



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103728984 B

(45) 授权公告日 2016.03.30

(21) 申请号 201310728388.2

JP S6176848 A,1986.04.19,

(22) 申请日 2013.12.25

姚梦凯. 塔式太阳能定日镜聚光成像策略研究与控制系统设计. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技 II 辑》.2012,(第 07 期),第 58-69 页.

(73) 专利权人 青海中控太阳能发电有限公司
地址 817000 青海省海西蒙古族藏族自治州
德令哈市市政府新食堂 3 楼 313 室

审查员 欧鑫磊

(72) 发明人 宓霄凌 薛刚强 苏斌 刘志娟
金建祥 陈武忠

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 胡晶

(51) Int. Cl.

G05D 3/00(2006.01)

F24J 2/38(2014.01)

(56) 对比文件

CN 102937814 A,2013.02.20,

CN 101614445 A,2009.12.30,

CN 102706010 A,2012.10.03,

JP 2000223730 A,2000.08.11,

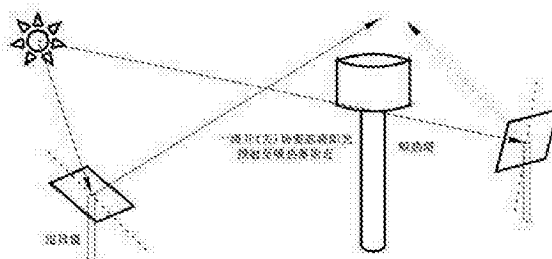
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种快速开关镜场方法

(57) 摘要

本发明提供了一种快速开关镜场方法,其用于塔式太阳能热发电系统的镜场开关,包括以下步骤:在定日镜开场前将镜场的定日镜转至一级开场姿态;将所述定日镜由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态;在定日镜关场前将定日镜转至一级关场姿态;将所述定日镜由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态。本发明通过对开关镜场时镜场的科学调度,最大程度地保证了吸热器的安全并减少了开关镜场时间,降低了备用电池成本,增加了镜场实际运营发电时间。



1. 一种快速开关镜场方法,其用于塔式太阳能热发电系统的镜场开关,其特征在于,包括快速开场步骤与快速关场步骤;

所述快速开场步骤包括:

在定日镜开场前将镜场的定日镜转至一级开场姿态,
将所述定日镜由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态;

所述快速关场步骤包括:

在定日镜关场前将定日镜转至一级关场姿态,
将所述定日镜由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态;

所述一级开场姿态或一级关场姿态确定的过程包括:

步骤 a: 根据定日镜的驱动电机转速曲线,计算定日镜一次性转角所需的最长时间,其与误差预留时间之和为 T_{max} ;将当前最少转角用时 T_n 的初始值设为 T_{max} ,事先设定的时间余量为 T_{tor} ;

步骤 b: 根据吸热塔的温升曲线,计算在 $2 * T_{max}$ 时间内吸热塔能承受的能量,根据吸热塔在 $2 * T_{max}$ 时间内能承受的能量确定在该时间内吸热塔能够承受的定日镜数量,计算出需要撤出的定日镜比例,记为 $w\%$;

步骤 c: 利用光斑位置计算方法,计算将定日镜在某一姿态下,在 T_n 时间内,光斑不会再次漂上指定区域,且转角用时最少的姿态;

步骤 d: 对镜场的定日镜执行步骤 c, 计算 $w\%$ 的镜子撤出需要的时间,记为 T_c ; 步骤 e: 若 $T_n - T_c < T_{tor}$, 则当前求得的姿态为最终的一级关场姿态角度; 若 $T_n - T_c \geq T_{tor}$, 则 $T_n = T_c$, 转至步骤 c, 重复迭代步骤 c 至步骤 d, 直至 $T_n - T_c < T_{tor}$, 此时的姿态为一级开场姿态或一级关场姿态角度。

2. 如权利要求 1 所述的快速开关镜场方法,其特征在于,所述定日镜由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态的过程包括:

获取定日镜由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态时的光斑落点轨迹;

根据所述光斑落点轨迹得到所述定日镜的转动轨迹;

所述定日镜根据所述转动轨迹由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态。

3. 如权利要求 1 所述的快速开关镜场方法,其特征在于,所述定日镜由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态的过程包括:

获取定日镜由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态时的光斑落点轨迹;

根据所述光斑落点轨迹得到所述定日镜的转动轨迹;

所述定日镜根据所述转动轨迹由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的快速开关镜场方法,其特征在于,所述定日镜光斑落点轨迹确定过程包括:

利用太阳位置算法计算得入射光线,记为 $m2s$;

假设镜面中心的坐标为 (x_0, y_0, z_0) , 镜面上任意点 p 与其位移为 d , 则当定日镜在特定姿态下时, p 的坐标 $(x, y, z) = (x_0, y_0, z_0) + R(\alpha) * d$; 上述 $R(\alpha)$ 为在此姿态下的变化矩阵;

根据定日镜的当前姿态,求得这面定日镜的镜面法向量为 $R(\alpha) * z_0$, 记为 N , 上述 z_0 指单位向量 $[0, 0, 1]$;

由镜面法向量 N 和入射光线 m_2s , 求得出射光线, 为 $2 \cdot \text{dot}(N, m_2s) \cdot N - m_2s$, 记为 m_2r ;

由出射点 (x, y, z) 、出射光线 (m_2r) 和目标体的坐标, 求出这条出射光线在目标体上的落点, 联立镜面上所有的点, 绘制出定日镜的一个完整的光斑图。

一种快速开关镜场方法

技术领域

[0001] 本发明涉及塔式太阳能领域,特别是涉及一种快速开关镜场的方法。

背景技术

[0002] 塔式太阳能热发电系统区别于太阳能光伏发电系统,是聚焦型太阳能热发电(Concentrating Solar Power,简称 CSP)的一种,它通过使大量的定日镜实时地将太阳光聚焦到设置在吸热塔上的吸热器,加热工质,产生蒸汽,推动汽轮机带动发电机发电。与光伏发电相比,塔式太阳能热发电系统不仅原材料、生产环节无污染,且因带有蓄热装置,发电功率较稳定,深受电网欢迎,是真正清洁、优质的能源。相比槽式太阳能热发电,塔式太阳能热发电系统因聚光比较高,其导热工质能达到较高温度,从而大大提升了发电效率。

[0003] 塔式太阳能热发电系统的单个单元(即一个吸热塔所对应的一套系统),其电功率(热功率一般为电功率的3倍左右)一般在 MW 级别,微型的如 1MW,小型的如 5MW、10MW,中型的如 30MW、50MW,大型的一般在 100MW 以上,如 BrightSource 公司的 Ivanpah 项目,其电功率达 133MW。塔式太阳能发电电站受天气的制约,在电站运营的情况下,每天至少执行一次开场和关场操作,如遇多云天气,更是可能频繁的在开场和关场间切换,如此高的能量在吸热塔上汇聚,对吸热塔的安全提出了严峻的挑战。

[0004] 塔式太阳能光热电站不同于一般的发电站,大量定日镜实时聚焦于吸热器的运营特性,使得镜场中用于定日镜追日和控制定日镜的上位机镜场控制系统的供电不可随意切断,需要有一定的预留时间用于定日镜的安全撤离,否则,断电后因太阳在动而定日镜无法转动,使其原本聚焦于吸热器上的光斑缓慢移出吸热器,所过之处能量极大,很容易导致塔身结构高温熔化造成安全事故。此外,如果该系统采用水作为蓄热工质,且吸热器内蓄水量较少,在断电过程中很可能造成吸热器中水被烧干,吸热器本身的安全也会受到威胁。可见,出于安全考虑,用于保证镜场持续供电的备用电池在塔式太阳能热发电系统必不可少。目前,市场上的 UPS 电池一般都造价昂贵,电池价格直接与电池容量相关。

[0005] 为了防止吸热塔局部因光斑划过塔身导致高温出现融化造成安全事故的出现,不得不采取以下措施:1、吸热塔塔身必须采用隔热性好、能承受高温、且熔点高的材料。2、镜场中定日镜的转速必须尽可能的快,以减少光斑在塔身上停留的时间。3、吸热塔上任何需要人工维修的时候,必须停止运行,以保证人员的安全。以上这些措施无疑会使镜场成本上升。本发明提供一种安全、快速的开关镜场方法,对于解决该问题具有重要意义。

发明内容

[0006] 本发明提供了一种快速开关镜场方法,其用于塔式太阳能热发电系统的镜场开关,包括快速开场步骤与快速关场步骤;

[0007] 所述快速开场步骤包括:

[0008] 在定日镜开场前将镜场的定日镜转至一级开场姿态,

[0009] 将所述定日镜由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态;

- [0010] 所述快速关场步骤包括：
- [0011] 在定日镜关场前将定日镜转至一级关场姿态，
- [0012] 将所述定日镜由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态。
- [0013] 较佳地，所述定日镜由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态的过程包括：
- [0014] 获取定日镜由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态时的光斑落点轨迹；
- [0015] 根据所述光斑落点轨迹得到所述定日镜的转动轨迹；
- [0016] 所述定日镜根据所述转动轨迹由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态。
- [0017] 较佳地，所述定日镜由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态的过程包括：
- [0018] 获取定日镜由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态时的光斑落点轨迹；
- [0019] 根据所述光斑落点轨迹得到所述定日镜的转动轨迹；
- [0020] 所述定日镜根据所述转动轨迹由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态。
- [0021] 较佳地，所述光斑轨迹的确定过程包括：
- [0022] 利用太阳位置算法计算得入射光线，记为 $m2s$ 。
- [0023] 假设镜面中心的坐标为 (x_0, y_0, z_0) ，镜面上任意点 p 与其位移为 d ，则当定日镜在特定姿态下时， p 的坐标 $(x, y, z) = (x_0, y_0, z_0) + R(\alpha) * d$ ；上述 $R(\alpha)$ 为在此姿态下的变化矩阵；
- [0024] 根据定日镜的当前姿态，求得这面定日镜的镜面法向量为 $R(\alpha) * z_0$ ，记为 N ，上述 z_0 指单位向量 $[0, 0, 1]$ ；
- [0025] 由镜面法向量 N 和入射光线 $m2s$ ，可求得出射光线，为 $2 * \text{dot}(N, m2s) * N - m2s$ ，记为 $m2r$ ；
- [0026] 由出射点 (x, y, z) 、出射光线 $(m2r)$ 和目标体的坐标，求出这条出射光线在目标体上的落点，联立镜面上所有的点，绘制出定日镜的一个完整的光斑图。
- [0027] 较佳地，所述一级关场姿态确定的过程包括：
- [0028] 步骤 a：根据定日镜的驱动电机转速曲线，计算定日镜一次性转角所需的最长时间，其与误差预留时间之和为 T_{max} ；将当前最少转角用时 T_n 的初始值设为 T_{max} ，事先设定的时间余量为 T_{tor} ；
- [0029] 步骤 b：根据吸热塔的温升曲线，计算在 $2 * T_{max}$ 时间内（即一级关场姿态、关场结束姿态所用时间的上限），吸热塔能承受的能量，根据吸热塔在 $2 * T_{max}$ 时间内能承受的能量确定在该时间内吸热塔能够承受的定日镜数量，再减去一定余量后，计算出需要撤出的定日镜比例，记为 $w\%$ ；
- [0030] 步骤 c：利用光斑位置计算方法，计算将定日镜在某一姿态下，在 T_n 时间内，光斑不会再次漂上指定区域，且转角用时最少的姿态；
- [0031] 步骤 d：对镜场的定日镜执行步骤 c，计算 $w\%$ 的镜子撤出需要的时间，记为 T_c ；
- [0032] 步骤 e：若 $T_n - T_c < T_{tor}$ ，则当前求得的姿态为最终的一级关场姿态角度；若 $T_n - T_c \geq T_{tor}$ ，则 $T_n = T_c$ ，转至步骤 c，重复迭代步骤 c 至步骤 d，直至 $T_n - T_c < T_{tor}$ ，此时的姿态为一级关场姿态角度。
- [0033] 本发明有益效果包括：
- [0034] 1、本发明根据太阳和定日镜的不同姿态，计算其光斑所在位置的方法，可以预测定日镜在特定姿态下，其光斑是否在塔身等无法承受高温的部位，由此来规划定日镜的姿

态调整轨迹,最大限度的来保护塔身等脆弱部位的安全;

[0035] 2、本发明创造性的提出了分级式的姿态调整方法。定日镜从运营追日姿态调整到关场后的安全姿态(或者从关场安全姿态调整至运营追日姿态),分为两步调整,第一步,先将定日镜调整到短时间内相对安全的位置,此姿态与运营追日姿态非常接近,故而姿态调整幅度非常小,调整时间极短;第二步,再将定日镜调整到绝对安全的关场姿态,彻底消除了长时间后光斑在较汇聚状态下漂移的危险;

[0036] 3、本发明针对塔式太阳能光热电站不能随意断电的特点,采用了备用电池保护方案,即便外界供电突然中断,也能保证对镜场的若干时间的不间断供电,为定日镜撤离到安全姿态提供了宝贵的时间。

[0037] 当然,实施本发明的任一产品并不一定需要同时达到以上所述的所有优点。

附图说明

[0038] 图1为本发明实施例提供的定日镜一级开场姿态示意图;

[0039] 图2为本发明实施例提供的一级开场姿态与运营追日姿态切换示意图;

[0040] 图3为本发明实施例提供的镜面出射光线、入射光线与镜面法线示意图;

[0041] 图4为本发明实施例提供的定日镜投射在目标体上的光斑示意图;

[0042] 图5为本发明实施例提供的镜场关场结束姿态示意图。

具体实施例

[0043] 本发明实施例提供了一种快速开关镜场方法,其用于塔式太阳能热发电系统的镜场开关,包括以下步骤:

[0044] 在定日镜开场前将镜场的定日镜转至一级开场姿态;

[0045] 将所述定日镜由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态;

[0046] 在定日镜关场前将定日镜转至一级关场姿态;

[0047] 将所述定日镜由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态。

[0048] 其中所述定日镜由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态的过程包括:

[0049] 获取定日镜由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态时的光斑落点轨迹;

[0050] 根据所述光斑落点轨迹得到所述定日镜的转动轨迹;

[0051] 所述定日镜根据所述转动轨迹由所述一级开场姿态切换到运营追日姿态。

[0052] 其中所述定日镜由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态的过程包括:

[0053] 获取定日镜由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态时的光斑落点轨迹;

[0054] 根据所述光斑落点轨迹得到所述定日镜的转动轨迹;

[0055] 所述定日镜根据所述转动轨迹由所述一级关场姿态切换到关场结束姿态。

[0056] 本实施例中光斑轨迹落点的计算方法如下:

[0057] 利用太阳位置算法计算得入射光线,记为 $m2s$ 。

[0058] 假设镜面中心的坐标为 (x_0, y_0, z_0) ,镜面上任意点 p 与其位移为 d ,则当定日镜在特定姿态(高度角 at ,方位角 az)下时, p 的坐标 $(x, y, z) = (x_0, y_0, z_0) + R(\alpha) * d$;上述 $R(\alpha)$ 为在此姿态下的变化矩阵。根据定日镜的当前姿态,可求得这面定日镜的镜面法向量为 $R(\alpha) * z_0$,记为 N 。上述 z_0 指单位向量 $[0, 0, 1]$;

[0059] 由镜面法向量 N 和入射光线 $m2s$, 可求得出射光线 (如图 3 所示), 为 $2 \cdot \text{dot}(N, m2s) \cdot N - m2s$, 记为 $m2r$;

[0060] 由出射点 (x, y, z) 、出射光线 ($m2r$) 和目标体的坐标, 即可求出这条出射光线在目标体上的落点, 联立镜面上所有的点, 即可绘制出一个完整的光斑 (如图 4 所示), 从而得到光斑是否经过塔身, 是否还在吸热器上等信息;

[0061] 对于每面定日镜, 在它被调至运营追日前, 每隔若干时间, 调整一次角度, 确保其光斑在吸热器附近, 而不至于因时间流逝, 太阳位置发生变化而导致的其光斑漂离或靠近吸热器。调整的时间间隔, 由镜场控制系统仿真其光斑漂移速度而确定。

[0062] 其中, 一级开场姿态角度或一级关场姿态角度的计算方法包括:

[0063] 步骤 a、依据电机转速曲线, 计算镜场一次性转角所需的最长时间, 记其与误差预留时间 T_0 的和为 T_{\max} 。记当前最少转角用时为 $T_n = T_{\max}$ 。记 T_{tor} 为事先设定的余量, 若连续 2 次优化值的差别小于 T_{tor} , 则认为优化成功;

[0064] 步骤 b、根据吸热塔的温升曲线, 计算在 $2 \cdot T_{\max}$ 时间内 (即一级关场姿态、关场结束姿态所用时间的上限), 吸热塔能承受的能量, 确定对应的定日镜数量, 再减去一定余量后, 计算出需要撤出的定日镜比例, 记为 $w\%$;

[0065] 步骤 c、利用光斑位置计算方法, 计算将定日镜在某一姿态下, 在 T_n 时间内, 光斑不会再次漂上指定区域 (如塔身), 且转角用时最少的姿态;

[0066] 步骤 d、对镜场的定日镜执行步骤 c, 计算 $w\%$ 的镜子撤出需要的时间, 记为 T_c ;

[0067] 步骤 e、若 $T_n - T_c < T_{\text{tor}}$, 则当前求得的姿态, 就是最终的优化结果, 可下发镜行、镜组, 执行转角; 若 $T_n - T_c \geq T_{\text{tor}}$, 则 $T_n = T_c$, 然后转步骤 c, 继续计算。随着步骤 c-步骤 d 不断的重复迭代, T_n 和 T_c 均将不断变小, 直到达到极限, 求得一级关场姿态角度;

[0068] 根据不同镜场环境, 将镜场的定日镜投至一级关场姿态或关场结束姿态。如当镜场部分或全部定日镜处于故障、断电或镜场上出现云层遮挡时, 可将镜场的部分或全部定日镜投至一级关场姿态;

[0069] 本实施例提供的镜场配置正常的外部供电 (厂用电) 及辅助供电 (备用电池), 其中快速关场方法采用断电自动连锁紧急关场方案: 上位机时刻监视外部供电 (厂用电) 供电情况, 若外部供电 (厂用电) 供电不正常, 立即报警且连锁启动紧急关场方案。

[0070] 如图 5 所示, 当镜场遭遇暴风袭击时, 可用风向仪测出大体风向, 然后计算出使定日镜镜面平行与风向的抗风角度, 在此角度下, 定日镜镜面受力最小。当镜场遭遇暴雨袭击时, 可用相关仪器测出雨滴下落的方向, 然后计算出使定日镜镜面垂直于雨向的防雨角度, 在此角度下, 定日镜镜面可提供最大的挡雨面积, 以保护其后的传动部件。

[0071] 本发明有益效果包括:

[0072] 1、本发明针对断电或定日镜发生故障等紧急情况, 采用智能连锁关场策略, 无需人工确认, 大大减少了应急反应时间;

[0073] 2、本发明根据太阳和定日镜的不同姿态, 计算其光斑所在位置的方法, 可以预测定日镜在特定姿态下, 其光斑是否在塔身等无法承受高温的部位, 由此来规划定日镜的姿态调整轨迹, 最大限度的来保护塔身等脆弱部位的安全;

[0074] 3、本发明创造性的提出了分级式的姿态调整方法。定日镜从运营追日姿态调整到关场后的安全姿态 (或者从关场安全姿态调整至运营追日姿态), 分为两步调整, 第一步, 先

将定日镜调整到短时间内相对安全的位置,此姿态与运营追日姿态非常接近,故而姿态调整幅度非常小,调整时间极短;第二步,再将定日镜调整到绝对安全的关场姿态,彻底消除了长时间后光斑在较汇聚状态下漂移的危险;

[0075] 4、本发明确保了镜场能够实现绝对安全的最终关场角度。采用最终关场结束角度或类似的将高度角都转到相近位置的关场角度,是针对两轴转动定日镜对高度角转角敏感而特别设计的,对两轴转动定日镜极为适用;

[0076] 5、本发明针对不同镜场环境设置了可调节的二级关场姿态。当镜场遭遇大风、暴雨袭击时,定日镜可采取级关场姿态以自我防护;

[0077] 6、本发明针对塔式太阳能光热电站不能随意断电的特点,采用了备用电池保护方案,即便外界供电突然中断,也能够保证对镜场的若干时间的不间断供电,为定日镜撤离到安全姿态提供了宝贵的时间。

[0078] 以上公开的本发明优选实施例只是用于帮助阐述本发明。优选实施例并没有详尽叙述所有的细节,也不限制该发明仅为所述的具体实施方式。显然,根据本说明书的内容,可作很多的修改和变化。本说明书选取并具体描述这些实施例,是为了更好地解释本发明的原理和实际应用,从而使所属技术领域技术人员能很好地理解和利用本发明。本发明仅受权利要求书及其全部范围和等效物的限制。

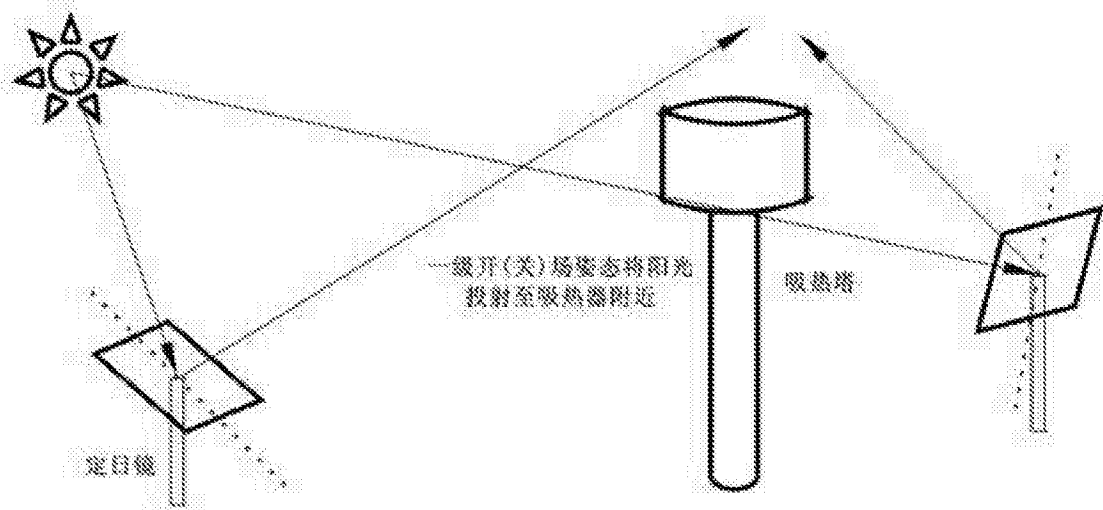


图 1

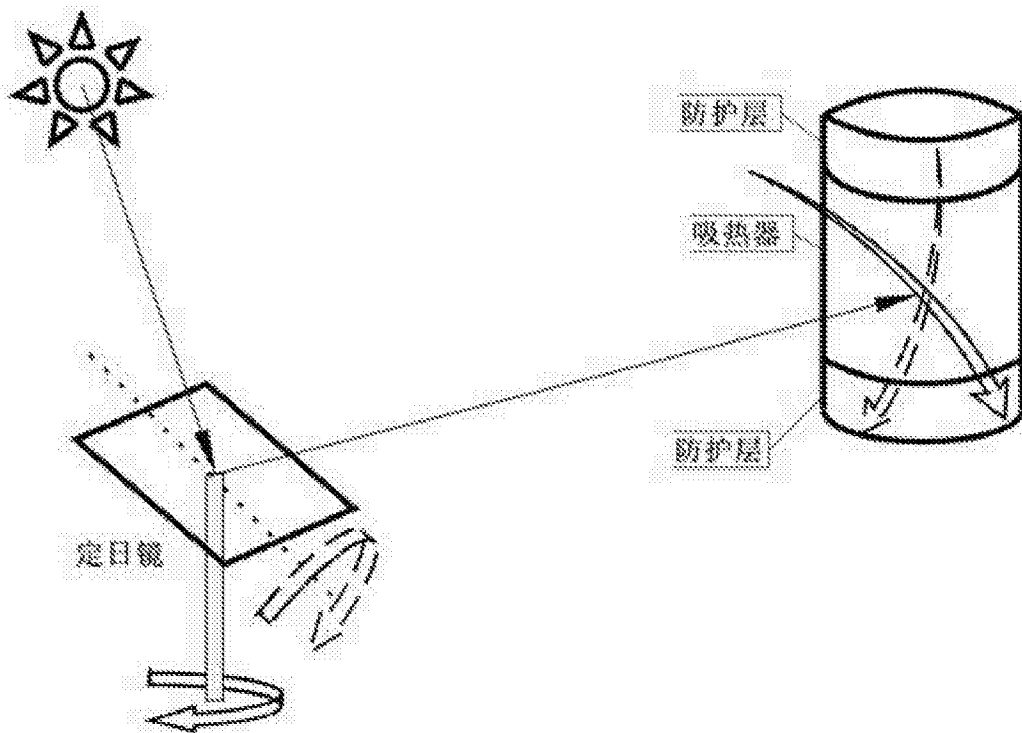


图 2

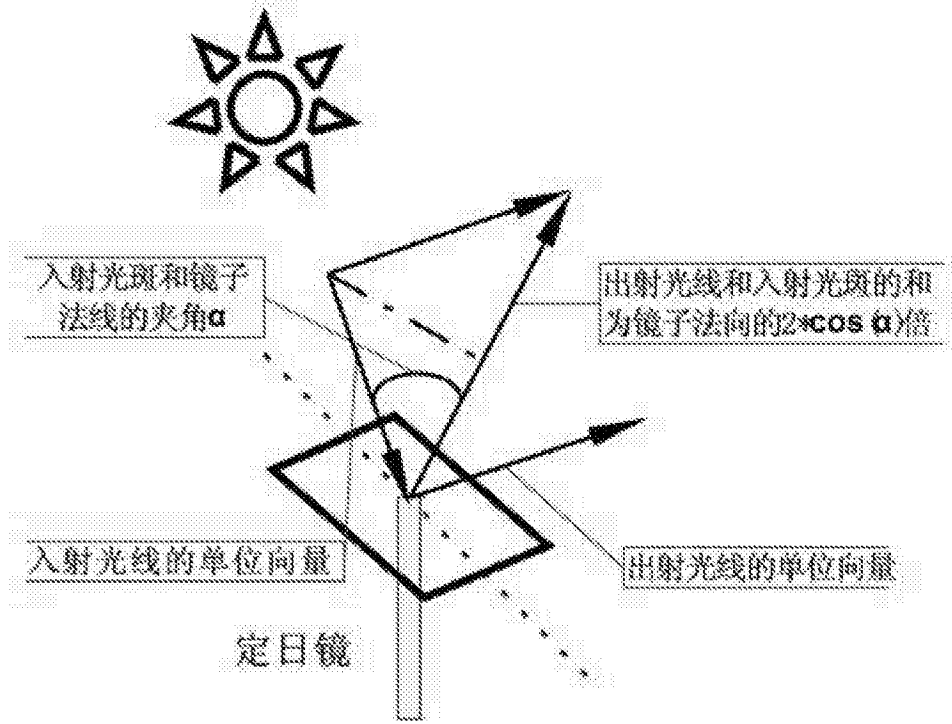


图 3

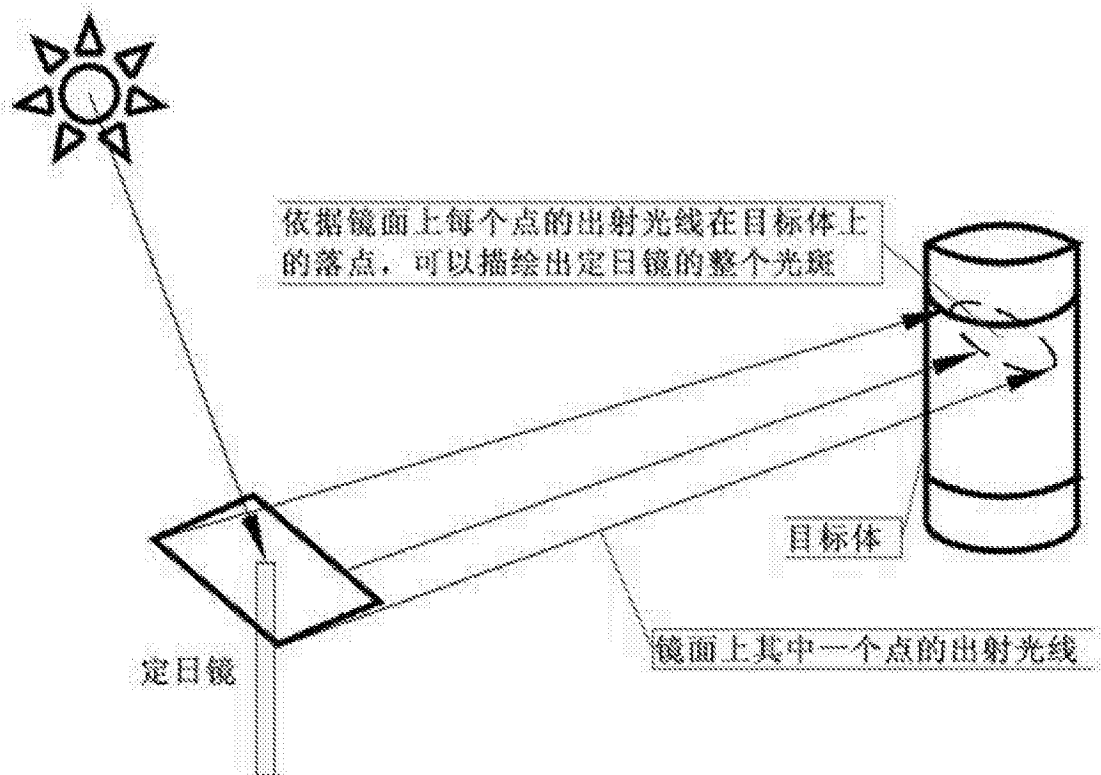


图 4

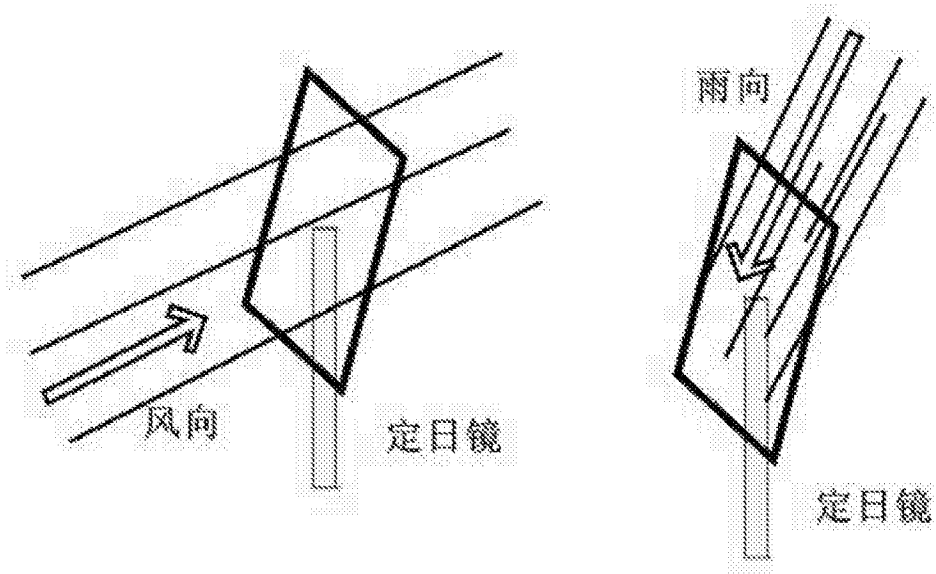


图 5