



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104090608 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201410269592. 7

CN 203424071 U, 2014. 02. 12,

(22) 申请日 2014. 06. 16

审查员 李琴

(73) 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

(72) 发明人 李曦 蒋建华 李双宏

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 梁鹏

(51) Int. Cl.

G05D 27/02(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2013221772 A, 2013. 10. 28,
US 20090231147 A1, 2009. 09. 17,
CN 1123574 A, 1996. 05. 29,
CN 102805039 A, 2012. 12. 05,
CN 102968149 A, 2013. 03. 13,

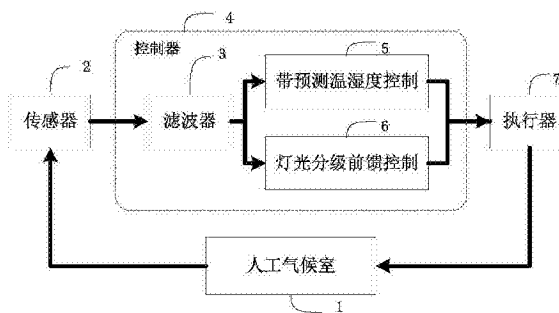
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种人工气候室控制方法

(57) 摘要

本发明是一种人工气候室的控制方法,通过传感器元件实时检测气候室内部温度、湿度,并用滤波器对信号进行滤波处理,滤除外界或传感器干扰带来的信号扰动。然后在考虑光照产热作用的情况下,控制器采用带预测的滞后鲁棒控制处理算法,稳定、准确地控制气候室内部温度、湿度,采用灯光分级前馈的方法直接设定光照度,最后通过执行器作用于人工气候室。该控制方法采用最少的操作动作,在最小能耗下实现人工气候室温度、湿度及光照的高效控制。



1. 一种人工气候室控制方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

步骤 1:利用分布在人工气候室的多个温湿度传感器检测人工气候室的温度和湿度数据;

步骤 2:对最近 N1 个采样周期的温度和湿度数据进行加权滤波,得到最近 N1 个采样周期数据的温度加权平均值 T_f 和湿度加权平均值 H_f ;并根据温度从初始值 A1 变化到稳定值 B1 的采样周期数 Nd1 计算在该温度段 [A1, B1] 中的温度变化时滞系数 Td, $Td = \text{采样周期} \times Nd1$;根据湿度从初始值 A2 变化到稳定值 B2 的采样周期数 Nd2 计算在该湿度段 [A2, B2] 中的湿度变化时滞系数 Hd, $Hd = \text{采样周期} \times Nd2$;

步骤 3:根据最近 N1 个采样周期数据的温度加权平均值 T_f 和湿度加权平均值 H_f ,以及温度变化时滞系数 Td 和湿度变化时滞系数 Hd,以及预测权重值 x、y,通过带预测的温度和湿度控制算法,得到当前状态的最佳控制预操作时间,并根据所述最佳控制预操作时间对人工气候室的温度和湿度进行调节。

2. 如权利要求 1 所述的人工气候室控制方法,其特征在于,所述步骤 1 中检测得到的人工气候室的温度及湿度为多个传感器检测得到的实时温度及湿度的加权均值。

3. 如权利要求 2 所述的人工气候室控制方法,其特征在于,所述多个传感器对应不同加权值,处于扰动易产生位置的传感器对应的加权值小于处于扰动不易产生位置的传感器对应的加权值,多个传感器对应的加权值的取值范围均大于 0 小于 1,并且多个传感器对应的加权值的和为 1。

4. 如权利要求 1 至 3 任一项所述的人工气候室控制方法,其特征在于,所述方法还包括:根据传感器检测的温度及湿度数据建立包含最近 N1 个采样周期的温湿度数据库,其中所述温湿度数据库包括温度数据和湿度数据,所述温湿度数据库在有限时域 N1 内滚动更新,即加入最新的数据并去掉最老的数据,温湿度数据库中保存最近 N1 个采样周期的温度和湿度数据。

5. 如权利要求 1 至 3 任一项所述的人工气候室控制方法,其特征在于,所述对最近 N1 个采样周期的温度和湿度数据进行加权滤波具体为:

根据加权值 $\alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_{N1}$,通过加权均值滤波计算,得到最近 N1 个采样周期的温度加权平均值 T_f 和湿度加权平均值 H_f :

$$T_f = (T_1 \times \alpha_1 + T_2 \times \alpha_2 + \cdots + T_{N1} \times \alpha_{N1}) \text{ 其中 } \alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_{N1} < 1, \text{ 并且 } \alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_{N1} = 1$$

$$H_f = (H_1 \times \alpha_1 + H_2 \times \alpha_2 + \cdots + H_{N1} \times \alpha_{N1}) \text{ 其中 } \alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_{N1} < 1, \text{ 并且 } \alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_{N1} = 1,$$

$T_1, T_2 \cdots T_{N1}$ 为最近 N1 个采样周期的温度数据, $H_1, H_2 \cdots H_{N1}$ 为最近 N1 个采样周期的湿度数据。

6. 如权利要求 5 所述的人工气候室控制方法,其特征在于,所述通过带预测的温度和湿度控制算法,得到当前状态的最佳控制预操作时间具体包括:

在温度、湿度分别达到 $T_m - x / Td$ 和 $H_m - y / Hd$ 时停止对温度和湿度进行控制,其中 T_m 和 H_m 分别为目标温度和目标湿度, x 和 y 分别为预测权重值。

7. 如权利要求 1 至 3 任一项所述的人工气候室控制方法,其特征在于,所述 N1 取大于 5 的自然数,采样周期为 1s。

8. 如权利要求 1 至 3 任一项所述的人工气候室控制方法,其特征在于,还包括:对人工气候室的光照进行控制,即根据需求光照度 G ,选择 G/g_1 个钠灯并开启灯光,其中 g_1 为一个钠灯能提供的光照度。

一种人工气候室控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于环境控制技术领域,更具体地,涉及一种人工气候室控制方法。

背景技术

[0002] 人工气候室是人为地在一个密闭空间内,通过严格地控制光照、温度及湿度来模拟一种气候环境,常用于研究环境条件对生物生命活动的影响,也可用于某些生物的栽培、驯化、育种等工作,因此在生物研究领域有着重要的作用。由于人工气候室空间较大,空气中的热量与水分传递较慢,所以其内部温度与湿度的响应时间具有较大滞后:当某一位置发生了温度及湿度的变化,需要较长时间才能在其他位置被检测发现,这为人工气候室的温湿度精确控制带来了困难。此外,在进行生物培养实验时,工作人员会频繁进入气候室操作,其进出难免会带来气候室内温度与湿度的干扰,并且,开启的光照系统也会产生大量的热量,对气候室内的温度平衡也会带来扰动。

[0003] 由于人工气候室内部存在大时滞、多干扰情形,简单地根据设定的目标气候温度与湿度,采用加热、增湿、降温、除湿等操作不能良好地控制气候室内温度与湿度。并且在未考虑扰动存在的情况下,对扰动的敏感响应不仅会造成各设备的频繁开关,减少寿命,增加能量消耗,而且会带来气候室的环境波动,对生物培养不利,甚至造成破坏影响。

发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种人工气候室控制方法,充分考虑了人工气候室存在的扰动,采用信号滤波处理剔除干扰,并设计带预测的温湿度控制算法,稳定、准确、高效地实现人工气候室温度、湿度的控制。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了一种人工气候室控制方法,包括:

[0006] 步骤 1:利用分布在人工气候室的多个温湿度传感器检测人工气候室的温度和湿度数据;

[0007] 步骤 2:对最近 N 个采样周期的温度和湿度数据进行加权滤波,得到最近 N 个采样周期数据的温度加权平均值 T_f 和湿度加权平均值 H_f ;并根据温度从初始值 A_1 变化到稳定值 B_1 的采样周期数 N_{d1} 计算在该温度段 $[A_1, B_1]$ 中的温度变化时滞系数 T_{d1} , $T_{d1} = \text{采样周期} \times N_{d1}$;根据历史数据中湿度从初始值 A_2 变化到稳定值 B_2 的采样周期数 N_{d2} 计算在该湿度段 $[A_2, B_2]$ 中的湿度变化时滞系数 T_{d2} , $T_{d2} = \text{采样周期} \times N_{d2}$;

[0008] 步骤 3:根据最近 N 个采样周期数据的温度加权平均值 T_f 和湿度加权平均值 H_f ,以及温度变化时滞系数 T_{d1} 和湿度变化时滞系数 T_{d2} ,以及预测权重值 x 、 y ,通过带预测的温度和湿度控制算法,得到当前状态的最佳控制预操作时间,并根据所述最佳控制预操作时间对人工气候室的温度和湿度进行调节。

[0009] 本发明方法通过放置在人工气候室的多个温湿度传感器采集温湿度数据,并对最近 N_1 个温度和湿度数据进行加权滤波,以去除系统的扰动,并通过带预测的温度和湿度控制算法,得到当前状态的最佳控制预操作时间,能够避免因温度、湿度惯性带来的控制超调

与震荡现象,能减少系统能耗并加速系统进入稳态。

[0010] 进一步地,所述步骤 1 中检测得到的人工气候室的温度及湿度为多个传感器检测得到的实时温度及湿度的加权均值。

[0011] 进一步地,所述多个传感器对应不同加权值,处于扰动易产生位置的传感器对应的加权值小于处于扰动不易产生位置的传感器对应的加权值,多个传感器对应的加权值的取值范围均大于 0 小于 1,并且多个传感器对应的加权值的和为 1。

[0012] 通过放置在不同位置的温湿度传感器,并根据温湿度传感器所处位置的扰动产生难易程度设置不同的权值,从而能滤除系统内部产生的各种温度、湿度扰动,防止控制器接收到扰动信号而进行误操作。

[0013] 进一步地,所述方法还包括:根据传感器检测的温度及湿度数据建立包含最近 N 个采样周期的温湿度数据库,其中所述监测数据包括温度数据和湿度数据,所述温湿度数据库在有限时域 N 内滚动更新,即加入最新的数据并去掉最老的数据,温湿度数据库中保存最近 N 个采样周期的温度和湿度数据。

[0014] 通过上述方案能实时更新数据库,使得控制能够实时跟踪系统的需求。

[0015] 进一步地,所述对最近 N 个采样周期的温度和湿度数据进行加权滤波具体为:

[0016] 根据加权值 $\alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_{N1}$,通过加权均值滤波计算,得到最近 N 个采样周期的温度加权平均值 Tf 和湿度加权平均值 Hf:

[0017] $T_f = (T_1 \times \alpha_1 + T_2 \times \alpha_2 + \cdots + T_{N1} \times \alpha_{N1})$ 其中 $\alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_{N1} < 1$, 并且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_{N1} = 1$

[0018] $H_f = (H_1 \times \alpha_1 + H_2 \times \alpha_2 + \cdots + H_{N1} \times \alpha_{N1})$ 其中 $\alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_{N1} < 1$, 并且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_{N1} = 1$,

[0019] $T_1, T_2 \cdots T_{N1}$ 为最近 N 个采样周期的温度数据, $H_1, H_2 \cdots H_{N1}$ 为最近 N 个采样周期的湿度数据。

[0020] 通过上述方案进一步地减少了系统局部扰动产生的影响。

[0021] 进一步地,所述通过带预测的温度和湿度控制算法,得到当前状态的最佳控制预操作时间具体包括:

[0022] 在温度、湿度分别达到 $T_m - x / T_d$ 和 $H_m - y / H_d$ 时停止对温度和湿度进行控制,其中 T_m 和 H_m 分别为目标温度和目标湿度, x 和 y 分别为预测权重值。

[0023] 优选地,所述 N 取大于 5 的自然数,采样周期为 1s。

[0024] 进一步地,所述方法还包括:对人工气候室的光照进行控制,即根据需求光照度 G,选择 G/g_1 个钠灯并开启灯光,其中 g_1 为一个钠灯能提供的光照度。

[0025] 通过上述方案能够在低成本条件下,良好的控制系统内部的光照度。

[0026] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,由于考虑了多位置温湿度测量、数据加权滤波以及根据温度、湿度时滞系数采用带预测的控制方案,能够防止扰动对系统产生干扰、避免控制超调及震荡的产生,在大幅度节省控制耗能的情况下,增强了系统的控制的稳定性与快速性等。

附图说明

[0027] 图 1 是本发明一实施例中人工气候室控制方法的原理图;

[0028] 图 2 是本发明一实施例中滤波器工作示意图；

[0029] 图 3 是本发明一实施例中带预测温湿度控制算法工作示意图；

[0030] 图 4 是本发明一实施例中灯光分级前馈控制算法工作示意图。

具体实施方式

[0031] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0032] 本发明提供了一种人工气候室控制方法，包括：

[0033] 步骤 1：利用分布在人工气候室的多个温湿度传感器检测人工气候室的温度和湿度数据；

[0034] 步骤 2：对最近 N 个采样周期的温度和湿度数据进行加权滤波，得到最近 N 个采样周期数据的温度加权平均值 T_f 和湿度加权平均值 H_f ；并根据温度从初始值 A_1 变化到稳定值 B_1 的采样周期数 N_{d1} 计算在该温度段 $[A_1, B_1]$ 中的温度变化时滞系数 T_{d1} ， $T_{d1} = \text{采样周期} \times N_{d1}$ ；根据历史数据中湿度从初始值 A_2 变化到稳定值 B_2 的采样周期数 N_{d2} 计算在该湿度段 $[A_2, B_2]$ 中的湿度变化时滞系数 T_{d2} ， $T_{d2} = \text{采样周期} \times N_{d2}$ ；

[0035] 步骤 3：根据最近 N 个采样周期数据的温度加权平均值 T_f 和湿度加权平均值 H_f ，以及温度变化时滞系数 T_{d1} 和湿度变化时滞系数 T_{d2} ，以及预测权重值 x 、 y ，通过带预测的温湿度控制算法，得到当前状态的最佳控制预操作时间，并根据所述最佳控制预操作时间对人工气候室的温度和湿度进行调节。

[0036] 如图 1 所示，为本发明一实施例中人工气候室控制方法的流程示意图。通过在人工气候室 1 内的不同位置安装多个传感器 2 实时监测温度信号与湿度信号，温度信号与湿度信号传给滤波器 3 进行处理，然后再通过带预测温湿度控制算法 5 和灯光分级前馈控制算法 6 获取系统的输入控制信号，最后由执行器根据所述输入控制信号 7 对人工气候室的温度、湿度和光照进行控制。

[0037] 如图 2 所示，将传感器 2 在不同位置获得的多个温度、湿度信号进行均值处理，分别获得实时温度 T 和实时湿度 H ，然后存入数据库 11，同时数据库进行滚动更新，丢弃最旧的一组数据，数据库存储数据长度为 N 。通常，所述 N 取大于 5 的自然数。

[0038] 需要说明的是，所述多个传感器对应不同加权值，处于扰动易产生位置的传感器对应的加权值小于处于扰动不易产生位置的传感器对应的加权值，多个传感器对应的加权值的取值范围均大于 0 小于 1，并且多个传感器对应的加权值的和为 1。通常，扰动易产生位置为人工操作及执行器附近，例如气候室门口、增湿器、加温器附近，扰动不易产生位置为气候室中间位置或作物中间位置。

[0039] 滤波处理部分 12 将根据数据库中的历史数据分别获得温度、湿度反馈信号 T_f ， H_f 及时滞时间 T_d ， H_d 并传输给控制器。具体方法如下：设计加权值 α 计算最近 N_1 个采样周期数据的加权平均值获得 T_f ， H_f ，

[0040] $T_f = (T_1 \times \alpha_1 + T_2 \times \alpha_2 + \dots + T_{N_1} \times \alpha_{N_1})$ 其中 $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_{N_1} < 1$ ，并且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_{N_1} = 1$ 。

[0041] $H_f = (H_1 \times \alpha_1 + H_2 \times \alpha_2 + \dots + H_{N1} \times \alpha_{N1})$ 其中 $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_{N1} < 1$, 并且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_{N1} = 1$.

[0042] 该计算方法能滤除系统产生的尖峰扰动, 或者短时间的波动。

[0043] 温度时滞时间 T_d 则根据历史数据中温度从初始值 A 变化到稳定值 B 的采样周期数 N_d 计算在该温度段 $[A, B]$ 中的变化时滞系数 T_d , $T_d = \text{采样周期} \times N_d$ 。湿度的时滞时间 H_d 计算方法同理。通常, 所述采样周期取值为 $1s$, 当然也可以是其他值。

[0044] 如图 3 所示, 控制器获得温度、湿度的加权均值反馈 T_f, H_f 及时滞时间 T_d, H_d 之后, 使用 T_f, H_f 计算输入控制量, 不会对系统的干扰进行响应, 并能通过时滞时间 T_d, H_d 预测温度的动态变化, 从而提早作出处理, 如果设定目标温度 T_m 、湿度 H_m , 那么在温度、湿度分别达到 $T_m - x/T_d$ 和 $H_m - y/H_d$ 时停止对温度和湿度进行控制, 给出最佳的控制时间, 减少超调与震荡。

[0045] 如图 4 所示, 人工气候室光源一般使用钠灯, 一个钠灯能提供 g_1 的光照度, N_g 个钠灯就能够提供 N_g 种光照度, 根据需求光照度 G , 选择与 G 最接近的灯光组合, 并开启灯。

[0046] 应用实例: 选取 2 组传感器分别为 c_1 和 c_2 测量人工气候室的温度、湿度, 设置采用周期为 2 秒, 数据库历史数据长度为 100 组, N_1 为 5, 加权值 α 分别为 $[0.3, 0.2, 0.2, 0.2, 0.1]$, 常数 x 为 8, y 为 10。当前时刻, 系统 c_1 附近发生扰动, 传感器 c_1 采集到的温度为 30°C , 湿度为 89% ; c_2 采集到的温度为 26°C , 湿度为 81% , 滤波器将 2 个位置的温度、湿度进行均值处理, 获得的实时温度为 28°C , 湿度为 85% , 并将其存入数据库, 数据库丢弃最旧的一组数据。然后, 滤波器提取数据库中最最近的 5 组数据, 按照加权值 α 计算获得加权平均值。假设已存的 5 组数据分别为:

[0047] 温度 $[^\circ\text{C}]$: 28, 25, 24, 24, 25

[0048] 湿度 $[\%]$: 85, 80, 79, 77, 80

[0049] 可计算得反馈值 T_f, H_f 分别为 $25.5^\circ\text{C}, 80.7\%$; 与前面的测得数值一致, 因此该扰动并不会对系统产生影响。同时, 滤波器根据数据库中的数据:

[0050] $[\dots 24.0; 24.0; 24.1; 24.2; 24.4; 24.5; 24.7; 24.9; 25.0; 25.1; 25.3; 25.5; 25.8; 26.0; 26.2; 26.4; 26.8; 27.2; 27.4; 27.6; 27.7; 27.9; 28.0; 28.0; \dots]$ 分析可得温度从 24°C 到 28°C 保持稳定, 中间所包含的数据个数为 20 个, 那么温度在 $[24, 28]$ 区间的时滞时间 T_d 为 $2 \times 20 = 40$ 秒, 那么在控制人工气候室温度达到 28°C 的过程中, 温度应该在达到 $28 - 8/40 = 27.8^\circ\text{C}$ 时停止控制, 湿度控制同理。灯光设定为 $50001x$, 1 盏钠灯提供 $8001x$ 的光照度, 那么开启 6 盏钠灯即可满足需求。

[0051] 本领域的技术人员容易理解, 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

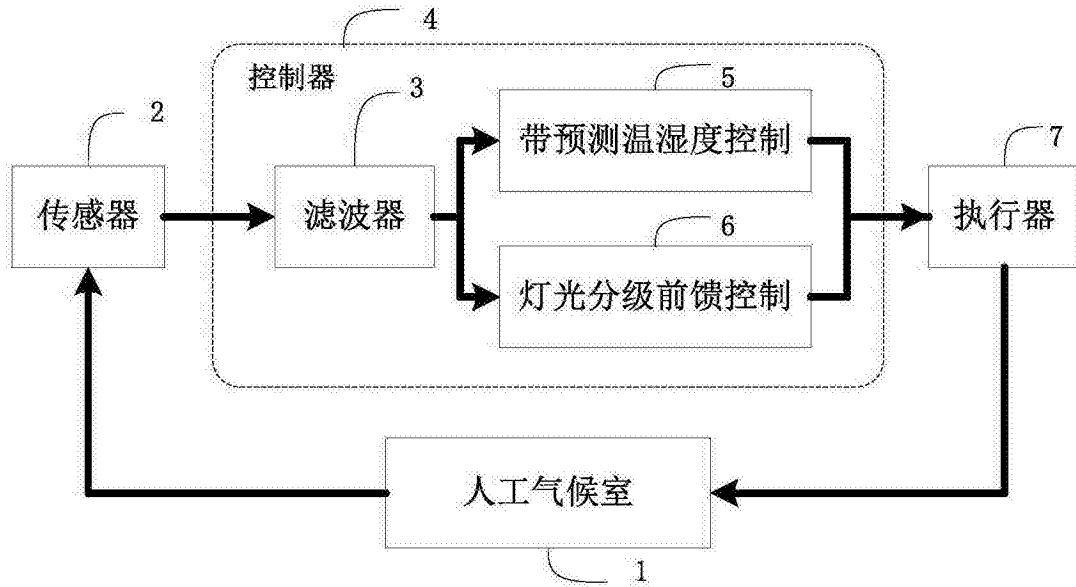


图 1

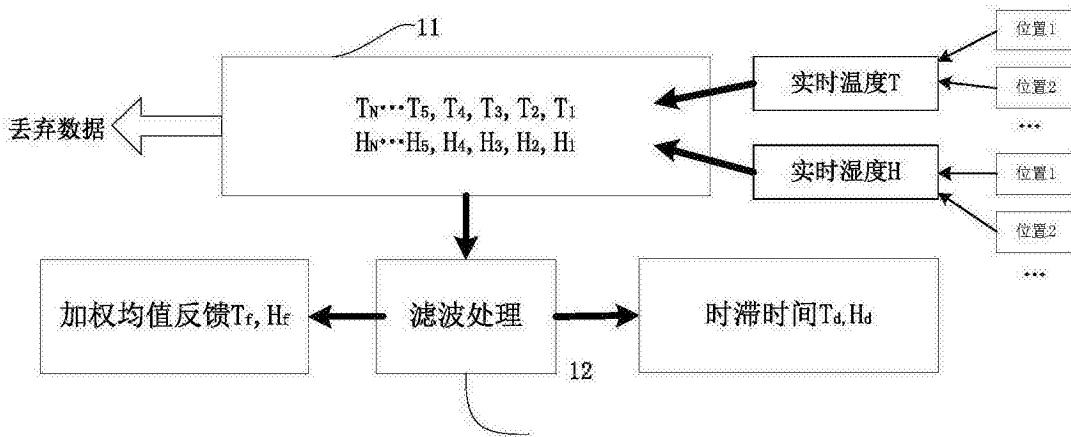


图 2

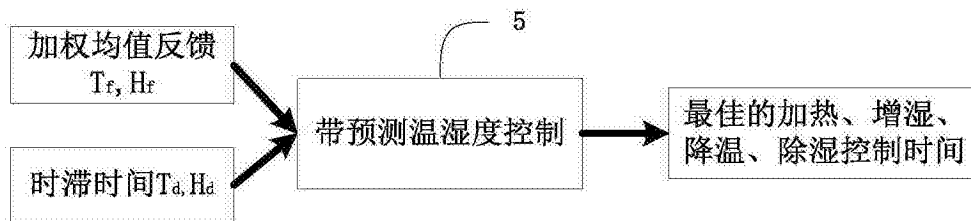


图 3

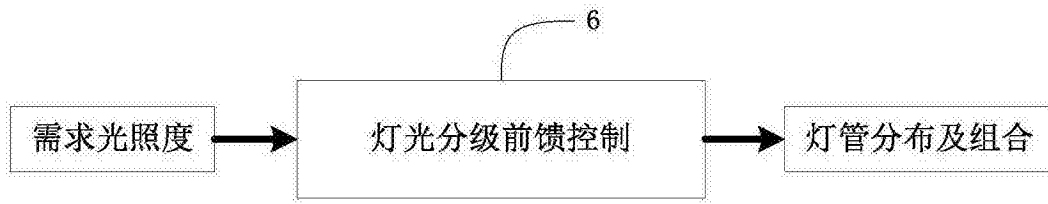


图 4