

一种农业日光传输照明系统和配套的温室以及照明方法

技术领域

[0001] 本发明涉及园艺栽培领域，具体涉及一种在温室或植物工厂一体化安装的利用日光进行照明和补光的系统，和所述系统配套的温室以及照明方法。

背景技术

[0002] 现代农业发展的方向是设施农业，设施农业的发展方向是可以对农作物进行精确生长环境调控的植物工厂。农作物生长必需的水、空气、养分、温度和湿度这几方面，现有调控技术都很成熟，只有光照调控比较困难，是农业技术发展的瓶颈。

[0003] 为达到单位土地面积的更高利用，栽培方式趋向立体栽培的方向发展。现代温室普遍设置立体栽培架，进行垂直栽培，使单位土地面积上的栽培面积增加，以增加产量。比如立柱式栽培、A 字架栽培、滚筒式栽培等。高密度立体栽培的定义是有别于露地栽培和温室中主流的平面栽培，高密度立体栽培的栽培架是立体设置的，栽培面积如果平铺于平面应该明显大于平面面积。然而在直接利用日光照明的温室里，如此设计只有栽培架最上层的栽培物能接受到足够日光，栽培架下层会受到上层和相邻栽培架的遮蔽，并且太阳的东升西落，日光角度的时刻变化，也会引起立体栽培架不同位置不同时间光照强弱变化的问题。并且温室内的立柱和支架也会遮挡日光，投下阴影，造成温室内部分区域光照不足的情况。为减少立体栽培架遮挡光照问题，一般要把立体栽培架之间的隔开较大距离，因此降低了栽培密度，难以实现高密度立体栽培。

[0004] 为解决以上问题，有技术方案使用人工光源来代替日光来照明的方法，比如在栽培番茄的连栋玻璃温室中，垂直攀爬生长的无限生长型番茄植株冠层下层的叶片受上层叶片的遮蔽，很难获得足够的日光，即使在使用农用钠灯进行补光时，设置在温室顶部的农用钠灯依然难以照射到冠层下层的叶片，因此部分冠层下层的健康叶片会被摘除。因此有荷兰的科研人员在番茄冠层中下层设置 led 补光装置的报道，后来国内的连栋玻璃温室经营者也尝试同样的补光方式，获得了更高的产量。

[0005] 为解决农作物高密度立体栽培的难题，近年出现了全人工光型植物工厂，又叫垂直农场，如美国的航空农场公司（AeroFarms）和我国的中科三安植物工厂。设置有多层栽培架，每层中都通过人工光源照明，达到了高密度立体栽培的效果。但据报道即使是栽培需要光照低的生菜，使用较节能的红蓝 led 光源，每平米栽培面积照明需要近 100W 的耗电功率，每亩栽培面积照明需要 66 千瓦的耗电功率，因此过高的能耗提高了栽培成本，限制了全人

工光植物工厂的发展。

[0006] 日光是地球上最直接也最有效的免费光源，日光也是地球上化石能源和风能水能的能源的源头，因此其他技术团队也在以不同的技术方案尝试解决日光照明下高密度立体栽培的问题。

[0007] 有的技术方案是设计出可以运动的栽培架来跟踪日光运动。

[0008] 国内发明专利申请号 201410788355.1 公开的一种自动追日式多层立体草莓栽培系统，通过电机驱动栽培架跟随日光转动以获得稳定照明。存在的问题是栽培架自身重量较大，因此电机的能耗也较高。

[0009] 新加坡的绿色天空农场公司（skygreens）公司，蔬菜的栽培槽在由水利驱动上下循环的栽培架上，让每一层蔬菜都依次地提升到日光充足的温室顶部接受日光照明，又依次地下降到底部的水槽中吸收水分。这种栽培方式，栽培密度比连栋玻璃温室大很多倍，属于高密度立体栽培，蔬菜产量也比连栋玻璃温室高。存在的问题是水力驱动装置运转速度慢，每层栽培槽的蔬菜接受足够强度的日光照明时间较短，处于照明不足的栽培架中下层的时间较长，蔬菜生长速度比单层栽培的连栋玻璃温室慢。虽然栽培密度是连栋玻璃温室的多倍，但产量没有多倍的提高，还是受限于照明不足的问题。

[0010] 我国的中环易达公司开发了一套移动式多层立体轨道栽培系统，蔬菜栽培槽在多层立体轨道上移动，改善一般连栋温室中立体栽培架不同位置日光照明强弱不同引起蔬菜生长快慢不同的问题。近年国内农博会还展示一种设计是栽培槽悬挂在轨道上，轨道依次把栽培槽输送到光照强的区域，又输送回光照暗的区域。在栽培密度接近的情况下，这两种形式在日光照明的效果与新加坡的绿色天空农场相似。

[0011] 在检索本领域相关发明的时候，发现本领域一些运用光纤技术和光导管技术的方案。

[0012] 国内实用新型专利申请号 201520431694.4 和国内发明专利申请号 201710905698.5，两个技术方案都是使用光导管作为光的中间传输介质。存在的问题是光导管传输中光损耗较大，光导管越长，直径越小，反射的次数越多损耗越大。比如反射率 0.95 的光导管，经过 10 次的内部反射后光能损耗超过 40%，加上采光罩的损耗，连接处损耗，漫射器损耗，光能综合损耗过大。

[0013] 国内实用新型专利申请号 201120361809.9 和国内发明专利申请号 201110121985.X 的技术方案，都是使用光纤束作为光的中间传输介质，其中光耦合器，光纤传输，分光器，出光灯具都会引起光损耗，也存在光能损耗大的问题。并且光纤对不同光谱的透过率不同，特别对紫外线和红外线有较大的屏蔽作用，而紫外线和红外线对植物生长有利。

[0014] 光导管照明技术和光纤导入照明技术，在居住建筑和公共建筑的照明应用较多，晴天直射日光光照强度可以达到 6 万至 10 万 lx，而根据我国《建筑照明设计标准》，居住建筑光照强度只需要 30lx 至 300lx，公共建筑在 50lx 至 500lx，日光的光照强度是建筑照明需求的上百倍到几千倍强度。因此光导管照明技术和光纤导入照明技术光能传播虽然损耗较大，也能满足一般建筑照明需求。

[0015] 但是植物生长所需的光照强度比生活所需光照强度高很多倍，比如生菜光补偿点接近 3000lx，光饱和点 70000lx，低于 3000lx 光照强度生菜就会枯萎，人工光植物工厂栽培生菜照明也在 10000lx 以上才能满足正常生长所需。

[0016] 现有技术中能解决一般建筑照明的方案无法满足农业照明的需求。因此采光效率低，光能传播过程损耗较大的光导管技术和光纤导入照明技术在植物栽培方面应用比较困难。

[0017] 连栋玻璃温室和塑料大棚日光照明还有其他问题，固定建设的温室和大棚采光面是固定的，不能在太阳的东升西落中保持适宜的采光角度。温室和大棚在中午时光照过强容易引起光抑制现象，中午温室内温度过高，易引起植物高温障碍，需要进行遮光和散热，因此玻璃温室要设置遮光帘，大棚通过拨泥水在大棚膜上降低入射的光照强度。因此现在的玻璃温室和大棚，也浪费了很多日光资源，对日光的利用率较低。

[0018] 因此需要一种采光效果好，光传输损耗少，照明光照强度能满足植物正常生长所需的日光照明系统，并且该系统还应该能满足高密度立体栽培的需求。

发明内容

[0019] 本发明要解决的技术问题是日光照明难以实现高密度立体栽培的问题，为解决该问题本发明提供一种农业日光传输照明系统，还有提供与所述系统配套的温室和照明方法。

[0020] 本发明的一种农业日光传输照明系统，包括：控制器、聚光镜、主驱动机构、照射器；在控制器的控制下，聚光镜由主驱动机构驱动跟踪太阳，反射和/或折射日光到照射器，照射器对被照物进行照明。

[0021] 农业设施的固定设置的立体栽培架，难以设计出在太阳照射角度不断变化的情况下不同位置栽培的蔬菜依然获得稳定照明的结构。如果设计成栽培装置跟随日光运动的方案，会带来运动装置复杂，运动的重量负荷大能耗高的问题。应用了本发明的一种农业日光传输照明系统后，能把太阳东升西落照射角度不断变化的日光，变成照射角度稳定的日光，照射角度稳定的条件下，可以设计出相适应的高密度立体栽培架。因此本发明能够解决日光照明难以实现高密度立体栽培的问题。

[0022] 优选的，照射器是反射镜、透射镜、导光板或其组合，照射器对微藻或植物进行照

明。

[0023] 照射器不同的光学设计和组合，能够根据微藻或植物所需光照强度和照明范围进行设计，优势是可以适应不同植物生长的照明需求。比如需要光照强的植物，照射器可以设计照射面积聚拢一点，光照强一点。对于需要光照较弱的植物，比如常见的叶菜类蔬菜，和需要光照更弱的三七、人参、铁皮石斛和金线莲等名贵药材，以及微藻，照射器设计照射面积可以提高，光照强度可以降低。

[0024] 优选的，聚光镜和照射器之间光路上，设置一个以上的导光镜，导光镜体形状是平板形、弧形板形、轮形、棱锥形、棱柱形、风车形、风扇叶形，反射面为平面或曲面，导光镜和\或照射镜是固定安装或在次级驱动机构带动下运动。

[0025] 增加了导光镜后，可以更灵活的改变光路的走向，可以绕过设施内的障碍物。增加了次级驱动机构后，导光镜和照射镜可以变成运动的状态，运动的导光镜或照射镜能改变光路的方向，让射出的光束具有扫描的效果，被照射的植物在扫描的光束下获得明暗交替的脉冲照明效果，根据植物光合作用的光反应和暗反应的特性，明暗交替的照明，同样的光能下，能够获得更高光能利用率，有助于提高产量。

[0026] 优选的，还应设置补光灯，补光灯包括驱动电路、光源，所述驱动电路输出脉冲电流驱动光源闪烁发光。

[0027] 增加了补光灯后，在阴天或夜间也能保障植物的正常生长。补光灯发出脉冲光的方式，能以更加节能的方式对植物进行补光照明。

[0028] 优选的，在次级驱动机构带动下运动的导光镜或照射器前还应设置补光灯，补光灯包括驱动电路、聚光灯罩、光源，补光灯发出光束经过运动的导光镜和\或运动的照射器对被照物进行扫描式照明。

[0029] 本优选方案的有利效果是补光灯发出的稳定光束能通过运动的照射器或导光镜后变成脉冲光，以更加节能的方式对植物进行补光照明。

[0030] 还应设置太阳能光热利用装置，如太阳能电池板和\或太阳能集热管。太阳能光热利用装置设置于聚光镜的分支光路上，或设置于可以运动的导光镜的分支光路上，聚光镜在主驱动机构的带动下可以将光束从主光路移动到分支光路上的太阳能光热利用装置上，或导光镜在次级驱动机构的带动下可以将光束从主光路移动到分支光路上的太阳能光热利用装置上。

[0031] 加入太阳能光热利用装置后，在温室内不需要照明的时候，可以把收集的日光用于发电，或者用于集热，收集的热量可以用来对温室的提升气温或培养液提升气温。实现对日光综合的利用效果。

[0032] 本发明还提供和一种农业日光传输照明系统配套的温室，温室的外立面和\或顶部设置有一个以上的通光孔，本发明的一种农业日光传输照明系统的主光轴穿过其中一个通光孔，温室内部设置有所述照射器的支撑装置。

[0033] 本发明的温室，可以配合本发明的一种日光传输照明系统，具有相应的通光孔，和相应的安装位置，温室内可以设置和本发明的一种农业日光传输照明系统相应的高密度立体栽培设施，能更好实现高密度立体栽培的效果。

[0034] 优选的，温室的上方设置有悬挂轨道，农业机器人和\或货篮可以在悬挂轨道上工作或运输。

[0035] 增加这个悬挂轨道后，更有利于农业机器人在温室内的的工作，这样农业机器人就不需要占据过道位置。

[0036] 本发明还提供一种利用日光获得更大大有效照明栽培面积的方法照明方法，有效照明是指能满足植物正常生长所需的照明，方法的步骤包括：

步骤 a，聚光镜在主驱动机构带动下跟踪太阳；

步骤 b，聚光镜反射和/或折射日光到照射器；

步骤 c，照射器对微藻或植物进行照明。

[0037] 其有利效果是可以高效采集日光，传输日光，减少光能损耗。

[0038] 优选的，方法的步骤 b 可分解为 b11 和 b12：

b11：聚光镜反射和/或折射日光到导光镜；

b12：导光镜在次级驱动机构带动下旋转，以扫描的方式依次把光束投射向多数个照射器；

优选的，方法的步骤 b 可分解为 b21 和 b22：

B21：聚光镜反射和/或折射日光到导光镜；

B22：导光镜反射日光到次级驱动机构带动运动的照射器；

其有利效果是进一步提高植物光合作用对光能的利用率，在采集日光面积相同的情况下进一步在提高有效照明的面积，提高栽培密度。

附图说明

[0039] 图 1 是本发明应用于阳台栽培的示意图。

[0040] 图 2 是本发明应用于连栋温室栽培的示意图。

[0041] 图 3 是本发明应用于本发明配套多层温室栽培的示意图。

[0042] 图 4 是本发明应用于光生物反应器培养微藻的示意图。

[0043] 图 5 是本发明应用于固定导光镜和运动照射器配合的温室栽培示意图。

[0044] 图 6 是本发明应用于运动导光镜和多个固定照射器配合的局部示意图。

具体实施方式

[0045] 下面结合附图通过具体的实施例对本发明作进一步说明。

[0046] 参照图 1，是本发明应用于高层住宅阳台栽培的示意图。主驱动机构由俯仰驱动轴 21、垂直臂 22 和水平驱动轴 23 构成。水平驱动轴 23 通过固定支架 94 安装在阳台护栏 91 外部，俯仰驱动轴 21 连接反射聚光镜 11。控制器可以隐蔽安装，比如可以设置在主驱动装置内。栽培架 81 垂直设置在阳台内，栽培架 81 上栽培有花卉或蔬菜 41。设置有一个照射器 31，为平面反射镜，通过固定支架 94 安装在阳台顶部。

[0047] 本实施例工作的时候，控制器输出控制信号驱动主驱动机构的水平运动轴 23 和俯仰运动轴 21，驱动反射聚光镜 11 跟踪太阳 01，把日光 02 反射向照射器 31。照射器对花卉或蔬菜 41 进行照明。

[0048] 在纬度高的地区，反射聚光镜 11 和主驱动机构可以设置在阳台护栏 91 内，也可以整年时间保持无遮挡的采光。栽培架 81 设置的方向还可以设置在阳台左右两侧的墙体上。照射器 31 如果改进为非球面反射镜，那么可以根据光学设计使不同位置的栽培架照明更加均匀。照射器还可以有多种光学设计。

[0049]

参照图 2，是本发明应用于连栋温室栽培的示意图。在温室透光顶棚 93 上，安装有主驱动机构；主驱动机构由俯仰驱动轴 21、斜臂 24 和水平驱动轴 23 构成。俯仰驱动轴 21 连接菲涅尔聚光透镜 12。控制器可以隐蔽安装，比如可以设置在主驱动装置内。栽培架 81 为 A 型架，设置在连栋温室内，栽培架 81 上以气雾栽培法栽培有花卉或蔬菜 41。照射器是导光板结构，由导光板吸光部 34 和导光板发光部 33 组成。在温室的上方还设置有脉冲补光灯 61，脉冲补光灯 61 通过固定支架 94 安装在温室框架上。脉冲补光灯 61 照射区域是导光板的吸光部 34。

[0050] 本实施例工作的时候，控制器输出控制信号驱动主驱动机构的水平运动轴 23 和俯仰运动轴 21，驱动菲涅尔聚光透镜 12 跟踪太阳 01，把日光 02 汇聚通过覆盖透明材质的通光孔 99 向照射器导光板吸光部 34。导光板发光部 33 将日光 02 发散照向连栋温室内设置于导光板周围的栽培架 81 上的花卉或蔬菜 41。在阴天或夜晚时，脉冲补光灯 61 开始工作，发出脉冲光照射到导光板吸光部 34，通过导光板发光部 33 对所栽培的花卉或蔬菜 41 进行补光照明。

[0051] 03 是光斑示意图。

[0052] 参考图 3，是本发明应用于本发明配套多层温室栽培的示意图。主驱动机构由俯仰驱动轴 21、垂直臂 22 和水平驱动轴 23 构成。主驱动装置的底座安装在地面上，或比温室 92 低的附近楼顶。一栋温室，可以设置多数个主驱动机构和聚光镜。俯仰驱动轴 21 连接反射聚光镜 11。控制器可以隐蔽安装，比如可以设置在主驱动装置内，控制器通过无线连接的方式控制主驱动机构、次级驱动机构 25 和 26 的运行。栽培架 81 水平设置在温室 92 内，为土培或无土栽培，栽培架 81 上栽培有花卉或蔬菜 41。照射器的类型是分光照射器 35，分光照射器 35 通过次级驱动机构 25 安装于温室顶部，分光照射器 35 通过光学设计可以把一束光反射成多束光。在温室的上方还设置有恒流补光灯 62，恒流补光灯 62 通过次级驱动机构 26 安装在温室上方。温室 92 内中上部还设置有水平运动导轨 95，机器人 96 在导轨上以悬挂的方式工作。温室外立面，还设置有太阳能光热利用装置 98，由太阳能电池板或集热管构成。

[0053] 本实施例工作的时候，控制器输出控制信号驱动主驱动机构的水平运动轴 23 和俯仰运动轴 21，驱动反射聚光镜 11 跟踪太阳 01，把日光 02 汇聚通过通光孔 99，照向向分光照射器 35。分光照射器 35 反射出多束日光 02 分别照明多个栽培架 81 上的花卉或蔬菜 41，分光照射器 35 还可以在次级驱动机构 25 的带动下，做垂直纸面的来回转动，以产生垂直纸面的扫描光斑，以对更大区域的栽培架 81 上的花卉或蔬菜 41 进行扫描式脉冲照明。在阴天或夜晚时，恒流补光灯 62 开始工作，在次级驱动机构 26 带动下可以做平行纸面的转动或垂直纸面的转动，以对更大区域的栽培架 81 上的花卉或蔬菜 41 进行补光照明。在有日光 02 但不需要照明的时候，主驱动机构驱动聚光镜把光斑从主光路移开，转向分支光路的太阳能光热利用装置 98 上，进行发电或者集热。所收集的热量，可以用于温室 92 升温，可以在寒冷环境下迅速提升室温，也可以对栽培架 81 中的培养液进行保温升温。

[0054]

参考图 4，是本发明应用于光生物反应器培养微藻的示意图。主驱动机构由俯仰驱动轴 21、L 型曲臂 24 和水平驱动轴 23 构成。主驱动机构安装在温室顶部。俯仰驱动轴 21 连接反射聚光镜 11。向下导光镜 54 由单轴运动的次级驱动机构 27 带动进行俯仰转动，把光束转向下通过通光孔 99。安装次级驱动机构 27 和向下导光镜 54 的固定支架 94 和聚光镜 11 镜体固定连接。振动导光镜 51 设置在温室 92 内部，振动导光镜 51 的转动轴和一个振镜电机相连。控制器可以隐蔽安装，比如可以设置在主驱动装置内，控制器也可以通过无线连接的方式控制主驱动机构、次级驱动机构 27 和振镜电机的运行。栽培区域设置有多数个光生物反应器 82，光生物反应器内有培养液和微藻 42。一个或多个光生物反应器中插入一至多个卷

曲成圆筒型的导光板发光部 33，导光板一端有导光板吸光部 34。温室顶部还设置有通光孔 99，通光孔 99 附近温室顶部设置有太阳能光热利用装置 98，由太阳能电池板和/或集热管构成。

[0055] 本实施例工作的时候，控制器输出控制信号分别驱动主驱动机构和次级驱动机构 27、振动导光镜的振镜电机。反射聚光镜 11 光学主轴正对太阳，跟踪太阳 01，把日光 02 汇聚到向下导光镜 54，向下导光镜 54 把日光向下传导，通过通光孔 99，照向振动导光镜 51。振动导光镜 51 在振镜电机的带动下沿着转动轴来回转动，把光束反射成来回摆动的扫描光束，光束依次扫描照明到不同的导光板吸光部 34，导光板吸收的光线，通过导光板发光部 33 在光生物反应器的培养液里对微藻进行照明。在有日光 02 但不需要照明的时候，次级驱动机构 27 驱动向下导光镜 54 把光斑从主光路移开，转向分支光路的太阳能光热利用装置 98 上，进行发电或者集热。所收集的热量，可以用于温室 92 升温，也可以用于光生物反应器 82 培养液的升温。

[0056]

参考图 5，是本发明应用于固定导光镜和运动照射器配合的温室栽培示意图。主驱动机构由俯仰驱动轴 21、垂直臂 22 和水平驱动轴 23 构成。主驱动装置的底座安装在温室顶部。俯仰驱动轴 21 连接反射聚光镜 11，反射聚光镜 11 镜面是轮胎反射面。固定向下导光镜 52 通过固定支架 94 安装于温室 92 顶部，通光孔 99 的上方。温室内设置有多面反射镜组成的棱柱型照射器 36。棱柱型照射器 36 的转动轴和次级驱动机构 28 连接。次级驱动机构 28 固定安装在温室内。栽培架 81 垂直设置，栽培有花卉或蔬菜 41。温室 92 内还设置有垂直的运动导轨 95，机器人 96 和货篮 97 在导轨上下运动和工作。在温室 92 内还设置有恒流补光灯 62，恒流补光灯的灯罩设计为聚光灯罩，可以射出探照灯一样的聚光光束。恒流补光灯 62 以固定支架 94 安装在棱柱型照射器 36 旁边，以倾斜方向照射向棱柱型照射器的反射面。

[0057] 本实施例工作的时候，控制器输出控制信号分别驱动主驱动机构和次级驱动机构 28。反射聚光镜 11 跟踪太阳 01，把日光 02 汇聚到固定向下导光镜 52 把日光向下传导，通过通光孔 99，照向旋转中的棱柱型照射器 36。旋转的棱柱型照射器 36 把光束反射成由上往下扫描栽培架 81 的扫描光束。根据棱柱照射器的照射面数量不同和转速不同，栽培架上的花卉或蔬菜 41 获得的脉冲光照的明暗交替频率不同。根据棱柱照射器的反射面曲面光学设计不同，栽培架上的花卉或蔬菜 41 获得的脉冲光照的瞬时光照强度和明暗占空比不同。

[0058]

参考图 6 是本发明应用于运动导光镜和多个固定照射器配合的局部示意图。一种多层栽培

架 81，每层栽培架的下部的栽培区域栽培有花卉或蔬菜 41。每层栽培架的上部是设置有照射器，照射器是导光板类型的，导光板发光部 33 光线向下对栽培区域照明。导光板的一端凸出设置有导光板吸光部 34。不同层的多个导光板吸光部 34 相对运动的导光镜 53 的位置在视野上不相互遮挡。运动的导光镜 53 设计为棱锥形，具有多个反射面。转动轴由次级驱动机构 28 带动旋转。次级驱动机构通过固定支架 94 安装于温室内。

[0059] 本实施例工作的时候，控制器控制次级驱动机构 28 旋转，带动棱锥型的导光镜 53 转动把入射光束依次照射向不同层的导光板的吸光部 34，再由导光板发光部 33 对栽培架 81 内的花卉或植物 41 进行脉冲照明。

[0060] 根据棱锥型运动导光镜的照射面数量不同和转速不同，栽培架 81 上的花卉或蔬菜 41 获得的脉冲光照的明暗交替频率不同。根据棱锥型运动导光镜的反射面的曲面光学设计不同，栽培架上的花卉或蔬菜 41 获得的脉冲光照的瞬时光照强度和明暗占空比不同。

[0061] 这个实施例的照射器，也可以设计为其他光学镜组合的方式，比如吸光部 34 可以设置为一个镜面反射镜，和栽培区域顶部 33 区域的另一面反射镜或多面反射镜组成双反射镜，运动导光镜射来的光束，只需要两次反射就可以对植物进行照明，光路程 Z 字型。本实施例的光路是锯齿形，光线在导光板内有多次内反射。

[0062]

本发明实施方式不受上述具体实施例的限制，本领域技术人员在本发明保护的技术方案的范畴内，可以设计出多种变体，或以相似的技术手段达到本发明相同的技术效果。本发明还有如下多种实施的细节。

[0063] 控制器获得太阳实时位置信息的方式有多种，一种是记录有当地地理位置参数，以及太阳周年运动轨迹参数，根据时间计算出太阳实时的高度角和方位角，输出对应的控制信号，控制本发明系统的运转；第二种方式是控制器可以输入实地测量一周年太阳的方位信息，根据时间计算获得太阳实时的位置信息。第三种是加入光位置传感器，光位置传感器可以安装在聚光镜上，实时反馈太阳位置信息给控制器以修正主驱动机构的运动。光位置传感器也可以安装在主光路上，反馈光路的偏移信息给控制器以做出修正。控制器可以隐蔽安装，比如和主驱动机构集成安装，也可以在建筑中安装控制器的工控板。一个控制器可以控制一套本发明的系统，也可以同时集群控制多套本发明的系统。控制器的控制信号，可以通过线路与主驱动机构连接，也可以通过无线的方式连接，无线方式连接的控制器和主驱动机构、次级驱动机构分别设置相匹配的无线收发单元。

[0064] 聚光镜的构造，可以是菲涅尔聚光镜、球面反射镜、非球面反射镜、抛物面反射镜、

离轴抛物面反射镜、望远镜领域的折反射镜、双反射镜以及在定日镜领域中使用的轮胎面反射镜，或者是定日镜的平面镜加上固定曲面镜组合成的双反射聚光镜。聚光镜的聚光方式，分为两种，第一种聚光镜光学主轴正对太阳，焦点相对聚光镜镜体位置不变。第二种是定日镜式聚光。聚光镜还可以加上穹顶型的保护罩，用于防雨和防尘。

[0065] 主驱动机构至少有两个运动轴，一个是水平运动轴，负责追踪太阳方位角，一个是俯仰运动轴，负责追踪太阳高度角，例如定日镜的双轴驱动装置，水平运动轴和俯仰运动轴之间以垂直臂相连接。水平运动轴和俯仰运动轴之间还可以设置非垂直连接臂，非垂直连接臂结构可以是一条斜臂或 L 型曲臂或 U 型曲臂，U 型曲臂的底部与水平驱动轴连接。非垂直连接臂的长度是聚光镜的焦距的 0.3 倍至 2 倍范围内。这种设计的作用是主驱动机构的水平运动轴旋转的时候，聚光镜的镜体围绕焦点附近旋转。水平运动轴或俯仰运动轴的构造可以是电机和减速装置。主驱动机构还可以用其他方式设计，比如三轴以上的运动机构也能实现两个运动轴的运动效果。

[0066] 照射器的作用是给被照物提供适宜的照明条件。照射器可以是反射镜，比如球面反射镜、非球面反射镜、平面反射镜、漫反射镜；照射器可以是透射镜，比如凸透镜、凹透镜、漫透射镜；照射器可以是导光板，导光柱；照射器也可以由以上多种形式的光学镜组合而成或一个照射器镜体上有多个反射面或折射面。照射器可以固定安装，也可以安装在次级驱动机构上。照射器照射的对象是具有光合色素的生物，比如光合细菌、微藻、植物。照射器的设计和布局，能够根据微藻或植物所需光照强度进行设计，对于需要光照强的植物，比如粮食作物、瓜果、热带植物，照射器可以设计照射面积小一点，光照强一点。对于需要光照较弱的植物，比如常见的叶菜类蔬菜，照射器可以设计照射面积较大。比如用 led 作为光源栽培生菜，光照强度只需要直射日光光照强度的十分之一到五分之一就可以满足生菜生长需求。那么本发明采集一单位面积的直射日光，就可以满足数单位面积栽培面积的生菜栽培需求。而对于需求光照强度更低的三七、人参、铁皮石斛和金线莲等名贵药材，以及微藻等情况，采集单位面积的日光，能满足十倍以上单位面积的栽培和培养需求。

[0067] 导光镜的功能是改变光路的方向。导光镜可以是固定安装，也可以安装在次级驱动机构上。导光镜体形状是平板形、弧形板形、轮形、棱锥形、雨伞面形、喇叭花型、棱柱形、风车形、风扇叶形，一个导光镜可以有多个反射面，反射面为平面、曲面或锯齿面。一个导光镜，可以在运动的状态下，以扫描的方式，将光束导向同一空间的多数个照射器，每个照射器得到的光照是明暗交替的光照。在采光条件和照射器条件不变的情况下，根据导光镜的反射面数量和转速的不同，每个照射器得到的光照明暗交替的脉冲频率不同；根据导光镜

反射面的光学设计不同，每个照射器得到的光照明暗交替的占空比不同。在这种条件下，被照射器照射的植物，也相应获得明暗交替的光照，光照的瞬时光强强弱和明暗占空比由照射器的设计和转速决定。

[0068] 次级驱动机构，在本发明实施中，一套系统可以设置一个以上的次级驱动机构。次级驱动机构，可以安装与照射器相连，也可以安装与导光镜相连，还可以和补光灯相连。可以是单轴运动机构，也可以是两轴以上的运动机构。次级驱动机构，可以是单独电机或和传动装置构成。传动装置可以是齿轮传动、皮带传动也可以是连杆机构。其中在带动照射器或导光镜来回转动的方案，电机设计为振镜电机。

[0069] 补光灯的光源可以是农用钠灯或 led 灯，或其他发光光谱适宜植物补光照明的人造光源。补光灯包括驱动电路、光源和灯罩，驱动电源可以是直流输出，让光源稳定发光，比如镇流器；驱动电源也可以设计为输出脉冲电流，驱动光源发出脉冲光。灯罩可以通过光学设计为聚光灯罩，也可以设计为漫反射灯罩。补光灯可以直接照射所栽培的植物，补光灯的光束也可以通过照射器间照射植物，补光灯的光束还可以通过导光镜的反射照向植物。补光灯可以固定安装，也可以和次级驱动机构连接，在次级驱动机构的带动下转动。在照射器和\或导光镜是运动的状态时，直流驱动发出稳定光的补光灯,发出的光束经过运动的照射器和\或导光镜变成扫描式的光束，被照射的植物获得的是明暗交替的脉冲光。

[0070] 本发明设置的太阳能光热利用装置，由太阳能电池板和\或太阳能集热管构成。太阳能光热利用装置设置于聚光镜的分支光路上，或设置于可以运动的导光镜的分支光路上，或设置在温室顶部和外立面。在植物栽培区域不需要照明的时候，或需要提高室温和取暖的时候，聚光镜在主驱动装置的带动下将光束照向太阳能光热利用装置，或导光镜在次级驱动装置的带动下将光束照向太阳能光热利用装置。其有利效果是可以实现日光的综合利用。

[0071] 本发明还可以增加镜片散热装置，可以设置在导光镜或照射器上，散热器的散热方式可以是风冷、水冷、半导体制冷。

[0072] 本发明的聚光镜、导光镜、照射器可以设计为可便捷拆装更换的方式，在镜体和固定支架或驱动机构安装位置分别有匹配的卡位和锁定装置。

[0073] 本发明的温室为一层结构或多层结构。温室的外立面和\或顶部设置有一个以上的通光孔，所述一种农业日光传输照明系统的主光轴穿过其中一个通光孔，通光孔可以设置为与外界相通，也可以设计为覆盖透明材料。所覆盖的透明材料，可以涂有增透膜，或者覆盖有阻隔减弱某些波段的光照的功能薄膜。温室内部设置有所述照射器和\或导光镜的固定支架安装装置，也设置有安装次级驱动机构的固定支架安装装置。设置于温室顶部的通光孔边缘

设计有防雨的凸起或沟槽；设置于温室外立面的通光孔有防雨结构。温室顶部设置有安装主驱动机构的安装位置。温室内的栽培架为水平栽培架、垂直栽培架或多层栽培架。温室的上方设置有悬挂轨道或设置有垂直地面的轨道，轨道配套有取电装置，农业机器人和\或货篮可以在悬挂轨道上工作或运输。温室的外立面和顶部覆盖材料可以是非透光材料，比如可以做成水泥外立面和顶部。在多层温室中，还设置有贯通两层以上的通光孔，以使导光镜的光束可以跨层传播。多层的温室还设置有电梯，供人和货物上下。还应设置有跨层的垂直轨道，供机器人跨层工作。

[0074]