



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116058205 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 02

(21) 申请号 202211631343.9

(22) 申请日 2022.12.19

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 116058205 A

(43) 申请公布日 2023.05.05

(66) 本国优先权数据

202111562510.4 2021.12.20 CN

(73) 专利权人 安徽昂科丰光电科技有限公司

地址 236000 安徽省阜阳市颍东经济开发

区徽清科技楼C4栋3楼306-310房

(72) 发明人 王坤 汤道林 杨志成 郑世军

(74) 专利代理机构 合肥中谷知识产权代理事务

所(普通合伙) 34146

专利代理师 杜瑶

(51) Int.Cl.

A01G 9/14 (2006.01)

A01G 9/24 (2006.01)

A01G 7/04 (2006.01)

A01G 9/26 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 104663266 A, 2015.06.03

EP 2230695 A2, 2010.09.22

审查员 欧阳静祺

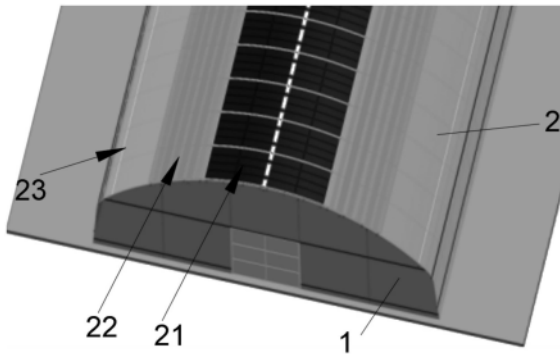
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚
及其运行方法

(57) 摘要

本发明提供一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚,自大棚穹顶至所在地面之间依次设有柔性光伏板、塑料匀光板、薄膜,所述塑料匀光板用于实现进入大棚内的太阳光照均匀。通过柔性光伏板、匀光板与农业大棚相组合,实现光伏发电与温室种植两不误。所述光伏智能大棚长度方向沿南北方向,柔性光伏板、塑料匀光板阵列沿东西方向左右对称安装。同时大棚内安装了LED补光灯和光照传感器,在清早、黄昏及阴雨天,系统可将光伏发电直接用于LED补光灯。另外系统还可以利用光伏上网线路,将电网电力反向给大棚LED供电,通过光照传感器,系统还可以根据各种农作物生长需求,以及农作物不同的生长阶段的需求智能调节补光时间和强度。



1. 一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚,包括大棚支架、主围护结构和端围护结构,两组端围护结构位于主围护结构的两端,其特征在于,所述主围护结构为对称结构,自大棚穹顶至所在地面之间依次设有柔性光伏板、匀光板、薄膜,且所述柔性光伏板、匀光板、薄膜的安装方向为东西向,所述柔性光伏板用于减弱进入大棚的光照强度以及利用太阳能发电,所述匀光板用于实现进入大棚内的太阳光照均匀,所述柔性光伏板、匀光板、薄膜均沿大棚支架安装,相邻两组柔性光伏板之间、柔性光伏板和匀光板之间以及匀光板和薄膜之间均设有防水密封层;

其中,所述匀光板为透光材料制成,所述匀光板的受光面为光滑曲面状,且匀光板的透光面设有菲尼耳透镜表面精细结构,所述匀光板透光面的菲涅尔透镜精细结构为若干组不同大小的锯齿为一周期呈周期性排列组成,用于将入射光往大棚东、西方向匀光;

所述匀光板透光面中锯齿包括第一锯齿和第二锯齿,所述第一锯齿和第二锯齿的斜边角度的具体表达式为:

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{H}{\frac{1}{2} * L_2}$$

$$\varphi_2 = \sin^{-1} \left(\frac{n_0 * |\sin(\theta_0 + \varphi_0 - 90^\circ)|}{n_1} \right)$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \frac{n_0 * \cos(\theta_0 + \theta_2) + n_1 * \sin(\varphi_2)}{\sqrt{n_0^2 + n_1^2 + 2 * n_0 * n_1 * \sin(\varphi_2 - \theta_0 - \theta_2)}} \quad \text{其中, } \theta_0 \text{ 为所述匀光板相}$$

$$\theta_2' = \tan^{-1} \frac{H}{\frac{1}{4} * L_2}$$

$$\theta_1' = \sin^{-1} \frac{n_0 * \cos(\theta_0 + \theta_2') + n_1 * \sin(\varphi_2)}{\sqrt{n_0^2 + n_1^2 + 2 * n_0 * n_1 * \sin(\varphi_2 - \theta_0 - \theta_2')}} \quad \text{其中, } \theta_0 \text{ 为所述匀光板相}$$

对于地面的倾角, θ_1 为所述匀光板透光面结构单元的第一锯齿斜边角度, θ_1' 为所述匀光板透光面结构单元的第二锯齿斜边角度, θ_2 为从所述匀光板透光面出射的太阳光线与地面的第一夹角, θ_2' 为从所述匀光板透光面出射的太阳光线与地面的第二夹角, φ_0 为太阳光线与地面的方位角, n_0 为空气的折射率, n_1 为所述匀光板的折射率, 根据此方程组求得所述匀光板透光面中锯齿的斜边角度 θ_1 , H 为所述匀光板安装高度, L_2 为所述柔性光伏板的长度;

所述匀光板菲涅尔透镜精细结构的周期数为 N_1 , N_1 的具体表达式为:

$$N_1 = \frac{L_1}{1.5 * \left(\frac{4}{\sin(2\theta_1)} + \frac{2}{\sin(2\theta_1')} \right) * h_1} \quad \text{其中, } L_1 \text{ 为所述匀光板的长度, } \theta_1 \text{ 为所述匀}$$

光板透光面结构单元的第一锯齿斜边角度、 θ_1' 为所述匀光板透光面结构单元的第二锯齿

斜边角度, h_1 为所述匀光板透光面结构单元的槽深。

2. 根据权利要求1所述的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚, 其特征在于, 所述柔性光伏板的安装面积与匀光板的安装面积比为 $(1-2):(1-2)$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚, 其特征在于, 所述柔性光伏板从上至下依次设有PET膜、EVA膜、太阳能晶片、EVA膜、TPT膜, 还包括位于表面的接线盒。

4. 根据权利要求1所述的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚, 其特征在于, 所述大棚穹顶两组对称的柔性光伏板之间通过压块连接, 所述柔性光伏板的边缘固定在压块的两侧凹槽中, 所述压块的底端和大棚支架的顶端拱管之间设有矩形钢管。

5. 根据权利要求1-4任一所述的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚, 其特征在于, 所述大棚支架下端设有至少一个光照传感器和多排LED补光灯, 所述光照传感器和多排LED补光灯由柔性光伏板发电或电网进行供电。

6. 根据权利要求5所述的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚, 其特征在于, 所述LED补光灯总功率大小为大棚所安装柔性光伏板极限发电功率 $1/10-1/3$ 。

7. 根据权利要求6所述的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚, 其特征在于, 所述柔性光伏板的输出端通过开关一分别连接至逆变器和智能主控单元的输入端, 所述逆变器联入电网, 所述LED补光灯的输入端通过整流电路和开关二一路连接电网的输出端, 另一路连接智能主控单元的输出端, 所述LED补光灯的输入端还通过开关三连接柔性光伏板的输出端, 所述开关一、开关二、开关三均由智能主控单元控制, 所述光照传感器的输出端连接智能主控单元的输入端。

8. 一种如权利要求7所述的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚的运行方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

(1) 利用大棚内光照传感器采集日累计光照辐射量数据, 将数据传输至智能主控单元;

(2) 当日累计光照辐射量数据高于设定值时, 将所述柔性光伏板所发的电全部输入电网中, 当日累计光照辐射量数据低于设定值时, 且柔性光伏板所发的电功率足以驱动LED补光灯时, 将所述柔性光伏板所发的电直接用来驱动所述LED补光灯, 当所述柔性光伏板所发的电功率不足以驱动LED补光灯时, 所述智能主控单元控制电网驱动LED补光灯。

利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚及其运行方法

技术领域

[0001] 本发明属于光伏大棚技术领域,具体涉及一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚及其运行方法。

背景技术

[0002] 理论上说,大部分照射在农作物叶面上的可见光、紫外线、红外线都被蒸腾耗热,对于光合作用实际上没有贡献。在阳光充裕的春季、夏季、秋季,从中午11:00-下午2:00,中国中东部地区大棚光照强度都超过农作物饱和光吸收强度,大部分温室植物都被迫进入午休状态。因此,把光照适当减弱,不仅不会影响农作物生长,反而有利于农作物增产增收。但是在冬季、早春以及连续阴雨天,大棚也会存在光照不足的情况,现有农业中采用加装LED补光灯解决光照不足问题,又由于耗电高这一缺点很大程度上限制了LED补光灯的普及。

[0003] 光伏农业是将光伏板应用到农业领域中,利用光伏发电解决上述耗电高的问题。光伏农业的主要方案采用的是纯粹的几何分光,即将光伏电池按一定占空比的方式进行排布,从而让光伏板下的部分植物可以在不同时间段接受到部分的阳光,但是这种方案在本质上会引起光照不均,导致农作物的长势不均。也有采用可以透过部分太阳光薄膜太阳能电池,但是由于薄膜太阳能电池片受限于材料物理特性,其太阳能吸收曲线往往不能兼顾农作物光合作用的需求。而且传统的光伏板受制于重量、厚度、便携性以及抗弯折性能差等多项制约,无法实现与普通大棚的结合,

[0004] 柔性光伏板是由树脂包封的无定形硅作为主要光电元件层平铺在柔性材料制成的底板上制成的太阳能电池板。特点是可弯曲折叠、重量轻 $1/5 \sim 1/3$ 、便于运输和安装。申请号为CN201710030901.9公开了一种柔性光伏增光大棚,功能模块包括采光板和层叠于所述采光板表面的若干串联的柔性太阳能电池片,柔性光伏增光大棚的柔性太阳能电池片受光角度可调节。但是采用这种柔性光伏板设计,仍然无法做到地面光照均匀,暗亮界限仍然明显,不能保证大棚内的每一处都能有光照。并且柔性光伏板单独安装难度较大,安装成本比较高。

发明内容

[0005] 本发明为解决上述问题而提出了一种采用轻质材料,设计合理的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚及其运行方法。

[0006] 本发明通过以下技术方案来实现上述目的:

[0007] 本发明提供一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚,包括大棚支架、主围护结构和端围护结构,两组端围护结构位于主围护结构的两端,所述主围护结构为对称结构,自大棚穹顶至所在地面之间依次设有柔性光伏板、塑料匀光板、薄膜,且所述柔性光伏板、塑料匀光板、薄膜的安装方向为东西向,所述柔性光伏板用于减弱进入大棚的光照强度以及利用太阳能发电,所述塑料匀光板用于实现进入大棚内的太阳光照均匀,所述柔性光伏板、塑料匀光板、薄膜均沿大棚支架安装,相邻两组柔性光伏板之间、柔性光伏板和匀光

板之间以及匀光板和薄膜之间均设有防水密封层；

[0008] 其中,两组端围护结构的底端固定在土地里,所述端围护结构的侧边和上边均与主围护结构密封连接；

[0009] 所述匀光板为PC材质或者其它透光塑料材料制成,所述匀光板的受光面为光滑曲面状,外加抗紫外线涂层,且匀光板的透光面设有菲涅尔透镜表面精细结构;所述匀光板透光面的菲涅尔透镜精细结构为若干组不同大小的锯齿为一周期呈周期性排列组成,用于将入射光往大棚南、北方向匀光。

[0010] 作为本发明的进一步优化方案,所述匀光板透光面中锯齿包括第一锯齿和第二锯齿,所述第一锯齿和第二锯齿的斜边角度的具体表达公式为:

$$[0011] \quad \theta_2 = \tan^{-1} \frac{H}{\frac{1}{2} * L_2}$$

$$[0012] \quad \varphi_2 = \sin^{-1} \left(\frac{n_0 * |\sin(\theta_0 + \varphi_0 - 90^\circ)|}{n_1} \right)$$

$$[0013] \quad \theta_1 = \sin^{-1} \frac{n_0 * \cos(\theta_0 + \theta_2) + n_1 * \sin(\varphi_2)}{\sqrt{n_0^2 + n_1^2 + 2 * n_0 * n_1 * \sin(\varphi_2 - \theta_0 - \theta_2)}}$$

$$[0014] \quad \theta_2' = \tan^{-1} \frac{H}{\frac{1}{4} * L_2}$$

$$[0015] \quad \theta_1' = \sin^{-1} \frac{n_0 * \cos(\theta_0 + \theta_2') + n_1 * \sin(\varphi_2)}{\sqrt{n_0^2 + n_1^2 + 2 * n_0 * n_1 * \sin(\varphi_2 - \theta_0 - \theta_2')}}}$$

[0016] 其中, θ_0 为所述匀光板相对于地面的倾角, θ_1 为所述匀光板透光面结构单元的第一锯齿斜边角度, θ_1' 为所述匀光板透光面结构单元的第二锯齿斜边角度, θ_2 为从所述匀光板透光面出射的太阳光线与地面的第一夹角, θ_2' 为从所述匀光板透光面出射的太阳光线与地面的第二夹角, φ_0 为太阳光线与地面的方位角, n_0 为空气的折射率, n_1 为所述匀光板的折射率,根据此方程组可以求得所述匀光板透光面中锯齿的斜边角度 θ_1 ,H为所述匀光板安装高度,且所述光伏板的长度与所述匀光板的长度相同。

[0017] 作为本发明的进一步优化方案,所述匀光板菲涅尔透镜精细结构的周期数为 N_1 , N_1 的具体表达公式为:

$$[0018] \quad N_1 = \frac{L_1}{1.5 * \left(\frac{4}{\sin(2\theta_1)} + \frac{2}{\sin(2\theta_1')} \right) * h_1}$$

[0019] 其中, L_1 为所述匀光板的长度, θ_1 为所述匀光板透光面结构单元的第一锯齿斜边角度、 θ_1' 为所述匀光板透光面结构单元的第二锯齿斜边角度, h_1 为所述匀光板透光面结构单元的槽深。

[0020] 作为本发明的进一步优化方案,所述柔性光伏板的安装面积与匀光板的安装面积比为(1-2):(1-2)。

[0021] 作为本发明的进一步优化方案,所述柔性光伏板从上至下依次设有PET膜、EVA膜、太阳能晶片、EVA膜、TPT膜,还包括位于表面的接线盒。

[0022] 作为本发明的进一步优化方案,所述大棚穹顶两组对称的柔性光伏板之间通过压块连接,所述柔性光伏板的边缘固定在压块的两侧凹槽中,所述压块的底端和大棚支架的顶端拱管之间设有矩形钢管。

[0023] 作为本发明的进一步优化方案,所述大棚支架下端设有至少一个光照传感器和多排LED补光灯,所述光照传感器和多排LED补光灯由柔性光伏板发电或电网进行供电。

[0024] 作为本发明的进一步优化方案,所述LED补光灯总功率大小为大棚所安装柔性光伏板极限发电功率 $1/10-1/3$ 。

[0025] 作为本发明的进一步优化方案,所述柔性光伏板的输出端通过开关一分别连接至逆变器和智能主控单元的输入端,所述逆变器联入电网,所述LED补光灯的输入端通过整流电路和开关二一路连接电网的输出端,另一路连接智能主控单元的输入端,所述LED补光灯的输入端还通过开关三连接柔性光伏板的输出端,所述开关一、开关二、开关三均由智能主控单元控制,所述光照传感器的输出端连接智能主控单元的输入端。

[0026] 本发明还提供了一种上述的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚的运行方法,包括以下步骤:

[0027] (1) 利用大棚内光照传感器的采集日累计光照辐射量数据,将数据传输至智能主控单元;

[0028] (2) 当日累计光照辐射量数据高于设定值时,将所述柔性光伏板所发的电全部输入电网中,当日累计光照辐射量数据低于数值设定值时,且柔性光伏板所发的电功率足以驱动LED补光灯时,将所述柔性光伏板所发的电直接用来驱动所述LED补光灯,当所述柔性光伏板所发的电功率不足以驱动LED补光灯时,所述智能主控单元控制电网驱动LED补光灯。

[0029] 作为本发明的进一步优化方案,所述设定值为 $200\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ 。

[0030] 本发明的有益效果在于以下几点:

[0031] 本发明提供的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚,通过柔性光伏板、匀光板与农业大棚相组合,实现光伏发电与温室种植两不误,保证该大棚下部地面的光照强度可以减少到普通大棚光照强度的50%~80%,有助于有效减少地面水蒸发,适合干旱缺水且贫瘠区域,而且通过匀光板的设置在遮挡光照强度的基础下仍然保证大棚内光照强度均匀,促进植物生长。柔性光伏板重量只有标准光伏板重量 $1/5\sim 1/3$,并且可以弯曲,因此不需要改变塑料大棚结构。该设计因为节约了光伏板支架,可降低光伏系统的安装成本以及光伏发电每瓦装机成本。同时充分利用光伏发电与电网联接的便利,在大棚内安装LED补光灯和光照传感器,可以在日照强度不够的情况下,将柔性光伏板发电首先用于大棚内补光,日照强度大的时候再把全部发电输送给电网。在连续阴雨天情况下,还可以从电网反向供电,给大棚内补光灯供电,从而实现大棚光照智能调控,把农业大棚科技含量提升到一个新的高度。

[0032] 另外值得一提的是,LED用电和光伏发电都是直流,光伏发电给LED补光灯供电时,不需要经过交直流转化,可以减少约10%电能损耗。

附图说明

- [0033] 图1是本发明利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚的局部外观示意图；
- [0034] 图2是本发明利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚的内外受光模拟示意图；
- [0035] 图3是本发明利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚的匀光板的内外受光模拟图；
- [0036] 图4是本发明利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚的匀光板的展开截面示意图；
- [0037] 图5是本发明利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚的柔性光伏板之间的连接结构示意图；
- [0038] 图6是本发明利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚的匀光板设计示意图；
- [0039] 图7是本发明利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚的局部俯视结构示意图；
- [0040] 图8是本发明利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚的电路结构框图；
- [0041] 图9是本发明中全天柔性光伏板发电效率图；
- [0042] 图10为本发明利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚单棚50×10m成本明细图；
- [0043] 图11为本发明利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚单棚50×10m×100套成本明细图。
- [0044] 图中：1、端围护结构；2、主围护结构；21、柔性光伏板；22、匀光板；221、匀光板受光面；222、匀光板透光面；23、薄膜；24、压块；25、钢管；26、接线盒；3、地面。

具体实施方式

[0045] 下面结合附图对本申请作进一步详细描述，有必要在此指出的是，以下具体实施方式只用于对本申请进行进一步的说明，不能理解为对本申请保护范围的限制，该领域的技术人员可以根据上述申请内容对本申请作出一些非本质的改进和调整。

[0046] 如图1-图5所示，本实施例的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚，包括大棚支架、主围护结构2和端围护结构1，两组端围护结构1位于主围护结构2的两端，两组端围护结构1的底端固定在土地里，进出大棚的门、通风设备、总控箱一般设置在两组端围护结构1上，端围护结构1的侧边和上边均与主围护结构2密封连接，主围护结构2为对称结构，自大棚穹顶至所在地面之间依次设有柔性光伏板21、匀光板22、薄膜23，柔性光伏板21、匀光板22、薄膜23沿大棚支架安装，且柔性光伏板21、匀光板22、薄膜23的安装方向为东西向，太阳照射到大棚两侧的阳光均匀，相邻两组柔性光伏板21之间、柔性光伏板21和匀光板22之间以及匀光板22和薄膜23之间均设有防水密封层，增加大棚的防水保温功能。

[0047] 如图3至4所示，匀光板22为PC材料或者其他透光塑料材料，匀光板22的受光面为光滑曲面状，外加抗紫外线涂层，透光面加工菲尼耳透镜表面精细结构，如图4所示，本实施例中的匀光板22的表面精细结构按照若干小锯齿组合为一个周期呈等距离周期性分布，如此相对于大锯齿组合，可以减少匀光板22的厚度和生产难度，大棚的内外受光如图2所示，A为入射光线，仅照射到匀光板22上的光照经过表面精细结构的折射，图示为B光线，均匀照射到大棚内的地面上，照射到柔性光伏板21上的阳光则通过光伏效应转换成为电能。

[0048] 如图5所示，匀光板22透光面中锯齿包括第一锯齿和第二锯齿，所述第一锯齿和第

二锯齿的斜边角度的具体表达公式为:

$$[0049] \quad \theta_2 = \tan^{-1} \frac{H}{\frac{1}{2} * L_2}$$

$$[0050] \quad \varphi_2 = \sin^{-1} \left(\frac{n_0 * |\sin(\theta_0 + \varphi_0 - 90^\circ)|}{n_1} \right)$$

$$[0051] \quad \theta_1 = \sin^{-1} \frac{n_0 * \cos(\theta_0 + \theta_2) + n_1 * \sin(\varphi_2)}{\sqrt{n_0^2 + n_1^2 + 2 * n_0 * n_1 * \sin(\varphi_2 - \theta_0 - \theta_2)}}$$

$$[0052] \quad \theta_2' = \tan^{-1} \frac{H}{\frac{1}{4} * L_2}$$

$$[0053] \quad \theta_1' = \sin^{-1} \frac{n_0 * \cos(\theta_0 + \theta_2') + n_1 * \sin(\varphi_2)}{\sqrt{n_0^2 + n_1^2 + 2 * n_0 * n_1 * \sin(\varphi_2 - \theta_0 - \theta_2')}}$$

[0054] 其中, θ_0 为所述匀光板22相对于地面的倾角, θ_1 为所述匀光板透光面结构单元的第一锯齿斜边角度, θ_1' 为所述匀光板透光面结构单元的第二锯齿斜边角度, θ_2 为从所述匀光板透光面出射的太阳光线与地面的第一夹角, θ_2' 为从所述匀光板透光面出射的太阳光线与地面的第二夹角, φ_0 为太阳光线与地面的方位角, n_0 为空气的折射率, n_1 为所述匀光板22的折射率, 根据此方程组可以求得所述匀光板透光面中锯齿的斜边角度 θ_1 , H 为所述匀光板22安装高度, L_2 为所述柔性光伏板21的长度。

[0055] 匀光板菲涅尔透镜精细结构的周期数为 N_1 , N_1 的具体表达公式为:

$$[0056] \quad N_1 = \frac{L_1}{1.5 * \left(\frac{4}{\sin(2\theta_1)} + \frac{2}{\sin(2\theta_1')} \right) * h_1}$$

[0057] 其中, L_1 为所述匀光板的长度, θ_1 为所述匀光板透光面结构单元的第一锯齿斜边角度, θ_1' 为所述匀光板透光面结构单元的第二锯齿斜边角度, h_1 为所述匀光板透光面结构单元的槽深。

[0058] 此智能光伏大棚匀光板的朝向为东西方向, 在太阳运动一天时间内, 其方位角在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 之间变化。当 φ_0 为 90° , θ_0 为 20° , L_1 为1.7米, L_2 为3.4米, n_0 为1, n_1 为1.51, h_1 为0.5mm, H 为4~5米时, 可以求得匀光板透光面结构单元的第一锯齿斜边角度 θ_1 为 $40^\circ \sim 34.3^\circ$, 匀光板透光面结构单元的第二锯齿斜边角度 θ_1' 为 $22.8^\circ \sim 18.4^\circ$, 匀光板透光面结构单元的周期数 N_1 为330~297。

[0059] 如图1所示, 柔性光伏板21约占大棚受光面积的三分之一, 柔性光伏板21的安装面积与匀光板22的安装面积比为1:1, 也可以延伸为1:2或2:1, 既可以增加柔性光伏板21的安装面积以增加发电, 又可以使得大棚内部减少一部分光照, 更加有利于农作物生长, 还有助于有效减少地面水蒸发, 节约水资源, 在干旱缺水且贫瘠区域提升农业可耕性。

[0060] 柔性光伏板21从上至下依次设有PET膜、EVA膜、太阳能晶片、EVA膜、TPT膜, 由树脂包封, 还包括位于表面的接线盒26, 通过电缆连接不同柔性光伏板21的接线盒26, 得以将各

柔性光伏板21转换成电能并经过逆变器输送给电网或者直接供大棚内LED及其它用电设施使用。柔性光伏板21重量只有标准光伏板重量1/5-1/3,并且可以弯曲,因此不需要改变塑料大棚结构和安装方式。

[0061] 如图6和图7所示,大棚穹顶两组对称的柔性光伏板21之间通过压块24连接,柔性光伏板21的边缘固定在压块24的两侧凹槽中,压块的底端和大棚支架的顶端拱管之间设有矩形钢管25。

[0062] 如图8和图9所示,大棚支架下端设有至少一个光照传感器和多排LED补光灯,光照传感器和多排LED补光灯由柔性光伏板21发电或电网进行供电,LED补光灯总功率大小为大棚所安装柔性光伏板21极限发电功率1/10-1/3。柔性光伏板21的输出端通过开关一分别连接至逆变器和智能主控单元的输入端,逆变器联入电网,LED补光灯的输入端通过整流电路和开关二一路连接电网的输出端,另一路连接智能主控单元的输入端,LED补光灯的输入端还通过开关三连接柔性光伏板21的输出端,开关一、开关二、开关三均由智能主控单元控制,光照传感器的输出端连接智能主控单元的输入端。

[0063] 其运行方法,包括以下步骤:

[0064] (1) 利用大棚内光照传感器的采集日累计光照辐射量数据,将数据传输至智能主控单元;

[0065] (2) 当日累计光照辐射量数据高于数值 $200\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ 时,将柔性光伏板21所发的电全部输入电网中,当日累计光照辐射量数据低于数值 $200\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ 时($200\mu\text{mol}/\text{m}^2$ 为系统设定的优选值,可根据作物的种类以及种植季节进行相对应的调整),且柔性光伏板21所发的电功率足以驱动LED补光灯时,将柔性光伏板21所发的电直接用来驱动LED补光灯,当柔性光伏板21所发的电功率不足以驱动LED补光灯时,智能主控单元控制电网驱动LED补光灯。

[0066] 具体的,LED补光灯包括红外灯、蓝光灯,补光灯位于大棚支架上,利用柔性光伏板21发电进行供电。大棚内LED补光灯数量按大棚面积均匀配置,总功率大小为大棚所安装光伏板极限发电功率1/10-1/3;具体数值由大棚内种植的农作物决定。

[0067] 在清晨、黄昏时段,首先将光伏发电先直接用于大棚LED补光,可以将大棚内适合农作物吸收的红光、蓝光、远红光光照强度提升100%以上,在阴雨天,也可以接电网反向供电,保证大棚内农作物生长需要。因为在冬季阳光较弱的情况下直接将光伏发电转化为LED精准补光,可以成倍提升大棚内光合作用,从而在中国传统春节前后大幅提升大棚蔬菜产量和品质。在春秋和夏季,阳光充裕时段,光伏发电则直接上网,为农户带来稳定的收益。另外值得一提的是,LED用电和光伏发电都是直流,光伏发电给LED补光灯供电时,不需要经过交直流转化,可以减少约10%电能损耗。

[0068] 本实施例的一种利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚,将传统农业种植与光伏发电相结合,通过棚顶安装的柔性光伏板21,有效利用大棚的顶部圆弧状结构,利用有限的资源、空间,提高单位土地经济效益,是一种既能运用农地低成本发电,又帮助大棚内农作物生长的新型生态化方案,组合式新型光伏智能大棚科技含量高,农光互补,能把大棚农业和光伏发电各自功能最大发挥。

[0069] 因为蔬菜大棚本身结构可以支撑柔性光伏板21和匀光板22,加装光伏以后,光伏发电成本实际上要低于单独安装光伏板的成本,并且可保证每个大棚农作物冬季增加产量超过20%以上。

[0070] 根据现有柔性光伏板21和塑料匀光板22生产成本估算,本实施例的利用柔性光伏板和匀光板组合的智能大棚的光伏发电成本可显著低于现有技术中的单独光伏系统的造价成本;另一方面,本发明充分利用大棚与电网联网的便利条件,通过加装LED补光灯,实现大棚内农作物光照智能调控;因此在光伏发电的同时,农作物也能产生更好的经济效益。

[0071] 以一个 $50 \times 10\text{m}$ 标准蔬菜大棚为例,加载177平方柔性光伏板,每排光伏板的宽度为1.77m,两排宽度约为3.5m,对其进行发电量与成本预算。

[0072] 如图10所示,加载177平方柔性光伏板,柔性光伏板每平方191瓦,每瓦2.3元,177平方压槽匀光玻璃板,PC材料,每平方100元,可以实现光伏装机容量32kW,年发电量预计为3.2万度。每30个大棚,占地约23亩,就可以实现1MW光伏装机容量。原材料成本增加约为10万,加上安装费及逆变器、电缆等费用约为1.2万元,目前每瓦造价约为3.6元,显著低于目前普通野外光伏农场造价4.2-4.5元/瓦。

[0073] 多余的经费可以用于在大棚内安装LED补光灯,设计加装100瓦LED灯50个,每瓦成本1.2元,加上安装费加电缆成本预算不超过1.2万元,相当于把光伏装机成本增加0.375元/瓦,但可保证每个大棚农作物冬季增加产量超过20%以上。

[0074] 如图11所示,当批量建造100套,进入批量推广阶段,柔性光伏板成本可以下降到1.8元/瓦,匀光玻璃板成本可以下降到60元/平方,并且耐候性长达15年以上,上述大棚加装成本可以降低到每瓦造价2.94元,即可以降低到3元以内,远远低于目前报道的光伏农场光伏加装光伏系统的造价4.24元/瓦。

[0075] 根据上述成本计算可知,本实施例的组合式光伏大棚的发电成本远远低于现有技术中的光伏大棚的造价成本,而且在光伏发电的同时,农作物也能增加经济效益。

[0076] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。

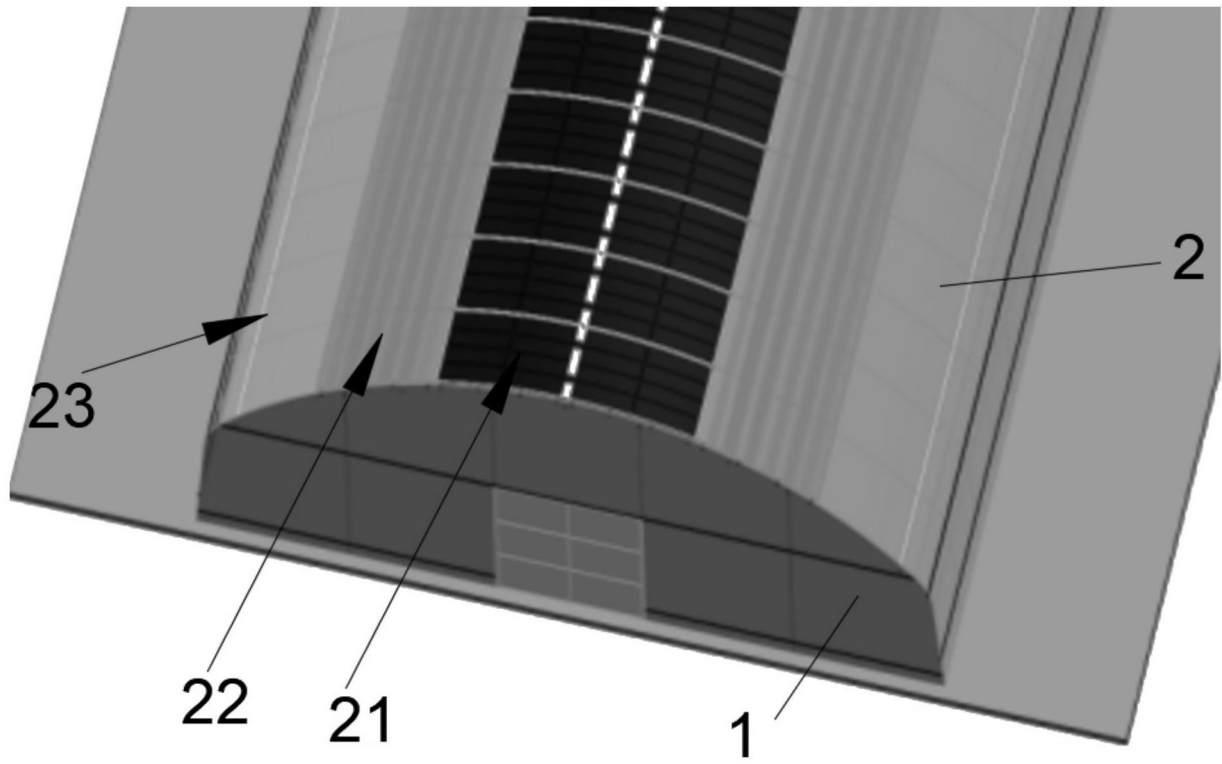


图1

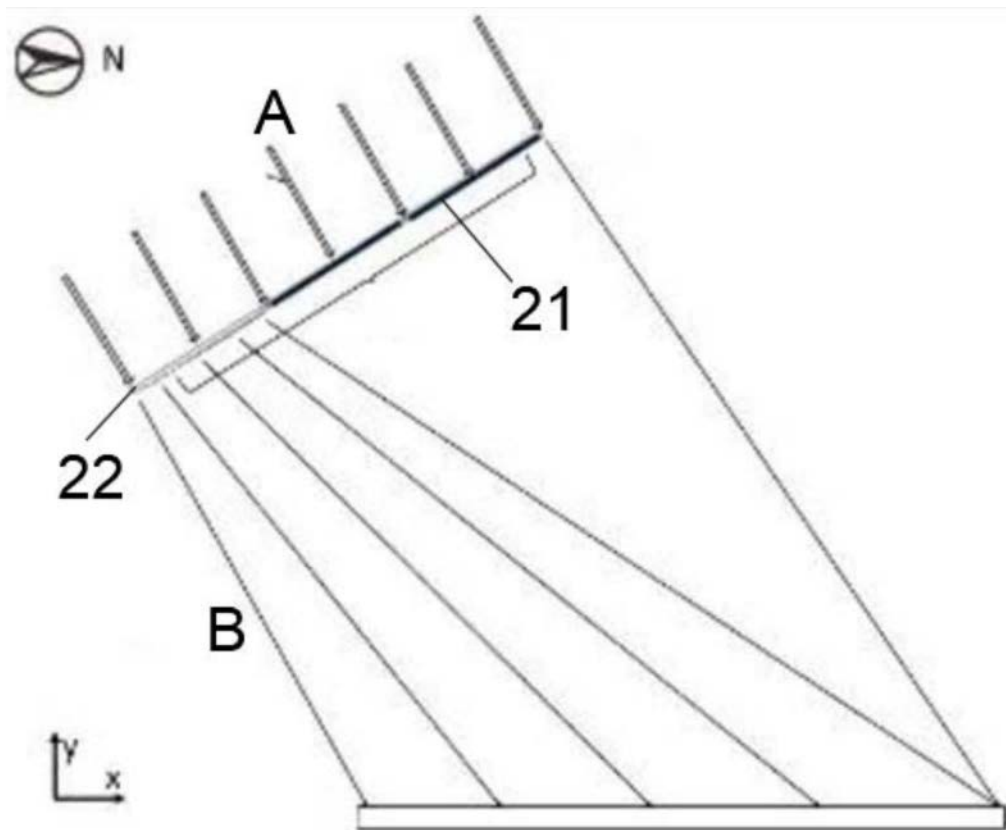


图2

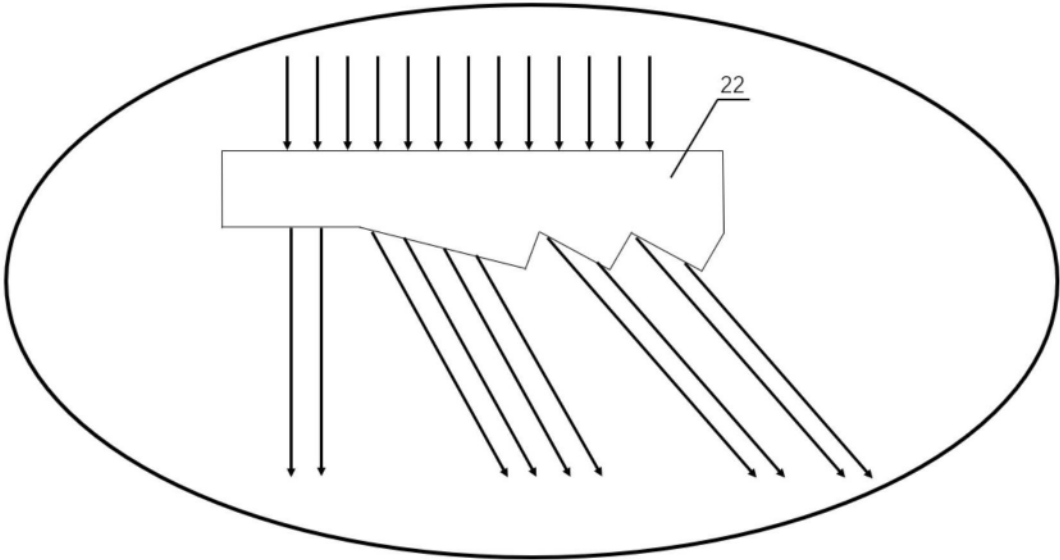


图3

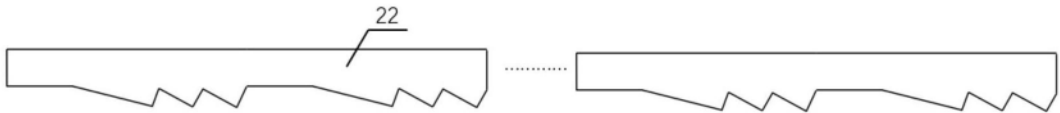


图4

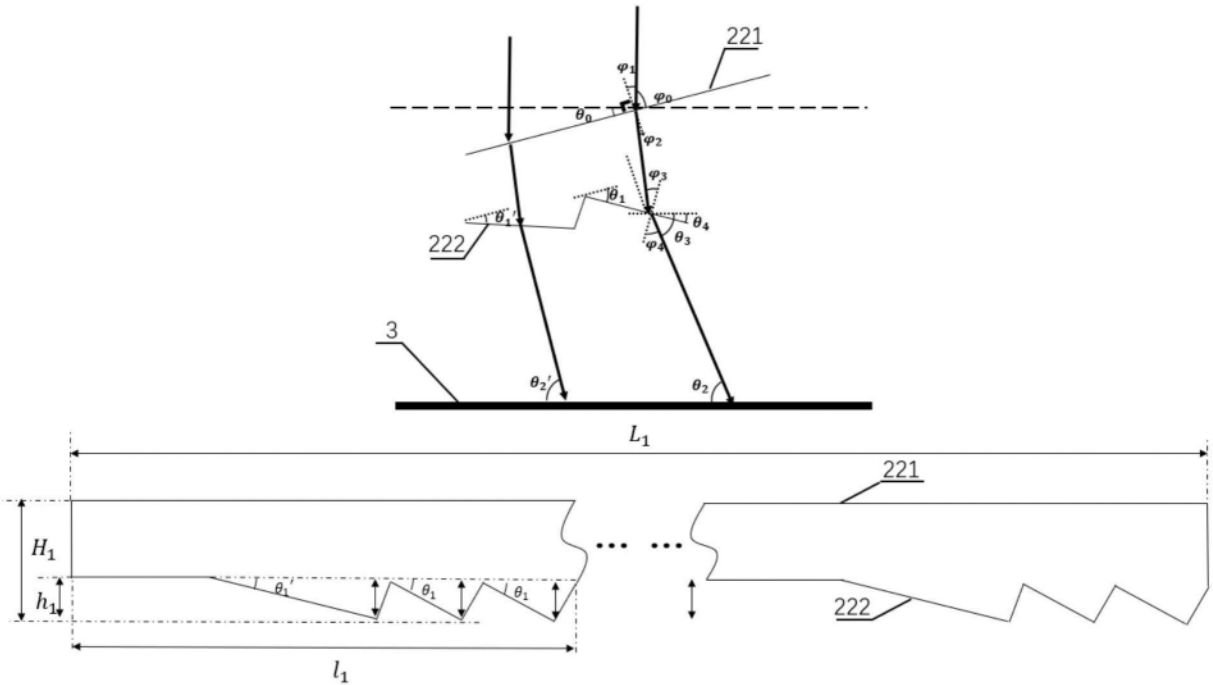


图5

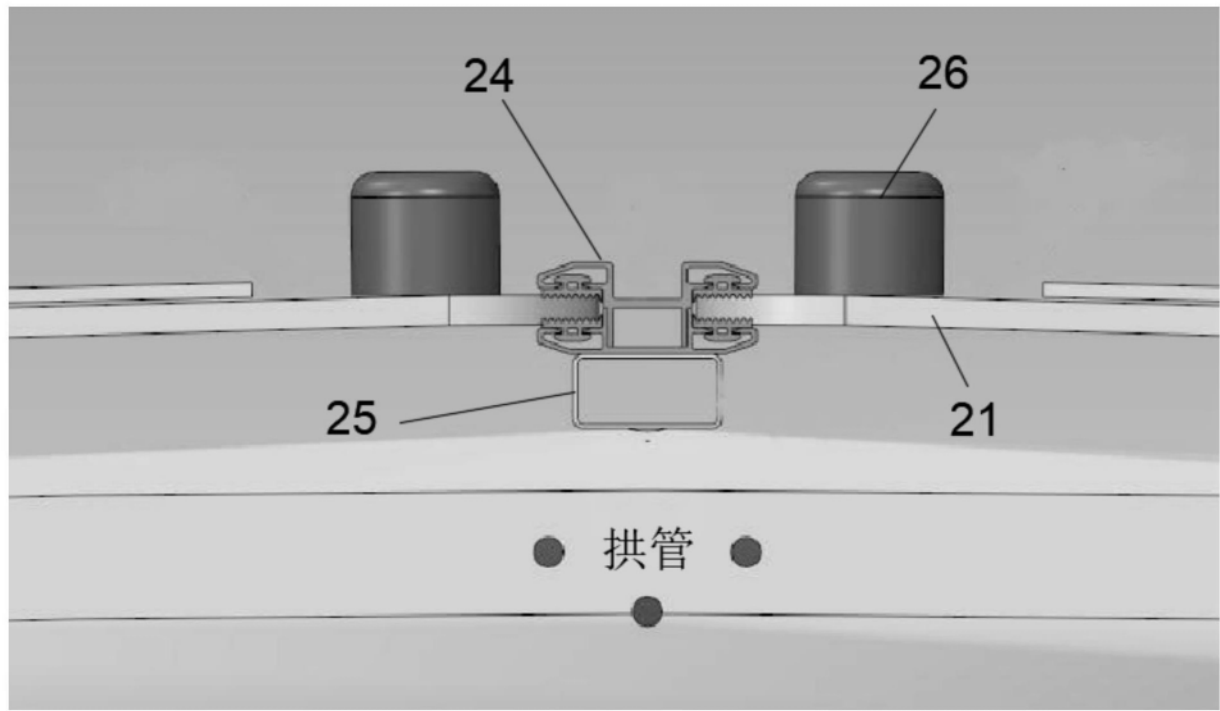


图6

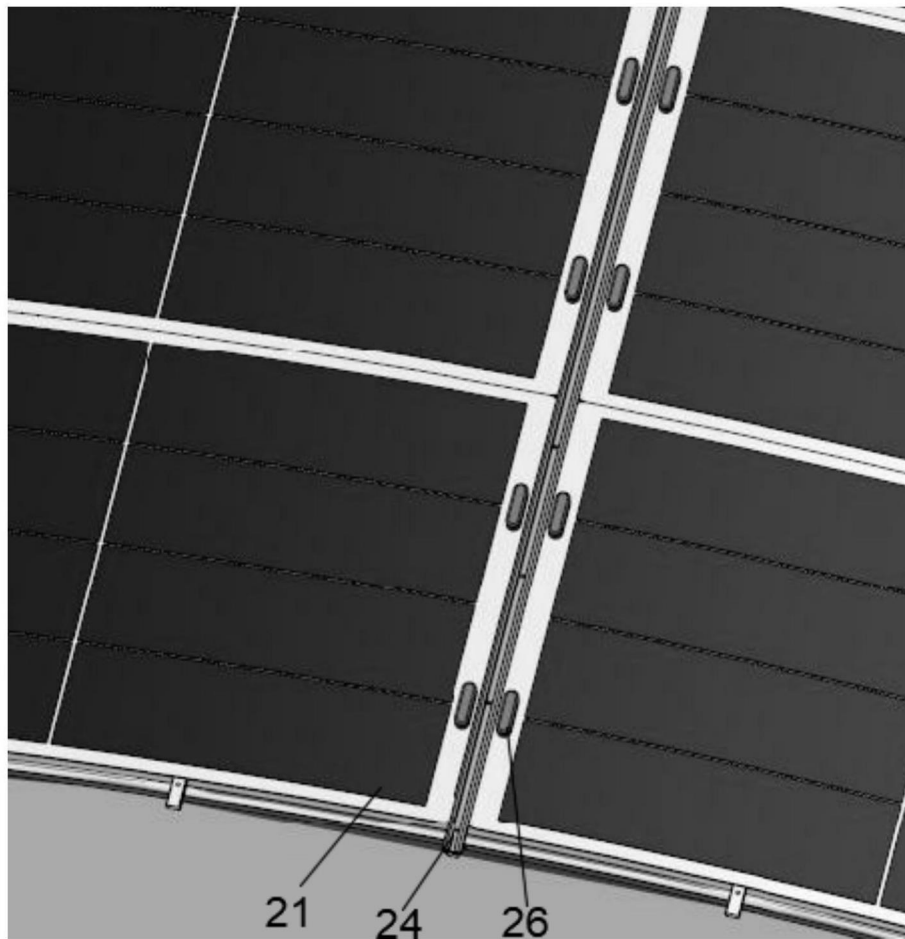


图7

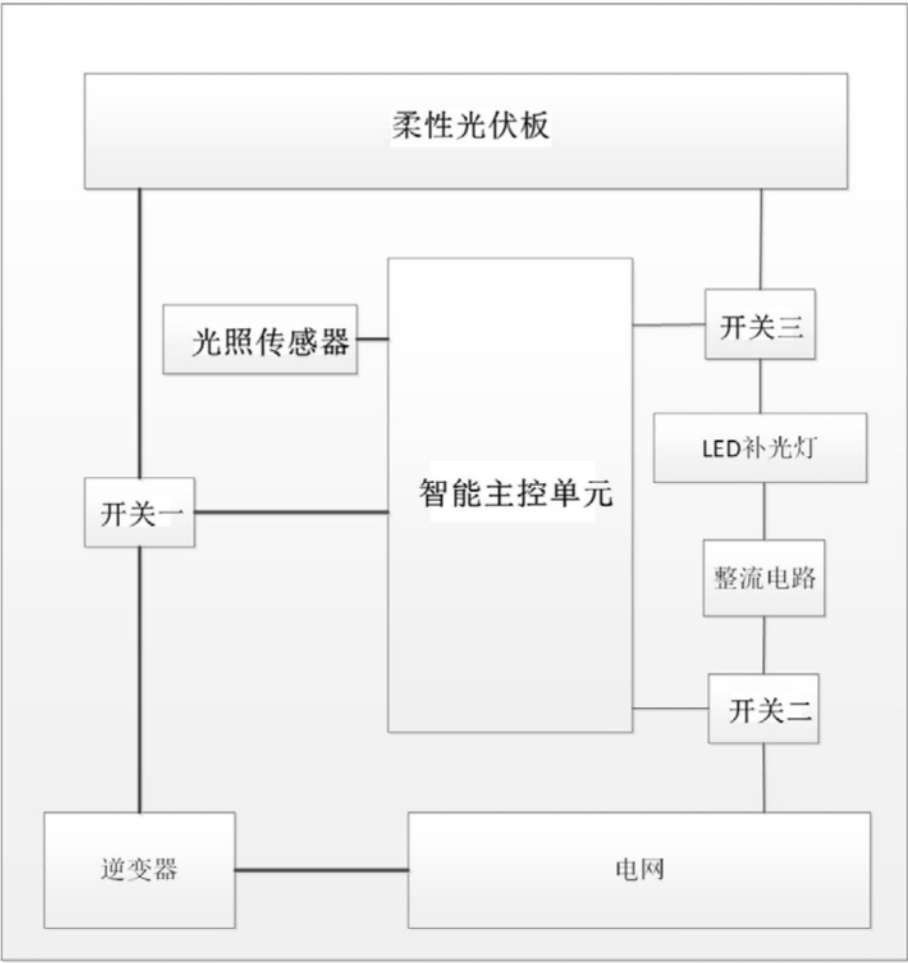


图8

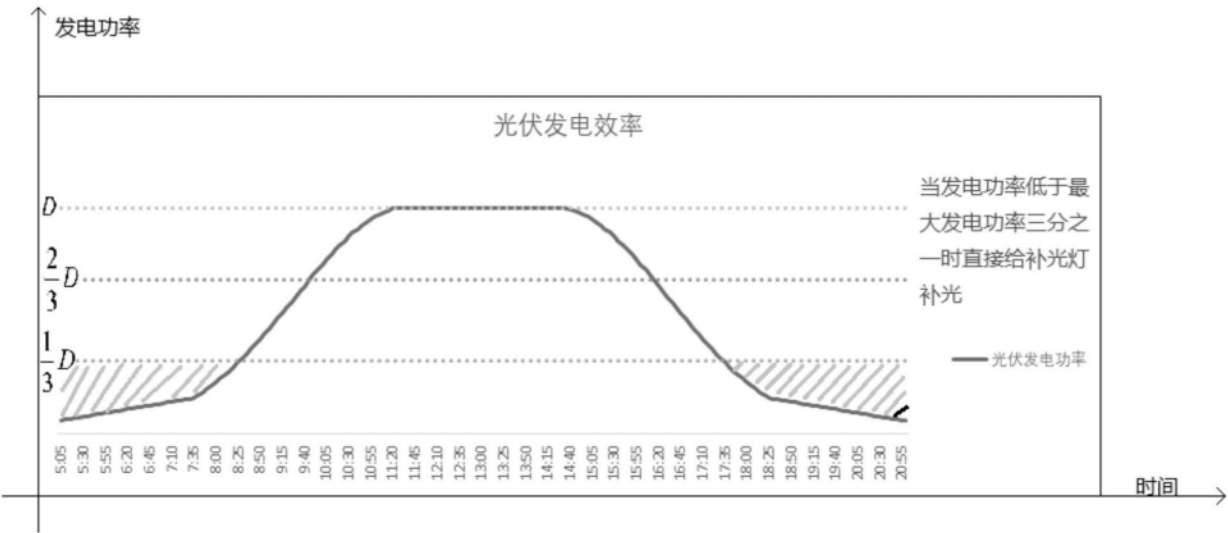


图9

序号	名称及规格	单位	数量	单价(元)	合计(元)	备注
A	发电设备及安装工程					
(一)	光伏发电组件					
1	320W柔性光伏板1770*1000mm	块	100	729.60	72960.00	2.28元/w
2	铝合金U型钢支架、夹具、螺丝	m	250	22.00	5500.00	
3	MC4 插头	对	102	4.00	408.00	
4	防水密封胶330ml	只	150	11.30	1695.00	
小计					80563.00	
(二)	逆变器及汇流箱、配电柜					
1	阳光电源光伏逆变一体机SG33CX(33kw) (带GPRS监控)	台	1	8090.00	8090.00	0.25元/w
2	交流汇流箱一进一出/智能型/冷轧钢板/浪涌保护/断路器和避雷器	台	1	550.00	550.00	
小计					8640.00	
(三)	光伏电缆线路					
1	4平方纯铜护套3芯交流低压并网电缆	m	200	4.70	940.00	
2	光伏电缆 PV1-F 1*4 (红)	m	200	2.60	520.00	
3	光伏电缆 PV1-F 1*4 (黑)	m	200	2.60	520.00	
4	预埋管、PVC线管、穿线软管	项	1	150.00	150.00	
小计					2130.00	
(四)	其他设备及安装工程					
1	光伏支架组件预埋安装、清理工程、220V低压侧线路安装	项	1	350.00	350.00	
2	接地扁铁 $\angle 3 \times 3$ mm镀锌扁铁与安装	项	1	150.00	150.00	
小计					500.00	
合计--A					91833.00	
备注：最终工程量及材料明细清单以施工图为准。						
序号	名称及规格	单位	单价	数量	小计	备注
B	匀光玻璃板及安装					
1	匀光板1770mm*1000mm	块	100	74.00	7400.00	41.81元/m²
2	开模费用	项	1			目前还没有具体的开模费用
3	加工费	m ²	5	88.50	442.50	
小计	小计				7842.50	
合计--B	总计				7842.50	
序号	品名	单位	单价	数量	小计	备注
C	基础施工					
1	合价(合计-A+合计-B)				99675.50	
2	安装工程费				14951.33	15%
合计					114626.83	
单价	每瓦的造价成本	元/w	3.58			

图10

序号	名称及规格	单位	数量	单价(元)	合计(元)	备注
A	发电设备及安装工程					
(一)	光伏发电组件					
1	320W柔性光伏板1770*1000mm	块	100	583.68	58368.00	1.82元/w
2	铝合金U型钢支架、夹具、螺丝	m	250	22.00	5500.00	
3	MC4 插头	对	102	4.00	408.00	
4	防水密封胶330ml	只	150	11.30	1695.00	
小计					65971.00	
(二)	逆变器及汇流箱、配电柜					
1	阳光电源光伏逆变一体机SG33CX(33kw) (带GPRS监控)	台	1	6400.00	6400.00	0.2元/w
2	交流汇流箱一进一出/智能型/冷轧钢板/浪涌保护/断路器和避雷器	台	1	550.00	550.00	
小计					6950.00	
(三)	光伏电缆线路					
1	4平方纯铜护套3芯交流低压并网电缆	m	200	4.70	940.00	
2	光伏电缆 PV1-F 1*4 (红)	m	200	2.60	520.00	
3	光伏电缆 PV1-F 1*4 (黑)	m	200	2.60	520.00	
4	预埋管、PVC线管、穿线软管	项	1	150.00	150.00	
小计					2130.00	
(四)	其他设备及安装工程					
1	光伏支架组件预埋安装、清理工程、220V低压侧线路安装	项	1	350.00	350.00	
2	接地扁铁 $\angle 3 \times 3$ mm镀锌扁铁与安装	项	1	150.00	150.00	
小计					500.00	
合计--A					75551.00	
备注：最终工程量及材料明细清单以施工图为准。						
序号	名称及规格	单位	数量	单价	小计	备注
B	匀光玻璃板及安装					
1	匀光板1770mm*1000mm	块	100	59.20	5920.00	33.45元/w
2	开模费用	项	1		0.00	目前还没有具体的开模费用
3	加工费	m ²	5	88.50	442.50	
小计	小计				6362.50	
合计--B	总计				6362.50	
序号	品名	单位	数量	单价	小计	备注
C	基础施工					
1	合价(合计-A+合计-B)				81913.50	
2	安装工程费				12287.03	15%
合计					94200.53	
单价	每瓦的造价成本	元/w	2.94			

图11