(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 201811461 U
(45)授权公告日 2011.04.27

(21)申请号 201020124610.X

(22)申请日 2010.02.26

(73)专利权人 华南农业大学
地址 510642 广东省广州市天河区五山路483号

(72)发明人 王春铭 黄超文

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102
代理人 林丽明

(51)Int.Cl.
F24J 2/46(2006.01)
F24J 2/32(2006.01)
F24J 2/05(2006.01)
F24J 2/26(2006.01)

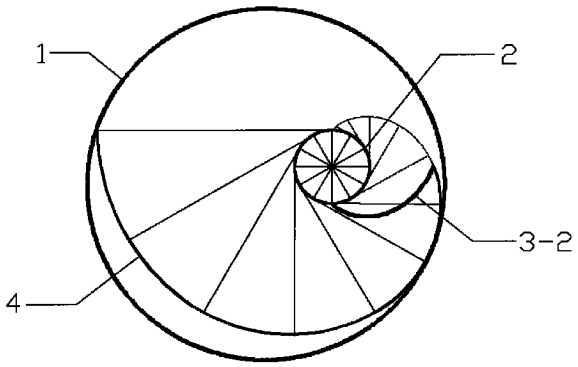
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54)实用新型名称

一种高效热管式内聚光太阳能真空集热管

(57)摘要

本实用新型公开了一种高效内聚光太阳能真空集热管，其包括玻璃外管、设于玻璃外管中的金属集热内管及设于内、外管间的聚光板，该内、外管的纵轴平行，该聚光板的外缘截面线为以内管截面圆为基圆且当其发生线展开长度等于基圆周长时结束的第一渐开线。本实用新型有效避免传统集热管中有水产生的各种弊端，最大达200°的采光角度和渐开线状反光板的特殊光学性质可最大限度吸收利用截光面上的直射和散射光线，配合上4.5：1的聚焦比，可广泛应用于太阳能热水器、太阳能取暖、太阳能蒸汽发生器、太阳能锅炉、各种太阳能中高温设备，以及太阳能制冷装置中，甚至配合外置聚光板组合使用满足特殊行业要求。



CN 201811461 U

1. 一种高效热管式内聚光太阳能真空集热管，其包括玻璃外管、设于玻璃外管中的金属集热内管及设于内、外管间的聚光板，该内、外管的纵轴平行，其特征在于，该聚光板的外缘截面线为以内管截面圆为基圆且当其发生线展开长度等于基圆周长时结束的第一渐开线。

2. 根据权利要求 1 所述的高效热管式内聚光太阳能真空集热管，其特征在于，该内、外管间为真空夹层。

3. 根据权利要求 2 所述的高效热管式内聚光太阳能真空集热管，其特征在于，该内、外管间的真空夹层中设有吸气剂。

4. 根据权利要求 1 所述的高效热管式内聚光太阳能真空集热管，其特征在于，内管截面圆根据时钟状划分为 12 等分，划分等分的起点为第一渐开线的起点，在第 5 等分处的发生线前的第一渐开线弧段留空，聚光板由第 5 等分处的第一渐开线发生线处开始延伸，且此发生线所处位置设置有一片两面均涂有选择性吸收涂层的金属吸热翅片，金属吸热翅片一端与金属集热内管相连，另一端与聚光板相连。

5. 根据权利要求 4 所述的高效热管式内聚光太阳能真空集热管，其特征在于，由内管截面圆的第 6 等分处的发生线作与第一渐开线反方向的第二渐开线，直至与第一渐开线相交时结束，交点以前的第一渐开线的弧段留空，聚光板由第二渐开线处开始延伸，在第二渐开线所处位置设置一片正面镀有反光涂层、背面涂有选择性吸收涂层的第二金属吸热翅片，该第二金属吸热翅片一端与金属集热内管相连，另一端与聚光板相连。

6. 根据权利要求 1 所述的高效热管式内聚光太阳能真空集热管，其特征在于，该金属集热内管包括位于外管内部的蒸发段及突出外管顶端的冷凝段，冷凝段外设有同轴套管，套管外接进出水口，该蒸发段表面涂有选择性吸收涂层。

7. 根据权利要求 6 所述的高效热管式内聚光太阳能真空集热管，其特征在于，选择性吸收涂层为 SS-AlNx/Cu 选择性吸收涂层、Al-N/Cu 选择性吸收涂层、Al-N/Al 渐变选择性吸收涂层或 a-C ：H-Al-N/Al 结构紫金涂层。

8. 根据权利要求 1 所述的高效热管式内聚光太阳能真空集热管，其特征在于，该内、外管间通过弹簧卡子固定。

9. 根据权利要求 1 所述的高效热管式内聚光太阳能真空集热管，其特征在于，该外管的内径为内管半径的 4.77 ～ 4.78 倍。

10. 根据权利要求 1 所述的高效热管式内聚光太阳能真空集热管，其特征在于，该玻璃外管由高硼硅玻璃制成，该内管由铜合金或铝合金制成。

一种高效热管式内聚光太阳能真空集热管

技术领域

[0001] 本实用新型属于太阳能应用技术领域，具体的说，涉及一种高效热管式内聚光太阳能真空集热管。

背景技术

[0002] 太阳能既是一次能源，又是可再生能源。它资源丰富，既可免费使用，又无需运输，对环境无任何污染。为人类创造了一种新的生活形态，使社会及人类进入一个节约能源减少污染的时代。广义的太阳能所包括的范围非常大，狭义的太阳能则限于太阳辐射能的光热、光电和光化学的直接转换。

[0003] 如今太阳能热利用领域中，集热器可分成非聚光型集热器和聚光型集热器两种。

[0004] 非聚光型集热器的使用十分普遍，如一般民用太阳能热水器。无论是普通全玻璃真空集热管还是热管式玻璃真空集热管，工作原理都是通过涂有选择性吸收涂层的内管吸热管将穿过外管照射于其上的太阳光能吸收，然后内管将热量传递给其中的传热工质，再加以利用。这种非聚光型的集热器的制作、使用与维护都较为简单，比较适合一般民用，而且其性能也能满足民用要求。但由于其较低的热利用率、加热效率与温升，使它无法满足对能量有更高要求的工农业、商业与服务业的需要。

[0005] 聚光型集热器又分为外聚光与内聚光两种。

[0006] 外聚光的利用，如太阳灶等也是十分普遍，其原理是在集热元件的外部放置聚光板，将太阳光集中反射到集热元件上，从而增大单位面积的能量密度。这种外聚光的集热器，只要聚光板做得足够大，其聚集的能量完全能够满足低中高温的各种生活和生产的需要。但由于聚光板暴露于空气中，很容易积灰与氧化，使聚光率下降，而且这种外聚光集热器对最终聚集的光斑大小和位置的精准度有很高要求，所以必须配备有太阳跟踪装置。

[0007] 内聚光集热器，就是将聚光部分置于内部而不是简单暴露于空气中的集热装置。

[0008] 但在现有的各种内聚光集热器中，依然存在各种缺陷。如：

[0009] 专利号 98206674.0，名为“一种内聚光真空太阳集热管”的实用新型，其复合抛物面设计的反光板对边缘光线利用率低，采光角度小，太阳光有效利用率较低。

[0010] 专利号 02272484.2，名为“直通式内聚光玻璃真空太阳集热管”的实用新型，采用内外管同轴设计，但由于其双曲面反光板设计的限制，使集热管聚焦比较小，而且该实用新型为直通式设计，必需控制管内液体流速来控制换热和调节加热效率。

[0011] 专利号 200420003524.8，名为“内聚光式太阳能集热管”的实用新型，内置反光板即为与外管相贴的圆弧状，虽配有吸热翅片，但实际聚光率低，必须根据太阳位置的变化作相应的调整。

[0012] 专利号 200720000692.5，名为“内聚光式全玻璃真空集热管”的实用新型中公

开了一种吸热管与罩玻璃间设置有聚光板的玻璃真空太阳集热管。 这种内聚光集热器有效的避免了外聚光型集热器的显著缺点，但由于现有技术与设计的限制，聚光比受到很大的制约，使其最大温升达到瓶颈。

[0013] 专利号 200820139952.1，名为“大口径内聚光真空管太阳能开水器”的实用新型，其设计中，由于有大量水蓄积在集热管中，造成加热效率低，而且容易产生各种问题，如由于集热管内有水造成的积结水垢、破裂后漏水、抗冻性差等。

[0014] 总结现有产品的缺陷有：

[0015] 1.非聚光型集热器由于结构简单，并直接利用环境中密度较低的太阳光能，所以它的热利用率和集热功率低下，而且温升很低，只能适用于低温领域。

[0016] 2.外聚光型集热器，聚光板暴露于空气中，无法避免积灰与氧化的情况，缩短了设备使用寿命，同时也要频繁的保养工作和高昂的维护费用。 如果要达到高聚焦比，聚光板和集热元件的设计要十分精确，运行时也要配备有高精准度的太阳跟踪装置，才能保证设备的效率，而这些都会加大成本费用。 而且由于设计的限制，只能利用与其主光轴平行的直射光线，对光利用率低。

[0017] 3.现有的内聚光集热器，有些实际聚光效率低，如专利号 200420003524.8 的实用新型；有些为达到最有效的聚光要求，如专利号为 200720000692.5 的实用新型，内外管直径比为 1 ： 3.14，聚光比是 3 ： 1 稍大，这样就限定了最大温升，形成了现阶段的瓶颈；还有些因为是盲管设计，容易出现诸如积结水垢等集热管内有水时常有的问题，如专利号 200820139952.1 的实用新型。

实用新型内容

[0018] 针对现有技术的缺点，本实用新型的目的是提供一种不需要跟踪装置就能获得较高温度，而且比现有产品有更大聚焦比的高效热管式内聚光太阳能真空集热管。

[0019] 为实现上述目的，本实用新型的技术方案为：一种高效热管式内聚光太阳能真空集热管，其包括玻璃外管、设于玻璃外管中的金属集热内管及设于内、外管间的聚光板，该内、外管的纵轴平行，该聚光板的外缘截面线为以内管截面圆为基圆且当其发生线展开长度等于基圆周长时结束的第一渐开线。

[0020] 该内、外管间为真空夹层。

[0021] 该内、外管间的真空夹层中设有吸气剂。

[0022] 根据使用需要的不同，聚光板与吸热翅片的设置有两种情况：

[0023] 第一种，内管截面圆根据时钟状划分为 12 等分，划分等分的起点为第一渐开线的起点，在第 5 等分处的发生线前的第一渐开线弧段留空，聚光板由第 5 等分处的第一渐开线发生线处开始延伸，且此发生线所处位置设置有一片两面均涂有选择性吸收涂层的金属吸热翅片，金属吸热翅片两端分别与金属集热内管和聚光板相连。

[0024] 第二种，由内管截面圆的第 6 等分处的发生线作与第一渐开线反方向的第二渐开线，直至与第一渐开线相交时结束，交点以前的第一渐开线的弧段留空，聚光板由第二渐开线端点处开始延伸，在第二渐开线所处位置设置一片正面镀有反光涂层、背面涂有选择性吸收涂层的第二金属吸热翅片，该第二金属吸热翅片两端分别与金属集热内管和聚光板相连。

[0025] 该金属集热内管包括位于外管内的蒸发段及突出外管顶端的冷凝段，冷凝段外设有同轴套管，套管外接进出水口，该蒸发段表面涂有选择性吸收涂层。

[0026] 选择性吸收涂层为 SS-AlNx/Cu 选择性吸收涂层、Al-N/Cu 选择性吸收涂层、Al-N/Al 渐变选择性吸收涂层或 a-C:H-Al-N/Al 结构紫金涂层。

[0027] 该内、外管间通过弹簧卡子固定。

[0028] 该外管的内径为内管半径的 4.77 ～ 4.78 倍。

[0029] 该玻璃外管由高硼硅玻璃制成，该内管由铜合金或铝合金制成。

[0030] 与现有技术相比，本实用新型的优点在于：

[0031] 1、聚光板内置于真空夹层中，避免了积灰与氧化的影响，有效延长设备使用寿命，同时免去了聚光板的保养工作和维护费用。

[0032] 2、内外管管径相差大，真空夹层厚度大，具有很好的保温效果。

[0033] 3、本实用新型设计上最大采光角达 200°，聚焦比 4.5 ：1，能汇聚截光面上不同角度的太阳光，充分吸收直射光线的同时还能有效利用环境中的散射光线，只要开始安装时调整好设备仰角，就能有效聚集截光面上所有的太阳光；更可完美地与槽式偏焦面外置聚光板组合使用，免去复杂昂贵的太阳跟踪装置，适合做成大功率采热设备，供诸如太阳能光热发电等的特殊行业使用。

[0034] 4、在所处环境相同，标准一致的条件下，本实用新型加热速率是一般空晒温度为 140℃的热管式真空集热管的 4 倍以上。 即设太阳辐照度 800W/m^2，热利用率为 80％的条件下，一根传统热管式真空玻璃集热管（内管管径 37mm，管长 1500mm）将 1kg 水由 20℃加热至 100℃，需要时间 2.63 小时，而使用同内管规格的本实用新型，则只需 0.58 小时。

[0035] 5、本实用新型独特的偏轴设计，即内外管不同轴设置，使其聚焦比达到 4.5 ：1。 正常运作时本实用新型运行温度可达 200℃以上，空晒温度可达 300℃以上。 是一般真空玻璃集热管或热管式真空玻璃集热管加热效率的 4 倍以上，并能产生上述两种集热管无法制得的中高温蒸汽。 与同类内聚光集热管相比，如上述专利号为 200720000692.5 的实用新型，加热效率提高了 40％，并且最大温升提高了 50℃以上，很好地满足了各种生活与生产低、中、高温的需要。

[0036] 6、本实用新型为热管设计，集热管内无水，避免了传统集热管内有水造成的积结水垢、破裂后漏水、抗冻性差等的弊端；同时，内管使用特殊的传热工质，热阻小，具有很高的导热能力；此外，冷凝端为小管径设计，便于密排安装、大规模集成使用。

[0037] 7、本实用新型设计科学合理，运行稳定，性能可靠，安装简便，适合产业化生产和大批量使用，可以满足中、高温采热的要求，适合广泛应用于太阳能热水器、太阳能取暖、太阳能蒸汽发生器、太阳能锅炉、各种太阳能中高温设备，以及太阳能制冷装置中。

附图说明

[0038] 图 1 是本实用新型所述渐开线状聚光板的具体原理图。

[0039] 图 2 是本实用新型第一实施例原理解说图。

[0040] 图 3 是本实用新型第二实施例原理解说图。

[0041] 图 4 是本实用新型主视图。

[0042] 图 5 是本实用新型第一实施例 A-A 剖面图。

[0043] 图 6 是本实用新型第二实施例 A-A 剖面图。

[0044] 图 7 是本实用新型第二实施例与外置聚光板组合使用的实例图。

[0045] 图中：1.玻璃外管，2.金属集热内管，3.金属吸热翅片（其中 3-1 为正反两面皆涂有选择性吸收涂层的扁平状金属吸热翅片，3-2 为正面镀有反光涂层、背面涂有选择性吸收涂层的弧形金属吸热翅片），4.聚光板，5.套管，6.弹簧卡子，7.吸气剂，8.传热工质，9.外置聚光板。

具体实施方式

[0046] 以下结合附图对本实用新型具体实施例的结构细节作进一步的详细说明，

[0047] 如图 4 所示，本实用新型的高效热管式内聚光太阳能真空集热管包括玻璃外管 1、金属集热内管 2、金属吸热翅片 3、聚光板 4 和传热工质 8。

[0048] 本实用新型是利用大口径玻璃外管 1 包裹着金属集热内管 2，该内、外管 2、1 间形成的真空夹层起保温作用，同时在内、外管 2、1 的真空夹层中放置特殊设计的聚光板 4，起聚光作用而又不会因与空气接触产生氧化等问题。

[0049] 内、外管 2、1 的半径比是 1 ： 4.775±0.05，外管 1 为高硼硅玻璃管，内管 2 外层涂有选择性吸收涂层，内、外管 2、1 纵轴平行，但不同轴，该聚光板 4 的外缘截面线为以内管 2 截面圆为基圆且当其发生线展开长度等于基圆周长时结束的第一渐开线。 根据渐开线的几何性质，渐开线状聚光板 4 上任意一点的法线必与基圆相切，因此任何方向照射到渐开线状聚光板 4 上的光线最终都会反射到内管 2 上，从而达到了聚光的目的。此设计可有效聚集截光面上任何方向的太阳光，充分利用直射与散射光线，使内管最大限度吸收太阳能，同时又可免去复杂的太阳跟踪装置。

[0050] 另外，本实用新型并不是使整段展开的渐开线都设置成聚光板，因不同的使用需要分为两种设计类型。

[0051] 第一种实施例，适用于低中温，一般密排的使用领域：内管 2 截面圆根据时钟状划分为 12 等分，划分等分的起点为第一渐开线的起点，在第 5 等分处的发生线前的第一渐开线弧段留空，聚光板 4 由第 5 等分处的第一渐开线发生线处开始延伸，且此发生线所处位置设置有一片两面均涂有选择性吸收涂层的金属吸热翅片 3-1，金属吸热翅片 3-1 与金属集热内管 2 相连。 这种设计不包含利用率较小的处于第一渐开线开始部分的聚光板，扩大了截光面积，使本实用新型的聚焦比达到了 4.5 ： 1。 金属吸热翅片的两面都涂有吸收涂层，外露向光的一面直接吸收照射而来的太阳光，背面则是吸收部分经聚光板反射而来的太阳光，所有吸收而来的能量最终都传递给相连的金属集热内管。 金属吸热翅片安放位置是综合了入射光线角度和热损失等多方面因素而确定的，维持原发生线的长度为翅片宽度是为了避免加宽的翅片接触到外管，影响整体的真空保温性能。

[0052] 图 2 和图 5 给出了第一实施例的构造原理。 参照图 1，从编号为 5 的发生线末端开始铺设以内管 2 截面圆为基圆的渐开线状聚光板 4，至编号为 12 的发生线末端结束，在编号为 5 的发生线所处位置上安放金属吸热翅片 3-1，金属吸热翅片 3-1 一端与内管 2 相连，另一端则与聚光板 4 相连接。

[0053] 第二种实施例，相对于对聚光率有很高要求的中高温领域，特别是加装外置聚光板 9 组合使用时：由内管 2 截面圆的第 6 等分处的发生线作与第一渐开线反方向的第二渐开线，直至与第一渐开线相交时结束，交点以前的第一渐开线的弧段留空，聚光板 4 由第二渐开线处开始延伸，在第二渐开线所处位置设置一片正面镀有反光涂层、背面涂有选择性吸收涂层的第二金属吸热翅片 3-2，该第二金属吸热翅片 3-2 与金属集热内管 2 相连。 这种设计不包含利用率较小的处于第一渐开线开始部分的聚光板，增加了截光面积，使本实用新型的聚焦比达到 4.5 ： 1，采光角度达到 200°，同时能将截光面上的光最大限度聚集到集热内管上，减少能量从吸热翅片传导至内管时所造成的损失。 第二金属吸热翅片 3-2 的内凹面镀有反光涂层，根据渐开线的几何性质，可将照射而来的太阳光全部反射到内管 2 上，因此整根集热管的正面所接受的阳光都将直接被聚集到金属吸热内管上；外凸面则是涂有选择性吸收涂层，可吸收经聚光板 4 反射而来的太阳光，所有吸收而来的能量最终都传递给相连的金属集热内管 2。 第二金属吸热翅片 3-2 安放位置是综合了入射光线角度和热损失等多方面因素而确定的，第二渐开线与第一渐开线留空部分是轴对称关系，对称轴即基圆的水平对称轴，没有继续延伸新渐开线是为了避免加宽的翅片接触到外管，影响整体的真空保温性能，同时也是为了保持最大采光角度的需要。

[0054] 图 3 和图 6 给出了第二实施例的构造原理。 参照图 1，从编号为 6 的均分点上引出另一以内管 2 截面圆为基圆的反方向第二渐开线，在与第一渐开线交点处结束，第一渐开线状聚光板 4 由此交点开始，至编号为 12 的发生线末端结束。 在反方向第二渐开线所处位置安放第二金属吸热翅片 3-2，第二金属吸热翅片的一端与内管 2 相连，另一端与聚光板 4 相连接。

[0055] 金属吸热翅片 3-1 是扁平状吸热翅片，由与内管 2 相同的材料制成，正反两面皆涂有与内管 2 相同的选择性吸收涂层；第二金属吸热翅片 3-2 是弧形吸热翅片，由与内管 2 相同的材料制成，内凹的一面镀有反光层，反光材料是高纯铝阳极氧化反光材料或聚酯薄膜真空镀铝反光材料，也可以使用其他主流技术反光材料，外凸的一面涂有与内管 2 相同的选择性吸收涂层。 金属吸热翅片 3-1、3-2 与内管 2 之间用热碾压吹胀、高频焊接或超声焊接等技术封接。 金属吸热翅片 3 与渐开线状聚光板 4 之间以导热系数很小的绝热材料熔封连接。

[0056] 该金属集热内管 2 包括位于外管 1 内部的蒸发段及突出外管 1 顶端的冷凝段，冷凝段外设有同轴套管 5，套管 5 外接进出水口，该蒸发段表面涂有选择性吸收涂层。

[0057] 本实用新型采用了热管原理设计，当选择性吸收涂层接受光照，传至金属集热内管 2 产生热量时，内管 2 空腔内的传热工质 8 液体蒸发汽化，蒸汽在微小的压差作用下流向突出内管 2 顶端的冷凝段，放出热量凝结成液体，液体受重力的作用沿内管 2 内壁流回至蒸发段。 如此循环不断，将太阳能转化利用。 冷凝段外设有同轴套管 5，套管 5 外接进出水口，通过管道的连接就能方便地将多个集热管组装成不同规格的太阳能热利用系统，十分方便灵活。 此设计中使用导热性能优良的传热工质使设备有很高的导热效率，而且由于集热管内无水，避免了传统集热管内需储水造成的种种弊端。

[0058] 本实用新型内、外管 2、1 间有弹簧卡子 6 作固定，可避免运输中的损坏以及各元件受热后不均匀膨胀造成的影响。同时内、外管间的真空夹层中设有吸气剂 7，保证真

空夹层的真空度，确保保温性能。

[0059] 由于本实用新型设计有十分开阔的采光角度，光线最大入射角可达 200°，根据这种特殊的光学性质与外置聚光板 9 组合使用，可免去外置聚光板 9 的复杂太阳跟踪系统并提高光接收率。这种组合就能做成功率异常巨大的太阳能采热设备，满足各种需求。

[0060] 本实用新型中，内、外管 2、1 是同向但不同轴设计，内、外管 2、1 定位分为相对定位和绝对定位两种：

[0061] 相对定位，由图 2 和图 3 可以看出，先定好内管 2 半径，以内管 2 截面圆为基圆作渐开线，当渐开线展开至其发生线等于基圆周长时结束，在图 1 中可看出编号为 12 的发生线的末端就是渐开线终点，其中所说的渐开线的轨迹就是聚光板 4 的设置路径。此时将内管 2 以及聚光板 4 一起放进内径为内管 2 半径 (4.775±0.05) 倍的外管 1 即可。

[0062] 绝对定位，由图 5 和图 6 可以看出。方法一，定好内管 2 半径为 r，从而得出外管内径 R = (4.775±0.05)r，则距离外管截面圆心 1.835r 处即为内管 2 截面圆的圆心位置。方法二，先定好外管 1 内径，在外管 1 截面圆上作正交的水平和垂直对称轴，在与水平对称轴成 (18±0.5)° 的位置作一直径，再在与这一直径成 (68±0.5)° 的位置作第二条直径，则与外管 1 内径成 1 ：4.775±0.05 关系的内管 2 就是安装在同时与这两条直径相切的位置上。

[0063] 上述玻璃外管 1 是由高硼硅玻璃制成，其内径与内管 2 半径比为 (4.775±0.05) ：1。内管 2 是由铜合金或铝合金制成，内管 2 蒸发段的外表面涂有由三靶或双靶磁控溅射系统制备的金属 - 介质复合材料选择性吸收涂层，涂层可选用 SS-AlNx/Cu 选择性吸收涂层、Al-N/Cu 选择性吸收涂层、Al-N/Al 渐变选择性吸收涂层和 a-C:H-Al-N/Al 结构紫金涂层。也可使用其他主流技术涂层。外管 1 与内管 2 连接部分以热压封技术封接。内管 2 中的传热工质 8 为低沸点有机工质，也可用其他主流传热工质。

[0064] 由图 4 可以看出，内管 2 大部分包含于外管 1 中，此部分为集热管的蒸发段。内管 2 突出外管 1 的部分即冷凝段的外围设有半径比内管 2 稍大的同轴套管 5，套管 5 与外管 1 以熔封技术封接，套管 5 上设有进出水口。

[0065] 图 7 是本实用新型第二设计与外置聚光板组合使用的一种实例情况。将本实用新型安放在槽式偏焦面外置聚光板 9 的焦线位置上，根据当地太阳高度角的变化情况计算出外置聚光板 9 焦线的移动情况，选用适当规格大小的本实用新型，调整好仰角，就可以免去使用太阳跟踪装置。

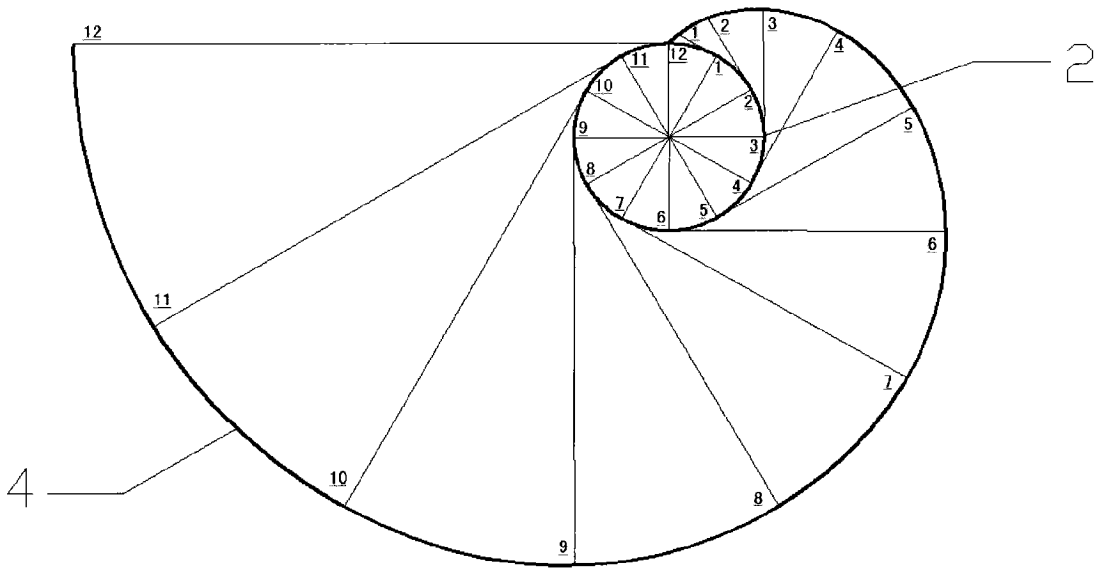


图 1

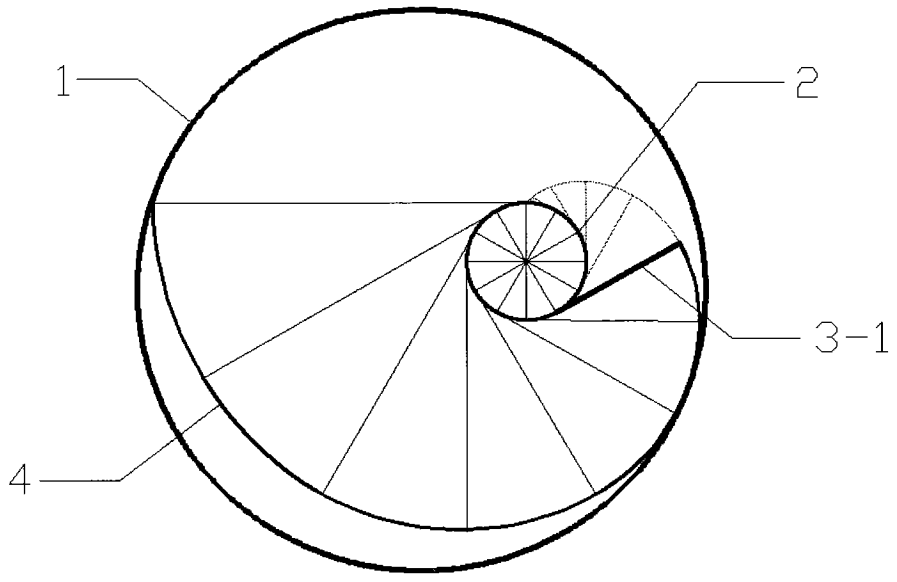


图 2

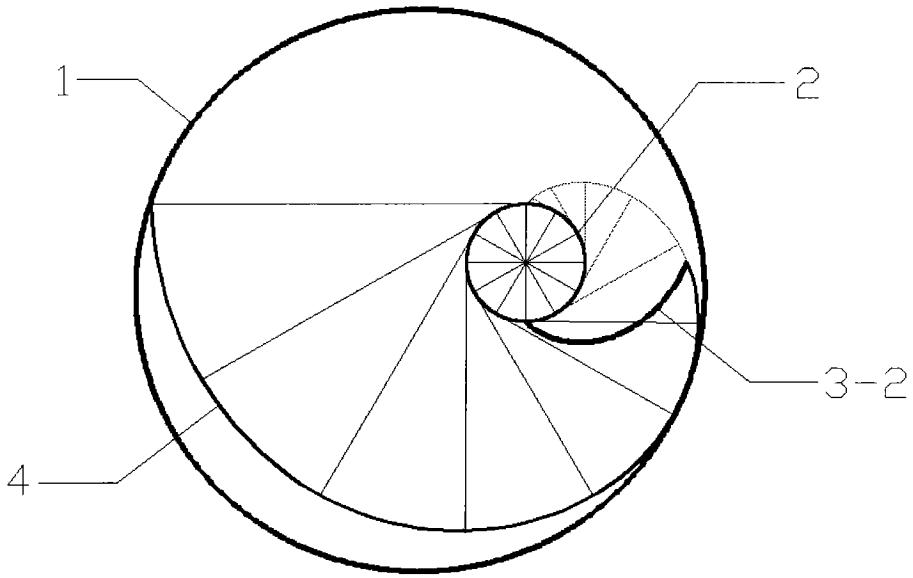


图 3

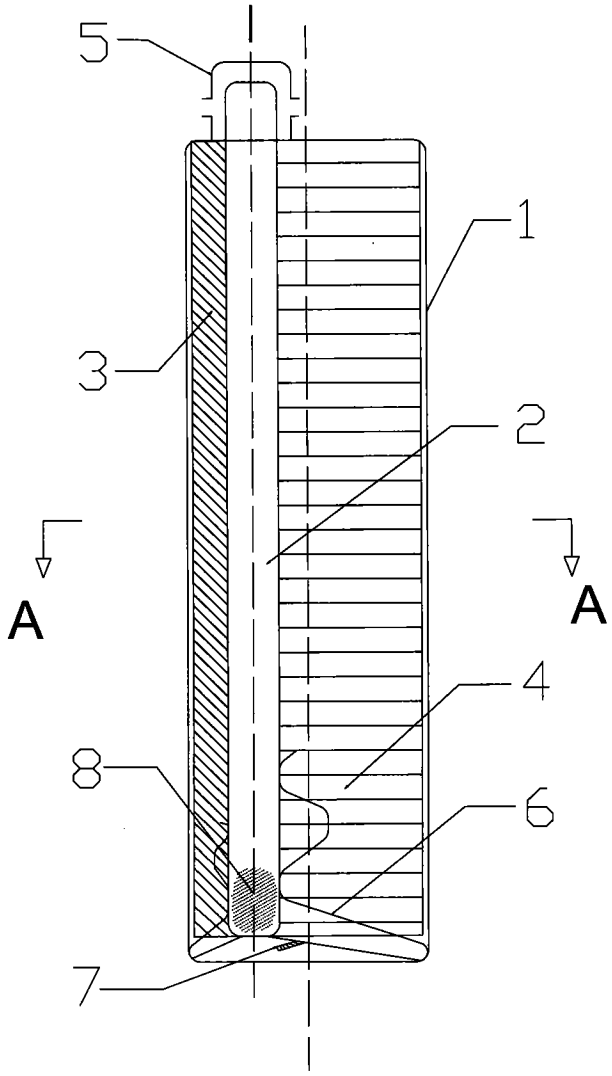


图 4

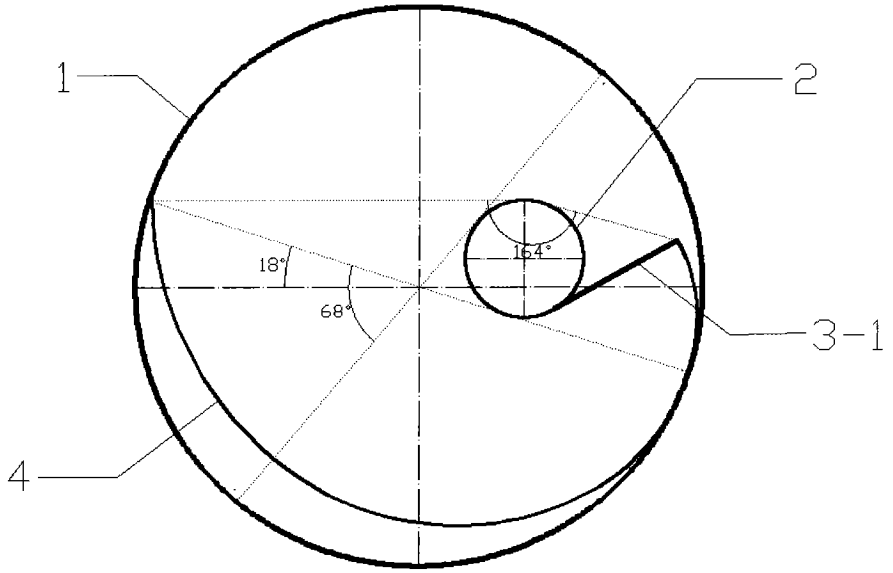


图 5

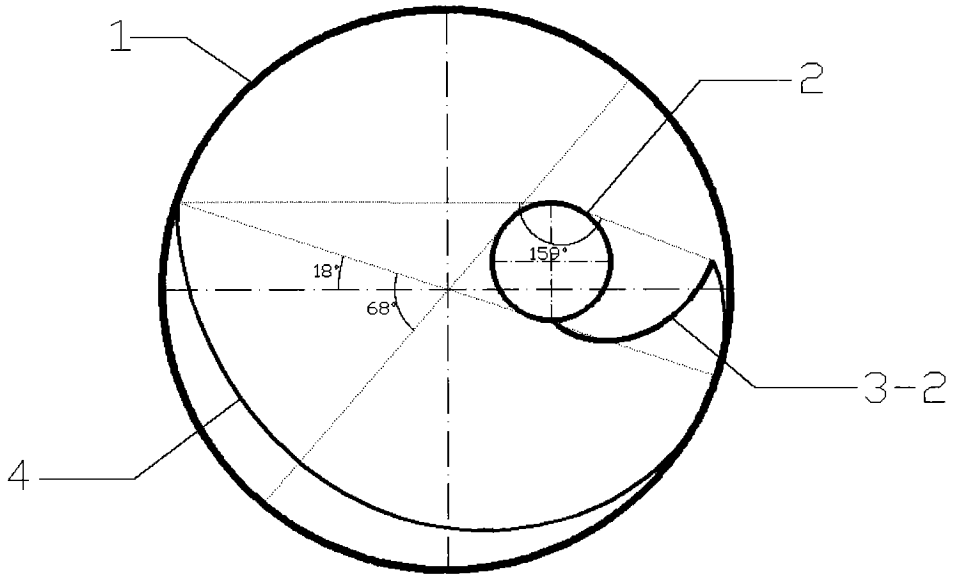


图 6

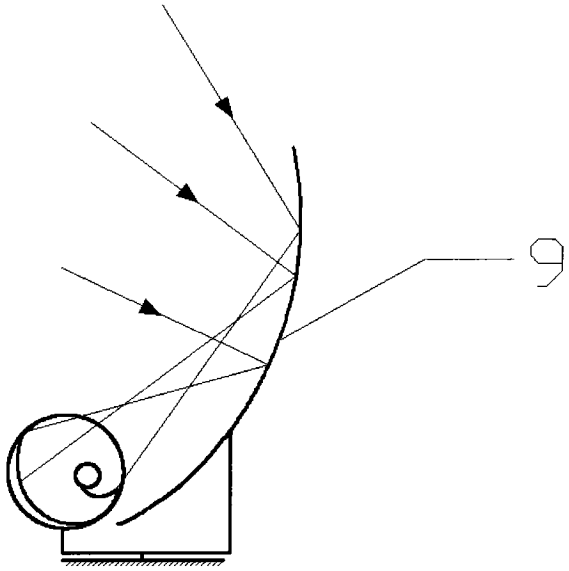


图 7