



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102721194 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201210246997. X

审查员 王迪

(22) 申请日 2012. 07. 17

(73) 专利权人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

专利权人 福建省电力有限公司

福建省电力有限公司电力科学研究
院

(72) 发明人 陈宇 汤延令 曾忠旺 陈献春

张锦坤 何多微 蒋孝科 王寅

(74) 专利代理机构 福州展晖专利事务所(普通

合伙) 35201

代理人 陈如涛

(51) Int. Cl.

F24J 2/10(2006. 01)

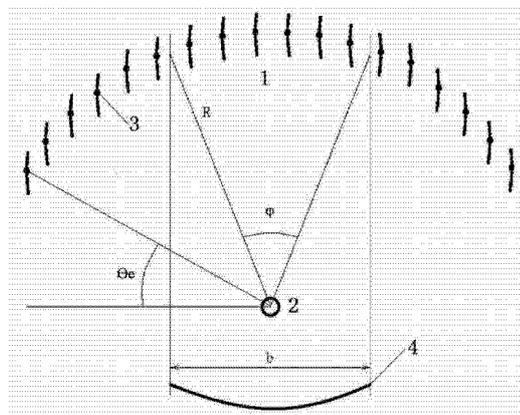
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

大容量高聚光比复合菲涅尔线聚光反射装置

(57) 摘要

本发明涉及一种具有聚焦元件的太阳能集热器,特别是一种大容量高聚光比复合菲涅尔线聚光反射装置,其结构要点在于,主反射装置由复数个微弧菲涅尔反射镜片为主反射镜组成,每个菲涅尔反射镜的中心位置设置有转向装置,且该复数个菲涅尔反射镜位于集热管的上方,呈一种以集热管为圆心的圆弧线形的分布,还包括有一种副反射装置,其安装在集热管下方,弧形内凹面(或聚光面)面向集热管方向。本发明优点在于:能够使得本发明所述菲涅尔线聚光反射装置获得较大的地面利用率,充分考虑了阳光的入射情况,大大减少了阳光的散失,提高了集热管的集热效果,同时实现了良好的聚焦效果和对集热管均匀受热的效果,体现了其大容量的聚光效果。



1. 大容量高聚光比复合菲涅尔线聚光反射装置, 包括有主反射装置和集热管, 其特征在于, 主反射装置由复数个以微弧构造的菲涅尔反射镜片为主反射镜组成, 每个菲涅尔反射镜片的中心位置设置有转向装置, 且该复数个菲涅尔反射镜片位于集热管的上方, 呈一种以集热管为圆心的圆弧线形的分布, 同时每个菲涅尔反射镜片的内凹弧面均面向阳光入射方向, 当阳光的方向与主反射装置的菲涅尔反射镜片的中心点和集热管的中心连线平行时, 该菲涅尔反射镜片进行 180° 的翻转; 还包括有一种副反射装置, 其安装在集热管下方, 弧形内凹面面向集热管方向;

副反射装置为复数个菲涅尔反射镜片组成, 且该复数个菲涅尔反射镜片的中心位于同一直线上, 弧形内凹面中心垂直线指向集热管中心;

主反射装置中间与副反射装置相同宽度的位置两端和集热管中心点形成的角度 ϕ , 主反射镜之间的间距为主反射镜宽度一半的 $\sqrt{2}$ 倍, 此时 ϕ 满足条件是 $\cos \phi / 2 - \sqrt{2} \sin \phi / 4 = 0$;

当副反射装置中的菲涅尔反射镜片的宽度足够小且副反射装置的总宽度为 x 时, 每片副反射镜的有效反射宽度为 $\int_0^x \cos(\beta/2) dx = \int_0^x \sqrt{\frac{\cos \beta + 1}{2}} dx$, β 为集热管与副反射装置的垂直线与副反射装置中的菲涅尔反射镜片反射光线不被遮挡所形成的角度,

所述的主反射装置中的菲涅尔反射镜片的转向装置包括有反射镜架、转轴以及支架, 菲涅尔反射镜片安装在反射镜架上并组成转动体, 反射镜架通过转轴旋转支撑在支架上, 转轴轴心位于菲涅尔反射镜片的反射方向上, 而且, 该转轴轴心位于菲涅尔反射镜片的厚度内; 设置一种平衡锤, 该平衡锤与转动体连接, 并设置在转动体重心与转轴轴心连线的延伸线上。

2. 根据权利要求 1 所述的大容量高聚光比复合菲涅尔线聚光反射装置, 其特征在于, 集热管或者是玻璃真空管, 或者是光伏发电装置。

大容量高聚光比复合菲涅尔线聚光反射装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有聚焦元件的太阳能集热器,特别是一种大容量高聚光比复合菲涅尔线聚光反射装置。

背景技术

[0002] 菲涅尔透镜具有聚光作用,在太阳能热发电大型聚光装置的应用中,主要采用反射式菲涅尔设备。现有技术中菲涅尔反射装置的种类很多,如广泛应用的紧凑式线聚焦菲涅尔反射器(Compact Linear Fresnel Reflector,简称 CLFR),由分布在下方的紧凑排列的复数个菲涅尔反射镜和上方的太阳能集热管组成,参照专利 ZL200880112788.8;还有抛物线槽式聚光装置,也是常用的太阳能热发电聚光装置,其所使用的反射镜采用抛物线形,凹面面向太阳方向,在凹面上方聚集位置设置太阳能集热管;还有塔式聚光装置,其包括位于中心点的塔式太阳能集热设备和以该中心为圆心向外布列的多层环形抛物线碟式菲涅尔反射装置;除此之外,还有一种二次反射的菲涅尔线聚光反射装置,其在类似 CLFR 结构的基础上,在集热管上部设置二次反射罩,参照意大利专利申请号 RM2010A000437,用以将阳光反射到集热管顶部,以均衡集热管的吸热,还用于反射因为聚焦误差造成的阳光散失,这主要是因为底部反射镜片由于入射角的不同,在不同角度时的聚焦距离是不一样的。

[0003] 然而上述所述聚光装置的存在许多不足之处:塔式聚光装置和抛物线碟式聚光装置的容量小,抛物线槽式聚光装置容量较塔式聚光装置和抛物线碟式聚光装置的大,是目前常用的一种,但通常不超过 100MW,而 CLFR 的容量可以做得更大且成本更低,但是容量大的 CLFR 则存在以下问题:

[0004] 首先,如附图 1 所示,在阳光 Y 垂直照射的情况下,为了反射光不被阻碍,相邻反射镜片 1 之间需要有一定的间隔 S,以避免所反射的光线被靠近集热管 2 的那一反射镜片遮挡,而且离集热管越远的反射镜片需要的间隔越大,这就造成了阳光泄露,影响了地面利用率。如果阳光从集热管的远端(即远离集热管)斜照到反射镜片,反射镜片之间的间隔还需要进一步加大,这会造成更加大的阳光泄露。图中, β 为集热管与主反射装置的垂直线 & 主反射镜片反射光不被遮挡的界限 a 之间的夹角, x 为集热管垂直于主反射装置的点向两边延伸的长度,当镜片宽度足够小(即理论上趋向于 0)的时候,可以计算出在反射没有被阻挡的情况下,在图 1 所示的 x 宽度内,在上述条件下的反射镜的有效宽度为 $d \cdot \ln(x/d + \sqrt{1+(x/d)^2})$,当 x 与集热管的高度 d 相等时,反射镜的有效宽度大约为 d 的 0.88 倍;当 x 为 d 的 2 倍时反射镜的有效宽度大约为 d 的 1.444 倍;当 x 为 d 的 3 倍时反射镜的有效宽度大约为 d 的 1.818 倍。可见反射镜的宽度越宽则有效性越差。实际应用的反射镜的宽度不会 $\rightarrow 0$,可以证明,上式是能够获得的最大有效宽度,单个反射镜的宽度越宽,在一定 x 内的有效宽度越小。

[0005] 其次,目前 CLFR 的反射片的弧度是不可调的,1 是中间部分的反射镜距离集热管比较近,而两侧反射镜距离集热管比较远,如果所有反射镜都是一样的弧度,势必会有一部分反射镜聚焦效果不好;2 是虽然反射镜能够随阳光角度的变化而转动,反射镜中心与

集热管中心的距离是不变的,但是随阳光入射角度的不同,反射镜焦距的位置就会发生变化,如附图 2 和附图 3,阳光与反射镜成 30° 角时(见附图 3),其聚焦距离(反射镜中心到聚焦中心的距离)只有阳光与反射镜垂直时(见附图 2)的一半。

[0006] 另外,CLFR 的集热管只是单(下)侧受热,受热不均匀,这影响了集热管的温度和吸热量。

[0007] 二次反射的菲涅尔线聚光反射装置能够减少阳光的散失,但只是在集热器处,反射镜存在和 CLFR 同样的一些问题,导致改善的程度有限,改善的效果不可控,即不同阳光入射角不一样,事实上是如果聚光精确,二次反射装置是不需要的,但水平布置的反射镜片是很难做到的,除非反射角度变化时反射镜片的弧度也变化,二次反射罩上部还会遮挡阳光。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于克服现有技术的不足之处,而提出一种大容量、地面利用率高、阳光散失少,聚焦效果和集热效果好的大容量高聚光比复合菲涅尔线聚光反射装置。

[0009] 本发明是通过以下途径来实现的:

[0010] 大容量高聚光比复合菲涅尔线聚光反射装置,包括有主反射装置和集热管,其结构要点在于,主反射装置由复数个以微弧菲涅尔反射镜为主反射镜片组成,每个菲涅尔反射镜的中心位置设置有转向装置,且该复数个菲涅尔反射镜片位于集热管的上方,呈一种以集热管为圆心的圆弧线形的分布,同时每个菲涅尔反射镜的内凹弧面均面向阳光入射方向,当阳光的方向与主反射装置的反射镜的中心点和集热管的中心连线平行时,该片反射镜进行 180° 的翻转;还包括有一种副反射装置,其安装在集热管下方,弧形内凹面面向集热管方向。

[0011] 所述转向装置能够使菲涅尔反射镜根据阳光的入射角度进行翻转。微弧的菲涅尔反射镜能够使得单片宽度较大的反射镜片聚焦于直径较小的集热管,从而获得更高的阳光利用率。而为了达到较高的地面利用率,需要分析太阳光线变化的过程对聚光效果的影响:对于阳光与反射镜中心到集热管的方向平行的情形,反射镜难以反射阳光到集热管,这部分阳光的利用需要借助副反射装置,其周边阳光与反射镜到集热管方向有一定角度的镜片可以通过反射聚焦,但可能有一部分阳光泄漏。

[0012] 主反射装置中的菲涅尔反射镜采用微弧构造,这种微弧是抛物线形的,而焦点在集热管处,由于焦点距离弧线比较远,所以弧度不会很大,微弧反射镜的设计,在技术和经济方面都有合理性,反射镜宽度要比集热管的外径大很多,微弧聚焦使得能够在较大的范围内合理布置反射镜片的数量(在条件合适的或制作方便的情况下,平板和圆形等形状的反射镜片也可以采用),从而提高聚光比。当阳光的方向与主反射装置的反射镜和集热管的中心连线平行时,该片反射镜需要做约 180° 的翻转,以便改变反射方向。

[0013] 副反射装置的有二:首先是改善了光能的利用效果,在阳光的方向与主反射装置的反射镜和集热管的中心连线平行的部位附近,主反射装置的镜片由于位置的限制,难以反射光线,这时让光线投射到副反射镜,使这部分光线获得利用;其次是副反射装置的光线投射到了集热管上主反射镜无法照射到的部位,使集热管的受热更加均匀,改善了集热管的工作情况和传热效果。

[0014] 这种采用将主反射装置以集热管为圆心呈圆弧线形分布在集热管上方,并在集热管下方设置副反射装置的技术方案,能够使得本发明所述菲涅尔线聚光反射装置获得较高的地面利用率,充分考虑了阳光的入射情况,大大减少了阳光的散失,提高了集热管的集热效果,同时实现了良好的聚焦效果和对集热管均匀受热的效果,满足了大容量的高聚光比的需求。

[0015] 本发明可以进一步具体为:

[0016] 副反射装置为一种抛物线形聚光反射镜反射镜,该反射镜上设置有驱动转向装置。

[0017] 所述的副反射装置如同抛物线槽式聚光装置,能够在驱动转向装置的作用下跟踪阳光,以便能够充分有效的将阳光聚焦到集热管上。

[0018] 主反射装置与副反射装置相同宽度的位置两端和集热管中心点形成的角度 ϕ ,可以用于确定副反射装置的宽度,对于不同高度的主聚光镜,只要副反射镜影响的角度 ϕ 相同,副反射镜的效果就相同。

[0019] 从几何尺寸来看,当主反射镜之间的间距为反射镜宽度一半时,主反射镜可以 180° 翻转,通过计算,这时,选择副反射装置的宽度 b 使得 ϕ 大约 85.88° (其条件是 $\cos \phi / 2 - 2 \sin \phi / 4 = 0$),即可使得在该范围以外没有阳光泄漏。主反射镜按照上述方法布置,在最差的反射条件下(即阳光与主反射镜片的分布圆弧相切的情况),阳光的反射有一小部分会被阻碍。

[0020] 如果要达到 100% 阳光利用率,主反射镜之间的间距增加为反射镜宽度一半的 $\sqrt{2}$ 倍,即可使主反射镜在最差的反射条件下(即阳光与主反射镜片的分布圆弧相切的情况)没有泄漏和阻碍的光线,这时副反射镜宽度 b 使得 ϕ 大约为 103.65° (其条件是 $\cos \phi / 2 - \sqrt{2} \sin \phi / 4 = 0$) 时没有阳光泄漏,对应副反射镜宽度的范围内,主反射镜的镜片与阳光平行,使光线进入副反射镜,并投射到主反射镜投射不到的集热管背面。

[0021] 本发明还可以进一步具体为:

[0022] 副反射装置为复数个微弧或平面反射镜组成反射式菲涅尔镜,且该复数个反射镜片的中心位于同一直线上,弧形凹面中心垂直线指向并聚焦于集热管中心。

[0023] 所述的副反射装置镜片布置如同之前提及的 CLFR 聚光装置,其中的菲涅尔反射镜作为副反射镜,且倾斜角度是固定的,以集热管为焦点聚光。这种结构的副反射装置的反射效果不如抛物线形聚光反射镜,但差异很小,而带来的好处是制造方便,成本低。

[0024] 当副反射镜宽度足够小且总宽度为 x 时,每片副反射镜的有效反射宽度大约为

$\int_0^x \cos(\beta/2) dx = \int_0^x \sqrt{\frac{\cos \beta + 1}{2}} dx$, 其中 β 见附图 1 中所示,为集热管与副反射装置的垂直线

与菲涅尔反射镜反射光线不被遮挡所形成的角度,由于 β 为锐角时 $\cos \beta \leq \cos(\beta/2)$,

或 $\cos \beta \leq \frac{\cos \beta + 1}{2} \leq \sqrt{\frac{\cos \beta + 1}{2}}$, 所以 $\int_0^x \cos \beta dx$ (CLFR 聚光装置有效反射宽度)

$\leq \int_0^x \cos(\beta/2) dx$ (整体跟踪菲涅尔反射镜有效反射宽度),也就是说其有效的反射面积整体

摆动要比单片摆动情况的 CLFR 聚光装置好,副反射装置的整体是跟随阳光入射角进行摆动的,能够自动跟踪阳光。

[0025] 主反射装置中的菲涅尔反射镜以集热管为圆心所形成的圆弧线形的圆心角可以为 360° ,也可以小于 360° 。

[0026] 也就是说,将主反射镜 360° (即整个圆圈)以集热管为圆心布满,这样可以在阳光倾斜时,维持不变的聚光宽度,以维持较大的聚光量。然而, 360° 的空间分布在实现上可能带来较为繁琐的过程,因此一般采取圆心角,即主反射装置弧线段两侧端点与集热管所在圆心形成的角度为 $140^\circ \sim 160^\circ$ 。集中的将主反射装置分布在集热管上方,以获得简单而有效的实施方案的办法。

[0027] 所述的主反射装置中的菲涅尔反射镜的转向装置包括有反射镜架、转轴以及支架,反射镜安装在反射镜架上并组成转动体,反射镜架通过转轴旋转支撑在支架上,转轴轴心位于反射镜的反射方向上,而且,该转轴轴心位于反射镜的厚度内;设置一种平衡锤,该平衡锤与转动体连接,并设置在转动体重心与转轴轴心连线的延伸线上。

[0028] 反射镜依其反射弧面为基面,凹弧所在侧面为反射方向,凸弧所在侧面为背面方向,此处所指的反射方向并非是反射线方向,而指的是反射镜弧面中间切平面(或反射镜周围轮廓形成平面的)法线方向。利用该平衡锤可以平衡由于转动体重心偏离转轴轴心而带来的转动力矩。

[0029] 反射镜凹弧面上下两顶点的连线与凹弧底之间的距离即为反射镜的厚度。

[0030] 为了减少反射器的转动力矩,应当缩短转轴轴心与转动体(反射镜以及反射镜架)重心的距离直至二者重合;又由于有些反射镜需翻转 180° ,如果该转轴轴心位于反射镜的厚度外,将会额外占用空间,致整个太阳能阵列不紧凑。

[0031] 综上所述,本发明提供了一种大容量高聚光比复合菲涅尔线聚光反射装置,是一种牺牲少量阳光利用率而获得较大的聚光比和较方便合理的空间布置。采用将主反射装置以集热管中心为圆心呈圆弧线形分布在集热管上方,并在集热管下方设置副反射装置的技术方案,能够使得本发明所述菲涅尔线聚光反射装置获得较大的地面利用率,充分考虑了阳光的入射情况,大大减少了阳光的散失,提高了集热管的集热效果,同时实现了良好的聚焦效果和对集热管均匀受热的效果,满足了大容量的高聚光比的需求。

附图说明

[0032] 图 1 为本发明背景技术所述的 CLFR 在阳光垂直照射下的分析结构示意图;

[0033] 图 2 为本发明背景技术所述的 CLFR 在阳光与反射镜垂直时的聚焦结构示意图;

[0034] 图 3 为本发明背景技术所述的 CLFR 在阳光与反射镜呈 30° 角时的聚焦结构示意图;

[0035] 图 4 为本发明所述实施例 1 的结构示意图;

[0036] 图 5 为本发明所述最佳实施例的结构示意图;

[0037] 图 6 为本发明所述主反射装置中菲涅尔反射镜的结构示意图。

[0038] 下面结合附图对本发明做进一步描述。

具体实施方式

[0039] 实施例 1:

[0040] 参照附图 4, 大容量高聚光比复合菲涅尔线聚光反射装置, 包括有主反射装置 1 和集热管 2, 主反射装置 1 由复数个微弧菲涅尔反射镜为主反射镜组成, 每个菲涅尔反射镜的中心位置设置有转向装置 3, 且该复数个菲涅尔反射镜片位于集热管 2 的上方, 呈一种以集热管为圆心, 半径为 R 的圆弧线形的分布, 主反射装置 1 弧线段两侧端点与集热管 2 所在圆心形成的角度一般为 $140^{\circ} \sim 160^{\circ}$, 即弧线段两端与集热管 2 所在圆心的连线与水平面形成的夹角 q_e 为 $10 \sim 20^{\circ}$ 。同时每个菲涅尔反射镜的内凹弧面均面向有阳光入射的方向, 能够跟踪阳光的入射方向, 并随之转动; 当阳光的方向与主反射装置的反射镜和集热管的中心连线平行时, 该片反射镜进行 180° 的翻转。集热管可以是玻璃真空管, 也可以是其他类型的集热管或光伏发电装置。主反射镜片一般在圆弧上对称布置, 也可以不对称布置。

[0041] 还包括有一种副反射装置 4, 其安装在集热管 1 下方, 为一种抛物线形(或菲涅尔型)聚光反射镜(副反射镜), 该副反射镜上设置有驱动转向装置, 该驱动转向装置可以是直接安装在副反射镜中心线上的转动构件外加驱动装置构成, 也可以是由安装在副反射镜的三角形或者圆心支撑架和支撑架上的转动轴以及驱动装置构成。副反射镜的弧形内凹面面向集热管方向, 在驱动转向装置的作用下跟踪阳光入射方向。

[0042] 当主反射镜之间的间距为反射镜宽度一半时, 主反射镜可以 180° 翻转, 通过计算, 这时, 选择副反射装置的宽度 b 使得 ϕ 大约 85.88° (其条件是 $\cos \phi / 2 - 2 \sin \phi / 4 = 0$), 即可使得在该范围以外没有阳光泄漏。

[0043] 主反射镜之间的间距增加为反射镜宽度一半的 $\sqrt{2}$ 倍, 即可使主反射镜在最差的反射条件下(即阳光与主反射镜片的分布圆弧相切的情况)没有泄漏和阻碍的光线, 达到 100% 的阳光利用率, 这时副反射镜宽度 b 使得 ϕ 大约 103.65° (其条件是 $\cos \phi / 2 - \sqrt{2} \sin \phi / 4 = 0$) 时没有阳光泄漏, 对应的范围内, 主反射镜的镜片与阳光平行, 使光线进入副反射镜, 并投射到主反射镜投射不到的集热管背面。

[0044] 参照附图 6, 菲涅尔反射镜的转向装置 3 包括反射镜架 31、转轴 32、平衡锤 33 以及支架(图中未画出), 反射镜 5 安装在反射镜架 31 上并组成转动体, 反射镜架 31 通过转轴 32 旋转支撑在支架上, 转轴 32 轴心位于反射镜的反射方向上, 即图 6 中的 C 方向, 而且, 该转轴 32 轴心还位于反射镜的厚度内并在反射镜的二分之一厚度处, 反射镜厚度即图 1 中的 A, 同时, 转轴 32 轴心还位于反射镜宽度方向的对称线上。反射镜 5 依其反射弧面为基面, 凹弧所在侧面为反射方向, 即图 6 中的 C 方向; 凸弧所在侧面为背面方向, 即图 1 中的 6 方向。反射镜凹弧面上上下两顶点的连线与凹弧底之间的距离即为反射镜的厚度, 即图 6 中的 A。平衡锤 33 是一种钟摆式构造, 包括细长的杆体和尾端的锤体, 杆体另一端通过一种螺纹螺栓的构造与转动体紧固连接, 平衡锤 33 设置在转动体重心与转轴 32 轴心连线的延伸线上。反射镜 5 两端分别同轴设置有转轴 32, 该两转轴 32 对应支撑连接在支架的支撑孔中, 这样, 整个转动体跨支在支架上。

[0045] 最佳实施例:

[0046] 参照附图 5, 大容量高聚光比复合菲涅尔线聚光反射装置, 包括有主反射装置 1 和集热管 2, 主反射装置 1 由复数个微弧菲涅尔反射镜片为主反射镜组成, 每个菲涅尔反射镜的中心位置设置有转向装置 3, 且该复数个菲涅尔反射镜位于集热管 2 的上方, 呈一种以集

热管为圆心,半径为 R 的圆弧线形的分布,同时每个菲涅尔反射镜片的内凹弧面均面向阳光入射方向,当阳光的方向与主反射装置的反射镜片和集热管的中心连线平行时,该片反射镜进行 180° 的翻转;还包括有一种副反射装置 4,其安装在集热管 1 下方。该副反射装置为复数个菲涅尔反射镜(副反射镜)片组成,且该复数个菲涅尔反射镜的中心位于同一直线上,弧形凹面中心垂直线指向集热管中心,其他详细见发明内容部分。本实施例未述部分与实施例 1 相同。

[0047] 本发明未述部分与现有技术相同。

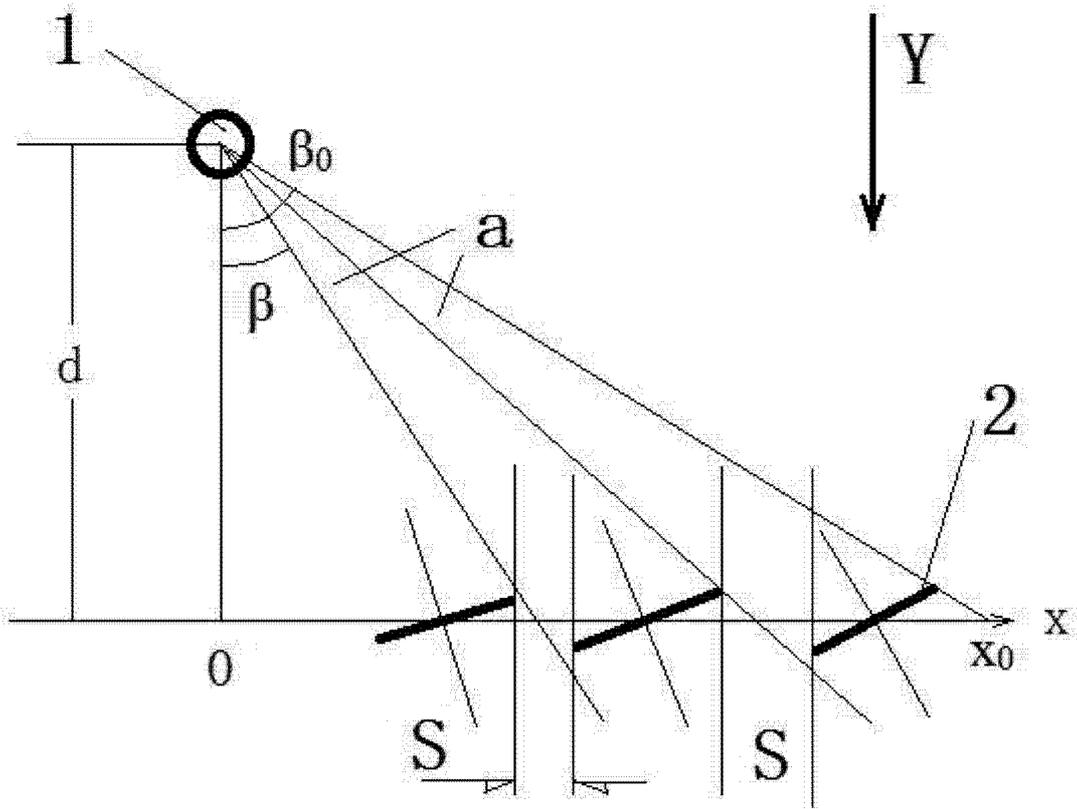


图 1

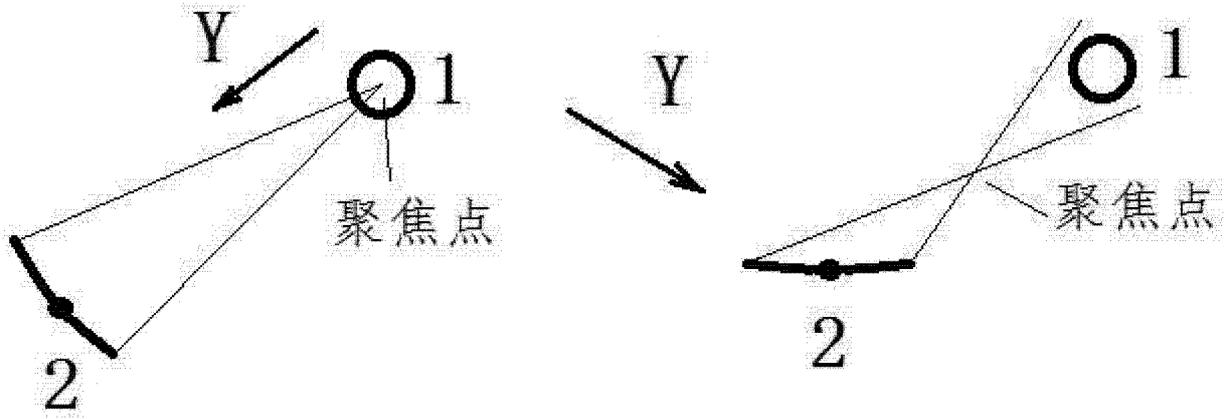


图 2

图 3

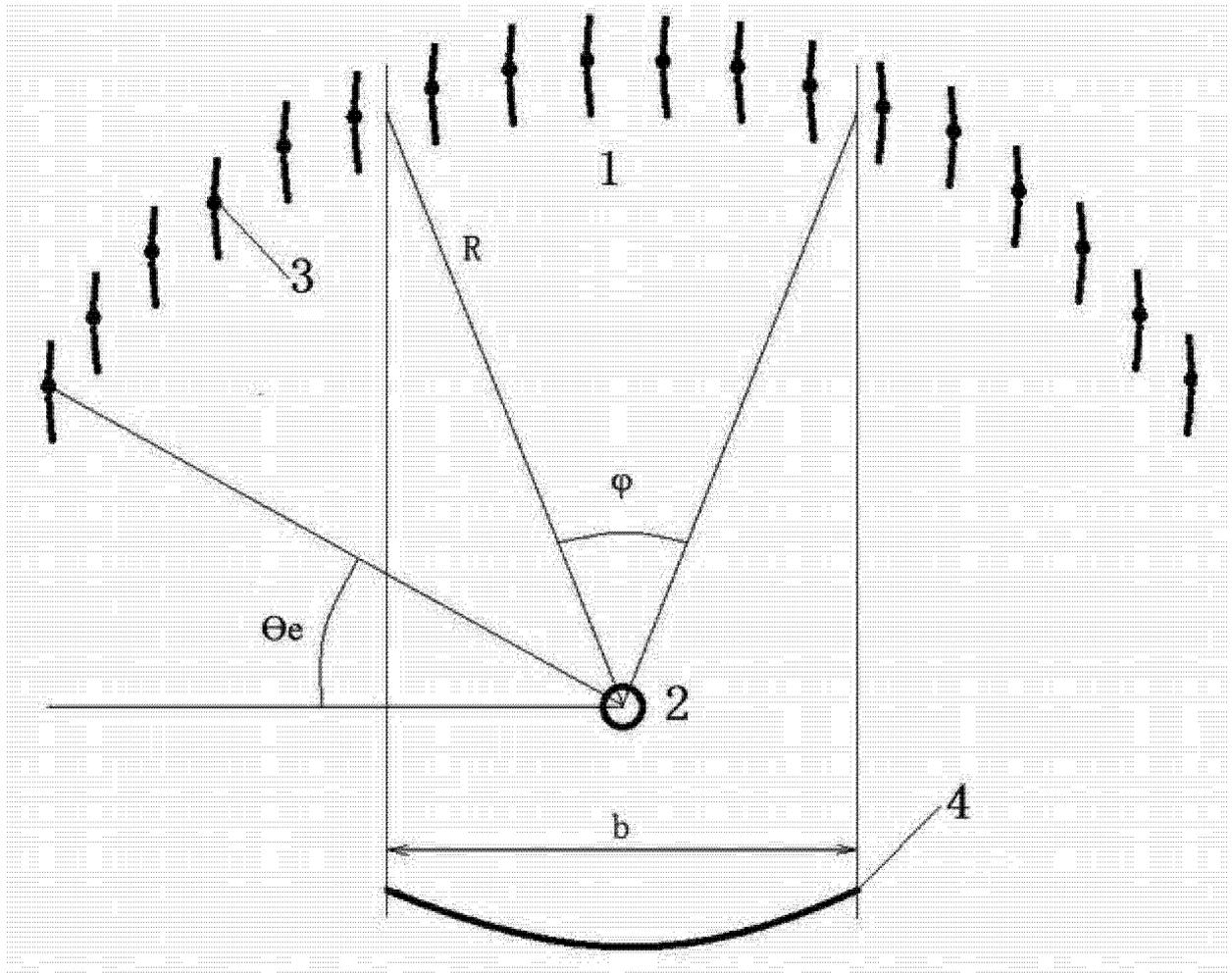


图 4

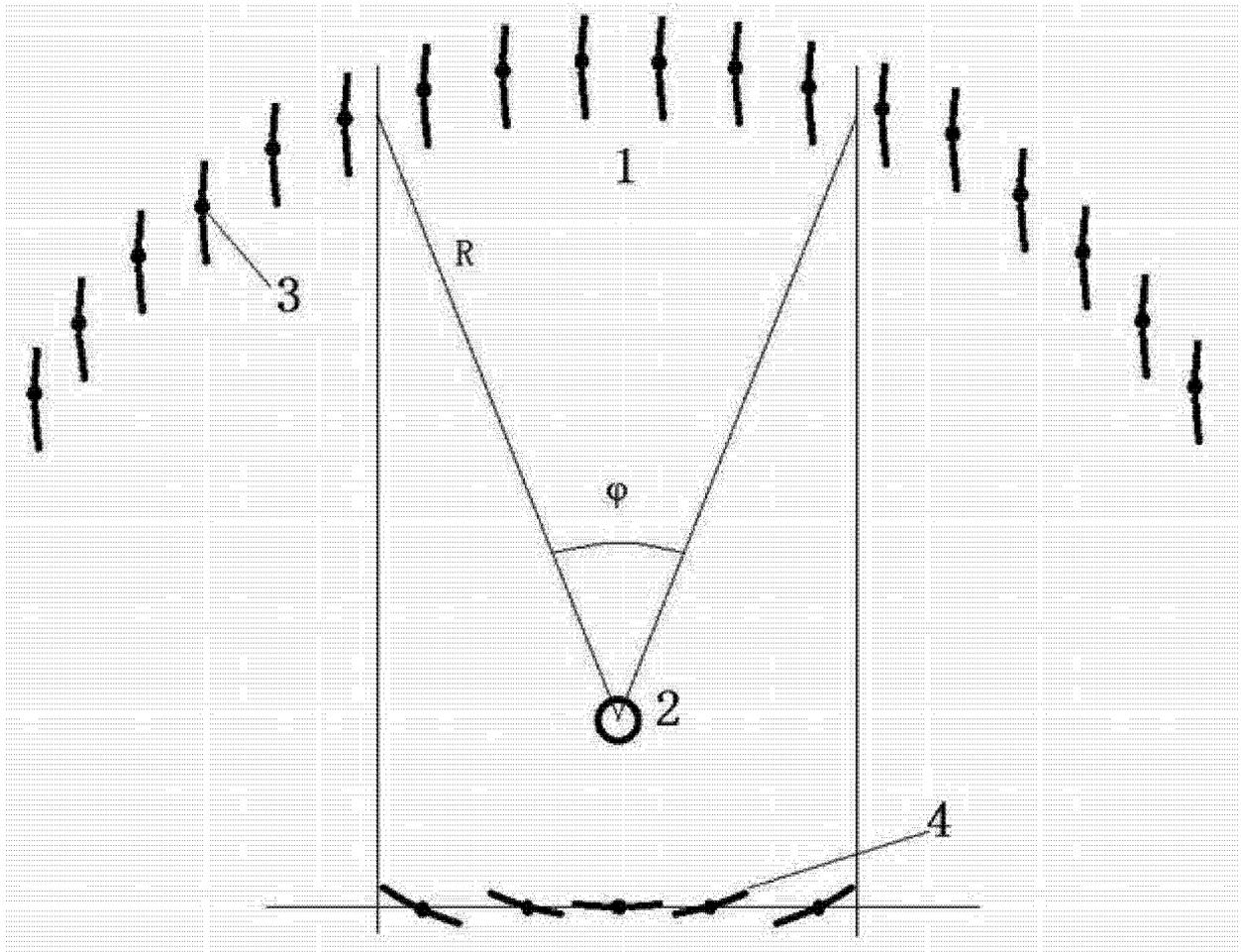


图 5

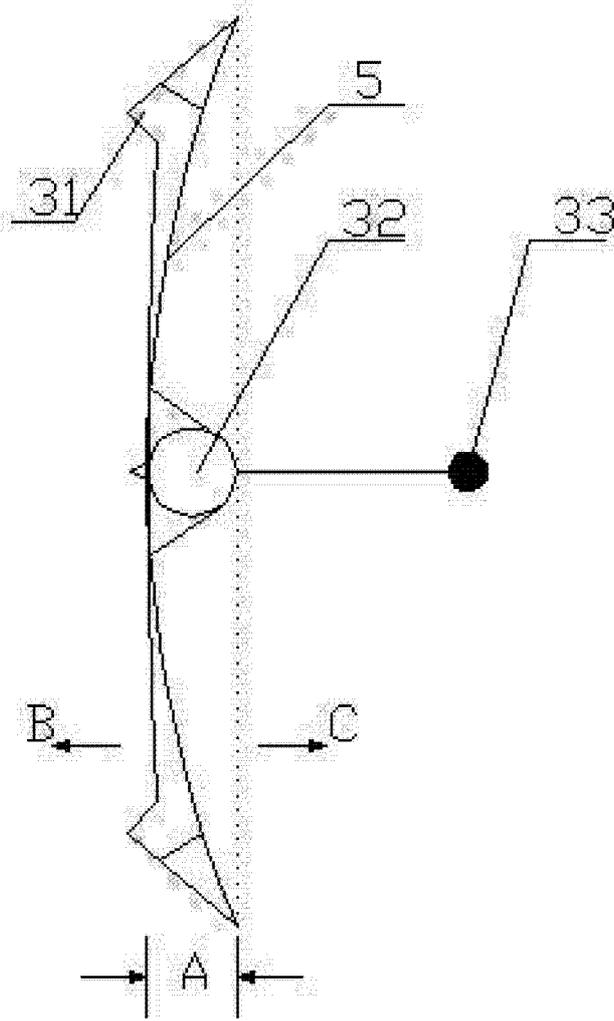


图 6