



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113783112 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 28

(21) 申请号 202110986632.X

(22) 申请日 2021.08.26

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113783112 A

(43) 申请公布日 2021.12.10

(73) 专利权人 国网福建省电力有限公司  
地址 350003 福建省福州市鼓楼区五四路  
257号  
专利权人 国网福建省电力有限公司龙岩供  
电公司

(72) 发明人 项宇锴 叶桂中 吴勇海 郑茂华  
章日欣 詹琳

(74) 专利代理机构 福州元创专利商标代理有限  
公司 35100  
专利代理师 张灯灿 蔡学俊

(51) Int.Cl.

H02B 1/28 (2006.01)

H02B 1/56 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 112963909 A, 2021.06.15

CN 205901133 U, 2017.01.18

CN 104508406 A, 2015.04.08

CN 107904898 A, 2018.04.13

JP 2002089933 A, 2002.03.27

JP 2014207726 A, 2014.10.30

WO 2019087264 A1, 2019.05.09

李茜 等. 基于粒子群算法优化干燥部气罩  
通风系统送风温度. 中国造纸. 2016, 第35卷(第  
08期), 第57-60页.

审查员 杨长庆

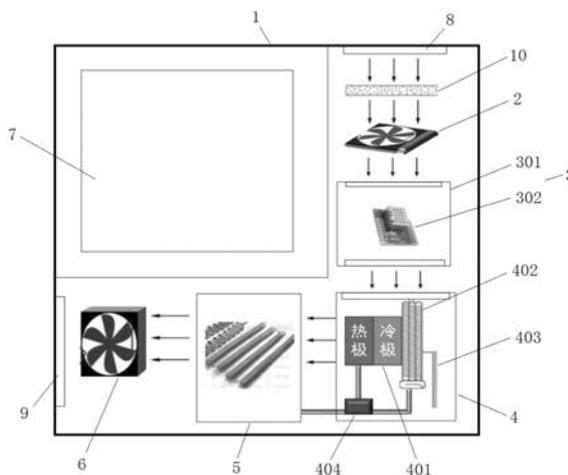
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种自适应智能除湿控温装置

(57) 摘要

本发明涉及一种自适应智能除湿控温装置, 包括壳体以及进气风扇、温湿度检测装置、半导体冷凝装置、加热装置、出气风扇和控制单元, 壳体设置于端子箱内远离带电设备的位置, 壳体上部设有进气口, 壳体旁侧下部设有出气口, 壳体内从进气口到出气口的空气流道上依次设置进气风扇、温湿度检测装置、半导体冷凝装置、加热装置和出气风扇, 以实现宽范围的温湿度监测和除湿控温; 控制单元控制进气风扇和出气风扇自动切换转速, 以实现端子箱内远区域和近区域的温湿度监测; 控制单元自动控制半导体冷凝装置、加热装置的功耗与空气流速相适应, 以降低半导体冷凝装置、加热装置的功耗。该装置不仅有利于对端子箱进行除湿控温, 而且工作能耗低。



1. 一种自适应智能除湿控温装置,其特征在於,包括壳体以及设于壳体內的进气风扇、温湿度检测装置、半导体冷凝装置、加热装置、出气风扇和控制单元,所述壳体设置于端子箱內远离带电设备的位置,所述壳体上部开设有进气口,所述壳体旁侧下部开设有出气口,所述壳体内从进气口到出气口的空气流道上依次设置所述进气风扇、温湿度检测装置、半导体冷凝装置、加热装置和出气风扇,以结合气体动力学和风扇强制流动,实现宽范围的温湿度监测和除湿控温;所述控制单元分别与进气风扇、温湿度检测装置、蒸发冷凝装置、加热装置、出气风扇电性连接;

所述控制单元控制进气风扇和出气风扇自动切换转速,以实现端子箱內远区域和近区域的温湿度监测;所述控制单元自动控制半导体冷凝装置、加热装置的功耗与空气流速相适应,以降低半导体冷凝装置、加热装置的功耗;

所述控制单元基于机器学习方法分别控制进气风扇和出气风扇自动切换转速,其具体方法为:

设定风扇的转速范围为 $0-N$ ,端子箱的体积为 $V$ ,端子箱內的温度为 $T_1$ ,端子箱外的温度为 $T_2$ ,端子箱內的实际湿度为 $Q$ ,当 $Q>60\%$ 时除湿控温装置工作;设风扇的最小转速为 $N_0$ ,满足 $0<N_0<N$ ,采集的湿度数据为 $Q_0$ ,若 $Q_0=Q$ ,则称转速 $N_0$ 为风扇的最优转速;利用粒子群-支持向量机建立 $N_0$ 的数学模型为:

$$\begin{cases} N_0 = f(V, T_1, T_2) \\ \text{s.t. } Q_0 = Q \end{cases} \quad (1)$$

由于风扇的能耗与其转速成正比, $N_0$ 越小则能耗越小;因此,将公式(1)的优化目标表示为:

$$\min \begin{cases} N_0 = f(V, T_1, T_2) \\ \text{s.t. } Q_0 = Q \end{cases} \quad (2)$$

利用粒子群算法求解公式(2),即能够获得风扇的最优转速;

所述控制单元基于上述模型,获取端子箱的体积、端子箱內外的温度,即能够自动确定最优转速,实现风扇转速的自适应控制;

所述控制单元基于机器学习自动控制半导体冷凝装置的功耗与空气流速相适应,其具体方法为:

设进入半导体冷凝装置的气体流量为 $I$ ,气体湿度为 $Q_0$ ,半导体冷凝器冷端的功耗为 $P$ ,当 $Q_0=100\%$ ,潮湿空气降温结露;建立 $P$ 与 $I$ 、 $Q_0$ 的关系如下:

$$\begin{cases} P = g(I, Q_0) \\ \text{s.t. } Q_0 \rightarrow 100\% \end{cases} \quad (3)$$

以使得 $P$ 最小为优化目的,即:

$$\min \begin{cases} N_0 = f(V, T_1, T_2) \\ \text{s.t. } Q_0 = Q \end{cases} \quad (4)$$

所述控制单元获取气体流量和气体湿度,通过机器学习方法实现基于公式(3)、(4)的模型,即能够自动控制半导体冷凝装置消耗最低的功耗将潮湿空气降温结露。

2. 根据权利要求1所述的一种自适应智能除湿控温装置,其特征在於,所述进气口上设

有防尘过滤网。

3. 根据权利要求1所述的一种自适应智能除湿控温装置,其特征在于,所述温湿度检测装置包括检测气室和设于检测气室内的温湿度传感器,所述温湿度传感器与控制单元电性连接,所述检测气室位于所述空气流道上,以将进入壳体内部的空气导入检测气室内。

4. 根据权利要求1所述的一种自适应智能除湿控温装置,其特征在于,所述半导体冷凝装置包括半导体冷凝器和管路系统,所述半导体冷凝器包括冷端和热端,所述管路系统包括冷凝气管,所述冷凝气管一端与所述空气流道连通,以将进入壳体内部的空气导入冷凝气管中,所述冷凝气管与半导体冷凝器的冷端接触换热,所述冷凝气管上连接有排水管,所述冷凝气管另一端连接气体调节器,所述气体调节器的出口分两路,一路与半导体冷凝器的热端换热后进入加热装置,另一路直接进入加热装置,以通过气体调节器选择空气是否经过半导体冷凝器的热端;所述控制单元分别与半导体冷凝器、加热装置电性连接;潮湿的空气经过半导体冷凝器的冷端变为干燥的空气,干燥的空气在需加热的情况下,通过气体调节器控制干燥空气吹入半导体冷凝器的热端,以吸收半导体冷凝器热端的发热,同时降低加热装置的能耗。

## 一种自适应智能除湿控温装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于电气设备除湿技术领域,具体涉及一种自适应智能除湿控温装置。

### 背景技术

[0002] 目前在电力系统中常用的端子箱存在潮湿和凝露等问题,直接影响柜内电气设备的绝缘性能。凝露产生的原因通常有以下几点:(1)昼夜温度变化大导致的夜间潮气重、凝露现象,特别是在多雨季节,由于长时间降雨,加上天气潮湿、闷热,运行的端子箱内部电气元件不断工作而产生热量,导致大量的水汽冷凝形成露水。(2)箱柜底部与电缆沟连接孔洞未封堵或存在缝隙,使得电缆沟中潮气通过孔洞或缝隙导入箱内,又未能够及时排除。(3)出于安全防护的考虑,端子箱通常密封性较好,但其散热性较差,随着箱内加热器的开启,使得湿气蒸发成为箱内蒸汽,在箱内底部、顶部及箱壁形成大量凝露。

[0003] 因此,对箱内的湿度和温度进行控制,对于提高端子箱中电气设备的绝缘性能有着重要的意义。端子箱中电气设备的最佳湿度通常应维持在30%~60%之间,如果湿度超过60%就容易形成凝露,将对电气设备绝缘性能造成不利影响。凝露的生成对端子箱的危害主要表现在:1、潮湿和凝露导致局部放电、对地引弧,相间短路还可能引发燃弧爆炸事故,造成供电中断,带来重大经济损失;2、一些电气设备上形成的露水会腐蚀控制设备的金属部件,影响其使用寿命,导致监测控制保护电路失效。因此,有必要研究一种能够防止端子箱内凝露和潮湿的设备。

[0004] 国内外对端子箱潮湿和凝露的解决方法通常有以下几种:(1)用电加热器,对设备内部进行加热以解决凝露现象,但是这种方法并不能从根本上消除凝露,原因在于这种方法只是增加空气中水蒸气的饱和程度,并没有将柜内的水汽排出。(2)用驱潮剂,在柜体内悬挂硅胶袋或是其他的吸水材料,然而由于其吸水效果有限且吸收的水分很难排出,所以效果往往并不明显,继而维护工作量增加。(3)用智能除湿装置,是目前比较先进的除湿方法。但其通常仅采用简单温湿度传感器配合风扇除湿器来降低柜内空气中的水汽含量,其受制于温湿度传感器的检测范围,无法对复杂多变的环境自适应改变工作状态,从而发生失效问题,进而继续引发绝缘能力降低,易发生设备安全运行隐患。为此,有必要设计一种新方案来解决端子箱潮湿和凝露的问题。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种自适应智能除湿控温装置,该装置不仅有利于对端子箱进行除湿控温,而且工作能耗低。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:一种自适应智能除湿控温装置,包括壳体以及设于壳体内的进气风扇、温湿度检测装置、半导体冷凝装置、加热装置、出气风扇和控制单元,所述壳体设置于端子箱内远离带电设备的位置,所述壳体上部开设有进气口,所述壳体旁侧下部开设有出气口,所述壳体内从进气口到出气口的空气流道上依次设置所述进气风扇、温湿度检测装置、半导体冷凝装置、加热装置和出气风扇,以结合气体动力学

和风扇强制流动,实现宽范围的温湿度监测和除湿控温;所述控制单元分别与进气风扇、温湿度检测装置、蒸发冷凝装置、加热装置、出气风扇电性连接;

[0007] 所述控制单元控制进气风扇和出气风扇自动切换转速,以实现端子箱内远区域和近区域的温湿度监测;所述控制单元自动控制半导体冷凝装置、加热装置的功耗与空气流速相适应,以降低半导体冷凝装置、加热装置的功耗。

[0008] 进一步,所述进气口上设有防尘过滤网。

[0009] 进一步,所述温湿度检测装置包括检测气室和设于检测气室内的温湿度传感器,所述温湿度传感器与控制单元电性连接,所述检测气室位于所述空气流道上,以将进入壳体内的空气导入检测气室内。

[0010] 进一步,所述控制单元基于机器学习方法分别控制进气风扇和出气风扇自动切换转速,其具体方法为:

[0011] 设定风扇的转速范围为 $0-N$ ,端子箱的体积为 $V$ ,端子箱内的温度为 $T_1$ ,端子箱外的温度为 $T_2$ ,端子箱内的实际湿度为 $Q$ ,当 $Q>60\%$ 时除湿控温装置工作;设风扇的最小转速为 $N_0$ ,满足 $0<N_0<N$ ,采集的湿度数据为 $Q_0$ ,若 $Q_0=Q$ ,则称转速 $N_0$ 为风扇的最优转速;利用粒子群-支持向量机建立 $N_0$ 的数学模型为:

$$[0012] \quad \begin{cases} N_0 = f(V, T_1, T_2) \\ \text{s.t. } Q_0 = Q \end{cases} \quad (1)$$

[0013] 由于风扇的能耗与其转速成正比, $N_0$ 越小则能耗越小;因此,将公式(1)的优化目标表示为:

$$[0014] \quad \min \begin{cases} N_0 = f(V, T_1, T_2) \\ \text{s.t. } Q_0 = Q \end{cases} \quad (2)$$

[0015] 利用粒子群算法求解公式(2),即可获得风扇的最优转速;

[0016] 所述控制单元基于上述模型,获取端子箱的体积、端子箱内外的温度,即可自动确定最优转速,实现风扇转速的自适应控制。

[0017] 进一步,所述半导体冷凝装置包括半导体冷凝器和管路系统,所述半导体冷凝器包括冷端和热端,所述管路系统包括冷凝气管,所述冷凝气管一端与所述空气流道连通,以将进入壳体内的空气导入冷凝气管中,所述冷凝气管与半导体冷凝器的冷端接触换热,所述冷凝气管上连接有排水管,所述冷凝气管另一端连接气体调节器,所述气体调节器的出口分两路,一路与半导体冷凝器的热端换热后进入加热装置,另一路直接进入加热装置,以通过气体调节器选择空气是否经过半导体冷凝器的热端;所述控制单元分别与半导体冷凝器、加热装置电性连接;潮湿的空气经过半导体冷凝器的冷端变为干燥的空气,干燥的空气在需加热的情况下,通过气体调节器控制干燥空气吹入半导体冷凝器的热端,以吸收半导体冷凝器热端的发热,同时降低加热装置的能耗。

[0018] 进一步,所述控制单元基于机器学习自动控制半导体冷凝装置的功耗与空气流速相适应,其具体方法为:

[0019] 设进入半导体冷凝装置的气体流量为 $I$ ,气体湿度为 $Q_0$ ,半导体冷凝器冷端的功耗为 $P$ ,当 $Q_0=100\%$ ,潮湿空气降温结露;建立 $P$ 与 $I$ 、 $Q_0$ 的关系如下:

$$[0020] \quad \begin{cases} P = g(I, Q_0) \\ s.t. Q_0 \rightarrow 100\% \end{cases} \quad (3)$$

[0021] 以使得P最小为优化目的,即:

$$[0022] \quad \min \begin{cases} N_0 = f(V, T_1, T_2) \\ s.t. Q_0 = Q \end{cases} \quad (4)$$

[0023] 所述控制单元获取气体流量和气体湿度,通过机器学习方法实现基于公式(3)、(4)的模型,即可自动控制半导体冷凝装置消耗最低的功耗将潮湿空气降温结露。

[0024] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:提供了一种自适应智能除湿控温装置,该装置可以更有效解决端子箱内的凝露和潮湿问题,在结构上,根据空气动力学的结构设计加上风扇系统配合温湿度传感器的方式可实现不同端子箱型号内不同区域的温湿度监测,也可适用于其他密闭空间内的结构,更优的半导体冷凝装置和结构被采用可有效降低设备体积、能耗,增强其适用范围。此外,本装置基于机器学习,使装置能够自主控制风扇系统和冷凝系统,对检测范围的优化和耗能比的提升具有十分大的作用,该装置适用于电力系统辅助设备领域,不仅适用于端子箱还可用于开关柜,具有一定的通用性。

#### 附图说明

[0025] 图1是本发明实施例的装置结构示意图。

[0026] 图2是本发明实施例中的空气内循环示意图。

#### 具体实施方式

[0027] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步说明。

[0028] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

[0029] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0030] 如图1所示,本实施例提供了一种自适应智能除湿控温装置,包括壳体1以及设于壳体1内的进气风扇2、温湿度检测装置3、半导体冷凝装置4、加热装置5、出气风扇6和控制单元7,所述壳体1设置于端子箱内远离带电设备的位置,所述壳体上部开设有进气口8,所述壳体旁侧下部开设有出气口9,所述壳体内从进气口到出气口的空气流道上依次设置所述进气风扇2、温湿度检测装置3、半导体冷凝装置4、加热装置5和出气风扇6,以结合气体动力学和风扇强制流动,实现宽范围的温湿度监测和除湿控温;所述控制单元7分别与进气风扇2、温湿度检测装置3、半导体冷凝装置4、加热装置5和出气风扇6电性连接。在本实施例中,所述进气口8上设有防尘过滤网10。

[0031] 所述控制单元7控制进气风扇2和出气风扇6自动切换转速,以实现端子箱内远区域和近区域的温湿度监测,可有效避免盲区。所述控制单元自动控制半导体冷凝装置4、加

热装置5的功耗与空气流速相适应,以降低半导体冷凝装置、加热装置的功耗。

[0032] 本装置结构根据气体动力学理论(热空气朝上流动,冷空气朝下流动)来进行空气内循环的结构设计,可实现更优的空气变化,更有效的减少开关柜内的潮气死区。此外,如图2所示,采用风扇来扩大监测范围,有效解决了现有的温湿度传感器仅能监测小范围内的温湿度变化情况的困局,使得除湿控温装置能够对端子箱内的温湿度情况作出更快速更佳的反馈,实现宽范围的温湿度监测。

[0033] 在本实施例中,所述温湿度检测装置3包括检测气室301和设于检测气室内的温湿度传感器302,所述温湿度传感器与控制单元电性连接,所述检测气室位于所述空气流道上,以将进入壳体内部的空气导入检测气室内。

[0034] 进气风扇和出气风扇的定时启动可根据当地温度特点进行设置,即当地入夜时间和日出时间。所述控制单元基于机器学习方法分别控制进气风扇和出气风扇自动切换转速,其具体方法为:

[0035] 设定风扇的转速范围为 $0-N$ ,端子箱的体积为 $V$ ,端子箱内的温度为 $T_1$ ,端子箱外的温度为 $T_2$ ,端子箱内的实际湿度为 $Q$ ,当 $Q>60\%$ 时除湿控温装置工作;风扇的转速为 $N$ 时能采集到端子箱内的湿度情况,但是耗能较大;设风扇的最小转速为 $N_0$ ,满足 $0<N_0<N$ ,采集的湿度数据为 $Q_0$ ,若 $Q_0=Q$ ,则称转速 $N_0$ 为风扇的最优转速;基于已有的测试数据,利用粒子群-支持向量机建立 $N_0$ 的数学模型为:

$$[0036] \quad \begin{cases} N_0 = f(V, T_1, T_2) \\ \text{s.t. } Q_0 = Q \end{cases} \quad (1)$$

[0037] 由于风扇的能耗与其转速成正比, $N_0$ 越小则能耗越小;因此,将公式(1)的优化目标表示为:

$$[0038] \quad \min \begin{cases} N_0 = f(V, T_1, T_2) \\ \text{s.t. } Q_0 = Q \end{cases} \quad (2)$$

[0039] 利用粒子群算法求解公式(2),即可获得风扇的最优转速。

[0040] 所述控制单元基于上述模型,获取端子箱的体积、端子箱内外的温度,即可自动确定最优转速,实现风扇转速的自适应控制,达到降低能耗的目的。

[0041] 在本实施例中,所述半导体冷凝装置4包括半导体冷凝器401和管路系统,所述半导体冷凝器包括冷端和热端,所述管路系统包括冷凝气管402,所述冷凝气管一端与所述空气流道连通,以将进入壳体内部的空气导入冷凝气管中,所述冷凝气管与半导体冷凝器的冷端接触换热,所述冷凝气管上连接有排水管403,所述冷凝气管另一端连接气体调节器404,所述气体调节器的出口分两路,一路与半导体冷凝器的热端换热后进入加热装置,另一路直接进入加热装置,以通过气体调节器选择空气是否经过半导体冷凝器的热端;所述控制单元分别与半导体冷凝器、加热装置电性连接;潮湿的空气经过半导体冷凝器的冷端变为干燥的空气,干燥的空气在需加热的情况下,通过气体调节器控制干燥空气吹入半导体冷凝器的热端,以吸收半导体冷凝器热端的发热,解决半导体冷凝器的发热问题,并进一步获得干燥的热空气,同时降低加热装置的能耗。此外,由于半导体制冷片热惯性非常小,制冷或制热时间非常快,在热端散热良好冷端空载的情况下,通电不到1分钟,制冷片就能达到最大温差。所以在温度低于 $10^{\circ}\text{C}$ ,甚至 $0^{\circ}\text{C}$ 以下时,可以利用半导体响应的快速性,在制冷、

制热之间快速循环切换,保持低温状态下的除湿能力,弥补了常规压缩机低温无法除湿的缺陷。

[0042] 从除湿控温的结构上来讲,当潮湿空气经除尘网被风扇吸入后,依次经过检测气室对其温湿度进行监测,由蒸发器(半导体冷凝器冷端)降温结露。蒸发器降温系统同样具备自适应控制的功能。

[0043] 所述控制单元基于机器学习自动控制半导体冷凝装置的功耗与空气流速相适应,其具体方法为:

[0044] 设进入半导体冷凝装置的气体流量为 $I$ ,气体湿度为 $Q_0$ ,半导体冷凝器冷端的功耗为 $P$ ,当 $Q_0 = 100\%$ ,潮湿空气降温结露;建立 $P$ 与 $I$ 、 $Q_0$ 的关系如下:

$$[0045] \quad \begin{cases} P = g(I, Q_0) \\ \text{s.t. } Q_0 \rightarrow 100\% \end{cases} \quad (3)$$

[0046] 以使得 $P$ 最小为优化目的,即:

$$[0047] \quad \min \begin{cases} N_0 = f(V, T_1, T_2) \\ \text{s.t. } Q_0 = Q \end{cases} \quad (4)$$

[0048] 所述控制单元获取气体流量和气体湿度,通过机器学习方法实现基于公式(3)、(4)的模型,即可自动控制半导体冷凝装置消耗最低的功耗将潮湿空气降温结露。

[0049] 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。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。

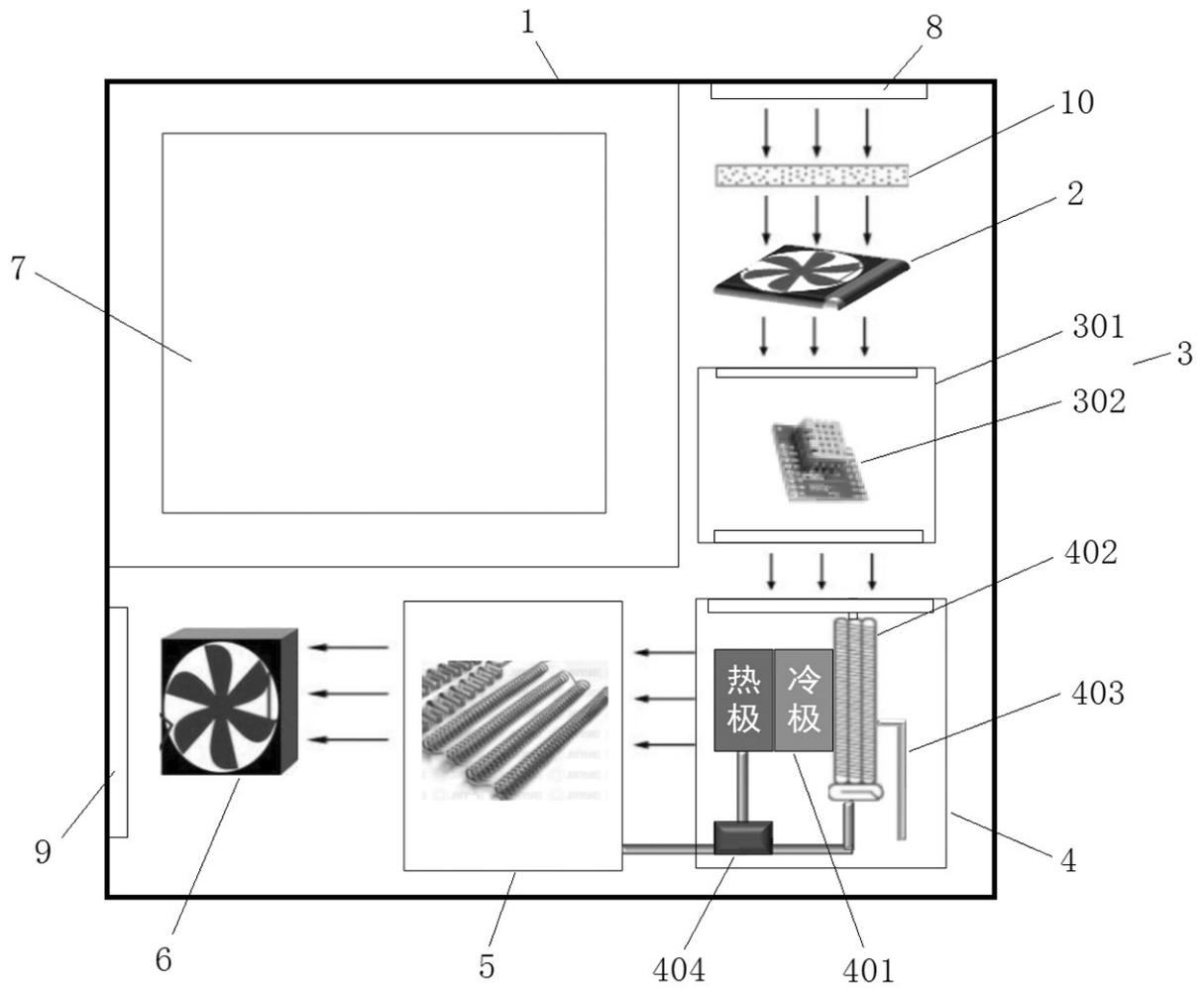


图1

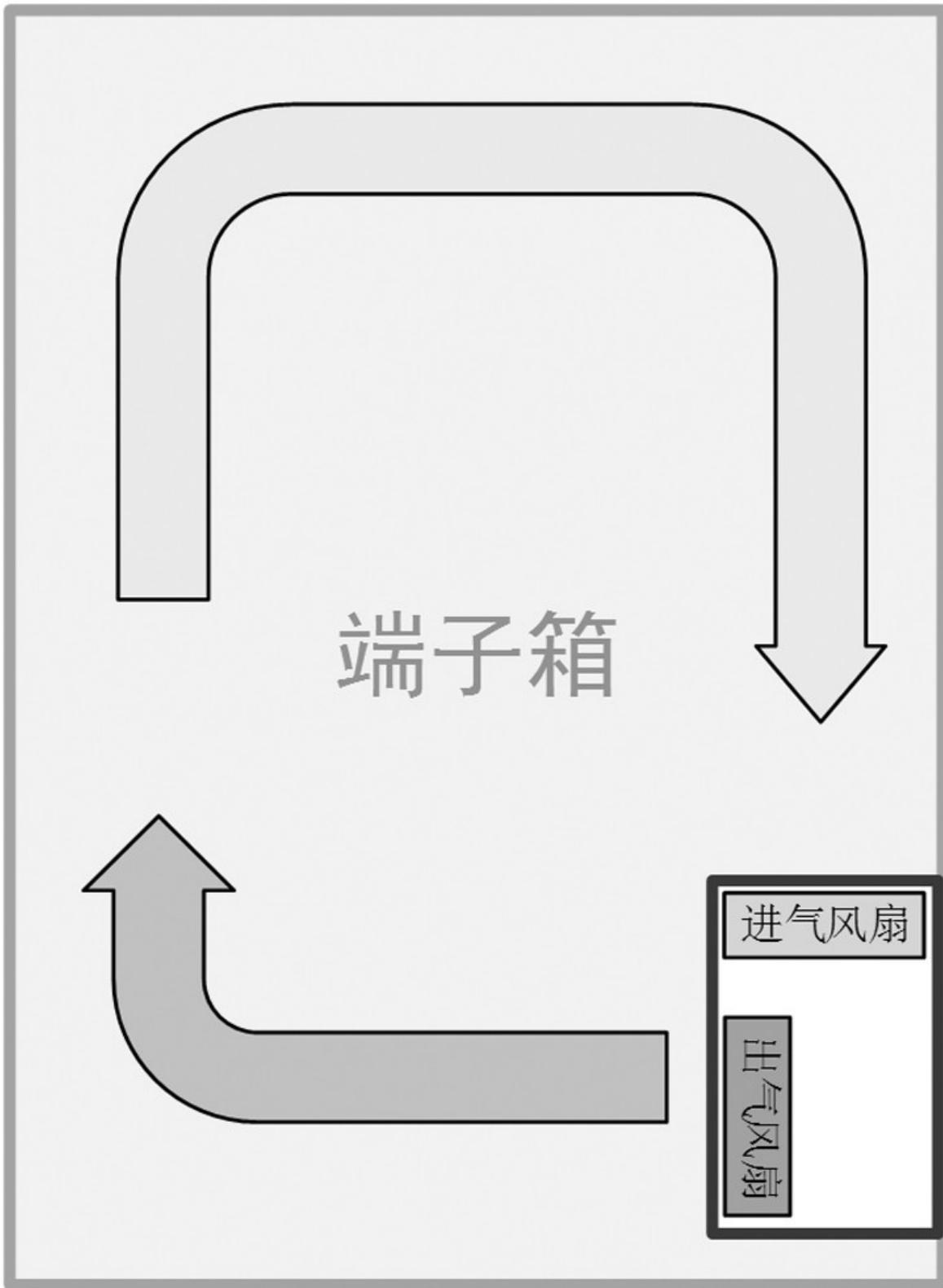


图2