



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115544452 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 30

(21) 申请号 202211223319.1

(22) 申请日 2022.10.08

(71) 申请人 河海大学

地址 213000 江苏省南京市鼓楼区西康路1号

(72) 发明人 黄悦婷 白建波 左凯飞 王柱将 严家乐

(74) 专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限公司 11429

专利代理师 丁燕华

(51) Int. Cl.

G06F 17/18 (2006.01)

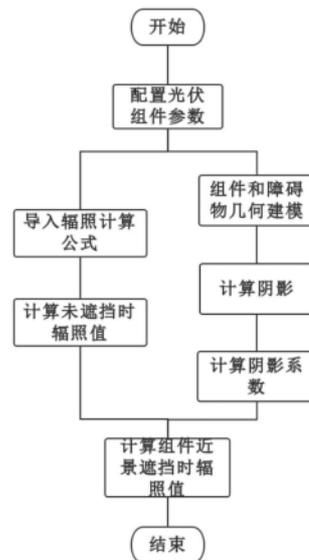
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

## (54) 发明名称

一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照计算方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照计算方法,包括以下步骤,1、配置光伏组件参数,计算未遮挡时的光伏组件倾斜面上的逐时太阳辐照量;2、将组件和障碍物进行几何建模,计算光线在光伏组件表面的交点及阴影面积;3、计算每块光伏组件在不同太阳位置下的直射阴影系数,根据直射阴影系数算出阴影遮挡下的直射辐照量;4、根据直射阴影系数积分求得每块组件在不同太阳位置下的散射阴影系数,算出每块组件阴影遮挡下的散射辐照量;5、计算得到光伏组件在阴影遮挡下总辐照。本发明利用光伏组件基本安装条件,考虑光伏组件在近景阴影遮挡下影响计算得到光伏组件准确辐照值。



1. 一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照计算方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:配置光伏组件参数,计算未遮挡时的光伏组件倾斜面反射辐照量;

步骤2:将光伏组件和障碍物进行几何建模,计算光线在光伏组件表面的交点及阴影面积;

步骤3:计算每块光伏组件在不同太阳位置下的直射阴影系数,根据直射阴影系数算出阴影遮挡下的直射辐照量;

步骤4:据直射阴影系数积分求得每块光伏组件在不同太阳位置下的散射阴影系数,算出每块组件阴影遮挡下的散射辐照量;

步骤5:将步骤1计算出的倾斜面反射辐照量DRI、步骤3计算出的阴影遮挡下的直射辐照量DNI<sub>s</sub>和步骤4计算出的阴影遮挡下的散射辐照量DHI<sub>s</sub>相加求和,最后算得光伏组件在近景阴影遮挡下有效总辐照。

2. 根据权利要求1所述的一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照计算方法,其特征在于,所述步骤1的具体步骤如下:

光伏组件参数包括:

经度、纬度、地面反射率、逐时总辐照量、组件倾角及方位角参数;

公式(1)计算光伏阵列倾斜面太阳散射辐照量,其中倾斜面散射包含三项:各项同性散射辐照度、环绕太阳散射辐照度和水平散射辐照度;

$$DNI = I_b R_b$$

$$DHI = I_d (1 - F_1) \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + I_d F_1 R_b + I_d F_2 \sin \beta$$

$$DRI = I_p \rho_g \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (1)$$

式中:

DNI表示光伏组件倾斜面的太阳直射辐照量,单位为J/m<sup>2</sup>;

DHI表示光伏组件倾斜面的太阳散射辐照量,单位为J/m<sup>2</sup>;

DRI表示光伏组件倾斜面的太阳反射辐照量,单位为J/m<sup>2</sup>;

I<sub>p</sub>表示水平面上的太阳总辐照量,单位为J/m<sup>2</sup>;

I<sub>b</sub>表示水平面上的太阳直射辐照量,单位为J/m<sup>2</sup>;

I<sub>d</sub>表示水平面上的太阳散射辐照量,单位为J/m<sup>2</sup>;

ρ<sub>g</sub>表示地面反射率;

β表示光伏组件安装倾角;

F<sub>1</sub>表示环日亮度系数;F<sub>2</sub>表示环地平线亮度系数;

R<sub>b</sub>表示倾斜面与水平面上的直射辐照量的比值;

对于北半球:

$$R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega};$$

对于南半球:

$$R_b = \frac{\cos(\varphi + \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi + \beta) \sin \delta}{\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega};$$

其中, $\beta$ 为光伏组件安装倾角, $\varphi$ 为当地纬度, $\delta$ 为太阳赤纬角, $\omega$ 为时角;

通过辐照计算公式(1)计算出倾斜面直射辐照量DNI、倾斜面散射辐照量DHI和倾斜面反射辐照量DRI三个参数。

3. 根据权利要求1所述的一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照计算方法,其特征在于,所述步骤2的具体步骤如下:

将光伏组件几何建模获得位置坐标点,光伏组件用四个笛卡尔坐标表示,这些坐标对应于组件每个角的顶点,所述坐标接收具有组件尺寸、坐标和方向角的数据;构造函数 $V_i$ 计算表示模块的四个顶点的坐标,经过两次旋转和一次平移,如下式(2)所示:

$$v_i = R_y(\beta) \cdot R_z(\gamma) \cdot \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix} + D \quad (2)$$

式中: $v_i$ 表示光伏组件每个顶点坐标;

$v_x$ 表示光伏组件顶点向量X轴的坐标;

$v_y$ 表示光伏组件顶点向量Y轴的坐标;

$v_z$ 表示光伏组件顶点向量Z轴的坐标;

$\beta$ 表示光伏组件安装倾角;

$\gamma$ 表示光伏组件安装方位角;

$R_y(\beta)$ 表示绕y轴旋转的旋转矩阵;

$R_z(\gamma)$ 表示绕z轴旋转的旋转矩阵;

D表示平移向量;

将障碍物进行几何建模,获得障碍物的信息,用每个笛卡尔坐标表示障碍物凸角点,用该类坐标接收障碍物的尺寸、位置、一个倾角和一个方位角;

通过公式(3)获得投影下的阴影坐标,通过将障碍物的每个顶点投影到光伏组件给定的平面上来实现的;投影的坐标能够计算为线和平面的交点,所述线由障碍物顶点 $p_0$ 定义,所述平面由光伏组件定义的面;如下式(3)所示:

$$p_s = p_0 - \left[ \frac{a \cdot (p_0 - v_1)}{a \cdot s} \right] \cdot s \quad (3)$$

$$a = (v_4 - v_1) \times (v_2 - v_1)$$

式中: $p_s$ 表示障碍物顶点在光伏组件表面的投影;

$p_0$ 表示障碍物顶点坐标向量;

$v_i$ 表示光伏组件顶点坐标;

$a$ 表示垂直于组件表面的向量;

S表示太阳位置的单位向量;

计算光线在组件表面的交点及阴影面积;根据落下的阴影点和相交函数,求得相交坐标点,如下式(4)所示:

$$x a_x + y a_y + z a_z + d = 0$$

$$p_{o,z} = -(a_x p_{o,x} + a_y p_{o,y} + d) / a_z \quad (4)$$

式中: $a_x$ 表示垂直于光伏表面X轴的单位分量;

$a_y$ 表示垂直于光伏表面Y轴的单位分量;

$\alpha_z$ 表示垂直于光伏表面Z轴的单位分量；  
 $p_{o,x}$ 表示障碍物顶点向量X轴的坐标；  
 $p_{o,y}$ 表示障碍物顶点向量Y轴的坐标；  
 $p_{o,z}$ 表示障碍物顶点向量Z轴的坐标；  
 $d$ 为常数。

4. 根据权利要求1所述的一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照计算方法,其特征在于,所述步骤3中,利用步骤2计算落在组件表面的阴影部分,求出直射阴影系数 $f_B$ ,如式(5)所示:

$$f_B = \frac{A_S}{A_M} \quad (5)$$

式中: $f_B$ 表示直射阴影遮挡系数;  
 $A_S$ 表示在光伏组件表面的阴影遮挡面积;  
 $A_M$ 表示光伏组件表面面积;

计算每块组件在不同太阳位置下的直射阴影系数,根据直射阴影系数算出阴影遮挡下的直射辐照量,如式(6)所示:

$$DNI_S = DNI \cdot (1 - f_B) \quad (6)$$

式中: $DNI_S$ 表示阴影遮挡下的直射辐照量;  
 $DNI$ 表示光伏组件倾斜面的太阳直射辐照量。

5. 根据权利要求1所述的一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照计算方法,其特征在于,所述步骤4中,通过计算每块光伏组件在不同太阳位置下直射阴影系数,得到一组阴影系数;据散射的天空各项同性和离散化处理,得到简化公式计算散射阴影系数 $f_D$ ,如式(7)所示:

$$f_D = \frac{\sum_{i=1}^{91} \sum_{j=1}^{361} f_{Bij} \cdot \cos(AOI_{ij}) \cdot \cos(\alpha_i)}{\sum_{i=1}^{91} \sum_{j=1}^{361} \cos(AOI_{ij}) \cdot \cos(\alpha_i)} \quad (7)$$

式中: $f_D$ 表示散射阴影遮挡系数;  
 $f_B$ 表示直射阴影遮挡系数;  
 $AOI$ 表示入射角;  
 $\alpha$ 表示太阳高度角;

根据散射阴影系数算出阴影遮挡下的散射辐照量,如下式(8)所示:

$$DHI_S = DHI \cdot (1 - f_D) \quad (8)$$

式中: $DHI_S$ 表示阴影遮挡下的散射辐照量;  
 $DHI$ 表示光伏组件倾斜面的太阳散射辐照量;  
 $f_D$ 表示散射阴影遮挡系数。

## 一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照计算方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照计算方法,属于太阳能光伏系统应用技术领域。

### 背景技术

[0002] 分布式屋顶光伏电站通常处在复杂环境中,存在很大概率会被近景障碍物遮挡产生阴影。遮挡阴影严重影响了光伏阵列的输出功率,是造成光伏产量较低的主要原因之一。当阴影无法避免时,如何确定阴影对光伏组件辐照产生的影响已经成为一个重要的问题,对阴影遮挡的适当描述有助于精准模拟在实际应用环境下的光伏系统。

[0003] 阴影系数是模拟阴影对光伏组件影响的表述,所以,光伏电站急切需要一种可以有效、精准地计算在近景阴影遮挡下光伏组件辐照计算方法方法。

### 发明内容

[0004] 为了现有的技术缺陷,本发明提供一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照精准计算方法,根据光伏组件基本安装条件,考虑光伏组件在近景阴影遮挡下影响,即可计算得到光伏组件准确辐照值。

[0005] 本发明中主要采用的技术方案为:

[0006] 一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照计算方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1:配置光伏组件参数,计算未遮挡时的光伏组件倾斜面上的逐时太阳辐照量;

[0008] 步骤2:将组件和障碍物进行几何建模,计算光线在光伏组件表面的交点及阴影面积;

[0009] 步骤3:计算每块组件在不同太阳位置下的直射阴影系数,根据直射阴影系数算出阴影遮挡下的直射辐照量;

[0010] 步骤4:据直射阴影系数积分求得每块组件在不同太阳位置下的散射阴影系数,算出每块光伏组件阴影遮挡下的散射辐照量;

[0011] 步骤5:将步骤1计算出的倾斜面反射辐照量 $DRI_s$ 、步骤3计算出的阴影遮挡下的直射辐照量 $DNI_s$ 和步骤4计算出的阴影遮挡下的散射辐照量 $DHI_s$ 相加求和,最后算得光伏组件在近景阴影遮挡下有效总辐照。

[0012] 优选地,所述步骤1中,光伏组件辐照度计算公式如式(1)所示:

[0013] 首先是按照辐照公式要求导入经度、纬度、地面反射率、逐时总辐照量(查气象软件Meteonorm)、组件倾角及方位角参数。

[0014] 辐照计算公式考虑到了环绕太阳的散射辐照,该公式对太阳辐照中散射部分进行了更详尽的分析,并且采用了经验公式及经验参数,能够精准计算光伏阵列倾斜面太阳散射辐照量,其中倾斜面散射包含三项:各项同性散射辐照度、环绕太阳散射辐照度和水平散射辐照度,如下式(1)所示:

$$DNI = I_b R_b$$

$$[0015] \quad DHI = I_d(1 - F_1) \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + I_d F_1 R_b + I_d F_2 \sin \beta$$

$$DRI = I_p \rho_g \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (1)$$

[0016] 式中：

[0017] DNI表示光伏组件倾斜面的太阳直射辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0018] DHI表示光伏组件倾斜面的太阳散射辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0019] DRI表示光伏组件倾斜面的太阳反射辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0020]  $I_p$ 表示水平面上的太阳总辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0021]  $I_b$ 表示水平面上的太阳直射辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0022]  $I_d$ 表示水平面上的太阳散射辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0023]  $\rho_g$ 表示地面反射率;

[0024]  $\beta$ 表示光伏组件安装倾角;

[0025]  $F_1$ 表示环日亮度系数; $F_2$ 表示环地平线亮度系数;

[0026]  $R_b$ 表示倾斜面与水平面上的直射辐照量的比值;

[0027] 对于北半球:

$$[0028] \quad R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega};$$

[0029] 对于南半球:

$$[0030] \quad R_b = \frac{\cos(\varphi + \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi + \beta) \sin \delta}{\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega};$$

[0031] 其中, $\beta$ 为光伏组件安装倾角, $\varphi$ 为当地纬度, $\delta$ 为太阳赤纬角, $\omega$ 为时角;

[0032] 通过辐照计算公式(1)计算出倾斜面直射辐照量DNI、倾斜面散射辐照量DHI和倾斜面反射辐照量DRI三个参数。

[0033] 优选地,所述步骤2中,将光伏组件几何建模获得位置坐标点,光伏组件用四个笛卡尔坐标表示,这些坐标对应于组件每个角的顶点,所述坐标接收具有组件尺寸、坐标和方向角的数据;构造函数 $V_i$ 计算表示模块的四个顶点的坐标,经过两次旋转和一次平移,如下式(2)所示:

$$[0034] \quad v_i = R_y(\beta) \cdot R_z(\gamma) \cdot \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix} + D \quad (2)$$

[0035] 式中: $v_i$ 表示光伏组件每个顶点坐标;

[0036]  $v_x$ 表示光伏组件顶点向量X轴的坐标;

[0037]  $v_y$ 表示光伏组件顶点向量Y轴的坐标;

[0038]  $v_z$ 表示光伏组件顶点向量Z轴的坐标;

[0039]  $\beta$ 表示光伏组件安装倾角;

[0040]  $\gamma$ 表示光伏组件安装方位角;

[0041]  $R_y(\beta)$  表示绕y轴旋转的旋转矩阵；

[0042]  $R_z(\gamma)$  表示绕z轴旋转的旋转矩阵；

[0043] D表示平移向量；

[0044] 将障碍物进行几何建模,获得障碍物的信息,用每个笛卡尔坐标表示障碍物凸角点,用该类坐标接收障碍物的尺寸、位置、一个倾角和一个方位角；

[0045] 通过公式(3)获得投影下的阴影坐标,通过将障碍物的每个顶点投影到光伏组件给定的平面上来实现的;投影的坐标能够计算为线和平面的交点,所述线由障碍物顶点 $p_0$ 定义,所述平面由光伏组件定义的面;如下式(3)所示:

$$[0046] \quad p_s = p_0 - \left[ \frac{a \cdot (p_0 - v_1)}{a \cdot s} \right] \cdot s \quad (3)$$

$$a = (v_4 - v_1) \times (v_2 - v_1)$$

[0047] 式中: $p_s$ 表示障碍物顶点在光伏组件表面的投影;

[0048]  $p_0$ 表示障碍物顶点坐标向量;

[0049]  $v_i$ 表示光伏组件顶点坐标;

[0050]  $a$ 表示垂直于组件表面的向量;

[0051]  $s$ 表示太阳位置的单位向量;

[0052] 计算光线在组件表面的交点及阴影面积;根据落下的阴影点和相交函数,求得相交坐标点,如下式(4)所示:

$$[0053] \quad x a_x + y a_y + z a_z + d = 0$$

$$[0054] \quad p_{o,z} = -(a_x p_{o,x} + a_y p_{o,y} + d) / a_z \quad (4)$$

[0055] 式中: $a_x$ 表示垂直于光伏表面X轴的单位分量;

[0056]  $a_y$ 表示垂直于光伏表面Y轴的单位分量;

[0057]  $a_z$ 表示垂直于光伏表面Z轴的单位分量;

[0058]  $p_{o,x}$ 表示障碍物顶点向量X轴的坐标;

[0059]  $p_{o,y}$ 表示障碍物顶点向量Y轴的坐标;

[0060]  $p_{o,z}$ 表示障碍物顶点向量Z轴的坐标;

[0061] d为常数。

[0062] 优选地,所述步骤3中,利用步骤2计算落在组件表面的阴影部分,求出直射阴影系数 $f_B$ ,如式(5)所示:

$$[0063] \quad f_B = \frac{A_S}{A_M} \quad (5)$$

[0064] 式中: $f_B$ 表示直射阴影遮挡系数;

[0065]  $A_S$ 表示在光伏组件表面的阴影遮挡面积;

[0066]  $A_M$ 表示光伏组件表面面积;

[0067] 计算每块组件在不同太阳位置下(太阳方位角在 $-180^\circ \sim 180^\circ$ 和太阳仰角在 $0^\circ \sim 90^\circ$ )的直射阴影系数,根据直射阴影系数算出阴影遮挡下的直射辐照量,如式(6)所示:

$$[0068] \quad DNI_S = DNI \cdot (1 - f_B) \quad (6)$$

[0069] 式中: $DNI_S$ 表示阴影遮挡下的直射辐照量;

[0070] DNI表示光伏组件倾斜面的太阳直射辐照量。

[0071] 优选地,所述步骤4中,通过计算每块组件在不同太阳位置下(太阳方位角在 $-180^{\circ}$ ~ $180^{\circ}$ 和太阳仰角在 $0^{\circ}$ ~ $90^{\circ}$ ,每隔 $10^{\circ}$ 取一值)直射阴影系数,得到一组阴影系数。据散射的天空各项同性和离散化处理,得到简化公式计算散射阴影系数 $f_D$ ,如式(7)所示:

$$[0072] \quad f_D = \frac{\sum_{i=1}^{91} \sum_{j=1}^{361} f_{Bij} \cdot \cos(AOI_{ij}) \cdot \cos(\alpha_i)}{\sum_{i=1}^{91} \sum_{j=1}^{361} \cos(AOI_{ij}) \cdot \cos(\alpha_i)} \quad (7)$$

[0073] 式中: $f_D$ 表示散射阴影遮挡系数;

[0074]  $f_B$ 表示直射阴影遮挡系数;

[0075] AOI表示入射角;

[0076]  $\alpha$ 表示太阳高度角;

[0077] 根据散射阴影系数算出阴影遮挡下的散射辐照量,如下式(8)所示:

$$[0078] \quad DHI_s = DHI \cdot (1 - f_D) \quad (8)$$

[0079] 式中: $DHI_s$ 表示阴影遮挡下的散射辐照量;

[0080] DHI表示光伏组件倾斜面的太阳散射辐照量;

[0081]  $f_D$ 表示散射阴影遮挡系数。

[0082] 有益效果:本发明提供一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照精准计算方法,可以利用组件基本安装条件,考虑光伏组件在近景阴影遮挡下影响,计算得到光伏组件准确辐照值,从而对评估双面光伏电站的发电性能起指导性意义,且本发明适用于不同条件下近景阴影遮挡下的计算,模拟和仿真的结果反映了本发明的参考价值及适用性。

## 附图说明

[0083] 图1为本发明流程图。

[0084] 图2为组件几何模型。

[0085] 图3投影点坐标计算原理图。

[0086] 图4组件阴影遮挡图。

[0087] 图5实施例1组件与障碍物位置关系。

[0088] 图6本发明方法与PVsyst和SAM仿真数据对比。图6-1光伏组件直射阴影系数比较,图6-2光伏阵列不同行间距下散射阴影系数比较。

## 具体实施方式

[0089] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案,下面对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本申请保护的范围。

[0090] 如图1所示,一种近景阴影遮挡下的光伏组件辐照计算方法,包括以下步骤:

[0091] 步骤1:配置光伏组件参数,计算未遮挡时的光伏组件倾斜面上的逐时太阳辐照量;

[0092] 首先是按照辐照公式要求导入经度、纬度、地面反射率、逐时总辐照量(查气象软件Meteonorm)、组件倾角及方位角参数。

[0093] 辐照计算公式考虑到了环绕太阳的散射辐照,该公式对太阳辐照中散射部分进行

了更详尽的分析,并且采用了经验公式及经验参数,能够精准计算光伏阵列倾斜面太阳散射辐照量,其中倾斜面散射包含三项:各项同性散射辐照度、环绕太阳散射辐照度和水平散射辐照度,如下式(1)所示:

$$DNI = I_b R_b$$

$$[0094] \quad DHI = I_d(1 - F_1) \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + I_d F_1 R_b + I_d F_2 \sin \beta$$

$$DRI = I_p \rho_g \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (1)$$

[0095] 式中:

[0096] DNI表示光伏组件倾斜面的太阳直射辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0097] DHI表示光伏组件倾斜面的太阳散射辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0098] DRI表示光伏组件倾斜面的太阳反射辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0099]  $I_p$ 表示水平面上的太阳总辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0100]  $I_b$ 表示水平面上的太阳直射辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0101]  $I_d$ 表示水平面上的太阳散射辐照量,单位为 $J/m^2$ ;

[0102]  $\rho_g$ 表示地面反射率;

[0103]  $\beta$ 表示光伏组件安装倾角;

[0104]  $F_2$ 表示环日亮度系数; $F_1$ 表示环地平线亮度系数;

[0105]  $R_b$ 表示倾斜面与水平面上的直射辐照量的比值;

[0106] 对于北半球:

$$[0107] \quad R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega};$$

[0108] 对于南半球:

$$[0109] \quad R_b = \frac{\cos(\varphi + \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi + \beta) \sin \delta}{\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega};$$

[0110] 其中, $\beta$ 为光伏组件安装倾角, $\varphi$ 为当地纬度, $\delta$ 为太阳赤纬角, $\omega$ 为时角;

[0111] 通过辐照计算公式(1)计算出倾斜面直射辐照量DNI、倾斜面散射辐照量DHI和倾斜面反射辐照量DRI三个参数。

[0112] 步骤2:将组件和障碍物进行几何建模,计算光线在组件表面的交点及阴影面积;

[0113] 将光伏组件几何建模获得位置坐标点。组件用四个笛卡尔坐标表示,这些坐标对应于组件每个角的顶点,该类坐标接收具有组件尺寸、坐标和方向角等数据,如图2为光伏组件的几何建模。构造函数 $v_i$ 计算表示模块的四个顶点的坐标,经过两次旋转和一次平移,如下式(2)所示:

$$[0114] \quad v_i = R_y(\beta) \cdot R_z(\gamma) \cdot \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix} + D \quad (2)$$

[0115] 式中: $v_i$ 表示光伏组件每个顶点坐标;

[0116]  $v_x$ 表示光伏组件顶点向量X轴的坐标;

[0117]  $v_y$ 表示光伏组件顶点向量Y轴的坐标;

[0118]  $v_z$ 表示光伏组件顶点向量Z轴的坐标;

[0119]  $\beta$ 表示光伏组件安装倾角;

[0120]  $\gamma$ 表示光伏组件安装方位角;

[0121]  $R_y(\beta)$ 表示绕y轴旋转的旋转矩阵;

[0122]  $R_z(\gamma)$ 表示绕z轴旋转的旋转矩阵;

[0123] D表示平移向量;

[0124] 将障碍物进行几何建模,获得障碍物的信息,用每个笛卡尔坐标表示障碍物凸角点,用该类坐标接收障碍物的尺寸、位置、一个倾角和一个方位角;

[0125] 获得投影下的阴影坐标。通过将障碍物的每个顶点投影到光伏组件给定的平面上来实现的,如图3投影点坐标。投影的坐标可以计算为线(由障碍物顶点 $p_0$ 定义)和平面(由光伏组件定义的面)的交点;如下式(3)所示:

$$[0126] \quad p_s = p_0 - \left[ \frac{a \cdot (p_0 - v_1)}{a \cdot s} \right] \cdot s \quad (3)$$

$$a = (v_4 - v_1) \times (v_2 - v_1)$$

[0127] 式中: $p_s$ 表示障碍物顶点在光伏组件表面的投影;

[0128]  $p_0$ 表示障碍物顶点坐标向量;

[0129]  $v_1$ 表示光伏组件顶点坐标;

[0130]  $a$ 表示垂直于组件表面的向量;

[0131] S表示太阳位置的单位向量;

[0132] 计算光线在组件表面的交点及阴影面积;根据落下的阴影点和相交函数,求得相交坐标点,如下式(4)所示:

$$[0133] \quad x a_x + y a_y + z a_z + d = 0$$

$$[0134] \quad p_{o,z} = -(a_x p_{o,x} + a_y p_{o,y} + d) / a_z \quad (4)$$

[0135] 式中: $a_x$ 表示垂直于光伏表面X轴的单位分量;

[0136]  $a_y$ 表示垂直于光伏表面Y轴的单位分量;

[0137]  $a_z$ 表示垂直于光伏表面Z轴的单位分量;

[0138]  $p_{o,x}$ 表示障碍物顶点向量X轴的坐标;

[0139]  $p_{o,y}$ 表示障碍物顶点向量Y轴的坐标;

[0140]  $p_{o,z}$ 表示障碍物顶点向量Z轴的坐标;

[0141] d为常数。

[0142] 步骤3:计算每块光伏组件在不同太阳位置下的直射阴影系数,根据直射阴影系数算出阴影遮挡下的直射辐照量;

[0143] 利用步骤2计算落在组件表面的阴影部分,如图4所示,求出直射阴影系数 $f_B$ ,如式(5)所示:

$$[0144] \quad f_B = \frac{A_S}{A_M} \quad (5)$$

[0145] 式中: $f_B$ 表示直射阴影遮挡系数;

[0146]  $A_S$ 表示在光伏组件表面的阴影遮挡面积;

[0147]  $A_M$ 表示光伏组件表面面积；

[0148] 计算每块组件在不同太阳位置下(太阳方位角在 $-180^\circ \sim 180^\circ$ 和太阳仰角在 $0^\circ \sim 90^\circ$ )的直射阴影系数,根据直射阴影系数算出阴影遮挡下的直射辐照量,如式(6)所示:

$$[0149] \quad DNI_S = DNI \cdot (1 - f_D) \quad (6)$$

[0150] 式中: $DNI_S$ 表示阴影遮挡下的直射辐照量;

[0151]  $DNI$ 表示光伏组件倾斜面的太阳直射辐照量。

[0152] 步骤4:据直射阴影系数积分求得每块光伏组件在不同太阳位置下的散射阴影系数,算出每块组件阴影遮挡下的散射辐照量;

[0153] 所述步骤4中,通过计算每块组件在不同太阳位置下(太阳方位角在 $-180^\circ \sim 180^\circ$ 和太阳仰角在 $0^\circ \sim 90^\circ$ ,每隔 $10^\circ$ 取一值)直射阴影系数,得到一组阴影系数。据散射的天空各项同性和离散化处理,得到简化公式计算散射阴影系数 $f_D$ ,如式(7)所示:

$$[0154] \quad f_D = \frac{\sum_{i=1}^{91} \sum_{j=1}^{361} f_{B_{ij}} \cdot \cos(AOI_{ij}) \cdot \cos(\alpha_i)}{\sum_{i=1}^{91} \sum_{j=1}^{361} \cos(AOI_{ij}) \cdot \cos(\alpha_i)} \quad (7)$$

[0155] 式中: $f_D$ 表示散射阴影遮挡系数;

[0156]  $f_B$ 表示直射阴影遮挡系数;

[0157]  $AOI$ 表示入射角;

[0158]  $\alpha$ 表示太阳高度角;

[0159] 根据散射阴影系数算出阴影遮挡下的散射辐照量,如下式(8)所示:

$$[0160] \quad DHI_S = DHI \cdot (1 - f_D) \quad (8)$$

[0161] 式中: $DHI_S$ 表示阴影遮挡下的散射辐照量;

[0162]  $DHI$ 表示光伏组件倾斜面的太阳散射辐照量;

[0163]  $f_D$ 表示散射阴影遮挡系数。

[0164] 步骤5:计算得到光伏组件在阴影遮挡下总辐照。将步骤1、步骤3和步骤4计算出的直射辐照、散射辐照和反射辐照相加求和,最后算得光伏组件在近景阴影遮挡下有效总辐照。

[0165] 按以上步骤即可得到在阴影遮挡情况下光伏组件辐照精准计算方法。

[0166] 实施例1:为了验证本发明方法的可行性,在中国常州北纬 $31.47^\circ$ ,东经 $119.58^\circ$ 。对 $1*1$ 光伏组件和障碍物在特定日期2022.7.1的直射阴影系数,如图5所示, $3*4$ 阵列利用不同行间距对散射阴影系数影响进行仿真,并PVsyst和SAM进行比较,比较结果如图6-1和6-2。

[0167] 结论:本发明所提方法,与PVsyst相比误差小于 $\pm 5\%$ ,几乎呈现一致,验证了本发明方法的可行性和精确性。

[0168] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

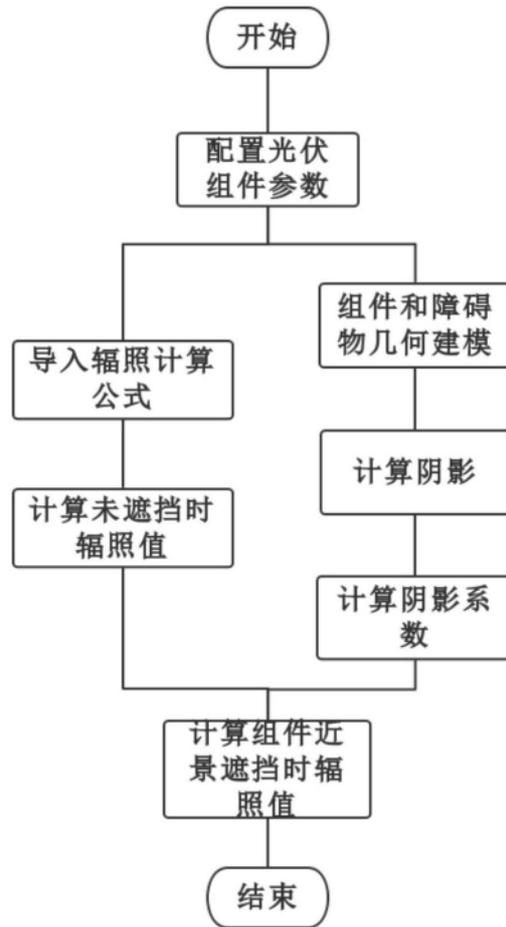


图1

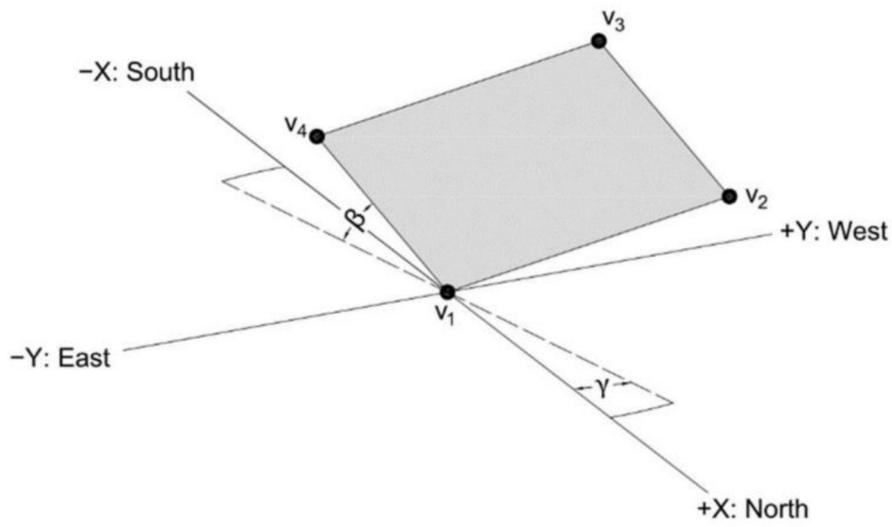


图2

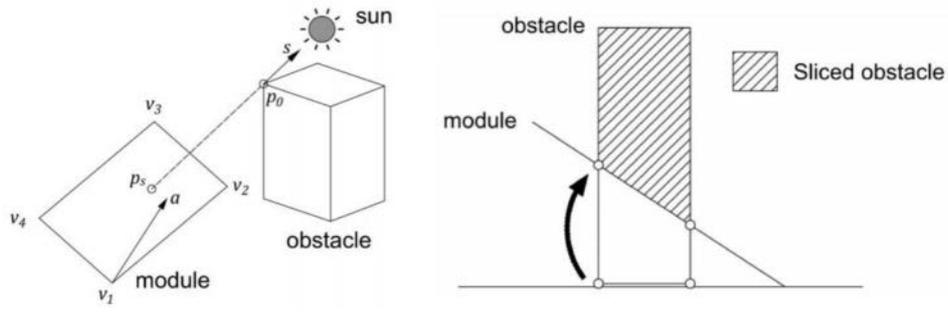


图3

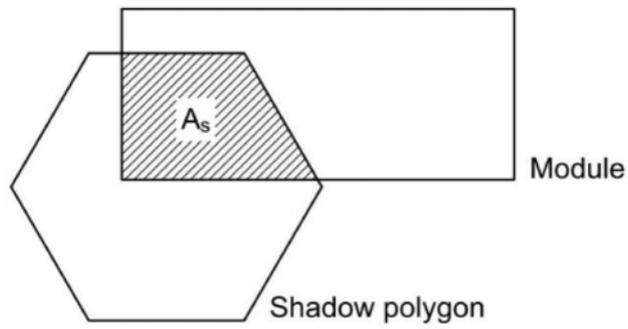


图4

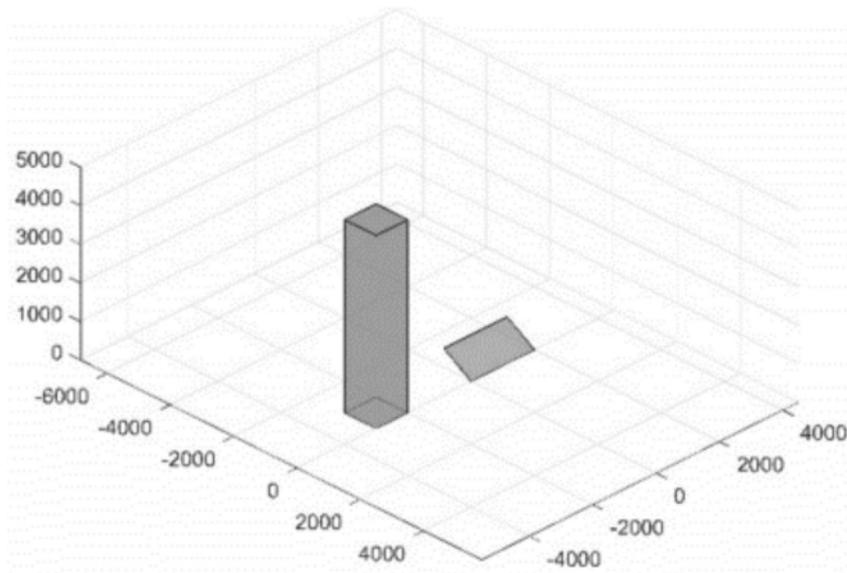
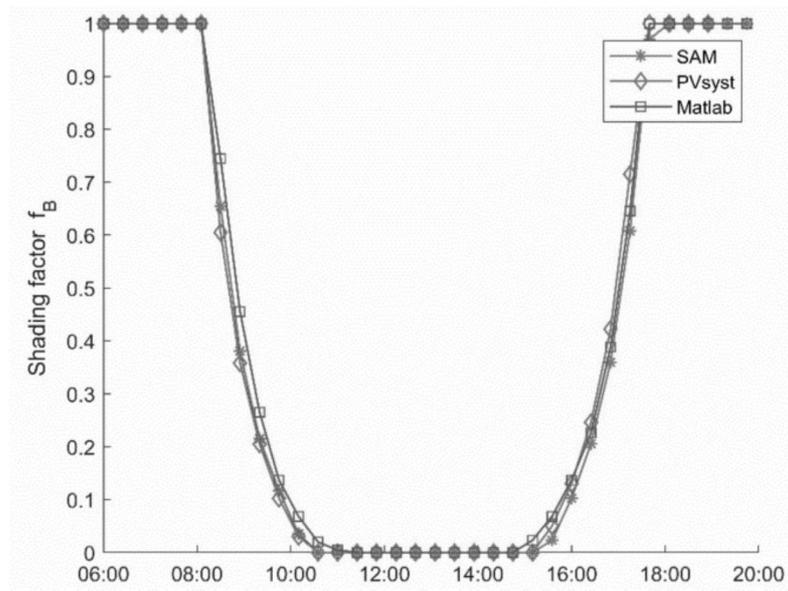
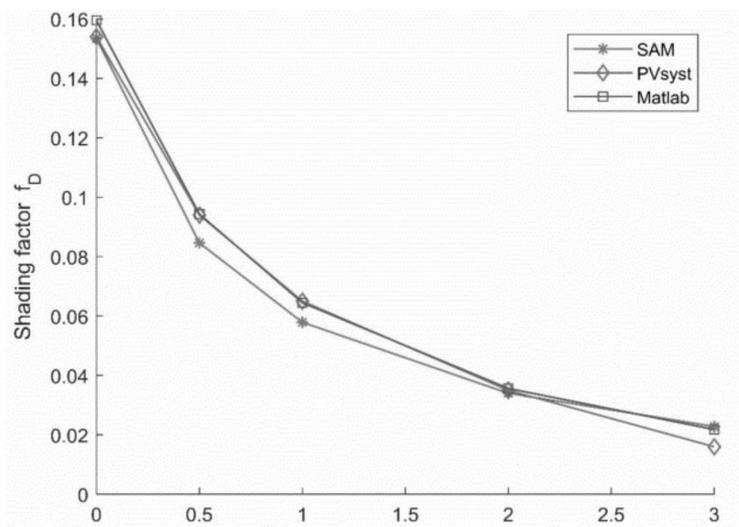


图5



6-1



6-2

图6