

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810050933.6

[51] Int. Cl.

H02N 6/00 (2006.01)

G02B 3/00 (2006.01)

G02B 5/10 (2006.01)

G05D 3/00 (2006.01)

[43] 公开日 2009年5月27日

[11] 公开号 CN 101442279A

[22] 申请日 2008.7.8

[21] 申请号 200810050933.6

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路16号

[72] 发明人 魏秀东 卢振武

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 南小平

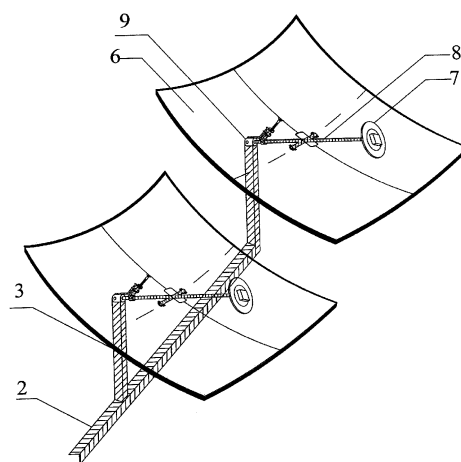
权利要求书3页 说明书9页 附图3页

[54] 发明名称

地轴式太阳能聚光光伏发电装置

[57] 摘要

本发明属于光电技术领域，是一种地轴式太阳能聚光光伏发电装置，它由一系列结构相同的太阳能聚光光伏发电单元组成，各单元均布置在支架上。太阳能聚光光伏发电单元由反射聚光镜、单轴跟踪装置、非成像聚光镜和聚光太阳电池构成，通过单轴联结成为一个整体。太阳能聚光光伏发电单元的聚光系统为固定焦点式点聚焦系统，具有较高的聚光比。反射聚光镜的面形采用轮胎曲面，可校正象散，提高聚光性能。单轴跟踪方式的旋转轴与地轴平行，跟踪装置的机械结构和控制系统都比较简单。太阳能聚光光伏发电单元可实现批量生产，有效降低太阳能发电成本。



1、一种地轴式太阳能聚光光伏发电装置，其特征是由太阳能聚光光伏发电单元（1）和支架组成；发电单元（1）由聚光太阳电池、非成像聚光镜（7）、反射聚光镜（6）和单轴跟踪装置构成，通过“十”字形转轴（8）联结成为一个整体；支架由横梁（2-1）、边梁（2-2）、与聚光光伏发电单元（1）数量相等的短桩（3）、两根竖梁（4）和固定底座（5）组成，横梁（2-1）和边梁（2-2）在同一矩形面内，称为横梁面；矩形面一长边由高度可调的竖梁（4）支撑，其对边由固定底座（5）支撑，矩形面与水平面夹角 Φ 等于当地纬度；单轴跟踪装置由电机（9）、转轴（8）、单轴旋转轴承（16）、俯仰传动装置（17）构成。

2、根据权利要求1所述的地轴式太阳能聚光光伏发电装置，其特征是在每根横梁（2-1）上固定有短桩（3），每根短桩（3）安装有发电单元（1）。

3、根据权利要求2所述的地轴式太阳能聚光光伏发电装置，其特征是短桩（3）的高度稍大于反射聚光镜（6）口径的 $1/2$ ，以免反射聚光镜（6）旋转过程中碰撞横梁；相邻短桩（3）之间的距离稍大于反射聚光镜（6）口径的2倍，以尽量减少遮挡损失；短桩（3）垂直于横梁（2-1）且垂直于横梁面。

4、根据权利要求3所述的地轴式太阳能聚光光伏发电装置，其特征是短桩（3）的上端安装“十”字形转轴（8），转轴（8）垂直于短桩（3）和横梁（2-1）且与横梁面平行；调节两根竖梁（4）的高度，可调节横梁面与水平面的夹角 Φ ，使夹角 Φ 等于当地纬度，此时转轴（8）与地轴平行。

5、根据权利要求4所述的地轴式太阳能聚光光伏发电装置，其特征是反射聚光镜（6）在跟踪太阳过程中始终能保证阳光入射面与反射聚光镜镜

面的子午截面重合，反射聚光镜（6）的面形采用能够校正象散的非旋转对称曲面，例如轮胎面。

6、根据权利要求5所述的地轴式太阳能聚光光伏发电装置，其特征是转轴（8）的结构呈“十”字形，其长轴的一端与非成像聚光镜（7）固联，另一端通过单轴旋转轴承（16）固定在短桩（3）上，并与驱动电机（9）相联；转轴（8）的短轴两端通过轴承与反射聚光镜（6）相联，使反射聚光镜可绕短轴做俯仰转动；反射聚光镜（6）的中心开有狭缝（14），在反射聚光镜（6）做俯仰运动时不与转轴（8）相碰撞；转轴（8）转动时，反射聚光镜（6）、非成像聚光镜（7）和聚光太阳电池（32）均随之匀速转动，跟踪太阳的方位，其角速度等于太阳时角的变化即每小时转过 15° 。

7、根据权利要求6所述的地轴式太阳能聚光光伏发电装置，其特征是反射聚光镜（6）俯仰角的全年变化范围为 $-11.725^{\circ}\sim 11.725^{\circ}$ ，每天变化为 0.06° 。

8、根据权利要求7所述的地轴式太阳能聚光光伏发电装置，其特征是反射聚光镜俯仰传动装置（17）中的钢筒（20）通过螺栓C（27）与主转轴（8）固联，带有螺纹的支杆（22）通过支杆转轴（23）与反射聚光镜（6）联结，支杆（22）在反射聚光镜（6）的子午截面（12）内，且支杆（22）可绕转轴（23）转动；顺时针拧紧飞轮（21）的内壁带有与支杆（22）匹配的螺纹，飞轮（21）与钢筒（20）联结并可相对滑动，顺时针转动飞轮（21）可使支杆（22）缩进钢筒（20）内，进而牵动反射聚光镜（6）做俯仰运动，逆时针转动飞轮（21）对支杆（22）无作用；逆时针拧紧飞轮（26）的内壁同样带有与支杆（22）匹配的螺纹，飞轮（26）与钢筒（20）联结

并可相对滑动，逆时针转动飞轮（26）可使支杆（22）伸出钢筒（20），进而推动反射聚光镜（6）做俯仰运动，顺时针转动飞轮（26）对支杆（22）无作用；曲臂（18）通过螺栓 A（19）与短桩（3）固联，T 形臂（24）通过螺栓 B（25）与曲臂（18）联结，T 形臂（24）可绕螺栓 B（25）转动。

9、根据权利要求 6 所述的地轴式太阳能聚光光伏发电装置，其特征是非成像聚光镜（7）包括透镜（28）、后反射镜（29）、前反射镜（30），在前反射镜（30）上有螺纹洞（31），在后反射镜（29）上安装散热装置（33）；散热装置（33）镶嵌在透镜（28）中间的内部，其上固定有聚光太阳能电池（32）；非成像聚光镜（7）可通过螺纹洞（31）直接安装在主转轴（8）的顶端。

地轴式太阳能聚光光伏发电装置

技术领域

本发明属于光电技术领域，涉及太阳能光伏发电技术，具体地说是一种地轴式太阳能聚光光伏发电装置。

背景技术

传统太阳能光伏发电装置由单晶硅或多晶硅平板电池构成，电池阵列面向阳光放置，不需聚光和跟踪太阳，这种电池的光电转化效率较低，约为 10%。太阳能聚光光伏发电技术是采用聚光元件将太阳光会聚到聚光太阳电池上，聚光元件需要跟踪太阳。采用太阳能聚光光伏发电技术可大大提高太阳电池的光电转化效率。目前国外已经生产出光电转化效率达到 35% 以上的聚光太阳电池，要求聚光倍率为 100~300X。聚光元件采用的跟踪方式分为单轴跟踪和双轴跟踪，传统的单轴跟踪主要用于槽式反射面聚光镜，为线聚焦系统，聚光倍率较低，为 <20X，其单轴一般为东西或南北水平放置。要使聚光倍率达到 60X 以上，需采用双轴跟踪，这种跟踪方式主要用于盘式聚光镜，该聚光镜为点聚焦系统，可达到较高的聚光倍率。双轴跟踪的第一轴垂直于地面，聚光镜绕该轴旋转跟踪太阳方位角，第二轴与第一轴正交并与地面平行，聚光镜绕该轴做俯仰运动，跟踪太阳高度角。目前所建的太阳能聚光光伏发电系统多为双轴跟踪。双轴跟踪的缺点是：需要复杂的控制系统来控制聚光镜的俯仰角和方位角，机械结构也比较复杂，因此制造和运行成本较高。

发明内容

本发明的目的是提供一种地轴式太阳能聚光光伏发电装置，它采用地

轴式单轴跟踪方式，可实现全年对太阳的三维跟踪，机械结构和控制系统都比较简单。该装置为点聚焦系统，可以达到较高的聚光比。

本发明地轴式太阳能聚光光伏发电装置由一系列结构相同的太阳能聚光光伏发电单元组成，各单元均布置在支架上。太阳能聚光光伏发电单元的单轴与地轴平行。反射聚光镜的面形采用轮胎曲面。太阳能聚光光伏发电单元可实现批量生产，有效降低太阳能发电成本。

本发明地轴式太阳能聚光光伏发电装置由以下部分组成。

一、太阳能聚光光伏发电单元

太阳能聚光光伏发电单元由聚光太阳电池、非成像聚光镜、反射聚光镜和单轴跟踪装置构成，通过单轴联结成为一个整体。反射聚光镜在跟踪太阳过程中始终保证阳光入射面与镜面的子午截面重合，因此面形可以采用能够校正象散的非旋转对称曲面，例如轮胎面，以提高聚光性能。由于对轮胎面反射镜的公差要求较低，可采用模压的方法实现批量生产，进而降低成本。非成像聚光透镜的作用是接收由反射聚光镜会聚的阳光，并较均匀的会聚在聚光太阳电池上。非成像聚光镜具有较大的接收角如 5° ，可根据实际情况设计，这降低了对反射聚光镜的跟踪精度要求。非成像聚光镜同样可采用模压的方法生产，并可实现与聚光太阳电池的集成。太阳能聚光光伏发电单元通过单轴跟踪装置的旋转轴安装在支架上，形成阵列。各发电单元之间留有适当的间隙，以减少相互遮挡。

二、支架

支架由一系列横梁、与聚光光伏发电单元数量相等的短桩、两根边梁及底座组成。两根边梁和4~6根横梁焊接成一个矩形面，所有横梁和两根边

梁均位于该矩形面内，称为横梁面。矩形面的一长边由高度可调的竖梁支撑，其对边固定在底座上。在每根横梁上焊接一系列短桩，短桩的高度稍大于反射聚光镜口径的 $1/2$ ，以免反射聚光镜旋转过程中碰撞横梁；短桩间的距离稍大于反射聚光镜口径的 2 倍，以尽量减少遮挡损失；短桩垂直于横梁且垂直于横梁面。短桩的上端焊接单轴跟踪装置的旋转轴轴承，旋转轴垂直于短桩、垂直于横梁且与横梁面平行。调节两根竖梁的高度，可调节横梁面与水平面的夹角，使该夹角等于当地纬度，此时旋转轴与地轴平行。

三、单轴跟踪装置

太阳能聚光光伏发电单元绕与地轴平行的单轴旋转实现全年对太阳的跟踪，跟踪方式和控制方法都比较简单。旋转轴由直流电机驱动。旋转轴的结构呈“十”字形，其长轴的一端与非成像聚光镜固联，另一端通过轴承焊接在短桩上，并与驱动电机相联；短轴的两端通过轴承与反射聚光镜相联，使反射聚光镜可绕短轴转动。旋转轴转动时，反射聚光镜、非成像聚光镜和聚光太阳能电池均随之匀速转动，跟踪太阳的方位，其角速度等于太阳时角的变化（每小时转过 15° ）。一天中，旋转轴的工作时间和转动速度，由控制系统控制。全年太阳赤纬角的变化范围为 $-23.45^\circ \sim 23.45^\circ$ ，每 24 小时赤纬角的变化约 0.13° ，根据几何关系可推导出反射聚光镜俯仰角的变化是太阳赤纬角变化的一半，其全年变化范围为 $-11.725^\circ \sim 11.725^\circ$ ，每 24 小时变化约 0.06° 。采用可伸缩的支杆控制反射聚光镜的俯仰角，使之适应赤纬角的变化。

反射聚光镜俯仰角的调节：以地轴为基准，反射聚光镜法线方向与地轴

夹角的全年变化范围为 $33.275^{\circ} \sim 56.725^{\circ}$ 。从冬至日到夏至日，夹角由 33.275° 变化到 56.725° ，支杆需做回缩运动；从夏至日到冬至日，夹角由 56.725° 又变化到 33.275° ，支杆需做伸长运动。以半年为一个周期，支杆的伸长或回缩范围，由支杆的螺纹距控制，使之在一个周期内均匀的伸长或回缩，在冬至日伸长到最长点，在夏至日收缩到最短点。支杆的伸缩动力由旋转轴提供，支杆的伸缩通过机械结构实现。

四、位置关系

地轴式太阳能聚光光伏发电装置的反射聚光镜可时刻将阳光会聚到旋转轴延长线上的固定焦点，该点位置由所设计反射聚光镜的焦距决定。非成像聚光镜安装在焦点处，可随旋转轴一起运转。

本发明根据以上部分的描述可知，具有以下技术特征：地轴式太阳能聚光光伏发电装置由一系列安装在支架上的太阳能聚光光伏发电单元组成，支架包括横梁、边梁、短桩和竖梁，其中横梁面与水平面的夹角可调。聚光光伏发电单元的旋转轴垂直于横梁、垂直于短桩且与横梁面平行。聚光光伏发电单元使用单轴跟踪，旋转轴与地轴平行。旋转轴采用直流电机驱动，转动控制简单。旋转轴的结构呈“十”字形，将反射聚光镜、非成像聚光镜和聚光电池联结为一个整体。在单轴旋转过程中，反射聚光镜的俯仰角可通过支杆的伸缩自动调节，无需手调，无需外加电机及控制系统。

本发明的有益效果是：

第一、太阳能聚光光伏发电单元使用单轴跟踪实现了点聚焦，可以达到较高的聚光比，同时其机械结构和控制系统都比较简单，能够有效降低成本；

第二、太阳能聚光光伏发电单元通过机械设计，使用单电机驱动即可实现反射聚光镜的旋转和俯仰角度的自动调节，半年内无需人为干预，可用于建设大型的太阳能发电厂；

第三、地轴式太阳能聚光光伏发电系统的蓄电装置可为电机的运转提供能源，无需外接电源；

第四、太阳能聚光光伏发电单元的反射聚光镜采用校正象散的非旋转对称曲面，提高了聚光性能。

第五、非成像聚光透镜的使用，降低了对跟踪精度的要求。

第六、反射聚光镜和非成像聚光镜均可实现批量生成，从而降低发电成本。

附图说明

图 1 地轴式太阳能聚光光伏发电装置的支架图。图中， Φ 表示横梁面与地平面的夹角，等于当地纬度。1 太阳能聚光光伏发电单元，2-1 横梁，2-2 边梁，3 短桩，4 竖梁，5 固定底座。

图 2 太阳能聚光光伏发电装置图。图中，6 反射聚光镜，7 非成像聚光镜，8 “十”字形转轴，9 直流电机。

图 3 反射聚光镜三维光路图。图中，10 入射光线，12 反射聚光镜的子午截面，13 反射聚光镜的弧矢截面，由太阳入射的光线 10 通过聚光镜 6 反射会聚到非成像聚光镜 7 上。

图 4 反射聚光镜子午面光路图。图中，11 聚光镜中心点法线，入射光 10 通过反射聚光镜 6 汇聚到非成像聚光镜 7 上，反射光的主光线始终沿“十”字形转轴 8 的长轴方向，反射聚光镜 6 采用轮胎面，以校正象散。

图 5 聚光光伏发电单元的结构图。图中，14 反射聚光镜的中心狭缝，15 反射聚光镜俯仰运动轴承，17 反射聚光镜俯仰运动传动装置。

图 6 反射聚光镜俯仰运动传动装置的结构图。图中，18 曲臂，19 螺栓 A，20 钢筒，21 顺时针拧紧飞轮，22 可伸缩螺纹支杆，23 支杆的转轴，24 T 形臂，25 螺栓 B，26 逆时针拧紧飞轮，27 螺栓 C。

图 7 非成像聚光镜结构图。图中，28 透镜，29 后反射镜，30 前反射镜，31 螺纹洞，32 聚光太阳电池，33 散热装置。

具体实施方式

下面结合附图对本发明作进一步说明，并详述具体实施方式。

1、加工方案

为了提高聚光性能，太阳能聚光光伏发电单元 1 的反射聚光镜 6 采用轮胎面，轮胎面是一种特殊柱面，制作方法与旋转抛物面相似。首先根据所设计轮胎面的曲面公式制作凸模，再利用凸模制作反射聚光镜。反射聚光镜的口径为 10~20cm，聚光镜的材料选用耐腐蚀的塑料，可实现批量生产。非成像聚光镜 7 的口径为 10~20mm，聚光太阳电池 32 的尺寸 1~2mm，非成像聚光镜与太阳电池可集成。非成像聚光镜可通过专用软件设计。

2、安装方案

第 1 步：焊接支架。用两根边梁 2-2 将 4~6 根横梁 2-1 焊接成一个矩形面，使所有横梁均位于该矩形面内，所有横梁 2-1 相互平行。矩形面一长边由高度可调的竖梁 4 支撑，其对边由固定底座 5 支撑，矩形面与水平面夹角为 Φ 。在每根横梁上焊接一系列短桩 3，短桩 3 的高度要稍大于反射聚光镜 6 口径的 1/2，以免反射聚光镜 6 旋转过程中碰撞横梁 2；短桩间的距离

约是反射聚光镜 6 口径的 2 倍，以尽量减少遮挡损失；短桩 3 垂直于横梁且垂直于横梁面。

第 2 步：安装主旋转轴即“十”字形转轴 8。将转轴 8 通过轴承 16 安装到短桩 3 上，使转轴 8 可相对短桩 3 自由转动。转轴 8 垂直于短桩 3，垂直于横梁 2-1 并平行于横梁面。电机 9 通过轴承 16 直接与转轴 8 相联，驱动转轴 8。

第 3 步：安装反射聚光镜 6。将反射聚光镜 6 通过俯仰运动轴承 15 联结到“十”字形转轴 8 上，使转轴 8 在旋转时可带动反射聚光镜 6 一起旋转，并使反射聚光镜 6 可绕“十”字形转轴 8 的短轴做俯仰运动。反射聚光镜 6 的中心开有狭缝 14，以使反射聚光镜 6 在做俯仰运动时不与转轴 8 相碰撞。

第 4 步：安装反射聚光镜俯仰传动装置 17。将钢筒 20 通过螺栓 C 27 与转轴 8 固联，将带有螺纹的支杆 22 通过支杆转轴 23 与反射聚光镜 6 联结，支杆 22 在反射聚光镜 6 的子午截面 12 内，且支杆 22 可绕转轴 23 转动。顺时针拧紧飞轮 21 的内壁带有与支杆 22 匹配的螺纹，飞轮 21 与钢筒 20 联结并可相对滑动，顺时针转动飞轮 21 可使支杆 22 缩进钢筒 20 内，进而牵动反射聚光镜 6 做俯仰运动，此时逆时针转动飞轮 21，对支杆 22 无作用。同理，逆时针拧紧飞轮 26 的内壁同样带有与支杆 22 匹配的螺纹，飞轮 26 与钢筒 20 联结并可相对滑动，逆时针转动飞轮 26 可使支杆 22 伸出钢筒 20，进而推动反射聚光镜 6 做俯仰运动，此时顺时针转动飞轮 26，对支杆 22 无作用。曲臂 18 通过螺栓 A 19 与短桩 3 固联，T 形臂 24 通过螺栓 B 25 与曲臂 18 联结，T 形臂 24 可绕螺栓 B 25 转动。

第 5 步：安装非成像聚光镜 7 和聚光太阳电池 32。非成像聚光镜 7 包

括透镜 28、后反射镜 29、前反射镜 30，在前反射镜 30 上有螺纹洞 31，在后反射镜 29 上安装散热装置 33。散热装置 33 镶嵌在透镜 28 中间的内部，其上固定有聚光太阳电池 32。非成像聚光镜 7 上设计的螺纹洞 31，可直接安装在主转轴 8 的顶端。

3. 调试和运行方案

第 1 步：调节竖梁 4 的高度，改变横梁面与水平面的夹角 Φ ，使旋转轴 8 与当地的地轴方向平行。确定地轴方向的方法是：根据地球绕太阳的运动特点可知，某地的地轴与水平面的夹角等于当地纬度，方向指向北极星，利用瞄准望远镜可精确装定旋转轴，亦可通过观察日规针影的指向来粗略确定。

第 2 步：将 T 形臂 24 调到与曲臂 18 垂直的位置，使 T 形臂 24 不接触飞轮 21 和 26。手动调节飞轮 21 或 26，使支杆 22 伸或缩，以调整反射聚光镜 6 的俯仰角，使之与当天的太阳赤纬角匹配。

第 3 步：将 T 形臂 24 调到与曲臂 18 平行的位置，使 T 形臂 24 与飞轮 21 或 26 接触。当系统从冬到夏运行时，支杆 22 需回缩，牵拉聚光反射镜 6，T 形臂 24 应与飞轮 21 接触，在转轴 8 自东向西旋转过程中，T 形臂 24 顺时针拨动飞轮 21 转动，使支杆 22 回缩；在转轴 8 自西向东归位过程中，T 形臂 24 逆时针拨动飞轮 21 转动，不会拧紧。当系统从夏到冬运行时，支杆 22 需伸长，推动聚光反射镜 6，T 形臂 24 应与飞轮 26 接触，在转轴 8 自东向西旋转过程中，T 形臂 24 顺时针拨动飞轮 26 转动，不会拧紧；在转轴 8 自西向东归位过程中，T 形臂 24 逆时针拨动飞轮 26 转动，使支杆 22 伸长。在全年运行过程中，T 形臂的方向需要半年调节一次。

第 4 步：采用控制系统，控制电机的工作时间和转速，使聚光光伏发电单元在一天中跟踪太阳。整个系统电机的工作时间、转动方向和转速均相同，因此仅采用一套控制系统即可。

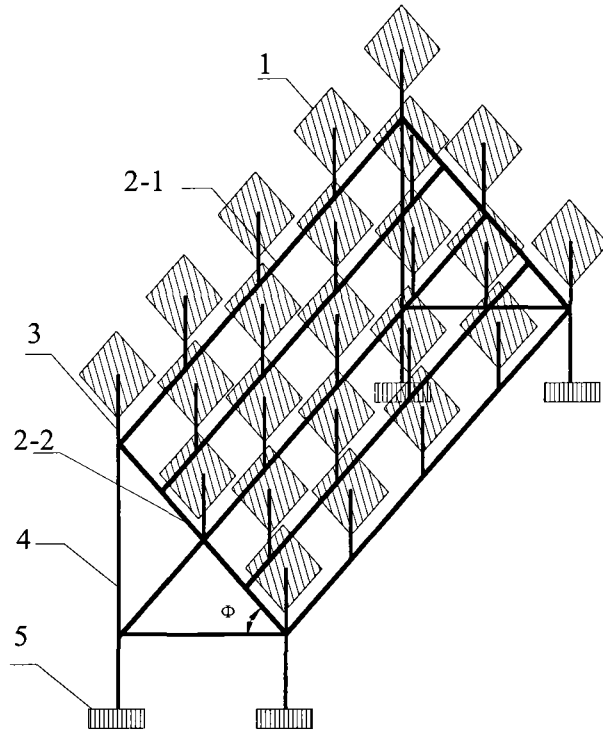


图 1

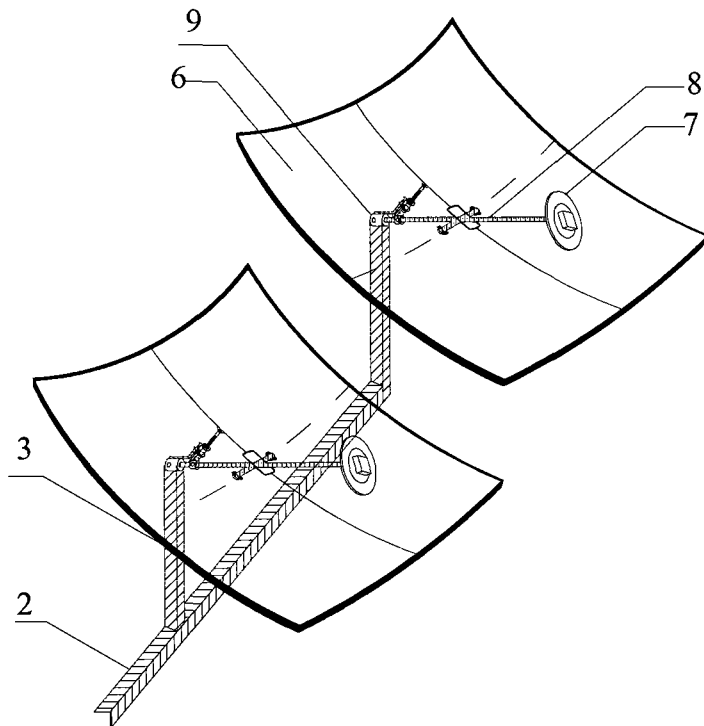


图 2

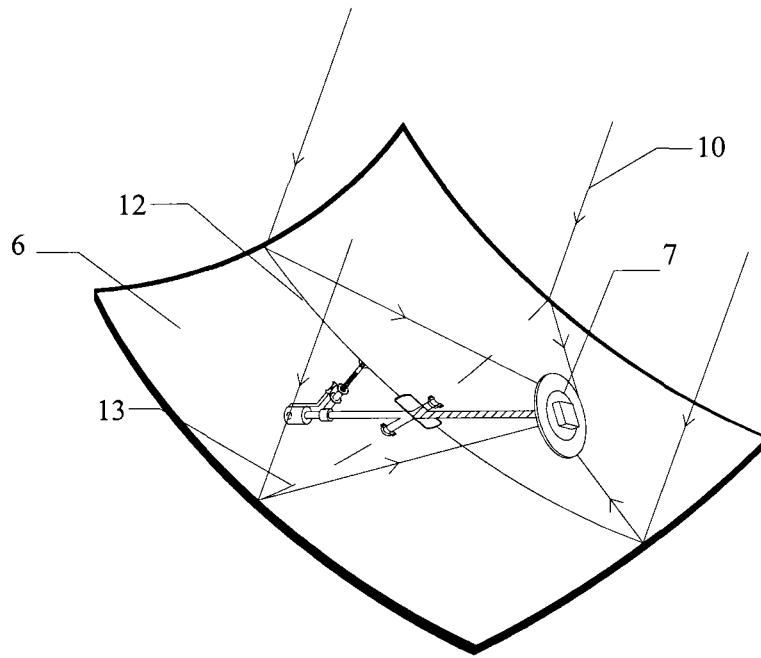


图 3

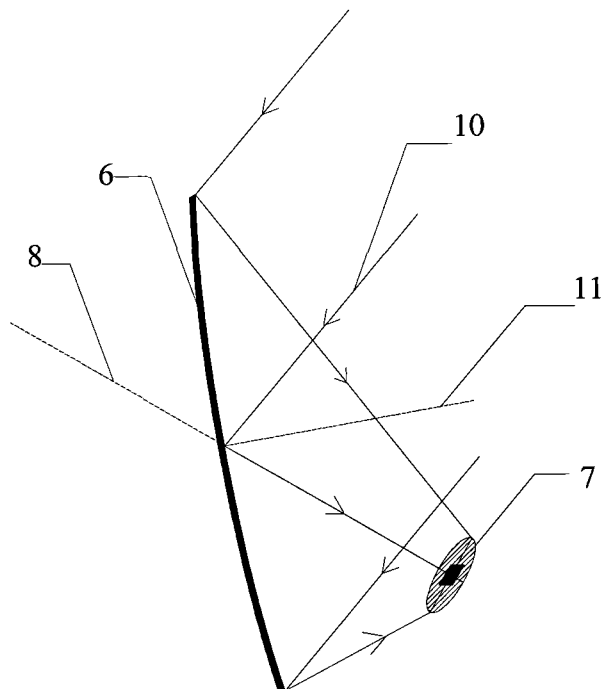


图 4

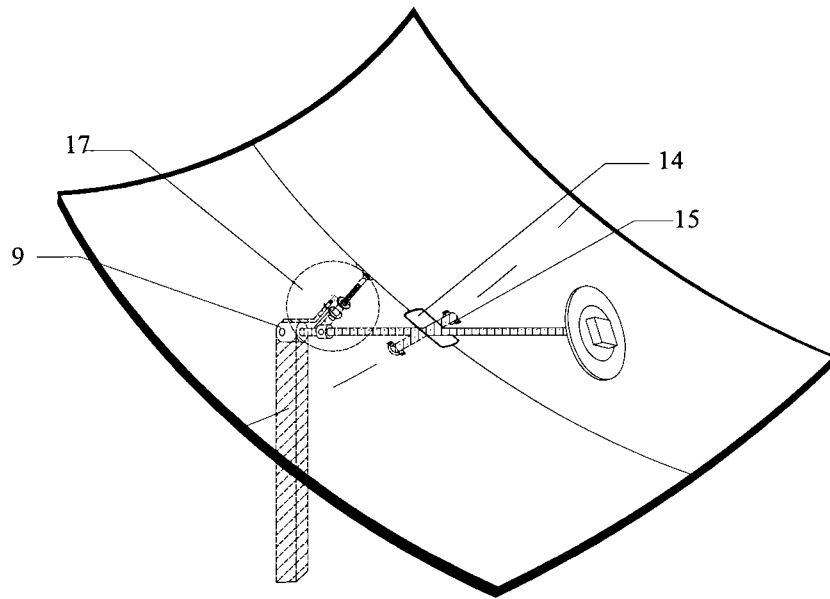


图 5

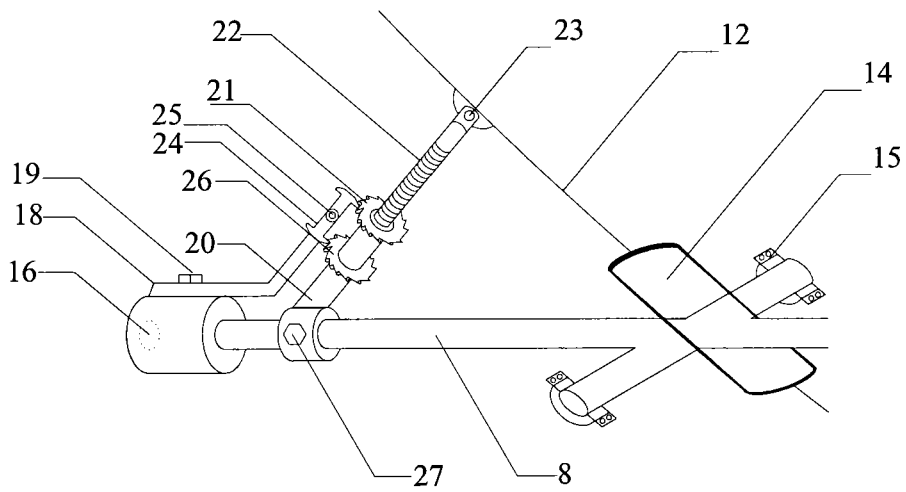


图 6

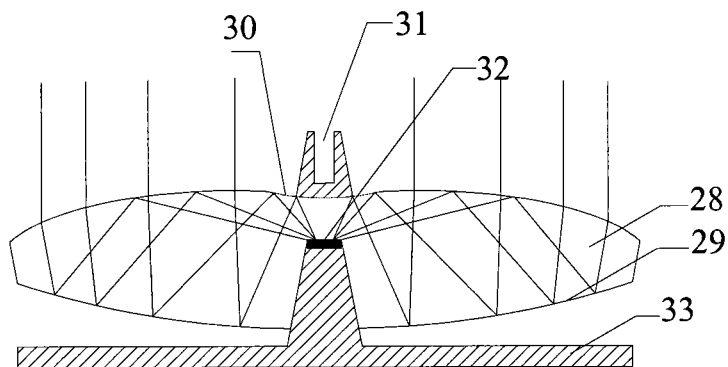


图 7