



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104456980 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201410747865. 4

F24J 2/24(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 12. 09

(71) 申请人 中国科学院工程热物理研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 11 号

(72) 发明人 金红光 赵雅文 洪慧

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

代理人 任岩

(51) Int. Cl.

F24J 2/08(2006. 01)

F24J 2/12(2006. 01)

F24J 2/05(2006. 01)

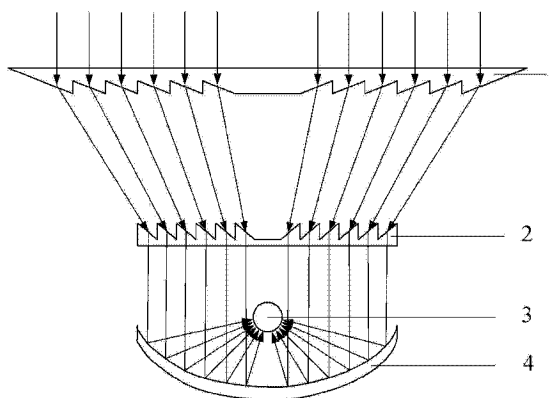
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种二次聚光反射-透射型抛物槽式太阳能集热器

(57) 摘要

本发明公开了一种二次聚光反射-透射型抛物槽式太阳能集热器,该集热器包括线聚焦菲涅尔透镜、准直菲涅尔透镜、真空集热管和抛物槽面反射镜,具有单轴光线追踪能力。其中,线聚焦菲涅尔透镜的实焦点与准直菲涅尔透镜的虚焦点重合;真空集热管位于抛物槽面反射镜的焦线位置;平行太阳光经过线聚焦菲涅尔透镜完成一次聚光,再经过准直菲涅尔透镜重新扩散为平行光;抛物槽面反射镜将一次聚光后的平行太阳光反射到真空集热管壁面,完成二次聚光;真空集热管内传热介质吸收聚焦太阳能,完成升温过程。该太阳能集热器可应用于太阳能光热领域,很好解决了在冬季等太阳辐照下降、入射角增大的时段里,传统槽式集热器集热效率大幅降低的难题,且成本低廉。



1. 一种二次聚光反射-透射型抛物槽式太阳能集热器,其特征在于,该抛物槽式太阳能集热器包括线聚焦菲涅尔透镜(1)、准直菲涅尔透镜(2)、真空集热管(3)和抛物槽面反射镜(4),太阳光依次透过线聚焦菲涅尔透镜(1)和准直菲涅尔透镜(2)照射至抛物槽面反射镜(4),被抛物槽面反射镜(4)反射汇聚至真空集热管(3)的壁面,进而提高槽式集热器的集热效率。

2. 根据权利要求1所述的二次聚光反射-透射型抛物槽式太阳能集热器,其特征在于,所述线聚焦菲涅尔透镜(1)的实焦点与准直菲涅尔透镜(2)的虚焦点重合。

3. 根据权利要求1所述的二次聚光反射-透射型抛物槽式太阳能集热器,其特征在于,所述太阳光透过线聚焦菲涅尔透镜(1)完成一次聚光,并照射至准直菲涅尔透镜(2)。

4. 根据权利要求3所述的二次聚光反射-透射型抛物槽式太阳能集热器,其特征在于,所述完成一次聚光的太阳光经过准直菲涅尔透镜(2)被重新扩散为平行光。

5. 根据权利要求4所述的二次聚光反射-透射型抛物槽式太阳能集热器,其特征在于,所述抛物槽面反射镜(4)将一次聚光并被重新扩散为平行光的太阳光反射汇聚至真空集热管(3)的壁面,完成二次聚光。

6. 根据权利要求1所述的二次聚光反射-透射型抛物槽式太阳能集热器,其特征在于,所述真空集热管(3)位于抛物槽面反射镜(4)的焦线位置,以保证太阳光被抛物槽面反射镜(4)聚焦后,聚焦光斑准确落在真空集热管(3)上,真空集热管(3)内部传热介质吸收聚焦太阳能,完成升温过程。

7. 根据权利要求1所述的二次聚光反射-透射型抛物槽式太阳能集热器,其特征在于,该抛物槽式太阳能集热器具有单轴光线追踪能力。

## 一种二次聚光反射 - 透射型抛物槽式太阳能集热器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能热发电技术领域,尤其涉及一种二次聚光反射 - 透射型抛物槽式太阳能集热器。

### 背景技术

[0002] 太阳能作为取之不尽,用之不竭,且清洁无污染的新能源,受到人们越来越广泛的关注。太阳能光热发电按集热形式主要有槽式、塔式和碟式三种,其中槽式太阳能热发电技术最为成熟,国外已实现商业化应用,是近期在世界范围内推进太阳能热发电技术发展的重点方向。

[0003] 辐照条件良好的夏季,对于南北轴布置,东西轴跟踪的槽式集热器,峰值集热效率可达 65% 以上,且全天集热效率波动不大,槽式热发电系统表现出良好的热力性能。然而,随着冬季太阳辐照强度下降,太阳入射角增加,槽式集热器的集热效率明显下降,冬季典型日里的太阳能集热效率仅为 30% 左右,集热效率下降将带来太阳能热发电系统汽轮机的降负荷运行,导致槽式热发电系统年均发电效率难以提高,或者为了汽机维持稳定运行而增设储能设备,带来投资成本和发电成本进一步提高。

[0004] 上述集热性能下降导致技术经济性难以提高的问题,是目前槽式热发电技术遇到的关键问题,直接制约了其大规模商业化推广应用。因此,改善槽式集热器在太阳辐照下降且入射角增大时的集热性能,是该领域亟待解决的重要技术问题。

### 发明内容

[0005] (一) 要解决的技术问题

[0006] 有鉴于此,本发明的主要目的在于提供一种二次聚光透射 - 反射型抛物槽式太阳能集热器,通过布置线性菲涅尔透镜,准直菲涅尔透镜,实现对太阳能的一次聚光,再通过抛物槽面反射镜实现对太阳能的二次聚光,从而解决目前太阳辐照下降的工作条件下,槽式集热器集热性能下降的技术难题。

[0007] (二) 技术方案

[0008] 为达到上述目的,本发明提供了一种二次聚光反射 - 透射型抛物槽式太阳能集热器,该抛物槽式太阳能集热器包括线聚焦菲涅尔透镜 1、准直菲涅尔透镜 2、真空集热管 3 和抛物槽面反射镜 4,太阳光依次透过线聚焦菲涅尔透镜 1 和准直菲涅尔透镜 2 照射至抛物槽面反射镜 4,被抛物槽面反射镜 4 反射汇聚至真空集热管 3 的壁面,进而提高槽式集热器的集热效率。

[0009] 上述方案中,所述线聚焦菲涅尔透镜 1 的实焦点与准直菲涅尔透镜 2 的虚焦点重合。

[0010] 上述方案中,所述太阳光透过线聚焦菲涅尔透镜 1 完成一次聚光,并照射至准直菲涅尔透镜 2。

[0011] 上述方案中,所述完成一次聚光的太阳光经过准直菲涅尔透镜 2 被重新扩散为平

行光。

[0012] 上述方案中,所述抛物槽面反射镜 4 将一次聚光并被重新扩散为平行光的太阳光反射汇聚至真空集热管 3 的壁面,完成二次聚光。

[0013] 上述方案中,所述真空集热管 3 位于抛物槽面反射镜 4 的焦线位置,以保证太阳光被抛物槽面反射镜 4 聚焦后,聚焦光斑准确落在真空集热管 3 上,真空集热管 3 内部传热介质吸收聚焦太阳能,完成升温过程。

[0014] 上述方案中,该抛物槽式太阳能集热器具有单轴光线追踪能力。

[0015] (三)有益效果

[0016] 从上述技术方案可以看出,本发明具有以下有益效果:

[0017] 1、利用本发明,通过菲涅尔透镜和抛物槽面反射镜,可实现对太阳辐照的二次聚光,从而增大真空集热管接受的太阳能能流密度,大幅提高槽式集热器的集热效率。

[0018] 2、利用本发明,菲涅尔透镜是由聚烯烃材料注压而成的薄片,镜身轻薄。用菲涅尔透镜作为二次聚光装置,相对增大传统槽式集热器开口面积以收集更多太阳辐照的方式,可降低太阳能集热器对支撑结构的强度要求,节省支架的钢用量,从而节约成本,提高槽式太阳能热发电的经济性。

[0019] 3、利用本发明,菲涅尔透镜具有加工便捷,可批量生产,价格便宜等优点,在现代工业中早已被广泛应用。用菲涅尔透镜作为二次聚光装置,可降低高聚光比太阳能集热器的自身造价,提高槽式太阳能热发电的经济性。

[0020] 4、利用本发明,可根据实际集热需求变化,重新对线性菲涅尔透镜和准直菲涅尔透镜进行结构设计,从而通过只更换菲涅尔透镜的方式调整集热器的聚光比,易于对集热器进行改造。

## 附图说明

[0021] 图 1 为传统抛物槽式太阳能集热器的示意图;

[0022] 其中附图标记为:1-真空集热管;2-抛物槽面反射镜。

[0023] 图 2 为依照本发明实施例的二次聚光透射-反射型抛物槽式太阳能集热器的示意图;

[0024] 其中附图标记为:1-线聚焦菲涅尔透镜;2-准直菲涅尔透镜;3-真空集热管;4-抛物槽面反射镜。

## 具体实施方式

[0025] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0026] 如图 2 所示,本发明提供的透射-反射型抛物槽式太阳能集热器,包括线聚焦菲涅尔透镜 1、准直菲涅尔透镜 2、真空集热管 3 和抛物槽面反射镜 4,太阳光依次透过线聚焦菲涅尔透镜 1 和准直菲涅尔透镜 2 照射至抛物槽面反射镜 4,被抛物槽面反射镜 4 反射汇聚至真空集热管 3 的壁面,进而提高槽式集热器的集热效率。

[0027] 线聚焦菲涅尔透镜 1 的实焦点与准直菲涅尔透镜 2 的虚焦点重合。线聚焦菲涅尔透镜 1 将平行太阳光进行一次聚光,并照射至准直菲涅尔透镜 2;准直菲涅尔透镜 2 将一次

聚光后的太阳光重新扩散为平行太阳光,并照射至抛物槽面反射镜 4;抛物槽面反射镜 4 将经历一次聚光后的该平行太阳光反射汇聚至真空集热管 3 的壁面,实现二次聚光。真空集热管 3 位于抛物槽面反射镜 4 的焦线位置,以保证近似平行的太阳光线被聚焦后,聚焦光斑可准确落在真空集热管 3 上,真空集热管 3 内部的传热介质吸收聚焦太阳能,完成升温过程。

[0028] 在传统槽式集热器中,如图 1 所示,抛物槽式反射镜只能在开口面内接收太阳光,在冬季等辐照强度下降的时段内,开口面积内接收的太阳光能量密度下降,镜场集热性能下降明显,导致年均效率降低。

[0029] 在本发明中,如图 2 所示,通过在抛物槽面反射镜开口面方向布置线性菲涅尔透镜和准直菲涅尔透镜,可将更多太阳光汇聚到抛物槽面反射镜上,从而解决冬季等太阳辐照下降以及太阳入射角增加后,由于集热器接收的有效入射太阳辐照下降,而导致集热效率下降的问题,有效提高了低辐照下镜场的集热性能。

[0030] 本发明提供的二次聚光反射-透射型抛物槽式太阳能集热器,具有单轴光线追踪能力,可根据实际需要加热量或者实际需要达到温度,确定太阳能集热器的聚光比,从而确定线聚焦菲涅尔透镜和准直菲涅尔透镜的齿角、齿距,抛物面反射镜的开口形状、开口宽度等结构参数。

[0031] 以南北水平轴布置东西跟踪的槽式集热器 LS3 为例,对其进行二次聚光的设计改造,假设集热器设置在我国太阳能资源丰富的石嘴山地区,其年有效累计辐照(大于  $300\text{W}/\text{m}^2$ ) 可达  $1988\text{kWh}/\text{m}^2$ 。其中,夏至日正午的有效入射辐照为: $\text{DNI} \times \cos \theta = 1022\text{W}/\text{m}^2 \times 0.96 = 981\text{W}/\text{m}^2$ ;然而,在冬至日,正午有效入射辐照下降至: $\text{DNI} \times \cos \theta = 900\text{W}/\text{m}^2 \times 0.46 = 414\text{W}/\text{m}^2$ 。其中, $\cos \theta$  为太阳入射角的余弦。由此可见,即使在太阳能资源如此丰富的一类地区,正午冬季有效辐照相比夏季也至少下降了一半,即在跟踪方式不变,集热器面积一定情况下,冬季镜面接收到的能量密度下降了约一半。

[0032] 为了提高冬季能量密度,可以考虑在冬季为槽式集热器加装线性菲涅尔透镜和准直菲涅尔透镜,进行二次聚光。冬至日抛物槽开口面接收太阳光的能量密度减少约一半,如使其再次提升至夏至日水平,透镜组的收束比(即线聚焦菲涅尔透镜焦距与准直菲涅尔透镜焦距之比)设定为  $f_2/f_1 = 2$ 。对于开口为  $5.77\text{m}$ ,抛物槽面反射镜焦距为  $1.71\text{m}$  的 LS3 槽式集热器,计算可得,线聚焦菲涅尔透镜焦距  $f_2$  约为  $6\text{m}$ ,两个透镜间距约为  $3\text{m}$ 。据估计,二次聚光改造后,太阳能集热场的年均集热效率将由现有年均  $45\% \sim 50\%$  提升至  $60\% \sim 65\%$ 。

[0033] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

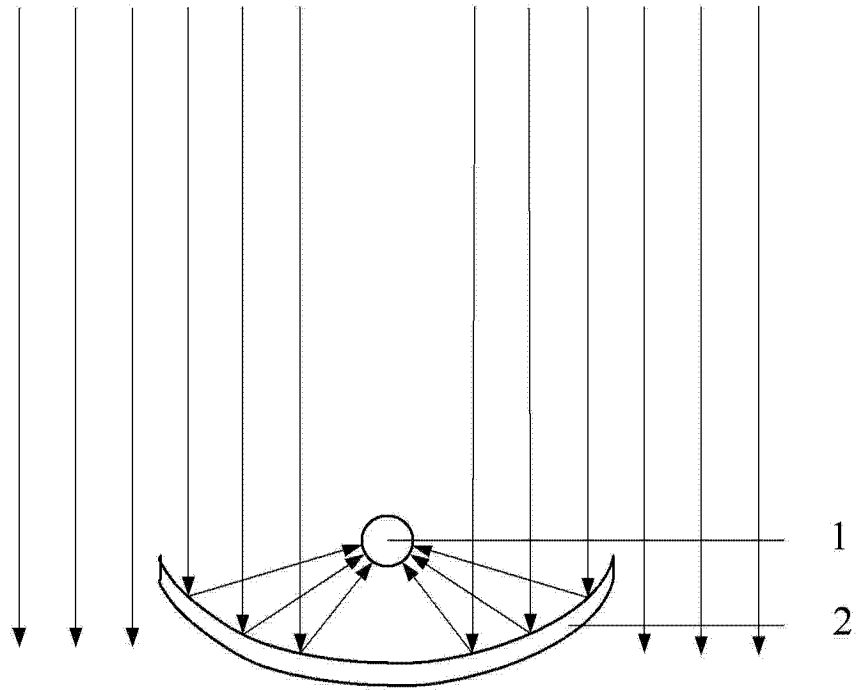


图 1

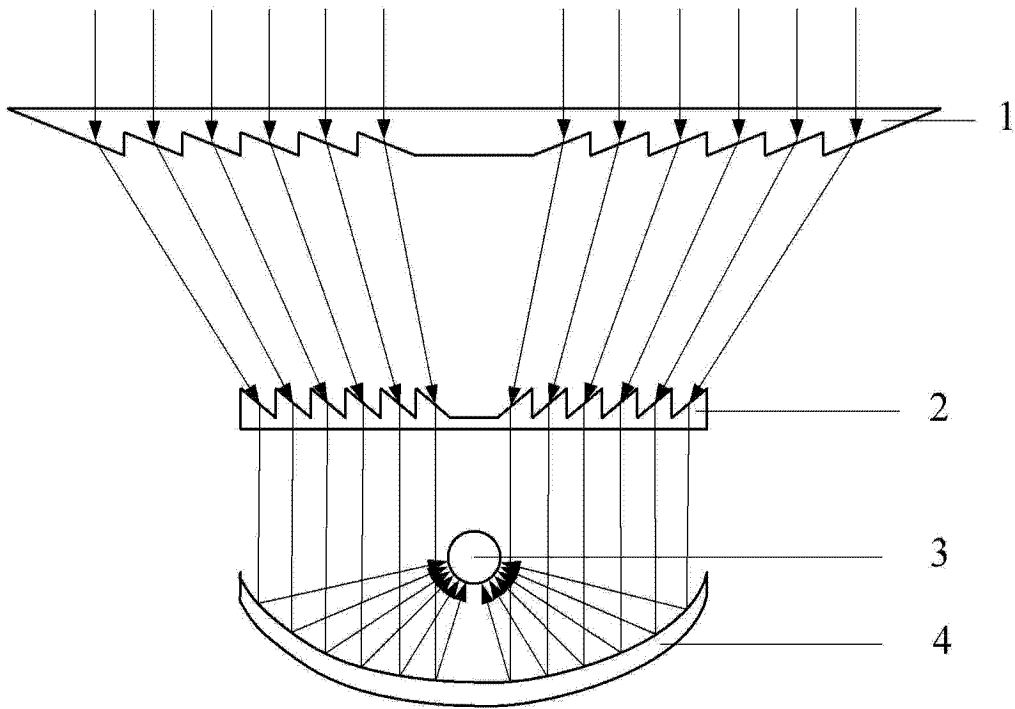


图 2