



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115237168 B

(45) 授权公告日 2023. 01. 13

(21) 申请号 202211150024.6

(22) 申请日 2022.09.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115237168 A

(43) 申请公布日 2022.10.25

(73) 专利权人 浙江大学
地址 310028 浙江省杭州市西湖区天目山路148号
专利权人 浙江大学建筑设计研究院有限公司

(72) 发明人 邢浩威 杨毅 胡亦奇

(74) 专利代理机构 北京中秩新创知识产权代理有限公司 16124
专利代理师 丁海涛

(51) Int. Cl.
G05D 3/12 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 104216419 A, 2014.12.17
- CN 102519152 A, 2012.06.27
- CN 114912171 A, 2022.08.16
- CN 102930160 A, 2013.02.13
- CN 102930160 A, 2013.02.13
- WO 2022105446 A1, 2022.05.27
- CN 114879751 A, 2022.08.09
- CN 104778316 A, 2015.07.15
- CN 113221222 A, 2021.08.06
- CN 105760590 A, 2016.07.13
- CN 108319792 A, 2018.07.24
- CN 106708102 A, 2017.05.24
- CN 113348623 A, 2021.09.03

审查员 魏利君

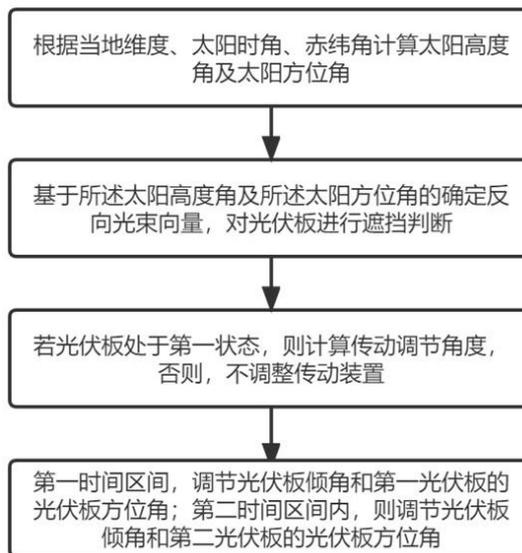
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法,包括:S1计算太阳高度角及太阳方位角;S2基于太阳高度角及所述太阳方位角确定反向光束向量,对光伏板进行遮挡判断;计算光伏板的总辐照度值;若判断为光伏板被遮挡或总辐照度值小于第一阈值,认为光伏板处于第二状态,否则,认为光伏板处于第一状态;S3若光伏板处于第一状态,则计算传动调节角度,否则,不调整传动装置;S4若此刻时间在第一时间区间内,则调节屋顶倾角和第一光伏板方位角;若此刻时间落入第二时间区间内,则调节屋顶倾角和第二光伏板方位角。本发明解决了难以对多块交错界面下的光伏板进行准确的遮挡判断的技术问题,有效提高了光伏转换效率。



1. 一种基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法,其特征在于,包括:

S1根据当地维度、太阳时角、赤纬角计算太阳高度角及太阳方位角;

S2基于所述太阳高度角及所述太阳方位角确定反向光束向量,对光伏板进行遮挡判断;计算光伏板的总辐照度值;若判断为光伏板被遮挡或总辐照度值小于第一阈值,则认为光伏板处于第二状态,否则,认为光伏板处于第一状态;

所述光伏板包括第一光伏板和第二光伏板;

S3若光伏板处于第一状态,则计算传动调节角度,否则,不调整传动装置;

S4若此刻时间落入第一时间区间内,则调节光伏板倾角和第一光伏板的光伏板方位角;若此刻时间落入第二时间区间内,则调节光伏板倾角和第二光伏板的光伏板方位角;

所述遮挡判断基于反向光束向量与遮挡物界面微元所在平面的交点,若所述交点与所述遮挡物界面微元的几何中心的距离小于第一距离阈值,则判断所述遮挡物界面微元遮挡所述光伏板界面微元;遍历所有所述遮挡物界面微元及所有光伏板界面微元,若任意所述遮挡物界面微元遮挡所述光伏板界面微元,则判断所述光伏板界面微元被遮挡,否则,则判断所述光伏板界面微元未被遮挡;若超过第一比例的光伏板界面微元被遮挡,则判断所述光伏板被遮挡;

遮挡物包括非光伏板遮挡物及光伏板;

当真太阳时小于12时,此刻时间光伏板界面微元*i*的所述反向光束向

$\overrightarrow{I_{rev,i}} = (I_{i,x}, I_{i,y}, I_{i,z})$ 为:

$$\begin{cases} I_{i,x} = \cosh \sin A \\ I_{i,y} = -\cosh \cos A \\ I_{i,z} = \sinh \end{cases}$$

其中, $\overrightarrow{I_{rev,i}}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量, $I_{i,x}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量x方向坐标, $I_{i,y}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量y方向坐标, $I_{i,z}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量z方向坐标,A为太阳方位角,h为太阳高度角;

当真太阳时大于12时,此刻时间光伏板界面微元*i*的所述反向光束向量为:

$$\begin{cases} I_{i,x} = -\cosh \sin A \\ I_{i,y} = -\cosh \cos A \\ I_{i,z} = \sinh \end{cases}$$

其中, $\overrightarrow{I_{rev,i}}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量, $I_{i,x}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量x方向坐标, $I_{i,y}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量y方向坐标, $I_{i,z}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量z方向坐标,A为太阳方位角,h为太阳高度角。

2. 根据权利要求1所述的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法,其特征在于,所述传动调节角度包括调节光伏板倾角及光伏板方位角;

光伏板倾角实际调整角度为计算调节光伏板倾角及边界光伏板倾角中的较小值,所述计算调节光伏板倾角的计算方法为: $\theta_h = 90 - h$,其中, θ_h 为计算调节光伏板倾角,h为太阳高度角;

光伏板方位角实际调整角度为计算调节光伏板方位角及边界光伏板方位角中的较小值,所述计算调节光伏板方位角的计算方法为: $\begin{cases} \theta_A = 180 - A, & t \leq 12 \\ \theta_A = A - 180, & t > 12 \end{cases}$, 其中, θ_A 为计算调节光伏板方位角, A 为太阳方位角, t 为地方时。

3. 根据权利要求1所述的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法, 其特征在于, 所述对光伏板进行遮挡判断为布尔计算, 所述布尔计算公式为:

$$\text{Flag}_{ij} = |x_{ij} - x_0| > \Delta l_j / 2 \mid |y_{ij} - y_0| > \Delta d_j / 2$$

其中, Flag_{ij} 为遮挡判断值, x_{ij} 为遮挡物界面微元 j 所在平面与反向光束向量的交点的 x 方向坐标, x_0 为遮挡物界面微元的几何中心的 x 方向坐标, y_{ij} 为遮挡物界面微元 j 所在平面与反向光束向量的交点的 y 方向坐标, y_0 为遮挡物界面微元的几何中心的 y 方向坐标, Δl_j 为 x 方向阈值, Δd_j 为 y 方向阈值, \mid 为按位或运算。

4. 根据权利要求1所述的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法, 其特征在于, 所述对光伏板界面微元 i 进行遮挡判断还包括:

遍历遮挡物所有界面 $\alpha_j \in V_{\text{wall}}$, 获得对光伏板界面微元 i 的遮挡物判断向量 $(\text{Flag}_{i1}, \text{Flag}_{i2}, \dots, \text{Flag}_{iN})^T$;

对遮挡物判断向量中的各遮挡判断值进行累乘, 若遮挡物判断累乘 $\text{Flag}_{i-\text{wall}}$ 为 1, 则光伏板界面微元 i 没有被遮挡物所有界面遮挡。

5. 根据权利要求4所述的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法, 其特征在于, 所述光伏板界面微元 i 的遮挡判断包括:

$$\text{Flag}_i = \text{Flag}_{i-\text{roof}} \& \text{Flag}_{i-\text{wall}}$$

其中, Flag_i 为光伏板界面微元 i 的遮挡判断, $\text{Flag}_{i-\text{wall}}$ 为非光伏板源遮挡物判断, $\text{Flag}_{i-\text{roof}}$ 为光伏板源遮挡判断。

6. 根据权利要求1所述的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法, 其特征在于, 所述总辐照度值度值为所有光伏板微元 i 的全辐照度值之和的平均值, 所述光伏板微元 i 的全辐照度值的计算公式为:

$$I_{\text{global},i} = I_{\text{dir},i} + I_{\text{dif},i} = \text{Flag}_i I_{\text{dir}0} \cos \theta_i + I_{\text{dif}0} \text{SVF}_i$$

其中, $I_{\text{global},i}$ 为光伏板微元 i 的全辐照度值, $I_{\text{dir},i}$ 为光伏板微元 i 的直射辐照度值, $I_{\text{dif},i}$ 为光伏板微元 i 的散射辐照度值, Flag_i 为光伏板微元 i 的遮挡判断值, $I_{\text{dir}0}$ 为此刻时间太阳直射辐照强度, θ_i 为光伏板微元 i 的太阳入射角, $I_{\text{dif}0}$ 为此刻时间水平面散射辐照强度, SVF_i 为光伏板微元 i 的天空角系数。

7. 根据权利要求1所述的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法, 其特征在于, 所述太阳高度角的计算方法为:

$$h = \arcsin (\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega)$$

其中, h 为太阳高度角, ϕ 为当地纬度; ω 为太阳时角; δ 为赤纬角; 所述太阳方位角的计算方法为:

$$A = \arccos \left(\frac{\sin h \sin \phi - \sin \delta}{\cos h \cos \phi} \right)$$

其中,A为太阳方位角,h为太阳高度角, ϕ 为当地纬度; ω 为太阳时角; δ 为赤纬角。

8. 根据权利要求1所述的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法,其特征在于,所述光伏板倾角通过第一调节机构调节,所述光伏板方位角通过第二调节机构调节,所述第二调节机构与第一调节机构连接至同一支架。

9. 根据权利要求8所述的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法,其特征在于,所述第一调节机构位于所述支架下部,所述第二调节机构位于所述支架上部。

一种基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及控制领域,具体涉及基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法。

背景技术

[0002] 随着可再生能源应用的深入,太阳光伏系统的有效转换效率成为关注的重点。光伏板的遮挡与太阳方位朝向指向性是制约转换效率进一步提升的原因之一。通过光伏板实现太阳能利用的应用场景从平坦的非城市地区逐步向城市地区渗透,然而,与非城市地区不同的是,城市难以存在平坦的大面积空旷空间,更多的光伏板被铺设至无大面积水平平面的建筑屋顶或外表面上。现有技术中针对光伏板的遮挡判断主要针对其他可能的建筑类遮挡物进行建模,未能考虑光伏板在多块交错界面的情况下,部分光伏板对其他光伏板的遮挡。此外,也未有现有技术针对同时对可移动的潜在被遮挡光伏板和潜在遮挡光伏板同时进行光线追踪,使得难以对多块交错界面下的光伏板进行准确的遮挡判断。

发明内容

[0003] 为解决现有技术存在的难以对多块交错界面下的光伏板进行准确的遮挡判断,进而不能有效发挥最大光伏转换效率的技术问题,本发明提出一种基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法,包括:

[0004] S1根据当地维度、太阳时角、赤纬角计算太阳高度角及太阳方位角;

[0005] S2基于所述太阳高度角及所述太阳方位角确定反向光束向量,对光伏板进行遮挡判断;计算光伏板的总辐照度值;若判断为光伏板被遮挡或总辐照度值小于第一阈值,则认为光伏板处于第二状态,否则,认为光伏板处于第一状态;

[0006] 所述光伏板包括第一光伏板和第二光伏板;

[0007] S3若光伏板处于第一状态,则计算传动调节角度,否则,不调整传动装置;

[0008] S4若此刻时间在第一时间区间内,则调节光伏板倾角和第一光伏板的光伏板方位角;若此刻时间落入第二时间区间内,则调节光伏板倾角和第二光伏板的光伏板方位角;

[0009] 所述遮挡判断基于反向光束向量与遮挡物界面微元所在平面的交点,若所述交点与所述遮挡物界面微元的几何中心的距离小于第一距离阈值,则判断所述遮挡物界面微元遮挡所述光伏板界面微元;遍历所有所述遮挡物界面微元及所有光伏板界面微元,若任意所述遮挡物界面微元遮挡所述光伏板界面微元,则判断所述光伏板界面微元被遮挡,否则,则判断所述光伏板界面微元未被遮挡;若超过第一比例的光伏板界面微元被遮挡,则判断所述光伏板被遮挡;

[0010] 所述遮挡物包括非光伏板遮挡物及光伏板。

[0011] 优选的,当真太阳时小于12时,此刻时间光伏板界面微元*i*的所述反向光束向

$\vec{I}_{rev,i} = (I_{i,x}, I_{i,y}, I_{i,z})$ 为:

$$[0012] \quad \begin{cases} \mathbf{I}_{i,x} = \cosh \sin A \\ \mathbf{I}_{i,y} = -\cosh \cos A \\ \mathbf{I}_{i,z} = \sinh \end{cases}$$

[0013] 其中, $\overrightarrow{\mathbf{I}_{rev,i}}$ 为光伏板界面微元i的反向光束向量, $\mathbf{I}_{i,x}$ 为光伏板界面微元i的反向光束向量x方向坐标, $\mathbf{I}_{i,y}$ 为光伏板界面微元i的反向光束向量y方向坐标, $\mathbf{I}_{i,z}$ 为光伏板界面微元i的反向光束向量z方向坐标, A为太阳方位角, h为太阳高度角;

[0014] 当真太阳时大于12时, 此刻时间光伏板界面微元i的所述反向光束向量为:

$$[0015] \quad \begin{cases} \mathbf{I}_{i,x} = -\cosh \sin A \\ \mathbf{I}_{i,y} = -\cosh \cos A \\ \mathbf{I}_{i,z} = \sinh \end{cases}$$

[0016] 其中, $\overrightarrow{\mathbf{I}_{rev,i}}$ 为光伏板界面微元i的反向光束向量, $\mathbf{I}_{i,x}$ 为光伏板界面微元i的反向光束向量x方向坐标, $\mathbf{I}_{i,y}$ 为光伏板界面微元i的反向光束向量y方向坐标, $\mathbf{I}_{i,z}$ 为光伏板界面微元i的反向光束向量z方向坐标, A为太阳方位角, h为太阳高度角。

[0017] 优选的, 所述传动调节角度包括调节光伏板倾角及光伏板方位角;

[0018] 光伏板倾角实际调整角度为计算调节光伏板倾角及边界光伏板倾角中的较小值, 所述计算调节光伏板倾角的计算方法为: $\theta_h = 90 - h$, 其中, θ_h 为计算调节光伏板倾角, h为太阳高度角;

[0019] 光伏板方位角实际调整角度为计算调节光伏板方位角及边界光伏板方位角中的较小值, 所述计算调节光伏板方位角的计算方法为: $\begin{cases} \theta_A = 180 - A, & t \leq 12 \\ \theta_A = A - 180, & t > 12 \end{cases}$, 其中, θ_A 为计算调节光伏板方位角, A为太阳方位角, t为地方时。

[0020] 优选的, 所述对光伏板进行遮挡判断为布尔计算, 所述布尔计算公式为:

$$[0021] \quad \mathbf{Flag}_{ij} = |x_{ij} - x_0| > \Delta l_j / 2 \mid |y_{ij} - y_0| > \Delta d_j / 2$$

[0022] 其中, \mathbf{Flag}_{ij} 为遮挡判断值, x_{ij} 为遮挡物界面微元j所在平面与反向光束向量的交点的x方向坐标, x_0 为遮挡物界面微元的几何中心的x方向坐标, y_{ij} 为遮挡物界面微元j所在平面与反向光束向量的交点的y方向坐标, y_0 为遮挡物界面微元的几何中心的y方向坐标, Δl_j 为x方向阈值, Δd_j 为y方向阈值, \mid 为按位或运算。

[0023] 优选的, 所述对光伏板界面微元i进行遮挡判断还包括:

[0024] 遍历遮挡物所有界面 $\alpha_j \in \mathbf{V}_{wall}$, 获得对光伏板界面微元i的遮挡物判断向量 $(\mathbf{Flag}_{i1}, \mathbf{Flag}_{i2}, \dots, \mathbf{Flag}_{iN})^T$;

[0025] 对遮挡物判断向量中的各遮挡判断值进行累乘, 若遮挡物判断累乘 \mathbf{Flag}_{i-wall} 为1, 则光伏板界面微元i没有被遮挡物所有界面遮挡。

[0026] 优选的, 所述光伏板界面微元i的遮挡判断包括:

$$[0027] \quad \mathbf{Flag}_i = \mathbf{Flag}_{i-roof} \& \mathbf{Flag}_{i-wall}$$

[0028] 其中, \mathbf{Flag}_i 为光伏板界面微元i的遮挡判断, \mathbf{Flag}_{i-wall} 为非光伏板源遮挡物判

断, $Flag_{i-roof}$ 为光伏板源遮挡判断。

[0029] 优选的, 所述总辐照度值度值为所有光伏板微元 i 的全辐照度值之和的平均值, 所述光伏板微元 i 的全辐照度值的计算公式为:

$$[0030] \quad I_{global,i} = I_{dir,i} + I_{dif,i} = Flag_i I_{dir0} \cos\theta_i + I_{dif0} SVF_i$$

[0031] 其中, $I_{global,i}$ 为光伏板微元 i 的全辐照度值, $I_{dir,i}$ 为光伏板微元 i 的直射辐照度值, $I_{dif,i}$ 为光伏板微元 i 的散射辐照度值, $Flag_i$ 为光伏板微元 i 的遮挡判断值, I_{dir0} 为此刻时间太阳直射辐照强度, θ_i 为光伏板微元 i 的太阳入射角, I_{dif0} 为此刻时间水平面散射辐照强度, SVF_i 为光伏板微元 i 的天空角系数。

[0032] 优选的, 所述太阳高度角的计算方法为:

$$[0033] \quad h = \arcsin (\sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos\phi \cos\omega)$$

[0034] 其中, h 为太阳高度角, ϕ 为当地纬度; ω 为太阳时角; δ 为赤纬角;

[0035] 所述太阳方位角的计算方法为:

$$[0036] \quad A = \arccos \left(\frac{\sin h \sin\phi - \sin\delta}{\cos h \cos\phi} \right)$$

[0037] 其中, A 为太阳方位角, h 为太阳高度角, ϕ 为当地纬度; ω 为太阳时角; δ 为赤纬角。

[0038] 优选的, 所述光伏板倾角通过第一调节机构调节, 所述光伏板方位角通过第二调节机构调节, 所述第二调节机构与第一调节机构连接至同一支架。

[0039] 优选的, 所述第一调节机构位于所述支架下部, 所述第二调节机构位于所述支架上部。

[0040] 本发明通过对光伏板及其他建筑的可能存在遮挡的遮挡物进行微元拆分, 并基于对每块光伏板微元进行反向光线追踪, 有效准确的判断遮挡物对光伏板的遮挡情况, 解决了多块交错界面下的光伏板进行准确的遮挡判断的技术问题。上述方案解决了光伏板应用场景的局限性, 使得光伏板可以在多种建筑物顶端设置, 而不局限于平面的屋顶结构或地面, 使得在多种角度的建筑物顶端设置时, 均可以有效进行遮挡判断, 提升光伏板的转换效率, 该方案有效的判断流程, 可避免不必要的转动, 进一步降低能量损耗和控制复杂性。

附图说明

[0041] 为了更清楚地说明发明实施例或现有技术中的技术方案, 下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍, 显而易见地, 下面描述中的附图仅仅是发明的一些实施例, 对于本领域普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动的前提下, 还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0042] 图1是本发明实施例一提供的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法的流程图;

[0043] 图2是本发明实施例一提供的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法反向光线追踪向量示意图;

[0044] 图3是本发明实施例一提供的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法的结构图;

[0045] 图4是本发明实施例一提供的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法的未

调整状态结构图；

[0046] 图5是本发明实施例一提供的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法的调整倾角状态结构图；

[0047] 图6是本发明实施例一提供的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法的调整倾角及方位角状态结构图；

[0048] 图7是本发明实施例一提供的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法的三种控制策略的遮挡示意图。

具体实施方式

[0049] 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点，下面结合附图和具体实施方式对本发明进行进一步的详细描述。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0050] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明，但是，本发明还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施，因此，本发明的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。

[0051] 实施例一

[0052] 本实施例提供一种基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法，包括：

[0053] S1根据当地维度、太阳时角、赤纬角计算太阳高度角及太阳方位角。

[0054] 所述太阳高度角的计算方法为：

$$[0055] \quad h = \arcsin (\sin\delta\sin\phi + \cos\delta\cos\phi\cos\omega)$$

[0056] 其中，h为太阳高度角， ϕ 为当地纬度； ω 为太阳时角； δ 为赤纬角；

[0057] 所述太阳方位角的计算方法为：

$$[0058] \quad A = \arccos \left(\frac{\sin h \sin \phi - \sin \delta}{\cos h \cos \phi} \right)$$

[0059] 其中，A为太阳方位角，h为太阳高度角， ϕ 为当地纬度； ω 为太阳时角； δ 为赤纬角。

[0060] 所述太阳赤纬角的计算方法为：

$$[0061] \quad \delta = 0.3723 + 23.2567\sin\theta_s + 0.1149\sin 2\theta_s - 0.1712\sin 3\theta_s - 0.758\cos\theta_s + 0.3656\cos 2\theta_s + 0.0201\cos 3\theta_s$$

[0062] 其中， δ 为赤纬角， θ_s 为日角。

[0063] 所述日角的计算方法为：

$$[0064] \quad \theta_s = 2\pi(N - (79.6774 + 0.2422(\text{年份} - 1985) - \text{INT}(\text{年份} - 1985)/4))/365.2422$$

[0065] 其中， θ_s 为日角，N为积日，即当天在当年的第N天，INT为取证符号。

[0066] 所述太阳时角的计算方法为：

$$[0067] \quad \omega = (T_0 - 12) \times 15^\circ$$

[0068] 其中， T_0 为真太阳时。

[0069] S1通过积日计算日角，通过日角计算太阳赤纬角，并进而计算获得太阳方位角及太阳高度角，为后续在计算遮挡时的太阳入射光束反向向量的计算提供了计算基础。与其他直接将太阳入射角或太阳方位角与太阳入射边界角进行对比的技术方案相比，本实施例

的太阳方位角及太阳高度角计算目的为提供反向追踪的有限元剖分向量基础,较直接应用太阳入射角或太阳方位角的对比方法相比,准确性更高。

[0070] S2基于所述太阳高度角及所述太阳方位角确定反向光束向量,对光伏板进行遮挡判断;计算光伏板的总辐照度值;若判断为光伏板被遮挡或总辐照度值小于第一阈值,则认为光伏板处于第二状态,否则,认为光伏板处于第一状态;

[0071] 所述光伏板包括第一光伏板和第二光伏板。

[0072] 所述遮挡判断基于反向光束向量与遮挡物界面微元所在平面的交点,若所述交点与所述遮挡物界面微元的几何中心的距离小于第一距离阈值,则判断所述遮挡物界面微元遮挡所述光伏板界面微元;遍历所有所述遮挡物界面微元及所有光伏板界面微元,若任意所述遮挡物界面微元遮挡所述光伏板界面微元,则判断所述光伏板界面微元被遮挡,否则,则判断所述光伏板界面微元未被遮挡;若超过第一比例的光伏板界面微元被遮挡,则判断所述光伏板被遮挡;所述遮挡物包括非光伏板遮挡物及光伏板。

[0073] 当真太阳时小于12时,此刻时间光伏板界面微元*i*的所述反向光束向

$\overrightarrow{I_{rev,i}} = (I_{i,x}, I_{i,y}, I_{i,z})$ 为:

$$[0074] \quad \begin{cases} I_{i,x} = \cosh \sin A \\ I_{i,y} = -\cosh \cos A \\ I_{i,z} = \sinh \end{cases}$$

[0075] 其中, $\overrightarrow{I_{rev,i}}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量, $I_{i,x}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量x方向坐标, $I_{i,y}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量y方向坐标, $I_{i,z}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量z方向坐标,A为太阳方位角,h为太阳高度角;

[0076] 当真太阳时大于12时,此刻时间光伏板界面微元*i*的所述反向光束向量为:

$$[0077] \quad \begin{cases} I_{i,x} = -\cosh \sin A \\ I_{i,y} = -\cosh \cos A \\ I_{i,z} = \sinh \end{cases}$$

[0078] 其中, $\overrightarrow{I_{rev,i}}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量, $I_{i,x}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量x方向坐标, $I_{i,y}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量y方向坐标, $I_{i,z}$ 为光伏板界面微元*i*的反向光束向量z方向坐标,A为太阳方位角,h为太阳高度角。

[0079] 上述x轴表示东西方向(东向为正),y轴表示南北方向(北向为正),z轴表示高度方向(向上为正)。

[0080] 本实施例基于太阳入射角或太阳方位角构建每一光伏板界面微元所对应的反向光束向量,将光伏板的整体遮挡问题转化为剖分后的有限元问题,离散化的光伏板模型,结合向量计算方式,更为精准的对光伏板各位置的遮挡情况进行准确有效的判断,避免了现有技术中通过整体计算,或简单根据遮挡物的高度、位置等进行建模导致的对光伏板遮挡情况分析不准确,光线追踪不及时的技术问题。

[0081] 以光伏板周围某一高楼某界面 α_j 对光线的遮挡为例,如图2所示,令 $\alpha_j \in V_{wall}$, Δd_j 与 Δl_j 分别表示高楼各界面 α_j 在y轴和x轴上的尺寸大小, V_{wall} 为所有周围建筑界面的

集合。 $\overrightarrow{I_{rev,l}}$ 代表反向光束向量,与界面 α_j 所在平面相交于 $A_{i,j}$ 点,界面 α_j 几何中心为 A_0 ,则反向光束与界面 α_j 的遮挡关系判断可转化 $A_{i,j}$ 与 A_0 间距的判断。若 $A_{i,j}$ 与 A_0 在x轴方向上的间距大于 $\Delta l_j/2$ 或者在y轴方向上的间距大于 $\Delta d_j/2$,则表示反向光束没有被界面 α_j 所遮挡。

$A_{i,j}$ 与 A_0 的三维坐标分别为 $(x_{i,j}, y_{i,j}, z_{i,j})$ 与 (x_0, y_0, z_0) ,所述对光伏板进行遮挡判断为布尔计算,所述布尔计算公式为:

$$[0082] \quad \mathbf{Flag}_{ij} = |x_{ij} - x_0| > \Delta l_j/2 \mid |y_{ij} - y_0| > \Delta d_j/2$$

[0083] 其中, \mathbf{Flag}_{ij} 为遮挡判断值, $x_{i,j}$ 为遮挡物界面微元j所在平面与反向光束向量的交点的x方向坐标, x_0 为遮挡物界面微元的几何中心的x方向坐标, $y_{i,j}$ 为遮挡物界面微元j所在平面与反向光束向量的交点的y方向坐标, y_0 为遮挡物界面微元的几何中心的y方向坐标, Δl_j 为x方向阈值, Δd_j 为y方向阈值, \mid 为按位或运算。

[0084] 若计算结果 \mathbf{Flag}_{ij} 为1,则代表无遮挡。

[0085] 遍历遮挡物所有界面 $\alpha_j \in \mathbf{V}_{wall}$,获得对光伏板界面微元i的遮挡物判断向量 $(\mathbf{Flag}_{i1}, \mathbf{Flag}_{i2}, \dots, \mathbf{Flag}_{iN})^T$;对遮挡物判断向量中的各遮挡判断值进行累乘,若遮挡物判断累乘 \mathbf{Flag}_{i-wall} 为1,则光伏板界面微元i没有被遮挡物所有界面遮挡。

[0086] 所述光伏板界面微元i的遮挡判断包括:

$$[0087] \quad \mathbf{Flag}_i = \mathbf{Flag}_{i-roof} \& \mathbf{Flag}_{i-wall}$$

[0088] 其中, \mathbf{Flag}_i 为光伏板界面微元i的遮挡判断, \mathbf{Flag}_{i-wall} 为非光伏板源遮挡物判断, \mathbf{Flag}_{i-roof} 为光伏板源遮挡判断。

[0089] 所述总辐照度值度值为所有光伏板微元i的全辐照度值之和的平均值,所述光伏板微元i的全辐照度值的计算公式为:

$$[0090] \quad I_{global,i} = I_{dir,i} + I_{dif,i} = \mathbf{Flag}_i I_{dir0} \cos \theta_i + I_{dif0} \mathbf{SVF}_i$$

[0091] 其中, $I_{global,i}$ 为光伏板微元i的全辐照度值, $I_{dir,i}$ 为光伏板微元i的直射辐照度值, $I_{dif,i}$ 为光伏板微元i的散射辐照度值, \mathbf{Flag}_i 为光伏板微元i的遮挡判断值, I_{dir0} 为此刻时间太阳直射辐照强度, θ_i 为光伏板微元i的太阳入射角, I_{dif0} 为此刻时间水平面散射辐照强度, \mathbf{SVF}_i 为光伏板微元i的天空角系数。

[0092] 与对环境进行建模实现遮挡判断的方法相比,本实施例采用反向光线追踪法计算复杂环境下光伏板遮挡问题,避免了针对阴影进行全部计算或不必要的渲染,具有明显的计算量优势。本实施例通过对光伏板的有限元剖分,以微元面中心点的向量作为计算对象,将剖分后的光伏板抽象为单点,可灵活将任何方式的遮挡物,包括但不限于建筑遮挡物及光伏板自身的遮挡情况考虑在内。尤其是当光伏板移动后,本实施例的设计可及时实现对造成新的遮挡情况进行快速判断,实现快速地同时响应阳光光线变化及可移动(包括但不限于移动的光伏板)遮挡物遮挡情况。

[0093] S3若光伏板处于第二状态,即,光伏板被遮挡或总辐照度值小于第一阈值,则不计算传动调节角度,否则,调整传动装置。第一阈值优选为 $300\text{W}/\text{m}^2$ 。

[0094] S4若此刻时间在第一时间区间内,则调节屋顶倾角和第一光伏板方位角;若此刻

时间落入第二时间区间内,则调节屋顶光伏板倾角和第二光伏板方位角。

[0095] 光伏板倾角实际调整角度为计算调节光伏板倾角及边界光伏板倾角中的较小值,所述计算调节光伏板倾角的计算方法为: $\theta_h = 90 - h$,其中, θ_h 为计算调节光伏板倾角,h为太阳高度角;

[0096] 光伏板方位角实际调整角度为计算调节光伏板方位角及边界光伏板方位角中的较小值,所述计算调节光伏板方位角的计算方法为: $\begin{cases} \theta_A = 180 - A, & t \leq 12 \\ \theta_A = A - 180, & t > 12 \end{cases}$,其中, θ_A 为计算调节光伏板方位角,A为太阳方位角,t为地方时。

[0097] 优选的,若当前地方时在20:00~4:00,则说明为夜晚,则传动装置将光伏板调节至原位,即方位角朝正南方向,光伏板倾角等于屋顶倾角。

[0098] 若当前时间为4:00~12:00,则分两种情况,若总辐照度值度计读数小于300W/m²(则说明当前气象条件以阴天、夜晚为主)或者当前光伏板被遮挡,则光伏板保持在前一控制位置。否则,传动装置将光伏板倾角调节至最佳接收角度,同时将西半边光伏板方位角调节至最佳接收角度。

[0099] 若当前时间为12:00~20:00,则分两种情况,若总辐照度值度计读数小于300W/m²(则说明当前气象条件以阴天、夜晚为主)或者当前光伏板被遮挡,则光伏板保持在前一控制位置。否则,传动装置将光伏板倾角调节至最佳接收角度,同时将东半边光伏板方位角调节至最佳接收角度。

[0100] 如图3-6所示为实现所述基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法的机械结构示意图。

[0101] 多块光伏板101及多块光伏板102设置在屋顶400上。其中,多块光伏板101及多块光伏板102均可通过多个调节机构201、多个调节机构202单独控制,光伏板可能存在由于与阳光的角度变化存在的互相之间的遮挡问题。所述光伏板倾角通过调节机构202调节,所述光伏板方位角通过调节机构201调节,所述调节机构201与调节机构202连接至同一支架,所述调节机构202位于所述支架下部,所述调节机构201位于所述支架上部。如图4所示为未调整状态结构图,调节机构201、调节机构202均处于压紧状态。如图5所示为调整倾角状态结构图,靠外侧的调节机构202根据计算调节光伏板倾角向上进行调整,若计算调节光伏板倾角超过调节机构202所能调节的边界光伏板倾角,则实际倾角的调整角度为调节机构202所能的调整的边界光伏板倾角。如图6为调整倾角及方位角状态结构图。除靠外侧的调节机构2012根据计算调节光伏板倾角向上进行调整,靠右侧的调节机构201也进行抬起。调节机构201的抬起角度通过计算光伏板方位角确定。若计算调节光伏板方位角超过调节机构201所能调节的边界光伏板方位角,则实际倾角的调整角度为调节机构201所能的调整的边界光伏板方位角。

[0102] 如图7所示为三种调节机构201的控制策略对应的阳光对光伏板的直射及遮挡情况。实线为光伏板调整前的位置情况,虚线为三种控制策略对应的调节机构201做出的响应后的终止位置情况。左图与右图获得的光强相同,略小于中图光伏板获得的阳光光强。如图7的左图所示,对左侧光伏板进行抬起至计算调节光伏板方位角或边界光伏板方位角,保持右侧光伏板不动。如图7的中图所示,两块光伏板共用一调节机构201,将该调节机构201抬起至计算调节光伏板方位角或边界光伏板方位角,该控制情况下需要的转动高度较高,当

常规建筑物能够允许的高度要求达不到时,将极大的限制边界光伏板方位角的大小,使得光伏板经常难以转至计算调节光伏板方位角,造成即使理论计算上中图可获得最大光强,而实际转动过程中由于边界光伏板方位角小于左图及右图的边界光伏板方位角,难以获得较高的光强。如图7的右图所示,对两块光伏板均抬起至计算调节光伏板方位角或边界光伏板方位角,该情况下,右侧抬起的光伏板对左侧光伏板形成遮挡,其总接受的阳光光强的情况与右图一致。左图为本实施例提供的调节机构201的控制策略,在该控制策略及对应的调节机构201位置的设置下,与中图相比能够节省高度并拥有更高的边界光伏板方位角,与右图相比能够少进行一次机械转动,综合实现以最小的转动代价实现较高的阳光光强的最佳技术效果。

[0103] 上述调节机构有效地对多块光伏板进行逐一的方位角及倾角控制,使其适配本实施例提供的基于反向光线追踪的光伏板传动角度控制方法中针对所有光伏板微元进行反向光线追踪时的建模及计算。有效解决现有技术存在的难以对多块交错界面下的光伏板进行准确的遮挡判断,进而不能有效发挥最大光伏转换效率的技术问题,实现多块交错界面的光伏板的逐一控制,控制逻辑简单,遮挡效率计算准确率高。

[0104] 本实施例通过对光伏板及其他建筑的可能存在遮挡的遮挡物进行微元拆分,并基于对每块光伏板微元进行反向光线追踪,有效准确的判断遮挡物对光伏板的遮挡情况,解决了多块交错界面下的光伏板进行准确的遮挡判断的技术问题。上述方案解决了光伏板应用场景的局限性,使得光伏板可以在多种建筑物顶端设置,而不局限于平面的屋顶结构或地面,使得在多种角度的建筑物顶端设置时,均可以有效进行遮挡判断,提升光伏板的转换效率。本实施例基于双周控制的24小时全天候光伏板控制逻辑,可避免不必要的转动,减小机械装置转动次数提高机械装置的使用寿命,进一步降低能量损耗和控制复杂性。

[0105] 实施例二

[0106] 本实施例提供一种计算机可读存储介质,其存储有计算机程序;当所述计算机程序被计算设备中的处理器执行时,使得计算设备执行实施例一所述的方法。

[0107] 为了说明的目的,前述描述使用具体命名以提供对所述实施方案的透彻理解。然而,对于本领域的技术人员而言将显而易见的是,不需要具体细节即可实践所述实施方案。因此,出于例示和描述的目的,呈现了对本文所述的具体实施方案的前述描述。这些描述并非旨在是穷举性的或将实施方案限制到所公开的精确形式。对于本领域的普通技术人员而言将显而易见的是,鉴于上面的教导内容,许多修改和变型是可行的。另外,当在本文中用于指部件的位置时,上文和下文的术语或它们的同义词不一定指相对于外部参照的绝对位置,而是指部件的参考附图的相对位置。

[0108] 此外,前述附图和描述包括许多概念和特征,其可以多种方式组合以实现多种有益效果和优点。因此,可组合来自各种不同附图的特征,部件,元件和/或概念,以产生未必在本说明书中示出或描述的实施方案或实施方式。此外,在任何特定实施方案和/或实施方式中,不一定需要具体附图或说明中所示的所有特征,部件,元件和/或概念。应当理解,此类实施方案和/或实施方式落入本说明书的范围。

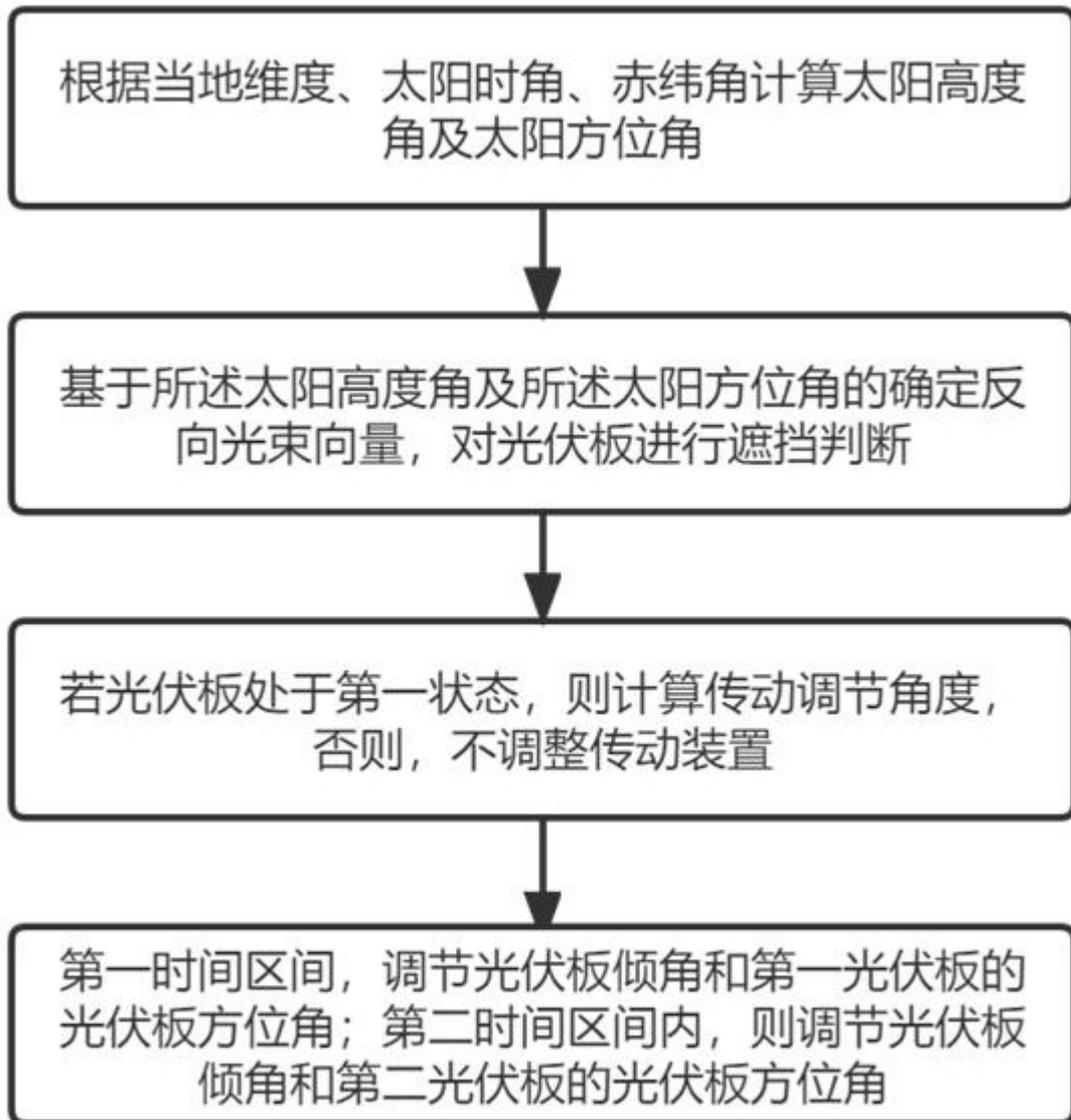


图1

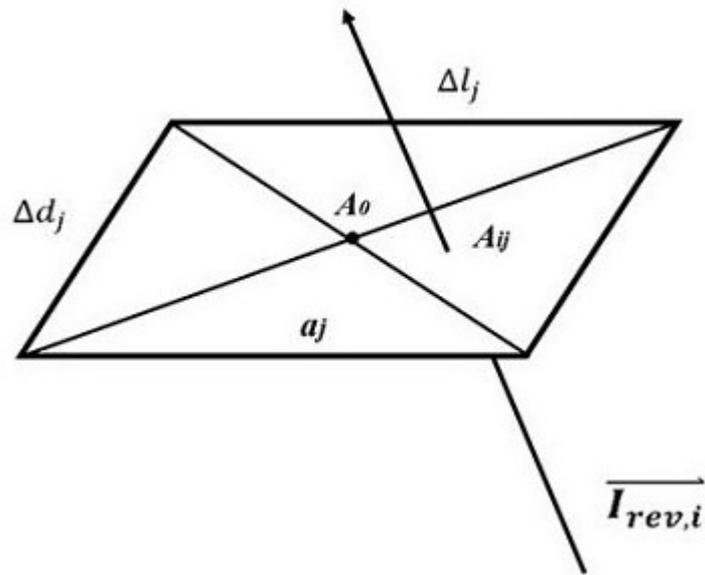


图2

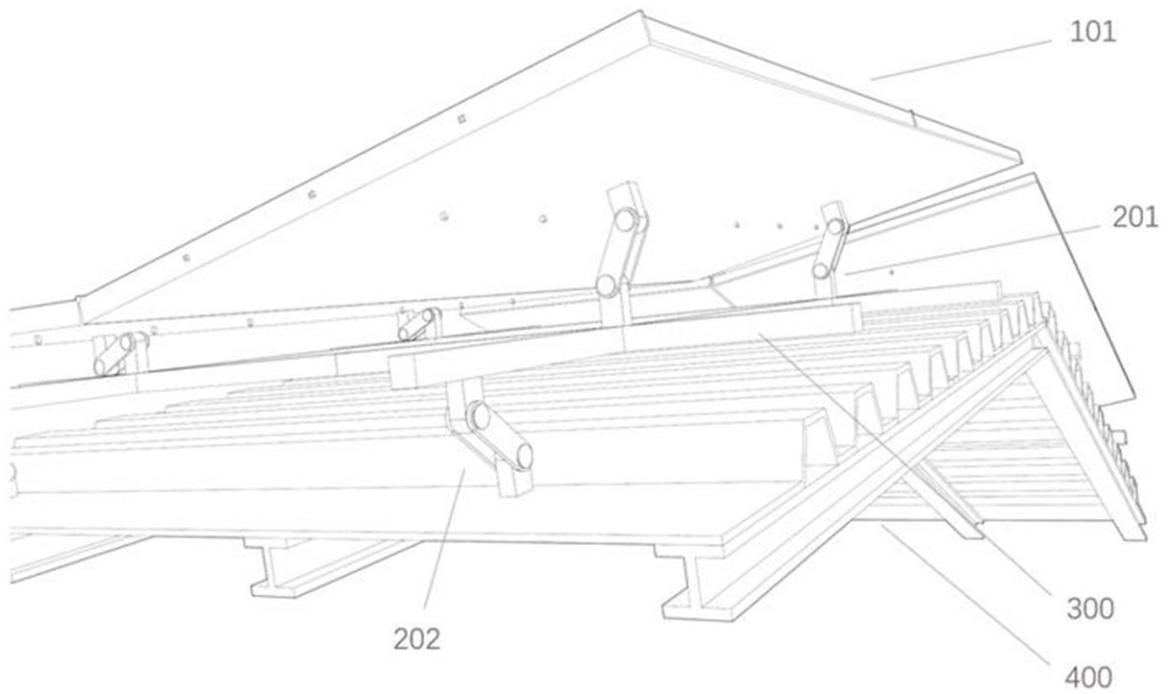


图3

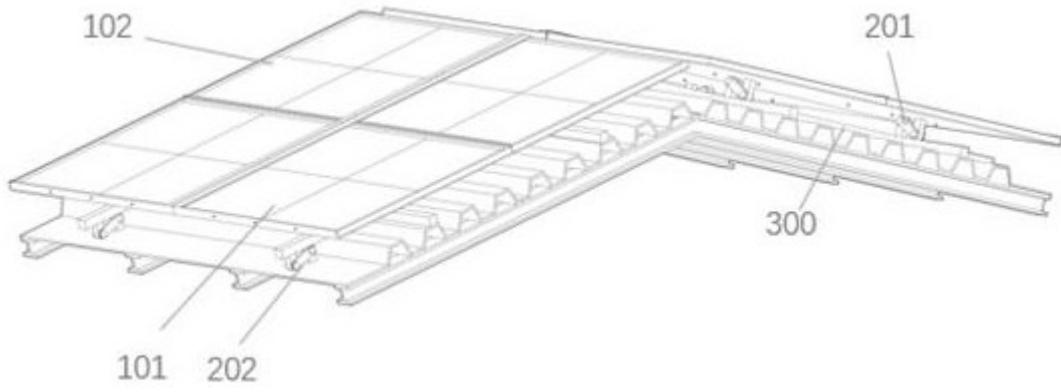


图4

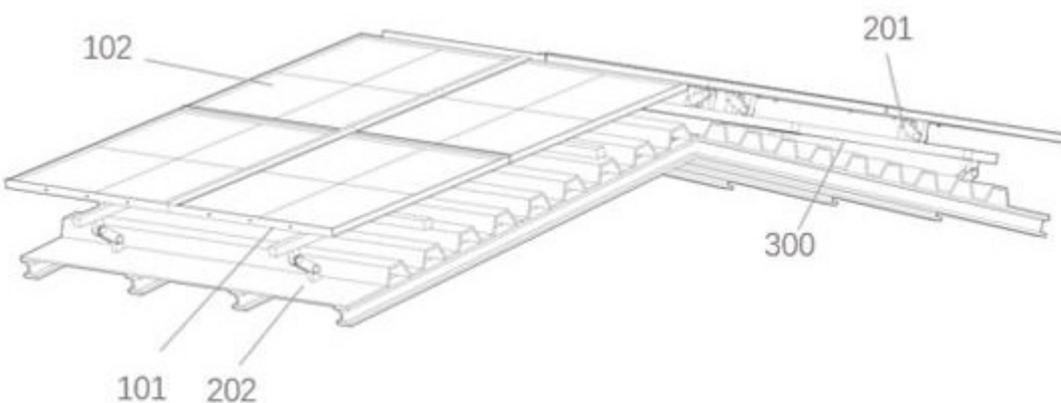


图5

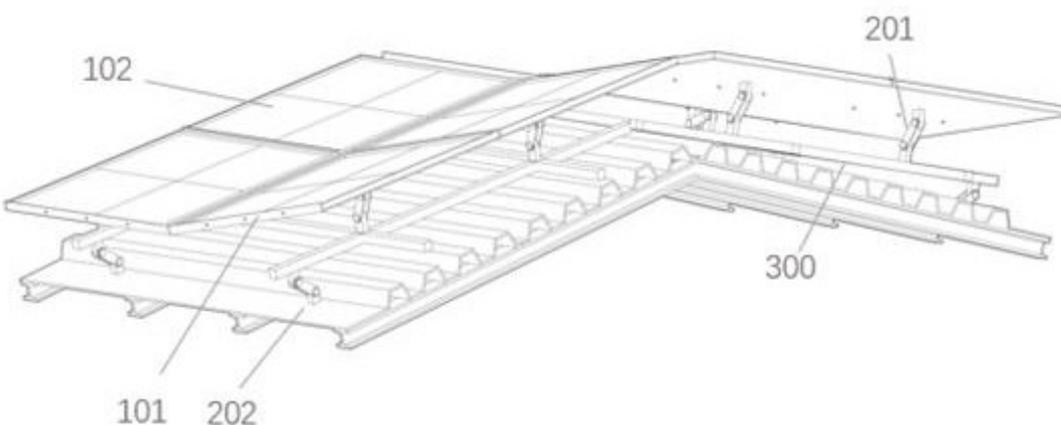


图6

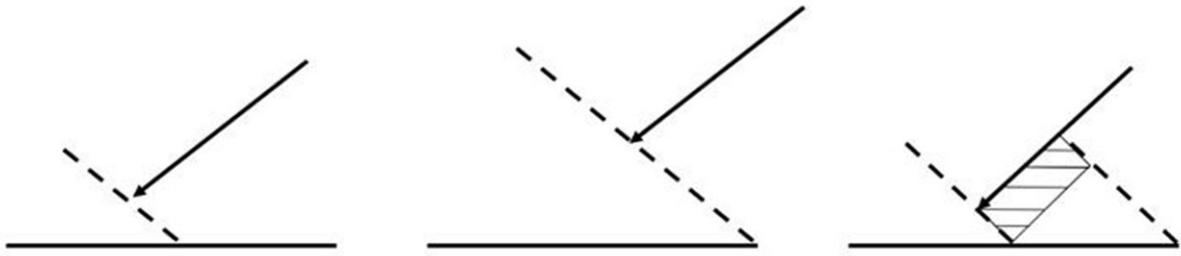


图7