



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112797724 A

(43) 申请公布日 2021.05.14

(21) 申请号 202011610098.4

(22) 申请日 2020.12.30

(71) 申请人 青岛海容商用冷链股份有限公司
地址 266400 山东省青岛市黄岛区隐珠山路1817号

(72) 发明人 宋鲜霞 高龙 应雨铮 赵淑娟
李政芳 王日波 王莉云

(74) 专利代理机构 青岛清泰联信知识产权代理有限公司 37256

代理人 李祺

(51) Int. Cl.

F25D 29/00 (2006.01)

F25D 21/04 (2006.01)

F25D 21/08 (2006.01)

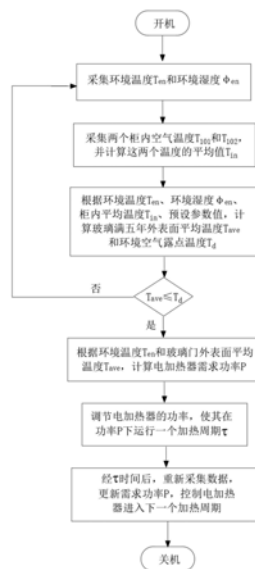
权利要求书1页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

一种玻璃门防凝露方法、装置及冷柜

(57) 摘要

本发明提出一种玻璃门防凝露方法,其步骤包括:基于环境温度采集值、环境湿度采集值、柜内温度采集值、以及预设参数值,确定玻璃门外表面平均温度和环境露点温度;比较所述玻璃门外表面平均温度与所述环境露点温度,并在所述玻璃门外表面平均温度小于等于所述环境露点温度时,确定电加热器的需求功率;调节电加热器使其在所述需求功率下运行一个加热周期;重新采集数据,更新所述电加热器的需求功率,控制所述电加热器运行下一个加热周期。本发明还提出采用上述方法的防凝露装置及冷柜,能够根据环境温度的变化进行变功率运行,在杜绝玻璃门体上产生凝露的同时,也避免了过度加热所造成的能耗高的问题。



1. 一种玻璃门防凝露方法,其特征在于,包括以下步骤:

基于环境温度采集值、环境湿度采集值、柜内温度采集值、以及预设参数值,确定玻璃门外表面平均温度和环境露点温度;

比较所述玻璃门外表面平均温度与所述环境露点温度,并在所述玻璃门外表面平均温度小于等于所述环境露点温度时,确定电加热器的需求功率;

调节电加热器使其在所述需求功率下运行一个加热周期;

重新采集数据,更新所述电加热器的需求功率,控制所述电加热器运行下一个加热周期。

2. 根据权利要求1所述的防凝露方法,其特征在于,在玻璃门的外表面设置多个温度测点,用于确定所述玻璃门最容易产生凝露的最不利点。

3. 根据权利要求2所述的玻璃门防凝露方法,其特征在于,选取所述最不利点处的玻璃门相关参数值作为所述预设参数值。

4. 根据权利要求1所述的玻璃门防凝露方法,其特征在于,所述玻璃门外表面平均温度的计算方法包括以下步骤:

基于柜外空气对流换热系数和柜外空气辐射换热系数,确定玻璃门外侧换热系数;

基于柜内空气对流换热系数,确定玻璃门内侧换热系数;

基于玻璃门中空气腔换热热阻和玻璃门中的玻璃换热热阻,确定玻璃门换热系数;

基于所述玻璃门换热系数、所述玻璃门外侧换热系数、以及所述玻璃门内侧换热系数,确定玻璃门在柜内外温度之间的总传热系数;

基于能量守恒原理及上述数据结果,确定玻璃门外表面平均温度。

5. 根据权利要求1所述的玻璃门防凝露方法,其特征在于,通过公式 $P=h_{out}A_{door} \cdot (T_{en} - T_{ave}) + c_{glass}m_{glass} \cdot (T_d + 1 - T_{ave})$,计算所述电加热器的需求功率;式中: h_{out} 为玻璃门外侧换热系数; A_{door} 为玻璃的面积; T_{en} 为环境温度采集值; T_{ave} 为玻璃门外表面平均温度; c_{glass} 为玻璃的比热容; m_{glass} 为玻璃的质量; T_d 为环境露点温度。

6. 一种玻璃门防凝露装置,其特征在于,包括设于玻璃门上的电加热器、以及与所述电加热器相连的控制器;还包括与所述控制器连接的柜内温度采集器、环境温度采集器、以及环境湿度采集器;所述玻璃门防凝露装置采用如权利要求1-5任一项所述的玻璃门防凝露方法。

7. 根据权利要求6所述的玻璃门防凝露装置,其特征在于,还包括连接于所述电加热器与所述控制器之间的电子调压器,用于调节所述电加热器的运行功率。

8. 一种玻璃门冷柜,其特征在于,包括柜体、设于所述柜体上的玻璃门,以及如权利要求6-7任一项所述的玻璃门防凝露装置,所述玻璃门防凝露装置设于所述玻璃门处。

9. 根据权利要求8所述的玻璃门冷柜,其特征在于,所述柜内温度采集器包括两个,设于所述柜体内的对角位置。

一种玻璃门防凝露方法、装置及冷柜

技术领域

[0001] 本发明属于冷柜技术领域,尤其涉及一种玻璃门防凝露方法、装置及冷柜。

背景技术

[0002] 冷柜为承担食品冷冻冷藏任务,需要全天甚至全年运行,因此其耗电量不容小觑。但其玻璃门处存在凝露现象,玻璃门上的凝露不仅阻碍消费者视线,同时还增加了冷柜的热负荷。

[0003] 目前最常采用的玻璃门防凝露装置为电加热器,但设置电加热器的做法存在矛盾之处:一方面,电加热器用于加热玻璃,使玻璃门外表面温度高于空气的露点温度,防止凝露现象产生,减小冷柜热负荷;另一方面,电加热器也为耗电装置,通常用恒定功率加热玻璃,若凝露不明显,或防凝露需求不高时,电加热器功率过大,供大于求,同样也会增加耗电量、浪费能源。因此,需要一种在满足风冷玻璃门冷柜防凝露需求的前提下,尽可能减小电加热器功率的防凝露装置与控制方法。

发明内容

[0004] 针对现有的电加热器耗电量较大的技术问题,本发明提出了一种玻璃门防凝露控制方法、装置及冷柜,能够根据环境温度的变化进行变功率运行,以降低产品功耗。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采取了如下技术方案:

[0006] 一种玻璃门防凝露方法,包括以下步骤:

[0007] 基于环境温度采集值、环境湿度采集值、柜内温度采集值、以及预设参数值,确定玻璃门外表面平均温度和环境露点温度;

[0008] 比较所述玻璃门外表面平均温度与所述环境露点温度,并在所述玻璃门外表面平均温度小于等于所述环境露点温度时,确定电加热器的需求功率;

[0009] 调节电加热器使其在所述需求功率下运行一个加热周期;

[0010] 重新采集数据,更新所述电加热器的需求功率,控制所述电加热器运行下一个加热周期。

[0011] 本发明提出的玻璃门防凝露方法具有变功率调节的功能,能够根据环境温度的变化对实现防凝露功能所需的最低功率进行阶段性变功率调节,在杜绝玻璃门体上产生凝露的同时,也避免了过度加热所造成的能耗高的问题;同时阶段性变功率调节还可以确保装置运行的稳定性,保证产品的可靠性。

[0012] 优选的,在玻璃门的外表面设置多个温度测点,用于确定所述玻璃门最容易产生凝露的最不利点。通过确定玻璃的最不利点,有效避免因玻璃门体的厚度不均而存在的防凝露漏洞,保证本发明防凝露效果的全面性、彻底性。

[0013] 优选的,选取所述最不利点处的玻璃门相关参数值作为所述预设参数值。本发明以“最不利点”的数值作为预设参数值计算实现防凝露功能的最低所需功率,能够有效最低需求功率计算的准确性,进而保证防凝露效果的全面性、彻底性。

- [0014] 优选的,所述玻璃门外表面平均温度的计算方法包括以下步骤:
- [0015] 基于柜外空气对流换热系数和柜外空气辐射换热系数,确定玻璃门外侧换热系数;
- [0016] 基于柜内空气对流换热系数,确定玻璃门内侧换热系数;
- [0017] 基于玻璃门中空气腔换热热阻和玻璃门中的玻璃换热热阻,确定玻璃门换热系数;
- [0018] 基于所述玻璃门换热系数、所述玻璃门外侧换热系数、以及所述玻璃门内侧换热系数,确定玻璃门在柜内外温度之间的总传热系数;
- [0019] 基于能量守恒原理及上述数据结果,确定玻璃门外表面平均温度。
- [0020] 本发明根据玻璃门的自身参数确定其外表面的温度,使本发明玻璃门外表面平均温度值的获取具有针对性,进一步增强本发明数据结果的精确性,确保防凝露效果的同时降低电加热器的运行功率。
- [0021] 优选的,通过公式 $P=h_{out}A_{door} \cdot (T_{en}-T_{ave})+c_{glass}m_{glass} \cdot (T_d+1-T_{ave})$,计算所述电加热器的需求功率;式中: h_{out} 为玻璃门外侧换热系数; A_{door} 为玻璃的面积; T_{en} 为环境温度采集值; T_{ave} 为玻璃门外表面平均温度; c_{glass} 为玻璃的比热容; m_{glass} 为玻璃的质量; T_d 为环境露点温度。本发明电加热器的功率根据环境温度的变化进行相应的调整,与外部环境相适配,有效避免了电加热器运行功率过大而导致的高耗电量的问题,使本发明具有低耗能的优势。
- [0022] 一种玻璃门防凝露装置,包括设于玻璃门上的电加热器、以及与所述电加热器相连的控制器;还包括与所述控制器连接的柜内温度采集器、环境温度采集器、以及环境湿度采集器;所述防凝露装置采用上述玻璃门防凝露方法。
- [0023] 本发明提供的玻璃门防凝露装置采用了上述玻璃门防凝露方法,具备变功率调节的功能,使防凝露装置的运行功率与环境温度相适配,既能够满足玻璃门防凝露的需求,同时也尽可能地减小了防凝露电加热器的功率,使产品具备低耗能的优势。
- [0024] 优选的,还包括连接于所述电加热器与所述控制器之间的电子调压器,用于调节所述电加热器的运行功率。通过设置电子调压器实现本发明对电加热器运行功率的有效控制。
- [0025] 一种玻璃门冷柜,包括柜体、设于所述柜体上的玻璃门,以及上述玻璃门防凝露装置。
- [0026] 本发明提供的冷柜采用了上述防凝露装置及方法,能够根据环境温度的变化实现冷柜内电加热器运行功率的阶段式调节,在满足防凝露需求的前提下,尽可能减小防凝露电加热器的功率,使产品具备低耗能的优势。
- [0027] 优选的,所述柜内温度采集器包括两个,设于所述柜体内的对角位置。本发明通过采集冷柜内不同位置的温度从而对柜内温度得到综合性的判断,使得到的柜内温度数值更具有可靠性,从而增强本发明防凝露装置进行功率调节的精确性。

附图说明

- [0028] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以

根据这些附图获得其他的附图。

[0029] 图1为本发明玻璃门防凝露装置的结构示意图；

[0030] 图2为本发明玻璃门防凝露方法的流程示意图。

[0031] 以上各图中：101.第一柜内温度采集器；102.第二柜内温度采集器；103.环境温度采集器；104.环境湿度采集器；105.控制器；106.电子调压器；107.电加热器。

具体实施方式

[0032] 下面，通过示例性的实施方式对本发明进行具体描述。然而应当理解，在没有进一步叙述的情况下，一个实施方式中的元件、结构和特征也可以有益地结合到其他实施方式中。

[0033] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0034] 在本发明的描述中，需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0035] 本发明提供了一种玻璃门防凝露方法、装置及冷柜。在下文中，将参照附图详细描述本申请的具体实施方式。

[0036] 图1为本申请实施方式玻璃门防凝露装置的结构示意图。如图1所示，本发明提供了一种应用于冷柜的玻璃门防凝露装置，装配于冷柜的玻璃门处，包括第一柜内温度采集器101、第二柜内温度采集器102、环境温度采集器103、环境湿度采集器104、控制器105、电子调压器106、以及电加热器107。其中，位于冷柜内的第一柜内温度采集器101和第二柜内温度采集器102分别与控制器105相连；位于冷柜外的环境温度采集器103、环境湿度采集器104同样分别与控制器105相连；控制器105与电子调压器106相连；电子调压器106与位于冷柜玻璃门处的电加热器107相连。

[0037] 示例性的，本实施方式采用型号为SD-370W的冷柜，该冷柜的外形尺寸为长×宽×高：2100mm×750mm×900mm。在下文中，将以该冷柜为例对本实施方式所提供的防凝露装置进行详细说明。

[0038] 具体的，本实施方式中的两个柜内温度采集器101和102对角放置于冷柜内，具体的，如图1所示，以冷柜的左下角为远点建立直角坐标系，设置第一柜内温度采集器101的坐标为 $(\frac{1}{3}x_1, \frac{1}{3}y_1, \frac{1}{3}z_1)$ ，第二柜内温度采集器102的坐标为 $(\frac{2}{3}x_1, \frac{2}{3}y_1, \frac{2}{3}z_1)$ 。其中， x_1 是冷柜外部

尺寸沿x轴方向的长度； y_1 是冷柜外部尺寸沿y轴方向的宽度； z_1 是外部尺寸冷柜沿z轴方向的高度。根据以上对于第一柜内温度采集器101和第二柜内温度采集器102的位置设置，可得到本实施方式中第一柜内温度采集器101的坐标为(700mm, 250mm, 300mm)，第二柜内温度采集器102的坐标为(1400mm, 500mm, 600mm)。本实施方式通过在冷柜内对角设置两个柜内温度采集器，可以通过采集冷柜内不同位置的温度从而对柜内温度得到综合性的判断，使

得到的柜内温度数值更具有可靠性,增强本发明防凝露装置进行功率调节的精确性,进一步提高本发明防凝露装置的防露性能以及节能性能。

[0039] 进一步的,本发明所提供的防凝露装置的首要目的是对冷柜的玻璃门进行防露,当冷柜玻璃门的结构和材料、以及柜内外流场确定的情况下,玻璃门外表面温度与玻璃门的厚度分布有关。同一块玻璃,由于美观设计或加工误差的存在,具有玻璃厚度分布不均、局部玻璃厚度减小的现象;因而同一玻璃不同位置处的传热能力不同,而玻璃厚度越小,玻璃门的隔热能力越差,玻璃门外表面温度越低,越容易产生凝露现象。因此,对于某一特定款特定的风冷玻璃门冷柜,在产品的设计开发阶段,测试玻璃门外表面的温度,示例性的,基础的测点布置方式可如下表所示:

[0040] 表一 测点分布位置

[0041]

▲		▲		▲
▲		▲		▲
▲		▲		▲

[0042] 当玻璃的面积较大时,可在此基础上适当增加测点数。本实施方式将以上温度测点中得到的温度最小的位置点设为“最不利点”,并利用测试的方法获取“最不利点”处的两项参数:测试值玻璃厚度 s_{glass} 和测试值空气腔厚度 s_{air} ,并将这两项参数作为获取玻璃门外表面平均温度的基础,进而得到本申请防凝露装置所需功率值。

[0043] 本发明以该“最不利点”的数值作为预设参数值计算电加热器107的最低需求功率,有效避免因玻璃门体的厚度不均而存在的防凝露漏洞,保证本发明防凝露效果的全面性、彻底性。

[0044] 基于上述提出的玻璃门防凝露装置,本申请还提出了一种玻璃门防凝露方法,如图2所示,具体包括以下步骤:

[0045] S1、采集环境温度 T_{en} 和环境湿度 φ_{en} ;

[0046] S2、采集两个柜内空气温度 T_{101} 和 T_{102} ,并计算柜内平均温度 T_{in} ;

[0047] S3、基于环境温度采集值 T_{en} 、环境湿度采集值 φ_{en} 、柜内平均温度值 T_{in} 、以及预设参数值,计算玻璃门外表面平均温度 T_{ave} 和环境露点温度 T_{d} ;

[0048] S4、判断玻璃门外表面平均温度 T_{ave} 是否小于等于环境露点温度 T_{d} ;若是,则执行步骤S5;否则,返回执行步骤S1;

[0049] S5、基于环境温度 T_{en} 和玻璃门外表面平均温度 T_{ave} ,计算电加热器107的需求功率P;

[0050] S6、调节电加热器107,使其在需求功率P下运行一个加热周期 τ ;

[0051] S7、经 τ 时间后,重新采集数据,更新需求功率P,控制电加热器107进入下一个加热周期。

[0052] 其中,步骤S3中对玻璃门外表面平均温度 T_{ave} 、以及环境露点温度 T_{d} 的计算过程还包括以下步骤:

[0053] S31、根据公式 $h_{\text{out}} = h_{\text{cout}} + h_{\text{rout}}$,计算玻璃门外侧换热系数 h_{out} ;

[0054] S32、确定玻璃门内侧换热系数 h_{in} ,取 $10 \sim 20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

- [0055] S33、根据公式 $\frac{1}{h_{door}} = R_{door} = \sum_1^N R_{air} + \sum_1^M R_{glass}$ ，计算玻璃门换热系数 h_{door} ；
- [0056] S34、根据公式 $\frac{1}{K} = \frac{1}{h_{door}} + \frac{1}{h_{in}} + \frac{1}{h_{out}}$ ，计算玻璃门在柜内外温度之间的总传热系数 K ；
- [0057] S35、基于能量守恒原理 $K \cdot (T_{en} - T_{in}) = h_{out} \cdot (T_{en} - T_{ave})$ ，计算玻璃门外表面平均温度 T_{ave} ；
- [0058] S36、基于环境温度 T_{en} 、环境湿度 φ_{en} ，计算环境空气露点温度 T_d 。
- [0059] 下文将结合本实施例提供的具体参数对本申请所提供的防凝露方法进行详细说明。
- [0060] S1、采集环境温度 T_{en} 和环境湿度 φ_{en} ；
- [0061] 具体的，本实施方式通过防凝露装置中的环境温度采集器103采集环境温度值 T_{en} ，通过环境湿度采集器104采集环境湿度值 φ_{en} ，并将环境温度采集值 T_{en} 、环境湿度采集值 φ_{en} 传输给控制器105。其中，在本实施方式中，环境温度采集器103采集到的环境温度采集值 $T_{en} = 32^\circ\text{C}$ ，环境湿度采集器3采集到的环境湿度采集值 $\varphi_{en} = 75\%$ 。
- [0062] S2、采集两个柜内空气温度 T_{101} 和 T_{102} ，并计算这两个温度的平均值 T_{in} ；
- [0063] 具体的，通过第一柜内空气温度采集器101采集柜内空气温度 T_{101} 、通过第二柜内空气温度采集器102采集柜内空气温度 T_{102} ，将两个柜内空气温度采集值 T_{101} 和 T_{102} 传输给控制器105，通过公式 $T_{in} = \frac{1}{2}(T_{101} + T_{102})$ 计算柜内平均温度 T_{in} 。本实施方式计算得到的柜内平均温度 $T_{in} = -22.3^\circ\text{C}$ 。
- [0064] S3、基于环境温度采集值 T_{en} 、环境湿度采集值 φ_{en} 、柜内平均温度 T_{in} 、以及预设参数值，计算玻璃门外表面平均温度 T_{ave} 和环境露点温度 T_d ；
- [0065] 具体的，本实施方式中“最不利点”的参数、以及玻璃门结构、材料物性的参数均为预设值，各预设参数值如下表所示：
- [0066] 表二 预设参数对照表

	“最不利点”玻璃厚度 $s_{\text{glass}}/\text{m}$	0.0032
	“最不利点”空气腔厚度 s_{air}/m	0.01075
	柜外空气对流换热系数 $h_{\text{cout}}/\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	11.6
	柜外空气辐射换热系数 $h_{\text{rout}}/\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	4.94
	镀膜表面的校正发射率 ε	0.94
	柜内空气对流换热系数 $h_{\text{cin}}/\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	17
	空气的导热系数 $\lambda_{\text{air}}/\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	0.025
[0067]	斯蒂芬-波尔兹曼常数 $\sigma/\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$	5.67×10^{-8}
	外气腔中的平均绝对温度 T_{mw}/K	285.94
	内气腔中的平均绝对温度 T_{mn}/K	269.48
	气体层界面的玻璃表面的温度差 $\Delta T/\text{K}$	1.35
	空气密度 $\rho_{\text{air}}/\text{kg}/\text{m}^3$	1.28
	空气的动力粘度 $\mu_{\text{air}}/\text{Pa} \cdot \text{s}$	0.0000179
	空气的比热容 $c_{\text{air}}/\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	1005
	玻璃门中玻璃的导热系数 $\lambda_{\text{glass}}/\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	0.75
	玻璃的面积 $A_{\text{door}}/\text{m}^2$	0.141
[0068]	玻璃的比热容 $c_{\text{glass}}/\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	1.05
	玻璃的质量 $m_{\text{glass}}/\text{kg}$	1.27

[0069] 其中,需要说明的是,本实施例中的空气的导热系数 λ_{air} 参考文献《制冷展示柜玻璃门的凝露计算及玻璃电加热膜功率计算》中的公式: $\lambda_{\text{air}}=2.873 \times 10^{-3}+7.760 \times 10^{-5} \cdot T_{\text{air}}$ 计算得到, 2.873×10^{-3} 、 7.760×10^{-5} 均为文献中所提到的空气系数, T_{air} 为空气的绝对温度K;由于本实施方式所采用的冷柜玻璃门为三层玻璃两层空气腔的结构,其外侧和内侧空气腔内的平均温度并不相同,外气腔中的平均绝对温度值的计算参考公式

$$T_{\text{mw}}=T_{\text{en}}-3.2 \times \left(\frac{1}{h_{\text{out}}} + \frac{s_{\text{glass}}}{\lambda_{\text{glass}}} \right) \cdot (T_{\text{en}} - T_{\text{in}})$$

、内气腔中的平均绝对温度值的计算参考公式

$$T_{\text{mn}}=T_{\text{in}}+3.2 \times \left(\frac{1}{h_{\text{in}}} + \frac{s_{\text{glass}}}{\lambda_{\text{glass}}} \right) \cdot (T_{\text{en}} - T_{\text{in}})$$

,以上两式中的数值3.2为玻璃门设计的总传热系数, h_{out} 为玻璃门外侧换热系数、 h_{in} 为玻璃门内侧换热系数, h_{out} 与 h_{in} 的具体计算步骤将在下文进行说明。

[0070] 根据以上预设参数值,并参考文献《制冷展示柜玻璃门的凝露计算及玻璃电加热膜功率计算》中给出的计算公式,本实施例中的玻璃门外表面平均温度 T_{ave} 的计算过程包括以下步骤:

[0071] S31、基于柜外空气对流换热系数计算 h_{cout} 和柜外空气辐射换热系数 h_{rout} ,计算玻璃门外侧换热系数 h_{out} ;

[0072] 具体的,玻璃门外侧换热系数 $h_{\text{out}}=h_{\text{cout}}+h_{\text{rout}}$,基于上述参数值可得到本实施例中的玻璃门外侧换热系数 $h_{\text{out}}=16.54\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

[0073] S32、基于柜内空气对流换热系数 h_{cin} ,确定玻璃门内侧换热系数 h_{in} ;

[0074] 具体的,玻璃门内侧换热系数 h_{in} 通常取 $10 \sim 20\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,在本实施例中,取玻璃门内侧换热系数 $h_{\text{in}}=h_{\text{cin}}=17\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

[0075] S33、根据公式 $\frac{1}{h_{door}} = R_{door} = \sum_1^N R_{air} + \sum_1^M R_{glass}$ ，计算玻璃门换热系数 h_{door} ；

[0076] 具体的， R_{door} 为玻璃门换热热阻， R_{air} 为玻璃门中空气腔换热热阻， R_{glass} 为玻璃门中的玻璃换热热阻， N 为玻璃门中空气腔的个数， M 为玻璃门中玻璃的个数。由于本实施方式采用的冷柜玻璃门为三层玻璃两层空气腔的结构，外侧空气腔和内侧空气腔内的平均绝对温度 T_m 并不相同，因此此处玻璃门中空气腔换热热阻 R_{air} 分为外侧空气腔换热热阻 R_{airw} 和内侧空气腔换热热阻 R_{airn} 。

[0077] 首先依据公式 $\frac{1}{R_{airw}} = h_{airw} = Nu \frac{\lambda_{air}}{s_{air}} + \frac{4\sigma T_{mw}^3}{\left(\frac{2}{\varepsilon} - 1\right)}$ ，以及上述预设参数值计算本实施例外侧空气腔换热热阻 R_{airw} 。其中， s_{air} 的数值采用“最不利点”的空气腔厚度值，努谢尔特数 $Nu = A (Gr \cdot Pr)^n$ ，格拉斯霍夫准数 $Gr = \frac{9.81s_{air}^3 \Delta T^2 \rho_{air}}{T_{mw} \mu_{air}^2} = 308.64$ ，普朗特准数

$Pr = \frac{\mu_{air} C_{air}}{\lambda_{air}} = 0.715$ ， A 为常数 0.16。继而参考本实施例中的预设值，计算可得努谢尔特数 $Nu = 0.16 \times (308.64 \times 0.715)^{0.28} = 0.725$ ，进而得到本实施方式中的外侧空气腔换热热阻 $\frac{1}{R_{airw}} = h_{airw} = Nu \frac{\lambda_{air}}{s_{air}} + \frac{4\sigma T_{mw}^3}{\left(\frac{2}{\varepsilon} - 1\right)} = 1.698 + 4.702 = 6.400$ 。

[0078] 其次根据公式 $\frac{1}{R_{airn}} = h_{airn} = Nu \frac{\lambda_{air}}{s_{air}} + \frac{4\sigma T_{mn}^3}{\left(\frac{2}{\varepsilon} - 1\right)}$ ，以及上述预设参数值计算本实施例外侧空气腔换热热阻 R_{airn} 。其中， s_{air} 的数值同样采用“最不利点”的空气腔厚度，努谢尔特数 $Nu = A (Gr \cdot Pr)^n$ ，格拉斯霍夫准数 $Gr = \frac{9.81s_{air}^3 \Delta T^2 \rho_{air}}{T_{mn} \mu_{air}^2} = 326.18$ ，普朗特准数

$Pr = \frac{\mu_{air} C_{air}}{\lambda_{air}} = 0.715$ ， A 为常数 0.16。继而参考本实施例中的预设值，计算可得努谢尔特数 $Nu = 0.16 \times (326.18 \times 0.715)^{0.28} = 0.736$ ，继而得到本实施方式中的内侧空气腔换热热阻 $\frac{1}{R_{airn}} = h_{airn} = Nu \frac{\lambda_{air}}{s_{air}} + \frac{4\sigma T_{mn}^3}{\left(\frac{2}{\varepsilon} - 1\right)} = 1.726 + 3.936 = 5.662$ 。

[0079] 进一步的，根据公式 $R_{glass} = \frac{s_{glass}}{\lambda_{glass}}$ 计算本实施例玻璃换热热阻 R_{glass} 。其中， s_{glass} 的数值采用本实施方式中“最不利点”处的玻璃厚度值， λ_{glass} 为玻璃门中玻璃的导热系数，参考上述参数值可得本实施方式中的玻璃换热热阻 $R_{glass} = 0.0043$ 。

[0080] 进一步的，基于公式 $\sum_1^N R_{air} + \sum_1^M R_{glass} = \frac{1}{h_{airw}} + \frac{1}{h_{airn}} + 3 \times R_{glass}$ ，可得玻璃门换热系

$$\text{数} \frac{1}{h_{door}} = R_{door} = \frac{1}{h_{airw}} + \frac{1}{h_{airn}} + 3 \times R_{glass} = 0.346。$$

[0081] S34、基于玻璃门换热系数 h_{door} 、玻璃门外侧换热系数 h_{out} 、玻璃门内侧换热系数 h_{in} ，计算玻璃门在柜内外温度之间的总传热系数K；

[0082] 具体的，总传热系数K的计算公式为： $\frac{1}{K} = \frac{1}{h_{door}} + \frac{1}{h_{in}} + \frac{1}{h_{out}}$ ，参照以上计算结果以及本实施方式中的各预设值，可得本实施方式中的总传热系数K满足 $\frac{1}{K} = \frac{1}{h_{door}} + \frac{1}{h_{in}} + \frac{1}{h_{out}} = 0.346 + \frac{1}{17} + \frac{1}{16.54} = 0.465$ ，则玻璃门在柜内外温度之间的总传热系数 $K=2.15$ 。

[0083] S35、基于能量守恒原理及上述数据结果，确定玻璃门外表面平均温度 T_{ave} ；

[0084] 具体的，玻璃门外表面平均温度 T_{ave} 的计算公式为： $T_{ave} = T_{en} - \frac{K}{h_{out}} \cdot (T_{en} - T_{in})$ ，参照以上计算结果以及本实施方式中的各预设值，可得玻璃门外表面平均温度 $T_{ave} = 32 - \frac{2.15}{16.54} \times [32 - (-22.3)] = 24.9 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

[0085] S36、基于环境温度 T_{en} 、环境湿度 φ_{en} ，计算环境空气露点温度 T_d 。

[0086] 具体的，本实施例中环境温度 T_{en} 的采集值为 $32 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，环境湿度 φ_{en} 的采集值为75%。首先根据参考文献《实用供热空调设计手册》中关于饱和水蒸气分压力 $P_{q,b}$ 的公式 $\ln(P_{q,b}) = \frac{c_8}{T} + c_9 + c_{10}T + c_{11}T^2 + c_{12}T^3 + c_{13} \ln(T)$ 和相关参数、以及本实施例中上述采集值计算得到本实施例中的饱和水蒸气分压力 $P_{q,b} = 4773.1 \text{ Pa}$ 。

[0087] 其次根据参考文献《实用供热空调设计手册》中关于环境空气含湿量 d_{en} 的相关公式及本实施例中的采集值得到本实施例中的环境空气含湿量 $d_{en} = 22.78 \text{ g/kg}$ 。由于环境空气含湿量 $d_{en} > 3.81 \text{ g/kg}$ ，根据参考文献《实用供热空调设计手册》中关于环境空气露点温度 T_d 的相关公式和参数，计算得到本实施例中的环境空气露点温度 $T_d = -35.957 - 1.8726 [\ln(P_{q,b})] + 1.1689 [\ln(P_{q,b})]^2 = 26.99 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

[0088] S4、比较玻璃门外表面平均温度 T_{ave} 与环境露点温度 T_d ，若玻璃门外表面平均温度 T_{ave} 小于等于环境露点温度 T_d ，则执行步骤S5；否则，返回执行步骤S1；

[0089] S5、基于环境温度采集值 T_{en} 和玻璃门外表面平均温度 T_{ave} ，计算电加热器6的功率P；

[0090] S6、调节电加热器107，使其在需求功率P下运行一个加热周期 τ ；

[0091] S7、经 τ 时间后，重新采集数据，更新需求功率P，控制电加热器107进入下一个加热周期。

[0092] 具体的，在本实施例中，通过上述计算得到玻璃门外表面平均温度 $T_{ave} = 24.9 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，环境露点温度 $T_d = 26.99 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，则本实施例中玻璃门外表面平均温度 T_{ave} 小于环境露点温度 T_d ，需要开启电加热器107，同时调节加热器107的功率使其符合环境条件。

[0093] 首先，基于环境温度 T_{en} 和玻璃门外表面平均温度 T_{ave} 计算电加热器的功率 $P =$

$h_{out}A_{door} \cdot (T_{en} - T_{ave}) + c_{glass}m_{glass} \cdot (T_d + 1 - T_{ave}) = 16.47 + 2.74 = 19.2W$; 继而通过本实施方式防凝露装置中的控制器105调节电加热器107的功率至19.2W,使其满足本实施例中玻璃门防凝露的最低需求。

[0094] 进一步的,设置电加热器6的加热周期为 τ ,经 τ 时间后,关闭电加热器6停止加热,该加热周期结束。继而防凝露装置根据新采集到的相关数值,重新运行上述控制过程,根据需要进行下一个加热周期。

[0095] 示例性的,本实施例设置一个加热周期为2h,在控制器4对电加热器6进行调节功率的同时开始计时,经过2h后,该加热周期结束。应当理解的是,本申请对于一个加热周期的时长 τ 不作限制,可依据需要自主设置。

[0096] 进一步的,控制器105重新获取新采集的各项数据,若此时采集到的环境温度 T_{en} 为27℃,则根据以上算法,计算得到电加热器107的所需功率 $P = 14.84W$,则通过控制器105将电加热器107的功率调至14.84W,进入下一个加热周期,实现本实施例防凝露装置的变功率运行,以此循环。

[0097] 示例性的,本发明结合两款型号的风冷玻璃门冷柜进行如上计算,计算结果如下表所示:

[0098] 表三 SD-370W防凝露电加热器功率计算值

型号: SD-370W			
柜内平均温度 $T_{in}/^{\circ}C$	环境温度 $T_{in}/^{\circ}C$	玻璃门外表面平均温度 $T_{ave}/^{\circ}C$	防凝露电加热器功率 P/W
-22.3	32	24.9	19.20
-22.1	30	23.3	10.98
-22.1	27	20.8	14.84
-21.4	16	11.4	12.16

[0100] 表四 SD-460防凝露电加热器功率计算值

型号: SD-460			
柜内平均温度 $T_{in}/^{\circ}C$	环境温度 $T_{in}/^{\circ}C$	玻璃门外表面平均温度 $T_{ave}/^{\circ}C$	防凝露电加热器功率 P/W
-18.9	32	25.3	17.81
-20.4	30	23.5	10.30
-20.5	27	20.9	14.19
-20.6	25	19.2	9.99
-21.1	16	11.4	12.04

[0102] 通过对上述电加热器107的需求功率的计算过程及对上表的具体实验数据可知:电加热器107的需求功率值与环境温度息息相关,不同的环境温度条件下电加热器所需的最低功率也并不相同,即环境温度发生变化,会引起电加热器107的功率发生相应变化。

[0103] 本发明所提供的防凝露方法,设置电加热器107的加热周期 τ ,经 τ 时间后,根据最新采集到的相关数据,调整电加热器107的运行功率,进行下一个加热周期,使本发明的防凝露装置具有变功率调节的功能,能够根据环境温度的变化实现防凝露装置的变功率调节,在杜绝玻璃门体上产生凝露的同时,也避免了过度加热造成的能耗高的问题;同时电加热器107的阶段性变功率调节还可以确保电加热器6运行的稳定性,保证产品的可靠性。

[0104] 本发明还提供了一种冷柜,采用了以上实施方式所描述的防凝露方法及装置,能

够根据环境温度的变化实现冷柜内电加热器阶段性的变功率调节,使其在满足防凝露需求的前提下,尽可能减小防凝露电加热器的功率,具备低耗能的优势。

[0105] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非是对本发明作其它形式的限制,任何熟悉本专业的技术人员可能利用上述揭示的技术内容加以变更或改型为等同变化的等效实施例应用于其它领域,但是凡是未脱离本发明技术方案内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与改型,仍属于本发明技术方案的保护范围。

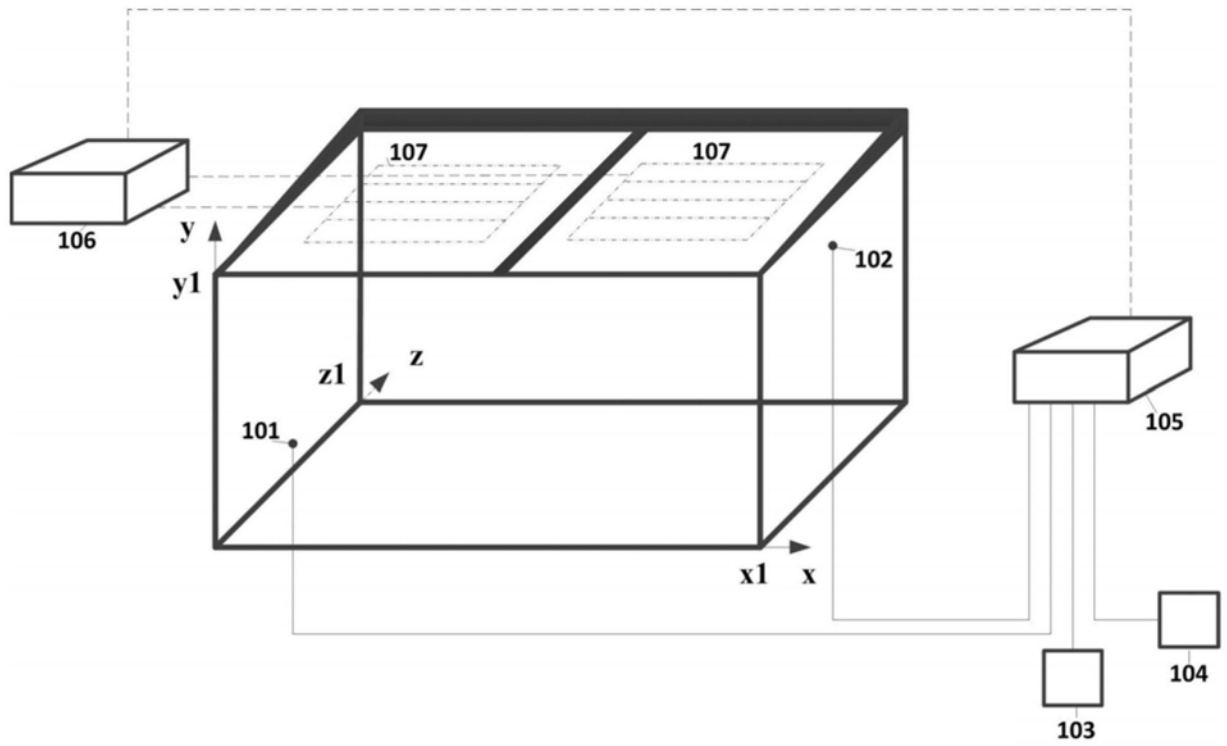


图1

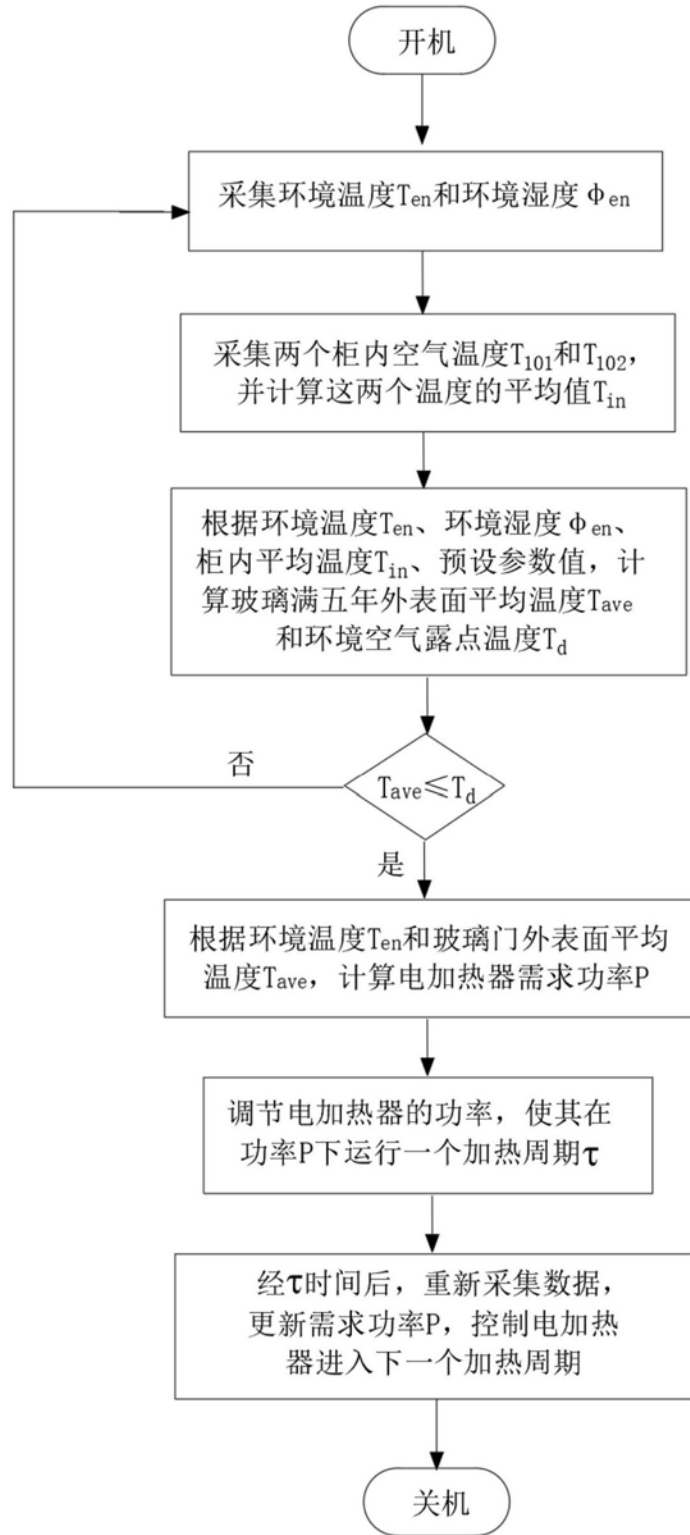


图2