

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

F24J 2/12

F24J 2/38



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200310111985.7

[43] 公开日 2005年2月16日

[11] 公开号 CN 1580667A

[22] 申请日 2003.10.31

[21] 申请号 200310111985.7

[71] 申请人 赵小峰

地址 524099 广东省湛江市湛江发电厂技术部

[72] 发明人 赵小峰

[74] 专利代理机构 广州三环专利代理有限公司

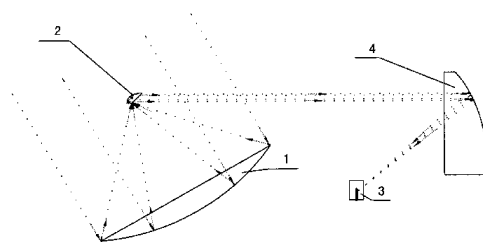
代理人 戴建波

权利要求书3页 说明书20页 附图5页

[54] 发明名称 太阳能汇聚利用装置

[57] 摘要

本发明涉及一种太阳能汇聚利用装置，该装置包括采集太阳光并将之汇聚为光斑的曲面采光镜、太阳光收集器、太阳能贮存转换设备、太阳光跟踪设备，其中太阳光跟踪设备包括执行机械部件与光电控制部件，其中太阳光收集器包括能够将光斑转换为近似平行的光束再定向发射出去的光线导向器、以及将光线导向器射出的近似平行光束加以接收并汇聚到太阳能贮存转换设备中的曲面汇聚镜；而光线导向器包括能对光线进行点聚焦的导向镜。本发明提供一种可以大幅提高太阳光聚集密度、能量的转换/利用点集中、太阳光跟踪机构更简化、装置整体的机械可靠性更高、投资及运行成本更低的太阳能汇聚利用装置。



ISSN 1008-4274

1、一种太阳能汇聚利用装置，该装置包括采集太阳光并将之汇聚为光斑的曲面采光镜(1)，该装置还包括太阳光收集器、太阳能贮存转换设备(3)、太阳光跟踪设备，其中太阳光跟踪设备包括执行机械部件与光电控制部件，其特征在于：所述的太阳光收集器包括能够将所述光斑转换为近似平行的光束再定向发射出去的光线导向器(2)、以及将所述光线导向器(2)射出的近似平行光束加以接收并汇聚到所述的太阳能贮存转换设备(3)中的曲面汇聚镜(4)；所述的光线导向器(2)包括能对光线进行点聚焦的导向镜(2-1)，所述曲面采光镜(1)的焦点与所述导向镜(2-1)的焦点重合。

2、如权利要求1所述的太阳能汇聚利用装置，其特征在于：每面所述的曲面采光镜(1)上设有一付光线导向器(2)，而多个曲面采光镜(1)上的光线导向器(2)共用一个所述的曲面汇聚镜(4)。

3、如权利要求1或2所述的太阳能汇聚利用装置，其特征在于：所述光线导向器(2)在所述采光镜(1)上的阳光投影面积与采光镜(1)镜口面积之比小于1.5%，所述导向镜(2-1)在所述采光镜(1)上的阳光投影面积是该采光镜(1)镜口面积的0.1%~1.5%。

4、如权利要求3所述的太阳能汇聚利用装置，其特征在于：所述的曲面采光镜(1)和/或导向镜(2-1)和/或曲面汇聚镜(4)是完整无缺的旋转抛物面式反射聚光镜，或所述的曲面采光镜(1)和/或导向镜(2-1)和/或曲面汇聚镜(4)是旋转抛物面式反射聚光镜的有效聚光部分；其中所述采

光镜（1）的焦距与其镜口直径之比（焦径比）介于0.55~1.1之间，导向镜（2-1）的焦径比介于0.1~0.3之间。

5、如权利要求4所述的太阳能汇聚利用装置，其特征在于：多面所述曲面汇聚镜（4）的镜轴为南北朝向且沿东西向呈并排紧邻布置；多面所述导向镜（2-1）的镜轴也顺南北向地布置并水平指向成排的曲面汇聚镜组；相应地，排成阵列的多面所述采光镜（1）在南北向上为等高度安装而在东西向上为直线等高排列，指向同一曲面汇聚镜（4）的、同一平面高度南北向前后不同位置上的导向镜（2-1）之间采取水平偏让的方式排列，或者排成阵列的多面所述采光镜（1）在南北向上为阶梯高度安装而在东西向上为直线等高排列，指向同一曲面汇聚镜（4）的、在南北向前后不同位置上的导向镜（2-1）之间采取水平偏让兼阶梯抬高偏让的方式排列。

6、如权利要求5所述的太阳能汇聚利用装置，其特征在于：所述的跟踪装置执行机械部件包括动力装置、刚性的直杆形传动器（10）、以及各采光镜（1）的镜口仰视角控制机构；一根直杆形传动器（10）同时与同一直列中的各采光镜（1）的镜口东西向仰视角控制机构相耦合；所述的执行机械部件还包括液压驱动器、以及各采光镜（1）的镜口仰视角控制液压支柱（12）；一套液压驱动器分别与同一行中的各抛物面采光镜的镜口南北仰视角控制液压支柱（12）相联通。

7、如权利要求6所述的太阳能汇聚利用装置，其特征在于：所述光线导向器（2）被铰接在导向器支杆（5）上，该导向器支杆（5）下部与采光

镜（1）或采光镜盆架（8）间为固定连接；该光线导向器（2）包括东西朝向的转轴（6）、被该转轴铰接在导向器支杆上的镜架（7）、以及驱动该镜架（7）绕该转轴（6）转动的转动机构；所述镜架（7）具有保证导向镜（2-1）焦点与采光镜（1）焦点重合的结构和尺寸。

8、如权利要求7所述的太阳能汇聚利用装置，其特征在于：所述的光电控制部件连接并控制一或多根所述直杆形传动器（10）和一或多套所述液压驱动器和一或多个所述转动机构。

9、如权利要求8所述的太阳能汇聚利用，其特征在于：所述反射式导向镜（2-1）构成的光线导向器（2）还进一步包括设在采光镜（1）与导向镜（2-1）的重合焦点之前光路上的凸透镜环（2-2）和/或设在该重合焦点到导向镜（2-1）镜体间光路上的凹透镜环。

10、一种采用如权利要求1所述的聚焦式太阳能利用装置的系统，该系统采用由曲面采光镜（1），太阳光收集器、太阳能贮存转换设备（3）、太阳光跟踪设备构成的装置，其中太阳光收集器包括能够将所述光斑转换为近似平行的光束再定向发射出去的光线导向器（2）、以及将所述光线导向器（2）射出的近似平行光束加以接收并汇聚到所述的太阳能贮存转换设备（3）中的曲面汇聚镜（4），其特征在于：所述的太阳能贮存转换设备（3）为多层保温的结构，该结构对应多个所述曲面汇聚镜（4），且其上开设有接收曲面汇聚镜（4）的汇聚光线的受光孔，其最深部壳层内容纳有贮能和/或换能工质；所述的贮能和/或换能工质为熔融盐、水、汽、冶炼原料或光电池。

太阳能汇聚利用装置

【技术领域】

本发明涉及太阳能利用领域，更具体地说，本发明涉及一种聚焦式太阳能利用装置。

【背景技术】

太阳能取之不尽，用之不竭，且不会产生任何污染，是最理想的可再生能源。太阳能的应用存在着巨大发展的广阔的空间和无限可能性，但是目前太阳能利用技术的现状远远无法达到商业应用水平。

对太阳能的应用技术研究在许多方面都在进行，但存在一个基本的困难那就是太阳光的能量密度太低，即使晴天太阳垂直照射时，太阳光的最大能量密度值也仅每平方米一千瓦左右。这一基本事实极大地限制了太阳能利用技术的发展。

例如在不聚焦太阳光的情况下直接利用太阳光能的技术包括通过太阳能电池将太阳光能直接转换为电能，由于目前太阳能电池的造价仍然太高，发电效率也只有百分之十五左右，这样一平方米太阳能电池板的峰值功率大约只有一百五十瓦，一年只能提供约二百度的电能，算下来其电能单位成本为火电的十倍，过高的电价使该项技术根本无法进入真正的商业应用。

再例如将太阳光能直接转换为热能方面的技术，是将太阳能转换为热水、热蒸气或其他热熔融体。如太阳能低温应用方面已日渐广泛的真空管热水器，尽管目前太阳能真空管的造价已经很便宜，但是由于太阳光的能量密度太低，太阳光直接照射在真空管上，即使在夏天也只能产生八、九十度的

热水，冬天只能产生四、五十度的热水，这样的水温除了家庭淋浴外，几乎不能作其他应用。而据联合国统计，100 度以上、240 度以下的用热占人类能源消耗总量的百分之五十。所以，要想为太阳能的光热应用找到广阔的市场，就必须提高太阳能利用技术的产热温度，使之可以达到 250 度甚至更高。

既然问题的关键是太阳光的能量密度太低而难以利用，用聚光镜聚焦太阳光能，把太阳光能量密度提高若干倍后再行后续利用应该是可行的途径，但是许多年来，国内外许多专家设计了不同的聚光装置希望能够解决这个问题，但迄今为止，没有一个聚光装置能够推广得到大规模的商业应用。其中，最大的技术经济障碍就是源于为使聚光镜获得尽可能高的太阳能聚光比，聚光镜必须追踪太阳的运动，而这又极大地增加了整个装置系统的运行成本。

太阳光聚焦利用方面，历史上有人利用光的折射原理及折射式透镜制成折射式聚光器，或辅以平面镜组装成太阳能高温炉。显然，玻璃透镜太重，制造工艺复杂，造价高，很难做得很大。所以，折射式聚光器长期没有发展。上世纪 70 年代，国际上有人研制大型平面化的聚光镜-菲涅耳透镜，试图用于制作太阳能聚光集热器。菲涅耳透镜重量轻，价格比较低，也有点聚焦和线聚焦之分，一般由有机玻璃或其它透明塑料制成，也有用玻璃制作的，主要用于聚光太阳能电池发电系统，但结果都不大理想。

迄今为止，较为流行的太阳光聚焦利用装置都为反射镜式的，这些装置中除了聚光反射镜式外还包括吸收器和跟踪系统，目前大致有三类即：槽式聚光装置、塔式聚光装置和盘式聚光装置。(1) 槽式聚光装置又称为槽式线聚焦系统。该系统装置是利用抛物柱面的槽式反射镜将阳光聚焦到管状的接收器上，将管内传热工质加热，可以获得中温工质，在换热器内产生蒸汽，推动常规汽轮机发电。该装置需要进行一维跟踪。(2) 塔式聚光装置又称为

塔式聚焦系统。塔式太阳能热电系统的基本结构包括许多由平面反射镜或曲面反射镜组成、彼此独立地跟踪太阳的定日镜，这些定日镜在计算机控制下将阳光都反射聚集到一个固定在高塔顶部的接收器上，接收器中工质可以达到很高的温度，获得很大的能量。该类装置可以获得高温，但要对每面定日镜都要装备多维跟踪设备，跟踪设备的机械部件和电子部件过于复杂、可靠性太低，此外要将大规模的工质或换能设备装到高塔顶部，基建投资大、操作维修运行费用也很高。(3) 盘式聚光装置又称为碟式聚焦系统、斯特林系统。碟式聚焦系统采用抛物面反射镜组成，接收器在抛物面的焦点上，接收器内的传热工质被加热到 750℃左右，驱动发动机进行发电。该类装置可以获得高温，但也要进行二维跟踪。

上述三类装置还有一个共同的特点，就是都要通过转动反射镜来跟踪太阳。而太阳能的平均能量密度只有 700W/m²左右，如果要获得一百万瓦的太阳能，需要大约一千五百平方米的聚光镜来聚光，即需要约一百五十面单位面积为十平方米的聚光镜来聚光，每一面反射镜都需要一套独立的跟踪控制装置来跟踪太阳。而这些装置要在室外运行，经常受到风雨的侵蚀，必须至少承受八级以上的大风，在风中镜子上所承受的作用力是很大的，通过杠杆原理计算可知，这种作用力将在支撑点或支撑轴上放大几十倍，具有相当大的破坏作用，而要想使整个系统稳定运行数年，其机械支撑转动部分必须十分坚固。这样，一套有使用价值的跟踪设备包括机械和电控及其他的配套系统，整个太阳光跟踪系统的造价将十分昂贵，在经济上往往得不偿失。即使这样，其机械乃至电控系统还需要进一步考虑到其运行和维修问题：假定平均每一套跟踪控制系统可以稳定工作三年，即三年出一次故障，需要维修一次。(对一个机械系统来讲这已经是高要求，而有些类似装置甚至在一场

大风过后，就出现无法正常工作的现象。) 上述一百五十套跟踪设备是彼此独立的，平均下来，每个星期都会有一套装置出现故障，需要维修。这将给业界带来极大的不便，三、五年之后由于不可避免地出现机械老化和风雨侵蚀、生锈等现象，这些系统的故障率将会直线上升、维修和保养工作将会消耗大量的人力物力，对生产者和使用者来讲都是难以承受的。

此外，上述传统装置在太阳能利用中分别存在能量的利用点分散、生产出的高品位能源需要再汇聚，增加了技术复杂性，稳定运行困难，投资成本高，运行维护成本高等问题。综合利用成本远高于燃烧煤炭、石油、天然气等现有能源。传统装置无法满足低成本、大规模工业化生产的要求。

目前，这类通过转动聚光镜来跟踪太阳的技术方案普遍存在上述问题且一直未能得到解决，造成百十年来太阳能聚光跟踪技术迟迟无法商业化。为了根本解决上述问题，业界一些技术方案希图彻底地放弃聚光镜跟踪太阳转动的技术路线，例如中国专利 96192811.5 的专利技术文件公开了一种高效线聚焦非跟踪式太阳能集能器，与以往的接收器从线聚光镜的焦线延长到焦线以外的延长线上的结构略有不同，该装置在线聚焦非跟踪式集能器的聚光镜焦线的两端各增加一片与焦线垂直并与聚光镜两端相联接的侧反光板，以使集能器和接收器的长度均能缩短。显然这种技术改进只能适应于小规模低温 ($\leq 200^{\circ}\text{C}$) 利用，因此对于工业化产能没有意义。业界还有一些目的为简化跟踪控制、提高太阳能收集效率的技术方案如中国专利 96192811.5，该专利采用了源自美国专利 5, 289, 356 的曲面反射镜作为主太阳能收集器，采用美国专利 5, 274, 497 揭示的曲面反射聚焦镜作为副太阳能收集器，将副太阳能收集器置于主太阳能收集器的接近 1/2 曲率半径位置上并在副太阳能收集器纵向上附设容纳传能流体的导管，据称该装置能获得意想不到的效

果。但是，该装置仍然必须保留精密的跟踪控制系统，而且在聚集光能方面，该装置实际上仅相当普通的一面线聚焦反射镜，只对太阳光能进行了一次汇聚，最后进入传能流体导管的光能密度不可能显著增加，因此，在大幅提高聚集光能密度和推进太阳能装置商业化方面意义不大。

【发明内容】

针对现有太阳能利用技术的上述不足和缺点，本发明所要解决的技术问题是要提供一种可以大幅提高太阳光聚集密度、能量的转换/利用点集中、太阳光跟踪机构更简化、装置整体的机械可靠性更高、投资及运行成本更低、满足商业化生产要求的太阳能汇聚利用装置。

为此，本发明的技术方案是一种太阳能汇聚利用装置，该装置包括采集太阳光并将之汇聚为光斑的抛物面采光镜，该装置还包括太阳光收集器、太阳能贮存转换设备、太阳光跟踪设备，其中太阳光跟踪设备包括执行机械部件与光电控制部件，其中太阳光收集器包括能够将光斑转换为近似平行的光束再定向发射出去的光线导向器、以及将光线导向器射出的近似平行光束加以接收并汇聚到太阳能贮存转换设备中的曲面汇聚镜；而光线导向器包括能对光线进行点聚焦的导向镜，该导向镜焦点与采光镜的焦点重合。每面抛物面采光镜上设有一付光线导向器，而多个抛物面采光镜上的光线导向器基本数量平均地对应一个曲面汇聚镜。其中，某些抛物面采光镜上的光线导向器或者长期持续地共用同一个曲面汇聚镜，或者根据日光、季节、天候等情况，这些光线导向器变换地共用几个相互邻近的曲面汇聚镜，但总体和实质上来说，仍然为多个光线导向器平均共用一个曲面汇聚镜的搭配应用情况。本发明的装置利用了一个简单的光学原理——即能对光线进行点聚焦

的镜体，能将置于其焦点位置的光线经过折射或反射再变成平行光束发射出去——将通常的太阳光收集器改造成为一个包括光线导向器与曲面汇聚镜的结构：光线导向器将能量以光能形式传递出去并经过曲面汇聚镜二次汇聚。首先，由于本发明的上述改进，多个光线导向器可以共同指向、共同使用同一个曲面汇聚镜，而曲面汇聚镜进而将多个抛物面采光镜及光线导向器转射来的一次聚集光线再次汇聚起来，这种太阳光的二级乃至多级汇聚，即将多个大面积采光镜初次汇聚阳光通过光线导向器再次平行汇集到曲面汇聚镜中，通过曲面汇聚镜的二次聚焦再导入到太阳能贮存转换设备上相对狭小、固定的利用空间中，使太阳光的光能汇聚密度远高于传统的盘式/槽式乃至塔式聚光装置所达到的光能汇聚密度，从而能在太阳能贮存转换设备上作高能量密度的吸收或转换，因而本发明装置所能得到的太阳光能密度大大提高，保证在最终的太阳辐射能接收转换工质能够被加热达到的适于大规模工业及商业利用所需要的高温，且由于其高汇聚比可将受能介质加热到很高的温度，可实现大规模高温蓄能，增加了热能利用装置的年平均工作小时数，提高了系统的经济性。

其次，本发明装置采用曲面汇聚镜将多个抛物面采光镜及光线导向器转射来的一次聚集光线再次汇聚这种结构，其实质为在能量汇聚过程中，将经过初次聚集的能量采用光能的形式进行传递，较之传统的采用熔融体、气体、液体、电线等能量传递技术方式大大降低了能量集中过程中能量传递的复杂性、费用和损耗。

其三，由于本发明装置的二次聚焦的结构特点，其光能量的转换/利用点-太阳能贮存转换设备可以被建在地面上而不需要建立在高塔之上，且一次采光、二次传递及后续光能汇聚环节均可以布置在地面上，相对于传统的

塔式聚光装置必须将太阳能贮存转换设备建筑在高塔上，具有投资及运行维护成本更低的优点。

其四，由于二次聚焦的结构特点，本发明装置中的多个太阳能采光镜通过导向镜对准曲面汇聚镜非常容易，跟踪精度要求很低，因而可设计单组跟踪设备同时控制多个太阳能采光镜，多个太阳能采光镜同步跟踪太阳光，相对于传统的塔式聚光装置的多镜多维跟踪设备来说，控制系统大大简化。

其五，在太阳光收集器环节，相对传统的盘式/槽式聚光二种传统的太阳能装置而言，本发明的装置的太阳能贮存转换设备是被建在地面上而非采光镜之上，跟踪设备的执行机械部件无需荷载太阳能贮存转换装置及其内装的工质，大大降低了跟踪设备中执行机械部件的强度要求，装置整体以及太阳光跟踪机构的机械可靠性大幅提高，安装维护方便，运行控制简单，能够满足大规模、工业化需要。

本发明实施例中的光线导向器是能聚焦光线的凹面反射镜，其还可以是由凸透镜与平面反射镜构成的镜片组，其中凹面反射镜或凸透镜的焦点与上述抛物面采光镜的焦点相重合。本发明的导向镜还可以是任何能聚焦光线的光学系统，这样的光学系统具有将置于其焦点位置的光线经过折射或反射再变成平行光束发射出去的能力，因此它不限于上述具体实施例中的方式和结构。

为了获得尽可能大的光能聚集密度，必须使光线导向器对于抛物面采光镜的采光面积的遮蔽最小化，同时为了使光线导向器中转向发射出去的平行光束的散射角度最小化、射程最大化，阵列中能够无干扰、无遮掩地排列的抛物面采光镜和/或光线导向器的数量最大化，经过一定的理论计算和试验，本发明的光线导向器在采光镜上的阳光投影面积与采光镜镜口面积之比小

于 1.5%，导向镜在抛物面采光镜上的阳光投影面积是该采光镜镜口面积的 0.1%~1.5%。相应地，在保证抛物面镜的聚光性能条件下，抛物面采光镜和/或导向镜和/或曲面汇聚镜是完整无缺的抛物旋转面式反射聚光镜，或抛物面采光镜和/或导向镜和/或曲面汇聚镜是抛物旋转面式反射聚光镜的有效部分如弓形部分、扇形部分、切去弓形留下的曲面部分、切去扇形留下的曲面部分、半曲面；其中采光镜的焦距与其镜口直径之比（焦径比）介于 0.55~1.1 之间，导向镜的焦径比介于 0.1~0.3 之间；本发明的抛物面采光镜和/或曲面汇聚镜还可以是某些非对称曲面的反射聚光镜的整体或其截取有效部分。

本发明的装置可以构成某种装置阵列系统，以期更高程度地实现太阳光跟踪设备的简化，本发明具体实施例中，多面的曲面汇聚镜的镜轴为南北朝向且沿东西向呈并排紧邻布置；多面导向镜的镜轴也顺南北向地布置并水平指向成排的曲面汇聚镜组；相应地，排成阵列的多面采光镜、在南北向上为等高度安装而在东西向上为直线等高排列。为使阵列中南北向布置的导向镜数量最大化，指向同一曲面汇聚镜的、同一平面高度、南北向前后不同位置上的导向镜之间采取水平偏让的方式排列；或者排成阵列的多面所述采光镜在南北向上为阶梯高度安装而在东西向上为直线等高排列，指向同一曲面汇聚镜的、在南北向前后不同位置上的导向镜之间采取水平偏让兼阶梯抬高偏让的方式排列。此外不排除在南北向上直线、阶梯排列，以抬高偏让的方式在不同平面高度安装排列采光镜。为了简化太阳光跟踪设备这一目的，本发明还可以根据装置被安装地点的具体地形、条件，对抛物面采光镜采取其他的排列阵型，例如菱形排列、梯形排列、三角形排列等。如上所述，本发明装置中同一曲面汇聚镜所对应的多个采光镜可排列成若干行组，单行组聚光

镜可汇聚几十平方米以上阳光。经过检索与调查证实：目前的光学反射镜制造工艺水平能够达到制造本发明装置各方面的要求，而且，本发明的装置大规模的应用后，在制造业及光学镀膜技术进一步数字化的基础上，光学反射镜的聚焦精度还将进一步提高，本发明装置相应的造价还会得到进一步的降低。初步估算大规模工业化应用时，按照发电投资核算，将略高于目前的燃煤电站的投资，维护、运行成本将低于常规电站。综合成本有望接近或低于常规电站的生产成本。如果反光镜的制造工艺及安装运行水平进一步提高，单组聚光面积可进一步增大。

目前的材料加工技术已非常成熟，材料、工艺和精度能满足抛物镜面的加工的要求、同时镀膜技术也得到飞速的发展，就目前的技术已能保证反射镜的反射率大于99%以上。在现有技术的支持下抛物镜等旋转曲面反射镜可在短时间内将能够达到生产成熟，满足系统需要。现有技术也可保证系统的现场安装。

作为简化的跟踪控制设备系统，本发明实施例中的执行机械部件包括动力装置、刚性的直杆形传动器、以及各抛物面采光镜的镜口仰视角控制机构，一根直杆形传动器同时与同一直列中的各抛物面采光镜的镜口东西仰视角控制机构相耦合；执行机械部件还包括液压驱动器、以及各抛物面采光镜的镜口仰视角控制液压支柱，一套液压驱动器分别与同一行中的各抛物面采光镜的镜口南北仰视角控制液压支柱相联通。由于多面采光镜在南北向和/或东西向上能排列成直行列，上述结构的跟踪控制设备系统就能采用一根直杆形传动器例如直齿条就可同时控制同一行或列中的各抛物面采光镜的镜口仰视角控制齿轮，当然直杆形传动器与镜口仰视角控制机构也可采用液压连通控制装置。这样可以令排列在同一行上的5~50面抛物面采光镜共同使用一

套本发明装置的执行机械部件和光电控制部件，太阳光跟踪设备的软件以及硬件的规模和复杂程度大大降低，可靠性能大幅上升，运行、维修费用能降低到合理程度，为大规模商业化运作奠定了坚实的基础。

本发明装置的光线导向器被铰接在导向器支杆上，该导向器支杆下部与采光镜或采光镜盆架间为固定连接；该光线导向器包括东西朝向的转轴、被该转轴铰接在导向器支杆上的镜架、以及驱动该镜架绕该转轴转动的转动机构；该镜架具有保证导向镜焦点与采光镜焦点重合的结构和尺寸。具体而言，镜架固定在一个切割成长弓状的抛物面导向镜的两端形成“Π”形结构，“Π”形结构两臂设有配合转轴的轴孔，该轴孔中心线通过导向镜与采光镜的重合焦点，从而保证不论抛物面导向镜的俯仰视角如何变化，导向镜焦点与采光镜焦点始终能够重合在一块；而实际中是始终保持导向镜的镜轴基本水平地指向某一曲面汇聚镜的镜口。相应地，本发明装置的光电控制部件连接并控制多根直杆形传动器和多套液压驱动器和多个转动机构。这样的结构可以保证高效低成本地实现自动微调光线导向器与抛物面采光镜以及与曲面汇聚镜的对准程度。由于太阳的运行轨迹已被精确掌握，在计算机技术控制下，跟踪装置的执行机构在精确的反馈下系统误差可得到有效控制，从而保证执行机构的动作准确性非常高，满足系统的要求。

为了增加光线导向器的光束集中程度，减少由于镜面质量限制产生的光束发散，本发明的反射式导向镜构成的光线导向器还进一步包括设在采光镜与导向镜的重合焦点之前光路上的凸透镜环和/或设在该重合焦点到导向镜镜体间光路上的凹透镜环。这样可将入射到导向镜来的或出射向曲面汇聚镜的、偏离角度较大的的散射光线的方向角修正到形成平行光束的方向上。

本发明的装置属于高温利用太阳能的装置类型，为此，本发明装置中的

或本发明装置构造而成的系统中的太阳能贮存转换设备为多层保温的结构，该结构对应多个曲面汇聚镜且其上开设有接收曲面汇聚镜的汇聚光线的直径略大于曲面汇聚镜焦斑的受光孔，其最深部壳层内容纳有贮能和/或换能工质；所述的贮能和/或换能工质为熔融盐、水、汽、冶炼原料或光电池。上述结构类似于黑体结构，有利于保温及采取各种能源方式高效地利用所聚集得到的太阳光能源。

由于每个曲面汇聚镜汇聚了多个采光镜的太阳光，其对应最大采光面积可能达到数十平方米以上。研究资料表明，水蒸气被加热到 3000K 以上就会分解为氢气和氧气。如果该系统高汇聚比的光线能够将耐高温介质加热到 3000K 以上，然后将水蒸汽通入介质内部，使水蒸汽被加热到分解温度。在热能利用的同时可直接制出大量的氢气。氢能属于高品位能源，能够稳定存储，且临界压力低，容易液化，使用方便。在这种方式下，该系统的利用将具有更广阔的前景。

【附图说明】

图 1 为本发明实施例的整体光路原理示意图。

图 2 为本发明实施例中抛物面采光镜及光线导向器的结构示意图。

图 3 为本发明实施例中抛物面采光镜及其执行机械部件的结构示意图。

图 4 为图 3 的 A-A 阶梯剖视示意图。

图 5 为本发明实施例多行采光镜阵列的光路示意图。

图 6 为采用本发明装置的太阳能锅炉系统的结构原理示意图。

【具体实施方式】

实施例

如图 1 所示：一种太阳能汇聚利用装置，该装置包括采集太阳光并将之汇聚为光斑的抛物面采光镜 1，该装置还包括太阳光收集器、太阳能贮存转换设备、太阳光跟踪设备，其中太阳光跟踪设备包括执行机械部件与光电控制部件，而太阳光收集器包括能够将光斑转换为平行光束再定向发射出去的光线导向器 2、以及将光线导向器 2 射出的平行光束加以接收并汇聚到太阳能贮存转换设备 3 中的曲面汇聚镜 4。

如图 2、3、4 所示：本实施例的光线导向器 2 包括能聚焦光线的反射式导向镜 2-1，其中导向镜 2-1 的焦点与抛物面采光镜 1 的焦点相重合。每面抛物面采光镜 1 上设有一付光线导向器 2；在本实施例中，抛物面采光镜 1 是较大直径旋转抛物面式反射镜切去弓形留下的曲面部分，光线导向镜 2-1 是较小直径的旋转抛物面反射镜上截取得到的弓形部分或半曲面，曲面汇聚镜 4 是直径最大的旋转抛物面式反射镜上截取得到的曲面部分。本实施例的光线导向器 2 及其导向镜 2-1 的阳光投影面积是抛物面采光镜 1 的镜口面积的 1%和 0.8%。

本发明装置的光线导向器 2 俯角可调地安装在一根南北向的导向器支杆 5 顶端，具体地说：光线导向器 2 是被铰接在导向器支杆 5 上，该导向器支杆 5 下部与采光镜盆架间为固定或铰接连接；该光线导向器 2 包括东西朝向的转轴 6、被该转轴 6 铰接在导向器支杆 5 上的镜架 7、以及驱动该镜架 7 绕该转轴 6 转动的转动机构（未详示）；该镜架 7 具有保证导向镜 2-1 焦点与采光镜 1 焦点重合的结构和尺寸，具体结构为：镜架 7 固定在一个切割而成的抛物面弓状导向镜 2-1 的两端并形成“Π”形结构，“Π”形结构两臂设有配合转轴 6 的轴孔（未详示），该轴孔及转轴 6 的中心线通过导向镜 2-1

与采光镜 1 的重合焦点，从而保证不论抛物面导向镜 2-1 的俯仰视角如何变化，导向镜 2-1 焦点与采光镜 1 焦点始终能够重合在一块；而实际中是采用跟踪设备所采用的技术对转动机构实行包括水平方位的高精度控制，始终保持导向镜 2-1 的镜轴基本水平地指向某一曲面汇聚镜 4 的镜口。

以北回归线及以北为例，在该区域太阳的南北向仰视角常年偏向南面，我们设计的采光镜 1 焦距为采光镜 1 开口半径的 0.2~1.5 倍之间时，根据跟踪设备的结构分析，其焦距最大不能超过采光镜 1 中心到跟踪设备半园齿轮的外边缘（参图 3）。在纬度较高的区域，采光镜 1 在冬季使用时，光线导向器 2 的反射光可能会被自身采光镜 1 遮挡。为解决以上问题，将采光镜 1 设计为如图 2 所示的形式。即去除旋转抛物面采光镜 1 的部分面积。具体去除面积的大小将根据采光镜 1 的焦距、反射精度、采光装置所处的地理位置及采光反射装置的布置方式决定。

对于光线导向器 2 的设计首先要考虑光线导向镜 2-1 的温度升高的问题，主要指导向镜 2-1 的受光面积和散热面积。为保证在不加装冷却装置的情况下正常工作、并使光线导向器 2 在采光镜 1 上的投影最小，其基本形状是由采光镜 1 最高点与采光镜 1 转动轴的形成的轴平面切割除去旋转抛物面导向镜 2 下部而得到。

同时还要根据装置系统安装地区的纬度和采光镜的最大反射夹角设计光线导向镜 2-1 抛物面的具体形状。偏离赤道越远光线导向镜 2-1 的焦径比越小。

事实上采光镜 1 的大小以及反射精度对光线汇聚的影响很大：因为实际采光镜 1 反射光线在焦点处形成的是一个圆形焦斑，即部分光线有一个扩散角，从而使光线导向器 2 射出的光束具有一个扩散角。光线的发散程度决定

单个曲面汇聚镜 4 汇聚光束的多少，是一个关键因素。

由计算得知：光线导向镜 2-1 反射精度越高，发散程度越小。在光线导向镜 2-1 某些区域反射出来的光线的发散程度出现最大化。由计算还可得知：光线导向镜 2-1 开口半径越大，反射偏离越小，散热面积越大。但是光线导向镜 2-1 半径越大其遮挡采光镜 1 的入射光面积越大。其反射的水平光束截面积越大，同一水平高度单组可布置的采光镜就越少，在实际装置中将根据以上条件进行优化选择。

当导向镜 2-1 出来的水平光束的平行度达不到要求时，还可利用光学透镜进行平行精度补偿：包括在采光镜 1 与导向镜 2-1 的重合焦点之前光路上设置凸透镜环 2-2（当然还可在该重合焦点到导向镜 2-1 镜体间光路上设置凹透镜环），以期使散射光线的虚焦点修正到焦斑区域，或将向外散射光线向光束内部偏转，将入射到导向镜来的或出射向曲面汇聚镜的、偏离角度较大的散射光线的方向角修正到形成平行光束的方向上，从而达到精度补偿的目的；以上方式能达到将焦斑半径缩小一半的效果。

如图 3、4 所示：本发明装置上执行机械部件包括动力装置（未详示）、刚性的直杆形传动器 10、以及各抛物面采光镜的镜口南北向的仰视角控制机构 11，一根直杆形传动器 10 同时与同一直列中的各抛物面采光镜的镜口仰视角控制机构 11 相耦合；执行机械部件还包括液压驱动器（未详示）、以及各抛物面采光镜的镜口东西向的仰视角控制液压支柱 12，一套液压驱动器分别与同一行中的各抛物面采光镜的镜口仰视角控制液压支柱 12，相联通。具体而言，采光镜 1 及其盆架 8 和跟踪设备的执行机械部件均装设在采光镜 1 的支承结构 9 上，过盆架 8 直径的两点垂直固定有半圆齿轮圈 13，盆架 8

通过与半圆齿轮圈 13 轴心同心的盆架支承轴 9-2 铰接在支承结构 9 上；采光镜 1 的支承结构 9 的一端被铰接支撑在固定支承端 9-1，支承结构 9 的另一端被支撑在液压支柱 12 上。由于多面采光镜 1 在南北向和/或东西向上能排列成直行列，跟踪控制设备系统就能采用一根直杆形传动器 10 例如直齿条就可同时控制同一行或列中的各抛物面采光镜 1 的镜口东西向仰视角控制齿轮 11，直齿条 10 带动同一排多个采光镜 1 的齿轮 11 同步转动，齿轮 11 带动半圆齿轮圈 13 转动，半圆齿轮圈 13 带动采光镜 1 跟踪当日太阳东西向仰视角的变化。当然直杆形传动器 10 与镜口仰视角控制机构 11 也可采用液压连通控制装置。另外，一套液压驱动器分别与同一行中的各采光镜 1 的镜口仰视角控制液压支柱 12 相联通，同时或分别驱动采光镜 1 的镜口南北向仰视角控制液压支柱 12，通过调整跟踪设备的液压支柱 12 高度，就可改变支承结构 9 的南北向角度即采光镜 1 镜口南北向的仰视角。跟踪太阳在一年内不同季节的南北向仰视角的变化。通过以上调整，保证太阳光始终与采光镜 1 的主轴平行入射到采光镜 1 的表面。由于该装置将多个跟踪设备连接为一体作同步调整，可简化控制系统，减少执行机构的数量，从而提高装置的可靠性。降低运行、维修费用到合理程度。

本发明实施例的太阳光跟踪设备工作原理为：根据目前已经精确掌握的太阳运转轨迹，结合计算机技术的应用，可实现执行机构行程的准确预知调整。采用激光数码测控装置进行反馈调整，可及时了解由于温度或机械等原因造成的调整误差，并及时处理。由于跟踪设备按照光学要求工作，因此其与转动有关的部件加工、安装精度要求很高。但由于机构部件的转动和运动非常缓慢，各采光镜的受风面积不大，因此对该机构的机械强度要求不高。部分材料可使用铝合金或塑料以降低制造成本、减轻荷载、提高可靠性。

如图 5 所示：本实施例中每面抛物面采光镜上设有一付光线导向器 2，而多个抛物面采光镜上的光线导向器 2 共用一个所述的曲面汇聚镜 4。

3 面曲面汇聚镜 4 的镜轴为南北朝向且沿东西向呈并排紧邻布置；多面导向镜 2-1 的镜轴也顺南北向地布置并水平指向成排的曲面汇聚镜组 4；相应地，排成阵列的多面采光镜 1（未详示）在南北向上为等高度安装而在东西向上为直线等高排列，指向同一曲面汇聚镜 4 的、但距离不同的导向镜 2-1 之间采取水平偏让的方式排列。

图 5 中，多个抛物面采光镜 1（以各自的导向镜 2-1 表示）共用 3 个曲面汇聚镜，分别向 3 个曲面汇聚镜发出平行光束，其中可有某些光线导向器 2 随机地向相邻行列的曲面汇聚镜 4 发出平行光束。

而曲面汇聚镜 4 采用固定布置，每个曲面汇聚镜 4 为两侧边平直的抛物面反射镜的有效聚光部分，以便所有曲面汇聚镜 4 之间无间隙布置，曲面汇聚镜 4 覆盖平行光束区域。用方框 20 表示对应某个曲面汇聚镜 4 的某组导向镜 2-1。该组中的光线导向镜 2-1 反射的光束虽接近于平行光，但仍有一个扩散角度，这些准平行光束 19 经曲面汇聚镜 4 反射后汇聚到一个焦点（未详示）上，焦点位置将固定不变。以该焦点位置可以进一步定位太阳能贮存转换设备 3 的受光孔。该孔面积的大小将由反射精度所决定。最终实现将经过汇聚的、高能量的辐射阳光由小的受光孔引入一个固定的能量吸收空间。

本发明装置系统的主要工作目的是使到达曲面汇聚镜 4 时单位面积的平行光束数量最大。这就必须对采光镜 1 进行合理的布置。我们按照如图 5 所示的方式进行了采光镜 1 的南北向布置。该布置方式可使同一水平高度上沿南北向布置多个采光镜，在保证具有一定扩散角的准平行光束 19 不被遮挡

的前提下，采光镜 1 布置数量的多少受到以下方面因素的制约：首先受到其安装当地所处纬度影响，当采光镜 1 形状等因素相同的情况下，离赤道线越远沿南北向所能够布置的采光镜 1 越少。同理，当采光镜 1 和导向镜 2-1 及曲面汇聚镜 4 的反射精度越低，其布置的数量越少。在相同的情况下不同的年运行时间也会有同样的影响。冬季运行时间越短，需要满足南北向仰视角的角度越小，其能够布置数量越多。

在反射精度满足要求等情况下，采光镜 1 还可以在不同的水平高度上梯级布置，即按照以上所述在同一水平面完成采光镜 1 在最大的南北长度上的布置后，再逐个在原采光镜 1 紧后更高的阶梯平面上重复布置更高的采光镜 1。这样就可沿南北向更大的范围布置采光镜 1。使得目标区域单位面积的平行光束数量更大，使得热力系统得到更大范围的太阳能。从而有效的提高单一热力系统的容量。在热能利用系统中容量的提高也意味着热能利用效率的提高。在发电系统中也意味着机组发电效率的提高。

如图 1、5 所示：太阳能贮存转换设备 3 为多层保温的结构（未详示），该结构对应多个所述曲面汇聚镜 4，且其上开设有接收曲面汇聚镜 4 的汇聚光线的、直径略大于曲面汇聚镜 4 焦斑的受光孔（未详示），若干的曲面汇聚镜 4 向太阳能贮存转换设备 3 的受光孔发射出高度会聚的太阳光能，在其最深部壳层内容纳有空气的工质来接收/贮存太阳光能。每个曲面汇聚镜 4 对应一部分导入空间，将所有的空间连为一体就可形成一个太阳光能利用通道。根据热学原理，当通道表面积远远大于光线入口面积时，阳光在此通道内的换热接近于黑体换热，太阳光能的利用率将得到很大提高。

当单组布置较多的采光镜 1 时，曲面汇聚镜 4 需要反射很大能量的太阳

光，空气可能不足以冷却镜面达到安全工作温度，这样曲面汇聚镜 4 可能需要加装冷却系统。当然由于曲面汇聚镜 4 采取无间隙固定布置直列，其冷却系统的加装将不会太复杂。

锅炉入口连接蓄热通道 14，出口安装引风机 15。当引风机 15 运行后空气经蓄热通道 14 进入锅炉系统，锅炉系统内布置有受热面 16；在流经蓄热通道 14 的过程中被加热到设计温度的工质空气流经锅炉受热面 16 将炉管 17 中的水加热成设计压力下的饱和蒸汽、或过饱和蒸汽，工质蒸汽又推动配套的发电汽轮机组 18，根据实际需要该锅炉还可设计成为一般工业锅炉、采暖锅炉。

该太阳能锅炉系统热能利用效率的评估如下：

太阳能锅炉系统的能量损失包括以下部分：

采光反射镜加工精度误差带来的反射误差损失，初步估计为 0.2%。

采光反射镜的反射率带来的损失，初步估计为 1%。

聚光反射镜加工精度误差带来的反射误差损失，初步估计为 0.2%。

聚光反射镜的反射率带来的损失，初步估计为 1%。

聚光导入镜的反射率带来的损失，初步估计为 0.2%。

锅炉及蓄热通道的散热损失将 $\leq 0.5\%$ 。

引风机排出的空气温度高于环境温度 40°C 时热损失为 1%

光系统损失为： $1 - 99.8\% \times 99\% \times 99.8\% \times 99\% = 2.38\%$

太阳能锅炉的热效率为：

$100 - 2.38 - 0.5 - 1 = 96.12\%$

该结果仅仅是对该系统的初步估算，如果各种技术支持高于预想其利用效率将高于以上估算，反之则低于以上估算。其中排空气温度可实现略高于环境

温度的水平。

该太阳能汇聚蓄热锅炉系统在热力发电方面的应用及经济性评估：

以太阳能锅炉配套一台 100MW 发电汽轮机组为例进行说明

现有 100MW 汽轮发电机组额定负荷的设计效率高于 40%，结合以上锅炉损失机组的发电效率初步定为 40%。

对应的太阳能采集辐射能为： $100/40\%=250$ MW

当日照平均量为 $0.8\text{kw}/\text{m}^2\text{h}$ 时所需的采光面积为： $250000/0.8=312400\text{m}^2$

当按照全年单日最大采光量设计机组 24 小时发电，负荷率为 100%，日照时间为 12 小时，所需的采光面积为：

$312400 \times 2 = 624800\text{m}^2 \approx 62$ 万 m^2

当日照时间为 3000 小时时，机组年运行小时数为 6000 小时，平均负荷为 70% 时，

年发电量为： $6000 \times 100000 \times 70\% = 4.2$ 亿 $\text{kw} \cdot \text{h}$

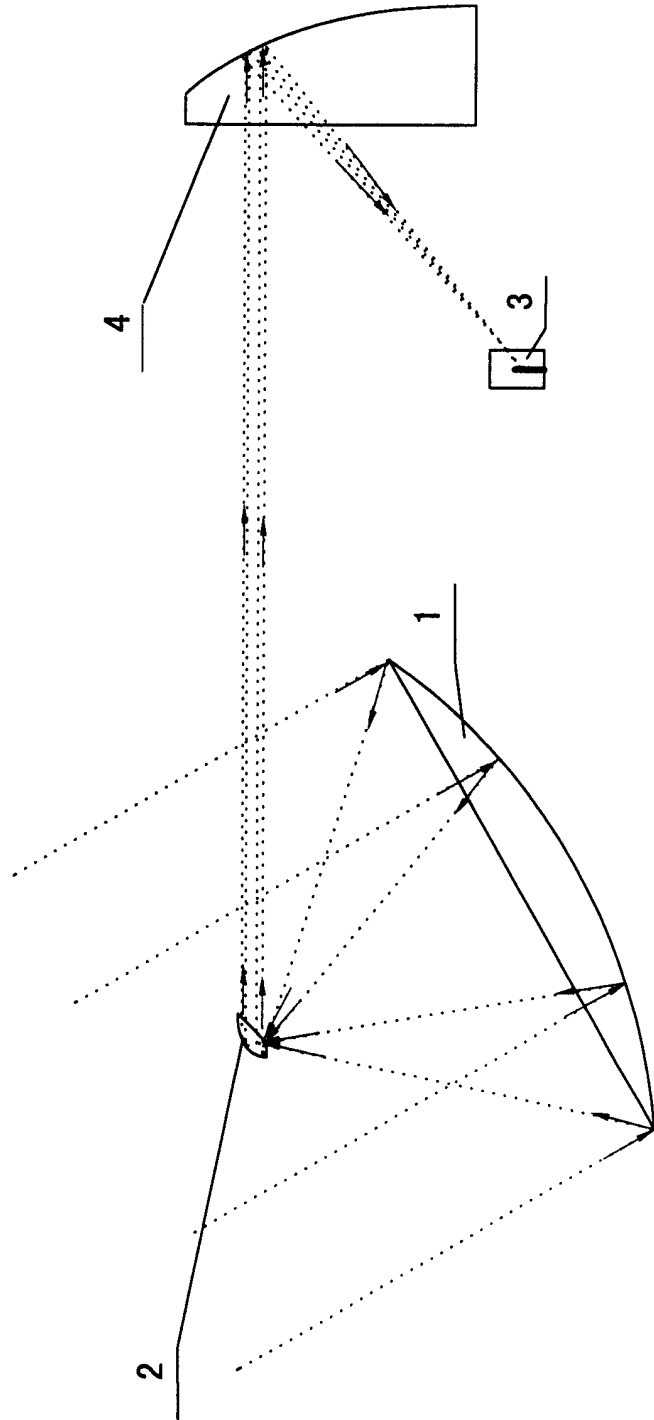
系统投资评估说明

由于太阳能发电较常规火力发电减少了燃料的装卸、输送、固体燃料的制粉、燃烧、空气预热、除尘、灰渣排放、污染物处理等大型设备以及锅炉厂房、烟囱、码头等大规模土建工程，按照现有电站投资比例分析，太阳能电站除去光系统的设备场地投资，其它方面的投资将只有现有电站投资的 1/3 左右。即 1600 元（人民币）/kw，由上节计算得知每千瓦对应于一个 6m^2 的采光镜，下表为每 kw 装机的投资估算，该估算存在一定的误差，但有一定的参考价值。

项 目	投 资 估 算 (元¥)	说 明
-----	-----------------	-----

除去光系统的其它设备场地投资	1600	常规电站为¥5000元左右
光系统土建及土地使用费	300	按照¥50元/m ²
跟踪装置投资	1500	其中机械部分为¥1200元
采光镜	1500	参照卫星天线造价估算
汇聚光反射镜	500	参照光学反射镜造价
水平控制机构	300	单独的控制、反馈及执行机构
导入镜	100	按照对应8面采光镜计算
蓄能通道及蓄能介质	200	
合计	6000	

从以上估算可看出，太阳能电站建设投资高于常规电站的。运行维护成本主要受各反射镜的影响，当平均使用寿命为5年时，年平均成本为¥420元/kw。其它检修及维护及人工成本将低于常规电站¥250元/kw。初步估算为¥130元/kw由以上估算知每kw装机年发电量为4200kw.h，去除2.5%左右的厂用电，约为4100kw.h。按照目前的上网电价¥0.35元/kw.h计算，利税为¥880元，由于大部分国家均有清洁能源使用的税收优惠政策，投资收益有望高于常规电站。同时其环境效益及社会效益将更加巨大。



1
图

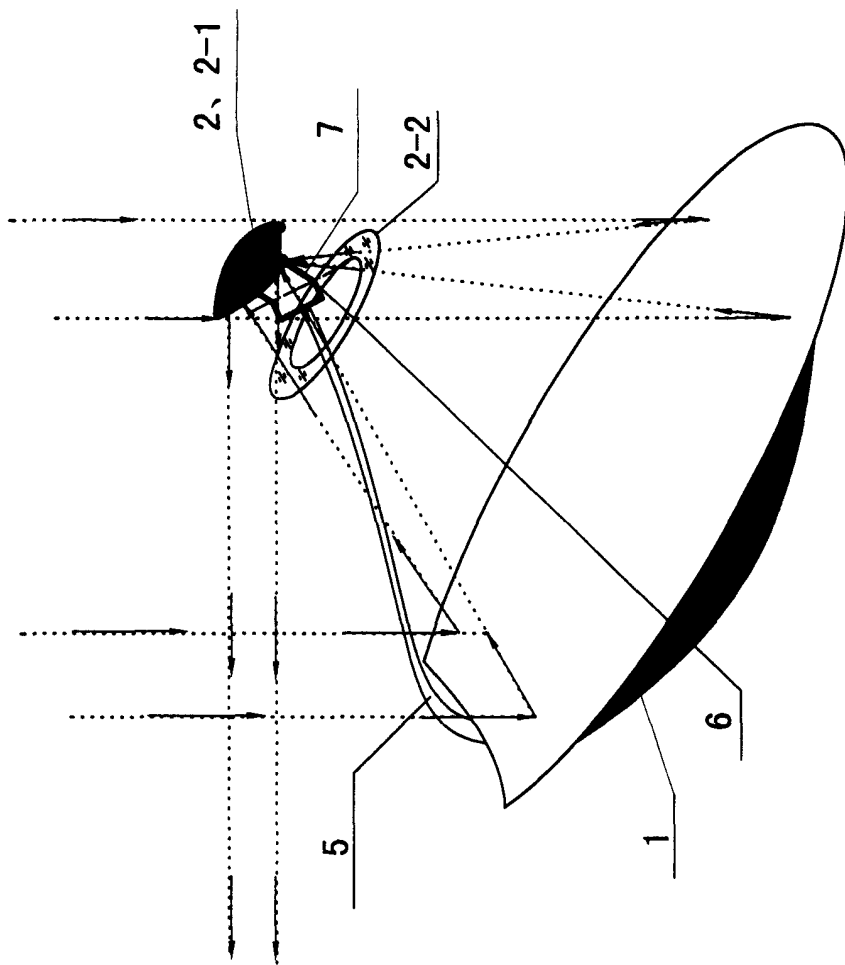


图 2

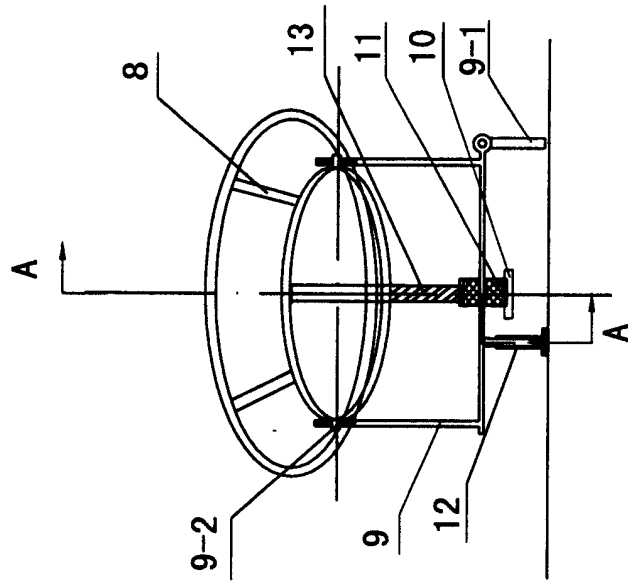


图 3

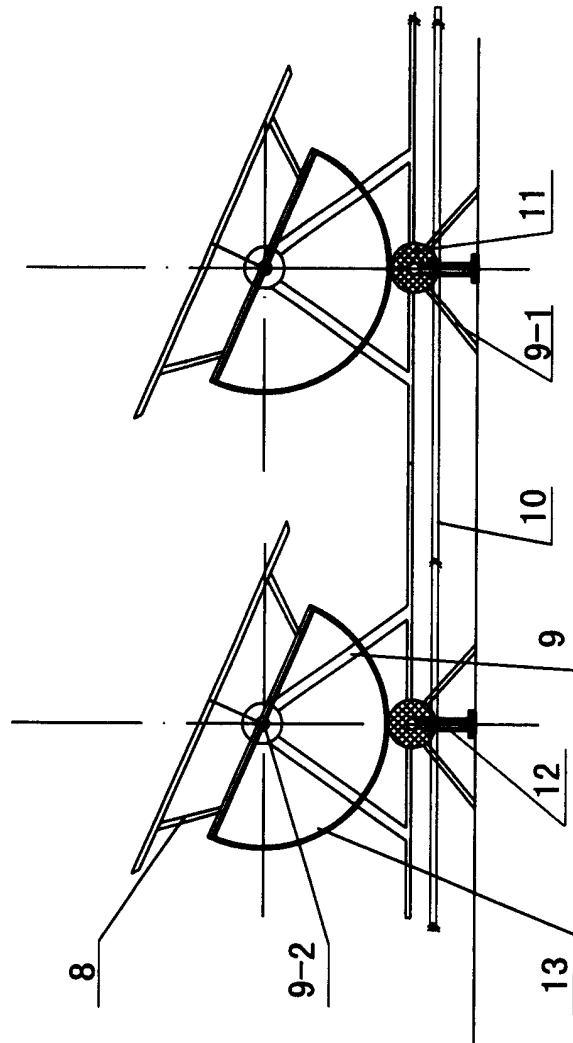


图 4

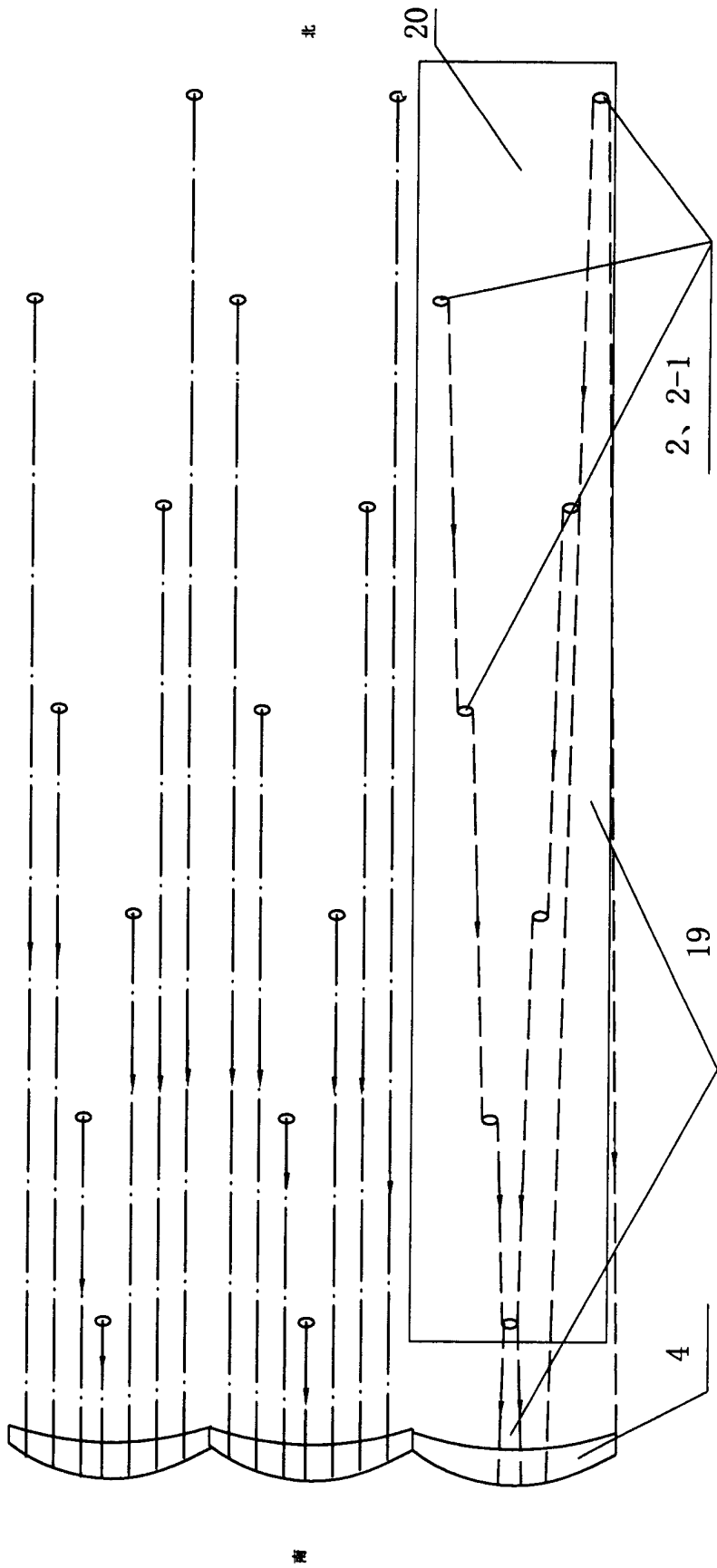


图 5

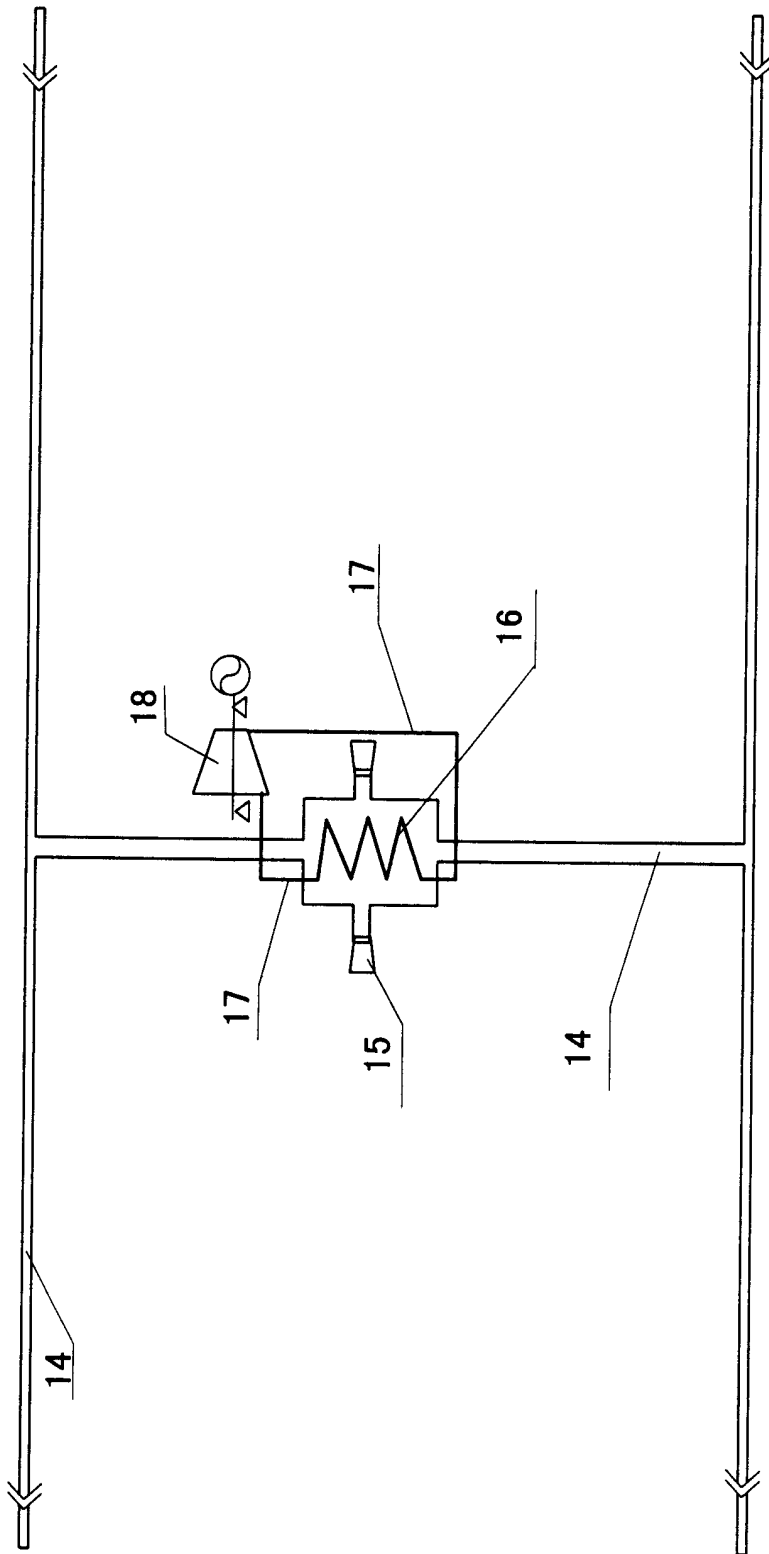


图 6