,预设值存储在控制机构的内存中用于后续算法。

[0055] 获取封闭环境 203 测量值的步骤 203 涉及获取温度、湿度、能量水平,或者温度范围、湿度范围、能量水平范围。一次可获取一个或多个测量值。测量值需对应于测量仪器,例如,如果测量仪器为温度计,则测量值需为摄氏度或华氏度。测量值获取自位于环境中的测量仪器。在一个实施例中,多个测量值获取自分散在环境中的多个测量仪器。

[0056] 在获取测量值的步骤 203 之后,将测量值发送到控制机构。发送测量值可通过有线或无线的通信方式。将测量值发送到控制机构后,测量值存储在控制机构的内存中用于后续的算法。

[0057] 步骤 205,控制机构将判定测量值是否高于预设值。该步骤通过将预设值和获取的测量值输入到控制机构内存中存储的比较算法来完成。该比较算法可基于“如果”“则”的方式,例如,如果实际值高于预设值,则高速运行压缩机和送风机;如果实际值低于预设值,则低速运行压缩机和送风机。比较算法可允许一些偏差,例如如果实际测量值处于大于或小于预设值若干点的范围内,则视为未达到临界条件的预设值。例如,偏差可为加一或减一。在一个实施例中,偏差可为加减 0.1 或者 0.5。基于比较算法的结果,控制机构启动压缩机和送风机,压缩机和送风机会持续运行直到达到压缩机和送风机的稳态,所述稳态为如上文定义的步骤 209 的高速和步骤 207 的低速。压缩机和送风机的稳态速度可基于比较算法的结果。压缩机的稳态速度为上文所定义的高速或低速。

[0058] 压缩机和送风机分别在高速和低速运行,目的在于以更高的能源效率针对室内空气温度和相对湿度达到改善的控制效果。当压缩机高速运行时,送风机也高速运行。当压缩机低速运行时,送风机也低速运行。因此,此处的控制方法被称为高低速控制。

[0059] 高速运行压缩机和送风机预示意味着高制冷输出能力以及高送风率;低速运行压缩机和送风机意味着低制冷输出能力以及低送风率。对室内空气温度和相对湿度的改善的控制通过高低制冷能力和送风率的转换来实现。因而,提出的控制方法可包括所有最终导致高低制冷能力和送风率的所有方法,例如通过在活塞压缩机中的气缸的并行或串行连接。

[0060] 装置运行的过程中,测量装置持续测量并将测量值发送给控制机构用于通过比较算法进行判定。在测量值低于预设值的情况下,控制机构将激活压缩机和送风机来降低其速度达到低速稳态。例如,控制机构将激活压缩机和送风机来分别运行在全速的 50% 和 30% 的稳态。

[0061] 如上所述,测量仪器持续测量环境。如果环境高于预设值,控制机构将适时激活压缩机和送风机。如果环境低于预设值,控制机构将适时激活压缩机和送风机。

[0062] 图 3 为根据本发明的方法的空调系统的示意图,包括直膨式制冷盘管 301,冷凝单元 303,带有变频器 309 的送风机 307,受控空间 311,数据获取和控制单元 313,气阀 315,空气过滤器 317,负载生成单元 319,管道 321,测量仪器 323 包括空气湿球传感器,空气干球传感器,空气湿度计以及空气静态压力传感器。

### [0063] 实验

[0064] 实验设置空调系统,包括直膨式装置,直膨式装置包括双速转子压缩机,电子膨胀阀,风冷管盘翅状冷凝器,直膨式蒸发器,以及送风系统,该送风系统包括管道,回气阀,双速离心送风机,以及封闭环境。测量仪器设置在封闭环境中,包括空气湿球温度计和空气干球温度计,以及湿度计。控制机构提供 48 个频道来监控各种运行参数。采用记录和控制管理算法将获取自各种测量仪器和传感器的直流信号可调整到其真实值。控制机构也包括比较算法。

[0065] 图 4 显示本方法的测试 A1 和用于本领域的其他方法的测试 A2-A5 的条件。应用本方法的测试 A1 的高低(H-L)系统包括压缩机的高速运行设置为 4488RPM,送风机的高速运行设置为 3312RPM,压缩机的低速运行设置为高速的 64.7% (2904RPM),送风机的低速运行设置为高速的 37.9% (1256RPM)。设置转换系统(开停系统)用于与 H-L 系统比较,该系统基于开停压缩机和开停送风机,如测试 A2、A3、A4 和 A5。对于多个系统的能量输入如下:显热负荷(sensible load)3.06 千瓦,潜热负荷(latent load)0.26 千瓦。在该封闭环境中的预设值设置为 26°C。比较算法包括该预设值的一个百分比偏差,因此如果测量值下降或上升至 25.65°C 到 26.35°C,则控制机构不会调节压缩机速度或送风机速度。

[0066] 开停控制之下直膨式系统的性能和 H-L 控制之下直膨式系统的性能之间的比较基于该实验用直膨式系统的所有测试中其最后运行周期的室内参数,例如温度或相对湿度以及时均能耗效率。该直膨式系统的一个运行周期定义为:在 H-L 控制之下,完成一个完整高低压缩机速度运行周期的时间;在开停控制之下,完成一个完整开停压缩机速度运行周期的时间。当直膨式系统运行于其最后一个运行周期时被视为处于稳态条件下,以每个测试的最后一个运行周期为基础来评估能耗效率。在所有的测试中,室内相对湿度不受控制,而是基于直膨式系统的实际潜热输出制冷能力允许室内相对湿度波动。

[0067] 图 5 显示 A1 和 A2-A5 的室内空气干球温度变化结果。其中可见 A1 中的温度波动范围是最小的,但是具有最多的运行周期。在 A2 中,温度波动的上限比 A1 中高 0.5°C。但是,当压缩机停止的情况下送风机低速运行时,在 A3 中波动范围缩小。A4 和 A5 中的温度波动范围分别与 A2 和 A3 中的类似。但是,A4 和 A5 中处于开状态的时间大大长于 A2 和 A3 中,说明 A4 和 A5 中能量消耗更多。

[0068] 图 6 显示 A1 和 A2-A5 的室内空气相对湿度变化结果。其中可见在 A1 中相对湿度 RH 波动范围大致为 5%,分别相对于 A2 中的 20%和 A3 中的 10%较小。此外,在低速状态室内相对湿度 RH 水平降低,说明在低速状态直膨式系统的干燥能力高于高速状态。因此导致在 A1 中相对湿度 RH 低于 50%。该试验结果证明采用高速和低速控制使得直膨式系统的干燥能力好于预期,因此可以保持合适的室内湿度水平。

[0069] 图 7 显示 A1 和 A2-A5 的能耗性能数据,其中 c-p 为压缩机能耗,f-p 为风扇能耗。各个测试持续多于四个小时并且包括 3 到 15 个运行周期。每个测试中的最后一个运行周期用于计算能耗性能的基础。输入直膨式系统的平均能量是通过 H-L 控制中高速状态和低速

状态的时均能量计算出来的；以及开停控制中开状态和关状态的时均能量计算出来的。例如，在 A1 的最后一个运行周期中，高速状态持续 375 秒，期间输入压缩机的能量为 2614 瓦；低速状态持续 381 秒，期间输入压缩机的能量为 1615 瓦。在 A1 中压缩机的能耗平均值为  $\text{mean } c-p = 2614 \times 375 / (375 + 381) + 1615 \times 381 / (375 + 381) = 2111\text{W}$ 。尽管在开停控制下关状态的压缩机能耗为零，然而 H-L 控制下压缩机的能耗平均值为最低。

[0070] 如果在比较能耗性能时同样计入输入送风机的能量，则由于高速状态持续时间较短而使得采用 H-L 控制的优点更为明显。在 A1 中 H-L 控制下，输入直膨式系统的平均总能量比 A3 中开停控制下的能量输入低 18%，A3 是开停控制下的测试中输入直膨式系统的能量最低的。

[0071] 以上，是为了本领域技术人员理解本发明，而对本发明所进行的详细描述，但可以想到，在不脱离本发明的权利要求所涵盖的范围内还可以做出其它的变化和修改，这些变化和修改均在本发明的保护范围内。

[0072] 在解释权利要求时，需注意以下事项：

[0073] A) “包括”不排除存在权利要求中未列出的器件或操作；

[0074] B) 不排除存在多个所述器件；

[0075] C) 权利要求中的任何引用符号不限制其保护范围；

[0076] D) 多个“装置”可由其他配置的结构或功能的部件或硬件或软件来表示；

[0077] E) 所有公开的器件可包括硬件部分（例如，分立和集成电路），软件部分（例如，计算机程序）及其结合；

[0078] F) 硬件可包括数字部分或模拟部分或其结合；

[0079] G) 所有公开的部件或部分可为一整体或如未明示则可分为更多部分；

[0080] H) 如未明示则操作或步骤没有特定顺序。

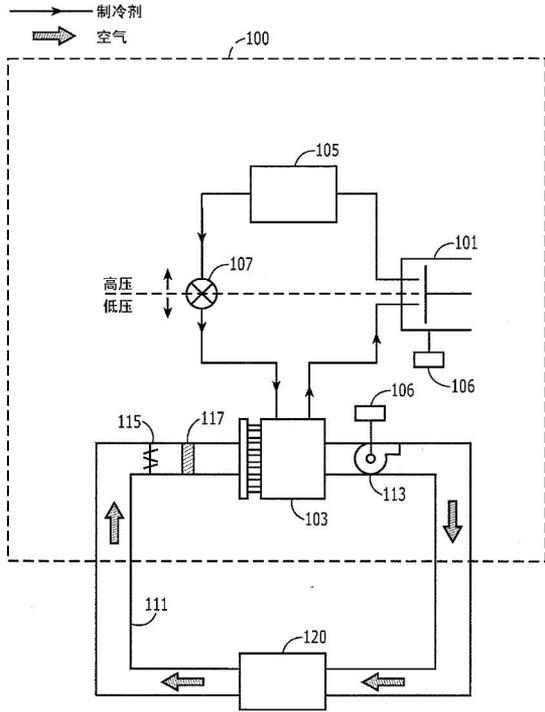


图 1

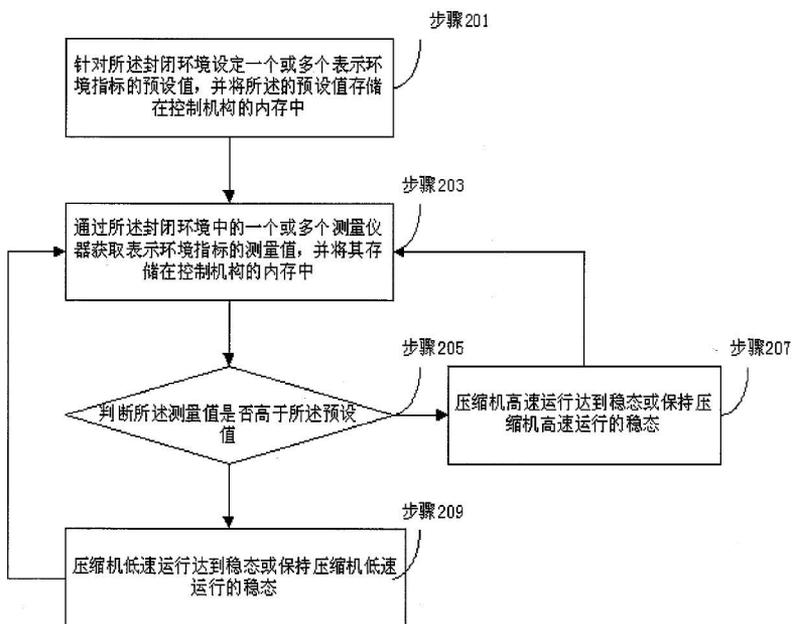


图 2



Set A		
	控制算法	$T_d$
测试 A1	H-L控制 高压压缩机速度: 4488rpm 高风扇速度: 3312rpm 低压压缩机速度: 2904rpm 低风扇速度: 1256rpm	26 °C
测试 A2	开关压缩机, 送风机 持续运行 开状态压缩机速度: 4488 rpm 各个状态风扇速度: 3312 rpm	26 °C
测试 A3	开关压缩机, 具有在 关状态低运行的 送风机 开状态的压缩机速度: 4488 rpm 开状态的风扇速度: 3312 rpm 关状态的风扇速度: 1256 rpm	26 °C
测试 A4	同测试 A2	24 °C
测试 A5	同测试 A3	24 °C

图 4

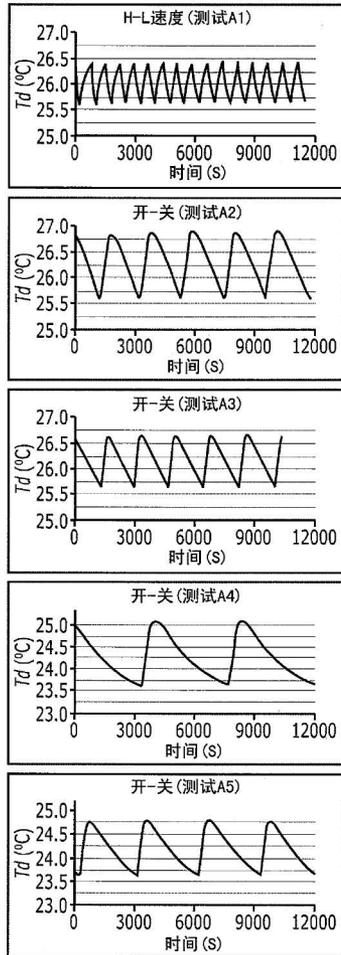


图 5

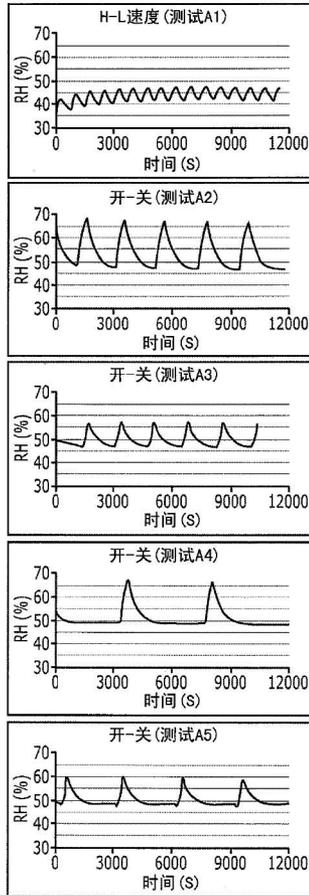


图 6

	高速/开状态			低速/开状态			平均 压缩机能耗 (W)	平均 风扇能耗 (W)	平均 总能耗 (W)
	时间 (s)	c-p (W)	f-p (W)	时间 (s)	c-p (W)	f-p (W)			
测试 A1	375	2614	1663	381	1615	323	2111	988	3099
测试 A2	1788	2885	1663	444	0	1663	2309	1663	3972
测试 A3	1463	2786	1663	336	0	323	2266	1413	3679
测试 A4	3995	2776	1663	397	0	1663	2525	1663	4188
测试 A5	2745	2776	1663	341	0	323	2469	1515	3984

图 7