

一种植物工厂化种植系统及运行方法

技术领域

5 本发明属于植物种植技术领域，具体地涉及一种水果工厂化种植系统及运行方法。

背景技术

植物工厂化种植可以打破地域限制、减少耕地占用、提高劳动效率，因此，长期以来倍受研究界关注。近年来，国内产业界也开始实践。

10 但是，目前的植物工厂多数是亏损的，因此，严重制约这项技术的发展。
 导致植物工厂亏损的原因有以下几个方面：1，能耗高。植物工厂的能源需求有：光照、温度调节、湿度调节、二氧化碳补充等。据媒体报道，目前植物工厂生产一公斤蔬菜的用电量高达 10 度，成本达到 20 元。2，没有从根本上解决物候期问题，因此，目前的植物工厂多种植只需要营养生长的植物
 15 如蔬菜、中药，以及部分草本花卉、少数草本浆果（如草莓），对于有物候期变化的品种，尤其是木本果树，则鲜有成功的案例。

发明内容

本发明要解决的技术问题在于提供一种植物工厂化种植系统及运行方法，所述方法能够大幅度降低能源消耗；改变并缩短物候期，实现多年生木本水果
 20 的周年、高效生产。

本发明采用的技术方案为：

一种植物工厂化种植系统，由多个独立的种植单元、连廊和设备组成；其中至少两个种植单元为一组，组内两种植单元之间有通风机连通；组内两单元之间昼夜互换，通过热泵机组实现昼夜温差；组与组之间设有连廊，组与组之间
 25 不相互连通；

所述的设备包括：

安装在室外的能源设备：光伏发电机组、变电站、燃气发电机，以及室外温度探头、二氧化碳探头；燃气发电机尾气通过管道和通往各单元的支管进入各种种植单元；

30 安装在连廊的设备，包括连廊两端的空气过滤器、连廊内的配电箱、控制器、热泵主机系统，以及连廊温度探头、连廊二氧化碳探头；

安装在每个种植单元的设备有：照明组件、温度探头、湿度探头、二氧化碳探头、光照探头、进气风机、排气孔；热泵末端系统；种植单元的主体均为保温密闭结构，种植单元的门开在连廊一端；

35 组内两种植单元之间有通气机相连，以形成空气流通；

热泵主机系统与末端系统通过管道相连,构成热交换系统,通过阀门切换,使末端系统分别成为冷凝器或蒸发器,从而实现不同种植单元之间的热交换。

进一步,连廊的两端设有空气过滤器,连廊内设有升降机、楼梯及其它设备。

5 本发明还提供上述系统的运行方法,所述方法具体如下:

1) 使用人工光源,通过完全可控的光照光谱、时长和光照强度来满足植物不同生理阶段对光照的需求,并且形成可控的昼夜变化和种植周期变化;

2) 使用保温密闭的建筑物,每个组内的总热量通过空气交换和热交换保持相对稳定,并且通过可控的与外部空气的交换,在夏季带走多余热量或在冬季利用热源或发电机尾气补充热量;

3) 相邻两种植单元的昼夜互换是在外界的上午时段,一方面可以最大限度使用谷电和光伏发电,尽量少用峰电,同时,所有的管理工作都在自然界的白天完成,工人不需要上夜班;

4) 使用控制器根据光伏发电量、谷电时段自动切换电源,谷电阶段完全使用电网电力、其它时段优先使用光伏电,光伏电不足时使用燃气发电补充;

5) 利用燃气发电机的尾气作为补充二氧化碳,以及冬季热量的来源;

6) 控制器根据室内、外温度、二氧化碳浓度的变化自动控制室外进风,以排出夏季多余热量,或在冬季补充热量,并调节氧气和二氧化碳浓度;

7) 利用热泵交换热量,形成低温区域,以满足休眠植物的需冷量需求。

20 本发明还提供一种所述系统具体的日周期管理方法,所述方法以组内两个相邻种植单元的运行方法进行描述,其它组内两个昼夜相反的种植单元的运行方法相同:

所述组内两个相邻的种植单位分别为种植单元一和种植单元二;种植单元一的 0-4 点是深夜时段,光照为 0,温度为种植作物的夜晚最适温度,与之对应的种植单元二的时间是 12-16 点,光照为种植作物的饱和点,温度为种植作物的白天光合最适温度,为光合作用最强烈的时段;这个时段通过热泵机组控制两个种植单元保持最适温度,这个时段的外界时间为 16-20 点,用电策略为光伏+发电过渡为发电为主,其中发电机的尾气作为种植单元二补充二氧化碳;

30 种植单元一的 4-6 点为清晨时段,温度逐渐上升,为白天的代谢作准备,光照仍为 0;与之对应的种植单元二为下午时段 16-18 点,光照递减,从光饱和点逐渐降至光补偿点再到 0,温度逐渐下降,光合作用逐渐减弱;这个时段是通过两个种植单元间的通风机交换空气,从而实现温度、氧气、二氧化碳逐渐达到平衡;这个时段的外界时间为 20-22 点,用电策略为发电机为主;

35 种植单元一的 6-8 点为上午时段,光照逐级升高,达到光饱和点,温度从平衡点上升到种植作物白天的最适温度;与之对应的种植单元二进入夜晚时段

18-20 点，光照为 0，温度由平衡点降到种植作物的夜晚最适温度；这个时段通过热泵机组将热量从种植单元二转移到种植单元一，从而实现种植单元二降温、种植单元一升温；这个时段的外界时间为 22-24 点，用电策略为完全电网电力；

种植单元一的 8-15 点为白天时段，光照处于最高的光饱和点，温度保持种植作物的白天最适温度，与之对应的种植单元二为深夜时段 20-3 点，光照为 0，温度保持在种植作物的夜晚最适温度；通过热泵机组控制两个种植单元维持最适温度，这个时段的外界时间为 0-7 点，是电网电价最低的时段，用电策略是完全电网；

种植单元一的 15-16 点仍然处于白天光合作用最强烈的时段，与之对应的种植单元二的时间为 3-4 点，处于深夜时段；这个时段外界时间为 7-8 点，为平价电时段，用电策略为电网电力+发电，因为这个时段需要用发电机的尾气为种植单元一补充二氧化碳；

种植单元一的 16-18 点为下午时段，光照递减，从光饱和点逐渐降至光补偿点再到 0，温度逐渐下降，光合作用逐渐减弱；种植单元二的 4-6 点为清晨时段，温度逐渐上升，为白天的代谢作准备，光照仍为 0；这个时间靠通风机形成空气流动，从而实现两个种植单元温度、氧气、二氧化碳的平衡；这个时段的外界时间为 8-10 点，用电策略为先发电机+电网，光伏发电量上升后变为光伏+发电机；

种植单元一的 18-20 点已经进入夜晚，光照为 0，温度从平衡点逐渐下降到种植作物的夜晚最适温度；对应的种植单元二为上午时段 6-8 点，光照逐级升高至光饱和点，温度从平衡点上升到最适白天种植作物的最适温度；这个时段的外界时间为 10-12 点，光伏发电量到了最大的阶段，用电策略为光伏+燃气发电机；

种植单元一的 20-24 点为深夜时段，光照为 0，温度维持在种植作物的夜晚最适温度；与之对应的种植单元二则为白天时段，光照为种植作物的光饱和点，温度维持在种植作物白天的最适温度；通过热泵机组控制两个种植单元维持最适温度；这个时段的外界时间为 12-16 点，为光伏发电量最大的阶段，用电策略为光伏+燃气发电机；

工人的上班从自然界的早上到下午，工作时间覆盖两个种植单元的光照时段；

夏季因为墙体导热、尾气补充热量的原因，系统总热量会增加，这时，可以依靠与外界的空气交换，带走多余的热量，这个动作在外界时间的凌晨 2-5 点进行，此时外界温度最低、二氧化碳浓度高，而同时种植单元一的温度处于最高的状态。

冬季因为墙体散热的原因，系统总热量会减少，通过发电机尾气补充部分

热量，在此实施例中，发电机补充热量同时补充二氧化碳的时段主要是外界时间的 17-21 点，此时种植单元二的模拟时间为 13-17 点，外界时间 7-9 点，此时种植单元一的模拟时间为 15-17 点；如果发电机补充的热量不能维持总热量的平衡，则通过与外界的空气交换补充热量，在冬季外界时间 14-16 点是温度最高的时段，此时种植单元一的模拟时间为 22-24 点，温度最低的时段，对种植单元一进行空气交换。

本发明与现有技术相比的有益效果：

本发明采用多层保温密闭结构，最大限度地减少外界环境变化对系统的影响，同时节约土地。

10 本发明使用多种能源组合，并且通过作业时间的安排，在谷电价阶段完全使用电网的电力，其它时段优先使用光伏发电+燃气发电组合，电网作为补充的用电策略，可以大大节省能源消费。

本发明使用风机和热泵在系统内总热量保持基本稳定的前提下在同一个组内不同种植单元之间进行空气交换和热量转移，在节约能源的前提下，实现昼夜温差，以及植物物候期变化所需的温度，进而实现物候期调节。

15 本发明利用燃气发电机的尾气补充热量和二氧化碳，从而满足高密度立体种植情况下植物的高强度的光合作用对二氧化碳的需求。

附图说明

图 1 为本系统单层的结构示意图：一、种植单元一，二、种植单元二，三、种植单元三，四、种植单元四，五、连廊；

图 2 为本系统单层内设备布局的结构示意图：1、燃气发电机，2、管道，3、第一单元支管，4、第二单元支管，5、第三单元支管，6、第四单元支管，7、第一单元进气风机，8、第二单元进气风机，9、第三单元进气风机，10、第四单元进气风机，11、第一单元排气孔，12、第二单元排气孔，13、第三单元排气孔，14、第四单元排气孔，15、第一单元通气机，16、第二单元通气机，17、第三单元通气机，18、第四单元通气机，19、第一单元末端系统，20、第二单元末端系统，21、第三单元末端系统，22、第四单元末端系统，23、热泵主机系统，24、第一空气过滤器，25、第二空气过滤器，26、第一照明组件，27、第二照明组件，28、第三照明组件，29、第四照明组件，30、配电箱，31、控制器、32、变电站，33、光伏发电机组；

T1、第一单元温度探头，T2、第二单元温度探头，T3、第三单元温度探头，T4、第四单元温度探头；H1、第一单元湿度探头，H2、第二单元湿度探头，H3、第三单元湿度探头，H4、第四单元湿度探头；C1、第一单元二氧化碳探头，C2、第二单元二氧化碳探头，C3、第三单元二氧化碳探头，C4 第四单元二氧化碳探头；L1、第一单元光照探头，L2、第二单元光照探头，L3、第三单元光照探头，

L4、第四单元光照探头；T5、连廊内温度探头，C5、连廊内二氧化碳探头；
T6、室外温度探头，C6、室外二氧化碳探头；

图 3 显示为不启动热泵的情况下，相邻两个种植单元通过空气交换实现温度、二氧化碳的分配。在通气机不运行的情况下，相邻两个种植单元空气不连
5 通；

图 4 显示通过热泵的热量交换，实现昼夜温差。

图 5 显示通过发电机尾气向种植单元内补充二氧化碳和热量。

图 6 显示通过与外界的空气交换，补充二氧化碳和带走多余热量。这种交
换发生在外界的夏季的凌晨到清晨时段，空气温度低且二氧化碳浓度高，内部
10 模拟时间为下午，温度高且二氧化碳浓度低。

图 7 显示通过与外界的空气交换，补充热量和氧气。这种交换发生在外界的
冬季的下午时段，内部模拟时间为晚上到凌晨时段，外界空气温度比内部高、
氧气浓度比内部高。

图 8 显示通过热泵的热交换，形成低温区域。热泵系统通过阀门切换，从
15 一个处于内部模拟时间为夜晚的区域（如图中种植单元四）带走热量，转移到
另一个内部模拟时间为白天的高温区域（如图中种植单元一），种植单元四温度
降低，种植单元一温度升高，再通过外部空气交换，将这部分多余热量带走。

图 9 为建筑外围结构示意图，尤其是屋顶和南立面，安装光伏的示意：34、
光伏板，35、人员洗澡更衣通道，36、仓库和产品出库通道，37、物资进出通
20 道。

图 10 外界时间、种植单元一、种植单元二模拟时间的对应关系，以外部时
间为准，18-22 为发电为主，22-6 为完全电网电力，6-8 为发电+电网，8-16 为发
电+光伏。

图 11 在种植葡萄时植物工厂系统内温度和光照的年周期变化。

25 具体实施方式

下面通过实施例来对本发明的技术方案做进一步解释，但本发明的保护范
围不受实施例任何形式上的限制。

实施例 1

草莓工厂化种植系统。

本草莓工厂化种植系统由多个独立的种植单元、连廊和设备组成；其中至
30 少两个种植单元为一组，本实施例中以两个种植单元为一组，组内种植单元之
间有通风机连通；组与组之间设有连廊，组与组之间不互通；连廊内有升降机、
楼梯、电梯、以及设备，如图 1 所示。如图 9 所示，工厂为楼房结构，楼房南
面安装有光伏板 34 用于光伏发电。楼房一楼左边设有人员洗澡更衣通道 35，右
35 边是仓库和产品出库通道 36，中间是物资进出通道 37。

如图 2，所述的设备包括：

安装在室外的能源设备：光伏发电机组 33、变电站 32、燃气发电机 1，以及室外温度探头 T6、二氧化碳探头 C6；燃气发电机尾气可以通过管道 2 和第一单元支管 3、第二单元支管 4、第三单元支管 5 和第四单元支管 6 进入各种种植单元；

安装在连廊的设备，包括连廊两端的第一空气过滤器 24 和第二空气过滤器 25、连廊内的配电箱 30、控制器 31、热泵主机系统 23，以及连廊温度探头 T5、连廊二氧化碳探头 C5；

安装在每个种植单元的设备有：第一单元照明组件 26、第二单元照明组件 27、第三单元照明组件 28、第四单元照明组件 29、第一单元温度探头 T1、第二单元温度探头 T2、第三单元温度探头 T3、第四单元温度探头 T4、第一单元湿度探头 H1、第二单元湿度探头 H2、第三单元湿度探头 H3、第四单元湿度探头 H4、第一单元二氧化碳探头 C1、第二单元二氧化碳探头 C2、第三单元二氧化碳探头 C3、第四单元二氧化碳探头 C4、第一单元光照探头 L1、第二单元光照探头 L2、第三单元光照探头 L3、第四单元光照探头 L4、第一单元进气风机 7、第二单元进气风机 8、第三单元进气风机 9、第四单元进气风机 10、第一单元排气孔 11、第二单元排气孔 12、第三单元排气孔 13、第四单元排气孔 14、第一单元热泵末端系统 19、第二单元热泵末端系统 20、第三单元热泵末端系统 21、第四单元热泵末端系统 22；种植单元的主体均为保温密闭结构，种植单元的门开在连廊一端；

组内两种植单元之间有第一单元通气机 15、第二单元通气机 16、第三单元通气机 17 和第四单元通气机 18 相连，以形成空气流通；

热泵主机系统 23 与第一单元热泵末端系统 19 第二单元热泵末端系统 20、第三单元热泵末端系统 21、第四单元热泵末端系统 22 通过管道相连，构成热交换系统，通过阀门切换，使第一单元热泵末端系统 19、第二单元热泵末端系统 20、第三单元热泵末端系统 21、第四单元热泵末端系统 22 分别成为冷凝器或蒸发器，从而实现不同种植单元之间的热交换。

种植单元内设置多列多层支架，以放置多层草莓，草莓植株上面布置照明灯具。

本实施例假设某草莓品种在结果期同时伴随营养生长、花芽分化、开花授粉、果实发育，其对温度、光照的需求为：光补偿点 10000 勒克斯、光饱和点 25000 勒克斯，夜晚最适温度 8°C，白天光合最适温度 24°C，最佳光照时长为 12 小时。

本实施例假设电价时段的划分为：谷电时段为 23:00-07:00，峰电时段为 8:00-11:30（其中 9:30-11:30 为夏季尖峰时段）、14:00-22:00（其中 19:00-22:00

为夏季尖峰时段), 其它时段为平电时段。

本实施例以两个相邻种植单元作为一组, 通过光照、温度的控制模拟一天的环境变化。因此, 本实施例的时间分为三个: 外界时间、种植单元一模拟时间、种植单元二模拟时间, 种植单元一和种植单元二的模拟时间为昼夜相反, 与外界时间独立。

图 10 显示了外界时间、种植单元一、种植单元二模拟时间的对应关系, 种植单元一、种植单元二的温度、光照变化曲线, 电费变化曲线, 以及不同时段用电策略。下面按照种植单元一的模拟时间的顺序来描述 24 小时的控制逻辑:

10 种植单元一的 0-4 点是深夜时段, 光照为 0, 温度为 8°C, 与之对应的种植单元二的时间是 12-16 点, 光照为饱和点 25000 勒克斯, 温度为 24°C, 为光合作用最强烈的时段。这个时段通过热泵机组控制两个种植单元保持最适温度。这个时段的外界时间为 16-20 点, 用电策略为光伏+发电, 其中发电机的尾气可以为种植单元二补充二氧化碳。

15 种植单元一的 4-6 点为清晨时段, 温度逐渐上升, 为白天的代谢作准备, 光照仍为 0; 与之对应的种植单元二为下午时段 16-18 点, 光照递减, 从 25000-20000-10000 (光补偿点) -0, 温度逐渐下降, 光合作用逐渐减弱。如图 3 所示, 这个时段是通过两个种植单元间的通风机交换空气, 从而实现温度、氧气、二氧化碳逐渐达到平衡。这个时段的外界时间为 20-22 点, 用电策略为发电机为主、电网电力补充。

20 种植单元一的 6-8 点为上午时段, 光照逐级升高, 从 0-10000-20000-25000, 温度从平衡点 (16°C 左右) 上升到最适温度 24°C; 与之对应的种植单元二进入夜晚时段 18-20 点, 光照为 0, 温度由平衡点降到 8°C。这个时段通过热泵机组将热量从种植单元二转移到种植单元一, 如图 4 所示, 从而实现种植单元二降温、种植单元一升温。这个时段的外界时间为 22-24 点, 用电策略为完全电网电力。

25 种植单元一的 8-15 点为白天时段, 光照处于最高的 25000 勒克斯, 温度保持 24°C 左右, 与之对应的种植单元二为深夜时段 (20-3 点), 光照为 0, 温度保持在 8°C 左右。通过热泵机组控制两个种植单元维持最适温度。这个时段的外界时间为 0-7 点, 是电网电价最低的时段, 用电策略是完全电网。

30 种植单元一的 15-16 点仍然处于白天光合作用最强烈的时段, 与之对应的种植单元二的时间为 3-4 点, 处于深夜时段。这个时段外界时间为 7-8 点, 为平价电时段。用电策略为电网电力+发电, 因为这个时段需要用发电机的尾气为种植单元一补充二氧化碳, 如图 5 所示。

35 种植单元一的 16-18 点为下午时段, 光照递减, 从 25000-20000-10000 (光

补偿点)-0, 温度逐渐下降, 光合作用逐渐减弱。种植单元二的 4-6 点为清晨时段, 温度逐渐上升, 为白天的代谢作准备, 光照仍为 0; 这个时间靠通风机形成空气流动, 从而实现两个种植单元温度、氧气、二氧化碳的平衡。这个时段的外界时间为 8-10 点, 用电策略为先发电机+电网, 光伏发电量上升后变为光伏+发电机。

种植单元一的 18-20 点已经进入夜晚, 光照为 0, 温度从平衡点(16°C 左右)逐渐下降到 8°C 左右; 对应的种植单元二为上午时段 6-8 点, 光照逐级升高, 从 0-10000-20000-25000, 温度从平衡点(16°C 左右)上升到最适温度 24°C。这个时段的外界时间为 10-12 点, 光伏发电量到了最大的阶段, 用电策略为光伏+燃气发电机。

种植单元一的 20-24 点为深夜时段, 光照为 0, 温度维持在 8°C 左右; 与之对应的种植单元二则为白天时段, 光照为 25000 勒克斯, 温度维持在 24°C 左右。通过热泵机组控制两个种植单元维持最适温度。这个时段的外界时间为 12-16 点, 为光伏发电量最大的阶段, 用电策略为光伏+燃气发电机。

工人的上班时间为早上 7 点到下午 4 点, 工作时间覆盖两个种植单元的光照时段。

夏季因为墙体导热、尾气补充热量的原因, 系统总热量会增加, 这时, 可以依靠与外界的空气交换, 带走多余的热量, 如图 6 所示。在本实施例中, 这个动作在外界时间的凌晨 2-5 点进行, 此时外界温度最低、二氧化碳浓度高, 而同时种植单元一的温度处于最高的状态(高于 24 度)。

冬季因为墙体散热的原因, 系统总热量会减少, 可以通过发电机尾气补充部分热量, 在此实施例中, 发电机补充热量(同时补充二氧化碳)的时段主要是外界时间的 17-21 点(种植单元二的模拟时间为 13-17 点), 外界时间 7-9 点(种植单元一的模拟时间为 15-17 点)。如果发电机补充的热量不能维持总热量的平衡, 则通过与外界的空气交换补充热量, 如图 7 所示, 在本实施例中是在外界时间 14-16 点, 温度最高的时段(种植单元一的模拟时间为 22-24 点, 温度最低的时段), 对种植单元一进行空气交换。

因为草莓可以在上述条件下连续结果至少一年的时间, 没有休眠的需求, 因此, 本实施例没有制造低温区的需求。草莓工厂化种植只有日周期管理, 没有物候期管理, 在连续结果一年多, 植株老化后, 直接更换新的草莓苗。

实施例 2

葡萄工厂化种植

本实施例与实施例 1 的建筑结构、设备等均相同, 不同在于: 葡萄种植于置放在地面的容器中, 同时安装有支架以支撑葡萄的藤蔓。

葡萄为多年生木本植物且有休眠需求, 因此, 在自然环境中存在花芽分

化——休眠——发芽——开花——结果——成熟——营养生长——落叶的物候期变化。每个生理阶段对温度、光照的需求不同。本实施例中针对某葡萄品种的假设如下：

- 休眠阶段光照时长为 8 小时，温度为 8°C 以下，需冷量为 120 小时；
- 5 发芽阶段光照时长为 10-12 小时，温度为 10-25°C；
- 开花阶段光照时长为 10-12 小时，温度为 10-25°C；
- 果实生长期光照时长为 12-14 小时，温度为 10-25°C；
- 果实成熟期光照时长为 12-14 小时，温度为 10-25°C；
- 营养生长阶段光照时长为 12-16 小时，温度为 10-25°C；
- 10 落叶阶段光照时长为 12-10 小时，温度为 10-25°C；
- 本实施例对电价时段的划分的假设与实施例 1 相同。

尽管不同阶段的温度、光照有所差异，但是本实施例的日周期变化原理及管理思路与实施例 1 相同。

- 下面描述用人工控制环境的方法实现葡萄的年周期变化，并且缩短时间。
- 15 具体的实施方案如下，从果实收获开始，如图 11 所示：

果实收获后，给予 15 天最适营养生长时间（光照时长为 14 小时，温度为夜间最低 10，白天最高 25°C），以使葡萄获得足够的营养积累；

- 之后用 15 天的时间逐渐缩短光照时长，由 14 小时逐渐缩短至 11 小时，温度为夜间最低 10，白天最高 25°C，促使葡萄将养分回流到根、茎，进入休眠准备，并开始落叶；
- 20

落叶后将光照时长缩短至 8 小时，温度为夜间维持 8°C 以下，白天最高 20°C，维持 15 天，完成打破休眠的需冷量；这个阶段需要对休眠的种植单元进行额外的降温处理，方法见图 8；

- 之后的 30 天逐渐延长光照时间，从 8 小时逐渐延长到 12 小时，温度控制在夜晚 10°C，白天 25°C，葡萄开始发芽，并进行营养生长；
- 25

之后继续保持光照时长到 12 小时，温度控制在夜晚 10°C，白天 25°C，葡萄进入花期；

之后继续延长光照时间，直至 14 小时，温度控制在夜晚 10°C，白天 25°C，直至果实成熟；

- 30 果实收获后进入下一个循环。

用这种人工控制的方法，可以把原来需要一年的循环过程，压缩在 7 个月左右，大大节省时间，提高生产效率。

权 利 要 求 书

1、一种植物工厂化种植系统，其特征在于所述系统由多个独立的种植单元、连廊和设备组成；其中至少两个种植单元为一组，组内两种植单元之间有通风机连通；组内两单元之间昼夜互换，通过热泵机组实现昼夜温差；组与组之间设有连廊，组与组之间不相互连通；

所述的设备包括：

安装在室外的能源设备：光伏发电机组、变电站、燃气发电机，以及室外温度探头、二氧化碳探头；燃气发电机尾气通过管道和通往各单元的支管进入各种植单元；

安装在连廊的设备，包括连廊两端的空气过滤器、连廊内的配电箱、控制器、热泵主机系统，以及连廊温度探头、连廊二氧化碳探头；

安装在每个种植单元的设备有：照明组件、温度探头、湿度探头、二氧化碳探头、光照探头、进气风机、排气孔；热泵末端系统；种植单元的主体均为保温密闭结构，种植单元的门开在连廊一端；

组内两种植单元之间有通气机相连，以形成空气流通；

热泵主机系统与末端系统通过管道相连，构成热交换系统，通过阀门切换，使末端系统分别成为冷凝器或蒸发器，从而实现不同种植单元之间的热交换。

2、根据权利要求 1 所述的一种植物工厂化种植系统，其特征在于连廊的两端设有空气过滤器，连廊内设有升降机、楼梯及其它设备。

3、根据权利要求 1 所述的一种植物工厂化种植系统，其特征在于所述的系统设置在楼房结构的主体内。

4、利用权利要求 1-3 任何一项所述系统的运行方法，其特征在于所

述方法具体如下：

1) 使用人工光源，通过完全可控的光照光谱、时长和光照强度来满足植物不同生理阶段对光照的需求，并且形成可控的昼夜变化和种植周期变化；

2) 使用保温密闭的建筑结构，每个组内的总热量通过空气交换和热交换保持相对稳定，并且通过可控的与外部空气的交换，在夏季带走多余热量或在冬季利用热源或发电机尾气补充热量；

3) 相邻两种植单元的昼夜互换是在外界的上午时段，一方面可以最大限度使用谷电和光伏发电，尽量少用峰电，同时，所有的管理工作都在自然界的白天完成，工人不需要上夜班；

4) 使用控制器根据光伏发电量、谷电时段自动切换电源，谷电阶段完全使用电网电力、其它时段优先使用光伏电，光伏电不足时使用燃气发电补充；

5) 利用燃气发电机的尾气作为补充二氧化碳，以及冬季热量的来源；

6) 控制器根据室内、外温度、二氧化碳浓度的变化自动控制室外进风，以排出夏季多余热量，或在冬季补充热量，并调节氧气和二氧化碳浓度；

7) 利用热泵交换热量，形成低温区域，以满足休眠植物的需冷量需求。

5、权利要求 1-3 任何一项所述系统具体的日周期管理方法，其特征在于所述方法以组内两个相邻种植单元的运行方法进行描述，其它组

内两个昼夜相反的种植单元的运行方法相同：

所述组内两个相邻的种植单位分别为种植单元一和种植单元二；种植单元一的 0-4 点是深夜时段，光照为 0，温度为种植作物的夜晚最适温度，与之对应的种植单元二的时间是 12-16 点，光照为种植作物的饱和点，温度为种植作物的白天光合最适温度，为光合作用最强烈的时段；这个时段通过热泵机组控制两个种植单元保持最适温度，这个时段的外界时间为 16-20 点，用电策略为光伏+发电过渡为发电为主，其中发电机的尾气作为种植单元二补充二氧化碳；

种植单元一的 4-6 点为清晨时段，温度逐渐上升，为白天的代谢作准备，光照仍为 0；与之对应的种植单元二为下午时段 16-18 点，光照递减，从光饱和点逐渐降至光补偿点再到 0，温度逐渐下降，光合作用逐渐减弱；这个时段是通过两个种植单元间的通风机交换空气，从而实现温度、氧气、二氧化碳逐渐达到平衡；这个时段的外界时间为 20-22 点，用电策略为发电机为主；

种植单元一的 6-8 点为上午时段，光照逐级升高，达到光饱和点，温度从平衡点上升到种植作物白天的最适温度；与之对应的种植单元二进入夜晚时段 18-20 点，光照为 0，温度由平衡点降到种植作物的夜晚最适温度；这个时段通过热泵机组将热量从种植单元二转移到种植单元一，从而实现种植单元二降温、种植单元一升温；这个时段的外界时间为 22-24 点，用电策略为完全电网电力；

种植单元一的 8-15 点为白天时段，光照处于最高的光饱和点，温度保持种植作物的白天最适温度，与之对应的种植单元二为深夜时

段 20-3 点，光照为 0，温度保持在种植作物的夜晚最适温度；通过热泵机组控制两个种植单元维持最适温度，这个时段的外界时间为 0-7 点，是电网电价最低的时段，用电策略是完全电网；

种植单元一的 15-16 点仍然处于白天光合作用最强烈的时段，与之对应的种植单元二的时间为 3-4 点，处于深夜时段；这个时段外界时间为 7-8 点，为平价电时段，用电策略为电网电力+发电，因为这个时段需要用发电机的尾气为种植单元一补充二氧化碳；

种植单元一的 16-18 点为下午时段，光照递减，从光饱和点逐渐降至光补偿点再到 0，温度逐渐下降，光合作用逐渐减弱；种植单元二的 4-6 点为清晨时段，温度逐渐上升，为白天的代谢作准备，光照仍为 0；这个时间靠通风机形成空气流动，从而实现两个种植单元温度、氧气、二氧化碳的平衡；这个时段的外界时间为 8-10 点，用电策略为先发电机+电网，光伏发电量上升后变为光伏+发电机；

种植单元一的 18-20 点已经进入夜晚，光照为 0，温度从平衡点逐渐下降到种植作物的夜晚最适温度；对应的种植单元二为上午时段 6-8 点，光照逐级升高至光饱和点，温度从平衡点上升到最适白天种植作物的最适温度；这个时段的外界时间为 10-12 点，光伏发电量到了最大的阶段，用电策略为光伏+燃气发电机；

种植单元一的 20-24 点为深夜时段，光照为 0，温度维持在种植作物的夜晚最适温度；与之对应的种植单元二则为白天时段，光照为种植作物的光饱和点，温度维持在种植作物白天的最适温度；通过热泵机组控制两个种植单元维持最适温度；这个时段的外界时间为

12-16 点，为光伏发电量最大的阶段，用电策略为光伏+燃气发电机；

工人的上班从自然界的早上到下午，工作时间覆盖两个种植单元的光照时段；

夏季因为墙体导热、尾气补充热量的原因，系统总热量会增加，这时，可以依靠与外界的空气交换，带走多余的热量，这个动作在外界时间的凌晨 2-5 点进行，此时外界温度最低、二氧化碳浓度高，而同时种植单元一的温度处于最高的状态；

冬季因为墙体散热的原因，系统总热量会减少，通过发电机尾气补充部分热量，在此实施例，发电机补充热量同时补充二氧化碳的时段主要是外界时间的 17-21 点，此时种植单元二的模拟时间为 13-17 点，外界时间 7-9 点，此时种植单元一的模拟时间为 15-17 点；如果发电机补充的热量不能维持总热量的平衡，则通过与外界的空气交换补充热量，在冬季外界时间 14-16 点是温度最高的时段，此时种植单元一的模拟时间为 22-24 点，温度最低的时段，对种植单元一进行空气交换。