

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 7 月 16 日 (16.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/143223 A1

- (51) 国际专利分类号:
A01G 9/24 (2006.01) *F24F 7/007* (2006.01)
F24F 5/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/099154
- (22) 国际申请日: 2019 年 8 月 3 日 (03.08.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910015689.8 2019 年 1 月 8 日 (08.01.2019) CN
- (71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
- (72) 发明人: 齐振宇 (QI, Zhenyu); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 周杰 (ZHOU, Jie); 中国浙江省杭州市

西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
金蓉 (JIN, Rong); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 胡卫珍 (HU, Weizhen); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 孔德栋 (KONG, Dedong); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 洪之奇 (HONG, Zhiqi); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 吕秉韬 (LU, Bingtao); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 王慧泉 (WANG, Huiquan); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 胡美华 (HU, Meihua); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 蔡林生 (CAI, Linsheng); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。

(54) Title: SCIENTIFIC RESEARCH GREENHOUSE WET CURTAIN COOLING DEVICE AND CONTROL METHOD

(54) 发明名称: 一种科研温室湿帘降温装置及控制方法

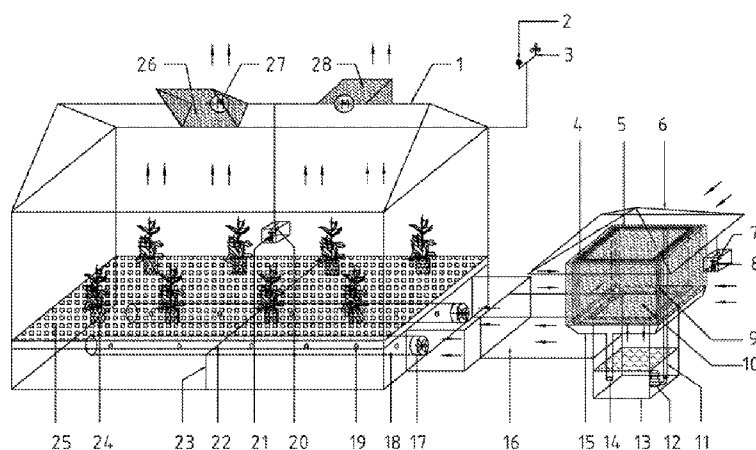


图 1

(57) Abstract: A scientific research greenhouse wet curtain cooling device and a control method. A wet curtain of the device adopts a box-type design. An air duct (16) is connected to the bottom of a greenhouse (1), a grid plate (25) is provided in the greenhouse to divide the greenhouse (1) into upper and lower parts. A guide net (4) covers the vertical surface of the box-type wet curtain, and a return tank (15) is provided below the wet curtain. The return tank (15) adopts a large cornice design, so that the dripping of water leaked from the wet curtain is effectively prevented. The feedforward PID control is adopted, and by means of expected feedforward of indoor temperature, the accuracy of natural ventilation cooling and wet curtain fan cooling conversion and the stability of equipment operation are improved. After the device is started, the fan (17) adopts variable frequency control, and the quantity of fresh air flowing into the greenhouse (1) is adjusted to achieve the purpose of precisely regulating indoor temperature of the greenhouse. By means of the bottom positive-pressure air supply design, the effective use area of the greenhouse is increased, and the introduction of greenhouse crop pathogen and insect sources is reduced.

(74) 代理人: 杭州求是专利事务所有限公司 (HANGZHOU QIUSHI PATENT OFFICE CO., LTD.); 中国浙江省杭州市西湖区玉古路 147 号黄鸿年科技综合大楼 215 室 / 应孔月, Zhejiang 310013 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第 21 条 (3))。

(57) 摘要: 一种科研温室湿帘降温装置及控制方法, 该装置湿帘采用箱式设计, 风道 (16) 与温室 (1) 底部连接, 温室内设置栅格板 (25), 将温室 (1) 分为上下两部分, 箱式湿帘立面覆盖导流网 (4)、湿帘下方设置回水槽 (15), 回水槽 (15) 采用大檐口设计, 有效防止湿帘滴落漏水。采用前馈式 PID 控制, 通过室内温度的预期前馈, 提高自然通风降温与湿帘风机降温转换的准确性与设备运行的稳定性。装置启动后, 风机 (17) 采用变频控制, 调节进入温室 (1) 的新风量, 达到精确调控室内温度的目的, 底部正压式的送风设计, 提高了温室的有效使用面积, 并减少了温室作物病原、虫源的进入。

一种科研温室湿帘降温装置及控制方法

技术领域

本发明涉及温室降温技术领域，尤其涉及一种科研温室湿帘降温装置及控制方法。

背景技术

科研温室一般分区数较多，单个分区的面积较小，各分区彼此相邻或通过连廊连接，且科研温室配置的设备较多。因此，科研温室在温室结构的设计与设备的空间布局上存在着较多的困难。传统温室的湿帘与风机分别安装在温室的相对的两侧，通过风机排风，温室内形成负压，使得室外的干热空气通过湿帘，湿帘水气化吸热，进行降温，这种风机湿帘降温方式对于面积较大、设备配置较少的生产性温室较为适用，但对于面积小、环境控制要求高的科研温室存在较多问题。传统的风机湿帘的降温方式，往往因为湿帘与风机的遮阳导致温室内风机与湿帘侧采光不足，在温室面积较大的情况下，这种局部的影响相对于整个温室的影响较小；而当科研温室单个分区面积较小的情况下，湿帘与风机的遮阳对整个温室的采光的影响就变得十分严重。同时，在面积较小的情况下，还要设置出入口、通道等必须空间，往往造成湿帘进风口面积不够、科研温室内温度分布不均等问题，导致科研温室的降温效果不佳。传统的负压式风机湿帘降温装置，还容易造成温室内作物病原、虫源通过窗户、门和玻璃间的缝隙吸入。在湿帘结构设计上，传统湿帘因为侧面平整度等因素，造成湿帘滴落漏水，引起温室内蓝藻、有害菌等繁殖，影响温室的正常运行。

在湿帘风机装置的控制上，风机湿帘装置的启动与自然通风之间的转换判断不准确，传统的湿帘只是根据室内温度进行开启或停止控制，没有考虑实际的降温效果与能耗效率；风机的控制上，采用简单的开启与停止的控制，不能获得适宜的降温通风量，并造成室内温度变幅过大，空气流动骤起与骤停，使得温室内环境的稳态性较差，影响了温室内作物的正常生长。另外，频繁的设备启动与停止，也会影响设备的正常运行与使用寿命，以及设备配电与供电。

发明内容

为了克服现有科研温室湿帘降温装置的不足，本发明提供了一种适用于科研温室的风机湿帘降温装置及控制方法，该科研温室湿帘降温装置可广泛应用于对环境控制精度高、降温与防病虫害效果好的科研温室、小型试验温室。

为了达到上述目的，本发明所采用的技术方案如下：一种科研温室湿帘降温装置，用于给温室进行降温，该降温装置包括用于检测室外太阳辐射值的辐射传感器、用于室外风速的

风速传感器、导流网、密封盖、用于检测室外温度的室外干球温度传感器、用于检测室外气温的室外湿球温度传感器、水泵、湿帘池、回水槽、风道、变频风机、通风管、用于检测室内温度的室内干球温度传感器、用于检测室内气温的室内湿球温度传感器、植物、栅格板、顶窗、顶窗电机、箱式湿帘；所述温室内设置栅格板，将温室分为上下两个部分；栅格板上放置植物；温室顶部设有顶窗，顶窗由顶窗电机驱动开闭；所述温室下部设有若干通风管，通风管与风道的一端相接，相接处设有变频风机，所述通风管上设有若干出风口，风道的另一端与箱式湿帘的出风口相接；所述箱式湿帘的内外两侧覆有导流网；所述箱式湿帘下方设有回水槽，回水槽与湿帘池相连通，水泵放置于湿帘池；水泵抽取湿帘池中的水，将水注入导流网；所述箱式湿帘顶端设有密封盖，所述辐射传感器、风速传感器、室内干球温度传感器、室内湿球温度传感器、室外干球温度传感器、室外湿球温度传感器、水泵、变频风机和顶窗电机均与控制器相连。

进一步的，所述栅格板材质选择玻璃钢或镀锌钢。

进一步的，所述箱式湿帘由四块相同的湿帘块组合而成的箱体，箱体中间空腔为风道，四周为进风口，上部设密封盖，箱式湿帘出风口位于湿帘箱体和湿帘池之间。

进一步的，所述导流网的网目为菱形结构，网目的长度为5mm~15mm；导流网由合成纤维网线编制而成，合成纤维网线直径在0.1mm~0.6mm。

进一步的，所述回水槽为大檐口结构，檐口的宽度为20mm~50mm。

进一步的，所述箱式湿帘的地面中心位置与温室底部进风口的直线距离为2~6米。

进一步的，所述辐射传感器和风速传感器固定在温室天沟正上方；所述室内干球温度传感器和室内湿球温度传感器设置在温室的中央；所述室外干球温度传感器和室外湿球温度传感器设置在密封盖的外缘。

进一步的，所述箱式湿帘的四周的进风口处设有进风口防虫网。

进一步的，所述顶窗外罩有顶窗防虫网。

本发明的另一目的是提供上述一种科研温室湿帘降温装置的控制方法，其特征在于，该方法包括如下步骤：

步骤一、首先在控制器上设定变频风机启动的温度阈值 T_f 、水泵启动的温度阈值 T_b 、水泵启动的能耗效率阈值 T_h ；控制器实时接收辐射传感器、风速传感器、室内干球温度传感器、室内湿球温度传感器、室外干球温度传感器、室外湿球温度传感器传递来的信息；

步骤二、室外干球温度传感器、风速传感器以及辐射传感器检测到的信息传递给控制器，控制器根据接收到的室外气温、辐射强度、风速对室内温度的影响值和开窗自然通风情况下，

计算室内期望气温，室内期望气温 T_q 计算如下：

$$T_q = T_o + T_r + T_w + T_v + T_s$$

$$T_o = k_1 \times (t_1 - t_0)$$

$$T_r = k_2 \times (r_1 - r_0)$$

$$T_w = k_3 \times (s - s_0)$$

$$T_v = k_4 \times (v - v_0)$$

式中 T_q 为室内期望气温； T_s 为设定的标准温度； T_o 为室外温度对室内温度的影响值； T_r 为太阳辐射强度对室内温度的影响值； T_w 为室外风速对室内温度的影响值； T_v 为温室自然开窗比对室内温度的影响； k_1 为计算室外温度对室内温度影响值的影响系数， t_1 为当前室外温度， t_0 为指定的室外温度参考值， k_2 为计算太阳辐射强度室内温度影响值的影响系数， r_1 为当前室外辐射强度， r_0 为指定的室外辐射强度参考值； k_3 为计算室外风速室内温度影响值的影响系数， s 为当前室外风速， s_0 为指定的室外风速参考值； k_4 为计算温室开窗比对室内温度的影响值的影响系数， v 为当前温室开窗比， v_0 为指定的温室开窗比参考值；

如果室内当前期望气温 $t_q(n)$ 与设定的室内降温目标温度 $t(n)$ 的差高于风机启动的温度阈值 T_f ，即 $(t_q(n) - t(n)) \geq T_f$ ，控制器控制顶窗开启，变频风机启动工作；反之，控制器控制顶窗停止工作；

步骤三、当控制器控制变频风机启动工作时，对于变频风机利用PID控制调节变频风机转速，调节温室通风量；

$t(n)$ 为室内降温的目标温度， $t_3(n)$ 为用当前室内干球温度传感器实际测得的反馈气温，变频风机的变频器输出频率 $f(x)$ 由 $t(n)$ 和 $t_3(n)$ 决定，若 $t_3(n) \geq t(n)$ ，则变频器的输出频率 $f(x)$ 增大，变频风机的转速增加，直至室内干球温度传感器实际测得气温 $t_3(n)$ 与设定的室内目标温度 $t(n)$ 相等为止；反之，若 $t_3(n) < t(n)$ ，则变频器的输出频率 $f(x)$ 减小，风机的转速降低，直至室内干球温度传感器实际测得气温 $t_3(n)$ 与设定的室内目标温度 $t(n)$ 相等为止；

步骤四、室内干球温度传感器、室内湿球温度传感器、室外干球温度传感器、室外湿球温度传感器每隔m分钟进行一次信号检测，检测到的信号传递给控制器，控制器根据检测到的信号，控制水泵启动与停止，计算如下：

$$P = \begin{cases} 1 & \left[(t_q(n) \geq t(n)) \right] \& \left[(t_3(n) - t(n)) \geq T_b \right] \\ & \& \left\{ \left[(t_1(n) - t_2(n)) - (t_3(n) - t_4(n)) \right] \geq T_h \right\} \\ 0 & \frac{\left[(t_q(n) \geq t(n)) \right] \& \left[(t_3(n) - t(n)) \geq T_b \right]}{\& \left\{ \left[(t_1(n) - t_2(n)) - (t_3(n) - t_4(n)) \right] \geq T_h \right\}} \end{cases}$$

式中 P 为水泵启动与停止状态，1为开启，0为停止； $t_4(n)$ 为室内湿球温度传感器检测到的温度值； $t_3(n)$ 为室内干球温度传感器检测到的温度值； $t_2(n)$ 为室外湿球温度传感器检测到的温度值； $t_1(n)$ 为室外干球温度传感器检测到的温度值； $t(n)$ 为设定的温室降温目标温度； $t_q(n)$ 为控制器根据室外气象因子计算出的当前温室期望温度； T_b 为设定水泵启动降温的温度阈值； T_h 为设定水泵运行的能耗效益阈值；

通过步骤一至步骤四，控制器控制装置中变频风机的启动或停止、水泵的启动与停止、顶窗的开启与关闭，并根据室外计算出的新风量调节变频风机的通风量，从而调节温室内的温度、湿度，使室内气温、湿度达到设置的要求。

本发明的有益效果是：通过湿帘的箱式设计，便利了湿帘与温室的分开布置。通过湿帘与温室的分开布置，解决了的湿帘对温室的遮阳影响。通过栅格板将温室上、下空间隔离，并在下部设置通风管与变频风机，消除了传统湿帘风机降温装置，风机对温室遮光的影响，同时，通过底部正压式送风设计，提高了温室的有效使用面积，并减少了温室作物病原、虫源从温室窗户、门和玻璃等缝隙的吸入。在温室的底部设置进风口，顶部设置出风口，有效利用冷、热空气上下对流中，热空气的自然升力，提高通风效率，减少了降温能耗。湿帘立面覆盖导流网、湿帘水槽采用大檐口设计，有效防止湿帘滴落漏水。

在控制方法上，采用前馈式PID控制，控制器根据室外干球气温以及辐射强度、风速和开窗比对室内温度的影响值，计算温室内预期温度进行前馈，准确判断自然通风降温与湿帘风机降温之间的适时转换，提高了温度控制的精确性与设备运行的稳定性。在装置启动运行后，风机采用变频控制，调节进入温室的新风量，达到精确调控温室室内温度的目的，避免传统风机启动与停止，温室内温度剧烈变化的弊端。通过温室外干、湿球温度的差值与温室

内干、湿球温度的差值的比较，衡量湿帘水泵运行的降温效率，并根据阈值的设定，提高湿帘水泵运行的能源效率。

附图说明

图 1 是本发明的原理图；

图 2 是本发明降温模式的侧面图；

图 3 是本发明湿帘的结构图；

图 4 是本发明湿帘的剖面图图；

图中， 温室 1、辐射传感器 2、风速传感器 3、导流网 4、喷水管 5、密封盖 6、室外干球温度传感器 7、室外湿球温度传感器 8、湿帘块 9、进风口防虫网 10、供水管 11、水泵 12、湿帘池 13、排水管 14、回水槽 15、风道 16、变频风机 17、通风管 18、出风口 19、室内干球温度传感器 20、室内湿球温度传感器 21、横梁 22、立柱 23、植物 24、栅格板 25、顶窗 26、顶窗电机 27、顶窗防虫网 28。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明进一步的说明；

如图1-2所示，一种科研温室湿帘降温装置，用于给温室1进行降温，该降温装置包括用于检测室外太阳辐射值的辐射传感器2、用于室外风速的风速传感器3、导流网4、喷水管5、密封盖6、用于检测室外温度的室外干球温度传感器7、用于检测室外气温的室外湿球温度传感器8、湿帘块9、进风口防虫网10、供水管11、水泵12、湿帘池13、排水管14、回水槽15、风道16、变频风机17、通风管18、出风口19、用于检测室内温度的室内干球温度传感器20、用于检测室内气温的室内湿球温度传感器21、横梁22、立柱23、植物24、栅格板25、顶窗26、顶窗电机27、顶窗防虫网28、箱式湿帘。所述温室1有若干立柱23与若干横梁22，横梁22上方放置栅格板25，将温室1分为上下两个部分，栅格板25上放置植物24进行试验。所述温室1顶部设顶窗26，顶窗26由顶窗电机27驱动顶窗26的开合（这种控制开合的连接方式为常规的手段，可以通过顶窗电机27直接驱动顶窗26的旋转轴转动，亦可采用连接件将动力传递到顶窗26），顶窗26外罩有顶窗防虫网28。所述温室1下部设有若干通风管18，通风管18与风道16的一端相接，相接处设有变频风机17，所述通风管18上设有若干出风口19，所述风道16的另一端与箱式湿帘的出风口相接。所述箱式湿帘由四块相同湿帘块9组合而成，箱式湿帘的四周为进风口，进风口处设有进风口防虫网10。所述湿帘块9内外两侧覆有导流网4，湿帘块9上面设有喷水管5，喷水管5与供水管11相连，供水管11与水泵12相接，水泵12放置于湿帘池13底部。所述湿帘块9下面设有回水槽15，回水槽15下端有排水管14，排水管14与湿帘池13相连接。

所述箱式湿帘顶端设有密封盖6，密封盖6的外缘处设有室外气象盒，室外气象盒内配置室外干球温度传感器7和室外湿球温度传感器8。所述温室1外天沟处设有辐射传感器2与风速传感器3。所述温室1内的中央设有室内气象盒，室内气象盒内配置有室内干球温度传感器20与室内湿球温度传感器21。所述辐射传感器2、风速传感器3、室内干球温度传感器20、室内湿球温度传感器21、室外湿球温度传感器8、室外湿球温度传感器、水泵12、变频风机17和顶窗电机27均与控制器相连。所述控制器可以采用浙江大学ZJU-AES-09型号的产品，但不限于此。

进一步的，栅格板25材质可选择玻璃钢或镀锌钢，栅格的形状一般为矩形，大小规格可以25mm*25mm至60mm*60mm，优选38mm*38mm，栅格板25的厚度25mm~50mm，优选38mm。

进一步的，箱式湿帘布置于距离温室1一定距离的位置，通过风道16与栅格板25离的温室1底部连接。箱式湿帘的地面中心位置与温室1底部进风口的直线距离为2~6米，优选4米。。

如图3-4所示 所述箱式湿帘采用箱式设计，由四块相同的湿帘块9组合而成的箱体，箱体中间空腔为风道16，四周为进风口。上部设密封盖6，湿帘出风口19位于湿帘箱体和湿帘池13之间。导流网4的网目为菱形结构，网目的长度为5mm~15mm，优选10mm，导流网4可由合成纤维网线编制而成，合成纤维网线直径在0.1mm~0.6mm，优选0.3mm。箱式湿帘的下端设水槽，水槽为大檐口设计，檐口的宽度为20mm~50mm，优选35mm。

在科研温室湿帘降温装置的控制上，采用前馈式PID控制，控制器根据室外干球气温、辐射强度、风速和开窗比对室内温度的影响值，计算温室内预期温度进行前馈，准确判断自然通风降温与湿帘风机降温之间的适时转换，提高室内温度控制的精确性与设备运行的稳定性。在装置启动运行后，风机采用变频控制，通过PID控制调节进入温室1的新风量，达到精确调控温室1室内温度的目的，避免传统风机启动与停止，温室1内温度剧烈变化的弊端。通过室外干、湿球温度的差值与室内干、湿球温度的差值的比较，衡量水泵12运行的降温效率，并根据阈值的设定，启动和停止水泵12的运行，提高水泵12运行的能源效率。

具体包括以下步骤：

步骤一、首先在控制器上设定室内启动风机降温的阈值 T_f 、湿帘水泵12启动的温度阈值 T_b 、湿帘水泵12启动的能耗效率阈值 T_h ；控制器实时接收室外辐射传感器2、风速传感器3、室内干球温度传感器20、室内湿球温度传感器21、室外干球温度传感器7、室外湿球温度传感器8传递来的信息。

步骤二、室外干球温度传感器7、风速传感器3、辐射传感器2检测到的信息传递给控制器，控制器根据接收到的室外气温、辐射强度、风速对室内温度的影响值和开窗自然通风情况下，

计算室内期望气温，室内期望气温 T_q 计算如下：

$$T_q = T_o + T_r + T_w + T_v + T_s$$

$$T_o = k_1 \times (t_1 - t_0)$$

$$T_r = k_2 \times (r_1 - r_0)$$

$$T_w = k_3 \times (s - s_0)$$

$$T_v = k_4 \times (v - v_0)$$

式中 T_q 为室内期望气温； T_s 为设定的标准温度； T_o 为室外温度对室内温度的影响值； T_r 为太阳辐射强度对室内温度的影响值； T_w 为室外风速对室内温度的影响值； T_v 为温室1自然开窗比对室内温度的影响； k_1 为计算室外温度对室内温度影响值的影响系数， t_1 为当前室外温度， t_0 为指定的室外温度参考值， k_2 为计算太阳辐射强度室内温度影响值的影响系数， r_1 为当前室外辐射强度， r_0 为指定的室外辐射强度参考值； k_3 为计算室外风速室内温度影响值的影响系数， s 为当前室外风速， s_0 为指定的室外风速参考值； k_4 为计算温室1开窗比对室内温度的影响值的影响系数， v 为当前温室1开窗比， v_0 为指定的温室1开窗比参考值。

如果室内当前期望气温 $t_q(n)$ 与设定的室内降温目标温度 $t(n)$ 的差高于启动降温的温度阈值 T_f ，即 $(t_q(n) - t(n)) \geq T_f$ ，控制器控制顶窗电机27开启，变频风机17启动工作；反之，控制器控制顶窗电机27停止工作。

步骤三、当控制器控制变频风机17启动工作时，对于变频风机利用PID控制调节变频风机17的转速，调节温室1通风量。

$t(n)$ 为室内降温的目标温度， $t_3(n)$ 为用当前室内干球温度传感器20实际测得的反馈气温，变频风机的变频器输出频率 $f(x)$ 由 $t(n)$ 和 $t_3(n)$ 决定。若 $t_3(n) \geq t(n)$ ，则变频器的输出频率 $f(x)$ 增大，变频风机17的转速增加，直至室内干球温度传感器20实际测得气温 $t_3(n)$ 与设定的室内目标温度 $t(n)$ 相等为止。反之，若 $t_3(n) < t(n)$ ，则变频器的输出频率 $f(x)$ 减小，风机的转速降低，直至室内干球温度传感器20实际测得气温 $t_3(n)$ 与设定的室内

目标温度 $t(n)$ 相等为止。

步骤四、室内干球温度传感器20、室内湿球温度传感器21、室外干球温度传感器7、室外湿球温度传感器8 每隔 m 分钟进行一次信号检测， m 的取值为1~10，优选5，检测到的信号传递给控制器，控制器根据检测到的信号，控制湿帘水泵12启动与停止，计算如下：

$$P = \begin{cases} 1 & \left[(t_q(n) \geq t(n)) \right] \& \left[(t_3(n) - t(n)) \geq T_b \right] \\ & \& \left\{ \left[(t_1(n) - t_2(n)) - (t_3(n) - t_4(n)) \right] \geq T_h \right\} \\ 0 & \overline{\left[(t_q(n) \geq t(n)) \right] \& \left[(t_3(n) - t(n)) \geq T_b \right]} \\ & \overline{\& \left\{ \left[(t_1(n) - t_2(n)) - (t_3(n) - t_4(n)) \right] \geq T_h \right\}} \end{cases}$$

式中 P 为水泵12启动与停止状态，1为开启，0为关闭； $t_4(n)$ 为室内湿球温度传感器21检测到的温度值； $t_3(n)$ 为室内干球温度传感器20检测到的温度值； $t_2(n)$ 为室外湿球温度传感器8检测到的温度值； $t_1(n)$ 为室外干球温度传感器7检测到的温度值； $t(n)$ 为设定的当前温室1降温目标温度； $t_q(n)$ 为控制器根据室外气象因子计算出的当前温室1的期望温度； T_b 为设定湿帘泵启动降温的温度阈值； T_h 为设定湿帘泵启动能耗效益阈值。

通过步骤一至步骤四，控制器控制装置中风机的启动或停止、水泵12的启动与停止、顶窗26的开启与关闭，并根据室外进风口的新风量调节变频风机的通风量，从而调节温室1内的温度、湿度，使室内气温、湿度达到设置的要求。

该装置湿帘采用箱式设计，并布置于距离温室1一定距离的位置，通过风道16与栅格板25隔离的温室1底部连接，温室1底部设置通风管18与变频风机。外界干热空气在变频风机的负压下，通过湿帘降温后变成湿冷空气，经过风道16与变频风机后，正压式进入科研温室1，并经通风管18、出风口与栅格板25后，对科研温室1试验区域进行降温，降温完成后变成热空气经科研温室1顶窗26排出室外。通过湿帘与温室1的分开布置，解决了箱式湿帘对温室1的遮阳影响。通过湿帘的箱式设计，便利了湿帘与温室1的分开布置。通过栅格板25将温室1上、下空间隔离，并在下部设置通风管18与变频风机17，消除了传统湿帘风机降温装置，风机对温室1遮光的影响，同时，通过底部正压式送风设计，提高了温室1的有效使用面积，并减少了温室1作物病原、虫源从温室1窗户、门和玻璃等缝隙的吸入。在温室1的底部设置进风口，顶部设置出风口，有效利用冷、热空气上下对流中，热空气的自然

升力，提高通风效率，减少了降温能耗。湿帘立面覆盖导流网 4、湿帘水槽采用大檐口设计，有效防止湿帘滴落漏水。

在控制方法上，采用前馈式 PID 控制，控制器根据室外干球气温以及辐射强度、风速和开窗比对室内温度的影响值，计算温室 1 内预期温度进行前馈，准确判断自然通风降温与湿帘风机降温之间的适时转换，提高了温度控制的精确性与设备运行的稳定性。在装置启动运行后，风机采用变频控制，调节进入温室 1 的新风量，达到精确调控温室 1 室内温度的目的，避免传统风机启动与停止，温室 1 内温度剧烈变化的弊端。通过温室外干、湿球温度的差值与温室内干、湿球温度的差值的比较，衡量湿帘水泵 12 运行的降温效率，并根据阈值的设定，提高湿帘水泵 12 运行的能源效率。该科研温室湿帘降温装置可广泛应用于对环境控制精度高、降温与防病虫害效果好的科研温室、小型试验温室。

权利要求书

1. 一种科研温室湿帘降温装置，用于给温室进行降温，其特征在于，该降温装置包括用于检测室外太阳辐射值的辐射传感器、用于室外风速的风速传感器、导流网、密封盖、用于检测室外温度的室外干球温度传感器、用于检测室外气温的室外湿球温度传感器、水泵、湿帘池、回水槽、风道、变频风机、通风管、用于检测室内温度的室内干球温度传感器、用于检测室内气温的室内湿球温度传感器、植物、栅格板、顶窗、顶窗电机、箱式湿帘；所述温室内设置栅格板，将温室分为上下两个部分；栅格板上放置植物；温室顶部设有顶窗，顶窗由顶窗电机驱动开闭；所述温室下部设有若干通风管，通风管与风道的一端相接，相接处设有变频风机，所述通风管上设有若干出风口，风道的另一端与箱式湿帘的出风口相接；所述箱式湿帘的内外两侧覆有导流网；所述箱式湿帘下方设有回水槽，回水槽与湿帘池相连通，水泵放置于湿帘池；水泵抽取湿帘池中的水，将水注入导流网；所述箱式湿帘顶端设有密封盖，所述辐射传感器、风速传感器、室内干球温度传感器、室内湿球温度传感器、室外干球温度传感器、室外湿球温度传感器、水泵、变频风机和顶窗电机均与控制器相连。

2. 根据权利要求1所述的一种科研温室湿帘降温装置，其特征在于，所述栅格板材质选择玻璃钢或镀锌钢。

3. 根据权利要求1所述的一种科研温室湿帘降温装置，其特征在于，所述箱式湿帘由四块相同的湿帘块组合而成的箱体，箱体中间空腔为风道，四周为进风口，上部设密封盖，箱式湿帘出风口位于湿帘箱体和湿帘池之间。

4. 根据权利要求1所述的一种科研温室湿帘降温装置，其特征在于，所述导流网的网目为菱形结构，网目的长度为5mm~15mm；导流网由合成纤维网线编制而成，合成纤维网线直径在0.1mm~0.6mm。

5. 根据权利要求1所述的一种科研温室湿帘降温装置，其特征在于，所述回水槽为大檐口结构，檐口的宽度为20mm~50mm。

6. 根据权利要求1所述的一种科研温室湿帘降温装置，其特征在于，所述箱式湿帘的地面中心位置与温室底部进风口的直线距离为2~6米。

7. 根据权利要求1所述的一种科研温室湿帘降温装置，其特征在于，所述辐射传感器和风速传感器固定在温室天沟正上方；所述室内干球温度传感器和室内湿球温度传感器设置在温室的中央；所述室外干球温度传感器和室外湿球温度传感器设置在密封盖的外缘。

8. 根据权利要求1所述的一种科研温室湿帘降温装置，其特征在于，所述箱式湿帘的四周的进风口处设有进风口防虫网。

9. 根据权利要求1所述的一种科研温室湿帘降温装置, 其特征在于, 所述顶窗外罩有顶窗防虫网。

10. 一种权利要求1-9任一项所述一种科研温室湿帘降温装置的控制方法, 其特征在于, 该方法包括如下步骤:

步骤一、首先在控制器上设定变频风机启动的温度阈值 T_f 、水泵启动的温度阈值 T_b 、水泵启动的能耗效率阈值 T_h ; 控制器实时接收辐射传感器、风速传感器、室内干球温度传感器、室内湿球温度传感器、室外干球温度传感器、室外湿球温度传感器传递来的信息;

步骤二、室外干球温度传感器、风速传感器以及辐射传感器检测到的信息传递给控制器, 控制器根据接收到的室外气温、辐射强度、风速对室内温度的影响值和开窗自然通风情况下, 计算室内期望气温, 室内期望气温 T_q 计算如下:

$$T_q = T_o + T_r + T_w + T_v + T_s$$

$$T_o = k_1 \times (t_1 - t_0)$$

$$T_r = k_2 \times (r_1 - r_0)$$

$$T_w = k_3 \times (s - s_0)$$

$$T_v = k_4 \times (v - v_0)$$

式中 T_q 为室内期望气温; T_s 为设定的标准温度; T_o 为室外温度对室内温度的影响值; T_r 为太阳辐射强度对室内温度的影响值; T_w 为室外风速对室内温度的影响值; T_v 为温室自然开窗比对室内温度的影响; k_1 为计算室外温度对室内温度影响值的影响系数, t_1 为当前室外温度, t_0 为指定的室外温度参考值, k_2 为计算太阳辐射强度室内温度影响值的影响系数, r_1 为当前室外辐射强度, r_0 为指定的室外辐射强度参考值; k_3 为计算室外风速室内温度影响值的影响系数, s 为当前室外风速, s_0 为指定的室外风速参考值; k_4 为计算温室开窗比对室内温度的影响值的影响系数, v 为当前温室开窗比, v_0 为指定的温室开窗比参考值;

如果室内当前期望气温 $t_q(n)$ 与设定的室内降温目标温度 $t(n)$ 的差高于风机启动的温度阈值 T_f , 即 $(t_q(n) - t(n)) \geq T_f$, 控制器控制顶窗开启, 变频风机启动工作; 反之, 控制器控制顶窗停止工作;

步骤三、当控制器控制变频风机启动工作时，对于变频风机利用PID控制调节变频风机转速，调节温室通风量；

$t(n)$ 为室内降温的目标温度， $t_3(n)$ 为用当前室内干球温度传感器实际测得的反馈气温，变频风机的变频器输出频率 $f(x)$ 由 $t(n)$ 和 $t_3(n)$ 决定，若 $t_3(n) \geq t(n)$ ，则变频器的输出频率 $f(x)$ 增大，变频风机的转速增加，直至室内干球温度传感器实际测得气温 $t_3(n)$ 与设定的室内目标温度 $t(n)$ 相等为止；反之，若 $t_3(n) < t(n)$ ，则变频器的输出频率 $f(x)$ 减小，风机的转速降低，直至室内干球温度传感器实际测得气温 $t_3(n)$ 与设定的室内目标温度 $t(n)$ 相等为止；

步骤四、室内干球温度传感器、室内湿球温度传感器、室外干球温度传感器、室外湿球温度传感器每隔 m 分钟进行一次信号检测，检测到的信号传递给控制器，控制器根据检测到的信号，控制水泵启动与停止，计算如下：

$$P = \begin{cases} 1 & \begin{aligned} & \left[(t_q(n) \geq t(n)) \right] \& \left[(t_3(n) - t(n)) \geq T_b \right] \\ & \& \left\{ \left[(t_1(n) - t_2(n)) - (t_3(n) - t_4(n)) \right] \geq T_h \right\} \end{aligned} \\ 0 & \begin{aligned} & \overline{\left[(t_q(n) \geq t(n)) \right] \& \left[(t_3(n) - t(n)) \geq T_b \right]} \\ & \& \left\{ \left[(t_1(n) - t_2(n)) - (t_3(n) - t_4(n)) \right] \geq T_h \right\} \end{aligned} \end{cases}$$

式中 P 为水泵启动与停止状态，1为开启，0为停止； $t_4(n)$ 为室内湿球温度传感器检测到的温度值； $t_3(n)$ 为室内干球温度传感器检测到的温度值； $t_2(n)$ 为室外湿球温度传感器检测到的温度值； $t_1(n)$ 为室外干球温度传感器检测到的温度值； $t(n)$ 为设定的温室降温目标温度； $t_q(n)$ 为控制器根据室外气象因子计算出的当前温室期望温度； T_b 为设定水泵启动降温的温度阈值； T_h 为设定水泵运行的能耗效益阈值；

通过步骤一至步骤四，控制器控制装置中变频风机的启动或停止、水泵的启动与停止、顶窗的开启与关闭，并根据室外计算出的新风量调节变频风机的通风量，从而调节室内的温度、湿度，使室内气温、湿度达到设置的要求。

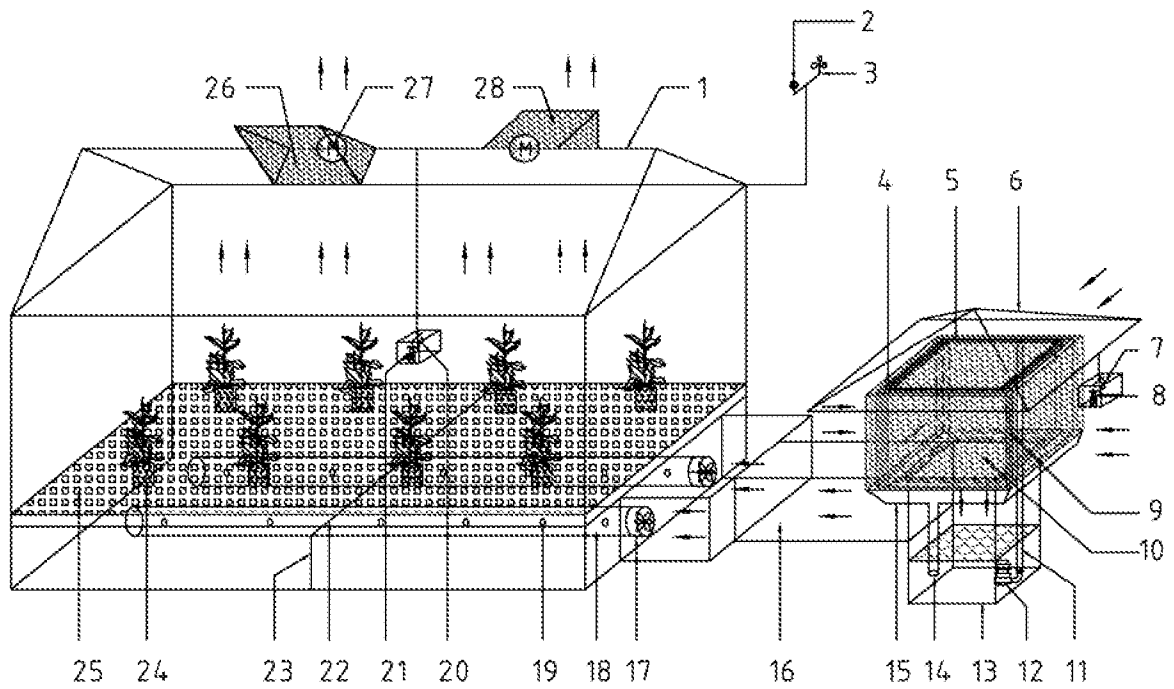


图 1

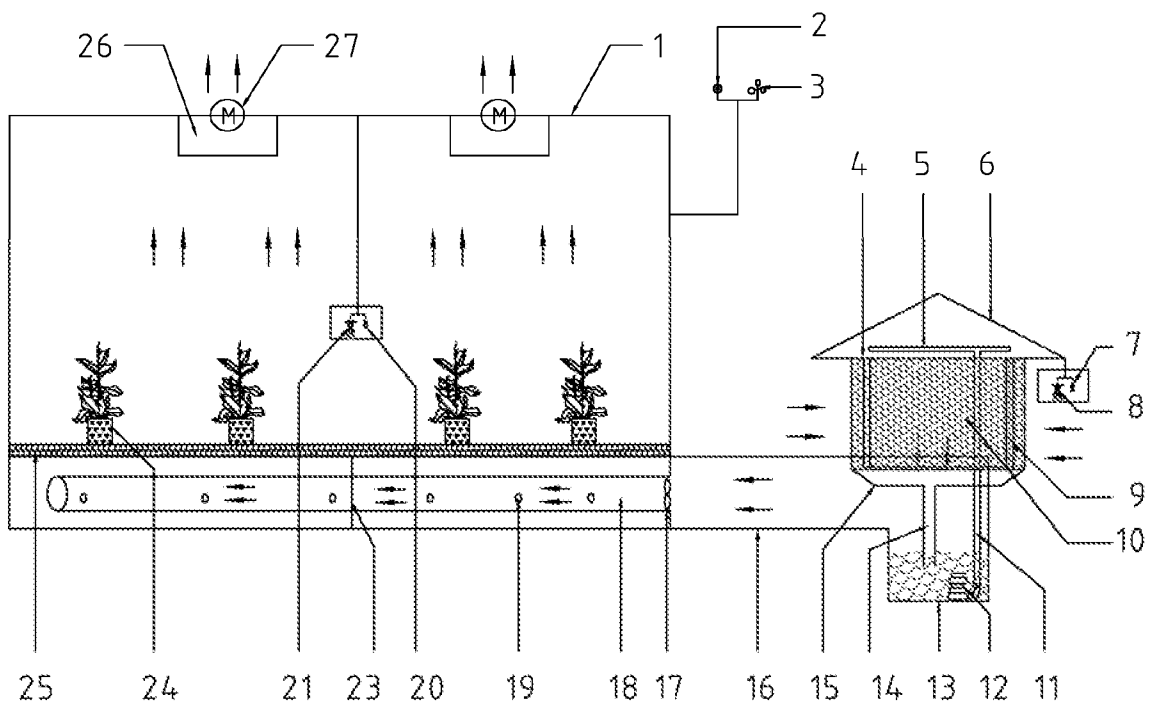


图 2

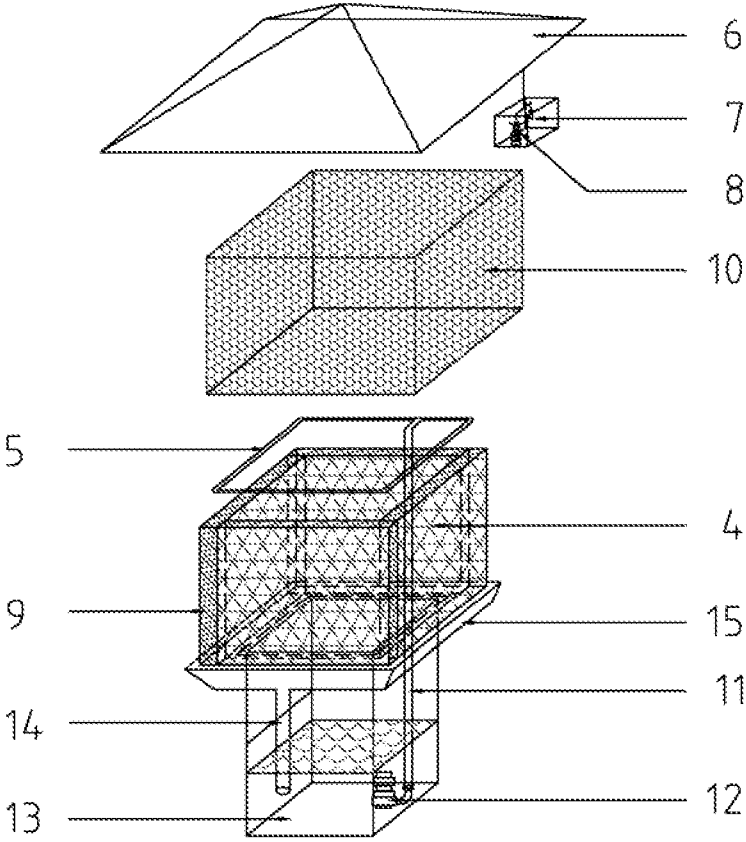


图 3

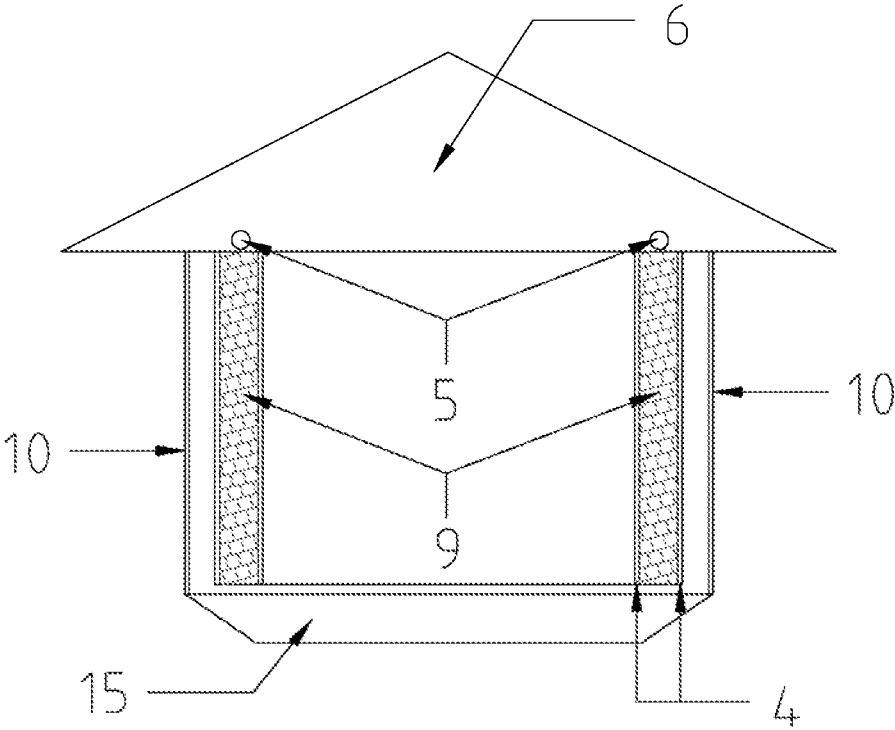


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/099154

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A01G 9/24(2006.01)i; F24F 5/00(2006.01)i; F24F 7/007(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A01G, F24F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

DWPI; CNABS; CNTXT; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI: 温室, 通风, 风机, 送风, 冷却, 加湿, 增湿, 水帘, 湿帘, 控制, 传感器, green house, agricultural house, fan, humilat+, water, wet, curtain, cool, cold, sensor, control

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109681994 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 26 April 2019 (2019-04-26) entire document	1-10
Y	CN 107223495 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 03 October 2017 (2017-10-03) description, paragraphs 35-60, and figures 1-3	1-10
Y	CN 106718351 A (ANHUI HAOTIAN INTELLIGENT ENV EQUIPMENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 31 May 2017 (2017-05-31) description, paragraphs 14-21, and figure 1	1-10
A	CN 108762063 A (JILIN UNIVERSITY) 06 November 2018 (2018-11-06) description, paragraphs 24-79, and figures 1-5	1-10
A	JP 2015006133 A (IBIGAWA KOGYO KK) 15 January 2015 (2015-01-15) entire document	1-10
A	CN 105830819 A (BEIJING ZHONGNONG FU TONG HORTICULTURE CO., LTD.) 10 August 2016 (2016-08-10) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 October 2019

Date of mailing of the international search report

30 October 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/099154

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	109681994	A	26 April 2019	None	
CN	107223495	A	03 October 2017	None	
CN	106718351	A	31 May 2017	None	
CN	108762063	A	06 November 2018	None	
JP	2015006133	A	15 January 2015	None	
CN	105830819	A	10 August 2016	CN 105830819	B 16 November 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/099154

A. 主题的分类 A01G 9/24(2006.01)i; F24F 5/00(2006.01)i; F24F 7/007(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) A01G, F24F 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) DWPI;CNABS;CNTXT;USTXT;EPTXT;WOTXT;CNKI:温室, 通风, 风机, 送风, 冷却, 加湿, 增湿, 水帘, 湿帘, 控制, 传感器, green house, agricultural house, fan, humilat+, water, wet, curtain, cool, cold, sensor, control																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109681994 A (浙江大学) 2019年 4月 26日 (2019 - 04 - 26) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 107223495 A (浙江大学) 2017年 10月 3日 (2017 - 10 - 03) 说明书第35-60段, 附图1-3</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106718351 A (安徽皓天智能环境设备科技有限公司) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第14-21段, 附图1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108762063 A (吉林大学) 2018年 11月 6日 (2018 - 11 - 06) 说明书第24-79段, 附图1-5</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2015006133 A (IBIGAWA KOGYO KK) 2015年 1月 15日 (2015 - 01 - 15) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105830819 A (北京中农富通园艺有限公司) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 109681994 A (浙江大学) 2019年 4月 26日 (2019 - 04 - 26) 全文	1-10	Y	CN 107223495 A (浙江大学) 2017年 10月 3日 (2017 - 10 - 03) 说明书第35-60段, 附图1-3	1-10	Y	CN 106718351 A (安徽皓天智能环境设备科技有限公司) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第14-21段, 附图1	1-10	A	CN 108762063 A (吉林大学) 2018年 11月 6日 (2018 - 11 - 06) 说明书第24-79段, 附图1-5	1-10	A	JP 2015006133 A (IBIGAWA KOGYO KK) 2015年 1月 15日 (2015 - 01 - 15) 全文	1-10	A	CN 105830819 A (北京中农富通园艺有限公司) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 109681994 A (浙江大学) 2019年 4月 26日 (2019 - 04 - 26) 全文	1-10																					
Y	CN 107223495 A (浙江大学) 2017年 10月 3日 (2017 - 10 - 03) 说明书第35-60段, 附图1-3	1-10																					
Y	CN 106718351 A (安徽皓天智能环境设备科技有限公司) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第14-21段, 附图1	1-10																					
A	CN 108762063 A (吉林大学) 2018年 11月 6日 (2018 - 11 - 06) 说明书第24-79段, 附图1-5	1-10																					
A	JP 2015006133 A (IBIGAWA KOGYO KK) 2015年 1月 15日 (2015 - 01 - 15) 全文	1-10																					
A	CN 105830819 A (北京中农富通园艺有限公司) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 全文	1-10																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2019年 10月 23日		国际检索报告邮寄日期 2019年 10月 30日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 魏巧莲 电话号码 86-(10)-53960126																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/099154

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109681994	A	2019年 4月 26日	无	
CN	107223495	A	2017年 10月 3日	无	
CN	106718351	A	2017年 5月 31日	无	
CN	108762063	A	2018年 11月 6日	无	
JP	2015006133	A	2015年 1月 15日	无	
CN	105830819	A	2016年 8月 10日	CN 105830819	B 2018年 11月 16日